

VI-3-3-6-1-4 原子炉格納容器配管貫通部及び
電気配線貫通部の強度計算書

VI-3-3-6-1-4-1 原子炉格納容器配管貫通部及び電気配線貫通部の基本板厚計算書

- (1) 原子炉格納容器配管貫通部（既設）及び電気配線貫通部の基本板厚計算書
- (2) 原子炉格納容器配管貫通部（X-92 及び X-253）の基本板厚計算書

- (1) 原子炉格納容器配管貫通部（既設）及び電気配線貫通部の
基本板厚計算書

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。

- (2) 原子炉格納容器配管貫通部 (X-92 及び X-253) の基本板厚
計算書

目 次

1. 一般事項	1
1.1 概要	1
1.2 適用規格・基準等	1
1.3 計算精度と数値の丸め方	2
2. 設計条件	3
2.1 設計基準対象施設としての評価圧力及び評価温度	3
2.2 材料及び許容応力	3
3. 原子炉格納容器配管貫通部の基本板厚計算	4
3.1 スリーブ	4

1. 一般事項

1.1 概要

本計算書は、原子炉格納容器配管貫通部（X-92 及び X-253）の基本板厚計算書である。

以下、設計基準対象施設の原子炉格納容器配管貫通部として、VI-3-1-7「原子炉格納容器の強度計算の基本方針」に基づくとともに、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」に準じて、原子炉格納容器配管貫通部の構造強度評価を示す。

なお、重大事故等対処設備の原子炉格納容器配管貫通部としての評価結果については、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。

1.2 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- ・ 発電用原子力設備規格（設計・建設規格（2005年版（2007年追補版含む。）） J S M E S N C 1-2005/2007）（日本機械学会 2007年9月）（以下、「設計・建設規格」という。）

1.3 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表1-1に示すとおりである。

表 1-1 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁	
圧力	MPa	—	—	小数点以下第2位* ¹	
圧力	kPa	—	—	整数位	
温度	℃	—	—	整数位	
許容応力* ²	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位	
長さ	下記以外の長さ	mm	小数点以下第1位	四捨五入	整数位
	計算上必要な厚さ	mm	小数点以下第2位	切上げ	小数点以下第1位
	最小厚さ	mm	小数点以下第2位	切捨て	小数点以下第1位

注記*1：必要に応じて小数点以下第3位を用いる。

*2：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における許容引張応力，設計降伏点及び設計引張強さは，比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨て，整数として算出する。

2. 設計条件

2.1 設計基準対象施設としての評価圧力及び評価温度

設計基準対象施設としての評価圧力及び評価温度は、以下のとおりとする。

内圧 P ₁	310kPa
外圧 P ₂	14kPa
温度 T	171℃ (X-92)
	104℃ (X-253)

2.2 材料及び許容応力

(1) 材料

使用する材料を表 2-1 に示す。

(2) 許容引張応力

使用材料の許容引張応力は、設計基準対象施設においては、設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 3 の値とする。なお、スリーブの外圧評価における使用材料の許容引張応力は、設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 3 に規定されている値とする。使用材料の許容引張応力を表 2-1 に示す。

表 2-1 使用材料表 (設計基準対象施設)

使用部位	使用材料	温度条件 (℃)	許容引張応力 (MPa)	備考
スリーブ		171		
		104		

3. 原子炉格納容器配管貫通部の基本板厚計算

「2. 設計条件」に示す条件に基づき、原子炉格納容器配管貫通部各部の板厚計算を行った結果を以下に示す。

3.1 スリーブ

スリーブの形状を図 3-1 に示し、各寸法を表 3-1、表 3-2 に示す。

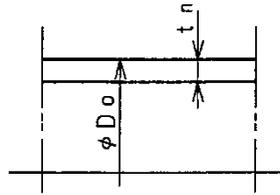


図 3-1 スリーブの形状

(1) 記号の説明

設計・建設規格の記号	計算書の表示	表示内容	単位
t	t	必要な厚さ	mm
	t _R	計算上必要な厚さ	mm
	t _R '	規格上必要な最小厚さ	mm

(2) 内圧に対する必要厚さ（設計・建設規格 PVE-3611）

スリーブの内圧に対する必要厚さの算出式を以下に示し、設計基準対象施設の計算結果を表 3-1、表 3-2 に示す。

$$t_R = \frac{P \cdot D_o}{2 \cdot S \cdot \eta + 0.8 \cdot P}$$

(3) 外圧に対する厚さ（設計・建設規格 PVE-3612）

貫通部の外圧に対する評価結果として、スリーブの許容外圧を表 3-3 に示す。

(4) 結論

内圧を受けるスリーブの最小厚さは必要厚さより大きく、また、外圧を受けるスリーブの許容外圧は外面に受ける最高の圧力より大きいので、設計・建設規格の要求を満足している。

表 3-1 スリーブの板厚計算結果（ドライウエル）（設計基準対象施設）

貫通部番号			X-92
材料*1			
最高使用圧力	P	(MPa)	0.31
最高使用温度			171
胴の外径	D _o	(mm)	
許容引張応力	S	(MPa)	
継手効率	η		1.00
継手の種類			継手無し
放射線検査の有無			—
計算上必要な厚さ	t _R	(mm)	0.5
必要厚さ*2	t _R '	(mm)	3.8
t _R , t _R ' の大きい値	t	(mm)	3.8
呼び厚さ	t _n	(mm)	
最小厚さ	t _{nm}	(mm)	
評価： t _{nm} ≥ t であること。			○

注記*1： は、 を示す。

*2：設計・建設規格 PVE-3613 による必要厚さ。

表 3-2 スリーブの板厚計算結果 (サプレッションチェンバ) (設計基準対象施設)

貫通部番号			X-253
材料			<input type="text"/>
最高使用圧力	P	(MPa)	0.31
最高使用温度			104
胴の外径	D_o	(mm)	<input type="text"/>
許容引張応力	S	(MPa)	<input type="text"/>
継手効率	η		1.00
継手の種類			継手無し
放射線検査の有無			—
計算上必要な厚さ	t_R	(mm)	0.5
必要厚さ	$t_{R'}$	(mm)	—
$t_R, t_{R'}$ の大きい値	t	(mm)	0.5
呼び厚さ	t_n	(mm)	<input type="text"/>
最小厚さ	t_{nm}	(mm)	<input type="text"/>
評価: $t_{nm} \geq t$ であること。			○

表 3-3 スリーブの許容外圧 (設計基準対象施設)

貫通部番号	X-92	X-253
呼び径	□	
材料*	□	
最高使用圧力 P (MPa)	0.014	0.014
最高使用温度 (°C)	171	104
外径 D_o (mm)	□	
最小厚さ t (mm)	□	
t / D_o	0.0463	0.0480
許容引張応力 S (MPa)	□	
許容外圧 P_e (MPa)	4.14	4.48
評価: $P_e \geq P$ であること。	○	○

注記*: □ は, □ を示す。

VI-3-3-6-1-4-2 原子炉格納容器配管貫通部の強度計算書

- (1) 原子炉格納容器配管貫通部（既設）の強度計算書
- (2) 原子炉格納容器配管貫通部（X-92 及び X-253）の強度計算書

(1) 原子炉格納容器配管貫通部（既設）の強度計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・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	13
4.1 強度評価方法	13
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	13
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	13
4.2.2 許容応力	13
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	13
4.2.4 設計荷重	19
4.3 計算方法	25
4.4 計算条件	26
4.5 応力の評価	26
5. 評価結果	27
5.1 重大事故等対処設備としての評価結果	27
6. 参照図書	83

1. 概要

本計算書は、原子炉格納容器配管貫通部（既設）の強度計算書である。

原子炉格納容器配管貫通部は、設計基準対象施設の原子炉格納容器配管貫通部を重大事故等クラス2容器として兼用する機器である。

以下、重大事故等クラス2容器として、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、原子炉格納容器配管貫通部の強度評価を示す。

なお、本計算書においては、重大事故等時における荷重に対して、平成4年3月27日付け3資庁第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

原子炉格納容器配管貫通部の構造計画を表2-1に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>原子炉格納容器配管貫通部は原子炉格納容器コンクリート部に支持される。</p> <p>原子炉格納容器配管貫通部は、原子炉格納容器と一体構造となっており、鉛直方向荷重及び水平方向荷重は、原子炉格納容器シェル部あるいは原子炉格納容器底部を介して原子炉建屋に伝達させる。</p>	<p>原子炉格納容器配管貫通部は、スリーブ、端板、フランジプレート及びガセットプレートで構成される鋼製構造物である。</p>	<p>形式 1</p> <p>形式 2</p>

2

2.2 評価方針

原子炉格納容器配管貫通部の応力評価は、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。

原子炉格納容器配管貫通部の強度評価フローを図2-1に示す。

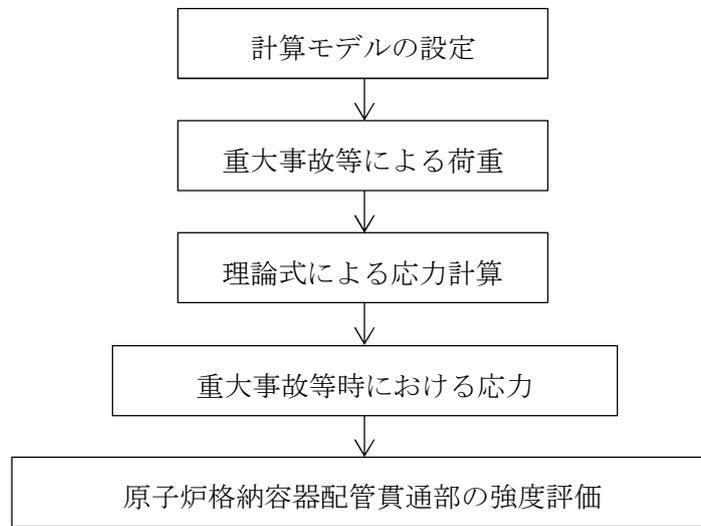


図2-1 原子炉格納容器配管貫通部の強度評価フロー

2.3 適用規格・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
F _v	垂直力	N
F _x	垂直力	N
ℓ _i	長さ (i = 1, 2)	mm
L	活荷重	—
M _B	モーメント	N・mm
M _{S A}	機械的荷重 (S A後機械的荷重)	—
M _X	モーメント	N・mm
n	ガセットプレートの枚数	—
P _{S A}	圧力 (S A後圧力)	—, kPa
R _{S A}	配管荷重 (S A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, 3…)	mm
T _{S A}	温度 (S A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。

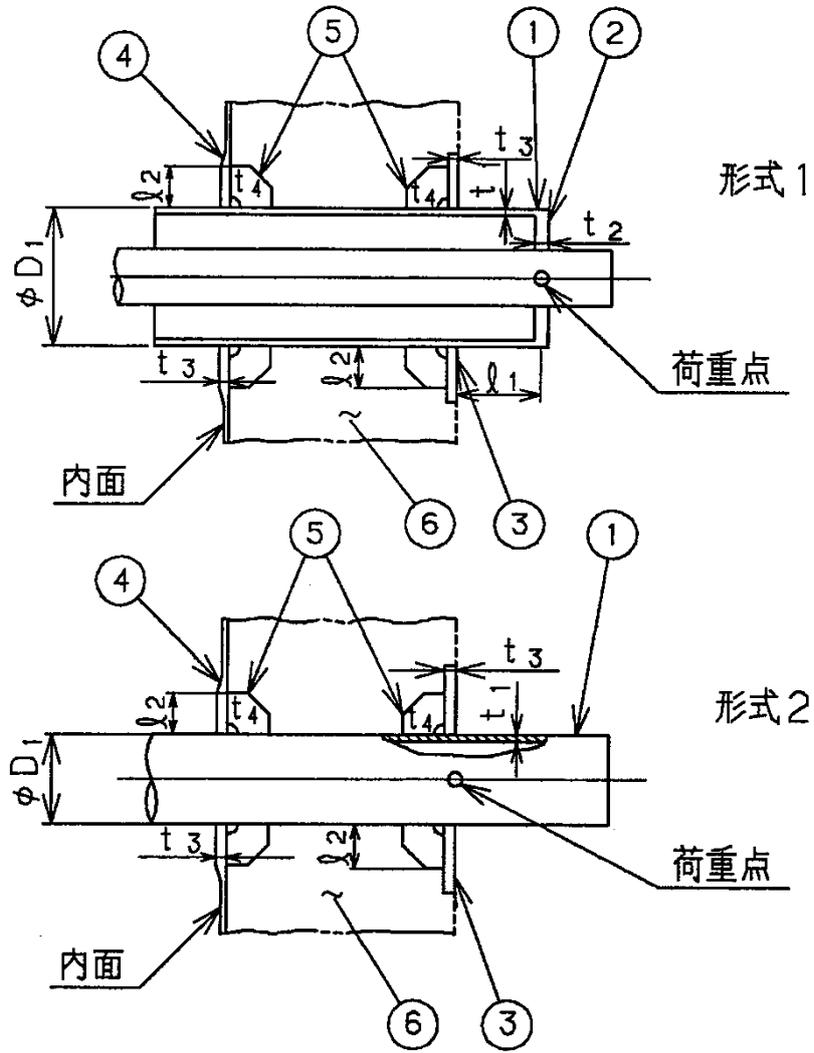
表 2-2 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
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3位を切り捨て，小数点以下第2位までの値として算出する。得られた値をSI単位に換算し，SI単位に換算した値の小数点以下第1位を切り捨てて整数化する。

3. 評価部位

原子炉格納容器配管貫通部の形状を図3-1に、仕様を表3-1に示す。



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

図3-1 原子炉格納容器配管貫通部の形状

表 3-1 原子炉格納容器配管貫通部の仕様 (その 1)

貫通部 番号	形式	スリーブ				端板		フランジプレート			ガセットプレート			
		外径 D ₁ (mm)	板厚 t ₁ (mm)	長さ ℓ ₁ (mm)	*1, *2 材質	板厚 t ₂ (mm)	材質	板厚 t ₃ (mm)	材質*2		長さ ℓ ₂ (mm)	板厚 t ₄ (mm)	枚数*3 n (枚)	材質*2
					外側				内側					
X-10A, D	1													
X-10B, C	1													
X-11	1													
X-12A, B	1													
X-22	1													
X-30B, C	2													
X-31B	1													
X-31C	1													
X-33A	1													
X-33B	1													
X-33C	1													
X-35B, C	1													

8

注記*1 :

*2 :

*3 : ガセットプレートの枚数は、原子炉格納容器壁の内側及び外側それぞれの枚数を示す。

表 3-1 原子炉格納容器配管貫通部の仕様 (その 2)

貫通部 番号	形式	スリーブ				端板		フランジプレート			ガセットプレート			
		外径 D ₁ (mm)	板厚 t ₁ (mm)	長さ ℓ ₁ (mm)	材質* ¹	板厚 t ₂ (mm)	材質	板厚 t ₃ (mm)	材質* ²		長さ ℓ ₂ (mm)	板厚 t ₄ (mm)	枚数* ³ n (枚)	材質* ²
									外側	内側				
X-37	1													
X-38	1													
X-50	1													
X-60	1													
X-61	2													
X-62	2													
X-63	2													
X-64	2													
X-65	1													
X-66	1													
X-69	2													
X-70	1													

注記*1 :

*2 :

*3 : ガセットプレートの枚数は、原子炉格納容器壁の内側及び外側それぞれの枚数を示す。

表 3-1 原子炉格納容器配管貫通部の仕様 (その 3)

貫通部 番号	形式	スリーブ				端板		フランジプレート			ガセットプレート			
		外径 D ₁ (mm)	板厚 t ₁ (mm)	長さ ℓ ₁ (mm)	材質* ¹	板厚 t ₂ (mm)	材質	板厚 t ₃ (mm)	材質* ²		長さ ℓ ₂ (mm)	板厚 t ₄ (mm)	枚数* ³ n (枚)	材質* ²
									外側	内側				
X-71A	1													
X-71B	1													
X-72	1													
X-80	2													
X-81	2													
X-82	2													
X-170	1													
X-200B, C	2													
X-201	2													
X-202	2													
X-203	2													
X-204	2													

注記*1 :

*2 :

*3 : ガセットプレートの枚数は、原子炉格納容器壁の内側及び外側それぞれの枚数を示す。

表 3-1 原子炉格納容器配管貫通部の仕様 (その 4)

貫通部 番号	形式	スリーブ				端板		フランジプレート			ガセットプレート			
		外径 D ₁ (mm)	板厚 t ₁ (mm)	長さ ℓ ₁ (mm)	材質* ¹	板厚 t ₂ (mm)	材質	板厚 t ₃ (mm)	材質* ²		長さ ℓ ₂ (mm)	板厚 t ₄ (mm)	枚数* ³ n (枚)	材質* ²
									外側	内側				
X-205	2													
X-206	2													
X-210B, C	2													
X-213	1													
X-214	2													
X-215	1													
X-220	1													
X-221	2													
X-222	2													
X-240	2													
X-241	2													
X-242	2													

注記*1 :

*2 :

*3 : ガセットプレートの枚数は、原子炉格納容器壁の内側及び外側それぞれの枚数を示す。

表 3-1 原子炉格納容器配管貫通部の仕様 (その 5)

使用部位	使用材料	備考
コンクリート部	コンクリート ($F_c=330\text{kg/cm}^2$)	$F_c=32.4\text{N/mm}^2$

4. 強度評価

4.1 強度評価方法

- (1) 原子炉格納容器配管貫通部は、原子炉格納容器コンクリート部に埋め込まれた構造であり、原子炉格納容器を貫通する配管を支持するための構造物である。

原子炉格納容器配管貫通部の強度評価として、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、没水時における原子炉格納容器配管貫通部内部の水頭圧を考慮する。

- (2) 強度評価に用いる寸法は、公称値を用いる。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉格納容器配管貫通部の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-1に示す。

詳細な荷重の組合せは、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

原子炉格納容器配管貫通部の許容応力及び許容応力度は、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

原子炉格納容器配管貫通部の使用材料の許容応力評価条件のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-5に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	機器等の区分	荷重の組合せ ^{*1, *2}		許容応力状態 ^{*1} <荷重状態>
原子炉格納施設	原子炉格納容器	原子炉格納容器 配管貫通部	重大事故等 クラス2容器	$D + P_{SA} + M_{SA}$ < $D + L + P_{SA} + R_{SA}$ >	(V(S)-1) (V(S)-2) (V(S)-3)	重大事故等時 ^{*3} <重大事故等時>

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

*2：()内は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	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）（その1）

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)
スリーブ		周囲環境温度	200				
スリーブ		周囲環境温度	200				
スリーブ		周囲環境温度	200				
端板		周囲環境温度	200				
端板		周囲環境温度	302				
端板		周囲環境温度	306				
端板		周囲環境温度	200				
端板		周囲環境温度	302				
端板		周囲環境温度	306				

注記*1 :

*2 :

表 4-5 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）（その2）

評価部材	材料*	温度条件 (°C)		S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (R T) (MPa)
		フランジプレート及び ガセットプレート	[]	周囲環境温度	200	[]	
フランジプレート	周囲環境温度	200					

注記* : []

4.2.4 設計荷重

(1) 重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度

重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度は、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 (没水する貫通部のみ考慮)

重大事故等対処設備の評価に用いる水荷重として、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	水位	T. M. S. L.	8750mm
-------------	----	-------------	--------

(3) 配管荷重

図3-1の原子炉格納容器配管貫通部に作用する配管荷重による設計荷重を表4-6に示す。原子炉格納容器配管貫通部の荷重作用方向を図4-1に示す。

表 4-6 原子炉格納容器配管貫通部の設計荷重（重大事故等対処設備）（その 1）

貫通部 番号	最高使用圧力 (kPa)		許容応力 状態	一次荷重				一次+二次荷重			
	内圧	外圧		垂直力 (N)		モーメント (N・mm)		垂直力 (N)		モーメント (N・mm)	
				F _x	F _v	M _x	M _B	F _x	F _v	M _x	M _B
X-10A	620	—	重大事故等時	3.43E+05	1.96E+05	1.47E+08	2.94E+08	4.28E+06	5.27E+05	1.86E+09	2.05E+09
X-10B	620	—	重大事故等時	3.43E+05	1.96E+05	1.47E+08	2.94E+08	3.33E+06	4.48E+05	1.85E+09	1.77E+09
X-10C	620	—	重大事故等時	3.43E+05	1.96E+05	1.47E+08	2.94E+08	2.28E+06	5.69E+05	1.07E+09	2.07E+09
X-10D	620	—	重大事故等時	3.43E+05	1.96E+05	1.47E+08	2.94E+08	3.38E+06	7.64E+05	1.90E+09	2.34E+09
X-11	620	—	重大事故等時	3.92E+04	1.96E+04	9.81E+06	9.81E+06	5.09E+04	2.56E+04	9.81E+06	2.20E+07
X-12A	620	—	重大事故等時	1.47E+05	1.47E+05	1.47E+08	1.47E+08	6.48E+05	1.56E+06	2.94E+08	2.48E+09
X-12B	620	—	重大事故等時	1.47E+05	1.47E+05	1.47E+08	1.47E+08	5.82E+05	1.54E+06	5.60E+08	2.47E+09
X-22	620	—	重大事故等時	4.90E+03	1.96E+03	1.96E+06	1.96E+06	7.85E+03	3.92E+03	2.94E+06	3.92E+06
X-30B	3430	—	重大事故等時	1.64E+03	3.98E+03	1.03E+06	3.15E+06	1.62E+05	4.80E+04	1.68E+07	1.45E+08
X-30C	3430	—	重大事故等時	1.13E+03	6.09E+03	9.04E+05	5.94E+06	1.14E+05	4.77E+04	2.10E+07	1.20E+08
X-31B	620	—	重大事故等時	1.47E+05	1.47E+05	1.47E+08	1.47E+08	2.14E+05	1.67E+05	1.47E+08	3.45E+08
X-31C	620	—	重大事故等時	1.47E+05	1.47E+05	1.47E+08	1.47E+08	2.40E+05	2.20E+05	1.85E+08	4.08E+08
X-33A	620	—	重大事故等時	1.47E+05	1.96E+05	1.47E+08	1.47E+08	3.95E+05	2.61E+05	1.47E+08	4.97E+08
X-33B	620	—	重大事故等時	1.47E+05	1.96E+05	1.47E+08	1.47E+08	3.81E+05	2.74E+05	1.47E+08	4.64E+08
X-33C	620	—	重大事故等時	1.47E+05	1.96E+05	1.47E+08	1.47E+08	3.33E+05	2.97E+05	1.47E+08	7.00E+08

表 4-6 原子炉格納容器配管貫通部の設計荷重（重大事故等対処設備）（その 2）

貫通部 番号	最高使用圧力 (kPa)		許容応力 状態	一次荷重				一次＋二次荷重			
				垂直力 (N)		モーメント (N・mm)		垂直力 (N)		モーメント (N・mm)	
	内圧	外圧		F _x	F _v	M _x	M _B	F _x	F _v	M _x	M _B
X-35B	620	—	重大事故等時	1.47E+05	1.27E+05	1.47E+08	1.47E+08	1.96E+05	1.27E+05	1.47E+08	1.77E+08
X-35C	620	—	重大事故等時	1.47E+05	1.27E+05	1.47E+08	1.47E+08	2.46E+05	1.27E+05	1.47E+08	1.77E+08
X-37	620	—	重大事故等時	6.86E+04	9.81E+04	4.90E+07	4.90E+07	9.81E+04	9.81E+04	4.90E+07	7.85E+07
X-38	620	—	重大事故等時	6.86E+04	9.81E+04	4.90E+07	4.90E+07	9.81E+04	9.81E+04	4.90E+07	8.71E+07
X-50	620	—	重大事故等時	1.47E+05	1.27E+05	1.47E+08	1.47E+08	3.29E+05	1.50E+05	1.47E+08	2.11E+08
X-60	620	—	重大事故等時	5.88E+03	1.96E+03	1.96E+06	1.96E+06	8.83E+03	3.92E+03	2.94E+06	3.92E+06
X-61	1370	—	重大事故等時	1.96E+04	1.96E+04	2.45E+07	2.45E+07	2.94E+04	3.18E+04	2.94E+07	3.28E+07
X-62	1370	—	重大事故等時	1.96E+04	1.96E+04	2.45E+07	2.45E+07	2.94E+04	2.94E+04	2.94E+07	3.25E+07
X-63	1370	—	重大事故等時	1.96E+04	1.96E+04	2.45E+07	2.45E+07	2.94E+04	3.55E+04	2.94E+07	5.90E+07
X-64	1370	—	重大事故等時	1.96E+04	1.96E+04	2.45E+07	2.45E+07	2.94E+04	2.94E+04	2.94E+07	3.06E+07
X-65	620	—	重大事故等時	2.45E+04	1.96E+04	1.47E+07	1.96E+07	3.92E+04	2.94E+04	2.45E+07	2.94E+07
X-66	620	—	重大事故等時	2.45E+04	1.96E+04	1.47E+07	1.96E+07	3.92E+04	2.94E+04	2.45E+07	2.94E+07
X-69	860	—	重大事故等時	4.90E+03	1.96E+03	2.94E+06	2.94E+06	4.90E+03	2.94E+03	3.92E+06	3.92E+06
X-70	620	—	重大事故等時	1.64E+02	1.55E+03	7.20E+04	4.45E+05	6.90E+03	9.73E+03	1.71E+06	4.23E+06
X-71A	620	—	重大事故等時	9.00E+01	1.09E+03	9.60E+04	2.70E+05	2.07E+04	9.02E+03	3.72E+06	4.56E+06
X-71B	620	—	重大事故等時	2.10E+01	1.25E+03	1.00E+03	2.86E+05	6.13E+03	7.79E+03	4.24E+05	5.56E+06

表 4-6 原子炉格納容器配管貫通部の設計荷重（重大事故等対処設備）（その 3）

貫通部 番号	最高使用圧力 (kPa)		許容応力 状態	一次荷重				一次+二次荷重			
				垂直力 (N)		モーメント (N・mm)		垂直力 (N)		モーメント (N・mm)	
	内圧	外圧		F _x	F _v	M _x	M _B	F _x	F _v	M _x	M _B
X-72	620	—	重大事故等時	6.60E+01	1.15E+03	1.00E+03	2.69E+05	7.15E+03	7.81E+03	6.92E+05	5.37E+06
X-80	620	—	重大事故等時	1.96E+05	1.96E+05	1.96E+08	1.96E+08	2.45E+05	3.89E+05	2.45E+08	3.65E+08
X-81	620	—	重大事故等時	1.96E+05	1.96E+05	1.96E+08	1.96E+08	2.45E+05	2.45E+05	2.45E+08	2.45E+08
X-82	620	—	重大事故等時	4.90E+03	4.90E+03	9.81E+06	9.81E+06	9.81E+03	9.81E+03	1.47E+07	1.47E+07
X-170	620	—	重大事故等時	1.96E+03	9.81E+02	4.90E+05	4.90E+05	2.94E+03	2.09E+03	9.81E+05	9.81E+05
X-200B	3430	—	重大事故等時	1.98E+02	2.75E+03	1.94E+05	2.23E+06	2.84E+04	1.93E+04	3.92E+06	1.26E+07
X-200C	3430	—	重大事故等時	2.49E+02	2.63E+03	2.29E+05	1.99E+06	3.27E+04	2.12E+04	7.88E+06	1.95E+07
X-201*	782	—	重大事故等時	1.48E+05	1.47E+05	1.47E+08	1.47E+08	6.09E+05	5.16E+05	2.45E+08	1.23E+09
X-202*	782	—	重大事故等時	1.47E+05	1.47E+05	1.47E+08	1.47E+08	2.45E+05	2.45E+05	2.45E+08	2.78E+08
X-203*	782	—	重大事故等時	1.48E+05	1.47E+05	1.47E+08	1.47E+08	2.63E+05	2.45E+05	2.45E+08	2.74E+08
X-204*	701	—	重大事故等時	3.92E+04	3.92E+04	3.92E+07	3.92E+07	1.64E+05	1.53E+05	5.88E+07	8.69E+07
X-205*	701	—	重大事故等時	6.13E+02	2.15E+04	5.95E+06	1.62E+07	5.30E+04	1.40E+05	2.30E+07	9.69E+07
X-206*	701	—	重大事故等時	6.77E+02	2.42E+04	5.74E+06	1.83E+07	5.46E+04	1.40E+05	3.23E+07	9.90E+07
X-210B*	781	—	重大事故等時	1.16E+05	9.81E+04	9.81E+07	9.81E+07	3.16E+05	2.10E+05	1.96E+08	5.96E+08
X-210C*	781	—	重大事故等時	1.15E+05	9.81E+04	9.81E+07	9.81E+07	3.57E+05	2.03E+05	1.96E+08	5.75E+08
X-213*	652	—	重大事故等時	4.03E+02	3.40E+03	3.45E+06	4.09E+06	6.08E+04	3.75E+05	1.47E+08	6.64E+08

注記*：没水する影響として、水頭圧を考慮している。

表 4-6 原子炉格納容器配管貫通部の設計荷重（重大事故等対処設備）（その 4）

貫通部 番号	最高使用圧力 (kPa)		許容応力 状態	一次荷重				一次+二次荷重			
				垂直力 (N)		モーメント (N・mm)		垂直力 (N)		モーメント (N・mm)	
	内圧	外圧		F _x	F _v	M _x	M _B	F _x	F _v	M _x	M _B
X-214*	779	—	重大事故等時	1.96E+04	1.96E+04	1.96E+07	1.96E+07	1.17E+05	6.15E+04	2.94E+07	9.69E+07
X-215*	694	—	重大事故等時	5.88E+03	2.94E+03	2.94E+06	2.94E+06	8.96E+04	1.87E+04	3.92E+06	6.60E+06
X-220	620	—	重大事故等時	5.88E+03	2.94E+03	2.94E+06	2.94E+06	9.81E+03	9.79E+03	3.92E+06	6.58E+06
X-221*	782	—	重大事故等時	1.00E+00	8.69E+03	9.99E+05	7.71E+06	7.17E+04	4.41E+04	7.90E+06	4.10E+07
X-222*	693	—	重大事故等時	3.92E+04	3.92E+04	3.92E+07	3.92E+07	2.09E+05	5.88E+04	5.88E+07	8.70E+07
X-240	620	—	重大事故等時	1.96E+05	1.96E+05	1.96E+08	1.96E+08	2.91E+05	2.45E+05	2.85E+08	8.42E+08
X-241	620	—	重大事故等時	8.35E+02	9.02E+03	8.44E+05	8.81E+06	4.80E+05	8.35E+05	1.39E+08	1.19E+09
X-242*	693	—	重大事故等時	1.54E+01	2.36E+03	7.79E+05	1.58E+06	3.00E+04	2.07E+05	1.13E+07	1.07E+08

注記*：没水する影響として、水頭圧を考慮している。

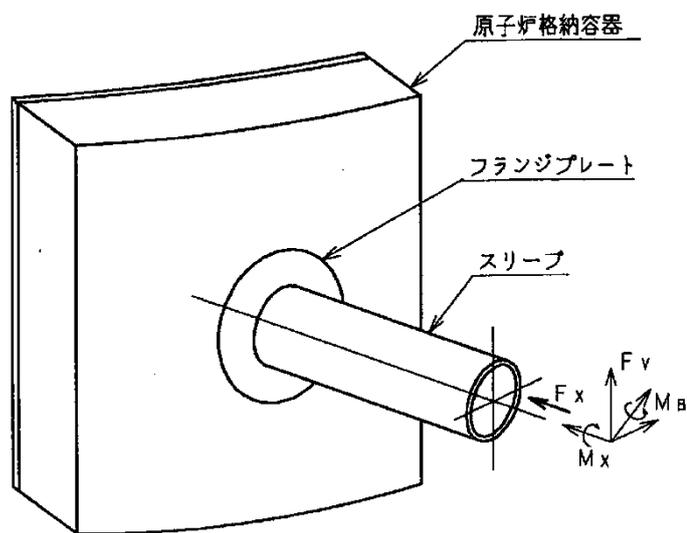


図 4-1 原子炉格納容器配管貫通部の荷重作用方向

4.3 計算方法

原子炉格納容器配管貫通部の応力評価点は、原子炉格納容器配管貫通部を構成する部材の形状及び荷重伝達経路を考慮し、発生応力が大きくなる部位を選定する。選定した応力評価点を表 4-7 及び図 4-2 に示す。

応力計算方法は既工認から変更はなく、参照図書(1)に示すとおりである。

評価の概要を以下に示す。

応力評価点 P1~P2 は、圧力については薄肉円筒の応力算出式、設計荷重については荷重と各評価断面の断面性能より評価する。

応力評価点 P3 は、圧力については外周固定及び内周固定の円板、設計荷重については外周固定及び内周可動片の円板にモデル化し評価する。

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

応力評価点 P6 は、せん断応力については等分布荷重を受ける板としてモデル化し評価する。曲げ応力については等分布荷重を受ける片持ち梁としてモデル化し評価する。

応力評価点 P7 は、荷重に応じた分布を仮定して、力の釣り合い式を解いて評価する。

ガセットプレートとコンクリートの接触面に生じる最大圧縮応力度は、面積がガセットプレートと等価となる分布を仮定して評価する。

表 4-7 応力評価点

応力評価点番号	応力評価点
P 1	スリーブ
P 2	スリーブのフランジプレートとの結合部
P 3	端板
P 4	フランジプレート (外側)
P 5	フランジプレート (内側)
P 6	ガセットプレート
P 7	コンクリート部

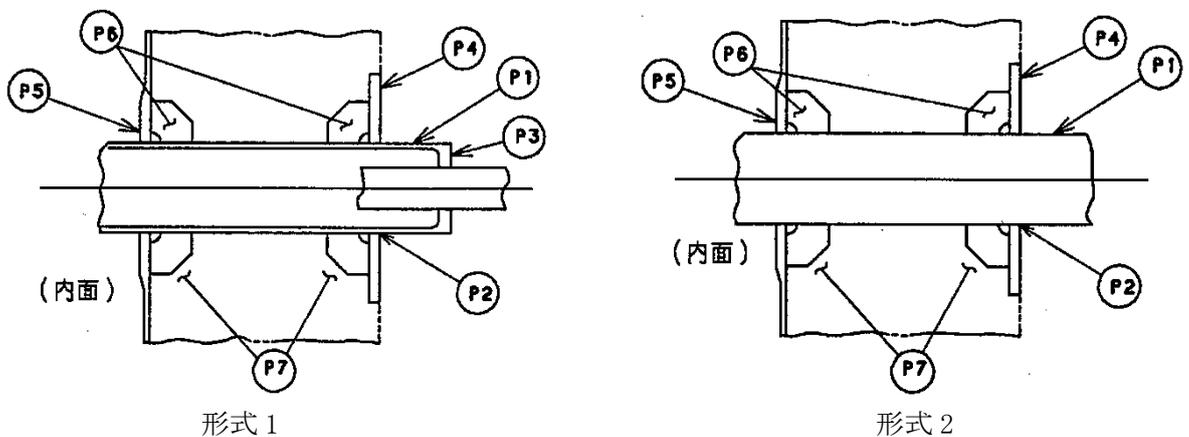


図 4-2 原子炉格納容器配管貫通部の応力評価点

4.4 計算条件

応力計算に用いる荷重を「4.2 荷重の組合せ及び許容応力」に示す。

応力評価においては，表 4-1 に記載の組合せを包絡する条件を設定して評価を行う。

4.5 応力の評価

「4.3 計算方法」で求めた応力が許容応力以下であること。

5. 評価結果

5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

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

(1) 強度評価結果

強度評価の結果を表 5-1 に示す。

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		材料	温度条件 (°C)	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力	許容応力		
						MPa	MPa		
原子炉格納 容器配管 貫通部 (X-10A)	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	22		○	
					一次膜応力+一次曲げ応力	22		○	
	P2	スリーブのフランジ プレートとの結合部		200	一次膜応力+一次曲げ応力	22		○	
	P3	端板		302	一次膜応力+一次曲げ応力	40		○	
	P4	フランジプレート (外側)		200	曲げ応力度	47		○	
					せん断応力度	7		○	
	P5	フランジプレート (内側)		200	曲げ応力度	63		○	
					せん断応力度	10		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	22		○	
					せん断応力度	27		○	
P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (外側) 近傍)	18.2	27.5	○	単位 : N/mm ²	
		—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (内側) 近傍)	20.0	27.5	○	単位 : N/mm ²	
		—	—	圧縮応力度 (ガセットプレート近傍)	18.5	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。

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

評価対象 設備	評価部位		材料	温度条件 (°C)	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力	許容応力		
						MPa	MPa		
原子炉格納 容器配管 貫通部 (X-10B)	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	23		○	
					一次膜応力+一次曲げ応力	23			
	P2	スリーブのフランジ プレートとの結合部		200	一次膜応力+一次曲げ応力	23		○	
	P3	端板		302	一次膜応力+一次曲げ応力	40		○	
	P4	フランジプレート (外側)		200	曲げ応力度	48		○	
					せん断応力度	7		○	
	P5	フランジプレート (内側)		200	曲げ応力度	64		○	
					せん断応力度	10		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	22		○	
					せん断応力度	28		○	
P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (外側) 近傍)	15.3	27.5	○	単位 : N/mm ²	
		—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (内側) 近傍)	17.1	27.5	○	単位 : N/mm ²	
		—	—	圧縮応力度 (ガセットプレート近傍)	17.7	27.5	○	単位 : N/mm ²	

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

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

評価対象 設備	評価部位		材料	温度条件 (°C)	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力	許容応力		
						MPa	MPa		
原子炉格納 容器配管 貫通部 (X-10C)	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	23		○	
					一次膜応力+一次曲げ応力	23			
	P2	スリーブのフランジ プレートとの結合部		200	一次膜応力+一次曲げ応力	23		○	
	P3	端板		302	一次膜応力+一次曲げ応力	40		○	
	P4	フランジプレート (外側)		200	曲げ応力度	48		○	
					せん断応力度	7		○	
	P5	フランジプレート (内側)		200	曲げ応力度	64		○	
					せん断応力度	10		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	22		○	
					せん断応力度	28		○	
P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (外側) 近傍)	15.8	27.5	○	単位 : N/mm ²	
		—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (内側) 近傍)	17.6	27.5	○	単位 : N/mm ²	
		—	—	圧縮応力度 (ガセットプレート近傍)	12.9	27.5	○	単位 : N/mm ²	

注 : 本表のフランジプレート, ガセットプレート及びコンクリート部は告示第 4 5 2 号による評価を示す。

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

評価対象 設備	評価部位		材料	温度条件 (°C)	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力	許容応力		
						MPa	MPa		
原子炉格納 容器配管 貫通部 (X-10D)	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	22		○	
					一次膜応力+一次曲げ応力	22			
	P2	スリーブのフランジ プレートとの結合部		200	一次膜応力+一次曲げ応力	22		○	
	P3	端板		302	一次膜応力+一次曲げ応力	40		○	
	P4	フランジプレート (外側)		200	曲げ応力度	47		○	
					せん断応力度	7		○	
	P5	フランジプレート (内側)		200	曲げ応力度	63		○	
					せん断応力度	10		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	22		○	
					せん断応力度	27		○	
P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (外側) 近傍)	19.5	27.5	○	単位 : N/mm ²	
		—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (内側) 近傍)	21.2	27.5	○	単位 : N/mm ²	
		—	—	圧縮応力度 (ガセットプレート近傍)	20.7	27.5	○	単位 : N/mm ²	

注 : 本表のフランジプレート, ガセットプレート及びコンクリート部は告示第 4 5 2 号による評価を示す。

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

評価対象 設備	評価部位		材料	温度条件 (°C)	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力	許容応力		
						MPa	MPa		
原子炉格納 容器配管 貫通部 (X-11)	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	13		○	
					一次膜応力+一次曲げ応力	13		○	
	P2	スリーブのフランジ プレートとの結合部		200	一次膜応力+一次曲げ応力	12		○	
	P3	端板		302	一次膜応力+一次曲げ応力	92		○	
	P4	フランジプレート (外側)		200	曲げ応力度	18		○	
					せん断応力度	4		○	
	P5	フランジプレート (内側)		200	曲げ応力度	27		○	
					せん断応力度	6		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	26		○	
					せん断応力度	28		○	
P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (外側) 近傍)	2.7	27.5	○	単位 : N/mm ²	
		—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (内側) 近傍)	4.3	27.5	○	単位 : N/mm ²	
		—	—	圧縮応力度 (ガセットプレート近傍)	2.0	27.5	○	単位 : N/mm ²	

注 : 本表のフランジプレート, ガセットプレート及びコンクリート部は告示第 4 5 2 号による評価を示す。

表 5-1 重大事故等時に対する評価結果 (D + P_{SA} + M_{SA}) (その 6)

評価対象 設備	評価部位		材料	温度条件 (°C)	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力	許容応力		
						MPa	MPa		
原子炉格納 容器配管 貫通部 (X-12A)	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	23		○	
					一次膜応力+一次曲げ応力	23		○	
	P2	スリーブのフランジ プレートとの結合部		200	一次膜応力+一次曲げ応力	23		○	
	P3	端板		306	一次膜応力+一次曲げ応力	25		○	
	P4	フランジプレート (外側)		200	曲げ応力度	25		○	
					せん断応力度	4		○	
	P5	フランジプレート (内側)		200	曲げ応力度	33		○	
					せん断応力度	6		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	19		○	
					せん断応力度	16		○	
P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (外側) 近傍)	24.9	27.5	○	単位 : N/mm ²	
		—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (内側) 近傍)	26.2	27.5	○	単位 : N/mm ²	
		—	—	圧縮応力度 (ガセットプレート近傍)	11.5	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。

表 5-1 重大事故等時に対する評価結果 (D + P_{SA} + M_{SA}) (その 7)

評価対象 設備	評価部位		材料	温度条件 (°C)	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力	許容応力		
						MPa	MPa		
原子炉格納 容器配管 貫通部 (X-12B)	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	23		○	
					一次膜応力+一次曲げ応力	23			
	P2	スリーブのフランジ プレートとの結合部		200	一次膜応力+一次曲げ応力	23		○	
	P3	端板		306	一次膜応力+一次曲げ応力	25		○	
	P4	フランジプレート (外側)		200	曲げ応力度	25		○	
					せん断応力度	4		○	
	P5	フランジプレート (内側)		200	曲げ応力度	33		○	
					せん断応力度	6		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	19		○	
					せん断応力度	16		○	
P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (外側) 近傍)	24.6	27.5	○	単位 : N/mm ²	
		—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (内側) 近傍)	25.9	27.5	○	単位 : N/mm ²	
		—	—	圧縮応力度 (ガセットプレート近傍)	13.2	27.5	○	単位 : N/mm ²	

注 : 本表のフランジプレート, ガセットプレート及びコンクリート部は告示第 4 5 2 号による評価を示す。

表 5-1 重大事故等時に対する評価結果 (D + P_{SA} + M_{SA}) (その 8)

評価対象 設備	評価部位		材料	温度条件 (°C)	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力	許容応力		
						MPa	MPa		
原子炉格納 容器配管 貫通部 (X-22)	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	7		○	
					一次膜応力+一次曲げ応力	7			
	P2	スリーブのフランジ プレートとの結合部		200	一次膜応力+一次曲げ応力	6		○	
	P3	端板		306	一次膜応力+一次曲げ応力	94		○	
	P4	フランジプレート (外側)		200	曲げ応力度	3		○	
					せん断応力度	1		○	
	P5	フランジプレート (内側)		200	曲げ応力度	14		○	
					せん断応力度	3		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	4		○	
					せん断応力度	9		○	
P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (外側) 近傍)	0.4	27.5	○	単位 : N/mm ²	
		—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (内側) 近傍)	1.9	27.5	○	単位 : N/mm ²	
		—	—	圧縮応力度 (ガセットプレート近傍)	0.5	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。

表 5-1 重大事故等時に対する評価結果 (D+P_{SA}+M_{SA}) (その 9)

評価対象 設備	評価部位		材料	温度条件 (°C)	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力	許容応力		
						MPa	MPa		
原子炉格納 容器配管 貫通部 (X-30B)	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	27		○	
					一次膜応力+一次曲げ応力	27		○	
	P2	スリーブのフランジ プレートとの結合部		200	一次膜応力+一次曲げ応力	23		○	
	P4	フランジプレート (外側)		200	曲げ応力度	9		○	
					せん断応力度	1		○	
	P5	フランジプレート (内側)		200	曲げ応力度	15		○	
					せん断応力度	2		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	5		○	
					せん断応力度	5		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (外側) 近傍)	15.6	27.5	○	
—			—	圧縮応力度 (フランジ プレート (内側) 近傍)	16.5	27.5	○	単位 : N/mm ²	
—			—	圧縮応力度 (ガセットプレート近傍)	3.7	27.5	○	単位 : N/mm ²	

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

表 5-1 重大事故等時に対する評価結果 (D + P_{SA} + M_{SA}) (その 10)

評価対象 設備	評価部位		材料	温度条件 (°C)	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力	許容応力		
						MPa	MPa		
原子炉格納 容器配管 貫通部 (X-30C)	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	31		○	
					一次膜応力+一次曲げ応力	31		○	
	P2	スリーブのフランジ プレートとの結合部		200	一次膜応力+一次曲げ応力	30		○	
	P4	フランジプレート (外側)		200	曲げ応力度	17		○	
					せん断応力度	2		○	
	P5	フランジプレート (内側)		200	曲げ応力度	23		○	
					せん断応力度	3		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	7		○	
					せん断応力度	7		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (外側) 近傍)	12.8	27.5	○	
—			—	圧縮応力度 (フランジ プレート (内側) 近傍)	13.7	27.5	○	単位 : N/mm ²	
—			—	圧縮応力度 (ガセットプレート近傍)	4.2	27.5	○	単位 : N/mm ²	

注 : 本表のフランジプレート, ガセットプレート及びコンクリート部は告示第 4 5 2 号による評価を示す。

表 5-1 重大事故等時に対する評価結果 (D + P_{SA} + M_{SA}) (その 11)

評価対象 設備	評価部位		材料	温度条件 (°C)	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力	許容応力		
						MPa	MPa		
原子炉格納 容器配管 貫通部 (X-31B)	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	42		○	
					一次膜応力+一次曲げ応力	42			
	P2	スリーブのフランジ プレートとの結合部		200	一次膜応力+一次曲げ応力	41		○	
	P3	端板		306	一次膜応力+一次曲げ応力	95		○	
	P4	フランジプレート (外側)		200	曲げ応力度	105		○	
					せん断応力度	13		○	
	P5	フランジプレート (内側)		200	曲げ応力度	118		○	
					せん断応力度	15		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	46		○	
					せん断応力度	36		○	
P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (外側) 近傍)	8.4	27.5	○	単位 : N/mm ²	
		—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (内側) 近傍)	9.7	27.5	○	単位 : N/mm ²	
		—	—	圧縮応力度 (ガセットプレート近傍)	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。

表 5-1 重大事故等時に対する評価結果 (D + P_{SA} + M_{SA}) (その 12)

評価対象 設備	評価部位		材料	温度条件 (°C)	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力	許容応力		
						MPa	MPa		
原子炉格納 容器配管 貫通部 (X-31C)	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	42		○	
					一次膜応力+一次曲げ応力	42			
	P2	スリーブのフランジ プレートとの結合部		200	一次膜応力+一次曲げ応力	41		○	
	P3	端板		306	一次膜応力+一次曲げ応力	95		○	
	P4	フランジプレート (外側)		200	曲げ応力度	105		○	
					せん断応力度	13		○	
	P5	フランジプレート (内側)		200	曲げ応力度	118		○	
					せん断応力度	15		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	46		○	
					せん断応力度	36		○	
P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (外側) 近傍)	10.2	27.5	○	単位 : N/mm ²	
		—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (内側) 近傍)	11.5	27.5	○	単位 : N/mm ²	
		—	—	圧縮応力度 (ガセットプレート近傍)	8.1	27.5	○	単位 : N/mm ²	

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

表 5-1 重大事故等時に対する評価結果 (D + P_{SA} + M_{SA}) (その 13)

評価対象 設備	評価部位		材料	温度条件 (°C)	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力	許容応力		
						MPa	MPa		
原子炉格納 容器配管 貫通部 (X-33A)	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	34		○	
					一次膜応力+一次曲げ応力	34			
	P2	スリーブのフランジ プレートとの結合部		200	一次膜応力+一次曲げ応力	33		○	
	P3	端板		306	一次膜応力+一次曲げ応力	64		○	
	P4	フランジプレート (外側)		200	曲げ応力度	51		○	
					せん断応力度	7		○	
	P5	フランジプレート (内側)		200	曲げ応力度	59		○	
					せん断応力度	8		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	44		○	
					せん断応力度	26		○	
P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (外側) 近傍)	8.2	27.5	○	単位 : N/mm ²	
		—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (内側) 近傍)	9.5	27.5	○	単位 : N/mm ²	
		—	—	圧縮応力度 (ガセットプレート近傍)	3.4	27.5	○	単位 : N/mm ²	

注 : 本表のフランジプレート, ガセットプレート及びコンクリート部は告示第 4 5 2 号による評価を示す。

表 5-1 重大事故等時に対する評価結果 (D + P_{SA} + M_{SA}) (その 14)

評価対象 設備	評価部位		材料	温度条件 (°C)	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力	許容応力		
						MPa	MPa		
原子炉格納 容器配管 貫通部 (X-33B)	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	35		○	
					一次膜応力+一次曲げ応力	35			
	P2	スリーブのフランジ プレートとの結合部		200	一次膜応力+一次曲げ応力	34		○	
	P3	端板		306	一次膜応力+一次曲げ応力	64		○	
	P4	フランジプレート (外側)		200	曲げ応力度	52		○	
					せん断応力度	7		○	
	P5	フランジプレート (内側)		200	曲げ応力度	60		○	
					せん断応力度	8		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	44		○	
					せん断応力度	26		○	
P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (外側) 近傍)	8.0	27.5	○	単位 : N/mm ²	
		—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (内側) 近傍)	9.3	27.5	○	単位 : N/mm ²	
		—	—	圧縮応力度 (ガセットプレート近傍)	3.5	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。

表 5-1 重大事故等時に対する評価結果 (D + P_{SA} + M_{SA}) (その 15)

評価対象 設備	評価部位		材料	温度条件 (°C)	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力	許容応力		
						MPa	MPa		
原子炉格納 容器配管 貫通部 (X-33C)	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	35		○	
					一次膜応力+一次曲げ応力	35			
	P2	スリーブのフランジ プレートとの結合部		200	一次膜応力+一次曲げ応力	34		○	
	P3	端板		306	一次膜応力+一次曲げ応力	64		○	
	P4	フランジプレート (外側)		200	曲げ応力度	52		○	
					せん断応力度	7		○	
	P5	フランジプレート (内側)		200	曲げ応力度	60		○	
					せん断応力度	8		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	44		○	
					せん断応力度	26		○	
P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (外側) 近傍)	10.2	27.5	○	単位 : N/mm ²	
		—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (内側) 近傍)	11.5	27.5	○	単位 : N/mm ²	
		—	—	圧縮応力度 (ガセットプレート近傍)	3.7	27.5	○	単位 : N/mm ²	

注 : 本表のフランジプレート, ガセットプレート及びコンクリート部は告示第 4 5 2 号による評価を示す。

表 5-1 重大事故等時に対する評価結果 (D + P_{SA} + M_{SA}) (その 16)

評価対象 設備	評価部位		材料	温度条件 (°C)	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力	許容応力		
						MPa	MPa		
原子炉格納 容器配管 貫通部 (X-35B)	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	50		○	
					一次膜応力+一次曲げ応力	50			
	P2	スリーブのフランジ プレートとの結合部		200	一次膜応力+一次曲げ応力	49		○	
	P3	端板		306	一次膜応力+一次曲げ応力	156		○	
	P4	フランジプレート (外側)		200	曲げ応力度	99		○	
					せん断応力度	13		○	
	P5	フランジプレート (内側)		200	曲げ応力度	110		○	
					せん断応力度	15		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	69		○	
					せん断応力度	43		○	
P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (外側) 近傍)	5.8	27.5	○	単位 : N/mm ²	
		—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (内側) 近傍)	7.1	27.5	○	単位 : N/mm ²	
		—	—	圧縮応力度 (ガセットプレート近傍)	5.8	27.5	○	単位 : N/mm ²	

注 : 本表のフランジプレート, ガセットプレート及びコンクリート部は告示第 4 5 2 号による評価を示す。

表 5-1 重大事故等時に対する評価結果 (D + P_{SA} + M_{SA}) (その 17)

評価対象 設備	評価部位		材料	温度条件 (°C)	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力	許容応力		
						MPa	MPa		
原子炉格納 容器配管 貫通部 (X-35C)	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	50		○	
					一次膜応力+一次曲げ応力	50			
	P2	スリーブのフランジ プレートとの結合部		200	一次膜応力+一次曲げ応力	49		○	
	P3	端板		306	一次膜応力+一次曲げ応力	156		○	
	P4	フランジプレート (外側)		200	曲げ応力度	99		○	
					せん断応力度	13		○	
	P5	フランジプレート (内側)		200	曲げ応力度	110		○	
					せん断応力度	15		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	69		○	
					せん断応力度	43		○	
P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (外側) 近傍)	6.0	27.5	○	単位 : N/mm ²	
		—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (内側) 近傍)	7.3	27.5	○	単位 : N/mm ²	
		—	—	圧縮応力度 (ガセットプレート近傍)	5.8	27.5	○	単位 : N/mm ²	

注 : 本表のフランジプレート, ガセットプレート及びコンクリート部は告示第 4 5 2 号による評価を示す。

表 5-1 重大事故等時に対する評価結果 (D + P_{SA} + M_{SA}) (その 18)

評価対象 設備	評価部位		材料	温度条件 (°C)	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力	許容応力		
						MPa	MPa		
原子炉格納 容器配管 貫通部 (X-37)	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	34		○	
					一次膜応力+一次曲げ応力	34			
	P2	スリーブのフランジ プレートとの結合部		200	一次膜応力+一次曲げ応力	33		○	
	P3	端板		306	一次膜応力+一次曲げ応力	102		○	
	P4	フランジプレート (外側)		200	曲げ応力度	71		○	
					せん断応力度	14		○	
	P5	フランジプレート (内側)		200	曲げ応力度	82		○	
					せん断応力度	16		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	60		○	
					せん断応力度	61		○	
P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (外側) 近傍)	7.8	27.5	○	単位 : N/mm ²	
		—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (内側) 近傍)	9.5	27.5	○	単位 : N/mm ²	
		—	—	圧縮応力度 (ガセットプレート近傍)	8.4	27.5	○	単位 : N/mm ²	

注 : 本表のフランジプレート, ガセットプレート及びコンクリート部は告示第 4 5 2 号による評価を示す。

表 5-1 重大事故等時に対する評価結果 (D + P_{SA} + M_{SA}) (その 19)

評価対象 設備	評価部位		材料	温度条件 (°C)	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力	許容応力		
						MPa	MPa		
原子炉格納 容器配管 貫通部 (X-38)	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	34		○	
					一次膜応力+一次曲げ応力	34			
	P2	スリーブのフランジ プレートとの結合部		200	一次膜応力+一次曲げ応力	33		○	
	P3	端板		302	一次膜応力+一次曲げ応力	102		○	
	P4	フランジプレート (外側)		200	曲げ応力度	72		○	
					せん断応力度	14		○	
	P5	フランジプレート (内側)		200	曲げ応力度	83		○	
					せん断応力度	16		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	60		○	
					せん断応力度	61		○	
P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (外側) 近傍)	8.1	27.5	○	単位 : N/mm ²	
		—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (内側) 近傍)	9.8	27.5	○	単位 : N/mm ²	
		—	—	圧縮応力度 (ガセットプレート近傍)	8.4	27.5	○	単位 : N/mm ²	

注 : 本表のフランジプレート, ガセットプレート及びコンクリート部は告示第 4 5 2 号による評価を示す。

表 5-1 重大事故等時に対する評価結果 (D + P_{SA} + M_{SA}) (その 20)

評価対象 設備	評価部位		材料	温度条件 (°C)	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力	許容応力		
						MPa	MPa		
原子炉格納 容器配管 貫通部 (X-50)	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	50		○	
					一次膜応力+一次曲げ応力	50			
	P2	スリーブのフランジ プレートとの結合部		200	一次膜応力+一次曲げ応力	49		○	
	P3	端板		302	一次膜応力+一次曲げ応力	156		○	
	P4	フランジプレート (外側)		200	曲げ応力度	99		○	
					せん断応力度	13		○	
	P5	フランジプレート (内側)		200	曲げ応力度	110		○	
					せん断応力度	15		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	69		○	
					せん断応力度	43		○	
P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (外側) 近傍)	7.2	27.5	○	単位 : N/mm ²	
		—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (内側) 近傍)	8.5	27.5	○	単位 : N/mm ²	
		—	—	圧縮応力度 (ガセットプレート近傍)	6.2	27.5	○	単位 : N/mm ²	

注 : 本表のフランジプレート, ガセットプレート及びコンクリート部は告示第 4 5 2 号による評価を示す。

表 5-1 重大事故等時に対する評価結果 (D + P_{SA} + M_{SA}) (その 21)

評価対象 設備	評価部位		材料	温度条件 (°C)	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力	許容応力		
						MPa	MPa		
原子炉格納 容器配管 貫通部 (X-60)	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	13		○	
					一次膜応力+一次曲げ応力	13			
	P2	スリーブのフランジ プレートとの結合部		200	一次膜応力+一次曲げ応力	12		○	
	P3	端板		200	一次膜応力+一次曲げ応力	98		○	
	P4	フランジプレート (外側)		200	曲げ応力度	12		○	
					せん断応力度	2		○	
	P5	フランジプレート (内側)		200	曲げ応力度	19		○	
					せん断応力度	3		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	13		○	
					せん断応力度	8		○	
P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (外側) 近傍)	1.1	27.5	○	単位 : N/mm ²	
		—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (内側) 近傍)	2.1	27.5	○	単位 : N/mm ²	
		—	—	圧縮応力度 (ガセットプレート近傍)	1.0	27.5	○	単位 : N/mm ²	

注 : 本表のフランジプレート, ガセットプレート及びコンクリート部は告示第 4 5 2 号による評価を示す。

表 5-1 重大事故等時に対する評価結果 (D + P_{SA} + M_{SA}) (その 22)

評価対象 設備	評価部位		材料	温度条件 (°C)	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力	許容応力		
						MPa	MPa		
原子炉格納 容器配管 貫通部 (X-61)	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	99		○	
					一次膜応力+一次曲げ応力	99		○	
	P2	スリーブのフランジ プレートとの結合部		200	一次膜応力+一次曲げ応力	98		○	
	P4	フランジプレート (外側)		200	曲げ応力度	92		○	
					せん断応力度	11		○	
	P5	フランジプレート (内側)		200	曲げ応力度	99		○	
					せん断応力度	12		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	93		○	
					せん断応力度	35		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (外側) 近傍)	5.7	27.5	○	
—			—	圧縮応力度 (フランジ プレート (内側) 近傍)	6.7	27.5	○	単位 : N/mm ²	
—			—	圧縮応力度 (ガセットプレート近傍)	8.6	27.5	○	単位 : N/mm ²	

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

表 5-1 重大事故等時に対する評価結果 (D + P_{SA} + M_{SA}) (その 23)

評価対象 設備	評価部位		材料	温度条件 (°C)	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力	許容応力		
						MPa	MPa		
原子炉格納 容器配管 貫通部 (X-62)	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	99		○	
					一次膜応力+一次曲げ応力	99		○	
	P2	スリーブのフランジ プレートとの結合部		200	一次膜応力+一次曲げ応力	98		○	
	P4	フランジプレート (外側)		200	曲げ応力度	92		○	
					せん断応力度	11		○	
	P5	フランジプレート (内側)		200	曲げ応力度	99		○	
					せん断応力度	12		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	93		○	
					せん断応力度	35		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (外側) 近傍)	5.7	27.5	○	
—			—	圧縮応力度 (フランジ プレート (内側) 近傍)	6.7	27.5	○	単位 : N/mm ²	
—			—	圧縮応力度 (ガセットプレート近傍)	8.5	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。

表 5-1 重大事故等時に対する評価結果 (D + P_{SA} + M_{SA}) (その 24)

評価対象 設備	評価部位		材料	温度条件 (°C)	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力	許容応力		
						MPa	MPa		
原子炉格納 容器配管 貫通部 (X-63)	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	99		○	
					一次膜応力+一次曲げ応力	99			
	P2	スリーブのフランジ プレートとの結合部		200	一次膜応力+一次曲げ応力	98		○	
	P4	フランジプレート (外側)		200	曲げ応力度	92		○	
					せん断応力度	11		○	
	P5	フランジプレート (内側)		200	曲げ応力度	99		○	
					せん断応力度	12		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	93		○	
					せん断応力度	35		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (外側) 近傍)	10.1	27.5	○	
圧縮応力度 (フランジ プレート (内側) 近傍)					11.0	27.5	○	単位 : N/mm ²	
圧縮応力度 (ガセットプレート近傍)					8.8	27.5	○	単位 : N/mm ²	

注 : 本表のフランジプレート, ガセットプレート及びコンクリート部は告示第 4 5 2 号による評価を示す。

表 5-1 重大事故等時に対する評価結果 (D + P_{SA} + M_{SA}) (その 25)

評価対象 設備	評価部位		材料	温度条件 (°C)	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力	許容応力		
						MPa	MPa		
原子炉格納 容器配管 貫通部 (X-64)	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	99		○	
					一次膜応力+一次曲げ応力	99		○	
	P2	スリーブのフランジ プレートとの結合部		200	一次膜応力+一次曲げ応力	98		○	
	P4	フランジプレート (外側)		200	曲げ応力度	92		○	
					せん断応力度	11		○	
	P5	フランジプレート (内側)		200	曲げ応力度	99		○	
					せん断応力度	12		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	93		○	
					せん断応力度	35		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (外側) 近傍)	5.4	27.5	○	
—			—	圧縮応力度 (フランジ プレート (内側) 近傍)	6.4	27.5	○	単位 : N/mm ²	
—			—	圧縮応力度 (ガセットプレート近傍)	8.5	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。

表 5-1 重大事故等時に対する評価結果 (D + P_{SA} + M_{SA}) (その 26)

評価対象 設備	評価部位		材料	温度条件 (°C)	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力	許容応力		
						MPa	MPa		
原子炉格納 容器配管 貫通部 (X-65)	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	26		○	
					一次膜応力+一次曲げ応力	26			
	P2	スリーブのフランジ プレートとの結合部		200	一次膜応力+一次曲げ応力	25		○	
	P3	端板		200	一次膜応力+一次曲げ応力	103		○	
	P4	フランジプレート (外側)		200	曲げ応力度	41		○	
					せん断応力度	7		○	
	P5	フランジプレート (内側)		200	曲げ応力度	50		○	
					せん断応力度	9		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	51		○	
					せん断応力度	33		○	
P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (外側) 近傍)	3.8	27.5	○	単位 : N/mm ²	
		—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (内側) 近傍)	5.1	27.5	○	単位 : N/mm ²	
		—	—	圧縮応力度 (ガセットプレート近傍)	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。

表 5-1 重大事故等時に対する評価結果 (D + P_{SA} + M_{SA}) (その 27)

評価対象 設備	評価部位		材料	温度条件 (°C)	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力	許容応力		
						MPa	MPa		
原子炉格納 容器配管 貫通部 (X-66)	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	26		○	
					一次膜応力+一次曲げ応力	26		○	
	P2	スリーブのフランジ プレートとの結合部		200	一次膜応力+一次曲げ応力	25		○	
	P3	端板		200	一次膜応力+一次曲げ応力	103		○	
	P4	フランジプレート (外側)		200	曲げ応力度	41		○	
					せん断応力度	7		○	
	P5	フランジプレート (内側)		200	曲げ応力度	50		○	
					せん断応力度	9		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	51		○	
					せん断応力度	33		○	
P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (外側) 近傍)	3.9	27.5	○	単位 : N/mm ²	
		—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (内側) 近傍)	5.1	27.5	○	単位 : N/mm ²	
		—	—	圧縮応力度 (ガセットプレート近傍)	5.6	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。

表 5-1 重大事故等時に対する評価結果 (D + P_{SA} + M_{SA}) (その 28)

評価対象 設備	評価部位		材料	温度条件 (°C)	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力	許容応力		
						MPa	MPa		
原子炉格納 容器配管 貫通部 (X-69)	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	122		○	
					一次膜応力+一次曲げ応力	122		○	
	P2	スリーブのフランジ プレートとの結合部		200	一次膜応力+一次曲げ応力	120		○	
	P4	フランジプレート (外側)		200	曲げ応力度	25		○	
					せん断応力度	3		○	
	P5	フランジプレート (内側)		200	曲げ応力度	27		○	
					せん断応力度	4		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	37		○	
					せん断応力度	12		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (外側) 近傍)	1.8	27.5	○	
—			—	圧縮応力度 (フランジ プレート (内側) 近傍)	2.6	27.5	○	単位 : N/mm ²	
—			—	圧縮応力度 (ガセットプレート近傍)	2.7	27.5	○	単位 : N/mm ²	

注 : 本表のフランジプレート, ガセットプレート及びコンクリート部は告示第 4 5 2 号による評価を示す。

表 5-1 重大事故等時に対する評価結果 (D + P_{SA} + M_{SA}) (その 29)

評価対象 設備	評価部位		材料	温度条件 (°C)	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力	許容応力		
						MPa	MPa		
原子炉格納 容器配管 貫通部 (X-70)	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	7		○	
					一次膜応力+一次曲げ応力	7		○	
	P2	スリーブのフランジ プレートとの結合部		200	一次膜応力+一次曲げ応力	7		○	
	P3	端板		200	一次膜応力+一次曲げ応力	22		○	
	P4	フランジプレート (外側)		200	曲げ応力度	4		○	
					せん断応力度	1		○	
	P5	フランジプレート (内側)		200	曲げ応力度	11		○	
					せん断応力度	2		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	3		○	
					せん断応力度	5		○	
P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (外側) 近傍)	1.5	27.5	○	単位 : N/mm ²	
		—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (内側) 近傍)	2.5	27.5	○	単位 : N/mm ²	
		—	—	圧縮応力度 (ガセットプレート近傍)	1.0	27.5	○	単位 : N/mm ²	

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

表 5-1 重大事故等時に対する評価結果 (D + P_{SA} + M_{SA}) (その 30)

評価対象 設備	評価部位		材料	温度条件 (°C)	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力	許容応力		
						MPa	MPa		
原子炉格納 容器配管 貫通部 (X-71A)	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	6		○	
					一次膜応力+一次曲げ応力	6		○	
	P2	スリーブのフランジ プレートとの結合部		200	一次膜応力+一次曲げ応力	6		○	
	P3	端板		200	一次膜応力+一次曲げ応力	16		○	
	P4	フランジプレート (外側)		200	曲げ応力度	3		○	
					せん断応力度	1		○	
	P5	フランジプレート (内側)		200	曲げ応力度	10		○	
					せん断応力度	2		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	2		○	
					せん断応力度	4		○	
P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (外側) 近傍)	1.7	27.5	○	単位 : N/mm ²	
		—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (内側) 近傍)	2.7	27.5	○	単位 : N/mm ²	
		—	—	圧縮応力度 (ガセットプレート近傍)	1.4	27.5	○	単位 : N/mm ²	

注 : 本表のフランジプレート, ガセットプレート及びコンクリート部は告示第 4 5 2 号による評価を示す。

表 5-1 重大事故等時に対する評価結果 (D + P_{SA} + M_{SA}) (その 31)

評価対象 設備	評価部位		材料	温度条件 (°C)	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力	許容応力		
						MPa	MPa		
原子炉格納 容器配管 貫通部 (X-71B)	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	6		○	
					一次膜応力+一次曲げ応力	6			
	P2	スリーブのフランジ プレートとの結合部		200	一次膜応力+一次曲げ応力	6		○	
	P3	端板		200	一次膜応力+一次曲げ応力	16		○	
	P4	フランジプレート (外側)		200	曲げ応力度	3		○	
					せん断応力度	1		○	
	P5	フランジプレート (内側)		200	曲げ応力度	10		○	
					せん断応力度	2		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	2		○	
					せん断応力度	5		○	
P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (外側) 近傍)	1.6	27.5	○	単位 : N/mm ²	
		—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (内側) 近傍)	2.6	27.5	○	単位 : N/mm ²	
		—	—	圧縮応力度 (ガセットプレート近傍)	0.6	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。

表 5-1 重大事故等時に対する評価結果 (D + P_{SA} + M_{SA}) (その 32)

評価対象 設備	評価部位		材料	温度条件 (°C)	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力	許容応力		
						MPa	MPa		
原子炉格納 容器配管 貫通部 (X-72)	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	6		○	
					一次膜応力+一次曲げ応力	6			
	P2	スリーブのフランジ プレートとの結合部		200	一次膜応力+一次曲げ応力	6		○	
	P3	端板		200	一次膜応力+一次曲げ応力	16		○	
	P4	フランジプレート (外側)		200	曲げ応力度	3		○	
					せん断応力度	1		○	
	P5	フランジプレート (内側)		200	曲げ応力度	10		○	
					せん断応力度	2		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	2		○	
					せん断応力度	5		○	
P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (外側) 近傍)	1.6	27.5	○	単位 : N/mm ²	
		—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (内側) 近傍)	2.6	27.5	○	単位 : N/mm ²	
		—	—	圧縮応力度 (ガセットプレート近傍)	0.7	27.5	○	単位 : N/mm ²	

注 : 本表のフランジプレート, ガセットプレート及びコンクリート部は告示第 4 5 2 号による評価を示す。

表 5-1 重大事故等時に対する評価結果 (D + P_{SA} + M_{SA}) (その 33)

評価対象 設備	評価部位		材料	温度条件 (°C)	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力	許容応力		
						MPa	MPa		
原子炉格納 容器配管 貫通部 (X-80)	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	58		○	
					一次膜応力+一次曲げ応力	58		○	
	P2	スリーブのフランジ プレートとの結合部		200	一次膜応力+一次曲げ応力	59		○	
	P4	フランジプレート (外側)		200	曲げ応力度	76		○	
					せん断応力度	10		○	
	P5	フランジプレート (内側)		200	曲げ応力度	85		○	
					せん断応力度	11		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	101		○	
					せん断応力度	35		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (外側) 近傍)	7.8	27.5	○	
—			—	圧縮応力度 (フランジ プレート (内側) 近傍)	9.0	27.5	○	単位 : N/mm ²	
—			—	圧縮応力度 (ガセットプレート近傍)	13.0	27.5	○	単位 : N/mm ²	

注 : 本表のフランジプレート, ガセットプレート及びコンクリート部は告示第 4 5 2 号による評価を示す。

表 5-1 重大事故等時に対する評価結果 (D + P_{SA} + M_{SA}) (その 34)

評価対象 設備	評価部位		材料	温度条件 (°C)	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力	許容応力		
						MPa	MPa		
原子炉格納 容器配管 貫通部 (X-81)	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	58		○	
					一次膜応力+一次曲げ応力	58		○	
	P2	スリーブのフランジ プレートとの結合部		200	一次膜応力+一次曲げ応力	59		○	
	P4	フランジプレート (外側)		200	曲げ応力度	76		○	
					せん断応力度	10		○	
	P5	フランジプレート (内側)		200	曲げ応力度	85		○	
					せん断応力度	11		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	101		○	
					せん断応力度	35		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (外側) 近傍)	5.5	27.5	○	
—			—	圧縮応力度 (フランジ プレート (内側) 近傍)	6.7	27.5	○	単位 : N/mm ²	
—			—	圧縮応力度 (ガセットプレート近傍)	10.7	27.5	○	単位 : N/mm ²	

注 : 本表のフランジプレート, ガセットプレート及びコンクリート部は告示第 4 5 2 号による評価を示す。

表 5-1 重大事故等時に対する評価結果 (D + P_{SA} + M_{SA}) (その 35)

評価対象 設備	評価部位		材料	温度条件 (°C)	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力	許容応力		
						MPa	MPa		
原子炉格納 容器配管 貫通部 (X-82)	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	78		○	
					一次膜応力+一次曲げ応力	78		○	
	P2	スリーブのフランジ プレートとの結合部		200	一次膜応力+一次曲げ応力	77		○	
	P4	フランジプレート (外側)		200	曲げ応力度	72		○	
					せん断応力度	8		○	
	P5	フランジプレート (内側)		200	曲げ応力度	79		○	
					せん断応力度	9		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	93		○	
					せん断応力度	30		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (外側) 近傍)	3.6	27.5	○	
—			—	圧縮応力度 (フランジ プレート (内側) 近傍)	4.5	27.5	○	単位 : N/mm ²	
—			—	圧縮応力度 (ガセットプレート近傍)	7.1	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 4 5 2 号による評価を示す。

表 5-1 重大事故等時に対する評価結果 (D + P_{SA} + M_{SA}) (その 36)

評価対象 設備	評価部位		材料	温度条件 (°C)	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力	許容応力		
						MPa	MPa		
原子炉格納 容器配管 貫通部 (X-170)	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	7		○	
					一次膜応力+一次曲げ応力	7			
	P2	スリーブのフランジ プレートとの結合部		200	一次膜応力+一次曲げ応力	7		○	
	P3	端板		302	一次膜応力+一次曲げ応力	76		○	
	P4	フランジプレート (外側)		200	曲げ応力度	2		○	
					せん断応力度	1		○	
	P5	フランジプレート (内側)		200	曲げ応力度	4		○	
					せん断応力度	2		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	4		○	
					せん断応力度	5		○	
P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (外側) 近傍)	0.5	27.5	○	単位 : N/mm ²	
		—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (内側) 近傍)	1.5	27.5	○	単位 : N/mm ²	
		—	—	圧縮応力度 (ガセットプレート近傍)	0.4	27.5	○	単位 : N/mm ²	

注 : 本表のフランジプレート, ガセットプレート及びコンクリート部は告示第 4 5 2 号による評価を示す。

表 5-1 重大事故等時に対する評価結果 (D + P_{SA} + M_{SA}) (その 37)

評価対象 設備	評価部位		材料	温度条件 (°C)	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力	許容応力		
						MPa	MPa		
原子炉格納 容器配管 貫通部 (X-200B)	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	44		○	
					一次膜応力+一次曲げ応力	44		○	
	P2	スリーブのフランジ プレートとの結合部		200	一次膜応力+一次曲げ応力	43		○	
	P4	フランジプレート (外側)		200	曲げ応力度	18		○	
					せん断応力度	2		○	
	P5	フランジプレート (内側)		200	曲げ応力度	21		○	
					せん断応力度	3		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	9		○	
					せん断応力度	9		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (外側) 近傍)	4.9	27.5	○	
—			—	圧縮応力度 (フランジ プレート (内側) 近傍)	5.6	27.5	○	単位 : N/mm ²	
—			—	圧縮応力度 (ガセットプレート近傍)	4.1	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 4 5 2 号による評価を示す。

表 5-1 重大事故等時に対する評価結果 (D + P_{SA} + M_{SA}) (その 38)

評価対象 設備	評価部位		材料	温度条件 (°C)	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力	許容応力		
						MPa	MPa		
原子炉格納 容器配管 貫通部 (X-200C)	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	41		○	
					一次膜応力+一次曲げ応力	41		○	
	P2	スリーブのフランジ プレートとの結合部		200	一次膜応力+一次曲げ応力	40		○	
	P4	フランジプレート (外側)		200	曲げ応力度	16		○	
					せん断応力度	2		○	
	P5	フランジプレート (内側)		200	曲げ応力度	19		○	
					せん断応力度	3		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	9		○	
					せん断応力度	9		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (外側) 近傍)	7.2	27.5	○	
—			—	圧縮応力度 (フランジ プレート (内側) 近傍)	8.0	27.5	○	単位 : N/mm ²	
—			—	圧縮応力度 (ガセットプレート近傍)	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。

表 5-1 重大事故等時に対する評価結果 (D + P_{SA} + M_{SA}) (その 39)

評価対象 設備	評価部位		材料	温度条件 (°C)	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力	許容応力		
						MPa	MPa		
原子炉格納 容器配管 貫通部 (X-201)	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	76		○	
					一次膜応力+一次曲げ応力	76		○	
	P2	スリーブのフランジ プレートとの結合部		200	一次膜応力+一次曲げ応力	76		○	
	P4	フランジプレート (外側)		200	曲げ応力度	77		○	
					せん断応力度	8		○	
	P5	フランジプレート (内側)		200	曲げ応力度	86		○	
					せん断応力度	9		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	71		○	
					せん断応力度	23		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (外側) 近傍)	25.1	27.5	○	単位 : N/mm ²
—			—	圧縮応力度 (フランジ プレート (内側) 近傍)	26.3	27.5	○	単位 : N/mm ²	
—			—	圧縮応力度 (ガセットプレート近傍)	11.2	27.5	○	単位 : N/mm ²	

注 : 本表のフランジプレート, ガセットプレート及びコンクリート部は告示第 4 5 2 号による評価を示す。

表 5-1 重大事故等時に対する評価結果 (D + P_{SA} + M_{SA}) (その 40)

評価対象 設備	評価部位		材料	温度条件 (°C)	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力	許容応力		
						MPa	MPa		
原子炉格納 容器配管 貫通部 (X-202)	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	76		○	
					一次膜応力+一次曲げ応力	76		○	
	P2	スリーブのフランジ プレートとの結合部		200	一次膜応力+一次曲げ応力	76		○	
	P4	フランジプレート (外側)		200	曲げ応力度	77		○	
					せん断応力度	8		○	
	P5	フランジプレート (内側)		200	曲げ応力度	86		○	
					せん断応力度	9		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	71		○	
					せん断応力度	23		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (外側) 近傍)	6.1	27.5	○	単位 : N/mm ²
—			—	圧縮応力度 (フランジ プレート (内側) 近傍)	7.4	27.5	○	単位 : N/mm ²	
—			—	圧縮応力度 (ガセットプレート近傍)	8.2	27.5	○	単位 : N/mm ²	

注 : 本表のフランジプレート, ガセットプレート及びコンクリート部は告示第 4 5 2 号による評価を示す。

表 5-1 重大事故等時に対する評価結果 (D + P_{SA} + M_{SA}) (その 41)

評価対象 設備	評価部位		材料	温度条件 (°C)	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力	許容応力		
						MPa	MPa		
原子炉格納 容器配管 貫通部 (X-203)	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	76		○	
					一次膜応力+一次曲げ応力	76		○	
	P2	スリーブのフランジ プレートとの結合部		200	一次膜応力+一次曲げ応力	76		○	
	P4	フランジプレート (外側)		200	曲げ応力度	77		○	
					せん断応力度	8		○	
	P5	フランジプレート (内側)		200	曲げ応力度	86		○	
					せん断応力度	9		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	71		○	
					せん断応力度	23		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (外側) 近傍)	6.1	27.5	○	単位 : N/mm ²
—			—	圧縮応力度 (フランジ プレート (内側) 近傍)	7.4	27.5	○	単位 : N/mm ²	
—			—	圧縮応力度 (ガセットプレート近傍)	8.2	27.5	○	単位 : N/mm ²	

注 : 本表のフランジプレート, ガセットプレート及びコンクリート部は告示第 4 5 2 号による評価を示す。

表 5-1 重大事故等時に対する評価結果 (D + P_{SA} + M_{SA}) (その 42)

評価対象 設備	評価部位		材料	温度条件 (°C)	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力	許容応力		
						MPa	MPa		
原子炉格納 容器配管 貫通部 (X-204)	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	88		○	
					一次膜応力+一次曲げ応力	88		○	
	P2	スリーブのフランジ プレートとの結合部		200	一次膜応力+一次曲げ応力	87		○	
	P4	フランジプレート (外側)		200	曲げ応力度	116		○	
					せん断応力度	10		○	
	P5	フランジプレート (内側)		200	曲げ応力度	127		○	
					せん断応力度	11		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	99		○	
					せん断応力度	30		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (外側) 近傍)	7.9	27.5	○	単位 : N/mm ²
—			—	圧縮応力度 (フランジ プレート (内側) 近傍)	9.0	27.5	○	単位 : N/mm ²	
—			—	圧縮応力度 (ガセットプレート近傍)	11.1	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 4 5 2 号による評価を示す。

表 5-1 重大事故等時に対する評価結果 (D + P_{SA} + M_{SA}) (その 43)

評価対象 設備	評価部位		材料	温度条件 (°C)	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力	許容応力		
						MPa	MPa		
原子炉格納 容器配管 貫通部 (X-205)	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	30		○	
					一次膜応力+一次曲げ応力	30		○	
	P2	スリーブのフランジ プレートとの結合部		200	一次膜応力+一次曲げ応力	29		○	
	P4	フランジプレート (外側)		200	曲げ応力度	44		○	
					せん断応力度	4		○	
	P5	フランジプレート (内側)		200	曲げ応力度	55		○	
					せん断応力度	5		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	27		○	
					せん断応力度	13		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (外側) 近傍)	7.8	27.5	○	単位 : N/mm ²
—			—	圧縮応力度 (フランジ プレート (内側) 近傍)	8.9	27.5	○	単位 : N/mm ²	
—			—	圧縮応力度 (ガセットプレート近傍)	7.1	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 4 5 2 号による評価を示す。

表 5-1 重大事故等時に対する評価結果 (D + P_{SA} + M_{SA}) (その 44)

評価対象 設備	評価部位		材料	温度条件 (°C)	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力	許容応力		
						MPa	MPa		
原子炉格納 容器配管 貫通部 (X-206)	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	33		○	
					一次膜応力+一次曲げ応力	33		○	
	P2	スリーブのフランジ プレートとの結合部		200	一次膜応力+一次曲げ応力	32		○	
	P4	フランジプレート (外側)		200	曲げ応力度	50		○	
					せん断応力度	5		○	
	P5	フランジプレート (内側)		200	曲げ応力度	61		○	
					せん断応力度	6		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	28		○	
					せん断応力度	15		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (外側) 近傍)	8.0	27.5	○	単位 : N/mm ²
—			—	圧縮応力度 (フランジ プレート (内側) 近傍)	9.1	27.5	○	単位 : N/mm ²	
—			—	圧縮応力度 (ガセットプレート近傍)	8.0	27.5	○	単位 : N/mm ²	

注 : 本表のフランジプレート, ガセットプレート及びコンクリート部は告示第 4 5 2 号による評価を示す。

表 5-1 重大事故等時に対する評価結果 (D + P_{SA} + M_{SA}) (その 45)

評価対象 設備	評価部位		材料	温度条件 (°C)	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力	許容応力		
						MPa	MPa		
原子炉格納 容器配管 貫通部 (X-210B)	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	71		○	
					一次膜応力+一次曲げ応力	71		○	
	P2	スリーブのフランジ プレートとの結合部		200	一次膜応力+一次曲げ応力	71		○	
	P4	フランジプレート (外側)		200	曲げ応力度	62		○	
					せん断応力度	8		○	
	P5	フランジプレート (内側)		200	曲げ応力度	70		○	
					せん断応力度	9		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	58		○	
					せん断応力度	22		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (外側) 近傍)	19.3	27.5	○	単位 : N/mm ²
圧縮応力度 (フランジ プレート (内側) 近傍)					20.5	27.5	○	単位 : N/mm ²	
圧縮応力度 (ガセットプレート近傍)					10.2	27.5	○	単位 : N/mm ²	

注 : 本表のフランジプレート, ガセットプレート及びコンクリート部は告示第 4 5 2 号による評価を示す。

表 5-1 重大事故等時に対する評価結果 (D + P_{SA} + M_{SA}) (その 46)

評価対象 設備	評価部位		材料	温度条件 (°C)	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力	許容応力		
						MPa	MPa		
原子炉格納 容器配管 貫通部 (X-210C)	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	71		○	
					一次膜応力+一次曲げ応力	71		○	
	P2	スリーブのフランジ プレートとの結合部		200	一次膜応力+一次曲げ応力	71		○	
	P4	フランジプレート (外側)		200	曲げ応力度	62		○	
					せん断応力度	8		○	
	P5	フランジプレート (内側)		200	曲げ応力度	70		○	
					せん断応力度	9		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	58		○	
					せん断応力度	22		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (外側) 近傍)	18.8	27.5	○	単位 : N/mm ²
—			—	圧縮応力度 (フランジ プレート (内側) 近傍)	20.1	27.5	○	単位 : N/mm ²	
—			—	圧縮応力度 (ガセットプレート近傍)	10.2	27.5	○	単位 : N/mm ²	

注 : 本表のフランジプレート, ガセットプレート及びコンクリート部は告示第 4 5 2 号による評価を示す。

表 5-1 重大事故等時に対する評価結果 (D + P_{SA} + M_{SA}) (その 47)

評価対象 設備	評価部位		材料	温度条件 (°C)	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力	許容応力		
						MPa	MPa		
原子炉格納 容器配管 貫通部 (X-213)	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	7		○	
					一次膜応力+一次曲げ応力	7		○	
	P2	スリーブのフランジ プレートとの結合部		200	一次膜応力+一次曲げ応力	6		○	
	P3	端板		200	一次膜応力+一次曲げ応力	4		○	
	P4	フランジプレート (外側)		200	曲げ応力度	3		○	
					せん断応力度	1		○	
	P5	フランジプレート (内側)		200	曲げ応力度	13		○	
					せん断応力度	3		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	3		○	
					せん断応力度	7		○	
P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (外側) 近傍)	25.8	27.5	○	単位 : N/mm ²	
		—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (内側) 近傍)	27.3	27.5	○	単位 : N/mm ²	
		—	—	圧縮応力度 (ガセットプレート近傍)	15.7	27.5	○	単位 : N/mm ²	

注 : 本表のフランジプレート, ガセットプレート及びコンクリート部は告示第 4 5 2 号による評価を示す。

表 5-1 重大事故等時に対する評価結果 (D + P_{SA} + M_{SA}) (その 48)

評価対象 設備	評価部位		材料	温度条件 (°C)	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力	許容応力		
						MPa	MPa		
原子炉格納 容器配管 貫通部 (X-214)	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	80		○	
					一次膜応力+一次曲げ応力	80		○	
	P2	スリーブのフランジ プレートとの結合部		200	一次膜応力+一次曲げ応力	79		○	
	P4	フランジプレート (外側)		200	曲げ応力度	75		○	
					せん断応力度	9		○	
	P5	フランジプレート (内側)		200	曲げ応力度	83		○	
					せん断応力度	10		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	78		○	
					せん断応力度	29		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (外側) 近傍)	17.3	27.5	○	単位 : N/mm ²
—			—	圧縮応力度 (フランジ プレート (内側) 近傍)	18.5	27.5	○	単位 : N/mm ²	
—			—	圧縮応力度 (ガセットプレート近傍)	10.3	27.5	○	単位 : N/mm ²	

注 : 本表のフランジプレート, ガセットプレート及びコンクリート部は告示第 4 5 2 号による評価を示す。

表 5-1 重大事故等時に対する評価結果 (D + P_{SA} + M_{SA}) (その 49)

評価対象 設備	評価部位		材料	温度条件 (°C)	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力	許容応力		
						MPa	MPa		
原子炉格納 容器配管 貫通部 (X-215)	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	12		○	
					一次膜応力+一次曲げ応力	12		○	
	P2	スリーブのフランジ プレートとの結合部		200	一次膜応力+一次曲げ応力	11		○	
	P3	端板		200	一次膜応力+一次曲げ応力	110		○	
	P4	フランジプレート (外側)		200	曲げ応力度	16		○	
					せん断応力度	2		○	
	P5	フランジプレート (内側)		200	曲げ応力度	28		○	
					せん断応力度	4		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	17		○	
					せん断応力度	12		○	
P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (外側) 近傍)	2.9	27.5	○	単位 : N/mm ²	
		—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (内側) 近傍)	4.1	27.5	○	単位 : N/mm ²	
		—	—	圧縮応力度 (ガセットプレート近傍)	1.9	27.5	○	単位 : N/mm ²	

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

表 5-1 重大事故等時に対する評価結果 (D + P_{SA} + M_{SA}) (その 50)

評価対象 設備	評価部位		材料	温度条件 (°C)	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力	許容応力		
						MPa	MPa		
原子炉格納 容器配管 貫通部 (X-220)	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	12		○	
					一次膜応力+一次曲げ応力	12		○	
	P2	スリーブのフランジ プレートとの結合部		200	一次膜応力+一次曲げ応力	11		○	
	P3	端板		200	一次膜応力+一次曲げ応力	109		○	
	P4	フランジプレート (外側)		200	曲げ応力度	16		○	
					せん断応力度	2		○	
	P5	フランジプレート (内側)		200	曲げ応力度	27		○	
					せん断応力度	4		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	17		○	
					せん断応力度	11		○	
P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (外側) 近傍)	1.5	27.5	○	単位 : N/mm ²	
		—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (内側) 近傍)	2.6	27.5	○	単位 : N/mm ²	
		—	—	圧縮応力度 (ガセットプレート近傍)	1.4	27.5	○	単位 : N/mm ²	

注 : 本表のフランジプレート, ガセットプレート及びコンクリート部は告示第 4 5 2 号による評価を示す。

表 5-1 重大事故等時に対する評価結果 (D + P_{SA} + M_{SA}) (その 51)

評価対象 設備	評価部位		材料	温度条件 (°C)	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力	許容応力		
						MPa	MPa		
原子炉格納 容器配管 貫通部 (X-221)	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	25		○	
					一次膜応力+一次曲げ応力	25		○	
	P2	スリーブのフランジ プレートとの結合部		200	一次膜応力+一次曲げ応力	24		○	
	P4	フランジプレート (外側)		200	曲げ応力度	28		○	
					せん断応力度	4		○	
	P5	フランジプレート (内側)		200	曲げ応力度	36		○	
					せん断応力度	5		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	12		○	
					せん断応力度	13		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (外側) 近傍)	7.7	27.5	○	単位 : N/mm ²
—			—	圧縮応力度 (フランジ プレート (内側) 近傍)	8.9	27.5	○	単位 : N/mm ²	
—			—	圧縮応力度 (ガセットプレート近傍)	4.5	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。

表 5-1 重大事故等時に対する評価結果 (D + P_{SA} + M_{SA}) (その 52)

評価対象 設備	評価部位		材料	温度条件 (°C)	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力	許容応力		
						MPa	MPa		
原子炉格納 容器配管 貫通部 (X-222)	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	88		○	
					一次膜応力+一次曲げ応力	88		○	
	P2	スリーブのフランジ プレートとの結合部		200	一次膜応力+一次曲げ応力	87		○	
	P4	フランジプレート (外側)		200	曲げ応力度	116		○	
					せん断応力度	10		○	
	P5	フランジプレート (内側)		200	曲げ応力度	126		○	
					せん断応力度	11		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	99		○	
					せん断応力度	30		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (外側) 近傍)	8.3	27.5	○	単位 : N/mm ²
圧縮応力度 (フランジ プレート (内側) 近傍)					9.4	27.5	○	単位 : N/mm ²	
圧縮応力度 (ガセットプレート近傍)					8.0	27.5	○	単位 : N/mm ²	

注 : 本表のフランジプレート, ガセットプレート及びコンクリート部は告示第 4 5 2 号による評価を示す。

表 5-1 重大事故等時に対する評価結果 (D + P_{SA} + M_{SA}) (その 53)

評価対象 設備	評価部位		材料	温度条件 (°C)	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力	許容応力		
						MPa	MPa		
原子炉格納 容器配管 貫通部 (X-240)	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	58		○	
					一次膜応力+一次曲げ応力	58		○	
	P2	スリーブのフランジ プレートとの結合部		200	一次膜応力+一次曲げ応力	59		○	
	P4	フランジプレート (外側)		200	曲げ応力度	76		○	
					せん断応力度	10		○	
	P5	フランジプレート (内側)		200	曲げ応力度	85		○	
					せん断応力度	11		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	101		○	
					せん断応力度	35		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (外側) 近傍)	17.0	27.5	○	
—			—	圧縮応力度 (フランジ プレート (内側) 近傍)	18.2	27.5	○	単位 : N/mm ²	
—			—	圧縮応力度 (ガセットプレート近傍)	11.8	27.5	○	単位 : N/mm ²	

注 : 本表のフランジプレート, ガセットプレート及びコンクリート部は告示第 4 5 2 号による評価を示す。

表 5-1 重大事故等時に対する評価結果 (D + P_{SA} + M_{SA}) (その 54)

評価対象 設備	評価部位		材料	温度条件 (°C)	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力	許容応力		
						MPa	MPa		
原子炉格納 容器配管 貫通部 (X-241)	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	7		○	
					一次膜応力+一次曲げ応力	7		○	
	P2	スリーブのフランジ プレートとの結合部		200	一次膜応力+一次曲げ応力	6		○	
	P4	フランジプレート (外側)		200	曲げ応力度	3		○	
					せん断応力度	1		○	
	P5	フランジプレート (内側)		200	曲げ応力度	12		○	
					せん断応力度	2		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	2		○	
					せん断応力度	6		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (外側) 近傍)	24.2	27.5	○	
—			—	圧縮応力度 (フランジ プレート (内側) 近傍)	25.4	27.5	○	単位 : N/mm ²	
—			—	圧縮応力度 (ガセットプレート近傍)	17.1	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 4 5 2 号による評価を示す。

表 5-1 重大事故等時に対する評価結果 (D + P_{SA} + M_{SA}) (その 55)

評価対象 設備	評価部位		材料	温度条件 (°C)	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力	許容応力		
						MPa	MPa		
原子炉格納 容器配管 貫通部 (X-242)	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	14		○	
					一次膜応力+一次曲げ応力	14		○	
	P2	スリーブのフランジ プレートとの結合部		200	一次膜応力+一次曲げ応力	13		○	
	P4	フランジプレート (外側)		200	曲げ応力度	12		○	
					せん断応力度	2		○	
	P5	フランジプレート (内側)		200	曲げ応力度	19		○	
					せん断応力度	3		○	
	P6	ガセットプレート		200	曲げ応力度	8		○	
					せん断応力度	6		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (外側) 近傍)	24.7	27.5	○	単位 : N/mm ²
—			—	圧縮応力度 (フランジ プレート (内側) 近傍)	25.6	27.5	○	単位 : N/mm ²	
—			—	圧縮応力度 (ガセットプレート近傍)	25.8	27.5	○	単位 : N/mm ²	

注 : 本表のフランジプレート, ガセットプレート及びコンクリート部は告示第 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-3-4-2-2 「原子炉格納容器配管貫通部の強度計算書」

(2) 原子炉格納容器配管貫通部 (X-92 及び X-253) の強度計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・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	10
4.1 強度評価方法	10
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	10
4.2.1 荷重の組合せ及び供用状態	10
4.2.2 許容応力	10
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	10
4.2.4 設計荷重	21
4.3 計算方法	24
4.4 計算条件	25
4.5 応力の評価	25
5. 評価結果	26
5.1 設計基準対象施設としての評価結果	26
5.2 重大事故等対処設備としての評価結果	37
6. 参照図書	40

1. 概要

本計算書は、原子炉格納容器配管貫通部（X-92 及び X-253）の強度計算書である。

原子炉格納容器配管貫通部は、設計基準対象施設の原子炉格納容器配管貫通部を重大事故等クラス 2 容器として兼用する機器である。本申請においては、2 系統設置されている可燃性ガス濃度制御系のうち、単一設計であった一部配管について分離する工事を計画している。

これに伴い、原子炉格納容器配管貫通部（X-92 及び X-253）に新規に配管を接続することから、当該貫通部に対して評価を実施する。

以下、設計基準対象施設の原子炉格納容器配管貫通部として、VI-3-1-7「原子炉格納容器の強度計算の基本方針」に基づくとともに、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」に準じて、原子炉格納容器配管貫通部の強度評価を示す。

また、重大事故等クラス 2 容器として、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」に基づくとともに、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」に準じて、原子炉格納容器配管貫通部の強度評価を示す。

なお、本計算書においては、設計基準対象施設に対する荷重及び重大事故等時における荷重に対して、平成 4 年 3 月 27 日付け 3 資庁第 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

原子炉格納容器配管貫通部の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>原子炉格納容器配管貫通部は原子炉格納容器コンクリート部に支持される。</p> <p>原子炉格納容器配管貫通部は、原子炉格納容器と一体構造となっており、鉛直方向荷重及び水平方向荷重は、原子炉格納容器シェル部あるいは原子炉格納容器底部を介して原子炉建屋に伝達させる。</p>	<p>原子炉格納容器配管貫通部は、スリーブ、フランジプレート及びガセットプレートで構成される鋼製構造物である。</p>	<p>形式 2</p>

2.2 評価方針

原子炉格納容器配管貫通部の設計基準対象施設としての応力評価は、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに適用規格に定められた許容限界に基づき、「3. 評価部位」にて設定する箇所において設計基準対象施設としての設計条件における温度、圧力による応力等が許容限界内に収まることを、「4. 強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5. 評価結果」に示す。

原子炉格納容器配管貫通部の重大事故等対処設備としての応力評価は、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。

原子炉格納容器配管貫通部の強度評価フローを図2-1に示す。

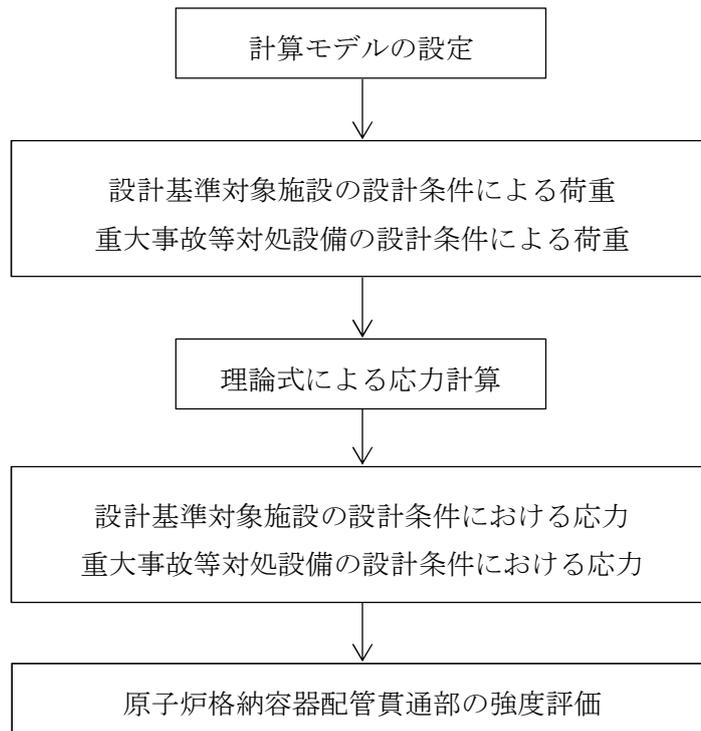


図2-1 原子炉格納容器配管貫通部の強度評価フロー

2.3 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- ・発電用原子力設備規格（設計・建設規格（2005年版（2007年追補版含む。）） J S M E S N C 1-2005/2007）（以下「設計・建設規格」という。）
- ・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 J S M E S N E 1-2003）（以下「CCV規格」という。）

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
D	死荷重	—
D ₁	直径	mm
f _b	許容曲げ応力度	MPa
f _c	許容圧縮応力度	MPa
f _p	許容支圧応力度	MPa
f _s	許容せん断応力度	MPa
f _t	許容引張応力度	MPa
F _c	コンクリートの設計基準強度	kg/cm ² , N/mm ²
F _v	垂直力	N
F _x	垂直力	N
ℓ _i	長さ (i = 1, 2)	mm
L	活荷重	—
M	機械的荷重	—
M _B	モーメント	N・mm
M _{SA}	機械的荷重 (S A後機械的荷重)	—
M _X	モーメント	N・mm
n	ガセットプレートの枚数	—
P	圧力	—
P _i	圧力 (i = 1, 2, 3)	—, kPa
P _{SA}	圧力 (S A後圧力)	—, kPa
R	配管荷重	—
R _{SA}	配管荷重 (S A後配管荷重)	—
S	許容引張応力	MPa
S _m	設計応力強さ	MPa
S _u	設計引張強さ	MPa
S _y	設計降伏点	MPa
S _y (R T)	40℃における設計降伏点	MPa
t _i	厚さ (i = 1, 2, 3…)	mm
T	温度荷重	—
T ₁	温度荷重	—, °C
T _{SA}	温度 (S A後温度)	°C

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

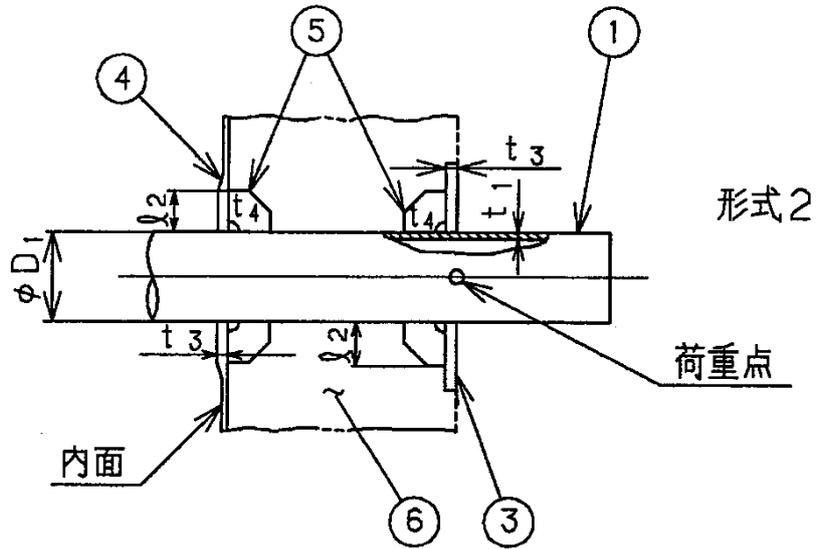
数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
圧力	kPa	—	—	整数位
温度	℃	—	—	整数位
許容応力 ^{*1}	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
力	N	有効数字4桁目	四捨五入	有効数字3桁 ^{*2}

注記*1：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の間における許容引張応力，設計降伏点及び設計引張強さは，比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨て，整数として算出する。

*2：絶対値が1000以上のときはべき数表示とする。

3. 評価部位

原子炉格納容器配管貫通部の形状を図3-1に、仕様を表3-1に示す。



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

図3-1 原子炉格納容器配管貫通部の形状

表 3-1 原子炉格納容器配管貫通部の仕様 (その 1)

貫通部 番号	形式	スリーブ				端板		フランジプレート			ガセットプレート			
		外径 D ₁ (mm)	板厚 t ₁ (mm)	長さ ℓ ₁ (mm)	材質* ¹	板厚 t ₂ (mm)	材質	板厚 t ₃ (mm)	材質* ²		長さ ℓ ₂ (mm)	板厚 t ₄ (mm)	枚数* ³ n (枚)	材質* ²
									外側	内側				
X-92	2													
X-253	2													

注記*1 :

*2 :

*3 : ガセットプレートの枚数は, 原子炉格納容器壁の内側及び外側それぞれの枚数を示す。

表 3-1 原子炉格納容器配管貫通部の仕様 (その 2)

使用部位	使用材料	備考
コンクリート部	コンクリート ($F_c=330\text{kg}/\text{cm}^2$)	$F_c=32.4\text{N}/\text{mm}^2$

4. 強度評価

4.1 強度評価方法

- (1) 原子炉格納容器配管貫通部は、原子炉格納容器コンクリート部に埋め込まれた構造であり、原子炉格納容器を貫通する配管を支持するための構造物である。

原子炉格納容器配管貫通部の強度評価として、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、没水時における原子炉格納容器配管貫通部内部の水頭圧を考慮する。

- (2) 強度評価に用いる寸法は、公称値を用いる。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び供用状態

設計基準対象施設の評価に用いる原子炉格納容器配管貫通部の荷重の組合せ及び供用状態を表 4-1 に、重大事故等対処設備の評価に用いる原子炉格納容器配管貫通部の荷重の組合せ及び供用状態を表 4-2 に示す。

詳細な荷重の組合せは、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

原子炉格納容器配管貫通部の許容応力及び許容応力度は、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」に準じて、設計・建設規格及び C C V 規格に基づき表 4-3～表 4-8 に示すとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

原子炉格納容器配管貫通部の使用材料の許容応力評価条件のうち、設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-9 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-10 に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び供用状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	機器等の区分	荷重の組合せ*1, *2		供用状態*1 <荷重状態>
原子炉格納 施設	原子炉格納 容器	原子炉格納容器 配管貫通部	クラスMC 容器	$D + P_2$ <D+L+P+R>	(1)	設計条件 <IV>
				$D + P_1 + T_1$ <D+L+P+R+T>	(2)	A <I>
				$D + P_1 + T_1 + M$ <D+L+P+R+T>	(4)	B <II>
				$D + P_3$ <D+L+P>	(9)	試験状態 <II>

注記*1：CCV規格による場合は、< >内の荷重状態及び荷重の組合せを適用する。

*2：()内は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5-3の荷重の組合せのNo.を示す。

表 4-2 荷重の組合せ及び供用状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	機器等の区分	荷重の組合せ*1, *2		供用状態*1 <荷重状態>
原子炉格納施設	原子炉格納容器	原子炉格納容器 配管貫通部	重大事故等 クラス2容器	$D + P_{SA} + M_{SA}$ < $D + L + P_{SA} + R_{SA}$ >	(V(S)-1) (V(S)-2) (V(S)-3)	重大事故等時*3 <重大事故等時>

注記*1：CCV規格による場合は、< >内の荷重状態及び荷重の組合せを適用する。

*2：()内は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4-3 クラスMC容器の許容応力（設計基準対象施設）

応力分類 供用状態	一次一般膜応力	一次膜応力+一次曲げ応力	一次+二次応力	一次+二次+ ピーク応力
設計条件	S	左欄の α 倍の値 ^{*3}	—	—
A, B	—	—	$3 \cdot S$ ^{*1}	^{*2} 供用状態 A 及び B における 荷重の組合せについて疲労 解析を行い、疲労累積係数が 1.0以下であること。
試験状態	$0.75 \cdot S_y$	左欄の α 倍の値 ^{*3}	—	—

注記*1： $3 \cdot S$ を超えるときは弾塑性解析を行うこと。この場合、設計・建設規格 PVB-3300（PVB-3313を除く。また、 S_m はSと読み替える。）

の簡易弾塑性解析を用いることができる。

*2：設計・建設規格 PVB-3140を満たすときは疲労解析不要（ S_m をSと読み替える。）。

*3： α は、純曲げによる全断面降伏荷重と初期降伏荷重の比又は1.5のいずれか小さい方の値

表4-4 クラスMC容器の許容応力（重大事故等対処設備）

<div style="text-align: right;">応力分類</div> <div style="text-align: left;">供用状態</div>	一次一般膜応力	一次膜応力＋一次曲げ応力	一次＋二次応力	一次＋二次＋ピーク応力
重大事故等時*1	供用状態D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 α 倍の値*2	—	—

注記*1：重大事故等時としてIV_Aの許容限界を用いる。

*2： α は、純曲げによる全断面降伏荷重と初期降伏荷重の比又は1.5のいずれか小さい方の値

表4-5 ライナプレート，ライナアンカ等の許容応力度（設計基準対象施設）

荷重 状態	応力 分類	ライナプレート，ライナアンカ等*									ボルト等		
		一次応力					一次+二次応力					一次応力	
		引張り	せん断	圧縮	曲げ	支圧	引張り ／ 圧縮	せん断	曲げ	支圧	座屈	引張り	せん断
I, II	f_t	f_s	f_c	f_b	f_p	$3 \cdot f_t$	$3 \cdot f_s$	$3 \cdot f_b$	$1.5 \cdot f_p$	$1.5 \cdot f_s$ 又は $1.5 \cdot f_c$	f_t	f_s	
IV	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	$1.5 \cdot f_c^*$	$1.5 \cdot f_b^*$	$1.5 \cdot f_p^*$	—	—	—	—	—	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$	

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*：鋼構造設計規準（日本建築学会 2005 改定）等の幅厚比の制限を満足させる。

表4-6 ライナプレート、ライナアンカ等の許容応力度（重大事故等対処設備）

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、貫通部のフランジプレート、ガセットプレート等が該当する。

注記*1：鋼構造設計規準（日本建築学会 2005 改定）等の幅厚比の制限を満足させる。

*2：重大事故等時としてIVの許容限界を用いる。

表4-7 コンクリート部の許容応力度 (設計基準対象施設)

荷重状態	コンクリート部 (単位: N/mm ²)	
	圧縮応力度	せん断応力度
I, II	$\frac{1}{3} \cdot F_c$	$\left(0.49 + \frac{F_c}{100}\right)$
IV	$0.85 \cdot F_c$	$1.5 \cdot \left(0.49 + \frac{F_c}{100}\right)$

表4-8 コンクリート部の許容応力度（重大事故等対処設備）

荷重状態	応力分類	コンクリート部（単位：N/mm ² ）	
		圧縮応力度	せん断応力度
重大事故等時*		$0.85 \cdot F_c$	$1.5 \cdot \left(0.49 + \frac{F_c}{100} \right)$

注記*：重大事故等時としてIVの許容限界を用いる。

表 4-9 使用材料の許容応力評価条件 (設計基準対象施設)

評価部材	材料*1, *2	温度条件 (°C)		S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
		スリーブ		周囲環境 温度	171		
スリーブ	周囲環境 温度	104					
フランジプレート及び ガセットプレート	周囲環境 温度	171					
フランジプレート及び ガセットプレート	周囲環境 温度	104					
フランジプレート	周囲環境 温度	104					

注記*1 :

*2 :

表 4-10 使用材料の許容応力評価条件 (重大事故等対処設備)

評価部材	材料*1, *2	温度条件 (°C)		S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
		スリーブ		周囲環境 温度	200		
スリーブ	周囲環境 温度	200					
フランジプレート及び ガセットプレート	周囲環境 温度	200					
フランジプレート	周囲環境 温度	200					

注記*1 :

*2 :

4.2.4 設計荷重

(1) 設計基準対象施設としての評価圧力及び評価温度

設計基準対象施設としての評価圧力及び評価温度は、以下のとおりとする。

外圧 P_1	14kPa
内圧 P_2	310kPa
温度 T_1	57℃ (ドライウエル) 35℃ (サブプレッションチェンバ)
試験圧力 P_3	353kPa

(2) 重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度

重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度は、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)

(3) 水荷重 (X-253 のみ考慮)

重大事故等対処設備の評価に用いる水荷重として、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。

サブプレッションチェンバ	水位	T. M. S. L.	8750mm
--------------	----	-------------	--------

(4) 配管荷重

図 3-1 の原子炉格納容器配管貫通部に作用する配管荷重による設計荷重のうち、設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-11 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-12 に示す。原子炉格納容器配管貫通部の荷重作用方向を図 4-1 に示す。

表 4-11 原子炉格納容器配管貫通部の設計荷重（設計基準対象施設）

貫通部 番号	最高使用圧力 (kPa)		供用状態	一次荷重				一次+二次荷重			
				垂直力 (N)		モーメント (N・mm)		垂直力 (N)		モーメント (N・mm)	
	内圧	外圧		F _x	F _v	M _x	M _B	F _x	F _v	M _x	M _B
X-92	310	14	A, B	1.77E+05	1.47E+05	1.47E+08	1.77E+08	1.96E+05	1.86E+05	1.86E+08	1.96E+08
X-253	310	14	A, B	9.81E+04	4.90E+04	3.92E+07	5.88E+07	9.81E+04	8.83E+04	4.90E+07	7.85E+07

表 4-12 原子炉格納容器配管貫通部の設計荷重（重大事故等対処設備）

貫通部 番号	最高使用圧力 (kPa)		供用状態	一次荷重				一次+二次荷重			
				垂直力 (N)		モーメント (N・mm)		垂直力 (N)		モーメント (N・mm)	
	内圧	外圧		F _x	F _v	M _x	M _B	F _x	F _v	M _x	M _B
X-92	620	—	重大事故等時	1.77E+05	1.47E+05	1.47E+08	1.77E+08	1.96E+05	1.86E+05	1.86E+08	1.96E+08
X-253*	696	—	重大事故等時	9.81E+04	4.90E+04	3.92E+07	5.88E+07	9.81E+04	8.83E+04	4.90E+07	7.85E+07

注記*：没水する影響として、水頭圧を考慮している。

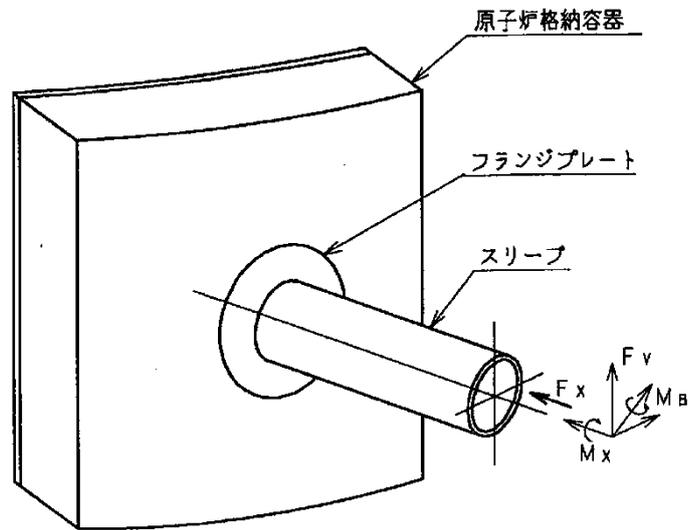


図 4-1 原子炉格納容器配管貫通部の荷重作用方向

4.3 計算方法

原子炉格納容器配管貫通部の応力評価点は、原子炉格納容器配管貫通部を構成する部材の形状及び荷重伝達経路を考慮し、発生応力が大きくなる部位を選定する。選定した応力評価点を表 4-13 及び図 4-2 に示す。

応力計算方法は既工認から変更はなく、参照図書(1)に示すとおりである。

評価の概要を以下に示す。

応力評価点 P1~P2 は、圧力については薄肉円筒の応力算出式、設計荷重については荷重と各評価断面の断面性能より評価する。

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

応力評価点 P6 は、せん断応力については等分布荷重を受ける板としてモデル化し評価する。曲げ応力については等分布荷重を受ける片持ち梁としてモデル化し評価する。

応力評価点 P7 は、荷重に応じた分布を仮定して、力の釣り合い式を解いて評価する。

ガセットプレートとコンクリートの接触面に生じる最大圧縮応力度は、面積がガセットプレートと等価となる分布を仮定して評価する。

表 4-13 応力評価点

応力評価点番号	応力評価点
P 1	スリーブ
P 2	スリーブのフランジプレートとの結合部
P 4	フランジプレート (外側)
P 5	フランジプレート (内側)
P 6	ガセットプレート
P 7	コンクリート部

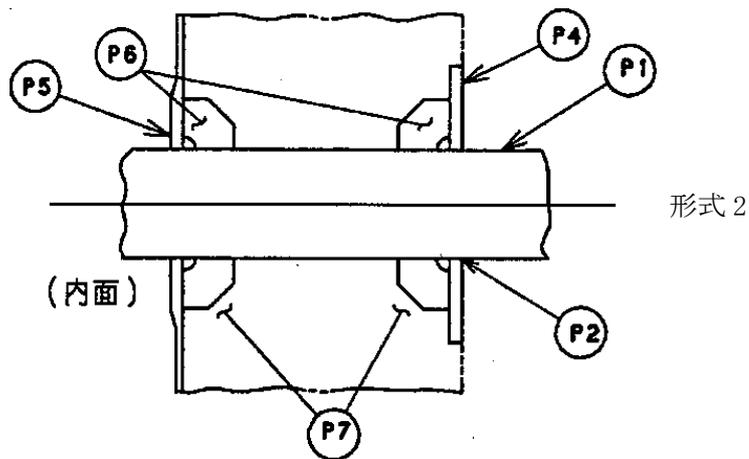


図 4-2 原子炉格納容器配管貫通部の応力評価点

4.4 計算条件

応力計算に用いる荷重を「4.2 荷重の組合せ及び許容応力」に示す。

重大事故等対処設備としての評価において、応力評価に用いる荷重の組合せは、表 4-1 に記載の組合せのうち評価上最も厳しくなる V(S)-1 とする。

4.5 応力の評価

「4.3 計算方法」で求めた応力が許容応力以下であること。

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

原子炉格納容器配管貫通部の設計基準対象施設の設計条件による荷重の強度評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足している。

なお、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」の5.3項「繰返し荷重に対する解析」に記載のとおり、設計・建設規格 PVB-3140 を満足しているため、応力評価点 P1～P2 の各許容応力状態における一次＋二次＋ピーク応力強さの評価は不要である。

(1) 強度評価結果

強度評価の結果を表 5-1～表 5-3 に示す。

なお、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 設計条件に対する評価結果 (D + P₂) (その 1)

評価対象 設備	評価部位		材料	温度条件 (°C)	応力分類	設計条件		判定	備考
						算出応力	許容応力		
						MPa	MPa		
原子炉格納 容器配管 貫通部 (X-92)	P1	スリーブ		171	一次一般膜応力	111		○	
					一次膜応力+一次曲げ応力	111		○	
	P2	スリーブのフランジ プレートとの結合部		171	一次膜応力+一次曲げ応力	111		○	
	P4	フランジプレート (外側)		171	一次応力 (曲げ応力度)	109		○	
					一次応力 (せん断応力度)	13		○	
	P5	フランジプレート (内側)		171	一次応力 (曲げ応力度)	112		○	
					一次応力 (せん断応力度)	14		○	
	P6	ガセットプレート		171	一次応力 (曲げ応力度)	86		○	
					一次応力 (せん断応力度)	35		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (外側) 近傍)	6.8	27.5	○	
—			—	圧縮応力度 (フランジ プレート (内側) 近傍)	7.3	27.5	○	単位 : N/mm ²	
—			—	圧縮応力度 (ガセットプレート近傍)	9.6	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CCV規格による評価を示す。

表 5-1 設計条件に対する評価結果 (D + P₂) (その 2)

評価対象 設備	評価部位		材料	温度条件 (°C)	応力分類	設計条件		判定	備考
						算出応力	許容応力		
						MPa	MPa		
原子炉格納 容器配管 貫通部 (X-253)	P1	スリーブ		104	一次一般膜応力	71		○	
					一次膜応力+一次曲げ応力	71		○	
	P2	スリーブのフランジ プレートとの結合部		104	一次膜応力+一次曲げ応力	71		○	
	P4	フランジプレート (外側)		104	一次応力 (曲げ応力度)	81		○	
					一次応力 (せん断応力度)	10		○	
	P5	フランジプレート (内側)		104	一次応力 (曲げ応力度)	84		○	
					一次応力 (せん断応力度)	11		○	
	P6	ガセットプレート		104	一次応力 (曲げ応力度)	100		○	
					一次応力 (せん断応力度)	41		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (外側) 近傍)	5.4	27.5	○	単位 : N/mm ²
圧縮応力度 (フランジ プレート (内側) 近傍)					5.9	27.5	○	単位 : N/mm ²	
圧縮応力度 (ガセットプレート近傍)					7.4	27.5	○	単位 : N/mm ²	

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

表 5-2 供用状態A, Bに対する評価結果 (D + P₁ + T₁及びD + P₁ + T₁ + M) (その1) (1/2)

評価対象 設備	評価部位		材料	温度条件 (°C)	応力分類	A, B		判定	備考
						算出応力	許容応力		
						MPa	MPa		
原子炉格納 容器配管 貫通部 (X-92)	P1	スリーブ		171	一次+二次応力	132		○	
	P2	スリーブのフランジ プレートとの結合部		171	一次+二次応力	311		○	
	P4	フランジプレート (外側)	171	一次応力 (曲げ応力度)	110	○			
				一次応力 (せん断応力度)	13	○			
				一次+二次応力 (曲げ応力度)	122	○			
				一次+二次応力 (せん断応力度)	14	○			
	P5	フランジプレート (内側)	171	一次応力 (曲げ応力度)	109	○			
				一次応力 (せん断応力度)	13	○			
				一次+二次応力 (曲げ応力度)	121	○			
				一次+二次応力 (せん断応力度)	14	○			

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

表 5-2 供用状態A, Bに対する評価結果 (D + P₁ + T₁及びD + P₁ + T₁ + M) (その1) (2/2)

評価対象 設備	評価部位		材料	温度条件 (°C)	応力分類	A, B		判定	備考
						算出応力	許容応力		
						MPa	MPa		
原子炉格納 容器配管 貫通部 (X-92)	P6	ガセットプレート	□	171	一次応力 (曲げ応力度)	86	□	○	□
					一次応力 (せん断応力度)	34		○	
					一次+二次応力 (曲げ応力度)	109		○	
					一次+二次応力 (せん断応力度)	37		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (外側) 近傍)	6.8	□	○	単位 : N/mm ²
					圧縮応力度 (フランジ プレート (内側) 近傍)	6.8		○	単位 : N/mm ²
					圧縮応力度 (ガセットプレート近傍)	9.6		○	単位 : N/mm ²

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

表 5-2 供用状態A, Bに対する評価結果 (D + P₁ + T₁及びD + P₁ + T₁ + M) (その2) (1/2)

評価対象 設備	評価部位		材料	温度条件 (°C)	応力分類	A, B		判定	備考
						算出応力	許容応力		
						MPa	MPa		
原子炉格納 容器配管 貫通部 (X-253)	P1	スリーブ		104	一次+二次応力	92		○	
	P2	スリーブのフランジ プレートとの結合部		104	一次+二次応力	218		○	
	P4	フランジプレート (外側)		104	一次応力 (曲げ応力度)	82		○	
					一次応力 (せん断応力度)	10		○	
					一次+二次応力 (曲げ応力度)	105		○	
					一次+二次応力 (せん断応力度)	13		○	
	P5	フランジプレート (内側)		104	一次応力 (曲げ応力度)	81		○	
					一次応力 (せん断応力度)	10		○	
					一次+二次応力 (曲げ応力度)	104		○	
					一次+二次応力 (せん断応力度)	13		○	

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

表 5-2 供用状態A, Bに対する評価結果 (D + P₁ + T₁及びD + P₁ + T₁ + M) (その2) (2/2)

評価対象 設備	評価部位		材料	温度条件 (°C)	応力分類	A, B		判定	備考
						算出応力	許容応力		
						MPa	MPa		
原子炉格納 容器配管 貫通部 (X-253)	P6	ガセットプレート	□	104	一次応力 (曲げ応力度)	100	□	○	□
					一次応力 (せん断応力度)	39	□	○	
					一次+二次応力 (曲げ応力度)	144	□	○	
					一次+二次応力 (せん断応力度)	50	□	○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (外側) 近傍)	5.4	10.7	○	単位 : N/mm ²
					圧縮応力度 (フランジ プレート (内側) 近傍)	5.4	10.7	○	単位 : N/mm ²
					圧縮応力度 (ガセットプレート近傍)	7.4	10.7	○	単位 : N/mm ²

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

表 5-3 試験状態に対する評価結果 (D+P₃) (その1) (1/2)

評価対象 設備	評価部位		材料	温度条件 (°C)	応力分類	試験状態		判定	備考
						算出応力	許容応力		
						MPa	MPa		
原子炉格納 容器配管 貫通部 (X-92)	P1	スリーブ	[Redacted]	171	一次一般膜応力	111	[Redacted]	○	[Redacted]
					一次膜応力+一次曲げ応力	111		○	
	P2	スリーブのフランジ プレートとの結合部		171	一次膜応力+一次曲げ応力	111		○	
	P4	フランジプレート (外側)		171	一次応力 (曲げ応力度)	109		○	
					一次応力 (せん断応力度)	13		○	
					一次+二次応力 (曲げ応力度)	109		○	
					一次+二次応力 (せん断応力度)	13		○	
	P5	フランジプレート (内側)		171	一次応力 (曲げ応力度)	113		○	
					一次応力 (せん断応力度)	14		○	
					一次+二次応力 (曲げ応力度)	113		○	
					一次+二次応力 (せん断応力度)	14		○	

注：本表のフランジプレート、ガセットプレート及びコンクリート部はCCV規格による評価を示す。

表 5-3 試験状態に対する評価結果 (D + P₃) (その 1) (2/2)

評価対象 設備	評価部位		材料	温度条件 (°C)	応力分類	試験状態		判定	備考
						算出応力	許容応力		
						MPa	MPa		
原子炉格納 容器配管 貫通部 (X-92)	P6	ガセットプレート	□	171	一次応力 (曲げ応力度)	86	□	○	□
					一次応力 (せん断応力度)	35	□	○	
					一次+二次応力 (曲げ応力度)	86	□	○	
					一次+二次応力 (せん断応力度)	35	□	○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (外側) 近傍)	6.8	10.7	○	単位 : N/mm ²
					圧縮応力度 (フランジ プレート (内側) 近傍)	7.4	10.7	○	単位 : N/mm ²
					圧縮応力度 (ガセットプレート近傍)	9.6	10.7	○	単位 : N/mm ²

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

表 5-3 試験状態に対する評価結果 (D + P₃) (その 2) (1/2)

評価対象 設備	評価部位		材料	温度条件 (°C)	応力分類	試験状態		判定	備考
						算出応力	許容応力		
						MPa	MPa		
原子炉格納 容器配管 貫通部 (X-253)	P1	スリーブ	[Redacted]	104	一次一般膜応力	71	[Redacted]	○	
					一次膜応力+一次曲げ応力	71		○	
	P2	スリーブのフランジ プレートとの結合部		104	一次膜応力+一次曲げ応力	71		○	
	P4	フランジプレート (外側)		104	一次応力 (曲げ応力度)	81		○	
					一次応力 (せん断応力度)	10		○	
					一次+二次応力 (曲げ応力度)	81		○	
					一次+二次応力 (せん断応力度)	10		○	
	P5	フランジプレート (内側)		104	一次応力 (曲げ応力度)	85		○	
					一次応力 (せん断応力度)	11		○	
					一次+二次応力 (曲げ応力度)	85		○	
					一次+二次応力 (せん断応力度)	11		○	

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

表 5-3 試験状態に対する評価結果 (D + P₃) (その 2) (2/2)

評価対象 設備	評価部位		材料	温度条件 (°C)	応力分類	試験状態		判定	備考
						算出応力	許容応力		
						MPa	MPa		
原子炉格納 容器配管 貫通部 (X-253)	P6	ガセットプレート	□	104	一次応力 (曲げ応力度)	100	□	○	□
					一次応力 (せん断応力度)	41	□	○	
					一次+二次応力 (曲げ応力度)	100	□	○	
					一次+二次応力 (せん断応力度)	41	□	○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (外側) 近傍)	5.4	10.7	○	単位 : N/mm ²
					圧縮応力度 (フランジ プレート (内側) 近傍)	6.0	10.7	○	単位 : N/mm ²
					圧縮応力度 (ガセットプレート近傍)	7.4	10.7	○	単位 : N/mm ²

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

5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

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

(1) 強度評価結果

強度評価の結果を表 5-4 に示す。

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

評価対象 設備	評価部位		材料	温度条件 (°C)	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力	許容応力		
						MPa	MPa		
原子炉格納 容器配管 貫通部 (X-92)	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	113		○	
					一次膜応力+一次曲げ応力	113		○	
	P2	スリーブのフランジ プレートとの結合部		200	一次膜応力+一次曲げ応力	112		○	
	P4	フランジプレート (外側)		200	一次応力 (曲げ応力度)	109		○	
					一次応力 (せん断応力度)	13		○	
	P5	フランジプレート (内側)		200	一次応力 (曲げ応力度)	115		○	
					一次応力 (せん断応力度)	14		○	
	P6	ガセットプレート		200	一次応力 (曲げ応力度)	86		○	
					一次応力 (せん断応力度)	36		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (外側) 近傍)	6.8	27.5	○	
圧縮応力度 (フランジ プレート (内側) 近傍)					7.8	27.5	○	単位 : N/mm ²	
圧縮応力度 (ガセットプレート近傍)					9.6	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CCV規格による評価を示す。

表 5-4 重大事故等時に対する評価結果 (D + P_{SA} + M_{SA}) (その 2)

評価対象 設備	評価部位		材料	温度条件 (°C)	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力	許容応力		
						MPa	MPa		
原子炉格納 容器配管 貫通部 (X-253)	P1	スリーブ		200	一次一般膜応力	73		○	
					一次膜応力+一次曲げ応力	73		○	
	P2	スリーブのフランジ プレートとの結合部		200	一次膜応力+一次曲げ応力	72		○	
	P4	フランジプレート (外側)		200	一次応力 (曲げ応力度)	81		○	
					一次応力 (せん断応力度)	10		○	
	P5	フランジプレート (内側)		200	一次応力 (曲げ応力度)	88		○	
					一次応力 (せん断応力度)	11		○	
	P6	ガセットプレート		200	一次応力 (曲げ応力度)	100		○	
					一次応力 (せん断応力度)	43		○	
	P7	コンクリート部	—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (外側) 近傍)	5.4	27.5	○	単位 : N/mm ²
圧縮応力度 (フランジ プレート (内側) 近傍)					6.5	27.5	○	単位 : N/mm ²	
圧縮応力度 (ガセットプレート近傍)					7.4	27.5	○	単位 : N/mm ²	

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

6. 参照図書

- (1) 柏崎刈羽原子力発電所第6号機 第2回工事計画認可申請書
IV-3-4-2-2 「原子炉格納容器配管貫通部の強度計算書」

VI-3-3-6-1-4-3 原子炉格納容器電気配線貫通部の強度計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・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	9
4.1 強度評価方法	9
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	9
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	9
4.2.2 許容応力	9
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	9
4.2.4 設計荷重	14
4.3 計算方法	16
4.4 計算条件	17
4.5 応力の評価	17
5. 評価結果	18
5.1 重大事故等対処設備としての評価結果	18
6. 参照図書	26

1. 概要

本計算書は、原子炉格納容器電気配線貫通部の強度計算書である。

原子炉格納容器電気配線貫通部は、設計基準対象施設の原子炉格納容器電気配線貫通部を重大事故等クラス2容器として兼用する機器である。

以下、重大事故等クラス2容器として、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、原子炉格納容器電気配線貫通部の強度評価を示す。

なお、本計算書においては、重大事故等時における荷重に対して、平成4年3月27日付け3資庁第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

原子炉格納容器電気配線貫通部の構造計画を表2-1に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>原子炉格納容器電気配線貫通部は原子炉格納容器コンクリート部に支持される。</p> <p>原子炉格納容器電気配線貫通部は、原子炉格納容器と一体構造となっており、鉛直方向荷重及び水平方向荷重は、原子炉格納容器シェル部あるいは原子炉格納容器底部を介して原子炉建屋に伝達させる。</p>	<p>原子炉格納容器電気配線貫通部は、スリーブ、フランジプレート、ガセットプレート及び端子箱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>原子炉格納容器電気配線貫通部</p> <p>端子箱</p> <p>コンクリート部</p> <p>ガセットプレート</p> <p>スリーブ</p> <p>端子箱</p> <p>内面</p> <p>フランジプレート</p> <p>原子炉格納容器電気配線貫通部 拡大図</p>

2.2 評価方針

原子炉格納容器電気配線貫通部の応力評価は、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における温度、圧力による応力等が許容限界内に収まることを、「4. 強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5. 評価結果」に示す。

原子炉格納容器電気配線貫通部の強度評価フローを図2-1に示す。

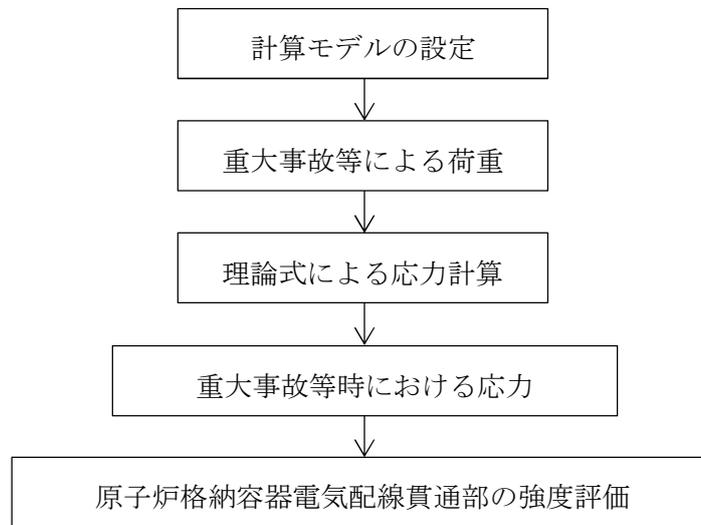


図2-1 原子炉格納容器電気配線貫通部の強度評価フロー

2.3 適用規格・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 ₁	外径	mm
f _b	許容曲げ応力度	MPa
f _c	許容圧縮応力度	MPa
f _p	許容支圧応力度	MPa
f _s	許容せん断応力度	MPa
f _t	許容引張応力度	MPa
F _c	コンクリートの設計基準強度	kg/cm ² , N/mm ²
F _x	垂直力	N
F _v	垂直力	N
ℓ ₁	長さ	mm
L	活荷重	—
M _{SA}	機械的荷重 (S A後機械的荷重)	—
M _B	モーメント	N・mm
n	ガセットプレートの枚数	—
P _{SA}	圧力 (S A後圧力)	kPa
R _{SA}	配管荷重 (S A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, 3)	mm
T _{SA}	温度 (S A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

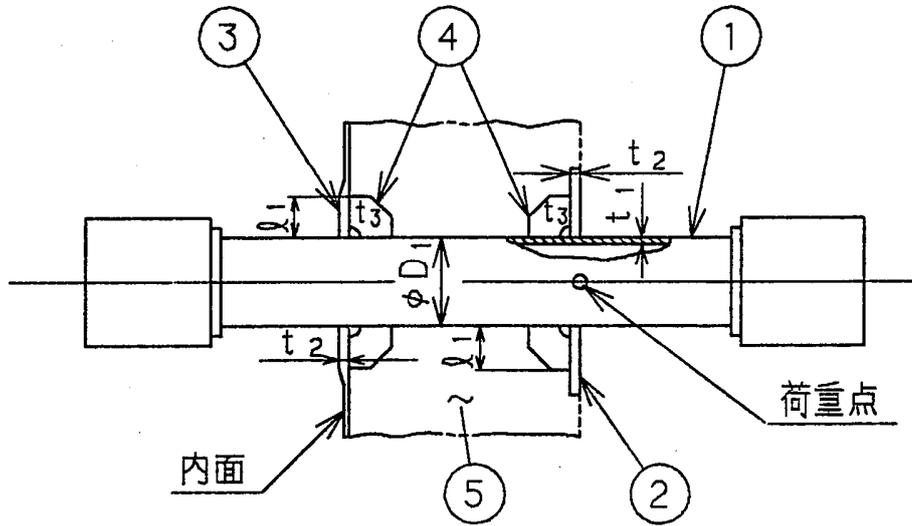
数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
圧力	kPa	—	—	整数位
温度	℃	—	—	整数位
許容応力* ¹	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位
算出応力	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
力	N	有効数字 4 桁目	四捨五入	有効数字 3 桁* ²

注記*1：告示第 5 0 1 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

原子炉格納容器電気配線貫通部の形状を図 3-1 に、仕様を表 3-1 に示す。



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

図 3-1 原子炉格納容器電気配線貫通部の形状

表 3-1 原子炉格納容器電気配線貫通部の仕様 (その 1)

貫通部 番号	スリーブ			フランジプレート			ガセットプレート			
	外径 D ₁ (mm)	板厚 t ₁ (mm)	材質* ₁	板厚 t ₂ (mm)	材質* ₂		長さ ℓ ₁ (mm)	板厚 t ₃ (mm)	枚数* ₃ n (枚)	材質* ₂
					外側	内側				
X-100A~E										
X-101A~H										
X-102A~G										
X-103A~E										
X-104A~H										
X-105A~D										
X-300A, B										

注記*1 : を示す。

*2 : を示す。

*3 : ガセットプレートの枚数は、原子炉格納容器壁の内側及び外側それぞれの枚数を示す。

表 3-1 原子炉格納容器電気配線貫通部の仕様 (その 2)

使用部位	使用材料	備考
コンクリート部	コンクリート ($F_c = 330\text{kg/cm}^2$)	$F_c = 32.4\text{N/mm}^2$

4. 強度評価

4.1 強度評価方法

- (1) 原子炉格納容器電気配線貫通部は、スリーブが原子炉格納容器コンクリート部に埋め込まれた構造であり、荷重は原子炉格納容器コンクリートを介して原子炉建屋に伝達される。
原子炉格納容器電気配線貫通部の強度評価として、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、没水時における原子炉格納容器電気配線貫通部内部の水重量及び水頭圧を考慮する。
- (2) 強度評価に用いる寸法は、公称値を用いる。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉格納容器電気配線貫通部の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-1に示す。

詳細な荷重の組合せは、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

原子炉格納容器電気配線貫通部の許容応力及び許容応力度は、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

原子炉格納容器電気配線貫通部の使用材料の許容応力評価条件のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-5に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	機器等の区分	荷重の組合せ ^{*1, *2}		許容応力状態 ^{*1} <荷重状態>
原子炉格納施設	原子炉格納容器	原子炉格納容器電気配線貫通部	重大事故等クラス2容器	$D + P_{SA} + M_{SA}$ < $D + L + P_{SA} + R_{SA}$ >	(V(S)-1) (V(S)-2) (V(S)-3)	重大事故等時 ^{*3} <重大事故等時>

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

*2：()内は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	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					
スリーブ	<input type="text"/>	周囲環境 温度	200	—	—	<input type="text"/>	—
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*1：を示す。*2：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 (X-300A, Bのみ考慮)

重大事故等対処設備の評価に用いる水荷重として、没水時における原子炉格納容器電気配線貫通部内部の水重量及び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。

原子炉格納容器電気配線貫通部内保有水重量 N
 水位 T. M. S. L. 8750mm

(3) 原子炉格納容器電気配線貫通部の設計荷重

図 3-1 の原子炉格納容器電気配線貫通部に作用する設計荷重を表 4-6 に示す。原子炉格納容器電気配線貫通部の荷重作用方向を図 4-1 に示す。

表 4-6 原子炉格納容器電気配線貫通部の設計荷重 (重大事故等対処設備)

貫通部 番号	一次荷重			一次+二次荷重		
	垂直力 (N)		モーメント (N・mm)	垂直力 (N)		モーメント (N・mm)
	F_x	F_v	M_B	F_x	F_v	M_B
X-100A~E						
X-101A~H						
X-102A~G						
X-103A~E						
X-104A~H						
X-105A~D						
X-300A, B						

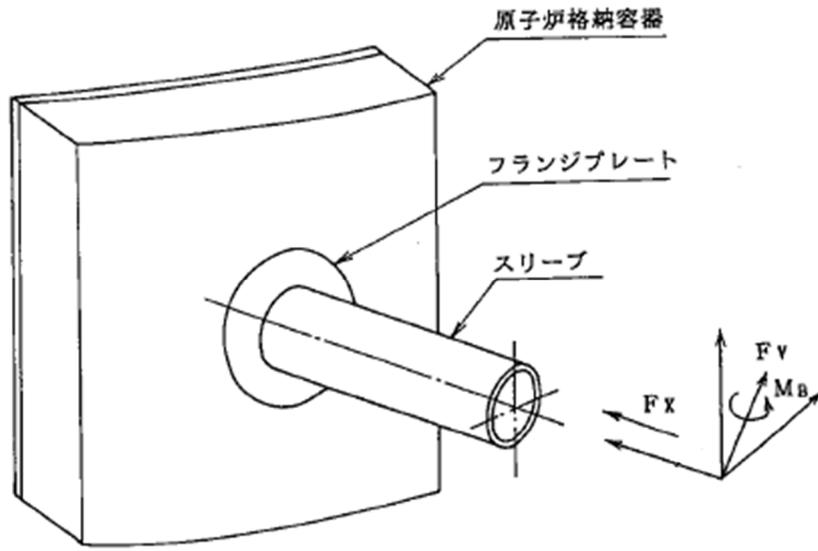


図 4-1 原子炉格納容器電気配線貫通部の荷重作用方向

4.3 計算方法

原子炉格納容器電気配線貫通部の応力評価点は、原子炉格納容器電気配線貫通部を構成する部材の形状及び荷重伝達経路を考慮し、発生応力が大きくなる部位を選定する。選定した応力評価点を表 4-7 及び図 4-2 に示す。

応力計算方法は既工認から変更はなく、参照図書(1)に示すとおりである。

評価の概要を以下に示す。

応力評価点 P1～P2 は、圧力について薄肉円筒の応力算出式、設計荷重について荷重と各評価断面の断面性能より評価する。

応力評価点 P3～P4 は、フランジプレートを等分布荷重を受ける 3 辺固定 1 辺自由の矩形板にモデル化し評価する。

応力評価点 P5 は、せん断応力について等分布荷重を受ける板としてモデル化し評価する。曲げ応力について等分布荷重を受ける片持ち梁としてモデル化し評価する。

応力評価点 P6 は、荷重に応じた分布を仮定して、力の釣り合い式を解いて評価する。

ガセットプレートとコンクリートの接触面に生じる最大圧縮応力度は、面積がガセットプレートと等価となる分布を仮定して評価する。

表 4-7 応力評価点

応力評価点番号	応力評価点
P 1	スリーブ
P 2	スリーブのフランジプレートとの結合部
P 3	フランジプレート (外側)
P 4	フランジプレート (内側)
P 5	ガセットプレート
P 6	コンクリート部

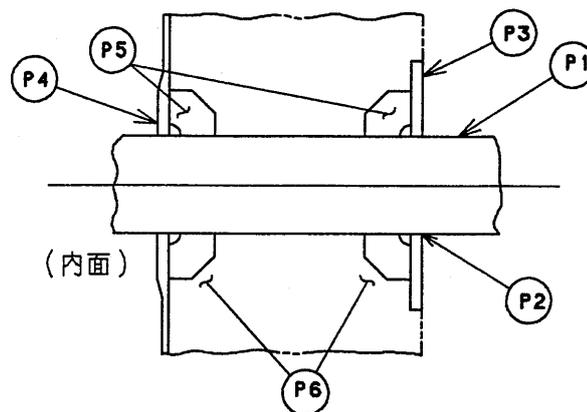


図 4-2 原子炉格納容器電気配線貫通部の応力評価点

4.4 計算条件

応力計算に用いる荷重を「4.2 荷重の組合せ及び許容応力」に示す。

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

4.5 応力の評価

「4.3 計算方法」で求めた応力が許容応力以下であること。

5. 評価結果

5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

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

(1) 強度評価結果

強度評価結果を表 5-1 に示す。

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		材料	温度条件 (°C)	応力分類	重大事故等時		判定	備考			
						算出応力	許容応力					
						MPa	MPa					
原子炉格納 容器電気配線 貫通部 (X-100A~E)	P1	スリーブ	[Redacted]	200	一次一般膜応力	20	[Redacted]	○	[Redacted]			
					一次膜応力+一次曲げ応力	20		○				
	P2	スリーブのフランジ プレートとの結合部		200	一次膜応力+一次曲げ応力	20		○				
	P3	フランジプレート (外側)		200	曲げ応力度	48		○				
					せん断応力度	8		○				
	P4	フランジプレート (内側)		200	曲げ応力度	60		○				
					せん断応力度	10		○				
	P5	ガセットプレート		200	曲げ応力度	52		○				
					せん断応力度	54		○				
	P6	コンクリート部		—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (外側) 近傍)		2.2		27.5	○	単位 : N/mm ²
						圧縮応力度 (フランジ プレート (内側) 近傍)		3.5		27.5	○	単位 : N/mm ²
圧縮応力度 (ガセットプレート近傍)			2.1			27.5	○	単位 : N/mm ²				

注 : 本表のフランジプレート, ガセットプレート及びコンクリート部は告示第 4 5 2 号による評価を示す。

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

評価対象 設備	評価部位		材料	温度条件 (°C)	応力分類	重大事故等時		判定	備考			
						算出応力	許容応力					
						MPa	MPa					
原子炉格納 容器電気配線 貫通部 (X-101A~H)	P1	スリーブ	[]	200	一次一般膜応力	27	[]	○	[]			
					一次膜応力+一次曲げ応力	27		○				
	P2	スリーブのフランジ プレートとの結合部		200	一次膜応力+一次曲げ応力	27		○				
	P3	フランジプレート (外側)		200	曲げ応力度	53		○				
					せん断応力度	9		○				
	P4	フランジプレート (内側)		200	曲げ応力度	63		○				
					せん断応力度	11		○				
	P5	ガセットプレート		200	曲げ応力度	52		○				
					せん断応力度	56		○				
	P6	コンクリート部		—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (外側) 近傍)		2.5		27.5	○	単位 : N/mm ²
						圧縮応力度 (フランジ プレート (内側) 近傍)		3.7		27.5	○	単位 : N/mm ²
圧縮応力度 (ガセットプレート近傍)			2.1			27.5	○	単位 : N/mm ²				

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

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

評価対象 設備	評価部位		材料	温度条件 (°C)	応力分類	重大事故等時		判定	備考			
						算出応力	許容応力					
						MPa	MPa					
原子炉格納 容器電気配線 貫通部 (X-102A~G)	P1	スリーブ	[Redacted]	200	一次一般膜応力	27	[Redacted]	○	[Redacted]			
					一次膜応力+一次曲げ応力	27		○				
	P2	スリーブのフランジ プレートとの結合部		200	一次膜応力+一次曲げ応力	27		○				
	P3	フランジプレート (外側)		200	曲げ応力度	53		○				
					せん断応力度	9		○				
	P4	フランジプレート (内側)		200	曲げ応力度	63		○				
					せん断応力度	11		○				
	P5	ガセットプレート		200	曲げ応力度	52		○				
					せん断応力度	56		○				
	P6	コンクリート部		—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (外側) 近傍)		2.5		27.5	○	単位 : N/mm ²
						圧縮応力度 (フランジ プレート (内側) 近傍)		3.7		27.5	○	単位 : N/mm ²
圧縮応力度 (ガセットプレート近傍)			2.1			27.5	○	単位 : N/mm ²				

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

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

評価対象 設備	評価部位		材料	温度条件 (°C)	応力分類	重大事故等時		判定	備考			
						算出応力	許容応力					
						MPa	MPa					
原子炉格納 容器電気配線 貫通部 (X-103A～E)	P1	スリーブ	[Redacted]	200	一次一般膜応力	27	[Redacted]	○	[Redacted]			
					一次膜応力+一次曲げ応力	27		○				
	P2	スリーブのフランジ プレートとの結合部		200	一次膜応力+一次曲げ応力	27		○				
	P3	フランジプレート (外側)		200	曲げ応力度	53		○				
					せん断応力度	9		○				
	P4	フランジプレート (内側)		200	曲げ応力度	63		○				
					せん断応力度	11		○				
	P5	ガセットプレート		200	曲げ応力度	52		○				
					せん断応力度	56		○				
	P6	コンクリート部		—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (外側) 近傍)		2.5		27.5	○	単位 : N/mm ²
						圧縮応力度 (フランジ プレート (内側) 近傍)		3.7		27.5	○	単位 : N/mm ²
圧縮応力度 (ガセットプレート近傍)			2.1			27.5	○	単位 : N/mm ²				

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

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

評価対象 設備	評価部位		材料	温度条件 (°C)	応力分類	重大事故等時		判定	備考			
						算出応力	許容応力					
						MPa	MPa					
原子炉格納 容器電気配線 貫通部 (X-104A~H)	P1	スリーブ	[Redacted]	200	一次一般膜応力	27	[Redacted]	○	[Redacted]			
					一次膜応力+一次曲げ応力	27		○				
	P2	スリーブのフランジ プレートとの結合部		200	一次膜応力+一次曲げ応力	27		○				
	P3	フランジプレート (外側)		200	曲げ応力度	53		○				
					せん断応力度	9		○				
	P4	フランジプレート (内側)		200	曲げ応力度	63		○				
					せん断応力度	11		○				
	P5	ガセットプレート		200	曲げ応力度	52		○				
					せん断応力度	56		○				
	P6	コンクリート部		—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (外側) 近傍)		2.5		27.5	○	単位 : N/mm ²
						圧縮応力度 (フランジ プレート (内側) 近傍)		3.7		27.5	○	単位 : N/mm ²
圧縮応力度 (ガセットプレート近傍)			2.1			27.5	○	単位 : N/mm ²				

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

表 5-1 重大事故等時に対する評価結果(D + P_{SA} + M_{SA}) (その 6)

評価対象 設備	評価部位		材料	温度条件 (°C)	応力分類	重大事故等時		判定	備考
						算出応力	許容応力		
						MPa	MPa		
原子炉格納 容器電気配線 貫通部 (X-105A~D)	P1	スリーブ	[]	200	一次一般膜応力	27	[]	○	[]
					一次膜応力+一次曲げ応力	27		○	
	P2	スリーブのフランジ プレートとの結合部		200	一次膜応力+一次曲げ応力	27		○	
	P3	フランジプレート (外側)		200	曲げ応力度	53		○	
					せん断応力度	9		○	
	P4	フランジプレート (内側)		200	曲げ応力度	63		○	
					せん断応力度	11		○	
	P5	ガセットプレート		200	曲げ応力度	52		○	
					せん断応力度	56		○	
	P6	コンクリート部		—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (外側) 近傍)		2.5	
圧縮応力度 (フランジ プレート (内側) 近傍)			3.7			27.5	○	単位 : N/mm ²	
圧縮応力度 (ガセットプレート近傍)			2.1			27.5	○	単位 : N/mm ²	

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

表 5-1 重大事故等時に対する評価結果(D + P_{SA} + M_{SA}) (その 7)

評価対象 設備	評価部位		材料	温度条件 (°C)	応力分類	重大事故等時		判定	備考			
						算出応力	許容応力					
						MPa	MPa					
原子炉格納 容器電気配線 貫通部 (X-300A, B)	P1	スリーブ	[Redacted]	200	一次一般膜応力	28	[Redacted]	○	[Redacted]			
					一次膜応力+一次曲げ応力	28		○				
	P2	スリーブのフランジ プレートとの結合部		200	一次膜応力+一次曲げ応力	27		○				
	P3	フランジプレート (外側)		200	曲げ応力度	53		○				
					せん断応力度	9		○				
	P4	フランジプレート (内側)		200	曲げ応力度	64		○				
					せん断応力度	11		○				
	P5	ガセットプレート		200	曲げ応力度	52		○				
					せん断応力度	56		○				
	P6	コンクリート部		—	—	圧縮応力度 (フランジ プレート (外側) 近傍)		2.5		27.5	○	単位 : N/mm ²
						圧縮応力度 (フランジ プレート (内側) 近傍)		3.7		27.5	○	単位 : N/mm ²
圧縮応力度 (ガセットプレート近傍)			2.1			27.5	○	単位 : N/mm ²				

注 : 本表のフランジプレート, ガセットプレート及びコンクリート部は告示第 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-3-4-2-3 「原子炉格納容器電気配線貫通部の強度計算書」

VI-3-3-6-2 圧力低減設備その他の安全設備の強度計算書

VI-3-3-6-2-1 ダイヤフラムフロアの強度計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・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値	9
4.2.1 荷重の組合せ及び荷重状態	9
4.2.2 許容値	9
4.2.3 使用材料の許容応力度評価条件	9
4.2.4 設計荷重	13
4.3 計算方法	14
4.3.1 評価点	14
4.3.2 解析モデル及び諸元	16
4.3.3 荷重、応力度及びひずみ計算方法	16
4.4 計算条件	18
4.5 評価	18
5. 評価結果	19
5.1 重大事故等対処設備としての評価結果	19
6. 参照図書	25

1. 概要

本計算書は、ダイヤフラムフロアの強度計算書である。

ダイヤフラムフロアは、設計基準対象施設のダイヤフラムフロアを重大事故等対処設備として兼用する機器である。

以下、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、ダイヤフラムフロアの強度評価を示す。

なお、本計算書においては、重大事故等時における荷重に対して、平成4年3月27日付け3資庁第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

ダイヤフラムフロアの構造計画を表2-1に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>ダイヤフラムフロアは原子炉本体の基礎（以下「原子炉本体基礎」という。）及び原子炉格納容器シェル部に支持される。</p> <p>ダイヤフラムフロアの鉛直方向荷重及び水平方向荷重は、原子炉本体基礎及び原子炉格納容器シェル部を介して原子炉建屋に伝達される。</p>	<p>ダイヤフラムフロアは、鉄筋コンクリートスラブと鋼板で構成される構造物である。鉄筋コンクリートスラブは外径約 28900mm、内径約 12700mm、厚さ 1200mm である。原子炉格納容器シェル部及び原子炉本体基礎とダイヤフラムフロアの接合部を構成する鋼板（シアプレート）は板厚 \square mm と \square mm である。</p>	<p>SRVDL*1 貫通部</p> <p>RPV*2</p> <p>ダイヤフラムフロア</p> <p>原子炉格納容器</p> <p>ドライウェル</p> <p>原子炉本体基礎</p> <p>サプレッションチェンバ</p> <p>ダイヤフラムフロア 平面図</p> <p>原子炉本体基礎</p> <p>シアプレート (板厚 \square)</p> <p>シアプレート (板厚 \square)</p> <p>頭付きスタッド</p> <p>A~A断面図</p> <p>原子炉格納容器</p> <p>ダイヤフラムフロア 拡大図</p> <p>注記*1：逃がし安全弁排気管を示す。</p> <p>*2：原子炉圧力容器を示す。</p> <p>(単位：mm)</p>

2.2 評価方針

ダイヤフラムフロアの応力評価は、VI-1-8-1「原子炉格納施設的设计条件に関する説明書」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに「2.3 適用規格・基準等」にて設定される許容限界に基づき、「3. 評価部位」にて設定する箇所において、重大事故等時における圧力による応力度等が許容限界内に収まることを、「4. 強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5. 評価結果」に示す。

ダイヤフラムフロアの強度評価フローを図2-1に示す。

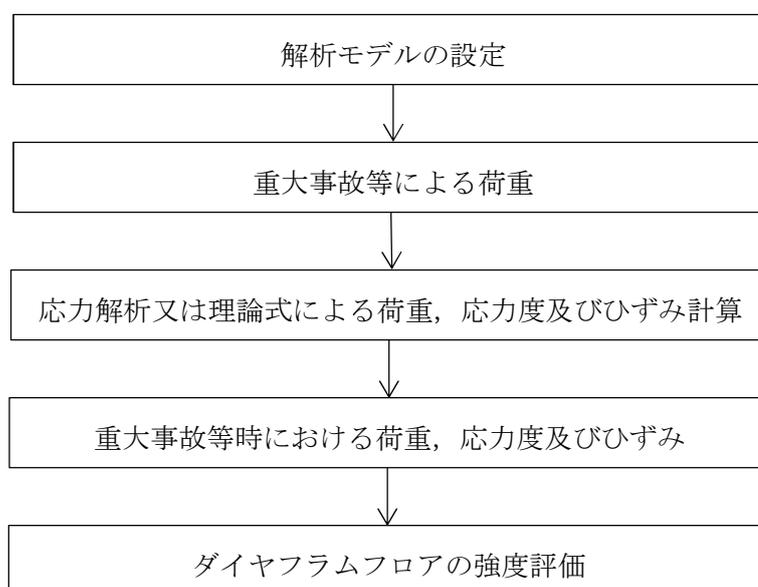


図2-1 ダイヤフラムフロアの強度評価フロー

2.3 適用規格・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。）
- 各種合成構造設計指針・同解説（日本建築学会 1985制定）
- 鋼構造設計規準（日本建築学会 1973改定）

2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
D	死荷重	—
E	ヤング係数	N/mm ²
f _b	許容曲げ応力度	N/mm ²
f _s	許容せん断応力度	N/mm ²
F	許容応力度の基準値	N/mm ²
F _c	コンクリートの設計基準強度	kg/cm ² , N/mm ²
H _{SA}	水力学的動荷重	—
L	活荷重	—
P _{SA}	圧力 (SA後内圧)	kPa
P _w	面外せん断補強筋比	—
Q _{A1}	コンクリートの許容面外せん断力	N/mm
Q _{A2}	鉄筋で補強した場合の許容面外せん断力	N/mm
Q _x	円周方向の面外せん断力	N/mm
Q _y	放射方向の面外せん断力	N/mm
R _{SA}	配管荷重 (SA後配管荷重)	—
S _u	設計引張強さ	N/mm ²
S _y	設計降伏点	N/mm ²
T	温度	°C
V	鉛直方向荷重	kN/m ² , kN
α	線膨張係数, せん断スパン比による割増し係数	1/°C, —
cε _c	コンクリートの圧縮ひずみ	—
sε _c	鉄筋の圧縮ひずみ	—
sε _t	鉄筋の引張ひずみ	—
ν	ポアソン比	—
ρ	単位体積質量	kN/m ³

2.5 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表 2-2 に示すとおりである。

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
許容応力度		N/mm ²	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位
算出応力度		N/mm ²	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
許容ひずみ		—	—	—	小数点以下第 3 位
算出ひずみ		—	小数点以下第 7 位	切上げ	小数点以下第 6 位
許容荷重	面外せん断力	N/mm	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位
	スタッドに対するせん断力	N/本	有効数字 5 桁目	切捨て	有効数字 4 桁*
算出荷重	面外せん断力	N/mm	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
	スタッドに対するせん断力	N/本	有効数字 5 桁目	切上げ	有効数字 4 桁*

注記*：絶対値が 1000 以上のときはべき数表示とする。

3. 評価部位

ダイヤフラムフロアの形状及び主要寸法を図3-1に、評価部位及び使用材料を表3-1に示す。

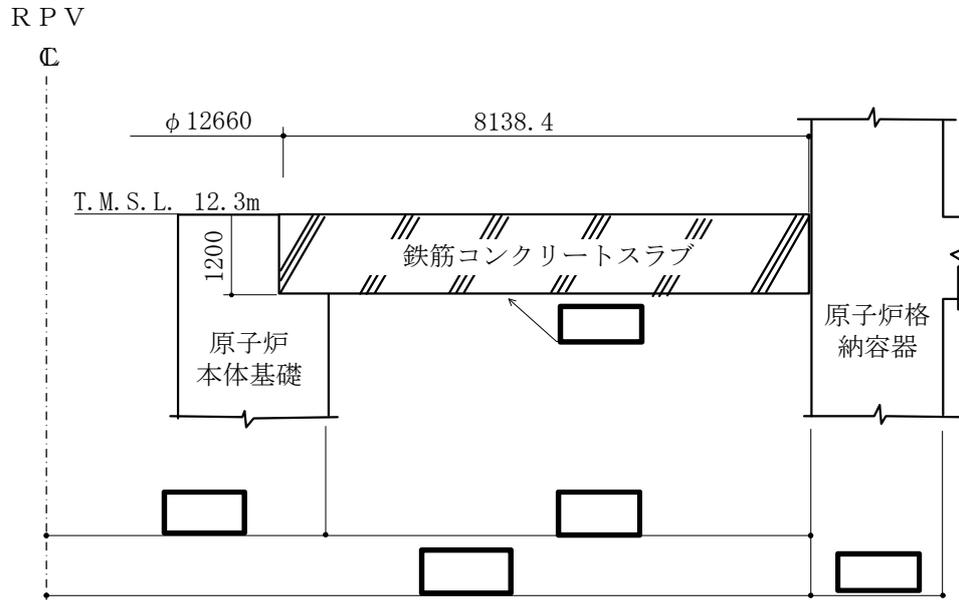


図3-1 ダイヤフラムフロアの形状及び主要寸法 (単位: mm)

表 3-1 評価部位及び使用材料表

評価部位		使用材料	備考
鉄筋コンクリートスラブ	コンクリート部	コンクリート []	[]
	鉄筋	[]	[]
構造用鋼材 (シアプレート)		[]	[]

4. 強度評価

4.1 強度評価方法

- (1) ダイヤフラムフロアの荷重は、原子炉本体基礎及び原子炉格納容器シェル部を介して原子炉建屋に伝達される。ダイヤフラムフロアの強度評価として、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値

4.2.1 荷重の組合せ及び荷重状態

ダイヤフラムフロアの荷重の組合せ及び荷重状態のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-1 に示す。

詳細な荷重の組合せは、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

ダイヤフラムフロアの許容値は、「2.3 適用規格・基準等」に基づき表 4-2～表 4-7 に示すとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力度評価条件

ダイヤフラムフロアの使用材料の許容応力度評価条件を表 4-8 に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び荷重状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	機器等の区分	荷重の組合せ*1		荷重状態*2 <許容応力状態>
原子炉格納施設	圧力低減設備その他の安全設備	ダイヤフラムフロア	建物・構築物	$D + L + P_{SA} + R_{SA} + H_{SA}$	(V(S)-1) (V(S)-2) (V(S)-3)	重大事故等時*3 <短期>

注記*1：（ ）内は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：鋼構造設計規準による場合は、< >内の許容応力状態を適用する。

*3：重大事故等時としてIVの許容限界を用いる。

表4-2 コンクリートの許容応力度

応力分類 荷重状態	コンクリート (単位 : kg/cm ²)	
	圧縮応力度* ¹	せん断応力度* ²
重大事故等時	0.85・F _c	次の二つの計算式のうち いずれか f _s の値の小さい 方の1.5倍の値 $f_s = \left(\frac{F_c}{30} \right)$ $f_s = \left(5 + \frac{F_c}{100} \right)$

注記*1：重大事故等時としてⅣの許容限界を用いる。

*2：重大事故等時としてⅢの許容限界を用いる。

表4-3 鉄筋の面外せん断力に対する許容応力度 (単位 : N/mm²)

荷重状態	引張応力度*
重大事故等時	□

注記*：重大事故等時としてⅢの許容限界を用いる。

表4-4 鉄筋とコンクリートの許容ひずみ

荷重状態	鉄筋		コンクリート
	引張ひずみ*	圧縮ひずみ*	圧縮ひずみ*
重大事故等時	0.005	0.005	0.003

注記*：重大事故等時としてⅣの許容限界を用いる。

表4-5 コンクリートの許容面外せん断力 (単位 : N/mm)

荷重状態	面外せん断力*
重大事故等時	944

注記*：重大事故等時としてⅢの許容限界を用いる。

表4-6 構造用鋼材の許容応力度

許容応力状態	曲げ	せん断
短期	$1.5 \cdot f_b$	$1.5 \cdot f_s$

表4-7 原子炉本体基礎接合部半径方向水平力伝達用頭付スタッドの許容値 (単位: N/本)

許容応力状態	せん断力
短期	

表 4-8 使用材料の許容応力度評価条件

評価部材		材料 ^{*1, *2}	F (N/mm ²)	S _y (N/mm ²)	S _u (N/mm ²)
構造用鋼材 (シアプレート)	原子炉格納容器接合部				
	原子炉本体基礎接合部				

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設計荷重

重大事故等対処設備としてのダイヤフラムフロアの設計荷重を表 4-9 に示す。

表 4-9 設計荷重（重大事故等対処設備）

荷重		荷重記号*1	ダイヤフラムフロアに作用する荷重
重大事故 等時荷重	死荷重	D	V : <input type="text"/> kN/m ²
	SA 時内圧	P _{SA}	620kPa (D/W 620kPa, S/C 620kPa) *2
	SA 時差圧		310kPa (D/W 310kPa, S/C 310kPa) *2
	SA 時 配管荷重	R _{SA}	V : <input type="text"/> kN*3

注 1 : D/W はドライウエル, S/C はサプレッションチェンバを示す。

注 2 : V は鉛直方向を示す（下向きを正とする。）。

注 3 : 原子炉格納容器及び原子炉本体基礎より間接的に作用する水力的動荷重についても考慮する。

注記*1 : 表 4-1 の荷重の組合せの記号を示す。

*2 : VI-1-8-1 「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」に基づき設定する。

*3 : 逃がし安全弁排気管貫通部 1 箇所当たりの荷重を示す。

4.3 計算方法

4.3.1 評価点

ダイヤフラムフロアの評価点は、ダイヤフラムフロアを構成する部材の形状及び荷重伝達経路を考慮し、発生荷重、応力度又はひずみが大きくなる部位を選定する。選定した評価点を表 4-10 及び図 4-1～図 4-3 に示す。

表 4-10 ダイヤフラムフロアの評価点

評価点番号	評価点
P 1 * ¹	鉄筋コンクリートスラブ放射方向
P 2 * ¹	鉄筋コンクリートスラブ円周方向
P 3 * ²	鉄筋コンクリート製原子炉格納容器接合部 地震時水平力伝達用シアプレート
P 4 * ³	鉄筋コンクリート製原子炉格納容器接合部 鉛直力伝達用シアプレート
P 5 * ²	原子炉本体基礎接合部 地震時水平力伝達用シアプレート
P 6 * ⁴	原子炉本体基礎接合部 半径方向水平力伝達用頭付きスタッド

注記*1：告示第 4 5 2 号に基づきひずみ及び面外せん断力を評価する。

*2：評価点 P3, P5 については、荷重値が小さく無視できるので評価を行わない。

*3：鋼構造設計規準に基づき曲げ応力度及びせん断応力度を評価する。

*4：各種合成構造設計指針・同解説に基づきせん断力を評価する。

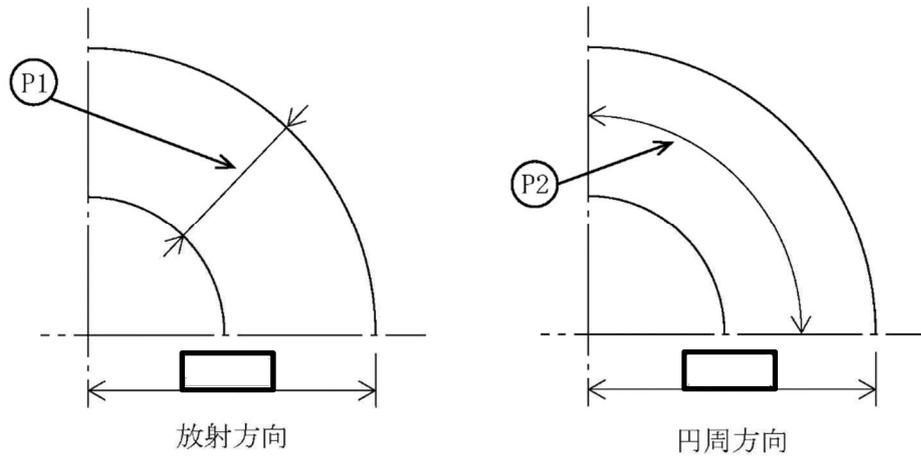


図 4-1 ダイアフラムフロアの評価点 (鉄筋コンクリートスラブ)

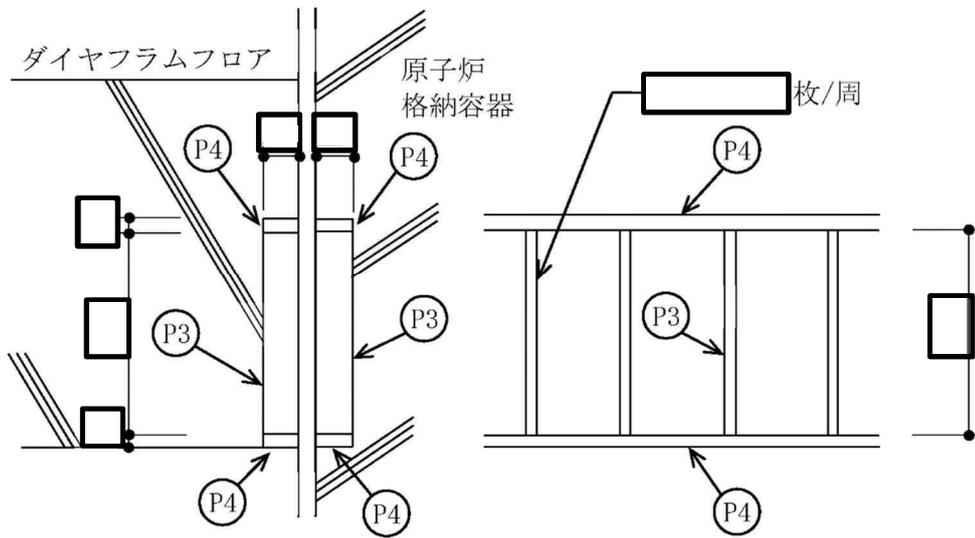


図 4-2 ダイアフラムフロアの評価点 (鉄筋コンクリート製原子炉格納容器接合部)

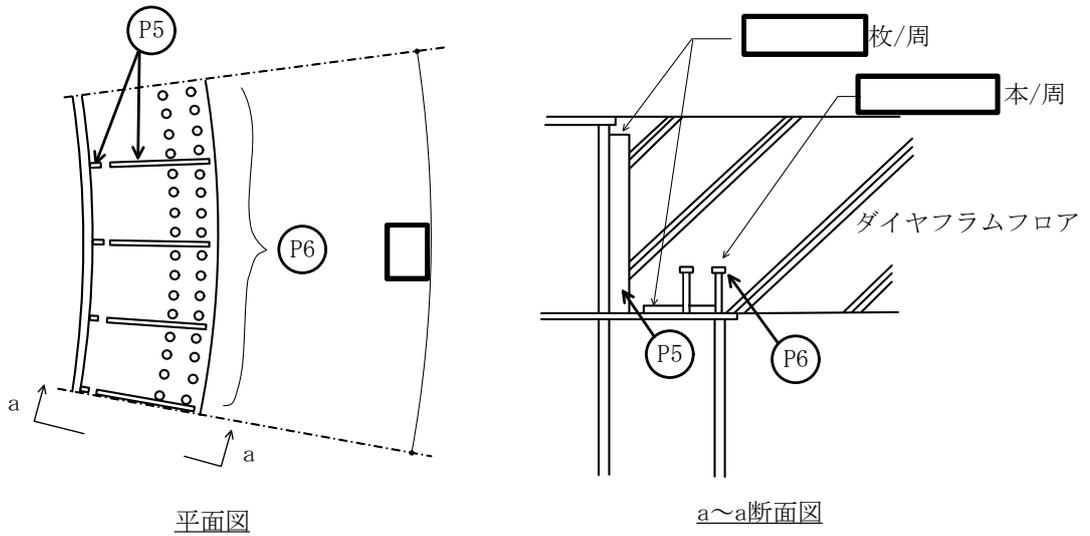


図 4-3 ダイアフラムフロアの評価点 (原子炉本体基礎接合部)

4.3.2 解析モデル及び諸元

(1) 重大事故等対処設備としての解析モデル

重大事故等対処設備としての評価における、ダイヤフラムフロアの解析モデルの概要を以下に示す。

- a. ダイヤフラムフロアの解析モデルは、3次元シェルモデルによる有限要素解析手法を適用する。ダイヤフラムフロアが平面的にほぼ対称であるため、既工認と同様に、解析は1/2モデルを用いて行う。解析モデルを図4-4に、解析モデルの諸元について表4-11に示す。

b.



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

4.3.3 荷重、応力度及びひずみ計算方法

ダイヤフラムフロアの荷重、応力度及びひずみ計算方法について以下に示す。

荷重、応力度及びひずみの計算方法は既工認から変更はなく、参考図書(1)に示すとおりである。

- a. 応力評価点 P1, P2

「4.3.2 解析モデル及び諸元」に示すダイヤフラムフロアの解析モデルにより算出した軸力、曲げモーメント及び面外せん断力より、ひずみ及び面外せん断力を求める。

- b. 応力評価点 P4

「4.3.2 解析モデル及び諸元」に示すダイヤフラムフロアの解析モデルにより算出した面外せん断力と部材の断面性能より、曲げ応力度及びせん断応力度を求める。

- c. 応力評価点 P6

「4.3.2 解析モデル及び諸元」に示すダイヤフラムフロアの解析モデルにより算出した軸力より、せん断力を求める。

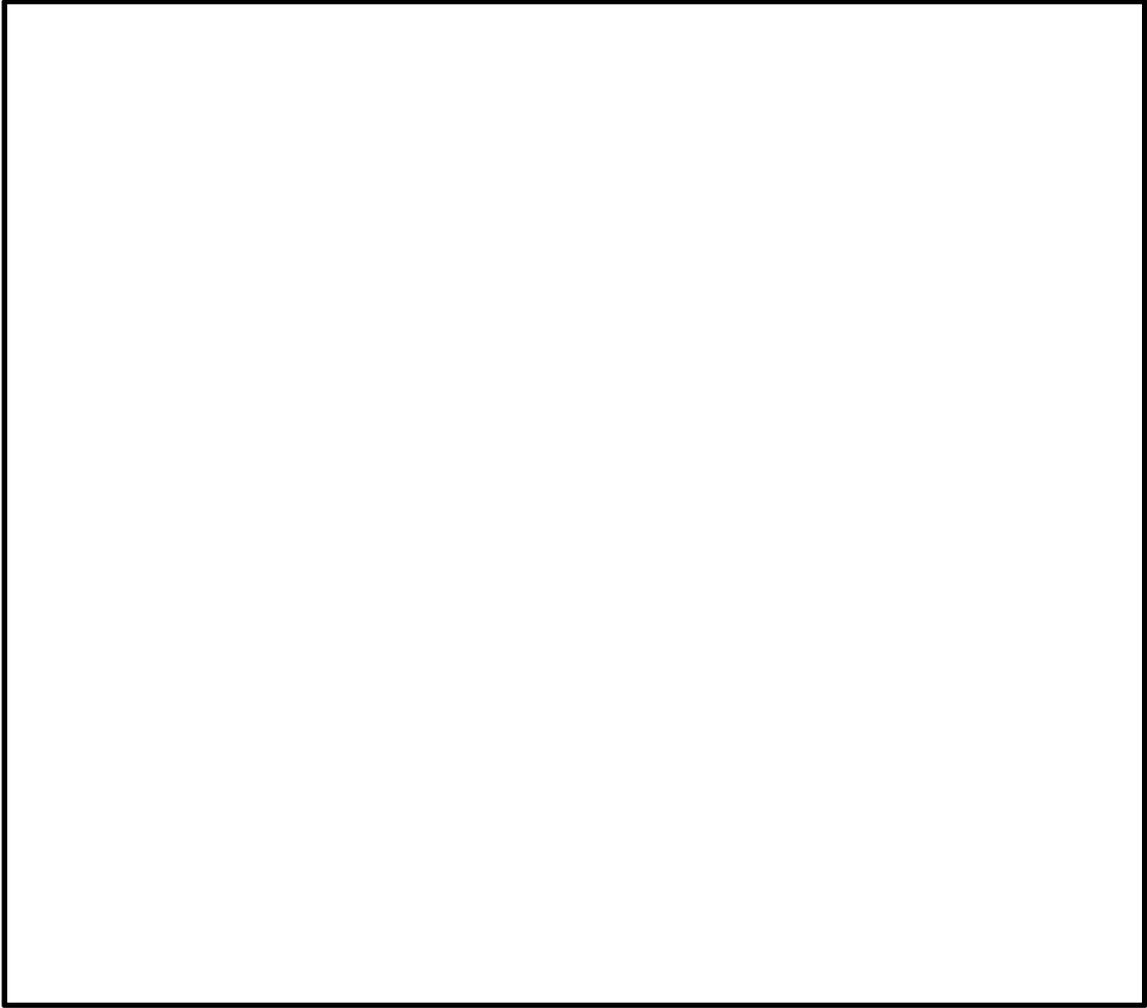


図 4-4 解析モデル (単位 : mm)

表 4-11 解析モデル諸元

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	コンクリート
単位体積重量	ρ	kN/m ³	<input type="text"/>
温度条件	T	°C	200
ヤング係数	E	N/mm ²	<input type="text"/>
線膨張係数	α	1/°C	
ポアソン比	ν	—	
要素数	—	—	
節点数	—	—	

4.4 計算条件

解析に用いる荷重を「4.2 荷重の組合せ及び許容値」に示す。

4.5 評価

「4.3 計算方法」で求めた荷重，応力度及びひずみが許容値以下であること。

なお，面外せん断力に対する評価においては，コンクリートの許容面外せん断力を満足しない場合，告示第452号 第11条第4号ロに従い，鉄筋で補強した場合の許容面外せん断力を用いること。

5. 評価結果

5.1 重大事故等対処設備としての評価結果

ダイヤフラムフロアの重大事故等時の状態を考慮した場合の強度評価結果を以下に示す。
発生値は許容限界を満足している。

(1) 強度評価結果

強度評価の結果を表 5-1 に示す。また、評価点 P1, P2 における断面検討箇所を図 5-1 に示す。

表中の「荷重の組合せ」欄には、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。

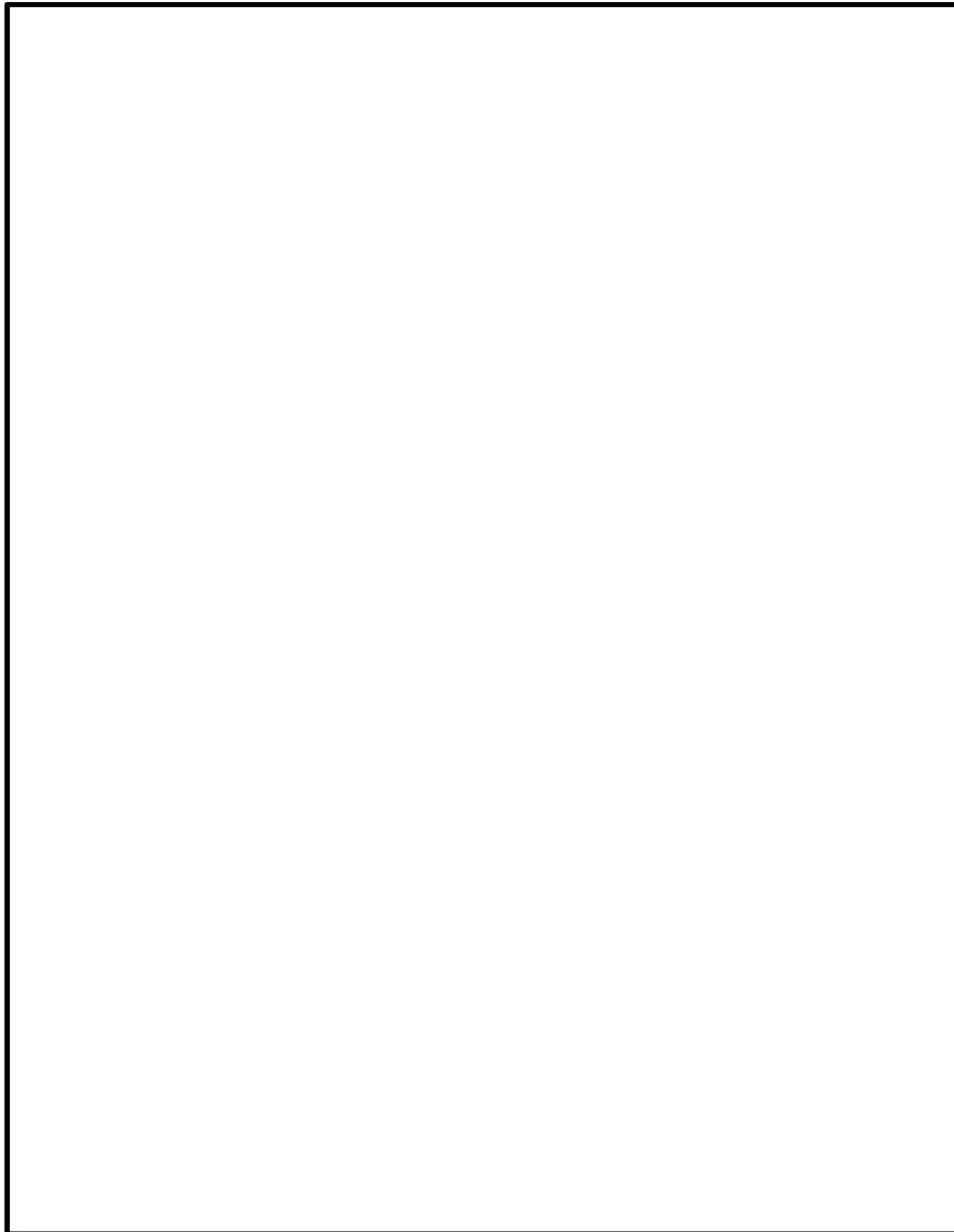


図 5-1 断面検討箇所

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

評価対象設備	評価部位		箇所名*2	検討ひずみ	応力状態	重大事故等時		判定	荷重の 組合せ
						算出ひずみ*3 (×10 ⁻⁶)	許容値 (×10 ⁻⁶)		
ダイヤフラム フロア	P1	鉄筋コンクリート スラブ放射方向	No. 1	c ε c	1	-477	-3000	○	V(S)-3
				s ε c	1	-37	-5000	○	V(S)-2
				s ε t	1	1081	5000	○	V(S)-2
			No. 2	c ε c	1	-371	-3000	○	V(S)-2
				s ε c	1	-62	-5000	○	V(S)-2
				s ε t	1	710	5000	○	V(S)-2
			No. 3	c ε c	1	-394	-3000	○	V(S)-2
				s ε c	1	-26	-5000	○	V(S)-2
				s ε t	1	852	5000	○	V(S)-2
			No. 4	c ε c	1	-70	-3000	○	V(S)-2
				s ε c	1	-25	-5000	○	V(S)-2
				s ε t	1	211	5000	○	V(S)-2

注記*1：軸力及び曲げモーメントによるひずみの評価結果を示す。

*2：図 5-1 における断面検討箇所を示す。

*3：算出ひずみの最大値を示す。

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

評価対象設備	評価部位		箇所名*2	検討ひずみ	応力状態	重大事故等時		判定	荷重の 組合せ
						算出ひずみ*3 (×10 ⁻⁶)	許容値 (×10 ⁻⁶)		
ダイヤフラム フロア	P2	鉄筋コンクリート スラブ円周方向	No. 5	c ε c	1	-55	-3000	○	V (S)-2
				s ε c	1	—*4	—	—	—
				s ε t	1	566	5000	○	V (S)-2
			No. 6	c ε c	1	-167	-3000	○	V (S)-2
				s ε c	1	—*4	—	—	—
				s ε t	1	730	5000	○	V (S)-2
			No. 7	c ε c	1	-39	-3000	○	V (S)-2
				s ε c	1	—*4	—	—	—
				s ε t	1	328	5000	○	V (S)-3
			No. 8	c ε c	1	-64	-3000	○	V (S)-1
				s ε c	1	—*4	—	—	—
				s ε t	1	345	5000	○	V (S)-2

注記*1：軸力及び曲げモーメントによるひずみの評価結果を示す。

*2：図 5-1 における断面検討箇所を示す。

*3：算出ひずみの最大値を示す。

*4：圧縮ひずみは生じない。

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

評価対象設備	評価部位		箇所名*2	応力状態	重大事故等時					判定	荷重の 組合せ
					算出荷重	許容値	α	P _w (%)	許容値		
					Q _y *3	Q _{A1}			Q _{A2}		
					N/mm	N/mm			N/mm		
ダイヤフラム フロア	P1	鉄筋コンクリート スラブ放射方向	No. 1	1	234		—	—	—	○	V(S)-2
			No. 2	1	158		—	—	—	○	V(S)-1
			No. 3	1	963					○	V(S)-2
			No. 4	1	1513					○	V(S)-2

注記*1：面外せん断力に対する評価結果を示す。

*2：図 5-1 における断面検討箇所を示す。

*3：面外せん断力の最大値を示す。

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

評価対象設備	評価部位		箇所名*2	応力状態	重大事故等時					判定	荷重の 組合せ
					算出荷重	許容値	α	P _w (%)	許容値		
					Q _x *3	Q _{A1}			Q _{A2}		
					N/mm	N/mm			N/mm		
ダイヤフラム フロア	P2	鉄筋コンクリート スラブ円周方向	No. 5	1	641		—	—	—	○	V(S)-2
			No. 6	1	114		—	—	—	○	V(S)-2
			No. 7	1	78		—	—	—	○	V(S)-1
			No. 8	1	997					○	V(S)-2

注記*1：面外せん断力に対する評価結果を示す。

*2：図 5-1 における断面検討箇所を示す。

*3：面外せん断力の最大値を示す。

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

評価対象設備	評価部位		応力分類	重大事故等時		判定	荷重の 組合せ
				算出応力度	許容値		
				N/mm ²	N/mm ²		
ダイヤフラム フロア	P4	鉄筋コンクリート製原子炉格納容器接合部	曲げ応力度	158		○	V(S)-2
		鉛直力伝達用シアプレート	せん断応力度	19		○	V(S)-2

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

評価対象設備	評価部位		重大事故等時		判定	荷重の 組合せ
			せん断力*	許容値		
			N/本	N/本		
ダイヤフラム フロア	P6	原子炉本体基礎接合部 半径方向水平力伝達用頭付きスタッド	6.874×10 ⁴		○	V(S)-2

注記*：スタッド1本当たりのせん断力を示す。

6. 参照図書

- (1) 柏崎刈羽原子力発電所第6号機 第2回工事計画認可申請書
IV-3-4-3-3 「ダイヤフラムフロアの強度計算書」

VI-3-3-6-2-2 ベント管の基本板厚計算書

まえがき

本計算書は、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」に基づくとともに、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」に準じて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお、評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については、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

評価部位	既設 or 新設	施設時の 技術基準 に対象と する施設 の規定が あるか	クラスアップするか				条件アップするか				既工認に おける 評価結果 の有無	施設時の 適用規格	評価 区分	同等性 評価区分	評価 クラス	
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB条件		SA条件						
								圧力 (MPa)	温度 (℃)	圧力 (MPa)						温度 (℃)
垂直管	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	0.173	171	0.173	200	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
水平吐出管	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	0.173	171	0.173	200	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
リターンライン	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	0.173	171	0.173	200	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
底部閉止板	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	0.173	171	0.173	200	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2

・適用規格の選定

評価部位	評価項目	評価区分	判定基準	適用規格
垂直管	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
水平吐出管	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
リターンライン	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
底部閉止板	平板の強度計算	設計・建設規格 又は告示	S55 告示	告示第501号

目 次

1. 一般事項	1
1.1 概要	1
1.2 適用規格・基準等	1
1.3 計算精度と数値の丸め方	2
2. 設計条件	3
2.1 重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度	3
2.2 材料及び許容応力	3
3. ベント管の基本板厚計算	4
3.1 垂直管	5
3.2 水平吐出管	7
3.3 リターンライン	9
3.4 垂直管の穴の補強計算	11
3.5 底部閉止板	27

1. 一般事項

1.1 概要

本計算書は、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」に基づくとともに、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」に準じて、ベント管が十分な構造強度を有していることを説明するものである。

ベント管は、重大事故等対処設備においては常設重大事故緩和設備に分類される。以下、重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

1.2 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- ・発電用原子力設備規格（設計・建設規格（2005年版（2007年追補版含む。））J S M E S N C 1-2005/2007）（以下「設計・建設規格」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。）

1.3 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表1-1に示すとおりである。

表 1-1 表示する数値の丸め方

数値の種類		単位	処理桁	処理方法	表示桁
最高使用圧力		MPa	—	—	小数点以下第2位 ^{*1}
温度		℃	—	—	整数位
許容応力 ^{*2}		MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位
算出応力		MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
長さ	下記以外の長さ	mm	小数点以下第3位	四捨五入	小数点以下第2位
	計算上必要な厚さ	mm	小数点以下第3位	切上げ	小数点以下第2位
面積	下記以外の面積	mm ²	有効数字5桁目	四捨五入	有効数字4桁 ^{*3}
	必要な面積	mm ²	有効数字5桁目	切上げ	有効数字4桁 ^{*3}
	有効な面積	mm ²	有効数字5桁目	切捨て	有効数字4桁 ^{*3}
力	必要な強さ	N	有効数字5桁目	切上げ	有効数字4桁 ^{*3}

注記*1：必要に応じて小数点以下第3位を用いる。

*2：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における許容引張応力及び設計降伏点は、比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨て、整数位までの値とする。また、告示第501号別表に記載された許容引張応力及び設計降伏点は、各温度の値をSI単位に換算し、SI単位に換算した値の小数点以下第1位を四捨五入して、整数位までの値とする。その後、設計・建設規格と同様の換算と桁処理を行う。

*3：絶対値が1000以上のときはべき数表示とする。

2. 設計条件

2.1 重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度

重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度は、以下のとおりとする。

内圧 (差圧)	173kPa (S A後)
外圧 (差圧)	14kPa (S A後)
温度	200℃ (S A後)

2.2 材料及び許容応力

(1) 材料

使用する材料を表 2-1 に示す。

表 2-1 使用材料表

使用部位	使用材料
垂直管	SUS304L
水平吐出管	SUS304L
リターンライン	□
底部閉止板	SUS304L

(2) 許容引張応力

使用材料の許容引張応力は、設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 5 又は告示第 5 0 1 号別表第 6 に規定されている値とする。

a. 設計・建設規格

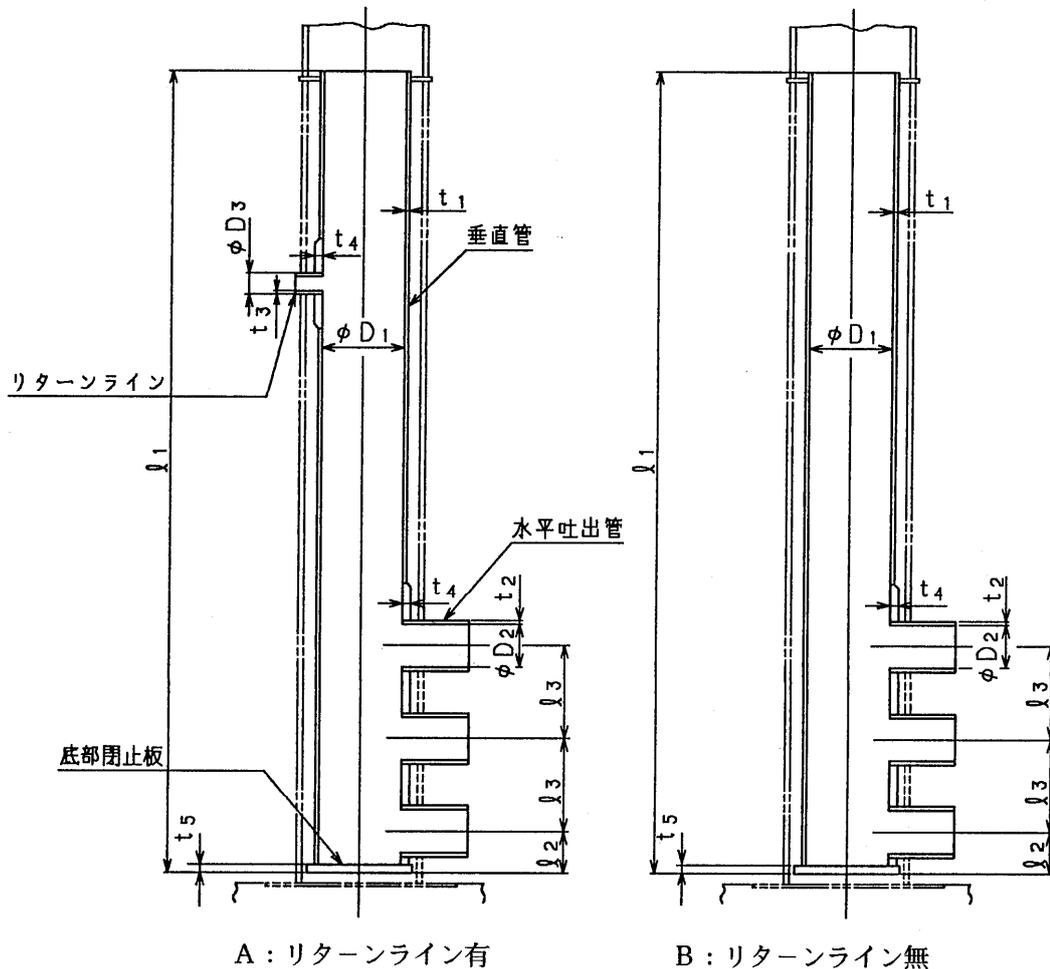
SUS304L	S = 102MPa
□	S = □ MPa

b. 告示第 5 0 1 号

SUS304L	S = 102MPa
---------	------------

3. ベント管の基本板厚計算

ベント管の形状及び寸法を図3-1に示す。



$D_1 = 1200$	$D_2 = 700$	$D_3 = \square$	$l_1 = \square$
$l_2 = \square$	$l_3 = \square$	$t_1 = 6.5$	$t_2 = 20$
$t_3 = \square$	$t_4 = \square$	$t_5 = 50$	

図3-1 ベント管の形状及び寸法 (単位: mm)

「2. 設計条件」に示す重大事故等時の条件に基づき、ベント管各部の板厚計算を行った結果を以下に示す。

3.1 垂直管

(1) 記号の説明

設計・建設規格 の記号	計算書の表示	表示内容	単位
t	t _R	必要な厚さ	mm
	t _{R1}	規格上必要な最小厚さ	mm
	t _{R2}	計算上必要な厚さ	mm

(2) 内圧に対する必要厚さ（設計・建設規格 PPC-3411(1)）

垂直管における、内圧に対する必要板厚の算出式を以下に示し、計算結果を表 3-1 に示す。

これより、垂直管は設計・建設規格の条件を満足している。

$$t_{R2} = \frac{P \cdot D_o}{2 \cdot S \cdot \eta + 0.8 \cdot P}$$

表 3-1 垂直管の板厚計算結果

管の名称			垂直管
材料			SUS304L
最高使用圧力	P	(MPa)	0.173
最高使用温度			200
管の外径	D _o	(mm)	1213
許容引張応力	S	(MPa)	102
継手効率	η		1.00
継手の種類			突合せ両側溶接
放射線検査の有無			有り
必要厚さ	t _{R1}	(mm)	—
必要厚さ	t _{R2}	(mm)	1.03
t _{R1} , t _{R2} の大きい値	t _R	(mm)	1.03
呼び厚さ	t _{so}	(mm)	6.5
最小厚さ	t _s	(mm)	
評価：t _s ≥ t _R , よって十分である。			

(3) 外圧に対する必要厚さ（設計・建設規格 PPC-3411(2)）

垂直管における，外圧に対する必要板厚の算出式を以下に示し，計算結果を表 3-2 に示す。

これより，垂直管は設計・建設規格の条件を満足している。

$$t_{R2} = \frac{3 \cdot P_e \cdot D_o}{4 \cdot B}$$

表 3-2 垂直管の板厚計算結果

管の名称			垂直管
材料			SUS304L
最高使用圧力	P_e	(MPa)	0.014
最高使用温度			(°C) 200
管の外径	D_o	(mm)	1213
付録材料図表より求めた値	B		2.66
必要厚さ	t_{R1}	(mm)	—
必要厚さ	t_{R2}	(mm)	4.79
t_{R1} ， t_{R2} の大きい値	t_R	(mm)	4.79
呼び厚さ	t_{s0}	(mm)	6.5
最小厚さ	t_s	(mm)	<input type="text"/>
評価： $t_s \geq t_R$ ，よって十分である。			

3.2 水平吐出管

(1) 記号の説明

設計・建設規格 の記号	計算書の表示	表示内容	単位
t	t _R	必要な厚さ	mm
	t _{R1}	規格上必要な最小厚さ	mm
	t _{R2}	計算上必要な厚さ	mm

(2) 内圧に対する必要厚さ（設計・建設規格 PPC-3411(1)）

水平吐出管における，内圧に対する必要板厚の算出式を以下に示し，計算結果を表 3-3 に示す。

これより，水平吐出管は設計・建設規格の条件を満足している。

$$t_{R2} = \frac{P \cdot D_o}{2 \cdot S \cdot \eta + 0.8 \cdot P}$$

表 3-3 水平吐出管の板厚計算結果

管の名称			水平吐出管
材料			SUS304L
最高使用圧力	P	(MPa)	0.173
最高使用温度			(°C) 200
管の外径	D _o	(mm)	740
許容引張応力	S	(MPa)	102
継手効率	η		1.00
継手の種類			突合せ両側溶接
放射線検査の有無			有り
必要厚さ	t _{R1}	(mm)	—
必要厚さ	t _{R2}	(mm)	0.63
t _{R1} , t _{R2} の大きい値	t _R	(mm)	0.63
呼び厚さ	t _{s o}	(mm)	20
最小厚さ	t _s	(mm)	20
評価：t _s ≥ t _R ，よって十分である。			

(3) 外圧に対する厚さ（設計・建設規格 PPC-3411(2)）

ベント管の外圧に対する評価結果として，水平吐出管の許容外圧を表 3-4 に示す。

これより，水平吐出管は設計・建設規格の条件を満足している。

表 3-4 水平吐出管の許容外圧

管の名称		水平吐出管
材料		SUS304L
最高使用圧力	P (MPa)	0.014
最高使用温度	(°C)	200
管の外径	D _o (mm)	740
最小厚さ	t _s (mm)	
t _s /D _o		
許容引張応力	S (MPa)	102
許容外圧	P _e (MPa)	1.03
評価：P _e ≥ P，よって十分である。		

3.3 リターンライン

(1) 記号の説明

設計・建設規格 の記号	計算書の表示	表示内容	単位
t	t _R	必要な厚さ	mm
	t _{R1}	規格上必要な最小厚さ	mm
	t _{R2}	計算上必要な厚さ	mm

(2) 内圧に対する必要厚さ（設計・建設規格 PPC-3411(1)）

リターンラインにおける、内圧に対する必要板厚の算出式を以下に示し、計算結果を表3-5に示す。

これより、リターンラインは設計・建設規格の条件を満足している。

$$t_{R2} = \frac{P \cdot D_o}{2 \cdot S \cdot \eta + 0.8 \cdot P}$$

表3-5 リターンラインの板厚計算結果

管の名称	リターンライン	
材料	□	
最高使用圧力	P (MPa)	0.173
最高使用温度	(°C)	200
管の外径	D _o (mm)	□
許容引張応力	S (MPa)	□
継手効率	η	1.00
継手の種類	—	
放射線検査の有無	—	
必要厚さ	t _{R1} (mm)	—
必要厚さ	t _{R2} (mm)	0.27
t _{R1} , t _{R2} の大きい値	t _R (mm)	0.27
呼び厚さ	t _{s o} (mm)	□
最小厚さ	t _s (mm)	□
評価：t _s ≥ t _R , よって十分である。		

(3) 外圧に対する必要厚さ（設計・建設規格 PPC-3411(2)）

ベント管の外圧に対する評価結果として，リターンラインの許容外圧を表 3-6 に示す。

これより，リターンラインは設計・建設規格の条件を満足している。

表 3-6 リターンラインの許容外圧

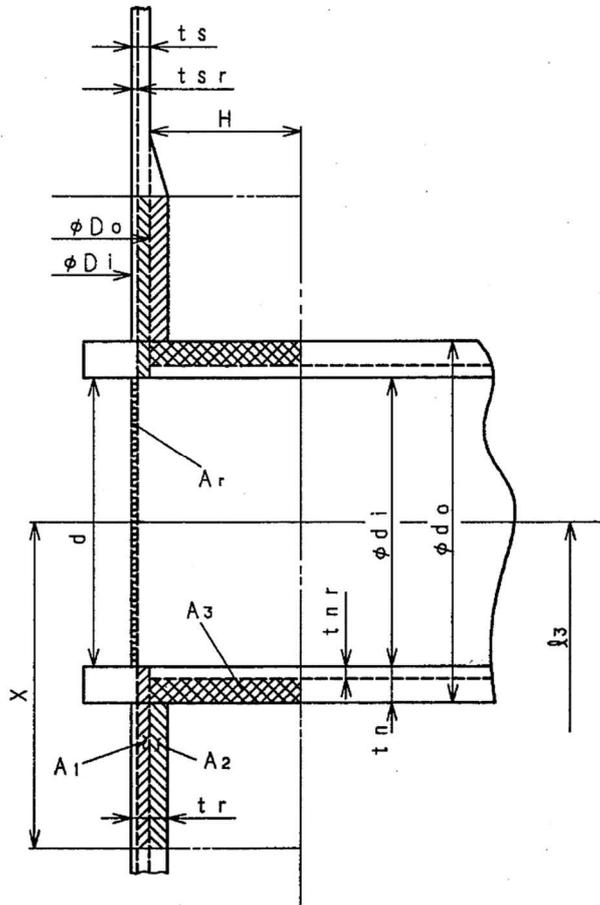
管の名称	リターンライン	
材料	□	
最高使用圧力	P (MPa)	0.014
最高使用温度	(°C)	200
管の外径	D _o (mm)	□
最小厚さ	t _s (mm)	□
t _s /D _o		□
許容引張応力	S (MPa)	□
許容外圧	P _e (MPa)	1.50
評価：P _e ≥ P，よって十分である。		

3.4 垂直管の穴の補強計算

(1) 記号の説明

設計・建設規格 の記号	計算書の表示	表示内容	単位
A	A ₀	補強に有効な総面積	mm ²
	A ₁	主管の有効補強面積	mm ²
	A ₂	補強板の有効補強面積	mm ²
	A ₃	管台の有効補強面積	mm ²
	A _{e o}	穴の中心線の両側に有効な面積	mm ²
	A _{e r}	穴の中心線の両側に必要な補強面積	mm ²
	D _J	大きい穴の補強を要する限界径	mm
	D _{J 1}	大きい穴の補強を要する限界径	mm
	D _{J 2}	大きい穴の補強を要する限界径	mm
	H	補強の有効範囲	mm
	H ₁	補強の有効範囲	mm
	H ₂	補強の有効範囲	mm
	W _R	溶接部の負うべき荷重	N
	W _{R 1}	溶接部にかかる荷重	N
	W _{R 2}	溶接部にかかる荷重	N
	X	補強の有効範囲	mm
	X ₁	補強の有効範囲	mm
	X ₂	補強の有効範囲	mm
	X'	穴の周囲から穴の径の1/4の範囲	mm

(2) 水平吐出管
 垂直管穴部の寸法を図3-2に示す。



- $D_i =$
 $D_o =$
 $d = d_i =$
 $d_o =$
 $l_3 =$
 (隣接穴中心との距離)
 $t_n =$
 $t_r =$
 $t_s =$

図3-2 穴部の形状及び寸法 (単位: mm)

a. 穴の補強計算

(a) 穴の補強の要否（設計・建設規格 PPC-3422）

穴の補強の要否の計算結果を表 3-7 に示す。

穴の径 d は 61mm かつ主管の内径の $1/4$ より大きい。したがって、設計・建設規格 PPC-3422(1) に該当しない。

また、穴の径 d は、200mm より大きいため設計・建設規格 PPC-3422(2) に該当しない。したがって、補強計算を必要とする。

表 3-7 穴の補強の要否の計算結果

主管の内径	D_i	(mm)		
主管の内径の $1/4$	$D_i/4$	(mm)		
穴の径	d	(mm)		
評価： $d > 61$, $d > D_i/4$, $d > 200$, よって補強計算を必要とする。				

(b) 主管の計算上必要な厚さ

$$t_{sr} = \frac{P \cdot D_o}{2 \cdot S \cdot \eta + 0.8 \cdot P}$$

(c) 管台の計算上必要な厚さ

$$t_{nr} = \frac{P \cdot d_i}{2 \cdot S - 1.2 \cdot P}$$

(d) 補強に必要な面積

$$A_r = 1.07 \cdot d \cdot t_{sr} \cdot (2 - \sin \theta)$$

(e) 補強に有効な範囲

イ. 穴の中心線に平行な直線による範囲 X

X は次の計算式で求めた値のうちいずれか大きいもの。

$$X_1 = d$$

$$X_2 = \frac{d}{2} + t_s + t_n$$

ここで、底部閉止板による有効範囲の制限を考慮して

$X = l_2 - t_s$ とする。

ロ. 主管の面に沿う線による範囲 H

H は次の計算式で求めた値のうちいずれか小さいもの。

$$H_1 = 2.5 \cdot t_s$$

$$H_2 = 2.5 \cdot t_n + (t_r - t_s)$$

(f) 補強に有効な総面積

イ. 主管の補強に有効な面積 A_1

A_1 は次の計算式で求めた値のうちいずれか大きいもの。

$$A_a = (\eta \cdot t_s - F \cdot t_{sr}) \cdot (2 \cdot X - d)$$

$$A_b = 2 \cdot (\eta \cdot t_s - F \cdot t_{sr}) \cdot (t_s + t_n)$$

ロ. 補強板の補強に有効な面積 A_2

$$A_2 = (t_r - t_s) \cdot (2 \cdot X - d_o)$$

ハ. 管台の補強に有効な面積 A_3

$$A_3 = 2 \cdot (t_n - t_{nr}) \cdot H$$

ニ. 補強に有効な総面積 A_0

$$A_0 = A_1 + A_2 + A_3$$

(g) 結論

穴の補強の計算結果を表 3-8 に示す。

これより、穴の補強は十分である。

表 3-8 穴の補強計算結果

主管 (管台) 名称	垂直管 (水平吐出管)	
材料	SUS304L	
最高使用圧力	P (MPa)	0.173
最高使用温度	(°C)	200
許容引張応力	S (MPa)	102
穴の径	d (mm)	
管台の内径	d _i (mm)	
主管の最小厚さ	t _s (mm)	
補強板の最小厚さ	t _r (mm)	
管台の最小厚さ	t _n (mm)	
継手効率	η	1.00
係数	F	1.00
主管の外径	D _o (mm)	
主管の計算上必要な厚さ	t _{s r} (mm)	
管台の計算上必要な厚さ	t _{n r} (mm)	
補強に必要な面積	A _r (mm ²)	7.770×10 ²
補強に有効な範囲	X ₁ (mm)	
補強に有効な範囲	X ₂ (mm)	
補強に有効な範囲	X (mm)	
補強に有効な範囲	H ₁ (mm)	
補強に有効な範囲	H ₂ (mm)	
補強に有効な範囲	H (mm)	
主管の補強に有効な面積	A ₁ (mm ²)	1.378×10 ³
補強板の補強に有効な面積	A ₂ (mm ²)	3.458×10 ³
管台の補強に有効な面積	A ₃ (mm ²)	4.817×10 ²
補強に有効な総面積	A ₀ (mm ²)	5.317×10 ³
評価：A ₀ >A _r ， よって十分である。		

b. 隣接する2つの穴（設計・建設規格 PPC-3424(2)）

(a) 隣接する2つの穴の中心間の距離 (l_3) 及び面積

2つの穴の中心間距離 $l_3 = \boxed{}$ mm (図 3-1 より)

穴の径の平均値の 1.5 倍 $1.5 \cdot d$

2つの穴の間にある補強に有効な面積 $= 2 \cdot \frac{1}{2} \cdot A_o = A_o$

2つの穴の補強に必要な面積の $\frac{1}{2} = 2 \cdot \frac{1}{2} \cdot A_r = A_r$

2つの穴の間の主管の必要な面積 $= A_{sr} = 0.7 \cdot l_3 \cdot t_{sr} \cdot F$

2つの穴の間の主管の有効な面積 $= A_{so} = (l_3 - d_o) \cdot t_r$

(b) 結論

隣接する2つの穴の計算結果を表 3-9 に示す。

これより、隣接する2つの穴の規定を満足している。

表 3-9 隣接する2つの穴の計算結果

2つの穴の中心間距離	l_3	(mm)	<input type="text"/>
穴の径の平均値	d	(mm)	<input type="text"/>
穴の径の平均値の 1.5 倍	$1.5 \cdot d$	(mm)	<input type="text"/>
主管の計算上必要な厚さ	t_{sr}	(mm)	<input type="text"/>
係数	F		1.00
管台の外径	d_o	(mm)	<input type="text"/>
補強板の最小厚さ	t_r	(mm)	<input type="text"/>
2つの穴の間にある補強に有効な面積	A_o	(mm ²)	5.317×10^3
2つの穴の補強に必要な面積の $\frac{1}{2}$	A_r	(mm ²)	7.770×10^2
2つの穴の間の主管の必要な面積	A_{sr}	(mm ²)	9.878×10^2
2つの穴の間の主管の有効な面積	A_{so}	(mm ²)	1.197×10^4
評価： $l_3 > 1.5 \cdot d$, $A_o > A_r$, $A_{so} > A_{sr}$, よって十分である。			

c. 大きい穴の補強（設計・建設規格 PPC-3424(4)）

(a) 大きい穴の補強を要する限界径 D_J

大きい穴の補強を要する限界径 D_J は次の値のうち、いずれか小さいもの。

$$D_{J1} = D_i / 2$$

$$D_{J2} = 500\text{mm}$$

(b) 結論

大きい穴の補強の計算結果を表 3-10 に示す。

穴の径 d は大きい穴の補強を要する限界径 D_J より大きい。

したがって、大きい穴に対する補強を必要とする。

ここで、3.4(2)a.(e)項に示す補強に有効な範囲 X は、穴の周囲から穴の径の $1/4$ の範囲 X' 内であり、かつ、補強に有効な面積 A_o は補強に必要な面積 A_r の $2/3$ より大きい。

これより、大きい穴の補強は十分である。

表 3-10 大きい穴の補強の計算結果

主管の内径	D_i	(mm)	
大きい穴の補強を要する限界径	D_{J1}	(mm)	
大きい穴の補強を要する限界径	D_{J2}	(mm)	500
大きい穴の補強を要する限界径	D_J	(mm)	500
穴の径	d	(mm)	
評価： $d > D_J$ 、よって大きい穴に対する補強を必要とする。			
補強に有効な面積	A_o	(mm^2)	5.317×10^3
補強に必要な面積	A_r	(mm^2)	7.770×10^2
補強に有効な範囲	X	(mm)	
穴の周囲から穴の径の $1/4$ の範囲	X'	(mm)	
補強に必要な面積の $2/3$	$2/3 \cdot A_r$	(mm^2)	5.180×10^2
評価： $X < X'$ 、 $A_o > 2/3 \cdot A_r$ 、よって十分である。			

d. 補強に有効な面積の制限（設計・建設規格 PPC-3424(5)）

(a) 穴の中心線の両側に必要な補強面積 A_{er}

$$A_{er} = A_r / 2$$

(b) 穴の中心線の両側に有効な面積 A_{eo}

$$A_{eo} = A_o / 2$$

(c) 結論

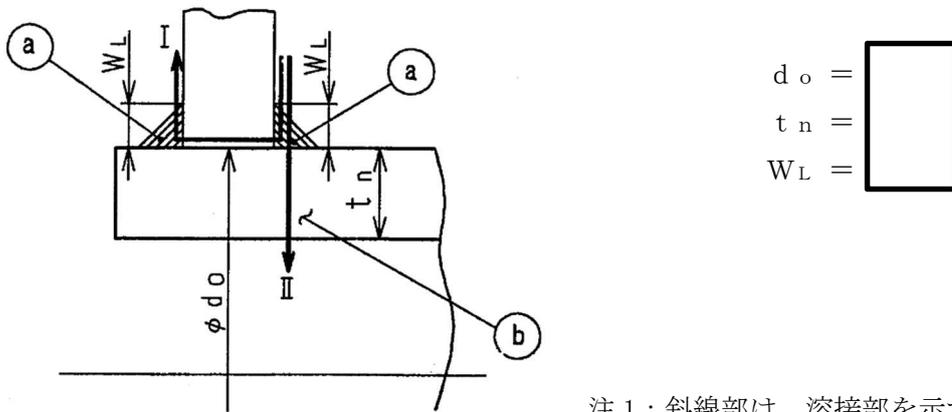
穴の中心線の両側の補強の計算結果を表 3-11 に示す。

これより、穴の中心線の両側の補強に対する制限を満足している。

表 3-11 穴の中心線の両側の補強の計算結果

補強に必要な面積	A_r	(mm^2)	7.770×10^2
補強に有効な面積	A_o	(mm^2)	5.317×10^3
穴の中心線の両側に必要な補強面積	A_{er}	(mm^2)	3.885×10^2
穴の中心線の両側に有効な面積	A_{eo}	(mm^2)	2.658×10^3
評価： $A_{eo} > A_{er}$ ，よって十分である。			

- e. 強め材取付部の強さ（設計・建設規格 PPC-3424(8)）
 水平吐出管の取付部の形状及び寸法を図3-3に示す。



$d_o =$

$t_n =$

$W_L =$

注1：斜線部は、溶接部を示す。
 注2：I，IIは、破断形式を示す。

図3-3 水平吐出管の取付部の形状及び寸法（単位：mm）

- (a) 強め材取付部の必要強さ
 次の2式のうちいずれか小さい方の値

$$W_{R1} = A_0 \cdot S$$

$$W_{R2} = (d_o \cdot t_{s_r} - A_1) \cdot S$$

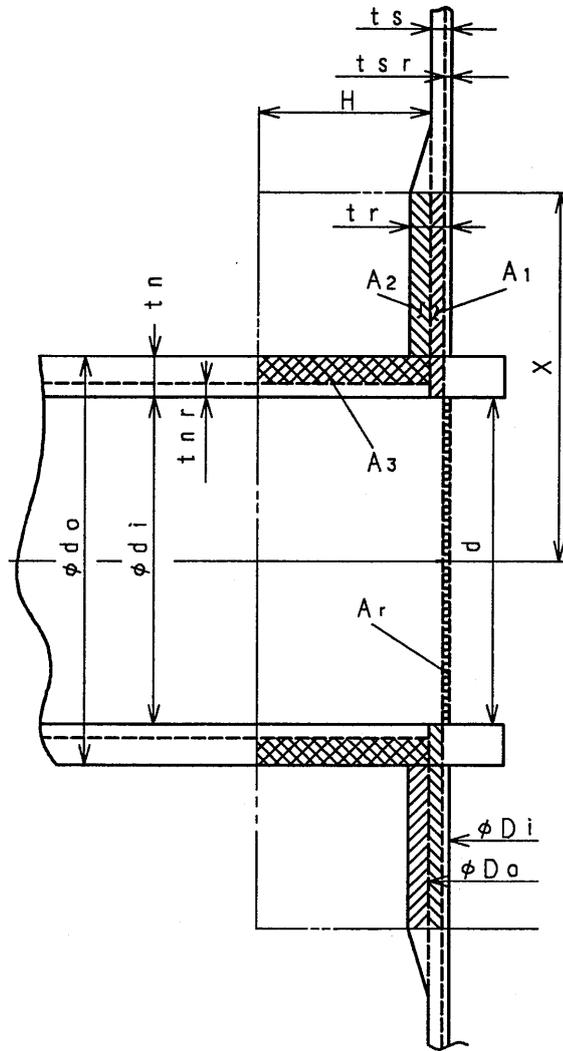
- (b) 結論
 強め材取付部の強さの計算結果を表3-12に示す。
 これより、強め材取付部の強度計算は必要ない。
 以上より、強め材取付部の強さは十分である。

表3-12 強め材取付部の強さの計算結果

部材名称	垂直管と水平吐出管との結合部の強め材取付部	
材料	SUS304L	
許容引張応力	S (MPa)	102
管台の外径	d_o (mm)	<input type="text"/>
主管の計算上必要な厚さ	t_{s_r} (mm)	<input type="text"/>
補強に有効な総面積	A_0 (mm ²)	5.317×10^3
主管の補強に有効な面積	A_1 (mm ²)	1.378×10^3
溶接部にかかる荷重	W_{R1} (N)	5.424×10^5
溶接部にかかる荷重	W_{R2} (N)	-6.278×10^4
溶接部の負うべき荷重	W_R (N)	-6.278×10^4
評価： $W_R < 0$ ，よって十分である。		

(3) リターンライン

垂直管穴部の寸法を図3-4に示す。



- $D_i =$
- $D_o =$
- $d = d_i =$
- $d_o =$
- $t_n =$
- $t_r =$
- $t_s =$

図3-4 穴部の形状及び寸法 (単位: mm)

a. 穴の補強計算

(a) 穴の補強の要否（設計・建設規格 PPC-3422）

穴の補強の要否の計算結果を表 3-13 に示す。

穴の径 d は 61mm より大きい。したがって、設計・建設規格 PPC-3422(1) に該当しない。

また、穴の径 d は、200mm より大きいため設計・建設規格 PPC-3422(2) に該当しない。したがって、補強計算を必要とする。

表 3-13 穴の補強の要否の計算結果

主管の内径	D_i	(mm)	
主管の内径の 1/4	$D_i/4$	(mm)	
穴の径	d	(mm)	
評価： $d > 61$, $d < D_i/4$, $d > 200$, よって補強計算を必要とする。			

(b) 主管の計算上必要な厚さ

$$t_{sr} = \frac{P \cdot D_o}{2 \cdot S \cdot \eta + 0.8 \cdot P}$$

(c) 管台の計算上必要な厚さ

$$t_{nr} = \frac{P \cdot d_i}{2 \cdot S - 1.2 \cdot P}$$

(d) 補強に必要な面積

$$A_r = 1.07 \cdot d \cdot t_{sr} \cdot (2 - \sin \theta)$$

(e) 補強に有効な範囲

イ. 穴の中心線に平行な直線による範囲 X

X は次の計算式で求めた値のうちいずれか大きいもの。

$$X_1 = d$$

$$X_2 = \frac{d}{2} + t_s + t_n$$

ここで、補強板の大きさを考慮して、 $X = 279.5\text{mm}$ とする。

ロ. 主管の面に沿う線による範囲 H

H は次の計算式で求めた値のうちいずれか小さいもの。

$$H_1 = 2.5 \cdot t_s$$

$$H_2 = 2.5 \cdot t_n + (t_r - t_s)$$

(f) 補強に有効な総面積

イ. 主管の補強に有効な面積 A_1

A_1 は次の計算式で求めた値のうちいずれか大きいもの。

$$A_a = (\eta \cdot t_s - F \cdot t_{sr}) \cdot d$$

$$A_b = 2 \cdot (\eta \cdot t_s - F \cdot t_{sr}) \cdot (t_s + t_n)$$

ロ. 補強板の補強に有効な面積 A_2

$$A_2 = (t_r - t_s) \cdot (2 \cdot X - d_o)$$

ハ. 管台の補強に有効な面積 A_3

$$A_3 = 2 \cdot (t_n - t_{nr}) \cdot H$$

ニ. 補強に有効な総面積 A_0

$$A_0 = A_1 + A_2 + A_3$$

(g) 結論

穴の補強の計算結果を表 3-14 に示す。

これより、穴の補強は十分である。

表 3-14 穴の補強計算結果

主管 (管台) 名称	垂直管 (リターンライン)	
材料	SUS304L ()	
最高使用圧力	P (MPa)	0.173
最高使用温度	(°C)	200
許容引張応力	S (MPa)	
穴の径	d (mm)	
管台の内径	d _i (mm)	
主管の最小厚さ	t _s (mm)	
補強板の最小厚さ	t _r (mm)	
管台の最小厚さ	t _n (mm)	
継手効率	η	
係数	F	1.00
主管の外径	D _o (mm)	
主管の計算上必要な厚さ	t _{s r} (mm)	
管台の計算上必要な厚さ	t _{n r} (mm)	
補強に必要な面積	A _r (mm ²)	3.310×10 ²
補強に有効な範囲	X ₁ (mm)	
補強に有効な範囲	X ₂ (mm)	
補強に有効な範囲	X (mm)	
補強に有効な範囲	H ₁ (mm)	
補強に有効な範囲	H ₂ (mm)	
補強に有効な範囲	H (mm)	
主管の補強に有効な面積	A ₁ (mm ²)	
補強板の補強に有効な面積	A ₂ (mm ²)	3.199×10 ³
管台の補強に有効な面積	A ₃ (mm ²)	2.519×10 ²
補強に有効な総面積	A ₀ (mm ²)	4.658×10 ³
評価：A ₀ > A _r ， よって十分である。		

b. 大きい穴の補強（設計・建設規格 PPC-3424(4)）

(a) 大きい穴の補強の要否

大きい穴の補強を要する限界径 D_J は次の値のうち、いずれか小さいもの。

$$D_{J1} = D_i / 2$$

$$D_{J2} = 500\text{mm}$$

(b) 結論

大きい穴の補強の計算結果を表 3-15 に示す。

これより、大きい穴に対する補強の評価は不要である。

表 3-15 大きい穴の補強の計算結果

主管の内径	D_i	(mm)	
大きい穴の補強を要する限界径	D_{J1}	(mm)	
大きい穴の補強を要する限界径	D_{J2}	(mm)	500
大きい穴の補強を要する限界径	D_J	(mm)	500
穴の径	d	(mm)	
評価： $d < D_J$ ，よって、大きい穴に対する補強の評価は不要である。			

c. 補強に有効な面積の制限（設計・建設規格 PPC-3424(5)）

(a) 穴の中心線の両側に必要な補強面積 A_{er}

$$A_{er} = A_r / 2$$

(b) 穴の中心線の両側に有効な面積 A_{eo}

$$A_{eo} = A_o / 2$$

(c) 結論

穴の中心線の両側の補強の計算結果を表 3-16 に示す。

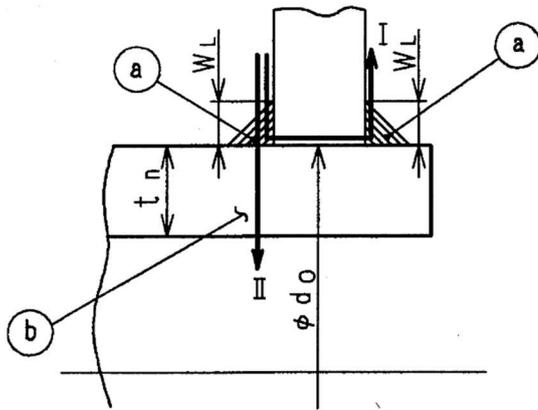
これより、穴の中心線の両側の補強に対する制限を満足している。

表 3-16 穴の中心線の両側の補強の計算結果

補強に必要な面積	A_r	(mm^2)	3.310×10^2
補強に有効な面積	A_o	(mm^2)	4.658×10^3
穴の中心線の両側に必要な補強面積	A_{er}	(mm^2)	1.655×10^2
穴の中心線の両側に有効な面積	A_{eo}	(mm^2)	2.329×10^3
評価： $A_{eo} > A_{er}$ ，よって十分である。			

d. 強め材取付部の強さ（設計・建設規格 PPC-3424(8)）

リターンラインの取付部の形状及び寸法を図 3-5 に示す。



$d_o =$

$t_n =$

$W_L =$

注 1：斜線部は、溶接部を示す。

注 2：I，II は、破断形式を示す。

図 3-5 リターンラインの取付部の形状及び寸法（単位：mm）

(a) 強め材取付部の必要強さ

次の 2 式のうちいずれか小さい方の値

$$W_{R1} = A_0 \cdot S$$

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

(b) 結論

強め材取付部の強さの計算結果を表 3-17 に示す。

これより、強め材取付部の強度計算は必要ない。

以上より、強め材取付部の強さは十分である。

表 3-17 強め材取付部の強さの計算結果

部材名称	垂直管とリターンラインとの結合部の強め材取付部	
材料	SUS304L (<input type="text"/>)	
許容引張応力	S (MPa)	<input type="text"/>
管台の外径	d_o (mm)	<input type="text"/>
主管の計算上必要な厚さ	t_{sr} (mm)	<input type="text"/>
補強に有効な総面積	A_0 (mm ²)	4.658×10^3
主管の補強に有効な面積	A_1 (mm ²)	1.208×10^3
溶接部にかかる荷重	W_{R1} (N)	<input type="text"/>
溶接部にかかる荷重	W_{R2} (N)	-8.977×10^4
溶接部の負うべき荷重	W_R (N)	-8.977×10^4
評価： $W_R < 0$ ，よって十分である。		

3.5 底部閉止板

(1) 記号の説明

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

(2) 底部閉止板の必要厚さ（告示第501号第58条第3項）

底部閉止板における，必要板厚の算出式を以下に示し，計算結果を表3-18に示す。

これより，底部閉止板は告示第501号の要求を満足している。

$$t_{R2} = d \cdot \sqrt{\frac{K \cdot P}{S}}$$

表3-18 底部閉止板の板厚計算結果

板の名称		底部閉止板
材料		SUS304L
最高使用圧力	P (MPa)	0.173
最高使用温度	(°C)	200
平板の径又は最小内のり	d (mm)	1200
許容引張応力	S (MPa)	102
係数	K	0.75
必要厚さ	t _{R1} (mm)	—
必要厚さ	t _{R2} (mm)	42.76
t _{R1} , t _{R2} の大きい値	t _R (mm)	42.76
呼び厚さ	t _{so} (mm)	50
最小厚さ	t _s (mm)	50
評価：t _s ≥ t _R ，よって十分である。		

VI-3-3-6-2-3 ベント管の強度計算書

まえがき

本計算書は、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-3-2-9「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

機器名称	既設 or 新設	施設時の 技術基準 に対象と する施設 の規定が あるか	クラスアップするか				条件アップするか				既工認に おける 評価結果 の有無	施設時の 適用規格	評価 区分	同等性 評価区分	評価 クラス	
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB条件		SA条件						
								圧力 (MPa)	温度 (℃)	圧力 (MPa)						温度 (℃)
ベント管	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	0.173	171	0.173	200	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・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	13
4.3.3 応力計算方法	15
4.4 計算条件	15
4.5 応力の評価	15
5. 評価結果	16
5.1 重大事故等対処設備としての評価結果	16
6. 参照図書	19

1. 概要

本計算書は、ベント管の強度計算書である。

ベント管は、設計基準対象施設のベント管を重大事故等クラス2管として兼用する機器である。

以下、重大事故等クラス2管として、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-3-2-9「重大事故等クラス2管の強度計算方法」に基づき、ベント管の強度評価を示す。

なお、本計算書においては、重大事故等時における荷重に対して、平成4年3月27日付け3資庁第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

ベント管の構造計画を表2-1に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>ベント管は原子炉本体の基礎のコンクリート内に設置され、垂直管上端、</p>	<p>ベント管は、内径 1200 mm、板厚 6.5 mm、長さ mm の垂直管に、内径 700 mm の水平吐出管を取り付けた構造である。10 本のベント管のうち 5 本には、外径 mm のリターンラインが取り付けられる。</p>	<p style="text-align: center;">A~A断面図</p> <p style="text-align: center;">ベント管 詳細図 (単位: mm)</p>

2.2 評価方針

ベント管の応力評価は、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-3-2-9「重大事故等クラス2管の強度計算方法」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「3. 評価部位」にて設定する箇所において重大事故等時における温度、圧力による応力等が許容限界内に収まることを、「4. 強度評価」にて示す方法にて確認することを実施する。確認結果を「5. 評価結果」に示す。

ベント管の強度評価フローを図2-1に示す。

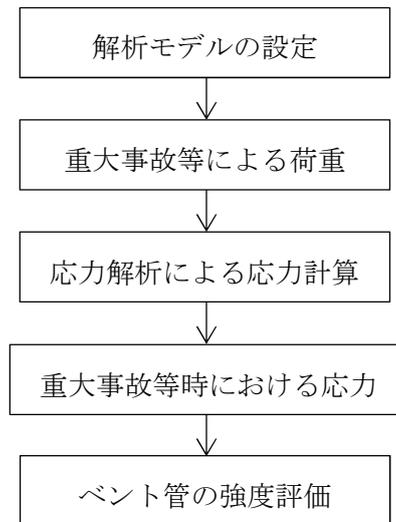


図2-1 ベント管の強度評価フロー

2.3 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- ・発電用原子力設備規格（設計・建設規格（2005年版（2007年追補版含む。））J S M E S N C 1-2005/2007）（以下「設計・建設規格」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
D	死荷重	—
D_i	直径 ($i = 1, 2, 3$)	mm
E	縦弾性係数	MPa
l_i	長さ ($i = 1, 2, 3 \dots$)	mm
m_o	質量	kg
m_1	水質量	kg
M_{SA}	機械的荷重 (SA後機械的荷重)	—
P_{SA}	圧力 (SA後圧力)	kPa, MPa
S	許容引張応力	MPa
S_m	設計応力強さ	MPa
S_u	設計引張強さ	MPa
S_y	設計降伏点	MPa
t_i	厚さ ($i = 1, 2, 3$)	mm
T	温度	°C
T_{SA}	温度 (SA後温度)	°C
σ_l	軸方向応力	MPa
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

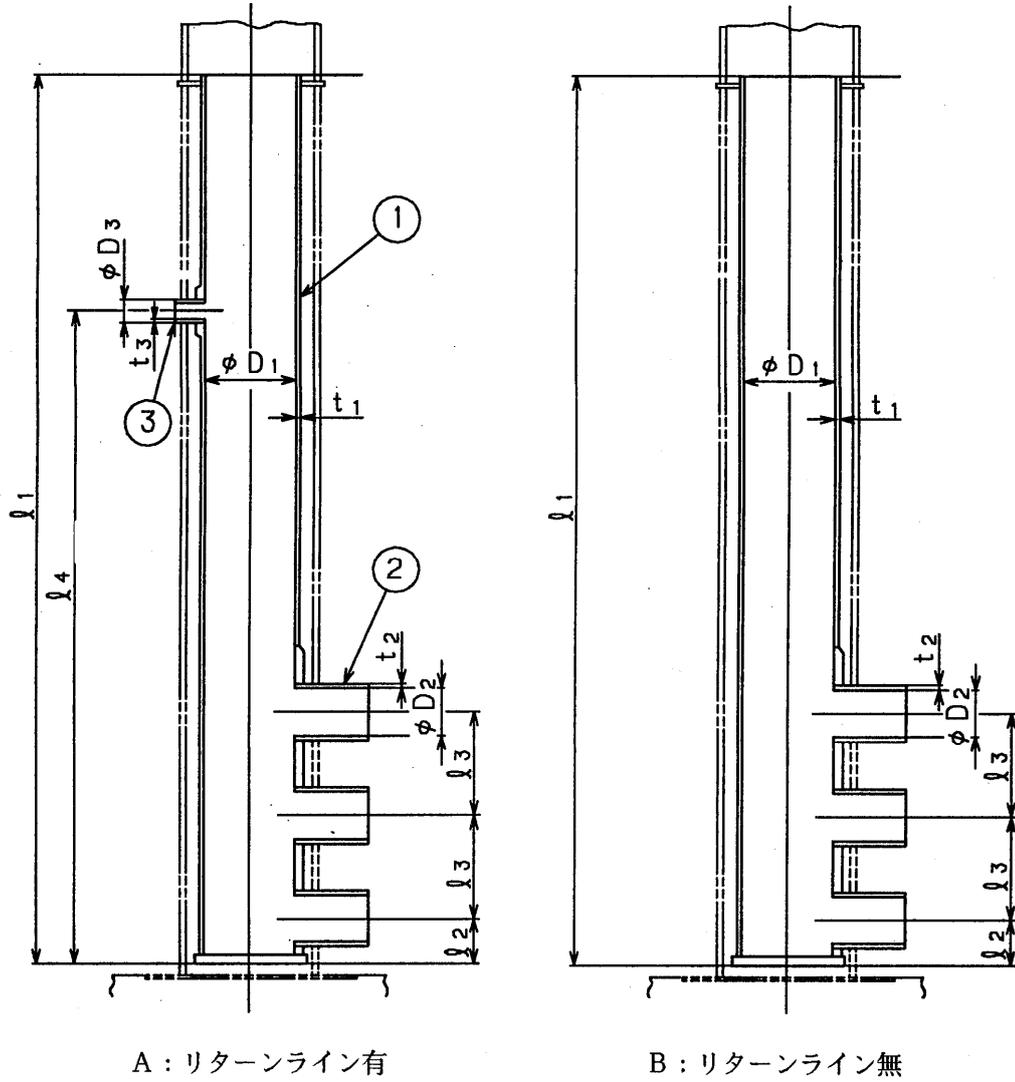
数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
圧力	kPa	—	—	整数位
温度	℃	—	—	整数位
許容応力* ¹	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位
算出応力	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
力	N	有効数字 4 桁目	四捨五入	有効数字 3 桁* ²

注記*1：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の間における許容引張応力，設計降伏点及び設計引張強さは，比例法により補間した値の小数点以下第 1 位を切り捨てて整数化する。また，告示第 5 0 1 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

ベント管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 垂直管 ② 水平吐出管 ③ リターンライン

②

$D_1 = 1200$

$D_2 = 700$

$D_3 = \square$

$l_1 = \square$

$l_2 = \square$

$l_3 = \square$

$l_4 = \square$

$t_1 = 6.5$

$t_2 = 20$

$t_3 = \square$

(単位 : mm)

図 3-1 ベント管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
垂直管及び水平吐出管	SUS304L	
リターンライン	<div style="border: 2px solid black; width: 100px; height: 15px; margin: 0 auto;"></div>	

4. 強度評価

4.1 強度評価方法

(1) ベント管は原子炉本体の基礎に内蔵されている構造物である。

ベント管の強度評価として、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、没水時におけるベント管内部の水重量を考慮する。

(2) 強度評価に用いる寸法は、公称値を用いる。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

ベント管の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-1に示す。

詳細な荷重の組合せは、対象機器の設置位置等を考慮し決定する。なお、考慮する荷重の組合せは、組み合わせる荷重の大きさを踏まえ、評価上厳しくなる組合せを選定する。

4.2.2 許容応力

ベント管の許容応力は、VI-3-2-9「重大事故等クラス2管の強度計算方法」に基づき表4-2及び表4-3に示すとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

ベント管の使用材料の許容応力評価条件のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-4及び表4-5に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	機器等の区分	荷重の組合せ	状態
原子炉格納施設	圧力低減設備 その他の安全設備	ベント管	重大事故等 クラス2管	$D + P_{SA} + M_{SA}$	重大事故等時

表4-2 許容応力（設計・建設規格 PPC-3520）

供用状態	応力分類	一次応力 (曲げ応力を含む。)
	重大事故等時*	$1.8 \cdot S$

注記*：設計・建設規格の供用状態A，Bでの許容応力を用いる。

表4-3 許容応力（告示第501号第56条）

許容応力状態	応力分類	一次応力 (曲げ応力を含む。)
	重大事故等時*	$1.2 \cdot S$

注記*：告示第501号の許容応力状態I_A，II_Aでの許容応力を用いる。

表4-4 設計・建設規格に基づく強度評価に用いる使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _m (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S (MPa)
		周囲環境 温度					
垂直管及び水平吐出管	SUS304L	周囲環境 温度	200	—	—	—	102
リターンライン	<input type="text"/>	周囲環境 温度	200	—	—	—	<input type="text"/>

表4-5 告示第501号に基づく強度評価に用いる使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _m (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S (MPa)
		周囲環境 温度					
垂直管及び水平吐出管	SUS304L	周囲環境 温度	200	—	—	—	101
リターンライン	<input type="text"/>	周囲環境 温度	200	—	—	—	<input type="text"/>

4.2.4 設計荷重

(1) 重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度

重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度は、以下のとおりとする。

内圧（差圧） P_{SA} 173kPa（SA後）

外圧（差圧） P_{SA} 14kPa（SA後）

温度 T_{SA} 200℃（SA後）

(2) 重大事故等対処設備としての水荷重

重大事故等対処設備の評価に用いる水荷重として、没水時におけるベント管内部の水重量を考慮する。

管内保有水 N

(3) 重大事故等対処設備としての逃がし安全弁作動時荷重

重大事故等対処設備としての逃がし安全弁作動時荷重は設計基準対象施設としての荷重と同じであるため、参照図書(1)に示すとおりである。

(4) 重大事故等対処設備としての原子炉冷却材喪失事故時蒸気ブローダウン荷重

重大事故等対処設備としての原子炉冷却材喪失事故時蒸気ブローダウン荷重は設計基準対象施設としての荷重と同じであるため、参照図書(1)に示すとおりである。

4.3 計算方法

4.3.1 応力評価点

ベント管の応力評価点は、ベント管を構成する部材の形状及び応力レベルを考慮し、発生応力が大きくなる部位を選定する。選定した応力評価点を表 4-6 及び図 4-1 に示す。

応力計算方法は既工認から変更はなく、参照図書(1)に示すとおりである。

表 4-6 応力評価点

応力評価点番号	応力評価点
P 1	垂直管支持部
P 2	水平吐出管の垂直管との結合部
P 3	水平吐出管支持部
P 4	リターンラインの垂直管との結合部

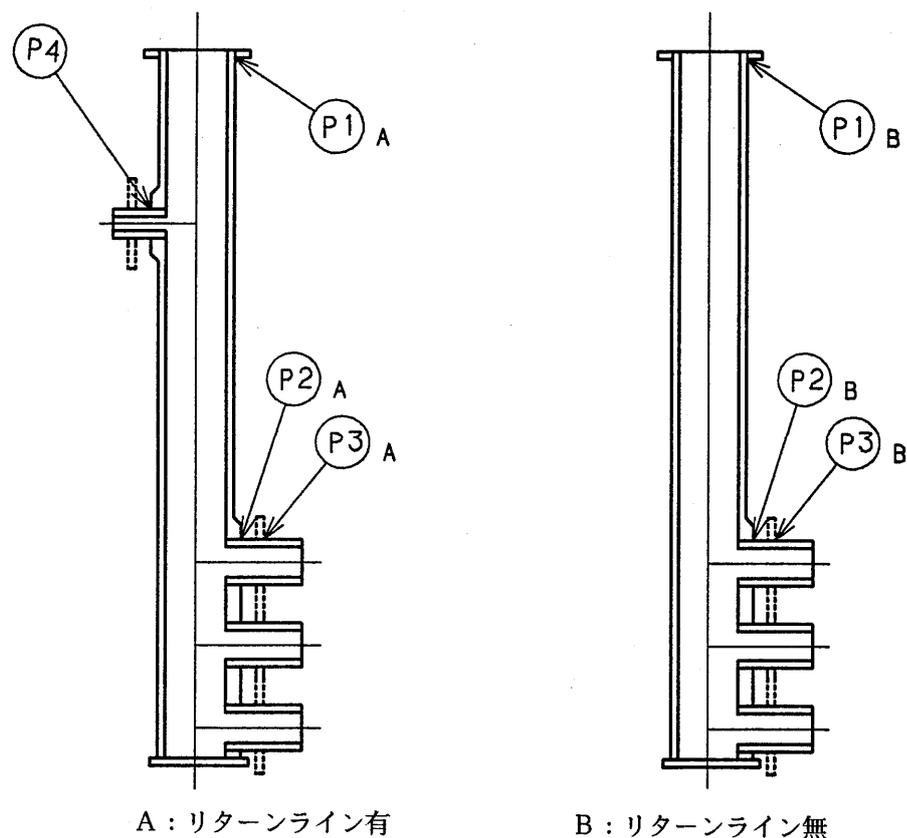


図 4-1 ベント管の応力評価点

4.3.2 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、ベント管質量及び内部水質量を考慮して構造強度評価を実施する。ベント管はコンクリートに埋設されているが、解析においては考慮しない。

解析モデルの概要を以下に示す。

- a. ベント管は、3次元はり要素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4-7に示す。
- b. 垂直管，水平吐出管及びリターンラインをモデル化し，構造強度評価を実施する。



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

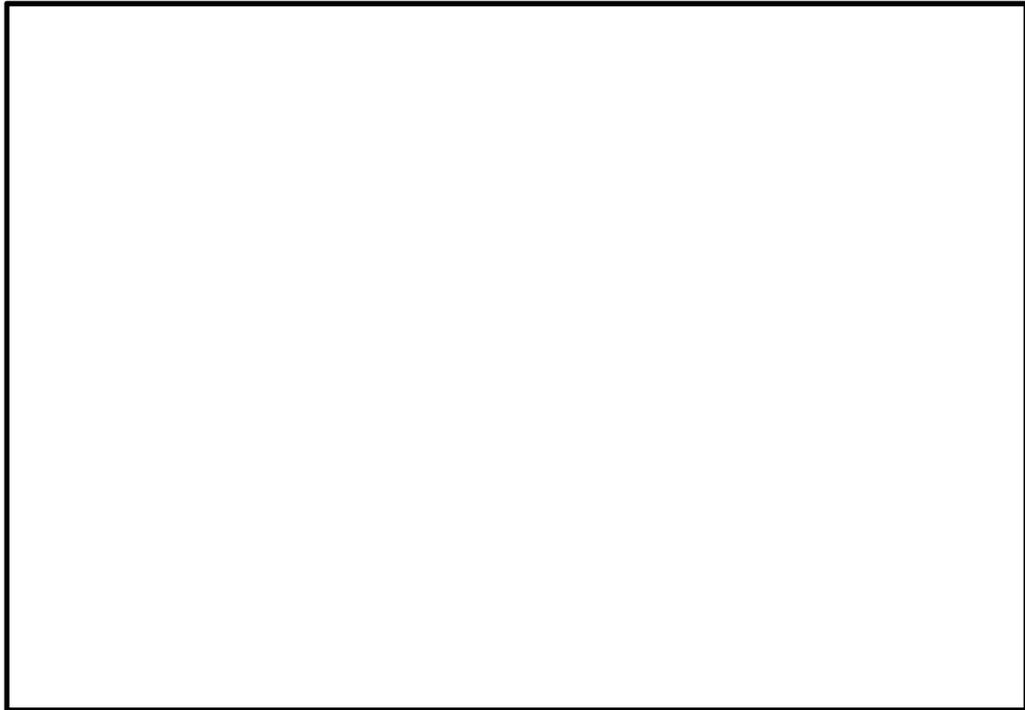


図 4-2 解析モデル

表 4-7 機器諸元

項目	記号	単位	入力値	
			A : リターン ライン有	B : リターン ライン無
質量	m_0	kg	[Redacted]	
水質量	m_1	kg	[Redacted]	
温度条件	T	℃	200	200
縦弾性係数	E	MPa	[Redacted]	
ポアソン比	ν	—	0.3	0.3
要素数	—	—	[Redacted]	
節点数	—	—	[Redacted]	

4.3.3 応力計算方法

ベント管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

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

応力評価点 P1～P4 は「4.3.2 解析モデル及び諸元」に示す解析から得られた荷重と各評価点の断面性能を用いて評価する。

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

ベント管の重大事故等時の状態を考慮した場合の強度評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足している。

(1) 強度評価結果

強度評価結果を表 5-1 及び表 5-2 に示す。

表 5-1 設計・建設規格に基づく重大事故等時に対する評価結果 (D + P_{SA} + M_{SA})

評価対象設備	評価部位		応力分類	重大事故等時		判定	備考
				算出応力	許容応力		
				MPa	MPa		
ベント管	P1-A	垂直管支持部 (リターンライン有)	一次応力	24		○	
	P1-B	垂直管支持部 (リターンライン無)	一次応力	24		○	
	P2-A	水平吐出管の垂直管との結合部 (リターンライン有)	一次応力	26		○	
	P2-B	水平吐出管の垂直管との結合部 (リターンライン無)	一次応力	26		○	
	P3-A	水平吐出管支持部 (リターンライン有)	一次応力	38		○	
	P3-B	水平吐出管支持部 (リターンライン無)	一次応力	38		○	
	P4	リターンラインの垂直管との結合部	一次応力	24		○	

表 5-2 告示第 501 号に基づく重大事故等時に対する評価結果 (D + P_{SA} + M_{SA})

評価対象設備	評価部位		応力分類	重大事故等時		判定	備考
				算出応力	許容応力		
				MPa	MPa		
ベント管	P1-A	垂直管支持部 (リターンライン有)	一次応力	24		○	
	P1-B	垂直管支持部 (リターンライン無)	一次応力	24		○	
	P2-A	水平吐出管の垂直管との結合部 (リターンライン有)	一次応力	26		○	
	P2-B	水平吐出管の垂直管との結合部 (リターンライン無)	一次応力	26		○	
	P3-A	水平吐出管支持部 (リターンライン有)	一次応力	38		○	
	P3-B	水平吐出管支持部 (リターンライン無)	一次応力	38		○	
	P4	リターンラインの垂直管との結合部	一次応力	24		○	

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-3-4-3-4 「ベント管の強度計算書」

VI-3-3-6-2-4 原子炉格納容器安全設備の強度計算書

VI-3-3-6-2-4-1 格納容器スプレイ冷却系の強度計算書

VI-3-3-6-2-4-1-1 管の強度計算書

VI-3-3-6-2-4-1-1-1 ドライウェルスプレイ管及び
サプレッションチェンバスプレイ管
の基本板厚計算書

まえがき

本計算書は、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」に基づくとともに、VI-3-2-9「重大事故等クラス2管の強度計算方法」に準じて計算を行う。

評価条件整理結果を以下に示す。なお、評価条件の整理に当たって使用する記号及び略語については、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)
1	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	3.43	171	3.43	200	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
2	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	3.43	171	3.43	200	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
3	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	3.43	171	3.43	200	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
4	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	3.43	104	3.43	200	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
5	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	3.43	104	3.43	200	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
6	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	3.43	104	3.43	200	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
SP1	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	3.43	171	3.43	200	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
SP2	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	3.43	104	3.43	200	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2

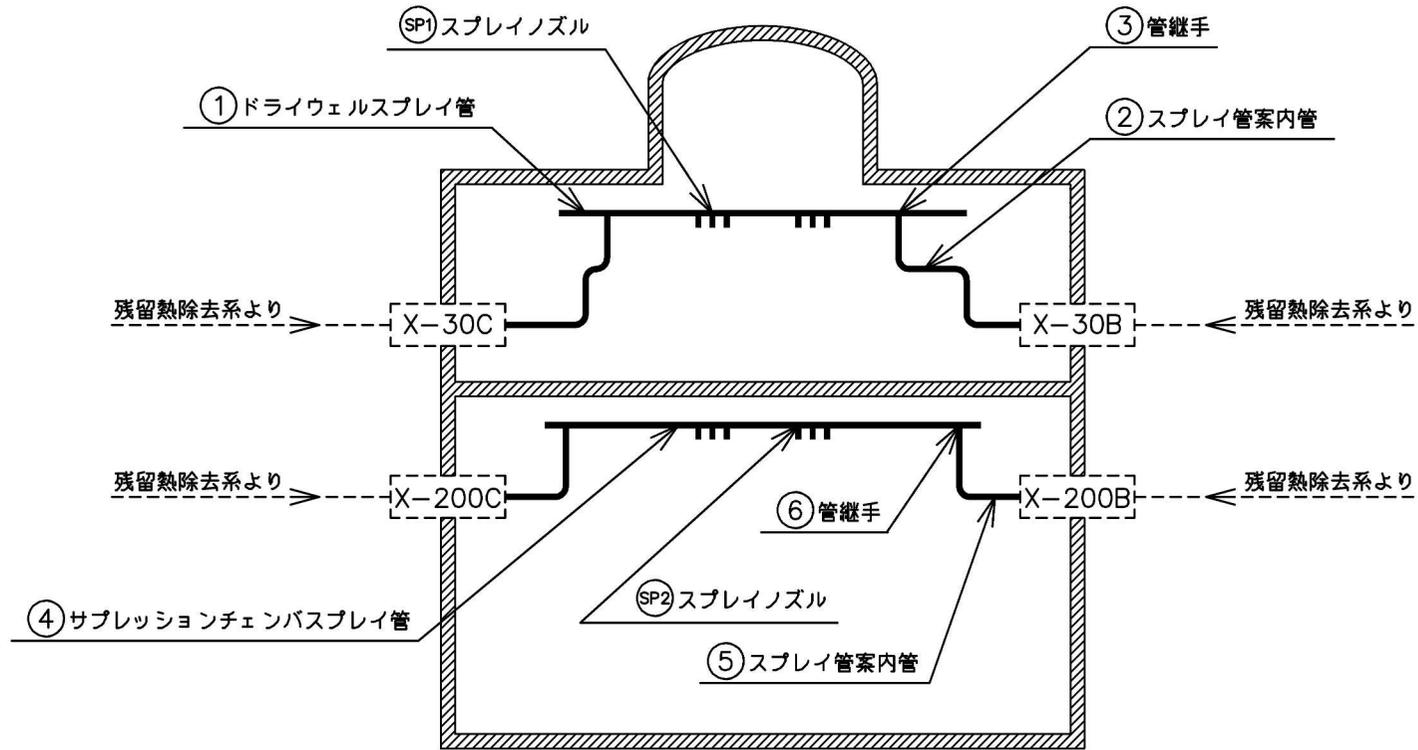
・適用規格の選定

NO.	評価項目	評価区分	判定基準	適用規格
1	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
2	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
3	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
4	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
5	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
6	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
SP1	管の穴と補強計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格
SP2	管の穴と補強計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格

目 次

1. 概略系統図	1
2. 管の強度計算書	2
3. 管の穴と補強計算書	3

1. 概略系統図



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	3.43	200	216.30	12.70	STS410	S	2	103	1.00	12.5%	11.11	3.56	C	3.80
2														
3														
4	3.43	200	114.30	8.60	STS410	S	2	103	1.00	12.5%	7.52	1.88	C	3.40
5														
6														

評価：t s \geq t r, よって十分である。

3. 管の穴と補強計算書 (重大事故等クラス2管)
 補強を要しない穴の最大径
 設計・建設規格 PPC-3422 準用

NO.		SP1	
形 式		—	
最高使用圧力	P (MPa)	3.43	
最高使用温度	(°C)	200	
主管と管台の角度	α (°)	—	
主 管	材 料	STS410	
	許容引張応力	S_r (MPa)	103
	外 径	D_{or} (mm)	216.30
	内 径	D_{ir} (mm)	194.08
	公称厚さ	t_{ro} (mm)	12.70
	厚さの負の許容差	Q_r	12.5%
	最小厚さ	t_r (mm)	11.11
	継手効率	η	1.00
管 台	材 料	—	
	外 径	D_{ob} (mm)	—
	内 径	D_{ib} (mm)	—
	公称厚さ	t_{bn} (mm)	—
穴の径	d (mm)	□	
$d_{r1} = D_{ir} / 4$	(mm)		
61, d_{r1} の小さい値	(mm)		
K		—	
200, d_{r2} の小さい値	(mm)	—	
補強不要な穴の最大径	d_{fr} (mm)	□	
<p>評価: $d \leq d_{fr}$</p> <p>よって管の穴の補強計算は必要ない。</p>			

管の穴と補強計算書 (重大事故等クラス2管)
 補強を要しない穴の最大径
 設計・建設規格 PPC-3422 準用

NO.		SP2	
形 式		—	
最高使用圧力	P (MPa)	3.43	
最高使用温度	(°C)	200	
主管と管台の角度	α (°)	—	
主 管	材 料	STS410	
	許容引張応力	S_r (MPa)	103
	外 径	D_{or} (mm)	114.30
	内 径	D_{ir} (mm)	99.26
	公称厚さ	t_{ro} (mm)	8.60
	厚さの負の許容差	Q_r	12.5%
	最小厚さ	t_r (mm)	7.52
	継手効率	η	1.00
管 台	材 料	—	
	外 径	D_{ob} (mm)	—
	内 径	D_{ib} (mm)	—
	公称厚さ	t_{bn} (mm)	—
穴の径	d (mm)	□	
$d_{r1} = D_{ir} / 4$	(mm)		
61, d_{r1} の小さい値	(mm)	□	
K			
200, d_{r2} の小さい値	(mm)	□	
補強不要な穴の最大径	d_{fr} (mm)		
評価: $d \leq d_{fr}$ よって管の穴の補強計算は必要ない。			

K6 ① VI-3-3-6-2-4-1-1-1 ROE

VI-3-3-6-2-4-1-1-2 ドライウェルスプレイ管の強度計算書

まえがき

本計算書は、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-3-2-9「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

機器名称	既設 or 新設	施設時の 技術基準 に対象と する施設 の規定が あるか	クラスアップするか				条件アップするか				既工認に おける 評価結果 の有無	施設時の 適用規格	評価 区分	同等性 評価区分	評価 クラス	
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB条件		SA条件						
								圧力 (MPa)	温度 (°C)	圧力 (MPa)						温度 (°C)
ドライウェル スプレイ管	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	3.43	171	3.43	200	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・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	7
4.1 強度評価方法	7
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	7
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	7
4.2.2 許容応力	7
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	7
4.2.4 設計荷重	10
4.3 計算方法	11
4.3.1 応力評価点	11
4.3.2 解析モデル及び諸元	13
4.3.3 応力計算方法	14
4.4 計算条件	14
4.5 応力の評価	14
5. 評価結果	15
5.1 重大事故等対処設備としての評価結果	15
6. 参照図書	18

1. 概要

本計算書は、ドライウェルスプレイ管の強度計算書である。

ドライウェルスプレイ管は、設計基準対象施設のドライウェルスプレイ管を重大事故等クラス2管として兼用する機器である。

以下、重大事故等クラス2管として、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-3-2-9「重大事故等クラス2管の強度計算方法」に基づき、ドライウェルスプレイ管の強度評価を示す。

なお、本計算書においては、重大事故等時における荷重に対して、平成4年3月27日付け3資庁第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

ドライウェルスプレイ管の構造計画を表2-1に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>ドライウェルスプレイ管の配管サポートは、原子炉格納容器トップスラブ部に支持される。</p> <p>ドライウェルスプレイ管案内管は原子炉格納容器貫通部及びパイプホイップレストレストストラクチャに支持される。</p> <p>ドライウェルスプレイ管は原子炉格納容器トップスラブ部を介して鉛直方向荷重及び水平方向荷重が原子炉建屋に伝達される。</p>	<p>ドライウェルスプレイ管は、外径 216.3mm 及び厚さ 12.7mm のパイプで作られ、直径 m の円環構造である。</p> <p>ドライウェルスプレイ管案内管は、外径 216.3mm 及び厚さ 12.7mm のパイプで作られ、スプレイ管と原子炉格納容器をつなぐ構造である。</p>	<p style="text-align: right;">(単位 : mm)</p>

2.2 評価方針

ドライウェルスプレイ管の応力評価は、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-3-2-9「重大事故等クラス2管の強度計算方法」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「3. 評価部位」にて設定する箇所において重大事故等時における温度、圧力による応力等が許容限界内に収まることを、「4. 強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5. 評価結果」に示す。

ドライウェルスプレイ管の強度評価フローを図2-1に示す。

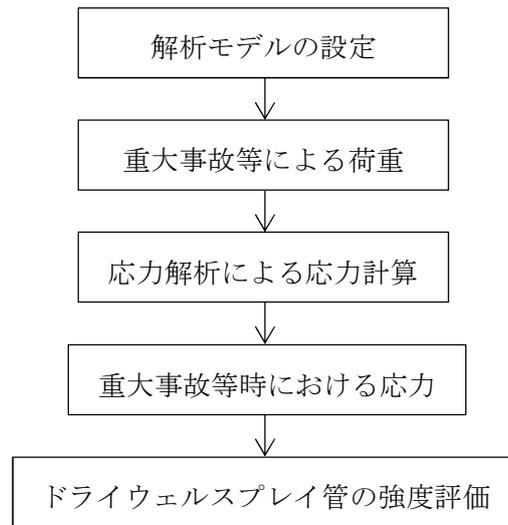


図2-1 ドライウェルスプレイ管の強度評価フロー

2.3 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- ・発電用原子力設備規格（設計・建設規格（2005年版（2007年追補版含む。））J S M E S N C 1-2005/2007）（日本機械学会 2007年9月）（以下「設計・建設規格」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
D	死荷重, 直径	—, mm
P_{SA}	圧力 (SA後圧力)	kPa
S	許容引張応力	MPa
S_m	設計応力強さ	MPa
S_u	設計引張強さ	MPa
S_y	設計降伏点	MPa
t	厚さ	mm
T_{SA}	温度 (SA後温度)	°C

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。

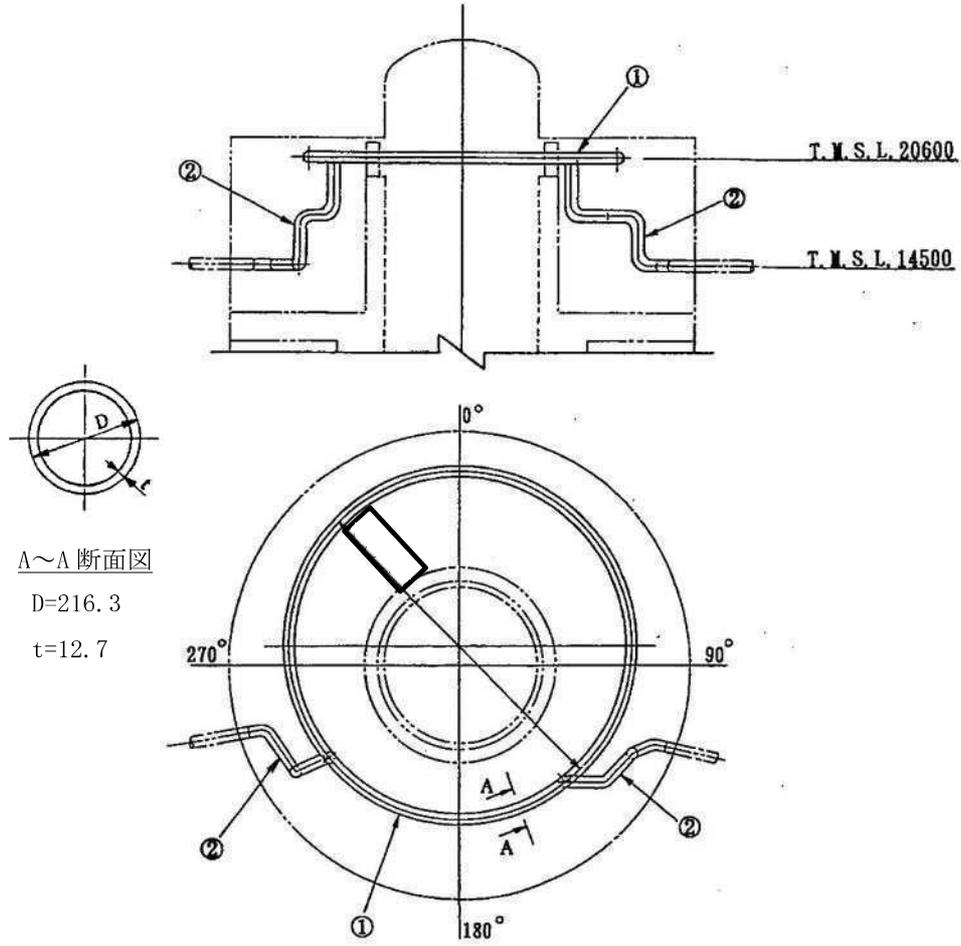
表 2-2 表示する数値の丸め方

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
許容応力*	MPa	小数点第1位	切捨て	整数位
算出応力	MPa	小数点第1位	切上げ	整数位

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

3. 評価部位

ドライウェルスプレイ管の形状及び主要寸法を図3-1に、評価部位及び使用材料を表3-1に示す。



①ドライウェルスプレイ管 ②スプレイ管案内管

(単位：mm)

図3-1 ドライウェルスプレイ管の形状及び主要寸法

表3-1 評価部位及び使用材料表

評価部位	使用材料	備考
ドライウェルスプレイ管 及びスプレイ管案内管	STS42	STS410 相当

4. 強度評価

4.1 強度評価方法

(1) ドライウェルスプレイ管は、配管サポートが原子炉格納容器トップスラブ部に支持された構造であり、荷重は原子炉格納容器トップスラブ部を介して原子炉建屋に伝達される。

ドライウェルスプレイ管の強度評価として、参照図書(1)に示す既工認の手法に従い強度評価を行う。

(2) 強度評価に用いる寸法は、公称値を用いる。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

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

詳細な荷重の組合せは、対象機器の設置位置等を考慮し決定する。なお、考慮する荷重の組合せは、組み合わせる荷重の大きさを踏まえ、評価上厳しくなる組合せを選定する。

4.2.2 許容応力

ドライウェルスプレイ管の許容応力は、VI-3-2-9「重大事故等クラス2管の強度計算方法」に基づき表4-2及び表4-3に示すとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

ドライウェルスプレイ管の使用材料の許容応力評価条件のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-4及び表4-5に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	機器等の区分	荷重の組合せ	状態
原子炉格納施設	圧力低減設備 その他の安全設備	ドライウェル スプレイ管	重大事故等 クラス 2 管	$D + P_{SA}$	重大事故等時

表4-2 許容応力（設計・建設規格 PPC-3520）

応力分類	一次応力 (曲げ応力を含む。)
供用状態	
重大事故等時*	$1.5 \cdot S$

注記*：設計・建設規格の供用状態A，Bでの許容応力を用いる。

表4-3 許容応力（告示第501号第56条）

応力分類	一次応力 (曲げ応力を含む。)
許容応力状態	
許容応力状態V*	S

注記*：告示第501号の許容応力状態I_A，II_Aでの許容応力を用いる。

表4-4 設計・建設規格に基づく強度評価に用いる使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _m (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S (MPa)
		周囲環境 温度	200				
ドライウェルスプレイ管 及びスプレイ管案内管	STS42*	周囲環境 温度	200	—	—	—	103

注記* : STS410 相当

表4-5 告示第501号に基づく強度評価に用いる使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _m (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S (MPa)
		周囲環境 温度	200				
ドライウェルスプレイ管 及びスプレイ管案内管	STS42*	周囲環境 温度	200	—	—	—	102

注記* : STS410 相当

4.2.4 設計荷重

(1) 重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度

重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度は、以下のとおりとする。

原子炉格納容器内圧 P_{SA} 620kPa (SA後)

温度 T_{SA} 200°C (SA後)

注：重大事故等時においては、ドライウェルスプレイ管の最高使用圧力
(3.43MPa)を用いて評価する。

4.3 計算方法

4.3.1 応力評価点

ドライウェルスプレイ管の応力評価点は、ドライウェルスプレイ管を構成する各部材において、発生応力が最も大きくなる箇所とする。選定した応力評価点を表4-6及び図4-1に示す。

応力計算方法は既工認から変更はなく、参照図書(1)に示すとおりである。

表 4-6 応力評価点

応力評価点番号	応力評価点
P 1	スプレイ管
P 2	スプレイ管とスプレイ管案内管との接続部
P 3	スプレイ管案内管

12

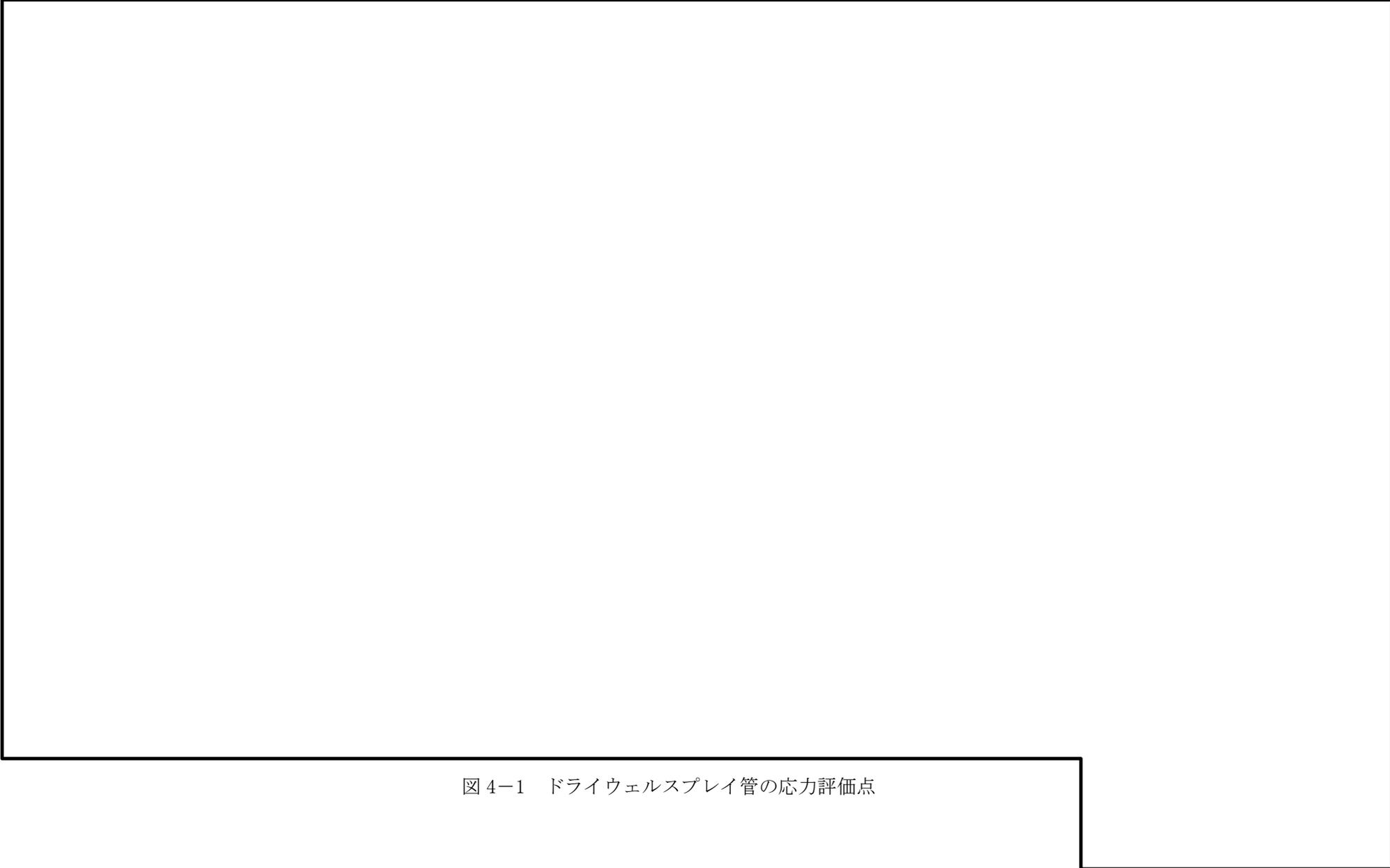


図 4-1 ドライウェルスプレイ管の応力評価点

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、ドライウェルスプレイ管質量及び内部水質量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. ドライウェルスプレイ管は、3次元はり要素による有限要素解析手法を適用する。解析モデルを図4-1に、機器の諸元について表4-7に示す。
- b. ドライウェルスプレイ管及びスプレイ管案内管をモデル化し、応力解析を行う。
- c. 拘束条件は、ドライウェルスプレイ管においては、レストレイントを支持条件（レストレイントの向きに応じた並進拘束）とする。また、スプレイ管案内管においては、レストレイントを支持条件とし、アンカ部を固定条件（並進拘束及び回転拘束）とする。
- d. 解析コードは「I S A P」を使用する。なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

表4-7 機器諸元

項目		記号	単位	入力値
質量*	ドライウェルスプレイ管	m_0	N/m	
	スプレイ管案内管	m_1	N/m	
温度条件		T_D	℃	200
縦弾性係数(設計・建設規格)		E	MPa	191000
縦弾性係数(告示501号)		E	MPa	186326
ポアソン比		ν	—	0.3
要素数		—	—	
節点数		—	—	

注記*：ドライウェルスプレイ管には、管内保有水及びノズルの質量を含む。スプレイ管案内管には、管内保有水の質量を含む。

4.3.3 応力計算方法

ドライウェルスプレイ管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

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～P3は「4.3.2 解析モデル及び諸元」に示す解析から得られた荷重と各評価点の断面性能を用いて評価する。

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

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

(1) 強度評価結果

強度評価結果を表 5-1 及び表 5-2 に示す。

表 5-1 設計・建設規格に基づく重大事故等時に対する評価結果 (D + P_{SA})

評価対象設備	応力評価点		応力分類	重大事故等時		判定	備考
				算出応力	許容応力		
				MPa	MPa		
ドライウェル スプレイ管	P1	スプレイ管	一次応力	32	154	○	
	P2	スプレイ管とスプレイ管 案内管との接続部	一次応力	31	154	○	
	P3	スプレイ管案内管	一次応力	27	154	○	

表 5-2 告示第 5 0 1 号に基づく重大事故等時に対する評価結果 (D + P_{SA})

評価対象設備	応力評価点		応力分類	許容応力状態 V		判定	備考
				算出応力	許容応力		
				MPa	MPa		
ドライウェル スプレイ管	P1	スプレイ管	一次応力	25	102	○	
	P2	スプレイ管とスプレイ管 案内管との接続部	一次応力	23	102	○	
	P3	スプレイ管案内管	一次応力	26	102	○	

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-3-4-3-5 「ドライウェルスプレイ管の強度計算書」

VI-3-3-6-2-4-1-1-3 サプレッションチェンバスプレイ管の
強度計算書

まえがき

本計算書は、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-3-2-9「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

機器名称	既設 or 新設	施設時の 技術基準 に対象と する施設 の規定が あるか	クラスアップするか				条件アップするか				既工認に おける 評価結果 の有無	施設時の 適用規格	評価 区分	同等性 評価区分	評価 クラス	
			クラス アップ の有無	施設時 機器 クラス	DB クラス	SA クラス	条件 アップ の有無	DB条件		SA条件						
								圧力 (MPa)	温度 (℃)	圧力 (MPa)						温度 (℃)
サプレッション チェンバ スプレイ管	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	3.43	104	3.43	200	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・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	7
4.1 強度評価方法	7
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	7
4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態	7
4.2.2 許容応力	7
4.2.3 使用材料の許容応力評価条件	7
4.2.4 設計荷重	10
4.3 計算方法	11
4.3.1 応力評価点	11
4.3.2 解析モデル及び諸元	13
4.3.3 応力計算方法	14
4.4 計算条件	14
4.5 応力の評価	14
5. 評価結果	15
5.1 重大事故等対処設備としての評価結果	15
6. 参照図書	18

1. 概要

本計算書は、サプレッションチェンバスプレイ管の強度計算書である。

サプレッションチェンバスプレイ管は、設計基準対象施設のサプレッションチェンバスプレイ管を重大事故等クラス2管として兼用する機器である。

以下、重大事故等クラス2管として、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-3-2-9「重大事故等クラス2管の強度計算方法」に基づき、サプレッションチェンバスプレイ管の強度評価を示す。

なお、本計算書においては、重大事故等時における荷重に対して、平成4年3月27日付け3資庁第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

サプレッションチェンバスプレイ管の構造計画を表2-1に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>サブプレッションチェンバースプレイ管の配管サポートは、ダイヤフラムフロア部に支持される。</p> <p>サブプレッションチェンバースプレイ管案内管は原子炉格納容器貫通部に支持される。</p> <p>サブプレッションチェンバースプレイ管はダイヤフラムフロア部を介して鉛直方向荷重及び水平方向荷重が原子炉建屋に伝達される。</p>	<p>サブプレッションチェンバースプレイ管は、外径 114.3mm 及び厚さ 8.6mm のパイプで作られ、直径 \squarem の円環構造である。</p> <p>サブプレッションチェンバースプレイ管案内管は、外径 114.3mm 及び厚さ 8.6mm のパイプで作られ、スプレイ管と原子炉格納容器をつなぐ構造である。</p>	<p>サブプレッションチェンバースプレイ管</p> <p>サブプレッションチェンバースプレイ管案内管</p> <p>管継手</p> <p>スプレイ管</p> <p>スプレイ管案内管</p> <p>A部詳細図</p> <p>(単位：mm)</p>

2.2 評価方針

サブプレッションチェンバスプレイ管の応力評価は、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-3-2-9「重大事故等クラス2管の強度計算方法」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「3. 評価部位」にて設定する箇所において重大事故等時における温度、圧力による応力等が許容限界内に収まることを、「4. 強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5. 評価結果」に示す。

サブプレッションチェンバスプレイ管の強度評価フローを図2-1に示す。

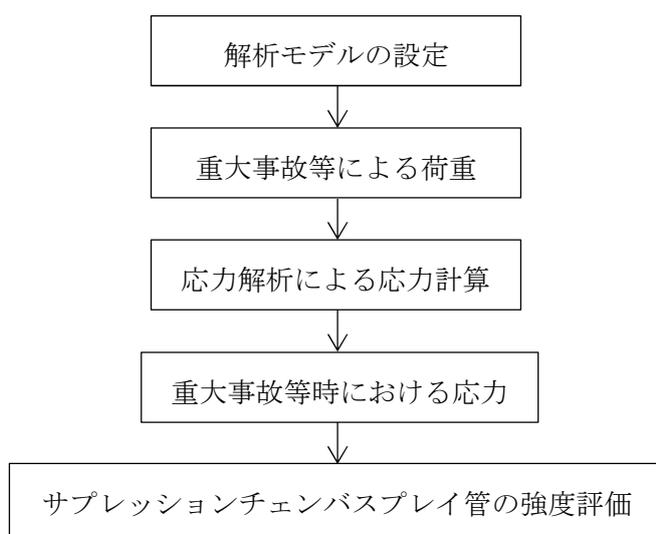


図2-1 サブプレッションチェンバスプレイ管の強度評価フロー

2.3 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- ・発電用原子力設備規格（設計・建設規格（2005年版（2007年追補版含む。））J S M E S N C 1-2005/2007）（日本機械学会 2007年9月）（以下「設計・建設規格」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
D	死荷重, 直径	—, mm
P_{SA}	圧力 (SA後圧力)	kPa
S	許容引張応力	MPa
S_m	設計応力強さ	MPa
S_u	設計引張強さ	MPa
S_y	設計降伏点	MPa
t	厚さ	mm
T_{SA}	温度 (SA後温度)	°C

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。

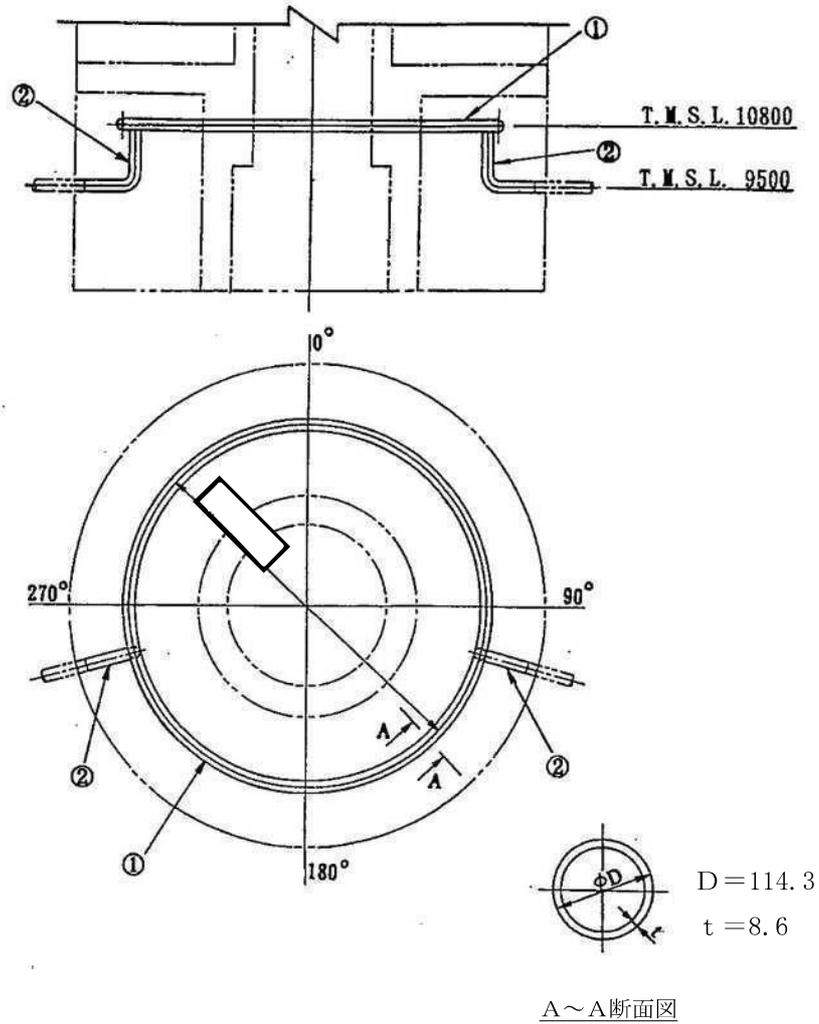
表 2-2 表示する数値の丸め方

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
許容応力*	MPa	小数点以下第1位	切捨て	整数位
算出応力	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位

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

3. 評価部位

サプレッションチェンバスプレイ管の形状及び主要寸法を図 3-1 に、評価部位及び使用材料を表 3-1 に示す。



①サプレッションチェンバスプレイ管 ②スプレイ管案内管

(単位：mm)

図 3-1 サプレッションチェンバスプレイ管の形状及び主要寸法

表 3-1 評価部位及び使用材料表

評価部位	使用材料	備考
サプレッションチェンバスプレイ管 及びスプレイ管案内管	STS42	STS410 相当

4. 強度評価

4.1 強度評価方法

- (1) サプレッションチェンバスプレイ管は、配管サポートがダイヤフラムフロア部に支持された構造であり、荷重はダイヤフラムフロア部を介して原子炉建屋に伝達される。

サプレッションチェンバスプレイ管の強度評価として、参照図書(1)に示す既工認の手法に従い強度評価を行う。

- (2) 強度評価に用いる寸法は、公称値を用いる。

4.2 荷重の組合せ及び許容応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

サプレッションチェンバスプレイ管の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-1 に示す。

詳細な荷重の組合せは、対象機器の設置位置等を考慮し決定する。なお、考慮する荷重の組合せは、組み合わせる荷重の大きさを踏まえ、評価上厳しくなる組合せを選定する。

4.2.2 許容応力

サプレッションチェンバスプレイ管の許容応力は、VI-3-2-9「重大事故等クラス 2 管の強度計算方法」に基づき表 4-2 及び表 4-3 に示すとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

サプレッションチェンバスプレイ管の使用材料の許容応力評価条件のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-4 及び表 4-5 に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	機器等の区分	荷重の組合せ	状態
原子炉格納施設	圧力低減設備 その他の安全設備	サプレッションチェンバ スプレイ管	重大事故等 クラス2管	$D + P_{SA}$	重大事故等時

表4-2 許容応力（設計・建設規格 PPC-3520）

応力分類	一次応力 (曲げ応力を含む。)
供用状態	
重大事故等時*	$1.5 \cdot S$

注記*：設計・建設規格の供用状態A，Bでの許容応力を用いる。

表4-3 許容応力（告示第501号第56条）

応力分類	一次応力 (曲げ応力を含む。)
許容応力状態	
許容応力状態V*	S

注記*：告示第501号の許容応力状態I_A，II_Aでの許容応力を用いる。

表4-4 設計・建設規格に基づく強度評価に用いる使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _m (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S (MPa)
		周囲環境 温度	200				
サプレッションチェンバ スプレイ管 及びスプレイ管案内管	STS42*	周囲環境 温度	200	—	—	—	103

注記* : STS410 相当

表4-5 告示第501号に基づく強度評価に用いる使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S _m (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S (MPa)
		周囲環境 温度	200				
サプレッションチェンバ スプレイ管 及びスプレイ管案内管	STS42*	周囲環境 温度	200	—	—	—	102

注記* : STS410 相当

4.2.4 設計荷重

(1) 重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度

重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度は、以下のとおりとする。

原子炉格納容器内圧 P_{SA} 620kPa (SA後)

温度 T_{SA} 200°C (SA後)

注：重大事故等時においては、サブプレッションチェンバースプレイ管の最高使用圧力 (3.43MPa) を用いて評価する。

4.3 計算方法

4.3.1 応力評価点

サブプレッションチェンバスプレイ管の応力評価点は、サブプレッションチェンバスプレイ管を構成する各部材において、発生応力が最も大きくなる箇所とする。選定した応力評価点を表 4-6 及び図 4-1 に示す。

応力計算方法は既工認から変更はなく、参考図書(1)に示すとおりである。

表 4-6 応力評価点

応力評価点番号	応力評価点
P 1	スプレイ管
P 2	スプレイ管とスプレイ管案内管との接続部
P 3	スプレイ管案内管

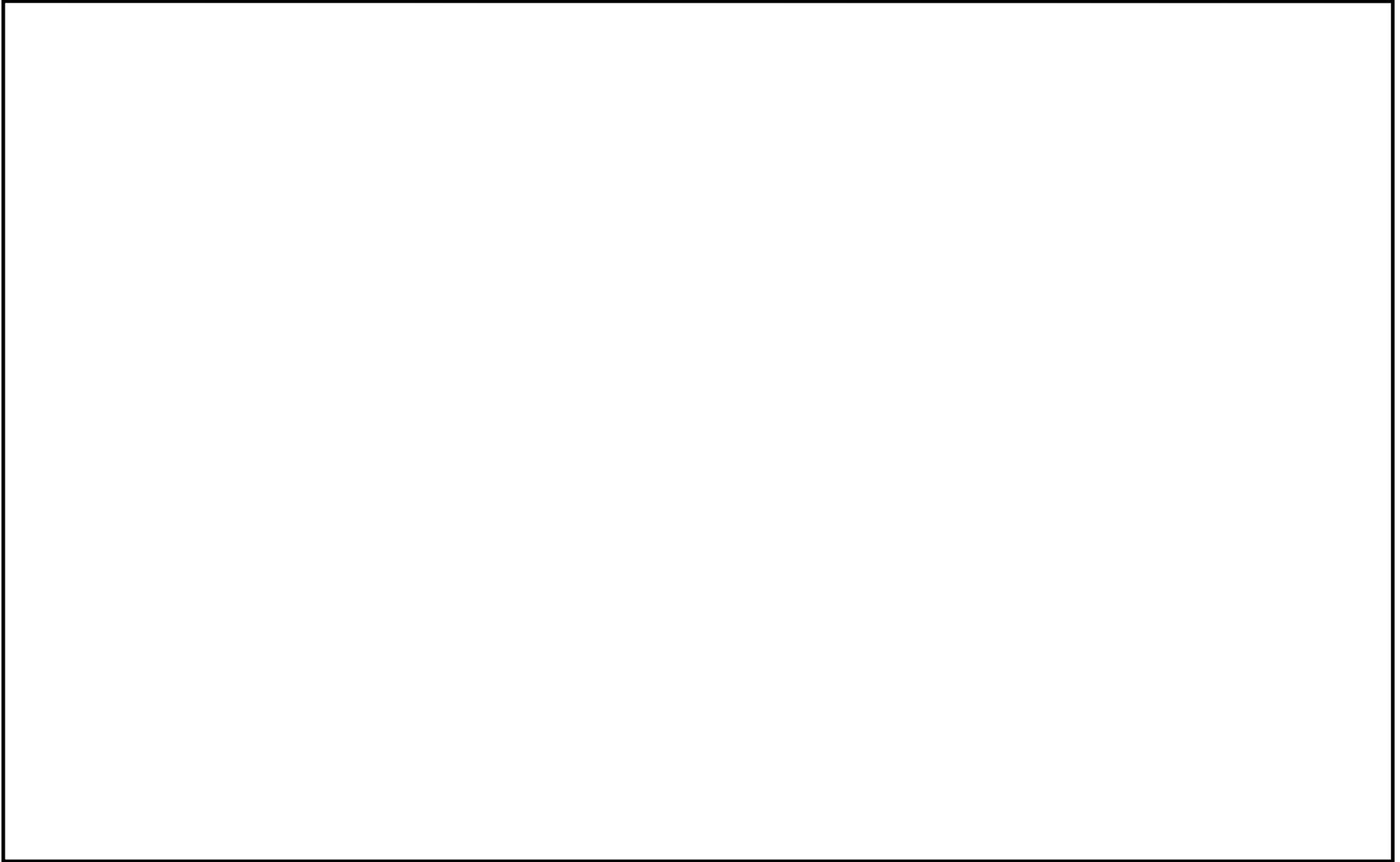


図 4-1 サプレッションチェンバースプレイ管の応力評価点

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、サブプレッションチェンバスプレイ管質量及び内部水質量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. サプレッションチェンバスプレイ管は、3次元はり要素による有限要素解析手法を適用する。解析モデルを図4-1に、機器の諸元について表4-7に示す。
- b. サプレッションチェンバスプレイ管及びスプレイ管案内管をモデル化し、応力解析を行う。
- c. 拘束条件は、サブプレッションチェンバスプレイ管においては、レストレイントを支持条件（レストレイントの向きに応じた並進拘束）とする。また、スプレイ管案内管においては、レストレイントを支持条件とし、アンカ部を固定条件（並進拘束及び回転拘束）とする。
- d. 解析コードは「I S A P」を使用する。なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

表4-7 機器諸元

項目		記号	単位	入力値
質量*	サブプレッションチェンバスプレイ管	m_0	N/m	
	スプレイ管案内管	m_1	N/m	
温度条件		T_{SAD}	°C	200
縦弾性係数(設計・建設規格)		E	MPa	191000
縦弾性係数(告示501号)		E	MPa	186326
ポアソン比		ν	—	0.3
要素数		—	—	
節点数		—	—	

注記*：サブプレッションチェンバスプレイ管には、管内保有水及びノズルの質量を含む。
スプレイ管案内管には、管内保有水の質量を含む。

4.3.3 応力計算方法

サプレッションチェンバ管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

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

応力評価点 P1～P3 は「4.3.2 解析モデル及び諸元」に示す解析から得られた荷重と各評価点の断面性能を用いて評価する。

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

サブプレッションチェンバスプレイ管の重大事故等時の状態を考慮した場合の強度評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足している。

(1) 強度評価結果

強度評価結果を表 5-1 及び表 5-2 に示す。

表 5-1 設計・建設規格に基づく重大事故等時に対する評価結果 (D + P_{SA})

評価対象設備	評価部位		応力分類	重大事故等時		判定	備考
				算出応力	許容応力		
				MPa	MPa		
サプレッション チェンバ スプレイ管	P1	スプレイ管	一次応力	36	154	○	
	P2	スプレイ管とスプレイ管案内管との接続部	一次応力	18	154	○	
	P3	スプレイ管案内管	一次応力	23	154	○	

表 5-2 告示第 501 号に基づく重大事故等時に対する評価結果 (D + P_{SA})

評価対象設備	評価部位		応力分類	許容応力状態V		判定	備考
				算出応力	許容応力		
				MPa	MPa		
サプレッション チェンバ スプレイ管	P1	スプレイ管	一次応力	31	102	○	
	P2	スプレイ管とスプレイ管案内管 との接続部	一次応力	16	102	○	
	P3	スプレイ管案内管	一次応力	22	102	○	

6. 参照図書

(1) 柏崎刈羽原子力発電所第6号機 第2回工事計画認可申請書

IV-3-4-3-6 「サブプレッションチェンバースプレイ管の強度計算書」

VI-3-3-6-2-4-2 格納容器下部注水系の強度計算書

VI-3-3-6-2-4-2-1 管の強度計算書

VI-3-3-6-2-4-2-1-1 管の基本板厚計算書

まえがき

本計算書は、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	有	1.37	66	2.00	85	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
2	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	有	1.37	66	2.00	85	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
3	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	1.37	171	2.00	200	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
4	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	0.31	171	0.62	200	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
5	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	有	0.31	171	0.62	200	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2

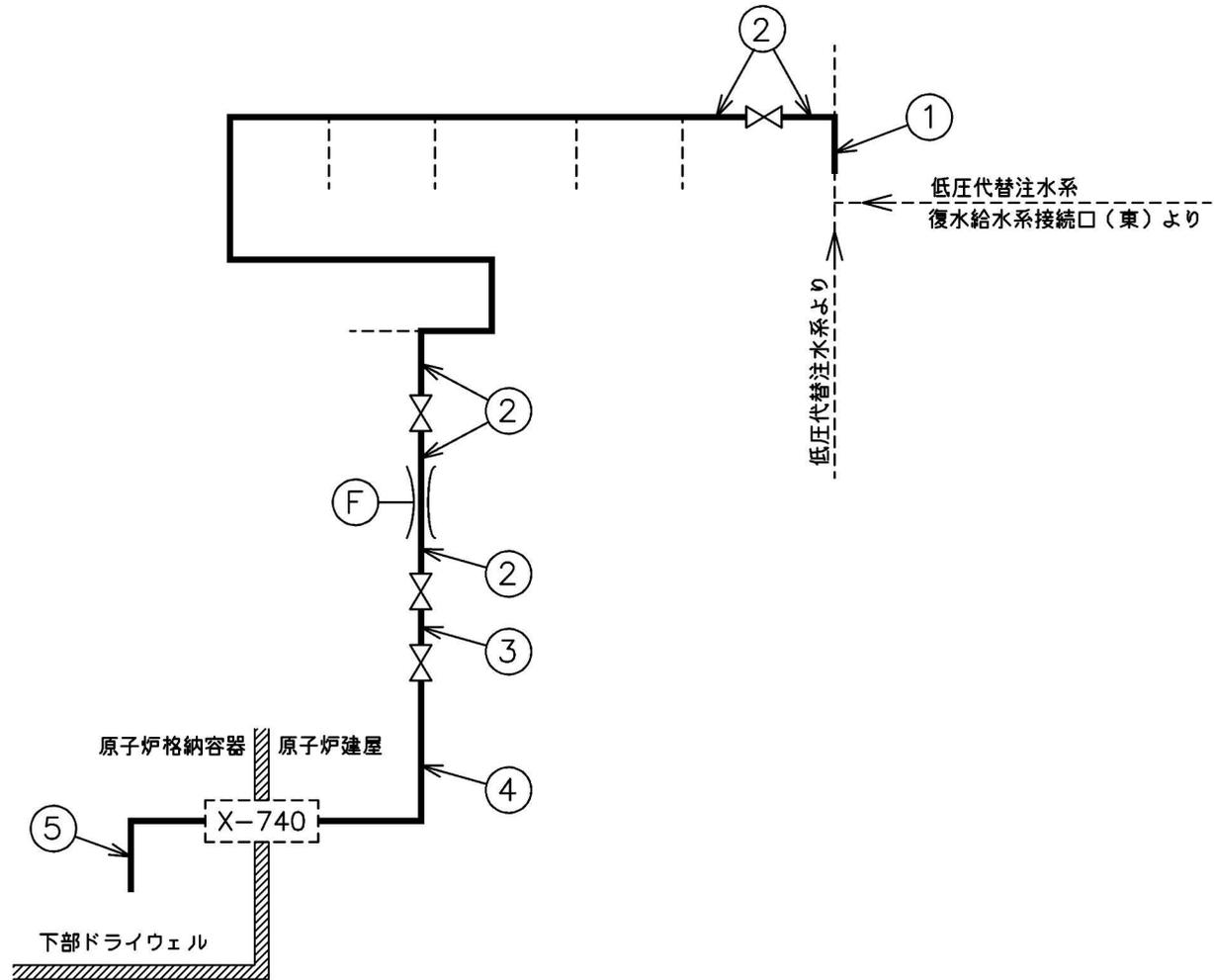
・適用規格の選定

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

目 次

1. 概略系統図	1
2. 管の強度計算書	2

1. 概略系統図



格納容器下部注水系概略系統図

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	2.00	85	216.30	8.20	STPT370	S	2	93	1.00	12.5%	7.17	2.31	C	3.80
2	2.00	85	114.30	6.00	STPT370	S	2	93	1.00	12.5%	5.25	1.22	C	3.40
3	2.00	200	114.30	6.00	STS410	S	2	103	1.00	12.5%	5.25	1.11	C	3.40
4	0.62	200	114.30	6.00	STS410	S	2	103	1.00	12.5%	5.25	0.35	C	3.40
5	0.62	200	114.30	6.00	STPT370	S	2	93	1.00	12.5%	5.25	0.38	C	3.40

評価：t s \geq t r, よって十分である。

VI-3-3-6-2-4-2-1-2 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)
KMUWC-213	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	有	1.37	66	2.00	85	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
KMUWC-213	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	1.37	171	2.00	200	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
KMUWC-213	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	0.31	171	0.62	200	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
KMUWC-213	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	有	0.31	171	0.62	200	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2
KMUWC-891	既設	有	有	DB-3	DB-3	SA-2	有	1.37	66	2.00	85	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2

目 次

1. 概要	1
2. 概略系統図及び鳥瞰図	2
2.1 概略系統図	2
2.2 鳥瞰図	7
3. 計算条件	9
3.1 設計条件	9
3.2 材料及び許容応力	15
4. 評価結果	17
5. 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果	19

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、格納容器下部注水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

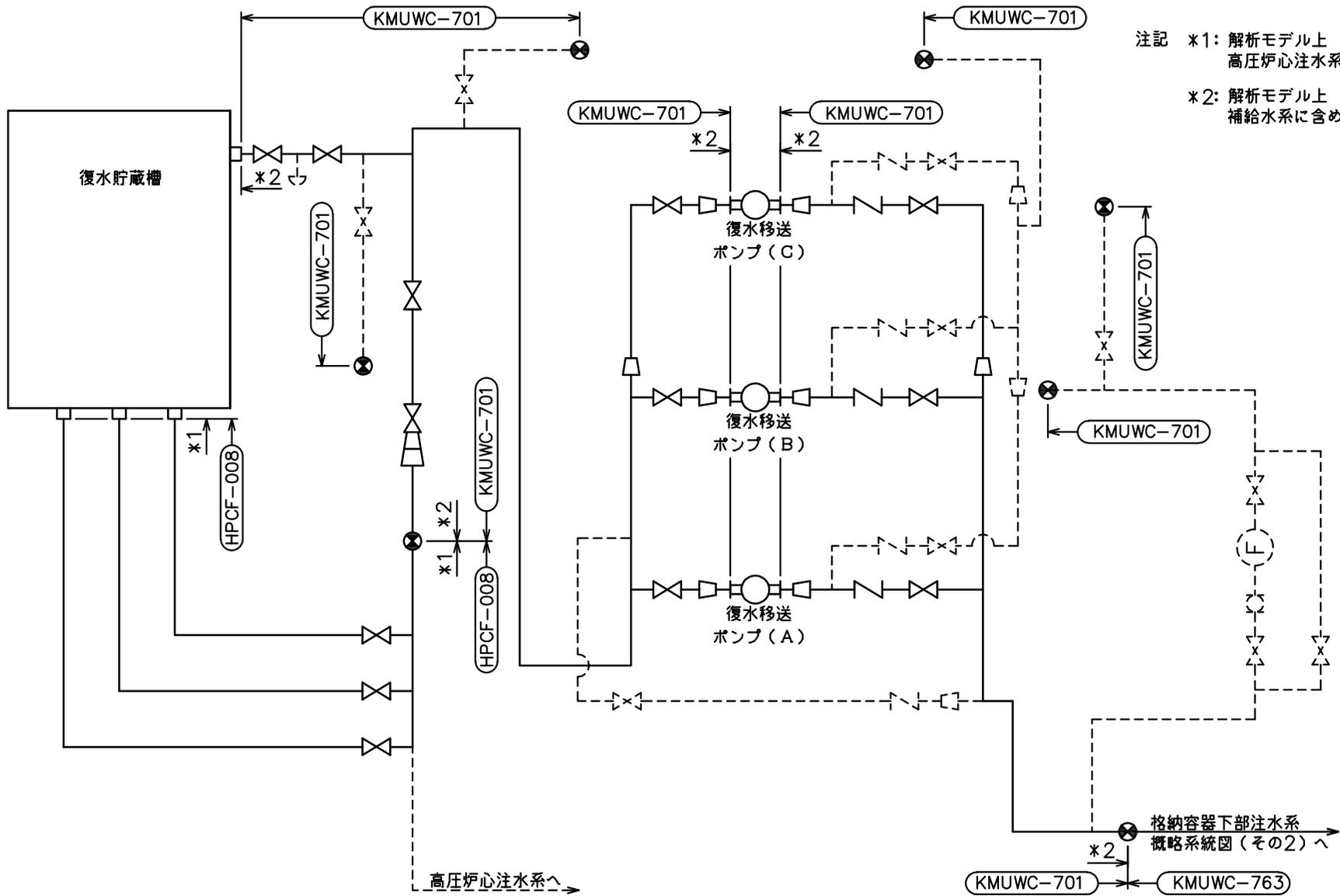
設計及び工事の計画書に記載される範囲の管のうち、設計条件あるいは管クラスに変更がある管における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全2モデルのうち、最大応力評価点の許容値／発生値（裕度）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。代表モデルの選定及び全モデルの評価結果を5.に記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例

記号例	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

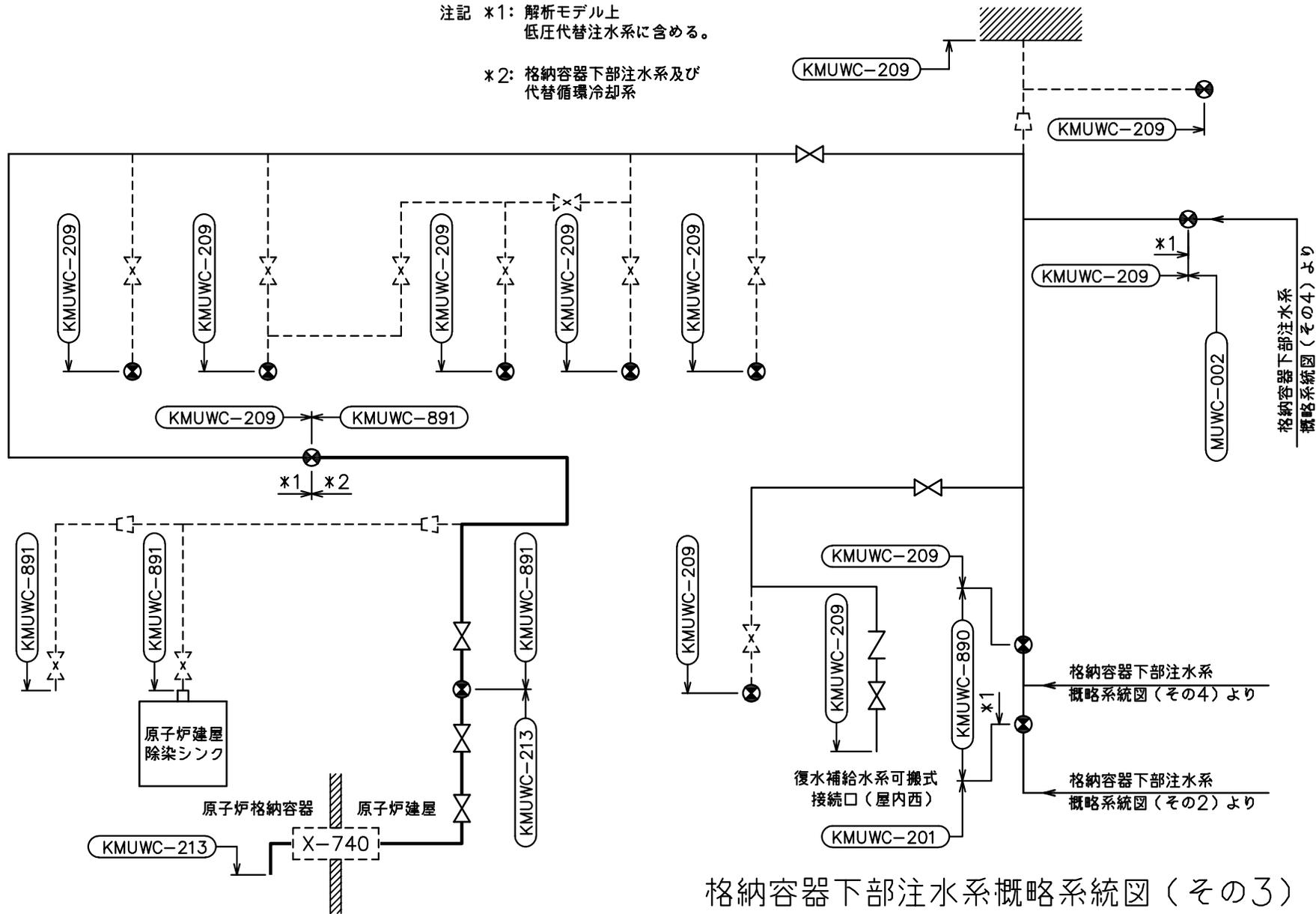


注記 *1: 解析モデル上
高圧炉心注水系に含める。
*2: 解析モデル上
補給水系に含める。

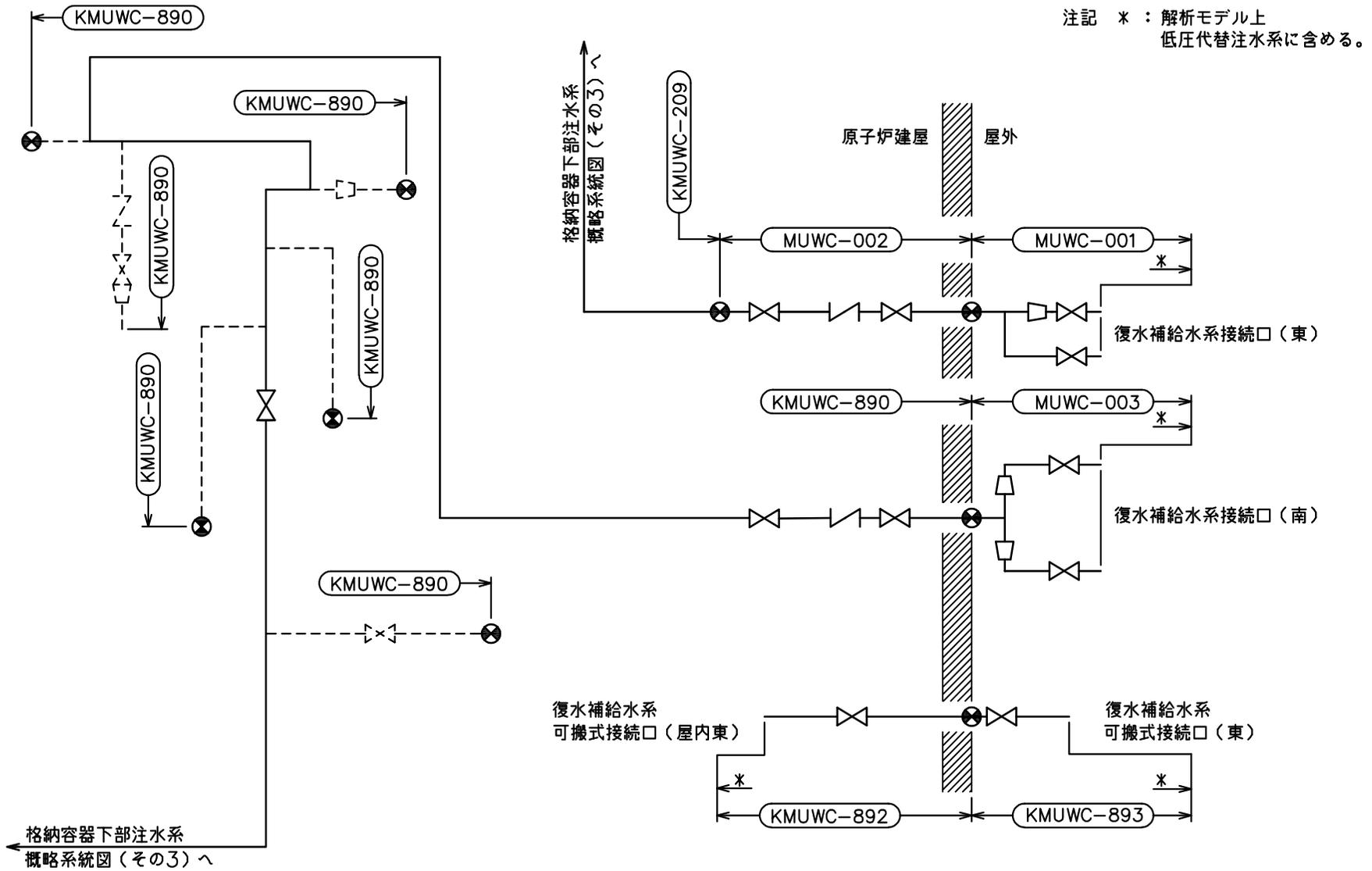
格納容器下部注水系概略系統図(その1)

注記 *1: 解析モデル上
低圧代替注水系に含める。

*2: 格納容器下部注水系及び
代替循環冷却系



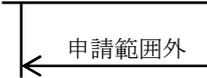
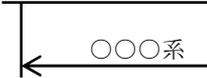
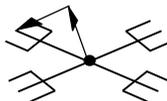
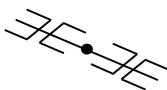
格納容器下部注水系概略系統図(その3)



格納容器下部注水系概略系統図(その4)

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-3-3-6-2-4-2-1-2 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 K M U W C - 2 1 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	2.00	85	114.3	6.0	STPT370
2	2.00	200	114.3	6.0	STS410
3	0.620	200	114.3	6.0	STS410
4	0.620	200	114.3	6.0	STS410
5	0.620	200	114.3	6.0	STPT370
6	0.620	200	114.3	6.0	STPT370

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 KMUWC - 2 1 3

管名称	対 応 す る 評 価 点											
1	1	2										
2	4	5	6									
3	8	9	10	11	12	13	14					
4	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
5	31	32	907									
6	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	907	915

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 K M U W C - 2 1 3

評価点の質量を下表に示す。

評価点	質量(kg)								
1		14		21		33		40	
5		15		22		34		41	
9		16		23		35		42	
10		17		24		36		907	
11		18		25		37		915	
12		19		31		38			
13		20		32		39			

鳥 瞰 図 KMUWC - 2 1 3

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)
2			
3			
4			
29			
30			

鳥 瞰 図 KMUWC - 2 1 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	3			
弁2	7			

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 KMUWC - 2 1 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
1						
5						
9						
13						
16						
19						
907						
915						

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
STPT370	85	—	—	—	93
	200	—	—	—	93
STS410	200	—	—	—	103

材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

告示第501号に規定の応力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
STPT370	85	—	—	—	93
	200	—	—	—	93
STS410	200	—	—	—	103

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 $1.5 \cdot S_h$ $1.8 \cdot S_h$
KMUWC-213	1	$S_{pr m}^{*1}$	33	139
	1	$S_{pr m}^{*2}$	34	167

注記*1：設計・建設規格 PPC-3520(1)に基づき計算した一次応力を示す。

*2：設計・建設規格 PPC-3520(2)に基づき計算した一次応力を示す。

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 $1.2 \cdot S_h$
KMUWC-213	1	$S_{pr m}^{*1}$	26	93
	1	$S_{pr m}^{*2}$	27	111

注記*1：告示第501号第56条第1号イに基づき計算した一次応力を示す。

なお、保守的な評価となる告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を記載してもよいものとする。

*2：告示第501号第56条第1号ロに基づき計算した一次応力を示す。

5. 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類毎に裕度最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果 (重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管)

No.	配管 モデル	重大事故等時 *1					重大事故等時 *2				
		一次応力					一次応力				
		評 価 点	計 算 応 力 (MPa)	許 容 応 力 (MPa)	裕 度	代 表	評 価 点	計 算 応 力 (MPa)	許 容 応 力 (MPa)	裕 度	代 表
1	KMUWC-213	1	33	139	4.21	○	1	34	167	4.91	○
2	KMUWC-891	86	30	139	4.63	—	86	31	167	5.38	—

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	KMUWC-213	1	26	93	3.57	○	1	27	111	4.11	○
2	KMUWC-891	86	23	93	4.04	—	86	24	111	4.62	—

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-3-3-6-2-4-3 原子炉建屋放水設備の強度計算書

VI-3-3-6-2-4-3-1 大容量送水車（原子炉建屋放水設備用）の強度計算書

目 次

1. 概要 1

1. 概要

本資料は、大容量送水車（原子炉建屋放水設備用）（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。

大容量送水車（原子炉建屋放水設備用）の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号機的设计及び工事の計画のV-3-3-6-2-4-3-1「大容量送水車（原子炉建屋放水設備用）の強度計算書」による。

VI-3-3-6-2-4-3-2 泡原液搬送車の強度計算書

目 次

1. 概要 1

1. 概要

本資料は、泡原液搬送車（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。

泡原液搬送車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-3-3-6-2-4-3-2「泡原液搬送車の強度計算書」による。

VI-3-3-6-2-4-3-3 管の強度計算書（可搬型）

目 次

1. 概要 1

1. 概要

本資料は、7号機設備、6,7号機共用である原子炉建屋放水設備の管の強度が「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。

原子炉建屋放水設備の管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-3-3-6-2-4-3-3「管の強度計算書（可搬型）」による。

VI-3-3-6-2-4-4 代替循環冷却系の強度計算書

VI-3-3-6-2-4-4-1 管の強度計算書

VI-3-3-6-2-4-4-1-1 管の基本板厚計算書

まえがき

本計算書は、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	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	3.43	182	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
2	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	1.37	85	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
3	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	1.37	85	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
4	新設	—	—	—	—	SA-2	—	—	—	1.37	85	—	—	設計・建設規格	—	SA-2
4	既設	有	無	DB-2	DB-2	SA-2	有	1.37	66	1.37	85	—	S55 告示	設計・建設規格 又は告示	—	SA-2

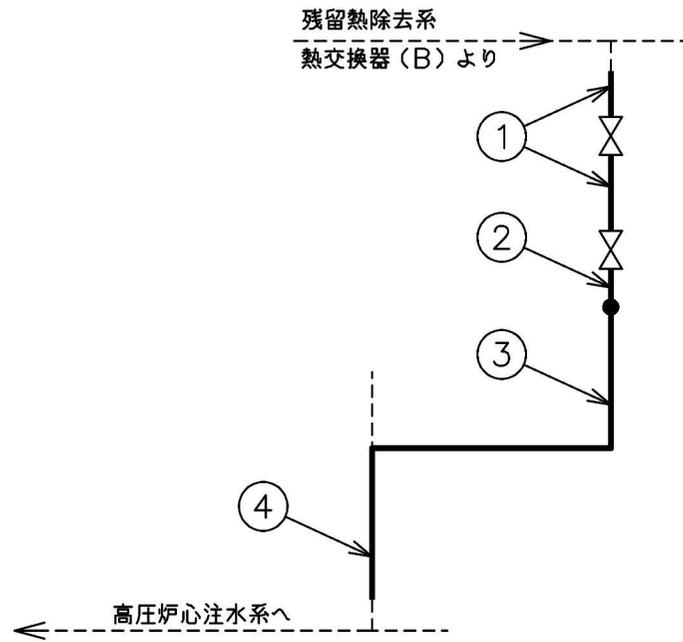
・適用規格の選定

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	—	設計・建設規格
2	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
3	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
4	管の強度計算	設計・建設規格	—	設計・建設規格
4	管の強度計算	設計・建設規格 又は告示	同等	設計・建設規格

目 次

1. 概略系統図 1
2. 管の強度計算書 2

1. 概略系統図



代替循環冷却系概略系統図

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	3.43	182	165.20	7.10	STS410	S	2	103	1.00	12.5%	6.21	2.72	C	3.80
2	1.37	85	165.20	7.10	STS410	S	2	103	1.00	12.5%	6.21	1.10	C	3.80
3	1.37	85	165.20	7.10	SUS304TP	S	2	124	1.00	12.5%	6.21	0.91	A	0.91
4	1.37	85	216.30	8.20	SUS304TP	S	2	124	1.00	12.5%	7.17	1.19	A	1.19

2 評価：t s \geq t r，よって十分である。

VI-3-3-6-2-4-4-1-2 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。

評価条件整理結果は「3. 計算結果」に示す計算書に記載する。

目 次

1. 概要	1
2. 概略系統図	2
3. 計算結果	12

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、代替循環冷却系の管の応力計算を実施した結果を示したものである。

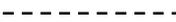
評価結果記載方法は、以下に示すとおりである。

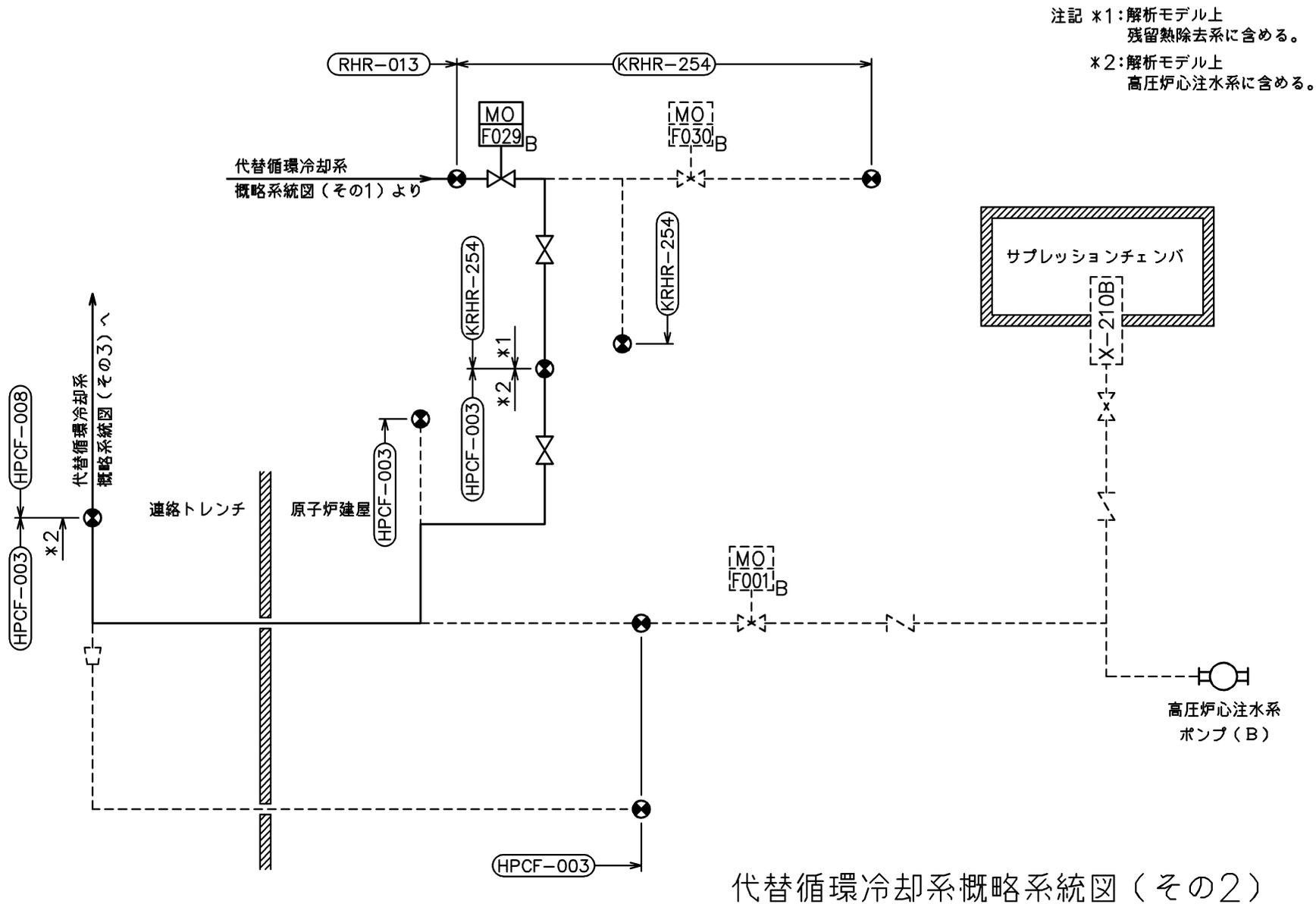
(1) 管

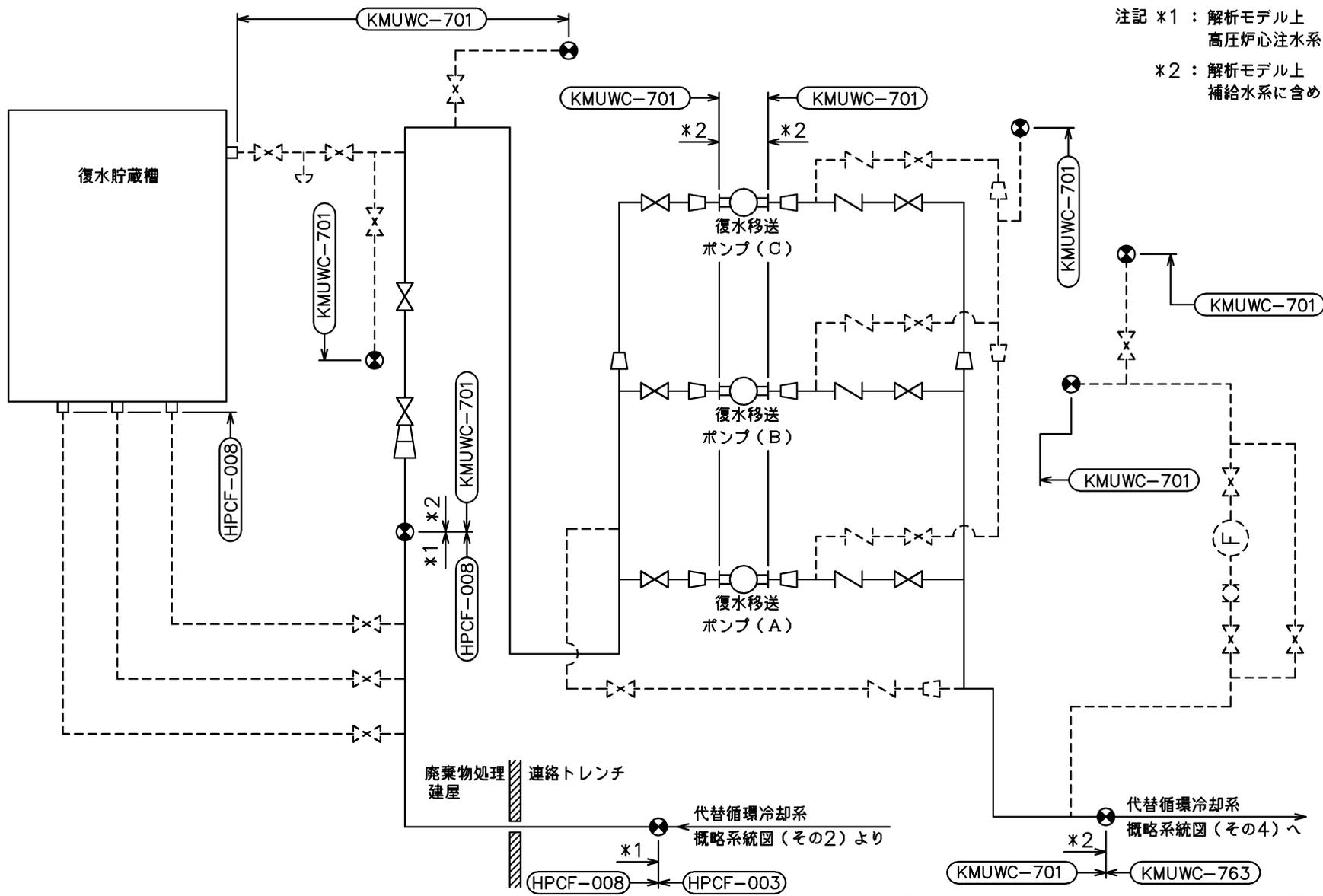
設計及び工事の計画書に記載される範囲の管のうち、設計条件あるいは管クラスに変更がある管における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。

2. 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

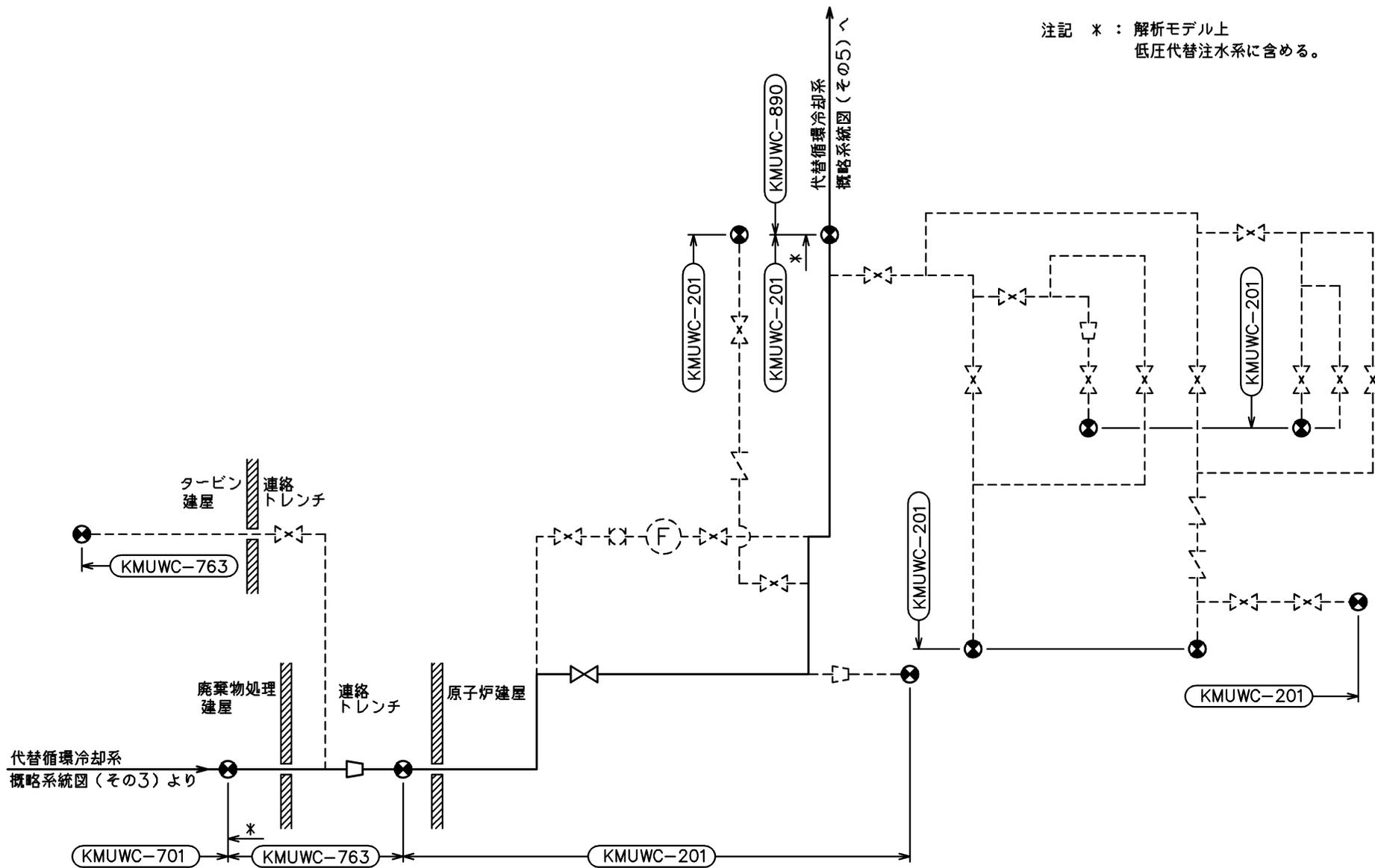




注記 *1 : 解析モデル上
高圧炉心注水系に含める。

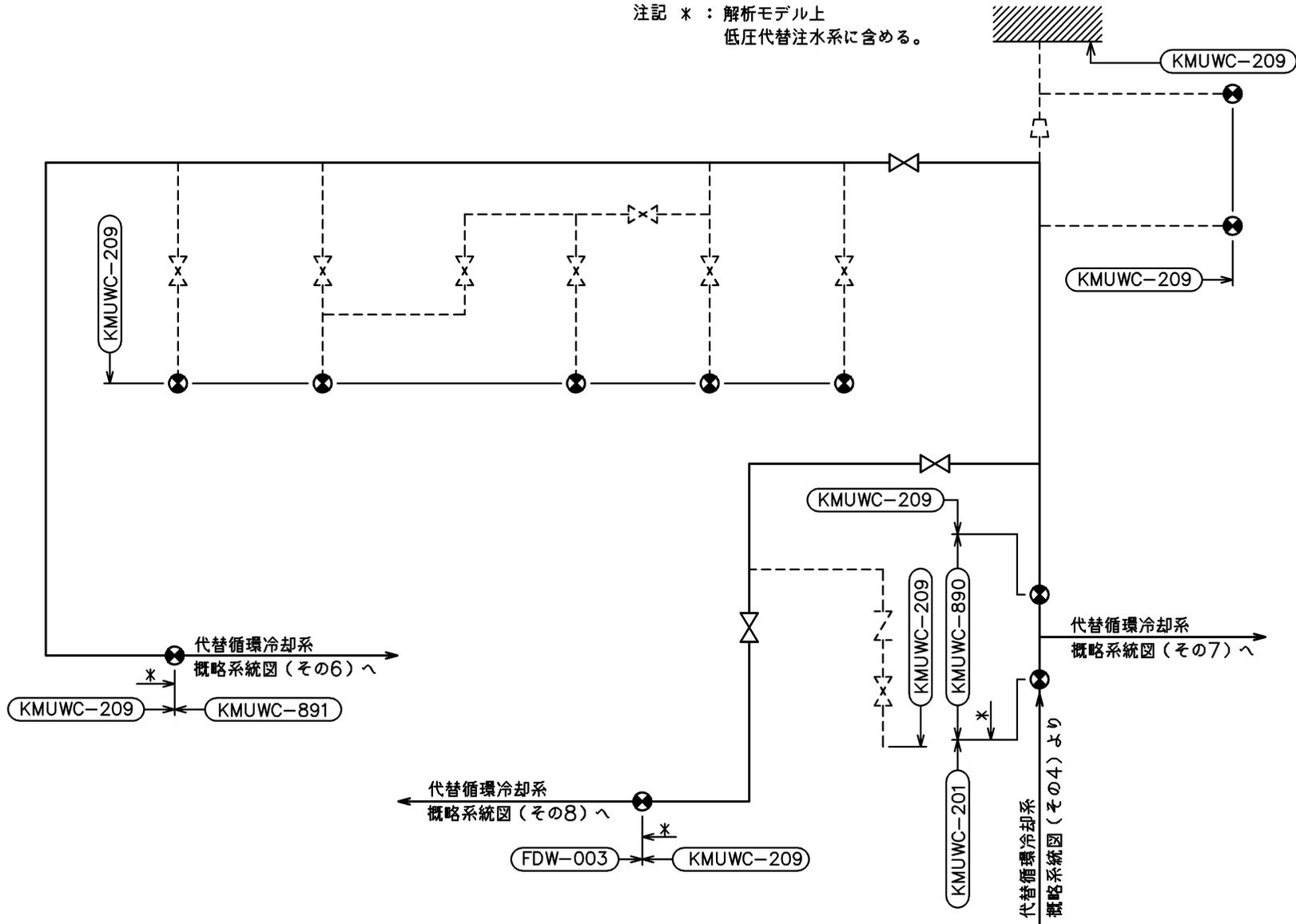
*2 : 解析モデル上
補給水系に含める。

代替循環冷却系概略系統図(その3)



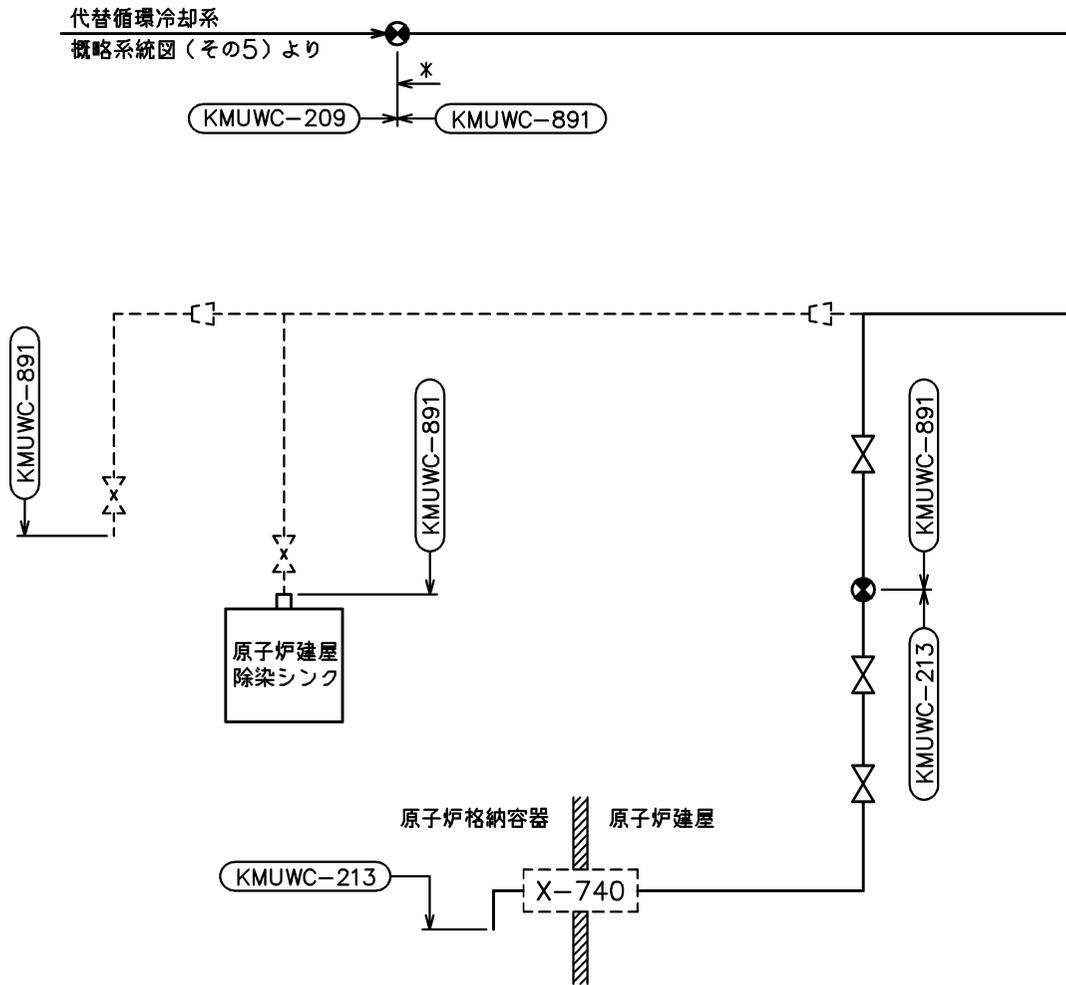
代替循環冷却系概略系統図 (その4)

注記 * : 解析モデル上
低圧代替注水系に含める。



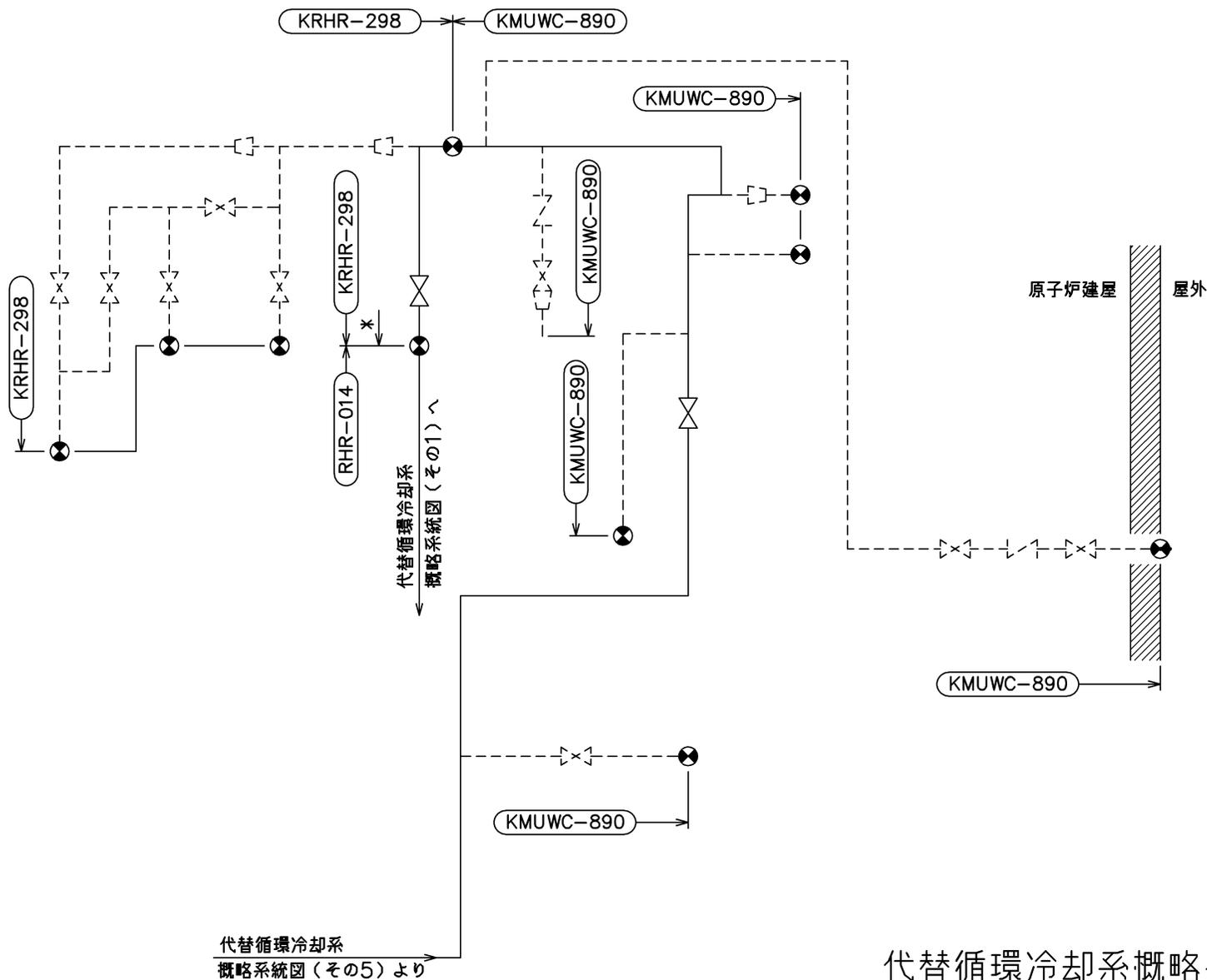
代替循環冷却系概略系統図(その5)

注記 *：解析モデル上
格納容器下部注水系に含める。

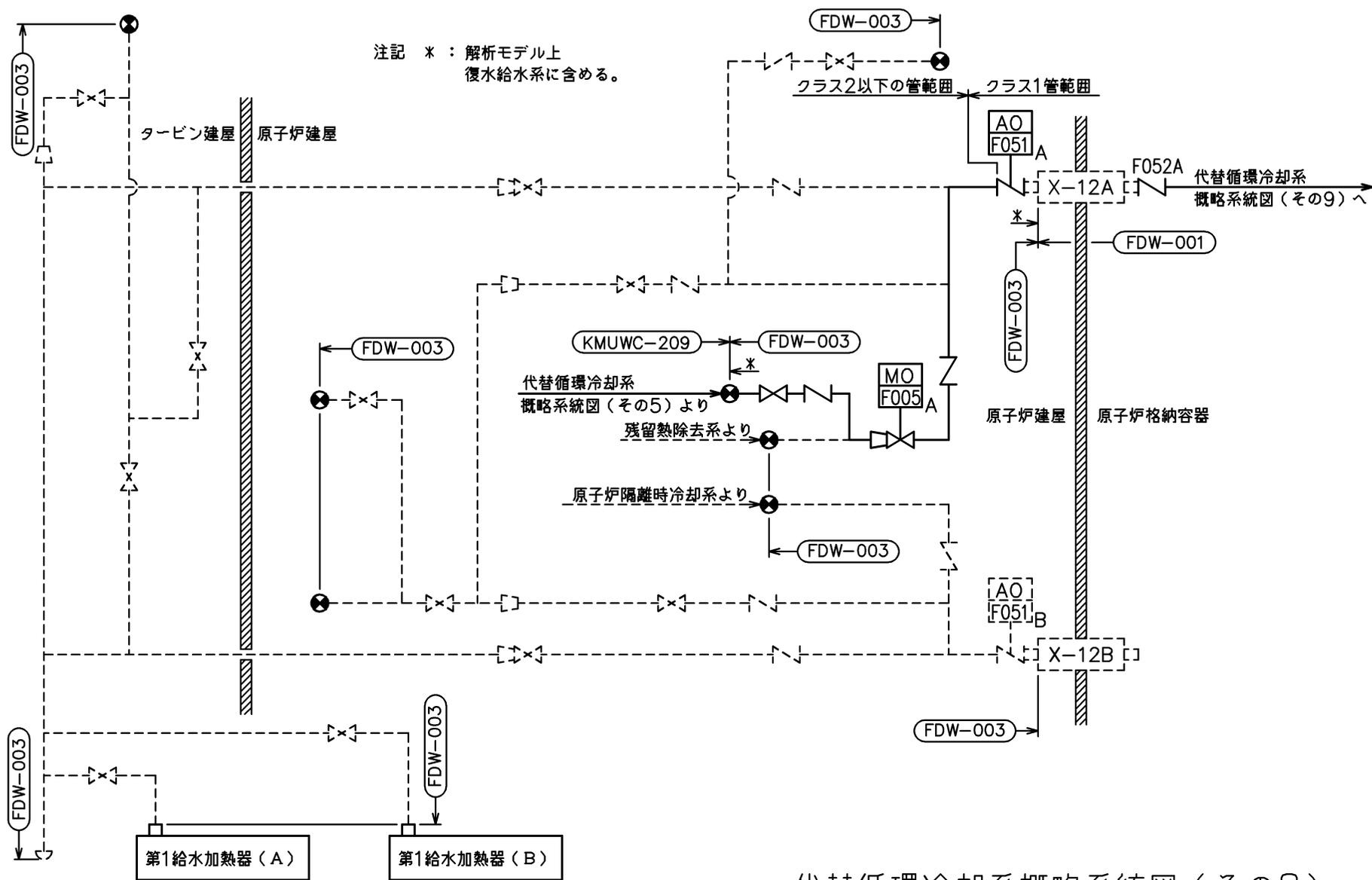


代替循環冷却系概略系統図(その6)

6



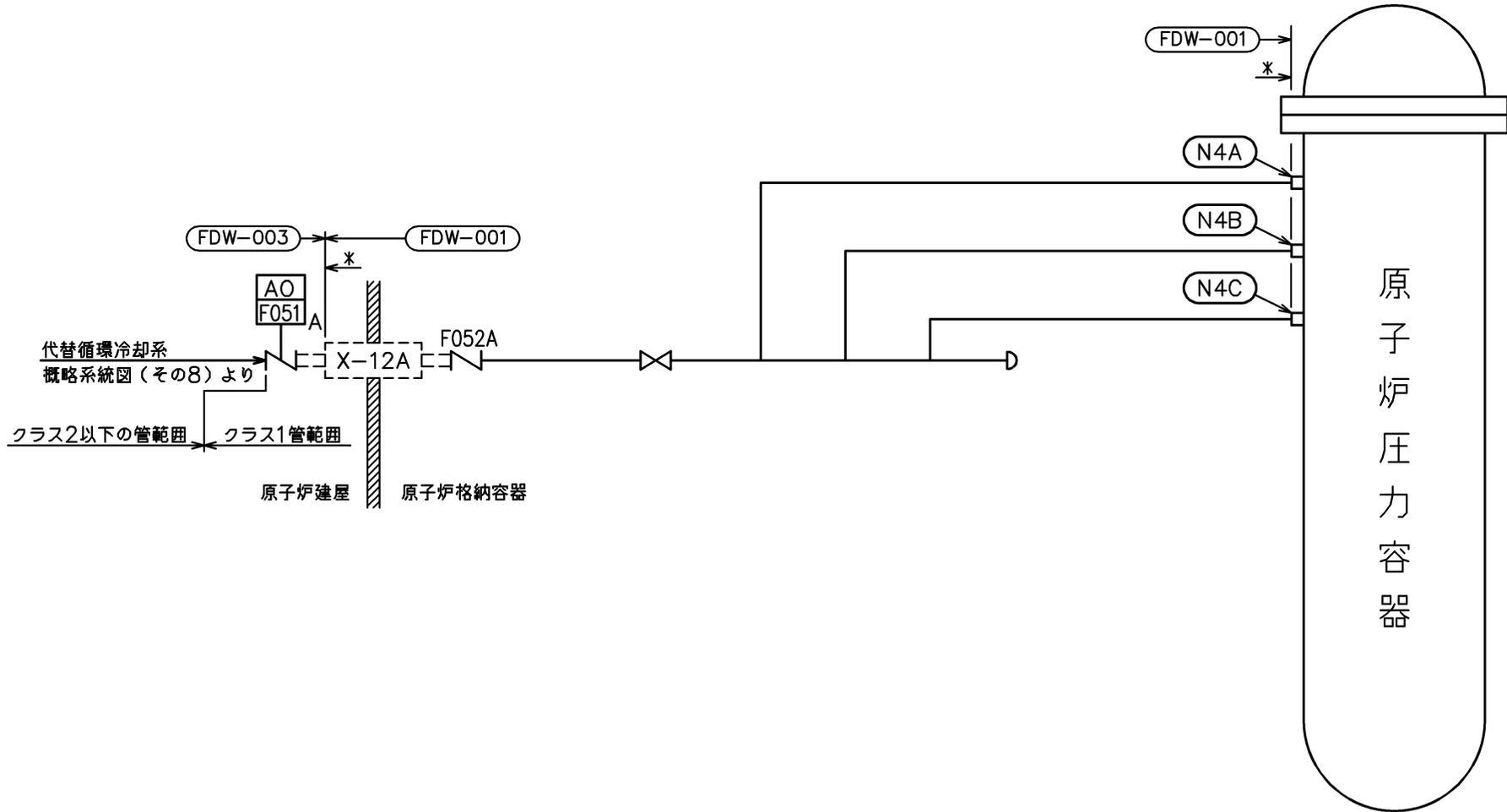
代替循環冷却系概略系統図(その7)



代替循環冷却系概略系統図 (その8)

注記 * : 解析モデル上
復水給水系に含める。

11



代替循環冷却系概略系統図(その9)

3. 計算結果

以下の計算書の重大事故等対処設備に含まれている。

「VI-3-3-3-1-2-1-2 管の応力計算書」

「VI-3-3-3-2-1-6-2 管の応力計算書」

「VI-3-3-3-3-1-5-2 管の応力計算書」

「VI-3-3-3-4-1-2 管の応力計算書」

「VI-3-3-3-4-1-3-2 管の応力計算書」

「VI-3-3-6-2-4-1-1-2 ドライウェルスプレイ管の強度計算書」

「VI-3-3-6-2-4-2-1-2 管の応力計算書」