

VI-3-3-3-7 その他の原子炉冷却系統施設の強度についての説明書

VI-3-3-3-7-1 弁の強度計算書（原子炉隔離時冷却系）

まえがき

本計算書は、VI-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VI-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、VI-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 (℃)
E51-F012	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	11.77	77	11.77	120	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
E51-F071	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	8.62	302	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
E51-F080	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	8.62	302	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
E51-F511	既設	有	有	Non	Non	SA-2	無	0.49	77	0.49	77	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
E51-F518	既設	有	有	Non	Non	SA-2	無	0.10	120	0.10	120	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
E51-F519	既設	有	有	Non	Non	SA-2	無	0.10	120	0.10	120	—	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

1.1 設計仕様

系統： 原子炉隔離時冷却系

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
F012	止め弁	50	S25C	S25C	
F071	止め弁	150	SCPH2	SCPH2	
F080	止め弁	100	SCPH2	SCPH2	
F511	止め弁	20	S25C	S25C	
F518	止め弁	20	S25C	S25C	
F519	止め弁	20	S25C	S25C	

1.2 強度計算書

系統： 原子炉隔離時冷却系

弁番号	F012	シート	1
-----	------	-----	---

		設計・ 建設規格	告示 第501号			設計・ 建設規格	告示 第501号
設計条件				ネック部の厚さ			
最高使用圧力P (MPa)	11.77			d_n (mm)	□		
最高使用温度 T_m (°C)	120			d_n / d_m	□		
弁箱又は弁ふたの厚さ				ℓ (mm)	□	—	
弁箱材料	S25C			t_{m1} (mm)	—		
弁ふた材料	S25C			t_{m2} (mm)	6.4	—	
P_1 (MPa)	10.34	—		t_{ma1} (mm)	—		
P_2 (MPa)	15.51	—		t_{ma2} (mm)	□		
d_m (mm)	□			評価： $t_{ma2} \geq t_{m2}$ よって十分である。			
t_1 (mm)	5.7	—					
t_2 (mm)	7.5	—					
t (mm)	6.2	—					
t_{ab} (mm)	□						
t_{af} (mm)	□						
評価： $t_{ab} \geq t$ $t_{af} \geq t$ よって十分である。							

系統： 原子炉隔離時冷却系

弁番号	F071	シート	1
-----	------	-----	---

		設計・ 建設規格	告示 第501号			設計・ 建設規格	告示 第501号
設計条件				ネック部の厚さ			
最高使用圧力P (MPa)		8.62		d_n (mm)	<input type="text"/>		
最高使用温度 T_m (°C)		302		d_n / d_m	<input type="text"/>		
弁箱又は弁ふたの厚さ				ℓ (mm)	<input type="text"/>	—	
弁箱材料		SCPH2		t_{m1} (mm)	11.5	—	
弁ふた材料		SCPH2		t_{m2} (mm)	11.2	—	
P_1 (MPa)		6.64	—	t_{ma1} (mm)	<input type="text"/>		
P_2 (MPa)		9.95	—	t_{ma2} (mm)	<input type="text"/>		
d_m (mm)		<input type="text"/>		評価： $t_{ma1} \geq t_{m1}$ $t_{ma2} \geq t_{m2}$ よって十分である。			
t_1 (mm)		11.1	—				
t_2 (mm)		11.6	—				
t (mm)		11.5	—				
t_{ab} (mm)		<input type="text"/>					
t_{af} (mm)		<input type="text"/>					
評価： $t_{ab} \geq t$ $t_{af} \geq t$ よって十分である。							

K6 ① VI-3-3-3-7-1 R0

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)	11.45	H_D (N)	3.455×10^5	
P_{eq} (MPa)	2.83	h_D (mm)	36.0	
T_m (°C)	302	M_D (N・mm)	1.244×10^7	
M_e (N・mm)		H_G (N)	3.233×10^5	
F_e (N)		h_G (mm)	42.7	
フランジの形式	JIS B 8265 附属書 3 図 2(b) (7)		M_G (N・mm)	1.379×10^7
フランジ			H_T (N)	1.084×10^5
材料	SCPH2		h_T (mm)	49.8
σ_{fa} (MPa) 常温 (ガスケット締付時) (20°C)	120		M_T (N・mm)	5.404×10^6
σ_{fb} (MPa) 最高使用温度 (使用状態)	117		M_o (N・mm)	3.163×10^7
			M_g (N・mm)	4.686×10^7
			フランジの厚さと係数	
A (mm)			t (mm)	
B (mm)			K	1.88
C (mm)			h_o (mm)	
g_o (mm)			f	1.00
g_1 (mm)			F	0.742
h (mm)			V	0.176
ボルト			e (mm ⁻¹)	0.01081
材料			d (mm ³)	799445
σ_a (MPa) 常温 (ガスケット締付時) (20°C)	173		L	1.51
σ_b (MPa) 最高使用温度 (使用状態)	173		T	1.55
n	12		U	3.57
d_b (mm)	29.502		Y	3.25
			Z	1.79
ガスケット			応力の計算	
材料			σ_{Ho} (MPa)	74
ガスケット厚さ (mm)			σ_{Ro} (MPa)	46
G (mm)			σ_{To} (MPa)	32
m			σ_{Hg} (MPa)	80
y (N/mm ²)			σ_{Rg} (MPa)	68
b_o (mm)			σ_{Tg} (MPa)	47
b (mm)			応力の評価： $\sigma_{Ho} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$ $\sigma_{Ro} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$ $\sigma_{To} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$ $\sigma_{Hg} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$ $\sigma_{Rg} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$ $\sigma_{Tg} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$ よって十分である。	
N (mm)				
G_s (mm)				
ボルトの計算				
H (N)	4.539×10^5			
H_p (N)	3.233×10^5			
W_{m1} (N)	7.772×10^5			
W_{m2} (N)	3.242×10^5			
A_{m1} (mm ²)	4.492×10^3			
A_{m2} (mm ²)	1.874×10^3			
A_m (mm ²)	4.492×10^3			
A_b (mm ²)				
W_o (N)	7.772×10^5			
W_g (N)	1.098×10^6			
評価： $A_m < A_b$			よって十分である。	

K6 ① VI-3-3-3-7-1 R0

系統： 原子炉隔離時冷却系

弁番号	F080	シート	1
-----	------	-----	---

		設計・ 建設規格	告示 第501号			設計・ 建設規格	告示 第501号
設計条件				ネック部の厚さ			
最高使用圧力P (MPa)		8.62		d_n (mm)	<input type="text"/>		
最高使用温度 T_m (°C)		302		d_n / d_m	<input type="text"/>		
弁箱又は弁ふたの厚さ				ℓ (mm)	—		
弁箱材料		SCPH2		t_{m1} (mm)	—		
弁ふた材料		SCPH2		t_{m2} (mm)	10.6	—	
P_1 (MPa)		6.64	—	t_{ma1} (mm)	—		
P_2 (MPa)		9.95	—	t_{ma2} (mm)	<input type="text"/>		
d_m (mm)		<input type="text"/>		評価： $t_{ma2} \geq t_{m2}$ よって十分である。			
t_1 (mm)		9.4	—				
t_2 (mm)		9.5	—				
t (mm)		9.5	—				
t_{ab} (mm)		<input type="text"/>					
t_{af} (mm)		<input type="text"/>					
評価： $t_{ab} \geq t$ $t_{af} \geq t$ よって十分である。							

K6 ① VI-3-3-3-7-1 R0

系統： 原子炉隔離時冷却系

弁番号	F511	シート	1
-----	------	-----	---

		設計・ 建設規格	告示 第501号			設計・ 建設規格	告示 第501号
設計条件				ネック部の厚さ			
最高使用圧力P (MPa)		0.49		d_n (mm)		□	
最高使用温度 T_m (°C)		77		d_n / d_m		□	
弁箱又は弁ふたの厚さ				ℓ (mm)		□	—
弁箱材料		S25C		t_{m1} (mm)		—	
弁ふた材料		S25C		t_{m2} (mm)		4.6	—
P_1 (MPa)		—		t_{ma1} (mm)		—	
P_2 (MPa)		—		t_{ma2} (mm)		□	
d_m (mm)		□		評価： $t_{ma2} \geq t_{m2}$ よって十分である。			
t_1 (mm)		—					
t_2 (mm)		—					
t (mm)		3.1	—				
t_{ab} (mm)		□					
t_{af} (mm)		□					
評価： $t_{ab} \geq t$ $t_{af} \geq t$ よって十分である。							

K6 ① VI-3-3-3-7-1 R0

系統： 原子炉隔離時冷却系

弁番号	F518, F519	シート	1
-----	------------	-----	---

		設計・ 建設規格	告示 第501号			設計・ 建設規格	告示 第501号
設計条件				ネック部の厚さ			
最高使用圧力P (MPa)		0.10		d_n (mm)		□	
最高使用温度 T_m (°C)		120		d_n / d_m		□	
弁箱又は弁ふたの厚さ				ℓ (mm)		□	—
弁箱材料		S25C		t_{m1} (mm)		—	
弁ふた材料		S25C		t_{m2} (mm)		4.6	—
P_1 (MPa)		—		t_{ma1} (mm)		—	
P_2 (MPa)		—		t_{ma2} (mm)		□	
d_m (mm)		□		評価： $t_{ma2} \geq t_{m2}$ よって十分である。			
t_1 (mm)		—					
t_2 (mm)		—					
t (mm)		3.1	—				
t_{ab} (mm)		□					
t_{af} (mm)		□					
評価： $t_{ab} \geq t$ $t_{af} \geq t$ よって十分である。							

VI-3-3-3-7-2 弁の強度計算書（高圧代替注水系）

まえがき

本計算書は、VI-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VI-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、VI-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 (℃)
E61-F003	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	11.8	302	—	—	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： 高圧代替注水系

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
F003	止め弁	150	SCPH2	SCPH2	<input type="text"/>

1.2 強度計算書

系統： 高圧代替注水系

弁番号	F003	シート	1
-----	------	-----	---

		設計・ 建設規格	告示 第501号			設計・ 建設規格	告示 第501号
設計条件				ネック部の厚さ			
最高使用圧力P (MPa)		11.80		d_n (mm)	□		
最高使用温度 T_m (°C)		302		d_n / d_m	□		
弁箱又は弁ふたの厚さ				ℓ (mm)	□	—	
弁箱材料		SCPH2		t_{m1} (mm)	12.8	—	
弁ふた材料		SCPH2		t_{m2} (mm)	12.3	—	
P_1 (MPa)		9.95	—	t_{ma1} (mm)	□		
P_2 (MPa)		14.95	—	t_{ma2} (mm)	□		
d_m (mm)		□		評価： $t_{ma1} \geq t_{m1}$ $t_{ma2} \geq t_{m2}$ よって十分である。			
t_1 (mm)		11.1	—				
t_2 (mm)		15.7	—				
t (mm)		12.8	—				
t_{ab} (mm)		□					
t_{af} (mm)		□					
評価： $t_{ab} \geq t$ $t_{af} \geq t$ よって十分である。							

K6 ① VI-3-3-3-7-2 R0

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)	21.18	H_D	(N)	5.389×10^5
P_{eq}	(MPa)	9.38	h_D	(mm)	50.0
T_m	(°C)	302	M_D	(N・mm)	2.695×10^7
M_e	(N・mm)		H_G	(N)	5.448×10^5
F_e	(N)		h_G	(mm)	62.7
フランジの形式	JIS B 8265 附属書 3 図 2(b) (7)		M_G	(N・mm)	3.414×10^7
フランジ			H_T	(N)	1.578×10^5
材料	SCPH2		h_T	(mm)	68.8
σ_{fa}	(MPa)	120	M_T	(N・mm)	1.086×10^7
常温 (ガスケット締付時) (20°C)			M_o	(N・mm)	7.195×10^7
σ_{fb}	(MPa)	117	M_g	(N・mm)	1.144×10^8
最高使用温度 (使用状態)			フランジの厚さと係数		
A	(mm)		t	(mm)	
B	(mm)		K		2.26
C	(mm)		h_o	(mm)	
g_o	(mm)		f		1.00
g_1	(mm)		F		0.806
h	(mm)		V		0.272
ボルト			e	(mm ⁻¹)	0.01022
材料			d	(mm ³)	962107
σ_a	(MPa)	173	L		2.35
常温 (ガスケット締付時) (20°C)			T		1.42
σ_b	(MPa)	173	U		2.79
最高使用温度 (使用状態)			Y		2.53
n			Z		1.49
d_b	(mm)		応力の計算		
ガスケット			σ_{Ho}	(MPa)	76
材料			σ_{Ro}	(MPa)	42
ガスケット厚さ	(mm)		σ_{To}	(MPa)	46
G	(mm)		σ_{Hg}	(MPa)	91
m			σ_{Rg}	(MPa)	67
y	(N/mm ²)		σ_{Tg}	(MPa)	73
b_o	(mm)		応力の評価： $\sigma_{Ho} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$ $\sigma_{Ro} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$ $\sigma_{To} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fb}$ $\sigma_{Hg} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$ $\sigma_{Rg} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$ $\sigma_{Tg} \leq 1.5 \cdot \sigma_{fa}$ よって十分である。		
b	(mm)				
N	(mm)				
G_s	(mm)				
ボルトの計算					
H	(N)	6.968×10^5			
H_p	(N)	5.448×10^5			
W_{m1}	(N)	1.242×10^6			
W_{m2}	(N)	2.954×10^5			
A_{m1}	(mm ²)	7.176×10^3			
A_{m2}	(mm ²)	1.707×10^3			
A_m	(mm ²)	7.176×10^3			
A_b	(mm ²)				
W_o	(N)	1.242×10^6			
W_g	(N)	1.826×10^6			
評価： $A_m < A_b$			よって十分である。		

K6 ① VI-3-3-3-7-2 ROE

VI-3-3-4 計測制御系統施設の強度に関する説明書

VI-3-3-4-1 制御材駆動装置の強度計算書

VI-3-3-4-1-1 制御棒駆動機構の強度計算書

1. 概要

本計算書については、重大事故等対処設備としての評価結果を示すものであるが、設計基準対象施設としての使用条件を超えないことから、評価結果については平成 5 年 6 月 17 日付け 4 資庁第 14561 号にて認可された工事計画の IV-3-3-1-1 「制御棒駆動機構の強度計算書」による。

VI-3-3-4-1-2 制御棒駆動水圧設備の強度計算書

VI-3-3-4-1-2-1 制御棒駆動系の強度計算書

VI-3-3-4-1-2-1-1 水圧制御ユニットの強度計算書

1. 概要

本計算書については、重大事故等対処設備としての評価結果を示すものであるが、設計基準対象施設としての使用条件を超えないことから、評価結果については平成4年10月13日付け4資庁第8732号にて認可された工事計画のIV-3-2-1-1「水圧制御ユニットの強度計算書」による。

VI-3-3-4-1-2-1-2 弁の強度計算書

まえがき

本計算書は、VI-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VI-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、VI-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 (℃)
C12-126	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	無	18.6	66	18.6	66	無	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

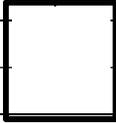
1.1 設計仕様

系統：制御棒駆動系

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
126	止め弁	50 (入口側) / 32×2 箇所 (出口側)	SUS304	SUS304	<input type="text"/>

1.2 強度計算書
 系統：制御棒駆動系

弁番号	126	シート	1
-----	-----	-----	---

		設計・建設規格	告示501号
設計条件			
最高使用圧力 P (MPa)	18.6		
最高使用温度 T _m (°C)	66		
弁箱又は弁ふたの厚さ			
弁箱材料	SUS304		
弁ふた材料	SUS304		
P ₁ (MPa)	—	14.63	
P ₂ (MPa)	—	24.38	
d _m (mm)	50		
t ₁ (mm)	—	8.1	
t ₂ (mm)	—	11.6	
t (mm)	—	9.6	
t _{ab} (mm)			
t _{af} (mm)			
評価： $t_{ab} \geq t$ $t_{af} \geq t$ よって十分である。			

注：本弁は棒材削り出し構造のため、ネック部に相当する部分はないものとし、弁箱および弁ふたの計算のみ行う。

VI-3-3-4-1-2-1-3 管の強度計算書

VI-3-3-4-1-2-1-3-1 管の基本板厚計算書

まえがき

本計算書は、VI-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VI-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、VI-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 (°C)	圧力 (MPa)						温度 (°C)
その他	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	無	18.6	66	18.6	66	有	S55 告示	既工認	—	SA-2

1. 概要

本計算書については、重大事故等対処設備としての評価結果を示すものであるが、設計基準対象施設としての使用条件を超えないことから、評価結果については平成4年10月13日付け4資庁第8732号にて認可された工事計画のIV-3-2-1-4-1「管の基本板厚計算書」による。

VI-3-3-4-1-2-1-3-2 管の応力計算書

まえがき

本計算書は、VI-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、VI-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 (°C)	圧力 (MPa)						温度 (°C)
CRD-001	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	無	18.6	66	18.6	66	有	S55 告示	既工認	—	SA-2
CRD-002	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	無	18.6	66	18.6	66	有	S55 告示	既工認	—	SA-2
CRD-003	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	無	18.6	66	18.6	66	有	S55 告示	既工認	—	SA-2
CRD-004	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	無	18.6	66	18.6	66	有	S55 告示	既工認	—	SA-2
CRD-005	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	無	18.6	66	18.6	66	有	S55 告示	既工認	—	SA-2
CRD-006	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	無	18.6	66	18.6	66	有	S55 告示	既工認	—	SA-2
CRD-007	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	無	18.6	66	18.6	66	有	S55 告示	既工認	—	SA-2
CRD-008	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	無	18.6	66	18.6	66	有	S55 告示	既工認	—	SA-2
CRD-009	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	無	18.6	66	18.6	66	有	S55 告示	既工認	—	SA-2
CRD-010	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	無	18.6	66	18.6	66	有	S55 告示	既工認	—	SA-2
CRD-011	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	無	18.6	66	18.6	66	有	S55 告示	既工認	—	SA-2

1. 概要

本計算書については、重大事故等対処設備としての評価結果を示すものであるが、設計基準対象施設としての使用条件を超えないことから、評価結果については平成4年10月13日付け4資庁第8732号にて認可された工事計画のIV-3-2-1-4-2「管の応力計算書」による。

VI-3-3-4-2 ほう酸水注入設備の強度計算書

VI-3-3-4-2-1 ほう酸水注入系の強度計算書

VI-3-3-4-2-1-1 ほう酸水注入系ポンプの強度計算書

まえがき

本計算書は、VI-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VI-3-2-10「重大事故等クラス2ポンプの強度計算方法」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、VI-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 (℃)
ほう酸水注入系 ポンプ	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	無	10.8	66	10.8	66	無	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 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 ケーシングカバーの厚さ	3
2.3 ボルトの平均引張応力	4
2.4 耐圧部分等のうち管台に係るものの厚さ	5

1. 計算条件

1.1 ポンプ形式

往復ポンプに相当する。

1.2 計算部位

概要図に強度計算箇所を示す。

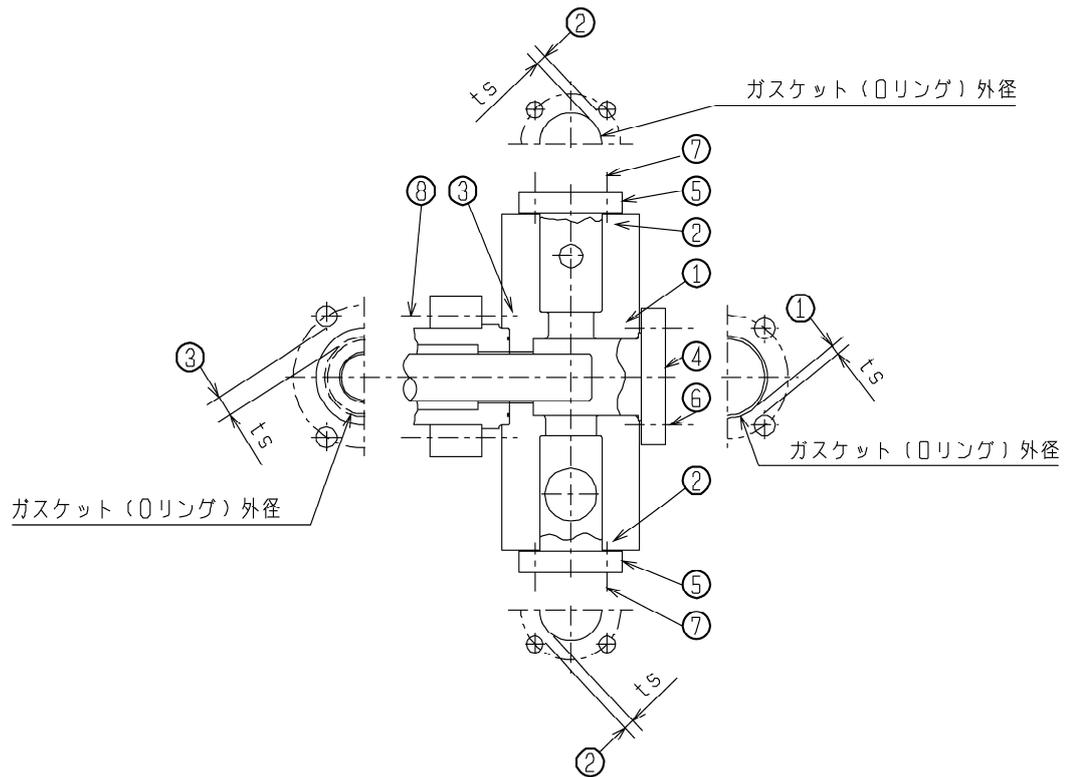


図1-1 概要図 (その1)

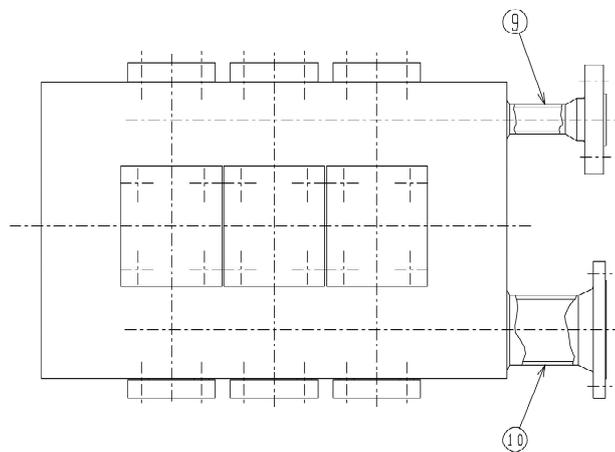


図1-2 概要図 (その2)

1.3 設計条件

設計条件	吐出側	吸込側
最高使用圧力 (MPa)	10.8	1.37
最高使用温度 (°C)	66	66

2. 強度計算

2.1 ケーシングの厚さ

設計・建設規格 PMC-3350

計算部位	材料	P (MPa)	S (MPa)	D _i (mm)	R _i (mm)
①		10.8			
②		10.8			
③		10.8			

Z	継手の種類	放射線透過試験の有無	η
—	継手無し	—	1.00
—	継手無し	—	1.00
1.201	継手無し	—	1.00

t (mm)	t _{so} (mm)	t _s (mm)
5.8	14.8	
4.4		
5.6		

評価： $t_s \geq t$ ， よって十分である。

2.2 ケーシングカバーの厚さ

告示501号第77条第5項第1号

計算部位	材料	P (MPa)	S (MPa)	平板形	
				d (mm)	K
④		10.8			
⑤		10.8			

F = W (N)	h _g (mm)	t (mm)	t _{so} (mm)	t _s (mm)
1.189 × 10 ⁵	29.8	28.0		
6.871 × 10 ⁴	27.5	22.6		

評価：t_s ≥ t, よって十分である。

2.3 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)
⑥		10.8			4	
⑦		10.8			4	
⑧		10.8			4	

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)
セルフシールガスケット (クロロプレンゴム)	—	—	—	—	
セルフシールガスケット (クロロプレンゴム)	—	—	—	—	
セルフシールガスケット (クロロプレンゴム)	—	—	—	—	

H (N)	H _P (N)	W _{m1} (N)	W _{m2} (N)	W (N)	σ (MPa)
	—		0		55
	—		0		51
	—		0		52

評価：σ ≤ S_b，よって十分である。

2.4 耐圧部分等のうち管台に係るものの厚さ

設計・建設規格 PMC-3610

計算部位	材料	P (MPa)	S (MPa)	D _o (mm)
⑨		10.8		
⑩		1.37		

継手の種類	放射線透過試験の有無	η
継手無し	—	1.00
継手無し	—	1.00

t (mm)	t _{so} (mm)	t _s (mm)
2.0		
0.7		

評価： $t_s \geq t$ ， よって十分である。

VI-3-3-4-2-1-2 ほう酸水注入系貯蔵タンクの強度計算書

1. 概要

本計算書については、重大事故等対処設備としての評価結果を示すものであるが、設計基準対象施設としての使用条件を超えないことから、評価結果については平成4年10月13日付け4資庁第8732号にて認可された工事計画のIV-3-2-2-1「ほう酸水注入系貯蔵タンクの強度計算書」による。

VI-3-3-4-2-1-3 弁の強度計算書

まえがき

本計算書は、VI-3-1-2「クラス1機器の強度計算の基本方針」及びVI-3-2-3「クラス1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、VI-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 (°C)	圧力 (MPa)						温度 (°C)
C41-F007	既設	有	有*	DB-2	DB-1	—	無	8.62	302	—	—	—	S55告示	設計・建設規格 又は告示	—	DB-1

注記*：原子炉冷却材圧力バウンダリ範囲の拡大によるクラスアップ。

目 次

1. クラス1弁	1
1.1 設計仕様	2
1.2 強度計算書	3

1. クラス1 弁

1.1 設計仕様

系統：ほう酸水注入系

機器の区分		クラス1弁				
弁番号	種類	呼び径 (A)	材料			
			弁箱	弁ふた	弁体	ボルト
F007	逆止め弁	40	SCS16A	SUSF316L	SUSF316L	<input type="text"/>

1.2 強度計算書

系統： ほう酸水注入系

弁番号	F007	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)			8.62
最高使用温度 T _m (°C)			302
弁箱又は弁ふたの厚さ及びネック部の厚さ			
弁箱材料		SCS16A	
弁ふた材料		SUSF316L	
P ₁ (MPa)	—		7.06
P ₂ (MPa)	—		10.55
d _m (mm)			
t ₁ (mm)	—		5.2
t ₂ (mm)	—		7.1
t (mm)	—		6.1
d _n (mm)			
d _n / d _m			
t _m (mm)	—		13.9
t _{a b} (mm)			
t _{a f} (mm)			
t _{m a} (mm)			
評価： t _{a b} ≥ t t _{a f} ≥ t t _{m a} ≥ t _m			よって十分である。

K6 ① VI-3-3-4-2-1-3 ROE

VI-3-3-4-2-1-4 管の強度計算書

VI-3-3-4-2-1-4-1 管の基本板厚計算書

まえがき

本計算書は、VI-3-1-2「クラス1機器の強度計算の基本方針」及びVI-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VI-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、VI-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

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 (°C)	圧力 (MPa)						温度 (°C)
1	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	8.62	302	9.22	306	—	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	8.62	302	9.22	306	—	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	8.62	302	9.22	306	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
その他 1	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	無	1.37	66	1.37	66	有	S55 告示	既工認	—	SA-2
その他 2	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	無	10.80	66	10.80	66	有	S55 告示	既工認	—	SA-2
その他 3	既設	有	有*1	DB-2	DB-1	SA-2	無	8.62	302	8.62	302	有*2	S55 告示	既工認	—	DB-1 SA-2
その他 4	既設	有	無	DB-1	DB-1	SA-2	無	8.62	302	8.62	302	有	S55 告示	既工認	—	SA-2

注記*1：原子炉冷却材圧力バウンダリ範囲の拡大によるクラスアップ。

*2：既工認において第1種管として評価を実施しており、かつ使用条件に変更はないことから、評価結果については平成4年10月13日付け4資庁第8732号にて認可された
工事計画のIV-3-2-2-2-1「管の基本板厚計算書」による。

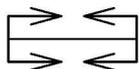
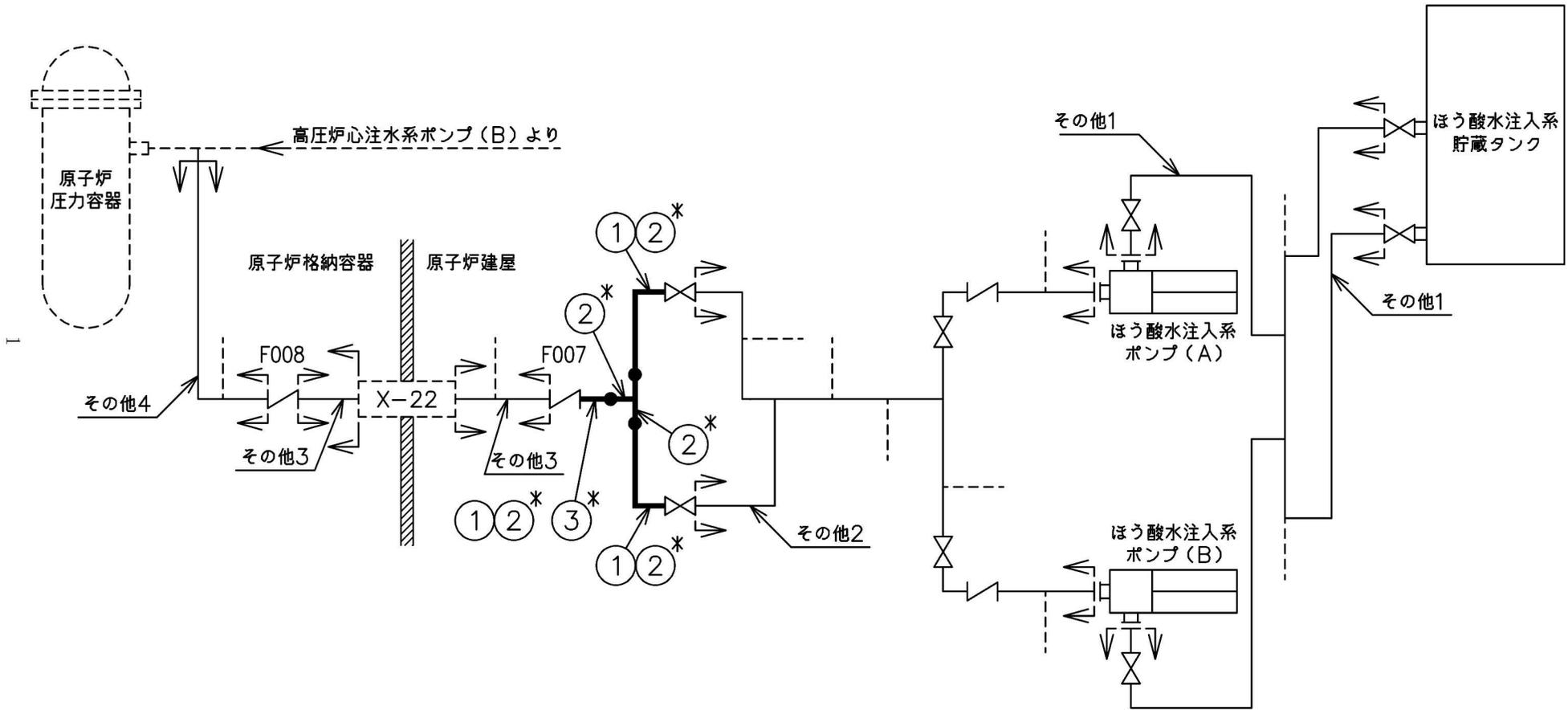
・適用規格の選定

管 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

目 次

1. 概略系統図 1
2. 管の強度計算書 2

1. 概略系統図



本範囲の強度計算は、平成4年10月13日付け 4資庁第8732号にて
認可された工事計画の IV-3-2-2-2-1 「管の基本板厚計算書」による。

注記*：管継手
ほう酸水注入系概略系統図

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 (°C)	外 径 D o (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	9.22	306	48.60	5.10	SUS304LTP	S	2	96	1.00	12.5%	4.46	2.25	A	2.25
2	9.22	306	63.00	6.95	SUS304L	S	2	96	1.00			2.92	A	2.92
3	9.22	306	66.00	8.45	SUS304L	S	2	96	1.00			3.06	A	3.06

評価：t s \geq t r, よって十分である。

VI-3-3-4-2-1-4-2 管の応力計算書

まえがき

本計算書は、VI-3-1-2「クラス1機器の強度計算の基本方針」及びVI-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書の基本方針」並びにVI-3-2-2「クラス1管の強度計算方法」及びVI-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、VI-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 (°C)	圧力 (MPa)						温度 (°C)
SLC-002	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	無	1.37	66	1.37	66	有	S55 告示	既工認	—	SA-2
SLC-002	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	無	10.80	66	10.80	66	有	S55 告示	既工認	—	SA-2
SLC-003	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	無	10.80	66	10.80	66	有	S55 告示	既工認	—	SA-2
SLC-003	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	8.62	302	9.22	306	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
SLC-003	既設	有	有 *1	DB-2	DB-1	SA-2	有	8.62	302	9.22	306	無 *2	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	DB-1 SA-2

注記*1：原子炉冷却材圧力バウンダリ範囲の拡大によるクラスアップ。

*2：既工認において第1種管として評価を実施しており、かつ使用条件に変更はないことから、供用状態A、Bの評価結果については平成4年10月13日付け4資庁第8732号にて認可された工事計画のIV-3-2-2-2-2「管の応力計算書」による。

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	8
3.1	設計条件	8
3.2	材料及び許容応力	13
4.	評価結果	15
5.	代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	17

1. 概要

本計算書は、原子炉冷却材圧力バウンダリに対して、VI-3-1-2「クラス1機器の強度計算の基本方針」及びVI-3-2-2「クラス1管の強度計算方法」に基づき、ほう酸水注入系の管の応力計算を実施した結果を示したものである。ただし、既工認において第1種管として供用状態A、Bの評価を実施しており、かつ使用条件に変更がないことから、供用状態A、Bの評価結果については平成4年10月13日付け4資庁第8732号にて認可された工事計画のIV-3-2-2-2-2「管の応力計算書」による。

評価結果記載方法は、以下に示すとおりである。

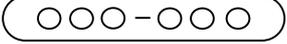
(1) 管

設計及び工事の計画書に記載される範囲の管のうち、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。

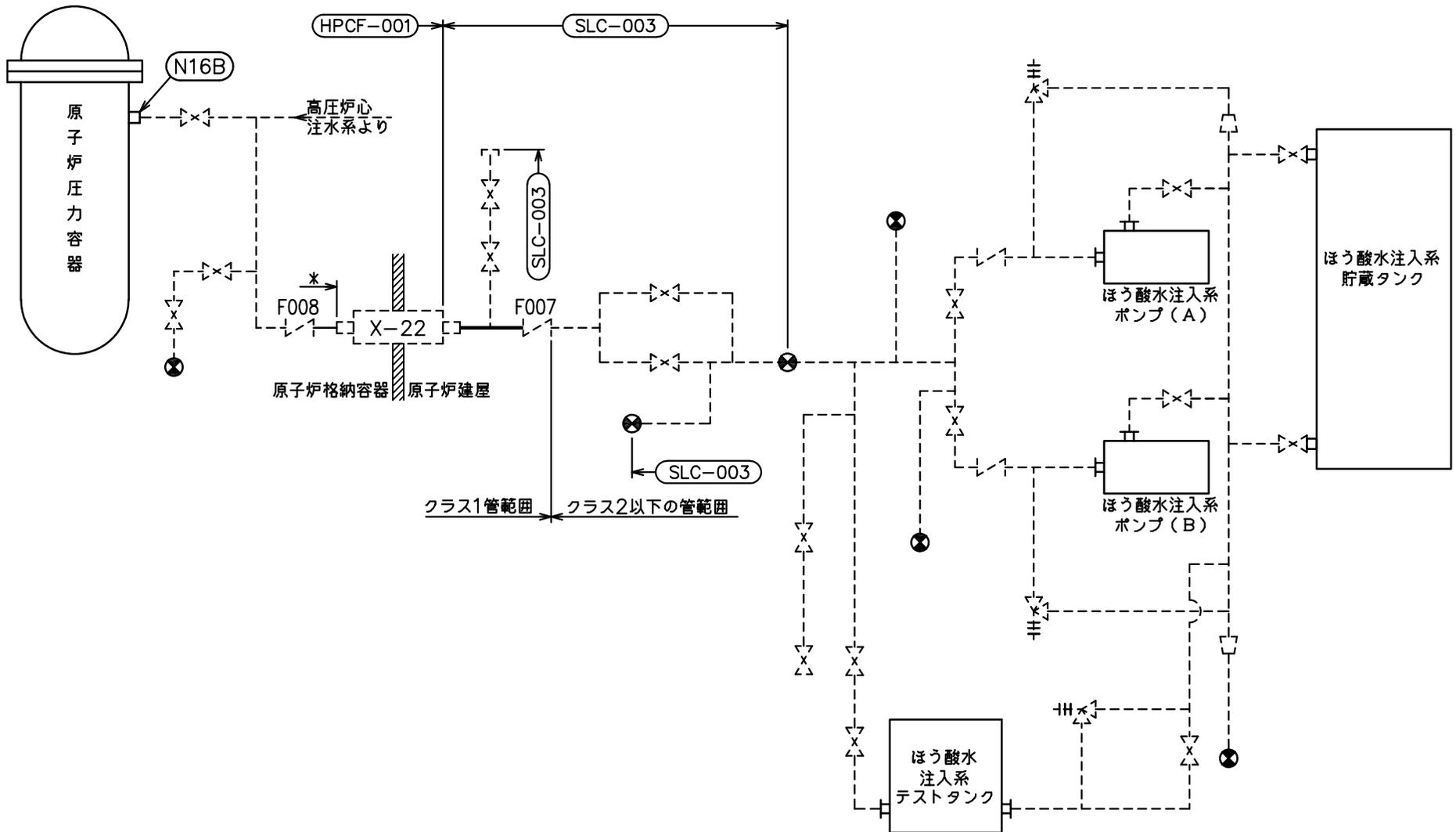
2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例

記号例	内容
 (太線)	設計及び工事の計画書に記載されている範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
 (細線)	設計及び工事の計画書に記載されている範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	設計及び工事の計画書に記載されている範囲外の管又は設計及び工事の計画書に記載されている範囲の管のうち、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
	鳥瞰図番号
	アンカ

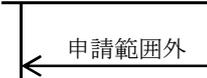
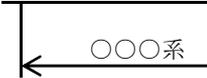
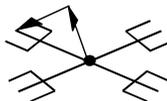
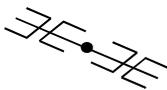
注記*: 解析モデル上
 高圧炉心注水系に含める。



ほう酸水注入系概略系統図

2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

記号例	内容
	<p>設計及び工事の計画書記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管</p>
	<p>設計及び工事の計画書記載範囲外の管</p>
	<p>設計及び工事の計画書記載範囲の管のうち、他系統の管であって本系統に記載する管</p>
	<p>質点</p>
	<p>アンカ</p>
	<p>レストレイント (矢印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。スナップについても同様とする。)</p>
	<p>スナップ</p>
	<p>ハンガ</p>

5

9

7

3. 計算条件

3.1 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し、管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 S L C - 0 0 3

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料
1	8.62	302	48.6	5.1	SUS316LTP

管名称と対応する評価点
評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 S L C - 0 0 3

管名称	対 応 す る 評 価 点										
1	48	49	50	51	52	53	54	55	56	247	

配管の質量（配管の付加質量及びフランジの質量を含む）

鳥 瞰 図 S L C - 0 0 3

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)								
48		50		52		54		56	
49		51		53		55			

鳥 瞰 図 S L C - 0 0 3

弁部の質量を下表に示す。

弁 1

評価点	質量(kg)
147	
47	
247	

鳥 瞰 図 S L C - 0 0 3

弁部の寸法を下表に示す。

弁NO.	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
弁1	47			

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評価に用いる許容応力

材料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)			
		S _m	S _y	S _u	S _h
SUS316LTP	302	94	104	—	—

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号に規定の応力評価に用いる許容応力

材料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)			
		S_m	S_y	S_u	S_h
SUS316LTP	302	94	—	—	—

4. 評価結果

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1管

設計・建設規格 PPB-3500の規定に基づく評価

鳥 瞰 図

S L C - 0 0 3

供用 状態	最大 応力 評価点	配管 要素 名称	最大応力 区分	一次応力評価 (MPa)	
				計算応力 $S_{pr m(2)}^{*1}$ $S_{pr m(3)}^{*2}$	許容応力 $\text{Min}(2.25 \cdot S_m, 1.8 \cdot S_y)$ $\text{Min}(3 \cdot S_m, 2 \cdot S_y)$
C	49	TEE	$S_{pr m(2)}^{*1}$	34	187
D	49	TEE	$S_{pr m(3)}^{*2}$	34	208

注記*1：設計・建設規格 PPB-3552に基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPB-3562に基づき計算した一次応力を示す。

評価結果

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1管

告示第501号第46条の規定に基づく評価

鳥瞰図

SLC-003

運転状態	最大応力評価点	配管要素名称	最大応力区分	一次応力評価 (MPa)	
				計算応力 $S_{prm}(\square)^{*1}$ $S_{prm}(\wedge)^{*2}$	許容応力 $2.25 \cdot S_m$ $3 \cdot S_m$
III	49	TEE	$S_{prm}(\square)^{*1}$	37	211
IV	49	TEE	$S_{prm}(\wedge)^{*2}$	37	282

注記*1：告示第501号第46条第2号に基づき計算した一次応力を示す。

*2：告示第501号第46条第3号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(クラス1管)

No.	配管 モデル	供用状態C* ¹					供用状態D* ²				
		一次応力 (膜+曲げ)					一次応力 (膜+曲げ)				
		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	SLC-003	49	34	187	5.50	○	49	34	208	6.11	○

注記*1：設計・建設規格 PPB-3552 に基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPB-3562 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1管)

No.	配管 モデル	許容応力状態Ⅲ* ¹					許容応力状態Ⅳ* ²				
		一次応力 (膜+曲げ)					一次応力 (膜+曲げ)				
		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	SLC-003	49	37	211	5.70	○	49	37	282	7.62	○

注記*1：告示第501号第46条第2号に基づき計算した一次応力を示す。

*2：告示第501号第46条第3号に基づき計算した一次応力を示す。

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	8
3.1 設計条件	8
3.2 材料及び許容応力	19
4. 評価結果	21
5. 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	25

1. 概要

本計算書は、VI-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VI-3-2-9「重大事故等クラス2管の強度計算方法」に基づき、ほう酸水注入系の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

設計及び工事の計画書に記載される範囲の管のうち、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。

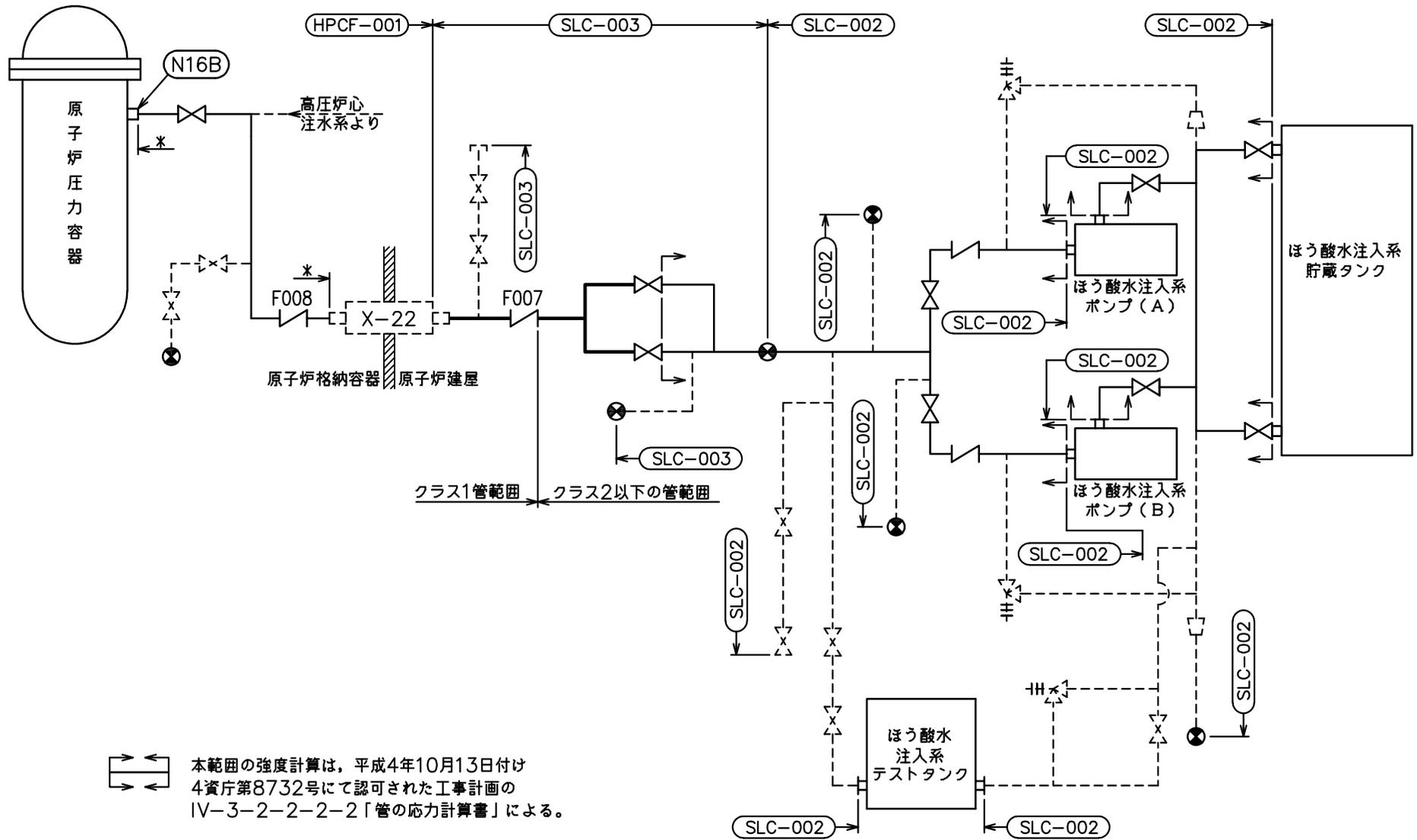
2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例

記号例	内容
 (太線)	設計及び工事の計画書に記載されている範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
 (細線)	設計及び工事の計画書に記載されている範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	設計及び工事の計画書に記載されている範囲外の管又は設計及び工事の計画書に記載されている範囲の管のうち、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
	鳥瞰図番号
	アンカ

注記*：解析モデル上
 高圧炉心注水系に含める。

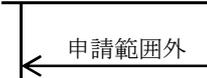
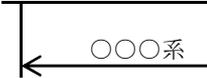
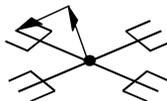
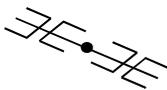


本範囲の強度計算は、平成4年10月13日付け
 4資庁第8732号にて認可された工事計画の
 IV-3-2-2-2-2「管の応力計算書」による。

ほう酸水注入系概略系統図

2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

記号例	内容
	<p>設計及び工事の計画書記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管</p>
	<p>設計及び工事の計画書記載範囲外の管</p>
	<p>設計及び工事の計画書記載範囲の管のうち、他系統の管であって本系統に記載する管</p>
	<p>質点</p>
	<p>アンカ</p>
	<p>レストレイント (矢印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。スナップについても同様とする。)</p>
	<p>スナップ</p>
	<p>ハンガ</p>

5

9

7

3. 計算条件

3.1 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し、管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 S L C - 0 0 3 (ク ラ ス 1 管)

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料
1	9.22	306	48.6	5.1	SUS316LTP

管名称と対応する評価点
評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 S L C - 0 0 3 (ク ラ ス 1 管)

管名称	対 応 す る 評 価 点										
1	48	49	50	51	52	53	54	55	56	247	

配管の質量（配管の付加質量及びフランジの質量を含む）

鳥 瞰 図 S L C - 0 0 3 （クラス1管）

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)								
48		50		52		54		56	
49		51		53		55			

鳥 瞰 図 S L C - 0 0 3 (ク ラ ス 1 管)

弁部の質量を下表に示す。

弁 1

評価点	質量(kg)
147	
47	
247	

鳥 瞰 図 S L C - 0 0 3 (ク ラ ス 1 管)

弁部の寸法を下表に示す。

弁NO.	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
弁1	47			

設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し、管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 S L C - 0 0 3 (クラス2以下の管)

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料
1	9.22	306	48.6	5.1	SUS304LTP
2	9.22	306	48.6	5.1	SUS304LTP

管名称と対応する評価点
 評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 S L C - 0 0 3 (クラス2以下の管)

管名称	対 応 す る 評 価 点																																												
1	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	60	61	62	107	108	109
2	46	147																																											

配管の質量（配管の付加質量及びフランジの質量を含む）

鳥 瞰 図 S L C - 0 0 3 （クラス2以下の管）

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)								
9		18		27		36		45	
10		19		28		37		46	
11		20		29		38		61	
12		21		30		39		62	
13		22		31		40		107	
14		23		32		41		108	
15		24		33		42		109	
16		25		34		43		147	
17		26		35		44			

鳥 瞰 図 S L C - 0 0 3 (クラス2以下の管)

弁部の質量を下表に示す。

弁 1		弁 2	
評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
6		58	
7		59	
8		60	
81		83	
82		84	

鳥 瞰 図 S L C - 0 0 3 (ク ラ ス 2 以 下 の 管)

弁部の寸法を下表に示す。

弁NO.	評価点	外径(mm)	厚さ(mm)	長さ(mm)
弁1	7			
弁2	59			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 S L C - 0 0 3 (クラス2以下の管)

支持点部のばね定数を下表に示す。

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
9						
14						
17						
23						
25						
28						
33						
35						
39						
42						
46						
61						
82						
84						

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評価に用いる許容応力

材料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)			
		S _m	S _y	S _u	S _h
SUS316LTP	306	94	104	—	—
SUS304LTP	306	—	—	—	96

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号に規定の応力評価に用いる許容応力

材料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)			
		S_m	S_y	S_u	S_h
SUS316LTP	306	94	—	—	—
SUS304LTP	306	—	—	—	96

4. 評価結果

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1管
設計・建設規格 PPB-3562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 $S_{pr m}$	許容応力 $\text{Min}(3 \cdot S_m, 2 \cdot S_y)$
SLC-003	49	$S_{pr m}$	35	208

評価結果

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1管
告示第501号第46条第3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 $S_{pr m}$	許容応力 $3 \cdot S_m$
SLC-003	49	$S_{pr m}$	38	282

評価結果

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 $S_{pr m}^{*1}$ $S_{pr m}^{*2}$	許容応力 $1.5 \cdot S_h$ $1.8 \cdot S_h$
SLC-003	60	$S_{pr m}^{*1}$	47	144
	60	$S_{pr m}^{*2}$	51	172

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。

評価結果

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 $S_{pr m}^{*1}$ $S_{pr m}^{*2}$	許容応力 S_h $1.2 \cdot S_h$
SLC-003	60	$S_{pr m}^{*1}$	36	96
	60	$S_{pr m}^{*2}$	39	115

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1管)

No.	配管 モデル	重大事故等時*				
		一次応力				
		評 価 点	計 算 応 力 (MPa)	許 容 応 力 (MPa)	裕 度	代 表
1	SLC-003	49	35	208	5.94	○

注記*：設計・建設規格 PPB-3562 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1管)

No.	配管 モデル	許容応力状態V*				
		一次応力				
		評 価 点	計 算 応 力 (MPa)	許 容 応 力 (MPa)	裕 度	代 表
1	SLC-003	49	38	282	7.42	○

注記* : 告示第501号第46条第3号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	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	SLC-003	60	47	144	3.06	○	60	51	172	3.37	○

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	SLC-003	60	36	96	2.66	○	60	39	115	2.94	○

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。

VI-3-3-4-3 制御用空気設備の強度計算書

VI-3-3-4-3-1 高压窒素ガス供給系の強度計算書

VI-3-3-4-3-1-1 管の強度計算書

VI-3-3-4-3-1-1-1 管の基本板厚計算書

まえがき

本計算書は、VI-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VI-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、VI-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

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 (°C)	圧力 (MPa)						温度 (°C)
1	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	1.77	66	1.77	66	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
2	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	1.77	66	1.77	66	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
3	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	1.77	66	1.77	66	—	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	無	1.77	171	1.77	171	無	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	無	1.77	171	1.77	171	無	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
6	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	有	1.77	171	2.00	171	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2

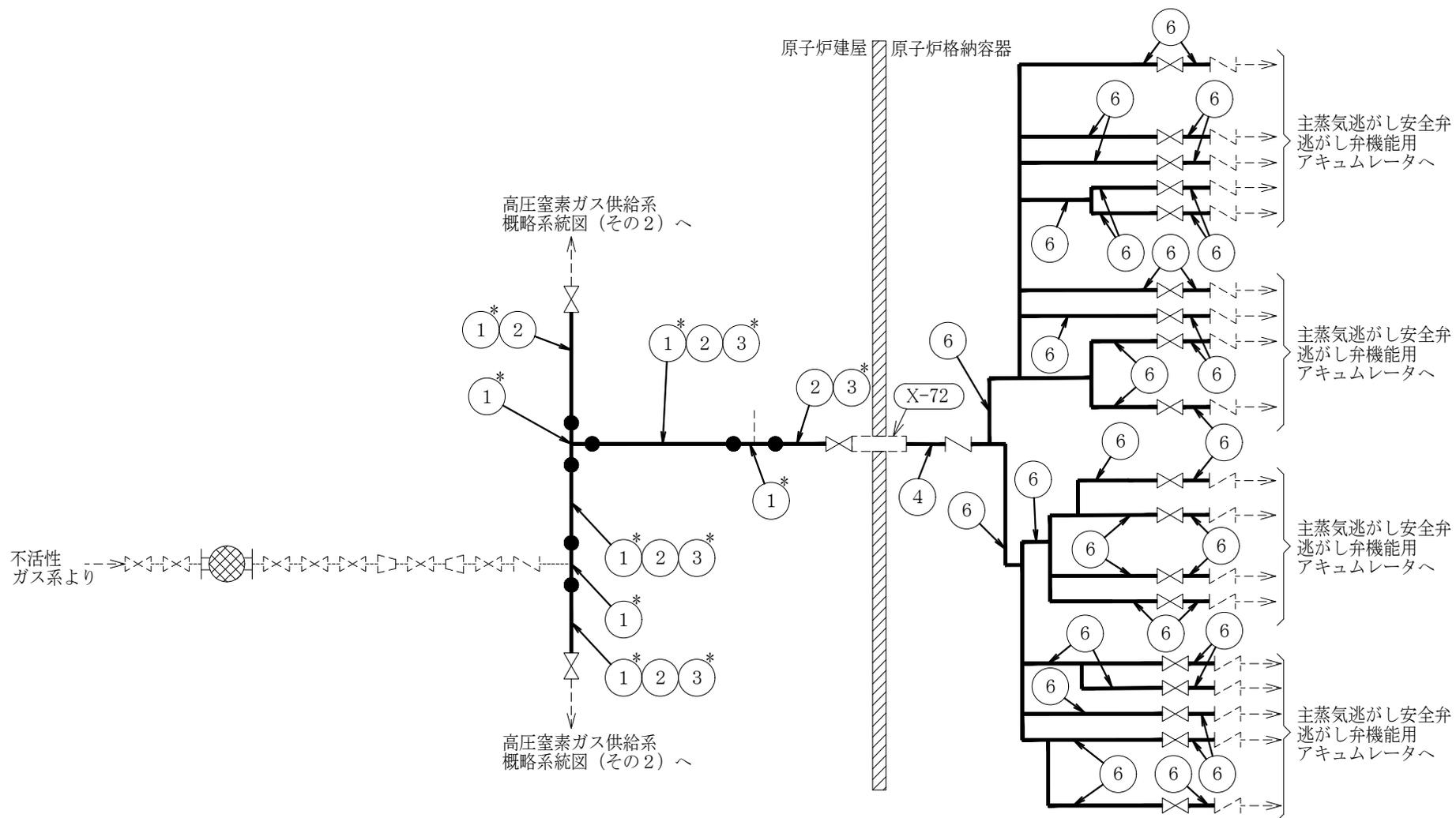
・適用規格の選定

管 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

目 次

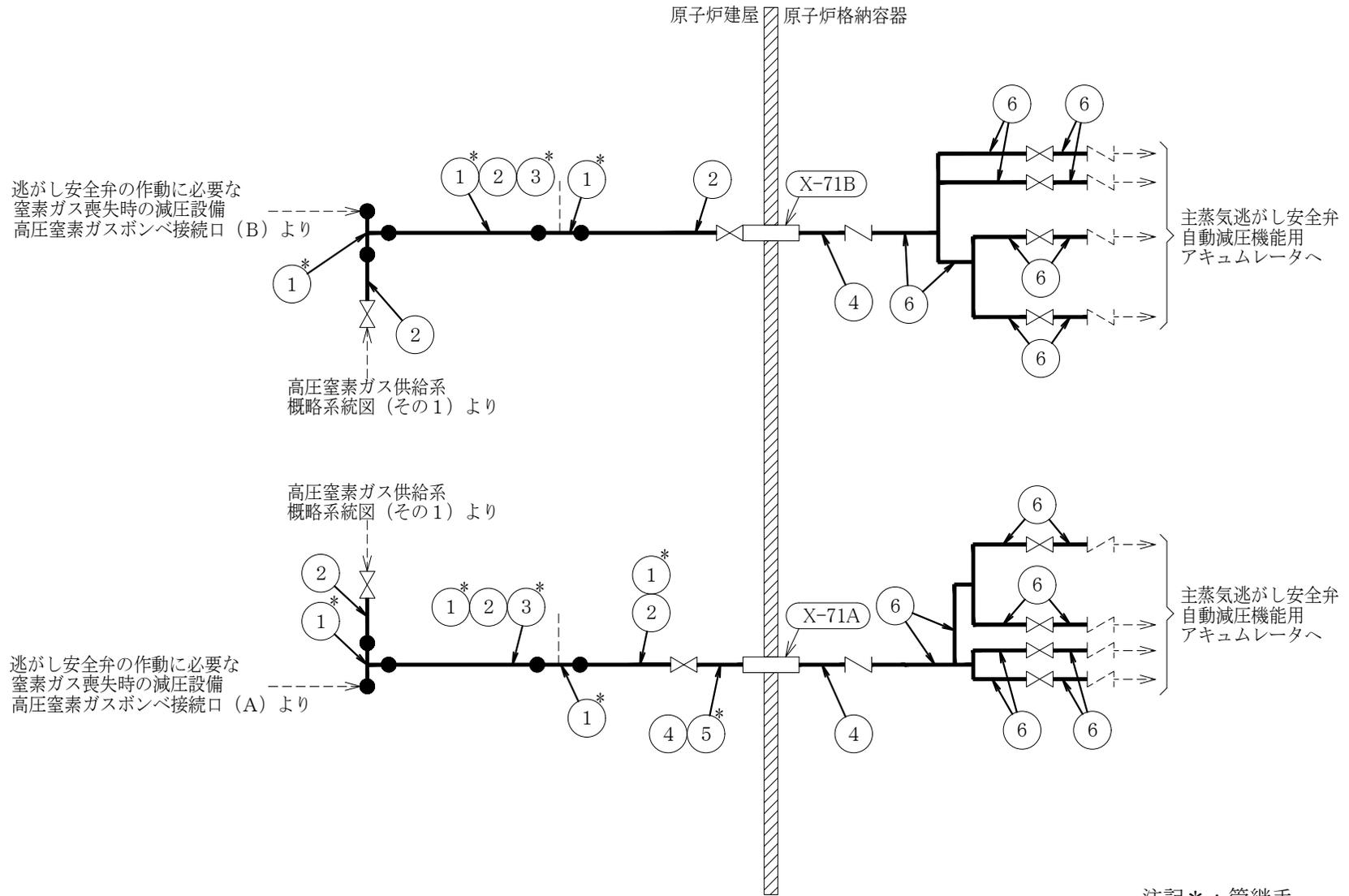
1. 概略系統図 1
2. 管の強度計算書 3

1. 概略系統図



注記*：管継手
 高圧窒素ガス供給系概略系統図（その1）

1



注記* : 管継手
 高圧窒素ガス供給系概略系統図 (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 (°C)	外 径 D o (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	1.77	66	76.00	7.45	SUS304	S	2	126	1.00	1.35mm	6.10	0.53	A	0.53
2	1.77	66	60.50	3.90	SUS304TP	S	2	126	1.00	0.50mm	3.40	0.43	A	0.43
3	1.77	66	77.00	7.95	SUS304	S	2	126	1.00	1.85mm	6.10	0.54	A	0.54
4	1.77	171	60.50	5.50	SUS316LTP	S	2	107	1.00	12.5%	4.81	0.50	A	0.50
5	1.77	171	77.00	7.95	SUS316L	S	2	107	1.00	1.08mm	6.87	0.64	A	0.64
6	2.00	171	60.50	3.90	SUS304TP	S	2	113	1.00	0.50mm	3.40	0.54	A	0.54

評価：t s \geq t r, よって十分である。

VI-3-3-4-3-1-1-2 管の応力計算書

まえがき

本計算書は、VI-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VI-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、VI-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 (°C)	圧力 (MPa)						温度 (°C)
HPIN-A01	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	19.60	66	19.60	66	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
HPIN-A01	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	1.77	66	1.77	66	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
HPIN-A01	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	無	1.77	171	1.77	171	無	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
HPIN-B01	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	19.60	66	19.60	66	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
HPIN-B01	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	1.77	66	1.77	66	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2

・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 (°C)	圧力 (MPa)						温度 (°C)
KHPIN-101	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	無	1.77	171	1.77	171	無	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
KHPIN-101	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	有	1.77	66	2.00	171	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
KHPIN-102	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	無	1.77	171	1.77	171	無	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
KHPIN-102	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	有	1.77	171	2.00	171	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
KHPIN-103	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	無	1.77	171	1.77	171	無	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
KHPIN-103	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	有	1.77	171	2.00	171	—	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	12
3.1 設計条件	12
3.2 材料及び許容応力	21
4. 評価結果	23
5. 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	25

1. 概要

本計算書は、VI-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VI-3-2-9「重大事故等クラス2管の強度計算方法」に基づき、高圧窒素ガス供給系の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。

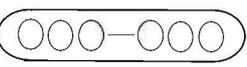
(1) 管

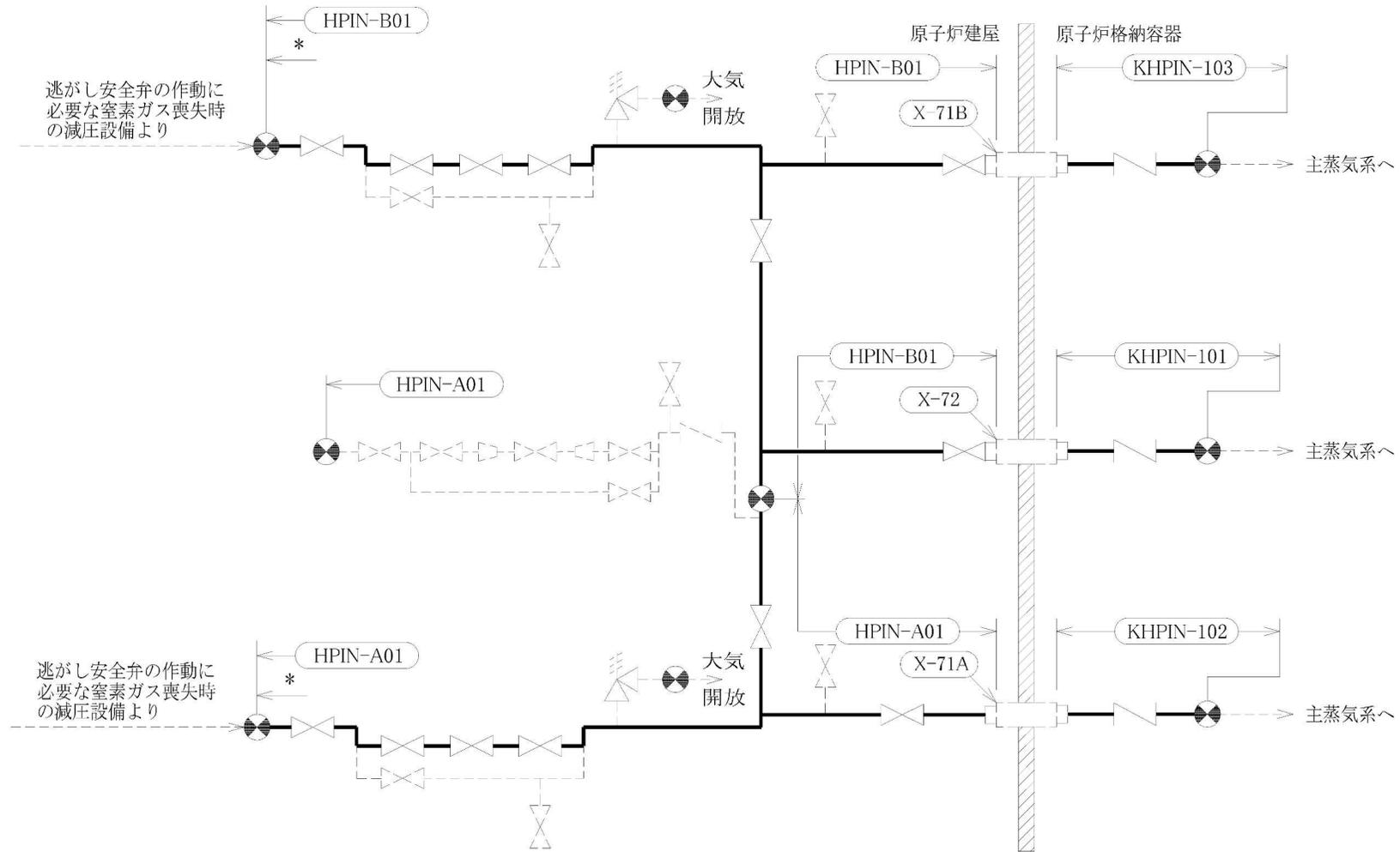
設計及び工事の計画書に記載される範囲の管のうち、設計条件あるいは管クラスに変更がある管における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全5モデルのうち、最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。代表モデルの選定及び全モデルの評価結果を5.に記載する。

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

記号例	内容
 (太線)	設計及び工事の計画書に記載されている範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
 (細線)	設計及び工事の計画書に記載されている範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	設計及び工事の計画書に記載されている範囲外の管又は設計及び工事の計画書に記載されている範囲の管のうち、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
	鳥瞰図番号
	アンカ

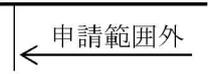
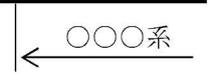
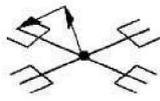
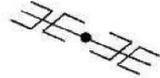


注記*：逃がし安全弁の作動に必要な窒素ガス喪失時の減圧設備
解析モデル上本系統に含める。

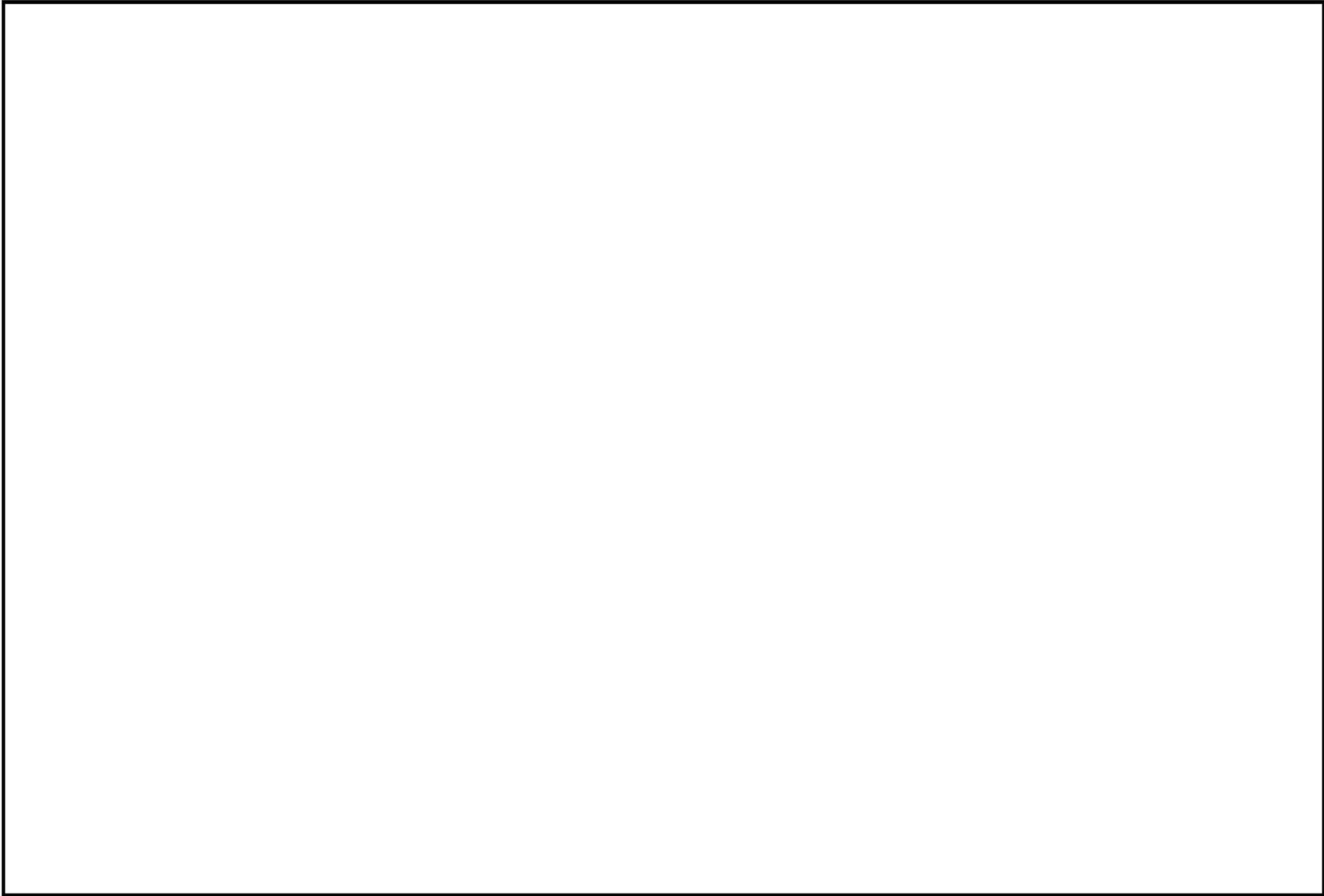
高圧窒素ガス供給系概略系統図

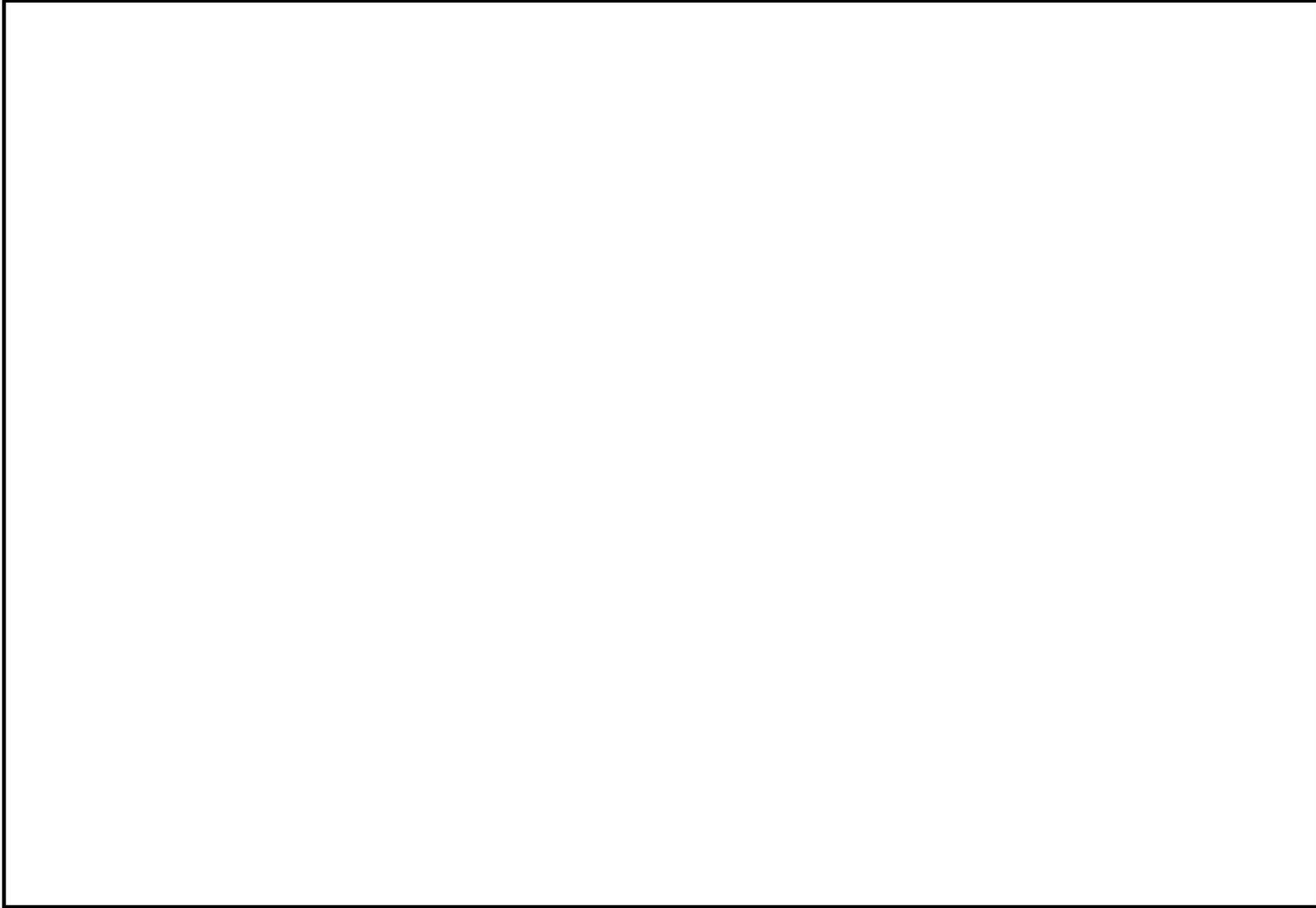
2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

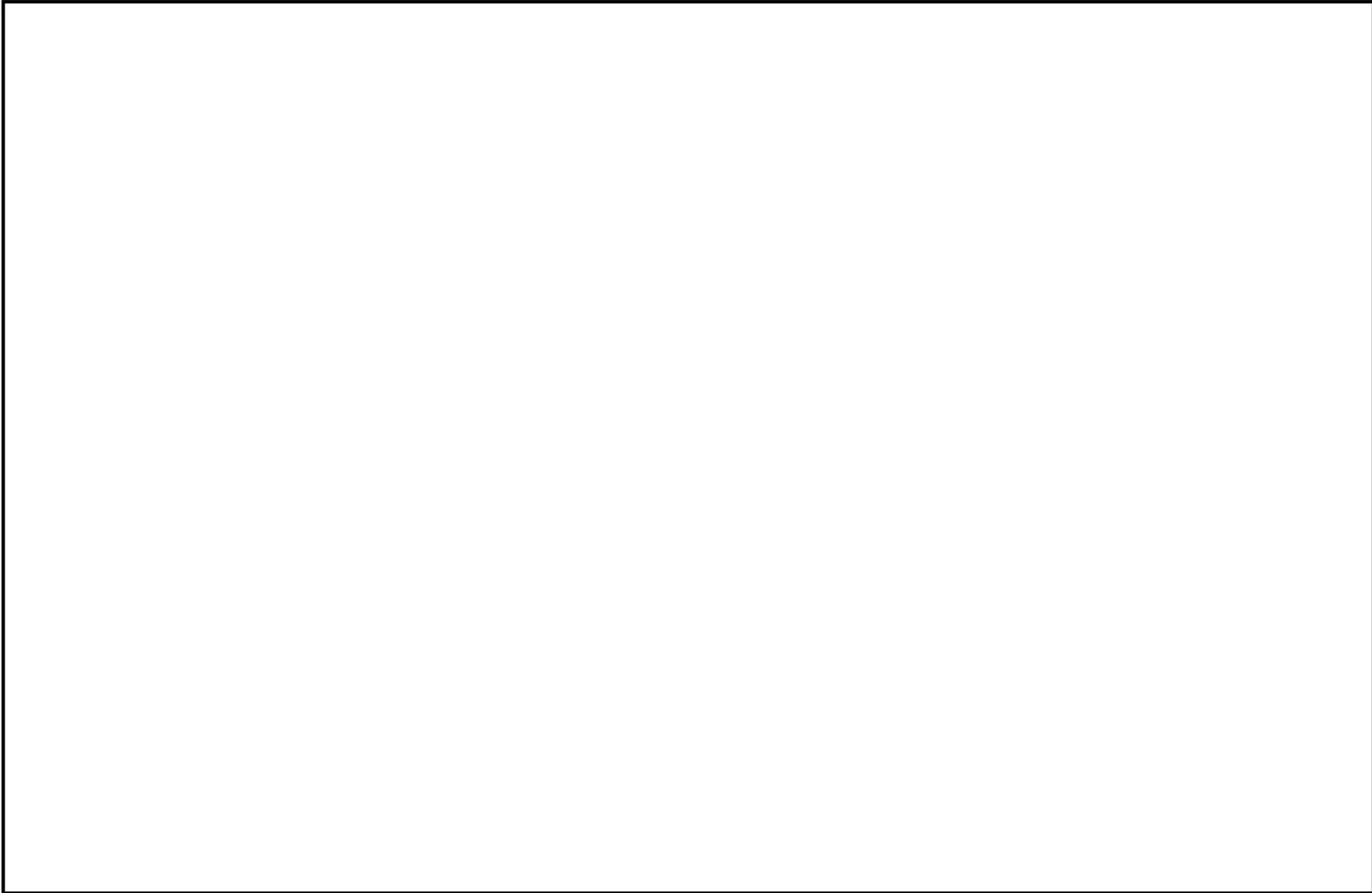
記号例	内容
	<p>設計及び工事の計画書記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管</p>
	<p>設計及び工事の計画書記載範囲外の管</p>
	<p>設計及び工事の計画書記載範囲の管のうち、他系統の管であって本系統に記載する管</p>
	<p>質点</p>
	<p>アンカ</p>
	<p>レストレイント (矢印は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。スナップについても同様とする。)</p>
	<p>スナップ</p>
	<p>ハンガ</p>

K6 ① VI-3-3-4-3-1-1-2 R0

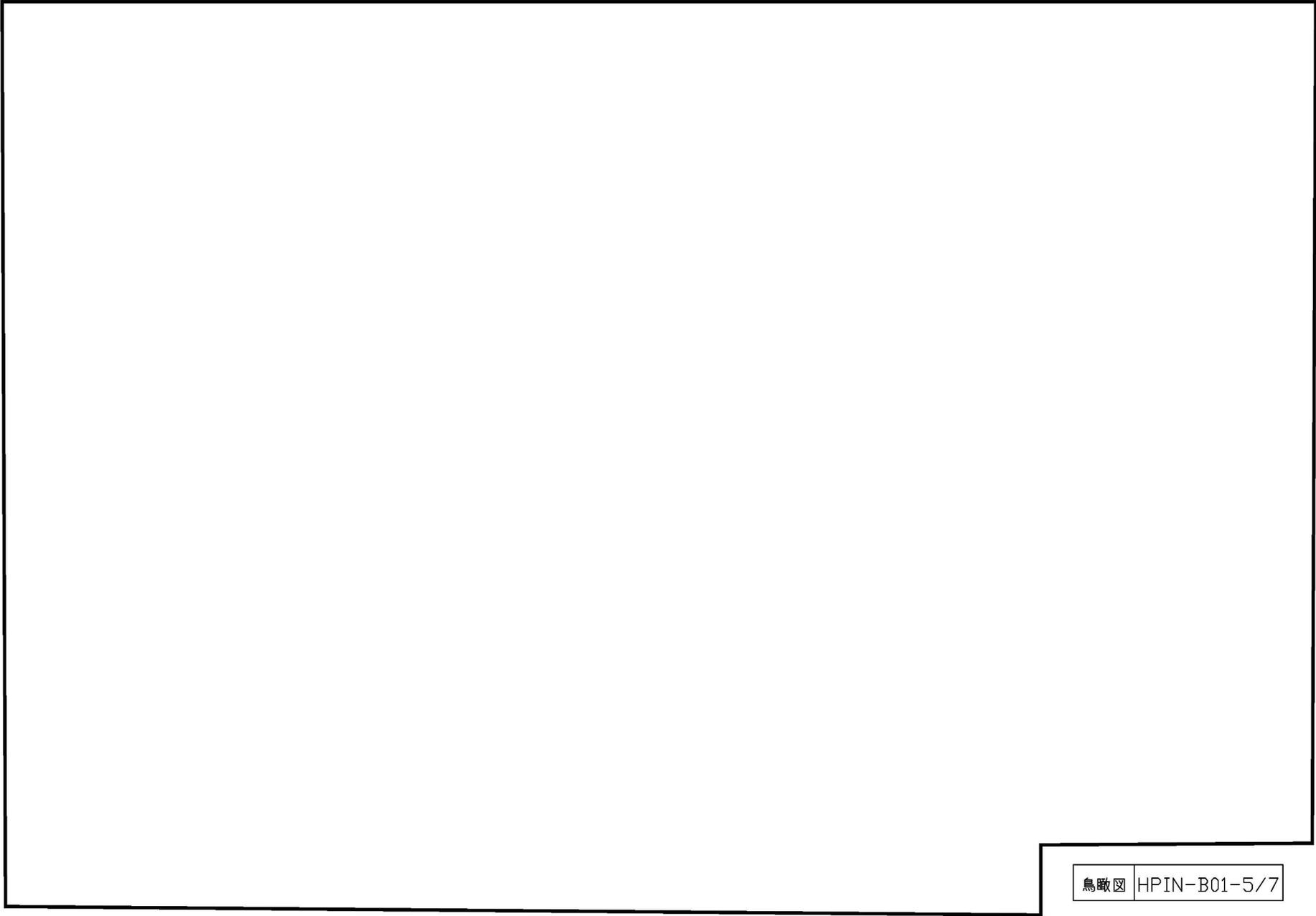




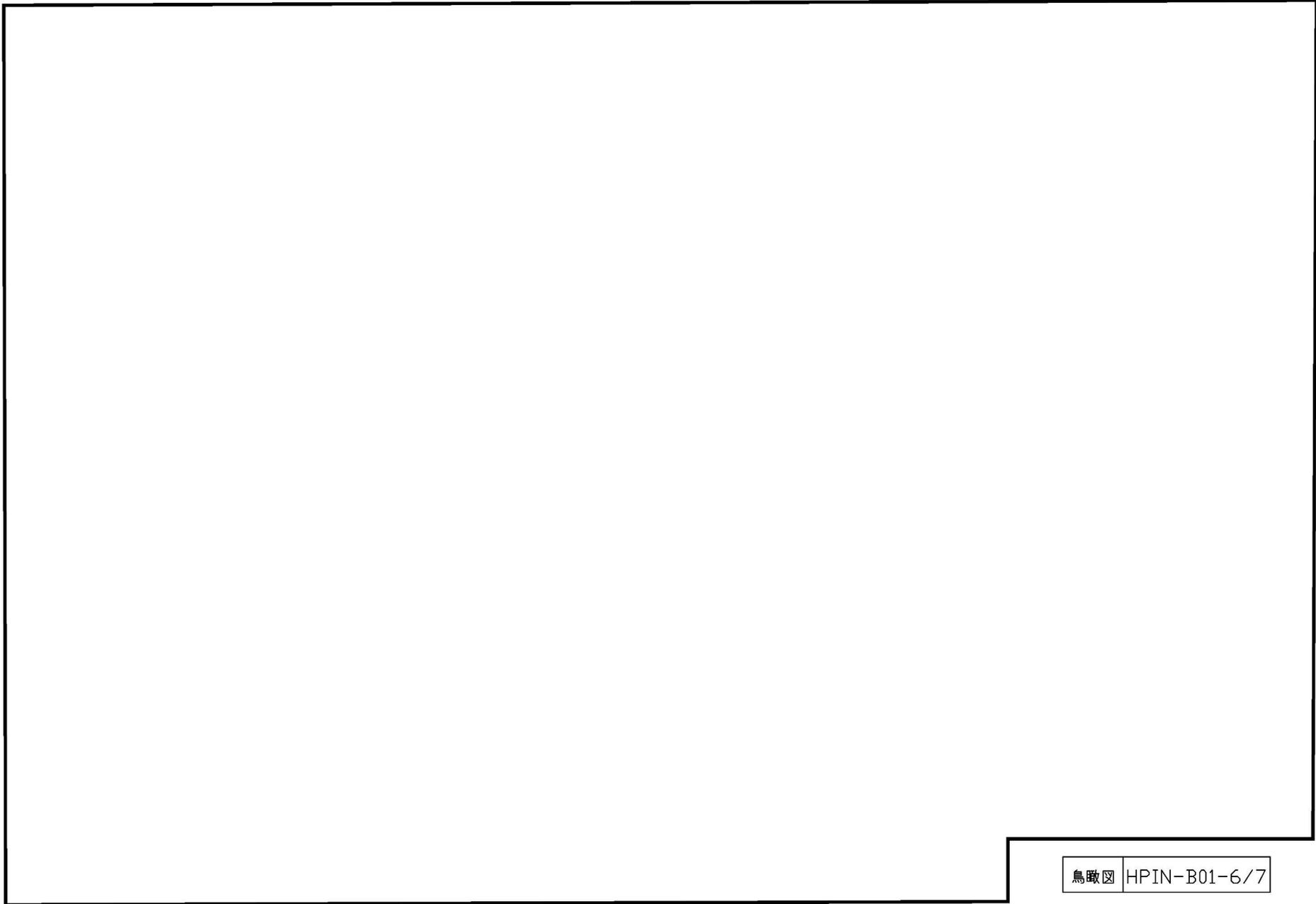
9







鳥瞰図	HPIN-B01-5/7
-----	--------------



3. 計算条件

3.1 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し, 管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 H P I N - B 0 1

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料
1	19.60	66	60.5	8.7	SUS304TP
2	1.77	66	60.5	3.9	SUS304TP

管名称と対応する評価点
 評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 H P I N - B O 1

管名称	対 応 す る 評 価 点															
1	1	2	3	5	6	7	8	9	10	11	13	14	15	16	17	
	19	20	21	22	23											
2	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	
	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	
	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	
	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	
	85	86	87	88	89	90	91	92	94	95	96	97	98	99	100	
	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	
	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	
	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	
	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	163	
	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	
	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	
	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	
	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	
	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	

K6 ① VI-3-3-4-3-1-1-2 R0

配管の質量（配管の付加質量及びフランジの質量を含む）

鳥 瞰 図 H P I N - B 0 1

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)								
1		44		75		109		140	
2		45		76		110		141	
6		46		77		111		142	
7		47		78		112		143	
8		48		79		113		144	
9		49		80		114		145	
10		50		81		115		146	
14		51		82		116		147	
15		52		83		117		148	
16		53		84		118		149	
20		54		85		119		150	
21		55		86		120		151	
22		56		87		121		152	
26		57		88		122		153	
27		58		89		123		154	
28		59		90		124		155	
29		60		91		125		156	
30		61		95		126		157	
31		62		96		127		158	
32		63		97		128		163	
33		64		98		129		164	
34		65		99		130		165	
35		66		100		131		166	
36		67		101		132		167	
37		68		102		133		168	
38		69		103		134		169	
39		70		104		135		170	
40		71		105		136		171	
41		72		106		137		172	
42		73		107		138		173	
43		74		108		139		174	

K6 ① VI-3-3-4-3-1-1-2 R0

鳥 瞰 図 H P I N - B 0 1

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
175		206		237	
176		207			
177		208			
178		209			
179		210			
180		211			
181		212			
182		213			
183		214			
184		215			
185		216			
186		217			
187		218			
188		219			
189		220			
190		221			
191		222			
192		223			
193		224			
194		225			
195		226			
196		227			
197		228			
198		229			
199		230			
200		231			
201		232			
202		233			
203		234			
204		235			
205		236			

K6 ① VI-3-3-4-3-1-1-2 R0

鳥 瞰 図 H P I N - B 0 1

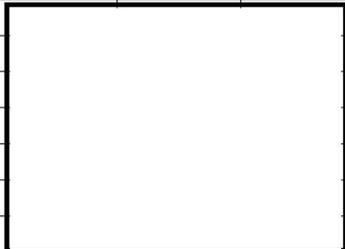
弁部の質量を下表に示す。

弁 1		弁 2		弁 3		弁 4		弁 5	
評価点	質量(kg)								
3		11		17		23		92	
4		12		18		24		93	
5		13		19		25		94	
276				289				279	
278				290				281	

弁 6		弁 7	
評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
159		238	
160		239	
161		240	
282		285	
284		287	

鳥 瞰 図 H P I N - B 0 1

弁部の寸法を下表に示す。

弁 NO.	評価点	外径 (mm)	厚さ (mm)	長さ (mm)
弁 1	4			
弁 2	12			
弁 3	18			
弁 4	24			
弁 5	93			
弁 6	160			
弁 7	239			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 H P I N - B 0 1

支持点部のばね定数を下表に示す。

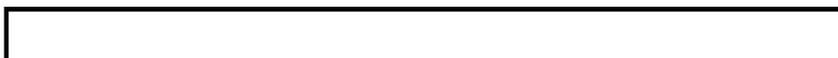
支持点番号	各軸方向ばね定数(N/mm)			各軸回り回転ばね定数(N・mm/rad)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1						
6						
14						
16						
20						
22						
33						
36						
41						
48						
52						
56						
59						
63						
68						
75						
78						
83						
86						
91						
95						
98						
102						
106						
109						
111						
115						
119						
123						
127						

K6 ① VI-3-3-4-3-1-1-2 R0

鳥 瞰 図 H P I N - B 0 1

支持点部のばね定数を下表に示す。

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
130						
136						
139						
145						
150						
** 157 **						
157						
168						
171						
175						
179						
182						
184						
188						
192						
196						
201						
204						
211						
214						
218						
222						
226						
229						
** 236 **						
236						
277						
280						



K6 ① VI-3-3-4-3-1-1-2 R0

鳥 瞰 図 H P I N - B 0 1

支持点部のばね定数を下表に示す。

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
** 283 **						
** 286 **						

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評価に用いる許容応力

材料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)			
		S_m	S_y	S_u	S_h
SUS304TP	66	—	—	—	126

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号に規定の応力評価に用いる許容応力

材料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)			
		S_m	S_y	S_u	S_h
SUS304TP	66	—	—	—	126

4. 評価結果

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 $S_{pr m}^{*1}$ $S_{pr m}^{*2}$	許容応力 $1.5 \cdot S_h$ $1.8 \cdot S_h$
HPIN-B01	1	$S_{pr m}^{*1}$	73	189
	1	$S_{pr m}^{*2}$	78	226

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。

評価結果

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 $S_{pr m}^{*1}$ $S_{pr m}^{*2}$	許容応力 S_h $1.2 \cdot S_h$
HPIN-B01	1	$S_{pr m}^{*1}$	54	126
	1	$S_{pr m}^{*2}$	58	151

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	HPIN-A01	10	63	189	3.00	—	10	68	226	3.32	—
2	HPIN-B01	1	73	189	2.58	○	1	78	226	2.89	○
3	KHPIN-101	11	16	169	10.56	—	11	17	203	11.94	—
4	KHPIN-102	10	16	169	10.56	—	10	17	203	11.94	—
5	KHPIN-103	10	16	169	10.56	—	10	17	203	11.94	—

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	HPIN-A01	10	45	126	2.80	—	10	49	151	3.08	—
2	HPIN-B01	1	54	126	2.33	○	1	58	151	2.60	○
3	KHPIN-101	11	12	113	9.41	—	11	13	135	10.38	—
4	KHPIN-102	10	12	113	9.41	—	10	13	135	10.38	—
5	KHPIN-103	10	12	113	9.41	—	10	13	135	10.38	—

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。

VI-3-3-4-3-2 逃がし安全弁の作動に必要な窒素ガス喪失時の
減圧設備の強度計算書

VI-3-3-4-3-2-1 高圧窒素ガスポンベの強度計算書

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）（高圧窒素ガスボンベ）

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 (°C)
一般継目なし容器	主蒸気逃がし安全弁の作動に必要な窒素ガス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。	マンガン鋼	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 (°C)	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製造すること。	温度 35 °C 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 °C 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. メーカー仕様

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 (°C)	規格及び基準に基づく試験
一般継目なし容器	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。	マンガン鋼	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)

当該ポンペは、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 °C 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ポンペ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)

当該ポンペには、「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。

当該ポンペの最高使用温度は「一般高圧ガス保安規則」で定める 40 °C 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、当該ポンペ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。

VI-3-3-4-3-2-2 管の強度計算書

VI-3-3-4-3-2-2-1 管の基本板厚計算書

まえがき

本計算書は、VI-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VI-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、VI-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

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 (°C)	圧力 (MPa)						温度 (°C)
1	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	19.60	66	19.60	66	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
2	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	19.60	66	19.60	66	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
3	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	19.60	66	19.60	66	—	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	無	19.60	66	19.60	66	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
5	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	19.60	66	19.60	66	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
6	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	1.77	66	1.77	66	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
7	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	1.77	66	1.77	66	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2

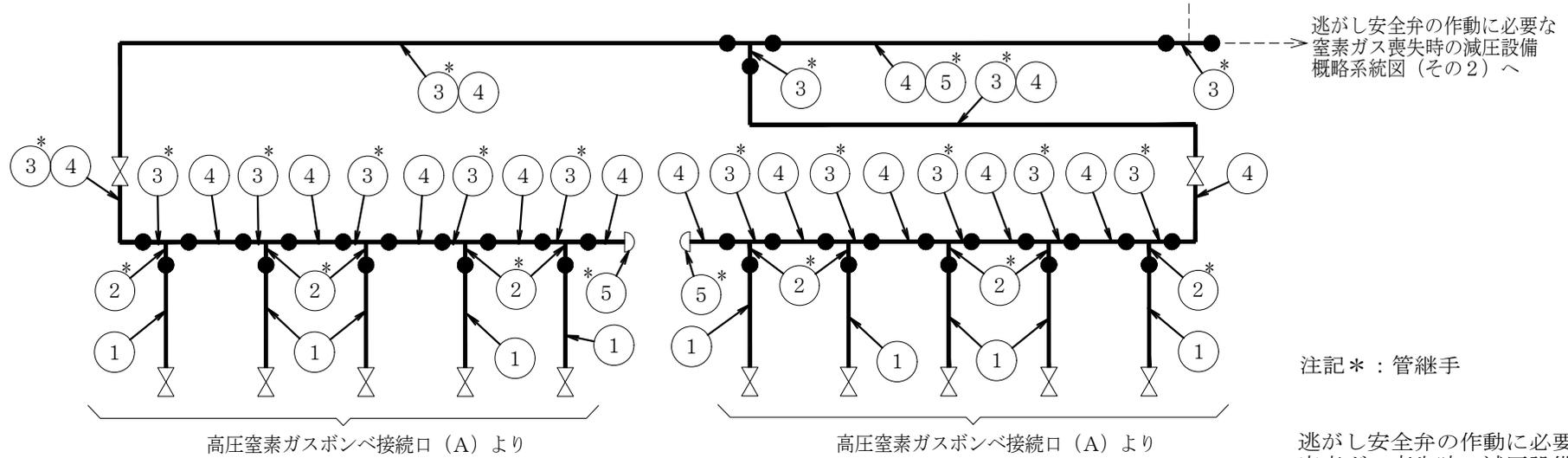
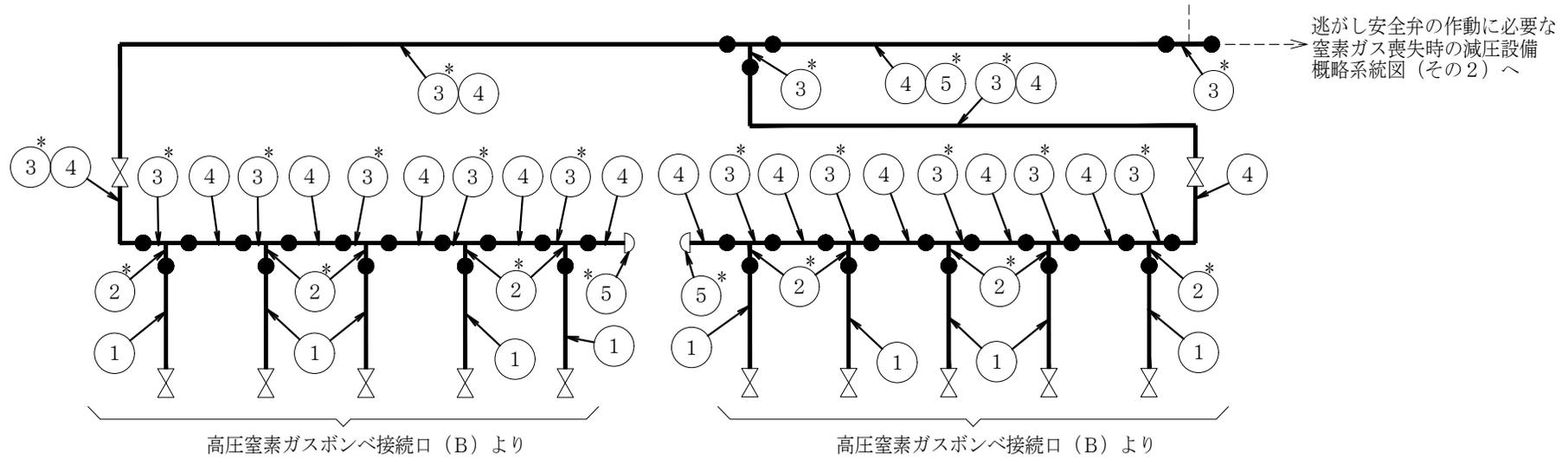
・適用規格の選定

管 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

目 次

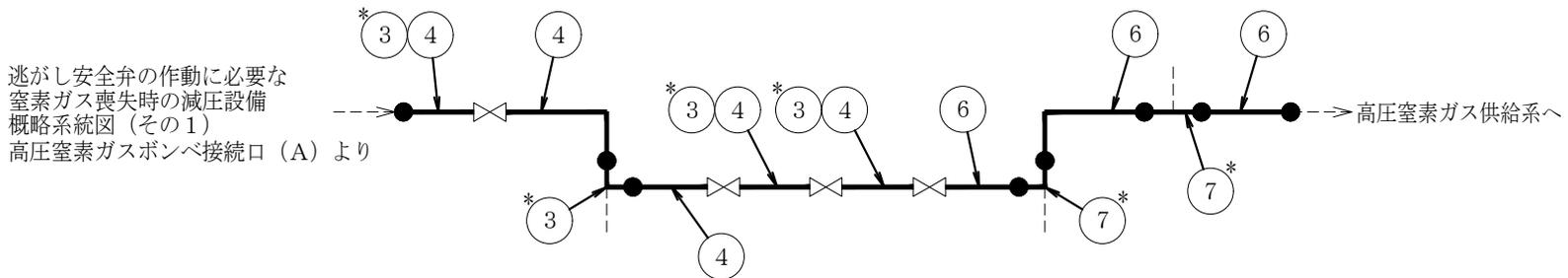
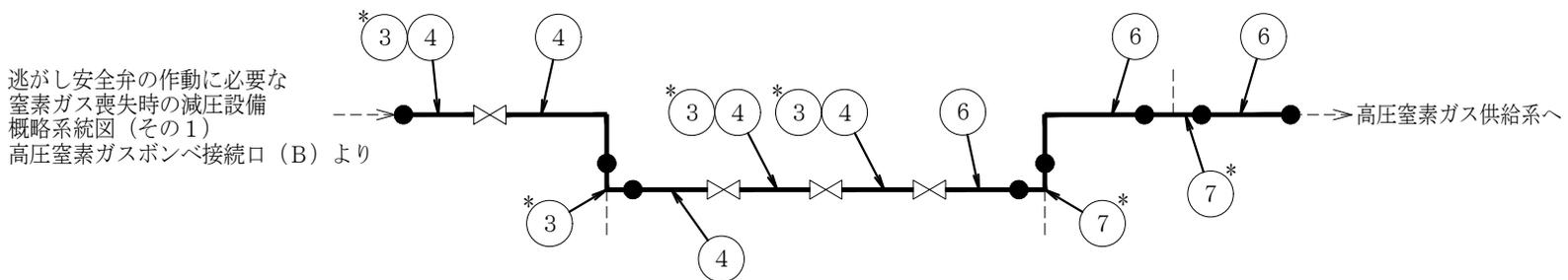
1. 概略系統図	1
2. 管の強度計算書	3

1. 概略系統図



注記* : 管継手

逃がし安全弁の作動に必要な窒素ガス喪失時の減圧設備 概略系統図 (その1)



注記* : 管継手

逃がし安全弁の作動に必要な窒素ガス喪失時の減圧設備概略系統図 (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 (°C)	外 径 D _o (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	19.60	66	34.00	6.40	SUS304TP	S	2	126	1.00	12.5%	5.60	2.49	A	2.49
2	19.60	66	84.00	24.75	SUS304	S	2	126	1.00	16.75mm	8.00	6.15	A	6.15
3	19.60	66	84.00	11.45	SUS304	S	2	126	1.00	0.55mm	10.90	6.15	A	6.15
4	19.60	66	60.50	8.70	SUS304TP	S	2	126	1.00	12.5%	7.61	4.43	A	4.43
5	19.60	66	85.00	11.95	SUS304	S	2	126	1.00	1.05mm	10.90	6.23	A	6.23
6	1.77	66	60.50	3.90	SUS304TP	S	2	126	1.00	0.50mm	3.40	0.43	A	0.43
7	1.77	66	76.00	7.45	SUS304	S	2	126	1.00	1.35mm	6.10	0.53	A	0.53

評価：t_s ≥ t_r，よって十分である。

VI-3-3-4-3-2-2-2 管の応力計算書

まえがき

本計算書は、VI-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VI-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、VI-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 (°C)	圧力 (MPa)						温度 (°C)
HPIN-A03	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	19.60	66	19.60	66	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
HPIN-B03	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	無	19.60	66	19.60	66	—	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	10
3. 計算条件	12
3.1 設計条件	12
3.2 材料及び許容応力	18
4. 評価結果	20
5. 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	22

1. 概要

本計算書は、VI-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VI-3-2-9「重大事故等クラス2管の強度計算方法」に基づき、逃がし安全弁の作動に必要な窒素ガス喪失時の減圧設備の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。

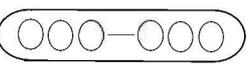
(1) 管

設計及び工事の計画書に記載される範囲の管のうち、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2モデルのうち、最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）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。

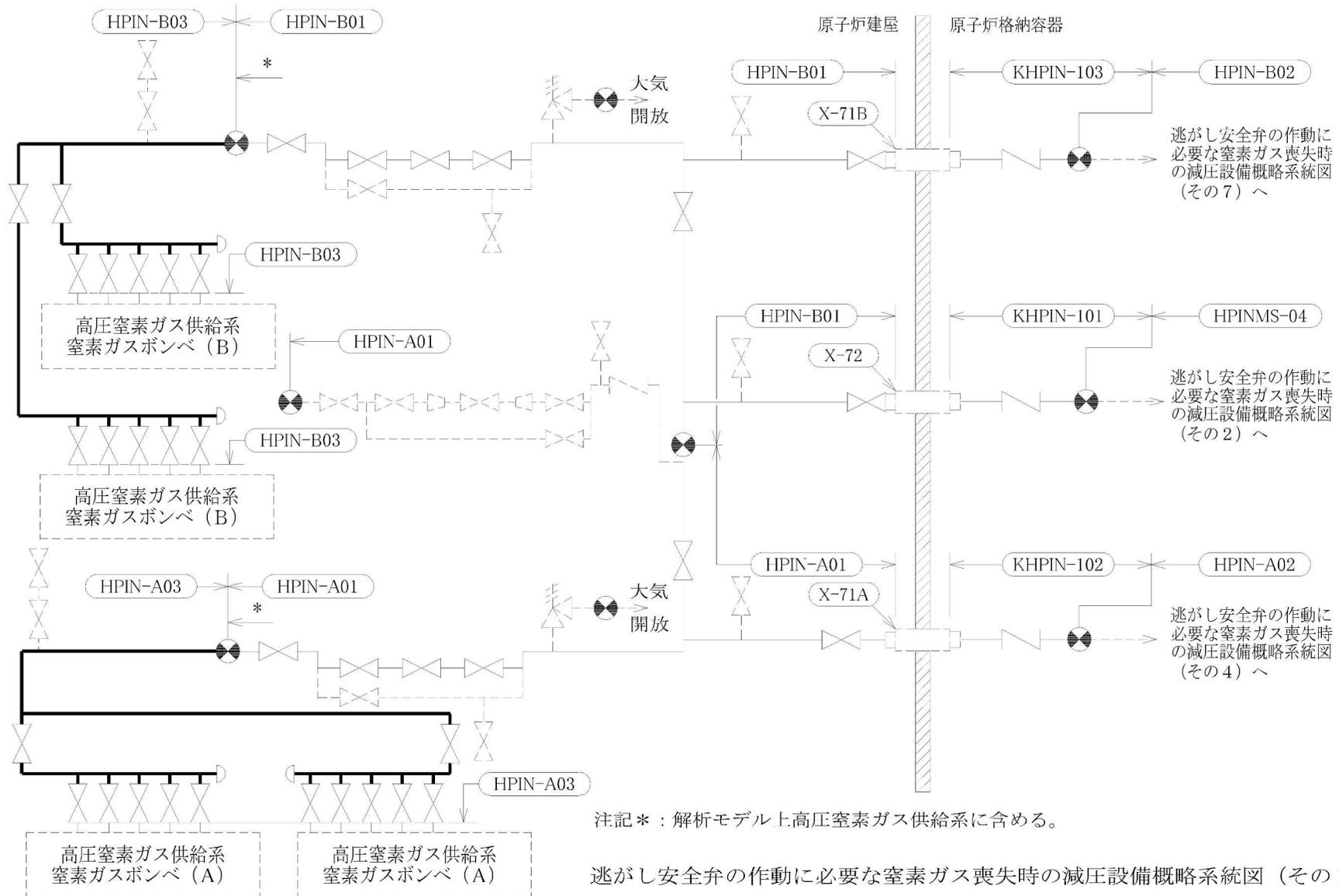
2. 概略系統図及び鳥瞰図

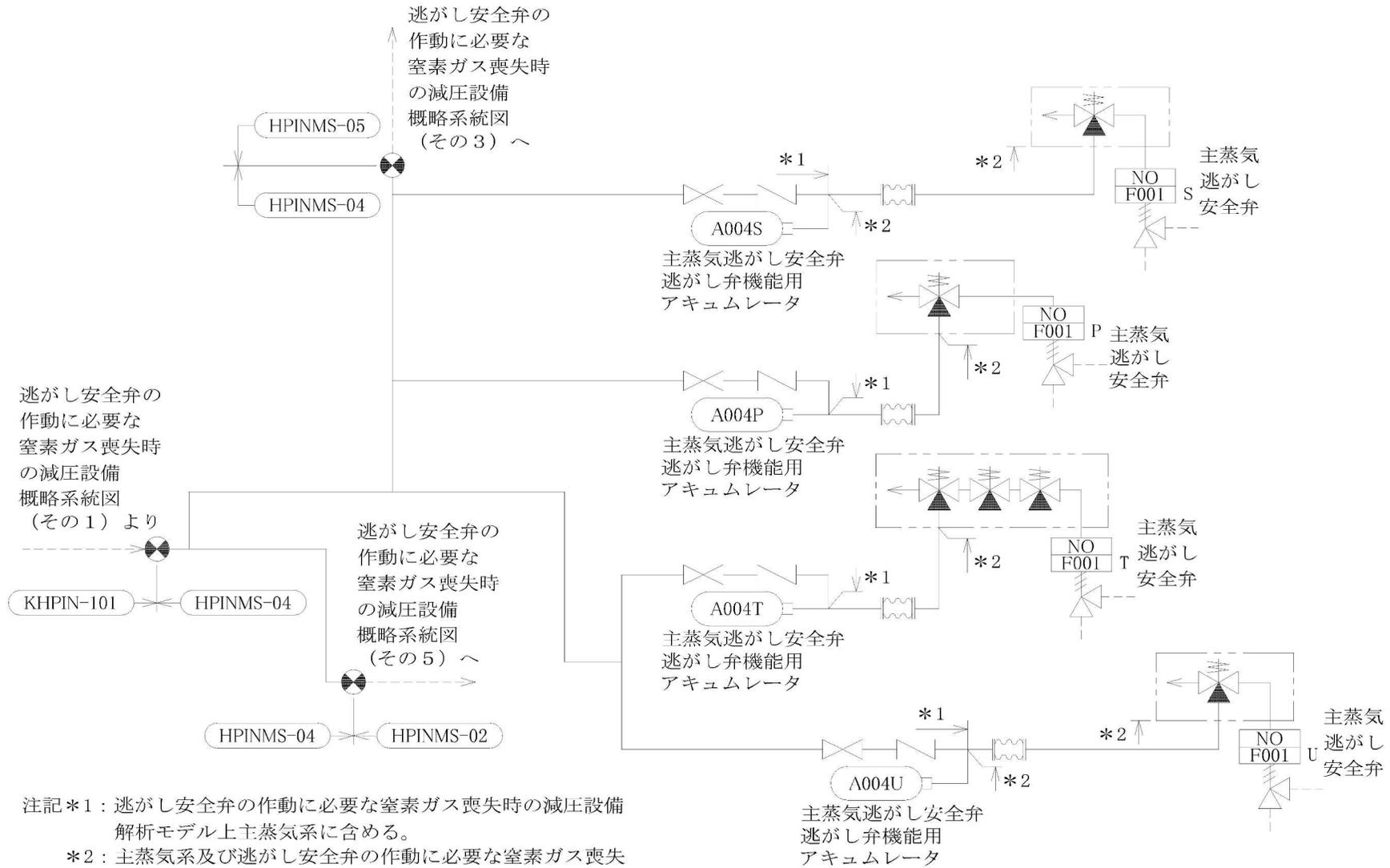
2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例

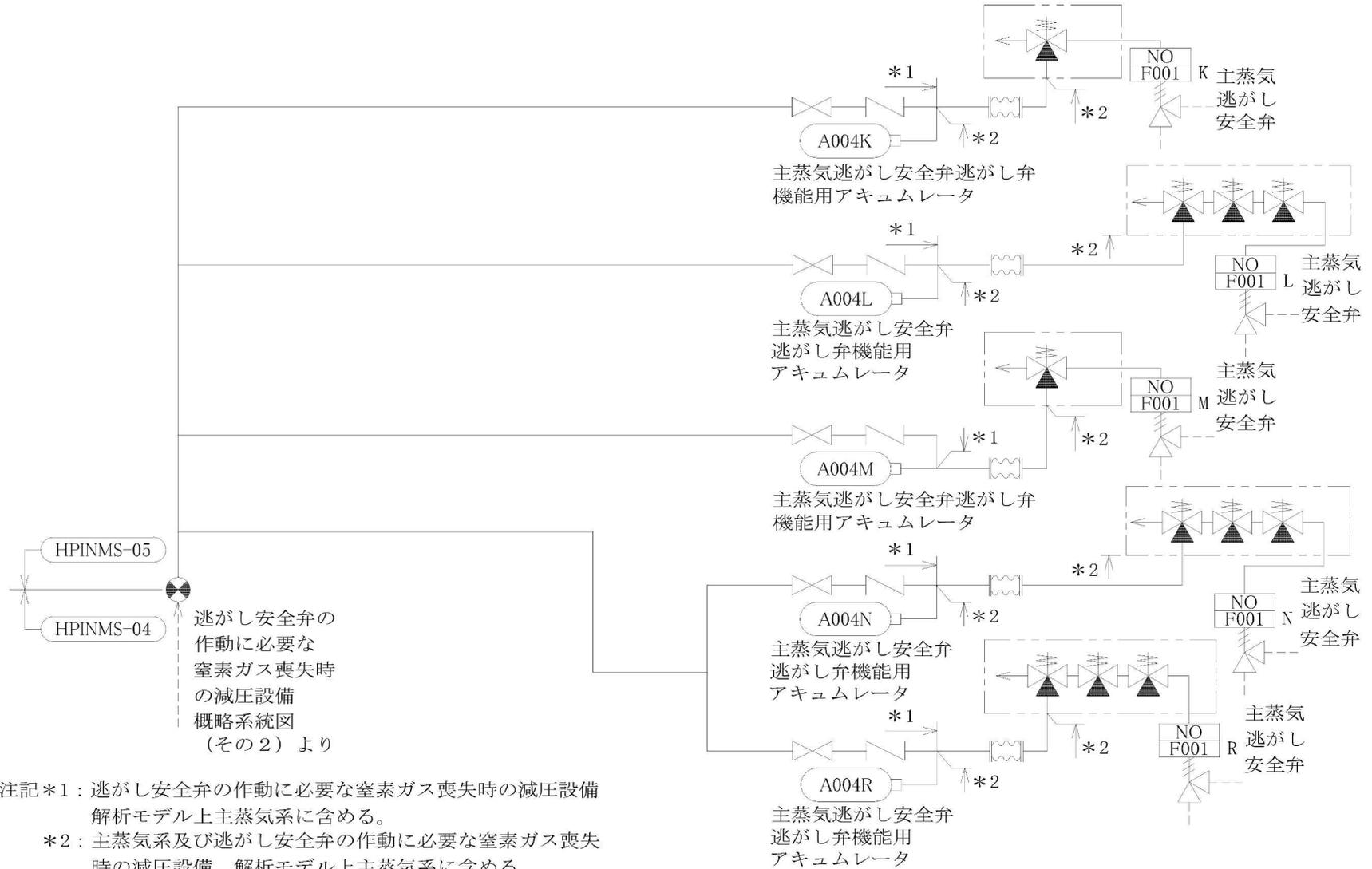
記号例	内容
 (太線)	設計及び工事の計画書に記載されている範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管
 (細線)	設計及び工事の計画書に記載されている範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管
 (破線)	設計及び工事の計画書に記載されている範囲外の管又は設計及び工事の計画書に記載されている範囲の管のうち、他系統の管であって解析モデルの概略を示すために表記する管
	鳥瞰図番号
	アンカ

K6 ① VI-3-3-4-3-2-2 R0

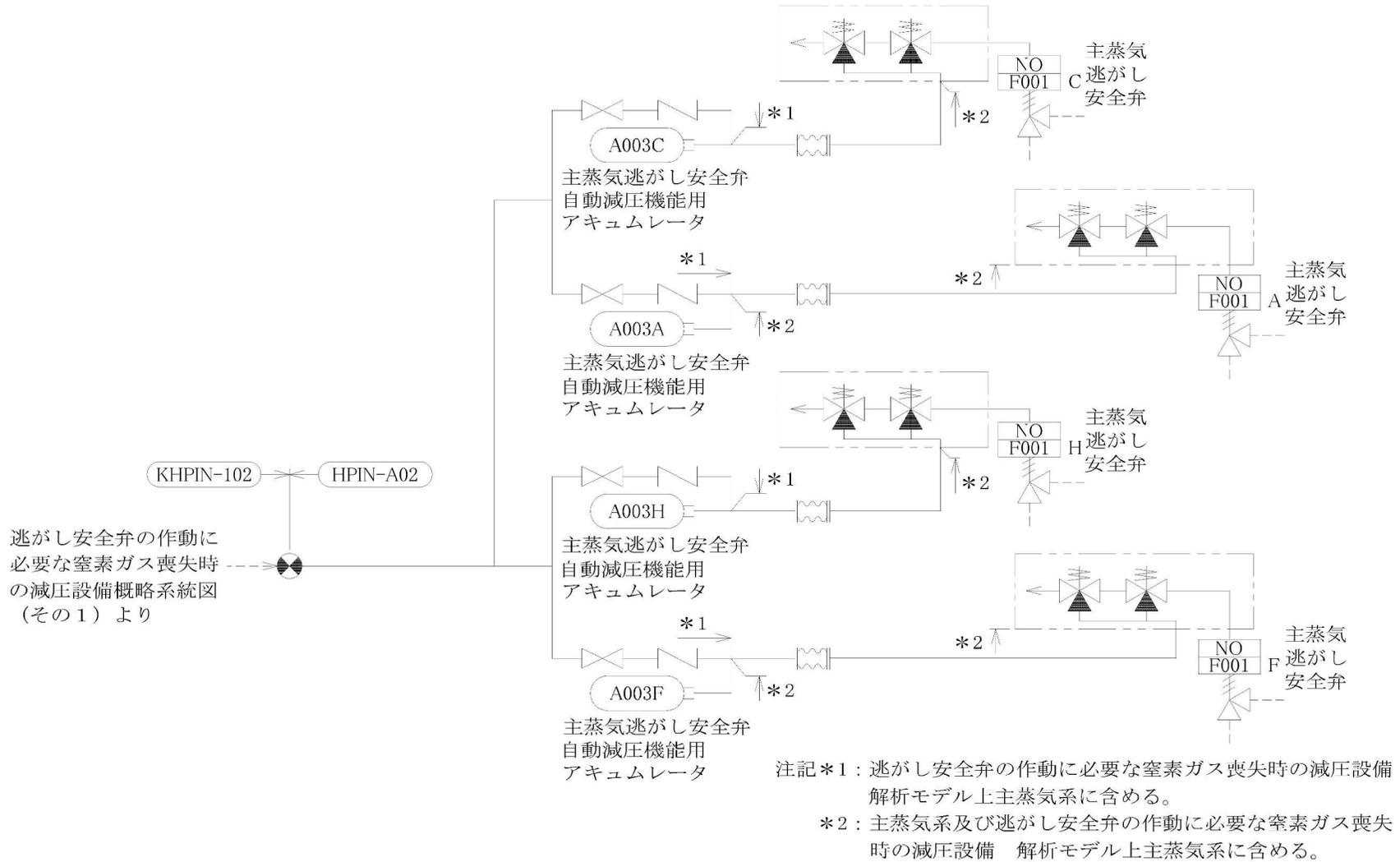




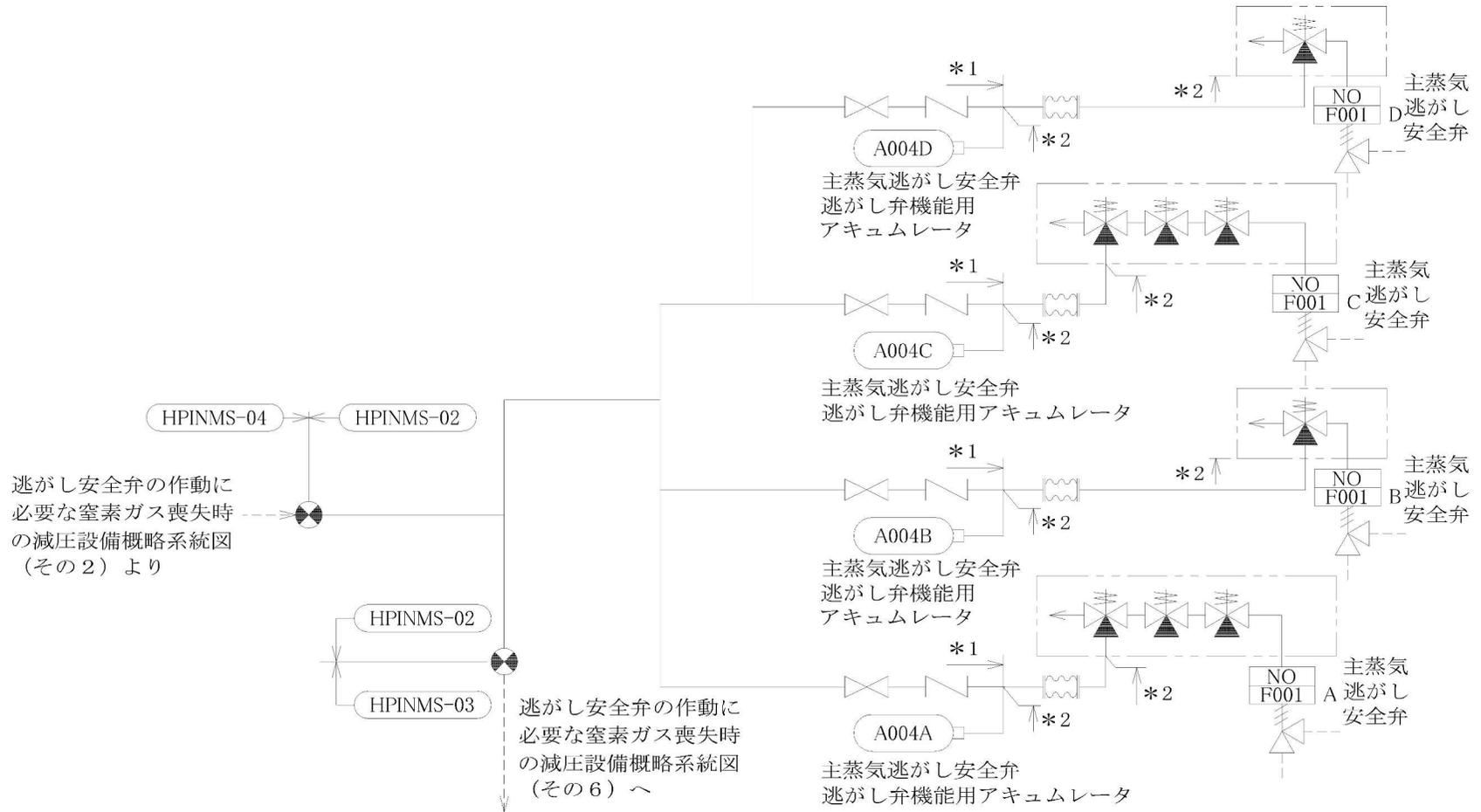
逃がし安全弁の作動に必要な窒素ガス喪失時の減圧設備概略系統図 (その2)



逃がし安全弁の作動に必要な窒素ガス喪失時の減圧設備概略系統図 (その3)

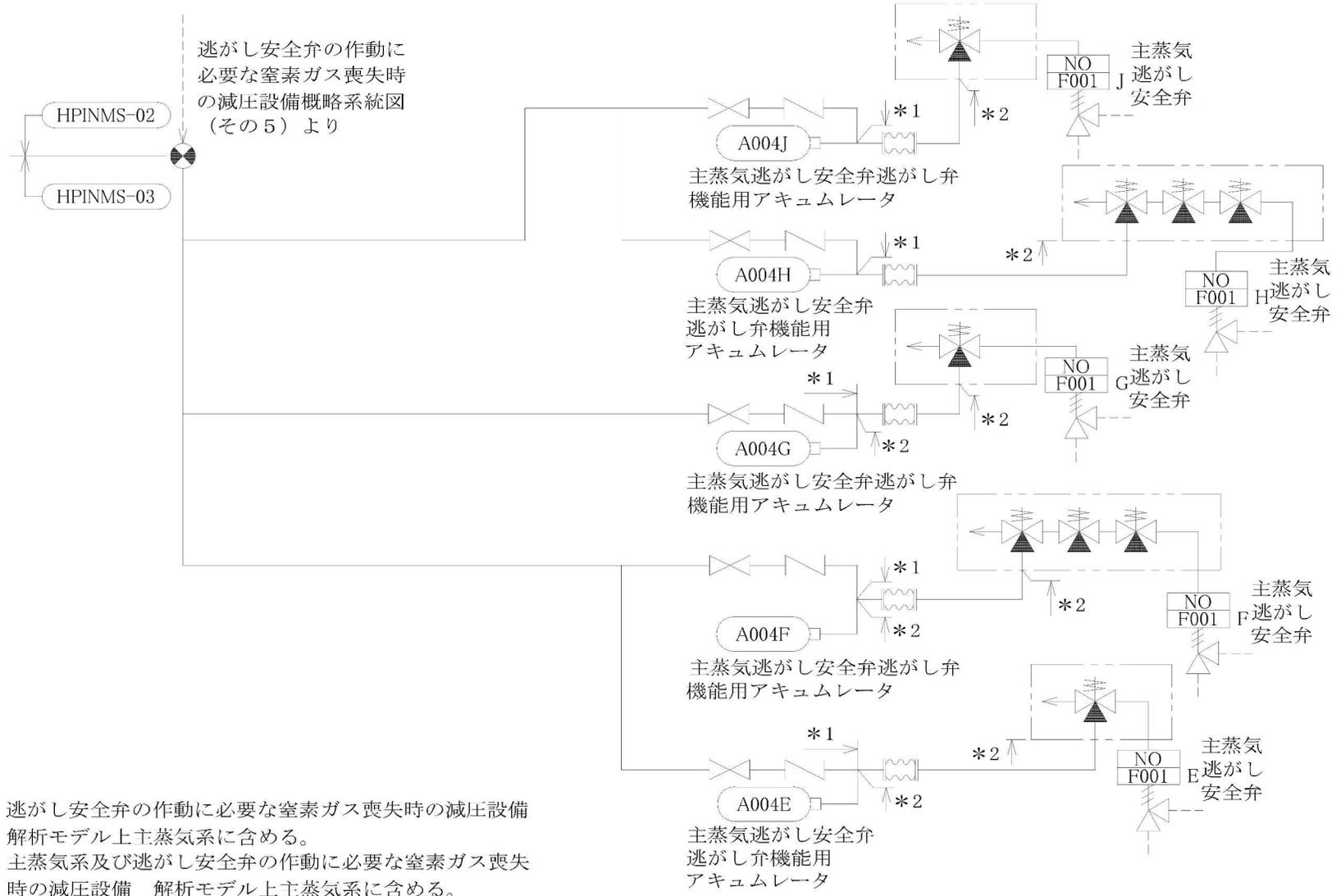


逃がし安全弁の作動に必要な窒素ガス喪失時の減圧設備概略系統図 (その4)



- 注記*1：逃がし安全弁の作動に必要な窒素ガス喪失時の減圧設備解析モデル上主蒸気系に含める。
 *2：主蒸気系及び逃がし安全弁の作動に必要な窒素ガス喪失時の減圧設備 解析モデル上主蒸気系に含める。

逃がし安全弁の作動に必要な窒素ガス喪失時の減圧設備概略系統図（その5）

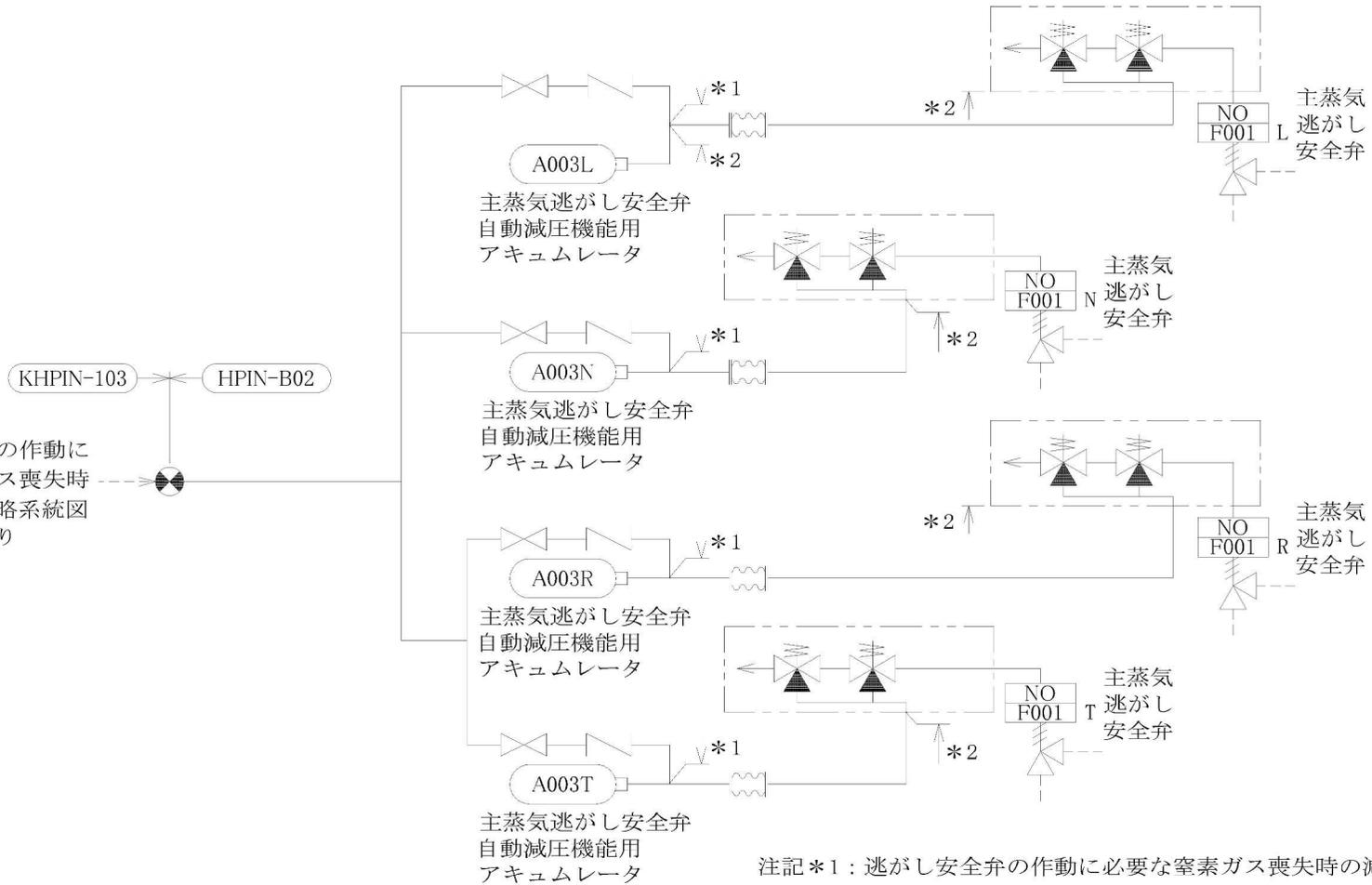


注記*1: 逃がし安全弁の作動に必要な窒素ガス喪失時の減圧設備解析モデル上主蒸気系に含める。
 *2: 主蒸気系及び逃がし安全弁の作動に必要な窒素ガス喪失時の減圧設備 解析モデル上主蒸気系に含める。

逃がし安全弁の作動に必要な窒素ガス喪失時の減圧設備概略系統図 (その6)

6

逃がし安全弁の作動に必要な窒素ガス喪失時の減圧設備概略系統図 (その1) より



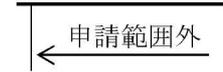
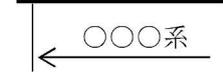
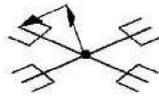
注記*1：逃がし安全弁の作動に必要な窒素ガス喪失時の減圧設備
解析モデル上主蒸気系に含める。

*2：主蒸気系及び逃がし安全弁の作動に必要な窒素ガス喪失
時の減圧設備 解析モデル上主蒸気系に含める。

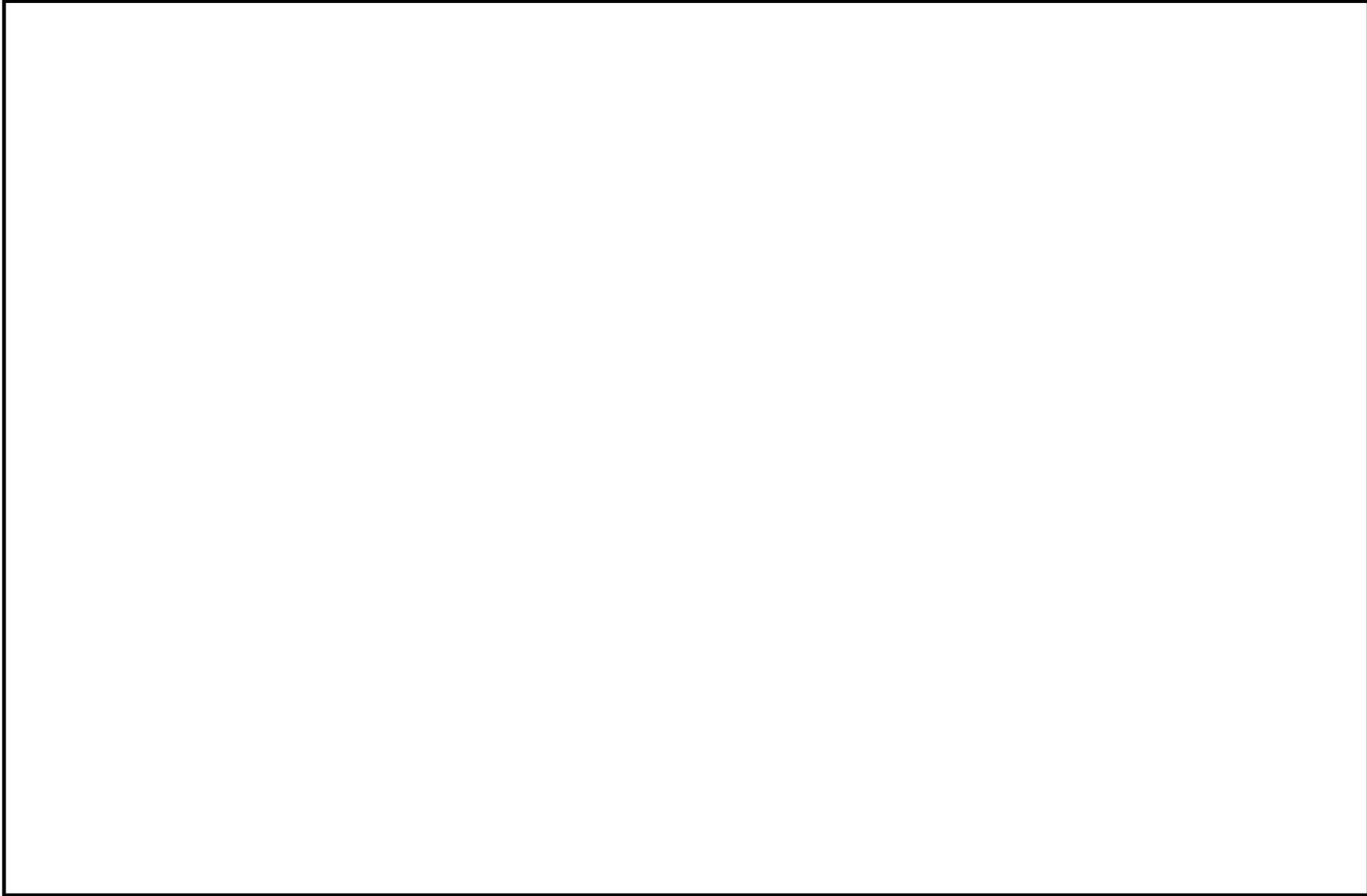
逃がし安全弁の作動に必要な窒素ガス喪失時の減圧設備概略系統図 (その7)

2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

記号例	内容
	<p>設計及び工事の計画書記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管</p>
	<p>設計及び工事の計画書記載範囲外の管</p>
	<p>設計及び工事の計画書記載範囲の管のうち、他系統の管であって本系統に記載する管</p>
	<p>質点</p>
	<p>アンカ</p>
	<p>レストレイント (矢印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。スナップについても同様とする。)</p>
	<p>スナップ</p>
	<p>ハンガ</p>

K6 ① VI-3-3-4-3-2-2 R0



3. 計算条件

3.1 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し, 管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 H P I N - A O 3

管名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料
1	19.60	66	60.5	8.7	SUS304TP
2	19.60	66	34.0	6.4	SUS304TP

管名称と対応する評価点
 評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 H P I N - A 0 3

管名称	対 応 す る 評 価 点														
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	28	29	30	31
	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46
	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	62
	63	64	65												
2	19	66	67	15	70	71	11	74	75	7	78	79	3	82	83
	57	86	87	53	90	91	49	94	95	45	98	99	41	102	103

配管の質量（配管の付加質量及びフランジの質量を含む）

鳥 瞰 図 H P I N - A 0 3

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)								
1		16		34		49		70	
2		17		35		50		74	
3		18		36		51		78	
4		19		37		52		82	
5		20		38		53		86	
6		21		39		54		90	
7		22		40		55		94	
8		23		41		56		98	
9		24		42		57		102	
10		25		43		58			
11		29		44		59			
12		30		45		63			
13		31		46		64			
14		32		47		65			
15		33		48		66			

K6 ① VI-3-3-4-3-2-2 R0

鳥 瞰 図 H P I N - A 0 3

弁部の質量を下表に示す。

弁 1		弁 2		弁 3		弁 4		弁 5	
評価点	質量(kg)								
26	<input type="text"/>	83	<input type="text"/>	79	<input type="text"/>	75	<input type="text"/>	71	<input type="text"/>
27	<input type="text"/>	84	<input type="text"/>	80	<input type="text"/>	76	<input type="text"/>	72	<input type="text"/>
28	<input type="text"/>	85	<input type="text"/>	81	<input type="text"/>	77	<input type="text"/>	73	<input type="text"/>

弁 6		弁 7		弁 8		弁 9		弁 1 0	
評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
67	<input type="text"/>	60	<input type="text"/>	103	<input type="text"/>	99	<input type="text"/>	95	<input type="text"/>
68	<input type="text"/>	61	<input type="text"/>	104	<input type="text"/>	100	<input type="text"/>	96	<input type="text"/>
69	<input type="text"/>	62	<input type="text"/>	105	<input type="text"/>	101	<input type="text"/>	97	<input type="text"/>

弁 1 1		弁 1 2	
評価点	質量(kg)	評価点	質量(kg)
91	<input type="text"/>	87	<input type="text"/>
92	<input type="text"/>	88	<input type="text"/>
93	<input type="text"/>	89	<input type="text"/>

K6 ① VI-3-3-4-3-2-2 R0

鳥 瞰 図 H P I N - A 0 3

弁部の寸法を下表に示す。

弁 NO.	評価点	外径 (mm)	厚さ (mm)	長さ (mm)
弁 1	27			
弁 2	84			
弁 3	80			
弁 4	76			
弁 5	72			
弁 6	68			
弁 7	61			
弁 8	104			
弁 9	100			
弁 10	96			
弁 11	92			
弁 12	88			

K6 ① VI-3-3-4-3-2-2-2 R0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 H P I N - A 0 3

支持点部のばね定数を下表に示す。

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
5						
9						
13						
17						
23						
25						
38						
43						
47						
51						
55						
59						

K6 ① VI-3-3-4-3-2-2 R0

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評価に用いる許容応力

材料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)			
		S_m	S_y	S_u	S_h
SUS304TP	66	—	—	—	126

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号に規定の応力評価に用いる許容応力

材料	最高使用温度 (°C)	許容応力 (MPa)			
		S_m	S_y	S_u	S_h
SUS304TP	66	—	—	—	126

4. 評価結果

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 $S_{pr m}^{*1}$ $S_{pr m}^{*2}$	許容応力 $1.5 \cdot S_h$ $1.8 \cdot S_h$
HPIN-A03	38	$S_{pr m}^{*1}$	59	189
	38	$S_{pr m}^{*2}$	64	226

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。

評価結果

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 $S_{pr m}^{*1}$ $S_{pr m}^{*2}$	許容応力 S_h $1.2 \cdot S_h$
HPIN-A03	38	$S_{pr m}^{*1}$	40	126
	38	$S_{pr m}^{*2}$	44	151

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	HPIN-A03	38	59	189	3.20	○	38	64	226	3.53	○
2	HPIN-B03	41	56	189	3.37	—	41	61	226	3.70	—

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	HPIN-A03	38	40	126	3.15	○	38	44	151	3.43	○
2	HPIN-B03	35	38	126	3.31	—	35	42	151	3.59	—

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。

VI-3-3-4-3-2-2-3 管の強度計算書（可搬型）

目 次

1. 概要	1
2. 評価方針	1
3. 評価部位	1
4. 使用材料	1
5. 耐圧試験結果	2

1. 概要

本資料は逃がし安全弁の作動に必要な窒素ガス喪失時の減圧設備のうち、完成品を除く重大事故等クラス3管の強度評価について示すものである。

2. 評価方針

完成品を除く重大事故等クラス3管は設計・建設規格の耐圧設計(PPD-3400)で考慮されている裕度を参考にしつつ、実条件を踏まえた耐圧試験により評価を実施する。

なお、設計・建設規格のクラス3管の規定では、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おり、設計許容応力は降伏点に対して8分の5を基準にしていることから、降伏点に対する安全率は1.6となる。また、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(PHT-2300)では、耐圧試験圧力は最高使用圧力の1.5倍(気圧の場合は1.25倍)の106%を超えないこととしている。

3. 評価部位

本資料における強度評価は、高圧窒素ガスポンベと常設配管を接続する連結管(高圧窒素ガスポンベ～高圧窒素ガスポンベ接続口(A)及び高圧窒素ガスポンベ接続口(B))について実施する。

常設配管と連結管はねじ込み継手により接続される。また、ねじ込み継手の強度評価については連結管の耐圧試験に併せて確認を実施している。

4. 使用材料

使用材料は設計・建設規格で規定されるクラス3配管の材料を用いる。
連結管の使用材料については以下のとおり。

連結管	SUS304TP
-----	----------

5. 耐圧試験結果

設備区分	計測制御系統施設		制御用空気設備				
	名	称	最高使用圧力 (MPa)	耐圧試験圧力 (MPa)	耐圧試験倍率	耐圧試験結果	評 価
	高圧窒素ガスボンベ～高圧窒素ガスボンベ接続口(A)及び 高圧窒素ガスボンベ接続口(B)		19.6 ^{*1}	29.4 ^{*2}	1.5	良	適合

注記*1 : 重大事故等時における使用時の値。

*2 : 水圧による。

VI-3-3-5 放射線管理施設の強度に関する説明書

VI-3-3-5-1 換気設備の強度計算書

VI-3-3-5-1-1 中央制御室陽圧化換気空調系の強度計算書

VI-3-3-5-1-1-1 管の強度計算書

VI-3-3-5-1-1-1-1 管の強度計算書（可搬型）

1. 管の強度計算（可搬型）

管の強度計算（可搬型）に関する説明は、令和2年10月14日付け原規規発第2010147号にて認可された柏崎刈羽原子力発電所第7号機的设计及び工事の計画のV-3-3-5-1-1-1-1「管の強度計算書（可搬型）」による。

VI-3-3-5-1-2 中央制御室待避室陽圧化換気空調系の強度計算書

VI-3-3-5-1-2-1 中央制御室待避室陽圧化装置（空気ボンベ）
の強度計算書

目 次

1. 概要	1
-------------	---

1. 概要

本資料は、中央制御室待避室陽圧化装置（空気ポンベ）（「7号機設備，6,7号機共用」（以下同じ。))の構造強度が「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」第55条及び第58条に適合することを説明するものである。

中央制御室待避室陽圧化装置（空気ポンベ）の構造強度に関する説明は、令和2年10月14日付け原規規発第2010147号にて認可された柏崎刈羽原子力発電所第7号機的设计及び工事の計画のV-3-3-5-1-2-1「中央制御室待避室陽圧化装置（空気ポンベ）の強度計算書」による。

VI-3-3-5-1-2-2 管の強度計算書

VI-3-3-5-1-2-2-1 管の基本板厚計算書

まえがき

本資料は、7号機設備、6,7号機共用である中央制御室待避室陽圧化換気空調系の管の構造強度が「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」第55条に適合することを説明するものである。

中央制御室待避室陽圧化換気空調系の管の構造強度に関する説明は、令和2年10月14日付け原規規発第2010147号にて認可された柏崎刈羽原子力発電所第7号機的设计及び工事の計画のV-3-3-5-1-2-2-1「管の基本板厚計算書」による。

VI-3-3-5-1-2-2-2 管の応力計算書

まえがき

本資料は、7号機設備、6,7号機共用である中央制御室待避室陽圧化換気空調系の管の構造強度が「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」第55条に適合することを説明するものである。

中央制御室待避室陽圧化換気空調系の管の構造強度に関する説明は、令和2年10月14日付け原規規発第2010147号にて認可された柏崎刈羽原子力発電所第7号機的设计及び工事の計画のV-3-3-5-1-2-2-2「管の応力計算書」による。

VI-3-3-5-1-2-2-3 管の強度計算書（可搬型）

- (1) 管の強度計算書（可搬型）（完成品を除く）
- (2) 管の強度計算書（可搬型）（完成品として一般産業品の規格及び基準への適合性確認結果）

(1) 管の強度計算書（可搬型）（完成品を除く）

目 次

1. 概要	1
-------------	---

1. 概要

本資料は、7号機設備、6,7号機共用である中央制御室待避室陽圧化換気空調系の管の構造強度が「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」第55条及び第58条に適合することを説明するものである。

中央制御室待避室陽圧化換気空調系の管の構造強度に関する説明は、令和2年10月14日付け原規規発第2010147号にて認可された柏崎刈羽原子力発電所第7号機的设计及び工事の計画のV-3-3-5-1-2-2-3「管の強度計算書（可搬型）」による。

- (2) 管の強度計算書（可搬型）（完成品として一般産業品の規格及び基準への適合性確認結果）

目 次

1. 概要	1
-------------	---

1. 概要

本資料は、7号機設備、6,7号機共用である中央制御室待避室陽圧化換気空調系の管の構造強度が「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」第55条及び第58条に適合することを説明するものである。

中央制御室待避室陽圧化換気空調系の管の構造強度に関する説明は、令和2年10月14日付け原規規発第2010147号にて認可された柏崎刈羽原子力発電所第7号機的设计及び工事の計画のV-3-3-5-1-2-2-3「管の強度計算書（可搬型）」による。

VI-3-3-5-1-3 緊急時対策所換気空調系の強度計算書

VI-3-3-5-1-3-1 5号機原子炉建屋内緊急時対策所（対策本部）
陽圧化装置（空気ボンベ）及び5号機原子炉
建屋内緊急時対策所（待機場所）陽圧化装置
（空気ボンベ）の強度計算書

目 次

1. 概要	1
-------------	---

1. 概要

本資料は、5号機原子炉建屋内緊急時対策所（対策本部）陽圧化装置（空気ポンベ）（「7号機設備，6,7号機共用」（以下同じ。））及び5号機原子炉建屋内緊急時対策所（待機場所）陽圧化装置（空気ポンベ）（「7号機設備，6,7号機共用」（以下同じ。））の構造強度が「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」第55条及び第58条に適合することを説明するものである。

5号機原子炉建屋内緊急時対策所（対策本部）陽圧化装置（空気ポンベ）及び5号機原子炉建屋内緊急時対策所（待機場所）陽圧化装置（空気ポンベ）の構造強度に関する説明は、令和2年10月14日付け原規発第2010147号にて認可された柏崎刈羽原子力発電所第7号機の設計及び工事の計画のV-3-3-5-1-3-1「5号機原子炉建屋内緊急時対策所（対策本部）陽圧化装置（空気ポンベ）及び5号機原子炉建屋内緊急時対策所（待機場所）陽圧化装置（空気ポンベ）の強度計算書」による。

VI-3-3-5-1-3-2 管の強度計算書

VI-3-3-5-1-3-2-1 管の基本板厚計算書

まえがき

本資料は、7号機設備、6,7号機共用である緊急時対策所換気空調系の管の構造強度が「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」第55条に適合することを説明するものである。

緊急時対策所換気空調系の管の構造強度に関する説明は、令和2年10月14日付け原規規発第2010147号にて認可された柏崎刈羽原子力発電所第7号機的设计及び工事の計画のV-3-3-5-1-3-2-1「管の基本板厚計算書」による。

VI-3-3-5-1-3-2-2 管の応力計算書

まえがき

本資料は、7号機設備、6,7号機共用である緊急時対策所換気空調系の管の構造強度が「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」第55条に適合することを説明するものである。

緊急時対策所換気空調系の管の構造強度に関する説明は、令和2年10月14日付け原規規発第2010147号にて認可された柏崎刈羽原子力発電所第7号機的设计及び工事の計画のV-3-3-5-1-3-2-2「管の応力計算書」による。

VI-3-3-5-1-3-2-3 管の強度計算書（可搬型）

- (1) 管の強度計算書（可搬型）（完成品を除く）
- (2) 管の強度計算書（可搬型）（完成品として一般産業品の規格及び基準への適合性確認結果）

(1) 管の強度計算書（可搬型）（完成品を除く）

目 次

1. 概要	1
-------------	---

1. 概要

本資料は、7号機設備、6,7号機共用である緊急時対策所換気空調系の管の構造強度が「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」第55条及び第58条に適合することを説明するものである。

緊急時対策所換気空調系の管の構造強度に関する説明は、令和2年10月14日付け原規規発第2010147号にて認可された柏崎刈羽原子力発電所第7号機の設計及び工事の計画のV-3-3-5-1-3-2-3「管の強度計算書（可搬型）」による。

- (2) 管の強度計算書（可搬型）（完成品として一般産業品の規格及び基準への適合性確認結果）

目 次

1. 概要	1
-------------	---

1. 概要

本資料は、7号機設備、6,7号機共用である緊急時対策所換気空調系の管の構造強度が「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」第55条及び第58条に適合することを説明するものである。

緊急時対策所換気空調系の管の構造強度に関する説明は、令和2年10月14日付け原規規発第2010147号にて認可された柏崎刈羽原子力発電所第7号機的设计及び工事の計画のV-3-3-5-1-3-2-3「管の強度計算書（可搬型）」による。

VI-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

VI-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

本書は、工事計画認可申請書に添付する中央制御室隔離ダンパの強度計算について説明するものである。

本書は、以下により構成される。

- (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（7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

目 次

1. 概要 1

1. 概要

本資料は、U41-DAM601A, B (6, 7 号機共用), U41-DAM602A, B (6, 7 号機共用) 及び U41-DAM604A, B (6, 7 号機共用) の強度が「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」第 55 条に適合することを説明するものである。

U41-DAM601A, B (6, 7 号機共用), U41-DAM602A, B (6, 7 号機共用) 及び U41-DAM604A, B (6, 7 号機共用) の強度に関する説明は、令和 2 年 10 月 14 日付け原規規発第 2010147 号にて認可された柏崎刈羽原子力発電所第 7 号機的设计及び工事の計画の V-3-3-5-2-1「中央制御室隔離ダンパの強度計算書」による。

(2) 中央制御室隔離ダンパ（7号機設備）の強度計算書

目 次

1. 概要	1
-------------	---

1. 概要

本資料は、U41-F001A,B（7号機設備，6,7号機共用），U41-F002A,B（7号機設備，6,7号機共用）及びU41-F003A,B（7号機設備，6,7号機共用）の強度が「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」第55条に適合することを説明するものである。

U41-F001A,B（7号機設備，6,7号機共用），U41-F002A,B（7号機設備，6,7号機共用）及びU41-F003A,B（7号機設備，6,7号機共用）の強度に関する説明は，令和2年10月14日付け原規規発第2010147号にて認可された柏崎刈羽原子力発電所第7号機的设计及び工事の計画のV-3-3-5-2-1「中央制御室隔離ダンパの強度計算書」による。

VI-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

本書は、工事計画認可申請書に添付する中央制御室外気取入れ・排気ダクトの強度計算について説明するものである。

本書は、以下により構成される。

- (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（7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

目 次

1. 概要 1

1. 概要

本資料は、中央制御室換気空調系（中央制御室外気取入ダクト）（6,7号機共用）及び中央制御室換気空調系（中央制御室排気ダクト）（6,7号機共用）の強度が「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」第55条に適合することを説明するものである。

中央制御室換気空調系（中央制御室外気取入ダクト）及び中央制御室換気空調系（中央制御室排気ダクト）の強度に関する説明は、令和2年10月14日付け原規規発第2010147号にて認可された柏崎刈羽原子力発電所第7号機的设计及び工事の計画の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」による。

(2) 中央制御室外気取入れ・排気ダクト（7号機設備）の強度計算書

目 次

1. 概要	1
-------------	---

1. 概要

本資料は、中央制御室換気空調系（中央制御室外気取入ダクト）（7号機設備，6,7号機共用）及び中央制御室換気空調系（中央制御室排気ダクト）（7号機設備，6,7号機共用）の強度が「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」第55条に適合することを説明するものである。

中央制御室換気空調系（中央制御室外気取入ダクト）及び中央制御室換気空調系（中央制御室排気ダクト）の強度に関する説明は、令和2年10月14日付け原規規発第2010147号にて認可された柏崎刈羽原子力発電所第7号機の設計及び工事の計画の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」による。

VI-3-3-6 原子炉格納施設の強度に関する説明書

VI-3-3-6-1 原子炉格納容器の強度計算書

VI-3-3-6-1-1 原子炉格納容器本体の強度計算書

VI-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13033号にて認可された工事計画の添付書類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、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びVI-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。

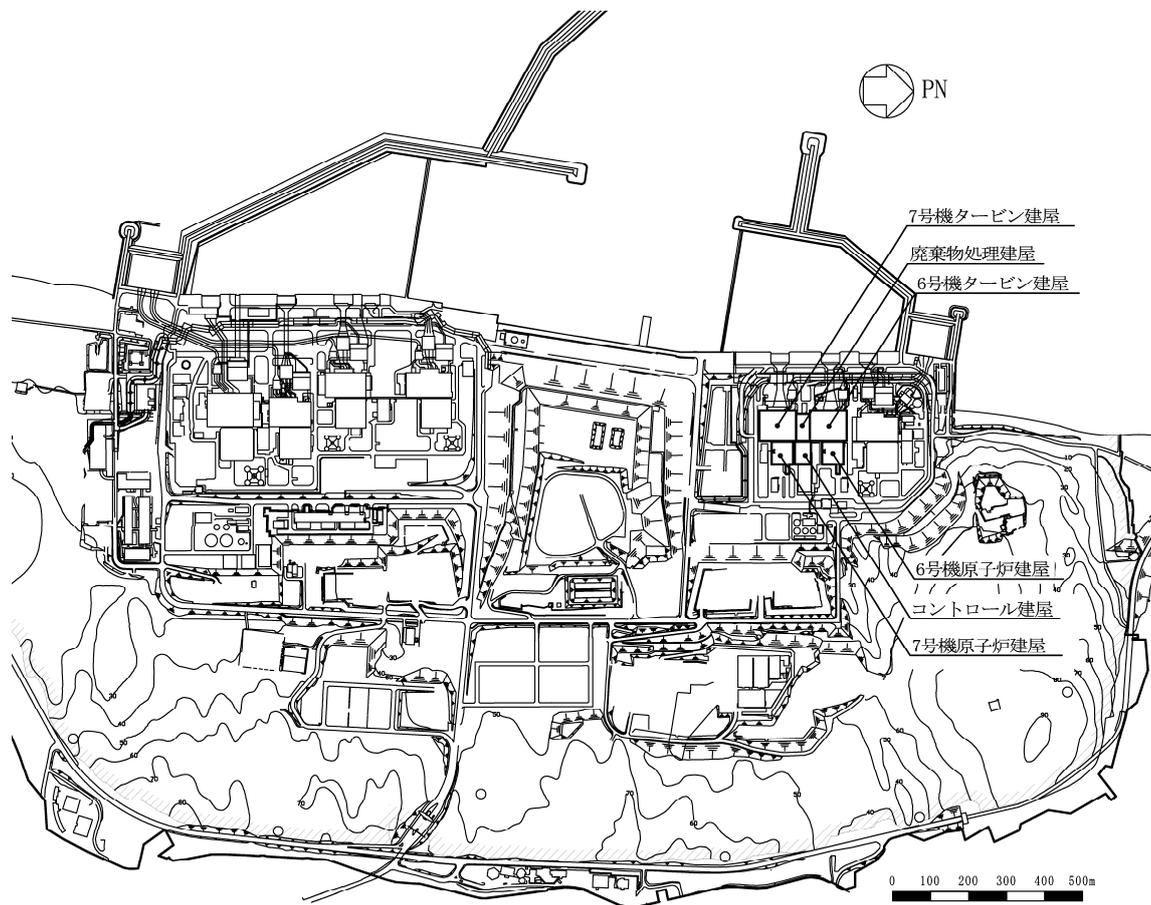


図 2-1 原子炉格納容器を含む原子炉建屋の設置位置

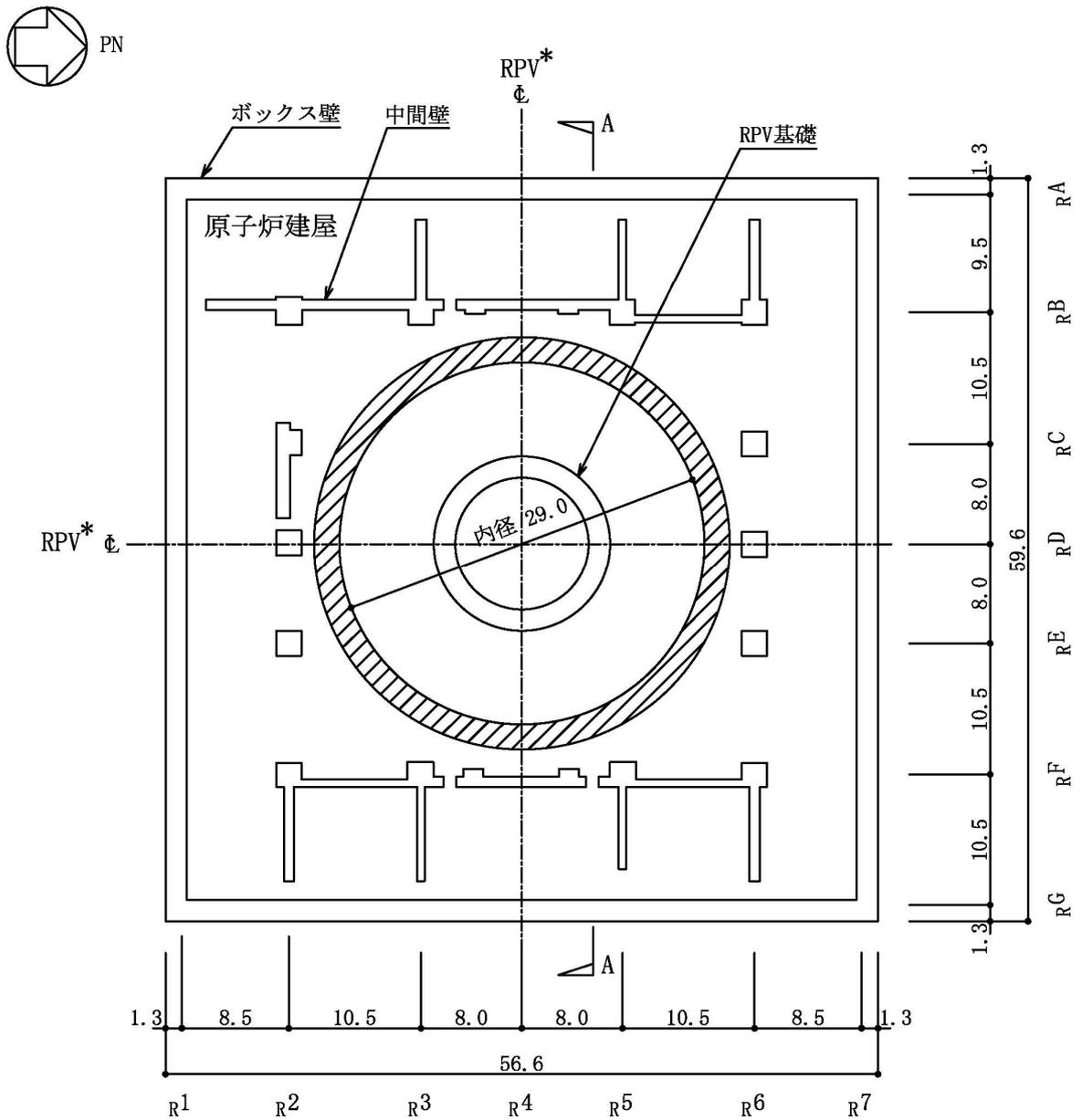
2.2 構造概要

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、ドライウエ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エルとサブレーションチェンバに区分されている。

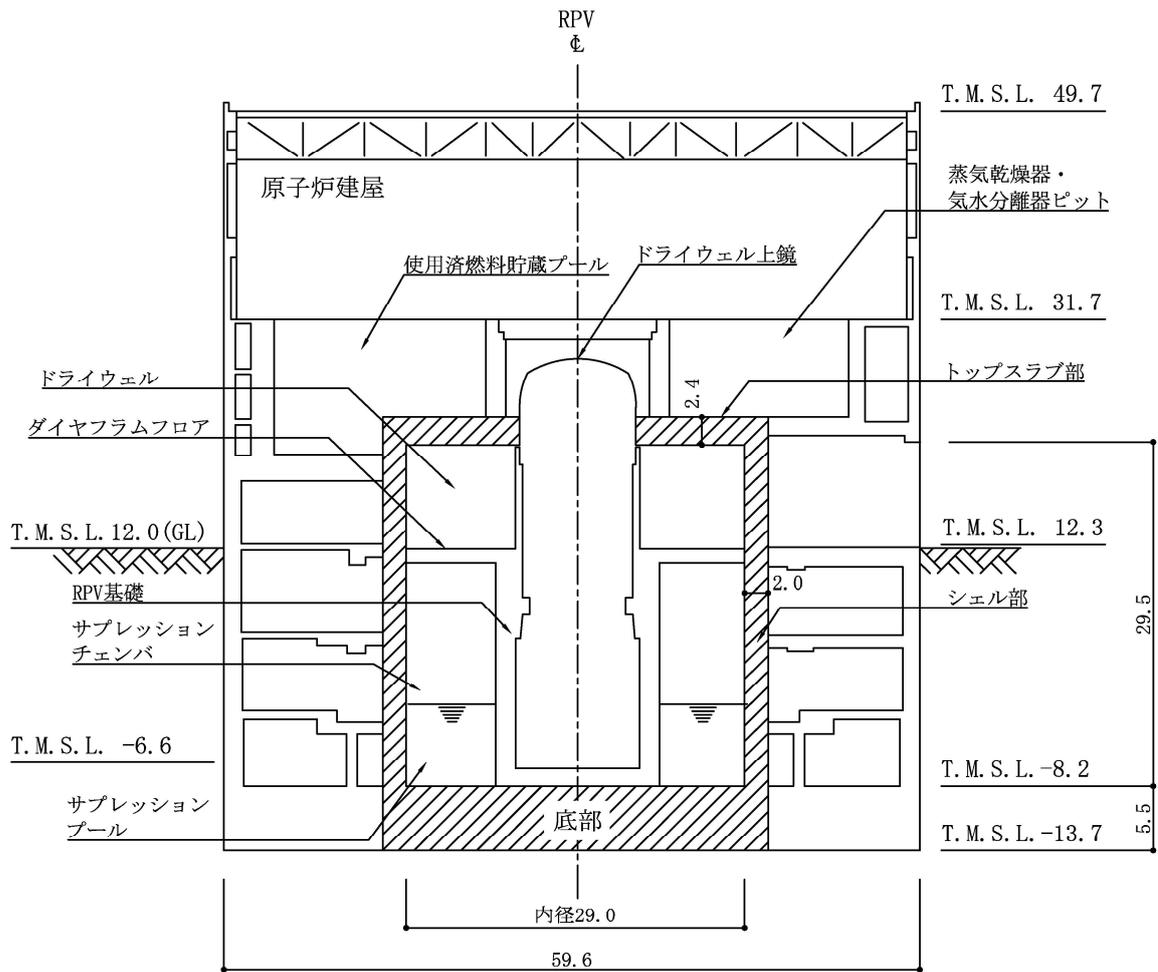


注 1 : ハッチング部分は, RCCV を示す。

注 2 : 東京湾平均海面を, 以下「T.M.S.L.」という。

注記* : 原子炉圧力容器を, 以下「RPV」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 4 5 2 号）（以下「告示第 4 5 2 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，VI-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/m³
- ・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/m²

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 J E A G 4 6 0 1 -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。

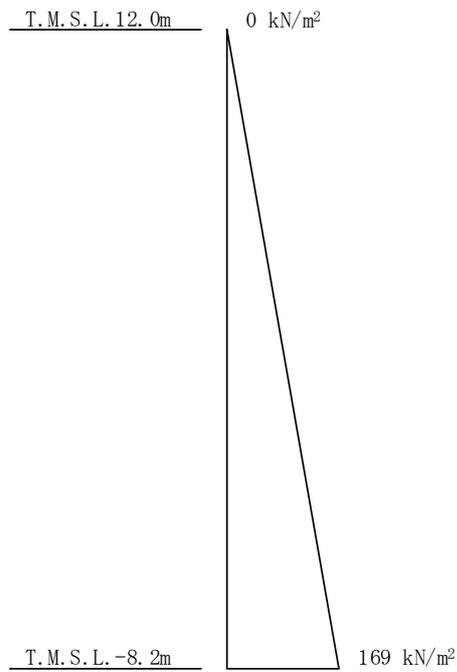


図 3-1 静止土圧による荷重分布

(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、VI-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。

$$P_{SA1} = 620\text{kPa}^{*1} \dots\dots\dots (3. 1)$$

$$P_{SA2} = 310\text{kPa}^{*2} \dots\dots\dots (3. 2)$$

注記*1 : VI-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 : VI-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})

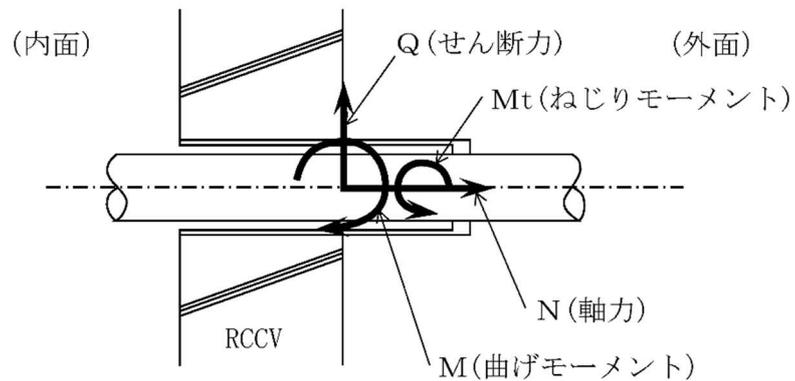
記号	配管	N (kN)	Q (kN)	M_t (kN·m)	M (kN·m)
R_{SA}	主蒸気配管	1177	197	393	785
	給水配管	393	148	295	491

注 1 : N, Q, M_t 及び 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 (H_{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、VI-3-3-6-1-1-2「原子炉格納容器ライナ部の強度計算書」、VI-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」等における水位と整合している。

- ・ 下部ドライウエル 水深
- ・ サプレッションプール 水深

d. 水力的動的荷重 (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的動的荷重は、VI-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的荷重」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})
- ・ 蒸気凝縮振動荷重 (H_{SA21})
- ・ チャギング荷重 (H_{SA22})

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} 及び 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 4 5 2 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/mm²)

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/mm²)

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の概要については、VI-3「強度に関する説明書」のうち別紙「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。

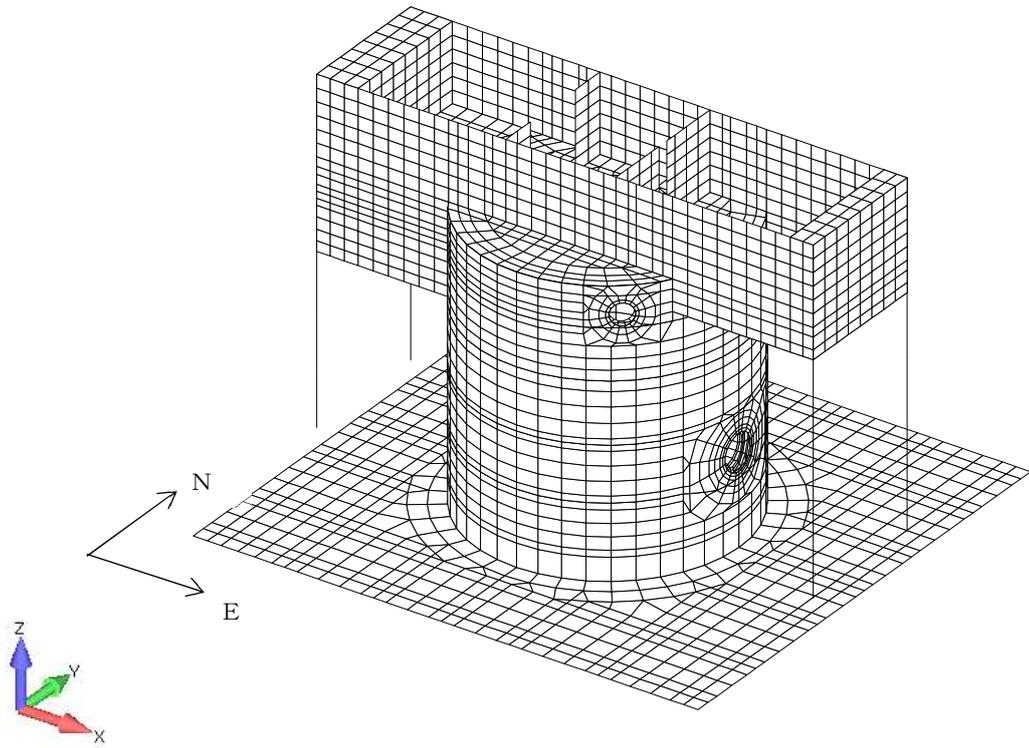
各要素には、板の曲げと膜応力を同時に考えるが、板の曲げには面外せん断変形の影響も考慮する。

解析モデルの節点数は8201、要素数は11507である。

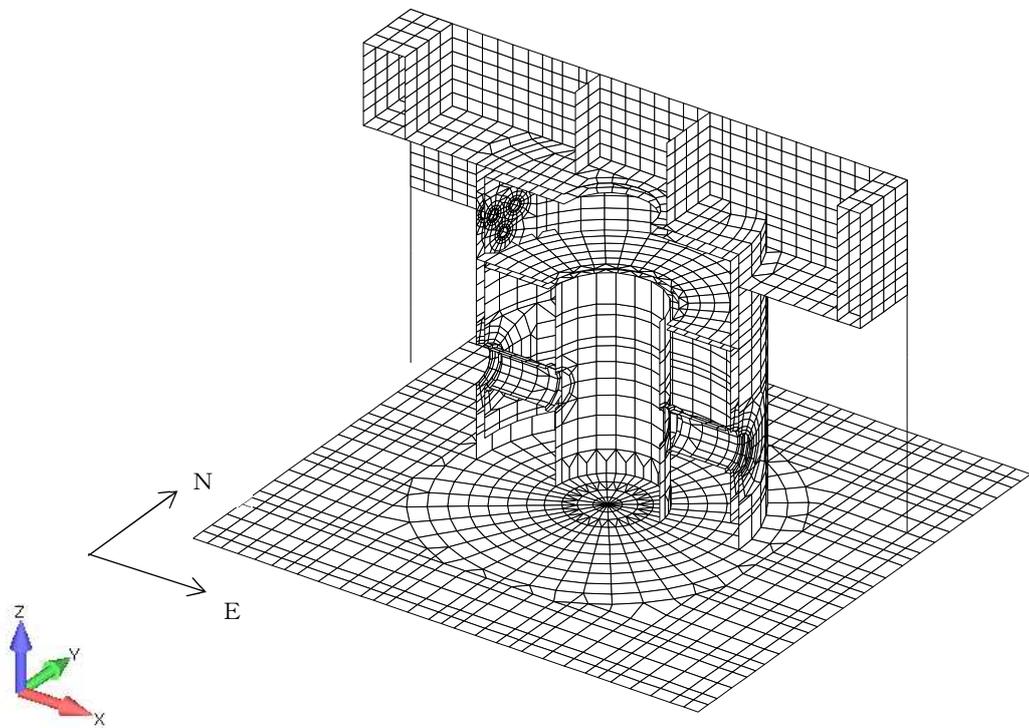
(3) 境界条件

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。

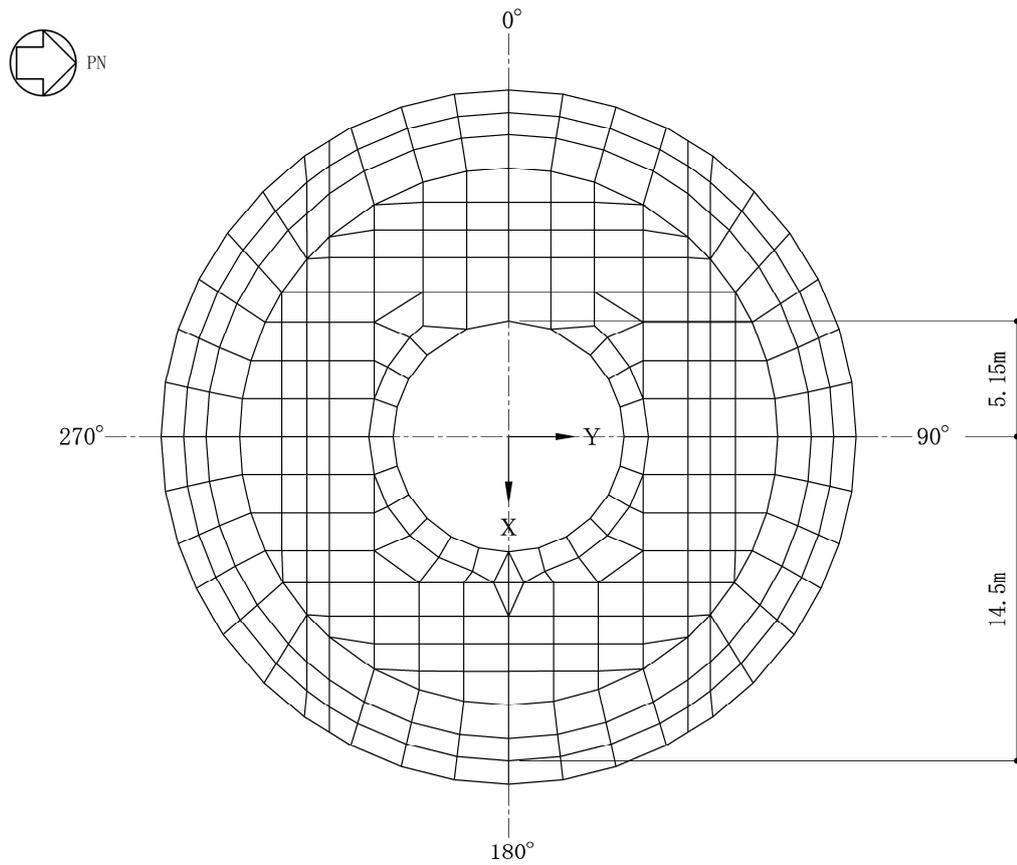


(a) 全体鳥瞰図

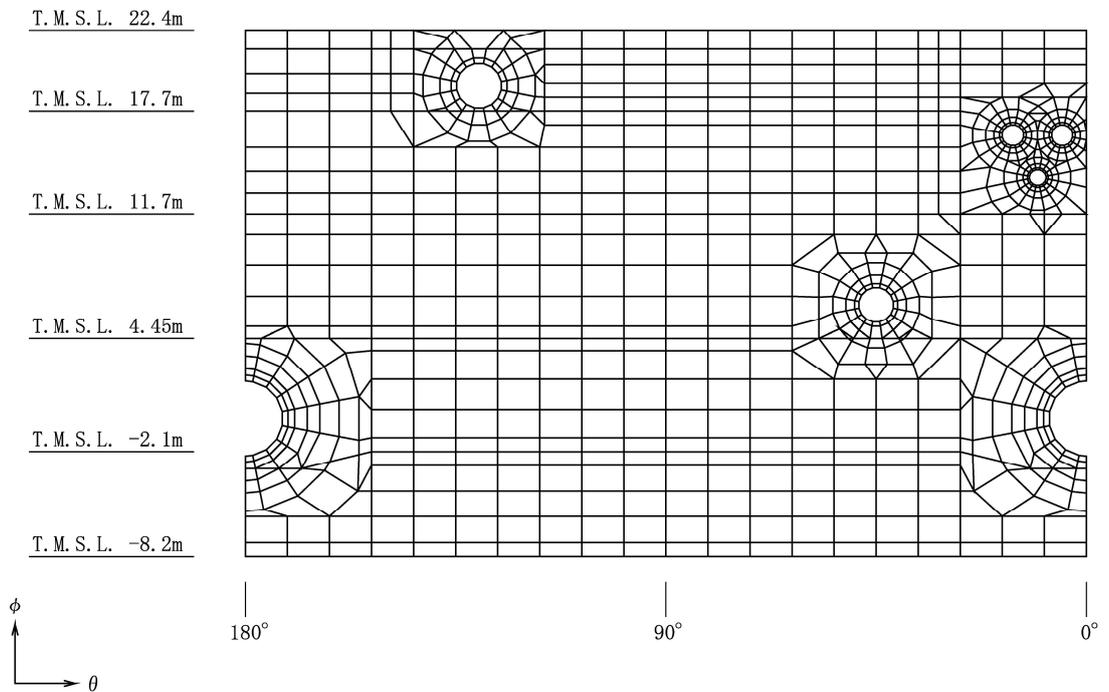


(b) 全体断面図

図 3-2 解析モデル (1/3)



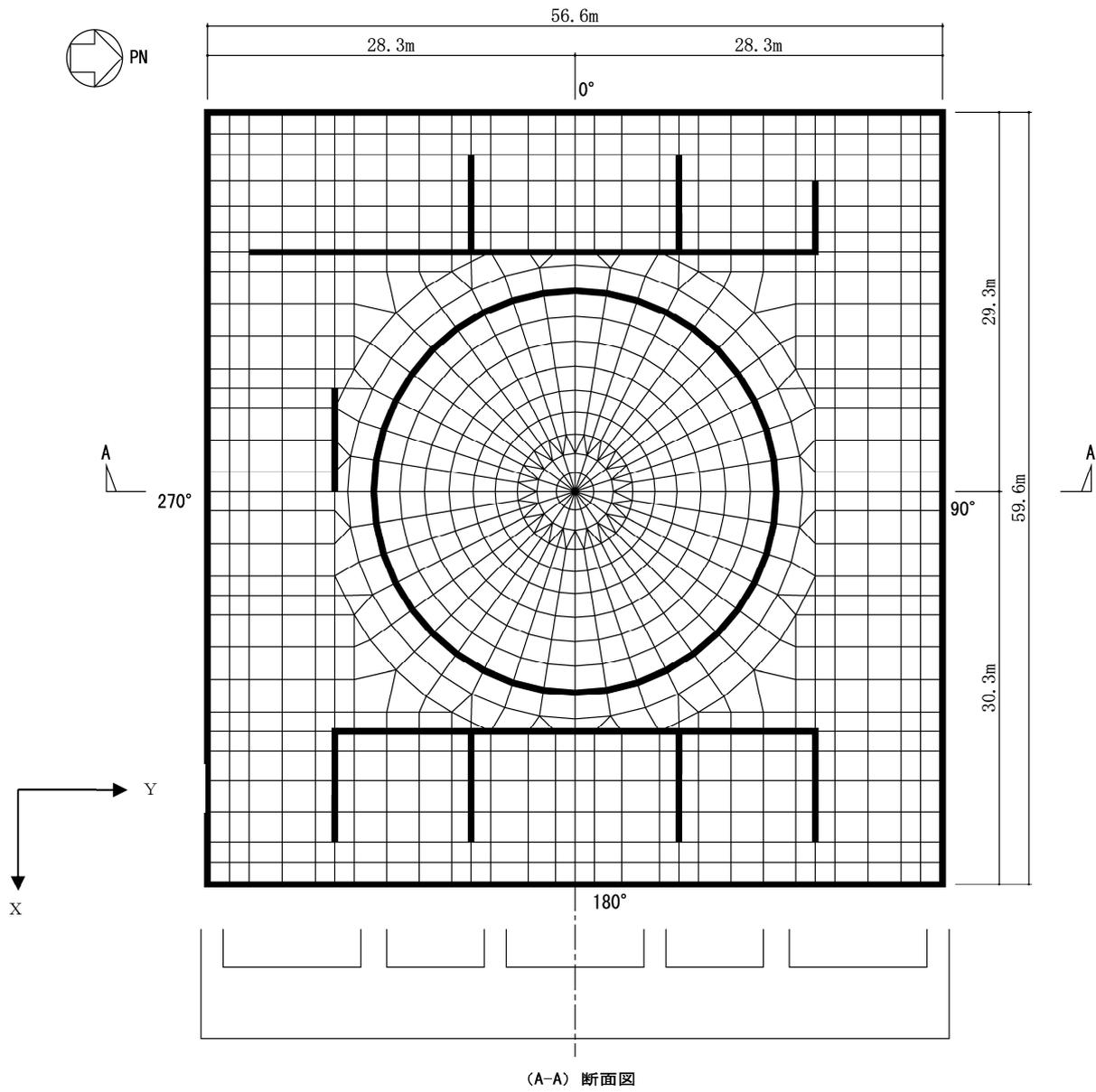
(c) トップスラブ部要素分割図



(d) シェル部要素分割図 (90° 側)

図 3-2 解析モデル (2/3)

K6 ① VI-3-3-6-1-1-1 R0



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/mm²) に基づく。

*2 : 剛性はコンクリートの実強度 (39.2N/mm²) に基づく。

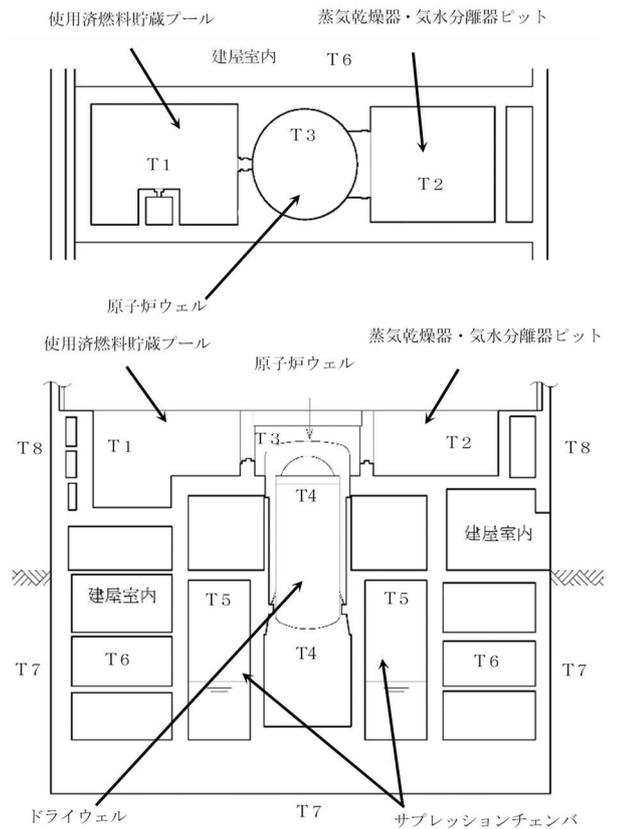
表 3-7 鉄筋の物性値

(単位 : N/mm²)

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

(単位：°C)

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	原子炉ウエル	77* ¹
T 4	ドライウエル	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 : VI-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による。

*2 : VI-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による。

*3 : 平成4年3月27日付け3資庁第13033号にて認可された工事計画の添付書類IV-1-3「原子炉格納施設の基礎に関する説明書」に基づく温度による。

*4 : VI-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による。

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 (°C)	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 (°C)	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/mm²) に基づく。

*2 : 低減前の剛性はコンクリートの実強度 (39.2N/mm²) に基づく。

表 3-10 鉄筋の降伏点の低減率

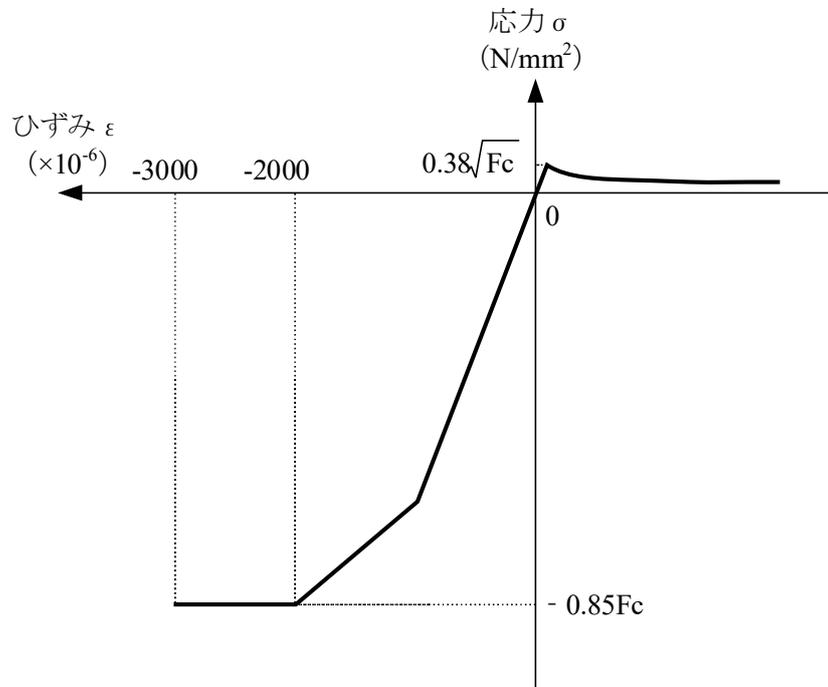
要素の平均温度 (°C)	降伏点 低減率	降伏点 (N/mm ²)	
		SD35 (SD345相当)	SD40 (SD390相当)
20~65	1.00	345	390
100	1.00	345	390
200	1.00	345	390

表 3-11 鉄筋の剛性の低減率

要素の平均温度 (°C)	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

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	$-0.85 F_c$ (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	$\sigma_t = 0.38 \sqrt{F_c}$ (「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)

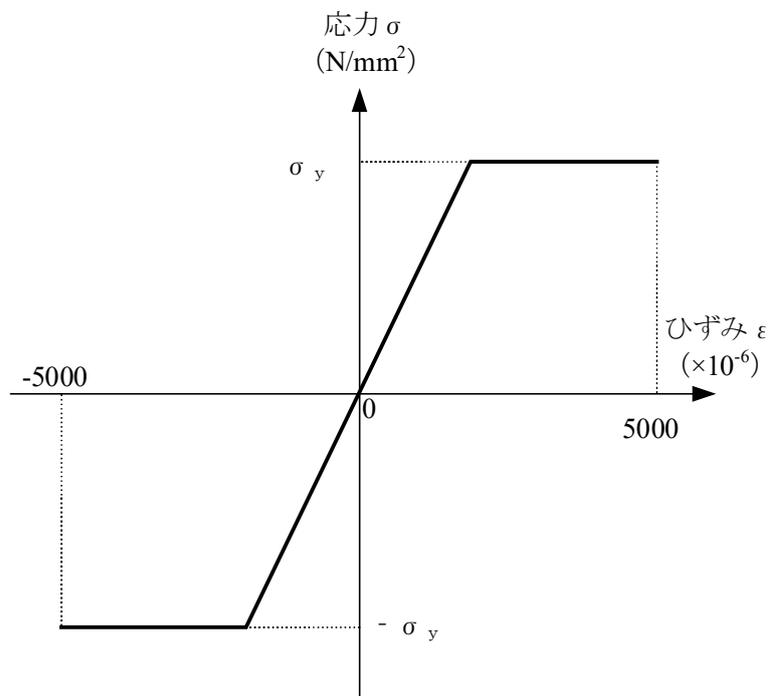
注1 : 引張方向の符号を正とする。

注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)

- ・ 鉄筋の構成則：バイリニア型
- ・ 終局ひずみ： $\pm 5000 \times 10^{-6}$ （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。

注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

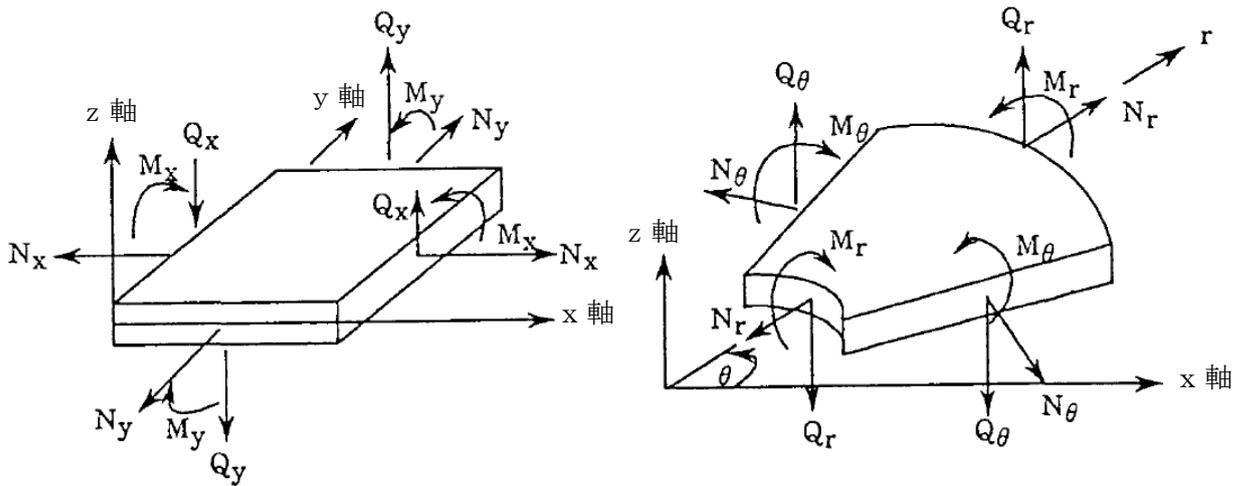
3.5.1 応力解析方法

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

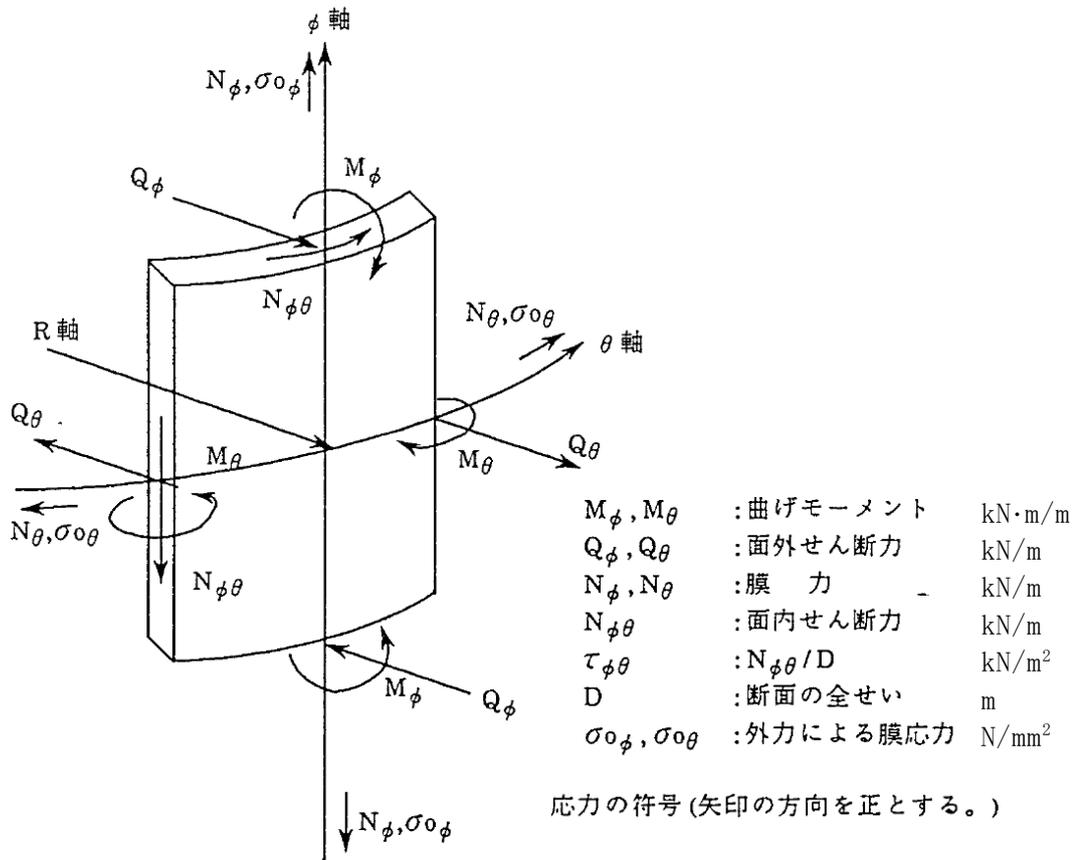
RCCV の断面の評価に用いる応力は、3次元 FEM モデルを用いた応力解析により得られた各荷重による断面力（軸力、曲げモーメント及びせん断力）とする。トップスラブ部、底部及びシェル部の断面力成分を図 3-5 に示す。



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



(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。

$$N_{\phi}^* = N_{\phi} \pm |N_{\phi\theta}| \dots\dots\dots (3.3)$$

$$N_{\theta}^* = N_{\theta} \pm |N_{\phi\theta}| \dots\dots\dots (3.4)$$

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)

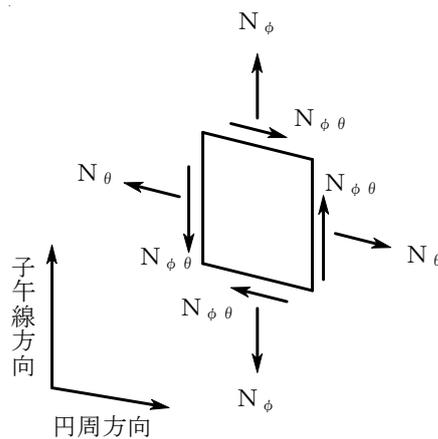


図3-6 膜力と面内せん断力の関係図

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。

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

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

ここで、

τ_u : 終局面内せん断応力度 (N/mm²)

$p_{t\phi}$: 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/mm²) (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/mm²) (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/mm²)

F_c : コンクリートの設計基準強度 (N/mm²)

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。

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

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

ここで、

τ_R : 終局面外せん断応力度(N/mm²)

p_t : 主筋の鉄筋比

σ_0 : 外力による膜応力度(N/mm²) (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

$$p_w = a_w / (b \cdot x) \quad \dots \dots \dots (\text{CVE-3513.2-3})$$

a_w : 面外せん断力に対する補強筋の断面積(mm²)

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)

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

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/mm²)

F_c : コンクリートの設計基準強度(N/mm²)

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。

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

ここで、

τ_H : 終局面外せん断応力度 (N/mm²)

$p_{t\theta}$: 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

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

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/mm²)

(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。

$$Q_A = b \cdot j \cdot c f_s \quad \dots\dots\dots (CVE-3522-1)$$

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/mm²)

$$Q_A = b \cdot j \{ \alpha \cdot c f_s + 0.5 \cdot w f_t (p_w - 0.002) \} \dots\dots (CVE-3522-2)$$

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)

$$p_w = a_w / (b \cdot x) \quad \dots\dots\dots (CVE-3522-3)$$

- a_w : 面外せん断力に対する補強筋の断面積(mm²)
- 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/mm²)

- 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/mm²を超える場合は1とする。)

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

- 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。

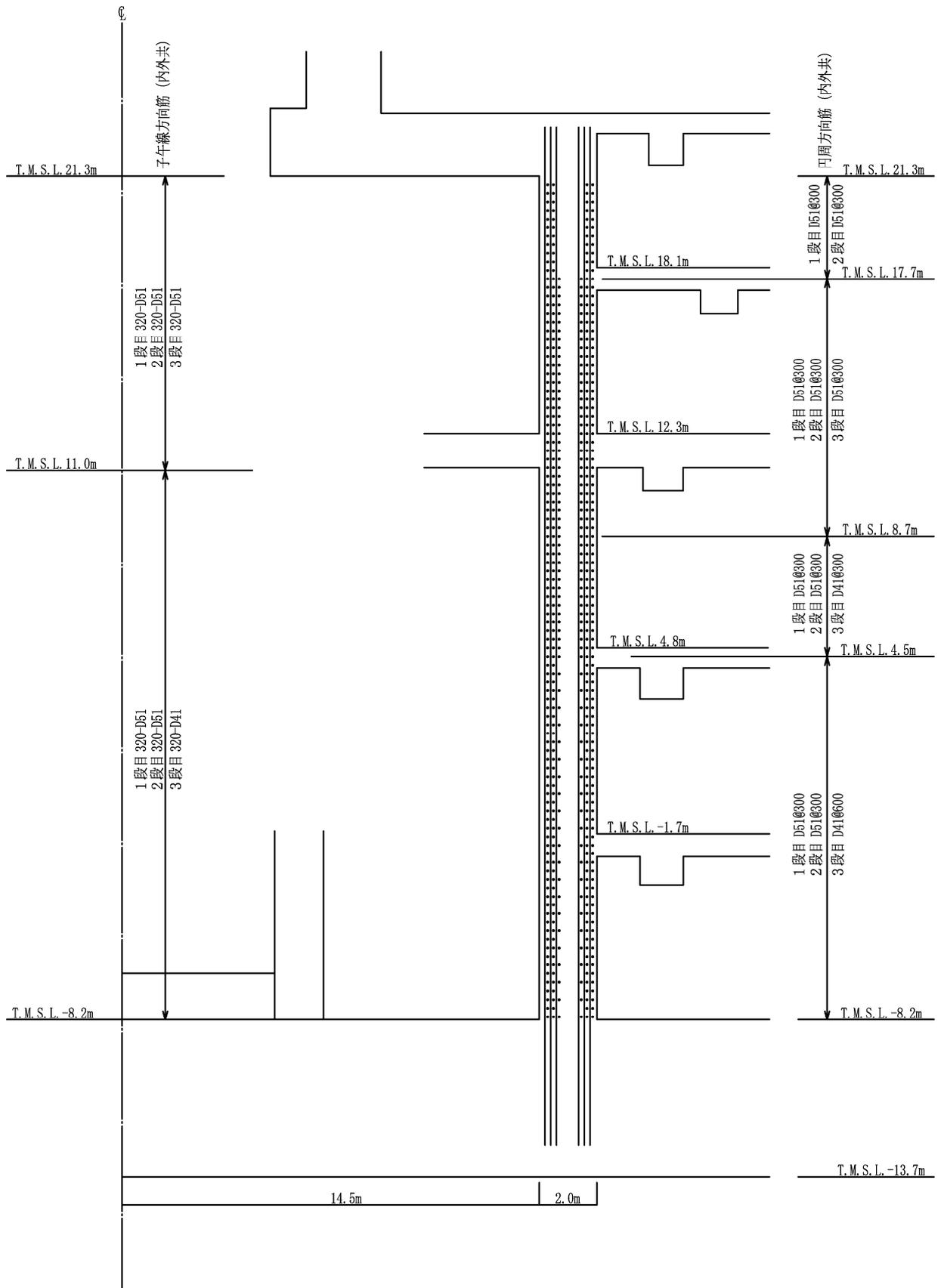


図 4-1 配筋領域図 (シェル部)

表 4-1 配筋一覧 (シェル部)

(a) 子午線 (ϕ) 方向

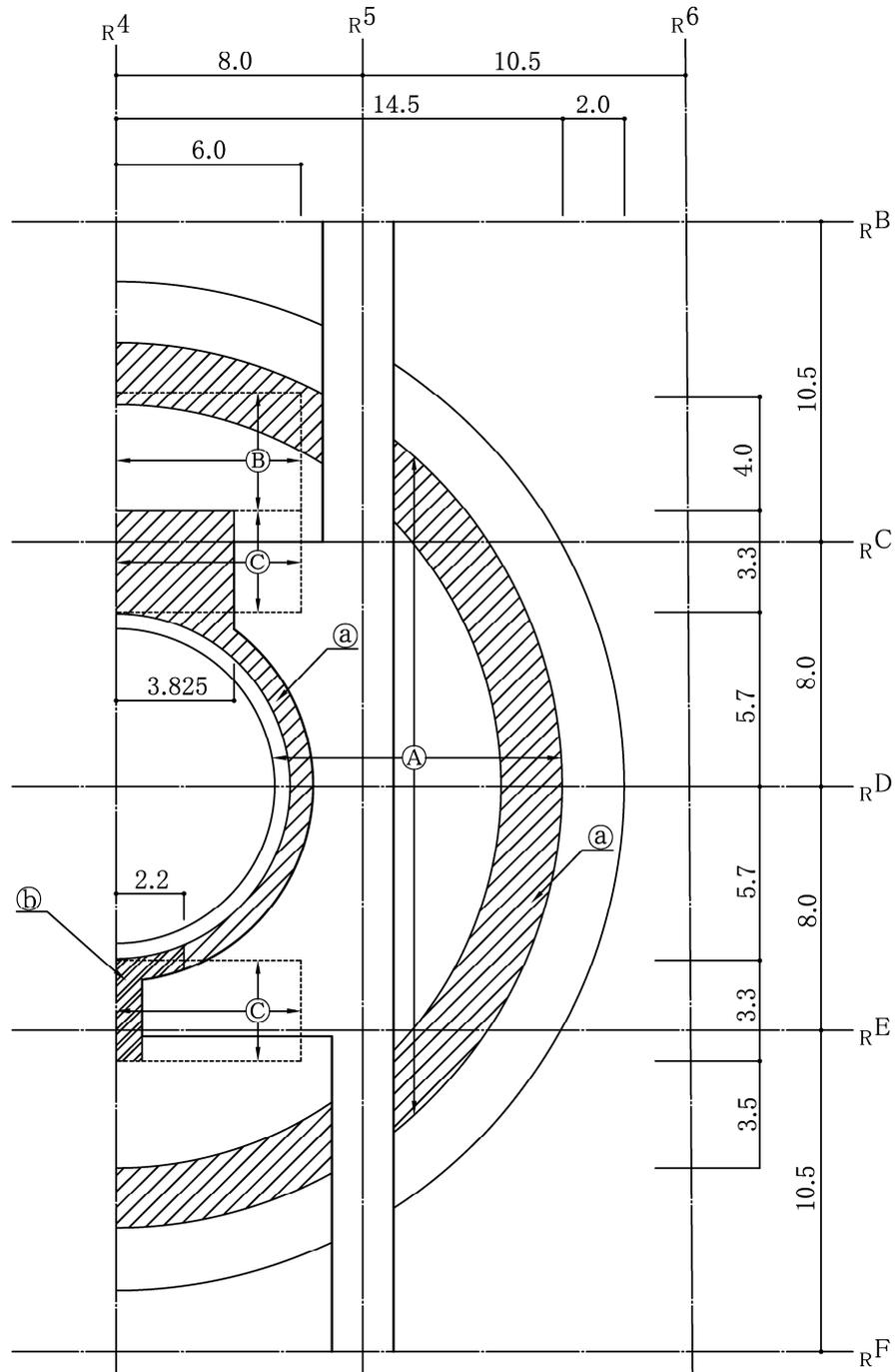
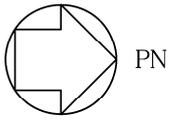
T. M. S. L. (m)	配筋*
21.3	3×320-D51
11.0	2×320-D51 + 1×320-D41
-8.2	

注記* : 内側及び外側とも, 同一配筋である。

(b) 円周 (θ) 方向

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

注記* : 内側及び外側とも, 同一配筋である。



注：配筋は R4 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)

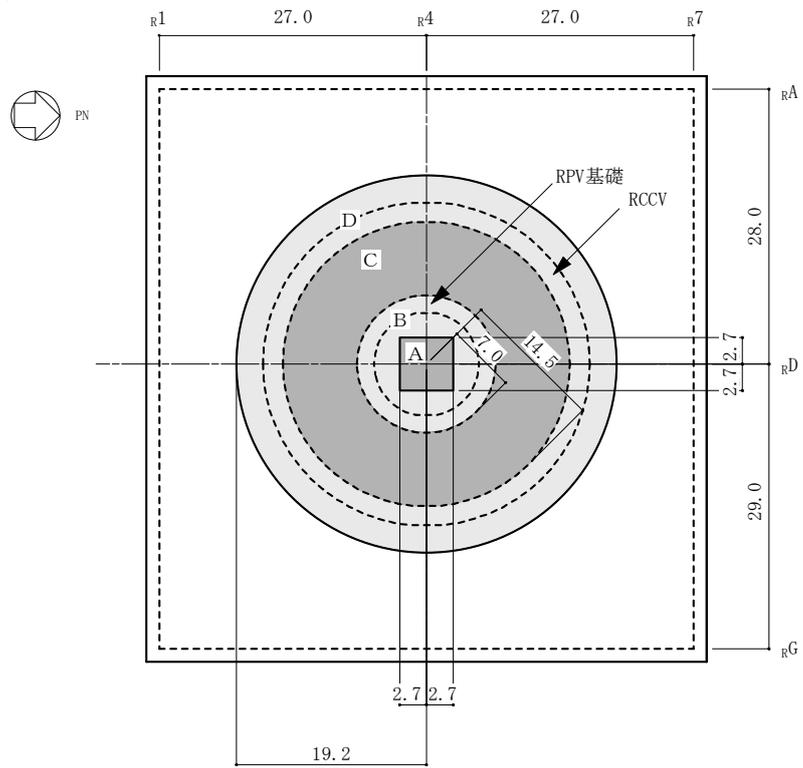
(a) 主筋

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

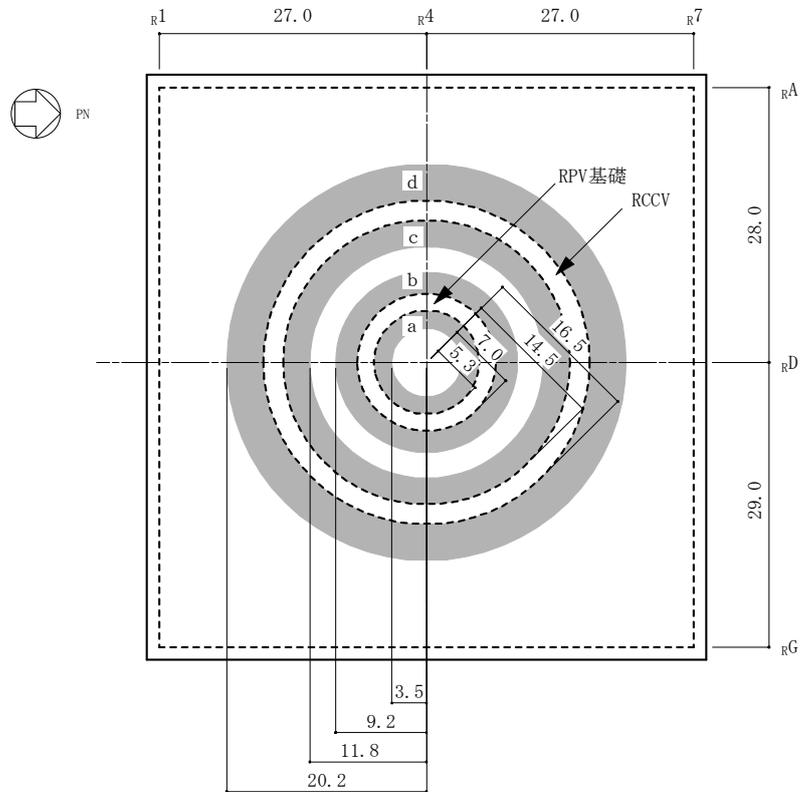
注記* : 上ば筋及び下ば筋とも、同一配筋である。

(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

图 4-3 配筋領域図 (底部) (单位 : m)

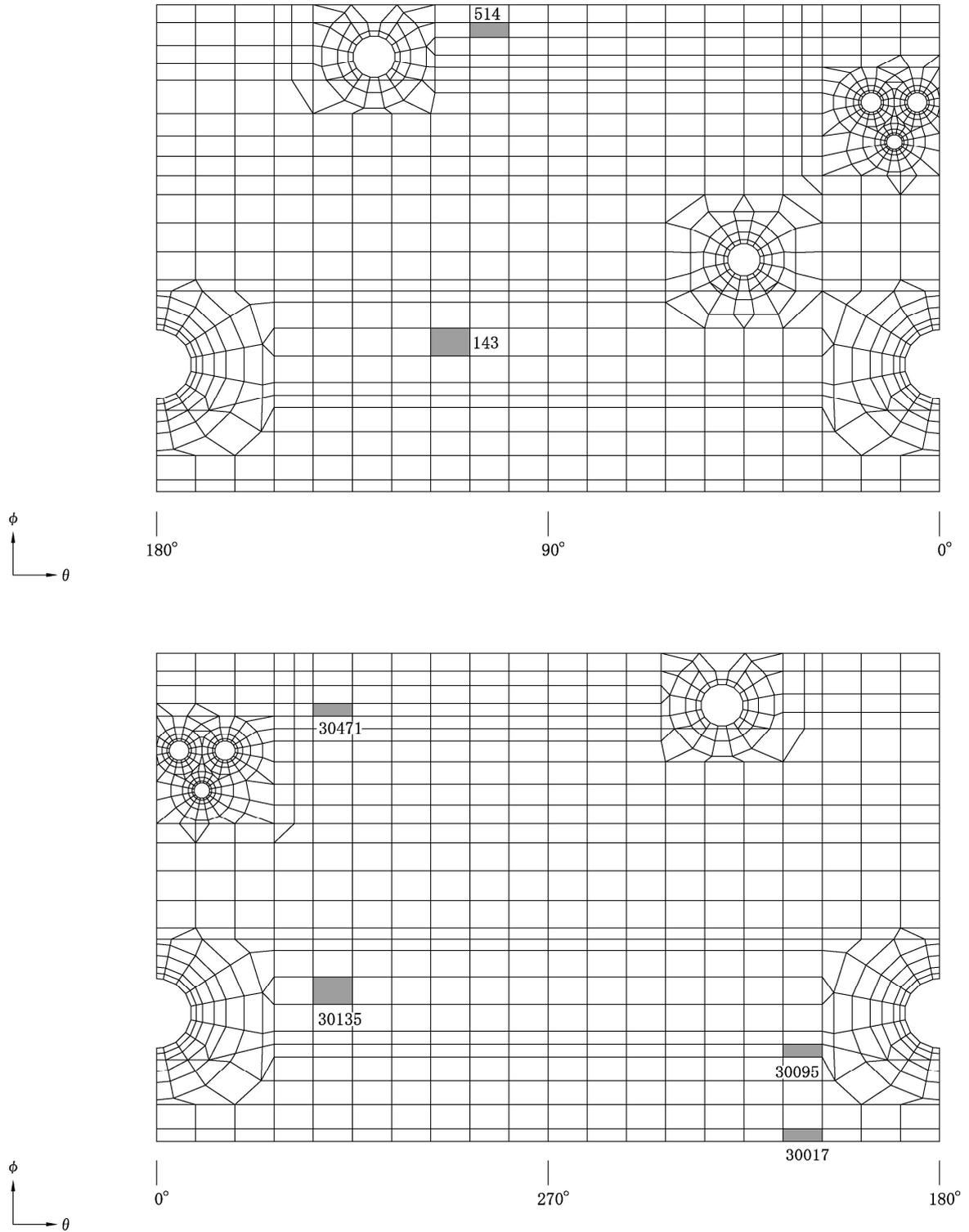
表 4-3 配筋一覧 (底部)

(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

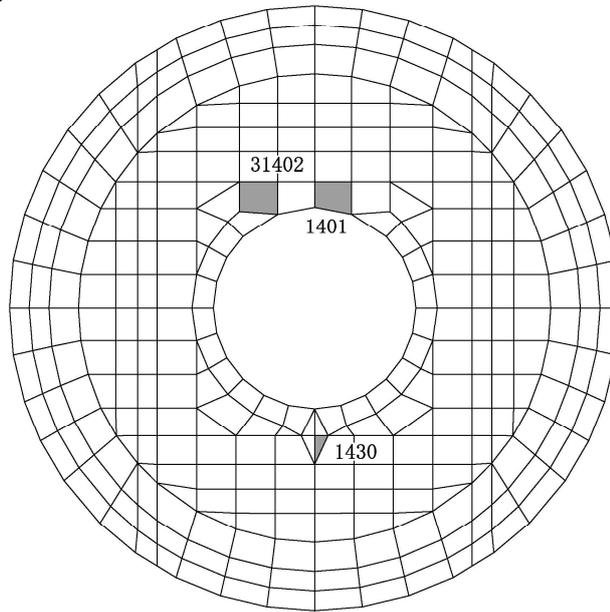
(b) せん断補強筋

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

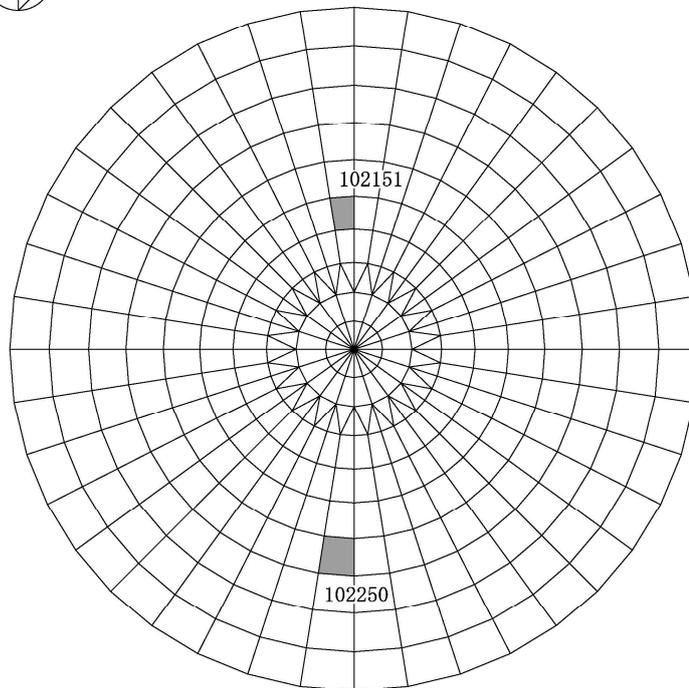


(a) シェル部

図 4-4 選定した要素の位置 荷重状態 V・異常時(1) (1/2)

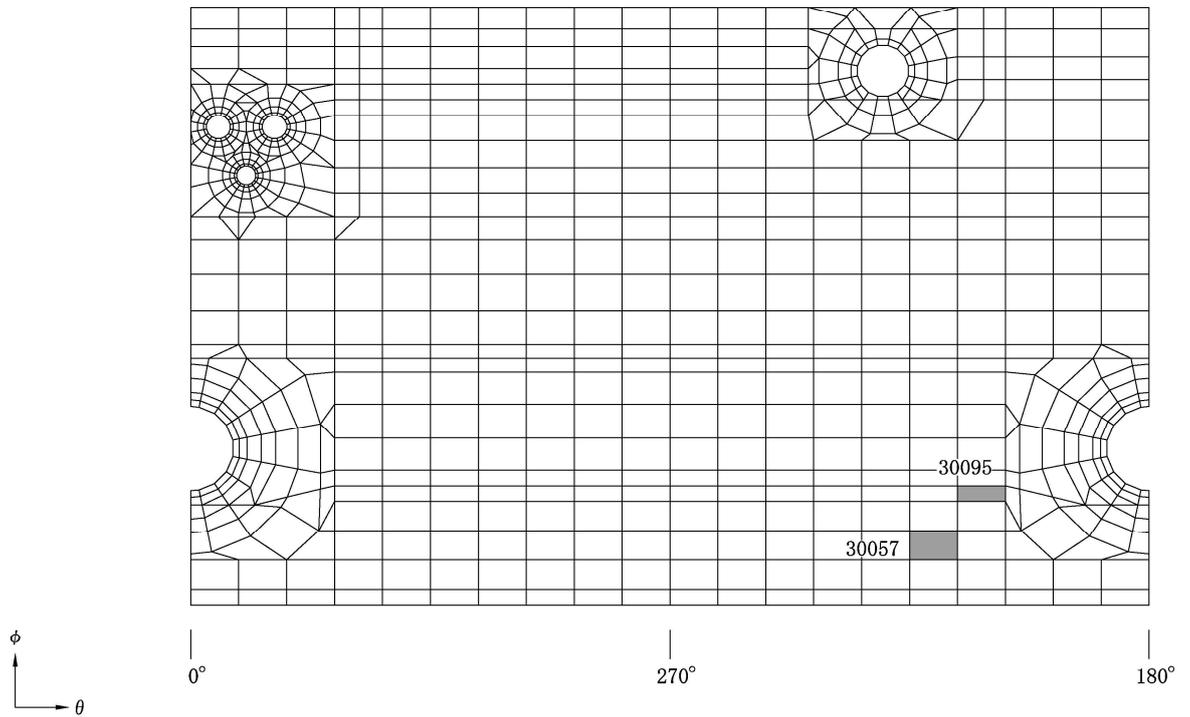
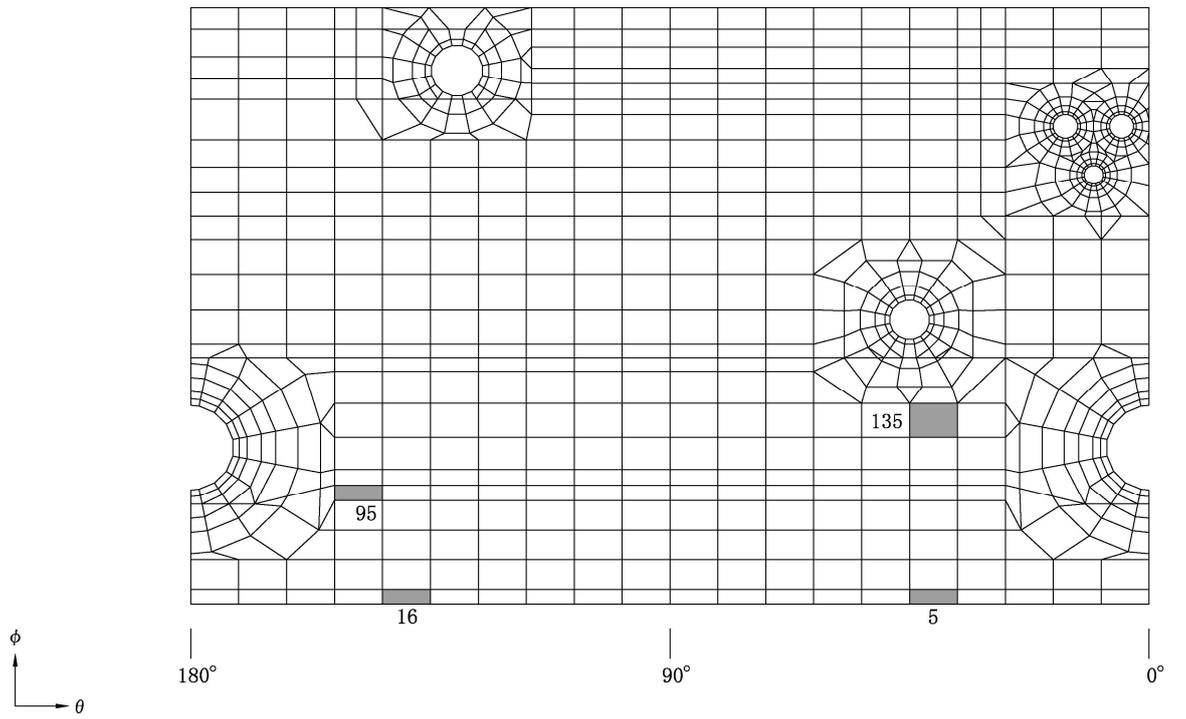


(b) トップスラブ部



(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)

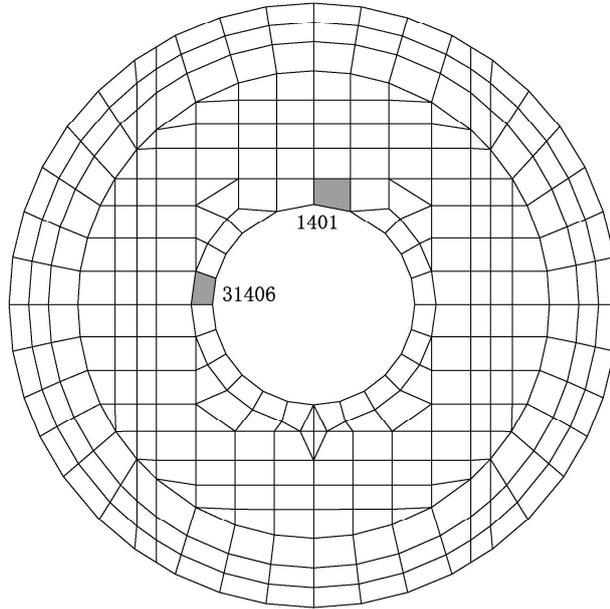


(a) シェル部

図 4-5 選定した要素の位置 荷重状態 V・異常時(2) (1/2)



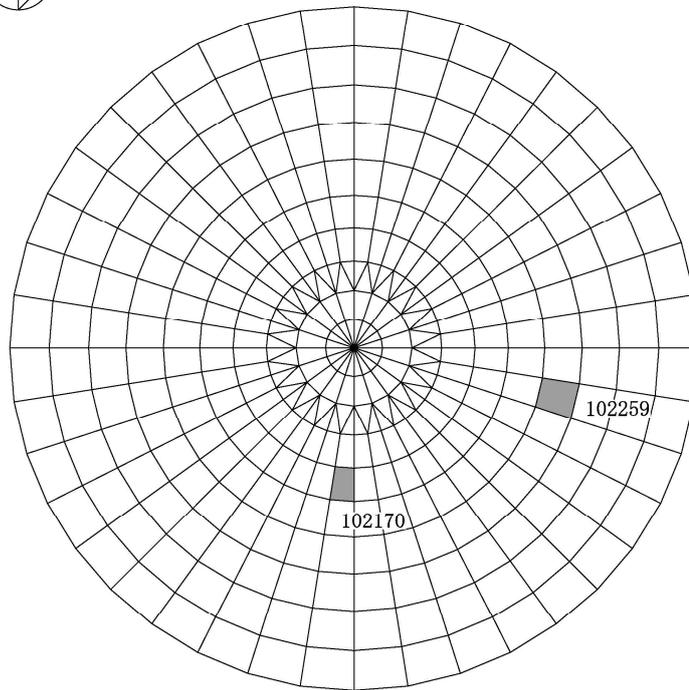
PN



(b) トップスラブ部

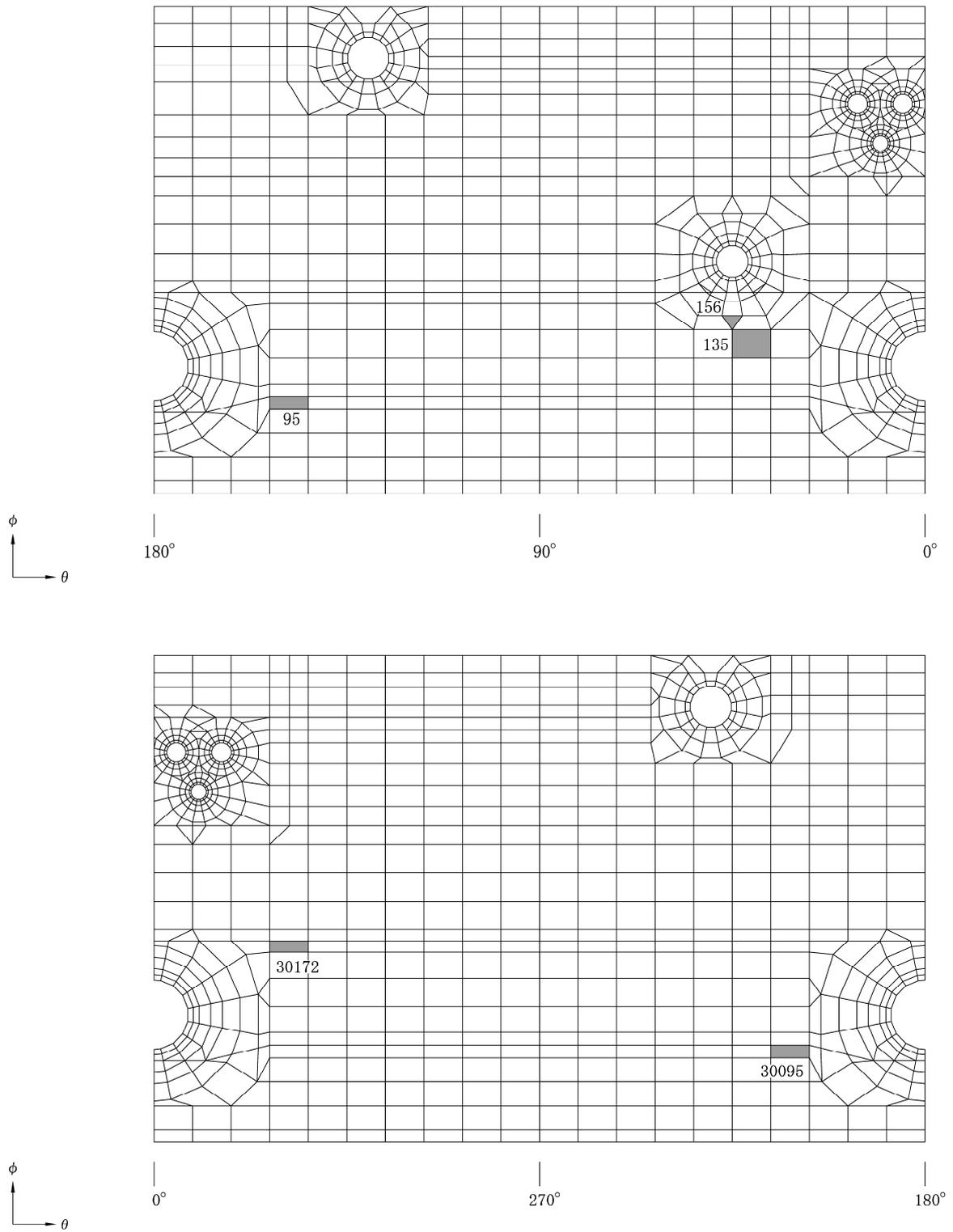


PN



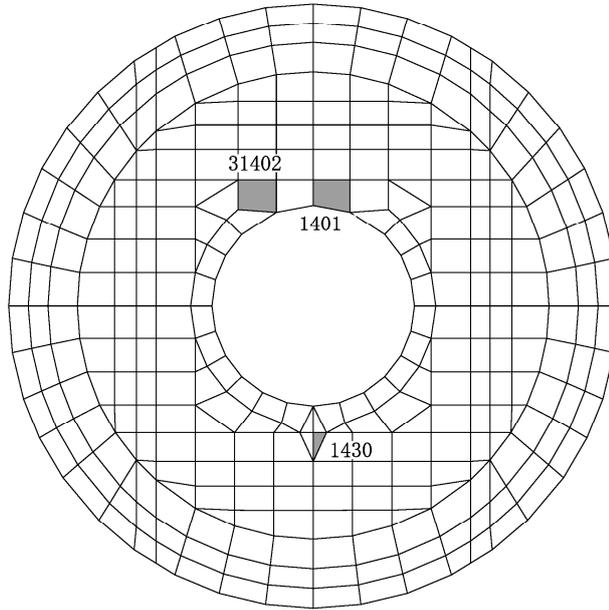
(c) 底部

図 4-5 選定した要素の位置 荷重状態 V・異常時(2) (2/2)

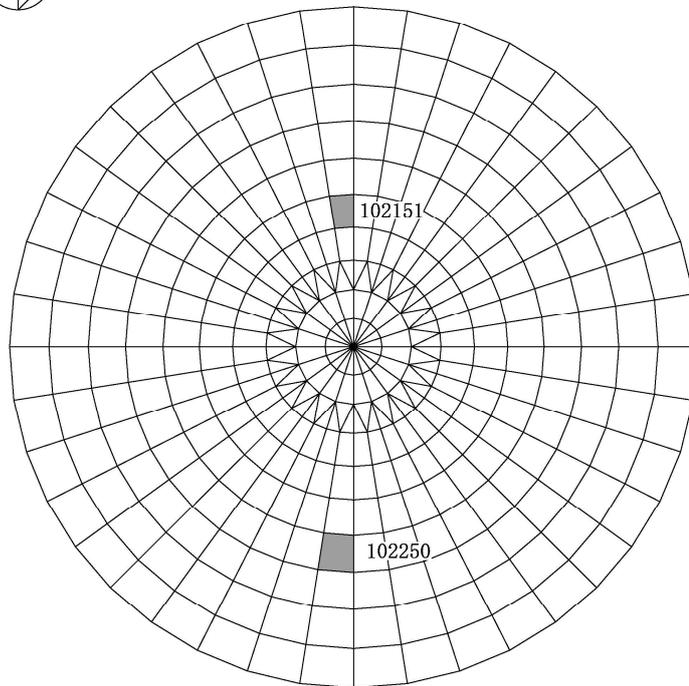


(a) シェル部

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	143	0.179	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	円周	30135	0.370	5.00
	膜力	圧縮応力度 (N/mm^2)	子午線	30095	1.03	21.4
	面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm^2)	—	30471	0.779	5.09
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	子午線	514	0.707	2.03
	基部面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	子午線	30017	0.687	2.11
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	0.404	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	NS	1430	0.473	5.00
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	NS	31402	1.68	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	102151	0.200	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	EW	102151	0.146	5.00
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	放射	102250	0.736	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	30057	0.167	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	円周	135	0.219	5.00
	膜力	圧縮応力度 (N/mm^2)	子午線	30095	1.74	21.4
	面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm^2)	—	95	0.610	5.36
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	子午線	5	0.605	2.12
	基部面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	子午線	16	0.610	2.11
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	0.101	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	NS	1401	0.0750	5.00
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	NS	31406	0.707	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	102170	0.141	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	EW	102170	0.0874	5.00
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	放射	102259	0.451	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	135	0.306	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	円周	156	0.415	5.00
	膜力	圧縮応力度 (N/mm^2)	子午線	30095	1.41	21.4
	面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm^2)	—	95	1.14	5.23
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	子午線	30172	0.932	1.94
	基部面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	子午線	30172	0.932	2.11
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	0.407	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	NS	1430	0.470	5.00
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	NS	31402	1.69	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	102151	0.278	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	EW	102151	0.239	5.00
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	放射	102250	0.845	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エ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。

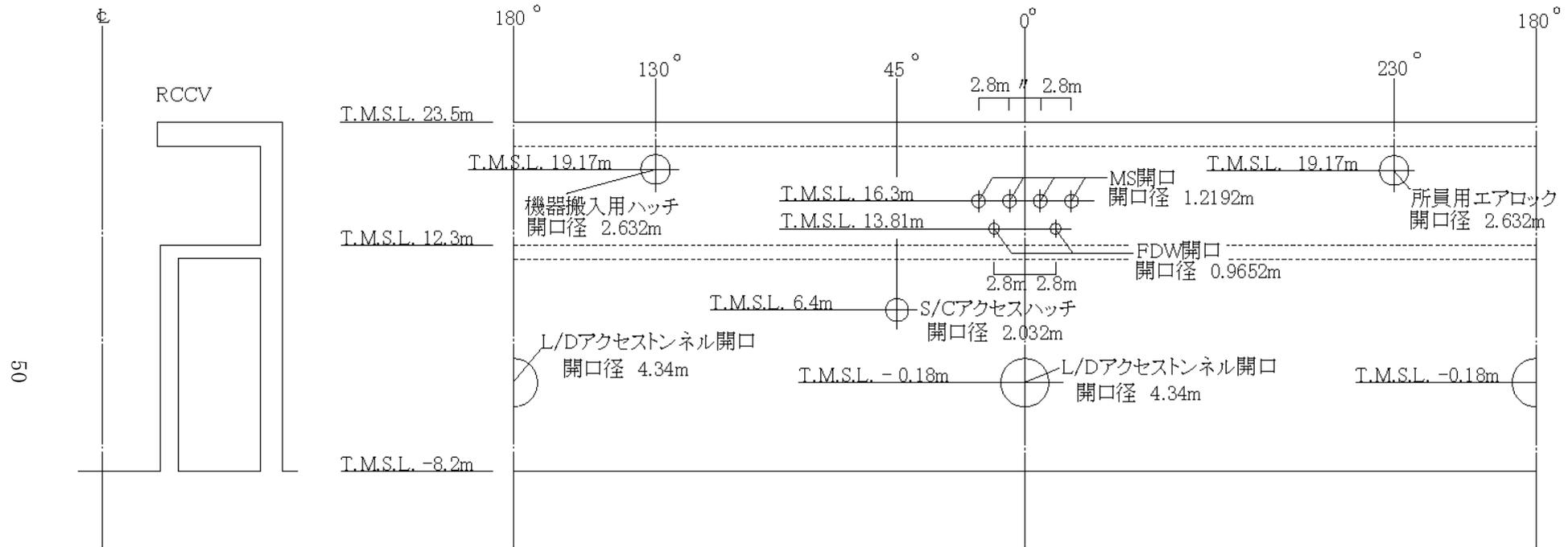


図 5-1 主要な開口の配置及び形状寸法

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。

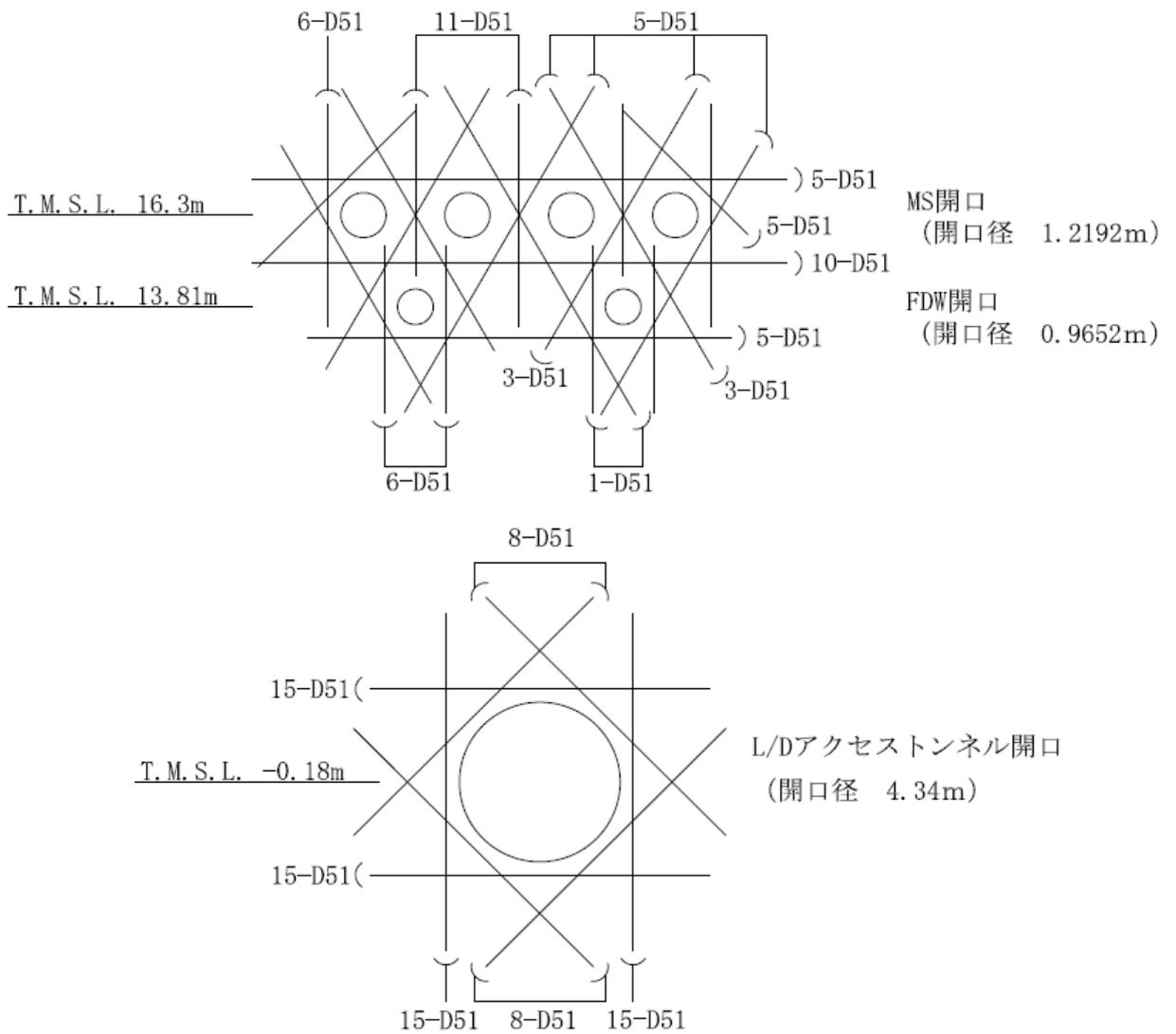
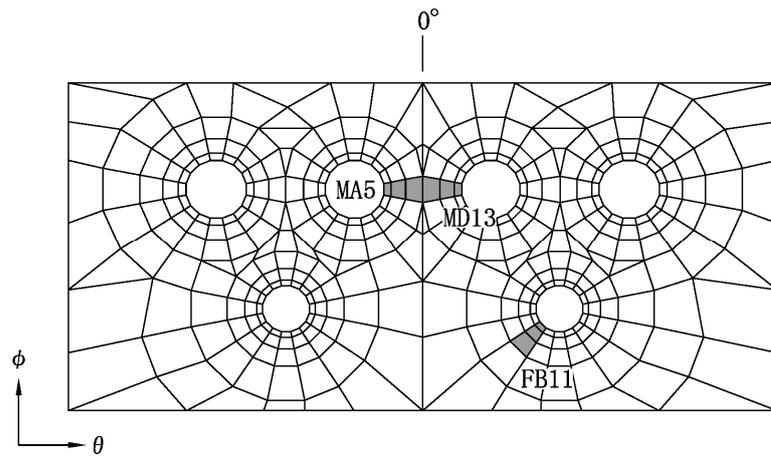
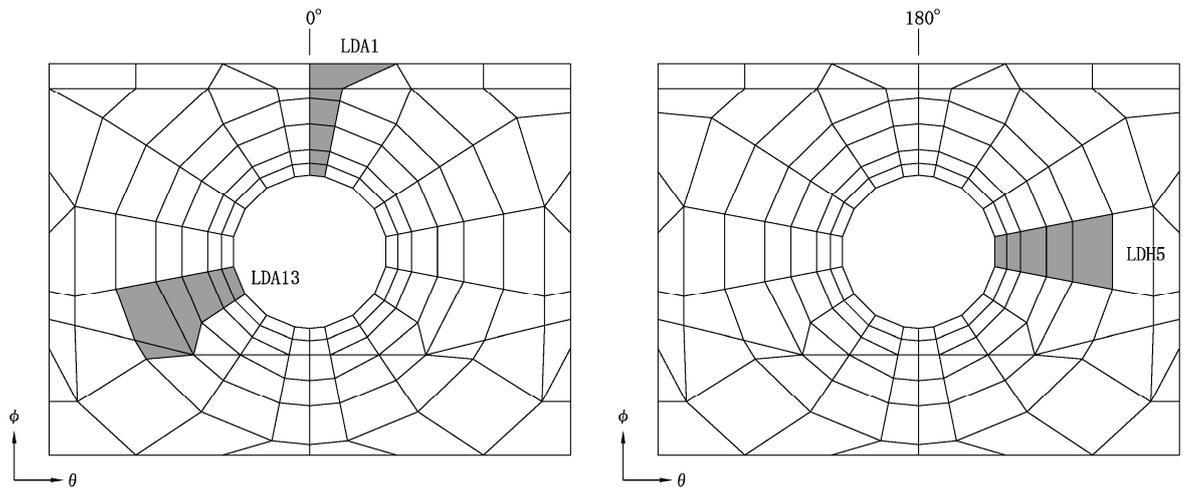


図 5-2 開口補強筋概要図 (片面当たり)

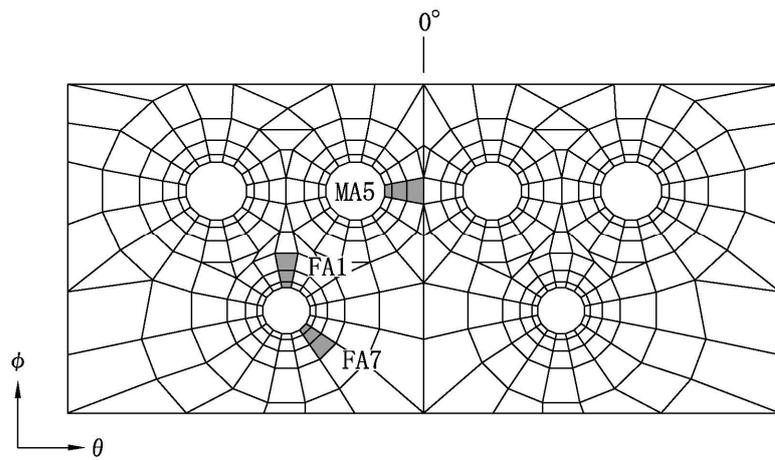


(a) MS/FDW 開口

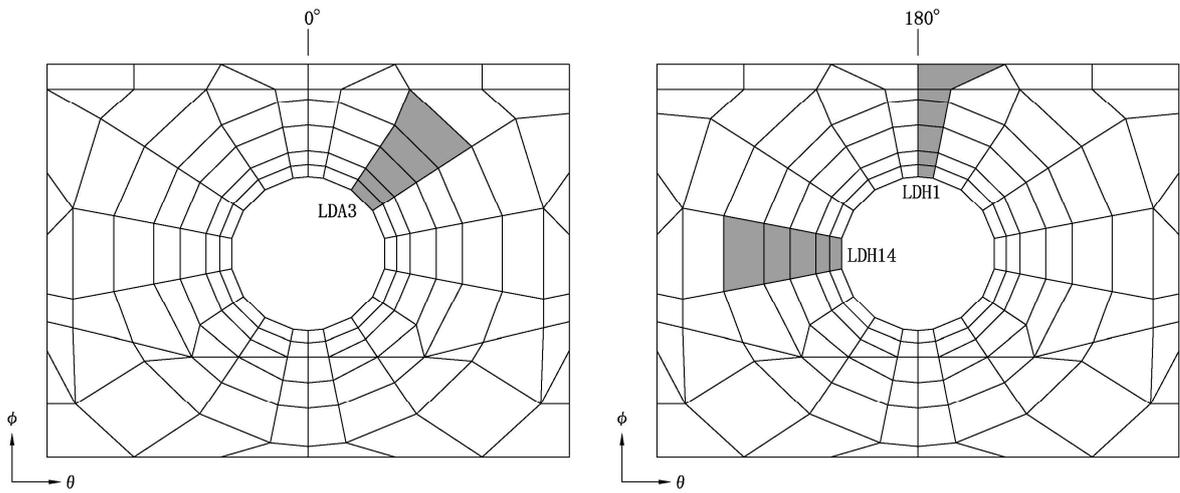


(b) L/D アクセストンネル開口

図 5-3 選定した要素の位置 荷重状態 V 異常時(1)

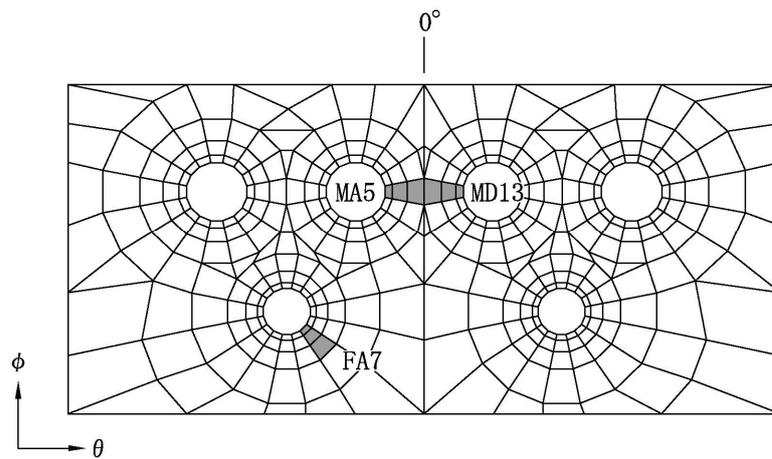


(a) MS/FDW 開口

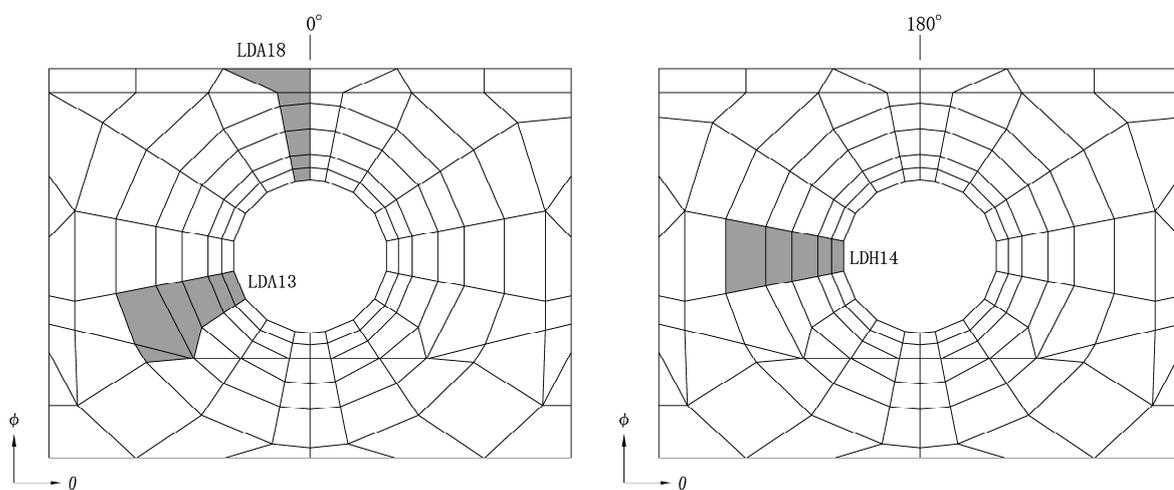


(b) L/D アクセストンネル開口

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	0.332	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	MA5	0.648	5.00
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	子午線	FB11	0.899	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	0.556	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	円周	LDA1	0.954	5.00
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	子午線	LDA13	0.747	2.43

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	0.167	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	円周	FA1	0.210	5.00
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	子午線	FA7	0.577	2.14
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	LDH14	0.459	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	円周	LDH1	0.727	5.00
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	子午線	LDA3	0.432	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	0.329	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	MA5	0.672	5.00
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	子午線	FA7	0.907	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	LDH14	0.704	3.00
		鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	円周	LDA18	1.22	5.00
	面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	子午線	LDA13	0.937	2.46

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。

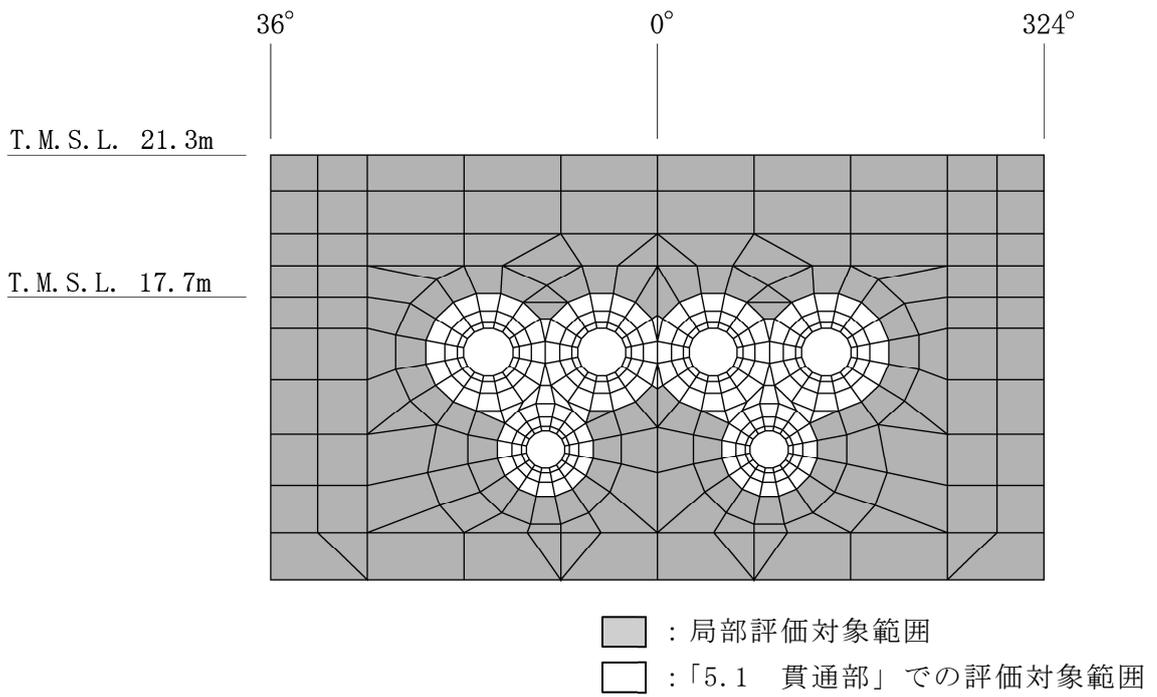


図 5-6 局部評価対象範囲

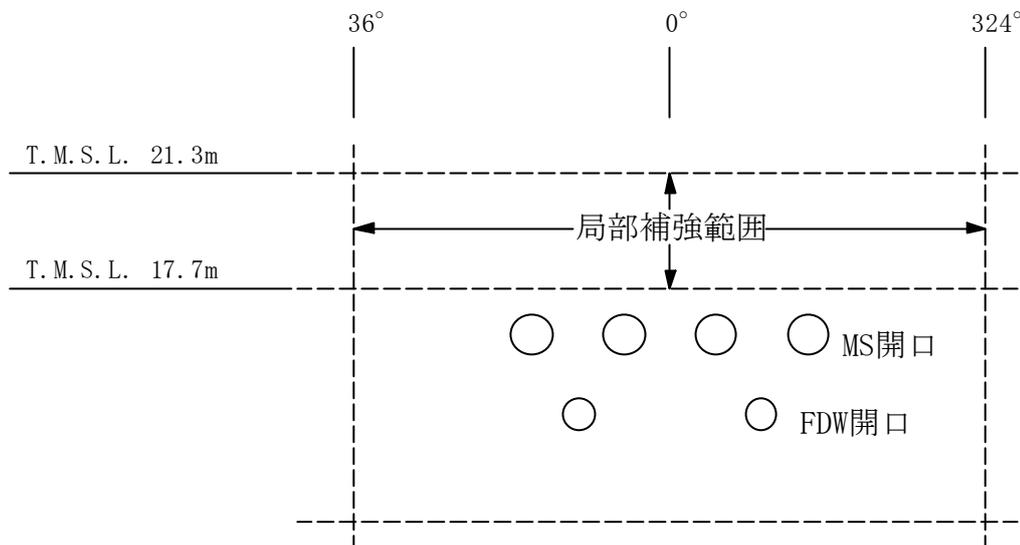


図 5-7 局部補強範囲

表 5-4 局部補強筋一覧

方向	配筋*
子午線 (ϕ)	3×64-D51
円周 (θ)	2-D51@150 + 1-D51@300

注記* : 内側及び外側とも、同一配筋である。

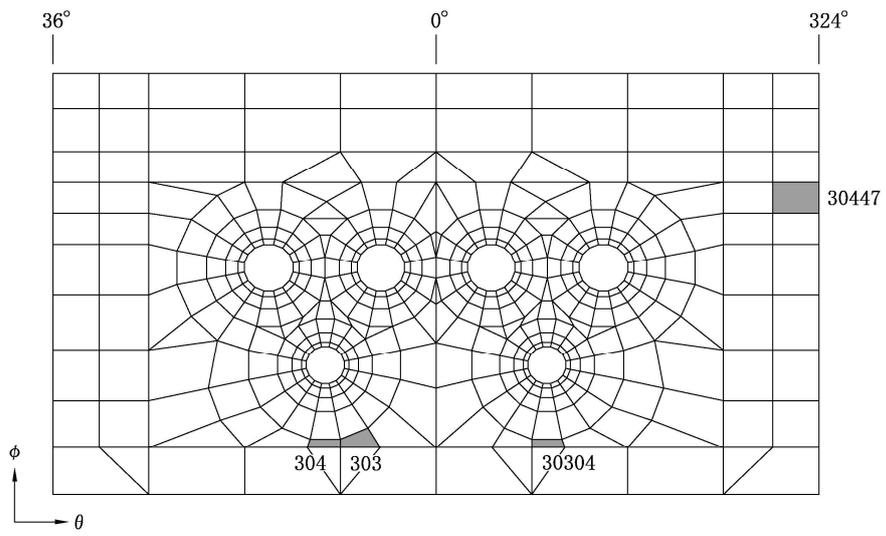


図 5-8 選定した要素の位置 荷重状態 V 異常時 (1)

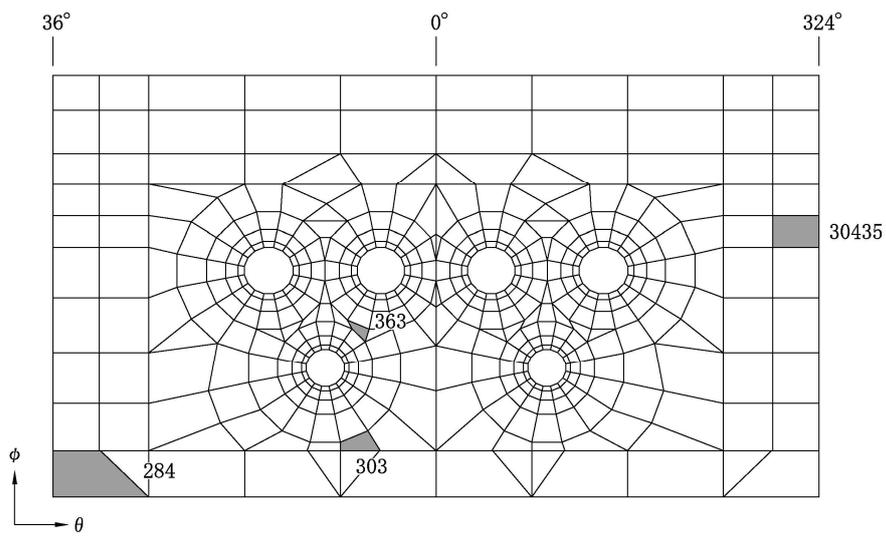


図 5-9 選定した要素の位置 荷重状態 V 異常時 (2)

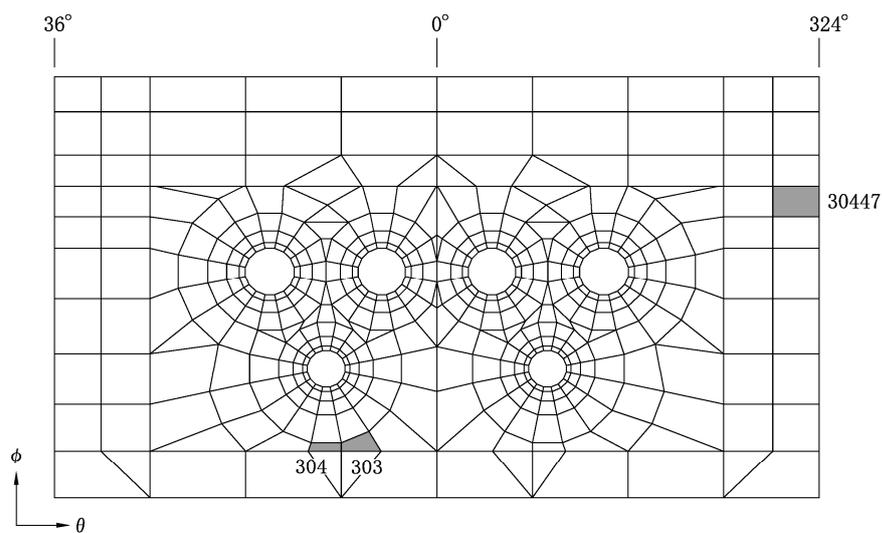


図 5-10 選定した要素の位置 荷重状態 V 異常時 (3)

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	0.326	3.00
	鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	304	0.459	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)	—	30447	0.902	6.25
面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	子午線	30304	0.884	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。

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	0.112	3.00
	鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	円周	363	0.0854	5.00
膜力	圧縮応力度 (N/mm^2)	子午線	284	0.457	21.4
面内せん断力	面内せん断応力度 (N/mm^2)	—	30435	0.312	6.25
面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	子午線	303	0.428	1.88

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	303	0.336	3.00
	鉄筋引張ひずみ ($\times 10^{-3}$)	子午線	304	0.498	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)	—	30447	0.890	6.25
面外せん断力	面外せん断応力度 (N/mm^2)	子午線	304	0.882	1.92

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

VI-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 適用規格・基準等	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、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びVI-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 13033 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、VI-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	
<p>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。</p>	<p>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る鋼製構造物である。</p>	<p>コンクリート部</p> <p>ライナアンカ</p> <p>A~A断面図</p> <p>ライナプレート</p> <p>原子炉格納容器ライナ部</p> <p>シェル部ライナ 詳細図</p> <p>(単位: mm)</p>

2.2 評価方針

原子炉格納容器ライナ部の評価は、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びVI-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。

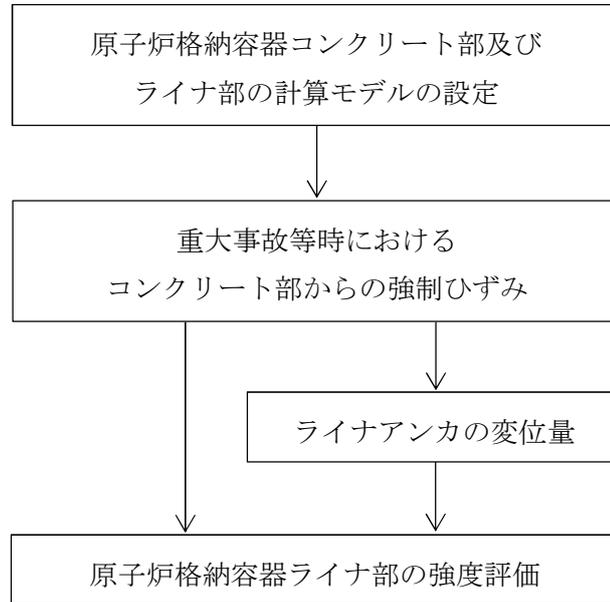


図2-1 原子炉格納容器ライナ部の強度評価フロー

2.3 適用規格・基準等

適用規格・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。）
- ・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 ($i = 1, 2, 3\cdots$)	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 ($i = 1, 2, 3\cdots$)	mm
T	温度	°C
T_{SA}	温度 (SA後温度)	°C
α	熱膨張係数	mm/mm・°C
α_i	熱膨張係数 ($i = 1, 2$)	mm/mm・°C
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。

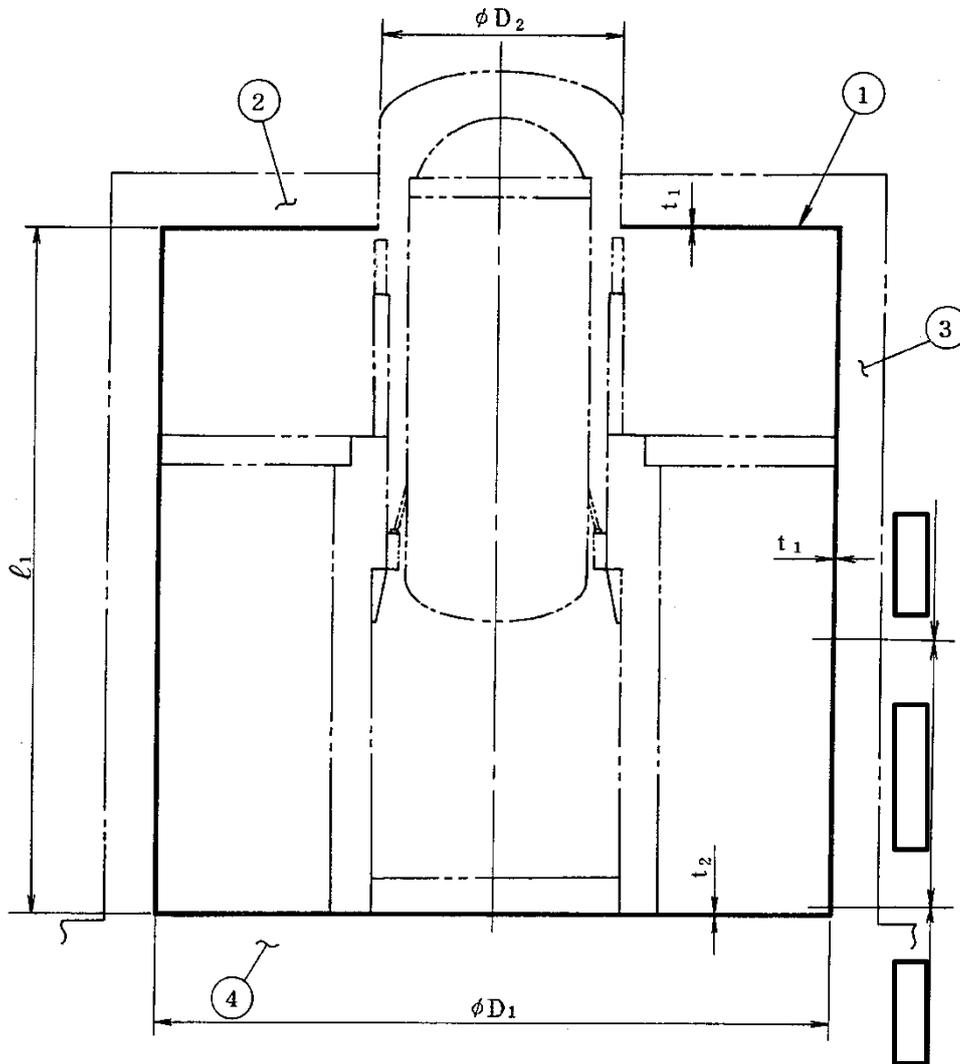
表示する数値の丸め方は表 2-2 に示すとおりである。

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、評価部位及び使用材料を表3-1に示す。



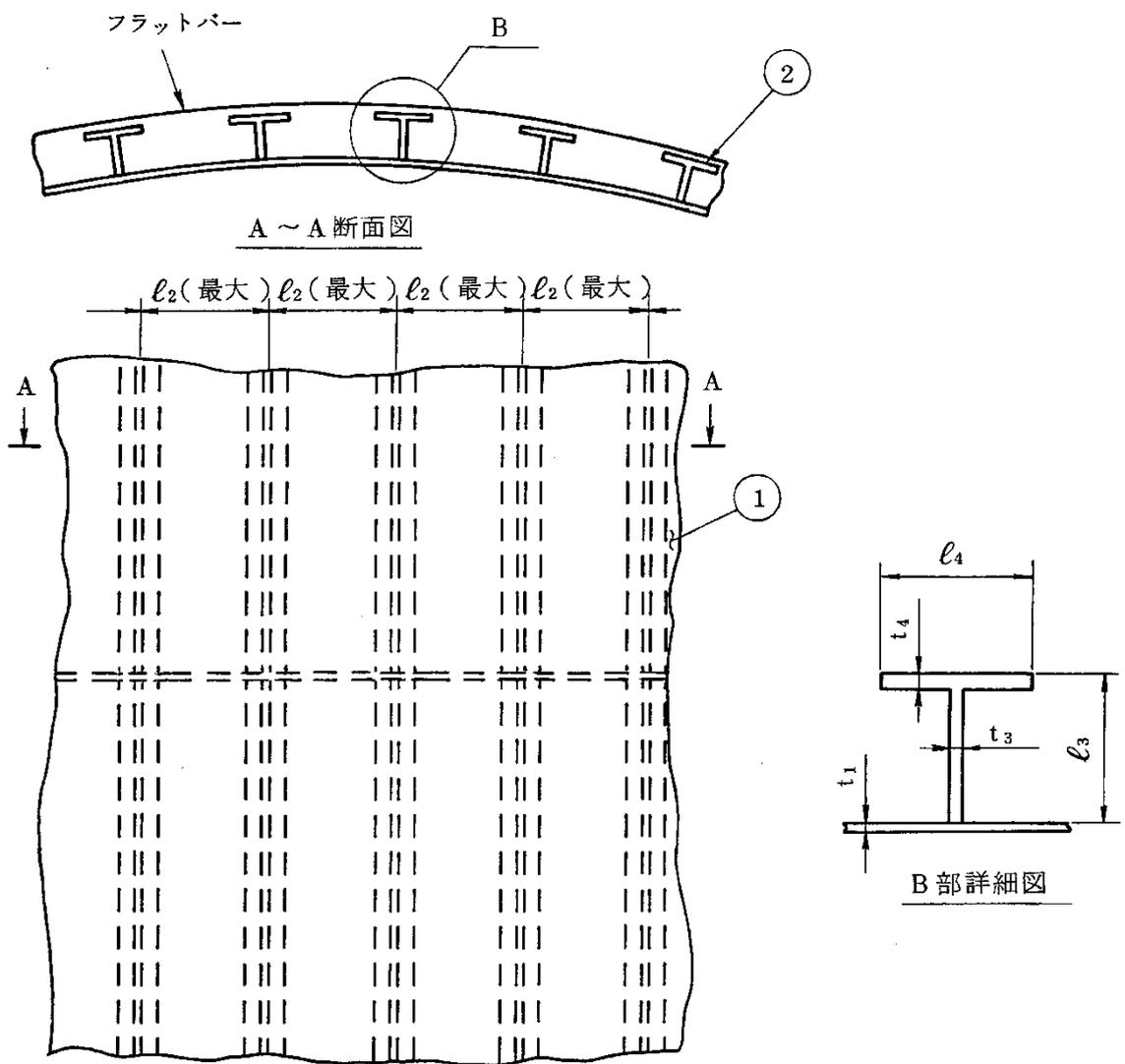
注：貫通部フランジプレート，ライナプレートの隅角部及び附属物が取り付くライナプレートは，厚板としている箇所がある。

①ライナプレート ②トップスラブ部 ③シェル部 ④底部

$D_1 =$
 $D_2 =$
 $\ell_1 =$
 $t_1 =$
 $t_2 =$

(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

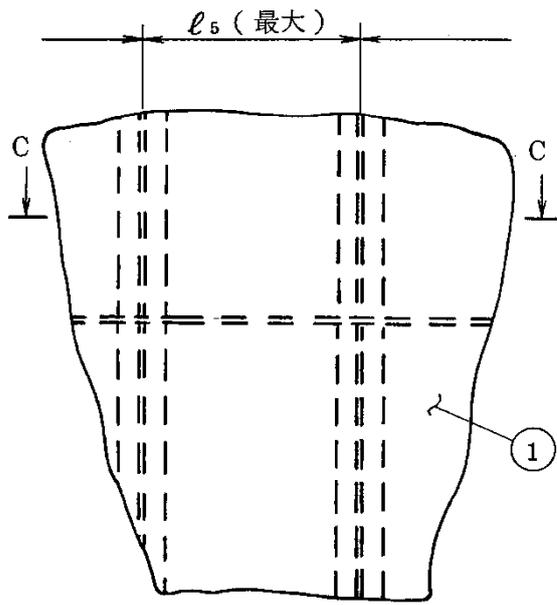
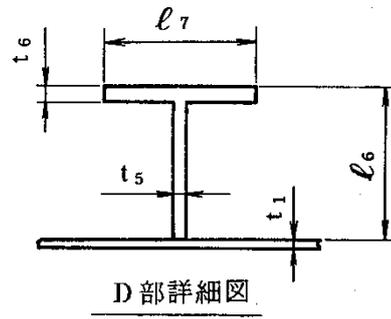
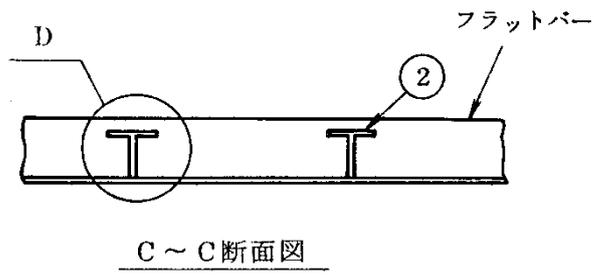


①ライナプレート ②ライナアンカ

$l_2 =$ $l_3 =$ $l_4 =$ $t_1 =$ $t_3 =$
 $t_4 =$

(単位：mm)

図 3-2 シェル部ライナの形状及び主要寸法



①ライナプレート ②ライナアンカ

$l_5 =$
 $t_6 =$

$l_6 =$

$l_7 =$

$t_1 =$

$t_5 =$

(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 評価部位及び使用材料表

評価部位	使用材料		備考
ライナプレート			
ライナアンカ			

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。VI-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、VI-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、VI-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VI-1-8-1「原子炉格納施設的设计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	$0.5 \cdot \delta_u$

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VI-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、VI-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、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°C (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、VI-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、下記に示す水位によるドライウエル及びサブプレッションチェンバの水頭圧を考慮する。

ドライウエル	水位 T. M. S. L. 7400mm
サブプレッションチェンバ	水位 T. M. S. L. 8750mm

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、VI-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、以下に示すサブ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 kPa
 負圧 kPa

(b) 蒸気凝縮振動荷重

正圧 kPa
 負圧 kPa

(c) チャギング荷重

正圧 kPa
 負圧 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。

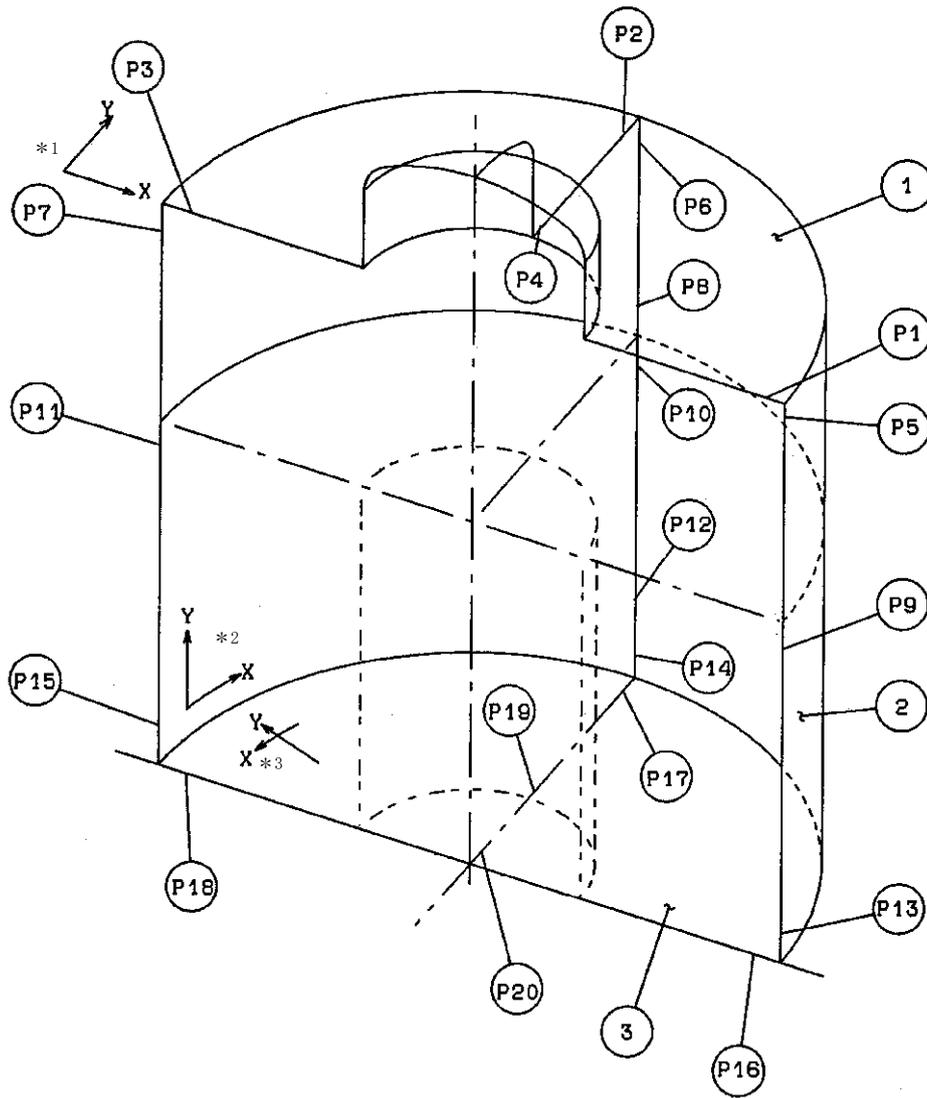
ひずみ及び変位の計算方法は既工認から変更はなく、参照図書(1)に示すとおりである。評価の概要を以下に示す。

ひずみについては、VI-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
P 1	トップスラブ部外側 (180° 側)
P 2	トップスラブ部外側 (90° 側)
P 3	トップスラブ部外側 (0° 側)
P 4	トップスラブ部内側 (90° 側)
P 5	ドライウエルシエル部のトップスラブ部近傍 (180° 側)
P 6	ドライウエルシエル部のトップスラブ部近傍 (90° 側)
P 7	ドライウエルシエル部のトップスラブ部近傍 (0° 側)
P 8	ドライウエルシエル部一般部 (90° 側)
P 9	サプレッションチェンバシエル部のダイヤフラムフロア近傍 (180° 側)
P 1 0	サプレッションチェンバシエル部のダイヤフラムフロア近傍 (90° 側)
P 1 1	サプレッションチェンバシエル部のダイヤフラムフロア近傍 (0° 側)
P 1 2	サプレッションチェンバシエル部一般部 (90° 側)
P 1 3	サプレッションチェンバシエル部の底部近傍 (180° 側)
P 1 4	サプレッションチェンバシエル部の底部近傍 (90° 側)
P 1 5	サプレッションチェンバシエル部の底部近傍 (0° 側)
P 1 6	底部外側 (180° 側)
P 1 7	底部外側 (90° 側)
P 1 8	底部外側 (0° 側)
P 1 9	底部内側 (90° 側)
P 2 0	底部中央部



①トッスラブ部 ②シェル部 ③底部

注記*1：トッスラブ部の座標系。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を円周方向，Yを放射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、VI-1-8-1「原子炉格納施設的设计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		許容値	判定	荷重の 組合せ
				発生値				
				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	0.00034	0.00001	0.003	○	V(S)-2, 3
			圧縮	—*2	0.00002	0.005	○	V(S)-1
	P2	トップスラブ部外側 (90° 側)	引張	0.00001	0.00038	0.003	○	V(S)-1, 2
			圧縮	0.00004	—*2	0.005	○	V(S)-1
	P3	トップスラブ部外側 (0° 側)	引張	0.00055	—*1	0.003	○	V(S)-3
			圧縮	—*2	0.00003	0.005	○	V(S)-1
	P4	トップスラブ部内側 (90° 側)	引張	—*1	0.00005	0.003	○	V(S)-1
			圧縮	0.00024	—*2	0.005	○	V(S)-1
	P5	ドライウエルシエル部のトップスラブ部近傍 (180° 側)	引張	0.00003	0.00050	0.003	○	V(S)-3
			圧縮	—*2	—*2	—	—	—
	P6	ドライウエルシエル部のトップスラブ部近傍 (90° 側)	引張	0.00002	0.00044	0.003	○	V(S)-1, 2
			圧縮	—*2	—*2	—	—	—
	P7	ドライウエルシエル部のトップスラブ部近傍 (0° 側)	引張	0.00003	0.00069	0.003	○	V(S)-3
			圧縮	—*2	—*2	—	—	—
	P8	ドライウエルシエル部一般部 (90° 側)	引張	0.00009	—*1	0.003	○	V(S)-1
			圧縮	—*2	0.00002	0.005	○	V(S)-2
	P9	サプレッションチェンバシエル部の ダイヤフラムフロア近傍 (180° 側)	引張	0.00014	0.00010	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セル部の ダイヤフラムフロア近傍 (90° 側)	引張	0.00011	0.00011	0.003	○	V(S)-3
			圧縮	—*2	—*2	—	—	—
	P11	サプレッションチェンバセル部の ダイヤフラムフロア近傍 (0° 側)	引張	0.00022	0.00013	0.003	○	V(S)-3
			圧縮	—*2	—*2	—	—	—
	P12	サプレッションチェンバセル部一般部 (90° 側)	引張	0.00038	—*1	0.003	○	V(S)-3
			圧縮	—*2	0.00017	0.005	○	V(S)-3
	P13	サプレッションチェンバセル部の底部近傍 (180° 側)	引張	0.00018	0.00006	0.003	○	V(S)-1, 3
			圧縮	—*2	—*2	—	—	—
	P14	サプレッションチェンバセル部の底部近傍 (90° 側)	引張	0.00014	0.00002	0.003	○	V(S)-1, 3
			圧縮	—*2	0.00004	0.005	○	V(S)-2
	P15	サプレッションチェンバセル部の底部近傍 (0° 側)	引張	0.00019	0.00006	0.003	○	V(S)-1, 3
			圧縮	—*2	—*2	—	—	—
	P16	底部外側 (180° 側)	引張	—*1	0.00002	0.003	○	V(S)-1
			圧縮	0.00007	0.00002	0.005	○	V(S)-2, 3
	P17	底部外側 (90° 側)	引張	—*1	—*1	0.003	○	—
			圧縮	0.00008	0.00005	0.005	○	V(S)-3
	P18	底部外側 (0° 側)	引張	—*1	—*1	—	—	—
			圧縮	0.00008	0.00002	0.005	○	V(S)-2, 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	—*	—*	0.003	○	—
			圧縮	0.00006	0.00023	0.005	○	V(S)-3
ライナ部	P20	底部中央部	引張	—*	—*	0.003	○	—
			圧縮	0.00003	0.00005	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
			ライナアノカの 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)	0.25	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VI-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.

$$\Delta \sigma = E \cdot \Delta \epsilon = \text{}$$

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.

$$\Delta \sigma = E \cdot \Delta \epsilon = \text{}$$

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)

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

ここに、

S' : の10⁶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)

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

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

b. 疲れ解析が不要となる圧力変動の全振幅

(a)

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

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

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

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)

$$T = \frac{S_a}{2 \cdot E \cdot \alpha} = 165.1^\circ\text{C}$$

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

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

α : の瞬時熱膨張係数
= mm/mm \cdot °C (114.0°Cにおける値)

(b)

$$T = \frac{S_a}{2 \cdot E \cdot \alpha} = 171.8^\circ\text{C}$$

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

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

α : ステンレス鋼の瞬時熱膨張係数
= mm/mm \cdot °C (69.5°Cにおける値)

c. 結論

ここでTは設計上の最大温度差 161°C (171°C−10°C) 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

$$T = \frac{S'}{2 \cdot (E_1 \cdot \alpha_1 - E_2 \cdot \alpha_2)} = 38.6^\circ\text{C}$$

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_1 : の縦弾性係数
= MPa (69.5°Cにおける値)

α_1 : の瞬時熱膨張係数
= mm/mm・°C (69.5°Cにおける値)

E_2 : の縦弾性係数
= MPa (69.5°Cにおける値)

α_2 : の瞬時熱膨張係数
= mm/mm・°C (69.5°C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

$$T = \frac{S_a}{2 \cdot (E_1 \cdot \alpha_1 - E_2 \cdot \alpha_2)} = 377.1^\circ\text{C}$$

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

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°C (104°C - 10°C) 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号へ)

荷重の繰返し回数350回に対する許容ピーク応力強さは、 の場合 MPa, の場合 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VI-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0.00206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6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」

VI-3-3-6-1-1-3 原子炉格納容器胴の基本板厚計算書

本計算書の評価結果については、VI-1-8-1「原子炉格納施設的设计条件に関する説明書」による。

VI-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 適用規格・基準等	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、ドライウエル上鏡の強度計算書である。

ドライウエル上鏡は、設計基準対象施設のドライウエ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、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びVI-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、ドライウエ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VI-3-3-6-1-1-5「ドライウエ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13033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

ドライウエ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	
<p>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。</p> <p>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。</p>	<p>ドライウェル上鏡は、内径 <input type="text"/> mm、板厚 <input type="text"/> mmの円筒胴及び板厚 <input type="text"/> mmの鏡板で構成される鋼製構造物である。</p> <p>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。</p>	<p>ドライウェル上鏡 詳細図</p>

(単位：mm)

2.2 評価方針

ドライウエル上鏡の応力評価は、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びVI-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。

ドライウエル上鏡の強度評価フローを図2-1に示す。

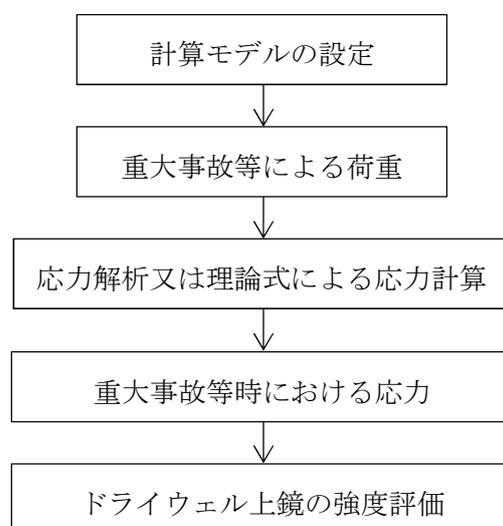


図2-1 ドライウエル上鏡の強度評価フロー

2.3 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- ・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 5 0 1 号）（以下「告示第 5 0 1 号」という。）
- ・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 4 5 2 号）（以下「告示第 4 5 2 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 (R T)	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に示すとおりである。

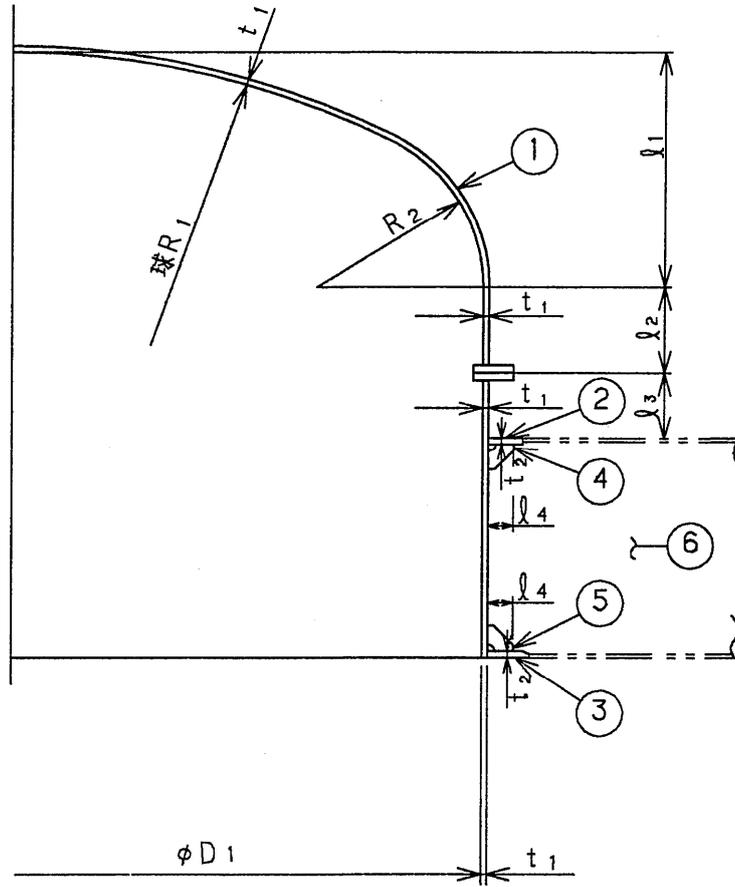
表 2-2 表示する数値の丸め方

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、評価部位及び使用材料を表 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 評価部位及び使用材料表

評価部位	使用材料	備考
ドライウエル上鏡シェル		
フランジプレート (上側)		
フランジプレート (下側)		
ガセットプレート (上側)		
ガセットプレート (下側)		
コンクリート部	コンクリート ($F_c=330\text{kg/cm}^2$)	$F_c=32.4\text{N/mm}^2$

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、VI-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、VI-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、VI-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	ドライウエル 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 4 5 2 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VI-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*	運転状態IVの許容応力である $2/3 \cdot S_u$ とする。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、 $2.4 \cdot S$ と $2/3 \cdot S_u$ 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4-3 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	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$1.5 \cdot f_c^*$	$1.5 \cdot f_b^*$	$1.5 \cdot f_p^*$	—	—	—	—	—	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

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	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*	$0.85 \cdot F_c$	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 (°C)		S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
		周囲環境 温度	200				
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	□	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、VI-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、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 及び P2 は既工認の各荷重による応力に荷重条件の比（圧力比等）を乗じて計算することにより評価する。

応力評価点 P3 及び P4 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 P5 及び P6 は、等分布荷重を受けるガセットプレートの断面性能より評価する。

応力評価点 P7 は、作用荷重に応じ、コンクリート部のフランジプレートとの接触面に生じる圧縮応力の分布を仮定して、力の釣り合い式を解き、最大圧縮応力度を計算することにより評価する。

表4-6 応力評価点

応力評価点番号	応力評価点
P 1	上鏡球殻部とナックル部の結合部
P 2	上鏡円筒胴のフランジプレートとの結合部
P 3	フランジプレート（上側）
P 4	フランジプレート（下側）
P 5	ガセットプレート（上側）
P 6	ガセットプレート（下側）
P 7	コンクリート部

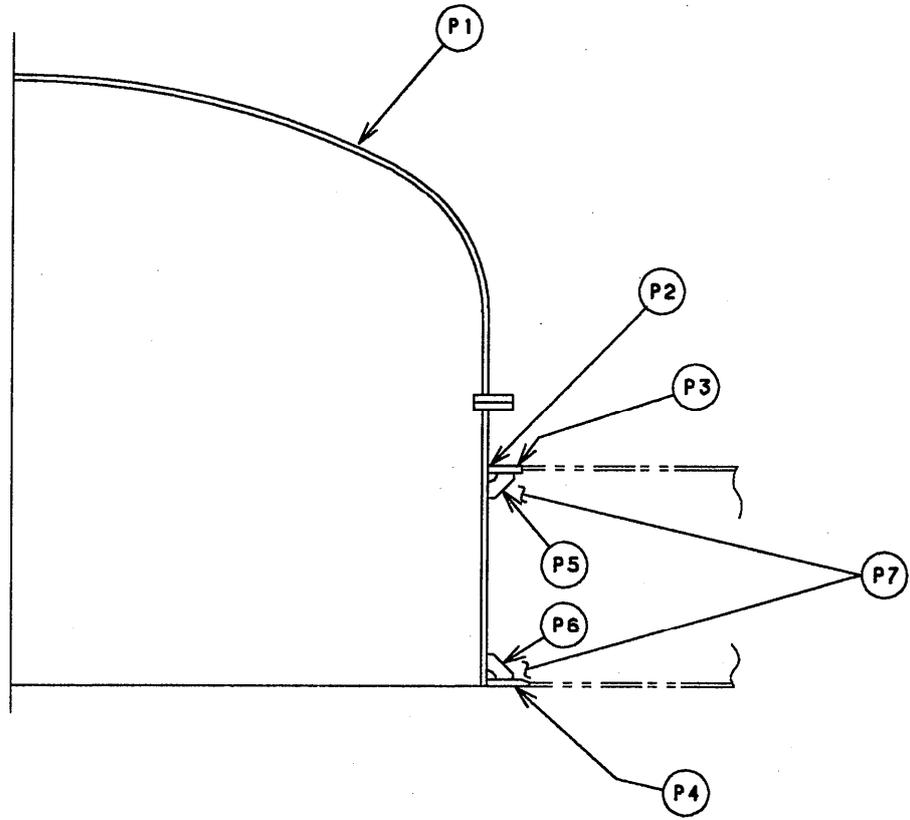


図 4-1 ドライウェル上鏡の応力評価点

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。

なお、表中の一次膜応力+一次曲げ応力の算出応力が一次一般膜応力の許容応力を下回ることから、評価を省略した一次一般膜応力が生じる応力評価点も十分な構造強度を有する。

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	備考
				算出応力	許容応力		
				MPa	MPa		
ドライウエル 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	243		○	
	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	66		○	

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			
ドライウエル 上鏡	P3	フランジプレート (上側)	曲げ応力度	5		○		
			せん断応力度	1		○		
	P4	フランジプレート (下側)	曲げ応力度	205		○		
			せん断応力度	32		○		
	P5	ガセットプレート (上側)	せん断応力度	2		○		
	P6	ガセットプレート (下側)	せん断応力度	85		○		
	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	0.4		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 4 5 2 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6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」

VI-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 適用規格・基準等	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、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びVI-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13033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	
<p>ドライウエル主フランジはドライウエル上鏡円筒胴に支持される。 ドライウエ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、ドライウエル上鏡円筒胴を介して、トップスラブ部に伝達させる。</p>	<p>ドライウエル主フランジは、内径 <input type="text"/> mm、板厚 <input type="text"/> mm のドライウエル上鏡円筒胴に取り付けられる、板厚 <input type="text"/> mm の鋼製構造物である。</p>	<p style="text-align: center;">A部詳細図 (ドライウエル主フランジ詳細)</p> <p style="text-align: right;">(単位：mm)</p>

2

2.2 評価方針

ドライウエル主フランジの応力評価は、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びVI-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。

ドライウエル主フランジの強度評価フローを図2-1に示す。

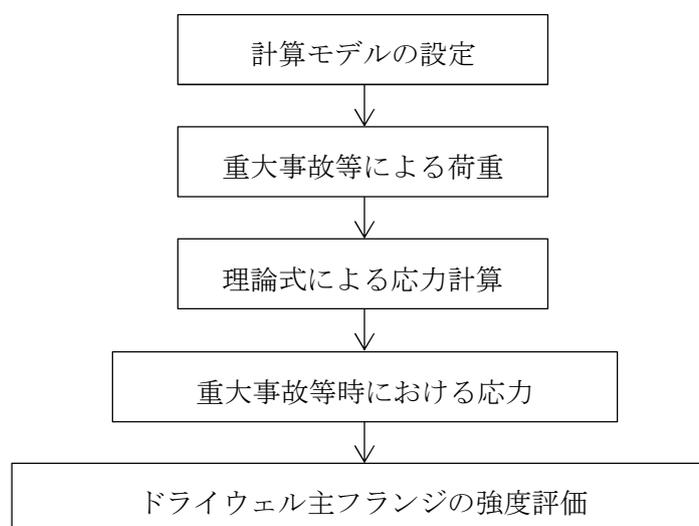


図2-1 ドライウエル主フランジの強度評価フロー

2.3 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- ・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 5 0 1 号）（以下「告示第 5 0 1 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_o	ハブ先端の厚さ	mm
g_i	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に示すとおりである。

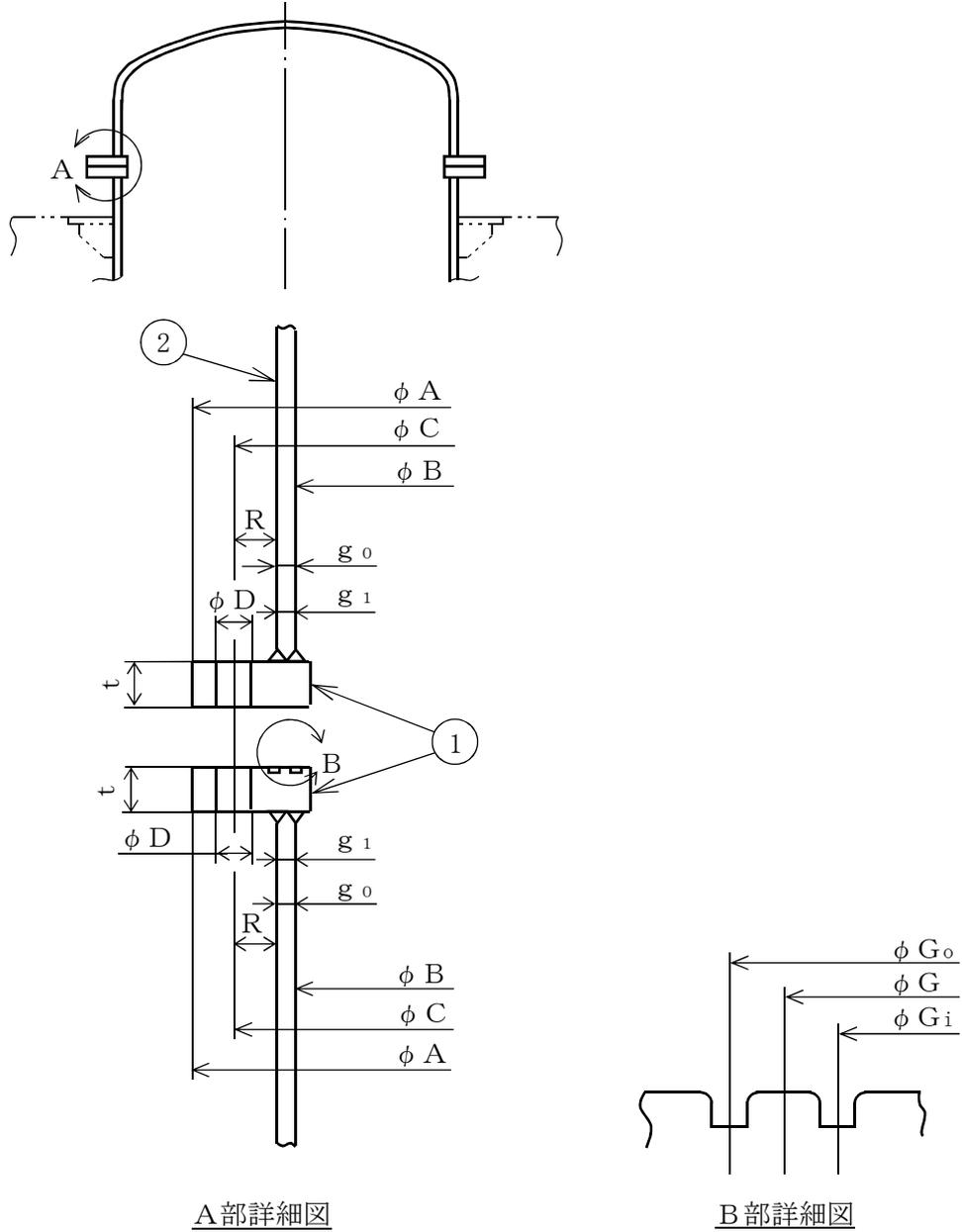
表 2-2 表示する数値の丸め方

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

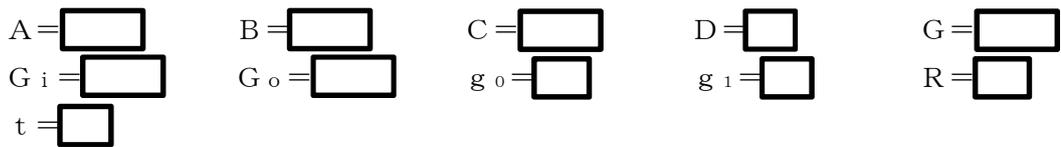
注記*：告示第501号別表に記載された温度の中間における許容引張応力，設計降伏点及び設計引張強さは，比例法により補間した値の小数点以下第2位を切り捨て，小数点以下第1位までの値として算出する。得られた値をSI単位に換算し，SI単位に換算した値の小数点以下第1位を切り捨てて整数化する。

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、評価部位及び使用材料を表3-1に示す。



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

表 3-1 評価部位及び使用材料表

評価部位	使用材料	備考
フランジ	<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 100%;"></div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 100%;"></div>
ボルト	<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 100%;"></div>	

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、VI-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、VI-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、VI-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	ドライウエル主フランジ	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VI-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*	運転状態IVの許容応力である $2/3 \cdot S_u$ とする。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、 $2.4 \cdot S$ と $2/3 \cdot S_u$ 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4-3 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*	$2/3 \cdot S_u$ 。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、 $2.4 \cdot S$ と $2/3 \cdot S_u$ 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 (°C)		S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
		周囲環境 温度	200				
フランジ	<input type="text"/>	周囲環境 温度	200	—	<input type="text"/>	<input type="text"/>	—
ボルト	<input type="text"/>	周囲環境 温度	200	—	—	<input type="text"/>	—

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、VI-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、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
P 1	フランジ
P 2	ボルト

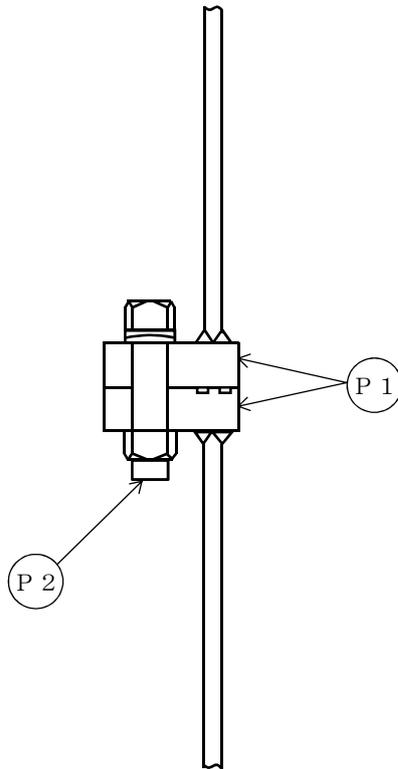


図 4-1 ドライウェル主フランジの応力評価点

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

ドライウエ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		判定	備考
						算出応力	許容応力		
						MPa	MPa		
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	$\sigma_{R'}$	接触面	201		○	
					背面	-201		○	
			フランジの半径方向応力	σ_R	接触面	3		○	
					背面	-6		○	
			フランジの周方向応力	σ_T	接触面	41		○	
					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	100		○	
					外面	34		○	
			円筒胴のフランジとの結合部 の周方向応力	σ_{H2}	内面	70		○	
					外面	50		○	
	組合せ応力			$(\sigma_{H^*} + \sigma_{R'}) / 2$	151	○			
				$(\sigma_{H^*} + \sigma_T) / 2$	71	○			
P2	ボルト	平均引張応力			353	○			

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6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」

VI-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 適用規格・基準等	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、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びVI-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13033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	
<p>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。</p> <p>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。</p>	<p>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、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。</p> <p>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。</p>	<p>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）</p> <p>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</p> <p>（単位：mm）</p>

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、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びVI-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。

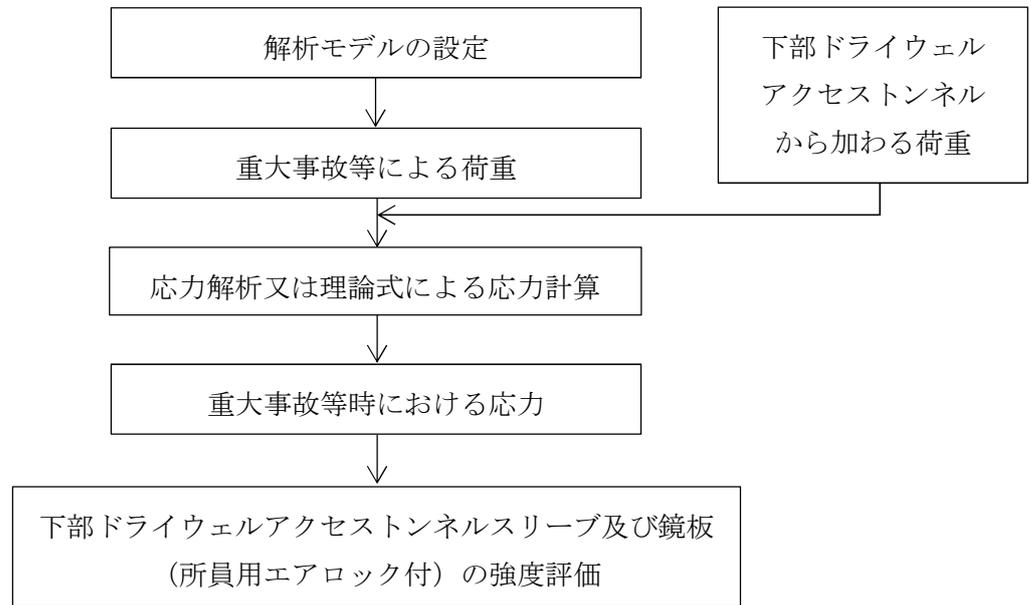


図2-1 下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（所員用エアロック付）の強度評価フロー

2.3 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- ・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。）
- ・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に示すとおりである。

表 2-2 表示する数値の丸め方

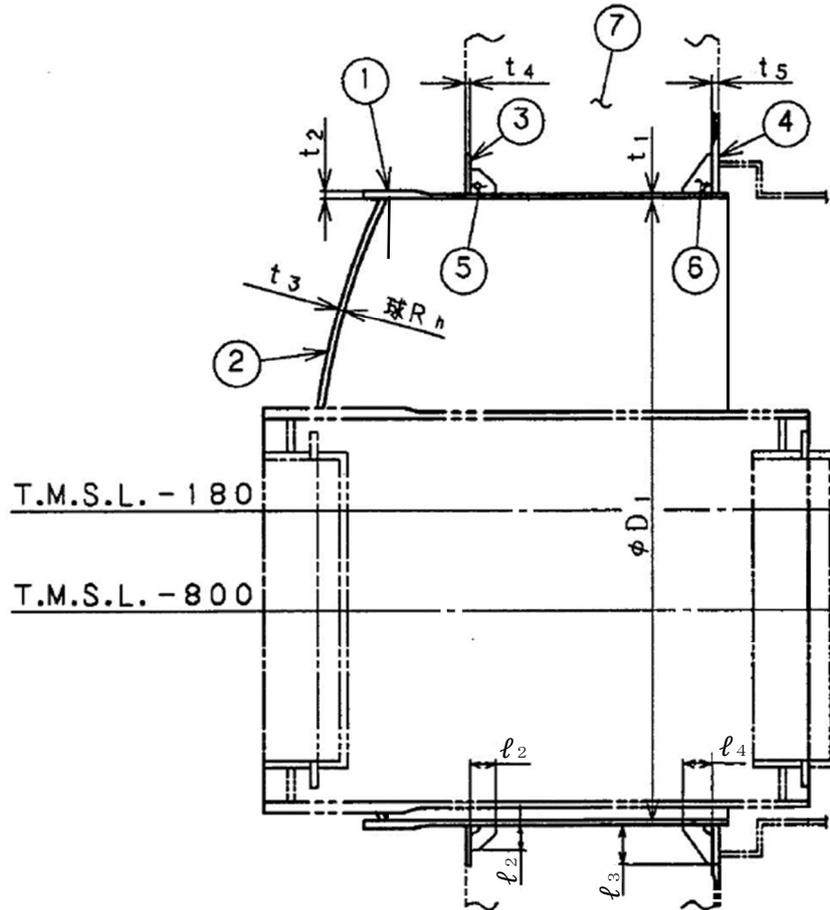
数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
最高使用圧力	kPa	—	—	整数位
温度	℃	—	—	整数位
許容応力* ¹	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
力	N	有効数字4桁目	四捨五入	有効数字3桁* ²

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、評価部位及び使用材料を表 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 評価部位及び使用材料表

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

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、VI-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、VI-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、VI-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	下部ドライブ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VI-1-8-1「原子炉格納施設的设计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*	運転状態IVの許容応力である $2/3 \cdot S_u$ とする。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、 $2.4 \cdot S$ と $2/3 \cdot S_u$ 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4-3 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	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$1.5 \cdot f_c^*$	$1.5 \cdot f_b^*$	$1.5 \cdot f_p^*$	—	—	—	—	—	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

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	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*	$0.85 \cdot F_c$	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 (°C)		S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境 温度	200				
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	<input type="text"/>	周囲環境 温度	200	—	<input type="text"/>	<input type="text"/>	—
フランジプレート (内側)	<input type="text"/>	周囲環境 温度	200	—	<input type="text"/>	<input type="text"/>	—

注記*1 : は 相当を示す。

*2 : は 相当を示す。

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、VI-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、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VI-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、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 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、VI-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)		
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 はサブ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

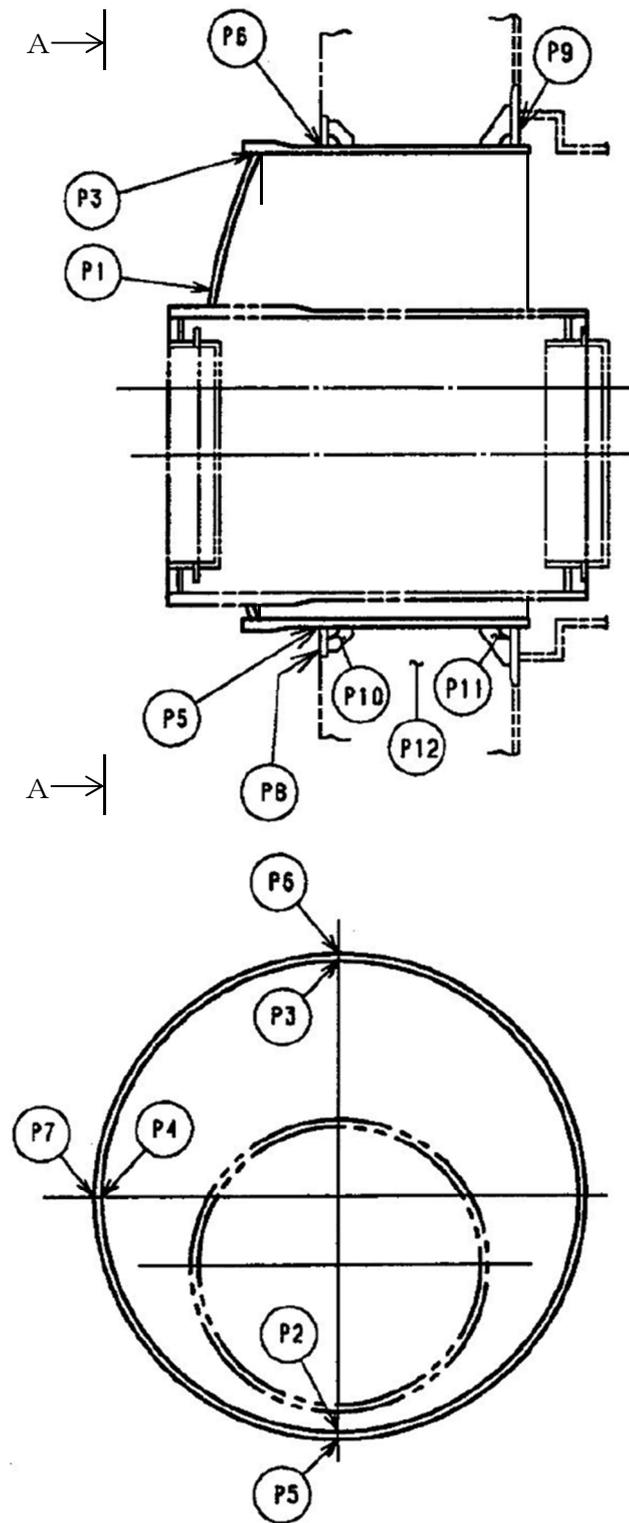
4.3.1 応力評価点

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
P 1	鏡板
P 2～P 4	鏡板のスリーブとの結合部
P 5～P 7	スリーブのフランジプレートとの結合部
P 8	フランジプレート（外側）
P 9	フランジプレート（内側）
P 1 0	ガセットプレート（外側）
P 1 1	ガセットプレート（内側）
P 1 2	コンクリート部



A~A矢视图

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.

- 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。

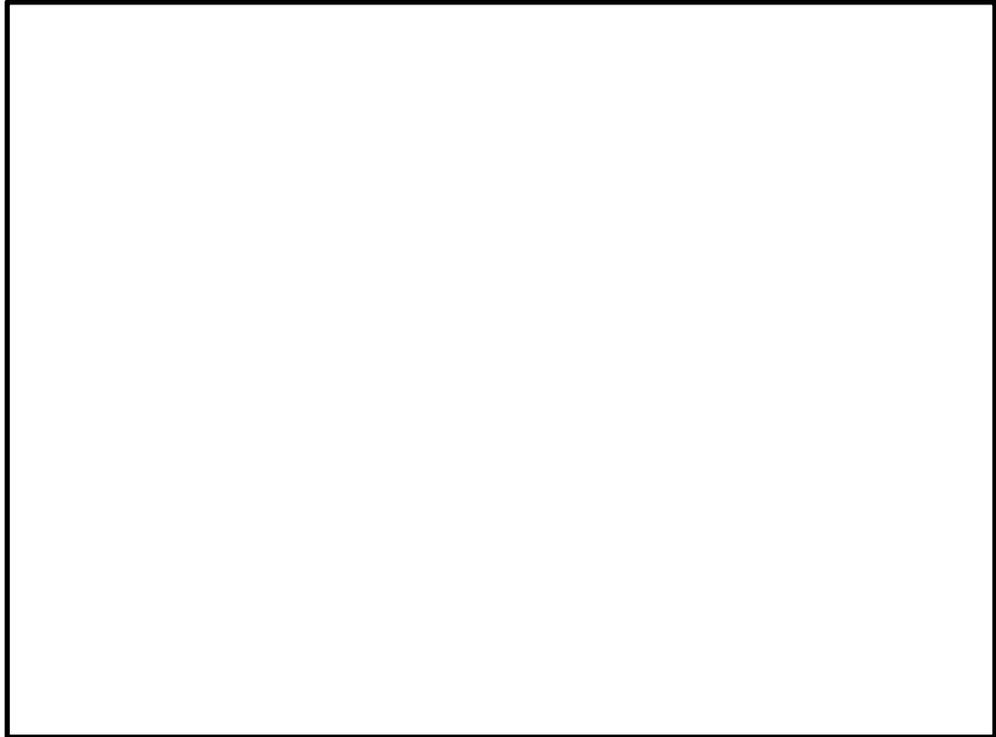


図 4-2 解析モデル

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	
温度条件		T	°C	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～P7

重大事故等対処設備における応力は、「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評価する。

b. 応力評価点 P8～P12

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 P8～P9 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 P10～P11 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 P12 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VI-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。

なお、表中の一次膜応力+一次曲げ応力の算出応力が一次一般膜応力の許容応力を下回ることから、評価を省略した一次一般膜応力が生じる応力評価点も十分な構造強度を有する。

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	61		○	V(S)-1*	
	P2	鏡板のスリーブとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	42		○	V(S)-1*	
	P3	鏡板のスリーブとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	111		○	V(S)-1*	
	P4	鏡板のスリーブとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	92		○	V(S)-1*	
	P5	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	64		○	V(S)-1*	
	P6	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	46		○	V(S)-1*	
	P7	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	37		○	V(S)-1*	

注記* : 応力評価点 P1~7 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)	P8	フランジプレート (外側)	曲げ応力度	90		○	V(S)-2		
		せん断応力度	9	○		V(S)-2			
	P9	フランジプレート (内側)	曲げ応力度	352		○	V(S)-3		
			せん断応力度	28		○	V(S)-3		
	P10	ガセットプレート (外側)	せん断応力度	63		○	V(S)-2		
	P11	ガセットプレート (内側)	せん断応力度	129		○	V(S)-3		
	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	4.0		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	5.3		27.5	○	V(S)-3	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 4 5 2 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6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」

VI-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 適用規格・基準等	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、VI-1-8-1「原子炉格納施設的设计条件に関する説明書」及びVI-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13033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	
<p>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。</p> <p>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。</p>	<p>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、内径 <input type="text"/> mm、板厚 <input type="text"/> mm のスリーブ及び板厚 <input type="text"/> 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。</p>	<p>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)</p>

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、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びVI-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。

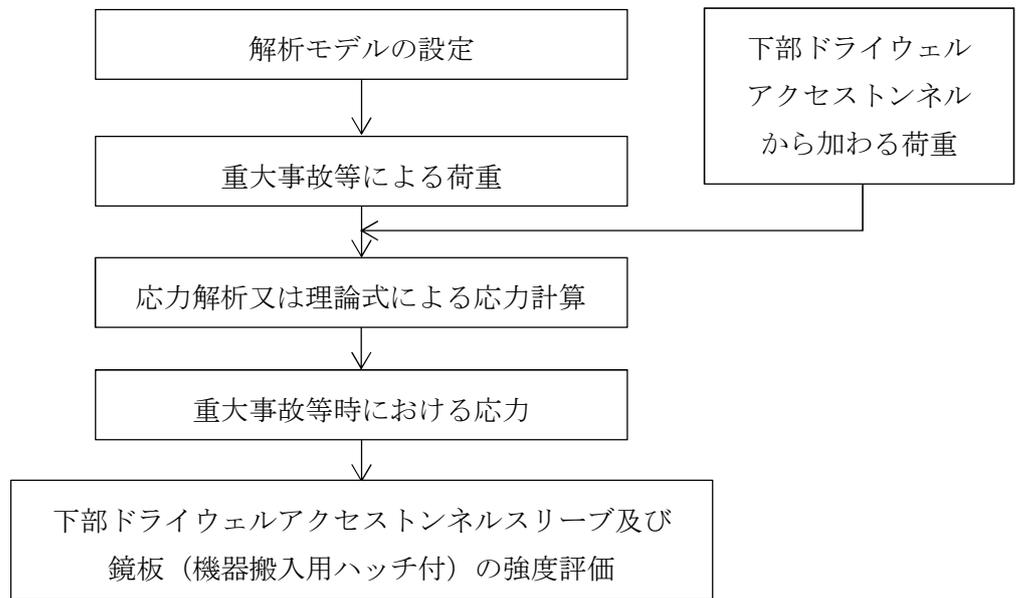


図2-1 下部ドライウェルアクセストンネルスリーブ及び鏡板（機器搬入用ハッチ付）の強度評価フロー

2.3 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- ・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。）
- ・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に示すとおりである。

表 2-2 表示する数値の丸め方

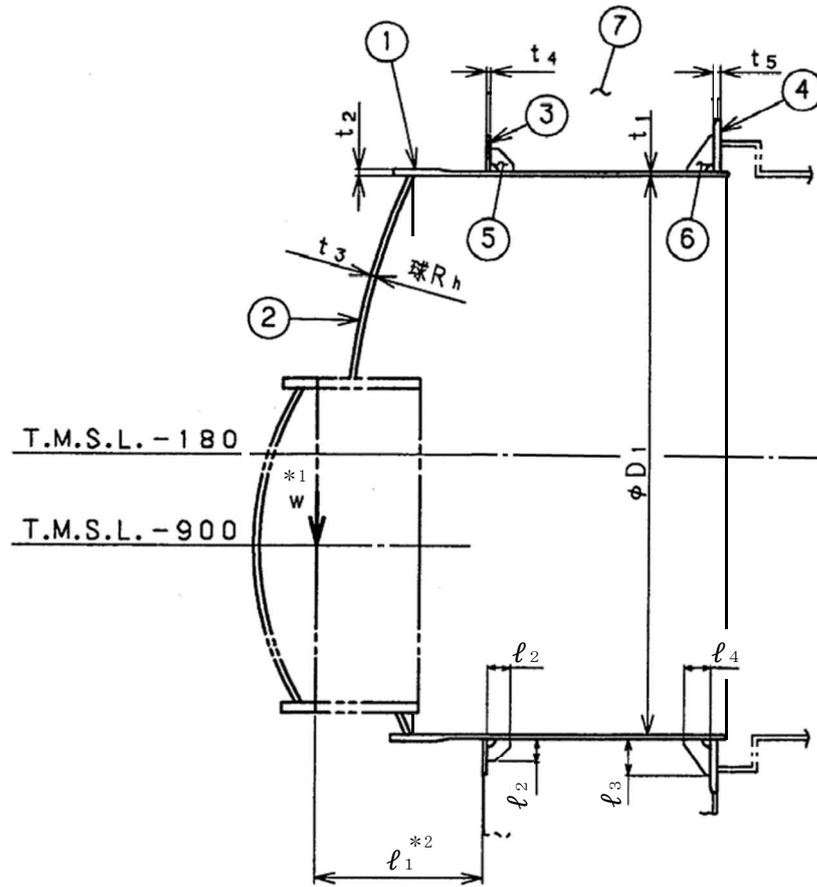
数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
最高使用圧力	kPa	—	—	整数位
温度	℃	—	—	整数位
許容応力* ¹	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
力	N	有効数字4桁目	四捨五入	有効数字3桁* ²

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、評価部位及び使用材料を表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

$D_1 =$ <input type="text"/>	$l_1 =$ <input type="text"/>	$l_2 =$ <input type="text"/>	$l_3 =$ <input type="text"/>	$l_4 =$ <input type="text"/>
$R_h =$ <input type="text"/>	$t_1 =$ <input type="text"/>	$t_2 =$ <input type="text"/>	$t_3 =$ <input type="text"/>	$t_4 =$ <input type="text"/>
$t_5 =$ <input type="text"/>				

（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 評価部位及び使用材料表

評価部位	使用材料	備考
スリーブ	□	□
鏡板		
フランジプレート (外側)		
フランジプレート (内側)		
ガセットプレート (外側)		
ガセットプレート (内側)		
コンクリート部		

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、VI-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、VI-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、VI-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	下部ドライブ 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VI-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*	運転状態IVの許容応力である $2/3 \cdot S_u$ とする。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、 $2.4 \cdot S$ と $2/3 \cdot S_u$ 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4-3 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	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$1.5 \cdot f_c^*$	$1.5 \cdot f_b^*$	$1.5 \cdot f_p^*$	—	—	—	—	—	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

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	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*	$0.85 \cdot F_c$	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 (°C)		S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
		周囲環境 温度	200				
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	□	周囲環境 温度	200	—	□	□	—
フランジプレート (内側)		周囲環境 温度	200	—			—

注記*1 : □ は □ を示す。

*2 : □ は □ 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、VI-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、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VI-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、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 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、VI-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)		
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

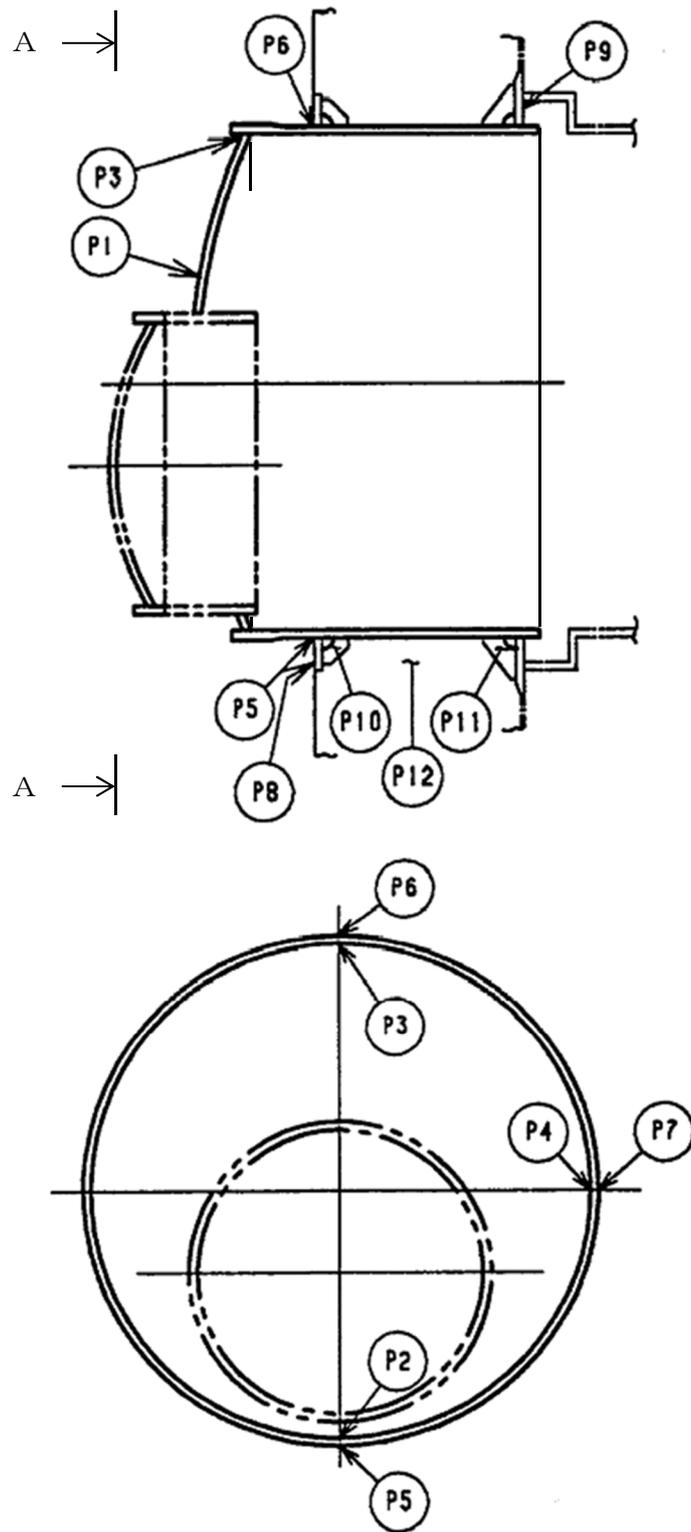
4.3.1 応力評価点

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
P 1	鏡板
P 2～P 4	鏡板のスリーブとの結合部
P 5～P 7	スリーブのフランジプレートとの結合部
P 8	フランジプレート（外側）
P 9	フランジプレート（内側）
P 1 0	ガセットプレート（外側）
P 1 1	ガセットプレート（内側）
P 1 2	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

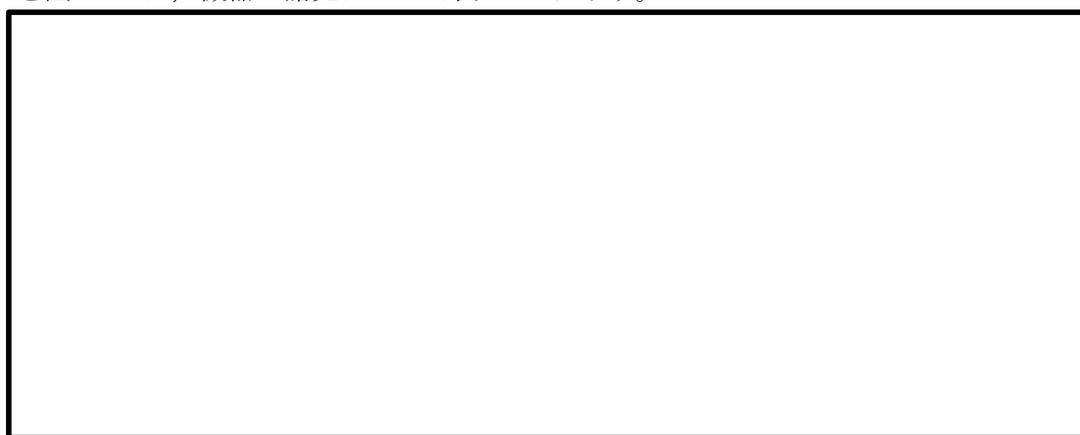
(1) 重大事故等対処設備としての解析モデル

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。

b.



c.

- 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。

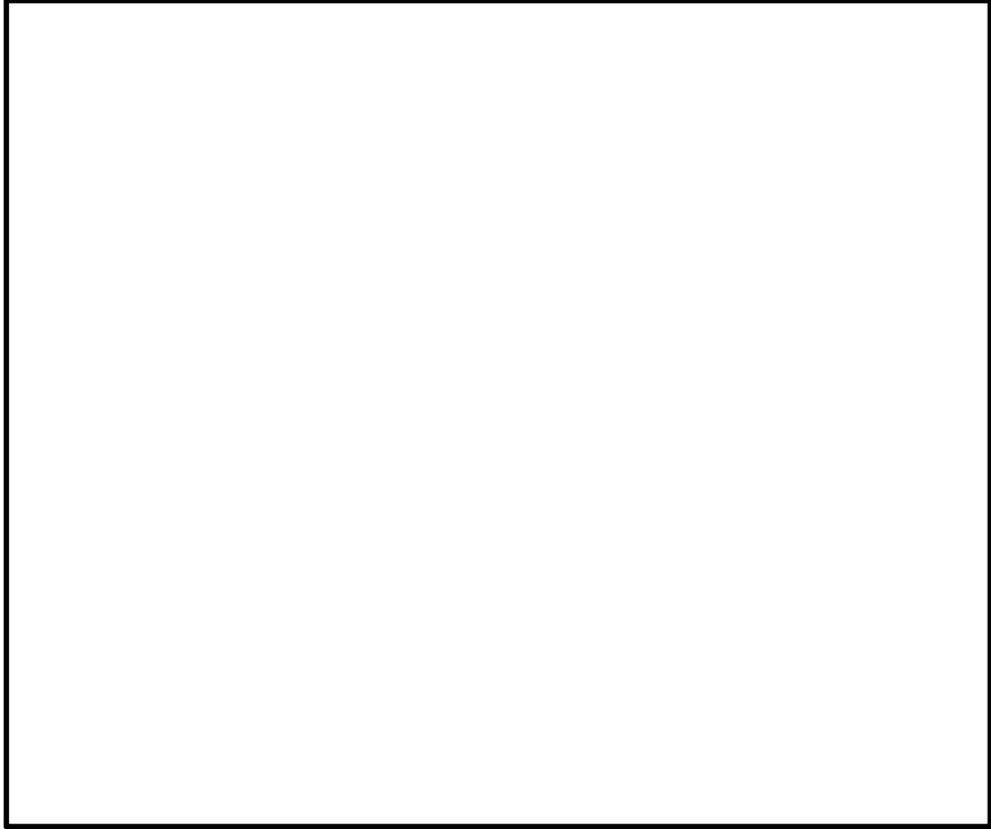


表 4-8 機器諸元

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～P7

重大事故等対処設備における応力は、「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評価する。

b. 応力評価点 P8～P12

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 P8～P9 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 P10～P11 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 P12 は、荷重に応じた分布を仮定して、力の釣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VI-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。

なお、表中の一次膜応力+一次曲げ応力の算出応力が一次一般膜応力の許容応力を下回ることから、評価を省略した一次一般膜応力が生じる応力評価点も十分な構造強度を有する。

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	63		○	V(S)-1*	
	P2	鏡板のスリーブとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	19		○	V(S)-1*	
	P3	鏡板のスリーブとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	106		○	V(S)-1*	
	P4	鏡板のスリーブとの結合部	一次膜応力+一次曲げ応力	122		○	V(S)-1*	
	P5	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	37		○	V(S)-1*	
	P6	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*	
	P7	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*	

注記* : 応力評価点 P1~P7 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)	P8	フランジプレート (外側)	曲げ応力度	94		○	V(S)-2		
		せん断応力度	9	○		V(S)-2			
	P9	フランジプレート (内側)	曲げ応力度	357		○	V(S)-3		
			せん断応力度	29		○	V(S)-3		
	P10	ガセットプレート (外側)	せん断応力度	66		○	V(S)-2		
	P11	ガセットプレート (内側)	せん断応力度	131		○	V(S)-3		
	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	4.2		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	5.4		27.5	○	V(S)-3	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 4 5 2 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6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」

VI-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 適用規格・基準等	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、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びVI-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13033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	
<p>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。</p> <p>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。</p>	<p>クエンチャサポート基礎は、ベースプレート、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。</p>	<p style="text-align: right;">(単位：mm)</p>

2.2 評価方針

クエンチャサポート基礎の応力評価は、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びVI-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。

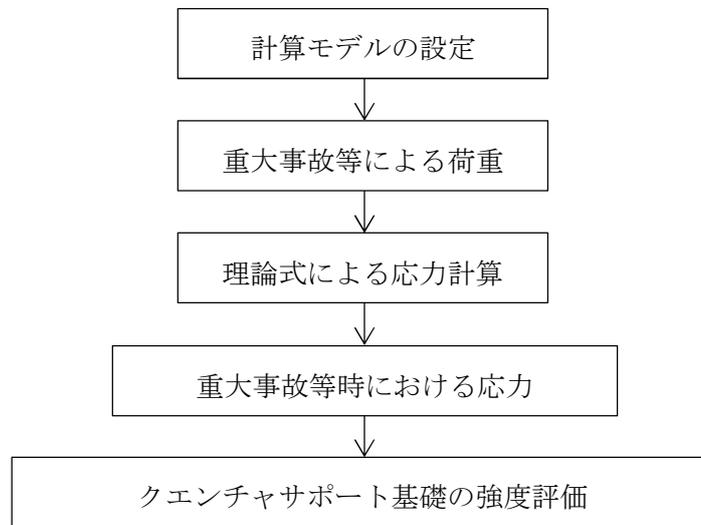


図2-1 クエンチャサポート基礎の強度評価フロー

2.3 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- ・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。）
- ・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, 3…)	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に示すとおりである。

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。

表 3-1 評価部位及び使用材料表

評価部位	使用材料	備考
ベースプレート		
ガセットプレート		
ベアリングプレート		
基礎ボルト		
コンクリート部	コンクリート ($F_c=300\text{kg/cm}^2$)	$F_c=29.4\text{N/mm}^2$

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、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、VI-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、VI-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VI-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VI-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

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	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$1.5 \cdot f_c^*$	$1.5 \cdot f_b^*$	$1.5 \cdot f_p^*$	—	—	—	—	—	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

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

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*	$0.85 \cdot F_c$	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 (°C)		S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
		周囲環境 温度					
ベースプレート	<input type="text"/>	周囲環境 温度	200	—	<input type="text"/>	<input type="text"/>	—
ベアリングプレート及び ガセットプレート	<input type="text"/>	周囲環境 温度	200	—	<input type="text"/>	<input type="text"/>	—
基礎ボルト	<input type="text"/>	周囲環境 温度	200	—	<input type="text"/>	<input type="text"/>	—

注記*1:

*2:

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、VI-1-8-1「原子炉格納施設的设计条件に関する説明書」に従い、以下のとおりとする。

温度 T_{SA} 200°C (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	<div style="border: 2px solid black; width: 100px; height: 100px;"></div>
軸力(N)	N_1	
	N_2	
モーメント (N・mm)	M_1	
	M_2	

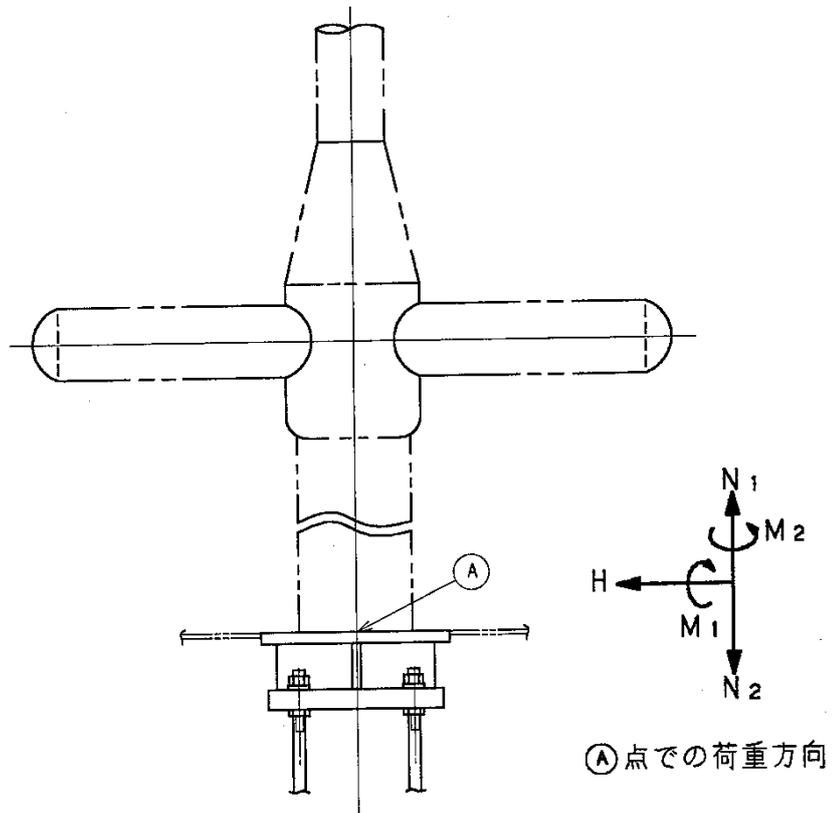


図4-1 クエンチャサポート基礎に加わる荷重

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 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 P2 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 P3 及び P4 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 P5 は、圧縮応力度についてはベース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 P3 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
P 1	ベースプレート
P 2	ガセットプレート
P 3	基礎ボルト
P 4	ベアリングプレート
P 5	コンクリート部

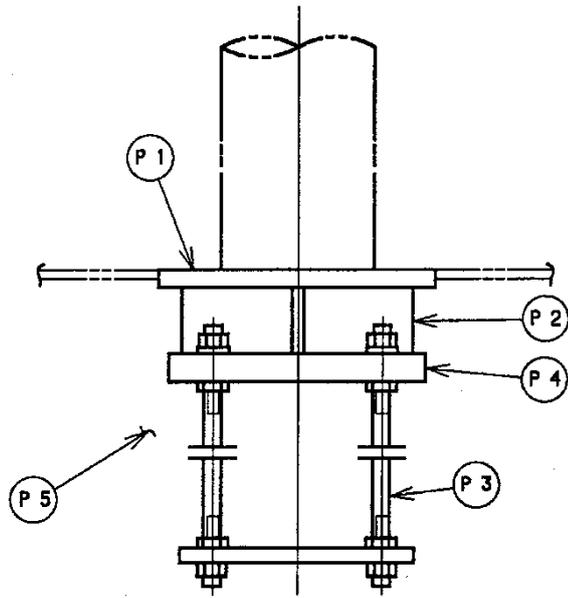


図 4-2 クエンチャサポート基礎の応力評価点

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 + 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			
クエンチャ サポート基礎	P1	ベースプレート	引張応力度	105		○		
			曲げ応力度	235		○		
	P2	ガセットプレート	曲げ応力度	63		○		
			せん断応力度	18		○		
	P3	基礎ボルト	引張応力度	243		○		
	P4	ベアリングプレート	曲げ応力度	157		○		
	P5	コンクリート部	圧縮応力度	8.5		25.0	○	単位：N/mm ²
			せん断応力度	0.2		1.1	○	単位：N/mm ²

6. 参照図書

- (1) 柏崎刈羽原子力発電所第6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」

VI-3-3-6-1-2 機器搬出入口の強度計算書

VI-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

本計算書の評価結果については、VI-1-8-1「原子炉格納施設的设计条件に関する説明書」による。

VI-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 適用規格・基準等	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、VI-1-8-1「原子炉格納施設的设计条件に関する説明書」及びVI-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13033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	
<p>上部ドライウエ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。</p> <p>上部ドライウエ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。</p>	<p>上部ドライウエル機器搬入用ハッチは、内径 <input type="text"/> mm、板厚 <input type="text"/> mm、長さ <input type="text"/> mm の円筒胴及び板厚 <input type="text"/> mm の鏡板、フランジで構成される鋼製構造物である。</p> <p>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。</p>	<p>上部ドライウエル機器搬入用ハッチ</p> <p>上部ドライウエル機器搬入用ハッチ 拡大図</p> <p style="text-align: right;">(単位：mm)</p>

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、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びVI-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。

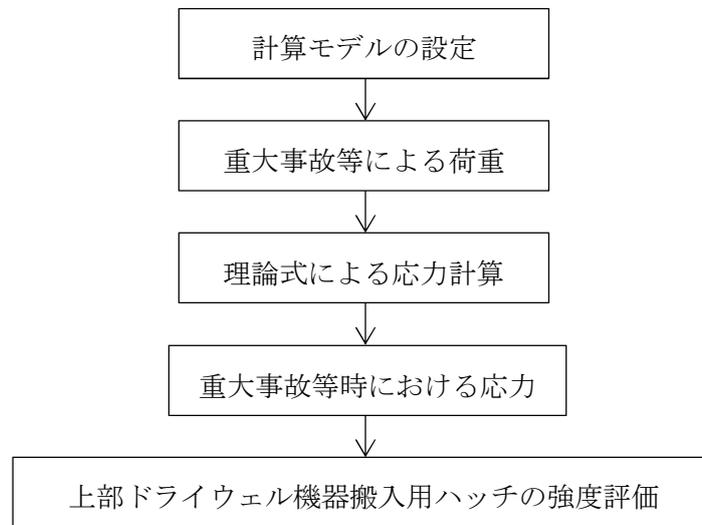


図2-1 上部ドライウェル機器搬入用ハッチの強度評価フロー

2.3 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- ・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 5 0 1 号）（以下「告示第 5 0 1 号」という。）
- ・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 4 5 2 号）（以下「告示第 4 5 2 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 (R T)	40°C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)	°C
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に示すとおりである。

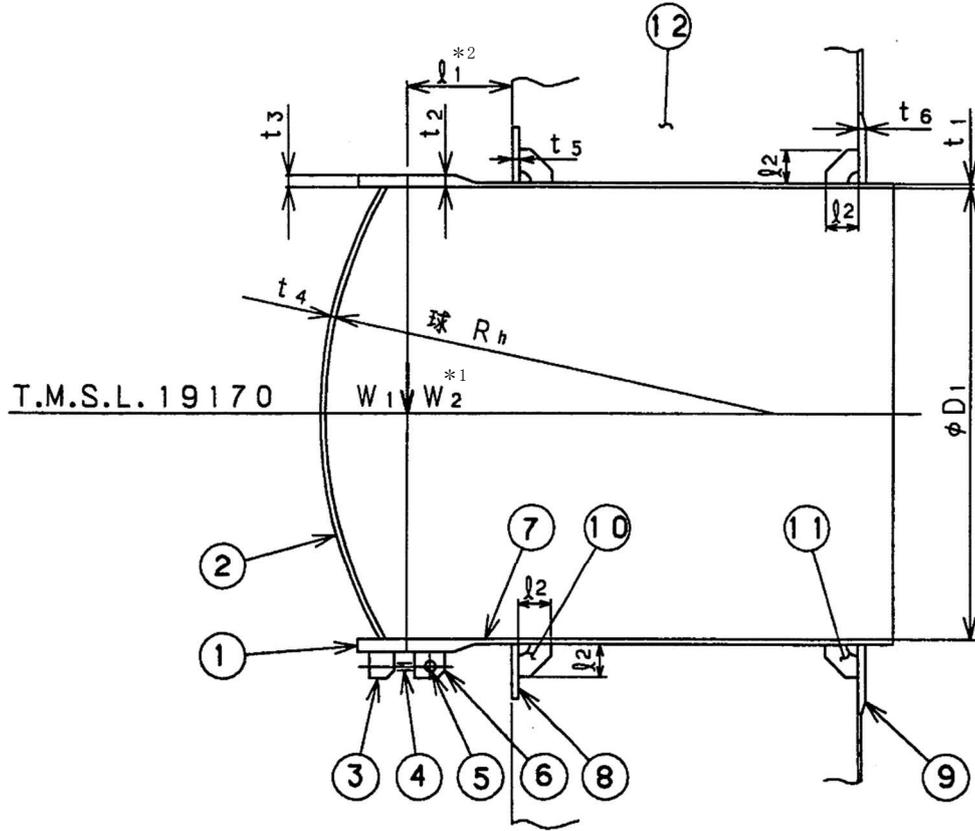
表 2-2 表示する数値の丸め方

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、評価部位及び使用材料を表 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

$D_1 =$ <input style="width: 50px; height: 20px;" type="text"/>	$l_1 =$ <input style="width: 50px; height: 20px;" type="text"/>	$l_2 =$ <input style="width: 50px; height: 20px;" type="text"/>	$R_h =$ <input style="width: 50px; height: 20px;" type="text"/>	$t_1 =$ <input style="width: 50px; height: 20px;" type="text"/>
$t_2 =$ <input style="width: 50px; height: 20px;" type="text"/>	$t_3 =$ <input style="width: 50px; height: 20px;" type="text"/>	$t_4 =$ <input style="width: 50px; height: 20px;" type="text"/>	$t_5 =$ <input style="width: 50px; height: 20px;" type="text"/>	$t_6 =$ <input style="width: 50px; height: 20px;" type="text"/>

（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

表 3-1 評価部位及び使用材料表

評価部位	使用材料	備考		
フランジ				
鏡板				
ブラケット				
ヒンジボルト				
ピン				
円筒胴				
フランジプレート (外側)				
フランジプレート (内側)				
ガセットプレート (外側)				
ガセットプレート (内側)				
コンクリート部			コンクリート ($F_c = 330\text{kg/cm}^2$)	$F_c = 32.4\text{N/mm}^2$

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、VI-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、VI-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、VI-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 エル機器搬入 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 4 5 2 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VI-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*	運転状態IVの許容応力である $2/3 \cdot S_u$ とする。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、 $2.4 \cdot S$ と $2/3 \cdot S_u$ 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4-3 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*	$2/3 \cdot S_u$ 。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、 $2.4 \cdot S$ と $2/3 \cdot S_u$ 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 ライナプレート、ライナアンカ等の許容応力度

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	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$1.5 \cdot f_c^*$	$1.5 \cdot f_b^*$	$1.5 \cdot f_p^*$	—	—	—	—	—	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

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	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*	$0.85 \cdot F_c$	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 (°C)		S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
		周囲環境 温度					
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	<input type="text"/>	周囲環境 温度	200	—	<input type="text"/>	<input type="text"/>	—
ヒンジボルト及びピン	<input type="text"/>	周囲環境 温度	200	—	<input type="text"/>	<input type="text"/>	—

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、VI-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、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～P13 は、圧力については薄肉円筒の応力計算式、ハッチ荷重（死荷重、活荷重）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 P11～P13 の圧力による円周方向応力は、上記に加え、コンクリートからの反力により生じる応力を考慮する。

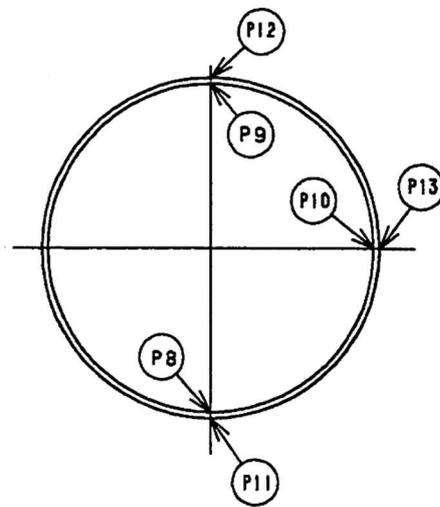
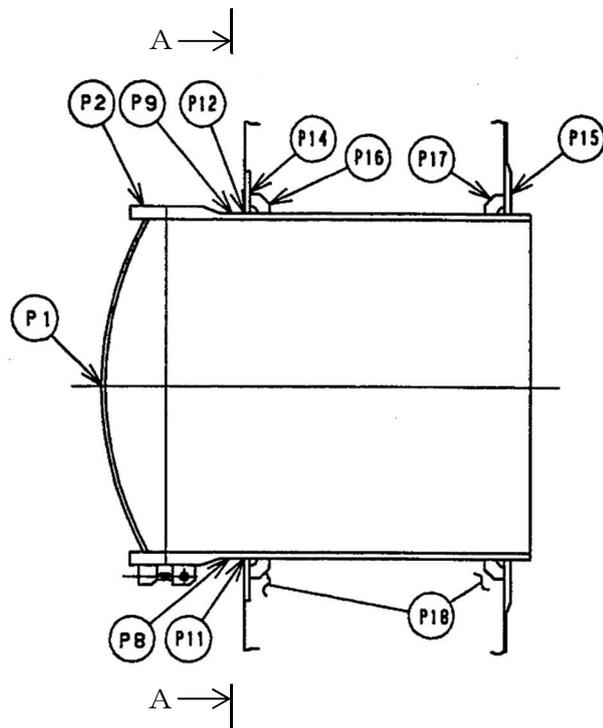
応力評価点 P14 及び P15 は、等分布荷重を受ける 3 辺固定 1 辺自由の矩形板にモデル化し評価する。

応力評価点 P16 及び P17 は、等分布荷重を受けるガセットプレートの断面性能より評価する。

応力評価点 P18 は、作用荷重に応じ、コンクリート部のフランジプレートとの接触面に生じる圧縮応力の分布を仮定して、力の釣り合い式を解き、最大圧縮応力度を計算することにより評価する。

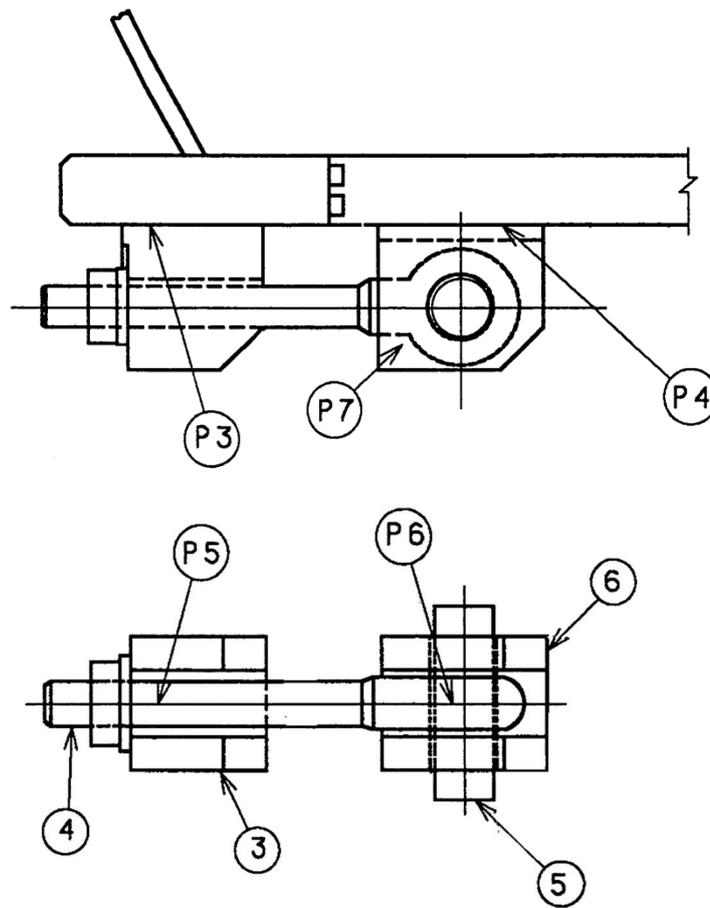
表 4-7 応力評価点

応力評価点番号	応力評価点
P 1	鏡板中央部
P 2	フランジ
P 3	ブラケットのフランジとの結合部
P 4	ブラケットの円筒胴との結合部
P 5	ヒンジボルト
P 6	ピン
P 7	ピン取付部
P 8～P 10	上部ドライウェル機器搬入用ハッチ円筒胴
P 11～P 13	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
P 14	フランジプレート (外側)
P 15	フランジプレート (内側)
P 16	ガセットプレート (外側)
P 17	ガセットプレート (内側)
P 18	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

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。

なお、表中の一次膜応力+一次曲げ応力の算出応力が一次一般膜応力の許容応力を下回ることから、評価を省略した一次一般膜応力が生じる応力評価点も十分な構造強度を有する。

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	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	101		○	
	P3	ブラケットのフランジとの結合部	応力強さ	111		○	
	P4	ブラケットの円筒胴との結合部	応力強さ	94		○	
	P5	ヒンジボルト	平均引張応力	137		○	
	P6	ピン	応力強さ	153		○	
	P7	ピン取付部	応力強さ	98		○	

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		
上部ドライウエル機器搬入用ハッチ	P8	上部ドライウエ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	上部ドライウエ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		○	
	P10	上部ドライウエ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		○	
	P11	上部ドライウエ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		○	
P12	上部ドライウエ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	○			
P13	上部ドライウエ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	P14	フランジプレート (外側)	曲げ応力度	4		○		
			せん断応力度	1		○		
	P15	フランジプレート (内側)	曲げ応力度	125		○		
			せん断応力度	12		○		
	P16	ガセットプレート (外側)	せん断応力度	4		○		
	P17	ガセットプレート (内側)	せん断応力度	135		○		
	P18	コンクリート部 (フランジプレート外側近傍)	圧縮応力度	0.2		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6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」

VI-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 適用規格・基準等	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
4.3.1 応力評価点	13
4.3.2 解析モデル及び諸元	15
4.3.3 応力計算方法	17
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	21

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、VI-1-8-1「原子炉格納施設的设计条件に関する説明書」及びVI-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13033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	
<p>下部ドライウエル機器搬入用ハッチは、下部ドライウエ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。</p> <p>下部ドライウエ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エ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。</p>	<p>下部ドライウエル機器搬入用ハッチは、内径 <input type="text"/> mm、板厚 <input type="text"/> mm、長さ <input type="text"/> mm の円筒胴及び板厚 <input type="text"/> mm の鏡板で構成される鋼製構造物である。</p>	<p>下部ドライウエル機器搬入用ハッチ</p> <p>鏡板</p> <p>フランジ</p> <p>円筒胴</p> <p>下部ドライウエル機器搬入用ハッチ 拡大図</p> <p style="text-align: right;">(単位：mm)</p>

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、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びVI-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。

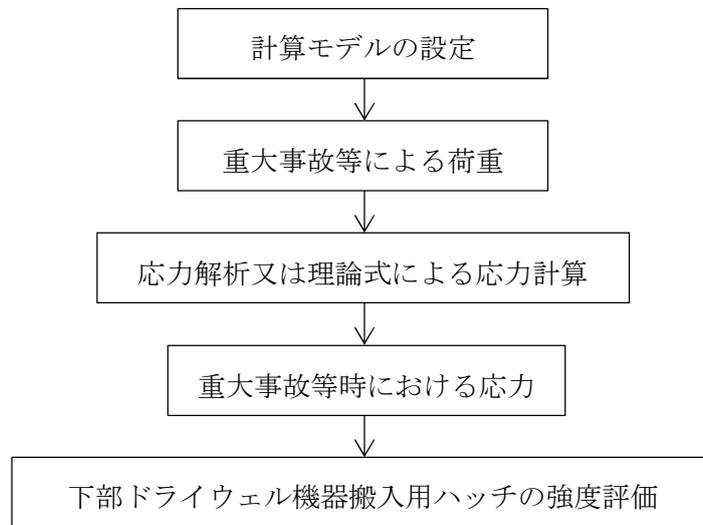


図2-1 下部ドライウェル機器搬入用ハッチの強度評価フロー

2.3 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- ・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
E	縦弾性係数	MPa
l_1	長さ	mm
m_i	質量 ($i = 1, 2, 3$)	kg
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 ($i = 1, 2, 3 \dots$)	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に示すとおりである。

表 2-2 表示する数値の丸め方

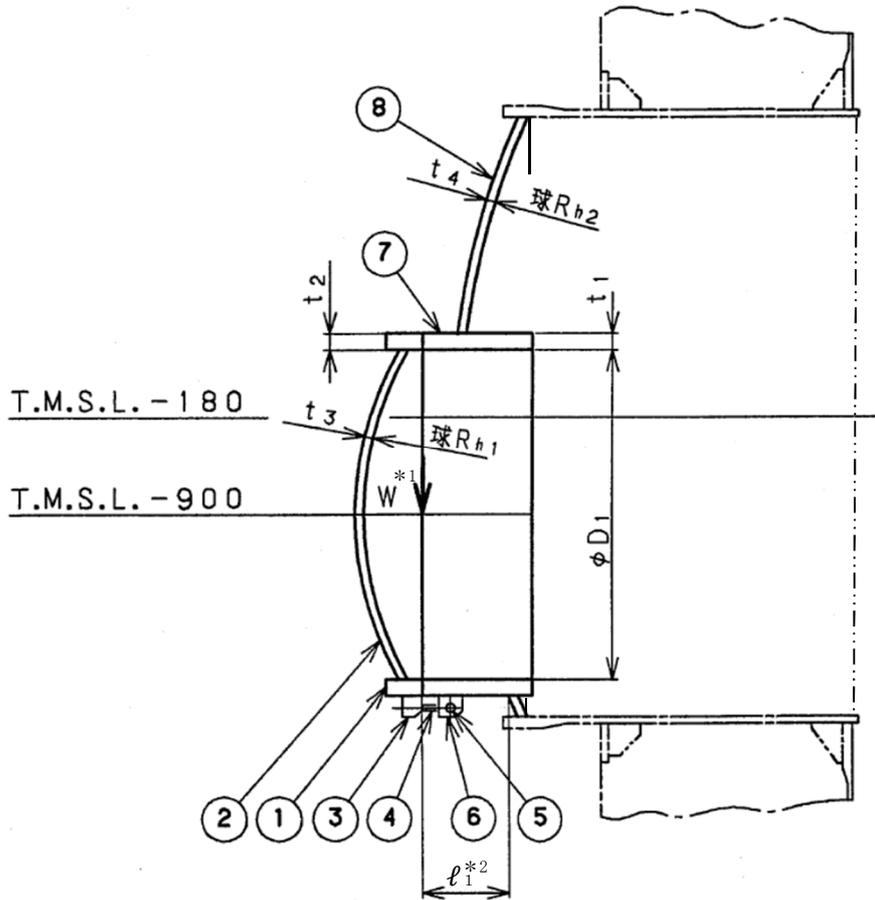
数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
最高使用圧力	kPa	—	—	整数位
温度	℃	—	—	整数位
許容応力 ^{*1}	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
力	N	有効数字4桁目	四捨五入	有効数字3桁 ^{*2}

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、評価部位及び使用材料を表 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アクセストネル鏡板

$D_1 =$ <input type="text"/>	$l_1 =$ <input type="text"/>	$R_{h1} =$ <input type="text"/>	$R_{h2} =$ <input type="text"/>
$t_1 =$ <input type="text"/>	$t_2 =$ <input type="text"/>	$t_3 =$ <input type="text"/>	$t_4 =$ <input type="text"/>

(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 評価部位及び使用材料表

評価部位	使用材料	備考
フランジ		
鏡板		
ブラケット		
ヒンジボルト		
ピン		
円筒胴		
アクセストネル鏡板		

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、VI-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、VI-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、VI-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	下部ドライウエ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VI-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*	運転状態IVの許容応力である $2/3 \cdot S_u$ とする。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、 $2.4 \cdot S$ と $2/3 \cdot S_u$ 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4-3 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*	$2/3 \cdot S_u$ 。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、 $2.4 \cdot S$ と $2/3 \cdot S_u$ 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 (°C)		S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
		周囲環境 温度					
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	<input type="text"/>	周囲環境 温度	200	—	<input type="text"/>	<input type="text"/>	—
ヒンジボルト, ピン	<input type="text"/>	周囲環境 温度	200	—	—	<input type="text"/>	—

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、VI-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、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VI-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、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 N

水位 T. M. S. L. 7400mm

4.3 計算方法

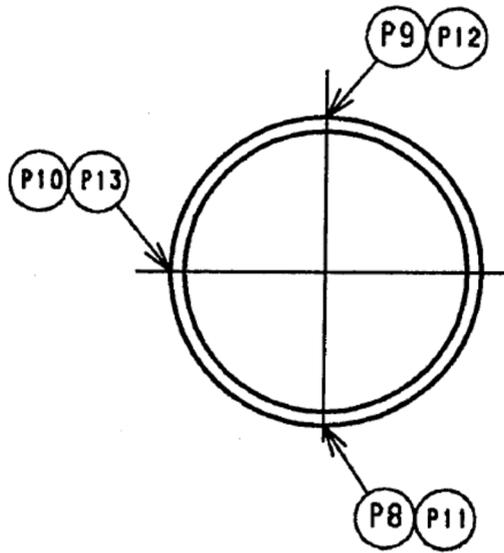
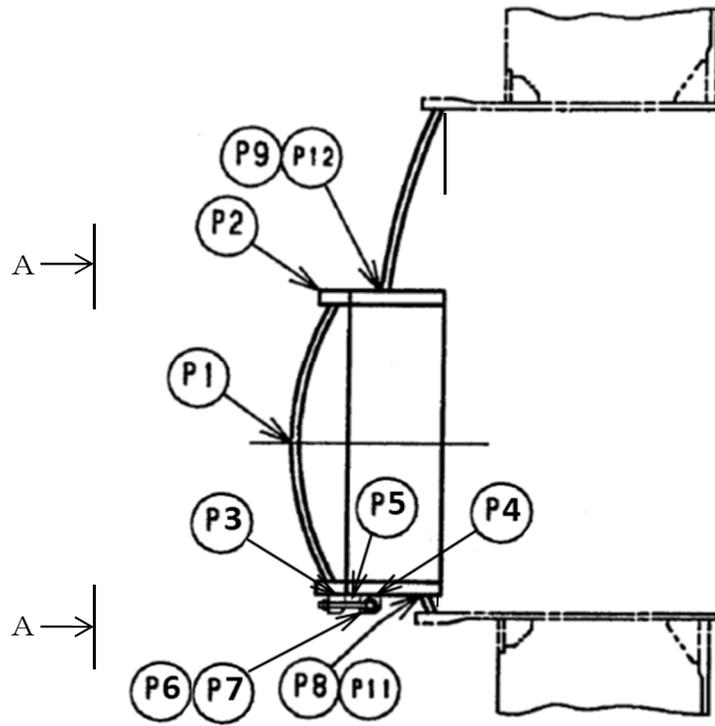
4.3.1 応力評価点

下部ドライウエル機器搬入用ハッチの応力評価点は、下部ドライウエ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。

表 4-5 応力評価点

応力評価点番号	応力評価点
P 1	鏡板中央部
P 2	フランジ
P 3	ブラケットのフランジとの結合部
P 4	ブラケットの円筒胴との結合部
P 5	ヒンジボルト
P 6	ピン
P 7	ピン取付部
P 8～P 10	下部ドライウエル機器搬入用ハッチ円筒胴
P 11～P 13	下部ドライウエル機器搬入用ハッチ円筒胴と鏡板との結合部



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

4.3.2 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. 下部ドライウェル機器搬入用ハッチの解析モデルは、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4-6に示す。

b.

c.

- 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。

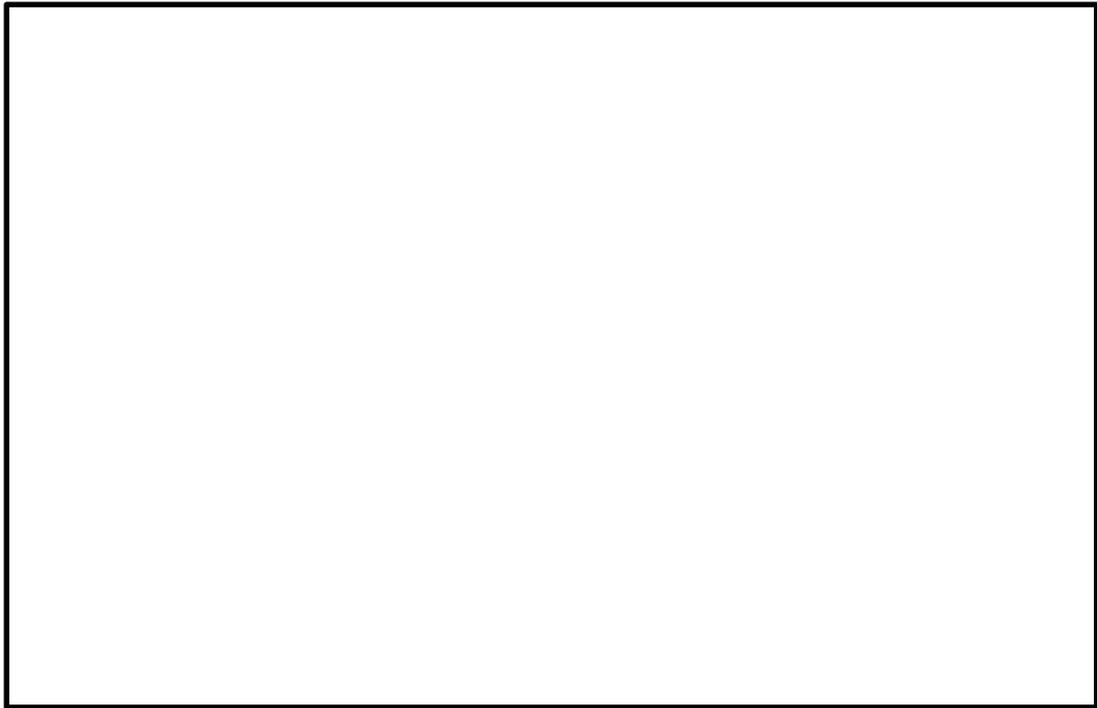


図 4-2 解析モデル

表 4-6 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	
温度条件		T	°C	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

下部ドライウェル機器搬入用ハッチ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～P7

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 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

b. 応力評価点 P8～P10

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 P8～P10 の圧力による応力は、内圧を受ける薄肉円筒の応力算出式を用いて算出する。圧力以外の荷重による応力は、評価断面の断面性能より評価する。

c. 応力評価点 P11～P13

応力評価点 P11～P13 の応力は、「4.3.2 解析モデル及び諸元」に示す下部ドライウェル機器搬入用ハッチの解析モデルにより算出する。

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。

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。

なお、表中の一次膜応力+一次曲げ応力の算出応力が一次一般膜応力の許容応力を下回ることから、評価を省略した一次一般膜応力が生じる応力評価点も十分な構造強度を有する。

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	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	44		○	
			一次膜応力+一次曲げ応力	44		○	
	P2	フランジ	一次膜応力+一次曲げ応力	91		○	
	P3	ブラケットのフランジとの結合部	応力強さ	135		○	
	P4	ブラケットの円筒胴との結合部	応力強さ	113		○	
	P5	ヒンジボルト	平均引張応力	163		○	
	P6	ピン	応力強さ	182		○	
P7	ピン取付部	応力強さ	118		○		

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		
下部ドライウエル機器搬入用ハッチ	P8	下部ドライウエル機器搬入用ハッチ 円筒胴	一次一般膜応力	14		○	
			一次膜応力+一次曲げ応力	14		○	
	P9	下部ドライウエル機器搬入用ハッチ 円筒胴	一次一般膜応力	14		○	
			一次膜応力+一次曲げ応力	14		○	
	P10	下部ドライウエル機器搬入用ハッチ 円筒胴	一次一般膜応力	14		○	
			一次膜応力+一次曲げ応力	14		○	
	P11	下部ドライウエ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	15		○	
	P12	下部ドライウエ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	95		○	
P13	下部ドライウエ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	78		○		

6. 参照図書

- (1) 柏崎刈羽原子力発電所第6号機 第2回工事計画認可申請書
IV-3-4-1-9 「下部ドライウエル機器搬入用ハッチの強度計算書」

VI-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 適用規格・基準等	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	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	23

1. 概要

本計算書は、サブプレッションチェンバ出入口の強度計算書である。

サブプレッションチェンバ出入口は、設計基準対象施設のサブ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、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びVI-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、サブ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13033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

サブ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	
<p>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。</p> <p>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。</p>	<p>サプレッションチェンバ出入口は、内径 <input type="text"/> mm、板厚 <input type="text"/> mm、長さ <input type="text"/> mm の円筒胴及び板厚 <input type="text"/> mm の鏡板、フランジで構成される鋼製構造物である。</p> <p>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。</p>	<p style="text-align: right;">(単位：mm)</p>

2.2 評価方針

サブプレッションチェンバ出入口の応力評価は、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びVI-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。

サブ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。

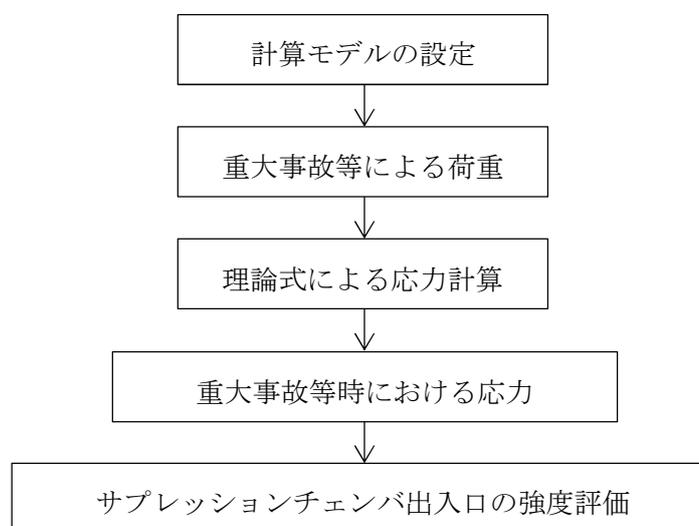


図2-1 サブプレッションチェンバ出入口の強度評価フロー

2.3 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- ・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 5 0 1 号）（以下「告示第 5 0 1 号」という。）
- ・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 4 5 2 号）（以下「告示第 4 5 2 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°C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)	°C
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に示すとおりである。

表 2-2 表示する数値の丸め方

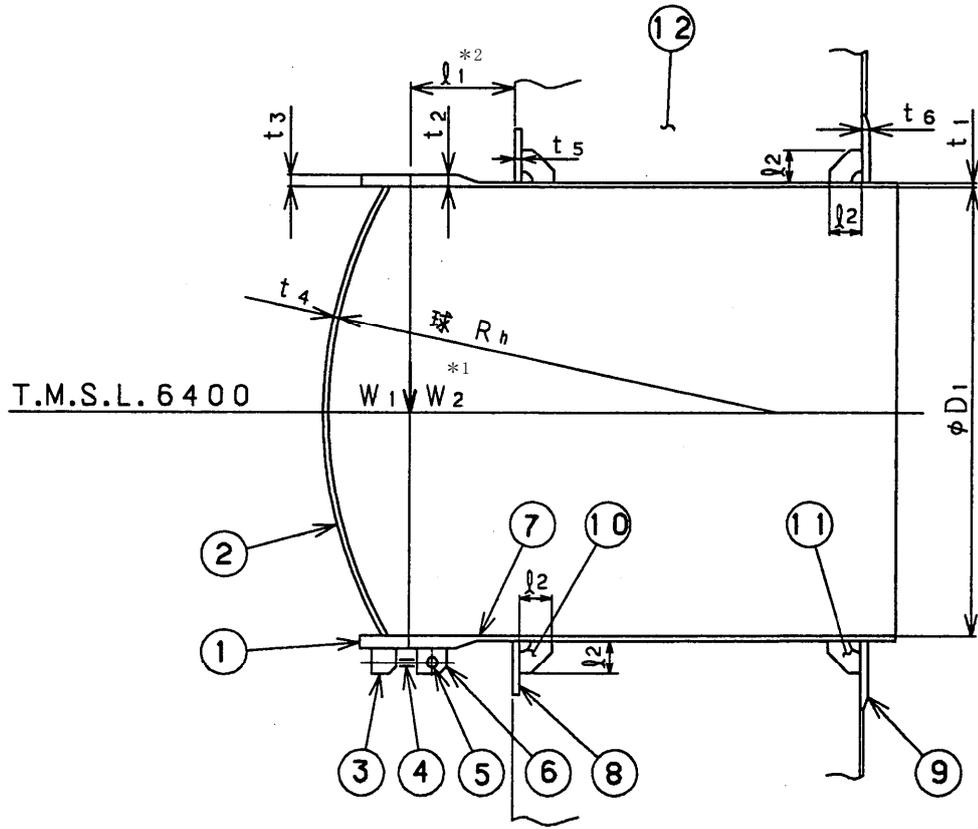
数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
最高使用圧力	kPa	—	—	整数位
温度	℃	—	—	整数位
許容応力* ¹	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
力	N	有効数字4桁目	四捨五入	有効数字3桁* ²

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、評価部位及び使用材料を表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

$D_1 =$ <input style="width: 50px; height: 20px;" type="text"/>	$l_1 =$ <input style="width: 50px; height: 20px;" type="text"/>	$l_2 =$ <input style="width: 50px; height: 20px;" type="text"/>	$R_h =$ <input style="width: 50px; height: 20px;" type="text"/>	$t_1 =$ <input style="width: 50px; height: 20px;" type="text"/>
$t_2 =$ <input style="width: 50px; height: 20px;" type="text"/>	$t_3 =$ <input style="width: 50px; height: 20px;" type="text"/>	$t_4 =$ <input style="width: 50px; height: 20px;" type="text"/>	$t_5 =$ <input style="width: 50px; height: 20px;" type="text"/>	$t_6 =$ <input style="width: 50px; height: 20px;" type="text"/>

（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 評価部位及び使用材料表

評価部位	使用材料	備考
フランジ		
鏡板		
ブラケット		
ヒンジボルト		
ピン		
円筒胴		
フランジプレート (外側)		
フランジプレート (内側)		
ガセットプレート (外側)		
ガセットプレート (内側)		
コンクリート部	コンクリート ($F_c=330 \text{ kg/cm}^2$)	$F_c=32.4\text{N/mm}^2$

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、VI-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、VI-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、VI-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 4 5 2 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 VI-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*	運転状態IVの許容応力である $2/3 \cdot S_u$ とする。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、 $2.4 \cdot S$ と $2/3 \cdot S_u$ 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4-3 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*	$2/3 \cdot S_u$ 。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、 $2.4 \cdot S$ と $2/3 \cdot S_u$ 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 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	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$1.5 \cdot f_c^*$	$1.5 \cdot f_b^*$	$1.5 \cdot f_p^*$	—	—	—	—	—	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

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	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*	$0.85 \cdot F_c$	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 (°C)		S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
		周囲環境 温度					
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	<input type="text"/>	周囲環境 温度	200	—	<input type="text"/>	<input type="text"/>	—
ヒンジボルト、ピン	<input type="text"/>	周囲環境 温度	200	—	—	<input type="text"/>	—

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、VI-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、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VI-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、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	<input type="text"/>	N
水位 T. M. S. L.	8750mm	

4.3 計算方法

サブプレッションチェンバ出入口の応力評価点は、サブ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～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～P13 は、圧力については薄肉円筒の応力計算式、ハッチ荷重（死荷重、活荷重）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 P11～P13 の圧力による円周方向応力は、上記に加え、コンクリートからの反力により生じる応力を考慮する。

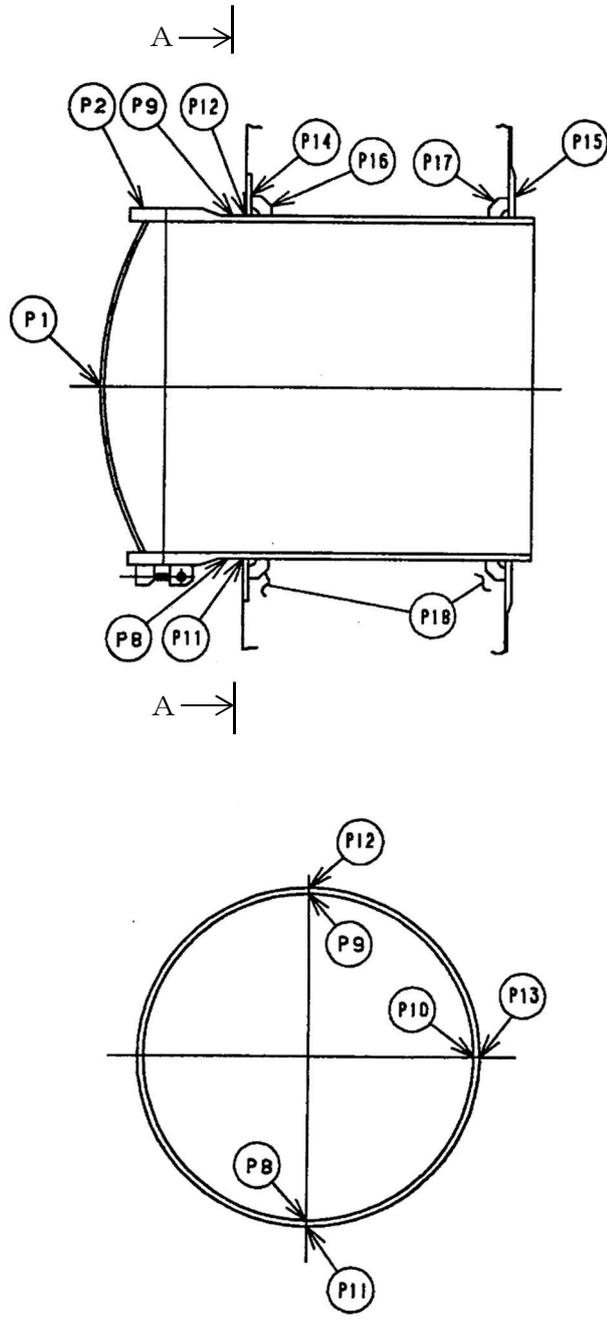
応力評価点 P14 及び P15 は、等分布荷重を受ける 3 辺固定 1 辺自由の矩形板にモデル化し評価する。

応力評価点 P16 及び P17 は、等分布荷重を受けるガセットプレートの断面性能より評価する。

応力評価点 P18 は、作用荷重に応じ、コンクリート部のフランジプレートとの接触面に生じる圧縮応力の分布を仮定して、力の釣り合い式を解き、最大圧縮応力度を計算することにより評価する。

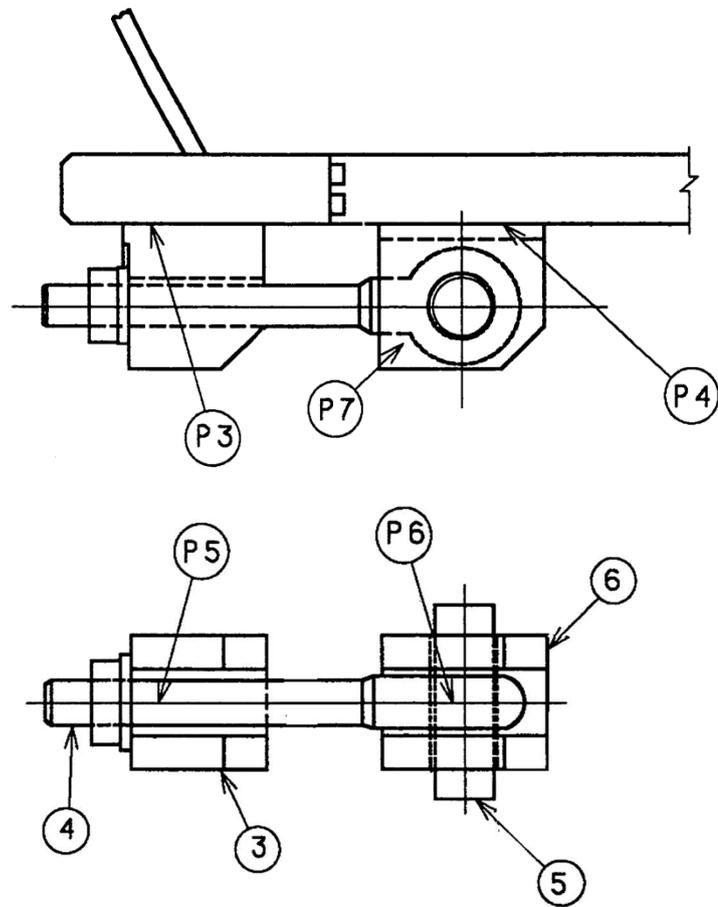
表 4-7 応力評価点

応力評価点番号	応力評価点
P 1	鏡板中央部
P 2	フランジ
P 3	ブラケットのフランジとの結合部
P 4	ブラケットの円筒胴との結合部
P 5	ヒンジボルト
P 6	ピン
P 7	ピン取付部
P 8～P 10	サプレッションチェンバ出入口円筒胴
P 11～P 13	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
P 14	フランジプレート (外側)
P 15	フランジプレート (内側)
P 16	ガセットプレート (外側)
P 17	ガセットプレート (内側)
P 18	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 (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

図 4-1 サプレッションチェンバ出入口の応力評価位置 (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

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。

なお、表中の一次膜応力+一次曲げ応力の算出応力が一次一般膜応力の許容応力を下回ることから、評価を省略した一次一般膜応力が生じる応力評価点も十分な構造強度を有する。

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	備考
				算出応力	許容応力		
				MPa	MPa		
サブプレッション 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	139		○	
	P3	ブラケットのフランジとの結合部	応力強さ	97		○	
	P4	ブラケットの円筒胴との結合部	応力強さ	81		○	
	P5	ヒンジボルト	平均引張応力	117		○	
	P6	ピン	応力強さ	132		○	
P7	ピン取付部	応力強さ	84		○		

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	P8	サプレッションチェンバ出入口円筒胴	一次一般膜応力	42		○	
			一次膜応力+一次曲げ応力	42		○	
	P9	サプレッションチェンバ出入口円筒胴	一次一般膜応力	42		○	
			一次膜応力+一次曲げ応力	42		○	
	P10	サプレッションチェンバ出入口円筒胴	一次一般膜応力	42		○	
			一次膜応力+一次曲げ応力	42		○	
	P11	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	19		○	
	P12	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	25		○	
P13	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	22		○		

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	P14	フランジプレート (外側)	曲げ応力度	13		○		
			せん断応力度	1		○		
	P15	フランジプレート (内側)	曲げ応力度	110		○		
			せん断応力度	10		○		
	P16	ガセットプレート (外側)	せん断応力度	11		○		
	P17	ガセットプレート (内側)	せん断応力度	94		○		
	P18	コンクリート部 (フランジプレート外側近傍)	圧縮応力度	0.6		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	5.6		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 4 5 2 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6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」

VI-3-3-6-1-3 エアロックの強度計算書

VI-3-3-6-1-3-1 所員用エアロックの基本板厚計算書

本計算書の評価結果については、VI-1-8-1「原子炉格納施設的设计条件に関する説明書」による。

VI-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 適用規格・基準等	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	18
4.5 応力の評価	18
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、VI-1-8-1「原子炉格納施設的设计条件に関する説明書」及びVI-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13033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	
<p>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。</p> <p>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。</p>	<p>上部ドライウェル所員用エアロックは、内径 <input type="text"/> mm、板厚 <input type="text"/> mm、長さ <input type="text"/> mm の円筒胴、板厚 <input type="text"/> mm の扉、板厚 <input type="text"/> mm の隔壁で構成される鋼製構造物である。</p> <p>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。</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="853 560 1368 1126"> <p>上部ドライウェル所員用エアロック</p> </div> <div data-bbox="1406 555 1973 1166"> </div> </div> <p style="text-align: center;">上部ドライウェル所員用エアロック 拡大図</p> <p style="text-align: right;">(単位：mm)</p>

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、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びVI-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。

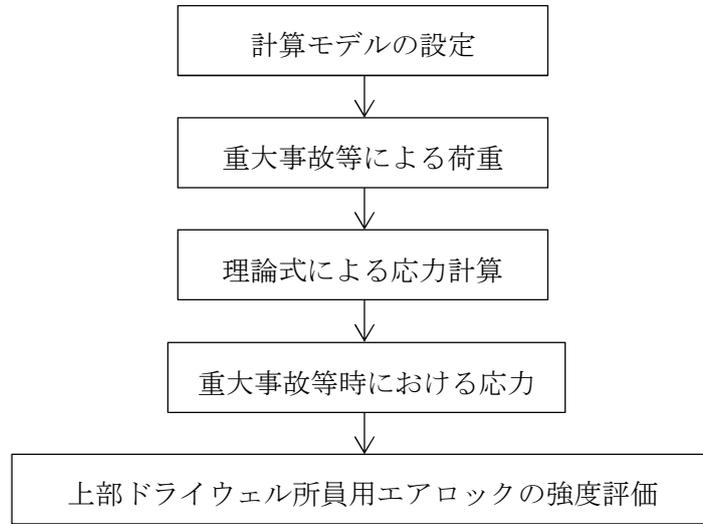


図2-1 上部ドライウェル所員用エアロックの強度評価フロー

2.3 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- ・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 5 0 1 号）（以下「告示第 5 0 1 号」という。）
- ・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 4 5 2 号）（以下「告示第 4 5 2 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°C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)	°C
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に示すとおりである。

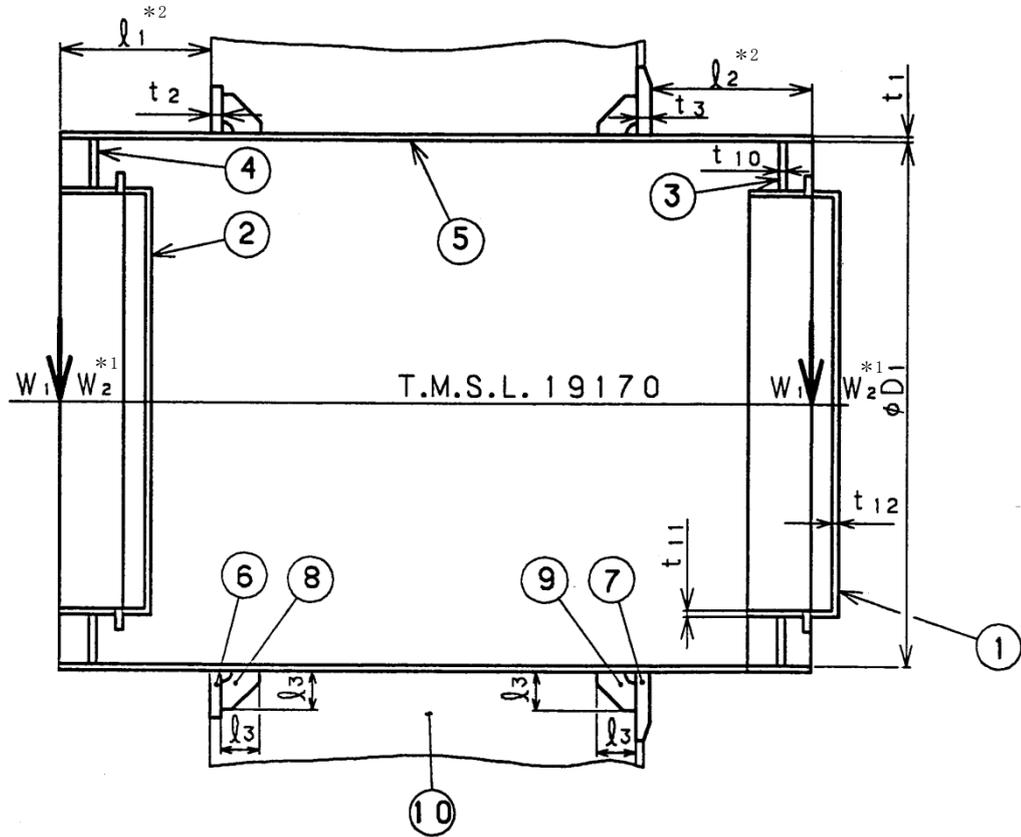
表 2-2 表示する数値の丸め方

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、評価部位及び使用材料を表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

$D_1 =$ <input style="width: 50px; height: 20px;" type="text"/>	$l_1 =$ <input style="width: 50px; height: 20px;" type="text"/>	$l_2 =$ <input style="width: 50px; height: 20px;" type="text"/>	$l_3 =$ <input style="width: 50px; height: 20px;" type="text"/>
$t_1 =$ <input style="width: 50px; height: 20px;" type="text"/>	$t_2 =$ <input style="width: 50px; height: 20px;" type="text"/>	$t_3 =$ <input style="width: 50px; height: 20px;" type="text"/>	$t_{10} =$ <input style="width: 50px; height: 20px;" type="text"/>
$t_{11} =$ <input style="width: 50px; height: 20px;" type="text"/>	$t_{12} =$ <input style="width: 50px; height: 20px;" type="text"/>		

(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 評価部位及び使用材料表

評価部位	使用材料	備考		
内側扉				
外側扉				
内側隔壁				
外側隔壁				
水平及び垂直部材				
円筒胴				
フランジプレート (外側)				
フランジプレート (内側)				
ガセットプレート (外側)				
ガセットプレート (内側)				
コンクリート部			コンクリート ($F_c = 330\text{kg/cm}^2$)	$F_c = 32.4\text{N/mm}^2$

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、VI-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、VI-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、VI-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	上部ドライウエル 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VI-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*	運転状態IVの許容応力である $2/3 \cdot S_u$ とする。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、 $2.4 \cdot S$ と $2/3 \cdot S_u$ 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4-3 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	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$1.5 \cdot f_c^*$	$1.5 \cdot f_b^*$	$1.5 \cdot f_p^*$	—	—	—	—	—	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$

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	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*	$0.85 \cdot F_c$	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 (°C)		S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		周囲環境 温度	200				
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	<input type="text"/>	周囲環境 温度	200	—	<input type="text"/>	<input type="text"/>	—

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、VI-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、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 及び P4 は、等分布荷重を受ける両端支持のほりにモデル化し評価する。

応力評価点 P2 は、集中荷重を受ける両端支持のほりにモデル化し評価する。

応力評価点 P3 及び P7 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 P5 及び P6 は、集中荷重と等分布荷重を受ける両端支持のほりにモデル化し評価する。

応力評価点 P8～P19 は、圧力については薄肉円筒の応力計算式、ハッチ荷重（死荷重、活荷重）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 P11～P13 及び P17～P19 の圧力による円周方向応力は、上記に加え、コンクリートからの反力により生じる応力を考慮する。

応力評価点 P20 及び P21 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 P22 及び P23 は、等分布荷重を受けるガセットプレートの断面性能より評価する。

応力評価点 P24 は、作用荷重に応じ、コンクリート部のフランジプレートとの接触面に生じる圧縮応力の分布を仮定して、力の釣り合い式を解き、最大圧縮応力度を計算することにより評価する。

表 4-6 応力評価点

応力評価点番号	応力評価点
P 1	内外扉垂直部材
P 2	内外扉水平部材
P 3	内外扉板
P 4	内外隔壁外側水平部材
P 5	内外隔壁内側垂直部材
P 6	内外隔壁内側水平部材
P 7	内外隔壁板
P 8～P 10	上部ドライウェル所員用エアロック内側円筒胴
P 11～P 13	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
P 14～P 16	上部ドライウェル所員用エアロック外側円筒胴
P 17～P 19	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
P 20	フランジプレート (外側)
P 21	フランジプレート (内側)
P 22	ガセットプレート (外側)
P 23	ガセットプレート (内側)
P 24	コンクリート部

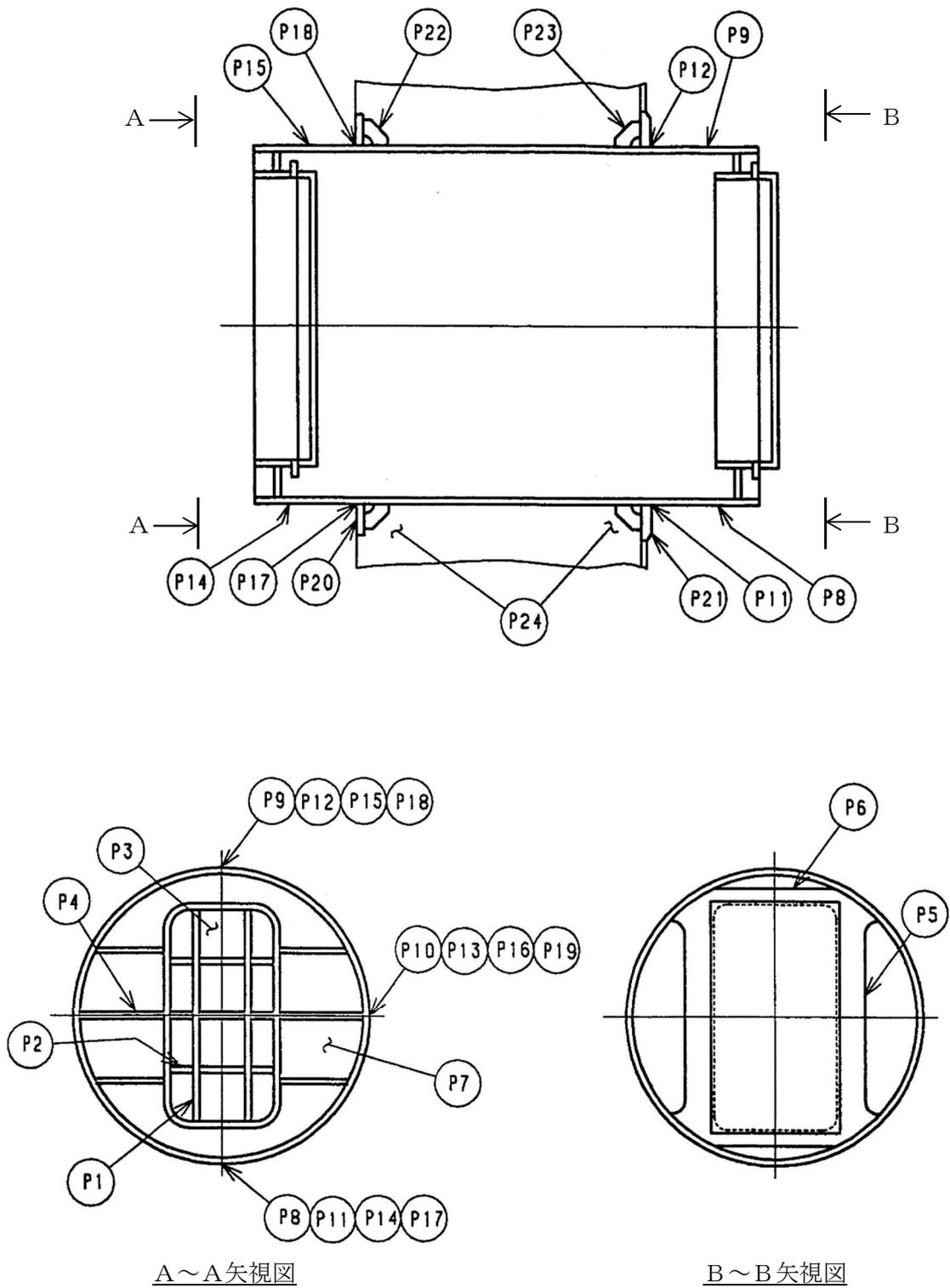


図4-1 上部ドライウェル所員用エアロックの応力評価点

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。

なお、表中の一次膜応力+一次曲げ応力の算出応力が一次一般膜応力の許容応力を下回ることから、評価を省略した一次一般膜応力が生じる応力評価点も十分な構造強度を有する。

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	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	内外扉垂直部材	一次膜応力+一次曲げ応力	26		○	
	P2	内外扉水平部材	一次膜応力+一次曲げ応力	107		○	
	P3	内外扉板	一次膜応力+一次曲げ応力	37		○	
	P4	内外隔壁外側水平部材	一次膜応力+一次曲げ応力	144		○	
	P5	内外隔壁内側垂直部材	一次膜応力+一次曲げ応力	82		○	
	P6	内外隔壁内側水平部材	一次膜応力+一次曲げ応力	187		○	
	P7	内外隔壁板	一次膜応力+一次曲げ応力	120		○	

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	P8	上部ドライウエル所員用エアロック 内側円筒胴	一次一般膜応力	52		○	
			一次膜応力+一次曲げ応力	52		○	
	P9	上部ドライウエル所員用エアロック 内側円筒胴	一次一般膜応力	52		○	
			一次膜応力+一次曲げ応力	52		○	
	P10	上部ドライウエル所員用エアロック 内側円筒胴	一次一般膜応力	52		○	
			一次膜応力+一次曲げ応力	52		○	
	P11	上部ドライウエ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	29		○	
	P12	上部ドライウエ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		○	
	P13	上部ドライウエ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		○	

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	P14	上部ドライウエル所員用エアロック 外側円筒胴	一次一般膜応力	52		○	
			一次膜応力+一次曲げ応力	52		○	
	P15	上部ドライウエル所員用エアロック 外側円筒胴	一次一般膜応力	52		○	
			一次膜応力+一次曲げ応力	52		○	
	P16	上部ドライウエル所員用エアロック 外側円筒胴	一次一般膜応力	52		○	
			一次膜応力+一次曲げ応力	52		○	
	P17	上部ドライウエ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		○	
	P18	上部ドライウエ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	29		○	
	P19	上部ドライウエ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		○	

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	P20	フランジプレート (外側)	曲げ応力度	10		○		
			せん断応力度	1		○		
	P21	フランジプレート (内側)	曲げ応力度	130		○		
			せん断応力度	12		○		
	P22	ガセットプレート (外側)	せん断応力度	11		○		
	P23	ガセットプレート (内側)	せん断応力度	141		○		
	P24	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	6.3		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 4 5 2 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6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」

VI-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 適用規格・基準等	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
4.3.1 応力評価点	12
4.3.2 解析モデル及び諸元	14
4.3.3 応力計算方法	16
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、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、VI-1-8-1「原子炉格納施設的设计条件に関する説明書」及びVI-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。

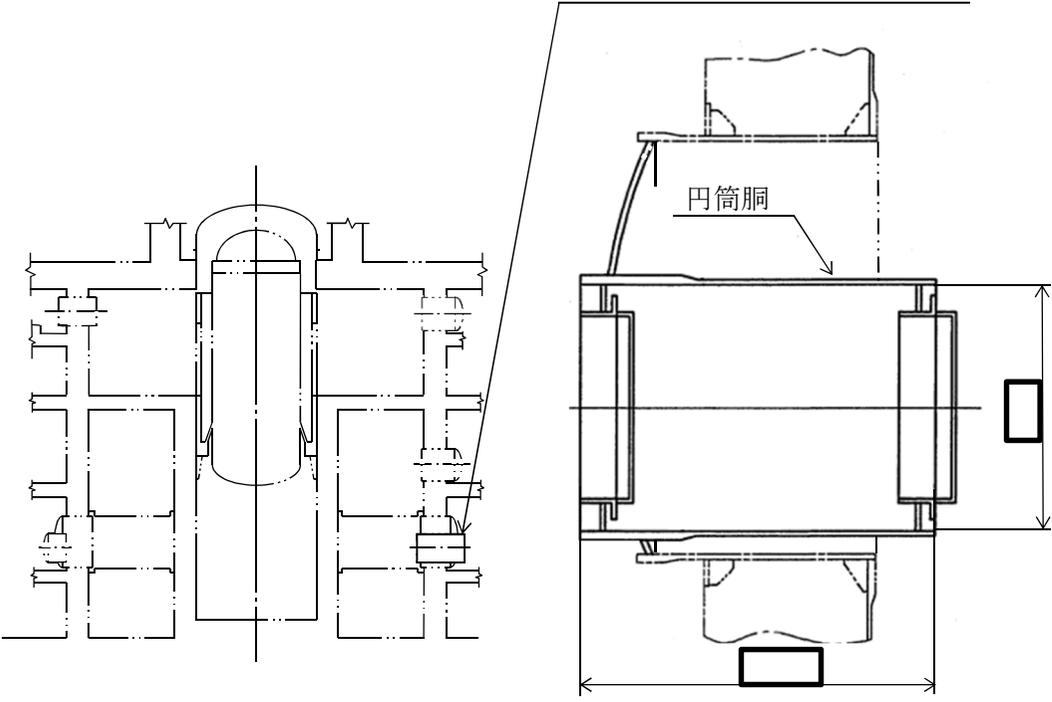
なお、本計算書においては、重大事故等時における荷重に対して、平成4年3月27日付け3資庁第13033号にて認可された工事計画の添付書類（参照図書(1)）（以下「既工認」という。）に示す手法に従い強度評価を行う。

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	
<p>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。</p> <p>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。</p>	<p>下部ドライウェル所員用エアロックは、内径 <input type="text"/> mm、板厚 <input type="text"/> mm、長さ <input type="text"/> mm の円筒胴及び板厚 <input type="text"/> mm の扉等で構成される鋼製構造物である。</p>	<p style="text-align: center;">下部ドライウェル所員用エアロック</p>  <p style="text-align: center;">下部ドライウェル所員用エアロック 拡大図</p> <p style="text-align: right;">(単位：mm)</p>

2

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、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びVI-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。

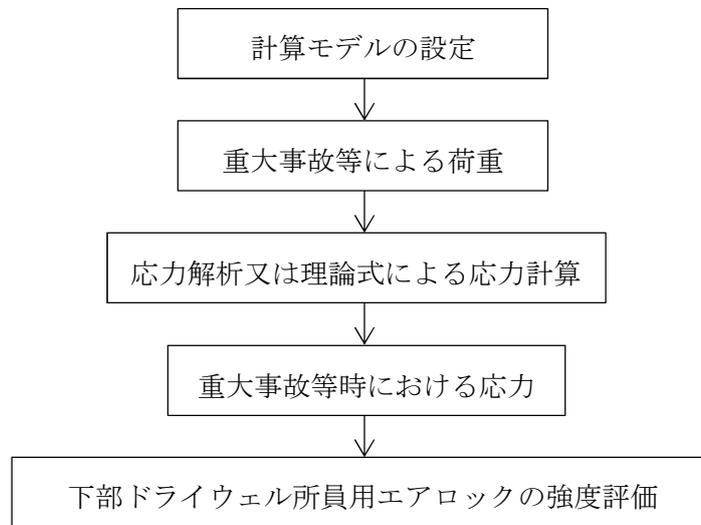


図2-1 下部ドライウェル所員用エアロックの強度評価フロー

2.3 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- ・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
E	縦弾性係数	MPa
l_i	長さ ($i = 1, 10$)	mm
m_i	質量 ($i = 1, 2, 3$)	kg
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°Cにおける設計降伏点	MPa
t_i	厚さ ($i = 1, 2, 3 \dots$)	mm
T	温度	°C
T_{SA}	温度 (SA後温度)	°C
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に示すとおりである。

表 2-2 表示する数値の丸め方

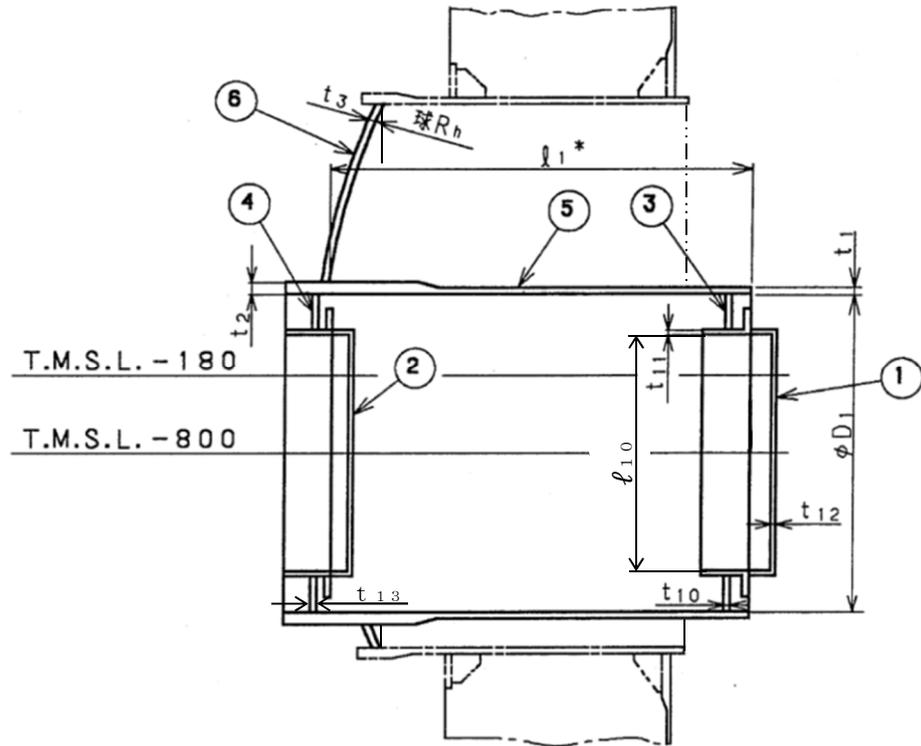
数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
最高使用圧力	kPa	—	—	整数位
温度	℃	—	—	整数位
許容応力 ^{*1}	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
力	N	有効数字4桁目	四捨五入	有効数字3桁 ^{*2}

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、評価部位及び使用材料を表 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アクセストネル鏡板

$D_1 =$ <input type="text"/>	$l_1 =$ <input type="text"/>	$l_{10} =$ <input type="text"/>	$R_h =$ <input type="text"/>	$t_1 =$ <input type="text"/>
$t_2 =$ <input type="text"/>	$t_3 =$ <input type="text"/>	$t_{10} =$ <input type="text"/>	$t_{11} =$ <input type="text"/>	$t_{12} =$ <input type="text"/>
$t_{13} =$ <input type="text"/>				

(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

表 3-1 評価部位及び使用材料表

評価部位	使用材料		備考
内側扉			
外側扉			
内側隔壁			
外側隔壁			
水平及び垂直部材			
円筒胴			
アクセストネル鏡板			

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、VI-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、VI-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、VI-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	下部ドライウエ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VI-1-8-1「原子炉格納施設的设计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*	運転状態IVの許容応力である $2/3 \cdot S_u$ とする。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、 $2.4 \cdot S$ と $2/3 \cdot S_u$ 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 4-3 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 (°C)		S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
		周囲環境 温度	200				
下部ドライウェル 所員用エアロック	□		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、VI-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、以下のとおりとする。

内圧 P_{SA}	620kPa (SA後)
温度 T_{SA}	200°C (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VI-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、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	<input type="text"/>	N
水位 T. M. S. L.	7400mm	

4.3 計算方法

4.3.1 応力評価点

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。

表 4-4 応力評価点

応力評価点番号	応力評価点
P 1	内外扉垂直部材
P 2	内外扉水平部材
P 3	内外扉板
P 4	内外隔壁外側水平部材
P 5	内外隔壁内側垂直部材
P 6	内外隔壁内側水平部材
P 7	内外隔壁板
P 8～P 10	下部ドライウェル所員用エアロック円筒胴
P 11～P 13	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

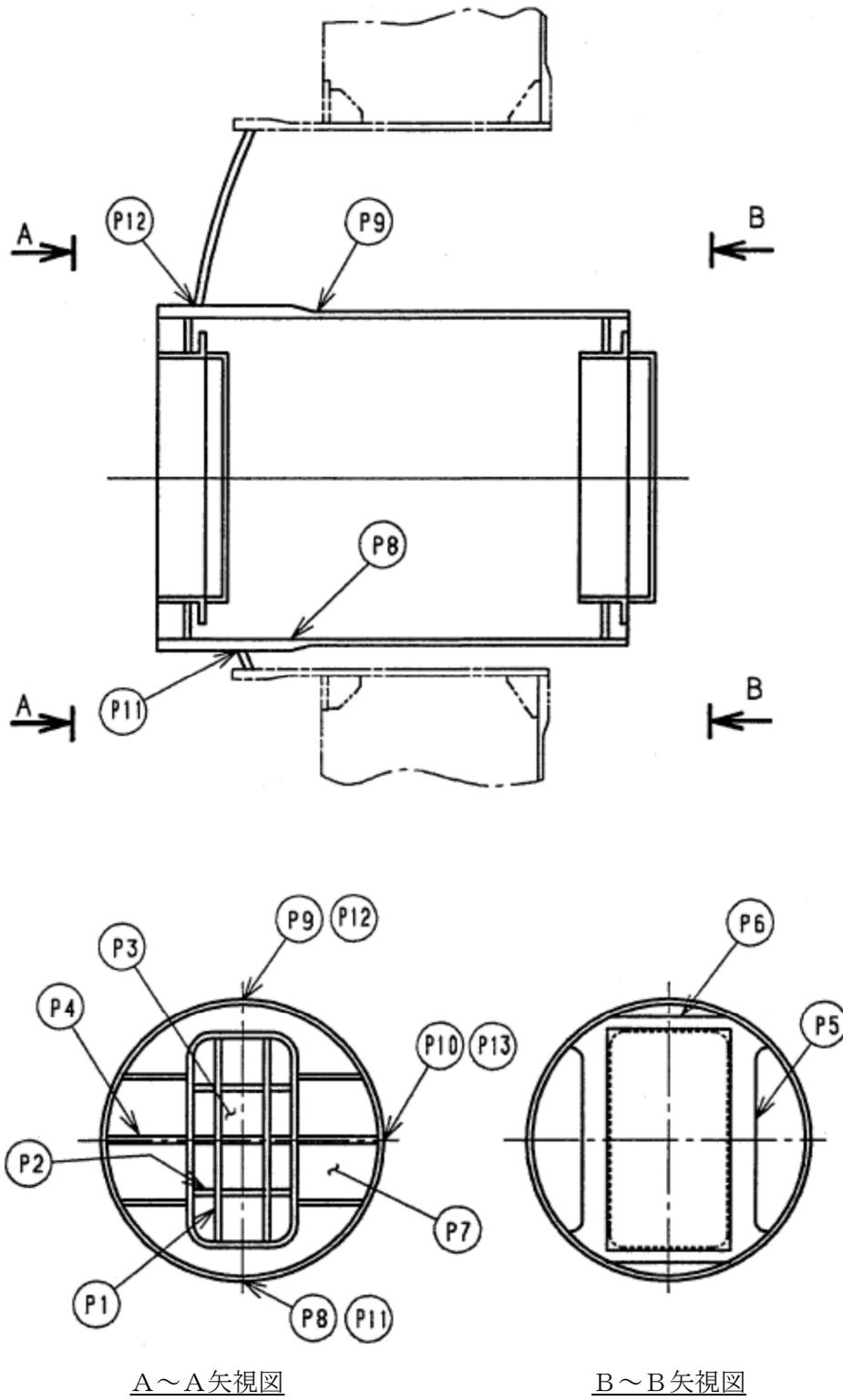


図 4-1 下部ドライウェル所員用エアロックの応力評価位置

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. 下部ドライウェル所員用エアロックの解析モデルは、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.

- 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。



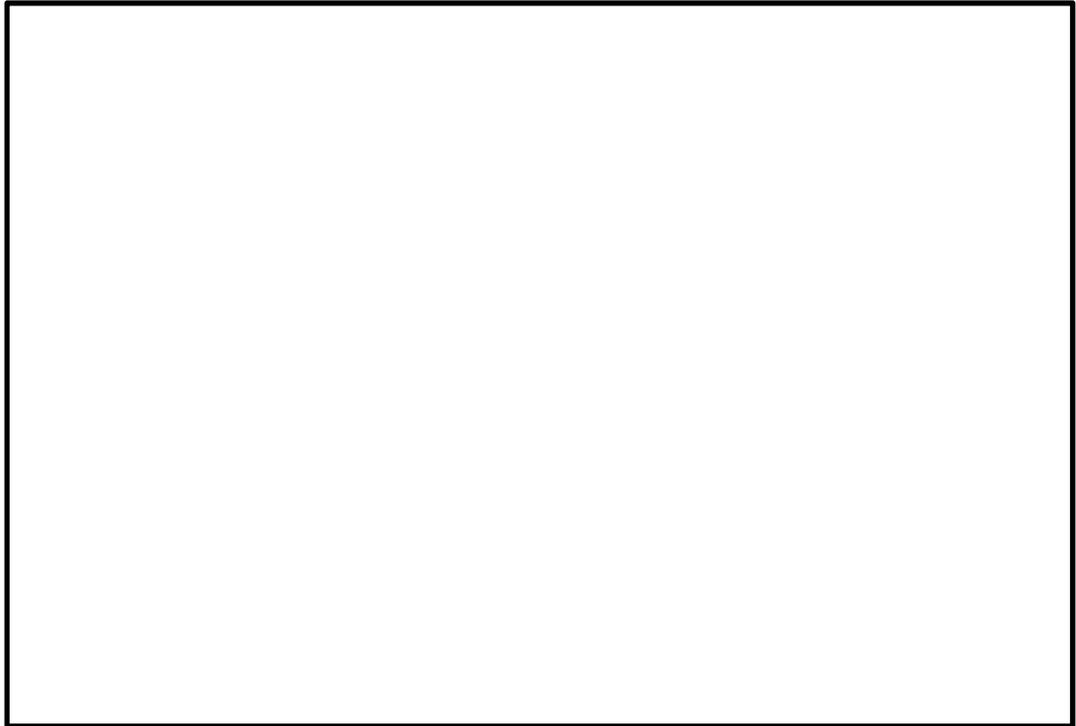


図 4-2 解析モデル

表 4-5 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	
温度条件		T	°C	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

下部ドライウェル所員用エアロック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～P7

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 P1 及び P4 は等分布荷重を受ける両端支持のほりにモデル化し評価する。

応力評価点 P2 は集中荷重を受ける両端支持のほりにモデル化し評価する。

応力評価点 P3 及び P7 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 P5 及び P6 は集中荷重と等分布荷重を受ける両端支持のほりにモデル化し評価する。

b. 応力評価点 P8～P10

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 P8～P10 の圧力による応力は、内圧を受ける薄肉円筒の応力算出式を用いて算出する。圧力以外の荷重による応力は、評価断面の断面性能より評価する。

c. 応力評価点 P11～P13

応力評価点 P11～P13 の応力は、「4.3.2 解析モデル及び諸元」に示す下部ドライウェル所員用エアロックの解析モデルにより算出する。

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。

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。

なお、表中の一次膜応力+一次曲げ応力の算出応力が一次一般膜応力の許容応力を下回ることから、評価を省略した一次一般膜応力が生じる応力評価点も十分な構造強度を有する。

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	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	内外扉垂直部材	一次膜応力+一次曲げ応力	30		○	
	P2	内外扉水平部材	一次膜応力+一次曲げ応力	124		○	
	P3	内外扉板	一次膜応力+一次曲げ応力	43		○	
	P4	内外隔壁外側水平部材	一次膜応力+一次曲げ応力	166		○	
	P5	内外隔壁内側垂直部材	一次膜応力+一次曲げ応力	95		○	
	P6	内外隔壁内側水平部材	一次膜応力+一次曲げ応力	216		○	
	P7	内外隔壁板	一次膜応力+一次曲げ応力	139		○	

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		
下部ドライウエル所員用エアロック	P8	下部ドライウエル所員用エアロック 円筒胴	一次一般膜応力	49		○	
			一次膜応力+一次曲げ応力	49		○	
	P9	下部ドライウエル所員用エアロック 円筒胴	一次一般膜応力	49		○	
			一次膜応力+一次曲げ応力	49		○	
	P10	下部ドライウエル所員用エアロック 円筒胴	一次一般膜応力	49		○	
			一次膜応力+一次曲げ応力	49		○	
	P11	下部ドライウエ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	30		○	
P12	下部ドライウエ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	67	○			
P13	下部ドライウエ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	45	○			

6. 参照図書

- (1) 柏崎刈羽原子力発電所第6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」