Ⅴ-3-3-5-2　その他の放射線管理施設の強度についての説明書

Ⅴ-3-3-5-2-1　中央制御室隔離ダンパの強度計算書

まえがき

本計算書は，Ⅴ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」及びⅤ-3-2-11「重大事故等クラス２弁の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

本計算書は，以下により構成される。また，評価条件整理結果をそれぞれに示す。なお，評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については，Ⅴ-3-2-1「強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

(1)　中央制御室隔離ダンパの強度計算書
(2)　中央制御室隔離ダンパ（6 号機設備）の強度計算書

(1)　中央制御室隔離ダンパの強度計算書

・評価条件整理表

機器名	既設or新設	施設時の技術基準に対象とする施設の規定があるか	クラスアップするか				条件アップするか					既工認における評価結果の有無	施設時の適用規格	評価区分	同等性評価区分	評価クラス
			クラスアップの有無	施設時機器クラス	DBクラス	SAクラス	条件アップの有無	DB条件		SA条件						
								圧力(MPa)	温度(℃)	圧力(MPa)	温度(℃)					
U41－MO－F001A,B	既設	有	有	Non	Non	SA-2	無	[redacted]	40	[redacted]	40	—	S55告示	設計・建設規格又は告示	—	SA-2
U41－MO－F002A,B	既設	有	有	Non	Non	SA-2	無	[redacted]	40	[redacted]	40	—	S55告示	設計・建設規格又は告示	—	SA-2
U41－MO－F003A,B	新設	—	—	—	Non	SA-2	—	[redacted]	40	[redacted]	40	—	—	設計・建設規格	—	SA-2

目　　次

1.　　重大事故等クラス２弁　······································　1

1.1　設計仕様　··　2

1.2　強度計算書　··　3

1.3　設計・建設規格における材料の規定によらない場合の評価　··············　9

1.3.1　弁箱（使用材料規格：[redacted]）の評価結果（比較材料：ＪＩＳ Ｇ ５１５１　SCPH1）　··························　9

1.3.2　弁ふたボルト（使用材料規格：[redacted]）の評価結果（比較材料：ＪＩＳ Ｇ ３１０６ SM400A（板厚 40mm を超え 50mm 以下）　··························　10

1.　重大事故等クラス２弁

1.1　設計仕様

系統：中央制御室換気空調系

機器の区分		重大事故等クラス２弁			
弁番号	種類	呼び径（φ）	材料		
			弁箱	弁ふた	ボルト
U41－MO－F001A,B	止め弁	500			
U41－MO－F002A,B	止め弁	500			
U41－MO－F003A,B	止め弁	300			

1.2　強度計算書

系統：中央制御室換気空調系

弁番号	U41－MO－F001A,B	シート	1

	設計・建設規格	告示第５０１号
設計条件		
最高使用圧力Ｐ（MPa）		
最高使用温度T_m（℃）		40
弁箱又は弁ふたの厚さ		
弁箱材料		
弁ふた材料		
P_1 (MPa)	—	—
P_2 (MPa)	—	—
d_m (mm)		
t_1 (mm)	—	—
t_2 (mm)	—	—
t (mm)	12.9	—
t_{ab} (mm)		
t_{af} (mm)		
評価：$t_{ab} \geqq t$ $t_{af} \geqq t$ よって十分である。		

	設計・建設規格	告示第５０１号
ネック部の厚さ		
d_n (mm)		
d_n / d_m		
ℓ (mm)		—
t_{m1} (mm)	12.9	—
t_{m2} (mm)	1.1	—
t_{ma1} (mm)		
t_{ma2} (mm)		
評価：$t_{ma1} \geqq t_{m1}$ $t_{ma2} \geqq t_{m2}$ よって十分である。		

K7 ① V-3-3-5-2-1(1) R1

系統：中央制御室換気空調系

弁番号	U41－MO－F001A,B	シート	2

フランジ及びフランジボルトの応力解析

設計条件			モーメントの計算		
P_{FD}	(MPa)		H_D	(N)	11.31
P_{eq}	(MPa)		h_D	(mm)	19.0
T_m	(℃)	40	M_D	(N･mm)	214.9
M_e	(N･mm)		H_G	(N)	2.333
F_e	(N)		h_G	(mm)	16.3
フランジの形式		ＪＩＳ　Ｂ　８２６５ 図2(b)(6)	M_G	(N･mm)	37.90
フランジ			H_T	(N)	3.004
材料			h_T	(mm)	18.1
σ_{fa} 常温（ガスケット締付時）（20℃）	(MPa)		M_T	(N･mm)	54.45
			M_o	(N･mm)	307.2
σ_{fb} 最高使用温度（使用状態）	(MPa)		M_g	(N･mm)	140.9×10^3
			フランジの厚さと係数		
A	(mm)		t	(mm)	
B	(mm)		K		2.24
C	(mm)		h_o	(mm)	
g_0	(mm)		f		1.00
g_1	(mm)		F		0.91
h	(mm)		V		0.55
ボルト			e	(mm^{-1})	0.1
材料			d	(mm^3)	223.7
σ_a 常温（ガスケット締付時）（20℃）	(MPa)		L		37.63
			T		1.42
σ_b 最高使用温度（使用状態）	(MPa)		U		2.81
			Y		2.56
n			Z		1.50
d_b	(mm)		応力の計算		
ガスケット			σ_{Ho}	(MPa)	1
材料			σ_{Ro}	(MPa)	1
ガスケット厚さ	(mm)		σ_{To}	(MPa)	1
G	(mm)		σ_{Hg}	(MPa)	16
m			σ_{Rg}	(MPa)	1
y	(N/mm^2)		σ_{Tg}	(MPa)	15
b_o	(mm)				
b	(mm)		応力の評価：$\sigma_{Ho}\leqq1.5\cdot\sigma_{fb}$		
N	(mm)			$\sigma_{Ro}\leqq1.5\cdot\sigma_{fb}$	
G_s	(mm)			$\sigma_{To}\leqq1.5\cdot\sigma_{fb}$	
ボルトの計算					
H	(N)	14.31		$\sigma_{Hg}\leqq1.5\cdot\sigma_{fa}$	
H_p	(N)	2.333		$\sigma_{Rg}\leqq1.5\cdot\sigma_{fa}$	
W_{m1}	(N)	16.65		$\sigma_{Tg}\leqq1.5\cdot\sigma_{fa}$	
W_{m2}	(N)	0			
A_{m1}	(mm^2)	0.3083		よって十分である。	
A_{m2}	(mm^2)	0			
A_m	(mm^2)	0.3083			
A_b	(mm^2)				
W_o	(N)	16.65			
W_g	(N)	8.671×10^3			
評価：$A_m<A_b$ よって十分である。					

系統：中央制御室換気空調系

弁番号	U41－MO－F002A,B	シート	1

	設計・建設規格	告示第５０１号
設計条件		
最高使用圧力Ｐ（MPa）		
最高使用温度T_m（℃）		40
弁箱又は弁ふたの厚さ		
弁箱材料		
弁ふた材料		
P_1 (MPa)	—	—
P_2 (MPa)	—	—
d_m (mm)		
t_1 (mm)	—	—
t_2 (mm)	—	—
t (mm)	12.9	—
t_{ab} (mm)		
t_{af} (mm)		
評価：$t_{ab} \geqq t$ $t_{af} \geqq t$ よって十分である。		

	設計・建設規格	告示第５０１号
ネック部の厚さ		
d_n (mm)		
d_n / d_m		
ℓ (mm)		—
t_{m1} (mm)	12.9	—
t_{m2} (mm)	1.1	—
t_{ma1} (mm)		
t_{ma2} (mm)		
評価：$t_{ma1} \geqq t_{m1}$ $t_{ma2} \geqq t_{m2}$ よって十分である。		

K7 ① V-3-3-5-2-1(1) R1

系統：中央制御室換気空調系

弁番号	U41－MO－F002A,B	シート	2

フランジ及びフランジボルトの応力解析

設計条件			モーメントの計算		
P_{FD}	(MPa)		H_D	(N)	7.775
P_{eq}	(MPa)		h_D	(mm)	19.0
T_m	(℃)	40	M_D	(N･mm)	147.7
M_e	(N･mm)		H_G	(N)	1.604
F_e	(N)		h_G	(mm)	16.3
フランジの形式		ＪＩＳ　Ｂ　８２６５ 図2(b)(6)	M_G	(N･mm)	26.06
フランジ			H_T	(N)	2.065
材料			h_T	(mm)	18.1
σ_{fa} 常温（ガスケット締付時）（20℃）	(MPa)		M_T	(N･mm)	37.43
			M_o	(N･mm)	211.2
σ_{fb} 最高使用温度（使用状態）	(MPa)		M_g	(N･mm)	140.9×10^3
			フランジの厚さと係数		
A	(mm)		t	(mm)	
B	(mm)		K		2.24
C	(mm)		h_o	(mm)	
g_0	(mm)		f		1.00
g_1	(mm)		F		0.91
h	(mm)		V		0.55
ボルト			e	(mm^{-1})	0.1
材料			d	(mm^3)	223.7
σ_a 常温（ガスケット締付時）（20℃）	(MPa)		L		37.63
			T		1.42
σ_b 最高使用温度（使用状態）	(MPa)		U		2.81
			Y		2.56
n			Z		1.50
d_b	(mm)		応力の計算		
ガスケット			σ_{Ho}	(MPa)	1
材料			σ_{Ro}	(MPa)	1
ガスケット厚さ	(mm)		σ_{To}	(MPa)	1
G	(mm)		σ_{Hg}	(MPa)	16
m			σ_{Rg}	(MPa)	1
y	(N/mm^2)		σ_{Tg}	(MPa)	15
b_o	(mm)				
b	(mm)		応力の評価：$\sigma_{Ho} \leqq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$		
N	(mm)			$\sigma_{Ro} \leqq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$	
G_s	(mm)			$\sigma_{To} \leqq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$	
ボルトの計算					
H	(N)	9.841		$\sigma_{Hg} \leqq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$	
H_p	(N)	1.604		$\sigma_{Rg} \leqq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$	
W_{m1}	(N)	11.44		$\sigma_{Tg} \leqq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$	
W_{m2}	(N)	0			
A_{m1}	(mm^2)	0.2119		よって十分である。	
A_{m2}	(mm^2)	0			
A_m	(mm^2)	0.2119			
A_b	(mm^2)				
W_o	(N)	11.44			
W_g	(N)	8.669×10^3			
評価：$A_m < A_b$ よって十分である。					

系統：中央制御室換気空調系

弁番号	U41－MO－F003A,B	シート	1

	設計・建設規格	告示第５０１号
設計条件		
最高使用圧力Ｐ（MPa）		[redacted]
最高使用温度T_m（℃）		40
弁箱又は弁ふたの厚さ		
弁箱材料		[redacted]
弁ふた材料		[redacted]
P_1 (MPa)	—	—
P_2 (MPa)	—	—
d_m (mm)		[redacted]
t_1 (mm)	—	—
t_2 (mm)	—	—
t (mm)	9.7	—
t_{ab} (mm)		[redacted]
t_{af} (mm)		[redacted]

評価：$t_{ab} \geqq t$

$t_{af} \geqq t$

よって十分である。

	設計・建設規格	告示第５０１号
ネック部の厚さ		
d_n (mm)		[redacted]
d_n / d_m		[redacted]
ℓ (mm)	[redacted]	—
t_{m1} (mm)	9.7	—
t_{m2} (mm)	0.9	—
t_{ma1} (mm)		[redacted]
t_{ma2} (mm)		[redacted]

評価：$t_{ma1} \geqq t_{m1}$

$t_{ma2} \geqq t_{m2}$

よって十分である。

K7 ① V-3-3-5-2-1(1) R1

系統：中央制御室換気空調系

弁番号	U41－MO－F003A,B	シート	2

フランジ及びフランジボルトの応力解析

設計条件			モーメントの計算		
P_{FD}	(MPa)		H_D	(N)	5.027
P_{eq}	(MPa)		h_D	(mm)	12.0
T_m	(℃)	40	M_D	(N･mm)	60.32
M_e	(N･mm)		H_G	(N)	0
F_e	(N)		h_G	(mm)	8.0
フランジの形式		ＪＩＳ　Ｂ　８２６５ 図2(b)(6)	M_G	(N･mm)	0
フランジ			H_T	(N)	2.827
材料			h_T	(mm)	10.5
σ_{fa} 常温（ガスケット締付時）（20℃）	(MPa)		M_T	(N･mm)	29.69
			M_o	(N･mm)	90.01
σ_{fb} 最高使用温度（使用状態）	(MPa)		M_g	(N･mm)	104.0×10^3
			フランジの厚さと係数		
A	(mm)		t	(mm)	
B	(mm)		K		2.25
C	(mm)		h_o	(mm)	
g_0	(mm)		f		1.00
g_1	(mm)		F		0.91
h	(mm)		V		0.55
ボルト			e	(mm^{-1})	0.1
材料			d	(mm^3)	181.7
σ_a 常温（ガスケット締付時）（20℃）	(MPa)		L		6.93
			T		1.42
σ_b 最高使用温度（使用状態）	(MPa)		U		2.79
			Y		2.54
n			Z		1.49
d_b	(mm)		応力の計算		
ガスケット			σ_{Ho}	(MPa)	1
材料			σ_{Ro}	(MPa)	1
ガスケット厚さ	(mm)		σ_{To}	(MPa)	1
G	(mm)		σ_{Hg}	(MPa)	94
m			σ_{Rg}	(MPa)	9
y	(N/mm^2)		σ_{Tg}	(MPa)	53
b_o	(mm)				
b	(mm)		応力の評価：$\sigma_{Ho} \leqq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$		
N	(mm)			$\sigma_{Ro} \leqq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$	
G_s	(mm)			$\sigma_{To} \leqq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$	
ボルトの計算					
H	(N)	7.854		$\sigma_{Hg} \leqq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$	
H_p	(N)	—		$\sigma_{Rg} \leqq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$	
W_{m1}	(N)	7.854		$\sigma_{Tg} \leqq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$	
W_{m2}	(N)	0			
A_{m1}	(mm^2)	0.04540		よって十分である。	
A_{m2}	(mm^2)	0			
A_m	(mm^2)	0.04540			
A_b	(mm^2)				
W_o	(N)	7.854			
W_g	(N)	13.01×10^3			
評価：$A_m < A_b$ よって十分である。					

1.3　設計・建設規格における材料の規定によらない場合の評価

1.3.1　弁箱（使用材料規格：[redacted]）の評価結果

（比較材料：ＪＩＳ　Ｇ　５１５１　SCPH1）

弁番号U41-MO-F001A,B及びU41-MO-F002A,Bの弁箱に使用している[redacted]は，クラス２弁の使用可能な材料として設計・建設規格に記載されていないことから，クラス２弁の使用可能な材料として設計・建設規格に記載されている材料と機械的強度及び化学成分を比較し，同等以上であることを示す。

(1)　機械的強度

	引張強さ	降伏点又は耐力	比較結果
使用材料	[redacted]	[redacted]	引張強さ及び降伏点は同等以上である。
比較材料	410N/mm^{2}以上	205N/mm^{2}以上	

(2)　化学的成分

	化学成分（%）									
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	V
使用材料	[redacted]									
比較材料	0.25以下	0.60以下	0.70以下	0.040以下	0.040以下	—	—	—	—	—
比較結果	C，Si，Mn，P，Sの成分規定に差異があるが，以下により，本設備の環境下での使用は問題ないと考える。 C：溶接性に影響を与える成分であるが，本部品に溶接部はないこと。また，脆性に影響を与える成分であるが，本部品において使用される材料は，設計・建設規格クラス２の規定で破壊靭性試験が要求されない範囲であること。 Si：一般的に機械的強度に影響を与える成分であるが，(1)の評価結果からも機械強度は同等以上であること。 Mn：一般的に機械的強度に影響を与える成分であるが，(1)の評価結果からも機械強度は同等以上であること。また，脆性に影響を与える成分であるが，本部品において使用される材料は，設計・建設規格クラス２の規定で破壊靭性試験が要求されない範囲であること。 P ：冷間脆性に影響を与える成分であるが，本部品において使用される材料は，設計建設規格クラス２の規定で破壊靭性試験が要求されない範囲であること。 S ：熱間脆性に影響を与える成分であるが，本部品において使用される材料は，設計建設規格クラス２の規定で破壊靭性試験が要求されない範囲であること。									

[redacted]

(3)　評価結果

(1)(2)の評価により，機械的強度，化学成分，いずれにおいても比較材料と同等以上

であることを確認したため，本設備において，[redacted]を重大事故等クラス２材料として使用することに問題ないと考える。

1.3.2　弁ふたボルト（使用材料規格：[redacted]））の評価結果（比較材料：ＪＩＳ Ｇ ３１０６　SM400A（板厚40mmを超え50mm以下））

弁番号U41-MO-F001A,B及びU41-MO-F002A,Bの弁ふたボルトに使用している[redacted]は，クラス２弁の使用可能な材料として設計・建設規格に記載されていないことから，クラス２弁の使用可能な材料として設計・建設規格に記載されている材料と機械的強度及び化学成分を比較し，同等以上であることを示す。

(1)　機械的強度

	引張強さ	降伏点又は耐力	比較結果
使用材料	[redacted]	[redacted]	引張強さ及び降伏点は同等である。
比較材料	400N/mm^2 ～ 510N/mm^2	215N/mm^{2}以上	

(2)　化学的成分

	化学成分（%）									
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	V
使用材料	[redacted]									
比較材料	0.23以下	—	2.5×C以上*	0.035以下	0.035以下	—	—	—	—	—
比較結果	C，Mn，P，Sの成分規定に差異があるが，以下により，本設備の環境下での使用は問題ないと考える。 C：溶接性に影響を与える成分であるが，本部品に溶接部はないこと。また，脆性に影響を与える成分であるが，本部品において使用される材料は，設計・建設規格クラス２の規定で破壊靭性試験が要求されない範囲であること。									

比較結果 (つづき)	Mn：一般的に機械的強度に影響を与える成分であるが，(1)の評価結果からも機械強度は同等以上であること。また，脆性に影響を与える成分であるが，本部品において使用される材料は，設計・建設規格クラス２の規定で破壊靭性試験が要求されない範囲であること。 P ：冷間脆性に影響を与える成分であるが，本部品において使用される材料は，設計建設規格クラス２の規定で破壊靭性試験が要求されない範囲であること。 S ：熱間脆性に影響を与える成分であるが，本部品において使用される材料は，設計建設規格クラス２の規定で破壊靭性試験が要求されない範囲であること。

(3) 評価結果

(1)(2)の評価により，機械的強度，化学成分，いずれにおいても比較材料と同等以上であることを確認したため，本設備において，を重大事故等クラス２材料として使用することに問題ないと考える。

(2)　中央制御室隔離ダンパ（6 号機設備）の強度計算書

・評価条件整理表

弁番号	既設or新設	施設時の技術基準に対象とする施設の規定があるか	クラスアップするか				条件アップするか					既工認における評価結果の有無	施設時の適用規格	評価区分	同等性評価区分	評価クラス
			クラスアップの有無	施設時機器クラス	ＤＢクラス	ＳＡクラス	条件アップの有無	ＤＢ条件		ＳＡ条件						
								圧力(MPa)	温度(℃)	圧力(MPa)	温度(℃)					
U41-DAM601A,B	既設	有	有	Non	Non	SA-2	無		40		40	—	S55 告示	設計・建設規格又は告示	—	SA-2
U41-DAM602A,B	既設	有	有	Non	Non	SA-2	無		40		40	—	S55 告示	設計・建設規格又は告示	—	SA-2
U41-DAM604A,B	既設	有	有	Non	Non	SA-2	無		40		40	—	S55 告示	設計・建設規格又は告示	—	SA-2

目　　次

1.　重大事故等クラス２弁 ····· 1
1.1　設計仕様 ····· 2
1.2　強度計算書 ····· 3
1.3　設計・建設規格における材料の規定によらない場合の評価 ····· 9
1.3.1　弁箱（使用材料規格：[redacted]）の評価結果（比較材料：ＪＩＳ　Ｇ　５１５１　SCPH1） ····· 9
1.3.2　弁ふたボルト（使用材料規格：[redacted]）の評価結果（比較材料：ＪＩＳ　Ｇ　３１０６　SM400A（板厚40mmを超え50mm以下）） ····· 11

1.　重大事故等クラス２弁

1.1　設計仕様

系統：中央制御室換気空調系

機器の区分		重大事故等クラス２弁			
弁番号	種類	呼び径 (A)	材料		
			弁箱	弁ふた	ボルト
U41-DAM601A,B	止め弁	500			
U41-DAM602A,B	止め弁	250			
U41-DAM604A,B	止め弁	500			

1.2　強度計算書

系統：中央制御室換気空調系

弁番号	U41-DAM601A,B	シート	1

	設計・建設規格	告示第５０１号
設計条件		
最高使用圧力Ｐ (MPa)	[redacted]	
最高使用温度Ｔ$_m$ (℃)	40	
弁箱又は弁ふたの厚さ		
弁箱材料	[redacted]	
弁ふた材料		
Ｐ$_1$ (MPa)	—	—
Ｐ$_2$ (MPa)	—	—
ｄ$_m$ (mm)	[redacted]	
ｔ$_1$ (mm)	—	—
ｔ$_2$ (mm)	—	—
ｔ (mm)	13.0	—
ｔ$_{ab}$ (mm)	[redacted]	
ｔ$_{af}$ (mm)		
評価：ｔ$_{ab}$≧ｔ ｔ$_{af}$≧ｔ よって十分である。		

	設計・建設規格	告示第５０１号
ネック部の厚さ		
ｄ$_n$ (mm)	[redacted]	
ｄ$_n$／ｄ$_m$	[redacted]	
ℓ (mm)	[redacted]	—
ｔ$_{m1}$ (mm)	13.0	—
ｔ$_{m2}$ (mm)	1.3	—
ｔ$_{ma1}$ (mm)	[redacted]	
ｔ$_{ma2}$ (mm)		
評価：ｔ$_{ma1}$≧ｔ$_{m1}$ ｔ$_{ma2}$≧ｔ$_{m2}$ よって十分である。		

K7 ① V-3-3-5-2-1(2) R1

系統：中央制御室換気空調系

弁番号	U41-DAM601A・B	シート	1

フランジ及びフランジボルトの応力解析

設計条件			ボルトの計算	
P_{FD}	(MPa)	[redacted]	H’ (N)	11.41
P_{eq}	(MPa)	[redacted]	H'_{p} (N)	1.883
T_m	(℃)	40	H_R (N)	32.00
M_e	(N･mm)	[redacted]	H_D (N)	4.771
F_e	(N)	[redacted]	h_D (mm)	27.5
フランジの形式		JIS B8265 附属書 4 図 1	H'_T (N)	6.642
フランジ			h'_T (mm)	18.5
材料		[redacted]	h'_P (mm)	9.5
σ_{fb} 最高使用温度（使用状態）	(MPa)	[redacted]	h_R (mm)	8.5
			W_{m1} (N)	45.30
B	(mm)	[redacted]	W_{m2} (N)	1.023×10^4
C	(mm)	[redacted]	A_{m1} (mm^2)	0.8388
g_1	(mm)	[redacted]	A_{m2} (mm^2)	189.4
ボルト			A_m (mm^2)	189.4
材料		[redacted]	A_b (mm^2)	[redacted]
σ_a 常温（ガスケット締付時）（20℃）	(MPa)	[redacted]	評価：$A_m < A_b$ よって十分である。	
σ_b 最高使用温度（使用状態）	(MPa)	[redacted]		
n		[redacted]		
d_b	(mm)	[redacted]	フランジ厚さの計算	
d_h	(mm)	[redacted]	$t_{f\ell}$ (mm)	[redacted]
ガスケット			M_O (N･mm)	272.0
材料		[redacted]	t (mm)	[redacted]
G’	(mm)	[redacted]	フランジ厚さの評価：$t \leqq t_{f\ell}$ よって十分である。	
G0	(mm)	[redacted]		
m		[redacted]		
y	(N/mm^2)	[redacted]		
b’。	(mm)	[redacted]		
b’	(mm)	[redacted]		

系統：中央制御室換気空調系

弁番号	U41-DAM602A,B	シート	2

	設計・建設規格	告示第５０１号
設計条件		
最高使用圧力Ｐ (MPa)	[redacted]	
最高使用温度T_m (℃)	40	
弁箱の厚さ		
弁箱材料	[redacted]	
P_1 (MPa)	—	—
P_2 (MPa)	—	—
d_m (mm)	[redacted]	
t_1 (mm)	—	—
t_2 (mm)	—	—
t (mm)	8.6	—
t_{ab} (mm)	[redacted]	
弁ふたの厚さ*		
弁ふた材料	[redacted]	
評価：$t_{ab} \geqq t$ よって十分である。		

	設計・建設規格	告示第５０１号
ネック部の厚さ		
d_n (mm)	[redacted]	
d_n / d_m	[redacted]	
ℓ (mm)	[redacted]	—
t_{m1} (mm)	8.6	—
t_{m2} (mm)	1.0	—
t_{ma1} (mm)	[redacted]	
t_{ma2} (mm)	[redacted]	
評価：$t_{ma1} \geqq t_{m1}$ $t_{ma2} \geqq t_{m2}$ よって十分である。		

注記＊ ：弁ふたについては，応力計算を行って必要な強度を有することを確認する。

【弁ふたの応力計算】

弁ふたの応力評価は弁ふたの形状を考慮し，平板の計算式を用いて応力計算を行う。

平板の厚さの計算式　$t = d\sqrt{\frac{KP}{S}}$　より　$S = \frac{d^2 \cdot K \cdot P}{t^2}$

評価条件　Ｐ：内圧 [redacted]

ｄ：内径（ネック部内径を使用）[redacted]

Ｋ：平板の取り付け方法による係数（その他の場合の係数を使用）0.50

ｔ：弁ふたの厚さ [redacted]

上記の計算式及び評価条件より弁ふたの応力はＳ=0.0135[MPa]となる。これに対し，許容引張応力は設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表５から 100MPa であることから，弁ふたは必要な強度を有することが明らかである。

系統：中央制御室換気空調系

弁番号	U41-DAM602A・B	シート	2

フランジ及びフランジボルトの応力解析

設計条件			ボルトの計算	
P_{FD}	(MPa)	[redacted]	H’ (N)	1.426
P_{eq}	(MPa)	[redacted]	H'_{p} (N)	0.6107
T_m	(℃)	40	H_R (N)	1.912
M_e	(N･mm)	[redacted]	H_D (N)	1.357
F_e	(N)	[redacted]	h_D (mm)	5.0
フランジの形式		JIS B8265 附属書 4 図 1	H'_T (N)	0.06871
フランジ			h'_T (mm)	6.0
材料		[redacted]	h'_P (mm)	7.0
σ_{fb} 最高使用温度（使用状態）	(MPa)	[redacted]	h_R (mm)	6.0
			W_{m1} (N)	3.949
B	(mm)	[redacted]	W_{m2} (N)	3.407×10^3
C	(mm)	[redacted]	A_{m1} (mm^2)	0.07313
g_1	(mm)	[redacted]	A_{m2} (mm^2)	63.09
ボルト			A_m (mm^2)	63.09
材料		[redacted]	A_b (mm^2)	[redacted]
σ_a 常温（ガスケット締付時）（20℃）	(MPa)	[redacted]	評価：$A_m < A_b$ よって十分である。	
σ_b 最高使用温度（使用状態）	(MPa)	[redacted]		
n		[redacted]		
d_b	(mm)	[redacted]	フランジ厚さの計算	
d_h	(mm)	[redacted]	$t_{f\ell}$ (mm)	[redacted]
ガスケット			M_O (N･mm)	11.47
材料		[redacted]	t (mm)	[redacted]
G’	(mm)	[redacted]	フランジ厚さの評価：$t \leqq t_{f\ell}$ よって十分である。	
G0	(mm)	[redacted]		
m		[redacted]		
y	(N/mm^2)	[redacted]		
b’。	(mm)	[redacted]		
b’	(mm)	[redacted]		

系統：中央制御室換気空調系

弁番号	U41-DAM604A,B	シート	3

	設計・建設規格	告示第５０１号
設計条件		
最高使用圧力Ｐ (MPa)	[redacted]	
最高使用温度Ｔm (℃)	40	
弁箱又は弁ふたの厚さ		
弁箱材料	[redacted]	
弁ふた材料		
Ｐ1 (MPa)	—	—
Ｐ2 (MPa)	—	—
dm (mm)	[redacted]	
t1 (mm)	—	—
t2 (mm)	—	—
t (mm)	13.0	—
tab (mm)	[redacted]	
taf (mm)	[redacted]	
評価：tab≧t taf≧t よって十分である。		

	設計・建設規格	告示第５０１号
ネック部の厚さ		
dn (mm)	[redacted]	
dn／dm	[redacted]	
ℓ (mm)	[redacted]	—
tm1 (mm)	13.0	—
tm2 (mm)	1.3	—
tma1 (mm)	[redacted]	
tma2 (mm)	[redacted]	
評価：tma1≧tm1 tma2≧tm2 よって十分である。		

K7 ① V-3-3-5-2-1(2) R1

系統：中央制御室換気空調系

弁番号	U41-DAM604A・B	シート	3

フランジ及びフランジボルトの応力解析

設計条件			ボルトの計算	
P_{FD} (MPa)			H’ (N)	11.41
P_{eq} (MPa)			H'_{p} (N)	1.883
T_m (℃)	40		H_R (N)	32.00
M_e (N･mm)			H_D (N)	4.771
F_e (N)			h_D (mm)	27.5
フランジの形式	JIS B8265 附属書 4 図 1		H'_T (N)	6.642
フランジ			h'_T (mm)	18.5
材料			h'_P (mm)	9.5
σ_{fb} (MPa) 最高使用温度（使用状態）			h_R (mm)	8.5
			W_{m1} (N)	45.30
B (mm)			W_{m2} (N)	1.023×10^4
C (mm)			A_{m1} (mm^2)	0.8388
g_1 (mm)			A_{m2} (mm^2)	189.4
ボルト			A_m (mm^2)	189.4
材料			A_b (mm^2)	
σ_a (MPa) 常温（ガスケット締付時） （20℃）			評価：$A_m < A_b$ よって十分である。	
σ_b (MPa) 最高使用温度（使用状態）				
n				
d_b (mm)			フランジ厚さの計算	
d_h (mm)			$t_{f\ell}$ (mm)	
ガスケット			M_O (N･mm)	272.0
材料			t (mm)	
G’ (mm)			フランジ厚さの評価：$t \leqq t_{f\ell}$ よって十分である。	
G0 (mm)				
m				
y (N/mm^2)				
b’。 (mm)				
b’ (mm)				

1.3　設計・建設規格における材料の規定によらない場合の評価

1.3.1　弁箱（使用材料規格：[redacted]）の評価結果

（比較材料：ＪＩＳ　Ｇ　５１５１　SCPH1）

弁番号 U41-DAM601A,B, U41-DAM602A,B 及び U41-DAM604A,B の弁箱に使用している[redacted]は，クラス２弁の使用可能な材料として設計・建設規格に記載されていないことから，クラス２弁の使用可能な材料として設計・建設規格に記載されている材料と機械的強度及び化学成分を比較し，同等以上であることを示す。

(1)　機械的強度

	引張強さ	降伏点又は耐力	比較結果
使用材料	[redacted]		引張強さ及び降伏点は同等以上である。
比較材料	410 N/mm^2 以上	205 N/mm^2 以上	

(2)　化学的成分

	化学成分　(%)									
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	V
使用材料	[redacted]									
比較材料	0.25 以下	0.60 以下	0.70 以下	0.040 以下	0.040 以下	—	—	—	—	—
比較結果	C，Si，Mn，P，S の成分規定に差異があるが，以下により，本設備の環境下での使用は問題ないと考える。 C：溶接性に影響を与える成分であるが，本部品に溶接部はないこと。また，脆性に影響を与える成分であるが，本部品において使用される材料は，設計・建設規格クラス２の規定で破壊靭性試験が要求されない範囲であること。 Si：一般的に機械的強度に影響を与える成分であるが，(1)の評価結果からも機械的強度は同等以上であること。 Mn：一般的に機械的強度に影響を与える成分であるが，(1)の評価結果からも機械的強度は同等以上であること。また，脆性に影響を与える成分であるが，本部品において使用される材料は，設計・建設規格クラス２の規定で破壊靭性試験が要求されない範囲であること。 P：冷間脆性に影響を与える成分であるが，本部品において使用される材料は，設計・建設規格クラス２の規定で破壊靭性試験が要求されない範囲であること。 S：熱間脆性に影響を与える成分であるが，本部品において使用される材料は，設計・建設規格クラス２の規定で破壊靭性試験が要求されない範囲であること。									

[redacted]

(3)　評価結果

(1)(2)の評価により，機械的強度，化学成分，いずれにおいても比較材料と同等以上であることを確認したため，本設備において，[redacted]を重大事故等クラス２材料として使用することに問題ないと考える。

1.3.2　弁ふたボルト（使用材料規格：[redacted]）の評価結果

（比較材料：ＪＩＳ　Ｇ　３１０６　SM400A（板厚 40mm を超え 50mm 以下））

弁番号 U41-DAM601A,B，U41-DAM602A,B 及び U41-DAM604A,B の弁ふたボルトに使用している[redacted]は，クラス２弁の使用可能な材料として設計・建設規格に記載されていないことから，クラス２弁の使用可能な材料として設計・建設規格に記載されている材料と機械的強度及び化学成分を比較し，同等以上であることを示す。

(1)　機械的強度

	引張強さ	降伏点又は耐力	比較結果
使用材料	[redacted]		引張強さ及び降伏点は同等である。
比較材料	400～510 N/mm^2	215 N/mm^2 以上	

(2)　化学的成分

	化学成分　(%)									
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	V
使用材料	[redacted]									
比較材料	0.23 以下	—	2.5×C 以上*	0.035 以下	0.035 以下	—	—	—	—	—
比較結果	C，Mn，P，S の成分規定に差異があるが，以下により，本設備の環境下での使用は問題ないと考える。 C：溶接性に影響を与える成分であるが，本部品に溶接部はないこと。また，脆性に影響を与える成分であるが，本部品において使用される材料は，設計・建設規格クラス２の規定で破壊靭性試験が要求されない範囲であること。 Mn：一般的に機械的強度に影響を与える成分であるが，(1)の評価結果からも機械的強度は同等以上であること。また，脆性に影響を与える成分であるが，本部品において使用される材料は，設計・建設規格クラス２の規定で破壊靭性試験が要求されない範囲であること。 P：冷間脆性に影響を与える成分であるが，本部品において使用される材料は，設計・建設規格クラス２の規定で破壊靭性試験が要求されない範囲であること。 S：熱間脆性に影響を与える成分であるが，本部品において使用される材料は，設計・建設規格クラス２の規定で破壊靭性試験が要求されない範囲であること。									

[redacted]

(3)　評価結果

(1)(2)の評価により，機械的強度，化学成分，いずれにおいても比較材料と同等以上であることを確認したため，本設備において，[redacted] を重大事故等クラス２材料として使用することに問題ないと考える。

Ⅴ-3-3-5-2-2　中央制御室外気取入れ・排気ダクトの強度計算書

まえがき

本計算書は，Ⅴ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」並びにⅤ-3-2-9「重大事故等クラス２管の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

本計算書は，以下により構成される。また，評価条件整理結果をそれぞれに示す。なお，評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については，Ⅴ-3-2-1「強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

(1)　中央制御室外気取入れ・排気ダクトの強度計算書
(2)　中央制御室外気取入れ・排気ダクト（6 号機設備）の強度計算書

(1)　中央制御室外気取入れ・排気ダクトの強度計算書

・評価条件整理表

管No.	既設or新設	施設時の技術基準に対象とする施設の規定があるか	クラスアップするか				条件アップするか					既工認における評価結果の有無	施設時の適用規格	評価区分	同等性評価区分	評価クラス
			クラスアップの有無	施設時機器クラス	DBクラス	SAクラス	条件アップの有無	DB条件		SA条件						
								圧力(MPa)	温度(℃)	圧力(MPa)	温度(℃)					
1	既設	無	—	Non	Non	SA-2	—	0.00275(差圧)	40	0.00275(差圧)	40	—	—	同等性	a.(a)	SA-2
2	既設	無	—	Non	Non	SA-2	—	0.00275(差圧)	40	0.00275(差圧)	40	—	—	同等性	a.(a)	SA-2
3	既設	無	—	Non	Non	SA-2	—	0.00275(差圧)	40	0.00275(差圧)	40	—	—	同等性	a.(a)	SA-2
4	既設	無	—	Non	Non	SA-2	—	0.00275(差圧)	40	0.00275(差圧)	40	—	—	同等性	a.(a)	SA-2
5	既設	無	—	Non	Non	SA-2	—	0.00275(差圧)	40	0.00275(差圧)	40	—	—	同等性	a.(a)	SA-2
6	既設	無	—	Non	Non	SA-2	—	0.00275(差圧)	40	0.00275(差圧)	40	—	—	同等性	a.(a)	SA-2
7	既設	無	—	Non	Non	SA-2	—	0.00275(差圧)	40	0.00275(差圧)	40	—	—	同等性	a.(a)	SA-2
8	既設	無	—	Non	Non	SA-2	—	0.00275(差圧)	40	0.00275(差圧)	40	—	—	同等性	a.(a)	SA-2

目　　次

1.　概要 ･･･ 1
2.　中央制御室換気空調系ダクトの強度計算方法 ････････････････････････････ 2
2.1　記号の定義 ･･･ 2
2.2　強度計算方法 ･･ 8
3.　換気設備の重大事故等クラス２管の使用材料の評価結果 ･････････････････････ 17
3.1　評価対象材料及び仕様 ･･ 17
3.2　評価結果（番号１から番号２の評価結果） ････････････････････････････ 17
4.　評価結果 ･･･ 18

K7 ① V-3-3-5-2-2(1) R1

1. 概要

本書は，重大事故等クラス２管が十分な強度を有することを確認するための方法として適用する「発電用原子力設備規格　設計・建設規格（2005 年版（2007 年追補版含む））＜第Ⅰ編　軽水炉規格＞ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ１-2005/2007」(日本機械学会　2007年9月)（以下「設計・建設規格」という）の規定に基づく強度計算方法について説明するものである。

重大事故等クラス２管の強度計算方法及び計算式については，設計・建設規格クラス２管の規定に基づくものとする。

設計・建設規格クラス２管の規定によらない場合の評価方法として，機械工学便覧の規定を用いる。ただし，設計・建設規格に計算式の規定がない応力計算については，「日本工業規格」(以下「ＪＩＳ」という）を準用する。

設計・建設規格の計算式による評価を実施するが，応力解析による評価を用いる場合は，一次応力強さを設計応力強さ以下とすることで，設備の全体的な変形が弾性域内であることを確認する。

2.　中央制御室換気空調系ダクトの強度計算方法

中央制御室換気空調設備のうち，円形ダクト，矩形ダクトの強度評価式はクラス２管には定められていないことから，設計・建設規格を準用した評価式，又は設計・建設規格に規定されていない評価式を用いた強度計算方法並びに計算式について説明する。

2.1　記号の定義

ダクトの厚さ計算，フランジの応力計算，ダクトの応力計算に用いる記号については，次のとおりである。

(1)　ダクトの厚さ計算に使用するもの

a.　円形のダクト

	記号	単位	定義
ダクトの厚さ計算に使用するもの	B	—	設計・建設規格　付録材料図表　Part7　図 1～図 20 により求めた値
	D_0	mm	ダクト外径
	P	MPa	最高使用圧力
	P_e	MPa	外面に受ける最高の圧力
	S	MPa	最高使用温度における設計・建設規格　付録材料図表　Part5 表 5 に規定する材料の許容引張応力*1
	t	mm	ダクトの計算上必要な厚さ
	η	—	長手継手の効率*2

注記＊1：設計・建設規格　付録材料図表　Part5 に規定がない場合は，Ｓ値は 5/8Ｓｙと 1/4Ｓｕの小さい方の値とし，Ｓｙ，ＳｕはＪＩＳに記載の値とする。

＊2：継手の効率については，設計・建設規格　PVC-3130 に定めるところによる。

b.　矩形のダクト

	記号	単位	定義
ダクトの厚さ計算に使用するもの	a	mm	ダクト長辺寸法
	c	mm	ダクト接続材・補強材の接続ピッチ
	D_p	kg/mm^2	単位面積当たりのダクト鋼板の質量
	E	MPa	ヤング率
	g	m/s^2	重力加速度（=9.80665）
	P	MPa	最高使用圧力
	S	MPa	最高使用温度における設計・建設規格　付録材料図表　Part5 表5に規定する材料の許容引張応力*
	t	mm	ダクトの計算上必要な厚さ
	ν	—	ポアソン比
	δ_{max}	mm	面外荷重によるダクト板の最大変位量

注記＊：設計・建設規格　付録材料図表　Part5に規定がない場合は，Ｓ値は5/8Ｓｙと1/4Ｓｕの小さい方の値とし，Ｓｙ，ＳｕはＪＩＳに記載の値とする。

(2) フランジの応力計算に使用するもの

a. 円形のダクト

	記号	単位	定義
ダクトのフランジ・ボルトの応力計算に使用するもの	A_b	mm^2	ボルト総有効断面積
	B	mm	フランジ内径（図2−1による。）
	C	mm	ボルト穴中心円直径（図2−1による。）
	G	mm	ガスケット反力円直径
	G_0	mm	ガスケット外径又はフランジ外径のいずれか小さい方の値(図2−1による。)
	H	N	内圧力によってフランジに加わる全荷重
	H_D	N	内圧力によってフランジ内径面に加わる荷重（図2−1による。）
	H_P	N	気密を十分に保つためのガスケット圧縮力（図2−1による。）
	H_R	N	平衡反力（図2−1による。）
	H_T	N	内圧力によってフランジに加わる全荷重とフランジ内径面に加わる荷重との差（図2−1による。）
	M	N･mm	フランジ部に作用するモーメント
	M_0	N･mm	使用状態でフランジに作用する全モーメント
	P	MPa	最高使用圧力
	P_{eq}	MPa	管の自重及びその他機械的荷重によりフランジ部に作用する曲げモーメントを圧力に換算した等価圧力
	P_{FD}	MPa	フランジ応力算定用圧力
	W_m	N	使用状態のボルト荷重（図2−1による。）
	b”	mm	使用状態におけるガスケット座有効幅　　2b”＝5
	d_b	mm	ボルトねじ部の谷径と軸部の径の最小部の小さい方の径
	d_h	mm	ボルト穴直径
	h_D	mm	ボルト穴中心円からH_D作用点までの半径方向の距離（図2−1による。）
	h_P	mm	ボルト穴中心円からH_P作用点までの半径方向の距離（図2−1による。）
	h_R	mm	ボルト穴中心円からH_R作用点までの半径方向の距離（図2−1による。）
	h_T	mm	ボルト穴中心円からH_T作用点までの半径方向の距離（図2−1による。）
	m	—	ガスケット係数
	n	本	ボルト本数
	t	mm	フランジ厚さ（図2−1による。）
	σ_b	MPa	使用温度におけるボルト材料の許容引張応力（設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表7）
	σ_f	MPa	使用温度におけるフランジ材料の許容引張応力（設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表5）
	σ_{max}	MPa	使用状態でフランジに作用する発生応力
	σ'_{max}	MPa	使用状態でボルトに作用する発生応力

b.　矩形のダクト

	記号	単位	定義
ダクトのフランジ・ボルトの応力計算に使用するもの	A_b	mm^2	ボルト総有効断面積
	B_1	mm	フランジ内面幅（長辺側）（図 2−2 による。）
	B_2	mm	フランジ内面幅（短辺側）（図 2−2 による。）
	C_1	mm	ボルト穴間の距離（長辺側）（図 2−2 による。）
	C_2	mm	ボルト穴間の距離（短辺側）（図 2−2 による。）
	G_0	mm	ガスケット外面幅（長辺側）又はフランジ外面幅（長辺側）のいずれか小さい方の値（図 2−2 による。）
	G_1	mm	ガスケット反力距離（長辺側）
	G_2	mm	ガスケット反力距離（短辺側）
	H	N	内圧力によってフランジに加わる全荷重
	H_D	N	内圧力によってフランジ内面に加わる荷重（図 2−2 による。）
	H_P	N	気密を十分に保つためのガスケット圧縮力（図 2−2 による。）
	H_R	N	平衡反力（図 2−2 による。）
	H_T	N	内圧力によってフランジに加わる全荷重とフランジ内面に加わる荷重との差（図 2−2 による。）
	M	N･mm	フランジ部に作用するモーメント
	M_0	N･mm	使用状態でフランジに作用する全モーメント
	P	MPa	最高使用圧力
	P_{eq}	MPa	管の自重及びその他機械的荷重によりフランジ部に作用する曲げモーメントを圧力に換算した等価圧力
	P_{FD}	MPa	フランジ応力算定用圧力
	W_m	N	使用状態のボルト荷重（図 2−2 による。）
	b”	mm	使用状態におけるガスケット座有効幅　　2b”＝ 5
	d_b	mm	ボルトねじ部の谷径と軸部の径の最小部の小さい方の径
	d_h	mm	ボルト穴直径
	h_D	mm	ボルト穴中心からH_D作用点までの距離（図 2−2 による。）
	h_P	mm	ボルト穴中心からH_P作用点までの距離（図 2−2 による。）
	h_R	mm	ボルト穴中心からH_R作用点までの距離（図 2−2 による。）
	h_T	mm	ボルト穴中心からH_T作用点までの距離（図 2−2 による。）
	m	—	ガスケット係数
	n	本	ボルト本数
	t	mm	フランジ厚さ（図 2−2 による）
	σ_b	MPa	使用温度におけるボルト材料の許容引張応力（設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表 7）
	σ_f	MPa	使用温度におけるフランジ材料の許容引張応力（設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表 5）
	σ_{max}	MPa	使用状態でフランジに作用する発生応力
	σ'_{max}	MPa	使用状態でボルトに作用する発生応力

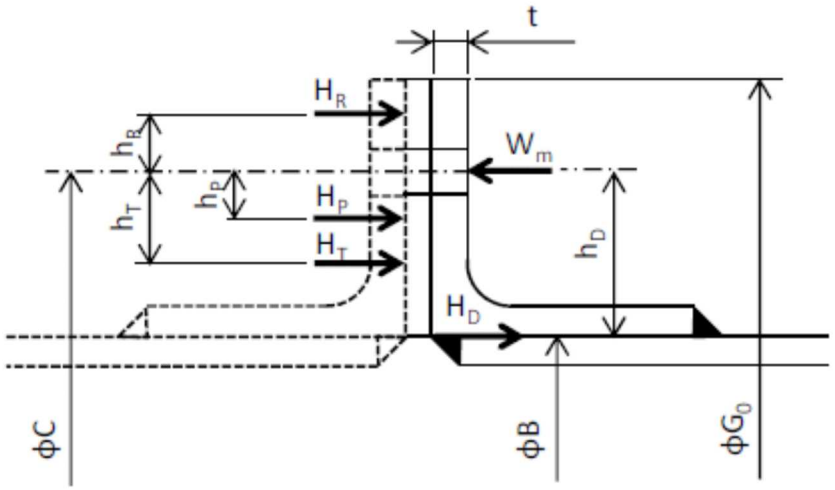


図 2－1　フランジの寸法（円形ダクト）

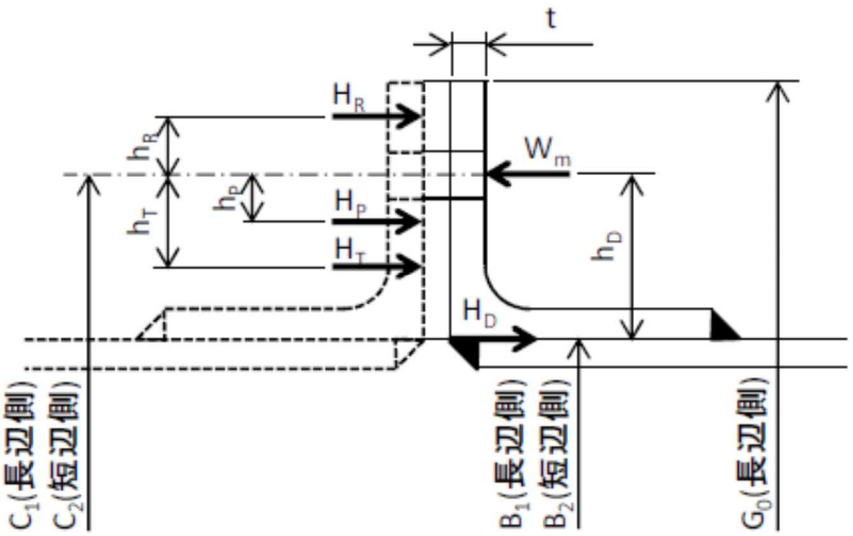


図 2－2　フランジの寸法（矩形ダクト）

(3) ダクトの応力計算に使用するもの

a. 円形のダクト

	記号	単位	定義
ダクトの応力計算に使用するもの	B_1 B_2	—	設計・建設規格　PPB-3810 に規定する応力係数
	D_0	mm	ダクト外径
	M_a	N・mm	ダクトの機械的荷重（自重その他の長期的荷重に限る。）により生じるモーメント
	P	MPa	最高使用圧力
	S_h	MPa	最高使用温度における設計・建設規格　付録材料図表　Part5 表 5 に規定する材料の許容引張応力*
	S_{prm}	MPa	一次応力
	t	mm	ダクトの厚さ
	Z	mm^3	ダクトの断面係数

注記＊：設計・建設規格　付録材料図表　Part5 に規定がない場合は，Ｓ値は 5/8Ｓｙと 1/4Ｓｕの小さい方の値とし，Ｓｙ，ＳｕはＪＩＳに記載の値とする。

b. 矩形のダクト

	記号	単位	定義
ダクトの応力計算に使用するもの	a	mm	ダクト長辺寸法
	c	mm	ダクト接続材・補強材の接続ピッチ
	D_p	kg/mm^2	単位面積当たりのダクト鋼板の質量
	E	MPa	ヤング率
	g	m/s^2	重力加速度（=9.80665）
	P	MPa	最高使用圧力
	S_h	MPa	最高使用温度における設計・建設規格　付録材料図表　Part5 表 5 に規定する材料の許容引張応力*
	S_{prm}	MPa	一次応力
	t	mm	ダクトの厚さ
	ν	—	ポアソン比
	δ_{max}	mm	面外荷重によるダクト板の最大変位量

注記＊：設計・建設規格　付録材料図表　Part5 に規定がない場合は，Ｓ値は 5/8Ｓｙと 1/4Ｓｕの小さい方の値とし，Ｓｙ，ＳｕはＪＩＳに記載の値とする。

2.2　強度計算方法

ここでは中央制御室換気空調設備を構成する円形ダクト及び矩形のダクトの計算方法並びに計算式を示す。

材料の許容応力は，設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表 5，表 7 に応じた値を用いる。

設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表 5，表 7 記載の温度の中間の値の場合は比例法を用いて計算し，小数点第 1 位以下を切り捨てた値を用いるものとする。

強度計算は設計・建設規格又は機械工学便覧に基づき，適切な裕度を持った許容値を使用して実施することから，強度計算に用いる寸法は公称値を使用する。

(1)　応力の制限（設計・建設規格　PPC-3111 準用）

ダクトの耐圧設計は設計・建設規格　PPC-3400 の規定に従って行う。

(2)　ダクトの厚さの計算（設計・建設規格　PPC-3411 準用及び機械工学便覧（設計・建設規格　PPC-3411 参考））

ダクトの厚さは，次の計算式により求められる計算上必要な厚さ以上であることを確認する。

a.　円形のダクト

円形のダクトは薄肉円筒構造であり，設計・建設規格　PPC-3411 に規定されている下式を用いて，計算上必要な厚さを求める。

なお，ダクトの外面に圧力を受けるものにあっては，外面圧に対する厚さ計算を行う。

区分	適用規格番号	計算式
内圧を受けるダクト	設計・建設規格 PPC-3411(1)準用	$t=\frac{P \cdot D_0}{2 \cdot S \cdot \eta + 0.8 \cdot P}$
外圧を受けるダクト	設計・建設規格 PPC-3411(2)準用	$t=\frac{3 \cdot P_e \cdot D_0}{4 \cdot B}$

b. 矩形のダクト

矩形のダクトの任意のダクト板面に着目すると，ダクト板面は両サイドを他の2つの側面のダクト板で，軸方向（流れ方向）を接続部材（及び補強部材）で支持された長方形の板と見なすことができる。ここで，両サイドの2つの側面のダクト板は支持しているダクト板面（評価対象面）に作用する圧力及び自重（面外荷重）を面内で受けている。また，接続部材（及び補強部材）は支持しているダクト板面（評価対象面）に取り付けられており，本部位は評価対象面本体よりも面外荷重に対する剛性が増強されている。したがって，評価対象面は，面外に等分布荷重を受ける4辺単純支持の長方形板と見なせ，長方形板の大たわみ式（出典：機械工学便覧）を用いて，計算上必要な厚さを求めることができる。（図2－3参照）

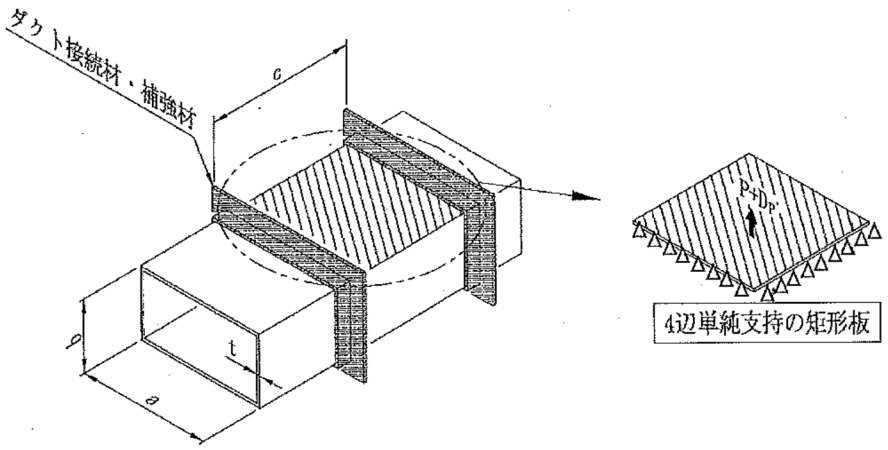


図2－3　板材の面外荷重に対する評価モデル

区分	適用規格番号	計算式
矩形のダクト	機械工学便覧 設計・建設規格 PPC-3411(1) 参考	$\frac{256(1-\nu^2)}{\pi^6 E\ t^4}(P+gD_P)=\frac{4}{3}\left(\frac{1}{a^2}+\frac{1}{c^2}\right)^2\frac{\delta_{max}}{t}$ $+\left(\frac{4\nu}{a^2c^2}+(3-\nu^2)\left(\frac{1}{a^4}+\frac{1}{c^4}\right)\right)\left(\frac{\delta_{max}}{t}\right)^3$ … (2. 1) $S=\frac{\pi^2 E\ \delta_{max}}{8(1-\nu^2)}\left(\frac{(2-\nu^2)\delta_{max}+4t}{a^2}+\frac{\nu(\delta_{max}+4t)}{c^2}\right)$ … (2. 2)

(2. 1) 式及び (2. 2) 式を解いて，両式を満足する δ_{max} 及び t を求める。このときの t を長方形のダクトの計算上必要な厚さと定義する。なお，縦弾性係数は原子力設備の技術基準　別表第11の値を用いて算出し，ポアソン比を0.3として計算を行う。

(3)　フランジ（設計・建設規格　PPC－3414 準用）

a.　円形のダクト

円形のアングルフランジ構造であり，ＪＩＳ　Ｂ　８２６５（2003）「圧力容器の構造 － 一般事項」に規定するルーズ形フランジと断面形状が類似しており，同様な寸法の取り方が可能であるため，図 2－4「フランジ型式」に示すルーズ形フランジと見なして，設計・建設規格　PPC-3414(2)に従い，ＪＩＳ　Ｂ　８２６５（2003）「圧力容器の構造 － 一般事項」に規定するフランジの応力計算に準じて応力を評価し，必要な強度を有することを確認する。

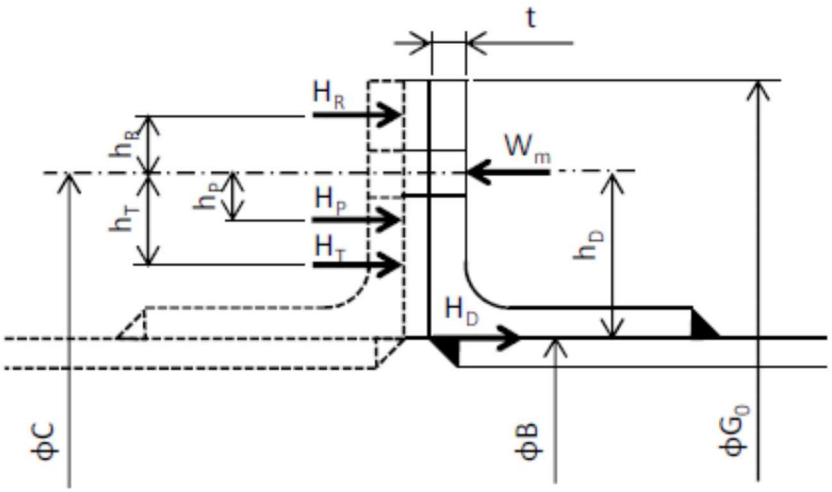


図 2－4　フランジ型式　（円形アングルフランジ）

項目		計算式
計算上必要なボルト荷重	使用状態におけるガスケット座有効幅	$b'' = \frac{5}{2}$
	ガスケット反力円直径	$G = C - (d_h + 2 \cdot b'')$
	管の自重およびその他機械的荷重によりフランジ部に作用する曲げモーメントを圧力に換算した等価圧力	$P_{eq} = \frac{16 \cdot M}{\pi \cdot G^3}$
	フランジ応力算定用圧力	$P_{FD} = P + P_{eq}$
	内圧力によってフランジに加わる全荷重	$H = \frac{\pi}{4} \cdot (C - d_h)^2 \cdot P_{FD}$
	気密を十分に保つためのガスケット圧縮力	$H_P = 2 \cdot \pi \cdot b'' \cdot G \cdot m \cdot P_{FD}$
	平衡反力	$H_R = \frac{H_D \cdot h_D + H_T \cdot h_T + H_P \cdot h_P}{h_R}$
	使用状態のボルト荷重	$W_m = H + H_P + H_R$
ボルトの発生応力	ボルト総有効断面積	$A_b = n \frac{\pi}{4} {d_b}^2$
	使用状態でボルトに作用する発生応力	$\sigma'_{max} = \frac{W_m}{A_b}$
	評　　価	σ'_{max}がσ_b以下となることを確認する。

項目		計算式
フランジに作用するモーメント	内圧力によってフランジ内径面に加わる荷重	$H_D = \frac{\pi}{4} \cdot B^2 \cdot P_{FD}$
	内圧力によってフランジに加わる全荷重とフランジ内径面に加わる荷重との差	$H_T = H - H_D$
	ボルト穴中心円からH_D作用点までの半径方向の距離	$h_D = \frac{C-B}{2}$
	ボルト穴中心円からH_P作用点までの半径方向の距離	$h_P = \frac{d_h + 2 \cdot b''}{2}$
	ボルト穴中心円からH_R作用点までの半径方向の距離	$h_R = \frac{G_0 - (C + d_h)}{4} + \frac{d_h}{2}$
	ボルト穴中心円からH_T作用点までの半径方向の距離	$h_T = \frac{(C + d_h + 2 \cdot b'') - B}{4}$
	使用状態でフランジに作用する全モーメント	$M_0 = H_R \cdot h_R$
フランジに生じる応力	使用状態でフランジに作用する発生応力	$\sigma_{max} = \frac{6 \cdot M_0}{t^2(\pi \cdot C - n \cdot d_h)}$
	評　　価	σ_{max}が$1.5\sigma_f$以下となることを確認する。

b.　矩形のダクト

矩形のアングルフランジ構造であり，ＪＩＳ　Ｂ　８２６５（2003）「圧力容器の構造 － 一般事項」に規定するルーズ形フランジと断面形状が類似しており，矩形と円形の形状の違いを考慮することにより，同様な寸法の取り方が可能であるため，図 2－5「フランジ型式」に示すルーズ形フランジに準じた形状にモデル化し，ＪＩＳ　Ｂ　８２６５（2003）「圧力容器の構造 － 一般事項」に規定するフランジの応力計算に準じて応力を評価し，必要な強度を有することを確認する。

なお，フランジについては，図 2－5「フランジ型式」に示す断面形状が等ボルト間隔で直線上に配列されているものとして，フランジに作用する曲げ応力を評価し，必要な強度を有することを確認する。

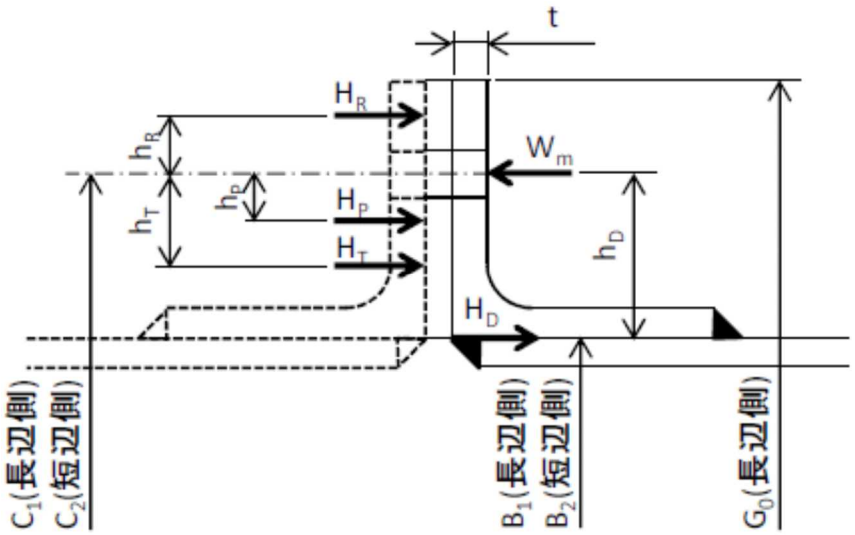


図 2－5　フランジ型式　（矩形アングルフランジ）

項目		計算式
計算上必要なボルト荷重	使用状態におけるガスケット座有効幅	$b'' = \frac{5}{2}$
	ガスケット反力距離（長辺側）	$G_1 = C_1 - (d_h + 2 \cdot b'')$
	ガスケット反力距離（短辺側）	$G_2 = C_2 - (d_h + 2 \cdot b'')$
	管の自重およびその他機械的荷重によりフランジ部に作用する曲げモーメントを圧力に換算した等価圧力	$P_{eq} = \frac{16 \cdot M}{\pi \cdot {G_2}^3}$
	フランジ応力算定用圧力	$P_{FD} = P + P_{eq}$
	内圧力によってフランジに加わる全荷重	$H = (C_1 - d_h) \cdot (C_2 - d_h) \cdot P_{FD}$
	内圧力によってフランジ内面に加わる荷重	$H_D = B_1 \cdot B_2 \cdot P_{FD}$
	気密を十分に保つためのガスケット圧縮力	$H_P = 4 \cdot (G_1 + G_2) \cdot b'' \cdot m \cdot P_{FD}$
	平衡反力	$H_R = \frac{H_D \cdot h_D + H_T \cdot h_T + H_P \cdot h_P}{h_R}$
	内圧力によってフランジに加わる全荷重とフランジ内面に加わる荷重との差	$H_T = H - H_D$
	ボルト穴中心からH_D作用点までの距離	$h_D = \frac{C_1 - B_1}{2}$
	ボルト穴中心からH_P作用点までの距離	$h_P = \frac{d_h + 2 \cdot b''}{2}$
	ボルト穴中心からH_R作用点までの距離	$h_R = \frac{G_0 - (C_1 + d_h)}{4} + \frac{d_h}{2}$
	ボルト穴中心からH_T作用点までの距離	$h_T = \frac{(C_1 + d_h + 2 \cdot b'') - B_1}{4}$
	使用状態のボルト荷重	$W_m = H + H_P + H_R$
ボルトの発生応力	ボルトの総有効断面積	$A_b = n \frac{\pi}{4} {d_b}^2$
	使用状態でボルトに作用する発生応力	$\sigma'_{max} = \frac{W_m}{A_b}$
	評　　価	σ'_{max}がσ_b以下となることを確認する。

項目		計算式
フランジに作用するモーメント	使用状態でフランジに作用する全モーメント	$M_0 = H_R \cdot h_R$
フランジに生じる応力	使用状態でフランジに作用する発生応力	$\sigma_{max} = \frac{6 \cdot M_0}{t^2 \cdot (2 \cdot (C_1 + C_2) - n \cdot d_h)}$
	評　　価	σ_{max}が$1.5\sigma_f$以下となることを確認する。

(4)　応力計算（設計・建設規格　PPC-3500，3700 及び 3800 準用）

縦弾性係数は原子力設備の技術基準　別表第 11 の値を用いて算出し，ポアソン比を 0.3 として以下の応力計算を行う。

a.　一次応力（設計・建設規格　PPC-3510 準用）

(a)　円形のダクト

円形のダクトは薄肉円筒構造であり，一次応力は，設計・建設規格 PPC-3520 に規定されている次の計算式により求められる値が，最高使用温度における材料の許容応力を超えないことを確認する。機械的荷重（短期的）に生じる逃し弁等が設置されていないため，設計・建設規格　PPC-3520(2)による応力計算は行わない。

適用規格番号	計算式	許容応力
設計・建設規格 PPC-3520(1) b 準用	管台及び突合せ溶接式ティー以外の管 $S_{prm}=\frac{B_1 \cdot P \cdot D_0}{2t}+\frac{B_2 \cdot M_a}{Z}$	$1.5S_h$

(b)　矩形のダクト

矩形のダクトの任意のダクト板面に着目すると，ダクト板面は両サイドを他の 2 つの側面のダクト板で，軸方向（流れ方向）を接続部材（及び補強部材）で支持された長方形の板と見なすことができる。したがって，次の計算式（等分布荷重を受ける 4 辺単純支持の長方形板の大たわみ式（出典：機械工学便覧；前述する 2.2 (2) b.項（厚さ計算）の式と同一））により求められる応力値が，最高使用温度における材料の許容応力を超えないことを確認する。

適用規格番号	計算式	許容応力
機械工学便覧 ［設計・建設規格 PPC-3520(1) b 参考］	$\frac{256\left(1-\nu^2\right)}{\pi^6 E\ t^4}\left(P+gD_P\right)=\frac{4}{3}\left(\frac{1}{a^2}+\frac{1}{c^2}\right)^2\frac{\delta_{max}}{t}$ $+\left(\frac{4\nu}{a^2c^2}+\left(3-\nu^2\right)\left(\frac{1}{a^4}+\frac{1}{c^4}\right)\right)\left(\frac{\delta_{max}}{t}\right)^3$ … (2. 3) $S_{prm}=\frac{\pi^2 E\ \delta_{max}}{8\left(1-\nu^2\right)}\left(\frac{\left(2-\nu^2\right)\delta_{max}+4t}{a^2}+\frac{\nu\left(\delta_{max}+4t\right)}{c^2}\right)$ … (2. 4)	$1.5S_h$

(2. 3) 式及び (2. 4) 式を解いて，両式を満足する δ_{max} 及び S_{prm} を求める。このときの S_{prm} を矩形の一次応力と定義する。

3.　換気設備の重大事故等クラス２管の使用材料の評価結果

3.1　評価対象材料及び仕様

番号	使用箇所	使用条件				使用材料 規格	比較材料 規格
		最高使用 圧力 (MPa)		最高使用 温度 (℃)			
		ＳＡクラス		ＳＡクラス			
		Non (施設時)	SA-2	Non (施設時)	SA-2		
1	ダクト (中央制御室)	±0.00275	±0.00275	40	40	SGCC ＪＩＳ　Ｇ　３３０２	—
2		±0.00275	±0.00275	40	40	SGLCC ＪＩＳ　Ｇ　３３２１	—

3.2　評価結果（番号１から番号２の評価結果）

ダクト（中央制御室）の使用材料は，設計・建設規格のクラス２管に使用可能な材料として規定されていないものの，以下のとおり，求められる機能を考慮し，使用条件に対して適切な材料である。

換気設備の重大事故等対処設備のうちダクト（中央制御室）は，施設時クラス（Non クラス）を重大事故等クラス２管にクラスアップする機器である。

ダクト鋼板面は，重大事故等対処設備として，中央制御室換気空調系の流路を構成するための仕切板としての機能が求められ，最高使用圧力は－0.00275 MPa から 0.00275 MPa と微圧であり，最高使用温度も 40℃であり，ダクト（中央制御室）に使用可能な材料である。

重大事故等対処設備（クラス２管）としてのダクト（中央制御室）は，施設時（Non クラス）と同じ機能を要求され，施設時（Non クラス）の最高使用圧力及び最高使用温度と同じであることから，ダクトの使用材料は使用条件に対して適切な材料である。

4. 評価結果

中央制御室換気空調系ダクトの強度計算

FORMAT-Ⅰ　ダクトの厚さ計算結果

(1/1)円形のダクト

設備区分　　放射線管理施設　　換気設備　　中央制御室換気空調系

管 No.	ダクトサイズ (口径×板厚×長さ) (mm)	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (℃)	材料	許容引張 応力*1 S (MPa)	長手継手 の効率 η	外径 (mm)	計算上 必要な厚さ t (mm)	ダクト厚さ (最小厚さ) (mm)
3	ϕ500×0.8×[redacted]	0.00275	40	SGLCC	—*2	—*2	501.6	0.68	0.8 [redacted]
5	ϕ300×0.6×[redacted]	0.00275	40	SGLCC	—*2	—*2	301.2	0.50	0.6 [redacted]
6	ϕ500×0.8×[redacted]	0.00275	40	SGCC	67	0.6	501.6	0.02	0.8 [redacted]
評価：上記のダクトの最小厚さは，すべて計算上必要な厚さ以上である。									

注記＊1：設計・建設規格　付録材料図表にＳ値の記載がないため，Ｓ値は5/8Ｓｙと1/4Ｓｕの小さい方の値とする。

Ｓｙ，ＳｕはＪＩＳ　Ｇ　３３０２「溶融亜鉛めっき鋼板及び鋼帯」又はＪＩＳ　Ｇ　３３２１「溶融55%アルミニウム―亜鉛めっき鋼板及び鋼帯」に記載の常温における値

＊2：外圧を受ける円形ダクトの厚さ計算においては，許容引張応力及び長手継手の効率を用いていないため，「―」とする。

中央制御室換気空調系ダクトの強度計算

FORMAT-Ⅱ　ダクトの厚さ計算結果

(1/1)矩形のダクト

設備区分　　放射線管理施設　　換気設備　　中央制御室換気空調系

管 No.	ダクトサイズ (長辺×短辺×板厚×長さ) (mm)	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	材料	許容引張応力* S (MPa)	計算上必要な厚さ t (mm)	ダクト厚さ (最小厚さ) (mm)
1	450×450×0.6×□	0.00275	40	SGLCC	67	0.46	0.6 □
2	450×450×0.8×□	0.00275	40	SGLCC	67	0.26	0.8 □
4	300×300×0.6×□	0.00275	40	SGLCC	67	0.31	0.6 □
7	450×450×0.8×□	0.00275	40	SGCC	67	0.26	0.8 □
8	450×450×0.6×□	0.00275	40	SGCC	67	0.47	0.6 □
評価：上記のダクトの最小厚さは，すべて計算上必要な厚さ以上である。							

注記＊：設計・建設規格　付録材料図表にＳ値の記載がないため，Ｓ値は5/8Ｓｙと1/4Ｓｕの小さい方の値とする。

Ｓｙ，ＳｕはＪＩＳ　Ｇ　３３０２「溶融亜鉛めっき鋼板及び鋼帯」又はＪＩＳ　Ｇ　３３２１「溶融55%アルミニウム―亜鉛合金めっき鋼板及び鋼帯」に記載の常温における値

中央制御室換気空調系ダクトの強度計算

FORMAT-Ⅲ　ダクトの応力計算結果

(1/1)円形のダクト

設備区分　　放射線管理施設　　換気設備　　中央制御室換気空調系

管 No.	ダクトサイズ (口径×板厚) (mm)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (℃)	一次応力	
							合計応力 (MPa)	許容応力* (MPa)
3	φ500×0.8	501.6	0.8	SGLCC	0.00275	40	24	100
5	φ300×0.6	301.2	0.6	SGLCC	0.00275	40	29	100
6	φ500×0.8	501.6	0.8	SGCC	0.00275	40	24	100
評価：ダクトの合計応力は，許容応力以下であるので，強度は十分である。								

注記＊：設計・建設規格　付録材料図表にＳ値の記載がないため，Ｓ値は5/8Ｓｙと1/4Ｓｕの小さい方の値とする。

Ｓｙ，ＳｕはＪＩＳ　Ｇ　３３０２「溶融亜鉛めっき鋼板及び鋼帯」又はＪＩＳ　Ｇ　３３２１「溶融55%アルミニウム―亜鉛合金めっき鋼板及び鋼帯」に記載の常温における値

中央制御室換気空調系ダクトの強度計算

FORMAT-Ⅳ　ダクトの応力計算結果

(1/1)矩形のダクト

設備区分　　放射線管理施設　　換気設備　　中央制御室換気空調系

管 No.	ダクトサイズ (長辺×短辺×板厚×長さ) (mm)	厚さ (mm)	材料	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (℃)	一次応力	
						合計応力 (MPa)	許容応力* (MPa)
1	450×450×0.6×[redacted]	0.6	SGLCC	0.00275	40	61	100
2	450×450×0.8×[redacted]	0.8	SGLCC	0.00275	40	46	100
4	300×300×0.6×[redacted]	0.6	SGLCC	0.00275	40	53	100
7	450×450×0.8×[redacted]	0.8	SGCC	0.00275	40	46	100
8	450×450×0.6×[redacted]	0.6	SGCC	0.00275	40	61	100
評価：ダクトの合計応力は，許容応力以下であるので，強度は十分である。							

注記＊：設計・建設規格　付録材料図表にＳ値の記載がないため，Ｓ値は5/8Ｓｙと1/4Ｓｕの小さい方の値とする。

Ｓｙ，ＳｕはＪＩＳ　Ｇ　３３０２「溶融亜鉛めっき鋼板及び鋼帯」又はＪＩＳ　Ｇ　３３２１「溶融55%アルミニウム―亜鉛合金めっき鋼板及び鋼帯」に記載の常温における値

中央制御室換気空調系ダクトの強度計算

FORMAT-V　フランジの強度計算結果

(1/3)円形のダクト　　ダクトサイズ：φ500×0.8　　フランジサイズ：[redacted]

管No.	3

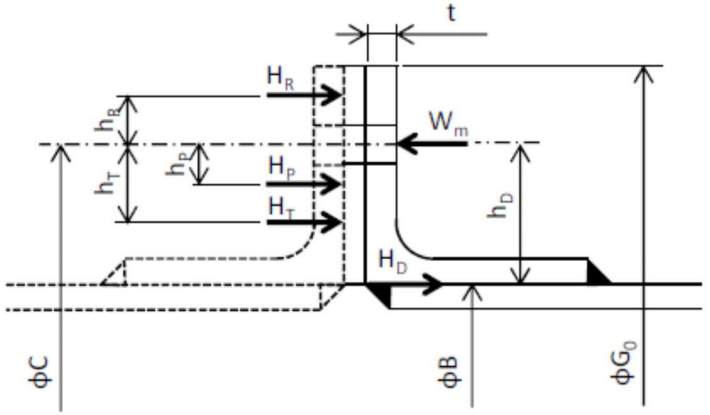
フランジ及びボルトの応力

(1)設計条件及び諸元

最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	G_0* (mm)	フランジ		ボルト				ガスケット		
			材料	最高使用温度における許容引張応力 σ_f (MPa)	材料	最高使用温度における許容引張応力 σ_b (MPa)	本数 n	ボルトの谷径 d_b (mm)	材料	ガスケット係数 m	有効幅 b" (mm)
0.00275	40	553	SS400	100	SS400	54	16	[redacted]	クロロプレンゴム	0.5	2.5

(2)フランジの応力

フランジに作用するモーメント	フランジに生じる応力	
M_0 (N・mm)	計算応力 σ_{max} (MPa)	許容応力 $1.5\sigma_f$ (MPa)
1.273E+05	57	150



(3)ボルトの応力

ボルトに生じる平均引張応力	
計算応力 σ'_{max} (MPa)	許容応力 σ_b (MPa)
47	54

評価	フランジに生じる応力及びボルトに生じる応力は，設計・建設規格　PPC-3414 に規定される許容応力以下であるので強度は十分である。

注記＊：ガスケット外径又はフランジ外径のいずれか小さい方の値

中央制御室換気空調系ダクトの強度計算

FORMAT-V　フランジの強度計算結果

(2/3)円形のダクト　　ダクトサイズ：φ300×0.6　　フランジサイズ：[redacted]

管No.	5

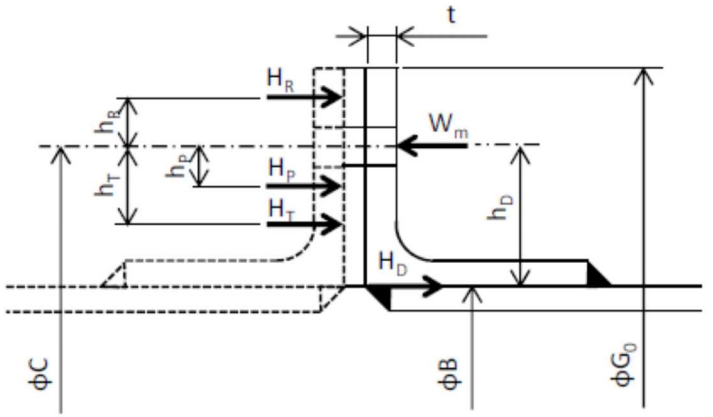
フランジ及びボルトの応力

(1)設計条件及び諸元

最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	G_0* (mm)	フランジ		ボルト				ガスケット		
			材料	最高使用温度における許容引張応力 σ_f (MPa)	材料	最高使用温度における許容引張応力 σ_b (MPa)	本数 n	ボルトの谷径 d_b (mm)	材料	ガスケット係数 m	有効幅 b" (mm)
0.00275	40	353	SS400	100	SS400	54	12	[redacted]	クロロプレンゴム	0.5	2.5

(2)フランジの応力

フランジに作用するモーメント	フランジに生じる応力	
M_0 (N・mm)	計算応力 σ_{max} (MPa)	許容応力 $1.5\sigma_f$ (MPa)
8.537E+04	62	150



(3)ボルトの応力

ボルトに生じる平均引張応力	
計算応力 σ'_{max} (MPa)	許容応力 σ_b (MPa)
42	54

評価	フランジに生じる応力及びボルトに生じる応力は，設計・建設規格　PPC-3414 に規定される許容応力以下であるので強度は十分である。

注記＊：ガスケット外径又はフランジ外径のいずれか小さい方の値

中央制御室換気空調系ダクトの強度計算

FORMAT-V　フランジの強度計算結果

(3/3)円形のダクト　　ダクトサイズ：φ500×0.8　　フランジサイズ：[redacted]

管No.	6

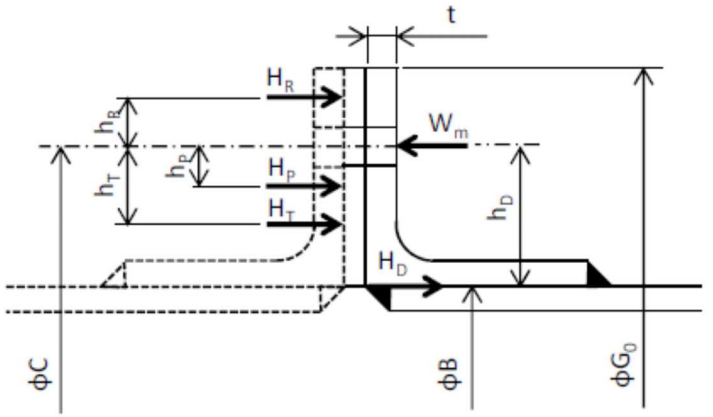
フランジ及びボルトの応力

(1)設計条件及び諸元

最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	G_0* (mm)	フランジ		ボルト				ガスケット		
			材料	最高使用温度における許容引張応力 σ_f (MPa)	材料	最高使用温度における許容引張応力 σ_b (MPa)	本数 n	ボルトの谷径 d_b (mm)	材料	ガスケット係数 m	有効幅 b" (mm)
0.00275	40	553	SS400	100	SS400	54	16	[redacted]	クロロプレンゴム	0.5	2.5

(2)フランジの応力

フランジに作用するモーメント	フランジに生じる応力	
M_0 (N・mm)	計算応力 σ_{max} (MPa)	許容応力 $1.5\sigma_f$ (MPa)
1.273E+05	57	150



(3)ボルトの応力

ボルトに生じる平均引張応力	
計算応力 σ'_{max} (MPa)	許容応力 σ_b (MPa)
47	54

評価	フランジに生じる応力及びボルトに生じる応力は，設計・建設規格　PPC-3414 に規定される許容応力以下であるので強度は十分である。

注記＊：ガスケット外径又はフランジ外径のいずれか小さい方の値

中央制御室換気空調系ダクトの強度計算

FORMAT-Ⅵ　フランジの強度計算結果

(1/5)矩形のダクト　　ダクトサイズ：450×450×0.6　　フランジサイズ：[redacted]

管 No.	1

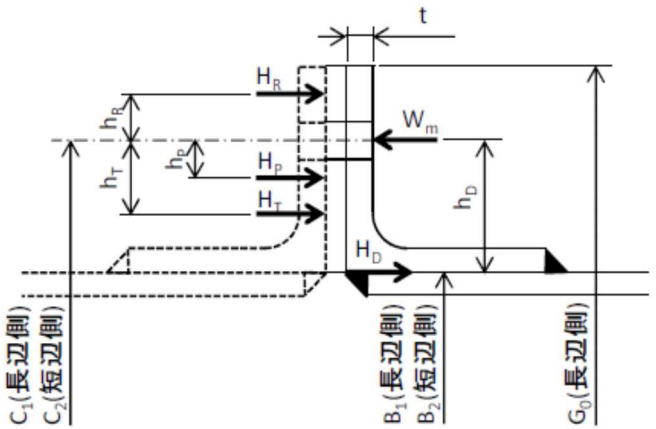
フランジ及びボルトの応力

(1)設計条件及び諸元

最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	G_0* (mm)	フランジ		ボルト				ガスケット		
			材料	最高使用温度における許容引張応力 σ_f (MPa)	材料	最高使用温度における許容引張応力 σ_b (MPa)	ボルト間隔 ℓ (mm)	ボルトの谷径 d_b (mm)	材料	ガスケット係数 m	有効幅 b" (mm)
0.00275	40	505	SS400	100	SS400	54	100	[redacted]	クロロプレンゴム	0.5	2.5

(2)フランジの応力

フランジに作用するモーメント	フランジに生じる応力	
M_0 (N・mm)	計算応力 σ_{max} (MPa)	許容応力 $1.5\sigma_f$ (MPa)
6.755E＋04	26	150



(3)ボルトの応力

ボルトに生じる平均引張応力	
計算応力 σ'_{max} (MPa)	許容応力 σ_b (MPa)
20	54

評価	フランジに生じる応力及びボルトに生じる応力は，設計・建設規格　PPC-3414 に規定される許容応力以下であるので強度は十分である。

注記＊：ガスケット外面幅（長辺側）又はフランジ外面幅（長辺側）のいずれか小さい方の値

中央制御室換気空調系ダクトの強度計算

FORMAT-Ⅵ　フランジの強度計算結果

(2/5)矩形のダクト　　ダクトサイズ：450×450×0.8　　フランジサイズ：[redacted]

管No.	2

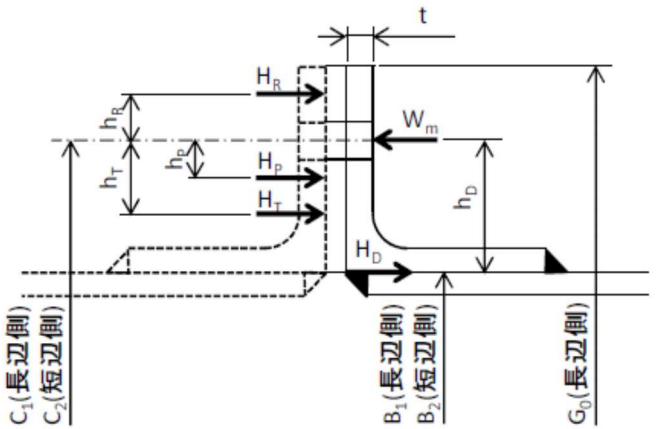
フランジ及びボルトの応力

(1)設計条件及び諸元

最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	G_0* (mm)	フランジ		ボルト				ガスケット		
			材料	最高使用温度における許容引張応力 σ_f (MPa)	材料	最高使用温度における許容引張応力 σ_b (MPa)	ボルト間隔 ℓ (mm)	ボルトの谷径 d_b (mm)	材料	ガスケット係数 m	有効幅 b" (mm)
0.00275	40	505	SS400	100	SS400	54	100	[redacted]	クロロプレンゴム	0.5	2.5

(2)フランジの応力

フランジに作用するモーメント	フランジに生じる応力	
M_0 (N・mm)	計算応力 σ_{max} (MPa)	許容応力 $1.5\sigma_f$ (MPa)
1.361E＋05	53	150



(3)ボルトの応力

ボルトに生じる平均引張応力	
計算応力 σ'_{max} (MPa)	許容応力 σ_b (MPa)
40	54

評価	フランジに生じる応力及びボルトに生じる応力は，設計・建設規格　PPC-3414 に規定される許容応力以下であるので強度は十分である。

注記＊：ガスケット外面幅（長辺側）又はフランジ外面幅（長辺側）のいずれか小さい方の値

中央制御室換気空調系ダクトの強度計算

FORMAT-Ⅵ　フランジの強度計算結果

(3/5)矩形のダクト　　ダクトサイズ：300×300×0.6　　フランジサイズ：[redacted]

管 No.	4

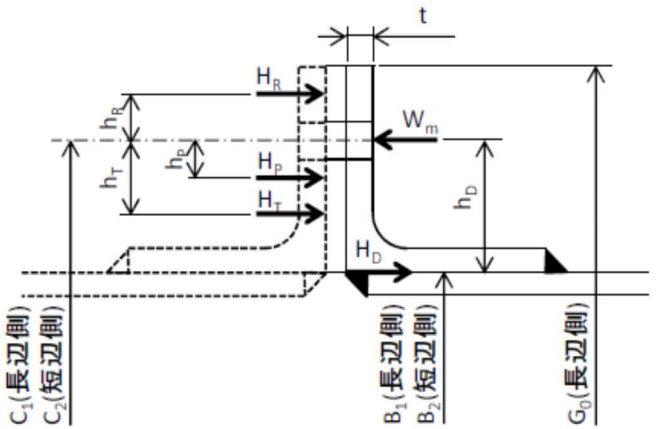
フランジ及びボルトの応力

(1)設計条件及び諸元

最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	G_0* (mm)	フランジ		ボルト				ガスケット		
			材料	最高使用温度における許容引張応力 σ_f (MPa)	材料	最高使用温度における許容引張応力 σ_b (MPa)	ボルト間隔 ℓ (mm)	ボルトの谷径 d_b (mm)	材料	ガスケット係数 m	有効幅 b" (mm)
0.00275	40	355	SS400	100	SS400	54	100	[redacted]	クロロプレンゴム	0.5	2.5

(2)フランジの応力

フランジに作用するモーメント	フランジに生じる応力	
M_0 (N・mm)	計算応力 σ_{max} (MPa)	許容応力 $1.5\sigma_f$ (MPa)
7.336E＋04	42	150



(3)ボルトの応力

ボルトに生じる平均引張応力	
計算応力 σ'_{max} (MPa)	許容応力 σ_b (MPa)
27	54

評価	フランジに生じる応力及びボルトに生じる応力は，設計・建設規格　PPC-3414 に規定される許容応力以下であるので強度は十分である。

注記＊：ガスケット外面幅（長辺側）又はフランジ外面幅（長辺側）のいずれか小さい方の値

中央制御室換気空調系ダクトの強度計算

FORMAT-Ⅵ　フランジの強度計算結果

(4/5)矩形のダクト　　ダクトサイズ：450×450×0.8　　フランジサイズ：[redacted]

管 No.	7

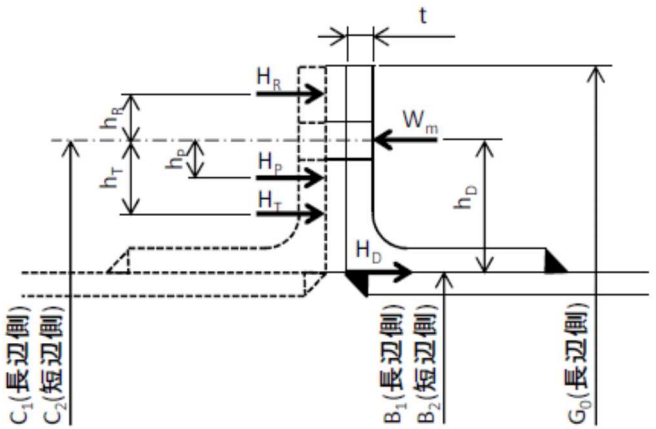
フランジ及びボルトの応力

(1)設計条件及び諸元

最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	G_0* (mm)	フランジ		ボルト				ガスケット		
			材料	最高使用温度における許容引張応力 σ_f (MPa)	材料	最高使用温度における許容引張応力 σ_b (MPa)	ボルト間隔 ℓ (mm)	ボルトの谷径 d_b (mm)	材料	ガスケット係数 m	有効幅 b" (mm)
0.00275	40	505	SS400	100	SS400	54	100	[redacted]	クロロプレンゴム	0.5	2.5

(2)フランジの応力

フランジに作用するモーメント	フランジに生じる応力	
M_0 (N・mm)	計算応力 σ_{max} (MPa)	許容応力 $1.5\sigma_f$ (MPa)
1.361E＋05	53	150



(3)ボルトの応力

ボルトに生じる平均引張応力	
計算応力 σ'_{max} (MPa)	許容応力 σ_b (MPa)
40	54

評価	フランジに生じる応力及びボルトに生じる応力は，設計・建設規格　PPC-3414 に規定される許容応力以下であるので強度は十分である。

注記＊：ガスケット外面幅（長辺側）又はフランジ外面幅（長辺側）のいずれか小さい方の値

中央制御室換気空調系ダクトの強度計算

FORMAT-Ⅵ　フランジの強度計算結果

(5/5)矩形のダクト　　ダクトサイズ：450×450×0.6　　フランジサイズ：[redacted]

管 No.	8

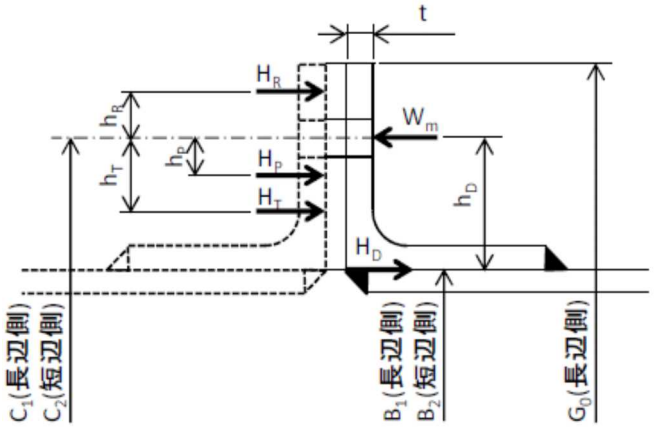
フランジ及びボルトの応力

(1)設計条件及び諸元

最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	G_0* (mm)	フランジ		ボルト				ガスケット		
			材料	最高使用温度における許容引張応力 σ_f (MPa)	材料	最高使用温度における許容引張応力 σ_b (MPa)	ボルト間隔 ℓ (mm)	ボルトの谷径 d_b (mm)	材料	ガスケット係数 m	有効幅 b" (mm)
0.00275	40	505	SS400	100	SS400	54	100	[redacted]	クロロプレンゴム	0.5	2.5

(2)フランジの応力

フランジに作用するモーメント	フランジに生じる応力	
M_0 (N・mm)	計算応力 σ_{max} (MPa)	許容応力 $1.5\sigma_f$ (MPa)
6.895E＋04	27	150



(3)ボルトの応力

ボルトに生じる平均引張応力	
計算応力 σ'_{max} (MPa)	許容応力 σ_b (MPa)
21	54

評価	フランジに生じる応力及びボルトに生じる応力は，設計・建設規格　PPC-3414 に規定される許容応力以下であるので強度は十分である。

注記＊：ガスケット外面幅（長辺側）又はフランジ外面幅（長辺側）のいずれか小さい方の値

(2)　中央制御室外気取入れ・排気ダクト（６号機設備）の強度計算書

・評価条件整理表　(1/2)

管 No.	既設 or 新設	施設時の技術基準に対象とする施設の規定があるか	クラスアップするか				条件アップするか					既工認における評価結果の有無	施設時の適用規格	評価区分	同等性評価区分	評価クラス
			クラスアップの有無	施設時機器クラス	ＤＢクラス	ＳＡクラス	条件アップの有無	ＤＢ条件		ＳＡ条件						
								圧力 (MPa)	温度 (℃)	圧力 (MPa)	温度 (℃)					
1	既設	無	—	Non	Non	SA-2	—	0.00059 (差圧)	40	0.00059 (差圧)	40	—	—	同等性	a.(a)	SA-2
2	既設	無	—	Non	Non	SA-2	—	0.00059 (差圧)	40	0.00059 (差圧)	40	—	—	同等性	a.(a)	SA-2
3	既設	無	—	Non	Non	SA-2	—	0.00108 (差圧)	40	0.00108 (差圧)	40	—	—	同等性	a.(a)	SA-2
4	既設	無	—	Non	Non	SA-2	—	0.00108 (差圧)	40	0.00108 (差圧)	40	—	—	同等性	a.(a)	SA-2
5	既設	無	—	Non	Non	SA-2	—	0.00108 (差圧)	40	0.00108 (差圧)	40	—	—	同等性	a.(a)	SA-2
6	既設	無	—	Non	Non	SA-2	—	0.00108 (差圧)	40	0.00108 (差圧)	40	—	—	同等性	a.(a)	SA-2

・評価条件整理表　(2/2)

管 No.	既設 or 新設	施設時の技術基準に対象とする施設の規定があるか	クラスアップするか				条件アップするか					既工認における評価結果の有無	施設時の適用規格	評価区分	同等性評価区分	評価クラス
			クラスアップの有無	施設時機器クラス	ＤＢクラス	ＳＡクラス	条件アップの有無	ＤＢ条件		ＳＡ条件						
								圧力 (MPa)	温度 (℃)	圧力 (MPa)	温度 (℃)					
7	既設	無	—	Non	Non	SA-2	—	0.00108 (差圧)	40	0.00108 (差圧)	40	—	—	同等性	a.(a)	SA-2
8	既設	無	—	Non	Non	SA-2	—	0.00108 (差圧)	40	0.00108 (差圧)	40	—	—	同等性	a.(a)	SA-2
9	既設	無	—	Non	Non	SA-2	—	0.00108 (差圧)	40	0.00108 (差圧)	40	—	—	同等性	a.(a)	SA-2
10	既設	無	—	Non	Non	SA-2	—	0.00108 (差圧)	40	0.00108 (差圧)	40	—	—	同等性	a.(a)	SA-2
11	既設	無	—	Non	Non	SA-2	—	0.00108 (差圧)	40	0.00108 (差圧)	40	—	—	同等性	a.(a)	SA-2
12	既設	無	—	Non	Non	SA-2	—	0.00108 (差圧)	40	0.00108 (差圧)	40	—	—	同等性	a.(a)	SA-2

目　　次

1.　概要 ····· 1
2.　中央制御室換気空調系ダクトの強度計算方法 ····· 2
2.1　記号の定義 ····· 2
2.2　強度計算方法 ····· 10
3.　換気設備の重大事故等クラス２管の使用材料の評価結果 ····· 19
3.1　評価対象材料及び仕様 ····· 19
3.2　評価結果（番号１から番号３の評価結果） ····· 19
4.　評価結果 ····· 20

1. 概要

本書は，重大事故等クラス２管が十分な強度を有することを確認するための方法として適用する「発電用原子力設備規格　設計・建設規格（2005 年版（2007 年追補版含む。））＜第Ⅰ編　軽水炉規格＞ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＣ１－2005/2007」（日本機械学会 2007 年 9 月）（以下「設計・建設規格」という。）の規定に基づく強度計算方法について説明するものである。

重大事故等クラス２管の強度計算方法及び計算式については，設計・建設規格クラス２管の規定に基づくものとする。

設計・建設規格クラス２管の規定によらない場合の評価方法として，機械工学便覧の規定を用いる。ただし，設計・建設規格に計算式の規定がない応力計算については，「日本工業規格」（以下「ＪＩＳ」という。）を準用する。

設計・建設規格の計算式による評価を実施するが，応力解析による評価を用いる場合は，一次応力強さを設計応力強さ以下とすることで，設備の全体的な変形が弾性域内であることを確認する。

2.　中央制御室換気空調系ダクトの強度計算方法

中央制御室換気空調設備のうち，円形ダクト，矩形ダクトの強度評価式はクラス２管には定められていないことから，設計・建設規格を準用した評価式，又は設計・建設規格に規定されていない評価式を用いた強度計算方法並びに計算式について説明する。

2.1　記号の定義

ダクトの厚さ計算，フランジの応力計算，ダクトの応力計算に用いる記号については，次のとおりである。

(1)　ダクトの厚さ計算に使用するもの

a.　円形のダクト

	記　号	単　位	定　　義
ダクトの厚さの計算に使用するもの	B	—	設計・建設規格　付録材料図表　Part7　図 1～図 20 により求めた値
	D_0	mm	ダクト外径
	P	MPa	最高使用圧力
	P_e	MPa	外面に受ける最高の圧力
	S	MPa	最高使用温度における設計・建設規格　付録材料図表　Part5 表 5 に規定する材料の許容引張応力
	t	mm	ダクトの計算上必要な厚さ
	η	—	長手継手の効率*

注記＊：継手の効率については，設計・建設規格　PVC-3130 に定めるところによる。

b.　矩形のダクト

	記　号	単　位	定　　義
ダクトの厚さの計算に使用するもの	a	mm	ダクト長辺寸法
	c	mm	ダクト接続材・補強材の接続ピッチ
	D_P	kg/mm^2	単位面積当たりのダクト鋼板の質量
	E	MPa	ヤング率
	g	mm/s^2	重力加速度　(＝9.80665)
	P	MPa	最高使用圧力
	S	MPa	最高使用温度における設計・建設規格　付録材料図表　Part5 表5に規定する材料の許容引張応力*
	t	mm	ダクトの計算上必要な厚さ
	ν	―	ポアソン比
	δ_{max}	mm	面外荷重によるダクト板の最大変位量

注記＊：設計・建設規格　付録材料図表　Part5に規定がない場合は，Ｓ値は5/8Ｓｙと1/4Ｓｕの小さい方の値とし，Ｓｙ，ＳｕはＪＩＳに記載の値とする。

(2) フランジの応力計算に使用するもの

a. 円形のダクト (1/2)

	記 号	単 位	定 義
ダクトのフランジ・ボルトの応力計算に使用するもの	A_b	mm^2	ボルト総有効断面積
	B	mm	フランジ内径（図2−1による。）
	C	mm	ボルト穴中心円直径（図2−1による。）
	G	mm	ガスケット反力円直径
	G_0	mm	ガスケット外径又はフランジ外径のいずれか小さい方の値（図2−1による。）
	H	N	内圧力によってフランジに加わる全荷重
	H_D	N	内圧力によってフランジ内径面に加わる荷重（図2−1による。）
	H_P	N	気密を十分に保つためのガスケット圧縮力（図2−1による。）
	H_R	N	平衡反力（図2−1による。）
	H_T	N	内圧力によってフランジに加わる全荷重とフランジの内径面に加わる荷重との差（図2−1による。）
	M	N･mm	フランジ部に作用するモーメント
	M_0	N･mm	使用状態でフランジに作用する全モーメント
	P	MPa	最高使用圧力
	P_{eq}	MPa	管の自重及びその他機械的荷重によりフランジ部に作用する曲げモーメントを圧力に換算した等価圧力
	P_{FD}	MPa	フランジ応力算定用圧力
	W_m	N	使用状態のボルト荷重（図2−1による。）
	b”	mm	使用状態におけるガスケット座有効幅 2b”＝5
	d_b	mm	ボルトねじ部の谷径と軸部の径の最小部の小さい方の径
	d_h	mm	ボルト穴直径
	h_D	mm	ボルト穴中心円からH_D作用点までの半径方向の距離（図2−1による。）
	h_P	mm	ボルト穴中心円からH_P作用点までの半径方向の距離（図2−1による。）
	h_R	mm	ボルト穴中心円からH_R作用点までの半径方向の距離（図2−1による。）
	h_T	mm	ボルト穴中心円からH_T作用点までの半径方向の距離（図2−1による。）

a. 円形のダクト (2/2)

	記 号	単 位	定 義
ダクトのフランジ・ボルトの応力計算に使用するもの	m	—	ガスケット係数
	n	本	ボルト本数
	t	mm	フランジ厚さ（図 2−1 による。）
	σ_b	MPa	使用温度におけるボルト材料の許容引張応力 （設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 7）
	σ_f	MPa	使用温度におけるフランジ材料の許容引張応力 （設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 5）
	σ_{max}	MPa	使用状態でフランジに作用する発生応力
	σ'_{max}	MPa	使用状態でボルトに作用する発生応力

b.　矩形のダクト　(1/2)

	記　号	単　位	定　　義
ダクトのフランジ・ボルトの応力計算に使用するもの	A_b	mm^2	ボルト総有効断面積
	B_1	mm	フランジ内面幅（長辺側）（図 2−2 による。）
	B_2	mm	フランジ内面幅（短辺側）（図 2−2 による。）
	C_1	mm	ボルト穴間の距離（長辺側）（図 2−2 による。）
	C_2	mm	ボルト穴間の距離（短辺側）（図 2−2 による。）
	G_0	mm	ガスケット外面幅（長辺側）又はフランジ外面幅（長辺側）のいずれか小さい方の値（図 2−2 による。）
	G_1	mm	ガスケット反力距離（長辺側）
	G_2	mm	ガスケット反力距離（短辺側）
	H	N	内圧力によってフランジに加わる全荷重
	H_D	N	内圧力によってフランジ内面に加わる荷重（図 2−2 による。）
	H_P	N	気密を十分に保つためのガスケット圧縮力（図 2−2 による。）
	H_R	N	平衡反力（図 2−2 による。）
	H_T	N	内圧力によってフランジに加わる全荷重とフランジ内面に加わる荷重との差（図 2−2 による。）
	M	N･mm	フランジ部に作用するモーメント
	M_0	N･mm	使用状態でフランジに作用する全モーメント
	P	MPa	最高使用圧力
	P_{eq}	MPa	管の自重及びその他機械的荷重によりフランジ部に作用する曲げモーメントを圧力に換算した等価圧力
	P_{FD}	MPa	フランジ応力算定用圧力
	W_m	N	使用状態のボルト荷重（図 2−2 による。）
	b”	mm	使用状態におけるガスケット座有効幅　2b”＝5
	d_b	mm	ボルトねじ部の谷径と軸部の径の最小部の小さい方の径
	d_h	mm	ボルト穴直径
	h_D	mm	ボルト穴中心からH_D作用点までの距離（図 2−2 による。）
	h_P	mm	ボルト穴中心からH_P作用点までの距離（図 2−2 による。）
	h_R	mm	ボルト穴中心からH_R作用点までの距離（図 2−2 による。）
	h_T	mm	ボルト穴中心からH_T作用点までの距離（図 2−2 による。）

b.　矩形のダクト　(2/2)

	記　号	単　位	定　　義
ダクトのフランジ・ボルトの応力計算に使用するもの	m	—	ガスケット係数
	n	本	ボルト本数
	t	mm	フランジ厚さ（図 2−2 による。）
	σ_b	MPa	使用温度におけるボルト材料の許容引張応力 （設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表 7）
	σ_f	MPa	使用温度におけるフランジ材料の許容引張応力 （設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表 5）
	σ_{max}	MPa	使用状態でフランジに作用する発生応力
	σ'_{max}	MPa	使用状態でボルトに作用する発生応力

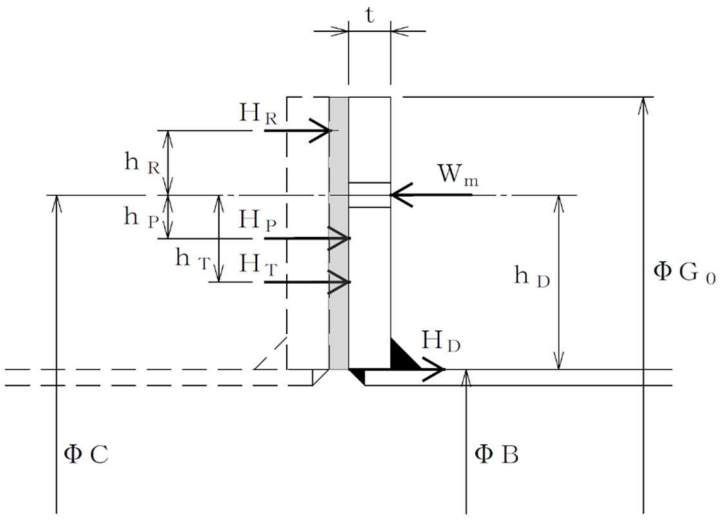
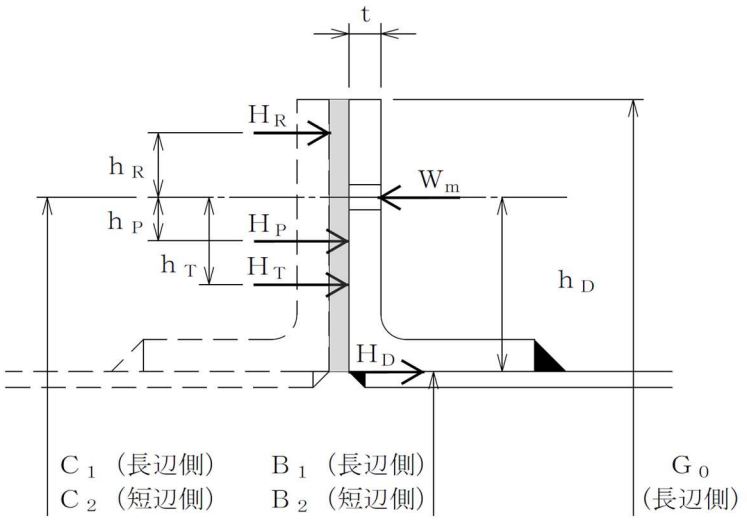
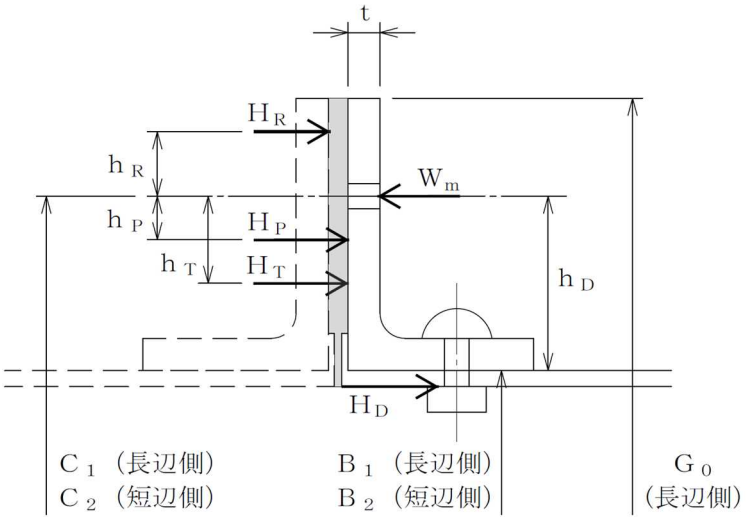


図 2－1　フランジの寸法（円形ダクト）



(1)　溶接型ダクト



(2)　はぜ折り型ダクト

図 2－2　フランジの寸法（矩形ダクト）

(3) ダクトの応力計算に使用するもの

a. 円形のダクト

	記　号	単　位	定　　義
ダクトの応力計算に使用するもの	B_1 B_2	—	設計・建設規格　PPB-3810 に規定する応力係数
	D_0	mm	ダクト外径
	M_a	N･mm	ダクトの機械的荷重（自重その他の長期的荷重に限る。）により生じるモーメント
	P	MPa	最高使用圧力
	S_h	MPa	最高使用温度における設計・建設規格　付録材料図表　Part5 表 5 に規定する材料の許容引張応力
	S_{prm}	MPa	一次応力
	t	mm	ダクトの厚さ
	Z	mm^3	ダクトの断面係数

b. 矩形のダクト

	記　号	単　位	定　　義
ダクトの応力計算に使用するもの	a	mm	ダクト長辺寸法
	c	mm	ダクト接続材・補強材の接続ピッチ
	D_P	kg/mm^2	単位面積当たりのダクト鋼板の質量
	E	MPa	ヤング率
	g	mm/s^2	重力加速度　（＝9.80665）
	P	MPa	最高使用圧力
	S_h	MPa	最高使用温度における設計・建設規格　付録材料図表　Part5 表 5 に規定する材料の許容引張応力*
	S_{prm}	MPa	一次応力
	t	mm	ダクトの厚さ
	ν	—	ポアソン比
	δ_{max}	mm	面外荷重によるダクト板の最大変位量

注記＊：設計・建設規格　付録材料図表　Part5 に規定がない場合は，S値は 5/8Ｓｙと 1/4Ｓｕの小さい方の値とし，Ｓｙ，ＳｕはＪＩＳに記載の値とする。

2.2　強度計算方法

ここでは中央制御室換気空調設備を構成する円形ダクト及び矩形のダクトの計算方法並びに計算式を示す。

材料の許容応力は，設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表5，表7に応じた値を用いる。

設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表5，表7記載の温度の中間の値の場合は比例法を用いて計算し，小数点第1位以下を切り捨てた値を用いるものとする。

強度計算は設計・建設規格又は機械工学便覧に基づき，適切な裕度を持った許容値を使用して実施することから，強度計算に用いる寸法は公称値を使用する。

(1)　応力の制限（設計・建設規格　PPC-3111準用）

ダクトの耐圧設計は設計・建設規格　PPC-3400の規定に従って行う。

(2)　ダクトの厚さの計算（設計・建設規格　PPC-3411準用及び機械工学便覧（設計・建設規格　PPC-3411参考））

ダクトの厚さは，次の計算式により求められる計算上必要な厚さ以上であることを確認する。

なお，申請範囲のダクトのうちSS400の範囲は炭素鋼であるが，内部流体は空気であり，かつ，耐腐食性を考慮し内面塗装をほどこしていることから，腐れしろの考慮は不要のため，炭素鋼鋼管の必要最小厚さは適用しない。

a.　円形のダクト

円形のダクトは薄肉円筒構造であり，設計・建設規格　PPC-3411に規定されている下式を用いて，計算上必要な厚さを求める。

なお，ダクトの外面に圧力を受けるものにあっては，外面圧に対する厚さ計算を行う。

区　　分	適用規格番号	計　　算　　式
内圧を受けるダクト	設計・建設規格 PPC-3411(1)準用	$t = \dfrac{P \cdot D_0}{2 \cdot S \cdot \eta + 0.8 \cdot P}$
外圧を受けるダクト	設計・建設規格 PPC-3411(2)準用	$t = \dfrac{3 \cdot P_e \cdot D_0}{4 \cdot B}$
炭素鋼鋼管	設計・建設規格 PPC-3411(3)準用	必要最小厚さを 満足すること

b.　矩形のダクト

矩形のダクトの任意のダクト板面に着目すると，ダクト板面は両サイドを他の2つの側面のダクト板で，軸方向（流れ方向）を接続部材（及び補強部材）で支持された長方形の板とみなすことができる。ここで，両サイドの2つの側面のダクト板は支持しているダクト板面（評価対象面）に作用する圧力及び自重（面外荷重）を面内で受けている。また，接続部材（及び補強部材）は支持しているダクト板面（評価対象面）に取り付けられており，本部位は評価対象面本体よりも面外荷重に対する剛性が増強されている。したがって，評価対象面は，面外に等分布荷重を受ける4辺単純支持の長方形板とみなせ，長方形板の大たわみ式（出典：機械工学便覧）を用いて，計算上必要な厚さを求めることができる。（図2－3参照）

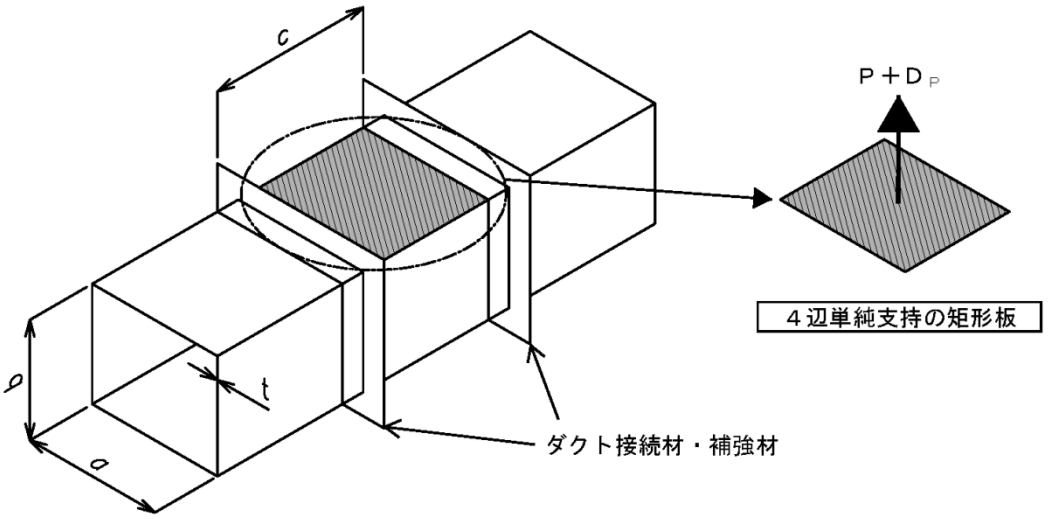


図2－3　板材の面外荷重に対する評価モデル

区　分	適用規格番号	計　　算　　式
矩形のダクト	機械工学便覧 （設計・建設規格 PPC-3411(1) 参考）	$\frac{256(1-\nu^2)}{\pi^6 E t^4}\left(P + g D_P\right) = \frac{4}{3}\left(\frac{1}{a^2}+\frac{1}{c^2}\right)^2 \frac{\delta_{max}}{t}$ $+\left\{\frac{4\nu}{a^2 c^2}+(3-\nu^2)\left(\frac{1}{a^4}+\frac{1}{c^4}\right)\right\}\left(\frac{\delta_{max}}{t}\right)^3$　・・・・(2.1) $S = \frac{\pi^2 E \delta_{max}}{8(1-\nu^2)}\left\{\frac{(2-\nu^2)\delta_{max}+4t}{a^2}+\frac{\nu\left(\delta_{max}+4t\right)}{c^2}\right\}$ ・・・・(2.2)

(2.1) 式及び (2.2) 式を解いて，両式を満足する δ_{max} 及び t を求める。このときの t を長方形のダクトの計算上必要な厚さと定義する。なお，縦弾性係数は原子力設備の技術基準　別表第 11 の値を用いて算出し，ポアソン比を 0.3 として計算を行う。

(3) フランジ（設計・建設規格　PPC-3414 準用）

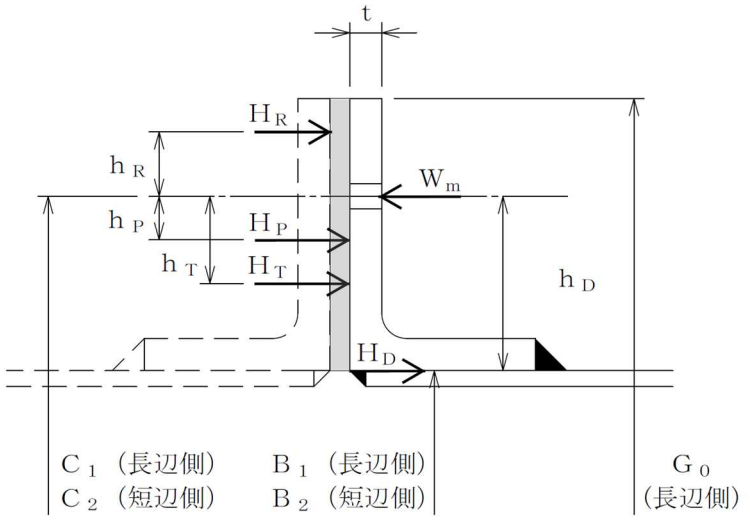
a. 円形のダクト

設計・建設規格　PPC-3414(1)を準用し，ＪＩＳ　Ｂ　２２３８(1996)「鋼製管フランジ通則」（材料に関する部分を除く）に適合することを確認する。

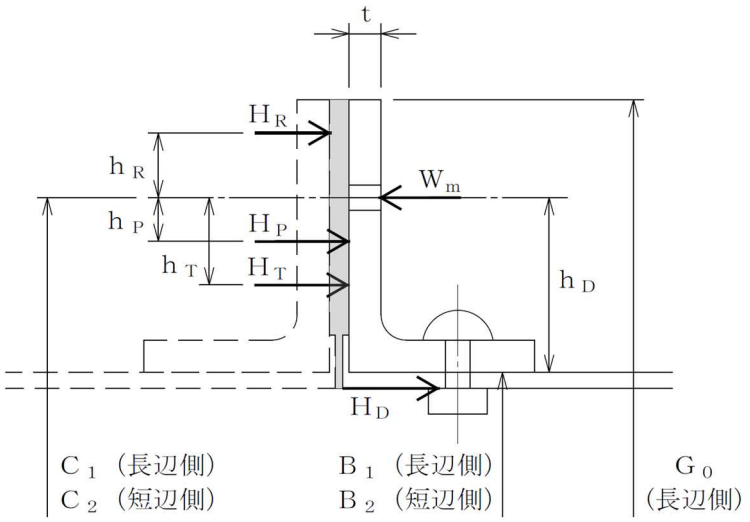
b.　矩形のダクト

矩形のアングルフランジ構造であり，ＪＩＳ　Ｂ　８２６５(2003)「圧力容器の構造－一般事項」に規定するルーズ形フランジと断面形状が類似しており，矩形と円形の形状の違いを考慮することにより，同様な寸法の取り方が可能であるため，図2－4「フランジ形式」に示すルーズ形フランジに準じた形状にモデル化し，ＪＩＳ　Ｂ　８２６５(2003)「圧力容器の構造－一般事項」に規定するフランジの応力計算に準じて応力を評価し，必要な強度を有することを確認する。

なお，フランジについては，図2－4「フランジ形式」に示す断面形状が等ボルト間隔で直線上に配列されているものとして，フランジに作用する曲げ応力を評価し，必要な強度を有することを確認する。



(1)　溶接型ダクト



(2)　はぜ折り型ダクト

図2－4　フランジ形式（矩形アングルフランジ）

項　　目		計　　算　　式
計算上必要なボルト荷重	使用状態におけるガスケット座有効幅	$b'' = \frac{5}{2}$
	ガスケット反力距離（長辺側）	$G_1 = C_1 - \left(d_h + 2 \cdot b''\right)$
	ガスケット反力距離（短辺側）	$G_2 = C_2 - \left(d_h + 2 \cdot b''\right)$
	管の自重およびその他機械的荷重によりフランジ部に作用する曲げモーメントを圧力に換算した等価圧力	$P_{eq} = \frac{16 \cdot M}{\pi \cdot G_2^{\,3}}$
	フランジ応力算定用圧力	$P_{FD} = P + P_{eq}$
	内圧力によってフランジに加わる全荷重	$H = \left(C_1 - d_h\right) \cdot \left(C_2 - d_h\right) \cdot P_{FD}$
	内圧力によってフランジ内面に加わる荷重	$H_D = B_1 \cdot B_2 \cdot P_{FD}$
	気密を十分に保つための ガスケット圧縮力	$H_P = 4 \cdot \left(G_1 + G_2\right) \cdot b'' \cdot m \cdot P_{FD}$
	平衡反力	$H_R = \frac{H_D \cdot h_D + H_T \cdot h_T + H_P \cdot h_P}{h_R}$
	内圧力によってフランジに加わる全荷重とフランジ内面に加わる荷重との差	$H_T = H - H_D$
	ボルト穴中心からH_D作用点までの距離	$h_D = \frac{C_1 - B_1}{2}$
	ボルト穴中心からH_P作用点までの距離	$h_P = \frac{d_h + 2 \cdot b''}{2}$
	ボルト穴中心からH_R作用点までの距離	$h_R = \frac{G_0 - \left(C_1 + d_h\right)}{4} + \frac{d_h}{2}$
	ボルト穴中心からH_T作用点までの距離	$h_T = \frac{\left(C_1 + d_h + 2 \cdot b''\right) - B_1}{4}$
	使用状態のボルト荷重	$W_m = H + H_P + H_R$

項　　目		計　　算　　式
ボルトの発生応力	ボルトの総有効断面積	$A_b = n \frac{\pi}{4} d_b^{\ 2}$
	使用状態でボルトに作用する発生応力	$\sigma'_{max} = \frac{W_m}{A_b}$
	評　　価	σ'_{max}がσ_b以下となることを確認する。
フランジに作用するモーメント	使用状態でフランジに作用する全モーメント	$M_0 = H_R \cdot h_R$
フランジに生じる応力	使用状態でフランジに作用する発生応力	$\sigma_{max} = \frac{6 \cdot M_0}{t^2 \cdot \left(2 \cdot \left(C_1 + C_2\right) - n \cdot d_h\right)}$
	評　　価	σ_{max}が$1.5\sigma_f$以下となることを確認する。

(4) 応力計算（設計・建設規格　PPC-3500，3700 及び 3800 準用）

縦弾性係数は原子力設備の技術基準　別表第 11 の値を用いて算出し，ポアソン比を 0.3 として以下の応力計算を行う。

a. 一次応力（設計・建設規格　PPC-3510 準用）

(a) 円形のダクト

円形のダクトは薄肉円筒構造であり，設計・建設規格　PPC-3520 に規定されている次の計算式により求められる値が，最高使用温度における材料の許容応力を超えないことを確認する。

機械的荷重（短期的）に生じる逃し弁等が設置されていないため，設計・建設規格　PPC-3520(2)による応力計算は行わない。

適用規格番号	計　　算　　式	許容応力
設計・建設規格 PPC-3520(1)b 準用	管台及び突合せ溶接式ティー以外の管 $S_{prm} = \frac{B_1 \cdot P \cdot D_0}{2t} + \frac{B_2 \cdot M_a}{Z}$	$1.5S_h$

(b) 矩形のダクト

矩形のダクトの任意のダクト板面に着目すると，ダクト板面は両サイドを他の2つの側面のダクト板で，軸方向（流れ方向）を接続部材（及び補強部材）で支持された長方形の板とみなすことができる。したがって，次の計算式（等分布荷重を受ける4辺単純支持の長方形板の大たわみ式（出典：機械工学便覧；前述する2.2（2）b項（厚さ計算）の式と同一））により求められる応力値が，最高使用温度における材料の許容応力を超えないことを確認する。

適用規格番号	計　　算　　式	許容応力
機械工学便覧 （設計・建設規格 PPC-3520(1)b 準用）	$\frac{256(1-\nu^2)}{\pi^6 E t^4}\left(P + g D_P\right) = \frac{4}{3}\left(\frac{1}{a^2}+\frac{1}{c^2}\right)^2 \frac{\delta_{max}}{t}$ $+\left\{\frac{4\nu}{a^2 c^2}+(3-\nu^2)\left(\frac{1}{a^4}+\frac{1}{c^4}\right)\right\}\left(\frac{\delta_{max}}{t}\right)^3$　・・・・(2.3) $S_{prm} = \frac{\pi^2 E \delta_{max}}{8(1-\nu^2)}\left\{\frac{(2-\nu^2)\delta_{max}+4t}{a^2}+\frac{\nu\left(\delta_{max}+4t\right)}{c^2}\right\}$ ・・・・(2.4)	$1.5S_h$

（2.3）式及び（2.4）式を解いて，両式を満足するδ_{max}及びS_{prm}を求める。このときのS_{prm}を矩形の一次応力と定義する。

3.　換気設備の重大事故等クラス２管の使用材料の評価結果

3.1　評価対象材料及び仕様

番号	使用箇所	使用条件				使用材料規格	比較材料規格
		最高使用圧力(MPa)		最高使用温度(℃)			
		ＳＡクラス		ＳＡクラス			
		Non(施設時)	SA-2	Non(施設時)	SA-2		
1	ダクト(中央制御室)	±0.00059	±0.00059	40	40	SGCC ＪＩＳ G ３３０２	―
2		±0.00108	±0.00108	40	40	SS400 ＪＩＳ G ３１０１	―
3		±0.00108	±0.00108	40	40	STPG370 ＪＩＳ G ３４５４	―

3.2　評価結果（番号1から番号3の評価結果）

ダクト（中央制御室）の使用材料は，設計・建設規格のクラス２管に使用可能な材料として規定されていないものの，以下のとおり，求められる機能を考慮し，使用条件に対して適切な材料である。

換気設備の重大事故等対処設備のうちダクト（中央制御室）は，施設時クラス（Non クラス）を重大事故等クラス２管にクラスアップする機器である。

ダクト鋼板面は，重大事故等対処設備として，中央制御室換気空調系の流路を構成するための仕切板としての機能が求められ，最高使用圧力は-0.00108 MPa から 0.00108 MPa と微圧であり，最高使用温度も 40℃であり，ダクト（中央制御室）に使用可能な材料である。

重大事故等対処設備（クラス２管）としてのダクト（中央制御室）は，施設時（Non クラス）と同じ機能を要求され，施設時（Non クラス）の最高使用圧力及び最高使用温度と同じであることから，ダクトの使用材料は使用条件に対して適切な材料である。

4. 評価結果

中央制御室換気空調系ダクトの強度計算

FORMAT-Ⅰ　ダクトの厚さ計算結果

(1/1)円形のダクト

設備区分　放射線管理施設　換気設備　中央制御室換気空調系

管 No.	ダクトサイズ (口径×板厚×長さ) (mm)	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (℃)	材料	許容引張 応力 S (MPa)	長手継手 の効率 η	外径 (mm)	計算上 必要な厚さ t (mm)	ダクト厚さ (最小厚さ) (mm)
4	508×2.3×[redacted]	1.08×10^{-3}	40	SS400	—*	—*	508	0.03	2.3 [redacted]
5	508×9.5×[redacted]	1.08×10^{-3}	40	STPG370	—*	—*	508	3.8	9.5 [redacted]
7	267.4×2.3×[redacted]	1.08×10^{-3}	40	SS400	—*	—*	267.4	0.01	2.3 [redacted]
8	267.4×6.4×[redacted]	1.08×10^{-3}	40	STPG370	—*	—*	267.4	3.8	6.4 [redacted]
9	508×9.5×[redacted]	1.08×10^{-3}	40	STPG370	93	0.6	508	3.8	9.5 [redacted]
10	508×2.3×[redacted]	1.08×10^{-3}	40	SS400	100	0.6	508	0.01	2.3 [redacted]
評価：上記のダクトの最小厚さは，すべて計算上必要な厚さ以上である。									

注記＊：外圧を受ける円形ダクトの厚さ計算においては，許容引張応力及び長手継手の効率を用いていないため，「—」とする。

中央制御室換気空調系ダクトの強度計算

FORMAT-Ⅱ　ダクトの厚さ計算結果

(1/1)矩形のダクト

設備区分　放射線管理施設　換気設備　中央制御室換気空調系

管 No.	ダクトサイズ (長辺×短辺×板厚×長さ) (mm)	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (℃)	材料	許容引張応力 S (MPa)	計算上 必要な厚さ t (mm)	ダクト厚さ (最小厚さ) (mm)
1	1001.6×401.6×0.8×[redacted]	0.59×10^{-3}	40	SGCC	67*	0.11	0.8 [redacted]
2	501.2×501.2×0.6×[redacted]	0.59×10^{-3}	40	SGCC	67*	0.09	0.6 [redacted]
3	504.6×504.6×2.3×[redacted]	1.08×10^{-3}	40	SS400	100	0.09	2.3 [redacted]
6	254.6×254.6×2.3×[redacted]	1.08×10^{-3}	40	SS400	100	0.05	2.3 [redacted]
11	804.6×504.6×2.3×[redacted]	1.08×10^{-3}	40	SS400	100	0.09	2.3 [redacted]
12	924.6×814.6×2.3×[redacted]	1.08×10^{-3}	40	SS400	100	0.10	2.3 [redacted]
評価：上記のダクトの最小厚さは，すべて計算上必要な厚さ以上である。							

注記＊：設計・建設規格付録材料図表にＳ値の記載がないため，Ｓ値は5/8Ｓｙと1/4Ｓｕの小さい方の値とする。

Ｓｙ，ＳｕはＪＩＳ　Ｇ　３３０２「溶融亜鉛めっき鋼板及び鋼帯」に記載の値。

中央制御室換気空調系ダクトの強度計算

FORMAT-Ⅲ　ダクトの応力計算結果

(1/1)円形のダクト

設備区分　放射線管理施設　換気設備　中央制御室換気空調系

管 No.	ダクトサイズ (口径×板厚×長さ) (mm)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (℃)	一次応力	
							合計応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
4	508×2.3×[redacted]	508	2.3	SS400	1.08×10^{-3}	40	2	150
5	508×9.5×[redacted]	508	9.5	STPG370	1.08×10^{-3}	40	6	139
7	267.4×2.3×[redacted]	267.4	2.3	SS400	1.08×10^{-3}	40	2	150
8	267.4×6.4×[redacted]	267.4	6.4	STPG370	1.08×10^{-3}	40	5	139
9	508×9.5×[redacted]	508	9.5	STPG370	1.08×10^{-3}	40	6	139
10	508×2.3×[redacted]	508	2.3	SS400	1.08×10^{-3}	40	2	150
評価：ダクトの合計応力は，許容応力以下であるので，強度は十分である。								

中央制御室換気空調系ダクトの強度計算

FORMAT-Ⅳ　ダクトの応力計算結果

(1/1)矩形のダクト

設備区分　放射線管理施設　換気設備　中央制御室換気空調系

管 No.	ダクトサイズ (長辺×短辺×板厚×長さ) (mm)	厚さ (mm)	材料	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	一次応力	
						合計応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
1	1001.6×401.6×0.8×[redacted]	0.8	SGCC	0.59×10^{-3}	40	23	100*
2	501.2×501.2×0.6×[redacted]	0.6	SGCC	0.59×10^{-3}	40	25	100*
3	504.6×504.6×2.3×[redacted]	2.3	SS400	1.08×10^{-3}	40	27	150
6	254.6×254.6×2.3×[redacted]	2.3	SS400	1.08×10^{-3}	40	14	150
11	804.6×504.6×2.3×[redacted]	2.3	SS400	1.08×10^{-3}	40	26	150
12	924.6×814.6×2.3×[redacted]	2.3	SS400	1.08×10^{-3}	40	28	150
評価：ダクトの合計応力は，許容応力以下であるので，強度は十分である。							

注記＊：設計・建設規格付録材料図表にＳ値の記載がないため，Ｓ値は5/8Ｓｙと1/4Ｓｕの小さい方の値とする。

Ｓｙ，ＳｕはＪＩＳ　Ｇ　３３０２「溶融亜鉛めっき鋼板及び鋼帯」に記載の値。

中央制御室換気空調系ダクトの強度計算

FORMAT-Ⅵ　フランジの強度計算結果

(1/6)矩形のダクト　　ダクトサイズ：1000×400×0.8　　フランジサイズ：[redacted]

使用箇所番号　　1

管の外径　　1001.6×401.6

フランジ及びボルトの応力

(1)　設計条件及び諸元

最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	G_0*1 (mm)	フランジ		ボルト				ガスケット		
			材料	最高使用温度における許容引張応力 σ_f (MPa)	材料	最高使用温度における許容引張応力 σ_b (MPa)	ボルト間隔 ℓ (mm)	ボルトの谷径 d_b (mm)	材料	ガスケット係数 m	有効幅 b" (mm)
0.59×10^{-3}	40	1081.6	SS400	100	SS400	54	93	[redacted]	クロロプレンゴム	0.5	2.5

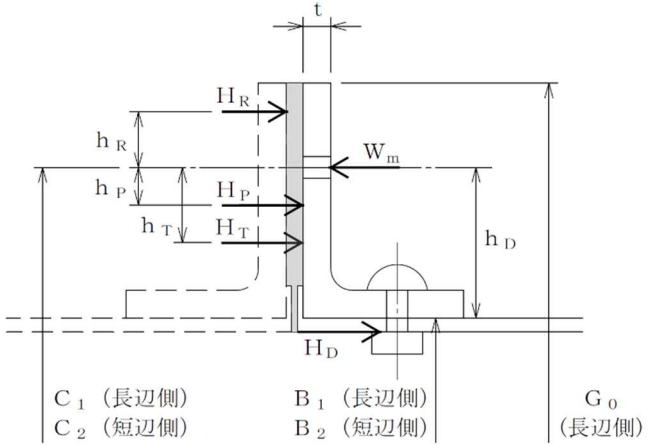
(2)　フランジの応力

フランジに作用するモーメント	フランジに生じる応力	
M_0 (N・mm)	計算応力 σ_{max} (MPa)	許容応力 $1.5\sigma_f$ (MPa)
5418*2	2*2	150

(3)　ボルトの応力

ボルトに生じる平均引張応力	
計算応力 σ'_{max} (MPa)	許容応力 σ_b (MPa)
1*2	54

評価	フランジに生じる応力及びボルトに生じる応力は，設計・建設規格 PPC-3414 に規定される許容応力以下であるので強度は十分である。



注記＊1　：ガスケット外面幅（長辺側）とフランジ外面幅（長辺側）の小さい方の値。

＊2　：実ピッチスパンにより算出したモーメント及び応力。

中央制御室換気空調系ダクトの強度計算

FORMAT-Ⅵ　フランジの強度計算結果

(2/6)矩形のダクト　　ダクトサイズ：500×500×0.6　　フランジサイズ：[redacted]

使用箇所番号　　2

管の外径　　501.2×501.2

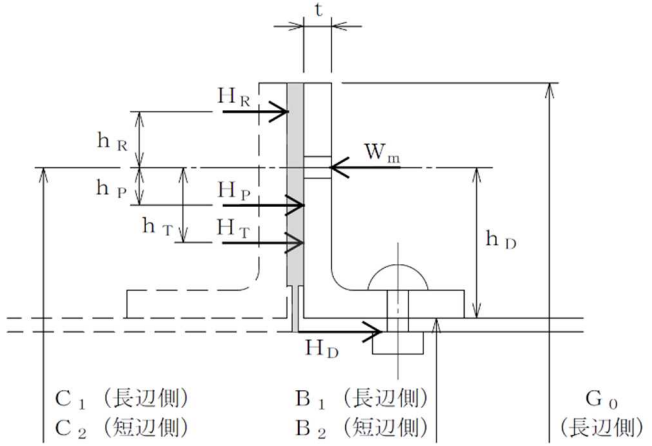
フランジ及びボルトの応力

(1)　設計条件及び諸元

最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	G_0* (mm)	フランジ		ボルト				ガスケット		
			材料	最高使用温度における許容引張応力 σ_f (MPa)	材料	最高使用温度における許容引張応力 σ_b (MPa)	ボルト間隔 ℓ (mm)	ボルトの谷径 d_b (mm)	材料	ガスケット係数 m	有効幅 b" (mm)
0.59×10^{-3}	40	561.2	SS400	100	SS400	54	89	[redacted]	クロロプレンゴム	0.5	2.5

(2)　フランジの応力

フランジに作用するモーメント	フランジに生じる応力	
M_0 (N・mm)	計算応力 σ_{max} (MPa)	許容応力 $1.5\sigma_f$ (MPa)
43000	16	150



(3)　ボルトの応力

ボルトに生じる平均引張応力	
計算応力 σ'_{max} (MPa)	許容応力 σ_b (MPa)
9	54

評価	フランジに生じる応力及びボルトに生じる応力は，設計・建設規格 PPC-3414 に規定される許容応力以下であるので強度は十分である。

注記＊：ガスケット外面幅（長辺側）とフランジ外面幅（長辺側）の小さい方の値。

中央制御室換気空調系ダクトの強度計算

FORMAT-Ⅵ　フランジの強度計算結果

(3/6)矩形のダクト　　ダクトサイズ：500×500×2.3　　フランジサイズ：[redacted]

使用箇所番号　　3

管の外径　　504.6×504.6

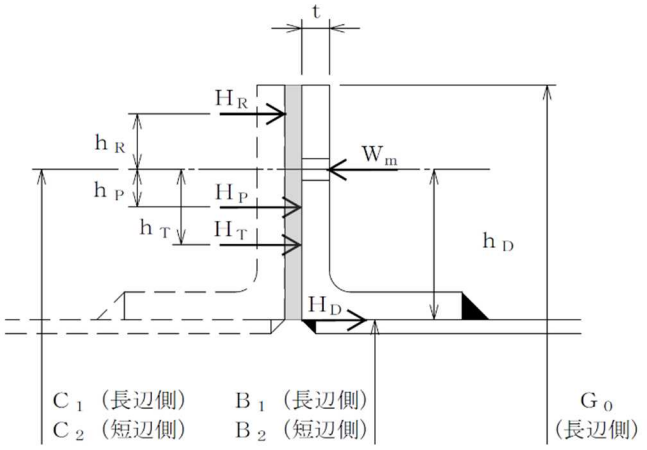
フランジ及びボルトの応力

(1)　設計条件及び諸元

最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	G_0* (mm)	フランジ		ボルト				ガスケット		
			材料	最高使用温度における許容引張応力 σ_f (MPa)	材料	最高使用温度における許容引張応力 σ_b (MPa)	ボルト間隔 ℓ (mm)	ボルトの谷径 d_b (mm)	材料	ガスケット係数 m	有効幅 b" (mm)
1.08×10^{-3}	40	584.6	SS400	100	SS400	54	91	[redacted]	クロロプレンゴム	0.5	2.5

(2)　フランジの応力

フランジに作用するモーメント	フランジに生じる応力	
M_0 (N・mm)	計算応力 σ_{max} (MPa)	許容応力 $1.5\sigma_f$ (MPa)
158400	56	150



(3)　ボルトの応力

ボルトに生じる平均引張応力	
計算応力 σ'_{max} (MPa)	許容応力 σ_b (MPa)
16	54

評価	フランジに生じる応力及びボルトに生じる応力は，設計・建設規格 PPC-3414 に規定される許容応力以下であるので強度は十分である。

注記＊：ガスケット外面幅（長辺側）とフランジ外面幅（長辺側）の小さい方の値。

中央制御室換気空調系ダクトの強度計算

FORMAT-Ⅵ　フランジの強度計算結果

(4/6)矩形のダクト　　ダクトサイズ：250×250×2.3　　フランジサイズ：[redacted]

使用箇所番号　　6

管の外径　　254.6×254.6

フランジ及びボルトの応力

(1)　設計条件及び諸元

最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	G_0* (mm)	フランジ		ボルト				ガスケット		
			材料	最高使用温度における許容引張応力 σ_f (MPa)	材料	最高使用温度における許容引張応力 σ_b (MPa)	ボルト間隔 ℓ (mm)	ボルトの谷径 d_b (mm)	材料	ガスケット係数 m	有効幅 b" (mm)
1.08×10^{-3}	40	334.6	SS400	100	SS400	54	98	[redacted]	クロロプレンゴム	0.5	2.5

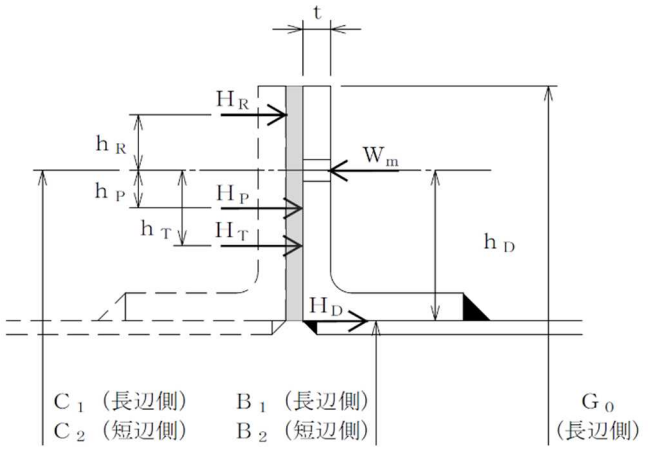
(2)　フランジの応力

フランジに作用するモーメント	フランジに生じる応力	
M_0 (N・mm)	計算応力 σ_{max} (MPa)	許容応力 $1.5\sigma_f$ (MPa)
110600	72	150

(3)　ボルトの応力

ボルトに生じる平均引張応力	
計算応力 σ'_{max} (MPa)	許容応力 σ_b (MPa)
22	54

評価	フランジに生じる応力及びボルトに生じる応力は，設計・建設規格 PPC-3414 に規定される許容応力以下であるので強度は十分である。



注記＊：ガスケット外面幅（長辺側）とフランジ外面幅（長辺側）の小さい方の値。

中央制御室換気空調系ダクトの強度計算

FORMAT-Ⅵ　フランジの強度計算結果

(5/6)矩形のダクト　　ダクトサイズ：800×500×2.3　　フランジサイズ：[redacted]

使用箇所番号　　11

管の外径　　804.6×504.6

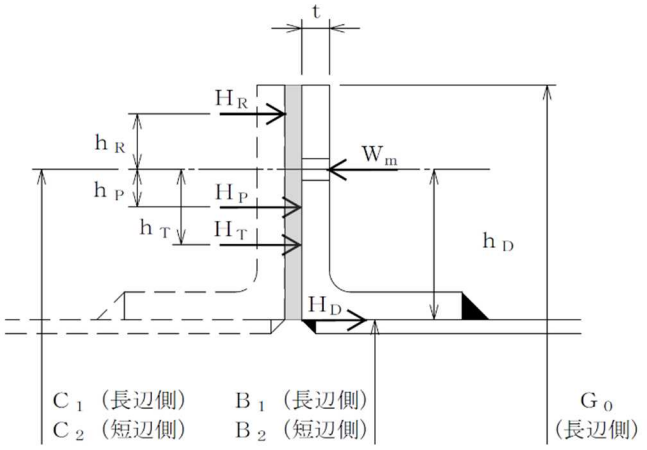
フランジ及びボルトの応力

(1)　設計条件及び諸元

最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	G_0* (mm)	フランジ		ボルト				ガスケット		
			材料	最高使用温度における許容引張応力 σ_f (MPa)	材料	最高使用温度における許容引張応力 σ_b (MPa)	ボルト間隔 ℓ (mm)	ボルトの谷径 d_b (mm)	材料	ガスケット係数 m	有効幅 b" (mm)
1.08×10^{-3}	40	904.6	SS400	100	SS400	54	94	[redacted]	クロロプレンゴム	0.5	2.5

(2)　フランジの応力

フランジに作用するモーメント	フランジに生じる応力	
M_0 (N・mm)	計算応力 σ_{max} (MPa)	許容応力 $1.5\sigma_f$ (MPa)
565100	87	150



(3)　ボルトの応力

ボルトに生じる平均引張応力	
計算応力 σ'_{max} (MPa)	許容応力 σ_b (MPa)
37	54

評価	フランジに生じる応力及びボルトに生じる応力は，設計・建設規格 PPC-3414 に規定される許容応力以下であるので強度は十分である。

注記＊：ガスケット外面幅（長辺側）とフランジ外面幅（長辺側）の小さい方の値。

中央制御室換気空調系ダクトの強度計算

FORMAT-Ⅵ　フランジの強度計算結果

(6/6)矩形のダクト　　ダクトサイズ：920×810×2.3　　フランジサイズ：[redacted]

使用箇所番号　12

管の外径　924.6×814.6

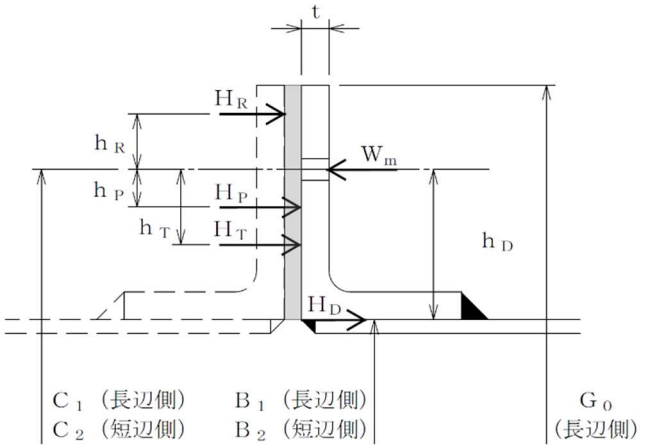
フランジ及びボルトの応力

(1)　設計条件及び諸元

最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	G_0* (mm)	フランジ		ボルト				ガスケット		
			材料	最高使用温度における許容引張応力 σ_f (MPa)	材料	最高使用温度における許容引張応力 σ_b (MPa)	ボルト間隔 ℓ (mm)	ボルトの谷径 d_b (mm)	材料	ガスケット係数 m	有効幅 b" (mm)
1.08×10^{-3}	40	1024.6	SS400	100	SS400	54	97	[redacted]	クロロプレンゴム	0.5	2.5

(2)　フランジの応力

フランジに作用するモーメント	フランジに生じる応力	
M_0 (N・mm)	計算応力 σ_{max} (MPa)	許容応力 $1.5\sigma_f$ (MPa)
359300	42	150



(3)　ボルトの応力

ボルトに生じる平均引張応力	
計算応力 σ'_{max} (MPa)	許容応力 σ_b (MPa)
19	54

評価	フランジに生じる応力及びボルトに生じる応力は，設計・建設規格 PPC-3414 に規定される許容応力以下であるので強度は十分である。

注記＊：ガスケット外面幅（長辺側）とフランジ外面幅（長辺側）の小さい方の値。

Ⅴ-3-3-6　原子炉格納施設の強度に関する説明書

Ⅴ-3-3-6-1　原子炉格納容器の強度計算書

Ⅴ-3-3-6-1-1　原子炉格納容器本体の強度計算書

Ⅴ-3-3-6-1-1-1　原子炉格納容器コンクリート部の強度計算書

目　次

1.　概要 …… 1
2.　基本方針 …… 2
2.1　位置 …… 2
2.2　構造概要 …… 3
2.3　適用規格・基準等 …… 6
3.　応力解析による評価方法 …… 7
3.1　評価対象部位及び評価方針 …… 7
3.2　荷重及び荷重の組合せ …… 8
3.2.1　荷重 …… 8
3.2.2　荷重の組合せ …… 13
3.3　許容限界 …… 14
3.4　解析モデル及び諸元 …… 15
3.4.1　モデル化の基本方針 …… 15
3.4.2　解析諸元 …… 19
3.4.3　材料構成則 …… 22
3.5　評価方法 …… 24
3.5.1　応力解析方法 …… 24
3.5.2　断面の評価方法 …… 24
4.　評価結果 …… 33
5.　局部応力に対する評価 …… 49
5.1　貫通部 …… 49
5.1.1　貫通部の評価方法 …… 51
5.1.2　貫通部の評価結果 …… 51
5.2　局部 …… 57
5.2.1　局部の評価方法 …… 57
5.2.2　局部の評価結果 …… 57
6.　引用文献 …… 62

1. 概要

本資料は，原子炉格納容器コンクリート部の強度計算書である。

設計基準対象施設としては，平成 4 年 3 月 27 日付け 3 資庁 13034 号にて認可された工事計画の添付資料Ⅳ-1-3「原子炉格納施設の基礎に関する説明書」及びⅣ-3-4-1-1「原子炉格納容器コンクリート部の強度計算書」（以下「既工認」という。）に評価結果があり，強度が十分であることを確認している。

以下，重大事故等クラス２容器として，Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びⅤ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」に基づき，原子炉格納容器コンクリート部の強度評価を示す。

2.　基本方針

2.1　位置

原子炉格納容器は，原子炉建屋の一部を構成している。原子炉格納容器を含む原子炉建屋の設置位置を図 2－1 に示す。

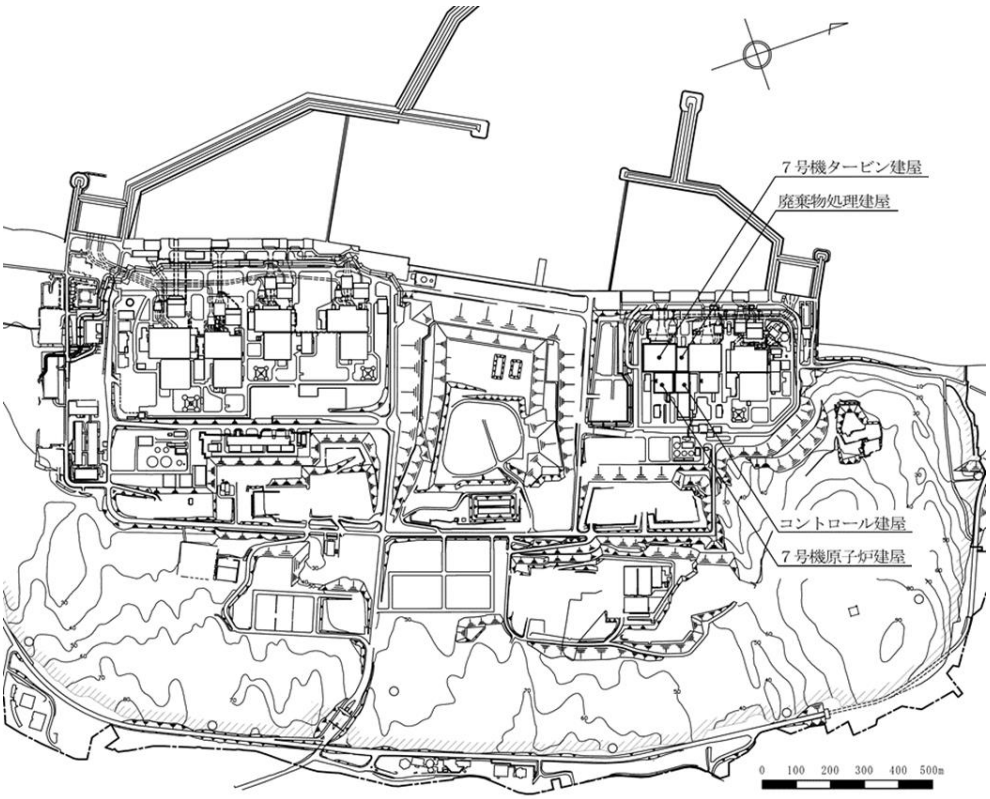


図 2－1　原子炉格納容器を含む原子炉建屋の設置位置

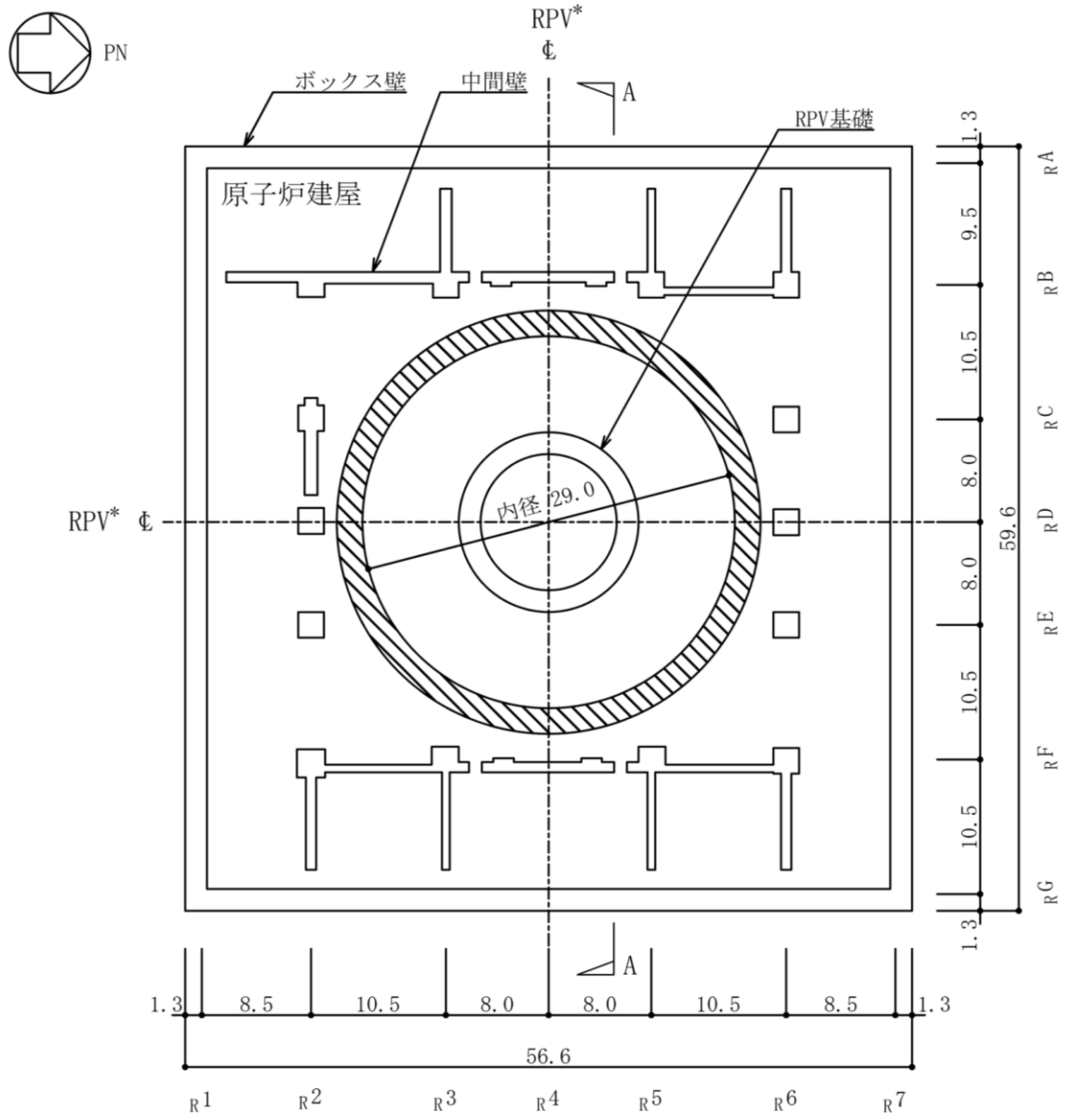
2.2　構造概要

原子炉格納容器は，コンクリート部が耐圧，耐震及び遮蔽の機能を有し，コンクリート部に内張りした鋼板であるライナプレートが漏えい防止の機能を有する鉄筋コンクリート製原子炉格納容器（以下「RCCV」という。）である。

コンクリート部は，シェル部，トップスラブ部及び底部から構成され，シェル部は，原子炉建屋の床と接合されている。また，トップスラブ部の一部は，使用済燃料貯蔵プール，蒸気乾燥器・気水分離器ピット等を兼ねる構造となっている。底部は，底部以外の原子炉建屋の基礎（以下「周辺部基礎」という。）とともに原子炉建屋基礎スラブを構成している。この基礎スラブの上部構造物として，原子炉本体基礎（以下「RPV 基礎」という。），原子炉建屋の外壁（以下「ボックス壁」という。），RCCV とボックス壁の間の耐震壁（以下「中間壁」という。）等が配置されている。

RCCV の内径は 29.0m，底部上端からトップスラブ部下端までの高さは 29.5m，ドライウェル上鏡を含めた全体高さは約 36m である。また，シェル部の厚さは 2.0m，トップスラブ部の厚さは 2.2m（一部 2.4m），底部の厚さは 5.5m である。RCCV の概略平面図及び概略断面図を図 2－2 及び図 2－3 に示す。

RCCV の内部は，ダイヤフラムフロア及び原子炉本体基礎によりドライウェルとサプレッションチェンバに区分されている。

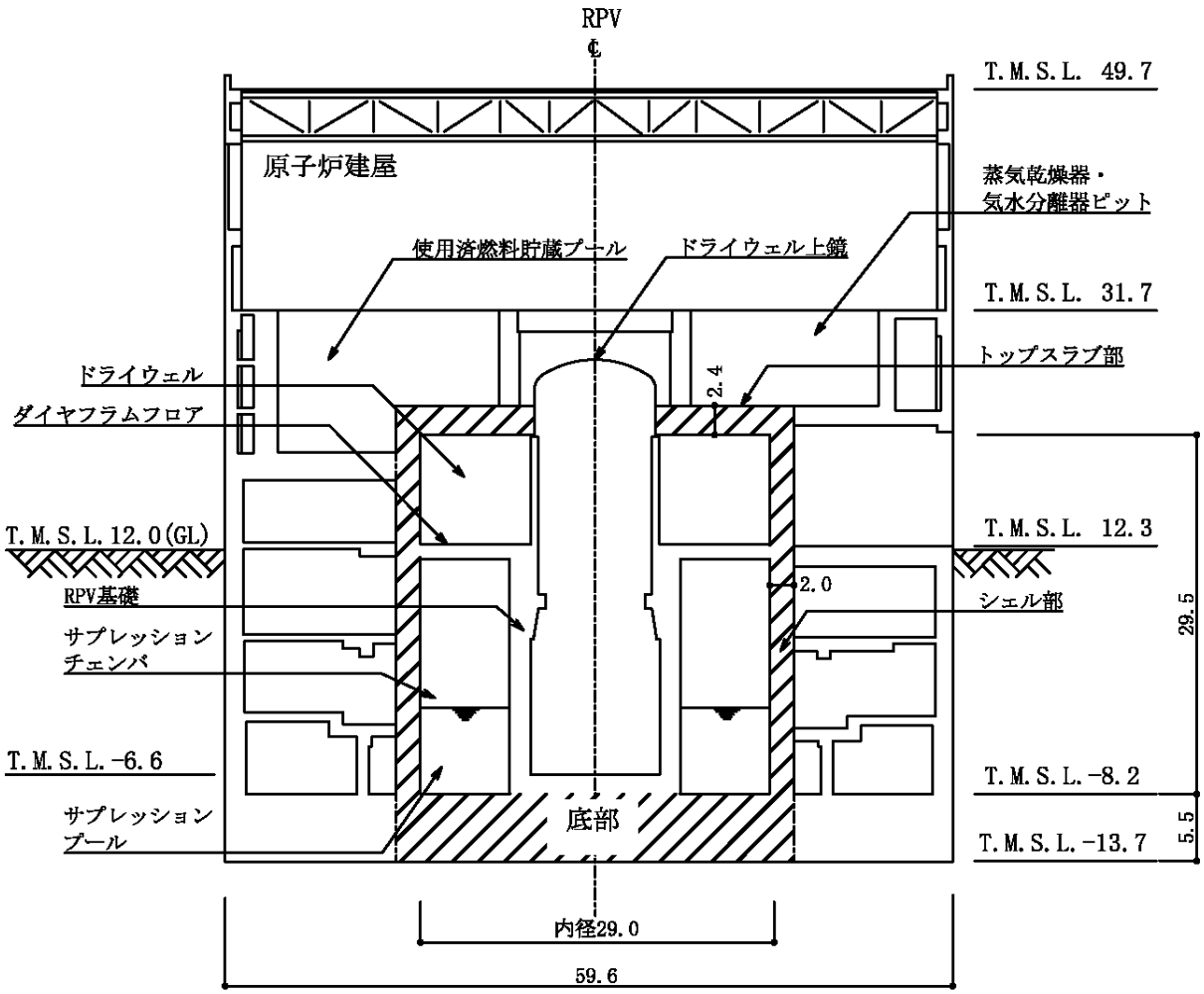


注記＊：原子炉圧力容器（以下「RPV」という。）

注 1：ハッチング部分は，RCCV を示す。

注 2：東京湾平均海面（以下「T.M.S.L.」という。）

図 2－2　RCCV の概略平面図（T.M.S.L.-8.2m）（単位：m）



注：ハッチング部分は，RCCV を示す。

図 2－3　RCCV の概略断面図（A-A 断面）（単位：m）

2.3　適用規格・基準等

本評価において，適用する規格・基準等を以下に示す。

・コンクリート製原子炉格納容器に関する構造等の技術基準（平成 2 年 10 月 22 日通商産業省告示第４５２号）（以下「告示第４５２号」という。）

3. 応力解析による評価方法

3.1 評価対象部位及び評価方針

RCCV の応力解析による評価対象部位はシェル部，トップスラブ部，底部，貫通部及び局部とし，3 次元 FEM モデルを用いた弾塑性応力解析を行い，以下の方針に基づき断面の評価を行う。

重大事故等対処施設としての評価においては，荷重状態Ⅴの地震時以外における評価に関する荷重の組合せ*に対する評価を行うこととし，発生する応力又はひずみが，告示第４５２号に基づいて設定した荷重状態Ⅳの許容値を超えないことを確認する。

注記＊：発電用原子炉施設が重大事故に至るおそれがある事故，又は重大事故の状態で，重大事故等対処施設の機能が必要とされる状態（本評価では，Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」の「5.2 荷重の組合せ」に示す重大事故等時の荷重の組合せ表に従う。）における組合せ No.Ⅴ(S)-1～3 に相当する。

3.2　荷重及び荷重の組合せ

3.2.1　荷重

(1)　通常荷重

a.　死荷重及び活荷重（ＤＬ）

死荷重及び活荷重は，既工認に基づき，次のものを考慮する。

・鉄筋コンクリート構造体の自重・・・・23.5kN/m^3
・ライナプレート及びライナアンカの自重並びに RCCV にとりつく機器配管等の付加重量
・サプレッションプール内静水圧（水深 7.1m）
・使用済燃料貯蔵プール，原子炉ウェル及び蒸気乾燥器・気水分離器ピットの自重，内部機器重量及び内容水による静水圧（水面を T.M.S.L.31.7m より 0.31m 下りとする。）
・床スラブを介して伝わる自重並びに機器及び配管の重量
・ダイヤフラムフロアを介して伝わる自重並びに機器及び配管の重量
・ボックス壁，RCCV，中間壁，柱等から作用する上部構造物の自重並びに機器及び配管の重量
・基礎スラブ上の機器，配管等の重量
・浮力・・・・53.9kN/m^2

b.　静止土圧荷重（E_0）

原子炉建屋は，地下外壁に静止土圧が作用する。静止土圧荷重は，原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1991　追補版（（社）日本電気協会）を参考に算出する。原子炉建屋に作用する静止土圧による荷重分布を図 3－1 に示す。

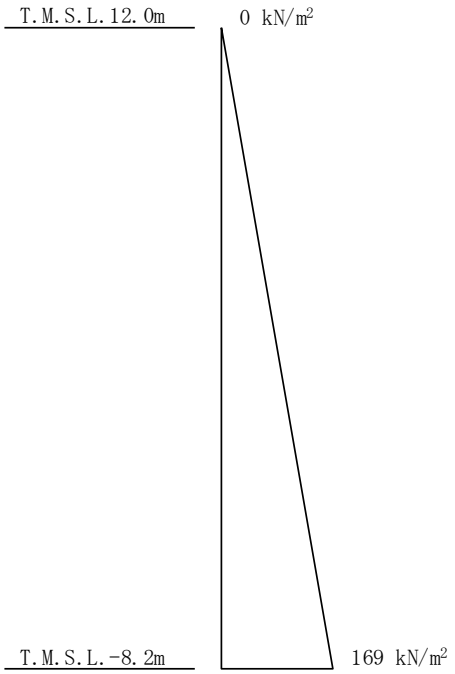


図 3－1　静止土圧による荷重分布

(2)　重大事故等対処施設としての評価荷重

a.　圧力（P_{SA}）

重大事故等対処施設の評価に用いる圧力として，Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」の「5.2　荷重の組合せ」に基づき，次の2つの値を考慮する。

P_{SA1}＝620kPa*1

P_{SA2}＝310kPa*2

注記＊1：Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」の「5.2　荷重の組合せ」に基づき，内圧620kPa（限界圧力）とする。

＊2：Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」の「5.2　荷重の組合せ」に基づき，内圧310kPa（最高使用圧力）とする。

b.　配管荷重（R_{SA}）

重大事故等対処施設の評価に用いる，主蒸気配管及び給水配管の貫通部に加わる荷重として，表 3－1 に示す値を考慮する。

表 3－1　配管荷重（R_{SA}）

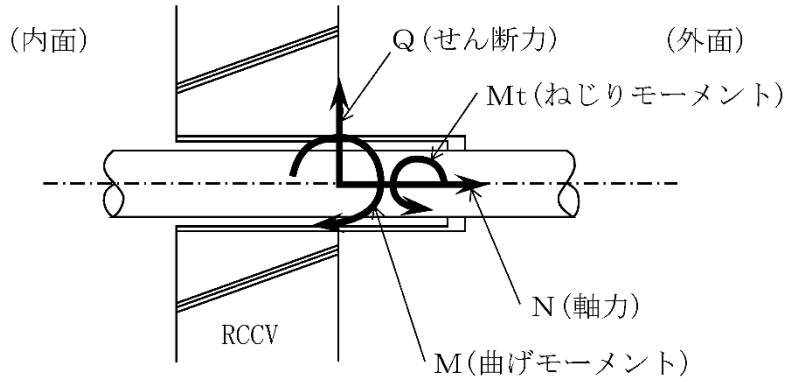
記号	配管	N（kN）	Q（kN）	M_t（kN･m）	M（kN･m）
R_{SA}	主蒸気配管	1180	210	393	816
	給水配管	393	147	295	469

注 1：N，Q，M_t，Mは，下図に示すとおりである。

注 2：数値は，1 本当たりの絶対値を示す。

注 3：開口部の位置，開口径は「5.1　貫通部」に示す。

注 4：M（曲げモーメント）については，せん断力による効果も併せて考慮した。



c. 水圧荷重（HS_{SA}）

重大事故等対処施設の評価に用いる原子炉格納容器内の水圧荷重は，死荷重として考慮している静水圧との差分として考慮し，次の水深に応じて各部に作用させるものとする。なお，この水深は，Ⅴ-2-9-2-2「原子炉格納容器ライナ部の耐震性についての計算書」，Ⅴ-2-9-2-9「サプレッションチェンバ出入口の耐震性についての計算書」等における水位と整合している。

・下部ドライウェル　　水深 [redacted]
・サプレッションプール　水深 [redacted]

d. 水力学的動荷重（H_{SA}）

重大事故等対処施設の評価に用いる，サプレッションプール部に考慮する水力学的動荷重は，Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」の「4.3.9　重大事故等時に加わる動荷重」より，設計基準対象施設としての原子炉冷却材喪失事故時荷重及び逃がし安全弁作動時荷重に対して，重大事故等時の水位上昇を考慮し，保守的に次の値とする。

・逃がし安全弁作動時荷重（H_{SA1}）　[redacted]
・蒸気凝縮振動荷重（H_{SA21}）　[redacted]
・チャギング荷重（H_{SA22}）　[redacted]

3.2.2　荷重の組合せ

荷重の組合せを表 3－2 に示す。

表 3－2　荷重の組合せ

荷重状態	荷重時	荷重番号	荷重の組合せ
V	異常時(1)	1	$DL+E_0+P_{SA1}+R_{SA}+HS_{SA}+H_{SA22}$
	異常時(2)	2	$DL+E_0+P_{SA2}+R_{SA}+HS_{SA}+H_{SA1}+H_{SA22}$
	異常時(3)	3	$DL+E_0+P_{SA1}+R_{SA}+HS_{SA}+H_{SA21}$

DL　：死荷重及び活荷重
E_0　：静止土圧荷重
P_{SA1}, P_{SA2}　：圧力
R_{SA}　：配管荷重
HS_{SA}　：水圧荷重
H_{SA1}　：逃がし安全弁作動時荷重
H_{SA21}　：蒸気凝縮振動荷重
H_{SA22}　：チャギング荷重

3.3　許容限界

応力解析による評価における RCCV の許容限界は，発生する応力及びひずみについて告示第４５２号に基づく荷重状態Ⅳの許容値とする。

コンクリート及び鉄筋の許容応力度を表 3－3 及び表 3－4 にコンクリート及び鉄筋の許容ひずみを表 3－5 に示す。

表 3－3　コンクリートの許容応力度

（単位：N/mm^2）

荷重状態	部位	設計基準強度 F_c	圧縮	せん断
V	シェル部 トップスラブ部	32.3	21.4*	1.21
	底部	29.4	－	1.17

注記＊：膜力の検討に用いる許容圧縮応力度を示す。

表 3－4　鉄筋の許容応力度

（単位：N/mm^2）

荷重状態	引張及び圧縮		面外せん断補強
	SD35 （SD345 相当）	SD40 （SD390 相当）	SD35 （SD345 相当）
V	345	390	295

表 3－5　コンクリート及び鉄筋の許容ひずみ

荷重状態	コンクリート （圧縮ひずみ）	鉄筋 （圧縮ひずみ及び引張ひずみ）
V	0.003	0.005

3.4　解析モデル及び諸元

3.4.1　モデル化の基本方針

(1)　基本方針

応力解析は，3次元FEMモデルを用いた弾塑性応力解析を実施する。解析には，解析コード「ＡＢＡＱＵＳ」を用いる。また，解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については，別紙「計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

応力解析モデルは，RCCV，使用済燃料貯蔵プール，蒸気乾燥器・気水分離器ピット，ダイヤフラムフロア，RPV 基礎及び基礎スラブを一体としたモデルである。応力解析における評価対象部位は，RCCV シェル部，トップスラブ部及び底部であるが，各部の荷重伝達を考慮するために周辺部を含むモデルを用いることとした。また，シェル部では「5.1　貫通部」に示す大開口や小開口をモデル化する。解析モデルを図 3－2 に示す。

(2)　使用要素

解析モデルに使用する FEM 要素は，積層シェル要素とする。使用する要素は四辺形及び三角形で，この要素は鉄筋層をモデル化した異方性材料による積層シェル要素である。

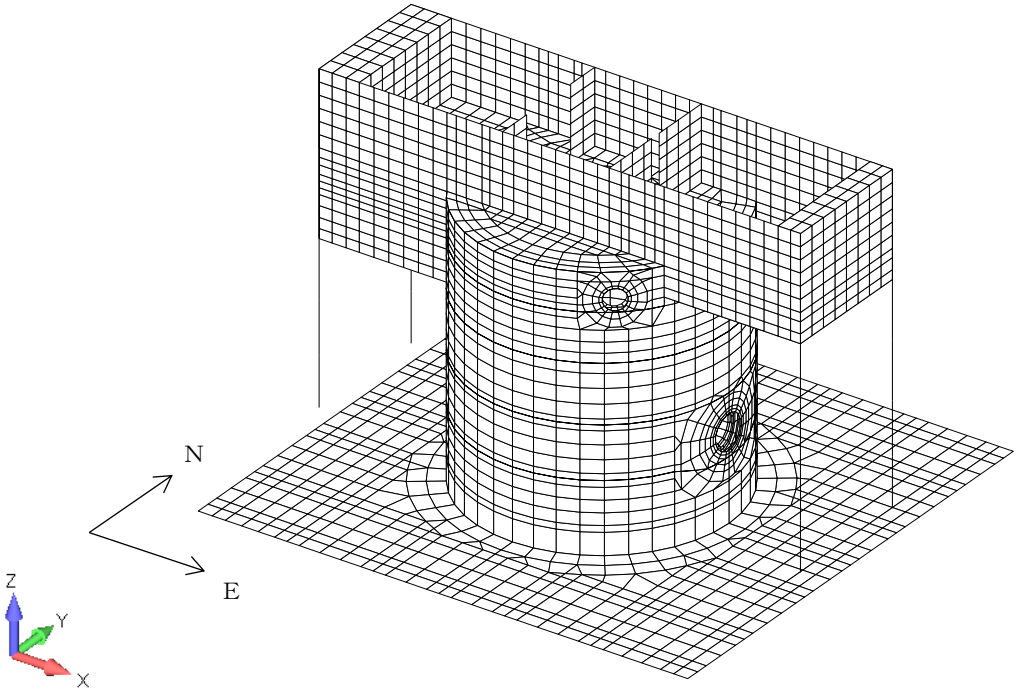
各要素には，板の曲げと膜応力を同時に考えるが，板の曲げには面外せん断変形の影響も考慮する。

解析モデルの節点数は 8398，要素数は 11552 である。

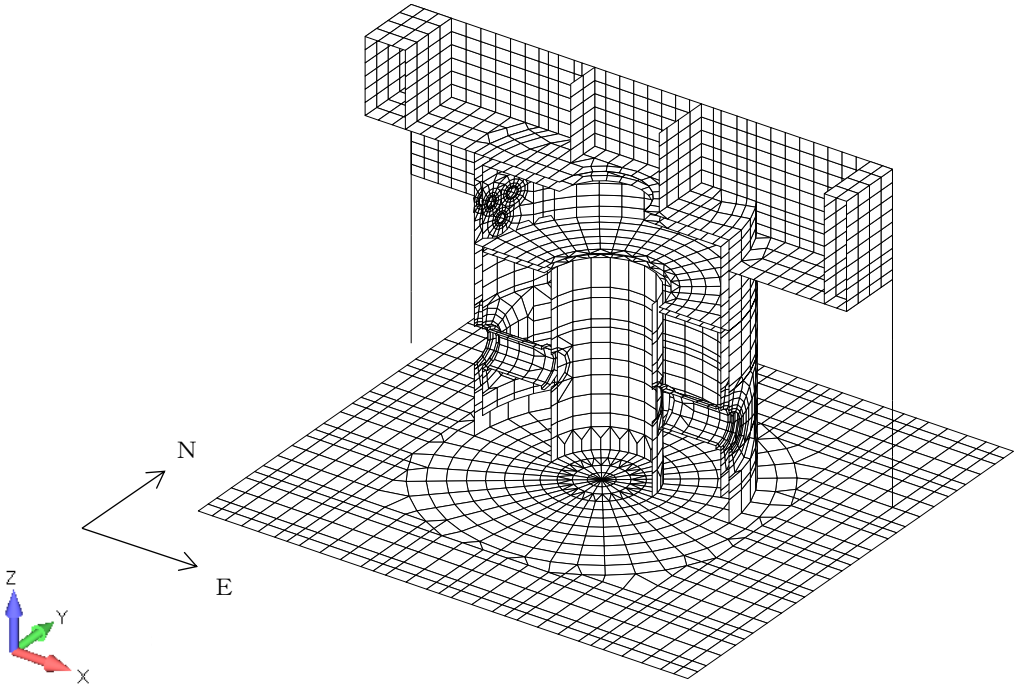
(3)　境界条件

3 次元 FEM モデルの基礎スラブ底面に，振動アドミッタンス理論に基づく静的地盤ばねを離散化して，水平方向及び鉛直方向のばねを設ける。

また，3 次元 FEM モデルの上部構造物に対する周辺床及び外壁の剛性並びに基礎スラブに対する上部構造物の剛性を考慮する。中間壁の脚部位置については，はり要素を設ける。

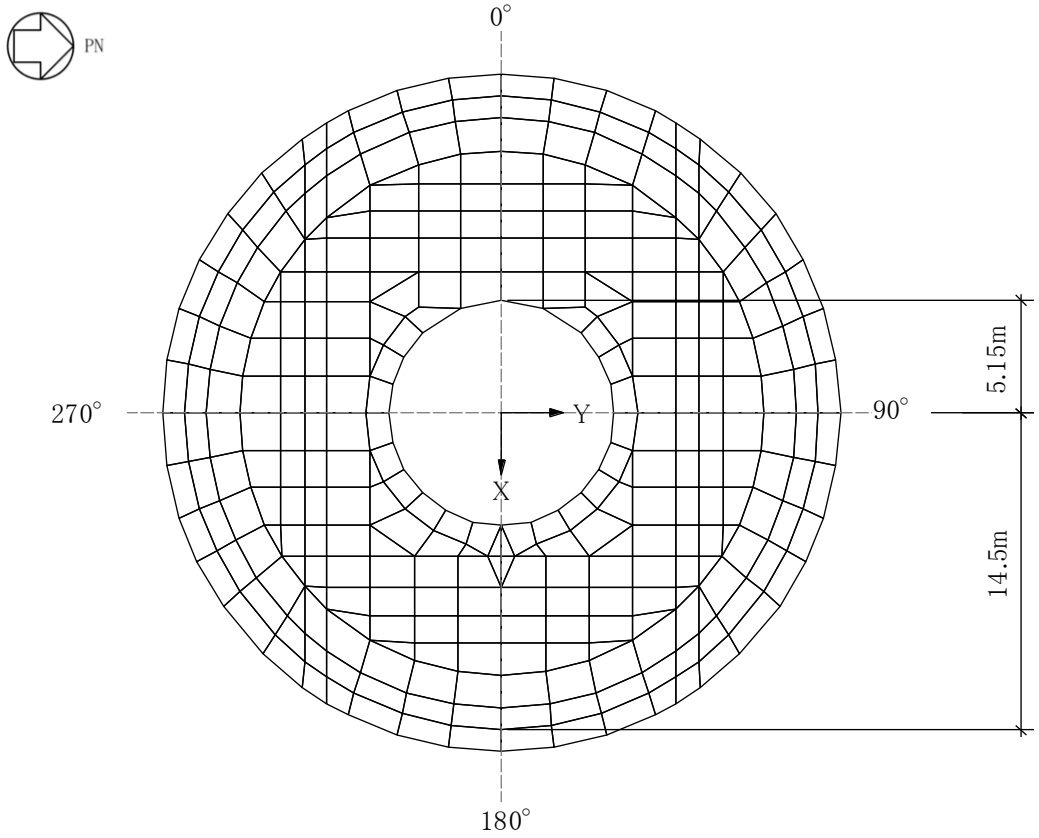


(a)　全体鳥瞰図

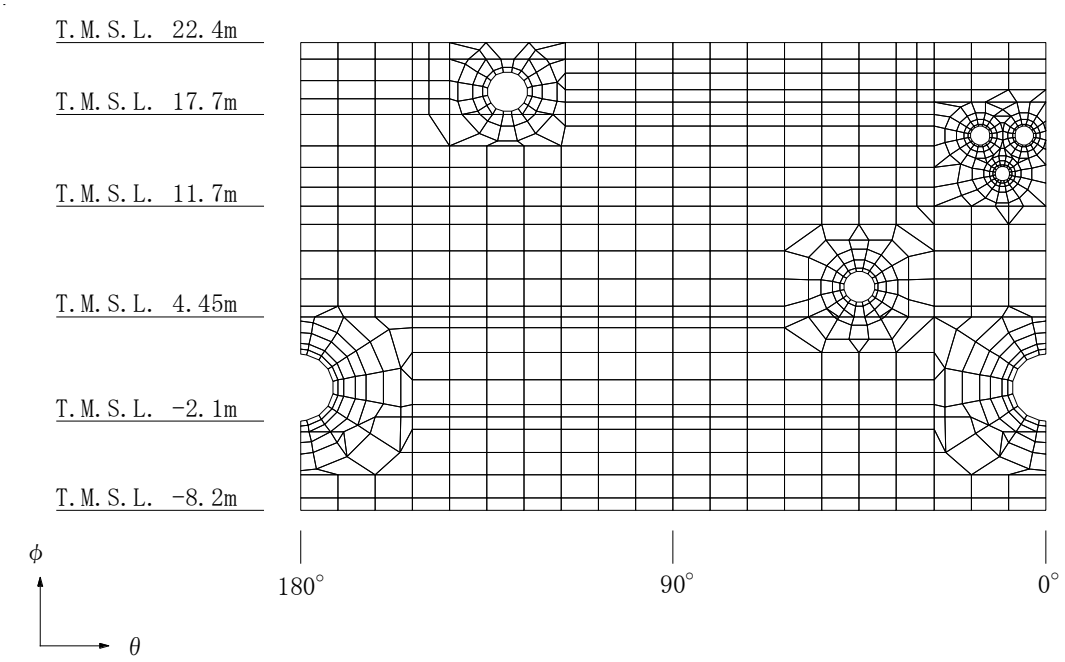


(b)　全体断面図

図 3－2　解析モデル(1/3)

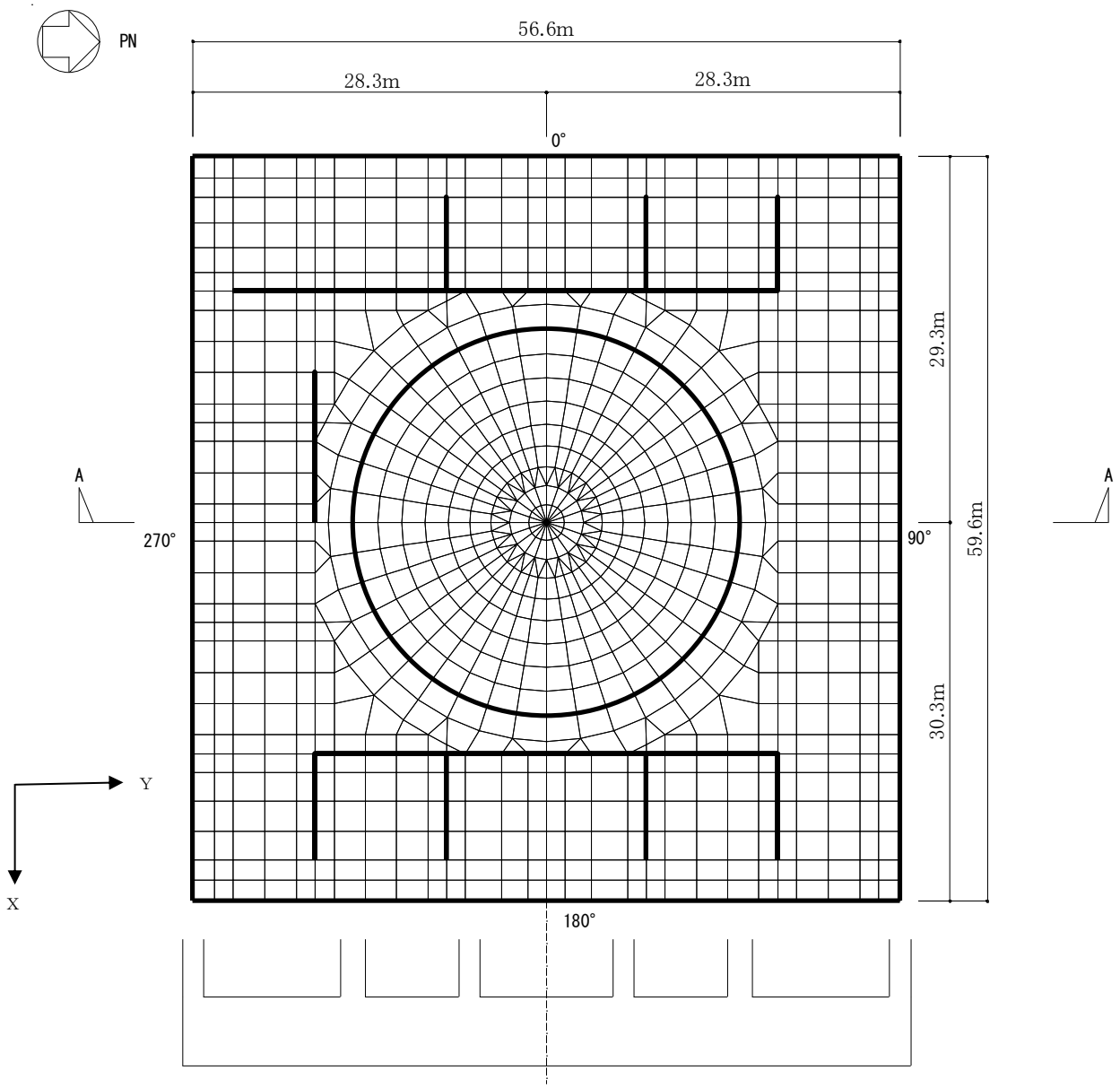


(c)　トップスラブ部要素分割図



(d)　シェル部要素分割図（90° 側）

図 3－2　解析モデル(2/3)



注：太線部は耐震壁の位置を示す。

(e)　基礎スラブ要素分割図

図 3－2　解析モデル(3/3)

3.4.2　解析諸元

使用材料の物性値を表 3－6 及び表 3－7 に示す。なお，コンクリートの圧縮強度及びヤング係数並びに鉄筋のヤング係数は，図 3－3 に示す重大事故等時の温度分布を考慮し，要素ごとの平均温度に基づいて低減し与える。コンクリートの圧縮強度の低減率については，Eurocode（引用文献(1)参照）に基づき，表 3－8 のとおり設定する。コンクリートの剛性の低減率については，Eurocode に記載の圧縮強度低減率及び圧縮強度時ひずみに基づき，各温度の応力－ひずみ関係を作成して，コンクリート強度の 1/3 の点での割線剛性を求め，表 3－9 のとおり設定する。鉄筋の降伏点及び剛性の低減率については，Eurocode に基づき，表 3－10 及び表 3－11 のとおり設定する。

表 3－6　コンクリートの物性値

諸元	物性値	
	上部構造物	基礎スラブ
設計基準強度 (N/mm^2)	32.3	29.4
ヤング係数 (N/mm^2)	3.05×10^4 ＊1	2.91×10^4 ＊2
ポアソン比	0.167	0.167

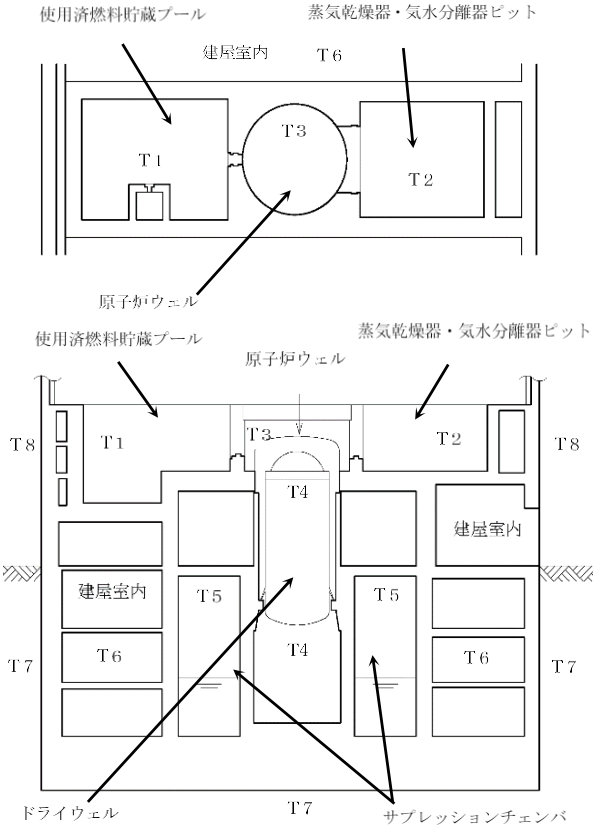
注記＊1：剛性はコンクリートの実強度（43.1N/mm^2）に基づく。

＊2：剛性はコンクリートの実強度（39.2N/mm^2）に基づく。

表 3－7　鉄筋の物性値

諸元	物性値
鉄筋の種類	SD40（SD390 相当） SD35（SD345 相当）
ヤング係数 (N/mm^2)	2.05×10^5

部位		温度(℃)
T 1	使用済燃料貯蔵プール	77*1
T 2	蒸気乾燥器・気水分離器ピット	77*1
T 3	原子炉ウェル	77*1
T 4	ドライウェル	200*2
T 5	サプレッションチェンバ	200*2
T 6	建屋室内	66*1
T 7	地盤	15.5*3
T 8	外気	40*4



注記＊1：V-1-1-7「安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」の「2.3　環境条件等」に基づく原子炉建屋原子炉区域内の重大事故等対処設備の環境温度。

＊2：V-1-1-7「安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」の「2.3　環境条件等」に基づく原子炉格納容器内の重大事故等対処設備の環境温度。

＊3：平成4年3月27日付け3資庁第13034号にて認可された工事計画の添付資料Ⅳ-1-3「原子炉格納施設の基礎に関する説明書」に基づく温度。

＊4：V-1-1-7「安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」の「2.3　環境条件等」に基づく屋外の重大事故等対処設備の環境温度。

図 3－3　重大事故等時の温度分布

表 3－8　コンクリートの圧縮強度の低減率

要素の平均温度 (℃)	圧縮強度 低減率	圧縮強度 (N/mm^2)	
		上部構造物	基礎スラブ
20～65	1.00	32.3	29.4
100	1.00	32.3	29.4
200	0.95	30.7	27.9

表 3－9　コンクリートの剛性の低減率

要素の平均温度 (℃)	剛性 低減率	ヤング係数 (×10^{4}N/mm^2)	
		上部構造物*1	基礎スラブ*2
20～65	1.00	3.05	2.91
100	0.63	1.92	1.83
200	0.43	1.31	1.25

注記＊1：低減前の剛性はコンクリートの実強度（43.1N/mm^2）に基づく。

＊2：低減前の剛性はコンクリートの実強度（39.2N/mm^2）に基づく。

表 3－10　鉄筋の降伏点の低減率

要素の平均温度 (℃)	降伏点 低減率	降伏点 (N/mm^2)	
		SD35 (SD345相当)	SD40 (SD390相当)
20～65	1.00	345	390
100	1.00	345	390
200	1.00	345	390

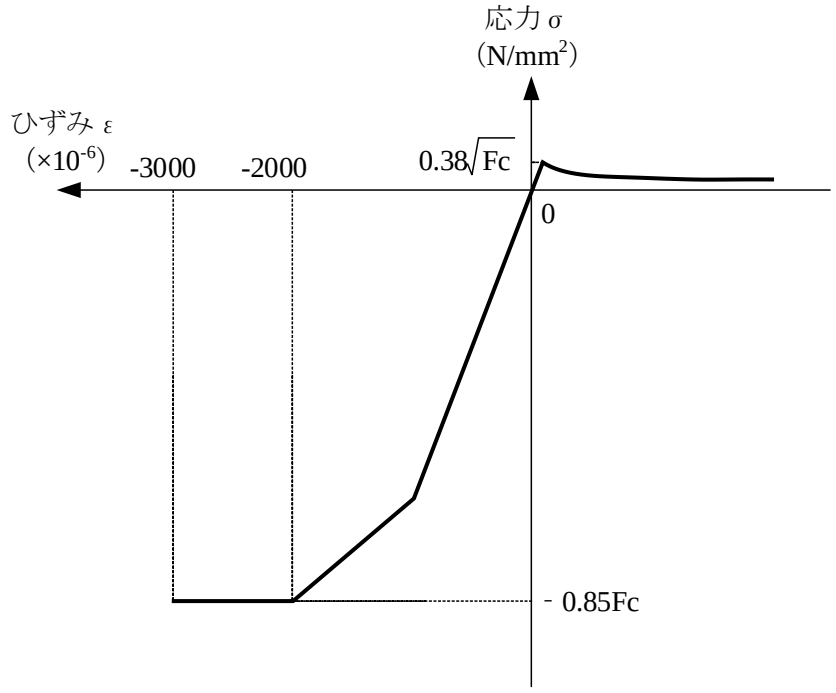
表 3－11　鉄筋の剛性の低減率

要素の平均温度 (℃)	剛性 低減率	ヤング係数 (×10^{5}N/mm^2)
		SD40（SD390相当） SD35（SD345相当）
20～65	1.00	2.05
100	1.00	2.05
200	0.90	1.85

K7 ① V-3-3-6-1-1-1 R1

3.4.3　材料構成則

使用するコンクリートと鉄筋の材料構成則を図 3－4 に示す。



F_c：コンクリートの設計基準強度

項目	設定
圧縮強度	-0.85Fc（告示第４５２号）
終局圧縮ひずみ	-3000×10^{-6}（告示第４５２号）
圧縮側のコンクリート構成則	CEB-FIP Model code に基づき設定（引用文献(2)参照）
ひび割れ発生後の引張軟化曲線	出雲ほか（1987）による式（c＝0.4）（引用文献(3)参照）
引張強度	$\sigma_t=0.38\sqrt{Fc}$（鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説　－許容応力度設計法－（(社) 日本建築学会，1999 改定)）

注 1：引張方向の符号を正とする。

2：強度及び剛性は表 3－8 及び表 3－9 に基づき低減する。

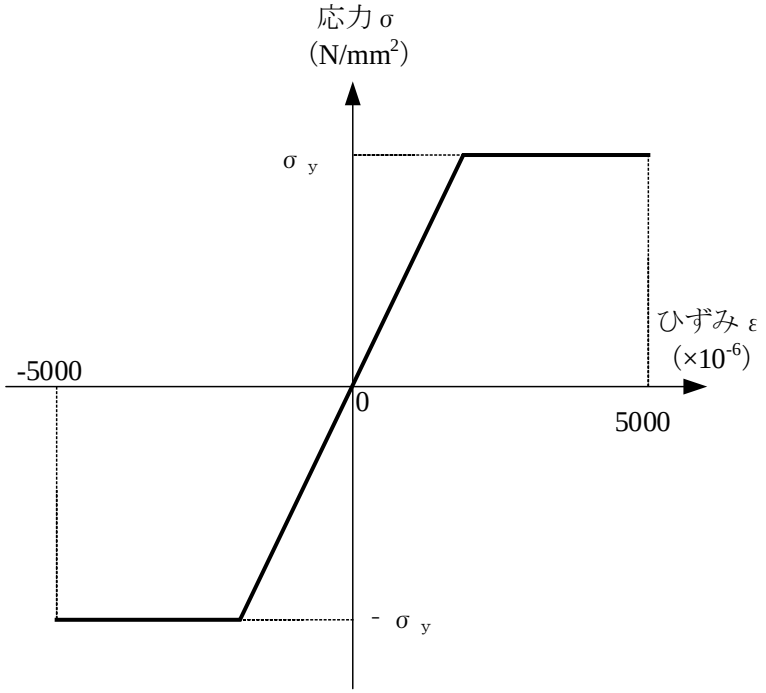
(a)　コンクリートの応力―ひずみ関係

図 3－4　材料構成則（1/2）

K7 ① V-3-3-6-1-1-1 R1

・鉄筋の構成則：バイリニア型

・終局ひずみ：±5000×10^{-6}（告示第４５２号）



σ_y：鉄筋の降伏強度

注 1：引張方向の符号を正とする。

2：降伏強度及び剛性は表 3－10 及び表 3－11 に基づき低減する。

(b)　鉄筋の応力―ひずみ関係

図 3－4　材料構成則（2/2）

3.5　評価方法

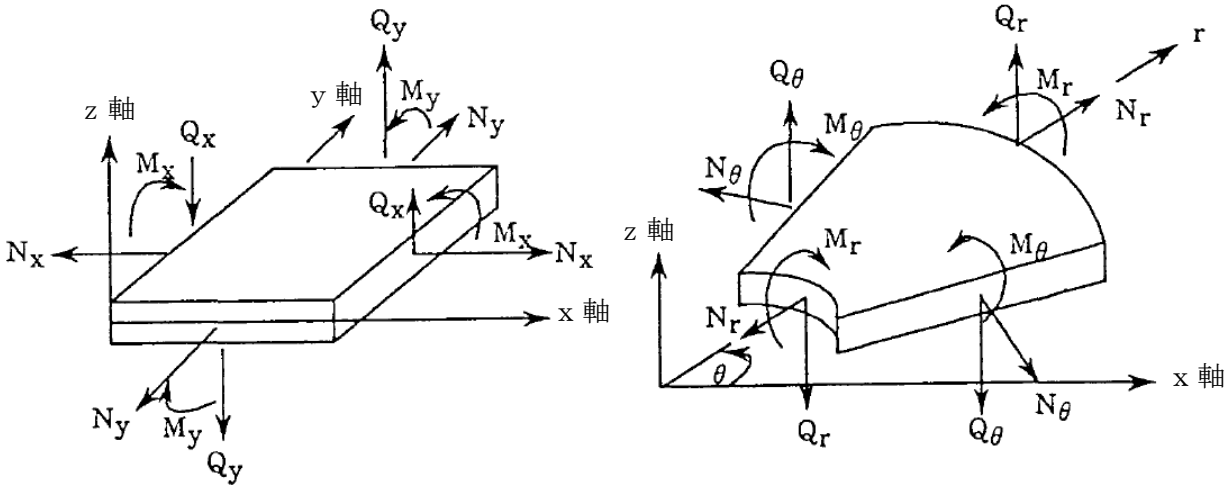
3.5.1　応力解析方法

RCCV について，3 次元 FEM モデルを用いた弾塑性応力解析を実施する。

荷重の入力は，モデル上の各節点又は各要素に，集中荷重又は分布荷重として入力する。

3.5.2　断面の評価方法

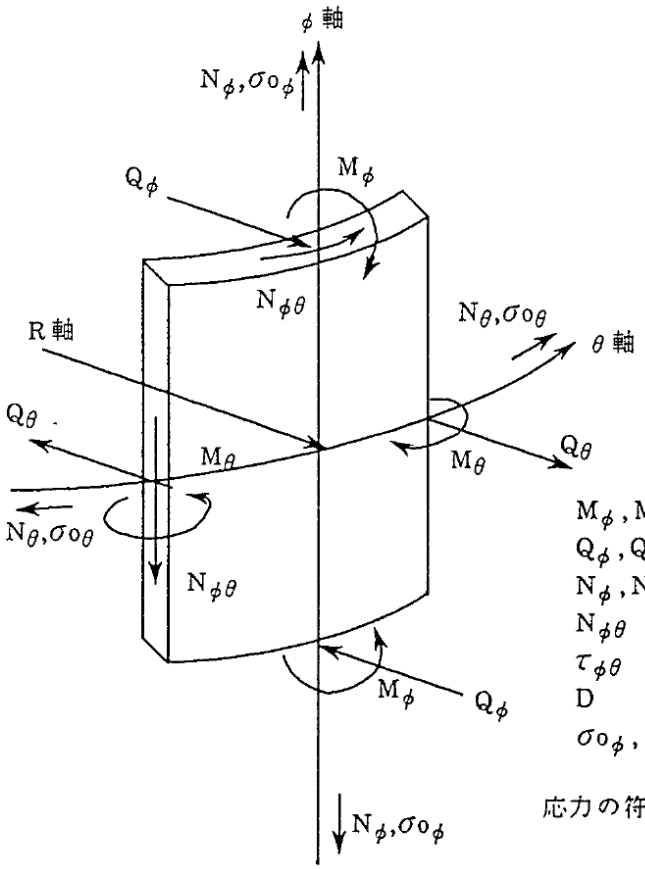
RCCV の断面の評価に用いる応力は，3 次元 FEM モデルを用いた応力解析により得られた各荷重による断面力(軸力，曲げモーメント，せん断力)とする。トップスラブ部，底部及びシェル部の断面力成分を図 3－5 に示す。



M_x, M_y：曲げモーメント	kN・m/m	M_r, M_θ：曲げモーメント	kN・m/m
Q_x, Q_y：せん断力	kN/m	Q_r, Q_θ：せん断力	kN/m
N_x, N_y：軸力	kN/m	N_r, N_θ：軸力	kN/m

応力の符号（矢印の方向を正とする。）

(a)　トップスラブ部及び底部



M_ϕ, M_θ	:曲げモーメント	kN・m/m
Q_ϕ, Q_θ	:面外せん断力	kN/m
N_ϕ, N_θ	:膜　力	kN/m
$N_{\phi\theta}$	:面内せん断力	kN/m
$\tau_{\phi\theta}$	:$N_{\phi\theta}/D$	kN/m^2
D	:断面の全せい	m
σo_ϕ, σo_θ	:外力による膜応力	N/mm^2

応力の符号 (矢印の方向を正とする。)

(b)　シェル部

図 3－5　トップスラブ部，底部及びシェル部の断面力成分

(1)　シェル部

膜力及び曲げモーメントによる鉄筋及びコンクリートのひずみ，膜力による圧縮応力度，面内せん断力並びに面外せん断力を算定し，告示第４５２号に基づき設定した各許容値を超えないことを確認する。

a.　膜力及び曲げモーメントに対する断面の評価方法

各断面は，子午線方向及び円周方向各々について，膜力及び曲げモーメントを受ける鉄筋コンクリート造長方形仮想柱として算定する。この場合，膜力は同時に作用する面内せん断力の影響を考慮して，等価膜力として評価する。

膜力と面内せん断力の関係図を図 3－6 に示す。

等価膜力及び曲げモーメントによる引張応力度及び圧縮応力度については，告示第４５２号の第 10 条第二号に基づき，表 3－5 に示す許容ひずみを超えないことを確認する。

$$N_{\phi}^{*} = N_{\phi} \pm |N_{\phi\theta}|$$

$$N_{\theta}^{*} = N_{\theta} \pm |N_{\phi\theta}|$$

ここで，

N_{ϕ}^{*}，N_{θ}^{*}　：ϕ，θ 方向の等価膜力

N_{ϕ}，N_{θ}　：ϕ，θ 方向の膜力

$N_{\phi\theta}$　：面内せん断力

（ϕ 方向は子午線方向，θ 方向は円周方向とする）

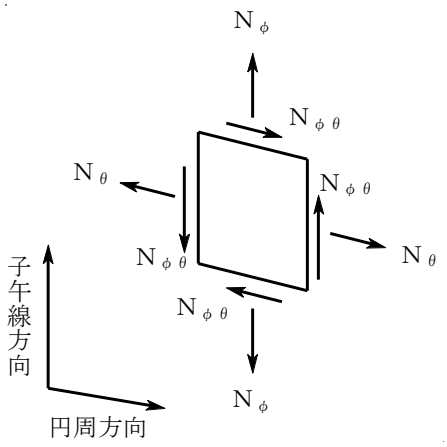


図 3－6　膜力と面内せん断力の関係図

b. 膜力に対する断面の評価方法

膜力による圧縮応力度については，告示第４５２号の第 10 条第四号に基づき，コンクリートの設計基準強度の 2/3 倍を超えないことを確認する。

c. 面内せん断力に対する断面の評価方法

断面の評価は，告示第４５２号の第 10 条第六号に基づき行う。告示第４５２号の従来単位系の評価式については，「発電用原子力設備規格コンクリート製原子炉格納容器規格（（社）日本機械学会，2003）」（以下「CCV 規格」という。）の該当する SI 単位系の評価式を適用する。

面内せん断応力度が，CVE-3512.2-1 及び CVE-3512.2-2 より計算した終局面内せん断応力度のいずれか小さい方の値を超えないことを確認する。

$$\tau_u = 0.5\left\{\left(p_{t\phi}\cdot f_y - \sigma_{0\phi}\right)+\left(p_{t\theta}\cdot f_y - \sigma_{0\theta}\right)\right\}\cdots \quad \text{(CVE-3512.2-1)}$$

$$\tau_u = 1.10\sqrt{F_c} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad \text{(CVE-3512.2-2)}$$

ここで，

τ_u ：終局面内せん断応力度(N/mm^2)

$p_{t\phi}$ ：子午線方向主筋の鉄筋比

$p_{t\theta}$ ：円周方向主筋の鉄筋比

$\sigma_{0\phi}$ ：外力により生じる子午線方向の膜応力度(N/mm^2)（引張の場合のみを考慮し，符号を正とする）

$\sigma_{0\theta}$ ：外力により生じる円周方向の膜応力度(N/mm^2)（引張の場合のみを考慮し，符号を正とする）

f_y ：鉄筋の許容引張応力度及び許容圧縮応力度であり，表3－4に示す値(N/mm^2)

F_c ：コンクリートの設計基準強度(N/mm^2)

d.　面外せん断力に対する断面の評価方法

断面の評価は，告示第４５２号の第 10 条第八号に基づき行う。告示第４５２号の従来単位系の評価式については，CCV 規格の該当する SI 単位系の評価式を適用する。

面外せん断応力度が，CVE-3513.2-1 及び CVE-3513.2-2 より計算した終局面外せん断応力度のいずれか小さい方の値を超えないことを確認する。

$$\tau_R = \Phi\left\{0.1\left(p_t \cdot f_y - \sigma_0\right) + 0.5 \cdot p_w \cdot f_y + 0.235\sqrt{F_c}\right\} \cdots \text{(CVE-3513.2-1)}$$

$$\tau_R = 1.10\sqrt{F_c} \cdots \text{(CVE-3513.2-2)}$$

ここで，

τ_R　：終局面外せん断応力度(N/mm^2)

p_t　：主筋の鉄筋比

σ_0　：外力による膜応力度(N/mm^2)（引張の符号を正とする）

p_w　：面外せん断力に対する補強筋の鉄筋比であって，次の計算式により計算した値

$$p_w = a_w / \left(b \cdot x\right) \cdots \text{(CVE-3513.2-3)}$$

a_w　：面外せん断力に対する補強筋の断面積(mm^2)

b　：断面の幅(mm)

x　：面外せん断力に対する補強筋の間隔(mm)

Φ　：低減係数であり，次の計算式により計算した値

（1を超える場合は1，0.58未満の場合は0.58とする）

$$\Phi = 1 / \sqrt{M / \left(Q \cdot d\right)} \cdots \text{(CVE-3513.2-4)}$$

M　：曲げモーメント(N･mm)

Q　：せん断力(N)

d　：断面の有効せい(mm)

f_y　：鉄筋の許容引張応力度及び許容圧縮応力度であり，表3－4に示す値(N/mm^2)

F_c　：コンクリートの設計基準強度(N/mm^2)

e. シェル部の基部の面外せん断力に対する断面の評価方法

断面の評価は，告示第４５２号の第 10 条第十号に基づき行う。告示第４５２号の従来単位系の評価式については，CCV 規格の該当する SI 単位系の評価式を適用する。

シェル部が底部に接続する部分に作用する軸対称荷重により生じる面外せん断応力度が，CVE-3514.2-1 より計算した終局面外せん断応力度の値を超えないことを確認する。確認は，底部からシェル部の壁の厚さの 10 倍の高さまでの範囲について行うこととする。

$$\tau_H = 10 \cdot p_{t\theta} \cdot f_y \Big/ \left(13.2 \cdot \sqrt{\beta} - \beta\right) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad \text{(CVE-3514.2-1)}$$

ここで，

τ_H ：終局面外せん断応力度(N/mm^2)

$p_{t\theta}$ ：円周方向主筋の鉄筋比

β ：シェル部の壁の厚さの中心までの半径を壁の厚さで除した比であり，次の計算式により計算した値

$$\beta = r / t \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad \text{(CVE-3514.2-2)}$$

t ：シェル部の壁の厚さ(mm)

r ：シェル部の壁の厚さの中心までの半径(mm)

f_y ：鉄筋の許容引張応力度及び許容圧縮応力度であり，表3－4に示す値(N/mm^2)

(2)　トップスラブ部及び底部

軸力及び曲げモーメントによる鉄筋及びコンクリートのひずみ並びに面外せん断力を算定し，告示第４５２号に基づき設定した各許容値を超えないことを確認する。

a.　軸力及び曲げモーメントに対する断面の評価方法

軸力及び曲げモーメントによる鉄筋及びコンクリートのひずみが，告示第４５２号の第 11 条第二号に基づき，表 3－5 に示す許容ひずみを超えないことを確認する。

b.　面外せん断力に対する断面の評価方法

断面の評価は，告示第４５２号の第 11 条第四号に基づき行う。告示第４５２号の従来単位系の評価式については，CCV 規格の該当する SI 単位系の評価式を適用する。

面外せん断力が，CVE-3522-1 又は CVE-3522-2 より計算した許容面外せん断力を超えないことを確認する。

$$Q_A = b \cdot j \cdot {}_c f_s \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \text{(CVE-3522-1)}$$

ここで，

Q_A　：許容面外せん断力(N)

b　：断面の幅(mm)

j　：断面の応力中心間距離で，断面の有効せいの7／8倍の値(mm)

${}_c f_s$　：コンクリートの許容せん断応力度で，表3－3に示す値(N/mm^2)

$$Q_A = b \cdot j \cdot \{\alpha \cdot {}_c f_s + 0.5 \cdot {}_w f_t (p_w - 0.002)\} \cdots\cdots \text{(CVE-3522-2)}$$

ここで，

p_w　：面外せん断力に対する補強筋の鉄筋比であり，次の計算式により計算した値(0.002以上とし，0.012を超える場合は0.012として計算する)

$$p_w = a_w / (b \cdot x) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \text{(CVE-3522-3)}$$

a_w　：面外せん断力に対する補強筋の断面積(mm^2)

x　：面外せん断力に対する補強筋の間隔(mm)

${}_w f_t$　：面外せん断力に対する補強筋の許容引張応力度であり，表3－4に示す値(N/mm^2)

α　：割増し係数であり，次の計算式により計算した値（2を超える場合は2，1未満の場合は1とする。また，引張軸力が2N/mm^{2}を超える場合は1とする。)

$$\alpha = \frac{4}{M/(Q \cdot d) + 1} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \text{(CVE-3522-4)}$$

M　：曲げモーメント(N･mm)

Q　：せん断力(N)

d　：断面の有効せい(mm)

3 次元 FEM モデルを用いた応力の算定において，FEM 要素に応力集中等が見られる場合については，原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（（社）日本建築学会，2005 制定）を参考に，応力の再配分等を考慮

してある一定の領域の応力を平均化したうえで断面の評価を行う。

4. 評価結果

「3.5.2 断面の評価方法」に基づいた断面の評価結果を以下に示す。また，3 次元 FEM モデルの配筋領域図を図 4－1～図 4－3 に，配筋一覧を表 4－1～表 4－3 に示す。

断面の評価結果を記載する要素を以下のとおり選定する。

シェル部については，等価膜力及び曲げモーメントによる鉄筋及びコンクリートのひずみ，膜力による圧縮応力度，面内せん断応力度，面外せん断応力度並びに基部の面外せん断応力度に対する評価において，発生値に対する許容値の割合が最小となる要素をそれぞれ選定する。

トップスラブ部及び底部については，軸力及び曲げモーメントによる鉄筋及びコンクリートのひずみ並びに面外せん断応力度に対する評価において，発生値に対する許容値の割合が最小となる要素をそれぞれ選定する。

選定した要素の位置を図 4－4～図 4－6 に，評価結果を表 4－4～表 4－6 に示す。

シェル部について，等価膜力及び曲げモーメントによる鉄筋及びコンクリートのひずみ，膜力による圧縮応力度，面内せん断応力度，面外せん断応力度並びに基部の面外せん断応力度が，各許容値を超えないことを確認した。また，トップスラブ部及び底部について，軸力及び曲げモーメントによる鉄筋及びコンクリートのひずみ並びに面外せん断応力度が，各許容値を超えないことを確認した。

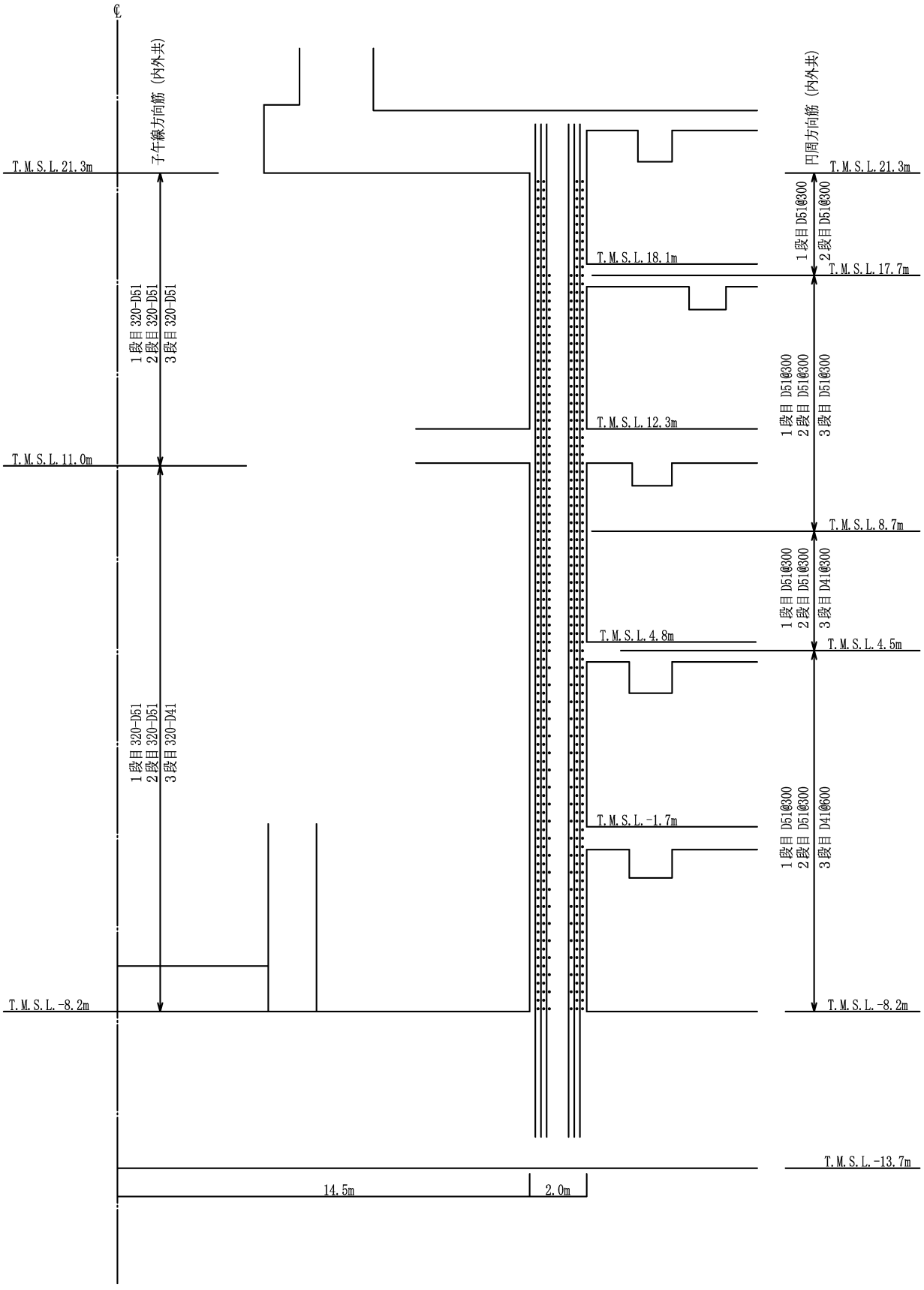


図 4－1　配筋領域図（シェル部）

表 4－1　配筋一覧（シェル部）

(a)　子午線（ϕ）方向

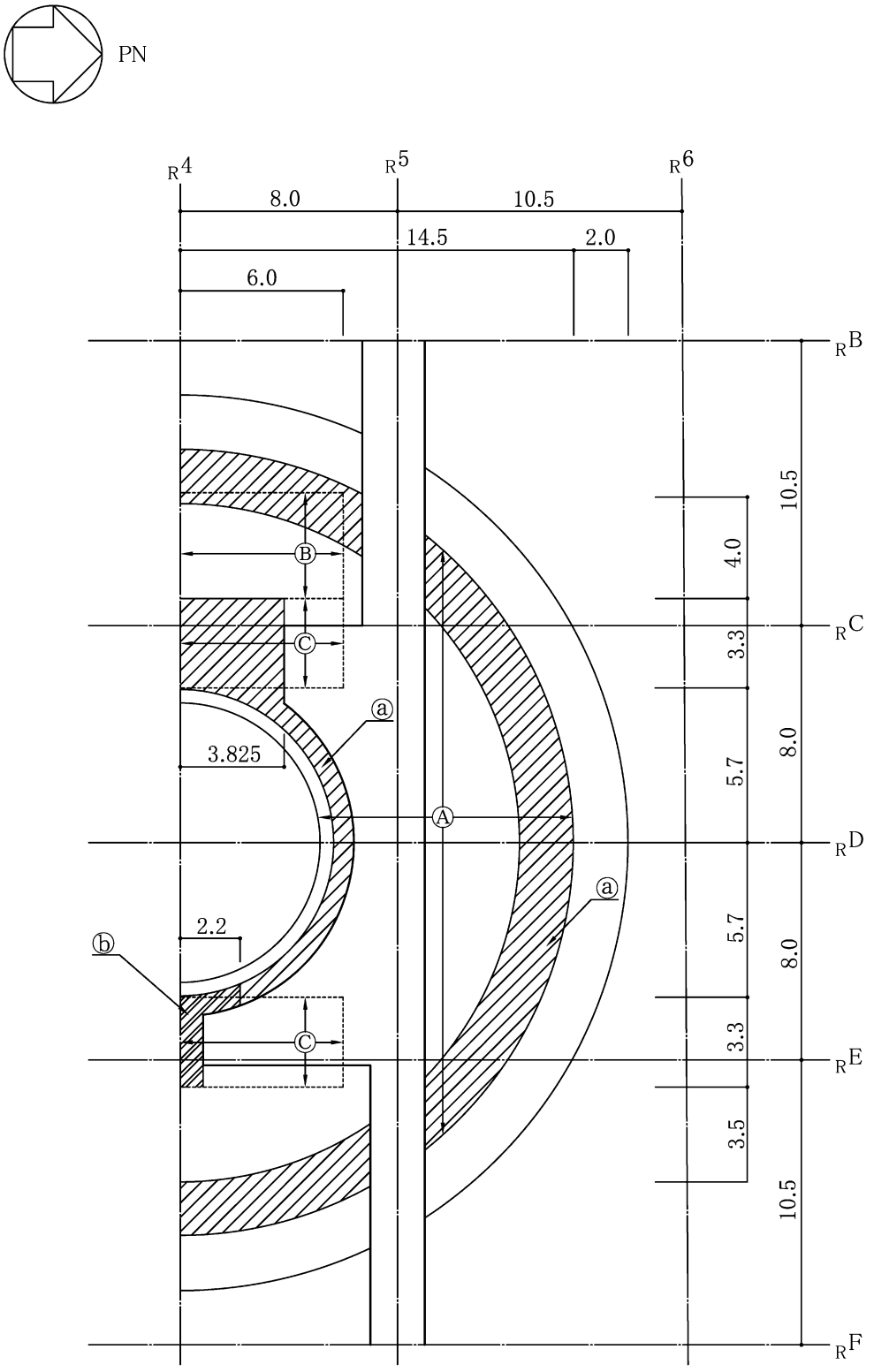
T.M.S.L. (m)	配筋*
21.3 11.0	3×320-D51
   -8.2	2×320-D51 ＋1×320-D41

注記＊：内側及び外側とも，同一配筋。

(b)　円周（θ）方向

T.M.S.L. (m)	配筋*
21.3 17.7	2-D51@300
  8.7	3-D51@300
  4.5	2-D51@300 ＋1-D41@300
  -8.2	2-D51@300 ＋1-D41@600

注記＊：内側及び外側とも，同一配筋。



注：配筋は$_R$４通りに対して対称である。

図４－２　配筋領域図（トップスラブ部）（単位：m）

表 4－2　配筋一覧（トップスラブ部）

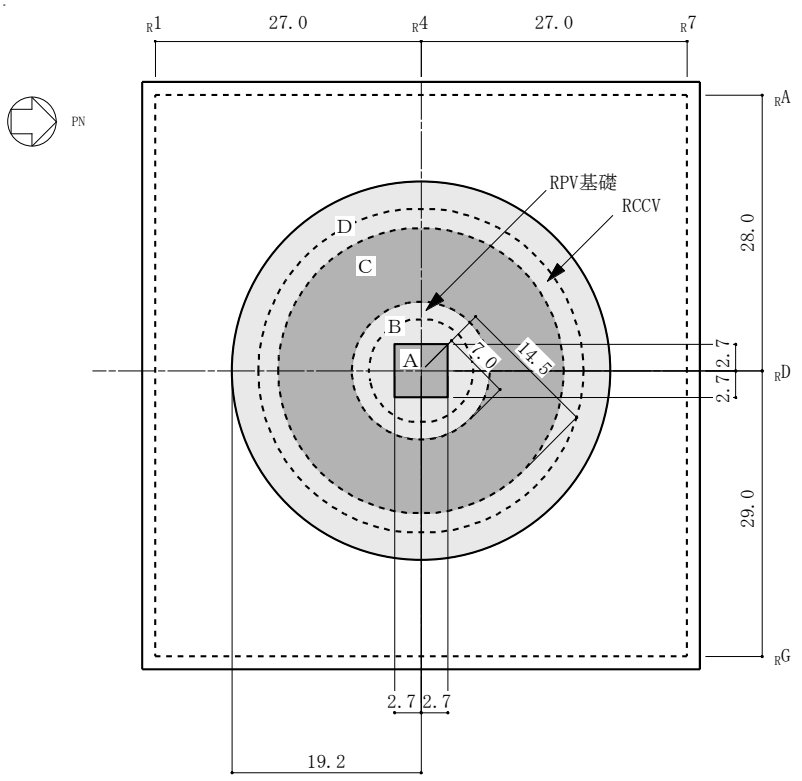
(a)　主筋

領域	方向	配筋*
A	NS	3-D41@300
	EW	3-D41@300
B	NS	1-D41@150 ＋2-D41@300
	EW	3-D41@300
C	NS	2-D41@150 ＋1-D41@300
	EW	3-D41@300

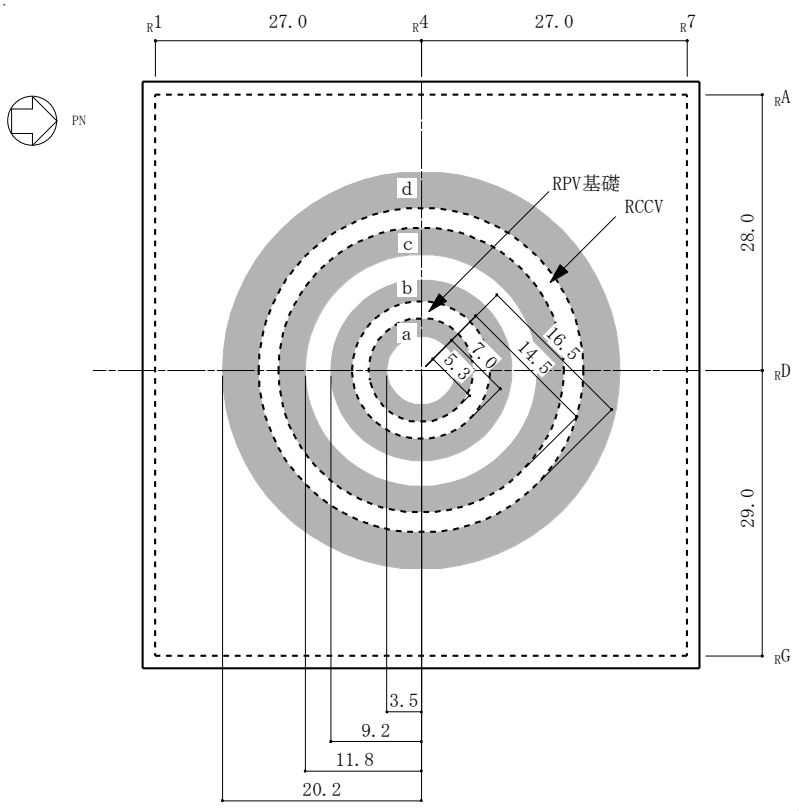
注記＊：上ば筋及び下ば筋とも，同一配筋。

(b)　せん断補強筋

領域	せん断補強筋
a	D19@300×300
b	D19@150×150



(a)　主筋



(b)　せん断補強筋

図 4－3　配筋領域図（底部）（単位：m）

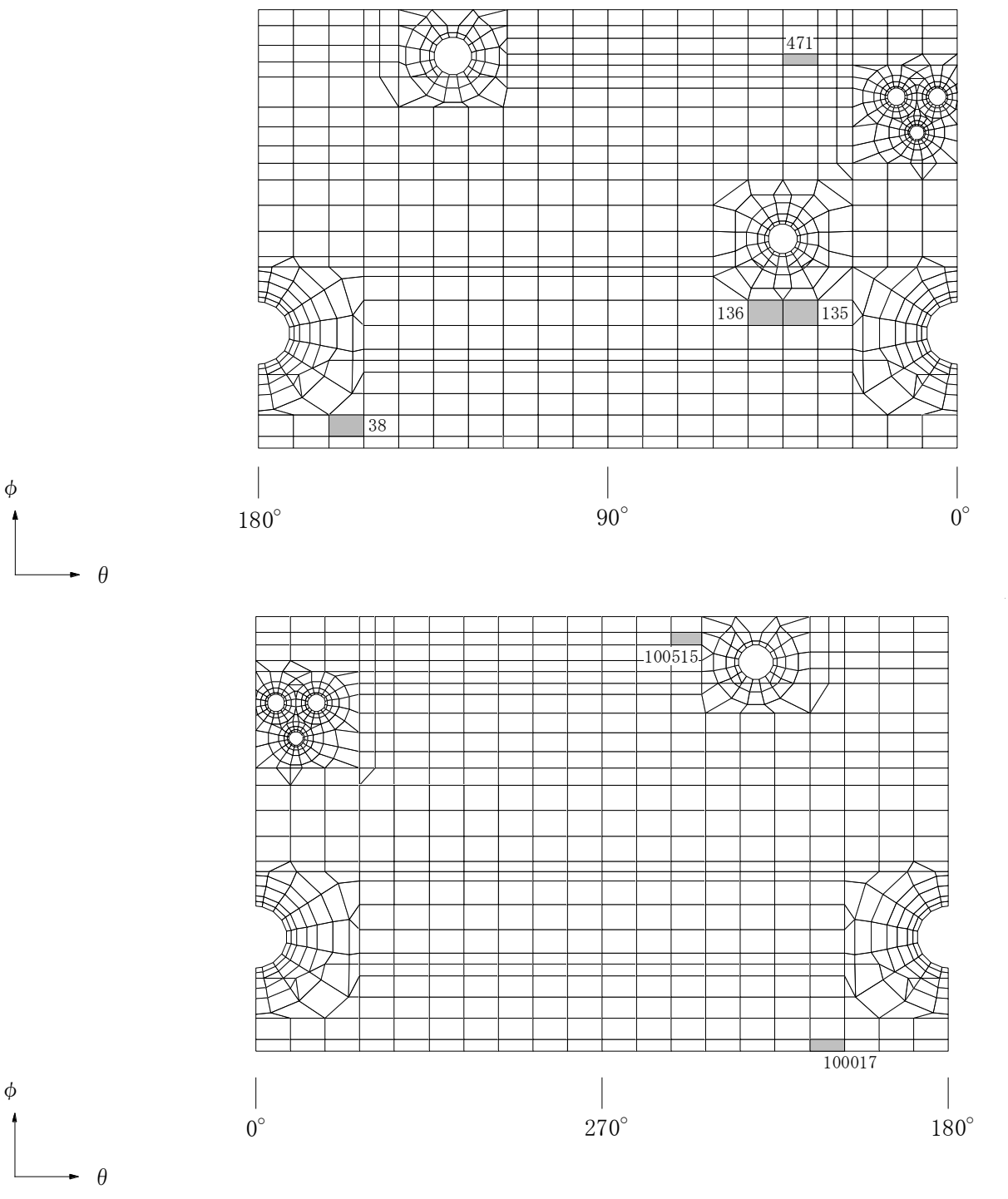
表 4－3　配筋一覧（底部）

(a)　主筋

領域	上ば筋		下ば筋	
	方向	配筋	方向	配筋
A	NS	3-D38@130	NS	5-D38@200
	EW	3-D38@130	EW	5-D38@200
B	放射	5×160-D38	NS	5-D38@200
	円周	2-D38@200 +3-D38@400	EW	5-D38@200
C	放射	5×320-D38	NS	5-D38@200
	円周	2-D38@200 +3-D38@400	EW	5-D38@200
D	放射	5×320-D38	NS	5-D38@200
	円周	5-D38@200	EW	5-D38@200

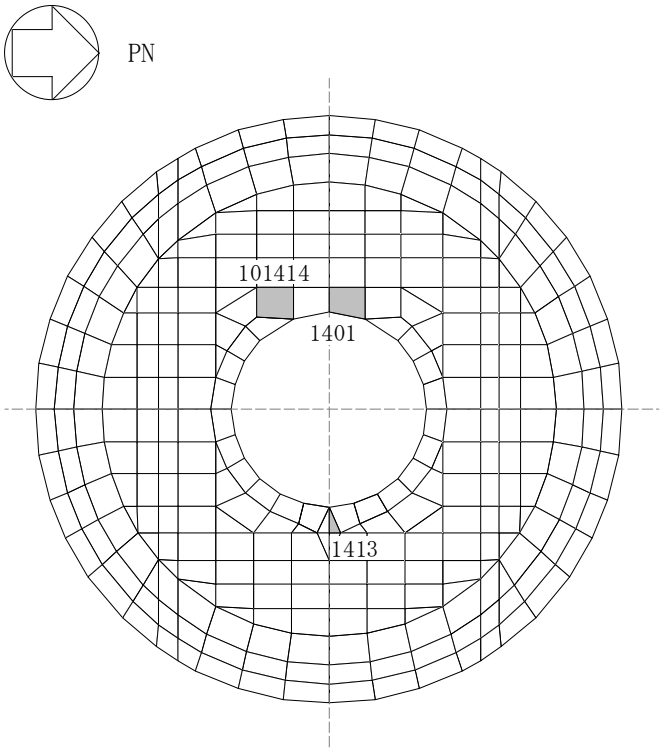
(b)　せん断補強筋

領域	配筋
a	D35@200×80/周
b	D35@200×160/周
c	D35@200×160/周
d	D35@400×400

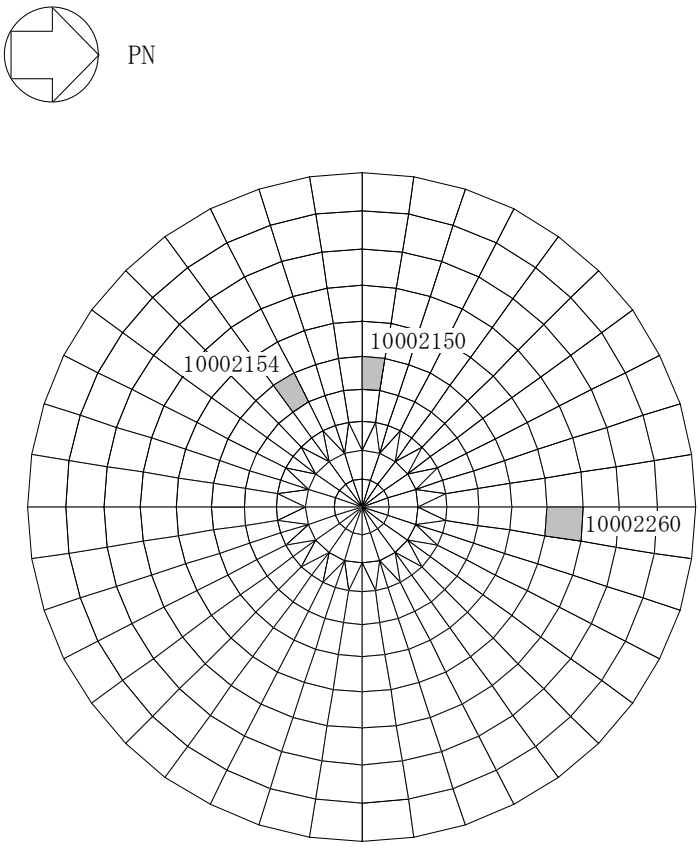


(a)　シェル部

図 4－4　選定した要素の位置　荷重状態Ⅴ・異常時（1）（1/2）

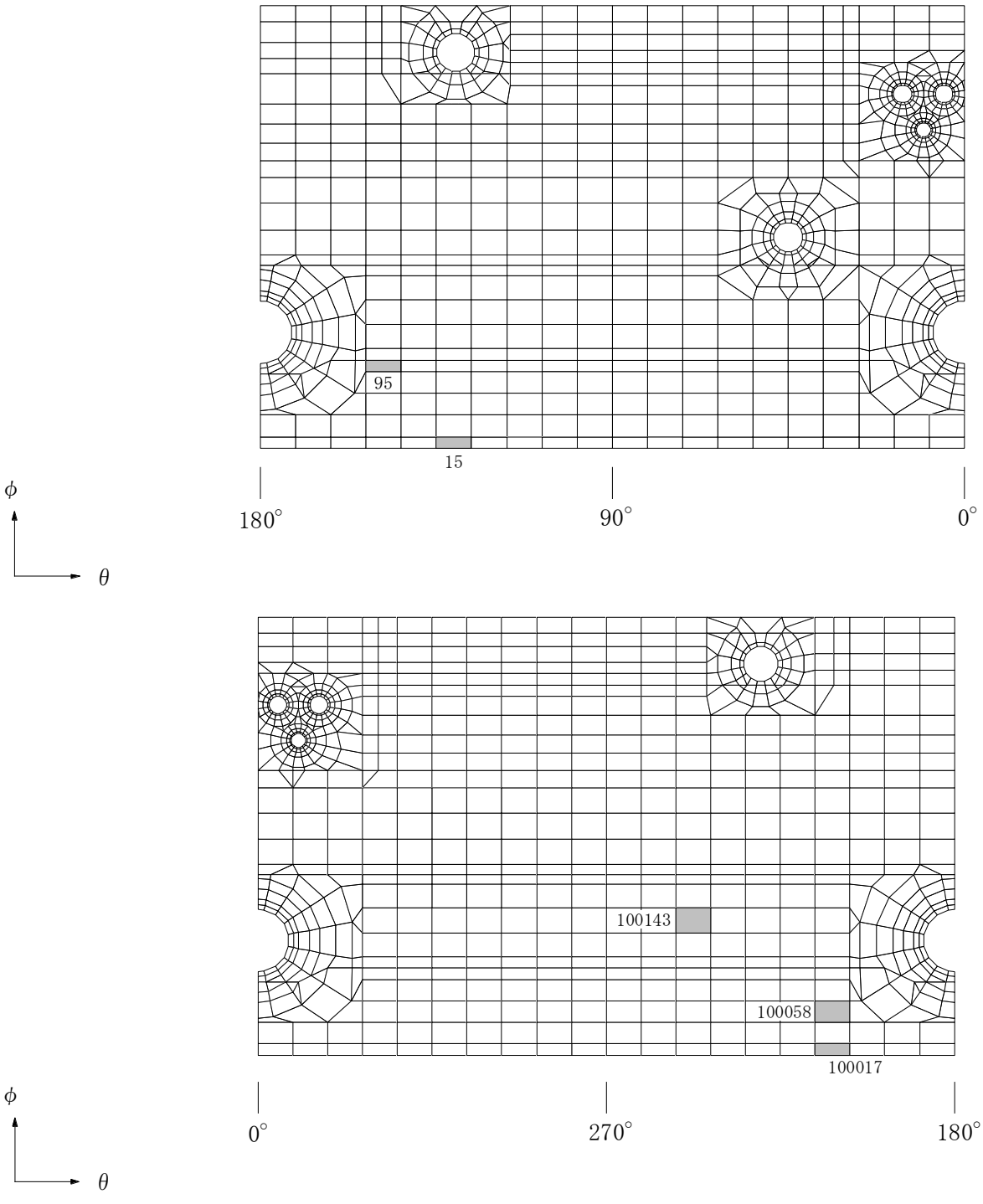


(b)　トップスラブ部



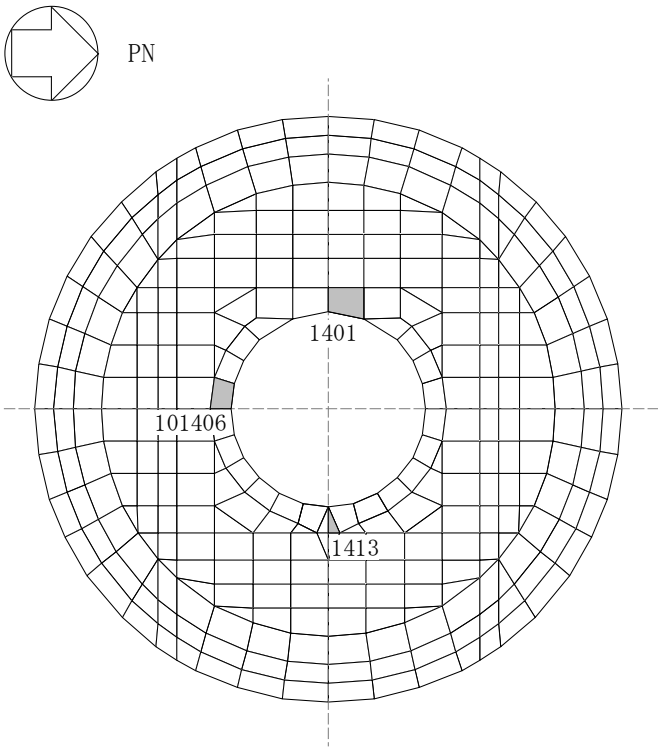
(c)　底部

図 4－4　選定した要素の位置荷重　状態Ⅴ・異常時（1）(2/2)

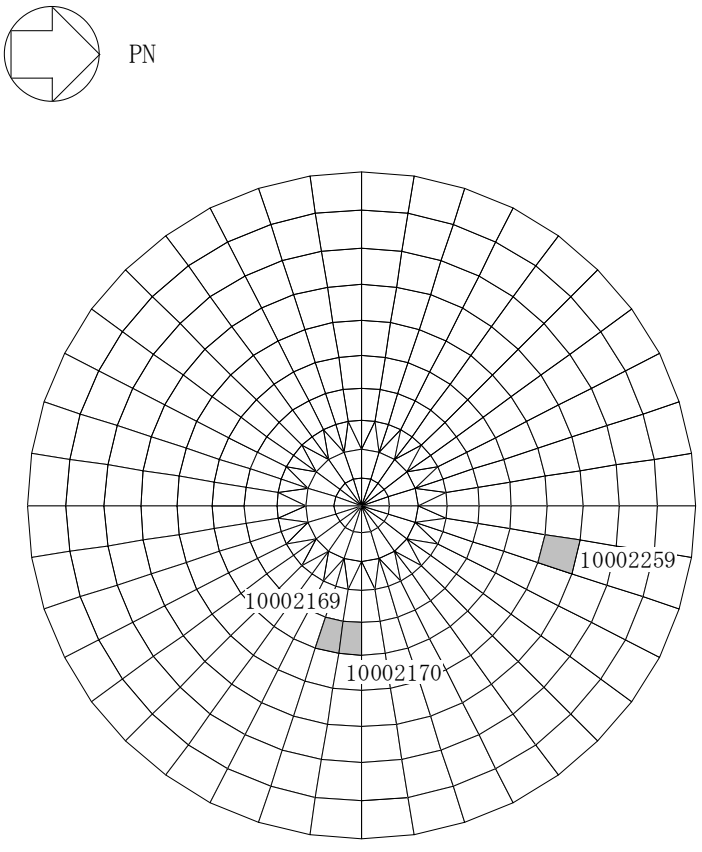


(a)　シェル部

図 4－5　選定した要素の位置　荷重状態Ⅴ・異常時（2）（1/2）

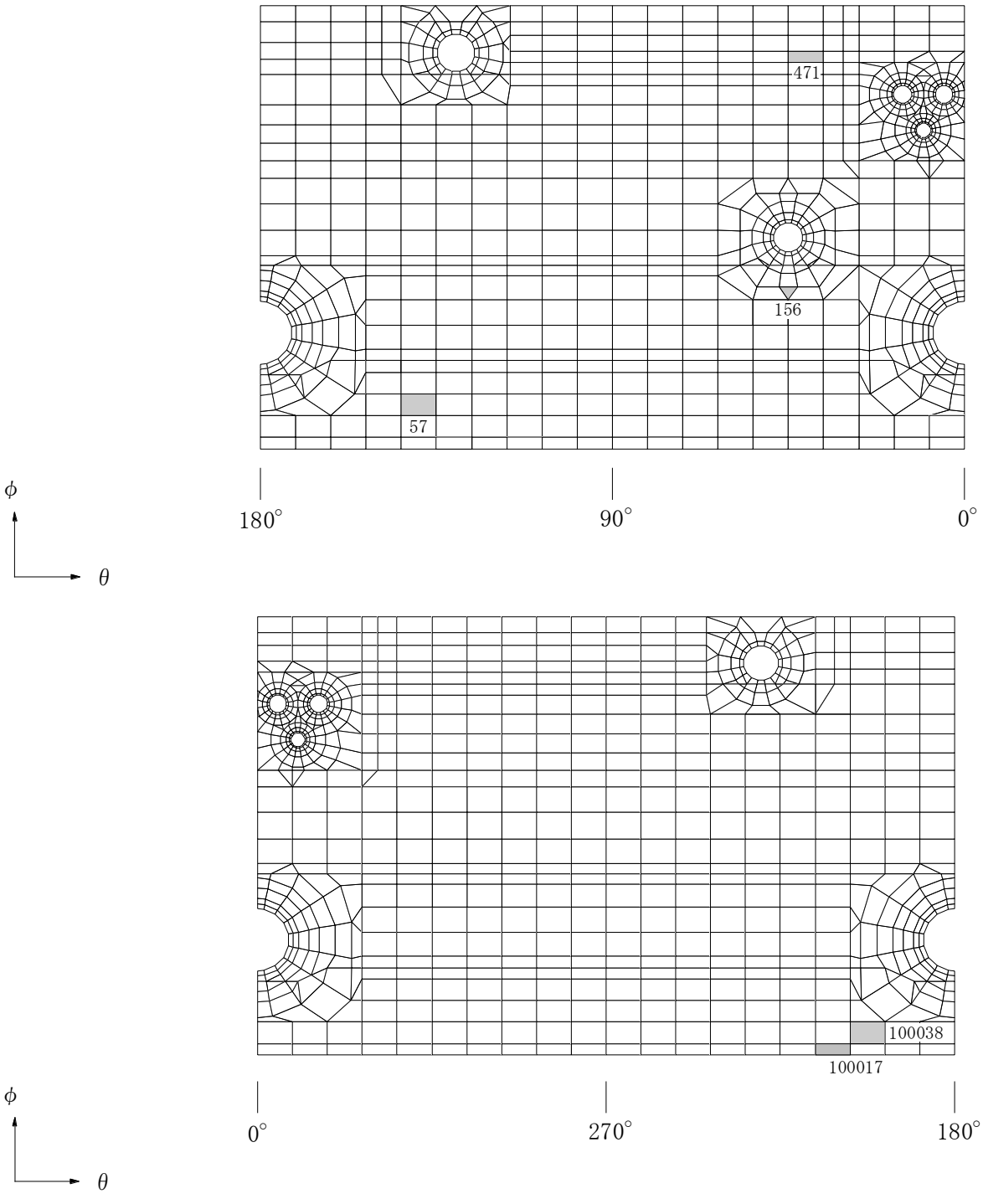


(b)　トップスラブ部



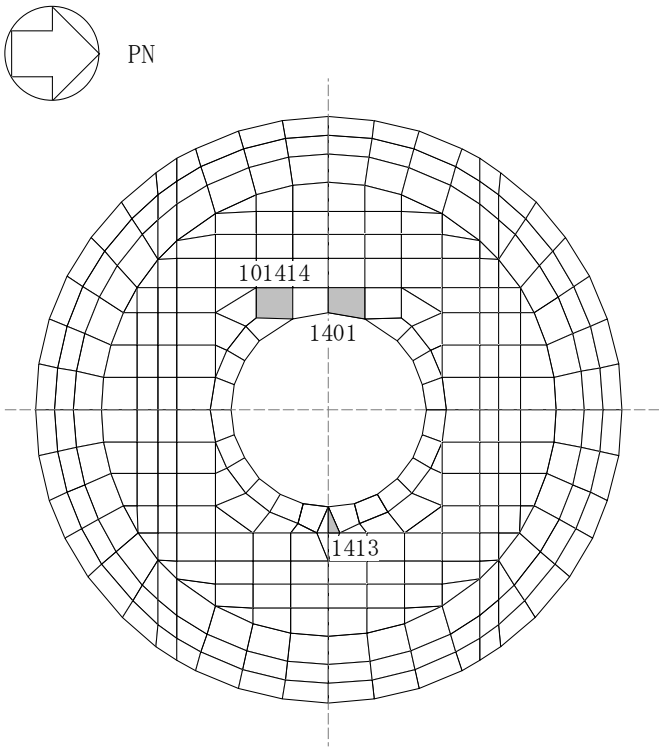
(c)　底部

図 4－5　選定した要素の位置　荷重状態Ⅴ・異常時（2）(2/2)

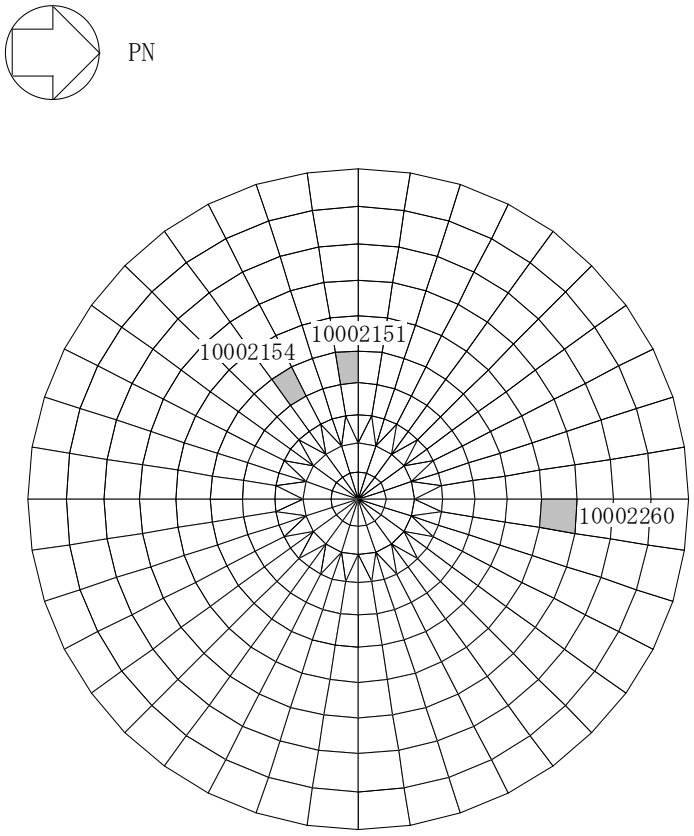


(a)　シェル部

図 4－6　選定した要素の位置　荷重状態Ⅴ・異常時（3）（1/2）



(b)　トップスラブ部



(c)　底部

図 4－6　選定した要素の位置　荷重状態Ⅴ・異常時（3）(2/2)

表 4－4　評価結果　荷重状態Ⅴ　異常時(1)

部位	評価項目		方向	要素番号	発生値	許容値
シェル部	等価膜力 ＋ 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	135	0.180	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	円周	136	0.299	5.00
	膜力	圧縮応力度 (N/mm^2)	子午線	38	0.585	21.4
	面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm^2)	-	471	0.715	5.21
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	子午線	100515	0.760	2.03
	基部面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	子午線	100017	0.761	2.12
トップ スラブ部	軸力 ＋ 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	NS	1401	0.327	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	NS	1413	0.587	5.00
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	NS	101414	1.67	2.58
底部	軸力 ＋ 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	放射	10002154	0.176	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	EW	10002150	0.124	5.00
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	放射	10002260	0.777	1.17

表 4－5　評価結果　荷重状態Ⅴ　異常時(2)

部位	評価項目		方向	要素番号	発生値	許容値
シェル部	等価膜力 ＋ 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	100058	0.167	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	円周	100143	0.192	5.00
	膜力	圧縮応力度 (N/mm^2)	子午線	100017	1.42	21.4
	面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm^2)	－	95	0.377	5.34
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	子午線	15	0.668	2.14
	基部面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	子午線	100017	0.674	2.12
トップ スラブ部	軸力 ＋ 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	NS	1401	0.0824	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	NS	1413	0.0852	5.00
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	NS	101406	0.683	2.58
底部	軸力 ＋ 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	放射	10002169	0.112	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	EW	10002170	0.0642	5.00
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	放射	10002259	0.495	1.17

表 4－6　評価結果　荷重状態Ⅴ　異常時(3)

部位	評価項目		方向	要素番号	発生値	許容値
シェル部	等価膜力 ＋ 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	57	0.300	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	円周	156	0.363	5.00
	膜力	圧縮応力度 (N/mm^2)	子午線	100038	0.788	21.4
	面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm^2)	-	471	0.737	5.21
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	子午線	100017	0.981	2.06
	基部面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	子午線	100017	0.981	2.12
トップ スラブ部	軸力 ＋ 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	NS	1401	0.325	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	NS	1413	0.584	5.00
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	NS	101414	1.66	2.58
底部	軸力 ＋ 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	放射	10002154	0.246	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	EW	10002151	0.215	5.00
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	放射	10002260	0.854	1.17

5. 局部応力に対する評価

5.1 貫通部

シェル部には，大開口として下部ドライウェルアクセストンネル開口（以下「L/D アクセストンネル開口」という。）(2 箇所)，サプレッションチェンバ出入口（以下「S/C アクセスハッチ」という。)，所員用エアロック及び機器搬入用ハッチが，中開口として主蒸気配管及び給水配管（以下，「MS/FDW 開口」という。）が設置されている。主要な開口の配置及び形状寸法を図 5－1 に示す。なお，各開口とも形状は円形である。

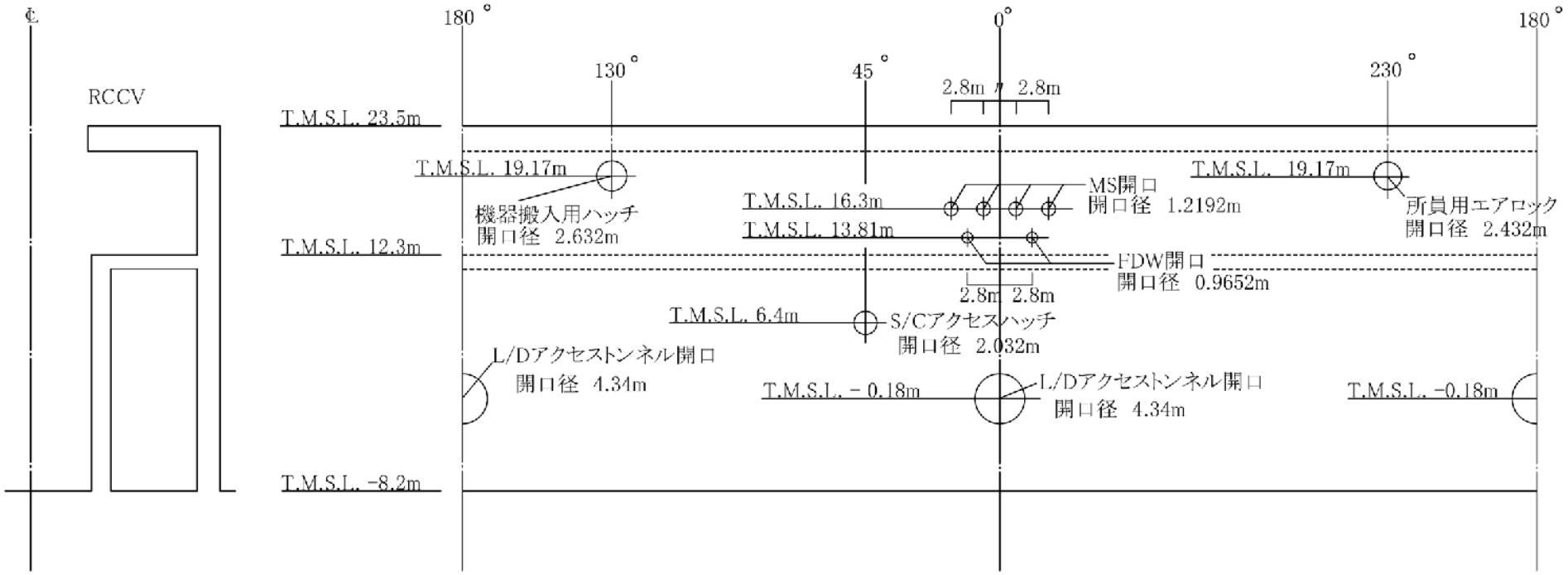


図 5－1　主要な開口の配置及び形状寸法

5.1.1　貫通部の評価方法

貫通部の評価は，「3.　応力解析による評価方法」に示す応力解析により得られた応力及びひずみを用いて断面の評価を行うことで実施する。

断面の評価は告示第４５２号の第 12 条に基づき行う。ここで，断面の評価に用いる応力は，開口の縁から直径の 3/4 倍の範囲の平均応力とする。なお，断面の評価方向は，子午線方向及び円周方向の直交二方向とする。

膜力及び曲げモーメントによる鉄筋及びコンクリートのひずみ並びに面外せん断力を算定し，告示第４５２号に基づき設定した各許容値を超えないことを確認する。

具体的には，等価膜力及び曲げモーメントによる鉄筋及びコンクリートのひずみ並びに面外せん断応力度について，「3.5.2　断面の評価方法」の「(1)　シェル部」に示す方法により評価する。

5.1.2　貫通部の評価結果

「5.1.1　貫通部の評価方法」に基づいた断面の評価結果を以下に示す。貫通部の評価は各開口について実施しているが，ここでは主要な MS/FDW 開口及び L/D アクセストンネル開口に対する評価結果を示す。また，開口補強筋概要図を図 5－2 に示す。

断面の評価結果を記載する要素を以下のとおり選定する。

MS/FDW 開口及び L/D アクセストンネル開口それぞれについて，等価膜力及び曲げモーメントによる鉄筋及びコンクリートのひずみ並びに面外せん断応力度に対する評価において，発生値に対する許容値の割合が最小となる要素をそれぞれ選定する。

選定した要素の位置を図 5－3～図 5－5 に，評価結果を表 5－1～表 5－3 に示す。

MS/FDW 開口及び L/D アクセストンネル開口について，等価膜力及び曲げモーメントによる鉄筋及びコンクリートのひずみ並びに面外せん断応力度が，各許容値を超えないことを確認した。

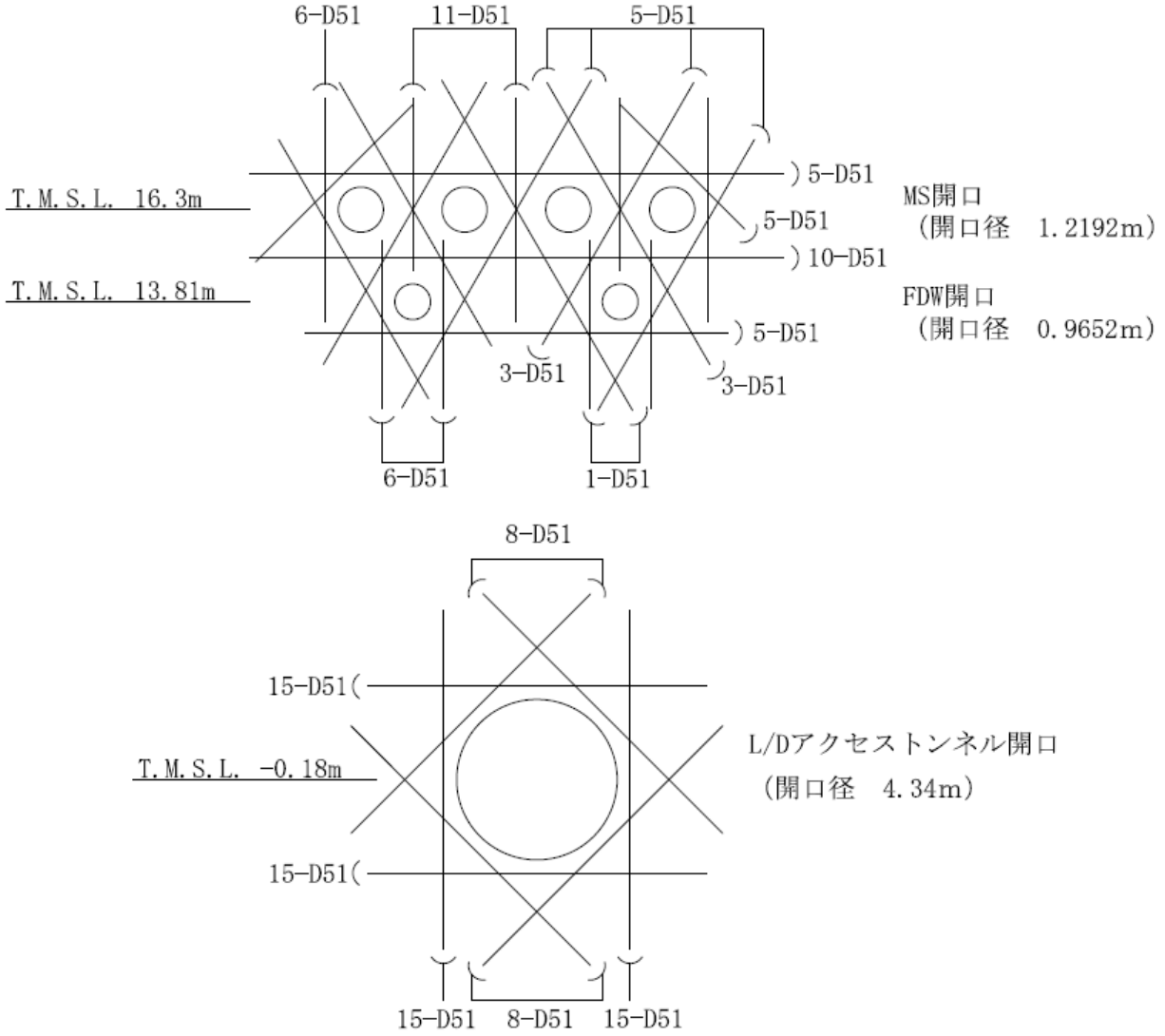
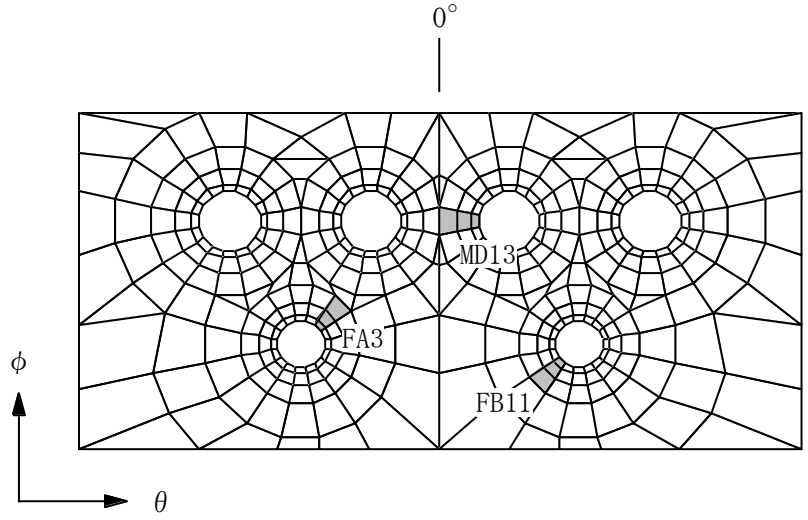
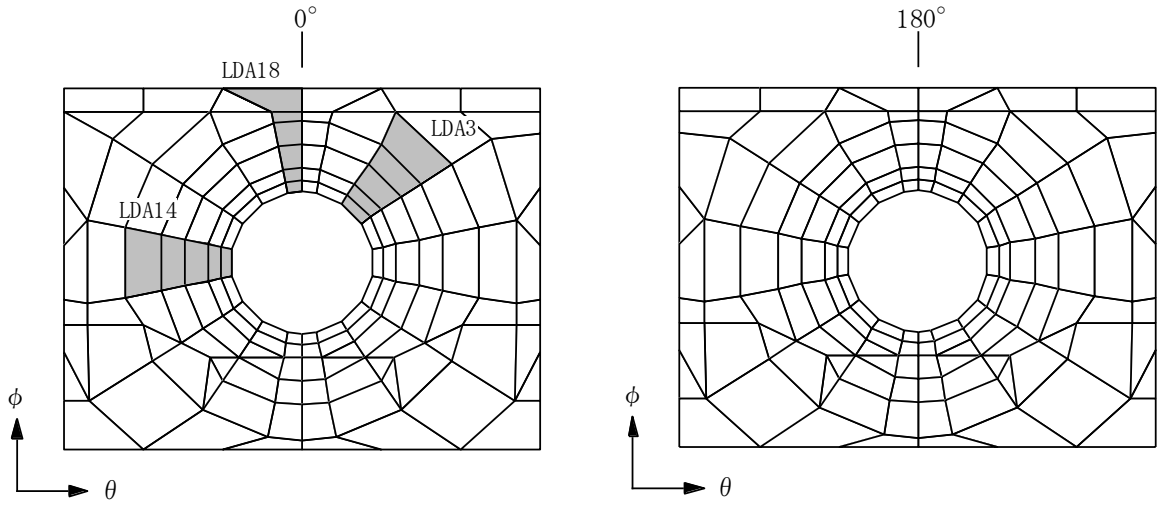


図５－２　開口補強筋概要図（片面当たり）

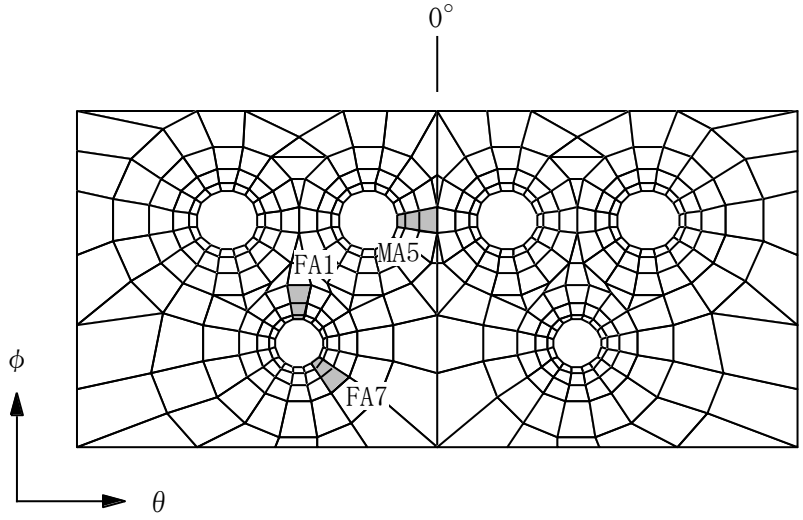


(a)　MS/FDW 開口

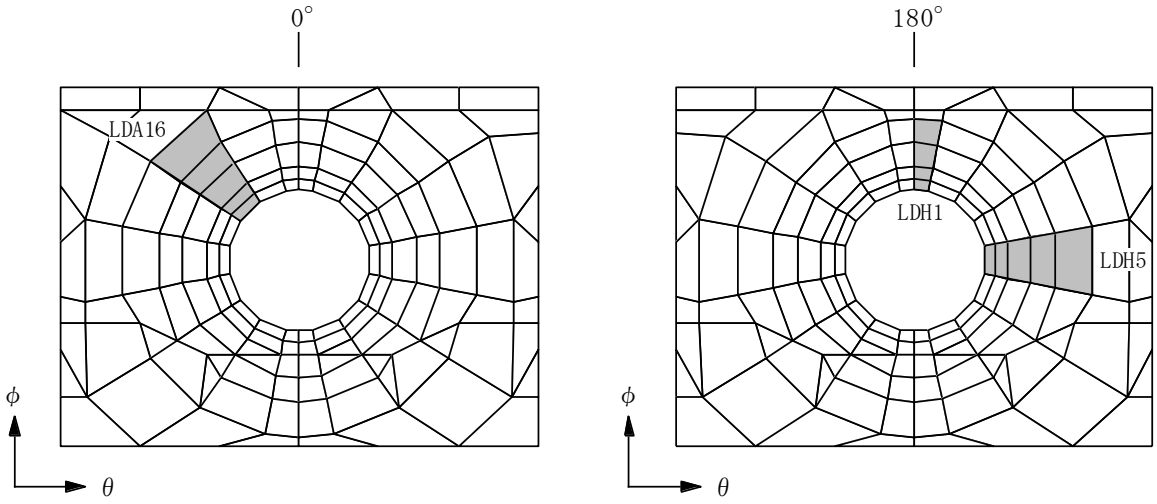


(b)　L/D アクセストンネル開口

図 5－3　選定した要素の位置　荷重状態Ⅴ　異常時(1)

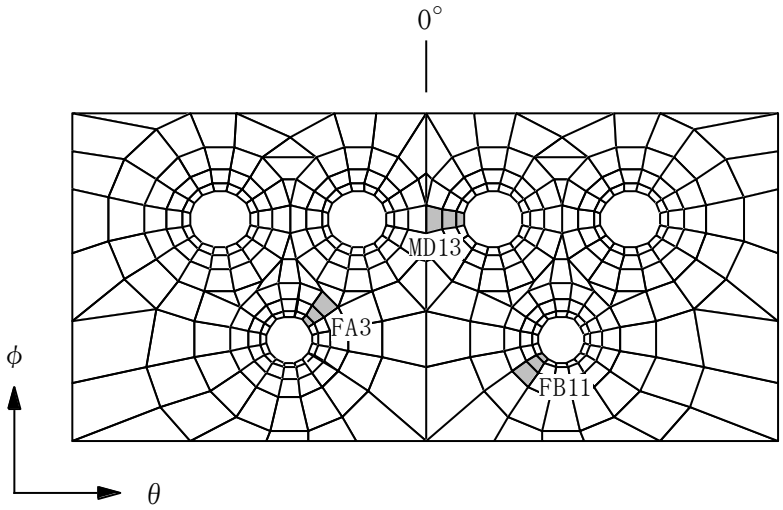


(a)　MS/FDW 開口

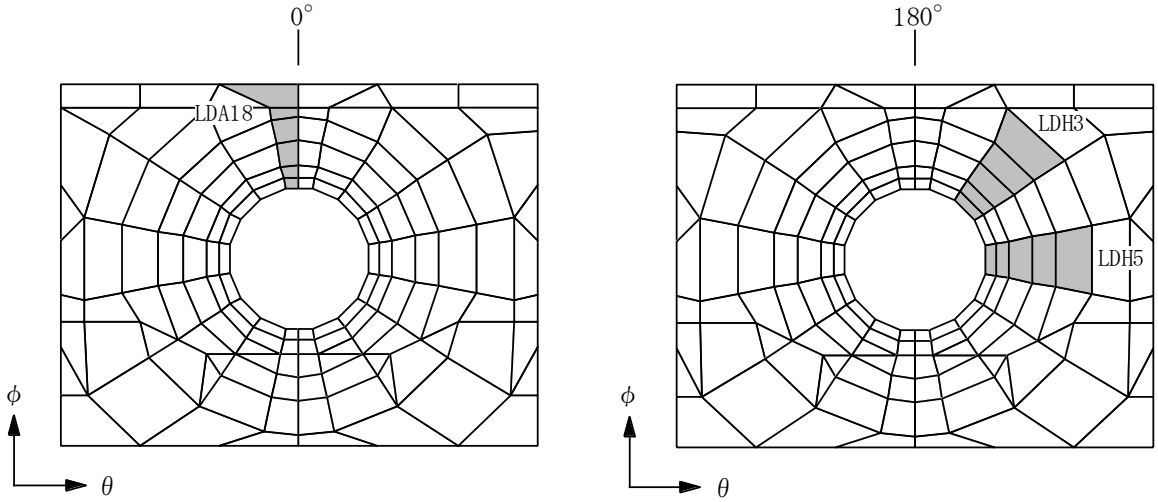


(b)　L/D アクセストンネル開口

図 5－4　選定した要素の位置　荷重状態Ⅴ　異常時(2)



(a)　MS/FDW 開口



(b)　L/D アクセストンネル開口

図 5－5　選定した要素の位置　荷重状態Ⅴ　異常時(3)

表 5－1　評価結果　荷重状態Ⅴ　異常時(1)

部位	評価項目		方向	領域番号	発生値	許容値
MS/FDW 開口	等価膜力 ＋ 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	MD13	0.263	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	円周	FA3	0.444	5.00
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	子午線	FB11	0.886	2.07
L/Dアクセス トンネル開口	等価膜力 ＋ 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	LDA14	0.594	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	円周	LDA18	1.05	5.00
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	子午線	LDA3	0.659	2.12

表 5－2　評価結果　荷重状態Ⅴ　異常時(2)

部位	評価項目		方向	領域番号	発生値	許容値
MS/FDW 開口	等価膜力 ＋ 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	MA5	0.152	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	円周	FA1	0.140	5.00
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	子午線	FA7	0.564	2.15
L/Dアクセス トンネル開口	等価膜力 ＋ 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	LDH5	0.475	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	円周	LDH1	0.732	5.00
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	子午線	LDA16	0.461	2.21

表 5－3　評価結果　荷重状態Ⅴ　異常時(3)

部位	評価項目		方向	領域番号	発生値	許容値
MS/FDW 開口	等価膜力 ＋ 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	MD13	0.262	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	円周	FA3	0.443	5.00
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	子午線	FB11	0.892	2.07
L/Dアクセス トンネル開口	等価膜力 ＋ 曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	LDH5	0.732	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	円周	LDA18	1.24	5.00
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	子午線	LDH3	0.757	2.15

5.2　局部

シェル部において，MS/FDW 開口の上部，各開口の周辺部並びに使用済燃料貯蔵プールの壁及び床が取り付く部分のような，局部的に応力の増加する部分（以下「局部」という。）は，局部補強筋を配して補強している。

5.2.1　局部の評価方法

局部の評価は，「3.　応力解析による評価方法」に示す応力解析により得られた応力及びひずみを用いて断面の評価を行うことで実施する。

断面の評価は告示第４５２号の第 12 条に基づき行う。なお，断面の評価方向は，子午線方向及び円周方向の直交二方向とする。

膜力及び曲げモーメントによる鉄筋及びコンクリートのひずみ，膜力による圧縮応力度，面内せん断力並びに面外せん断力を算定し，告示第４５２号に基づき設定した各許容値を超えないことを確認する。

具体的には，等価膜力及び曲げモーメントによる鉄筋及びコンクリートのひずみ，膜力による圧縮応力度，面内せん断応力度並びに面外せん断応力度について，「3.5.2　断面の評価方法」の「(1)　シェル部」に示す方法により評価する。

3 次元 FEM モデルを用いた応力の算定において，FEM 要素に応力集中等が見られる場合については，RC-N 規準を参考に，応力の再配分等を考慮してある一定の領域の応力を平均化したうえで断面の評価を行う。

5.2.2　局部の評価結果

「5.2.1　局部の評価方法」に基づいた断面の評価結果を以下に示す。局部の評価は各局部について実施しているが，ここでは MS/FDW 開口の周辺に対する評価結果を示す。局部検討対象範囲を図 5－6 に示す。また，局部補強範囲を図 5－7 に，局部補強筋一覧を表 5－4 に示す。

断面の評価結果を記載する要素を以下のとおり選定する。

等価膜力及び曲げモーメントによる鉄筋及びコンクリートのひずみ，膜力による圧縮応力度，面内せん断応力度並びに面外せん断応力度に対する評価において，発生値に対する許容値の割合が最小となる要素とする。

選定した要素の位置を図 5－8～図 5－10 に，評価結果を表 5－5～表 5－7 に示す。

等価膜力及び曲げモーメントによる鉄筋及びコンクリートのひずみ，膜力による圧縮応力度，面内せん断応力度並びに面外せん断応力度が，各許容値を超えないことを確認した。

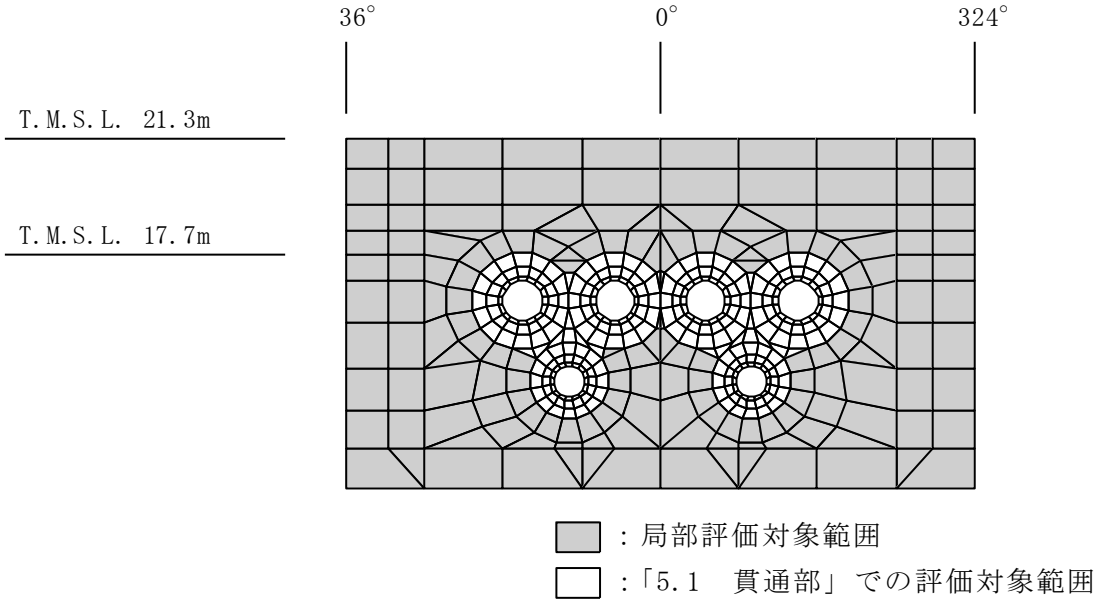


図 5－6　局部評価対象範囲

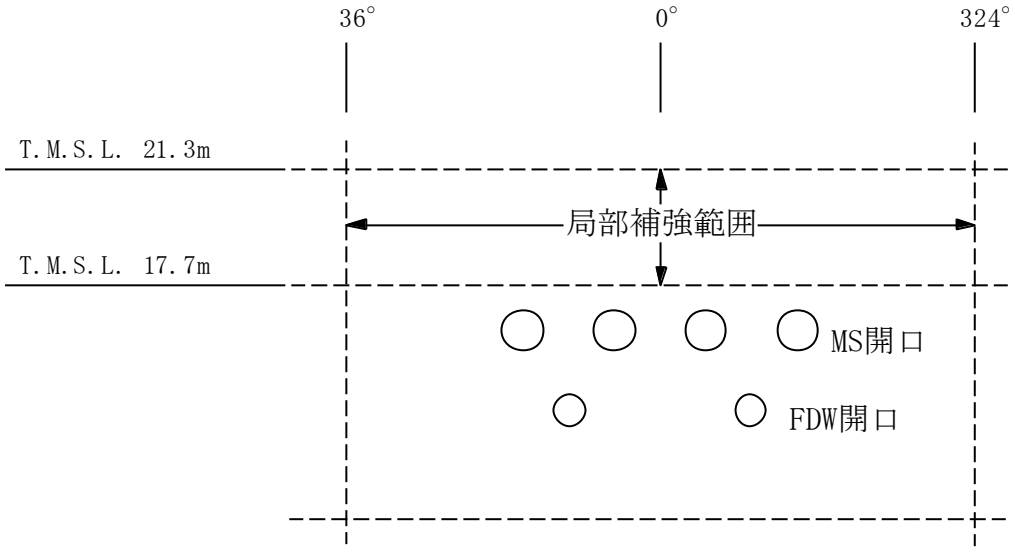


図 5－7　局部補強範囲

表 5－4　局部補強筋一覧

方向	配筋*
円周（θ）	3-D51@300

注記＊：内側及び外側とも，同一配筋。

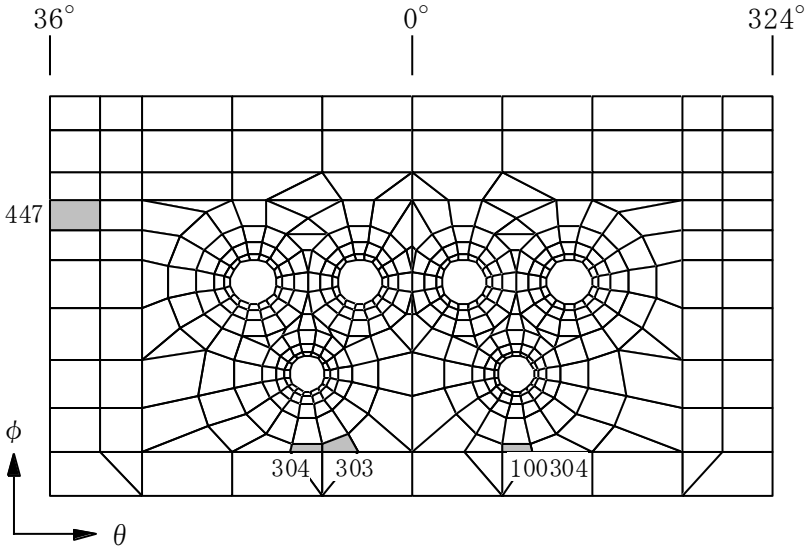


図 5－8　選定した要素の位置　荷重状態Ⅴ　異常時(1)

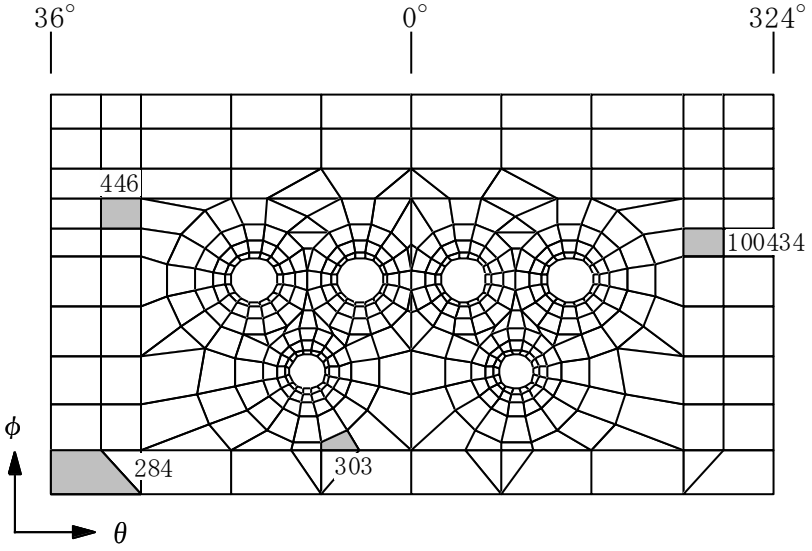


図 5－9　選定した要素の位置　荷重状態Ⅴ　異常時(2)

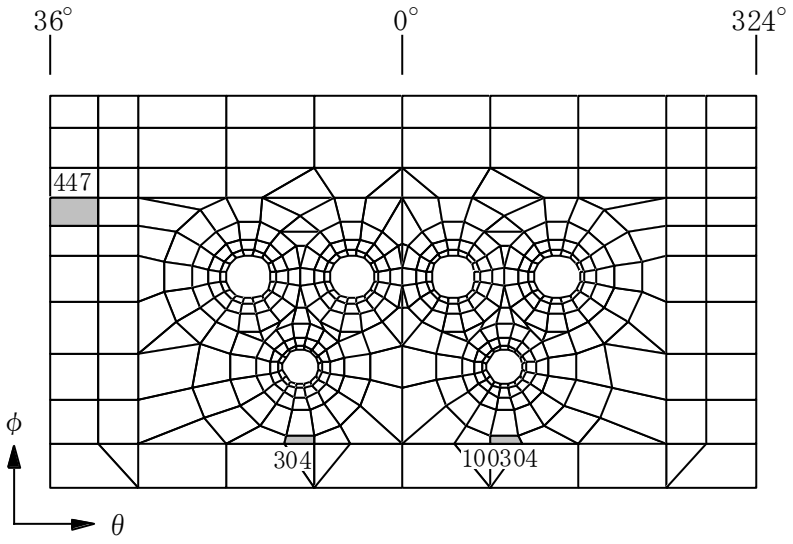


図 5－10　選定した要素の位置　荷重状態Ⅴ　異常時(3)

表 5－5　評価結果　荷重状態Ⅴ　異常時(1)

評価項目		方向	要素番号	発生値	許容値
等価膜力＋曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	303	0.259	3.00
	鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	304	0.406	5.00
膜力	圧縮応力度 (N/mm^2)	－*			
面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm^2)	－	447	0.832	6.25
面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	子午線	100304	0.894	1.97

注記＊：当該部位では膜力による圧縮応力度が生じていない。

表 5－6　評価結果　荷重状態Ⅴ　異常時(2)

評価項目		方向	要素番号	発生値	許容値
等価膜力＋曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	303	0.097	3.00
	鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	円周	100434	0.0860	5.00
膜力	圧縮応力度 (N/mm^2)	子午線	284	0.547	21.4
面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm^2)	－	446	0.304	6.25
面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	子午線	303	0.434	1.89

表 5－7　評価結果　荷重状態Ⅴ　異常時(3)

評価項目		方向	要素番号	発生値	許容値
等価膜力＋曲げモーメント	コンクリート圧縮ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	304	0.265	3.00
	鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	304	0.428	5.00
膜力	圧縮応力度 (N/mm^2)	－*			
面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm^2)	－	447	0.855	6.25
面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	子午線	100304	0.903	1.96

注記＊：当該部位では膜力による圧縮応力度が生じていない。

6. 引用文献

(1) European Committee for Standardization: “Eurocode 2: Design of concrete structures”, 2004

(2) Comite Euro-International du Beton：CEB-FIP MODEL CODE 1990 (DESIGN CODE), 1993

(3) 出雲淳一，島弘，岡村甫：面内力を受ける鉄筋コンクリート板要素の解析モデル，コンクリート工学，Vol.25，No.9，1987.9

Ⅴ-3-3-6-1-1-2　原子炉格納容器ライナ部の強度計算書

目　次

1.　概要 …… 1
2.　一般事項 …… 1
2.1　構造計画 …… 1
2.2　評価方針 …… 3
2.3　適用基準 …… 3
2.4　記号の説明 …… 4
2.5　計算精度と数値の丸め方 …… 5
3.　評価部位 …… 6
4.　強度評価 …… 10
4.1　強度評価方法 …… 10
4.2　荷重の組合せ及び許容値 …… 10
4.2.1　荷重の組合せ及び荷重状態 …… 10
4.2.2　許容値 …… 10
4.2.3　設計荷重 …… 13
4.3　計算方法 …… 14
4.4　計算条件 …… 16
4.5　ひずみ及び変位の評価 …… 16
5.　評価結果 …… 17
5.1　重大事故等対処設備としての評価結果 …… 17
5.2　疲れ解析の必要性の検討 …… 21
6.　参照図書 …… 25

1. 概要

本計算書は，原子炉格納容器ライナ部の強度計算書である。

原子炉格納容器ライナ部は，設計基準対象施設の原子炉格納容器ライナ部を重大事故等クラス２容器として兼用する機器である。

以下，重大事故等クラス２容器として，Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びⅤ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」に基づき，原子炉格納容器ライナ部の強度評価を示す。

なお，本計算書においては，重大事故等時における荷重に対して，平成 4 年 3 月 27 日付け 3 資庁第 13034 号にて認可された工事計画の添付書類（参照図書(1)）（以下「既工認」という。）に示す手法に従い強度評価を行う。

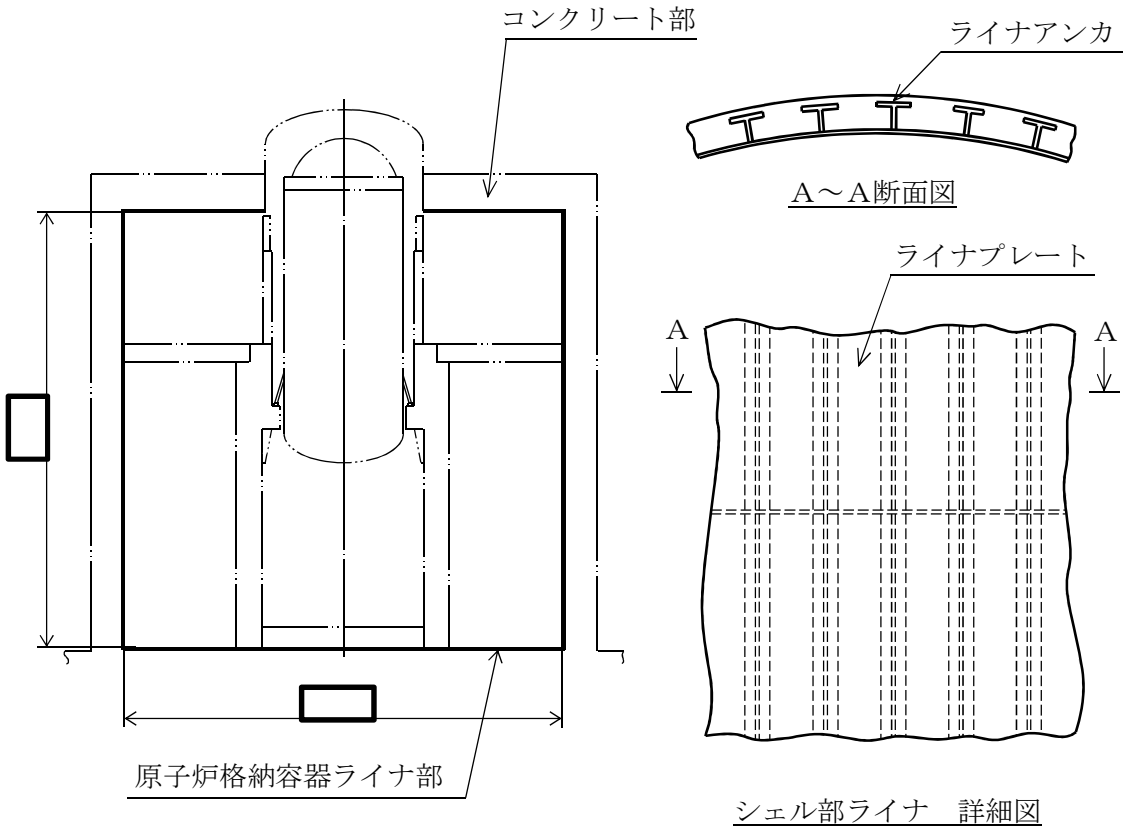
また，Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」に基づき，設計基準対象施設としての疲れ解析の必要性の検討について示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

原子炉格納容器ライナ部の構造計画を表 2－1 に示す。

表２－１　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
原子炉格納容器ライナ部は，ライナプレート及びライナアンカで構成され，原子炉格納容器コンクリート部に支持される。	ライナプレート及びライナアンカで構成される鋼製構造物である。	

（単位：mm）

2.2　評価方針

原子炉格納容器ライナ部の評価は，Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びⅤ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「3.　評価部位」にて設定する箇所において重大事故等時における圧力によるひずみ等が許容限界内に収まることを，「4.　強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5.　評価結果」に示す。

原子炉格納容器ライナ部の強度評価フローを図 2－1 に示す。

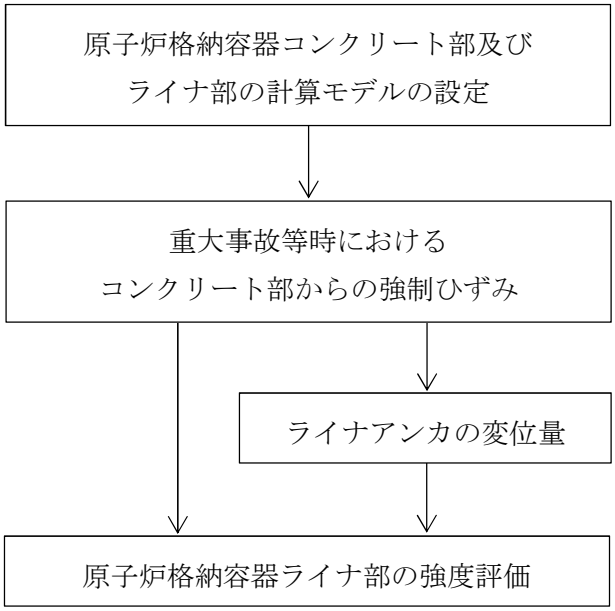


図 2－1　原子炉格納容器ライナ部の強度評価フロー

2.3　適用基準

適用基準を以下に示す。

(1)　コンクリート製原子炉格納容器に関する構造等の技術基準（平成2年10月22日　通商産業省告示第４５２号）（以下「告示第４５２号」という。）

(2)　発電用原子力設備に関する構造等の技術基準（昭和 55 年 10 月 30 日　通商産業省告示第５０１号）（以下「告示第５０１号」という。）

2.4　記号の説明

記号	記号の説明	単位
A_m	圧力変動の全振幅	MPa
D	死荷重	—
D_i	直径（ｉ＝1，2）	mm
E	縦弾性係数	MPa
E_i	縦弾性係数（ｉ＝1，2）	MPa
ℓ_i	長さ（ｉ＝1，2，3…）	mm
L	活荷重	—
N	許容繰返し回数	—
P	圧力，距離	MPa，mm
P_{SA}	圧力（ＳＡ後圧力）	kPa
R	半径	mm
R_{SA}	配管荷重（ＳＡ後配管荷重）	—
S’	繰返し回数に対する許容ピーク応力強さ	MPa
S_a	繰返し回数に対する許容ピーク応力強さ	MPa
t	厚さ	mm
t_i	厚さ（ｉ＝1，2，3…）	mm
T	温度	℃
T_{SA}	温度（ＳＡ後温度）	℃
α	熱膨張係数	mm/mm･℃
α_i	熱膨張係数（ｉ＝1，2）	mm/mm･℃
δ_u	ライナアンカの破断変位量	mm
ε	ひずみ	—
ε_x	ライナプレートのＸ方向のひずみ	—
ε_y	ライナプレートのＹ方向のひずみ	—
σ	応力	MPa

2.5　計算精度と数値の丸め方

精度は，有効数字6桁以上を確保する。

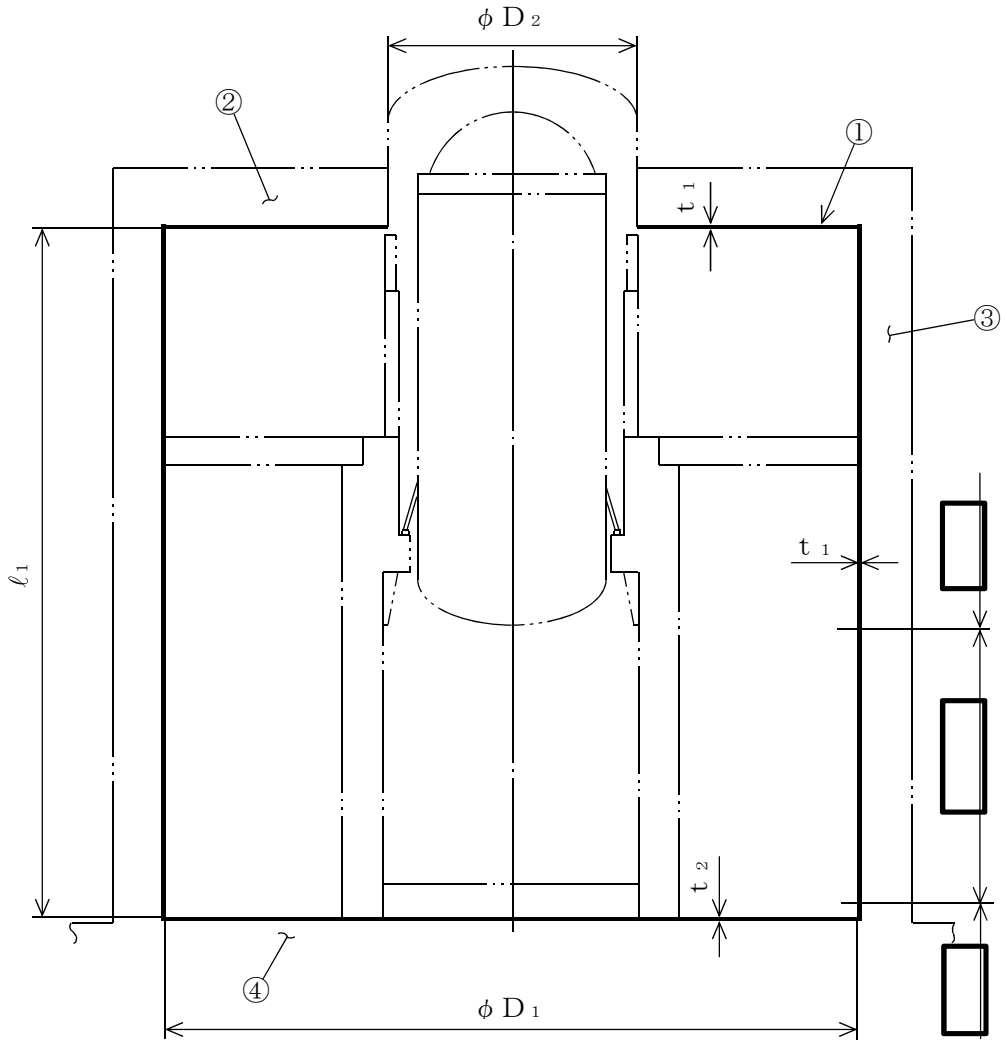
表示する数値の丸め方は表2－2に示すとおりとする。

表2－2　表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
圧力	kPa	―	―	整数位
温度	℃	―	―	整数位
許容ひずみ	―	―	―	小数点以下第3位
算出ひずみ	―	小数点以下第6位	切上げ	小数点以下第5位
許容変位量	mm	小数点以下第3位	切捨て	小数点以下第2位
算出変位量	mm	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位
許容繰返し回数	―	小数点以下第1位	切捨て	整数位
許容圧力変動	MPa	有効数字4桁	切捨て	有効数字3桁
許容温度差	℃	小数点以下第2位	切捨て	小数点以下第1位
算出温度	℃	―	―	小数点以下第1位

3. 評価部位

原子炉格納容器ライナ部の形状及び主要寸法を図3－1～図3－3に，使用材料及び使用部位を表3－1に示す。



注：貫通部フランジプレート，ライナプレートの隅角部及び附属物が取り付くライナプレートは，厚板としている箇所がある。

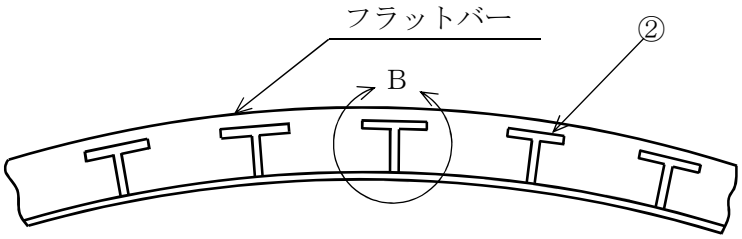
①ライナプレート　②トップスラブ部　③シェル部　④底部

D 1＝□　D 2＝□　ℓ 1＝□　t 1＝□　t 2＝□

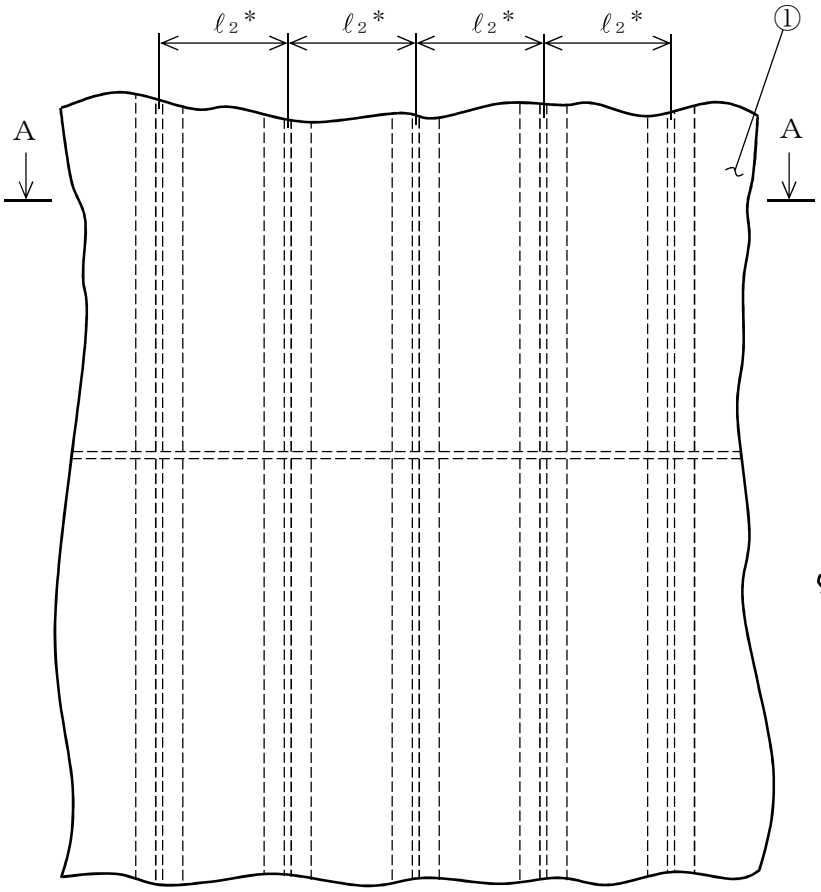
（単位：mm）

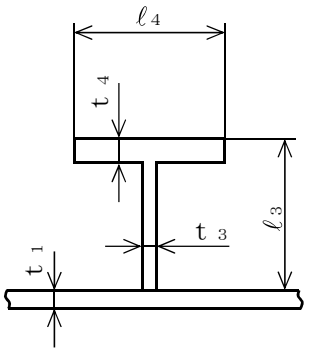
図3－1　原子炉格納容器ライナ部の形状及び主要寸法

K7 ① V-3-3-6-1-1-2 R1



A～A断面図





B部詳細図

注記＊：ℓ_2寸法は最大長さを示す。

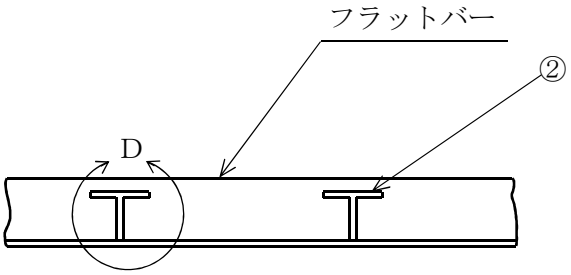
①ライナプレート　　②ライナアンカ

ℓ_2＝□　　ℓ_3＝□　　ℓ_4＝□　　t_1＝□　　t_3＝□

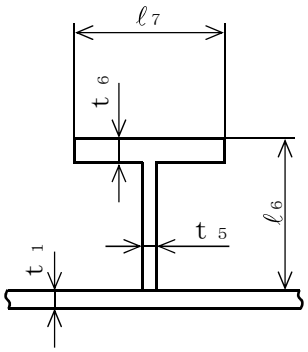
t_4＝□

（単位：mm）

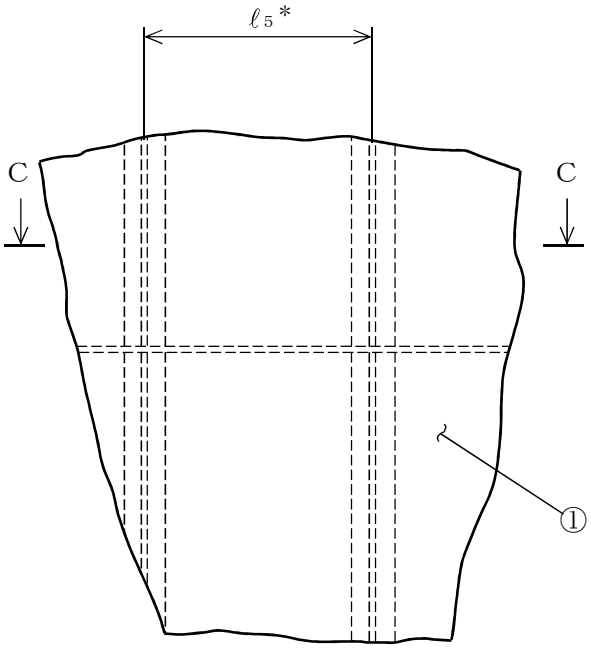
図3－2　シェル部ライナの形状及び主要寸法



C～C断面図



D部詳細図



注記＊：ℓ_5寸法は最大長さを示す。

①ライナプレート　　②ライナアンカ

ℓ_5＝□　　ℓ_6＝□　　ℓ_7＝□　　t_1＝□　　t_5＝□

t_6＝□

（単位：mm）

図3－3　トップスラブ部ライナの形状及び主要寸法

表 3－1　使用材料表

使用部位	使用材料	備考
ライナプレート	[redacted]	[redacted]
ライナアンカ	[redacted]	[redacted]

4. 強度評価

4.1 強度評価方法

(1) 原子炉格納容器ライナ部のライナプレートは，コンクリート部に加わる荷重により，コンクリート部に生じる変形に伴う強制ひずみを受ける。Ⅴ-3-3-6-1-1-1「原子炉格納容器コンクリート部の強度計算書」において計算されたライナプレートのひずみを用いて，参照図書(1)に示す既工認の手法に従い強度評価を行う。

(2) 構造評価に用いる寸法は，公称値を用いる。

4.2 荷重の組合せ及び許容値

4.2.1 荷重の組合せ及び荷重状態

原子炉格納容器ライナ部の荷重の組合せ及び荷重状態のうち，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4－1に示す。

詳細な荷重の組合せは，Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」に従い，対象機器の設置位置等を考慮し決定する。なお，考慮する荷重の組合せは，組み合わせる荷重の大きさを踏まえ，評価上厳しくなる組合せを選定する。

4.2.2 許容値

原子炉格納容器ライナ部の許容値は，Ⅴ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」に基づき表4－2に示すとおりとする。

表４－１　荷重の組合せ及び荷重状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	機器等の区分	荷重の組合せ*1		荷重状態
原子炉格納施設	原子炉格納容器	原子炉格納容器ライナ部	重大事故等クラス２容器	Ｄ＋Ｌ＋$Ｐ_{SA}$＋$Ｒ_{SA}$	(Ⅴ(S)-1) (Ⅴ(S)-2) (Ⅴ(S)-3)	重大事故等時*2

注記＊1：（　）内はⅤ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」における表5－4の荷重の組合せのNo.を示す。

＊2：重大事故等時としてⅣの許容限界を用いる。

表4－2　原子炉格納容器ライナ部の許容値（クラスＭＣ容器）

荷重状態	許容限界 （ライナプレート）				許容限界*2 （ライナアンカ） （単位：mm）
	膜ひずみ		膜ひずみ＋ 曲げひずみ		強制ひずみ荷重に対する許容変位量*3
	引張	圧縮	引張	圧縮	
重大事故等時*1	0.003	0.005	0.010	0.014	0.5・δ_u

注記＊1：重大事故等時としてⅣの許容限界を用いる。

＊2：告示第４５２号第21条の許容値を用いることができる。

＊3：告示第４５２号第21条第1項第二号においては，「ライナプレートの降伏時の荷重が，ライナアンカの最大荷重を超えない場合は，この限りでない」旨が規定されているが，本計算書においてはこの規定にかかわらず，許容変位量との比較により評価を実施する。

4.2.3　設計荷重

(1)　コンクリート部からの強制ひずみ

原子炉格納容器ライナ部のライナプレートは，コンクリート部に加わる荷重により，コンクリート部に生じる変形に伴う強制ひずみを受ける。以下に主な荷重を示す。なお，荷重の詳細はV-3-3-6-1-1-1「原子炉格納容器コンクリート部の強度計算書」による。

a.　圧力及び温度

重大事故等時の圧力及び温度として，下記を考慮する。

内圧P_{SA}	620kPa（ＳＡ後）
内圧P_{SA}	310kPa（ＳＡ後）
温度T_{SA}	200℃（ＳＡ後）

b.　配管荷重

重大事故等時の配管荷重を考慮する。

c.　水荷重

重大事故等対処設備の評価に用いる水荷重として，下記に示す水位によるドライウェル及びサプレッションチェンバの水頭圧を考慮する。

ドライウェル	水位　T.M.S.L. 7400mm
サプレッションチェンバ	水位　T.M.S.L. 8950mm

d.　水力学的動荷重

重大事故等対処設備の評価に用いる水力学的動荷重として，以下に示すサプレッションチェンバに作用する荷重を考慮する。

(a)　逃がし安全弁作動時荷重

正圧	[redacted] kPa
負圧	[redacted] kPa

(b)　蒸気凝縮振動荷重

正圧	[redacted] kPa
負圧	[redacted] kPa

(c)　チャギング荷重

正圧	[redacted] kPa
負圧	[redacted] kPa

4.3　計算方法

原子炉格納容器ライナ部の評価点は，原子炉格納容器ライナ部を構成する部材の形状及び荷重伝達経路を考慮し，発生ひずみが大きくなる部位を選定する。選定した評価点を表 4－3 及び図 4－1 に示す。

ひずみ及び変位の計算方法は既工認から変更はなく，参照図書(1)に示すとおりである。

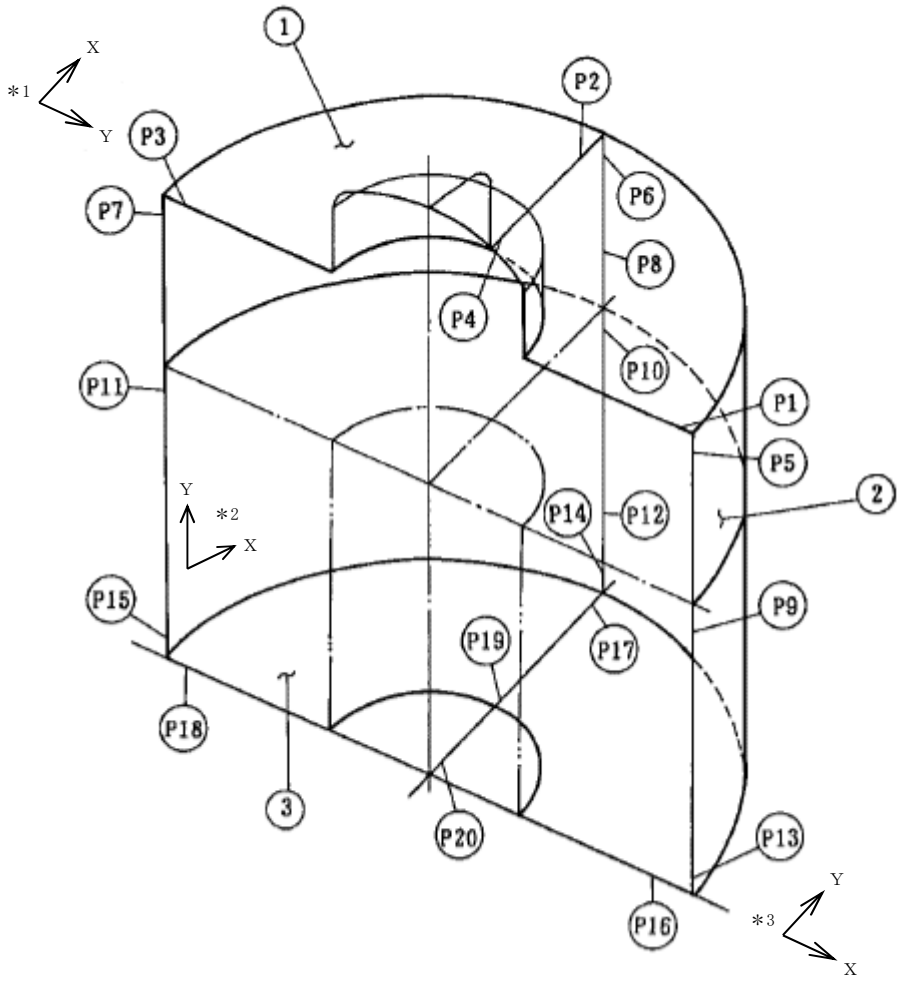
評価の概要を以下に示す。

ひずみについては，Ⅴ-3-3-6-1-1-1「原子炉格納容器コンクリート部の強度計算書」において計算されたひずみを用いて評価する。

変位については，ライナアンカ及びライナプレートをばねでモデル化し，コンクリート部からの強制ひずみにより発生する荷重を入力した場合の力の釣り合いを解くことで評価する。

表 4－3　原子炉格納容器ライナ部の評価点

評価点番号	評価点
Ｐ１	トップスラブ部外側（180°側）
Ｐ２	トップスラブ部外側（90°側）
Ｐ３	トップスラブ部外側（0°側）
Ｐ４	トップスラブ部内側（90°側）
Ｐ５	ドライウェルシェル部のトップスラブ部近傍（180°側）
Ｐ６	ドライウェルシェル部のトップスラブ部近傍（90°側）
Ｐ７	ドライウェルシェル部のトップスラブ部近傍（0°側）
Ｐ８	ドライウェルシェル部一般部（90°側）
Ｐ９	サプレッションチェンバシェル部のダイヤフラムフロア近傍（180°側）
Ｐ１０	サプレッションチェンバシェル部のダイヤフラムフロア近傍（90°側）
Ｐ１１	サプレッションチェンバシェル部のダイヤフラムフロア近傍（0°側）
Ｐ１２	サプレッションチェンバシェル部一般部（90°側）
Ｐ１３	サプレッションチェンバシェル部の底部近傍（180°側）
Ｐ１４	サプレッションチェンバシェル部の底部近傍（90°側）
Ｐ１５	サプレッションチェンバシェル部の底部近傍（0°側）
Ｐ１６	底部外側（180°側）
Ｐ１７	底部外側（90°側）
Ｐ１８	底部外側（0°側）
Ｐ１９	底部内側（90°側）
Ｐ２０	底部中央部



①トップスラブ部　　②シェル部　　③底部

注記＊1：トップスラブ部の座標系。直交座標系である。

＊2：シェル部の座標系。X を円周方向，Y を鉛直方向とする円筒座標系である。

＊3：底部の座標系。X を放射方向，Y を円周方向とする円筒座標系である。

図 4－1　原子炉格納容器ライナ部の評価点

4.4　計算条件

ひずみ及び変位の計算に用いる荷重を「4.2　荷重の組合せ及び許容値」に示す。

4.5　ひずみ及び変位の評価

「4.3　計算方法」で求めたひずみ及び変位が許容値以下であること。

5.　評価結果

5.1　重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉格納容器ライナ部の重大事故等時の状態を考慮した場合の強度評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足している。

(1)　強度評価結果

強度評価結果を表 5－1 に示す。

表中の「荷重の組合せ」欄には，Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」における表 5－4 の荷重の組合せの No. を記載する。

表5－1　重大事故等時に対する評価結果（D＋L＋P_{SA}＋R_{SA}）（その1）

評価対象設備	評価部位		ひずみの種別	重大事故等時			判定	荷重の組合せ
				発生値		許容値		
				ε_x	ε_y			
原子炉格納容器ライナ部	P1	トップスラブ部外側（180°側）	引張	0.00001	0.00076	0.003	○	Ⅴ(S)-3
			圧縮	0.00002	—*2	0.005	○	Ⅴ(S)-1,3
	P2	トップスラブ部外側（90°側）	引張	0.00068	0.00001	0.003	○	Ⅴ(S)-1
			圧縮	—*2	0.00003	0.005	○	Ⅴ(S)-1,3
	P3	トップスラブ部外側（0°側）	引張	0.00000	0.00107	0.003	○	Ⅴ(S)-1,3
			圧縮	0.00002	—*2	0.005	○	Ⅴ(S)-1,3
	P4	トップスラブ部内側（90°側）	引張	0.00005	—*1	0.003	○	Ⅴ(S)-1
			圧縮	—*2	0.00022	0.005	○	Ⅴ(S)-1,3
	P5	ドライウェルシェル部のトップスラブ部近傍（180°側）	引張	0.00003	0.00015	0.003	○	Ⅴ(S)-1,3
			圧縮	—*2	—*2	—	—	—
	P6	ドライウェルシェル部のトップスラブ部近傍（90°側）	引張	0.00002	0.00016	0.003	○	Ⅴ(S)-1,3
			圧縮	—*2	—*2	—	—	—
	P7	ドライウェルシェル部のトップスラブ部近傍（0°側）	引張	0.00003	0.00027	0.003	○	Ⅴ(S)-1,3
			圧縮	—*2	—*2	—	—	—
	P8	ドライウェルシェル部一般部（90°側）	引張	0.00008	—*1	0.003	○	Ⅴ(S)-1,3
			圧縮	—*2	0.00003	0.005	○	Ⅴ(S)-1,2
	P9	サプレッションチェンバシェル部のダイヤフラムフロア近傍（180°側）	引張	0.00013	0.00018	0.003	○	Ⅴ(S)-3
			圧縮	—*2	—*2	—	—	—

注記＊1：引張ひずみは生じない。

＊2：圧縮ひずみは生じない。

表5－1　重大事故等時に対する評価結果（D＋L＋P_{SA}＋R_{SA}）（その2）

評価対象設備	評価部位		ひずみの種別	重大事故等時			判定	荷重の組合せ
				発生値		許容値		
				ε_x	ε_y			
原子炉格納容器ライナ部	P10	サプレッションチェンバシェル部のダイヤフラムフロア近傍（90°側）	引張	0.00010	0.00023	0.003	○	Ⅴ(S)-3
			圧縮	—*2	—*2	—	—	—
	P11	サプレッションチェンバシェル部のダイヤフラムフロア近傍（0°側）	引張	0.00010	0.00034	0.003	○	Ⅴ(S)-3
			圧縮	—*2	—*2	—	—	—
	P12	サプレッションチェンバシェル部一般部（90°側）	引張	0.00034	—*1	0.003	○	Ⅴ(S)-1
			圧縮	—*2	0.00016	0.005	○	Ⅴ(S)-3
	P13	サプレッションチェンバシェル部の底部近傍（180°側）	引張	0.00013	0.00008	0.003	○	Ⅴ(S)-3
			圧縮	—*2	—*2	—	—	—
	P14	サプレッションチェンバシェル部の底部近傍（90°側）	引張	0.00011	0.00002	0.003	○	Ⅴ(S)-3
			圧縮	—*2	0.00003	0.005	○	Ⅴ(S)-2
	P15	サプレッションチェンバシェル部の底部近傍（0°側）	引張	0.00014	0.00008	0.003	○	Ⅴ(S)-3
			圧縮	—*2	—*2	—	—	—
	P16	底部外側（180°側）	引張	0.00002	—*1	0.003	○	Ⅴ(S)-1
			圧縮	0.00002	0.00007	0.005	○	Ⅴ(S)-3
	P17	底部外側（90°側）	引張	—*1	0.00004	0.003	○	Ⅴ(S)-1
			圧縮	0.00007	—*2	0.005	○	Ⅴ(S)-3
	P18	底部外側（0°側）	引張	0.00002	—*1	0.003	○	Ⅴ(S)-1
			圧縮	0.00001	0.00007	0.005	○	Ⅴ(S)-3

注記＊1：引張ひずみは生じない。

＊2：圧縮ひずみは生じない。

表5－1　重大事故等時に対する評価結果（D＋L＋P_{SA}＋R_{SA}）（その3）

評価対象設備	評価部位		ひずみの種別	重大事故等時			判定	荷重の組合せ
				発生値		許容値		
				ε_x	ε_y			
原子炉格納容器ライナ部	P19	底部内側（90°側）	引張	—*	—*	—	—	—
			圧縮	0.00006	0.00023	0.005	○	Ⅴ(S)-3
	P20	底部中央部	引張	—*	—*	—	—	—
			圧縮	0.00004	0.00004	0.005	○	Ⅴ(S)-1,3

注記＊：引張ひずみは生じない。

表5－1　重大事故等時に対する評価結果（D＋L＋P_{SA}＋R_{SA}）（その4）

評価対象設備	評価部位		重大事故等時		判定	荷重の組合せ
			ライナアンカの変位量（mm）	許容変位量（mm）		
原子炉格納容器ライナ部	P4*	トップスラブ部内側（90°側）	0.02	4.50	○	Ⅴ(S)-1

注記＊：P1～P15までの強制ひずみ荷重が最大となる評価点

5.2　疲れ解析の必要性の検討

ライナプレートについて，告示第５０１号第 13 条第 1 項第 3 号を準用して疲れ解析が不要となることを以下の(1)～(6)に示す。

ここで，繰返し荷重としてかかるサイクル数はⅤ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」による。

(1)　大気圧から運転圧になり，再び大気圧に戻るサイクル数の検討

（告示第５０１号第 13 条第 1 項第 3 号イ）

a. [　　]

Δσ＝Ｅ・Δε＝[　　]

ここに，

Ｅ：告示第５０１号別図第[　]に示す縦弾性係数

＝[　　]MPa

よって，許容繰返し回数Ｎ＝[　]回

b. [　　]

Δσ＝Ｅ・Δε＝[　　]

ここに，

Ｅ：告示第５０１号別図第[　]に示す縦弾性係数

＝[　　]MPa

よって，許容繰返し回数Ｎ＝[　]回

c.　結論

a. 項及び b. 項で計算した，許容繰返し回数Ｎは，原子炉格納容器の最高使用圧力を運転圧と見なした場合の繰返し回数 50 回より大きい。

(2)　負荷運転時における圧力変動の全振幅の検討

（告示第５０１号第 13 条第 1 項第 3 号ロ）

a.　疲れ解析の対象となる圧力変動の全振幅

(a) [　　]

$$A_m = \frac{1}{3} \cdot P \cdot \frac{S'}{\frac{1}{3} \cdot E \cdot \Delta\varepsilon} = 1.61 \times 10^{-2} \text{MPa}$$

ここに，

Ｓ’：[　　]の 10^6 回の繰返しに対する許容ピーク応力強さ

＝[　]MPa

Ｅ　：告示第５０１号別図第[　]に示す縦弾性係数

＝[　　]MPa

K7 ① V-3-3-6-1-1-2 R1

(b) [　　]

$$A_m = \frac{1}{3} \cdot P \cdot \frac{S'}{\frac{1}{3} \cdot E \cdot \Delta \varepsilon} = 3.84 \times 10^{-2} \text{MPa}$$

ここに，

S’：[　　]鋼の 10^6 回の繰返しに対する許容ピーク応力強さ

＝[　]MPa

E　：告示第５０１号別図第[　]に示す縦弾性係数

＝[　　]MPa

b.　疲れ解析が不要となる圧力変動の全振幅

(a) [　　]

$$A_m = \frac{1}{3} \cdot P \cdot \frac{S_a}{\frac{1}{3} \cdot E \cdot \Delta \varepsilon} = 7.46 \times 10^{-1} \text{MPa}$$

ここに，

S_a：[　　]の告示第５０１号別図第[　]において，a.(a)項におけるA_mを超える圧力変動（28kPa）を保守的に 10 回とした場合に，これに対する許容ピーク応力強さ

＝[　]MPa

E　：告示第５０１号別図第[　]に示す縦弾性係数

＝[　　]MPa

c.　結論

したがって，疲れ解析が不要となる圧力変動の全振幅は，負荷運転時における圧力変動の全振幅より大きくなるので，本条項は満足されている。

(3)　起動，運転，停止サイクル中の任意の 2 点間の温度差の検討

（告示第５０１号第 13 条第 1 項第 3 号ハ）

本規定の適用に当たっては，規定中「容器」を「ライナプレート」と読み替えるものとする。

a.　解析の対象となる任意の 2 点間の距離

$P = 2 \cdot \sqrt{R \cdot t} = 2 \times$ [　　] ＝[　　]

ここに，

R：ライナプレートの最大半径＝[　]mm

t：ライナプレートの板厚＝[　]mm

b.　疲れ解析が不要となる任意の 2 点間の最大温度差

(a) [　　]

$$T=\frac{S_a}{2\cdot E\cdot \alpha}=165.1℃$$

ここに,

S_a : [　　] の 350 回の繰返しに対する許容ピーク応力強さ

＝ [　　] MPa

E　: [　　] の縦弾性係数

＝ [　　] MPa

$\left(\frac{171℃+57℃}{2}=114.0℃\text{における値}\right)$

α　: [　　] の瞬時熱膨張係数

＝ [　　] mm/mm･℃（114.0℃における値）

(b) [　　]

$$T=\frac{S_a}{2\cdot E\cdot \alpha}=171.8℃$$

ここに,

S_a : [　　] の 350 回の繰返しに対する許容ピーク応力強さ

＝ [　　] MPa

E　: [　　] の縦弾性係数

＝ [　　] MPa

$\left(\frac{104℃+35℃}{2}=69.5℃\text{における値}\right)$

α　：ステンレス鋼 の瞬時熱膨張係数

＝ [　　] mm/mm･℃（69.5℃における値）

c.　結論

ここでTは設計上の最大温度差 161℃（171℃－10℃）より大きい。したがって，任意の 2 点間の最大温度差はTの値を超えることはないので本条項を満足している。

(4)　負荷運転中の任意の 2 点間の温度差の変動の全振幅の検討

（告示第５０１号第 13 条第 1 項第 3 号ニ）

負荷運転中の温度変動の数を 350 回とすると疲れ解析が不要となる最大温度差は(3)項に示すTと全く同じになる。

したがって，負荷運転時の任意の 2 点間の最大温度差の変動の全振幅は(3)項に示すTを超えることはないので本条項を満足している。

(5)　負荷運転時の異種材結合部の温度差の検討

（告示第５０１号第 13 条第 1 項第 3 号ホ）

a.　疲れ解析の対象となる異種材結合部の最小温度差

$$T=\frac{S'}{2\cdot(E_1\cdot\alpha_1-E_2\cdot\alpha_2)}=38.6℃$$

ここに，

S’：[redacted]の 10^6 回の繰返しに対する許容ピーク応力強さ

＝[redacted]MPa

E_1：[redacted]の縦弾性係数

＝[redacted]MPa（69.5℃における値）

α_1：[redacted]の瞬時熱膨張係数

＝[redacted]mm/mm･℃（69.5℃における値）

E_2：[redacted]の縦弾性係数

＝[redacted]MPa（69.5℃における値）

α_2：[redacted]の瞬時熱膨張係数

＝[redacted]mm/mm･℃（69.5℃における値）

b.　疲れ解析が不要となる異種材結合部の最大温度差

上記Ｔを超える異種材結合部温度差の変動回数を 350 回とすると，疲れ解析が不要となる異種材結合部の最大温度差は

$$T=\frac{S_a}{2\cdot(E_1\cdot\alpha_1-E_2\cdot\alpha_2)}=377.1℃$$

ここに，

S_a：[redacted]の 350 回の繰返しに対する許容ピーク応力強さ

＝[redacted]MPa

c.　結論

ここで疲れ解析が不要となる異種材結合部の許容最大温度差は，温度差 94℃（104℃－10℃）より大きくなるので本条項を満足している。

(6)　機械的荷重及び地震動による応力の全振幅の検討

（告示第５０１号第 13 条第 1 項第 3 号ヘ）

荷重の繰返し回数 350 回に対する許容ピーク応力強さは，[redacted]の場合[redacted]MPa，[redacted]の場合[redacted]MPa であり，また，これをひずみに換算した値は，それぞれ 0.00406，0.00584 となる。

ライナプレートのひずみの全振幅は，すべての荷重状態を考慮しても，参照図書(1)表 5－2 及びⅤ-2-9-2-2「原子炉格納容器ライナ部の耐震性についての計算書」表 5－1 及び表 5－2 より最大で 0.00197 であり，上記値を超えることはないので，本条項を満足している。

6. 参照図書

(1) 柏崎刈羽原子力発電所第７号機　第２回工事計画認可申請書
Ⅳ-3-4-1-2「原子炉格納容器ライナ部の強度計算書」

Ⅴ-3-3-6-1-1-3　原子炉格納容器胴の基本板厚計算書

目　　次

1.　一般事項 ····· 1
1.1　概要 ····· 1
1.2　適用基準 ····· 1
1.3　計算精度と数値の丸め方 ····· 2
2.　設計条件 ····· 3
2.1　重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度 ····· 3
2.2　水荷重 ····· 3
2.3　材料及び許容応力 ····· 3
3.　原子炉格納容器胴の基本板厚計算 ····· 4
3.1　上鏡板 ····· 4
3.2　主フランジ部円筒胴 ····· 6
3.3　下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板
（機器搬入用ハッチ付） ····· 8
3.4　下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板
（所員用エアロック付） ····· 18

1. 一般事項

1.1 概要

本計算書は，原子炉格納容器の胴部分（以下「原子炉格納容器胴」という。）の基本板厚計算書である。

原子炉格納容器は，設計基準対象施設の原子炉格納容器を重大事故等クラス２容器として兼用する機器である。

以下，重大事故等クラス２容器として，Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びⅤ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」に基づくとともに，Ⅴ-3-2-8「重大事故等クラス２容器の強度計算方法」に準じて，原子炉格納容器胴の構造強度評価を示す。

1.2 適用基準

適用基準を以下に示す。

(1) 発電用原子力設備に関する構造等の技術基準（昭和55年10月30日　通商産業省告示第５０１号）（以下「告示第５０１号」という。）

1.3　計算精度と数値の丸め方

精度は，有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表1－1に示すとおりとする。

表 1－1　表示する数値の丸め方

数値の種類		単位	処理桁	処理方法	表示桁
最高使用圧力		MPa	―	―	小数点以下第 3 位
温度		℃	―	―	整数位
許容応力*1		MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位
算出応力		MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
長さ	下記以外の長さ	mm	小数点以下第 1 位	四捨五入	整数位
	計算上必要な厚さ	mm	小数点以下第 2 位	切上げ	小数点以下第 1 位
	最小厚さ	mm	小数点以下第 2 位	切捨て	小数点以下第 1 位
面積	下記以外の面積	mm^2	有効数字 4 桁目	四捨五入	有効数字 3 桁*2
	必要な面積	mm^2	有効数字 4 桁目	切上げ	有効数字 3 桁*2
	有効な面積	mm^2	有効数字 4 桁目	切捨て	有効数字 3 桁*2
角度		rad	有効数字 4 桁目	四捨五入	有効数字 3 桁

注記＊1：告示第５０１号別表に記載された温度の中間における許容引張応力，設計降伏点及び設計引張強さは，比例法により補間した値の小数点以下第 2 位を切り捨て，小数点以下第 1 位までの値として算出する。得られた値を SI 単位に換算し，SI 単位に換算した値の小数点以下第 1 位を切り捨て，整数位までの値とする。

＊2：絶対値が 1000 以上のときはべき数表示とする。

2.　設計条件

2.1　重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度

重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度は，以下のとおりとする。

内圧P_{SA}	620kPa（ＳＡ後）
温度T_{SA}	200℃（ＳＡ後）

2.2　水荷重

下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板においては，重大事故等対処設備の評価に用いる水荷重として，没水時における下記の水位による水頭圧を考慮する。

下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）

水位　T.M.S.L.　　7400mm

下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（所員用エアロック付）

水位　T.M.S.L.　　7400mm

2.3　材料及び許容応力

(1)　材料

使用する材料を表 2－1 に示す。

表 2－1　使用材料表

使用部位	使用材料	備考
上鏡板		
主フランジ部円筒胴		
下部ドライウェルアクセストンネル スリーブ及び鏡板		

(2)　許容引張応力

使用材料の許容引張応力は，Ｖ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」に基づき，告示第５０１号別表第 10 に規定されている値の 0.6 倍とする。

	$S^{*}=$ MPa

注記＊：Ｓは 0.6・Ｓｕとする。ここで，Ｓｕは告示第５０１号別表第 10 に規定されている値である。

3.　原子炉格納容器胴の基本板厚計算

「2.　設計条件」に示す重大事故等時の条件に基づき，原子炉格納容器胴各部の板厚計算を行った結果を以下に示す。

3.1　上鏡板

上鏡板の形状及び寸法を図 3－1 に示す。

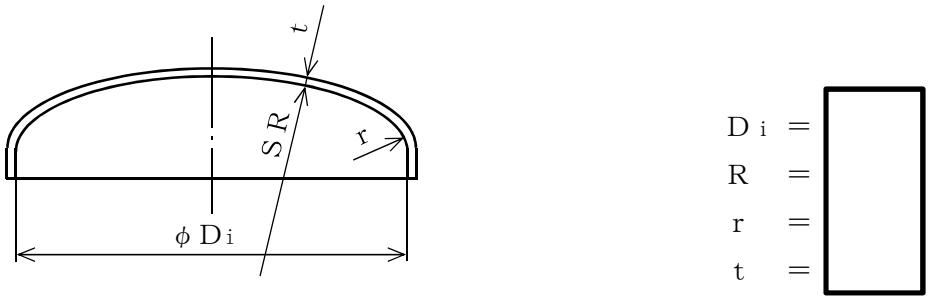


図 3－1　上鏡板の形状及び寸法（単位：mm）

(1)　記号の説明

告示第５０１号の記号	計算書の表示	表示内容	単位
t	t_R	必要な厚さ	mm

(2)　形状制限（告示第５０１号第 23 条第 1 項第 1 号イ及びロ）

上鏡板の形状制限の確認結果を表 3－1 に示す。

これより，上鏡板はさら形鏡板の形状制限条件を満足している。

表 3－1　上鏡板の形状制限

鏡板の外径	D_o	(mm)		
鏡板の中央部における内面の半径	R	(mm)		
鏡板のすみの丸みの内半径	r	(mm)		
3・t		(mm)		
0.06・D_o		(mm)		
評価：$D_o \geqq R$，$r \geqq 3 \cdot t$，$r \geqq 0.06 \cdot D_o$，よって十分である。				

(3)　内圧に対する必要厚さ（告示第５０１号第 23 条第 2 項第 1 号）

上鏡板の内圧に対する必要板厚の算出式を以下に示し，計算結果を表 3－2 に示す。

これより，上鏡板は告示第５０１号の条件を満足している。

$$t_R = \frac{P \cdot R \cdot W}{2 \cdot S \cdot \eta - 0.2 \cdot P}$$

ここに，$W = \frac{1}{4} \cdot \left(3 + \sqrt{\frac{R}{r}} \right)$

表 3－2　上鏡板の板厚計算結果

鏡板名称			上鏡板
材料			[redacted]
最高使用圧力	P	(MPa)	0.620
最高使用温度		(℃)	200
鏡板の中央部における内面の半径	R	(mm)	[redacted]
鏡板のすみの丸みの内半径	r	(mm)	[redacted]
さら形鏡板の形状による係数	W		1.32
許容引張応力	S＊	(MPa)	[redacted]
継手効率	η		1.00
継手の種類			突合せ両側溶接
放射線検査の有無			有り
必要厚さ	t_R	(mm)	15.1
呼び厚さ	t_{co}	(mm)	[redacted]
最小厚さ	t_c	(mm)	[redacted]
評価：$t_c \geqq t_R$，よって十分である。			

注記＊：Ｓは 0.6・Ｓｕとする。

3.2　主フランジ部円筒胴

主フランジ部円筒胴の形状及び寸法を図 3－2 に示す。

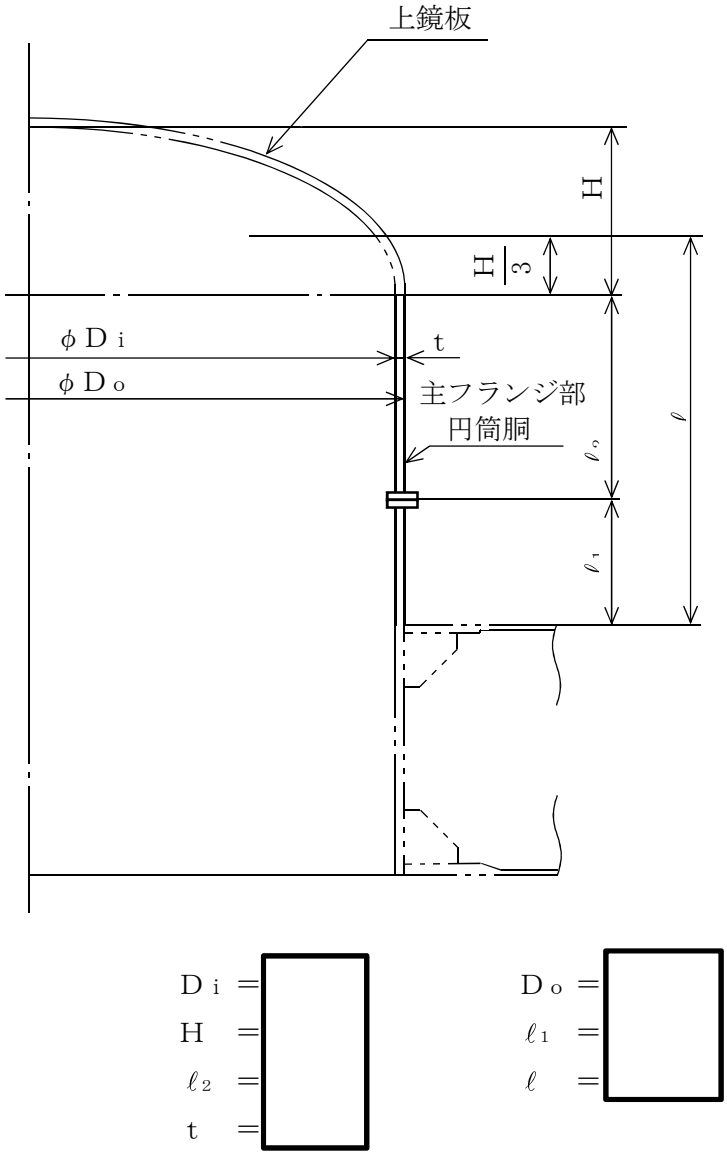


図 3－2　主フランジ部円筒胴の形状及び寸法（単位：mm）

(1)　記号の説明

告示第５０１号の記号	計算書の表示	表示内容	単位
t	t_R	必要な厚さ	mm
	t_{R1}	規格上必要な最小厚さ	mm
	t_{R2}	計算上必要な厚さ	mm

(2)　内圧に対する必要厚さ（告示第５０１号第 22 条第 3 項第 2 号イ）

主フランジ部円筒胴の内圧に対する必要板厚の算出式を以下に示し，計算結果を表 3−3 に示す。

これより，主フランジ部円筒胴は告示第５０１号の条件を満足している。

$$t_{R2}=\frac{P\cdot D_i}{2\cdot S\cdot \eta-1.2\cdot P}$$

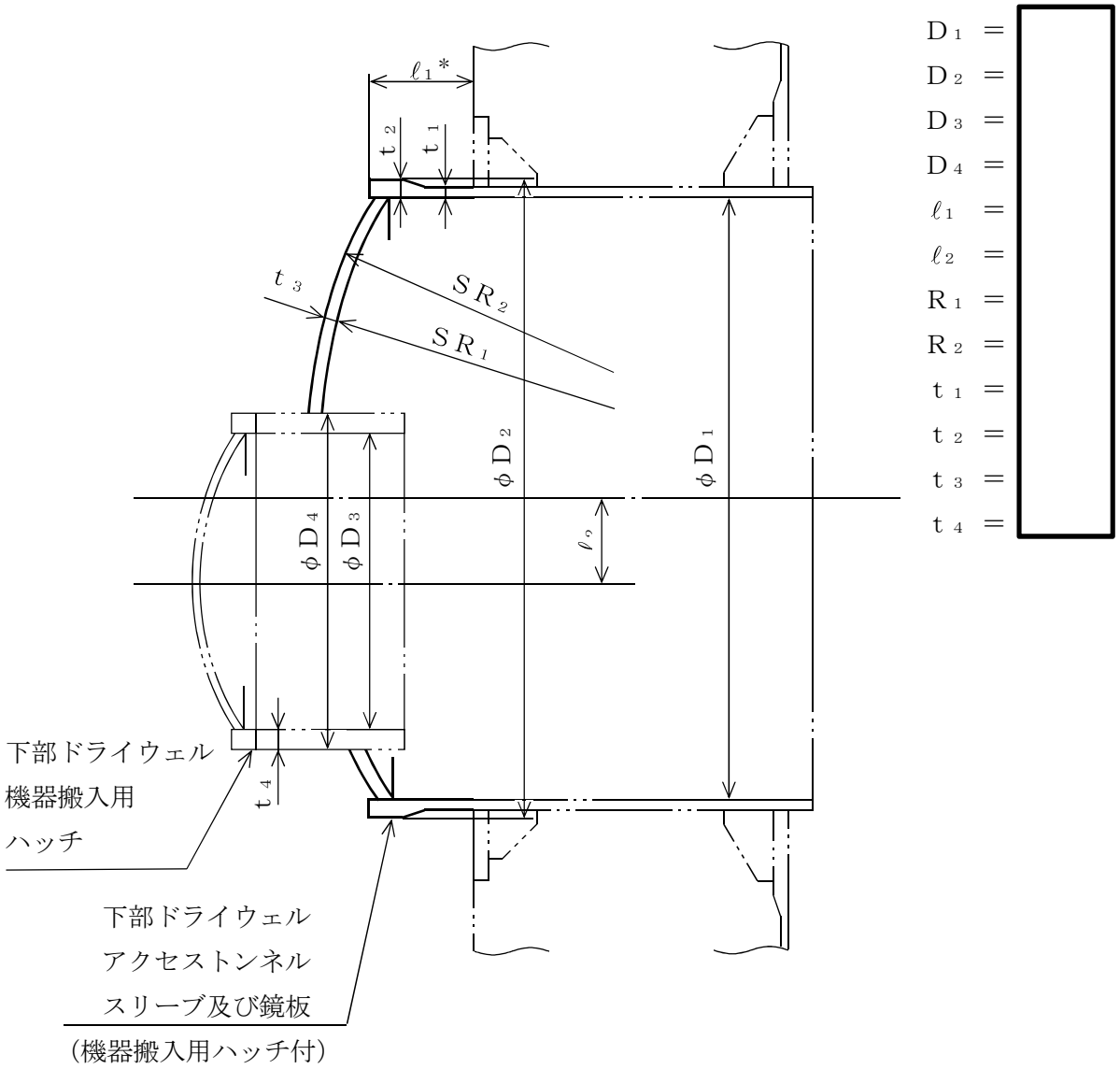
表 3−3　主フランジ部円筒胴の板厚計算結果

胴板名称			主フランジ部円筒胴
材料			
最高使用圧力	P	(MPa)	0.620
最高使用温度		(℃)	200
胴の内径	D_i	(mm)	
許容引張応力	S＊	(MPa)	
継手効率	η		1.00
継手の種類			突合せ両側溶接
放射線検査の有無			有り
必要厚さ	t_{R1}	(mm)	3.0
必要厚さ	t_{R2}	(mm)	12.7
t_{R1}，t_{R2}の大きい値	t_R	(mm)	12.7
呼び厚さ	t_{so}	(mm)	
最小厚さ	t_s	(mm)	
評価：$t_s \geqq t_R$，よって十分である。			

注記＊：Sは 0.6・Suとする。

3.3　下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）

下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）の形状及び寸法を図 3－3 に示す。



注記＊：ℓ_1 寸法は最大長さを示す。

図 3－3　下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板
（機器搬入用ハッチ付）の形状及び寸法（単位：mm）

(1)　記号の説明

告示第５０１号の記号	計算書の表示	表示内容	単位
	A_0	補強に有効な総面積	mm^2
	A_{01}	穴の中心線の両側に有効な面積	mm^2
	A_1	鏡板の有効補強面積	mm^2
	A_2	円筒胴の有効補強面積（外側）	mm^2
	A_3	円筒胴の有効補強面積（内側）	mm^2
A_r	A_R	穴の補強に必要な面積	mm^2
	A_{R1}	穴の中心線の両側に必要な補強面積	mm^2
	F_{WA}	強め材取付部の強さ（a 部）	N
	F_{WB}	強め材取付部の強さ（b 部）	N
	F_{WC}	強め材取付部の強さ（c 部）	N
	H	補強の有効範囲	mm
	H_1	補強の有効範囲	mm
	H_2	補強の有効範囲	mm
	H_i	補強の有効範囲（内側）	mm
	H_o	補強の有効範囲（外側）	mm
	S_{NS}	管台壁の許容せん断応力	MPa
	S_{NW}	すみ肉溶接の許容せん断応力	MPa
	S_{TW}	突合せ溶接の許容引張応力	MPa
t	t_R	必要な厚さ	mm
	t_{R1}	規格上必要な最小厚さ	mm
	t_{R2}	計算上必要な厚さ	mm
	W_1	破断形式Ⅰの有効強さ	N
	W_2	破断形式Ⅱの有効強さ	N
	W_R	溶接部の負うべき荷重	N
	W_{R1}	溶接部にかかる荷重	N
	W_{R2}	溶接部にかかる荷重	N
	Y	補強の有効範囲	mm
	Y_1	補強の有効範囲	mm
	Y_2	補強の有効範囲	mm
	$Y\theta$	補強の有効範囲	mm

(2) スリーブ

a. 内圧に対する必要厚さ（告示第５０１号第 22 条第 3 項第 2 号イ）

下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）のスリーブにおける，内圧に対する必要板厚の算出式を以下に示し，計算結果を表 3－4 に示す。

これより，下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）のスリーブは告示第５０１号の条件を満足している。

$$t_{R2}=\frac{P\cdot D_i}{2\cdot S\cdot \eta-1.2\cdot P}$$

表 3－4　下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）の板厚計算結果（スリーブ）

胴板名称			スリーブ
材料			[redacted]
最高使用圧力	P	(MPa)	0.715*1
最高使用温度		(℃)	200
胴の内径	$D_i=D_1$	(mm)	[redacted]
許容引張応力	S*2	(MPa)	[redacted]
継手効率	η		1.00
継手の種類			突合せ両側溶接
放射線検査の有無			有り
必要厚さ	t_{R1}	(mm)	3.0
必要厚さ	t_{R2}	(mm)	6.1
t_{R1}，t_{R2}の大きい値	t_R	(mm)	6.1
呼び厚さ	t_{so}	(mm)	[redacted]
最小厚さ	t_s	(mm)	[redacted]
評価：$t_s \geqq t_R$，よって十分である。			

注記＊1：最高使用圧力には没水時の水頭圧を含む。

＊2：Ｓは 0.6・Ｓｕとする。

(3) 鏡板

a. 内圧に対する必要厚さ（告示第５０１号第 22 条第 3 項第 2 号ホ）

下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）の鏡板における，内圧に対する必要板厚の算出式を以下に示し，計算結果を表 3－5 に示す。

これより，下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）の鏡板は告示第５０１号の条件を満足している。

$$t_{R2}=\frac{P\cdot D_i}{4\cdot S\cdot \eta-0.4\cdot P}$$

表 3－5　下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）の板厚計算結果（鏡板）

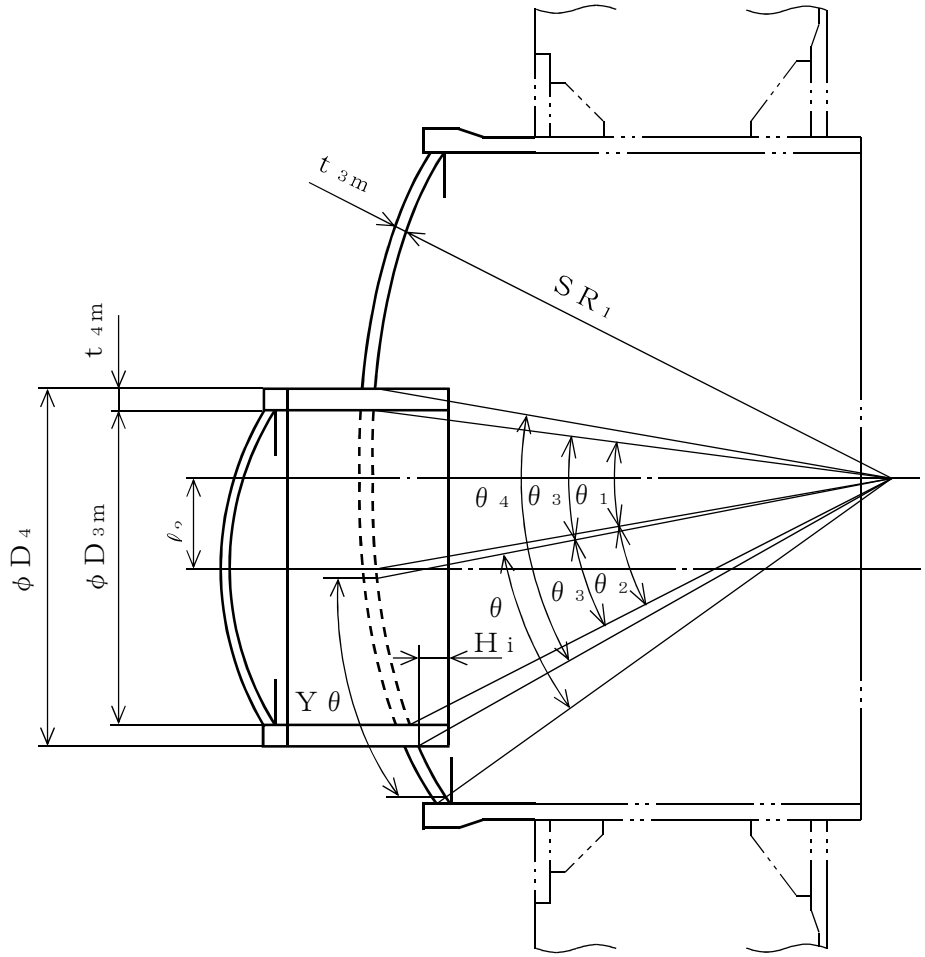
鏡板名称			鏡板
材料			[redacted]
最高使用圧力	P	(MPa)	0.715*1
最高使用温度		(℃)	200
胴の内径	$D_i=2\cdot R_1$	(mm)	[redacted]
許容引張応力	S*2	(MPa)	[redacted]
継手効率	η		1.00
継手の種類			継手無し
放射線検査の有無			―
必要厚さ	t_{R1}	(mm)	3.0
必要厚さ	t_{R2}	(mm)	7.1
t_{R1}，t_{R2}の大きい値	t_R	(mm)	7.1
呼び厚さ	t_{co}	(mm)	[redacted]
最小厚さ	t_c	(mm)	[redacted]
評価：$t_c \geqq t_R$，よって十分である。			

注記＊1：最高使用圧力には没水時の水頭圧を含む。

＊2：Ｓは 0.6・Ｓｕとする。

(4)　穴の補強計算

アクセストンネル鏡板と機器搬入用ハッチとの結合部の形状及び寸法を図3－4に示す。



D_{3m} ＝[　　]　D_4 ＝[　　]　H_i ＝[　　]　ℓ_2 ＝[　　]

R_1 ＝[　　]　t_{3m} ＝[　　]（最小厚さ）　t_{4m} ＝[　　]（最小厚さ）

θ ＝[　　]rad（アクセストンネルスリーブとの取り合いによる有効範囲）

θ_1 ＝[　　]rad　θ_2 ＝[　　]rad

θ_3 ＝（θ_1＋θ_2）／2＝([　　])／2＝[　　]rad

θ_4 ＝[　　]rad

図3－4　結合部の形状及び寸法（単位：mm）

K7 ① V-3-3-6-1-1-3 R1

a.　穴の補強計算

(a)　補強に必要な面積（告示第５０１号第 22 条第 8 項第 1 号ハ（ロ））

$A_R = D \cdot \theta_3 \cdot t_{sr}$

ここに，

$D = 2 \cdot R_1$

t_{sr}：アクセストンネル鏡板の計算上必要な厚さ

(b)　補強に有効な範囲（告示第５０１号第 22 条第 8 項第 1 号イ）

イ．　胴板の面に沿う範囲Y

Yは，次の計算式により求めた値のうちのいずれか大きいもの。

$Y_1 = D \cdot \theta_3$

$Y_2 = \dfrac{D \cdot \theta_3}{2} + t_{3m} + t_{4m}$

ここで，アクセストンネルスリーブによる有効範囲の制限を考慮して，図 3－4 より補強に有効な範囲は$Y\theta$とする。

$Y\theta = \dfrac{D}{2} \cdot \theta$

ロ．　胴板の面に垂直な範囲H

Hは，次の計算式により求めた値のうちのいずれか大きいもの。ただし，機器搬入用ハッチの取付条件を考慮する。

$H_1 = 0.5 \cdot \sqrt{r_m \cdot t_{4m}}$

$H_2 = 2.5 \cdot t_{4m}$

ここに，r_m：機器搬入用ハッチの平均半径

$= (D_{3m} + t_{4m}) / 2$

(c)　補強に有効な面積（告示第５０１号第 22 条第 8 項第 1 号ロ）

$A_1 = (t_{3m} - t_{sr}) \cdot (2 \cdot Y\theta - D \cdot \theta_3)$

ここに，t_{sr}：アクセストンネル鏡板の計算上必要な厚さ

$A_2 = 2 \cdot (t_{4m} - t_{nr}) \cdot H_o$

ここに，t_{nr}：機器搬入用ハッチ円筒胴の計算上必要な厚さ（V-3-3-6-1-2-1「機器搬入用ハッチ及びサプレッションチェンバ出入口の基本板厚計算書」3.2（2）項参照）

$A_3 = 2 \cdot t_{4m} \cdot H_i$

$A_0 = A_1 + A_2 + A_3$

(d) 結論

穴の補強の計算結果を表3－6に示す。

これより，アクセストンネル鏡板と機器搬入用ハッチとの結合部の穴の補強は十分である。

表3－6　穴の補強計算結果

部材名称			アクセストンネル鏡板と機器搬入用ハッチとの結合部
材料			[redacted]
最高使用圧力	P	(MPa)	0.715*1
最高使用温度		(℃)	200
鏡板の内径	$D_i=2\cdot R_1$	(mm)	[redacted]
鏡板の計算上必要な厚さ	t_{sr}	(mm)	[redacted]
円筒胴の計算上必要な厚さ	t_{nr}	(mm)	3.4
穴の補強に必要な面積	A_R	(mm^2)	1.75×10^4
補強の有効範囲	Y_1	(mm)	[redacted]
補強の有効範囲	Y_2	(mm)	[redacted]
補強の有効範囲	Y	(mm)	[redacted]
補強の有効範囲	$Y\theta$	(mm)	[redacted]
補強の有効範囲	H_1	(mm)	[redacted]
補強の有効範囲	H_2	(mm)	[redacted]
補強の有効範囲	H	(mm)	[redacted]
補強の有効範囲（外側）	H_o	(mm)	[redacted]
補強の有効範囲（内側）	H_i	(mm)	[redacted]
鏡板の有効補強面積	A_1	(mm^2)	1.30×10^4
円筒胴の有効補強面積（外側）	A_2	(mm^2)	2.06×10^4
円筒胴の有効補強面積（内側）	A_3	(mm^2)	1.32×10^4
補強に有効な総面積	A_0	(mm^2)	4.68×10^4
補強：$A_0>A_R$，よって十分である。			

注記＊1：最高使用圧力には没水時の水頭圧を含む。

＊2：(b)ロの記載のとおり取付条件を考慮する。

b.　補強に有効な面積の制限（告示第５０１号第 22 条第 8 項第 5 号）

(a)　穴の中心線の両側に必要な補強面積

$$A_{R1}=\frac{A_R}{2}$$

(b)　穴の中心線の両側に有効な面積

$$A_{01}=\frac{A_0}{2}$$

(c)　結論

穴の中心線の両側の補強に対する制限の確認結果を表 3－7 に示す。

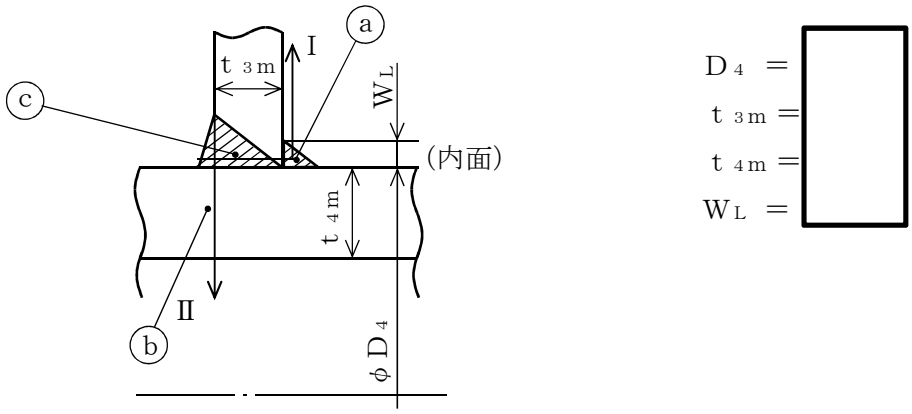
これより，穴の中心線の両側の補強に対する制限を満足している。

表 3－7　穴の中心線の両側の補強に対する制限

部材名称			アクセストンネル鏡板と機器搬入用ハッチとの結合部
穴の補強に必要な面積	A_R	(mm^2)	1.75×10^4
穴の中心線の両側に必要な補強面積	A_{R1}	(mm^2)	8.75×10^3
補強に有効な総面積	A_0	(mm^2)	4.68×10^4
穴の中心線の両側に有効な面積	A_{01}	(mm^2)	2.34×10^4
評価：$A_{01}>A_{R1}$，よって十分である。			

c.　強め材取付部の強さ（告示第５０１号第 22 条第 8 項第 8 号及び第 9 号）

機器搬入用ハッチ取付部の形状及び寸法を図 3－5 に示す。



注 1：斜線部は，溶接部を示す。

注 2：Ⅰ，Ⅱは，破断形式を示す。

図 3－5　機器搬入用ハッチ取付部の形状及び寸法（単位：mm）

(a)　強め材取付部の必要強さ

次の 2 式のうちいずれか小さい方の値

$W_{R1}=(A_1+A_2+A_3)\cdot S$

$W_{R2}=(t_{sr}\cdot R_1\cdot \theta_4-A_1)\cdot S$

ここで，Ｓは 0.6・Ｓｕとする。

(b)　強め材取付部の単位面積当たりの強さ

すみ肉溶接のせん断　　$S_{NW}=0.49\cdot S$

突合せ溶接の引張り　　$S_{TW}=0.74\cdot S$

管台壁のせん断　　$S_{NS}=0.70\cdot S$

ここで，Ｓは 0.6・Ｓｕとする。

(c)　強め材取付部の強さ

a 部：$F_{WA}=\frac{\pi}{2}\cdot D_4\cdot W_L\cdot S_{NW}$

b 部：$F_{WB}=\frac{\pi}{2}\cdot (D_4-t_{4m})\cdot t_{4m}\cdot S_{NS}$

c 部：$F_{WC}=\frac{\pi}{2}\cdot D_4\cdot t_{3m}\cdot S_{TW}$

(d)　強め材取付部の有効強さ

破断形式　Ⅰ

$W_1=F_{WA}+F_{WC}$

破断形式　Ⅱ

$W_2=F_{WB}$

(e) 結論

強め材取付部の強さの計算結果を表 3－8 に示す。

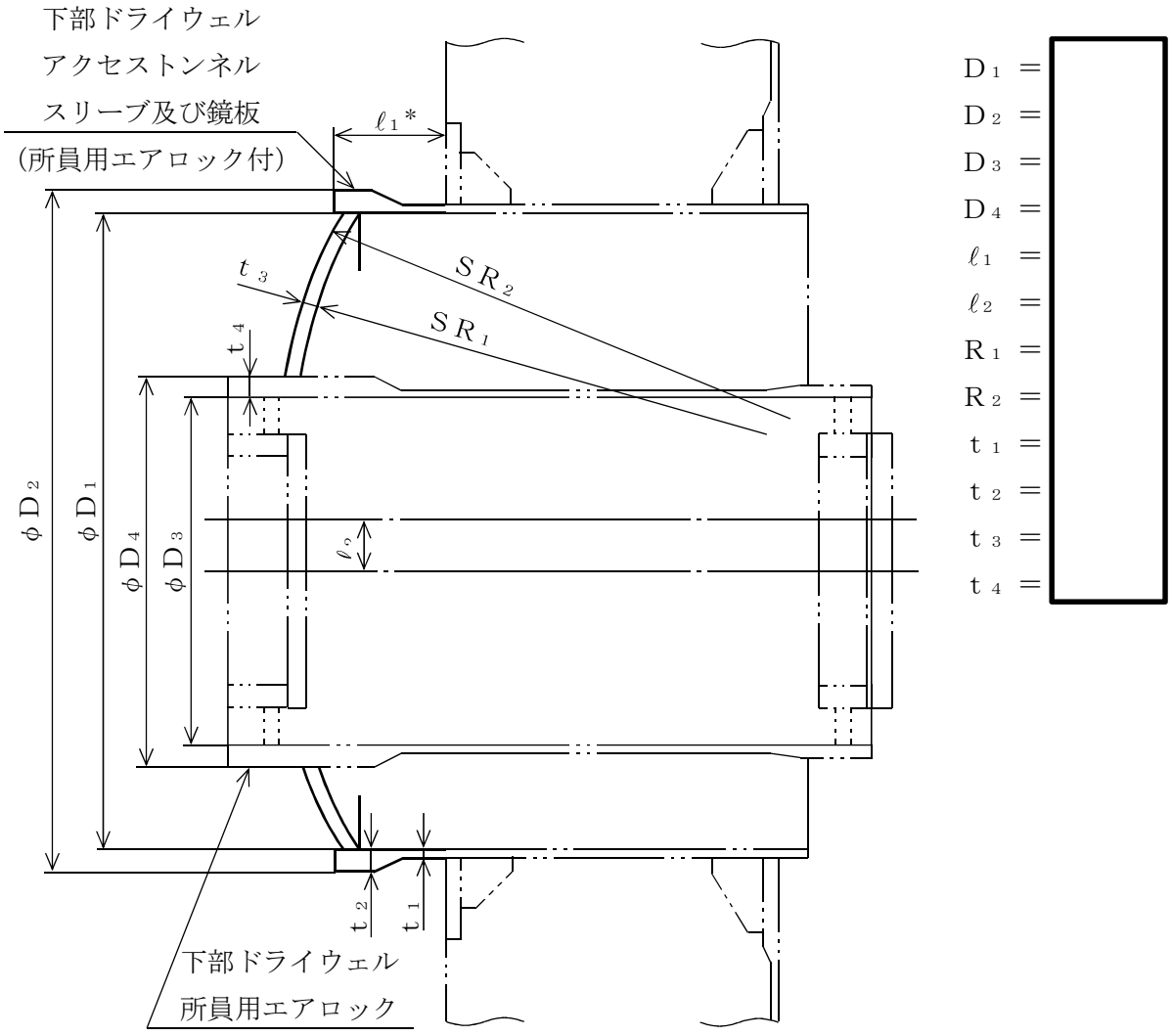
これより，アクセストンネル鏡板と機器搬入用ハッチとの結合部の強め材取付部の強さは十分である。

表 3－8　強め材取付部の強さの計算結果

部材名称			アクセストンネル鏡板と機器搬入用ハッチとの結合部の強め材取付部
溶接部にかかる荷重	W_{R1}	(N)	[redacted]
溶接部にかかる荷重	W_{R2}	(N)	1.39×10^{6}
溶接部の負うべき荷重	W_{R}	(N)	1.39×10^{6}
すみ肉溶接の許容せん断応力	S_{NW}	(MPa)	[redacted]
突合せ溶接の許容引張応力	S_{TW}	(MPa)	
管台壁の許容せん断応力	S_{NS}	(MPa)	
応力除去の有無			有り
破断形式Ⅰの有効強さ	W_{1}	(N)	3.51×10^{7}
破断形式Ⅱの有効強さ	W_{2}	(N)	4.52×10^{7}
評価：$W_{1}\geqq W_{R}$，$W_{2}\geqq W_{R}$ 以上より十分である。			

3.4　下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（所員用エアロック付）

下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（所員用エアロック付）の形状及び寸法を図 3－6 に示す。



注記＊：ℓ_1 寸法は最大長さを示す。

図 3－6　下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板
（所員用エアロック付）の形状及び寸法（単位：mm）

K7 ① V-3-3-6-1-1-3 R1

(1)　記号の説明

告示第５０１号の記号	計算書の表示	表示内容	単位
	A_0	補強に有効な総面積	mm^2
	A_{01}	穴の中心線の両側に有効な面積	mm^2
	A_1	鏡板の有効補強面積	mm^2
	A_2	円筒胴の有効補強面積（外側）	mm^2
	A_3	円筒胴の有効補強面積（内側）	mm^2
A_r	A_R	穴の補強に必要な面積	mm^2
	A_{R1}	穴の中心線の両側に必要な補強面積	mm^2
	F_{WA}	強め材取付部の強さ（a 部）	N
	F_{WB}	強め材取付部の強さ（b 部）	N
	F_{WC}	強め材取付部の強さ（c 部）	N
	H	補強の有効範囲	mm
	H_1	補強の有効範囲	mm
	H_2	補強の有効範囲	mm
	H_i	補強の有効範囲（内側）	mm
	H_o	補強の有効範囲（外側）	mm
	S_{NS}	管台壁の許容せん断応力	MPa
	S_{NW}	すみ肉溶接の許容せん断応力	MPa
	S_{TW}	突合せ溶接の許容引張応力	MPa
t	t_R	必要な厚さ	mm
	t_{R1}	規格上必要な最小厚さ	mm
	t_{R2}	計算上必要な厚さ	mm
	W_1	破断形式Ⅰの有効強さ	N
	W_2	破断形式Ⅱの有効強さ	N
	W_R	溶接部の負うべき荷重	N
	W_{R1}	溶接部にかかる荷重	N
	W_{R2}	溶接部にかかる荷重	N
	Y	補強の有効範囲	mm
	Y_1	補強の有効範囲	mm
	Y_2	補強の有効範囲	mm
	$Y\theta$	補強の有効範囲	mm

(2) スリーブ

a. 内圧に対する必要厚さ（告示第５０１号第 22 条第 3 項第 2 号イ）

下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（所員用エアロック付）のスリーブにおける，内圧に対する必要板厚の算出式を以下に示し，計算結果を表 3－9 に示す。

これより，下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（所員用エアロック付）のスリーブは告示第５０１号の条件を満足している。

$$t_{R2}=\frac{P\cdot D_i}{2\cdot S\cdot \eta-1.2\cdot P}$$

表 3－9　下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（所員用エアロック付）の板厚計算結果（スリーブ）

胴板名称			スリーブ
材料			[redacted]
最高使用圧力	P	(MPa)	0.715*1
最高使用温度		(℃)	200
胴の内径	$D_i=D_1$	(mm)	[redacted]
許容引張応力	S*2	(MPa)	[redacted]
継手効率	η		1.00
継手の種類			突合せ両側溶接
放射線検査の有無			有り
必要厚さ	t_{R1}	(mm)	3.0
必要厚さ	t_{R2}	(mm)	6.1
t_{R1}，t_{R2}の大きい値	t_R	(mm)	6.1
呼び厚さ	t_{so}	(mm)	[redacted]
最小厚さ	t_s	(mm)	[redacted]
評価：$t_s \geqq t_R$，よって十分である。			

注記＊1：最高使用圧力には没水時の水頭圧を含む。

＊2：Ｓは 0.6・Ｓｕとする。

(3) 鏡板

a. 内圧に対する必要厚さ（告示第５０１号第 22 条第 3 項第 2 号ホ）

下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（所員用エアロック付）の鏡板における，内圧に対する必要板厚の算出式を以下に示し，計算結果を表 3－10 に示す。

これより，下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（所員用エアロック付）の鏡板は告示第５０１号の条件を満足している。

$$t_{R2}=\frac{P\cdot D_i}{4\cdot S\cdot \eta-0.4\cdot P}$$

表 3－10　下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（所員用エアロック付）の板厚計算結果（鏡板）

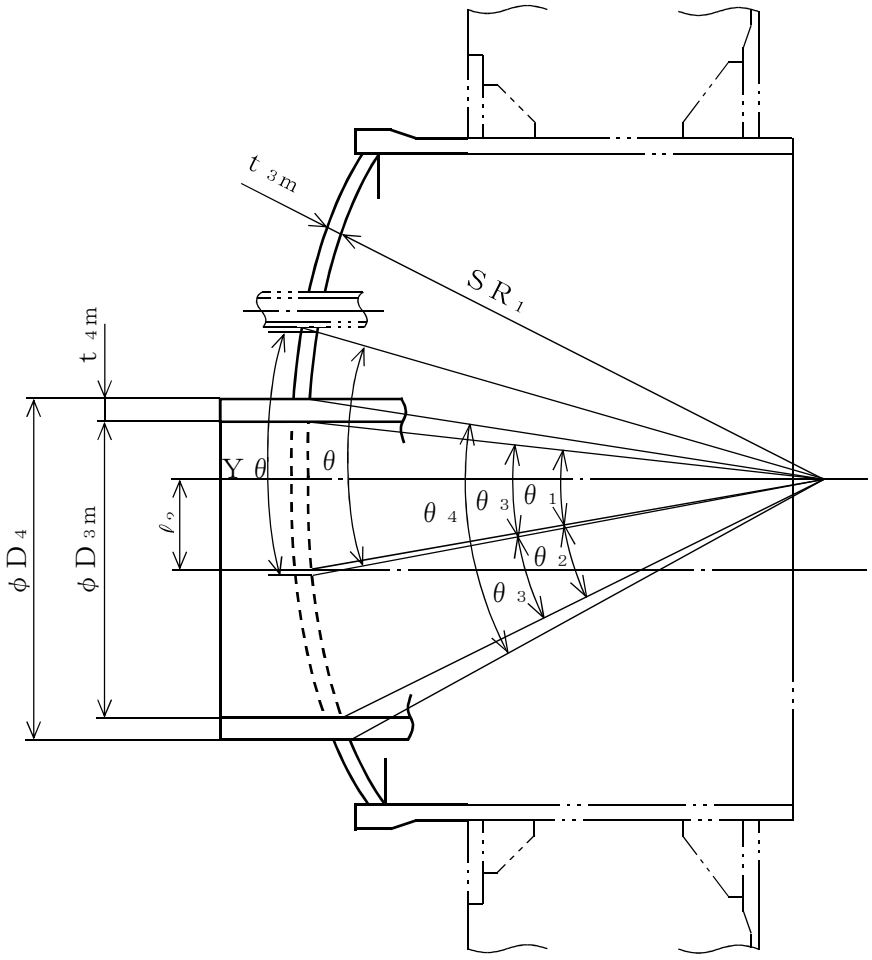
鏡板名称			鏡板
材料			[redacted]
最高使用圧力	P	(MPa)	0.715*1
最高使用温度		(℃)	200
胴の内径	$D_i=2\cdot R_1$	(mm)	[redacted]
許容引張応力	S*2	(MPa)	[redacted]
継手効率	η		1.00
継手の種類			継手無し
放射線検査の有無			―
必要厚さ	t_{R1}	(mm)	3.0
必要厚さ	t_{R2}	(mm)	7.1
t_{R1}，t_{R2}の大きい値	t_R	(mm)	7.1
呼び厚さ	t_{co}	(mm)	[redacted]
最小厚さ	t_c	(mm)	[redacted]
評価：$t_c \geqq t_R$，よって十分である。			

注記＊1：最高使用圧力には没水時の水頭圧を含む。

＊2：Ｓは 0.6・Ｓｕとする。

(4)　穴の補強計算

アクセストンネル鏡板と所員用エアロックとの結合部の形状及び寸法を図3－7に示す。



D3m＝［　　］　D4＝［　　］　ℓ2＝［　　］

R1＝［　　］　t 3m＝［　　］(最小厚さ)　t 4m＝［　　］(最小厚さ)

θ　＝［　　］rad（貫通部穴との取り合いによる有効範囲）

θ1＝［　　］rad　θ2＝［　　］rad

θ3＝（θ1＋θ2）／2＝（［　　］）／2＝［　　］rad

θ4＝［　　］rad

図3－7　結合部の形状及び寸法（単位：mm）

a.　穴の補強計算

(a)　補強に必要な面積（告示第５０１号第 22 条第 8 項第 1 号ハ（ロ））

$A_R = D \cdot \theta_3 \cdot t_{sr}$

ここに，

$D = 2 \cdot R_1$

t_{sr}：アクセストンネル鏡板の計算上必要な厚さ

(b)　補強に有効な範囲（告示第５０１号第 22 条第 8 項第 1 号イ）

イ．　胴板の面に沿う範囲Y

Yは，次の計算式により求めた値のうちいずれか大きいもの。

$Y_1 = D \cdot \theta_3$

$Y_2 = \dfrac{D \cdot \theta_3}{2} + t_{3m} + t_{4m}$

ここで，アクセストンネルスリーブによる有効範囲の制限を考慮して，図 3－7 より補強に有効な範囲は$Y\theta$とする。

$Y\theta = \dfrac{D}{2} \cdot \theta$

ロ．　胴板の面に垂直な範囲H

Hは，次の計算式により求めた値のうちいずれか大きいもの。

$H_1 = 0.5 \cdot \sqrt{r_m \cdot t_{4m}}$

$H_2 = 2.5 \cdot t_{4m}$

ここに，r_m：所員用エアロックの平均半径

$= (D_{3m} + t_{4m}) / 2$

(c)　補強に有効な面積（告示第５０１号第 22 条第 8 項第 1 号ロ）

$A_1 = (t_{3m} - t_{sr}) \cdot (2 \cdot Y\theta - D \cdot \theta_3)$

ここに，t_{sr}：アクセストンネル鏡板の計算上必要な厚さ

$A_2 = 2 \cdot (t_{4m} - t_{nr}) \cdot H_o$

ここに，t_{nr}：所員用エアロック外側円筒胴の計算上必要な厚さ（V-3-3-6-1-3-1「所員用エアロックの基本板厚計算書」3.2（2）項参照）

$A_3 = 2 \cdot (t_{4m} - t_{nr}) \cdot H_i$

ここに，t_{nr}：所員用エアロック内側円筒胴の計算上必要な厚さ（V-3-3-6-1-3-1「所員用エアロックの基本板厚計算書」3.2（3）項参照）

$A_0 = A_1 + A_2 + A_3$

(d) 結論

穴の補強の計算結果を表3－11に示す。

これより，アクセストンネル鏡板と所員用エアロックとの結合部の穴の補強は十分である。

表3－11　穴の補強計算結果

部材名称			アクセストンネル鏡板と所員用エアロックとの結合部
材料			[redacted]
最高使用圧力	P	(MPa)	0.715*1
最高使用温度		(℃)	200
鏡板の内径	$D_i=2\cdot R_1$	(mm)	[redacted]
鏡板の計算上必要な厚さ	t_{sr}	(mm)	[redacted]
円筒胴の計算上必要な厚さ	t_{nr}	(mm)	（外側）3.4 （内側）20.1*2
穴の補強に必要な面積	A_R	(mm^2)	1.74×10^4
補強の有効範囲	Y_1	(mm)	[redacted]
補強の有効範囲	Y_2	(mm)	[redacted]
補強の有効範囲	Y	(mm)	[redacted]
補強の有効範囲	$Y\theta$	(mm)	[redacted]
補強の有効範囲	H_1	(mm)	[redacted]
補強の有効範囲	H_2	(mm)	[redacted]
補強の有効範囲	H	(mm)	[redacted]
補強の有効範囲（外側）	H_o	(mm)	[redacted]
補強の有効範囲（内側）	H_i	(mm)	[redacted]
鏡板の有効補強面積	A_1	(mm^2)	1.47×10^4
円筒胴の有効補強面積（外側）	A_2	(mm^2)	2.06×10^4
円筒胴の有効補強面積（内側）	A_3	(mm^2)	1.51×10^4
補強に有効な総面積	A_0	(mm^2)	5.04×10^4
補強：$A_0>A_R$，よって十分である。			

注記＊1：最高使用圧力には没水時の水頭圧を含む。

＊2：内側の必要厚さは内圧及び外圧による値の大きい方とする。

b.　補強に有効な面積の制限（告示第５０１号第 22 条第 8 項第 5 号）

(a)　穴の中心線の両側に必要な補強面積

$$A_{R1}=\frac{A_R}{2}$$

(b)　穴の中心線の両側に有効な面積

$$A_{01}=\frac{A_0}{2}$$

(c)　結論

穴の中心線の両側の補強に対する制限の確認結果を表 3－12 に示す。

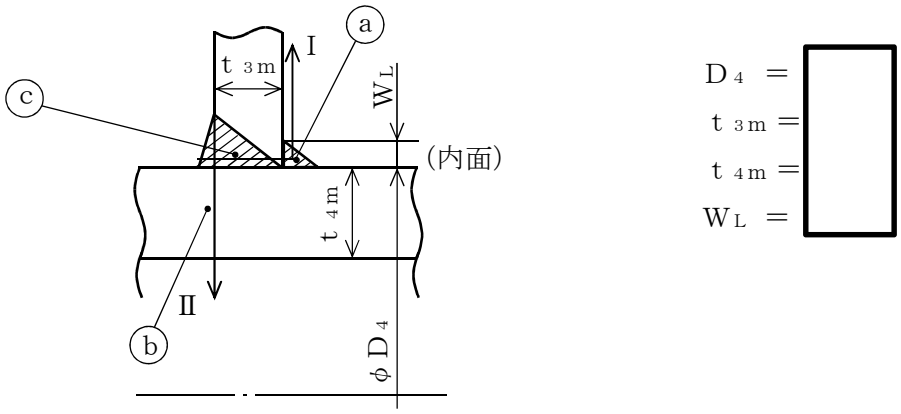
これより，穴の中心線の両側の補強に対する制限を満足している。

表 3－12　穴の中心線の両側の補強に対する制限

部材名称			アクセストンネル鏡板と所員用エアロックとの結合部
穴の補強に必要な面積	A_R	(mm^2)	1.74×10^4
穴の中心線の両側に必要な補強面積	A_{R1}	(mm^2)	8.70×10^3
補強に有効な総面積	A_0	(mm^2)	5.04×10^4
穴の中心線の両側に有効な面積	A_{01}	(mm^2)	2.52×10^4
評価：$A_{01}>A_{R1}$，よって十分である。			

c.　強め材取付部の強さ（告示第５０１号第 22 条第 8 項第 8 号及び第 9 号）

所員用エアロック取付部の形状及び寸法を図 3－8 に示す。



注 1：斜線部は，溶接部を示す。

注 2：Ⅰ，Ⅱは，破断形式を示す。

図 3－8　所員用エアロック取付部の形状及び寸法（単位：mm）

(a)　強め材取付部の必要強さ

次の 2 式のうちいずれか小さい方の値

$W_{R1}=(A_1+A_2+A_3)\cdot S$

$W_{R2}=(t_{sr}\cdot R_1\cdot \theta_4-A_1)\cdot S$

ここで，Ｓは 0.6・Ｓｕとする。

(b)　強め材取付部の単位面積当たりの強さ

すみ肉溶接のせん断　　$S_{NW}=0.49\cdot S$

突合せ溶接の引張り　　$S_{TW}=0.74\cdot S$

管台壁のせん断　　$S_{NS}=0.70\cdot S$

ここで，Ｓは 0.6・Ｓｕとする。

(c)　強め材取付部の強さ

a 部：$F_{WA}=\frac{\pi}{2}\cdot D_4\cdot W_L\cdot S_{NW}$

b 部：$F_{WB}=\frac{\pi}{2}\cdot (D_4-t_{4m})\cdot t_{4m}\cdot S_{NS}$

c 部：$F_{WC}=\frac{\pi}{2}\cdot D_4\cdot t_{3m}\cdot S_{TW}$

(d)　強め材取付部の有効強さ

破断形式Ⅰ

$W_1=F_{WA}+F_{WC}$

破断形式Ⅱ

$W_2=F_{WB}$

K7 ① V-3-3-6-1-1-3 R1

(e) 結論

強め材取付部の強さの計算結果を表 3－13 に示す。

これより，アクセストンネル鏡板と所員用エアロック取付部との結合部の強め材取付部の強さは十分である。

表 3－13　強め材取付部の強さの計算結果

部材名称			アクセストンネル鏡板と所員用エアロックとの結合部の強め材取付部
溶接部にかかる荷重	W_{R1}	(N)	[redacted]
溶接部にかかる荷重	W_{R2}	(N)	9.16×10^{5}
溶接部の負うべき荷重	W_{R}	(N)	9.16×10^{5}
すみ肉溶接の許容せん断応力	S_{NW}	(MPa)	[redacted]
突合せ溶接の引張応力	S_{TW}	(MPa)	
管台壁の許容せん断応力	S_{NS}	(MPa)	
応力除去の有無			有り
破断形式Ⅰの有効強さ	W_{1}	(N)	3.51×10^{7}
破断形式Ⅱの有効強さ	W_{2}	(N)	4.52×10^{7}
評価：$W_{1}\geqq W_{R}$，$W_{2}\geqq W_{R}$ 以上より十分である。			

Ⅴ-3-3-6-1-1-4　ドライウェル上鏡の強度計算書

目　　次

1.　概要 ····· 1
2.　一般事項 ····· 1
2.1　構造計画 ····· 1
2.2　評価方針 ····· 3
2.3　適用基準 ····· 4
2.4　記号の説明 ····· 5
2.5　計算精度と数値の丸め方 ····· 6
3.　評価部位 ····· 7
4.　強度評価 ····· 9
4.1　強度評価方法 ····· 9
4.2　荷重の組合せ及び許容応力 ····· 9
4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 9
4.2.2　許容応力 ····· 9
4.2.3　使用材料の許容応力評価条件 ····· 9
4.2.4　設計荷重 ····· 14
4.3　計算方法 ····· 14
4.4　計算条件 ····· 16
4.5　応力の評価 ····· 16
5.　評価結果 ····· 17
5.1　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 17
6.　参照図書 ····· 20

1. 概要

本計算書は，ドライウェル上鏡の強度計算書である。

ドライウェル上鏡は，設計基準対象施設のドライウェル上鏡を重大事故等クラス２容器として兼用する機器である。

以下，重大事故等クラス２容器として，Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びⅤ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」に基づき，ドライウェル上鏡の強度評価を示す。ただし，主フランジ部の強度評価についてはⅤ-3-3-6-1-1-5「ドライウェル主フランジの強度計算書」に示す。

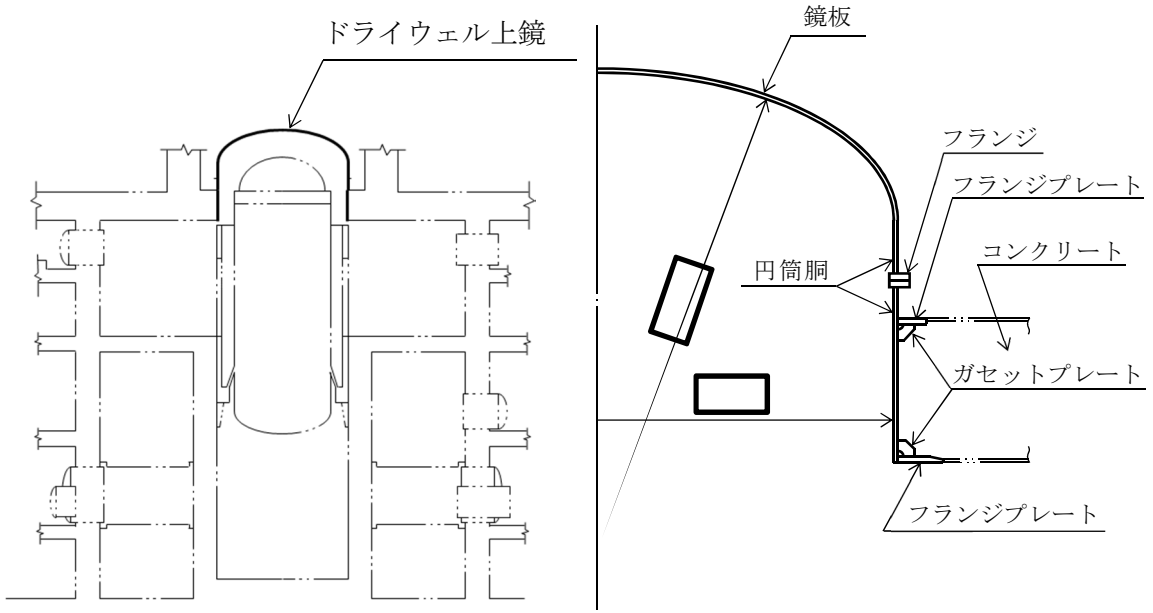
なお，本計算書においては，重大事故等時における荷重に対して，平成 4 年 3 月 27 日付け 3 資庁第 13034 号にて認可された工事計画の添付書類（参照図書(1)）（以下「既工認」という。）に示す手法に従い強度評価を行う。

2. 一般事項

2.1 構造計画

ドライウェル上鏡の構造計画を表 2－1 に示す。

表 2－1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
ドライウェル上鏡は原子炉格納容器コンクリート部に支持される。 ドライウェル上鏡は，原子炉建屋と一体構造となっており，鉛直方向荷重及び水平方向荷重は，原子炉格納容器トップスラブ部，原子炉格納容器シェル部あるいは原子炉格納容器底部を介して原子炉建屋に伝達させる。	内径□mm，板厚□mmの円筒胴及び板厚□mmの鏡板で構成される鋼製構造物である。 原子炉格納容器埋込部には，フランジプレート及びガセットプレートを備える。また，上鏡と円筒胴部はフランジにて接合される。	 ドライウェル上鏡　詳細図

（単位：mm）

2.2　評価方針

ドライウェル上鏡の応力評価は，Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びⅤ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「3.　評価部位」にて設定する箇所において重大事故等時における温度，圧力による応力等が許容限界内に収まることを，「4.　強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5.　評価結果」に示す。

ドライウェル上鏡の強度評価フローを図 2－1 に示す。

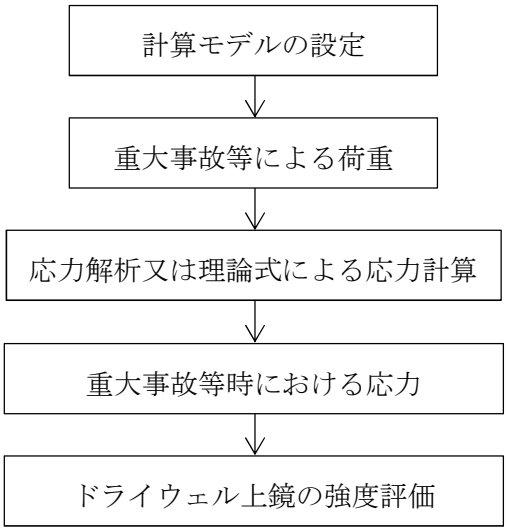


図 2－1　ドライウェル上鏡の強度評価フロー

2.3　適用基準

適用基準を以下に示す。

(1)　発電用原子力設備に関する構造等の技術基準（昭和 55 年 10 月 30 日　通商産業省告示第５０１号）（以下「告示第５０１号」という。）

(2)　コンクリート製原子炉格納容器に関する構造等の技術基準（平成2年10月22日　通商産業省告示第４５２号）（以下「告示第４５２号」という。）

2.4　記号の説明

記号	記号の説明	単位
D	死荷重	—
D_1	内径	mm
f_b	許容曲げ応力度	MPa
f_c	許容圧縮応力度	MPa
f_p	許容支圧応力度	MPa
f_s	許容せん断応力度	MPa
f_t	許容引張応力度	MPa
F_c	コンクリートの設計基準強度	kg/cm^2, N/mm^2
ℓ_i	長さ（ｉ＝1，2，3…）	mm
L	活荷重	—
M_{SA}	機械的荷重（ＳＡ後機械的荷重）	—
P_{SA}	圧力（ＳＡ後圧力）	kPa
R_i	半径（ｉ＝1，2）	mm
R_{SA}	配管荷重（ＳＡ後配管荷重）	—
S	許容引張応力	MPa
S_u	設計引張強さ	MPa
S_y	設計降伏点	MPa
S_y（ＲＴ）	40℃における設計降伏点	MPa
t_i	厚さ（ｉ＝1，2）	mm
T_{SA}	温度（ＳＡ後温度）	℃

2.5　計算精度と数値の丸め方

精度は，有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表2－2に示すとおりとする。

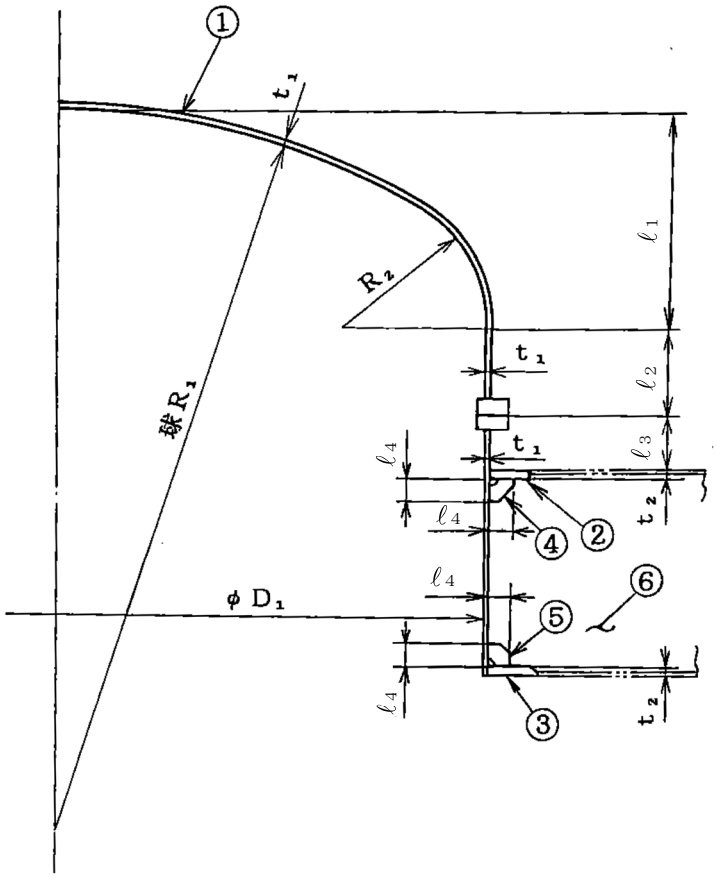
表 2－2　表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
最高使用圧力	kPa	―	―	整数位
温度	℃	―	―	整数位
許容応力*	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位
算出応力	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位

注記＊：告示第５０１号別表に記載された温度の中間における許容引張応力，設計降伏点及び設計引張強さは，比例法により補間した値の小数点以下第 2 位を切り捨て，小数点以下第 1 位までの値として算出する。得られた値を SI 単位に換算し，SI 単位に換算した値の小数点以下第 1 位を切り捨てて整数化する。

3. 評価部位

ドライウェル上鏡の形状及び主要寸法を図3－1に，使用材料及び使用部位を表3－1に示す。



①ドライウェル上鏡シェル　②フランジプレート（上側）　③フランジプレート（下側）
④ガセットプレート（上側）　⑤ガセットプレート（下側）　⑥コンクリート部

D_1＝　　ℓ_1＝　　ℓ_2＝　　ℓ_3＝　　ℓ_4＝

R_1＝　　R_2＝　　t_1＝　　t_2＝

（単位：mm）

図3－1　ドライウェル上鏡の形状及び主要寸法

表 3－1　使用材料表

使用部位	使用材料	備考
ドライウェル上鏡シェル	[redacted]	[redacted]
フランジプレート（上側）	[redacted]	[redacted]
フランジプレート（下側）	[redacted]	[redacted]
ガセットプレート（上側）	[redacted]	[redacted]
ガセットプレート（下側）	[redacted]	[redacted]
コンクリート部	コンクリート（F_c＝330kg/cm^2）	F_c＝32.4N/mm^2

4.　強度評価

4.1　強度評価方法

(1)　ドライウェル上鏡は，円筒胴が原子炉格納容器コンクリート部に支持された構造であり，荷重は原子炉格納容器コンクリートを介して原子炉建屋に伝達される。

ドライウェル上鏡の強度評価として，Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」において設定された荷重を用いて，参照図書(1)に示す既工認の手法に従い強度評価を行う。

(2)　強度評価に用いる寸法は，公称値を用いる。

4.2　荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

ドライウェル上鏡の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－1 に示す。

詳細な荷重の組合せは，Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」に従い，対象機器の設置位置等を考慮し決定する。なお，考慮する荷重の組合せは，組み合わせる荷重の大きさを踏まえ，評価上厳しくなる組合せを選定する。

4.2.2　許容応力

ドライウェル上鏡の許容応力及び許容応力度は，Ⅴ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」に基づき，表 4－2～表 4－4 に示すとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

ドライウェル上鏡の使用材料の許容応力評価条件のうち，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－5 に示す。

表 4－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	機器等の区分	荷重の組合せ*1，*2		許容応力状態*1 ＜荷重状態＞
原子炉格納施設	原子炉格納容器	ドライウェル上鏡	重大事故等クラス２容器	Ｄ＋Ｐ$_{SA}$＋Ｍ$_{SA}$ ＜Ｄ＋Ｌ＋Ｐ$_{SA}$＋Ｒ$_{SA}$＞	(Ⅴ(S)-1) (Ⅴ(S)-2) (Ⅴ(S)-3)	重大事故等時*3 ＜重大事故等時＞

注記＊1：告示第４５２号による場合は，＜　＞内の荷重状態及び荷重の組合せを適用する。

＊2：（　）内はⅤ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」における表5－4の荷重の組合せのNo.を示す。

＊3：重大事故等時としてⅣ$_A$（＜Ⅳ＞）の許容限界を用いる。

表4－2　許容応力（第２種容器）

応力分類 許容 応力状態	一次一般膜応力	一次膜応力＋一次曲げ応力
重大事故 等時*	構造上の連続な部分は0.6・Ｓｕ，不連続な部分はＳｙと0.6・Ｓｕの小さい方。ただし，オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については，構造上の連続な部分は2・Ｓと0.6・Ｓｕの小さい方，不連続な部分は1.2・Ｓとする。	左欄の 1.5倍の値

注記＊：重大事故等時としてⅣ$_A$の許容限界を用いる。

表4－3　ライナプレート，ライナアンカ等の許容応力度

荷重状態＼応力分類	ライナプレート，ライナアンカ等*1										ボルト等	
	一次応力					一次＋二次応力					一次応力	
	引張り	せん断	圧縮	曲げ	支圧	引張り／圧縮	せん断	曲げ	支圧	座屈	引張り	せん断
重大事故等時*2	1.5・f_t*	1.5・f_s*	1.5・f_c*	1.5・f_b*	1.5・f_p*	―	―	―	―	―	1.5・f_t*	1.5・f_s*

注：本表の対象部としては，貫通部のフランジプレート，ガセットプレート等が該当する。

注記＊1：鋼構造設計規準（日本建築学会 1973 改定）等の幅厚比の制限を満足させる。

＊2：重大事故等時としてⅣの許容限界を用いる。

表4－4　コンクリート部の許容応力度

荷重状態＼応力分類	コンクリート部　（単位：kg/cm^2）	
	圧縮応力度	せん断応力度
重大事故等時*	0.85・F_c	次の二つの計算式のうちいずれかf_sの値の小さい方の1.5倍の値 $f_s = \left(\frac{F_c}{30}\right)$ $f_s = \left(5 + \frac{F_c}{100}\right)$

注記＊：重大事故等時としてⅣの許容限界を用いる。

表 4－5　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S (MPa)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
ドライウェル上鏡円筒胴，フランジプレート及びガセットプレート	[redacted]	周囲環境温度	200	―	[redacted]	[redacted]	―

注記＊：[redacted]

4.2.4　設計荷重

(1)　重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度

重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度は，以下のとおりとする。

内圧P_{SA}	620kPa（ＳＡ後）
温度T_{SA}	200℃（ＳＡ後）

4.3　計算方法

ドライウェル上鏡の応力評価点は，ドライウェル上鏡を構成する部材の形状及び荷重伝達経路を考慮し，発生応力が大きくなる部位を選定する。選定した応力評価点を表 4－6 及び図 4－1 に示す。

応力計算方法は既工認から変更はなく，参照図書(1)に示すとおりである。

評価の概要を以下に示す。

応力評価点 P1～P7 は既工認の各荷重による応力を比倍（圧力比等）し評価する。

表 4－6　応力評価点

応力評価点番号	応力評価点
Ｐ１	上鏡球殻部とナックル部の結合部
Ｐ２	上鏡円筒胴のフランジプレートとの結合部
Ｐ３	フランジプレート（上側）
Ｐ４	フランジプレート（下側）
Ｐ５	ガセットプレート（上側）
Ｐ６	ガセットプレート（下側）
Ｐ７	コンクリート部

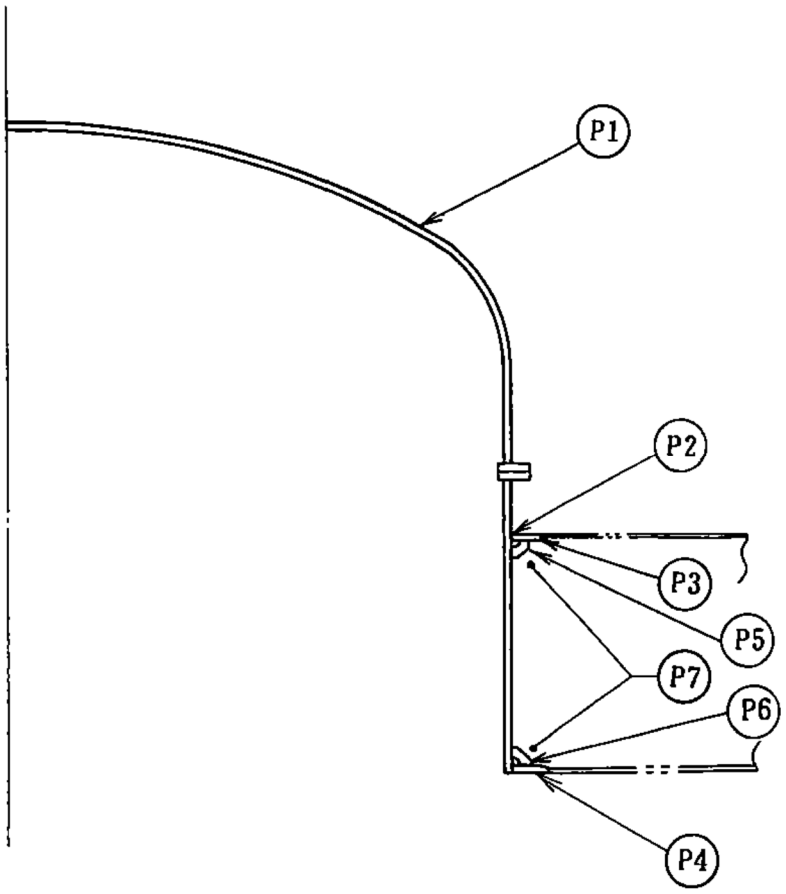


図 4－1　ドライウェル上鏡の応力評価点

4.4　計算条件

応力計算に用いる荷重を，「4.2　荷重の組合せ及び許容応力」に示す。

応力評価に用いる荷重の組合せは，表 4－1 に記載の組合せのうち評価上最も厳しくなる V(S)-1 とする。

4.5　応力の評価

「4.3　計算方法」で求めた応力が許容応力以下であること。

5.　評価結果

5.1　重大事故等対処設備としての評価結果

ドライウェル上鏡の重大事故等時の状態を考慮した場合の強度評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足している。

(1)　強度評価結果

強度評価結果を表 5－1 に示す。

表5－1　重大事故等時に対する評価結果（D＋P_{SA}＋M_{SA}）（その1）

評価対象設備	評価部位		応力分類	重大事故等時		判定	備考
				算出応力	許容応力		
				MPa	MPa		
ドライウェル上鏡	P1	上鏡球殻部とナックル部の結合部	一次膜応力＋一次曲げ応力	263		○	
	P2	上鏡円筒胴のフランジプレートとの結合部	一次膜応力＋一次曲げ応力	65		○	

表5－1　重大事故等時に対する評価結果（D＋P_{SA}＋M_{SA}）（その2）

評価対象設備	評価部位		応力分類	重大事故等時		判定	備考
				算出応力	許容応力		
				MPa	MPa		
ドライウェル上鏡	P3	フランジプレート（上側）	曲げ応力度	10		○	
			せん断応力度	2		○	
	P4	フランジプレート（下側）	曲げ応力度	206		○	
			せん断応力度	34		○	
	P5	ガセットプレート（上側）	せん断応力度	4		○	
	P6	ガセットプレート（下側）	せん断応力度	87		○	
	P7	コンクリート部（フランジプレート上側近傍）	圧縮応力度	0.8	27.5	○	単位：N/mm^2
		コンクリート部（フランジプレート下側近傍）	圧縮応力度	16.5	27.5	○	単位：N/mm^2

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部は告示第４５２号による評価を示す。

6. 参照図書

(1) 柏崎刈羽原子力発電所第７号機　第２回工事計画認可申請書
Ⅳ-3-4-1-4「ドライウェル上鏡の強度計算書」

Ⅴ-3-3-6-1-1-5　ドライウェル主フランジの強度計算書

目　　次

1.　概要 ····· 1
2.　一般事項 ····· 1
2.1　構造計画 ····· 1
2.2　評価方針 ····· 3
2.3　適用基準 ····· 4
2.4　記号の説明 ····· 5
2.5　計算精度と数値の丸め方 ····· 6
3.　評価部位 ····· 7
4.　強度評価 ····· 9
4.1　強度評価方法 ····· 9
4.2　荷重の組合せ及び許容応力 ····· 9
4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 9
4.2.2　許容応力 ····· 9
4.2.3　使用材料の許容応力評価条件 ····· 9
4.2.4　設計荷重 ····· 13
4.3　計算方法 ····· 14
4.4　計算条件 ····· 15
4.5　応力の評価 ····· 15
5.　評価結果 ····· 16
5.1　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 16
6.　参照図書 ····· 18

1. 概要

本計算書は，ドライウェル主フランジの強度計算書である。

ドライウェル主フランジは，設計基準対象施設のドライウェル主フランジを重大事故等クラス２容器として兼用する機器である。

以下，重大事故等クラス２容器として，Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びⅤ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」に基づき，ドライウェル主フランジの強度評価を示す。

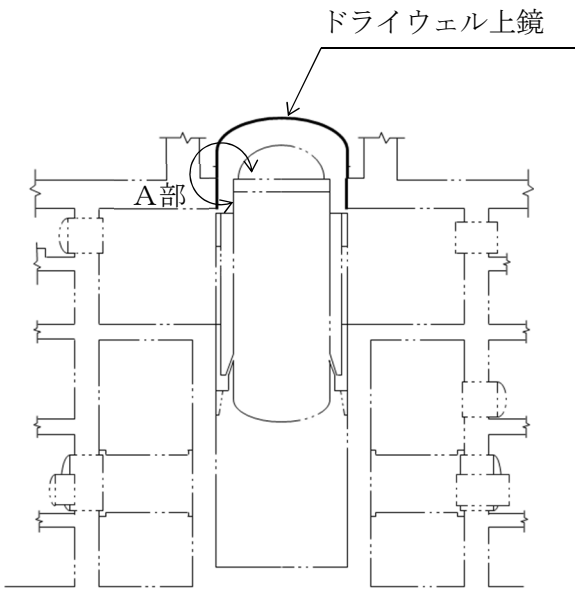
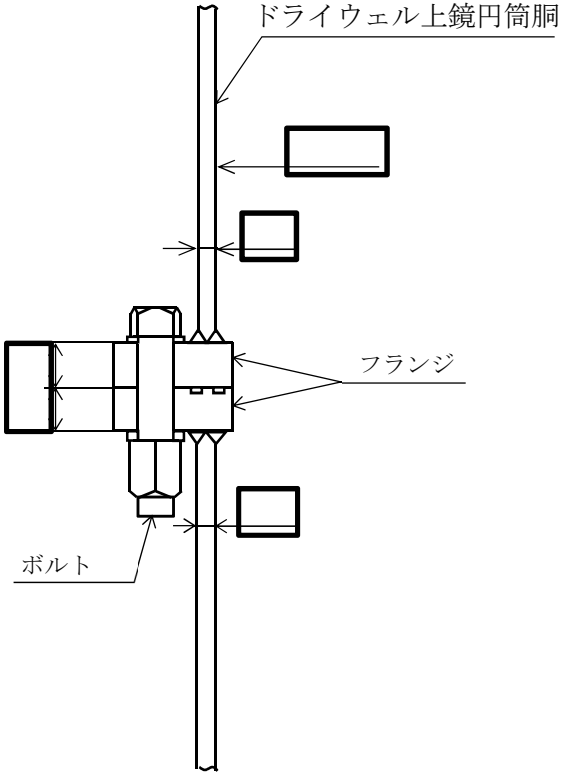
なお，本計算書においては，重大事故等時における荷重に対して，平成 4 年 3 月 27 日付け 3 資庁第 13034 号にて認可された工事計画の添付書類（参照図書(1)）（以下「既工認」という。）に示す手法に従い強度評価を行う。

2. 一般事項

2.1 構造計画

ドライウェル主フランジの構造計画を表 2－1 に示す。

表 2－1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
ドライウェル主フランジはドライウェル上鏡円筒胴に支持される。 ドライウェル主フランジに作用する，鉛直方向荷重及び水平方向荷重は，ドライウェル上鏡円筒胴を介して，トップスラブ部に伝達させる。	ドライウェル主フランジは，内径［　　］mm，板厚［　］mm のドライウェル上鏡円筒胴に取り付けられる，板厚［　］mm の鋼製構造物である。	  A部詳細図 （ドライウェル主フランジ詳細） （単位：mm）

2.2　評価方針

ドライウェル主フランジの応力評価は，Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びⅤ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「3.　評価部位」にて設定する箇所において重大事故等時における温度，圧力による応力等が許容限界内に収まることを，「4.　強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5.　評価結果」に示す。

ドライウェル主フランジの強度評価フローを図2－1に示す。

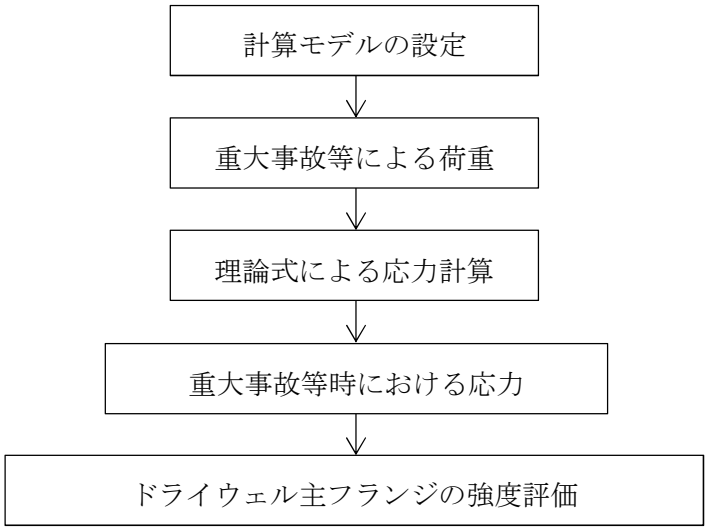


図2－1　ドライウェル主フランジの強度評価フロー

2.3　適用基準

適用基準を以下に示す。

(1)　発電用原子力設備に関する構造等の技術基準（昭和55年10月30日　通商産業省告示第５０１号）（以下「告示第５０１号」という。）

2.4　記号の説明

記号	記号の説明	単位
A	フランジ外径	mm
B	フランジ内径	mm
C	ボルト中心円直径	mm
D	死荷重，ボルト穴直径	—，mm
g_0	ハブ先端の厚さ	mm
g_1	フランジ背面のハブの厚さ	mm
G	ガスケット平均直径	mm
G_i	内側ガスケット直径	mm
G_o	外側ガスケット直径	mm
M_{SA}	機械的荷重（ＳＡ後機械的荷重）	—
P_{SA}	圧力（ＳＡ後圧力）	kPa
R	ボルト中心円からハブとフランジ背面の交点までの半径方向の距離	mm
S	許容引張応力	MPa
S_u	設計引張強さ	MPa
S_y	設計降伏点	MPa
S_y（ＲＴ）	40℃における設計降伏点	MPa
t	フランジの厚さ	mm
T_{SA}	温度（ＳＡ後温度）	℃
σ_{H1}	円筒胴のフランジとの結合部の軸方向応力	MPa
σ_{H2}	円筒胴のフランジとの結合部の周方向応力	MPa
σ_R	フランジの半径方向応力	MPa
$\sigma_{R'}$	ボルト中心円におけるフランジの半径方向応力	MPa
σ_T	フランジの周方向応力	MPa

2.5　計算精度と数値の丸め方

精度は，有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表2－2に示すとおりとする。

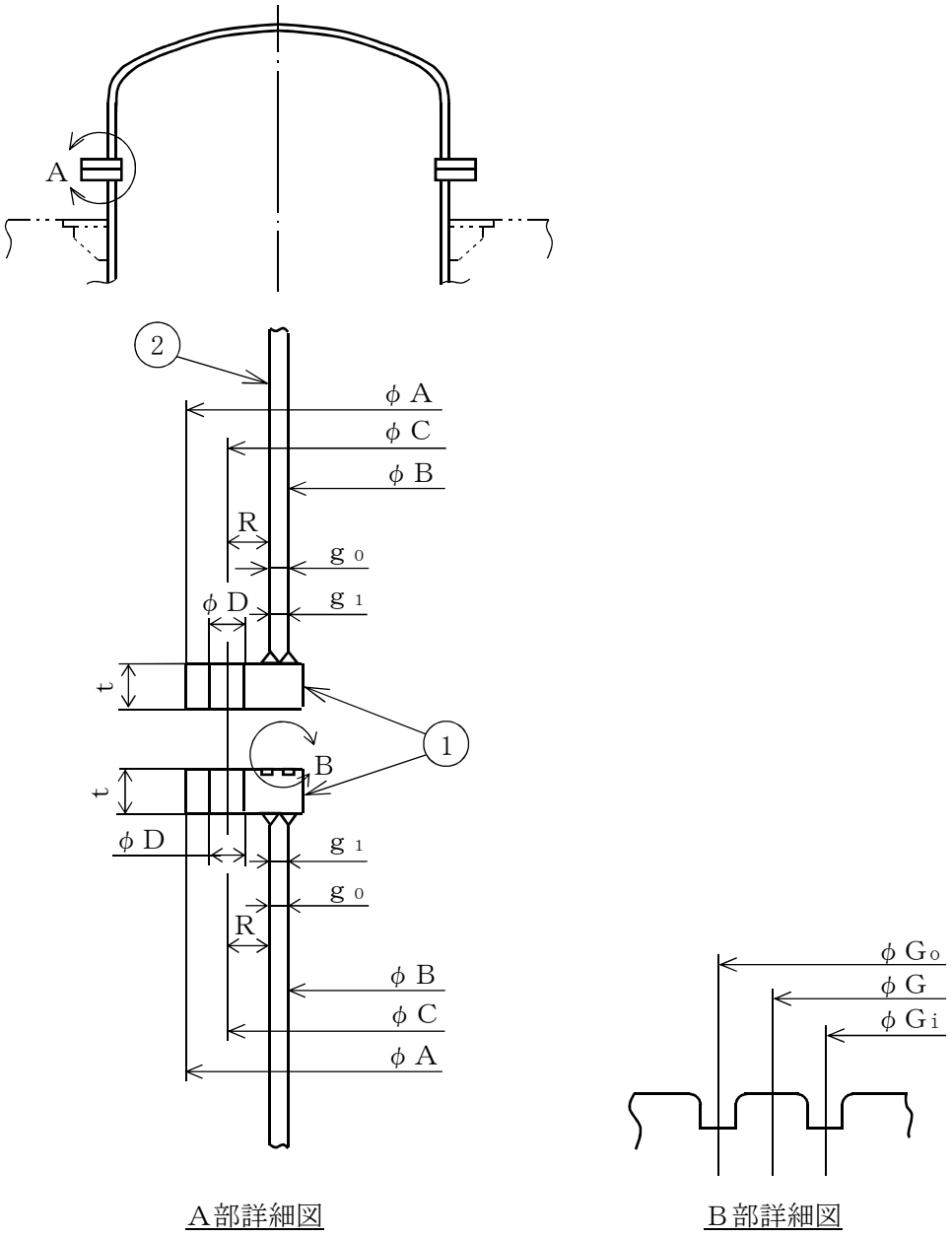
表 2－2　表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
最高使用圧力	kPa	―	―	整数位
温度	℃	―	―	整数位
許容応力*	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位
算出応力	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位

注記＊：告示第５０１号別表に記載された温度の中間における許容引張応力，設計降伏点及び設計引張強さは，比例法により補間した値の小数点以下第 2 位を切り捨て，小数点以下第 1 位までの値として算出する。得られた値を SI 単位に換算し，SI 単位に換算した値の小数点以下第 1 位を切り捨てて整数化する。

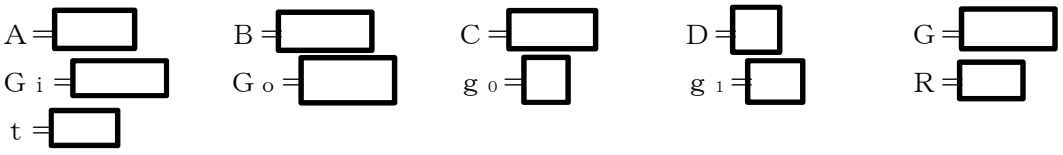
3. 評価部位

ドライウェル主フランジの形状及び主要寸法を図3－1に，使用材料及び使用部位を表3－1に示す。



A部詳細図　　B部詳細図

①フランジ　②ドライウェル上鏡円筒胴



ここに，$G=(G_i+G_o)/2$　　$R=(C-B)/2-g_1$

（単位：mm）

図3－1　ドライウェル主フランジの形状及び主要寸法

K7 ① V-3-3-6-1-1-5 R1

表 3－1　使用材料表

使用部位	使用材料	備考
フランジ	[redacted]	[redacted]
ボルト	[redacted]	

4. 強度評価

4.1 強度評価方法

(1) ドライウェル主フランジは，ドライウェル上鏡円筒胴に取り付けられた構造であり，荷重はトップスラブを介して原子炉建屋に伝達される。

ドライウェル主フランジの強度評価として，Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」において設定された荷重を用いて，参照図書(1)に示す既工認の手法に従い強度評価を行う。

(2) 強度評価に用いる寸法は，公称値を用いる。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

ドライウェル主フランジの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－1 に示す。

詳細な荷重の組合せは，Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」に従い，対象機器の設置位置等を考慮し決定する。なお，考慮する荷重の組合せは，組み合わせる荷重の大きさを踏まえ，評価上厳しくなる組合せを選定する。

4.2.2 許容応力

ドライウェル主フランジの許容応力は，Ⅴ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」に基づき表 4－2 及び表 4－3 に示すとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

ドライウェル主フランジの使用材料の許容応力評価条件のうち，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－4 に示す。

表 4－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	機器等の区分	荷重の組合せ*		許容応力状態
原子炉格納施設	原子炉格納容器	ドライウェル主フランジ	重大事故等クラス２容器	Ｄ＋Ｐ$_{SA}$＋Ｍ$_{SA}$	(Ⅴ(S)-1) (Ⅴ(S)-2) (Ⅴ(S)-3)	重大事故等時

注記＊：（　）内はⅤ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」における表5－4の荷重の組合せのNo.を示す。

表4－2　許容応力（第２種容器）

応力分類 許容 応力状態	一次一般膜応力	一次膜応力＋一次曲げ応力
重大事故 等時*	構造上の連続な部分は0.6・Ｓｕ，不連続な部分はＳｙと0.6・Ｓｕの小さい方。ただし，オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については，構造上の連続な部分は2・Ｓと0.6・Ｓｕの小さい方，不連続な部分は1.2・Ｓとする。	左欄の 1.5倍の値

注記＊：重大事故等時としてⅣ$_A$の許容限界を用いる。

表4－3　許容応力（第２種容器耐圧部テンションボルト）

応力分類 許容 応力状態	平均引張応力	平均引張応力＋曲げ応力
重大事故 等時*	2/3・Ｓｕ。ただし，オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については，2.4・Ｓと2/3・Ｓｕの小さい方とする。	左欄の 1.5倍の値

注記＊：重大事故等時としてⅣ$_A$の許容限界を用いる。

表4－4　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S (MPa)	Ｓｙ (MPa)	Ｓｕ (MPa)	Ｓｙ（ＲＴ） (MPa)
フランジ	[redacted]	周囲環境温度	200	―	[redacted]	[redacted]	―
ボルト	[redacted]	周囲環境温度	200	―	―	[redacted]	―

注記＊：[redacted]

4.2.4　設計荷重

(1)　重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度

重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度は，以下のとおりとする。

内圧P_{SA}	620kPa（ＳＡ後）
温度T_{SA}	200℃（ＳＡ後）

4.3　計算方法

ドライウェル主フランジの応力評価点は，ドライウェル主フランジを構成する部材の形状及び荷重伝達経路を考慮し，発生応力が大きくなる部位を選定する。選定した応力評価点を表 4－5 及び図 4－1 に示す。

応力計算方法は既工認から変更はなく，参照図書(1)に示すとおりである。

評価の概要を以下に示す。

応力評価点 P1～P2 は JIS B 8243-1981「圧力容器の構造」附属書２「フランジの応力計算方法」に基づいて評価する。

表 4－5　応力評価点

応力評価点番号	応力評価点
Ｐ１	フランジ
Ｐ２	ボルト

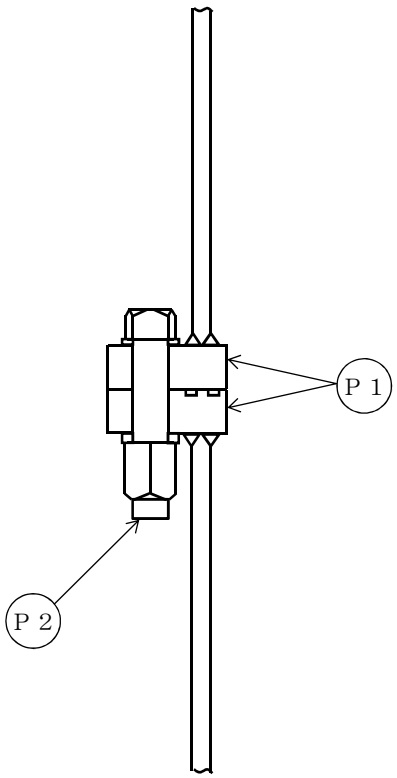


図 4－1　ドライウェル主フランジの応力評価点

4.4　計算条件

応力計算に用いる荷重を，「4.2　荷重の組合せ及び許容応力」に示す。

応力評価に用いる荷重の組合せは，表 4－1 に記載の組合せのうち評価上最も厳しくなる V(S)-1 とする。

4.5　応力の評価

「4.3　計算方法」で求めた応力が許容応力以下であること。

5. 評価結果

5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

ドライウェル主フランジの重大事故等時の状態を考慮した場合の強度評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足している。

(1) 強度評価結果

強度評価結果を表 5－1 に示す。

表 5－1　重大事故等時に対する評価結果（D＋P_{SA}＋M_{SA}）

評価対象設備	評価部位		応力分類			重大事故等時 算出応力 MPa	重大事故等時 許容応力 MPa	判定	備考
ドライウェル主フランジ	P1	フランジ	ボルト中心円におけるフランジの半径方向応力	σ_R'	接触面	193		○	
					背面	-193		○	
			フランジの半径方向応力	σ_R	接触面	4		○	
					背面	-7		○	
			フランジの周方向応力	σ_T	接触面	40		○	
					背面	20		○	
			円筒胴のフランジとの結合部の軸方向応力	σ_{H1}	内面	109		○	
					外面	25		○	
			円筒胴のフランジとの結合部の周方向応力	σ_{H2}	内面	72		○	
					外面	46		○	
			組合せ応力	(σ_H*＋σ_R')／2		151		○	
				(σ_H*＋σ_T)／2		75		○	
	P2	ボルト	平均引張応力			210		○	

注記＊：σ_Hはσ_{H1}とσ_{H2}のいずれか大きい値とする。

6. 参照図書

(1) 柏崎刈羽原子力発電所第７号機　第２回工事計画認可申請書
Ⅳ-3-4-1-5「ドライウェル主フランジの強度計算書」

Ⅴ-3-3-6-1-1-6　下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（所員用エアロック付）の強度計算書

目　次

1.　概要 …… 1
2.　一般事項 …… 1
2.1　構造計画 …… 1
2.2　評価方針 …… 3
2.3　適用基準 …… 3
2.4　記号の説明 …… 4
2.5　計算精度と数値の丸め方 …… 5
3.　評価部位 …… 6
4.　強度評価 …… 8
4.1　強度評価方法 …… 8
4.2　荷重の組合せ及び許容応力 …… 8
4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 …… 8
4.2.2　許容応力 …… 8
4.2.3　使用材料の許容応力評価条件 …… 8
4.2.4　設計荷重 …… 13
4.3　計算方法 …… 14
4.3.1　応力評価点 …… 14
4.3.2　解析モデル及び諸元 …… 16
4.3.3　応力計算方法 …… 18
4.4　計算条件 …… 18
4.5　応力の評価 …… 18
5.　評価結果 …… 19
5.1　重大事故等対処設備としての評価結果 …… 19
6.　参照図書 …… 22

1. 概要

本計算書は，下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（所員用エアロック付）の強度計算書である。

下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（所員用エアロック付）は，設計基準対象施設の下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（所員用エアロック付）を重大事故等クラス２容器として兼用する機器である。

以下，重大事故等クラス２容器として，Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びⅤ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」に基づき，下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（所員用エアロック付）の強度評価を示す。

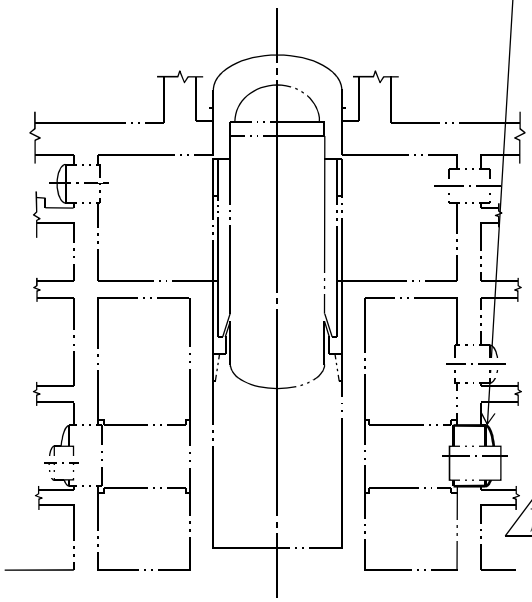
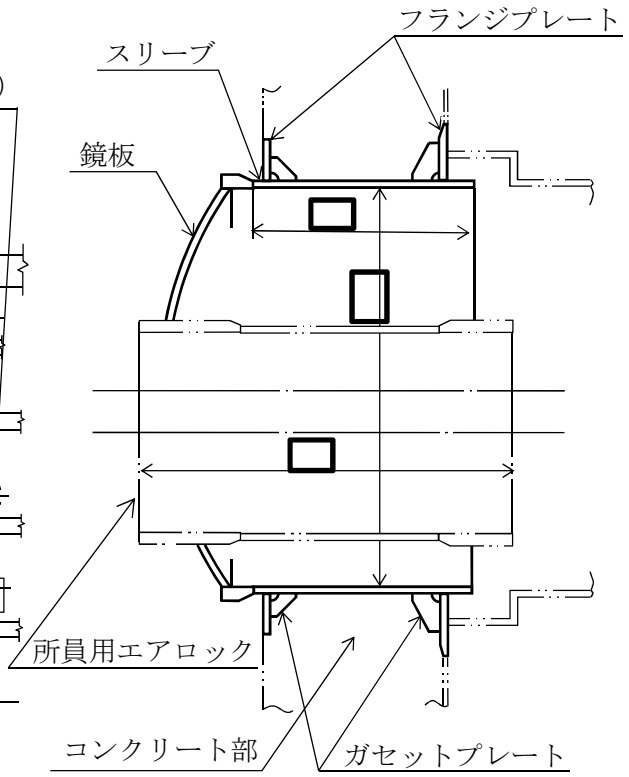
なお，本計算書においては，重大事故等時における荷重に対して，平成 4 年 3 月 27 日付け 3 資庁第 13034 号にて認可された工事計画の添付書類（参照図書(1)）（以下「既工認」という。）に示す手法に従い強度評価を行う。

2. 一般事項

2.1 構造計画

下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（所員用エアロック付）の構造計画を表 2－1 に示す。

表２－１　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（所員用エアロック付）は，原子炉格納容器コンクリート部に支持される。 下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（所員用エアロック付）は，原子炉格納容器と一体構造となっており，鉛直方向荷重及び水平方向荷重は，原子炉格納容器シェル部あるいは原子炉格納容器底部を介して原子炉建屋に伝達させる。	内径□mm，板厚□mmのスリーブ及び板厚□mmの鏡板で構成される鋼製構造物であり，鏡板には所員用エアロックが取り付けられる。 原子炉格納容器埋込部には，フランジプレート及びガセットプレートを備える。	下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（所員用エアロック付）   下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板 （所員用エアロック付）　拡大図 （単位：mm）

2.2　評価方針

下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（所員用エアロック付）の応力評価は，Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びⅤ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「3.　評価部位」にて設定する箇所において重大事故等時における温度，圧力による応力等が許容限界内に収まることを，「4.　強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5.　評価結果」に示す。

下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（所員用エアロック付）の強度評価フローを図2－1に示す。

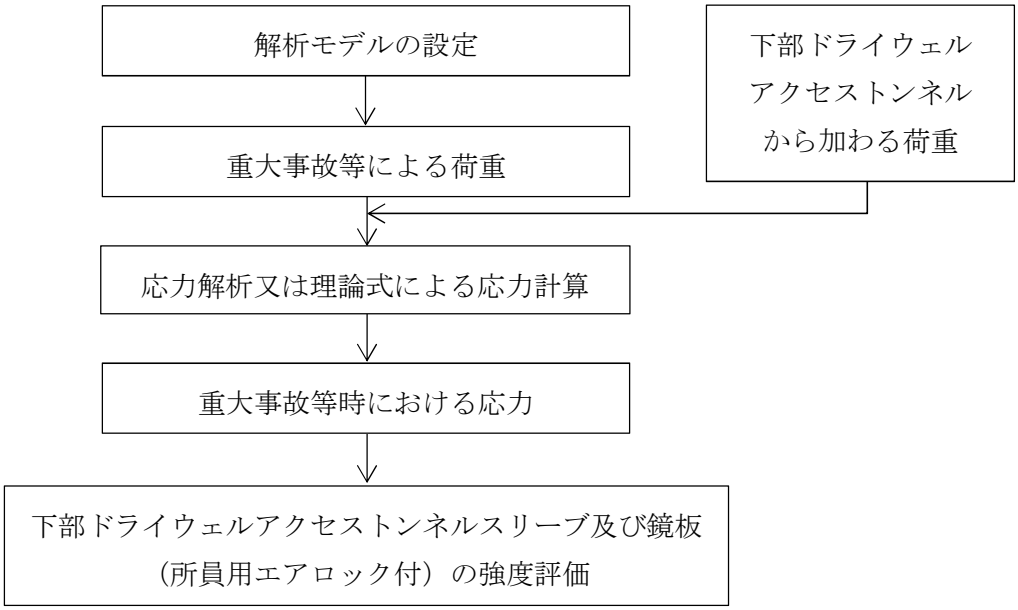


図2－1　下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板
（所員用エアロック付）の強度評価フロー

2.3　適用基準

適用基準を以下に示す。

(1)　発電用原子力設備に関する構造等の技術基準（昭和55年10月30日　通商産業省告示第５０１号）（以下「告示第５０１号」という。）

(2)　コンクリート製原子炉格納容器に関する構造等の技術基準（平成2年10月22日　通商産業省告示第４５２号）（以下「告示第４５２号」という。）

2.4　記号の説明

記号	記号の説明	単位
D	死荷重	—
D_i	直径	mm
E	縦弾性係数	MPa
f_b	許容曲げ応力度	MPa
f_c	許容圧縮応力度	MPa
f_p	許容支圧応力度	MPa
f_s	許容せん断応力度	MPa
f_t	許容引張応力度	MPa
F_c	コンクリートの設計基準強度	kg/cm^2, N/mm^2
ℓ_i	長さ（ｉ＝2，3，4）	mm
L	活荷重	—
m_i	質量（ｉ＝1，2，3…）	kg
M	曲げモーメント	N･mm
M_{SA}	機械的荷重（ＳＡ後機械的荷重）	—
N	軸力	N
P_{SA}	圧力（ＳＡ後圧力）	kPa
R_h	半径	mm
R_{SA}	配管荷重（ＳＡ後配管荷重）	—
S	許容引張応力	MPa
S_u	設計引張強さ	MPa
S_y	設計降伏点	MPa
S_y（ＲＴ）	40℃における設計降伏点	MPa
t_i	厚さ（ｉ＝1，2，3…）	mm
T	温度	℃
T_{SA}	温度（ＳＡ後温度）	℃
ν	ポアソン比	—

2.5　計算精度と数値の丸め方

精度は，有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表2－2に示すとおりとする。

表 2－2　表示する数値の丸め方

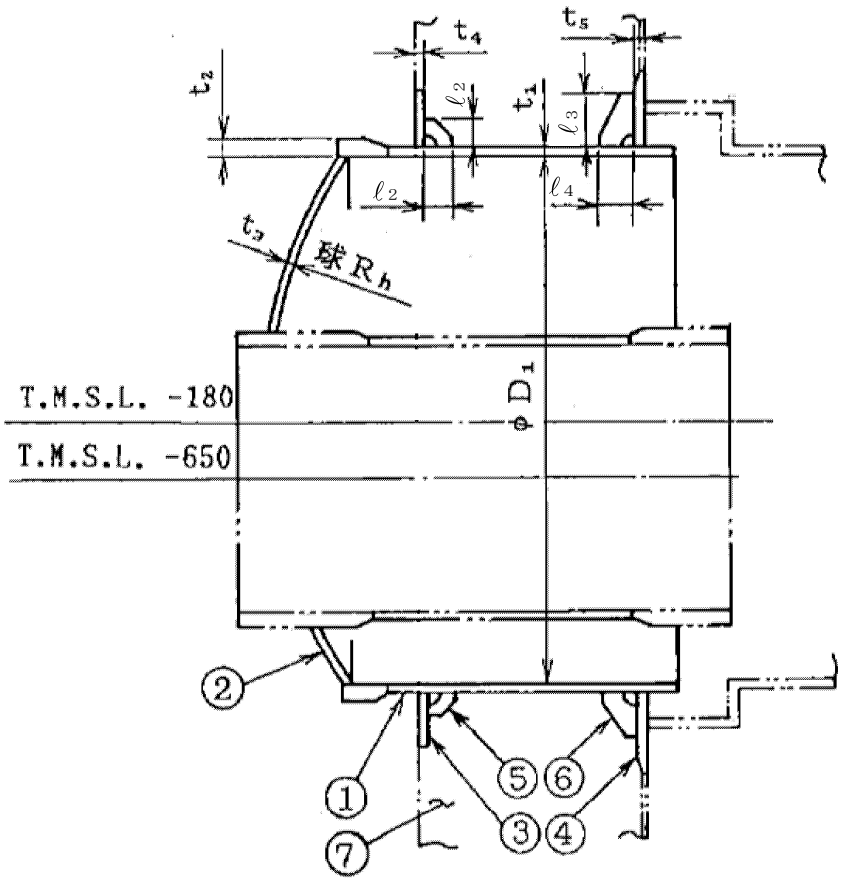
数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
最高使用圧力	kPa	―	―	整数位
温度	℃	―	―	整数位
許容応力*1	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位
算出応力	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
力	N	有効数字 4 桁目	四捨五入	有効数字 3 桁*2

注記＊1：告示第５０１号別表に記載された温度の中間における許容引張応力，設計降伏点及び設計引張強さは，比例法により補間した値の小数点以下第 2 位を切り捨て，小数点以下第 1 位までの値として算出する。得られた値を SI 単位に換算し，SI 単位に換算した値の小数点以下第 1 位を切り捨てて整数化する。

＊2：絶対値が 1000 以上のときはべき数表示とする。

3. 評価部位

下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（所員用エアロック付）の形状及び主要寸法を図3－1に，使用材料及び使用部位を表3－1に示す。



①スリーブ　②鏡板　③フランジプレート（外側）　④フランジプレート（内側）
⑤ガセットプレート（外側）　⑥ガセットプレート（内側）　⑦コンクリート部

D_1＝	ℓ_2＝	ℓ_3＝	ℓ_4＝	R_h＝
t_1＝	t_2＝	t_3＝	t_4＝	t_5＝

（単位：mm）

図3－1　下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板
（所員用エアロック付）の形状及び主要寸法

表 3－1　使用材料表

使用部位	使用材料	備考
スリーブ	[redacted]	[redacted]
鏡板	[redacted]	[redacted]
フランジプレート（外側）	[redacted]	[redacted]
フランジプレート（内側）	[redacted]	[redacted]
ガセットプレート（外側）	[redacted]	[redacted]
ガセットプレート（内側）	[redacted]	[redacted]
コンクリート部	コンクリート（F_c＝330kg/cm^2）	F_c＝32.4N/mm^2

4.　強度評価

4.1　強度評価方法

(1)　下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（所員用エアロック付）は，スリーブが原子炉格納容器コンクリート部に埋め込まれた構造であり，荷重は原子炉格納容器コンクリート部を介して原子炉建屋に伝達される。

下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（所員用エアロック付）の強度評価として，Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」において設定された荷重を用いて，参照図書(1)に示す既工認の手法に従い強度評価を行う。また，重大事故等対処設備としての評価においては，没水による水重量及び水頭圧を考慮する。

(2)　強度評価に用いる寸法は，公称値を用いる。

4.2　荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（所員用エアロック付）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－1 に示す。

詳細な荷重の組合せは，Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」に従い，対象機器の設置位置等を考慮し決定する。なお，考慮する荷重の組合せは，組み合わせる荷重の大きさを踏まえ，評価上厳しくなる組合せを選定する。

4.2.2　許容応力

下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（所員用エアロック付）の許容応力及び許容応力度は，Ⅴ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」に基づき表 4－2～表 4－4 に示すとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（所員用エアロック付）の使用材料の許容応力評価条件のうち，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－5 に示す。

表4－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	機器等の区分	荷重の組合せ*1, *2		許容応力状態*1 ＜荷重状態＞
原子炉格納施設	原子炉格納容器	下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（所員用エアロック付）	重大事故等クラス２容器	Ｄ＋Ｐ$_{SA}$＋Ｍ$_{SA}$ ＜Ｄ＋Ｌ＋Ｐ$_{SA}$＋Ｒ$_{SA}$＞	(Ⅴ(S)-1) (Ⅴ(S)-2) (Ⅴ(S)-3)	重大事故等時*3 ＜重大事故等時＞

注記＊1：告示第４５２号による場合は，＜　＞内の荷重状態及び荷重の組合せを適用する。

＊2：（　）内はⅤ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」における表5－4の荷重の組合せのNo.を示す。

＊3：重大事故等時としてⅣ$_A$（＜Ⅳ＞）の許容限界を用いる。

表4－2　許容応力（第２種容器）

応力分類 許容 応力状態	一次一般膜応力	一次膜応力＋一次曲げ応力
重大事故 等時*	構造上の連続な部分は0.6・Ｓｕ，不連続な部分はＳｙと0.6・Ｓｕの小さい方。ただし，オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については，構造上の連続な部分は2・Ｓと0.6・Ｓｕの小さい方，不連続な部分は1.2・Ｓとする。	左欄の 1.5倍の値

注記＊：重大事故等時としてⅣ$_A$の許容限界を用いる。

表4－3　ライナプレート，ライナアンカ等の許容応力度

応力分類 ＼ 荷重状態	ライナプレート，ライナアンカ等*1										ボルト等	
	一次応力					一次＋二次応力					一次応力	
	引張り	せん断	圧縮	曲げ	支圧	引張り／圧縮	せん断	曲げ	支圧	座屈	引張り	せん断
重大事故等時*2	1.5・f_t*	1.5・f_s*	1.5・f_c*	1.5・f_b*	1.5・f_p*	—	—	—	—	—	1.5・f_t*	1.5・f_s*

注：本表の対象部としては，貫通部のフランジプレート，ガセットプレート等が該当する。
注記＊1：鋼構造設計規準（日本建築学会 1973 改定）等の幅厚比の制限を満足させる。
　　＊2：重大事故等時としてⅣの許容限界を用いる。

表4－4　コンクリート部の許容応力度

応力分類 ＼ 荷重状態	コンクリート部（単位：kg/cm^2）	
	圧縮応力度	せん断応力度
重大事故等時*	0.85・F_c	次の二つの計算式のうちいずれかf_sの値の小さい方の1.5倍の値 $f_s = \left(\frac{F_c}{30}\right)$ $f_s = \left(5 + \frac{F_c}{100}\right)$

注記＊：重大事故等時としてⅣの許容限界を用いる。

表4－5　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料*1，*2	温度条件（℃）		S（MPa）	S_y（MPa）	S_u（MPa）	S_y（RT）（MPa）
スリーブ，鏡板，フランジプレート（外側）及びガセットプレート	[redacted]	周囲環境温度	200	—	[redacted]	[redacted]	—
フランジプレート（内側）	[redacted]	周囲環境温度	200	—	[redacted]	[redacted]	—

注記＊1：[redacted]は[redacted]を示す。
＊2：[redacted]は[redacted]を示す。

4.2.4　設計荷重

(1)　重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度

重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度は，以下のとおりとする。

内圧P_{SA}　　620kPa（ＳＡ後）

温度T_{SA}　　200℃（ＳＡ後）

(2)　水荷重

重大事故等対処設備の評価に用いる水荷重として，没水時における下部ドライウェル所員用エアロック内部の水重量，下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板内部の水重量及び下記の水位による水頭圧を考慮する。

下部ドライウェル所員用エアロック内部水重量　　[redacted] N

下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板内部水重量　　N

水位　T.M.S.L.　　7400mm

(3)　下部ドライウェルアクセストンネルから加わる荷重

重大事故等対処設備としての評価における，下部ドライウェルアクセストンネルからフランジプレートに加わる荷重は，Ⅴ-3-3-6-3-1「下部ドライウェルアクセストンネルの強度計算書」の解析に基づき設定する。下部ドライウェルアクセストンネルからフランジプレートに加わる荷重を表4－6に示す。

表4－6　下部ドライウェルアクセストンネルから加わる荷重（重大事故等対処設備）

荷重	軸力* N(N)	曲げモーメント M(N･mm)
圧力（ＳＡ後：D/W　620kPa，S/C　620kPa）	[redacted]	[redacted]
圧力（ＳＡ後：D/W　310kPa，S/C　310kPa）		
圧力（ＳＡ後：D/W　620kPa，S/C　447kPa）		
圧力（ＳＡ後：D/W　520kPa，S/C　620kPa）		
鉛直荷重（ＳＡ後）		
逃がし安全弁作動時荷重（ＳＡ後）		
蒸気凝縮振動荷重（ＳＡ後）		
チャギング荷重（ＳＡ後）		

注：D/Wはドライウェル，S/Cはサプレッションチェンバを示す。

注記＊：軸力の符号は，原子炉本体基礎側から原子炉格納容器側へ作用する荷重を正符号とする。

4.3　計算方法

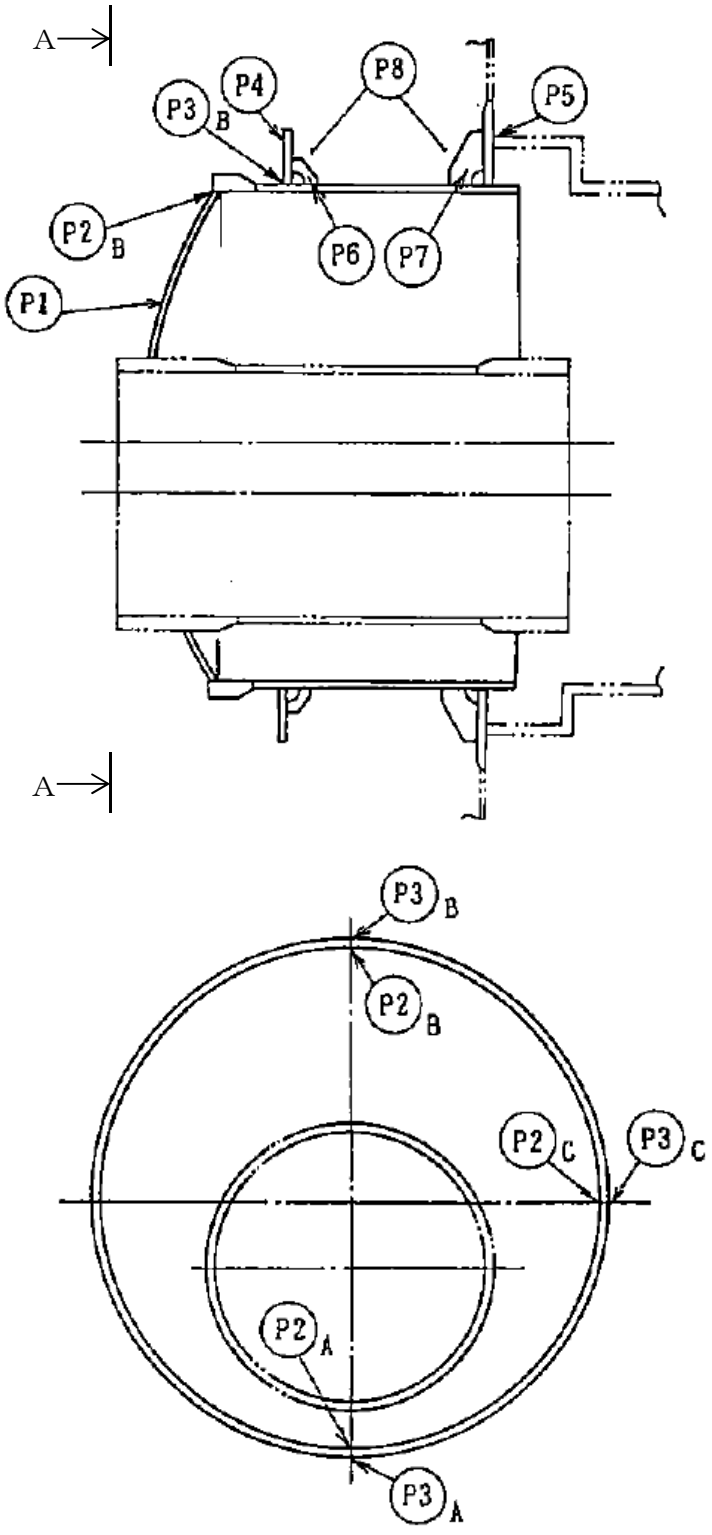
4.3.1　応力評価点

下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（所員用エアロック付）の応力評価点は，下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（所員用エアロック付）を構成する部材の形状及び荷重伝達経路を考慮し，発生応力が大きくなる部位を選定する。選定した応力評価点を表 4－7 及び図 4－1 に示す。

応力計算方法は既工認から変更はなく，参照図書(1)に示すとおりである。

表 4－7　応力評価点

応力評価点番号	応力評価点
Ｐ１	鏡板
Ｐ２	鏡板のスリーブとの結合部 (P2-A～P2-C)
Ｐ３	スリーブのフランジプレートとの結合部 (P3-A～P3-C)
Ｐ４	フランジプレート（外側）
Ｐ５	フランジプレート（内側）
Ｐ６	ガセットプレート（外側）
Ｐ７	ガセットプレート（内側）
Ｐ８	コンクリート部



A～A矢視図

図 4－1　下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板
（所員用エアロック付）の応力評価点

4.3.2　解析モデル及び諸元

(1)　重大事故等対処設備としての解析モデル

重大事故等対処設備としての評価は，没水による下部ドライウェル所員用エアロックの内部水及び下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板の内部水の影響を考慮して応力解析を行う。

解析モデルの概要を以下に示す。

a.　下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（所員用エアロック付）の解析モデルは，3次元シェルモデルによる有限要素解析手法を適用する。解析モデルを図4－2に，機器の諸元について表4－8に示す。

b.

c.　拘束条件は，下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（所員用エアロック付）のスリーブと原子炉格納容器との結合部を固定条件（並進 3 方向及び 3 軸周り回転を拘束）とする。

d.　解析コードは「ＭＳＣ　ＮＡＳＴＲＡＮ」を使用し，応力を求める。なお，評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については，別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

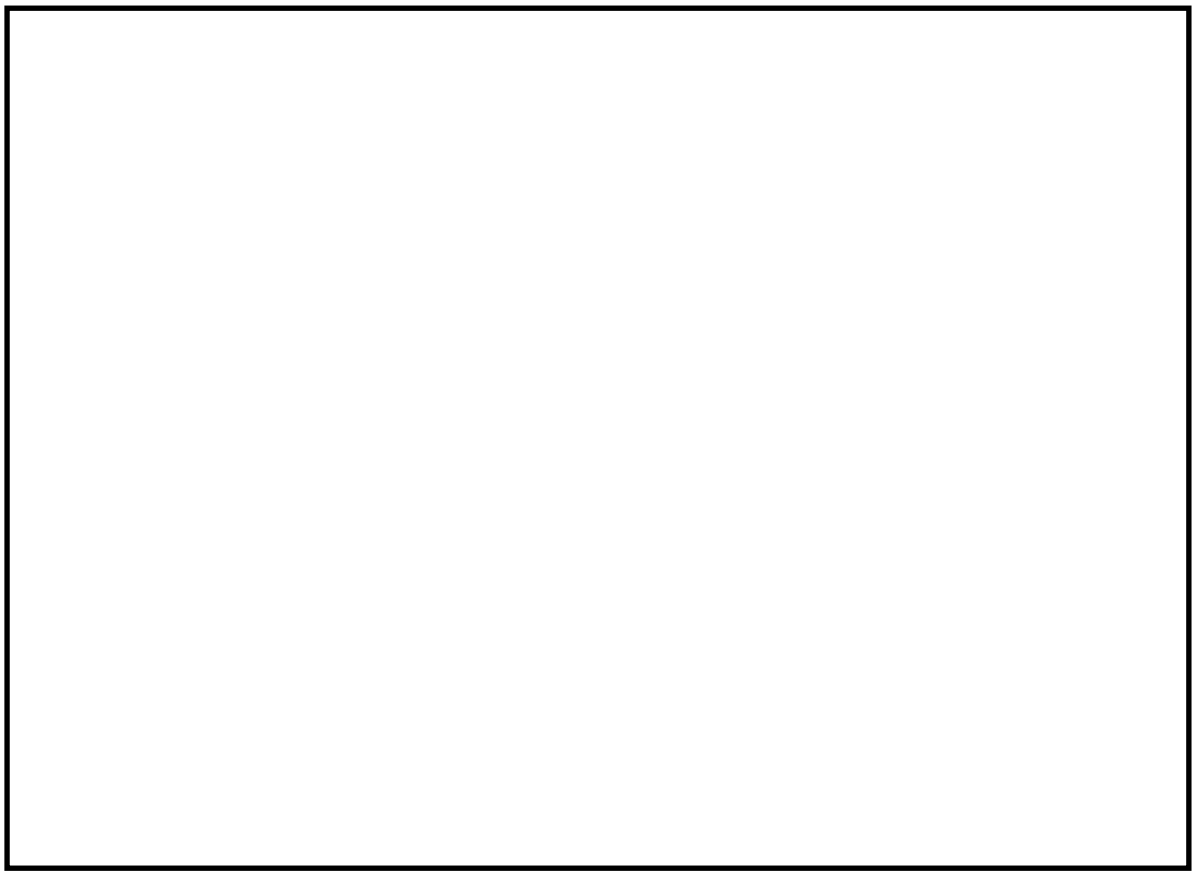


図 4－2　解析モデル

表 4－8　機器諸元

項目		記号	単位	入力値
材質		—	—	
機器質量	下部ドライウェル所員用エアロック	m_1	kg	
	下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板	m_2	kg	
水質量	下部ドライウェル所員用エアロック	m_3	kg	
	下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板	m_4	kg	
温度条件		T	℃	200
縦弾性係数		E	MPa	
ポアソン比		ν	—	
要素数		—	—	
節点数		—	—	

4.3.3　応力計算方法

下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（所員用エアロック付）の応力計算方法について以下に示す。

(1)　重大事故等対処設備としての応力計算

a.　応力評価点 P1～P3

重大事故等対処設備における自重による応力は，「4.3.2　解析モデル及び諸元」に示す下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（所員用エアロック付）の解析モデルにより算出し，その他の応力は既工認の各荷重による応力を比倍（圧力比等）し評価する。

b.　応力評価点 P4～P8

重大事故等対処設備における応力計算方法は，既工認から変更はなく，参照図書(1)に示すとおりである。

応力評価点 P4～P5 は，フランジプレートを等分布荷重を受ける 3 辺固定 1 辺自由の矩形板にモデル化し評価する。

応力評価点 P6～P7 は，等分布荷重を受ける板としてモデル化し評価する。

応力評価点 P8 は，荷重に応じた分布を仮定して，力の釣り合い式を解いて評価する。

4.4　計算条件

応力計算に用いる荷重を，「4.2　荷重の組合せ及び許容応力」に示す。

4.5　応力の評価

「4.3　計算方法」で求めた応力が許容応力以下であること。

5. 評価結果

5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（所員用エアロック付）の重大事故等時の状態を考慮した場合の強度評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足している。

(1) 強度評価結果

強度評価の結果を表5－1に示す。

表中の「荷重の組合せ」欄にはⅤ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」における表5-4の荷重の組合せのNo.を記載する。

表 5－1　重大事故等時に対する評価結果（D＋P_{SA}＋M_{SA}）（その 1）

評価対象設備	評価部位		応力分類	重大事故等時		判定	荷重の組合せ	備考
				算出応力	許容応力			
				MPa	MPa			
下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（所員用エアロック付）	P1	鏡板	一次膜応力＋一次曲げ応力	53		○	V(S)-1*	
	P2-A	鏡板のスリーブとの結合部	一次膜応力＋一次曲げ応力	125		○	V(S)-1*	
	P2-B	鏡板のスリーブとの結合部	一次膜応力＋一次曲げ応力	139		○	V(S)-1*	
	P2-C	鏡板のスリーブとの結合部	一次膜応力＋一次曲げ応力	129		○	V(S)-1*	
	P3-A	スリーブのフランジプレートとの結合部	一次膜応力＋一次曲げ応力	48		○	V(S)-1*	
	P3-B	スリーブのフランジプレートとの結合部	一次膜応力＋一次曲げ応力	45		○	V(S)-1*	
	P3-C	スリーブのフランジプレートとの結合部	一次膜応力＋一次曲げ応力	45		○	V(S)-1*	

注記＊：応力評価点 P1～P3 では，表 4－1 に記載の組合せのうち評価上最も厳しくなる V(S)-1 で評価する。

表5－1　重大事故等時に対する評価結果（D＋P_{SA}＋M_{SA}）（その2）

評価対象設備	評価部位		応力分類	重大事故等時		判定	荷重の組合せ	備考
				算出応力	許容応力			
				MPa	MPa			
下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（所員用エアロック付）	P4	フランジプレート（外側）	曲げ応力度	75		○	V(S)-2	
			せん断応力度	8		○	V(S)-2,3	
	P5	フランジプレート（内側）	曲げ応力度	377		○	V(S)-2	
			せん断応力度	25		○	V(S)-2,3	
	P6	ガセットプレート（外側）	せん断応力度	44		○	V(S)-2	
	P7	ガセットプレート（内側）	せん断応力度	114		○	V(S)-2	
	P8	コンクリート部（フランジプレート外側近傍）	圧縮応力度	3.3	27.5	○	V(S)-2	単位：N/mm^2
		コンクリート部（フランジプレート内側近傍）	圧縮応力度	10.0	27.5	○	V(S)-2	単位：N/mm^2

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部は告示第４５２号による評価を示す。

6. 参照図書

(1) 柏崎刈羽原子力発電所第７号機　第２回工事計画認可申請書
Ⅳ-3-4-1-10「下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（所員用エアロック付）の強度計算書」

Ⅴ-3-3-6-1-1-7　下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）の強度計算書

目　　次

1.　概要 ····· 1
2.　一般事項 ····· 1
2.1　構造計画 ····· 1
2.2　評価方針 ····· 3
2.3　適用基準 ····· 3
2.4　記号の説明 ····· 4
2.5　計算精度と数値の丸め方 ····· 5
3.　評価部位 ····· 6
4.　強度評価 ····· 8
4.1　強度評価方法 ····· 8
4.2　荷重の組合せ及び許容応力 ····· 8
4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 8
4.2.2　許容応力 ····· 8
4.2.3　使用材料の許容応力評価条件 ····· 8
4.2.4　設計荷重 ····· 13
4.3　計算方法 ····· 14
4.3.1　応力評価点 ····· 14
4.3.2　解析モデル及び諸元 ····· 16
4.3.3　応力計算方法 ····· 18
4.4　計算条件 ····· 18
4.5　応力の評価 ····· 18
5.　評価結果 ····· 19
5.1　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 19
6.　参照図書 ····· 22

1. 概要

本計算書は，下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）の強度計算書である。

下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）は，設計基準対象施設の下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）を重大事故等クラス２容器として兼用する機器である。

以下，重大事故等クラス２容器として，Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びⅤ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」に基づき，下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）の強度評価を示す。

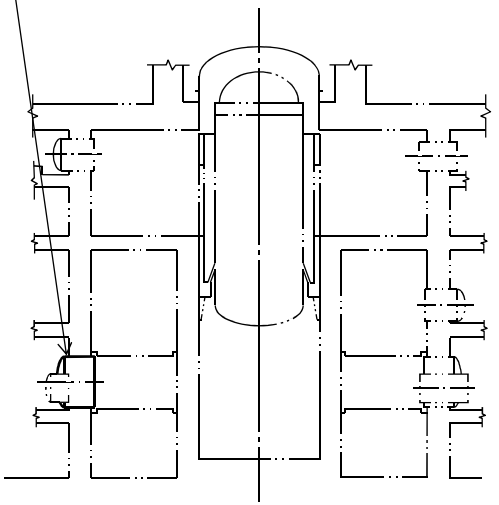
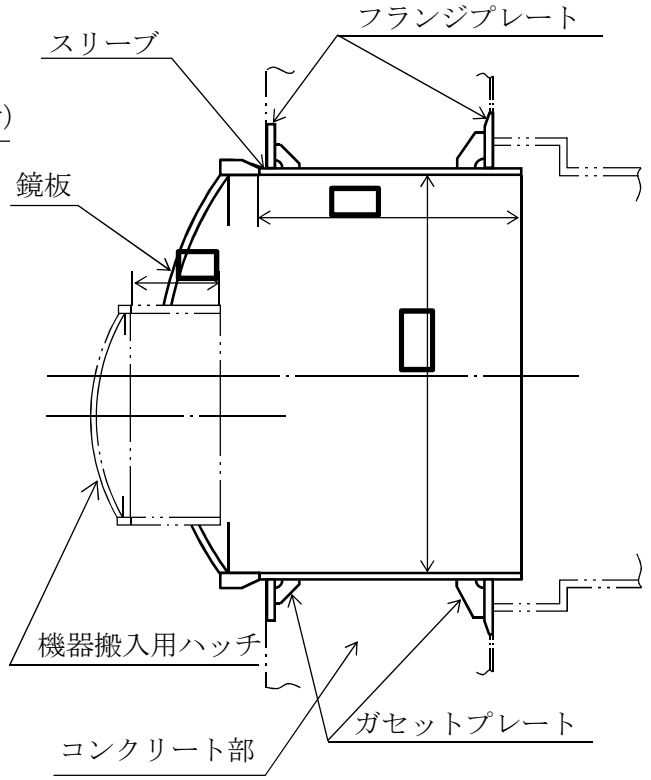
なお，本計算書においては，重大事故等時における荷重に対して，平成 4 年 3 月 27 日付け 3 資庁第 13034 号にて認可された工事計画の添付書類（参照図書(1)）（以下「既工認」という。）に示す手法に従い強度評価を行う。

2. 一般事項

2.1 構造計画

下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）の構造計画を表 2－1 に示す。

表２－１　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）は原子炉格納容器コンクリート部に支持される。 下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）は，原子炉格納容器と一体構造となっており，鉛直方向荷重及び水平方向荷重は，原子炉格納容器シェル部あるいは原子炉格納容器底部を介して原子炉建屋に伝達させる。	内径□mm，板厚□mmのスリーブ及び板厚□mmの鏡板で構成される鋼製構造物であり，鏡板には機器搬入用ハッチが取り付けられる。 原子炉格納容器埋込部には，フランジプレート及びガセットプレートを備える。	下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）   下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）　拡大図 （単位：mm）

2.2　評価方針

下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）の応力評価は，Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びⅤ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「3.　評価部位」にて設定する箇所において重大事故等時における温度，圧力による応力等が許容限界内に収まることを，「4.　強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5.　評価結果」に示す。

下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）の強度評価フローを図 2－1 に示す。

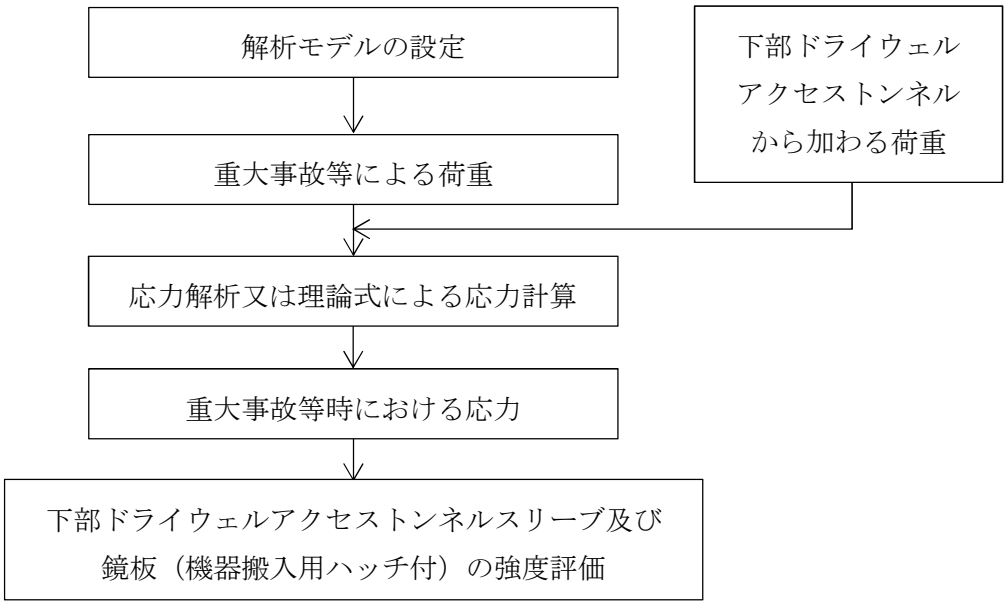


図 2－1　下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板
（機器搬入用ハッチ付）の強度評価フロー

2.3　適用基準

適用基準を以下に示す。

(1)　発電用原子力設備に関する構造等の技術基準（昭和 55 年 10 月 30 日　通商産業省告示第５０１号）（以下「告示第５０１号」という。）

(2)　コンクリート製原子炉格納容器に関する構造等の技術基準（平成 2 年 10 月 22 日　通商産業省告示第４５２号）（以下「告示第４５２号」という。）

2.4　記号の説明

記号	記号の説明	単位
D	死荷重	—
D_i	直径	mm
E	縦弾性係数	MPa
f_b	許容曲げ応力度	MPa
f_c	許容圧縮応力度	MPa
f_p	許容支圧応力度	MPa
f_s	許容せん断応力度	MPa
f_t	許容引張応力度	MPa
F_c	コンクリートの設計基準強度	kg/cm^2, N/mm^2
ℓ_i	長さ（ｉ＝1，2，3…）	mm
L	活荷重	—
m_i	質量（ｉ＝1，2，3…）	kg
M	曲げモーメント	N･mm
M_{SA}	機械的荷重（ＳＡ後機械的荷重）	—
N	軸力	N
P_{SA}	圧力（ＳＡ後圧力）	kPa
R_h	半径	mm
R_{SA}	配管荷重（ＳＡ後配管荷重）	—
S	許容引張応力	MPa
S_u	設計引張強さ	MPa
S_y	設計降伏点	MPa
S_y（ＲＴ）	40℃における設計降伏点	MPa
t_i	厚さ（ｉ＝1，2，3…）	mm
T	温度	℃
T_{SA}	温度（ＳＡ後温度）	℃
W	荷重	N
ν	ポアソン比	—

2.5　計算精度と数値の丸め方

精度は，有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表2－2に示すとおりとする。

表 2－2　表示する数値の丸め方

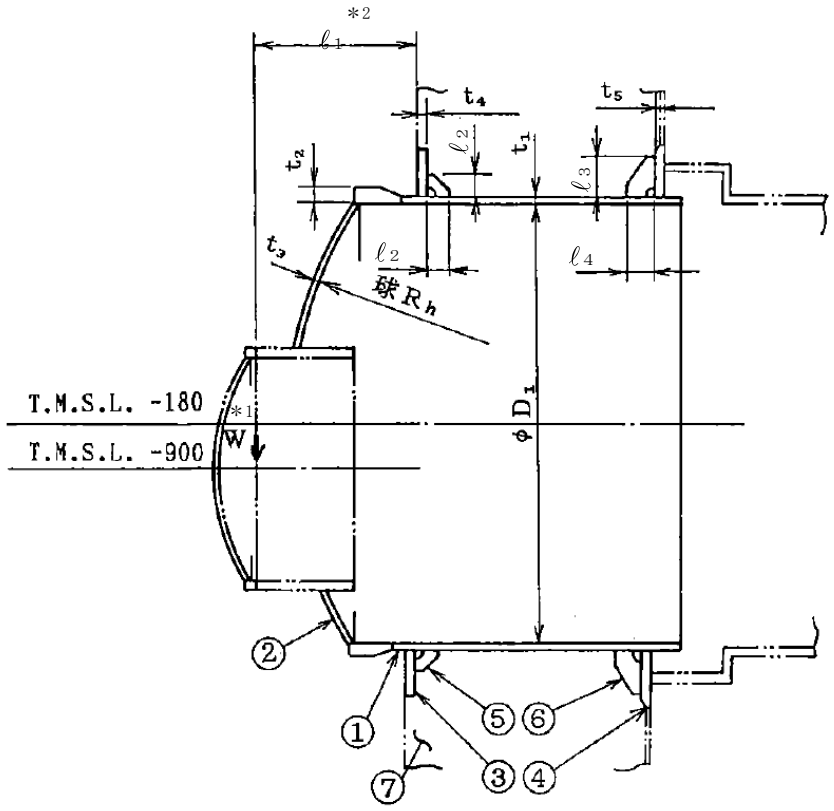
数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
最高使用圧力	kPa	―	―	整数位
温度	℃	―	―	整数位
許容応力*1	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位
算出応力	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
力	N	有効数字 4 桁目	四捨五入	有効数字 3 桁*2

注記＊1：告示第５０１号別表に記載された温度の中間における許容引張応力，設計降伏点及び設計引張強さは，比例法により補間した値の小数点以下第 2 位を切り捨て，小数点以下第 1 位までの値として算出する。得られた値を SI 単位に換算し，SI 単位に換算した値の小数点以下第 1 位を切り捨てて整数化する。

＊2：絶対値が 1000 以上のときはべき数表示とする。

3.　評価部位

下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）の形状及び主要寸法を図3－1に，使用材料及び使用部位を表3－1に示す。



注記＊1：W（荷重）の作用点を示す。

＊2：ℓ_1寸法は最大長さを示す。

①スリーブ　②鏡板　③フランジプレート（外側）　④フランジプレート（内側）
⑤ガセットプレート（外側）　⑥ガセットプレート（内側）　⑦コンクリート部

D_1＝	ℓ_1＝	ℓ_2＝	ℓ_3＝	ℓ_4＝
R_h＝	t_1＝	t_2＝	t_3＝	t_4＝
t_5＝				

（単位：mm）

図3－1　下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板
（機器搬入用ハッチ付）の形状及び主要寸法

表 3－1　使用材料表

使用部位	使用材料	備考
スリーブ	[redacted]	[redacted]
鏡板	[redacted]	[redacted]
フランジプレート（外側）	[redacted]	[redacted]
フランジプレート（内側）	[redacted]	[redacted]
ガセットプレート（外側）	[redacted]	[redacted]
ガセットプレート（内側）	[redacted]	[redacted]
コンクリート部	コンクリート（F_c＝330kg/cm^2）	F_c＝32.4N/mm^2

4.　強度評価

4.1　強度評価方法

(1)　下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）は，スリーブが原子炉格納容器コンクリート部に埋め込まれた構造であり，荷重は原子炉格納容器コンクリート部を介して原子炉建屋に伝達される。

下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）の強度評価として，Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」において設定された荷重を用いて，参照図書(1)に示す既工認の手法に従い強度評価を行う。また，重大事故等対処設備としての評価においては，没水による水重量及び水頭圧を考慮する。

(2)　強度評価に用いる寸法は，公称値を用いる。

4.2　荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－1 に示す。

詳細な荷重の組合せは，Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」に従い，対象機器の設置位置等を考慮し決定する。なお，考慮する荷重の組合せは，組み合わせる荷重の大きさを踏まえ，評価上厳しくなる組合せを選定する。

4.2.2　許容応力

下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）の許容応力及び許容応力度は，Ⅴ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」に基づき表 4－2～表 4－4 に示すとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）の使用材料の許容応力評価条件のうち，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－5 に示す。

表４－１　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	機器等の区分	荷重の組合せ*1，*2		許容応力状態*1 ＜荷重状態＞
原子炉格納施設	原子炉格納容器	下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）	重大事故等クラス２容器	Ｄ＋Ｐ$_{SA}$＋Ｍ$_{SA}$ ＜Ｄ＋Ｌ＋Ｐ$_{SA}$＋Ｒ$_{SA}$＞	(Ⅴ(S)-1) (Ⅴ(S)-2) (Ⅴ(S)-3)	重大事故等時*3 ＜重大事故等時＞

注記＊1：告示第４５２号による場合は，＜　＞内の荷重状態及び荷重の組合せを適用する。

＊2：（　）内はⅤ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」における表5－4の荷重の組合せのNo.を示す。

＊3：重大事故等時としてⅣ$_A$（＜Ⅳ＞）の許容限界を用いる。

表4－2　許容応力（第２種容器）

応力分類 許容 応力状態	一次一般膜応力	一次膜応力＋一次曲げ応力
重大事故 等時*	構造上の連続な部分は0.6・Ｓｕ，不連続な部分はＳｙと0.6・Ｓｕの小さい方。ただし，オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については，構造上の連続な部分は2・Ｓと0.6・Ｓｕの小さい方，不連続な部分は1.2・Ｓとする。	左欄の 1.5倍の値

注記＊：重大事故等時としてⅣ$_A$の許容限界を用いる。

表4－3　ライナプレート，ライナアンカ等の許容応力度

荷重状態＼応力分類	ライナプレート，ライナアンカ等*1										ボルト等	
	一次応力					一次＋二次応力					一次応力	
	引張り	せん断	圧縮	曲げ	支圧	引張り／圧縮	せん断	曲げ	支圧	座屈	引張り	せん断
重大事故等時*2	1.5・f_t*	1.5・f_s*	1.5・f_c*	1.5・f_b*	1.5・f_p*	—	—	—	—	—	1.5・f_t*	1.5・f_s*

注：本表の対象部としては，貫通部のフランジプレート，ガセットプレート等が該当する。
注記＊1：鋼構造設計規準（日本建築学会 1973 改定）等の幅厚比の制限を満足させる。
＊2：重大事故等時としてⅣの許容限界を用いる。

表4－4　コンクリート部の許容応力度

荷重状態＼応力分類	コンクリート部（単位：kg/cm^2）	
	圧縮応力度	せん断応力度
重大事故等時*	0.85・F_c	次の二つの計算式のうちいずれかf_sの値の小さい方の1.5倍の値 $f_s = \left(\frac{F_c}{30}\right)$ $f_s = \left(5 + \frac{F_c}{100}\right)$

注記＊：重大事故等時としてⅣの許容限界を用いる。

表 4－5　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料*1，*2	温度条件 (℃)		S (MPa)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
スリーブ，鏡板，フランジプレート（外側）及びガセットプレート	[redacted]	周囲環境温度	200	—	[redacted]	[redacted]	—
フランジプレート（内側）	[redacted]	周囲環境温度	200	—	[redacted]	[redacted]	—

注記＊1：[redacted]は[redacted]を示す。
＊2：[redacted]は[redacted]を示す。

4.2.4　設計荷重

(1)　重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度

重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度は，以下のとおりとする。

内圧P_{SA}　　620kPa（ＳＡ後）

温度T_{SA}　　200℃（ＳＡ後）

(2)　水荷重

重大事故等対処設備の評価に用いる水荷重として，没水時における下部ドライウェル機器搬入用ハッチ内部の水重量，下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板内部の水重量及び下記の水位による水頭圧を考慮する。

下部ドライウェル機器搬入用ハッチ内部水重量　　[redacted] N

下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板内部水重量　　[redacted] N

水位　T.M.S.L.　　7400mm

(3)　下部ドライウェルアクセストンネルから加わる荷重

重大事故等対処設備としての評価における，下部ドライウェルアクセストンネルからフランジプレートに加わる荷重は，V-3-3-6-3-1「下部ドライウェルアクセストンネルの強度計算書」の解析に基づき設定する。下部ドライウェルアクセストンネルからフランジプレートに加わる荷重を表4－6に示す。

表4－6　下部ドライウェルアクセストンネルから加わる荷重（重大事故等対処設備）

荷重	軸力* N(N)	曲げモーメント M(N･mm)
圧力（ＳＡ後：D/W　620kPa，S/C　620kPa）	[redacted]	
圧力（ＳＡ後：D/W　310kPa，S/C　310kPa）		
圧力（ＳＡ後：D/W　620kPa，S/C　447kPa）		
圧力（ＳＡ後：D/W　520kPa，S/C　620kPa）		
鉛直荷重（ＳＡ後）		
逃がし安全弁作動時荷重（ＳＡ後）		
蒸気凝縮振動荷重（ＳＡ後）		
チャギング荷重（ＳＡ後）		

注：D/Wはドライウェル，S/Cはサプレッションチェンバを示す。

注記＊：軸力の符号は，原子炉本体基礎側から原子炉格納容器側へ作用する荷重を正符号とする。

4.3　計算方法

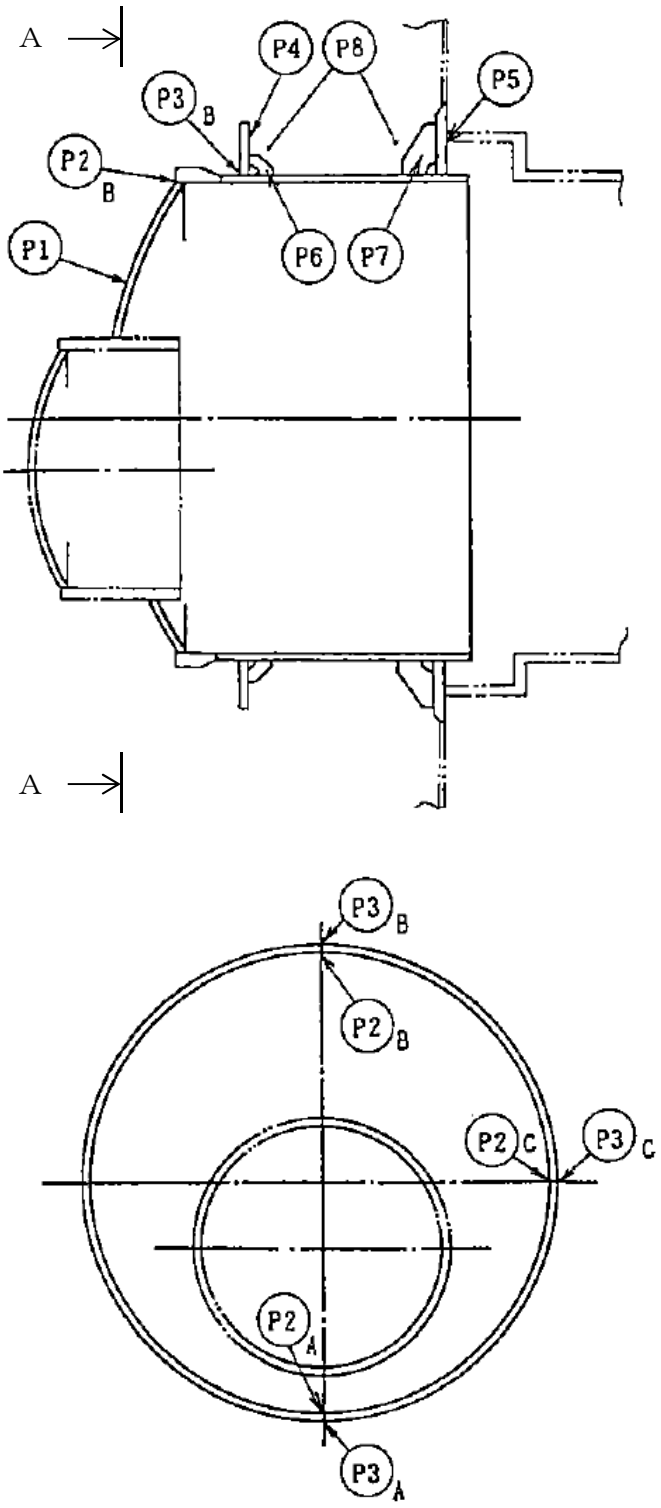
4.3.1　応力評価点

下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）の応力評価点は，下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）を構成する部材の形状及び荷重伝達経路を考慮し，発生応力が大きくなる部位を選定する。選定した応力評価点を表 4－7 及び図 4－1 に示す。

応力計算方法は既工認から変更はなく，参照図書(1)に示すとおりである。

表 4－7　応力評価点

応力評価点番号	応力評価点
Ｐ１	鏡板
Ｐ２	鏡板のスリーブとの結合部 (P2-A～P2-C)
Ｐ３	スリーブのフランジプレートとの結合部 (P3-A～P3-C)
Ｐ４	フランジプレート（外側）
Ｐ５	フランジプレート（内側）
Ｐ６	ガセットプレート（外側）
Ｐ７	ガセットプレート（内側）
Ｐ８	コンクリート部



A～A矢視図

図 4－1　下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板
（機器搬入用ハッチ付）の応力評価点

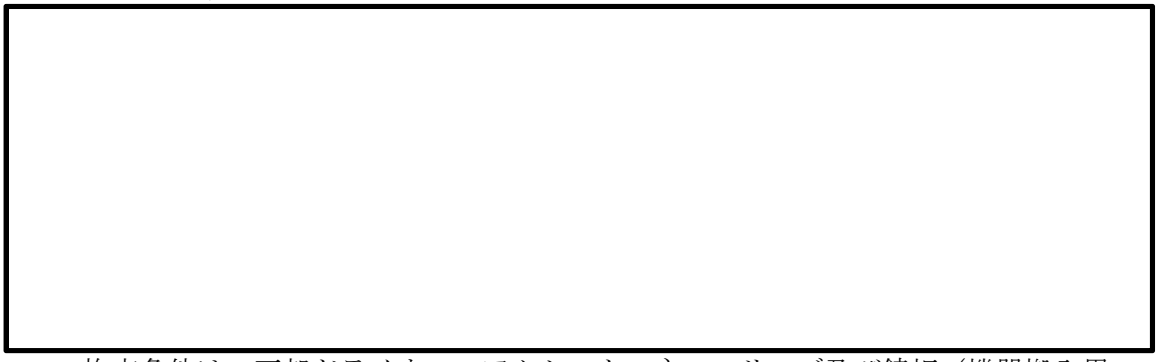
4.3.2　解析モデル及び諸元

(1)　重大事故等対処設備としての解析モデル

重大事故等対処設備としての評価は，没水による下部ドライウェル機器搬入用ハッチの内部水及び下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板の内部水の影響を考慮して応力解析を行う。

解析モデルの概要を以下に示す。

a.　下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）の解析モデルは，3次元シェルモデルによる有限要素解析手法を適用する。解析モデルを図4－2に，機器の諸元について表4－8に示す。



c.　拘束条件は，下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）のスリーブと原子炉格納容器との結合部を固定条件（並進 3 方向及び 3 軸周り回転を拘束）とする。

d.　解析コードは「ＭＳＣ　ＮＡＳＴＲＡＮ」を使用し，応力を求める。なお，評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については，別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

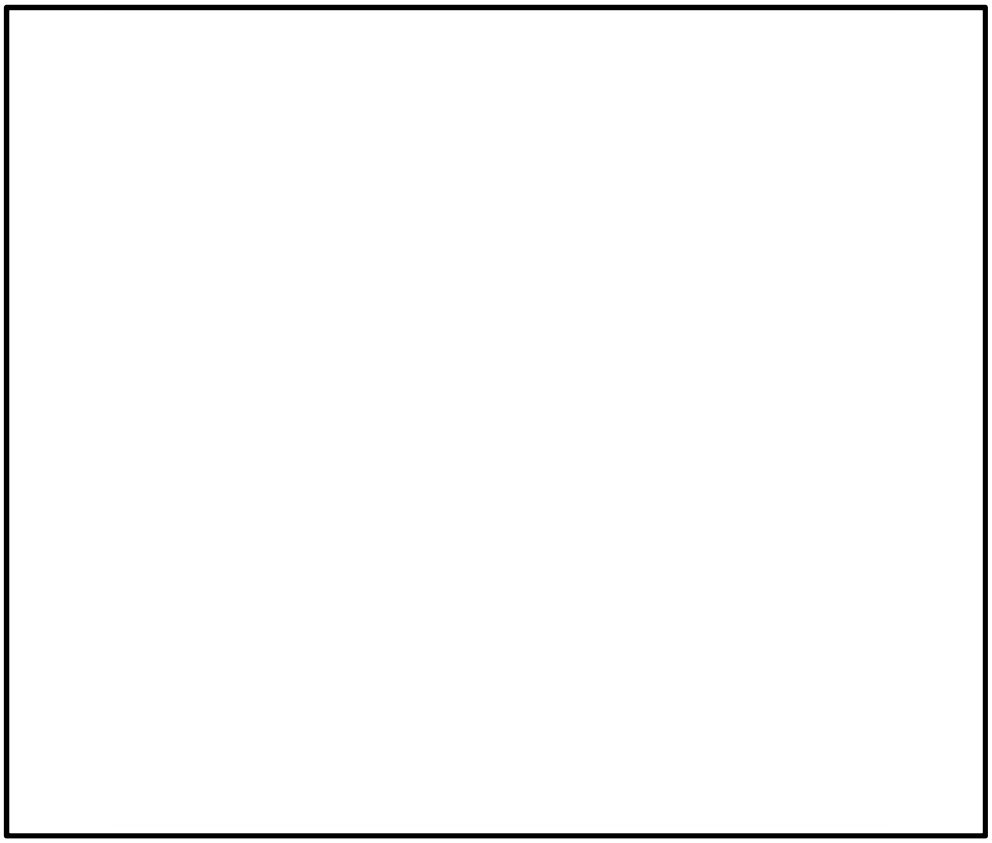


図 4－2　解析モデル

表 4－8　機器諸元

項目		記号	単位	入力値
材質		—	—	
機器質量	下部ドライウェル機器搬入用ハッチ	m_1	kg	
	下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板	m_2	kg	
水質量	下部ドライウェル機器搬入用ハッチ	m_3	kg	
	下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板	m_4	kg	
温度条件		T	℃	200
縦弾性係数		E	MPa	
ポアソン比		ν	—	
要素数		—	—	
節点数		—	—	

4.3.3　応力計算方法

下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）の応力計算方法について以下に示す。

(1)　重大事故等対処設備としての応力計算

a.　応力評価点 P1～P3

重大事故等対処設備における自重による応力は，「4.3.2　解析モデル及び諸元」に示す下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）の解析モデルにより算出し，その他の応力は既工認の各荷重による応力を比倍（圧力比等）し評価する。

b.　応力評価点 P4～P8

重大事故等対処設備における応力計算方法は，既工認から変更はなく，参照図書(1)に示すとおりである。

応力評価点 P4～P5 は，フランジプレートを等分布荷重を受ける 3 辺固定 1 辺自由の矩形板にモデル化し評価する。

応力評価点 P6～P7 は，等分布荷重を受ける板としてモデル化し評価する。

応力評価点 P8 は，荷重に応じた分布を仮定して，力の釣り合い式を解いて評価する。

4.4　計算条件

応力計算に用いる荷重を，「4.2　荷重の組合せ及び許容応力」に示す。

4.5　応力の評価

「4.3　計算方法」で求めた応力が許容応力以下であること。

5.　評価結果

5.1　重大事故等対処設備としての評価結果

下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）の重大事故等時の状態を考慮した場合の強度評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足している。

(1)　強度評価結果

強度評価の結果を表 5－1 に示す。

表中の「荷重の組合せ」欄にはⅤ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」における表 5-4 の荷重の組合せの No. を記載する。

表 5－1　重大事故等時に対する評価結果（D＋P_{SA}＋M_{SA}）（その 1）

評価対象設備	評価部位		応力分類	重大事故等時		判定	荷重の組合せ	備考
				算出応力	許容応力			
				MPa	MPa			
下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）	P1	鏡板	一次膜応力＋一次曲げ応力	59		○	V(S)-1*	
	P2-A	鏡板のスリーブとの結合部	一次膜応力＋一次曲げ応力	25		○	V(S)-1*	
	P2-B	鏡板のスリーブとの結合部	一次膜応力＋一次曲げ応力	131		○	V(S)-1*	
	P2-C	鏡板のスリーブとの結合部	一次膜応力＋一次曲げ応力	145		○	V(S)-1*	
	P3-A	スリーブのフランジプレートとの結合部	一次膜応力＋一次曲げ応力	47		○	V(S)-1*	
	P3-B	スリーブのフランジプレートとの結合部	一次膜応力＋一次曲げ応力	43		○	V(S)-1*	
	P3-C	スリーブのフランジプレートとの結合部	一次膜応力＋一次曲げ応力	49		○	V(S)-1*	

注記＊：応力評価点 P1～P3 では，表 4－1 に記載の組合せのうち評価上最も厳しくなる V(S)-1 で評価する。

表5－1　重大事故等時に対する評価結果（D＋P_{SA}＋M_{SA}）（その2）

評価対象設備	評価部位		応力分類	重大事故等時		判定	荷重の組合せ	備考
				算出応力	許容応力			
				MPa	MPa			
下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）	P4	フランジプレート（外側）	曲げ応力度	79		○	Ⅴ(S)-2	
			せん断応力度	8		○	Ⅴ(S)-2,3	
	P5	フランジプレート（内側）	曲げ応力度	382		○	Ⅴ(S)-2	
			せん断応力度	25		○	Ⅴ(S)-2,3	
	P6	ガセットプレート（外側）	せん断応力度	47		○	Ⅴ(S)-2	
	P7	ガセットプレート（内側）	せん断応力度	116		○	Ⅴ(S)-2	
	P8	コンクリート部（フランジプレート外側近傍）	圧縮応力度	3.4	27.5	○	Ⅴ(S)-2	単位：N/mm^2
		コンクリート部（フランジプレート内側近傍）	圧縮応力度	10.1	27.5	○	Ⅴ(S)-2	単位：N/mm^2

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部は告示第４５２号による評価を示す。

6. 参照図書

(1) 柏崎刈羽原子力発電所第７号機　第２回工事計画認可申請書
Ⅳ-3-4-1-11「下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）の強度計算書」

Ⅴ-3-3-6-1-1-8　クエンチャサポート基礎の強度計算書

目　　次

1.　概要 ····· 1
2.　一般事項 ····· 1
2.1　構造計画 ····· 1
2.2　評価方針 ····· 3
2.3　適用基準 ····· 3
2.4　記号の説明 ····· 4
2.5　計算精度と数値の丸め方 ····· 5
3.　評価部位 ····· 6
4.　強度評価 ····· 8
4.1　強度評価方法 ····· 8
4.2　荷重の組合せ及び許容応力 ····· 8
4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 8
4.2.2　許容応力 ····· 8
4.2.3　使用材料の許容応力評価条件 ····· 8
4.2.4　設計荷重 ····· 12
4.3　計算方法 ····· 13
4.4　計算条件 ····· 15
4.5　応力の評価 ····· 15
5.　評価結果 ····· 16
5.1　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 16
6.　参照図書 ····· 18

1. 概要

本計算書は，クエンチャサポート基礎の強度計算書である。

クエンチャサポート基礎は，設計基準対象施設のクエンチャサポート基礎を重大事故等クラス２容器として兼用する機器である。

以下，重大事故等クラス２容器として，Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びⅤ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」に基づき，クエンチャサポート基礎の強度評価を示す。

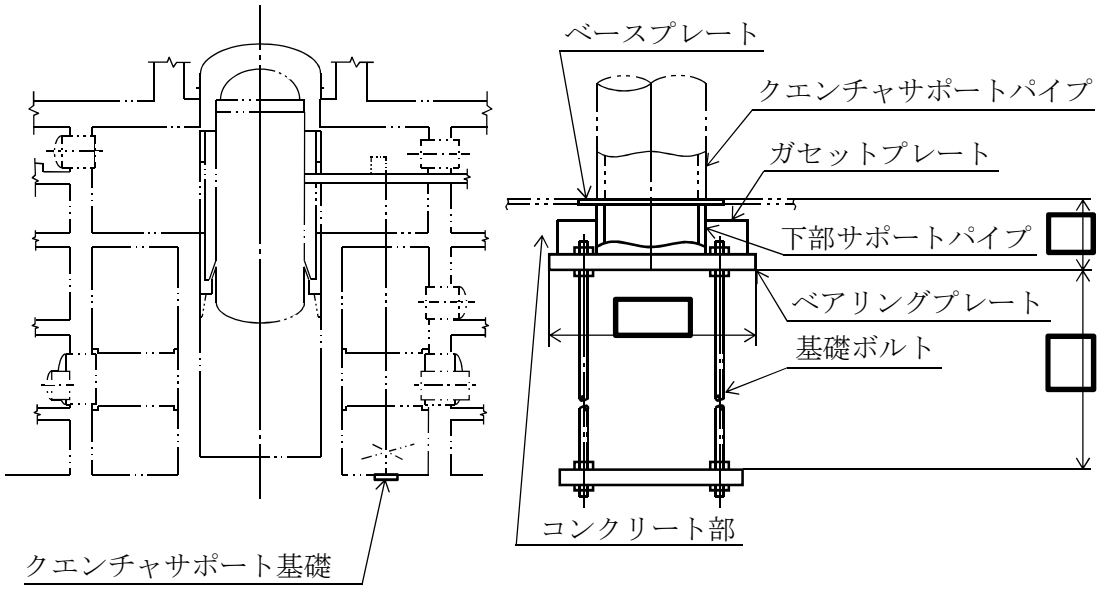
なお，本計算書においては，重大事故等時における荷重に対して，平成 4 年 3 月 27 日付け 3 資庁第 13034 号にて認可された工事計画の添付書類（参照図書(1)）（以下「既工認」という。）に示す手法に従い強度評価を行う。

2. 一般事項

2.1 構造計画

クエンチャサポート基礎の構造計画を表 2－1 に示す。

表 2－1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
クエンチャサポート基礎は原子炉格納容器底部に支持される。 クエンチャサポート基礎は，原子炉格納容器底部と一体構造となっており，鉛直方向荷重及び水平方向荷重は，原子炉格納容器底部を介して原子炉建屋に伝達される。	ベースプレート，下部サポートパイプ，ベアリングプレート及びガセットプレート等で構成される鋼製構造物である。	 クエンチャサポート基礎　拡大図 （単位：mm）

2.2　評価方針

クエンチャサポート基礎の応力評価は，Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びⅤ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「3.　評価部位」にて設定する箇所において重大事故等時における温度，圧力による応力等が許容限界内に収まることを，「4.　強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5.　評価結果」に示す。

クエンチャサポート基礎の強度評価フローを図2－1に示す。

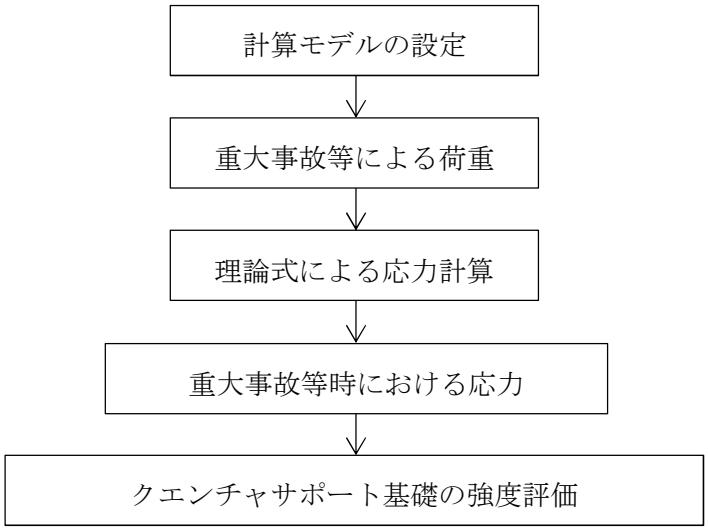


図2－1　クエンチャサポート基礎の強度評価フロー

2.3　適用基準

適用基準を以下に示す。

(1)　発電用原子力設備に関する構造等の技術基準（昭和55年10月30日　通商産業省告示第５０１号）（以下「告示第５０１号」という。）

(2)　コンクリート製原子炉格納容器に関する構造等の技術基準（平成2年10月22日　通商産業省告示第４５２号）（以下「告示第４５２号」という。）

2.4　記号の説明

記号	記号の説明	単位
D	死荷重	—
D_i	直径（i＝1，2，3…）	mm
f_b	許容曲げ応力度	MPa
f_c	許容圧縮応力度	MPa
f_p	許容支圧応力度	MPa
f_s	許容せん断応力度	MPa
f_t	許容引張応力度	MPa
F_c	コンクリートの設計基準強度	kg/cm^2，N/mm^2
H	水平力	N
ℓ_i	長さ（i＝1，2）	mm
L	活荷重	—
M_{SA}	機械的荷重（ＳＡ後機械的荷重）	—
M_i	モーメント（i＝1，2）	N･mm
N_i	軸力（i＝1，2）	N
P_{SA}	圧力（ＳＡ後内圧）	kPa
R_{SA}	配管荷重（ＳＡ後配管荷重）	—
S	許容引張応力	MPa
S_u	設計引張強さ	MPa
S_y	設計降伏点	MPa
S_y（ＲＴ）	40℃における設計降伏点	MPa
t_i	厚さ（i＝1，2，3…）	mm
T_{SA}	温度（ＳＡ後温度）	℃

2.5　計算精度と数値の丸め方

精度は，有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表2－2に示すとおりとする。

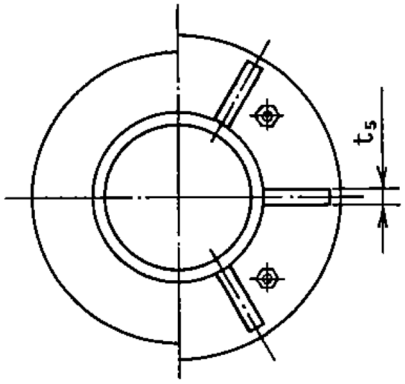
表2－2　表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
温度	℃	―	―	整数位
許容応力*	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位

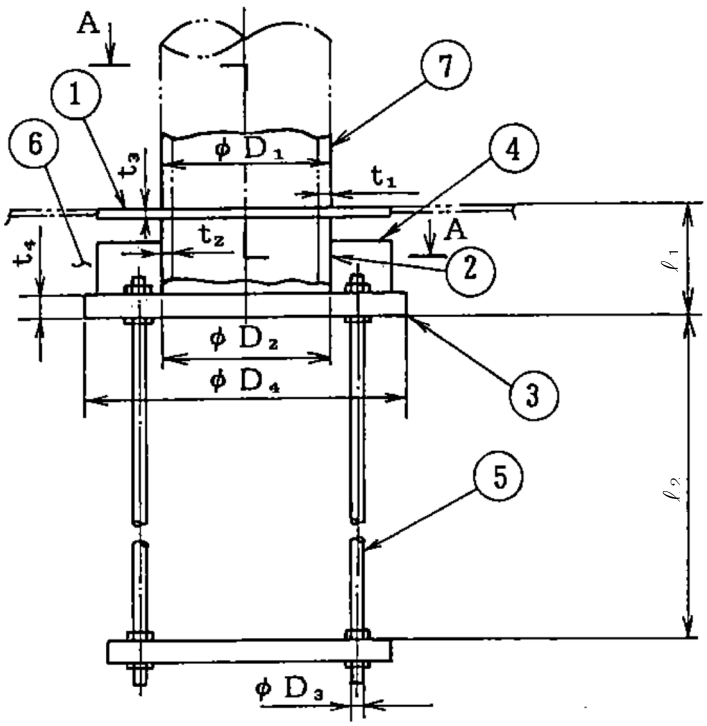
注記＊：告示第５０１号別表に記載された温度の中間における許容引張応力，設計降伏点及び設計引張強さは，比例法により補間した値の小数点以下第2位を切り捨て，小数点以下第1位までの値として算出する。得られた値をSI単位に換算し，SI単位に換算した値の小数点以下第1位を切り捨てて整数化する。

3.　評価部位

クエンチャサポート基礎の形状及び主要寸法を図3－1に，使用材料及び使用部位を表3－1に示す。



A～A断面図



D1＝　　D2＝　　D3＝　　(基礎ボルト呼び径)

D4＝　　ℓ1＝　　ℓ2＝　　t1＝

t2＝　　t3＝　　t4＝　　t5＝

①ベースプレート　②下部サポートパイプ　③ベアリングプレート

④ガセットプレート　⑤基礎ボルト(　　)　⑥コンクリート部

⑦クエンチャサポートパイプ

図3－1　クエンチャサポート基礎の形状及び主要寸法（単位：mm）

K7 ① V-3-3-6-1-1-8 R1

表 3－1　使用材料表

使用部位	使用材料	備考
ベースプレート	[redacted]	[redacted]
下部サポートパイプ	[redacted]	[redacted]
ベアリングプレート	[redacted]	[redacted]
ガセットプレート	[redacted]	[redacted]
基礎ボルト	[redacted]	
コンクリート部	コンクリート（F_c＝300kg/cm^2）	F_c＝29.4N/mm^2

4. 強度評価

4.1 強度評価方法

(1) クエンチャサポート基礎は，下部サポートパイプ，ベアリングプレート，ガセットプレート及び基礎ボルトが原子炉格納容器コンクリートに埋め込まれた構造であり，荷重は原子炉格納容器底部を介して原子炉建屋に伝達される。

クエンチャサポート基礎の強度評価として，Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」において設定された荷重を用いて，参照図書(1)に示す既工認の手法に従い強度評価を行う。

(2) 強度評価に用いる寸法は，公称値を用いる。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

クエンチャサポート基礎の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－1 に示す。

詳細な荷重の組合せは，Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」に従い，対象機器の設置位置等を考慮し決定する。なお，考慮する荷重の組合せは，組み合わせる荷重の大きさを踏まえ，評価上厳しくなる組合せを選定する。

4.2.2 許容応力

クエンチャサポート基礎の許容応力度はⅤ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」に基づき表 4－2 及び表 4－3 に示すとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

クエンチャサポート基礎の使用材料の許容応力評価条件のうち，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－4 に示す。

表４－１　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	機器等の区分	荷重の組合せ*1，*2		許容応力状態*1 ＜荷重状態＞
原子炉格納施設	原子炉格納容器	クエンチャサポート基礎	重大事故等クラス２容器	Ｄ＋Ｐ$_{SA}$＋Ｍ$_{SA}$ ＜Ｄ＋Ｌ＋Ｐ$_{SA}$＋Ｒ$_{SA}$＞	(Ⅴ(S)-1) (Ⅴ(S)-2) (Ⅴ(S)-3)	重大事故等時*3 ＜重大事故等時＞

注記＊1：告示第４５２号による場合は，＜　＞内の荷重状態及び荷重の組合せを適用する。

＊2：（　）内はⅤ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」における表5－4の荷重の組合せのNo.を示す。

＊3：重大事故等時としてⅣ$_A$（＜Ⅳ＞）の許容限界を用いる。

表4－2　ライナプレート，ライナアンカ等の許容応力度

荷重状態＼応力分類	ライナプレート，ライナアンカ等*1										ボルト等	
	一次応力					一次＋二次応力					一次応力	
	引張り	せん断	圧縮	曲げ	支圧	引張り／圧縮	せん断	曲げ	支圧	座屈	引張り	せん断
重大事故等時*2	1.5・f_t*	1.5・f_s*	1.5・f_c*	1.5・f_b*	1.5・f_p*	―	―	―	―	―	1.5・f_t*	1.5・f_s*

注：本表の対象部としては，コンクリート埋込部のフランジプレート，ガセットプレート等が該当する。

注記＊1：鋼構造設計規準（日本建築学会 1973 改定）等の幅厚比の制限を満足させる。

＊2：重大事故等時としてⅣの許容限界を用いる。

表4－3　コンクリート部の許容応力度

荷重状態＼応力分類	コンクリート部　（単位：kg/cm^2）	
	圧縮応力度	せん断応力度
重大事故等時*	0.85・F_c	次の二つの計算式のうちいずれかf_sの値の小さい方の1.5倍の値 $f_s = \left(\frac{F_c}{30}\right)$ $f_s = \left(5 + \frac{F_c}{100}\right)$

注記＊：重大事故等時としてⅣの許容限界を用いる。

表 4－4　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S (MPa)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
ベースプレート，下部サポートパイプ，ベアリングプレート及びガセットプレート	[redacted]	周囲環境温度	200	―	[redacted]	[redacted]	―
基礎ボルト	[redacted]	周囲環境温度	200	―	[redacted]	[redacted]	―

注記＊：[redacted]

4.2.4　設計荷重

(1)　重大事故等対処設備としての評価温度

重大事故等対処設備としての評価温度は，以下のとおりとする。

温度T_{SA}　　200℃（ＳＡ後）

(2)　クエンチャサポート基礎に加わる荷重

クエンチャサポート基礎には配管反力及び水力学的動荷重が作用する。

クエンチャサポート基礎に加わる荷重を表 4－5 に示す。また，Ⓐ点での荷重方向を図 4－1 に示す。

表 4－5　クエンチャサポート基礎に加わる荷重

荷重種別	記号	重大事故等時
水平力(N)	H	
軸力(N)	N_1	
	N_2	
モーメント (N･mm)	M_1	
	M_2	

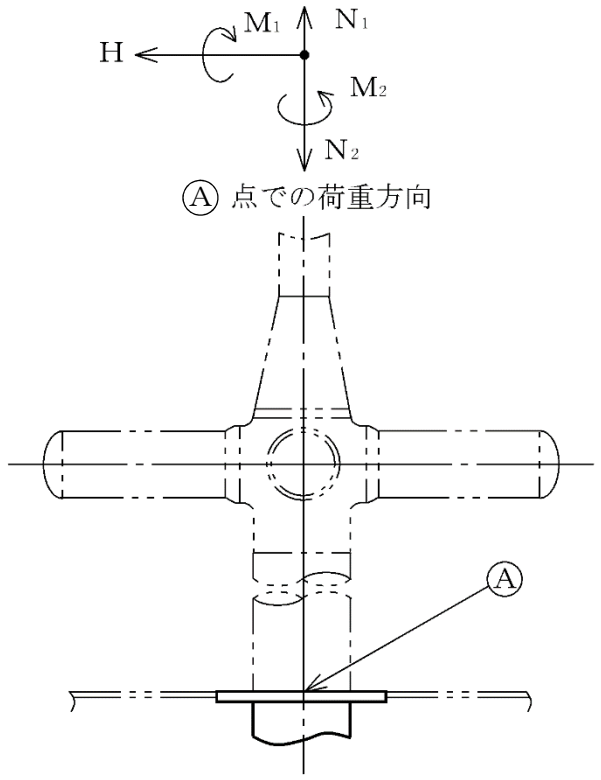


図 4－1　クエンチャサポート基礎に加わる荷重

K7 ① V-3-3-6-1-1-8 R1

4.3　計算方法

クエンチャサポート基礎の応力評価点は，クエンチャサポート基礎を構成する部材の形状及び荷重伝達経路を考慮し，発生応力が大きくなる部位を選定する。選定した応力評価点を表 4－6 及び図 4－2 に示す。

応力計算方法は既工認から変更はなく，参照図書(1)に示すとおりである。

評価の概要を以下に示す。

応力評価点 P1～P2 は，設計荷重により作用する荷重と評価断面の断面性能により評価する。

応力評価点 P3 は，等分布荷重を受ける 3 辺固定 1 辺自由の矩形板にモデル化し評価する。

応力評価点 P4 は，曲げ応力に対しては等分布荷重を受ける 2 辺固定 2 辺自由の矩形板にモデル化し評価する。せん断応力に対してはガセットプレート 1 枚当たりの分担面積に等分布荷重を受ける板として評価する。

応力評価点 P5 は，設計荷重により作用する荷重と評価断面の断面性能により評価する。

応力評価点 P6 は，圧縮応力度についてはベアリングプレート又はガセットプレートより受ける荷重の大きい方とする。せん断応力度については応力評価点 P5 に作用する引張力によりコンクリートに加わるせん断力と評価断面の断面性能により評価する。

表 4－6　応力評価点

応力評価点番号	応力評価点
Ｐ１	ベースプレート
Ｐ２	下部サポートパイプ
Ｐ３	ベアリングプレート
Ｐ４	ガセットプレート
Ｐ５	基礎ボルト
Ｐ６	コンクリート部

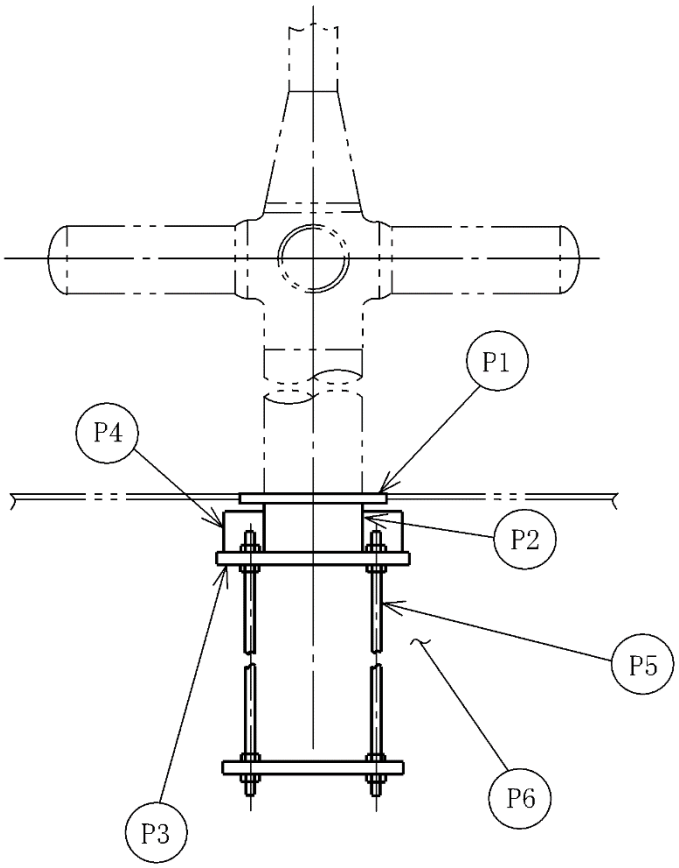


図 4－2　クエンチャサポート基礎の応力評価点

4.4　計算条件

応力計算に用いる荷重を「4.2　荷重の組合せ及び許容応力」に示す。応力評価においては，表 4－1 に記載の組合せを包絡する条件を設定して評価を行う。

4.5　応力の評価

「4.3　計算方法」で求めた応力が許容応力以下であること。

5.　評価結果

5.1　重大事故等対処設備としての評価結果

クエンチャサポート基礎の重大事故等時の状態を考慮した場合の強度評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足している。

(1)　強度評価結果

強度評価結果を表 5－1 に示す。

表5－1　重大事故等時に対する評価結果(D＋PSA＋MSA)

評価対象設備	評価部位		応力分類	重大事故等時		判定	備考
				算出応力	許容応力		
				MPa	MPa		
クエンチャサポート基礎	P1	ベースプレート	引張応力度	104		○	
	P2	下部サポートパイプ	圧縮応力度	106		○	
			せん断応力度	23		○	
	P3	ベアリングプレート	曲げ応力度	144		○	
			せん断応力度	31		○	
	P4	ガセットプレート	曲げ応力度	235		○	
			せん断応力度	102		○	
	P5	基礎ボルト	引張応力度	268		○	
	P6	コンクリート部	圧縮応力度	7.9	25.0	○	単位：N/mm^2
			せん断応力度	0.3	1.1	○	単位：N/mm^2

6. 参照図書

(1) 柏崎刈羽原子力発電所第７号機　第２回工事計画認可申請書
Ⅳ-3-4-1-13「クエンチャサポート基礎の強度計算書」

Ⅴ-3-3-6-1-2　機器搬出入口の強度計算書

Ⅴ-3-3-6-1-2-1　機器搬入用ハッチ及びサプレッションチェンバ出入口の基本板厚計算書

目　　次

1.　一般事項 ･･ 1
1.1　概要 ･･ 1
1.2　適用基準 ･･ 1
1.3　計算精度と数値の丸め方 ･･ 2
2.　設計条件 ･･ 3
2.1　重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度 ････････････････ 3
2.2　水荷重 ･･ 3
2.3　材料及び許容応力 ･･ 3
3.　機器搬入用ハッチ及びサプレッションチェンバ出入口の基本板厚計算 ･･････ 4
3.1　上部ドライウェル機器搬入用ハッチ ･･････････････････････････････ 4
3.2　下部ドライウェル機器搬入用ハッチ ･･････････････････････････････ 7
3.3　サプレッションチェンバ出入口 ････････････････････････････････ 10

K7 ① V-3-3-6-1-2-1 R1

1. 一般事項

1.1 概要

本計算書は，上部ドライウェル機器搬入用ハッチ及び下部ドライウェル機器搬入用ハッチ（以下「機器搬入用ハッチ」という。）並びにサプレッションチェンバ出入口の基本板厚計算書である。

機器搬入用ハッチ及びサプレッションチェンバ出入口は，設計基準対象施設の機器搬入用ハッチ及びサプレッションチェンバ出入口を重大事故等クラス２容器として兼用する機器である。

以下，重大事故等クラス２容器として，Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びⅤ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」に基づくとともに，Ⅴ-3-2-8「重大事故等クラス２容器の強度計算方法」に準じて，機器搬入用ハッチ及びサプレッションチェンバ出入口の構造強度評価を示す。

1.2 適用基準

適用基準を以下に示す。

(1) 発電用原子力設備に関する構造等の技術基準（昭和 55 年 10 月 30 日　通商産業省告示第５０１号）（以下「告示第５０１号」という。）

1.3　計算精度と数値の丸め方

精度は，有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表1－1に示すとおりとする。

表 1－1　表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
最高使用圧力	MPa	―	―	小数点以下第 3 位
温度	℃	―	―	整数位
許容応力*	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位
計算上必要な厚さ	mm	小数点以下第 2 位	切上げ	小数点以下第 1 位
最小厚さ	mm	小数点以下第 2 位	切捨て	小数点以下第 1 位

注記＊：告示第５０１号別表に記載された温度の中間における許容引張応力，設計降伏点及び設計引張強さは，比例法により補間した値の小数点以下第 2 位を切り捨て，小数点以下第 1 位までの値として算出する。得られた値を SI 単位に換算し，SI 単位に換算した値の小数点以下第 1 位を切り捨て，整数位までの値とする。

2.　設計条件

2.1　重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度

重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度は，以下のとおりとする。

内圧P_{SA}	620kPa（ＳＡ後）
温度T_{SA}	200℃（ＳＡ後）

2.2　水荷重

下部ドライウェル機器搬入用ハッチ及びサプレッションチェンバ出入口においては，重大事故等対処設備の評価に用いる水荷重として，没水時における下記の水位による水頭圧を考慮する。

下部ドライウェル機器搬入用ハッチ

水位　T.M.S.L.　　7400mm

サプレッションチェンバ出入口

水位　T.M.S.L.　　8950mm

2.3　材料及び許容応力

(1)　材料

使用する材料を表 2－1 に示す。

表 2－1　使用材料表

使用部位	使用材料	備考
上部ドライウェル機器搬入用ハッチ		
下部ドライウェル機器搬入用ハッチ		
サプレッションチェンバ出入口		

(2)　許容引張応力

使用材料の許容引張応力は，Ｖ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」に基づき，告示第５０１号別表第 10 に規定されている値の 0.6 倍とする。

　　$S^{*}=$　MPa

注記＊：Ｓは 0.6・Ｓｕとする。ここで，Ｓｕは告示第５０１号別表第 10 に規定されている値である。

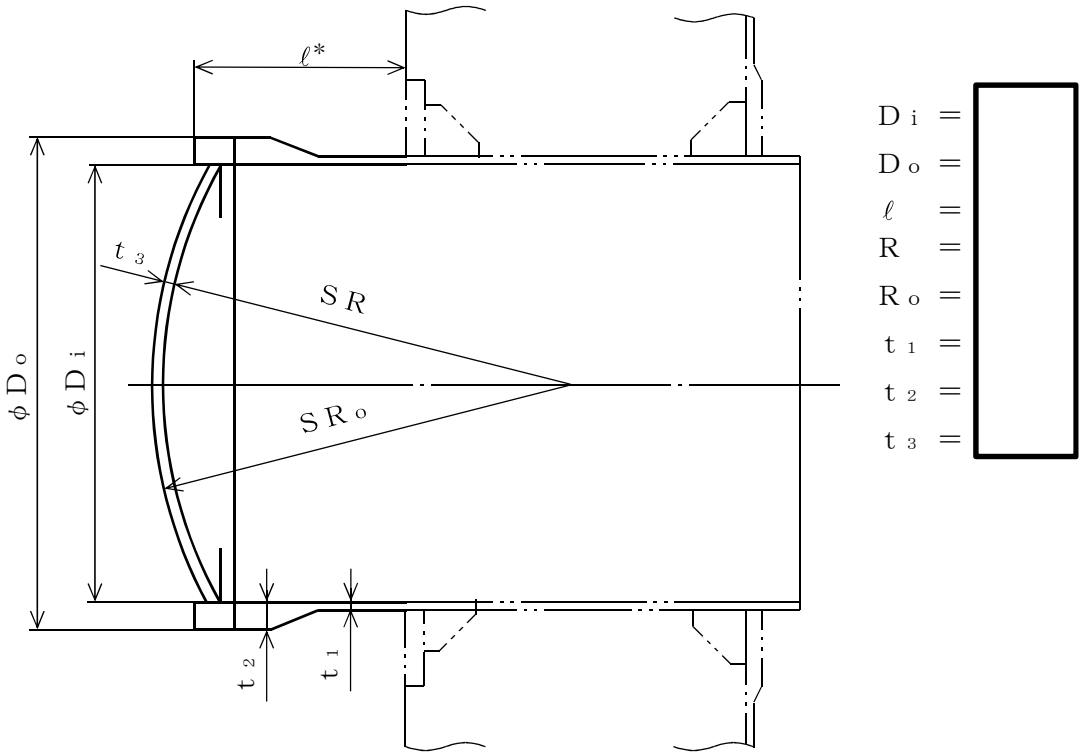
K7 ① V-3-3-6-1-2-1 R1

3.　機器搬入用ハッチ及びサプレッションチェンバ出入口の基本板厚計算

「2.　設計条件」に示す重大事故等時の条件に基づき，機器搬入用ハッチ及びサプレッションチェンバ出入口の板厚計算を行った結果を以下に示す。

3.1　上部ドライウェル機器搬入用ハッチ

上部ドライウェル機器搬入用ハッチの形状及び寸法を図 3－1 に示す。



注記＊：ℓ寸法は最大長さを示す。

図 3－1　上部ドライウェル機器搬入用ハッチの形状及び寸法（単位：mm）

(1)　記号の説明

告示第５０１号の記号	計算書の表示	表示内容	単位
t	t_R	必要な厚さ	mm
	t_{R1}	規格上必要な最小厚さ	mm
	t_{R2}	計算上必要な厚さ	mm

(2)　円筒胴

a.　内圧に対する必要厚さ（告示第５０１号第 22 条第 3 項第 2 号イ）

上部ドライウェル機器搬入用ハッチの円筒胴における，内圧に対する必要板厚の算出式を以下に示し，計算結果を表 3−1 に示す。

これより，上部ドライウェル機器搬入用ハッチの円筒胴は告示第５０１号の条件を満足している。

$$t_{R2}=\frac{P\cdot D_i}{2\cdot S\cdot \eta-1.2\cdot P}$$

表 3−1　上部ドライウェル機器搬入用ハッチの板厚計算結果（円筒胴）

胴板名称			円筒胴
材料			
最高使用圧力	P	(MPa)	0.620
最高使用温度		(℃)	200
胴の内径	D_i	(mm)	
許容引張応力	S＊	(MPa)	
継手効率	η		1.00
継手の種類			突合せ両側溶接
放射線検査の有無			有り
必要厚さ	t_{R1}	(mm)	3.0
必要厚さ	t_{R2}	(mm)	3.2
t_{R1}，t_{R2}の大きい値	t_R	(mm)	3.2
呼び厚さ	t_{so}	(mm)	
最小厚さ	t_s	(mm)	
評価：$t_s \geqq t_R$，よって十分である。			

注記＊：Ｓは 0.6・Ｓｕとする。

K7 ① V-3-3-6-1-2-1 R1

(3) 鏡板

a. 内圧に対する必要厚さ（告示第５０１号第 22 条第 3 項第 2 号ホ）

上部ドライウェル機器搬入用ハッチの鏡板における，内圧に対する必要板厚の算出式を以下に示し，計算結果を表 3−2 に示す。

これより，上部ドライウェル機器搬入用ハッチの鏡板は告示第５０１号の条件を満足している。

$$t_{R2}=\frac{P\cdot D_i}{4\cdot S\cdot \eta-0.4\cdot P}$$

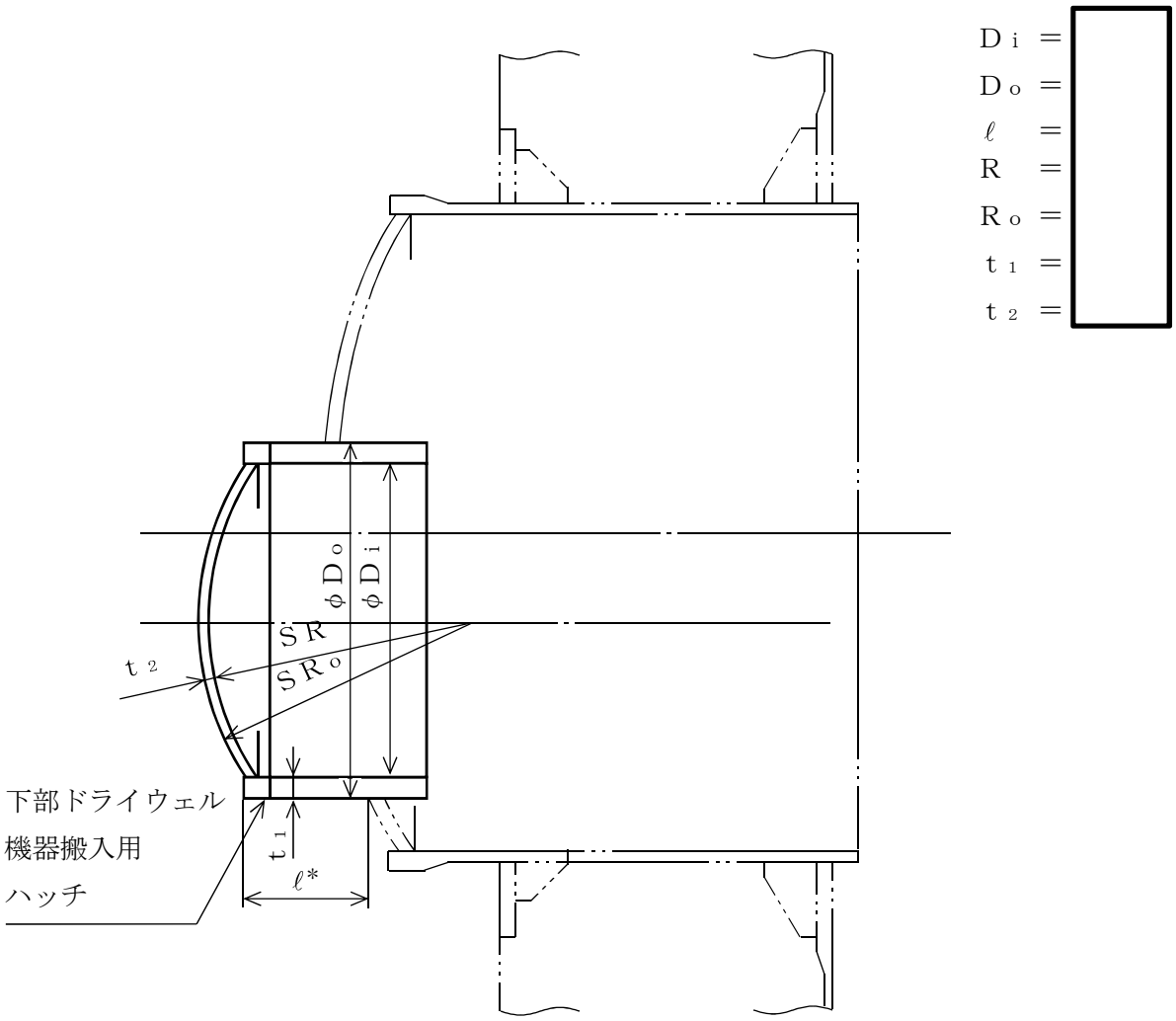
表 3−2　上部ドライウェル機器搬入用ハッチの板厚計算結果（鏡板）

鏡板名称			鏡板
材料			[redacted]
最高使用圧力	P	(MPa)	0.620
最高使用温度		(℃)	200
胴の内径	$D_i=2\cdot R$	(mm)	[redacted]
許容引張応力	S＊	(MPa)	[redacted]
継手効率	η		1.00
継手の種類			継手無し
放射線検査の有無			―
必要厚さ	t_{R1}	(mm)	3.0
必要厚さ	t_{R2}	(mm)	3.2
t_{R1}，t_{R2}の大きい値	t_R	(mm)	3.2
呼び厚さ	t_{co}	(mm)	[redacted]
最小厚さ	t_c	(mm)	[redacted]
評価：$t_c \geqq t_R$，よって十分である。			

注記＊：Ｓは 0.6・Ｓｕとする。

3.2　下部ドライウェル機器搬入用ハッチ

下部ドライウェル機器搬入用ハッチの形状及び寸法を図3－2に示す。



注記＊：ℓ 寸法は最大長さを示す。

図3－2　下部ドライウェル機器搬入用ハッチの形状及び寸法（単位：mm）

(1)　記号の説明

告示第５０１号の記号	計算書の表示	表示内容	単位
t	t_R	必要な厚さ	mm
	t_{R1}	規格上必要な最小厚さ	mm
	t_{R2}	計算上必要な厚さ	mm

(2)　円筒胴

a.　内圧に対する必要厚さ（告示第５０１号第 22 条第 3 項第 2 号イ）

下部ドライウェル機器搬入用ハッチの円筒胴における，内圧に対する必要板厚の算出式を以下に示し，計算結果を表 3−3 に示す。

これより，下部ドライウェル機器搬入用ハッチの円筒胴は告示第５０１号の条件を満足している。

$$t_{R2}=\frac{P\cdot D_i}{2\cdot S\cdot \eta-1.2\cdot P}$$

表 3−3　下部ドライウェル機器搬入用ハッチの板厚計算結果（円筒胴）

胴板名称			円筒胴
材料			[redacted]
最高使用圧力	P	(MPa)	0.713*1
最高使用温度		(℃)	200
胴の内径	D_i	(mm)	[redacted]
許容引張応力	S*2	(MPa)	[redacted]
継手効率	η		1.00
継手の種類			突合せ両側溶接
放射線検査の有無			有り
必要厚さ	t_{R1}	(mm)	3.0
必要厚さ	t_{R2}	(mm)	3.4
t_{R1}，t_{R2}の大きい値	t_R	(mm)	3.4
呼び厚さ	t_{so}	(mm)	[redacted]
最小厚さ	t_s	(mm)	[redacted]
評価：$t_s \geqq t_R$，よって十分である。			

注記＊1：最高使用圧力には水荷重として没水時の水位における水頭圧を含む。

＊2：Ｓは 0.6・Ｓｕとする。

K7 ① V-3-3-6-1-2-1 R1

(3) 鏡板

a. 内圧に対する必要厚さ（告示第５０１号第 22 条第 3 項第 2 号ホ）

下部ドライウェル機器搬入用ハッチの鏡板における，内圧に対する必要板厚の算出式を以下に示し，計算結果を表 3－4 に示す。

これより，下部ドライウェル機器搬入用ハッチの鏡板は告示第５０１号の条件を満足している。

$$t_{R2}=\frac{P\cdot D_i}{4\cdot S\cdot \eta-0.4\cdot P}$$

表 3－4　下部ドライウェル機器搬入用ハッチの板厚計算結果（鏡板）

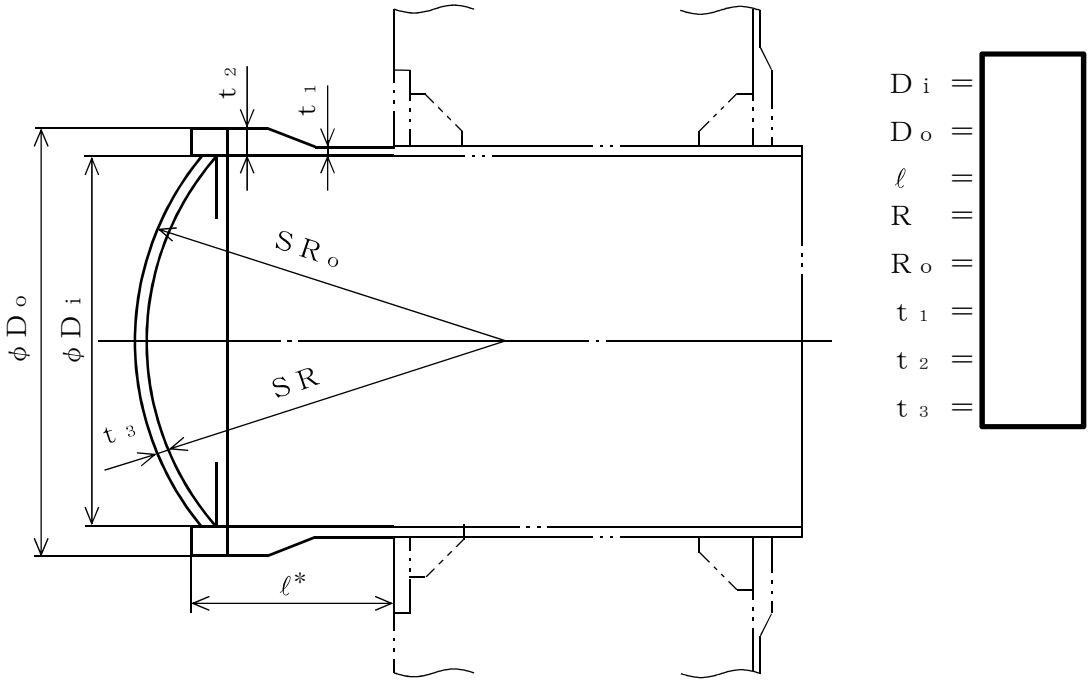
鏡板名称			鏡板
材料			[redacted]
最高使用圧力	P	(MPa)	0.713*1
最高使用温度		(℃)	200
胴の内径	$D_i=2\cdot R$	(mm)	[redacted]
許容引張応力	S*2	(MPa)	[redacted]
継手効率	η		1.00
継手の種類			継手無し
放射線検査の有無			―
必要厚さ	t_{R1}	(mm)	3.0
必要厚さ	t_{R2}	(mm)	3.4
t_{R1}，t_{R2}の大きい値	t_R	(mm)	3.4
呼び厚さ	t_{co}	(mm)	[redacted]
最小厚さ	t_c	(mm)	[redacted]
評価：$t_c \geqq t_R$，よって十分である。			

注記＊1：最高使用圧力には水荷重として没水時の水位における水頭圧を含む。

＊2：Ｓは 0.6・Ｓｕとする。

3.3　サプレッションチェンバ出入口

サプレッションチェンバ出入口の形状及び寸法を図3－3に示す。



注記＊：ℓ寸法は最大長さを示す。

図3－3　サプレッションチェンバ出入口の形状及び寸法（単位：mm）

(1)　記号の説明

告示第５０１号の記号	計算書の表示	表示内容	単位
t	t_R	必要な厚さ	mm
	t_{R1}	規格上必要な最小厚さ	mm
	t_{R2}	計算上必要な厚さ	mm

(2)　円筒胴

a.　内圧に対する必要厚さ（告示第５０１号第 22 条第 3 項第 2 号イ）

サプレッションチェンバ出入口の円筒胴における，内圧に対する必要板厚の算出式を以下に示し，計算結果を表 3−5 に示す。

これより，サプレッションチェンバ出入口の円筒胴は告示第５０１号の条件を満足している。

$$t_{R2}=\frac{P\cdot D_i}{2\cdot S\cdot \eta-1.2\cdot P}$$

表 3−5　サプレッションチェンバ出入口の板厚計算結果（円筒胴）

胴板名称			円筒胴
材料			[redacted]
最高使用圧力	P	(MPa)	0.655*1
最高使用温度		(℃)	200
胴の内径	D_i	(mm)	[redacted]
許容引張応力	S*2	(MPa)	[redacted]
継手効率	η		1.00
継手の種類			突合せ両側溶接
放射線検査の有無			有り
必要厚さ	t_{R1}	(mm)	3.0
必要厚さ	t_{R2}	(mm)	2.6
t_{R1}，t_{R2}の大きい値	t_R	(mm)	3.0
呼び厚さ	t_{so}	(mm)	[redacted]
最小厚さ	t_s	(mm)	[redacted]
評価：$t_s \geqq t_R$，よって十分である。			

注記＊1：最高使用圧力には水荷重として没水時の水位における水頭圧を含む。

＊2：Ｓは 0.6・Ｓｕとする。

K7 ① V-3-3-6-1-2-1 R1

(3) 鏡板

a. 内圧に対する必要厚さ（告示第５０１号第 22 条第 3 項第 2 号ホ）

サプレッションチェンバ出入口の鏡板における，内圧に対する必要板厚の算出式を以下に示し，計算結果を表 3－6 に示す。

これより，サプレッションチェンバ出入口の鏡板は告示第５０１号の条件を満足している。

$$t_{R2}=\frac{P\cdot D_i}{4\cdot S\cdot \eta-0.4\cdot P}$$

表 3－6　サプレッションチェンバ出入口の板厚計算結果（鏡板）

鏡板名称			鏡板
材料			[redacted]
最高使用圧力	P	(MPa)	0.655*1
最高使用温度		(℃)	200
胴の内径	$D_i=2\cdot R$	(mm)	[redacted]
許容引張応力	S*2	(MPa)	[redacted]
継手効率	η		1.00
継手の種類			継手無し
放射線検査の有無			―
必要厚さ	t_{R1}	(mm)	3.0
必要厚さ	t_{R2}	(mm)	2.6
t_{R1}，t_{R2}の大きい値	t_R	(mm)	3.0
呼び厚さ	t_{co}	(mm)	[redacted]
最小厚さ	t_c	(mm)	[redacted]
評価：$t_c \geqq t_R$，よって十分である。			

注記＊1：最高使用圧力には水荷重として没水時の水位における水頭圧を含む。

＊2：Ｓは 0.6・Ｓｕとする。

Ⅴ-3-3-6-1-2-2　上部ドライウェル機器搬入用ハッチの強度計算書

目　　次

1.　概要 ····· 1
2.　一般事項 ····· 1
2.1　構造計画 ····· 1
2.2　評価方針 ····· 3
2.3　適用基準 ····· 4
2.4　記号の説明 ····· 5
2.5　計算精度と数値の丸め方 ····· 6
3.　評価部位 ····· 7
4.　強度評価 ····· 9
4.1　強度評価方法 ····· 9
4.2　荷重の組合せ及び許容応力 ····· 9
4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 9
4.2.2　許容応力 ····· 9
4.2.3　使用材料の許容応力評価条件 ····· 9
4.2.4　設計荷重 ····· 14
4.3　計算方法 ····· 14
4.4　計算条件 ····· 17
4.5　応力の評価 ····· 17
5.　評価結果 ····· 18
5.1　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 18
6.　参照図書 ····· 22

1. 概要

本計算書は，上部ドライウェル機器搬入用ハッチの強度計算書である。

上部ドライウェル機器搬入用ハッチは，設計基準対象施設の上部ドライウェル機器搬入用ハッチを重大事故等クラス２容器として兼用する機器である。

以下，重大事故等クラス２容器として，Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びⅤ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」に基づき，上部ドライウェル機器搬入用ハッチの強度評価を示す。

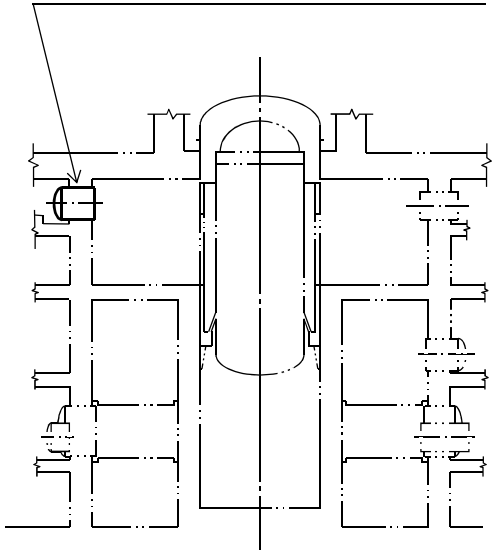
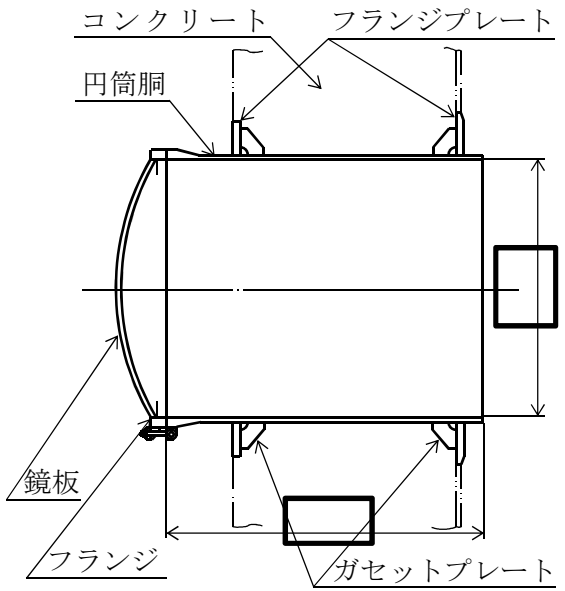
なお，本計算書においては，重大事故等時における荷重に対して，平成 4 年 3 月 27 日付け 3 資庁第 13034 号にて認可された工事計画の添付書類（参照図書(1)）（以下「既工認」という。）に示す手法に従い強度評価を行う。

2. 一般事項

2.1 構造計画

上部ドライウェル機器搬入用ハッチの構造計画を表 2－1 に示す。

表 2－1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
上部ドライウェル機器搬入用ハッチは原子炉格納容器コンクリート部に支持される。 上部ドライウェル機器搬入用ハッチは，原子炉建屋と一体構造となっており，鉛直方向荷重及び水平方向荷重は，原子炉格納容器シェル部分あるいは原子炉格納容器底部を介して原子炉建屋に伝達させる。	内径□mm，板厚□mm，長さ□mmの円筒胴及び板厚□mmの鏡板，フランジで構成される鋼製構造物である。 原子炉格納容器埋込部には，フランジプレート及びガセットプレートを備える。	上部ドライウェル機器搬入用ハッチ   上部ドライウェル機器搬入用ハッチ　拡大図 （単位：mm）

2.2　評価方針

上部ドライウェル機器搬入用ハッチの応力評価は，Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びⅤ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「3.　評価部位」にて設定する箇所において重大事故等時における温度，圧力による応力等が許容限界内に収まることを，「4.　強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5.　評価結果」に示す。

上部ドライウェル機器搬入用ハッチの強度評価フローを図 2－1 に示す。

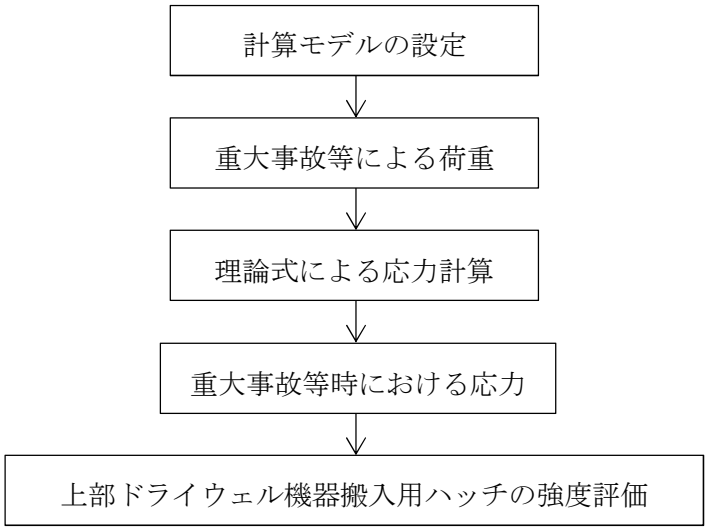


図 2－1　上部ドライウェル機器搬入用ハッチの強度評価フロー

2.3　適用基準

適用基準を以下に示す。

(1)　発電用原子力設備に関する構造等の技術基準（昭和55年10月30日　通商産業省告示第５０１号）（以下「告示第５０１号」という。）

(2)　コンクリート製原子炉格納容器に関する構造等の技術基準（平成2年10月22日　通商産業省告示第４５２号）（以下「告示第４５２号」という。）

2.4　記号の説明

記号	記号の説明	単位
D	死荷重	—
D_1	直径	mm
f_b	許容曲げ応力度	MPa
f_c	許容圧縮応力度	MPa
f_p	許容支圧応力度	MPa
f_s	許容せん断応力度	MPa
f_t	許容引張応力度	MPa
F_c	コンクリートの設計基準強度	kg/cm^2, N/mm^2
ℓ_i	長さ（ｉ＝1，2）	mm
L	活荷重	—
M_{SA}	機械的荷重（ＳＡ後機械的荷重）	—
P_{SA}	圧力（ＳＡ後圧力）	kPa
R_h	半径	mm
R_{SA}	配管荷重（ＳＡ後配管荷重）	—
S	許容引張応力	MPa
S_u	設計引張強さ	MPa
S_y	設計降伏点	MPa
S_y（ＲＴ）	40℃における設計降伏点	MPa
t_i	厚さ（ｉ＝1，2，3…）	mm
T_{SA}	温度（ＳＡ後温度）	℃
W	荷重	—

2.5　計算精度と数値の丸め方

精度は，有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表2－2に示すとおりとする。

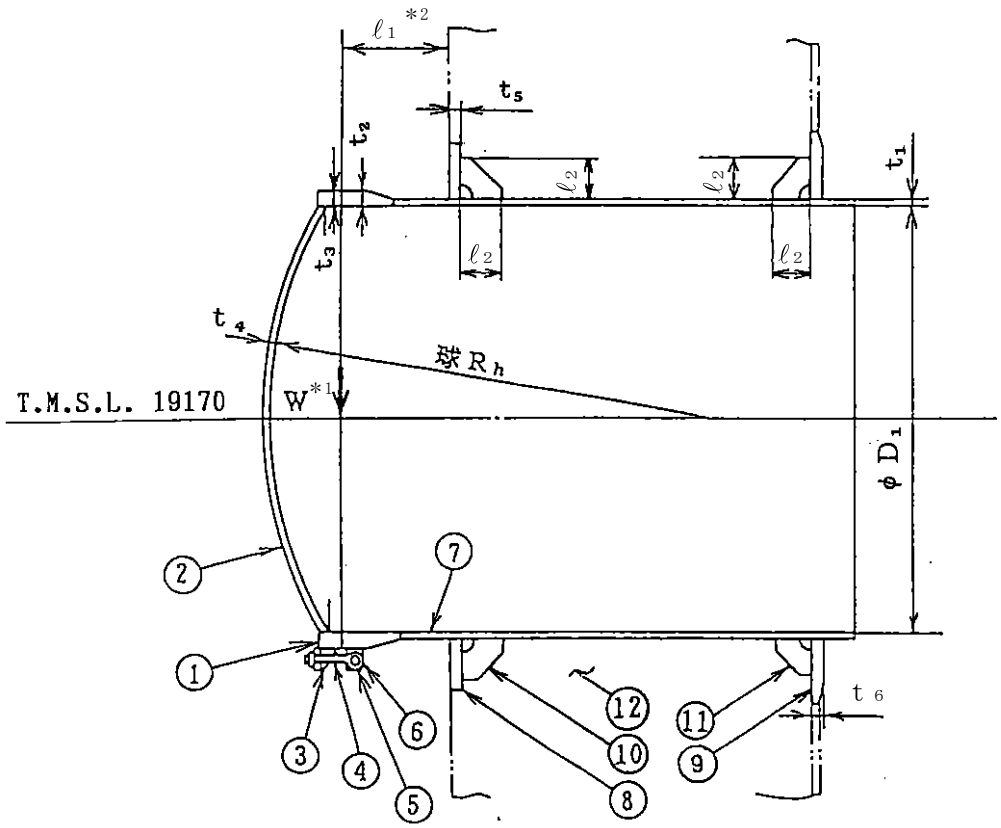
表 2－2　表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
最高使用圧力	kPa	―	―	整数位
温度	℃	―	―	整数位
許容応力*	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位
算出応力	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位

注記＊：告示第５０１号別表に記載された温度の中間における許容引張応力，設計降伏点及び設計引張強さは，比例法により補間した値の小数点以下第 2 位を切り捨て，小数点以下第 1 位までの値として算出する。得られた値を SI 単位に換算し，SI 単位に換算した値の小数点以下第 1 位を切り捨てて整数化する。

3.　評価部位

上部ドライウェル機器搬入用ハッチの形状及び主要寸法を図 3－1 に，使用材料及び使用部位を表 3－1 に示す。



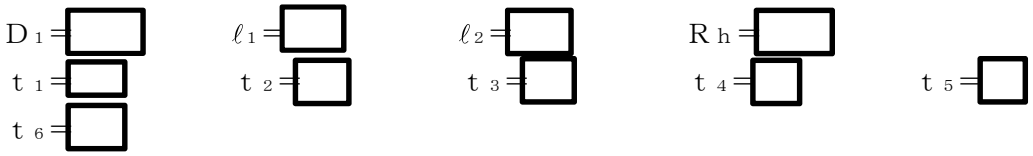
注記＊1：W（荷重）の作用点を示す。

＊2：ℓ_1寸法は最大長さを示す。

①フランジ　②鏡板　③ブラケット　④ヒンジボルト　⑤ピン　⑥ブラケット

⑦円筒胴　⑧フランジプレート（外側）　⑨フランジプレート（内側）

⑩ガセットプレート（外側）　⑪ガセットプレート（内側）　⑫コンクリート部



（単位：mm）

図 3－1　上部ドライウェル機器搬入用ハッチの形状及び主要寸法

K7 ① V-3-3-6-1-2-2 R1

表 3－1　使用材料表

使用部位	使用材料	備考
フランジ	[redacted]	[redacted]
鏡板	[redacted]	[redacted]
ブラケット	[redacted]	[redacted]
ヒンジボルト	[redacted]	[redacted]
ピン	[redacted]	[redacted]
円筒胴	[redacted]	[redacted]
フランジプレート（外側）	[redacted]	[redacted]
フランジプレート（内側）	[redacted]	[redacted]
ガセットプレート（外側）	[redacted]	[redacted]
ガセットプレート（内側）	[redacted]	[redacted]
コンクリート部	コンクリート（F_c＝330kg/cm^2）	F_c＝32.4N/mm^2

4.　強度評価

4.1　強度評価方法

(1)　上部ドライウェル機器搬入用ハッチは，円筒胴が原子炉格納容器コンクリート部に埋め込まれた構造であり，荷重は原子炉格納容器コンクリートを介して原子炉建屋に伝達される。

上部ドライウェル機器搬入用ハッチの強度評価として，Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」において設定された荷重を用いて，参照図書(1)に示す既工認の手法に従い強度評価を行う。

(2)　強度評価に用いる寸法は，公称値を用いる。

4.2　荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

上部ドライウェル機器搬入用ハッチの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－1 に示す。

詳細な荷重の組合せは，Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」に従い，対象機器の設置位置等を考慮し決定する。なお，考慮する荷重の組合せは，組み合わせる荷重の大きさを踏まえ，評価上厳しくなる組合せを選定する。

4.2.2　許容応力

上部ドライウェル機器搬入用ハッチの許容応力及び許容応力度は，Ⅴ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」に基づき，表 4－2～表 4－5 に示すとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

上部ドライウェル機器搬入用ハッチの使用材料の許容応力評価条件のうち，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－6 に示す。

表 4－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	機器等の区分	荷重の組合せ*1，*2		許容応力状態*1 ＜荷重状態＞
原子炉格納施設	原子炉格納容器	上部ドライウェル機器搬入用ハッチ	重大事故等クラス２容器	Ｄ＋Ｐ$_{SA}$＋Ｍ$_{SA}$ ＜Ｄ＋Ｌ＋Ｐ$_{SA}$＋Ｒ$_{SA}$＞	(Ⅴ(S)-1) (Ⅴ(S)-2) (Ⅴ(S)-3)	重大事故等時*3 ＜重大事故等時＞

注記＊1：告示第４５２号による場合は，＜　＞内の荷重状態及び荷重の組合せを適用する。

＊2：（　）内はⅤ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」における表5－4の荷重の組合せのNo.を示す。

＊3：重大事故等時としてⅣ$_A$（＜Ⅳ＞）の許容限界を用いる。

表4－2　許容応力（第２種容器）

応力分類 許容 応力状態	一次一般膜応力	一次膜応力＋一次曲げ応力
重大事故 等時*	構造上の連続な部分は0.6・Ｓｕ，不連続な部分はＳｙと0.6・Ｓｕの小さい方。ただし，オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については，構造上の連続な部分は2・Ｓと0.6・Ｓｕの小さい方，不連続な部分は1.2・Ｓとする。	左欄の 1.5倍の値

注記＊：重大事故等時としてⅣAの許容限界を用いる。

表4－3　許容応力（第２種容器耐圧部テンションボルト）

応力分類 許容 応力状態	平均引張応力	平均引張応力＋曲げ応力
重大事故 等時*	2/3・Ｓｕ。ただし，オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については，2.4・Ｓと2/3・Ｓｕの小さい方とする。	左欄の 1.5倍の値

注記＊：重大事故等時としてⅣAの許容限界を用いる。

表4－4　ライナプレート，ライナアンカ等の許容応力度

応力分類 ＼ 荷重状態	ライナプレート，ライナアンカ等*1										ボルト等	
	一次応力					一次＋二次応力					一次応力	
	引張り	せん断	圧縮	曲げ	支圧	引張り／圧縮	せん断	曲げ	支圧	座屈	引張り	せん断
重大事故等時*2	1.5・f_t*	1.5・f_s*	1.5・f_c*	1.5・f_b*	1.5・f_p*	—	—	—	—	—	1.5・f_t*	1.5・f_s*

注：本表の対象部としては，貫通部のフランジプレート，ガセットプレート等が該当する。

注記＊1：鋼構造設計規準（日本建築学会 1973 改定）等の幅厚比の制限を満足させる。

＊2：重大事故等時としてⅣの許容限界を用いる。

表4－5　コンクリート部の許容応力度

応力分類 ＼ 荷重状態	コンクリート部　（単位：kg/cm^2）	
	圧縮応力度	せん断応力度
重大事故等時*	0.85・F_c	次の二つの計算式のうち いずれかf_sの値の小さい方の 1.5倍の値 $f_s = \left(\frac{F_c}{30}\right)$ $f_s = \left(5 + \frac{F_c}{100}\right)$

注記＊：重大事故等時としてⅣの許容限界を用いる。

表4－6　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S (MPa)	Ｓｙ (MPa)	Ｓｕ (MPa)	Ｓｙ（ＲＴ） (MPa)
上部ドライウェル機器搬入用ハッチ円筒胴，フランジプレート及びガセットプレート	[redacted]	周囲環境温度	200	—	[redacted]	[redacted]	—
ヒンジボルト及びピン	[redacted]	周囲環境温度	200	—	[redacted]	[redacted]	—

注記＊：[redacted]

4.2.4　設計荷重

(1)　重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度

重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度は，以下のとおりとする。

内圧P_{SA}	620kPa（ＳＡ後）
温度T_{SA}	200℃（ＳＡ後）

4.3　計算方法

上部ドライウェル機器搬入用ハッチの応力評価点は，上部ドライウェル機器搬入用ハッチを構成する部材の形状及び荷重伝達経路を考慮し，発生応力が大きくなる部位を選定する。選定した応力評価点を表 4－7 及び図 4－1 に示す。

応力計算方法は既工認から変更はなく，参照図書(1)に示すとおりである。

評価の概要を以下に示す。

応力評価点 P1 は，内圧を受ける薄肉球かくの応力算出式を用いて評価する。

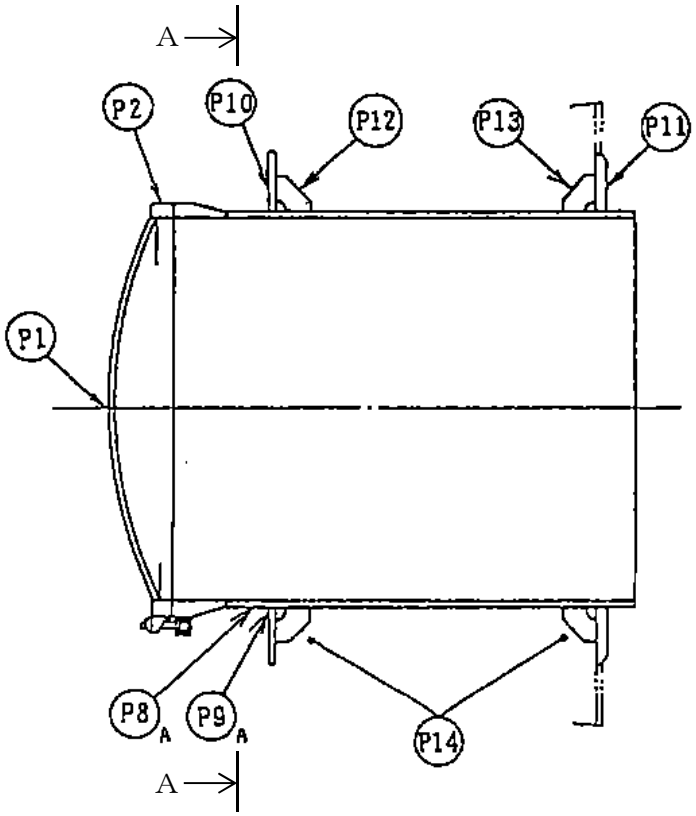
応力評価点 P2 は，JIS B 8243-1981「圧力容器の構造」附属書２「フランジの応力計算方法」等を用いて，圧力によりフランジに生じる荷重を算出し，この荷重を用いてリングモデルでフランジの評価をする。

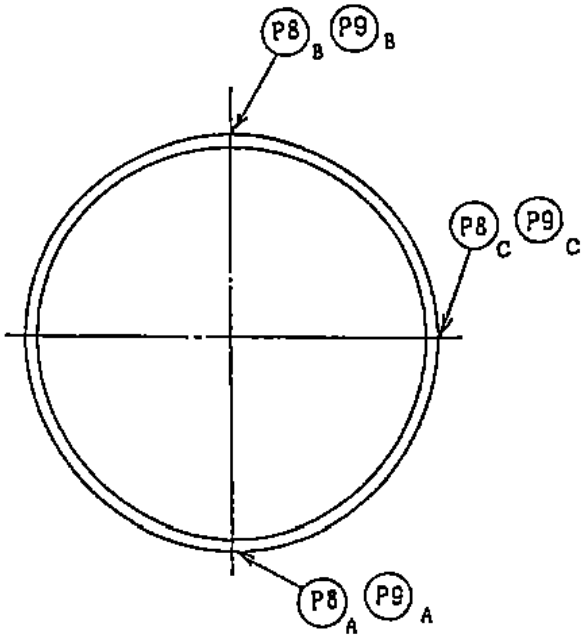
応力評価点 P3～P7 は，P2 評価時に算出した設計ボルト荷重と，各評価断面の断面性能より評価する。

応力評価点 P8～P14 は，既工認の各荷重による応力を比倍（圧力比等）し評価する。

表 4－7　応力評価点

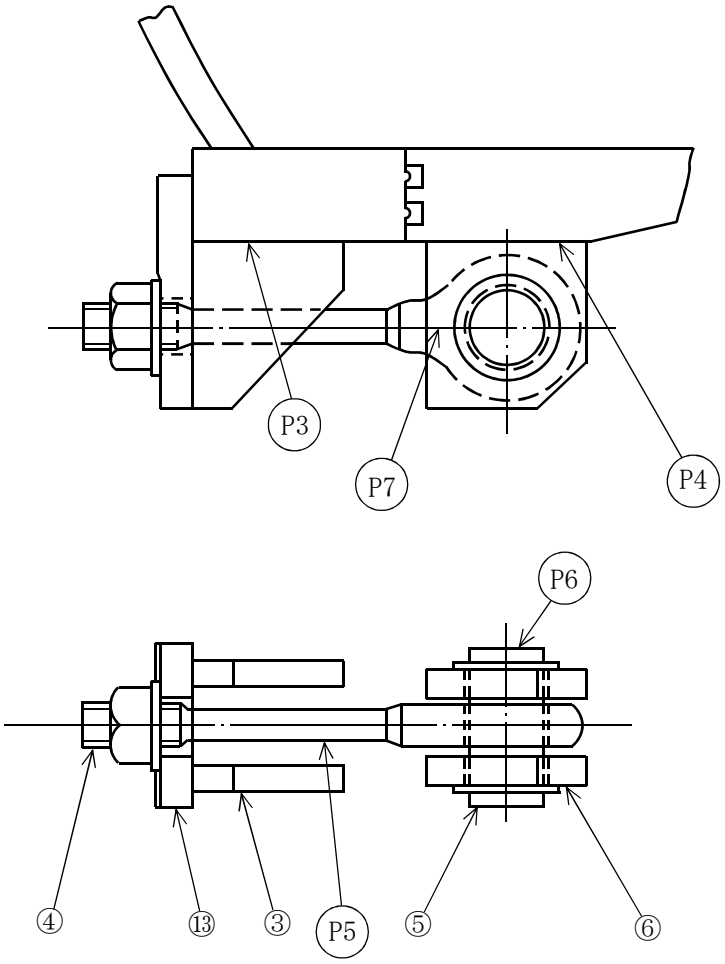
応力評価点番号	応力評価点
Ｐ１	鏡板中央部
Ｐ２	フランジ
Ｐ３	ブラケットのフランジとの結合部
Ｐ４	ブラケットの円筒胴との結合部
Ｐ５	ヒンジボルト
Ｐ６	ピン
Ｐ７	ピン取付部
Ｐ８	上部ドライウェル機器搬入用ハッチ円筒胴 (P8-A～P8-C)
Ｐ９	上部ドライウェル機器搬入用ハッチ円筒胴のフランジプレートとの結合部 (P9-A～P9-C)
Ｐ１０	フランジプレート（外側）
Ｐ１１	フランジプレート（内側）
Ｐ１２	ガセットプレート（外側）
Ｐ１３	ガセットプレート（内側）
Ｐ１４	コンクリート部





A～A矢視図

図 4－1　上部ドライウェル機器搬入用ハッチの応力評価点（その 1）



③ブラケット　④ヒンジボルト　⑤ピン　⑥ブラケット　⑬シートプレート

図 4－1　上部ドライウェル機器搬入用ハッチの応力評価点（その 2）

4.4　計算条件

応力計算に用いる荷重を，「4.2　荷重の組合せ及び許容応力」に示す。

応力評価に用いる荷重の組合せは，表 4－1 に記載の組合せのうち評価上最も厳しくなる V(S)-1 とする。

4.5　応力の評価

「4.3　計算方法」で求めた応力が許容応力以下であること。

5.　評価結果

5.1　重大事故等対処設備としての評価結果

上部ドライウェル機器搬入用ハッチの重大事故等時の状態を考慮した場合の強度評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足している。

(1)　強度評価結果

強度評価結果を表 5－1 に示す。

表5－1　重大事故等時に対する評価結果（D＋PSA＋MSA）（その1）

評価対象設備	評価部位		応力分類	重大事故等時		判定	備考
				算出応力	許容応力		
				MPa	MPa		
上部ドライウェル機器搬入用ハッチ	P1	鏡板中央部	一次一般膜応力	41		○	
			一次膜応力＋一次曲げ応力	41		○	
	P2	フランジ	一次膜応力＋一次曲げ応力	303		○	
	P3	ブラケットのフランジとの結合部	応力強さ	125		○	
	P4	ブラケットの円筒胴との結合部	応力強さ	125		○	
	P5	ヒンジボルト	平均引張応力	284		○	
	P6	ピン	応力強さ	402		○	
	P7	ピン取付部	応力強さ	92		○	

表5－1　重大事故等時に対する評価結果（D＋P_{SA}＋M_{SA}）（その2）

評価対象設備	評価部位		応力分類	重大事故等時		判定	備考
				算出応力	許容応力		
				MPa	MPa		
上部ドライウェル機器搬入用ハッチ	P8-A	上部ドライウェル機器搬入用ハッチ円筒胴	一次一般膜応力	51		○	
			一次膜応力＋一次曲げ応力	51		○	
	P8-B	上部ドライウェル機器搬入用ハッチ円筒胴	一次一般膜応力	51		○	
			一次膜応力＋一次曲げ応力	51		○	
	P8-C	上部ドライウェル機器搬入用ハッチ円筒胴	一次一般膜応力	51		○	
			一次膜応力＋一次曲げ応力	51		○	
	P9-A	上部ドライウェル機器搬入用ハッチ円筒胴のフランジプレートとの結合部	一次膜応力＋一次曲げ応力	25		○	
	P9-B	上部ドライウェル機器搬入用ハッチ円筒胴のフランジプレートとの結合部	一次膜応力＋一次曲げ応力	27		○	
	P9-C	上部ドライウェル機器搬入用ハッチ円筒胴のフランジプレートとの結合部	一次膜応力＋一次曲げ応力	26		○	

表5－1　重大事故等時に対する評価結果（D＋P_{SA}＋M_{SA}）（その3）

評価対象設備	評価部位		応力分類	重大事故等時		判定	備考
				算出応力	許容応力		
				MPa	MPa		
上部ドライウェル機器搬入用ハッチ	P10	フランジプレート（外側）	曲げ応力度	7		○	
			せん断応力度	2		○	
	P11	フランジプレート（内側）	曲げ応力度	126		○	
			せん断応力度	13		○	
	P12	ガセットプレート（外側）	せん断応力度	7		○	
	P13	ガセットプレート（内側）	せん断応力度	116		○	
	P14	コンクリート部（フランジプレート外側近傍）	圧縮応力度	0.4	27.5	○	単位：N/mm^2
		コンクリート部（フランジプレート内側近傍）	圧縮応力度	6.1	27.5	○	単位：N/mm^2

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部は告示第４５２号による評価を示す。

6. 参照図書

(1) 柏崎刈羽原子力発電所第７号機　第２回工事計画認可申請書
Ⅳ-3-4-1-7「上部ドライウェル機器搬入用ハッチの強度計算書」

Ⅴ-3-3-6-1-2-3　下部ドライウェル機器搬入用ハッチの強度計算書

目　　次

1.　概要 …… 1
2.　一般事項 …… 1
2.1　構造計画 …… 1
2.2　評価方針 …… 3
2.3　適用基準 …… 3
2.4　記号の説明 …… 4
2.5　計算精度と数値の丸め方 …… 5
3.　評価部位 …… 6
4.　強度評価 …… 8
4.1　強度評価方法 …… 8
4.2　荷重の組合せ及び許容応力 …… 8
4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 …… 8
4.2.2　許容応力 …… 8
4.2.3　使用材料の許容応力評価条件 …… 8
4.2.4　設計荷重 …… 12
4.3　計算方法 …… 13
4.4　計算条件 …… 15
4.5　応力の評価 …… 15
5.　評価結果 …… 16
5.1　重大事故等対処設備としての評価結果 …… 16
6.　参照図書 …… 19

1. 概要

本計算書は，下部ドライウェル機器搬入用ハッチの強度計算書である。

下部ドライウェル機器搬入用ハッチは，設計基準対象施設の下部ドライウェル機器搬入用ハッチを重大事故等クラス２容器として兼用する機器である。

以下，重大事故等クラス２容器として，Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びⅤ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」に基づき，下部ドライウェル機器搬入用ハッチの強度評価を示す。

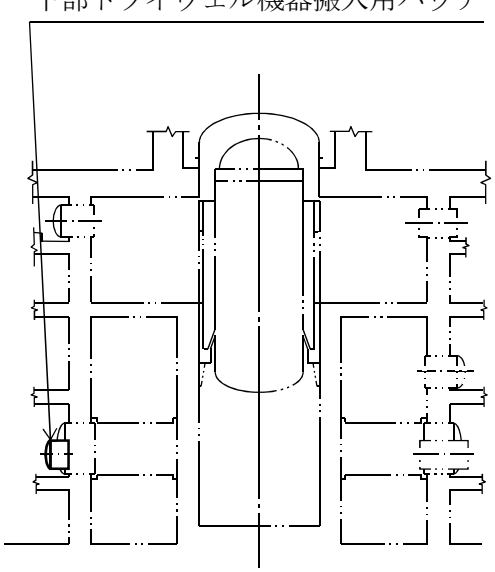
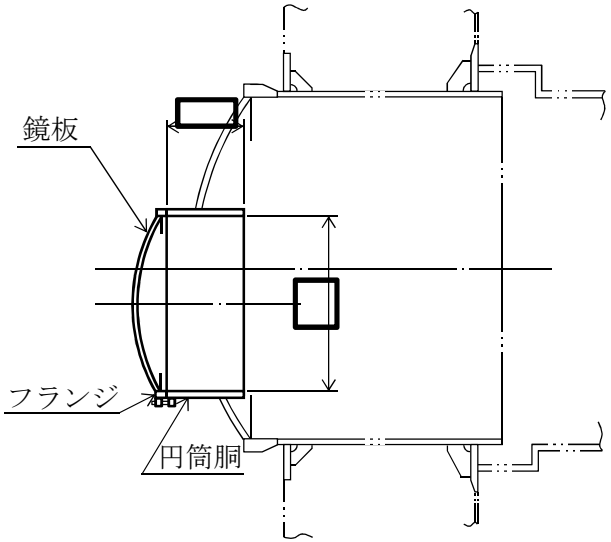
なお，本計算書においては，重大事故等時における荷重に対して，平成 4 年 3 月 27 日付け 3 資庁第 13034 号にて認可された工事計画の添付書類（参照図書(1)）（以下「既工認」という。）に示す手法に従い強度評価を行う。

2. 一般事項

2.1 構造計画

下部ドライウェル機器搬入用ハッチの構造計画を表 2－1 に示す。

表 2－1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
下部ドライウェル機器搬入用ハッチは，下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）に支持される。 下部ドライウェル機器搬入用ハッチは，原子炉格納容器と一体構造である下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）に取り付けられ，鉛直方向荷重及び水平方向荷重は，原子炉格納容器シェル部分あるいは原子炉格納容器底部を介して原子炉建屋に伝達させる。	内径□mm，板厚□mm，長さ□mmの円筒胴及び板厚□mmの鏡板で構成される鋼製構造物である。	下部ドライウェル機器搬入用ハッチ   下部ドライウェル機器搬入用ハッチ　拡大図

（単位：mm）

2.2　評価方針

下部ドライウェル機器搬入用ハッチの応力評価は，Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びⅤ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「3.　評価部位」にて設定する箇所において重大事故等時における温度，圧力による応力等が許容限界内に収まることを，「4.　強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5.　評価結果」に示す。

下部ドライウェル機器搬入用ハッチの強度評価フローを図 2－1 に示す。

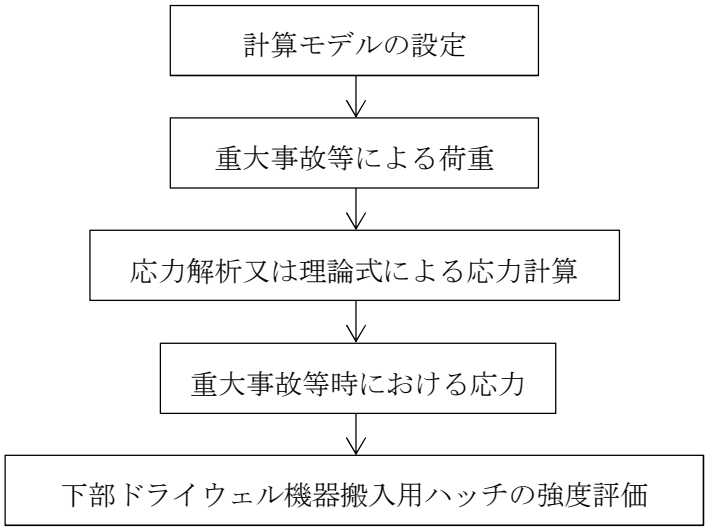


図 2－1　下部ドライウェル機器搬入用ハッチの強度評価フロー

2.3　適用基準

適用基準を以下に示す。

(1)　発電用原子力設備に関する構造等の技術基準（昭和55年10月30日　通商産業省告示第５０１号）（以下「告示第５０１号」という。）

2.4　記号の説明

記号	記号の説明	単位
D	死荷重	—
D_1	直径	mm
ℓ_1	長さ	mm
M_{SA}	機械的荷重（ＳＡ後機械的荷重）	—
P_{SA}	圧力（ＳＡ後圧力）	kPa
R_{hi}	半径（ｉ＝1，2）	mm
S	許容引張応力	MPa
S_u	設計引張強さ	MPa
S_y	設計降伏点	MPa
S_y（ＲＴ）	40℃における設計降伏点	MPa
t_i	厚さ（ｉ＝1，2，3…）	mm
T_{SA}	温度（ＳＡ後温度）	℃
W	荷重	N

2.5　計算精度と数値の丸め方

精度は，有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表2－2に示すとおりとする。

表 2－2　表示する数値の丸め方

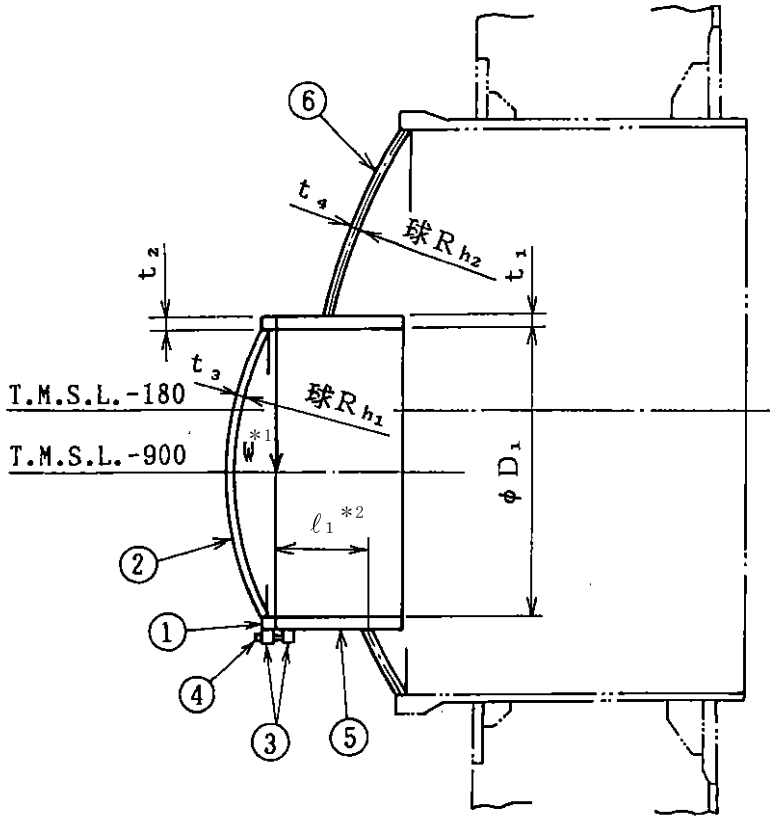
数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
最高使用圧力	kPa	―	―	整数位
温度	℃	―	―	整数位
許容応力*1	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位
算出応力	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
力	N	有効数字 4 桁目	四捨五入	有効数字 3 桁*2

注記＊1：告示第５０１号別表に記載された温度の中間における許容引張応力，設計降伏点及び設計引張強さは，比例法により補間した値の小数点以下第 2 位を切り捨て，小数点以下第 1 位までの値として算出する。得られた値を SI 単位に換算し，SI 単位に換算した値の小数点以下第 1 位を切り捨てて整数化する。

＊2：絶対値が 1000 以上のときはべき数表示とする。

3.　評価部位

下部ドライウェル機器搬入用ハッチの形状及び主要寸法を図 3－1 に，使用材料及び使用部位を表 3－1 に示す。



注記＊1：W（荷重）の作用点を示す。

＊2：ℓ_1寸法は最大長さを示す。

①フランジ　②鏡板　③ブラケット　④ボルト　⑤円筒胴　⑥アクセストンネル鏡板

D_1＝	ℓ_1＝	R_{h1}＝	R_{h2}＝
t_1＝	t_2＝	t_3＝	t_4＝

（単位：mm）

図 3－1　下部ドライウェル機器搬入用ハッチの形状及び主要寸法

表 3－1　使用材料表

使用部位	使用材料	備考
フランジ		
鏡板		
ブラケット		
ボルト		
円筒胴		
アクセストンネル鏡板		

4.　強度評価

4.1　強度評価方法

(1)　下部ドライウェル機器搬入用ハッチは，円筒胴が下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板に支持された構造であり，荷重は下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板を介して原子炉格納容器コンクリート及び原子炉建屋に伝達される。

下部ドライウェル機器搬入用ハッチの強度評価として，Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」において設定された荷重を用いて，参照図書(1)に示す既工認の手法に従い強度評価を行う。また，重大事故等対処設備としての評価においては，没水時における下部ドライウェル機器搬入用ハッチ内部の水重量及び水頭圧を考慮する。

(2)　強度評価に用いる寸法は，公称値を用いる。

4.2　荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

下部ドライウェル機器搬入用ハッチの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－1 に示す。

詳細な荷重の組合せは，Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」に従い，対象機器の設置位置等を考慮し決定する。なお，考慮する荷重の組合せは，組み合わせる荷重の大きさを踏まえ，評価上厳しくなる組合せを選定する。

4.2.2　許容応力

下部ドライウェル機器搬入用ハッチの許容応力は，Ⅴ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」に基づき，表 4－2 及び表 4－3 に示すとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

下部ドライウェル機器搬入用ハッチの使用材料の許容応力評価条件のうち，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－4 に示す。

表 4－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	機器等の区分	荷重の組合せ*1		許容応力状態
原子炉格納施設	原子炉格納容器	下部ドライウェル機器搬入用ハッチ	重大事故等クラス２容器	Ｄ＋P_{SA}＋M_{SA}	(Ⅴ(S)-1) (Ⅴ(S)-2) (Ⅴ(S)-3)	重大事故等時*2

注記＊1：（　）内はⅤ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」における表5－4の荷重の組合せのNo.を示す。

＊2：重大事故等時としてⅣ$_A$の許容限界を用いる。

表4－2　許容応力（第２種容器）

応力分類 許容 応力状態	一次一般膜応力	一次膜応力＋一次曲げ応力
重大事故 等時*	構造上の連続な部分は0.6・Ｓｕ，不連続な部分はＳｙと0.6・Ｓｕの小さい方。ただし，オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については，構造上の連続な部分は2・Ｓと0.6・Ｓｕの小さい方，不連続な部分は1.2・Ｓとする。	左欄の 1.5倍の値

注記＊：重大事故等時としてⅣAの許容限界を用いる。

表4－3　許容応力（第２種容器耐圧部テンションボルト）

応力分類 許容 応力状態	平均引張応力	平均引張応力＋曲げ応力
重大事故 等時*	2/3・Ｓｕ。ただし，オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については，2.4・Ｓと2/3・Ｓｕの小さい方とする。	左欄の 1.5倍の値

注記＊：重大事故等時としてⅣAの許容限界を用いる。

表 4－4　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S (MPa)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
下部ドライウェル機器搬入用ハッチ鏡板，フランジ，ブラケット，円筒胴及びアクセストンネル鏡板	[redacted]	周囲環境温度	200	—	[redacted]	[redacted]	—
ボルト	[redacted]	周囲環境温度	200	—	—	[redacted]	—

注記＊：[redacted]

4.2.4　設計荷重

(1)　重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度

重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度は，以下のとおりとする。

内圧P_{SA}	620kPa（ＳＡ後）
温度T_{SA}	200℃（ＳＡ後）

(2)　水荷重

重大事故等対処設備の評価に用いる水荷重として，没水時における下部ドライウェル機器搬入用ハッチ内部の水重量及び下記の水位による水頭圧を考慮する。

下部ドライウェル機器搬入用ハッチ内保有水重量	[redacted]N
水位　T.M.S.L.	7400mm

4.3　計算方法

下部ドライウェル機器搬入用ハッチの応力評価点は，下部ドライウェル機器搬入用ハッチを構成する部材の形状及び荷重伝達経路を考慮し，発生応力が大きくなる部位を選定する。選定した応力評価点を表 4－5 及び図 4－1 に示す。

応力計算方法は既工認から変更はなく，参照図書(1)に示すとおりである。

評価の概要を以下に示す。

応力評価点 P1 は，内圧を受ける薄肉球かくの応力算出式を用いて評価する。

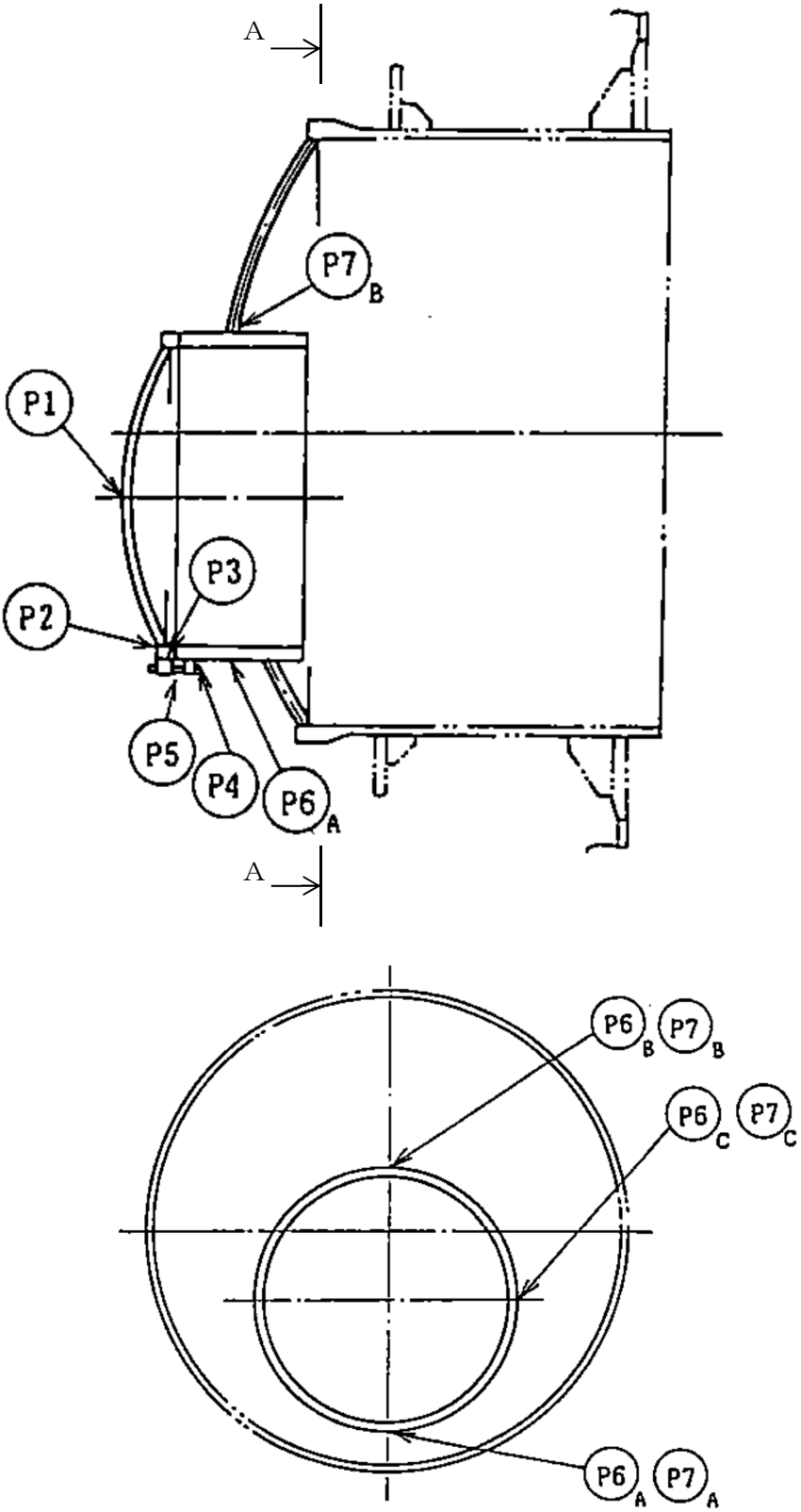
応力評価点 P2 は，JIS B 8243-1981「圧力容器の構造」附属書２「フランジの応力計算方法」等を用いて，圧力によりフランジに生じる荷重を算出し，この荷重を用いてリングモデルでフランジの評価をする。

応力評価点 P3～P5 は，P2 評価時に算出した設計ボルト荷重と，各評価断面の断面性能より評価する。

応力評価点 P6～P7 は，既工認の各荷重による応力を比倍（圧力比等）し評価する。

表 4－5　応力評価点

応力評価点番号	応力評価点
Ｐ１	鏡板中央部
Ｐ２	フランジ
Ｐ３	ブラケットのフランジとの結合部
Ｐ４	ブラケットの円筒胴との結合部
Ｐ５	ボルト
Ｐ６	下部ドライウェル機器搬入用ハッチ円筒胴 (P6-A～P6-C)
Ｐ７	下部ドライウェル機器搬入用ハッチ円筒胴と鏡板との結合部 (P7-A～P7-C)



A～A矢視図

図 4－1　下部ドライウェル機器搬入用ハッチの応力評価点

4.4　計算条件

応力計算に用いる荷重を，「4.2　荷重の組合せ及び許容応力」に示す。

応力評価に用いる荷重の組合せは，表 4－1 に記載の組合せのうち評価上最も厳しくなる V(S)-1 とする。

4.5　応力の評価

「4.3　計算方法」で求めた応力が許容応力以下であること。

5. 評価結果

5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

下部ドライウェル機器搬入用ハッチの重大事故等時の状態を考慮した場合の強度評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足している。

(1) 強度評価結果

強度評価結果を表 5－1 に示す。

表5－1　重大事故等時に対する評価結果（D＋P_{SA}＋M_{SA}）（その1）

評価対象設備	評価部位		応力分類	重大事故等時		判定	備考
				算出応力	許容応力		
				MPa	MPa		
下部ドライウェル機器搬入用ハッチ	P1	鏡板中央部	一次一般膜応力	43		○	
			一次膜応力＋一次曲げ応力	43		○	
	P2	フランジ	一次膜応力＋一次曲げ応力	256		○	
	P3	ブラケットのフランジとの結合部	応力強さ	164		○	
	P4	ブラケットの円筒胴との結合部	応力強さ	164		○	
	P5	ボルト	平均引張応力	337		○	

表5－1　重大事故等時に対する評価結果（D＋P_{SA}＋M_{SA}）（その2）

評価対象設備	評価部位		応力分類	重大事故等時		判定	備考
				算出応力	許容応力		
				MPa	MPa		
下部ドライウェル機器搬入用ハッチ	P6-A	下部ドライウェル機器搬入用ハッチ円筒胴	一次一般膜応力	15		○	
			一次膜応力＋一次曲げ応力	15		○	
	P6-B	下部ドライウェル機器搬入用ハッチ円筒胴	一次一般膜応力	15		○	
			一次膜応力＋一次曲げ応力	15		○	
	P6-C	下部ドライウェル機器搬入用ハッチ円筒胴	一次一般膜応力	15		○	
			一次膜応力＋一次曲げ応力	15		○	
	P7-A	下部ドライウェル機器搬入用ハッチ円筒胴と鏡板との結合部	一次膜応力＋一次曲げ応力	17		○	
	P7-B	下部ドライウェル機器搬入用ハッチ円筒胴と鏡板との結合部	一次膜応力＋一次曲げ応力	105		○	
	P7-C	下部ドライウェル機器搬入用ハッチ円筒胴と鏡板との結合部	一次膜応力＋一次曲げ応力	79		○	

6. 参照図書

(1) 柏崎刈羽原子力発電所第７号機　第２回工事計画認可申請書
Ⅳ-3-4-1-9「下部ドライウェル機器搬入用ハッチの強度計算書」

Ⅴ-3-3-6-1-2-4　サプレッションチェンバ出入口の強度計算書

目　　次

1.　概要 ····· 1
2.　一般事項 ····· 1
2.1　構造計画 ····· 1
2.2　評価方針 ····· 3
2.3　適用基準 ····· 4
2.4　記号の説明 ····· 5
2.5　計算精度と数値の丸め方 ····· 6
3.　評価部位 ····· 7
4.　強度評価 ····· 9
4.1　強度評価方法 ····· 9
4.2　荷重の組合せ及び許容応力 ····· 9
4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 9
4.2.2　許容応力 ····· 9
4.2.3　使用材料の許容応力評価条件 ····· 9
4.2.4　設計荷重 ····· 14
4.3　計算方法 ····· 15
4.4　計算条件 ····· 17
4.5　応力の評価 ····· 17
5.　評価結果 ····· 18
5.1　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 18
6.　参照図書 ····· 22

1. 概要

本計算書は，サプレッションチェンバ出入口の強度計算書である。

サプレッションチェンバ出入口は，設計基準対象施設のサプレッションチェンバ出入口を重大事故等クラス２容器として兼用する機器である。

以下，重大事故等クラス２容器として，Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びⅤ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」に基づき，サプレッションチェンバ出入口の強度評価を示す。

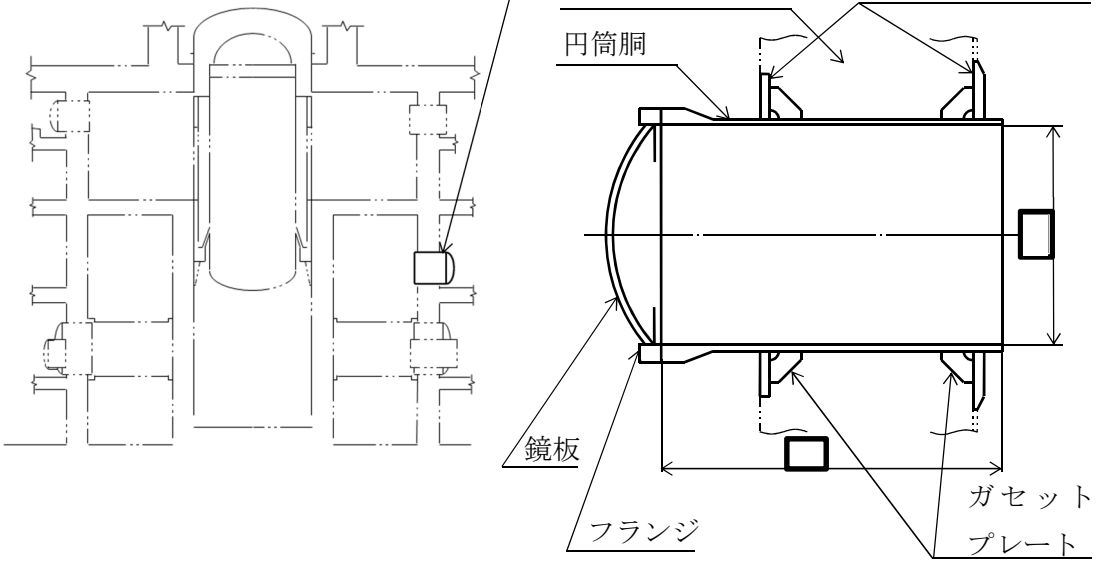
なお，本計算書においては，重大事故等時における荷重に対して，平成 4 年 3 月 27 日付け 3 資庁第 13034 号にて認可された工事計画の添付書類（参照図書(1)）（以下「既工認」という。）に示す手法に従い強度評価を行う。

2. 一般事項

2.1 構造計画

サプレッションチェンバ出入口の構造計画を表 2－1 に示す。

表 2－1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
サプレッションチェンバ出入口は原子炉格納容器コンクリート部に支持される。 サプレッションチェンバ出入口は，原子炉格納容器と一体構造となっており，鉛直方向荷重及び水平方向荷重は，原子炉格納容器シェル部分あるいは原子炉格納容器底部を介して原子炉建屋に伝達させる。	内径□mm，板厚□mm，長さ□mm の円筒胴及び板厚□mm の鏡板，フランジで構成される鋼製構造物である。 原子炉格納容器埋込部には，フランジプレート及びガセットプレートを備える。	 サプレッションチェンバ出入口　拡大図

（単位：mm）

2.2　評価方針

サプレッションチェンバ出入口の応力評価は，Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びⅤ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「3.　評価部位」にて設定する箇所において重大事故等時における温度，圧力による応力等が許容限界内に収まることを，「4.　強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5.　評価結果」に示す。

サプレッションチェンバ出入口の強度評価フローを図2－1に示す。

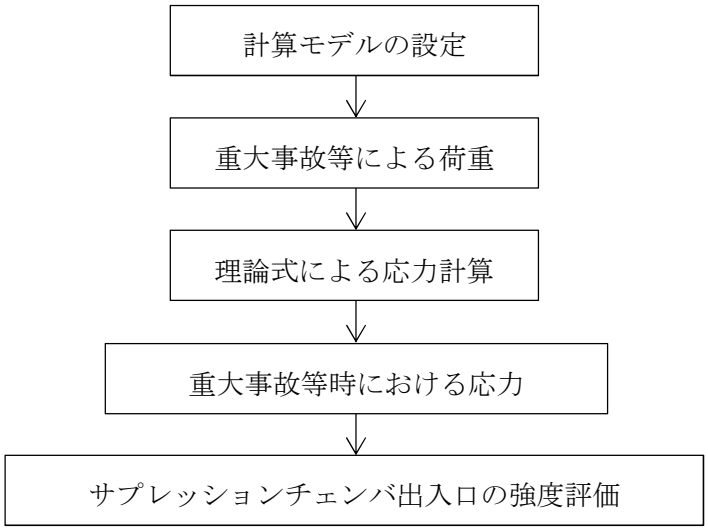


図2－1　サプレッションチェンバ出入口の強度評価フロー

2.3　適用基準

適用基準を以下に示す。

(1)　発電用原子力設備に関する構造等の技術基準（昭和55年10月30日　通商産業省告示第５０１号）（以下「告示第５０１号」という。）

(2)　コンクリート製原子炉格納容器に関する構造等の技術基準（平成2年10月22日　通商産業省告示第４５２号）（以下「告示第４５２号」という。）

2.4　記号の説明

記号	記号の説明	単位
D	死荷重	—
D_i	直径（i＝1）	mm
f_b	許容曲げ応力度	MPa
f_c	許容圧縮応力度	MPa
f_p	許容支圧応力度	MPa
f_s	許容せん断応力度	MPa
f_t	許容引張応力度	MPa
F_c	コンクリートの設計基準強度	kg/cm^2, N/mm^2
ℓ_i	長さ（i＝1，2）	mm
L	活荷重	—
M_{SA}	機械的荷重（ＳＡ後機械的荷重）	—
P_{SA}	圧力（ＳＡ後圧力）	kPa
R_h	半径	mm
R_{SA}	配管荷重（ＳＡ後配管荷重）	—
S	許容引張応力	MPa
S_u	設計引張強さ	MPa
S_y	設計降伏点	MPa
S_y（ＲＴ）	40℃における設計降伏点	MPa
t_i	厚さ（i＝1，2，3…）	mm
T_{SA}	温度（ＳＡ後温度）	℃
W	荷重	N

2.5　計算精度と数値の丸め方

精度は，有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表2－2に示すとおりとする。

表 2－2　表示する数値の丸め方

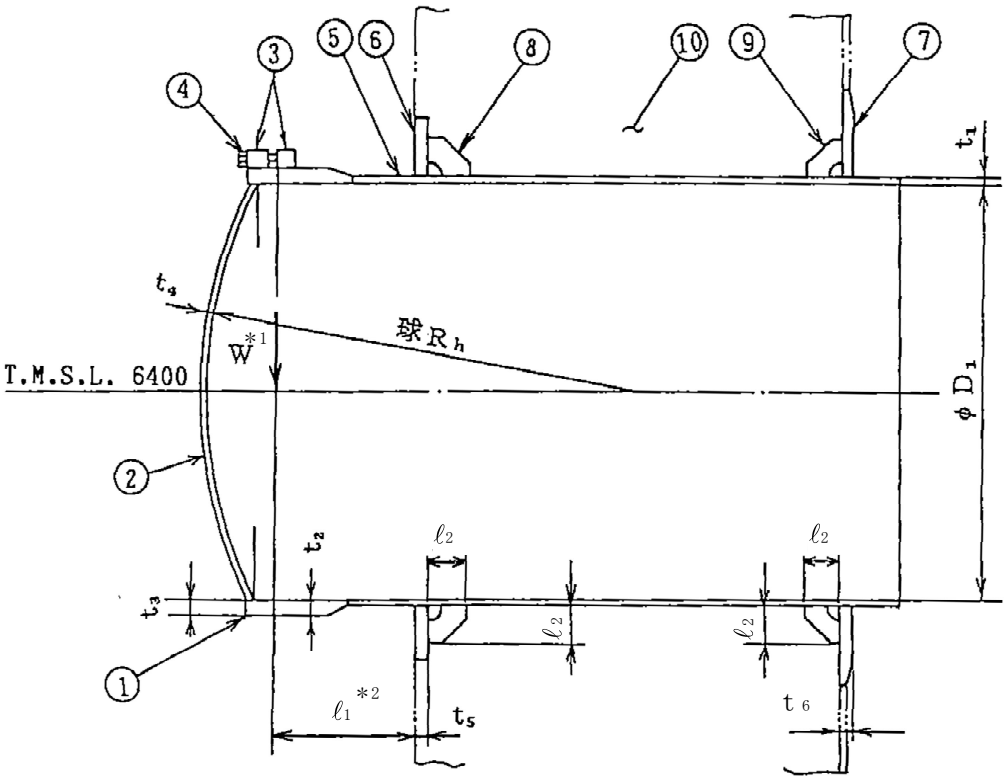
数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
最高使用圧力	kPa	―	―	整数位
温度	℃	―	―	整数位
許容応力*1	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位
算出応力	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
長さ	mm	小数点以下第 3 位	四捨五入	小数点以下第 2 位
力	N	有効数字 4 桁目	四捨五入	有効数字 3 桁*2

注記＊1：告示第５０１号別表に記載された温度の中間における許容引張応力，設計降伏点及び設計引張強さは，比例法により補間した値の小数点以下第 2 位を切り捨て，小数点以下第 1 位までの値として算出する。得られた値を SI 単位に換算し，SI 単位に換算した値の小数点以下第 1 位を切り捨てて整数化する。

＊2：絶対値が 1000 以上のときはべき数表示とする。

3. 評価部位

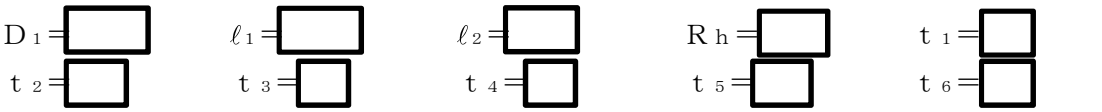
サプレッションチェンバ出入口の形状及び主要寸法を図 3－1 に，使用材料及び使用部位を表 3－1 に示す。



注記＊1：W（荷重）の作用点を示す。

＊2：ℓ_1寸法は最大長さを示す。

①フランジ　②鏡板　③ブラケット　④ボルト　⑤円筒胴　⑥フランジプレート（外側）
⑦フランジプレート（内側）　⑧ガセットプレート（外側）　⑨ガセットプレート（内側）
⑩コンクリート部



（単位：mm）

図 3－1　サプレッションチェンバ出入口の形状及び主要寸法

表 3－1　使用材料表

使用部位	使用材料	備考
フランジ	[redacted]	[redacted]
鏡板	[redacted]	[redacted]
ブラケット	[redacted]	[redacted]
ボルト	[redacted]	[redacted]
円筒胴	[redacted]	[redacted]
フランジプレート（外側）	[redacted]	[redacted]
フランジプレート（内側）	[redacted]	[redacted]
ガセットプレート（外側）	[redacted]	[redacted]
ガセットプレート（内側）	[redacted]	[redacted]
コンクリート部	コンクリート（F_c＝330kg/cm^2）	F_c＝32.4N/mm^2

4. 強度評価

4.1 強度評価方法

(1) サプレッションチェンバ出入口は，円筒胴が原子炉格納容器コンクリート部に埋め込まれた構造であり，荷重は原子炉格納容器コンクリートを介して原子炉建屋に伝達される。

サプレッションチェンバ出入口の強度評価として，Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」において設定された荷重を用いて，参照図書(1)に示す既工認の手法に従い強度評価を行う。また，重大事故等対処設備としての評価においては，没水時におけるサプレッションチェンバ出入口内部の水重量及び水頭圧を考慮する。

(2) 強度評価に用いる寸法は，公称値を用いる。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

サプレッションチェンバ出入口の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－1 に示す。

詳細な荷重の組合せは，Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」に従い，対象機器の設置位置等を考慮し決定する。なお，考慮する荷重の組合せは，組み合わせる荷重の大きさを踏まえ，評価上厳しくなる組合せを選定する。

4.2.2 許容応力

サプレッションチェンバ出入口の許容応力及び許容応力度は，Ⅴ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」に基づき，表 4－2～表 4－5 に示すとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

サプレッションチェンバ出入口の使用材料の許容応力評価条件のうち，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－6 に示す。

表 4－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	機器等の区分	荷重の組合せ*1, *2		許容応力状態*1 ＜荷重状態＞
原子炉格納施設	原子炉格納容器	サプレッションチェンバ出入口	重大事故等クラス２容器	Ｄ＋Ｐ$_{SA}$＋Ｍ$_{SA}$ ＜Ｄ＋Ｌ＋Ｐ$_{SA}$＋Ｒ$_{SA}$＞	(Ⅴ(S)-1) (Ⅴ(S)-2) (Ⅴ(S)-3)	重大事故等時*3 ＜重大事故等時＞

注記＊1：告示第４５２号による場合は，＜　＞内の荷重状態及び荷重の組合せを適用する。

＊2：（　）内はⅤ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」における表5－4の荷重の組合せのNo.を示す。

＊3：重大事故等時としてⅣ$_A$（＜Ⅳ＞）の許容限界を用いる。

表4－2　許容応力（第２種容器）

応力分類 許容 応力状態	一次一般膜応力	一次膜応力＋一次曲げ応力
重大事故 等時*	構造上の連続な部分は0.6・Ｓｕ，不連続な部分はＳｙと0.6・Ｓｕの小さい方。ただし，オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については，構造上の連続な部分は2・Ｓと0.6・Ｓｕの小さい方，不連続な部分は1.2・Ｓとする。	左欄の 1.5倍の値

注記＊：重大事故等時としてⅣAの許容限界を用いる。

表4－3　許容応力（第２種容器耐圧部テンションボルト）

応力分類 許容 応力状態	平均引張応力	平均引張応力＋曲げ応力
重大事故 等時*	2/3・Ｓｕ。ただし，オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については，2.4・Ｓと2/3・Ｓｕの小さい方とする。	左欄の 1.5倍の値

注記＊：重大事故等時としてⅣAの許容限界を用いる。

表4－4　ライナプレート，ライナアンカ等の許容応力度

荷重状態＼応力分類	ライナプレート，ライナアンカ等*1										ボルト等	
	一次応力					一次＋二次応力					一次応力	
	引張り	せん断	圧縮	曲げ	支圧	引張り／圧縮	せん断	曲げ	支圧	座屈	引張り	せん断
重大事故等時*2	1.5・f_t*	1.5・f_s*	1.5・f_c*	1.5・f_b*	1.5・f_p*	—	—	—	—	—	1.5・f_t*	1.5・f_s*

注：本表の対象部としては，貫通部のフランジプレート，ガセットプレート等が該当する。

注記＊1：鋼構造設計規準（日本建築学会 1973 改定）等の幅厚比の制限を満足させる。

＊2：重大事故等時としてⅣの許容限界を用いる。

表4－5　コンクリート部の許容応力度

荷重状態＼応力分類	コンクリート部　（単位：kg/cm^2）	
	圧縮応力度	せん断応力度
重大事故等時*	0.85・F_c	次の二つの計算式のうちいずれかf_sの値の小さい方の1.5倍の値 $f_s = \left(\frac{F_c}{30}\right)$ $f_s = \left(5 + \frac{F_c}{100}\right)$

注記＊：重大事故等時としてⅣの許容限界を用いる。

表4－6　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S (MPa)	Ｓｙ (MPa)	Ｓｕ (MPa)	Ｓｙ（ＲＴ） (MPa)
サプレッションチェンバ出入口円筒胴，フランジプレート及びガセットプレート	[redacted]*	周囲環境温度	200	—	[redacted]	[redacted]	—
ボルト	[redacted]	周囲環境温度	200	—	—	[redacted]	—

注記＊：[redacted]相当

4.2.4　設計荷重

(1)　重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度

重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度は，以下のとおりとする。

内圧P_{SA}	620kPa（ＳＡ後）
温度T_{SA}	200℃（ＳＡ後）

(2)　水荷重

重大事故等対処設備の評価に用いる水荷重として，没水時におけるサプレッションチェンバ出入口内部の水重量及び下記の水位による水頭圧を考慮する。

サプレッションチェンバ出入口内保有水重量	[redacted] N
水位　T.M.S.L.	8950 mm

4.3　計算方法

サプレッションチェンバ出入口の応力評価点は，サプレッションチェンバ出入口を構成する部材の形状及び荷重伝達経路を考慮し，発生応力が大きくなる部位を選定する。選定した応力評価点を表 4－7 及び図 4－1 に示す。

応力計算方法は既工認から変更はなく，参照図書(1)に示すとおりである。

評価の概要を以下に示す。

応力評価点 P1 は，内圧を受ける薄肉球かくの応力算出式を用いて評価する。

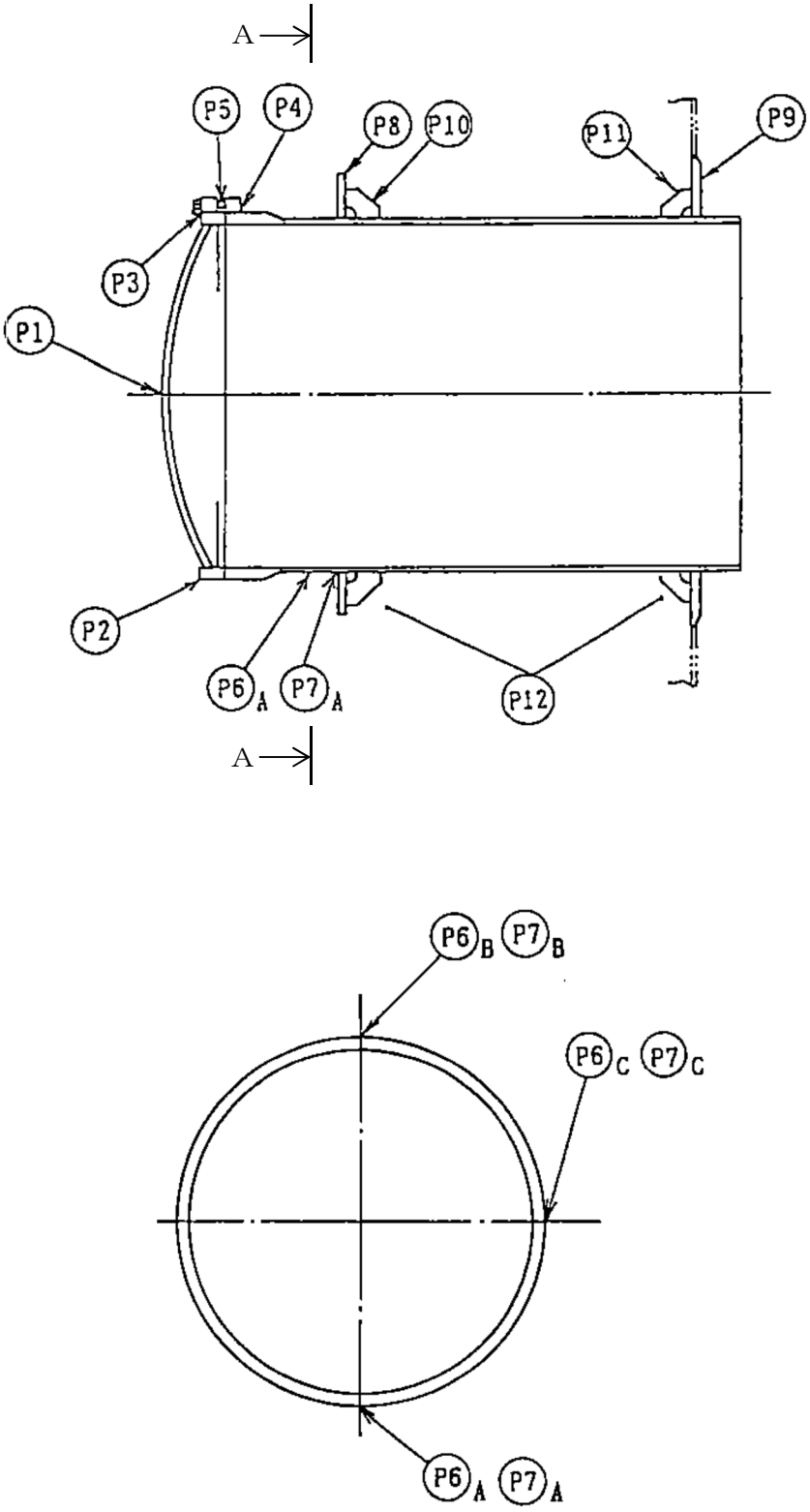
応力評価点 P2 は，JIS B 8243-1981「圧力容器の構造」附属書２「フランジの応力計算方法」等を用いて，圧力によりフランジに生じる荷重を算出し，この荷重を用いてリングモデルでフランジの評価をする。

応力評価点 P3～P5 は，P2 評価時に算出した設計ボルト荷重と，各評価断面の断面性能より評価する。

応力評価点 P6～P12 は，既工認の各荷重による応力を比倍（圧力比等）し評価する。

表 4－7　応力評価点

応力評価点番号	応力評価点
Ｐ１	鏡板中央部
Ｐ２	フランジ
Ｐ３	ブラケットのフランジとの結合部
Ｐ４	ブラケットの円筒胴との結合部
Ｐ５	ボルト
Ｐ６	サプレッションチェンバ出入口円筒胴 （P6-A～P6-C）
Ｐ７	サプレッションチェンバ出入口円筒胴のフランジプレートとの結合部 （P7-A～P7-C）
Ｐ８	フランジプレート（外側）
Ｐ９	フランジプレート（内側）
Ｐ１０	ガセットプレート（外側）
Ｐ１１	ガセットプレート（内側）
Ｐ１２	コンクリート部



A～A矢視図

図 4－1　サプレッションチェンバ出入口の応力評価位置

4.4　計算条件

応力計算に用いる荷重を，「4.2　荷重の組合せ及び許容応力」に示す。

応力評価に用いる荷重の組合せは，表 4－1 に記載の組合せのうち評価上最も厳しくなる V(S)-1 とする。

4.5　応力の評価

「4.3　計算方法」で求めた応力が許容応力以下であること。

5.　評価結果

5.1　重大事故等対処設備としての評価結果

サプレッションチェンバ出入口の重大事故等時の状態を考慮した場合の強度評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足している。

(1)　強度評価結果

強度評価結果を表 5－1 に示す。

表5－1　重大事故等時に対する評価結果（D＋P_{SA}＋M_{SA}）（その1）

評価対象設備	評価部位		応力分類	重大事故等時		判定	備考
				算出応力	許容応力		
				MPa	MPa		
サプレッションチェンバ出入口	P1	鏡板中央部	一次一般膜応力	33		○	
			一次膜応力＋一次曲げ応力	33		○	
	P2	フランジ	一次膜応力＋一次曲げ応力	170		○	
	P3	ブラケットのフランジとの結合部	応力強さ	134		○	
	P4	ブラケットの円筒胴との結合部	応力強さ	134		○	
	P5	ボルト	平均引張応力	274		○	

表5－1　重大事故等時に対する評価結果（D＋P_{SA}＋M_{SA}）（その2）

評価対象設備	評価部位		応力分類	重大事故等時		判定	備考
				算出応力	許容応力		
				MPa	MPa		
サプレッションチェンバ出入口	P6-A	サプレッションチェンバ出入口円筒胴	一次一般膜応力	44		○	
			一次膜応力＋一次曲げ応力	44		○	
	P6-B	サプレッションチェンバ出入口円筒胴	一次一般膜応力	44		○	
			一次膜応力＋一次曲げ応力	44		○	
	P6-C	サプレッションチェンバ出入口円筒胴	一次一般膜応力	44		○	
			一次膜応力＋一次曲げ応力	44		○	
	P7-A	サプレッションチェンバ出入口円筒胴のフランジプレートとの結合部	一次膜応力＋一次曲げ応力	17		○	
	P7-B	サプレッションチェンバ出入口円筒胴のフランジプレートとの結合部	一次膜応力＋一次曲げ応力	27		○	
	P7-C	サプレッションチェンバ出入口円筒胴のフランジプレートとの結合部	一次膜応力＋一次曲げ応力	23		○	

表5－1　重大事故等時に対する評価結果（D＋P_{SA}＋M_{SA}）（その3）

評価対象設備	評価部位		応力分類	重大事故等時		判定	備考
				算出応力	許容応力		
				MPa	MPa		
サプレッションチェンバ出入口	P8	フランジプレート（外側）	曲げ応力度	19		○	
			せん断応力度	6		○	
	P9	フランジプレート（内側）	曲げ応力度	109		○	
			せん断応力度	11		○	
	P10	ガセットプレート（外側）	せん断応力度	16		○	
	P11	ガセットプレート（内側）	せん断応力度	80		○	
	P12	コンクリート部（フランジプレート外側近傍）	圧縮応力度	0.8	27.5	○	単位：N/mm^2
		コンクリート部（フランジプレート内側近傍）	圧縮応力度	5.5	27.5	○	単位：N/mm^2

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部は告示第４５２号による評価を示す。

6. 参照図書

(1) 柏崎刈羽原子力発電所第７号機　第２回工事計画認可申請書
Ⅳ-3-4-1-12「サプレッションチェンバ出入口の強度計算書」

Ⅴ-3-3-6-1-3　エアロックの強度計算書

Ⅴ-3-3-6-1-3-1　所員用エアロックの基本板厚計算書

目　　次

1.　一般事項 ・・・ 1
1.1　概要 ・・・ 1
1.2　適用基準 ・・・ 1
1.3　計算精度と数値の丸め方 ・・・ 2
2.　設計条件 ・・・ 3
2.1　重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度 ・・・ 3
2.2　水荷重 ・・・ 3
2.3　材料及び許容応力 ・・・ 3
3.　所員用エアロックの基本板厚計算 ・・・ 4
3.1　上部ドライウェル所員用エアロック ・・・ 4
3.2　下部ドライウェル所員用エアロック ・・・ 8

1. 一般事項

1.1 概要

本計算書は，上部ドライウェル所員用エアロック及び下部ドライウェル所員用エアロック（以下「所員用エアロック」という。）の基本板厚計算書である。

所員用エアロックは，設計基準対象施設の所員用エアロックを重大事故等クラス２容器として兼用する機器である。

以下，重大事故等クラス２容器として，Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びⅤ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」に基づくとともに，Ⅴ-3-2-8「重大事故等クラス２容器の強度計算方法」に準じて，所員用エアロックの構造強度評価を示す。

1.2 適用基準

適用基準を以下に示す。

(1) 発電用原子力設備に関する構造等の技術基準（昭和55年10月30日　通商産業省告示第５０１号）（以下「告示第５０１号」という。）

1.3　計算精度と数値の丸め方

精度は，有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表1－1に示すとおりとする。

表 1－1　表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
最高使用圧力	MPa	―	―	小数点以下第 3 位
温度	℃	―	―	整数位
許容応力*	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位
計算上必要な厚さ	mm	小数点以下第 2 位	切上げ	小数点以下第 1 位
最小厚さ	mm	小数点以下第 2 位	切捨て	小数点以下第 1 位

注記＊：告示第５０１号別表に記載された温度の中間における許容引張応力，設計降伏点及び設計引張強さは，比例法により補間した値の小数点以下第 2 位を切り捨て，小数点以下第 1 位までの値として算出する。得られた値を SI 単位に換算し，SI 単位に換算した値の小数点以下第 1 位を切り捨て，整数位までの値とする。

2.　設計条件

2.1　重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度

重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度は，以下のとおりとする。

内圧P_{SA}　　620kPa（ＳＡ後）

温度T_{SA}　　200℃（ＳＡ後）

2.2　水荷重

下部ドライウェル所員用エアロックにおいては，重大事故等対処設備の評価に用いる水荷重として，没水時における下記の水位による水頭圧を考慮する。

下部ドライウェル所員用エアロック

水位　T.M.S.L.　　7400mm

2.3　材料及び許容応力

(1)　材料

使用する材料を表 2－1 に示す。

表 2－1　使用材料表

使用部位	使用材料	備考
上部ドライウェル所員用エアロック	[redacted]	[redacted]
下部ドライウェル所員用エアロック	[redacted]	[redacted]

(2)　許容引張応力

使用材料の許容引張応力は，Ｖ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」に基づき，告示第５０１号別表第 10 に規定されている値の 0.6 倍とする。

[redacted]　　$S^{*}=$ [redacted] MPa

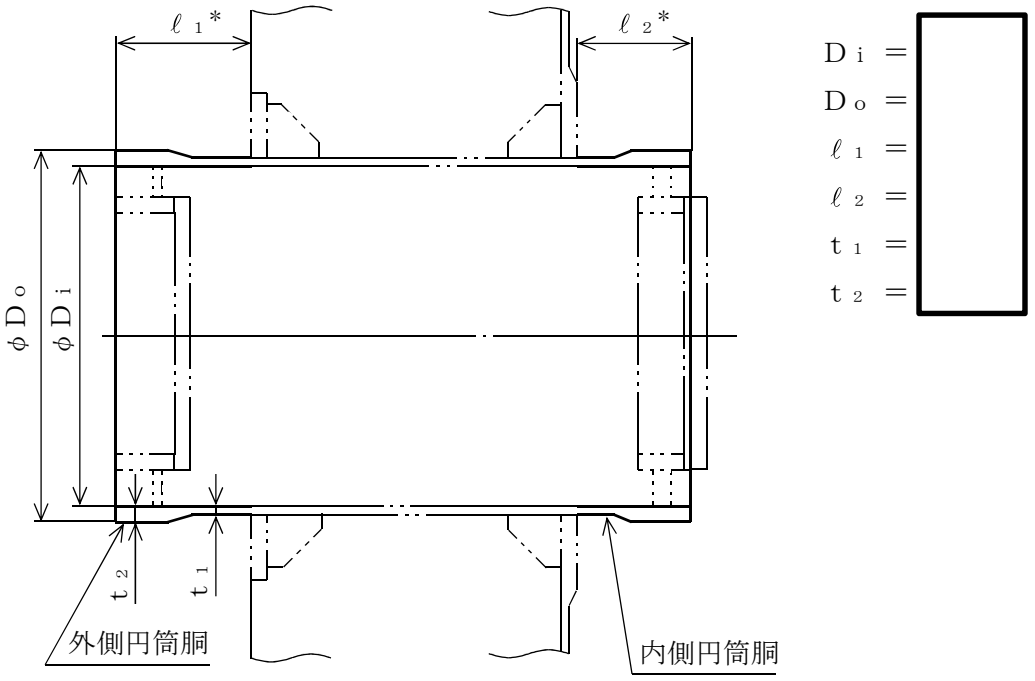
注記＊：Ｓは 0.6・S_uとする。ここで，S_uは告示第５０１号別表第 10 に規定されている値である。

3.　所員用エアロックの基本板厚計算

「2.　設計条件」に示す重大事故等時の条件に基づき，所員用エアロックの板厚計算を行った結果を以下に示す。

3.1　上部ドライウェル所員用エアロック

上部ドライウェル所員用エアロックの形状及び寸法を図 3－1 に示す。



注記＊：ℓ 1，ℓ 2 寸法は最大長さを示す。

図 3－1　上部ドライウェル所員用エアロックの形状及び寸法（単位：mm）

(1)　記号の説明

告示第５０１号の記号	計算書の表示	表示内容	単位
t	t_R	必要な厚さ	mm
	t_{R1}	規格上必要な最小厚さ	mm
	t_{R2}	計算上必要な厚さ	mm

(2)　外側円筒胴

a.　内圧に対する必要厚さ（告示第５０１号第 22 条第 3 項第 2 号イ）

上部ドライウェル所員用エアロックの外側円筒胴における，内圧に対する必要板厚の算出式を以下に示し，計算結果を表 3－1 に示す。

これより，上部ドライウェル所員用エアロックの外側円筒胴は告示第５０１号の条件を満足している。

$$t_{R2}=\frac{P\cdot D_i}{2\cdot S\cdot \eta-1.2\cdot P}$$

表 3－1　上部ドライウェル所員用エアロックの板厚計算結果（外側円筒胴）

胴板名称			外側円筒胴
材料			[redacted]
最高使用圧力	P	(MPa)	0.620
最高使用温度		(℃)	200
胴の内径	D_i	(mm)	[redacted]
許容引張応力	S＊	(MPa)	[redacted]
継手効率	η		1.00
継手の種類			突合せ両側溶接
放射線検査の有無			有り
必要厚さ	t_{R1}	(mm)	3.0
必要厚さ	t_{R2}	(mm)	3.0
t_{R1}，t_{R2}の大きい値	t_R	(mm)	3.0
呼び厚さ	t_{so}	(mm)	[redacted]
最小厚さ	t_s	(mm)	[redacted]
評価：$t_s \geqq t_R$，よって十分である。			

注記＊：Sは 0.6・Ｓｕとする。

K7 ① V-3-3-6-1-3-1 R1

(3)　内側円筒胴

a.　内圧に対する必要厚さ（告示第５０１号第 22 条第 3 項第 2 号イ）

上部ドライウェル所員用エアロックの内側円筒胴における，内圧に対する必要板厚の算出式を以下に示し，計算結果を表 3−2 に示す。

これより，上部ドライウェル所員用エアロックの内側円筒胴は告示第５０１号の条件を満足している。

$$t_{R2}=\frac{P\cdot D_i}{2\cdot S\cdot \eta-1.2\cdot P}$$

表 3−2　上部ドライウェル所員用エアロックの板厚計算結果（内側円筒胴）

胴板名称			内側円筒胴
材料			[redacted]
最高使用圧力	P	(MPa)	0.620
最高使用温度		(℃)	200
胴の内径	D_i	(mm)	[redacted]
許容引張応力	S＊	(MPa)	[redacted]
継手効率	η		1.00
継手の種類			突合せ両側溶接
放射線検査の有無			有り
必要厚さ	t_{R1}	(mm)	3.0
必要厚さ	t_{R2}	(mm)	3.0
t_{R1}，t_{R2}の大きい値	t_R	(mm)	3.0
呼び厚さ	t_{so}	(mm)	[redacted]
最小厚さ	t_s	(mm)	[redacted]
評価：$t_s \geqq t_R$，よって十分である。			

注記＊：Ｓは 0.6・Ｓｕとする。

b.　外圧に対する必要厚さ（告示第５０１号第 22 条第 3 項第 2 号ハ）

内側円筒胴はドライウェル内圧が外圧として作用するので，外圧として最高使用圧力（620kPa）を考える。上部ドライウェル所員用エアロックの内側円筒胴における，外圧に対する必要板厚の算出式を以下に示し，計算結果を表 3－3 に示す。

これより，上部ドライウェル所員用エアロックの内側円筒胴は告示第５０１号の条件を満足している。

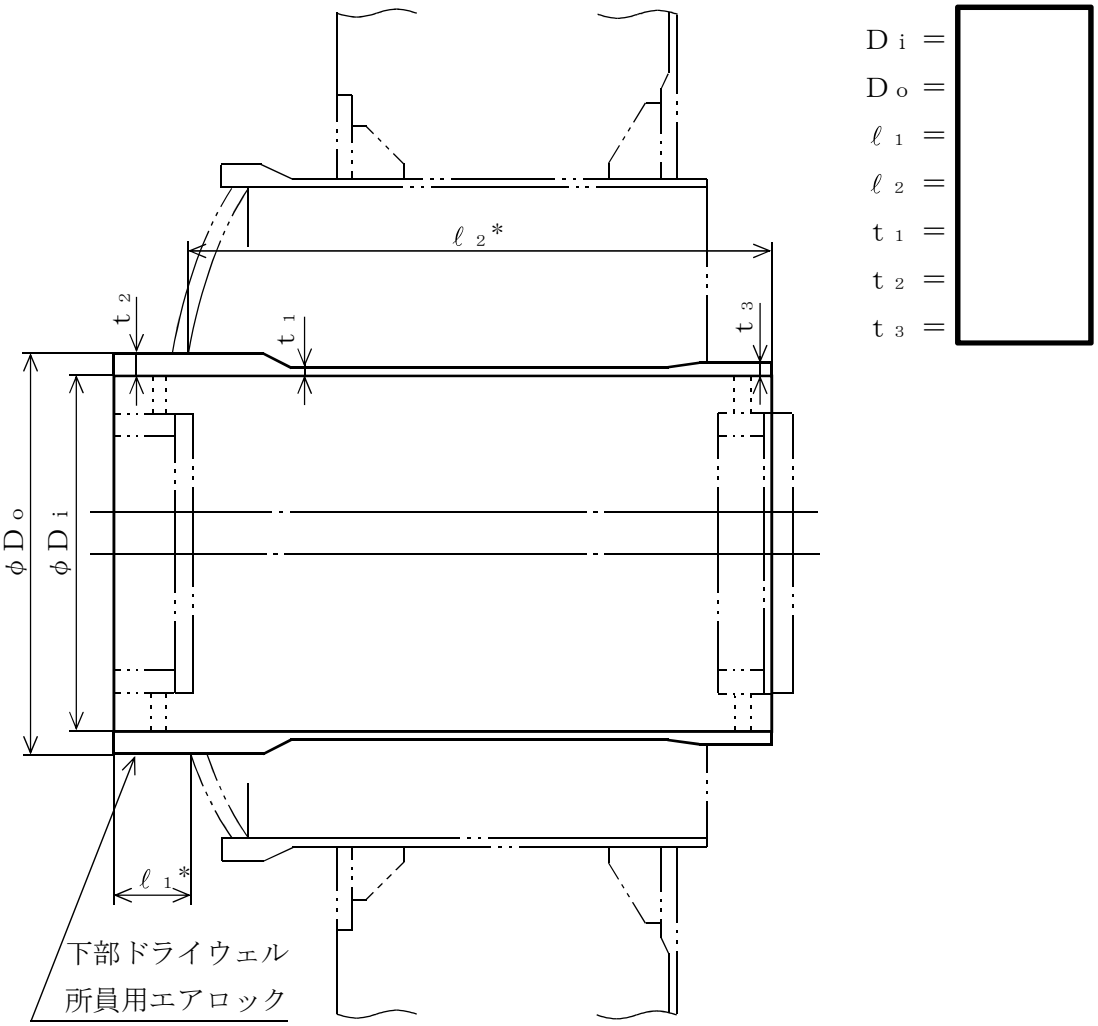
$$t_{R2} = \frac{3 \cdot P_e \cdot D_o}{4 \cdot B}$$

表 3－3　上部ドライウェル所員用エアロックの板厚計算結果（内側円筒胴）

胴板名称			内側円筒胴
材料			
最高使用圧力	P_e	(MPa)	0.620
最高使用温度		(℃)	200
胴の外径	D_o	(mm)	
別図第 6 より求めた値	B		868
必要厚さ	t_{R1}	(mm)	3.0
必要厚さ	t_{R2}	(mm)	13.5
t_{R1}，t_{R2}の大きい値	t_R	(mm)	13.5
呼び厚さ	t_{so}	(mm)	
最小厚さ	t_s	(mm)	
評価：$t_s \geqq t_R$，よって十分である。			

3.2　下部ドライウェル所員用エアロック

下部ドライウェル所員用エアロックの形状及び寸法を図3－2に示す。



注記＊：ℓ_1，ℓ_2寸法は最大長さを示す。

図3－2　下部ドライウェル所員用エアロックの形状及び寸法（単位：mm）

(1)　記号の説明

告示第５０１号の記号	計算書の表示	表示内容	単位
t	t_R	必要な厚さ	mm
	t_{R1}	規格上必要な最小厚さ	mm
	t_{R2}	計算上必要な厚さ	mm

(2)　外側円筒胴

a.　内圧に対する必要厚さ（告示第５０１号第 22 条第 3 項第 2 号イ）

下部ドライウェル所員用エアロックの外側円筒胴における，内圧に対する必要板厚の算出式を以下に示し，計算結果を表 3－4 に示す。

これより，下部ドライウェル所員用エアロックの外側円筒胴は告示第５０１号の条件を満足している。

$$t_{R2}=\frac{P\cdot D_i}{2\cdot S\cdot \eta-1.2\cdot P}$$

表 3－4　下部ドライウェル所員用エアロックの板厚計算結果（外側円筒胴）

胴板名称			外側円筒胴
材料			[redacted]
最高使用圧力	P	(MPa)	0.711*1
最高使用温度		(℃)	200
胴の内径	D_i	(mm)	[redacted]
許容引張応力	S*2	(MPa)	[redacted]
継手効率	η		1.00
継手の種類			突合せ両側溶接
放射線検査の有無			有り
必要厚さ	t_{R1}	(mm)	3.0
必要厚さ	t_{R2}	(mm)	3.4
t_{R1}，t_{R2}の大きい値	t_R	(mm)	3.4
呼び厚さ	t_{so}	(mm)	[redacted]
最小厚さ	t_s	(mm)	[redacted]
評価：$t_s \geqq t_R$，よって十分である。			

注記＊1：最高使用圧力には水荷重として没水時の水位における水頭圧を含む。

＊2：Ｓは 0.6・Ｓｕとする。

K7 ① V-3-3-6-1-3-1 R1

(3)　内側円筒胴

a.　内圧に対する必要厚さ（告示第５０１号第 22 条第 3 項第 2 号イ）

下部ドライウェル所員用エアロックの内側円筒胴における，内圧に対する必要板厚の算出式を以下に示し，計算結果を表 3－5 に示す。

これより，下部ドライウェル所員用エアロックの内側円筒胴は告示第５０１号の条件を満足している。

$$t_{R2}=\frac{P\cdot D_i}{2\cdot S\cdot \eta-1.2\cdot P}$$

表 3－5　下部ドライウェル所員用エアロックの板厚計算結果（内側円筒胴）

胴板名称			内側円筒胴
材料			[redacted]
最高使用圧力	P	(MPa)	0.711*1
最高使用温度		(℃)	200
胴の内径	D_i	(mm)	[redacted]
許容引張応力	S*2	(MPa)	[redacted]
継手効率	η		1.00
継手の種類			突合せ両側溶接
放射線検査の有無			有り
必要厚さ	t_{R1}	(mm)	3.0
必要厚さ	t_{R2}	(mm)	3.4
t_{R1}，t_{R2}の大きい値	t_R	(mm)	3.4
呼び厚さ	t_{so}	(mm)	[redacted]
最小厚さ	t_s	(mm)	[redacted]
評価：$t_s \geqq t_R$，よって十分である。			

注記＊1：最高使用圧力には水荷重として没水時の水位における水頭圧を含む。

＊2：Ｓは 0.6・Ｓｕとする。

b.　外圧に対する必要厚さ（告示第５０１号第 22 条第 3 項第 2 号ハ）

内側円筒胴はドライウェル内圧が外圧として作用するので，外圧として最高使用圧力（620kPa）を考える。下部ドライウェル所員用エアロックの内側円筒胴における，外圧に対する必要板厚の算出式を以下に示し，計算結果を表 3－6 に示す。

これより，下部ドライウェル所員用エアロックの内側円筒胴は告示第５０１号の条件を満足している。

$$t_{R2} = \frac{3 \cdot P_e \cdot D_o}{4 \cdot B}$$

表 3－6　下部ドライウェル所員用エアロックの板厚計算結果（内側円筒胴）

胴板名称			内側円筒胴
材料			[redacted]
最高使用圧力	P_e	(MPa)	0.711*1
最高使用温度		(℃)	200
胴の外径	D_o	(mm)	[redacted]
別図第 6 より求めた値	B		690
必要厚さ	t_{R1}	(mm)	3.0
必要厚さ	t_{R2}	(mm)	13.4*2 (20.1) *3
t_{R1}，t_{R2}の大きい値	t_R	(mm)	13.4
呼び厚さ	t_{so}	(mm)	[redacted]
最小厚さ	t_s	(mm)	[redacted]
評価：$t_s \geqq t_R$，よって十分である。			

注記＊1：最高使用圧力には水荷重として没水時の水位における水頭圧を含む。

＊2：告示第５０１号第 29 条「第 2 種容器の材料及び構造の特例」を適用した必要厚さ。

＊3：＊2 を適用しない場合の必要厚さ。

Ⅴ-3-3-6-1-3-2　上部ドライウェル所員用エアロックの強度計算書

目　　次

1.　概要 ····· 1
2.　一般事項 ····· 1
2.1　構造計画 ····· 1
2.2　評価方針 ····· 3
2.3　適用基準 ····· 4
2.4　記号の説明 ····· 5
2.5　計算精度と数値の丸め方 ····· 6
3.　評価部位 ····· 7
4.　強度評価 ····· 9
4.1　強度評価方法 ····· 9
4.2　荷重の組合せ及び許容応力 ····· 9
4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 9
4.2.2　許容応力 ····· 9
4.2.3　使用材料の許容応力評価条件 ····· 9
4.2.4　設計荷重 ····· 14
4.3　計算方法 ····· 15
4.4　計算条件 ····· 17
4.5　応力の評価 ····· 17
5.　評価結果 ····· 18
5.1　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 18
6.　参照図書 ····· 23

1. 概要

本計算書は，上部ドライウェル所員用エアロックの強度計算書である。

上部ドライウェル所員用エアロックは，設計基準対象施設の上部ドライウェル所員用エアロックを重大事故等クラス２容器として兼用する機器である。

以下，重大事故等クラス２容器として，Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びⅤ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」に基づき，上部ドライウェル所員用エアロックの強度評価を示す。

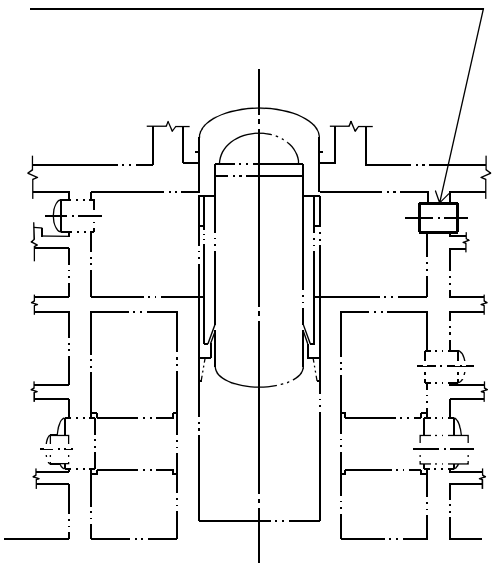
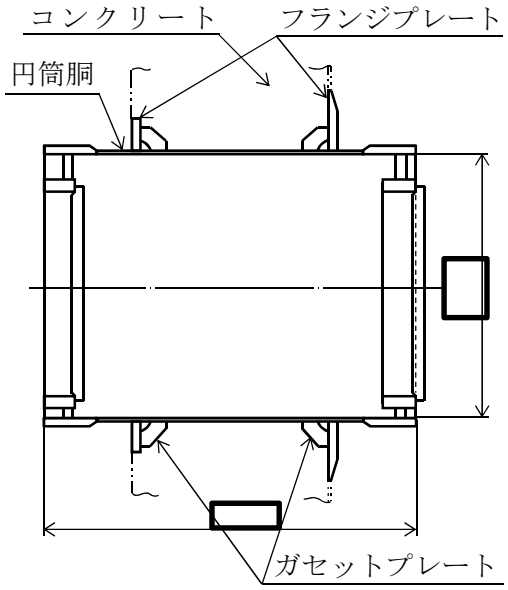
なお，本計算書においては，重大事故等時における荷重に対して，平成 4 年 3 月 27 日付け 3 資庁第 13034 号にて認可された工事計画の添付書類（参照図書(1)）（以下「既工認」という。）に示す手法に従い強度評価を行う。

2. 一般事項

2.1 構造計画

上部ドライウェル所員用エアロックの構造計画を表 2－1 に示す。

表 2－1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
上部ドライウェル所員用エアロックは原子炉格納容器コンクリート部に支持される。 上部ドライウェル所員用エアロックは，原子炉格納容器と一体構造となっており，鉛直方向荷重及び水平方向荷重は，原子炉格納容器シェル部分あるいは原子炉格納容器底部を介して原子炉建屋に伝達させる。	内径□mm，板厚□mm，長さ□mmの円筒胴，板厚□mmの扉，板厚□mm及び□mmの隔壁で構成される鋼製構造物である。 原子炉格納容器埋込部には，フランジプレート及びガセットプレートを備える。	上部ドライウェル所員用エアロック   上部ドライウェル所員用エアロック　拡大図 （単位：mm）

2.2　評価方針

上部ドライウェル所員用エアロックの応力評価は，Ｖ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びＶ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「3.　評価部位」にて設定する箇所において重大事故等時における温度，圧力による応力等が許容限界内に収まることを，「4.　強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5.　評価結果」に示す。

上部ドライウェル所員用エアロックの強度評価フローを図 2－1 に示す。

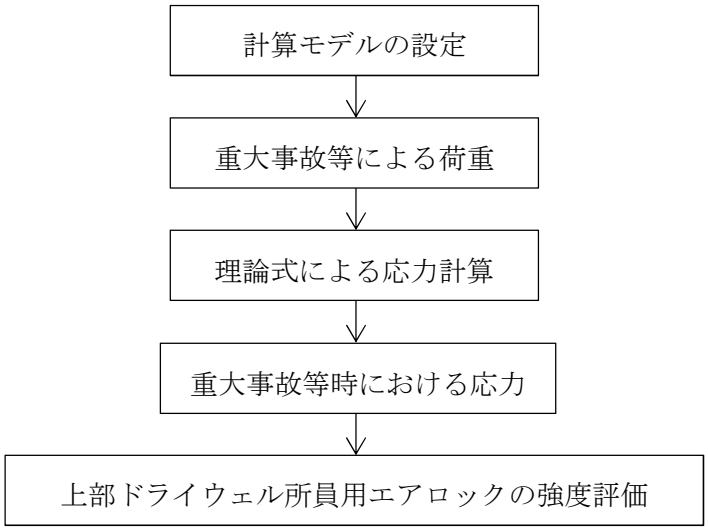


図 2－1　上部ドライウェル所員用エアロックの強度評価フロー

2.3　適用基準

適用基準を以下に示す。

(1)　発電用原子力設備に関する構造等の技術基準（昭和55年10月30日　通商産業省告示第５０１号）（以下「告示第５０１号」という。）

(2)　コンクリート製原子炉格納容器に関する構造等の技術基準（平成2年10月22日　通商産業省告示第４５２号）（以下「告示第４５２号」という。）

2.4　記号の説明

記号	記号の説明	単位
D	死荷重	—
D_i	直径	mm
f_b	許容曲げ応力度	MPa
f_c	許容圧縮応力度	MPa
f_p	許容支圧応力度	MPa
f_s	許容せん断応力度	MPa
f_t	許容引張応力度	MPa
F_c	コンクリートの設計基準強度	kg/cm^2, N/mm^2
ℓ_i	長さ（ｉ＝1，2，3…）	mm
L	活荷重	—
M_{SA}	機械的荷重（ＳＡ後機械的荷重）	—
P_{SA}	圧力（ＳＡ後圧力）	kPa
R_{SA}	配管荷重（ＳＡ後配管荷重）	—
S	許容引張応力	MPa
S_u	設計引張強さ	MPa
S_y	設計降伏点	MPa
S_y（ＲＴ）	40℃における設計降伏点	MPa
t_i	厚さ（ｉ＝1，2，3…）	mm
T_{SA}	温度（ＳＡ後温度）	℃
W	荷重	—

2.5　計算精度と数値の丸め方

精度は，有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表2－2に示すとおりとする。

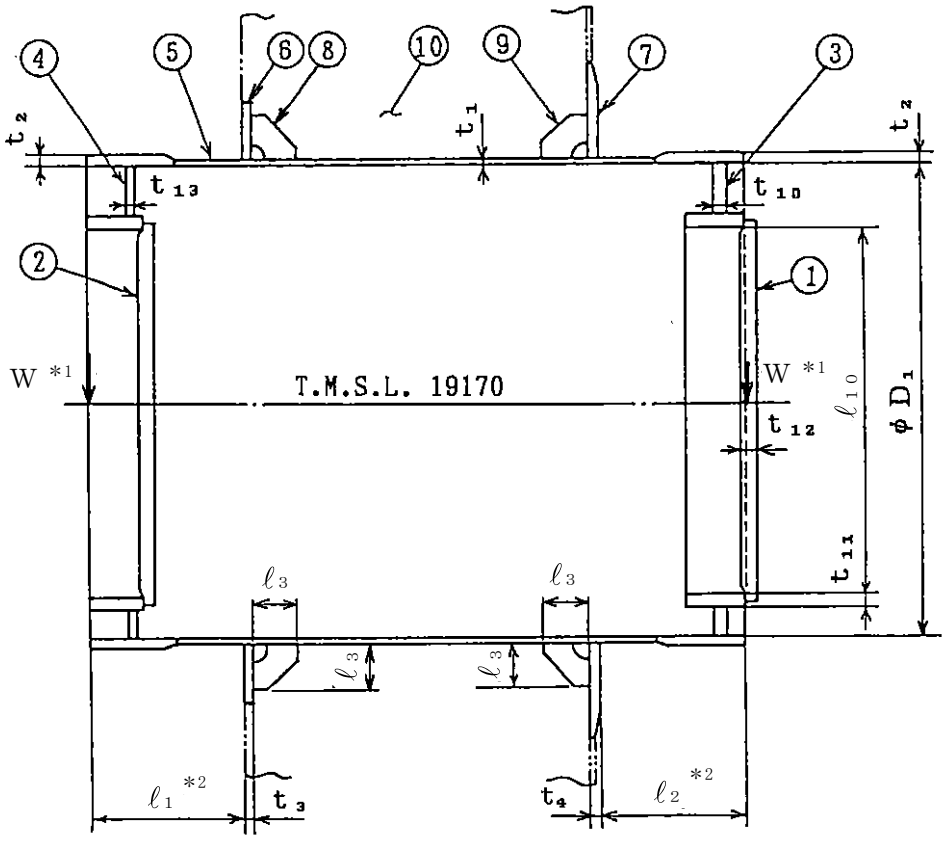
表 2－2　表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
最高使用圧力	kPa	―	―	整数位
温度	℃	―	―	整数位
許容応力*	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位
算出応力	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位

注記＊：告示第５０１号別表に記載された温度の中間における許容引張応力，設計降伏点及び設計引張強さは，比例法により補間した値の小数点以下第 2 位を切り捨て，小数点以下第 1 位までの値として算出する。得られた値を SI 単位に換算し，SI 単位に換算した値の小数点以下第 1 位を切り捨てて整数化する。

3.　評価部位

上部ドライウェル所員用エアロックの形状及び主要寸法を図 3－1 に，使用材料及び使用部位を表 3－1 に示す。



注記＊1：W（荷重）の作用点を示す。

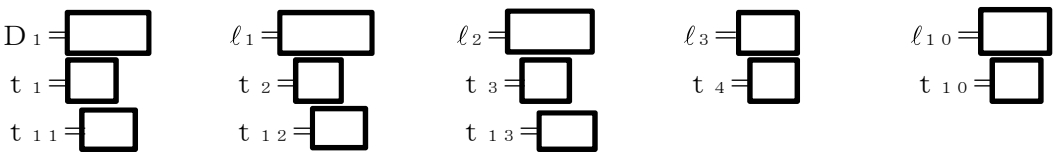
＊2：ℓ_1, ℓ_2寸法は最大長さを示す。

①内側扉　②外側扉　③内側隔壁　④外側隔壁　⑤円筒胴

⑥フランジプレート（外側）　⑦フランジプレート（内側）

⑧ガセットプレート（外側）　⑨ガセットプレート（内側）

⑩コンクリート部



（単位：mm）

図 3－1　上部ドライウェル所員用エアロックの形状及び主要寸法

表 3－1　使用材料表

使用部位	使用材料	備考
内側扉	[redacted]	[redacted]
外側扉	[redacted]	[redacted]
内側隔壁	[redacted]	[redacted]
外側隔壁	[redacted]	[redacted]
水平及び垂直部材	[redacted]	[redacted]
円筒胴	[redacted]	[redacted]
フランジプレート（外側）	[redacted]	[redacted]
フランジプレート（内側）	[redacted]	[redacted]
ガセットプレート（外側）	[redacted]	[redacted]
ガセットプレート（内側）	[redacted]	[redacted]
コンクリート部	コンクリート（F_c＝330kg/cm^2）	F_c＝32.4N/mm^2

4. 強度評価

4.1 強度評価方法

(1) 上部ドライウェル所員用エアロックは，円筒胴が原子炉格納容器コンクリート部に埋め込まれた構造であり，荷重は原子炉格納容器コンクリートを介して原子炉建屋に伝達される。

上部ドライウェル所員用エアロックの強度評価として，Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」において設定された荷重を用いて，参照図書(1)に示す既工認の手法に従い強度評価を行う。

(2) 強度評価に用いる寸法は，公称値を用いる。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

上部ドライウェル所員用エアロックの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－1 に示す。

詳細な荷重の組合せは，Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」に従い，対象機器の設置位置等を考慮し決定する。なお，考慮する荷重の組合せは，組み合わせる荷重の大きさを踏まえ，評価上厳しくなる組合せを選定する。

4.2.2 許容応力

上部ドライウェル所員用エアロックの許容応力及び許容応力度は，Ⅴ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」に基づき表 4－2～表 4－4 に示すとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

上部ドライウェル所員用エアロックの使用材料の許容応力評価条件のうち，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－5 に示す。

表４－１　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	機器等の区分	荷重の組合せ*1, *2		許容応力状態*1 ＜荷重状態＞
原子炉格納施設	原子炉格納容器	上部ドライウェル所員用エアロック	重大事故等クラス２容器	Ｄ＋Ｐ$_{SA}$＋Ｍ$_{SA}$ ＜Ｄ＋Ｌ＋Ｐ$_{SA}$＋Ｒ$_{SA}$＞	(Ⅴ(S)-1) (Ⅴ(S)-2) (Ⅴ(S)-3)	重大事故等時*3 ＜重大事故等時＞

注記＊1：告示第４５２号による場合は，＜　＞内の荷重状態及び荷重の組合せを適用する。

＊2：（　）内はⅤ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」における表5－4の荷重の組合せのNo.を示す。

＊3：重大事故等時としてⅣ$_A$（＜Ⅳ＞）の許容限界を用いる。

表4－2　許容応力（第２種容器）

応力分類 許容 応力状態	一次一般膜応力	一次膜応力＋一次曲げ応力
重大事故 等時*	構造上の連続な部分は0.6・Ｓｕ，不連続な部分はＳｙと0.6・Ｓｕの小さい方。ただし，オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については，構造上の連続な部分は2・Ｓと0.6・Ｓｕの小さい方，不連続な部分は1.2・Ｓとする。	左欄の 1.5倍の値

注記＊：重大事故等時としてⅣ$_A$の許容限界を用いる。

表4－3　ライナプレート，ライナアンカ等の許容応力度

荷重状態＼応力分類	ライナプレート，ライナアンカ等*1										ボルト等	
	一次応力					一次＋二次応力					一次応力	
	引張り	せん断	圧縮	曲げ	支圧	引張り／圧縮	せん断	曲げ	支圧	座屈	引張り	せん断
重大事故等時*2	1.5・ｆｔ*	1.5・ｆｓ*	1.5・ｆｃ*	1.5・ｆｂ*	1.5・ｆｐ*	—	—	—	—	—	1.5・ｆｔ*	1.5・ｆｓ*

注：本表の対象部としては，貫通部のフランジプレート，ガセットプレート等が該当する。

注記＊1：鋼構造設計規準（日本建築学会 1973 改定）等の幅厚比の制限を満足させる。

＊2：重大事故等時としてⅣの許容限界を用いる。

表4－4　コンクリート部の許容応力度

荷重状態＼応力分類	コンクリート部　（単位：kg/cm^2）	
	圧縮応力度	せん断応力度
重大事故等時*	0.85・Ｆｃ	次の二つの計算式のうち いずれかｆｓの値の小さい方の 1.5倍の値 $f_s = \left(\frac{F_c}{30}\right)$ $f_s = \left(5 + \frac{F_c}{100}\right)$

注記＊：重大事故等時としてⅣの許容限界を用いる。

表 4－5　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S (MPa)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
上部ドライウェル所員用エアロック円筒胴，フランジプレート及びガセットプレート	[redacted]	周囲環境温度	200	―	[redacted]	[redacted]	―

注記＊：[redacted]

4.2.4　設計荷重

(1)　重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度

重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度は，以下のとおりとする。

内圧P_{SA}	620kPa（ＳＡ後）
温度T_{SA}	200℃（ＳＡ後）

4.3　計算方法

上部ドライウェル所員用エアロックの応力評価点は，上部ドライウェル所員用エアロックを構成する部材の形状及び荷重伝達経路を考慮し，発生応力が大きくなる部位を選定する。選定した応力評価点を表 4－6 及び図 4－1 に示す。

応力計算方法は既工認から変更はなく，参照図書(1)に示すとおりである。

評価の概要を以下に示す。

応力評価点 P1 と P2 は，等分布荷重を受ける 4 辺支持の矩形板にモデル化し評価する。

応力評価点 P3 は，等分布荷重を受ける周辺固定の円板にモデル化し評価する。

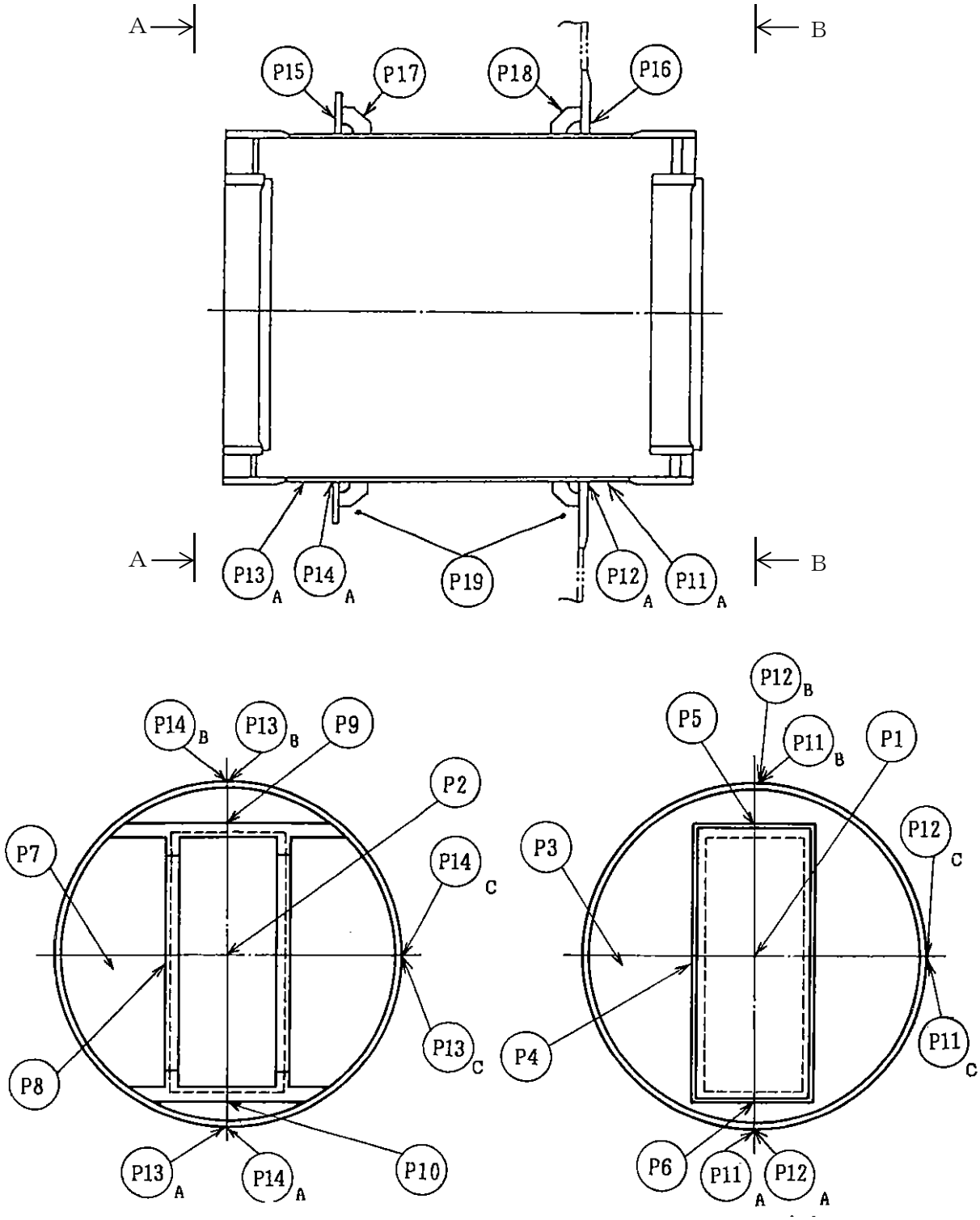
応力評価点 P4～P6 及び P8～P10 は，等分布荷重を受ける両端支持はりにモデル化し評価する。

応力評価点 P7 は，等分布荷重を受ける 4 辺固定の矩形板にモデル化し評価する。

応力評価点 P11～P19 は，既工認の各荷重による応力を比倍（圧力比等）し評価する。

表 4－6　応力評価点

応力評価点番号	応力評価点
Ｐ１	内側扉
Ｐ２	外側扉
Ｐ３	内側隔壁板
Ｐ４	内側隔壁垂直部材
Ｐ５	内側隔壁上部水平部材
Ｐ６	内側隔壁下部水平部材
Ｐ７	外側隔壁板
Ｐ８	外側隔壁垂直部材
Ｐ９	外側隔壁上部水平部材
Ｐ１０	外側隔壁下部水平部材
Ｐ１１	上部ドライウェル所員用エアロック内側円筒胴 (P11-A～P11-C)
Ｐ１２	上部ドライウェル所員用エアロック内側円筒胴のフランジプレートとの結合部 (P12-A～P12-C)
Ｐ１３	上部ドライウェル所員用エアロック外側円筒胴 (P13-A～P13-C)
Ｐ１４	上部ドライウェル所員用エアロック外側円筒胴のフランジプレートとの結合部 (P14-A～P14-C)
Ｐ１５	フランジプレート（外側）
Ｐ１６	フランジプレート（内側）
Ｐ１７	ガセットプレート（外側）
Ｐ１８	ガセットプレート（内側）
Ｐ１９	コンクリート部



A～A矢視図　　B～B矢視図

図 4－1　上部ドライウェル所員用エアロックの応力評価点

4.4　計算条件

応力計算に用いる荷重を，「4.2　荷重の組合せ及び許容応力」に示す。

応力評価に用いる荷重の組合せは，表 4－1 に記載の組合せのうち評価上最も厳しくなる V(S)-1 とする。

4.5　応力の評価

「4.3　計算方法」で求めた応力が許容応力以下であること。

5. 評価結果

5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

上部ドライウェル所員用エアロックの重大事故等時の状態を考慮した場合の強度評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足している。

(1) 強度評価結果

強度評価結果を表 5－1 に示す。

表5－1　重大事故等時に対する評価結果（D＋P_{SA}＋M_{SA}）（その1）

評価対象設備	評価部位		応力分類	重大事故等時		判定	備考
				算出応力	許容応力		
				MPa	MPa		
上部ドライウェル所員用エアロック	P1	内側扉	一次膜応力＋一次曲げ応力	41		○	
	P2	外側扉	一次膜応力＋一次曲げ応力	41		○	
	P3	内側隔壁板	一次膜応力＋一次曲げ応力	119		○	
	P4	内側隔壁垂直部材	一次膜応力＋一次曲げ応力	185		○	
	P5	内側隔壁上部水平部材	一次膜応力＋一次曲げ応力	25		○	
	P6	内側隔壁下部水平部材	一次膜応力＋一次曲げ応力	22		○	
	P7	外側隔壁板	一次膜応力＋一次曲げ応力	121		○	
	P8	外側隔壁垂直部材	一次膜応力＋一次曲げ応力	225		○	
	P9	外側隔壁上部水平部材	一次膜応力＋一次曲げ応力	30		○	
	P10	外側隔壁下部水平部材	一次膜応力＋一次曲げ応力	27		○	

表5－1　重大事故等時に対する評価結果（D＋P_{SA}＋M_{SA}）（その2）

評価対象設備	評価部位		応力分類	重大事故等時		判定	備考
				算出応力	許容応力		
				MPa	MPa		
上部ドライウェル所員用エアロック	P11-A	上部ドライウェル所員用エアロック内側円筒胴	一次一般膜応力	48		○	
			一次膜応力＋一次曲げ応力	48		○	
	P11-B	上部ドライウェル所員用エアロック内側円筒胴	一次一般膜応力	48		○	
			一次膜応力＋一次曲げ応力	48		○	
	P11-C	上部ドライウェル所員用エアロック内側円筒胴	一次一般膜応力	48		○	
			一次膜応力＋一次曲げ応力	48		○	
	P12-A	上部ドライウェル所員用エアロック内側円筒胴のフランジプレートとの結合部	一次膜応力＋一次曲げ応力	27		○	
	P12-B	上部ドライウェル所員用エアロック内側円筒胴のフランジプレートとの結合部	一次膜応力＋一次曲げ応力	23		○	
	P12-C	上部ドライウェル所員用エアロック内側円筒胴のフランジプレートとの結合部	一次膜応力＋一次曲げ応力	25		○	

表5－1　重大事故等時に対する評価結果（D＋P_{SA}＋M_{SA}）（その3）

評価対象設備	評価部位		応力分類	重大事故等時		判定	備考
				算出応力	許容応力		
				MPa	MPa		
上部ドライウェル所員用エアロック	P13-A	上部ドライウェル所員用エアロック外側円筒胴	一次一般膜応力	48		○	
			一次膜応力＋一次曲げ応力	48		○	
	P13-B	上部ドライウェル所員用エアロック外側円筒胴	一次一般膜応力	48		○	
			一次膜応力＋一次曲げ応力	48		○	
	P13-C	上部ドライウェル所員用エアロック外側円筒胴	一次一般膜応力	48		○	
			一次膜応力＋一次曲げ応力	48		○	
	P14-A	上部ドライウェル所員用エアロック外側円筒胴のフランジプレートとの結合部	一次膜応力＋一次曲げ応力	23		○	
	P14-B	上部ドライウェル所員用エアロック外側円筒胴のフランジプレートとの結合部	一次膜応力＋一次曲げ応力	27		○	
	P14-C	上部ドライウェル所員用エアロック外側円筒胴のフランジプレートとの結合部	一次膜応力＋一次曲げ応力	25		○	

表5－1　重大事故等時に対する評価結果（D＋P_{SA}＋M_{SA}）（その4）

評価対象設備	評価部位		応力分類	重大事故等時		判定	備考
				算出応力	許容応力		
				MPa	MPa		
上部ドライウェル所員用エアロック	P15	フランジプレート（外側）	曲げ応力度	13	[redacted]	○	
			せん断応力度	2		○	
	P16	フランジプレート（内側）	曲げ応力度	122		○	
			せん断応力度	11		○	
	P17	ガセットプレート（外側）	せん断応力度	11		○	
	P18	ガセットプレート（内側）	せん断応力度	104		○	
	P19	コンクリート部（フランジプレート外側近傍）	圧縮応力度	0.5	27.5	○	単位：N/mm^2
		コンクリート部（フランジプレート内側近傍）	圧縮応力度	5.9	27.5	○	単位：N/mm^2

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部は告示第４５２号による評価を示す。

6. 参照図書

(1) 柏崎刈羽原子力発電所第７号機　第２回工事計画認可申請書
Ⅳ-3-4-1-6「上部ドライウェル所員用エアロックの強度計算書」

Ⅴ-3-3-6-1-3-3　下部ドライウェル所員用エアロックの強度計算書

目　　次

1.　概要 ····· 1
2.　一般事項 ····· 1
2.1　構造計画 ····· 1
2.2　評価方針 ····· 3
2.3　適用基準 ····· 3
2.4　記号の説明 ····· 4
2.5　計算精度と数値の丸め方 ····· 5
3.　評価部位 ····· 6
4.　強度評価 ····· 8
4.1　強度評価方法 ····· 8
4.2　荷重の組合せ及び許容応力 ····· 8
4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 8
4.2.2　許容応力 ····· 8
4.2.3　使用材料の許容応力評価条件 ····· 8
4.2.4　設計荷重 ····· 11
4.3　計算方法 ····· 12
4.4　計算条件 ····· 14
4.5　応力の評価 ····· 14
5.　評価結果 ····· 15
5.1　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 15
6.　参照図書 ····· 18

1. 概要

本計算書は，下部ドライウェル所員用エアロックの強度計算書である。

下部ドライウェル所員用エアロックは，設計基準対象施設の下部ドライウェル所員用エアロックを重大事故等クラス２容器として兼用する機器である。

以下，重大事故等クラス２容器として，Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びⅤ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」に基づき，下部ドライウェル所員用エアロックの強度評価を示す。

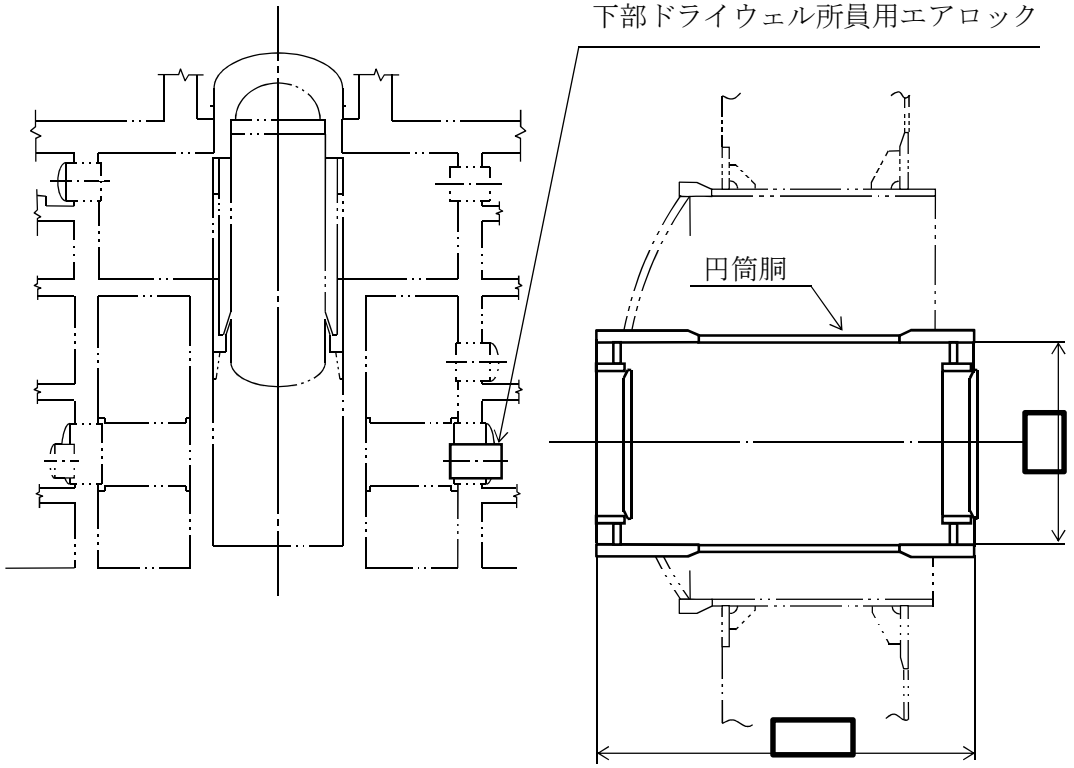
なお，本計算書においては，重大事故等時における荷重に対して，平成 4 年 3 月 27 日付け 3 資庁第 13034 号にて認可された工事計画の添付書類（参照図書(1)）（以下「既工認」という。）に示す手法に従い強度評価を行う。

2. 一般事項

2.1 構造計画

下部ドライウェル所員用エアロックの構造計画を表 2－1 に示す。

表 2－1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
下部ドライウェル所員用エアロックは，下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（所員用エアロック付）に支持される。 下部ドライウェル所員用エアロックは，原子炉建屋と一体構造である下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（所員用エアロック付）に取り付けられ，鉛直方向荷重及び水平方向荷重は，原子炉格納容器シェル部分あるいは原子炉格納容器底部を介して原子炉建屋に伝達させる。	内径□mm，板厚□mm，長さ□mmの円筒胴及び板厚□mmの扉等で構成される鋼製構造物である。	 下部ドライウェル所員用エアロック　拡大図 （単位：mm）

2.2　評価方針

下部ドライウェル所員用エアロックの応力評価は，Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びⅤ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「3.　評価部位」にて設定する箇所において重大事故等時における温度，圧力による応力等が許容限界内に収まることを，「4.　強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5.　評価結果」に示す。

下部ドライウェル所員用エアロックの強度評価フローを図 2－1 に示す。

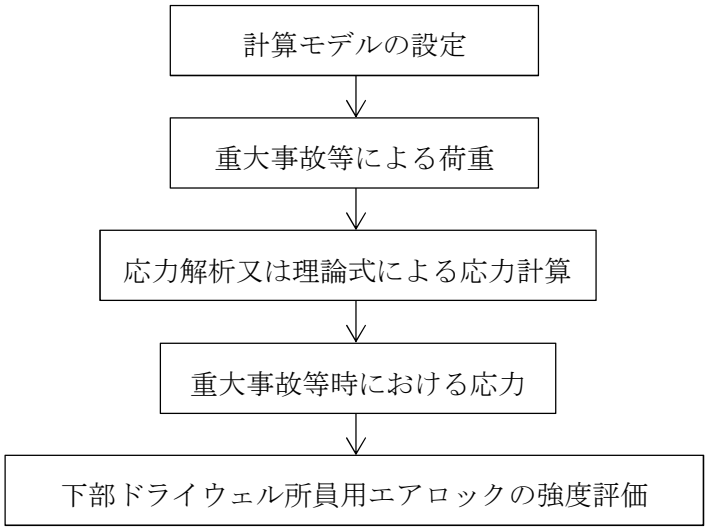


図 2－1　下部ドライウェル所員用エアロックの強度評価フロー

2.3　適用基準

適用基準を以下に示す。

(1)　発電用原子力設備に関する構造等の技術基準（昭和 55 年 10 月 30 日　通商産業省告示第５０１号）（以下「告示第５０１号」という。）

2.4　記号の説明

記号	記号の説明	単位
D	死荷重	—
D_i	直径	mm
ℓ_i	長さ（i＝1，10）	mm
M_{SA}	機械的荷重（ＳＡ後機械的荷重）	—
P_{SA}	圧力（ＳＡ後圧力）	kPa
R_h	半径	mm
S	許容引張応力	MPa
S_u	設計引張強さ	MPa
S_y	設計降伏点	MPa
S_y（ＲＴ）	40℃における設計降伏点	MPa
t_i	厚さ（i＝1，2，3…）	mm
T_{SA}	温度（ＳＡ後温度）	℃

2.5　計算精度と数値の丸め方

精度は，有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表2－2に示すとおりとする。

表 2－2　表示する数値の丸め方

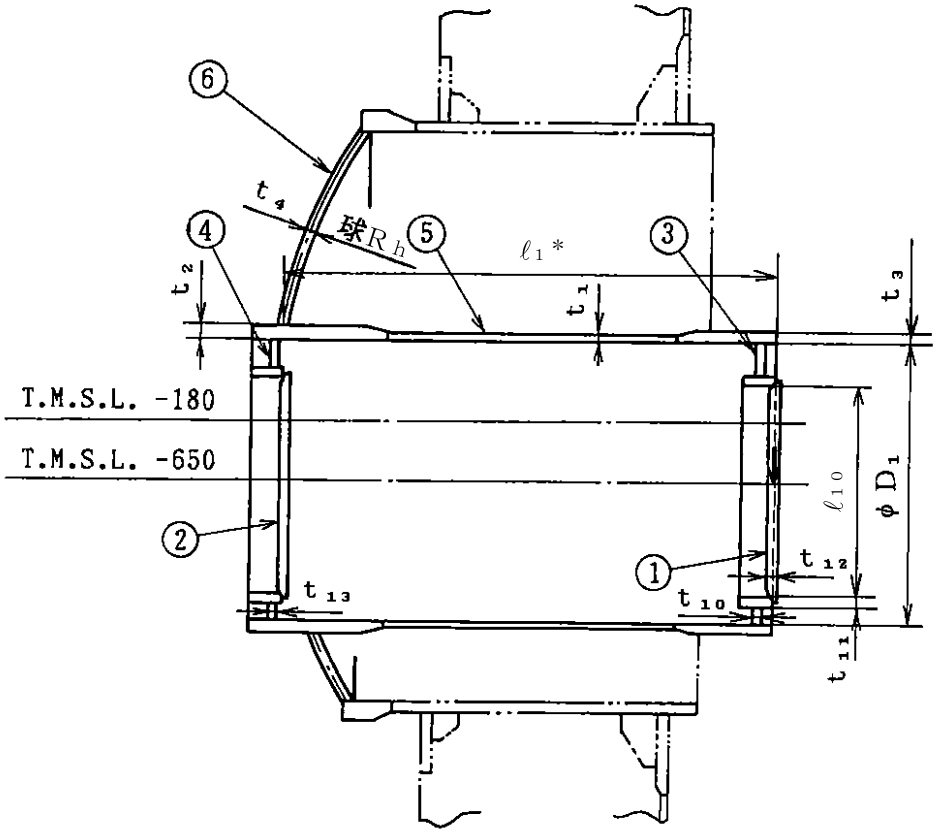
数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
最高使用圧力	kPa	―	―	整数位
温度	℃	―	―	整数位
許容応力*1	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位
算出応力	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
力	N	有効数字 4 桁目	四捨五入	有効数字 3 桁*2

注記＊1：告示第５０１号別表に記載された温度の中間における許容引張応力，設計降伏点及び設計引張強さは，比例法により補間した値の小数点以下第 2 位を切り捨て，小数点以下第 1 位までの値として算出する。得られた値を SI 単位に換算し，SI 単位に換算した値の小数点以下第 1 位を切り捨てて整数化する。

＊2：絶対値が 1000 以上のときはべき数表示とする。

3. 評価部位

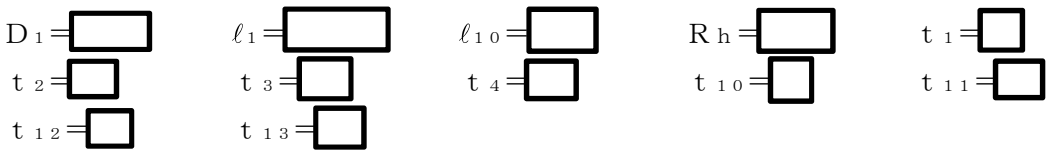
下部ドライウェル所員用エアロックの形状及び主要寸法を図 3－1 に，使用材料及び使用部位を表 3－1 に示す。



注記＊：ℓ_1 寸法は最大長さを示す。

①内側扉　②外側扉　③内側隔壁　④外側隔壁

⑤円筒胴　⑥アクセストンネル鏡板



（単位：mm）

図 3－1　下部ドライウェル所員用エアロックの形状及び主要寸法

K7 ① V-3-3-6-1-3-3 R1

表 3－1　使用材料表

使用部位	使用材料	備考
内側扉	[redacted]	[redacted]
外側扉	[redacted]	[redacted]
内側隔壁	[redacted]	[redacted]
外側隔壁	[redacted]	[redacted]
水平及び垂直部材	[redacted]	[redacted]
円筒胴	[redacted]	[redacted]
アクセストンネル鏡板	[redacted]	[redacted]

4.　強度評価

4.1　強度評価方法

(1)　下部ドライウェル所員用エアロックは，円筒胴が下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板に支持された構造であり，荷重は下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板を介して原子炉格納容器コンクリート及び原子炉建屋に伝達される。

下部ドライウェル所員用エアロックの強度評価として，Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」において設定された荷重を用いて，参照図書(1)に示す既工認の手法に従い強度評価を行う。また，重大事故等対処設備としての評価においては，没水時における下部ドライウェル所員用エアロック内部の水重量及び水頭圧を考慮する。

(2)　強度評価に用いる寸法は，公称値を用いる。

4.2　荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

下部ドライウェル所員用エアロックの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－1 に示す。

詳細な荷重の組合せは，Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」に従い，対象機器の設置位置等を考慮し決定する。なお，考慮する荷重の組合せは，組み合わせる荷重の大きさを踏まえ，評価上厳しくなる組合せを選定する。

4.2.2　許容応力

下部ドライウェル所員用エアロックの許容応力は，Ⅴ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」に基づき表 4－2 に示すとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

下部ドライウェル所員用エアロックの使用材料の許容応力評価条件のうち，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－3 に示す。

表 4－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	機器等の区分	荷重の組合せ*1		許容応力状態
原子炉格納施設	原子炉格納容器	下部ドライウェル所員用エアロック	重大事故等クラス２容器	Ｄ＋P_{SA}＋M_{SA}	(Ⅴ(S)-1) (Ⅴ(S)-2) (Ⅴ(S)-3)	重大事故等時*2

注記＊1：（　）内はⅤ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」における表5－4の荷重の組合せのNo.を示す。

＊2：重大事故等時としてⅣAの許容限界を用いる。

表4－2　許容応力（第２種容器）

許容応力状態＼応力分類	一次一般膜応力	一次膜応力＋一次曲げ応力
重大事故等時*	構造上の連続な部分は0.6・S_u，不連続な部分はS_yと0.6・S_uの小さい方。ただし，オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については，構造上の連続な部分は2・Ｓと0.6・S_uの小さい方，不連続な部分は1.2・Ｓとする。	左欄の1.5倍の値

注記＊：重大事故等時としてⅣAの許容限界を用いる。

表 4－3　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S (MPa)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
下部ドライウェル 所員用エアロック	[redacted]	周囲環境温度	200	—	—	[redacted]	—

注記＊：[redacted]

4.2.4　設計荷重

(1)　重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度

重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度は，以下のとおりとする。

内圧P_{SA}	620kPa（ＳＡ後）
温度T_{SA}	200℃（ＳＡ後）

(2)　水荷重

重大事故等対処設備の評価に用いる水荷重として，没水時における下部ドライウェル所員用エアロック内部の水重量及び下記の水位による水頭圧を考慮する。

下部ドライウェル所員用エアロック内保有水重量	[redacted] N
水位　T.M.S.L.	7400mm

4.3　計算方法

下部ドライウェル所員用エアロックの応力評価点は，下部ドライウェル所員用エアロックを構成する部材の形状及び荷重伝達経路を考慮し，発生応力が大きくなる部位を選定する。選定した応力評価点を表 4－4 及び図 4－1 に示す。

応力計算方法は既工認から変更はなく，参照図書(1)に示すとおりである。

評価の概要を以下に示す。

応力評価点 P1 及び P2 は等分布荷重を受ける 4 辺支持の矩形板にモデル化し評価する。

応力評価点 P3 は等分布荷重を受ける周辺固定の円板にモデル化し評価する。

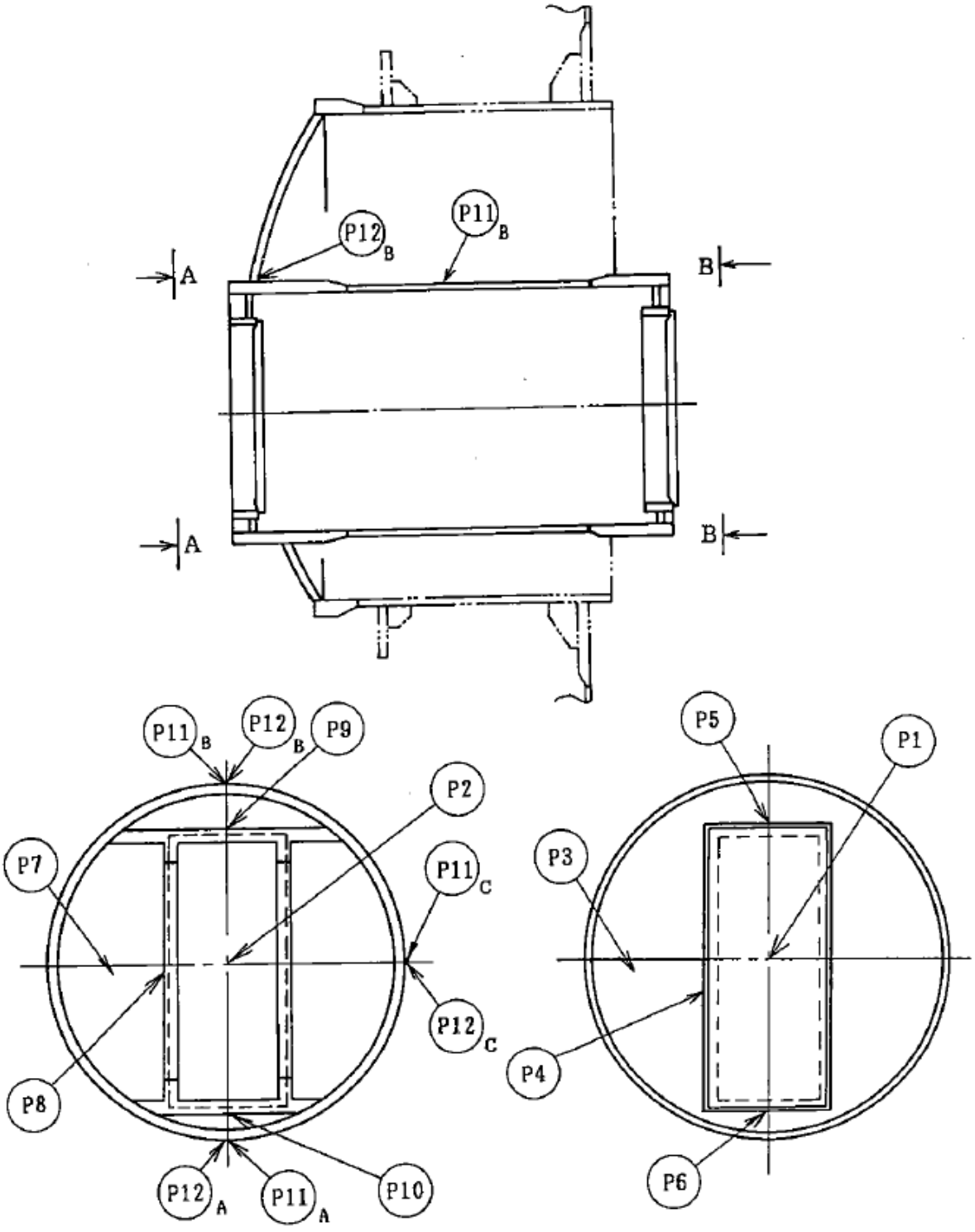
応力評価点 P4～P6 及び P8～P10 は等分布荷重を受ける両端支持はりにモデル化し評価する。

応力評価点 P7 は等分布荷重を受ける 4 辺固定の矩形板にモデル化し評価する。

応力評価点 P11～P12 は既工認の各荷重による応力を比倍（圧力比等）し評価する。

表 4－4　応力評価点

応力評価点番号	応力評価点
Ｐ１	内側扉
Ｐ２	外側扉
Ｐ３	内側隔壁板
Ｐ４	内側隔壁垂直部材
Ｐ５	内側隔壁上部水平部材
Ｐ６	内側隔壁下部水平部材
Ｐ７	外側隔壁板
Ｐ８	外側隔壁垂直部材
Ｐ９	外側隔壁上部水平部材
Ｐ１０	外側隔壁下部水平部材
Ｐ１１	下部ドライウェル所員用エアロック円筒胴 （P11-A～P11-C）
Ｐ１２	下部ドライウェル所員用エアロック円筒胴 と鏡板との結合部（P12-A～P12-C）



A～A矢視図　　B～B矢視図

図 4－1　下部ドライウェル所員用エアロックの応力評価点

4.4　計算条件

応力計算に用いる荷重を，「4.2　荷重の組合せ及び許容応力」に示す。

応力評価に用いる荷重の組合せは，表 4－1 に記載の組合せのうち評価上最も厳しくなる V(S)-1 とする。

4.5　応力の評価

「4.3　計算方法」で求めた応力が許容応力以下であること。

5. 評価結果

5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

下部ドライウェル所員用エアロックの重大事故等時の状態を考慮した場合の強度評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足している。

(1) 強度評価結果

強度評価結果を表 5－1 に示す。

表5－1　重大事故等時に対する評価結果（D＋P_{SA}＋M_{SA}）（その1）

評価対象設備	評価部位		応力分類	重大事故等時		判定	備考
				算出応力	許容応力		
				MPa	MPa		
下部ドライウェル所員用エアロック	P1	内側扉	一次膜応力＋一次曲げ応力	47		○	
	P2	外側扉	一次膜応力＋一次曲げ応力	47		○	
	P3	内側隔壁板	一次膜応力＋一次曲げ応力	137		○	
	P4	内側隔壁垂直部材	一次膜応力＋一次曲げ応力	212		○	
	P5	内側隔壁上部水平部材	一次膜応力＋一次曲げ応力	29		○	
	P6	内側隔壁下部水平部材	一次膜応力＋一次曲げ応力	26		○	
	P7	外側隔壁板	一次膜応力＋一次曲げ応力	139		○	
	P8	外側隔壁垂直部材	一次膜応力＋一次曲げ応力	258		○	
	P9	外側隔壁上部水平部材	一次膜応力＋一次曲げ応力	34		○	
	P10	外側隔壁下部水平部材	一次膜応力＋一次曲げ応力	30		○	

表5－1　重大事故等時に対する評価結果（D＋P_{SA}＋M_{SA}）（その2）

評価対象設備	評価部位		応力分類	重大事故等時		判定	備考
				算出応力	許容応力		
				MPa	MPa		
下部ドライウェル所員用エアロック	P11-A	下部ドライウェル所員用エアロック円筒胴	一次一般膜応力	47		○	
			一次膜応力＋一次曲げ応力	47		○	
	P11-B	下部ドライウェル所員用エアロック円筒胴	一次一般膜応力	46		○	
			一次膜応力＋一次曲げ応力	46		○	
	P11-C	下部ドライウェル所員用エアロック円筒胴	一次一般膜応力	46		○	
			一次膜応力＋一次曲げ応力	46		○	
	P12-A	下部ドライウェル所員用エアロック円筒胴と鏡板との結合部	一次膜応力＋一次曲げ応力	60		○	
	P12-B	下部ドライウェル所員用エアロック円筒胴と鏡板との結合部	一次膜応力＋一次曲げ応力	43		○	
	P12-C	下部ドライウェル所員用エアロック円筒胴と鏡板との結合部	一次膜応力＋一次曲げ応力	56		○	

6. 参照図書

(1) 柏崎刈羽原子力発電所第７号機　第２回工事計画認可申請書
Ⅳ-3-4-1-8「下部ドライウェル所員用エアロックの強度計算書」

Ⅴ-3-3-6-1-4　原子炉格納容器配管貫通部及び電気配線貫通部の強度計算書

Ⅴ-3-3-6-1-4-1　原子炉格納容器配管貫通部及び電気配線貫通部の基本板厚計算書

(1)　原子炉格納容器配管貫通部（既設）及び電気配線貫通部の基本板厚計算書
(2)　原子炉格納容器配管貫通部（X-112 及び X-253）の基本板厚計算書

(1)　原子炉格納容器配管貫通部（既設）及び電気配線貫通部の基本板厚計算書

目　　次

1.　一般事項 ····· 1
1.1　概要 ····· 1
1.2　適用基準 ····· 1
1.3　計算精度と数値の丸め方 ····· 2
2.　設計条件 ····· 3
2.1　重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度 ····· 3
2.2　水荷重 ····· 3
2.3　材料及び許容応力 ····· 5
3.　原子炉格納容器貫通部の基本板厚計算 ····· 7
3.1　スリーブ及び管 ····· 7
3.2　端板 ····· 21
3.3　穴あき端板 ····· 25
3.3.1　二重管型貫通部 ····· 26
3.3.2　計装用貫通部 ····· 41
3.4　電気配線貫通部（アダプタ及びヘッダ） ····· 47
3.5　ボルト締め端板（X-3 に付く端板） ····· 57
3.6　フランジ ····· 59
3.6.1　評価部位 ····· 59
3.6.2　強度評価 ····· 61
3.6.3　計算方法 ····· 64
3.6.4　計算条件 ····· 64
3.6.5　応力の評価 ····· 64
3.6.6　評価結果 ····· 64
3.7　穴の補強計算 ····· 67
4.　参照図書 ····· 86

1. 一般事項

1.1 概要

本計算書は，原子炉格納容器配管貫通部及び電気配線貫通部（以下「原子炉格納容器貫通部」という。）の基本板厚計算書である。

原子炉格納容器貫通部は，設計基準対象施設の原子炉格納容器貫通部を重大事故等クラス２容器として兼用する機器である。

以下，重大事故等クラス２容器としてⅤ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びⅤ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」に基づくとともに，Ⅴ-3-2-8「重大事故等クラス２容器の強度計算方法」に準じて，原子炉格納容器貫通部の構造強度評価を示す。

1.2 適用基準

適用基準を以下に示す。

(1) 発電用原子力設備に関する構造等の技術基準（昭和55年10月30日　通商産業省告示第５０１号）（以下「告示第５０１号」という。）

1.3　計算精度と数値の丸め方

精度は，有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表1－1に示すとおりとする。

表 1－1　表示する数値の丸め方

数値の種類		単位	処理桁	処理方法	表示桁
圧力		MPa	―	―	小数点以下第 2 位
圧力		kPa	―	―	整数位
温度		℃	―	―	整数位
許容応力*1		MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位
算出応力		MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
長さ	下記以外の長さ	mm	小数点以下第 1 位	四捨五入	整数位
	計算上必要な厚さ	mm	小数点以下第 2 位	切上げ	小数点以下第 1 位
	最小厚さ	mm	小数点以下第 2 位	切捨て	小数点以下第 1 位
面積	下記以外の面積	mm^2	有効数字 4 桁目	四捨五入	有効数字 3 桁*2
	必要な面積	mm^2	有効数字 4 桁目	切上げ	有効数字 3 桁*2
	有効な面積	mm^2	有効数字 4 桁目	切捨て	有効数字 3 桁*2
角度		rad	有効数字 4 桁目	四捨五入	有効数字 3 桁

注記＊1：告示第５０１号別表に記載された温度の中間における許容引張応力，設計降伏点及び設計引張強さは，比例法により補間した値の小数点以下第 2 位を切り捨て，小数点以下第 1 位までの値として算出する。得られた値を SI 単位に換算し，SI 単位に換算した値の小数点以下第 1 位を切り捨て，整数位までの値とする。

＊2：絶対値が 1000 以上のときはべき数表示とする。

2.　設計条件

2.1　重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度

重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度は，以下のとおりとする。

以下の条件と異なるスリーブ及び二重管型貫通部の端板と管の設計条件をそれぞれ表 2－1～表 2－4 に示す。

内圧 P_{SA}　　620kPa（ＳＡ後）

温度 T_{SA}　　200℃（ＳＡ後）

2.2　水荷重

重大事故等対処設備の評価に用いる水荷重として，没水時における下記の水位による水頭圧を考慮する。

ドライウェル　　水位　T.M.S.L. 7400mm

サプレッションチェンバ　　水位　T.M.S.L. 8950mm

表 2－1　設計条件の異なるスリーブ（ドライウェル）

貫通部番号	評価圧力		評価温度
	内圧	外圧	(℃)
X-30B,C	3.43(MPa)	—	200
X-61～64	1.37(MPa)	—	200
X-69	0.86(MPa)	—	200
X-161A,B	—	620(kPa)	200
X-610,710	—	620(kPa)	200
X-620	0.98(MPa)	—	200
X-650A～D X-651A～D X-750A～D X-751A～D	—	620(kPa)	302
X-680A,B X-780A,B	—	620(kPa)	200
X-700A～H,J,K	—	620(kPa)	302

表 2－2　設計条件の異なる二重管型貫通部の端板と管（ドライウェル）

貫通部番号	評価圧力		評価温度（℃）	
	端板	管	端板	管
X-10A～D	620(kPa)	8.62(MPa)	302	302
X-11	620(kPa)	8.62(MPa)	302	302
X-12A,B	620(kPa)	9.22(MPa)	306	306
X-22	620(kPa)	9.22(MPa)	306	306
X-31B,C	620(kPa)	9.22(MPa)	306	306
X-33A～C	620(kPa)	9.22(MPa)	306	306
X-35B,C	620(kPa)	9.22(MPa)	306	306
X-37	620(kPa)	9.22(MPa)	306	306
X-38	620(kPa)	8.62(MPa)	302	302
X-50	620(kPa)	8.62(MPa)	302	302
X-60	620(kPa)	1.37(MPa)	200	200
X-65	620(kPa)	1.37(MPa)	200	200
X-66	620(kPa)	1.37(MPa)	200	200
X-70	620(kPa)	0.86(MPa)	200	200
X-71A,B	620(kPa)	1.77(MPa)	200	200
X-72	620(kPa)	1.77(MPa)	200	200
X-170	620(kPa)	8.62(MPa)	302	302
X-610	—	18.6(MPa)	—	200
X-621	620(kPa)	0.98(MPa)	200	200
X-700A～H,J,K	—	8.62(MPa)	—	302
X-710	—	18.6(MPa)	—	200

表 2－3　設計条件の異なるスリーブ（サプレッションチェンバ）

貫通部番号	評価圧力		評価温度
	内圧	外圧	(℃)
X-200B,C	3.43(MPa)	—	200
X-331A,B	—	620(kPa)	200

表 2－4　設計条件の異なる二重管型貫通部の端板と管（サプレッションチェンバ）

貫通部番号	評価圧力		評価温度(℃)	
	端板	管	端板	管
X-213	620(kPa)	0.98(MPa)	200	200

2.3　材料及び許容応力

(1)　材料

使用する材料を表 2－5 に示す。なお，フランジについては「3.6　フランジ」に示す。

(2)　許容引張応力

使用材料の許容引張応力は，Ｖ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」に基づき，告示第５０１号別表第 10 に規定されている値の 0.6 倍とする。なお，スリーブ及び管の外圧評価における使用材料の許容引張応力は，告示第５０１号別表第 4 に規定されている値とする。使用材料の許容引張応力を表 2－5 に示す。

表 2－5　使用材料表（その 1）

使用部位	使用材料	温度条件 (℃)	許容引張応力(MPa)		備考
			0.6・Ｓｕ*1	Ｓ*2	
下部ドライウェル アクセストンネル鏡板		200		—	
スリーブ		200		—	
		200			
		200		—	
		200		—	
		200	—		
		302	—		
端板		200		—	
		200		—	
		302		—	
		306		—	
		200		—	
		306		—	
		200		—	
		302		—	
		200		—	
		302		—	
		200		—	
		302		—	

注記＊1：許容引張応力Ｓは 0.6・Ｓｕとする。ここで，Ｓｕは告示第５０１号別表第 10 に規定されている値である。

＊2：許容引張応力Ｓは告示第５０１号別表第 4 に規定されている値である。

表2－5　使用材料表（その2）

使用部位	使用材料	温度条件 (℃)	許容引張応力(MPa)		備考
			0.6・Ｓｕ*1	Ｓ*2	
管		302		—	
		306		—	
		200		—	
		200		—	
		302		—	
		200		—	
		200		—	
		302		—	
		306		—	

注記＊1：許容引張応力Ｓは0.6・Ｓｕとする。ここで，Ｓｕは告示第５０１号別表第10に規定されている値である。

＊2：許容引張応力Ｓは告示第５０１号別表第4に規定されている値である。

3.　原子炉格納容器貫通部の基本板厚計算

「2.　設計条件」に示す重大事故等時の条件に基づき，原子炉格納容器貫通部各部の板厚計算を行った結果を以下に示す。

3.1　スリーブ及び管

スリーブ及び管の形状を図 3－1 に示し，各寸法を表 3－1～表 3－5 に示す。

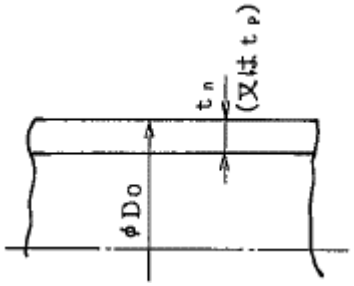


図 3－1　スリーブ及び管の形状

(1)　記号の説明

告示第５０１号の記号	計算書の表示	表示内容	単位
t	t	必要な厚さ	mm
	t_R	計算上必要な厚さ	mm
	t_R'	規格上必要な最小厚さ	mm

(2)　内圧に対する必要厚さ（告示第５０１号第 26 条第 1 項第 1 号）

スリーブ及び管の内圧に対する必要厚さの算出式を以下に示し，計算結果を表 3－1～表 3－4 に示す。

$$t_R = \frac{P \cdot D_o}{2 \cdot S \cdot \eta + 0.8 \cdot P}$$

(3)　外圧に対する厚さ（告示第５０１号第 26 条第 1 項第 2 号）

貫通部の外圧に対する評価結果として，スリーブ及び管の許容外圧を表 3－5 に示す。

(4)　結論

内圧を受けるスリーブ及び管の最小厚さは必要厚さより大きく，また，外圧を受けるスリーブ及び管の許容外圧は外面に受ける最高の圧力より大きいので，告示第５０１号の要求を満足している。

表 3－1　スリーブの板厚計算結果（ドライウェル）（その 1）

貫通部番号			X-660A～D	X-620	X-69	X-142A～D, X-143A～D, X-144A～D, X-147	X-740	X-82
材料*1								
最高使用圧力	P	(MPa)	0.70*2	0.98	0.86	0.62	0.70*2	0.62
最高使用温度		(℃)	200	200	200	200	200	200
胴の外径	D_o	(mm)						
許容引張応力	S*3	(MPa)						
継手効率	η		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
継手の種類			継手無し	継手無し	継手無し	継手無し	継手無し	継手無し
放射線検査の有無			―	―	―	―	―	―
計算上必要な厚さ	t_R	(mm)	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
必要厚さ*4	t_R'	(mm)	2.2	2.7	3.0	3.0	3.4	3.8
t_R, t_R'の大きい値	t	(mm)	2.2	2.7	3.0	3.0	3.4	3.8
呼び厚さ	t_n	(mm)						
最小厚さ	t_{nm}	(mm)						
評価：$t_{nm} \geqq t$ であること。			○	○	○	○	○	○

注記＊1：[redacted] 及び [redacted] は，各々 [redacted] 及び [redacted] を示す。

＊2：最高使用圧力には水荷重として没水時の水位における水頭圧を含む。

＊3：Sは 0.6・S_uとする。

＊4：告示第５０１号第 26 条第 1 項第 3 号による必要厚さ。

表 3－1　スリーブの板厚計算結果（ドライウェル）（その 2）

貫通部番号			X-621	X-3, X-60, X-70, X-71A,B, X-72, X-170	X-30B,C	X-61～64	X-160, X-162A,B, X-177	X-101A～G, X-102A～G, X-103A～E, X-104A～H, X-105A～D
材料*1			[redacted]					
最高使用圧力	P	(MPa)	0.70*2	0.62	3.43	1.37	0.62	0.62
最高使用温度		(℃)	200	200	200	200	200	200
胴の外径	D_o	(mm)	[redacted]					
許容引張応力	S*3	(MPa)						
継手効率	η		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
継手の種類			継手無し	継手無し	継手無し	継手無し	継手無し	継手無し
放射線検査の有無			—	—	—	—	—	—
計算上必要な厚さ	t_R	(mm)	0.3	0.3	1.5	0.6	0.4	0.4
必要厚さ*4	t_R'	(mm)	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8
t_R, t_R'の大きい値	t	(mm)	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8
呼び厚さ	t_n	(mm)	[redacted]					
最小厚さ	t_{nm}	(mm)						
評価：$t_{nm} \geqq t$ であること。			○	○	○	○	○	○

注記＊1：[redacted] 及び [redacted] は，各々 [redacted] 及び [redacted] を示す。

＊2：最高使用圧力には水荷重として没水時の水位における水頭圧を含む。

＊3：Sは 0.6・S_uとする。

＊4：告示第５０１号第 26 条第 1 項第 3 号による必要厚さ。

表 3－1　スリーブの板厚計算結果（ドライウェル）（その 3）

貫通部番号			X-110，X-111，X-113，X-130A～D，X-140A，B，X-141A，B，X-146A～D，X-171	X-65，X-66	X-90～93	X-22	X-100A～E	X-11
材料*1			[redacted]					
最高使用圧力	P	(MPa)	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62
最高使用温度		(℃)	200	200	200	200	200	200
胴の外径	D_o	(mm)	[redacted]					
許容引張応力	S *2	(MPa)						
継手効率	η		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
継手の種類			継手無し	継手無し	継手無し	継手無し	継手無し	継手無し
放射線検査の有無			—	—	—	—	—	—
計算上必要な厚さ	t_R	(mm)	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7
必要厚さ*3	t_R'	(mm)	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8
t_R，t_R'の大きい値	t	(mm)	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8
呼び厚さ	t_n	(mm)	[redacted]					
最小厚さ	t_{nm}	(mm)						
評価：$t_{nm} \geqq t$ であること。			○	○	○	○	○	○

注記＊1：[redacted]及び[redacted]は，各々[redacted]及び[redacted]を示す。

＊2：Sは 0.6・S_uとする。

＊3：告示第５０１号第 26 条第 1 項第 3 号による必要厚さ。

表 3－1　スリーブの板厚計算結果（ドライウェル）（その 4）

貫通部番号			X-37，X-38，X-80，X-81	X-35B,C，X-50	X-31B,C	X-33A～C	X-12A,B	X-10A～D
材料*1			[redacted]					
最高使用圧力	P	(MPa)	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62
最高使用温度		(℃)	200	200	200	200	200	200
胴の外径	D_o	(mm)	[redacted]					
許容引張応力	S*2	(MPa)						
継手効率	η		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
継手の種類			継手無し	継手無し	継手無し	継手無し	継手無し	継手無し
放射線検査の有無			―	―	―	―	―	―
計算上必要な厚さ	t_R	(mm)	0.7	0.8	0.8	1.0	1.2	1.5
必要厚さ*3	t_R'	(mm)	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8
t_R，t_R'の大きい値	t	(mm)	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8
呼び厚さ	t_n	(mm)	[redacted]					
最小厚さ	t_{nm}	(mm)						
評価：$t_{nm} \geqq t$ であること。			○	○	○	○	○	○

注記＊1：[redacted]及び[redacted]は，各々[redacted]及び[redacted]を示す。

＊2：Sは 0.6・S_uとする。

＊3：告示第５０１号第 26 条第 1 項第 3 号による必要厚さ。

表3－2　スリーブの板厚計算結果（サプレッションチェンバ）（その1）

貫通部番号			X-320，X-342	X-322A～F，X-323A～F	X-200B，C	X-242	X-214，X-221	X-204～206，X-215，X-222
材料*1								
最高使用圧力	P	(MPa)	0.78*2	0.78*2	3.43	0.78*2	0.78*2	0.78*2
最高使用温度		(℃)	200	200	200	200	200	200
胴の外径	D_o	(mm)						
許容引張応力	S*3	(MPa)						
継手効率	η		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
継手の種類			継手無し	継手無し	継手無し	継手無し	継手無し	継手無し
放射線検査の有無			—	—	—	—	—	—
計算上必要な厚さ	t_R	(mm)	0.2	0.2	0.8	0.3	0.4	0.5
必要厚さ*4	t_R'	(mm)	3.0	—	3.4	—	—	—
t_R，t_R'の大きい値	t	(mm)	3.0	0.2	3.4	0.3	0.4	0.5
呼び厚さ	t_n	(mm)						
最小厚さ	t_{nm}	(mm)						
評価：$t_{nm} \geqq t$であること。			○	○	○	○	○	○

注記＊1：[redacted]及び[redacted]は，各々[redacted]及び[redacted]を示す。

＊2：最高使用圧力には水荷重として没水時の水位における水頭圧を含む。

＊3：Sは0.6・S_uとする。

＊4：告示第５０１号第26条第1項第3号による必要厚さ。

表3－2　スリーブの板厚計算結果（サプレッションチェンバ）（その2）

貫通部番号			X-220	X-252，X-254，X-255，X-321A，B	X-332A，B	X-300A，B	X-210B，C	X-250，X-251
材料*1								
最高使用圧力	P	(MPa)	0.62	0.78*2	0.78*2	0.64*2	0.78*2	0.62
最高使用温度		(℃)	200	200	200	200	200	200
胴の外径	D_o	(mm)						
許容引張応力	S*3	(MPa)						
継手効率	η		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
継手の種類			継手無し	継手無し	継手無し	継手無し	継手無し	継手無し
放射線検査の有無			—	—	—	—	—	—
計算上必要な厚さ	t_R	(mm)	0.4	0.6	0.6	0.5	0.8	0.5
必要厚さ*4	t_R'	(mm)	3.8	—	3.8	3.8	—	3.8
t_R，t_R'の大きい値	t	(mm)	3.8	0.6	3.8	3.8	0.8	3.8
呼び厚さ	t_n	(mm)						
最小厚さ	t_{nm}	(mm)						
評価：$t_{nm} \geqq t$であること。			○	○	○	○	○	○

注記＊1：[redacted]及び[redacted]は，各々[redacted]及び[redacted]を示す。

＊2：最高使用圧力には水荷重として没水時の水位における水頭圧を含む。

＊3：Sは0.6・S_uとする。

＊4：告示第５０１号第26条第1項第3号による必要厚さ。

表3－2　スリーブの板厚計算結果（サプレッションチェンバ）（その3）

貫通部番号			X-201～203	X-213	X-240，X-241
材料*1			[redacted]		
最高使用圧力	P	(MPa)	0.78*2	0.78*2	0.62
最高使用温度		(℃)	200	200	200
胴の外径	D_o	(mm)	[redacted]		
許容引張応力	S *3	(MPa)			
継手効率	η		1.00	1.00	1.00
継手の種類			継手無し	継手無し	継手無し
放射線検査の有無			―	―	―
計算上必要な厚さ	t_R	(mm)	0.8	0.9	0.7
必要厚さ*4	t_R'	(mm)	―	3.8	3.8
t_R，t_R'の大きい値	t	(mm)	0.8	3.8	3.8
呼び厚さ	t_n	(mm)	[redacted]		
最小厚さ	t_{nm}	(mm)			
評価：$t_{nm} \geqq t$であること。			○	○	○

注記＊1：[redacted]は[redacted]を示す。

＊2：最高使用圧力には水荷重として没水時の水位における水頭圧を含む。

＊3：Sは0.6・S_uとする。

＊4：告示第５０１号第26条第1項第3号による必要厚さ。

表 3－3　管の板厚計算結果（ドライウェル）（その 1）

貫通部番号			X-700A～H, J, K	X-170	X-610, X-710	X-22	X-60	X-70
材料								
最高使用圧力	P	(MPa)	8.62	8.62	18.6	9.22	1.37	0.86
最高使用温度		(℃)	302	302	200	306	200	200
管の外径	D_o	(mm)						
許容引張応力	S *1	(MPa)						
継手効率	η		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
継手の種類			継手無し	継手無し	継手無し	継手無し	継手無し	継手無し
放射線検査の有無			―	―	―	―	―	―
計算上必要な厚さ	t_R	(mm)	0.5	0.6	1.6	1.0	0.2	0.1
必要厚さ*2	t_R'	(mm)	―	―	―	―	―	―
t_R, t_R'の大きい値	t	(mm)	0.5	0.6	1.6	1.0	0.2	0.1
呼び厚さ	t_p	(mm)						
最小厚さ	t_{pm}	(mm)						
評価：$t_{pm} \geqq t$ であること。			○	○	○	○	○	○

注記＊1：Sは 0.6・S_uとする。

＊2：告示第５０１号第 26 条第 1 項第 3 号による必要厚さ。

表 3－3　管の板厚計算結果（ドライウェル）（その 2）

貫通部番号			X-71A,B, X-72	X-621	X-11	X-65, X-66	X-37	X-38
材料*1								
最高使用圧力	P	(MPa)	1.77	0.98	8.62	1.37	9.22	8.62
最高使用温度		(℃)	200	200	302	200	306	302
管の外径	D_o	(mm)						
許容引張応力	S*2	(MPa)						
継手効率	η		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
継手の種類			継手無し	継手無し	継手無し	継手無し	継手無し	継手無し
放射線検査の有無			—	—	—	—	—	—
計算上必要な厚さ	t_R	(mm)	0.3	0.2	1.5	0.4	2.9	2.7
必要厚さ*3	t_R'	(mm)	—	—	3.0	3.8	3.8	3.8
t_R, t_R'の大きい値	t	(mm)	0.3	0.2	3.0	3.8	3.8	3.8
呼び厚さ	t_p	(mm)						
最小厚さ	t_{pm}	(mm)						
評価：$t_{pm} \geqq t$ であること。			○	○	○	○	○	○

注記＊1：□は□を示す。

＊2：Sは 0.6・S_uとする。

＊3：告示第５０１号第 26 条第 1 項第 3 号による必要厚さ。

表 3－3　管の板厚計算結果（ドライウェル）（その 3）

貫通部番号			X-35B,C	X-50	X-31B,C	X-33A～C	X-12A,B	X-10A～D
材料								
最高使用圧力	P	(MPa)	9.22	8.62	9.22	9.22	9.22	8.62
最高使用温度		(℃)	306	302	306	306	306	302
管の外径	D_o	(mm)						
許容引張応力	S*1	(MPa)						
継手効率	η		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
継手の種類			継手無し	継手無し	継手無し	継手無し	継手無し	継手無し
放射線検査の有無			―	―	―	―	―	―
計算上必要な厚さ	t_R	(mm)	3.8	3.5	4.7	6.2	9.7	11.6
必要厚さ*2	t_R'	(mm)	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8
t_R, t_R'の大きい値	t	(mm)	3.8	3.8	4.7	6.2	9.7	11.6
呼び厚さ	t_p	(mm)						
最小厚さ	t_{pm}	(mm)						
評価：$t_{pm} \geqq t$であること。			○	○	○	○	○	○

注記＊1：Sは 0.6・S_uとする。

＊2：告示第５０１号第 26 条第 1 項第 3 号による必要厚さ。

表 3－3　管の板厚計算結果（ドライウェル）（その 4）

貫通部番号			計装用貫通部			計装用貫通部（予備）		
材料								
最高使用圧力	P	(MPa)	8.62	8.62	8.62	0.70*1	0.70*1	0.70*1
最高使用温度		(℃)	302	302	302	200	200	200
管の外径	D_o	(mm)						
許容引張応力	S*2	(MPa)						
継手効率	η		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
継手の種類			継手無し	継手無し	継手無し	継手無し	継手無し	継手無し
放射線検査の有無			―	―	―	―	―	―
計算上必要な厚さ	t_R	(mm)	0.5	0.6	0.7	0.1	0.1	0.1
必要厚さ*3	t_R'	(mm)	―	―	―	―	―	―
t_R, t_R'の大きい値	t	(mm)	0.5	0.6	0.7	0.1	0.1	0.1
呼び厚さ	t_p	(mm)						
最小厚さ	t_{pm}	(mm)						
評価：$t_{pm} \geqq t$であること。			○	○	○	○	○	○

注記＊1：最高使用圧力には水荷重として没水時の水位における水頭圧を含む。

＊2：Sは0.6・S_uとする。

＊3：告示第５０１号第 26 条第 1 項第 3 号による必要厚さ。

表 3－4　管の板厚計算結果（サプレッションチェンバ）

貫通部番号			X-215	X-220	X-213	計装用貫通部		計装用貫通部（予備）	
材料*1									
最高使用圧力	P	(MPa)	0.78*2	0.62	0.98	8.62	8.62	0.78*2	0.78*2
最高使用温度		(℃)	200	200	200	302	302	200	200
管の外径	D_o	(mm)							
許容引張応力	S*3	(MPa)							
継手効率	η		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
継手の種類			継手無し	継手無し	継手無し	継手無し	継手無し	継手無し	継手無し
放射線検査の有無			—	—	—	—	—	—	—
計算上必要な厚さ	t_R	(mm)	0.1	0.1	0.8	0.5	0.6	0.1	0.1
必要厚さ*4	t_R'	(mm)	—	2.4	3.8	—	—	—	—
t_R, t_R'の大きい値	t	(mm)	0.1	2.4	3.8	0.5	0.6	0.1	0.1
呼び厚さ	t_p	(mm)							
最小厚さ	t_{pm}	(mm)							
評価：$t_{pm} \geqq t$であること。			○	○	○	○	○	○	○

注記＊1：[　　]は[　　]を示す。

＊2：最高使用圧力には水荷重として没水時の水位における水頭圧を含む。

＊3：Sは0.6・S_uとする。

＊4：告示第５０１号第26条第1項第3号による必要厚さ。

表3－5　スリーブ及び管の許容外圧

貫通部番号	X-610, X-710	X-680A,B, X-780A,B	X-650A～D, X-651A～D, X-750A～D, X-751A～D	X-700A～H, J,K	X-161A,B	X-331A,B
呼び径						
材料*1						
最高使用圧力　P　(MPa)	0.70*2	0.70*2	0.70*2	0.70*2	0.62	0.78*2
最高使用温度　(℃)	200	200	302	302	200	200
外径　D_o　(mm)						
最小厚さ　t　(mm)						
t／D_o	0.1190	0.1452	0.1452	0.1206	0.0497	0.0497
許容引張応力　S　(MPa)						
許容外圧　P_e　(MPa)	14.12	17.95	15.89	12.75	3.82	3.82
評価：$P_e \geqq P$であること。	○	○	○	○	○	○

注記＊1：□は，□を示す。

＊2：最高使用圧力には水荷重として没水時の水位における水頭圧を含む。

3.2　端板

端板の形状を図 3－2 に示し，各寸法を表 3－6 及び表 3－7 に示す。

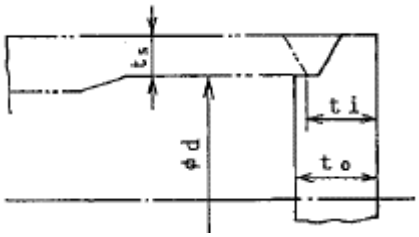


図 3－2　端板の形状

(1)　記号の説明

告示第５０１号の記号	計算書の表示	表示内容	単位
t	ｔｏｒ	計算上必要な厚さ	mm

(2)　内圧に対する必要厚さ（告示第５０１号第 24 条第 1 項）

a.　計算式

端板の内圧に対する必要厚さの算出式を以下に示し，計算結果を表 3－7 に示す。

$$t_{or} = d \cdot \sqrt{\frac{K \cdot P}{S}}$$

b.　係数Kに関する計算

Ｋ＝0.50（告示第５０１号第 24 条第 1 項の取付方法(g)）

ただし，ｔｉ≧2･ｔｎｒ（又は 2･ｔｐｒ）

ｔｉ≧1.25･ｔｓ

ｔｎｒ，ｔｐｒはそれぞれスリーブ及び管の計算上必要な厚さを示し，

表 3－1～表 3－4 に示すｔＲの値

端板の取付方法による係数Kの確認結果を表 3－6 に示す。

c.　結論

表 3－6 及び表 3－7 より，端板は告示第５０１号の要求を満足している。

表3－6　係数Kの確認結果

貫通部番号	X-90～93	X-110, X-111, X-113	X-161A,B	X-250, X-251	X-252, X-254, X-255	X-331A,B	ドライウェル 計装用貫通部管 の予備		サプレッション チェンバ計装用 貫通部管の予備
最小内のり　d　(mm)									
スリーブ又は管の 計算上必要な厚さ*1　tnr（tpr）　(mm)	0.5	0.4	1.7*2	0.5	0.6	2.1*2	0.1	0.1	0.1
スリーブ又は管の 厚さ　ts　(mm)									
2・tnr（2・tpr）　(mm)	1.0	0.8	3.4	1.0	1.2	4.2	0.2	0.2	0.2
1.25・ts　(mm)									
ti　(mm)									
評価：ti≧2・tnr（又は2・tpr）及びti≧1.25・tsであること。	○	○	○	○	○	○	○	○	○

注記＊1：計装用貫通部管の予備はtprを用いる。

＊2：外圧620kPaによる必要厚さ＝tnr（告示第５０１号第26号第1項第2号）

$$t_{nr} = \frac{3 \cdot P_e \cdot D_o}{4 \cdot B}$$

項目	X-161A,B	X-331A,B	備考
評価圧力　Pe　(MPa)	0.62	0.78	X-331A,Bは水荷重として没水時の水位における水頭圧を含む。
仮定する板厚　ta　(mm)	1.7	2.1	
Do／ta			
ℓ／Do			
貫通部長さ　ℓ　(mm)			X-161A,B及びX-331A,Bのうち最大長さのものを使用する。
貫通部外径　Do　(mm)			呼び径250A
係数　B	787	795	告示第５０１号別図第6より

表 3－7　端板の板厚計算結果（その 1）

貫通部番号			X-90～93	X-110，X-111，X-113	X-161A,B	X-250，X-251	X-252，X-254，X-255
材料*1							
最小内のり	d	(mm)					
最高使用圧力	P	(MPa)	0.62	0.62	0.62	0.62	0.78*2
最高使用温度		(℃)	200	200	200	200	200
係数	K	(－)	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
許容引張応力	S *3	(MPa)					
呼び厚さ	ｔｏ	(mm)					
最小厚さ	ｔｏｍ	(mm)					
計算上必要な厚さ	ｔｏｒ	(mm)	13.5	10.5	8.8	13.5	12.6
評価：ｔｏｍ≧ｔｏｒであること。			○	○	○	○	○

注記＊1：[ ]は[ ]を示す。

＊2：最高使用圧力には水荷重として没水時の水位における水頭圧を含む。

＊3：Ｓは 0.6・Ｓｕとする。

表 3－7　端板の板厚計算結果（その 2）

貫通部番号			X-331A,B	ドライウェル 計装用貫通部管の予備		サプレッションチェンバ 計装用貫通部管の予備
材料*1						
最小内のり	d	(mm)				
最高使用圧力	P	(MPa)	0.78*2	0.70*2	0.70*2	0.78*2
最高使用温度		(℃)	200	200	200	200
係数	K	(－)	0.50	0.50	0.50	0.50
許容引張応力	S*3	(MPa)				
呼び厚さ	ｔｏ	(mm)				
最小厚さ	ｔｏｍ	(mm)				
計算上必要な厚さ	ｔｏｒ	(mm)	9.9	0.8	1.0	0.8
評価：ｔｏｍ≧ｔｏｒであること。			○	○	○	○

注記＊1：[redacted]は[redacted]を示す。

＊2：最高使用圧力には水荷重として没水時の水位における水頭圧を含む。

＊3：Ｓは 0.6・Ｓｕとする。

3.3　穴あき端板

(1)　記号の説明

告示第５０１号の記号	計算書の表示	表示内容	単位
t	A_o	補強に有効な面積	mm^2
	tor	計算上必要な厚さ	mm
	Y	補強の有効範囲	mm
	Y_1	補強の有効範囲	mm
	Y_2	補強の有効範囲	mm

3.3.1　二重管型貫通部

二重管型貫通部の穴あき端板は，図 3－3 及び図 3－4 に示す形式 1，2 に分類される。

形式 1 の各寸法を表 3－8 に，形式 2 の各寸法を表 3－9 に示す。

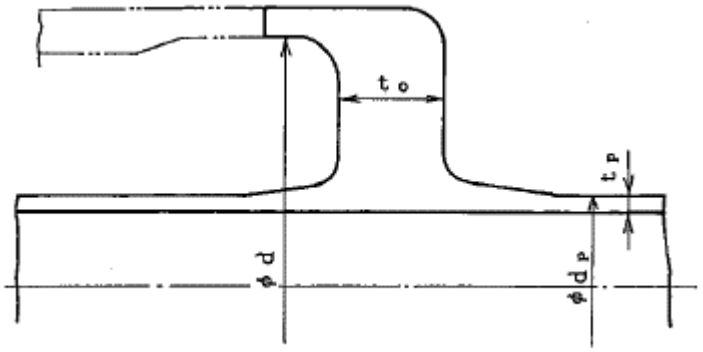


図 3－3　穴あき端板の形状（形式 1）

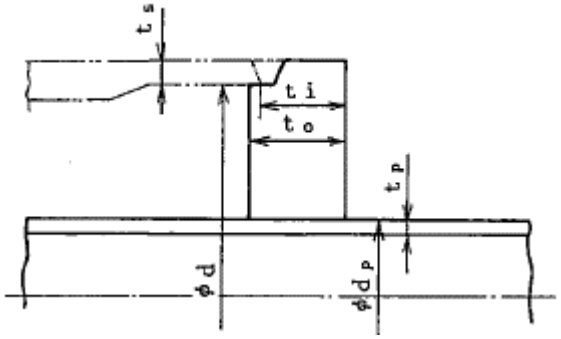


図 3－4　穴あき端板の形状（形式 2）

表 3－8　穴あき端板の寸法（形式 1）　（単位：mm）

貫通部番号	d	d_p	t_{pm}*1	t_o	t_{om}*2
X-10A～D					
X-11					
X-12A,B					
X-22					
X-31B,C					
X-33A～C					
X-35B,C					
X-37					
X-38					
X-50					

注記＊1：t_pの最小厚さ

＊2：t_oの最小厚さ

表 3－9　穴あき端板の寸法（形式 2）　（単位：mm）

貫通部番号	d	t_s	t_i	t_{om}*1	t_{pm}*2	d_p
X-60						
X-65						
X-66						
X-70						
X-71A,B						
X-72						
X-170						
X-213						
X-215						
X-220						
X-621						

注記＊1：t_oの最小厚さ

＊2：t_pの最小厚さ

(1)　内圧に対する必要厚さ（告示第５０１号第 24 条第 1 項）

a.　計算式

端板の内圧に対する必要厚さの算出式を以下に示し，計算結果を表 3－12 及び表 3－13 に示す。

$$t_{or} = d\sqrt{\frac{K \cdot P}{S}}$$

b.　係数Ｋに関する計算

(a)　形式 1

形式 1 のうち，最小内のり d が 600㎜ を超えるものについては，Ｋ＝0.75（告示第５０１号第 24 条第 1 項の取付方法(j)）であることを確認し，600㎜ 以下のものについては，d／20≦t_oであることを確認し，Ｋ＝0.20（告示第５０１号第 24 条第 1 項の取付方法(c)）を用いる。

係数Ｋの確認結果を表 3－10 に示す。

(b)　形式 2

Ｋ＝0.5（告示第５０１号第 24 条第 1 項の取付方法(g)）

ただし，$t_i \geqq 2 \cdot t_{nr}$

$t_i \geqq 1.25 \cdot t_s$

t_{nr}はスリーブの計算上必要な厚さを示し，表 3－1 及び表 3－2 に示すt_Rの値

端板の取付方法による係数Ｋの確認結果を表 3－11 に示す。

c.　結論

表 3－10～表 3－13 より，端板は告示第５０１号の要求を満足している。

表 3－10　係数Kの確認結果（形式 1）（その 1）

貫通部番号			X-10A～D	X-11	X-12A,B	X-22	X-31B,C
最小内のり	d	(mm)					
d／20		(mm)					
呼び厚さ	t_o	(mm)					
取付方法			(j)	(c)	(j)	(c)	(c)
係数	K	(－)	0.75	0.20	0.75	0.20	0.20
評価			d＞600	d／20≦t_o	d＞600	d／20≦t_o	d／20≦t_o
			○	○	○	○	○

表 3－10　係数Kの確認結果（形式 1）（その 2）

貫通部番号			X-33A～C	X-35B,C	X-37	X-38	X-50
最小内のり	d	(mm)					
d／20		(mm)					
呼び厚さ	t_o	(mm)					
取付方法			(j)	(c)	(c)	(c)	(c)
係数	K	(－)	0.75	0.20	0.20	0.20	0.20
評価			d＞600	d／20≦t_o	d／20≦t_o	d／20≦t_o	d／20≦t_o
			○	○	○	○	○

表3－11　係数Kの確認結果（形式2）（その1）

貫通部番号			X-60	X-65	X-66	X-70	X-71A,B	X-72
最小内のり	d	(mm)						
スリーブの計算上必要な厚さ	t_{nr}	(mm)	0.3	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3
スリーブの厚さ	t_s	(mm)						
2・t_{nr}		(mm)	0.6	1.0	1.0	0.6	0.6	0.6
1.25・t_s		(mm)						
t_i		(mm)						
評価：$t_i \geqq 2 \cdot t_{nr}$及び$t_i \geqq 1.25 \cdot t_s$であること。			○	○	○	○	○	○

表3－11　係数Kの確認結果（形式2）（その2）

貫通部番号			X-170	X-213	X-215	X-220	X-621
最小内のり	d	(mm)					
スリーブの計算上必要な厚さ	t_{nr}	(mm)	0.3	0.9	0.5	0.4	0.3
スリーブの厚さ	t_s	(mm)					
2・t_{nr}		(mm)	0.6	1.8	1.0	0.8	0.6
1.25・t_s		(mm)					
t_i		(mm)					
評価：$t_i \geqq 2 \cdot t_{nr}$及び$t_i \geqq 1.25 \cdot t_s$であること。			○	○	○	○	○

表 3－12　穴あき端板の必要厚さ（形式 1）（その 1）

貫通部番号			X-10A～D	X-11	X-12A,B	X-22	X-31B,C
材料							
最小内のり	d	(mm)					
最高使用圧力	P	(MPa)	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62
最高使用温度		(℃)	302	302	306	306	306
係数	K	(－)	0.75	0.20	0.75	0.20	0.20
許容引張応力	S＊	(MPa)					
呼び厚さ	ｔｏ	(mm)					
最小厚さ	ｔｏｍ	(mm)					
計算上必要な厚さ	ｔｏｒ	(mm)	48.2	10.0	37.5	10.1	13.0
評価：ｔｏｍ≧ｔｏｒであること。			○	○	○	○	○

注記＊：Ｓは 0.6・Ｓｕとする。

表 3－12　穴あき端板の必要厚さ（形式 1）（その 2）

貫通部番号			X-33A～C	X-35B,C	X-37	X-38	X-50
材料							
最小内のり	d	(mm)					
最高使用圧力	P	(MPa)	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62
最高使用温度		(℃)	306	306	306	302	302
係数	K	(－)	0.75	0.20	0.20	0.20	0.20
許容引張応力	S＊	(MPa)					
呼び厚さ	ｔｏ	(mm)					
最小厚さ	ｔｏｍ	(mm)					
計算上必要な厚さ	ｔｏｒ	(mm)	29.1	12.0	11.0	11.0	12.0
評価：ｔｏｍ≧ｔｏｒであること。			○	○	○	○	○

注記＊：Ｓは 0.6・Ｓｕとする。

表 3－13　穴あき端板の必要厚さ（形式 2）（その 1）

貫通部番号			X-60	X-65	X-66	X-70	X-71A,B	X-72
材料								
最小内のり	d	(mm)						
最高使用圧力	P	(MPa)	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62
最高使用温度		(℃)	200	200	200	200	200	200
係数	K	(－)	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
許容引張応力	S＊	(MPa)						
呼び厚さ	ｔｏ	(mm)						
最小厚さ	ｔｏｍ	(mm)						
計算上必要な厚さ	ｔｏｒ	(mm)	7.3	11.6	11.6	7.3	7.3	7.3
評価：ｔｏｍ≧ｔｏｒであること。			○	○	○	○	○	○

注記＊：Ｓは 0.6・Ｓｕとする。

表 3－13　穴あき端板の必要厚さ（形式 2）（その 2）

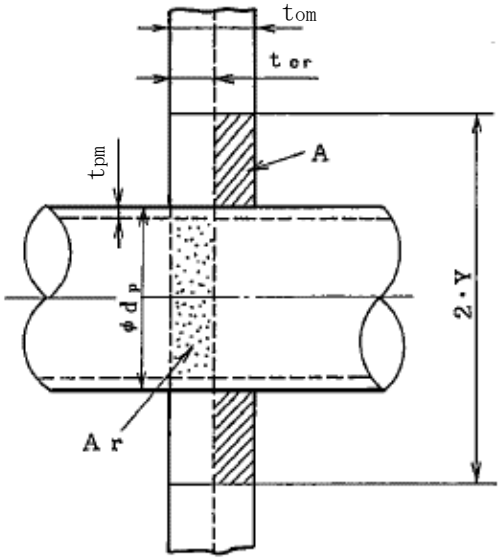
貫通部番号			X-170	X-213	X-215	X-220	X-621
材料							
最小内のり	d	(mm)					
最高使用圧力	P	(MPa)	0.62	0.78*1	0.78*1	0.62	0.70*1
最高使用温度		(℃)	302	200	200	200	200
係数	K	(－)	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
許容引張応力	S*2	(MPa)					
呼び厚さ	t_o	(mm)					
最小厚さ	t_{om}	(mm)					
計算上必要な厚さ	t_{or}	(mm)	7.5	20.5	10.9	8.6	5.8
評価：$t_{om} \geqq t_{or}$であること。			○	○	○	○	○

注記＊1：最高使用圧力には水荷重として没水時の水位における水頭圧を含む。

＊2：Sは 0.6・S_uとする。

(2)　穴の補強計算（告示第５０１号第 24 条第 2 項）

穴部の形状を図 3－5 に示す。



注：各貫通部の寸法は表 3－8，表 3－9，表 3－12 及び表 3－13 に示す。

図 3－5　穴部の形状

(a)　補強に必要な面積の 1／2

$$\frac{A_r}{2} = \frac{d_i \cdot t_{or}}{2}$$

ここに，

d_i：穴の径

$= d_p - 2 \cdot t_{pm}$

t_{or}：端板の計算上必要な厚さ（表 3－12 及び表 3－13 参照）

(b)　補強に有効な範囲　Y

Yは，次の計算式により求めた値のうち，いずれか大きいもの。

$$Y_1 = \frac{d_i}{2} + t_{pm} + t_{om}$$

$$Y_2 = d_i$$

ただし，$Y > \frac{d}{2}$ である。

ここに，

d：端板取付部の最小内のり（表 3－8 及び表 3－9 参照）

(c) 補強に有効な面積　Ａｏ

$$A_o=(2\cdot Y-d_p)\cdot(t_{om}-t_{or})$$

(d) 結論

穴あき端板の穴の補強の計算結果を表 3－14 に示す。

これより，穴あき端板の穴の補強は十分である。

(3) 結論

穴あき端板の最小厚さは表 3－12 及び表 3－13 に示すように必要厚さより大きく，また表 3－14 に示すように補強に有効な面積は補強に必要な面積の 1／2 より大きいので，告示第５０１号の要求を満足している。

表 3－14(1)　穴あき端板の穴の補強計算結果（形式 1）（その 1）

貫通部番号			X-10A～D	X-11	X-12A,B	X-22	X-31B,C
穴の径	d_i	(mm)					
計算上必要な厚さ	t_{or}	(mm)					
補強の有効範囲	Y_1	(mm)					
補強の有効範囲	Y_2	(mm)					
補強の有効範囲	$d/2$	(mm)					
補強の有効範囲	Y	(mm)					
補強に必要な面積の 1／2	$A_r/2$	(mm^2)	1.57E+04	3.50E+02	9.34E+03	1.99E+02	1.54E+03
補強に有効な面積	A_0	(mm^2)	2.55E+04	4.65E+03	2.30E+04	1.56E+03	1.66E+04
評価：$A_0 > A_r/2$ であること。			○	○	○	○	○

表 3－14(1)　穴あき端板の穴の補強計算結果（形式 1）（その 2）

貫通部番号			X-33A～C	X-35B,C	X-37	X-38	X-50
穴の径	d_i	(mm)					
計算上必要な厚さ	t_{or}	(mm)					
補強の有効範囲	Y_1	(mm)					
補強の有効範囲	Y_2	(mm)					
補強の有効範囲	$d/2$	(mm)					
補強の有効範囲	Y	(mm)					
補強に必要な面積の 1／2	$A_r/2$	(mm^2)	4.57E+03	1.16E+03	7.85E+02	7.85E+02	1.16E+03
補強に有効な面積	A_0	(mm^2)	1.75E+04	1.20E+04	9.18E+03	9.18E+03	1.20E+04
評価：$A_0 > A_r/2$ であること。			○	○	○	○	○

表 3－14(2)　穴あき端板の穴の補強計算結果（形式 2）（その 1）

貫通部番号			X-60	X-65	X-66	X-70	X-71A,B	X-72
穴の径	d_i	(mm)						
計算上必要な厚さ	t_{or}	(mm)						
補強の有効範囲	Y_1	(mm)						
補強の有効範囲	Y_2	(mm)						
補強の有効範囲	$d/2$	(mm)						
補強の有効範囲	Y	(mm)						
補強に必要な面積の 1／2	$A_r/2$	(mm^2)	1.95E+02	7.44E+02	7.44E+02	1.95E+02	1.95E+02	1.95E+02
補強に有効な面積	A_0	(mm^2)	7.47E+02	3.89E+03	3.89E+03	7.47E+02	7.47E+02	7.47E+02
評価：$A_0 > A_r/2$ であること。			○	○	○	○	○	○

表 3－14(2)　穴あき端板の穴の補強計算結果（形式 2）（その 2）

貫通部番号			X-170	X-213	X-215	X-220	X-621
穴の径	d_i	(mm)					
計算上必要な厚さ	t_{or}	(mm)					
補強の有効範囲	Y_1	(mm)					
補強の有効範囲	Y_2	(mm)					
補強の有効範囲	$d/2$	(mm)					
補強の有効範囲	Y	(mm)					
補強に必要な面積の 1／2	$A_r/2$	(mm^2)	7.50E+01	3.45E+03	2.76E+02	2.18E+02	1.94E+02
補強に有効な面積	A_0	(mm^2)	7.36E+02	6.88E+03	1.14E+03	1.28E+03	1.00E+03
評価：$A_0 > A_r/2$ であること。			○	○	○	○	○

3.3.2　計装用貫通部

計装用貫通部の穴あき端板の形状を図3－6に示し，寸法を表3－15に示す。

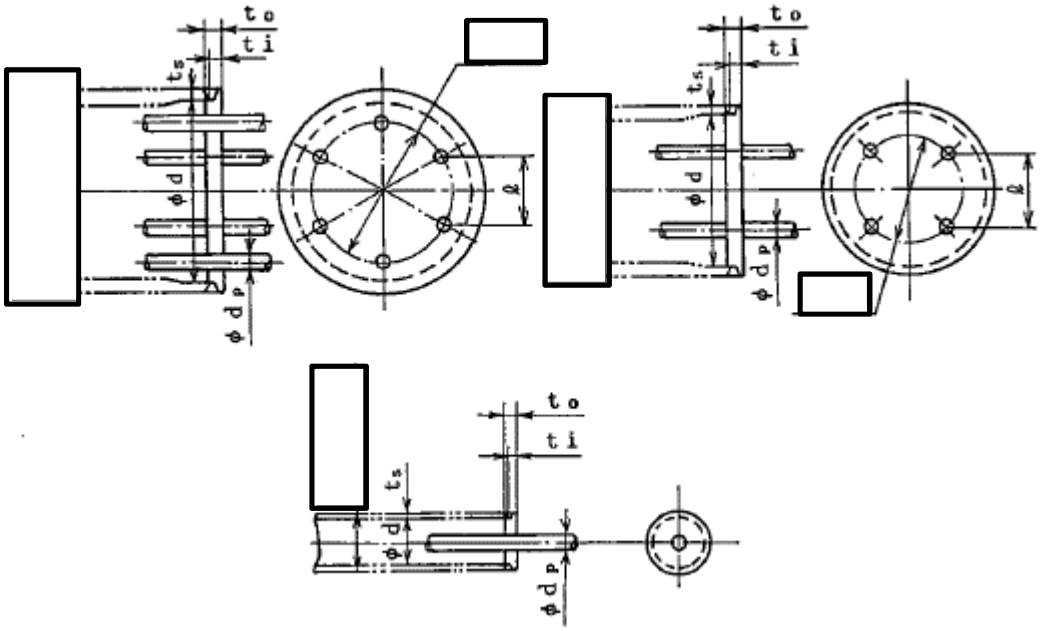


図3－6　穴あき端板の形状（単位：mm）

表3－15　穴あき端板の寸法　（単位：mm）

部材 / 記号 / 呼び径	スリーブ		端板			管		
	d	ts	ti	tom *1	ℓ	呼び径	dp	tpm *2

注記＊1：toの最小厚さ

＊2：管の最小厚さ

K7 ① V-3-3-6-1-4-1(1) R1

(1)　内圧に対する必要厚さ（告示第５０１号第 24 条第 1 項）

a.　計算式

端板の内圧に対する必要厚さの算出式を以下に示し，計算結果を表 3－17 に示す。

$$t_{or} = d \cdot \sqrt{\frac{K \cdot P}{S}}$$

b.　係数Ｋに関する計算

Ｋ＝0.50（告示第５０１号第 24 条第 1 項の取付方法(g)）

ただし，$t_i \geqq 2 \cdot t_{nr}$

$t_i \geqq 1.25 \cdot t_s$

t_{nr}はスリーブの計算上必要な厚さを示し，表 3－1 及び表 3－2 に示すt_Rの値

係数Ｋの確認結果を表 3－16 に示す。

c.　結論

表 3－16 及び表 3－17 より，端板は告示第５０１号の要求を満足している。

表 3－16　係数Kの確認結果

呼び径			[redacted]		
最小内のり	d	(mm)			
スリーブの計算上必要な厚さ	t_{nr}*	(mm)	0.6	0.4	0.2
スリーブの厚さ	t_s	(mm)	[redacted]		
2・t_{nr}		(mm)	1.2	0.8	0.4
1.25・t_s		(mm)	[redacted]		
t_i		(mm)			
評価：$t_i \geqq 2 \cdot t_{nr}$及び$t_i \geqq 1.25 \cdot t_s$であること。			○	○	○

注記＊：t_{nr}は表 3－1 及び表 3－2 に示すt_Rの大きい方を用いる。

表3－17　穴あき端板の必要厚さ

名称			ドライウェル計装用貫通部					サプレッションチェンバ計装用貫通部			
呼び径											
材料											
最小内のり	d	(mm)									
最高使用圧力	P	(MPa)	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.78*1	0.78*1	0.78*1	0.78*1
最高使用温度		(℃)	302	302	302	302	302	302	302	302	302
係数	K	(－)	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
許容引張応力	S*2	(MPa)									
呼び厚さ	to	(mm)									
最小厚さ	tom	(mm)									
計算上必要な厚さ	tor	(mm)									
評価：tom≧torであること。			○	○	○	○	○	○	○	○	○

注記＊1：最高使用圧力には水荷重として没水時の水位における水頭圧を含む。

＊2：Sは0.6・Suとする。

(2)　穴の補強計算（告示第５０１号第 24 条第 2 項）

a.　補強に必要な面積の 1／2

$$\frac{A_r}{2}=\frac{d_i \cdot t_{or}}{2}$$

ここに，

d_i：穴の径

$=d_p-2 \cdot t_{pm}$

t_{or}：端板の計算上必要な厚さ（表 3－17 参照）

b.　補強に有効な面積

$A_o=(2 \cdot Y-d_p) \cdot (t_{om}-t_{or})$

$=(d_p-4 \cdot t_{pm}) \cdot (t_{om}-t_{or})$

ここに，t_{om}：最小厚さ（表 3－17 参照）

Ｙ：端板の面に沿う有効範囲を示し，d_iとする。

また，端板の面に直角な補強に有効な範囲の管断面積は考慮しない。

また，$\ell > 2 \cdot Y$であること。

c.　評価

穴の補強に有効な面積が補強に必要な面積の 1／2 より大きいこと。

d.　計算結果

端板の穴の補強の計算結果を表 3－18 に示す。

(3)　結論

端板の最小厚さは表 3－17 に示すように必要厚さより大きく，また表 3－18 に示すように補強に有効な面積は補強に必要な面積の 1／2 より大きいので，告示第５０１号の要求を満足している。

表 3－18　穴あき端板の穴の補強計算結果

呼び径						
穴の径	d_i	(mm)				
計算上必要な厚さ	t_{or}*	(mm)				
補強の有効範囲	$Y=d_i$	(mm)				
補強の有効範囲	$2\cdot Y$	(mm)				
隣接する穴の距離	ℓ	(mm)				
補強に必要な面積の 1／2	$A_r/2$	(mm^2)	1.28E+02	1.19E+02	9.40E+01	3.20E+01
補強に有効な面積	A_o	(mm^2)	1.34E+02	2.48E+02	1.77E+02	2.57E+02
評価：$\ell > 2\cdot Y$，$A_o > A_r/2$ であること。			○	○	○	○

注記＊：t_{or}は表 3－17 に示す値の大きい方を用いる。

3.4　電気配線貫通部（アダプタ及びヘッダ）

電気配線貫通部のアダプタ及びヘッダの形状及び必要厚さに用いる寸法を図 3－7～図 3－9 に示す。

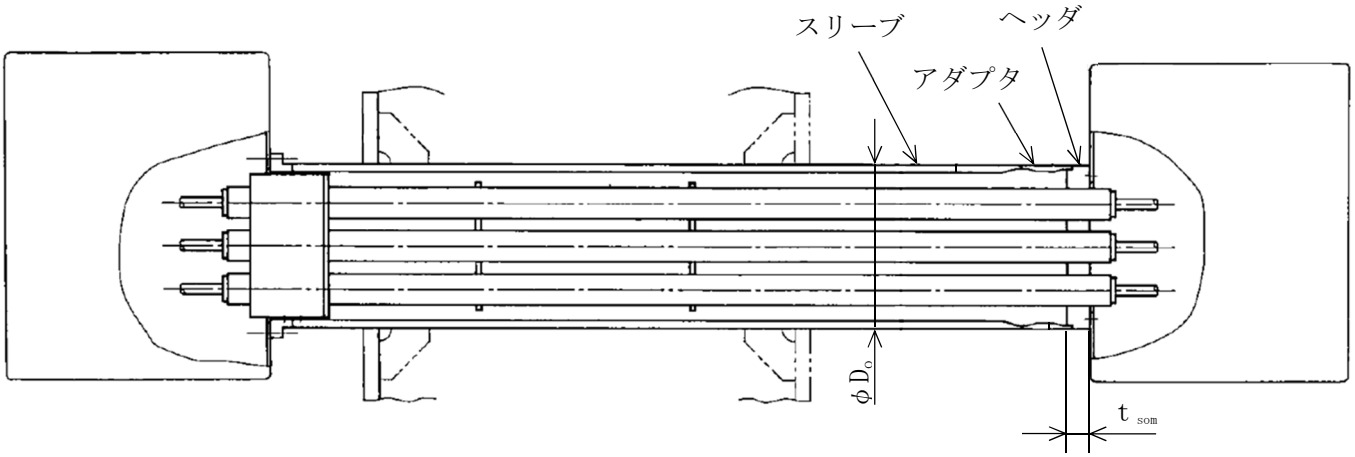


図 3－7　アダプタ及びヘッダの必要厚さの計算に用いる寸法（貫通部番号：X-100）

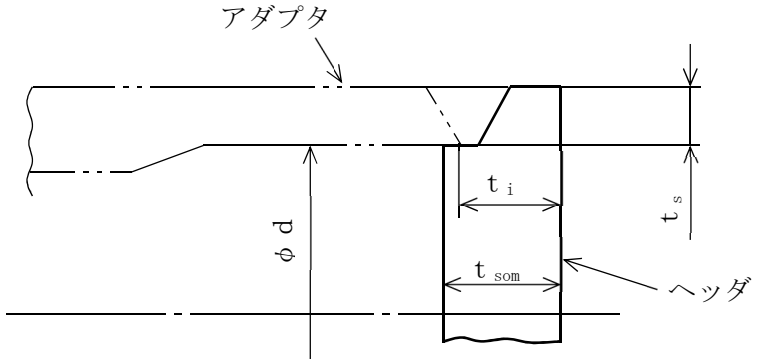


図 3－8　ヘッダの必要厚さの計算に用いる寸法（貫通部番号：X-100）

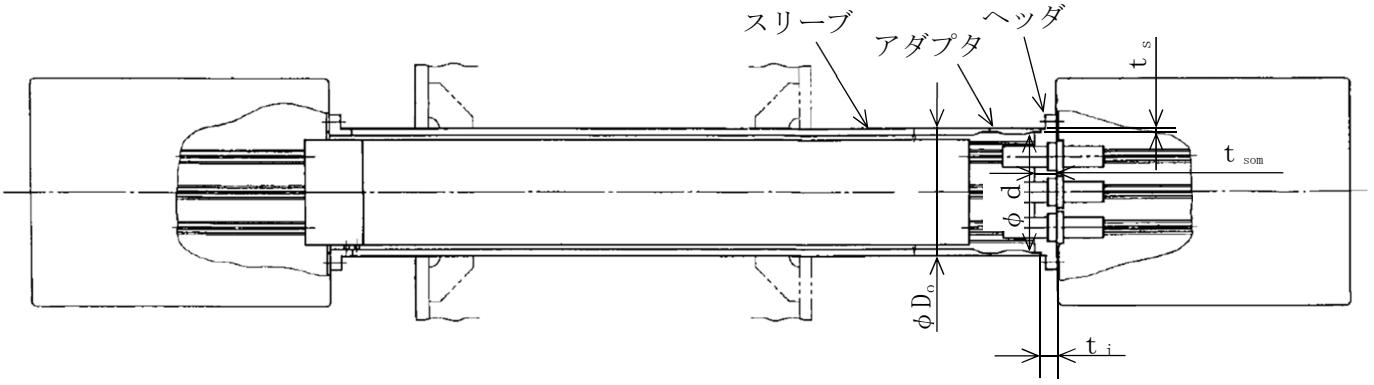


図 3－9　アダプタ及びヘッダの必要厚さの計算に用いる寸法
（貫通部番号：X-101～X-105，X-300）

(1)　記号の説明

告示第５０１号の記号	計算書の表示	表示内容	単位
t	A_o	補強に有効な面積	mm^2
	t_R	計算上必要な厚さ	mm
	Y	補強の有効範囲	mm

(2)　内圧に対する必要厚さ

a.　アダプタの内圧に対する必要厚さ（告示第５０１号第 26 条第 1 項第 1 号）

(a)　計算式

内圧に対する必要厚さの算出式を以下に示し，計算結果を表 3－19 に示す。

$$t_R = \frac{P \cdot D_o}{2 \cdot S \cdot \eta + 0.8 \cdot P}$$

(b)　結論

表 3－19 より，アダプタの最小厚さは必要厚さより大きく，告示第５０１号の要求を満足している。

b.　ヘッダの内圧に対する必要厚さ（告示第５０１号第 24 条第 1 項）

(a)　計算式

内圧に対する必要厚さの算出式を以下に示し，計算結果を表 3－21 に示す。

$$t_{or} = d \cdot \sqrt{\frac{K \cdot P}{S}}$$

(b)　係数Kに関する計算

K＝0.50（告示第５０１号第 24 条第 1 項の取付方法(g)）

ただし，$t_i \geqq 2 \cdot t_{sor}$

$t_i \geqq 1.25 \cdot t_s$

t_{sor}はアダプタの計算上必要な厚さを示し，表 3－19 に示すt_Rの値

係数Kの確認結果を表 3－20 に示す。

(c)　結論

表 3－20 及び表 3－21 より，ヘッダは告示第５０１号の要求を満足している。

表 3－19　電気配線貫通部（アダプタ）の板厚計算結果

貫通部番号			X-100A～E	X-101A～G，X-102A～G，X-103A～E，X-104A～H，X-105A～D	X-300A,B
材料*1					
最高使用圧力	P	(MPa)	0.62	0.62	0.64*2
最高使用温度		(℃)	200	200	200
アダプタの外径	D_o	(mm)			
許容引張応力	S*3	(MPa)			
継手効率	η		1.00	1.00	1.00
継手の種類			継手無し	継手無し	継手無し
放射線検査の有無			―	―	―
計算上必要な厚さ	t_R	(mm)	0.6	0.4	0.5
必要厚さ*4	t_R'	(mm)	3.8	3.8	3.8
t_R，t_R'の大きい値	t	(mm)	3.8	3.8	3.8
呼び厚さ	t_n	(mm)			
最小厚さ	t_{nm}	(mm)			
評価：$t_{nm} \geqq t$であること。			○	○	○

注記＊1：[　　]は，[　　]を示す。

＊2：最高使用圧力には水荷重として没水時の水位における水頭圧を含む。

＊3：Sは0.6・S_uとする。

＊4：告示第５０１号第26条第1項第3号による必要厚さ。

表3－20　電気配線貫通部（ヘッダ）の係数Kの確認結果

貫通部番号			X-100A～E	X-101A～G，X-102A～G，X-103A～E，X-104A～H，X-105A～D	X-300A，B
平板の径又は最小内のり	d	(mm)			
アダプタの計算上必要な厚さ	t_{sor}	(mm)	0.6	0.4	0.5
アダプタの厚さ	t_s	(mm)			
2・t_{sor}		(mm)	1.2	0.8	1.0
1.25・t_s		(mm)			
t_i		(mm)			
評価：$t_i \geqq 2 \cdot t_{sor}$及び$t_i \geqq 1.25 \cdot t_s$であること。			○	○	○

表3－21　電気配線貫通部（ヘッダ）の必要厚さ

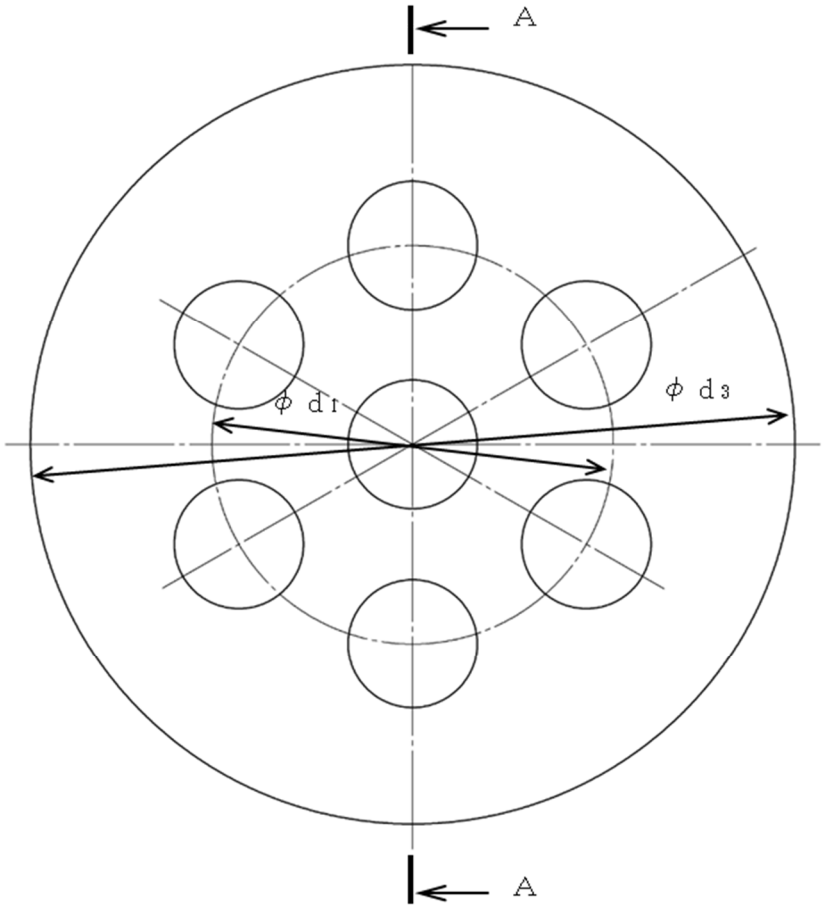
貫通部番号			X-100A～E	X-101A～G，X-102A～G，X-103A～E，X-104A～H，X-105A～D	X-300A,B
材料					
平板の径又は最小内のり	d	(mm)			
最高使用圧力	P	(MPa)	0.62	0.62	0.64*1
最高使用温度		(℃)	200	200	200
係数	K	(－)	0.50	0.50	0.50
許容引張応力	S*2	(MPa)			
呼び厚さ	t_o	(mm)			
最小厚さ	t_{som}	(mm)			
計算上必要な厚さ	t_{sor}	(mm)			
評価：$t_{som} \geqq t_{sor}$であること。			○	○	○

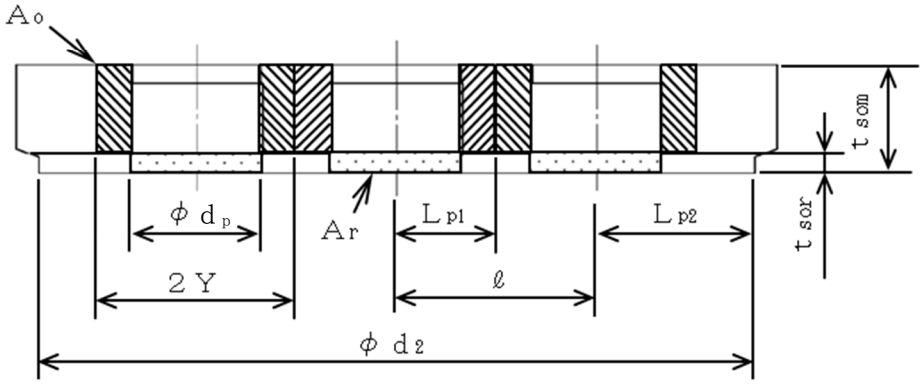
注記＊1：最高使用圧力には水荷重として没水時の水位における水頭圧を含む。

＊2：Sは0.6・S_uとする。

(3)　穴の補強計算

ヘッダ（貫通部番号 X-100）の穴の補強計算に用いる寸法を図 3－10 に，ヘッダ（貫通部番号 X-101～X-105 及び X-300）の穴の補強計算に用いる寸法を図 3－11 に示す。





A～A断面図

t_{som} ＝ $\boxed{}$

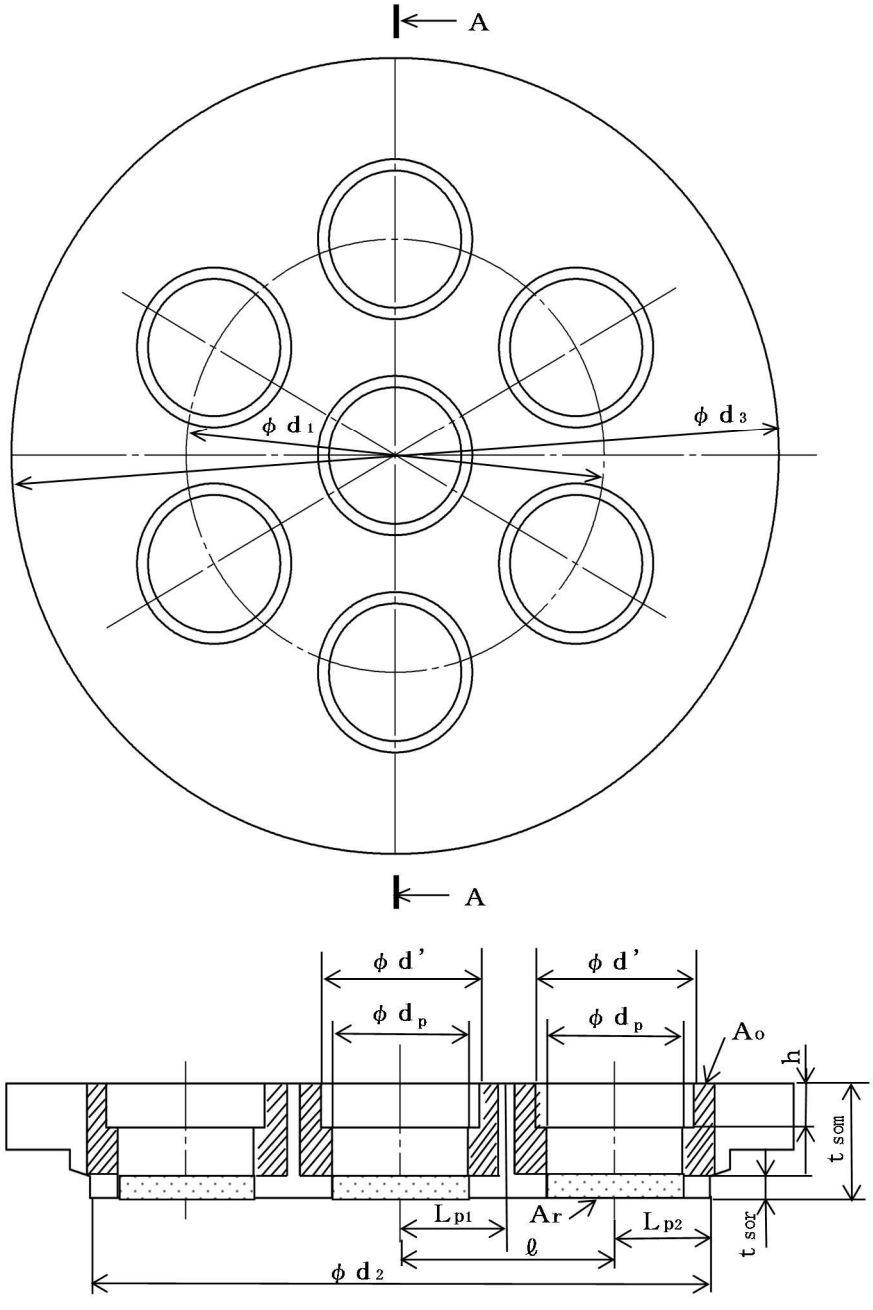
d_1 ＝ $\boxed{}$　　d_2 ＝ $\boxed{}$　　d_3 ＝ $\boxed{}$

d_p ＝ $\boxed{}$

$\ell = d_1/2$ ＝ $\boxed{}$

$L_{p1} = \ell/2$ ＝ $\boxed{}$　　$L_{p2} = d_2/2 - \ell$ ＝ $\boxed{}$

図 3－10　ヘッダの穴の補強計算に用いる寸法（貫通部番号：X-100）（単位：mm）



A～A断面図

t_{som} = [ ]　　h = [ ]

d_1 = [ ]　　d_2 = [ ]　　d_3 = [ ]

d_p = [ ]　　d' = [ ]

$\ell = d_1/2$ = [ ]

$L_{p1} = \ell/2$ = [ ]　　$L_{p2} = d_2/2 - \ell$ = [ ]

図 3－11　ヘッダの穴の補強計算に用いる寸法（貫通部番号：X-101～X-105，X-300）

（単位：mm）

a.　穴の補強計算（告示第５０１号第 22 条第 8 項第 1 号）

(a)　補強に必要な面積の 1／2

$$\frac{A_r}{2}=\frac{d_p \cdot t_{sor} \cdot F}{2}$$

ここに，

t_{sor}：ヘッダの計算上必要な厚さ（表 3－21 参照）

F：係数（1.0 とする。）

(b)　補強に有効な面積

イ．　貫通部番号 X-100

$A_o=(2 \cdot Y-d_p) \cdot (t_{som}-t_{sor})$

ここに，t_{som}：最小厚さ（表 3－21 参照）

Y ：ヘッダの面に沿う有効範囲を示し，d_pとする。

ただし，貫通部番号 X-100 は形状による制限により，

$L_{p2} > Y(=d_p) > L_{p1}$であるため，$Y= L_{p1}$ とする。

ロ．　貫通部番号 X-101～X-105，X-300

$A_o= (2 \cdot Y-d_p) \cdot (t_{som}-t_{sor}-h) +(2 \cdot Y-d') \cdot h$

ここに，t_{som}：最小厚さ（表 3－21 参照）

Y：ヘッダの面に沿う有効範囲を示し，d_pとする。

ただし，貫通部番号 X-101～X-105，X-300 は形状による制限により，

$Y(=d_p) > L_{p1} > L_{p2}$であるため，$Y= L_{p2}$ とする。

(c)　結論

穴の補強の計算結果を表 3－22 に示す。

これより，ヘッダの穴の補強は十分である。

b.　隣接する 2 つの穴（告示第５０１号第 22 条第 8 項第 2 号）

(a)　隣接する 2 つの穴の中心間の距離　ℓ

$$\ell=\frac{d_1}{2}$$

(b)　穴の平均径の 1.5 倍　d_m

$$d_m=1.5\cdot d_p$$

(c)　2 つの穴の間にある補強に必要な面積の 1／2　A_{fr}

$$A_{fr}=\frac{A_r}{2}$$

(d)　2 つの穴の間にある補強に有効な面積　A_{fo}

$$A_{fo}=\frac{A_o}{2}$$

(e)　結論

隣接する 2 つの穴に対する確認結果を表 3－23 に示す。

これより，ヘッダは，隣接する 2 つの穴の規定を満足している。

c.　補強に有効な面積の制限（告示第５０１号第 22 条第 8 項第 5 号）

(a)　穴の中心線の両側に必要な補強面積　A_{er}

$$A_{er}=\frac{A_r}{2}$$

(b)　穴の中心線の両側に有効な面積　A_{eo}

$$A_{eo}=\frac{A_o}{2}$$

(c)　結論

補強に有効な面積の制限に対する確認結果を表 3－24 に示す。

これより，ヘッダは，穴の中心線の両側の補強に対する制限を満足している。

表 3－22　ヘッダの穴の補強計算結果

貫通部番号			X-100	X-101～X-105	X-300
計算による必要厚さ	t_{sor}	(mm)			
補強の有効範囲	Y	(mm)			
補強に必要な面積	A_r	(mm^2)	1.20E+03	7.08E+02	7.21E+02
補強に必要な面積の 1／2	$A_r/2$	(mm^2)	6.00E+02	3.54E+02	3.61E+02
補強に有効な面積	A_0	(mm^2)	2.09E+03	8.20E+02	8.15E+02
評価：$A_0 > A_r/2$ であること。			○	○	○

表 3－23　ヘッダの隣接する 2 つの穴に対する確認結果

貫通部番号			X-100	X-101～X-105	X-300
隣接する 2 つの穴の中心間の距離	ℓ	(mm)			
穴の平均径の 1.5 倍	d_m	(mm)			
2 つの穴の間にある補強に必要な面積の 1／2	A_{fr}	(mm^2)	6.00E+02	3.54E+02	3.61E+02
2 つの穴の間にある補強に有効な面積	A_{fo}	(mm^2)	1.04E+03	4.10E+02	4.07E+02
評価：$\ell > d_m$，$A_{fo} > A_{fr}$ であること。			○	○	○

表 3－24　ヘッダの補強に有効な面積の制限に対する確認結果

貫通部番号			X-100	X-101～X-105	X-300
穴の中心線の両側に必要な補強面積	A_{er}	(mm^2)	6.00E+02	3.54E+02	3.61E+02
穴の中心線の両側に有効な面積	A_{eo}	(mm^2)	1.04E+03	4.10E+02	4.07E+02
評価：$A_{eo} > A_{er}$ であること。			○	○	○

3.5　ボルト締め端板（X-3 に付く端板）

ボルト締め端板の形状及び寸法を図 3－12 に示す。

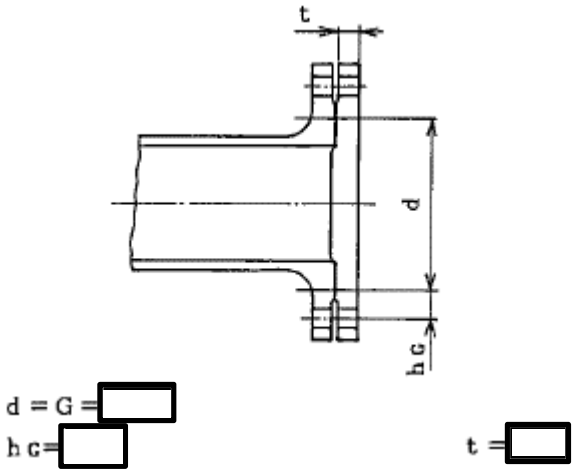


図 3－12　ボルト締め端板の形状及び寸法（単位：mm）

(1)　記号の説明

告示第５０１号の記号	計算書の表示	表示内容	単位
t	ｔｏｒ	計算上必要な厚さ	mm

(2)　内圧に対する必要厚さ（告示第５０１号第 24 条第 1 項）

端板の内圧に対する必要厚さの算出式を以下に示し，計算結果を表 3－26 に示す。

$$t_{or} = d \cdot \sqrt{\frac{K \cdot P}{S}}$$

ここに，

K：係数（告示第５０１号第 24 条第 1 項の取付方法(i)）

$$=0.30+\frac{1.4 \cdot F \cdot h_G}{W \cdot d}$$

ここに，

h_G：ボルトのピッチ円の直径と d との差の 1／2

W＝W_{m1}＝2.52E+04 N（「3.6　フランジ」で計算される荷重）

F＝1.67E+05 N（「3.6　フランジ」で計算される荷重）

係数Kの計算結果を表 3－25 に示す。

(3)　結論

表 3－25 及び表 3－26 より，端板は告示第５０１号の要求を満足している。

表 3－25　係数Kの計算結果

貫通部番号			X-3
最小内のり	d	(mm)	[redacted]
ボルトのピッチ円の直径とｄとの差の 1／2	h_G	(mm)	[redacted]
フランジのボルト荷重	$W=W_{m1}$	(N)	2.52E+04
	$F=W_G$	(N)	1.67E+05
係数	K	(－)	1.61

表 3－26　端板の板厚計算結果

貫通部番号			X-3
最小内のり	d	(mm)	[redacted]
材料*1			[redacted]
最高使用圧力	P	(MPa)	0.62
最高使用温度		(℃)	200
係数	K	(－)	1.61
許容引張応力	S*2	(MPa)	[redacted]
呼び厚さ	t_o	(mm)	[redacted]
最小厚さ	t_{om}	(mm)	[redacted]
計算上必要な厚さ	t_{or}	(mm)	14.3
評価：$t_{om} \geqq t_{or}$であること。			○

注記＊1：[redacted]は[redacted]を示す。

＊2：Ｓは 0.6・Ｓｕとする。

3.6　フランジ

貫通部番号 X-3 及び X-660A～D に取り付けられるフランジの最高使用圧力による応力は，平成 4 年 3 月 27 日付け 3 資庁第 13034 号にて認可された工事計画の添付書類（参照図書(1)（以下「既工認」という。）による。）に示す手法に従い評価する。

3.6.1　評価部位

フランジの形状及び寸法を図 3－13 に，使用材料及び使用部位を表 3－27 に示す。

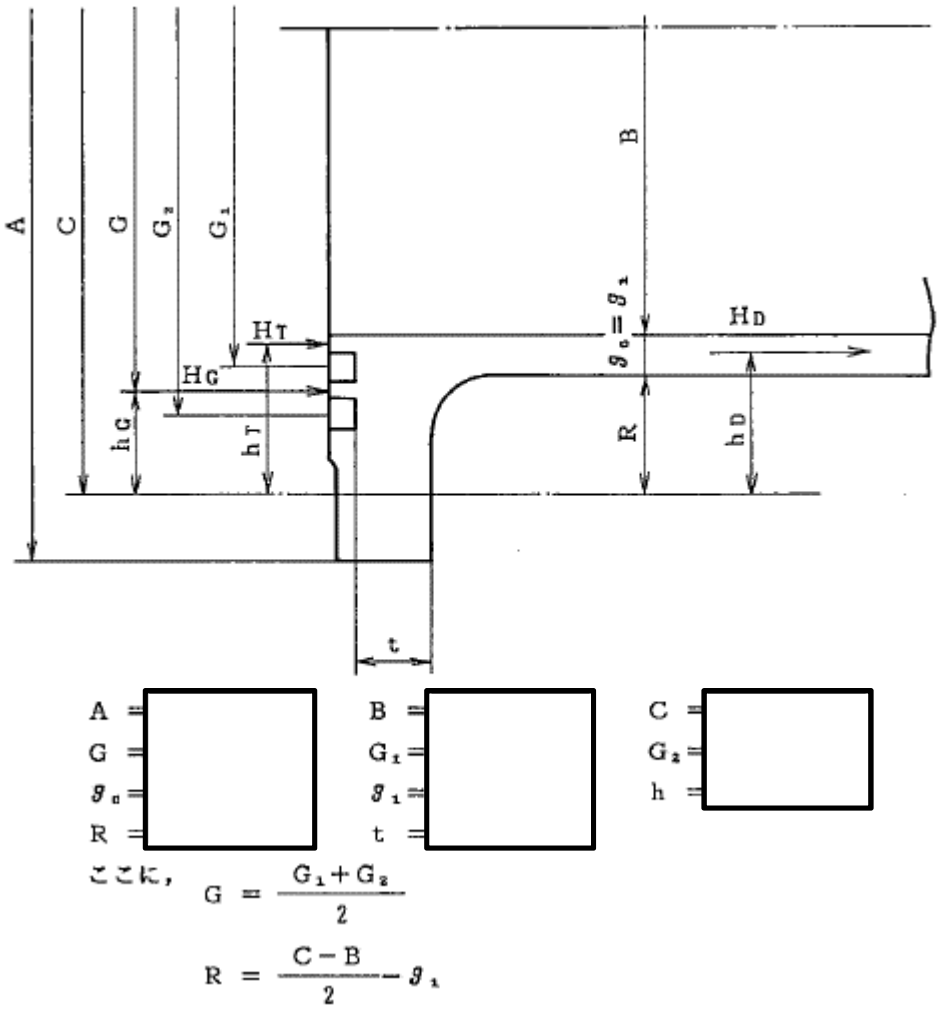


図 3－13(1)　フランジの形状及び主要寸法（貫通部番号 X-3）（単位：mm）

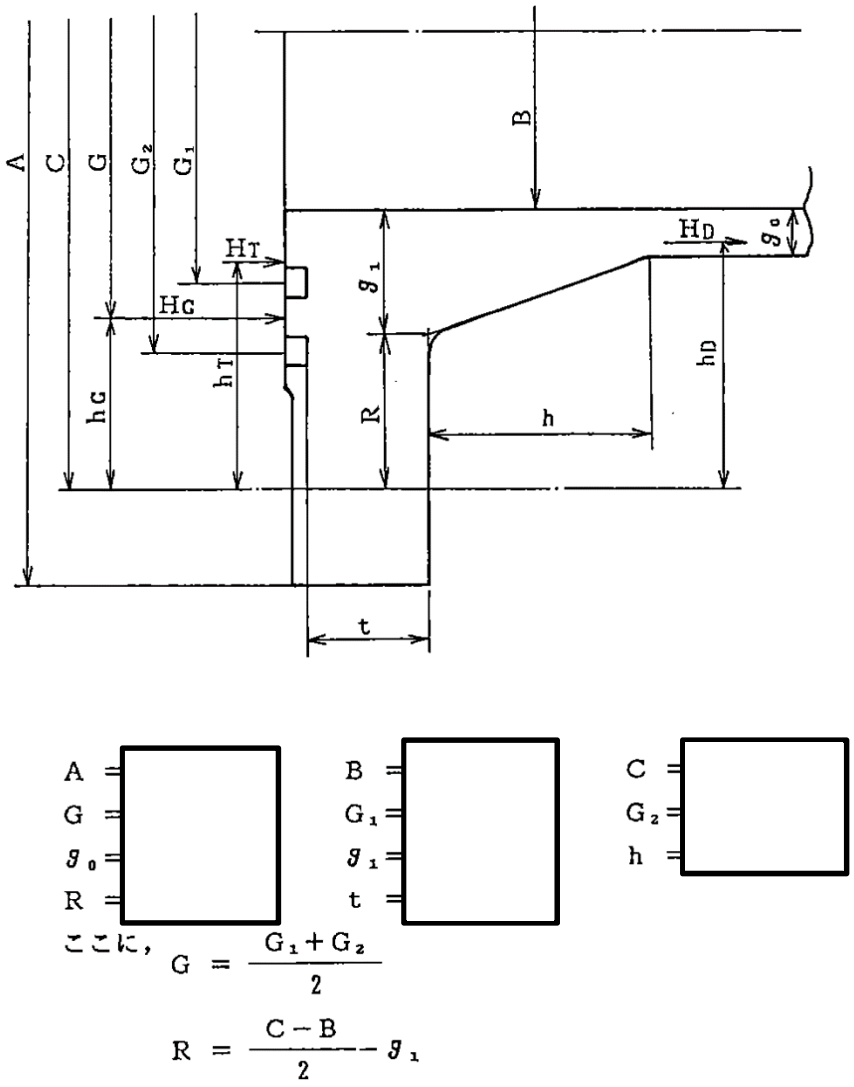


図 3－13(2)　フランジの形状及び主要寸法（貫通部番号 X-660A～D）（単位：mm）

表 3－27　使用材料表

使用部位	使用材料	備考
フランジ		

3.6.2　強度評価

(1)　強度評価方法

a.　フランジは，貫通部スリーブに取り付けられた構造であり，荷重は原子炉格納容器を介して原子炉建屋に伝達される。

フランジの強度評価として，V-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」において設定された荷重を用いて，参照図書(1)に示す既工認の手法に従い強度評価を行う。

b.　強度評価に用いる寸法は，公称値を用いる。

(2)　荷重の組合せ及び許容応力状態

フランジの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表3－28に示す。

詳細な荷重の組合せは，V-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」に従い，対象機器の設置位置等を考慮し決定する。なお，考慮する荷重の組合せは，組み合わせる荷重の大きさを踏まえ，評価上厳しくなる組合せを選定する。

(3)　許容応力

フランジの許容応力は，V-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」に基づき表3－29に示すとおりとする。

(4)　使用材料の許容応力評価条件

フランジの使用材料の許容応力評価条件のうち，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表3－30に示す。

(5)　設計荷重

重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度は，「2.1　重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度」に示す。

表 3－28　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	機器等の区分	荷重の組合せ*		許容応力状態*
原子炉格納施設	原子炉格納容器	フランジ	重大事故等クラス２容器	D＋P_{SA}＋M_{SA}	(V(S)-1) (V(S)-2) (V(S)-3)	重大事故等時

注記＊：（　）内はⅤ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」における表5－4の荷重の組合せのNo.を示す。

表3－29　許容応力（第２種容器）

応力分類 許容 応力状態	一次一般膜応力	一次膜応力＋一次曲げ応力
重大事故等時	構造上の連続な部分は0.6・Ｓｕ，不連続な部分はＳｙと0.6・Ｓｕの小さい方。ただし，オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については，構造上の連続な部分は2・Ｓと0.6・Ｓｕの小さい方，不連続な部分は1.2・Ｓとする。	左欄の1.5倍の値

表3－30　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		Ｓ (MPa)	Ｓｙ (MPa)	Ｓｕ (MPa)	Ｓｙ（ＲＴ） (MPa)
フランジ	[redacted]	周囲環境温度	200	—	[redacted]	[redacted]	—

注記＊：[redacted]

3.6.3　計算方法

フランジの応力評価点は，フランジを構成する部材の形状及び荷重伝達経路を考慮し，発生応力が大きくなる部位を選定する。

応力計算方法は既工認から変更はなく，参照図書(1)に示すとおりである。

3.6.4　計算条件

応力計算に用いる荷重を，「2.　設計条件」に示す。

3.6.5　応力の評価

「3.6.3　計算方法」で求めた応力が許容応力以下であること。

3.6.6　評価結果

(1)　重大事故等対処設備としての評価結果

フランジの重大事故等時の状態を考慮した場合の強度評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足している。

a.　強度評価結果

強度評価結果を表 3－31 に示す。

表 3－31(1)　重大事故等時に対する評価結果（D＋P_{SA}＋M_{SA}）（貫通部番号 X-3）

評価対象設備	評価部位		応力分類		重大事故等時		判定	備考
					算出応力 (MPa)	許容応力 (MPa)		
フランジ（貫通部番号 X-3）	P1	フランジ	フランジの半径方向応力	σ_R	74		○	
			フランジの周方向応力	σ_T	46		○	
			円筒胴のフランジとの結合部の軸方向応力	σ_H	158		○	
			組合せ応力	$\frac{(\sigma_H+\sigma_R)}{2}$	116		○	
				$\frac{(\sigma_H+\sigma_T)}{2}$	102		○	

表3－31(2)　重大事故等時に対する評価結果（D＋P_{SA}＋M_{SA}）（貫通部番号 X-660A～D）

評価対象設備	評価部位		応力分類		重大事故等時		判定	備考
					算出応力 (MPa)	許容応力 (MPa)		
フランジ（貫通部番号 X-660A～D）	P1	フランジ	フランジの半径方向応力	σ_R	65		○	
			フランジの周方向応力	σ_T	34		○	
			円筒胴のフランジとの結合部の軸方向応力	σ_H	48		○	
			組合せ応力	$\frac{(\sigma_H+\sigma_R)}{2}$	57		○	
				$\frac{(\sigma_H+\sigma_T)}{2}$	42		○	

3.7　穴の補強計算

下部ドライウェルアクセストンネル鏡板（以下「アクセストンネル鏡板」という。）を貫通する貫通部について補強計算を行う。

(1)　記号の説明

告示第５０１号の記号	計算書の表示	表示内容	単位
	A_0	補強に有効な総面積	mm^2
	A_1	鏡板の有効補強面積	mm^2
	A_2	管台の有効補強面積（内側）	mm^2
	A_3	管台の有効補強面積（外側）	mm^2
	H	補強の有効範囲	mm
	H_1	補強の有効範囲	mm
	H_2	補強の有効範囲	mm
	W_R	溶接部の負うべき荷重	N
	W_{R1}	溶接部にかかる荷重	N
	W_{R2}	溶接部にかかる荷重	N
	Y	補強の有効範囲	mm
	Y_1	補強の有効範囲	mm
	Y_2	補強の有効範囲	mm

(2)　貫通部番号 X-620 の穴の補強計算

アクセストンネル鏡板と貫通部番号 X-620 の取付部の形状及び寸法を図 3－14 に示す。

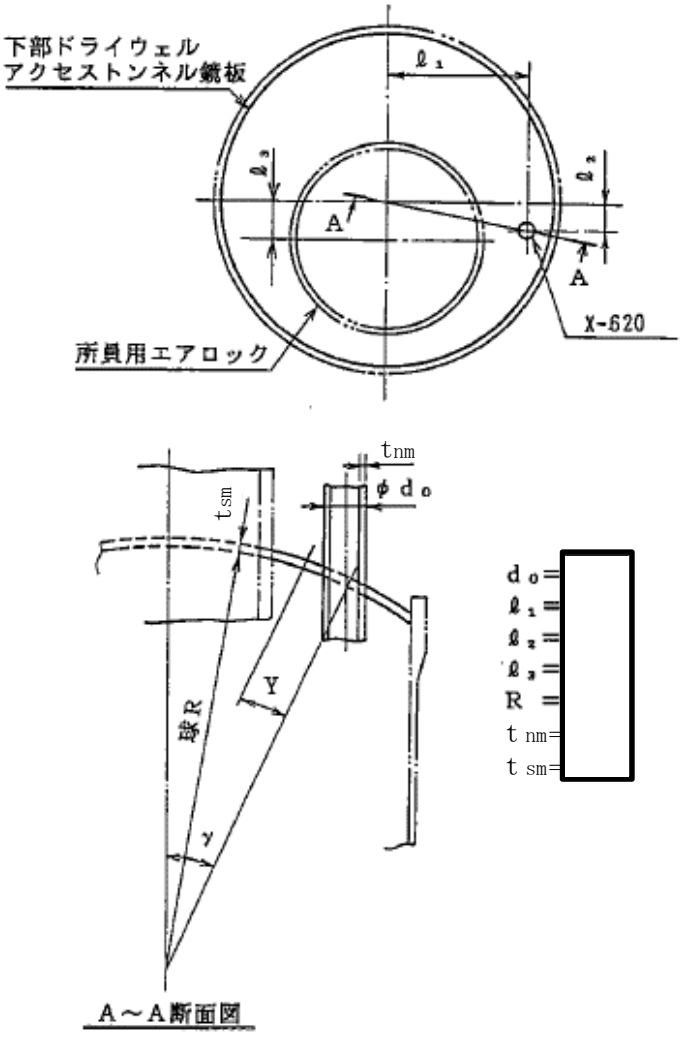


図 3－14　X-620 の取付部の形状及び寸法（単位：mm）

a.　穴の補強計算

(a)　補強に必要な面積（告示第５０１号第 22 条第 8 項第 1 号ハ（ロ））

$A_r=(d_o-2\cdot t_{nm})\cdot t_{sr}/\cos\gamma$

ここに,

t_{sr}：アクセストンネル鏡板の計算上必要な厚さ（V-3-3-6-1-1-3「原子炉格納容器胴の基本板厚計算書」参照）

$\cos\gamma=\cos(\sin^{-1}(\sqrt{(\ell_1^2+\ell_2^2)}/R))$

(b)　補強に有効な範囲（告示第５０１号第 22 条第 8 項第 1 号イ）

イ．　胴板の面に沿う範囲　Y

Yは，次の計算式により求めた値のうちのいずれか大きいもの。

$Y_1=(d_o-2\cdot t_{nm})/\cos\gamma$

$Y_2=\dfrac{d_o-2\cdot t_{nm}}{2\cdot\cos\gamma}+t_{sm}+t_{nm}$

ロ．　胴板の面に垂直な範囲　H

Hは，次の計算式により求めた値のうちのいずれか大きいもの。

$H_1=0.5\cdot\sqrt{r_m\cdot t_{nm}}$

$H_2=2.5\cdot t_{nm}$

ここに，r_m：管台の平均半径

$=(d_o-t_{nm})/2$

(c)　補強に有効な面積（告示第５０１号第 22 条第 8 項第 1 号ロ）

イ．　鏡板の補強に有効な面積　A_1

$A_1=(t_{sm}-t_{sr})\cdot\{2\cdot Y-(d_o-2\cdot t_{nm})/\cos\gamma\}$

ロ．　管台（内側）の補強に有効な面積　A_2

$A_2=2\cdot(t_{nm}-t_{nr})\cdot H/\cos\gamma$

ここに，t_{nr}：管台の計算上必要な厚さ（表 3－1 に示すt_Rの値を参照）

ハ．　管台（外側）の補強に有効な面積　A_3

$A_3=2\cdot(t_{nm}-t_{nr})\cdot H/\cos\gamma$

ニ．　補強に有効な総面積　A_0

$A_0=A_1+A_2+A_3$

(d)　結論

穴の補強の計算結果を表 3－32 に示す。

これより，貫通部番号 X-620 の穴の補強は十分である。

表 3－32　穴の補強計算結果

貫通部番号			X-620
鏡板の計算上必要な厚さ	t_{sr}	(mm)	
管台の計算上必要な厚さ	t_{nr}	(mm)	0.2
穴の補強に必要な面積	A_r	(mm^2)	4.94E+02
補強の有効範囲	Y_1	(mm)	
補強の有効範囲	Y_2	(mm)	
補強の有効範囲	Y	(mm)	
補強の有効範囲	H_1	(mm)	
補強の有効範囲	H_2	(mm)	
補強の有効範囲	H	(mm)	
鏡板の有効補強面積	A_1	(mm^2)	2.34E+03
管台の有効補強面積（内側）	A_2	(mm^2)	2.02E+02
管台の有効補強面積（外側）	A_3	(mm^2)	2.02E+02
補強に有効な総面積	A_0	(mm^2)	2.74E+03
評価：$A_0 > A_r$であること。			○

b.　隣接する2つの穴（告示第５０１号第22条第8項第2号）

(a)　隣接する2つの穴の中心間の距離　ℓ

$$\ell = R \cdot \phi$$

ここに，

$$\phi = 2 \cdot \sin^{-1}\left(\frac{\sqrt{\ell_1{}^2 + (\ell_3 - \ell_2)^2 + \ell_4{}^2}}{2 \cdot R}\right)$$

$$\ell_4 = R \cdot (\cos\alpha - \cos\gamma)$$

$$\cos\alpha = \cos(\sin^{-1}(\ell_3 / R))$$

(b)　穴の平均径の1.5倍　d_m

$$d_m = \frac{(d_o - 2 \cdot t_{nm}) / \cos\gamma + 2 \cdot R \cdot \theta_3}{2} \cdot 1.5$$

ここに，

θ_3：下部ドライウェル所員用エアロックの穴の角度（V-3-3-6-1-1-3「原子炉格納容器胴の基本板厚計算書」参照）

(c)　2つの穴の間にある補強に必要な面積の1／2　A_{fr}

$$A_{fr} = \frac{1}{2} \cdot (A_r + A_r')$$

ここに，

A_r'：下部ドライウェル所員用エアロックの補強に必要な面積
（V-3-3-6-1-1-3「原子炉格納容器胴の基本板厚計算書」参照）

(d)　2つの穴の間にある補強に有効な面積　A_{fo}

$$A_{fo} = \frac{1}{2} \cdot (A_o + A_o')$$

ここに，

A_o'：下部ドライウェル所員用エアロックの補強に有効な面積
（V-3-3-6-1-1-3「原子炉格納容器胴の基本板厚計算書」参照）

(e)　結論

隣接する2つの穴に対する確認結果を表3－33に示す。

これより，貫通部番号 X-620 と下部ドライウェル所員用エアロックは隣接する 2 つの穴の規定を満足している。

c.　補強に有効な面積の制限（告示第５０１号第22条第8項第5号）

(a)　穴の中心線の両側に必要な補強面積　A_{er}

$$A_{er} = \frac{A_r}{2}$$

(b)　穴の中心線の両側に有効な面積　A_{eo}

$$A_{eo} = \frac{A_o}{2}$$

(c) 結論

補強に有効な面積の制限に対する確認結果を表 3－34 に示す。

これより，貫通部番号 X-620 は穴の中心線の両側の補強に対する制限を満足している。

表 3－33　隣接する 2 つの穴に対する確認結果

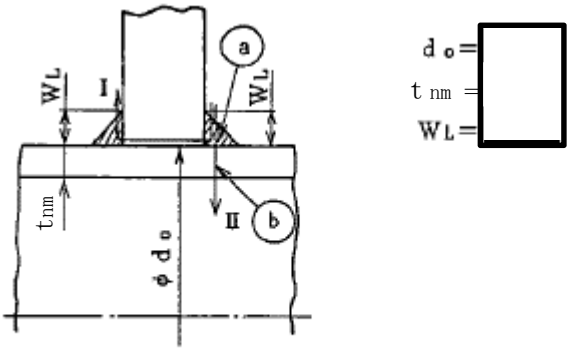
貫通部番号			X-620
隣接する 2 つの穴の中心間の距離	ℓ	(mm)	[redacted]
穴の平均径の 1.5 倍	d_m	(mm)	[redacted]
2 つの穴の間にある補強に必要な面積の 1／2	A_{fr}	(mm^2)	8.95E+03
2 つの穴の間にある補強に有効な面積	A_{fo}	(mm^2)	2.65E+04
評価：$\ell > d_m$，$A_{fo} > A_{fr}$であること。			○

表 3－34　補強に有効な面積の制限に対する確認結果

貫通部番号			X-620
穴の中心線の両側に必要な補強面積	A_{er}	(mm^2)	2.47E+02
穴の中心線の両側に有効な面積	A_{eo}	(mm^2)	1.37E+03
評価：$A_{eo} > A_{er}$であること。			○

d.　強め材取付部の強さ（告示第５０１号第 22 条第 8 項第 8 号及び第 9 号）

スリーブ取付部の形状及び寸法を図 3－15 に示す。



注１：斜線部は，溶接部を示す。
注２：Ⅰ，Ⅱは，破断形式を示す。

図 3－15　スリーブ取付部の形状及び寸法（単位：mm）

(a)　強め材取付部の必要強さ

次の 2 式のうちいずれか小さい方の値

$W_{R1}=(A_1+A_2+A_3)\cdot S$

$W_{R2}=(t_{sr}\cdot d_o/\cos\gamma-A_1)\cdot S$

ここで，Ｓは 0.6・Ｓｕとする。

(b)　結論

強め材取付部の強さの計算結果を表 3－35 に示す。

これより，アクセストンネル鏡板と貫通部番号 X-620 取付部の強め材取付部の強さは十分である。

表 3－35　強め材取付部の強さの計算結果

部材名称			貫通部番号 X-620
溶接部にかかる荷重	W_{R1}	(N)	[redacted]
溶接部にかかる荷重	W_{R2}	(N)	-4.44E+05
溶接部の負うべき荷重	W_R	(N)	-4.44E+05
評価：W_R＜0N であるため，強め材取付部の強度計算は必要ない。			

(3)　貫通部番号 X-621 の穴の補強計算

アクセストンネル鏡板と貫通部番号 X-621 の取付部の形状及び寸法を図 3－16 に示す。

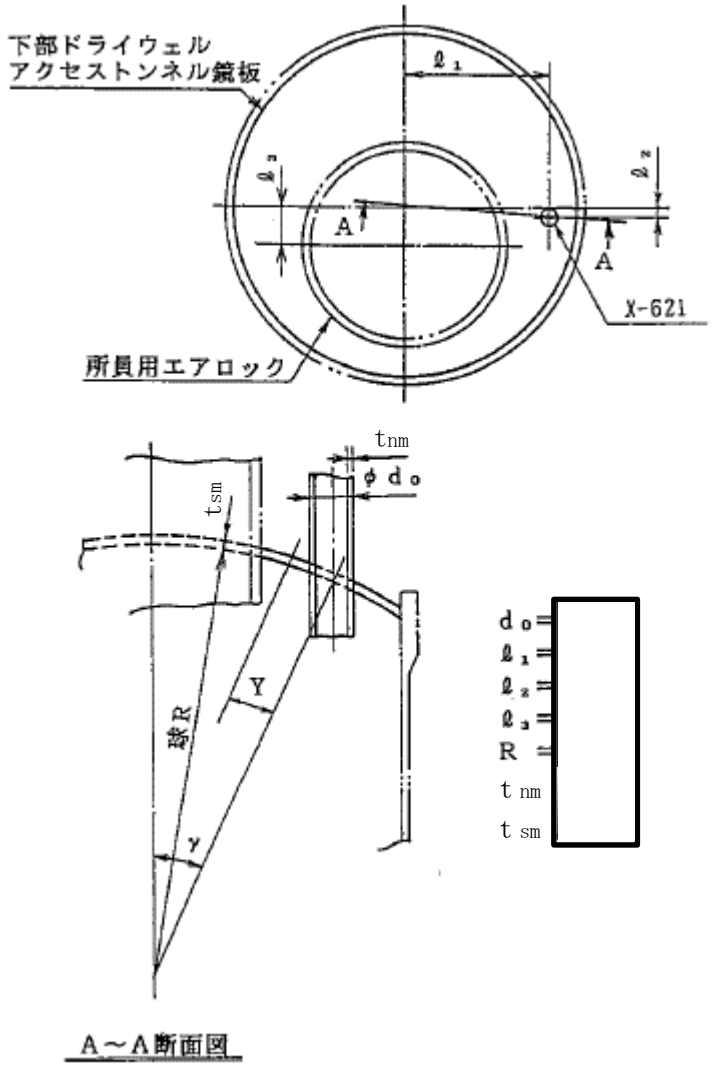


図 3－16　X-621 の取付部の形状及び寸法（単位：mm）

a.　穴の補強計算

(a)　補強に必要な面積（告示第５０１号第 22 条第 8 項第 1 号ハ（ロ））

$$A_r=(d_o-2\cdot t_{nm})\cdot t_{sr}/\cos\gamma$$

ここに,

t_{sr}：アクセストンネル鏡板の計算上必要な厚さ（V-3-3-6-1-1-3「原子炉格納容器胴の基本板厚計算書」参照）

$$\cos\gamma=\cos\left(\sin^{-1}\left(\sqrt{(\ell_1^2+\ell_2^2)}/R\right)\right)$$

(b)　補強に有効な範囲（告示第５０１号第 22 条第 8 項第 1 号イ）

イ．　胴板の面に沿う範囲　Y

Yは，次の計算式により求めた値のうちいずれか大きいもの。

$Y_1=(d_o-2\cdot t_{nm})/\cos\gamma$

$Y_2=\dfrac{d_o-2\cdot t_{nm}}{2\cdot\cos\gamma}+t_{sm}+t_{nm}$

ロ．　胴板の面に垂直な範囲　H

Hは，次の計算式により求めた値のうちいずれか大きいもの。

$H_1=0.5\cdot\sqrt{r_m\cdot t_{nm}}$

$H_2=2.5\cdot t_{nm}$

ここに，r_m：管台の平均半径

$=(d_o-t_{nm})/2$

(c)　補強に有効な面積（告示第５０１号第 22 条第 8 項第 1 号ロ）

イ．　鏡板の補強に有効な面積　A_1

$A_1=(t_{sm}-t_{sr})\cdot\{2\cdot Y-(d_o-2\cdot t_{nm})/\cos\gamma\}$

ロ．　管台（内側）の補強に有効な面積　A_2

$A_2=2\cdot(t_{nm}-t_{nr})\cdot H/\cos\gamma$

ここに，t_{nr}：管台の計算上必要な厚さ（表 3－1 に示すt_Rの値を参照）

ハ．　管台（外側）の補強に有効な面積　A_3

$A_3=2\cdot(t_{nm}-t_{nr})\cdot H/\cos\gamma$

ニ．　補強に有効な総面積　A_0

$A_0=A_1+A_2+A_3$

(d)　結論

穴の補強の計算結果を表 3－36 に示す。

これより，貫通部番号 X-621 の穴の補強は十分である。

表 3－36　穴の補強計算結果

貫通部番号			X-621
鏡板の計算上必要な厚さ	t_{sr}	(mm)	[redacted]
管台の計算上必要な厚さ	t_{nr}	(mm)	0.3
穴の補強に必要な面積	A_r	(mm^2)	1.13E+03
補強の有効範囲	Y_1	(mm)	[redacted]
補強の有効範囲	Y_2	(mm)	
補強の有効範囲	Y	(mm)	
補強の有効範囲	H_1	(mm)	
補強の有効範囲	H_2	(mm)	
補強の有効範囲	H	(mm)	
鏡板の有効補強面積	A_1	(mm^2)	4.46E+03
管台の有効補強面積（内側）	A_2	(mm^2)	4.95E+02
管台の有効補強面積（外側）	A_3	(mm^2)	4.95E+02
補強に有効な総面積	A_0	(mm^2)	5.45E+03
評価：$A_0 > A_r$であること。			○

b.　隣接する2つの穴（告示第５０１号第22条第8項第2号）

(a)　隣接する2つの穴の中心間の距離　ℓ

$$\ell = R \cdot \phi$$

ここに，

$$\phi = 2 \cdot \sin^{-1}\left(\frac{\sqrt{\ell_1{}^2 + (\ell_3 - \ell_2)^2 + \ell_4{}^2}}{2 \cdot R}\right)$$

$$\ell_4 = R \cdot (\cos\alpha - \cos\gamma)$$

$$\cos\alpha = \cos(\sin^{-1}(\ell_3 / R))$$

(b)　穴の平均径の1.5倍　d_m

$$d_m = \frac{(d_o - 2 \cdot t_{nm}) / \cos\gamma + 2 \cdot R \cdot \theta_3}{2} \cdot 1.5$$

ここに，

θ_3：下部ドライウェル所員用エアロックの穴の角度（V-3-3-6-1-1-3「原子炉格納容器胴の基本板厚計算書」参照）

(c)　2つの穴の間にある補強に必要な面積の1／2　A_{fr}

$$A_{fr} = \frac{1}{2} \cdot (A_r + A_r')$$

ここに，

A_r'：下部ドライウェル所員用エアロックの補強に必要な面積

（V-3-3-6-1-1-3「原子炉格納容器胴の基本板厚計算書」参照）

(d)　2つの穴の間にある補強に有効な面積　A_{fo}

$$A_{fo} = \frac{1}{2} \cdot (A_o + A_o')$$

ここに，

A_o'：下部ドライウェル所員用エアロックの補強に有効な面積

（V-3-3-6-1-1-3「原子炉格納容器胴の基本板厚計算書」参照）

(e)　結論

隣接する2つの穴に対する確認結果を表3－37に示す。

これより，貫通部番号 X-621 と下部ドライウェル所員用エアロックは隣接する 2 つの穴の規定を満足している。

c.　補強に有効な面積の制限（告示第５０１号第22条第8項第5号）

(a)　穴の中心線の両側に必要な補強面積　A_{er}

$$A_{er} = \frac{A_r}{2}$$

(b)　穴の中心線の両側に有効な補強面積　A_{eo}

$$A_{eo} = \frac{A_o}{2}$$

(c) 結論

補強に有効な面積の制限に対する確認結果を表 3－38 に示す。

これより，貫通部番号 X-621 は穴の中心線の両側の補強に対する制限を満足している。

表 3－37　隣接する 2 つの穴に対する確認結果

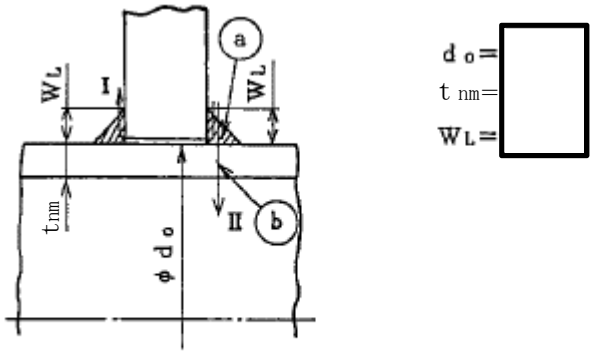
貫通部番号			X-621
隣接する 2 つの穴の中心間の距離	ℓ	(mm)	[redacted]
穴の平均径の 1.5 倍	d_m	(mm)	[redacted]
2 つの穴の間にある補強に必要な面積の 1／2	A_{fr}	(mm^2)	9.27E+03
2 つの穴の間にある補強に有効な面積	A_{fo}	(mm^2)	2.79E+04
評価：$\ell > d_m$，$A_{fo} > A_{fr}$ であること。			○

表 3－38　補強に有効な面積の制限に対する確認結果

貫通部番号			X-621
穴の中心線の両側に必要な補強面積	A_{er}	(mm^2)	5.65E+02
穴の中心線の両側に有効な面積	A_{eo}	(mm^2)	2.72E+03
評価：$A_{eo} > A_{er}$ であること。			○

d.　強め材取付部の強さ（告示第５０１号第 22 条第 8 項第 8 号及び第 9 号）

スリーブ取付部の形状及び寸法を図 3－17 に示す。



注１：斜線部は，溶接部を示す。
注２：Ⅰ，Ⅱは，破断形式を示す。

図 3－17　スリーブ取付部の形状及び寸法（単位：mm）

(a)　強め材取付部の必要強さ

次の 2 式のうちいずれか小さい方の値

$W_{R1}=(A_1+A_2+A_3)\cdot S$

$W_{R2}=(t_{sr}\cdot d_o/\cos\gamma-A_1)\cdot S$

ここで，Ｓは 0.6・Ｓｕとする。

(b)　結論

強め材取付部の強さの計算結果を表 3－39 に示す。

これより，アクセストンネル鏡板と貫通部番号 X-621 取付部の強め材取付部の強さは十分である。

表 3－39　強め材取付部の強さの計算結果

部材名称			貫通部番号 X-621
溶接部にかかる荷重	W_{R1}	(N)	[redacted]
溶接部にかかる荷重	W_{R2}	(N)	-8.07E+05
溶接部の負うべき荷重	W_R	(N)	-8.07E+05
評価：W_R＜0N であるため，強め材取付部の強度計算は必要ない。			

K7 ① V-3-3-6-1-4-1(1) R1

(4)　貫通部番号 X-740 の穴の補強計算

アクセストンネル鏡板と貫通部番号 X-740 の取付部の形状及び寸法を図 3－18 に示す。

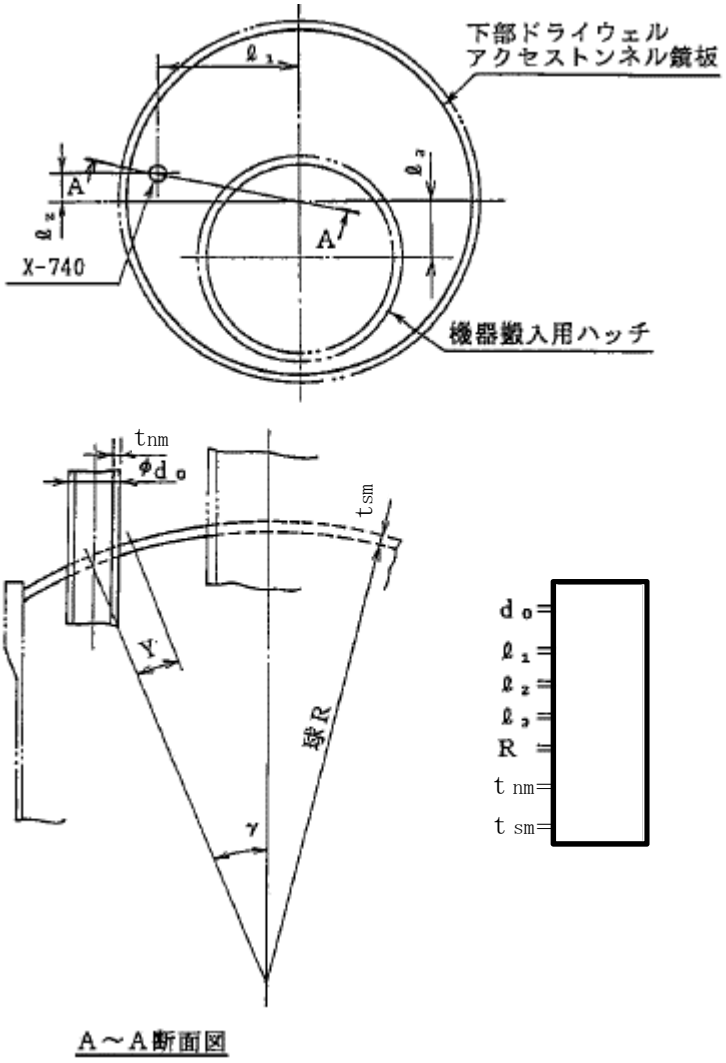


図 3－18　X-740 の取付部の形状及び寸法（単位：mm）

a.　穴の補強計算

(a)　補強に必要な面積（告示第５０１号第 22 条第 8 項第 1 号ハ（ロ））

$A_r = (d_o - 2 \cdot t_{nm}) \cdot t_{sr} / \cos\gamma$

ここに,

t_{sr}：アクセストンネル鏡板の計算上必要な厚さ（V-3-3-6-1-1-3「原子炉格納容器胴の基本板厚計算書」参照)

$\cos\gamma = \cos(\sin^{-1}(\sqrt{(\ell_1^2+\ell_2^2)}/R))$

(b)　補強に有効な範囲（告示第５０１号第 22 条第 8 項第 1 号イ）

イ．　胴板の面に沿う範囲　Y

Yは，次の計算式により求めた値のうちいずれか大きいもの。

$Y_1=(d_o-2\cdot t_{nm})/\cos\gamma$

$Y_2=\dfrac{d_o-2\cdot t_{nm}}{2\cdot\cos\gamma}+t_{sm}+t_{nm}$

ロ．　胴板の面に垂直な範囲　H

Hは，次の計算式により求めた値のうちいずれか大きいもの。

$H_1=0.5\cdot\sqrt{r_m\cdot t_{nm}}$

$H_2=2.5\cdot t_{nm}$

ここに，r_m：管台の平均半径

$=(d_o-t_{nm})/2$

(c)　補強に有効な面積（告示第５０１号第 22 条第 8 項第 1 号ロ）

イ．　鏡板の補強に有効な面積　A_1

$A_1=(t_{sm}-t_{sr})\cdot\{2\cdot Y-(d_o-2\cdot t_{nm})/\cos\gamma\}$

ロ．　管台（内側）の補強に有効な面積　A_2

$A_2=2\cdot(t_{nm}-t_{nr})\cdot H/\cos\gamma$

ここに，t_{nr}：管台の計算上必要な厚さ（表 3－1 に示すt_Rの値を参照）

ハ．　管台（外側）の補強に有効な面積　A_3

$A_3=2\cdot(t_{nm}-t_{nr})\cdot H/\cos\gamma$

ニ．　補強に有効な総面積　A_o

$A_o=A_1+A_2+A_3$

(d)　結論

穴の補強の計算結果を表 3－40 に示す。

これより，貫通部番号 X-740 の穴の補強は十分である。

表 3－40　穴の補強計算結果

貫通部番号			X-740
鏡板の計算上必要な厚さ	t_{sr}	(mm)	
管台の計算上必要な厚さ	t_{nr}	(mm)	0.2
穴の補強に必要な面積	A_r	(mm^2)	7.60E+02
補強の有効範囲	Y_1	(mm)	
補強の有効範囲	Y_2	(mm)	
補強の有効範囲	Y	(mm)	
補強の有効範囲	H_1	(mm)	
補強の有効範囲	H_2	(mm)	
補強の有効範囲	H	(mm)	
鏡板の有効補強面積	A_1	(mm^2)	3.02E+03
管台の有効補強面積（内側）	A_2	(mm^2)	3.04E+02
管台の有効補強面積（外側）	A_3	(mm^2)	3.04E+02
補強に有効な総面積	A_0	(mm^2)	3.62E+03
評価：$A_0 > A_r$であること。			○

b.　隣接する2つの穴（告示第５０１号第22条第8項第2号）

(a)　隣接する2つの穴の中心間の距離　ℓ

$$\ell = R \cdot \phi$$

ここに，

$$\phi = 2 \cdot \sin^{-1}\left(\frac{\sqrt{\ell_1{}^2 + (\ell_3 + \ell_2)^2 + \ell_4{}^2}}{2 \cdot R}\right)$$

$$\ell_4 = R \cdot (\cos\alpha - \cos\gamma)$$

$$\cos\alpha = \cos(\sin^{-1}(\ell_3 / R))$$

(b)　穴の平均径の1.5倍　d_m

$$d_m = \frac{(d_o - 2 \cdot t_{nm}) / \cos\gamma + 2 \cdot R \cdot \theta_3}{2} \cdot 1.5$$

ここに，

θ_3：下部ドライウェル機器搬入用ハッチの穴の角度（V-3-3-6-1-1-3「原子炉格納容器胴の基本板厚計算書」参照）

(c)　2つの穴の間にある補強に必要な面積の1／2　A_{fr}

$$A_{fr} = \frac{1}{2} \cdot (A_r + A_r')$$

ここに，

A_r'：下部ドライウェル機器搬入用ハッチの補強に必要な面積

（V-3-3-6-1-1-3「原子炉格納容器胴の基本板厚計算書」参照）

(d)　2つの穴の間にある補強に有効な面積　A_{fo}

$$A_{fo} = \frac{1}{2} \cdot (A_o + A_o')$$

ここに，

A_o'：下部ドライウェル機器搬入用ハッチの補強に有効な面積

（V-3-3-6-1-1-3「原子炉格納容器胴の基本板厚計算書」参照）

(e)　結論

隣接する2つの穴に対する確認結果を表3－41に示す。

これより，貫通部番号 X-740 と下部ドライウェル機器搬入用ハッチは隣接する 2 つの穴の規定を満足している。

c.　補強に有効な面積の制限（告示第５０１号第22条第8項第5号）

(a)　穴の中心線の両側に必要な補強面積　A_{er}

$$A_{er} = \frac{A_r}{2}$$

(b)　穴の中心線の両側に有効な面積　A_{eo}

$$A_{eo} = \frac{A_o}{2}$$

(c) 結論

補強に有効な面積の制限に対する確認結果を表 3－42 に示す。

これより，貫通部番号 X-740 は穴の中心線の両側の補強に対する制限を満足している。

表 3－41　隣接する 2 つの穴に対する確認結果

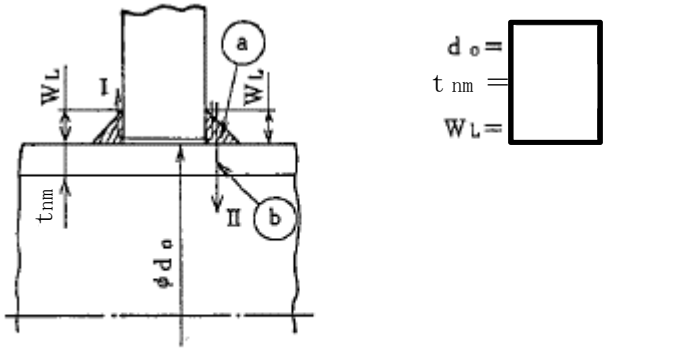
貫通部番号			X-740
隣接する 2 つの穴の中心間の距離	ℓ	(mm)	[redacted]
穴の平均径の 1.5 倍	d_m	(mm)	[redacted]
2 つの穴の間にある補強に必要な面積の 1／2	A_{fr}	(mm^2)	9.13E+03
2 つの穴の間にある補強に有効な面積	A_{fo}	(mm^2)	2.52E+04
評価：$\ell > d_m$，$A_{fo} > A_{fr}$ であること。			○

表 3－42　補強に有効な面積の制限に対する確認結果

貫通部番号			X-740
穴の中心線の両側に必要な補強面積	A_{er}	(mm^2)	3.80E+02
穴の中心線の両側に有効な面積	A_{eo}	(mm^2)	1.81E+03
評価：$A_{eo} > A_{er}$ であること。			○

d.　強め材取付部の強さ（告示第５０１号第 22 条第 8 項第 8 号及び第 9 号）

スリーブ取付部の形状及び寸法を図 3－19 に示す。



注１：斜線部は，溶接部を示す。
注２：Ⅰ，Ⅱは，破断形式を示す。

図 3－19　スリーブ取付部の形状及び寸法（単位：mm）

(a)　強め材取付部の必要強さ

次の 2 式のうちいずれか小さい方の値

$W_{R1}=(A_1+A_2+A_3)\cdot S$

$W_{R2}=(t_{sr}\cdot d_o/\cos\gamma-A_1)\cdot S$

ここで，Ｓは 0.6・Ｓｕとする。

(b)　結論

強め材取付部の強さの計算結果を表 3－43 に示す。

これより，アクセストンネル鏡板と貫通部番号 X-740 取付部の強め材取付部の強さは十分である。

表 3－43　強め材取付部の強さの計算結果

部材名称			貫通部番号 X-740
溶接部にかかる荷重	W_{R1}	(N)	[redacted]
溶接部にかかる荷重	W_{R2}	(N)	-5.43E+05
溶接部の負うべき荷重	W_R	(N)	-5.43E+05
評価：W_R＜0N であるため，強め材取付部の強度計算は必要ない。			

4. 参照図書

(1) 柏崎刈羽原子力発電所第７号機　第２回工事計画認可申請書
Ⅳ-3-4-2-1「原子炉格納容器貫通部の基本板厚の強度計算書」

(2)　原子炉格納容器配管貫通部（X-112 及び X-253）の基本板厚計算書

目　　次

1.　一般事項 ····· 1
1.1　概要 ····· 1
1.2　適用基準 ····· 1
1.3　計算精度と数値の丸め方 ····· 2
2.　設計条件 ····· 3
2.1　設計基準対象施設としての評価圧力及び評価温度 ····· 3
2.2　重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度 ····· 3
2.3　水荷重 ····· 3
2.4　材料及び許容応力 ····· 4
3.　原子炉格納容器配管貫通部の基本板厚計算 ····· 5
3.1　スリーブ ····· 5

1. 一般事項

1.1 概要

本計算書は，原子炉格納容器配管貫通部（X-112 及び X-253）の基本板厚計算書である。

原子炉格納容器配管貫通部は，設計基準対象施設の原子炉格納容器配管貫通部を重大事故等クラス２容器として兼用する機器である。

以下，設計基準対象施設の原子炉格納容器配管貫通部として，Ⅴ-3-1-7「原子炉格納容器の強度計算の基本方針」に基づくとともに，Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びⅤ-3-2-8「重大事故等クラス２容器の強度計算方法」に準じて，原子炉格納容器配管貫通部の構造強度評価を示す。

また重大事故等対処設備として，Ⅴ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」に基づくとともに，Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びⅤ-3-2-8「重大事故等クラス２容器の強度計算方法」に準じて，原子炉格納容器配管貫通部の構造強度評価を示す。

1.2 適用基準

適用基準を以下に示す。

(1) 発電用原子力設備規格（設計・建設規格（2005年版（2007年追補版含む。））　ＪＳＭＥＳ　ＮＣ１-2005/2007）（日本機械学会　2007年9月）（以下，「設計・建設規格」という。）

1.3　計算精度と数値の丸め方

精度は，有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表1－1に示すとおりとする。

表 1－1　表示する数値の丸め方

数値の種類		単位	処理桁	処理方法	表示桁
圧力		MPa	―	―	小数点以下第 2 位*1
圧力		kPa	―	―	整数位
温度		℃	―	―	整数位
許容応力*2		MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位
長さ	下記以外の長さ	mm	小数点以下第 1 位	四捨五入	整数位
	計算上必要な厚さ	mm	小数点以下第 2 位	切上げ	小数点以下第 1 位
	最小厚さ	mm	小数点以下第 2 位	切捨て	小数点以下第 1 位

注記＊1：必要に応じて小数点以下第 3 位を用いる。

＊2：設計・建設規格　付録材料図表に記載された温度の中間における許容引張応力，設計降伏点及び設計引張強さは，比例法により補間した値の小数点以下第 1 位を切り捨て，整数として算出する。

2.　設計条件

2.1　設計基準対象施設としての評価圧力及び評価温度

設計基準対象施設としての評価圧力及び評価温度は，以下のとおりとする。

内圧P_1	310kPa
外圧P_2	14kPa
温度T	171℃（X-112）
	104℃（X-253）

2.2　重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度

重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度は，以下のとおりとする。

内圧P_{SA}	620kPa（ＳＡ後）
温度T_{SA}	200℃（ＳＡ後）

2.3　水荷重

重大事故等対処設備の評価に用いる水荷重として，没水時における下記の水位による水頭圧を考慮する。

ドライウェル	水位　T.M.S.L. 7400mm
サプレッションチェンバ	水位　T.M.S.L. 8950mm

2.4　材料及び許容応力

(1)　材料

使用する材料を表 2－1，表 2－2 に示す。

(2)　許容引張応力

使用材料の許容引張応力は，設計基準対象施設においては，設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表 3 の値とし，重大事故等対処設備においては，V-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」に準じて，設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表 9 に規定されている値の 0.6 倍とする。なお，スリーブの外圧評価における使用材料の許容引張応力は，設計・建設規格　付録材料図表　Part5 表 3 に規定されている値とする。使用材料の許容引張応力を表 2－1，表 2－2 に示す。

表 2－1　使用材料表（設計基準対象施設）

使用部位	使用材料	温度条件 (℃)	許容引張応力 (MPa)	備考
スリーブ	[redacted]	171	[redacted]	[redacted]
	[redacted]	104	[redacted]	

表 2－2　使用材料表（重大事故等対処設備）

使用部位	使用材料	温度条件 (℃)	許容引張応力* (MPa)	備考
スリーブ	[redacted]	200	[redacted]	[redacted]
	[redacted]	200	[redacted]	

注記＊：許容引張応力Ｓは 0.6・Ｓｕとする。ここで，Ｓｕは設計・建設規格　付録材料図表 Part5　表 9 に規定されている値である。

3.　原子炉格納容器配管貫通部の基本板厚計算

「2.　設計条件」に示す条件に基づき，原子炉格納容器配管貫通部各部の板厚計算を行った結果を以下に示す。

3.1　スリーブ

スリーブの形状を図 3－1 に示し，各寸法を表 3－1～表 3－4 に示す。

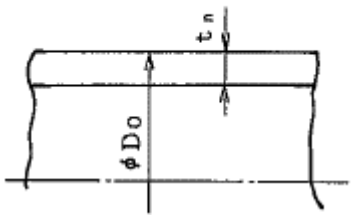


図 3－1　スリーブの形状

(1)　記号の説明

設計・建設規格の記号	計算書の表示	表示内容	単位
t	t	必要な厚さ	mm
	t_R	計算上必要な厚さ	mm
	t_R'	規格上必要な最小厚さ	mm

(2)　内圧に対する必要厚さ（設計・建設規格　PVE-3611）

スリーブの内圧に対する必要厚さの算出式を以下に示し，設計基準対象施設の計算結果を表 3－1，表 3－2 に，重大事故等対処設備の計算結果を表 3－3，表 3－4 に示す。

$$t_R=\frac{P\cdot D_o}{2\cdot S\cdot \eta+0.8\cdot P}$$

(3)　外圧に対する厚さ（設計・建設規格　PVE-3612）

貫通部の外圧に対する評価結果として，スリーブの許容外圧を表 3－5 に示す。

(4)　結論

内圧を受けるスリーブの最小厚さは必要厚さより大きく，また，外圧を受けるスリーブの許容外圧は外面に受ける最高の圧力より大きいので，設計・建設規格の要求を満足している。

表 3－1　スリーブの板厚計算結果（ドライウェル）（設計基準対象施設）

貫通部番号			X-112
材料*1			[redacted]
最高使用圧力	P	(MPa)	0.31
最高使用温度		(℃)	171
胴の外径	D_o	(mm)	[redacted]
許容引張応力	S	(MPa)	[redacted]
継手効率	η		1.00
継手の種類			継手無し
放射線検査の有無			―
計算上必要な厚さ	t_R	(mm)	0.5
必要厚さ*2	t_R'	(mm)	3.8
t_R, t_R'の大きい値	t	(mm)	3.8
呼び厚さ	t_n	(mm)	[redacted]
最小厚さ	t_{nm}	(mm)	[redacted]
評価：$t_{nm} \geqq t$であること。			○

注記＊1：[redacted]は，[redacted]を示す。

＊2：設計・建設規格　PVE-3613 による必要厚さ。

表 3－2　スリーブの板厚計算結果（サプレッションチェンバ）（設計基準対象施設）

貫通部番号			X-253
材料			[redacted]
最高使用圧力	P	(MPa)	0.31
最高使用温度		(℃)	104
胴の外径	D_o	(mm)	[redacted]
許容引張応力	S	(MPa)	[redacted]
継手効率	η		1.00
継手の種類			継手無し
放射線検査の有無			―
計算上必要な厚さ	t_R	(mm)	0.5
必要厚さ	t_R'	(mm)	―
t_R, t_R'の大きい値	t	(mm)	0.5
呼び厚さ	t_n	(mm)	[redacted]
最小厚さ	t_{nm}	(mm)	[redacted]
評価：$t_{nm} \geqq t$であること。			○

表 3－3　スリーブの板厚計算結果（ドライウェル）（重大事故等対処設備）

貫通部番号			X-112
材料*1			[redacted]
最高使用圧力	P	(MPa)	0.62
最高使用温度		(℃)	200
胴の外径	D_o	(mm)	[redacted]
許容引張応力	S*2	(MPa)	[redacted]
継手効率	η		1.00
継手の種類			継手無し
放射線検査の有無			―
計算上必要な厚さ	t_R	(mm)	0.4
必要厚さ*3	t_R'	(mm)	3.8
t_R, t_R'の大きい値	t	(mm)	3.8
呼び厚さ	t_n	(mm)	[redacted]
最小厚さ	t_{nm}	(mm)	[redacted]
評価：$t_{nm} \geqq t$であること。			○

注記＊1：[redacted]は，[redacted]を示す。

＊2：Sは0.6・S_uとする。

＊3：設計・建設規格　PVE-3613による必要厚さ。

表3－4　スリーブの板厚計算結果（サプレッションチェンバ）（重大事故等対処設備）

貫通部番号			X-253
材料			[redacted]
最高使用圧力	P	(MPa)	0.78*1
最高使用温度		(℃)	200
胴の外径	D_o	(mm)	[redacted]
許容引張応力	S*2	(MPa)	[redacted]
継手効率	η		1.00
継手の種類			継手無し
放射線検査の有無			―
計算上必要な厚さ	t_R	(mm)	0.6
必要厚さ	t_R'	(mm)	―
t_R, t_R'の大きい値	t	(mm)	0.6
呼び厚さ	t_n	(mm)	[redacted]
最小厚さ	t_{nm}	(mm)	[redacted]
評価：$t_{nm} \geqq t$であること。			○

注記＊1：最高使用圧力には水荷重として没水時の水位における水頭圧を含む。

＊2：Sは0.6・S_uとする。

表 3－5　スリーブの許容外圧（設計基準対象施設）

貫通部番号			X-112	X-253
呼び径			[redacted]	
材料*				
最高使用圧力	P	(MPa)	0.014	0.014
最高使用温度		(℃)	171	104
外径	D_o	(mm)	[redacted]	
最小厚さ	t	(mm)		
$t／D_o$			0.0480	0.0480
許容引張応力	S	(MPa)	[redacted]	
許容外圧	P_e	(MPa)	3.75	3.86
評価：$P_e \geqq P$であること。			○	○

注記＊：[redacted]は，[redacted]を示す。

Ⅴ-3-3-6-1-4-2　原子炉格納容器配管貫通部の強度計算書

(1)　原子炉格納容器配管貫通部（既設）の強度計算書
(2)　原子炉格納容器配管貫通部（X-112 及び X-253）の強度計算書

(1)　原子炉格納容器配管貫通部（既設）の強度計算書

目　　次

1.　概要 ····· 1
2.　一般事項 ····· 1
2.1　構造計画 ····· 1
2.2　評価方針 ····· 3
2.3　適用基準 ····· 4
2.4　記号の説明 ····· 5
2.5　計算精度と数値の丸め方 ····· 6
3.　評価部位 ····· 7
4.　強度評価 ····· 13
4.1　強度評価方法 ····· 13
4.2　荷重の組合せ及び許容応力 ····· 13
4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 13
4.2.2　許容応力 ····· 13
4.2.3　使用材料の許容応力評価条件 ····· 13
4.2.4　設計荷重 ····· 19
4.3　計算方法 ····· 25
4.4　計算条件 ····· 26
4.5　応力の評価 ····· 26
5.　評価結果 ····· 27
5.1　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 27
6.　参照図書 ····· 76

1. 概要

本計算書は，原子炉格納容器配管貫通部（既設）の強度計算書である。

原子炉格納容器配管貫通部は，設計基準対象施設の原子炉格納容器配管貫通部を重大事故等クラス２容器として兼用する機器である。

以下，重大事故等クラス２容器として，Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びⅤ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」に基づき，原子炉格納容器配管貫通部の強度評価を示す。

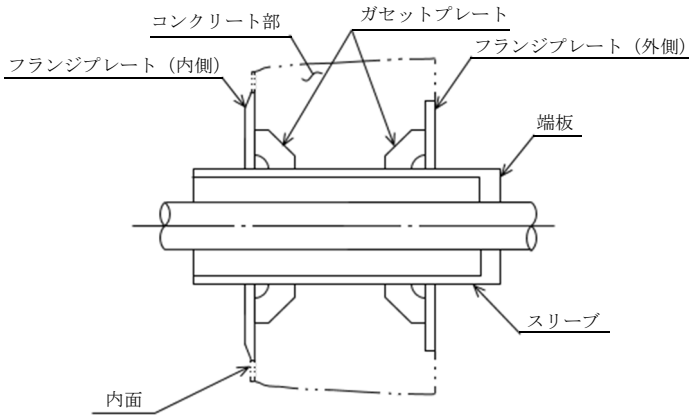
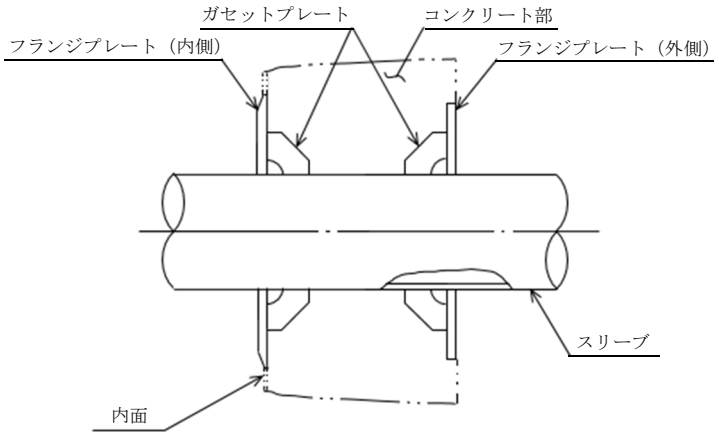
なお，本計算書においては，重大事故等時における荷重に対して，平成 4 年 3 月 27 日付け 3 資庁第 13034 号にて認可された工事計画の添付書類（参照図書(1)）（以下「既工認」という。）に示す手法に従い強度評価を行う。

2. 一般事項

2.1 構造計画

原子炉格納容器配管貫通部の構造計画を表 2－1 に示す。

表 2－1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
原子炉格納容器配管貫通部は原子炉格納容器コンクリート部に支持される。 原子炉格納容器配管貫通部は，原子炉格納容器と一体構造となっており，鉛直方向荷重及び水平方向荷重は，原子炉格納容器シェル部あるいは原子炉格納容器底部を介して原子炉建屋に伝達させる。	スリーブ，端板，フランジプレート及びガセットプレートで構成される鋼製構造物である。	 形式 1  形式 2

2.2　評価方針

原子炉格納容器配管貫通部の応力評価は，Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びⅤ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「3.　評価部位」にて設定する箇所において重大事故等時における温度，圧力による応力等が許容限界内に収まることを，「4.　強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5.　評価結果」に示す。

原子炉格納容器配管貫通部の強度評価フローを図２－１に示す。

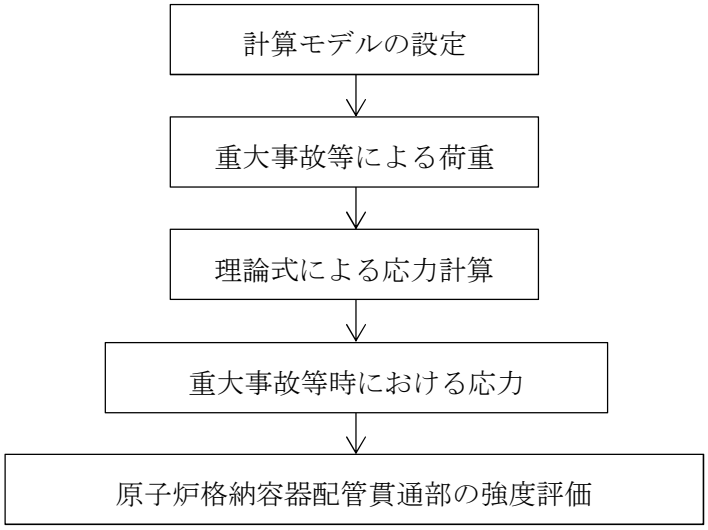


図２－１　原子炉格納容器配管貫通部の強度評価フロー

2.3　適用基準

適用基準を以下に示す。

(1)　発電用原子力設備に関する構造等の技術基準（昭和55年10月30日　通商産業省告示第５０１号）（以下「告示第５０１号」という。）

(2)　コンクリート製原子炉格納容器に関する構造等の技術基準（平成2年10月22日　通商産業省告示第４５２号）（以下「告示第４５２号」という。）

2.4　記号の説明

記号	記号の説明	単位
D	死荷重	—
D_1	直径	mm
f_b	許容曲げ応力度	MPa
f_c	許容圧縮応力度	MPa
f_p	許容支圧応力度	MPa
f_s	許容せん断応力度	MPa
f_t	許容引張応力度	MPa
F_c	コンクリートの設計基準強度	kg/cm^2, N/mm^2
F_V	垂直力	N
F_X	垂直力	N
ℓ_i	長さ（ｉ＝1，2）	mm
L	活荷重	—
M_B	モーメント	N･mm
M_{SA}	機械的荷重（ＳＡ後機械的荷重）	—
M_X	モーメント	N･mm
n	ガセットプレートの枚数	—
P_{SA}	圧力（ＳＡ後圧力）	—，kPa
R_{SA}	配管荷重（ＳＡ後配管荷重）	—
S	許容引張応力	MPa
S_u	設計引張強さ	MPa
S_y	設計降伏点	MPa
S_y（ＲＴ）	40℃における設計降伏点	MPa
t_i	厚さ（ｉ＝1，2，3…）	mm
T_{SA}	温度（ＳＡ後温度）	℃

2.5　計算精度と数値の丸め方

精度は，有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表2－2に示すとおりとする。

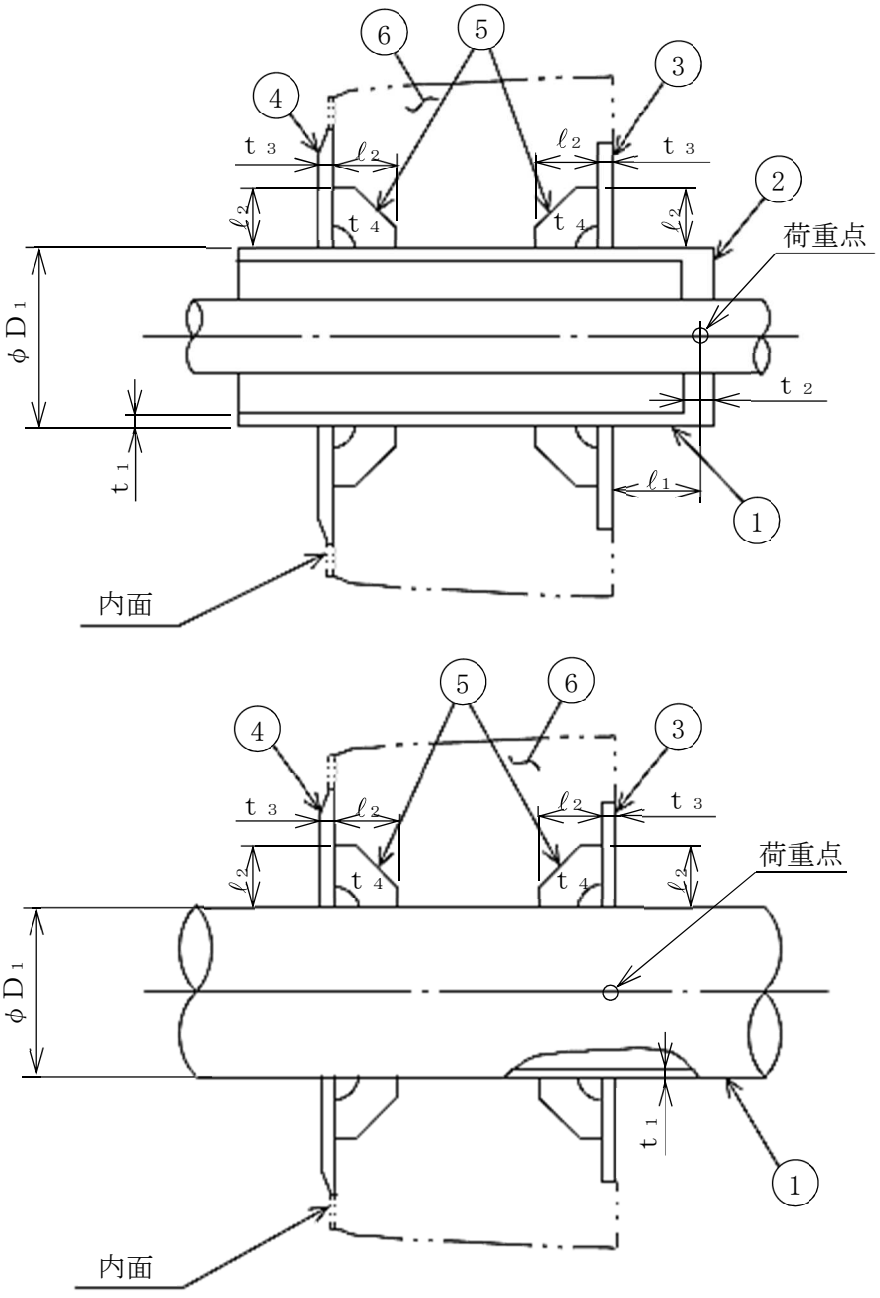
表 2－2　表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
圧力	kPa	―	―	整数位
温度	℃	―	―	整数位
許容応力*	MPa	小数点以下第１位	切捨て	整数位
算出応力	MPa	小数点以下第１位	切上げ	整数位

注記＊：告示第５０１号別表に記載された温度の中間における許容引張応力，設計降伏点及び設計引張強さは，比例法により補間した値の小数点以下第３位を切り捨て，小数点以下第２位までの値として算出する。得られた値を SI 単位に換算し，SI 単位に換算した値の小数点以下第１位を切り捨てて整数化する。

3. 評価部位

原子炉格納容器配管貫通部の形状を図 3－1 に，仕様を表 3－1 に示す。



①スリーブ　②端板　③フランジプレート（外側）　④フランジプレート（内側）
⑤ガセットプレート　⑥コンクリート部

図 3－1　原子炉格納容器配管貫通部の形状

表 3－1　原子炉格納容器配管貫通部の仕様（その 1）

貫通部番号	形式	スリーブ				端板		フランジプレート			ガセットプレート			
		外径 D_1 (mm)	板厚 t_1 (mm)	長さ ℓ_1 (mm)	*1, *2 材質	板厚 t_2 (mm)	材質	板厚 t_3 (mm)	材質*2 外側	材質*2 内側	長さ ℓ_2 (mm)	板厚 t_4 (mm)	枚数*3 n (枚)	材質*2
X-10A,D	1													
X-10B,C	1													
X-11	1													
X-12A,B	1													
X-22	1													
X-30B,C	2													
X-31B	1													
X-31C	1													
X-33A	1													
X-33B	1													
X-33C	1													
X-35B,C	1													

注記＊1：

＊2：

＊3：ガセットプレートの枚数は，原子炉格納容器壁の内側及び外側それぞれの枚数を示す。

表 3－1　原子炉格納容器配管貫通部の仕様（その 2）

貫通部番号	形式	スリーブ				端板		フランジプレート			ガセットプレート			
		外径 D_1 (mm)	板厚 t_1 (mm)	長さ ℓ_1 (mm)	材質*1	板厚 t_2 (mm)	材質	板厚 t_3 (mm)	材質*2 外側	材質*2 内側	長さ ℓ_2 (mm)	板厚 t_4 (mm)	枚数*3 n (枚)	材質*2
X-37	1													
X-38	1													
X-50	1													
X-60	1													
X-61	2													
X-62	2													
X-63	2													
X-64	2													
X-65	1													
X-66	1													
X-69	2													
X-70	1													

注記＊1：

＊2：

＊3：ガセットプレートの枚数は，原子炉格納容器壁の内側及び外側それぞれの枚数を示す。

表 3－1　原子炉格納容器配管貫通部の仕様（その 3）

貫通部番号	形式	スリーブ				端板		フランジプレート			ガセットプレート			
		外径 D_1 (mm)	板厚 t_1 (mm)	長さ ℓ_1 (mm)	材質*1	板厚 t_2 (mm)	材質	板厚 t_3 (mm)	材質*2 外側	材質*2 内側	長さ ℓ_2 (mm)	板厚 t_4 (mm)	枚数*3 n (枚)	材質*2
X-71A	1													
X-71B	1													
X-72	1													
X-80	2													
X-81	2													
X-82	2													
X-170	1													
X-200B,C	2													
X-201	2													
X-202	2													
X-203	2													
X-204	2													

注記＊1：

＊2：

＊3：ガセットプレートの枚数は，原子炉格納容器壁の内側及び外側それぞれの枚数を示す。

表 3－1　原子炉格納容器配管貫通部の仕様（その 4）

貫通部番号	形式	スリーブ				端板		フランジプレート			ガセットプレート			
		外径 D_1 (mm)	板厚 t_1 (mm)	長さ ℓ_1 (mm)	材質*1	板厚 t_2 (mm)	材質	板厚 t_3 (mm)	材質*2 外側	材質*2 内側	長さ ℓ_2 (mm)	板厚 t_4 (mm)	枚数*3 n (枚)	材質*2
X-205	2													
X-206	2													
X-210B,C	2													
X-213	1													
X-214	2													
X-215	1													
X-220	1													
X-221	2													
X-222	2													
X-240	2													
X-241	2													
X-242	2													

注記＊1：

＊2：

＊3：ガセットプレートの枚数は，原子炉格納容器壁の内側及び外側それぞれの枚数を示す。

表 3－1　原子炉格納容器配管貫通部の仕様（その 5）

使用部位	使用材料	備考
コンクリート部	コンクリート（F_c＝330kg/cm^2）	F_c＝32.4N/mm^2

4. 強度評価

4.1 強度評価方法

(1) 原子炉格納容器配管貫通部は，原子炉格納容器コンクリート部に埋め込まれた構造であり，原子炉格納容器を貫通する配管を支持するための構造物である。

原子炉格納容器配管貫通部の強度評価として，Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」において設定された荷重を用いて，参照図書(1)に示す既工認の手法に従い強度評価を行う。また，重大事故等対処設備としての評価においては，没水時における原子炉格納容器配管貫通部内部の水頭圧を考慮する。

(2) 強度評価に用いる寸法は，公称値を用いる。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉格納容器配管貫通部の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－1 に示す。

詳細な荷重の組合せは，Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」に従い，対象機器の設置位置等を考慮し決定する。なお，考慮する荷重の組合せは，組み合わせる荷重の大きさを踏まえ，評価上厳しくなる組合せを選定する。

4.2.2 許容応力

原子炉格納容器配管貫通部の許容応力及び許容応力度は，Ⅴ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」に基づき表 4－2～表 4－4 に示すとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

原子炉格納容器配管貫通部の使用材料の許容応力評価条件のうち，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－5 に示す。

表 4－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	機器等の区分	荷重の組合せ*1, *2		許容応力状態*1 ＜荷重状態＞
原子炉格納施設	原子炉格納容器	原子炉格納容器配管貫通部	重大事故等クラス２容器	Ｄ＋Ｐ$_{SA}$＋Ｍ$_{SA}$ ＜Ｄ＋Ｌ＋Ｐ$_{SA}$＋Ｒ$_{SA}$＞	(Ⅴ(S)-1) (Ⅴ(S)-2) (Ⅴ(S)-3)	重大事故等時*3 ＜重大事故等時＞

注記＊1：告示第４５２号による場合は，＜　＞内の荷重状態及び荷重の組合せを適用する。

＊2：（　）内はⅤ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」における表5－4の荷重の組合せのNo.を示す。

＊3：重大事故等時としてⅣ$_A$（＜Ⅳ＞）の許容限界を用いる。

表4－2　許容応力（第２種容器）

応力分類 許容 応力状態	一次一般膜応力	一次膜応力＋一次曲げ応力
重大事故 等時*	構造上の連続な部分は0.6・Ｓｕ，不連続な部分はＳｙと0.6・Ｓｕの小さい方。ただし，オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については，構造上の連続な部分は2・Ｓと0.6・Ｓｕの小さい方，不連続な部分は1.2・Ｓとする。	左欄の 1.5倍の値

注記＊：重大事故等時としてⅣAの許容限界を用いる。

表4－3　ライナプレート，ライナアンカ等の許容応力度

荷重状態＼応力分類	ライナプレート，ライナアンカ等*1										ボルト等	
	一次応力					一次＋二次応力					一次応力	
	引張り	せん断	圧縮	曲げ	支圧	引張り／圧縮	せん断	曲げ	支圧	座屈	引張り	せん断
重大事故等時*2	1.5・ｆｔ*	1.5・ｆｓ*	1.5・ｆｃ*	1.5・ｆｂ*	1.5・ｆｐ*	—	—	—	—	—	1.5・ｆｔ*	1.5・ｆｓ*

注：本表の対象部としては，貫通部のフランジプレート，ガセットプレート等が該当する。

注記＊1：鋼構造設計規準（日本建築学会 1973 改定）等の幅厚比の制限を満足させる。

＊2：重大事故等時としてⅣの許容限界を用いる。

表4－4　コンクリート部の許容応力度

荷重状態＼応力分類	コンクリート部（単位：kg/cm^2）	
	圧縮応力度	せん断応力度
重大事故等時*	0.85・Ｆｃ	次の二つの計算式のうち いずれかｆｓの値の小さい方の 1.5倍の値 $f_s = \left(\frac{F_c}{30}\right)$ $f_s = \left(5 + \frac{F_c}{100}\right)$

注記＊：重大事故等時としてⅣの許容限界を用いる。

表 4－5　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）（その 1）

評価部材	材料*1, *2	温度条件 (℃)		S (MPa)	Ｓｙ (MPa)	Ｓｕ (MPa)	Ｓｙ（ＲＴ） (MPa)
スリーブ		周囲環境温度	200				
スリーブ		周囲環境温度	200				
スリーブ		周囲環境温度	200				
端板		周囲環境温度	200				
端板		周囲環境温度	302				
端板		周囲環境温度	306				
端板		周囲環境温度	200				
端板		周囲環境温度	306				
端板		周囲環境温度	200				
端板		周囲環境温度	302				

注記＊1：

＊2：

表 4－5　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）（その 2）

評価部材	材料*	温度条件 (℃)		S (MPa)	Ｓｙ (MPa)	Ｓｕ (MPa)	Ｓｙ（ＲＴ） (MPa)
フランジプレート及び ガセットプレート		周囲環境温度	200				
フランジプレート		周囲環境温度	200				

注記＊：

4.2.4　設計荷重

(1)　重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度

重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度は，以下のとおりとする。

内圧P_{SA}	620kPa（ＳＡ後）
温度T_{SA}	200℃（ＳＡ後）

(2)　水荷重（没水する貫通部のみ考慮）

重大事故等対処設備の評価に用いる水荷重として，下記の水位による水頭圧を考慮する。

サプレッションチェンバ　水位　T.M.S.L.　　8950mm

(3)　配管荷重

図 3－1 の原子炉格納容器配管貫通部に作用する配管荷重による設計荷重を表 4－6 に示す。原子炉格納容器配管貫通部の荷重作用方向を図 4－1 に示す。

表 4－6　原子炉格納容器配管貫通部の設計荷重（重大事故等対処設備）（その 1）

貫通部番号	最高使用圧力 (kPa)		許容応力状態	一次荷重				一次＋二次荷重			
				垂直力 (N)		モーメント (N･mm)		垂直力 (N)		モーメント (N･mm)	
	内圧	外圧		F_X	F_V	M_X	M_B	F_X	F_V	M_X	M_B
X-10A,D	620	—	重大事故等時	3.94E+05	8.41E+04	5.38E+07	1.67E+08	1.51E+06	8.50E+05	1.75E+09	1.88E+09
X-10B,C	620	—	重大事故等時	3.96E+05	8.73E+04	6.33E+07	1.67E+08	1.30E+06	5.61E+05	1.98E+09	1.59E+09
X-11	620	—	重大事故等時	3.93E+04	1.97E+04	9.81E+06	9.81E+06	9.38E+04	4.13E+04	9.81E+06	2.04E+07
X-12A,B	620	—	重大事故等時	1.47E+05	1.47E+05	1.47E+08	1.47E+08	1.20E+06	5.12E+05	7.13E+08	1.13E+09
X-22	620	—	重大事故等時	8.83E+03	3.93E+03	1.97E+06	1.97E+06	8.83E+03	3.93E+03	3.93E+06	3.93E+06
X-30B,C	3430	—	重大事故等時	1.47E+04	1.47E+04	2.95E+07	2.95E+07	2.51E+05	2.31E+05	6.67E+07	2.16E+08
X-31B	620	—	重大事故等時	1.47E+05	1.47E+05	1.47E+08	1.47E+08	4.38E+05	2.33E+05	1.47E+08	3.60E+08
X-31C	620	—	重大事故等時	1.47E+05	1.47E+05	1.47E+08	1.47E+08	5.13E+05	3.68E+05	1.47E+08	6.69E+08
X-33A	620	—	重大事故等時	1.47E+05	1.97E+05	1.47E+08	1.47E+08	5.97E+05	2.04E+05	1.47E+08	2.97E+08
X-33B	620	—	重大事故等時	1.47E+05	1.97E+05	1.47E+08	1.47E+08	5.49E+05	2.39E+05	1.47E+08	5.76E+08
X-33C	620	—	重大事故等時	1.47E+05	1.97E+05	1.47E+08	1.47E+08	3.25E+05	2.21E+05	1.47E+08	4.52E+08
X-35B,C	620	—	重大事故等時	1.47E+05	1.28E+05	1.47E+08	1.47E+08	3.34E+05	1.28E+05	1.47E+08	1.77E+08
X-37	620	—	重大事故等時	6.87E+04	9.81E+04	4.91E+07	4.91E+07	9.81E+04	1.08E+05	4.91E+07	1.09E+08
X-38	620	—	重大事故等時	6.87E+04	9.81E+04	4.91E+07	4.91E+07	9.81E+04	9.81E+04	4.91E+07	7.85E+07
X-50	620	—	重大事故等時	1.47E+05	1.28E+05	1.47E+08	1.47E+08	1.97E+05	1.28E+05	1.47E+08	1.77E+08

表 4－6　原子炉格納容器配管貫通部の設計荷重（重大事故等対処設備）（その 2）

貫通部番号	最高使用圧力 (kPa)		許容応力状態	一次荷重				一次＋二次荷重			
				垂直力 (N)		モーメント (N･mm)		垂直力 (N)		モーメント (N･mm)	
	内圧	外圧		F_X	F_V	M_X	M_B	F_X	F_V	M_X	M_B
X-60	620	—	重大事故等時	8.83E+03	5.89E+03	2.95E+06	2.95E+06	1.92E+04	5.89E+03	5.89E+06	5.89E+06
X-61	1370	—	重大事故等時	1.97E+04	1.97E+04	2.46E+07	2.46E+07	6.54E+04	4.29E+04	3.93E+07	3.93E+07
X-62	1370	—	重大事故等時	1.97E+04	1.97E+04	2.46E+07	2.46E+07	2.95E+04	3.71E+04	3.93E+07	4.41E+07
X-63	1370	—	重大事故等時	1.97E+04	1.97E+04	2.46E+07	2.46E+07	8.81E+04	5.72E+04	3.93E+07	8.69E+07
X-64	1370	—	重大事故等時	1.97E+04	1.97E+04	2.46E+07	2.46E+07	5.48E+04	6.65E+04	3.93E+07	1.26E+08
X-65	620	—	重大事故等時	1.97E+04	1.97E+04	2.46E+07	2.46E+07	1.97E+04	3.50E+04	2.46E+07	3.06E+07
X-66	620	—	重大事故等時	1.97E+04	1.97E+04	2.46E+07	2.46E+07	2.64E+04	6.11E+04	2.46E+07	5.51E+07
X-69	860	—	重大事故等時	4.91E+03	1.97E+03	2.95E+06	2.95E+06	4.91E+03	2.95E+03	3.93E+06	3.93E+06
X-70	620	—	重大事故等時	4.91E+03	4.91E+03	2.95E+06	2.95E+06	1.18E+04	1.18E+04	5.89E+06	5.89E+06
X-71A	620	—	重大事故等時	4.91E+03	4.91E+03	2.95E+06	2.95E+06	1.18E+04	1.18E+04	5.89E+06	5.89E+06
X-71B	620	—	重大事故等時	4.91E+03	4.91E+03	2.95E+06	2.95E+06	1.18E+04	1.18E+04	5.89E+06	5.89E+06
X-72	620	—	重大事故等時	4.91E+03	4.91E+03	2.95E+06	2.95E+06	1.18E+04	1.18E+04	5.89E+06	5.89E+06
X-80	620	—	重大事故等時	1.97E+05	1.97E+05	1.97E+08	1.97E+08	2.46E+05	2.46E+05	2.46E+08	3.29E+08
X-81	620	—	重大事故等時	1.97E+05	1.97E+05	1.97E+08	1.97E+08	2.46E+05	2.68E+05	3.94E+08	3.48E+08
X-82	620	—	重大事故等時	4.91E+03	4.91E+03	9.81E+06	9.81E+06	9.81E+03	9.81E+03	1.47E+07	1.47E+07

表 4－6　原子炉格納容器配管貫通部の設計荷重（重大事故等対処設備）（その 3）

貫通部番号	最高使用圧力 (kPa)		許容応力状態	一次荷重				一次＋二次荷重			
				垂直力 (N)		モーメント (N･mm)		垂直力 (N)		モーメント (N･mm)	
	内圧	外圧		F_X	F_V	M_X	M_B	F_X	F_V	M_X	M_B
X-170	620	—	重大事故等時	9.81E+02	9.81E+02	2.95E+05	2.95E+05	1.97E+03	1.97E+03	3.93E+05	3.93E+05
X-200B,C	3430	—	重大事故等時	5.89E+03	5.89E+03	4.91E+06	5.89E+06	1.49E+04	3.58E+04	1.18E+07	3.94E+07
X-201*	782	—	重大事故等時	1.47E+05	1.47E+05	1.47E+08	1.47E+08	2.91E+05	5.74E+05	2.47E+08	1.20E+09
X-202*	782	—	重大事故等時	1.47E+05	1.47E+05	1.47E+08	1.47E+08	6.45E+05	3.25E+05	2.46E+08	5.24E+08
X-203*	782	—	重大事故等時	1.47E+05	1.47E+05	1.47E+08	1.47E+08	6.47E+05	3.22E+05	2.46E+08	5.22E+08
X-204*	782	—	重大事故等時	3.93E+04	3.93E+04	3.93E+07	3.93E+07	2.51E+05	2.02E+05	5.89E+07	2.33E+08
X-205*	782	—	重大事故等時	3.93E+04	3.93E+04	3.93E+07	3.93E+07	1.03E+05	1.64E+05	5.97E+07	1.84E+08
X-206*	782	—	重大事故等時	3.93E+04	3.93E+04	3.93E+07	3.93E+07	9.17E+04	2.36E+05	7.18E+07	1.99E+08
X-210B,C*	782	—	重大事故等時	9.81E+04	9.81E+04	9.81E+07	9.81E+07	4.23E+05	3.07E+05	1.97E+08	8.01E+08
X-213*	782	—	重大事故等時	9.81E+04	9.81E+04	1.47E+08	1.47E+08	7.76E+05	3.23E+05	1.47E+08	5.76E+08
X-214*	782	—	重大事故等時	1.97E+04	1.97E+04	1.97E+07	1.97E+07	1.21E+05	6.77E+04	2.95E+07	7.40E+07
X-215*	782	—	重大事故等時	8.83E+03	5.89E+03	3.93E+06	3.93E+06	1.11E+04	9.72E+03	5.89E+06	5.89E+06
X-220	620	—	重大事故等時	8.83E+03	5.89E+03	3.93E+06	3.93E+06	1.61E+05	6.28E+04	5.89E+06	1.62E+07
X-221*	782	—	重大事故等時	1.97E+04	1.97E+04	1.97E+07	1.97E+07	2.95E+04	6.05E+04	2.95E+07	5.99E+07
X-222*	782	—	重大事故等時	3.93E+04	3.93E+04	3.93E+07	3.93E+07	3.79E+05	7.97E+04	5.89E+07	1.65E+08

注記＊：没水する影響として，水頭圧を考慮している。

表 4－6　原子炉格納容器配管貫通部の設計荷重（重大事故等対処設備）（その 4）

貫通部番号	最高使用圧力 (kPa)		許容応力状態	一次荷重				一次＋二次荷重			
				垂直力 (N)		モーメント (N･mm)		垂直力 (N)		モーメント (N･mm)	
	内圧	外圧		F_X	F_V	M_X	M_B	F_X	F_V	M_X	M_B
X-240	620	—	重大事故等時	1.97E+05	1.97E+05	1.97E+08	1.97E+08	2.46E+05	2.46E+05	2.46E+08	2.73E+08
X-241	620	—	重大事故等時	1.97E+05	1.97E+05	1.97E+08	1.97E+08	2.46E+05	2.46E+05	2.68E+08	2.88E+08
X-242*	782	—	重大事故等時	9.81E+03	9.81E+03	9.81E+06	9.81E+06	1.47E+04	1.47E+04	1.47E+07	1.98E+07

注記＊：没水する影響として，水頭圧を考慮している。

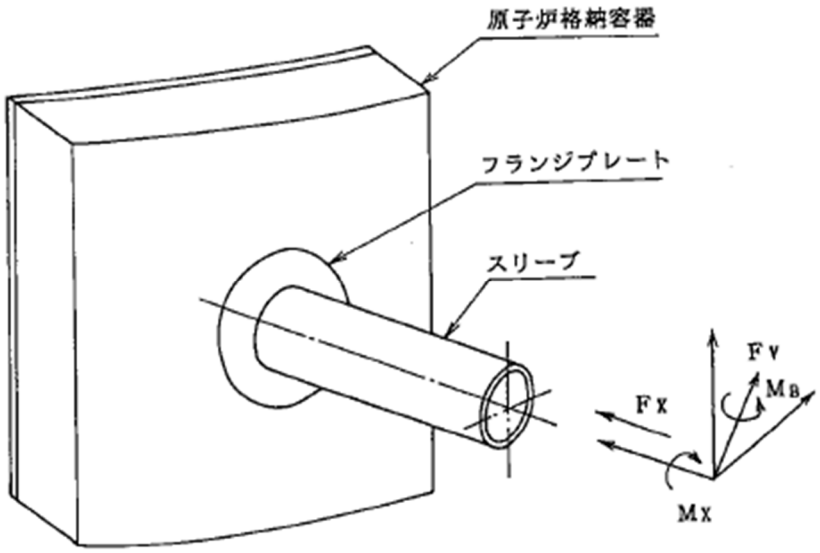


図 4－1　原子炉格納容器配管貫通部の荷重作用方向

4.3　計算方法

原子炉格納容器配管貫通部の応力評価点は，原子炉格納容器配管貫通部を構成する部材の形状及び荷重伝達経路を考慮し，発生応力が大きくなる部位を選定する。選定した応力評価点を表 4－7 及び図 4－2 に示す。

応力計算方法は既工認から変更はなく，参照図書(1)に示すとおりである。

評価の概要を以下に示す。

応力評価点 P1～P2 は，圧力については薄肉円筒の応力算出式，設計荷重については荷重と各評価断面の断面性能より評価する。

応力評価点 P3 は，圧力については外周固定及び内周固定の円板，設計荷重については外周固定及び内周可動片の円板にモデル化し評価する。

応力評価点 P4～P5 は，フランジプレートを等分布荷重を受ける 3 辺固定 1 辺自由の矩形板にモデル化し評価する。

応力評価点 P6 は，せん断応力については等分布荷重を受ける板としてモデル化し評価する。曲げ応力については等分布荷重を受ける片持ち梁としてモデル化し評価する。

応力評価点 P7 は，荷重に応じた分布を仮定して，力の釣り合い式を解いて評価する。

ガセットプレートとコンクリートの接触面に生じる最大圧縮応力度は，面積がガセットプレートと等価となる分布を仮定して評価する。

表 4－7　応力評価点

応力評価点番号	応力評価点
Ｐ１	スリーブ
Ｐ２	スリーブのフランジプレートとの結合部
Ｐ３	端板
Ｐ４	フランジプレート（外側）
Ｐ５	フランジプレート（内側）
Ｐ６	ガセットプレート
Ｐ７	コンクリート部

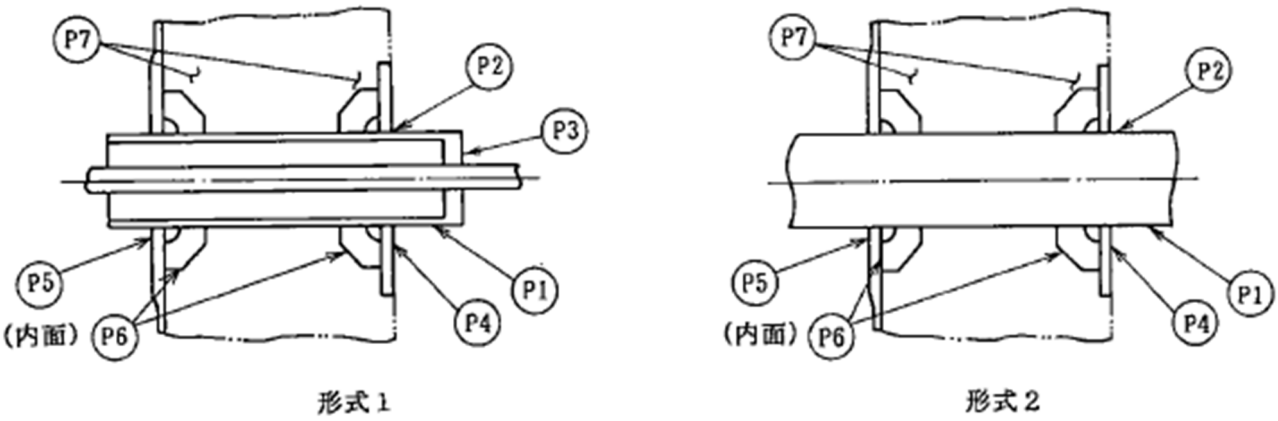


図 4－2　原子炉格納容器配管貫通部の応力評価点

K7 ① V-3-3-6-1-4-2(1) R1

4.4　計算条件

応力計算に用いる荷重を「4.2　荷重の組合せ及び許容応力」に示す。

応力評価においては，表 4－1 に記載の組合せを包絡する条件を設定して評価を行う。

4.5　応力の評価

「4.3　計算方法」で求めた応力が許容応力以下であること。

5.　評価結果

5.1　重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉格納容器配管貫通部の重大事故等時の状態を考慮した場合の強度評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足している。

(1)　強度評価結果

強度評価の結果を表5－1に示す。

表5－1　重大事故等時に対する評価結果（D＋P_{SA}＋M_{SA}）（その1）

評価対象設備	評価部位		材料	温度条件（℃）	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力 MPa	許容応力 MPa		
原子炉格納容器配管貫通部(X-10A,D)	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	16		○	
					一次膜応力＋一次曲げ応力	16		○	
	P2	スリーブのフランジプレートとの結合部		200	一次膜応力＋一次曲げ応力	16		○	
	P3	端板		302	一次膜応力＋一次曲げ応力	27		○	
	P4	フランジプレート（外側）		200	曲げ応力度	29		○	
					せん断応力度	4		○	
	P5	フランジプレート（内側）		200	曲げ応力度	44		○	
					せん断応力度	7		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	9		○	
					せん断応力度	20		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度（フランジプレート（外側）近傍）	15.4	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（フランジプレート（内側）近傍）	17.0	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（ガセットプレート近傍）	20.3	27.5	○	単位：N/mm^2

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部は告示第４５２号による評価を示す。

表5－1　重大事故等時に対する評価結果（D＋P_{SA}＋M_{SA}）（その2）

評価対象設備	評価部位		材料	温度条件（℃）	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力 MPa	許容応力 MPa		
原子炉格納容器配管貫通部(X-10B,C)	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	16		○	
					一次膜応力＋一次曲げ応力	16		○	
	P2	スリーブのフランジプレートとの結合部		200	一次膜応力＋一次曲げ応力	16		○	
	P3	端板		302	一次膜応力＋一次曲げ応力	27		○	
	P4	フランジプレート（外側）		200	曲げ応力度	30		○	
					せん断応力度	4		○	
	P5	フランジプレート（内側）		200	曲げ応力度	45		○	
					せん断応力度	7		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	10		○	
					せん断応力度	20		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度（フランジプレート（外側）近傍）	12.3	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（フランジプレート（内側）近傍）	13.9	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（ガセットプレート近傍）	19.6	27.5	○	単位：N/mm^2

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部は告示第４５２号による評価を示す。

表5－1　重大事故等時に対する評価結果（D＋P_{SA}＋M_{SA}）（その3）

評価対象設備	評価部位		材料	温度条件（℃）	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力 MPa	許容応力 MPa		
原子炉格納容器配管貫通部（X-11）	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	12		○	
					一次膜応力＋一次曲げ応力	12		○	
	P2	スリーブのフランジプレートとの結合部		200	一次膜応力＋一次曲げ応力	12		○	
	P3	端板		302	一次膜応力＋一次曲げ応力	92		○	
	P4	フランジプレート（外側）		200	曲げ応力度	44		○	
					せん断応力度	6		○	
	P5	フランジプレート（内側）		200	曲げ応力度	64		○	
					せん断応力度	9		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	18		○	
					せん断応力度	24		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度（フランジプレート（外側）近傍）	3.8	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（フランジプレート（内側）近傍）	5.2	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（ガセットプレート近傍）	2.6	27.5	○	単位：N/mm^2

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部は告示第４５２号による評価を示す。

表5－1　重大事故等時に対する評価結果（D＋P_{SA}＋M_{SA}）（その4）

評価対象設備	評価部位		材料	温度条件（℃）	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力 MPa	許容応力 MPa		
原子炉格納容器配管貫通部(X-12A,B)	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	22		○	
					一次膜応力＋一次曲げ応力	22		○	
	P2	スリーブのフランジプレートとの結合部		200	一次膜応力＋一次曲げ応力	22		○	
	P3	端板		306	一次膜応力＋一次曲げ応力	25		○	
	P4	フランジプレート（外側）		200	曲げ応力度	26		○	
					せん断応力度	4		○	
	P5	フランジプレート（内側）		200	曲げ応力度	33		○	
					せん断応力度	6		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	19		○	
					せん断応力度	16		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度（フランジプレート（外側）近傍）	11.3	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（フランジプレート（内側）近傍）	12.5	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（ガセットプレート近傍）	7.9	27.5	○	単位：N/mm^2

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部は告示第４５２号による評価を示す。

表5－1　重大事故等時に対する評価結果（D＋P_{SA}＋M_{SA}）（その5）

評価対象設備	評価部位		材料	温度条件（℃）	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力 MPa	許容応力 MPa		
原子炉格納容器配管貫通部（X-22）	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	7		○	
					一次膜応力＋一次曲げ応力	7		○	
	P2	スリーブのフランジプレートとの結合部		200	一次膜応力＋一次曲げ応力	6		○	
	P3	端板		306	一次膜応力＋一次曲げ応力	99		○	
	P4	フランジプレート（外側）		200	曲げ応力度	15		○	
					せん断応力度	2		○	
	P5	フランジプレート（内側）		200	曲げ応力度	47		○	
					せん断応力度	6		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	8		○	
					せん断応力度	14		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度（フランジプレート（外側）近傍）	0.5	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（フランジプレート（内側）近傍）	1.8	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（ガセットプレート近傍）	0.8	27.5	○	単位：N/mm^2

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部は告示第４５２号による評価を示す。

表5－1　重大事故等時に対する評価結果（D＋P_{SA}＋M_{SA}）（その6）

評価対象設備	評価部位		材料	温度条件（℃）	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力 MPa	許容応力 MPa		
原子炉格納容器配管貫通部(X-30B,C)	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	110		○	
					一次膜応力＋一次曲げ応力	110		○	
	P2	スリーブのフランジプレートとの結合部		200	一次膜応力＋一次曲げ応力	119		○	
	P4	フランジプレート（外側）		200	曲げ応力度	23		○	
					せん断応力度	5		○	
	P5	フランジプレート（内側）		200	曲げ応力度	25		○	
					せん断応力度	6		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	110		○	
					せん断応力度	29		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度（フランジプレート（外側）近傍）	23.3	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（フランジプレート（内側）近傍）	24.2	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（ガセットプレート近傍）	15.6	27.5	○	単位：N/mm^2

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部は告示第４５２号による評価を示す。

表5－1　重大事故等時に対する評価結果（D＋P_{SA}＋M_{SA}）（その7）

評価対象設備	評価部位		材料	温度条件（℃）	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力 MPa	許容応力 MPa		
原子炉格納容器配管貫通部(X-31B)	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	39		○	
					一次膜応力＋一次曲げ応力	39		○	
	P2	スリーブのフランジプレートとの結合部		200	一次膜応力＋一次曲げ応力	41		○	
	P3	端板		306	一次膜応力＋一次曲げ応力	95		○	
	P4	フランジプレート（外側）		200	曲げ応力度	73		○	
					せん断応力度	10		○	
	P5	フランジプレート（内側）		200	曲げ応力度	81		○	
					せん断応力度	12		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	56		○	
					せん断応力度	36		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度（フランジプレート（外側）近傍）	10.4	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（フランジプレート（内側）近傍）	11.6	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（ガセットプレート近傍）	5.8	27.5	○	単位：N/mm^2

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部は告示第４５２号による評価を示す。

表5－1　重大事故等時に対する評価結果（D＋P_{SA}＋M_{SA}）（その8）

評価対象設備	評価部位		材料	温度条件（℃）	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力 MPa	許容応力 MPa		
原子炉格納容器配管貫通部（X-31C）	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	39		○	
					一次膜応力＋一次曲げ応力	39		○	
	P2	スリーブのフランジプレートとの結合部		200	一次膜応力＋一次曲げ応力	41		○	
	P3	端板		306	一次膜応力＋一次曲げ応力	95		○	
	P4	フランジプレート（外側）		200	曲げ応力度	72		○	
					せん断応力度	10		○	
	P5	フランジプレート（内側）		200	曲げ応力度	80		○	
					せん断応力度	12		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	56		○	
					せん断応力度	36		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度（フランジプレート（外側）近傍）	17.3	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（フランジプレート（内側）近傍）	18.5	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（ガセットプレート近傍）	7.4	27.5	○	単位：N/mm^2

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部は告示第４５２号による評価を示す。

表5－1　重大事故等時に対する評価結果（D＋P_{SA}＋M_{SA}）（その9）

評価対象設備	評価部位		材料	温度条件（℃）	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力 MPa	許容応力 MPa		
原子炉格納容器配管貫通部（X-33A）	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	32		○	
					一次膜応力＋一次曲げ応力	32		○	
	P2	スリーブのフランジプレートとの結合部		200	一次膜応力＋一次曲げ応力	33		○	
	P3	端板		306	一次膜応力＋一次曲げ応力	64		○	
	P4	フランジプレート（外側）		200	曲げ応力度	58		○	
					せん断応力度	9		○	
	P5	フランジプレート（内側）		200	曲げ応力度	66		○	
					せん断応力度	11		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	33		○	
					せん断応力度	26		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度（フランジプレート（外側）近傍）	7.7	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（フランジプレート（内側）近傍）	9.0	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（ガセットプレート近傍）	4.3	27.5	○	単位：N/mm^2

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部は告示第４５２号による評価を示す。

表 5－1　重大事故等時に対する評価結果（D＋P_{SA}＋M_{SA}）（その 10）

評価対象設備	評価部位		材料	温度条件（℃）	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力 MPa	許容応力 MPa		
原子炉格納容器配管貫通部（X-33B）	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	32		○	
					一次膜応力＋一次曲げ応力	32		○	
	P2	スリーブのフランジプレートとの結合部		200	一次膜応力＋一次曲げ応力	33		○	
	P3	端板		306	一次膜応力＋一次曲げ応力	64		○	
	P4	フランジプレート（外側）		200	曲げ応力度	59		○	
					せん断応力度	9		○	
	P5	フランジプレート（内側）		200	曲げ応力度	67		○	
					せん断応力度	11		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	33		○	
					せん断応力度	27		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度（フランジプレート（外側）近傍）	11.4	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（フランジプレート（内側）近傍）	12.7	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（ガセットプレート近傍）	4.6	27.5	○	単位：N/mm^2

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部は告示第４５２号による評価を示す。

表 5－1　重大事故等時に対する評価結果（D＋P_{SA}＋M_{SA}）（その 11）

評価対象設備	評価部位		材料	温度条件（℃）	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力 MPa	許容応力 MPa		
原子炉格納容器配管貫通部（X-33C）	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	32		○	
					一次膜応力＋一次曲げ応力	32		○	
	P2	スリーブのフランジプレートとの結合部		200	一次膜応力＋一次曲げ応力	33		○	
	P3	端板		306	一次膜応力＋一次曲げ応力	64		○	
	P4	フランジプレート（外側）		200	曲げ応力度	59		○	
					せん断応力度	9		○	
	P5	フランジプレート（内側）		200	曲げ応力度	67		○	
					せん断応力度	11		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	33		○	
					せん断応力度	27		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度（フランジプレート（外側）近傍）	9.1	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（フランジプレート（内側）近傍）	10.4	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（ガセットプレート近傍）	4.4	27.5	○	単位：N/mm^2

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部は告示第４５２号による評価を示す。

表 5－1　重大事故等時に対する評価結果（D＋P_{SA}＋M_{SA}）（その 12）

評価対象設備	評価部位		材料	温度条件（℃）	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力 MPa	許容応力 MPa		
原子炉格納容器配管貫通部(X-35B,C)	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	46		○	
					一次膜応力＋一次曲げ応力	46		○	
	P2	スリーブのフランジプレートとの結合部		200	一次膜応力＋一次曲げ応力	48		○	
	P3	端板		306	一次膜応力＋一次曲げ応力	156		○	
	P4	フランジプレート（外側）		200	曲げ応力度	100		○	
					せん断応力度	13		○	
	P5	フランジプレート（内側）		200	曲げ応力度	110		○	
					せん断応力度	15		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	69		○	
					せん断応力度	43		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度（フランジプレート（外側）近傍）	6.4	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（フランジプレート（内側）近傍）	7.6	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（ガセットプレート近傍）	5.8	27.5	○	単位：N/mm^2

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部は告示第４５２号による評価を示す。

表 5－1　重大事故等時に対する評価結果（D＋P_{SA}＋M_{SA}）（その 13）

評価対象設備	評価部位		材料	温度条件（℃）	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力 MPa	許容応力 MPa		
原子炉格納容器配管貫通部（X-37）	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	32		○	
					一次膜応力＋一次曲げ応力	32		○	
	P2	スリーブのフランジプレートとの結合部		200	一次膜応力＋一次曲げ応力	33		○	
	P3	端板		306	一次膜応力＋一次曲げ応力	102		○	
	P4	フランジプレート（外側）		200	曲げ応力度	64		○	
					せん断応力度	10		○	
	P5	フランジプレート（内側）		200	曲げ応力度	73		○	
					せん断応力度	12		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	43		○	
					せん断応力度	37		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度（フランジプレート（外側）近傍）	6.4	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（フランジプレート（内側）近傍）	7.7	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（ガセットプレート近傍）	4.8	27.5	○	単位：N/mm^2

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部は告示第４５２号による評価を示す。

表 5－1　重大事故等時に対する評価結果（D＋P_{SA}＋M_{SA}）（その 14）

評価対象設備	評価部位		材料	温度条件（℃）	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力 MPa	許容応力 MPa		
原子炉格納容器配管貫通部（X-38）	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	32		○	
					一次膜応力＋一次曲げ応力	32		○	
	P2	スリーブのフランジプレートとの結合部		200	一次膜応力＋一次曲げ応力	33		○	
	P3	端板		302	一次膜応力＋一次曲げ応力	102		○	
	P4	フランジプレート（外側）		200	曲げ応力度	65		○	
					せん断応力度	10		○	
	P5	フランジプレート（内側）		200	曲げ応力度	74		○	
					せん断応力度	12		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	43		○	
					せん断応力度	37		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度（フランジプレート（外側）近傍）	5.4	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（フランジプレート（内側）近傍）	6.7	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（ガセットプレート近傍）	4.6	27.5	○	単位：N/mm^2

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部は告示第４５２号による評価を示す。

表 5－1　重大事故等時に対する評価結果（D＋P_{SA}＋M_{SA}）（その 15）

評価対象設備	評価部位		材料	温度条件（℃）	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力 MPa	許容応力 MPa		
原子炉格納容器配管貫通部（X-50）	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	46		○	
					一次膜応力＋一次曲げ応力	46		○	
	P2	スリーブのフランジプレートとの結合部		200	一次膜応力＋一次曲げ応力	48		○	
	P3	端板		302	一次膜応力＋一次曲げ応力	156		○	
	P4	フランジプレート（外側）		200	曲げ応力度	100		○	
					せん断応力度	13		○	
	P5	フランジプレート（内側）		200	曲げ応力度	110		○	
					せん断応力度	15		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	69		○	
					せん断応力度	43		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度（フランジプレート（外側）近傍）	5.9	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（フランジプレート（内側）近傍）	7.1	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（ガセットプレート近傍）	5.8	27.5	○	単位：N/mm^2

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部は告示第４５２号による評価を示す。

表 5－1　重大事故等時に対する評価結果（D＋P_{SA}＋M_{SA}）（その 16）

評価対象設備	評価部位		材料	温度条件（℃）	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力 MPa	許容応力 MPa		
原子炉格納容器配管貫通部（X-60）	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	20		○	
					一次膜応力＋一次曲げ応力	20		○	
	P2	スリーブのフランジプレートとの結合部		200	一次膜応力＋一次曲げ応力	20		○	
	P3	端板		200	一次膜応力＋一次曲げ応力	147		○	
	P4	フランジプレート（外側）		200	曲げ応力度	23		○	
					せん断応力度	3		○	
	P5	フランジプレート（内側）		200	曲げ応力度	29		○	
					せん断応力度	4		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	23		○	
					せん断応力度	13		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度（フランジプレート（外側）近傍）	1.6	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（フランジプレート（内側）近傍）	2.6	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（ガセットプレート近傍）	1.7	27.5	○	単位：N/mm^2

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部は告示第４５２号による評価を示す。

表 5－1　重大事故等時に対する評価結果（D＋P_{SA}＋M_{SA}）（その 17）

評価対象設備	評価部位		材料	温度条件（℃）	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力 MPa	許容応力 MPa		
原子炉格納容器配管貫通部（X-61）	P1	スリーブ	[redacted]	200	一次一般膜応力	92	[redacted]	○	[redacted]
					一次膜応力＋一次曲げ応力	92		○	
	P2	スリーブのフランジプレートとの結合部		200	一次膜応力＋一次曲げ応力	98		○	
	P4	フランジプレート（外側）		200	曲げ応力度	73		○	
					せん断応力度	7		○	
	P5	フランジプレート（内側）		200	曲げ応力度	78		○	
					せん断応力度	8		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	100		○	
					せん断応力度	25		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度（フランジプレート（外側）近傍）	4.5	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（フランジプレート（内側）近傍）	5.4	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（ガセットプレート近傍）	6.1	27.5	○	単位：N/mm^2

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部は告示第４５２号による評価を示す。

表 5－1　重大事故等時に対する評価結果（D＋P_{SA}＋M_{SA}）（その 18）

評価対象設備	評価部位		材料	温度条件（℃）	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力 MPa	許容応力 MPa		
原子炉格納容器配管貫通部（X-62）	P1	スリーブ	[redacted]	200	一次一般膜応力	92	[redacted]	○	[redacted]
					一次膜応力＋一次曲げ応力	92		○	
	P2	スリーブのフランジプレートとの結合部		200	一次膜応力＋一次曲げ応力	98		○	
	P4	フランジプレート（外側）		200	曲げ応力度	73		○	
					せん断応力度	7		○	
	P5	フランジプレート（内側）		200	曲げ応力度	78		○	
					せん断応力度	8		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	100		○	
					せん断応力度	25		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度（フランジプレート（外側）近傍）	4.6	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（フランジプレート（内側）近傍）	5.5	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（ガセットプレート近傍）	5.9	27.5	○	単位：N/mm^2

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部は告示第４５２号による評価を示す。

表 5－1　重大事故等時に対する評価結果（D＋P_{SA}＋M_{SA}）（その 19）

評価対象設備	評価部位		材料	温度条件（℃）	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力 MPa	許容応力 MPa		
原子炉格納容器配管貫通部（X-63）	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	92		○	
					一次膜応力＋一次曲げ応力	92		○	
	P2	スリーブのフランジプレートとの結合部		200	一次膜応力＋一次曲げ応力	98		○	
	P4	フランジプレート（外側）		200	曲げ応力度	73		○	
					せん断応力度	7		○	
	P5	フランジプレート（内側）		200	曲げ応力度	78		○	
					せん断応力度	8		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	100		○	
					せん断応力度	25		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度（フランジプレート（外側）近傍）	9.3	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（フランジプレート（内側）近傍）	10.2	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（ガセットプレート近傍）	6.5	27.5	○	単位：N/mm^2

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部は告示第４５２号による評価を示す。

表 5－1　重大事故等時に対する評価結果（D＋P_{SA}＋M_{SA}）（その 20）

評価対象設備	評価部位		材料	温度条件（℃）	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力 MPa	許容応力 MPa		
原子炉格納容器配管貫通部（X-64）	P1	スリーブ	[redacted]	200	一次一般膜応力	92	[redacted]	○	[redacted]
					一次膜応力＋一次曲げ応力	92		○	
	P2	スリーブのフランジプレートとの結合部		200	一次膜応力＋一次曲げ応力	98		○	
	P4	フランジプレート（外側）		200	曲げ応力度	73		○	
					せん断応力度	7		○	
	P5	フランジプレート（内側）		200	曲げ応力度	78		○	
					せん断応力度	8		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	100		○	
					せん断応力度	25		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度（フランジプレート（外側）近傍）	12.8	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（フランジプレート（内側）近傍）	13.7	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（ガセットプレート近傍）	6.9	27.5	○	単位：N/mm^2

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部は告示第４５２号による評価を示す。

表 5－1　重大事故等時に対する評価結果（D＋P_{SA}＋M_{SA}）（その 21）

評価対象設備	評価部位		材料	温度条件（℃）	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力 MPa	許容応力 MPa		
原子炉格納容器配管貫通部（X-65）	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	29		○	
					一次膜応力＋一次曲げ応力	29		○	
	P2	スリーブのフランジプレートとの結合部		200	一次膜応力＋一次曲げ応力	30		○	
	P3	端板		200	一次膜応力＋一次曲げ応力	132		○	
	P4	フランジプレート（外側）		200	曲げ応力度	106		○	
					せん断応力度	11		○	
	P5	フランジプレート（内側）		200	曲げ応力度	125		○	
					せん断応力度	13		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	73		○	
					せん断応力度	37		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度（フランジプレート（外側）近傍）	4.0	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（フランジプレート（内側）近傍）	5.1	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（ガセットプレート近傍）	5.9	27.5	○	単位：N/mm^2

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部は告示第４５２号による評価を示す。

表 5－1　重大事故等時に対する評価結果（D＋P_{SA}＋M_{SA}）（その 22）

評価対象設備	評価部位		材料	温度条件（℃）	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力 MPa	許容応力 MPa		
原子炉格納容器配管貫通部（X-66）	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	29		○	
					一次膜応力＋一次曲げ応力	29		○	
	P2	スリーブのフランジプレートとの結合部		200	一次膜応力＋一次曲げ応力	30		○	
	P3	端板		200	一次膜応力＋一次曲げ応力	132		○	
	P4	フランジプレート（外側）		200	曲げ応力度	106		○	
					せん断応力度	11		○	
	P5	フランジプレート（内側）		200	曲げ応力度	125		○	
					せん断応力度	13		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	73		○	
					せん断応力度	37		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度（フランジプレート（外側）近傍）	6.9	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（フランジプレート（内側）近傍）	8.0	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（ガセットプレート近傍）	7.4	27.5	○	単位：N/mm^2

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部は告示第４５２号による評価を示す。

表5－1　重大事故等時に対する評価結果（D＋P_{SA}＋M_{SA}）（その23）

評価対象設備	評価部位		材料	温度条件（℃）	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力 MPa	許容応力 MPa		
原子炉格納容器配管貫通部（X-69）	P1	スリーブ	[redacted]	200	一次一般膜応力	117	[redacted]	○	[redacted]
					一次膜応力＋一次曲げ応力	117		○	
	P2	スリーブのフランジプレートとの結合部		200	一次膜応力＋一次曲げ応力	120		○	
	P4	フランジプレート（外側）		200	曲げ応力度	18		○	
					せん断応力度	3		○	
	P5	フランジプレート（内側）		200	曲げ応力度	19		○	
					せん断応力度	4		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	37		○	
					せん断応力度	12		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度（フランジプレート（外側）近傍）	1.8	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（フランジプレート（内側）近傍）	2.5	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（ガセットプレート近傍）	2.6	27.5	○	単位：N/mm^2

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部は告示第４５２号による評価を示す。

表5－1　重大事故等時に対する評価結果（D＋P_{SA}＋M_{SA}）（その24）

評価対象設備	評価部位		材料	温度条件（℃）	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力 MPa	許容応力 MPa		
原子炉格納容器配管貫通部（X-70）	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	19		○	
					一次膜応力＋一次曲げ応力	19		○	
	P2	スリーブのフランジプレートとの結合部		200	一次膜応力＋一次曲げ応力	19		○	
	P3	端板		200	一次膜応力＋一次曲げ応力	142		○	
	P4	フランジプレート（外側）		200	曲げ応力度	14		○	
					せん断応力度	2		○	
	P5	フランジプレート（内側）		200	曲げ応力度	19		○	
					せん断応力度	3		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	22		○	
					せん断応力度	12		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度（フランジプレート（外側）近傍）	1.9	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（フランジプレート（内側）近傍）	2.9	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（ガセットプレート近傍）	2.1	27.5	○	単位：N/mm^2

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部は告示第４５２号による評価を示す。

表5－1　重大事故等時に対する評価結果（D＋P_{SA}＋M_{SA}）（その25）

評価対象設備	評価部位		材料	温度条件（℃）	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力 MPa	許容応力 MPa		
原子炉格納容器配管貫通部（X-71A）	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	19		○	
					一次膜応力＋一次曲げ応力	19		○	
	P2	スリーブのフランジプレートとの結合部		200	一次膜応力＋一次曲げ応力	19		○	
	P3	端板		200	一次膜応力＋一次曲げ応力	142		○	
	P4	フランジプレート（外側）		200	曲げ応力度	14		○	
					せん断応力度	2		○	
	P5	フランジプレート（内側）		200	曲げ応力度	19		○	
					せん断応力度	3		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	22		○	
					せん断応力度	12		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度（フランジプレート（外側）近傍）	1.9	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（フランジプレート（内側）近傍）	2.9	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（ガセットプレート近傍）	2.1	27.5	○	単位：N/mm^2

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部は告示第４５２号による評価を示す。

表5－1　重大事故等時に対する評価結果（D＋P_{SA}＋M_{SA}）（その26）

評価対象設備	評価部位		材料	温度条件（℃）	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力 MPa	許容応力 MPa		
原子炉格納容器配管貫通部（X-71B）	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	19		○	
					一次膜応力＋一次曲げ応力	19		○	
	P2	スリーブのフランジプレートとの結合部		200	一次膜応力＋一次曲げ応力	19		○	
	P3	端板		200	一次膜応力＋一次曲げ応力	142		○	
	P4	フランジプレート（外側）		200	曲げ応力度	14		○	
					せん断応力度	2		○	
	P5	フランジプレート（内側）		200	曲げ応力度	19		○	
					せん断応力度	3		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	22		○	
					せん断応力度	12		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度（フランジプレート（外側）近傍）	2.0	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（フランジプレート（内側）近傍）	3.0	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（ガセットプレート近傍）	2.1	27.5	○	単位：N/mm^2

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部は告示第４５２号による評価を示す。

表5－1　重大事故等時に対する評価結果（D＋P_{SA}＋M_{SA}）（その27）

評価対象設備	評価部位		材料	温度条件（℃）	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力 MPa	許容応力 MPa		
原子炉格納容器配管貫通部（X-72）	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	19		○	
					一次膜応力＋一次曲げ応力	19		○	
	P2	スリーブのフランジプレートとの結合部		200	一次膜応力＋一次曲げ応力	19		○	
	P3	端板		200	一次膜応力＋一次曲げ応力	142		○	
	P4	フランジプレート（外側）		200	曲げ応力度	14		○	
					せん断応力度	2		○	
	P5	フランジプレート（内側）		200	曲げ応力度	19		○	
					せん断応力度	3		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	22		○	
					せん断応力度	12		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度（フランジプレート（外側）近傍）	2.0	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（フランジプレート（内側）近傍）	3.0	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（ガセットプレート近傍）	2.1	27.5	○	単位：N/mm^2

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部は告示第４５２号による評価を示す。

表 5－1　重大事故等時に対する評価結果（D＋P_{SA}＋M_{SA}）（その 28）

評価対象設備	評価部位		材料	温度条件（℃）	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力 MPa	許容応力 MPa		
原子炉格納容器配管貫通部（X-80）	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	54		○	
					一次膜応力＋一次曲げ応力	54		○	
	P2	スリーブのフランジプレートとの結合部		200	一次膜応力＋一次曲げ応力	58		○	
	P4	フランジプレート（外側）		200	曲げ応力度	106		○	
					せん断応力度	10		○	
	P5	フランジプレート（内側）		200	曲げ応力度	118		○	
					せん断応力度	12		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	88		○	
					せん断応力度	26		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度（フランジプレート（外側）近傍）	5.4	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（フランジプレート（内側）近傍）	6.5	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（ガセットプレート近傍）	7.4	27.5	○	単位：N/mm^2

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部は告示第４５２号による評価を示す。

表 5－1　重大事故等時に対する評価結果（D＋P_{SA}＋M_{SA}）（その 29）

評価対象設備	評価部位		材料	温度条件（℃）	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力 MPa	許容応力 MPa		
原子炉格納容器配管貫通部（X-81）	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	54		○	
					一次膜応力＋一次曲げ応力	54		○	
	P2	スリーブのフランジプレートとの結合部		200	一次膜応力＋一次曲げ応力	58		○	
	P4	フランジプレート（外側）		200	曲げ応力度	106		○	
					せん断応力度	10		○	
	P5	フランジプレート（内側）		200	曲げ応力度	118		○	
					せん断応力度	12		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	88		○	
					せん断応力度	26		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度（フランジプレート（外側）近傍）	5.7	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（フランジプレート（内側）近傍）	6.8	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（ガセットプレート近傍）	10.4	27.5	○	単位：N/mm^2

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部は告示第４５２号による評価を示す。

表 5－1　重大事故等時に対する評価結果（D＋P_{SA}＋M_{SA}）（その 30）

評価対象設備	評価部位		材料	温度条件（℃）	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力 MPa	許容応力 MPa		
原子炉格納容器配管貫通部（X-82）	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	74		○	
					一次膜応力＋一次曲げ応力	74		○	
	P2	スリーブのフランジプレートとの結合部		200	一次膜応力＋一次曲げ応力	76		○	
	P4	フランジプレート（外側）		200	曲げ応力度	73		○	
					せん断応力度	8		○	
	P5	フランジプレート（内側）		200	曲げ応力度	79		○	
					せん断応力度	9		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	94		○	
					せん断応力度	30		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度（フランジプレート（外側）近傍）	3.5	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（フランジプレート（内側）近傍）	4.4	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（ガセットプレート近傍）	7.0	27.5	○	単位：N/mm^2

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部は告示第４５２号による評価を示す。

表5－1　重大事故等時に対する評価結果（D＋P_{SA}＋M_{SA}）（その31）

評価対象設備	評価部位		材料	温度条件（℃）	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力 MPa	許容応力 MPa		
原子炉格納容器配管貫通部（X-170）	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	7		○	
					一次膜応力＋一次曲げ応力	7		○	
	P2	スリーブのフランジプレートとの結合部		200	一次膜応力＋一次曲げ応力	7		○	
	P3	端板		302	一次膜応力＋一次曲げ応力	50		○	
	P4	フランジプレート（外側）		200	曲げ応力度	1		○	
					せん断応力度	1		○	
	P5	フランジプレート（内側）		200	曲げ応力度	3		○	
					せん断応力度	2		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	3		○	
					せん断応力度	5		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度（フランジプレート（外側）近傍）	0.3	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（フランジプレート（内側）近傍）	1.3	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（ガセットプレート近傍）	0.2	27.5	○	単位：N/mm^2

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部は告示第４５２号による評価を示す。

表 5－1　重大事故等時に対する評価結果（D＋P_{SA}＋M_{SA}）（その 32）

評価対象設備	評価部位		材料	温度条件（℃）	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力 MPa	許容応力 MPa		
原子炉格納容器配管貫通部(X-200B,C)	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	111		○	
					一次膜応力＋一次曲げ応力	111		○	
	P2	スリーブのフランジプレートとの結合部		200	一次膜応力＋一次曲げ応力	119		○	
	P4	フランジプレート（外側）		200	曲げ応力度	48		○	
					せん断応力度	6		○	
	P5	フランジプレート（内側）		200	曲げ応力度	51		○	
					せん断応力度	7		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	64		○	
					せん断応力度	22		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度（フランジプレート（外側）近傍）	13.5	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（フランジプレート（内側）近傍）	14.3	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（ガセットプレート近傍）	9.7	27.5	○	単位：N/mm^2

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部は告示第４５２号による評価を示す。

表 5－1　重大事故等時に対する評価結果（D＋P_{SA}＋M_{SA}）（その 33）

評価対象設備	評価部位		材料	温度条件（℃）	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力 MPa	許容応力 MPa		
原子炉格納容器配管貫通部（X-201）	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	71		○	
					一次膜応力＋一次曲げ応力	71		○	
	P2	スリーブのフランジプレートとの結合部		200	一次膜応力＋一次曲げ応力	75		○	
	P4	フランジプレート（外側）		200	曲げ応力度	78		○	
					せん断応力度	8		○	
	P5	フランジプレート（内側）		200	曲げ応力度	86		○	
					せん断応力度	9		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	107		○	
					せん断応力度	27		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度（フランジプレート（外側）近傍）	23.5	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（フランジプレート（内側）近傍）	24.7	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（ガセットプレート近傍）	11.7	27.5	○	単位：N/mm^2

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部は告示第４５２号による評価を示す。

表 5－1　重大事故等時に対する評価結果（D＋P_{SA}＋M_{SA}）（その 34）

評価対象設備	評価部位		材料	温度条件（℃）	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力 MPa	許容応力 MPa		
原子炉格納容器配管貫通部（X-202）	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	71		○	
					一次膜応力＋一次曲げ応力	71		○	
	P2	スリーブのフランジプレートとの結合部		200	一次膜応力＋一次曲げ応力	75		○	
	P4	フランジプレート（外側）		200	曲げ応力度	78		○	
					せん断応力度	8		○	
	P5	フランジプレート（内側）		200	曲げ応力度	86		○	
					せん断応力度	9		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	107		○	
					せん断応力度	27		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度（フランジプレート（外側）近傍）	12.0	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（フランジプレート（内側）近傍）	13.2	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（ガセットプレート近傍）	8.9	27.5	○	単位：N/mm^2

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部は告示第４５２号による評価を示す。

表 5－1　重大事故等時に対する評価結果（D＋P_{SA}＋M_{SA}）（その 35）

評価対象設備	評価部位		材料	温度条件（℃）	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力 MPa	許容応力 MPa		
原子炉格納容器配管貫通部（X-203）	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	71		○	
					一次膜応力＋一次曲げ応力	71		○	
	P2	スリーブのフランジプレートとの結合部		200	一次膜応力＋一次曲げ応力	75		○	
	P4	フランジプレート（外側）		200	曲げ応力度	78		○	
					せん断応力度	8		○	
	P5	フランジプレート（内側）		200	曲げ応力度	86		○	
					せん断応力度	9		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	107		○	
					せん断応力度	27		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度（フランジプレート（外側）近傍）	11.9	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（フランジプレート（内側）近傍）	13.1	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（ガセットプレート近傍）	8.9	27.5	○	単位：N/mm^2

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部は告示第４５２号による評価を示す。

表 5－1　重大事故等時に対する評価結果（D＋P_{SA}＋M_{SA}）（その 36）

評価対象設備	評価部位		材料	温度条件（℃）	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力 MPa	許容応力 MPa		
原子炉格納容器配管貫通部（X-204）	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	83		○	
					一次膜応力＋一次曲げ応力	83		○	
	P2	スリーブのフランジプレートとの結合部		200	一次膜応力＋一次曲げ応力	87		○	
	P4	フランジプレート（外側）		200	曲げ応力度	117		○	
					せん断応力度	10		○	
	P5	フランジプレート（内側）		200	曲げ応力度	128		○	
					せん断応力度	11		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	100		○	
					せん断応力度	30		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度（フランジプレート（外側）近傍）	19.5	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（フランジプレート（内側）近傍）	20.7	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（ガセットプレート近傍）	12.7	27.5	○	単位：N/mm^2

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部は告示第４５２号による評価を示す。

表 5－1　重大事故等時に対する評価結果（D＋P_{SA}＋M_{SA}）（その 37）

評価対象設備	評価部位		材料	温度条件（℃）	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力 MPa	許容応力 MPa		
原子炉格納容器配管貫通部（X-205）	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	83		○	
					一次膜応力＋一次曲げ応力	83		○	
	P2	スリーブのフランジプレートとの結合部		200	一次膜応力＋一次曲げ応力	87		○	
	P4	フランジプレート（外側）		200	曲げ応力度	117		○	
					せん断応力度	10		○	
	P5	フランジプレート（内側）		200	曲げ応力度	128		○	
					せん断応力度	11		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	100		○	
					せん断応力度	30		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度（フランジプレート（外側）近傍）	14.7	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（フランジプレート（内側）近傍）	15.9	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（ガセットプレート近傍）	11.6	27.5	○	単位：N/mm^2

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部は告示第４５２号による評価を示す。

表 5－1　重大事故等時に対する評価結果（D＋P_{SA}＋M_{SA}）（その 38）

評価対象設備	評価部位		材料	温度条件（℃）	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力 MPa	許容応力 MPa		
原子炉格納容器配管貫通部（X-206）	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	83		○	
					一次膜応力＋一次曲げ応力	83		○	
	P2	スリーブのフランジプレートとの結合部		200	一次膜応力＋一次曲げ応力	87		○	
	P4	フランジプレート（外側）		200	曲げ応力度	117		○	
					せん断応力度	10		○	
	P5	フランジプレート（内側）		200	曲げ応力度	128		○	
					せん断応力度	11		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	100		○	
					せん断応力度	30		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度（フランジプレート（外側）近傍）	15.7	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（フランジプレート（内側）近傍）	16.9	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（ガセットプレート近傍）	15.2	27.5	○	単位：N/mm^2

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部は告示第４５２号による評価を示す。

表 5－1　重大事故等時に対する評価結果（D＋P_{SA}＋M_{SA}）（その 39）

評価対象設備	評価部位		材料	温度条件（℃）	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力 MPa	許容応力 MPa		
原子炉格納容器配管貫通部(X-210B,C)	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	66		○	
					一次膜応力＋一次曲げ応力	66		○	
	P2	スリーブのフランジプレートとの結合部		200	一次膜応力＋一次曲げ応力	70		○	
	P4	フランジプレート（外側）		200	曲げ応力度	81		○	
					せん断応力度	7		○	
	P5	フランジプレート（内側）		200	曲げ応力度	91		○	
					せん断応力度	8		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	108		○	
					せん断応力度	23		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度（フランジプレート（外側）近傍）	19.1	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（フランジプレート（内側）近傍）	20.3	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（ガセットプレート近傍）	8.1	27.5	○	単位：N/mm^2

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部は告示第４５２号による評価を示す。

表 5－1　重大事故等時に対する評価結果（D＋P_{SA}＋M_{SA}）（その 40）

評価対象設備	評価部位		材料	温度条件（℃）	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力 MPa	許容応力 MPa		
原子炉格納容器配管貫通部（X-213）	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	51		○	
					一次膜応力＋一次曲げ応力	51		○	
	P2	スリーブのフランジプレートとの結合部		200	一次膜応力＋一次曲げ応力	54		○	
	P3	端板		200	一次膜応力＋一次曲げ応力	97		○	
	P4	フランジプレート（外側）		200	曲げ応力度	131		○	
					せん断応力度	14		○	
	P5	フランジプレート（内側）		200	曲げ応力度	147		○	
					せん断応力度	16		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	66		○	
					せん断応力度	38		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度（フランジプレート（外側）近傍）	18.8	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（フランジプレート（内側）近傍）	20.2	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（ガセットプレート近傍）	9.2	27.5	○	単位：N/mm^2

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部は告示第４５２号による評価を示す。

表 5－1　重大事故等時に対する評価結果（D＋P_{SA}＋M_{SA}）（その 41）

評価対象設備	評価部位		材料	温度条件（℃）	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力 MPa	許容応力 MPa		
原子炉格納容器配管貫通部(X-214)	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	75		○	
					一次膜応力＋一次曲げ応力	75		○	
	P2	スリーブのフランジプレートとの結合部		200	一次膜応力＋一次曲げ応力	79		○	
	P4	フランジプレート（外側）		200	曲げ応力度	76		○	
					せん断応力度	9		○	
	P5	フランジプレート（内側）		200	曲げ応力度	83		○	
					せん断応力度	10		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	123		○	
					せん断応力度	37		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度（フランジプレート（外側）近傍）	13.6	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（フランジプレート（内側）近傍）	14.8	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（ガセットプレート近傍）	10.7	27.5	○	単位：N/mm^2

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部は告示第４５２号による評価を示す。

表 5－1　重大事故等時に対する評価結果（D＋P_{SA}＋M_{SA}）（その 42）

評価対象設備	評価部位		材料	温度条件（℃）	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力 MPa	許容応力 MPa		
原子炉格納容器配管貫通部（X-215）	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	15		○	
					一次膜応力＋一次曲げ応力	15		○	
	P2	スリーブのフランジプレートとの結合部		200	一次膜応力＋一次曲げ応力	15		○	
	P3	端板		200	一次膜応力＋一次曲げ応力	148		○	
	P4	フランジプレート（外側）		200	曲げ応力度	26		○	
					せん断応力度	3		○	
	P5	フランジプレート（内側）		200	曲げ応力度	38		○	
					せん断応力度	5		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	25		○	
					せん断応力度	15		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度（フランジプレート（外側）近傍）	1.4	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（フランジプレート（内側）近傍）	2.7	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（ガセットプレート近傍）	1.8	27.5	○	単位：N/mm^2

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部は告示第４５２号による評価を示す。

表 5－1　重大事故等時に対する評価結果（D＋P_{SA}＋M_{SA}）（その 43）

評価対象設備	評価部位		材料	温度条件（℃）	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力 MPa	許容応力 MPa		
原子炉格納容器配管貫通部（X-220）	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	15		○	
					一次膜応力＋一次曲げ応力	15		○	
	P2	スリーブのフランジプレートとの結合部		200	一次膜応力＋一次曲げ応力	15		○	
	P3	端板		200	一次膜応力＋一次曲げ応力	147		○	
	P4	フランジプレート（外側）		200	曲げ応力度	12		○	
					せん断応力度	2		○	
	P5	フランジプレート（内側）		200	曲げ応力度	16		○	
					せん断応力度	3		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	25		○	
					せん断応力度	14		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度（フランジプレート（外側）近傍）	7.2	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（フランジプレート（内側）近傍）	8.3	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（ガセットプレート近傍）	4.9	27.5	○	単位：N/mm^2

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部は告示第４５２号による評価を示す。

表 5－1　重大事故等時に対する評価結果（D＋P_{SA}＋M_{SA}）（その 44）

評価対象設備	評価部位		材料	温度条件（℃）	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力 MPa	許容応力 MPa		
原子炉格納容器配管貫通部（X-221）	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	75		○	
					一次膜応力＋一次曲げ応力	75		○	
	P2	スリーブのフランジプレートとの結合部		200	一次膜応力＋一次曲げ応力	79		○	
	P4	フランジプレート（外側）		200	曲げ応力度	76		○	
					せん断応力度	9		○	
	P5	フランジプレート（内側）		200	曲げ応力度	83		○	
					せん断応力度	10		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	123		○	
					せん断応力度	37		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度（フランジプレート（外側）近傍）	10.1	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（フランジプレート（内側）近傍）	11.3	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（ガセットプレート近傍）	10.3	27.5	○	単位：N/mm^2

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部は告示第４５２号による評価を示す。

表 5－1　重大事故等時に対する評価結果（D＋P_{SA}＋M_{SA}）（その 45）

評価対象設備	評価部位		材料	温度条件（℃）	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力 MPa	許容応力 MPa		
原子炉格納容器配管貫通部(X-222)	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	83		○	
					一次膜応力＋一次曲げ応力	83		○	
	P2	スリーブのフランジプレートとの結合部		200	一次膜応力＋一次曲げ応力	87		○	
	P4	フランジプレート（外側）		200	曲げ応力度	117		○	
					せん断応力度	10		○	
	P5	フランジプレート（内側）		200	曲げ応力度	128		○	
					せん断応力度	11		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	100		○	
					せん断応力度	30		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度（フランジプレート（外側）近傍）	15.4	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（フランジプレート（内側）近傍）	16.6	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（ガセットプレート近傍）	8.7	27.5	○	単位：N/mm^2

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部は告示第４５２号による評価を示す。

表 5－1　重大事故等時に対する評価結果（D＋P_{SA}＋M_{SA}）（その 46）

評価対象設備	評価部位		材料	温度条件（℃）	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力 MPa	許容応力 MPa		
原子炉格納容器配管貫通部（X-240）	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	54		○	
					一次膜応力＋一次曲げ応力	54		○	
	P2	スリーブのフランジプレートとの結合部		200	一次膜応力＋一次曲げ応力	58		○	
	P4	フランジプレート（外側）		200	曲げ応力度	106		○	
					せん断応力度	10		○	
	P5	フランジプレート（内側）		200	曲げ応力度	118		○	
					せん断応力度	12		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	88		○	
					せん断応力度	26		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度（フランジプレート（外側）近傍）	4.6	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（フランジプレート（内側）近傍）	5.7	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（ガセットプレート近傍）	7.4	27.5	○	単位：N/mm^2

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部は告示第４５２号による評価を示す。

表 5－1　重大事故等時に対する評価結果（D＋P_{SA}＋M_{SA}）（その 47）

評価対象設備	評価部位		材料	温度条件（℃）	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力 MPa	許容応力 MPa		
原子炉格納容器配管貫通部（X-241）	P1	スリーブ	[redacted]	200	一次一般膜応力	54	[redacted]	○	[redacted]
					一次膜応力＋一次曲げ応力	54		○	
	P2	スリーブのフランジプレートとの結合部		200	一次膜応力＋一次曲げ応力	58		○	
	P4	フランジプレート（外側）		200	曲げ応力度	106		○	
					せん断応力度	10		○	
	P5	フランジプレート（内側）		200	曲げ応力度	118		○	
					せん断応力度	12		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	88		○	
					せん断応力度	26		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度（フランジプレート（外側）近傍）	4.8	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（フランジプレート（内側）近傍）	5.9	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（ガセットプレート近傍）	7.8	27.5	○	単位：N/mm^2

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部は告示第４５２号による評価を示す。

表 5－1　重大事故等時に対する評価結果（D＋P_{SA}＋M_{SA}）（その 48）

評価対象設備	評価部位		材料	温度条件（℃）	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力 MPa	許容応力 MPa		
原子炉格納容器配管貫通部(X-242)	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	76		○	
					一次膜応力＋一次曲げ応力	76		○	
	P2	スリーブのフランジプレートとの結合部		200	一次膜応力＋一次曲げ応力	79		○	
	P4	フランジプレート（外側）		200	曲げ応力度	75		○	
					せん断応力度	8		○	
	P5	フランジプレート（内側）		200	曲げ応力度	82		○	
					せん断応力度	9		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	106		○	
					せん断応力度	31		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度（フランジプレート（外側）近傍）	4.7	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（フランジプレート（内側）近傍）	5.8	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（ガセットプレート近傍）	7.5	27.5	○	単位：N/mm^2

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部は告示第４５２号による評価を示す。

6. 参照図書

(1) 柏崎刈羽原子力発電所第７号機　第２回工事計画認可申請書
Ⅳ-3-4-2-2「原子炉格納容器配管貫通部の強度計算書」

(2)　原子炉格納容器配管貫通部（X-112 及び X-253）の強度計算書

目　　次

1.　概要 …… 1
2.　一般事項 …… 1
2.1　構造計画 …… 1
2.2　評価方針 …… 3
2.3　適用基準 …… 4
2.4　記号の説明 …… 5
2.5　計算精度と数値の丸め方 …… 6
3.　評価部位 …… 7
4.　強度評価 …… 10
4.1　強度評価方法 …… 10
4.2　荷重の組合せ及び許容応力 …… 10
4.2.1　荷重の組合せ及び供用状態 …… 10
4.2.2　許容応力 …… 10
4.2.3　使用材料の許容応力評価条件 …… 10
4.2.4　設計荷重 …… 21
4.3　計算方法 …… 24
4.4　計算条件 …… 25
4.5　応力の評価 …… 25
5.　評価結果 …… 26
5.1　設計基準対象施設としての評価結果 …… 26
5.2　重大事故等対処設備としての評価結果 …… 37
6.　参照図書 …… 40

1. 概要

本計算書は，原子炉格納容器配管貫通部（X-112 及び X-253）の強度計算書である。

原子炉格納容器配管貫通部は，設計基準対象施設の原子炉格納容器配管貫通部を重大事故等クラス２容器として兼用する機器である。本申請においては，2 系統設置されている可燃性ガス濃度制御系のうち，単一設計であった一部配管について分離する工事を計画している。

これに伴い，原子炉格納容器配管貫通部（X-112 及び X-253）に新規に配管を接続することから，当該貫通部に対して評価を実施する。

以下，設計基準対象施設の原子炉格納容器配管貫通部として，Ⅴ-3-1-7「原子炉格納容器の強度計算の基本方針」に基づくとともに，Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」に準じて，原子炉格納容器配管貫通部の強度評価を示す。

また重大事故等クラス２容器として，Ⅴ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」に基づくとともに，Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」に準じて，原子炉格納容器配管貫通部の強度評価を示す。

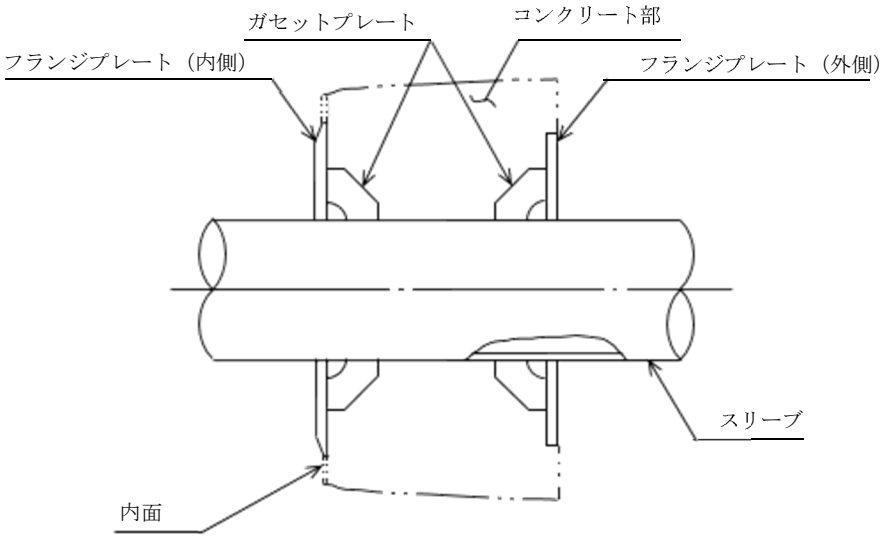
なお，本計算書においては，設計基準対象施設に対する荷重及び重大事故等時における荷重に対して，平成 4 年 3 月 27 日付け 3 資庁第 13034 号にて認可された工事計画の添付書類（参照図書(1)）（以下「既工認」という。）に示す手法に従い強度評価を行う。

2. 一般事項

2.1 構造計画

原子炉格納容器配管貫通部の構造計画を表 2－1 に示す。

表 2－1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
原子炉格納容器配管貫通部は原子炉格納容器コンクリート部に支持される。 原子炉格納容器配管貫通部は，原子炉格納容器と一体構造となっており，鉛直方向荷重及び水平方向荷重は，原子炉格納容器シェル部あるいは原子炉格納容器底部を介して原子炉建屋に伝達させる。	スリーブ，フランジプレート及びガセットプレートで構成される鋼製構造物である。	 形式 2

2.2　評価方針

原子炉格納容器配管貫通部の設計基準対象施設としての応力評価は，Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに適用規格に定められた許容限界に基づき，「3.　評価部位」にて設定する箇所において設計基準対象施設としての設計条件における温度，圧力による応力等が許容限界内に収まることを，「4.　強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5.　評価結果」に示す。

原子炉格納容器配管貫通部の重大事故等対処設備としての応力評価は，Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びⅤ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「3.　評価部位」にて設定する箇所において重大事故等時における温度，圧力による応力等が許容限界内に収まることを，「4.　強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5.　評価結果」に示す。

原子炉格納容器配管貫通部の強度評価フローを図２－１に示す。

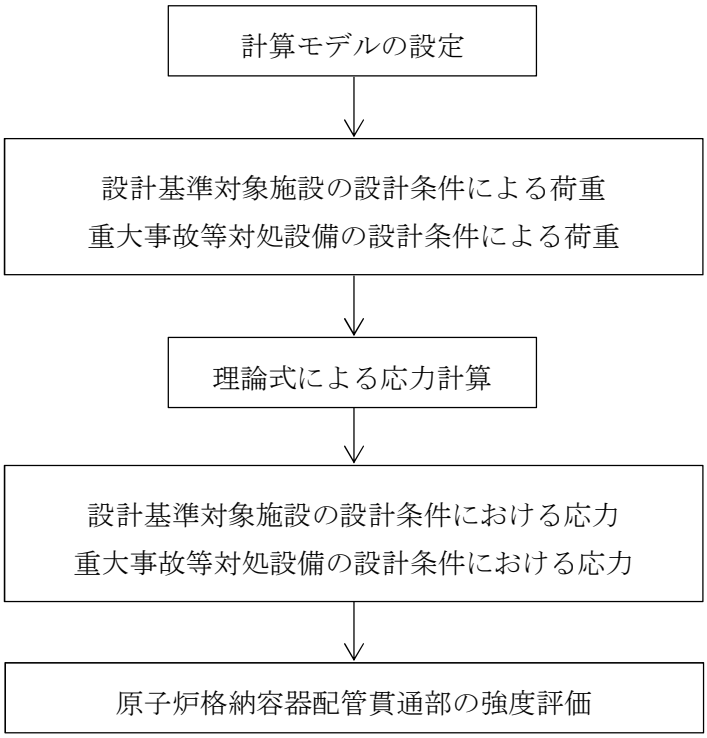


図２－１　原子炉格納容器配管貫通部の強度評価フロー

2.3　適用基準

適用基準を以下に示す。

(1)　発電用原子力設備規格（設計・建設規格（2005年版（2007年追補版含む。））ＪＳＭＥ　ＳＮＣ１-2005/2007）（日本機械学会　2007年9月）（以下「設計・建設規格」という。）

(2)　発電用原子力設備規格（コンクリート製原子炉格納容器規格　ＪＳＭＥ　Ｓ　ＮＥ１-2003）（日本機械学会　2003年12月）（以下「ＣＣＶ規格」という。）

2.4　記号の説明

記号	記号の説明	単位
D	死荷重	—
D_1	直径	mm
f_b	許容曲げ応力度	MPa
f_c	許容圧縮応力度	MPa
f_p	許容支圧応力度	MPa
f_s	許容せん断応力度	MPa
f_t	許容引張応力度	MPa
F_c	コンクリートの設計基準強度	kg/cm^2, N/mm^2
F_V	垂直力	N
F_X	垂直力	N
ℓ_i	長さ（ｉ＝1，2）	mm
L	活荷重	—
M	機械的荷重	—
M_B	モーメント	N･mm
M_{SA}	機械的荷重（ＳＡ後機械的荷重）	—
M_X	モーメント	N･mm
n	ガセットプレートの枚数	—
P	圧力	—
P_i	圧力（ｉ＝1，2，3）	—，kPa
P_{SA}	圧力（ＳＡ後圧力）	—，kPa
R	配管荷重	—
R_{SA}	配管荷重（ＳＡ後配管荷重）	—
S	許容引張応力	MPa
S_m	設計応力強さ	MPa
S_u	設計引張強さ	MPa
S_y	設計降伏点	MPa
S_y（ＲＴ）	40℃における設計降伏点	MPa
t_i	厚さ（ｉ＝1，2，3…）	mm
T	温度荷重	—
T_1	温度荷重	—，℃
T_{SA}	温度（ＳＡ後温度）	℃

2.5　計算精度と数値の丸め方

精度は，有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表2－2に示すとおりとする。

表 2－2　表示する数値の丸め方

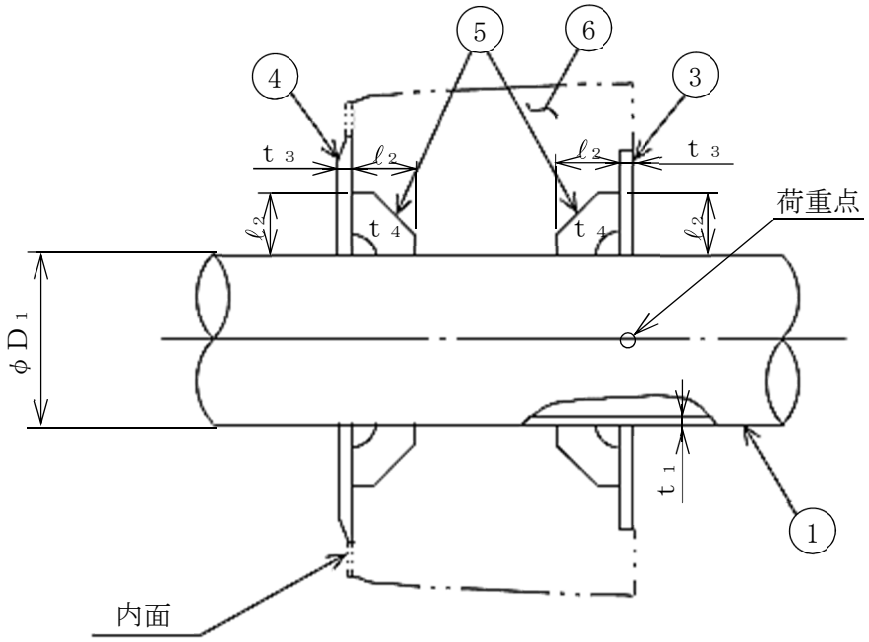
数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
圧力	kPa	―	―	整数位
温度	℃	―	―	整数位
許容応力*1	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位
算出応力	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
力	N	有効数字 4 桁目	四捨五入	有効数字 3 桁*2

注記＊1：設計・建設規格　付録材料図表に記載された温度の中間における許容引張応力，設計降伏点及び設計引張強さは，比例法により補間した値の小数点以下第 1 位を切り捨て，整数として算出する。

＊2：絶対値が 1000 以上のときはべき数表示とする。

3. 評価部位

原子炉格納容器配管貫通部の形状を図 3－1 に，仕様を表 3－1 に示す。



形式 2

①スリーブ　③フランジプレート（外側）　④フランジプレート（内側）
⑤ガセットプレート　⑥コンクリート部

図 3－1　原子炉格納容器配管貫通部の形状

K7 ① V-3-3-6-1-4-2(2) R1

表 3－1　原子炉格納容器配管貫通部の仕様（その 1）

貫通部番号	形式	スリーブ				端板		フランジプレート			ガセットプレート			
		外径 D_1 (mm)	板厚 t_1 (mm)	長さ ℓ_1 (mm)	材質*1	板厚 t_2 (mm)	材質	板厚 t_3 (mm)	材質*2		長さ ℓ_2 (mm)	板厚 t_4 (mm)	枚数*3 n (枚)	材質*2
									外側	内側				
X-112	2													
X-253	2													

注記＊1：

＊2：

＊3：ガセットプレートの枚数は，原子炉格納容器壁の内側及び外側それぞれの枚数を示す。

表 3－1　原子炉格納容器配管貫通部の仕様（その 2）

使用部位	使用材料	備考
コンクリート部	コンクリート（F_c＝330kg/cm^2）	F_c＝32.4N/mm^2

4.　強度評価

4.1　強度評価方法

(1)　原子炉格納容器配管貫通部は，原子炉格納容器コンクリート部に埋め込まれた構造であり，原子炉格納容器を貫通する配管を支持するための構造物である。

原子炉格納容器配管貫通部の強度評価として，Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」において設定された荷重を用いて，参照図書(1)に示す既工認の手法に従い強度評価を行う。また，重大事故等対処設備としての評価においては，没水時における原子炉格納容器配管貫通部内部の水頭圧を考慮する。

(2)　強度評価に用いる寸法は，公称値を用いる。

4.2　荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1　荷重の組合せ及び供用状態

設計基準対象施設の評価に用いる原子炉格納容器配管貫通部の荷重の組合せ及び供用状態を表 4－1 に，重大事故等対処設備の評価に用いる原子炉格納容器配管貫通部の荷重の組合せ及び供用状態を表 4－2 に示す。

詳細な荷重の組合せは，Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」に従い，対象機器の設置位置等を考慮し決定する。なお，考慮する荷重の組合せは，組み合わせる荷重の大きさを踏まえ，評価上厳しくなる組合せを選定する。

4.2.2　許容応力

原子炉格納容器配管貫通部の許容応力及び許容応力度は，Ⅴ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」に準じて，設計・建設規格及びＣＣＶ規格に基づき表 4－3～表 4－8 に示すとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

原子炉格納容器配管貫通部の使用材料の許容応力評価条件のうち，設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4－9 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－10 に示す。

表 4－1　荷重の組合せ及び供用状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	機器等の区分	荷重の組合せ*1, *2		供用状態*1 ＜荷重状態＞
原子炉格納施設	原子炉格納容器	原子炉格納容器配管貫通部	クラスＭＣ容器	Ｄ＋Ｐ$_2$ ＜Ｄ＋Ｌ＋Ｐ＋Ｒ＞	(1)	設計条件 ＜Ⅳ＞
				Ｄ＋Ｐ$_1$＋Ｔ$_1$ ＜Ｄ＋Ｌ＋Ｐ＋Ｒ＋Ｔ＞	(2)	Ａ ＜Ⅰ＞
				Ｄ＋Ｐ$_1$＋Ｔ$_1$＋Ｍ ＜Ｄ＋Ｌ＋Ｐ＋Ｒ＋Ｔ＞	(4)	Ｂ ＜Ⅱ＞
				Ｄ＋Ｐ$_3$ ＜Ｄ＋Ｌ＋Ｐ＞	(9)	試験状態 ＜Ⅱ＞

注記＊1：ＣＣＶ規格による場合は，＜　＞内の荷重状態及び荷重の組合せを適用する。

＊2：（　）内はⅤ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」における表5－3の荷重の組合せのNo.を示す。

表 4－2　荷重の組合せ及び供用状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	機器等の区分	荷重の組合せ*1, *2		供用状態*1 ＜荷重状態＞
原子炉格納施設	原子炉格納容器	原子炉格納容器配管貫通部	重大事故等クラス２容器	Ｄ＋Ｐ$_{SA}$＋Ｍ$_{SA}$ ＜Ｄ＋Ｌ＋Ｐ$_{SA}$＋Ｒ$_{SA}$＞	(Ⅴ(S)-1) (Ⅴ(S)-2) (Ⅴ(S)-3)	重大事故等時*3 ＜重大事故等時＞

注記＊1：ＣＣＶ規格による場合は，＜　＞内の荷重状態及び荷重の組合せを適用する。

＊2：（　）内はⅤ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」における表5－4の荷重の組合せのNo.を示す。

＊3：重大事故等時としてⅣ$_A$（＜Ⅳ＞）の許容限界を用いる。

表4－3　クラスＭＣ容器の許容応力（設計基準対象施設）

応力分類／供用状態	一次一般膜応力	一次膜応力＋一次曲げ応力	一次＋二次応力	一次＋二次＋ピーク応力
設計条件	Ｓ	左欄のα倍の値*3	―	―
Ａ，Ｂ	―	―	3・Ｓ*1	*2 供用状態Ａ及びＢにおける荷重の組合せについて疲労解析を行い，疲労累積係数が1.0以下であること。
試験状態	0.75・S_y	左欄のα倍の値*3	―	―

注記＊1：3・Ｓを超えるときは弾塑性解析を行うこと。この場合，設計・建設規格　PVB-3300（PVB-3313を除く。また，S_mはＳと読み替える。）の簡易弾塑性解析を用いることができる。

＊2：設計・建設規格　PVB-3140を満たすときは疲労解析不要（S_mをＳと読み替える。）。

＊3：αは，純曲げによる全断面降伏荷重と初期降伏荷重の比又は1.5のいずれか小さい方の値

表4－4　クラスＭＣ容器の許容応力（重大事故等対処設備）

応力分類／供用状態	一次一般膜応力	一次膜応力＋一次曲げ応力	一次＋二次応力	一次＋二次＋ピーク応力
重大事故等時*1	構造上の連続な部分は0.6・Ｓｕ，不連続な部分はＳｙと0.6・Ｓｕの小さい方。ただし，オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については，構造上の連続な部分は2・Ｓと0.6・Ｓｕの小さい方，不連続な部分は1.2・Ｓとする。	左欄のα倍の値*2	―	―

注記＊1：重大事故等時としてⅣＡの許容限界を用いる。

＊2：αは，純曲げによる全断面降伏荷重と初期降伏荷重の比又は1.5のいずれか小さい方の値

表4－5　ライナプレート，ライナアンカ等の許容応力度（設計基準対象施設）

荷重状態＼応力分類	ライナプレート，ライナアンカ等*										ボルト等	
	一次応力					一次＋二次応力					一次応力	
	引張り	せん断	圧縮	曲げ	支圧	引張り／圧縮	せん断	曲げ	支圧	座屈	引張り	せん断
Ⅰ，Ⅱ	f_t	f_s	f_c	f_b	f_p	3・f_t	3・f_s	3・f_b	1.5・f_p	1.5・f_s 又は 1.5・f_c	f_t	f_s
Ⅳ	1.5・f_t*	1.5・f_s*	1.5・f_c*	1.5・f_b*	1.5・f_p*	—	—	—	—	—	1.5・f_t*	1.5・f_s*

注：本表の対象部としては，貫通部のフランジプレート，ガセットプレート等が該当する。

注記＊：鋼構造設計規準（日本建築学会 2005 改定）等の幅厚比の制限を満足させる。

表4－6　ライナプレート，ライナアンカ等の許容応力度（重大事故等対処設備）

荷重状態＼応力分類	ライナプレート，ライナアンカ等*1										ボルト等	
	一次応力					一次＋二次応力					一次応力	
	引張り	せん断	圧縮	曲げ	支圧	引張り／圧縮	せん断	曲げ	支圧	座屈	引張り	せん断
重大事故等時*2	1.5・ｆｔ*	1.5・ｆｓ*	1.5・ｆｃ*	1.5・ｆｂ*	1.5・ｆｐ*	—	—	—	—	—	1.5・ｆｔ*	1.5・ｆｓ*

注：本表の対象部としては，貫通部のフランジプレート，ガセットプレート等が該当する。

注記＊1：鋼構造設計規準（日本建築学会 2005 改定）等の幅厚比の制限を満足させる。

＊2：重大事故等時としてⅣの許容限界を用いる。

表4－7　コンクリート部の許容応力度（設計基準対象施設）

荷重状態＼応力分類	コンクリート部（単位：N/mm^2）	
	圧縮応力度	せん断応力度
Ⅰ，Ⅱ	$\frac{1}{3}$・F_c	$\left(0.49+\frac{F_c}{100}\right)$
Ⅳ	0.85・F_c	$1.5\cdot\left(0.49+\frac{F_c}{100}\right)$

表4－8　コンクリート部の許容応力度（重大事故等対処設備）

荷重状態＼応力分類	コンクリート部（単位：N/mm^2）	
	圧縮応力度	せん断応力度
重大事故等時*	$0.85 \cdot F_c$	$1.5 \cdot \left(0.49 + \frac{F_c}{100}\right)$

注記＊：重大事故等時としてⅣの許容限界を用いる。

表 4－9　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

評価部材	材料*1, *2	温度条件 (℃)		S (MPa)	Sy (MPa)	Su (MPa)	Sy（RT） (MPa)
スリーブ		周囲環境温度	171				
スリーブ		周囲環境温度	104				
フランジプレート及びガセットプレート		周囲環境温度	171				
フランジプレート及びガセットプレート		周囲環境温度	104				
フランジプレート		周囲環境温度	104				

注記＊1：

＊2：

表 4－10　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料*1, *2	温度条件 (℃)		S (MPa)	Sy (MPa)	Su (MPa)	Sy（RT） (MPa)
スリーブ		周囲環境温度	200				
スリーブ		周囲環境温度	200				
フランジプレート及びガセットプレート		周囲環境温度	200				
フランジプレート		周囲環境温度	200				

注記＊1：

＊2：

4.2.4　設計荷重

(1)　設計基準対象施設としての評価圧力及び評価温度

設計基準対象施設としての評価圧力及び評価温度は，以下のとおりとする。

外圧 P_1　　14kPa
内圧 P_2　　310kPa
温度 T_1　　57℃（ドライウェル）
　　35℃（サプレッションチェンバ）
試験圧力 P_3　353kPa

(2)　重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度

重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度は，以下のとおりとする。

内圧 P_{SA}　　620kPa（ＳＡ後）
温度 T_{SA}　　200℃（ＳＡ後）

(3)　水荷重（X-253 のみ考慮）

重大事故等対処設備の評価に用いる水荷重として，下記の水位による水頭圧を考慮する。

サプレッションチェンバ　水位　T.M.S.L.　　8950mm

(4)　配管荷重

図 3－1 の原子炉格納容器配管貫通部に作用する配管荷重による設計荷重のうち，設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4－11 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－12 に示す。原子炉格納容器配管貫通部の荷重作用方向を図 4－1 に示す。

表 4－11　原子炉格納容器配管貫通部の設計荷重（設計基準対象施設）

貫通部番号	最高使用圧力 (kPa)		供用状態	一次荷重				一次＋二次荷重			
				垂直力 (N)		モーメント (N･mm)		垂直力 (N)		モーメント (N･mm)	
	内圧	外圧		F_X	F_V	M_X	M_B	F_X	F_V	M_X	M_B
X-112	310	14	A，B	2.40E+02	2.40E+03	2.40E+05	1.44E+06	3.12E+03	7.68E+03	5.04E+06	6.96E+06
X-253	310	14	A，B	1.20E+02	1.20E+03	1.20E+05	7.20E+05	1.56E+03	3.84E+03	2.52E+06	3.48E+06

表 4－12　原子炉格納容器配管貫通部の設計荷重（重大事故等対処設備）

貫通部番号	最高使用圧力 (kPa)		供用状態	一次荷重				一次＋二次荷重			
				垂直力 (N)		モーメント (N･mm)		垂直力 (N)		モーメント (N･mm)	
	内圧	外圧		F_X	F_V	M_X	M_B	F_X	F_V	M_X	M_B
X-112	620	—	重大事故等時	2.40E+02	2.40E+03	2.40E+05	1.44E+06	3.40E+04	7.06E+04	5.96E+07	6.72E+07
X-253*	782	—	重大事故等時	1.20E+02	1.20E+03	1.20E+05	7.20E+05	1.70E+04	3.53E+04	2.98E+07	3.36E+07

注記＊：没水する影響として，水頭圧を考慮している。

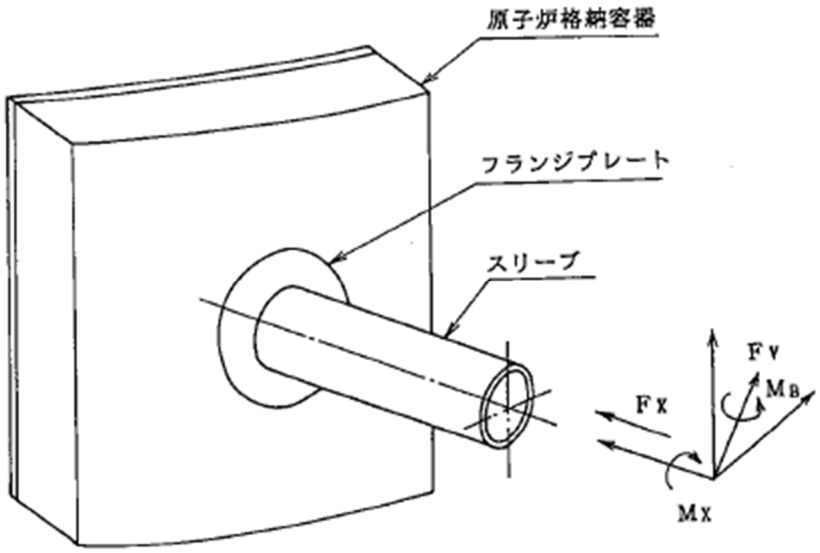


図 4－1　原子炉格納容器配管貫通部の荷重作用方向

4.3　計算方法

原子炉格納容器配管貫通部の応力評価点は，原子炉格納容器配管貫通部を構成する部材の形状及び荷重伝達経路を考慮し，発生応力が大きくなる部位を選定する。選定した応力評価点を表 4－13 及び図 4－2 に示す。

応力計算方法は既工認から変更はなく，参照図書(1)に示すとおりである。

評価の概要を以下に示す。

応力評価点 P1～P2 は，圧力については薄肉円筒の応力算出式，設計荷重については荷重と各評価断面の断面性能より評価する。

応力評価点 P4～P5 は，フランジプレートを等分布荷重を受ける 3 辺固定 1 辺自由の矩形板にモデル化し評価する。

応力評価点 P6 は，せん断応力については等分布荷重を受ける板としてモデル化し評価する。曲げ応力については等分布荷重を受ける片持ち梁としてモデル化し評価する。

応力評価点 P7 は，荷重に応じた分布を仮定して，力の釣り合い式を解いて評価する。

ガセットプレートとコンクリートの接触面に生じる最大圧縮応力度は，面積がガセットプレートと等価となる分布を仮定して評価する。

表 4－13　応力評価点

応力評価点番号	応力評価点
Ｐ１	スリーブ
Ｐ２	スリーブのフランジプレートとの結合部
Ｐ４	フランジプレート（外側）
Ｐ５	フランジプレート（内側）
Ｐ６	ガセットプレート
Ｐ７	コンクリート部

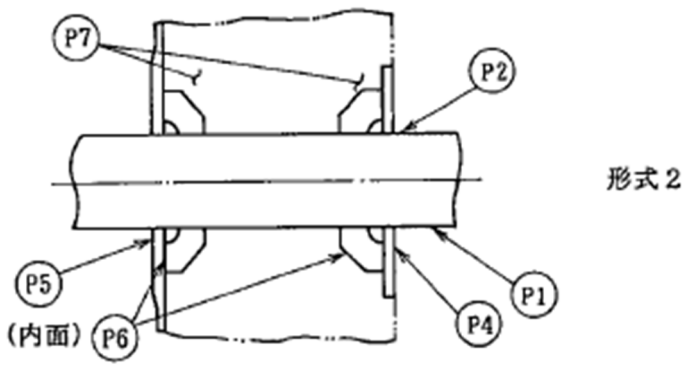


図 4－2　原子炉格納容器配管貫通部の応力評価点

4.4　計算条件

応力計算に用いる荷重を「4.2　荷重の組合せ及び許容応力」に示す。

重大事故等対処設備としての評価において，応力評価に用いる荷重の組合せは，表 4－1 に記載の組合せのうち評価上最も厳しくなる V(S)-1 とする。

4.5　応力の評価

「4.3　計算方法」で求めた応力が許容応力以下であること。

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

原子炉格納容器配管貫通部の設計基準対象施設の設計条件による荷重の強度評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足している。

(1) 強度評価結果

強度評価の結果を表 5－1～表 5－3 に示す。

なお，Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」の 5.3 項にて，設計・建設規格　PVB-3140 を満たすことを確認しているため，一次＋二次＋ピーク応力強さの評価は不要である。

表5－1　設計条件に対する評価結果（D＋P_2）（その1）

評価対象設備	評価部位		材料	温度条件（℃）	応力分類	設計条件		判定	備考
						算出応力 MPa	許容応力 MPa		
原子炉格納容器配管貫通部(X-112)	P1	スリーブ		171	一次一般膜応力	5		○	
					一次膜応力＋一次曲げ応力	5		○	
	P2	スリーブのフランジプレートとの結合部		171	一次膜応力＋一次曲げ応力	5		○	
	P4	フランジプレート（外側）		171	一次応力（曲げ応力度）	7		○	
					一次応力（せん断応力度）	1		○	
	P5	フランジプレート（内側）		171	一次応力（曲げ応力度）	18		○	
					一次応力（せん断応力度）	3		○	
	P6	ガセットプレート		171	一次応力（曲げ応力度）	8		○	
					一次応力（せん断応力度）	8		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度（フランジプレート（外側）近傍）	0.7	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（フランジプレート（内側）近傍）	1.3	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（ガセットプレート近傍）	2.1	27.5	○	単位：N/mm^2

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部はＣＣＶ規格による評価を示す。

表5－1　設計条件に対する評価結果（D＋P_2）（その2）

評価対象設備	評価部位		材料	温度条件（℃）	応力分類	設計条件		判定	備考
						算出応力 MPa	許容応力 MPa		
原子炉格納容器配管貫通部(X-253)	P1	スリーブ		104	一次一般膜応力	4		○	
					一次膜応力＋一次曲げ応力	4		○	
	P2	スリーブのフランジプレートとの結合部		104	一次膜応力＋一次曲げ応力	4		○	
	P4	フランジプレート（外側）		104	一次応力（曲げ応力度）	2		○	
					一次応力（せん断応力度）	1		○	
	P5	フランジプレート（内側）		104	一次応力（曲げ応力度）	9		○	
					一次応力（せん断応力度）	2		○	
	P6	ガセットプレート		104	一次応力（曲げ応力度）	1		○	
					一次応力（せん断応力度）	3		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度（フランジプレート（外側）近傍）	0.3	27.5	○	単位：N/mm²
			—	—	圧縮応力度（フランジプレート（内側）近傍）	0.8	27.5	○	単位：N/mm²
			—	—	圧縮応力度（ガセットプレート近傍）	0.4	27.5	○	単位：N/mm²

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部はＣＣＶ規格による評価を示す。

表5－2　供用状態A，Bに対する評価結果（D＋P_1＋T_1及びD＋P_1＋T_1＋M）（その1）(1/2)

評価対象設備	評価部位		材料	温度条件(℃)	応力分類	A，B		判定	備考
						算出応力 MPa	許容応力 MPa		
原子炉格納容器配管貫通部(X-112)	P1	スリーブ		171	一次＋二次応力	11		○	
	P2	スリーブのフランジプレートとの結合部		171	一次＋二次応力	211		○	
	P4	フランジプレート（外側）		171	一次応力（曲げ応力度）	8		○	
					一次応力（せん断応力度）	1		○	
					一次＋二次応力（曲げ応力度）	35		○	
					一次＋二次応力（せん断応力度）	4		○	
	P5	フランジプレート（内側）		171	一次応力（曲げ応力度）	20		○	
					一次応力（せん断応力度）	3		○	
					一次＋二次応力（曲げ応力度）	47		○	
					一次＋二次応力（せん断応力度）	6		○	

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部はＣＣＶ規格による評価を示す。

表5－2　供用状態A，Bに対する評価結果（D＋P_1＋T_1及びD＋P_1＋T_1＋M）（その1）(2/2)

評価対象設備	評価部位		材料	温度条件(℃)	応力分類	A，B 算出応力 MPa	A，B 許容応力 MPa	判定	備考
原子炉格納容器配管貫通部(X-112)	P6	ガセットプレート	[redacted]	171	一次応力（曲げ応力度）	8	[redacted]	○	[redacted]
					一次応力（せん断応力度）	8		○	
					一次＋二次応力（曲げ応力度）	48		○	
					一次＋二次応力（せん断応力度）	18		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度（フランジプレート（外側）近傍）	0.8	10.7	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（フランジプレート（内側）近傍）	1.4	10.7	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（ガセットプレート近傍）	2.1	10.7	○	単位：N/mm^2

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部はＣＣＶ規格による評価を示す。

表5－2　供用状態A，Bに対する評価結果（D＋P$_1$＋T$_1$及びD＋P$_1$＋T$_1$＋M）（その2）(1/2)

評価対象設備	評価部位		材料	温度条件(℃)	応力分類	A，B 算出応力 MPa	A，B 許容応力 MPa	判定	備考
原子炉格納容器配管貫通部(X-253)	P1	スリーブ		104	一次＋二次応力	7		○	
	P2	スリーブのフランジプレートとの結合部		104	一次＋二次応力	140		○	
	P4	フランジプレート（外側）		104	一次応力（曲げ応力度）	3		○	
					一次応力（せん断応力度）	1		○	
					一次＋二次応力（曲げ応力度）	11		○	
					一次＋二次応力（せん断応力度）	1		○	
	P5	フランジプレート（内側）		104	一次応力（曲げ応力度）	10		○	
					一次応力（せん断応力度）	2		○	
					一次＋二次応力（曲げ応力度）	18		○	
					一次＋二次応力（せん断応力度）	2		○	

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部はＣＣＶ規格による評価を示す。

表5－2　供用状態A，Bに対する評価結果（D＋P_1＋T_1及びD＋P_1＋T_1＋M）（その2）(2/2)

評価対象設備	評価部位		材料	温度条件(℃)	応力分類	A，B 算出応力 MPa	A，B 許容応力 MPa	判定	備考
原子炉格納容器配管貫通部(X-253)	P6	ガセットプレート	[redacted]	104	一次応力（曲げ応力度）	1	[redacted]	○	[redacted]
					一次応力（せん断応力度）	3		○	
					一次＋二次応力（曲げ応力度）	7		○	
					一次＋二次応力（せん断応力度）	4		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度（フランジプレート（外側）近傍）	0.3	10.7	○	単位：N/mm²
			—	—	圧縮応力度（フランジプレート（内側）近傍）	0.9	10.7	○	単位：N/mm²
			—	—	圧縮応力度（ガセットプレート近傍）	0.4	10.7	○	単位：N/mm²

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部はＣＣＶ規格による評価を示す。

表5－3　試験状態に対する評価結果（D＋P_3）（その1）(1/2)

評価対象設備	評価部位		材料	温度条件(℃)	応力分類	試験状態		判定	備考
						算出応力	許容応力		
						MPa	MPa		
原子炉格納容器配管貫通部(X-112)	P1	スリーブ		171	一次一般膜応力	5		○	
					一次膜応力＋一次曲げ応力	5		○	
	P2	スリーブのフランジプレートとの結合部		171	一次膜応力＋一次曲げ応力	5		○	
	P4	フランジプレート（外側）		171	一次応力（曲げ応力度）	7		○	
					一次応力（せん断応力度）	1		○	
					一次＋二次応力（曲げ応力度）	34		○	
					一次＋二次応力（せん断応力度）	4		○	
	P5	フランジプレート（内側）		171	一次応力（曲げ応力度）	20		○	
					一次応力（せん断応力度）	3		○	
					一次＋二次応力（曲げ応力度）	47		○	
					一次＋二次応力（せん断応力度）	6		○	

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部はＣＣＶ規格による評価を示す。

表5－3　試験状態に対する評価結果（D＋P_3）（その1）(2/2)

評価対象設備	評価部位		材料	温度条件（℃）	応力分類	試験状態		判定	備考
						算出応力 MPa	許容応力 MPa		
原子炉格納容器配管貫通部(X-112)	P6	ガセットプレート	[redacted]	171	一次応力（曲げ応力度）	8	[redacted]	○	[redacted]
					一次応力（せん断応力度）	8		○	
					一次＋二次応力（曲げ応力度）	48		○	
					一次＋二次応力（せん断応力度）	18		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度（フランジプレート（外側）近傍）	0.7	10.7	○	単位：N/mm²
			—	—	圧縮応力度（フランジプレート（内側）近傍）	1.4	10.7	○	単位：N/mm²
			—	—	圧縮応力度（ガセットプレート近傍）	2.1	10.7	○	単位：N/mm²

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部はＣＣＶ規格による評価を示す。

表5－3　試験状態に対する評価結果（D＋P_3）（その2）(1/2)

評価対象設備	評価部位		材料	温度条件(℃)	応力分類	試験状態		判定	備考
						算出応力	許容応力		
						MPa	MPa		
原子炉格納容器配管貫通部(X-253)	P1	スリーブ		104	一次一般膜応力	4		○	
					一次膜応力＋一次曲げ応力	4		○	
	P2	スリーブのフランジプレートとの結合部		104	一次膜応力＋一次曲げ応力	4		○	
	P4	フランジプレート（外側）		104	一次応力（曲げ応力度）	2		○	
					一次応力（せん断応力度）	1		○	
					一次＋二次応力（曲げ応力度）	10		○	
					一次＋二次応力（せん断応力度）	1		○	
	P5	フランジプレート（内側）		104	一次応力（曲げ応力度）	10		○	
					一次応力（せん断応力度）	2		○	
					一次＋二次応力（曲げ応力度）	18		○	
					一次＋二次応力（せん断応力度）	2		○	

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部はＣＣＶ規格による評価を示す。

表5－3　試験状態に対する評価結果（D＋P_3）（その2）(2/2)

評価対象設備	評価部位		材料	温度条件(℃)	応力分類	試験状態		判定	備考
						算出応力	許容応力		
						MPa	MPa		
原子炉格納容器配管貫通部(X-253)	P6	ガセットプレート	[redacted]	104	一次応力（曲げ応力度）	1	[redacted]	○	[redacted]
					一次応力（せん断応力度）	3		○	
					一次＋二次応力（曲げ応力度）	7		○	
					一次＋二次応力（せん断応力度）	4		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度（フランジプレート（外側）近傍）	0.3	10.7	○	単位：N/mm²
			—	—	圧縮応力度（フランジプレート（内側）近傍）	0.9	10.7	○	単位：N/mm²
			—	—	圧縮応力度（ガセットプレート近傍）	0.4	10.7	○	単位：N/mm²

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部はＣＣＶ規格による評価を示す。

5.2　重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉格納容器配管貫通部の重大事故等時の状態を考慮した場合の強度評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足している。

(1)　強度評価結果

強度評価の結果を表5－4に示す。

表5－4　重大事故等時に対する評価結果（D＋P_{SA}＋M_{SA}）（その1）

評価対象設備	評価部位		材料	温度条件（℃）	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力 MPa	許容応力 MPa		
原子炉格納容器配管貫通部（X-112）	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	6		○	
					一次膜応力＋一次曲げ応力	6		○	
	P2	スリーブのフランジプレートとの結合部		200	一次膜応力＋一次曲げ応力	6		○	
	P4	フランジプレート（外側）		200	一次応力（曲げ応力度）	8		○	
					一次応力（せん断応力度）	1		○	
	P5	フランジプレート（内側）		200	一次応力（曲げ応力度）	30		○	
					一次応力（せん断応力度）	4		○	
	P6	ガセットプレート		200	一次応力（曲げ応力度）	8		○	
					一次応力（せん断応力度）	12		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度（フランジプレート（外側）近傍）	6.8	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（フランジプレート（内側）近傍）	7.9	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（ガセットプレート近傍）	22.3	27.5	○	単位：N/mm^2

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部はＣＣＶ規格による評価を示す。

表5－4　重大事故等時に対する評価結果（D＋P_{SA}＋M_{SA}）（その2）

評価対象設備	評価部位		材料	温度条件(℃)	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力 MPa	許容応力 MPa		
原子炉格納容器配管貫通部(X-253)	P1	スリーブ	[redacted]	200	一次一般膜応力	8	[redacted]	○	
					一次膜応力＋一次曲げ応力	8		○	
	P2	スリーブのフランジプレートとの結合部		200	一次膜応力＋一次曲げ応力	6		○	
	P4	フランジプレート（外側）		200	一次応力（曲げ応力度）	3		○	[redacted]
					一次応力（せん断応力度）	1		○	
	P5	フランジプレート（内側）		200	一次応力（曲げ応力度）	20		○	
					一次応力（せん断応力度）	3		○	
	P6	ガセットプレート		200	一次応力（曲げ応力度）	1		○	[redacted]
					一次応力（せん断応力度）	5		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度（フランジプレート（外側）近傍）	2.2	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（フランジプレート（内側）近傍）	3.5	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（ガセットプレート近傍）	3.9	27.5	○	単位：N/mm^2

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部はＣＣＶ規格による評価を示す。

6. 参照図書

(1) 柏崎刈羽原子力発電所第７号機　第２回工事計画認可申請書
Ⅳ-3-4-2-2「原子炉格納容器配管貫通部の強度計算書」

Ⅴ-3-3-6-1-4-3　原子炉格納容器電気配線貫通部の強度計算書

目　　次

1.　概要 ····· 1
2.　一般事項 ····· 1
2.1　構造計画 ····· 1
2.2　評価方針 ····· 3
2.3　適用基準 ····· 3
2.4　記号の説明 ····· 4
2.5　計算精度と数値の丸め方 ····· 5
3.　評価部位 ····· 6
4.　強度評価 ····· 9
4.1　強度評価方法 ····· 9
4.2　荷重の組合せ及び許容応力 ····· 9
4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 9
4.2.2　許容応力 ····· 9
4.2.3　使用材料の許容応力評価条件 ····· 9
4.2.4　設計荷重 ····· 14
4.3　計算方法 ····· 16
4.4　計算条件 ····· 17
4.5　応力の評価 ····· 17
5.　評価結果 ····· 18
5.1　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 18
6.　参照図書 ····· 26

1. 概要

本計算書は，原子炉格納容器電気配線貫通部の強度計算書である。

原子炉格納容器電気配線貫通部は，設計基準対象施設の原子炉格納容器電気配線貫通部を重大事故等クラス２容器として兼用する機器である。

以下，重大事故等クラス２容器として，Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びⅤ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」に基づき，原子炉格納容器電気配線貫通部の強度評価を示す。

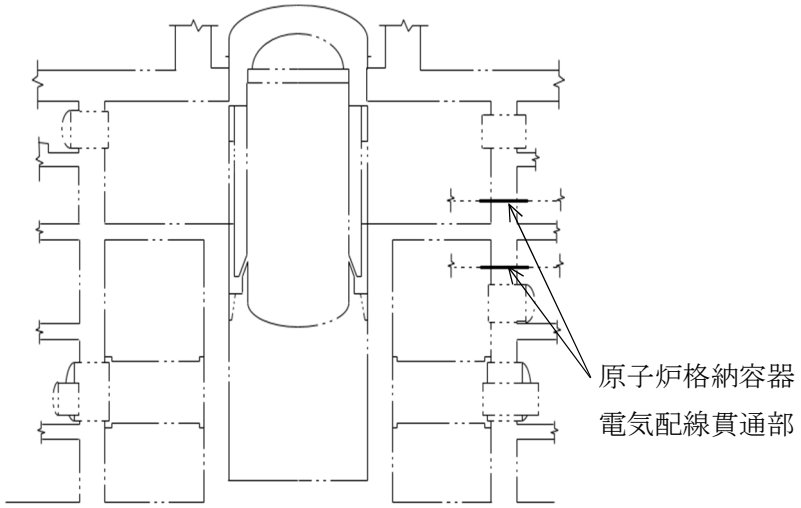
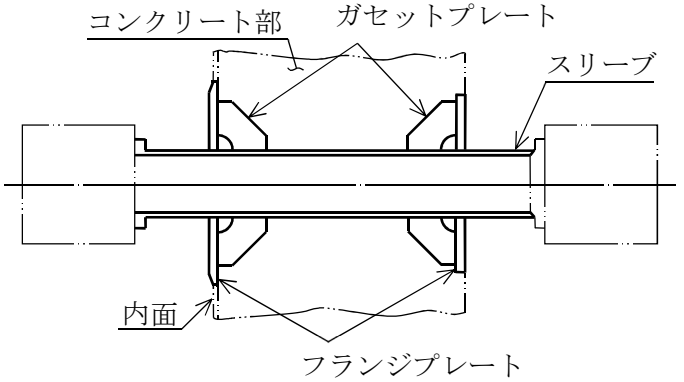
なお，本計算書においては，重大事故等時における荷重に対して，平成 4 年 3 月 27 日付け 3 資庁第 13034 号にて認可された工事計画の添付書類（参照図書(1)）（以下「既工認」という。）に示す手法に従い強度評価を行う。

2. 一般事項

2.1 構造計画

原子炉格納容器電気配線貫通部の構造計画を表 2－1 に示す。

表２－１　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
原子炉格納容器電気配線貫通部は原子炉格納容器コンクリート部に支持される。 原子炉格納容器電気配線貫通部は，原子炉格納容器と一体構造となっており，鉛直方向荷重及び水平方向荷重は，原子炉格納容器シェル部あるいは原子炉格納容器底部を介して原子炉建屋に伝達させる。	スリーブ，フランジプレート及びガセットプレートで構成される鋼製構造物である。 原子炉格納容器埋込部には，フランジプレート及びガセットプレートを備える。	  原子炉格納容器電気配線貫通部　拡大図

2.2　評価方針

原子炉格納容器電気配線貫通部の応力評価は，Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びⅤ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「3.　評価部位」にて設定する箇所において重大事故等における温度，圧力による応力等が許容限界内に収まることを，「4.　強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5.　評価結果」に示す。

原子炉格納容器電気配線貫通部の強度評価フローを図2－1に示す。

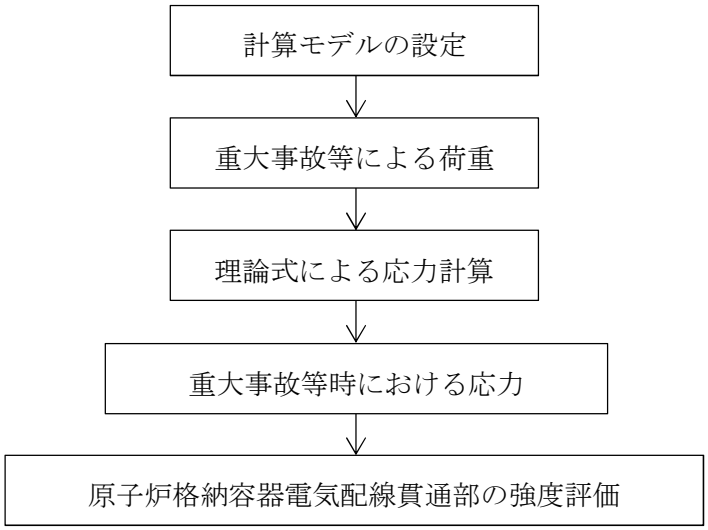


図2－1　原子炉格納容器電気配線貫通部の強度評価フロー

2.3　適用基準

適用基準を以下に示す。

(1)　発電用原子力設備に関する構造等の技術基準（昭和55年10月30日　通商産業省告示第５０１号）（以下「告示第５０１号」という。）

(2)　コンクリート製原子炉格納容器に関する構造等の技術基準（平成2年10月22日　通商産業省告示第４５２号）（以下「告示第４５２号」という。）

2.4　記号の説明

記号	記号の説明	単位
D	死荷重	—
D_1	外径	mm
f_b	許容曲げ応力度	MPa
f_c	許容圧縮応力度	MPa
f_p	許容支圧応力度	MPa
f_s	許容せん断応力度	MPa
f_t	許容引張応力度	MPa
F_c	コンクリートの設計基準強度	kg/cm^2, N/mm^2
F_x	垂直力	N
F_v	垂直力	N
ℓ_1	長さ	mm
L	活荷重	—
M_{SA}	機械的荷重（ＳＡ後機械的荷重）	—
M_B	モーメント	N･mm
n	ガセットプレートの枚数	—
P_{SA}	圧力（ＳＡ後圧力）	kPa
R_{SA}	配管荷重（ＳＡ後配管荷重）	—
S	許容引張応力	MPa
S_u	設計引張強さ	MPa
S_y	設計降伏点	MPa
S_y（ＲＴ）	40℃における設計降伏点	MPa
t_i	厚さ（ｉ＝1，2，3）	mm
T_{SA}	温度（ＳＡ後温度）	℃

2.5　計算精度と数値の丸め方

精度は，有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表2－2に示すとおりとする。

表2－2　表示する数値の丸め方

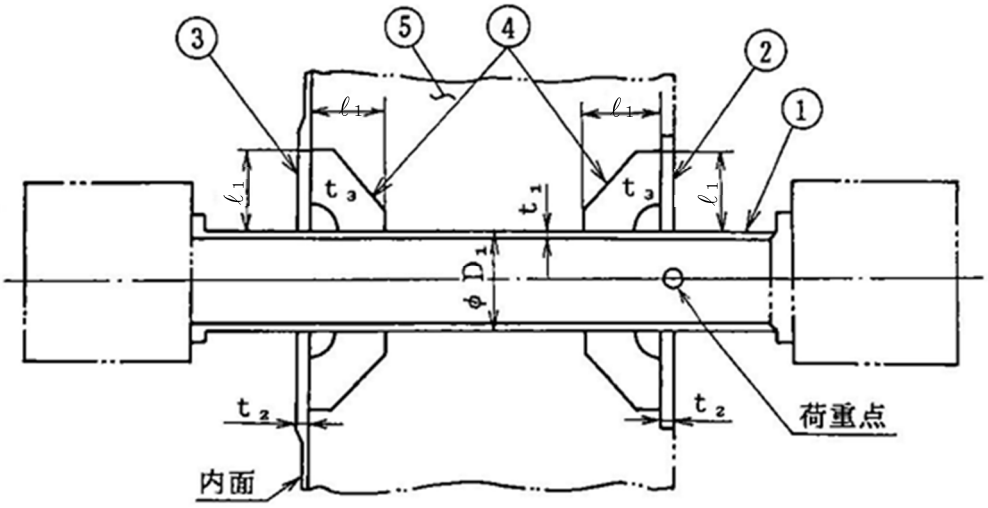
数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
圧力	kPa	―	―	整数位
温度	℃	―	―	整数位
許容応力*1	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
力	N	有効数字4桁目	四捨五入	有効数字3桁*2

注記＊1：告示第５０１号別表に記載された温度の中間における許容引張応力，設計降伏点及び設計引張強さは，比例法により補間した値の小数点以下第2位を切り捨て，小数点以下第1位までの値として算出する。得られた値をSI単位に換算し，SI単位に換算した値の小数点以下第1位を切り捨てて整数化する。

＊2：絶対値が1000以上のときはべき数表示とする。

3. 評価部位

原子炉格納容器電気配線貫通部の形状を図 3－1 に，仕様を表 3－1 に示す。



①スリーブ　②フランジプレート（外側）　③フランジプレート（内側）
④ガセットプレート　⑤コンクリート部

図 3－1　原子炉格納容器電気配線貫通部の形状

K7 ① V-3-3-6-1-4-3 R1

表 3－1　原子炉格納容器電気配線貫通部の仕様（その 1）

貫通部番号	スリーブ			フランジプレート			ガセットプレート			
	外径 D_1 (mm)	板厚 t_1 (mm)	材質*1	板厚 t_2 (mm)	材質*2		長さ ℓ_1 (mm)	板厚 t_3 (mm)	枚数*3 n(枚)	材質*2
					外側	内側				
X-100A～E										
X-101A～G										
X-102A～G										
X-103A～E										
X-104A～H										
X-105A～D										
X-300A，B										

注記＊1：[redacted]を示す。

＊2：[redacted]を示す。

＊3：ガセットプレートの枚数は，原子炉格納容器壁の内側及び外側それぞれの枚数を示す。

表 3－1　原子炉格納容器電気配線貫通部の仕様（その 2）

使用部位	使用材料	備考
コンクリート部	コンクリート（F_c＝330kg/cm^2）	F_c＝32.4N/mm^2

4.　強度評価

4.1　強度評価方法

(1)　原子炉格納容器電気配線貫通部は，スリーブが原子炉格納容器コンクリート部に埋め込まれた構造であり，荷重は原子炉格納容器コンクリートを介して原子炉建屋に伝達される。

原子炉格納容器電気配線貫通部の強度評価として，Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」において設定された荷重を用いて，参照図書(1)に示す既工認の手法に従い強度評価を行う。また，重大事故等対処設備としての評価においては，没水時における原子炉格納容器電気配線貫通部内部の水重量及び水頭圧を考慮する。

(2)　強度評価に用いる寸法は，公称値を用いる。

4.2　荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉格納容器電気配線貫通部の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－1 に示す。

詳細な荷重の組合せは，Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」に従い，対象機器の設置位置等を考慮し決定する。なお，考慮する荷重の組合せは，組み合わせる荷重の大きさを踏まえ，評価上厳しくなる組合せを選定する。

4.2.2　許容応力

原子炉格納容器電気配線貫通部の許容応力及び許容応力度は，Ⅴ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」に基づき
表 4－2～表 4－4 に示すとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

原子炉格納容器電気配線貫通部の使用材料の許容応力評価条件のうち，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－5 に示す。

表４－１　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	機器等の区分	荷重の組合せ*1，*2		許容応力状態*1 ＜荷重状態＞
原子炉格納施設	原子炉格納容器	原子炉格納容器電気配線貫通部	重大事故等クラス２容器	Ｄ＋Ｐ$_{SA}$＋Ｍ$_{SA}$ ＜Ｄ＋Ｌ＋Ｐ$_{SA}$＋Ｒ$_{SA}$＞	(Ⅴ(S)-1) (Ⅴ(S)-2) (Ⅴ(S)-3)	重大事故等時*3 ＜重大事故等時＞

注記＊1：告示第４５２号による場合は，＜　＞内の荷重状態及び荷重の組合せを適用する。

＊2：（　）内はⅤ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」における表5－4の荷重の組合せのNo.を示す。

＊3：重大事故等時としてⅣ$_A$（＜Ⅳ＞）の許容限界を用いる。

表4－2　許容応力（第２種容器）

応力分類 許容 応力状態	一次一般膜応力	一次膜応力＋一次曲げ応力
重大事故 等時*	構造上の連続な部分は0.6・Ｓｕ，不連続な部分はＳｙと0.6・Ｓｕの小さい方。ただし，オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については，構造上の連続な部分は2・Ｓと0.6・Ｓｕの小さい方，不連続な部分は1.2・Ｓとする。	左欄の 1.5倍の値

注記＊：重大事故等時としてⅣ$_A$の許容限界を用いる。

表4－3　ライナプレート，ライナアンカ等の許容応力度

荷重状態＼応力分類	ライナプレート，ライナアンカ等*1										ボルト等	
	一次応力					一次＋二次応力					一次応力	
	引張り	せん断	圧縮	曲げ	支圧	引張り／圧縮	せん断	曲げ	支圧	座屈	引張り	せん断
重大事故等時*2	1.5・ｆｔ*	1.5・ｆｓ*	1.5・ｆｃ*	1.5・ｆｂ*	1.5・ｆｐ*	—	—	—	—	—	1.5・ｆｔ*	1.5・ｆｓ*

注：本表の対象部としては，貫通部のフランジプレート，ガセットプレート等が該当する。

注記＊1：鋼構造設計規準（日本建築学会 1973 改定）等の幅厚比の制限を満足させる。

＊2：重大事故等時としてⅣの許容限界を用いる。

表4－4　コンクリート部の許容応力度

荷重状態＼応力分類	コンクリート部　（単位：kg/cm^2）	
	圧縮応力度	せん断応力度
重大事故等時*	0.85・Ｆｃ	次の二つの計算式のうち いずれかｆｓの値の小さい方の 1.5倍の値 $f_s = \left(\frac{F_c}{30}\right)$ $f_s = \left(5 + \frac{F_c}{100}\right)$

注記＊：重大事故等時としてⅣの許容限界を用いる。

表 4－5　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		S (MPa)	S_y (MPa)	S_u (MPa)	S_y（RT） (MPa)
スリーブ	[redacted]	周囲環境温度	200	—	[redacted]	[redacted]	—
フランジプレート及びガセットプレート	[redacted]	周囲環境温度	200	—	[redacted]	[redacted]	—

注記＊1：[redacted]を示す。
＊2：[redacted]を示す。

4.2.4　設計荷重

(1)　重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度

重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度は，以下のとおりとする。

内圧P_{SA}　　620kPa（ＳＡ後）

温度T_{SA}　　200℃（ＳＡ後）

(2)　水荷重（X-300A,B のみ考慮）

重大事故等対処設備の評価に用いる水荷重として，没水時における原子炉格納容器電気配線貫通部内部の水重量及び下記の水位による水頭圧を考慮する。

原子炉格納容器電気配線貫通部内保有水重量 [redacted] N

水位　T.M.S.L.　　8950mm

(3)　原子炉格納容器電気配線貫通部の設計荷重

図 3－1 の原子炉格納容器電気配線貫通部に作用する設計荷重を表 4－6 に示す。原子炉格納容器電気配線貫通部の荷重作用方向を図 4－1 に示す。

表 4－6　原子炉格納容器電気配線貫通部の設計荷重（重大事故等対処設備）

貫通部番号	一次荷重			一次＋二次荷重		
	垂直力 (N)		モーメント (N･mm)	垂直力 (N)		モーメント (N･mm)
	F_x	F_v	M_B	F_x	F_v	M_B
X-100A～E	[redacted]					
X-101A～G						
X-102A～G						
X-103A～E						
X-104A～H						
X-105A～D						
X-300A,B						

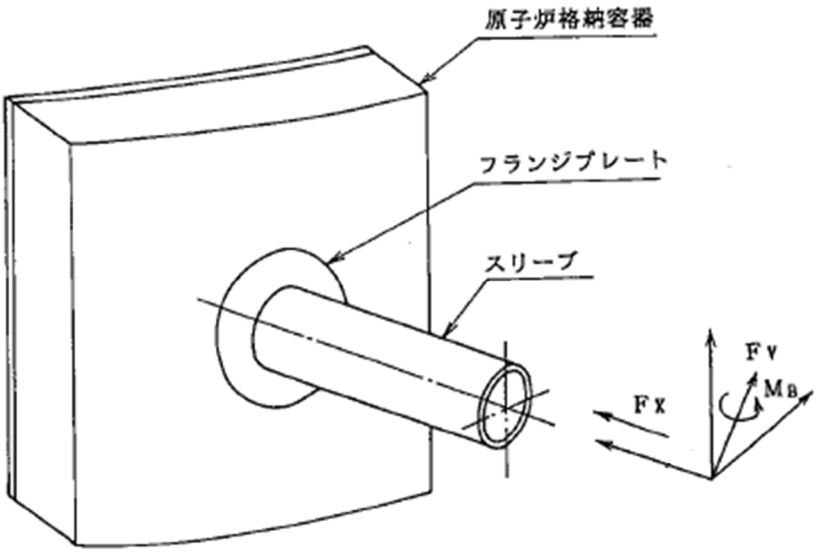


図 4－1　原子炉格納容器電気配線貫通部の荷重作用方向

4.3　計算方法

原子炉格納容器電気配線貫通部の応力評価点は，原子炉格納容器電気配線貫通部を構成する部材の形状及び荷重伝達経路を考慮し，発生応力が大きくなる部位を選定する。選定した応力評価点を表 4－7 及び図 4－2 に示す。

応力計算方法は既工認から変更はなく，参照図書(1)に示すとおりである。

評価の概要を以下に示す。

応力評価点 P1～P2 は，圧力について薄肉円筒の応力算出式，設計荷重について荷重と各評価断面の断面性能より評価する。

応力評価点 P3～P4 は，フランジプレートを等分布荷重を受ける 3 辺固定 1 辺自由の矩形板にモデル化し評価する。

応力評価点 P5 は，せん断応力について等分布荷重を受ける板としてモデル化し評価する。曲げ応力について等分布荷重を受ける片持ち梁としてモデル化し評価する。

応力評価点 P6 は，荷重に応じた分布を仮定して，力の釣り合い式を解いて評価する。

ガセットプレートとコンクリートの接触面に生じる最大圧縮応力度は，面積がガセットプレートと等価となる分布を仮定して評価する。

表 4－7　応力評価点

応力評価点番号	応力評価点
Ｐ１	スリーブ
Ｐ２	スリーブのフランジプレートとの結合部
Ｐ３	フランジプレート（外側）
Ｐ４	フランジプレート（内側）
Ｐ５	ガセットプレート
Ｐ６	コンクリート部

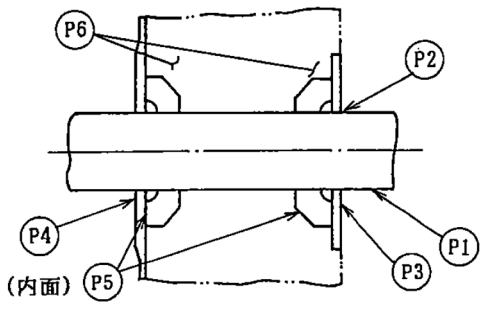


図 4－2　原子炉格納容器電気配線貫通部の応力評価点

4.4　計算条件

応力計算に用いる荷重を「4.2　荷重の組合せ及び許容応力」に示す。

応力評価に用いる荷重の組合せは，表 4－1 に記載の組合せのうち評価上最も厳しくなる V(S)-1 とする。

4.5　応力の評価

「4.3　計算方法」で求めた応力が許容応力以下であること。

5. 評価結果

5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉格納容器電気配線貫通部の重大事故等時の状態を考慮した場合の強度評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足している。

(1) 強度評価結果

強度評価結果を表 5－1 に示す。

表 5－1　重大事故等時に対する評価結果（D＋P_{SA}＋M_{SA}）（その 1）

評価対象設備	評価部位		材料	温度条件（℃）	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力 MPa	許容応力 MPa		
原子炉格納容器電気配線貫通部（X-100A～E）	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	7		○	
					一次膜応力＋一次曲げ応力	7		○	
	P2	スリーブのフランジプレートとの結合部		200	一次膜応力＋一次曲げ応力	7		○	
	P3	フランジプレート（外側）		200	曲げ応力度	21		○	
					せん断応力度	2		○	
	P4	フランジプレート（内側）		200	曲げ応力度	53		○	
					せん断応力度	6		○	
	P5	ガセットプレート		200	曲げ応力度	20		○	
					せん断応力度	16		○	
	P6	コンクリート部	—	—	圧縮応力度（フランジプレート（外側）近傍）	0.6	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（フランジプレート（内側）近傍）	1.9	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（ガセットプレート近傍）	1.2	27.5	○	単位：N/mm^2

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部は告示第４５２号による評価を示す。

表5－1　重大事故等時に対する評価結果（D＋P_{SA}＋M_{SA}）（その2）

評価対象設備	評価部位		材料	温度条件（℃）	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力 MPa	許容応力 MPa		
原子炉格納容器電気配線貫通部（X-101A～G）	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	11		○	
					一次膜応力＋一次曲げ応力	11		○	
	P2	スリーブのフランジプレートとの結合部		200	一次膜応力＋一次曲げ応力	11		○	
	P3	フランジプレート（外側）		200	曲げ応力度	38		○	
					せん断応力度	4		○	
	P4	フランジプレート（内側）		200	曲げ応力度	60		○	
					せん断応力度	7		○	
	P5	ガセットプレート		200	曲げ応力度	39		○	
					せん断応力度	24		○	
	P6	コンクリート部	—	—	圧縮応力度（フランジプレート（外側）近傍）	0.9	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（フランジプレート（内側）近傍）	2.0	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（ガセットプレート近傍）	1.6	27.5	○	単位：N/mm^2

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部は告示第４５２号による評価を示す。

表 5－1　重大事故等時に対する評価結果（D＋P_{SA}＋M_{SA}）（その 3）

評価対象設備	評価部位		材料	温度条件（℃）	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力 MPa	許容応力 MPa		
原子炉格納容器電気配線貫通部（X-102A～G）	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	11		○	
					一次膜応力＋一次曲げ応力	11		○	
	P2	スリーブのフランジプレートとの結合部		200	一次膜応力＋一次曲げ応力	11		○	
	P3	フランジプレート（外側）		200	曲げ応力度	38		○	
					せん断応力度	4		○	
	P4	フランジプレート（内側）		200	曲げ応力度	60		○	
					せん断応力度	7		○	
	P5	ガセットプレート		200	曲げ応力度	39		○	
					せん断応力度	24		○	
	P6	コンクリート部	—	—	圧縮応力度（フランジプレート（外側）近傍）	0.9	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（フランジプレート（内側）近傍）	2.0	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（ガセットプレート近傍）	1.6	27.5	○	単位：N/mm^2

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部は告示第４５２号による評価を示す。

表5－1　重大事故等時に対する評価結果（D＋P_{SA}＋M_{SA}）（その4）

評価対象設備	評価部位		材料	温度条件（℃）	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力 MPa	許容応力 MPa		
原子炉格納容器電気配線貫通部（X-103A～E）	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	11		○	
					一次膜応力＋一次曲げ応力	11		○	
	P2	スリーブのフランジプレートとの結合部		200	一次膜応力＋一次曲げ応力	11		○	
	P3	フランジプレート（外側）		200	曲げ応力度	38		○	
					せん断応力度	4		○	
	P4	フランジプレート（内側）		200	曲げ応力度	60		○	
					せん断応力度	7		○	
	P5	ガセットプレート		200	曲げ応力度	39		○	
					せん断応力度	24		○	
	P6	コンクリート部	—	—	圧縮応力度（フランジプレート（外側）近傍）	0.9	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（フランジプレート（内側）近傍）	2.0	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（ガセットプレート近傍）	1.6	27.5	○	単位：N/mm^2

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部は告示第４５２号による評価を示す。

表5－1　重大事故等時に対する評価結果（D＋P_{SA}＋M_{SA}）（その5）

評価対象設備	評価部位		材料	温度条件（℃）	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力 MPa	許容応力 MPa		
原子炉格納容器電気配線貫通部（X-104A～H）	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	11		○	
					一次膜応力＋一次曲げ応力	11		○	
	P2	スリーブのフランジプレートとの結合部		200	一次膜応力＋一次曲げ応力	11		○	
	P3	フランジプレート（外側）		200	曲げ応力度	38		○	
					せん断応力度	4		○	
	P4	フランジプレート（内側）		200	曲げ応力度	60		○	
					せん断応力度	7		○	
	P5	ガセットプレート		200	曲げ応力度	39		○	
					せん断応力度	24		○	
	P6	コンクリート部	—	—	圧縮応力度（フランジプレート（外側）近傍）	0.9	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（フランジプレート（内側）近傍）	2.0	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（ガセットプレート近傍）	1.6	27.5	○	単位：N/mm^2

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部は告示第４５２号による評価を示す。

表5－1　重大事故等時に対する評価結果（D＋P_{SA}＋M_{SA}）（その6）

評価対象設備	評価部位		材料	温度条件（℃）	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力 MPa	許容応力 MPa		
原子炉格納容器電気配線貫通部（X-105A～D）	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	11		○	
					一次膜応力＋一次曲げ応力	11		○	
	P2	スリーブのフランジプレートとの結合部		200	一次膜応力＋一次曲げ応力	11		○	
	P3	フランジプレート（外側）		200	曲げ応力度	38		○	
					せん断応力度	4		○	
	P4	フランジプレート（内側）		200	曲げ応力度	60		○	
					せん断応力度	7		○	
	P5	ガセットプレート		200	曲げ応力度	39		○	
					せん断応力度	24		○	
	P6	コンクリート部	—	—	圧縮応力度（フランジプレート（外側）近傍）	0.9	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（フランジプレート（内側）近傍）	2.0	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（ガセットプレート近傍）	1.6	27.5	○	単位：N/mm^2

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部は告示第４５２号による評価を示す。

表5－1　重大事故等時に対する評価結果（D＋P_{SA}＋M_{SA}）（その7）

評価対象設備	評価部位		材料	温度条件（℃）	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力 MPa	許容応力 MPa		
原子炉格納容器電気配線貫通部（X-300A,B）	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	17		○	
					一次膜応力＋一次曲げ応力	17		○	
	P2	スリーブのフランジプレートとの結合部		200	一次膜応力＋一次曲げ応力	17		○	
	P3	フランジプレート（外側）		200	曲げ応力度	70		○	
					せん断応力度	8		○	
	P4	フランジプレート（内側）		200	曲げ応力度	92		○	
					せん断応力度	11		○	
	P5	ガセットプレート		200	曲げ応力度	52		○	
					せん断応力度	36		○	
	P6	コンクリート部	—	—	圧縮応力度（フランジプレート（外側）近傍）	1.6	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（フランジプレート（内側）近傍）	2.7	27.5	○	単位：N/mm^2
			—	—	圧縮応力度（ガセットプレート近傍）	2.1	27.5	○	単位：N/mm^2

注：本表のフランジプレート，ガセットプレート及びコンクリート部は告示第４５２号による評価を示す。

6. 参照図書

(1) 柏崎刈羽原子力発電所第７号機　第２回工事計画認可申請書
Ⅳ-3-4-2-3「原子炉格納容器電気配線貫通部の強度計算書」

Ⅴ-3-3-6-2　圧力低減設備その他の安全設備の強度計算書

Ⅴ-3-3-6-2-1　ダイヤフラムフロアの強度計算書

目　　次

1.　概要 ····· 1
2.　一般事項 ····· 1
2.1　構造計画 ····· 1
2.2　評価方針 ····· 3
2.3　適用基準 ····· 4
2.4　記号の説明 ····· 5
2.5　計算精度と数値の丸め方 ····· 6
3.　評価部位 ····· 7
4.　強度評価 ····· 9
4.1　強度評価方法 ····· 9
4.2　荷重の組合せ及び許容値 ····· 9
4.2.1　荷重の組合せ及び荷重状態 ····· 9
4.2.2　許容値 ····· 9
4.2.3　使用材料の許容応力度評価条件 ····· 9
4.2.4　設計荷重 ····· 13
4.3　計算方法 ····· 14
4.3.1　評価点 ····· 14
4.3.2　解析モデル及び諸元 ····· 16
4.3.3　荷重，応力度及びひずみ計算方法 ····· 16
4.4　計算条件 ····· 18
4.5　評価 ····· 18
5.　評価結果 ····· 19
5.1　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 19
6.　参照図書 ····· 25

1. 概要

本計算書は，ダイヤフラムフロアの強度計算書である。

ダイヤフラムフロアは，設計基準対象施設のダイヤフラムフロアを重大事故等対処設備として兼用する機器である。

以下，Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」に基づき，ダイヤフラムフロアの強度評価を示す。

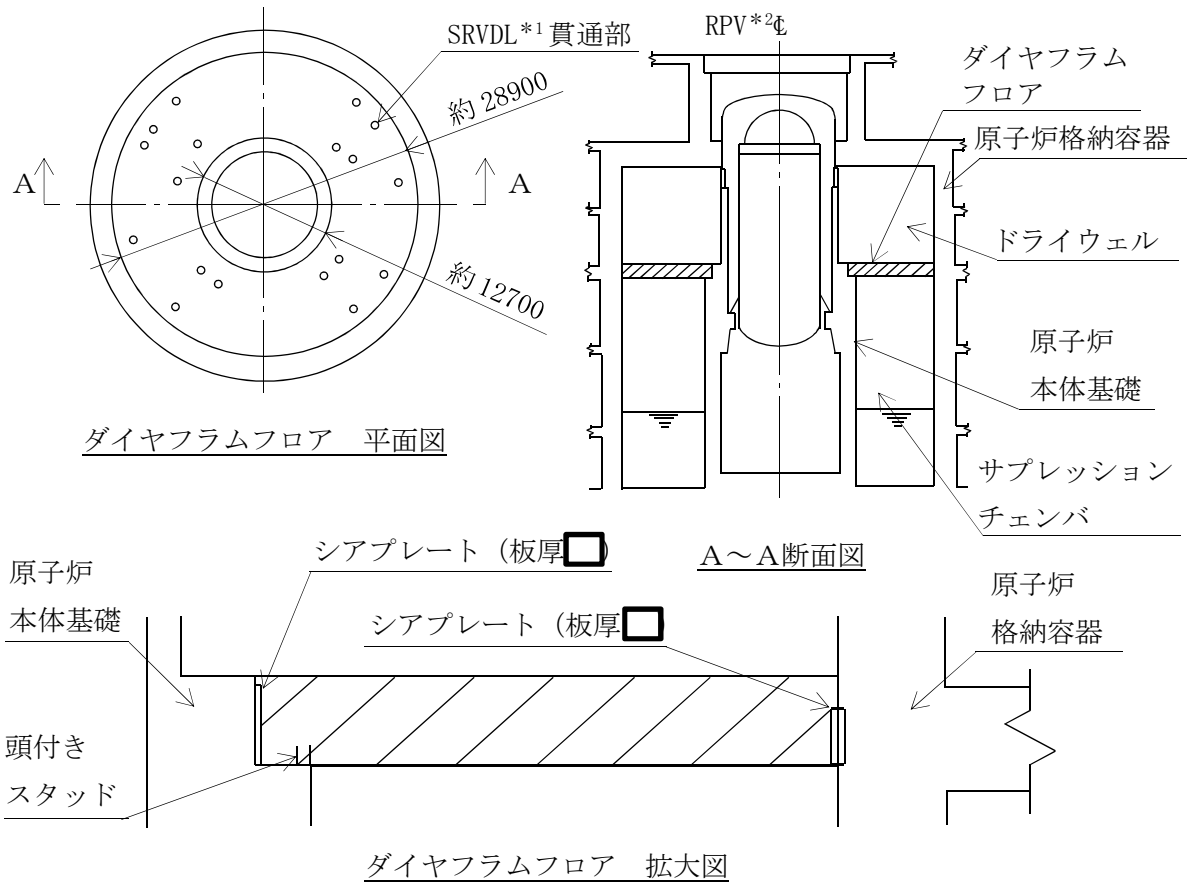
なお，本計算書においては，重大事故等時における荷重に対して，平成4年3月27日付け3資庁第13034号にて認可された工事計画の添付書類（参照図書(1)）（以下「既工認」という。）に示す手法に従い強度評価を行う。

2. 一般事項

2.1 構造計画

ダイヤフラムフロアの構造計画を表2－1に示す。

表２－１　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
ダイヤフラムフロアは原子炉本体の基礎（以下「原子炉本体基礎」という。）及び原子炉格納容器シェル部に支持される。 ダイヤフラムフロアの鉛直方向荷重及び水平方向荷重は，原子炉本体基礎及び原子炉格納容器シェル部を介して原子炉建屋に伝達される。	鉄筋コンクリートスラブと鋼板で構成される構造物である。鉄筋コンクリートスラブは外径約 28900mm，内径約 12700mm，厚さ 1200mm である。原子炉格納容器シェル部及び原子炉本体基礎とダイヤフラムフロアの接合部を構成する鋼板（シアプレート）は板厚□mm と□mm である。	 注記＊1：逃がし安全弁排気管を示す。 ＊2：原子炉圧力容器を示す。 （単位：mm）

2.2　評価方針

ダイヤフラムフロアの応力評価は，Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに「2.3　適用基準」にて設定される許容限界に基づき，「3.　評価部位」にて設定する箇所において，重大事故等時における圧力による応力度等が許容限界内に収まることを，「4.　強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5.　評価結果」に示す。

ダイヤフラムフロアの強度評価フローを図 2－1 に示す。

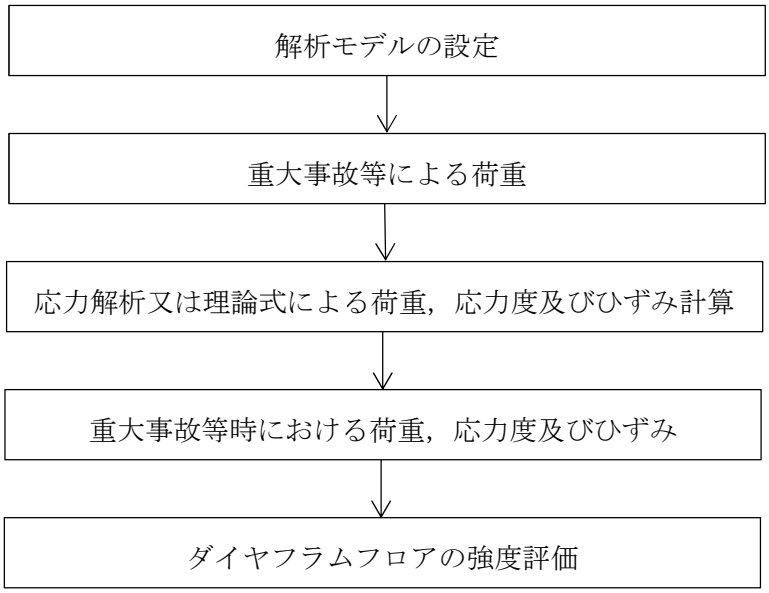


図 2－1　ダイヤフラムフロアの強度評価フロー

2.3　適用基準

適用基準を以下に示す。

(1)　コンクリート製原子炉格納容器に関する構造等の技術基準（平成2年10月22日　通商産業省告示第４５２号）（以下「告示第４５２号」という。）

(2)　各種合成構造設計指針・同解説（日本建築学会　1985 制定）

(3)　鋼構造設計規準（日本建築学会　1973改定）

2.4　記号の説明

記号	記号の説明	単位
D	死荷重	—
E	ヤング係数	N/mm^2
f_b	許容曲げ応力度	N/mm^2
f_s	許容せん断応力度	N/mm^2
F	許容応力度の基準値	N/mm^2
F_c	コンクリートの設計基準強度	kg/cm^2, N/mm^2
H_{SA}	水力学的動荷重	—
L	活荷重	—
P_{SA}	圧力（ＳＡ後内圧）	—
P_W	面外せん断補強筋比	—
Q_{A1}	コンクリートの許容面外せん断力	N/mm
Q_{A2}	鉄筋で補強した場合の許容面外せん断力	N/mm
Q_x	円周方向の面外せん断力	N/mm
Q_y	放射方向の面外せん断力	N/mm
R_{SA}	配管荷重（ＳＡ後配管荷重）	—
S_u	設計引張強さ	N/mm^2
S_y	設計降伏点	N/mm^2
T	温度	℃
V	鉛直方向荷重	kN/m^2, kN
α	線膨張係数，せん断スパン比による割増し係数	1/℃，—
$_c\varepsilon_c$	コンクリートの圧縮ひずみ	—
$_s\varepsilon_c$	鉄筋の圧縮ひずみ	—
$_s\varepsilon_t$	鉄筋の引張ひずみ	—
ν	ポアソン比	—
ρ	単位体積質量	kN/m^3

2.5　計算精度と数値の丸め方

精度は，有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表 2－2 に示すとおりとする。

表 2－2　表示する数値の丸め方

数値の種類		単位	処理桁	処理方法	表示桁
温度		℃	―	―	整数位
許容応力度		N/mm^2	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位
算出応力度		N/mm^2	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
許容ひずみ		―	―	―	小数点以下第 3 位
算出ひずみ		―	小数点以下第 7 位	切上げ	小数点以下第 6 位
許容荷重	面外せん断力	N/mm	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位
	スタッドに対するせん断力	N/本	有効数字 5 桁目	切捨て	有効数字 4 桁*
算出荷重	面外せん断力	N/mm	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
	スタッドに対するせん断力	N/本	有効数字 5 桁目	切上げ	有効数字 4 桁*

注記＊：絶対値が 1000 以上のときはべき数表示とする。

3.　評価部位

ダイヤフラムフロアの形状及び主要寸法を図 3－1 に，使用材料及び使用部位を表 3－1 に示す。

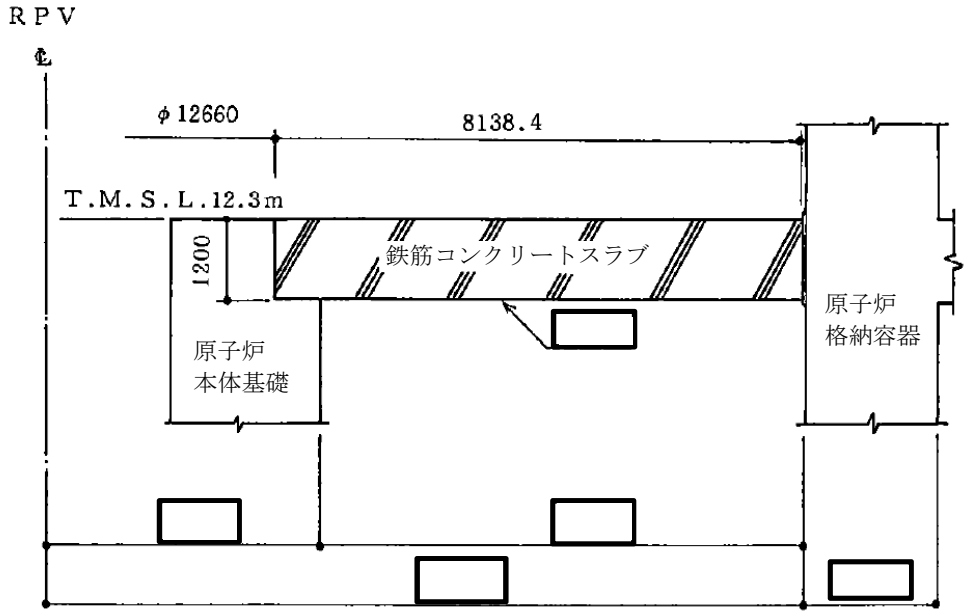


図 3－1　ダイヤフラムフロアの形状及び主要寸法（単位：mm）

表 3－1　使用材料表

使用部位		使用材料	備考
鉄筋コンクリートスラブ	コンクリート部	コンクリート	
	鉄筋		
構造用鋼材 （シアプレート）			

4.　強度評価

4.1　強度評価方法

(1)　ダイヤフラムフロアの荷重は，原子炉本体基礎及び原子炉格納容器シェル部を介して原子炉建屋に伝達される。ダイヤフラムフロアの強度評価として，Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」において設定された荷重を用いて，参照図書(1)に示す既工認の手法に従い強度評価を行う。

(2)　強度評価に用いる寸法は，公称値を用いる。

4.2　荷重の組合せ及び許容値

4.2.1　荷重の組合せ及び荷重状態

ダイヤフラムフロアの荷重の組合せ及び荷重状態のうち，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－1 に示す。

詳細な荷重の組合せは，Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」に従い，対象機器の設置位置等を考慮し決定する。なお，考慮する荷重の組合せは，組み合わせる荷重の大きさを踏まえ，評価上厳しくなる組合せを選定する。

4.2.2　許容値

ダイヤフラムフロアの許容値は，「2.3　適用基準」に基づき表 4－2～表 4－7 に示すとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力度評価条件

ダイヤフラムフロアの使用材料の許容応力度評価条件を表 4－8 に示す。

表 4－1　荷重の組合せ及び荷重状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	機器等の区分	荷重の組合せ*1		荷重状態*2 ＜許容応力状態＞
原子炉格納施設	圧力低減設備その他の安全設備	ダイヤフラムフロア	建物・構築物	Ｄ＋Ｌ＋P_{SA}＋R_{SA}＋H_{SA}	(Ⅴ(S)-1) (Ⅴ(S)-2) (Ⅴ(S)-3)	重大事故等時*3 ＜短期＞

注記＊1：（　）内はⅤ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」における表5－4の荷重の組合せのNo.を示す。

＊2：鋼構造設計規準による場合は，＜　＞内の許容応力状態を適用する。

＊3：重大事故等時としてⅣの許容限界を用いる。

表4－2　コンクリートの許容応力度

荷重状態＼応力分類	コンクリート（単位：kg/cm²）	
	圧縮応力度*1	せん断応力度*2
重大事故等時	0.85・Ｆｃ	次の二つの計算式のうちいずれかｆｓの値の小さい方の1.5倍の値 $f_s = \left(\frac{F_c}{30}\right)$ $f_s = \left(5 + \frac{F_c}{100}\right)$

注記＊1：重大事故等時としてⅣの許容限界を用いる。

＊2：重大事故等時としてⅢの許容限界を用いる。

表4－3　鉄筋の面外せん断力に対する許容応力度（単位：N/mm²）

荷重状態	引張応力度*
重大事故等時	[redacted]

注記＊：重大事故等時としてⅢの許容限界を用いる。

表4－4　鉄筋とコンクリートの許容ひずみ

荷重状態	鉄筋		コンクリート
	引張ひずみ*	圧縮ひずみ*	圧縮ひずみ*
重大事故等時	0.005	0.005	0.003

注記＊：重大事故等時としてⅣの許容限界を用いる。

表4－5　コンクリートの許容面外せん断力（単位：N/mm）

荷重状態	面外せん断力*
重大事故等時	944

注記＊：重大事故等時としてⅢの許容限界を用いる。

表4－6　構造用鋼材の許容応力度

許容応力状態	曲げ	せん断
短期	1.5・ｆｂ	1.5・ｆｓ

表4－7　原子炉本体基礎接合部半径方向水平力伝達用頭付スタッドの許容値（単位：N/本）

許容応力状態	せん断力
短期	[redacted]

表 4－8　使用材料の許容応力度評価条件

評価部材		材料*1, *2	F (N/mm^2)	Ｓｙ (N/mm^2)	Ｓｕ (N/mm^2)
構造用鋼材（シアプレート）	原子炉格納容器接合部	[redacted]			
	原子炉本体基礎接合部				

注記＊1：[redacted]は[redacted]を示す。
＊2：[redacted]は[redacted]を示す。

4.2.4　設計荷重

(1)　重大事故等対処設備としての設計荷重

重大事故等対処設備としてのダイヤフラムフロアの設計荷重を表 4－9 に示す。

表 4－9　設計荷重（重大事故等対処設備）

荷重		荷重記号*1	ダイヤフラムフロアに作用する荷重
重大事故等時荷重	死荷重	D	V：□kN/m^2
	SA 時内圧	P_{SA}	620kPa（D/W　620kPa，S/C　620kPa） 310kPa（D/W　310kPa，S/C　310kPa）
	SA 時差圧		173kPa（D/W　620kPa，S/C　447kPa） −100kPa（D/W　520kPa，S/C　620kPa）
	SA 時 配管荷重	R_{SA}	V：□kN*2

注 1：D/W はドライウェル，S/C はサプレッションチェンバを示す。

注 2：Vは鉛直方向を示す（下向きを正とする。）。

注 3：原子炉格納容器及び原子炉本体基礎より間接的に作用する水力学的動荷重についても考慮する。

注記＊1：表 4-1 の荷重の組合せの記号を示す。

＊2：逃がし安全弁排気管貫通部 1 箇所当たりの荷重を示す。

4.3　計算方法

4.3.1　評価点

ダイヤフラムフロアの評価点は，ダイヤフラムフロアを構成する部材の形状及び荷重伝達経路を考慮し，発生荷重，応力度又はひずみが大きくなる部位を選定する。選定した評価点を表 4－10 及び図 4－1～図 4－3 に示す。

表 4－10　ダイヤフラムフロアの評価点

評価点番号	評価点
Ｐ１*1	鉄筋コンクリートスラブ放射方向
Ｐ２*1	鉄筋コンクリートスラブ円周方向
Ｐ３*2	鉄筋コンクリート製原子炉格納容器接合部 地震時水平力伝達用シアプレート
Ｐ４*3	鉄筋コンクリート製原子炉格納容器接合部 鉛直力伝達用シアプレート
Ｐ５*2	原子炉本体基礎接合部 地震時水平力伝達用シアプレート
Ｐ６*4	原子炉本体基礎接合部 半径方向水平力伝達用頭付きスタッド

注記＊1：告示第４５２号に基づきひずみ及び面外せん断力を評価する。

＊2：評価点 P3，P5 については，荷重値が小さく無視できるので評価を行わない。

＊3：鋼構造設計規準に基づき曲げ応力度及びせん断応力度を評価する。

＊4：各種合成構造設計指針・同解説に基づきせん断力を評価する。

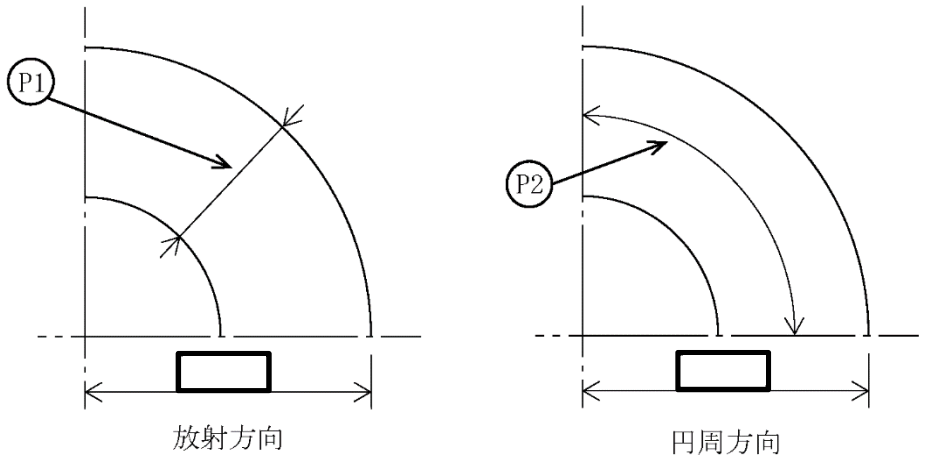


図 4－1　ダイヤフラムフロアの評価点（鉄筋コンクリートスラブ）

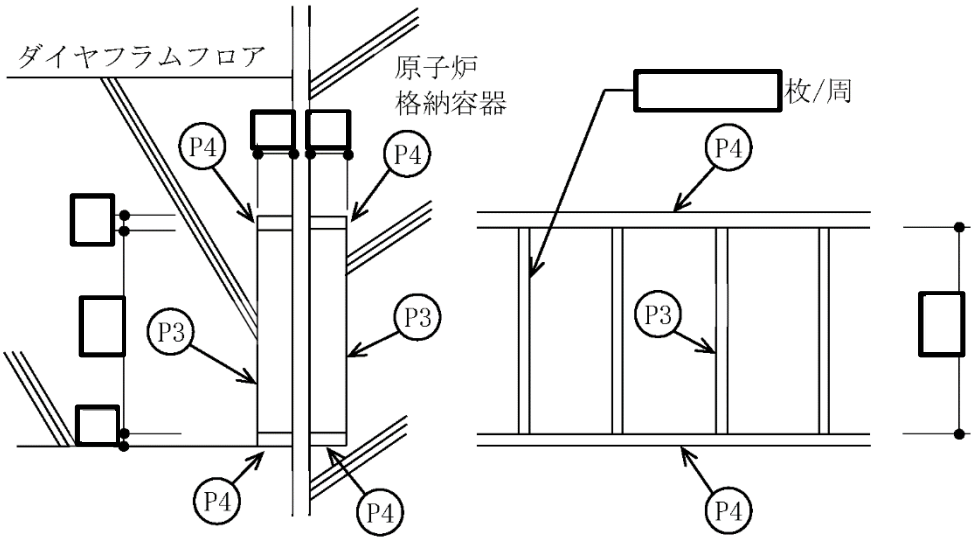


図 4－2　ダイヤフラムフロアの評価点（鉄筋コンクリート製原子炉格納容器接合部）

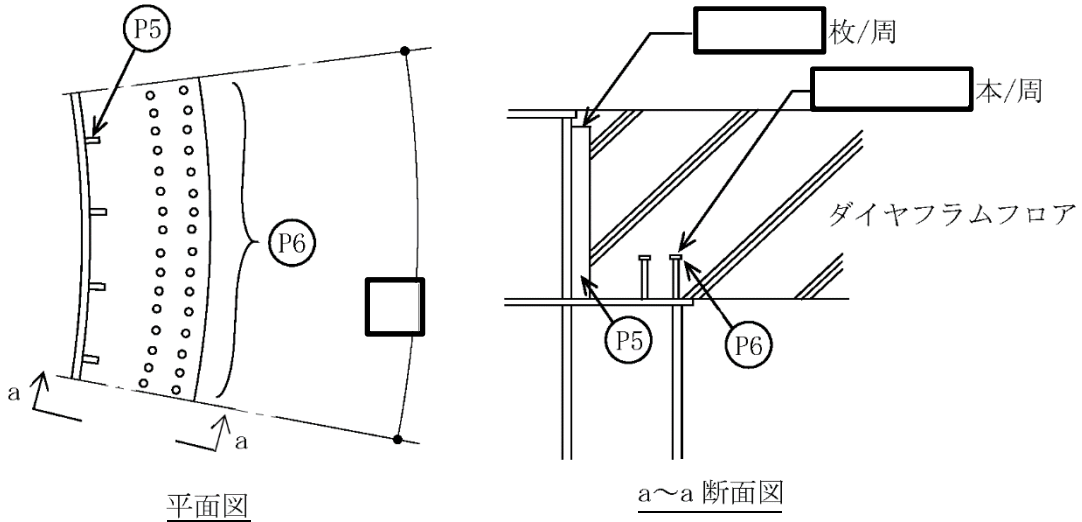


図 4－3　ダイヤフラムフロアの評価点（原子炉本体基礎接合部）

4.3.2　解析モデル及び諸元

(1)　重大事故等対処設備としての解析モデル

重大事故等対処設備としての評価における，ダイヤフラムフロアの解析モデルの概要を以下に示す。

a.　ダイヤフラムフロアの解析モデルは，3 次元シェルモデルによる有限要素解析手法を適用する。ダイヤフラムフロアが平面的にほぼ対称であるため，既工認と同様に，解析は 1/2 モデルを用いて行う。解析モデルを図 4－4 に，解析モデルの諸元について表 4－11 に示す。

b.

c.　解析コードは「ＭＳＣ　ＮＡＳＴＲＡＮ」を使用し，荷重，応力度及びひずみを求める。なお，評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については，別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

4.3.3　荷重，応力度及びひずみ計算方法

ダイヤフラムフロアの荷重，応力度及びひずみ計算方法について以下に示す。

荷重，応力度及びひずみの計算方法は既工認から変更はなく，参考図書（1）に示すとおりである。

a.　応力評価点 P1，P2

「4.3.2　解析モデル及び諸元」に示すダイヤフラムフロアの解析モデルにより算出した軸力，曲げモーメント及び面外せん断力より，ひずみ及び面外せん断力を求める。

b.　応力評価点 P4

「4.3.2　解析モデル及び諸元」に示すダイヤフラムフロアの解析モデルにより算出した面外せん断力と部材の断面性能より，曲げ応力度及びせん断応力度を求める。

c.　応力評価点 P6

「4.3.2　解析モデル及び諸元」に示すダイヤフラムフロアの解析モデルにより算出した軸力より，せん断力を求める。

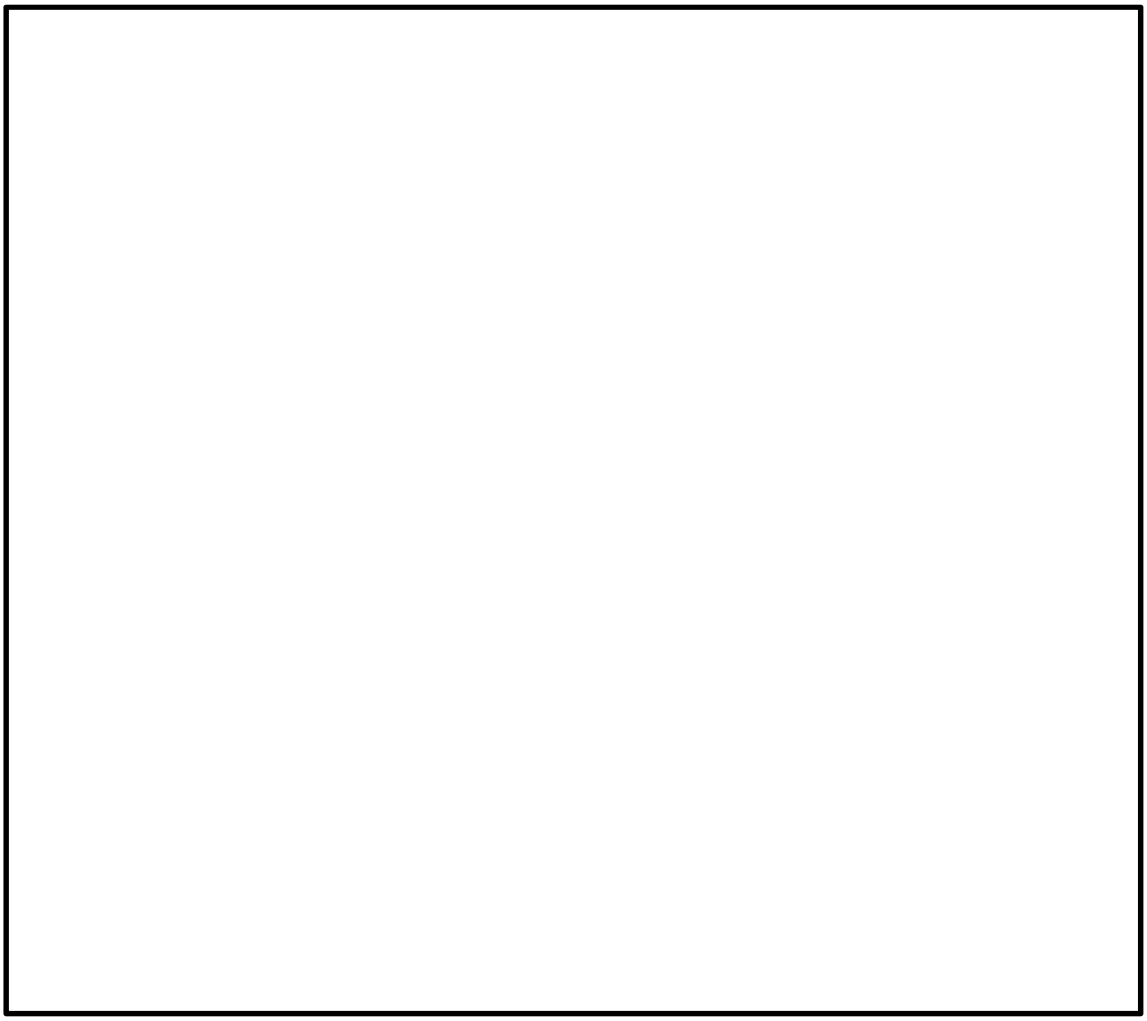


図 4－4　解析モデル（単位：mm）

表 4－11　解析モデル諸元

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	コンクリート
単位体積重量	ρ	kN/m^3	[redacted]
温度条件	T	℃	200
ヤング係数	E	N/mm^2	[redacted]
線膨張係数	α	1/℃	
ポアソン比	ν	—	
要素数	—	—	
節点数	—	—	

4.4　計算条件

解析に用いる荷重を「4.2　荷重の組合せ及び許容値」に示す。

4.5　評価

「4.3　計算方法」で求めた荷重，応力度及びひずみが許容値以下であること。

なお，面外せん断力に対する評価においては，コンクリートの許容面外せん断力を満足しない場合，告示第４５２号　第 11 条第 4 号ロに従い，鉄筋で補強した場合の許容面外せん断力を用いること。

5.　評価結果

5.1　重大事故等対処設備としての評価結果

ダイヤフラムフロアの重大事故等時の状態を考慮した場合の強度評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足している。

(1)　強度評価結果

強度評価の結果を表 5－1 に示す。また，評価点 P1，P2 における断面検討箇所を図 5－1 に示す。

表中の「荷重の組合せ」欄には，Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」における表 5-4 の荷重の組合せの No.を記載する。

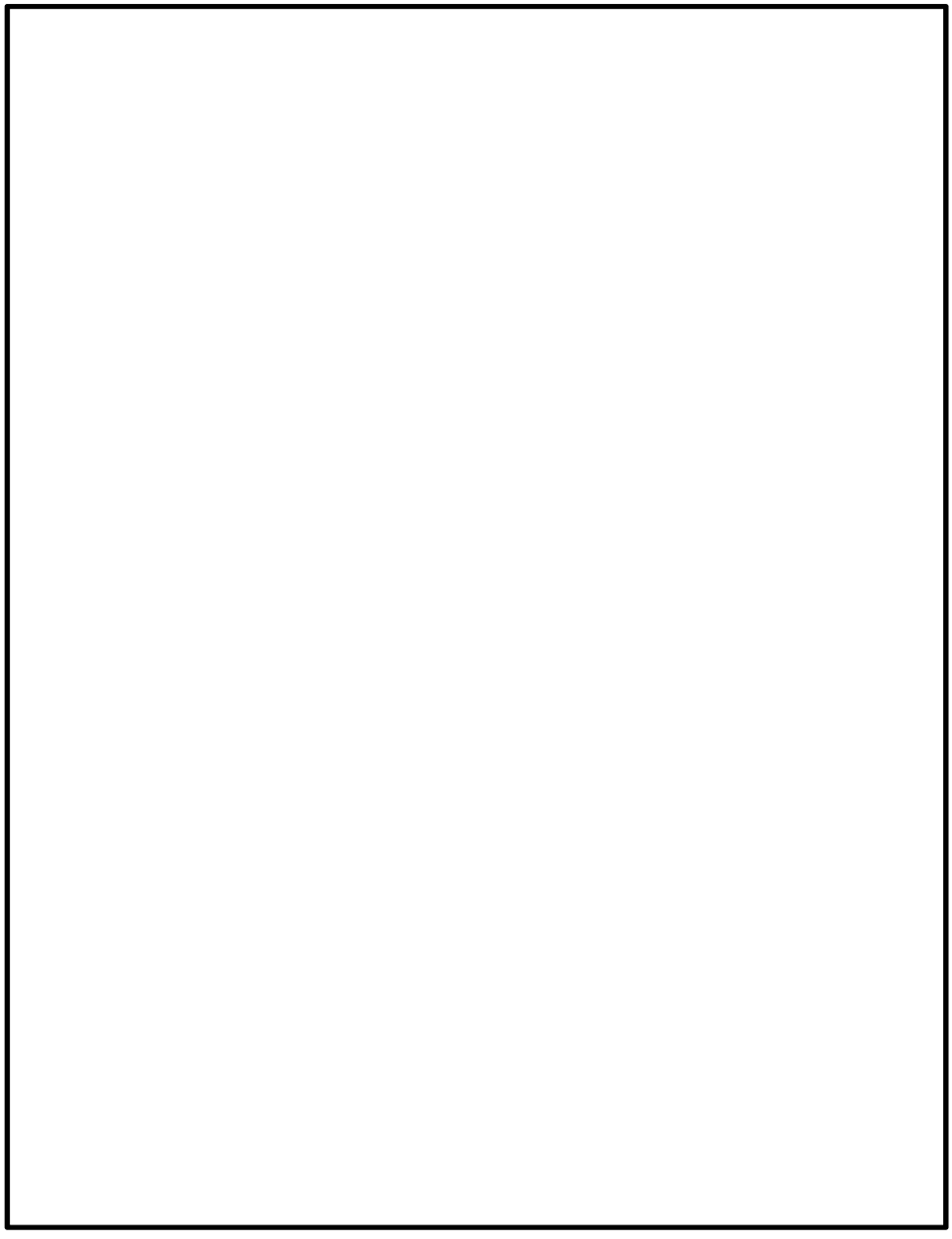


図 5－1　断面検討箇所

表 5－1(1)　重大事故等時に対する評価結果*1（D＋L＋PSA＋RSA＋HSA）（その 1）

評価対象設備	評価部位		箇所名*2	検討ひずみ	応力状態	重大事故等時		判定	荷重の組合せ
						算出ひずみ*3 ($\times 10^{-6}$)	許容値 ($\times 10^{-6}$)		
ダイヤフラムフロア	P1	鉄筋コンクリートスラブ放射方向	No. 1	ε_{cc}	1	-492	-3000	○	Ⅴ(S)-1, 2
				ε_{sc}	1	-5	-5000	○	Ⅴ(S)-2
				ε_{st}	1	1233	5000	○	Ⅴ(S)-2
			No. 2	ε_{cc}	1	-428	-3000	○	Ⅴ(S)-2
				ε_{sc}	1	-17	-5000	○	Ⅴ(S)-2
				ε_{st}	1	1124	5000	○	Ⅴ(S)-2
			No. 3	ε_{cc}	1	-358	-3000	○	Ⅴ(S)-2
				ε_{sc}	1	—*4	—	—	—
				ε_{st}	1	898	5000	○	Ⅴ(S)-2
			No. 4	ε_{cc}	1	-366	-3000	○	Ⅴ(S)-2
				ε_{sc}	1	-3	-5000	○	Ⅴ(S)-2
				ε_{st}	1	857	5000	○	Ⅴ(S)-2

注記＊1：軸力及び曲げモーメントによるひずみの評価結果を示す。

＊2：図 5－1 における断面検討箇所を示す。

＊3：算出ひずみの最大値を示す。

＊4：圧縮ひずみは生じない。

表 5－1(1)　重大事故等時に対する評価結果*1（D＋L＋P_{SA}＋R_{SA}＋H_{SA}）（その 2)

評価対象設備	評価部位		箇所名*2	検討ひずみ	応力状態	重大事故等時		判定	荷重の組合せ
						算出ひずみ*3 ($\times 10^{-6}$)	許容値 ($\times 10^{-6}$)		
ダイヤフラムフロア	P2	鉄筋コンクリートスラブ円周方向	No.5	ε_c	1	-29	-3000	○	Ⅴ(S)-2
				ε_s	1	—*4	—	—	—
				ε_t	1	779	5000	○	Ⅴ(S)-2
			No.6	ε_c	1	-153	-3000	○	Ⅴ(S)-2
				ε_s	1	—*4	—	—	—
				ε_t	1	1077	5000	○	Ⅴ(S)-2
			No.7	ε_c	1	-29	-3000	○	Ⅴ(S)-2
				ε_s	1	—*4	—	—	—
				ε_t	1	386	5000	○	Ⅴ(S)-3
			No.8	ε_c	1	-3	-3000	○	Ⅴ(S)-2
				ε_s	1	—*4	—	—	—
				ε_t	1	699	5000	○	Ⅴ(S)-2

注記＊1：軸力及び曲げモーメントによるひずみの評価結果を示す。

＊2：図 5－1 における断面検討箇所を示す。

＊3：算出ひずみの最大値を示す。

＊4：圧縮ひずみは生じない。

表 5－1(2)　重大事故等時に対する評価結果*1（D＋L＋P_{SA}＋R_{SA}＋H_{SA}）（その 1）

評価対象設備	評価部位		箇所名*2	応力状態	重大事故等時					判定	荷重の組合せ
					算出荷重 Q_y*3 N/mm	許容値 Q_{A1} N/mm	α	P_w (%)	許容値 Q_{A2} N/mm		
ダイヤフラムフロア	P1	鉄筋コンクリートスラブ放射方向	No. 1	1	1035					○	Ⅴ(S)-2
			No. 2	1	276		—	—	—	○	Ⅴ(S)-2
			No. 3	1	861		—	—	—	○	Ⅴ(S)-2
			No. 4	1	1156					○	Ⅴ(S)-2

注記＊1：面外せん断力に対する評価結果を示す。

＊2：図 5－1 における断面検討箇所を示す。

＊3：面外せん断力の最大値を示す。

表5－1(2)　重大事故等時に対する評価結果*1（D＋L＋P_{SA}＋R_{SA}＋H_{SA}）（その2）

評価対象設備	評価部位		箇所名*2	応力状態	重大事故等時					判定	荷重の組合せ
					算出荷重 Q_x*3 N/mm	許容値 Q_{A1} N/mm	α	P_w (%)	許容値 Q_{A2} N/mm		
ダイヤフラムフロア	P2	鉄筋コンクリートスラブ円周方向	No.5	1	765		—	—	—	○	Ⅴ(S)-2
			No.6	1	99		—	—	—	○	Ⅴ(S)-2
			No.7	1	19		—	—	—	○	Ⅴ(S)-2
			No.8	1	775		—	—	—	○	Ⅴ(S)-2

注記＊1：面外せん断力に対する評価結果を示す。

＊2：図5－1における断面検討箇所を示す。

＊3：面外せん断力の最大値を示す。

表 5－1(3)　重大事故等時に対する評価結果（D＋L＋P_{SA}＋R_{SA}＋H_{SA}）

評価対象設備	評価部位		応力分類	重大事故等時		判定	荷重の組合せ
				算出応力度	許容値		
				N/mm^2	N/mm^2		
ダイヤフラムフロア	P4	鉄筋コンクリート製原子炉格納容器接合部 鉛直力伝達用シアプレート	曲げ応力度	153	[redacted]	○	Ⅴ(S)-2
			せん断応力度	19		○	Ⅴ(S)-2

表 5－1(4)　重大事故等時に対する評価結果（D＋L＋P_{SA}＋R_{SA}＋H_{SA}）

評価対象設備	評価部位		重大事故等時		判定	荷重の組合せ
			せん断力*	許容値		
			N/本	N/本		
ダイヤフラムフロア	P6	原子炉本体基礎接合部 半径方向水平力伝達用頭付きスタッド	6.275×10^4	[redacted]	○	Ⅴ(S)-1

注記＊：スタッド１本当たりのせん断力を示す。

6. 参照図書

(1) 柏崎刈羽原子力発電所第７号機　第２回工事計画認可申請書
Ⅳ-3-4-3-3「ダイヤフラムフロアの強度計算書」

Ⅴ-3-3-6-2-2　ベント管の基本板厚計算書

まえがき

本計算書は，Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」に基づくとともに，Ⅴ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」及びⅤ-3-2-9「重大事故等クラス２管の強度計算方法」に準じて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお，評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については，Ⅴ-3-2-1「強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

・評価条件整理表

評価部位	既設or新設	施設時の技術基準に対象とする施設の規定があるか	クラスアップするか				条件アップするか					既工認における評価結果の有無	施設時の適用規格	評価区分	同等性評価区分	評価クラス
			クラスアップの有無	施設時機器クラス	DBクラス	SAクラス	条件アップの有無	DB条件		SA条件						
								圧力(MPa)	温度(℃)	圧力(MPa)	温度(℃)					
垂直管	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	0.173	171	0.173	200	—	S55告示	設計・建設規格又は告示	—	SA-2
水平吐出管	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	0.173	171	0.173	200	—	S55告示	設計・建設規格又は告示	—	SA-2
リターンライン	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	0.173	171	0.173	200	—	S55告示	設計・建設規格又は告示	—	SA-2
底部閉止板	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	0.173	171	0.173	200	—	S55告示	設計・建設規格又は告示	—	SA-2

・適用規格の選定

評価部位	評価項目	評価区分	判定基準	適用規格
垂直管	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
水平吐出管	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
リターンライン	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
底部閉止板	平板の強度計算	設計・建設規格 又は告示	S55 告示	告示第５０１号

目　次

1.　一般事項 …… 1
1.1　概要 …… 1
1.2　適用基準 …… 1
1.3　計算精度と数値の丸め方 …… 2
2.　設計条件 …… 3
2.1　重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度 …… 3
2.2　材料及び許容応力 …… 3
3.　ベント管の基本板厚計算 …… 4
3.1　垂直管 …… 5
3.2　水平吐出管 …… 7
3.3　リターンライン …… 9
3.4　垂直管の穴の補強計算 …… 11
3.5　底部閉止板 …… 27

1. 一般事項

1.1 概要

本計算書は，Ｖ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」に基づくとともに，Ｖ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」及びＶ-3-2-9「重大事故等クラス２管の強度計算方法」に準じて，ベント管が十分な構造強度を有していることを説明するものである。

ベント管は，重大事故等対処設備においては常設重大事故緩和設備に分類される。以下，重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

1.2 適用基準

適用基準を以下に示す。

(1) 発電用原子力設備規格（設計・建設規格（2005 年版（2007 年追補版含む。））ＪＳＭＥＳ　ＮＣ１-2005/2007）（日本機械学会　2007 年９月）（以下「設計・建設規格」という。）

(2) 発電用原子力設備に関する構造等の技術基準（昭和55年10月30日　通商産業省告示第５０１号）（以下「告示第５０１号」という。）

1.3　計算精度と数値の丸め方

精度は，有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表1－1に示すとおりとする。

表 1－1　表示する数値の丸め方

数値の種類		単位	処理桁	処理方法	表示桁
最高使用圧力		MPa	―	―	小数点以下第 2 位*1
温度		℃	―	―	整数位
許容応力*2		MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位
算出応力		MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
長さ	下記以外の長さ	mm	小数点以下第 3 位	四捨五入	小数点以下第 2 位
	計算上必要な厚さ	mm	小数点以下第 3 位	切上げ	小数点以下第 2 位
面積	下記以外の面積	mm^2	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁*3
	必要な面積	mm^2	有効数字 5 桁目	切上げ	有効数字 4 桁*3
	有効な面積	mm^2	有効数字 5 桁目	切捨て	有効数字 4 桁*3
力	必要な強さ	N	有効数字 5 桁目	切上げ	有効数字 4 桁*3

注記＊1：必要に応じて小数点以下第 3 位を用いる。

＊2：設計・建設規格　付録材料図表に記載された温度の中間における許容引張応力及び設計降伏点は，比例法により補間した値の小数点以下第 1 位を切り捨て，整数位までの値とする。また，告示第５０１号別表に記載された許容引張応力及び設計降伏点は，各温度の値を SI 単位に換算し，SI 単位に換算した値の小数点以下第 1 位を四捨五入して，整数位までの値とする。その後，設計・建設規格と同様の換算と桁処理を行う。

＊3：絶対値が 1000 以上のときはべき数表示とする。

2.　設計条件

2.1　重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度

重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度は，以下のとおりとする。

内圧（差圧）	173kPa（ＳＡ後）
外圧（差圧）	14kPa（ＳＡ後）
温度	200℃（ＳＡ後）

2.2　材料及び許容応力

(1)　材料

使用する材料を表 2－1 に示す。

表 2－1　使用材料表

使用部位	使用材料
垂直管	SUS304L
水平吐出管	SUS304L
リターンライン	[redacted]
底部閉止板	SUS304L

(2)　許容引張応力

使用材料の許容引張応力は，設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表 5 又は告示第５０１号別表第 6 に規定されている値とする。

a.　設計・建設規格

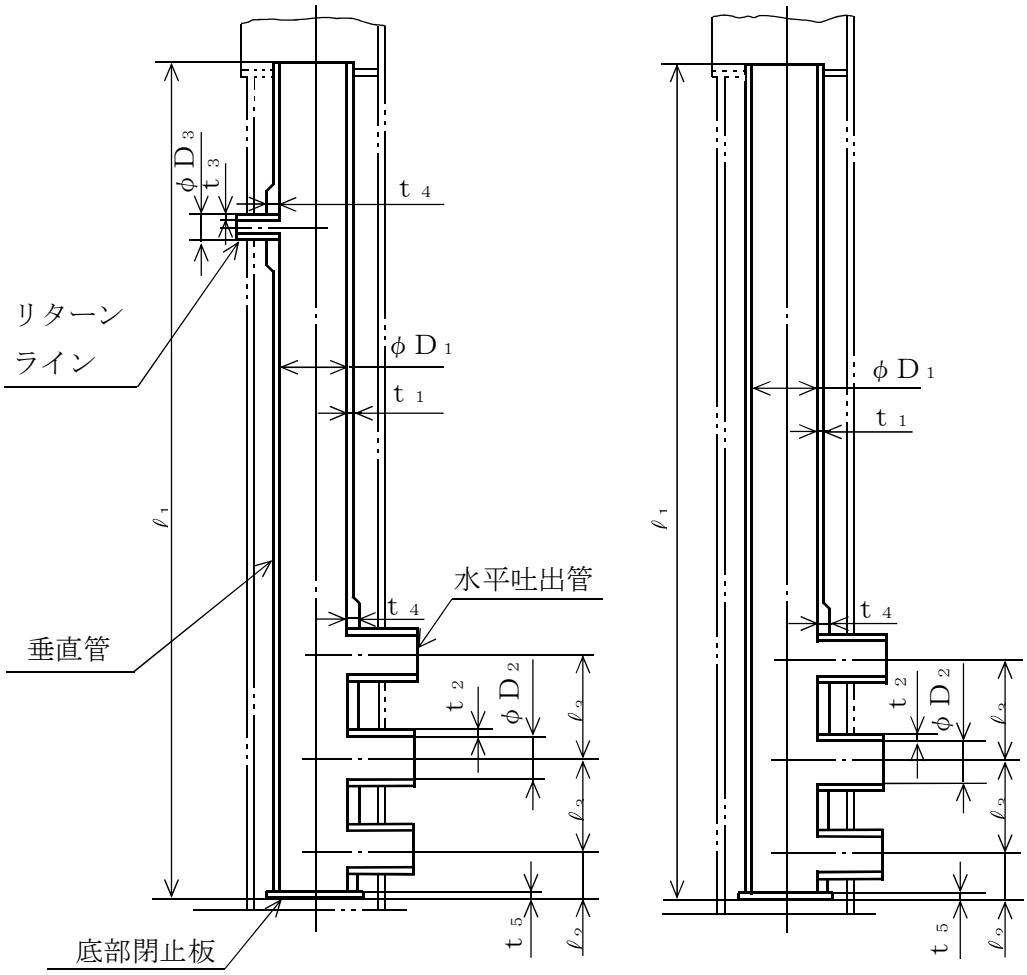
SUS304L	Ｓ＝102MPa
[redacted]	Ｓ＝[redacted]MPa

b.　告示第５０１号

SUS304L	Ｓ＝102MPa

3. ベント管の基本板厚計算

ベント管の形状及び寸法を図3－1に示す。



A：リターンライン有　　B：リターンライン無

$D_1 = 1200$　　$D_2 = 700$　　$D_3 =$ [　]　　$\ell_1 =$ [　]

$\ell_2 =$ [　]　　$\ell_3 =$ [　]　　$t_1 = 6.5$　　$t_2 = 20$

$t_3 =$ [　]　　$t_4 =$ [　]　　$t_5 = 50$

図3－1　ベント管の形状及び寸法（単位：mm）

「2.　設計条件」に示す重大事故等時の条件に基づき，ベント管各部の板厚計算を行った結果を以下に示す。

3.1　垂直管

(1)　記号の説明

設計・建設規格の記号	計算書の表示	表示内容	単位
t	t_R	必要な厚さ	mm
	t_{R1}	規格上必要な最小厚さ	mm
	t_{R2}	計算上必要な厚さ	mm

(2)　内圧に対する必要厚さ（設計・建設規格　PPC-3411(1)）

垂直管における，内圧に対する必要板厚の算出式を以下に示し，計算結果を表 3－1 に示す。

これより，垂直管は設計・建設規格の条件を満足している。

$$t_{R2}=\frac{P\cdot D_o}{2\cdot S\cdot \eta+0.8\cdot P}$$

表 3－1　垂直管の板厚計算結果

管の名称			垂直管
材料			SUS304L
最高使用圧力	P	(MPa)	0.173
最高使用温度		(℃)	200
管の外径	D_o	(mm)	1213
許容引張応力	S	(MPa)	102
継手効率	η		1.00
継手の種類			突合せ両側溶接
放射線検査の有無			有り
必要厚さ	t_{R1}	(mm)	—
必要厚さ	t_{R2}	(mm)	1.03
t_{R1}，t_{R2}の大きい値	t_R	(mm)	1.03
呼び厚さ	t_{so}	(mm)	6.5
最小厚さ	t_s	(mm)	[redacted]
評価：$t_s \geqq t_R$，よって十分である。			

(3)　外圧に対する必要厚さ（設計・建設規格　PPC-3411(2)）

垂直管における，外圧に対する必要板厚の算出式を以下に示し，計算結果を表 3－2 に示す。

これより，垂直管は設計・建設規格の条件を満足している。

$$t_{R2} = \frac{3 \cdot P_e \cdot D_o}{4 \cdot B}$$

表 3－2　垂直管の板厚計算結果

管の名称			垂直管
材料			SUS304L
最高使用圧力	P_e	(MPa)	0.014
最高使用温度		(℃)	200
管の外径	D_o	(mm)	1213
付録材料図表より求めた値	B		2.68
必要厚さ	t_{R1}	(mm)	―
必要厚さ	t_{R2}	(mm)	4.76
t_{R1}，t_{R2}の大きい値	t_R	(mm)	4.76
呼び厚さ	t_{so}	(mm)	6.5
最小厚さ	t_s	(mm)	[redacted]
評価：$t_s \geqq t_R$，よって十分である。			

3.2　水平吐出管

(1)　記号の説明

設計・建設規格の記号	計算書の表示	表示内容	単位
t	t_R	必要な厚さ	mm
	t_{R1}	規格上必要な最小厚さ	mm
	t_{R2}	計算上必要な厚さ	mm

(2)　内圧に対する必要厚さ（設計・建設規格　PPC-3411(1)）

水平吐出管における，内圧に対する必要板厚の算出式を以下に示し，計算結果を表 3－3 に示す。

これより，水平吐出管は設計・建設規格の条件を満足している。

$$t_{R2}=\frac{P\cdot D_o}{2\cdot S\cdot \eta+0.8\cdot P}$$

表 3－3　水平吐出管の板厚計算結果

管の名称			水平吐出管
材料			SUS304L
最高使用圧力	P	(MPa)	0.173
最高使用温度		(℃)	200
管の外径	D_o	(mm)	740
許容引張応力	S	(MPa)	102
継手効率	η		1.00
継手の種類			突合せ両側溶接
放射線検査の有無			有り
必要厚さ	t_{R1}	(mm)	—
必要厚さ	t_{R2}	(mm)	0.63
t_{R1}，t_{R2}の大きい値	t_R	(mm)	0.63
呼び厚さ	t_{so}	(mm)	20
最小厚さ	t_s	(mm)	[redacted]
評価：$t_s \geqq t_R$，よって十分である。			

(3)　外圧に対する厚さ（設計・建設規格　PPC-3411(2)）

ベント管の外圧に対する評価結果として，水平吐出管の許容外圧を表 3－4 に示す。

これより，水平吐出管は設計・建設規格の条件を満足している。

表 3－4　水平吐出管の許容外圧

管の名称			水平吐出管
材料			SUS304L
最高使用圧力	P	(MPa)	0.014
最高使用温度		(℃)	200
管の外径	D_o	(mm)	740
最小厚さ	t_s	(mm)	
t_s／D_o			
許容引張応力	S	(MPa)	102
許容外圧	P_e	(MPa)	1.06
評価：$P_e \geqq P$，よって十分である。			

3.3　リターンライン

(1)　記号の説明

設計・建設規格の記号	計算書の表示	表示内容	単位
t	t_R	必要な厚さ	mm
	t_{R1}	規格上必要な最小厚さ	mm
	t_{R2}	計算上必要な厚さ	mm

(2)　内圧に対する必要厚さ（設計・建設規格　PPC-3411(1)）

リターンラインにおける，内圧に対する必要板厚の算出式を以下に示し，計算結果を表 3－5 に示す。

これより，リターンラインは設計・建設規格の条件を満足している。

$$t_{R2}=\frac{P\cdot D_o}{2\cdot S\cdot \eta+0.8\cdot P}$$

表 3－5　リターンラインの板厚計算結果

管の名称			リターンライン
材料			[redacted]
最高使用圧力	P	(MPa)	0.173
最高使用温度		(℃)	200
管の外径	D_o	(mm)	[redacted]
許容引張応力	S	(MPa)	[redacted]
継手効率	η		1.00
継手の種類			―
放射線検査の有無			―
必要厚さ	t_{R1}	(mm)	―
必要厚さ	t_{R2}	(mm)	0.27
t_{R1}，t_{R2}の大きい値	t_R	(mm)	0.27
呼び厚さ	t_{so}	(mm)	[redacted]
最小厚さ	t_s	(mm)	[redacted]
評価：$t_s \geqq t_R$，よって十分である。			

(3)　外圧に対する必要厚さ（設計・建設規格　PPC-3411(2)）

ベント管の外圧に対する評価結果として，リターンラインの許容外圧を表3－6に示す。

これより，リターンラインは設計・建設規格の条件を満足している。

表3－6　リターンラインの許容外圧

管の名称			リターンライン
材料			
最高使用圧力	P	(MPa)	0.014
最高使用温度		(℃)	200
管の外径	D_o	(mm)	
最小厚さ	t_s	(mm)	
t_s／D_o			
許容引張応力	S	(MPa)	
許容外圧	P_e	(MPa)	1.67
評価：$P_e \geqq P$，よって十分である。			

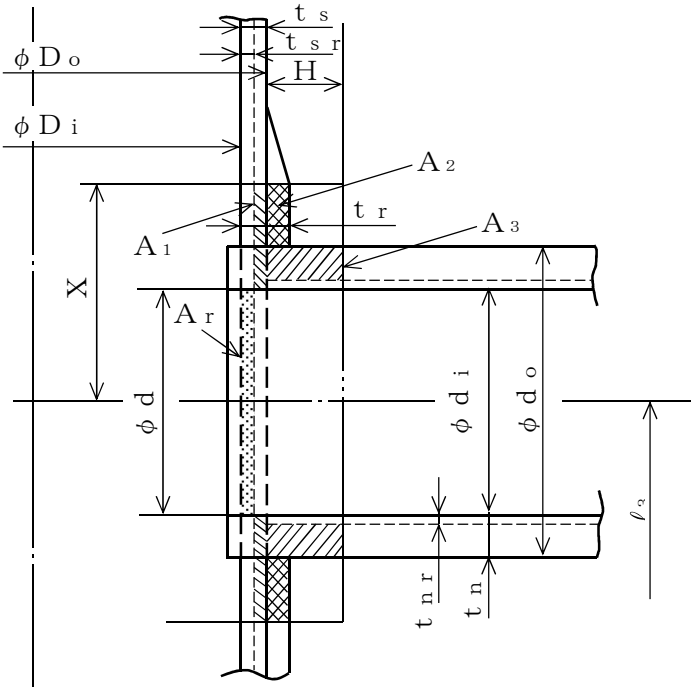
3.4　垂直管の穴の補強計算

(1)　記号の説明

設計・建設規格の記号	計算書の表示	表示内容	単位
A	A_0	補強に有効な総面積	mm^2
	A_1	主管の有効補強面積	mm^2
	A_2	補強板の有効補強面積	mm^2
	A_3	管台の有効補強面積	mm^2
	A_{eo}	穴の中心線の両側に有効な面積	mm^2
	A_{er}	穴の中心線の両側に必要な補強面積	mm^2
	D_J	大きい穴の補強を要する限界径	mm
	D_{J1}	大きい穴の補強を要する限界径	mm
	D_{J2}	大きい穴の補強を要する限界径	mm
	H	補強の有効範囲	mm
	H_1	補強の有効範囲	mm
	H_2	補強の有効範囲	mm
	W_R	溶接部の負うべき荷重	N
	W_{R1}	溶接部にかかる荷重	N
	W_{R2}	溶接部にかかる荷重	N
	X	補強の有効範囲	mm
	X_1	補強の有効範囲	mm
	X_2	補強の有効範囲	mm
	X’	穴の周囲から穴の径の 1／4 の範囲	mm

(2)　水平吐出管

垂直管穴部の寸法を図 3－2 に示す。



Ｄｉ ＝

Ｄｏ ＝

ｄ　＝　ｄｉ ＝

ｄｏ ＝

ℓ３ ＝

（隣接穴中心との距離）

ｔｎ ＝

ｔｒ ＝

ｔｓ ＝

図 3－2　穴部の形状及び寸法（単位：㎜）

a.　穴の補強計算

(a)　穴の補強の要否（設計・建設規格　PPC-3422）

穴の補強の要否の計算結果を表 3－7 に示す。

穴の径ｄは 61mm かつ主管の内径の 1／4 より大きい。したがって，設計・建設規格 PPC-3422(1)に該当しない。

また，穴の径ｄは，200mm より大きいため設計・建設規格　PPC-3422(2)に該当しない。したがって，補強計算を必要とする。

表 3－7　穴の補強の要否の計算結果

主管の内径	D_i	(mm)	
主管の内径の 1／4	$D_i／4$	(mm)	
穴の径	d	(mm)	
評価：d＞61，d＞D_i／4，d＞200，よって補強計算を必要とする。			

(b)　主管の計算上必要な厚さ

$$t_{sr}=\frac{P\cdot D_o}{2\cdot S\cdot \eta+0.8\cdot P}$$

(c)　管台の計算上必要な厚さ

$$t_{nr}=\frac{P\cdot d_i}{2\cdot S-1.2\cdot P}$$

(d)　補強に必要な面積

$A_r=1.07\cdot d\cdot t_{sr}\cdot(2-\sin\theta)$

(e)　補強に有効な範囲

イ．　穴の中心線に平行な直線による範囲Ｘ

Ｘは次の計算式で求めた値のうちいずれか大きいもの

$X_1=d$

$X_2=\frac{d}{2}+t_s+t_n$

ここで，底部閉止板による有効範囲の制限を考慮して

$X=\ell_2-t_5$とする。

ロ．　主管の面に沿う線による範囲Ｈ

Ｈは次の計算式で求めた値のうちいずれか小さいもの

$H_1=2.5\cdot t_s$

$H_2=2.5\cdot t_n+(t_r-t_s)$

(f)　補強に有効な総面積

イ.　主管の補強に有効な面積A_1

A_1は次の計算式で求めた値のうちいずれか大きいもの

$A_a=(\eta \cdot t_s-F \cdot t_{sr}) \cdot (2 \cdot X-d)$

$A_b=2 \cdot (\eta \cdot t_s-F \cdot t_{sr}) \cdot (t_s+t_n)$

ロ.　補強板の補強に有効な面積A_2

$A_2=(t_r-t_s) \cdot (2 \cdot X-d_o)$

ハ.　管台の補強に有効な面積A_3

$A_3=2 \cdot (t_n-t_{nr}) \cdot H$

ニ.　補強に有効な総面積A_0

$A_0=A_1+A_2+A_3$

(g) 結論

穴の補強の計算結果を表3－8に示す。

これより，穴の補強は十分である。

表3－8　穴の補強計算結果

主管（管台）名称			垂直管（水平吐出管）
材料			SUS304L
最高使用圧力	P	(MPa)	0.173
最高使用温度		(℃)	200
許容引張応力	S	(MPa)	102
穴の径	d	(mm)	
管台の内径	d_i	(mm)	
主管の最小厚さ	t_s	(mm)	
補強板の最小厚さ	t_r	(mm)	
管台の最小厚さ	t_n	(mm)	
継手効率	η		1.00
係数	F		1.00
主管の外径	D_o	(mm)	
主管の計算上必要な厚さ	t_{sr}	(mm)	
管台の計算上必要な厚さ	t_{nr}	(mm)	
補強に必要な面積	A_r	(mm^2)	7.770×10^2
補強に有効な範囲	X_1	(mm)	
補強に有効な範囲	X_2	(mm)	
補強に有効な範囲	X	(mm)	
補強に有効な範囲	H_1	(mm)	
補強に有効な範囲	H_2	(mm)	
補強に有効な範囲	H	(mm)	
主管の補強に有効な面積	A_1	(mm^2)	1.378×10^3
補強板の補強に有効な面積	A_2	(mm^2)	3.068×10^3
管台の補強に有効な面積	A_3	(mm^2)	4.817×10^2
補強に有効な総面積	A_0	(mm^2)	4.927×10^3
評価：$A_0>A_r$，よって十分である。			

b.　隣接する 2 つの穴（設計・建設規格　PPC-3424(2)）

(a)　隣接する 2 つの穴の中心間の距離（ℓ_3）及び面積

2 つの穴の中心間距離　ℓ_3＝[　　]mm（図 3－1 より）

穴の径の平均値の 1.5 倍　1.5・d

2 つの穴の間にある補強に有効な面積＝$2 \cdot \frac{1}{2} \cdot A_0 = A_0$

2 つの穴の補強に必要な面積の$\frac{1}{2}$＝$2 \cdot \frac{1}{2} \cdot A_r = A_r$

2 つの穴の間の主管の必要な面積＝$A_{sr} = 0.7 \cdot \ell_3 \cdot t_{sr} \cdot F$

2 つの穴の間の主管の有効な面積＝$A_{so} = (\ell_3 - d_o) \cdot t_r$

(b)　結論

隣接する 2 つの穴の計算結果を表 3－9 に示す。

これより，隣接する 2 つの穴の規定を満足している。

表 3－9　隣接する 2 つの穴の計算結果

2 つの穴の中心間距離	ℓ_3	(mm)	[　　]
穴の径の平均値	d	(mm)	[　　]
穴の径の平均値の 1.5 倍	1.5・d	(mm)	[　　]
主管の計算上必要な厚さ	t_{sr}	(mm)	[　　]
係数	F		1.00
管台の外径	d_o	(mm)	[　　]
補強板の最小厚さ	t_r	(mm)	[　　]
2 つの穴の間にある補強に有効な面積	A_0	(mm^2)	4.927×10^3
2 つの穴の補強に必要な面積の$\frac{1}{2}$	A_r	(mm^2)	7.770×10^2
2 つの穴の間の主管の必要な面積	A_{sr}	(mm^2)	9.878×10^2
2 つの穴の間の主管の有効な面積	A_{so}	(mm^2)	1.102×10^4
評価：$\ell_3 > 1.5 \cdot d$，$A_0 > A_r$，$A_{so} > A_{sr}$，よって十分である。			

c.　大きい穴の補強（設計・建設規格　PPC-3424(4)）

(a)　大きい穴の補強を要する限界径D_J

大きい穴の補強を要する限界径D_Jは次の値のうち，いずれか小さいもの

$D_{J1}=D_i/2$

$D_{J2}=500$mm

(b)　結論

大きい穴の補強の計算結果を表3－10に示す。

穴の径dは大きい穴の補強を要する限界径D_Jより大きい。

したがって，大きい穴に対する補強を必要とする。

ここで，3.4(2)a.(e)項に示す補強に有効な範囲Xは，穴の周囲から穴の径の 1／4 の範囲X’内であり，かつ，補強に有効な面積A_0は補強に必要な面積A_rの2／3より大きい。

これより，大きい穴の補強は十分である。

表3－10　大きい穴の補強の計算結果

主管の内径	D_i	(mm)	[redacted]
大きい穴の補強を要する限界径	D_{J1}	(mm)	[redacted]
大きい穴の補強を要する限界径	D_{J2}	(mm)	500
大きい穴の補強を要する限界径	D_J	(mm)	500
穴の径	d	(mm)	[redacted]
評価：$d>D_J$，よって大きい穴に対する補強を必要とする。			
補強に有効な面積	A_0	(mm^2)	4.927×10^3
補強に必要な面積	A_r	(mm^2)	7.770×10^2
補強に有効な範囲	X	(mm)	[redacted]
穴の周囲から穴の径の1／4の範囲	X’	(mm)	[redacted]
補強に必要な面積の2／3	$2/3\cdot A_r$	(mm^2)	5.180×10^2
評価：$X<X'$，$A_0>2/3\cdot A_r$，よって十分である。			

d.　補強に有効な面積の制限（設計・建設規格　PPC-3424(5)）

(a)　穴の中心線の両側に必要な補強面積Ａｅｒ

Ａｅｒ＝Ａｒ／2

(b)　穴の中心線の両側に有効な面積Ａｅｏ

Ａｅｏ＝Ａ0／2

(c)　結論

穴の中心線の両側の補強の計算結果を表 3－11 に示す。

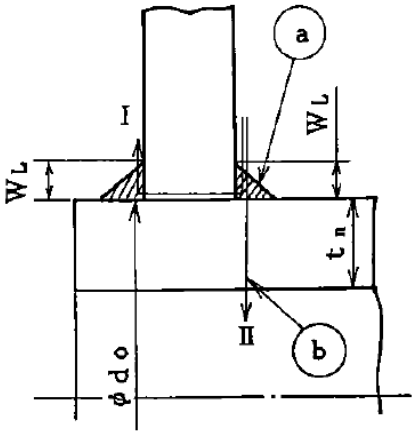
これより，穴の中心線の両側の補強に対する制限を満足している。

表 3－11　穴の中心線の両側の補強の計算結果

補強に必要な面積	Ａｒ	(mm^2)	7.770×10^2
補強に有効な面積	Ａ0	(mm^2)	4.927×10^3
穴の中心線の両側に必要な補強面積	Ａｅｒ	(mm^2)	3.885×10^2
穴の中心線の両側に有効な面積	Ａｅｏ	(mm^2)	2.463×10^3
評価：Ａｅｏ＞Ａｅｒ，よって十分である。			

e.　強め材取付部の強さ（設計・建設規格　PPC-3424(8)）

水平吐出管の取付部の形状及び寸法を図 3－3 に示す。



d_o ＝ [　　]

t_n ＝

W_L ＝

注 1：斜線部は，溶接部を示す。

注 2：Ⅰ，Ⅱは，破断形式を示す。

図 3－3　水平吐出管の取付部の形状及び寸法（単位：mm）

(a)　強め材取付部の必要強さ

次の 2 式のうちいずれか小さい方の値

$W_{R1}＝A_0・S$

$W_{R2}＝(d_o・t_{sr}－A_1)・S$

(b)　結論

強め材取付部の強さの計算結果を表 3－12 に示す。

これより，強め材取付部の強度計算は必要ない。

以上より，強め材取付部の強さは十分である。

表 3－12　強め材取付部の強さの計算結果

部材名称			垂直管と水平吐出管 との結合部の強め材取付部
材料			SUS304L
許容引張応力	S	(MPa)	102
管台の外径	d_o	(mm)	[　　]
主管の計算上必要な厚さ	t_{sr}	(mm)	[　　]
補強に有効な総面積	A_0	(mm^2)	4.927×10^3
主管の補強に有効な面積	A_1	(mm^2)	1.378×10^3
溶接部にかかる荷重	W_{R1}	(N)	5.026×10^5
溶接部にかかる荷重	W_{R2}	(N)	-6.282×10^4
溶接部の負うべき荷重	W_R	(N)	-6.282×10^4
評価：$W_R<0$ ，よって十分である。			

(3)　リターンライン

垂直管穴部の寸法を図 3－4 に示す。

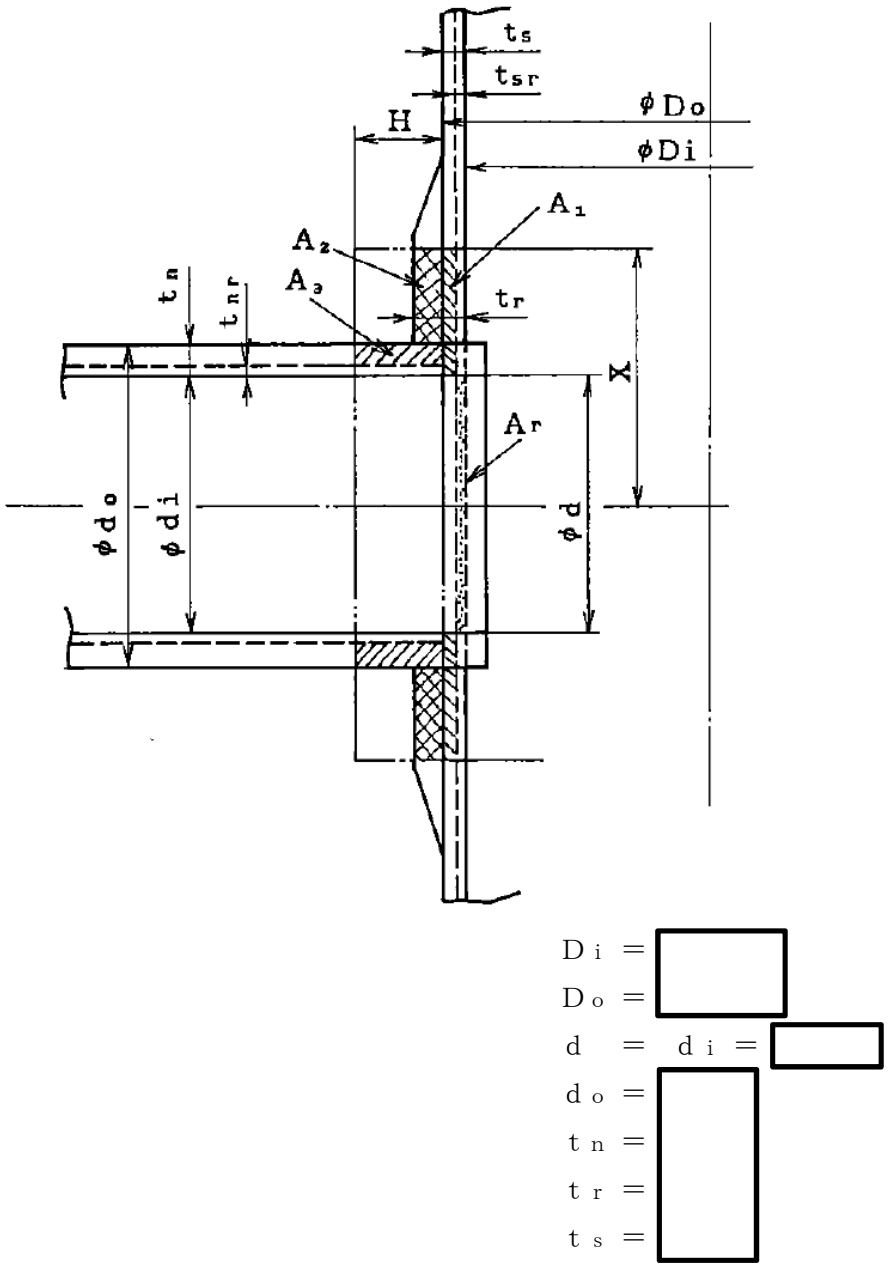


図 3－4　穴部の形状及び寸法（単位：㎜）

a. 穴の補強計算

(a) 穴の補強の要否（設計・建設規格　PPC-3422）

穴の補強の要否の計算結果を表3－13に示す。

穴の径ｄは 61mm より大きい。したがって，設計・建設規格　PPC-3422(1)に該当しない。

また，穴の径ｄは，200mm より大きいため設計・建設規格　PPC-3422(2)に該当しない。したがって，補強計算を必要とする。

表3－13　穴の補強の要否の計算結果

主管の内径	D_i	(mm)			
主管の内径の1／4	$D_i/4$	(mm)			
穴の径	d	(mm)			
評価：$d>61$，$d<D_i/4$，$d>200$，よって補強計算を必要とする。					

(b) 主管の計算上必要な厚さ

$$t_{sr}=\frac{P\cdot D_o}{2\cdot S\cdot \eta+0.8\cdot P}$$

(c) 管台の計算上必要な厚さ

$$t_{nr}=\frac{P\cdot d_i}{2\cdot S-1.2\cdot P}$$

(d) 補強に必要な面積

$$A_r=1.07\cdot d\cdot t_{sr}\cdot(2-\sin\theta)$$

(e) 補強に有効な範囲

イ．穴の中心線に平行な直線による範囲Ｘ

Ｘは次の計算式で求めた値のうちいずれか大きいもの

$X_1=d$

$X_2=\frac{d}{2}+t_s+t_n$

ロ．主管の面に沿う線による範囲Ｈ

Ｈは次の計算式で求めた値のうちいずれか小さいもの

$H_1=2.5\cdot t_s$

$H_2=2.5\cdot t_n+(t_r-t_s)$

(f)　補強に有効な総面積

イ.　主管の補強に有効な面積A_1

A_1は次の計算式で求めた値のうちいずれか大きいもの

$A_a=(\eta \cdot t_s-F \cdot t_{sr}) \cdot d$

$A_b=2 \cdot (\eta \cdot t_s-F \cdot t_{sr}) \cdot (t_s+t_n)$

ロ.　補強板の補強に有効な面積A_2

$A_2=(t_r-t_s) \cdot (2 \cdot X-d_o)$

ハ.　管台の補強に有効な面積A_3

$A_3=2 \cdot (t_n-t_{nr}) \cdot H$

ニ.　補強に有効な総面積A_0

$A_0=A_1+A_2+A_3$

(g) 結論

穴の補強の計算結果を表3－14に示す。

これより，穴の補強は十分である。

表3－14　穴の補強計算結果

主管（管台）名称			垂直管（リターンライン）
材料			SUS304L( )
最高使用圧力	P	(MPa)	0.173
最高使用温度		(℃)	200
許容引張応力	S	(MPa)	
穴の径	d	(mm)	
管台の内径	d_i	(mm)	
主管の最小厚さ	t_s	(mm)	
補強板の最小厚さ	t_r	(mm)	
管台の最小厚さ	t_n	(mm)	
継手効率	η		1.00
係数	F		1.00
主管の外径	D_o	(mm)	
主管の計算上必要な厚さ	t_{sr}	(mm)	
管台の計算上必要な厚さ	t_{nr}	(mm)	
補強に必要な面積	A_r	(mm^2)	3.306×10^2
補強に有効な範囲	X_1	(mm)	
補強に有効な範囲	X_2	(mm)	
補強に有効な範囲	X	(mm)	
補強に有効な範囲	H_1	(mm)	
補強に有効な範囲	H_2	(mm)	
補強に有効な範囲	H	(mm)	
主管の補強に有効な面積	A_1	(mm^2)	1.401×10^3
補強板の補強に有効な面積	A_2	(mm^2)	3.319×10^3
管台の補強に有効な面積	A_3	(mm^2)	2.576×10^2
補強に有効な総面積	A_0	(mm^2)	4.977×10^3
評価：$A_0>A_r$，よって十分である。			

b.　大きい穴の補強（設計・建設規格　PPC-3424(4)）

(a)　大きい穴の補強の要否

大きい穴の補強を要する限界径D_Jは次の値のうち，いずれか小さいもの

$D_{J1}=D_i/2$

$D_{J2}=500$mm

(b)　結論

大きい穴の補強の計算結果を表 3－15 に示す。

これより，大きい穴に対する補強の評価は不要である。

表 3－15　大きい穴の補強の計算結果

主管の内径	D_i	(mm)	[redacted]
大きい穴の補強を要する限界径	D_{J1}	(mm)	[redacted]
大きい穴の補強を要する限界径	D_{J2}	(mm)	500
大きい穴の補強を要する限界径	D_J	(mm)	500
穴の径	d	(mm)	[redacted]
評価：$d<D_J$，よって，大きい穴に対する補強の評価は不要である。			

c.　補強に有効な面積の制限（設計・建設規格　PPC-3424(5)）

(a)　穴の中心線の両側に必要な補強面積Ａｅｒ

Ａｅｒ＝Ａｒ／2

(b)　穴の中心線の両側に有効な面積Ａｅｏ

Ａｅｏ＝Ａ0／2

(c)　結論

穴の中心線の両側の補強の計算結果を表 3－16 に示す。

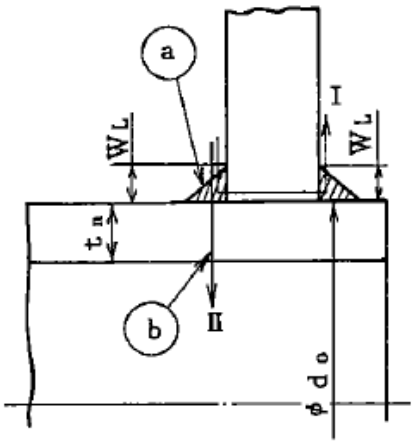
これより，穴の中心線の両側の補強に対する制限を満足している。

表 3－16　穴の中心線の両側の補強の計算結果

補強に必要な面積	Ａｒ	(mm^2)	3.306×10^2
補強に有効な面積	Ａ0	(mm^2)	4.977×10^3
穴の中心線の両側に必要な補強面積	Ａｅｒ	(mm^2)	1.653×10^2
穴の中心線の両側に有効な面積	Ａｅｏ	(mm^2)	2.488×10^3
評価：Ａｅｏ＞Ａｅｒ，よって十分である。			

d.　強め材取付部の強さ（設計・建設規格　PPC-3424(8)）

リターンラインの取付部の形状及び寸法を図 3－5 に示す。



d_o ＝ [redacted]

t_n ＝

W_L ＝

注 1：斜線部は，溶接部を示す。

注 2：Ⅰ，Ⅱは，破断形式を示す。

図 3－5　リターンラインの取付部の形状及び寸法（単位：mm）

(a)　強め材取付部の必要強さ

次の 2 式のうちいずれか小さい方の値

$W_{R1}＝A_0・S$

$W_{R2}＝(d_o・t_{sr}－A_1)・S$

(b)　結論

強め材取付部の強さの計算結果を表 3－17 に示す。

これより，強め材取付部の強度計算は必要ない。

以上より，強め材取付部の強さは十分である。

表 3－17　強め材取付部の強さの計算結果

部材名称			垂直管とリターンライン との結合部の強め材取付部
材料			SUS304L([redacted])
許容引張応力	S	(MPa)	[redacted]
管台の外径	d_o	(mm)	
主管の計算上必要な厚さ	t_{sr}	(mm)	
補強に有効な総面積	A_0	(mm^2)	4.977×10^3
主管の補強に有効な面積	A_1	(mm^2)	1.401×10^3
溶接部にかかる荷重	W_{R1}	(N)	[redacted]
溶接部にかかる荷重	W_{R2}	(N)	-1.095×10^5
溶接部の負うべき荷重	W_R	(N)	-1.095×10^5
評価：$W_R<0$，よって十分である。			

3.5　底部閉止板

(1)　記号の説明

告示第５０１号の記号	計算書の表示	表示内容	単位
t	t_R	必要な厚さ	mm
	t_{R1}	規格上必要な最小厚さ	mm
	t_{R2}	計算上必要な厚さ	mm

(2)　底部閉止板の必要厚さ（告示第５０１号第 58 条第 3 項）

底部閉止板における，必要板厚の算出式を以下に示し，計算結果を表 3－18 に示す。

これより，底部閉止板は告示第５０１号の要求を満足している。

$$t_{R2}=d\cdot\sqrt{\frac{K\cdot P}{S}}$$

表 3－18　底部閉止板の板厚計算結果

板の名称			底部閉止板
材料			SUS304L
最高使用圧力	P	(MPa)	0.173
最高使用温度		(℃)	200
平板の径又は最小内のり	d	(mm)	1200
許容引張応力	S	(MPa)	102
係数	K		0.75
必要厚さ	t_{R1}	(mm)	—
必要厚さ	t_{R2}	(mm)	42.76
t_{R1}，t_{R2}の大きい値	t_R	(mm)	42.76
呼び厚さ	t_{so}	(mm)	50
最小厚さ	t_s	(mm)	[redacted]
評価：$t_s \geqq t_R$，よって十分である。			

Ⅴ-3-3-6-2-3　ベント管の強度計算書

まえがき

本計算書は，Ｖ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びＶ-3-2-9「重大事故等クラス２管の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお，評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については，Ｖ-3-2-1「強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

・評価条件整理表

機器名称	既設or新設	施設時の技術基準に対象とする施設の規定があるか	クラスアップするか				条件アップするか					既工認における評価結果の有無	施設時の適用規格	評価区分	同等性評価区分	評価クラス
			クラスアップの有無	施設時機器クラス	DBクラス	SAクラス	条件アップの有無	DB条件		SA条件						
								圧力(MPa)	温度(℃)	圧力(MPa)	温度(℃)					
ベント管	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	0.173	171	0.173	200	—	S55 告示	設計・建設規格又は告示	—	SA-2

目　　次

1.　概要 ····· 1
2.　一般事項 ····· 1
2.1　構造計画 ····· 1
2.2　評価方針 ····· 3
2.3　適用基準 ····· 3
2.4　記号の説明 ····· 4
2.5　計算精度と数値の丸め方 ····· 5
3.　評価部位 ····· 6
4.　強度評価 ····· 8
4.1　強度評価方法 ····· 8
4.2　荷重の組合せ及び許容応力 ····· 8
4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 8
4.2.2　許容応力 ····· 8
4.2.3　使用材料の許容応力評価条件 ····· 8
4.2.4　設計荷重 ····· 11
4.3　計算方法 ····· 12
4.4　計算条件 ····· 13
4.5　応力の評価 ····· 13
5.　評価結果 ····· 14
5.1　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 14
6.　参照図書 ····· 17

1. 概要

本計算書は，ベント管の強度計算書である。

ベント管は，設計基準対象施設のベント管を重大事故等クラス２管として兼用する機器である。

以下，重大事故等クラス２管として，Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びⅤ-3-2-9「重大事故等クラス２管の強度計算方法」に基づき，ベント管の強度評価を示す。

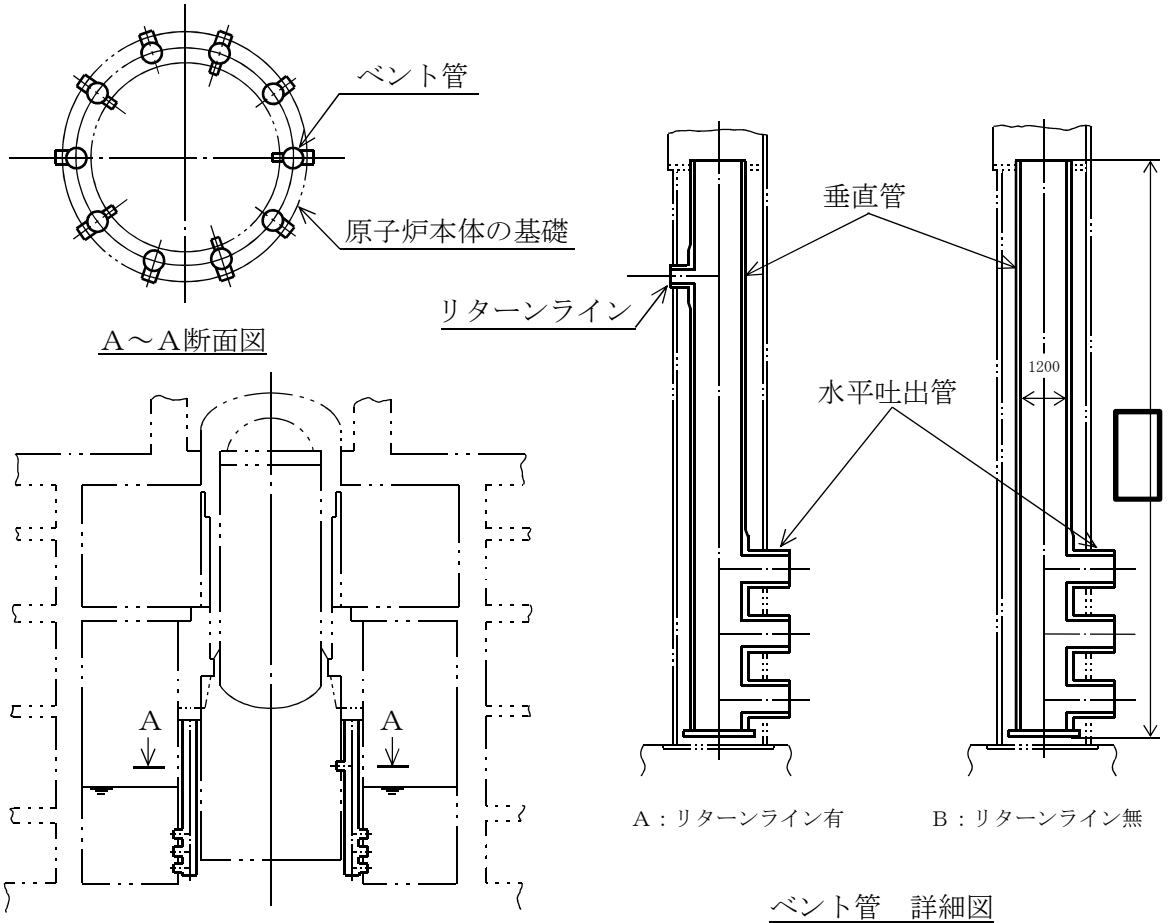
なお，本計算書においては，重大事故等時における荷重に対して，平成 4 年 3 月 27 日付け 3 資庁第 13034 号にて認可された工事計画の添付書類（参照図書(1)）（以下「既工認」という。）に示す手法に従い強度評価を行う。

2. 一般事項

2.1 構造計画

ベント管の構造計画を表 2－1 に示す。

表 2－1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
ベント管は原子炉本体の基礎のコンクリート内に設置され，垂直管上端，水平吐出管及びリターンラインにおいて，原子炉本体の基礎の鋼材と溶接される。	ベント管は，内径 1200 mm，板厚 6.5 mm，長さ [redacted] mm の垂直管に，内径 700 mm の水平吐出管を取り付けた構造である。10 本のベント管のうち 5 本には，外径 [redacted] mm のリターンラインが取り付けられる。	

（単位：mm）

2.2　評価方針

ベント管の応力評価は，Ｖ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びＶ-3-2-9「重大事故等クラス２管の強度計算方法」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「3.　評価部位」にて設定する箇所において重大事故等時における温度，圧力による応力等が許容限界内に収まることを，「4.　強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5.　評価結果」に示す。

ベント管の強度評価フローを図 2－1 に示す。

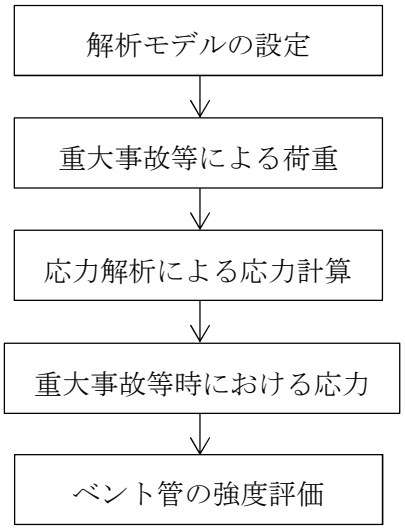


図 2－1　ベント管の強度評価フロー

2.3　適用基準

適用基準を以下に示す。

(1)　発電用原子力設備規格（設計・建設規格（2005 年版（2007 年追補版含む。））ＪＳＭＥＳ　ＮＣ１-2005/2007）（日本機械学会　2007 年 9 月）（以下「設計・建設規格」という。）

(2)　発電用原子力設備に関する構造等の技術基準（昭和 55 年 10 月 30 日　通商産業省告示第５０１号）（以下「告示第５０１号」という。）

2.4　記号の説明

記号	記号の説明	単位
D	死荷重	—
D_i	直径（i＝1，2，3）	mm
ℓ_i	長さ（i＝1，2，3…）	mm
M_{SA}	機械的荷重（ＳＡ後機械的荷重）	—
P_{SA}	圧力（ＳＡ後圧力）	kPa，MPa
S	許容引張応力	MPa
S_m	設計応力強さ	MPa
S_u	設計引張強さ	MPa
S_y	設計降伏点	MPa
t_i	厚さ（i＝1，2，3）	mm
T_{SA}	温度（ＳＡ後温度）	℃
σ_ℓ	軸方向応力	MPa

2.5　計算精度と数値の丸め方

精度は，有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表2－2に示すとおりとする。

表2－2　表示する数値の丸め方

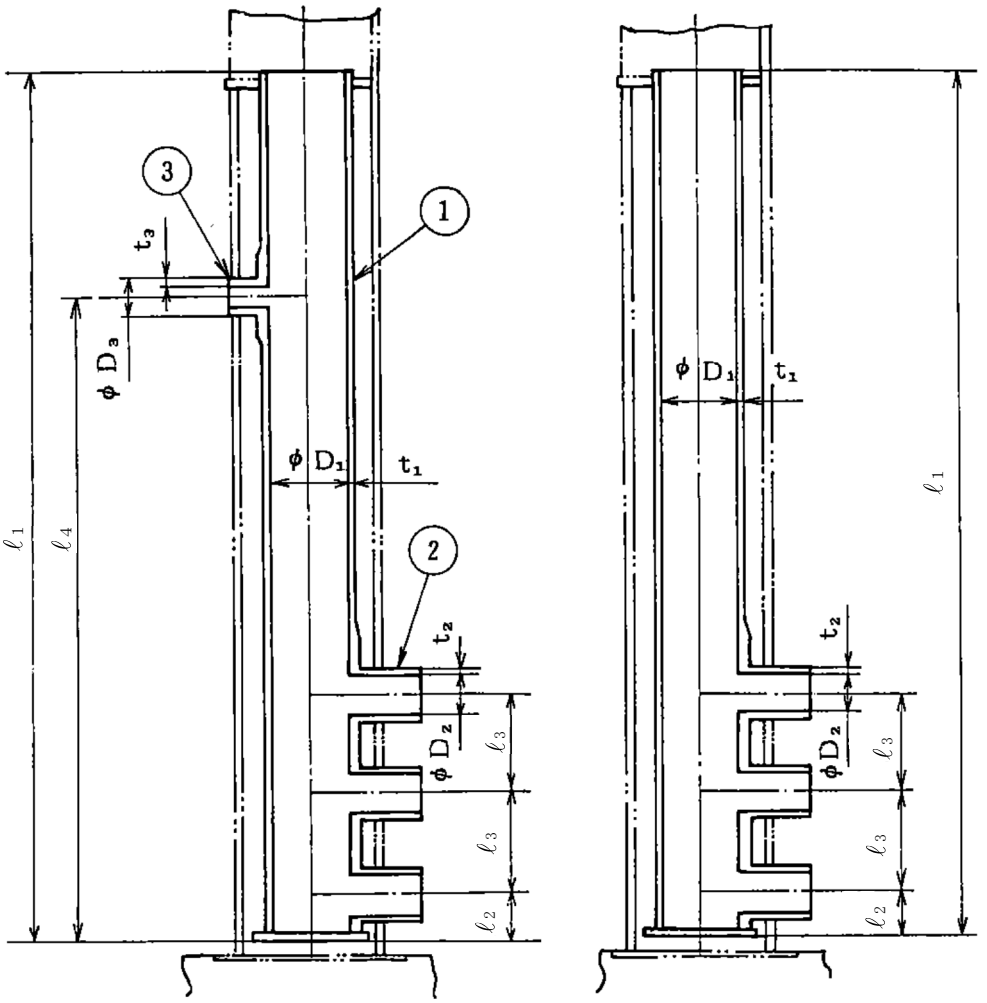
数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
圧力	kPa	―	―	整数位
温度	℃	―	―	整数位
許容応力*1	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
力	N	有効数字4桁目	四捨五入	有効数字3桁*2

注記＊1：設計・建設規格　付録材料図表に記載された温度の中間における許容引張応力，設計降伏点及び設計引張強さは，比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨てて整数化する。また，告示第５０１号別表に記載された温度の中間における許容引張応力，設計降伏点及び設計引張強さは，比例法により補間した値の小数点以下第2位を切り捨て，小数点以下第1位までの値として算出する。得られた値をSI単位に換算し，SI単位に換算した値の小数点以下第1位を切り捨てて整数化する。

＊2：絶対値が1000以上のときはべき数表示とする。

3. 評価部位

ベント管の形状及び主要寸法を図 3－1 に，使用材料及び使用部位を表 3－1 に示す。



①垂直管　②水平吐出管　③リターンライン

D 1＝1200　　D 2＝700　　D 3＝□　　ℓ1＝□　　ℓ2＝□

ℓ3＝□　　ℓ4＝□　　t 1＝6.5　　t 2＝20　　t 3＝□

（単位：mm）

図 3－1　ベント管の形状及び主要寸法

表 3－1　使用材料表

使用部位	使用材料	備考
垂直管及び水平吐出管	SUS304L	
リターンライン	[redacted]	

4.　強度評価

4.1　強度評価方法

(1)　ベント管は原子炉本体の基礎に内蔵されている構造物である。

ベント管の強度評価として，V-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」において設定された荷重を用いて，参照図書(1)に示す既工認の手法に従い強度評価を行う。また，重大事故等対処設備としての評価においては，没水時におけるベント管内部の水重量を考慮する。

(2)　強度評価に用いる寸法は，公称値を用いる。

4.2　荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

ベント管の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－1 に示す。

詳細な荷重の組合せは，対象機器の設置位置等を考慮し決定する。なお，考慮する荷重の組合せは，組み合わせる荷重の大きさを踏まえ，評価上厳しくなる組合せを選定する。

4.2.2　許容応力

ベント管の許容応力は，V-3-2-9「重大事故等クラス２管の強度計算方法」に基づき表 4－2 及び表 4－3 に示すとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

ベント管の使用材料の許容応力評価条件のうち，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－4 及び表 4－5 に示す。

表 4－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	機器等の区分	荷重の組合せ	状態
原子炉格納施設	圧力低減設備その他の安全設備	ベント管	重大事故等クラス２管	$D+P_{SA}+M_{SA}$	重大事故等時

表4－2　許容応力（設計・建設規格 PPC-3520）

応力分類 ／ 供用状態	一次応力（曲げ応力を含む。）
重大事故等時*	1.8・S

注記＊：設計・建設規格の供用状態Ａ，Ｂでの許容応力を用いる。

表4－3　許容応力（告示第５０１号第56条）

応力分類 ／ 許容応力状態	一次応力（曲げ応力を含む。）
重大事故等時*	1.2・S

注記＊：告示第５０１号の許容応力状態$Ⅰ_A$，$Ⅱ_A$での許容応力を用いる。

表4－4　設計・建設規格に基づく強度評価に用いる使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件（℃）		Ｓｍ（MPa）	Ｓｙ（MPa）	Ｓｕ（MPa）	Ｓ（MPa）
垂直管及び水平吐出管	SUS304L	周囲環境温度	200	—	—	—	102
リターンライン	[redacted]	周囲環境温度	200	—	—	—	[redacted]

表4－5　告示第５０１号に基づく強度評価に用いる使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件（℃）		Ｓｍ（MPa）	Ｓｙ（MPa）	Ｓｕ（MPa）	Ｓ（MPa）
垂直管及び水平吐出管	SUS304L	周囲環境温度	200	—	—	—	101
リターンライン	[redacted]	周囲環境温度	200	—	—	—	[redacted]

4.2.4　設計荷重

(1)　重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度

重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度は，以下のとおりとする。

内圧（差圧）	P_{SA}	173kPa（ＳＡ後）
外圧（差圧）	P_{SA}	14kPa（ＳＡ後）
温度	T_{SA}	200℃（ＳＡ後）

(2)　重大事故等対処設備としての水荷重

重大事故等対処設備の評価に用いる水荷重として，没水時におけるベント管内部の水重量を考慮する。

管内保有水　[redacted]N

(3)　重大事故等対処設備としての逃がし安全弁作動時荷重

重大事故等対処設備としての逃がし安全弁作動時荷重は設計基準対象施設としての荷重と同じであるため，参照図書(1)に示すとおりである。

(4)　重大事故等対処設備としての原子炉冷却材喪失事故時蒸気ブローダウン荷重

重大事故等対処設備としての原子炉冷却材喪失事故時蒸気ブローダウン荷重は設計基準対象施設としての荷重と同じであるため，参照図書(1)に示すとおりである。

4.3　計算方法

ベント管の応力評価点は，ベント管を構成する部材の形状及び応力レベルを考慮し，発生応力が大きくなる部位を選定する。選定した応力評価点を表 4－6 及び図 4－1 に示す。

応力計算方法は既工認から変更はなく，参照図書(1)に示すとおりである。

評価の概要を以下に示す。

評価点 P1～P4 は既工認の各荷重による応力を比倍（圧力比等）し評価する。

表 4－6　応力評価点

応力評価点番号	応力評価点
Ｐ１	垂直管支持部
Ｐ２	水平吐出管の垂直管との結合部
Ｐ３	水平吐出管支持部
Ｐ４	リターンラインの垂直管との結合部

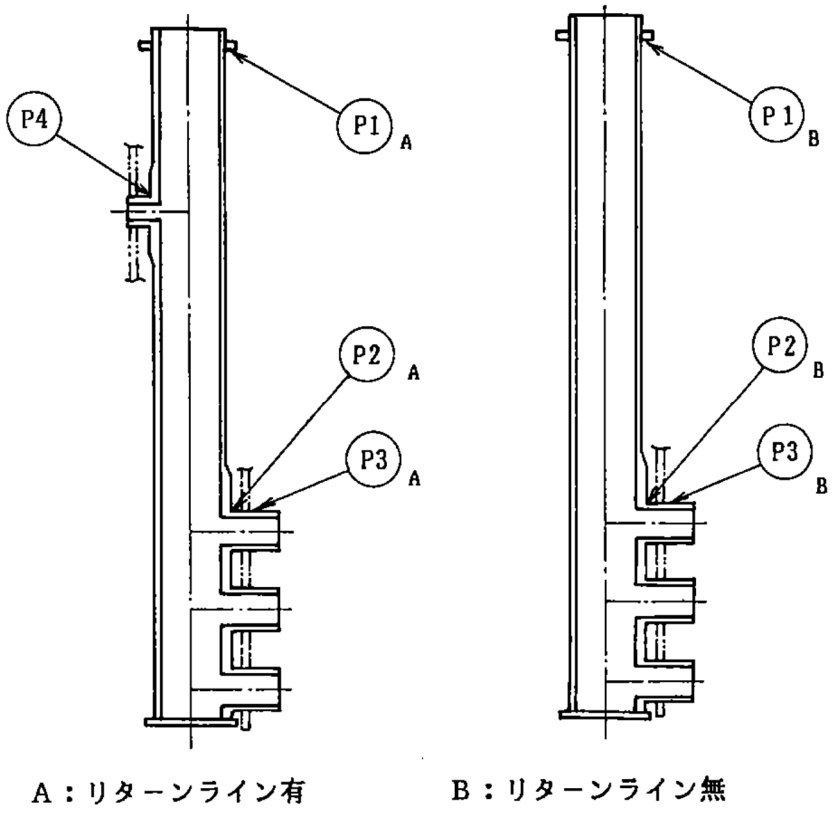


図 4－1　ベント管の応力評価点

4.4　計算条件

応力計算に用いる荷重を，「4.2　荷重の組合せ及び許容応力」に示す。

4.5　応力の評価

「4.3　計算方法」で求めた応力が許容応力以下であること。

5.　評価結果

5.1　重大事故等対処設備としての評価結果

ベント管の重大事故等時の状態を考慮した場合の強度評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足している。

(1)　強度評価結果

強度評価結果を表 5－1 及び表 5－2 に示す。

表5－1　設計・建設規格に基づく重大事故等時に対する評価結果（D＋P_{SA}＋M_{SA}）

評価対象設備	評価部位		応力分類	重大事故等時		判定	備考
				算出応力	許容応力		
				MPa	MPa		
ベント管	P1-A	垂直管支持部 （リターンライン有）	一次応力	18		○	
	P1-B	垂直管支持部 （リターンライン無）	一次応力	18		○	
	P2-A	水平吐出管の垂直管との結合部 （リターンライン有）	一次応力	27		○	
	P2-B	水平吐出管の垂直管との結合部 （リターンライン無）	一次応力	28		○	
	P3-A	水平吐出管支持部 （リターンライン有）	一次応力	39		○	
	P3-B	水平吐出管支持部 （リターンライン無）	一次応力	40		○	
	P4	リターンラインの垂直管との結合部	一次応力	21		○	

表5－2　告示第５０１号に基づく重大事故等時に対する評価結果（Ｄ＋ＰSA＋MSA）

評価対象設備	評価部位		応力分類	重大事故等時		判定	備考
				算出応力	許容応力		
				MPa	MPa		
ベント管	P1-A	垂直管支持部 （リターンライン有）	一次応力	18		○	
	P1-B	垂直管支持部 （リターンライン無）	一次応力	18		○	
	P2-A	水平吐出管の垂直管との結合部 （リターンライン有）	一次応力	27		○	
	P2-B	水平吐出管の垂直管との結合部 （リターンライン無）	一次応力	28		○	
	P3-A	水平吐出管支持部 （リターンライン有）	一次応力	39		○	
	P3-B	水平吐出管支持部 （リターンライン無）	一次応力	40		○	
	P4	リターンラインの垂直管との結合部	一次応力	21		○	

6. 参照図書

(1) 柏崎刈羽原子力発電所第７号機　第２回工事計画認可申請書
Ⅳ-3-4-3-4「ベント管の強度計算書」

Ⅴ-3-3-6-2-4　原子炉格納容器安全設備の強度計算書

Ⅴ-3-3-6-2-4-1　格納容器スプレイ冷却系の強度計算書

Ⅴ-3-3-6-2-4-1-1　管の強度計算書

Ⅴ-3-3-6-2-4-1-1-1　ドライウェルスプレイ管及びサプレッションチェンバスプレイ管の基本板厚計算書

まえがき

本計算書は，Ｖ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」に基づくとともに，Ｖ-3-2-9「重大事故等クラス２管の強度計算方法」に準じて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお，評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については，Ｖ-3-2-1「強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

・評価条件整理表

NO.	既設or新設	施設時の技術基準に対象とする施設の規定があるか	クラスアップするか				条件アップするか					既工認における評価結果の有無	施設時の適用規格	評価区分	同等性評価区分	評価クラス
			クラスアップの有無	施設時機器クラス	DBクラス	SAクラス	条件アップの有無	DB条件		SA条件						
								圧力(MPa)	温度(℃)	圧力(MPa)	温度(℃)					
1	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	3.43	171	3.43	200	—	S55告示	設計・建設規格又は告示	—	SA-2
2	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	3.43	171	3.43	200	—	S55告示	設計・建設規格又は告示	—	SA-2
3	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	3.43	171	3.43	200	—	S55告示	設計・建設規格又は告示	—	SA-2
4	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	3.43	171	3.43	200	—	S55告示	設計・建設規格又は告示	—	SA-2
5	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	3.43	104	3.43	200	—	S55告示	設計・建設規格又は告示	—	SA-2
6	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	3.43	104	3.43	200	—	S55告示	設計・建設規格又は告示	—	SA-2
7	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	3.43	104	3.43	200	—	S55告示	設計・建設規格又は告示	—	SA-2
SP1	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	3.43	171	3.43	200	—	S55告示	設計・建設規格又は告示	—	SA-2
SP2	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	3.43	104	3.43	200	—	S55告示	設計・建設規格又は告示	—	SA-2

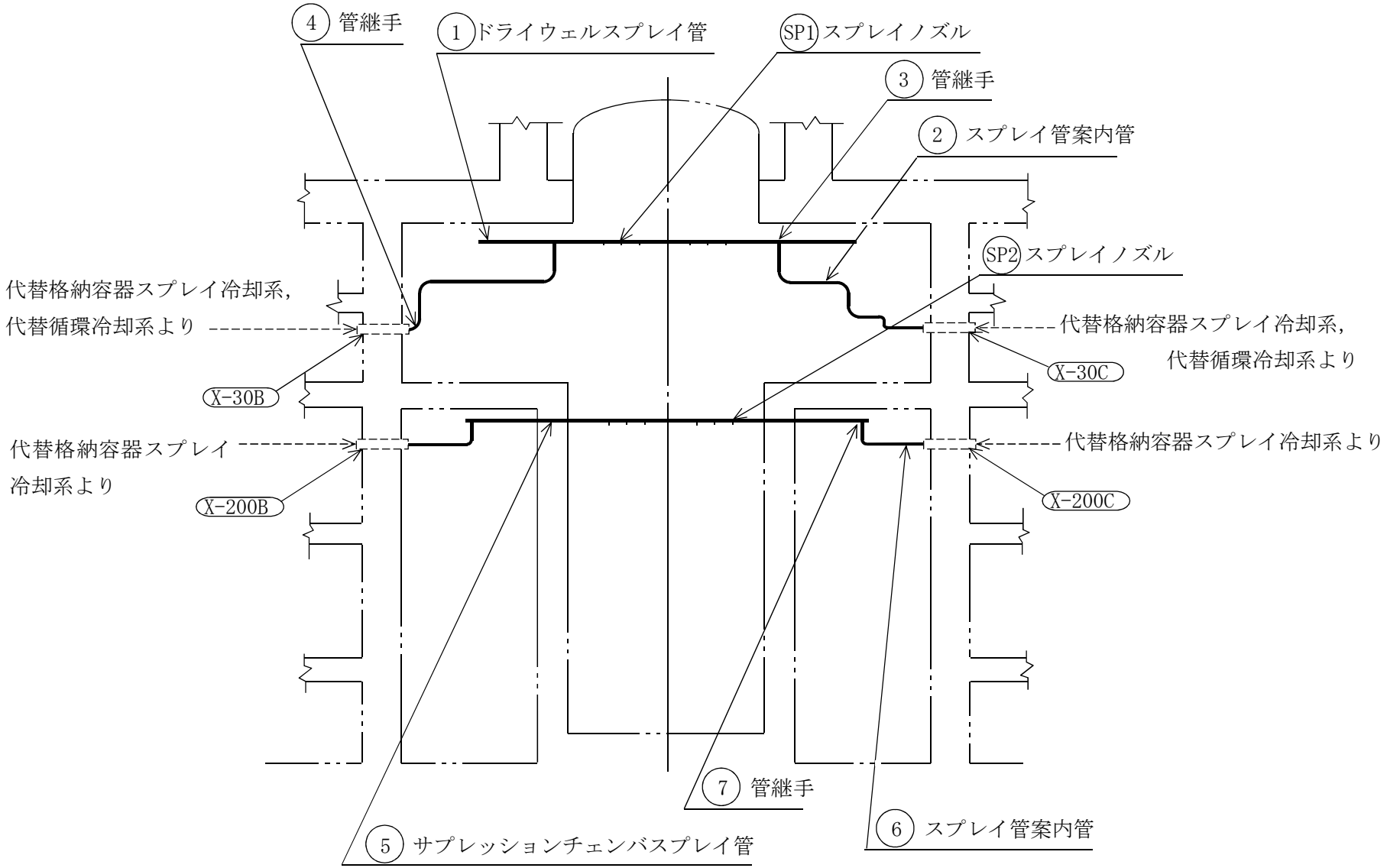
・適用規格の選定

NO.	評価項目	評価区分	判定基準	適用規格
1	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
2	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
3	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
4	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
5	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
6	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
7	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
SP1	管の穴と補強計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
SP2	管の穴と補強計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格

目　　次

1. 概略系統図 ····· 1
2. 管の強度計算書 ····· 2
3. 管の穴と補強計算書 ····· 3

1. 概略系統図


④ 管継手
① ドライウェルスプレイ管
SP1 スプレイノズル
③ 管継手
② スプレイ管案内管
SP2 スプレイノズル
代替格納容器スプレイ冷却系,
代替循環冷却系より
代替格納容器スプレイ冷却系,
代替循環冷却系より
X-30C
X-30B
代替格納容器スプレイ
冷却系より
代替格納容器スプレイ冷却系より
X-200B
X-200C
⑦ 管継手
⑤ サプレッションチェンバスプレイ管
⑥ スプレイ管案内管

2. 管の強度計算書（重大事故等クラス２管）

設計・建設規格　PPC-3411　準用

NO.	最高使用圧力 P (MPa)	最高使用温度 (℃)	外径 Do (mm)	公称厚さ (mm)	材料	製法	クラス	S (MPa)	η	Q	ts (mm)	t (mm)	算式	tr (mm)
1	3.43	200	216.30	12.70	STS410	S	2	103	1.00			3.56	C	3.80
2														
3	3.43	200	216.30	12.70	STS410	S	2	103	1.00			3.56	C	3.80
4														
5	3.43	200	114.30	8.60	STS410	S	2	103	1.00			1.88	C	3.40
6														
7	3.43	200	114.30	8.60	STS410	S	2	103	1.00			1.88	C	3.40

評価：ｔｓ ≧ ｔｒ，よって十分である。

3.　管の穴と補強計算書（重大事故等クラス２管）

補強を要しない穴の最大径

設計・建設規格　PPC-3422　準用

ＮＯ.				SP1
形　　式				—
最高使用圧力		Ｐ	(MPa)	3.43
最高使用温度			(℃)	200
主管と管台の角度		α	(°)	—
主管	材　　料			STS410
	許容引張応力	Ｓｒ	(MPa)	103
	外　　径	Ｄｏｒ	(mm)	216.30
	内　　径	Ｄｉｒ	(mm)	
	公称厚さ	ｔｒｏ	(mm)	12.70
	厚さの負の許容差	Ｑｒ		
	最小厚さ	ｔｒ	(mm)	
	継手効率	η		1.00
管台	材　　料			—
	外　　径	Ｄｏｂ	(mm)	—
	内　　径	Ｄｉｂ	(mm)	—
	公称厚さ	ｔｂｎ	(mm)	—
穴の径		d	(mm)	
ｄｒ1＝Ｄｉｒ／4			(mm)	
61，ｄｒ1　の小さい値			(mm)	
Ｋ				—
200，ｄｒ2の小さい値			(mm)	—
補強不要な穴の最大径		ｄｆｒ	(mm)	

評価：　ｄ　≦　ｄｆｒ

よって管の穴の補強計算は必要ない。

補強を要しない穴の最大径

設計・建設規格　PPC-3422　準用

ＮＯ.				SP2
形　　式				—
最高使用圧力		Ｐ	(MPa)	3.43
最高使用温度			(℃)	200
主管と管台の角度		α	(°)	—
主管	材　　料			STS410
	許容引張応力	Ｓｒ	(MPa)	103
	外　　径	Ｄｏｒ	(mm)	114.30
	内　　径	Ｄｉｒ	(mm)	
	公称厚さ	ｔｒｏ	(mm)	8.60
	厚さの負の許容差	Ｑｒ		
	最小厚さ	ｔｒ	(mm)	
	継手効率	η		1.00
管台	材　　料			—
	外　　径	Ｄｏｂ	(mm)	—
	内　　径	Ｄｉｂ	(mm)	—
	公称厚さ	ｔｂｎ	(mm)	—
穴の径		ｄ	(mm)	
ｄｒ1＝Ｄｉｒ／4			(mm)	
61，ｄｒ1　の小さい値			(mm)	
Ｋ				—
200，ｄｒ2の小さい値			(mm)	—
補強不要な穴の最大径		ｄｆｒ	(mm)	

評価：　ｄ　≦　ｄｆｒ

よって管の穴の補強計算は必要ない。

Ⅴ-3-3-6-2-4-1-1-2　ドライウェルスプレイ管の強度計算書

まえがき

本計算書は，Ｖ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びＶ-3-2-9「重大事故等クラス２管の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお，評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については，Ｖ-3-2-1「強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

・評価条件整理表

機器名称	既設or新設	施設時の技術基準に対象とする施設の規定があるか	クラスアップするか				条件アップするか					既工認における評価結果の有無	施設時の適用規格	評価区分	同等性評価区分	評価クラス
			クラスアップの有無	施設時機器クラス	DBクラス	SAクラス	条件アップの有無	DB条件		SA条件						
								圧力(MPa)	温度(℃)	圧力(MPa)	温度(℃)					
ドライウェルスプレイ管	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	3.43	171	3.43	200	—	S55 告示	設計・建設規格又は告示	—	SA-2

目　　次

1.　概要 ····· 1
2.　一般事項 ····· 1
2.1　構造計画 ····· 1
2.2　評価方針 ····· 3
2.3　適用基準 ····· 3
2.4　記号の説明 ····· 4
2.5　計算精度と数値の丸め方 ····· 5
3.　評価部位 ····· 6
4.　強度評価 ····· 7
4.1　強度評価方法 ····· 7
4.2　荷重の組合せ及び許容応力 ····· 7
4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 7
4.2.2　許容応力 ····· 7
4.2.3　使用材料の許容応力評価条件 ····· 7
4.2.4　設計荷重 ····· 10
4.3　計算方法 ····· 11
4.4　計算条件 ····· 13
4.5　応力の評価 ····· 13
5.　評価結果 ····· 14
5.1　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 14
6.　参照図書 ····· 17

1. 概要

本計算書は，ドライウェルスプレイ管の強度計算書である。

ドライウェルスプレイ管は，設計基準対象施設のドライウェルスプレイ管を重大事故等クラス２管として兼用する機器である。

以下，重大事故等クラス２管として，Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びⅤ-3-2-9「重大事故等クラス２管の強度計算方法」に基づき，ドライウェルスプレイ管の強度評価を示す。

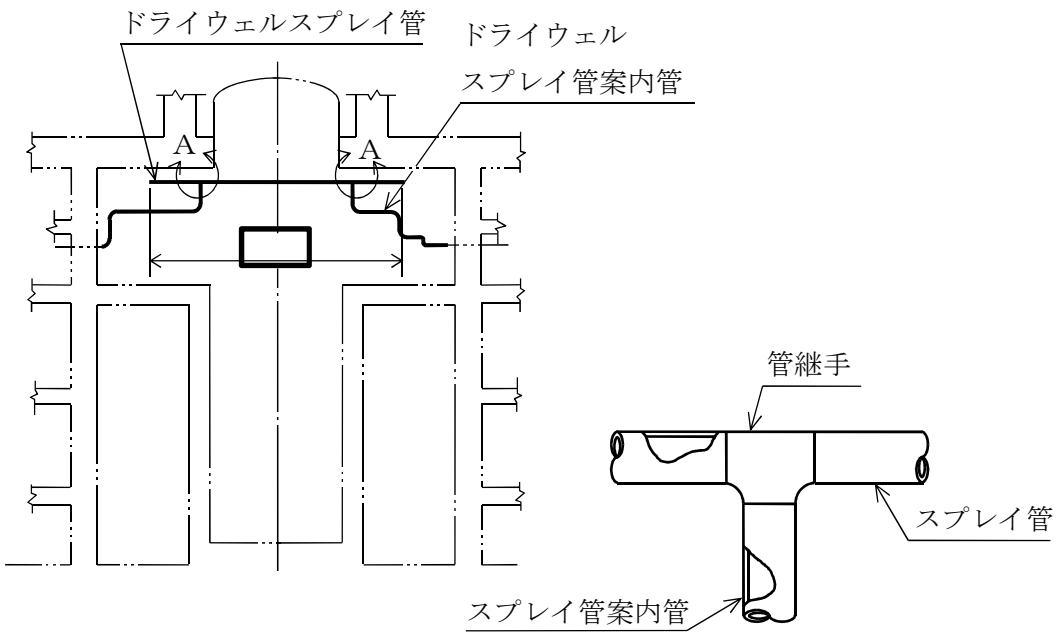
なお，本計算書においては，重大事故等時における荷重に対して，平成 4 年 3 月 27 日付け 3 資庁第 13034 号にて認可された工事計画の添付書類（参照図書(1)）（以下「既工認」という。）に示す手法に従い強度評価を行う。

2. 一般事項

2.1 構造計画

ドライウェルスプレイ管の構造計画を表 2－1 に示す。

表2－1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
ドライウェルスプレイ管の配管サポートは，原子炉格納容器トップスラブ部に支持される。 ドライウェルスプレイ管案内管は原子炉格納容器貫通部及びパイプホイップレストレントストラクチャに支持される。 ドライウェルスプレイ管は原子炉格納容器トップスラブ部を介して鉛直方向荷重及び水平方向荷重が原子炉建屋に伝達される。	ドライウェルスプレイ管は，外径216.3mm及び厚さ12.7mmのパイプで作られ，直径 [redacted] mの円環構造である。 ドライウェルスプレイ管案内管は，外径216.3mm及び厚さ12.7mmのパイプで作られ，スプレイ管と原子炉格納容器をつなぐ構造である。	 A部詳細図 （単位：mm）

2.2　評価方針

ドライウェルスプレイ管の応力評価は，Ｖ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びＶ-3-2-9「重大事故等クラス２管の強度計算方法」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「3.　評価部位」にて設定する箇所において重大事故等時における温度，圧力による応力等が許容限界内に収まることを，「4.　強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5.　評価結果」に示す。

ドライウェルスプレイ管の強度評価フローを図 2－1 に示す。

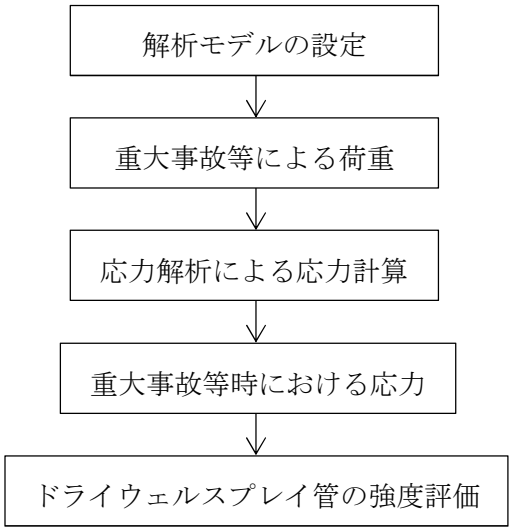


図 2－1　ドライウェルスプレイ管の強度評価フロー

2.3　適用基準

適用基準を以下に示す。

(1)　発電用原子力設備規格（設計・建設規格（2005 年版（2007 年追補版含む。））ＪＳＭＥＳ　ＮＣ１-2005/2007）（日本機械学会　2007 年 9 月）（以下「設計・建設規格」という。）

(2)　発電用原子力設備に関する構造等の技術基準（昭和 55 年 10 月 30 日　通商産業省告示第５０１号）（以下「告示第５０１号」という。）

2.4　記号の説明

記号	記号の説明	単位
D	死荷重，直径	—，mm
P_{SA}	圧力（ＳＡ後圧力）	kPa
S	許容引張応力	MPa
S_m	設計応力強さ	MPa
S_u	設計引張強さ	MPa
S_y	設計降伏点	MPa
t	厚さ	mm
T_{SA}	温度（ＳＡ後温度）	℃

2.5　計算精度と数値の丸め方

精度は，有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表2－2に示すとおりとする。

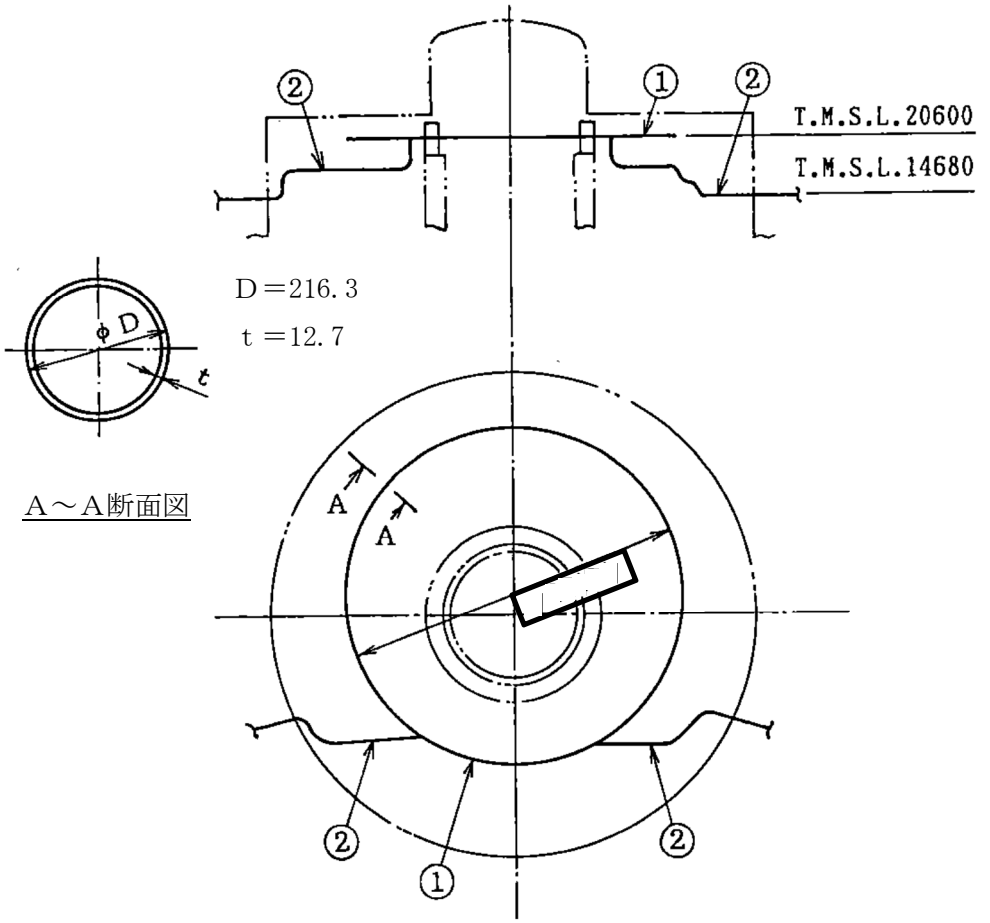
表 2－2　表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
圧力	kPa	―	―	整数位
温度	℃	―	―	整数位
許容応力*	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位
算出応力	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位

注記＊：設計・建設規格　付録材料図表に記載された温度の中間における許容引張応力，設計降伏点及び設計引張強さは，比例法により補間した値の小数点以下第 1 位を切り捨てて整数化する。また，告示第５０１号別表に記載された温度の中間における許容引張応力，設計降伏点及び設計引張強さは，比例法により補間した値の小数点以下第 2 位を切り捨て，小数点以下第1位までの値として算出する。得られた値をSI単位に換算し，SI単位に換算した値の小数点以下第1位を切り捨てて整数化する。

3.　評価部位

ドライウェルスプレイ管の形状及び主要寸法を図3－1に，使用材料及び使用部位を表3－1に示す。



①ドライウェルスプレイ管　　②スプレイ管案内管

（単位：mm）

図3－1　ドライウェルスプレイ管の形状及び主要寸法

表3－1　使用材料表

使用部位	使用材料	備考
ドライウェルスプレイ管 及びスプレイ管案内管	STS42	STS410相当

K7 ① V-3-3-6-2-4-1-2 R1

4.　強度評価

4.1　強度評価方法

(1)　ドライウェルスプレイ管は，配管サポートが原子炉格納容器トップスラブ部に支持された構造であり，荷重は原子炉格納容器トップスラブ部を介して原子炉建屋に伝達される。

ドライウェルスプレイ管の強度評価として，参照図書(1)に示す既工認の手法に従い強度評価を行う。

(2)　強度評価に用いる寸法は，公称値を用いる。

4.2　荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

ドライウェルスプレイ管の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－1 に示す。

詳細な荷重の組合せは，対象機器の設置位置等を考慮し決定する。なお，考慮する荷重の組合せは，組み合わせる荷重の大きさを踏まえ，評価上厳しくなる組合せを選定する。

4.2.2　許容応力

ドライウェルスプレイ管の許容応力は，Ⅴ-3-2-9「重大事故等クラス２管の強度計算方法」に基づき表 4－2 及び表 4－3 に示すとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

ドライウェルスプレイ管の使用材料の許容応力評価条件のうち，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－4 及び表 4－5 に示す。

表 4－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	機器等の区分	荷重の組合せ	状態
原子炉格納施設	圧力低減設備その他の安全設備	ドライウェルスプレイ管	重大事故等クラス２管	$D+P_{SA}$	重大事故等時

表4－2　許容応力（設計・建設規格 PPC-3520）

応力分類 ／ 供用状態	一次応力（曲げ応力を含む。）
重大事故等時*	1.5・S

注記＊：設計・建設規格の供用状態Ａ，Ｂでの許容応力を用いる。

表4－3　許容応力（告示第５０１号第56条）

応力分類 ／ 許容応力状態	一次応力（曲げ応力を含む。）
重大事故等時*	S

注記＊：告示第５０１号の許容応力状態$Ⅰ_A$，$Ⅱ_A$での許容応力を用いる。

表4－4　設計・建設規格に基づく強度評価に用いる使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		Ｓｍ (MPa)	Ｓｙ (MPa)	Ｓｕ (MPa)	Ｓ (MPa)
ドライウェルスプレイ管及びスプレイ管案内管	STS42*	周囲環境温度	200	―	―	―	103

注記＊：STS410 相当

表4－5　告示第５０１号に基づく強度評価に用いる使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		Ｓｍ (MPa)	Ｓｙ (MPa)	Ｓｕ (MPa)	Ｓ (MPa)
ドライウェルスプレイ管及びスプレイ管案内管	STS42*	周囲環境温度	200	―	―	―	102

注記＊：STS410 相当

4.2.4　設計荷重

(1)　重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度

重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度は，以下のとおりとする。

原子炉格納容器内圧P_{SA}	620kPa（ＳＡ後）
温度T_{SA}	200℃（ＳＡ後）

注：重大事故等時においては，ドライウェルスプレイ管の最高使用圧力(3.43MPa)を用いて評価する。

4.3　計算方法

ドライウェルスプレイ管の応力評価点は，ドライウェルスプレイ管を構成する各部材において，発生応力が最も大きくなる箇所とする。選定した応力評価点を表 4－6 及び図 4－1 に示す。

応力計算方法は既工認から変更はなく，参照図書(1)に示すとおりである。

評価の概要を以下に示す。

評価点 P1～P3 は既工認の各荷重による応力を応力係数比倍し評価する。

表 4－6　応力評価点

応力評価点番号	応力評価点
Ｐ１	スプレイ管
Ｐ２	スプレイ管とスプレイ管案内管との接続部
Ｐ３	スプレイ管案内管

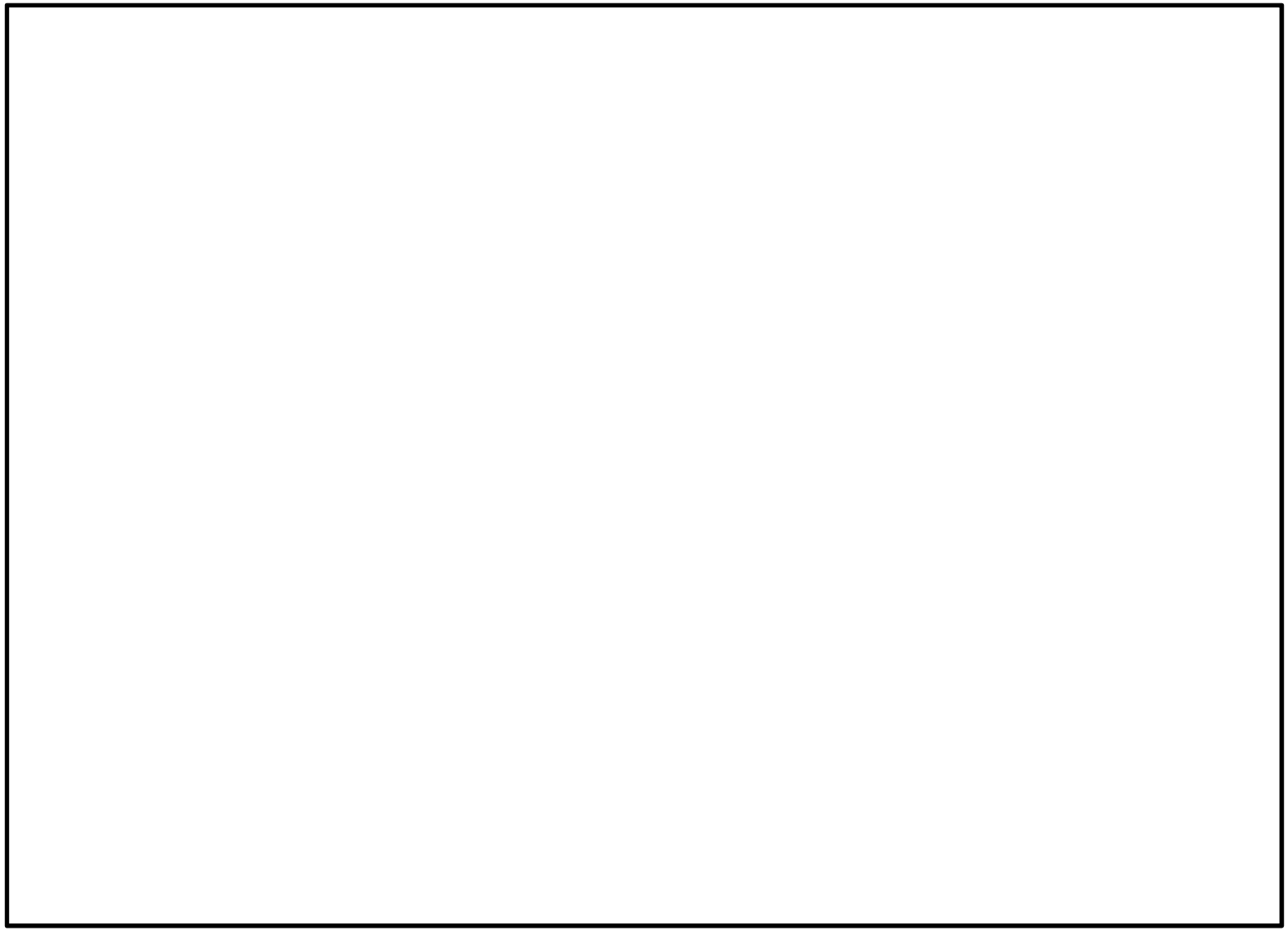


図 4－1　ドライウェルスプレイ管の応力評価点

4.4　計算条件

応力計算に用いる荷重を，「4.2　荷重の組合せ及び許容応力」に示す。

4.5　応力の評価

「4.3　計算方法」で求めた応力が許容応力以下であること。

5.　評価結果

5.1　重大事故等対処設備としての評価結果

ドライウェルスプレイ管の重大事故等時の状態を考慮した場合の強度評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足している。

(1)　強度評価結果

強度評価結果を表 5－1 及び表 5－2 に示す。

表 5－1　設計・建設規格に基づく重大事故等時に対する評価結果（D＋P_{SA}）

評価対象設備	応力評価点		応力分類	重大事故等時		判定	備考
				算出応力	許容応力		
				MPa	MPa		
ドライウェル スプレイ管	P1	スプレイ管	一次応力	24	154	○	
	P2	スプレイ管とスプレイ管案内管との接続部	一次応力	39	154	○	
	P3	スプレイ管案内管	一次応力	29	154	○	

表5－2　告示第５０１号に基づく重大事故等時に対する評価結果（Ｄ＋Ｐ$_{SA}$）

評価対象設備	応力評価点		応力分類	重大事故等時		判定	備考
				算出応力	許容応力		
				MPa	MPa		
ドライウェル スプレイ管	P1	スプレイ管	一次応力	24	102	○	
	P2	スプレイ管とスプレイ管案内管との接続部	一次応力	21	102	○	
	P3	スプレイ管案内管	一次応力	24	102	○	

6. 参照図書

(1) 柏崎刈羽原子力発電所第７号機　第２回工事計画認可申請書
Ⅳ-3-4-3-5「ドライウェルスプレイ管の強度計算書」

Ⅴ-3-3-6-2-4-1-1-3　サプレッションチェンバスプレイ管の強度計算書

まえがき

本計算書は，Ｖ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びＶ-3-2-9「重大事故等クラス２管の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお，評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については，Ｖ-3-2-1「強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

・評価条件整理表

機器名称	既設or新設	施設時の技術基準に対象とする施設の規定があるか	クラスアップするか				条件アップするか					既工認における評価結果の有無	施設時の適用規格	評価区分	同等性評価区分	評価クラス
			クラスアップの有無	施設時機器クラス	DBクラス	SAクラス	条件アップの有無	DB条件		SA条件						
								圧力(MPa)	温度(℃)	圧力(MPa)	温度(℃)					
サプレッションチェンバスプレイ管	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	3.43	104	3.43	200	—	S55 告示	設計・建設規格又は告示	—	SA-2

目　　次

1.　概要 ····· 1
2.　一般事項 ····· 1
2.1　構造計画 ····· 1
2.2　評価方針 ····· 3
2.3　適用基準 ····· 3
2.4　記号の説明 ····· 4
2.5　計算精度と数値の丸め方 ····· 5
3.　評価部位 ····· 6
4.　強度評価 ····· 7
4.1　強度評価方法 ····· 7
4.2　荷重の組合せ及び許容応力 ····· 7
4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 ····· 7
4.2.2　許容応力 ····· 7
4.2.3　使用材料の許容応力評価条件 ····· 7
4.2.4　設計荷重 ····· 10
4.3　計算方法 ····· 11
4.4　計算条件 ····· 13
4.5　応力の評価 ····· 13
5.　評価結果 ····· 14
5.1　重大事故等対処設備としての評価結果 ····· 14
6.　参照図書 ····· 17

1. 概要

本計算書は，サプレッションチェンバスプレイ管の強度計算書である。

サプレッションチェンバスプレイ管は，設計基準対象施設のサプレッションチェンバスプレイ管を重大事故等クラス２管として兼用する機器である。

以下，重大事故等クラス２管として，Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びⅤ-3-2-9「重大事故等クラス２管の強度計算方法」に基づき，サプレッションチェンバスプレイ管の強度評価を示す。

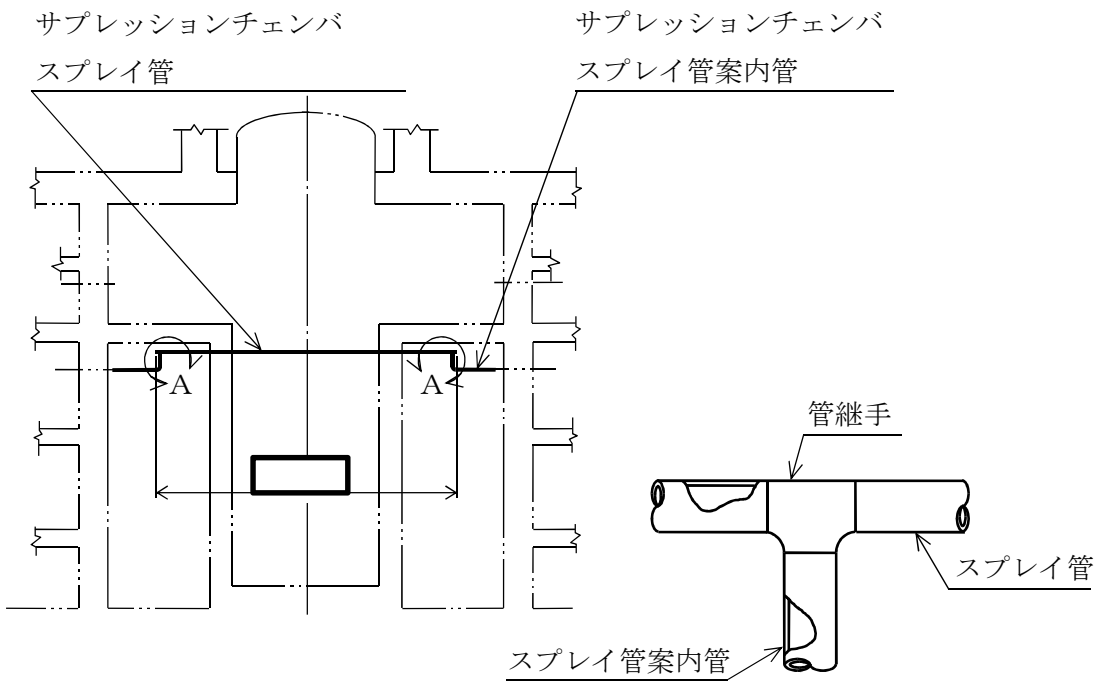
なお，本計算書においては，重大事故等時における荷重に対して，平成 4 年 3 月 27 日付け 3 資庁第 13034 号にて認可された工事計画の添付書類（参照図書(1)）（以下「既工認」という。）に示す手法に従い強度評価を行う。

2. 一般事項

2.1 構造計画

サプレッションチェンバスプレイ管の構造計画を表 2－1 に示す。

表2－1　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
サプレッションチェンバスプレイ管の配管サポートは，ダイヤフラムフロア部に支持される。 サプレッションチェンバスプレイ管案内管は原子炉格納容器貫通部に支持される。 サプレッションチェンバスプレイ管はダイヤフラムフロア部を介して鉛直方向荷重及び水平方向荷重が原子炉建屋に伝達される。	サプレッションチェンバスプレイ管は，外径114.3mm及び厚さ8.6mmのパイプで作られ，直径□mの円環構造である。 サプレッションチェンバスプレイ管案内管は，外径114.3mm及び厚さ8.6mmのパイプで作られ，スプレイ管と原子炉格納容器をつなぐ構造である。	 A部詳細図 （単位：mm）

2.2　評価方針

サプレッションチェンバスプレイ管の応力評価は，Ｖ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びＶ-3-2-9「重大事故等クラス２管の強度計算方法」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「3.　評価部位」にて設定する箇所において重大事故等時における温度，圧力による応力等が許容限界内に収まることを，「4.　強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5.　評価結果」に示す。

サプレッションチェンバスプレイ管の強度評価フローを図 2－1 に示す。

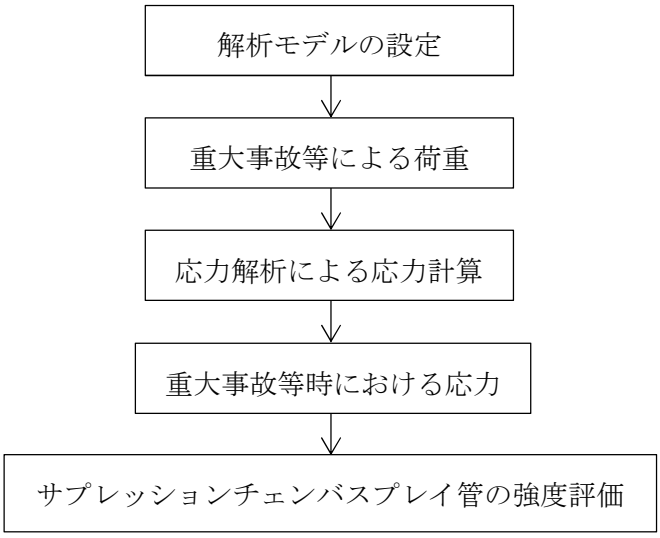


図 2－1　サプレッションチェンバスプレイ管の強度評価フロー

2.3　適用基準

適用基準を以下に示す。

(1)　発電用原子力設備規格（設計・建設規格（2005 年版（2007 年追補版含む。））ＪＳＭＥＳ　ＮＣ１-2005/2007）（日本機械学会　2007 年 9 月）（以下「設計・建設規格」という。）

(2)　発電用原子力設備に関する構造等の技術基準（昭和 55 年 10 月 30 日　通商産業省告示第５０１号）（以下「告示第５０１号」という。）

2.4　記号の説明

記号	記号の説明	単位
D	死荷重，直径	―，mm
P_{SA}	圧力（ＳＡ後圧力）	kPa
S	許容引張応力	MPa
S_m	設計応力強さ	MPa
S_u	設計引張強さ	MPa
S_y	設計降伏点	MPa
t	厚さ	mm
T_{SA}	温度（ＳＡ後温度）	℃

2.5　計算精度と数値の丸め方

精度は，有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表2－2に示すとおりとする。

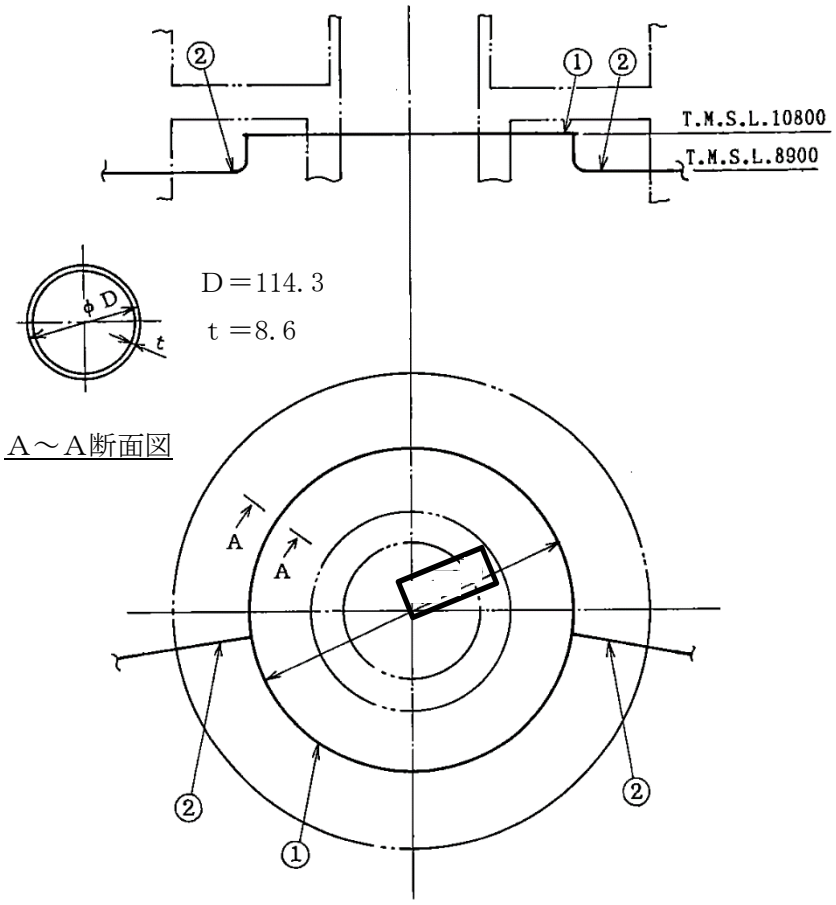
表 2－2　表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
圧力	kPa	―	―	整数位
温度	℃	―	―	整数位
許容応力*	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位
算出応力	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位

注記＊：設計・建設規格　付録材料図表に記載された温度の中間における許容引張応力，設計降伏点及び設計引張強さは，比例法により補間した値の小数点以下第 1 位を切り捨てて整数化する。また，告示第５０１号別表に記載された温度の中間における許容引張応力，設計降伏点及び設計引張強さは，比例法により補間した値の小数点以下第 2 位を切り捨て，小数点以下第 1 位までの値として算出する。得られた値を SI 単位に換算し，SI 単位に換算した値の小数点以下第 1 位を切り捨てて整数化する。

3. 評価部位

サプレッションチェンバスプレイ管の形状及び主要寸法を図 3－1 に，使用材料及び使用部位を表 3－1 に示す。



①サプレッションチェンバスプレイ管　②スプレイ管案内管

（単位：mm）

図 3－1　サプレッションチェンバスプレイ管の形状及び主要寸法

表 3－1　使用材料表

使用部位	使用材料	備考
サプレッションチェンバスプレイ管及びスプレイ管案内管	STS42	STS410 相当

K7 ① V-3-3-6-2-4-1-1-3 R1

4.　強度評価

4.1　強度評価方法

(1)　サプレッションチェンバスプレイ管は，配管サポートがダイヤフラムフロア部に支持された構造であり，荷重はダイヤフラムフロア部を介して原子炉建屋に伝達される。

サプレッションチェンバスプレイ管の強度評価として，参照図書(1)に示す既工認の手法に従い強度評価を行う。

(2)　強度評価に用いる寸法は，公称値を用いる。

4.2　荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

サプレッションチェンバスプレイ管の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－1 に示す。

詳細な荷重の組合せは，対象機器の設置位置等を考慮し決定する。なお，考慮する荷重の組合せは，組み合わせる荷重の大きさを踏まえ，評価上厳しくなる組合せを選定する。

4.2.2　許容応力

サプレッションチェンバスプレイ管の許容応力は，Ⅴ-3-2-9「重大事故等クラス２管の強度計算方法」に基づき表 4－2 及び表 4－3 に示すとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件

サプレッションチェンバスプレイ管の使用材料の許容応力評価条件のうち，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－4 及び表 4－5 に示す。

表 4－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	機器等の区分	荷重の組合せ	状態
原子炉格納施設	圧力低減設備その他の安全設備	サプレッションチェンバスプレイ管	重大事故等クラス２管	Ｄ＋Ｐ$_{SA}$	重大事故等時

表4－2　許容応力（設計・建設規格 PPC-3520）

応力分類 ／ 供用状態	一次応力（曲げ応力を含む。）
重大事故等時*	1.5・Ｓ

注記＊：設計・建設規格の供用状態Ａ，Ｂでの許容応力を用いる。

表4－3　許容応力（告示第５０１号第56条）

応力分類 ／ 許容応力状態	一次応力（曲げ応力を含む。）
重大事故等時*	Ｓ

注記＊：告示第５０１号の許容応力状態Ⅰ$_{A}$，Ⅱ$_{A}$での許容応力を用いる。

表4－4　設計・建設規格に基づく強度評価に用いる使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		Ｓｍ (MPa)	Ｓｙ (MPa)	Ｓｕ (MPa)	Ｓ (MPa)
サプレッションチェンバ スプレイ管 及びスプレイ管案内管	STS42*	周囲環境温度	200	―	―	―	103

注記＊：STS410 相当

表4－5　告示第５０１号に基づく強度評価に用いる使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (℃)		Ｓｍ (MPa)	Ｓｙ (MPa)	Ｓｕ (MPa)	Ｓ (MPa)
サプレッションチェンバ スプレイ管 及びスプレイ管案内管	STS42*	周囲環境温度	200	―	―	―	102

注記＊：STS410 相当

4.2.4　設計荷重

(1)　重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度

重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度は，以下のとおりとする。

原子炉格納容器内圧P_{SA}	620kPa（ＳＡ後）
温度T_{SA}	200℃（ＳＡ後）

注：重大事故等時においては，サプレッションチェンバスプレイ管の最高使用圧力(3.43MPa)を用いて評価する。

4.3　計算方法

サプレッションチェンバスプレイ管の応力評価点は，サプレッションチェンバスプレイ管を構成する各部材において，発生応力が最も大きくなる箇所とする。選定した応力評価点を表 4－6 及び図 4－1 に示す。

応力計算方法は既工認から変更はなく，参照図書(1)に示すとおりである。

評価の概要を以下に示す。

評価点 P1～P3 は既工認の各荷重による応力を応力係数比倍し評価する。

表 4－6　応力評価点

応力評価点番号	応力評価点
Ｐ１	スプレイ管
Ｐ２	スプレイ管とスプレイ管案内管との接続部
Ｐ３	スプレイ管案内管

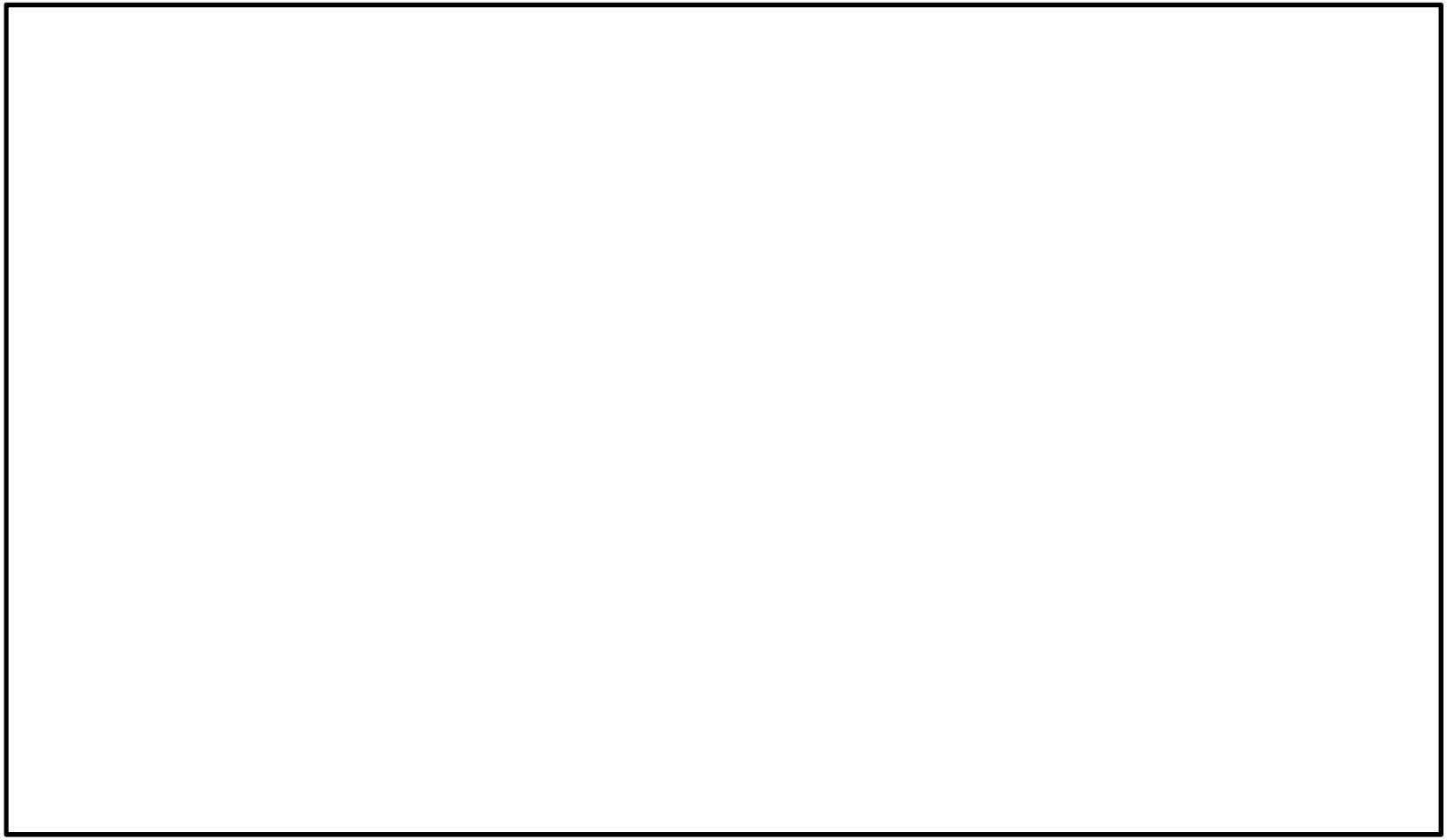


図 4－1　サプレッションチェンバスプレイ管の応力評価点

4.4　計算条件

応力計算に用いる荷重を，「4.2　荷重の組合せ及び許容応力」に示す。

4.5　応力の評価

「4.3　計算方法」で求めた応力が許容応力以下であること。

5. 評価結果

5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

サプレッションチェンバスプレイ管の重大事故等時の状態を考慮した場合の強度評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足している。

(1) 強度評価結果

強度評価結果を表 5－1 及び表 5－2 に示す。

表 5－1　設計・建設規格に基づく重大事故等時に対する評価結果（Ｄ＋Ｐ$_{SA}$）

評価対象設備	評価部位		応力分類	重大事故等時		判定	備考
				算出応力	許容応力		
				MPa	MPa		
サプレッションチェンバスプレイ管	P1	スプレイ管	一次応力	28	154	○	
	P2	スプレイ管とスプレイ管案内管との接続部	一次応力	55	154	○	
	P3	スプレイ管案内管	一次応力	28	154	○	

表5－2　告示第５０１号に基づく重大事故等時に対する評価結果（Ｄ＋Ｐ$_{SA}$）

評価対象設備	評価部位		応力分類	重大事故等時		判定	備考
				算出応力	許容応力		
				MPa	MPa		
サプレッションチェンバスプレイ管	P1	スプレイ管	一次応力	28	102	○	
	P2	スプレイ管とスプレイ管案内管との接続部	一次応力	25	102	○	
	P3	スプレイ管案内管	一次応力	22	102	○	

6. 参照図書

(1) 柏崎刈羽原子力発電所第７号機　第２回工事計画認可申請書
Ⅳ-3-4-3-6「サプレッションチェンバスプレイ管の強度計算書」

Ⅴ-3-3-6-2-4-2　格納容器下部注水系の強度計算書

Ⅴ-3-3-6-2-4-2-1　管の強度計算書

Ⅴ-3-3-6-2-4-2-1-1　管の基本板厚計算書

まえがき

本計算書は，Ｖ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」及びＶ-3-2-9「重大事故等クラス２管の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお，評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については，Ｖ-3-2-1「強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

・評価条件整理表

NO.	既設or新設	施設時の技術基準に対象とする施設の規定があるか	クラスアップするか				条件アップするか					既工認における評価結果の有無	施設時の適用規格	評価区分	同等性評価区分	評価クラス
			クラスアップの有無	施設時機器クラス	DBクラス	SAクラス	条件アップの有無	DB条件		SA条件						
								圧力(MPa)	温度(℃)	圧力(MPa)	温度(℃)					
1	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	有	1.37	66	2.00	85	—	S55告示	設計・建設規格又は告示	—	SA-2
2	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	1.37	171	2.00	200	—	S55告示	設計・建設規格又は告示	—	SA-2
3	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	0.31	171	0.62	200	—	S55告示	設計・建設規格又は告示	—	SA-2
4	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	有	0.31	171	0.62	200	—	S55告示	設計・建設規格又は告示	—	SA-2
F1	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	有	1.37	66	2.00	85	—	S55告示	設計・建設規格又は告示	—	SA-2

・適用規格の選定

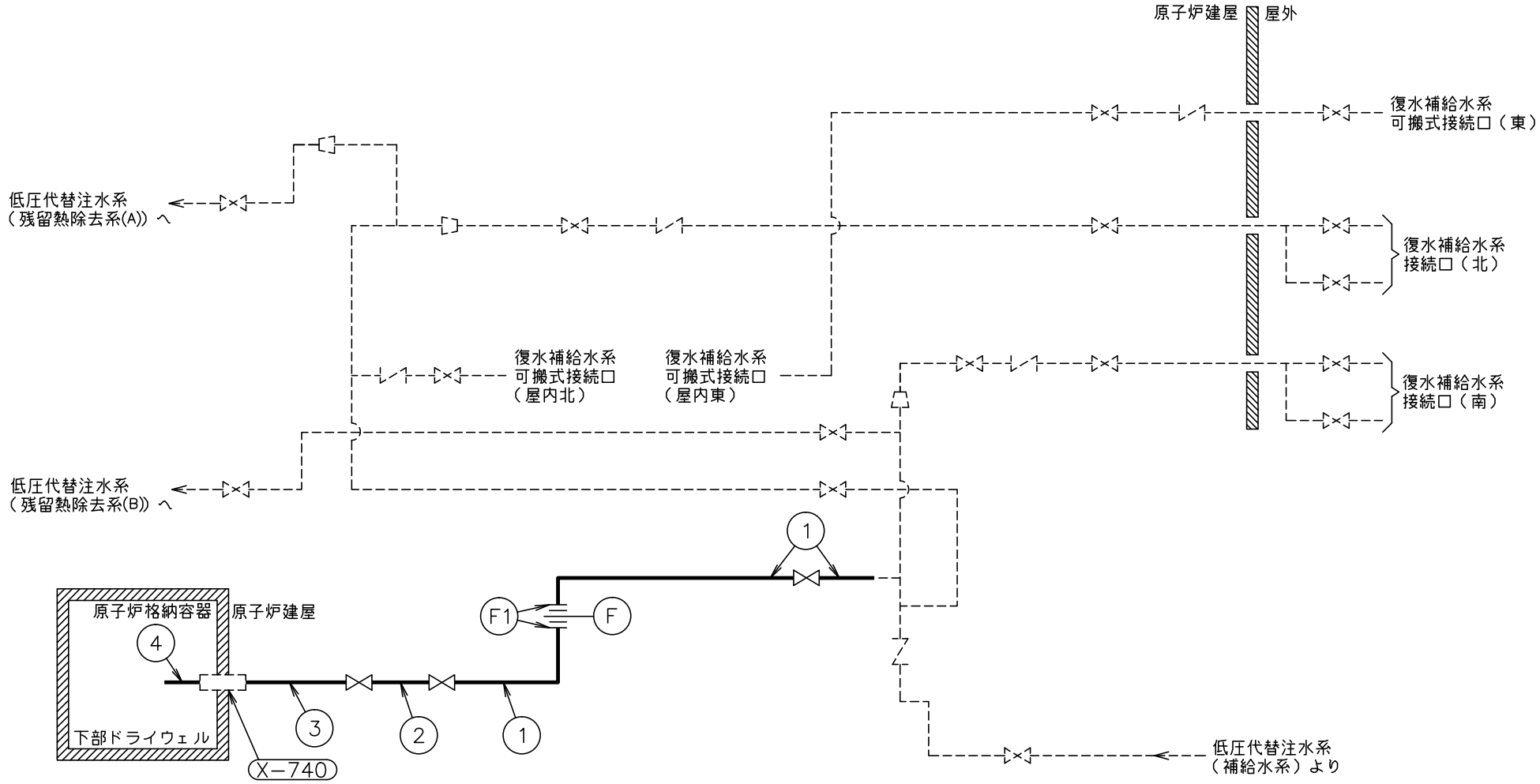
NO.	評価項目	評価区分	判定基準	適用規格
1	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
2	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
3	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
4	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
F1	フランジの強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格

目　　次

1.　概略系統図　……………………………………………………　1
2.　管の強度計算書　…………………………………………………　2
3.　フランジの強度計算書　……………………………………………　3
4.　設計・建設規格における材料の規定によらない場合の評価　…　4

K7 ① V-3-3-6-2-4-2-1-1 R1

1．概略系統図



格納容器下部注水系概略系統図
（補給水系）

2.　管の強度計算書（重大事故等クラス２管）

設計・建設規格　PPC-3411　準用

NO.	最高使用圧力 P (MPa)	最高使用 温　度 (℃)	外　径 Ｄｏ (mm)	公称厚さ (mm)	材　料	製 法	クラス	S (MPa)	η	Q	ｔｓ (mm)	t (mm)	算 式	ｔｒ (mm)
1	2.00	85	114.30	6.00	STPG370	S	2	93	1.00	12.5 %	5.25	1.22	C	3.40
2	2.00	200	114.30	6.00	STPT410	S	2	103	1.00	12.5 %	5.25	1.11	C	3.40
3	0.62	200	114.30	6.00	STPT410	S	2	103	1.00	12.5 %	5.25	0.35	C	3.40
4	0.62	200	114.30	6.00	STPG370	S	2	93	1.00	12.5 %	5.25	0.38	C	3.40

評価：ｔｓ ≧ ｔｒ，よって十分である。

3.　フランジの強度計算書（重大事故等クラス２管）

設計・建設規格　PPC-3414　準用
（ＪＩＳ　Ｂ　８２６５　附属書3適用）

設計条件			モーメントの計算		
ＮＯ.		F1	H_D	(N)	1.972×10^4
形　　式		一体形(TYPE-4)	h_D	(mm)	32.43
設計圧力　　P	(MPa)	2.40	M_D	(N･mm)	6.393×10^5
最高使用圧力　Ｐｏ	(MPa)	2.00	H_G	(N)	3.942×10^4
最高使用温度	(℃)	85	h_G	(mm)	22.75
			M_G	(N･mm)	8.968×10^5
フランジ			H_T	(N)	1.695×10^4
材　　料		SF440A	h_T	(mm)	32.05
σ_{fa} 常温(ガスケット締付時)(20℃)	(MPa)	110	M_T	(N･mm)	5.431×10^5
σ_{fb} 最高使用温度(使用状態)	(MPa)	110	M_o	(N･mm)	2.079×10^6
A	(mm)	[redacted]	M_g	(N･mm)	5.845×10^6
B	(mm)	[redacted]			
C	(mm)	[redacted]			
g_0	(mm)	[redacted]	フランジの厚さと係数		
g_1	(mm)	[redacted]	h_o	(mm)	24.775
h	(mm)	[redacted]	f		1.000
			F		0.584
ボルト			V		0.051
材　　料		SNB7(径≦63mm)	K		2.199
σ_a 常温(ガスケット締付時)(20℃)	(MPa)	173	T		1.435
σ_b 最高使用温度(使用状態)	(MPa)	173	U		2.873
d_b	(mm)	[redacted]	Y		2.614
d_i	(mm)	——	Z		1.521
n		[redacted]	d	(mm^3)	50548
			e	(mm^{-1})	0.02356
ガスケット			t	(mm)	48.00
材　　料		SUS-NON-ASBESTOS	L		[redacted]
ガスケット厚さ	(mm)	[redacted]			
G	(mm)	[redacted]	応力の計算		
G_s	(mm)	[redacted]	σ_{Ho}	(MPa)	25
N	(mm)	[redacted]	σ_{Ro}	(MPa)	6
m_g		[redacted]	σ_{To}	(MPa)	14
y	(N/mm^2)	[redacted]	σ_{Hg}	(MPa)	42
b_o	(mm)	[redacted]	σ_{Rg}	(MPa)	17
b	(mm)	[redacted]	σ_{Tg}	(MPa)	40
ボルトの計算					
H	(N)	3.666×10^4	応力の評価		
H_P	(N)	3.942×10^4			
W_{m1}	(N)	7.608×10^4	$\sigma_{Ho} \leqq 1.5\cdot\sigma_{fb}$		
W_{m2}	(N)	1.887×10^5	$\sigma_{Hg} \leqq 1.5\cdot\sigma_{fa}$		
A_{m1}	(mm^2)	439.8	$\sigma_{Ro} \leqq 1.5\cdot\sigma_{fb}$		
A_{m2}	(mm^2)	1.091×10^3	$\sigma_{Rg} \leqq 1.5\cdot\sigma_{fa}$		
A_m	(mm^2)	1.091×10^3	$\sigma_{To} \leqq 1.5\cdot\sigma_{fb}$		
A_b	(mm^2)	1.879×10^3	$\sigma_{Tg} \leqq 1.5\cdot\sigma_{fa}$		
W_o	(N)	7.608×10^4			
W_g	(N)	2.569×10^5			
評価：　A_m　＜　A_b よって十分である。			以上より十分である。		

4.　設計・建設規格における材料の規定によらない場合の評価

管ＮＯ．1,4（使用材料規格：ＪＩＳ　Ｇ　３４５４　STPG370）の評価結果

（比較材料：ＪＩＳ　Ｇ　３４５６　STPT370）

管ＮＯ．1,4 に使用している STPG370 は，材料の許容引張応力が設計・建設規格に記載されていないことから，材料の許容引張応力が設計・建設規格に記載されている材料と機械的強度及び化学成分を比較し，同等であることを示す。

(1)機械的強度

	引張強さ	降伏点又は耐力	比較結果
使用材料	370N/mm^2 以上	215N/mm^2 以上	引張強さ及び降伏点は同等である。
比較材料	370N/mm^2 以上	215N/mm^2 以上	

(2)化学的成分

	化学成分(%)									
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	V
使用材料	0.25 以下	0.35 以下	0.30 ～ 0.90	0.040 以下	0.040 以下	—	—	—	—	—
比較材料	0.25 以下	0.10 ～ 0.35	0.30 ～ 0.90	0.035 以下	0.035 以下	—	—	—	—	—
比較結果	Si,P,S の成分規定に差異があるが，以下により，本設備の環境下での使用は問題ないと考える。 Si：一般的に機械的強度に影響を与える成分であるが，(1)の評価結果からも機械強度は同等以上であること。 P：冷間脆性に影響を与える成分であるが，本設備において使用される材料は，薄肉（16mm 未満）であるため，脆性破壊が発生しがたい寸法の材料であること，さらには，設計・建設規格クラス２の規定でも破壊靭性試験が要求されない範囲であること。 S：熱間脆性に影響を与える成分であるが，本設備において使用される材料は，薄肉（16mm 未満）であるため，脆性破壊が発生しがたい寸法の材料であること，さらには，設計・建設規格クラス２の規定でも破壊靭性試験が要求されない範囲であること。									

(3)評価結果

(1),(2)の評価により，機械的強度，化学成分，いずれにおいても比較材料と同等であることを確認したため，本設備において，STPG370 を重大事故等クラス２材料として使用することに問題ないと考える。

Ⅴ-3-3-6-2-4-2-1-2　管の応力計算書

まえがき

本計算書は，Ⅴ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」及びⅤ-3-2-9「重大事故等クラス２管の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお，評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については，Ⅴ-3-2-1「強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

・評価条件整理表

応力計算モデルNo.	既設or新設	施設時の技術基準に対象とする施設の規定があるか	クラスアップするか				条件アップするか					既工認における評価結果の有無	施設時の適用規格	評価区分	同等性評価区分	評価クラス
			クラスアップの有無	施設時機器クラス	ＤＢクラス	ＳＡクラス	条件アップの有無	ＤＢ条件		ＳＡ条件						
								圧力(MPa)	温度(℃)	圧力(MPa)	温度(℃)					
MUWC-PD-1	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	有	0.31	171	0.62	200	—	S55告示	設計建設規格又は告示	—	SA-2

目　　次

1.　概要　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　1
2.　概略系統図及び鳥瞰図　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　2
2.1　概略系統図　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　2
2.2　鳥瞰図　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　6
3.　計算条件　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　8
3.1　計算条件　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　8
3.2　材料及び許容応力　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　10
4.　計算結果　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　12
5.　代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果　・・・・・・・・・・・・・・・・・　14

K7 ① V-3-3-6-2-4-2-1-2 R1

1. 概要

本計算書は，Ⅴ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」及びⅤ-3-2-9「重大事故等クラス２管の強度計算方法」に基づき，管の応力計算を実施した結果を示したものである。

評価結果記載方法は，以下に示すとおりである。

(1) 管

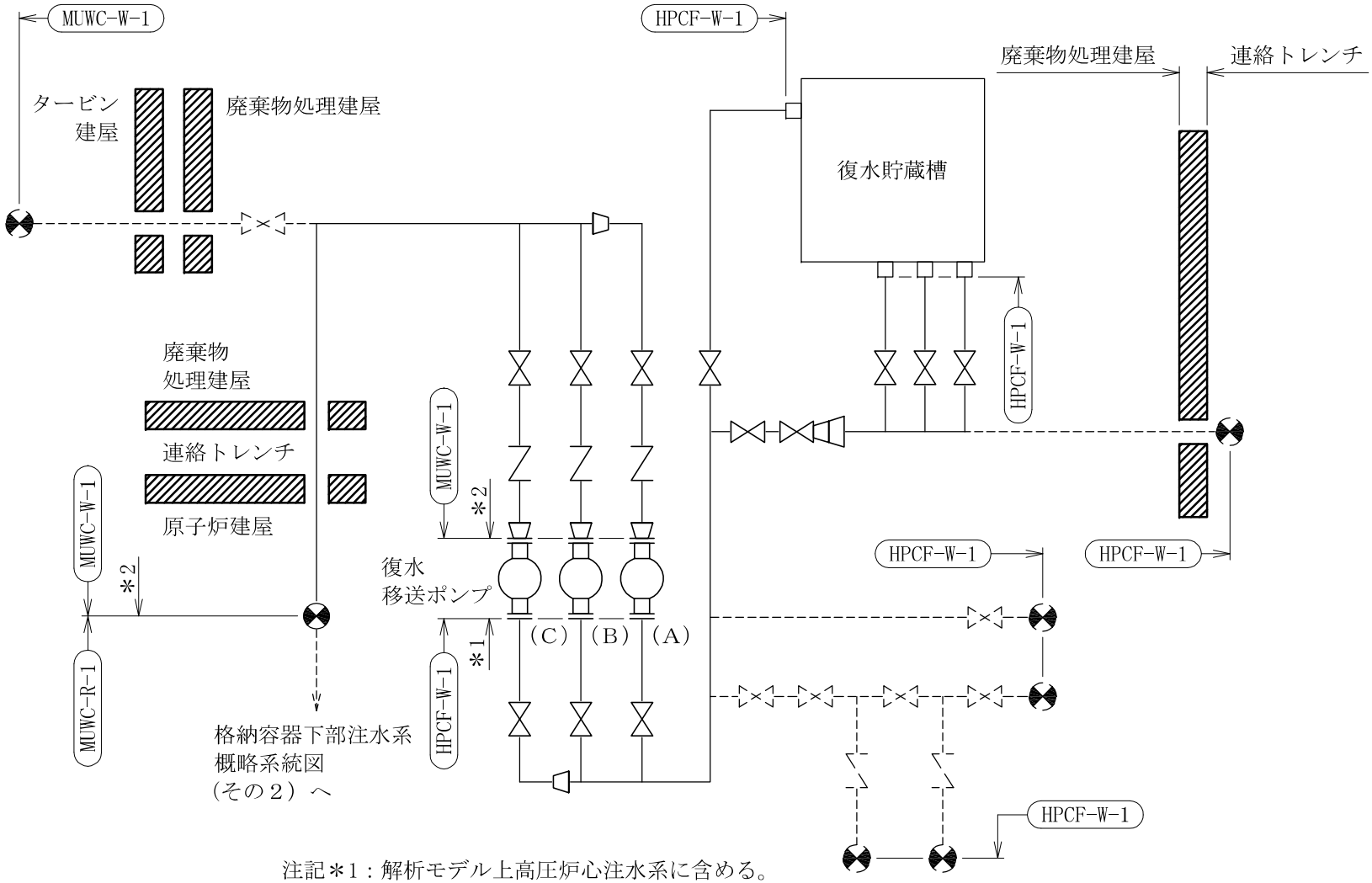
工事計画記載範囲の管のうち，設計条件あるいは管クラスに変更がある管における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また，最大応力評価点の許容値／発生値（裕度）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図，計算条件及び評価結果を記載する。代表モデルの選定及び全モデルの評価結果を5.に記載する。

2.　概略系統図及び鳥瞰図

2.1　概略系統図

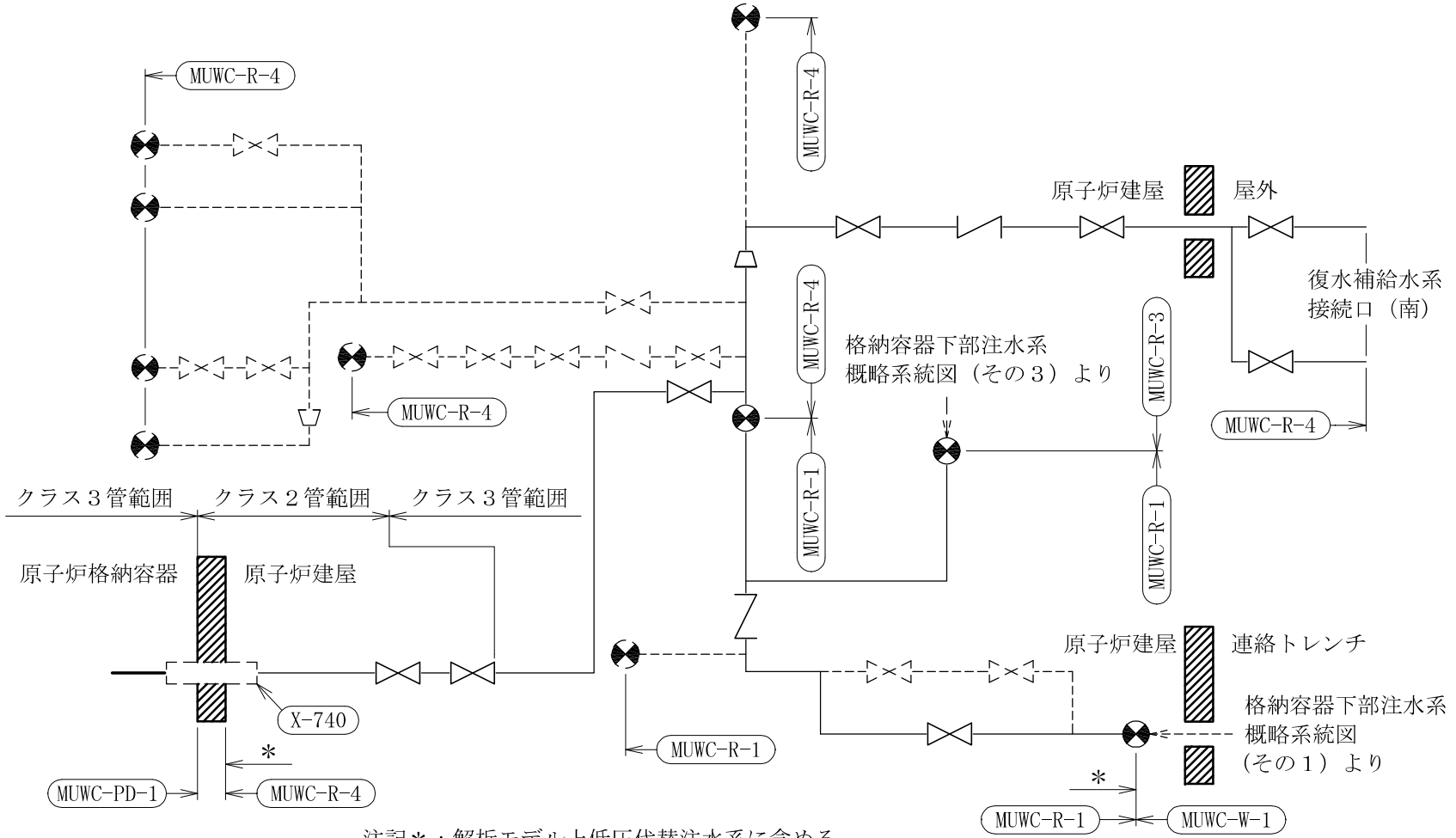
概略系統図記号凡例

記号	内容
━━━━━━（太線）	工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管
――――――（細線）	工事計画記載範囲の管のうち，本系統の管であって他計算書記載範囲の管
- - - - - - - - -（破線）	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち，他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管
○○-○-○○	鳥瞰図番号
	アンカ



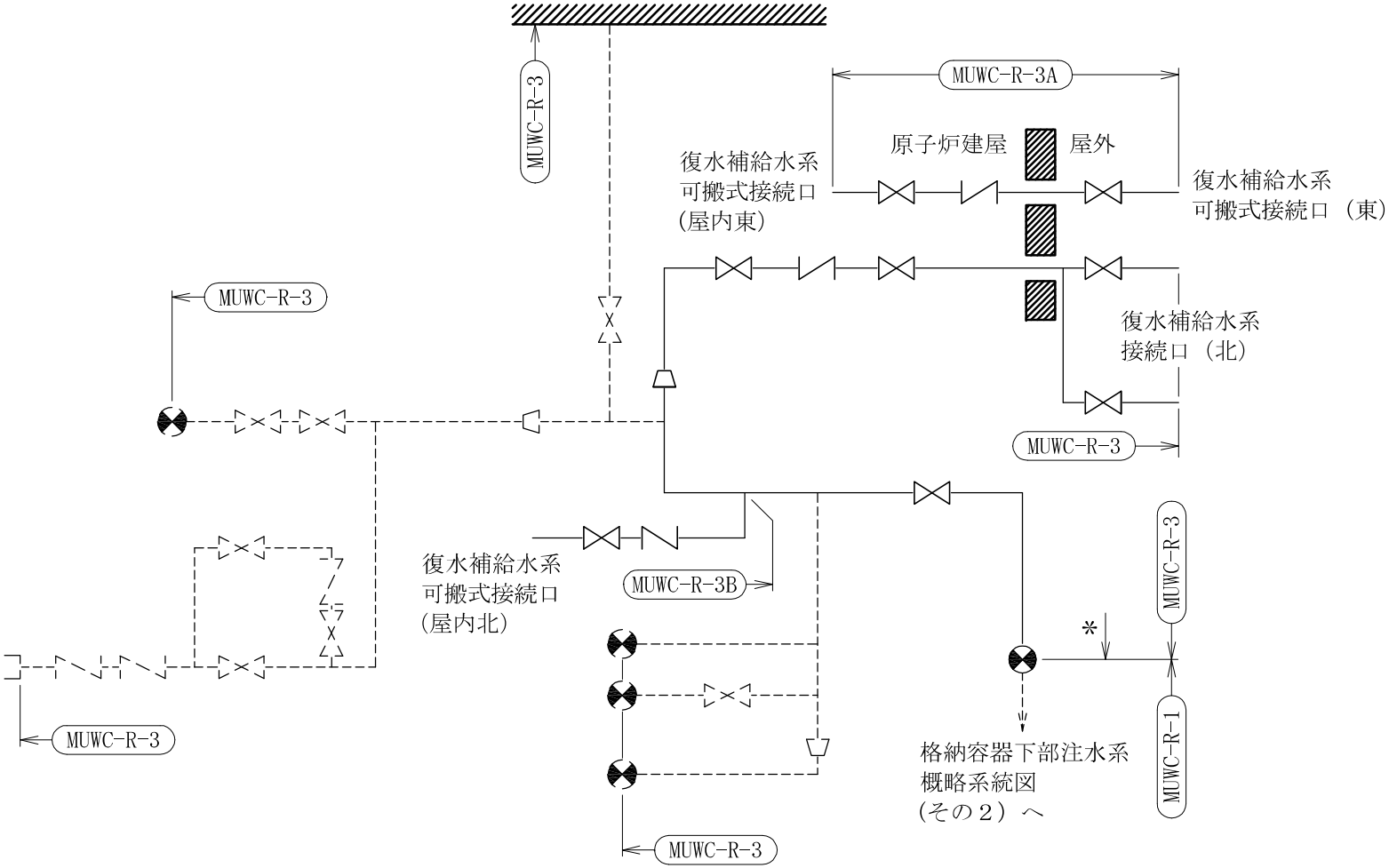
注記＊1：解析モデル上高圧炉心注水系に含める。
＊2：解析モデル上補給水系に含める。

格納容器下部注水系概略系統図（その１）



注記＊：解析モデル上低圧代替注水系に含める。

格納容器下部注水系概略系統図（その２）

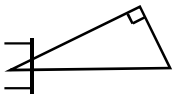
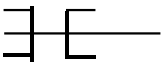
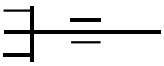


注記＊：解析モデル上低圧代替注水系に含める。

格納容器下部注水系概略系統図（その３）

2.2　鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

記号	内容
（太線）	工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管
（細線）	工事計画記載範囲の管のうち，本系統の管であって他計算書記載範囲の管
（破線）	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち，他系統の管であって解析モデルの概略を示すために表記する管
	質点
	アンカ
	レストレイント （本図は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。スナッバについても同様とする。）
	スナッバ
	ハンガ
	リジットハンガ
	注1：鳥瞰図中の寸法の単位はmmである。

鳥瞰図	MUWC-PD-1

3. 計算条件

3.1 計算条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し，管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥瞰図 MUWC-PD-1

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料
1	2～17	0.62	200	114.3	6.0	STPG370

支持点及び貫通部ばね定数

鳥瞰図　MUWC-PD-1

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N･mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
7						
1001						
16						

3.2　材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

設計・建設規格に規定の応力計算に用いる許容応力

材料	最高使用温度 (℃)	許容応力(MPa)			
		S_m	S_y	S_u	S_h
STPG370	200	—	—	—	93

材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

告示第５０１号に規定の応力計算に用いる許容応力

材料	最高使用温度 (℃)	許容応力(MPa)			
		S_m	S_y	S_u	S_h
STPG370	200	—	—	—	93

4. 計算結果

下表に示すとおり最大応力はすべて許容応力以下である。

重大事故等クラス２管であってクラス２以下の管
設計・建設規格　PPC-3520の規定に基づく評価

鳥瞰図	最大応力評価点	最大応力区分	一次応力評価(MPa)	
			計算応力	許容応力
			S_{prm} *1 S_{prm} *2	1.5・S_h 1.8・S_h
MUWC-PD-1	14	S_{prm} *1	11	139
MUWC-PD-1	14	S_{prm} *2	11	167

注記＊1：設計・建設規格　PPC-3520(1)に基づき計算した一次応力を示す。
＊2：設計・建設規格　PPC-3520(2)に基づき計算した一次応力を示す。

計算結果

下表に示すとおり最大応力はすべて許容応力以下である。

重大事故等クラス２管であってクラス２以下の管

告示第５０１号第56条第1号の規定に基づく評価

鳥瞰図	最大応力評価点	最大応力区分	一次応力評価(MPa)	
			計算応力 S_{prm}*1 S_{prm}*2	許容応力 S_h 1.2・S_h
MUWC-PD-1	7	S_{prm}*1	10	93
MUWC-PD-1	7	S_{prm}*2	10	111

注記＊1：告示第５０１号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。
なお，保守的な評価となる告示第５０１号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を記載してもよいものとする。

＊2：告示第５０１号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。

5. 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し，応力分類毎に裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図，計算条件及び評価結果を記載している。下表に，代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（重大事故等クラス２管であってクラス２以下の管）

No.	配管モデル	重大事故等時*1					重大事故等時*2				
		一次応力					一次応力				
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表
1	MUWC-PD-1	14	11	139	12.63	○	14	11	167	15.18	○

注記＊1：設計・建設規格　PPC-3520(1)に基づき計算した一次応力を示す。
＊2：設計・建設規格　PPC-3520(2)に基づき計算した一次応力を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（重大事故等クラス２管であってクラス２以下の管）

No.	配管モデル	許容応力状態Ⅴ*1					許容応力状態Ⅴ*2				
		一次応力					一次応力				
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表
1	MUWC-PD-1	7	10	93	9.30	○	7	10	111	11.10	○

注記＊1：告示第５０１号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。
＊2：告示第５０１号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。

Ⅴ-3-3-6-2-4-3　原子炉建屋放水設備の強度計算書

Ⅴ-3-3-6-2-4-3-1　大容量送水車（原子炉建屋放水設備用）の強度計算書

一般産業品の規格及び基準への適合性確認結果（メーカ規格及び基準）（大容量送水車(原子炉建屋放水設備用)）

Ⅰ． 重大事故等クラス３機器の使用目的及び使用環境，材料及び使用条件

種類	使用目的及び使用環境	材料	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)
うず巻形	海を水源として，可搬型ホースを介して放水砲から原子炉建屋へ放水することを目的とする。使用環境として，屋外で海水を送水する。			

注記 ＊：重大事故等時における使用時の値を示す。

Ⅱ． メーカ規格及び基準に規定されている事項（メーカ仕様）

機器名	使用目的及び想定している使用環境	材料	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	規格及び基準に基づく試験
NDP-25-A	動力消防ポンプのうち，自然水利（海中）又は貯水槽等から取水し，大量送水に使用することを目的とする。使用環境として，屋外で淡水又は海水を送水することを想定している。				

Ⅲ． 確認項目

(a) ：規格及び基準が妥当であることの確認（ⅠとⅡの使用目的及び使用環境の比較）

当該ポンプは，重大事故等時に淡水又は海水を送水するために屋外で使用する内燃機関（燃料系含む）を有するポンプである。一方，本メーカ規格及び基準は，内燃機関等を駆動源として遠距離に大量送水する可搬消防ポンプとして使用することを目的とした一般産業品に対する規格であり，当該ポンプは屋外で大量の淡水又は海水を送水することを想定している。重大事故等時における当該ポンプの使用目的及び使用環境は，本規格の使用目的及び想定している使用環境の範囲内である。

(b-2)：材料が適切であること及び使用条件に対する強度の確認（Ⅱと公的な規格等の材料及び試験条件の比較，ⅠとⅡの使用条件の比較）

当該ポンプの型式については，「消防法」に基づく「動力消防ポンプの技術上の規格を定める省令」に適合するものとして承認されており，「消防法」に基づく「動力消防ポンプの技術上の規格を定める省令」に従った適切な材料が使用されていることを型式評価の結果により確認できる。

当該ポンプの最高使用温度及び最高使用圧力はメーカ仕様の範囲内であり，「消防法」に基づく「動力消防ポンプの技術上の規格を定める省令」で規定されている耐圧試験（試験圧力：ポンプ圧力最大値×1.5，試験保持時間：3 分間）に合格していることを型式評価の結果により確認でき，当該ポンプの附属機器である燃料タンクについても，鋼製であり最高使用圧力が [redacted] であり，その値に対して水張試験を実施している。よって，当該ポンプは完成品として要求される強度を有している。

Ⅳ． 評価結果

上記の重大事故等クラス３機器は，一般産業品としてメーカ規格及び基準に適合し，使用材料の特性を踏まえた上で，燃料タンクを含めた一体構造品の完成品として重大事故等時における使用圧力及び使用温度が負荷された状態において要求される強度を有している。

Ⅴ-3-3-6-2-4-3-2　泡原液搬送車の強度計算書

一般産業品の規格及び基準への適合性確認結果（メーカ規格及び基準）（泡原液搬送車）

Ⅰ． 重大事故等クラス３機器の使用目的及び使用環境，材料及び使用条件

種類	使用目的及び使用環境	材料	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)
だ円型横置	炉心の著しい損傷等に至った場合において，海水を泡消火薬剤と混合しながらホースを経由して原子炉建屋周辺へ放水する。その際に泡消火薬剤を供給することを目的とする。使用環境として屋外で泡消火薬剤を貯蔵，運搬する。			

注記 ＊：重大事故等時における使用時の値を示す。

Ⅱ． メーカ規格及び基準に規定されている事項（メーカ仕様）

種類	使用目的及び想定している使用環境	材料	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	規格及び基準に基づく試験
NG-40-1	石油コンビナート等の大規模な火災に対し，大型化学高所放水車又は大型化学消防車への泡原液の供給に使用することを目的とする。使用環境として，屋外で泡原液を供給することを想定している。				

Ⅲ． 確認項目

(a) ：規格及び基準が妥当であることの確認（ⅠとⅡの使用目的及び使用環境の比較）

当該タンクは，重大事故等時に泡消火薬剤の貯蔵，運搬のために屋外で使用される。一方，本メーカ規格及び基準は，石油コンビナート等の大規模な火災に対し，大型化学高所放水車又は大型化学消防車への泡原液の供給に使用することを目的とした一般産業品に対する規格であり，屋外で泡原液を供給することを想定している。重大事故等時における当該タンクの使用目的及び使用環境は，本規格で定める使用目的及び想定している使用環境の範囲内である。

(b-2)：材料が適切であること及び使用条件に対する強度の確認（Ⅱと公的な規格等の材料及び試験条件の比較，ⅠとⅡの使用条件の比較）

当該タンクに使用されている材料は，「石油コンビナート等における特定防災施設等及び防災組織等に関する省令*1」で規定されているステンレス鋼板と同種類の材料である。

当該タンクの最高使用温度及び最高使用圧力はメーカ仕様の範囲内であり，「石油コンビナート等における特定防災施設等及び防災組織等に関する省令*1」で規定されている耐圧試験（試験圧力：0.03MPa）*2と同等の試験条件の耐圧試験に合格していることを検査成績書等により確認できる。よって，当該タンクは完成品として要求される強度を有している。

注記 ＊1：試験の方法等を定めた「泡原液搬送車等に係る特殊消火装置の品質評価細則（日本消防検定協会）」による。

＊2：「泡原液搬送車等に係る特殊消火装置の品質評価細則（日本消防検定協会）」は試験条件に係る規定がないため，「消防防災関係財政・補助事務必携」に規定される試験条件による。

Ⅳ． 評価結果

上記の重大事故等クラス３機器は，一般産業品としてメーカ規格及び基準に適合し，使用材料の特性を踏まえた上で，重大事故等時における使用圧力及び使用温度が負荷された状態において要求される強度を有している。

Ⅴ-3-3-6-2-4-3-3　管の強度計算書（可搬型）

一般産業品の規格及び基準への適合性確認結果（メーカ規格及び基準）（大容量送水車（原子炉建屋放水設備用）吸込 20mホース）

Ⅰ． 重大事故等クラス３機器の使用目的及び使用環境，材料及び使用条件

種類	使用目的及び使用環境	材料	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)
ホース	海から大容量送水車（原子炉建屋放水設備用）へ海水を送水するためのホースとして使用することを目的とする。使用環境として，屋外で海水を送水する。	ポリエステル	1.3*	[redacted]

注記 ＊：重大事故等時における使用時の値を示す。

Ⅱ． メーカ規格及び基準に規定されている事項（メーカ仕様）

機器名	使用目的及び想定している使用環境	材料	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	規格及び基準に基づく試験
ジェットホース JET MULTI FLOW	消防用ホースであり，火災等の災害時に被害を軽減するための送水用ホースとして使用することを目的とする。使用環境として，屋内外で淡水又は海水を送水することを想定している。	ポリエステル	1.3	[redacted]	耐圧試験（試験圧力：まっすぐにした状態で 2.5 MPa，折り曲げた状態で 1.8MPa，試験保持時間：5 分間）を実施

Ⅲ． 確認項目

(a) ：規格及び基準が妥当であることの確認（ⅠとⅡの使用目的及び使用環境の比較）

当該ホースは，重大事故等時に屋外で海水を送水するためのホースである。一方，本メーカ規格及び基準は，消防用として使用することを目的とした一般産業品に対する規格であり，屋内外での淡水又は海水の送水を想定している。重大事故等時における当該ホースの使用目的及び使用環境は，本規格の使用目的及び想定している使用環境の範囲内である。

(b-2)：材料が適切であること及び使用条件に対する強度の確認（Ⅱと公的な規格等の材料及び試験条件の比較，ⅠとⅡの使用条件の比較）

当該ホースの型式については，「消防法」に基づくものとして承認又は届出されており，「消防法」に従った適切な材料が使用されていることを型式承認の結果又は届出番号により確認できる。

当該ホースの最高使用温度及び最高使用圧力はメーカ仕様の範囲内であり，「消防法」に基づく「消防用ホースの技術上の規格を定める省令」で規定されている耐圧試験（試験圧力：まっすぐにした状態で 2.5MPa，折り曲げた状態で 1.8MPa，試験保持時間：5 分間）と同等の試験に合格していることを検査成績書等で確認できることから，当該ホースは要求される強度を有している。

Ⅳ． 評価結果

上記の重大事故等クラス３機器は，一般産業品としてメーカ規格及び基準に適合し，使用材料の特性を踏まえた上で，重大事故等時における使用圧力及び使用温度が負荷された状態において要求される強度を有している。

一般産業品の規格及び基準への適合性確認結果（メーカ規格及び基準）　（大容量送水車吐出放水砲用 5m,10m,50m ホース）

Ⅰ．　重大事故等クラス３機器の使用目的及び使用環境，材料及び使用条件

種類	使用目的及び使用環境	材料	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)
ホース	大容量送水車(原子炉建屋放水設備用)から放水砲へ送水するためのホースとして使用することを目的とする。使用環境として，屋外で海水を送水する。	ポリエステル	1.3*	[redacted]

注記　＊：重大事故等時における使用時の値を示す。

Ⅱ．　メーカ規格及び基準に規定されている事項（メーカ仕様）

機器名	使用目的及び想定している使用環境	材料	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	規格及び基準に基づく試験
ジェットホース JET MEGA FLOW	消防用ホースであり，火災等の災害時に被害を軽減するための送水用ホースとして使用することを目的とする。使用環境として，屋内外で淡水又は海水を送水することを想定している。	ポリエステル	1.3	[redacted]	耐圧試験(試験圧力:まっすぐにした状態で 2.0 MPa 試験保持時間：5 分間）を実施

Ⅲ．　確認項目

(a)　：規格及び基準が妥当であることの確認（ⅠとⅡの使用目的及び使用環境の比較）

当該ホースは，重大事故等時に屋外で海水を送水するためのホースである。一方，本メーカ規格及び基準は，消防用として使用することを目的とした一般産業品に対する規格であり，屋内外での淡水又は海水の送水を想定している。重大事故等時における当該ホースの使用目的及び使用環境は，本規格の使用目的及び想定している使用環境の範囲内である。

(b-2)：材料が適切であること及び使用条件に対する強度の確認（Ⅱと公的な規格等の材料及び試験条件の比較，ⅠとⅡの使用条件の比較）

当該ホースの型式については，「消防法」に基づくものとして承認又は届出されており，「消防法」に従った適切な材料が使用されていることを型式承認の結果又は届出番号により確認できる。

当該ホースの最高使用温度及び最高使用圧力はメーカ仕様の範囲内であり，「消防法」に基づく「消防用ホースの技術上の規格を定める省令」で規定されている耐圧試験（試験圧力：まっすぐにした状態で 2.0MPa，試験保持時間：5 分間）と同等の試験に合格していることを検査成績書等で確認できることから，当該ホースは要求される強度を有している。

Ⅳ．　評価結果

上記の重大事故等クラス３機器は，一般産業品としてメーカ規格及び基準に適合し，使用材料の特性を踏まえた上で，重大事故等時における使用圧力及び使用温度が負荷された状態において要求される強度を有している。

一般産業品の規格及び基準への適合性確認結果（メーカ規格及び基準）（放水砲）

Ⅰ． 重大事故等クラス３機器の使用目的及び使用環境，材料及び使用条件

種類	使用目的及び使用環境	材料	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)
放水砲	大容量送水車（原子炉建屋放水設備用）により原子炉建屋へ放水するための可搬型配管として使用することを目的とする。使用環境として，屋外で海水を放水する。			

注記 ＊：重大事故等時における使用時の値を示す。

Ⅱ． メーカ規格及び基準に規定されている事項（メーカ仕様）

機器名	使用目的及び想定している使用環境	材料	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	規格及び基準に基づく試験
放水砲（ノンアスピレート形）	大規模タンク火災において，大容量泡放水砲システムの一部として使用することを目的とする。使用環境として，屋外で淡水又は海水を送水することを想定している。				

Ⅲ． 確認項目

(a) ：規格及び基準が妥当であることの確認（ⅠとⅡの使用目的及び使用環境の比較）

当該放水砲は，重大事故等時に屋外で海水を放水するための可搬型配管である。一方，本メーカ規格及び基準は，消防用として使用することを目的とした一般産業品に対する規格であり，当該放水砲は屋外で淡水又は海水を放水することを想定している。重大事故等時における当該放水砲の使用目的及び使用環境は，本規格の使用目的及び想定している使用環境の範囲内である。

(b-2)：材料が適切であること及び使用条件に対する強度の確認（Ⅱと公的な規格等の材料及び試験条件の比較，ⅠとⅡの使用条件の比較）

当該放水砲に使用されている材料は，設計・建設規格クラス３配管に使用可能であると規定されているステンレス鋼材と同種類の材料である

当該放水砲の最高使用圧力及び最高使用温度はメーカ仕様の範囲内であり，設計・建設規格 PHT-2311 及び PHT-4000 で規定されている耐圧試験（試験圧力：最高使用圧力×1.5 倍，試験保持時間：10 分間）と同等の試験条件の耐圧試験に合格していることを検査成績書等により確認できる。設計・建設規格のクラス３機器の最高許容耐圧試験圧力は機器の応力制限（降伏点）を基に定められており，耐圧試験の規定では，耐圧試験圧力は最高使用圧力の 1.5 倍の 106 ％を超えないこととしている。一方，設計・建設規格のクラス３機器の設計許容応力は降伏点に対して 5/8 を基準にしており，この設計許容応力以下となる必要板厚は，最高使用圧力を条件として評価式により求めている。よって，設計・建設規格 PHT-2311 で規定されている耐圧試験と同等の試験条件の耐圧試験に合格することで，メーカ規格及び基準の設計が設計・建設規格と同等の裕度を持っているとみなせるため，当該放水砲は要求される強度を有している。

Ⅳ． 評価結果

上記の重大事故等クラス３機器は，一般産業品としてメーカ規格及び基準に適合し，使用材料の特性を踏まえた上で，重大事故等時における使用圧力及び使用温度が負荷された状態において要求される強度を有している。

Ⅴ-3-3-6-2-4-4　代替循環冷却系の強度計算書

Ⅴ-3-3-6-2-4-4-1　管の強度計算書

Ⅴ-3-3-6-2-4-4-1-1　管の基本板厚計算書

まえがき

本計算書は，Ｖ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」及びＶ-3-2-9「重大事故等クラス２管の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお，評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については，Ｖ-3-2-1「強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

・評価条件整理表

NO.	既設or新設	施設時の技術基準に対象とする施設の規定があるか	クラスアップするか				条件アップするか					既工認における評価結果の有無	施設時の適用規格	評価区分	同等性評価区分	評価クラス
			クラスアップの有無	施設時機器クラス	DBクラス	SAクラス	条件アップの有無	DB条件		SA条件						
								圧力(MPa)	温度(℃)	圧力(MPa)	温度(℃)					
1	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	3.43	182	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
2	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	1.37	85	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
3	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	1.37	85	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
4	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	1.37	85	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
4	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	1.37	66	1.37	85	—	S55告示	設計・建設規格又は告示	—	SA-2

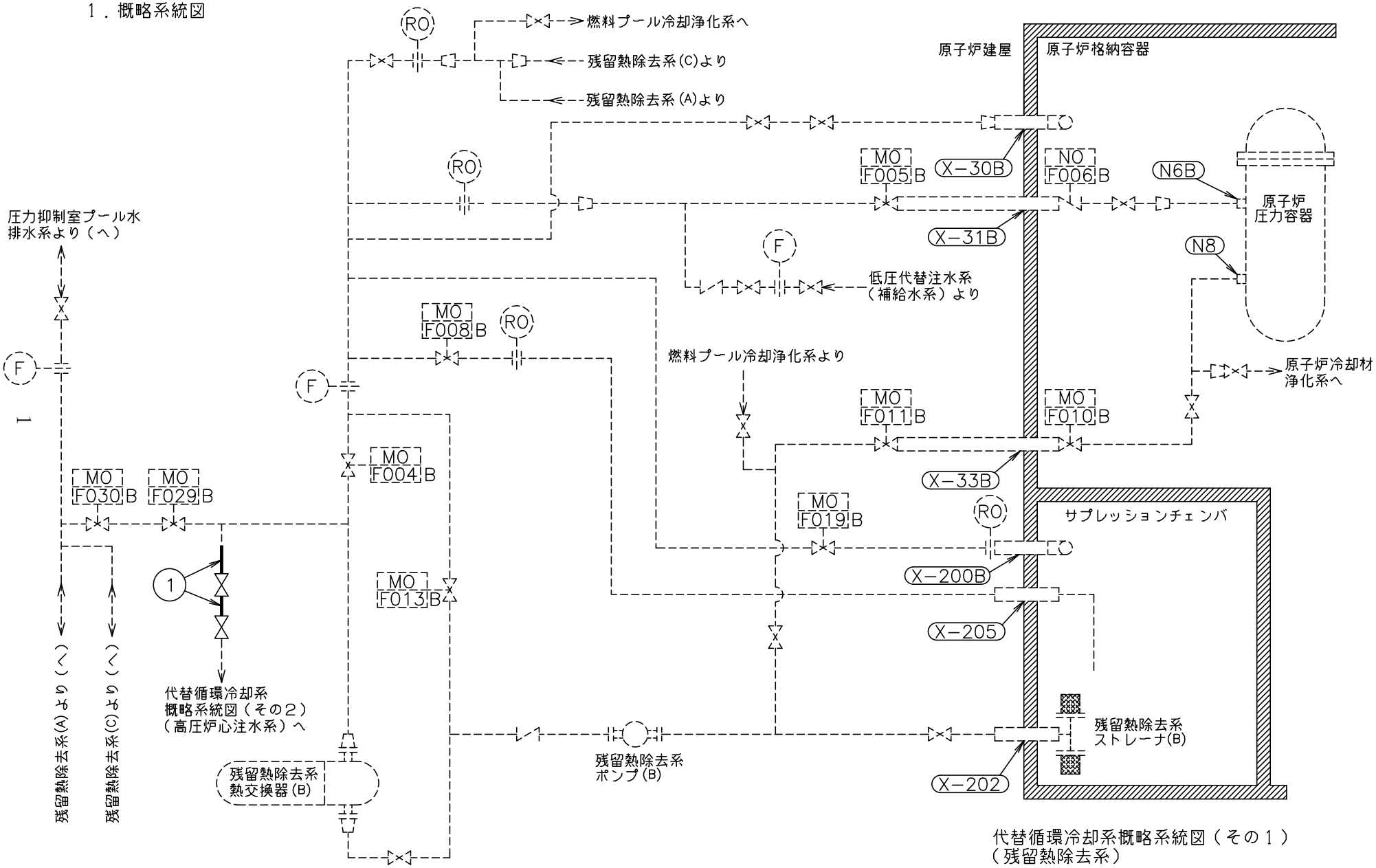
・適用規格の選定

NO.	評価項目	評価区分	判定基準	適用規格
1	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
2	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
3	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
4	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
4	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格

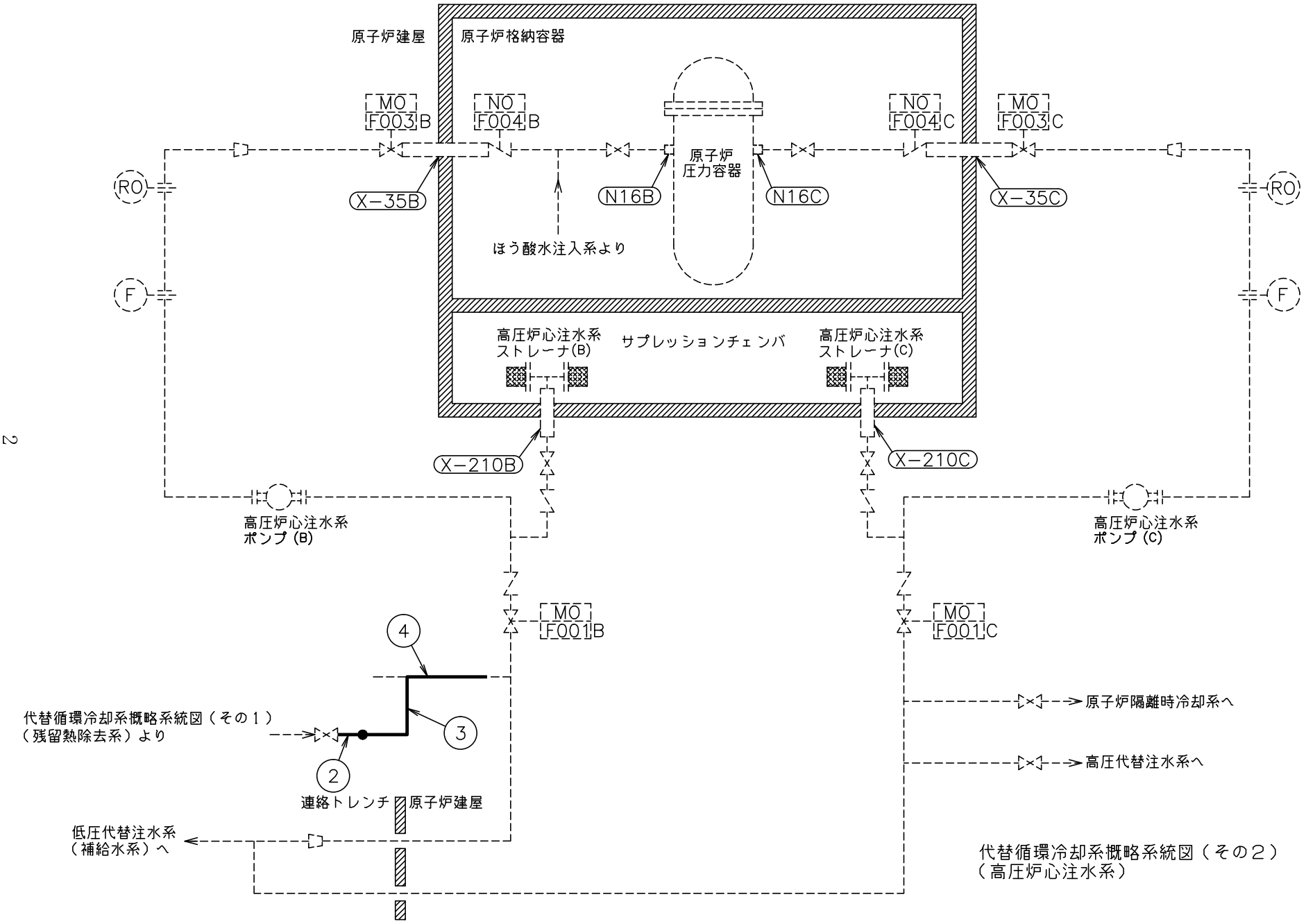
目　　次

1.　概略系統図　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　1
2.　管の強度計算書　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　3

1．概略系統図



代替循環冷却系概略系統図（その１）
（残留熱除去系）



代替循環冷却系概略系統図（その２）
（高圧炉心注水系）

2. 管の強度計算書（重大事故等クラス２管）

設計・建設規格　PPC-3411　準用

NO.	最高使用圧力 P (MPa)	最高使用温度 (℃)	外径 Do (mm)	公称厚さ (mm)	材料	製法	クラス	S (MPa)	η	Q	ts (mm)	t (mm)	算式	tr (mm)
1	3.43	182	165.20	7.10	STPT410	S	2	103	1.00	12.5 %	6.21	2.72	C	3.80
2	1.37	85	165.20	7.10	SFVC2B	S	2	120	1.00			0.94	C	3.80
3	1.37	85	165.20	7.10	SUS304TP	S	2	124	1.00	12.5 %	6.21	0.91	A	0.91
4	1.37	85	216.30	8.20	SUS304TP	S	2	124	1.00	12.5 %	7.17	1.19	A	1.19

評価：ｔｓ ≧ ｔｒ，よって十分である。

Ⅴ-3-3-6-2-4-4-1-2　管の応力計算書

まえがき

本計算書は，Ｖ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」及びＶ-3-2-9「重大事故等クラス２管の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

評価条件整理結果は「3.　計算結果」に示す計算書に記載する。

目　次

1. 概要 ····· 1
2. 概略系統図 ····· 2
3. 計算結果 ····· 10

1. 概要

本計算書は，Ｖ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」及びＶ-3-2-9「重大事故等クラス２管の強度計算方法」に基づき，管の応力計算を実施した結果を示したものである。

評価結果記載方法は，以下に示すとおりである。

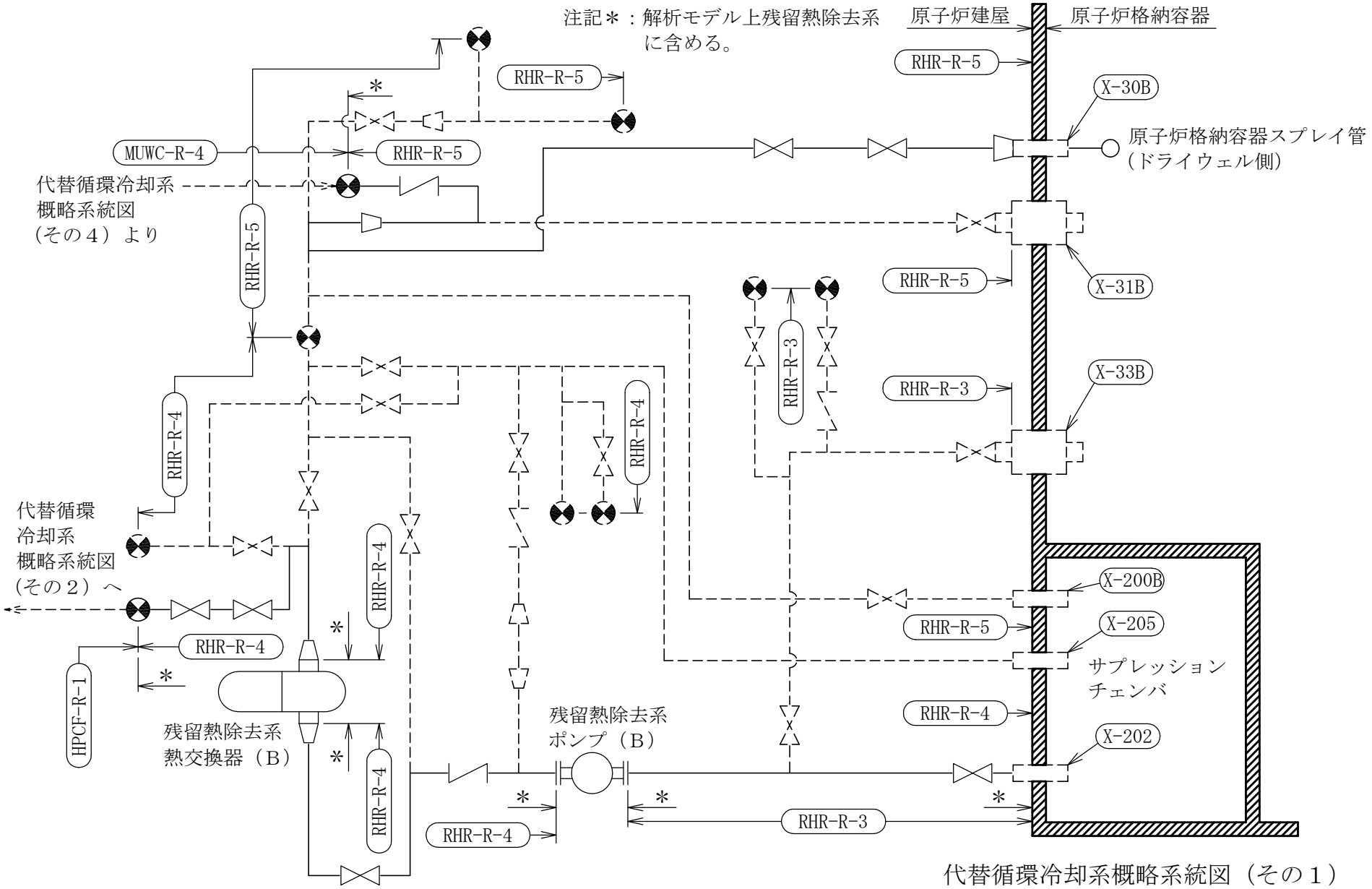
(1) 管

工事計画記載範囲の管のうち，設計条件あるいは管クラスに変更がある管における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。

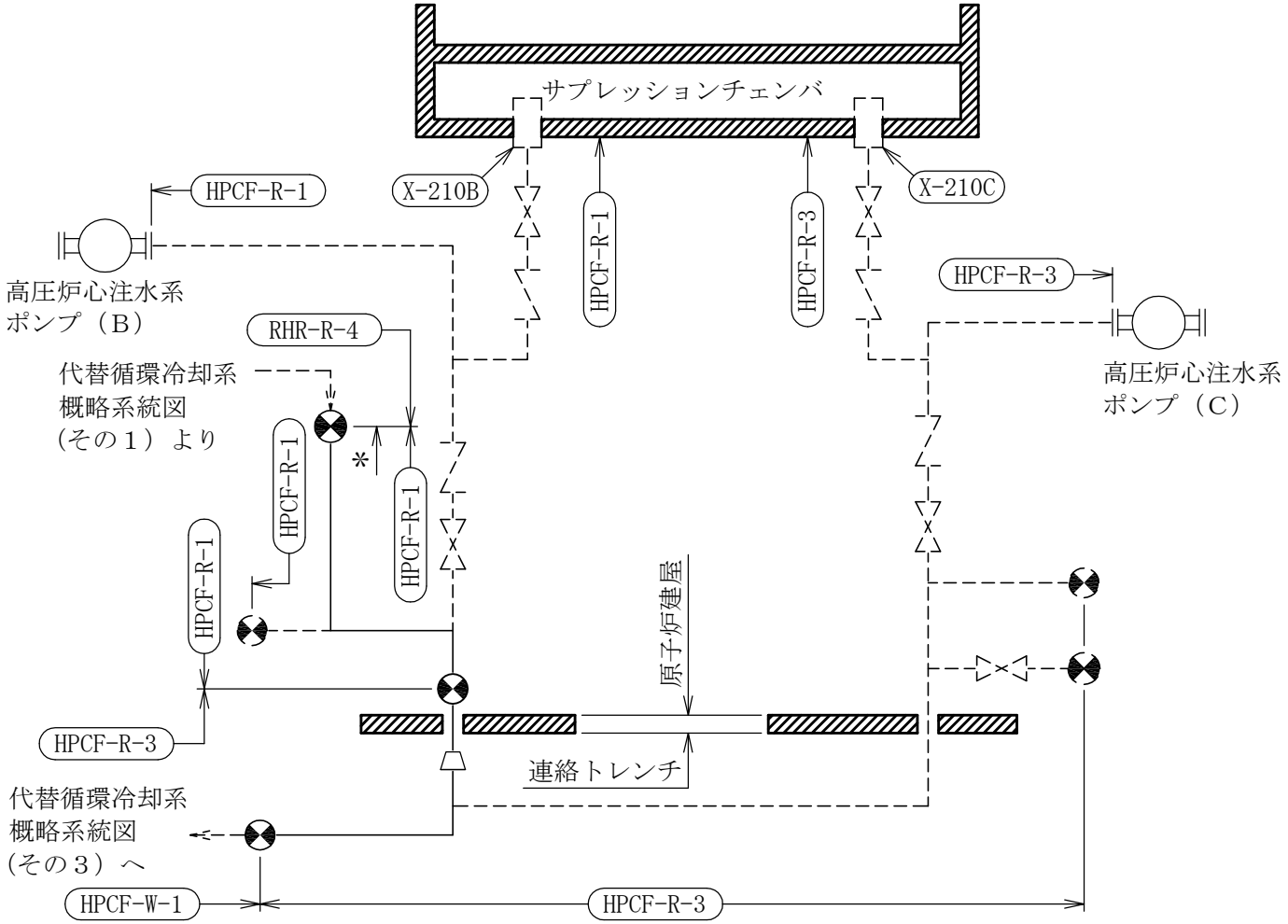
2. 概略系統図

概略系統図記号凡例

記号	内容
━━━━━（太線）	工事計画書記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管
――――（細線）	工事計画書記載範囲の管のうち，本系統の管であって他計算書記載範囲の管
- - - - - - - -（破線）	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち，他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管
○○-○-○○	鳥瞰図番号
	アンカ

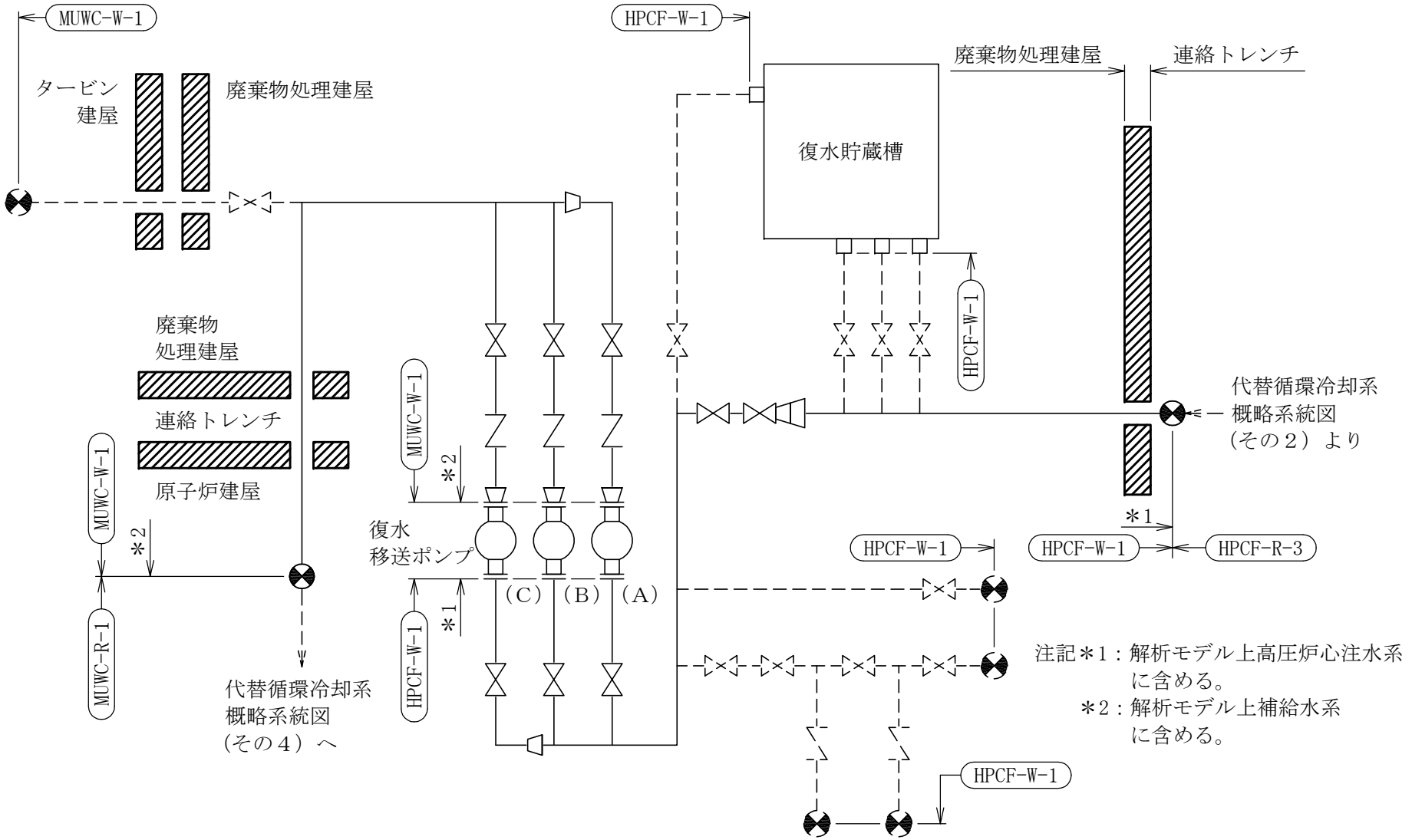


代替循環冷却系概略系統図（その１）

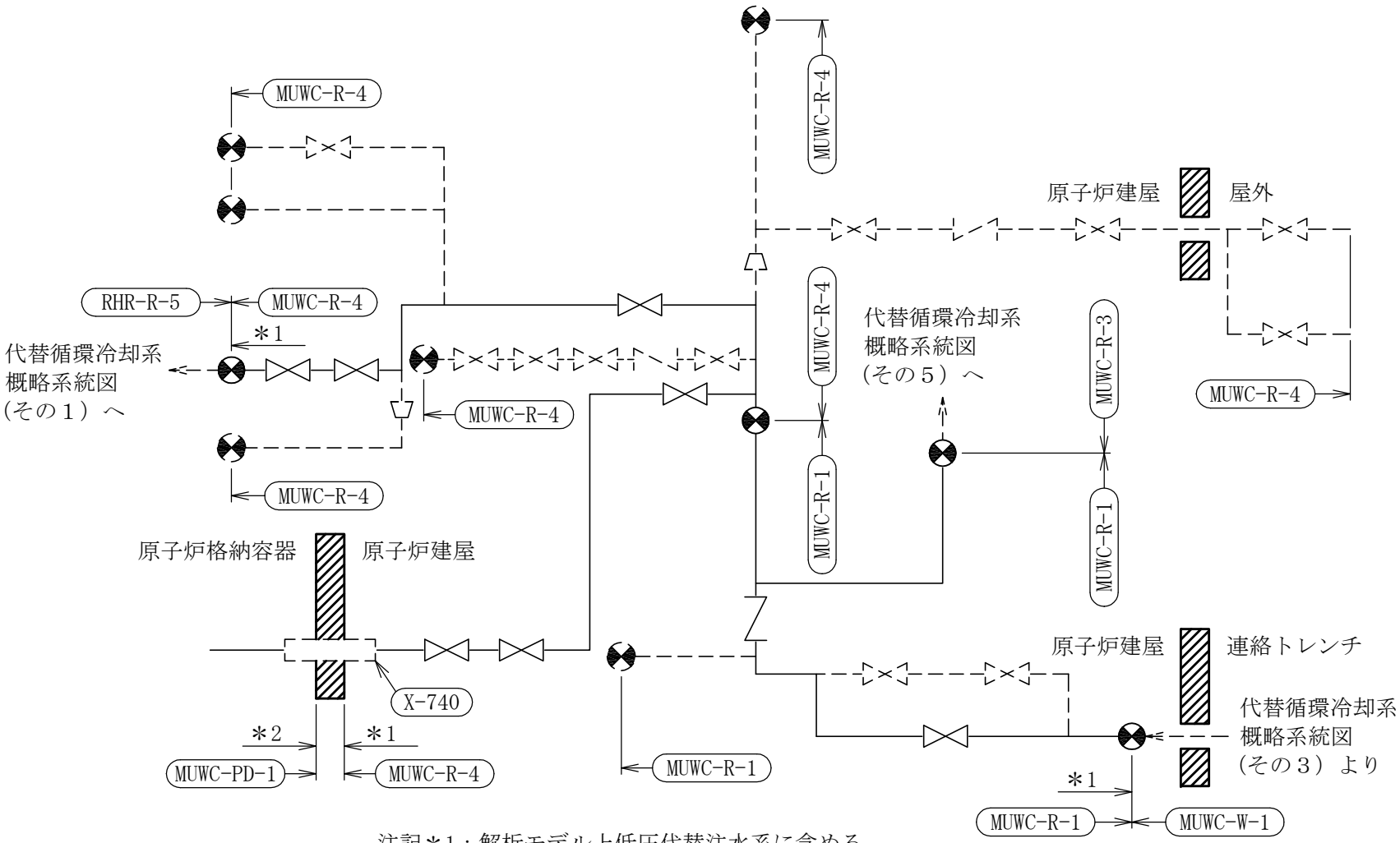


注記＊：解析モデル上高圧炉心注水系に含める。

代替循環冷却系概略系統図（その２）

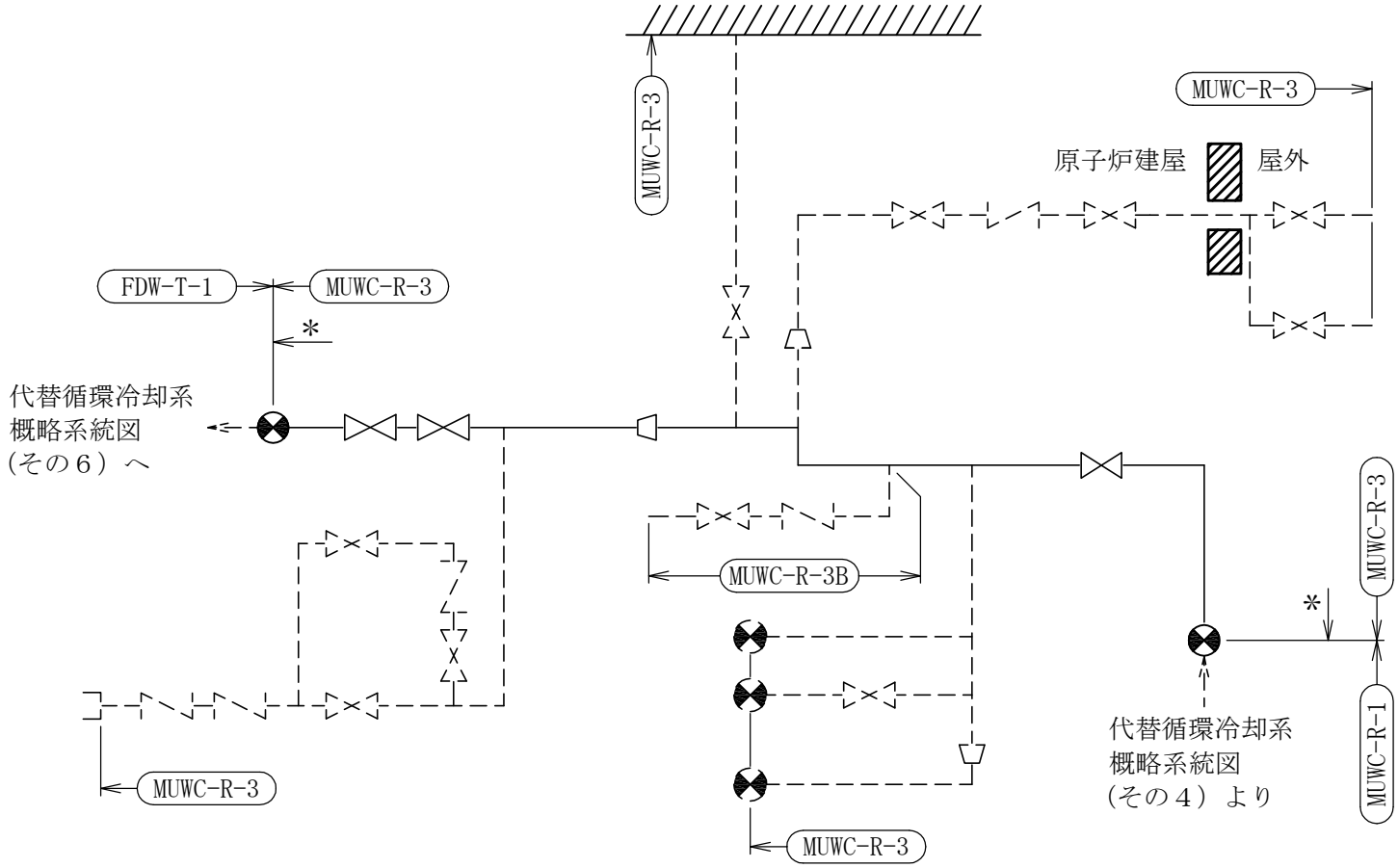


代替循環冷却系概略系統図（その３）



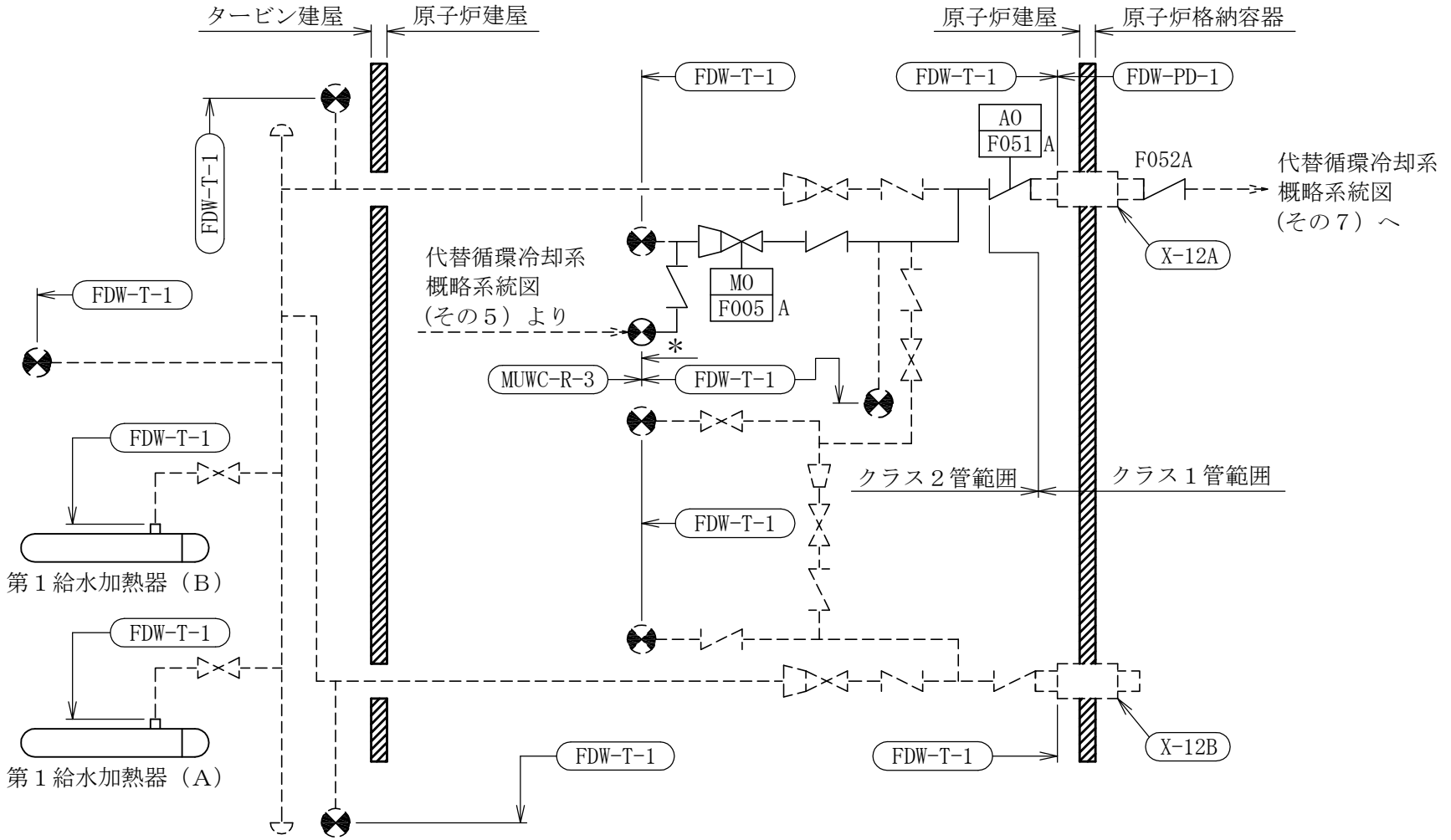
注記＊1：解析モデル上低圧代替注水系に含める。
＊2：解析モデル上格納容器下部注水系に含める。

代替循環冷却系概略系統図（その４）



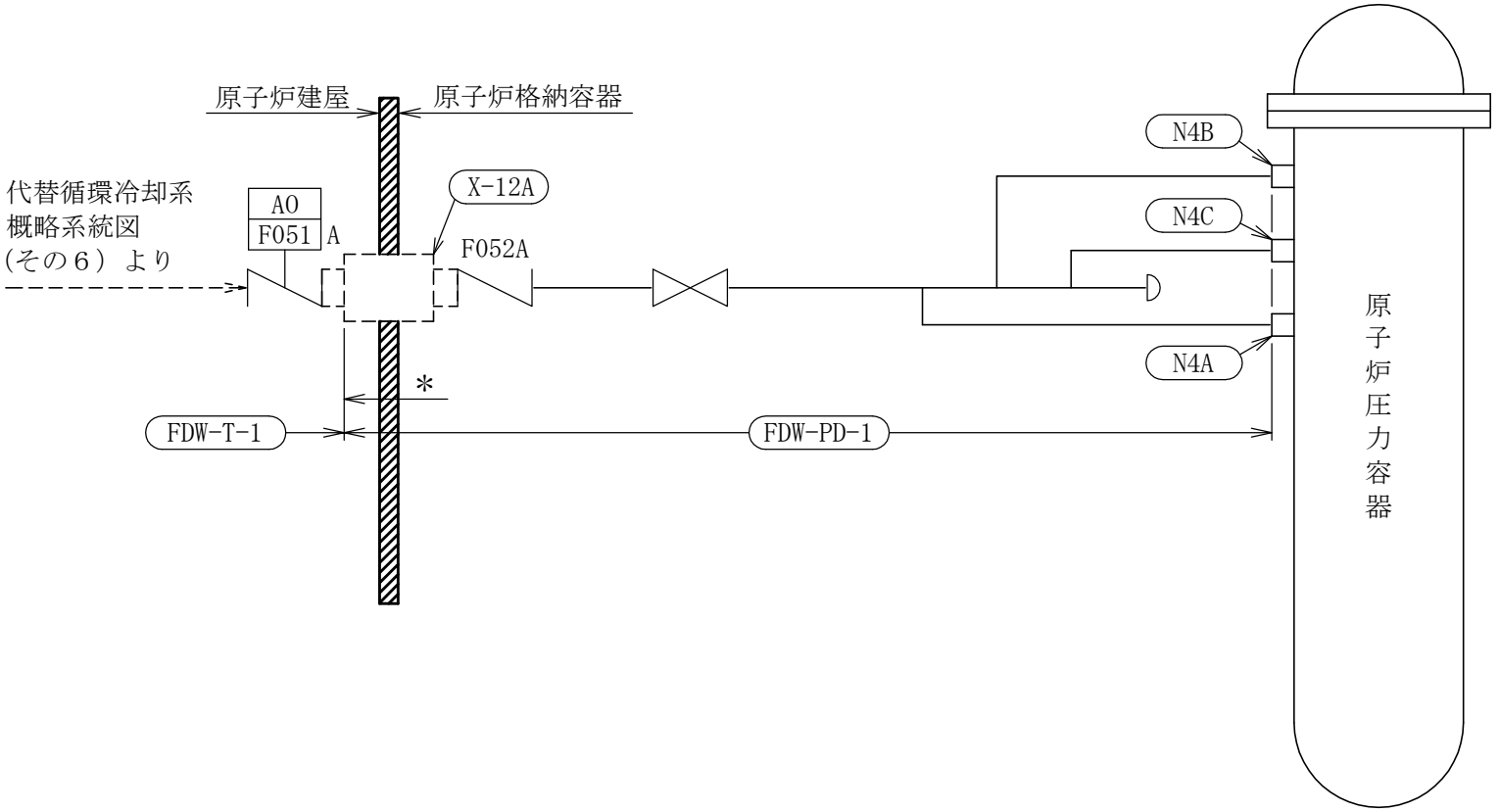
注記＊：解析モデル上低圧代替注水系に含める。

代替循環冷却系概略系統図（その５）



注記＊：解析モデル上復水給水系に含める。

代替循環冷却系概略系統図（その６）



注記＊：解析モデル上復水給水系に含める。

代替循環冷却系概略系統図（その７）

3. 計算結果

以下の計算書の重大事故等対処設備に含まれている。

「Ⅴ-3-3-3-1-2-1-2　管の応力計算書」

「Ⅴ-3-3-3-2-1-7-2　管の応力計算書」

「Ⅴ-3-3-3-3-1-6-2　管の応力計算書」

「Ⅴ-3-3-3-3-4-1-2　管の応力計算書」

「Ⅴ-3-3-3-4-1-3-2　管の応力計算書」

「Ⅴ-3-3-6-2-4-1-1-2　ドライウェルスプレイ管の強度計算書」

「Ⅴ-3-3-6-2-4-2-1-2　管の応力計算書」

K7 ① Ⅴ-3-3-6-2-4-4-1-2 R1E

Ⅴ-3-3-6-2-5　放射性物質濃度制御設備及び可燃性ガス濃度制御設備並びに格納容器再循環設備の強度計算書

Ⅴ-3-3-6-2-5-1　非常用ガス処理系の強度計算書

Ⅴ-3-3-6-2-5-1-1　非常用ガス処理系乾燥装置の強度計算書

まえがき

本計算書は，Ⅴ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」及びⅤ-3-2-9「重大事故等クラス２管の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお，評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については，Ⅴ-3-2-1「強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

・評価条件整理表

機器名	既設or新設	施設時の技術基準に対象とする施設の規定があるか	クラスアップするか				条件アップするか					既工認における評価結果の有無	施設時の適用規格	評価区分	同等性評価区分	評価クラス
			クラスアップの有無	施設時機器クラス	ＤＢクラス	ＳＡクラス	条件アップの有無	ＤＢ条件		ＳＡ条件						
								圧力(MPa)	温度(℃)	圧力(MPa)	温度(℃)					
非常用ガス処理系乾燥装置	既設	無	—	—	DB-4	SA-2	—	0.014	120	0.014	120	—	—	同等性	a.(a)	SA-2

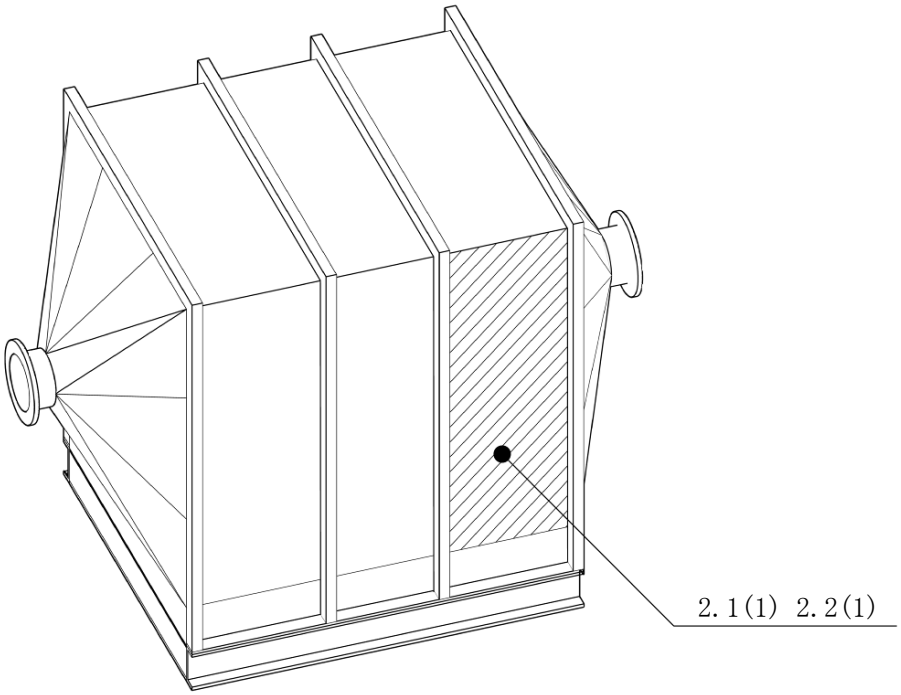
目　　次

1.　計算条件　…… 1
1.1　計算部位　…… 1
1.2　設計条件　…… 1
2.　強度計算　…… 2
2.1　ダクトの厚さ計算　…… 2
2.2　ダクトの応力計算　…… 2

1.　計算条件

1.1　計算部位

概要図に強度計算箇所を示す。



図中の番号は次頁以降の
計算項目番号を示す。

図1－1　概要図

1.2　設計条件

最高使用圧力(MPa)	0.014
最高使用温度(℃)	120

2. 強度計算

2.1 ダクトの厚さ計算

機械工学便覧（設計・建設規格 PPC-3411(1) 参考）

名称			(1)ケーシング
材料			[redacted]
ダクト長辺寸法	a	(mm)	1700
ダクト接続材・補強材の接続ピッチ	c	(mm)	709
単位面積当たりのダクト鋼板の質量	D_p	(kg/mm^2)	[redacted]
ヤング率	E	(MPa)	[redacted]
最高使用圧力	P	(MPa)	0.014
最高使用温度における設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表5に規定する材料の許容引張応力	S	(MPa)	[redacted]
ダクトの計算上必要な厚さ	t	(mm)	0.30
面外荷重によるダクト板の最大変位量	δ_{max}	(mm)	16.84
最小厚さ		(mm)	[redacted]
評価：最小厚さはダクトの計算上必要な厚さ以上であり，強度は十分である。			

2.2 ダクトの応力計算

機械工学便覧（設計・建設規格 PPC-3411(1) 参考）

名称			(1)ケーシング
材料			[redacted]
ダクト長辺寸法	a	(mm)	1700
ダクト接続材・補強材の接続ピッチ	c	(mm)	709
単位面積当たりのダクト鋼板の質量	D_p	(kg/mm^2)	[redacted]
ヤング率	E	(MPa)	[redacted]
最高使用圧力	P	(MPa)	0.014
最高使用温度における設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表5に規定する材料の許容引張応力	S_h	(MPa)	[redacted]
一次応力	S_{prm}	(MPa)	29
ダクトの厚さ	t	(mm)	9.0
面外荷重によるダクト板の最大変位量	δ_{max}	(mm)	2.90
許容応力		(MPa)	[redacted]
評価：一次応力は許容応力以下であり，強度は十分である。			

Ⅴ-3-3-6-2-5-1-2　管の強度計算書

Ⅴ-3-3-6-2-5-1-2-1　管の基本板厚計算書

まえがき

本計算書は，Ｖ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」及びＶ-3-2-9「重大事故等クラス２管の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお，評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については，Ｖ-3-2-1「強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

・評価条件整理表

NO.	既設or新設	施設時の技術基準に対象とする施設の規定があるか	クラスアップするか				条件アップするか					既工認における評価結果の有無	施設時の適用規格	評価区分	同等性評価区分	評価クラス
			クラスアップの有無	施設時機器クラス	DBクラス	SAクラス	条件アップの有無	DB条件		SA条件						
								圧力(MPa)	温度(℃)	圧力(MPa)	温度(℃)					
1	既設	有	有	DB-4	DB-4	SA-2	無	0.014	100	0.014	100	—	S55告示	設計・建設規格又は告示	—	SA-2
2	既設	有	有	DB-4	DB-4	SA-2	無	0.014	120	0.014	120	—	S55告示	設計・建設規格又は告示	—	SA-2
3	既設	有	有	DB-4	DB-4	SA-2	無	0.025	150	0.025	150	—	S55告示	設計・建設規格又は告示	—	SA-2
4	既設	有	有	DB-4	DB-4	SA-2	無	0.025	150	0.025	150	—	S55告示	設計・建設規格又は告示	—	SA-2
5	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.62	171	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
6	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.62	171	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
7	既設	有	有	DB-4	DB-4	SA-2	有	0.025	150	0.62	171	—	S55告示	設計・建設規格又は告示	—	SA-2
8	既設	有	有	DB-4	DB-4	SA-2	有	0.025	150	0.62	171	—	S55告示	設計・建設規格又は告示	—	SA-2
T1	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.62	171	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
E1	既設	有	有	DB-4	DB-4	SA-2	無	0.014	120	0.014	120	—	S55告示	設計・建設規格又は告示	—	SA-2

NO.	既設or新設	施設時の技術基準に対象とする施設の規定があるか	クラスアップするか				条件アップするか					既工認における評価結果の有無	施設時の適用規格	評価区分	同等性評価区分	評価クラス
			クラスアップの有無	施設時機器クラス	DBクラス	SAクラス	条件アップの有無	DB条件		SA条件						
								圧力(MPa)	温度(℃)	圧力(MPa)	温度(℃)					
E2	既設	有	有	DB-4	DB-4	SA-2	無	0.025	150	0.025	150	—	S55告示	設計・建設規格又は告示	—	SA-2

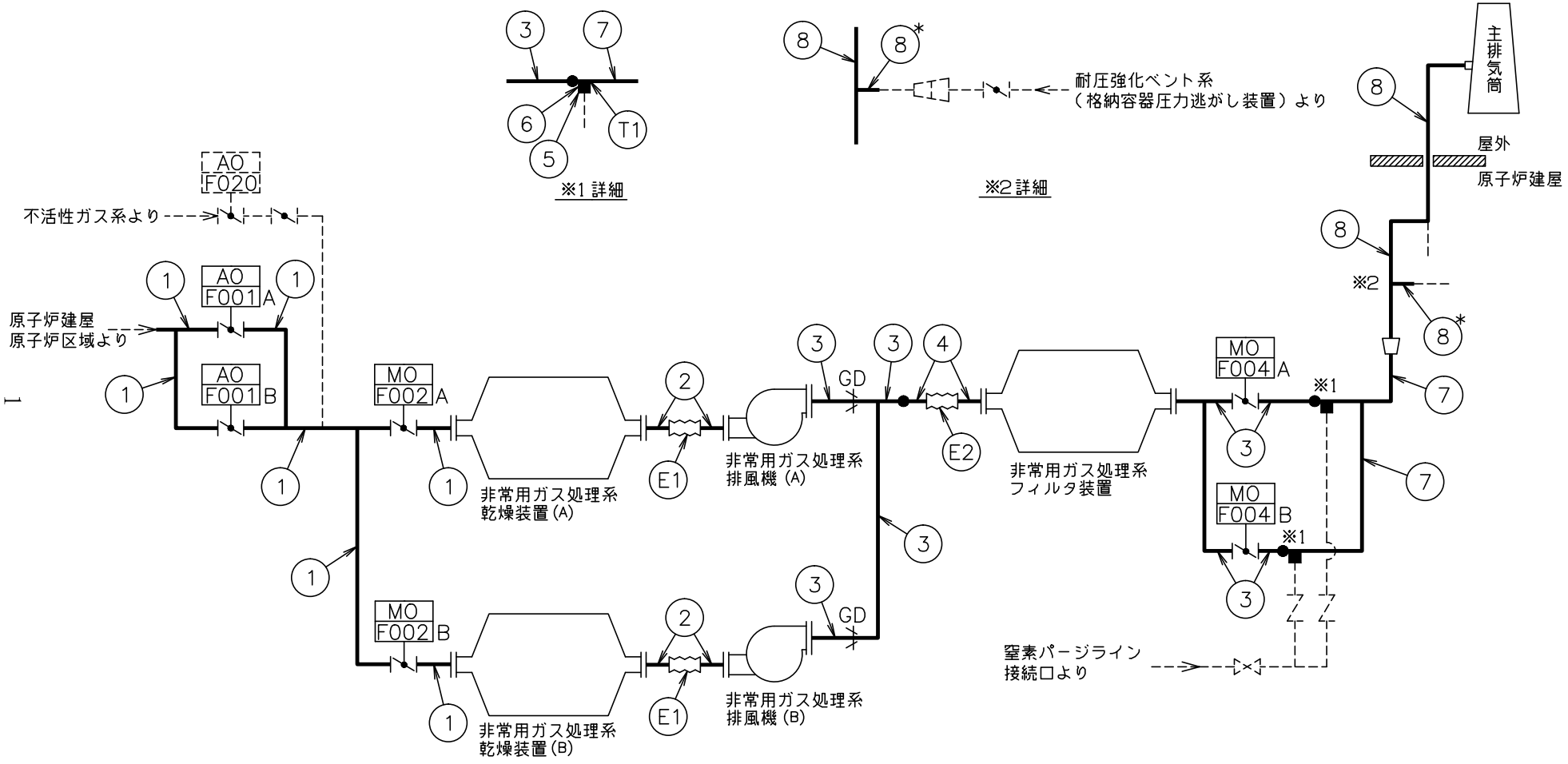
・適用規格の選定

NO.	評価項目	評価区分	判定基準	適用規格
1	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
2	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
3	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
4	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
5	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
6	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
7	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
8	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
T1	管の穴と補強計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
E1	伸縮継手の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
E2	伸縮継手の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格

目　　次

1.　概略系統図　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　1
2.　管の強度計算書　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　2
3.　管の穴と補強計算書　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　3
4.　伸縮継手の強度計算書　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　4

1．概略系統図



注記＊：管継手

非常用ガス処理系概略系統図

2. 管の強度計算書（重大事故等クラス２管）

設計・建設規格　PPC-3411　準用

NO.	最高使用圧力 P (MPa)	最高使用温度 (℃)	外径 Do (mm)	公称厚さ (mm)	材料	製法	クラス	S (MPa)	η	Q	ts (mm)	t (mm)	算式	tr (mm)
1	0.014	100	267.40	9.30	STPT410	S	2	103	1.00	12.5 %	8.13	0.02	C	3.80
2	0.014	120	267.40	9.30	SUS304TP	S	2	119	1.00	12.5 %	8.13	0.02	A	0.02
3	0.025	150	267.40	9.30	STPT410	S	2	103	1.00	12.5 %	8.13	0.04	C	3.80
4	0.025	150	267.40	9.30	SUS304TP	S	2	115	1.00	12.5 %	8.13	0.03	A	0.03
5	0.62	171	46.00	5.75	S25C (径≦100mm)	S	2	110	1.00	[redacted]	[redacted]	0.13	C	2.20
6	0.62	171	46.00	9.40	S25C (径≦100mm)	S	2	110	1.00	[redacted]	[redacted]	0.13	C	2.20
7	0.62	171	267.40	9.30	STPT410	S	2	103	1.00	12.5 %	8.13	0.81	C	3.80
8	0.62	171	318.50	10.30	STPT410	S	2	103	1.00	12.5 %	9.01	0.96	C	3.80

評価：ｔｓ ≧ ｔｒ，よって十分である。

3.　管の穴と補強計算書（重大事故等クラス２管）

補強を要しない穴の最大径

設計・建設規格　PPC-3422　準用

ＮＯ.				T1
形　　式				A
最高使用圧力		Ｐ	(MPa)	0.62
最高使用温度			(℃)	171
主管と管台の角度		α	(°)	[redacted]
主管	材　料			STPT410
	許容引張応力	Ｓｒ	(MPa)	103
	外　径	Ｄｏｒ	(mm)	267.40
	内　径	Ｄｉｒ	(mm)	251.14
	公称厚さ	ｔｒｏ	(mm)	9.30
	厚さの負の許容差	Ｑｒ		12.5 %
	最小厚さ	ｔｒ	(mm)	8.13
	継手効率	η		1.00
管台	材　料			S25C(径≦100mm)
	外　径	Ｄｏｂ	(mm)	46.00
	内　径	Ｄｉｂ	(mm)	[redacted]
	公称厚さ	ｔｂｎ	(mm)	9.40
穴の径		ｄ	(mm)	[redacted]
ｄｒ１＝Ｄｉｒ／4			(mm)	62.79
61，ｄｒ１　の小さい値			(mm)	61.00
Ｋ				0.1088
200，ｄｒ２の小さい値			(mm)	100.36
補強不要な穴の最大径		ｄｆｒ	(mm)	100.36

評価：　ｄ　≦　ｄｆｒ

よって管の穴の補強計算は必要ない。

4. 伸縮継手の強度計算書（重大事故等クラス２管）

設計・建設規格　PPC-3416　準用

NO.	最高使用圧力 P (MPa)	最高使用温度 (℃)	材料	縦弾性係数 E (MPa)	t (mm)	全伸縮量 δ (mm)	b (mm)	h (mm)	n	c	算式	継手部応力 σ (MPa)	N $\times 10^3$	Nr $\times 10^3$	U
E1	0.014	120	SUS304	188000	[redacted]	12.32	[redacted]				A	337	200.8	1.0	0.005
E2	0.025	150	SUS304	186000	[redacted]	27.67	[redacted]				A	743	12.6	1.0	0.079

評価：U≦1，よって十分である。

注：E1，E2の外径は，[redacted]

Ⅴ-3-3-6-2-5-1-2-2　管の応力計算書

まえがき

本計算書は，Ⅴ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」及びⅤ-3-2-9「重大事故等クラス２管の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお，評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については，Ⅴ-3-2-1「強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

・評価条件整理表

応力計算モデルNo.	既設or新設	施設時の技術基準に対象とする施設の規定があるか	クラスアップするか				条件アップするか					既工認における評価結果の有無	施設時の適用規格	評価区分	同等性評価区分	評価クラス
			クラスアップの有無	施設時機器クラス	ＤＢクラス	ＳＡクラス	条件アップの有無	ＤＢ条件		ＳＡ条件						
								圧力(MPa)	温度(℃)	圧力(MPa)	温度(℃)					
SGTS-R-1	既設	有	有	DB-4	DB-4	SA-2	無	0.014	100	0.014	100	—	S55告示	設計・建設規格又は告示	—	SA-2
SGTS-R-2	既設	有	有	DB-4	DB-4	SA-2	無	0.025	150	0.025	150	—	S55告示	設計・建設規格又は告示	—	SA-2
SGTS-R-3	既設	有	有	DB-4	DB-4	SA-2	無	0.025	150	0.025	150	—	S55告示	設計・建設規格又は告示	—	SA-2
SGTS-R-3	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.62	171	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
SGTS-R-3	既設	有	有	DB-4	DB-4	SA-2	有	0.025	150	0.62	171	—	S55告示	設計・建設規格又は告示	—	SA-2
SGTS-R-3	既設	有	有	DB-4	Non	SA-2	有	0.025	150	0.62	200	—	S55告示	設計・建設規格又は告示	—	SA-2
HCVS-R-1	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.62	171	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
HCVS-R-1	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.5	66	—	—	設計・建設規格	—	SA-2

目　　次

1.　　概要　　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1
2.　　概略系統図及び鳥瞰図　　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 2
2.1　概略系統図　　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 2
2.2　鳥瞰図　　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 4
3.　　計算条件　　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 6
3.1　計算条件　　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 6
3.2　材料及び許容応力　　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 12
4.　　計算結果　　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 14
5.　　代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果　　・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 16

1. 概要

本計算書は，Ⅴ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」及びⅤ-3-2-9「重大事故等クラス２管の強度計算方法」に基づき，管の応力計算を実施した結果を示したものである。

評価結果記載方法は，以下に示すとおりである。

(1) 管

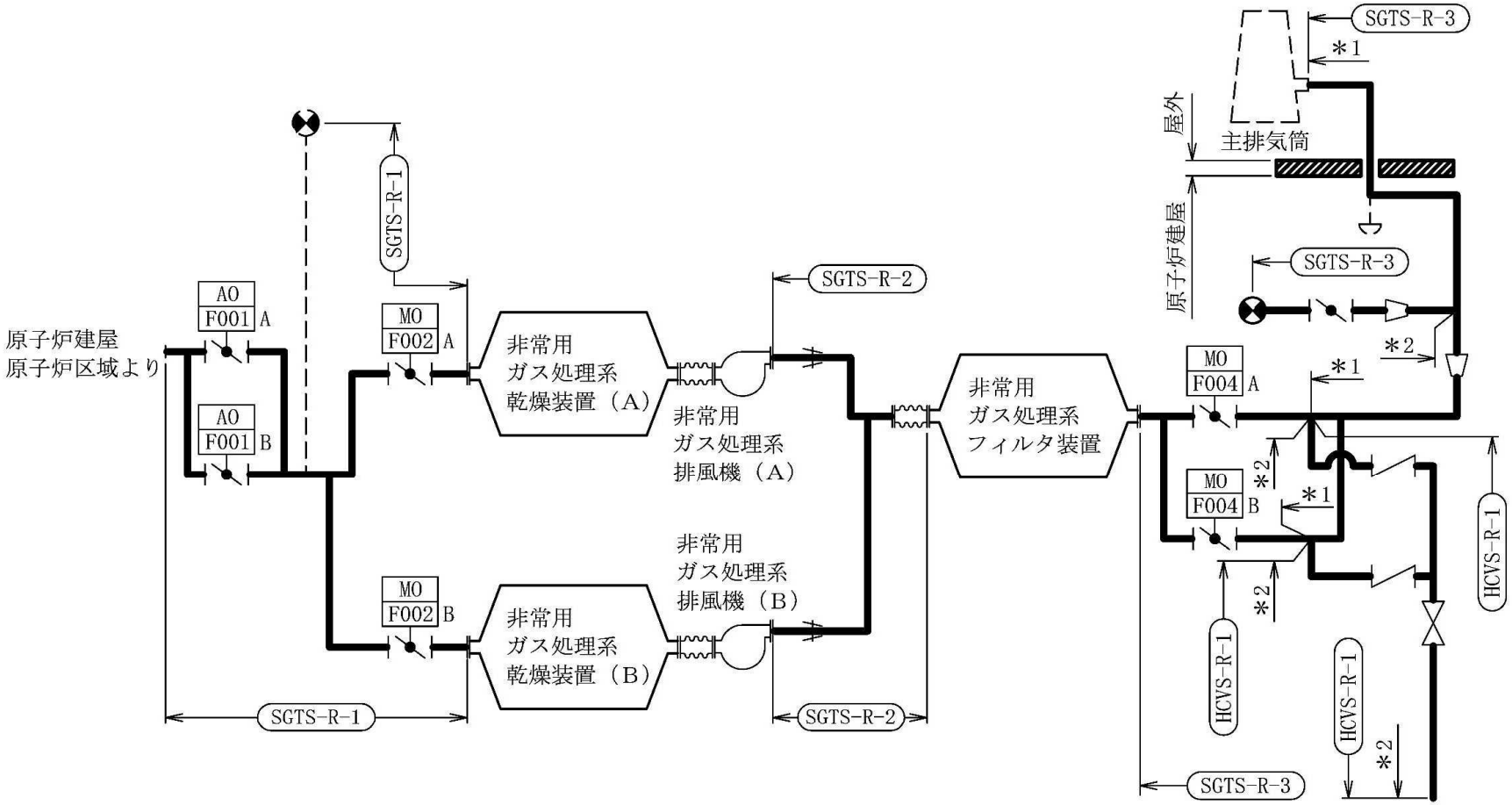
工事計画記載範囲の管のうち，設計条件あるいは管クラスに変更がある管における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また，全４モデルのうち，最大応力評価点の許容値／発生値（裕度）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図，計算条件及び評価結果を記載する。代表モデルの選定及び全モデルの評価結果を5.に記載する。

2.　概略系統図及び鳥瞰図

2.1　概略系統図

概略系統図記号凡例

記号	内容
━━━━━━（太線）	工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管
――――――（細線）	工事計画記載範囲の管のうち，本系統の管であって他計算書記載範囲の管
- - - - - - - - -（破線）	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち，他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管
○○-○-○○	鳥瞰図番号
	アンカ

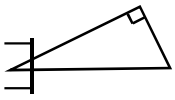
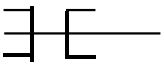
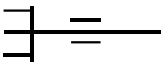


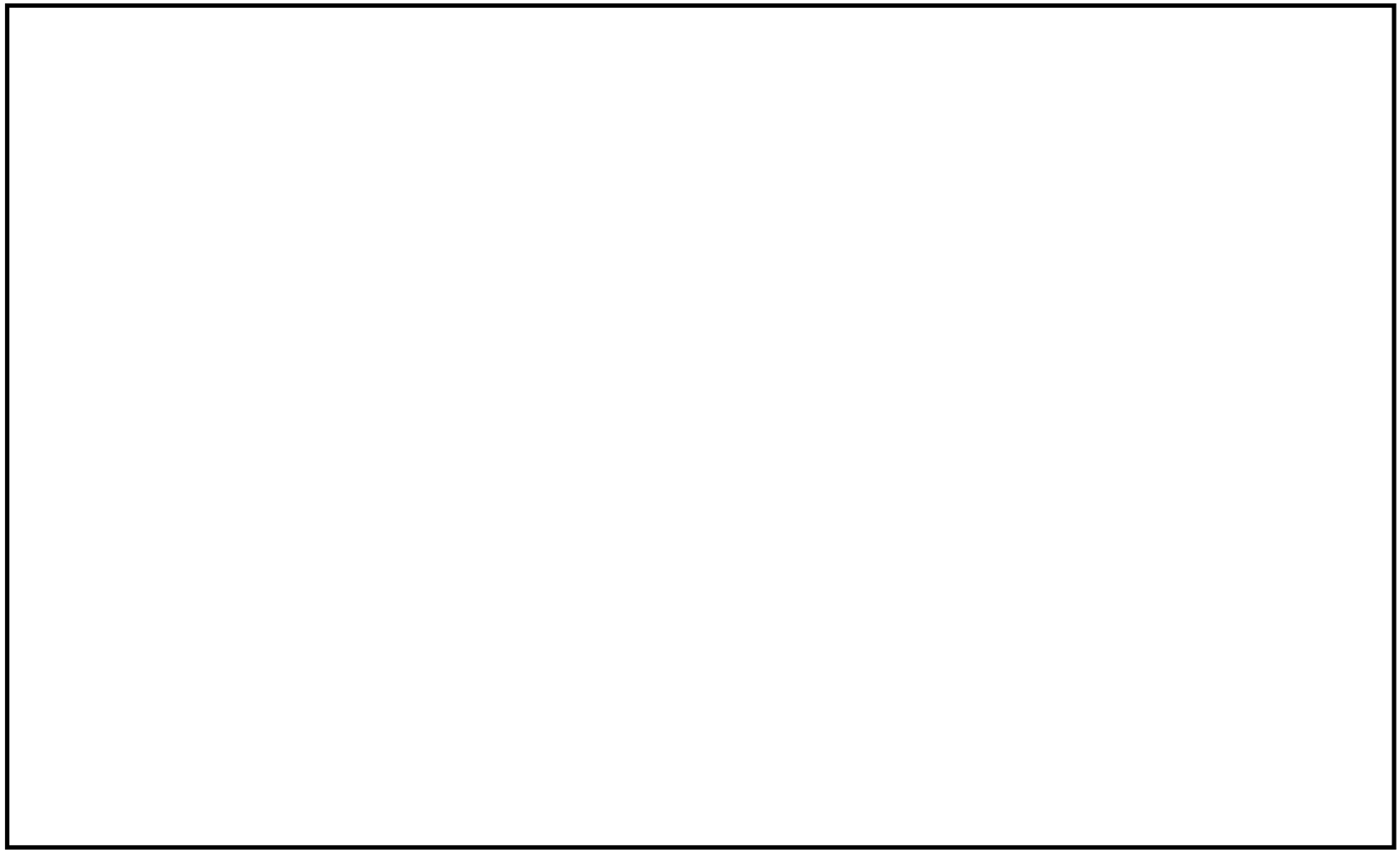
注記＊1：非常用ガス処理系及び耐圧強化ベント系
＊2：耐圧強化ベント系　解析上本系統に含める。

非常用ガス処理系概略系統図

2.2　鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

記号	内容
（太線）	工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管
（細線）	工事計画記載範囲の管のうち，本系統の管であって他計算書記載範囲の管
（破線）	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち，他系統の管であって解析モデルの概略を示すために表記する管
	質点
	アンカ
	レストレイント （本図は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。スナッバについても同様とする。）
	スナッバ
	ハンガ
	リジットハンガ
	注1：鳥瞰図中の寸法の単位はmmである。



鳥瞰図	SGTS-R-3

3. 計算条件

3.1 計算条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し，管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥瞰図 SGTS-R-3

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料
1	1～2	0.62	200	558.8	9.5	SM400C
2	7～8	0.62	171	558.8	9.5	SM400C
3	10～13,12～143	0.62	171	318.5	10.3	STPT410
4	14～186,65～187	0.62	171	267.4	9.3	STPT410
5	80～87,99～85 186～73,187～92	0.025	150	267.4	9.3	STPT410

配管の付加質量

鳥瞰図　SGTS-R-3

質量	対応する評価点
[redacted]	1～8
[redacted]	10～13, 12～111
[redacted]	14～30
[redacted]	47～88, 65～85
[redacted]	112～118
[redacted]	125～136
[redacted]	136～137

フランジ部の質量

鳥瞰図　SGTS-R-3

質量	対応する評価点
[redacted]	3,5
[redacted]	74,93
[redacted]	76,95
[redacted]	88

弁部の寸法

鳥瞰図　SGTS-R-3

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
3～4				4～6			
4～5				74～75			
75～77				77～78			
78～79				75～76			
93～94				94～96			
96～97				97～98			
94～95							

弁部の質量

鳥瞰図　SGTS-R-3

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
[redacted]	3,5	[redacted]	4
[redacted]	6	[redacted]	74,76,93,95
[redacted]	75,94	[redacted]	77,96
[redacted]	78,97	[redacted]	79,98

支持点及び貫通部ばね定数

鳥瞰図　SGTS-R-3

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N･mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1						
22						
31						
35						
48						
54						
67						
83						
88						
106						
117						
128						
135						
143						

3.2　材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

設計・建設規格に規定の応力計算に用いる許容応力

材料	最高使用温度 (℃)	許容応力(MPa)			
		S_m	S_y	S_u	S_h
SM400C	200	—	—	—	100
SM400C	171	—	—	—	100
STPT410	171	—	—	—	103
STPT410	150	—	—	—	103

材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

告示第５０１号に規定の応力計算に用いる許容応力

材料	最高使用温度 (℃)	許容応力(MPa)			
		S_m	S_y	S_u	S_h
SM400C	200	—	—	—	100
SM400C	171	—	—	—	100
STPT410	171	—	—	—	103
STPT410	150	—	—	—	103

4. 計算結果

下表に示すとおり最大応力はすべて許容応力以下である。

重大事故等クラス２管であってクラス２以下の管

設計・建設規格　PPC-3520の規定に基づく評価

鳥瞰図	最大応力評価点	最大応力区分	一次応力評価(MPa)	
			計算応力	許容応力
			S_{prm} *1 S_{prm} *2	1.5・S_h 1.8・S_h
SGTS-R-3	1	S_{prm} *1	36	150
SGTS-R-3	1	S_{prm} *2	37	180

注記＊1：設計・建設規格　PPC-3520(1)に基づき計算した一次応力を示す。

＊2：設計・建設規格　PPC-3520(2)に基づき計算した一次応力を示す。

計算結果

下表に示すとおり最大応力はすべて許容応力以下である。

重大事故等クラス２管であってクラス２以下の管

告示第５０１号第56条第1号の規定に基づく評価

鳥瞰図	最大応力評価点	最大応力区分	一次応力評価(MPa)	
			計算応力 S_{prm}*1 S_{prm}*2	許容応力 S_h 1.2・S_h
SGTS-R-3	1	S_{prm}*1	32	100
SGTS-R-3	1	S_{prm}*2	32	120

注記＊1：告示第５０１号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。
なお，保守的な評価となる告示第５０１号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を記載してもよいものとする。

＊2：告示第５０１号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。

5. 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し，応力分類毎に裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図，計算条件及び評価結果を記載している。下表に，代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（重大事故等クラス２管であってクラス２以下の管）

No.	配管モデル	重大事故等時*1					重大事故等時*2				
		一次応力					一次応力				
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表
1	SGTS-R-1	58	11	154	14.00	—	58	11	185	16.81	—
2	SGTS-R-2	2	12	154	12.83	—	2	12	185	15.41	—
3	SGTS-R-3	1	36	150	4.16	○	1	37	180	4.86	○
4	HCVS-R-1	60	13	169	13.00	—	60	13	203	15.61	—

注記＊1：設計・建設規格　PPC-3520(1)に基づき計算した一次応力を示す。
＊2：設計・建設規格　PPC-3520(2)に基づき計算した一次応力を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（重大事故等クラス２管であってクラス２以下の管）

No.	配管モデル	許容応力状態Ⅴ*1					許容応力状態Ⅴ*2				
		一次応力					一次応力				
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表
1	SGTS-R-1	35	7	103	14.71	—	35	7	123	17.57	—
2	SGTS-R-2	2	7	103	14.71	—	2	7	123	17.57	—
3	SGTS-R-3	1	32	100	3.12	○	1	32	120	3.75	○

注記＊1：告示第５０１号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。
＊2：告示第５０１号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。

Ⅴ-3-3-6-2-5-1-3　非常用ガス処理系フィルタ装置の強度計算書

まえがき

本計算書は，Ⅴ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」及びⅤ-3-2-9「重大事故等クラス２管の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお，評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については，Ⅴ-3-2-1「強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

・評価条件整理表

機器名	既設or新設	施設時の技術基準に対象とする施設の規定があるか	クラスアップするか				条件アップするか					既工認における評価結果の有無	施設時の適用規格	評価区分	同等性評価区分	評価クラス
			クラスアップの有無	施設時機器クラス	ＤＢクラス	ＳＡクラス	条件アップの有無	ＤＢ条件		ＳＡ条件						
								圧力(MPa)	温度(℃)	圧力(MPa)	温度(℃)					
非常用ガス処理系フィルタ装置	既設	有	有	DB-4	DB-4	SA-2	無	0.025	150	0.025	150	—	S55告示	同等性	a.(a)	SA-2

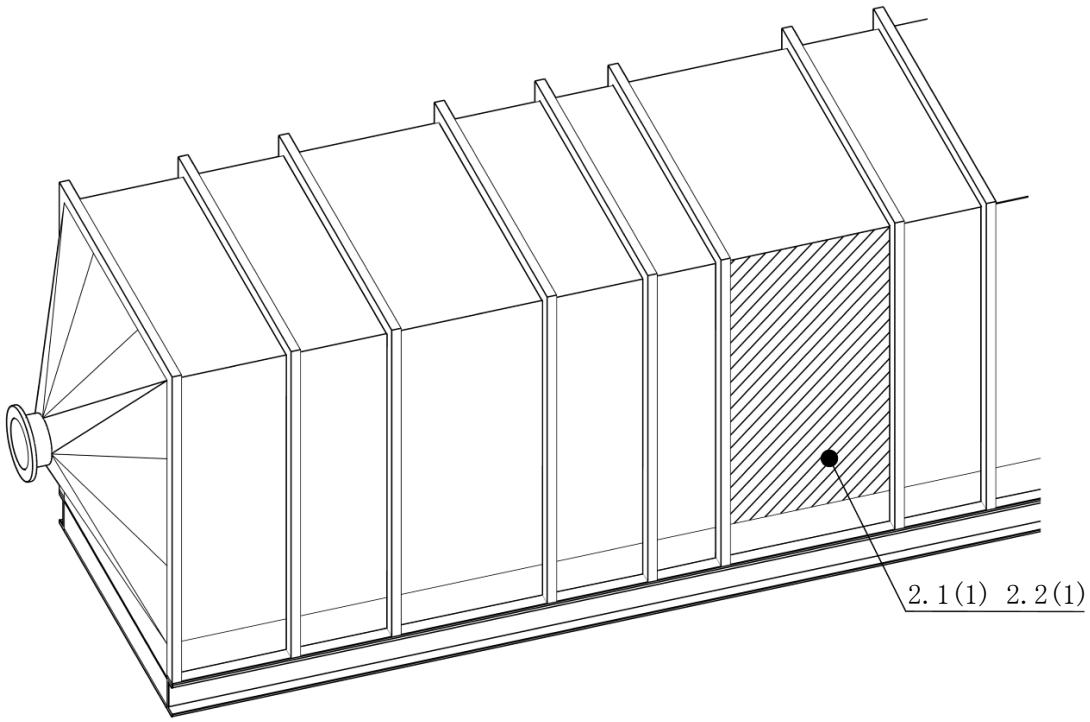
目　　次

1.　計算条件　…… 1
1.1　計算部位　…… 1
1.2　設計条件　…… 1
2.　強度計算　…… 2
2.1　ダクトの厚さ計算　…… 2
2.2　ダクトの応力計算　…… 2

1.　計算条件

1.1　計算部位

概要図に強度計算箇所を示す。



図中の番号は次頁以降の
計算項目番号を示す。

図1－1　概要図

1.2　設計条件

最高使用圧力(MPa)	0.025
最高使用温度(℃)	150

2. 強度計算

2.1 ダクトの厚さ計算

機械工学便覧（設計・建設規格 PPC-3411(1) 参考）

名称			(1)ケーシング
材料			[redacted]
ダクト長辺寸法	a	(mm)	1700
ダクト接続材・補強材の接続ピッチ	c	(mm)	1000
単位面積当たりのダクト鋼板の質量	D_p	(kg/mm^2)	[redacted]
ヤング率	E	(MPa)	[redacted]
最高使用圧力	P	(MPa)	0.025
最高使用温度における設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表5に規定する材料の許容引張応力	S	(MPa)	[redacted]
ダクトの計算上必要な厚さ	t	(mm)	1.51
面外荷重によるダクト板の最大変位量	δ_{max}	(mm)	17.92
最小厚さ		(mm)	[redacted]
評価：最小厚さはダクトの計算上必要な厚さ以上であり，強度は十分である。			

2.2 ダクトの応力計算

機械工学便覧（設計・建設規格 PPC-3411(1) 参考）

名称			(1)ケーシング
材料			[redacted]
ダクト長辺寸法	a	(mm)	1700
ダクト接続材・補強材の接続ピッチ	c	(mm)	1000
単位面積当たりのダクト鋼板の質量	D_p	(kg/mm^2)	[redacted]
ヤング率	E	(MPa)	[redacted]
最高使用圧力	P	(MPa)	0.025
最高使用温度における設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表5に規定する材料の許容引張応力	S_h	(MPa)	[redacted]
一次応力	S_{prm}	(MPa)	67
ダクトの厚さ	t	(mm)	9.0
面外荷重によるダクト板の最大変位量	δ_{max}	(mm)	8.11
許容応力		(MPa)	[redacted]
評価：一次応力は許容応力以下であり，強度は十分である。			

Ⅴ-3-3-6-2-5-2　可燃性ガス濃度制御系の強度計算書

Ⅴ-3-3-6-2-5-2-1　管の強度計算書

Ⅴ-3-3-6-2-5-2-1-1　管の基本板厚計算書

まえがき

本計算書は，Ⅴ-3-1-3「クラス２機器の強度計算の基本方針」，Ⅴ-3-1-4「クラス３機器の強度計算の基本方針」及びⅤ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」並びにⅤ-3-2-4「クラス２管の強度計算方法」，Ⅴ-3-2-7「クラス３管の強度計算方法」及びⅤ-3-2-9「重大事故等クラス２管の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお，評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については，Ⅴ-3-2-1「強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

・評価条件整理表

NO.	既設or新設	施設時の技術基準に対象とする施設の規定があるか	クラスアップするか				条件アップするか					既工認における評価結果の有無	施設時の適用規格	評価区分	同等性評価区分	評価クラス
			クラスアップの有無	施設時機器クラス	DBクラス	SAクラス	条件アップの有無	DB条件		SA条件						
								圧力(MPa)	温度(℃)	圧力(MPa)	温度(℃)					
1	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.62	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
2	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.62	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
3	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	0.31	104	0.62	200	—	S55告示	設計・建設規格又は告示	—	SA-2
3	新設	—	—	—	DB-2	SA-2	—	0.31	104	0.62	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2 DB-2
4	新設	—	—	—	DB-2	—	—	0.31	171	—	—	—	—	設計・建設規格	—	DB-2
5	新設	—	—	—	DB-2	—	—	0.31	171	—	—	—	—	設計・建設規格	—	DB-2
6	新設	—	—	—	DB-2	—	—	0.31	171	—	—	—	—	設計・建設規格	—	DB-2
7	新設	—	—	—	DB-2	—	—	0.31	171	—	—	—	—	設計・建設規格	—	DB-2
8	新設	—	—	—	DB-2	—	—	0.31	104	—	—	—	—	設計・建設規格	—	DB-2
9	新設	—	—	—	DB-2	—	—	0.31	104	—	—	—	—	設計・建設規格	—	DB-2

NO.	既設or新設	施設時の技術基準に対象とする施設の規定があるか	クラスアップするか				条件アップするか					既工認における評価結果の有無	施設時の適用規格	評価区分	同等性評価区分	評価クラス
			クラスアップの有無	施設時機器クラス	DBクラス	SAクラス	条件アップの有無	DB条件		SA条件						
								圧力(MPa)	温度(℃)	圧力(MPa)	温度(℃)					
10	新設	—	—	—	DB-2	—	—	0.31	104	—	—	—	—	設計・建設規格	—	DB-2
11	新設	—	—	—	DB-2	—	—	0.31	104	—	—	—	—	設計・建設規格	—	DB-2
12	新設	—	—	—	DB-3	—	—	0.31	171	—	—	—	—	設計・建設規格	—	DB-3
T1	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.62	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2

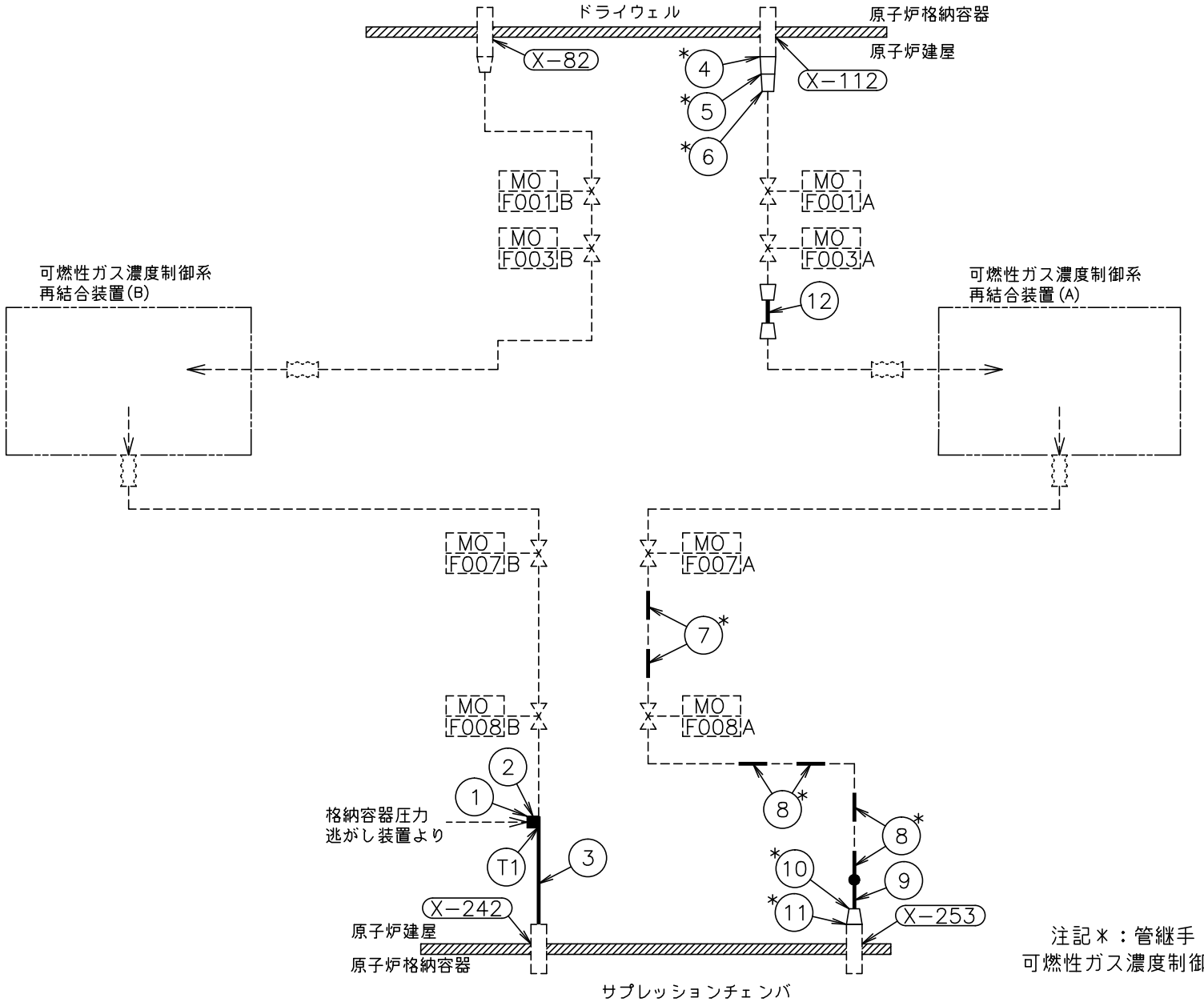
・適用規格の選定

NO.	評価項目	評価区分	判定基準	適用規格
1	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
2	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
3	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
3	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
4	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
5	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
6	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
7	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
8	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
9	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
10	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
11	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
12	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
T1	管の穴と補強計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格

目　　次

1.　概略系統図　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　1
2.　管の強度計算書　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　2
3.　管の穴と補強計算書　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　4

1．概略系統図



注記＊：管継手

可燃性ガス濃度制御系概略系統図

2. 管の強度計算書（重大事故等クラス２管）

設計・建設規格　PPC-3411　準用

NO.	最高使用圧力 P (MPa)	最高使用温度 (℃)	外径 Do (mm)	公称厚さ (mm)	材料	製法	クラス	S (MPa)	η	Q	ts (mm)	t (mm)	算式	tr (mm)
1	0.62	200	75.00	6.95	S25C (径≦100mm)	S	2	110	1.00	[redacted]	[redacted]	0.21	C	2.70
2	0.62	200	75.00	11.15	S25C (径≦100mm)	S	2	110	1.00	[redacted]	[redacted]	0.21	C	2.70
3	0.62	200	165.20	7.10	STPT410	S	2	103	1.00	12.5 %	6.21	0.50	C	3.80

評価：ｔｓ ≧ ｔｒ，よって十分である。

管の強度計算書（クラス２管，クラス３管）

設計・建設規格　PPC-3411及びPPD-3411

NO.	最高使用圧力 P (MPa)	最高使用温度 (℃)	外径 Do (mm)	公称厚さ (mm)	材料	製法	クラス	S (MPa)	η	Q	ts (mm)	t (mm)	算式	tr (mm)
4	0.31	171	318.50	10.30	STPT410	S	2	103	1.00	12.5 %	9.01	0.48	C	3.80
5	0.31	171	216.30	8.20	STPT410	S	2	103	1.00	12.5 %	7.17	0.33	C	3.80
6	0.31	171	114.30	6.00	STPT410	S	2	103	1.00	12.5 %	5.25	0.18	C	3.40
7	0.31	171	165.20	7.10	STPT410	S	2	103	1.00	12.5 %	6.21	0.25	C	3.80
8	0.31	104	165.20	7.10	STPT410	S	2	103	1.00	12.5 %	6.21	0.25	C	3.80
9	0.31	104	165.20	7.10	SFVC2B	S	2	120	1.00	[redacted]	[redacted]	0.22	C	3.80
10	0.31	104	165.20	7.10	SUS304LTP	S	2	107	1.00	12.5 %	6.21	0.24	A	0.24
11	0.31	104	318.50	10.30	SUS304LTP	S	2	107	1.00	12.5 %	9.01	0.46	A	0.46
12	0.31	171	89.10	5.50	STPT410	S	3	103	1.00	12.5 %	4.81	0.14	C	3.00

評価：ｔｓ ≧ ｔｒ，よって十分である。

3.　管の穴と補強計算書（重大事故等クラス２管）

補強を要しない穴の最大径

設計・建設規格　PPC-3422　準用

	ＮＯ.			T1
形　　式				A
最高使用圧力		Ｐ	(MPa)	0.62
最高使用温度			(℃)	200
主管と管台の角度		α	(°)	[redacted]
主管	材　　料			STPT410
	許容引張応力	Ｓｒ	(MPa)	103
	外　　径	Ｄｏｒ	(mm)	165.20
	内　　径	Ｄｉｒ	(mm)	152.78
	公称厚さ	ｔｒｏ	(mm)	7.10
	厚さの負の許容差	Ｑｒ		12.5 %
	最小厚さ	ｔｒ	(mm)	6.21
	継手効率	η		1.00
管台	材　　料			S25C(径≦100mm)
	外　　径	Ｄｏｂ	(mm)	75.00
	内　　径	Ｄｉｂ	(mm)	[redacted]
	公称厚さ	ｔｂｎ	(mm)	11.15
穴の径		ｄ	(mm)	-
ｄｒ１＝Ｄｉｒ／4			(mm)	38.20
61，ｄｒ１　の小さい値			(mm)	38.20
Ｋ				0.0880
200，ｄｒ２の小さい値			(mm)	78.73
補強不要な穴の最大径		ｄｆｒ	(mm)	78.73

評価：　ｄ　≦　ｄｆｒ

よって管の穴の補強計算は必要ない。

K7 ① V-3-3-6-2-5-2-1-1 R1E

Ⅴ-3-3-6-2-5-2-1-2　管の応力計算書

まえがき

本計算書は，Ⅴ-3-1-3「クラス２機器の強度計算の基本方針」及びⅤ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」並びにⅤ-3-2-4「クラス２管の強度計算方法」及びⅤ-3-2-9「重大事故等クラス２管の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお，評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については，Ⅴ-3-2-1「強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

・評価条件整理表

応力計算モデルNo.	既設or新設	施設時の技術基準に対象とする施設の規定があるか	クラスアップするか				条件アップするか					既工認における評価結果の有無	施設時の適用規格	評価区分	同等性評価区分	評価クラス
			クラスアップの有無	施設時機器クラス	ＤＢクラス	ＳＡクラス	条件アップの有無	ＤＢ条件		ＳＡ条件						
								圧力(MPa)	温度(℃)	圧力(MPa)	温度(℃)					
FCS-R-1	新設	—	—	—	DB-2	—	—	0.31	171	—	—	—	—	設計・建設規格	—	DB-2
FCS-R-2	新設	—	—	—	DB-2	—	—	0.31	171	—	—	—	—	設計・建設規格	—	DB-2
FCS-R-2	新設	—	—	—	DB-2	—	—	0.31	104	—	—	—	—	設計・建設規格	—	DB-2
FCS-R-4	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	1.00	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
FCS-R-4	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.62	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
FCS-R-4	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	0.31	104	0.62	200	—	S55告示	設計・建設規格又は告示	—	SA-2
FCS-R-4	新設	—	—	—	DB-2	SA-2	—	0.31	104	0.62	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2 DB-2

設計基準対象施設

目　次

1.　概要　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　1

2.　概略系統図及び鳥瞰図　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　2

2.1　概略系統図　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　2

2.2　鳥瞰図　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　4

3.　計算条件　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　14

3.1　計算条件　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　14

3.2　材料及び許容応力　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　20

4.　計算結果　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　21

5.　代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果　・・・・・・・・・・・・・・・　22

1. 概要

本計算書は，Ｖ-3-1-3「クラス２機器の強度計算の基本方針」及びＶ-3-2-4「クラス２管の強度計算方法」に基づき，管の応力計算を実施した結果を示したものである。

評価結果記載方法は，以下に示すとおりである。

(1) 管

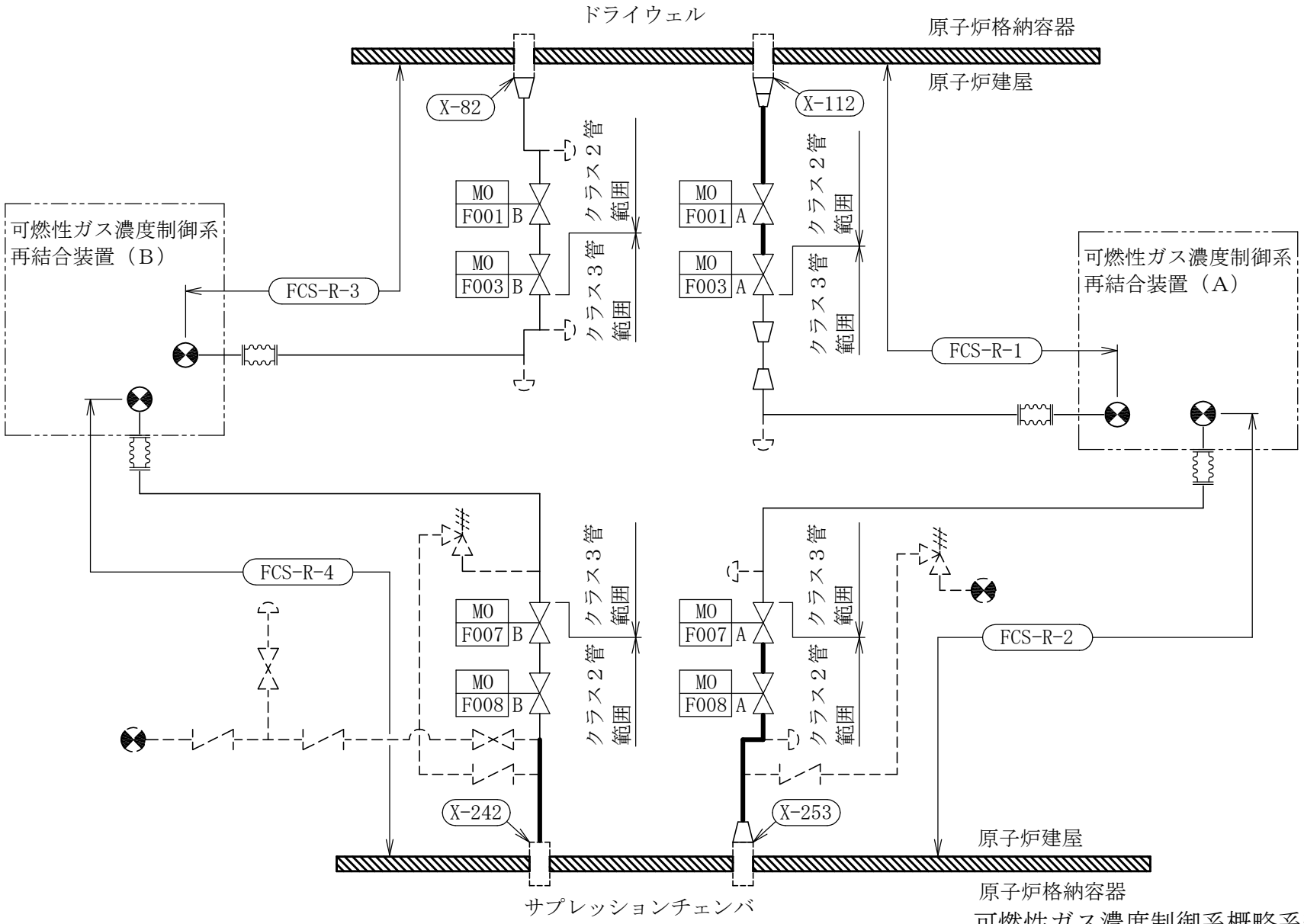
工事計画記載範囲の管のうち，設計条件あるいは管クラスに変更がある管における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また，全３モデルのうち，最大応力評価点の許容値／発生値（裕度）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図，計算条件及び評価結果を記載する。代表モデルの選定及び全モデルの評価結果を5.に記載する。

2.　概略系統図及び鳥瞰図

2.1　概略系統図

概略系統図記号凡例

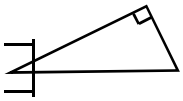
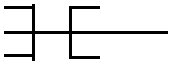
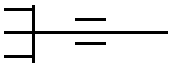
記号	内容
―――― （太線）	工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管
―――― （細線）	工事計画記載範囲の管のうち，本系統の管であって他計算書記載範囲の管
- - - - - - - - - （破線）	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち，他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管
○○-○-○○	鳥瞰図番号
	アンカ

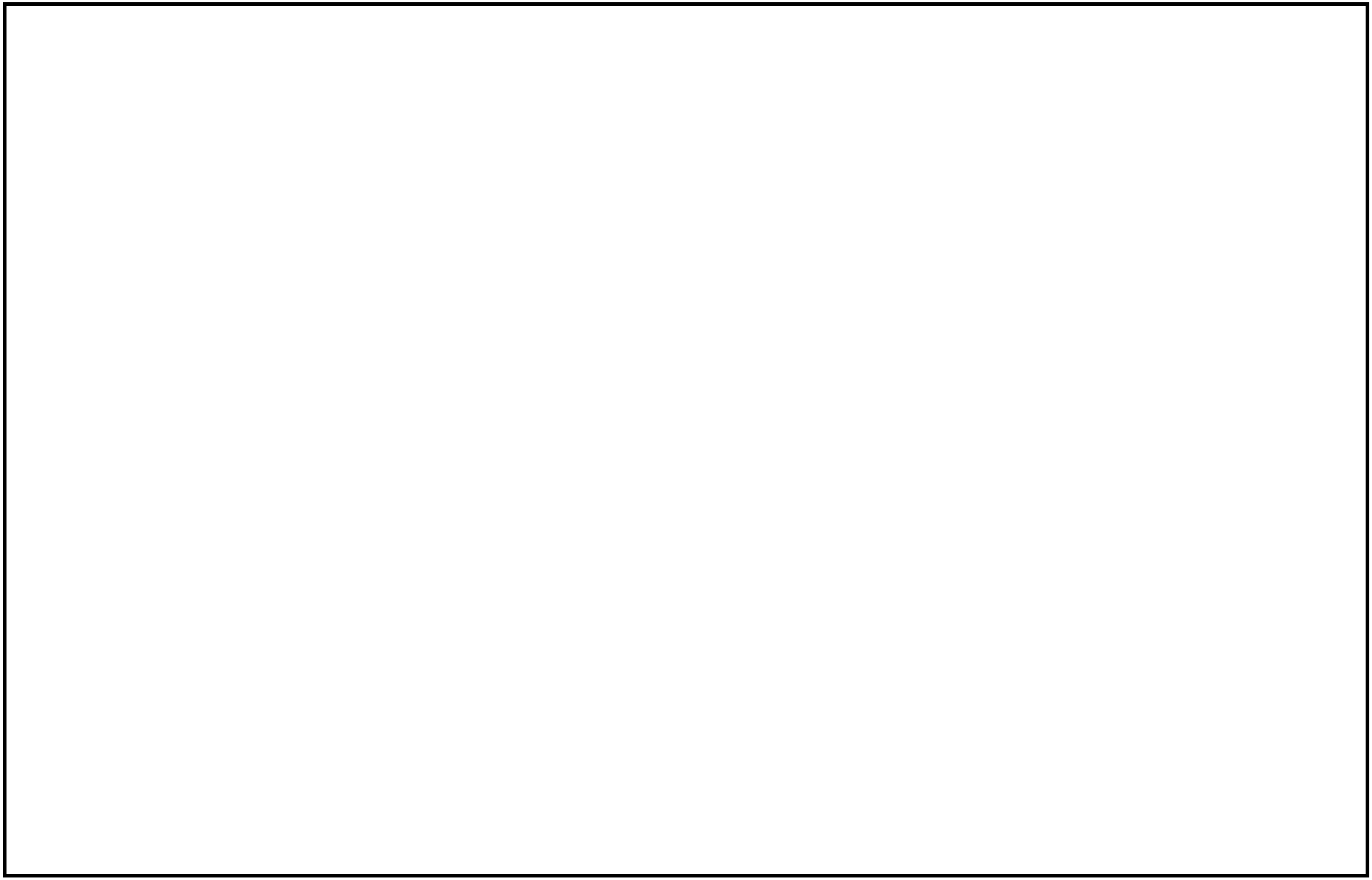


可燃性ガス濃度制御系概略系統図

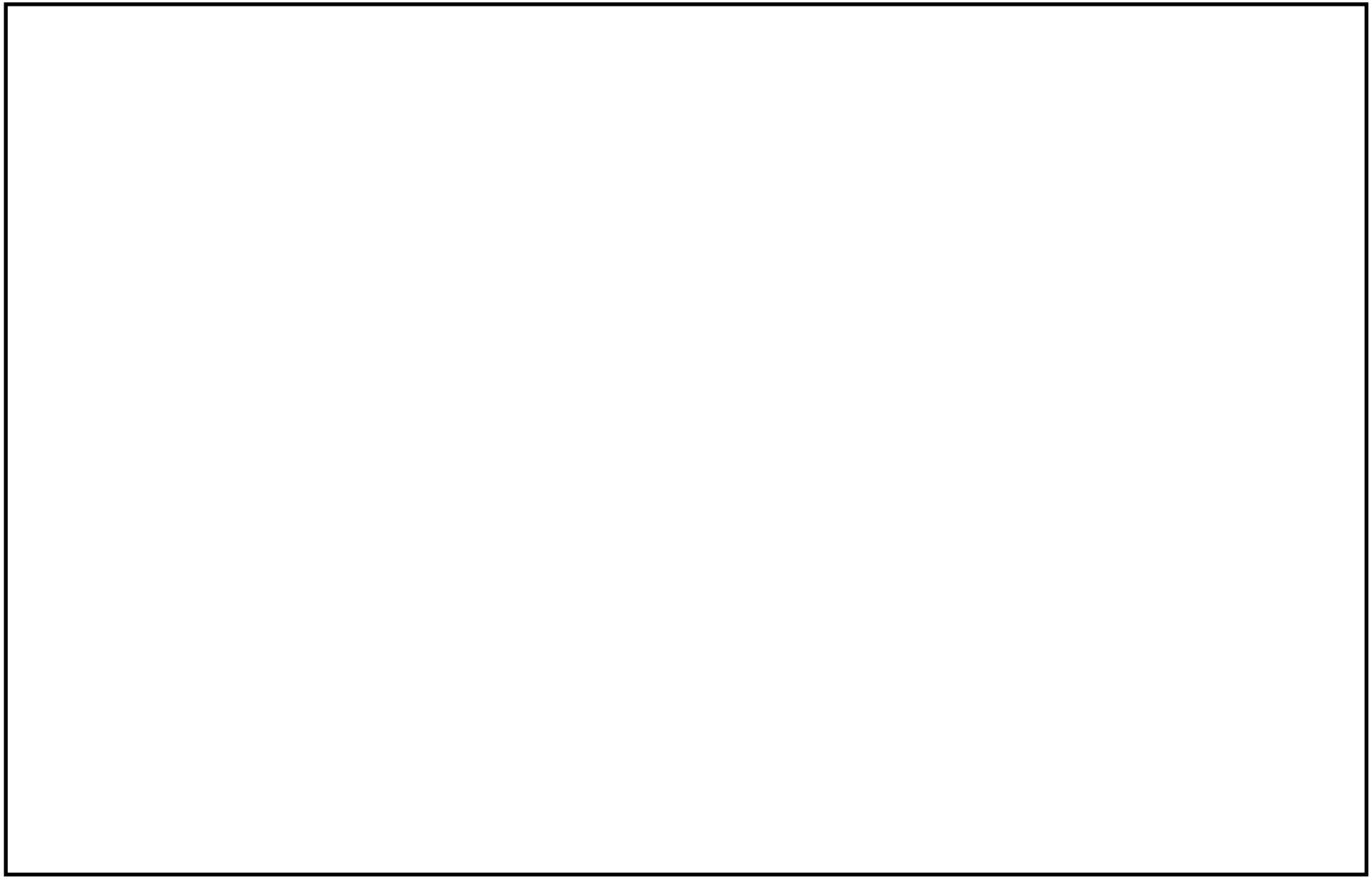
2.2　鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

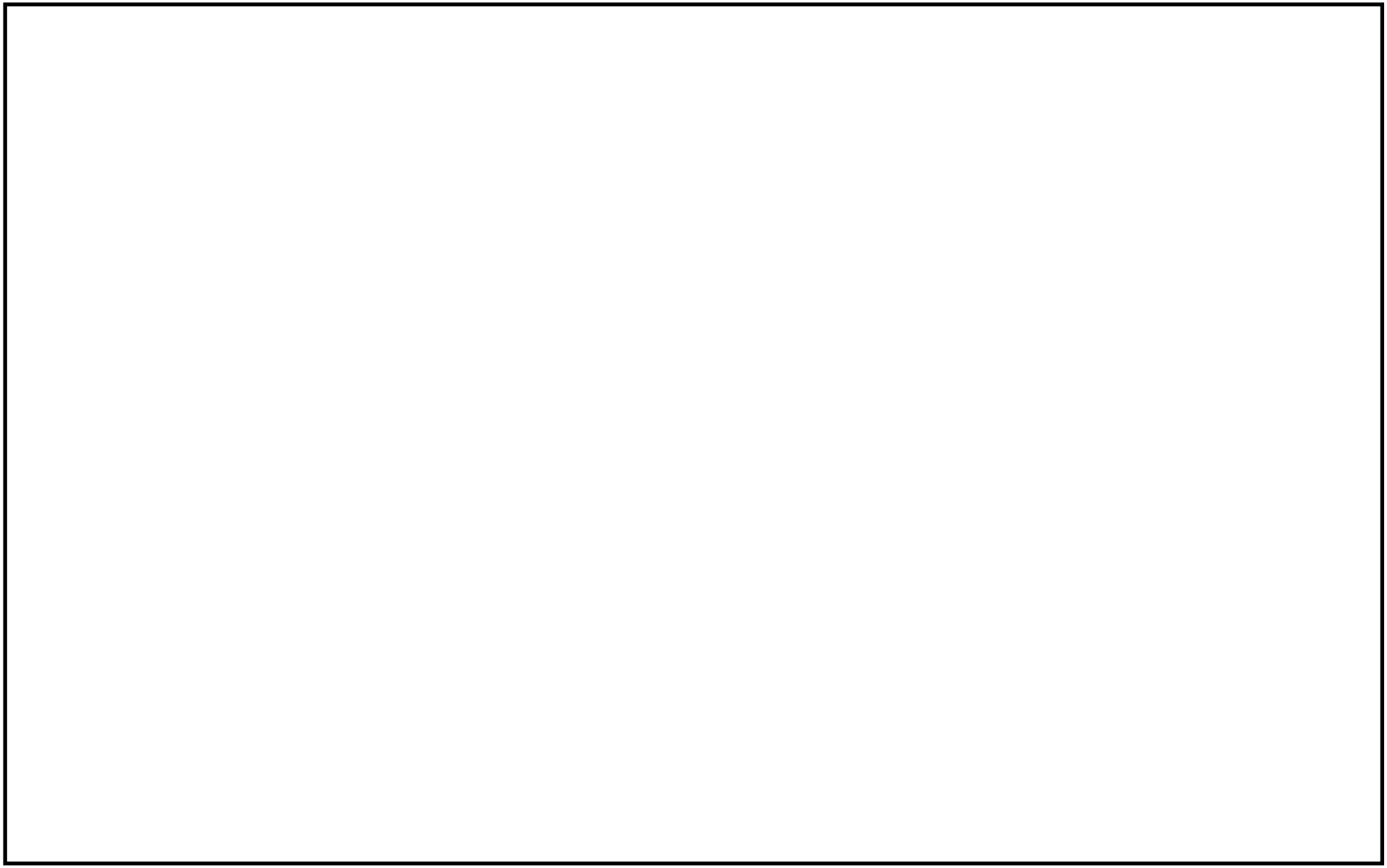
記号	内容
（太線）	工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管
（細線）	工事計画記載範囲の管のうち，本系統の管であって他計算書記載範囲の管
（破線）	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち，他系統の管であって解析モデルの概略を示すために表記する管
	質点
	アンカ
	レストレイント （本図は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。スナッバについても同様とする。）
	スナッバ
	ハンガ
	リジットハンガ
	注1：鳥瞰図中の寸法の単位は㎜である。



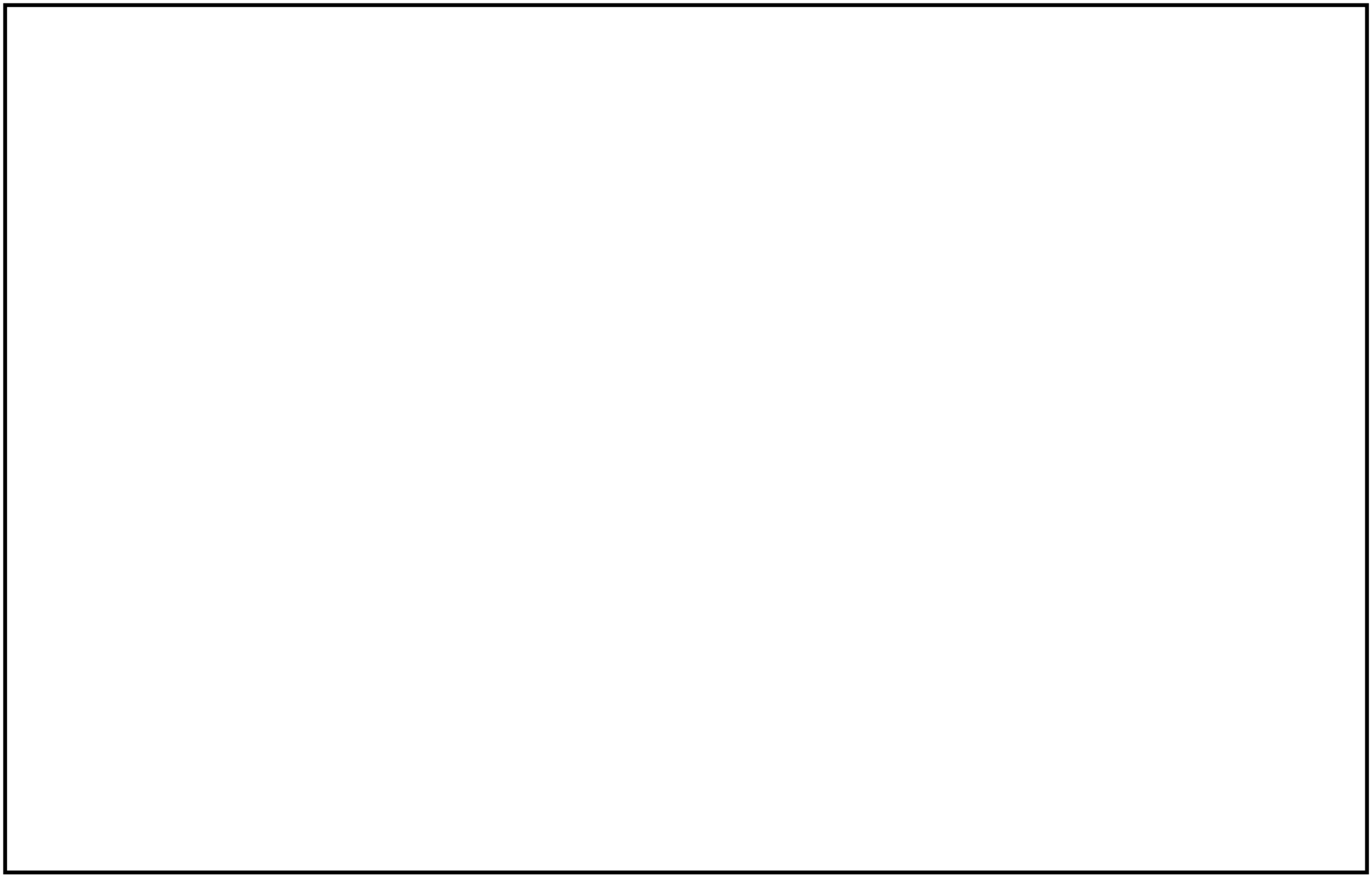
鳥瞰図	FCS-R-2(1/4)



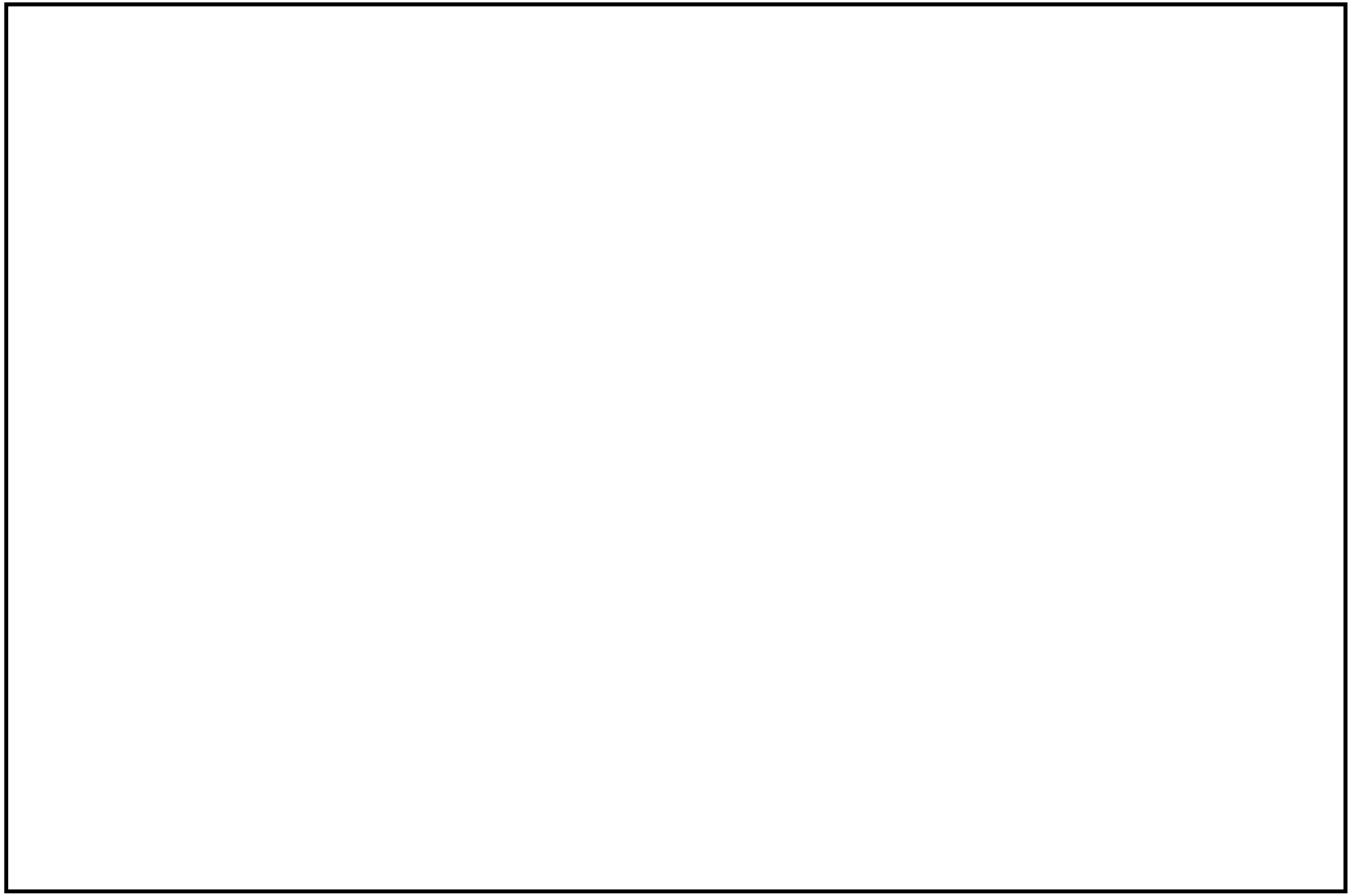
鳥瞰図	FCS-R-2(2/4)



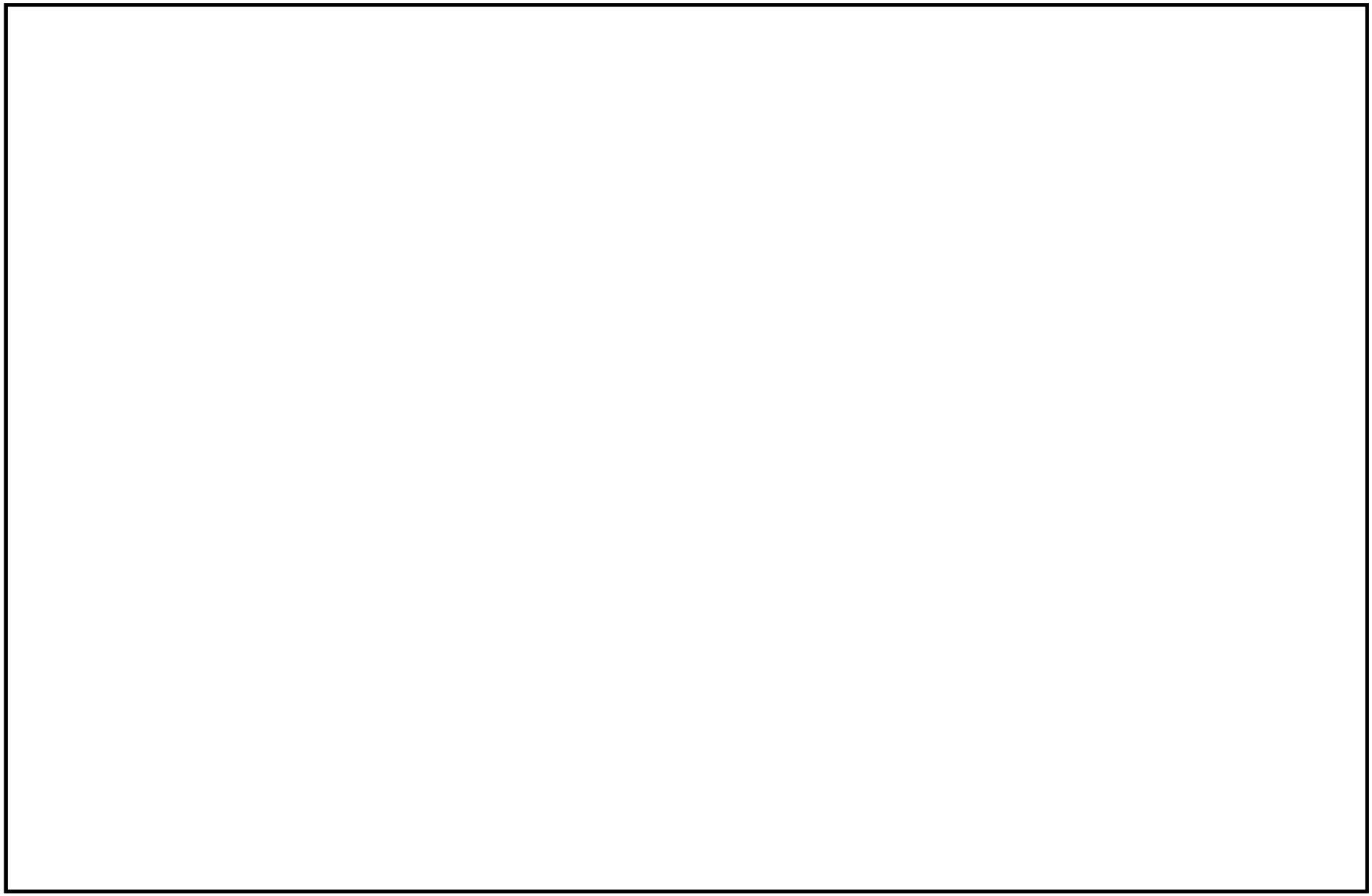
鳥瞰図	FCS-R-2(3/4)



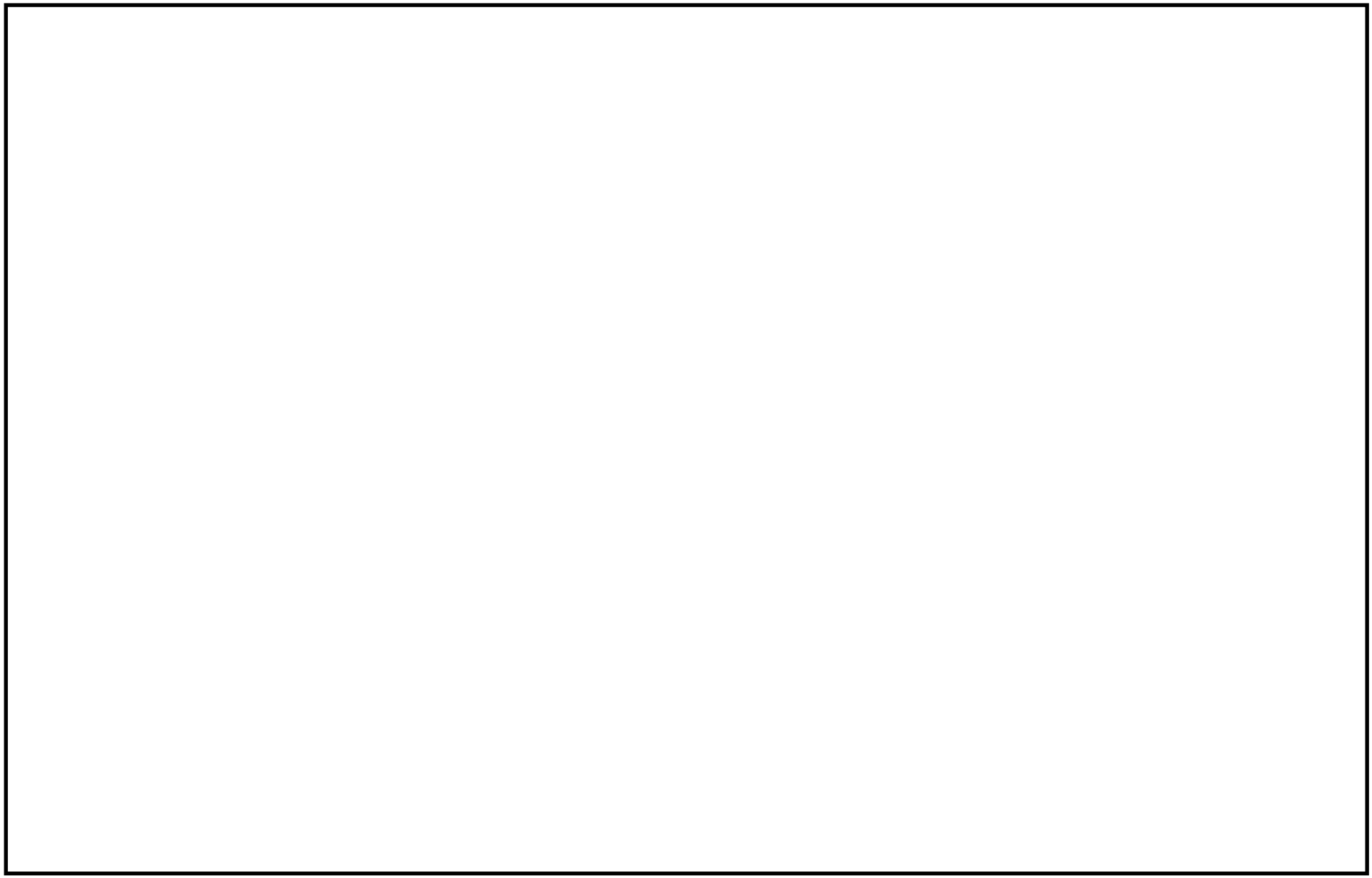
鳥瞰図	FCS-R-2(4/4)



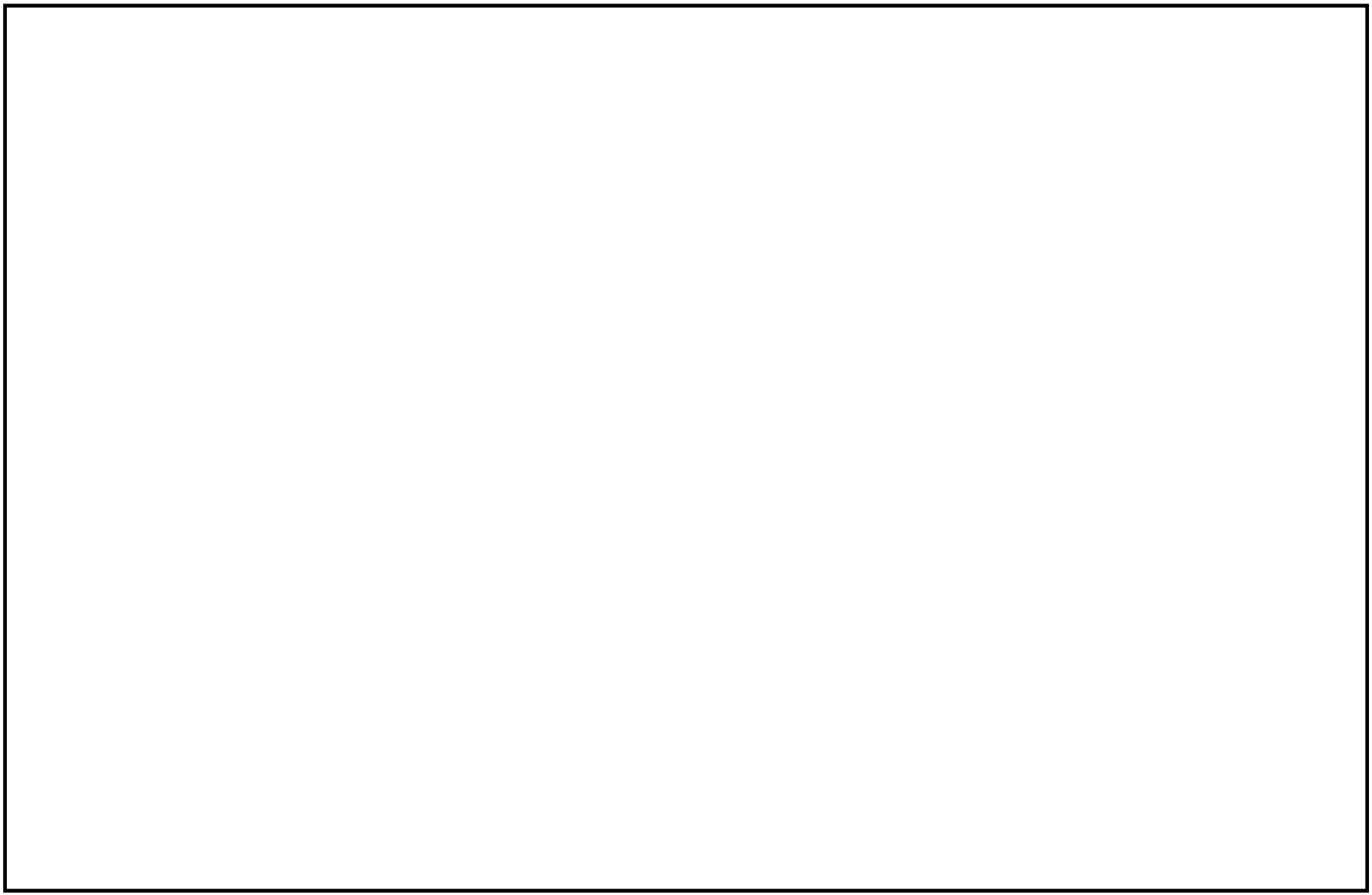
鳥瞰図	FCS-R-4(1/5)



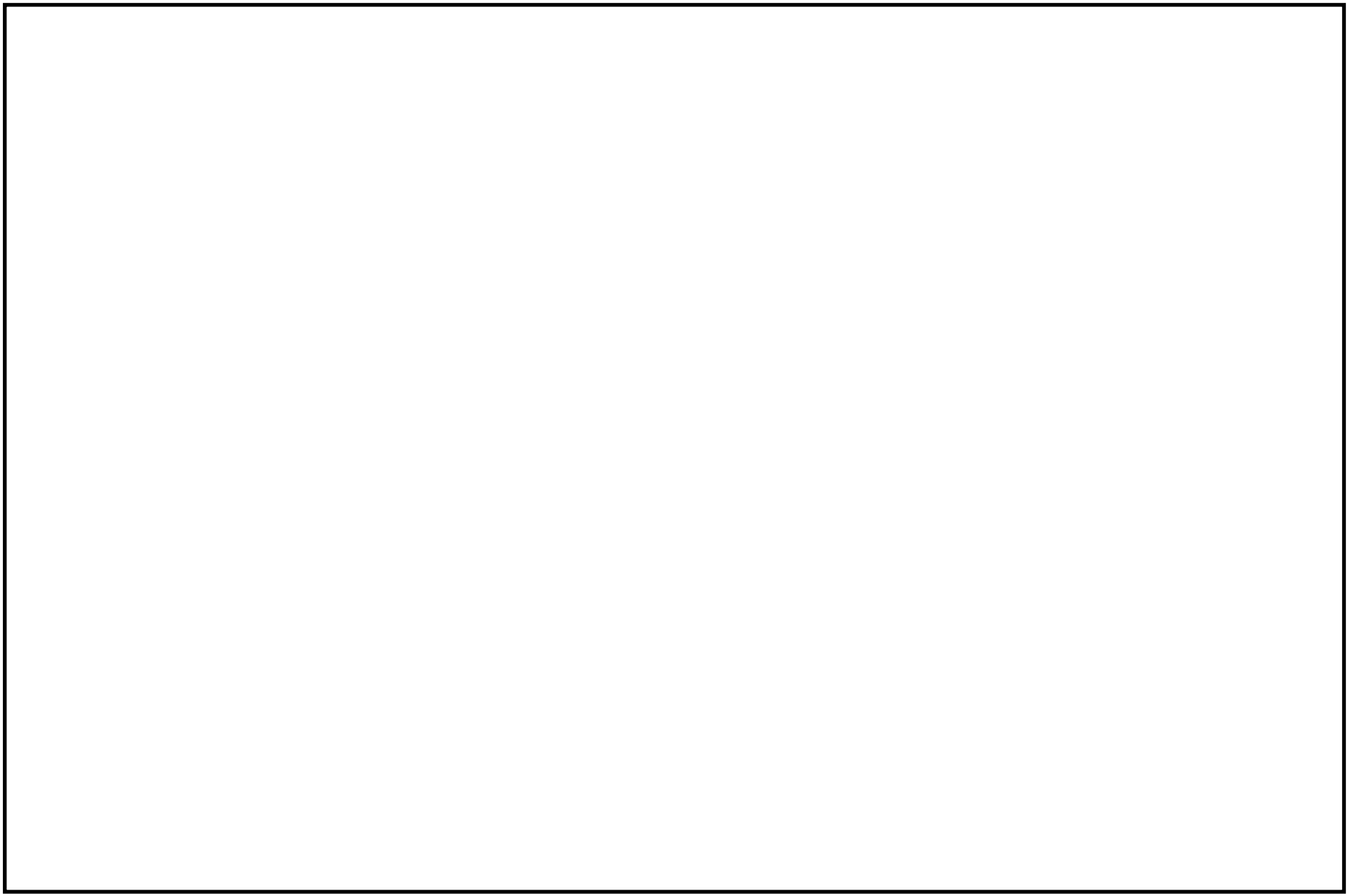
鳥瞰図	FCS-R-4(2/5)



鳥瞰図	FCS-R-4(3/5)



鳥瞰図	FCS-R-4(4/5)



鳥瞰図	FCS-R-4(5/5)

3. 計算条件

3.1 計算条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し，管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥瞰図 FCS-R-2

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	運転温度 (℃)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料
1	3～4	0.31	104	40	165.2	7.1	SFVC2B
2	4～20,20～23	0.31	104	40	165.2	7.1	STPT410
3	27～37	0.31	171	40	165.2	7.1	STPT410

計算条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し，管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥瞰図　FCS-R-4

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	運転温度 (℃)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料
1	2～7	0.31	104	40	165.2	7.1	STPT410

弁部の寸法

鳥瞰図　FCS-R-2

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
23～24				24～25			
25～26				24～27			
37～38				38～39			
39～40				38～41			

弁部の質量

鳥瞰図　FCS-R-2

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
[redacted]	23, 27, 37, 41	[redacted]	24, 38
[redacted]	25, 39	[redacted]	26, 40

支持点及び貫通部ばね定数

鳥瞰図　FCS-R-2

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N･mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
17						
28						
** 28 **						
33						

支持点及び貫通部ばね定数

鳥瞰図　FCS-R-4

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N･mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
** 6 **						

3.2　材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

材料	最高使用温度 (℃)	許容応力(MPa)			
		S_m	S_y	S_u	S_h
SFVC2B	104	—	—	—	120
STPT410	104	—	—	—	103
STPT410	171	—	—	—	103

4. 計算結果

下表に示すとおり最大応力はすべて許容応力以下である。

クラス２管

設計・建設規格　PPC-3500の規定に基づく評価

鳥瞰図	供用状態	最大応力評価点	最大応力区分	一次応力評価(MPa)		一次＋二次応力評価(MPa)	
				計算応力 $S_{prm}(1)$[*1] $S_{prm}(2)$[*2]	許容応力 $1.5 \cdot S_h$ $1.8 \cdot S_h$	計算応力 $S_n(a)$[*3] $S_n(b)$[*4]	許容応力 $S_a(c)$[*5] $S_a(d)$[*6]
FCS-R-4	（A，B）	7	$S_{prm}(1)$	41	154	—	—
FCS-R-2	（A，B）	6	$S_n(a)$	—	—	99	257
FCS-R-4	（A，B）	7	$S_{prm}(2)$	41	185	—	—
FCS-R-2	（A，B）	6	$S_n(b)$	—	—	99	278

注記＊1：設計・建設規格　PPC-3520(1)に基づき計算した一次応力を示す。

＊2：設計・建設規格　PPC-3520(2)に基づき計算した一次応力を示す。

＊3：設計・建設規格　PPC-3530(1)a.に基づき計算した一次＋二次応力を示す。

＊4：設計・建設規格　PPC-3530(1)b.に基づき計算した一次＋二次応力を示す。

＊5：設計・建設規格　PPC-3530(1)c.に基づき計算した許容応力を示す。

＊6：設計・建設規格　PPC-3530(1)d.に基づき計算した許容応力を示す。

5. 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し，応力分類毎に裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図，計算条件及び評価結果を記載している。下表に，代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（クラス２管）

No.	配管モデル	供用状態(A，B)*1					供用状態(A，B)*2				
		一次応力					一次応力				
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表
1	FCS-R-1	75	18	154	8.55	—	75	18	185	10.27	—
2	FCS-R-2	31	14	154	11.00	—	31	14	185	13.21	—
3	FCS-R-4	7	41	154	3.75	○	7	41	185	4.51	○

注記＊1：設計・建設規格　PPC-3520(1)に基づき計算した一次応力を示す。
＊2：設計・建設規格　PPC-3520(2)に基づき計算した一次応力を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（クラス２管）

No.	配管モデル	供用状態(A，B)*1					供用状態(A，B)*2				
		一次＋二次応力					一次＋二次応力				
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表
1	FCS-R-1	84	35	257	7.34	—	84	35	278	7.94	—
2	FCS-R-2	6	99	257	2.59	○	6	99	278	2.80	○
3	FCS-R-4	5	70	257	3.67	—	5	71	278	3.91	—

注記＊1：設計・建設規格　PPC-3530(1)a.に基づき計算した一次＋二次応力を示す。
　　＊2：設計・建設規格　PPC-3530(1)b.に基づき計算した一次＋二次応力を示す。

重大事故等対処設備

目　　次

1.　概要　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　1

2.　概略系統図及び鳥瞰図　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　2

2.1　概略系統図　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　2

2.2　鳥瞰図　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　4

3.　計算条件　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　10

3.1　計算条件　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　10

3.2　材料及び許容応力　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　14

4.　計算結果　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　16

5.　代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果　・・・・・・・・・・・・・・・・・　18

K7 ① V-3-3-6-2-5-2-1-2(重) R1

1. 概要

本計算書は，Ｖ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」及びＶ-3-2-9「重大事故等クラス２管の強度計算方法」に基づき，管の応力計算を実施した結果を示したものである。

評価結果記載方法は，以下に示すとおりである。

(1) 管

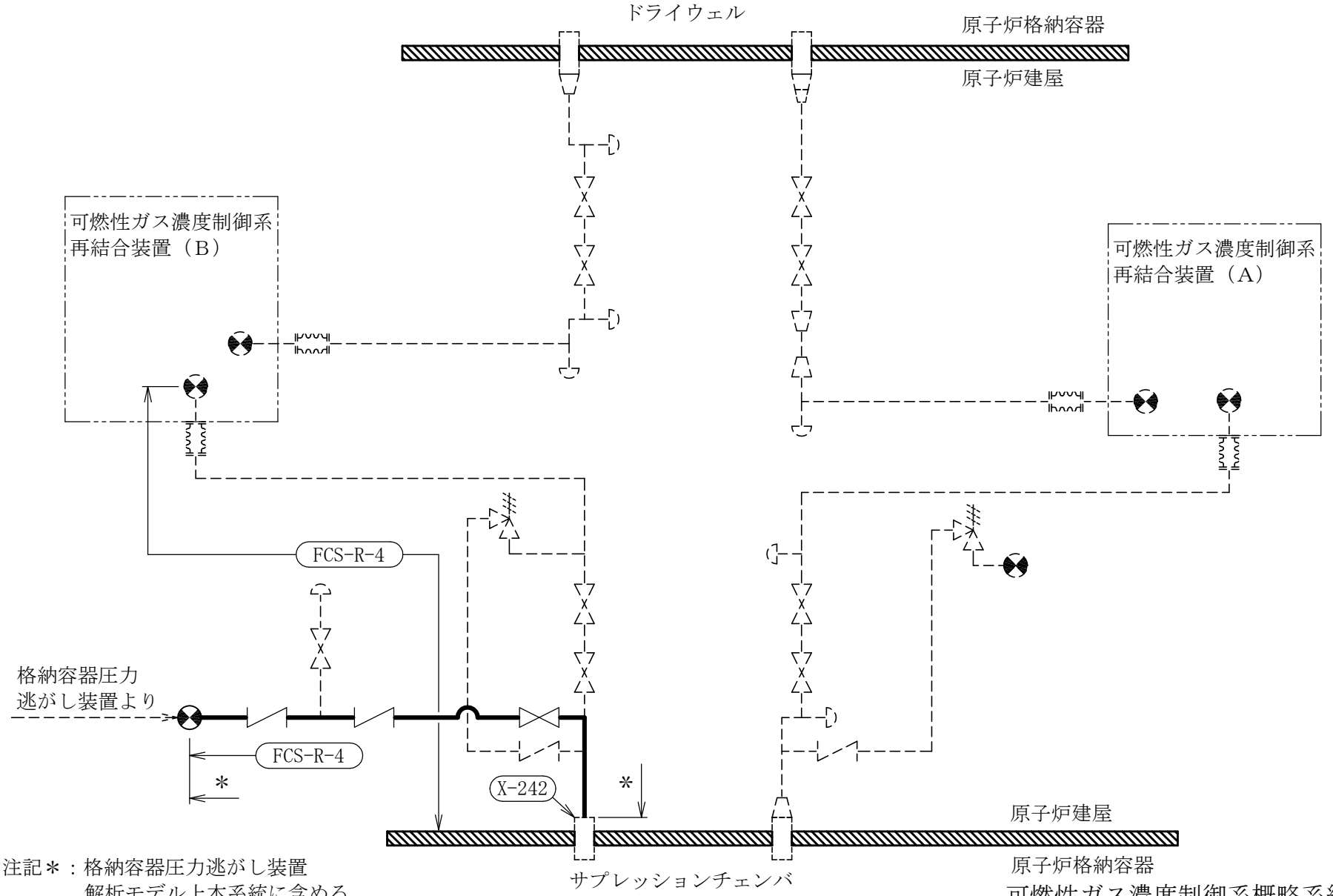
工事計画記載範囲の管のうち，設計条件あるいは管クラスに変更がある管における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また，最大応力評価点の許容値／発生値（裕度）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図，計算条件及び評価結果を記載する。代表モデルの選定及び全モデルの評価結果を5.に記載する。

2.　概略系統図及び鳥瞰図

2.1　概略系統図

概略系統図記号凡例

記号	内容
―――― （太線）	工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管
―――― （細線）	工事計画記載範囲の管のうち，本系統の管であって他計算書記載範囲の管
- - - - - - - - - （破線）	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち，他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管
○○-○-○○	鳥瞰図番号
	アンカ

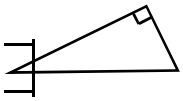
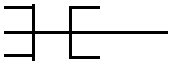
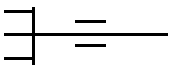


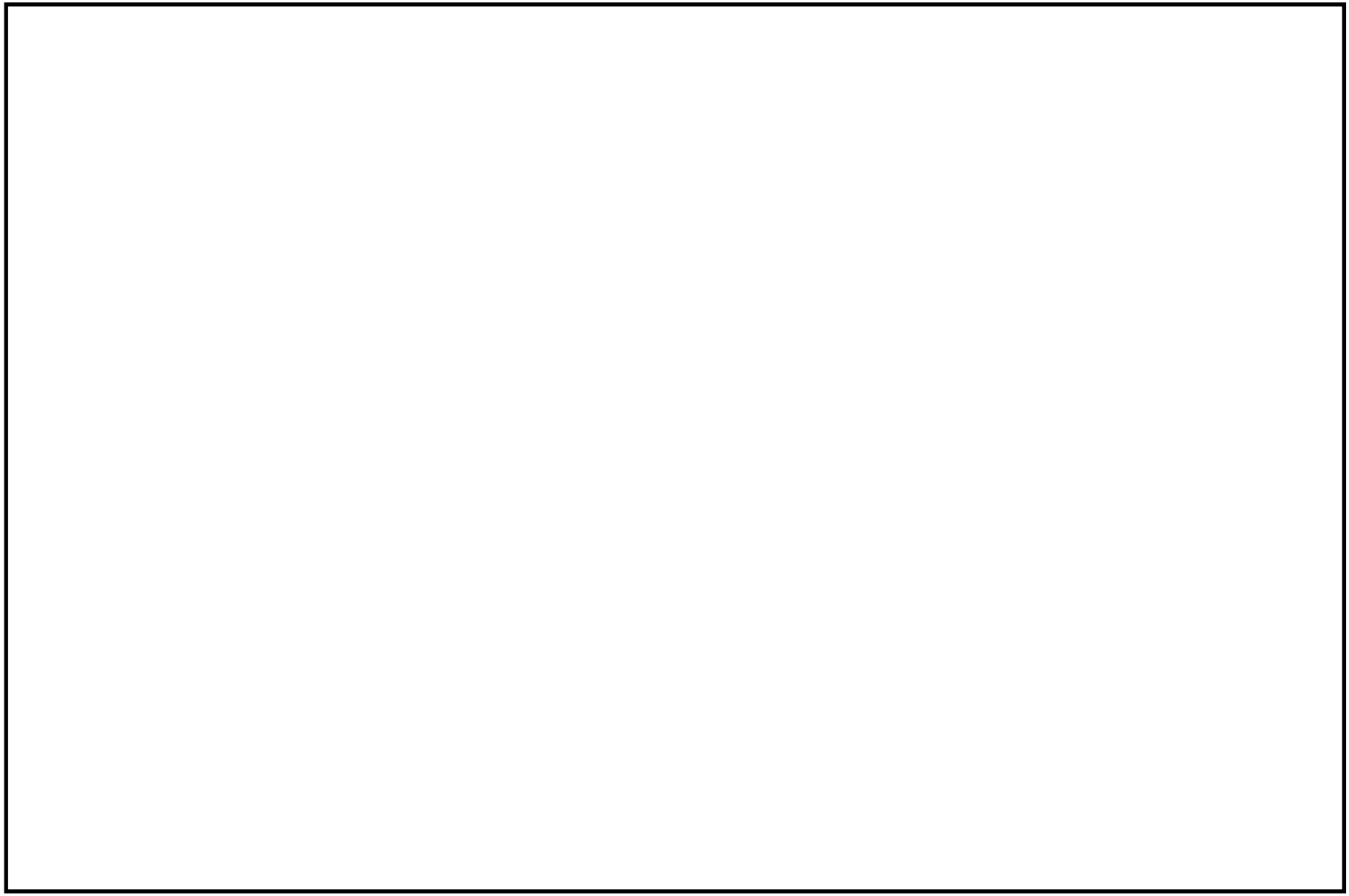
注記＊：格納容器圧力逃がし装置
解析モデル上本系統に含める。

可燃性ガス濃度制御系概略系統図

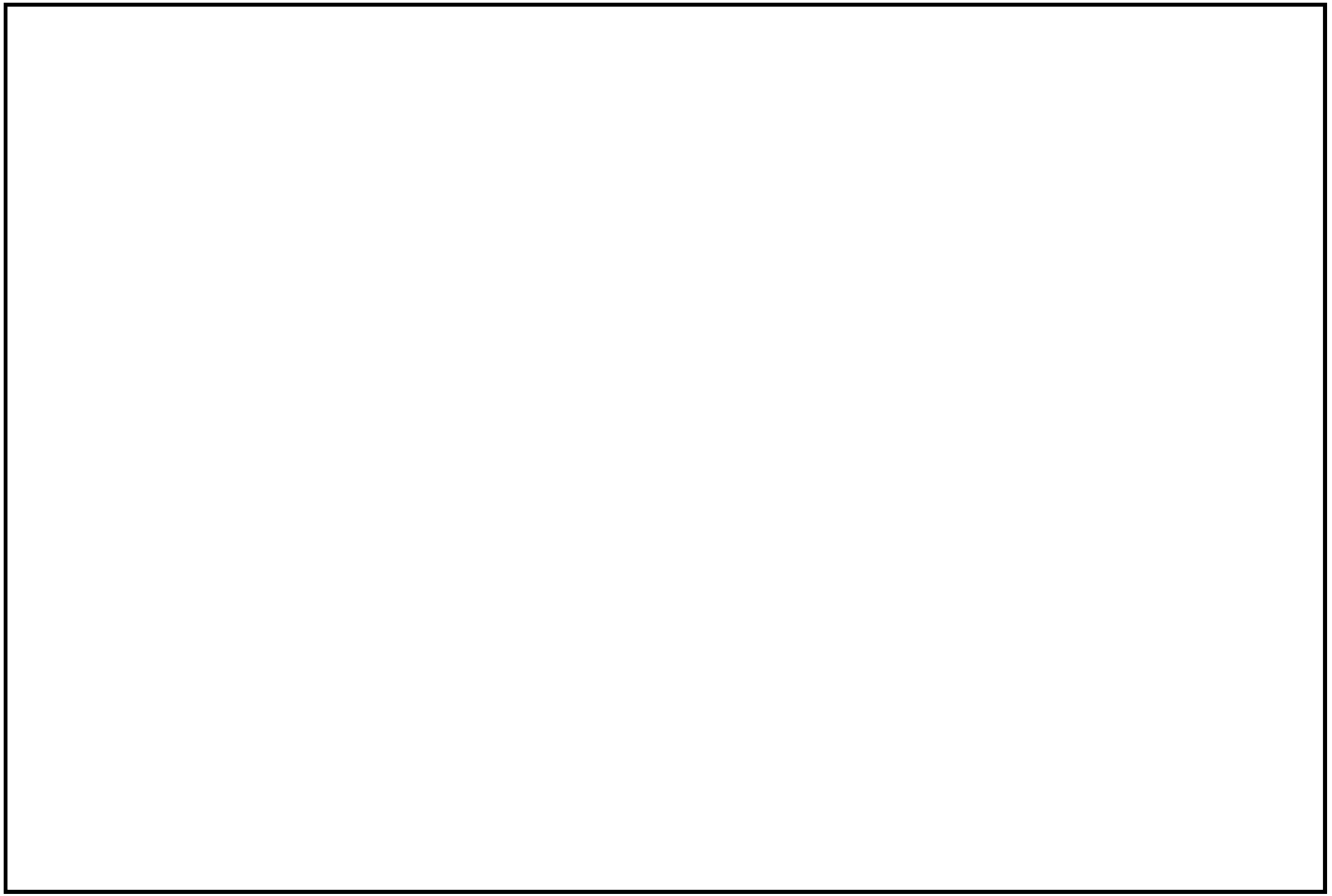
2.2　鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

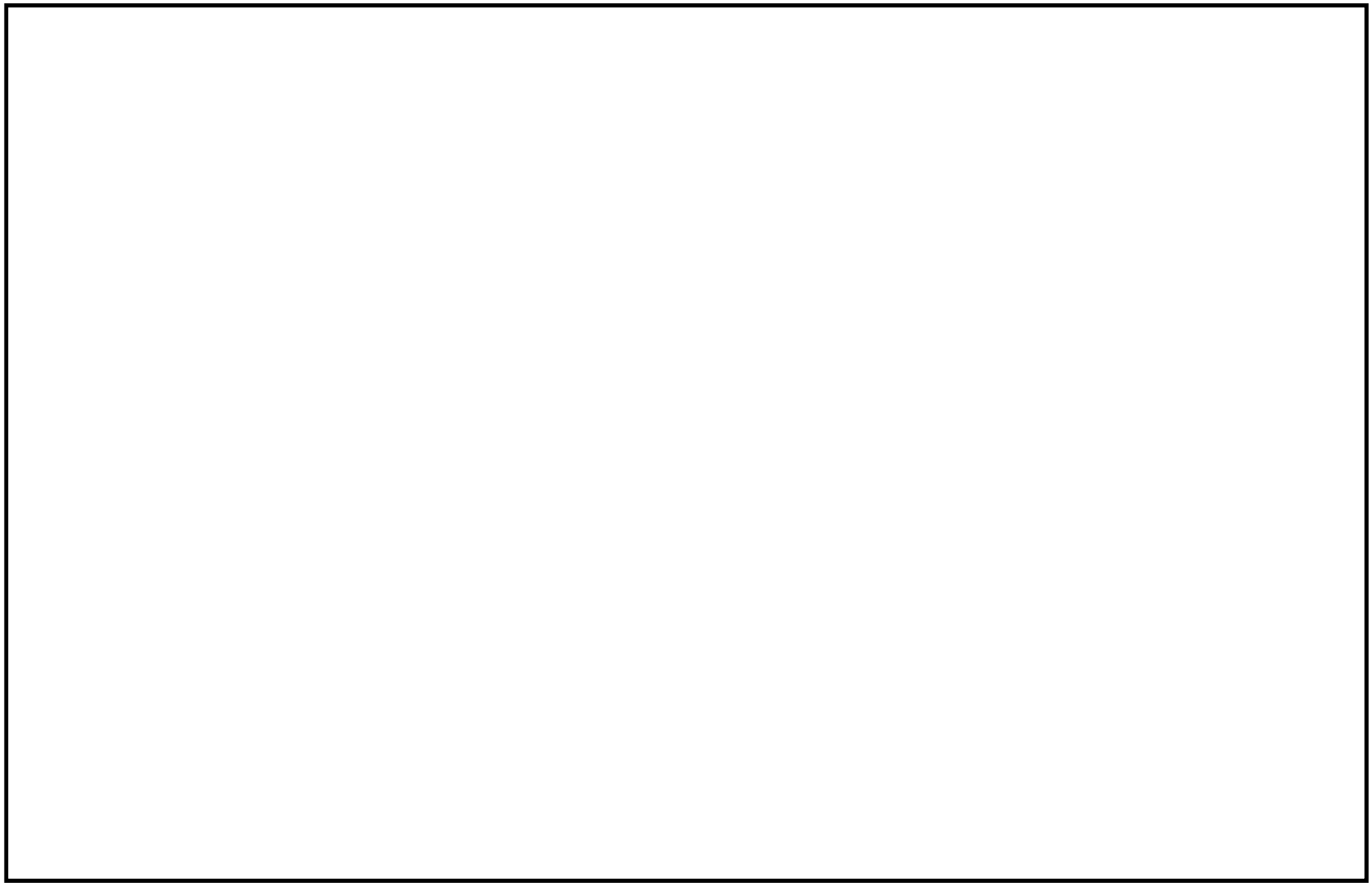
記号	内容
━━━━ （太線）	工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管
──── （細線）	工事計画記載範囲の管のうち，本系統の管であって他計算書記載範囲の管
- - - - - （破線）	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち，他系統の管であって解析モデルの概略を示すために表記する管
●	質点
⊗	アンカ
	レストレイント （本図は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。スナッバについても同様とする。）
	スナッバ
	ハンガ
	リジットハンガ
	注1：鳥瞰図中の寸法の単位は㎜である。



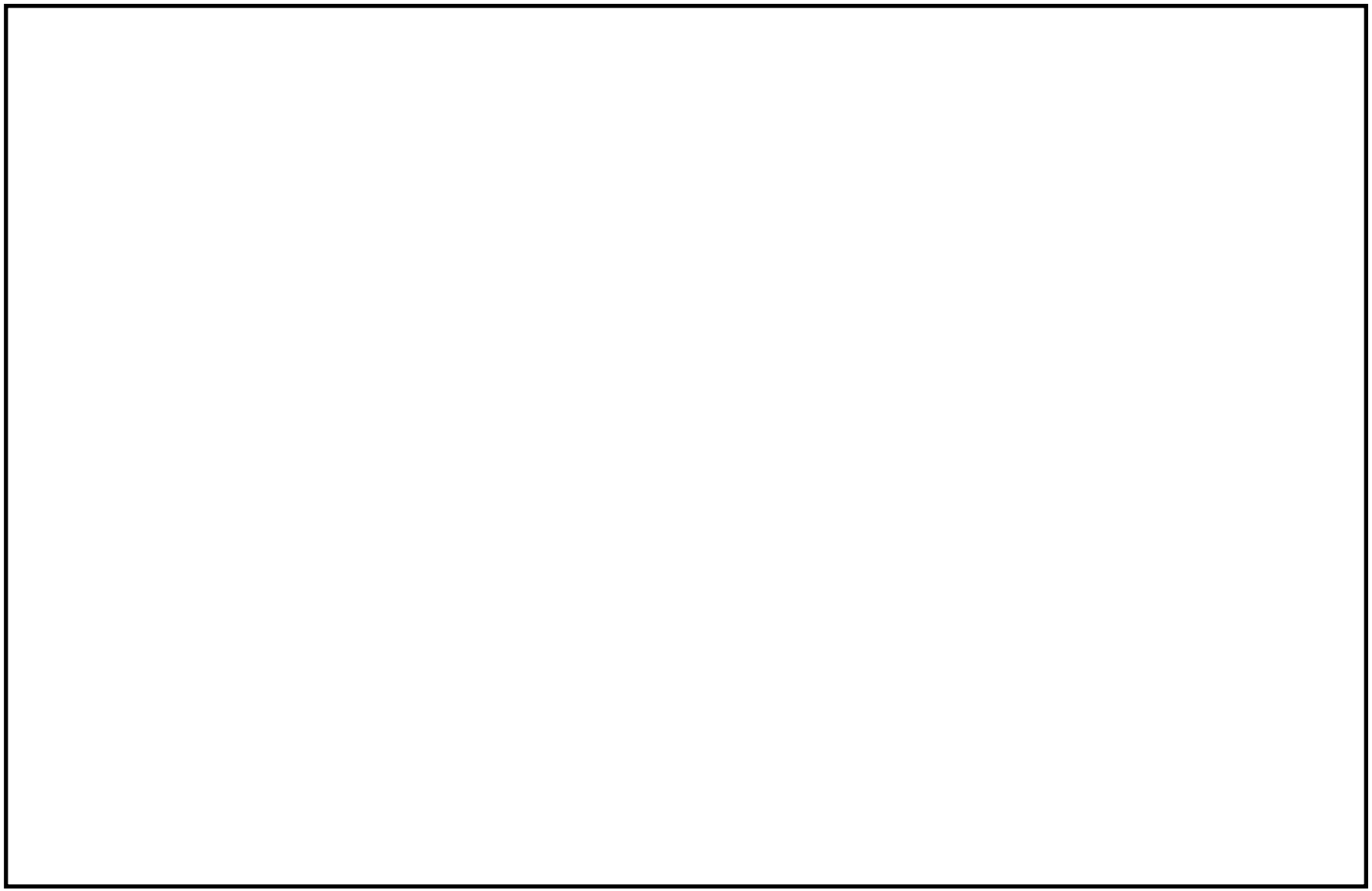
鳥瞰図	FCS-R-4(1/5)



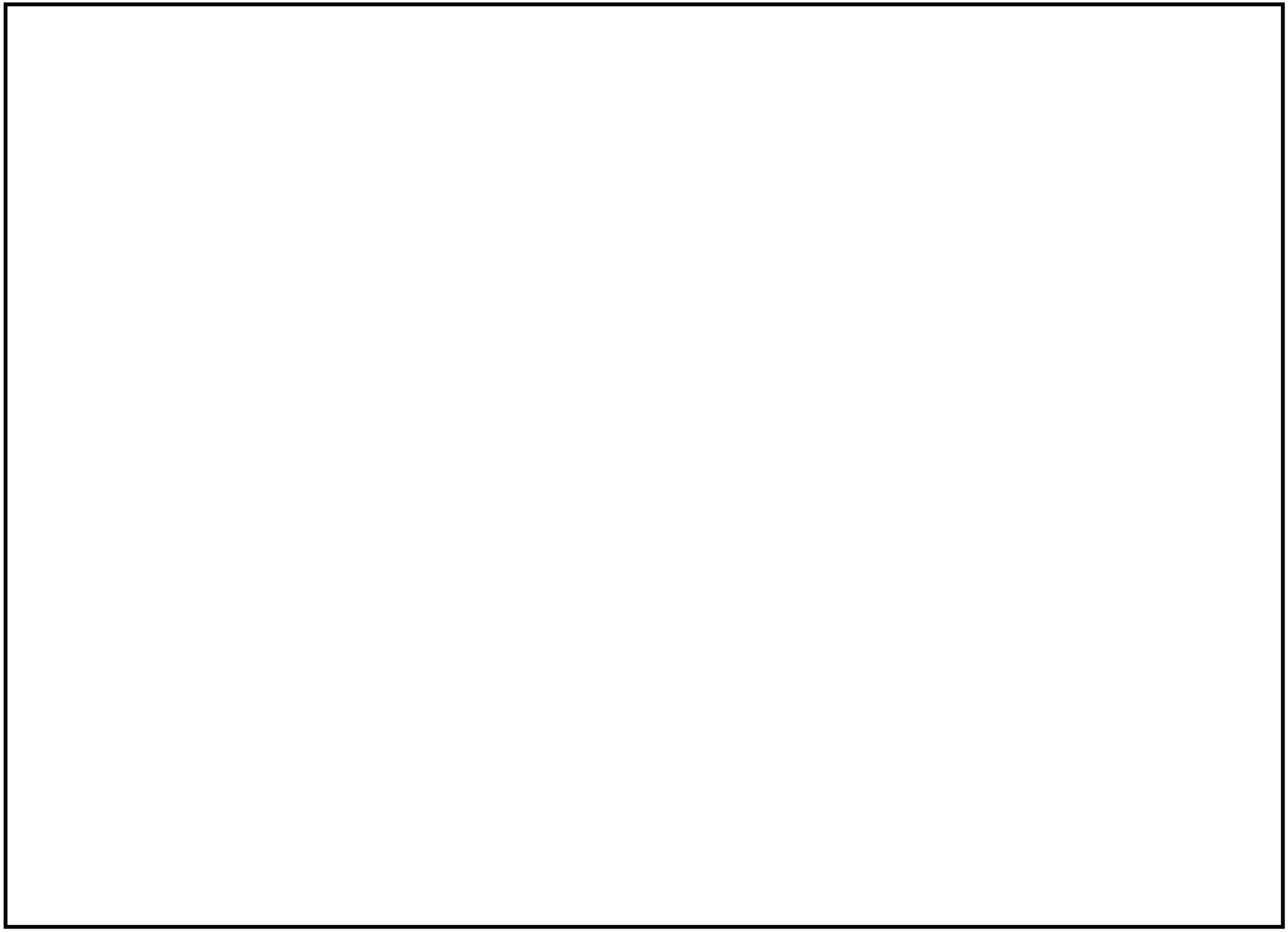
鳥瞰図	FCS-R-4(2/5)



鳥瞰図	FCS-R-4(3/5)



鳥瞰図	FCS-R-4(4/5)



鳥瞰図	FCS-R-4(5/5)

3. 計算条件

3.1 計算条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し，管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥瞰図 FCS-R-4

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料
1	2～7	0.62	200	165.2	7.1	STPT410
2	7～140W	0.62	200	60.5	3.9	S25C
3	140W～143W	0.62	200	60.5	3.9	STPT410
4	144W～157W,158W～172W 173W～174A	1.00	200	60.5	3.9	SUS316LTP

弁部の寸法

鳥瞰図　FCS-R-4

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
143W～144W				157W～158W			
172W～173W							

弁部の質量

鳥瞰図　FCS-R-4

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
[redacted]	143W～144W	[redacted]	157W～158W,172W～173W

支持点及び貫通部ばね定数

鳥瞰図　FCS-R-4

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N･mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
** 6 **						
1401						
1581						
161						
164						
169						
174A						

3.2　材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

設計・建設規格に規定の応力計算に用いる許容応力

材料	最高使用温度 (℃)	許容応力(MPa)			
		S_m	S_y	S_u	S_h
STPT410	200	—	—	—	103
S25C	200	—	—	—	110
SUS316LTP	200	—	—	—	107

材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

告示第５０１号に規定の応力計算に用いる許容応力

材料	最高使用温度 (℃)	許容応力(MPa)			
		S_m	S_y	S_u	S_h
STPT410	200	—	—	—	103
S25C	200	—	—	—	103
SUS316LTP	200	—	—	—	107

4. 計算結果

下表に示すとおり最大応力はすべて許容応力以下である。

重大事故等クラス２管であってクラス２以下の管
設計・建設規格　PPC-3520の規定に基づく評価

鳥瞰図	最大応力評価点	最大応力区分	一次応力評価(MPa)	
			計算応力	許容応力
			S_{prm} *1 S_{prm} *2	1.5・S_h 1.8・S_h
FCS-R-4	7	S_{prm} *1	31	154
FCS-R-4	7	S_{prm} *2	31	185

注記＊1：設計・建設規格　PPC-3520(1)に基づき計算した一次応力を示す。
＊2：設計・建設規格　PPC-3520(2)に基づき計算した一次応力を示す。

計算結果

下表に示すとおり最大応力はすべて許容応力以下である。

重大事故等クラス２管であってクラス２以下の管

告示第５０１号第56条第1号の規定に基づく評価

鳥瞰図	最大応力評価点	最大応力区分	一次応力評価(MPa)	
			計算応力 S_{prm} *1 S_{prm} *2	許容応力 S_h 1.2・S_h
FCS-R-4	7	S_{prm} *1	41	103
FCS-R-4	7	S_{prm} *2	41	123

注記＊1：告示第５０１号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。
なお，保守的な評価となる告示第５０１号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を記載してもよいものとする。

＊2：告示第５０１号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。

5. 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し，応力分類毎に裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図，計算条件及び評価結果を記載している。下表に，代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（重大事故等クラス２管であってクラス２以下の管）

No.	配管モデル	重大事故等時[*1]					重大事故等時[*2]				
		一次応力					一次応力				
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表
1	FCS-R-4	7	31	154	4.96	○	7	31	185	5.96	○

注記＊1：設計・建設規格　PPC-3520(1)に基づき計算した一次応力を示す。
＊2：設計・建設規格　PPC-3520(2)に基づき計算した一次応力を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（重大事故等クラス２管であってクラス２以下の管）

No.	配管モデル	許容応力状態Ⅴ*1					許容応力状態Ⅴ*2				
		一次応力					一次応力				
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表
1	FCS-R-4	7	41	103	2.51	○	7	41	123	3.00	○

注記＊1：告示第５０１号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。
＊2：告示第５０１号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。

Ⅴ-3-3-6-2-5-3　耐圧強化ベント系の強度計算書

Ⅴ-3-3-6-2-5-3-1　管の強度計算書

Ⅴ-3-3-6-2-5-3-1-1　管の基本板厚計算書

まえがき

本計算書は，Ｖ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」及びＶ-3-2-9「重大事故等クラス２管の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお，評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については，Ｖ-3-2-1「強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

・評価条件整理表

NO.	既設or新設	施設時の技術基準に対象とする施設の規定があるか	クラスアップするか				条件アップするか					既工認における評価結果の有無	施設時の適用規格	評価区分	同等性評価区分	評価クラス
			クラスアップの有無	施設時機器クラス	DBクラス	SAクラス	条件アップの有無	DB条件		SA条件						
								圧力(MPa)	温度(℃)	圧力(MPa)	温度(℃)					
1	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.62	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
2	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.62	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
3	既設	有	有	DB-3	Non	SA-2	有	0.31	171	0.62	200	—	S55 告示	設計・建設規格又は告示	—	SA-2
3	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.62	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
4	既設	有	有	DB-4	Non	SA-2	有	0.03	150	0.62	200	—	S55 告示	設計・建設規格又は告示	—	SA-2
5	既設	有	有	DB-4	DB-4	SA-2	有	0.03	150	0.62	171	—	S55 告示	設計・建設規格又は告示	—	SA-2
6	既設	有	有	DB-4	DB-4	SA-2	有	0.03	150	0.62	171	—	S55 告示	設計・建設規格又は告示	—	SA-2
7	既設	有	有	DB-4	DB-4	SA-2	有	0.03	150	0.62	171	—	S55 告示	設計・建設規格又は告示	—	SA-2
8	既設	有	有	DB-4	DB-4	SA-2	有	0.03	150	0.62	171	—	S55 告示	設計・建設規格又は告示	—	SA-2
9	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.62	171	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
10	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.50	66	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
11	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.50	66	—	—	設計・建設規格	—	SA-2

NO.	既設or新設	施設時の技術基準に対象とする施設の規定があるか	クラスアップするか				条件アップするか					既工認における評価結果の有無	施設時の適用規格	評価区分	同等性評価区分	評価クラス
			クラスアップの有無	施設時機器クラス	DBクラス	SAクラス	条件アップの有無	DB条件		SA条件						
								圧力(MPa)	温度(℃)	圧力(MPa)	温度(℃)					
12	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.62	171	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
13	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.62	171	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
14	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.62	171	—	—	設計・建設規格	—	SA-2

・適用規格の選定

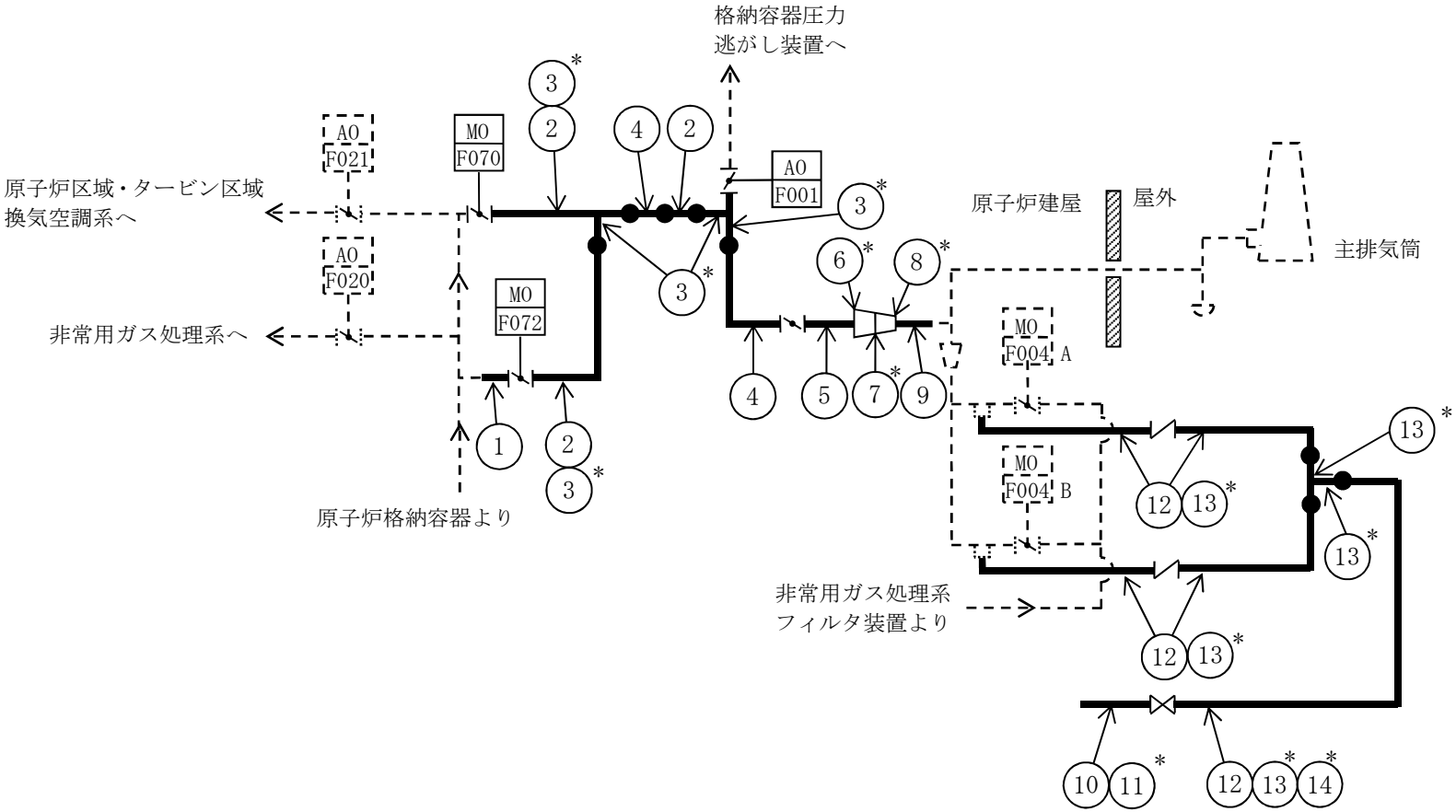
NO.	評価項目	評価区分	判定基準	適用規格
1	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
2	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
3	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
3	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
4	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
5	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
6	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
7	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
8	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
9	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
10	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
11	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
12	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
13	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
14	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格

目　　次

1.　概略系統図　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1
2.　管の強度計算書　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 2
3.　設計・建設規格における材料の規定によらない場合の評価　・・・・・・・・・・・・・・ 4

K7 ① V-3-3-6-2-5-3-1-1 R1

1. 概略系統図



注記＊：管継手

耐圧強化ベント系概略系統図

2.　管の強度計算書（重大事故等クラス２管）

設計・建設規格　PPC-3411　準用

NO.	最高使用圧力 P(MPa)	最高使用温度 (℃)	外径 Do (mm)	公称厚さ (mm)	材　料	製法	クラス	S (MPa)	η	Q	t_s (mm)	t (mm)	算式	t_r (mm)
1	0.62	200	558.80	9.50	SM400C	W	2	100	1.00	10.0%	8.55	1.73	C	3.80
2	0.62	200	559.00	9.53	STPT410 相当 (ASTM A106B)	S	2	103	1.00	12.5%	8.33	1.68	C	3.80
3	0.62	200	558.80	9.50	STPT410	S	2	103	1.00	12.5%	8.31	1.68	C	3.80
4	0.62	200	558.80	9.50	SM400C	W	2	100	0.60			2.88	C	3.80
5	0.62	171	558.80	9.50	SM400C	W	2	100	0.60			2.88	C	3.80
6	0.62	171	558.80	9.50	SM400C	W	2	100	1.00	12.5%	8.31	1.73	C	3.80
7	0.62	171	457.20	9.50	SM400C	W	2	100	1.00	12.5%	8.31	1.42	C	3.80
8	0.62	171	318.50	10.30	SM400C	W	2	100	1.00	12.5%	9.01	0.99	C	3.80
9	0.62	171	318.50	10.30	STPT410	S	2	103	1.00	12.5%	9.01	0.96	C	3.80
10	0.50	66	34.00	3.40	SUS304TP	S	2	126	1.00	10.0%	3.06	0.07	A	0.07
11	0.50	66	47.00	6.25	SUS304	S	2	126	1.00	1.25mm	5.00	0.10	A	0.10

NO.	最高使用圧力 P(MPa)	最高使用温度 (℃)	外径 Do (mm)	公称厚さ (mm)	材　料	製法	クラス	S (MPa)	η	Q	t_s (mm)	t (mm)	算式	t_r (mm)
12	0.62	171	34.00	3.40	SUS304TP	S	2	113	1.00	10.0%	3.06	0.10	A	0.10
13	0.62	171	47.00	6.25	SUS304	S	2	113	1.00	1.25mm	5.00	0.13	A	0.13
14	0.62	171	46.00	5.75	SUS304	S	2	113	1.00	0.75mm	5.00	0.13	A	0.13

評価：$t_s \geqq t_r$，よって十分である。

3. 設計・建設規格における材料の規定によらない場合の評価

管ＮＯ．2（使用材料規格：ASTM A106B）の評価結果

（比較材料：ＪＩＳ　Ｇ　３４５６　STPT410）

管ＮＯ．2に使用しているASTM A106B は，材料の許容引張応力が設計・建設規格に記載されていないことから，材料の許容引張応力が設計・建設規格に記載されている材料と機械的強度及び化学成分を比較し，同等であることを示す。

(1) 機械的強度

	引張強さ	降伏点又は耐力	比較結果
使用材料	415N/mm^{2}以上	240N/mm^{2}以上	引張強さ及び降伏点は同等である。
比較材料	410N/mm^{2}以上	245N/mm^{2}以上	

(2) 化学的成分

	化学成分(%)									
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	V
使用材料	0.30 以下	0.10 以上	0.29 ～ 1.06	0.035 以下	0.035 以下	—	—	—	—	—
比較材料	0.30 以下	0.10 ～ 0.35	0.30 ～ 1.00	0.035 以下	0.035 以下	—	—	—	—	—
比較結果	Si，Mn の成分規定に差異があるが，以下により，本設備の環境下での使用は問題ないと考える。 Si：一般的に機械的強度に影響を与える成分であるが，(1)の評価結果からも機械強度は同等以上であること。 Mn：材料の機械的強度，じん性に影響を及ぼす。 機械的強度については、影響を及ぼす化学的成分規定値に差異はあるものの，(1)の機械的強度の比較結果より十分な機械的強度を有していることを確認できるため問題ない。 じん性については，設計・建設規格クラス２配管の規定で破壊じん性試験が要求されない厚さ（16mm 未満）であるため問題ない。									

(3) 評価結果

(1)(2)の評価により，機械的強度，化学成分，いずれにおいても比較材料と同等であることを確認したため，本設備において，ASTM A106Bを重大事故等クラス２材料として使用することに問題ないと考える。

Ⅴ-3-3-6-2-5-3-1-2　管の応力計算書

まえがき

本計算書は，Ｖ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」及びＶ-3-2-9「重大事故等クラス２管の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

評価条件整理結果は「3.　計算結果」に示す計算書に記載する。

目　次

1. 概要 ····· 1
2. 概略系統図 ····· 2
3. 計算結果 ····· 5

1. 概要

本計算書は，Ｖ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」及びＶ-3-2-9「重大事故等クラス２管の強度計算方法」に基づき，管の応力計算を実施した結果を示したものである。

評価結果記載方法は，以下に示すとおりである。

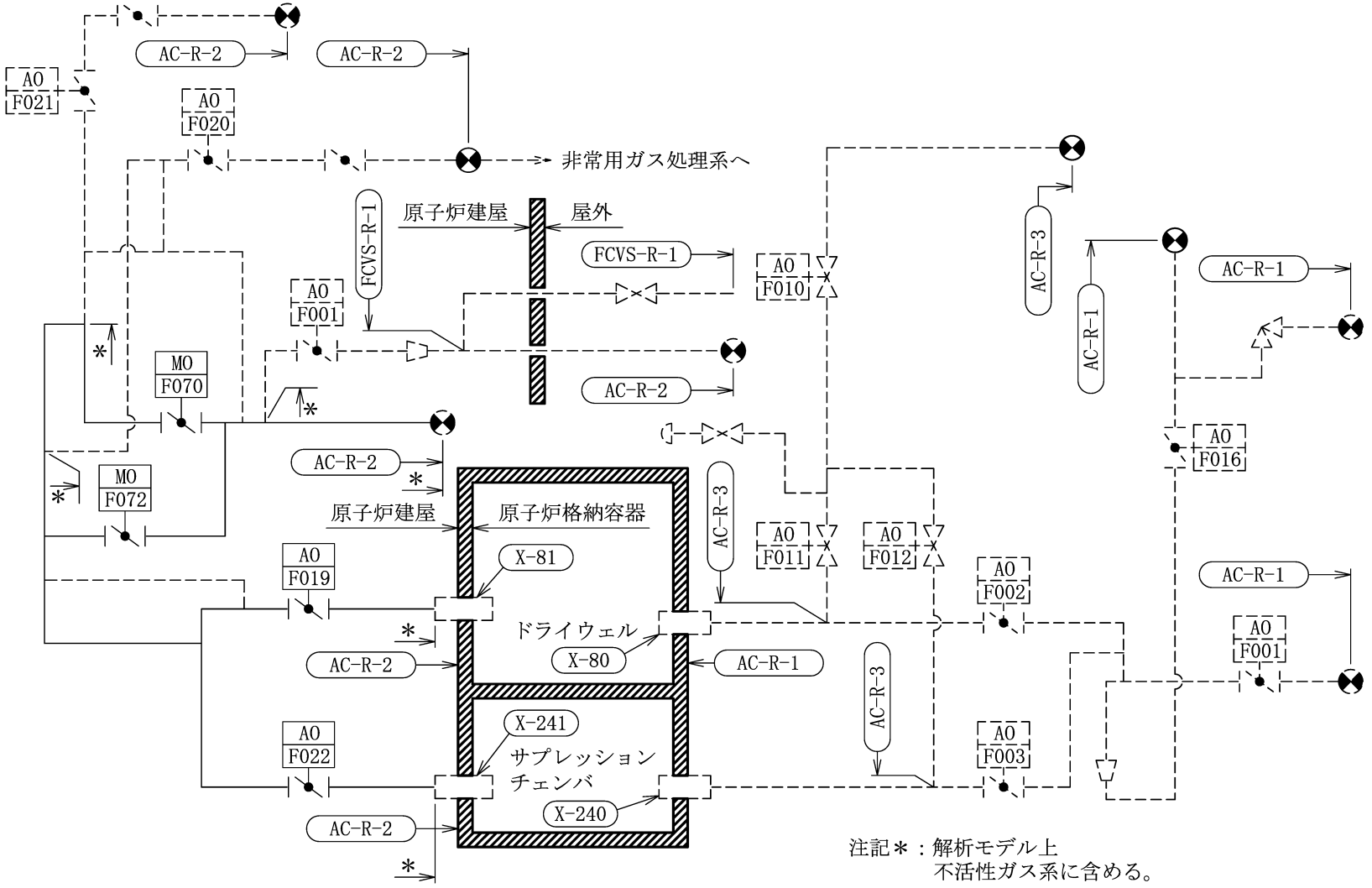
(1) 管

工事計画記載範囲の管のうち，設計条件あるいは管クラスに変更がある管における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。

2.　概略系統図

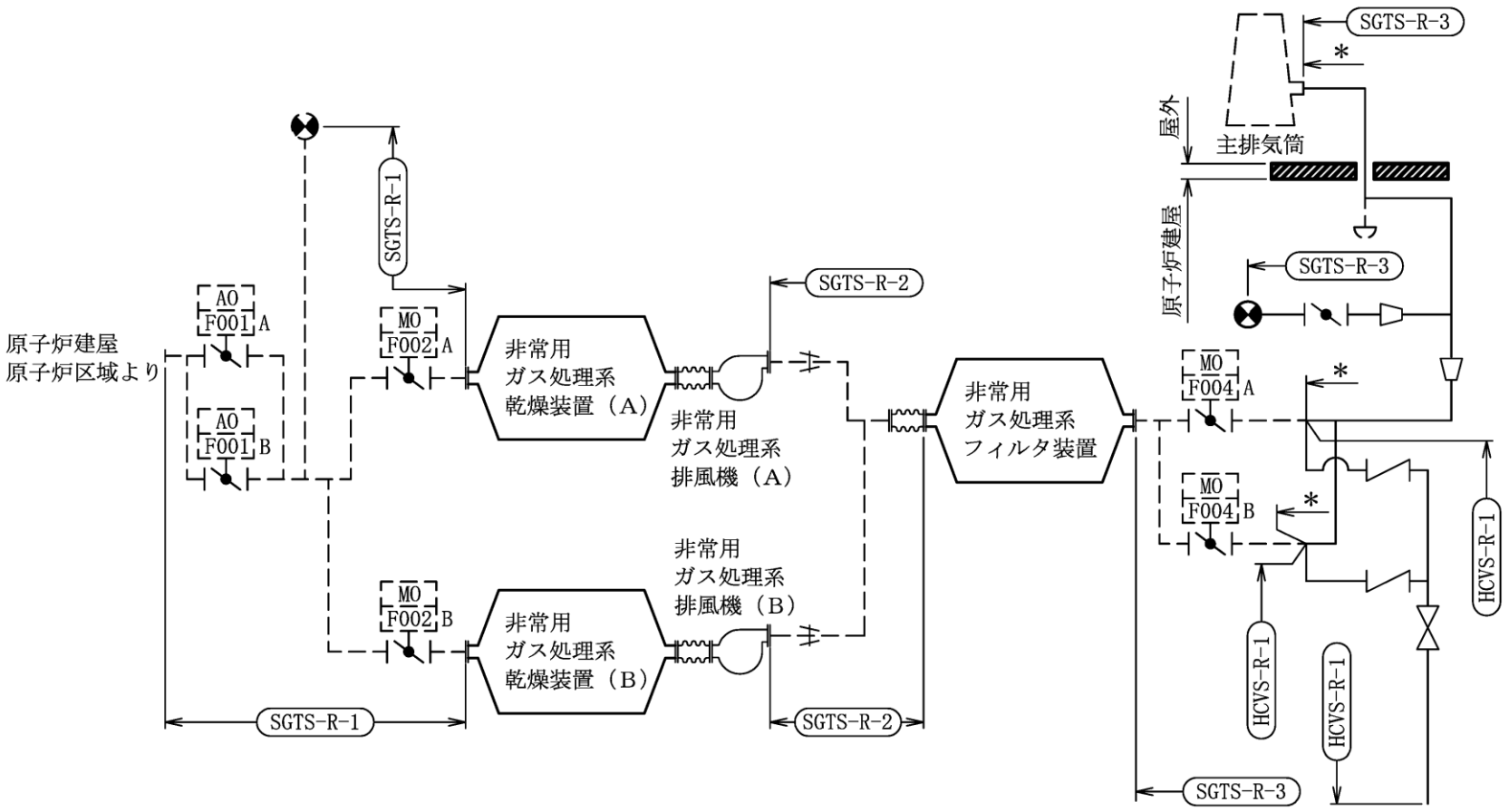
概略系統図記号凡例

記号	内容
━━━━━(太線)	工事計画書記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管
――――(細線)	工事計画書記載範囲の管のうち，本系統の管であって他計算書記載範囲の管
- - - - - - - -(破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち，他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管
○○-○-○○	鳥瞰図番号
	アンカ



注記＊：解析モデル上
不活性ガス系に含める。

耐圧強化ベント系概略系統図（その１）



注記＊：解析モデル上非常用ガス処理系に含める。

耐圧強化ベント系概略系統図（その２）

3. 計算結果

以下の計算書の重大事故等対処設備に含まれている。

「Ⅴ-3-3-6-2-5-1-2-2　管の応力計算書」

「Ⅴ-3-3-6-2-6-1-2-2　管の応力計算書」

K7 ① V-3-3-6-2-5-3-1-2 R1E

Ⅴ-3-3-6-2-5-3-1-3　管の強度計算書（可搬型）

一般産業品の規格及び基準への適合性確認結果（メーカ規格及び基準）　（可搬型窒素供給装置用 20m ホース）

Ⅰ．　重大事故等クラス３機器の使用目的及び使用環境，材料及び使用条件

種類	使用目的及び使用環境	材料	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)
ホース	可搬型窒素供給装置と格納容器フィルタベント窒素パージライン接続口等と接続し，格納容器圧力逃がし装置等に窒素を供給することを目的とする。使用環境として屋外で窒素を供給する。	合成ゴム	0.5*	50*

注記　＊：重大事故等時における使用時の値を示す。

Ⅱ．　メーカ規格及び基準に規定されている事項（メーカ仕様）

種類	使用目的及び想定している使用環境	材料	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	規格及び基準に基づく試験
ゴムホース	高耐圧性能，圧力を伝導するためのフレキシブル性で建築設備から工業設備に対応したホースとして使用することを目的とする。使用環境として屋内外で気体や液体の流体を供給することを想定している。	合成ゴム	3.5	50	耐圧試験（試験圧力：7.0MPa，試験保持時間 1 分間）を実施。

Ⅲ．　確認項目

(a)　：規格及び基準が妥当であることの確認（ⅠとⅡの使用目的及び使用環境の比較）

当該ホースは，重大事故等時に窒素供給用のホースとして屋外で使用される。一方，本メーカ規格及び基準は，工業設備等に対応したホースとして使用することを目的とした一般産業品に対する規格であり，屋内外で気体や液体の流体に対して使用することを想定している。重大事故等時における当該ホースの使用目的及び使用環境は，本規格の使用目的及び想定している使用環境の範囲内である。

(b-2)：材料が適切であること及び使用条件に対する強度の確認（Ⅱと公的な規格等の材料及び試験条件の比較，ⅠとⅡの使用条件の比較）

当該ホースに使用されている材料は，ＪＩＳ Ｋ ６３４９「液圧用の鋼線又は繊維補強ゴムホース」で使用可能な材料とされているゴムと同種類の材料である。

当該ホースの最高使用圧力及び最高使用温度はメーカ仕様の範囲内であり，メーカ仕様の最高使用圧力に対し，ゴム及びプラスチックホースについて規定しているＪＩＳ Ｋ ６３３０「ゴム及びプラスチックホース試験方法」に規定されている耐圧試験（試験圧力：最高使用圧力×2 倍　試験保持時間：30～60 秒）と同等の試験条件の耐圧試験に合格していることを検査成績書等により確認できる。一方，設計・建設規格のクラス３機器の設計許容応力は降伏点に対して 5/8 を基準にしており，この設計許容応力以下となる必要板厚は最高使用圧力を条件として評価式により求めている。よって，設計・建設規格 PHT-2311 で規定されている耐圧試験と同等の試験条件の耐圧試験に合格することで，メーカ規格及び基準の設計が設計・建設規格と同等の裕度を有しているとみなせるため，当該ホースは要求される強度を有している。

Ⅳ．　評価結果

上記の重大事故等クラス３機器は，一般産業品としてメーカ規格及び基準に適合し，使用材料の特性を踏まえた上で，重大事故等時における使用圧力及び使用温度が負荷された状態において要求される強度を有している。

Ⅴ-3-3-6-2-5-4　格納容器圧力逃がし装置の強度計算書

Ⅴ-3-3-6-2-5-4-1　ドレン移送ポンプの強度計算書

まえがき

本計算書は，Ⅴ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」，Ⅴ-3-2-10「重大事故等クラス２ポンプの強度計算方法」及びⅤ-3-2-13「重大事故等クラス２支持構造物（ポンプ）の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

なお，適用規格の選定結果について以下に示す。適用規格の選定に当たって使用する記号及び略語については，Ⅴ-3-2-1「強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

・評価条件整理表

機器名	既設or新設	施設時の技術基準に対象とする施設の規定があるか	クラスアップするか				条件アップするか					既工認における評価結果の有無	施設時の適用規格	評価区分	同等性評価区分	評価クラス
			クラスアップの有無	施設時機器クラス	ＤＢクラス	ＳＡクラス	条件アップの有無	ＤＢ条件		ＳＡ条件						
								圧力(MPa)	温度(℃)	圧力(MPa)	温度(℃)					
ドレン移送ポンプ	新設	－	－	－	－	SA-2	－	－	－	1.00	150	－	－	設計・建設規格	－	SA-2

目　　次

1. 計算条件 ····· 1
1.1 ポンプ形式 ····· 1
1.2 計算部位 ····· 1
1.3 設計条件 ····· 2
2. 強度計算 ····· 2
2.1 ケーシングの厚さ ····· 2
2.2 ケーシングの吸込み及び吐出口部分の厚さ ····· 2
2.3 ケーシングの各部形状 ····· 3
2.4 ケーシングカバーの厚さ ····· 4
2.5 ボルトの平均引張応力 ····· 5
3. 支持構造物の強度計算 ····· 6

1. 計算条件

1.1 ポンプ形式

片吸込み１重うず巻ポンプであって，ケーシングが軸垂直割りであるものに相当する。

1.2 計算部位

概要図に強度計算箇所を示す。

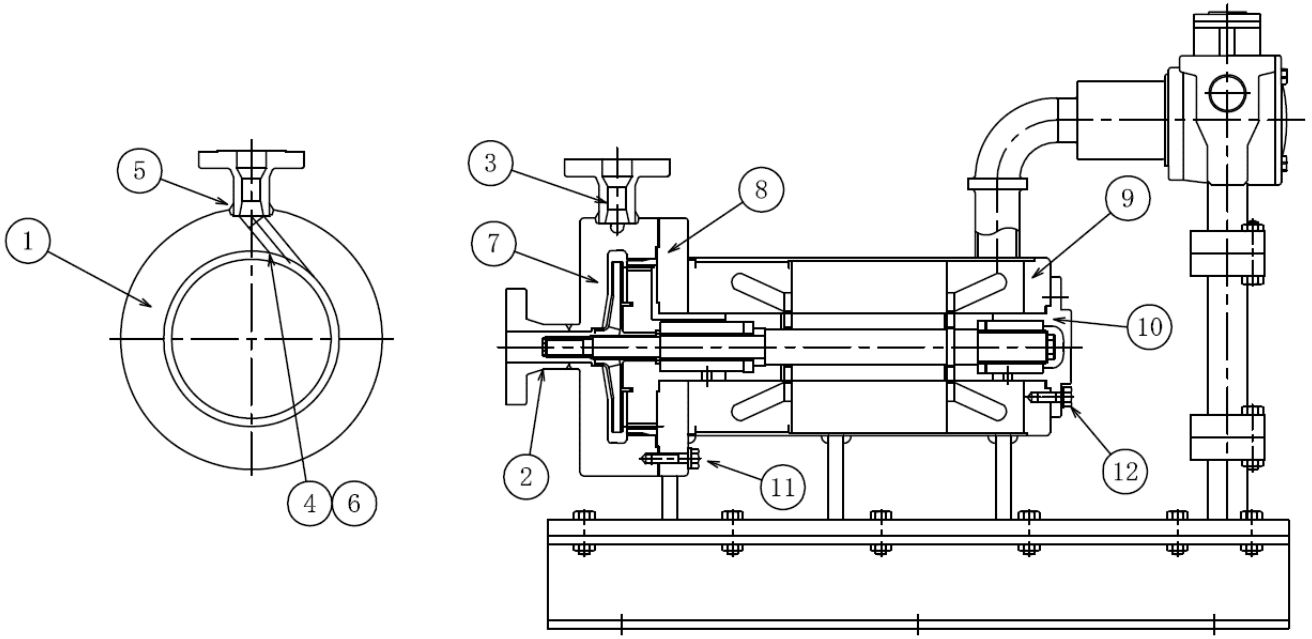


図 1—1 概略図

1.3　設計条件

設計条件	吐出側	吸込側
最高使用圧力(MPa)	1.00	0.62
最高使用温度(℃)	150	150

2.　強度計算

2.1　ケーシングの厚さ

設計・建設規格　PMC-3320

計算部位	材料	P (MPa)	S (MPa)	A (mm)
①	SUS316L	1.00	108	

t (mm)	t_{so} (mm)	t_s (mm)

評価：$t_s \geqq t$，よって十分である。

2.2　ケーシングの吸込み及び吐出口部分の厚さ

設計・建設規格　PMC-3330　　(単位:mm)

計算部位	r_i	r_m	ℓ	t	$t_{\ell o}$	t_ℓ
②						
③						

評価：$t_\ell \geqq t$，よって十分である。

2.3　ケーシングの各部形状

設計・建設規格　PMC-3340

(1)　ボリュート巻始めの丸みの半径　（単位：mm）

計算部位	r_3	r_{3so}	r_{3s}
④			

評価：$r_{3s} \geqq r_3$，よって十分である。

(2)　クロッチの丸みの半径　（単位：mm）

計算部位	r_4	r_{4so}	r_{4s}
⑤			

評価：$r_{4s} \geqq r_4$，よって十分である。

(3)　ボリュート巻始めとケーシング壁面の交わる部分のすみの丸みの半径

（単位：mm）

計算部位	r_5	r_{5so}	r_{5s}
⑥			

評価：$r_{5s} \geqq r_5$，よって十分である。

2.4　ケーシングカバーの厚さ

設計・建設規格　PMC-3410

計算部位	材料	P (MPa)	S (MPa)	平板形	
				d (mm)	K
⑦	SUS316L	1.00	108		
⑧	SUS316L	1.00	108		
⑨	SUS316L	1.00	108		
⑩	SUS316L	1.00	108		

t (mm)	t_{so} (mm)	t_s (mm)

評価：$t_s \geqq t$，よって十分である。

2.5　ボルトの平均引張応力

設計・建設規格　PMC-3510

計算部位	材料	P (MPa)	S_b (MPa)	d_b (mm)	n	A_b (mm^2)
⑪	SUS630	1.00	181	13.835 (M16)	12	150.3
⑫	SUS630	1.00	181	10.106 (M12)	8	80.21

ガスケット材料	ガスケット 厚さ (mm)	ガスケット 座面形状	G_s (mm)	G (mm)	D_g (mm)
渦巻き金属ガスケット (非石綿)(ステンレス鋼)	3.2	1a	233.8	223.4	—
渦巻き金属ガスケット (非石綿)(ステンレス鋼)	4.5	1a	123.8	116.4	—

H (N)	H_p (N)	W_{m1} (N)	W_{m2} (N)	W (N)	σ (MPa)
3.920×10^4	2.190×10^4	6.109×10^4	2.515×10^5	2.515×10^5	140
1.064×10^4	8.118×10^3	1.876×10^4	9.322×10^4	9.322×10^4	146

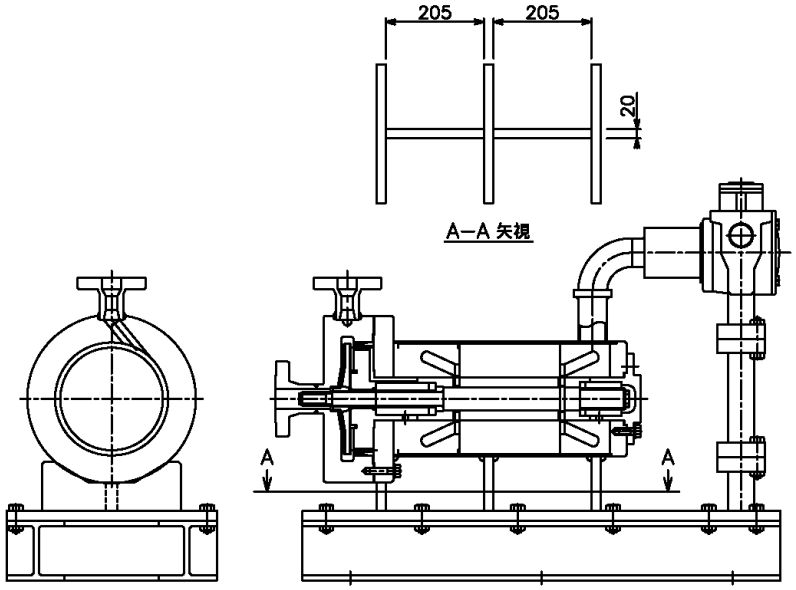
評価：$\sigma \leqq S_b$，よって十分である。

3. 支持構造物の強度計算

「ドレン移送ポンプ　支持構造物(平板形(立方向取付))」

(1) 一次圧縮応力評価

種類	脚本数	材料	最高使用温度 (℃)	F値 (MPa)	鉛直荷重 F_c (N)	有効細長比 λ (−)	限界細長比 Λ (−)	一次圧縮応力 σ_c (MPa)	許容圧縮応力 f_c (MPa)	評価
平板形 (立方向取付)	2	SUS304	150	205	4.119×10^3	42.95	122.167	1	123	$f_c \geqq \sigma_c$, よって 十分である。



(単位:mm)

ドレン移送ポンプ　支持構造物の強度計算説明図

Ⅴ-3-3-6-2-5-4-2　スクラバ水 pH 制御設備用ポンプの強度計算書

一般産業品の規格及び基準への適合性確認結果（メーカ規格及び基準）（スクラバ水 pH 制御設備用ポンプ）

Ⅰ． 重大事故等クラス３機器の使用目的及び使用環境，材料及び使用条件

種類	使用目的及び使用環境	材料	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)
往復形	可搬型ホースを介してフィルタ装置に送水するポンプとして使用することを目的とする。使用環境として屋外で水酸化ナトリウム水溶液を送水する。	SCS14A 相当 (ASTM A351 CF8M)	0.7*	66*

注記 ＊：重大事故等時における使用時の値を示す。

Ⅱ． メーカ規格及び基準に規定されている事項（メーカ仕様）

機器名	使用目的及び想定している使用環境	材料	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	規格及び基準に基づく試験
空気駆動式ダイアフラムポンプ (P2/SSPPP/TWS/TF/STF/2014)	化学プラントや鉱山資源採掘，食品加工などの産業で油から海水まで様々な流体を送水することを目的とする。使用環境として屋内外で使用することを想定している。	SCS14A 相当 (ASTM A351 CF8M)	0.7	104.4	耐圧試験（試験圧力：1.05MPa，試験保持時間：10 分間）を実施

Ⅲ． 確認項目

(a) ：規格及び基準が妥当であることの確認（ⅠとⅡの使用目的及び使用環境の比較）

当該ポンプは，重大事故等時に水酸化ナトリウム水溶液を送水するために屋外で使用するポンプである。一方，本メーカ規格及び基準は，圧縮空気を駆動源として水，油等の高粘度液及び溶剤等を送水する工業用ポンプとして使用することを目的とした一般産業品に対する規格であり，当該ポンプは屋内外で様々な流体を送水することを想定している。重大事故等時における当該ポンプの使用目的及び使用環境は，本規格の使用目的及び想定している使用環境の範囲内である。

(b-2)：材料が適切であること及び使用条件に対する強度の確認（Ⅱと公的な規格等の材料及び試験条件の比較，ⅠとⅡの使用条件の比較）

当該ポンプに使用されている材料は，設計・建設規格クラス３容器に使用可能であると規定されているステンレス鋼材と同種類の材料である。

当該ポンプの最高使用圧力及び最高使用温度はメーカ仕様の範囲内であり，設計・建設規格 PHT-2311 及び PHT-4000 で規定されている耐圧試験（試験圧力：最高使用圧力×1.5 倍，試験保持時間：10 分間）と同等の試験条件の耐圧試験に合格していることを検査成績書等により確認できる。設計・建設規格のクラス３機器の最高許容耐圧試験圧力は機器の応力制限（降伏点）を基に定められており，耐圧試験の規定では，耐圧試験圧力は最高使用圧力の 1.5 倍の 106 %を超えないこととしている。一方，設計・建設規格のクラス３機器の設計許容応力は降伏点に対して 5/8 を基準にしており，この設計許容応力以下となる必要板厚は，最高使用圧力を条件として評価式により求めている。よって，設計・建設規格 PHT-2311 で規定されている耐圧試験と同等の試験条件の耐圧試験に合格することで，メーカ規格及び基準の設計が設計・建設規格と同等の裕度を持っているとみなせるため，当該ポンプは要求される強度を有している。

Ⅳ． 評価結果

上記の重大事故等クラス３機器は，一般産業品としてメーカ規格及び基準に適合し，使用材料の特性を踏まえた上で，重大事故等時における使用圧力及び使用温度が負荷された状態において要求される強度を有している。

Ⅴ-3-3-6-2-6　原子炉格納容器調気設備の強度計算書

Ⅴ-3-3-6-2-6-1　不活性ガス系の強度計算書

Ⅴ-3-3-6-2-6-1-1　弁の強度計算書

まえがき

本計算書は，Ⅴ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」及びⅤ-3-2-11「重大事故等クラス２弁の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお，評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については，Ⅴ-3-2-1「強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

・評価条件整理表

機器名	既設or新設	施設時の技術基準に対象とする施設の規定があるか	クラスアップするか				条件アップするか					既工認における評価結果の有無	施設時の適用規格	評価区分	同等性評価区分	評価クラス
			クラスアップの有無	施設時機器クラス	ＤＢクラス	ＳＡクラス	条件アップの有無	ＤＢ条件		ＳＡ条件						
								圧力(MPa)	温度(℃)	圧力(MPa)	温度(℃)					
T31-F019	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	0.31	171	0.62	200	—	S55告示	設計・建設規格又は告示	—	SA-2
T31-F022	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	0.31	171	0.62	200	—	S55告示	設計・建設規格又は告示	—	SA-2

目　　次

1.　重大事故等クラス２弁 ･･ 1
1.1　設計仕様 ･･･ 2
1.2　強度計算書 ･･･ 3

1.　重大事故等クラス２弁

K7 Ⅰ V-3-3-6-2-6-1-1 R1

1.1 設計仕様

系 統 ： 不活性ガス系

機器の区分		重大事故等クラス2弁			
弁番号	種類	呼び径 (A)	材料		
			弁箱	弁ふた	ボルト
F019	止め弁	550	SCPL1	SCPL1	
F022	止め弁	550	SCPL1	SCPL1	

1.2 強度計算書

系 統 ： 不活性ガス系

弁番号	F019	シート	1

	設計・建設規格	告示第501号
設計条件		
最高使用圧力P (MPa)	0.62	
最高使用温度Tm (℃)	200	
弁箱又は弁ふたの厚さ		
弁箱材料	SCPL1	
弁ふた材料	SCPL1	
P_1 (MPa)	—	
P_2 (MPa)	—	
d_m (mm)	[redacted]	
t_1 (mm)	—	
t_2 (mm)	—	
t (mm)	13.5	—
t_{ab} (mm)	[redacted]	
t_{af} (mm)	[redacted]	
評価 ： $t_{ab} \geqq t$ $t_{af} \geqq t$ よって十分である。		

	設計・建設規格	告示第501号
ネック部の厚さ		
d_n (mm)	[redacted]	
d_n/d_m	[redacted]	
ℓ (mm)	[redacted]	[redacted]
t_{m1} (mm)	13.5	—
t_{m2} (mm)	1.3	—
t_{ma1} (mm)	[redacted]	
t_{ma2} (mm)	[redacted]	
評価 ： $t_{ma1} \geqq t_{m1}$ $t_{ma2} \geqq t_{m2}$ よって十分である。		

K7 ① V-3-3-6-2-6-1-1 R1

系 統 ： 不活性ガス系

弁番号	F019	シート	2

フランジ及びフランジボルトの応力解析

設計条件

P_{FD}	(MPa)	0.62
P_{eq}	(MPa)	0.00
T_m	(℃)	200
M_e	(N･mm)	
F_e	(N)	
フランジの形式		JIS B8265図2(b)(7)
フランジ		
材料		SCPL1
σ_{fa} 常温(ｶﾞｽｹｯﾄ締付時)(20℃)	(MPa)	113
σ_{fb} 最高使用温度(使用状態)	(MPa)	112
A	(mm)	
B	(mm)	
C	(mm)	
g_0	(mm)	
g_1	(mm)	
h	(mm)	
ボルト		
材料		
σ_a 常温(ｶﾞｽｹｯﾄ締付時)(20℃)	(MPa)	173
σ_b 最高使用温度(使用状態)	(MPa)	173
n		
d_b	(mm)	
ガスケット		
材料		
ガスケット厚さ	(mm)	
G	(mm)	
m		
y	(N/mm^2)	
b_o	(mm)	
b	(mm)	
N	(mm)	
G_s	(mm)	

ボルトの計算

H	(N)	3.728×10^3
H_p	(N)	3.920×10^3
W_{m1}	(N)	7.648×10^3
W_{m2}	(N)	3.873×10^4
A_{m1}	(mm^2)	44.21
A_{m2}	(mm^2)	223.8
A_m	(mm^2)	223.8
A_b	(mm^2)	
W_o	(N)	7.648×10^3
W_g	(N)	1.006×10^5

評価 ： $A_m < A_b$

よって十分である。

モーメントの計算

H_D	(N)	2.813×10^3
h_D	(mm)	19.0
M_D	(N･mm)	5.330×10^4
H_G	(N)	3.920×10^3
h_G	(mm)	23.5
M_G	(N･mm)	9.192×10^4
H_T	(N)	915.6
h_T	(mm)	26.3
M_T	(N･mm)	2.410×10^4
M_o	(N･mm)	1.693×10^5
M_g	(N･mm)	2.360×10^6

フランジの厚さと係数

t	(mm)	
K		1.84
h_o	(mm)	
f		1.00
F		0.897
V		0.463
e	(mm^{-1})	0.02495
d	(mm^3)	82495
L		1.43
T		1.57
U		3.68
Y		3.35
Z		1.84

応力の計算

σ_{Ho}	(MPa)	4
σ_{Ro}	(MPa)	4
σ_{To}	(MPa)	2
σ_{Hg}	(MPa)	41
σ_{Rg}	(MPa)	49
σ_{Tg}	(MPa)	28

応力の評価 ： $\sigma_{Ho} \leqq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$

$\sigma_{Ro} \leqq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$

$\sigma_{To} \leqq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$

$\sigma_{Hg} \leqq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$

$\sigma_{Rg} \leqq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$

$\sigma_{Tg} \leqq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$

よって十分である。

K7 ① V-3-3-6-2-6-1-1 R1

系　統　：　不活性ガス系

弁番号	F022	シート	1

	設計・建設規格	告示第501号
設計条件		
最高使用圧力P (MPa)	0.62	
最高使用温度Tm (℃)	200	
弁箱又は弁ふたの厚さ		
弁箱材料	SCPL1	
弁ふた材料	SCPL1	
P_1 (MPa)	—	
P_2 (MPa)	—	
d_m (mm)	[redacted]	
t_1 (mm)	—	
t_2 (mm)	—	
t (mm)	13.5	—
t_{ab} (mm)	[redacted]	
t_{af} (mm)	[redacted]	
評価 ： $t_{ab} \geqq t$ $t_{af} \geqq t$ よって十分である。		

	設計・建設規格	告示第501号
ネック部の厚さ		
d_n (mm)	[redacted]	
d_n/d_m	[redacted]	
ℓ (mm)	[redacted]	[redacted]
t_{m1} (mm)	13.5	—
t_{m2} (mm)	1.3	—
t_{ma1} (mm)	[redacted]	
t_{ma2} (mm)	[redacted]	
評価 ： $t_{ma1} \geqq t_{m1}$ $t_{ma2} \geqq t_{m2}$ よって十分である。		

K7 ① V-3-3-6-2-6-1-1 R1

系 統 ： 不活性ガス系

弁番号	F022	シート	2

フランジ及びフランジボルトの応力解析

設計条件

P_{FD}	(MPa)	0.62
P_{eq}	(MPa)	0.00
T_m	(℃)	200
M_e	(N･mm)	
F_e	(N)	
フランジの形式		JIS B8265図2(b)(7)
フランジ		
材料		SCPL1
σ_{fa} 常温(ｶﾞｽｹｯﾄ締付時)(20℃)	(MPa)	113
σ_{fb} 最高使用温度(使用状態)	(MPa)	112
A	(mm)	
B	(mm)	
C	(mm)	
g_0	(mm)	
g_1	(mm)	
h	(mm)	
ボルト		
材料		
σ_a 常温(ｶﾞｽｹｯﾄ締付時)(20℃)	(MPa)	173
σ_b 最高使用温度(使用状態)	(MPa)	173
n		
d_b	(mm)	
ガスケット		
材料		
ガスケット厚さ	(mm)	
G	(mm)	
m		
y	(N/mm^2)	
b_o	(mm)	
b	(mm)	
N	(mm)	
G_s	(mm)	

ボルトの計算

H	(N)	3.728×10^3
H_p	(N)	3.920×10^3
W_{m1}	(N)	7.648×10^3
W_{m2}	(N)	3.873×10^4
A_{m1}	(mm^2)	44.21
A_{m2}	(mm^2)	223.8
A_m	(mm^2)	223.8
A_b	(mm^2)	
W_o	(N)	7.648×10^3
W_g	(N)	1.006×10^5

評価 ： $A_m < A_b$

よって十分である。

モーメントの計算

H_D	(N)	2.813×10^3
h_D	(mm)	19.0
M_D	(N･mm)	5.330×10^4
H_G	(N)	3.920×10^3
h_G	(mm)	23.5
M_G	(N･mm)	9.192×10^4
H_T	(N)	915.6
h_T	(mm)	26.3
M_T	(N･mm)	2.410×10^4
M_o	(N･mm)	1.693×10^5
M_g	(N･mm)	2.360×10^6

フランジの厚さと係数

t	(mm)	
K		1.84
h_o	(mm)	
f		1.00
F		0.897
V		0.463
e	(mm^{-1})	0.02495
d	(mm^3)	82495
L		1.43
T		1.57
U		3.68
Y		3.35
Z		1.84

応力の計算

σ_{Ho}	(MPa)	4
σ_{Ro}	(MPa)	4
σ_{To}	(MPa)	2
σ_{Hg}	(MPa)	41
σ_{Rg}	(MPa)	49
σ_{Tg}	(MPa)	28

応力の評価 ： $\sigma_{Ho} \leqq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$

$\sigma_{Ro} \leqq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$

$\sigma_{To} \leqq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$

$\sigma_{Hg} \leqq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$

$\sigma_{Rg} \leqq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$

$\sigma_{Tg} \leqq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$

よって十分である。

K7 ① V-3-3-6-2-6-1-1 R1E

Ⅴ-3-3-6-2-6-1-2　管の強度計算書

Ⅴ-3-3-6-2-6-1-2-1　管の基本板厚計算書

まえがき

本計算書は，Ｖ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」及びＶ-3-2-9「重大事故等クラス２管の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお，評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については，Ｖ-3-2-1「強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

・評価条件整理表

NO.	既設or新設	施設時の技術基準に対象とする施設の規定があるか	クラスアップするか				条件アップするか					既工認における評価結果の有無	施設時の適用規格	評価区分	同等性評価区分	評価クラス
			クラスアップの有無	施設時機器クラス	DBクラス	SAクラス	条件アップの有無	DB条件		SA条件						
								圧力(MPa)	温度(℃)	圧力(MPa)	温度(℃)					
1	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	0.31	171	0.62	200	—	S55告示	設計・建設規格又は告示	—	SA-2
1	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	0.31	104	0.62	200	—	S55告示	設計・建設規格又は告示	—	SA-2
2	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	0.31	171	0.62	200	—	S55告示	設計・建設規格又は告示	—	SA-2
2	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	0.31	104	0.62	200	—	S55告示	設計・建設規格又は告示	—	SA-2
3	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	0.31	171	0.62	200	—	S55告示	設計・建設規格又は告示	—	SA-2
T1	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.62	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
T2	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	0.31	171	0.62	200	—	S55告示	設計・建設規格又は告示	—	SA-2
T3	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.62	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
T4	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	0.31	171	0.62	200	—	S55告示	設計・建設規格又は告示	—	SA-2

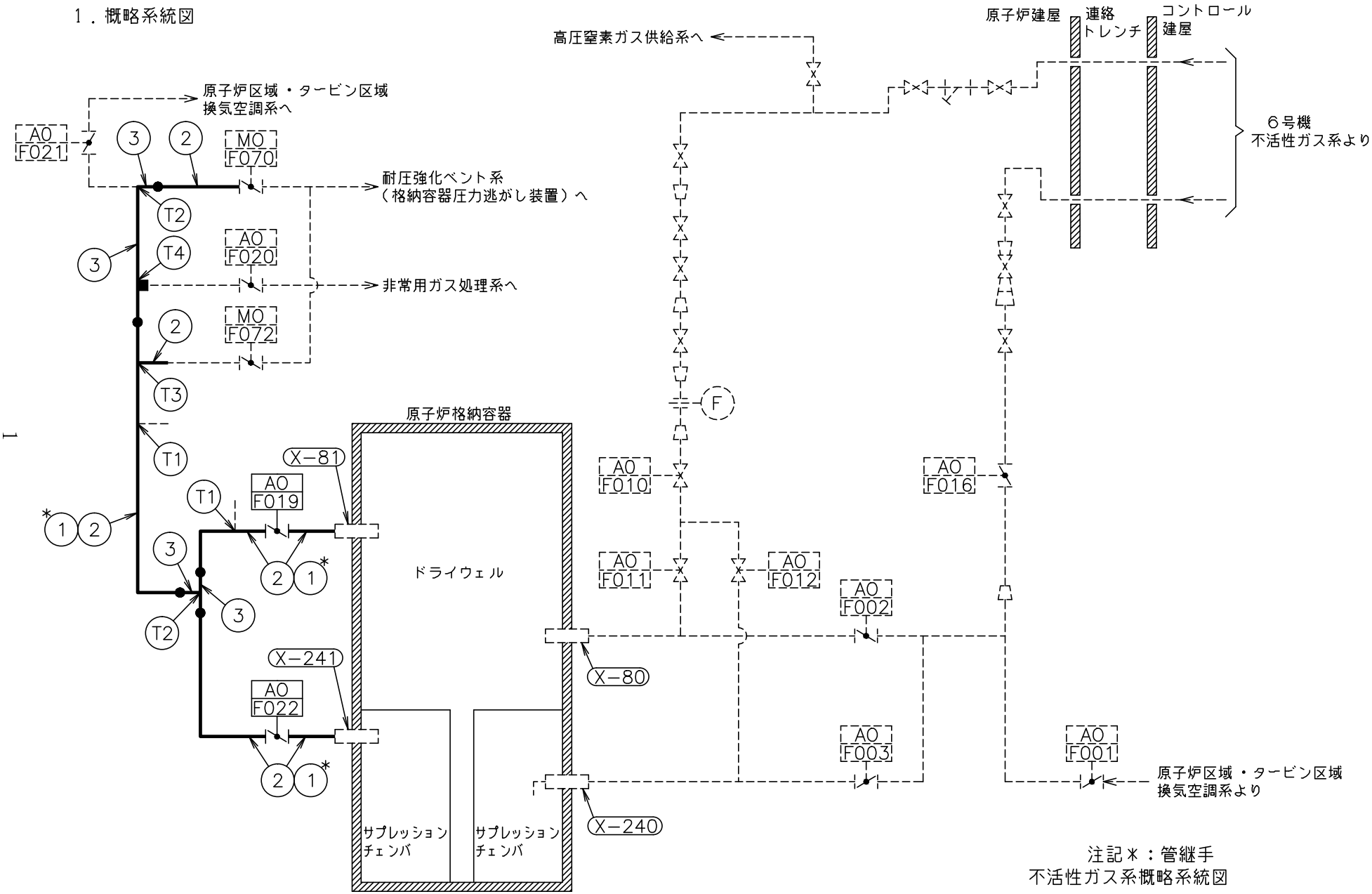
・適用規格の選定

NO.	評価項目	評価区分	判定基準	適用規格
1	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
1	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
2	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
2	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
3	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
T1	管の穴と補強計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
T2	管の穴と補強計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
T3	管の穴と補強計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
T4	管の穴と補強計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格

目　　次

1.　概略系統図　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　1
2.　管の強度計算書　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　2
3.　管の穴と補強計算書　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　3

1．概略系統図



注記＊：管継手

不活性ガス系概略系統図

2. 管の強度計算書（重大事故等クラス２管）

設計・建設規格　PPC-3411　準用

NO.	最高使用圧力 P (MPa)	最高使用温度 (℃)	外径 Do (mm)	公称厚さ (mm)	材料	製法	クラス	S (MPa)	η	Q	ts (mm)	t (mm)	算式	tr (mm)
1	0.62	200	558.80	9.50	STPT410	S	2	103	1.00	12.5 %	8.31	1.68	C	3.80
2	0.62	200	558.80	9.50	SM400C	W	2	100	1.00	[redacted]	[redacted]	1.73	C	3.80
3	0.62	200	568.40	14.30	SM400C	W	2	100	1.00	[redacted]	[redacted]	1.76	C	3.80

評価：ts ≧ tr，よって十分である。

3.　管の穴と補強計算書（重大事故等クラス２管）

補強を要しない穴の最大径

設計・建設規格　PPC-3422　準用

ＮＯ.				T1
形　　式				A
最高使用圧力		Ｐ	(MPa)	0.62
最高使用温度			(℃)	200
主管と管台の角度		α	(°)	
主管	材　料			SM400C
	許容引張応力	Ｓｒ	(MPa)	100
	外　径	Ｄｏｒ	(mm)	558.80
	内　径	Ｄｉｒ	(mm)	
	公称厚さ	ｔｒｏ	(mm)	9.50
	厚さの負の許容差	Ｑｒ		
	最小厚さ	ｔｒ	(mm)	
	継手効率	η		1.00
管台	材　料			STPT410
	外　径	Ｄｏｂ	(mm)	114.30
	内　径	Ｄｉｂ	(mm)	
	公称厚さ	ｔｂｎ	(mm)	6.00
穴の径		ｄ	(mm)	
ｄｒ１＝Ｄｉｒ／4			(mm)	
61，ｄｒ１　の小さい値			(mm)	
Ｋ				
200，ｄｒ２の小さい値			(mm)	
補強不要な穴の最大径		ｄｆｒ	(mm)	

評価：　ｄ　≦　ｄｆｒ

よって管の穴の補強計算は必要ない。

管の穴と補強計算書（重大事故等クラス２管）

設計・建設規格　PPC-3420　準用

ＮＯ.		T2	Ａｒ	(mm^2)	1.022×10^3
形　　式		A	Ａ０	(mm^2)	3.190×10^3
最高使用圧力	P (MPa)	0.62	Ａ１	(mm^2)	2.398×10^3
最高使用温度	(℃)	200	Ａ２	(mm^2)	711.0
主管と管台の角度	α (°)	[redacted]	Ａ３	(mm^2)	81.00
			Ａ４	(mm^2)	――
主管材料		SM400C	評価：　Ａ０　＞　Ａｒ よって十分である。		
Ｓｒ	(MPa)	100			
Ｄｏｒ	(mm)	568.40			
Ｄｉｒ	(mm)	[redacted]			
ｔｒｏ	(mm)	14.30	ｄｆｒＤ	(mm)	[redacted]
Ｑｒ		[redacted]	ＬＡＤ	(mm)	[redacted]
ｔｒ	(mm)	[redacted]	ＬＮＤ	(mm)	[redacted]
ｔｒｒ	(mm)	1.76	ＡｒＤ	(mm^2)	681.5
η		1.00	Ａ０Ｄ	(mm^2)	3.190×10^3
			Ａ１Ｄ	(mm^2)	2.398×10^3
管台材料		SM400C	Ａ２Ｄ	(mm^2)	711.0
Ｓｂ	(MPa)	100	Ａ３Ｄ	(mm^2)	81.00
Ｄｏｂ	(mm)	568.40	Ａ４Ｄ	(mm^2)	――
Ｄｉｂ	(mm)	[redacted]	評価：　Ａ０Ｄ　≧　ＡｒＤ よって十分である。		
ｔｂｎ	(mm)	14.30			
Ｑｂ		[redacted]			
ｔｂ	(mm)	[redacted]	Ｗ	(N)	-1.443×10^5
ｔｂｒ	(mm)	1.69	Ｆ１		――
			Ｆ２		――
強め材材料		――	Ｆ３		――
Ｓｅ	(MPa)	――	ＳＷ１	(MPa)	――
Ｄｏｅ	(mm)	――	ＳＷ２	(MPa)	――
ｔｅ	(mm)	――	ＳＷ３	(MPa)	――
			Ｗｅ１	(N)	――
穴の径　ｄ	(mm)	[redacted]	Ｗｅ２	(N)	――
Ｋ		[redacted]	Ｗｅ３	(N)	――
ｄｆｒ	(mm)	[redacted]	Ｗｅ４	(N)	――
ＬＡ	(mm)	[redacted]	Ｗｅ５	(N)	――
ＬＮ	(mm)	[redacted]	Ｗｅｂｐ１	(N)	――
Ｌ１	(mm)	[redacted]	Ｗｅｂｐ２	(N)	――
Ｌ２	(mm)	[redacted]	Ｗｅｂｐ３	(N)	――
			評価：W≦0 よって溶接部の強度計算は必要ない。 以上より十分である。		

注記＊：ＬＡ及びＬＡＤは構造上取り得る範囲とした。

K7 ① V-3-3-6-2-6-1-2-1 R1

管の穴と補強計算書（重大事故等クラス２管）

設計・建設規格　PPC-3420　準用

ＮＯ.		T3	Ａｒ	(㎟)	1.003×10^{3}
形　　式		A	Ａ０	(㎟)	2.237×10^{3}
最高使用圧力	Ｐ (MPa)	0.62	Ａ１	(㎟)	1.883×10^{3}
最高使用温度	(℃)	200	Ａ２	(㎟)	289.4
主管と管台の角度	α (°)	[redacted]	Ａ３	(㎟)	64.00
			Ａ４	(㎟)	――
主管材料		SM400C	評価：　Ａ０　＞　Ａｒ よって十分である。		
Ｓｒ	(MPa)	100			
Ｄｏｒ	(㎜)	558.80			
Ｄｉｒ	(㎜)	[redacted]			
ｔｒｏ	(㎜)	9.50	ｄｆｒＤ	(㎜)	[redacted]
Ｑｒ		[redacted]	ＬＡＤ	(㎜)	[redacted]
ｔｒ	(㎜)	[redacted]	ＬＮＤ	(㎜)	[redacted]
ｔｒｒ	(㎜)	1.73	ＡｒＤ	(㎟)	668.6
η		1.00	Ａ０Ｄ	(㎟)	2.187×10^{3}
			Ａ１Ｄ	(㎟)	1.834×10^{3}
管台材料		SM400C	Ａ２Ｄ	(㎟)	289.4
Ｓｂ	(MPa)	100	Ａ３Ｄ	(㎟)	64.00
Ｄｏｂ	(㎜)	558.80	Ａ４Ｄ	(㎟)	――
Ｄｉｂ	(㎜)	[redacted]	評価：　Ａ０Ｄ　≧　ＡｒＤ よって十分である。		
ｔｂｎ	(㎜)	9.50			
Ｑｂ		[redacted]			
ｔｂ	(㎜)	[redacted]	Ｗ	(N)	-9.461×10^{4}
ｔｂｒ	(㎜)	1.69	Ｆ１		――
			Ｆ２		――
強め材材料		――	Ｆ３		――
Ｓｅ	(MPa)	――	ＳＷ１	(MPa)	――
Ｄｏｅ	(㎜)	――	ＳＷ２	(MPa)	――
ｔｅ	(㎜)	――	ＳＷ３	(MPa)	――
			Ｗｅ１	(N)	――
穴の径　ｄ	(㎜)	[redacted]	Ｗｅ２	(N)	――
Ｋ		[redacted]	Ｗｅ３	(N)	――
ｄｆｒ	(㎜)	[redacted]	Ｗｅ４	(N)	――
ＬＡ	(㎜)	[redacted]	Ｗｅ５	(N)	――
ＬＮ	(㎜)	[redacted]	Ｗｅｂｐ１	(N)	――
Ｌ１	(㎜)	[redacted]	Ｗｅｂｐ２	(N)	――
Ｌ２	(㎜)	[redacted]	Ｗｅｂｐ３	(N)	――
			評価：W≦0 よって溶接部の強度計算は必要ない。 以上より十分である。		

注記＊：ＬＡは構造上取り得る範囲とした。

K7 ① V-3-3-6-2-6-1-2-1 R1

管の穴と補強計算書（重大事故等クラス２管）

設計・建設規格　PPC-3420　準用

ＮＯ.		T4	Ａｒ	(mm^2)	474.6
形　　式		A	Ａ０	(mm^2)	3.591×10^3
最高使用圧力	Ｐ (MPa)	0.62	Ａ１	(mm^2)	2.782×10^3
最高使用温度	(℃)	200	Ａ２	(mm^2)	727.9
主管と管台の角度	α (°)	[redacted]	Ａ３	(mm^2)	81.00
			Ａ４	(mm^2)	――
主管材料		SM400C	評価：　Ａ０　＞　Ａｒ よって十分である。		
Ｓｒ	(MPa)	100			
Ｄｏｒ	(mm)	568.40			
Ｄｉｒ	(mm)	[redacted]			
ｔｒｏ	(mm)	14.30	ｄｆｒＤ	(mm)	[redacted]
Ｑｒ		[redacted]	ＬＡＤ	(mm)	――
ｔｒ	(mm)	[redacted]	ＬＮＤ	(mm)	――
ｔｒｒ	(mm)	1.76	ＡｒＤ	(mm^2)	――
η		1.00	Ａ０Ｄ	(mm^2)	――
			Ａ１Ｄ	(mm^2)	――
管台材料		SFVC2B	Ａ２Ｄ	(mm^2)	――
Ｓｂ	(MPa)	120	Ａ３Ｄ	(mm^2)	――
Ｄｏｂ	(mm)	276.80	Ａ４Ｄ	(mm^2)	――
Ｄｉｂ	(mm)	[redacted]	評価：　ｄ　≦　ｄｆｒＤ よって大穴の補強計算は必要ない。		
ｔｂｎ	(mm)	14.00			
Ｑｂ		[redacted]			
ｔｂ	(mm)	[redacted]	Ｗ	(N)	-2.339×10^5
ｔｂｒ	(mm)	0.66	Ｆ１		――
			Ｆ２		――
強め材材料		――	Ｆ３		――
Ｓｅ	(MPa)	――	ＳＷ１	(MPa)	――
Ｄｏｅ	(mm)	――	ＳＷ２	(MPa)	――
ｔｅ	(mm)	――	ＳＷ３	(MPa)	――
			Ｗｅ１	(N)	――
穴の径　ｄ	(mm)	[redacted]	Ｗｅ２	(N)	――
Ｋ		[redacted]	Ｗｅ３	(N)	――
ｄｆｒ	(mm)	[redacted]	Ｗｅ４	(N)	――
ＬＡ	(mm)	[redacted]	Ｗｅ５	(N)	――
ＬＮ	(mm)	[redacted]	Ｗｅｂｐ１	(N)	――
Ｌ１	(mm)	[redacted]	Ｗｅｂｐ２	(N)	――
Ｌ２	(mm)	[redacted]	Ｗｅｂｐ３	(N)	――
			評価：W≦0 よって溶接部の強度計算は必要ない。 以上より十分である。		

K7 ① V-3-3-6-2-6-1-2-1 R1E

Ⅴ-3-3-6-2-6-1-2-2 管の応力計算書

まえがき

本計算書は，Ｖ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」及びＶ-3-2-9「重大事故等クラス２管の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお，評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については，Ｖ-3-2-1「強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

・評価条件整理表

応力計算モデルNo.	既設or新設	施設時の技術基準に対象とする施設の規定があるか	クラスアップするか				条件アップするか					既工認における評価結果の有無	施設時の適用規格	評価区分	同等性評価区分	評価クラス
			クラスアップの有無	施設時機器クラス	ＤＢクラス	ＳＡクラス	条件アップの有無	ＤＢ条件		ＳＡ条件						
								圧力(MPa)	温度(℃)	圧力(MPa)	温度(℃)					
AC-R-2	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	0.31	171	0.62	200	—	S55告示	設計・建設規格又は告示	—	SA-2
AC-R-2	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	0.31	104	0.62	200	—	S55告示	設計・建設規格又は告示	—	SA-2
AC-R-2	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.62	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
AC-R-2	既設	有	有	DB-3	Non	SA-2	有	0.31	171	0.62	200	—	S55告示	設計・建設規格又は告示	—	SA-2
AC-R-2	既設	有	有	DB-4	Non	SA-2	有	0.025	150	0.62	200	—	S55告示	設計・建設規格又は告示	—	SA-2

目　　次

1.　　概要　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1

2.　　概略系統図及び鳥瞰図　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 2

2.1　概略系統図　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 2

2.2　鳥瞰図　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 4

3.　　計算条件　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 8

3.1　計算条件　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 8

3.2　材料及び許容応力　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 14

4.　　計算結果　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 16

5.　　代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果　・・・・・・・・・・・・・・・・・ 18

1. 概要

本計算書は，Ｖ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」及びＶ-3-2-9「重大事故等クラス２管の強度計算方法」に基づき，管の応力計算を実施した結果を示したものである。

評価結果記載方法は，以下に示すとおりである。

(1) 管

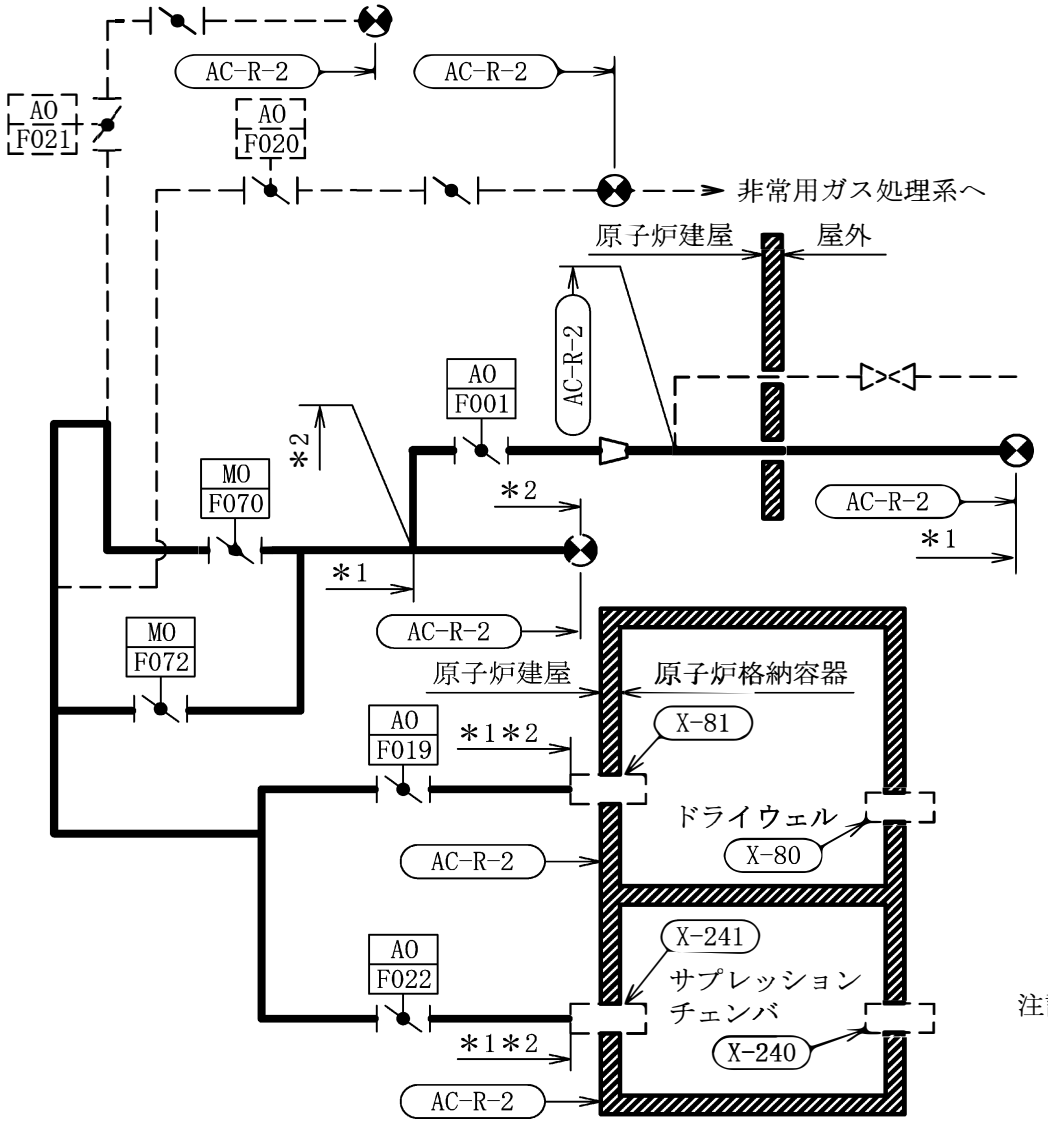
工事計画記載範囲の管のうち，設計条件あるいは管クラスに変更がある管における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また，最大応力評価点の許容値／発生値（裕度）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図，計算条件及び評価結果を記載する。代表モデルの選定及び全モデルの評価結果を5. に記載する。

2.　概略系統図及び鳥瞰図

2.1　概略系統図

概略系統図記号凡例

記号	内容
━━━━━━（太線）	工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管
――――――（細線）	工事計画記載範囲の管のうち，本系統の管であって他計算書記載範囲の管
- - - - - - - - -（破線）	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち，他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管
○○-○-○○	鳥瞰図番号
	アンカ

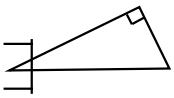
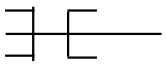
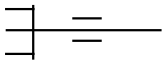


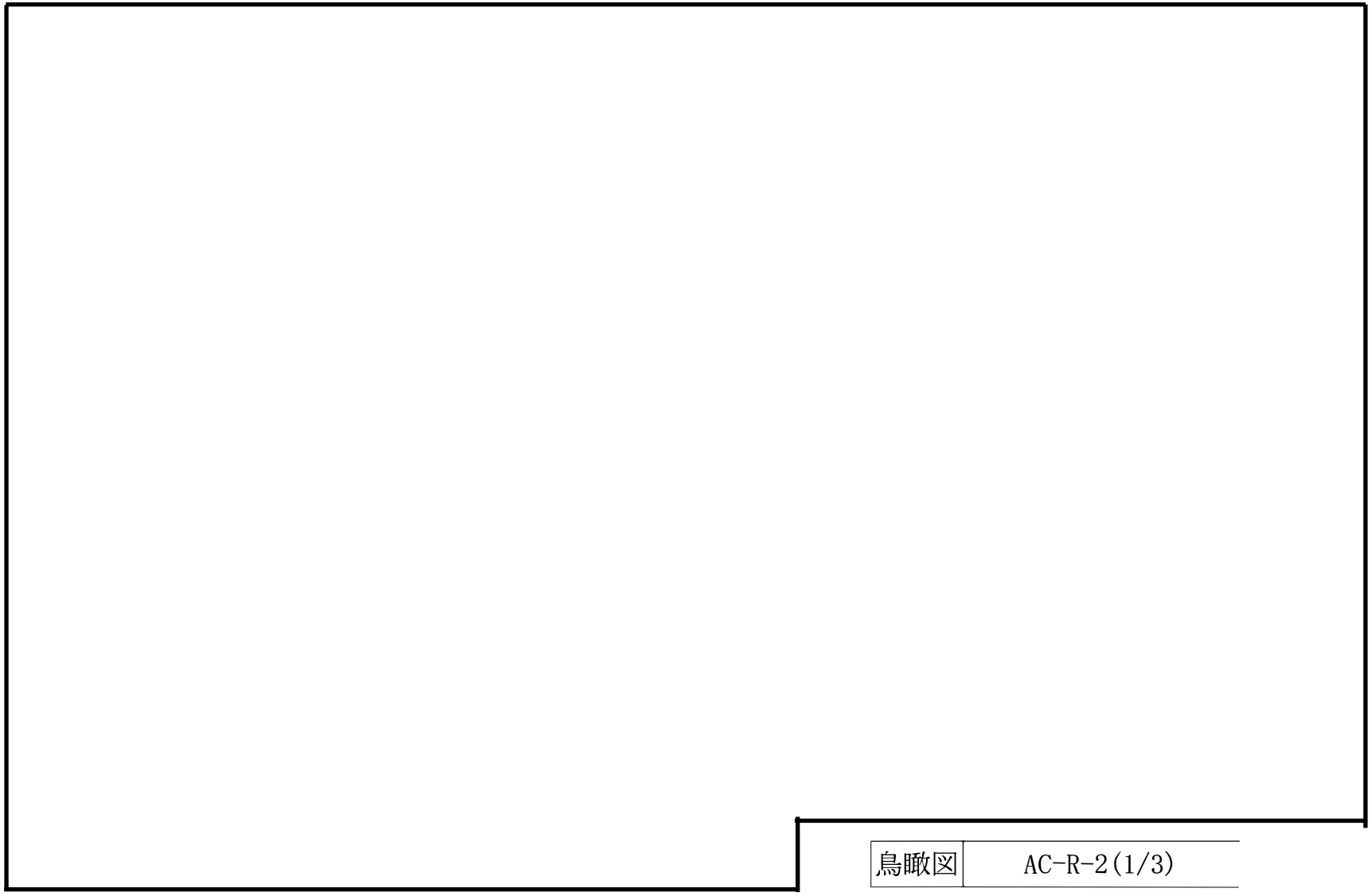
注記＊1：格納容器圧力逃がし装置
解析モデル上本系統に含める。
＊2：耐圧強化ベント系
解析モデル上本系統に含める。

不活性ガス系概略系統図

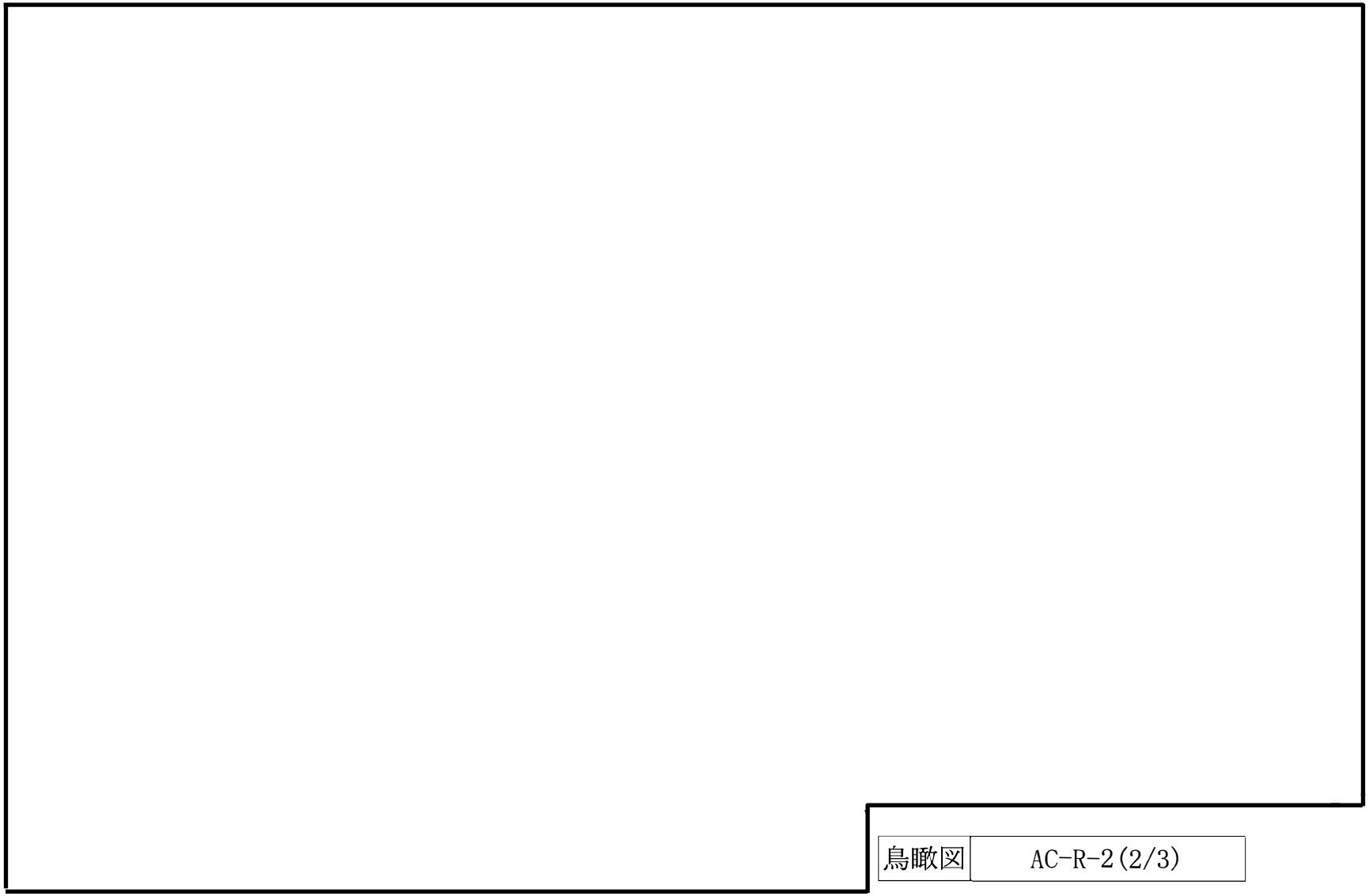
2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

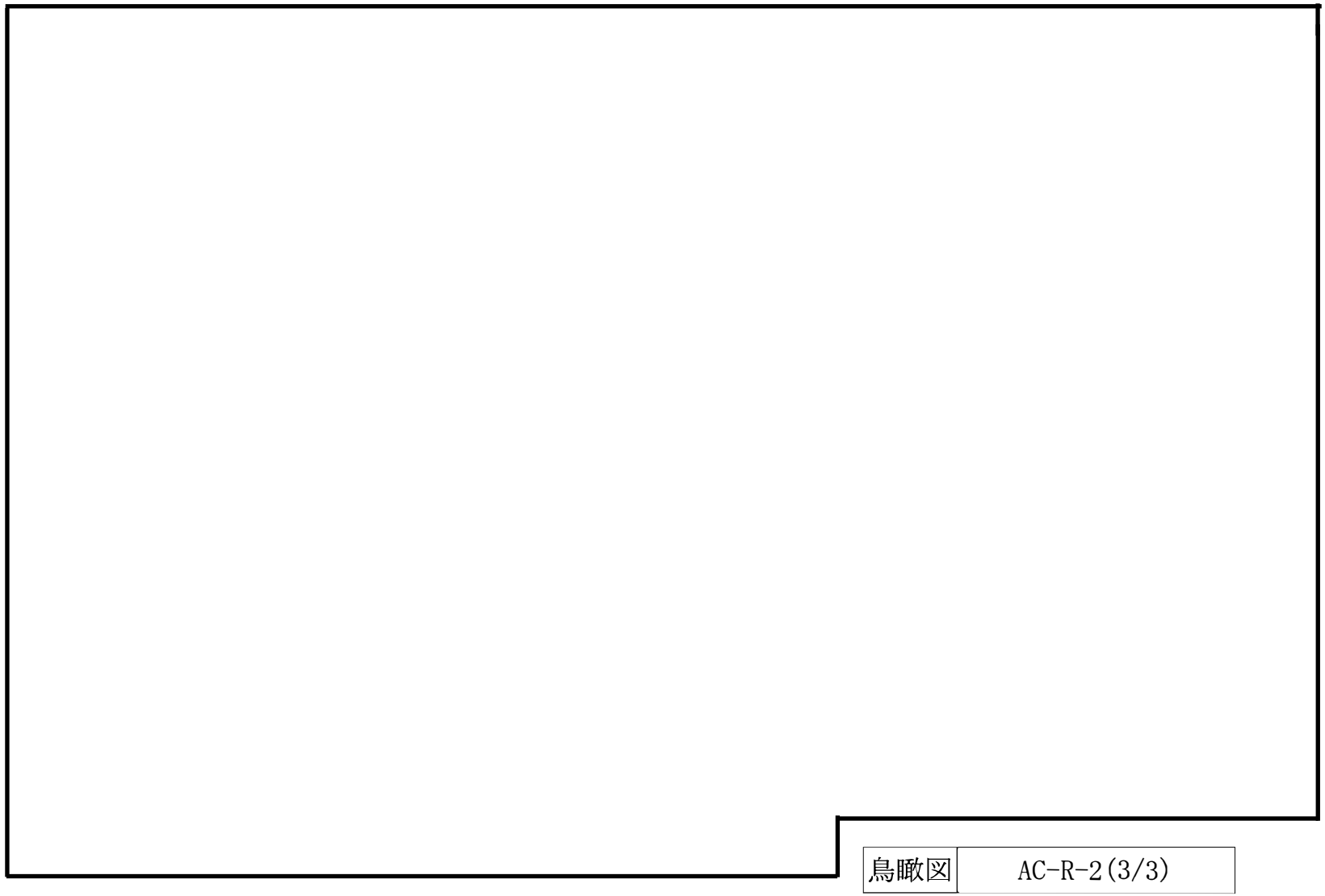
記号	内容
━━━━ （太線）	工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管
──── （細線）	工事計画記載範囲の管のうち，本系統の管であって他計算書記載範囲の管
‐ ‐ ‐ ‐ ‐ （破線）	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち，他系統の管であって解析モデルの概略を示すために表記する管
●	質点
⊗	アンカ
	レストレイント （本図は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。スナッバについても同様とする。）
	スナッバ
	ハンガ
	リジットハンガ
	注1： 鳥瞰図中の寸法の単位はmmである。



鳥瞰図	AC-R-2(1/3)



鳥瞰図	AC-R-2(2/3)



鳥瞰図	AC-R-2(3/3)

3. 計算条件

3.1 計算条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し，管番号と対応する評価点番号を示す。

鳥瞰図 AC-R-2

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料
1	2～ 3, 4～ 5, 13～ 14, 25～ 26, 34～ 35, 36～ 37, 39～ 40, 43～ 44, 46～ 47, 52～ 53, 56～ 57, 68～ 71, 74～ 76, 75～ 78, 83～ 85, 202～203, 204～205, 206～ 70	0.62	200	558.8	9.5	STPT410
2	3～ 4, 5～ 6, 11～ 13, 14～ 22, 26～ 27, 32～ 34, 35～ 36, 37～ 39, 40～ 43, 45～ 46, 47～ 52, 53～ 56, 71～ 72, 76～ 77, 55～194	0.62	200	558.8	9.5	SM400C
3	22～ 45, 44～ 23, 57～ 61	0.62	200	568.4	14.3	SM400C
4	66～ 68, 72～ 74, 201～202, 203～204, 205～206	0.62	200	559.0	9.5	STPT410相当 (ASTM A106B)
5	86～120	0.62	200	406.4	9.5	STPT410

配管の付加質量

鳥瞰図　AC-R-2

質量	対応する評価点
[redacted]	2～ 7, 9～ 15
[redacted]	7～ 9
[redacted]	21～ 49, 42～ 23
[redacted]	25～ 28, 30～ 41
[redacted]	28～ 30
[redacted]	50～ 57, 61～ 62, 81～ 85, 55～195
[redacted]	57～ 61, 62～ 64, 79～ 81,195～197
[redacted]	64～ 79,197～70
[redacted]	85～ 86
[redacted]	86～ 88
[redacted]	96～268
[redacted]	268～102
[redacted]	67

フランジ部の質量

鳥瞰図　AC-R-2

質量	対応する評価点
[redacted]	7, 9, 28, 30, 62
[redacted]	64
[redacted]	79, 81
[redacted]	195,197

弁部の寸法

鳥瞰図　AC-R-2

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
7～　8				8～ 10			
8～　9				28～ 29			
29～ 31				29～ 30			
62～ 63				63～ 65			
63～ 64				79～ 80			
80～ 82				80～ 81			
195～196				196～198			
198～199				199～200			
196～197							

弁部の質量

鳥瞰図　AC-R-2

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
[redacted]	7, 9, 28, 30, 79, 81	[redacted]	8, 29, 80
[redacted]	10, 31, 82	[redacted]	62, 64
[redacted]	63	[redacted]	65
[redacted]	195, 197	[redacted]	196
[redacted]	198	[redacted]	199
[redacted]	200		

支持点及び貫通部ばね定数

鳥瞰図　AC-R-2

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N･mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
12						
18						
33						
48						
** 67 **						
77						
92						
98						
106						
109						
116						
120						

3.2　材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

設計・建設規格に規定の応力計算に用いる許容応力

材料	最高使用温度 (℃)	許容応力(MPa)			
		Ｓｍ	Ｓｙ	Ｓｕ	Ｓｈ
STPT410	200	—	—	—	103
SM400C	200	—	—	—	100

材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

告示第５０１号に規定の応力計算に用いる許容応力

材料	最高使用温度 (℃)	許容応力(MPa)			
		Ｓｍ	Ｓｙ	Ｓｕ	Ｓｈ
STPT410	200	—	—	—	103
SM400C	200	—	—	—	100

4. 計算結果

下表に示すとおり最大応力はすべて許容応力以下である。

重大事故等クラス２管であってクラス２以下の管
設計・建設規格　PPC-3520の規定に基づく評価

鳥瞰図	最大応力評価点	最大応力区分	一次応力評価(MPa)	
			計算応力 S_{prm}*1 S_{prm}*2	許容応力 1.5・Sh 1.8・Sh
AC-R-2	77	S_{prm}*1	54	150
AC-R-2	77	S_{prm}*2	55	180

注記＊1：設計・建設規格　PPC-3520(1)に基づき計算した一次応力を示す。
＊2：設計・建設規格　PPC-3520(2)に基づき計算した一次応力を示す。

計算結果

下表に示すとおり最大応力はすべて許容応力以下である。

重大事故等クラス２管であってクラス２以下の管

告示第５０１号第56条第1号の規定に基づく評価

鳥瞰図	最大応力評価点	最大応力区分	一次応力評価(MPa)	
			計算応力 S_{prm}*1 S_{prm}*2	許容応力 Ｓｈ 1.2・Ｓｈ
AC-R-2	77	S_{prm}*1	50	100
AC-R-2	77	S_{prm}*2	50	120

注記＊1：告示第５０１号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。
なお，保守的な評価となる告示第５０１号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を記載してもよいものとする。

＊2：告示第５０１号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。

5. 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し，応力分類ごとに裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図，計算条件及び評価結果を記載している。下表に，代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（重大事故等クラス２管であってクラス２以下の管）

No.	配管モデル	重大事故等時[*1]					重大事故等時[*2]				
		一次応力					一次応力				
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表
1	AC-R-2	77	54	150	2.77	○	77	55	180	3.27	○

注記＊1：設計・建設規格　PPC-3520(1)に基づき計算した一次応力を示す。
＊2：設計・建設規格　PPC-3520(2)に基づき計算した一次応力を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（重大事故等クラス２管であってクラス２以下の管）

No.	配管モデル	許容応力状態Ⅴ[*1]					許容応力状態Ⅴ[*2]				
		一次応力					一次応力				
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表
1	AC-R-2	77	50	100	2.00	○	77	50	120	2.40	○

注記＊1：告示第５０１号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。
＊2：告示第５０１号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。

Ⅴ-3-3-6-2-7　圧力逃がし装置の強度計算書

Ⅴ-3-3-6-2-7-1　格納容器圧力逃がし装置の強度計算書

Ⅴ-3-3-6-2-7-1-1　ドレンタンクの強度計算書

まえがき

本計算書は，Ⅴ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」，Ⅴ-3-2-8「重大事故等クラス２容器の強度計算方法」及びⅤ-3-2-12「重大事故等クラス２支持構造物（容器）の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお，評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については，Ⅴ-3-2-1「強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

・評価条件整理表

機器名	既設or新設	施設時の技術基準に対象とする施設の規定があるか	クラスアップするか				条件アップするか					既工認における評価結果の有無	施設時の適用規格	評価区分	同等性評価区分	評価クラス
			クラスアップの有無	施設時機器クラス	ＤＢクラス	ＳＡクラス	条件アップの有無	ＤＢ条件		ＳＡ条件						
								圧力(MPa)	温度(℃)	圧力(MPa)	温度(℃)					
ドレンタンク	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.25	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2

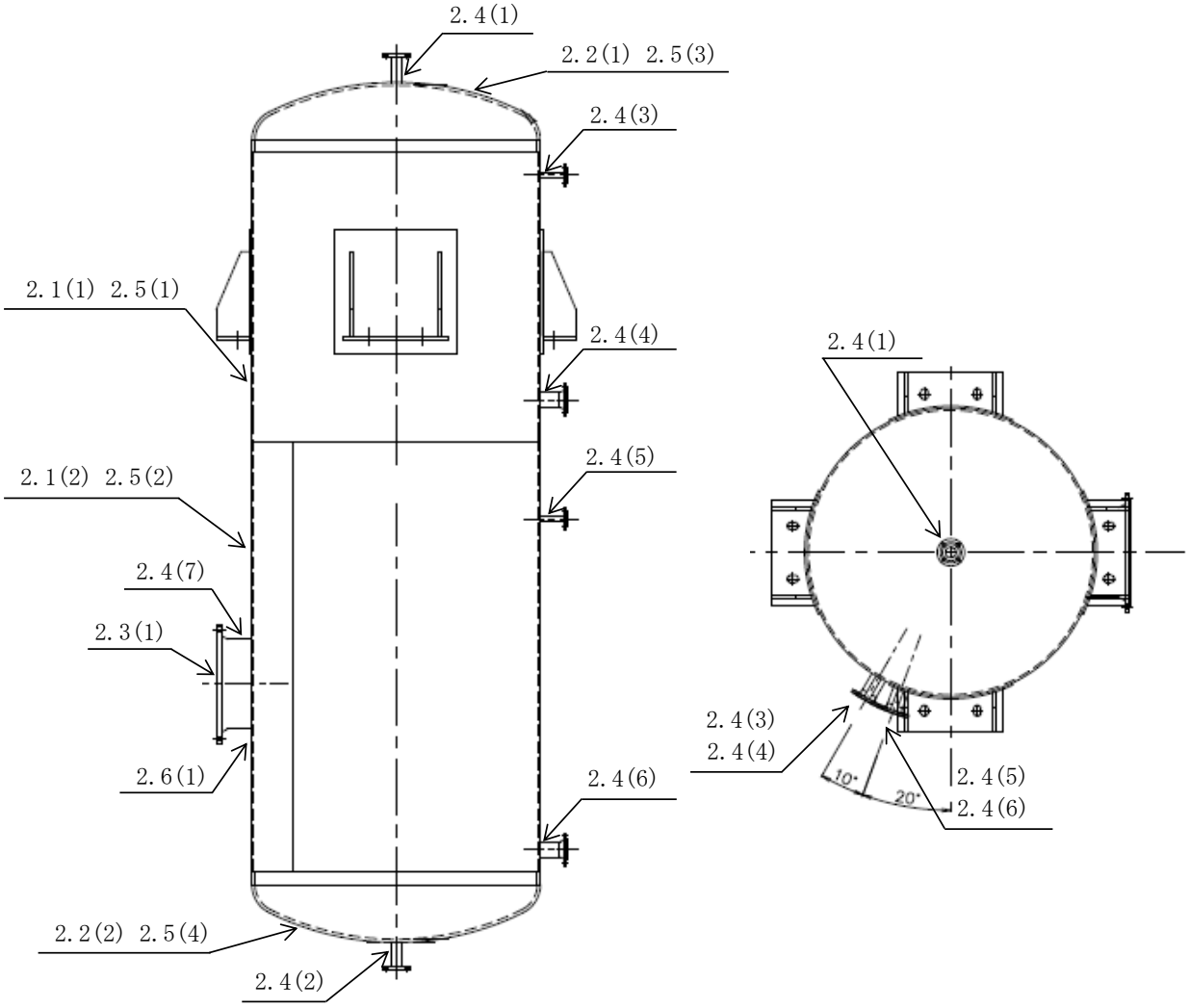
目　　次

1.　計算条件　…… 1
1.1　計算部位　…… 1
1.2　設計条件　…… 1
2.　強度計算　…… 2
2.1　容器の胴の厚さの計算　…… 2
2.2　容器の鏡板の厚さの計算　…… 3
2.3　容器の平板の厚さの計算　…… 4
2.4　容器の管台の厚さの計算　…… 5
2.5　容器の補強を要しない穴の最大径の計算　…… 7
2.6　容器の穴の補強計算　…… 9
3.　支持構造物の強度計算　…… 10

1.　計算条件

1.1　計算部位

概要図に強度計算箇所を示す。



図中の番号は次頁以降の
計算項目番号を示す。

図1－1　概要図

1.2　設計条件

最高使用圧力(MPa)	0.25
最高使用温度(℃)	200

2. 強度計算

2.1 容器の胴の厚さの計算

設計・建設規格 PVC-3121，PVC-3122(1)

胴板名称			(1)上部胴板	(2)下部胴板
材料			SUS316L	SUS316L
最高使用圧力	P	(MPa)	0.25	0.25
最高使用温度		(℃)	200	200
胴の内径	D_i	(mm)	1612.00	1612.00
許容引張応力	S	(MPa)	107	107
継手効率	η		1.00	1.00
継手の種類			突合せ両側溶接	突合せ両側溶接
放射線検査の有無			有り	有り
必要厚さ	t_1	(mm)	1.50	1.50
必要厚さ	t_2	(mm)	1.89	1.89
t_1，t_2の大きい値	t	(mm)	1.89	1.89
呼び厚さ	t_{s0}	(mm)	12.00	12.00
最小厚さ	t_s	(mm)	10.80	10.80
評価：$t_s \geqq t$，よって十分である。				

2.2　容器の鏡板の厚さの計算

（イ）　設計・建設規格　PVC-3210(1)

鏡板の形状

鏡板名称			(1)上部鏡板	(2)下部鏡板
鏡板の外径	D_{oc}	(mm)	1636.00	1636.00
鏡板の中央部における内面の半径	R	(mm)	1600.00	1600.00
鏡板のすみの丸みの内半径	r	(mm)	160.00	160.00
$3・t_{c0}$		(mm)	54.00	54.00
$0.06・D_{oc}$		(mm)	98.16	98.16
評価：$D_{oc} \geqq R$，$r \geqq 3・t_{c0}$，$r \geqq 0.06・D_{oc}$，r≧50mm，よってさら形鏡板である。				

（ロ）　設計・建設規格　PVC-3220，PVC-3221

鏡板の厚さ

鏡板名称			(1)上部鏡板	(2)下部鏡板
材料			SUS316L	SUS316L
最高使用圧力	P	(MPa)	0.25	0.25
最高使用温度		(℃)	200	200
胴の内径	D_i	(mm)	1612.00	1612.00
さら形鏡板の形状による係数	W		1.54	1.54
許容引張応力	S	(MPa)	107	107
継手効率	η		1.00	1.00
継手の種類			継手無し	継手無し
放射線検査の有無			－	－
必要厚さ	t_1	(mm)	1.89	1.89
必要厚さ	t_2	(mm)	2.88	2.88
t_1，t_2の大きい値	t	(mm)	2.88	2.88
呼び厚さ	t_{c0}	(mm)	18.00	18.00
最小厚さ	t_c	(mm)	15.00	15.00
評価：$t_c \geqq t$，よって十分である。				

2.3　容器の平板の厚さの計算

（イ）　設計・建設規格 PVC-3310

取付け方法及び穴の有無

平板名称	(1)マンホール平板
平板の取付け方法	(m)
平板の穴の有無	無し

（ロ）　設計・建設規格 PVC-3310

（ＪＩＳ　Ｂ　８２６５　附属書3適用）

平板の厚さ

平板名称				(1)マンホール平板
平板材料				SUSF316L
ボルト材料				SUS316
ガスケット材料				SUS316L
ガスケット厚さ			(mm)	4.5
ガスケット座面の形状				1a
最高使用圧力		P	(MPa)	0.25
最高使用温度			(℃)	200
平板の許容引張応力		S	(MPa)	107
ボルトの許容引張応力	常温(ガスケット締付時)(20℃)	S_a	(MPa)	129
	最高使用温度(使用状態)	S_b	(MPa)	92
ボルト中心円の直径		C	(mm)	620.00
ボルト呼び				M24
ボルト本数		n		20
ボルト谷径		d_b	(mm)	20.752
実際のボルト総有効断面積		A_b	(mm^2)	6.765×10^3
ガスケット接触面の外径		G_s	(mm)	568.00
ガスケット接触面の幅		N	(mm)	16.00
ガスケット係数		m		3.00
最小設計締付圧力		y	(MPa)	68.9
ガスケット座の基本幅		b_o	(mm)	8.00
ガスケット座の有効幅		b	(mm)	7.13
平板の径（ガスケット有効径）		d＝G	(mm)	553.74
内圧による全荷重		W＝H	(N)	6.021×10^4
使用状態での最小ボルト荷重		W_{m1}	(N)	7.881×10^4
ガスケット締付最小ボルト荷重		W_{m2}	(N)	8.543×10^5
ボルトの所要総有効断面積	使用状態	A_{m1}	(mm^2)	856.6
	ガスケット締付時	A_{m2}	(mm^2)	6.623×10^3
	いずれか大きい値	A_m	(mm^2)	6.623×10^3
ボルト荷重	使用状態	W_o	(N)	7.881×10^4
	ガスケット締付時	W_g	(N)	8.635×10^5
	いずれか大きい値	F	(N)	8.635×10^5
モーメントアーム		h_g	(mm)	33.13
取付け方法による係数		K		1.06
必要厚さ		t	(mm)	27.54
呼び厚さ		t_{p0}	(mm)	30.00
最小厚さ		t_p	(mm)	30.00
評価：$t_p \geqq t$，よって十分である。				

2.4　容器の管台の厚さの計算

設計・建設規格 PVC-3610

管台名称			(1)ドレン入口	(2)ドレン出口	(3)水位計	(4)水位計
材料			SUS316LTP-S	SUS316LTP-S	SUS316LTP-S	SUS316LTP-S
最高使用圧力	P	(MPa)	0.25	0.25	0.25	0.25
最高使用温度		(℃)	200	200	200	200
管台の外径	D_0	(mm)	60.50	60.50	34.00	89.10
許容引張応力	S	(MPa)	107	107	107	107
継手効率	η		1.00	1.00	1.00	1.00
継手の種類			継手無し	継手無し	継手無し	継手無し
放射線検査の有無			－	－	－	－
必要厚さ	t_1	(mm)	0.07	0.07	0.04	0.11
必要厚さ	t_3	(mm)	－	－	－	－
t_1，t_3の大きい値	t	(mm)	0.07	0.07	0.04	0.11
呼び厚さ	t_{n0}	(mm)	3.90	3.90	3.40	5.50
最小厚さ	t_n	(mm)	3.40	3.40	3.06	4.81
判定：$t_n \geqq t$，よって十分である。						

容器の管台の厚さの計算
設計・建設規格 PVC-3610

管台名称			(5)水位計	(6)水位計	(7)マンホール
材料			SUS316LTP-S	SUS316LTP-S	SUSF316L
最高使用圧力	P	(MPa)	0.25	0.25	0.25
最高使用温度		(℃)	200	200	200
管台の外径	D_0	(mm)	34.00	89.10	508.00
許容引張応力	S	(MPa)	107	107	107
継手効率	η		1.00	1.00	1.00
継手の種類			継手無し	継手無し	継手無し
放射線検査の有無			－	－	－
必要厚さ	t_1	(mm)	0.04	0.11	0.60
必要厚さ	t_3	(mm)	－	－	－
t_1，t_3の大きい値	t	(mm)	0.04	0.11	0.60
呼び厚さ	t_{n0}	(mm)	3.40	5.50	15.10
最小厚さ	t_n	(mm)	3.06	4.81	15.10
判定：$t_n \geqq t$，よって十分である。					

2.5　容器の補強を要しない穴の最大径の計算

設計・建設規格　PVC-3150(2)

胴板名称			(1)上部胴板	(2)下部胴板
材料			SUS316L	SUS316L
最高使用圧力	P	(MPa)	0.25	0.25
最高使用温度		(℃)	200	200
胴の外径	D	(mm)	1636.00	1636.00
許容引張応力	S	(MPa)	107	107
胴板の最小厚さ	t_s	(mm)	10.80	10.80
継手効率	η		1.00	1.00
継手の種類			継手無し	継手無し
放射線検査の有無			－	－
$d_{r1}=(D-2\cdot t_s)/4$		(mm)	403.60	403.60
61，d_{r1}の小さい値		(mm)	61.00	61.00
K			0.1945	0.1945
$D\cdot t_s$		(mm^2)	1.767×10^4	1.767×10^4
200，d_{r2}の小さい値		(mm)	195.09	195.09
補強を要しない穴の最大径		(mm)	195.09	195.09
評価：補強の計算を要する穴の名称			無し	マンホール(2.6(1))

容器の補強を要しない穴の最大径の計算

設計・建設規格　PVC-3230(2)

鏡板名称			(3)上部鏡板	(4)下部鏡板
材料			SUS316L	SUS316L
最高使用圧力	P	(MPa)	0.25	0.25
最高使用温度		(℃)	200	200
鏡板のフランジ部の外径	D	(mm)	1636.00	1636.00
許容引張応力	S	(MPa)	107	107
鏡板の最小厚さ	t_c	(mm)	15.00	15.00
継手効率	η		1.00	1.00
継手の種類			継手無し	継手無し
放射線検査の有無			－	－
$d_{r1}=(D-2\cdot t_c)/4$		(mm)	401.50	401.50
61，d_{r1}の小さい値		(mm)	61.00	61.00
K			0.1400	0.1400
$D\cdot t_c$		(mm^2)	2.454×10^4	2.454×10^4
200，d_{r2}の小さい値		(mm)	200.00	200.00
補強を要しない穴の最大径		(mm)	200.00	200.00
評価：補強の計算を要する穴の名称			無し	無し

2.6　容器の穴の補強計算

設計・建設規格　PVC-3160

参照附図　ＷＥＬＤ－３

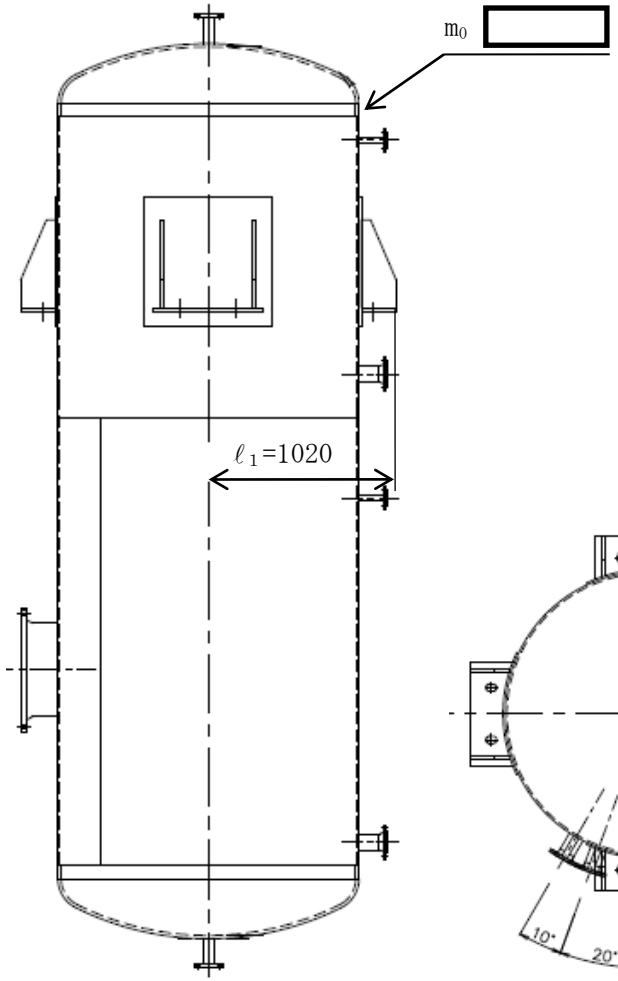
部材名称			(1)マンホール
胴板材料			SUS316L
管台材料			SUSF316L
強め板材料			－
最高使用圧力	P	(MPa)	0.25
最高使用温度		(℃)	200
胴板の許容引張応力	S_s	(MPa)	107
管台の許容引張応力	S_n	(MPa)	107
強め板の許容引張応力	S_e	(MPa)	－
穴の径	d	(mm)	477.80
管台が取り付く穴の径	d_w	(mm)	508.00
胴板の最小厚さ	t_s	(mm)	10.80
管台の最小厚さ	t_n	(mm)	15.10
胴板の継手効率	η		1.00
係数	F		1.00
胴の内径	D_i	(mm)	1612.00
胴板の計算上必要な厚さ	t_{sr}	(mm)	1.89
管台の計算上必要な厚さ	t_{nr}	(mm)	0.56
穴の補強に必要な面積	A_r	(mm^2)	901.0
補強の有効範囲	X_1	(mm)	477.80
補強の有効範囲	X_2	(mm)	477.80
補強の有効範囲	X	(mm)	955.60
補強の有効範囲	Y_1	(mm)	27.00
補強の有効範囲	Y_2	(mm)	27.00
管台の外径	D_{on}	(mm)	508.00
溶接寸法	L_1	(mm)	9.00
胴板の有効補強面積	A_1	(mm^2)	4.259×10^3
管台の有効補強面積	A_2	(mm^2)	785.2
すみ肉溶接部の有効補強面積	A_3	(mm^2)	81.00
補強に有効な総面積	A_0	(mm^2)	5.125×10^3
評価：$A_0 > A_r$ よって十分である。			
大きい穴の補強			
補強を要する穴の限界径	d_j	(mm)	537.33
評価：$d \leqq d_j$，よって大きい穴の補強計算は必要ない。			
溶接部にかかる荷重	W_1	(N)	9.269×10^4
溶接部にかかる荷重	W_2	(N)	-3.532×10^5
溶接部の負うべき荷重	W	(N)	-3.532×10^5
評価：$W < 0$，よって溶接部強度計算を行わない。			

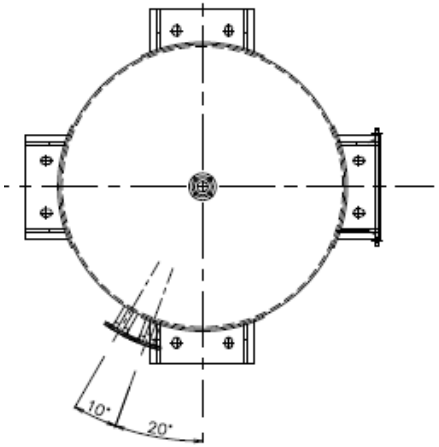
3. 支持構造物の強度計算

(1) 一次せん断応力及び一次曲げ応力による組合せ評価

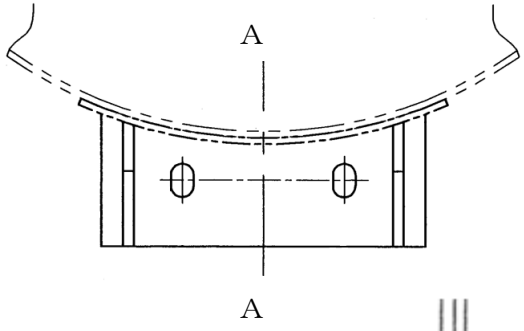
種類	脚本数	材料	最高使用温度 (℃)	F値 (MPa)	せん断荷重 F_s (N)	せん断断面積 A_s (mm^2)	曲げモーメント M (N・mm)	断面係数 Z (mm^3)
ラグ支持 たて置円筒形容器	4	SUS304	200	194	3.457×10^4	3.120×10^4	3.526×10^7	2.471×10^6

一次せん断応力 τ (MPa)	許容せん断応力 f_s (MPa)	一次曲げ応力 σ_b (MPa)	許容曲げ応力 f_b (MPa)	組合せ応力 $\sqrt{\sigma_b^2+3\tau^2}$	許容引張応力 f_t (MPa)	評価
2	74	15	129	15	129	τ, σ_b, $\sqrt{\sigma_b^2+3\tau^2}$ がそれぞれ f_s, f_b, f_t 以下であるので支持構造物の強度は十分である。

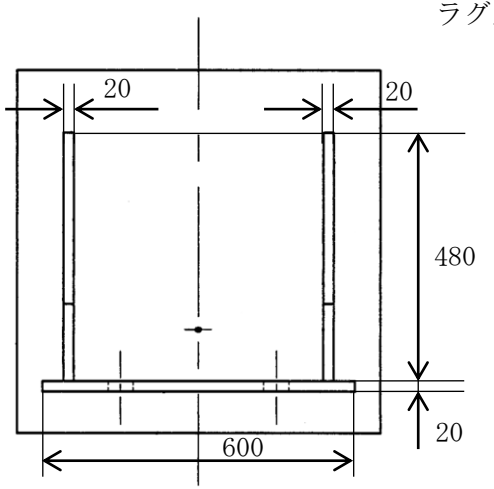




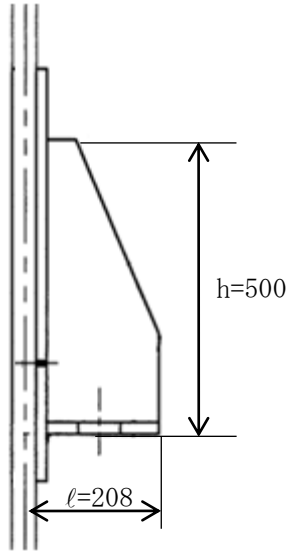
ラグに関する情報



ラグ上面視



ラグ正面視



A-A断面

（単位：mm）

ドレンタンク　支持構造物の強度計算説明図

Ⅴ-3-3-6-2-7-1-2　遠隔空気駆動弁操作用ボンベの強度計算書

一般産業品の規格及び基準への適合性確認結果（法令又は公的な規格） （遠隔空気駆動弁操作用ボンベ）

Ⅰ． 重大事故等クラス３機器の使用目的及び使用環境，材料及び使用条件

種類	使用目的及び使用環境	材料	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)
一般継目なし鋼製容器	原子炉格納容器内に滞留する水素ガス及び酸素ガスを大気へ排出するための空気作動弁を作動するための窒素を貯蔵する容器として使用することを目的とする。使用環境として，窒素を貯蔵し，屋内で使用する。	STH12	14.7*	40*

注記 ＊：重大事故等時における使用時の値を示す。

Ⅱ． 法令又は公的な規格に規定されている事項

規格及び基準	「高圧ガス保安法」に基づく「容器保安規則」及び「一般高圧ガス保安規則」				
機器名	使用目的及び想定している使用環境	材料	最高使用圧力(MPa)	最高使用温度(℃)	規格及び基準に基づく試験
継目なし容器	高圧ガスを充填し，貯蔵，移動等をするための容器として使用することを目的とする。使用環境として，屋内外*1 で高圧ガスを充填することを想定している。	充填する高圧ガスの種類，充填圧力，使用温度及び使用される環境に応じた適切な材料を使用して製造すること。	温度 35 ℃においてその容器に充填することができるガスの圧力のうち最高のものの数値。*2	40*1	耐圧試験（試験圧力：最高充填圧力の 5/3 倍）等の容器検査に合格したものに，刻印又は標章の掲示がなされる。

注記 ＊1：容器等を常に温度 40 ℃以下に保つ必要があり，直射日光等による温度上昇を防ぐため，屋根，障壁を設ける等の措置を講じることが，「高圧ガス保安法及び関係政省令の運用及び解釈について（内規）」に記載されている。

＊2：「高圧ガス保安法」に基づく「容器保安規則」に規定される最高充填圧力であり，当該ボンベにおいては 14.7 MPa である。

Ⅲ． メーカ仕様

機器名	使用目的及び想定している使用環境	材料	最高使用圧力(MPa)	最高使用温度(℃)	規格及び基準に基づく試験
一般継目なし鋼製容器	1 MPa を超えるような高圧の窒素ガスを充填し，保安・運搬等をするための容器として使用することを目的とする。使用環境として，屋内外*で高圧ガスを充填することを想定している。	STH12	14.7	40*	高圧ガス保安法に基づく容器保安規則による耐圧試験（試験圧力：最高充填圧力の 5/3 倍）等の容器検査に合格している。

注記 ＊：「高圧ガス保安法」に基づく「一般高圧ガス保安規則」に従い使用する。

Ⅳ. 確認項目

(a) ：規格及び基準が妥当であることの確認（ⅠとⅡの使用目的及び使用環境の比較）

当該ボンベは，重大事故等時に窒素供給用として屋内で使用される。 一方，「高圧ガス保安法」に基づく「容器保安規則」及び「一般高圧ガス保安規則」は，高圧ガスを貯蔵する容器の技術上の規定を定めた一般産業品に対する規格であり，高圧ガスを貯蔵する容器は 40 ℃以下で使用し，直射日光等による温度上昇を防ぐよう規定されている。重大事故等時における当該ボンベの使用目的及び使用環境は，本規格で定める使用目的及び想定している使用環境の範囲内である。

(b-1)：材料が適切であること及び使用条件に対する強度の確認（ⅡとⅢの材料及び試験条件の比較，ⅠとⅢの使用条件の比較）

当該ボンベには，「高圧ガス保安法」に基づく「容器保安規則」に従った適切な材料であるマンガン鋼が使用されていることを容器検査成績書等により確認できる。

当該ボンベの最高使用温度は「一般高圧ガス保安規則」で定める 40 ℃以下，最高使用圧力はメーカ仕様の範囲内であり，「高圧ガス保安法」に基づく「容器保安規則」に従った試験に合格していることを容器検査成績書等により確認できることから，当該ボンベは要求される強度を有している。

Ⅴ. 評価結果

上記の重大事故等クラス３機器は，一般産業品として「高圧ガス保安法」（「容器保安規則」及び「一般高圧ガス保安規則」含む）に適合し，使用材料の特性を踏まえた上で，重大事故等時における使用圧力及び使用温度が負荷された状態において要求される強度を有している。

Ⅴ-3-3-6-2-7-1-3　弁の強度計算書

まえがき

本計算書は，Ⅴ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」及びⅤ-3-2-11「重大事故等クラス２弁の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお，評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については，Ⅴ-3-2-1「強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

・評価条件整理表

機器名	既設or新設	施設時の技術基準に対象とする施設の規定があるか	クラスアップするか				条件アップするか					既工認における評価結果の有無	施設時の適用規格	評価区分	同等性評価区分	評価クラス
			クラスアップの有無	施設時機器クラス	ＤＢクラス	ＳＡクラス	条件アップの有無	ＤＢ条件		ＳＡ条件						
								圧力(MPa)	温度(℃)	圧力(MPa)	温度(℃)					
T31-F070	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	0.31	171	0.62	200	—	S55告示	設計・建設規格又は告示	—	SA-2
T31-F072	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.62	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
T61-F001	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.62	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2

目　　次

1.　重大事故等クラス２弁　…………………………………………………　1
1.1　設計仕様　……………………………………………………………　2
1.2　強度計算書　…………………………………………………………　4

1.　重大事故等クラス２弁

1.1 設計仕様

系 統 ： 不活性ガス系

機器の区分		重大事故等クラス2弁			
弁番号	種類	呼び径 (A)	材料		
			弁箱	弁ふた	ボルト
F070	止め弁	550	SCPL1	SCPL1	
F072	止め弁	550	SCPH2	S25C	

系　統　：　格納容器圧力逃がし装置

機器の区分		重大事故等クラス2弁			
弁番号	種類	呼び径 (A)	材料		
			弁箱	弁ふた	ボルト
F001	止め弁	550	SCPH2	S25C	

1.2 強度計算書

系 統 ： 不活性ガス系

弁番号	F070	シート	1

		設計・建設規格	告示第501号
設計条件			
最高使用圧力P	(MPa)	0.62	
最高使用温度Tm	(℃)	200	
弁箱又は弁ふたの厚さ			
弁箱材料		SCPL1	
弁ふた材料		SCPL1	
P_1	(MPa)	—	
P_2	(MPa)	—	
d_m	(mm)	[redacted]	
t_1	(mm)	—	
t_2	(mm)	—	
t	(mm)	13.6	—
t_{ab}	(mm)	[redacted]	
t_{af}	(mm)	[redacted]	

評価 ： $t_{ab} \geqq t$
$t_{af} \geqq t$

よって十分である。

		設計・建設規格	告示第501号
ネック部の厚さ			
d_n	(mm)	[redacted]	
d_n/d_m		[redacted]	
ℓ	(mm)	[redacted]	[redacted]
t_{m1}	(mm)	13.6	—
t_{m2}	(mm)	1.5	—
t_{ma1}	(mm)	[redacted]	
t_{ma2}	(mm)	[redacted]	

評価 ： $t_{ma1} \geqq t_{m1}$
$t_{ma2} \geqq t_{m2}$

よって十分である。

系 統 ： 不活性ガス系

弁番号	F070	シート	2

フランジ及びフランジボルトの応力解析

設計条件			ボルトの計算		
P_{FD}	(MPa)	0.62	H’	(N)	5.066×10^{3}
P_{eq}	(MPa)	0.00	H'_{p}	(N)	472.3
T_m	(℃)	200	H_R	(N)	1.400×10^{3}
Me	(N･mm)		H_D	(N)	3.944×10^{3}
Fe	(N)		h_D	(mm)	0.0
フランジの形式		JIS B8265付属書4図1	H’T	(N)	1.122×10^{3}
フランジ			h’T	(mm)	13.3
材料		SCPL1	h’P	(mm)	11.5
σ_{fb} 最高使用温度(使用状態)	(MPa)	112	hR	(mm)	14.5
			Wm1	(N)	6.938×10^{3}
B	(mm)		Wm2	(N)	0
C	(mm)		A_{m1}	(mm^2)	40.11
g1	(mm)		A_{m2}	(mm^2)	0
ボルト			A_m	(mm^2)	40.11
材料			A_b	(mm^2)	
σ_a 常温(ｶﾞｽｹｯﾄ締付時)(20℃)	(MPa)	173	評価 ： A_m ＜ A_b よって十分である。		
σ_b 最高使用温度(使用状態)	(MPa)	173			
n			フランジ厚さの計算		
db	(mm)		tf1	(mm)	
dh	(mm)		Mo	(N･mm)	2.030×10^{4}
ガスケット			t	(mm)	1.9
材料			フランジ厚さの評価 t ≦ tf1 よって十分である。		
G’	(mm)				
G0	(mm)				
m					
y	(N/mm^2)				
b'_o	(mm)				
b’	(mm)				

K7 ① V-3-3-6-2-7-1-3 R1

系 統 ： 不活性ガス系

弁番号	F072	シート	1

	設計・建設規格	告示第501号
設計条件		
最高使用圧力P (MPa)	0.62	
最高使用温度Tm (℃)	200	
弁箱又は弁ふたの厚さ		
弁箱材料	SCPH2	
弁ふた材料	S25C	
P_1 (MPa)	—	
P_2 (MPa)	—	
d_m (mm)	[redacted]	
t_1 (mm)	—	
t_2 (mm)	—	
t (mm)	13.5	—
t_{ab} (mm)	[redacted]	
t_{af} (mm)	[redacted]	
評価 ： $t_{ab} \geqq t$ $t_{af} \geqq t$ よって十分である。		

	設計・建設規格	告示第501号
ネック部の厚さ		
d_n (mm)	[redacted]	
d_n/d_m	[redacted]	
ℓ (mm)	[redacted]	[redacted]
t_{m1} (mm)	13.5	—
t_{m2} (mm)	1.3	—
t_{ma1} (mm)	[redacted]	
t_{ma2} (mm)	[redacted]	
評価 ： $t_{ma1} \geqq t_{m1}$ $t_{ma2} \geqq t_{m2}$ よって十分である。		

K7 ① V-3-3-6-2-7-1-3 R1

系 統 ： 不活性ガス系

弁番号	F072	シート	2

フランジ及びフランジボルトの応力解析

設計条件

P_{FD}	(MPa)	0.62
P_{eq}	(MPa)	0.00
T_m	(℃)	200
M_e	(N･mm)	
F_e	(N)	
フランジの形式		JIS B8265附属書3図2(b)(7)
フランジ		
材料		SCPH2
σ_{fa} 常温(ｶﾞｽｹｯﾄ締付時)(20℃)	(MPa)	120
σ_{fb} 最高使用温度(使用状態)	(MPa)	120
A	(mm)	
B	(mm)	
C	(mm)	
g_0	(mm)	
g_1	(mm)	
h	(mm)	
ボルト		
材料		
σ_a 常温(ｶﾞｽｹｯﾄ締付時)(20℃)	(MPa)	173
σ_b 最高使用温度(使用状態)	(MPa)	173
n		
d_b	(mm)	
ガスケット		
材料		
ガスケット厚さ	(mm)	
G	(mm)	
m		
y	(N/mm^2)	
b_o	(mm)	
b	(mm)	
N	(mm)	
G_s	(mm)	

ボルトの計算

H	(N)	4.395×10^3
H_p	(N)	0
W_{m1}	(N)	4.395×10^3
W_{m2}	(N)	0
A_{m1}	(mm^2)	25.40
A_{m2}	(mm^2)	0
A_m	(mm^2)	25.40
A_b	(mm^2)	
W_o	(N)	4.395×10^3
W_g	(N)	8.347×10^4

評価 ： $A_m < A_b$

よって十分である。

モーメントの計算

H_D	(N)	2.813×10^3
h_D	(mm)	16.9
M_D	(N･mm)	4.753×10^4
H_G	(N)	0
h_G	(mm)	17.5
M_G	(N･mm)	0
H_T	(N)	1.582×10^3
h_T	(mm)	22.3
M_T	(N･mm)	3.520×10^4
M_o	(N･mm)	8.273×10^4
M_g	(N･mm)	1.461×10^6

フランジの厚さと係数

t	(mm)	
K		2.18
h_o	(mm)	
f		1.21
F		0.906
V		0.508
e	(mm^{-1})	0.02544
d	(mm^3)	56709
L		1.70
T		1.44
U		2.90
Y		2.64
Z		1.53

応力の計算

σ_{Ho}	(MPa)	3
σ_{Ro}	(MPa)	2
σ_{To}	(MPa)	1
σ_{Hg}	(MPa)	28
σ_{Rg}	(MPa)	26
σ_{Tg}	(MPa)	18

応力の評価 ： $\sigma_{Ho} \leqq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$

$\sigma_{Ro} \leqq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$

$\sigma_{To} \leqq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$

$\sigma_{Hg} \leqq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$

$\sigma_{Rg} \leqq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$

$\sigma_{Tg} \leqq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$

よって十分である。

K7 ① V-3-3-6-2-7-1-3 R1

系　統　：　格納容器圧力逃がし装置

弁番号	F001	シート	1

	設計・建設規格	告示第501号
設計条件		
最高使用圧力P (MPa)	0.62	
最高使用温度Tm (℃)	200	
弁箱又は弁ふたの厚さ		
弁箱材料	SCPH2	
弁ふた材料	S25C	
P_1 (MPa)	—	
P_2 (MPa)	—	
d_m (mm)	[redacted]	
t_1 (mm)	—	
t_2 (mm)	—	
t (mm)	13.5	—
t_{ab} (mm)	[redacted]	
t_{af} (mm)	[redacted]	
評価 ： $t_{ab} \geqq t$ $t_{af} \geqq t$ よって十分である。		

	設計・建設規格	告示第501号
ネック部の厚さ		
d_n (mm)	[redacted]	
d_n/d_m	[redacted]	
ℓ (mm)	[redacted]	[redacted]
t_{m1} (mm)	13.5	—
t_{m2} (mm)	1.3	—
t_{ma1} (mm)	[redacted]	
t_{ma2} (mm)	[redacted]	
評価 ： $t_{ma1} \geqq t_{m1}$ $t_{ma2} \geqq t_{m2}$ よって十分である。		

K7 ① V-3-3-6-2-7-1-3 R1

系　統　：　格納容器圧力逃がし装置

弁番号	F001	シート	2

フランジ及びフランジボルトの応力解析

設計条件

P_{FD}	(MPa)	0.62
P_{eq}	(MPa)	0.00
T_m	(℃)	200
M_e	(N・mm)	
F_e	(N)	
フランジの形式		JIS B8265附属書3図2(b)(7)
フランジ		
材料		SCPH2
σ_{fa} 常温(ｶﾞｽｹｯﾄ締付時)(20℃)	(MPa)	120
σ_{fb} 最高使用温度(使用状態)	(MPa)	120
A	(mm)	
B	(mm)	
C	(mm)	
g_0	(mm)	
g_1	(mm)	
h	(mm)	
ボルト		
材料		
σ_a 常温(ｶﾞｽｹｯﾄ締付時)(20℃)	(MPa)	173
σ_b 最高使用温度(使用状態)	(MPa)	173
n		
d_b	(mm)	
ガスケット		
材料		
ガスケット厚さ	(mm)	
G	(mm)	
m		
y	(N/mm^2)	
b_o	(mm)	
b	(mm)	
N	(mm)	
G_s	(mm)	

ボルトの計算

H	(N)	3.728×10^3
H_p	(N)	3.920×10^3
W_{m1}	(N)	7.648×10^3
W_{m2}	(N)	3.873×10^4
A_{m1}	(mm^2)	44.21
A_{m2}	(mm^2)	223.8
A_m	(mm^2)	223.8
A_b	(mm^2)	
W_o	(N)	7.648×10^3
W_g	(N)	1.006×10^5

評価　：　A_m ＜ A_b

よって十分である。

モーメントの計算

H_D	(N)	2.813×10^3
h_D	(mm)	16.9
M_D	(N・mm)	4.753×10^4
H_G	(N)	3.920×10^3
h_G	(mm)	21.3
M_G	(N・mm)	8.330×10^4
H_T	(N)	915.6
h_T	(mm)	24.1
M_T	(N・mm)	2.209×10^4
M_o	(N・mm)	1.529×10^5
M_g	(N・mm)	2.139×10^6

フランジの厚さと係数

t	(mm)	
K		2.18
h_o	(mm)	
f		1.21
F		0.906
V		0.508
e	(mm^{-1})	0.02544
d	(mm^3)	56709
L		1.84
T		1.44
U		2.90
Y		2.64
Z		1.53

応力の計算

σ_{Ho}	(MPa)	4
σ_{Ro}	(MPa)	3
σ_{To}	(MPa)	2
σ_{Hg}	(MPa)	37
σ_{Rg}	(MPa)	32
σ_{Tg}	(MPa)	25

応力の評価　：　$\sigma_{Ho} \leqq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$

$\sigma_{Ro} \leqq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$

$\sigma_{To} \leqq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$

$\sigma_{Hg} \leqq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$

$\sigma_{Rg} \leqq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$

$\sigma_{Tg} \leqq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$

よって十分である。

K7 ① V-3-3-6-2-7-1-3 R1E

Ⅴ-3-3-6-2-7-1-4　管の強度計算書

Ⅴ-3-3-6-2-7-1-4-1　管の基本板厚計算書

まえがき

本計算書は，Ｖ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」及びＶ-3-2-9「重大事故等クラス２管の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお，評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については，Ｖ-3-2-1「強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

・評価条件整理表

NO.	既設or新設	施設時の技術基準に対象とする施設の規定があるか	クラスアップするか				条件アップするか					既工認における評価結果の有無	施設時の適用規格	評価区分	同等性評価区分	評価クラス
			クラスアップの有無	施設時機器クラス	DBクラス	SAクラス	条件アップの有無	DB条件		SA条件						
								圧力(MPa)	温度(℃)	圧力(MPa)	温度(℃)					
1	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.62	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
2	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.62	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
3	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.62	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
4	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.62	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
5	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.62	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
6	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.62	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
7	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.62	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
8	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.62	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
9	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.25	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
10	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.25	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
11	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.25	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
12	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.25	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
13	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.25	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
14	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.25	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
15	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.25	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2

NO.	既設or新設	施設時の技術基準に対象とする施設の規定があるか	クラスアップするか				条件アップするか					既工認における評価結果の有無	施設時の適用規格	評価区分	同等性評価区分	評価クラス
			クラスアップの有無	施設時機器クラス	DBクラス	SAクラス	条件アップの有無	DB条件		SA条件						
								圧力(MPa)	温度(℃)	圧力(MPa)	温度(℃)					
16	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.50	66	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
17	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.62	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
18	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.62	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
19	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.62	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
20	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.62	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
21	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.62	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
22	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.25	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
23	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.25	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
24	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.62	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
25	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.62	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
26	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.62	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
27	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.62	150	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
28	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.62	150	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
29	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	1.00	150	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
30	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	1.00	150	—	—	設計・建設規格	—	SA-2

NO.	既設or新設	施設時の技術基準に対象とする施設の規定があるか	クラスアップするか				条件アップするか					既工認における評価結果の有無	施設時の適用規格	評価区分	同等性評価区分	評価クラス
			クラスアップの有無	施設時機器クラス	DBクラス	SAクラス	条件アップの有無	DB条件		SA条件						
								圧力(MPa)	温度(℃)	圧力(MPa)	温度(℃)					
31	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	1.00	150	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
32	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	1.00	150	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
33	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	1.00	150	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
34	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	1.00	150	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
35	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	1.00	150	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
36	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	1.00	150	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
37	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	1.00	150	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
38	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	1.00	150	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
39	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	1.00	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
40	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	1.00	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
41	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.62	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
42	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.62	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
43	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.50	66	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
44	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.50	66	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
45	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	1.00	150	—	—	設計・建設規格	—	SA-2

NO.	既設or新設	施設時の技術基準に対象とする施設の規定があるか	クラスアップするか				条件アップするか					既工認における評価結果の有無	施設時の適用規格	評価区分	同等性評価区分	評価クラス
			クラスアップの有無	施設時機器クラス	DBクラス	SAクラス	条件アップの有無	DB条件		SA条件						
								圧力(MPa)	温度(℃)	圧力(MPa)	温度(℃)					
46	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	1.00	150	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
47	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	2.00	66	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
48	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.62	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
T1	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.62	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
T2	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.25	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
T3	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	1.00	150	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
E1	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.62	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
E2	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.62	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
E3	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.25	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
E4	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.25	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
E5	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.62	150	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
E6	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	1.00	150	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
E7	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	1.00	150	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
E8	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	1.00	150	—	—	設計・建設規格	—	SA-2

・適用規格の選定

NO.	評価項目	評価区分	判定基準	適用規格
1	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
2	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
3	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
4	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
5	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
6	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
7	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
8	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
9	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
10	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
11	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
12	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
13	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
14	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
15	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
16	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
17	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
18	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
19	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
20	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
21	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
22	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
23	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
24	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
25	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
26	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
27	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
28	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
29	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
30	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
31	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
32	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
33	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
34	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
35	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
36	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
37	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格

ＮＯ.	評価項目	評価区分	判定基準	適用規格
38	管の強度計算	設計・建設規格	―	設計・建設規格
39	管の強度計算	設計・建設規格	―	設計・建設規格
40	管の強度計算	設計・建設規格	―	設計・建設規格
41	管の強度計算	設計・建設規格	―	設計・建設規格
42	管の強度計算	設計・建設規格	―	設計・建設規格
43	管の強度計算	設計・建設規格	―	設計・建設規格
44	管の強度計算	設計・建設規格	―	設計・建設規格
45	管の強度計算	設計・建設規格	―	設計・建設規格
46	管の強度計算	設計・建設規格	―	設計・建設規格
47	管の強度計算	設計・建設規格	―	設計・建設規格
48	管の強度計算	設計・建設規格	―	設計・建設規格
T1	管の穴と補強計算	設計・建設規格	―	設計・建設規格
T2	管の穴と補強計算	設計・建設規格	―	設計・建設規格
T3	管の穴と補強計算	設計・建設規格	―	設計・建設規格
E1	伸縮継手の強度計算	設計・建設規格	―	設計・建設規格
E2	伸縮継手の強度計算	設計・建設規格	―	設計・建設規格
E3	伸縮継手の強度計算	設計・建設規格	―	設計・建設規格
E4	伸縮継手の強度計算	設計・建設規格	―	設計・建設規格
E5	伸縮継手の強度計算	設計・建設規格	―	設計・建設規格
E6	伸縮継手の強度計算	設計・建設規格	―	設計・建設規格
E7	伸縮継手の強度計算	設計・建設規格	―	設計・建設規格
E8	伸縮継手の強度計算	設計・建設規格	―	設計・建設規格

目　次

1.　概略系統図　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1

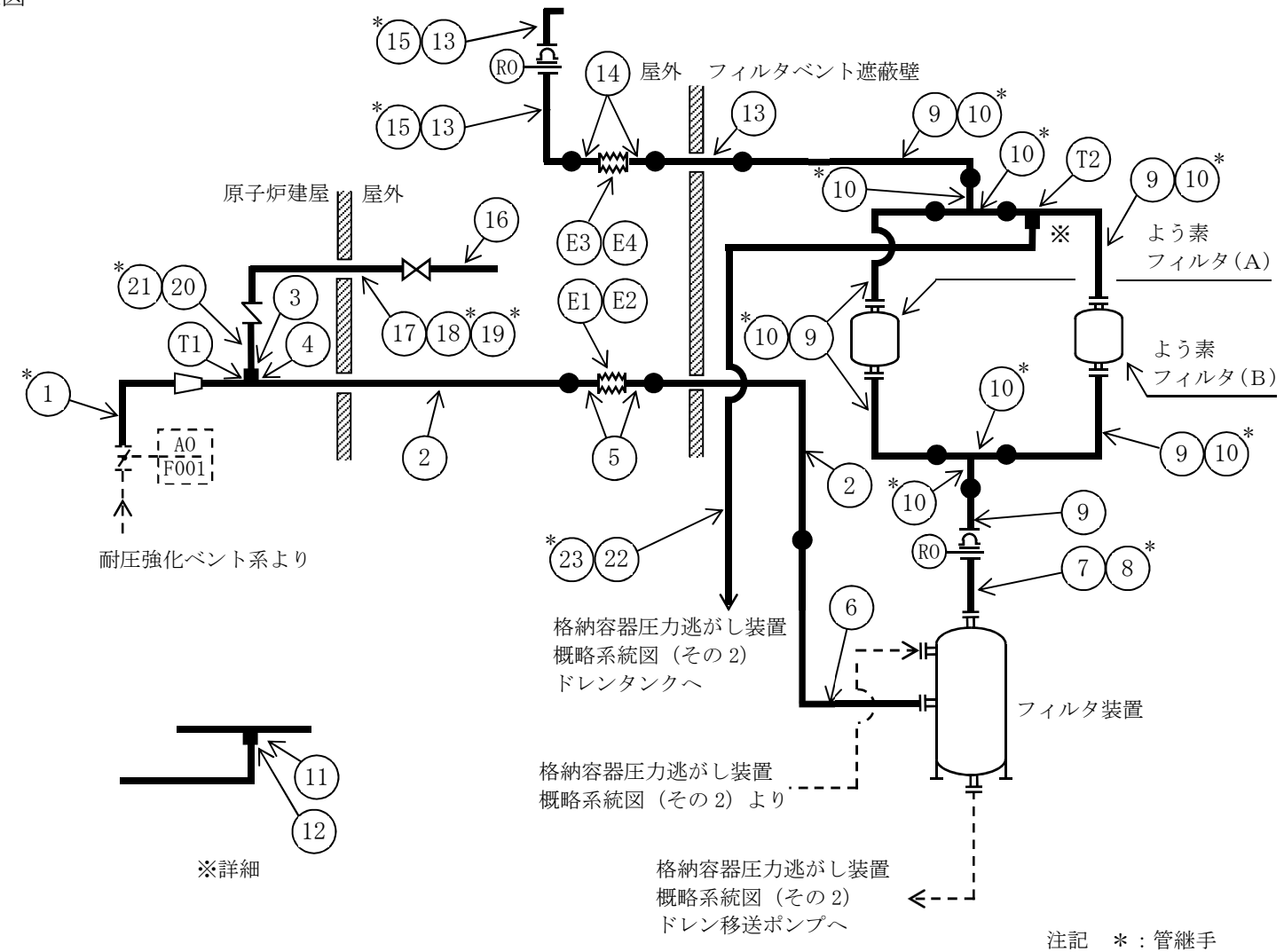
2.　管の強度計算書　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 3

3.　管の穴と補強計算書　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 7

4.　伸縮継手の強度計算書　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 10

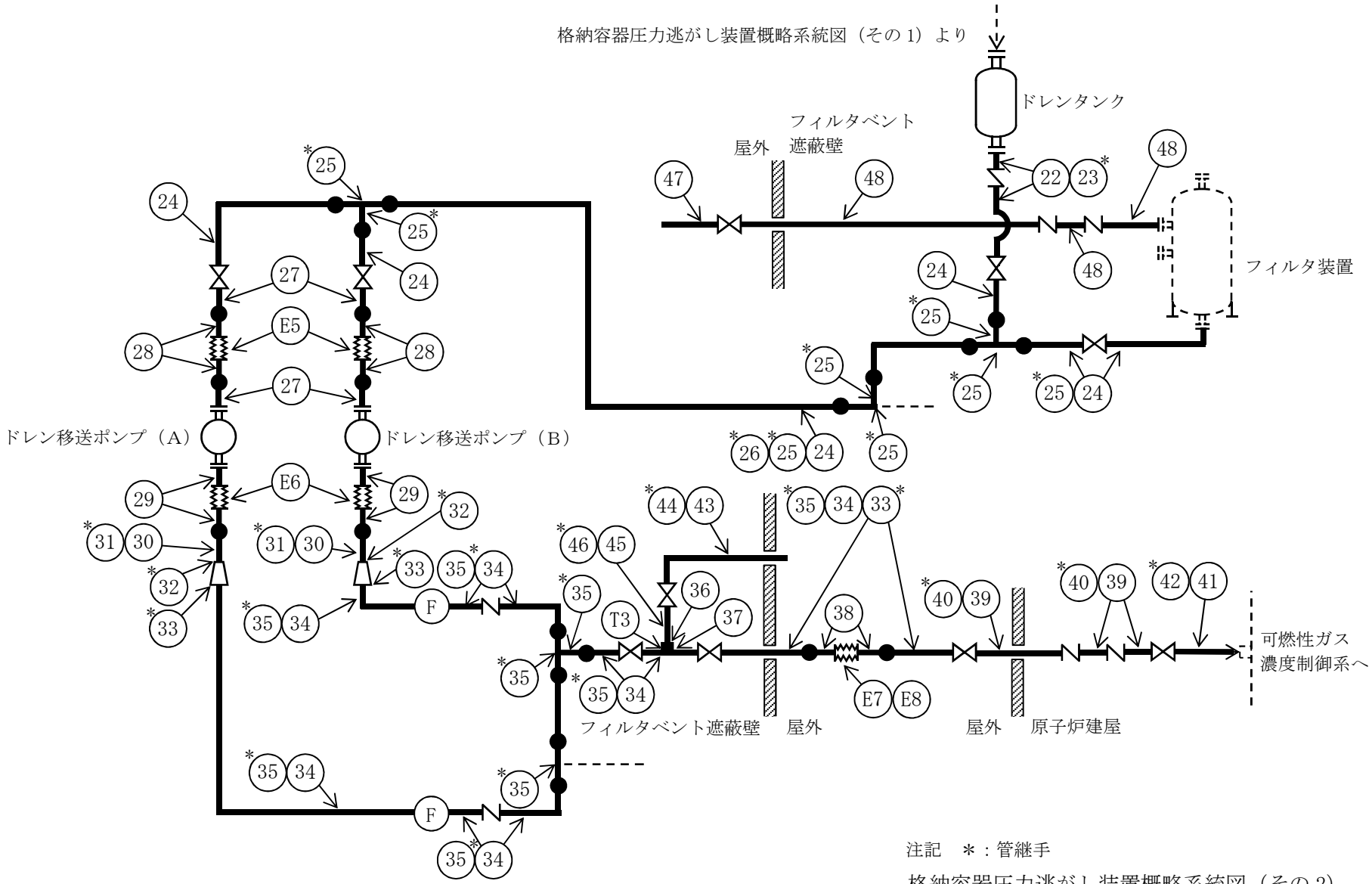
5.　設計・建設規格における材料の規定によらない場合の評価　・・・・・・・・・・ 11

1. 概略系統図



注記　＊：管継手

格納容器圧力逃がし装置概略系統図（その 1）



注記　＊：管継手

格納容器圧力逃がし装置概略系統図（その2）

2. 管の強度計算書 （重大事故等クラス２管）

設計・建設規格 PPC-3411 準用

NO.	最高使用圧力 P(MPa)	最高使用温度 (℃)	外径 Do (mm)	公称厚さ (mm)	材料	製法	クラス	S (MPa)	η	Q	ts (mm)	t (mm)	算式	tr (mm)
1	0.62	200	558.80	9.50	STPT410	S	2	103	1.0	12.5%	8.31	1.68	C	3.80
2	0.62	200	406.40	9.50	STPT410	S	2	103	1.0	12.5%	8.31	1.22	C	3.80
3	0.62	200	46.00	5.75	S25C (径≦100)	S	2	110	1.0			0.13	C	2.20
4	0.62	200	46.00	9.40	S25C (径≦100)	S	2	110	1.0			0.13	C	2.20
5	0.62	200	406.40	12.70	STPT370	S	2	93	1.0	12.5%	11.11	1.36	C	3.80
6	0.62	200	406.40	12.70	SUS316LTP	S	2	107	1.0	12.5%	11.11	1.18	A	1.18
7	0.62	200	508.00	9.53	STPT410 相当 (ASTM A106B)	S	2	103	1.0	12.5%	8.33	1.53	C	3.80
8	0.62	200	508.00	9.50	STPT410	S	2	103	1.0	12.5%	8.31	1.53	C	3.80
9	0.25	200	508.00	9.53	STPT410 相当 (ASTM A106B)	S	2	103	1.0	12.5%	8.33	0.62	C	3.80
10	0.25	200	508.00	9.50	STPT410	S	2	103	1.0	12.5%	8.31	0.62	C	3.80
11	0.25	200	75.00	11.15	S25C (径≦100)	S	2	110	1.0			0.09	C	2.70
12	0.25	200	75.00	6.95	S25C (径≦100)	S	2	110	1.0			0.09	C	2.70

NO.	最高使用圧力 P(MPa)	最高使用温度 (℃)	外径 Do (mm)	公称厚さ (mm)	材　　料	製法	クラス	S (MPa)	η	Q	ts (mm)	t (mm)	算式	tr (mm)
13	0.25	200	508.00	12.70	STPT410 相当 (ASTM A106B)	S	2	103	1.0	12.5%	11.11	0.62	C	3.80
14	0.25	200	508.00	12.00	SM400B	W	2	100	1.0	10.0%	10.80	0.64	C	3.80
15	0.25	200	508.00	12.70	STPT410	S	2	103	1.0	12.5%	11.11	0.62	C	3.80
16	0.50	66	34.00	3.40	SUS304TP	S	2	126	1.0	0.50mm	2.90	0.07	A	0.07
17	0.62	200	34.00	3.40	SUS304TP	S	2	111	1.0	0.50mm	2.90	0.10	A	0.10
18	0.62	200	46.00	5.75	SUS304	S	2	111	1.0	0.75mm	5.00	0.13	A	0.13
19	0.62	200	47.00	6.25	SUS304	S	2	111	1.0	1.25mm	5.00	0.13	A	0.13
20	0.62	200	34.00	3.40	STPT410	S	2	103	1.0	0.50mm	2.90	0.11	C	1.70
21	0.62	200	47.00	6.25	SFVC2B 相当 (SFVC2A)	S	2	120	1.0	1.25mm	5.00	0.13	C	2.20
22	0.25	200	60.50	3.90	SUS316LTP	S	2	107	1.0	0.50mm	3.40	0.07	A	0.07
23	0.25	200	76.00	7.45	SUS316L	S	2	107	1.0	1.35mm	6.10	0.09	A	0.09
24	0.62	200	60.50	3.90	SUS316LTP	S	2	107	1.0	0.50mm	3.40	0.18	A	0.18

NO.	最高使用圧力 P(MPa)	最高使用温度 (℃)	外径 Do (mm)	公称厚さ (mm)	材　　料	製法	クラス	S (MPa)	η	Q	ts (mm)	t (mm)	算式	tr (mm)
25	0.62	200	76.00	7.45	SUS316L	S	2	107	1.0	1.35mm	6.10	0.22	A	0.22
26	0.62	200	75.00	6.95	SUS316L	S	2	107	1.0	0.85mm	6.10	0.22	A	0.22
27	0.62	150	60.50	3.90	SUS316LTP	S	2	108	1.0	0.50mm	3.40	0.18	A	0.18
28	0.62	150	60.50	3.90	SUSF316L	S	2	108	1.0			0.18	A	0.18
29	1.00	150	48.60	5.10	SUSF316L	S	2	108	1.0			0.23	A	0.23
30	1.00	150	48.60	3.70	SUS316LTP	S	2	108	1.0	0.50mm	3.20	0.23	A	0.23
31	1.00	150	63.00	6.95	SUS316L	S	2	108	1.0	1.35mm	5.60	0.29	A	0.29
32	1.00	150	75.00	12.95	SUS316L	S	2	108	1.0	7.35mm	5.60	0.35	A	0.35
33	1.00	150	75.00	6.95	SUS316L	S	2	108	1.0	0.85mm	6.10	0.35	A	0.35
34	1.00	150	60.50	3.90	SUS316LTP	S	2	108	1.0	0.50mm	3.40	0.28	A	0.28
35	1.00	150	76.00	7.45	SUS316L	S	2	108	1.0	1.35mm	6.10	0.35	A	0.35
36	1.00	150	46.00	5.75	SUS316L	S	2	108	1.0			0.22	A	0.22

NO.	最高使用圧力 P(MPa)	最高使用温度 (℃)	外径 Do (mm)	公称厚さ (mm)	材　　料	製法	クラス	S (MPa)	η	Q	ts (mm)	t (mm)	算式	tr (mm)
37	1.00	150	46.00	9.40	SUS316L	S	2	108	1.0			0.22	A	0.22
38	1.00	150	60.50	5.50	SUS316LTP	S	2	108	1.0	12.5%	4.81	0.28	A	0.28
39	1.00	200	60.50	3.90	SUS316LTP	S	2	107	1.0	0.50mm	3.40	0.29	A	0.29
40	1.00	200	76.00	7.45	SUS316L	S	2	107	1.0	1.35mm	6.10	0.36	A	0.36
41	0.62	200	60.50	3.90	STPT410	S	2	103	1.0	0.50mm	3.40	0.19	C	2.40
42	0.62	200	76.00	7.45	S25C (径≦100)	S	2	110	1.0	1.35mm	6.10	0.22	C	2.70
43	0.50	66	34.00	3.40	SUS316LTP	S	2	108	1.0	0.50mm	2.90	0.08	A	0.08
44	0.50	66	47.00	6.25	SUS316L	S	2	108	1.0	1.25mm	5.00	0.11	A	0.11
45	1.00	150	34.00	3.40	SUS316LTP	S	2	108	1.0	0.50mm	2.90	0.16	A	0.16
46	1.00	150	47.00	6.25	SUS316L	S	2	108	1.0	1.25mm	5.00	0.22	A	0.22
47	2.00	66	76.30	5.20	SUS316LTP	S	2	108	1.0	12.5%	4.55	0.71	A	0.71
48	0.62	200	76.30	5.20	SUS316LTP	S	2	107	1.0	12.5%	4.55	0.22	A	0.22

評価：ts≧tr，よって十分である。

3. 管の穴と補強計算書（重大事故等クラス２管）

補強を要しない穴の最大径

設計・建設規格　PPC-3422　準用

ＮＯ.			T1
型　　式			A
最高使用圧力	P	(MPa)	0.62
最高使用温度		(℃)	200
主管と管台の角度	α	(°)	90
主管	材　　料		STPT410
	許容引張応力	S_r (MPa)	103
	外　　径	D_{or} (mm)	406.4
	内　　径	D_{ir} (mm)	389.78
	公称厚さ	t_{ro} (mm)	9.50
	厚さの負の許容差	Q_r	12.5%
	最小厚さ	t_r (mm)	8.31
	継手効率	η	1.00
管台	材　　料		S25C(径≦100)
	外　　径	D_{ob} (mm)	46.00
	内　　径	D_{ib} (mm)	27.60
	公称厚さ	t_{bn} (mm)	9.40
穴の径	d	(mm)	31.40
$d_{r1}=D_{ir}/4$		(mm)	97.45
61，d_{r1} の小さい値		(mm)	61.00
K			0.1617
200，d_{r2} の小さい値		(mm)	113.88
補強不要な穴の最大径	d_{fr}	(mm)	113.88

評価：　$d \leqq d_{fr}$

よって管の穴の補強計算は必要ない。

K7 ① V-3-3-6-2-7-1-4-1 R1

管の穴と補強計算書（重大事故等クラス２管）

補強を要しない穴の最大径

設計・建設規格　PPC-3422　準用

ＮＯ.				T2
型　　式				A
最高使用圧力		P	(MPa)	0.25
最高使用温度			(℃)	200
主管と管台の角度		α	(°)	90
主管	材　　料			STPT410 相当(ASTM A106B)
	許容引張応力	S_r	(MPa)	103
	外　　径	D_{or}	(mm)	508.00
	内　　径	D_{ir}	(mm)	491.34
	公称厚さ	t_{ro}	(mm)	9.53
	厚さの負の許容差	Q_r		12.5%
	最小厚さ	t_r	(mm)	8.33
	継手効率	η		1.00
管台	材　　料			S25C(径≦100)
	外　　径	D_{ob}	(mm)	75.00
	内　　径	D_{ib}	(mm)	53.10
	公称厚さ	t_{bn}	(mm)	11.15
穴の径		d	(mm)	56.90
$d_{r1}=D_{ir}/4$			(mm)	122.84
61，d_{r1} の小さい値			(mm)	61.00
K				0.0813
200，d_{r2} の小さい値			(mm)	126.58
補強不要な穴の最大径		d_{fr}	(mm)	126.58

評価：　$d \leqq d_{fr}$

よって管の穴の補強計算は必要ない。

管の穴と補強計算書（重大事故等クラス２管）

補強を要しない穴の最大径

設計・建設規格　PPC-3422　準用

ＮＯ.				T3
型　　式				A
最高使用圧力	P		(MPa)	1.00
最高使用温度			(℃)	150
主管と管台の角度	α		(°)	90
主管	材　　料			SUS316LTP
	許容引張応力	S_r	(MPa)	108
	外　　径	D_{or}	(mm)	60.50
	内　　径	D_{ir}	(mm)	53.7
	公称厚さ	t_{ro}	(mm)	3.90
	厚さの負の許容差	Q_r		0.50mm
	最小厚さ	t_r	(mm)	3.40
	継手効率	η		1.00
管台	材　　料			SUS316L
	外　　径	D_{ob}	(mm)	46.00
	内　　径	D_{ib}	(mm)	27.60
	公称厚さ	t_{bn}	(mm)	9.40
穴の径		d	(mm)	31.40
$d_{r1}=D_{ir}/4$			(mm)	13.43
61，d_{r1} の小さい値			(mm)	13.43
K				0.0905
200，d_{r2} の小さい値			(mm)	46.04
補強不要な穴の最大径		d_{fr}	(mm)	46.04

評価：　$d \leqq d_{fr}$

よって管の穴の補強計算は必要ない。

K7 ① V-3-3-6-2-7-1-4-1 R1

4. 伸縮継手の強度計算書（重大事故等クラス２管）

設計・建設規格 PPC-3416 準用

NO.	最高使用圧力 P (MPa)	最高使用温度 (℃)	材料	縦弾性係数 E (MPa)	t (mm)	全伸縮量 δ (mm)	b (mm)	h (mm)	n	c	算式	継手部応力 σ (MPa)	N $\times 10^3$	Nr $\times 10^3$	U
E1*1,2	0.62	200	SUS316	183000	2.00	0.00	25.00	50.00	8	1	B	16	8604629.1	0.01	0.0001
E2*2,3	0.62	200	SUS316	183000	1.20	1.00	25.00	55.00	30	2	B	20	3940461.7	0.01	0.0001
E3*1,2	0.25	200	SUS316	183000	2.00	1.00	25.00	50.00	8	1	B	45	230626.0	0.01	0.0001
E4*2,3	0.25	200	SUS316	183000	1.20	2.00	25.00	55.00	30	2	B	17	6959545.4	0.01	0.0001
E5*2	0.62	150	SUS316L	186000	1.00	1.00	8.00	15.00	20	1	A	155	3040.8	1	0.0004
E6*2	1.00	150	SUS316L	186000	0.80	1.00	5.00	10.00	32	1	A	177	1910.9	1	0.0006
E7*1,2	1.00	150	SUS316L	186000	0.60	0.00	8.50	18.00	10	2	B	15	10785311.4	0.05	0.0001
E8*2,3	1.00	150	SUS316L	186000	0.60	2.00	8.50	18.00	132	3	B	22	2822751.9	0.05	0.0001

注記　*1：ジンバルの最大変位による評価を示す。

*2：E1，E2 の外径は 406.40mm，E3，E4 の外径は 508.00mm，E5 の外径は 60.50mm，E6 の外径は 48.60mm，E7，E8 の外径は 60.50mm。

*3：アキシャルベローズの最大変位による評価を示す。

評価：U≦1，よって十分である。

5. 設計・建設規格における材料の規定によらない場合の評価

管ＮＯ．7,9,13（使用材料規格：ASTM A106B）の評価結果

（比較材料：ＪＩＳ　Ｇ　３４５６ STPT410）

管ＮＯ．7,9,13に使用しているASTM A106Bは，材料の許容引張応力が設計・建設規格に記載されていないことから，材料の許容引張応力が設計・建設規格に記載されている材料と機械的強度及び化学成分を比較し，同等であることを示す。

(1) 機械的強度

	引張強さ	降伏点又は耐力	比較結果
使用材料	415N/mm^{2}以上	240N/mm^{2}以上	引張強さ及び降伏点は同等である。
比較材料	410N/mm^{2}以上	245N/mm^{2}以上	

(2) 化学的成分

	化学成分(%)									
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	V
使用材料	0.30以下	0.10以上	0.29～1.06	0.035以下	0.035以下	—	—	—	—	—
比較材料	0.30以下	0.10～0.35	0.30～1.00	0.035以下	0.035以下	—	—	—	—	—
比較結果	Si，Mn の成分規定に差異があるが，以下により，本設備の環境下での使用は問題ないと考える。 Si：一般的に機械的強度に影響を与える成分であるが，(1)の評価結果からも機械強度は同等以上であること。 Mn：じん性に影響を与える成分であるが，本設備において使用される材料は，薄肉（16mm未満）であるため，じん性破壊が発生しがたい寸法の材料である。さらには，設計・建設規格クラス２の規格でも破壊じん性試験が要求されない範囲であり，問題ない。									

(3) 評価結果

(1)(2)の評価により，機械的強度，化学成分，いずれにおいても比較材料と同等であることを確認したため，本設備において，ASTM A106Bを重大事故等クラス２材料として使用することに問題ないと考える。

管ＮＯ．21（使用材料規格：ＪＩＳ　Ｇ　３２０２ SFVC2A）の評価結果
（比較材料：ＪＩＳ　Ｇ　３２０２ SFVC2B）

管ＮＯ．21に使用しているSFVC2Aは，材料の許容引張応力が設計・建設規格に記載されていないことから，材料の許容引張応力が設計・建設規格に記載されている材料と機械的強度及び化学成分を比較し，同等であることを示す。

(1)　機械的強度

	引張強さ	降伏点又は耐力	比較結果
使用材料	490～640N/mm^2	245N/mm^{2}以上	引張強さ及び降伏点は同等である。
比較材料	490～640N/mm^2	245N/mm^{2}以上	

(2)　化学的成分

	化学成分(%)									
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	V
使用材料	0.35以下	0.35以下	0.40～1.10	0.030以下	0.030以下	—	—	—	—	—
比較材料	0.30以下	0.35以下	0.70～1.35	0.030以下	0.030以下	—	—	—	—	—
比較結果	C，Mn の成分規定に差異があるが，以下により，本設備の環境下での使用は問題ないと考える。 C，Mn：じん性に影響を与える成分であるが，本設備において使用される材料は，薄肉（16㎜未満）であるため，じん性破壊が発生しがたい寸法の材料である。さらには，設計・建設規格クラス２の規格でも破壊じん性試験が要求されない範囲であり，問題ない。									

(3)　評価結果

(1)(2)の評価により，機械的強度，化学成分，いずれにおいても比較材料と同等であることを確認したため，本設備において，SFVC2A を重大事故等クラス２材料として使用することに問題ないと考える。

Ⅴ-3-3-6-2-7-1-4-2　管の応力計算書

まえがき

本計算書は，Ｖ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」及びＶ-3-2-9「重大事故等クラス２管の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお，評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については，Ｖ-3-2-1「強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

・評価条件整理表

応力計算モデルNo.	既設or新設	施設時の技術基準に対象とする施設の規定があるか	クラスアップするか				条件アップするか					既工認における評価結果の有無	施設時の適用規格	評価区分	同等性評価区分	評価クラス
			クラスアップの有無	施設時機器クラス	DBクラス	SAクラス	条件アップの有無	DB条件		SA条件						
								圧力(MPa)	温度(℃)	圧力(MPa)	温度(℃)					
FCVS-Y-1	新設	－	－	－	－	SA-2	－	－	－	0.62	200	－	－	設計・建設規格	－	SA-2
FCVS-Y-2	新設	－	－	－	－	SA-2	－	－	－	0.62	200	－	－	設計・建設規格	－	SA-2
FCVS-Y-3	新設	－	－	－	－	SA-2	－	－	－	0.62	200	－	－	設計・建設規格	－	SA-2
FCVS-Y-3	新設	－	－	－	－	SA-2	－	－	－	0.25	200	－	－	設計・建設規格	－	SA-2
FCVS-Y-4	新設	－	－	－	－	SA-2	－	－	－	0.25	200	－	－	設計・建設規格	－	SA-2
FCVS-Y-5	新設	－	－	－	－	SA-2	－	－	－	0.25	200	－	－	設計・建設規格	－	SA-2
FCVS-Y-6	新設	－	－	－	－	SA-2	－	－	－	0.25	200	－	－	設計・建設規格	－	SA-2
FCVS-Y-7	新設	－	－	－	－	SA-2	－	－	－	2.00	66	－	－	設計・建設規格	－	SA-2
FCVS-Y-7	新設	－	－	－	－	SA-2	－	－	－	0.62	200	－	－	設計・建設規格	－	SA-2
FCVS-Y-8	新設	－	－	－	－	SA-2	－	－	－	0.62	200	－	－	設計・建設規格	－	SA-2
FCVS-Y-8	新設	－	－	－	－	SA-2	－	－	－	0.25	200	－	－	設計・建設規格	－	SA-2
FCVS-Y-8	新設	－	－	－	－	SA-2	－	－	－	0.62	150	－	－	設計・建設規格	－	SA-2
FCVS-Y-9	新設	－	－	－	－	SA-2	－	－	－	1.00	150	－	－	設計・建設規格	－	SA-2

応力計算モデルNo.	既設or新設	施設時の技術基準に対象とする施設の規定があるか	クラスアップするか				条件アップするか					既工認における評価結果の有無	施設時の適用規格	評価区分	同等性評価区分	評価クラス
			クラスアップの有無	施設時機器クラス	DBクラス	SAクラス	条件アップの有無	DB条件		SA条件						
								圧力(MPa)	温度(℃)	圧力(MPa)	温度(℃)					
FCVS-Y-9	新設	－	－	－	－	SA-2	－	－	－	0.50	66	－	－	設計・建設規格	－	SA-2
FCVS-Y-10	新設	－	－	－	－	SA-2	－	－	－	1.00	150	－	－	設計・建設規格	－	SA-2
FCVS-Y-11	新設	－	－	－	－	SA-2	－	－	－	1.00	150	－	－	設計・建設規格	－	SA-2
FCVS-Y-11	新設	－	－	－	－	SA-2	－	－	－	1.00	200	－	－	設計・建設規格	－	SA-2
FCVS-R-1	新設	－	－	－	－	SA-2	－	－	－	0.62	200	－	－	設計・建設規格	－	SA-2
FCVS-R-1	新設	－	－	－	－	SA-2	－	－	－	0.50	66	－	－	設計・建設規格	－	SA-2
FCVS-R-2	新設	－	－	－	－	SA-2	－	－	－	1.00	200	－	－	設計・建設規格	－	SA-2

目　　次

1.　概要　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1
2.　概略系統図及び鳥瞰図　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 2
2.1　概略系統図　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 2
2.2　鳥瞰図　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 7
3.　計算条件　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 9
3.1　計算条件　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 9
3.2　材料及び許容応力　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 13
4.　計算結果　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 14
5.　代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果　・・・・・・・・・・・・・・・・ 15

K7 ① V-3-3-6-2-7-1-4-2 R1

1. 概要

本計算書は，Ｖ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」及びＶ-3-2-9「重大事故等クラス２管の強度計算方法」に基づき，管の応力計算を実施した結果を示したものである。

評価結果記載方法は，以下に示すとおりである。

(1) 管

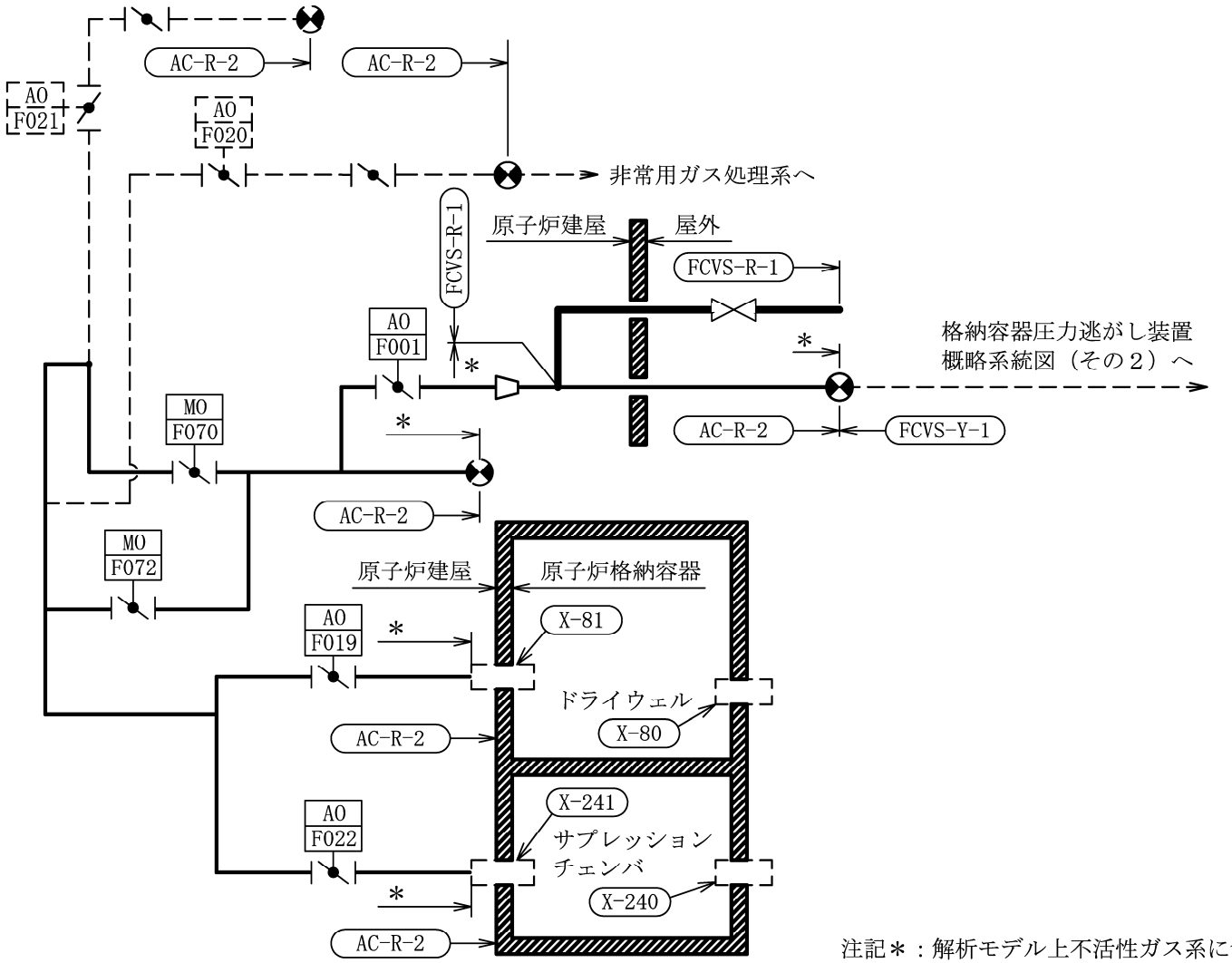
工事計画記載範囲の管のうち,設計条件あるいは管クラスに変更がある管における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また，全１３モデルのうち，最大応力評価点の許容値／発生値（裕度）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図，計算条件及び評価結果を記載する。代表モデルの選定及び全モデルの評価結果を 5. に記載する。

2.　概略系統図及び鳥瞰図

2.1　概略系統図

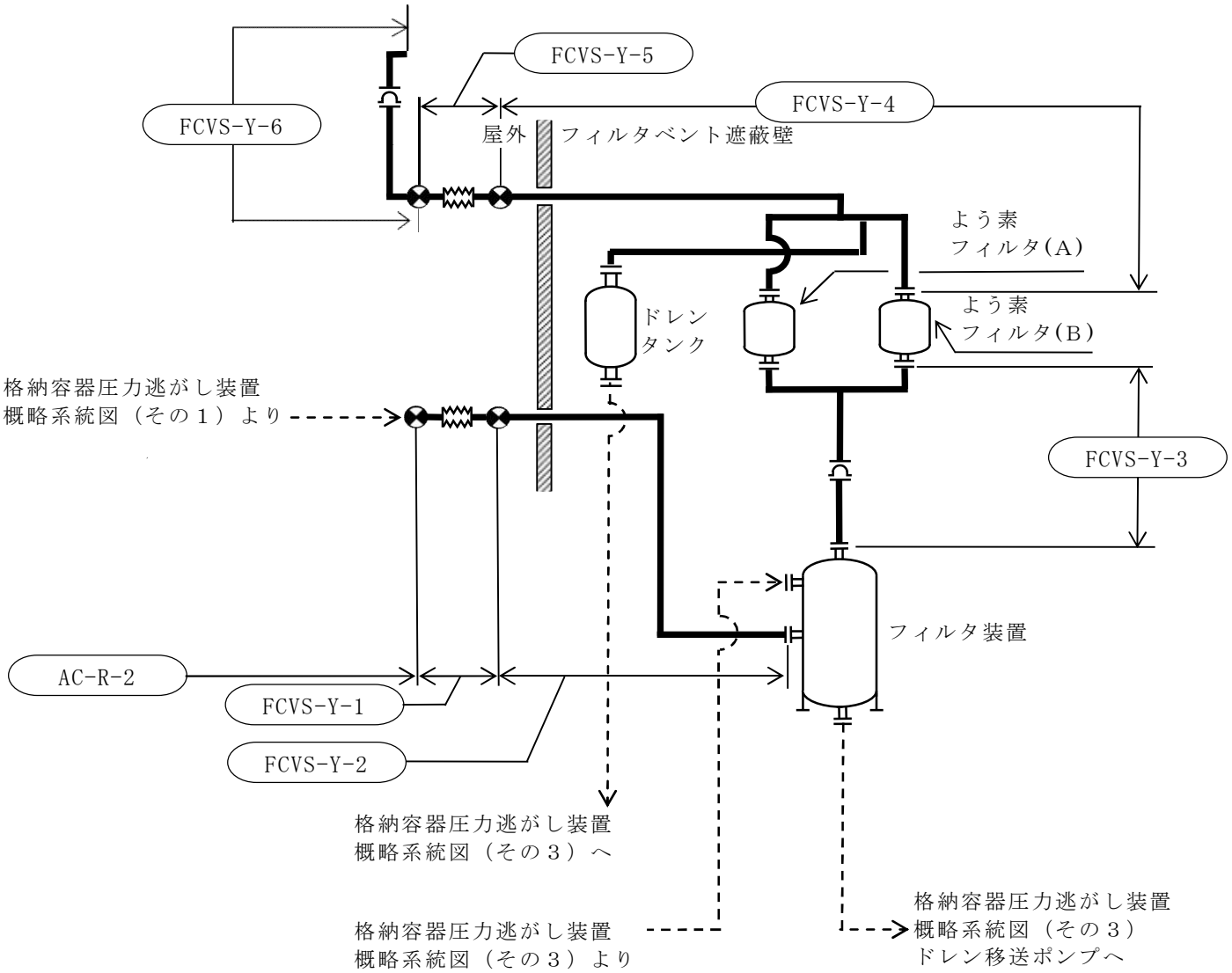
概略系統図記号凡例

記号	内容
━━━━━ (太線)	工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管
――――― (細線)	工事計画記載範囲の管のうち，本系統の管であって他計算書記載範囲の管
- - - - - - - - (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち，他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管
○○-○-○○	鳥瞰図番号
	アンカ

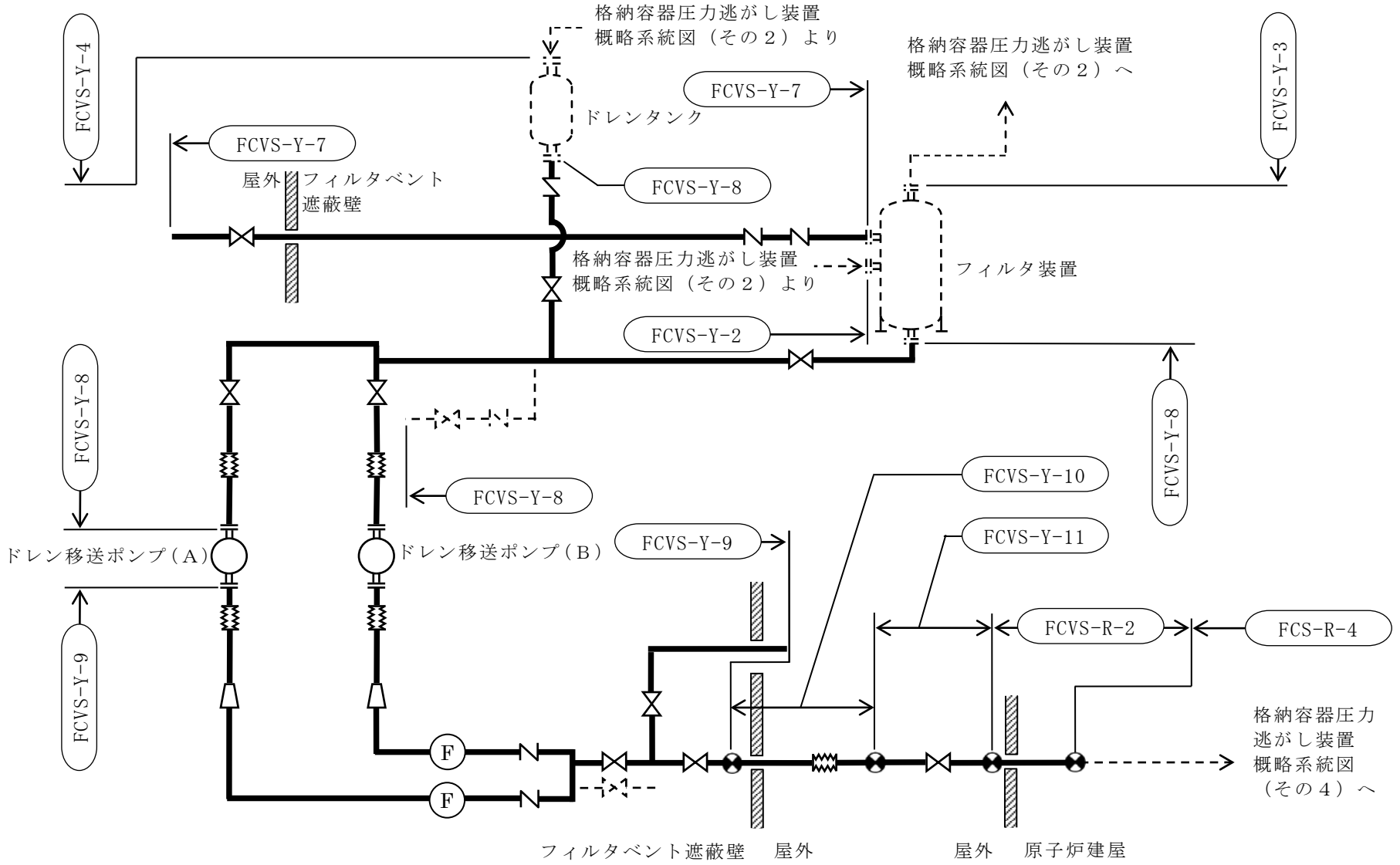


注記＊：解析モデル上不活性ガス系に含める。

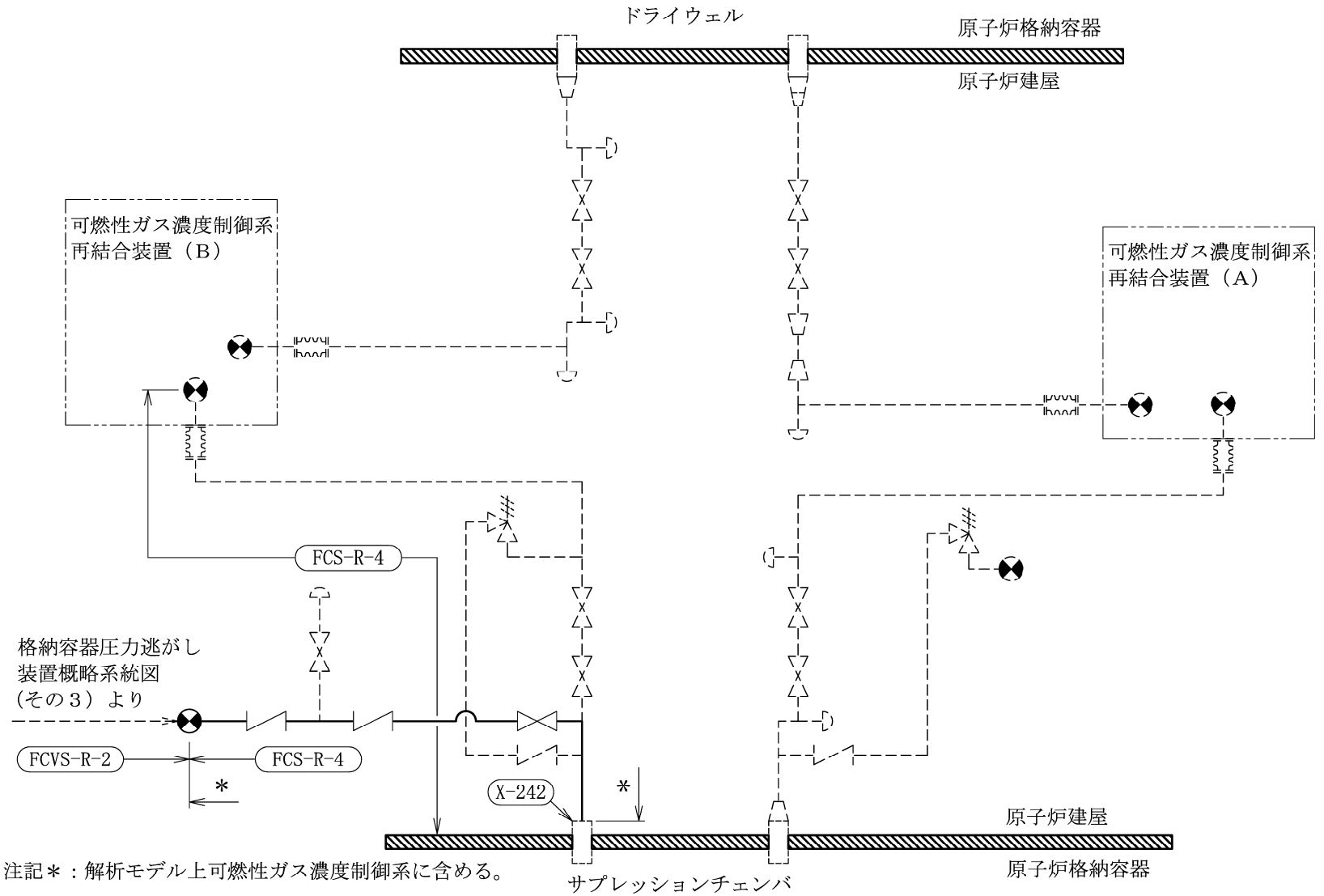
格納容器圧力逃がし装置概略系統図（その１）



格納容器圧力逃がし装置概略系統図（その２）



格納容器圧力逃がし装置概略系統図（その３）

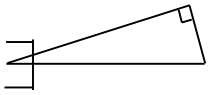
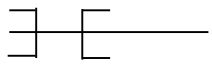
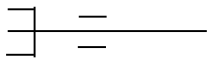


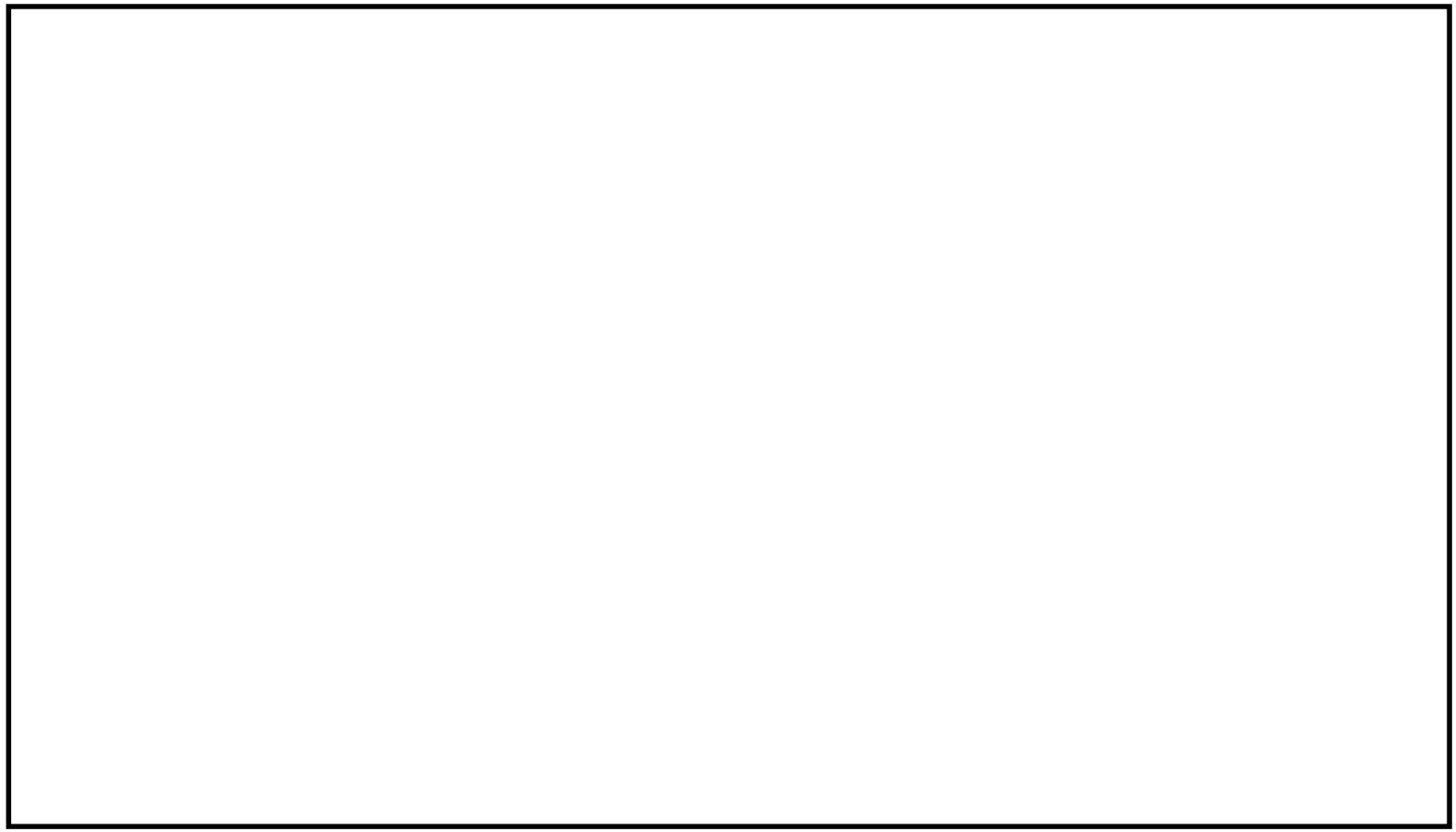
注記＊：解析モデル上可燃性ガス濃度制御系に含める。

格納容器圧力逃がし装置概略系統図（その４）

2.2　鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

記　　号	内　　容
━━━━━（太線）	工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管
――――――（細線）	工事計画記載範囲の管のうち，本系統の管であって他計算書記載範囲の管
- - - - - - - -（破線）	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち，他系統の管であって解析モデルの概略を示すために表記する管
●	質点
⊗	アンカ
	レストレイント （本図は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。スナッバについても同様とする。）
	スナッバ
	ハンガ
	リジットハンガ
	注1：鳥瞰図中の寸法の単位はmmである。



鳥瞰図	FCVS-Y-5

3. 計算条件

3.1 計算条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し，管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥瞰図 FCVS-Y-5

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料
1	1～2,7～8,9～10 12～13	0.25	200	508.0	12.7	STPT410 相当 (ASTM A106B)
2	8～9	0.25	200	508.0	12.7	STPT410

配管の付加質量

鳥瞰図　FCVS-Y-5

質量	対応する評価点
[redacted]	1～3,6～13
[redacted]	3，6

フランジ部の質量

鳥瞰図　FCVS-Y-5

質量	対応する評価点
[redacted]	3,6
[redacted]	11

支持点及び貫通部ばね定数

鳥瞰図　FCVS-Y-5

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸廻り回転ばね定数(N･mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1						
13						

3.2　材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

設計・建設規格に規定の応力計算に用いる許容応力

材料	最高使用温度 (℃)	許容応力(MPa)			
		Ｓｍ	Ｓｙ	Ｓｕ	Ｓｈ
STPT410	200	―	―	―	103

4.　計算結果

下表に示すとおり最大応力はすべて許容応力以下である。

重大事故等クラス２管であってクラス２以下の管

設計・建設規格　PPC-3520 の規定に基づく評価

鳥瞰図	最大応力評価点	最大応力区分	一次応力評価(MPa)	
			計算応力 S_{prm}*1 S_{prm}*2	許容応力 1.5・Sh 1.8・Sh
FCVS-Y-5	13	S_{prm}*1	84	154
FCVS-Y-5	13	S_{prm}*2	85	185

注記＊1：設計・建設規格 PPC-3520(1)に基づき計算した一次応力

＊2：設計・建設規格 PPC-3520(2)に基づき計算した一次応力

5. 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し，応力分類毎に裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図，計算条件及び評価結果を記載している。下表に，代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（重大事故等クラス２管であってクラス２以下の管）

No.	配管モデル	重大事故等時*1					重大事故等時*2				
		一次応力					一次応力				
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表
1	FCVS-Y-1	1	20	154	7.70	—	1	21	185	8.80	—
2	FCVS-Y-2	1	13	154	11.84	—	1	14	185	13.21	—
3	FCVS-Y-3	15	47	154	3.27	—	15	47	185	3.93	—
4	FCVS-Y-4	19	26	154	5.92	—	19	26	185	7.11	—
5	FCVS-Y-5	13	84	154	1.83	○	13	85	185	2.17	○
6	FCVS-Y-6	24	21	154	7.33	—	24	22	185	8.40	—
7	FCVS-Y-7	28	23	162	7.04	—	28	23	194	8.43	—
8	FCVS-Y-8	23	18	160	8.88	—	23	18	192	10.66	—
9	FCVS-Y-9	53	25	162	6.48	—	53	26	194	7.46	—
10	FCVS-Y-10	9	29	162	5.58	—	9	30	194	6.46	—

（続き）

No.	配管モデル	重大事故等時*1					重大事故等時*2				
		一次応力					一次応力				
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表
11	FCVS-Y-11	33	31	162	5.22	—	33	32	194	6.06	—
12	FCVS-R-1	42	21	166	7.90	—	42	21	199	9.47	—
13	FCVS-R-2	75	30	160	5.33	—	75	31	192	6.19	—

注記＊1：設計・建設規格 PPC-3520(1)に基づき計算した一次応力を示す。

＊2：設計・建設規格 PPC-3520(2)に基づき計算した一次応力を示す。

Ⅴ-3-3-6-2-7-1-4-3　管の強度計算書（可搬型）

一般産業品の規格及び基準への適合性確認結果（メーカ規格及び基準）　（スクラバ水 pH 制御設備用 3m,5m ホース）

Ⅰ．　重大事故等クラス３機器の使用目的及び使用環境，材料及び使用条件

種類	使用目的及び使用環境	材料	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)
ホース	スクラバ水 pH 制御設備用ポンプを水酸化ナトリウム水溶液及びフィルタベント接続口と接続し，圧力逃がし装置のフィルタ装置へ送水することを目的とする。使用環境として屋外で水酸化ナトリウム水溶液を送水する。	SUS304	0.7*	66*

注記　＊：重大事故等時における使用時の値を示す。

Ⅱ．　メーカ規格及び基準に規定されている事項（メーカ仕様）

種類	使用目的及び想定している使用環境	材料	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	規格及び基準に基づく試験
フレキシブルメタルホース	配管の熱変位や地震，地盤沈下対策，繰り返し発生する機械的変位等の条件に対応した柔軟構造の金属チューブであり，各設備を接続するホースとして使用することを目的とする。使用環境として屋内外で淡水等をはじめとする種々の流体を供給することを想定している。	SUS304	2.3	80	耐圧試験（試験圧力：3.45 MPa，試験保持時間：5 分間）を実施。

Ⅲ．　確認項目

(a)　：規格及び基準が妥当であることの確認（ⅠとⅡの使用目的及び使用環境の比較）

当該ホースは，重大事故等時に屋外で水酸化ナトリウム水溶液を送水するためのホースである。一方，本メーカ規格及び基準は，工業設備等に対応したホースとして使用することを目的とした一般産業品に対する規格であり，屋内外で様々な流体の送水を想定している。重大事故等時における当該ホースの使用目的及び使用環境は，本規格の使用目的及び想定している使用環境の範囲内である。

(b-2)：材料が適切であること及び使用条件に対する強度の確認（Ⅱと公的な規格等の材料及び試験条件の比較，ⅠとⅡの使用条件の比較）

当該ホースに使用されている材料は，設計・建設規格クラス３配管に使用可能であると規定されているステンレス鋼材と同種類の材料である。

当該ホースの最高使用圧力及び最高使用温度はメーカ仕様の範囲内であり，メーカが想定する最高使用圧力に対し，ＪＩＳ Ｂ ２３５２「ベローズ形伸縮管継手」に規定されている耐圧試験（試験圧力：最高使用圧力×1.5 倍　試験保持時間：5 分間以上）と同等の試験条件の耐圧試験に合格していることを検査成績書等により確認できる。一方，設計・建設規格のクラス３機器の設計許容応力は降伏点に対して 5/8 を基準にしており，この設計許容応力以下となる必要板厚は最高使用圧力を条件として評価式により求めている。よって，設計・建設規格 PHT-2311 で規定されている耐圧試験と同等の試験条件の耐圧試験に合格することで，メーカ規格及び基準の設計が設計・建設規格と同等の裕度を有しているとみなせるため，当該ホースは要求される強度を有している。

Ⅳ．　評価結果

上記の重大事故等クラス３機器は，一般産業品としてメーカ規格及び基準に適合し，使用材料の特性を踏まえた上で，重大事故等時における使用圧力及び使用温度が負荷された状態において要求される強度を有している。

Ⅴ-3-3-6-2-7-1-5　フィルタ装置の強度計算書

まえがき

本計算書は，Ⅴ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」，Ⅴ-3-2-8「重大事故等クラス２容器の強度計算方法」及びⅤ-3-2-12「重大事故等クラス２支持構造物（容器）の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお，評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については，Ⅴ-3-2-1「強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

・評価条件整理表

機器名	既設or新設	施設時の技術基準に対象とする施設の規定があるか	クラスアップするか				条件アップするか					既工認における評価結果の有無	施設時の適用規格	評価区分	同等性評価区分	評価クラス
			クラスアップの有無	施設時機器クラス	ＤＢクラス	ＳＡクラス	条件アップの有無	ＤＢ条件		ＳＡ条件						
								圧力(MPa)	温度(℃)	圧力(MPa)	温度(℃)					
フィルタ装置	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.62	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2

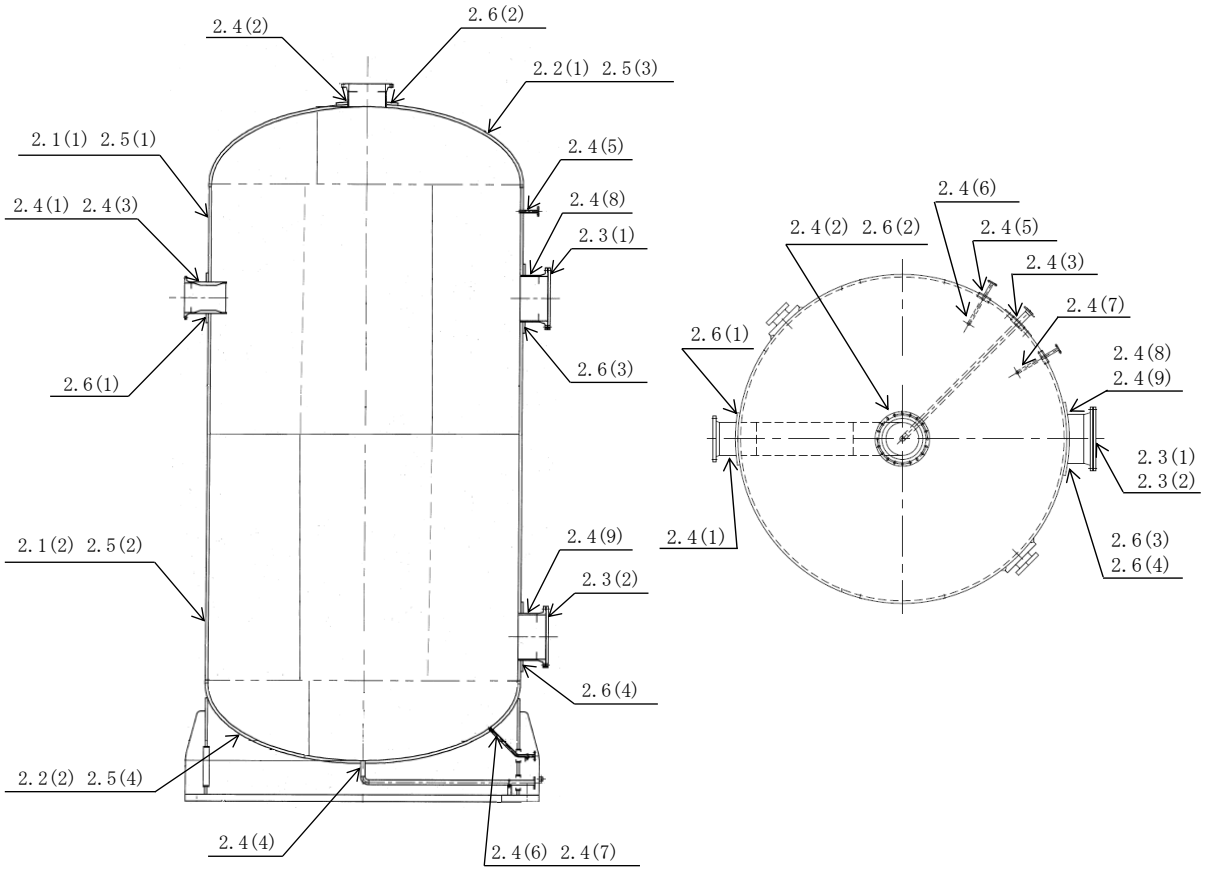
目　　次

1.　計算条件　…… 1
1.1　計算部位　…… 1
1.2　設計条件　…… 1
2.　強度計算　…… 2
2.1　容器の胴の厚さの計算　…… 2
2.2　容器の鏡板の厚さの計算　…… 3
2.3　容器の平板の厚さの計算　…… 4
2.4　容器の管台の厚さの計算　…… 6
2.5　容器の補強を要しない穴の最大径の計算　…… 8
2.6　容器の穴の補強計算　…… 10
3.　支持構造物の強度計算　…… 14

1.　計算条件

1.1　計算部位

概要図に強度計算箇所を示す。



図中の番号は次頁以降の
計算項目番号を示す。

図1－1　概要図

1.2　設計条件

最高使用圧力(MPa)	0.62
最高使用温度(℃)	200

2.　強度計算

2.1　容器の胴の厚さの計算

設計・建設規格　PVC-3121，PVC-3122(1)

胴板名称			(1)上部胴板	(2)下部胴板
材料			SUS316L	SUS316L
最高使用圧力	P	(MPa)	0.62	0.62
最高使用温度		(℃)	200	200
胴の内径	D_i	(mm)	4000.00	4000.00
許容引張応力	S	(MPa)	107	107
継手効率	η		1.00	1.00
継手の種類			突合せ両側溶接	突合せ両側溶接
放射線検査の有無			有り	有り
必要厚さ	t_1	(mm)	1.50	1.50
必要厚さ	t_2	(mm)	11.63	11.63
t_1，t_2の大きい値	t	(mm)	11.63	11.63
呼び厚さ	t_{so}	(mm)	32.00	32.00
最小厚さ	t_s	(mm)	30.40	30.40
評価：$t_s \geqq t$，よって十分である。				

2.2　容器の鏡板の厚さの計算

（イ）　設計・建設規格　PVC-3210(3)

鏡板の形状

鏡板名称			(1)上部鏡板	(2)下部鏡板
鏡板の内面における長径	D_{iL}	(mm)	3994.00	3994.00
鏡板の内面における短径の1/2	h	(mm)	998.50	998.50
長径と短径の比	$D_{iL}/(2 \cdot h)$		2.00	2.00
評価：$D_{iL}/(2 \cdot h) \leqq 2$，よって半だ円形鏡板である。				

（ロ）　設計・建設規格　PVC-3220，PVC-3225

鏡板の厚さ

鏡板名称			(1)上部鏡板	(2)下部鏡板
材料			SUS316L	SUS316L
最高使用圧力	P	(MPa)	0.62	0.62
最高使用温度		(℃)	200	200
胴の内径	D_i	(mm)	4000.00	4000.00
半だ円形鏡板の形状による係数	K		1.00	1.00
許容引張応力	S	(MPa)	107	107
継手効率	η		1.00	1.00
継手の種類			突合せ両側溶接	突合せ両側溶接
放射線検査の有無			有り	有り
必要厚さ	t_1	(mm)	11.63	11.63
必要厚さ	t_2	(mm)	11.58	11.58
t_1，t_2の大きい値	t	(mm)	11.63	11.63
呼び厚さ	t_{co}	(mm)	38.00	38.00
最小厚さ	t_c	(mm)	30.00	30.00
評価：$t_c \geqq t$，よって十分である。				

2.3　容器の平板の厚さの計算

（イ）　設計・建設規格 PVC-3310

取付け方法及び穴の有無

平板名称	(1)上部マンホール平板
平板の取付け方法	(m)
平板の穴の有無	無し

（ロ）　設計・建設規格 PVC-3310

（ＪＩＳ　Ｂ　８２６５　附属書3適用）

平板の厚さ

平板名称				(1)上部マンホール平板
平板材料				SUSF316L
ボルト材料				SUS316
ガスケット材料				SUS316L
ガスケット厚さ			(mm)	4.5
ガスケット座面の形状				1a
最高使用圧力		P	(MPa)	0.62
最高使用温度			(℃)	200
平板の許容引張応力		S	(MPa)	107
ボルトの許容引張応力	常温(ガスケット締付時)(20℃)	S_a	(MPa)	129
	最高使用温度(使用状態)	S_b	(MPa)	92
ボルト中心円の直径		C	(mm)	730.00
ボルト呼び				M24
ボルト本数		n		24
ボルト谷径		d_b	(mm)	20.752
実際のボルト総有効断面積		A_b	(mm^2)	8.117×10^3
ガスケット接触面の外径		G_s	(mm)	672.00
ガスケット接触面の幅		N	(mm)	16.00
ガスケット係数		m		3.00
最小設計締付圧力		y	(MPa)	68.9
ガスケット座の基本幅		b_o	(mm)	8.00
ガスケット座の有効幅		b	(mm)	7.13
平板の径（ガスケット有効径）		d＝G	(mm)	657.74
内圧による全荷重		W＝H	(N)	2.107×10^5
使用状態での最小ボルト荷重		W_{m1}	(N)	2.655×10^5
ガスケット締付最小ボルト荷重		W_{m2}	(N)	1.015×10^6
ボルトの所要総有効断面積	使用状態	A_{m1}	(mm^2)	2.885×10^3
	ガスケット締付時	A_{m2}	(mm^2)	7.867×10^3
	いずれか大きい値	A_m	(mm^2)	7.867×10^3
ボルト荷重	使用状態	W_o	(N)	2.655×10^5
	ガスケット締付時	W_g	(N)	1.031×10^6
	いずれか大きい値	F	(N)	1.031×10^6
モーメントアーム		h_g	(mm)	36.13
取付け方法による係数		K		0.47
必要厚さ		t	(mm)	34.29
呼び厚さ		t_{po}	(mm)	36.00
最小厚さ		t_p	(mm)	36.00
評価：$t_p \geqq t$，よって十分である。				

容器の平板の厚さの計算

（イ） 設計・建設規格 PVC-3310

取付け方法及び穴の有無

平板名称	(2)下部マンホール平板
平板の取付け方法	(m)
平板の穴の有無	無し

（ロ） 設計・建設規格 PVC-3310

（ＪＩＳ　Ｂ　８２６５　附属書3適用）

平板の厚さ

平板名称				(2)下部マンホール平板
平板材料				SUSF316L
ボルト材料				SUS316
ガスケット材料				SUS316L
ガスケット厚さ			(mm)	4.5
ガスケット座面の形状				1a
最高使用圧力		P	(MPa)	0.62
最高使用温度			(℃)	200
平板の許容引張応力		S	(MPa)	107
ボルトの許容引張応力	常温(ガスケット締付時)(20℃)	S_a	(MPa)	129
	最高使用温度(使用状態)	S_b	(MPa)	92
ボルト中心円の直径		C	(mm)	730.00
ボルト呼び				M24
ボルト本数		n		24
ボルト谷径		d_b	(mm)	20.752
実際のボルト総有効断面積		A_b	(mm^2)	8.117×10^3
ガスケット接触面の外径		G_s	(mm)	672.00
ガスケット接触面の幅		N	(mm)	16.00
ガスケット係数		m		3.00
最小設計締付圧力		y	(MPa)	68.9
ガスケット座の基本幅		b_o	(mm)	8.00
ガスケット座の有効幅		b	(mm)	7.13
平板の径（ガスケット有効径）		d＝G	(mm)	657.74
内圧による全荷重		W＝H	(N)	2.107×10^5
使用状態での最小ボルト荷重		W_{m1}	(N)	2.655×10^5
ガスケット締付最小ボルト荷重		W_{m2}	(N)	1.015×10^6
ボルトの所要総有効断面積	使用状態	A_{m1}	(mm^2)	2.885×10^3
	ガスケット締付時	A_{m2}	(mm^2)	7.867×10^3
	いずれか大きい値	A_m	(mm^2)	7.867×10^3
ボルト荷重	使用状態	W_o	(N)	2.655×10^5
	ガスケット締付時	W_g	(N)	1.031×10^6
	いずれか大きい値	F	(N)	1.031×10^6
モーメントアーム		h_g	(mm)	36.13
取付け方法による係数		K		0.47
必要厚さ		t	(mm)	34.29
呼び厚さ		t_{po}	(mm)	36.00
最小厚さ		t_p	(mm)	36.00
評価：$t_p \geqq t$，よって十分である。				

2.4 容器の管台の厚さの計算

設計・建設規格 PVC-3610

管台名称			(1)ガス入口	(2)ガス出口	(3)給水	(4)ドレン	(5)液面計
材料			SUS316L-B	SUS316L	SUS316LTP-S	SUS316LTP-S	SUS316LTP-S
最高使用圧力	P	(MPa)	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62
最高使用温度		(℃)	200	200	200	200	200
管台の外径	D_o	(mm)	406.40	508.00	76.30	60.50	34.00
許容引張応力	S	(MPa)	107	107	107	107	107
継手効率	η		1.00	0.70	1.00	1.00	1.00
継手の種類			継手無し	突合せ両側溶接	継手無し	継手無し	継手無し
放射線検査の有無			-	無し	-	-	-
必要厚さ	t_1	(mm)	1.18	2.10	0.22	0.18	0.10
必要厚さ	t_3	(mm)	-	-	-	-	-
t_1，t_3の大きい値	t	(mm)	1.18	2.10	0.22	0.18	0.10
呼び厚さ	t_{no}	(mm)	12.70	16.00	5.20	3.90	3.40
最小厚さ	t_n	(mm)	11.20	14.70	4.55	3.40	2.90
判定：$t_n \geqq t$，よって十分である。							

容器の管台の厚さの計算
設計・建設規格 PVC-3610

管台名称			(6)液面計	(7)液面計	(8)上部マンホール	(9)下部マンホール
材料			SUS316LTP-S	SUS316LTP-S	SUS316L	SUS316L
最高使用圧力	P	(MPa)	0.62	0.62	0.62	0.62
最高使用温度		(℃)	200	200	200	200
管台の外径	D_o	(mm)	34.00	34.00	609.60	609.60
許容引張応力	S	(MPa)	107	107	107	107
継手効率	η		1.00	1.00	1.00	1.00
継手の種類			継手無し	継手無し	突合せ両側溶接	突合せ両側溶接
放射線検査の有無			-	-	有り	有り
必要厚さ	t_1	(mm)	0.10	0.10	1.77	1.77
必要厚さ	t_3	(mm)	-	-	-	-
t_1，t_3の大きい値	t	(mm)	0.10	0.10	1.77	1.77
呼び厚さ	t_{no}	(mm)	3.40	3.40	18.00	18.00
最小厚さ	t_n	(mm)	2.90	2.90	16.50	16.50
判定：$t_n \geqq t$，よって十分である。						

2.5　容器の補強を要しない穴の最大径の計算

設計・建設規格　PVC-3150(2)

胴板名称			(1)上部胴板	(2)下部胴板
材料			SUS316L	SUS316L
最高使用圧力	P	(MPa)	0.62	0.62
最高使用温度		(℃)	200	200
胴の外径	D	(mm)	4064.00	4064.00
許容引張応力	S	(MPa)	107	107
胴板の最小厚さ	t_s	(mm)	30.40	30.40
継手効率	η		1.00	1.00
継手の種類			継手無し	継手無し
放射線検査の有無			－	－
$d_{r1}=(D-2\cdot t_s)/4$		(mm)	1000.80	1000.80
61，d_{r1}の小さい値		(mm)	61.00	61.00
K			0.4256	0.4256
$D\cdot t_s$		(mm^2)	1.235×10^5	1.235×10^5
200，d_{r2}の小さい値		(mm)	200.00	200.00
補強を要しない穴の最大径		(mm)	200.00	200.00
評価：補強の計算を要する穴の名称			ガス入口(2.6(1)) 上部マンホール(2.6(3))	下部マンホール(2.6(4))

容器の補強を要しない穴の最大径の計算

設計・建設規格　PVC-3230(2)

鏡板名称			(3)上部鏡板	(4)下部鏡板
材料			SUS316L	SUS316L
最高使用圧力	P	(MPa)	0.62	0.62
最高使用温度		(℃)	200	200
鏡板のフランジ部の外径	D	(mm)	4070.00	4070.00
許容引張応力	S	(MPa)	107	107
鏡板の最小厚さ	t_c	(mm)	30.00	30.00
継手効率	η		1.00	1.00
継手の種類			継手無し	継手無し
放射線検査の有無			－	－
$d_{r1}=(D-2\cdot t_c)/4$		(mm)	1002.50	1002.50
61，d_{r1}の小さい値		(mm)	61.00	61.00
K			0.4319	0.4319
$D\cdot t_c$		(mm^2)	1.221×10^5	1.221×10^5
200，d_{r2}の小さい値		(mm)	200.00	200.00
補強を要しない穴の最大径		(mm)	200.00	200.00
評価：補強の計算を要する穴の名称			ガス出口(2.6(2))	無し

2.6　容器の穴の補強計算

設計・建設規格　PVC-3160

参照附図　ＷＥＬＤ－１９

部材名称			(1)ガス入口
胴板材料			SUS316L
管台材料			SUS316L-B
強め板材料			SUS316L
最高使用圧力	P	(MPa)	0.62
最高使用温度		(℃)	200
胴板の許容引張応力	S_s	(MPa)	107
管台の許容引張応力	S_n	(MPa)	107
強め板の許容引張応力	S_e	(MPa)	107
穴の径	d	(mm)	384.00
管台が取り付く穴の径	d_w	(mm)	412.40
胴板の最小厚さ	t_s	(mm)	30.40
管台の最小厚さ	t_n	(mm)	11.20
胴板の継手効率	η		1.00
係数	F		1.00
胴の内径	D_i	(mm)	4000.00
胴板の計算上必要な厚さ	t_{sr}	(mm)	11.63
管台の計算上必要な厚さ	t_{nr}	(mm)	1.12
穴の補強に必要な面積	A_r	(mm^2)	4.466×10^3
補強の有効範囲	X_1	(mm)	384.00
補強の有効範囲	X_2	(mm)	384.00
補強の有効範囲	X	(mm)	768.00
補強の有効範囲	Y_1	(mm)	58.70
補強の有効範囲	Y_2	(mm)	28.00
強め板の最小厚さ	t_e	(mm)	30.70
強め板の外径	B_e	(mm)	640.00
管台の外径	D_{on}	(mm)	406.40
溶接寸法	L_1	(mm)	15.00
溶接寸法	L_2	(mm)	25.00
溶接寸法	L_3	(mm)	15.00
胴板の有効補強面積	A_1	(mm^2)	7.208×10^3
管台の有効補強面積	A_2	(mm^2)	1.811×10^3
すみ肉溶接部の有効補強面積	A_3	(mm^2)	1.075×10^3
強め板の有効補強面積	A_4	(mm^2)	7.172×10^3
補強に有効な総面積	A_0	(mm^2)	1.727×10^4
評価：$A_0 > A_r$よって十分である。			
大きい穴の補強			
補強を要する穴の限界径	d_j	(mm)	1000.00
評価：$d \leqq d_j$，よって大きい穴の補強計算は必要ない。			
溶接部にかかる荷重	W_1	(N)	1.076×10^6
溶接部にかかる荷重	W_2	(N)	-2.581×10^5
溶接部の負うべき荷重	W	(N)	-2.581×10^5
評価：W＜０，よって溶接部強度計算を行わない。			

容器の穴の補強計算

設計・建設規格　PVC-3240

参照附図　ＷＥＬＤ－４６

部材名称			(2)ガス出口
鏡板材料			SUS316L
管台材料			SUS316L
強め板材料			SUS316L
最高使用圧力	P	(MPa)	0.62
最高使用温度		(℃)	200
鏡板の許容引張応力	S_c	(MPa)	107
管台の許容引張応力	S_n	(MPa)	107
強め板の許容引張応力	S_e	(MPa)	107
穴の径	d	(mm)	478.60
管台が取り付く穴の径	d_w	(mm)	514.00
鏡板の最小厚さ	t_c	(mm)	30.00
管台の最小厚さ	t_n	(mm)	14.70
鏡板の継手効率	η		1.00
係数	F		1.00
鏡板の中央部における内面の半径	R	(mm)	3594.60
鏡板の計算上必要な厚さ	t_{cr}	(mm)	10.42
管台の計算上必要な厚さ	t_{nr}	(mm)	1.40
穴の補強に必要な面積	A_r	(mm^2)	4.987×10^3
補強の有効範囲	X_1	(mm)	478.60
補強の有効範囲	X_2	(mm)	478.60
補強の有効範囲	X	(mm)	957.20
補強の有効範囲	Y_1	(mm)	67.45
補強の有効範囲	Y_2	(mm)	36.75
強め板の最小厚さ	t_e	(mm)	30.70
強め板の外径	B_e	(mm)	808.00
管台の外径	D_{on}	(mm)	508.00
溶接寸法	L_1	(mm)	16.00
溶接寸法	L_2	(mm)	25.00
鏡板の有効補強面積	A_1	(mm^2)	9.371×10^3
管台の有効補強面積	A_2	(mm^2)	1.795×10^3
すみ肉溶接部の有効補強面積	A_3	(mm^2)	881.0
強め板の有効補強面積	A_4	(mm^2)	9.210×10^3
補強に有効な総面積	A_0	(mm^2)	2.126×10^4
評価：$A_0>A_r$よって十分である。			
大きい穴の補強			
補強を要する穴の限界径	d_j	(mm)	1000.00
評価：$d\leqq d_j$，よって大きい穴の補強計算は必要ない。			
溶接部にかかる荷重	W_1	(N)	1.272×10^6
溶接部にかかる荷重	W_2	(N)	-4.296×10^5
溶接部の負うべき荷重	W	(N)	-4.296×10^5
評価：W＜０，よって溶接部強度計算を行わない。			

容器の穴の補強計算

設計・建設規格　PVC-3160

参照附図　ＷＥＬＤ－１６

部材名称			(3)上部マンホール
胴板材料			SUS316L
管台材料			SUS316L
強め板材料			SUS316L
最高使用圧力	P	(MPa)	0.62
最高使用温度		(℃)	200
胴板の許容引張応力	S_s	(MPa)	107
管台の許容引張応力	S_n	(MPa)	107
強め板の許容引張応力	S_e	(MPa)	107
穴の径	d	(mm)	576.60
管台が取り付く穴の径	d_w	(mm)	615.60
胴板の最小厚さ	t_s	(mm)	30.40
管台の最小厚さ	t_n	(mm)	16.50
胴板の継手効率	η		1.00
係数	F		1.00
胴の内径	D_i	(mm)	4000.00
胴板の計算上必要な厚さ	t_{sr}	(mm)	11.63
管台の計算上必要な厚さ	t_{nr}	(mm)	1.68
穴の補強に必要な面積	A_r	(mm^2)	6.705×10^3
補強の有効範囲	X_1	(mm)	576.60
補強の有効範囲	X_2	(mm)	576.60
補強の有効範囲	X	(mm)	1153.20
補強の有効範囲	Y_1	(mm)	71.95
補強の有効範囲	Y_2	(mm)	41.25
強め板の最小厚さ	t_e	(mm)	30.70
強め板の外径	B_e	(mm)	900.00
管台の外径	D_{on}	(mm)	609.60
溶接寸法	L_1	(mm)	18.00
溶接寸法	L_2	(mm)	25.00
胴板の有効補強面積	A_1	(mm^2)	1.082×10^4
管台の有効補強面積	A_2	(mm^2)	2.133×10^3
すみ肉溶接部の有効補強面積	A_3	(mm^2)	949.0
強め板の有効補強面積	A_4	(mm^2)	8.915×10^3
補強に有効な総面積	A_0	(mm^2)	2.282×10^4
評価：$A_0 > A_r$ よって十分である。			
大きい穴の補強			
補強を要する穴の限界径	d_j	(mm)	1000.00
評価：$d \leqq d_j$，よって大きい穴の補強計算は必要ない。			
溶接部にかかる荷重	W_1	(N)	1.284×10^6
溶接部にかかる荷重	W_2	(N)	-3.921×10^5
溶接部の負うべき荷重	W	(N)	-3.921×10^5
評価：$W < 0$，よって溶接部強度計算を行わない。			

容器の穴の補強計算

設計・建設規格　PVC-3160

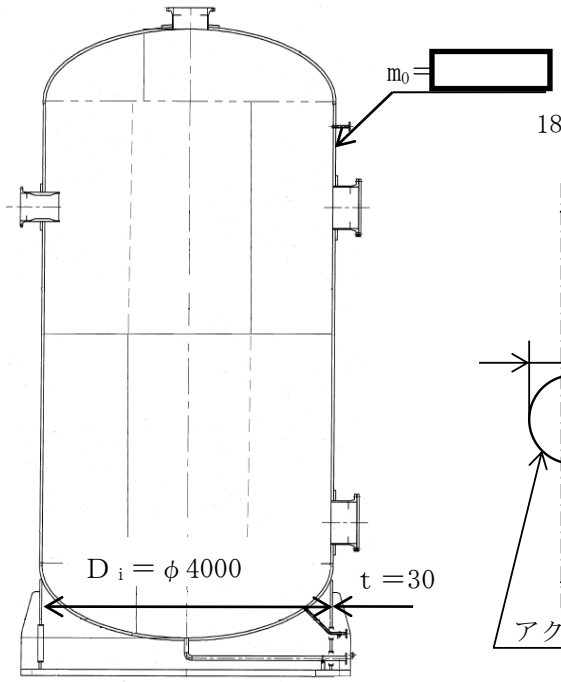
参照附図　ＷＥＬＤ－１６

部材名称			(4)下部マンホール
胴板材料			SUS316L
管台材料			SUS316L
強め板材料			SUS316L
最高使用圧力	P	(MPa)	0.62
最高使用温度		(℃)	200
胴板の許容引張応力	S_s	(MPa)	107
管台の許容引張応力	S_n	(MPa)	107
強め板の許容引張応力	S_e	(MPa)	107
穴の径	d	(mm)	576.60
管台が取り付く穴の径	d_w	(mm)	615.60
胴板の最小厚さ	t_s	(mm)	30.40
管台の最小厚さ	t_n	(mm)	16.50
胴板の継手効率	η		1.00
係数	F		1.00
胴の内径	D_i	(mm)	4000.00
胴板の計算上必要な厚さ	t_{sr}	(mm)	11.63
管台の計算上必要な厚さ	t_{nr}	(mm)	1.68
穴の補強に必要な面積	A_r	(mm^2)	6.705×10^3
補強の有効範囲	X_1	(mm)	576.60
補強の有効範囲	X_2	(mm)	576.60
補強の有効範囲	X	(mm)	1153.20
補強の有効範囲	Y_1	(mm)	71.95
補強の有効範囲	Y_2	(mm)	41.25
強め板の最小厚さ	t_e	(mm)	30.70
強め板の外径	B_e	(mm)	900.00
管台の外径	D_{on}	(mm)	609.60
溶接寸法	L_1	(mm)	18.00
溶接寸法	L_2	(mm)	25.00
胴板の有効補強面積	A_1	(mm^2)	1.082×10^4
管台の有効補強面積	A_2	(mm^2)	2.133×10^3
すみ肉溶接部の有効補強面積	A_3	(mm^2)	949.0
強め板の有効補強面積	A_4	(mm^2)	8.915×10^3
補強に有効な総面積	A_0	(mm^2)	2.282×10^4
評価：$A_0 > A_r$ よって十分である。			
大きい穴の補強			
補強を要する穴の限界径	d_j	(mm)	1000.00
評価：$d \leqq d_j$，よって大きい穴の補強計算は必要ない。			
溶接部にかかる荷重	W_1	(N)	1.284×10^6
溶接部にかかる荷重	W_2	(N)	-3.921×10^5
溶接部の負うべき荷重	W	(N)	-3.921×10^5
評価：$W < 0$，よって溶接部強度計算を行わない。			

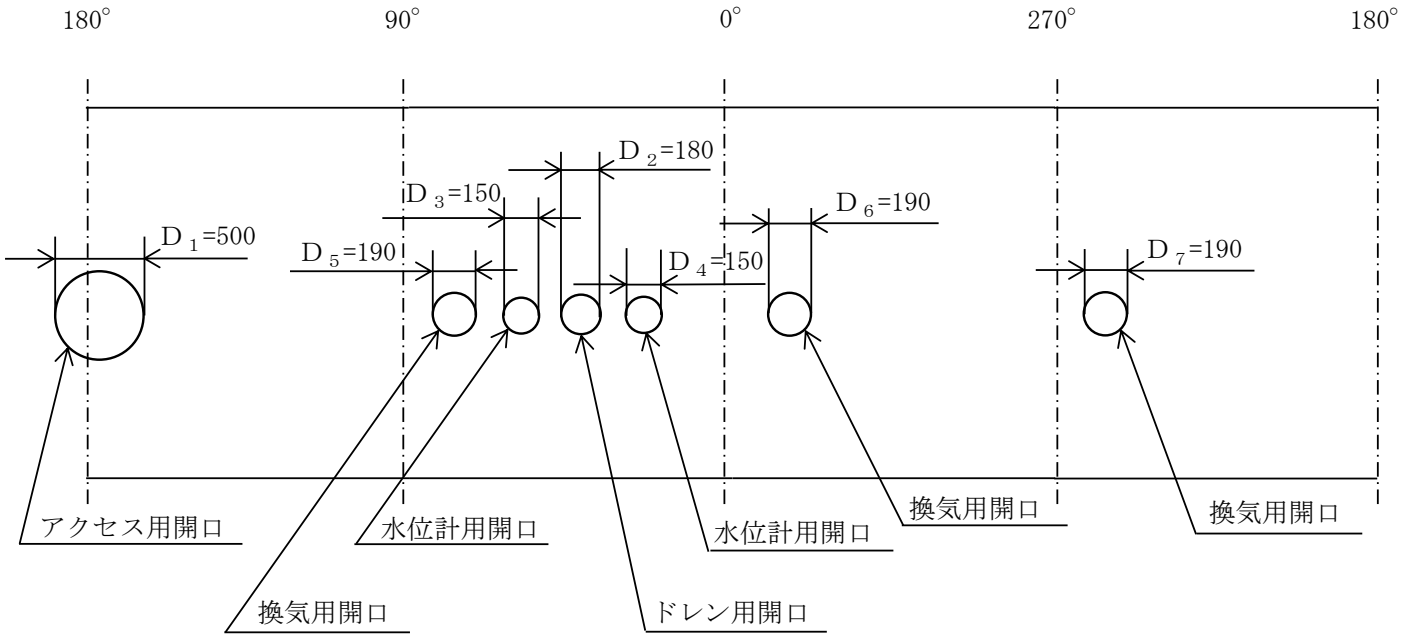
3. 支持構造物の強度計算

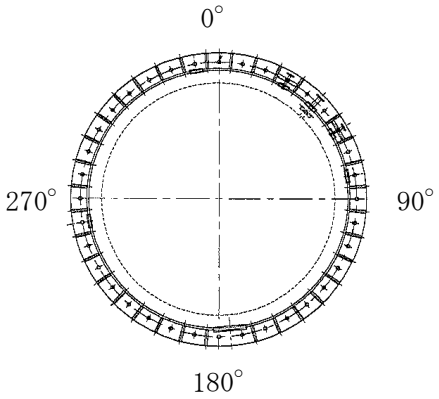
(1) 一次圧縮応力評価

種類	脚本数	材料	最高使用温度 (℃)	F値 (MPa)	鉛直荷重 F_c (N)	断面積 A (mm^2)	一次圧縮応力 σ_c (MPa)	許容圧縮応力 f_c (MPa)	評価
スカート支持 たて置円筒形容器	－	SUS316L	200	162	9.611×10^5	3.333×10^5	3	107	σ_c は f_c 以下であるので，支持構造物の強度は十分である。



スカートの穴径に関する情報





（単位：mm）

フィルタ装置　支持構造物の強度計算説明図

Ⅴ-3-3-6-2-7-1-6　よう素フィルタの強度計算書

まえがき

本計算書は，Ⅴ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」，Ⅴ-3-2-8「重大事故等クラス２容器の強度計算方法」及びⅤ-3-2-12「重大事故等クラス２支持構造物（容器）の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお，評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については，Ⅴ-3-2-1「強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

・評価条件整理表

機器名	既設or新設	施設時の技術基準に対象とする施設の規定があるか	クラスアップするか				条件アップするか					既工認における評価結果の有無	施設時の適用規格	評価区分	同等性評価区分	評価クラス
			クラスアップの有無	施設時機器クラス	ＤＢクラス	ＳＡクラス	条件アップの有無	ＤＢ条件		ＳＡ条件						
								圧力(MPa)	温度(℃)	圧力(MPa)	温度(℃)					
よう素フィルタ	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.25	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2

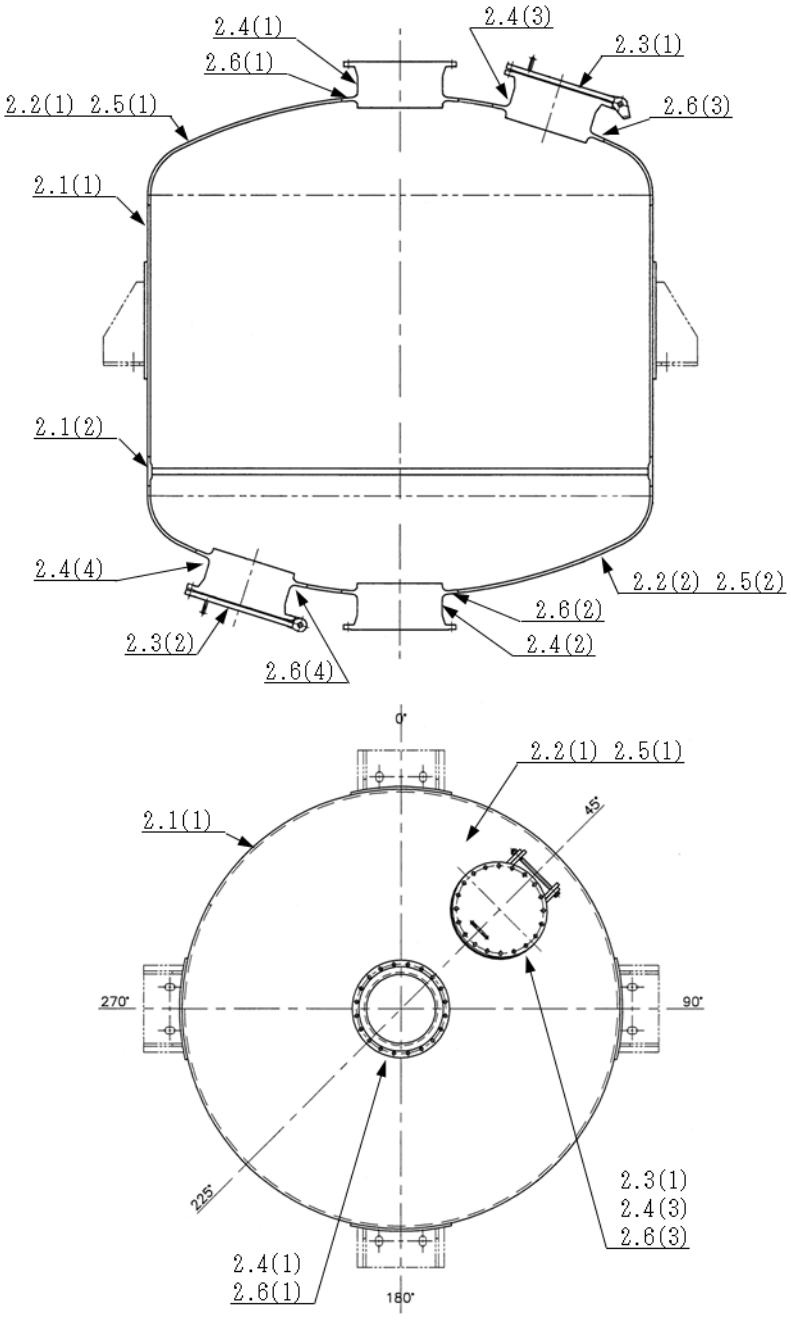
目　　次

1.　計算条件　…… 1
1.1　計算部位　…… 1
1.2　設計条件　…… 1
2.　強度計算　…… 2
2.1　容器の胴の厚さの計算　…… 2
2.2　容器の鏡板の厚さの計算　…… 3
2.3　容器の平板の厚さの計算　…… 4
2.4　容器の管台の厚さの計算　…… 6
2.5　容器の補強を要しない穴の最大径の計算　…… 7
2.6　容器の穴の補強計算　…… 8
3.　支持構造物の強度計算　…… 12

1.　計算条件

1.1　計算部位

概要図に強度計算箇所を示す。



図中の番号は次頁以降の
計算項目番号を示す。

図1－1　概要図

1.2　設計条件

最高使用圧力(MPa)	0.25
最高使用温度(℃)	200

K7 ① V-3-3-6-2-7-1-6 R1

2. 強度計算

2.1 容器の胴の厚さの計算

設計・建設規格 PVC-3121, PVC-3122(1)

胴板名称			(1)胴板	(2)管板周りの胴板
材料			SUS316L	SUSF316L
最高使用圧力	P	(MPa)	0.25	0.25
最高使用温度		(℃)	200	200
胴の内径	D_i	(mm)	3000.00	3000.00
許容引張応力	S	(MPa)	107	107
継手効率	η		1.00	1.00
継手の種類			突合せ両側溶接	継手無し
放射線検査の有無			有り	-
必要厚さ	t_1	(mm)	1.50	1.50
必要厚さ	t_2	(mm)	3.51	3.51
t_1, t_2の大きい値	t	(mm)	3.51	3.51
呼び厚さ	t_{s0}	(mm)	18.00	18.00
最小厚さ	t_s	(mm)	17.20	16.40
評価：$t_s \geqq t$, よって十分である。				

2.2　容器の鏡板の厚さの計算

（イ）　設計・建設規格　PVC-3210(1)

鏡板の形状

鏡板名称			(1)上部鏡板	(2)下部鏡板
鏡板の外径	D_{oc}	(mm)	3036.00	3036.00
鏡板の中央部における内面の半径	R	(mm)	3000.00	3000.00
鏡板のすみの丸みの内半径	r	(mm)	300.00	300.00
$3・t_{c0}$		(mm)	54.00	54.00
$0.06・D_{oc}$		(mm)	182.16	182.16
評価：$D_{oc} \geqq R$，$r \geqq 3・t_{c0}$，$r \geqq 0.06・D_{oc}$，$r \geqq 50$mm，よってさら形鏡板である。				

（ロ）　設計・建設規格　PVC-3220，PVC-3221

鏡板の厚さ

鏡板名称			(1)上部鏡板	(2)下部鏡板
材料			SUS316L	SUS316L
最高使用圧力	P	(MPa)	0.25	0.25
最高使用温度		(℃)	200	200
胴の内径	D_i	(mm)	3000.00	3000.00
さら形鏡板の形状による係数	W		1.54	1.54
許容引張応力	S	(MPa)	107	107
継手効率	η		1.00	1.00
継手の種類			継手無し	継手無し
放射線検査の有無			－	－
必要厚さ	t_1	(mm)	3.51	3.51
必要厚さ	t_2	(mm)	5.40	5.40
t_1，t_2の大きい値	t	(mm)	5.40	5.40
呼び厚さ	t_{c0}	(mm)	18.00	18.00
最小厚さ	t_c	(mm)	14.00	14.00
評価：$t_c \geqq t$，よって十分である。				

2.3　容器の平板の厚さの計算

（イ）　設計・建設規格 PVC-3310

取付け方法及び穴の有無

平板名称	(1)上部マンホール平板
平板の取付け方法	(m)
平板の穴の有無	無し

（ロ）　設計・建設規格 PVC-3310

（ＪＩＳ　Ｂ　８２６５　附属書3適用）

平板の厚さ

平板名称				(1)上部マンホール平板
平板材料				SUSF316L
ボルト材料				SUS316
ガスケット材料				SUS316L
ガスケット厚さ			(mm)	4.5
ガスケット座面の形状				1a
最高使用圧力		P	(MPa)	0.25
最高使用温度			(℃)	200
平板の許容引張応力		S	(MPa)	107
ボルトの許容引張応力	常温(ガスケット締付時)(20℃)	S_a	(MPa)	129
	最高使用温度(使用状態)	S_b	(MPa)	92
ボルト中心円の直径		C	(mm)	620.00
ボルト呼び				M24
ボルト本数		n		20
ボルト谷径		d_b	(mm)	20.752
実際のボルト総有効断面積		A_b	(mm^2)	6.765×10^3
ガスケット接触面の外径		G_s	(mm)	568.00
ガスケット接触面の幅		N	(mm)	16.00
ガスケット係数		m		3.00
最小設計締付圧力		y	(MPa)	68.9
ガスケット座の基本幅		b_o	(mm)	8.00
ガスケット座の有効幅		b	(mm)	7.13
平板の径（ガスケット有効径）		d＝G	(mm)	553.74
内圧による全荷重		W＝H	(N)	6.021×10^4
使用状態での最小ボルト荷重		W_{m1}	(N)	7.881×10^4
ガスケット締付最小ボルト荷重		W_{m2}	(N)	8.543×10^5
ボルトの所要総有効断面積	使用状態	A_{m1}	(mm^2)	856.6
	ガスケット締付時	A_{m2}	(mm^2)	6.623×10^3
	いずれか大きい値	A_m	(mm^2)	6.623×10^3
ボルト荷重	使用状態	W_o	(N)	7.881×10^4
	ガスケット締付時	W_g	(N)	8.635×10^5
	いずれか大きい値	F	(N)	8.635×10^5
モーメントアーム		h_g	(mm)	33.13
取付け方法による係数		K		1.06
必要厚さ		t	(mm)	27.54
呼び厚さ		t_{po}	(mm)	30.00
最小厚さ		t_p	(mm)	30.00
評価：$t_p \geqq t$，よって十分である。				

容器の平板の厚さの計算

(イ)　設計・建設規格 PVC-3310

取付け方法及び穴の有無

平板名称	(2)下部マンホール平板
平板の取付け方法	(m)
平板の穴の有無	無し

(ロ)　設計・建設規格 PVC-3310

（ＪＩＳ　Ｂ　８２６５　附属書3適用）

平板の厚さ

平板名称				(2)下部マンホール平板
平板材料				SUSF316L
ボルト材料				SUS316
ガスケット材料				SUS316L
ガスケット厚さ			(mm)	4.5
ガスケット座面の形状				1a
最高使用圧力		P	(MPa)	0.25
最高使用温度			(℃)	200
平板の許容引張応力		S	(MPa)	107
ボルトの許容引張応力	常温(ガスケット締付時)(20℃)	S_a	(MPa)	129
	最高使用温度(使用状態)	S_b	(MPa)	92
ボルト中心円の直径		C	(mm)	620.00
ボルト呼び				M24
ボルト本数		n		20
ボルト谷径		d_b	(mm)	20.752
実際のボルト総有効断面積		A_b	(mm^2)	6.765×10^3
ガスケット接触面の外径		G_s	(mm)	568.00
ガスケット接触面の幅		N	(mm)	16.00
ガスケット係数		m		3.00
最小設計締付圧力		y	(MPa)	68.9
ガスケット座の基本幅		b_o	(mm)	8.00
ガスケット座の有効幅		b	(mm)	7.13
平板の径（ガスケット有効径）		d＝G	(mm)	553.74
内圧による全荷重		W＝H	(N)	6.021×10^4
使用状態での最小ボルト荷重		W_{m1}	(N)	7.881×10^4
ガスケット締付最小ボルト荷重		W_{m2}	(N)	8.543×10^5
ボルトの所要総有効断面積	使用状態	A_{m1}	(mm^2)	856.6
	ガスケット締付時	A_{m2}	(mm^2)	6.623×10^3
	いずれか大きい値	A_m	(mm^2)	6.623×10^3
ボルト荷重	使用状態	W_o	(N)	7.881×10^4
	ガスケット締付時	W_g	(N)	8.635×10^5
	いずれか大きい値	F	(N)	8.635×10^5
モーメントアーム		h_g	(mm)	33.13
取付け方法による係数		K		1.06
必要厚さ		t	(mm)	27.54
呼び厚さ		t_{po}	(mm)	30.00
最小厚さ		t_p	(mm)	30.00
評価：$t_p \geqq t$，よって十分である。				

2.4 容器の管台の厚さの計算

設計・建設規格 PVC-3610

管台名称			(1)ガス入口	(2)ガス出口	(3)上部マンホール	(4)下部マンホール
材料			SUSF316L	SUSF316L	SUSF316L	SUSF316L
最高使用圧力	P	(MPa)	0.25	0.25	0.25	0.25
最高使用温度		(℃)	200	200	200	200
管台の外径	D_0	(mm)	508.00	508.00	508.00	508.00
許容引張応力	S	(MPa)	107	107	107	107
継手効率	η		1.00	1.00	1.00	1.00
継手の種類			継手無し	継手無し	継手無し	継手無し
放射線検査の有無			-	-	-	-
必要厚さ	t_1	(mm)	0.60	0.60	0.60	0.60
必要厚さ	t_3	(mm)	-	-	-	-
t_1，t_3の大きい値	t	(mm)	0.60	0.60	0.60	0.60
呼び厚さ	t_{n0}	(mm)	15.10	15.10	15.10	15.10
最小厚さ	t_n	(mm)	15.10	15.10	15.10	15.10
判定：$t_n \geqq t$，よって十分である。						

2.5　容器の補強を要しない穴の最大径の計算

設計・建設規格　PVC-3230(2)

鏡板名称			(1)上部鏡板	(2)下部鏡板
材料			SUS316L	SUS316L
最高使用圧力	P	(MPa)	0.25	0.25
最高使用温度		(℃)	200	200
鏡板のフランジ部の外径	D	(mm)	3036.00	3036.00
許容引張応力	S	(MPa)	107	107
鏡板の最小厚さ	t_c	(mm)	14.00	14.00
継手効率	η		1.00	1.00
継手の種類			継手無し	継手無し
放射線検査の有無			－	－
$d_{r1}=(D-2\cdot t_c)/4$		(mm)	752.00	752.00
61，d_{r1}の小さい値		(mm)	61.00	61.00
K			0.2784	0.2784
$D\cdot t_c$		(mm^2)	4.250×10^4	4.250×10^4
200，d_{r2}の小さい値		(mm)	200.00	200.00
補強を要しない穴の最大径		(mm)	200.00	200.00
評価：補強の計算を要する穴の名称			ガス入口(2.6(1)) 上部マンホール(2.6(3))	ガス出口(2.6(2)) 下部マンホール(2.6(4))

2.6　容器の穴の補強計算

設計・建設規格　PVC-3240

参照附図　ＷＥＬＤ－５１

部材名称			(1)ガス入口
鏡板材料			SUS316L
管台材料			SUSF316L
強め板材料			－
最高使用圧力	P	(MPa)	0.25
最高使用温度		(℃)	200
鏡板の許容引張応力	S_c	(MPa)	107
管台の許容引張応力	S_n	(MPa)	107
強め板の許容引張応力	S_e	(MPa)	－
穴の径	d	(mm)	477.80
管台が取り付く穴の径	d_w	(mm)	508.00
鏡板の最小厚さ	t_c	(mm)	14.00
管台の最小厚さ	t_n	(mm)	15.10
鏡板の継手効率	η		1.00
係数	F		1.00
鏡板の中央部における内面の半径	R	(mm)	3000.00
鏡板の計算上必要な厚さ	t_{cr}	(mm)	3.51
管台の計算上必要な厚さ	t_{nr}	(mm)	0.56
穴の補強に必要な面積	A_r	(mm^2)	1.675×10^3
補強の有効範囲	X_1	(mm)	477.80
補強の有効範囲	X_2	(mm)	477.80
補強の有効範囲	X	(mm)	955.60
補強の有効範囲	Y_1	(mm)	35.00
補強の有効範囲	Y_2	(mm)	35.00
管台の外径	D_{on}	(mm)	508.00
鏡板の有効補強面積	A_1	(mm^2)	5.014×10^3
管台の有効補強面積	A_2	(mm^2)	2.075×10^3
補強に有効な総面積	A_0	(mm^2)	7.089×10^3
評価：$A_0 > A_r$ よって十分である。			
大きい穴の補強			
補強を要する穴の限界径	d_j	(mm)	1000.00
評価：$d \leqq d_j$，よって大きい穴の補強計算は必要ない。			
溶接部にかかる荷重	W_1	(N)	2.220×10^5
溶接部にかかる荷重	W_2	(N)	-3.460×10^5
溶接部の負うべき荷重	W	(N)	-3.460×10^5
評価：$W < 0$，よって溶接部強度計算を行わない。			

容器の穴の補強計算

設計・建設規格　PVC-3240

参照附図　ＷＥＬＤ－５１

部材名称			(2)ガス出口
鏡板材料			SUS316L
管台材料			SUSF316L
強め板材料			-
最高使用圧力	P	(MPa)	0.25
最高使用温度		(℃)	200
鏡板の許容引張応力	S_c	(MPa)	107
管台の許容引張応力	S_n	(MPa)	107
強め板の許容引張応力	S_e	(MPa)	-
穴の径	d	(mm)	477.80
管台が取り付く穴の径	d_w	(mm)	508.00
鏡板の最小厚さ	t_c	(mm)	14.00
管台の最小厚さ	t_n	(mm)	15.10
鏡板の継手効率	η		1.00
係数	F		1.00
鏡板の中央部における内面の半径	R	(mm)	3000.00
鏡板の計算上必要な厚さ	t_{cr}	(mm)	3.51
管台の計算上必要な厚さ	t_{nr}	(mm)	0.56
穴の補強に必要な面積	A_r	(mm^2)	1.675×10^3
補強の有効範囲	X_1	(mm)	477.80
補強の有効範囲	X_2	(mm)	477.80
補強の有効範囲	X	(mm)	955.60
補強の有効範囲	Y_1	(mm)	35.00
補強の有効範囲	Y_2	(mm)	35.00
管台の外径	D_{on}	(mm)	508.00
鏡板の有効補強面積	A_1	(mm^2)	5.014×10^3
管台の有効補強面積	A_2	(mm^2)	2.075×10^3
補強に有効な総面積	A_0	(mm^2)	7.089×10^3
評価：$A_0 > A_r$ よって十分である。			
大きい穴の補強			
補強を要する穴の限界径	d_j	(mm)	1000.00
評価：$d \leqq d_j$，よって大きい穴の補強計算は必要ない。			
溶接部にかかる荷重	W_1	(N)	2.220×10^5
溶接部にかかる荷重	W_2	(N)	-3.460×10^5
溶接部の負うべき荷重	W	(N)	-3.460×10^5
評価：$W < 0$，よって溶接部強度計算を行わない。			

容器の穴の補強計算

設計・建設規格　PVC-3240

参照附図　ＷＥＬＤ－５１

部材名称			(3)上部マンホール
鏡板材料			SUS316L
管台材料			SUSF316L
強め板材料			－
最高使用圧力	P	(MPa)	0.25
最高使用温度		(℃)	200
鏡板の許容引張応力	S_c	(MPa)	107
管台の許容引張応力	S_n	(MPa)	107
強め板の許容引張応力	S_e	(MPa)	－
穴の径	d	(mm)	477.80
管台が取り付く穴の径	d_w	(mm)	508.00
鏡板の最小厚さ	t_c	(mm)	14.00
管台の最小厚さ	t_n	(mm)	15.10
鏡板の継手効率	η		1.00
係数	F		1.00
鏡板の中央部における内面の半径	R	(mm)	3000.00
鏡板の計算上必要な厚さ	t_{cr}	(mm)	3.51
管台の計算上必要な厚さ	t_{nr}	(mm)	0.56
穴の補強に必要な面積	A_r	(mm^2)	1.675×10^3
補強の有効範囲	X_1	(mm)	477.80
補強の有効範囲	X_2	(mm)	477.80
補強の有効範囲	X	(mm)	955.60
補強の有効範囲	Y_1	(mm)	35.00
補強の有効範囲	Y_2	(mm)	35.00
管台の外径	D_{on}	(mm)	508.00
鏡板の有効補強面積	A_1	(mm^2)	5.014×10^3
管台の有効補強面積	A_2	(mm^2)	2.075×10^3
補強に有効な総面積	A_0	(mm^2)	7.089×10^3
評価：$A_0 > A_r$ よって十分である。			
大きい穴の補強			
補強を要する穴の限界径	d_j	(mm)	1000.00
評価：$d \leqq d_j$，よって大きい穴の補強計算は必要ない。			
溶接部にかかる荷重	W_1	(N)	2.220×10^5
溶接部にかかる荷重	W_2	(N)	-3.460×10^5
溶接部の負うべき荷重	W	(N)	-3.460×10^5
評価：$W < 0$，よって溶接部強度計算を行わない。			

容器の穴の補強計算

設計・建設規格　PVC-3240

参照附図　ＷＥＬＤ－５１

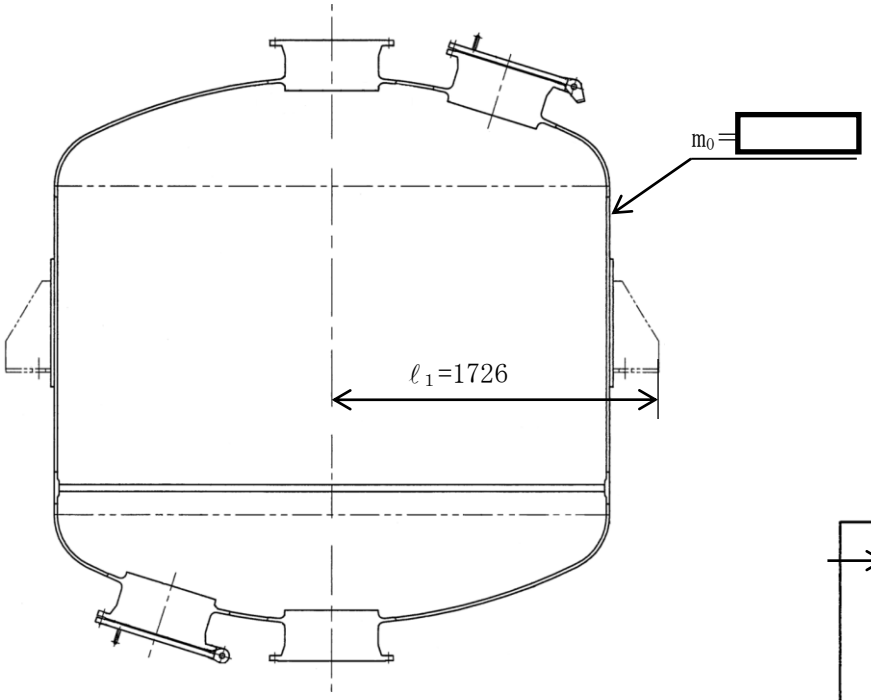
部材名称			(4)下部マンホール
鏡板材料			SUS316L
管台材料			SUSF316L
強め板材料			－
最高使用圧力	P	(MPa)	0.25
最高使用温度		(℃)	200
鏡板の許容引張応力	S_c	(MPa)	107
管台の許容引張応力	S_n	(MPa)	107
強め板の許容引張応力	S_e	(MPa)	－
穴の径	d	(mm)	477.80
管台が取り付く穴の径	d_w	(mm)	508.00
鏡板の最小厚さ	t_c	(mm)	14.00
管台の最小厚さ	t_n	(mm)	15.10
鏡板の継手効率	η		1.00
係数	F		1.00
鏡板の中央部における内面の半径	R	(mm)	3000.00
鏡板の計算上必要な厚さ	t_{cr}	(mm)	3.51
管台の計算上必要な厚さ	t_{nr}	(mm)	0.56
穴の補強に必要な面積	A_r	(mm^2)	1.675×10^3
補強の有効範囲	X_1	(mm)	477.80
補強の有効範囲	X_2	(mm)	477.80
補強の有効範囲	X	(mm)	955.60
補強の有効範囲	Y_1	(mm)	35.00
補強の有効範囲	Y_2	(mm)	35.00
管台の外径	D_{on}	(mm)	508.00
鏡板の有効補強面積	A_1	(mm^2)	5.014×10^3
管台の有効補強面積	A_2	(mm^2)	2.075×10^3
補強に有効な総面積	A_0	(mm^2)	7.089×10^3
評価：$A_0 > A_r$ よって十分である。			
大きい穴の補強			
補強を要する穴の限界径	d_j	(mm)	1000.00
評価：$d \leqq d_j$，よって大きい穴の補強計算は必要ない。			
溶接部にかかる荷重	W_1	(N)	2.220×10^5
溶接部にかかる荷重	W_2	(N)	-3.460×10^5
溶接部の負うべき荷重	W	(N)	-3.460×10^5
評価：$W < 0$，よって溶接部強度計算を行わない。			

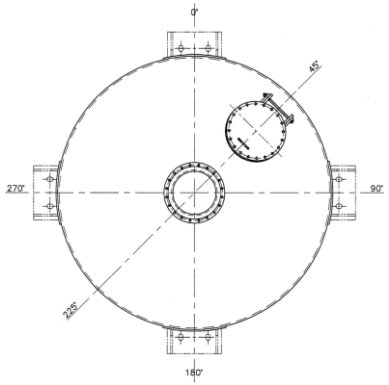
3. 支持構造物の強度計算

(1) 一次せん断応力及び一次曲げ応力による組合せ評価

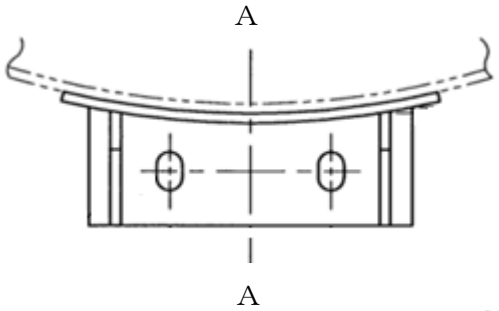
種類	脚本数	材料	最高使用温度 (℃)	F値 (MPa)	せん断荷重 F_s (N)	せん断断面積 A_s (mm^2)	曲げモーメント M (N・mm)	断面係数 Z (mm^3)
ラグ支持 たて置円筒形容器	4	SUS304	200	194	3.236×10^4	3.120×10^4	5.586×10^7	2.471×10^6

一次せん断応力 τ (MPa)	許容せん断応力 f_s (MPa)	一次曲げ応力 σ_b (MPa)	許容曲げ応力 f_b (MPa)	組合せ応力 $\sqrt{\sigma_b^2+3\tau^2}$	許容引張応力 f_t (MPa)	評価
1	74	23	129	23	129	τ, σ_b, $\sqrt{\sigma_b^2+3\tau^2}$ がそれぞれ f_s, f_b, f_t 以下であるので支持構造物の強度は十分である。

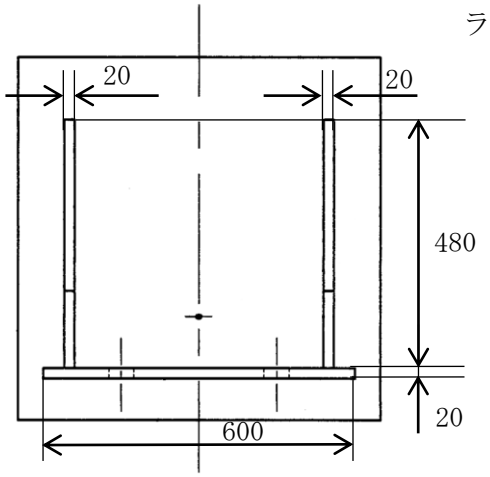




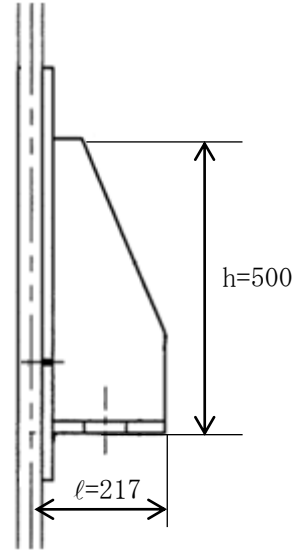
ラグに関する情報



ラグ上面視



ラグ正面視



A－A断面

（単位：mm）

よう素フィルタ　支持構造物の強度計算説明図

Ⅴ-3-3-6-3　原子炉格納容器付属構造物の強度計算書

Ⅴ-3-3-6-3-1　下部ドライウェルアクセストンネルの強度計算書

目　　次

1.　概要 …… 1
2.　一般事項 …… 1
2.1　構造計画 …… 1
2.2　評価方針 …… 3
2.3　適用基準 …… 3
2.4　記号の説明 …… 4
2.5　計算精度と数値の丸め方 …… 5
3.　評価部位 …… 6
4.　強度評価 …… 8
4.1　強度評価方法 …… 8
4.2　荷重の組合せ及び許容応力度 …… 8
4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態 …… 8
4.2.2　許容応力度 …… 8
4.2.3　使用材料の許容応力度評価条件 …… 8
4.2.4　設計荷重 …… 10
4.3　解析モデル及び諸元 …… 12
4.4　計算方法 …… 14
4.5　計算条件 …… 16
4.6　応力度の評価 …… 16
5.　評価結果 …… 17
5.1　重大事故等対処設備としての評価結果 …… 17
6.　参照図書 …… 20

1. 概要

本計算書は，下部ドライウェルアクセストンネルの強度計算書である。

下部ドライウェルアクセストンネルは，設計基準対象施設の下部ドライウェルアクセストンネルを重大事故等対処設備として兼用する機器である。

以下，Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」に基づき，下部ドライウェルアクセストンネルの強度評価を示す。

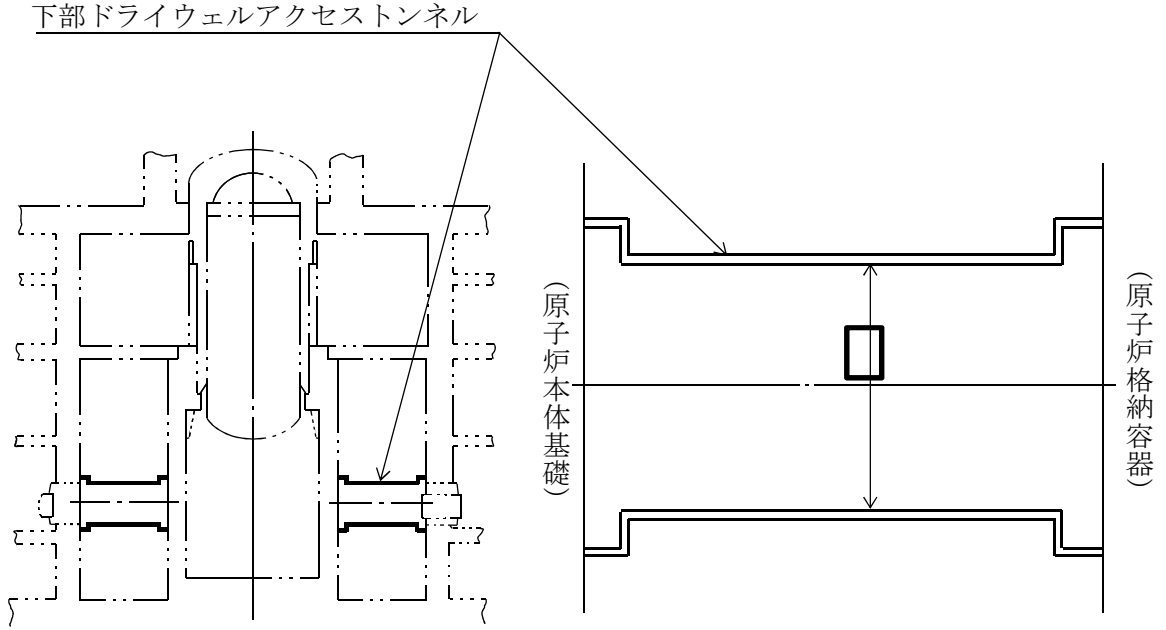
なお，本計算書においては，重大事故等時における荷重に対して，平成4年3月27日付け3資庁第13034号にて認可された工事計画の添付書類（参照図書(1)）（以下「既工認」という。）に示す手法に従い強度評価を行う。

2. 一般事項

2.1 構造計画

下部ドライウェルアクセストンネルの構造計画を表2－1に示す。

表２－１　構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
下部ドライウェルアクセストンネルは，原子炉本体の基礎（以下「原子炉本体基礎」という。）及び原子炉格納容器に支持される。 下部ドライウェルアクセストンネルの鉛直方向荷重及び水平方向荷重は，原子炉本体基礎及び原子炉格納容器シェル部を介して原子炉建屋に伝達させる。	内径［　　］mm，板厚［　］mm の円筒胴で構成される鋼製構造物である。	 下部ドライウェルアクセストンネル　拡大図 （単位：mm）

2.2　評価方針

下部ドライウェルアクセストンネルの応力評価は，Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」にて設定した荷重及び荷重の組合せ，並びに「2.3　適用基準」にて設定される許容限界に基づき，「3.　評価部位」にて設定する箇所において重大事故等時における圧力等による応力度が許容限界内に収まることを，「4.　強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5.　評価結果」に示す。

下部ドライウェルアクセストンネルの強度評価フローを図2－1に示す。

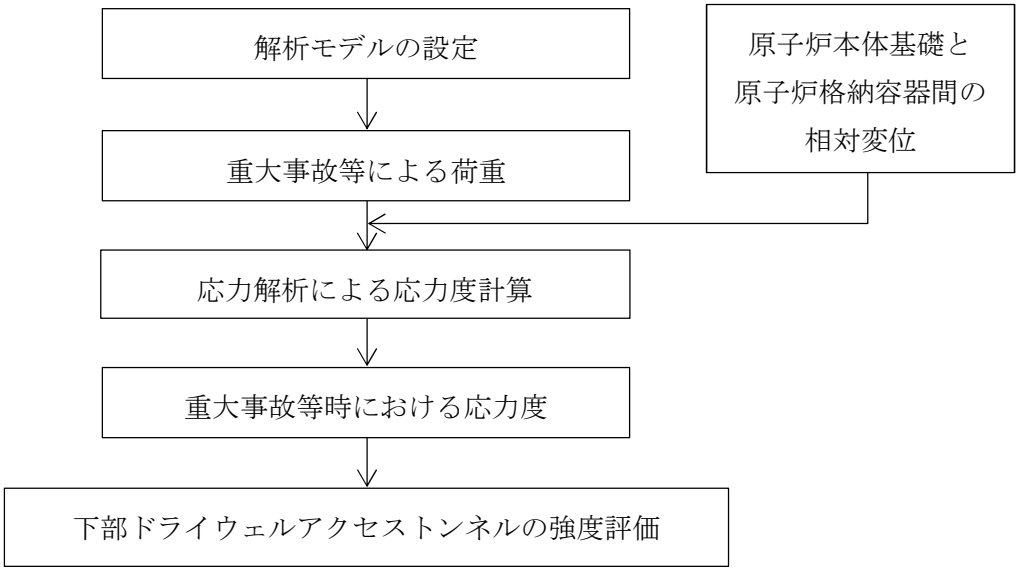


図2－1　下部ドライウェルアクセストンネルの強度評価フロー

2.3　適用基準

適用基準を以下に示す。

(1)　鋼構造設計規準（日本建築学会　1973改定）

2.4　記号の説明

記号	記号の説明	単位
D	死荷重	—
D_i	直径（i＝1，2）	mm
E	縦弾性係数	N/mm^2
f_b	許容曲げ応力度	N/mm^2
f_c	許容圧縮応力度	N/mm^2
f_p	許容支圧応力度	N/mm^2
f_s	許容せん断応力度	N/mm^2
f_t	許容引張応力度	N/mm^2
F	許容応力度の基準値	N/mm^2
ℓ_i	長さ（i＝1，2，3）	mm
m_i	質量（i＝0，1）	kg
M_{SA}	機械的荷重（ＳＡ後機械的荷重）	—
P_{SA}	圧力（ＳＡ後圧力）	kPa
S_u	設計引張強さ	N/mm^2
S_y	設計降伏点	N/mm^2
t_i	厚さ（i＝1，2，3）	mm
T_{SA}	温度（ＳＡ後温度）	℃
ν	ポアソン比	—

2.5　計算精度と数値の丸め方

精度は，有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表 2－2 に示すとおりとする。

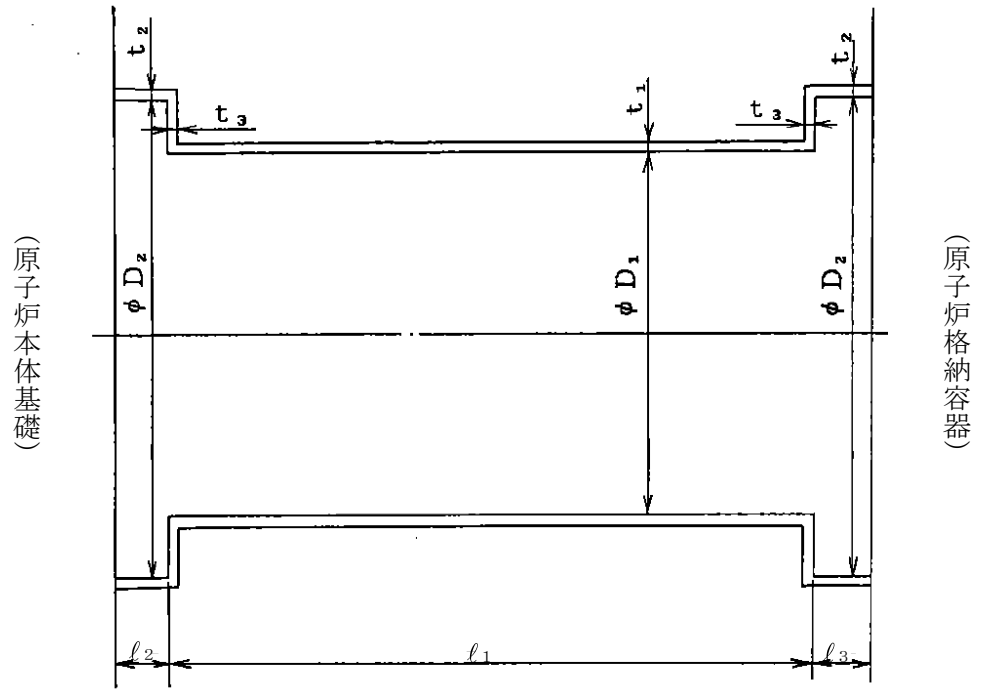
表 2－2　表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
圧力	kPa	―	―	整数位
温度	℃	―	―	整数位
許容応力度	N/mm^2	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位
算出応力度	N/mm^2	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
力	N	有効数字 4 桁目	四捨五入	有効数字 3 桁*

注記＊：絶対値が 1000 以上のときはべき数表示とする。

3. 評価部位

下部ドライウェルアクセストンネルの形状及び主要寸法を図 3－1 に，使用材料及び使用部位を表 3－1 に示す。



D1＝ D2＝ ℓ1＝ ℓ2＝ ℓ3＝

t1＝ t2＝ t3＝

（単位：mm）

図 3－1　下部ドライウェルアクセストンネルの形状及び主要寸法

表 3－1　使用材料表

使用部位	使用材料	備考
下部ドライウェル アクセストンネル	[redacted]	[redacted]

4.　強度評価

4.1　強度評価方法

(1)　下部ドライウェルアクセストンネルの荷重は，原子炉本体基礎及び原子炉格納容器コンクリート部を介して原子炉建屋に伝達される。下部ドライウェルアクセストンネルの強度評価として，Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」において設定された荷重を用いて，参照図書(1)に示す既工認の手法に従い強度評価を行う。また，重大事故等対処設備としての評価においては，没水時における下部ドライウェルアクセストンネル内部の水重量及び浮力を考慮する。

(2)　強度評価に用いる寸法は，公称値を用いる。

4.2　荷重の組合せ及び許容応力度

4.2.1　荷重の組合せ及び許容応力状態

下部ドライウェルアクセストンネルの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－1 に示す。

詳細な荷重の組合せは，Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」に従い，対象機器の設置位置等を考慮し決定する。なお，考慮する荷重の組合せは，組み合わせる荷重の大きさを踏まえ，評価上厳しくなる組合せを選定する。

4.2.2　許容応力度

下部ドライウェルアクセストンネルの許容応力度は「2.3　適用基準」に基づき表 4－2 に示すとおりとする。

4.2.3　使用材料の許容応力度評価条件

下部ドライウェルアクセストンネルの使用材料の許容応力度評価条件を表 4－3 に示す。

表4－1　荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	機器等の区分	荷重の組合せ*1		許容応力状態
原子炉格納施設	圧力低減設備その他の安全設備	下部ドライウェルアクセストンネル	建物・構築物	$D+P_{SA}+M_{SA}$*2	(V(S)-1) (V(S)-2) (V(S)-3)	重大事故等時 ＜短期＞*3

注記＊1：（　）内はⅤ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」における表5－4の荷重の組合せのNo.を示す。

＊2：Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」における表5－4に従い，重大事故等時の温度荷重は組み合わせない。

＊3：鋼構造設計規準によるため，＜　＞内の許容応力状態を適用する。

表4－2　許容応力度

許容応力状態	引張／組合せ	せん断	圧縮	曲げ	支圧
短期	1.5・f_t	1.5・f_s	1.5・f_c	1.5・f_b	1.5・f_p

表4－3　使用材料の許容応力度評価条件

評価部材	材料	F (N/mm^2)	S_y (N/mm^2)	S_u (N/mm^2)
下部ドライウェルアクセストンネル				

注記＊：

4.2.4　設計荷重

(1)　重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度

重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度は，以下のとおりとする。

内圧P_{SA}	620kPa（ＳＡ後：D/W　620kPa，S/C　620kPa）
内圧P_{SA}	310kPa（ＳＡ後：D/W　310kPa，S/C　310kPa）
差圧P_{SA}	173kPa（ＳＡ後：D/W　620kPa，S/C　447kPa）
差圧P_{SA}	−100kPa（ＳＡ後：D/W　520kPa，S/C　620kPa）
温度T_{SA}	200℃（ＳＡ後）

注：D/W はドライウェル，S/C はサプレッションチェンバを示す。

(2)　水荷重

重大事故等対処設備の評価に用いる水荷重として，下部ドライウェルアクセストンネル内部の水重量を考慮する。

下部ドライウェルアクセストンネル内部水重量　　[　　] N

(3)　浮力

重大事故等対処設備の評価においては，没水時における下部ドライウェルアクセストンネルの浮力を考慮する。

下部ドライウェルアクセストンネルに加わる浮力　　[　　] N

(4)　水力学的動荷重

重大事故等対処設備としての水力学的動荷重は設計基準対象施設としての荷重と同じであるため，参照図書(1)に示すとおりである。

(5)　原子炉本体基礎と原子炉格納容器間の相対変位

重大事故等対処設備の評価における，下部ドライウェルアクセストンネルの原子炉本体基礎と原子炉格納容器間の相対変位を表 4−4 に示す。

(6)　水位

重大事故等対処設備の評価における水位は，以下のとおりとする。

水位（下部ドライウェル）	T.M.S.L.	7400 mm
水位（サプレッションチェンバ）	T.M.S.L.	8950 mm

表４－４　原子炉本体基礎と原子炉格納容器間の相対変位（重大事故等対処設備）

（単位：mm）

荷重	水平方向 X	軸方向 Y	鉛直方向 Z
内圧（ＳＡ後：D/W　620kPa，S/C　620kPa）			
内圧（ＳＡ後：D/W　310kPa，S/C　310kPa）			
差圧（ＳＡ後：D/W　620kPa，S/C　447kPa）			
差圧（ＳＡ後：D/W　520kPa，S/C　620kPa）			
蒸気凝縮振動荷重（ＳＡ後）			
チャギング荷重（ＳＡ後）			
逃がし安全弁作動時荷重（ＳＡ後）			

注１：変位は図４－１に示す方向を正方向とする。

注２：D/W はドライウェル，S/C はサプレッションチェンバを示す。

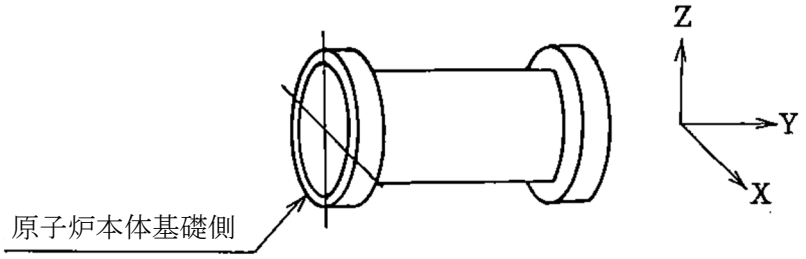


図４－１　相対変位の方向

4.3　解析モデル及び諸元

(1)　重大事故等対処設備としての解析モデル

重大事故等対処設備としての評価は，没水による下部ドライウェルアクセストンネル内部水及び浮力の影響を考慮して応力解析を行う。

解析モデルの概要を以下に示す。

a.　下部ドライウェルアクセストンネルの解析モデルは，3次元シェルモデルによる有限要素解析手法を適用する。解析モデルを図4－2に，機器の諸元について表4－5に示す。

b.

c.　解析コードは「ＭＳＣ　ＮＡＳＴＲＡＮ」を使用し，応力度を求める。下部ドライウェルアクセストンネル内部及び外部の水の影響は「ＭＳＣ　ＮＡＳＴＲＡＮ」の機能の1つである付加質量法（Virtual Mass Method）を用いて考慮する。なお，評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については，別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

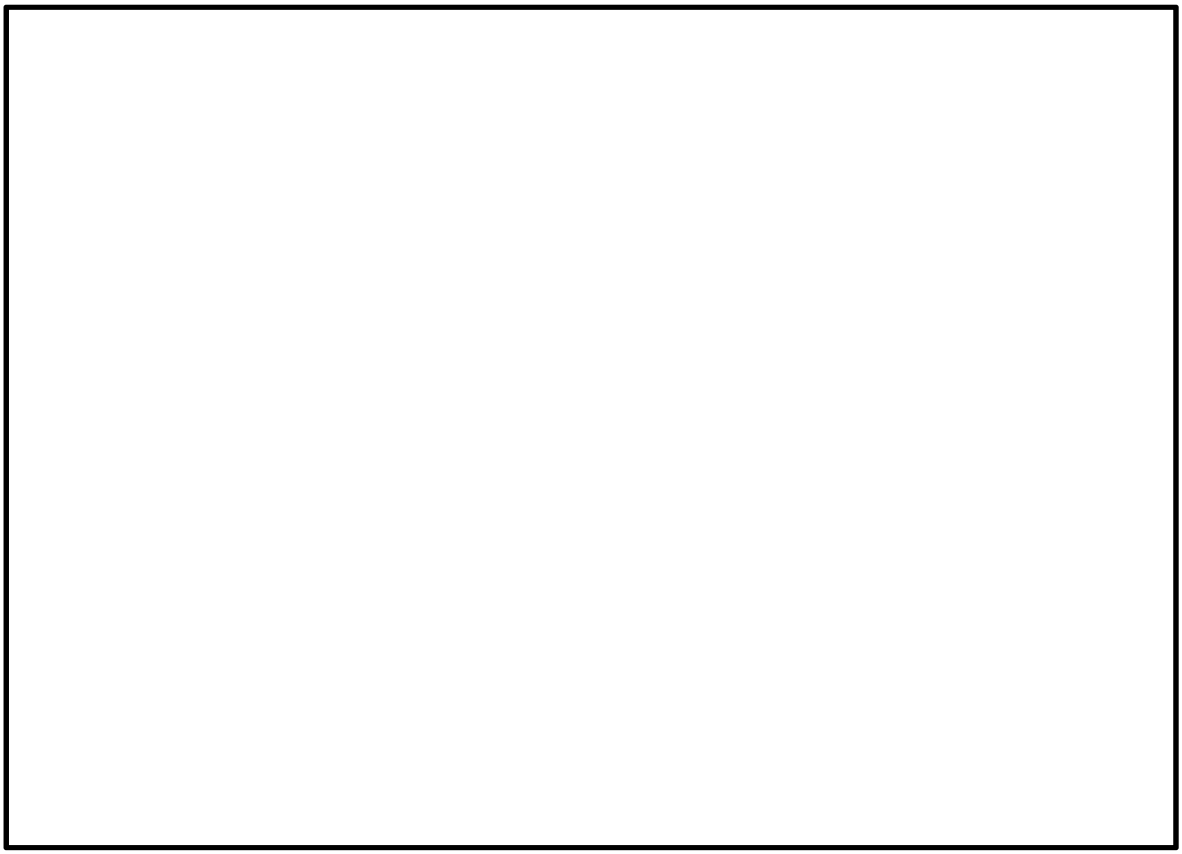


図 4－2　解析モデル

表 4－5　機器諸元

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	
機器質量	m_0	kg	
水質量（内部水）	m_1	kg	
温度条件	T_{SA}	℃	200
縦弾性係数	E	N/mm^2	
ポアソン比	ν	—	
要素数	—	—	
節点数	—	—	

4.4　計算方法

下部ドライウェルアクセストンネルの応力評価点は，下部ドライウェルアクセストンネルを構成する部材の形状及び荷重伝達経路を考慮し，発生応力度が大きくなる部位を選定する。選定した応力評価点を表 4－6 及び図 4－3 に示す。

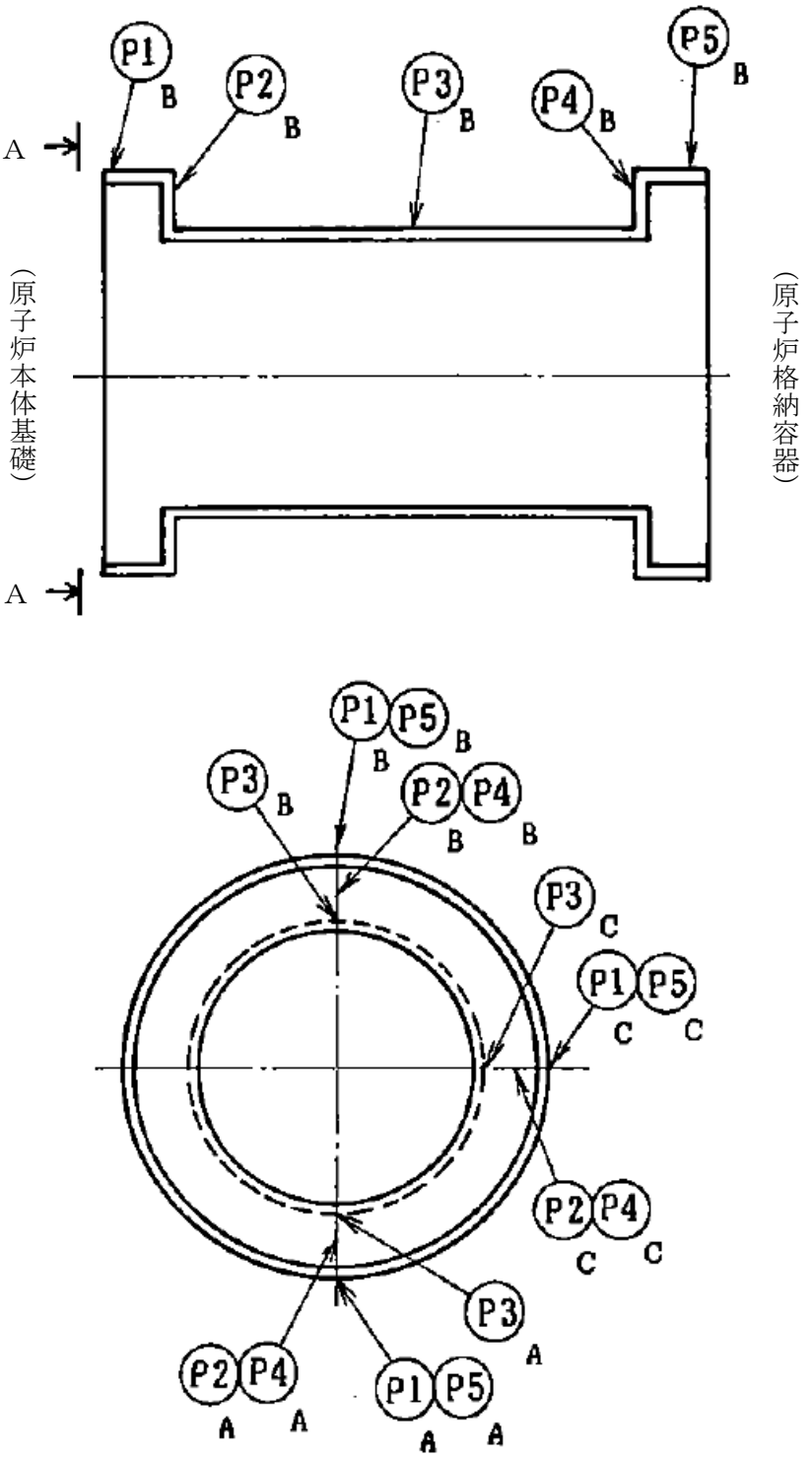
応力度計算方法は既工認から変更はなく，参照図書(1)に示すとおりである。

評価の概要を以下に示す。

応力評価点 P1～P5 は圧力，死荷重及び水力学的動荷重による応力度を，「4.3　解析モデル及び諸元」に示す下部ドライウェルアクセストンネルの解析モデルにより算出し，評価する。

表 4－6　応力評価点

応力評価点番号	応力評価点
Ｐ１	原子炉本体基礎側端部 (P1-A～P1-C)
Ｐ２	原子炉本体基礎側フレキシブルジョイント部 (P2-A～P2-C)
Ｐ３	下部ドライウェルアクセストンネル円筒胴 (P3-A～P3-C)
Ｐ４	原子炉格納容器側フレキシブルジョイント部 (P4-A～P4-C)
Ｐ５	原子炉格納容器側端部 (P5-A～P5-C)



A～A矢視図

図 4－3　下部ドライウェルアクセストンネルの応力評価点

4.5　計算条件

応力解析に用いる荷重を，「4.2　荷重の組合せ及び許容応力度」に示す。

4.6　応力度の評価

「4.4　計算方法」で求めた応力度が許容応力度以下であること。

5. 評価結果

5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

下部ドライウェルアクセストンネルの重大事故等時の状態を考慮した場合の強度評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足している。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を表5－1に示す。

表中の「荷重の組合せ」欄には，Ⅴ-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」における表5－4の荷重の組合せのNo.を記載する。

表 5－1　重大事故等時に対する評価結果（D＋P_{SA}＋M_{SA}）（その 1）

評価対象設備	評価部位		応力分類	短期		判定	荷重の組合せ
				算出応力度	許容応力度		
				N/mm^2	N/mm^2		
下部ドライウェルアクセストンネル	P1-A	原子炉本体基礎側端部	組合せ応力度	36	[redacted]	○	Ⅴ(S)-1,2
	P1-B	原子炉本体基礎側端部	組合せ応力度	33		○	Ⅴ(S)-2
	P1-C	原子炉本体基礎側端部	組合せ応力度	23		○	Ⅴ(S)-2
	P2-A	原子炉本体基礎側 フレキシブルジョイント部	組合せ応力度	144		○	Ⅴ(S)-2
	P2-B	原子炉本体基礎側 フレキシブルジョイント部	組合せ応力度	79		○	Ⅴ(S)-2
	P2-C	原子炉本体基礎側 フレキシブルジョイント部	組合せ応力度	148		○	Ⅴ(S)-2
	P3-A	下部ドライウェル アクセストンネル円筒胴	組合せ応力度	47		○	Ⅴ(S)-2
	P3-B	下部ドライウェル アクセストンネル円筒胴	組合せ応力度	47		○	Ⅴ(S)-2
	P3-C	下部ドライウェル アクセストンネル円筒胴	組合せ応力度	47		○	Ⅴ(S)-2

表 5－1　重大事故等時に対する評価結果（D＋P_{SA}＋M_{SA}）（その 2）

評価対象設備	評価部位		応力分類	短期		判定	荷重の組合せ
				算出応力度	許容応力度		
				N/mm^2	N/mm^2		
下部ドライウェルアクセストンネル	P4-A	原子炉格納容器側 フレキシブルジョイント部	組合せ応力度	74	[redacted]	○	Ⅴ(S)-2
	P4-B	原子炉格納容器側 フレキシブルジョイント部	組合せ応力度	153		○	Ⅴ(S)-2
	P4-C	原子炉格納容器側 フレキシブルジョイント部	組合せ応力度	133		○	Ⅴ(S)-2
	P5-A	原子炉格納容器側端部	組合せ応力度	26		○	Ⅴ(S)-2
	P5-B	原子炉格納容器側端部	組合せ応力度	23		○	Ⅴ(S)-1
	P5-C	原子炉格納容器側端部	組合せ応力度	37		○	Ⅴ(S)-2

6. 参照図書

(1) 柏崎刈羽原子力発電所第７号機　第２回工事計画認可申請書
Ⅳ-3-4-4-1「下部ドライウェルアクセストンネルの強度計算書」

Ⅴ-3-3-6-4　その他の原子炉格納施設の強度についての説明書

Ⅴ-3-3-6-4-1　弁の強度計算書（耐圧強化ベント系）

まえがき

本計算書は，Ⅴ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」及びⅤ-3-2-11「重大事故等クラス２弁の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお，評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については，Ⅴ-3-2-1「強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

・評価条件整理表

機器名	既設or新設	施設時の技術基準に対象とする施設の規定があるか	クラスアップするか				条件アップするか					既工認における評価結果の有無	施設時の適用規格	評価区分	同等性評価区分	評価クラス
			クラスアップの有無	施設時機器クラス	ＤＢクラス	ＳＡクラス	条件アップの有無	ＤＢ条件		ＳＡ条件						
								圧力(MPa)	温度(℃)	圧力(MPa)	温度(℃)					
T61-F002	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.62	200	—	—	設計・建設規格	—	SA-2

目　　次

1.　重大事故等クラス２弁 ・・・ 1
1.1　設計仕様 ・・ 2
1.2　強度計算書 ・・ 3

1.　重大事故等クラス２弁

1.1 設計仕様

系　統　：　格納容器圧力逃がし装置

機器の区分		重大事故等クラス2弁			
弁番号	種類	呼び径 (A)	材料		
			弁箱	弁ふた	ボルト
F002	止め弁	550	SCPH2	S25C	

1.2 強度計算書

系 統 ： 格納容器圧力逃がし装置

弁番号	F002	シート	1

		設計・建設規格	告示第501号
設計条件			
最高使用圧力P	(MPa)	0.62	
最高使用温度Tm	(℃)	200	
弁箱又は弁ふたの厚さ			
弁箱材料		SCPH2	
弁ふた材料		S25C	
P_1	(MPa)	—	
P_2	(MPa)	—	
d_m	(mm)	[redacted]	
t_1	(mm)	—	
t_2	(mm)	—	
t	(mm)	13.5	—
t_{ab}	(mm)	[redacted]	
t_{af}	(mm)	[redacted]	

評価 ： $t_{ab} \geqq t$
$t_{af} \geqq t$

よって十分である。

		設計・建設規格	告示第501号
ネック部の厚さ			
d_n	(mm)	[redacted]	
d_n/d_m		[redacted]	
ℓ	(mm)	[redacted]	[redacted]
t_{m1}	(mm)	13.5	—
t_{m2}	(mm)	1.3	—
t_{ma1}	(mm)	[redacted]	
t_{ma2}	(mm)	[redacted]	

評価 ： $t_{ma1} \geqq t_{m1}$
$t_{ma2} \geqq t_{m2}$

よって十分である。

K7 ① V-3-3-6-4-1 R1

系 統 ： 格納容器圧力逃がし装置

弁番号	F002	シート	2

フランジ及びフランジボルトの応力解析

設計条件

P_{FD}	(MPa)	0.62
P_{eq}	(MPa)	0.00
T_m	(℃)	200
M_e	(N･mm)	
F_e	(N)	
フランジの形式		JIS B8265附属書3図2(b)(7)
フランジ		
材料		SCPH2
σ_{fa} 常温(ｶﾞｽｹｯﾄ締付時)(20℃)	(MPa)	120
σ_{fb} 最高使用温度(使用状態)	(MPa)	120
A	(mm)	
B	(mm)	
C	(mm)	
g_0	(mm)	
g_1	(mm)	
h	(mm)	
ボルト		
材料		
σ_a 常温(ｶﾞｽｹｯﾄ締付時)(20℃)	(MPa)	173
σ_b 最高使用温度(使用状態)	(MPa)	173
n		
d_b	(mm)	
ガスケット		
材料		
ガスケット厚さ	(mm)	
G	(mm)	
m		
y	(N/mm^2)	
b_o	(mm)	
b	(mm)	
N	(mm)	
G_s	(mm)	

ボルトの計算

H	(N)	3.728×10^3
H_p	(N)	3.920×10^3
W_{m1}	(N)	7.648×10^3
W_{m2}	(N)	3.873×10^4
A_{m1}	(mm^2)	44.21
A_{m2}	(mm^2)	223.8
A_m	(mm^2)	223.8
A_b	(mm^2)	
W_o	(N)	7.648×10^3
W_g	(N)	1.006×10^5

評価 ： $A_m < A_b$

よって十分である。

モーメントの計算

H_D	(N)	2.813×10^3
h_D	(mm)	16.9
M_D	(N･mm)	4.753×10^4
H_G	(N)	3.920×10^3
h_G	(mm)	21.3
M_G	(N･mm)	8.330×10^4
H_T	(N)	915.6
h_T	(mm)	24.1
M_T	(N･mm)	2.209×10^4
M_o	(N･mm)	1.529×10^5
M_g	(N･mm)	2.139×10^6

フランジの厚さと係数

t	(mm)	
K		2.18
h_o	(mm)	
f		1.21
F		0.906
V		0.508
e	(mm^{-1})	0.02544
d	(mm^3)	56709
L		1.84
T		1.44
U		2.90
Y		2.64
Z		1.53

応力の計算

σ_{Ho}	(MPa)	4
σ_{Ro}	(MPa)	3
σ_{To}	(MPa)	2
σ_{Hg}	(MPa)	37
σ_{Rg}	(MPa)	32
σ_{Tg}	(MPa)	25

応力の評価 ： $\sigma_{Ho} \leqq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$

$\sigma_{Ro} \leqq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$

$\sigma_{To} \leqq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$

$\sigma_{Hg} \leqq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$

$\sigma_{Rg} \leqq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$

$\sigma_{Tg} \leqq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$

よって十分である。

K7 ① V-3-3-6-4-1 R1E

Ⅴ-3-3-6-4-2　管の基本板厚計算書（格納容器圧力逃がし装置）

まえがき

本計算書は，Ｖ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」並びにＶ-3-2-9「重大事故等クラス２管の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお，評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については，Ｖ-3-2-1「強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

・評価条件整理表

NO.	既設or新設	施設時の技術基準に対象とする施設の規定があるか	クラスアップするか				条件アップするか					既工認における評価結果の有無	施設時の適用規格	評価区分	同等性評価区分	評価クラス
			クラスアップの有無	施設時機器クラス	DBクラス	SAクラス	条件アップの有無	DB条件		SA条件						
								圧力(MPa)	温度(℃)	圧力(MPa)	温度(℃)					
1	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	15.00	40	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
2	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	15.00	40	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
3	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	15.00	40	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
4	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.87	100	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
5	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.87	100	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
6	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.87	100	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
7	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.87	100	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
8	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	大気圧	100	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
9	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	大気圧	100	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
10	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	大気圧	100	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
11	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	大気圧	100	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
12	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	大気圧	100	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
13	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	大気圧	100	—	—	設計・建設規格	—	SA-2

NO.	既設or新設	施設時の技術基準に対象とする施設の規定があるか	クラスアップするか				条件アップするか					既工認における評価結果の有無	施設時の適用規格	評価区分	同等性評価区分	評価クラス
			クラスアップの有無	施設時機器クラス	DBクラス	SAクラス	条件アップの有無	DB条件		SA条件						
								圧力(MPa)	温度(℃)	圧力(MPa)	温度(℃)					
E1	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.87	100	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
E2	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.87	100	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
E3	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.87	100	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
E4	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.87	100	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
E5	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.87	100	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
E6	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	0.87	100	—	—	設計・建設規格	—	SA-2

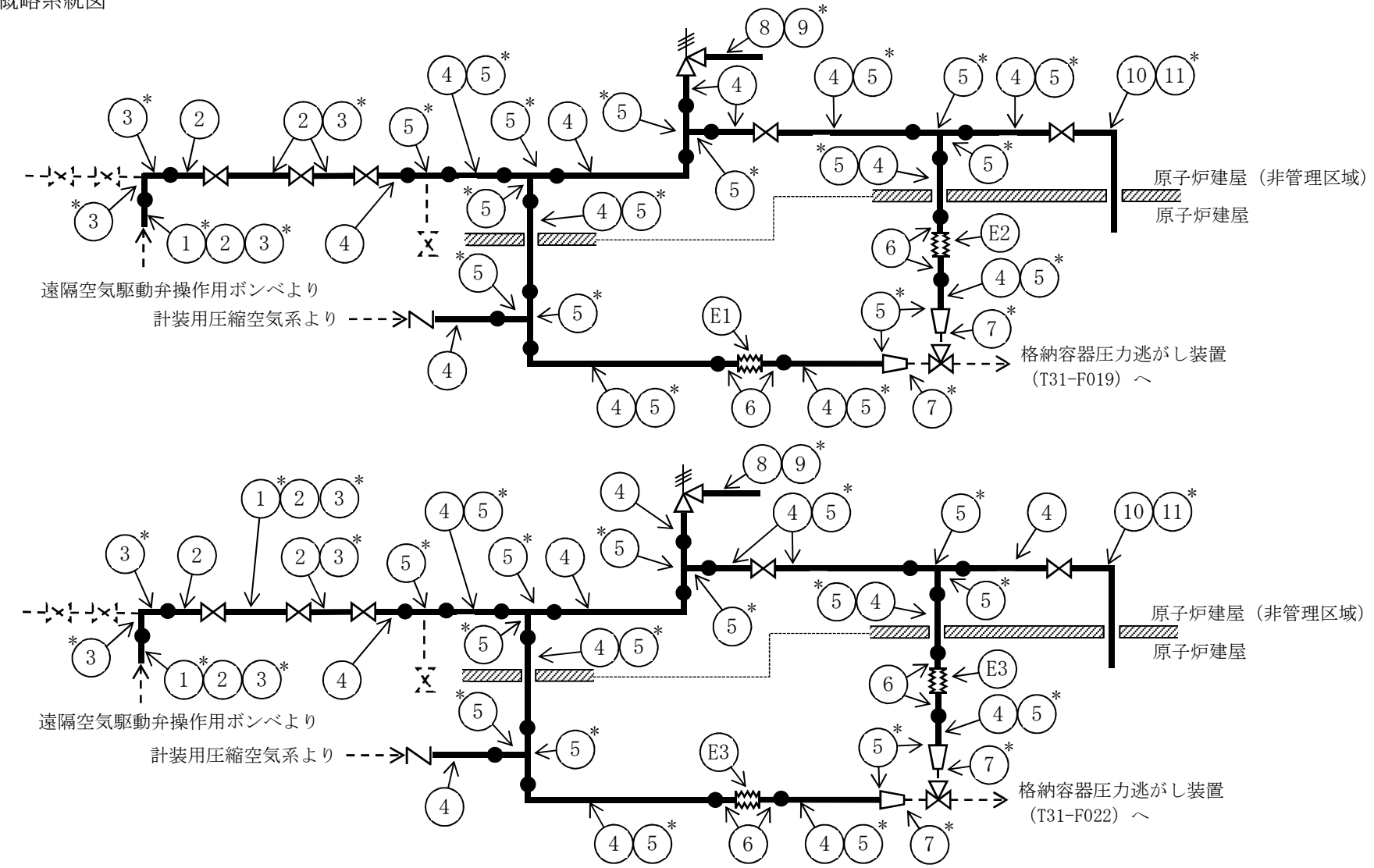
・適用規格の選定

NO.	評価項目	評価区分	判定基準	適用規格
1	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
2	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
3	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
4	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
5	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
6	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
7	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
8	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
9	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
10	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
11	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
12	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
13	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
E1	伸縮継手の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
E2	伸縮継手の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
E3	伸縮継手の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
E4	伸縮継手の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
E5	伸縮継手の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
E6	伸縮継手の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格

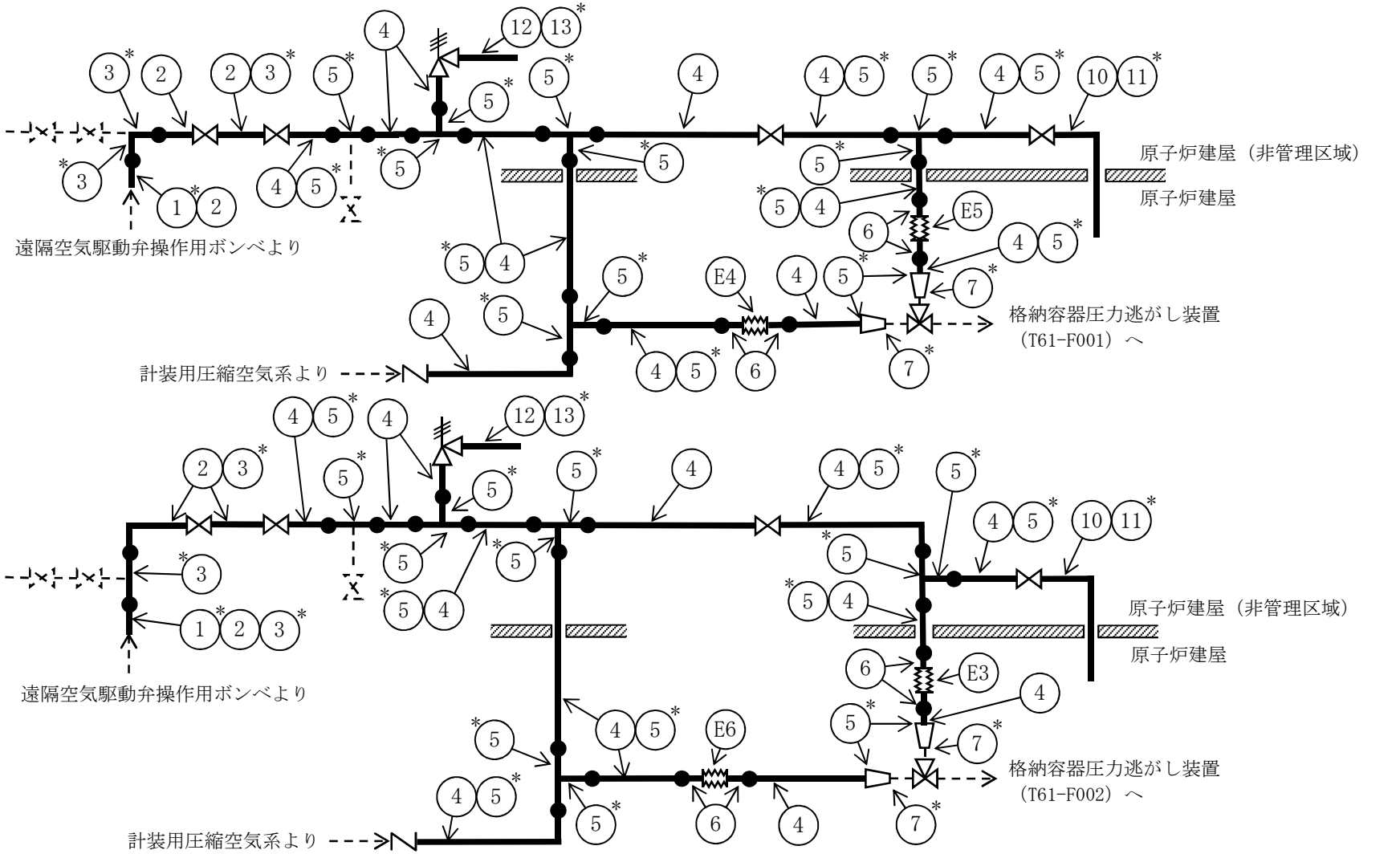
目　　次

1.　概略系統図　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1
2.　管の強度計算書　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 3
3.　伸縮継手の強度計算書　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 4
4.　ねじ継手の強度計算結果　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 5
4.1　ねじ部のせん断応力評価　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 5

1. 概略系統図



格納容器圧力逃がし装置（基本設計方針対象配管）
概略系統図その１



格納容器圧力逃がし装置（基本設計方針対象配管）
概略系統図その 2

2. 管の強度計算書 （重大事故等クラス２管）

設計・建設規格　PPC-3411　準用

NO.	最高使用圧力 P (MPa)	最高使用 温度 (℃)	外径 Ｄｏ (mm)	公称 厚さ (mm)	材　料	製法	クラス	S (MPa)	η	Q	ｔｓ (mm)	t (mm)	算式	ｔｒ (mm)
1	15.00	40	42.00	7.15	SUS304	S	2	129	1.00	0.25mm	6.90	2.34	A	2.34
2	15.00	40	27.20	5.50	SUS304TP	S	2	129	1.00	10.0%	4.95	1.52	A	1.52
3	15.00	40	47.00	9.65	SUS304	S	2	129	1.00	2.75mm	6.90	2.62	A	2.62
4	0.87	100	27.20	2.90	SUS304TP	S	2	122	1.00	10.0%	2.61	0.10	A	0.10
5	0.87	100	38.00	5.15	SUS304	S	2	122	1.00	0.85mm	4.30	0.14	A	0.14
6	0.87	100	27.20	2.90	SUS304	S	2	122	1.00	12.5%	2.53	0.10	A	0.10
7	0.87	100	38.00	7.90	SUS304	S	2	122	1.00	3.80mm	4.10	0.14	A	0.14
8	大気圧	100	48.60	3.70	SUS304TP	S	2	122	1.00	0.50mm	3.20	0.00	A	0.00
9	大気圧	100	63.00	6.95	SUS304	S	2	122	1.00	1.35mm	5.60	0.00	A	0.00
10	大気圧	100	27.20	2.90	SUS304TP	S	2	122	1.00	10.0%	2.61	0.00	A	0.00
11	大気圧	100	38.00	5.15	SUS304	S	2	122	1.00	0.85mm	4.30	0.00	A	0.00
12	大気圧	100	34.00	3.40	SUS304TP	S	2	122	1.00	0.50mm	2.90	0.00	A	0.00
13	大気圧	100	47.00	6.25	SUS304	S	2	122	1.00	1.25mm	5.00	0.00	A	0.00

評価：ｔｓ≧ｔｒ，よって十分である。

3. 伸縮継手の強度計算書（重大事故等クラス２管）

設計・建設規格　PPC-3416　準用

NO.	最高使用圧力 P (MPa)	最高使用温度 (℃)	材料	縦弾性係数 E (MPa)	t (mm)	全伸縮量 δ (mm)	b (mm)	h (mm)	n	c	算式	継手部応力 σ (MPa)	N $\times 10^3$	Nr $\times 10^3$	U
E1	0.87	100	SUS304	190000	0.30	4.00	1.70	2.65	482	1	A	160	2721.0	0.01	0.0001
E2	0.87	100	SUS304	190000	0.30	4.00	1.70	2.65	364	1	A	201	1224.5	0.01	0.0001
E3	0.87	100	SUS304	190000	0.30	5.00	1.70	2.65	334	1	A	262	484.3	0.01	0.0001
E4	0.87	100	SUS304	190000	0.30	1.00	1.70	2.65	570	1	A	61	79523.9	0.01	0.0001
E5	0.87	100	SUS304	190000	0.30	1.00	1.70	2.65	394	1	A	73	42415.3	0.01	0.0001
E6	0.87	100	SUS304	190000	0.30	2.00	1.70	2.65	422	1	A	106	11496.9	0.01	0.0001

評価：U≦1，よって十分である。

注：E1，E2，E3，E4，E5，E6 の外径は，27.20mm。

4. ねじ継手の強度計算結果

管 No. 1

4.1 ねじ部のせん断応力評価

(1) 設計条件及び諸元

最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	材料	おねじ材料の許容せん断応力 τ_β (MPa)	ねじの基準長さ L (mm)	ねじ角度 α (°)	ピッチ P (mm)	負荷能力があるとみなされる，ねじ山の数 z
15.00*	40*	SUS304	74	9.40	27.5	1.34	6.53

注記 ＊：重大事故等時における使用時の値

おねじの有効径 d_P (mm)	めねじの内径 D_C (mm)	おねじのねじ山の許容軸方向荷重 W_B (N)	ねじ締付トルクによる引抜荷重 F_t (N)	内圧評価断面積 A (mm^2)
12.30	11.45	19490	12670	14.52

(2) おねじの耐圧力

最高使用圧力 (MPa)	おねじの耐圧力 F_B (MPa)
15.00*	469.49

注記 ＊：重大事故等時における使用時の値

評価	重大事故等時における使用時の圧力がせん断評価より求まるおねじの耐圧力以下であるので，ねじ部のせん断に対する強度は十分である。

Ⅴ-3-3-6-4-3　管の応力計算書（格納容器圧力逃がし装置）

まえがき

本計算書は，Ｖ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」及びＶ-3-2-9「重大事故等クラス２管の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお，評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については，Ｖ-3-2-1「強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

・評価条件整理表

応力計算モデルNo.	既設or新設	施設時の技術基準に対象とする施設の規定があるか	クラスアップするか				条件アップするか					既工認における評価結果の有無	施設時の適用規格	評価区分	同等性評価区分	評価クラス
			クラスアップの有無	施設時機器クラス	DBクラス	SAクラス	条件アップの有無	DB条件		SA条件						
								圧力(MPa)	温度(℃)	圧力(MPa)	温度(℃)					
FCVS-R-3	新設	－	－	－	－	SA-2	－	－	－	15.00	40	－	－	設計・建設規格	－	SA-2
FCVS-R-3	新設	－	－	－	－	SA-2	－	－	－	大気圧	100	－	－	設計・建設規格	－	SA-2
FCVS-R-3	新設	－	－	－	－	SA-2	－	－	－	0.87	100	－	－	設計・建設規格	－	SA-2
FCVS-R-4	新設	－	－	－	－	SA-2	－	－	－	15.00	40	－	－	設計・建設規格	－	SA-2
FCVS-R-4	新設	－	－	－	－	SA-2	－	－	－	大気圧	100	－	－	設計・建設規格	－	SA-2
FCVS-R-4	新設	－	－	－	－	SA-2	－	－	－	0.87	100	－	－	設計・建設規格	－	SA-2
FCVS-R-5	新設	－	－	－	－	SA-2	－	－	－	15.00	40	－	－	設計・建設規格	－	SA-2
FCVS-R-5	新設	－	－	－	－	SA-2	－	－	－	大気圧	100	－	－	設計・建設規格	－	SA-2
FCVS-R-5	新設	－	－	－	－	SA-2	－	－	－	0.87	100	－	－	設計・建設規格	－	SA-2
FCVS-R-6	新設	－	－	－	－	SA-2	－	－	－	15.00	40	－	－	設計・建設規格	－	SA-2
FCVS-R-6	新設	－	－	－	－	SA-2	－	－	－	大気圧	100	－	－	設計・建設規格	－	SA-2
FCVS-R-6	新設	－	－	－	－	SA-2	－	－	－	0.87	100	－	－	設計・建設規格	－	SA-2

目　　次

1.　概要 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1
2.　概略系統図及び鳥瞰図 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 2
2.1　概略系統図 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 2
2.2　鳥瞰図 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 5
3.　計算条件 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 11
3.1　計算条件 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 11
3.2　材料及び許容応力 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 19
4.　計算結果 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 20
5.　代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果 ・・・・・・・・・・・・・・・・ 21

K7 ① V-3-3-6-4-3 R1

1. 概要

本計算書は，Ｖ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」及びＶ-3-2-9「重大事故等クラス２管の強度計算方法」に基づき，管の応力計算を実施した結果を示したものである。

評価結果記載方法は，以下に示すとおりである。

(1) 管

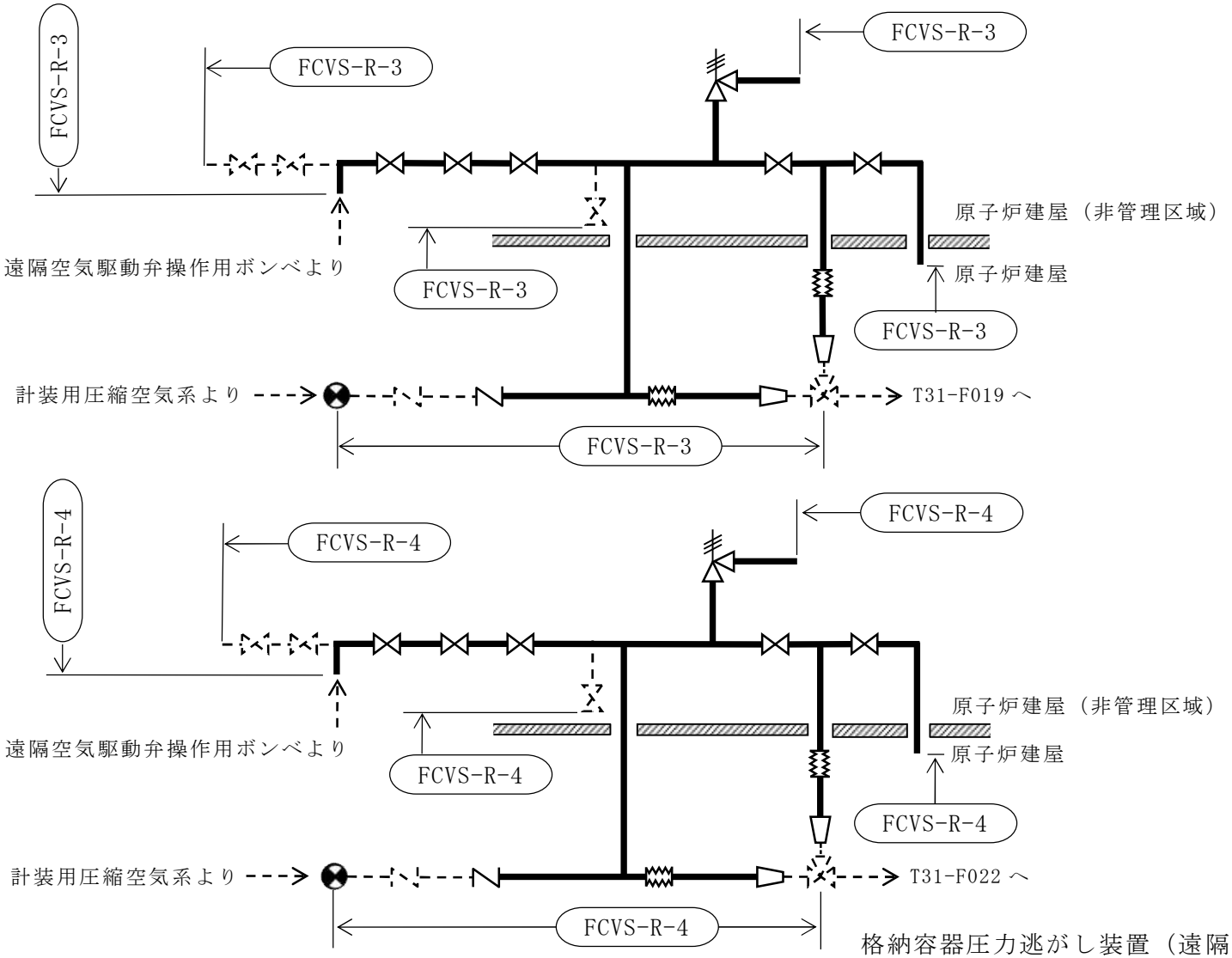
工事計画記載範囲の管のうち，設計条件あるいは管クラスに変更がある管における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また，全４モデルのうち，最大応力評価点の許容値／発生値（裕度）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図，計算条件及び評価結果を記載する。代表モデルの選定及び全モデルの評価結果を5.に記載する。

2.　概略系統図及び鳥瞰図

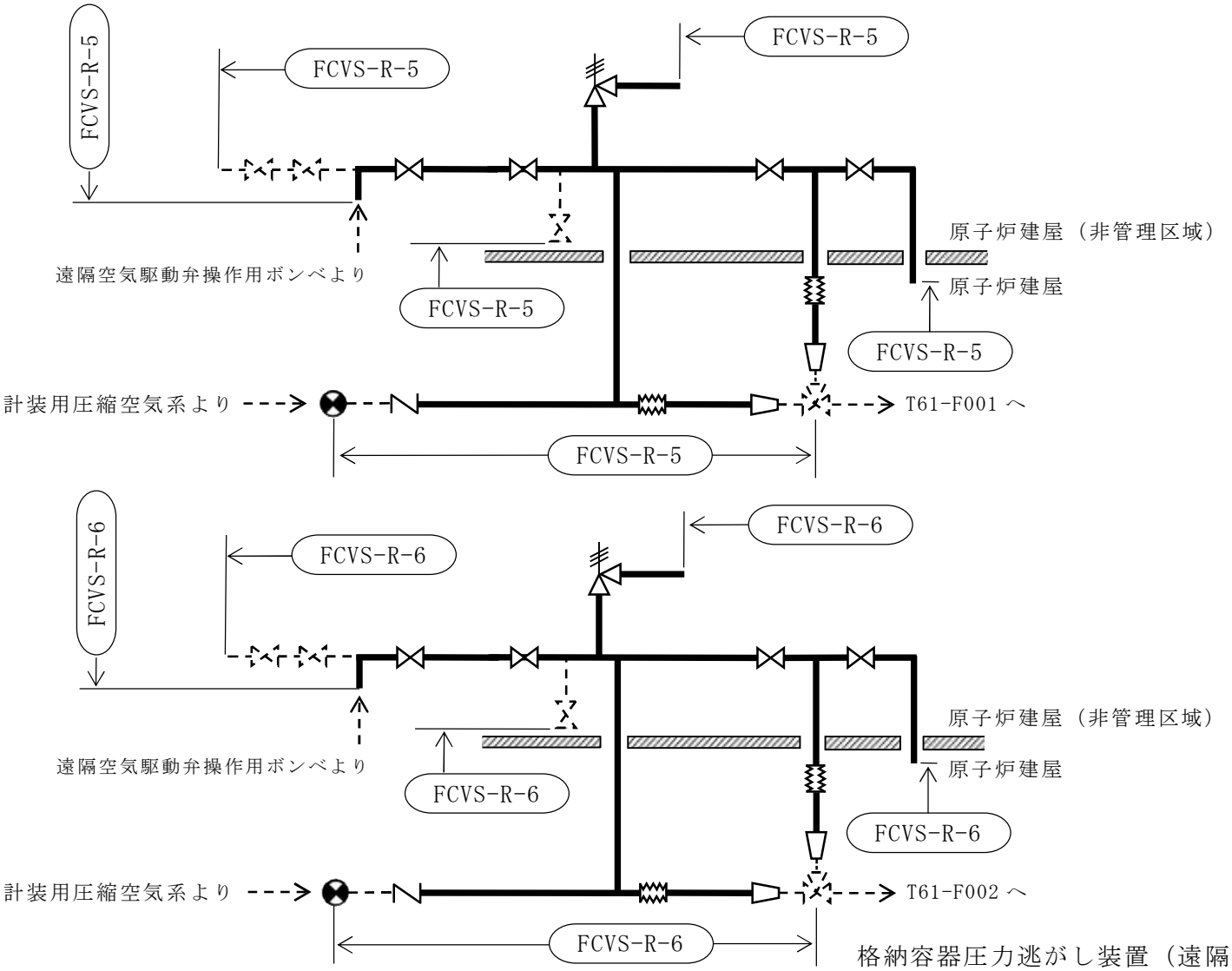
2.1　概略系統図

概略系統図記号凡例

記号	内容
━━━━━ (太線)	工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管
――――― (細線)	工事計画記載範囲の管のうち，本系統の管であって他計算書記載範囲の管
- - - - - - - - (破線)	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち，他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管
○○-○-○○	鳥瞰図番号
	アンカ



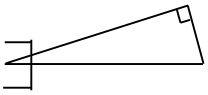
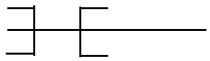
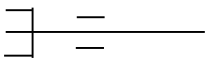
格納容器圧力逃がし装置（遠隔空気駆動弁操作設備）
概略系統図（その 1）

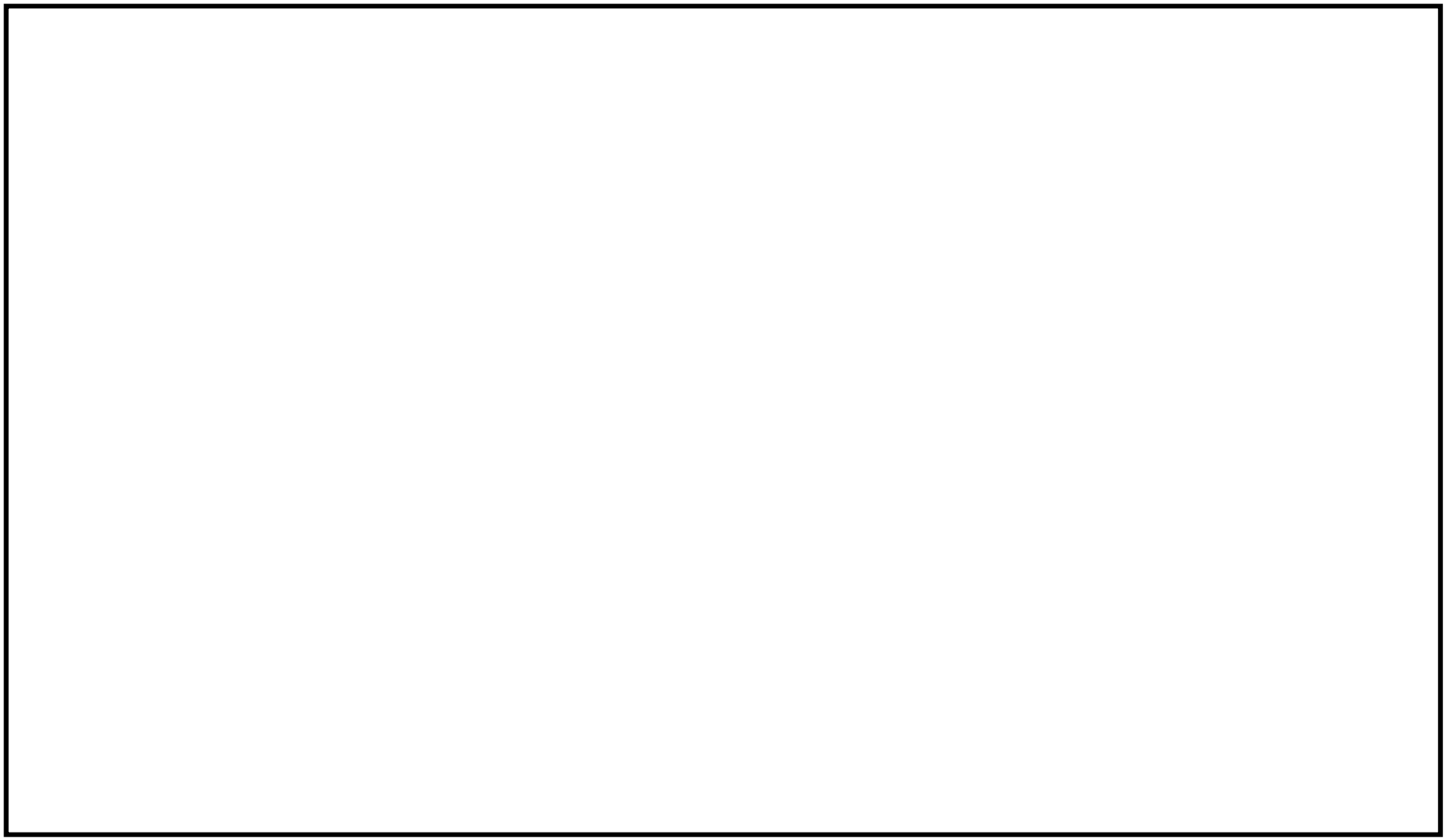


格納容器圧力逃がし装置（遠隔空気駆動弁操作設備）
概略系統図（その 2）

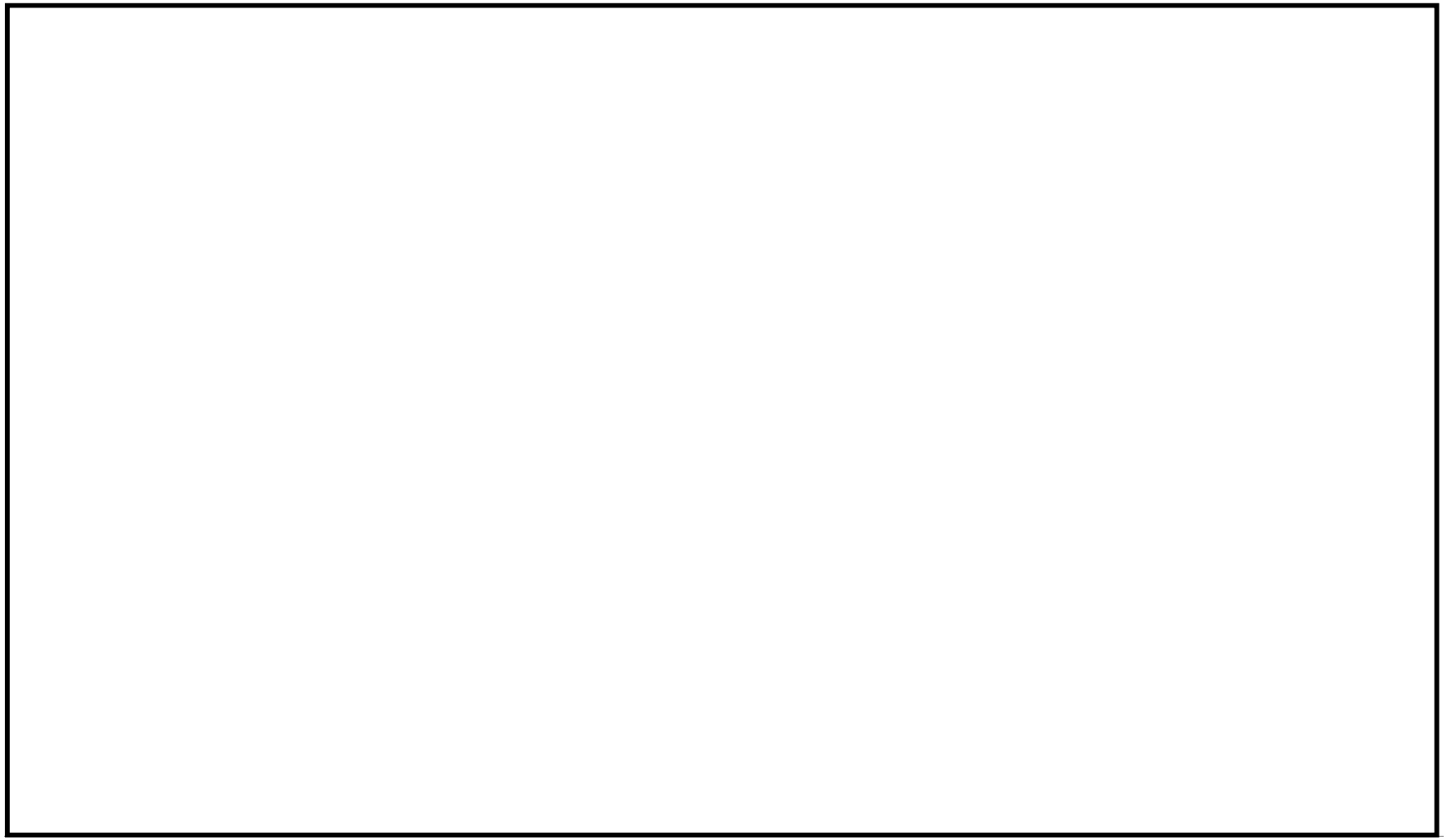
2.2　鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

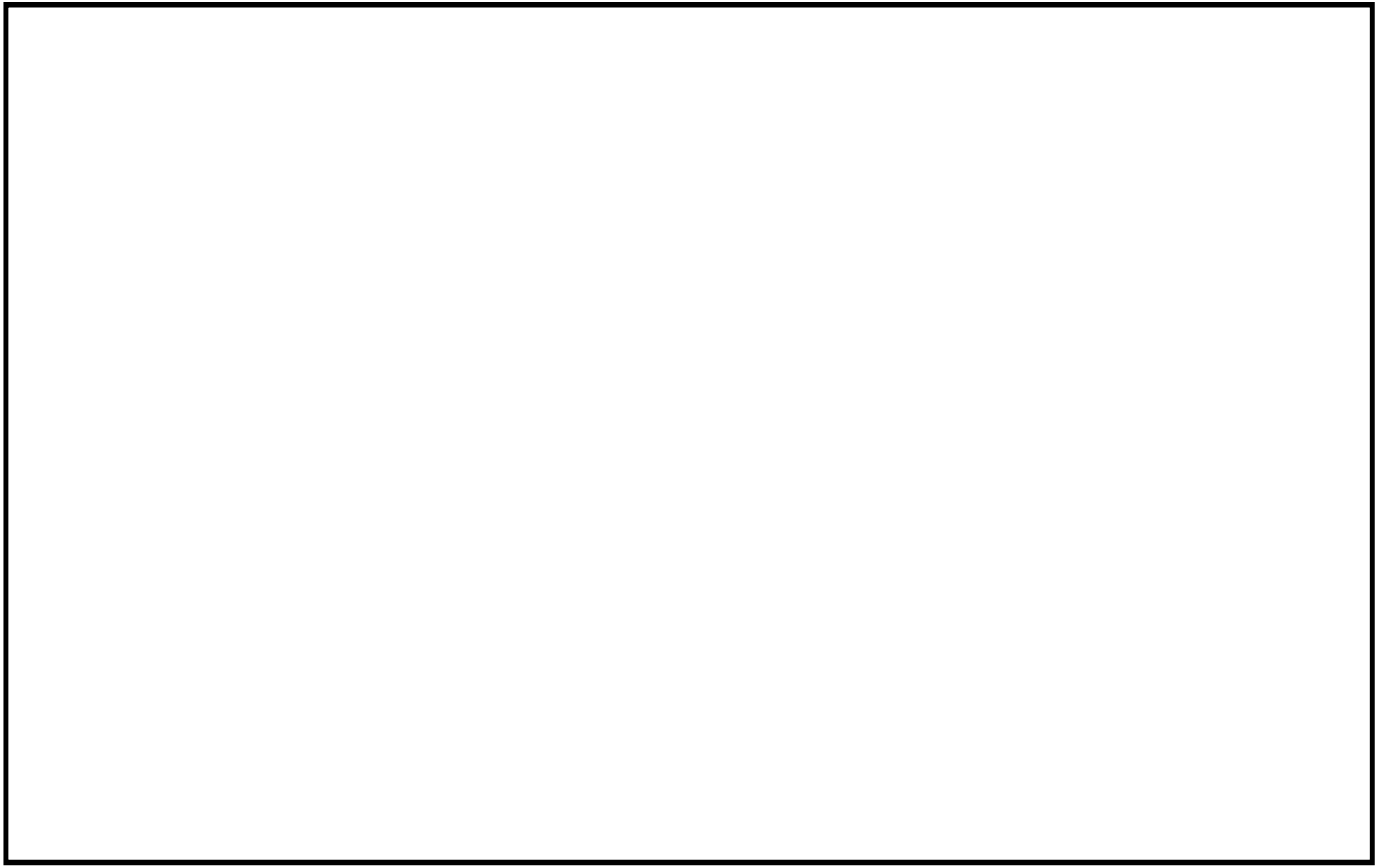
記　　号	内　　容
━━━━（太線）	工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管
――――（細線）	工事計画記載範囲の管のうち，本系統の管であって他計算書記載範囲の管
- - - - - - - -（破線）	工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち，他系統の管であって解析モデルの概略を示すために表記する管
●	質点
⊗	アンカ
	レストレイント （本図は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。スナッバについても同様とする。）
	スナッバ
	ハンガ
	リジットハンガ
	注１：鳥瞰図中の寸法の単位は mm である。



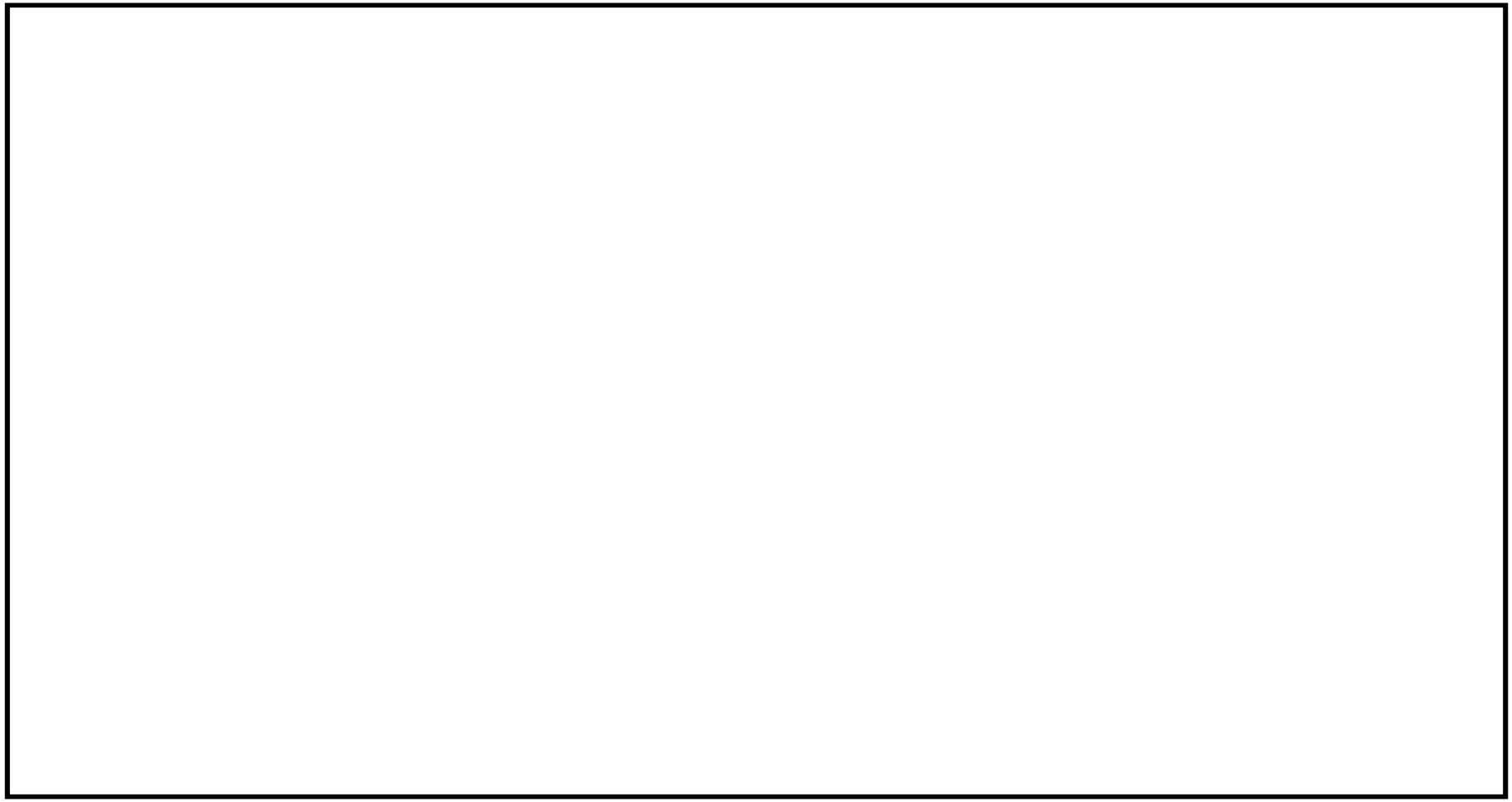
鳥瞰図	FCVS-R-3(1/5)



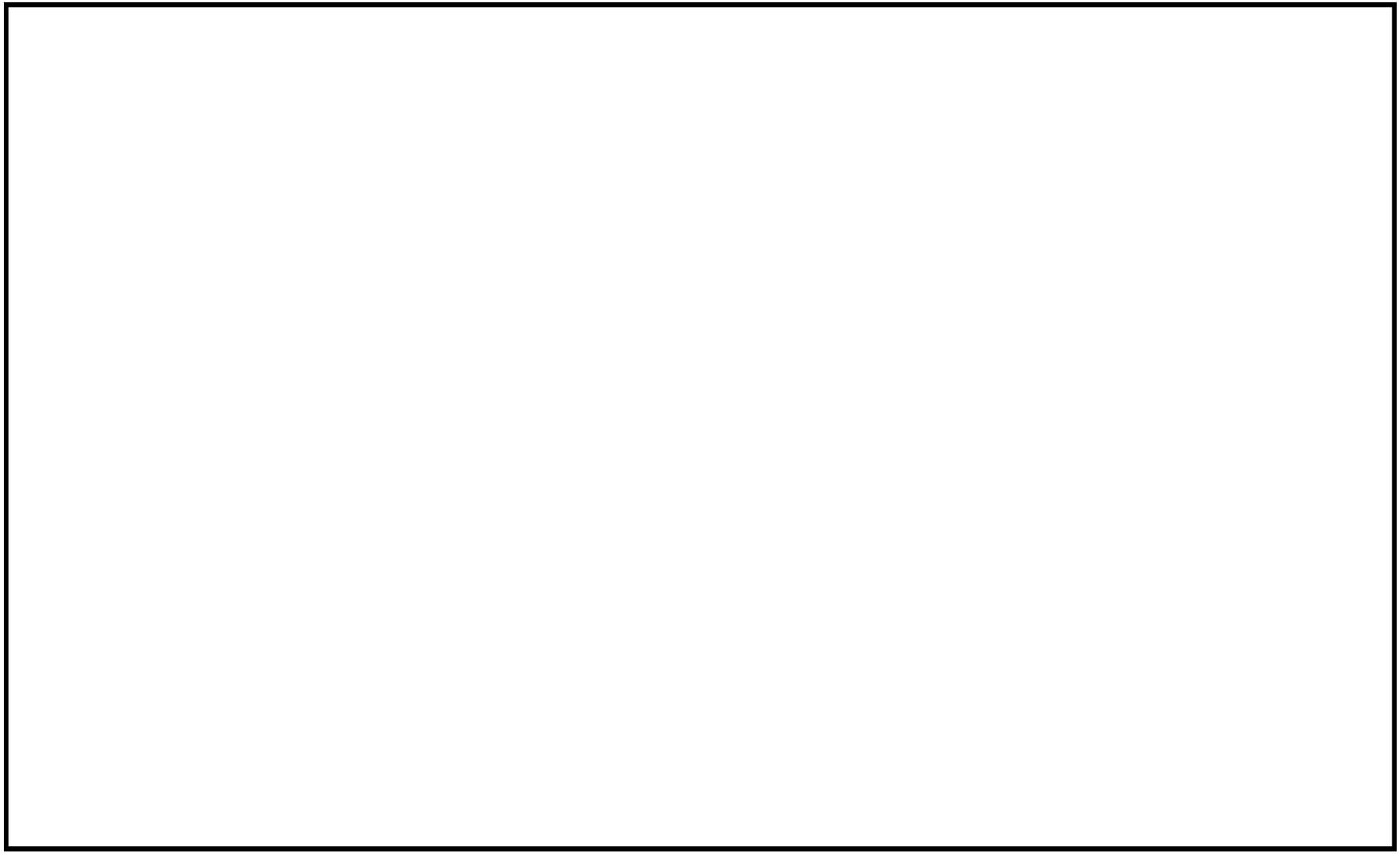
鳥瞰図	FCVS-R-3(2/5)



鳥瞰図	FCVS-R-3(3/5)



鳥瞰図	FCVS-R-3(4/5)



鳥瞰図	FCVS-R-3(5/5)

3. 計算条件

3.1 計算条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管番号で区分し，管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥瞰図 FCVS-R-3

管番号	対応する評価点	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料
1	1～ 8, 10～ 16 18～ 24	15.00	40	27.2	5.5	SUS304TP
2	26～ 34, 32～273 33～ 43, 45～ 55 51～162,265～274 517～519,524～526	0.87	100	27.2	2.9	SUS304TP
3	36～ 42	大気圧	100	48.6	3.7	SUS304TP
4	57～ 64	大気圧	100	27.2	2.9	SUS304TP

配管の付加質量

鳥瞰図　FCVS-R-3

質量	対応する評価点
[redacted]	162,273,517,524

フランジ部の質量

鳥瞰図　FCVS-R-3

質量	対応する評価点
[redacted]	34,162,273,517,524
[redacted]	36

弁部の寸法

鳥瞰図　FCVS-R-3

評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
8～ 9				9～ 10			
16～ 17				17～564			
564～513				17～ 18			
24～ 25				25～487			
487～286				286～287			
287～288				25～ 26			
34～ 35				35～486			
35～ 36				43～ 44			
44～ 45				55～ 56			
56～ 57				274～275			
275～276							

弁部の質量

鳥瞰図　FCVS-R-3

質量	対応する評価点	質量	対応する評価点
[redacted]	9	[redacted]	24,26
[redacted]	25	[redacted]	35
[redacted]	44,56	[redacted]	275
[redacted]	286	[redacted]	288
[redacted]	564		

支持点及び貫通部ばね定数

鳥瞰図　FCVS-R-3

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸廻り回転ばね定数(N･mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
3						
7						
12						
15						
19						
23						
27						
29						
31						
37						
40						
47						
50						
54						
62						
65						
67						
70						
74						
78						
82						
86						
90						
93						
95						
98						
102						
106						
111						

鳥瞰図　FCVS-R-3

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸廻り回転ばね定数(N･mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
113						
117						
121						
125						
130						
132						
139						
143						
145						
147						
150						
154						
158						
165						
167						
169						
172						
176						
180						
184						
188						
191						
193						
197						
200						
204						
210						
212						
216						

鳥瞰図　FCVS-R-3

支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸廻り回転ばね定数(N･mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
220						
224						
229						
231						
239						
241						
243						
245						
248						
252						
256						
258						
262						
268						
270						
287						
513						
539						
557						

3.2　材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

設計・建設規格に規定の応力計算に用いる許容応力

材料	最高使用温度 (℃)	許容応力(MPa)			
		Ｓｍ	Ｓｙ	Ｓｕ	Ｓｈ
SUS304TP	40	—	—	—	129
SUS304TP	100	—	—	—	122

4. 計算結果

下表に示すとおり最大応力はすべて許容応力以下である。

重大事故等クラス２管であってクラス２以下の管

設計・建設規格　PPC-3520 の規定に基づく評価

鳥瞰図	最大応力評価点	最大応力区分	一次応力評価(MPa)	
			計算応力 S_{prm}*1 S_{prm}*2	許容応力 1.5・Ｓｈ 1.8・Ｓｈ
FCVS-R-3	26	S_{prm}*1	65	183
FCVS-R-3	26	S_{prm}*2	66	219

注記＊1：設計・建設規格 PPC-3520(1)に基づき計算した一次応力

＊2：設計・建設規格 PPC-3520(2)に基づき計算した一次応力

5. 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し，応力分類毎に裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図，計算条件及び評価結果を記載している。下表に，代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（重大事故等クラス２管であってクラス２以下の管）

No.	配管モデル	重大事故等時*1					重大事故等時*2				
		一次応力					一次応力				
		評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表	評価点	計算応力 (MPa)	許容応力 (MPa)	裕度	代表
1	FCVS-R-3	26	65	183	2.81	○	26	66	219	3.31	○
2	FCVS-R-4	46	65	193	2.96	—	46	68	232	3.41	—
3	FCVS-R-5	13	37	193	5.21	—	13	40	232	5.80	—
4	FCVS-R-6	11	35	193	5.51	—	10	38	232	6.10	—

注記＊1：設計・建設規格 PPC-3520(1)に基づき計算した一次応力を示す。

＊2：設計・建設規格 PPC-3520(2)に基づき計算した一次応力を示す。

Ⅴ-3-3-6-4-4　管の強度計算書（可搬型）（格納容器圧力逃がし装置）

一般産業品の規格及び基準への適合性確認結果（メーカ規格及び基準）　（遠隔空気駆動弁操作設備）

Ⅰ．　重大事故等クラス３機器の使用目的及び使用環境，材料及び使用条件

種類	使用目的及び使用環境	材料	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)
ホース	遠隔空気駆動弁操作用ボンベと遠隔空気駆動用操作設備を接続し，窒素を供給することを目的とする。使用環境として屋内で窒素を供給する。	合成ゴム	15.0*	40*

注記　＊：重大事故等時における使用時の値を示す。

Ⅱ．　メーカ規格及び基準に規定されている事項（メーカ仕様）

種類	使用目的及び想定している使用環境	材料	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	規格及び基準に基づく試験
ゴムホース	高耐圧性能，圧力を伝導するためのフレキシブル性で建築設備，工場設備に対応したホースとして使用することを目的とする。使用環境としては，屋内外で気体や液体の流体を供給することを想定する。	合成ゴム	20.5	50	耐圧試験（試験圧力：41.0MPa，試験保持時間１分間）を実施。

Ⅲ．　確認項目

(a)　：規格及び基準が妥当であることの確認（ⅠとⅡの使用目的及び使用環境の比較）

当該ホースは，重大事故等時に窒素供給用のホースとして屋外で使用される。一方，本メーカ規格及び基準は，工業設備等に対応したホースとして使用することを目的とした一般産業品に対する規格であり，屋内外で気体や液体の流体に対して使用することを想定している。重大事故等時における当該ホースの使用目的及び使用環境は，本規格の使用目的及び想定している使用環境の範囲内である。

(b-2)：材料が適切であること及び使用条件に対する強度の確認（Ⅱと公的な規格等の材料及び試験条件の比較，ⅠとⅡの使用条件の比較）

当該ホースに使用されている材料は，ＪＩＳ Ｋ ６３４９「液圧用の鋼線又は繊維補強ゴムホース」で使用可能な材料とされているゴムと同種類の材料である。

当該ホースの最高使用圧力及び最高使用温度はメーカ仕様の範囲内であり，メーカが想定する最高使用圧力に対し，ゴム及びプラスチックホースについて規定しているＪＩＳ Ｋ ６３３０「ゴム及びプラスチックホース試験方法」に規定されている耐圧試験（試験圧力：最高使用圧力×2 倍　試験保持時間：30～60 秒）と同等の試験条件の耐圧試験に合格していることを検査成績書等により確認できる。一方，設計・建設規格のクラス３機器の設計許容応力は降伏点に対して 5/8 を基準にしており，この設計許容応力以下となる必要板厚は最高使用圧力を条件として評価式により求めている。よって，設計・建設規格 PHT-2311 で規定されている耐圧試験と同等の試験条件の耐圧試験に合格することで，メーカ規格及び基準の設計が設計・建設規格と同等の裕度を有しているとみなせるため，当該ホースは要求される強度を有している。

Ⅳ．　評価結果

上記の重大事故等クラス３機器は，一般産業品としてメーカ規格及び基準に適合し，使用材料の特性を踏まえた上で，重大事故等時における使用圧力及び使用温度が負荷された状態において要求される強度を有している。

Ⅴ-3-3-7　その他発電用原子炉の附属施設の強度に関する説明書

Ⅴ-3-3-7-1　非常用電源設備の強度に関する説明書

Ⅴ-3-3-7-1-1　非常用発電装置の強度計算書

Ⅴ-3-3-7-1-1-1　非常用ディーゼル発電設備の強度計算書

Ⅴ-3-3-7-1-1-1-1　空気だめの強度計算書

まえがき

本計算書は，Ⅴ-3-1-5「重大事故等クラス２機器及び重大事故等クラス２支持構造物の強度計算の基本方針」及びⅤ-3-2-8「重大事故等クラス２容器の強度計算方法」，Ⅴ-3-2-12「重大事故等クラス２支持構造物（容器）の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお，評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については，Ⅴ-3-2-1「強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

・評価条件整理表

機器名	既設or新設	施設時の技術基準に対象とする施設の規定があるか	クラスアップするか				条件アップするか					既工認における評価結果の有無	施設時の適用規格	評価区分	同等性評価区分	評価クラス
			クラスアップの有無	施設時機器クラス	ＤＢクラス	ＳＡクラス	条件アップの有無	ＤＢ条件		ＳＡ条件						
								圧力(MPa)	温度(℃)	圧力(MPa)	温度(℃)					
空気だめ	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	3.24	90	3.24	90	－	S55告示	設計・建設規格又は告示	－	SA-2

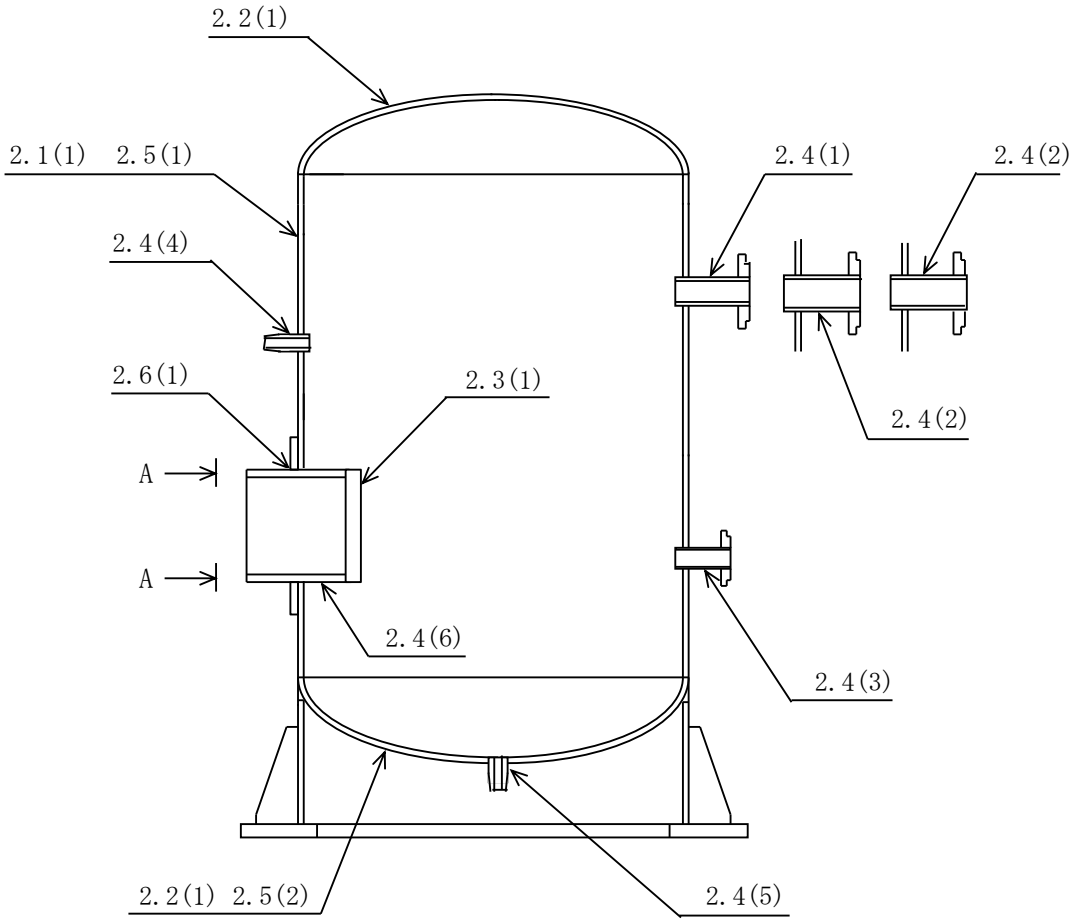
目　　次

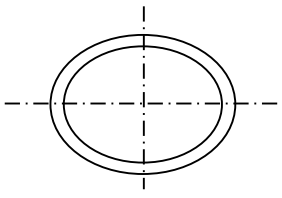
1.　計算条件　…… 1
1.1　計算部位　…… 1
1.2　設計条件　…… 1
2.　強度計算　…… 2
2.1　容器の胴の厚さの計算　…… 2
2.2　容器の鏡板の厚さの計算　…… 3
2.3　だ円形マンホール平板の計算　…… 4
2.4　容器の管台の厚さの計算　…… 5
2.5　容器の補強を要しない穴の最大径の計算　…… 11
2.6　容器の穴の補強計算　…… 13
3.　支持構造物の強度計算　…… 16

1.　計算条件

1.1　計算部位

概要図に強度計算箇所を示す。





A～A矢視図

図中の番号は次頁以降の
計算項目番号を示す。

1.2　設計条件

最高使用圧力(MPa)	3.24
最高使用温度(℃)	90

2.　強度計算

2.1　容器の胴の厚さの計算

設計・建設規格　PVC-3120

胴板名称			(1)　胴板
材料			SGV480
最高使用圧力	P	(MPa)	3.24
最高使用温度		(℃)	90
胴の内径	D_i	(mm)	1200.00
許容引張応力	S	(MPa)	120
継手効率	η		1.00
継手の種類			突合せ両側溶接
放射線検査の有無			有り
必要厚さ	t_1	(mm)	3.00
必要厚さ	t_2	(mm)	16.47
t_1, t_2の大きい値	t	(mm)	16.47
呼び厚さ	t_{so}	(mm)	22.00
最小厚さ	t_s	(mm)	
評価：$t_s \geqq t$，よって十分である。			

2.2　容器の鏡板の厚さの計算

（イ）　設計・建設規格　PVC-3210

鏡板の形状

鏡板名称			(1)　鏡板
鏡板の内面における長径	D_{iL}	(mm)	1200.00
鏡板の内面における短径の1／2	h	(mm)	300.00
長径と短径の比	$D_{iL}／(2・h)$		2.00
評価：$D_{iL}／(2・h)≦2$，よって半だ円形鏡板である。			

（ロ）　設計・建設規格　PVC-3220

鏡板の厚さ

鏡板名称			(1)　鏡板
材料			SGV480
最高使用圧力	P	(MPa)	3.24
最高使用温度		(℃)	90
胴の内径	D_i	(mm)	1200.00
半だ円形鏡板の形状による係数	K		1.00
許容引張応力	S	(MPa)	120
継手効率	η		1.00
継手の種類			継手無し
放射線検査の有無			―
必要厚さ	t_1	(mm)	16.47
必要厚さ	t_2	(mm)	16.25
t_1，t_2の大きい値	t	(mm)	16.47
呼び厚さ	t_{co}	(mm)	22.00
最小厚さ	t_c	(mm)	
評価：$t_c≧t$，よって十分である。			

2.3　だ円マンホール平板の計算

ＪＩＳ　Ｂ　８２０１　6.6.8項　マンホールカバーの最小厚さを適用する。

平板名称			(1)　マンホール平板
材料			SGV480
最高使用圧力	P	(MPa)	3.24
最高使用温度		(℃)	90
穴の長径	a	(mm)	380.00
穴の短径	b	(mm)	280.00
b／a			0.737
係数	c		7.45
許容引張応力	σa	(MPa)	120
必要厚さ	t_1	(mm)	30.88
必要厚さ	t_2	(mm)	14.00
t_1，t_2の大きい値	t	(mm)	30.88
呼び厚さ	t_{po}	(mm)	36.00
最小厚さ	t_p	(mm)	
評価：$t_p \geqq t$，よって十分である。			

2.4　容器の管台の厚さの計算

設計・建設規格　PVC-3610

管台名称			(1)　空気入口
材料			STPT410-S
最高使用圧力	P	(MPa)	3.24
最高使用温度		(℃)	90
管台の外径	D_o	(mm)	48.60
許容引張応力	S	(MPa)	103
継手効率	η		1.00
継手の種類			継手無し
放射線検査の有無			—
必要厚さ	t_1	(mm)	0.76
必要厚さ	t_3	(mm)	2.20
t_1，t_3の大きい値	t	(mm)	2.20
呼び厚さ	t_{no}	(mm)	5.10
最小厚さ	t_n	(mm)	[redacted]
評価：$t_n \geqq t$，よって十分である。			

容器の管台の厚さの計算

設計・建設規格　PVC-3610

管台名称			(2)　空気出口
材料			STPT410-S
最高使用圧力	P	(MPa)	3.24
最高使用温度		(℃)	90
管台の外径	D_o	(mm)	60.50
許容引張応力	S	(MPa)	103
継手効率	η		1.00
継手の種類			継手無し
放射線検査の有無			—
必要厚さ	t_1	(mm)	0.94
必要厚さ	t_3	(mm)	2.40
t_1，t_3の大きい値	t	(mm)	2.40
呼び厚さ	t_{no}	(mm)	5.50
最小厚さ	t_n	(mm)	[redacted]
評価：$t_n \geqq t$，よって十分である。			

容器の管台の厚さの計算

設計・建設規格　PVC-3610

管台名称			(3)　圧力計用
材料			STPT410-S
最高使用圧力	P	(MPa)	3.24
最高使用温度		(℃)	90
管台の外径	D_o	(mm)	27.20
許容引張応力	S	(MPa)	103
継手効率	η		1.00
継手の種類			継手無し
放射線検査の有無			―
必要厚さ	t_1	(mm)	0.43
必要厚さ	t_3	(mm)	1.70
t_1，t_3の大きい値	t	(mm)	1.70
呼び厚さ	t_{no}	(mm)	3.90
最小厚さ	t_n	(mm)	[redacted]
評価：$t_n \geqq t$，よって十分である。			

容器の管台の厚さの計算

設計・建設規格　PVC-3610

管台名称			(4)　安全弁
材料			STPT410-S
最高使用圧力	P	(MPa)	3.24
最高使用温度		(℃)	90
管台の外径	D_o	(mm)	34.00
許容引張応力	S	(MPa)	103
継手効率	η		1.00
継手の種類			継手無し
放射線検査の有無			―
必要厚さ	t_1	(mm)	0.53
必要厚さ	t_3	(mm)	1.70
t_1，t_3の大きい値	t	(mm)	1.70
呼び厚さ	t_{no}	(mm)	4.50
最小厚さ	t_n	(mm)	[redacted]
評価：$t_n \geqq t$，よって十分である。			

容器の管台の厚さの計算

設計・建設規格　PVC-3610

管台名称			(5)　ドレン
材料			STPT410-S
最高使用圧力	P	(MPa)	3.24
最高使用温度		(℃)	90
管台の外径	D_o	(mm)	27.20
許容引張応力	S	(MPa)	103
継手効率	η		1.00
継手の種類			継手無し
放射線検査の有無			―
必要厚さ	t_1	(mm)	0.43
必要厚さ	t_3	(mm)	1.70
t_1，t_3の大きい値	t	(mm)	1.70
呼び厚さ	t_{no}	(mm)	3.90
最小厚さ	t_n	(mm)	[redacted]
評価：$t_n \geqq t$，よって十分である。			

容器の管台の厚さの計算

設計・建設規格　PVC-3610

管台名称				(6)　マンホール
材料				SGV480
最高使用圧力		P	(MPa)	—
外面に受ける最高の圧力		Ｐｅ	(MPa)	3.24
最高使用温度	内圧時		(℃)	—
	外圧時		(℃)	90
管台の外径		D_o	(mm)	424.00※
許容引張応力		S	(MPa)	120
継手効率		η		—
継手の種類				—
放射線検査の有無				—
必要厚さ		t_2	(mm)	17.40
必要厚さ		t_3	(mm)	3.80
t_2，t_3の大きい値		t	(mm)	17.40
呼び厚さ		t_{no}	(mm)	22.00
最小厚さ		t_n	(mm)	
評価：$t_n \geqq t$，よって十分である。				

注記＊　：マンホールの管台は形状がだ円形であり，管台の外形の値はだ円の長径とする。

2.5　容器の補強を要しない穴の最大径の計算

設計・建設規格　PVC-3150(2)

胴板名称			(1)　胴板
材料			SGV480
最高使用圧力	P	(MPa)	3.24
最高使用温度		(℃)	90
胴の外径	D	(mm)	1244.00
許容引張応力	S	(MPa)	120
胴板の最小厚さ	t_s	(mm)	
継手効率	η		1.00
継手の種類			突合せ両側溶接
放射線検査の有無			有り
$d_{r1}=(D-2\cdot t_s)/4$		(mm)	
61，d_{r1}の小さい値		(mm)	61.00
K			
$D\cdot t_s$		(mm^2)	
200，d_{r2}の小さい値		(mm)	91.87
補強を要しない穴の最大径		(mm)	91.87
評価：補強の計算を要する穴の名称			マンホール(2.6(1))

容器の補強を要しない穴の最大径の計算

設計・建設規格　PVC-3230(2)

鏡板名称			(2)　鏡板
材料			SGV480
最高使用圧力	P	(MPa)	3.24
最高使用温度		(℃)	90
鏡板のフランジ部の外径	D	(mm)	1244.00
許容引張応力	S	(MPa)	120
鏡板の最小厚さ	t_C	(mm)	
継手効率	η		1.00
継手の種類			継手無し
放射線検査の有無			―
$d_{r1}=(D-2\cdot t_c)/4$		(mm)	
61，d_{r1}の小さい値		(mm)	61.00
K			
$D\cdot t_c$		(mm^2)	
200，d_{r2}の小さい値		(mm)	49.18
補強を要しない穴の最大径		(mm)	61.00
評価：補強の計算を要する穴の名称			無し

2.6　容器の穴の補強計算

設計・建設規格　PVC-3160

参照附図　ＷＥＬＤ－１９’

部材名称			(1)　マンホール
胴板材料			SGV480
管台材料			SGV480
強め板材料			SGV480
最高使用圧力	P	(MPa)	3.24
最高使用温度		(℃)	90
胴板の許容引張応力	S_s	(MPa)	120
管台の許容引張応力	S_n	(MPa)	120
強め板の許容引張応力	S_e	(MPa)	120
穴の径	d	(mm)	
管台が取り付く穴の径	d_w	(mm)	338.00
胴板の最小厚さ	t_s	(mm)	
管台の最小厚さ	t_n	(mm)	
胴板の継手効率	η		1.00
係数	F		1.00
胴の内径	D_i	(mm)	1200.00
胴板の計算上必要な厚さ	t_{sr}	(mm)	16.47
管台の計算上必要な厚さ	t_{nr}	(mm)	17.40
穴の補強に必要な面積	A_r	(mm^2)	
補強の有効範囲	X_1	(mm)	
補強の有効範囲	X_2	(mm)	
補強の有効範囲	X	(mm)	
補強の有効範囲	Y_1	(mm)	
補強の有効範囲	Y_2	(mm)	
強め板の最小厚さ	t_e	(mm)	
強め板の外径	B_e	(mm)	568.00
管台の外径	D_{on}	(mm)	324.00
溶接寸法	L_1	(mm)	8.50
溶接寸法	L_2	(mm)	13.50
溶接寸法	L_3	(mm)	19.00
胴板の有効補強面積	A_1	(mm^2)	
管台の有効補強面積	A_2	(mm^2)	
すみ肉溶接部の有効補強面積	A_3	(mm^2)	433.3

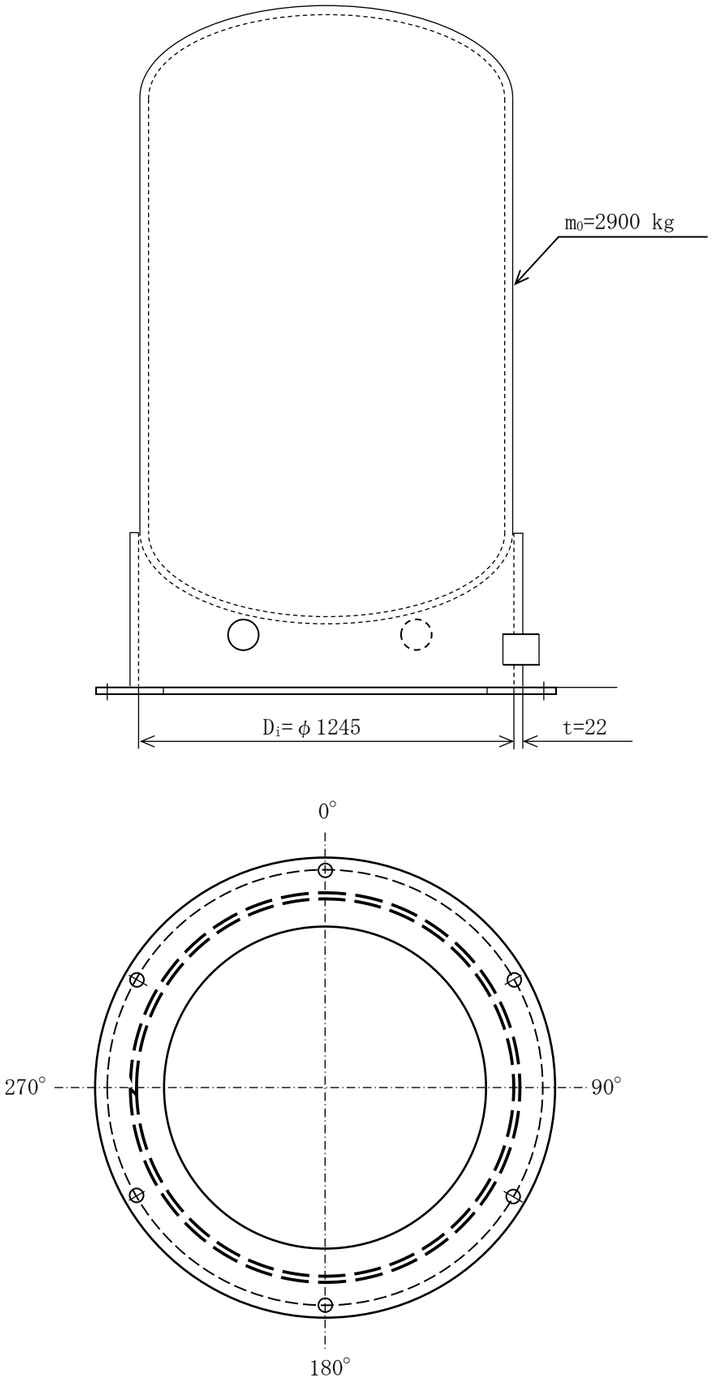
強め板の有効補強面積	A_4	(mm^2)	
補強に有効な総面積	A_0	(mm^2)	8.285×10^3
補強：$A_0>A_r$，よって十分である。			

部材名称			(1)　マンホール
大きい穴の補強			
補強を要する穴の限界径	d_j	(mm)	500.00
評価：$d \leqq d_j$，よって大きい穴の補強計算は必要ない。			
溶接部にかかる荷重	W_1	(N)	8.855×10^5
溶接部にかかる荷重	W_2	(N)	
溶接部の負うべき荷重	W	(N)	
すみ肉溶接の許容せん断応力	S_{w1}	(MPa)	55
突合せ溶接の許容せん断応力	S_{w2}	(MPa)	67
突合せ溶接の許容引張応力	S_{w3}	(MPa)	84
管台壁の許容せん断応力	S_{w4}	(MPa)	84
応力除去の有無			無し
すみ肉溶接の許容せん断応力係数	F_1		0.46
突合せ溶接の許容せん断応力係数	F_2		0.56
突合せ溶接の許容引張応力係数	F_3		0.70
管台壁の許容せん断応力係数	F_4		0.70
すみ肉溶接部のせん断力	W_{e1}	(N)	2.388×10^5
すみ肉溶接部のせん断力	W_{e2}	(N)	5.338×10^5
すみ肉溶接部のせん断力	W_{e3}	(N)	6.649×10^5
突合せ溶接部のせん断力	W_{e4}	(N)	2.394×10^5
突合せ溶接部の引張力	W_{e6}	(N)	
突合せ溶接部の引張力	W_{e7}	(N)	
突合せ溶接部の引張力	W_{e8}	(N)	
突合せ溶接部の引張力	W_{e9}	(N)	
管台のせん断力	W_{e10}	(N)	
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp1}	(N)	2.453×10^6
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp2}	(N)	
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp3}	(N)	
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp4}	(N)	
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp5}	(N)	
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp6}	(N)	
評価：$W_{ebp1}\geqq W$，$W_{ebp2}\geqq W$，$W_{ebp3}\geqq W$，$W_{ebp4}\geqq W$，$W_{ebp5}\geqq W$，$W_{ebp6}\geqq W$ 以上より十分である。			

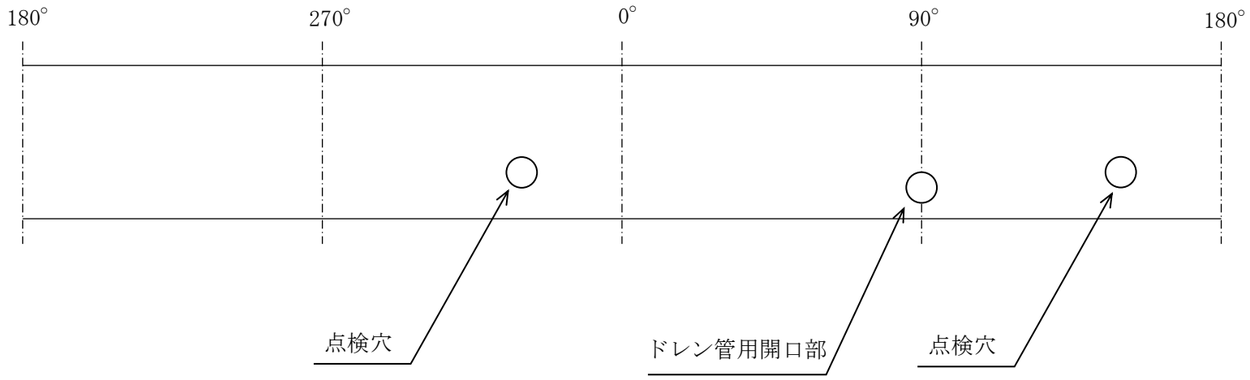
3.　支持構造物の強度計算

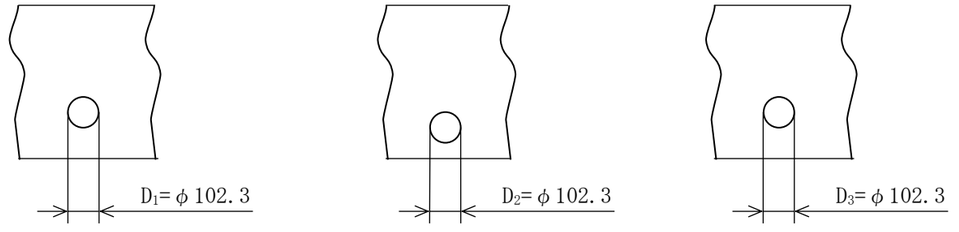
(1)　一次圧縮応力評価

種類	脚本数	材料	最高使用温度 (℃)	F値 (MPa)	鉛直荷重 F_C (N)	断面積 A (mm^2)	一次圧縮応力 σ_c (MPa)	許容圧縮応力 f_c (MPa)	評価
スカート支持 たて置円筒型容器	－	SGV480	90	241	[redacted]	8.081×10^4	1	160	σ_c は、f_c 以下であるので、強度は十分である。



スカートの穴径に関する情報





点検穴　　ドレン管用開口部　　点検穴

（単位：mm）

空気だめ　支持構造物の強度計算説明図

Ⅴ-3-3-7-1-1-2　代替交流電源設備の強度計算書

Ⅴ-3-3-7-1-1-2-1　電源車用機関付冷却水ポンプの強度計算書

一般産業品の規格及び基準への適合性確認結果（電源車用機関付冷却水ポンプ）

Ⅰ． 非常用発電装置（可搬型）の使用目的及び使用環境，使用条件

種類	使用目的及び使用環境	容量(kVA/個)
非常用発電装置 （可搬型）	可搬型代替交流電源設備として，設計基準事故対処設備の電源が喪失した場合に，重大事故等の対応に必要な負荷に電力を供給することを目的とする。使用環境として，屋外で使用する。	500

Ⅱ． メーカ規格及び基準に規定されている事項（メーカ仕様）

種類	使用目的及び想定している使用環境	容量(kVA/個)	メーカ許容値(℃)	規格及び基準に基づく試験
内燃機関：[redacted] 発電機:E-AF	災害時等に使用する発電機として，定格出力以内で必要な負荷に対し電力を供給するために使用される。 使用環境として，屋外で使用することを想定している。	500	潤滑油温度：120 冷却水温度：100 排気温度：600	温度試験にて，定格負荷状態における機械の各部の温度上昇がメーカ許容値以下であることを確認。

Ⅲ． 確認項目

(a) ：規格及び基準が妥当であることの確認（ⅠとⅡの使用目的及び使用環境の比較）

電源車は，重大事故等時に屋外で非常用発電装置（可搬型）として使用される。一方、本メーカ規格及び基準は、災害時等に発電機として使用することを目的とした一般産業品に対する規格であり，屋外での使用を想定している。重大事故等時における電源車の使用目的及び使用環境は，本規格で定める使用目的及び想定している使用環境範囲内である。

(b-3)：使用条件に対する強度の確認（ⅡとＪＥＭ－１３５４に規定される温度試験との比較，ⅠとⅡの使用条件の比較）

電源車は，JEM-1354（エンジン駆動陸用同期発電機-温度試験）で規定されている温度試験を実施し，定格負荷状態における機械の各部の温度上昇がメーカ許容値以下であることを試験成績書により確認できる。メーカ許容値は，メーカにて実績等により十分に検証された電源車各部の機能が保証される温度上昇限度である。

電源車の容量は，メーカ仕様で定める容量（500kVA/個）の範囲内である。

Ⅳ． 評価結果

上記の電源車は、一般産業品としてメーカ規格及び基準に適合し，燃料タンク及び冷却水ポンプを含めた一体構造品の完成品として，重大事故等時における所要負荷において十分な強度を有している。

Ⅴ-3-3-7-1-1-2-2　電源車用車載燃料タンクの強度計算書

一般産業品の規格及び基準への適合性確認結果

（電源車用車載燃料タンク）

電源車用車載燃料タンクは，電源車の附属機器であり，一体構造品の完成品として一般産業品の規格及び基準により強度評価を実施している。Ⅴ-3-3-7-1-1-2-1「電源車用機関付冷却水ポンプの強度計算書」に示すとおり，電源車用車載燃料タンクは，一般産業品としてメーカ規格及び基準に適合し，重大事故等時における使用条件において要求される強度を有している。

Ⅴ-3-3-7-1-1-2-3　タンクローリ（16kL）の強度計算書

一般産業品の規格及び基準への適合性確認結果（法令又は公的な規格）（タンクローリ（16kL））

Ⅰ． 重大事故等クラス３機器の使用目的及び使用環境，材料及び使用条件

種類	使用目的及び使用環境	材料	最高使用圧力(kPa)	最高使用温度(℃)
楕円筒型	重大事故等が発生した場合において，軽油タンクから第一ガスタービン発電機用の燃料を補給するためのタンクローリとして使用することを目的とする。使用環境として，屋外で燃料を貯蔵，運搬する。	（胴板，底板，鏡板） A5083P-O， A5083P-H32， A5083P-O （マンホールふた） Q235B	24*	40*

注記 ＊：重大事故等時における使用時の値を示す。

Ⅱ． 法令又は公的な規格に規定されている事項

規格及び基準	「消防法」に基づく「危険物の規制に関する政令」				
種類	使用目的及び想定している使用環境	材料	最高使用圧力(kPa)	最高使用温度(℃)	規格及び基準に基づく試験
移動タンク貯蔵所	車両に固定されたタンクにおいて危険物を貯蔵し，又は取り扱う貯蔵所として使用することを目的とする。使用環境として，屋外で重油等の危険物を貯蔵，運搬することを想定している。	厚さ 3.2 mm 以上の鋼板又はこれと同等以上の機械的性質を有する材料	—	—	圧力タンクを除くタンクにあっては，水圧試験（試験圧力：70kPa，試験保持時間：10 分）に合格したものに，タンク検査済証の交付がなされる。

Ⅲ． メーカ仕様

種類	使用目的及び想定している使用環境	材料	最高使用圧力(kPa)	最高使用温度(℃)	規格及び基準に基づく試験
QKG-GN1APBG QKG-GN1APEG	車両に固定されたタンクにおいて危険物を貯蔵し，又は取り扱う貯蔵所として使用することを目的としている。使用環境として，屋外で軽油等の危険物を貯蔵，運搬することを想定している。	（胴板，底板，鏡板） A5083P-O， A5083P-H32， A5083P-O （マンホールふた） Q235B	24*	—	市町村長等又は行政機関による水圧試験（試験圧力：70kPa，試験保持時間 10 分間）に合格している。

注記 ＊：安全装置の作動圧の最高値を示す。

Ⅳ. 確認項目

(a) ：規格及び基準が妥当であることの確認（ⅠとⅡの使用目的及び使用環境の比較）

当該タンクは，重大事故等時に燃料補給用のタンクローリとして屋外で使用される。一方，「消防法」に基づく「危険物の規制に関する政令」は，危険物の貯蔵又は取り扱いに関する技術上の規格を定めた一般産業品に対する規格であり，移動タンク貯蔵所は屋外で危険物を貯蔵，運搬することを想定している。重大事故等時における当該タンクの使用目的及び使用環境は，本規格で定める使用目的及び想定している使用環境の範囲内である。

(b-1)：材料が適切であること及び使用条件に対する強度の確認（ⅡとⅢの材料及び試験条件の比較，ⅠとⅢの使用条件の比較）

当該タンクには「消防法」に基づく「危険物の規則に関する政令」に従った適切な材料である鋼板が使用されていることを行政機関によるタンク検査済証により確認できる。

当該タンクの最高使用温度の40℃は屋外で使用するタンクローリであることから想定内である。また，最高使用圧力はメーカ仕様の範囲内であり，「消防法」に基づく「危険物の規制に関する政令」に従った試験に合格していることを行政機関によるタンク検査済証により確認できることから，当該タンクは要求される強度を有している。

Ⅴ. 評価結果

上記の重大事故等クラス３機器は，一般産業品として「消防法」（「危険物の規制に関する政令」含む。）に適合し，使用材料の特性を踏まえた上で，重大事故等時における使用圧力及び使用温度が負荷された状態において要求される強度を有している。

Ⅴ-3-3-7-1-1-2-4　タンクローリ（4kL）の強度計算書

一般産業品の規格及び基準への適合性確認結果（法令又は公的な規格）（タンクローリ（4kL））

Ⅰ． 重大事故等クラス３機器の使用目的及び使用環境，材料及び使用条件

種類	使用目的及び使用環境	材料	最高使用圧力(kPa)	最高使用温度(℃)
だ円型横置	重大事故等が発生した場合において，軽油タンクから非常用発電装置用の燃料を補給するためのタンクローリとして使用することを目的とする。使用環境として，屋外で燃料を貯蔵，運搬する。	（胴板，側板，鏡板） SS400 相当（KCP-SS400）， SAPH400， SAPH400 （マンホールカバー） SAPH400	24*	40*

注記 ＊：重大事故等時における使用時の値を示す。

Ⅱ． 法令又は公的な規格に規定されている事項

規格及び基準	「消防法」に基づく「危険物の規制に関する政令」				
機器名	使用目的及び想定している使用環境	材料	最高使用圧力(kPa)	最高使用温度(℃)	規格及び基準に基づく試験
移動タンク貯蔵所	車両に固定されたタンクにおいて危険物を貯蔵し，又は取り扱う貯蔵所として使用することを目的とする。使用環境として，屋外で重油等の危険物を貯蔵，運搬することを想定している。	厚さ 3.2 mm 以上の鋼板又はこれと同等以上の機械的性質を有する材料	—	—	圧力タンクを除くタンクにあっては，水圧試験（試験圧力：70kPa，試験保持時間：10 分）に合格したものに，タンク検査済証の交付がなされる。

Ⅲ． メーカ仕様

機器名	使用目的及び想定している使用環境	材料	最高使用圧力(kPa)	最高使用温度(℃)	規格及び基準に基づく試験
TKG-FD9JEAA	車両に固定されたタンクにおいて危険物を貯蔵し，又は取り扱う貯蔵所として使用することを目的としている。使用環境として，屋外で軽油等の危険物を貯蔵，運搬することを想定している。	（胴板，側板，鏡板） SS400 相当（KCP-SS400）， SAPH400， SAPH400 （マンホールカバー） SAPH400	24*	—	市町村長等又は行政機関による水圧試験（試験圧力：70kPa，試験保持時間 10 分間）に合格している。

注記 ＊：安全装置の作動圧の最高値を示す。

Ⅳ. 確認項目

(a) ：規格及び基準が妥当であることの確認（ⅠとⅡの使用目的及び使用環境の比較）

当該タンクは，重大事故等時に燃料補給用のタンクローリとして屋外で使用される。一方，「消防法」に基づく「危険物の規制に関する政令」は，危険物の貯蔵又は取り扱いに関する技術上の規格を定めた一般産業品に対する規格であり，移動タンク貯蔵所は屋外で危険物を貯蔵，運搬することを想定している。重大事故等時における当該タンクの使用目的及び使用環境は，本規格で定める使用目的及び想定している使用環境の範囲内である。

(b-1)：材料が適切であること及び使用条件に対する強度の確認（ⅡとⅢの材料及び試験条件の比較，ⅠとⅢの使用条件の比較）

当該タンクには「消防法」に基づく「危険物の規則に関する政令」に従った適切な材料である鋼板が使用されていることを行政機関によるタンク検査済証により確認できる。

当該タンクの最高使用温度の40℃は屋外で使用するタンクローリであることから想定内である。また，最高使用圧力はメーカ仕様の範囲内であり，「消防法」に基づく「危険物の規制に関する政令」に従った試験に合格していることを行政機関によるタンク検査済証により確認できることから，当該タンクは要求される強度を有している。

Ⅴ. 評価結果

上記の重大事故等クラス３機器は，一般産業品として「消防法」（「危険物の規制に関する政令」含む。）に適合し，使用材料の特性を踏まえた上で，重大事故等時における使用圧力及び使用温度が負荷された状態において要求される強度を有している。

Ⅴ-3-3-7-1-1-2-5　管の強度計算書（可搬型）

一般産業品の規格及び基準への適合性確認結果（メーカ規格及び基準）（タンクローリ給油ライン接続用 20m ホース）

Ⅰ． 重大事故等クラス３機器の使用目的及び使用環境，材料及び使用条件

種類	使用目的及び使用環境	材料	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)
ホース	軽油タンクからタンクローリ（4kL）及びタンクローリ（16kL）へ燃料を移送するホースとして使用することを目的とする。使用環境として屋外で軽油を移送する。	ポリプロピレン	0.32*	40*

注記 ＊：重大事故等時における使用時の値を示す。

Ⅱ． メーカ規格及び基準に規定されている事項（メーカ仕様）

機器名	使用目的及び想定している使用環境	材料	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	規格及び基準に基づく試験
メイジフレックスホース（0901F）	一般給油用又は油圧配管用等のホースであり，灯油，軽油，重油を移送するホースとして使用することを目的とする。使用環境として屋内外で燃料を移送することを想定している。	ポリプロピレン	1.08	80	耐圧試験（試験圧力：0.5 MPa，試験保持時間：10 分間）を実施

Ⅲ． 確認項目

(a) ：規格及び基準が妥当であることの確認（ⅠとⅡの使用目的及び使用環境の比較）

当該ホースは，重大事故等時に屋外で軽油を移送するためのホースである。一方，本メーカ規格及び基準は，一般給油用のホースとして使用することを目的とした一般産業品に対する規格であり，屋内外で軽油等の燃料を移送することを想定している。重大事故等時における当該ホースの使用目的及び使用環境は，本規格の仕様目的及び想定している使用環境の範囲内である。

(b-2)：材料が適切であること及び使用条件に対する強度の確認（Ⅱと公的な規格等の材料及び試験条件の比較，ⅠとⅡの使用条件の比較）

当該ホースに使用されている材料は，一般汎用品として燃料等の移送に用いられる樹脂ホースと同種類の材料である。

当該ホースの最高使用圧力及び最高使用温度はメーカ仕様の範囲内であり，重大事故等時の最高使用圧力に対し，設計・建設規格 PHT-2311 で規定している耐圧試験（試験圧力：最高使用圧力×1.5 倍）と同等の試験条件の耐圧試験に合格していることを検査成績書等により確認できる。耐圧試験による機器の健全性は，耐圧部全体に圧力が負荷される適切な試験保持時間（設計・建設規格 解説 PHT-4000）により確認している。なお，設計・建設規格のクラス３機器の最高許容耐圧試験圧力は機器の応力制限（降伏点）を基に定められており，耐圧試験の規定では，耐圧試験圧力は最高使用圧力の 1.5 倍の 106%を超えないこととしている。一方，設計・建設規格のクラス３機器の設計許容応力は降伏点に対して 5/8 を基準にしており，この許容応力以下となる必要板厚は，最高使用圧力を条件として評価式により求めている。よって，設計・建設規格 PHT-2311 で規定されている耐圧試験と同等の試験条件の耐圧試験に合格することで，メーカ規格及び基準の設計が設計・建設規格と同等の裕度を持っているとみなせるため，当該ホースは要求される強度を有している。

Ⅳ． 評価結果

上記の重大事故等クラス３機器は，一般産業品としてメーカ規格及び基準に適合し，使用材料の特性を踏まえた上で，重大事故等時における使用圧力及び使用温度が負荷された状態において要求される強度を有している。

一般産業品の規格及び基準への適合性確認結果（メーカ規格及び基準）　（タンクローリ給油ライン接続用 40m ホース）

Ⅰ．　重大事故等クラス３機器の使用目的及び使用環境，材料及び使用条件

種類	使用目的及び使用環境	材料	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)
ホース	タンクローリ（4kL）から電源車用車載燃料タンク等へ燃料を移送するホースとして使用することを目的とする。使用環境として屋外で軽油を移送する。	耐候性ゴム	0.32*	40*

注記　＊：重大事故等時における使用時の値を示す。

Ⅱ．　メーカ規格及び基準に規定されている事項（メーカ仕様）

機器名	使用目的及び想定している使用環境	材料	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	規格及び基準に基づく試験
エースローリーホース	一般給油用又は油圧配管用等のホースであり，灯油，軽油，重油を移送するホースとして使用することを目的とする。使用環境として屋内外で燃料を移送することを想定している。	耐候性ゴム	1.0	80	耐圧試験(試験圧力:2.0 MPa，試験保持時間：5 分間）を実施

Ⅲ．　確認項目

(a)　：規格及び基準が妥当であることの確認（ⅠとⅡの使用目的及び使用環境の比較）

当該ホースは，重大事故等時に屋外で軽油を移送するためのホースである。一方，本メーカ規格及び基準は，一般給油用のホースとして使用することを目的とした一般産業品に対する規格であり，屋内外で軽油等の燃料を移送することを想定している。重大事故等時における当該ホースの使用目的及び使用環境は，本規格の仕様目的及び想定している使用環境の範囲内である。

(b-2)：材料が適切であること及び使用条件に対する強度の確認（Ⅱと公的な規格等の材料及び試験条件の比較，ⅠとⅡの使用条件の比較）

当該ホースに使用されている材料は，ＪＩＳ Ｋ ６３３０「ゴム及びプラスチックホース試験方法」で規定される事項を満足することを確認した一般汎用品として燃料等の移送に用いられるゴムホースと同種類の材料である。

当該ホースの最高使用圧力及び最高使用温度はメーカ仕様の範囲内であり，ゴム及びプラスチックホースについて規定しているＪＩＳ Ｋ ６３３０「ゴム及びプラスチックホース試験方法」に規定されている耐圧試験（試験圧力：最高使用圧力×2 倍　試験保持時間：30～60 秒）と同等の試験条件の耐圧試験に合格していることを検査成績書等により確認できる。一方，設計・建設規格のクラス３機器の設計許容応力は降伏点に対して 5/8 を基準にしており，この設計許容応力以下となる必要板厚は最高使用圧力を条件として評価式により求めている。よって，設計・建設規格 PHT-2311 で規定されている耐圧試験と同等の試験条件の耐圧試験に合格することで，メーカ規格及び基準の設計が設計・建設規格と同等の裕度を有しているとみなせるため，当該ホースは要求される強度を有している。

Ⅳ．　評価結果

上記の重大事故等クラス３機器は，一般産業品としてメーカ規格及び基準に適合し，使用材料の特性を踏まえた上で，重大事故等時における使用圧力及び使用温度が負荷された状態において要求される強度を有している。

一般産業品の規格及び基準への適合性確認結果（メーカ規格及び基準）（タンクローリ給油ライン接続用 3m ホース）

Ⅰ． 重大事故等クラス３機器の使用目的及び使用環境，材料及び使用条件

種類	使用目的及び使用環境	材料	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)
ホース	タンクローリ（16kL）から第一ガスタービン発電機用燃料タンクへ燃料を移送するホースとして使用することを目的とする。使用環境として屋外で軽油を移送する。	ポリプロピレン	0.2*	40*

注記 ＊：重大事故等時における使用時の値を示す。

Ⅱ． メーカ規格及び基準に規定されている事項（メーカ仕様）

機器名	使用目的及び想定している使用環境	材料	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	規格及び基準に基づく試験
メイジフレックスホース（0955F-A）	一般給油用又は油圧配管用等のホースであり，灯油，軽油，重油を移送するホースとして使用することを目的とする。使用環境として屋内外で燃料を移送することを想定している。	ポリプロピレン	0.9	80	耐圧試験（試験圧力：0.5 MPa，試験保持時間：11 分間）を実施

Ⅲ． 確認項目

(a) ：規格及び基準が妥当であることの確認（ⅠとⅡの使用目的及び使用環境の比較）

当該ホースは，重大事故等時に屋外で軽油を移送するためのホースである。一方，本メーカ規格及び基準は，一般給油用のホースとして使用することを目的とした一般産業品に対する規格であり，屋内外で軽油等の燃料を移送することを想定している。重大事故等時における当該ホースの使用目的及び使用環境は，本規格の仕様目的及び想定している使用環境の範囲内である。

(b-2)：材料が適切であること及び使用条件に対する強度の確認（Ⅱと公的な規格等の材料及び試験条件の比較，ⅠとⅡの使用条件の比較）

当該ホースに使用されている材料は，一般汎用品として燃料等の移送に用いられる樹脂ホースと同種類の材料である。

当該ホースの最高使用圧力及び最高使用温度はメーカ仕様の範囲内であり，重大事故等時の最高使用圧力に対し，設計・建設規格 PHT-2311 で規定している耐圧試験（試験圧力：最高使用圧力×1.5 倍）と同等の試験条件の耐圧試験に合格していることを検査成績書等により確認できる。耐圧試験による機器の健全性は，耐圧部全体に圧力が負荷される適切な試験保持時間（設計・建設規格 解説 PHT-4000）により確認している。なお，設計・建設規格のクラス３機器の最高許容耐圧試験圧力は機器の応力制限（降伏点）を基に定められており，耐圧試験の規定では，耐圧試験圧力は最高使用圧力の 1.5 倍の 106%を超えないこととしている。一方，設計・建設規格のクラス３機器の設計許容応力は降伏点に対して 5/8 を基準にしており，この許容応力以下となる必要板厚は，最高使用圧力を条件として評価式により求めている。よって，設計・建設規格 PHT-2311 で規定されている耐圧試験と同等の試験条件の耐圧試験に合格することで，メーカ規格及び基準の設計が設計・建設規格と同等の裕度を持っているとみなせるため，当該ホースは要求される強度を有している。

Ⅳ． 評価結果

上記の重大事故等クラス３機器は，一般産業品としてメーカ規格及び基準に適合し，使用材料の特性を踏まえた上で，重大事故等時における使用圧力及び使用温度が負荷された状態において要求される強度を有している。

Ⅴ-3-3-7-1-1-3　緊急時対策所代替電源設備の強度計算書

Ⅴ-3-3-7-1-1-3-1　5号機原子炉建屋内緊急時対策所用可搬型電源設備用機関付冷却水ポンプの強度計算書

一般産業品の規格及び基準への適合性確認結果（5号機原子炉建屋内緊急時対策所用可搬型電源設備用機関付冷却水ポンプ）

Ⅰ． 非常用発電装置（可搬型）の使用目的及び使用環境，使用条件

種類	使用目的及び使用環境	容量(kVA/個)
非常用発電装置 （可搬型）	重大事故等が発生した場合において，5号機原子炉建屋内緊急時対策所へ電力を供給することを目的とする。使用環境として，屋外で使用する。	200

Ⅱ． メーカ規格及び基準に規定されている事項（メーカ仕様）

種類	使用目的及び想定している使用環境	容量(kVA/個)	メーカ許容値(℃)	規格及び基準に基づく試験
DCA-220LSIB	工事現場等で使用する発電機として，定格出力以内で必要な負荷に対し電力を供給するために使用される。使用環境として、屋内外で使用することを想定している。	200	軸受温度：80 電機子巻線温度：145 主界磁巻線温度：145 励磁機界磁巻線温度：145 励磁機電機子巻線温度：145 冷却水温度：105	温度試験にて，定格負荷状態における機械の各部の温度上昇がメーカ許容値以下であることを確認。

Ⅲ． 確認項目

(a) ：規格及び基準が妥当であることの確認（ⅠとⅡの使用目的及び使用環境の比較）

5号機原子炉建屋内緊急時対策所用可搬型電源設備は重大事故等時に屋外で非常用発電装置(可搬型)として使用される。一方，本メーカ規格及び基準は，工事現場等で発電機として使用することを目的とした一般産業品に対する規格であり，屋内外での使用を想定している。重大事故等時における5号機原子炉建屋内緊急時対策所用可搬型電源設備の使用目的及び使用環境は，本規格で定める使用目的及び想定している使用環境範囲内である。

(b-3)：使用条件に対する強度の確認（ⅡとＪＥＭ－１３９８に規定される温度試験との比較，ⅠとⅡの使用条件の比較）

5号機原子炉建屋内緊急時対策所用可搬型電源設備は，ＪＥＭ－１３９８（ディーゼルエンジン駆動可搬形交流発電装置－温度試験）で規定されている温度試験を実施し，定格負荷状態における機械の各部の温度上昇がメーカ許容値以下であることを検査成績書等により確認できる。メーカ許容値は，メーカにて実績等により十分に検証された5号機原子炉建屋内緊急時対策所用可搬型電源設備各部の機能が保証される温度上昇限度である。

5号機原子炉建屋内緊急時対策所用可搬型電源設備の容量は，メーカ仕様で定める容量(200kVA/個)の範囲内である。

Ⅳ. 評価結果

上記の5号機原子炉建屋内緊急時対策所用可搬型電源設備は，一般産業品としてメーカ規格及び基準に適合し，内燃機関，燃料タンク及び冷却水ポンプを含めた一体構造品の完成品として重大事故等時における所要負荷において十分な強度を有している。

Ⅴ-3-3-7-1-1-3-2　5号機原子炉建屋内緊急時対策所用可搬型電源設備用燃料タンクの強度計算書

一般産業品の規格及び基準への適合性確認結果

（5 号機原子炉建屋内緊急時対策所用可搬型電源設備用燃料タンク）

5 号機原子炉建屋内緊急時対策所用可搬型電源設備用燃料タンクは,5 号機原子炉建屋内緊急時対策所用可搬型電源設備の附属機器であり，一体構造品の完成品として一般産業品の規格及び基準により強度評価を実施している。Ⅴ-3-3-7-1-1-3-1「5 号機原子炉建屋内緊急時対策所用可搬型電源設備用機関付冷却水ポンプの強度計算書」に示すとおり，5 号機原子炉建屋内緊急時対策所用可搬型電源設備用燃料タンクは，一般産業品としてメーカ規格及び基準に適合し，重大事故等時における使用条件において要求される強度を有している。

Ⅴ-3-3-7-1-1-4　可搬型窒素供給装置用電源設備の強度計算書

Ⅴ-3-3-7-1-1-4-1　可搬型窒素供給装置用可搬型電源設備用機関付冷却水ポンプの強度計算書

一般産業品の規格及び基準への適合性確認結果（メーカ規格及び基準）（可搬型窒素供給装置用可搬型電源設備用機関付冷却水ポンプ）

Ⅰ． 重大事故等クラス３機器の使用目的及び使用環境，材料及び使用条件

種類	使用目的及び使用環境	容量（kVA/個）
同期発電機	可搬型窒素供給装置の同期発電機（可搬型）である。 使用環境として屋外で使用する。	[redacted]

Ⅱ． メーカ規格及び基準に規定されている事項（メーカ仕様）

種類	使用目的及び想定している使用環境	容量（kVA/個）	メーカ許容値（℃）	規格及び基準に基づく試験
内燃機関： BI-4HK1X 発電機： SDG125S-7B1	災害時等に使用する発電機として，定格出力以内で必要な負荷に対し電力を供給するために使用される。使用環境として屋外で使用することを想定している。	[redacted]	周囲温度40℃時における許容温度上昇値 [redacted]	温度試験にて，定格負荷状態における機械の各部の温度上昇がメーカ許容値以下であることを確認。

Ⅲ． 確認項目

(a) ：規格及び基準が妥当であることの確認（ⅠとⅡの使用目的及び使用環境の比較）

可搬型窒素供給装置用可搬型電源設備は，重大事故等時に屋外で非常用発電装置（可搬型）として使用される。一方，本メーカ規格及び基準は，災害時等に発電機として使用することを目的とした一般産業品に対する規格であり，屋外での使用を想定している。重大事故等時における窒素供給装置用電源車の使用目的及び使用環境は，本規格で定める使用目的及び想定している使用環境の範囲内である。

(b-3)：使用条件に対する強度の確認（ⅡとＪＥＭ－１３９８に規定される温度試験との比較，ⅠとⅡの使用条件の比較）

可搬型窒素供給装置用可搬型電源設備は，ＪＥＭ－１３９８（ディーゼルエンジン駆動可搬形交流発電装置－温度試験）で規定されている温度試験を実施し，定格負荷状態における機械の各部の温度上昇がメーカ許容値以下であることを試験成績書により確認できる。メーカ許容値は，メーカにて実績等により十分に検証された窒素供給装置用電源車各部の機能が保証される温度上昇限度である。窒素供給装置用電源車の容量は，メーカ仕様で定める容量（100kVA/個）の範囲内である。

Ⅳ． 評価結果

上記の可搬型窒素供給装置用可搬型電源設備は，一般産業品としてメーカ規格及び基準に適合し，内燃機関，燃料タンク及び冷却水ポンプを含めた一体構造品の完成品として，重大事故等時における所要負荷において十分な強度を有している。

Ⅴ-3-3-7-1-1-4-2　可搬型窒素供給装置用可搬型電源設備用

燃料タンクの強度計算書

一般産業品の規格及び基準への適合性確認結果

（可搬型窒素供給装置用可搬型電源設備用燃料タンク）
可搬型窒素供給装置用可搬型電源設備用燃料タンクは，可搬型窒素供給装置用可搬型電源設備の附属機器であり，一体構造品の完成品として一般産業品の規格及び基準により強度評価を実施している。Ⅴ-3-3-7-1-1-4-1「可搬型窒素供給装置用可搬型電源設備用機関付冷却水ポンプの強度計算書」に示すとおり，窒素供給装置用電源車燃料タンクは，一般産業品としてメーカ規格及び基準に適合し，重大事故等時における使用条件において要求される強度を有している。

Ⅴ-3-3-7-2　　火災防護設備の強度に関する説明書

Ⅴ-3-3-7-2-1　　消火設備の強度計算書

Ⅴ-3-3-7-2-1-1　ろ過水タンクの強度計算書

まえがき

本計算書は，Ⅴ-3-1-4「クラス３機器の強度計算の基本方針」及びⅤ-3-2-6「クラス３容器の強度計算方法」に基づいて計算を行う。

なお，適用規格の選定結果について以下に示す。適用規格の選定に当たって使用する記号及び略語については，Ⅴ-3-2-1「強度計算方法の概要」に定義したものを使用する。

・評価条件整理表

機器名	既設or新設	施設時の技術基準に対象とする施設の規定があるか	クラスアップするか				条件アップするか					既工認における評価結果の有無	施設時の適用規格	評価区分	同等性評価区分	評価クラス
			クラスアップの有無	施設時の機器クラス	DBクラス	SAクラス	条件アップの有無	DB条件		SA条件						
								圧力(MPa)	温度(℃)	圧力(MPa)	温度(℃)					
ろ過水タンク	既設	有	有	Non	DB-3	—	無	静水頭	66	—	—	—	設計・建設規格	設計・建設規格	—	DB-3

目　　　　　次

1.　設計条件･･ 1
1.1　計算部位･･･ 1
1.2　計算条件･･･ 2
2.　強度計算･･ 3
2.1　No.3 ろ過水タンクの強度計算･･････････････････････････････････ 3
2.1.1　開放タンクの胴の厚さの計算･･････････････････････････････････ 3
2.1.2　開放タンクの底板の厚さの計算･･････････････････････････････････ 9
2.1.3　開放タンクの管台の厚さの計算･････････････････････････････････10
2.1.4　開放タンクの胴の穴の補強計算･････････････････････････････････16
2.2　No.4 ろ過水タンクの強度計算･･････････････････････････････････34
2.2.1　開放タンクの胴の厚さの計算･･････････････････････････････････34
2.2.2　開放タンクの底板の厚さの計算･････････････････････････････････40
2.2.3　開放タンクの管台の厚さの計算･････････････････････････････････41
2.2.4　開放タンクの胴の穴の補強計算･････････････････････････････････47

1. 計算条件

1.1 計算部位

概要図に強度計算箇所を示す。

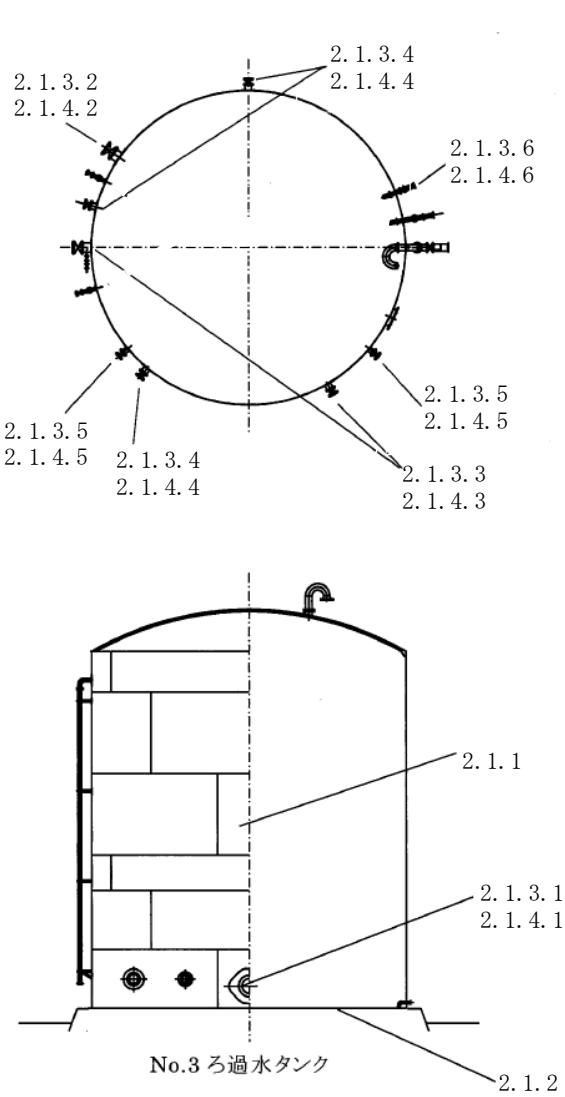


図 1－1　No.3 ろ過水タンク　概要図

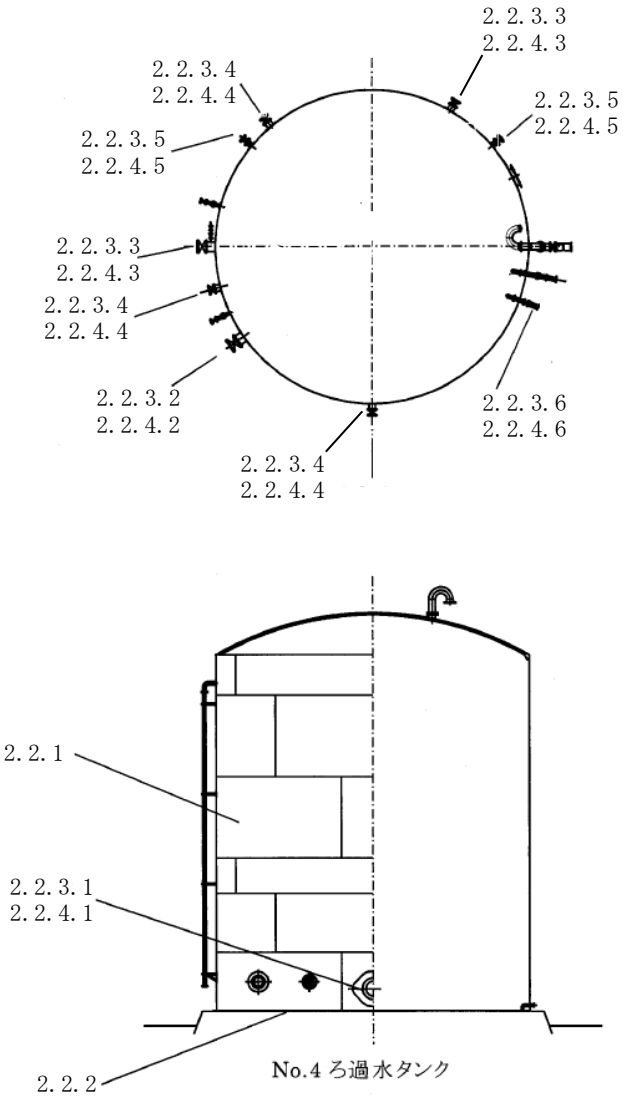


図 1－2　No.4 ろ過水タンク　概要図

図中の番号は次ページ以降の
計算項目番号を示す。

1.2　設計条件

表 1-1　No.3 ろ過水タンク　設計条件

最高使用圧力　(MPa)	静水頭
最高使用温度　(℃)	66

表 1-2　No.4 ろ過水タンク　設計条件

最高使用圧力　(MPa)	静水頭
最高使用温度　(℃)	66

2.　強度計算

2.1　No.3 ろ過水タンクの強度計算

2.1.1　開放タンクの胴の厚さの計算

設計・建設規格　PVD-3010（PVC-3920 準用）

2.1.1.1　側板最下段

胴板名称			側板最下段
材料			SS400
水頭	H	(m)	11.2700
最高使用温度		(℃)	66
胴の内径	Ｄｉ	(m)	10.64
液体の比重	ρ		1.00
許容引張応力	S	(MPa)	100
継手効率	η		0.70
継手の種類			突合せ両側溶接
放射線検査の有無			無し
必要厚さ	t_1	(mm)	3.00
必要厚さ	t_2	(mm)	8.40
必要厚さ	t_3	(mm)	4.50
t_1, t_2, t_3の大きい値	t	(mm)	8.40
呼び厚さ	t_{so}	(mm)	9.00
最小厚さ（t_{so}－ＪＩＳ公差） 又は実際の厚さ（検査記録）	t_s*	(mm)	8.80
評価：$t_s \geqq t$，よって十分である。			

注記＊：t_sは実際の厚さ（検査記録）とする。

2.1.1.2　側板2段目

胴板名称			側板2段目
材料			SS400
水頭	H	(m)	9.2700
最高使用温度		(℃)	66
胴の内径	D_i	(m)	10.64
液体の比重	ρ		1.00
許容引張応力	S	(MPa)	100
継手効率	η		0.70
継手の種類			突合せ両側溶接
放射線検査の有無			無し
必要厚さ	t_1	(mm)	3.00
必要厚さ	t_2	(mm)	6.91
必要厚さ	t_3	(mm)	4.50
t_1，t_2，t_3の大きい値	t	(mm)	6.91
呼び厚さ	t_{so}	(mm)	9.00
最小厚さ（t_{so}－ＪＩＳ公差） 又は実際の厚さ（検査記録）	t_s*	(mm)	8.35
評価：$t_S \geqq t$，よって十分である。			

注記＊：t_sは最小厚さ（t_{so}－ＪＩＳ公差）とする。

2.1.1.3　側板3段目

胴板名称			側板3段目
材料			SS41
水頭	H	(m)	7.2700
最高使用温度		(℃)	66
胴の内径	D_i	(m)	10.64
液体の比重	ρ		1.00
許容引張応力	S	(MPa)	100
継手効率	η		0.70
継手の種類			突合せ両側溶接
放射線検査の有無			無し
必要厚さ	t_1	(mm)	3.00
必要厚さ	t_2	(mm)	5.42
必要厚さ	t_3	(mm)	4.50
t_1，t_2，t_3の大きい値	t	(mm)	5.42
呼び厚さ	t_{so}	(mm)	6.00
最小厚さ（t_{so}－ＪＩＳ公差） 又は実際の厚さ（検査記録）	t_s*	(mm)	5.80
評価　：$t_S \geqq t$，よって十分である。			

注記＊：t_sは実際の厚さ（検査記録）とする。

2.1.1.4　側板4段目

胴板名称			側板4段目
材料			SS41
水頭	H	(m)	6.0800
最高使用温度		(℃)	66
胴の内径	D_i	(m)	10.64
液体の比重	ρ		1.00
許容引張応力	S	(MPa)	100
継手効率	η		0.70
継手の種類			突合せ両側溶接
放射線検査の有無			無し
必要厚さ	t_1	(mm)	3.00
必要厚さ	t_2	(mm)	4.54
必要厚さ	t_3	(mm)	4.50
t_1，t_2，t_3の大きい値	t	(mm)	4.54
呼び厚さ	t_{so}	(mm)	6.00
最小厚さ（t_{so}－ＪＩＳ公差） 又は実際の厚さ（検査記録）	t_s*	(mm)	5.25
評価：$t_S \geqq t$，よって十分である。			

注記＊：t_sは最小厚さ（t_{so}－ＪＩＳ公差）とする。

2.1.1.5　側板5段目

胴板名称			側板5段目
材料			SS41
水頭	H	(m)	3.3200
最高使用温度		(℃)	66
胴の内径	D_i	(m)	10.64
液体の比重	ρ		1.00
許容引張応力	S	(MPa)	100
継手効率	η		0.70
継手の種類			突合せ両側溶接
放射線検査の有無			無し
必要厚さ	t_1	(mm)	3.00
必要厚さ	t_2	(mm)	2.48
必要厚さ	t_3	(mm)	4.50
t_1，t_2，t_3の大きい値	t	(mm)	4.50
呼び厚さ	t_{so}	(mm)	6.00
最小厚さ（t_{so}－ＪＩＳ公差） 又は実際の厚さ（検査記録）	t_s*	(mm)	5.25
評価：$t_S \geqq t$，よって十分である。			

注記＊：t_sは最小厚さ（t_{so}－ＪＩＳ公差）とする。

2.1.1.6　側板6段目

胴板名称			側板6段目
材料			SS41
水頭	H	(m)	0.5600
最高使用温度		(℃)	66
胴の内径	D_i	(m)	10.64
液体の比重	ρ		1.00
許容引張応力	S	(MPa)	100
継手効率	η		0.70
継手の種類			突合せ両側溶接
放射線検査の有無			無し
必要厚さ	t_1	(mm)	3.00
必要厚さ	t_2	(mm)	0.42
必要厚さ	t_3	(mm)	4.50
t_1，t_2，t_3の大きい値	t	(mm)	4.50
呼び厚さ	t_{so}	(mm)	6.00
最小厚さ（t_{so}－ＪＩＳ公差） 又は実際の厚さ（検査記録）	t_s*	(mm)	5.50
評価：$t_S \geqq t$，よって十分である。			

注記＊：t_sは最小厚さ（t_{so}－ＪＩＳ公差）とする。

2.1.2　開放タンクの底板の厚さの計算

設計・建設規格　PVD-3010（PVC-3960，PVC-3970 準用）

(1)　設計・建設規格　PVC-3960

底板の形状	平板

(2)　設計・建設規格　PVC-3970

底板名称			平板
材料			SS400
必要厚さ	t	(mm)	3.00
呼び厚さ	t_{bo}	(mm)	12.00
最小厚さ	t_b	(mm)	11.35
評価：$t_b \geqq t$，よって十分である。			

2.1.3　開放タンクの管台の厚さの計算

設計・建設規格　PVD-3010（PVC-3980 準用）

2.1.3.1　側マンホール

管台名称			側マンホール
材料			SS400
水頭	H	(m)	11.2700
最高使用温度		(℃)	66
管台の内径	D_i	(m)	0.6100
液体の比重	ρ		1.00
許容引張応力	S	(MPa)	100
継手効率	η		1.00
継手の種類			突合せ両側溶接
放射線検査の有無			有り
必要厚さ	t_1	(mm)	0.34
必要厚さ	t_2	(mm)	3.50
t_1，t_2の大きい値	t	(mm)	3.50
呼び厚さ	t_{no}	(mm)	9.00
最小厚さ	t_n	(mm)	8.35
評価：$t_n \geqq t$，よって十分である。			

2.1.3.2　350A　変圧器防災用ノズル

管台名称			変圧器防災用ノズル
材料			STPG370-S
水頭	H	(m)	11.2700
最高使用温度		(℃)	66
管台の内径	D_i	(m)	0.3176
液体の比重	ρ		1.00
許容引張応力	S	(MPa)	93
継手効率	η		1.00
継手の種類			継手無し
放射線検査の有無			無し
必要厚さ	t_1	(mm)	0.19
必要厚さ	t_2	(mm)	3.50
t_1，t_2の大きい値	t	(mm)	3.50
呼び厚さ	t_{no}	(mm)	19.00
最小厚さ	t_n	(mm)	16.62
評価：$t_n \geqq t$，よって十分である。			

2.1.3.3　300A　消火用ノズル，工事用水用ノズル

管台名称			消火用ノズル 工事用水用ノズル
材料			STPG370-S
水頭	H	(m)	11.2700
最高使用温度		(℃)	66
管台の内径	D_i	(m)	0.2837
液体の比重	ρ		1.00
許容引張応力	S	(MPa)	93
継手効率	η		1.00
継手の種類			継手無し
放射線検査の有無			無し
必要厚さ	t_1	(mm)	0.17
必要厚さ	t_2	(mm)	3.50
t_1，t_2の大きい値	t	(mm)	3.50
呼び厚さ	t_{no}	(mm)	17.40
最小厚さ	t_n	(mm)	15.22
評価：$t_n \geqq t$，よって十分である。			

2.1.3.4　200A　雑用水用ノズル，予備用ノズル，タンク連絡用ノズル

管台名称			雑用水用ノズル 予備用ノズルタンク タンク連絡用ノズル
材料			STPG370-S
水頭	H	(m)	11.2700
最高使用温度		(℃)	66
管台の内径	D_i	(m)	0.1909
液体の比重	ρ		1.00
許容引張応力	S	(MPa)	93
継手効率	η		1.00
継手の種類			継手無し
放射線検査の有無			無し
必要厚さ	t_1	(mm)	0.12
必要厚さ	t_2	(mm)	3.50
t_1，t_2の大きい値	t	(mm)	3.50
呼び厚さ	t_{no}	(mm)	12.70
最小厚さ	t_n	(mm)	11.11
評価：$t_n \geqq t$，よって十分である。			

2.1.3.5　150A　工事用水用ノズル，予備用ノズル

管台名称			工事用水用ノズル 予備用ノズル
材料			STPG370-S
水頭	H	(m)	11.2700
最高使用温度		(℃)	66
管台の内径	D_i	(m)	0.1432
液体の比重	ρ		1.00
許容引張応力	S	(MPa)	93
継手効率	η		1.00
継手の種類			継手無し
放射線検査の有無			無し
必要厚さ	t_1	(mm)	0.09
必要厚さ	t_2	(mm)	3.50
t_1，t_2の大きい値	t	(mm)	3.50
呼び厚さ	t_{no}	(mm)	11.00
最小厚さ	t_n	(mm)	9.62
評価：$t_n \geqq t$，よって十分である。			

2.1.3.6　100A　ドレンノズル

管台名称			ドレンノズル
材料			STPG370-S
水頭	H	(m)	11.2700
最高使用温度		(℃)	66
管台の内径	D_i	(m)	0.0971
液体の比重	ρ		1.00
許容引張応力	S	(MPa)	93
継手効率	η		1.00
継手の種類			継手無し
放射線検査の有無			無し
必要厚さ	t_1	(mm)	0.06
必要厚さ	t_2	(mm)	3.50
t_1，t_2の大きい値	t	(mm)	3.50
呼び厚さ	t_{no}	(mm)	8.60
最小厚さ	t_n	(mm)	7.52
評価：$t_n \geqq t$，よって十分である。			

2.1.4　開放タンクの胴の穴の補強計算

設計・建設規格　PVD-3010，PVD-3510（PVC-3160，PVC-3950 準用）

2.1.4.1　側マンホール

参照附図　ＷＥＬＤ－１２

管台名称			側マンホール
胴板材料			SS400
管台材料			SS400
強め板材料			SS400
最高使用圧力	P	(MPa)	0.11
最高使用温度		(℃)	66
胴板の許容引張応力	S_s	(MPa)	100
管台の許容引張応力	S_n	(MPa)	100
強め板の許容引張応力	S_e	(MPa)	100
穴の径	d	(mm)	611.30
管台が取付く穴の径	d_w	(mm)	640.00
胴板の最小厚さ	t_s	(mm)	8.35
管台の最小厚さ	t_n	(mm)	8.35
胴板の継手効率	η		1.00
係数	F		1.00
胴の内径	D_i	(m)	10.64
胴板の計算上必要な厚さ	t_{sr}	(mm)	8.40
管台の計算上必要な厚さ	t_{nr}	(mm)	0.34
穴の補強に必要な面積	A_r	(mm^2)	5.135×10^3
補強の有効範囲	X_1	(mm)	611.30
補強の有効範囲	X_2	(mm)	611.30
補強の有効範囲	X	(mm)	1222.60
補強の有効範囲	Y_1	(mm)	20.88
補強の有効範囲	Y_2	(mm)	0.00
強め板の最小厚さ	t_e	(mm)	8.35
強め板の外径	B_e	(mm)	1370.00
管台の外径	D_{on}	(mm)	628.00
溶接寸法	L_1	(mm)	6.00
溶接寸法	L_2	(mm)	0.00
溶接寸法	L_3	(mm)	0.00

管台名称			側マンホール
胴板の有効補強面積	A_1	(mm^2)	0.000
管台の有効補強面積	A_2	(mm^2)	334.4
すみ肉溶接部の有効補強面積	A_3	(mm^2)	36.00
強め板の有効補強面積	A_4	(mm^2)	4.965×10^3
補強に有効な総面積	A_0	(mm^2)	5.335×10^3
補強：$A_0>A_r$，よって十分である。			

管台名称			側マンホール
大きい穴の補強			
補強を要する穴の限界径	d_j	(mm)	1000.00
評価：$d \leqq d_j$，よって大きい穴の補強計算は必要ない。			
溶接部にかかる荷重	W_1	(N)	5.335×10^5
溶接部にかかる荷重	W_2	(N)	5.376×10^5
溶接部の負うべき荷重	W	(N)	5.335×10^5
すみ肉溶接の許容せん断応力	S_{w1}	(MPa)	46
突合せ溶接の許容せん断応力	S_{w2}	(MPa)	56
突合せ溶接の許容引張応力	S_{w3}	(MPa)	70
管台壁の許容せん断応力	S_{w4}	(MPa)	70
応力除去の有無			無
すみ肉溶接の許容せん断応力係数	F_1		0.46
突合せ溶接の許容せん断応力係数	F_2		0.56
突合せ溶接の許容引張応力係数	F_3		0.70
管台壁の許容せん断応力係数	F_4		0.70
すみ肉溶接部のせん断力	W_{e1}	(N)	2.723×10^5
すみ肉溶接部のせん断力	W_{e2}	(N)	0.000
すみ肉溶接部のせん断力	W_{e3}	(N)	0.000
突合せ溶接部のせん断力	W_{e4}	(N)	3.315×10^5
突合せ溶接部の引張力	W_{e6}	(N)	5.766×10^5
突合せ溶接部の引張力	W_{e7}	(N)	5.876×10^5
管台のせん断力	W_{e10}	(N)	5.689×10^5
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp1}	(N)	8.488×10^5
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp2}	(N)	5.876×10^5
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp3}	(N)	9.080×10^5
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp4}	(N)	9.004×10^5
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp5}	(N)	8.412×10^5
評価：$W_{ebp1} \geqq W$，$W_{ebp2} \geqq W$，$W_{ebp3} \geqq W$，$W_{ebp4} \geqq W$，$W_{ebp5} \geqq W$ 以上より十分である。			

2.1.4.2　350A　変圧器防災用ノズル

参照附図　ＷＥＬＤ－１２

管台名称			変圧器防災用ノズル
胴板材料			SS400
管台材料			STPG370-S
強め板材料			SS400
最高使用圧力	P	(MPa)	0.11
最高使用温度		(℃)	66
胴板の許容引張応力	S_s	(MPa)	100
管台の許容引張応力	S_n	(MPa)	93
強め板の許容引張応力	S_e	(MPa)	100
穴の径	d	(mm)	322.36
管台が取付く穴の径	d_w	(mm)	368.00
胴板の最小厚さ	t_s	(mm)	8.35
管台の最小厚さ	t_n	(mm)	16.62
胴板の継手効率	η		1.00
係数	F		1.00
胴の内径	D_i	(m)	10.64
胴板の計算上必要な厚さ	t_{sr}	(mm)	8.40
管台の計算上必要な厚さ	t_{nr}	(mm)	0.20
穴の補強に必要な面積	A_r	(mm^2)	2.727×10^3
補強の有効範囲	X_1	(mm)	322.36
補強の有効範囲	X_2	(mm)	322.36
補強の有効範囲	X	(mm)	644.72
補強の有効範囲	Y_1	(mm)	20.88
補強の有効範囲	Y_2	(mm)	0.00
強め板の最小厚さ	t_e	(mm)	8.35
強め板の外径	B_e	(mm)	750.00
管台の外径	D_{on}	(mm)	355.60
溶接寸法	L_1	(mm)	6.00
溶接寸法	L_2	(mm)	0.00
溶接寸法	L_3	(mm)	0.00

管台名称			変圧器防災用ノズル
胴板の有効補強面積	A_1	(mm^2)	0.000
管台の有効補強面積	A_2	(mm^2)	637.5
すみ肉溶接部の有効補強面積	A_3	(mm^2)	36.00
強め板の有効補強面積	A_4	(mm^2)	2.414×10^3
補強に有効な総面積	A_0	(mm^2)	3.088×10^3
補強：$A_0>A_r$，よって十分である。			

管台名称			変圧器防災用ノズル
大きい穴の補強			
補強を要する穴の限界径	d_j	(mm)	1000.00
評価：$d \leqq d_j$，よって大きい穴の補強計算は必要ない。			
溶接部にかかる荷重	W_1	(N)	3.088×10^5
溶接部にかかる荷重	W_2	(N)	3.091×10^5
溶接部の負うべき荷重	W	(N)	3.088×10^5
すみ肉溶接の許容せん断応力	S_{w1}	(MPa)	46
突合せ溶接の許容せん断応力	S_{w2}	(MPa)	56
突合せ溶接の許容引張応力	S_{w3}	(MPa)	70
管台壁の許容せん断応力	S_{w4}	(MPa)	65
応力除去の有無			無
すみ肉溶接の許容せん断応力係数	F_1		0.46
突合せ溶接の許容せん断応力係数	F_2		0.56
突合せ溶接の許容引張応力係数	F_3		0.70
管台壁の許容せん断応力係数	F_4		0.70
すみ肉溶接部のせん断力	W_{e1}	(N)	1.542×10^5
すみ肉溶接部のせん断力	W_{e2}	(N)	0.000
すみ肉溶接部のせん断力	W_{e3}	(N)	0.000
突合せ溶接部のせん断力	W_{e4}	(N)	1.939×10^5
突合せ溶接部の引張力	W_{e6}	(N)	3.265×10^5
突合せ溶接部の引張力	W_{e7}	(N)	3.379×10^5
管台のせん断力	W_{e10}	(N)	5.761×10^5
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp1}	(N)	4.807×10^5
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp2}	(N)	3.379×10^5
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp3}	(N)	5.204×10^5
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp4}	(N)	7.700×10^5
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp5}	(N)	7.303×10^5
評価：$W_{ebp1} \geqq W$，$W_{ebp2} \geqq W$，$W_{ebp3} \geqq W$，$W_{ebp4} \geqq W$，$W_{ebp5} \geqq W$ 以上より十分である。			

2.1.4.3　300A　消火用ノズル，工事用水用ノズル

参照附図　ＷＥＬＤ－１２

管台名称			消火用ノズル 工事用水用ノズル
胴板材料			SS400
管台材料			STPG370-S
強め板材料			SS400
最高使用圧力	P	(MPa)	0.11
最高使用温度		(℃)	66
胴板の許容引張応力	S_s	(MPa)	100
管台の許容引張応力	S_n	(MPa)	93
強め板の許容引張応力	S_e	(MPa)	100
穴の径	d	(mm)	288.06
管台が取付く穴の径	d_w	(mm)	331.00
胴板の最小厚さ	t_s	(mm)	8.35
管台の最小厚さ	t_n	(mm)	15.22
胴板の継手効率	η		1.00
係数	F		1.00
胴の内径	D_i	(m)	10.64
胴板の計算上必要な厚さ	t_{sr}	(mm)	8.40
管台の計算上必要な厚さ	t_{nr}	(mm)	0.18
穴の補強に必要な面積	A_r	(mm^2)	2.438×10^3
補強の有効範囲	X_1	(mm)	288.06
補強の有効範囲	X_2	(mm)	288.06
補強の有効範囲	X	(mm)	576.12
補強の有効範囲	Y_1	(mm)	20.88
補強の有効範囲	Y_2	(mm)	0.00
強め板の最小厚さ	t_e	(mm)	8.35
強め板の外径	B_e	(mm)	686.00
管台の外径	D_{on}	(mm)	318.50
溶接寸法	L_1	(mm)	6.00
溶接寸法	L_2	(mm)	0.00
溶接寸法	L_3	(mm)	0.00

管台名称			消火用ノズル 工事用水用ノズル
胴板の有効補強面積	A_1	(mm^2)	0.000
管台の有効補強面積	A_2	(mm^2)	584.0
すみ肉溶接部の有効補強面積	A_3	(mm^2)	36.00
強め板の有効補強面積	A_4	(mm^2)	2.151×10^3
補強に有効な総面積	A_0	(mm^2)	2.771×10^3
補強：$A_0>A_r$，よって十分である。			

管台名称			消火用ノズル 工事用水用ノズル
大きい穴の補強			
補強を要する穴の限界径	d_j	(mm)	1000.00
評価：$d \leqq d_j$，よって大きい穴の補強計算は必要ない。			
溶接部にかかる荷重	W_1	(N)	2.771×10^5
溶接部にかかる荷重	W_2	(N)	2.780×10^5
溶接部の負うべき荷重	W	(N)	2.771×10^5
すみ肉溶接の許容せん断応力	S_{w1}	(MPa)	46
突合せ溶接の許容せん断応力	S_{w2}	(MPa)	56
突合せ溶接の許容引張応力	S_{w3}	(MPa)	70
管台壁の許容せん断応力	S_{w4}	(MPa)	65
応力除去の有無			無
すみ肉溶接の許容せん断応力係数	F_1		0.46
突合せ溶接の許容せん断応力係数	F_2		0.56
突合せ溶接の許容引張応力係数	F_3		0.70
管台壁の許容せん断応力係数	F_4		0.70
すみ肉溶接部のせん断力	W_{e1}	(N)	1.381×10^5
すみ肉溶接部のせん断力	W_{e2}	(N)	0.000
すみ肉溶接部のせん断力	W_{e3}	(N)	0.000
突合せ溶接部のせん断力	W_{e4}	(N)	1.751×10^5
突合せ溶接部の引張力	W_{e6}	(N)	2.924×10^5
突合せ溶接部の引張力	W_{e7}	(N)	3.039×10^5
管台のせん断力	W_{e10}	(N)	4.720×10^5
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp1}	(N)	4.305×10^5
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp2}	(N)	3.039×10^5
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp3}	(N)	4.675×10^5
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp4}	(N)	6.471×10^5
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp5}	(N)	6.101×10^5
評価：$W_{ebp1} \geqq W$，$W_{ebp2} \geqq W$，$W_{ebp3} \geqq W$，$W_{ebp4} \geqq W$，$W_{ebp5} \geqq W$ 以上より十分である。			

2.1.4.4　200A　雑用水用ノズル，予備用ノズル，タンク連絡用ノズル

参照附図　ＷＥＬＤ－１２

管台名称			雑用水用ノズル 予備用ノズル タンク連絡用ノズル
胴板材料			SS400
管台材料			STPG370-S
強め板材料			SS400
最高使用圧力	P	(MPa)	0.11
最高使用温度		(℃)	66
胴板の許容引張応力	S_s	(MPa)	100
管台の許容引張応力	S_n	(MPa)	93
強め板の許容引張応力	S_e	(MPa)	100
穴の径	d	(mm)	194.08
管台が取付く穴の径	d_w	(mm)	228.00
胴板の最小厚さ	t_s	(mm)	8.35
管台の最小厚さ	t_n	(mm)	11.11
胴板の継手効率	η		1.00
係数	F		1.00
胴の内径	D_i	(m)	10.64
胴板の計算上必要な厚さ	t_{sr}	(mm)	8.40
管台の計算上必要な厚さ	t_{nr}	(mm)	0.12
穴の補強に必要な面積	A_r	(mm^2)	1.643×10^3
補強の有効範囲	X_1	(mm)	194.08
補強の有効範囲	X_2	(mm)	194.08
補強の有効範囲	X	(mm)	388.16
補強の有効範囲	Y_1	(mm)	20.88
補強の有効範囲	Y_2	(mm)	0.00
強め板の最小厚さ	t_e	(mm)	8.35
強め板の外径	B_e	(mm)	484.00
管台の外径	D_{on}	(mm)	216.30
溶接寸法	L_1	(mm)	6.00
溶接寸法	L_2	(mm)	0.00
溶接寸法	L_3	(mm)	0.00

管台名称			雑用水用ノズル 予備用ノズル タンク連絡用ノズル
胴板の有効補強面積	A_1	(mm^2)	0.000
管台の有効補強面積	A_2	(mm^2)	426.7
すみ肉溶接部の有効補強面積	A_3	(mm^2)	36.00
強め板の有効補強面積	A_4	(mm^2)	1.435×10^3
補強に有効な総面積	A_0	(mm^2)	1.898×10^3
補強：$A_0>A_r$，よって十分である。			

管台名称			雑用水用ノズル 予備用ノズル タンク連絡用ノズル
大きい穴の補強			
補強を要する穴の限界径	d_j	(mm)	1000.00
評価：$d \leqq d_j$，よって大きい穴の補強計算は必要ない。			
溶接部にかかる荷重	W_1	(N)	1.898×10^5
溶接部にかかる荷重	W_2	(N)	1.915×10^5
溶接部の負うべき荷重	W	(N)	1.898×10^5
すみ肉溶接の許容せん断応力	S_{w1}	(MPa)	46
突合せ溶接の許容せん断応力	S_{w2}	(MPa)	56
突合せ溶接の許容引張応力	S_{w3}	(MPa)	70
管台壁の許容せん断応力	S_{w4}	(MPa)	65
応力除去の有無			無
すみ肉溶接の許容せん断応力係数	F_1		0.46
突合せ溶接の許容せん断応力係数	F_2		0.56
突合せ溶接の許容引張応力係数	F_3		0.70
管台壁の許容せん断応力係数	F_4		0.70
すみ肉溶接部のせん断力	W_{e1}	(N)	9.377×10^4
すみ肉溶接部のせん断力	W_{e2}	(N)	0.000
すみ肉溶接部のせん断力	W_{e3}	(N)	0.000
突合せ溶接部のせん断力	W_{e4}	(N)	1.113×10^5
突合せ溶接部の引張力	W_{e6}	(N)	1.986×10^5
突合せ溶接部の引張力	W_{e7}	(N)	2.093×10^5
管台のせん断力	W_{e10}	(N)	2.331×10^5
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp1}	(N)	2.924×10^5
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp2}	(N)	2.093×10^5
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp3}	(N)	3.099×10^5
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp4}	(N)	3.444×10^5
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp5}	(N)	3.269×10^5
評価：$W_{ebp1} \geqq W$，$W_{ebp2} \geqq W$，$W_{ebp3} \geqq W$，$W_{ebp4} \geqq W$，$W_{ebp5} \geqq W$ 以上より十分である。			

2.1.4.5　150A　工事用水用ノズル，予備用ノズル

参照附図　ＷＥＬＤ－１２

管台名称			工事用水用ノズル 予備用ノズル
胴板材料			SS400
管台材料			STPG370-S
強め板材料			SS400
最高使用圧力	P	(MPa)	0.11
最高使用温度		(℃)	66
胴板の許容引張応力	S_s	(MPa)	100
管台の許容引張応力	S_n	(MPa)	93
強め板の許容引張応力	S_e	(MPa)	100
穴の径	d	(mm)	145.96
管台が取付く穴の径	d_w	(mm)	177.00
胴板の最小厚さ	t_s	(mm)	8.35
管台の最小厚さ	t_n	(mm)	9.62
胴板の継手効率	η		1.00
係数	F		1.00
胴の内径	D_i	(m)	10.64
胴板の計算上必要な厚さ	t_{sr}	(mm)	8.40
管台の計算上必要な厚さ	t_{nr}	(mm)	0.09
穴の補強に必要な面積	A_r	(mm^2)	1.237×10^3
補強の有効範囲	X_1	(mm)	145.96
補強の有効範囲	X_2	(mm)	145.96
補強の有効範囲	X	(mm)	291.92
補強の有効範囲	Y_1	(mm)	20.88
補強の有効範囲	Y_2	(mm)	0.00
強め板の最小厚さ	t_e	(mm)	8.35
強め板の外径	B_e	(mm)	402.00
管台の外径	D_{on}	(mm)	165.20
溶接寸法	L_1	(mm)	6.00
溶接寸法	L_2	(mm)	0.00
溶接寸法	L_3	(mm)	0.00

管台名称			工事用水用ノズル 予備用ノズル
胴板の有効補強面積	A_1	(mm^2)	0.000
管台の有効補強面積	A_2	(mm^2)	370.0
すみ肉溶接部の有効補強面積	A_3	(mm^2)	36.00
強め板の有効補強面積	A_4	(mm^2)	1.058×10^3
補強に有効な総面積	A_0	(mm^2)	1.464×10^3
補強：$A_0>A_r$，よって十分である。			

管台名称			工事用水用ノズル 予備用ノズル
大きい穴の補強			
補強を要する穴の限界径	d_j	(mm)	1000.00
評価：$d \leqq d_j$，よって大きい穴の補強計算は必要ない。			
溶接部にかかる荷重	W_1	(N)	1.464×10^5
溶接部にかかる荷重	W_2	(N)	1.487×10^5
溶接部の負うべき荷重	W	(N)	1.464×10^5
すみ肉溶接の許容せん断応力	S_{w1}	(MPa)	46
突合せ溶接の許容せん断応力	S_{w2}	(MPa)	56
突合せ溶接の許容引張応力	S_{w3}	(MPa)	70
管台壁の許容せん断応力	S_{w4}	(MPa)	65
応力除去の有無			無
すみ肉溶接の許容せん断応力係数	F_1		0.46
突合せ溶接の許容せん断応力係数	F_2		0.56
突合せ溶接の許容引張応力係数	F_3		0.70
管台壁の許容せん断応力係数	F_4		0.70
すみ肉溶接部のせん断力	W_{e1}	(N)	7.162×10^4
すみ肉溶接部のせん断力	W_{e2}	(N)	0.000
すみ肉溶接部のせん断力	W_{e3}	(N)	0.000
突合せ溶接部のせん断力	W_{e4}	(N)	8.574×10^4
突合せ溶接部の引張力	W_{e6}	(N)	1.517×10^5
突合せ溶接部の引張力	W_{e7}	(N)	1.625×10^5
管台のせん断力	W_{e10}	(N)	1.530×10^5
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp1}	(N)	2.233×10^5
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp2}	(N)	1.625×10^5
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp3}	(N)	2.374×10^5
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp4}	(N)	2.388×10^5
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp5}	(N)	2.247×10^5
評価：$W_{ebp1} \geqq W$，$W_{ebp2} \geqq W$，$W_{ebp3} \geqq W$，$W_{ebp4} \geqq W$，$W_{ebp5} \geqq W$ 以上より十分である。			

2.1.4.6　100A　ドレンノズル

参照附図　ＷＥＬＤ－１８

管台名称			ドレンノズル
胴板材料			SS400
管台材料			STPG370-S
強め板材料			SS400
最高使用圧力	P	(MPa)	0.11
最高使用温度		(℃)	66
胴板の許容引張応力	S_s	(MPa)	100
管台の許容引張応力	S_n	(MPa)	93
強め板の許容引張応力	S_e	(MPa)	100
穴の径	d	(mm)	99.26
管台が取付く穴の径	d_w	(mm)	127.00
胴板の最小厚さ	t_s	(mm)	8.35
管台の最小厚さ	t_n	(mm)	7.52
胴板の継手効率	η		1.00
係数	F		1.00
胴の内径	D_i	(m)	10.64
胴板の計算上必要な厚さ	t_{sr}	(mm)	8.40
管台の計算上必要な厚さ	t_{nr}	(mm)	0.06
穴の補強に必要な面積	A_r	(mm^2)	842.6
補強の有効範囲	X_1	(mm)	99.26
補強の有効範囲	X_2	(mm)	99.26
補強の有効範囲	X	(mm)	198.52
補強の有効範囲	Y_1	(mm)	20.88
補強の有効範囲	Y_2	(mm)	18.80
強め板の最小厚さ	t_e	(mm)	8.35
強め板の外径	B_e	(mm)	306.00
管台の外径	D_{on}	(mm)	114.30
溶接寸法	L_1	(mm)	6.00
溶接寸法	L_2	(mm)	0.00
溶接寸法	L_3	(mm)	6.00

管台名称			ドレンノズル
胴板の有効補強面積	A_1	(mm^2)	0.000
管台の有効補強面積	A_2	(mm^2)	552.6
すみ肉溶接部の有効補強面積	A_3	(mm^2)	72.00
強め板の有効補強面積	A_4	(mm^2)	703.2
補強に有効な総面積	A_0	(mm^2)	1.328×10^3
補強：$A_0>A_r$，よって十分である。			

管台名称			ドレンノズル
大きい穴の補強			
補強を要する穴の限界径	d_j	(mm)	1000.00
評価：$d \leqq d_j$，よって大きい穴の補強計算は必要ない。			
溶接部にかかる荷重	W_1	(N)	1.328×10^5
溶接部にかかる荷重	W_2	(N)	1.067×10^5
溶接部の負うべき荷重	W	(N)	1.067×10^5
すみ肉溶接の許容せん断応力	S_{w1}	(MPa)	46
突合せ溶接の許容せん断応力	S_{w2}	(MPa)	56
突合せ溶接の許容引張応力	S_{w3}	(MPa)	70
管台壁の許容せん断応力	S_{w4}	(MPa)	65
応力除去の有無			無
すみ肉溶接の許容せん断応力係数	F_1		0.46
突合せ溶接の許容せん断応力係数	F_2		0.56
突合せ溶接の許容引張応力係数	F_3		0.70
管台壁の許容せん断応力係数	F_4		0.70
すみ肉溶接部のせん断力	W_{e1}	(N)	4.955×10^4
すみ肉溶接部のせん断力	W_{e2}	(N)	4.955×10^4
すみ肉溶接部のせん断力	W_{e3}	(N)	0.000
突合せ溶接部のせん断力	W_{e4}	(N)	6.385×10^4
突合せ溶接部の引張力	W_{e6}	(N)	1.049×10^5
突合せ溶接部の引張力	W_{e7}	(N)	1.166×10^5
管台のせん断力	W_{e10}	(N)	8.211×10^4
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp1}	(N)	2.041×10^5
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp2}	(N)	1.166×10^5
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp3}	(N)	2.183×10^5
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp4}	(N)	1.460×10^5
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp5}	(N)	1.317×10^5
評価：$W_{ebp1} \geqq W$，$W_{ebp2} \geqq W$，$W_{ebp3} \geqq W$，$W_{ebp4} \geqq W$，$W_{ebp5} \geqq W$ 以上より十分である。			

2.2　No.4　ろ過水タンクの強度計算

2.2.1　開放タンクの胴の厚さの計算

設計・建設規格　PVD-3010（PVC-3920 準用）

2.2.1.1　側板最下段

胴板名称			側板最下段
材料			SS400
水頭	H	(m)	11.2700
最高使用温度		(℃)	66
胴の内径	D_i	(m)	10.64
液体の比重	ρ		1.00
許容引張応力	S	(MPa)	100
継手効率	η		0.70
継手の種類			突合せ両側溶接
放射線検査の有無			無し
必要厚さ	t_1	(mm)	3.00
必要厚さ	t_2	(mm)	8.40
必要厚さ	t_3	(mm)	4.50
t_1，t_2，t_3の大きい値	t	(mm)	8.40
呼び厚さ	t_{so}	(mm)	9.00
最小厚さ（t_{so}－ＪＩＳ公差） 又は実際の厚さ（検査記録）	t_s*	(mm)	8.50
評価：$t_s \geqq t$，よって十分である。			

注記＊：t_sは実際の厚さ（検査記録）とする。

2.2.1.2　側板2段目

胴板名称			側板2段目
材料			SS400
水頭	H	(m)	9.2700
最高使用温度		(℃)	66
胴の内径	D_i	(m)	10.64
液体の比重	ρ		1.00
許容引張応力	S	(MPa)	100
継手効率	η		0.70
継手の種類			突合せ両側溶接
放射線検査の有無			無し
必要厚さ	t_1	(mm)	3.00
必要厚さ	t_2	(mm)	6.91
必要厚さ	t_3	(mm)	4.50
t_1，t_2，t_3の大きい値	t	(mm)	6.91
呼び厚さ	t_{so}	(mm)	9.00
最小厚さ（t_{so}－ＪＩＳ公差） 又は実際の厚さ（検査記録）	t_s*	(mm)	8.35
評価：$t_s \geqq t$，よって十分である。			

注記＊：t_sは最小厚さ（t_{so}－ＪＩＳ公差）とする。

2.2.1.3　側板3段目

胴板名称			側板3段目
材料			SS41
水頭	H	(m)	7.2700
最高使用温度		(℃)	66
胴の内径	D_i	(m)	10.64
液体の比重	ρ		1.00
許容引張応力	S	(MPa)	100
継手効率	η		0.70
継手の種類			突合せ両側溶接
放射線検査の有無			無し
必要厚さ	t_1	(mm)	3.00
必要厚さ	t_2	(mm)	5.42
必要厚さ	t_3	(mm)	4.50
t_1，t_2，t_3の大きい値	t	(mm)	5.42
呼び厚さ	t_{so}	(mm)	6.00
最小厚さ（t_{so}－ＪＩＳ公差） 又は実際の厚さ（検査記録）	t_s*	(mm)	5.80
評価：$t_s \geqq t$，よって十分である。			

注記＊：t_sは実際の厚さ（検査記録）とする。

2.2.1.4　側板4段目

胴板名称			側板4段目
材料			SS41
水頭	H	(m)	6.0800
最高使用温度		(℃)	66
胴の内径	D_i	(m)	10.64
液体の比重	ρ		1.00
許容引張応力	S	(MPa)	100
継手効率	η		0.70
継手の種類			突合せ両側溶接
放射線検査の有無			無し
必要厚さ	t_1	(mm)	3.00
必要厚さ	t_2	(mm)	4.54
必要厚さ	t_3	(mm)	4.50
t_1，t_2，t_3の大きい値	t	(mm)	4.54
呼び厚さ	t_{so}	(mm)	6.00
最小厚さ（t_{so}－ＪＩＳ公差） 又は実際の厚さ（検査記録）	t_s*	(mm)	5.25
評価：$t_S \geqq t$，よって十分である。			

注記＊：t_sは最小厚さ（t_{so}－ＪＩＳ公差）とする。

2.2.1.5　側板5段目

胴板名称			側板5段目
材料			SS41
水頭	H	(m)	3.3200
最高使用温度		(℃)	66
胴の内径	D_i	(m)	10.64
液体の比重	ρ		1.00
許容引張応力	S	(MPa)	100
継手効率	η		0.70
継手の種類			突合せ両側溶接
放射線検査の有無			無し
必要厚さ	t_1	(mm)	3.00
必要厚さ	t_2	(mm)	2.48
必要厚さ	t_3	(mm)	4.50
t_1，t_2，t_3の大きい値	t	(mm)	4.50
呼び厚さ	t_{so}	(mm)	6.00
最小厚さ（t_{so}－ＪＩＳ公差） 又は実際の厚さ（検査記録）	t_s*	(mm)	5.25
評価：$t_S \geqq t$，よって十分である。			

注記＊：t_sは最小厚さ（t_{so}－ＪＩＳ公差）とする。

2.2.1.6　側板6段目

胴板名称			側板6段目
材料			SS41
水頭	H	(m)	0.5600
最高使用温度		(℃)	66
胴の内径	D_i	(m)	10.64
液体の比重	ρ		1.00
許容引張応力	S	(MPa)	100
継手効率	η		0.70
継手の種類			突合せ両側溶接
放射線検査の有無			無し
必要厚さ	t_1	(mm)	3.00
必要厚さ	t_2	(mm)	0.42
必要厚さ	t_3	(mm)	4.50
t_1，t_2，t_3の大きい値	t	(mm)	4.50
呼び厚さ	t_{so}	(mm)	6.00
最小厚さ（t_{so}－ＪＩＳ公差） 又は実際の厚さ（検査記録）	t_s*	(mm)	5.50
評価：$t_S \geqq t$，よって十分である。			

注記＊：t_sは最小厚さ（t_{so}－ＪＩＳ公差）とする。

2.2.2　開放タンクの底板の厚さの計算

設計・建設規格　PVD-3010（PVC-3960，PVC-3970 準用）

(1)　設計・建設規格　PVC-3960

底板の形状	平板

(2)　設計・建設規格　PVC-3970

底板名称			平板
材料			SS400
必要厚さ	t	(mm)	3.00
呼び厚さ	t_{bo}	(mm)	12.00
最小厚さ	t_b	(mm)	11.35
評価：$t_b \geqq t$，よって十分である。			

2.2.3　開放タンクの管台の厚さの計算

設計・建設規格　PVD-3010（PVC-3980 準用）

2.2.3.1　側マンホール

管台名称			側マンホール
材料			SS400
水頭	H	(m)	11.2700
最高使用温度		(℃)	66
管台の内径	Ｄｉ	(m)	0.6100
液体の比重	ρ		1.00
許容引張応力	S	(MPa)	100
継手効率	η		1.00
継手の種類			突合せ両側溶接
放射線検査の有無			有り
必要厚さ	t_1	(mm)	0.34
必要厚さ	t_2	(mm)	3.50
t_1, t_2の大きい値	t	(mm)	3.50
呼び厚さ	ｔｎｏ	(mm)	9.00
最小厚さ	ｔｎ	(mm)	8.35
評価：ｔｎ≧ｔ，よって十分である。			

2.2.3.2　350A　変圧器防災用ノズル

管台名称			変圧器防災用ノズル
材料			STPG370-S
水頭	H	(m)	11.2700
最高使用温度		(℃)	66
管台の内径	Di	(m)	0.3176
液体の比重	ρ		1.00
許容引張応力	S	(MPa)	93
継手効率	η		1.00
継手の種類			継手無し
放射線検査の有無			無し
必要厚さ	t_1	(mm)	0.19
必要厚さ	t_2	(mm)	3.50
t_1, t_2の大きい値	t	(mm)	3.50
呼び厚さ	tno	(mm)	19.00
最小厚さ	tn	(mm)	16.62
評価：tn≧t,よって十分である。			

2.2.3.3　300A　消火用ノズル，工事用水ノズル

管台名称			消火用ノズル 工事用水用ノズル
材料			STPG370-S
水頭	H	(m)	11.2700
最高使用温度		(℃)	66
管台の内径	Ｄｉ	(m)	0.2837
液体の比重	ρ		1.00
許容引張応力	S	(MPa)	93
継手効率	η		1.00
継手の種類			継手無し
放射線検査の有無			無し
必要厚さ	t_1	(mm)	0.17
必要厚さ	t_2	(mm)	3.50
t_1，t_2の大きい値	t	(mm)	3.50
呼び厚さ	ｔｎｏ	(mm)	17.40
最小厚さ	ｔｎ	(mm)	15.22
評価：ｔｎ≧ｔ，よって十分である。			

2.2.3.4　200A　雑用水用ノズル，予備用ノズル，タンク連絡用ノズル

管台名称			雑用水用ノズル 予備用ノズルタンク タンク連絡用ノズル
材料			STPG370-S
水頭	H	(m)	11.2700
最高使用温度		(℃)	66
管台の内径	D_i	(m)	0.1909
液体の比重	ρ		1.00
許容引張応力	S	(MPa)	93
継手効率	η		1.00
継手の種類			継手無し
放射線検査の有無			無し
必要厚さ	t_1	(mm)	0.12
必要厚さ	t_2	(mm)	3.50
t_1，t_2の大きい値	t	(mm)	3.50
呼び厚さ	t_{no}	(mm)	12.70
最小厚さ	t_n	(mm)	11.11
評価：$t_n \geqq t$，よって十分である。			

2.2.3.5　150A　工事用水用ノズル，予備用ノズル

管台名称			工事用水用ノズル 予備用ノズル
材料			STPG370-S
水頭	H	(m)	11.2700
最高使用温度		(℃)	66
管台の内径	D_i	(m)	0.1432
液体の比重	ρ		1.00
許容引張応力	S	(MPa)	93
継手効率	η		1.00
継手の種類			継手無し
放射線検査の有無			無し
必要厚さ	t_1	(mm)	0.09
必要厚さ	t_2	(mm)	3.50
t_1，t_2の大きい値	t	(mm)	3.50
呼び厚さ	t_{no}	(mm)	11.00
最小厚さ	t_n	(mm)	9.62
評価：$t_n \geqq t$，よって十分である。			

2.2.3.6　100A　ドレンノズル

管台名称			ドレンノズル
材料			STPG370-S
水頭	H	(m)	11.2700
最高使用温度		(℃)	66
管台の内径	D_i	(m)	0.0971
液体の比重	ρ		1.00
許容引張応力	S	(MPa)	93
継手効率	η		1.00
継手の種類			継手無し
放射線検査の有無			無し
必要厚さ	t_1	(mm)	0.06
必要厚さ	t_2	(mm)	3.50
t_1，t_2の大きい値	t	(mm)	3.50
呼び厚さ	t_{no}	(mm)	8.60
最小厚さ	t_n	(mm)	7.52
評価：$t_n \geqq t$，よって十分である。			

2.2.4　開放タンクの胴の穴の補強計算

設計・建設規格　PVD-3010，PVD-3510（PVC-3160，PVC-3950 準用）

2.2.4.1　側マンホール

参照附図　ＷＥＬＤ－１２

管台名称			側マンホール
胴板材料			SS400
管台材料			SS400
強め板材料			SS400
最高使用圧力	P	(MPa)	0.11
最高使用温度		(℃)	66
胴板の許容引張応力	S_s	(MPa)	100
管台の許容引張応力	S_n	(MPa)	100
強め板の許容引張応力	S_e	(MPa)	100
穴の径	d	(mm)	611.30
管台が取付く穴の径	d_w	(mm)	640.00
胴板の最小厚さ	t_s	(mm)	8.35
管台の最小厚さ	t_n	(mm)	8.35
胴板の継手効率	η		1.00
係数	F		1.00
胴の内径	D_i	(m)	10.64
胴板の計算上必要な厚さ	t_{sr}	(mm)	8.40
管台の計算上必要な厚さ	t_{nr}	(mm)	0.34
穴の補強に必要な面積	A_r	(mm^2)	5.135×10^3
補強の有効範囲	X_1	(mm)	611.30
補強の有効範囲	X_2	(mm)	611.30
補強の有効範囲	X	(mm)	1222.60
補強の有効範囲	Y_1	(mm)	20.88
補強の有効範囲	Y_2	(mm)	0.00
強め板の最小厚さ	t_e	(mm)	8.35
強め板の外径	B_e	(mm)	1370.00
管台の外径	D_{on}	(mm)	628.00
溶接寸法	L_1	(mm)	6.00
溶接寸法	L_2	(mm)	0.00
溶接寸法	L_3	(mm)	0.00

管台名称			側マンホール
胴板の有効補強面積	A_1	(mm^2)	0.000
管台の有効補強面積	A_2	(mm^2)	334.4
すみ肉溶接部の有効補強面積	A_3	(mm^2)	36.00
強め板の有効補強面積	A_4	(mm^2)	4.965×10^3
補強に有効な総面積	A_0	(mm^2)	5.335×10^3
補強：$A_0>A_r$，よって十分である。			

管台名称			側マンホール
大きい穴の補強			
補強を要する穴の限界径	d_j	(mm)	1000.00
評価：$d \leqq d_j$，よって大きい穴の補強計算は必要ない。			
溶接部にかかる荷重	W_1	(N)	5.335×10^5
溶接部にかかる荷重	W_2	(N)	5.376×10^5
溶接部の負うべき荷重	W	(N)	5.335×10^5
すみ肉溶接の許容せん断応力	S_{w1}	(MPa)	46
突合せ溶接の許容せん断応力	S_{w2}	(MPa)	56
突合せ溶接の許容引張応力	S_{w3}	(MPa)	70
管台壁の許容せん断応力	S_{w4}	(MPa)	70
応力除去の有無			無
すみ肉溶接の許容せん断応力係数	F_1		0.46
突合せ溶接の許容せん断応力係数	F_2		0.56
突合せ溶接の許容引張応力係数	F_3		0.70
管台壁の許容せん断応力係数	F_4		0.70
すみ肉溶接部のせん断力	W_{e1}	(N)	2.723×10^5
すみ肉溶接部のせん断力	W_{e2}	(N)	0.000
すみ肉溶接部のせん断力	W_{e3}	(N)	0.000
突合せ溶接部のせん断力	W_{e4}	(N)	3.315×10^5
突合せ溶接部の引張力	W_{e6}	(N)	5.766×10^5
突合せ溶接部の引張力	W_{e7}	(N)	5.876×10^5
管台のせん断力	W_{e10}	(N)	5.689×10^5
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp1}	(N)	8.488×10^5
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp2}	(N)	5.876×10^5
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp3}	(N)	9.080×10^5
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp4}	(N)	9.004×10^5
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp5}	(N)	8.412×10^5
評価：$W_{ebp1} \geqq W$，$W_{ebp2} \geqq W$，$W_{ebp3} \geqq W$，$W_{ebp4} \geqq W$，$W_{ebp5} \geqq W$ 以上より十分である。			

2.2.4.2　350A　変圧器防災用ノズル

参照附図　ＷＥＬＤ－１２

管台名称			変圧器防災用ノズル
胴板材料			SS400
管台材料			STPG370-S
強め板材料			SS400
最高使用圧力	P	(MPa)	0.11
最高使用温度		(℃)	66
胴板の許容引張応力	S_s	(MPa)	100
管台の許容引張応力	S_n	(MPa)	93
強め板の許容引張応力	S_e	(MPa)	100
穴の径	d	(mm)	322.36
管台が取付く穴の径	d_w	(mm)	368.00
胴板の最小厚さ	t_s	(mm)	8.35
管台の最小厚さ	t_n	(mm)	16.62
胴板の継手効率	η		1.00
係数	F		1.00
胴の内径	D_i	(m)	10.64
胴板の計算上必要な厚さ	t_{sr}	(mm)	8.40
管台の計算上必要な厚さ	t_{nr}	(mm)	0.20
穴の補強に必要な面積	A_r	(mm^2)	2.727×10^3
補強の有効範囲	X_1	(mm)	322.36
補強の有効範囲	X_2	(mm)	322.36
補強の有効範囲	X	(mm)	644.72
補強の有効範囲	Y_1	(mm)	20.88
補強の有効範囲	Y_2	(mm)	0.00
強め板の最小厚さ	t_e	(mm)	8.35
強め板の外径	B_e	(mm)	750.00
管台の外径	D_{on}	(mm)	355.60
溶接寸法	L_1	(mm)	6.00
溶接寸法	L_2	(mm)	0.00
溶接寸法	L_3	(mm)	0.00

管台名称			変圧器防災用ノズル
胴板の有効補強面積	A_1	(mm^2)	0.000
管台の有効補強面積	A_2	(mm^2)	637.5
すみ肉溶接部の有効補強面積	A_3	(mm^2)	36.00
強め板の有効補強面積	A_4	(mm^2)	2.414×10^3
補強に有効な総面積	A_0	(mm^2)	3.088×10^3
補強：$A_0>A_r$，よって十分である。			

管台名称			変圧器防災用ノズル
大きい穴の補強			
補強を要する穴の限界径	d_j	(mm)	1000.00
評価：$d \leqq d_j$，よって大きい穴の補強計算は必要ない。			
溶接部にかかる荷重	W_1	(N)	3.088×10^5
溶接部にかかる荷重	W_2	(N)	3.091×10^5
溶接部の負うべき荷重	W	(N)	3.088×10^5
すみ肉溶接の許容せん断応力	S_{w1}	(MPa)	46
突合せ溶接の許容せん断応力	S_{w2}	(MPa)	56
突合せ溶接の許容引張応力	S_{w3}	(MPa)	70
管台壁の許容せん断応力	S_{w4}	(MPa)	65
応力除去の有無			無
すみ肉溶接の許容せん断応力係数	F_1		0.46
突合せ溶接の許容せん断応力係数	F_2		0.56
突合せ溶接の許容引張応力係数	F_3		0.70
管台壁の許容せん断応力係数	F_4		0.70
すみ肉溶接部のせん断力	W_{e1}	(N)	1.542×10^5
すみ肉溶接部のせん断力	W_{e2}	(N)	0.000
すみ肉溶接部のせん断力	W_{e3}	(N)	0.000
突合せ溶接部のせん断力	W_{e4}	(N)	1.939×10^5
突合せ溶接部の引張力	W_{e6}	(N)	3.265×10^5
突合せ溶接部の引張力	W_{e7}	(N)	3.379×10^5
管台のせん断力	W_{e10}	(N)	5.761×10^5
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp1}	(N)	4.807×10^5
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp2}	(N)	3.379×10^5
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp3}	(N)	5.204×10^5
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp4}	(N)	7.700×10^5
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp5}	(N)	7.303×10^5
評価：$W_{ebp1} \geqq W$，$W_{ebp2} \geqq W$，$W_{ebp3} \geqq W$，$W_{ebp4} \geqq W$，$W_{ebp5} \geqq W$ 以上より十分である。			

2.2.4.3　300A　消火用ノズル，工事用水用ノズル

参照附図　ＷＥＬＤ－１２

管台名称			消火用ノズル 工事用水用ノズル
胴板材料			SS400
管台材料			STPG370-S
強め板材料			SS400
最高使用圧力	P	(MPa)	0.11
最高使用温度		(℃)	66
胴板の許容引張応力	S_s	(MPa)	100
管台の許容引張応力	S_n	(MPa)	93
強め板の許容引張応力	S_e	(MPa)	100
穴の径	d	(mm)	288.06
管台が取付く穴の径	d_w	(mm)	331.00
胴板の最小厚さ	t_s	(mm)	8.35
管台の最小厚さ	t_n	(mm)	15.22
胴板の継手効率	η		1.00
係数	F		1.00
胴の内径	D_i	(m)	10.64
胴板の計算上必要な厚さ	t_{sr}	(mm)	8.40
管台の計算上必要な厚さ	t_{nr}	(mm)	0.18
穴の補強に必要な面積	A_r	(mm^2)	2.438×10^3
補強の有効範囲	X_1	(mm)	288.06
補強の有効範囲	X_2	(mm)	288.06
補強の有効範囲	X	(mm)	576.12
補強の有効範囲	Y_1	(mm)	20.88
補強の有効範囲	Y_2	(mm)	0.00
強め板の最小厚さ	t_e	(mm)	8.35
強め板の外径	B_e	(mm)	686.00
管台の外径	D_{on}	(mm)	318.50
溶接寸法	L_1	(mm)	6.00
溶接寸法	L_2	(mm)	0.00
溶接寸法	L_3	(mm)	0.00

管台名称			消火用ノズル 工事用水用ノズル
胴板の有効補強面積	A_1	(mm^2)	0.000
管台の有効補強面積	A_2	(mm^2)	584.0
すみ肉溶接部の有効補強面積	A_3	(mm^2)	36.00
強め板の有効補強面積	A_4	(mm^2)	2.151×10^3
補強に有効な総面積	A_0	(mm^2)	2.771×10^3
補強：$A_0>A_r$，よって十分である。			

管台名称			消火用ノズル 工事用水用ノズル
大きい穴の補強			
補強を要する穴の限界径	d_j	(mm)	1000.00
評価：$d \leqq d_j$，よって大きい穴の補強計算は必要ない。			
溶接部にかかる荷重	W_1	(N)	2.771×10^5
溶接部にかかる荷重	W_2	(N)	2.780×10^5
溶接部の負うべき荷重	W	(N)	2.771×10^5
すみ肉溶接の許容せん断応力	S_{w1}	(MPa)	46
突合せ溶接の許容せん断応力	S_{w2}	(MPa)	56
突合せ溶接の許容引張応力	S_{w3}	(MPa)	70
管台壁の許容せん断応力	S_{w4}	(MPa)	65
応力除去の有無			無
すみ肉溶接の許容せん断応力係数	F_1		0.46
突合せ溶接の許容せん断応力係数	F_2		0.56
突合せ溶接の許容引張応力係数	F_3		0.70
管台壁の許容せん断応力係数	F_4		0.70
すみ肉溶接部のせん断力	W_{e1}	(N)	1.381×10^5
すみ肉溶接部のせん断力	W_{e2}	(N)	0.000
すみ肉溶接部のせん断力	W_{e3}	(N)	0.000
突合せ溶接部のせん断力	W_{e4}	(N)	1.751×10^5
突合せ溶接部の引張力	W_{e6}	(N)	2.924×10^5
突合せ溶接部の引張力	W_{e7}	(N)	3.039×10^5
管台のせん断力	W_{e10}	(N)	4.720×10^5
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp1}	(N)	4.305×10^5
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp2}	(N)	3.039×10^5
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp3}	(N)	4.675×10^5
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp4}	(N)	6.471×10^5
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp5}	(N)	6.101×10^5
評価：$W_{ebp1} \geqq W$，$W_{ebp2} \geqq W$，$W_{ebp3} \geqq W$，$W_{ebp4} \geqq W$，$W_{ebp5} \geqq W$ 以上より十分である。			

2.2.4.4　200A　雑用水用ノズル，予備用ノズル，タンク連絡用ノズル

参照附図　ＷＥＬＤ－１２

管台名称			雑用水用ノズル 予備用ノズル タンク連絡用ノズル
胴板材料			SS400
管台材料			STPG370-S
強め板材料			SS400
最高使用圧力	P	(MPa)	0.11
最高使用温度		(℃)	66
胴板の許容引張応力	S_s	(MPa)	100
管台の許容引張応力	S_n	(MPa)	93
強め板の許容引張応力	S_e	(MPa)	100
穴の径	d	(mm)	194.08
管台が取付く穴の径	d_w	(mm)	228.00
胴板の最小厚さ	t_s	(mm)	8.35
管台の最小厚さ	t_n	(mm)	11.11
胴板の継手効率	η		1.00
係数	F		1.00
胴の内径	D_i	(m)	10.64
胴板の計算上必要な厚さ	t_{sr}	(mm)	8.40
管台の計算上必要な厚さ	t_{nr}	(mm)	0.12
穴の補強に必要な面積	A_r	(mm^2)	1.643×10^3
補強の有効範囲	X_1	(mm)	194.08
補強の有効範囲	X_2	(mm)	194.08
補強の有効範囲	X	(mm)	388.16
補強の有効範囲	Y_1	(mm)	20.88
補強の有効範囲	Y_2	(mm)	0.00
強め板の最小厚さ	t_e	(mm)	8.35
強め板の外径	B_e	(mm)	484.00
管台の外径	D_{on}	(mm)	216.30
溶接寸法	L_1	(mm)	6.00
溶接寸法	L_2	(mm)	0.00
溶接寸法	L_3	(mm)	0.00

管台名称			雑用水用ノズル 予備用ノズル タンク連絡用ノズル
胴板の有効補強面積	A_1	(mm^2)	0.000
管台の有効補強面積	A_2	(mm^2)	426.7
すみ肉溶接部の有効補強面積	A_3	(mm^2)	36.00
強め板の有効補強面積	A_4	(mm^2)	1.435×10^3
補強に有効な総面積	A_0	(mm^2)	1.898×10^3
補強：$A_0>A_r$，よって十分である。			

管台名称			雑用水用ノズル 予備用ノズル タンク連絡用ノズル
大きい穴の補強			
補強を要する穴の限界径	d_j	(mm)	1000.00
評価：$d \leqq d_j$，よって大きい穴の補強計算は必要ない。			
溶接部にかかる荷重	W_1	(N)	1.898×10^5
溶接部にかかる荷重	W_2	(N)	1.915×10^5
溶接部の負うべき荷重	W	(N)	1.898×10^5
すみ肉溶接の許容せん断応力	S_{w1}	(MPa)	46
突合せ溶接の許容せん断応力	S_{w2}	(MPa)	56
突合せ溶接の許容引張応力	S_{w3}	(MPa)	70
管台壁の許容せん断応力	S_{w4}	(MPa)	65
応力除去の有無			無
すみ肉溶接の許容せん断応力係数	F_1		0.46
突合せ溶接の許容せん断応力係数	F_2		0.56
突合せ溶接の許容引張応力係数	F_3		0.70
管台壁の許容せん断応力係数	F_4		0.70
すみ肉溶接部のせん断力	W_{e1}	(N)	9.377×10^4
すみ肉溶接部のせん断力	W_{e2}	(N)	0.000
すみ肉溶接部のせん断力	W_{e3}	(N)	0.000
突合せ溶接部のせん断力	W_{e4}	(N)	1.113×10^5
突合せ溶接部の引張力	W_{e6}	(N)	1.986×10^5
突合せ溶接部の引張力	W_{e7}	(N)	2.093×10^5
管台のせん断力	W_{e10}	(N)	2.331×10^5
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp1}	(N)	2.924×10^5
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp2}	(N)	2.093×10^5
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp3}	(N)	3.099×10^5
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp4}	(N)	3.444×10^5
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp5}	(N)	3.269×10^5
評価：$W_{ebp1} \geqq W$，$W_{ebp2} \geqq W$，$W_{ebp3} \geqq W$，$W_{ebp4} \geqq W$，$W_{ebp5} \geqq W$ 以上より十分である。			

2.2.4.5　150A　工事用水用ノズル，予備用ノズル

参照附図　ＷＥＬＤ－１２

管台名称			工事用水用ノズル 予備用ノズル
胴板材料			SS400
管台材料			STPG370-S
強め板材料			SS400
最高使用圧力	P	(MPa)	0.11
最高使用温度		(℃)	66
胴板の許容引張応力	S_s	(MPa)	100
管台の許容引張応力	S_n	(MPa)	93
強め板の許容引張応力	S_e	(MPa)	100
穴の径	d	(mm)	145.96
管台が取付く穴の径	d_w	(mm)	177.00
胴板の最小厚さ	t_s	(mm)	8.35
管台の最小厚さ	t_n	(mm)	9.62
胴板の継手効率	η		1.00
係数	F		1.00
胴の内径	D_i	(m)	10.64
胴板の計算上必要な厚さ	t_{sr}	(mm)	8.40
管台の計算上必要な厚さ	t_{nr}	(mm)	0.09
穴の補強に必要な面積	A_r	(mm^2)	1.237×10^3
補強の有効範囲	X_1	(mm)	145.96
補強の有効範囲	X_2	(mm)	145.96
補強の有効範囲	X	(mm)	291.92
補強の有効範囲	Y_1	(mm)	20.88
補強の有効範囲	Y_2	(mm)	0.00
強め板の最小厚さ	t_e	(mm)	8.35
強め板の外径	B_e	(mm)	402.00
管台の外径	D_{on}	(mm)	165.20
溶接寸法	L_1	(mm)	6.00
溶接寸法	L_2	(mm)	0.00
溶接寸法	L_3	(mm)	0.00

管台名称			工事用水用ノズル 予備用ノズル
胴板の有効補強面積	A_1	(mm^2)	0.000
管台の有効補強面積	A_2	(mm^2)	370.0
すみ肉溶接部の有効補強面積	A_3	(mm^2)	36.00
強め板の有効補強面積	A_4	(mm^2)	1.058×10^3
補強に有効な総面積	A_0	(mm^2)	1.464×10^3
補強：$A_0>A_r$，よって十分である。			

管台名称			工事用水用ノズル 予備用ノズル
大きい穴の補強			
補強を要する穴の限界径	d_j	(mm)	1000.00
評価：$d \leqq d_j$，よって大きい穴の補強計算は必要ない。			
溶接部にかかる荷重	W_1	(N)	1.464×10^5
溶接部にかかる荷重	W_2	(N)	1.487×10^5
溶接部の負うべき荷重	W	(N)	1.464×10^5
すみ肉溶接の許容せん断応力	S_{w1}	(MPa)	46
突合せ溶接の許容せん断応力	S_{w2}	(MPa)	56
突合せ溶接の許容引張応力	S_{w3}	(MPa)	70
管台壁の許容せん断応力	S_{w4}	(MPa)	65
応力除去の有無			無
すみ肉溶接の許容せん断応力係数	F_1		0.46
突合せ溶接の許容せん断応力係数	F_2		0.56
突合せ溶接の許容引張応力係数	F_3		0.70
管台壁の許容せん断応力係数	F_4		0.70
すみ肉溶接部のせん断力	W_{e1}	(N)	7.162×10^4
すみ肉溶接部のせん断力	W_{e2}	(N)	0.000
すみ肉溶接部のせん断力	W_{e3}	(N)	0.000
突合せ溶接部のせん断力	W_{e4}	(N)	8.574×10^4
突合せ溶接部の引張力	W_{e6}	(N)	1.517×10^5
突合せ溶接部の引張力	W_{e7}	(N)	1.625×10^5
管台のせん断力	W_{e10}	(N)	1.530×10^5
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp1}	(N)	2.233×10^5
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp2}	(N)	1.625×10^5
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp3}	(N)	2.374×10^5
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp4}	(N)	2.388×10^5
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp5}	(N)	2.247×10^5
評価：$W_{ebp1} \geqq W$，$W_{ebp2} \geqq W$，$W_{ebp3} \geqq W$，$W_{ebp4} \geqq W$，$W_{ebp5} \geqq W$ 以上より十分である。			

2.2.4.6　100A　ドレンノズル

参照附図　ＷＥＬＤ－１８

管台名称			ドレンノズル
胴板材料			SS400
管台材料			STPG370-S
強め板材料			SS400
最高使用圧力	P	(MPa)	0.11
最高使用温度		(℃)	66
胴板の許容引張応力	S_s	(MPa)	100
管台の許容引張応力	S_n	(MPa)	93
強め板の許容引張応力	S_e	(MPa)	100
穴の径	d	(mm)	99.26
管台が取付く穴の径	d_w	(mm)	127.00
胴板の最小厚さ	t_s	(mm)	8.35
管台の最小厚さ	t_n	(mm)	7.52
胴板の継手効率	η		1.00
係数	F		1.00
胴の内径	D_i	(m)	10.64
胴板の計算上必要な厚さ	t_{sr}	(mm)	8.40
管台の計算上必要な厚さ	t_{nr}	(mm)	0.06
穴の補強に必要な面積	A_r	(mm^2)	842.6
補強の有効範囲	X_1	(mm)	99.26
補強の有効範囲	X_2	(mm)	99.26
補強の有効範囲	X	(mm)	198.52
補強の有効範囲	Y_1	(mm)	20.88
補強の有効範囲	Y_2	(mm)	18.80
強め板の最小厚さ	t_e	(mm)	8.35
強め板の外径	B_e	(mm)	306.00
管台の外径	D_{on}	(mm)	114.30
溶接寸法	L_1	(mm)	6.00
溶接寸法	L_2	(mm)	0.00
溶接寸法	L_3	(mm)	6.00

管台名称			ドレンノズル
胴板の有効補強面積	A_1	(mm^2)	0.000
管台の有効補強面積	A_2	(mm^2)	552.6
すみ肉溶接部の有効補強面積	A_3	(mm^2)	72.00
強め板の有効補強面積	A_4	(mm^2)	703.2
補強に有効な総面積	A_0	(mm^2)	1.328×10^3
補強：$A_0 > A_r$，よって十分である。			

管台名称			ドレンノズル
大きい穴の補強			
補強を要する穴の限界径	d_j	(mm)	1000.00
評価：$d \leqq d_j$，よって大きい穴の補強計算は必要ない。			
溶接部にかかる荷重	W_1	(N)	1.328×10^5
溶接部にかかる荷重	W_2	(N)	1.067×10^5
溶接部の負うべき荷重	W	(N)	1.067×10^5
すみ肉溶接の許容せん断応力	S_{w1}	(MPa)	46
突合せ溶接の許容せん断応力	S_{w2}	(MPa)	56
突合せ溶接の許容引張応力	S_{w3}	(MPa)	70
管台壁の許容せん断応力	S_{w4}	(MPa)	65
応力除去の有無			無
すみ肉溶接の許容せん断応力係数	F_1		0.46
突合せ溶接の許容せん断応力係数	F_2		0.56
突合せ溶接の許容引張応力係数	F_3		0.70
管台壁の許容せん断応力係数	F_4		0.70
すみ肉溶接部のせん断力	W_{e1}	(N)	4.955×10^4
すみ肉溶接部のせん断力	W_{e2}	(N)	4.955×10^4
すみ肉溶接部のせん断力	W_{e3}	(N)	0.000
突合せ溶接部のせん断力	W_{e4}	(N)	6.385×10^4
突合せ溶接部の引張力	W_{e6}	(N)	1.049×10^5
突合せ溶接部の引張力	W_{e7}	(N)	1.166×10^5
管台のせん断力	W_{e10}	(N)	8.211×10^4
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp1}	(N)	2.041×10^5
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp2}	(N)	1.166×10^5
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp3}	(N)	2.183×10^5
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp4}	(N)	1.460×10^5
予想される破断箇所の強さ	W_{ebp5}	(N)	1.317×10^5
評価：$W_{ebp1} \geqq W$，$W_{ebp2} \geqq W$，$W_{ebp3} \geqq W$，$W_{ebp4} \geqq W$，$W_{ebp5} \geqq W$ 以上より十分である。			