

## VI-3-別添3-1-4 取水槽閉止板の強度計算書

## 目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	2
2.1 配置概要	2
2.2 構造計画	3
2.3 評価方針	4
2.4 適用規格・基準等	5
2.5 記号の説明	6
3. 評価対象部位及び評価対象設備	7
4. 構造強度評価	9
4.1 構造強度評価方法	9
4.2 荷重及び荷重の組合せ	9
4.2.1 荷重の組合せ	9
4.2.2 荷重の設定	9
4.3 許容限界	11
4.3.1 使用材料	11
4.3.2 許容限界	12
4.4 評価方法	13
4.4.1 主桁	13
4.4.2 スキンプレート	16
4.4.3 締付ボルト	18
4.4.4 戸当り	19
4.4.5 アンカーボルト	22
4.5 評価条件	25
5. 評価結果	26



## 1. 概要

本資料は、VI-3-別添 3-1-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」にて設定している構造強度に基づき、浸水防護設備のうちタービン補機冷却用海水取水槽閉止板 1、タービン補機冷却用海水取水槽閉止板 2、補機冷却用海水取水槽(A)閉止板、補機冷却用海水取水槽(B)閉止板及び補機冷却用海水取水槽(C)閉止板（以下「取水槽閉止板」という。）が津波の冠水に伴う突き上げ荷重及び余震を考慮した荷重に対して、浸水防護重点化範囲であるタービン建屋内に津波が侵入することを防止するために、十分な構造健全性及び止水性を有していることを説明するものである。

## 2. 一般事項

### 2.1 配置概要

取水槽閉止板は、タービン建屋の補機冷却用海水取水槽の上部床面に設置する。取水槽閉止板の設置位置図を図 2-1 に示す。

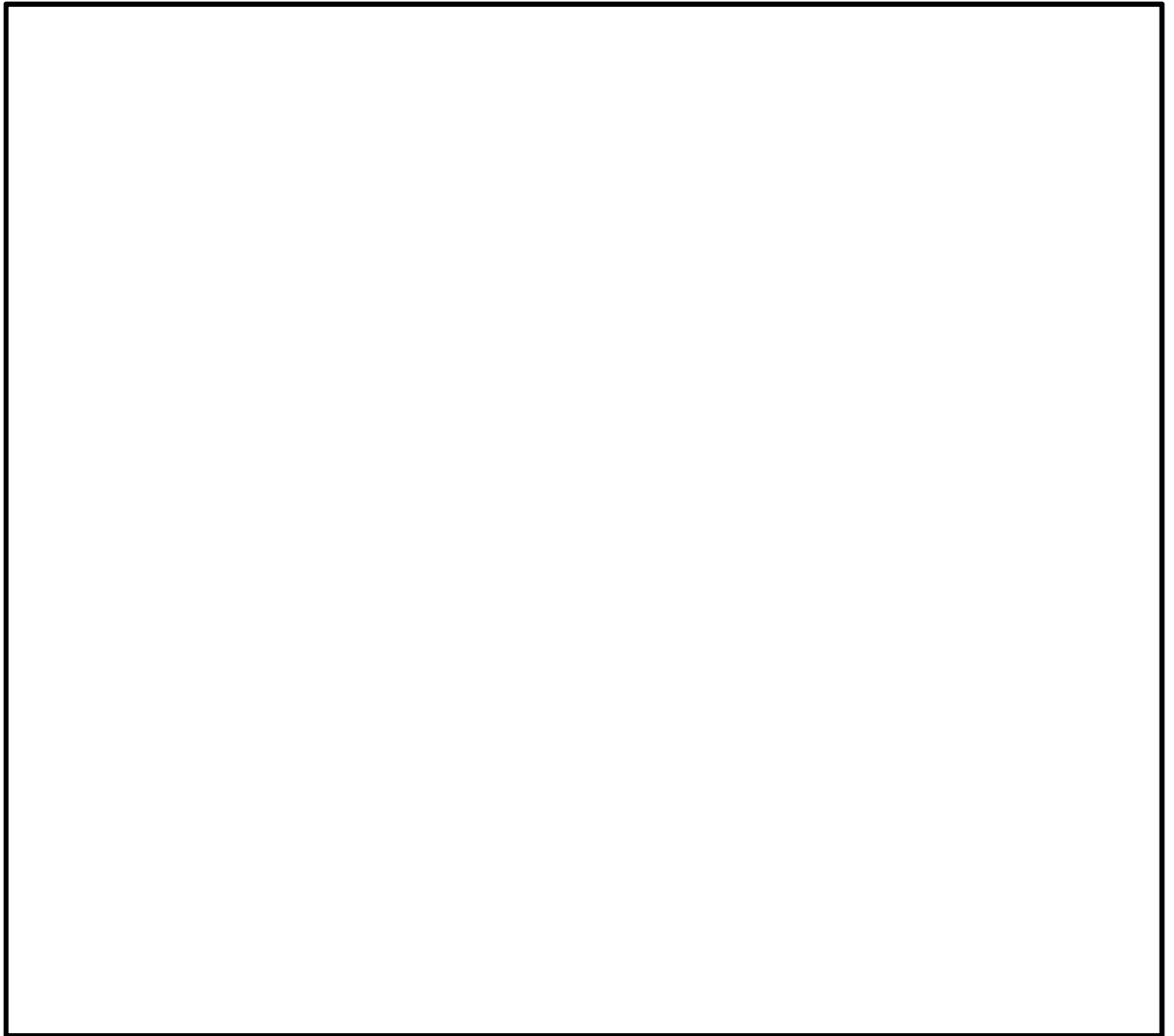


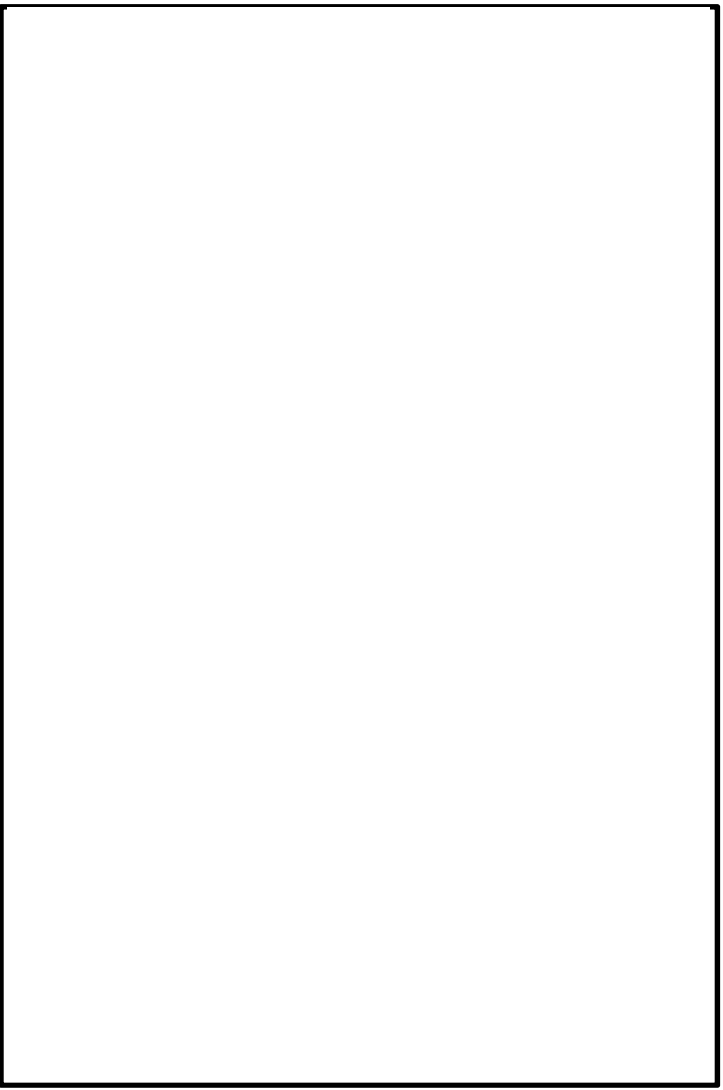
図 2-1 取水槽閉止板の設置位置図（タービン建屋 地下 1 階）

## 2.2 構造計画

取水槽閉止板の構造は、長方形のスキンプレートに主桁（溝形鋼）を組合せた構造とする。

取水槽閉止板は、補機冷却用海水取水槽の上部床面及び壁面に設置するアンカーボルトにて固定する。取水槽閉止板の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 取水槽閉止板の構造計画

計画の概要		概略構造図
主体構造	支持構造	
スキンプレート、主桁及び戸当りにより構成する。	補機冷却用海水取水槽の上部床面及び壁面に設置するアンカーボルトで戸当りを躯体に固定し、締付ボルトによりスキンプレート、主桁を戸当りに固定する。	

### 2.3 評価方針

取水槽閉止板の強度評価は、VI-3-別添 3-1-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」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、「2.2 構造計画」に示す取水槽閉止板の構造を踏まえ、「3. 評価対象部位及び評価対象設備」にて設定する評価部位において、「4.4 評価方法」で算出した応力等が許容限界内に収まることを、「4. 構造強度評価」に示す方法にて確認する。強度評価の確認結果を「5. 評価結果」にて確認する。

強度評価フローを図 2-2 に示す。

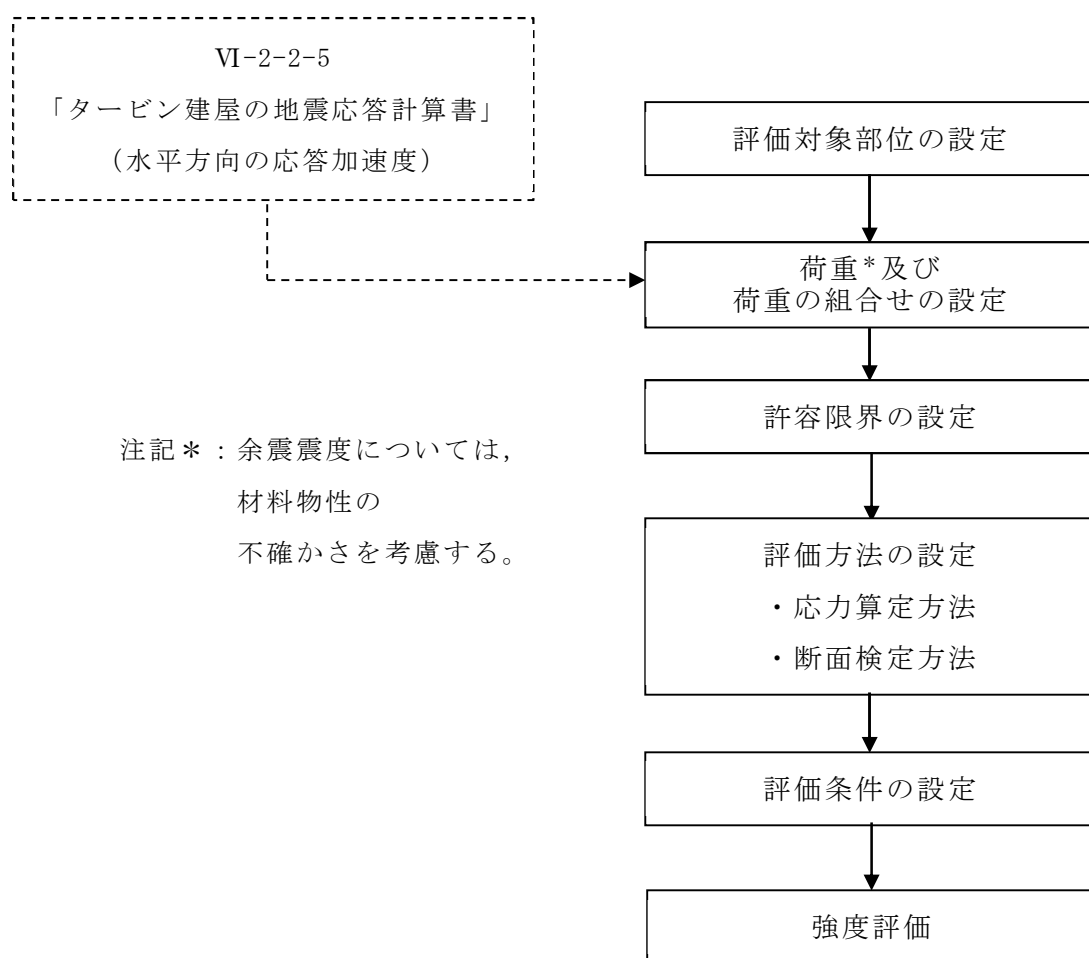


図 2-2 強度評価フロー

## 2.4 適用規格・基準等

適用する規格，基準等を以下に示す。

- ・ 建築基準法・同施行令
- ・ 鋼構造設計規準－許容応力度設計法－（（社）日本建築学会，2005 改定）
- ・ 各種合成構造設計指針・同解説（（社）日本建築学会，2010 改定）
- ・ 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説－許容応力度設計法－  
（（社）日本建築学会，1999 改定）
- ・ 日本産業規格（J I S）
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987  
（（社）日本電気協会）
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版  
（（社）日本電気協会）

## 2.5 記号の説明

取水槽閉止板の強度評価に用いる記号を表 2-2 に示す。

表 2-2 強度評価に用いる記号

記号	単位	定義
P t	kN/m <sup>2</sup>	突き上げ津波荷重
C D	-	抗力係数
U	m/s	流速
g	m/s <sup>2</sup>	重力加速度
H	mm	評価高さ
K S d	kN/m <sup>2</sup>	余震荷重
S d	kN	弾性設計用地震動 S d に伴う水平方向の地震力
P v	kN/m <sup>2</sup>	弾性設計用地震動 S d に伴う鉛直方向の動水圧荷重
α H	-	水平方向の余震震度
α v	-	鉛直方向の余震震度
w s s	kN/m	単位長さ当りの鉛直方向の等分布荷重
w s s'	kN/m	単位長さ当りの水平方向の等分布荷重
τ	N/mm <sup>2</sup>	最大せん断応力度
σ	N/mm <sup>2</sup>	最大曲げ応力度
Q	kN	最大せん断力
M	kN・m	最大曲げモーメント
x	N/mm <sup>2</sup>	組合せ応力度
A s	mm <sup>2</sup>	せん断断面積
Z	mm <sup>3</sup>	断面係数
L 1	mm	主桁の負担幅
L 2	mm	主桁と直交方向のスキンプレートの長さ
L 3	mm	主桁全長
L 4	mm	スキンプレートの負担幅
L 5	mm	戸当り全長
L 6	mm	戸当りウェブ中心から上フランジに等分布荷重が作用する位置までの距離
L 7	mm	アンカーボルト中心位置から戸当りウェブ中心位置までの距離
N 1	本	戸当り本数
T s	kN	締付ボルト1本当りに作用する引張力
q s	kN	締付ボルト1本当りに作用するせん断力
σ t	N/mm <sup>2</sup>	最大引張応力度
A	mm <sup>2</sup>	締付ボルトの有効断面積
n s	本	締付ボルトの本数
F H	kN	アンカーボルトに作用する水平方向力
F v	kN	アンカーボルトに作用する鉛直方向力
Q A	kN	アンカーボルト1本当りの短期許容せん断力
T A	kN	アンカーボルト1本当りの短期許容引張力
D	mm	閉止板の縦方向寸法
n NS	本	壁 (NS 方向) に設置されたアンカーボルト本数
n EW	本	壁 (EW 方向) に設置されたアンカーボルト本数
n v	本	床に設置されたアンカーボルト本数
f NS	kN	NS 方向荷重時のアンカーボルト耐力
f EW	kN	EW 方向荷重時のアンカーボルト耐力
f v	kN	鉛直荷重時のアンカーボルト耐力

### 3. 評価対象部位及び評価対象設備

取水槽閉止板の評価対象部位は、「2.2 構造計画」にて設定している構造を踏まえて、突き上げ津波荷重及び余震荷重の伝達過程を考慮し設定する。また、取水槽閉止板は構成部材の寸法、規格等が等しく、評価結果が変わらないことから、代表としてタービン補機冷却用海水取水槽(C)閉止板を評価対象設備として選定する。ただし、アンカーボルトについては各取水槽閉止板により固定条件や本数が異なるため、全ての取水槽閉止板を選定する。

取水槽閉止板に生じる突き上げ津波荷重は、取水槽閉止板のスキンプレート、主桁、締付ボルト及び戸当りに伝わり、取水槽閉止板を固定するアンカーボルトを介して躯体に伝達され、取水槽閉止板に生じる余震荷重は、スキンプレート及び主桁の自重による慣性力として締付ボルト及び戸当りに伝わり、取水槽閉止板を固定するアンカーボルトを介して躯体に伝達されることから、取水槽閉止板の評価対象部位は、スキンプレート、主桁、締付ボルト、戸当り及びアンカーボルトとし、評価対象部位を図 3-1 に示す。

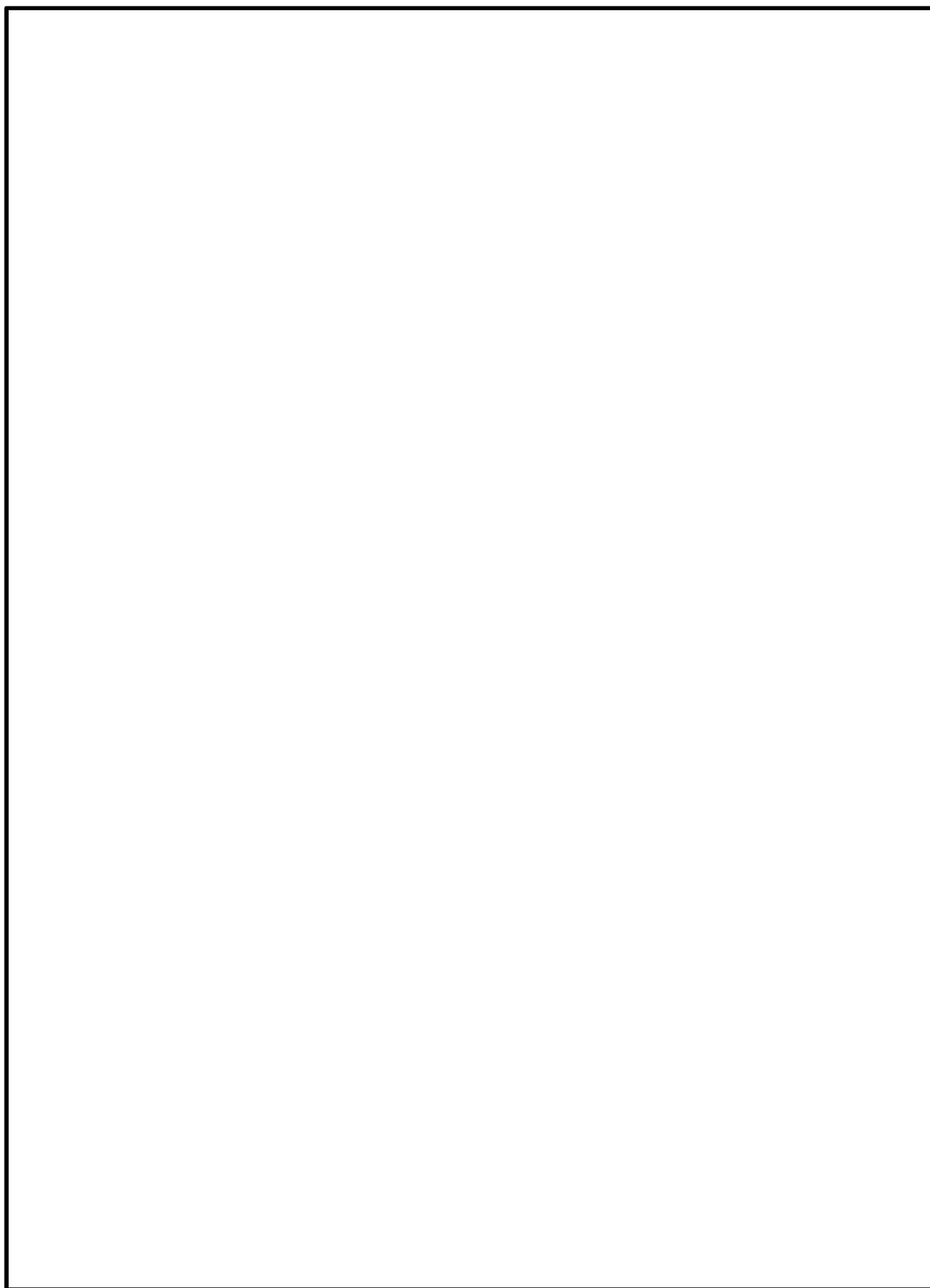


図 3-1 評価対象部位



#### 4. 構造強度評価

##### 4.1 構造強度評価方法

取水槽閉止板の強度評価は、VI-3-別添 3-1-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」にて設定している荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえて、「3. 評価対象部位及び評価対象設備」にて設定する評価対象部位に作用する応力等が「4.3 許容限界」にて示す許容限界以下であることを確認する。

##### 4.2 荷重及び荷重の組合せ

###### 4.2.1 荷重の組合せ

取水槽閉止板の評価に用いる荷重の組合せを下記に示す。

$$P_t + K S_d$$

ここで、 $P_t$  : 突き上げ津波荷重 (kN/m<sup>2</sup>)

$K S_d$  : 余震荷重 (弾性設計用地震動  $S_d$  に伴う地震力 (kN) 及び動水圧荷重 (kN/m<sup>2</sup>) を考慮する)

なお、積載荷重は考慮しない。

###### 4.2.2 荷重の設定

強度評価に用いる荷重は、以下のとおりとする。

###### (1) 突き上げ津波荷重 ( $P_t$ )

突き上げ津波荷重は、取水槽閉止板の全面に作用するものとする。また、評価においては浸水津波荷重を含むものとし、以下の式により算出する。

$$P_t = 1/2 \cdot C_D \cdot \rho_o \cdot U^2 + \rho_o \cdot g \cdot H \cdot 10^{-3}$$

$P_t$  : 突き上げ津波荷重 (kN/m<sup>2</sup>)

$C_D$  : 抗力係数 (=2.01)

$\rho_o$  : 水の密度 (t/m<sup>3</sup>)

$U$  : 流速 (=1.5m/s)

$g$  : 重力加速度 (=9.80665m/s<sup>2</sup>)

$H$  : 評価高さ (mm)

## (2) 余震荷重 (K S d)

余震荷重として、弾性設計用地震動 S d に伴う地震力及び動水圧荷重を考慮するものとし、水平方向については、弾性設計用地震動 S d に伴う地震力を考慮する。鉛直方向については、弾性設計用地震動 S d に伴う動水圧荷重を考慮する。

なお、取水槽閉止板の強度評価に用いる余震震度は、材料物性の不確かさを考慮したものとして VI-2-2-5 「タービン建屋の地震応答計算書」の地震応答解析結果を用いる。ここで、地震力は取水槽閉止板の設置位置における水平方向の最大応答加速度から設定する震度を用いて評価するものとし、下記の通り算出する。

$$S d = G \cdot \alpha_H$$

ここで、 S d : 弾性設計用地震動 S d に伴う水平方向の地震力 (kN)  
 G : 固定荷重 (kN)  
 $\alpha_H$  : 水平方向の余震震度

また、表 4-1 の通り、鉛直方向の余震震度が 1 未満であることから、取水槽閉止板の自重と鉛直方向の地震力を足し合わせた荷重は、突き上げ津波荷重を相殺する向きに取水槽閉止板に作用するため、強度評価においては取水槽閉止板の自重と鉛直方向の地震力を保守的に考慮しないこととする。

動水圧荷重は、取水槽閉止板の設置位置における鉛直方向の最大応答加速度から設定する震度、水の密度及び評価高さをを用いて評価するものとし、下記の通り算出する。

$$P v = \rho_o \cdot \alpha_v \cdot g \cdot H \cdot 10^{-3}$$

ここで、 P v : 弾性設計用地震動 S d に伴う鉛直方向の  
 動水圧荷重 (kN/m<sup>2</sup>)  
 $\rho_o$  : 水の密度 (t/m<sup>3</sup>)  
 $\alpha_v$  : 鉛直方向の余震震度  
 g : 重力加速度 (= 9.80665m/s<sup>2</sup>)  
 H : 評価高さ (mm)

余震震度  $\alpha_H$ ,  $\alpha_V$  を表 4-1 に示す。

表 4-1 余震震度

建屋	フロア	弾性設計用地震動 S d の余震震度	
		水平 $\alpha_H$	鉛直 $\alpha_V$
タービン建屋	B1F	0.468	0.378

#### 4.3 許容限界

取水槽閉止板の許容限界は、「3. 評価対象部位及び評価対象設備」にて設定した部位に対し、VI-3-別添 3-1-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」にて設定している許容限界を踏まえ設定する。

##### 4.3.1 使用材料

取水槽閉止板を構成するスキンプレート、主桁、戸当り、締付ボルト及びアンカーボルトの使用材料を表 4-2 に示す。

表 4-2 使用材料

評価対象部位	材質	仕様
スキンプレート	SUS304	厚さ <input type="text"/>
主桁	SUS304	C-150×75×9×9 (mm)
戸当り	SUS304	BH-150×150×7×10 (mm)
締付ボルト	SUS304	M30
アンカーボルト	SUS304	M16

#### 4.3.2 許容限界

##### (1) スキンプレート，主桁，戸当り，締付ボルト

鋼材の許容応力度は，「鋼構造設計規準－許容応力度設計法－（（社）日本建築学会，2005改定）」を踏まえて表4-3の値とする。

表4-3 鋼材の短期許容応力度

材質	短期許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> )		
	曲げ	引張	せん断
SUS304	205	205	118

注：許容応力度を決定する場合の基準値Fは，日本産業規格（JIS）に基づく。

##### (2) アンカーボルト

アンカーボルトの許容荷重は，「3. 評価対象部位及び評価対象設備」に記載したアンカーボルトに作用する荷重の向きを踏まえて，「各種合成構造設計指針・同解説（（社）日本建築学会，2010改定）」に基づき算定する。

突き上げ津波荷重を考慮する場合のアンカーボルトの許容荷重を表4-4に示す。

なお，アンカーボルトは躯体に埋め込まれていることから，アンカーボルトが引張力を受ける場合においては，アンカーボルトの降伏により決まる許容荷重，付着力により決まる許容荷重を比較して，いずれか小さい値を採用する。また，アンカーボルトがせん断力を受ける場合においては，アンカーボルトのせん断強度により決まる許容荷重，定着したコンクリート躯体の支圧強度により決まる許容荷重及びコーン状破壊により決まる許容荷重を比較して，いずれか小さい値を採用する。

表4-4 アンカーボルトの短期許容荷重

材質	短期許容耐力 (kN/本)	
	引張	せん断
SUS304	32.1	22.4

#### 4.4 評価方法

取水槽閉止板を構成する主桁，スキンプレート，戸当り，締付ボルト及びアンカーボルトに発生する応力より算定する応力度が，許容限界以下であることを確認する。主桁とスキンプレートについては，箇所によって評価結果に差異が生じることから，図 4-1，図 4-2 にそれぞれ評価の対象とする主桁，スキンプレートを示す。また，図 4-3 に，戸当り，締付ボルト及びアンカーボルトの納まりを示す。

##### 4.4.1 主桁

主桁の支持条件は両端をピン支持とし，図 4-1 に示す通り，主桁が荷重を負担する範囲が最も大きくなり，評価上最も厳しい条件となるよう評価を実施する。

- (1) 主桁に作用する単位長さ当りの鉛直方向の等分布荷重  $w_{ss}$

$$w_{ss} = (P_t + P_v) \cdot L_1 \cdot 10^{-3}$$

$w_{ss}$  : 主桁に作用する単位長さ当りの鉛直方向の等分布荷重 (kN/m)

$L_1$  : 主桁の負担幅 (mm)

- (2) 主桁に作用する最大曲げ応力度  $\sigma$

$$\sigma = (M \cdot 10^6) / Z$$

$\sigma$  : 主桁に作用する最大曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$M$  : 主桁に作用する最大曲げモーメント (kN・m)

$Z$  : 主桁の断面係数 (mm<sup>3</sup>)

ここで， $M = 1/8 \cdot w_{ss} \cdot (L_3 \cdot 10^{-3})^2$

$M$  : 主桁に作用する最大曲げモーメント (kN・m)

$w_{ss}$  : 主桁に作用する単位長さ当りの鉛直方向の等分布荷重 (kN/m)

$L_3$  : 主桁全長 (mm)

(3) 主桁に作用する最大せん断応力度  $\tau$

$$\tau = (Q \cdot 10^3) / A_s$$

$\tau$  : 主桁に作用する最大せん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$Q$  : 主桁に作用する最大せん断力 (kN)

$A_s$  : 主桁のせん断断面積 (mm<sup>2</sup>)

ここで,  $Q = 1/2 \cdot w_{ss} \cdot L_3 \cdot 10^{-3}$

$Q$  : 主桁に作用する最大せん断力 (kN)

$w_{ss}$  : 主桁に作用する単位長さ当りの鉛直方向の等分布荷重 (kN/m)

$L_3$  : 主桁全長 (mm)

(4) 主桁に作用する組合せ応力度

主桁に作用する曲げ応力度, せん断応力度を算定し, 主桁の短期許容応力度以下であることを確認する。また主桁に生じる曲げ応力度とせん断応力度から, 組合せ応力度を「鋼構造設計規準—許容応力度設計法—( (社) 日本建築学会, 2005改定)」に基づく次式により算定し, 短期許容応力度以下であることを確認する。

$$x = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2}$$

$x$  : 組合せ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$\sigma$  : 曲げ応力度  $M/Z$  (N/mm<sup>2</sup>)

( $M$ : 曲げモーメント,  $Z$ : 断面係数)

$\tau$  : せん断応力度  $Q/A_s$  (N/mm<sup>2</sup>)

( $Q$ : せん断力,  $A_s$ : せん断断面積)




 : 評価の対象とする主桁

図 4-1 評価の対象とする主桁

#### 4.4.2 スキンプレート

図 4-2 に示す通り，スキンプレートが荷重を負担する範囲が最も大きくなり，評価上最も厳しい条件となるよう評価を実施する。

- (1) スキンプレートに作用する単位長さ当りの鉛直方向の等分布荷重  $w_{ss}$

$$w_{ss} = (P_t + P_v) \cdot L_3 \cdot 10^{-3}$$

$w_{ss}$  : スキンプレートに作用する単位長さ当りの鉛直方向の  
等分布荷重 (kN/m)

$L_3$  : 主桁全長 (mm)

- (2) スキンプレートに作用する最大曲げ応力度  $\sigma$

$$\sigma = (M \cdot 10^6) / Z$$

$\sigma$  : スキンプレートに作用する最大曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$M$  : スキンプレートに作用する最大曲げモーメント (kN・m)

$Z$  : スキンプレートの断面係数 (mm<sup>3</sup>)

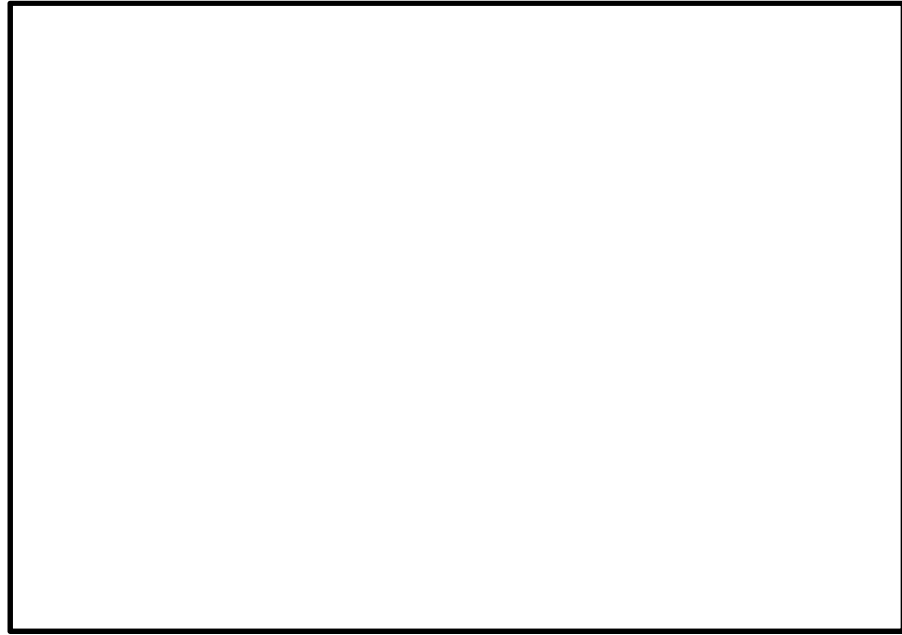
ここで， $M = 1/12 \cdot w_{ss} \cdot (L_4 \cdot 10^{-3})^2$

$M$  : スキンプレートに作用する最大曲げモーメント (kN・m)

$w_{ss}$  : スキンプレートに作用する単位長さ当りの鉛直方向の  
等分布荷重 (kN/m)

$L_4$  : スキンプレートの負担幅 (mm)





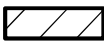
 : 評価の対象とするスキンプレート

図 4-2 評価の対象とするスキンプレート

#### 4.4.3 締付ボルト

- (1) 締付ボルト 1 本当りに作用する鉛直方向の引張荷重  $T_s$

$$T_s = (P_t + P_v) \cdot L_2^2 \cdot 10^{-6} / n_s$$

$T_s$  : 締付ボルト 1 本当りに作用する引張力 (kN)

$P_t$  : 突き上げ津波荷重 (kN/m<sup>2</sup>)

$P_v$  : 弾性設計用地震動  $S_d$  に伴う鉛直方向の動水圧荷重 (kN/m<sup>2</sup>)

$L_2$  : 主桁と直交方向のスキンプレートの長さ (mm)

$n_s$  : 締付ボルトの本数 (本)

- (2) 締付ボルト 1 本当りに作用する鉛直方向の引張応力度  $\sigma_t$

$$\sigma_t = T_s \cdot 10^3 / A$$

$\sigma_t$  : 締付ボルト 1 本当りに作用する鉛直方向の引張応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$T_s$  : 締付ボルト 1 本当りに作用する引張力 (kN)

$A$  : 締付ボルトの有効断面積 (mm<sup>2</sup>)

- (3) 締付ボルト 1 本当りに作用する水平方向のせん断荷重  $q_s$

$$q_s = S_d / n_s$$

$S_d$  : 弾性設計用地震動  $S_d$  に伴う水平方向の地震力 (kN)

$n_s$  : 締付ボルトの本数 (本)

- (4) 締付ボルト 1 本当りに作用する水平方向のせん断応力度  $\tau$

$$\tau = q_s \cdot 10^3 / A$$

$\tau$  : 締付ボルト 1 本当りに作用する水平方向のせん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$q_s$  : 締付ボルト 1 本当りに作用する水平方向のせん断荷重 (kN)

$A$  : 締付ボルトの有効断面積 (mm<sup>2</sup>)

#### 4.4.4 戸当り

- (1) 戸当りに作用する単位長さ当りの鉛直方向の等分布荷重  $w_{ss}$

$$w_{ss} = (P_t + P_v) \cdot (L_2 \cdot 10^{-3})^2 / (N_1 \cdot L_5 \cdot 10^{-3})$$

$w_{ss}$  : 戸当りに作用する単位長さ当りの鉛直方向の等分布荷重 (kN/m)

$L_2$  : 主桁と直交方向のスキンプレートの長さ (mm)

$L_5$  : 戸当り全長 (mm)

$N_1$  : 戸当り本数

- (2) 戸当り上フランジに作用する単位長さ当りの最大曲げ応力度  $\sigma$

$$\sigma = (M \cdot 10^6) / Z$$

$\sigma$  : 戸当り上フランジに作用する最大曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$M$  : 戸当り上フランジに作用する最大曲げモーメント (kN・m/m)

$Z$  : 戸当り上フランジの断面係数 (mm<sup>3</sup>/m)

ここで,  $M = w_{ss} \cdot L_6 \cdot 10^{-3}$

$w_{ss}$  : 戸当りに作用する単位長さ当りの鉛直方向の等分布荷重 (kN/m)

$L_6$  : 戸当りウェブ中心から上フランジに等分布荷重が作用する位置までの距離 (mm)

- (3) 戸当り下フランジに作用する単位長さ当りの最大曲げ応力度  $\sigma$

$$\sigma = (M \cdot 10^6) / Z$$

$\sigma$  : 戸当り下フランジに作用する最大曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$M$  : 戸当り下フランジに作用する最大曲げモーメント (kN・m/m)

$Z$  : 戸当り下フランジの断面係数 (mm<sup>3</sup>/m)

ここで,  $M = w_{ss} \cdot L_7 \cdot 10^{-3}$

$w_{ss}$  : 戸当りに作用する単位長さ当りの鉛直方向の等分布荷重 (kN/m)

$L_7$  : アンカーボルト中心位置から戸当りウェブ中心位置までの距離 (mm)

- (4) 水平方向の余震荷重が作用する戸当りウェブ部に作用する等分布荷重  $w_{ss}'$

$$w_{ss}' = S_d / (L_5 \cdot 10^{-3})$$

$w_{ss}'$  : 戸当りウェブ部に作用する単位長さ当りの水平方向の等分布荷重(kN/m)

$S_d$  : 弾性設計用地震動  $S_d$  に伴う水平方向の地震力(kN)

$L_5$  : 戸当り全長(mm)

- (5) 水平方向の余震荷重が作用する戸当りウェブ部に作用するせん断応力度  $\tau$

$$\tau = (Q \cdot 10^3) / A_s$$

$\tau$  : 戸当りに作用する最大せん断応力度(N/mm<sup>2</sup>)

$Q$  : 戸当りに作用する最大せん断力(kN)

$A_s$  : 戸当りのせん断断面積(mm<sup>2</sup>)

ここで、 $Q = w_{ss}' \cdot L_5 \cdot 10^{-3}$

$L_5$  : 戸当り全長(mm)

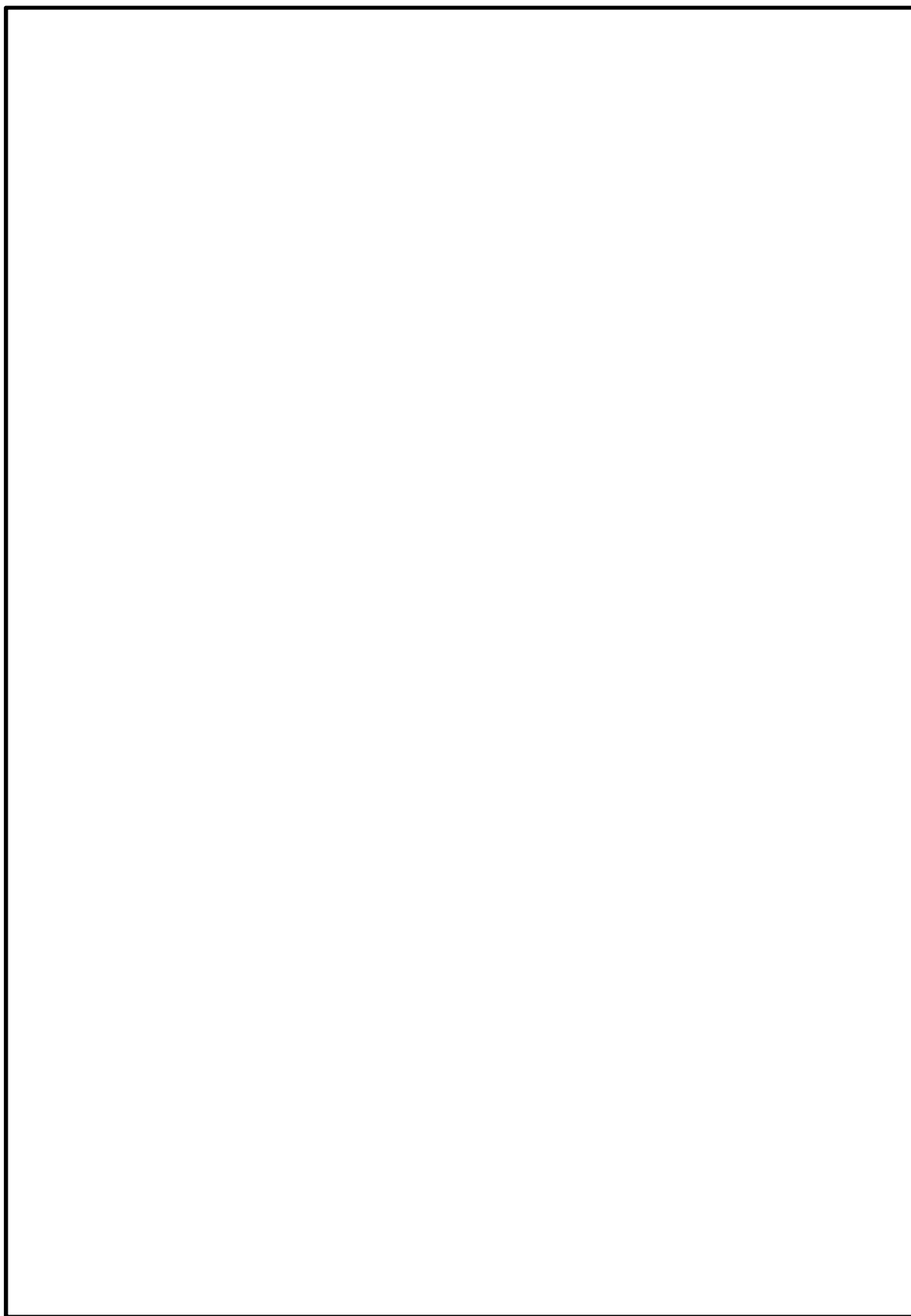


図 4-3 戸当り，締付ボルト及びアンカーボルトの納まり

#### 4.4.5 アンカーボルト

- (1) アンカーボルトに作用する水平方向力  $F_H$

$$F_H = S_d$$

$F_H$  : アンカーボルトに作用する水平方向力 (kN)

$S_d$  : 弾性設計用地震動  $S_d$  に伴う水平方向の地震力 (kN)

- (2) アンカーボルトに作用する鉛直方向力  $F_v$

$$F_v = (P_t + P_v) \cdot D \cdot L_3$$

$F_v$  : アンカーボルトに作用する鉛直方向力 (kN)

$D$  : 閉止板の縦方向寸法 (mm)

$L_3$  : 主桁全長 (mm)

(3) 水平方向力  $F_H$  に対する検討

水平方向力  $F_H$  は、床に敷設したアンカーボルトのせん断耐力の合計と壁に敷設したアンカーボルトのせん断耐力及び引張耐力の合計により評価を行う。検討概要を図 4-4 に示す。

$$F_H / f_{NS} \leq 1$$

$$F_H / f_{EW} \leq 1$$

$$f_{NS} = (n_{NS} + n_V) \cdot Q_A + n_{EW} \cdot T_A$$

$$f_{EW} = (n_{EW} + n_V) \cdot Q_A + n_{NS} \cdot T_A$$

$f_{NS}$  : NS 方向荷重時のアンカーボルト耐力 (kN)

$f_{EW}$  : EW 方向荷重時のアンカーボルト耐力 (kN)

$n_{NS}$  : 壁 (NS 方向) に設置されたアンカーボルト本数 (本)

$n_{EW}$  : 壁 (EW 方向) に設置されたアンカーボルト本数 (本)

$n_V$  : 床に設置されたアンカーボルト本数 (本)

$Q_A$  : アンカーボルト 1 本当りの短期許容せん断力 (kN)

$T_A$  : アンカーボルト 1 本当りの短期許容引張力 (kN)

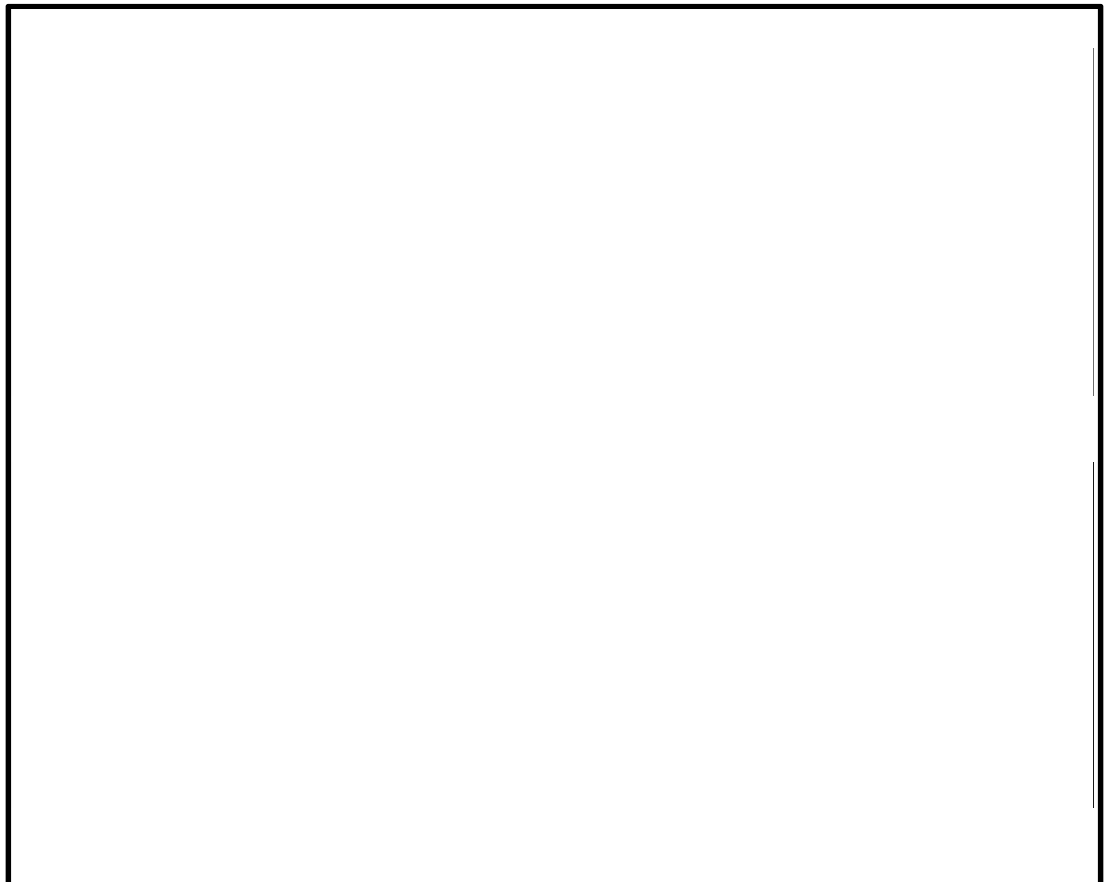


図 4-4 水平方向荷重時の検討概念図  
(補機冷却用海水取水槽 (C) 閉止板の例)

(4) 鉛直方向力  $F_v$  に対する検討

鉛直方向力  $F_v$  は、床に敷設したアンカーボルトの引張耐力の合計と壁に敷設したアンカーボルトのせん断耐力の合計により評価を行う。検討概要を図 4-5 に示す。

$$F_v / f_v \leq 1$$

$$f_v = (n_{NS} + n_{EW}) \cdot Q_A + n_v \cdot T_A$$

$f_v$  : 鉛直方向荷重時のアンカーボルト耐力 (kN)

$n_{NS}$  : 壁 (NS 方向) に設置されたアンカーボルト本数 (本)

$n_{EW}$  : 壁 (EW 方向) に設置されたアンカーボルト本数 (本)

$n_v$  : 床に設置されたアンカーボルト本数 (本)

$Q_A$  : アンカーボルト 1 本当りの短期許容せん断力 (kN)

$T_A$  : アンカーボルト 1 本当りの短期許容引張力 (kN)

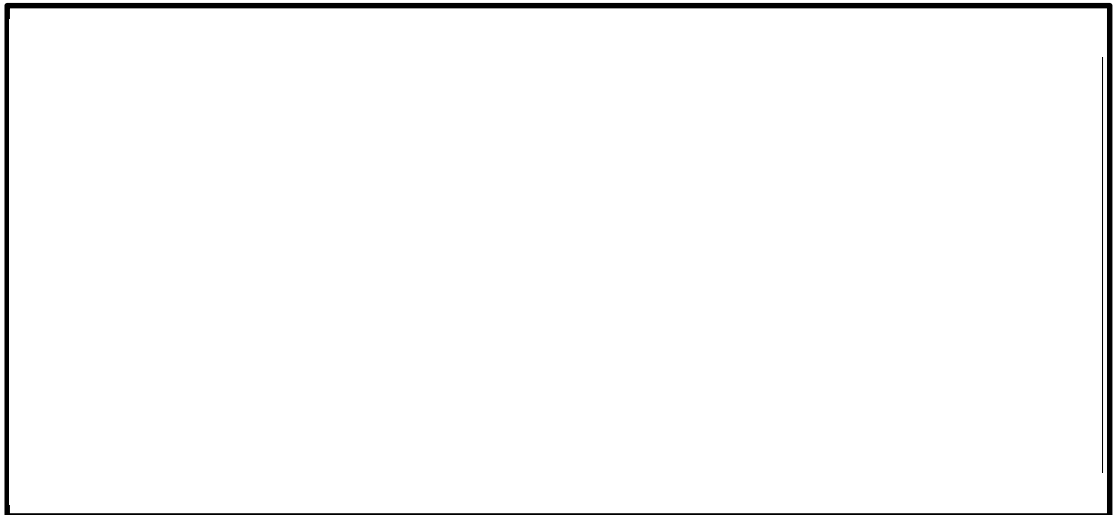


図 4-5 鉛直方向荷重時の検討概念図  
(補機冷却用海水取水槽 (C) 閉止板の例)



#### 4.5 評価条件

取水槽閉止板の強度評価に用いる入力値を表 4-5 に示す。

表 4-5 取水槽閉止板の強度評価に用いる入力値

評価対象部位	記号	単位	定義	数値				
				タービン補機冷却用海水取水槽閉止板1	タービン補機冷却用海水取水槽閉止板2	補機冷却用海水取水槽(A)閉止板	補機冷却用海水取水槽(B)閉止板	補機冷却用海水取水槽(C)閉止板
共通	H	mm	評価高さ	5500				
	$\rho_o$	t/m <sup>3</sup>	水の密度	1.03				
	g	m/s <sup>2</sup>	重力加速度	9.80665				
主桁	L <sub>1</sub>	mm	主桁の負担幅	275				
	L <sub>2</sub>	mm	主桁と直交方向のスキンプレートの長さ	850				
	L <sub>3</sub>	mm	主桁全長	1000				
	A <sub>s</sub>	mm <sup>2</sup>	せん断断面積	1.188×10 <sup>3</sup>				
	Z	mm <sup>3</sup>	断面係数	1.130×10 <sup>5</sup>				
スキンプレート	L <sub>4</sub>	mm	スキンプレートの負担幅	175				
	Z	mm <sup>3</sup>	断面係数	1.140×10 <sup>4</sup>				
締付ボルト	L <sub>2</sub>	mm	主桁と直交方向のスキンプレートの長さ	850				
	n <sub>s</sub>	本	締付ボルトの本数	8				
	A	mm <sup>2</sup>	締付ボルトの有効断面積	561				
	G	kN	スキンプレート及び主桁の固定荷重	3.54				
戸当り	L <sub>5</sub>	mm	戸当り全長	1150				
	L <sub>6</sub>	mm	戸当りウェブ中心から上フランジに等分布荷重が作用する中心位置までの距離	37.5				
	L <sub>7</sub>	mm	アンカーボルト中心位置から戸当りウェブ中心位置までの距離	45				
	A <sub>s</sub>	mm <sup>2</sup>	戸当りウェブ部のせん断断面積	8050				
	Z	mm <sup>3</sup> /m	戸当りフランジ部の断面係数	1.660×10 <sup>4</sup>				
	N <sub>1</sub>	本	戸当り本数	4				
アンカーボルト	G	kN	スキンプレート、主桁及び戸当りの固定荷重	5.31				
	n <sub>v</sub>	本	床に設置されたアンカーボルト本数	14	14	16	14	8
	n <sub>NS</sub>	本	壁(NS方向)に設置されたアンカーボルト本数	0	0	0	0	4
	n <sub>EW</sub>	本	壁(EW方向)に設置されたアンカーボルト本数	2	2	0	2	4
	f <sub>NS</sub>	kN	NS方向荷重時のアンカーボルト耐力	376.4	376.4	358.4	376.4	394.4
	f <sub>EW</sub>	kN	EW方向荷重時のアンカーボルト耐力	358.4	358.4	358.4	358.4	394.4
	f <sub>v</sub>	kN	鉛直荷重時のアンカーボルト耐力	484.4	484.4	502.4	484.4	430.4

## 5. 評価結果

取水槽閉止板の強度評価結果を表 5-1 に示す。各部材の断面検定を行った結果、全ての部材において発生応力又は応力度が許容限界以下であることを確認した。

表 5-1 強度評価結果

設備名称	評価対象部材		発生値 (応力度 又は荷重)		許容限界値		検定値
補機冷却用 海水取水槽 (C)閉止板	主桁	曲げ	24.1	N/mm <sup>2</sup>	205	N/mm <sup>2</sup>	0.12 < 1.0
		せん断	9.14	N/mm <sup>2</sup>	118	N/mm <sup>2</sup>	0.08 < 1.0
		組合せ	28.9	N/mm <sup>2</sup>	205	N/mm <sup>2</sup>	0.15 < 1.0
	スキンプレート	曲げ	18.5	N/mm <sup>2</sup>	205	N/mm <sup>2</sup>	0.09 < 1.0
	締付ボルト	引張	12.8	N/mm <sup>2</sup>	205	N/mm <sup>2</sup>	0.07 < 1.0
		せん断	0.40	N/mm <sup>2</sup>	118	N/mm <sup>2</sup>	0.01 < 1.0
	戸当り	曲げ*1	33.8	N/mm <sup>2</sup>	205	N/mm <sup>2</sup>	0.17 < 1.0
		せん断*2	0.32	N/mm <sup>2</sup>	118	N/mm <sup>2</sup>	0.01 < 1.0
タービン補機冷却用 海水取水槽 閉止板 1	アンカー ボルト	NS 方向	2.49	kN	376.4	kN	0.01 < 1.0
		EW 方向	2.49	kN	358.4	kN	0.01 < 1.0
		鉛直方向	78.9	kN	484.4	kN	0.17 < 1.0
タービン補機冷却用 海水取水槽 閉止板 2	アンカー ボルト	NS 方向	2.49	kN	376.4	kN	0.01 < 1.0
		EW 方向	2.49	kN	358.4	kN	0.01 < 1.0
		鉛直方向	78.9	kN	484.4	kN	0.16 < 1.0
補機冷却用 海水取水槽 (A)閉止板	アンカー ボルト	NS 方向	2.49	kN	358.4	kN	0.01 < 1.0
		EW 方向	2.49	kN	358.4	kN	0.01 < 1.0
		鉛直方向	78.9	kN	502.4	kN	0.16 < 1.0
補機冷却用 海水取水槽 (B)閉止板	アンカー ボルト	NS 方向	2.49	kN	376.4	kN	0.01 < 1.0
		EW 方向	2.49	kN	358.4	kN	0.01 < 1.0
		鉛直方向	78.9	kN	484.4	kN	0.16 < 1.0
補機冷却用 海水取水槽 (C)閉止板	アンカー ボルト	NS 方向	2.49	kN	394.4	kN	0.01 < 1.0
		EW 方向	2.49	kN	394.4	kN	0.01 < 1.0
		鉛直方向	78.9	kN	430.4	kN	0.19 < 1.0

注記\*1：上フランジと下フランジのうち厳しい評価結果を記載する。

\*2：ウェブ部を評価対象とする。

VI-3-別添 3-1-5 水密扉の強度計算書

## 目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	2
2.1 検討対象水密扉一覧	2
2.2 配置概要	3
2.3 構造計画	6
2.4 評価方針	7
2.5 適用規格・基準等	9
2.6 記号の説明	10
3. 強度評価方法	11
3.1 評価対象部位	11
3.2 荷重及び荷重の組合せ	14
3.2.1 荷重の設定	14
3.2.2 荷重の組合せ	17
3.3 許容限界	18
3.3.1 使用材料	18
3.3.2 許容限界	19
3.4 評価方法	21
3.4.1 応力算定	21
3.4.2 断面検定	29
3.5 評価条件	32
3.6 評価結果	33

## 1. 概要

本資料は、VI-3-別添 3-1-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に基づき、浸水防止設備であるタービン建屋に設置する水密扉が、津波による溢水又は内部溢水の浸水によって生じる浸水深さが大きい方の静水圧荷重及び余震を考慮した荷重に対して、浸水防護重点化範囲であるタービン建屋内に浸水することを防止するために、十分な構造健全性及び止水性を有していることを説明するものである。

2. 一般事項

2.1 検討対象水密扉一覧

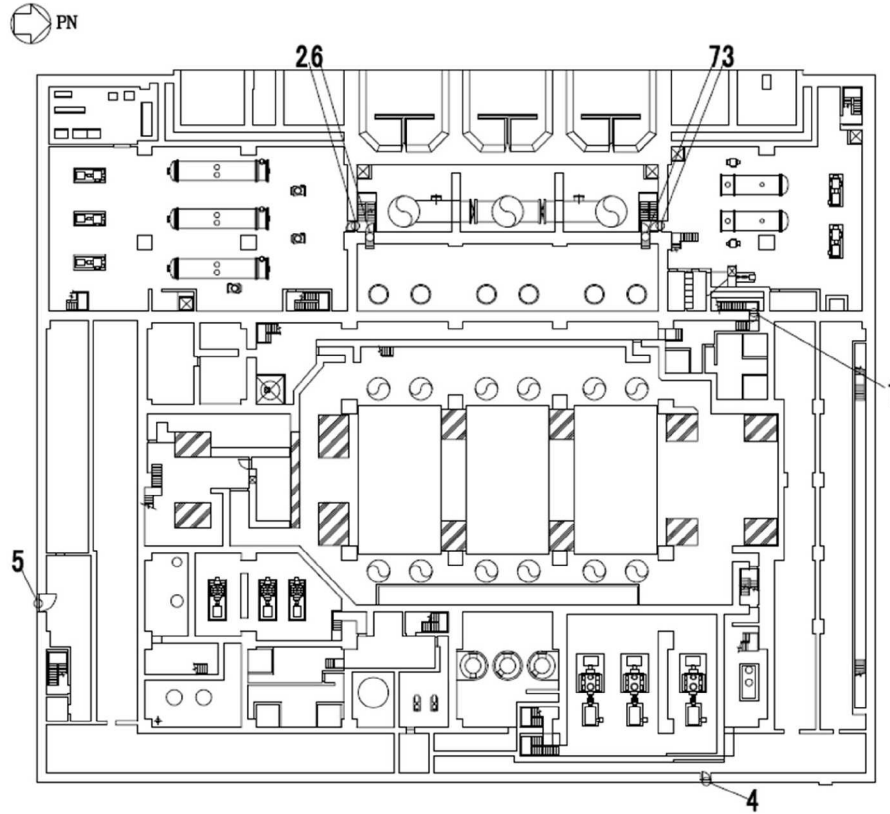
検討対象の水密扉を表 2-1 に示す。

表 2-1 検討対象水密扉一覧

水密扉No.	扉名称	静水圧荷重 考慮時の床高さ (T. M. S. L.)
TB-B2F-1	タービン建屋地下2階北西階段室 水密扉	-4.2m
TB-B2F-2	タービン補機冷却水系熱交換器・ポンプ室 水密扉	-4.8m
TB-B2F-3	原子炉補機冷却水系熱交換器・ポンプ室 水密扉	-4.8m
TB-B2F-4	建屋間連絡水密扉 (タービン建屋地下2階～配管トレンチ)	-5.1m
TB-B2F-5	建屋間連絡水密扉 (タービン建屋地下2階～廃棄物処理建屋地下3階)	-5.1m
TB-B2F-6	循環水配管, 電解鉄イオン供給装置室 水密扉1	-5.1m
TB-B2F-7	循環水配管, 電解鉄イオン供給装置室 水密扉2	-5.1m
TB-MB2F-1	タービン建屋地下中2階南西階段室 水密扉	-0.9m
TB-MB2F-2	タービン建屋地下中2階北西階段室 水密扉	-1.1m
TB-MB2F-3	計装用圧縮空気系・所内用圧縮空気系空気圧縮機室 水密扉1	-1.1m
TB-MB2F-4	計装用圧縮空気系・所内用圧縮空気系空気圧縮機室 水密扉2	-1.1m
TB-MB2F-5	循環水系配管メンテナンス室 水密扉1	-1.1m
TB-MB2F-6	循環水系配管メンテナンス室 水密扉2	-1.1m
TB-B1F-3	子炉補機冷却水系熱交換器・ポンプ室 水密扉	3.5m
TB-B1F-7	子炉補機冷却水系熱交換器・ポンプ室 水密扉	3.5m

2.2 配置概要

水密扉の設置位置図を図 2-1 に示す。

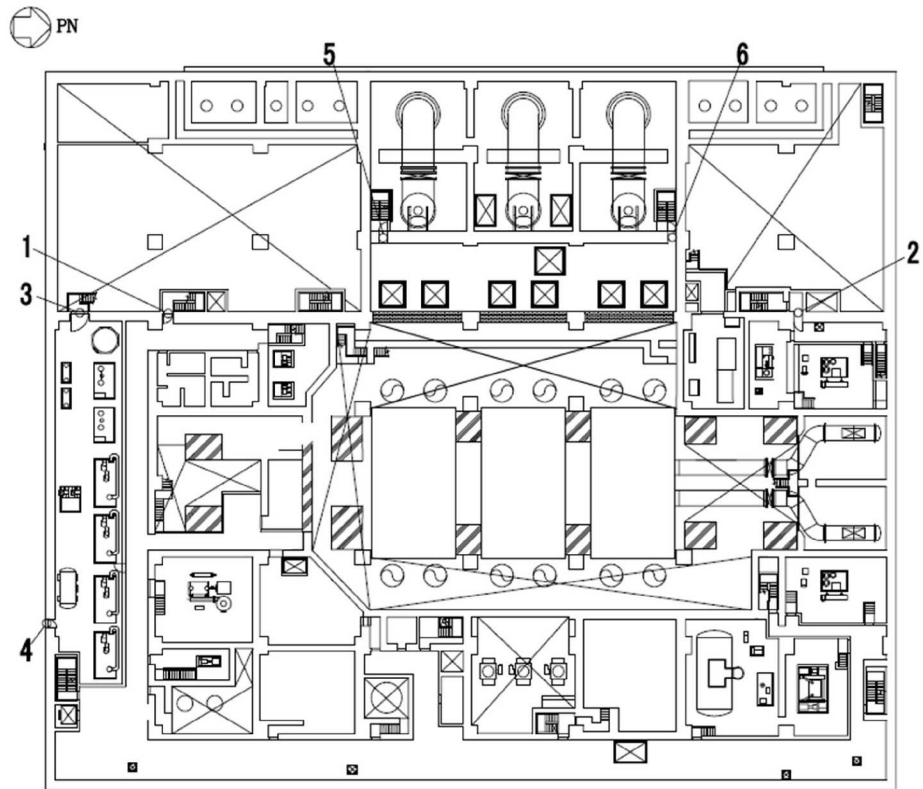


TB-B2F

1	タービン建屋地下2階北西階段室 水密扉
2	タービン補機冷却水系熱交換器・ポンプ室 水密扉
3	原子炉補機冷却水系熱交換器・ポンプ室 水密扉
4	建屋間連絡水密扉 (タービン建屋地下2階～配管トレンチ)
5	建屋間連絡水密扉 (タービン建屋地下2階～廃棄物処理建屋地下3階)
6	循環水配管, 電解鉄イオン供給装置室 水密扉 1
7	循環水配管, 電解鉄イオン供給装置室 水密扉 2

図 2-1 (1/3) 水密扉設置位置図 (タービン建屋地下2階)

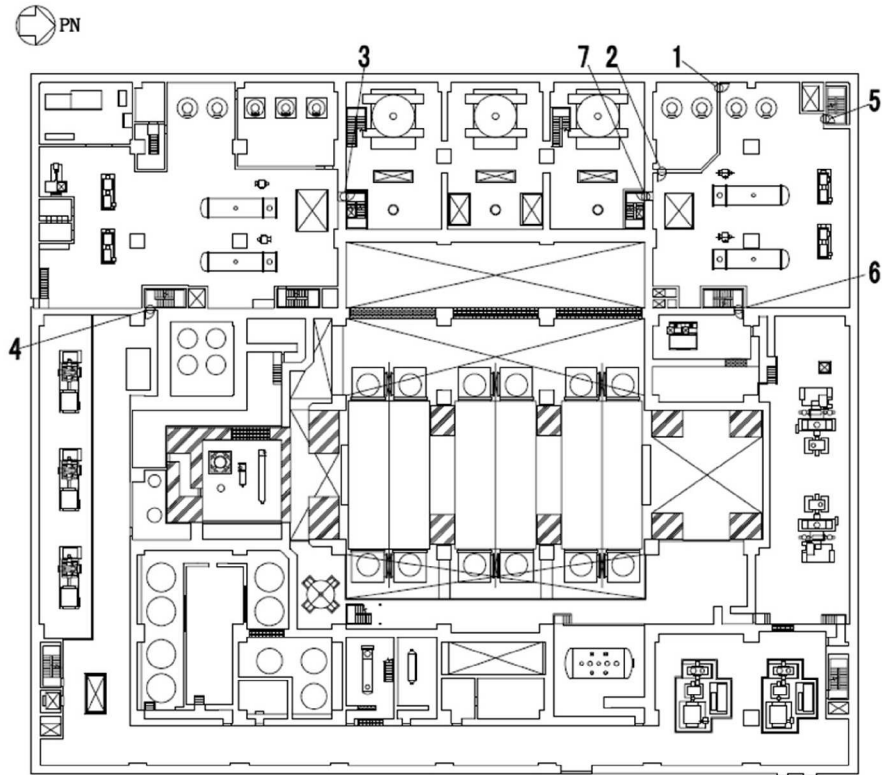




TB-MB2F

1	タービン建屋地下中 2 階南西階段室 水密扉
2	タービン建屋地下中 2 階北西階段室 水密扉
3	計装用圧縮空気系・所内用圧縮空気系空気圧縮機室 水密扉 1
4	計装用圧縮空気系・所内用圧縮空気系空気圧縮機室 水密扉 2
5	循環水系配管メンテナンス室 水密扉 1
6	循環水系配管メンテナンス室 水密扉 2

図 2-1 (2/3) 水密扉設置位置図 (タービン建屋地下中 2 階)



TB-B1F

1	子炉補機冷却海水系ポンプ室 水密扉 1
2	子炉補機冷却海水系ポンプ室 水密扉 2
3	子炉補機冷却水系熱交換器・ポンプ室 水密扉
4	タービン建屋地下1階南西階段室 水密扉
5	タービン建屋地下1階北階段室 水密扉
6	タービン建屋地下1階北西階段室 水密扉
7	原子炉補機冷却水系熱交換器・ポンプ室 水密扉

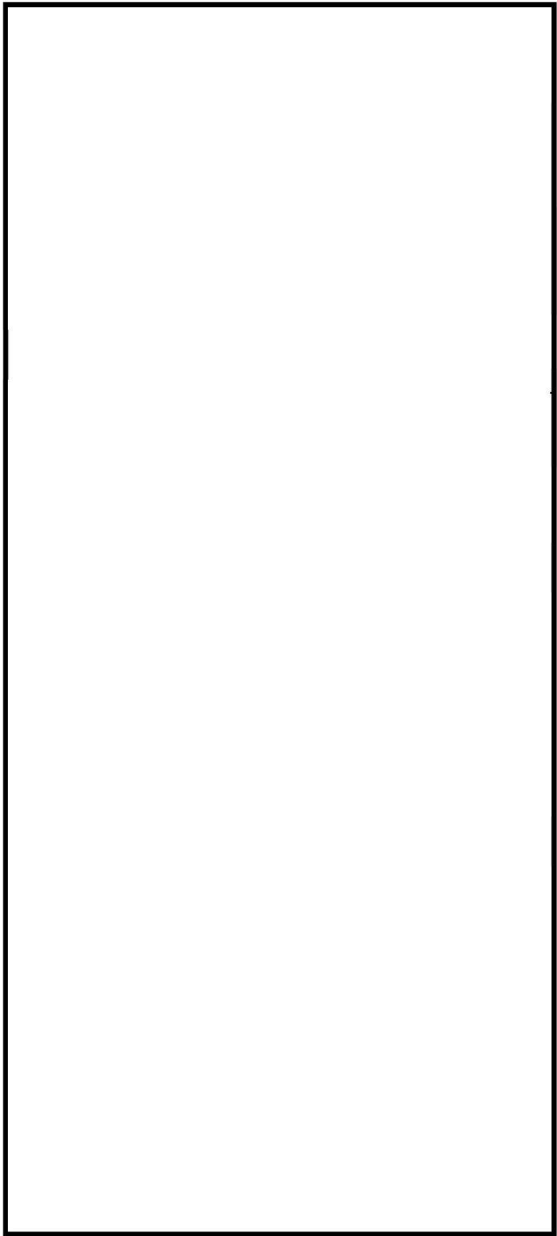
注：  は、津波による溢水に対して伝搬防止する水密扉ではないため本評価対象外

図 2-1 (3/3) 水密扉設置位置図 (タービン建屋地下1階)

### 2.3 構造計画

水密扉は、片開型の鋼製扉とし扉板の背面に芯材を配した構造である。また、閉鎖状態において締付装置により固定され水密性を確保しており、アンカーボルトによって建屋躯体に固定された扉枠にて支持する構造とする。水密扉の構造計画を表 2-2 に示す。

表 2-2 水密扉の構造計画

計画の概要		概略構造図
支持構造	主体構造	
<p>扉開放時において、ヒンジにより扉が扉枠に固定され、扉閉止時には、締付装置により扉と扉枠が一体化する構造とする。</p> <p>扉枠はアンカーボルトにより躯体へ固定する構造とする。</p>	<p>片開型の鋼製扉とし、鋼製の扉板に芯材を取付け、扉に設置された締付装置を鋼製の扉枠に差込み、扉と扉枠を一体化させる構造とする。</p> <p>また、扉と躯体の接続はヒンジを介する構造とする。</p>	

## 2.4 評価方針

水密扉の強度評価は、VI-3-別添 3-1-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」にて設定している荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえて、水密扉の評価対象部位に作用する応力等が許容限界内に収まることを、各設備の「3. 強度評価方法」に示す方法により、「3.5 評価条件」に示す評価条件を用いて評価し、応力評価の確認事項を「3.6 評価結果」にて確認する。

水密扉の強度評価フローを図 2-2 に示す。水密扉の強度評価においては、その構造を踏まえ、静水圧荷重及び余震に伴う荷重の作用方向及び伝達経路を考慮し、評価対象部位を設定する。

強度評価においては、荷重を静的に作用させることにより、扉板及び芯材の発生応力並びにアンカーボルトの発生荷重を算定し、許容限界との比較を行う。

なお、アンカーボルトは壁に埋め込まれた方向によって下記の通りに呼ぶこととする。

- ・0° 方向配置：アンカーボルトが壁の厚さの直交方向に配置されている場合
- ・45° 方向配置：アンカーボルトが壁の厚さの方向から 45° 傾斜して配置されている場合
- ・90° 方向配置：アンカーボルトが壁の厚さの方向に配置されている場合

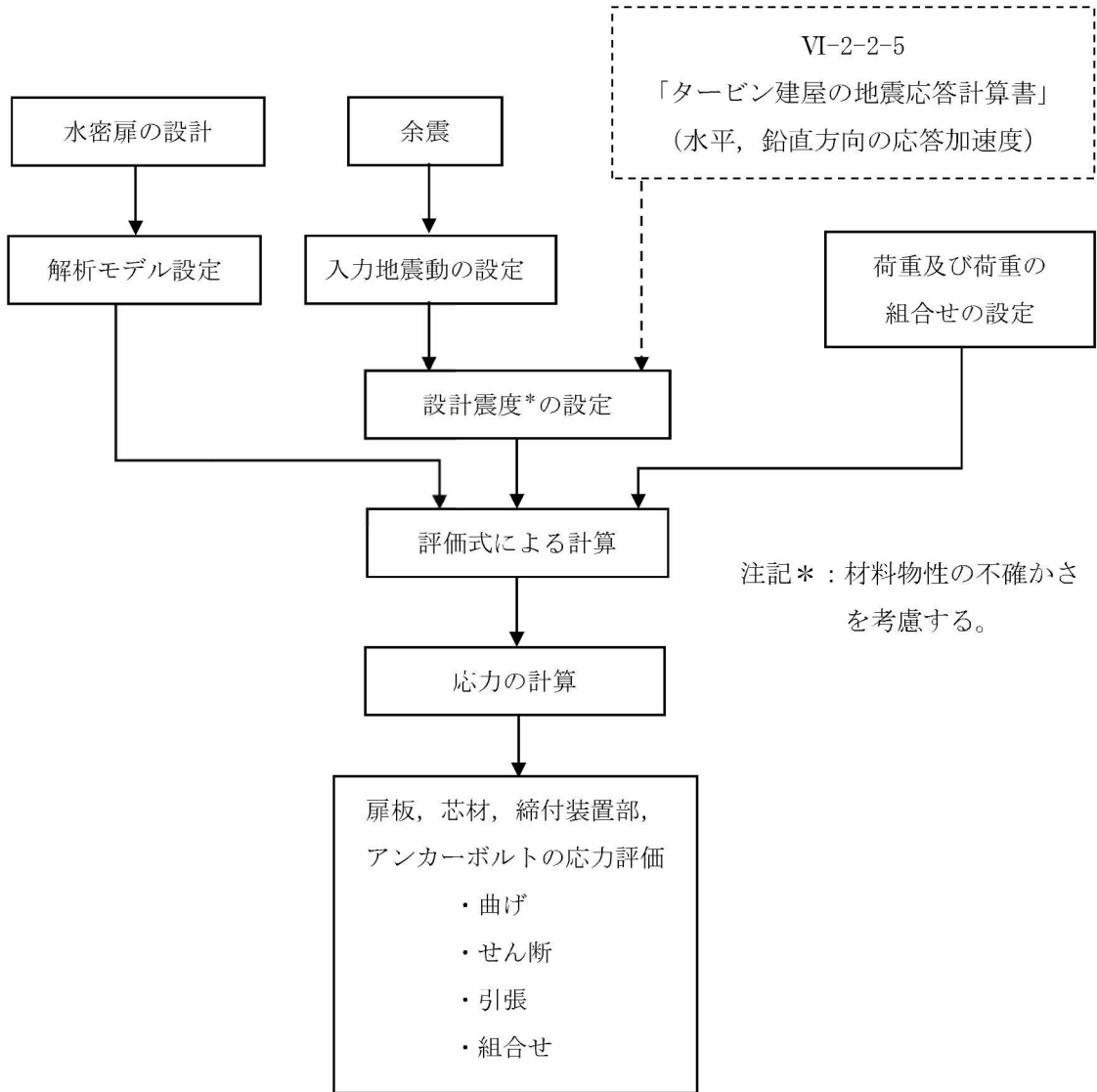


図 2-2 水密扉の強度評価フロー

## 2.5 適用規格・基準等

適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・ 建築基準法・同施行令
- ・ 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説－許容応力度設計法－  
（（社）日本建築学会，1999 改定）
- ・ 鋼構造設計規準－許容応力度設計法－（（社）日本建築学会，2005 改定）  
（以下「S規準」という。）
- ・ 各種合成構造設計指針・同解説（（社）日本建築学会，2010 改定）
- ・ 日本産業規格（J I S）
- ・ 水道施設耐震工法指針・解説 2009 年版（公益社団法人 日本水道協会）

## 2.6 記号の説明

水密扉の強度評価に用いる記号を表 2-3 に示す。

表 2-3 強度評価に用いる記号

記号	単位	定義
$h$	mm	当該扉の浸水深さ
$\rho_w$	t/m <sup>3</sup>	水の密度
$g$	m/s <sup>2</sup>	重力加速度
$L_{PL}$	mm	扉板の短辺長さ
$\beta$	-	浸水エリアの幅と水深の比による補正係数
$t$	mm	扉板の厚さ
$\rho_s$	t/m <sup>3</sup>	扉板の密度
$W_D$	kN	扉重量
$Z_1$	mm <sup>3</sup>	扉板の断面係数
$w_1$	kN/m <sup>2</sup>	扉上端に作用する静水圧荷重
$w_2$	kN/m <sup>2</sup>	扉下端に作用する静水圧荷重
$w_D$	kN/m <sup>2</sup>	扉下端に作用する静水圧荷重及び余震を考慮した荷重
$w'$	kN/m	芯材に作用する等分布荷重
$b$	mm	芯材に作用する荷重の負担幅
$L$	mm	芯材の支持スパン
$Z_2$	mm <sup>3</sup>	芯材の断面係数
$A_s$	mm <sup>2</sup>	芯材のせん断断面積
$n_2$	本	締付装置の本数
$L_5$	mm	締付装置の突出長さ
$L_p$	mm	締付装置受けピンの軸支持間距離
$b'$	mm	締付装置と締付装置受けピンが接する長さ
$n_b$	本	締付装置受けボルトの本数
$L_1$	mm	躯体開口部の高さ
$L_2$	mm	躯体開口部の幅
$M$	kN・m	曲げモーメント
$T$	kN	引張力
$Q$	kN	せん断力
$\sigma$	N/mm <sup>2</sup>	曲げ応力度
$\sigma_t$	N/mm <sup>2</sup>	引張応力度
$\tau$	N/mm <sup>2</sup>	せん断応力度
$P$	kN/m <sup>2</sup>	動水圧荷重
$S_d$	kN/m <sup>2</sup>	余震による地震荷重
$m$	kg/m	芯材の質量分布
$Q_d$	kN	アンカーボルト1本当りのせん断力
$T_d$	kN	アンカーボルト1本当りの引張力
$Q_a$	kN	アンカーボルト1本当りの短期許容せん断力
$T_a$	kN	アンカーボルト1本当りの短期許容引張力
$n$	本	片側(左右もしくは上下)のアンカーボルトの本数

### 3. 強度評価方法

#### 3.1 評価対象部位

水密扉の評価対象部位は、「2.3 構造計画」に示す水密扉の構造上の特徴を踏まえ選定する。

水密扉を閉める方向に外部から生じる静水圧荷重及び余震に伴う荷重は、扉板から芯材を介し扉枠に伝わり、扉枠を固定するアンカーボルトを介し、開口部周囲の躯体に伝達されることから、評価対象部位は扉板、芯材及びアンカーボルトとする。

水密扉を開く方向に内部から生じる静水圧荷重は、扉板から芯材に伝わり、締付装置部(締付装置、締付装置受けピン、締付装置受けボルト)に伝達され、扉枠及び扉枠を固定するアンカーボルトを介し、開口部周囲の躯体に伝達されることから、評価対象部位は扉板、芯材、締付装置部及びアンカーボルトとする。

アンカーボルトについては、荷重を伝達する芯材の取付け方向又は扉板の辺長比を踏まえ、水平方向に芯材を配置する構造若しくは扉板の短辺方向へ支配的に荷重を伝達する構造である場合はヒンジ側及び扉開閉側のアンカーボルトを、鉛直方向に芯材を配置する場合は扉上部側及び扉下部側のアンカーボルトを評価対象部位として選定する。

なお、ヒンジは静水圧荷重及び余震に伴う荷重の伝達経路とならないため、評価対象外とする。

また、結果が厳しい評価対象部位を有する水密扉を代表として評価するものとし、水密扉 No. TB-B2F-2, TB-B2F-3 及び TB-B2F-4 を抽出した。

水密扉に作用する荷重の作用図を図 3-1 に示す。



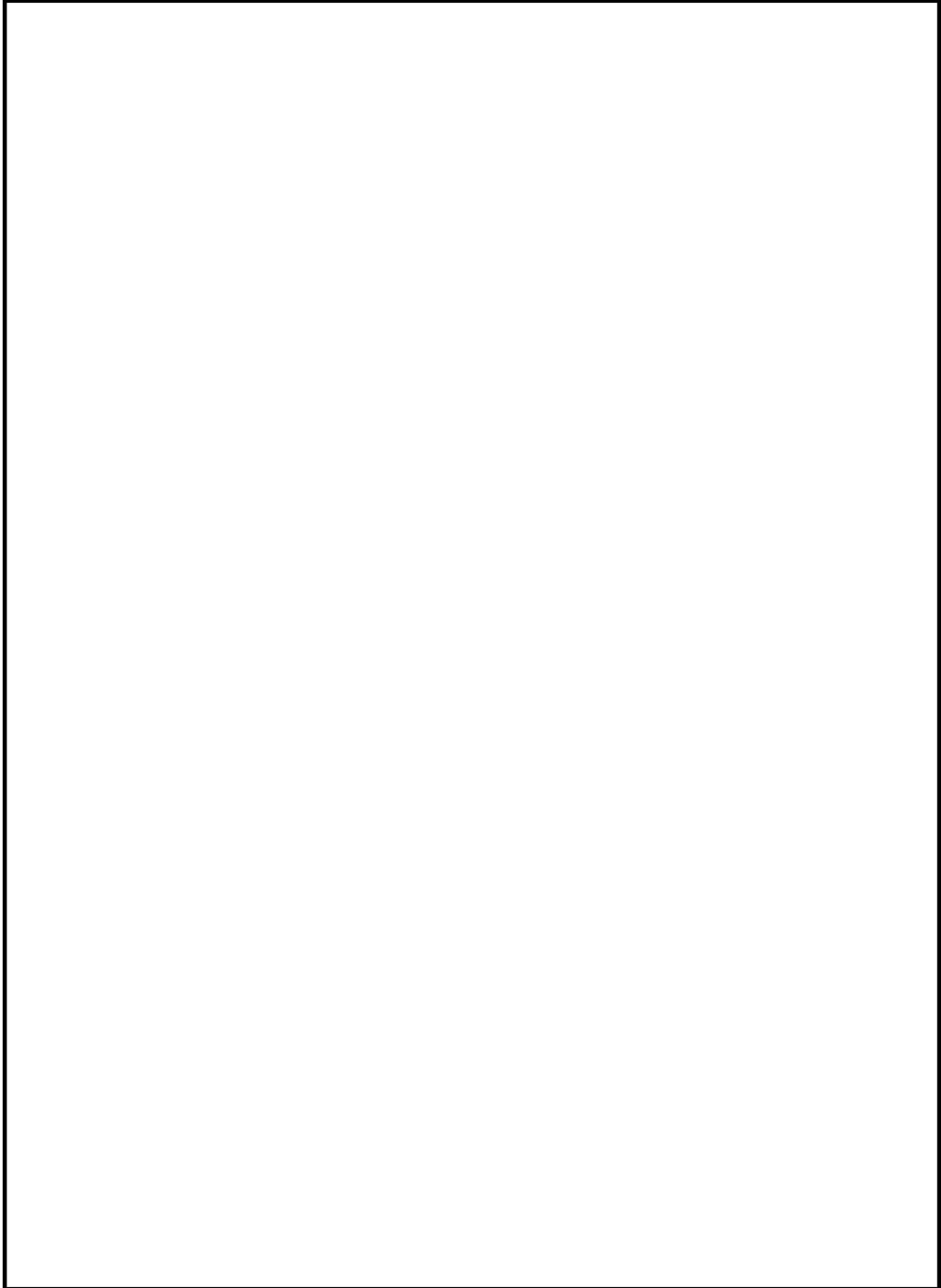
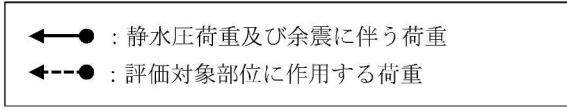


図 3-1 (1/2) 水密扉に作用する荷重の作用図



図 3-1 (2/2) 水密扉に作用する荷重の作用図

### 3.2 荷重及び荷重の組合せ

強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、VI-3-別添 3-1-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「3.1 荷重及び荷重の組合せ」にて示している荷重及び荷重の組合せを踏まえて設定する。

#### 3.2.1 荷重の設定

強度評価に用いる荷重を以下に示す。

##### (1) 静水圧荷重 (P<sub>h</sub>)

浸水に伴う静水圧としての静水圧荷重を考慮する。静水圧荷重は、評価対象部位周辺の水の密度に当該部分の浸水深さを考慮した水圧作用高さを乗じた次式により算出する。

$$P_h = \rho_0 \cdot g \cdot h \cdot 10^{-3}$$

P<sub>h</sub> : 静水圧荷重(kN/m<sup>2</sup>)

静水圧荷重の算定に用いる水圧作用高さ及び水の密度を表 3-1 に示す。

表 3-1 水圧作用高さ及び水の密度

水密扉No.	扉名称	水圧作用高さ (mm)	水の密度 (t/m <sup>3</sup> )
TB-B2F-2	タービン補機冷却水系熱交換器・ポンプ室 水密扉	15000	1.03
TB-B2F-3	原子炉補機冷却水系熱交換器・ポンプ室 水密扉	11100	1.03
TB-B2F-4	建屋間連絡水密扉 (タービン建屋地下2階～配管トレンチ)	15000	1.03

(2) 余震荷重 (K S d)

余震荷重として、弾性設計用地震動 S d による地震力及び動水圧を考慮する。余震荷重は、水密扉の設置位置における水平方向の最大応答加速度から設定する震度を用いて評価する。最大応答加速度を保守的に評価するために、最大応答加速度の抽出位置は水密扉設置階の上階の値とする。

強度評価に用いる震度は、材料物性の不確かさを考慮したものとして VI-2-2-5 「タービン建屋の地震応答計算書」によることとし、建屋の階ごとの設計震度を表 3-2 に示す。

また、動水圧荷重は「水道施設耐震工法指針・解説 2009 年版（公益社団法人 日本水道協会）」に基づき、扉が床面に設置されていることから浸水深さ (H) を扉の浸水深さ (h) とし、次式により算出する。動水圧荷重の算出結果は表 3-3 に示す。

$$P = \beta \cdot 7/8 \cdot \alpha_H \cdot \rho_0 \cdot g \cdot \sqrt{h \cdot h \cdot 10^{-6}}$$

$\beta$  : 浸水エリアの幅と水深の比による補正係数 (1.0)

$\alpha_H$  : 水平方向の設計震度

表 3-2 各扉の設計震度

(a) 水平方向				(b) 鉛直方向			
建屋	階	T. M. S. L.	弾性設計用地震動 S d の設計震度 $\alpha_H$	建屋	階	T. M. S. L.	弾性設計用地震動 S d の設計震度 $\alpha_{UD}$
タービン 建屋	3F	30.9m	1.69	タービン 建屋	3F	30.9m	0.458
	2F	20.4m	0.619		2F	20.4m	0.432
	1F	12.3m	0.527		1F	12.3m	0.403
	B1F	4.9m	0.468		B1F	4.9m	0.378
	MB2F	-1.1m	0.412		MB2F	-1.1m	0.368
	B2F	-5.1m	0.385		B2F	-5.1m	0.368

表 3-3 動水圧荷重の算出結果

水密扉No.	扉名称	動水圧荷重 (kN/m <sup>2</sup> )
TB-B2F-2	タービン補機冷却水系熱交換器・ポンプ室 水密扉	72.1
TB-B2F-3	原子炉補機冷却水系熱交換器・ポンプ室 水密扉	72.1
TB-B2F-4	建屋間連絡水密扉 (タービン建屋地下2階～配管トレンチ)	73.2

### 3.2.2 荷重の組合せ

水密扉の強度評価に用いる荷重の組合せは、VI-3-別添 3-1-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」を踏まえて下記の通りに設定する。

$$P_h + K S d$$

$P_h$  : 静水圧荷重 (kN/m<sup>2</sup>)

$K S d$  : 余震荷重 (kN/m<sup>2</sup>)

### 3.3 許容限界

水密扉の許容限界は、「3.1 評価対象部位」にて設定した部位に対し、VI-3-別添 3-1-1 「津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」にて設定している許容限界を踏まえ設定する。

#### 3.3.1 使用材料

水密扉を構成する、扉板、芯材、締付装置部及びアンカーボルトの使用材料を表 3-4 に示す。

表 3-4 扉板、芯材、締付装置部、及びアンカーボルトの使用材料

評価対象部位		材質	仕様
扉板		SS400	PL-9, 12 (mm)
芯材		SS400	C-180×75×7×10.5 (mm) FB-38×75
締付装置部	締付装置	SUS403	径 (mm) 60
	締付装置 受けピン	SUS304	径 (mm) 40
	締付装置 受けボルト	SS400	M20
アンカーボルト		SS400	φ 16, M16, M20,

### 3.3.2 許容限界

(1) 扉板, 芯材, 締付装置部, アンカーボルト

鋼材の許容限界は, 「S規準」を踏まえて表3-5の値とする。

表3-5 鋼材の許容限界

材質*2	短期許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	
	曲げ	せん断
SS400 ( t ≤ 40 ) *1	235	135
SUS304	205	118
SUS403	390	225

注記\* 1: tは板厚(mm)を示す。

注記\* 2: 許容応力度を決定する場合の基準値Fは, 日本産業規格 ( J I S ) に基づく。



(2) アンカーボルトの許容限界の算定値

アンカーボルトの許容限界は、「各種合成構造設計指針・同解説（（社）日本建築学会，2010 改定）」に基づき算定した，表 3-6 の値とする。

なお，引張力を受ける場合においては，アンカーボルトの降伏により決まる耐力及び付着力により決まる耐力を比較して，いずれか小さい値を採用する。また，せん断力を受ける場合においては，アンカーボルトのせん断強度により決まる耐力，定着したコンクリート躯体の支圧強度により決まる耐力及びコーン状破壊により決まる耐力を比較して，いずれか小さい値を採用する。

表 3-6 動水圧荷重を考慮する場合のアンカーボルトの許容限界の算定値

水密扉No.	扉名称	許容耐力(kN/本)	
		せん断	引張
TB-B2F-2	タービン補機冷却水系熱交換器・ポンプ室 水密扉	25.7	34.4
TB-B2F-3	原子炉補機冷却水系熱交換器・ポンプ室 水密扉	16.6	82.9
TB-B2F-4	建屋間連絡水密扉（タービン建屋地下2階～配管トレンチ）	13.1	21.2

### 3.4 評価方法

水密扉の強度評価は、VI-3-別添 3-1-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」にて設定している評価式を用いる。

#### 3.4.1 応力算定

##### (1) 扉板

扉板に生じる応力は、等分布荷重を受ける両端固定の一方向版として算定する。この時、実際に作用する静水圧荷重及び動水圧荷重は、台形分布もしくは、三角形分布であるが、扉最下部の最大静水圧が等分布に作用すると安全側に評価する。扉板に作用する荷重の例を図 3-2 に示す。

$$M = w_D (L_{PL} \cdot 10^{-3})^2 / 12$$

$M$  : 扉板の最大曲げモーメント ( $\text{kN} \cdot \text{m/m}$ )

$L_{PL}$  : 扉板の短辺長さ ( $\text{mm}$ )

ここで、 $w_D = w_2 + P + S_d$

$w_D$  : 扉下端に作用する静水圧荷重及び余震を考慮した荷重 ( $\text{kN/m}^2$ )

$w_2$  : 扉下端に作用する静水圧荷重 ( $\text{kN/m}^2$ )

$P$  : 動水圧荷重 ( $\text{kN/m}^2$ )

$S_d$  : 余震による地震荷重

$\alpha_H$  : 水平方向の設計震度 ( $\text{m/s}^2$ )

$$w_2 = \rho_o \cdot g \cdot h \cdot 10^{-3}$$

$$P = \beta \cdot 7/8 \cdot \alpha_H \cdot \rho_o \cdot g \cdot h \cdot 10^{-3}$$

$$S_d = t \cdot 10^{-3} \cdot \alpha_H \cdot \rho_s \cdot g$$

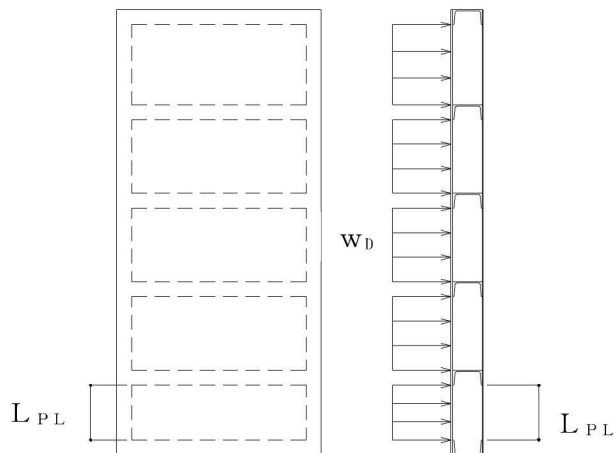


図 3-2 扉板に作用する荷重の例

(2) 芯材

芯材に生じる応力は、等分布荷重を受ける両端単純支持の梁として算定する。なお、芯材の取付け方向は、水平・鉛直の2方向があるが、両者とも上記の動水圧荷重と静水圧荷重を加えた水圧に、芯材の支配幅（＝間隔）を乗じた荷重が等分布に作用するものとして安全側に評価する。芯材に作用する荷重の例を図3-3に示す。

$$M = w' \cdot (L \cdot 10^{-3})^2 / 8$$

M : 芯材の最大曲げモーメント (kN・m)

$$Q = w' \cdot L \cdot 10^{-3} / 2$$

Q : 芯材の最大せん断力 (kN)

ここで、 $w' = (w_2 + P) \cdot b \cdot 10^{-3} + S_d$

$$S_d = (\rho_s \cdot b \cdot t \cdot 10^{-6} + m \cdot 10^{-3}) \cdot \alpha_H \cdot g$$

$S_d$  : 芯材に生じる余震による地震荷重 (kN/m)

$w'$  : 芯材に作用する等分布荷重 (kN/m)

L : 芯材の支持スパン (mm)

$w_2$  : 扉下端に作用する静水圧荷重 (kN/m<sup>2</sup>)

P : 動水圧荷重 (kN/m<sup>2</sup>)

b : 芯材に作用する荷重の負担幅 (mm)

$\rho_s$  : 扉板の密度 (t/m<sup>3</sup>)

t : 扉板の厚さ (mm)

m : 芯材の質量分布 (kg/m)

$\alpha_H$  : 水平方向の設計震度

g : 重力加速度 (m/s<sup>2</sup>)

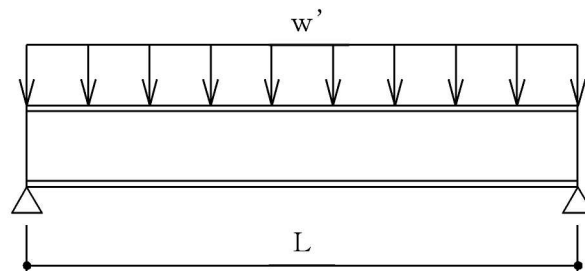


図3-3 芯材に作用する荷重の例

(3) 締付装置部

締付装置部は、締付装置、締付装置受けピン及び締付装置受けボルトで構成されており、生じる応力は次式により算定する。ここで、静水圧荷重及び余震荷重に対する反力は、扉の上端と下端に作用する静水圧荷重を合計したものに、動水圧荷重及び扉重量による余震荷重を加えた荷重を締付装置部が均等に負担するとして算定する。締付装置部に作用する荷重の例を図3-4に示す。

$$R_1 = \{ (w_1 + w_2) / 2 + P \} L_1 \cdot L_2 \cdot 10^{-6} + W_D \cdot \alpha_H$$

$R_1$  : 静水圧荷重及び余震荷重に対する反力(kN)

$w_1$  : 扉上端に作用する静水圧荷重(kN/m<sup>2</sup>)

$w_2$  : 扉下端に作用する静水圧荷重(kN/m<sup>2</sup>)

$P$  : 動水圧荷重(kN/m<sup>2</sup>)

$L_1$  : 躯体開口部の高さ(mm)

$L_2$  : 躯体開口部の幅(mm)

$W_D$  : 扉重量(kN)

$\alpha_H$  : 水平方向の設計震度

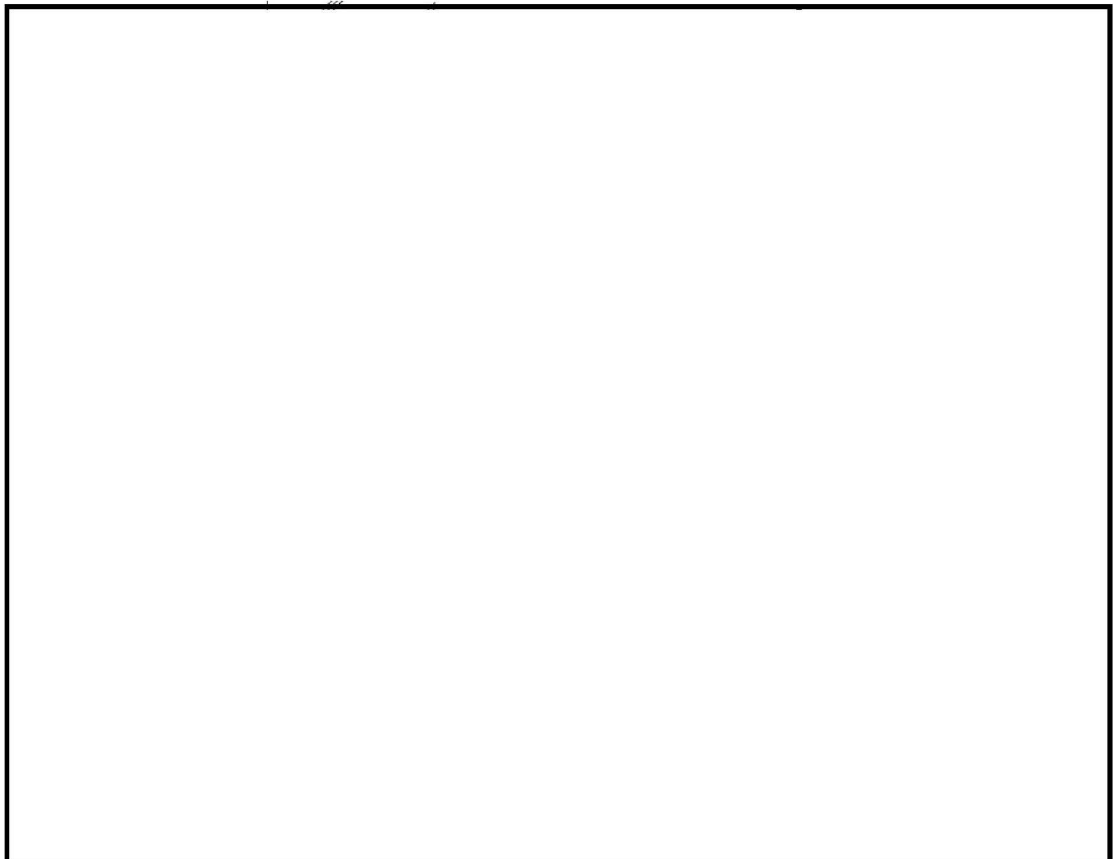


図3-4 締付装置部に作用する荷重の例

## a. 締付装置

締付装置に生じる応力は、次式により算定する。なお、算定に当たっては、締付装置受けピン中心位置を固定端とした片持ち梁として評価し、締付装置の取付部位に応じて作用する応力を考慮する。締付装置に生じる荷重の例を図3-5に示す。

$$M = R_1 \cdot L_5 \cdot 10^{-3}$$

M : 締付装置の最大曲げモーメント (kN・m)

R<sub>1</sub> : 締付装置に生じる静水圧荷重及び余震荷重に対する反力 (kN)

L<sub>5</sub> : 締付装置の突出長さ (mm)

$$Q = R_1$$

Q : 締付装置の最大せん断力 (kN)

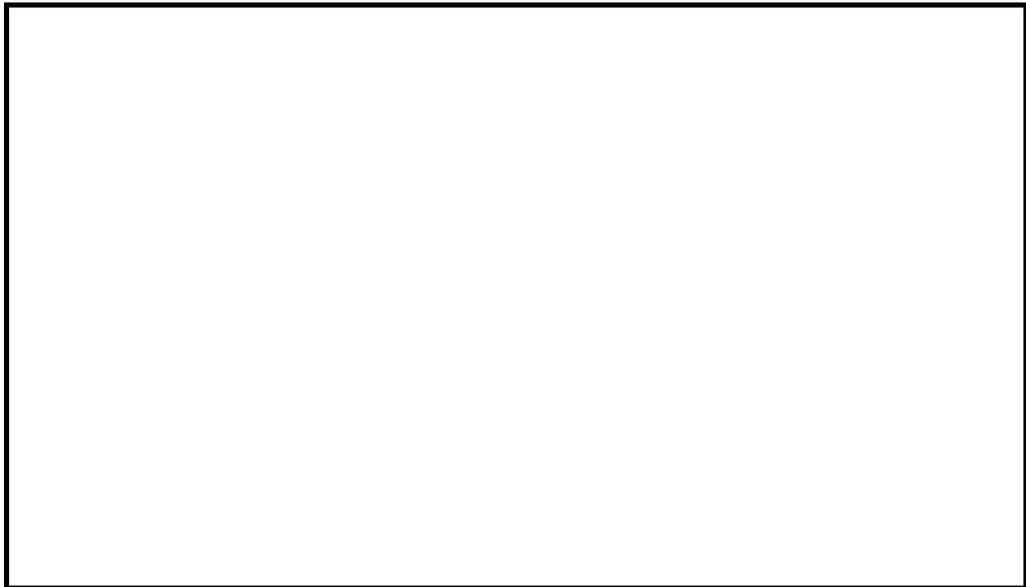


図 3-5 締付装置に生じる荷重の例

## b. 締付装置受けピン

締付装置受けピンに生じる応力は、次式により算定する。なお、算定にあたっては、締付装置の形状に応じて締付装置受けピンに作用する応力を考慮する。締付装置受けピンに生じる荷重の例を図3-6に示す。

(締付装置と締付装置受けピンが線接触する場合)

締付装置受けピンを部分等分布荷重が作用する両端固定梁とみなし、次式により算定する。

$$M = R_1 (L_p^3 - 8 \cdot a'^3) / (24 \cdot b' \cdot L_p)$$

$M$  : 締付装置受けピンの最大曲げモーメント (kN・m)

$$a' = (L_p - b') / 2$$

$R_1$  : 締付装置受けピンに生じる静水圧荷重及び余震荷重に対する反力 (kN)

$L_p$  : 締付装置受けピンの軸支持間距離 (mm)

$a'$  : 締付装置受けピンの支持点から締付装置軸の表面までの距離 (mm)

$b'$  : 締付装置と締付装置受けピンが接する長さ (mm)

$$Q = R_1 / 2$$

$Q$  : 締付装置受けピンの最大せん断力 (kN)

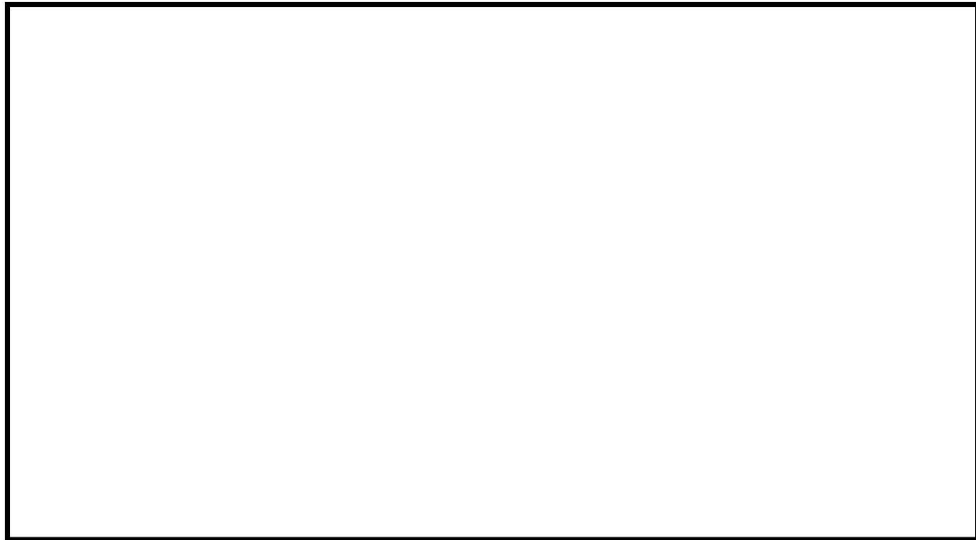


図3-6 (1/2) 締付装置受けピンに生じる荷重の例  
(締付装置と締付装置受けピンが線接触する場合)

(締付装置と締付装置受けピンが点接触する場合)

締付装置受けピンを集中荷重が作用する両端固定梁とみなし，次式により算定する。

$$M = R_1 \cdot L_p \cdot 10^{-3} / 4$$

M : 締付装置受けピンの最大曲げモーメント (kN・m)

R<sub>1</sub> : 締付装置受けピンに生じる静水压荷重及び余震荷重に対する反力 (kN)

L<sub>p</sub> : 締付装置受けピンの軸支持間距離 (mm)

$$Q = R_1 / 2$$

Q : 締付装置受けピンの最大せん断力 (kN)

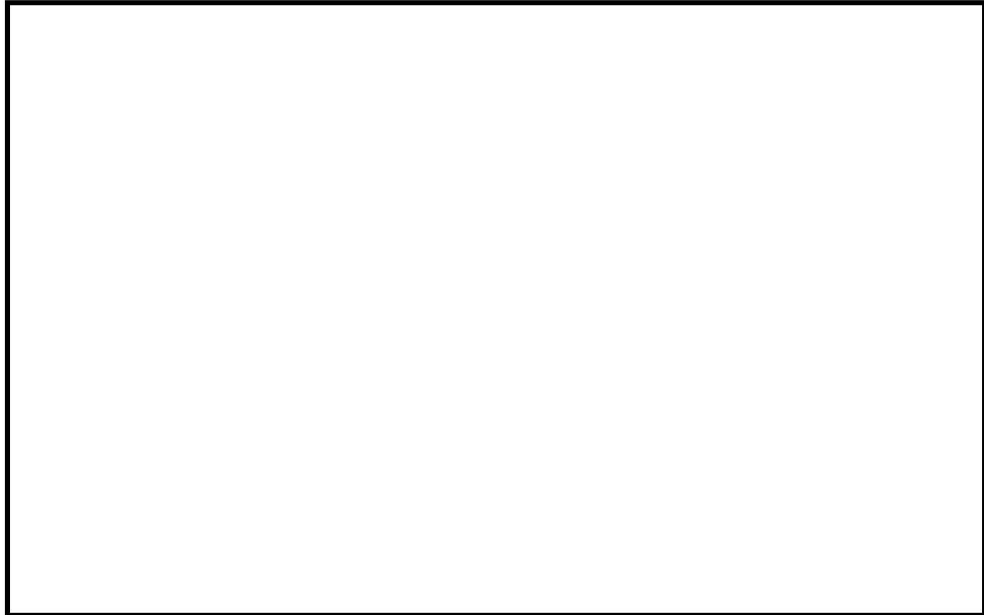


図3-6 (2/2) 締付装置受けピンに生じる荷重の例  
(締付装置と締付装置受けピンが点接触する場合)

c. 締付装置受けボルト

締付装置受けボルトに生じる応力は、次式により算定する。締付装置受けボルトに生じる荷重の例を図3-7に示す。

$$T = R_1 / n_b$$

T : 締付装置受けボルトの最大引張力(kN)

R<sub>1</sub> : 締付装置受けボルトに生じる静水圧荷重及び余震荷重に対する反力(kN)

n<sub>b</sub> : 締め付け装置受けボルトの本数

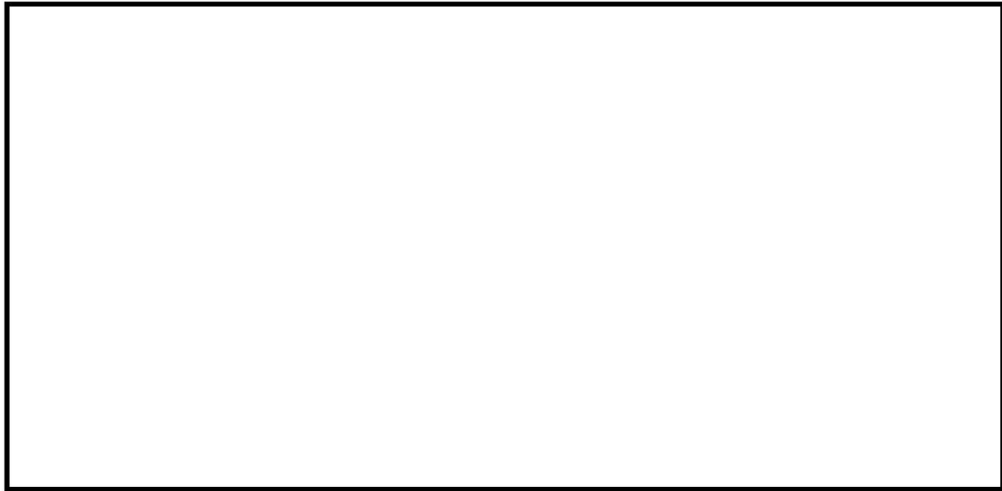


図 3-7 締付装置受けボルトに生じる荷重の例



(4) アンカーボルト

アンカーボルトに生じる応力は、静水圧荷重に余震荷重を加えた荷重を左右若しくは上下に配置されたアンカーボルトに分配する。アンカーボルトに生じる荷重の例を図3-8に示す。

$$Q = R_1$$

Q : アンカーボルトの最大せん断力 (kN)

R<sub>1</sub> : アンカーボルトに生じる静水圧荷重及び余震荷重に対する反力 (kN)

n : 片側 (左右もしくは上下) のアンカーボルトの本数

アンカーボルトの方向

(0° 方向配置の場合)

$$Q_d = Q / 2 / n$$

(90° 方向配置の場合)

$$T_d = Q / 2 / n$$

(45° 方向配置の場合)

$$Q_d = (Q / \sqrt{2}) / 2 / n$$

$$T_d = (Q / \sqrt{2}) / 2 / n$$



図3-8 アンカーボルトに生じる荷重の例(平面図)

### 3.4.2 断面検定

評価対象部位に発生する応力より算定する応力度及び荷重が、許容限界値以下であることを確認する。

#### (1) 扉板

扉板に生じる曲げ応力度を算定し、扉板の短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\sigma = (M \cdot 10^6) / Z_1$$

$\sigma$  : 扉板の最大曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$M$  : 扉板の最大曲げモーメント (kN・m/m)

$Z_1$  : 扉板の断面係数 (mm<sup>3</sup>/m)

#### (2) 芯材

芯材に生じる曲げ応力度及びせん断応力度を算定し、芯材の短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\sigma = (M \cdot 10^6) / Z_2$$

$\sigma$  : 芯材の最大曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$M$  : 芯材の最大曲げモーメント (kN・m)

$Z_2$  : 芯材の断面係数 (mm<sup>3</sup>)

$$\tau = (Q \cdot 10^3) / A_s$$

$\tau$  : 芯材の最大せん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$Q$  : 芯材の最大せん断力 (kN)

$A_s$  : 芯材のせん断断面積 (mm<sup>2</sup>)

## (3) 縮付装置部

## a. 縮付装置

縮付装置に生じる曲げ応力度及びせん断応力度から，組合せ応力度を「S基準」に基づく次式により算定し，縮付装置の短期許容応力度以下であることを確認する。

$$x = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2}$$

x : 組合せ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

ここで， $\sigma = (M \cdot 10^6) / Z$

$\sigma$  : 縮付装置の最大曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

M : 縮付装置の最大曲げモーメント (kN・m)

Z : 縮付装置の断面係数 (mm<sup>3</sup>)

$$\tau = (Q \cdot 10^3) / A_s$$

$\tau$  : 縮付装置の最大せん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

Q : 縮付装置の最大せん断力 (kN)

A<sub>s</sub> : 縮付装置のせん断断面積 (mm<sup>2</sup>)

## b. 縮付装置受けピン

縮付装置受けピンに生じる曲げ応力度及びせん断応力度から，組合せ応力度を「S基準」に基づく次式により算定し，縮付装置受けピンの短期許容応力度以下であることを確認する。

$$x = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2}$$

x : 組合せ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

ここで， $\sigma = (M \cdot 10^6) / Z$

$\sigma$  : 縮付装置受けピンの最大曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

M : 縮付装置受けピンの最大曲げモーメント (kN・m)

Z : 縮付装置受けピンの断面係数 (mm<sup>3</sup>)

$$\tau = (Q \cdot 10^3) / A_s$$

$\tau$  : 縮付装置受けピンの最大せん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

Q : 縮付装置受けピンの最大せん断力 (kN)

A<sub>s</sub> : 縮付装置受けピンのせん断断面積 (mm<sup>2</sup>)

c. 締付装置受けボルト

締付装置受けボルトに生じる引張応力度を次式により算定し、締付装置受けボルトの短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\sigma_t = (T \cdot 10^3) / A$$

$\sigma_t$  : 締付装置受けボルトの最大引張応力度(N/mm<sup>2</sup>)

T : 締付装置受けボルトの最大引張力(kN)

A : 締付装置受けボルトの断面積(mm<sup>2</sup>)

(4) アンカーボルト

アンカーボルト1本当りに生じる引張力又はせん断力を算定し、アンカーボルトの許容荷重以下であることを確認する。

$$(T_d / T_a)^2 + (Q_d / Q_a)^2 \leq 1.0$$

$$T_d / T_a \leq 1.0$$

ここで、 $T_d = R_1 / 2 / n$

$T_d$  : アンカーボルト1本当りの引張力(kN)

$T_a$  : アンカーボルト1本当りの短期許容引張力(kN)

$R_1$  : アンカーボルトに生じる静水圧荷重及び余震荷重に対する反力(kN)

n : 片側(左右もしくは上下)のアンカーボルトの本数

$$Q_d / Q_a \leq 1.0$$

ここで、 $Q_d = R_1 / 2 / n$

$Q_d$  : アンカーボルト1本当りのせん断力(kN)

$Q_a$  : アンカーボルト1本当りの短期許容せん断力(kN)

$R_1$  : アンカーボルトに生じる静水圧荷重及び余震荷重に対する反力(kN)

n : 片側(左右もしくは上下)のアンカーボルトの本数

### 3.5 評価条件

「3.4 評価方法」に用いる評価条件を表3-7に示す。

表3-7 強度評価に用いる条件

対象部位	記号	単位	定義	水密扉No.			
				TB-B2F-2	TB-B2F-3	TB-B2F-4	
共通	h	mm	当該扉の浸水深さ	19800	19800	20100	
	$\rho_0$	t/m <sup>3</sup>	水の密度	1.03	1.03	1.03	
	g	m/s <sup>2</sup>	重力加速度	9.80665	9.80665	9.80665	
扉板	L <sub>PL</sub>	mm	扉板の短辺長さ	452	350	250	
	H	mm	浸水深さ	19800	19800	20100	
	$\beta$	—	浸水エリアの幅と水深の比による補正係数	1	1	1	
	$\alpha_{II}$	—	余震震度（水平方向）	0.412	0.412	0.412	
	t	mm	扉板の厚さ	12	9	12	
	$\rho_s$	t/m <sup>3</sup>	扉板の密度	7.85	7.85	7.85	
	W <sub>D</sub>	kN	扉重量	7.47	5.69	8.83	
	Z <sub>1</sub>	mm <sup>3</sup> /m	扉板の断面係数	2.400×10 <sup>4</sup>	1.350×10 <sup>4</sup>	2.400×10 <sup>4</sup>	
芯材	w <sub>2</sub>	kN/m <sup>2</sup>	扉下端に作用する静水圧荷重	200	200	204	
	b	mm	芯材に作用する荷重の負担幅	452	500	250	
	L	mm	芯材の支持スパン	995	1060	855	
	Z <sub>2</sub>	mm <sup>3</sup>	芯材の断面係数	1.530×10 <sup>5</sup>	1.530×10 <sup>5</sup>	3.560×10 <sup>4</sup>	
	A <sub>s</sub>	mm <sup>2</sup>	芯材のせん断面積	1.113×10 <sup>3</sup>	1.113×10 <sup>3</sup>	2.850×10 <sup>3</sup>	
縮付装置部	共通	n <sub>2</sub>	本	縮付装置の本数	4	—*	—*
		L <sub>5</sub>	mm	縮付装置の突出長さ	52.5	—*	—*
	縮付装置	$\sigma$	N/mm <sup>2</sup>	曲げ応力度	295	—*	—*
		$\tau$	N/mm <sup>2</sup>	せん断応力度	56.3	—*	—*
	縮付装置 受けピン	L <sub>12</sub>	mm	縮付装置受けピンの軸支持間距離	112	—*	—*
		b <sup>*</sup>	mm	縮付装置と縮付装置受けピンが接する長さ	48	—*	—*
		$\sigma$	N/mm <sup>2</sup>	曲げ応力度	169	—*	—*
	縮付装置 受けボルト	$\tau$	N/mm <sup>2</sup>	せん断応力度	63.5	—*	—*
		n <sub>b</sub>	本	縮付装置受けボルトの本数	4	—*	—*
	アンカー ボルト	$\sigma_t$	N/mm <sup>2</sup>	引張応力度	95.0	—*	—*
L <sub>1</sub>		mm	躯体開口部の高さ	2100	—	2130	
アンカー ボルト	L <sub>2</sub>	mm	躯体開口部の幅	1000	—	1035	
		n	本	0° 方向 ヒンジ側/上側 アンカーボルト本数	4	—	14
	0° 方向 開閉側/下側 アンカーボルト本数			4	—	14	
	45° 方向 ヒンジ側/上側 アンカーボルト本数			0	—	0	
	45° 方向 開閉側/下側 アンカーボルト本数			0	—	0	
	90° 方向 ヒンジ側/上側 アンカーボルト本数			7	—	10	
	90° 方向 開閉側/下側 アンカーボルト本数			7	—	10	
	Q <sub>a</sub>	kN/本	0° 方向 ヒンジ側/上側 アンカーボルト1本当りの短期許容せん断力	25.7	—	13.1	
			0° 方向 開閉側/下側 アンカーボルト1本当りの短期許容せん断力	25.7	—	13.1	
	T <sub>a</sub>	kN/本	45° 方向 開閉側/下側 アンカーボルト1本当りの短期許容せん断力	—	—	—	
			45° 方向 ヒンジ側/上側 アンカーボルト1本当りの短期許容引張力	—	—	—	
			90° 方向 ヒンジ側/上側 アンカーボルト1本当りの短期許容引張力	34.4	—	21.2	
			90° 方向 開閉側/下側 アンカーボルト1本当りの短期許容引張力	34.4	—	21.2	
90° 方向 開閉側/下側 アンカーボルト1本当りの短期許容引張力			34.4	—	21.2		

注記\*：水密扉の開方向に対して、扉板を躯体に押し付ける向きに静水圧荷重が作用するため、当該部材に荷重が作用しないことから評価対象外とした。

### 3.6 評価結果

水密扉の強度評価結果を表 3-8 に示す。水密扉の各部材の断面検定を行った結果、発生応力度又は荷重は許容限界以下であることから、水密扉が構造健全性を有することを確認した。

表 3-8 水密扉の強度評価結果

水密扉No.	評価対象部材*	発生値 (応力度又は荷重) (N/mm <sup>2</sup> )	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )	検定値	
TB-B2F-2	扉板	194	235	0.83	
	芯材	101	235	0.43	
	縮付装置部	縮付装置	311	390	0.80
		縮付装置受けピン	202	205	0.99
		縮付装置受けボルト	95.0	235	0.41
	アンカーボルト	21.7	25.7	0.85	
TB-B2F-3	扉板	207	235	0.89	
	芯材	127	235	0.55	
	縮付装置部	縮付装置	—	—	—
		縮付装置受けピン	—	—	—
		縮付装置受けボルト	—	—	—
	アンカーボルト	18.9	35.1	0.54	
TB-B2F-4	扉板	60.5	235	0.26	
	芯材	179	235	0.77	
	縮付装置部	縮付装置	—	—	—
		縮付装置受けピン	—	—	—
		縮付装置受けボルト	—	—	—
	アンカーボルト	12.4	13.1	0.95	

注記\*：芯材は、曲げ及びせん断のうち評価結果が厳しい値を記載し、アンカーボルトは引張及びせん断のうち評価結果が厳しい値を記載する。

なお、アンカーボルトの評価結果は単位を kN とする。

VI-3-別添 3-1-6 床ドレンライン浸水防止治具の強度計算書

## 目次

1. 概要	1
2. 一般事項	2
2.1 配置計画	2
2.2 構造計画	3
2.3 評価方針	7
2.4 適用基準	13
2.5 記号の説明	14
3. 評価部位	20
4. 固有周期	24
4.1 固有周期の計算方法	24
4.2 固有周期の計算条件	30
4.3 固有周期の計算結果	34
5. 構造強度評価	36
5.1 構造強度評価方法	36
5.2 荷重及び荷重の組合せ	36
5.2.2 荷重の組合せ	38
5.3 許容限界	38
5.4 設計用地震力	43
5.5 計算方法	45
5.5.1 荷重条件	45
5.5.2 応力計算	46
5.6 計算条件	56
6. 評価結果	63



## 1. 概要

本資料は、VI-3-別添 3-1-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に基づき、浸水防護施設のうち床ドレンライン浸水防止治具が津波による溢水又は内部溢水の浸水によって生じる浸水深が大きい方の静水圧荷重及び余震を考慮した荷重に対し、主要な構造部材が構造健全性を有することを確認するものである。

## 2. 一般事項

### 2.1 配置計画

強度評価の対象施設となる床ドレンライン浸水防止治具の配置計画は、VI-3-別添 3-1-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「3. 構造強度設計」にて示す。

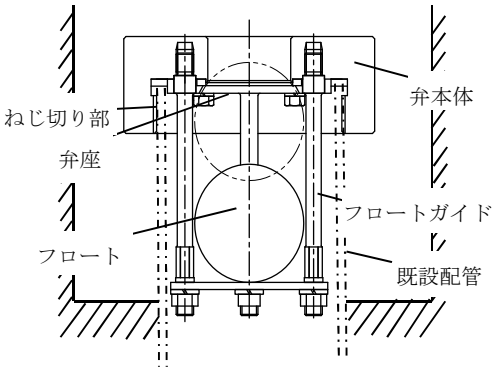
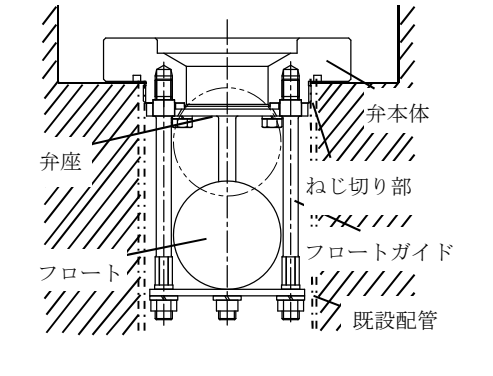
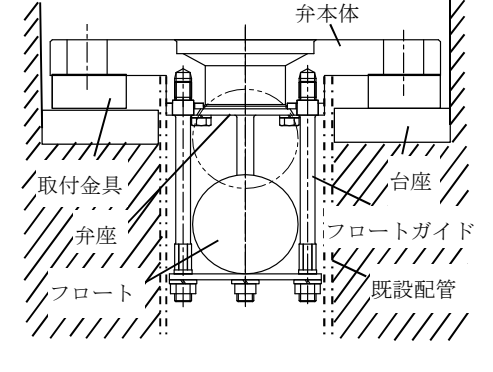
## 2.2 構造計画

床ドレンライン浸水防止治具の構造計画は、VI-3-別添 3-1-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「3. 構造強度設計」に示す構造計画を踏まえて、詳細な構造を設定する。

### (1) フロート式治具

フロート式治具は、フロート式の浸水防止治具であり、配管内で逆流が発生するとフロートが押し上げられ、弁座に密着することで止水する。フロート式治具の構造計画を表 2-1 に示す。

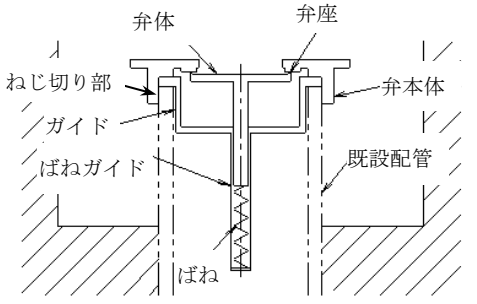
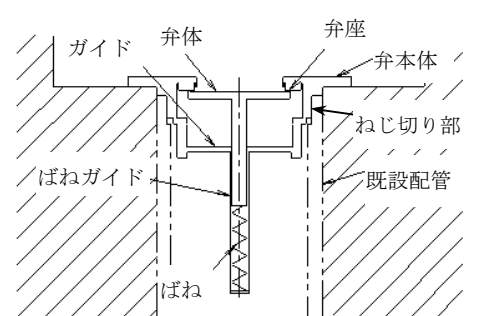
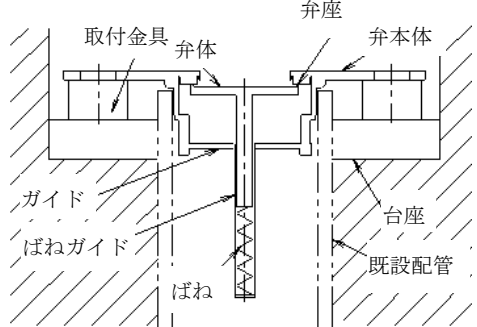
表 2-1 構造計画

設備名称	計画の概要			概略構造図
	型式	主体構造	支持構造	
フロート式治具	外ねじ 取付型	弁座を含む弁本体, 弁体であるフロート及びフロートを弁座に導くフロートガイドで構成する。	配管のねじ切り部に直接ねじ込み固定とする。	
	内ねじ 取付型			
	フランジ 取付型			

(2) スプリング式治具

スプリング式治具は、スプリング式浸水防止治具であり、ばね圧により常時弁体が弁座に密着している。配管内で逆流が発生すると、弁体の下方からの圧力が加わり、弁体と弁座の密着が維持されることで止水する。スプリング式治具の構造計画を表2-2に示す。

表2-2 構造計画

設備名称	計画の概要			概略構造図
	型式	主体構造	支持構造	
スプリング式治具	外ねじ 取付型	弁座を含む弁本体、弁体、弁体を弁座に導くガイド、ばねが内挿されるばねガイドで構成する。	配管のねじ切り部に直接ねじ込み固定とする。	
	内ねじ 取付型			
	フランジ 取付型		台座と取付金具を接着剤で固定し、本体フランジと取付金具をボルトで固定する。	

(3) 閉止キャップ

閉止キャップは、配管に蓋をすることで配管内の順流及び逆流を止水する。閉止キャップの構造計画を表2-3に示す。

表2-3 構造計画

設備名称	計画の概要		概略構造図
	主体構造	支持構造	
閉止 キャップ	閉止キャップで構成する。	配管にねじ込み固定する。	

(4) 閉止栓

閉止栓は、配管に蓋をすることで配管内の順流及び逆流を止水する。閉止栓の構造計画を表2-4に示す。

表2-4 構造計画

設備名称	計画の概要		概略構造図
	主体構造	支持構造	
閉止栓	閉止栓で構成する。	ゴムの圧着により固定する。	

## 2.3 評価方針

### (1) フロート式治具

フロート式治具の強度評価は、VI-3-別添 3-1-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」にて設定している荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえて、応力評価及び構造健全性評価により実施する。応力評価では、フロート式治具の評価部位に作用する応力等が許容限界以下であることを「5.1 構造強度評価方法」に示す方法により、「5.6 計算条件」に示す計算条件を用いて評価する。また、構造健全性評価により強度評価を実施する評価部位については、評価部位に作用する圧力が許容限界以下であることを「5.1 構造強度評価方法」に示す方法により、「5.6 計算条件」に示す計算条件を用いて評価する。応力評価及び構造健全性評価の確認結果を「6. 評価結果」にて確認する。

フロート式治具の強度評価フローを図 2-1 に示す。フロート式治具の強度評価においては、その構造を踏まえ、静水圧荷重及び余震に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価部位を設定する。強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、静水圧荷重と余震に伴う荷重の作用時(以下「重畳時」という。)を考慮し、評価される最大荷重を設定する。重畳時における余震荷重は、VI-3-別添 3-1-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に示す静水圧荷重との重畳を考慮する弾性設計用地震動  $S_d$  による地震力とする。余震荷重の設定に当たっては、弾性設計用地震動  $S_d$  を入力して得られた設置床の最大応答加速度を考慮して設定した設計震度を用いる。

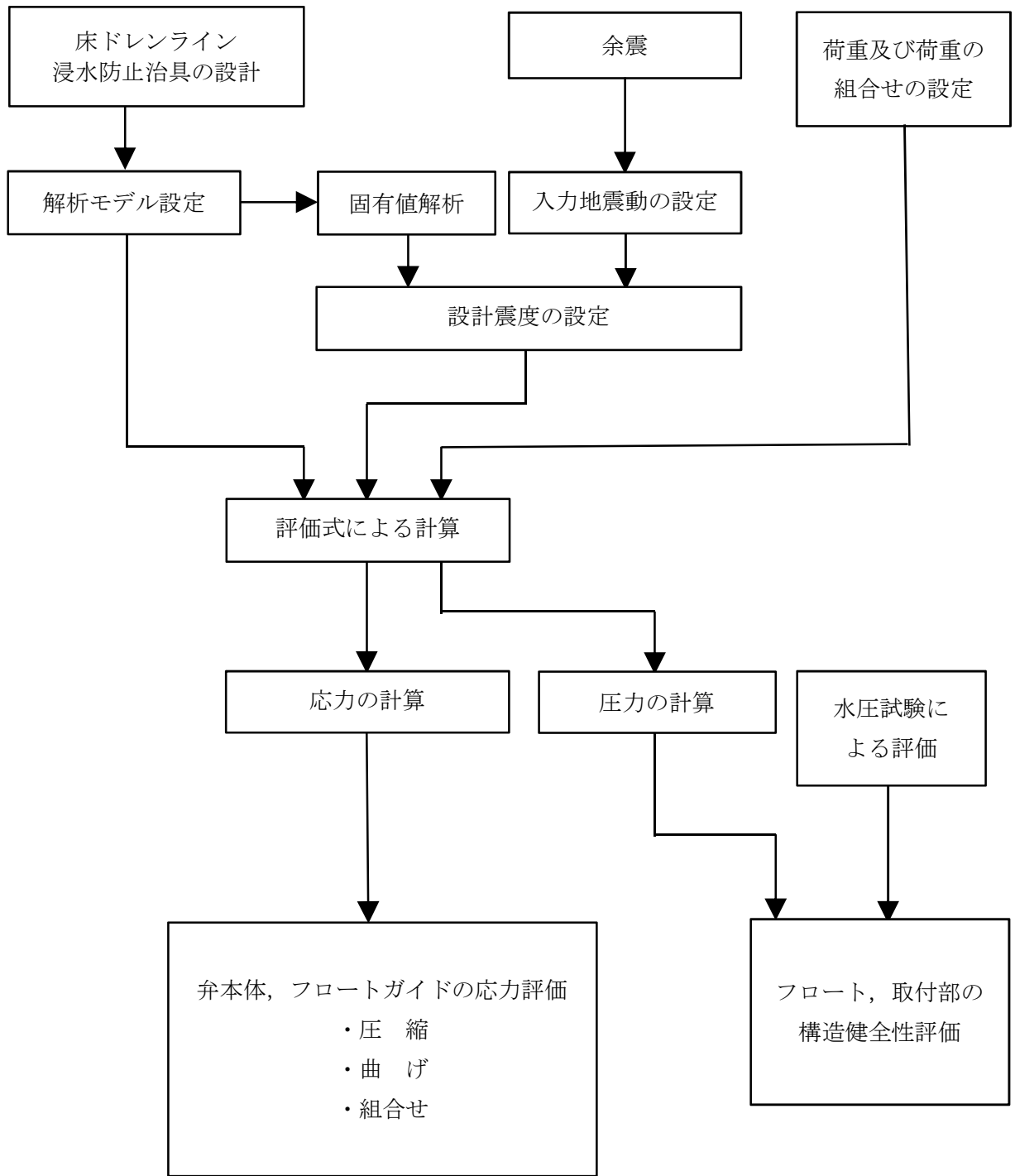


図 2-1 強度評価フロー (フロート式治具)



## (2) スプリング式治具

スプリング式治具の強度評価は、VI-3-別添 3-1-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」にて設定している荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえて、応力評価及び構造健全性評価により実施する。応力評価では、スプリング式治具の評価部位に作用する応力等が許容限界以下であることを「5.1 構造強度評価方法」に示す方法により、「5.6 計算条件」に示す計算条件を用いて評価する。また、構造健全性評価により強度評価を実施する評価部位については、評価部位に作用する圧力が許容限界以下であることを「5.1 構造強度評価方法」に示す方法により、「5.6 計算条件」に示す計算条件を用いて評価する。応力評価及び構造健全性評価の確認結果を「6. 評価結果」にて確認する。

スプリング式治具の強度評価フローを図 2-2 に示す。スプリング式治具の強度評価においては、その構造を踏まえ、静水圧荷重及び余震に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価部位を設定する。強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは重畳時を考慮し、評価される最大荷重を設定する。重畳時における余震荷重は、VI-3-別添 3-1-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に示す静水圧荷重との重畳を考慮する弾性設計用地震動  $S_d$  による地震力とする。余震荷重の設定に当たっては、弾性設計用地震動  $S_d$  を入力して得られた設置床の最大応答加速度を考慮して設定した設計震度を用いる。

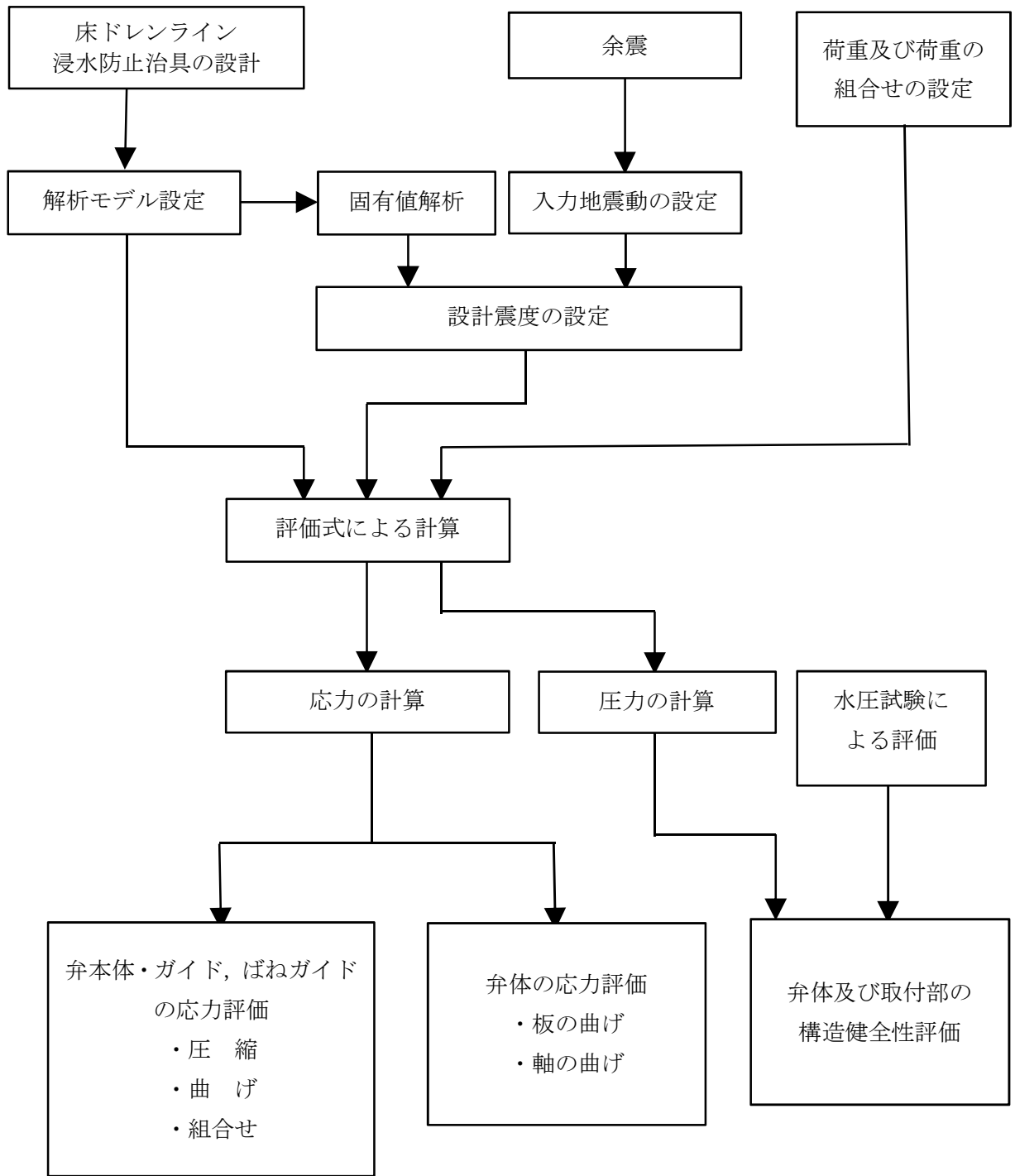


図 2-2 強度評価フロー (スプリング式治具)

(3) 閉止キャップ

閉止キャップの強度評価は、VI-3-別添 3-1-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」にて設定している荷重及び荷重の組合せを踏まえて、構造健全性評価により実施する。構造健全性評価により強度評価を実施する評価部位については、評価部位に作用する圧力が許容限界以下であることを「5.1 構造強度評価方法」に示す方法により、「5.6 計算条件」に示す計算条件を用いて評価する。応力評価及び構造健全性評価の確認結果を「6. 評価結果」にて確認する。

閉止キャップの強度評価フローを図 2-3 に示す。

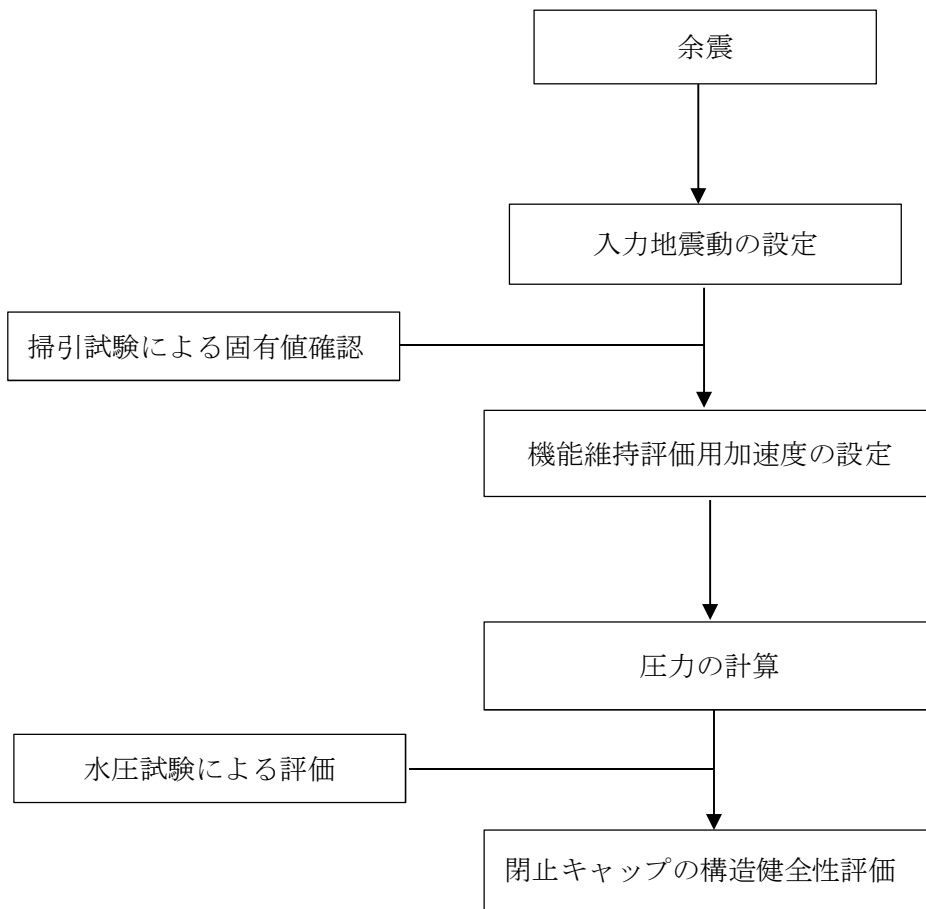


図 2-3 強度評価フロー（閉止キャップ）

(4) 閉止栓

閉止栓の強度評価は、VI-3-別添 3-1-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」にて設定している荷重及び荷重の組合せを踏まえて、構造健全性評価により実施する。構造健全性評価により強度評価を実施する評価部位については、評価部位に作用する圧力が許容限界以下であることを「5.1 構造強度評価方法」に示す方法により、「5.6 計算条件」に示す計算条件を用いて評価する。応力評価及び構造健全性評価の確認結果を「6. 評価結果」にて確認する。

閉止栓強度評価フローを図 2-4 に示す。

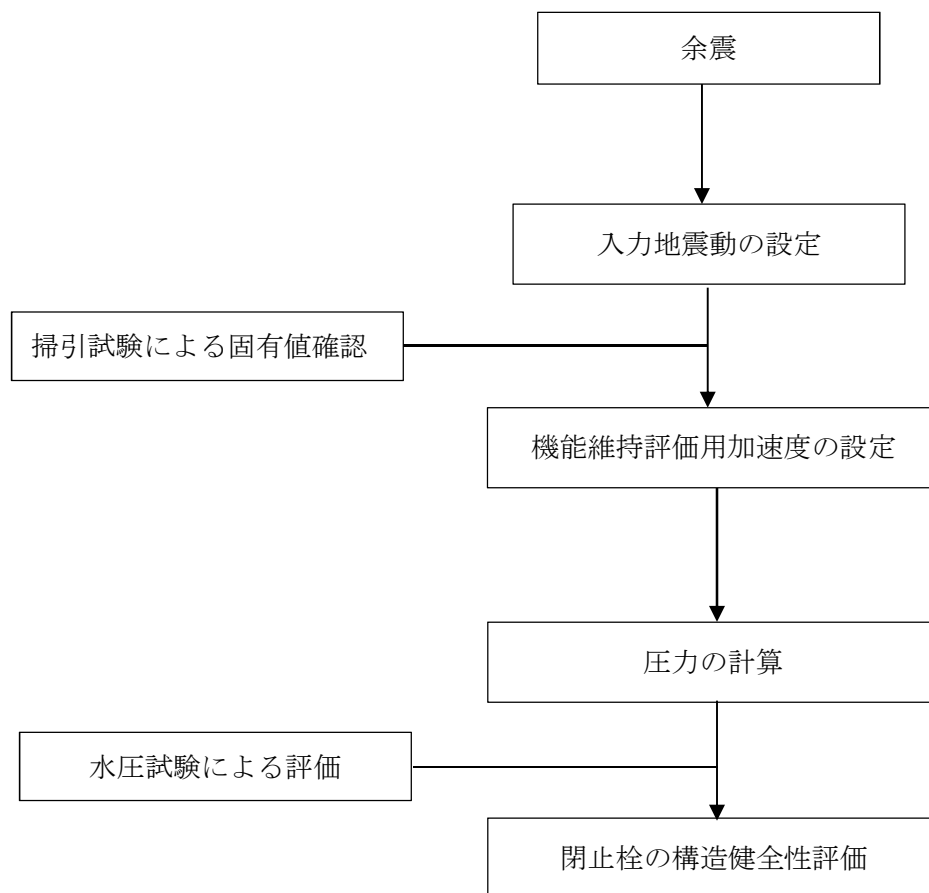


図 2-4 強度評価フロー（閉止栓）

## 2.4 適用基準

適用する規格，基準等を以下に示す。

- (1) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 2005 年版(2007 年追補版含む。) J S M E S  
N C 1 - 2005/2007 (日本機械学会)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 - 1987 (日本電気協会)
- (3) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・ 補 - 1984  
(日本電気協会)
- (4) 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 - 1991 追補版 (日本電気協会)
- (5) 機械工学便覧 (日本機械学会)

## 2.5 記号の説明

### (1) フロート式治具

フロート式治具の固有周期の計算に用いる記号を表 2-5 に、応力評価に用いる記号を表 2-6 にそれぞれ示す。

表2-5 フロート式治具の固有周期の計算に用いる記号

記号	記号の説明	単位
A	モデル化に用いるフロートガイドの有効断面積	mm <sup>2</sup>
d <sub>m</sub>	モデル化に用いる弁本体の内径	mm
D <sub>f m</sub>	モデル化に用いるフロートガイドの直径	mm
D <sub>m</sub>	モデル化に用いる弁本体の外径	mm
E	モデル化に用いるフロートガイドの縦弾性係数	MPa
f	床ドレンライン浸水防止治具の一次固有振動数	Hz
T	床ドレンライン浸水防止治具の固有周期	s
I <sub>a</sub>	モデル化に用いるフロートガイド1本の断面二次モーメント	mm <sup>4</sup>
I <sub>m</sub>	モデルの等価断面二次モーメント	mm <sup>4</sup>
I <sub>m1</sub>	モデル化に用いる弁本体の断面二次モーメント	mm <sup>4</sup>
I <sub>m2</sub>	モデル化に用いるフロートガイド4本の等価断面二次モーメント	mm <sup>4</sup>
k	モデルのばね定数	N/m
ℓ <sub>1</sub>	モデル化に用いる弁本体の長さ	mm
ℓ <sub>2</sub>	モデル化に用いるフロートガイドの長さ	mm
m	モデル化に用いる弁の全質量	kg
y <sub>g</sub>	フロートガイドの図心GとX軸の距離	mm

表 2-6 フロート式治具の応力評価に用いる記号(1/2)

記号	記号の説明	単位
$C_{Hsd}$	余震による水平方向の設計震度	—
$C_{Vsd}$	余震による鉛直方向の設計震度	—
$A_1$	弁本体の断面積	$mm^2$
$A_2$	重畳時に弁本体に作用する評価に用いる受圧面積	$mm^2$
$A_3$	フロートガイドの最小断面積	$mm^2$
$A_4$	重畳時にフロートガイドに作用する評価に用いる受圧面積	$mm^2$
$D_2$	重畳時に弁本体に作用する評価に用いる受圧面の直径	mm
$D_3$	フロートガイドの最小直径	mm
$D_4$	重畳時にフロートガイドに作用する評価に用いる受圧面の直径	mm
$d_1$	弁本体の内径	mm
$D_1$	弁本体の外径	mm
$F_{H1}$	弁本体の最下端に加わる水平方向地震荷重	N
$F_{H2}$	フロートガイドの最下端に加わる水平方向地震荷重	N
$F_{V1}$	弁本体に加わる鉛直方向地震荷重	N
$F_{V2}$	フロートガイドに加わる鉛直方向地震荷重	N
$g$	重力加速度	$m/s^2$
$h$	静水圧荷重の算出に用いる浸水の水頭	mm
$I_1$	弁本体の断面二次モーメント	$mm^4$
$I_2$	フロートガイドの断面二次モーメント	$mm^4$
$L_1$	弁全体の長さ	mm
$L_2$	フロートガイドの長さ	mm
$m_1$	弁の全質量	kg
$m_2$	フロートガイドの1本あたりの質量	kg
$M_1$	弁本体に発生する曲げモーメント	$N \cdot mm$
$M_2$	フロートガイドに発生する曲げモーメント	$N \cdot mm$

表 2-6 フロート式治具の応力評価に用いる記号 (2/2)

記号	記号の説明	単位
D	固定荷重	—
$P_h$	静水压荷重	MPa
$P_w$	フロートに発生する圧力	MPa
S	J S M E S N C 1 付録材料図表 Part5 表 5 鉄鋼材料 (ボルト材を除く) の各温度における許容引張応力	MPa
$W_{d1}$	弁本体自重	N
$W_{d2}$	フロートガイド自重	N
$\rho_0$	海水の密度	kg/m <sup>3</sup>
$\sigma_{H1}$	弁本体に加わる曲げ応力	MPa
$\sigma_{H2}$	フロートガイドに加わる曲げ応力	MPa
$\sigma_{V1}$	弁本体に加わる圧縮応力 (重畳時)	MPa
$\sigma_{V2}$	フロートガイドに加わる圧縮応力 (重畳時)	MPa



(2) スプリング式治具

スプリング式治具の固有周期の計算に用いる記号を表 2-7 に, 応力評価に用いる記号を表 2-8 にそれぞれ示す。

表 2-7 スプリング式治具の固有周期の計算に用いる記号

記号	記号の説明	単位
$A_G$	モデル化に用いるガイド (矩形, 円形) 1 本の断面積	$\text{mm}^2$
$d_2$	モデル化に用いるばねガイドの内径	mm
$D_2$	モデル化に用いるばねガイドの外径	mm
$D_G$	モデル化に用いる円形ガイド 1 本の断面における直径	mm
$E$	モデル化に用いる部位の縦弾性係数	MPa
$f$	床ドレンライン浸水防止治具の一次固有振動数	Hz
$T$	床ドレンライン浸水防止治具の固有周期	s
$I_a$	モデル化に用いる円形ガイド 1 本の断面二次モーメント	$\text{mm}^4$
$I_{a1}$	モデル化に用いる矩形ガイド 1 本の弱軸側断面二次モーメント	$\text{mm}^4$
$I_{a2}$	モデル化に用いる矩形ガイド 1 本の強軸側断面二次モーメント	$\text{mm}^4$
$I_m$	モデルの等価断面二次モーメント	$\text{mm}^4$
$I_{m1}$	モデル化に用いる弁本体・ガイドの等価断面二次モーメント	$\text{mm}^4$
$I_{m2}$	モデル化に用いるばねガイドの等価断面二次モーメント	$\text{mm}^4$
$k$	モデルのばね定数	N/m
$l_1$	モデル化に用いる弁本体・ガイドの長さ	mm
$l_2$	モデル化に用いるばねガイドの長さ	mm
$l_b$	モデル化に用いる矩形ガイド 1 本の断面における長辺の長さ	mm
$l_h$	モデル化に用いる矩形ガイド 1 本の断面における短辺の長さ	mm
$m$	モデル化に用いる床ドレンライン浸水防止治具の全質量 (集中質量)	kg
$y_g$	モデル化に用いるガイド (矩形, 円形) の図心 G と X 軸の距離	mm

表2-8 スプリング式治具の応力評価に用いる記号 (1/2)

記号	記号の説明	単位
$C_{HSd}$	余震による水平方向の設計震度	—
$C_{VSD}$	余震による鉛直方向の設計震度	—
$A_1$	弁本体・ガイドの最小断面積	$mm^2$
$A_2$	重畳時に弁本体・ガイドに作用する評価に用いる受圧面積	$mm^2$
$A_3$	ばねガイドの最小断面積	$mm^2$
$A_4$	重畳時にばねガイドに作用する評価に用いる受圧面積	$mm^2$
$A_G$	円形, 矩形ガイド1本あたりの断面積	$mm^2$
$A_D$	弁体の断面積	$mm^2$
$d_2$	ばねガイドの内径	mm
$D_1$	弁本体・ガイドの外径	mm
$D_2$	ばねガイドの外径	mm
$D_D$	弁体の直径	mm
$D_G$	円形ガイド1本の外径	mm
$D_Z$	弁体の軸の直径	mm
$F_{H1}$	弁本体・ガイドの最下端に加わる水平方向地震荷重	N
$F_{H2}$	ばねガイドの最下端に加わる水平方向地震荷重	N
$F_{HZ}$	弁体の軸に加わる水平方向地震荷重	N
$F_{V1}$	弁本体・ガイドに加わる鉛直方向地震荷重	N
$F_{V2}$	ばねガイドに加わる鉛直方向地震荷重	N
$F_{VD}$	弁体の円板に加わる鉛直方向地震荷重	N
$g$	重力加速度	$m/s^2$
$h$	静水圧荷重の算出に用いる浸水の水頭	mm
$I_1$	弁本体・ガイドの断面二次モーメント	$mm^4$
$I_2$	ばねガイドの断面二次モーメント	$mm^4$
$I_{a1}$	矩形ガイド1本の弱軸側断面二次モーメント	$mm^4$
$I_{a2}$	矩形ガイド1本の強軸側断面二次モーメント	$mm^4$
$I_a$	円形ガイド1本の断面二次モーメント	$mm^4$
$I_Z$	弁体の軸の断面二次モーメント	$mm^4$
$L_1$	弁本体・ガイドの長さ	mm
$L_2$	ばねガイドの長さ	mm

表2-8 スプリング式治具の応力評価に用いる記号 (2/2)

記号	記号の説明	単位
$L_z$	弁体の軸の長さ	mm
$l_b$	矩形ガイド1本の断面における長辺	mm
$l_h$	矩形ガイド1本の断面における短辺	mm
$m$	治具の質量	kg
$m_1$	弁本体・ガイドの質量	kg
$m_2$	ばねガイドの質量	kg
$m_D$	弁体の質量	kg
$M_1$	弁本体・ガイドに発生する曲げモーメント	N・mm
$M_2$	ばねガイドに発生する曲げモーメント	N・mm
$M_Z$	弁体の軸に発生する曲げモーメント	N・mm
$P_w$	弁体に発生する圧力	MPa
$P_h$	静水圧荷重	MPa
$S$	J S M E S N C 1 付録材料図表Part5表5鉄鋼材料（ボルト材を除く）の各温度における許容引張応力	MPa
$t$	弁体の板厚	mm
$W_{d1}$	弁本体・ガイドの自重	N
$W_{d2}$	ばねガイドの自重	N
$W_D$	弁体の自重	N
$y_g$	ガイド（矩形，円形）1本の図心とX軸との距離	mm
$\rho_0$	海水の密度	kg/m <sup>3</sup>
$\sigma_{H1}$	弁本体・ガイドに加わる曲げ応力	MPa
$\sigma_{H2}$	ばねガイドに加わる曲げ応力	MPa
$\sigma_{V1}$	弁本体・ガイドに加わる圧縮応力（重畳時）	MPa
$\sigma_{V2}$	ばねガイドに加わる圧縮応力（重畳時）	MPa
$\sigma_D$	弁体に加わる曲げ応力	MPa
$\sigma_Z$	弁体の軸に加わる曲げ応力	MPa

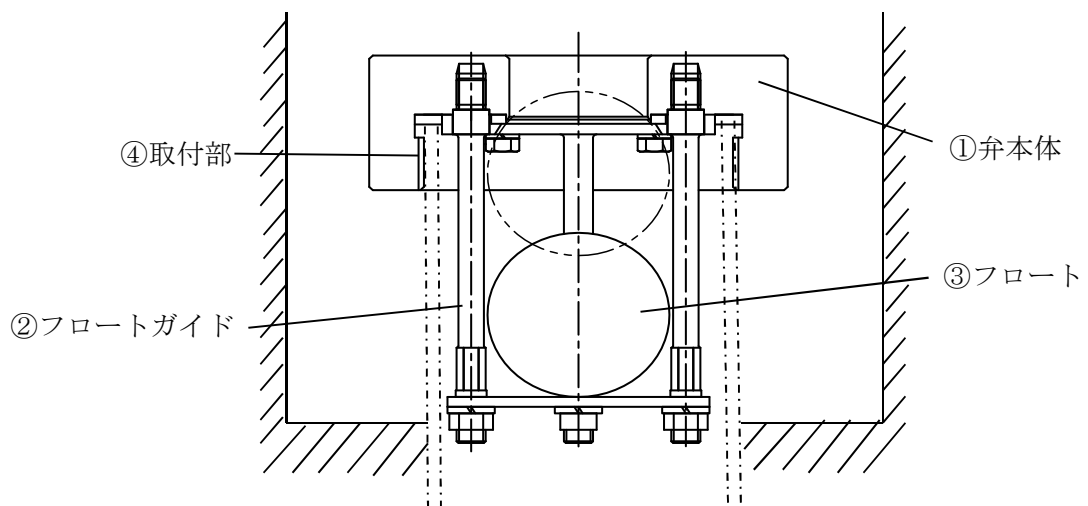
### 3. 評価部位

#### (1) フロート式治具

フロート式治具の評価部位は、VI-3-別添 3-1-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」の「4.2 許容限界」にて示している評価部位を踏まえて、静水压荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し設定する。

重畳時にフロート式治具下流からの静水压荷重及び鉛直方向の余震荷重が負荷される場合は、弁本体及びフロートガイドに圧縮力が作用する。また、フロート式治具下流からの静水压荷重によりフロートが弁座に密着し閉弁状態となる際にフロートに圧縮力が作用する。一方、水平方向の余震荷重が負荷される場合は、弁本体及びフロートガイドには曲げモーメントが作用する。

このことから、強度評価においては、応力評価による評価部位として、弁本体及びフロートガイドを選定し、構造健全性評価による評価部位としてフロート及び取付部を選定する。フロート式治具の評価部位について図 3-1 に示す。



注：図中の①～②は応力評価による評価部位を、③～④は構造健全性評価による評価部位をそれぞれ示す。

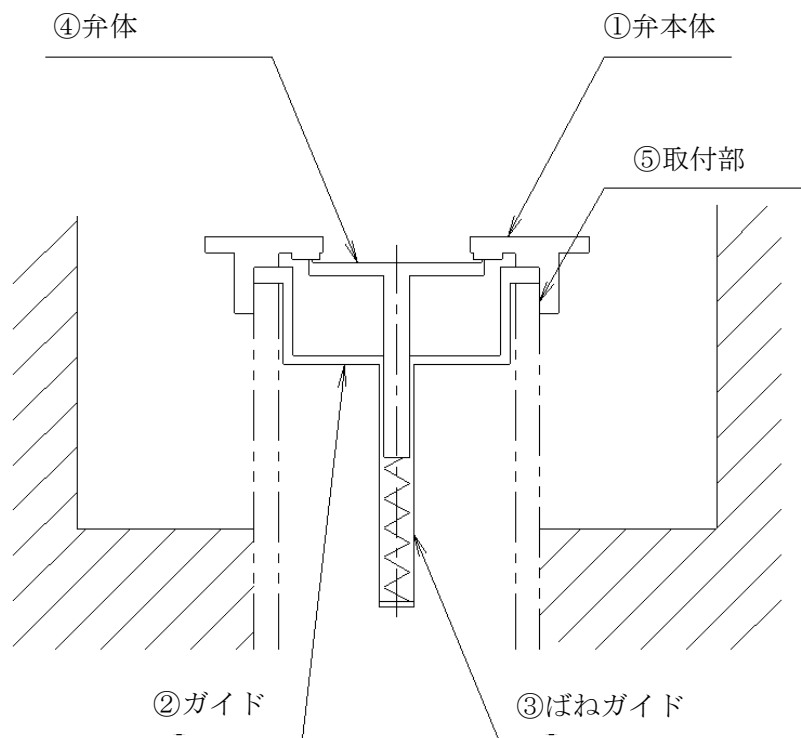
図 3-1 フロート式治具の評価部位

(2) スプリング式治具

スプリング式治具の評価対象部位は、VI-3-別添3-1-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.2 許容限界」にて示している評価対象部位を踏まえて、静水圧荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し設定する。

重畳時にスプリング式治具下流からの静水圧荷重及び鉛直方向の余震荷重が負荷される場合は、弁本体・ガイド及びばねガイドに圧縮力が作用する。また、スプリング式治具下流からの静水圧荷重により弁体が弁座に押し付けられ、弁体に圧縮力がかかり、弁体に圧力による曲げが作用する。一方、水平方向の余震荷重が負荷される場合は、弁本体・ガイド、ばねガイド及び弁体の軸に曲げモーメントが作用する。

このことから、強度評価においては、応力評価による評価部位として、弁本体・ガイド、ばねガイド及び弁体を選定し、構造健全性評価による評価部位として弁体及び取付部を選定する。スプリング式治具の評価部位について図3-2に示す。



注：図中の①～④は応力評価による評価部位を、④～⑤は構造健全性評価による評価部位をそれぞれ示す。

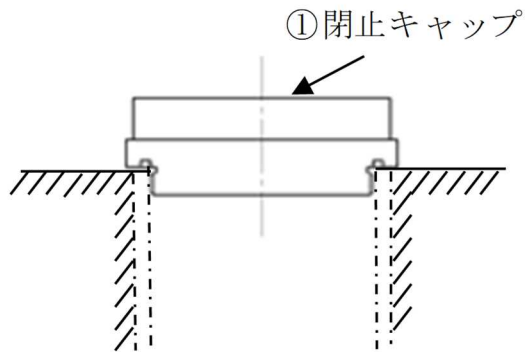
図3-2 スプリング式治具の評価部位

(3) 閉止キャップ

閉止キャップの評価部位は、VI-3-別添 3-1-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.2 許容限界」にて示している評価部位を踏まえて、静水圧荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し設定する。

重畳時に閉止キャップ下方からの静水圧荷重及び鉛直方向の余震荷重が負荷される場合は、閉止キャップに圧縮力がかかる。

このことから、構造健全性評価による評価部位として、閉止キャップを選定する。閉止キャップの評価部位について図 3-3 に示す。



注：図中の①は構造健全性評価による評価部位を示す。

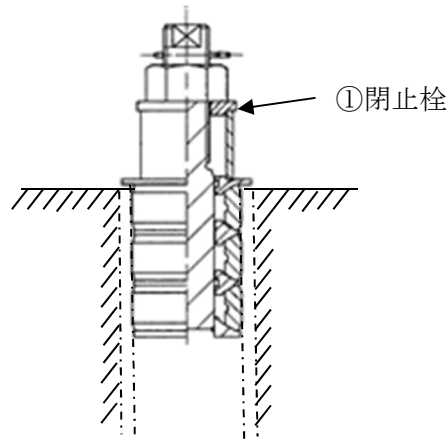
図 3-3 閉止キャップの評価部位

(4) 閉止栓

閉止栓の評価部位は、VI-3-別添 3-1-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」の「4.2 許容限界」にて示している評価部位を踏まえて、静水圧荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し設定する。

重畳時に閉止栓下方からの静水圧荷重及び鉛直方向の余震荷重が負荷される場合は、閉止栓に圧縮力がかかる。

このことから、構造健全性評価による評価部位として、閉止栓を選定する。閉止栓の評価部位について図 3-4 に示す。



注：図中の①は構造健全性評価による評価部位を示す。

図 3-4 閉止栓の評価部位

#### 4. 固有周期

##### 4.1 固有周期の計算方法

###### (1) フロート式治具

フロート式治具の構造に応じて、保守的に固有周期が大きく算出されるよう、より柔となるようにモデル化し、固有周期を算出する。また、その場合においても固有周期が 0.05s 以下であることを確認する。

###### a. 解析モデル

質量の不均一性を考慮し、一方の端を固定端、他方の端を自由端の 1 質点系モデルとして、自由端に弁の全質量  $m$  が集中したモデルを組む。モデル化は、円筒状の弁本体及び円柱状の 4 本のフロートガイドの異なる 2 つの断面をもつ梁の組合せとして設定する。モデル化の概略を図 4-1 に示す。

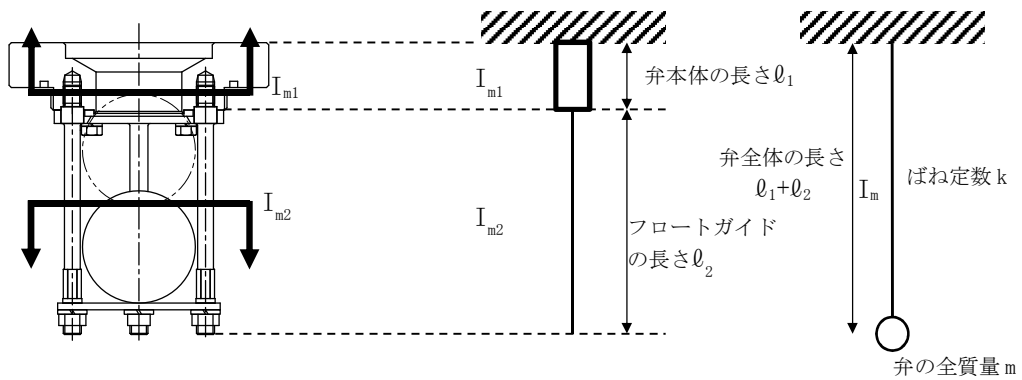


図 4-1 フロート式治具のモデル化の概略

###### b. 固有周期の計算

固有周期の計算に用いる寸法は、公称値を使用する。固有周期  $T$  を以下の式より算出する。

$$T = \frac{1}{f}$$

$$f = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$k = \frac{3 \cdot E \cdot I_m}{(\ell_1 + \ell_2)^3} \times 10^3$$



モデルの等価断面二次モーメント  $I_m$  の算出過程を以下に示す。

- (a) モデル化に用いる弁本体の断面二次モーメント

モデル化に用いる弁本体の断面二次モーメント  $I_{m1}$  は、以下の式より算出する。

$$I_{m1} = (D_m^4 - d_m^4) \cdot \frac{\pi}{64}$$

- (b) モデル化に用いるフロートガイド4本の等価断面二次モーメント

平行軸の定理から、フロートガイドの図心  $G$  と  $X$  軸の距離  $y_g$  を用いて、モデル化に用いるフロートガイド4本の等価断面二次モーメント  $I_{m2}$  は、以下の式より算出する。フロートガイド4本の断面を図4-2に示す。

$$I_a = D_{fm}^4 \cdot \frac{\pi}{64}$$

$$I_{m2} = 2 \cdot I_a + 2 \cdot (I_a + (y_g)^2 \cdot A)$$

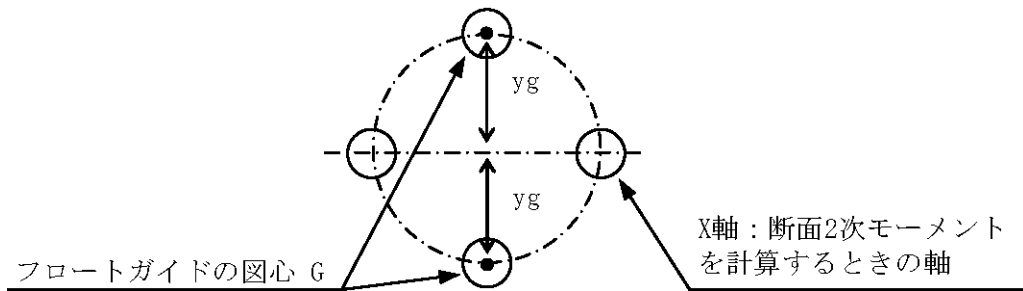


図4-2 フロートガイド4本の断面

- (c) モデルの等価断面二次モーメント

モデルの等価断面二次モーメント  $I_m$  は、以下の式より算出する。

$$I_m = \frac{(\ell_1 + \ell_2)^3 \cdot I_{m1} \cdot I_{m2}}{I_{m1} \cdot \ell_2^3 + I_{m2} \cdot (\ell_1^3 + 3\ell_1 \cdot \ell_2^2 + 3\ell_1^2 \cdot \ell_2)}$$

(2) スプリング式治具

スプリング式治具の構造に応じて、保守的に固有周期が大きく算出されるよう、より柔くなるようにモデル化し、固有周期を算出する。また、その場合においても固有周期が 0.05s 以下であることを確認する。

a. 解析モデル

質量の不均一性を考慮し、一方の端を固定端、他方の端を自由端の 1 質点系モデルとして、自由端に治具の全質量  $m$  が集中したモデルを組む。モデル化は、弁本体と矩形もしくは円形の 4 本のガイドを持つ部分を「弁本体・ガイド」と称し、円筒状の部分を「ばねガイド」と称する 2 つの断面を持つ梁の組合せとして設定する。

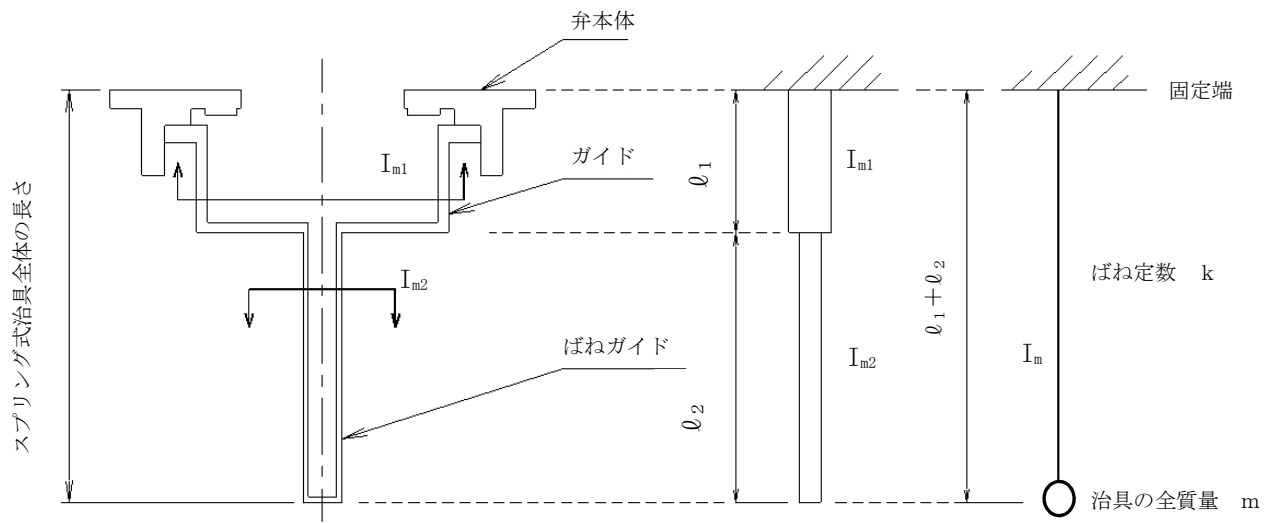


図 4-3 スプリング式治具のモデル化の概略

b. 固有周期の計算

固有周期の計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

固有周期  $T$  を以下の式より算出する。

$$T = \frac{1}{f}$$

$$f = \frac{1}{2 \cdot \pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$k = \frac{3 \cdot E \cdot I_m}{(\ell_1 + \ell_2)^3} \times 10^3$$

モデルの等価断面二次モーメント  $I_m$  の算出過程を以下に示す。

(a) モデル化に用いる弁本体・ガイドの断面二次モーメント

モデル化に用いる弁本体・ガイドの断面二次モーメント  $I_{m1}$  は、以下の式より算出する。

イ. 外ねじ取付型の矩形ガイドの場合

平行軸の定理から、ガイドの図心と  $X$  軸の距離  $y_g$  を用いて、モデル化に用いる弁本体・ガイドの等価断面二次モーメント  $I_{m1}$  は、以下の式より算出する。弁本体・ガイドの矩形ガイド断面を図 4-4 に示す。

$$I_{a1} = \frac{\ell_b \cdot \ell_h^3}{12}$$

$$I_{a2} = \frac{\ell_h \cdot \ell_b^3}{12}$$

$$I_{m1} = 2 \cdot I_{a2} + 2 \cdot \left( I_{a1} + (y_g)^2 \cdot A_G \right)$$

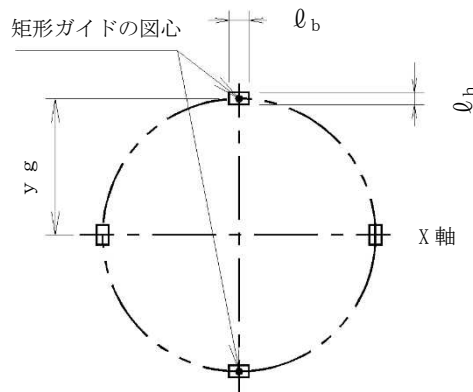


図 4-4 弁本体・ガイドの矩形ガイド断面

ロ. 内ねじ取付型及びフランジ取付型の円形ガイドの場合

平行軸の定理から、円形ガイドの図心と X 軸の距離  $y_g$  を用いて、モデル化に用いる弁本体・ガイドの等価断面二次モーメント  $I_{m1}$  は、以下の式より算出する。弁本体・ガイドの円形ガイド断面を図 4-5 に示す。

$$I_a = D_G^4 \cdot \frac{\pi}{64}$$

$$I_{m1} = 2 \cdot I_a + 2 \cdot \left( I_a + (y_g)^2 \cdot A_G \right)$$

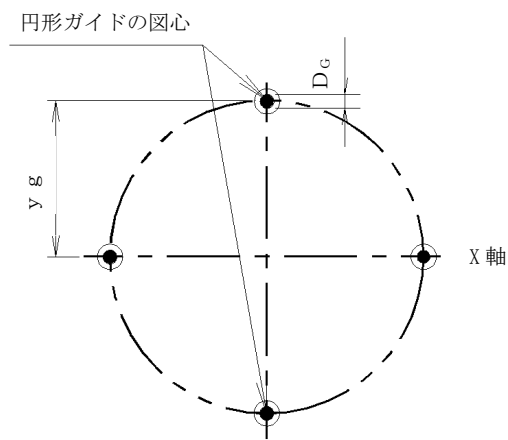


図 4-5 弁本体・ガイドの円形ガイド断面

(b) モデル化に用いるバネガイドの断面二次モーメント

モデル化に用いるバネガイドの断面二次モーメント  $I_{m2}$  は、以下の式より算出する。ばねガイドの断面を図 4-6 に示す。

$$I_{m2} = \left( D_2^4 - d_2^4 \right) \cdot \frac{\pi}{64}$$

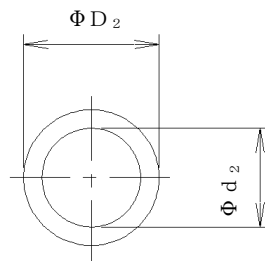


図 4-6 ばねガイドの断面

(c) モデルの等価断面二次モーメント

モデルの等価断面二次モーメント  $I_m$  は、以下の式より算出する。

$$I_m = \frac{(\ell_1 + \ell_2)^3 \cdot I_{m1} \cdot I_{m2}}{I_{m1} \cdot \ell_2^3 + I_{m2} \cdot (\ell_1^3 + 3 \cdot \ell_1 \cdot \ell_2^2 + 3 \cdot \ell_1^2 \cdot \ell_2)}$$

(3) 閉止キャップ

正弦波掃引試験（振動数範囲：5～50Hz、掃引速度：1 オクターブ/min）により振動数を把握する。

(4) 閉止栓

正弦波掃引試験（振動数範囲：5～50Hz、掃引速度：1 オクターブ/min）により振動数を把握する。

4.2 固有周期の計算条件

(1) フロート式治具

表 4-1～表 4-3 に外ねじ取付型、内ねじ取付型及びフランジ取付型における固有周期の計算条件を示す。

表 4-1 外ねじ取付型の固有周期の計算条件

フロートガイドの材質	モデル化に用いる 弁の全質量 m (kg)	モデル化に用いる 弁本体の外径 D <sub>m</sub> (mm)	モデル化に用いる 弁本体の内径 d <sub>m</sub> (mm)	モデル化に用いる フロートガイドの直径D <sub>f m</sub> (mm)
SUS304	2.90	75	38	6.6

フロートガイドの 図心GとX軸の距離 y <sub>g</sub> (mm)	モデル化に用いる 弁本体の長さ ℓ <sub>1</sub> (mm)	モデル化に用いる フロートガイドの長さ ℓ <sub>2</sub> (mm)	モデル化に用いる 部位の 縦弾性係数 E* (MPa)
30	41	102	1.94×10 <sup>5</sup>

注記\*：「5.3 許容限界」における温度条件での縦弾性係数Eを用いる。

表 4-2 内ねじ取付型の固有周期の計算条件

フロートガイドの材質	モデル化に用いる 弁の全質量 m (kg)	モデル化に用いる 弁本体の外径 D <sub>m</sub> (mm)	モデル化に用いる 弁本体の内径 d <sub>m</sub> (mm)	モデル化に用いる フロートガイドの直径D <sub>f m</sub> (mm)
SUS304	2.15	75	65	6.6

フロートガイドの 図心GとX軸の距離 y <sub>g</sub> (mm)	モデル化に用いる 弁本体の長さ ℓ <sub>1</sub> (mm)	モデル化に用いる フロートガイドの長さ ℓ <sub>2</sub> (mm)	モデル化に用いる 部位の 縦弾性係数 E* (MPa)
30	30	102	1.94×10 <sup>5</sup>

注記\*：「5.3 許容限界」における温度条件での縦弾性係数Eを用いる。

表 4-3 フランジ取付型の固有周期の計算条件

フロートガイドの材質	モデル化に用いる 弁の全質量 m (kg)	モデル化に用いる 弁本体の外径 D <sub>m</sub> (mm)	モデル化に用いる 弁本体の内径 d <sub>m</sub> (mm)	モデル化に用いる フロートガイドの直径D <sub>f m</sub> (mm)
SUS316L	3.97	75	65	6.6

フロートガイドの 図心GとX軸の距離 y <sub>g</sub> (mm)	モデル化に用いる 弁本体の長さ ℓ <sub>1</sub> (mm)	モデル化に用いる フロートガイドの長さ ℓ <sub>2</sub> (mm)	モデル化に用いる 部位の 縦弾性係数 E* (MPa)
30	32	102	1.94×10 <sup>5</sup>

注記\* : 「5.3 許容限界」における温度条件での縦弾性係数Eを用いる。

(2) スプリング式治具

表 4-4 から表 4-6 に外ねじ取付型，内ねじ取付型，フランジ取付型の固有周期の計算条件を示す。

表 4-4 外ねじ取付型の固有周期の計算条件

モデルの材質	モデル化に用いる 床ドレンライン 浸水防止治具の 全質量 m (kg)	モデル化に用いる ガイド 1 本における 断面形状の長辺 $l_b$ (mm)	モデル化に用いる ガイド 1 本における 断面形状の短辺 $l_h$ (mm)	ガイド 1 本の 図心と X 軸との 距離 y g (mm)
SUS316L	0.94	5	3	34

モデル化に用いる 弁本体・ガイドの 長さ $l_1$ (mm)	モデル化に用い るばねガイドの 長さ $l_2$ (mm)	モデル化に用いる ばねガイドの外径 $D_2$ (mm)	モデル化に用いる ばねガイドの内径 $d_2$ (mm)	モデル化に用い る部位の 縦弾性係数 $E^*$ (MPa)
40	75.5	10.5	8.2	$1.94 \times 10^5$

注記\*：「5.3 許容限界」における温度条件での縦弾性係数Eを用いる。

表 4-5 内ねじ取付型の固有周期の計算条件

モデルの材質	モデル化に用いる 床ドレンライン 浸水防止治具の全質量 m (kg)	モデル化に用いるガイド 1 本の直径 $D_G$ (mm)	ガイド 1 本の図心と X 軸との距離 y g (mm)
SUS316L	0.705	2.459	31

モデル化に用いる 弁本体・ガイドの 長さ $l_1$ (mm)	モデル化に用い るばねガイドの 長さ $l_2$ (mm)	モデル化に用いる ばねガイドの外径 $D_2$ (mm)	モデル化に用いる ばねガイドの内径 $d_2$ (mm)	モデル化に用い る部位の 縦弾性係数 $E^*$ (MPa)
40	75.5	10.5	8.2	$1.94 \times 10^5$

注記\*：「5.3 許容限界」における温度条件での縦弾性係数Eを用いる。



表 4-6 フランジ取付型の固有周期の計算条件

モデルの材質	モデル化に用いる 床ドレンライン 浸水防止治具の全質量 m (kg)	モデル化に用いるガイド 1本の直径 D <sub>G</sub> (mm)	ガイド1本の図心と X軸との距離 y <sub>g</sub> (mm)
SUS316L	1.169	2.459	31

モデル化に用いる 弁本体・ガイドの 長さ ℓ <sub>1</sub> (mm)	モデル化に用いる ばねガイドの長さ ℓ <sub>2</sub> (mm)	モデル化に用い るばねガイドの 外径 D <sub>2</sub> (mm)	モデル化に用いる ばねガイドの内径 d <sub>2</sub> (mm)	モデル化に用い る部位の 縦弾性係数 E* (MPa)
40	75.5	10.5	8.2	1.94×10 <sup>5</sup>

注記\* : 「5.3 許容限界」における温度条件での縦弾性係数Eを用いる。

#### 4.3 固有周期の計算結果

##### (1) フロート式治具

表 4-7 に固有周期の計算結果を示す。固有周期は、0.05s 以下であることから、剛構造である。

表 4-7 固有周期の計算結果

型式	固有周期 (s)
外ねじ取付型	0.002
内ねじ取付型	0.002
フランジ取付型	0.002

##### (2) スプリング式治具

表 4-8 に固有周期の計算結果を示す。固有周期は、0.05s 以下であることから、剛構造である。

表 4-8 固有周期の計算結果

型式	固有周期 (s)
外ねじ取付型	0.009
内ねじ取付型	0.008
フランジ取付型	0.010

(3) 閉止キャップ

表 4-9 に掃引試験で求めた固有周期を示す。固有周期は、0.05s 以下であることから、剛構造である。

表 4-9 固有周期の試験結果

評価部位	固有周期 (s)
閉止キャップ	0.02 以下

(4) 閉止栓

表 4-10 に掃引試験で求めた固有周期を示す。固有周期は、0.05s 以下であることから、剛構造である。

表 4-10 固有周期の試験結果

評価部位	固有周期 (s)
閉止栓	0.02 以下

## 5. 構造強度評価

### 5.1 構造強度評価方法

床ドレンライン浸水防止治具の強度評価は、VI-3-別添 3-1-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」の「5.2 強度評価方法」にて設定している方法を用いて、強度評価を実施する。

床ドレンライン浸水防止治具の強度評価は、「3. 評価部位」に示す評価部位に対し、「5.2 荷重及び荷重の組合せ」及び「5.3 許容限界」に示す荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえ、「5.5 計算方法」に示す方法を用いて評価を行う。

### 5.2 荷重及び荷重の組合せ

#### (1) フロート式治具

強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、VI-3-別添 3-1-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」にて示している荷重及び荷重の組合せを用いる。

#### a. 荷重の設定

##### (a) 固定荷重 (D)

常時作用する荷重として、弁本体及びフロートガイドの自重を考慮し、以下の式より算出する。

$$W_{d1} = m_1 \cdot g$$

$$W_{d2} = m_2 \cdot g$$

##### (b) 静水圧荷重 (P<sub>h</sub>)

静水圧荷重として、浸水に伴う水位を用いた静水圧を考慮し、以下の式より算出する。

$$P_h = \rho_0 \cdot g \cdot h \times 10^{-9}$$

##### (c) 余震荷重 (S<sub>d</sub>)

余震荷重は、VI-3-別添 3-1-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に示すとおり、弾性設計用地震動 S<sub>d</sub> に伴う地震力とする。

余震による地震荷重 F<sub>H1</sub>、F<sub>V1</sub>、F<sub>H2</sub>、F<sub>V2</sub> を以下の式より算出する。

$$F_{H1} = m_1 \cdot C_{HSd} \cdot g$$

$$F_{V1} = m_1 \cdot C_{VSd} \cdot g$$

$$F_{H2} = m_2 \cdot C_{HSd} \cdot g$$

$$F_{V2} = m_2 \cdot C_{VSd} \cdot g$$

(2) スプリング式治具

強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、VI-3-別添3-1-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」の「4.2 荷重及び荷重の組合せ」にて示している荷重及び荷重の組合せを用いる。

a. 荷重の設定

(a) 固定荷重(D)

常時作用する荷重として、弁本体・ガイド及びばねガイド並びに弁体の自重を考慮し、以下の式より算出する。

$$W_{d1} = m_1 \cdot g$$

$$W_{d2} = m_2 \cdot g$$

$$W_D = m_D \cdot g$$

(b) 静水圧荷重(P<sub>h</sub>)

静水圧荷重として、浸水に伴う水位を用いた静水圧を考慮し、以下の式より算出する。

$$P_h = \rho_0 \cdot g \cdot h \times 10^{-9}$$

(c) 余震荷重(S<sub>d</sub>)

余震荷重は、VI-3-別添3-1-1「津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に示すとおり、弾性設計用地震動S<sub>d</sub>に伴う地震力を考慮する。なお、床ドレンライン浸水防止治具に接続する配管は枝分かれし端部が開放されていることから、余震による動水圧の影響は軽微であり考慮しない。

余震による地震荷重F<sub>H1</sub>、F<sub>V1</sub>、F<sub>H2</sub>、F<sub>V2</sub>、F<sub>HZ</sub>、F<sub>VD</sub>を以下の式より算出する。

$$F_{H1} = m_1 \cdot C_{HSd} \cdot g$$

$$F_{H2} = m_2 \cdot C_{HSd} \cdot g$$

$$F_{V1} = m_1 \cdot C_{VSd} \cdot g$$

$$F_{V2} = m_2 \cdot C_{VSd} \cdot g$$

$$F_{HZ} = m_D \cdot C_{HSd} \cdot g$$

$$F_{VD} = m_D \cdot C_{VSd} \cdot g$$

### 5.2.2 荷重の組合せ

床ドレンライン浸水防止治具の強度評価にて考慮する荷重の組合せを表5-1に示す。

表5-1 床ドレンライン浸水防止治具の強度評価にて考慮する荷重の組合せ

施設区分	機器名称	荷重の組合せ
浸水防護施設 (浸水防止設備)	床ドレンライン浸水防止治具	$D + P_h + S_d^{*1*2}$

注記\*1 : Dは固定荷重,  $P_h$ は静水圧荷重,  $S_d$ は余震荷重を示す。

\*2 : 固定荷重(D)及び余震荷重( $S_d$ )の組み合わせが, 強度評価上, 静水圧荷重( $P_h$ )を緩和する方向に作用する場合, 保守的にこれらを組み合わせない評価を実施する。

### 5.3 許容限界

#### (1) フロート式治具

フロート式治具の許容限界は, VI-3-別添3-1-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」の「4.2 許容限界」にて設定している許容限界を踏まえ, 「3. 評価部位」にて設定している評価部位ごとに, 機能損傷モードを考慮し, 弁本体及びフロートガイドについては, JSMEに準じた供用状態Cの許容応力を用いる。

フロート及び取付部については, 水圧試験により確認した圧力を許容値として用いる。水圧試験では, フロート式治具の閉状態に対して, 静水圧0.35MPaをフロート及び取付部に負荷し, 有意な変形及び著しい漏えいがないことを確認した。

フロート式治具の弁本体及びフロートガイドの許容限界を表5-2に, 許容応力評価条件を表5-3に, 弁本体及びフロートガイドの許容応力算出結果を表5-4にそれぞれ示す。

また, フロート及び取付部の許容限界を表5-5に示す。

表5-2 弁本体及びフロートガイドの許容限界

供用状態 (許容応力状態)	許容限界*1		
	一次応力		
	圧縮	曲げ	組合せ*2
C (Ⅲ <sub>A</sub> S)*3	$1.2 \cdot S$	$1.2 \cdot S$	$1.2 \cdot S$

注記\*1 : 圧縮及び曲げ応力は, JEAG4601・補-1984を準用し, 「管」の許容限界のうちクラス2, 3配管に対する許容限界に準じて設定する。

\*2 : 圧縮応力と曲げ応力の組合せ応力である。

\*3 : 地震後の再使用性や津波による溢水の繰返し作用を想定し、当該構造物全体の変形力に対して浸水防護機能として十分な余裕を有するよう、設備を構成する材料が弾性域内に収まることを基本とする。

表 5-3 弁本体及びフロートガイドの許容応力評価条件

型式	評価部位	材料	温度条件 (°C)	S* (MPa)
外ねじ取付型	弁本体	SUS303	40	129
	フロートガイド	SUS304		
内ねじ取付型	弁本体	SUS303		
	フロートガイド	SUS304		
フランジ取付型	弁本体	SUS316L		111
	フロートガイド	SUS316L		

注記\* : 鉄鋼材料(ボルト材を除く)の許容引張応力を示す。

表 5-4 弁本体及びフロートガイドの許容応力算出結果

供用状態 (許容応力状態)	型式	評価部位	許容限界		
			一次応力		
			圧縮 1.2・S (MPa)	曲げ 1.2・S (MPa)	組合せ 1.2・S (MPa)
C (Ⅲ <sub>A</sub> S)	外ねじ取付型	弁本体	154	154	154
		フロートガイド	154	154	154
	内ねじ取付型	弁本体	154	154	154
		フロートガイド	154	154	154
	フランジ取付型	弁本体	133	133	133
		フロートガイド	133	133	133

表 5-5 フロートの許容限界

評価部位	水圧試験の圧力(MPa)
フロート及び取付部	0.35

(2) スプリング式治具

スプリング式治具の許容限界は、VI-3-別添3-1-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算書の方針」の「4.2 許容限界」にて設定している許容限界を踏まえ、「3. 評価部位」にて設定している評価部位ごとに、機能損傷モードを考慮し、弁本体・ガイド、ばねガイド及び弁体については、J S M Eに準じた供用状態Cの許容応力を用いる。

弁体及び取付部については、水圧試験により確認した圧力を許容値として用いる。水圧試験では、静水圧0.35MPaを弁体及び取付部に負荷し、有意な変形及び著しい漏えいがないことを確認した。

弁本体・ガイド、ばねガイド及び弁体の許容限界を表5-6に、許容応力評価条件を表5-7に、弁本体・ガイド、ばねガイド及び弁体の許容応力算出結果を表5-8にそれぞれ示す。また、弁体及び取付部の許容限界を表5-9に示す。

表5-6 弁本体・ガイド、ばねガイド及び弁体の許容限界

供用状態 (許容応力状態)	許容限界*1		
	一次応力		
	圧縮	曲げ	組合せ*2
C (Ⅲ <sub>A</sub> S)*3	1.2・S	1.2・S	1.2・S

注記\*1：圧縮及び曲げ応力は、J E A G 4 6 0 1・補-1984を準用し、「管」の許容限界のうちクラス2，3配管に対する許容限界に準じて設定する。

\*2：圧縮応力と曲げ応力の組合せ応力である。

\*3：地震後の再使用性や津波による溢水の繰返し作用を想定し、当該構造物全体の変形力に対して浸水防護機能として十分な余裕を有するよう、設備を構成する材料が弾性域内に収まることを基本とする。



表5-7 弁本体・ガイド, ばねガイド, 弁体の許容応力評価条件

型式	評価部位	材料	温度条件 (°C)	S* (MPa)
外ねじ取付型	弁本体・ガイド	SUS316L	40	111
	ばねガイド	SUS316L		111
	弁体	SUS316L		111
内ねじ取付型	弁本体・ガイド	SUS316L		111
	ばねガイド	SUS316L		111
	弁体	SUS316L		111
フランジ取付型	弁本体・ガイド	SUS316L		111
	ばねガイド	SUS316L		111
	弁体	SUS316L		111

注記\* : 鉄鋼材料(ボルト材を除く)の許容引張応力

表5-8 弁本体・ガイド, ばねガイド, 弁体の許容応力算出結果

供用状態 (許容応力状態)	型式	評価部位	許容限界		
			一次応力		
			圧縮 1.2・S (MPa)	曲げ 1.2・S (MPa)	組合せ 1.2・S (MPa)
C (Ⅲ <sub>A</sub> S)	外ねじ 取付型	弁本体・ガイド	133	133	133
		ばねガイド	133	133	133
		弁体	133	133	133
	内ねじ 取付型	弁本体・ガイド	133	133	133
		ばねガイド	133	133	133
		弁体	133	133	133
	フランジ 取付型	弁本体・ガイド	133	133	133
		ばねガイド	133	133	133
		弁体	133	133	133

表5-9 弁体及び取付部の許容限界

評価部位	水圧試験の圧力(MPa)
弁体及び取付部	0.35

(3) 閉止キャップ

閉止キャップの許容限界は、水圧試験により確認した圧力を許容値として用いる。水圧試験では、静水圧 0.35MPa を閉止キャップに負荷し、有意な変形及び著しい漏えいがないことを確認した。

表 5-10 閉止キャップの許容限界

評価部位	水圧試験の圧力(MPa)
閉止キャップ	0.35

(4) 閉止栓

閉止栓の許容限界は、水圧試験により確認した圧力を許容値として用いる。水圧試験では、静水圧 0.35MPa を閉止栓に負荷し、有意な変形及び著しい漏えいがないことを確認した。

表 5-11 閉止栓の許容限界

評価部位	水圧試験の圧力(MPa)
閉止栓	0.35

#### 5.4 設計用地震力

「4.3 固有周期の解析結果」より,床ドレンライン浸水防止治具の固有周期が0.05s以下であることを確認したため,床ドレンライン浸水防止治具の強度計算に用いる設計震度は,VI-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に示すタービン建屋における設置床の最大応答加速度の1.2倍を考慮して設定する。床ドレンライン浸水防止治具の強度計算に用いる設計震度を表5-12～表5-15に示す。

表5-12 フロート式治具の設計震度

地震動	床面高さ* <sup>1</sup> T. M. S. L. (mm)	場所	余震による設計震度* <sup>2</sup> * <sup>3</sup>	
			弾性設計用地震動 S d	44300
鉛直方向 C <sub>VSd</sub>	1.09			

注記\*1 : 基準床レベルを示す。

\*2 : 「4.3 固有周期の計算結果」より,フロート式治具の固有周期が0.05s以下であることを確認したため,保守的にタービン建屋最上階の最大応答加速度の1.2倍を考慮した設計震度を設定した。

\*3 : 床ドレンライン浸水防止治具の設置数が多いタービン建屋の中から,保守的に全てを包絡できる最上階に設定した。

表5-13 スプリング式治具の設計震度

地震動	床面高さ* <sup>1</sup> T. M. S. L. (mm)	場所	余震による設計震度* <sup>2</sup> * <sup>3</sup>	
			弾性設計用地震動 S d	44300
垂直方向 C <sub>VSd</sub>	1.09			

注記\*1 : 基準床レベルを示す。

\*2 : 「4.3 固有周期の計算結果」より,スプリング式治具の固有周期が0.05s以下であることを確認したため,保守的にタービン建屋最上階の最大応答加速度の1.2倍を考慮した設計震度を設定した。

\*3 : 床ドレンライン浸水防止治具の設置数が多いタービン建屋の中から,保守的に全てを包絡できる最上階に設定した。

表 5-14 閉止キャップの設計震度

地震動	床面高さ* <sup>1</sup> T. M. S. L. (mm)	場所	余震による設計震度* <sup>2</sup> * <sup>3</sup>	
			弾性設計用地震動 S d	44300
鉛直方向 C <sub>VSd</sub>	1.09			

注記\*1 : 基準床レベルを示す。

\*2 : 資料「4.3 固有周期の計算結果」より、閉止キャップの固有周期が 0.05s 以下であることを確認したため、保守的にタービン建屋最上階の最大応答加速度の 1.2 倍を考慮した設計震度を設定した。

\*3 : 床ドレンライン浸水防止治具の設置数が多いタービン建屋の中から、保守的に全てを包絡できる最上階に設定した。

表 5-15 閉止栓の設計震度

地震動	床面高さ* <sup>1</sup> T. M. S. L. (mm)	場所	余震による設計震度* <sup>2</sup> * <sup>3</sup>	
			弾性設計用地震動 S d	44300
鉛直方向 C V S d	1.09			

注記\*1 : 基準床レベルを示す。

\*2 : 「4.3 固有周期の計算結果」より、閉止栓の固有周期が 0.05s 以下であることを確認したため、保守的にタービン建屋最上階の最大応答加速度の 1.2 倍を考慮した設計震度を設定した。

\*3 : 床ドレンライン浸水防止治具の設置数が多いタービン建屋の中から、保守的に全てを包絡できる最上階に設定した。

## 5.5 計算方法

床ドレンライン浸水防止治具の強度評価は、構造部材に作用する応力が、「5.3 許容限界」で設定した許容限界以下であることを確認する。

### 5.5.1 荷重条件

以下の荷重条件にて応力計算を実施する。

#### (1) 固定荷重 (D)

床ドレンライン浸水防止治具の自重は静水圧荷重を緩和する方向に作用することから、考慮しない。ただし、余震による水平地震力を求めるに当たって、固定荷重として床ドレンライン浸水防止治具の自重を考慮する。

#### (2) 静水圧荷重 ( $P_h$ )

静水圧荷重  $P_h$  は、床ドレンライン浸水防止治具の設置位置における治具下流からの浸水に伴う静水圧を考慮する。

#### (3) 余震荷重 ( $S_d$ )

余震荷重  $S_d$  は、床ドレンライン浸水防止治具の設置位置における水平方向及び鉛直方向の地震荷重を考慮する。

## 5.5.2 応力計算

### (1) フロート式治具

#### a. 弁本体

##### (a) 圧縮

鉛直応答加速度による余震荷重及び静水压荷重により、弁本体に加わる圧縮応力 $\sigma_{v1}$ を以下の式より算出する。また、静水压荷重が弁本体に作用する評価に用いる受圧面積 $A_2$ は、弁本体のうち波圧を受ける面積が最も広い箇所を適用し、静水压荷重が弁本体に作用する評価に用いる受圧面の直径 $D_2$ から求める。弁本体の断面積 $A_1$ は、図5-1に示すとおり、弁本体のうち最も肉厚が薄い断面を適用する。ただし、弁本体の自重 $W_{d1}$ は圧縮応力 $\sigma_{v1}$ を緩和する方向に作用するため考慮しない。

$$\sigma_{v1} = \frac{W_{d1} + F_{v1} + P_h \cdot A_2}{A_1}$$

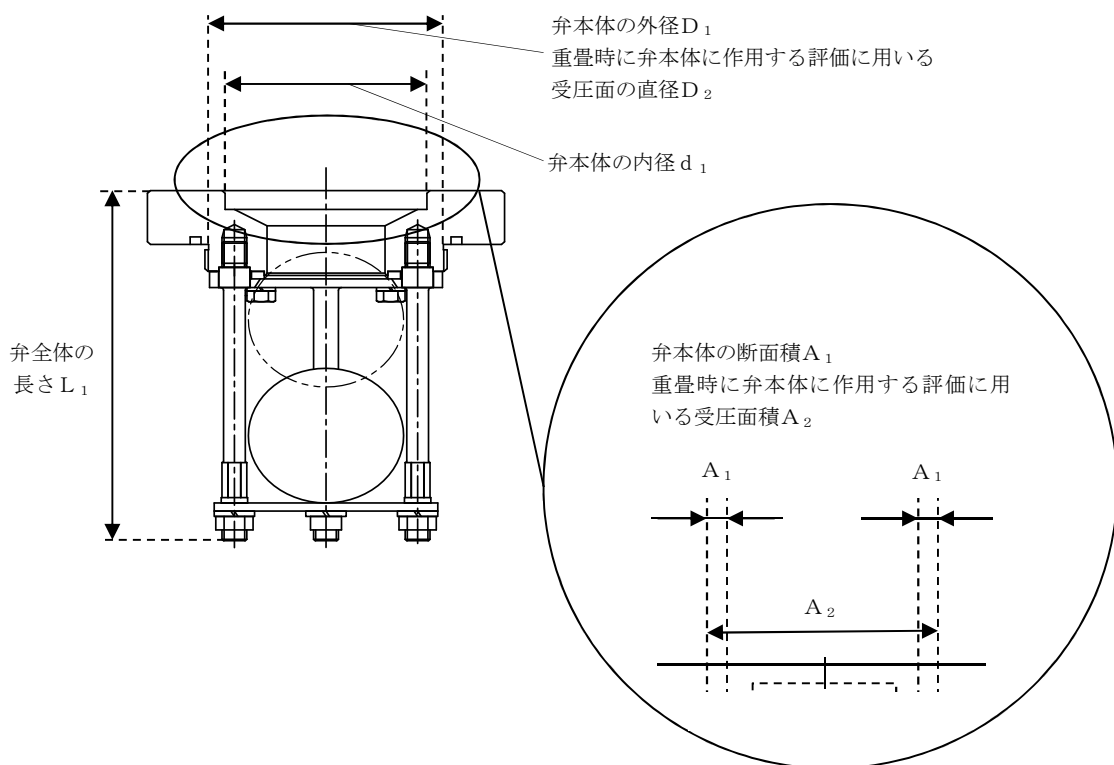


図5-1 弁本体の寸法図

## (b) 曲げ

弁全体の最下端に集中荷重が負荷された片持ち梁として、水平応答加速度により、弁本体に加わる曲げ応力 $\sigma_{H1}$ を以下の式より算出する。弁全体の長さ $L_1$ 、弁本体の外径 $D_1$ 及び内径 $d_1$ について図5-1に示す。

$$M_1 = F_{H1} \cdot L_1$$

$$I_1 = \left( D_1^4 - d_1^4 \right) \cdot \frac{\pi}{64}$$

$$\sigma_{H1} = \frac{M_1 \cdot \left( \frac{D_1}{2} \right)}{I_1}$$

## b. フロートガイド

## (a) 圧縮

鉛直応答加速度による余震荷重及び静水圧荷重により、フロートガイドの最小断面積に加わる圧縮応力 $\sigma_{V2}$ を以下の式より算出する。また、静水圧荷重がフロートガイドに作用する評価に用いる受圧面積 $A_4$ は、静水圧荷重がフロートガイドに作用する評価に用いる受圧面の直径 $D_4$ から求める。フロートガイドの最小断面積 $A_3$ は、図5-2に示すとおり、フロートガイドのうち最も肉厚が薄い断面を適用する。ただし、フロートガイド自重 $W_{d2}$ は圧縮応力 $\sigma_{V2}$ を緩和する方向に作用するため考慮しない。

$$\sigma_{V2} = \frac{W_{d2} + F_{V2} + P_h \cdot A_4}{A_3}$$

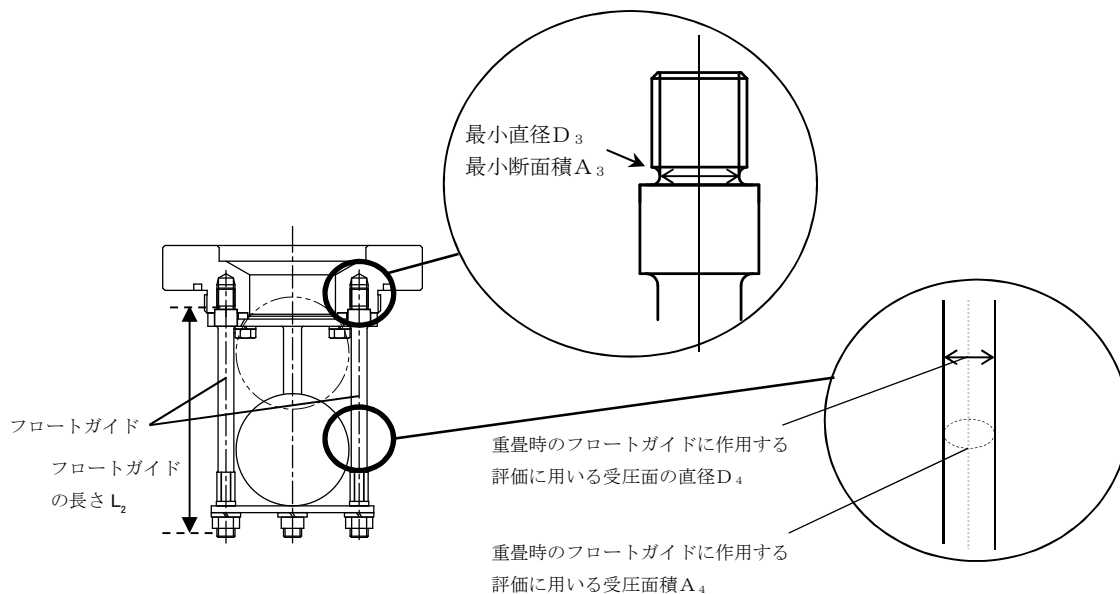


図5-2 フロートガイドの寸法図

(b) 曲げ

フロートガイドの最下端に集中荷重が負荷された片持ち梁として、水平応答加速度により、フロートガイドに加わる曲げ応力 $\sigma_{H2}$ を以下の式より算出する。フロートガイドの長さ $L_2$ 、フロートガイドの最小直径 $D_3$ について図5-2に示す。

$$M_2 = F_{H2} \cdot L_2$$

$$I_2 = D_3^4 \cdot \frac{\pi}{64}$$

$$\sigma_{H2} = \frac{M_2 \cdot \left(\frac{D_3}{2}\right)}{I_2}$$

c. フロート及び取付部

フロート及び取付部に発生する圧力 $P_w$ は浸水による静水圧とする。

$$P_w = P_h$$



(2) スプリング式治具

a. 弁本体・ガイド

弁本体・ガイドの発生応力を算出する。モデル化は、弁本体と矩形もしくは円形の4本のガイドを持つ部分を「弁本体・ガイド」として設定する。弁本体・ガイドの応力評価に用いる断面積 $A_1$ は、図5-3に示すとおり、弁本体・ガイドのうち最も断面積が小さい断面を適用する。

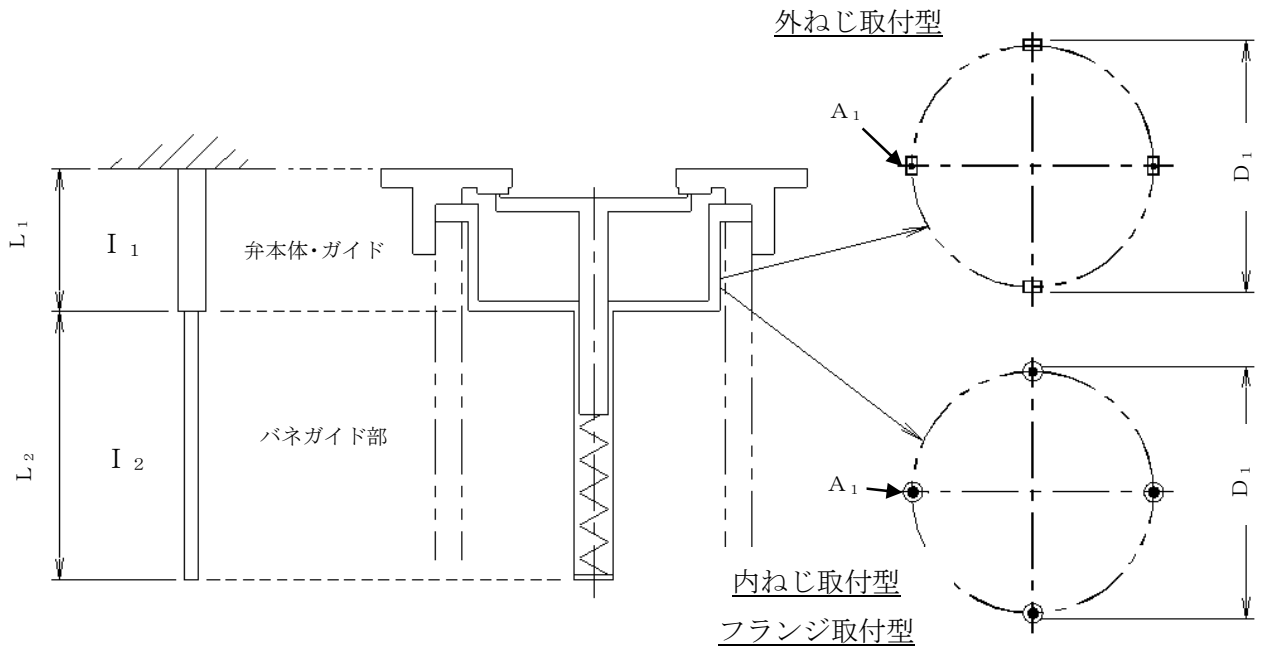


図5-3 弁本体・ガイドの構造図

(a) 圧縮

鉛直応答加速度による余震荷重及び静水圧荷重により、弁本体・ガイドに加わる圧縮応力 $\sigma_{v1}$ を以下の式より算出する。ただし、弁本体・ガイドの自重 $W_{d1}$ は圧縮応力 $\sigma_{v1}$ を緩和する方向に作用するため考慮しない。

図5-4に示すように、静水圧荷重がガイドに作用する評価に用いる受圧面積 $A_2$ は、ガイドのうち水圧を受ける面積が最も広い箇所を適用する。また、強度評価に用いる断面積 $A_1$ は、ガイドのうち最も面積が小さい断面を適用する。

$$\sigma_{v1} = \frac{W_{d1} + F_{v1} + P_h \cdot A_2}{A_1}$$

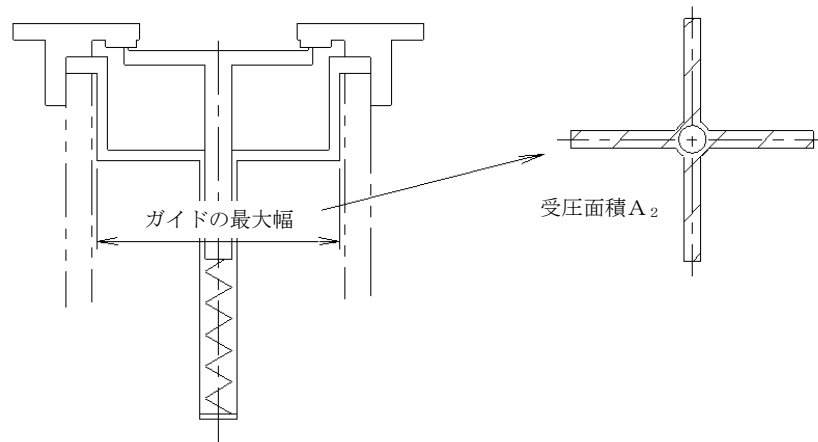


図5-4 ガイドの受圧面積

(b) 曲げ

図5-3に示すように、弁本体・ガイドの最下端に集中荷重が負荷された片持ち梁として、水平応答加速度により、弁本体・ガイドに加わる曲げ応力  $\sigma_{H1}$  を以下の式より算出する。

$$M_1 = F_{H1} \cdot L_1$$

$$\sigma_{H1} = \frac{M_1 \cdot \left(\frac{D_1}{2}\right)}{I_1}$$

(イ) 外ねじ取付型の場合

弁本体・ガイドのうち最も断面積の小さい断面は4本の矩形ガイド部分である。したがって図5-5に示すように、1本の矩形ガイドの断面二次モーメントを矩形の長辺  $b$  と短辺  $h$  から求め、全体の断面二次モーメントを算出する。

$$I_{a1} = \frac{\ell_b \cdot \ell_h^3}{12}$$

$$I_{a2} = \frac{\ell_h \cdot \ell_b^3}{12}$$

$$I_1 = 2 I_{a2} + 2 (I_{a1} + (y_g)^2 \cdot A_G)$$

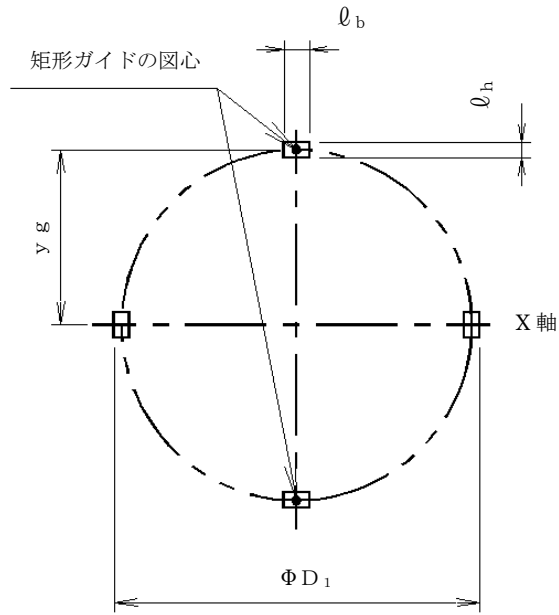


図5-5 外ねじ取付型の断面二次モーメント

(ロ) 内ねじ取付型及びフランジ取付型の場合

内ねじ取付型及びフランジ取付型は、図5-6に示すようにガイド1本の断面形状が円形であり、外径が $D_G$ である。

$$I_a = D_G^4 \cdot \frac{\pi}{64}$$

$$I_1 = 2 I_a + 2 (I_a + (y_g)^2 \cdot A_G)$$

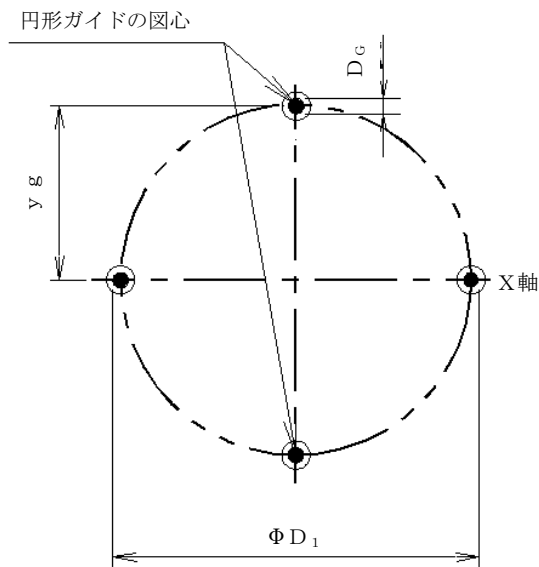


図5-6 内ねじ取付型及びフランジ取付型の断面二次モーメント

b. ばねガイド

(a) 圧縮

鉛直応答加速度による余震荷重及び静水圧荷重により、ばねガイドの最小断面積に加わる圧縮応力  $\sigma_{V2}$  を以下の式より算出する。ただし、ばねガイドの自重  $W_{d2}$  は圧縮応力  $\sigma_{V2}$  を緩和する方向に作用するため考慮しない。

静水圧荷重がばねガイドに作用する評価に用いる受圧面積  $A_4$  は、ばねガイドが水圧を受ける面積を適用する。また、強度評価に用いる断面積  $A_3$  は、ばねガイドの断面積を適用する。

$$\sigma_{V2} = \frac{W_{d2} + F_{V2} + P_h \cdot A_4}{A_3}$$

(b) 曲げ

ばねガイドの最下端に集中荷重が負荷された片持ち梁として、水平加速度により、ばねガイドに加わる曲げ応力  $\sigma_{H2}$  を以下の式より算出する。ばねガイドの断面を図5-7に示す。

$$I_2 = \left( D_2^4 - d_2^4 \right) \cdot \frac{\pi}{64}$$

$$M_2 = F_{H2} \cdot L_2$$

$$\sigma_{H2} = \frac{M_2 \cdot \left( \frac{D_2}{2} \right)}{I_2}$$

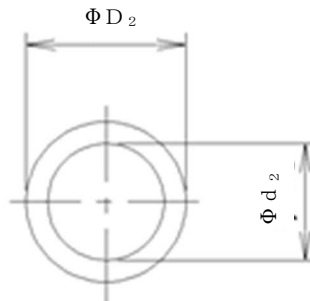


図5-7 ばねガイドの断面

c. 弁体及び取付部

弁体及び取付部に発生する圧力  $P_w$  は浸水による静水圧とする。

$$P_w = P_h$$

d. 弁体

(a) 平板の曲げ

鉛直方向荷重負荷時の弁体の発生応力を算出する。図5-8に示すとおり、弁体は弁座に押し付けられ曲げ応力が発生する。曲げ応力  $\sigma_D$  を以下の式より算出する。ただし、弁体の自重による荷重  $W_D$  は曲げ応力  $\sigma_D$  を緩和する方向に作用するため考慮しない。

$$\sigma_D = 1.24 \cdot \frac{\left( \left( \frac{W_D + F_{VD}}{A_D} \right) + P_h \right) \cdot \left( \frac{D_D}{2} \right)^2}{t^2}$$

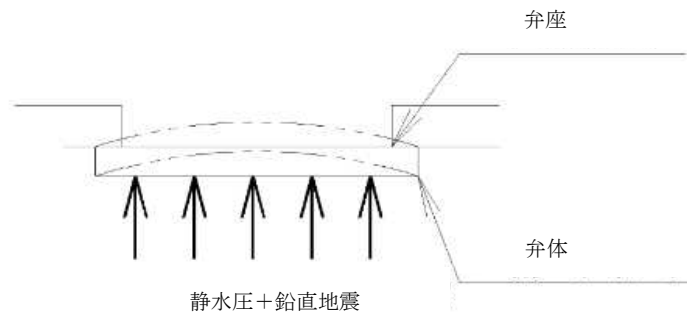


図5-8 弁体の板に加わる曲げモーメント

(b) 軸の曲げ

水平方向荷重負荷時の弁体の発生応力を算出する。図5-9に示すとおり、弁体の軸の最上端に集中荷重が負荷された片持ち梁として発生する曲げ応力  $\sigma_z$  を以下の式より算出する。

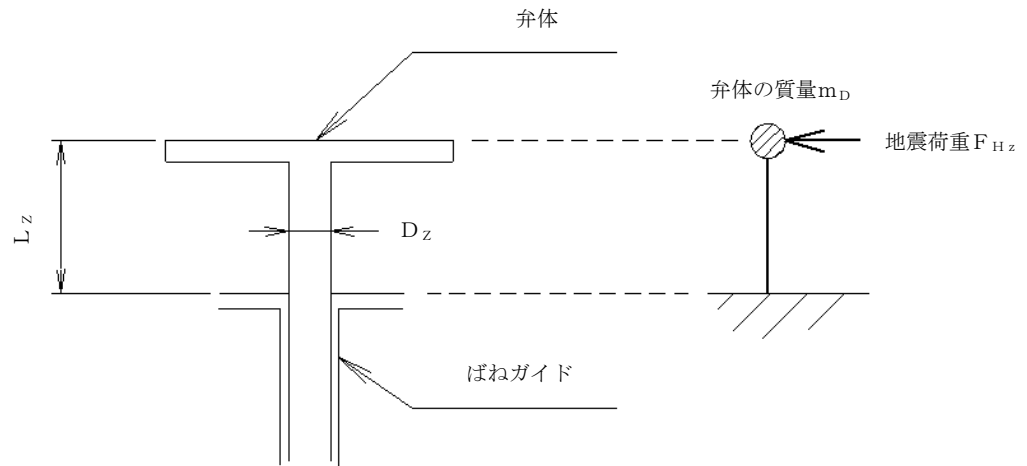


図5-9 弁体の軸に加わる曲げモーメント

$$M_z = F_{HZ} \cdot L_z$$

$$I_z = D_z^4 \cdot \frac{\pi}{64}$$

$$\sigma_z = \frac{M_z \cdot \left(\frac{D_z}{2}\right)}{I_z}$$

(3) 閉止キャップ

閉止キャップに発生する圧力  $P_w$  は浸水による静水圧とする。

$$P_w = P_h$$

(4) 閉止栓

閉止栓に発生する圧力  $P_w$  は浸水による静水圧とする。

$$P_w = P_h$$

## 5.6 計算条件

### (1) フロート式治具

フロート式治具の応力評価に用いる計算条件を表 5-16～表 5-18 に示す。

表 5-16 外ねじ取付型の応力評価に用いる計算条件

弁本体の材質	弁の全質量 $m_1$ (kg)	弁全体の長さ $L_1$ (mm)
SUS303	2.90	120

弁本体の外径 $D_1$ (mm)	弁本体の内径 $d_1$ (mm)	フロートガイドの 材質	フロートガイドの 最小直径 $D_3$ (mm)
75	38	SUS304	6.6

フロートガイドの 1本当たりの質量 $m_2$ (kg)	フロートガイドの 長さ $L_2$ (mm)	重畳時に弁本体に作用 する評価に用いる受圧 面の直径 $D_2$ (mm)	重畳時にフロートガイドに 作用する評価に用いる受圧 面の直径 $D_4$ (mm)
0.05	102	75	7

重力加速度 $g$ ( $m/s^2$ )	海水の密度 $\rho_0$ ( $kg/m^3$ )	静水圧荷重の算出に 用いる水頭 $h^*$ (mm)
9.80665	1030	17400

注記\*：保守的に床ドレンライン浸水防止治具を設置する箇所のうち最大値とする。



表 5-17 内ねじ取付型の応力評価に用いる計算条件

弁本体の材質	弁の全質量 $m_1$ (kg)	弁全体の長さ $L_1$ (mm)
SUS303	2.15	130

弁本体の外径 $D_1$ (mm)	弁本体の内径 $d_1$ (mm)	フロートガイドの 材質	フロートガイドの 最小直径 $D_3$ (mm)
75	65	SUS304	6.6

フロートガイドの 1本当たりの質量 $m_2$ (kg)	フロートガイド の長さ $L_2$ (mm)	重畳時に弁本体に 作用する評価に用 いる受圧面の直径 $D_2$ (mm)	重畳時にフロートガイ ドに作用する評価に用 いる受圧面の直径 $D_4$ (mm)
0.05	102	75	7

重力加速度 $g$ ( $m/s^2$ )	海水の密度 $\rho_0$ ( $kg/m^3$ )	静水圧荷重の算出に 用いる水頭 $h^*$ (mm)
9.80665	1030	17400

注記\* : 保守的に床ドレンライン浸水防止治具を設置する箇所のうち最大値とする。

表 5-18 フランジ取付型の応力評価に用いる計算条件

弁本体の材質	弁の全質量 $m_1$ (kg)	弁全体の長さ $L_1$ (mm)
SUS316L	3.97	130

弁本体の外径 $D_1$ (mm)	弁本体の内径 $d_1$ (mm)	フロートガイドの 材質	フロートガイドの 最小直径 $D_3$ (mm)
75	65	SUS316L	6.6

フロートガイドの 1本当たりの質量 $m_2$ (kg)	フロートガイド の長さ $L_2$ (mm)	重畳時に弁本体に 作用する評価に用 いる受圧面の直径 $D_2$ (mm)	重畳時にフロートガイ ドに作用する評価に用 いる受圧面の直径 $D_4$ (mm)
0.05	102	75	7

重力加速度 $g$ ( $m/s^2$ )	海水の密度 $\rho_0$ ( $kg/m^3$ )	静水圧荷重の算出に 用いる水頭 $h^*$ (mm)
9.80665	1030	17400

注記\*：保守的に床ドレンライン浸水防止治具を設置する箇所のうち最大値とする。

(2) スプリング式治具

スプリング式治具の応力評価に用いる計算条件を表5-19～表5-21に示す。

表5-19 外ねじ取付型の応力評価に用いる計算条件

弁本体・ガイド の材質	弁本体・ガイド の評価断面積 $A_1$ (mm <sup>2</sup> )	弁本体・ガイド の受圧断面積 $A_2$ (mm <sup>2</sup> )	弁本体・ガイド の質量 $m_1$ (kg)	弁本体・ガイド の長さ $L_1$ (mm)
SUS316L	60	759.8	0.809	40

ガイド4本の 最大直径 $D_1$ (mm)	矩形ガイド1本の 断面の長辺 $l_b$ (mm)	矩形ガイド1本の 断面の短辺 $l_h$ (mm)	ガイド1本の図心 とX軸との距離 $y_g$ (mm)	ばねガイド の質量 $m_2$ (kg)
71	5	3	34	0.03

ばねガイド の長さ $L_2$ (mm)	ばねガイド の外径 $D_2$ (mm)	ばねガイド の内径 $d_2$ (mm)	ばねガイド の評価断面積 $A_3$ (mm <sup>2</sup> )	弁体 の質量 $m_D$ (kg)
75.5	10.5	8.2	33.78	0.101

弁体 の板厚 $t$ (mm)	弁体 の外径 $D_D$ (mm)	弁体の 軸の外径 $D_Z$ (mm)	弁体の 軸の長さ $L_Z$ (mm)	重力加速度 $g$ (m/s <sup>2</sup> )
4	55	8	32	9.80665

海水の密度 $\rho_0$ (kg/m <sup>3</sup> )	静水圧荷重の算出に 用いる水頭 $h^*$ (mm)
1030	17400

注記\*：保守的に床ドレンライン防止治具を設置する箇所のうち最大値とする。

表5-20 内ねじ取付型の応力評価に用いる計算条件

弁本体・ガイド の材質	弁本体・ガイド の評価断面積 $A_1$ ( $\text{mm}^2$ )	弁本体・ガイド の受圧断面積 $A_2$ ( $\text{mm}^2$ )	弁本体・ガイド の質量 $m_1$ (kg)	弁本体・ガイド の長さ $L_1$ (mm)
SUS316L	19.00	767.9	0.574	40

ガイド4本の 最大直径 $D_1$ (mm)	円形ガイド1本の 断面の直径 $D_G$ (mm)	ガイド1本の図心 とX軸との距離 $y_g$ (mm)	ばねガイド の質量 $m_2$ (kg)	ばねガイド の長さ $L_2$ (mm)
64.459	2.459	31	0.03	75.5

ばねガイド の外径 $D_2$ (mm)	ばねガイド の内径 $d_2$ (mm)	ばねガイドの 評価断面積 $A_3$ ( $\text{mm}^2$ )	弁体 の質量 $m_D$ (kg)	弁体 の板厚 $t$ (mm)
10.5	8.2	33.78	0.101	4

弁体 の外径 $D_D$ (mm)	弁体の 軸の外径 $D_Z$ (mm)	弁体の 軸の長さ $L_Z$ (mm)	重力加速度 $g$ ( $\text{m/s}^2$ )
55	8	32	9.80665

海水の密度 $\rho_0$ ( $\text{kg/m}^3$ )	静水圧荷重の算出に 用いる水頭 $h^*$ (mm)
1030	17400

注記\*：保守的に床ドレンライン浸水防止治具を設置する箇所のうち最大値とする。

表5-21 フランジ取付型の応力評価に用いる計算条件

弁本体・ガイド の材質	弁本体・ガイド の評価断面積 $A_1$ ( $\text{mm}^2$ )	弁本体・ガイド の受圧断面積 $A_2$ ( $\text{mm}^2$ )	弁本体・ガイド の質量 $m_1$ (kg)	弁本体・ガイド の長さ $L_1$ (mm)
SUS316L	19.00	767.9	1.038	40

ガイド4本の 最大直径 $D_1$ (mm)	円形ガイド1本の 断面の直径 $D_G$ (mm)	ガイド1本の図心 とX軸との距離 $y_g$ (mm)	ばねガイド の質量 $m_2$ (kg)	ばねガイド の長さ $L_2$ (mm)
64.459	2.459	31	0.03	75.5

ばねガイド の外径 $D_2$ (mm)	ばねガイド の内径 $d_2$ (mm)	ばねガイドの 評価断面積 $A_3$ ( $\text{mm}^2$ )	弁体 の質量 $m_D$ (kg)	弁体 の板厚 $t$ (mm)
10.5	8.2	33.78	0.101	4

弁体 の外径 $D_D$ (mm)	弁体の 軸の外径 $D_Z$ (mm)	弁体の 軸の長さ $L_Z$ (mm)	重力加速度 $g$ ( $\text{m/s}^2$ )
55	8	32	9.80665

海水の密度 $\rho_0$ ( $\text{kg/m}^3$ )	静水圧荷重の算出に 用いる水頭 $h^*$ (mm)
1030	17400

注記\*：保守的に床ドレンライン浸水防止治具を設置する箇所のうち最大値とする。

(3) 閉止キャップ

閉止キャップの応力評価に用いる計算条件を表5-22に示す。

表 5-22 閉止キャップの応力評価に用いる計算条件

重力加速度 $g$ ( $m/s^2$ )	海水の密度 $\rho_0$ ( $kg/m^3$ )	静水圧荷重の算出に 用いる水頭 $h^*$ (mm)
9.80665	1030	17400

注記\* : 保守的に床ドレンライン浸水防止治具を設置する箇所のうち最大値とする。

(4) 閉止栓

閉止栓の応力評価に用いる計算条件を表5-23に示す。

表 5-23 閉止栓の応力評価に用いる計算条件

重力加速度 $g$ ( $m/s^2$ )	海水の密度 $\rho_0$ ( $kg/m^3$ )	静水圧荷重の算出に 用いる水頭 $h^*$ (mm)
9.80665	1030	17400

注記\* : 保守的に床ドレンライン浸水防止治具を設置する箇所のうち最大値とする。

6. 評価結果

(1) フロート式治具

a. 応力評価

弁本体及びフロートガイドの応力評価結果を表6-1に示す。発生応力が許容応力以下であることから構造部材が構造健全性を有することを確認した。

表6-1 弁本体及びフロートガイドの応力評価結果

型式	評価部位	評価応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
外ねじ 取付型	弁本体	圧縮	1	154
		曲げ	1	
		組合せ*	2	
	フロートガイド	圧縮	1	
		曲げ	5	
		組合せ*	6	
内ねじ 取付型	弁本体	圧縮	1	154
		曲げ	1	
		組合せ*	2	
	フロートガイド	圧縮	1	
		曲げ	5	
		組合せ*	6	
フランジ 取付型	弁本体	圧縮	1	133
		曲げ	1	
		組合せ*	2	
	フロートガイド	圧縮	1	
		曲げ	5	
		組合せ*	6	

注記\*：圧縮( $\sigma_V$ )＋曲げ( $\sigma_H$ )は、 $\sigma_V + \sigma_H \leq 1.2S$ で評価

b. 構造健全性評価

フロート及び取付部の構造健全性評価結果を表 6-2 に示す。発生応力が、有意な変形及び著しい漏えいがないことを確認した水圧試験圧力以下であることから、評価部位であるフロート及び取付部が構造健全性を有することを確認した。

表6-2 フロート及び取付部の構造健全性評価結果

評価部位	発生応力 (MPa)		水圧試験の圧力 (MPa)
	フロート及び取付部	圧縮	0.18



(2) スプリング式治具

a. 応力評価

弁本体・ガイド，ばねガイド及び弁体の応力評価結果を表6-3に示す。発生応力が許容応力以下であることから構造部材が構造健全性を有することを確認した。

表6-3 弁本体・ガイド，ばねガイド及び弁体における評価部位の応力評価結果

型式	評価部位	評価応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
外ねじ 取付型	弁本体・ガイド	圧縮	3	133
		曲げ	1	
		組合せ*	4	
	ばねガイド	圧縮	1	
		曲げ	1	
		組合せ*	2	
	弁体	平板の曲げ	11	
		軸の曲げ	2	
	内ねじ 取付型	弁本体・ガイド	圧縮	
曲げ			3	
組合せ*			11	
ばねガイド		圧縮	1	
		曲げ	1	
		組合せ*	2	
弁体		平板の曲げ	11	
		軸の曲げ	2	
フランジ 取付型		弁本体・ガイド	圧縮	8
	曲げ		4	
	組合せ*		12	
	ばねガイド	圧縮	1	
		曲げ	1	
		組合せ*	2	
	弁体	平板の曲げ	11	
		軸の曲げ	2	

注記\*：圧縮 ( $\sigma_V$ ) + 曲げ ( $\sigma_H$ ) は， $\sigma_V + \sigma_H \leq 1.2S$  で評価

## b. 構造健全性評価

弁体及び取付部の構造健全性評価結果を表 6-4 に示す。発生圧力が有意な変形及び著しい漏えいがないことを確認した水圧試験圧力以下であることから、評価部位である弁体及び取付部が構造健全性を有することを確認した。

表6-4 弁体及び取付部の構造健全性評価結果

評価部位	発生応力 (MPa)		水圧試験の圧力 (MPa)
	弁体及び取付部	圧縮	0.18

(3) 閉止キャップ

閉止キャップの構造健全性評価結果を表6-5に示す。発生応力が、有意な変形及び著しい漏えいがないことを確認した水圧試験圧力以下であることから、評価部位である閉止キャップが構造健全性を有することを確認した。

表6-5 閉止キャップの構造健全性評価結果

評価部位	発生応力 (MPa)		水圧試験の圧力 (MPa)
	閉止キャップ	圧縮	0.18

(4) 閉止栓

閉止栓の構造健全性評価結果を表6-6に示す。発生応力が、有意な変形及び著しい漏えいがないことを確認した水圧試験圧力以下であることから、評価部位である閉止栓が構造健全性を有することを確認した。

表6-6 閉止栓の構造健全性評価結果

評価部位	発生応力 (MPa)		水圧試験の圧力 (MPa)
	閉止栓	圧縮	0.18

VI-3-別添 3-1-7 貫通部止水処置の強度計算書

## 目 次

1. 概要 .....	1
2. 一般事項 .....	1
2.1 位置 .....	1
2.2 構造概要 .....	1
2.3 評価方針 .....	4
2.4 適用規格・基準等 .....	9
2.5 記号の説明 .....	10
3. 評価対象部位 .....	13
4. 固有周期 .....	14
4.1 固有周期の確認方法 .....	14
4.2 固有周期の確認条件 .....	16
4.3 固有周期の確認結果 .....	16
5. 構造強度評価 .....	16
5.1 構造強度評価方法 .....	16
5.2 荷重及び荷重の組合せ .....	17
5.2.1 荷重の設定 .....	17
5.2.2 荷重の組合せ .....	21
5.3 許容限界 .....	21
5.4 設計用地震力 .....	26
5.5 計算方法 .....	29
5.5.1 モルタルの強度評価（荷重計算） .....	29
5.5.2 シール材及びブーツの強度評価（発生圧力計算） .....	29
5.5.3 鉄板の強度評価 .....	29
5.5.4 ケーブルトレイ金属ボックスの強度評価 .....	31
5.6 計算条件 .....	32
6. 評価結果 .....	38

## 1. 概要

本計算書は、VI-3-別添 3-1-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に基づき、浸水防護施設のうちタービン建屋内貫通部止水処置が、地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重、津波による溢水又は内部溢水の浸水によって生じる浸水深が大きい方の静水圧荷重及び余震を考慮した荷重に対して、主要な構造部材が構造健全性を有することを確認するものである。

## 2. 一般事項

### 2.1 位置

貫通部止水処置は、VI-3-別添 3-1-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「3. 構造強度設計」の構造計画に示す、タービン建屋の貫通口と貫通物とのすき間又は貫通物の周囲に施工する。

### 2.2 構造概要

貫通部止水処置の構造は、VI-3-別添 3-1-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「3. 構造強度設計」に示す構造計画を踏まえて、詳細な構造を設定する。

貫通部止水処置は、貫通部の位置条件及び貫通物の強度条件に応じて、シール材、モルタル、ブーツ又は鉄板を使用し、各貫通部止水処置の適用条件を考慮し施工する。シール材及びモルタルは壁の貫通口と貫通物のすき間に施工し、壁と貫通物を接合する構造とする。なお、シール材をケーブルトレイ貫通部の止水に用いる場合は、シール材が型崩れしないように金属ボックスをアンカーボルトで壁・床面に固定し、金属ボックスにシール材を充填、もしくは塗布する。ブーツは、伸縮性ゴムを用い、壁面に溶接した取付用座と配管を締付けバンドにて固定する構造とする。鉄板は、鉄板と開口縁金物を全周溶接する。貫通部止水処置の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 貫通部止水処置の構造計画 (1/2)

設備名称	計画の概要		概略構造図
	主体構造	支持構造	
貫通部 止水処置	モルタルにて構成する。	貫通部の開口部にモルタルを充填し、硬化後は貫通部内面及び貫通物外面と一定の付着力によって接合する。	
	ブーツと締付けバンドにて構成する。	高温配管の熱膨張変位及び地震時の変位を吸収できるよう伸縮性ゴムを用い、壁面又は床面に溶接した取付用座と配管を締付けバンドにて締結する。	
	鉄板にて閉止する構成とする。	開口部に鉄板を挿入し、溶接によって接合する。	

表 2-1 貫通部止水処置の構造計画 (2/2)

設備名称	計画の概要		概略構造図
	主体構造	支持構造	
貫通部 止水処置		<p>ケーブルトレイ貫通部については、シール材が型崩れしないよう金属ボックスをアンカーボルトで壁・床面に固定し、金属ボックスにシール材を充填、もしくは塗布する。シール材は、施工時は液状であり、反応硬化によって所定の強度を有する構造物が形成される。</p>	<p>水圧方向 →</p> <p>壁、床</p> <p>アンカーボルト</p> <p>金属ボックス</p> <p>ケーブル</p> <p>シール材</p> <p>ケーブルトレイ</p> <p>← 水圧方向</p>
	<p>充填タイプのシール材にて構成する。</p>	<p>貫通部の開口部にシール材を充填する。施工時は液状であり、反応硬化によって所定の強度を有する構造物が形成され、貫通部内面及び貫通物外面と一定の付着力によって接合する。</p>	<p>シール材</p> <p>壁、床</p> <p>電線管</p> <p>ケーブル</p> <p>水圧方向 →</p> <p>← 水圧方向</p>
	<p>コーキングタイプのシール材にて構成する。</p>	<p>貫通部の開口部と貫通部のすき間にコーキングする。施工時は液状であり、反応硬化によって所定の強度を有する構造物が形成され、鉄板及び貫通物外面と一定の付着力によって接合する。</p>	<p>水圧方向 →</p> <p>壁、床</p> <p>シール材</p> <p>鉄板</p> <p>配管</p> <p>← 水圧方向</p>



### 2.3 評価方針

貫通部止水処置の強度評価は、VI-3-別添 3-1-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」にて設定している荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえて、貫通部止水処置の評価部位に作用する荷重等が許容限界以下であることを「5.1 構造強度評価方法」に示す方法により、「5.6 計算条件」に示す評価条件を用いて評価し、「6. 評価結果」にて確認する。

貫通部止水処置のシール材及びブーツの強度評価フローを図 2-1 に、モルタルの強度評価フローを図 2-2 に、鉄板の強度評価フローを図 2-3 に、シール材施工に用いるケーブルトレイ金属ボックスの強度評価フローを図 2-4 に示す。

貫通部止水処置の強度評価においては、その構造を踏まえ、地震による動水圧荷重及び余震に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価部位を設定する。強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重、津波による溢水又は内部溢水の浸水によって生じる浸水深が大きい方の静水圧荷重及び余震を考慮した荷重を考慮し、評価される最大荷重を設定する。重畳時においては、VI-3-別添 3-1-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に示す弾性設計用地震動  $S_d$  を入力して得られた床応答スペクトル又は最大応答加速度から算出した値を設計震度として用いる。なお、強度評価に当たっては、弾性設計用地震動  $S_d$  による余震荷重を考慮した評価を実施する。

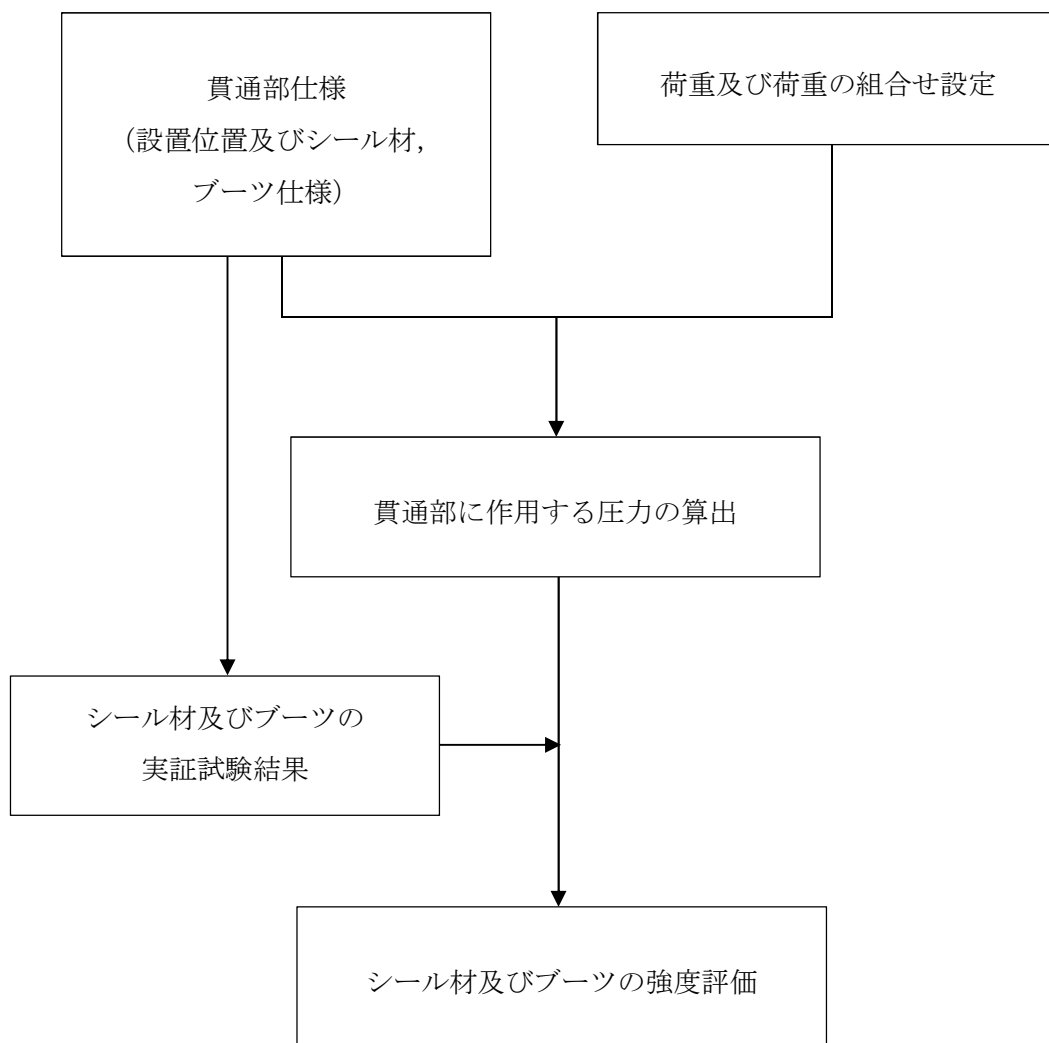


図 2-1 シール材及びブーツの強度評価フロー

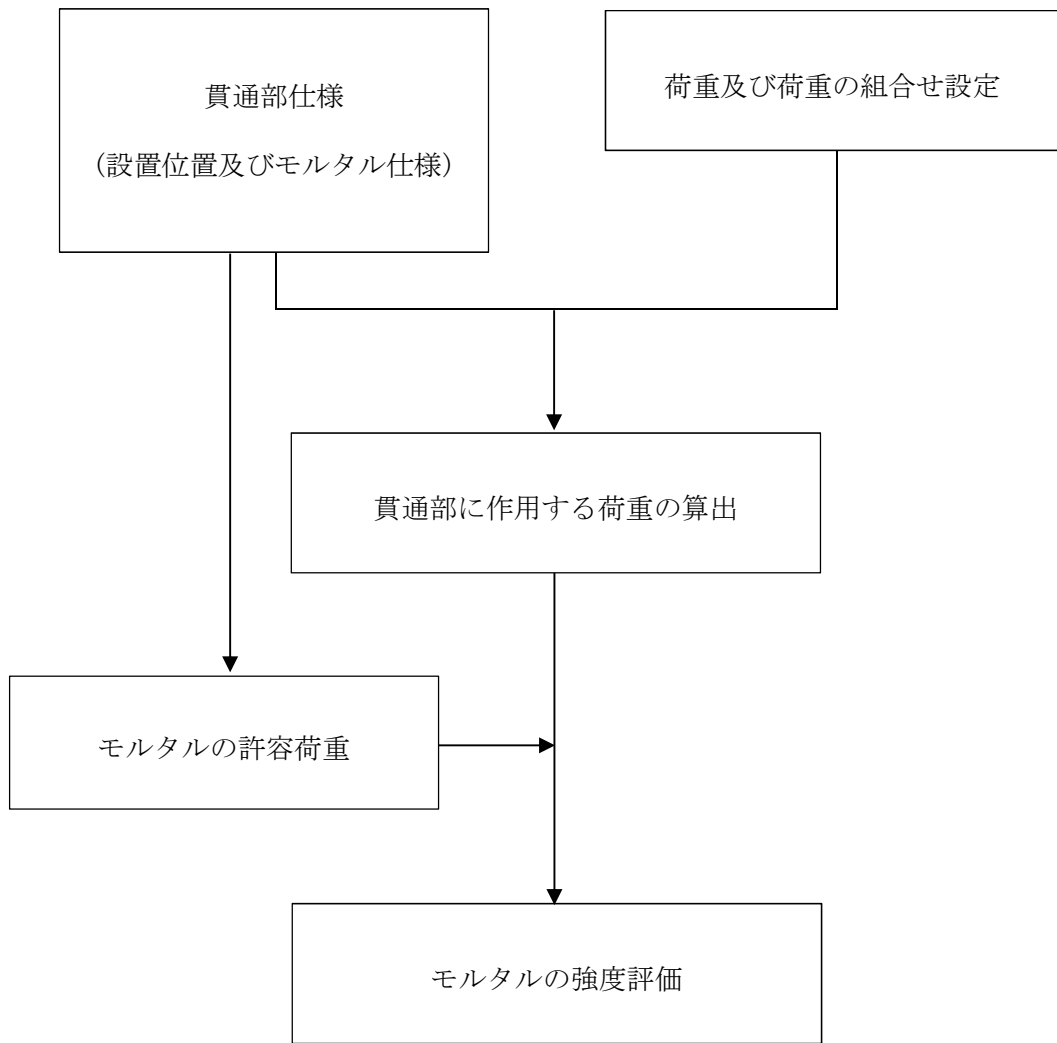


図 2-2 モルタルの強度評価フロー

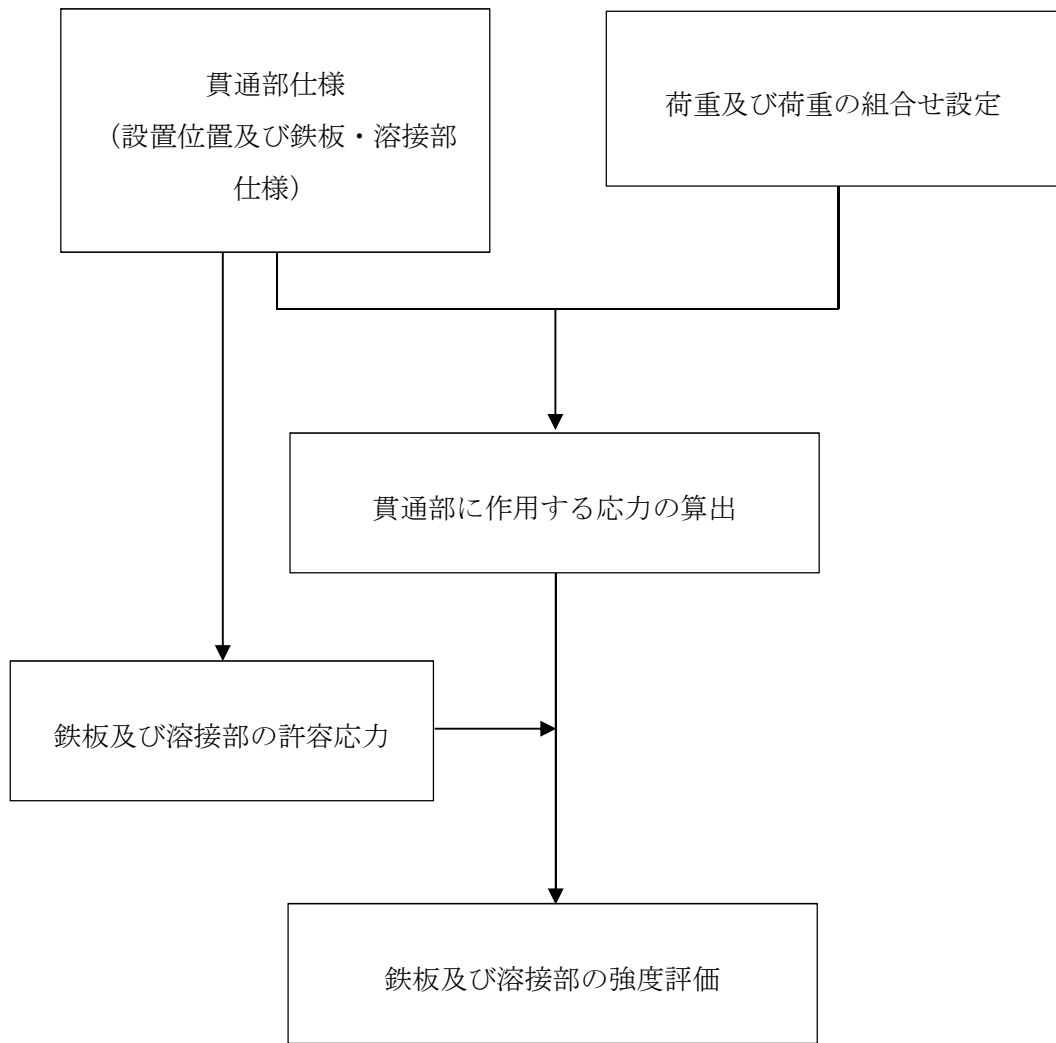


図 2-3 鉄板の強度評価フロー

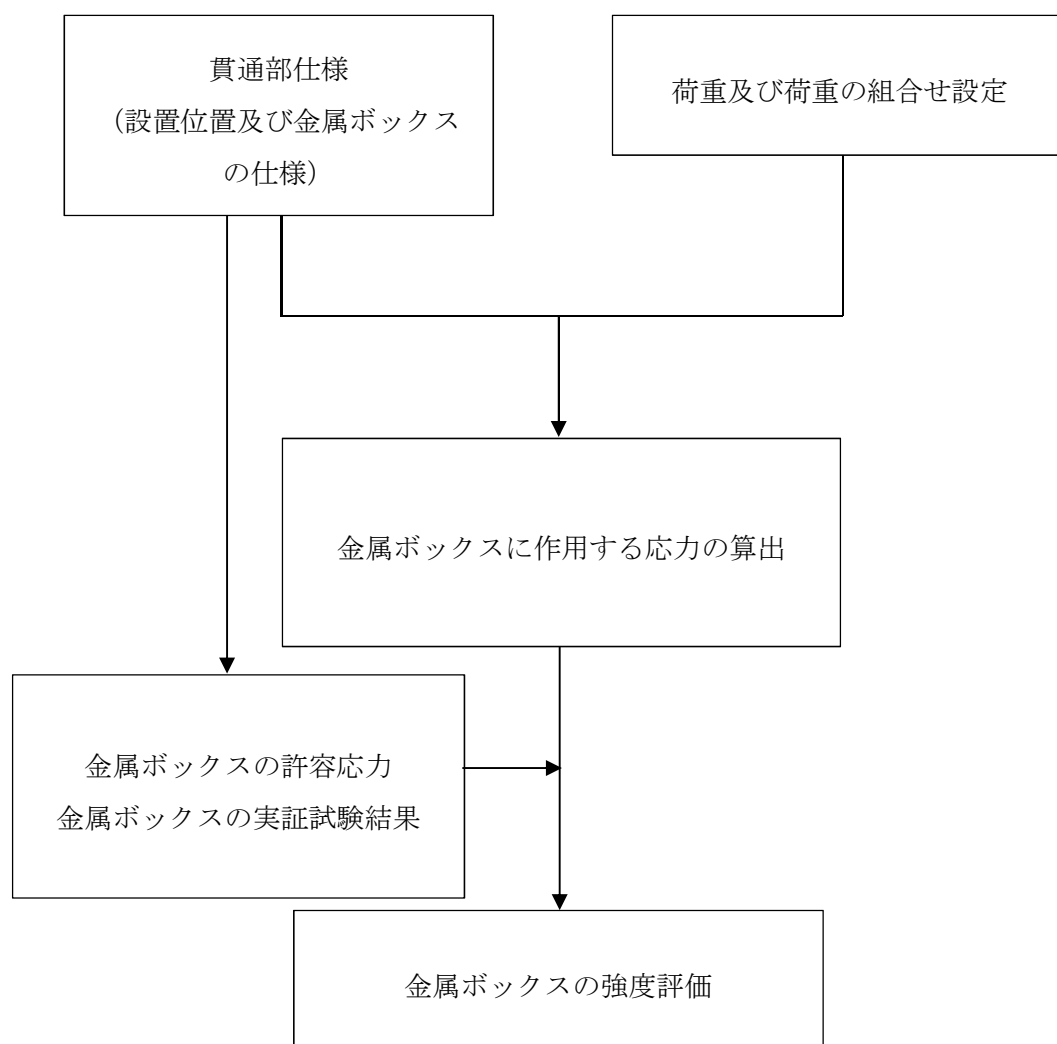


図 2-4 ケーブルトレイ金属ボックスの強度評価フロー

#### 2.4 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・ コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] ( (社) 土木学会 2002 年制定)
- ・ 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 ( (社) 日本機械学会) (以下「設計・建設規格」という。)
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 補-1984 ( (社) 日本電気協会)
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 ( (社) 日本電気協会)
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版 ( (社) 日本電気協会)
- ・ 機械工学便覧 ( (社) 日本機械学会)
- ・ 水道施設耐震工法指針・解説 2009 年版 (公益社団法人 日本水道協会)

## 2.5 記号の説明

強度評価に用いる記号を表 2-2, 表 2-3, 表 2-4 に示す。

表 2-2 モルタルの強度評価に用いる記号

記号	記号の説明	単位
$A'$	モルタルが水圧を受ける面積 (受圧面積)	$\text{mm}^2$
$C_H$	余震による水平方向の設計震度	—
$C_{HW}$	動水圧算出用の水平方向震度	—
$C_V$	余震による鉛直方向の設計震度	—
$f_s$	モルタルの許容付着荷重	N
$f'_{bok}$	モルタル付着強度	MPa
$f'_{ck}$	モルタルの圧縮強度	MPa
$F_H$	弾性設計用地震動 S d により生じる貫通物の軸方向に作用する荷重	N
$F_S$	貫通物の反力によりモルタルに生じるせん断荷重	N
$F_{Stotal}$	モルタル部に生じる合計せん断荷重	N
$g$	重力加速度	$\text{m/s}^2$
$h$	貫通部にかかる水頭	mm
$H$	貫通部敷設エリアの床面からの浸水深さ	mm
$K_{sd}$	弾性設計用地震動 S d に伴う余震荷重	N
$L$	モルタルの充填深さ	mm
$P_d$	動水圧	MPa
$P_h$	静水圧荷重	MPa
$P_{total}$	シール材およびブーツに生じる合計水圧	MPa
$S$	貫通物の周長	mm
$W$	貫通物の支持間隔の質量	kg
$\beta$	浸水エリアの幅と水深の比による補正係数	—
$\rho$	海水の密度	$\text{kg/m}^3$
$\gamma_c$	材料定数	—

表 2-3 鉄板の強度評価に用いる記号

記号	記号の説明	単位
$A_w$	鉄板と開口縁金物の溶接有効面積	$\text{mm}^2$
$a$	鉄板評価部の短辺方向長さ	mm
$C_H$	水平方向設計震度	—
$C_{HW}$	動水圧算出用の水平方向震度	—
$f_b$	鉄板及び溶接部の許容曲げ応力	MPa
$f_s$	鉄板及び溶接部の許容せん断応力	MPa
$g$	重力加速度	$\text{m/s}^2$
$h$	貫通部位置における水圧作用高さ	mm
$H$	水頭から最下層までの高さ	mm
$L_w$	鉄板と開口縁金物との溶接部の有効溶接長	mm
$P_h$	静水圧荷重	MPa
$P_d$	Westergaard 式による動水圧荷重	MPa
$P_w$	鉄板の単位面積あたりにかかる地震分布荷重	MPa
$S$	鉄板の面積	$\text{mm}^2$
$t_1$	鉄板の板厚	mm
$t_2$	鉄板と開口縁金物との溶接部の有効のど厚	mm
$\beta$	浸水エリアの幅と水深の比による補正係数 (B/H)	—
$\beta_1$	鉄板評価部の最大応力係数	—
$\rho$	海水の密度	$\text{kg/m}^3$
$\rho_{ss}$	鉄板の単位質量	$\text{kg/m}^3$
$\sigma_{\max}$	評価部位に加わる曲げ応力	MPa
$\sigma_t$	評価部位に加わるせん断応力	MPa



表 2-4 ケーブルトレイ金属ボックスの強度評価に用いる記号

記号	記号の説明	単位
$A_b$	アンカーボルトの軸断面積	$\text{mm}^2$
$A$	評価対象の逆圧を受ける部分の面積	$\text{mm}^2$
$n$	アンカーボルトの本数	本
$C_H$	水平方向設計震度	—
$C_V$	鉛直方向設計震度	—
$g$	重力加速度	$\text{m/s}^2$
$h_1$	据付面又は取付面から重心までの距離	mm
$h_2$	水頭から設置高さまでの水深	mm
$H$	水頭から最下層までの高さ	mm
$l_1$	重心と下側ボルト間の鉛直方向距離	mm
$l_2$	上側ボルトと下側ボルト間の鉛直方向距離	mm
$l_3$	左側ボルトと右側ボルト間の水平方向距離	mm
$m$	金属ボックスの質量（充填もしくは塗布されているシール材質量を含む。）	kg
$nf_h$	評価上引張力を受けるとして期待するアンカーボルトの本数（水平方向）	本
$nf_v$	評価上引張力を受けるとして期待するアンカーボルトの本数（鉛直方向）	本
$P_h$	静水圧荷重（逆圧）	MPa
$P_d$	動水圧荷重（逆圧）	MPa
$\sigma_b$	アンカーボルト 1 本あたりに作用する引張応力	MPa
$F_b$	アンカーボルト 1 本あたりに作用する引張力	N
$\tau_b$	アンカーボルト 1 本あたりに作用するせん断応力	MPa
$Q_b$	アンカーボルトに作用するせん断応力	N
$\rho$	海水の密度	$\text{kg/m}^3$

### 3. 評価対象部位

貫通部止水処置の評価部位は、VI-3-別添 3-1-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に示している評価対象部位を踏まえて、「2.2 構造概要」に示す構造計画にて設定している構造に基づき、荷重の方向及び伝達過程を考慮し設定する。

浸水によって生じる静水圧及び余震を考慮した荷重は、止水処置全体へ伝達される。このことから、シール材、ブーツ、モルタル及び鉄板を用いた止水処置の全体を評価部位として設定する。

モルタルについては、管の反力が大きいプロセス配管のうち、作用する荷重が最も大きい貫通部を代表として評価を行う。シール材及びブーツについては、作用する圧力が最も大きい貫通部を代表として評価を行う。さらに、ケーブルトレイ貫通部については、金属ボックスに対して逆圧がかかる場合が、金属ボックスを壁・床面に固定するアンカーボルトに最も大きな引張力がかかることから、逆圧がかかり、かつ、最も水圧が大きい貫通部を代表として評価を行う。なお、ケーブルトレイ自体はサポートにより支持されており、金属ボックスとは金属同士で接しておらず、ケーブルトレイからの地震の影響は金属ボックスには及ばない構造となっていることから、評価対象部位として考慮しない。鉄板については、作用する荷重が最も大きい貫通部を代表として評価を行う。

#### 4. 固有周期

##### 4.1 固有周期の確認方法

モルタルについては、壁・床に埋め込まれたり、表面に張り付いたりしている構造で躯体側と一体となって振動するため、モルタル自体の耐震計算は不要であり固有周期は算出しない。

一方、ケーブルトレイ金属ボックスは、壁に固定しているアンカーボルトの健全性を確認するため固有値解析の計算結果（VI-2-10-2-4-2「貫通部止水処置の耐震性についての計算書」の「4.3 固有周期の確認結果」を参照）を用いる。

鉄板は、鉄板及び壁に固定する溶接部の健全性を確認するため固有周期を算出する。その方法を示す。

##### (1) 確認手法

###### a. 鉄板

鉄板の寸法や形状を踏まえ、図 4-1 に示す 4 辺支持の長方形板として考える。

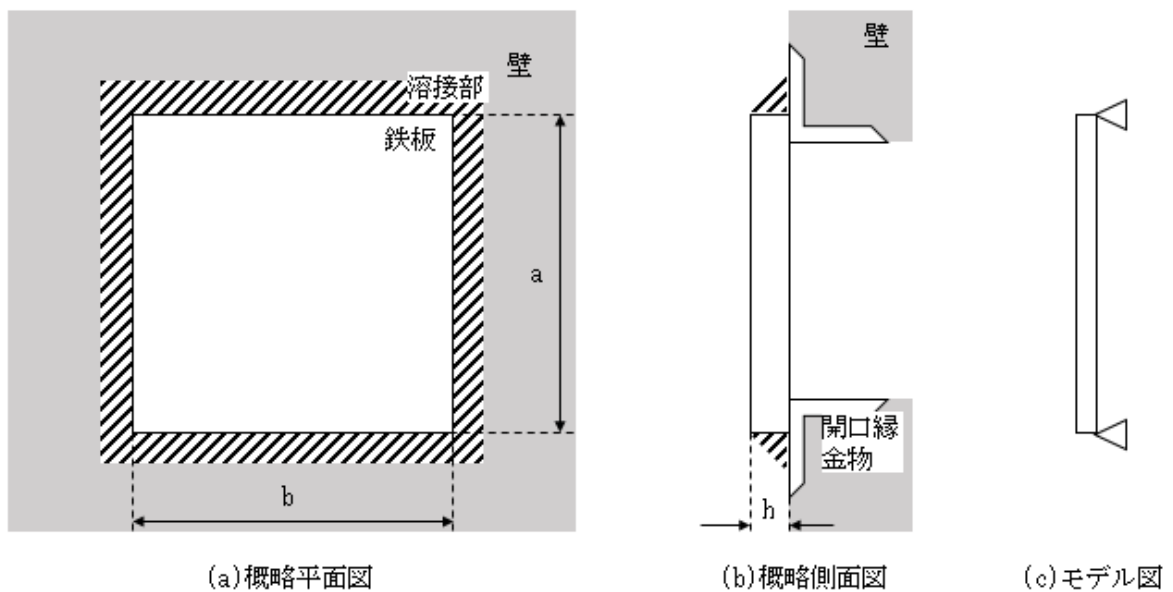


図 4-1 鉄板の評価構造

## (2) 記号の説明

鉄板の固有周期算出に用いる記号を表 4-1 に示す。

表 4-1 固有周期算出に用いる記号

記号	記号の説明	単位
T	固有周期	秒
f	固有振動数	Hz
h	板厚/2	mm
m	振動の次数 (長辺) (m = 1)	—
n	振動の次数 (短編) (n = 1)	—
a	長方形板長辺サイズ	mm
b	長方形板短編サイズ	mm
E	ヤング率	N/mm <sup>2</sup>
ν	ポアソン比	—
ρ	長方形板材の密度	Kg/m <sup>3</sup>

## (3) 固有周期の算出方法

固有周期 T を「機械学会 機械工学便覧」に基づき、以下の式より算出する。

$$f = \frac{\pi \cdot h}{2} \left( \frac{m^2}{a^2} + \frac{n^2}{b^2} \right) \sqrt{\frac{E}{3(1-\nu^2)\rho}} \cdot 10^6$$

$$T = 1 / f$$

#### 4.2 固有周期の確認条件

鉄板の固有周期の計算条件を表 4-2 に示す。

表 4-2 鉄板の固有周期の計算条件

板厚 h (mm)	長方形板長辺サイズ a (mm)	長方形板短編サイズ b (mm)	ヤング率 E (N/mm <sup>2</sup> )
4.5	400	400	201666

ポアソン比 ν (-)	長方形板材の密度 ρ (Kg/m <sup>3</sup> )
0.3	7850

#### 4.3 固有周期の確認結果

鉄板の固有周期の計算結果を表 4-3 に示す。

##### (1) 鉄板

固有周期は、0.05秒以下であり、剛であることを確認した。

表 4-3 鉄板の固有周期

(単位：秒)

水平*	0.00369
-----	---------

注記\*：鉄板は単純な構造であり、支配的な方向（閉止面に対して垂直な方向）が明白であるため、水平方向に対する固有振動数のみを算出

### 5. 構造強度評価

#### 5.1 構造強度評価方法

貫通部止水処置の強度評価は、VI-3-別添 3-1-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」にて設定している方法を用いて実施する。

貫通部止水処置の強度評価は、「3. 評価対象部位」に示す評価部位に対し、「5.2 荷重及び荷重の組合せ」及び「5.3 許容限界」に示す荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえ、「5.5 計算方法」に示す方法を用いて評価を行う。

## 5.2 荷重及び荷重の組合せ

強度評価に用いる荷重の種類及び荷重の組合せに関して以下に示す。

### 5.2.1 荷重の設定

強度評価に用いる荷重は、以下の荷重を用いる。

#### (1) 固定荷重 (G)

固定荷重として、貫通軸上の貫通物（配管等を示す。以下同じ。）の質量及び内容物の質量を考慮する。

#### (2) 静水圧荷重 (P<sub>h</sub>)

静水圧荷重として、浸水によって生じる静水圧を考慮する。

$$P_h = \rho \cdot g \cdot h \cdot 10^{-9}$$

(3) 余震荷重 ( $K_{sd}$ )

余震荷重は、VI-3-別添 3-1-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に示すとおり、弾性設計用地震動  $S_d$  に伴う地震力（動水圧含む。）とする。

a. モルタル

(a) 余震による地震力

イ. 貫通物による余震荷重

貫通物からモルタルに作用する荷重として、支持構造物間の固定荷重及び地震力を考慮する。図 5-1 にモルタルへの付着方向の地震力（余震荷重）の作用図を示す。

また、貫通物は柔構造となる場合があることから、貫通物の設置場所における床応答スペクトルを用いて設計震度を算出する。

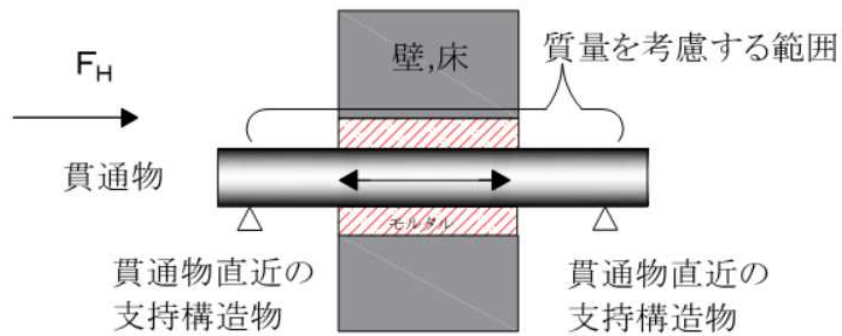


図 5-1 モルタルへの付着方向の余震荷重作用図

ロ. 評価において考慮する貫通部

評価においては、イ. に基づく余震荷重と最も荷重が大きくなる貫通物を考慮して算出する。

ハ. モルタルに作用する付着荷重

モルタルに作用する余震による付着荷重については、イ. に示す支持構造物間の貫通物に作用する余震荷重から算出する。

(b) 余震による動水圧

余震による動水圧がモルタルに作用することを考慮する。

$$P_d = \beta \cdot \frac{7}{8} \cdot \rho \cdot C_{Hw} \cdot g \cdot \sqrt{H \cdot h} \cdot 10^{-9}$$

b. 鉄板

(a) 余震による地震力

鉄板に作用する荷重として、鉄板の地震力を考慮する。図 5-2 に鉄板への曲げ方向の地震力（余震荷重）の作用図を示す。

また、固有値解析の計算結果（「4.3 固有周期の確認結果」を参照）から固有周期が 0.05 秒以下で剛構造のため、鉄板の設置場所における最大応答加速度を用いて算出する。

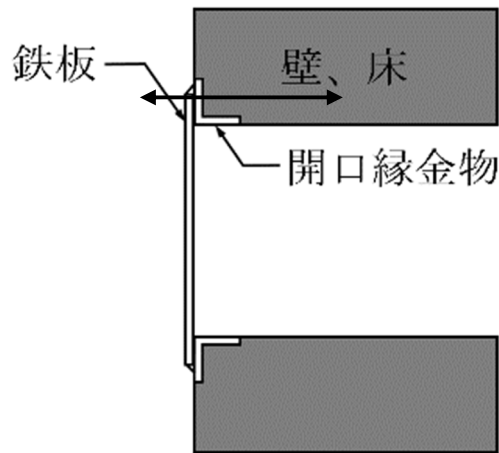


図 5-2 鉄板への曲げ方向の余震荷重作用図

(b) 余震による動水圧

余震による動水圧が鉄板に作用することを考慮する。

$$P_d = \beta \cdot \frac{7}{8} \cdot \rho \cdot C_{Hw} \cdot g \cdot \sqrt{H \cdot h} \cdot 10^{-9}$$



c. ケーブルトレイ金属ボックス

(a) 余震による地震力

ケーブルトレイ金属ボックスは、アンカーボルトによって固定されていることから、アンカーボルトには固定荷重と余震荷重が作用し、金属ボックスが水平方向及び鉛直方向へ転倒する力が働く。図 5-3 にアンカーボルトへの地震力（余震荷重）の作用図を示す。

また、固有値解析の計算結果（VI-2-10-2-4-2「貫通部止水処置の耐震性についての計算書」の「4.3 固有周期の確認結果」を参照）から固有周期が 0.05 秒以下で剛構造のため、金属ボックスの設置場所における最大応答加速度を用いて算出する。

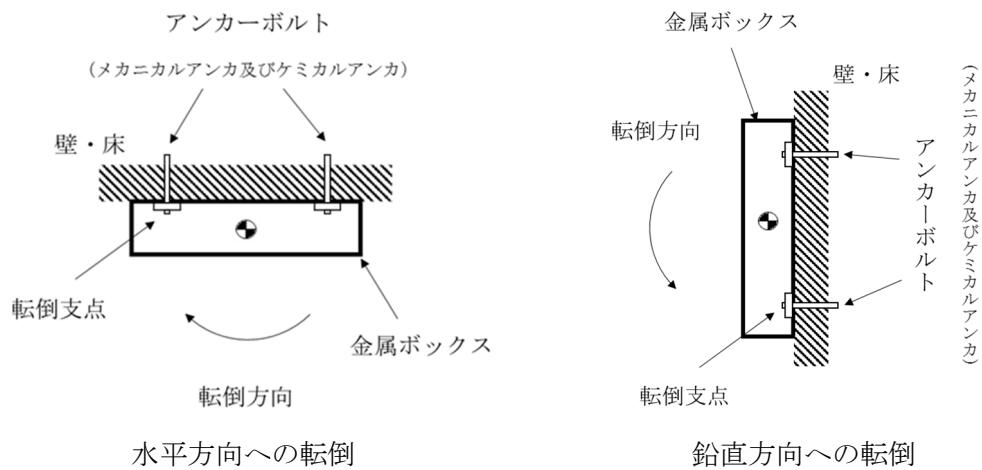


図 5-3 ケーブルトレイ金属ボックスの荷重作用図

(b) 余震による動水圧

余震による動水圧が金属ボックスに作用することを考慮する。

$$P_d = \beta \cdot \frac{7}{8} \cdot \rho \cdot C_{HW} \cdot g \cdot \sqrt{H \cdot h_2} \cdot 10^{-9}$$

### 5.2.2 荷重の組合せ

貫通部止水処置の荷重の組合せを表 5-1 に示す。

表 5-1 荷重の組合せ

施設区分	機器名称	荷重の組合せ*
浸水防護施設 (浸水防止設備)	貫通部止水処置	$G + P_h + P_t + K_{S_d}$

注記\* : Gは固定荷重,  $P_h$ は静水圧荷重,  $P_t$ は突き上げ荷重,  $K_{S_d}$ は弾性設計用地震動  $S_d$  による余震荷重 (慣性力  $P_{sd}$ ) を示す。

### 5.3 許容限界

#### (1) モルタル

各評価部位の許容値は, コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] ((社) 土木学会 2002 年制定) に規定される許容限界を用いる。

貫通部止水処置の許容限界を表 5-2, 許容限界評価条件を表 5-3, 貫通部止水処置の許容限界算出結果を表 5-4 に示す。また, モルタルの施工例を図 5-4 に示す。

表 5-2 貫通部止水処置の許容限界 (許容荷重)

状態	許容限界*
	付着荷重
短期	$f_s$

注記\* : モルタルの許容限界は、コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] ( (社) 土木学会 2002 年制定) によりモルタルの許容付着荷重  $f_s$ , モルタル付着強度  $f'_{bok}$  を算出する。モルタル圧縮強度  $f'_{ck}$  は設計値を用いる。また、評価において最も荷重が大きくなる貫通物の口径=850A, モルタル充填深さ L=1100mm とする。

$$f_s = f'_{bok} \cdot S \cdot L / \gamma_c$$

$$f'_{bok} = 0.28 \cdot f'_{ck}{}^{2/3} \cdot 0.4$$

表 5-3 貫通部止水処置の許容限界評価条件

評価部位	$f'_{ck}$ *	$\gamma_c$ *
モルタル	32.3	1.3

注記\* :  $f'_{ck}$  : モルタル圧縮強度,  $\gamma_c$  : 材料定数を示す。

表 5-4 貫通部止水処置の許容限界算出結果

状態	評価部位	許容限界
		付着荷重 (kN)
短期	モルタル	2607

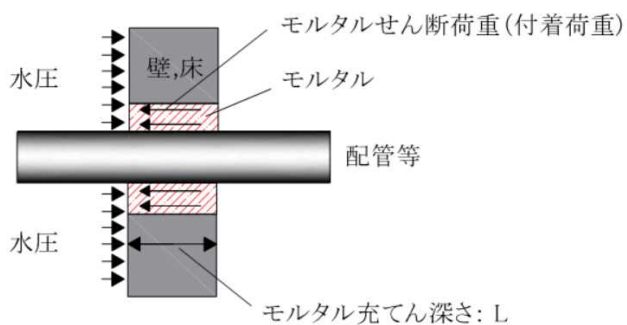


図 5-4 モルタルの施工例

(2) シール材

シール材の許容限界値は、実機で使用している形状、寸法の試験体にて静水圧を付加した水圧試験に基づく結果を用いる。シール材の水圧試験の概要を図5-5に示す。実機施工時には、試験検証済みの許容限界寸法以上となるように施工する。これにより試験で得られた許容限界値以上の耐圧性を有し、かつ、想定する浸水高さから求まる静水圧が、許容限界値以内であることを確認し確実に耐圧性を確保する。

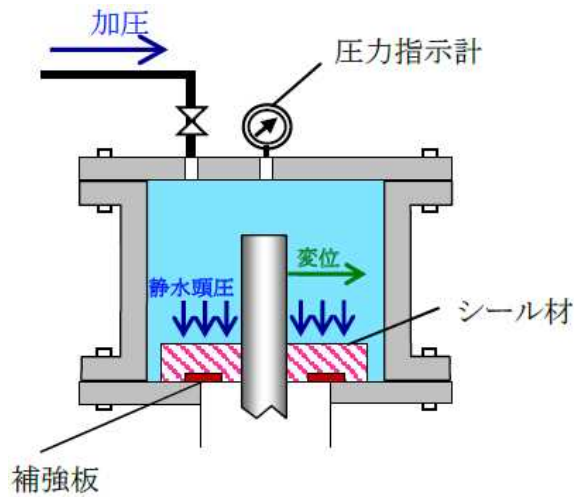


図5-5 シール材の水圧試験の概要

(3) ブーツ

ブーツの許容限界値は、実機で使用している形状、寸法の試験体にて静水圧を付加した水圧試験に基づく結果を用いる。また、実機の施工状況を考慮し、受圧面がブーツ内側又は外側のどちらの場合でも止水機能が確保できることを確認するため、内圧試験及び外圧試験の両ケースを実施する。ブーツの水圧試験の概要を図5-6に示す。

実機施工時には、試験検証済みの寸法以下で施工する。

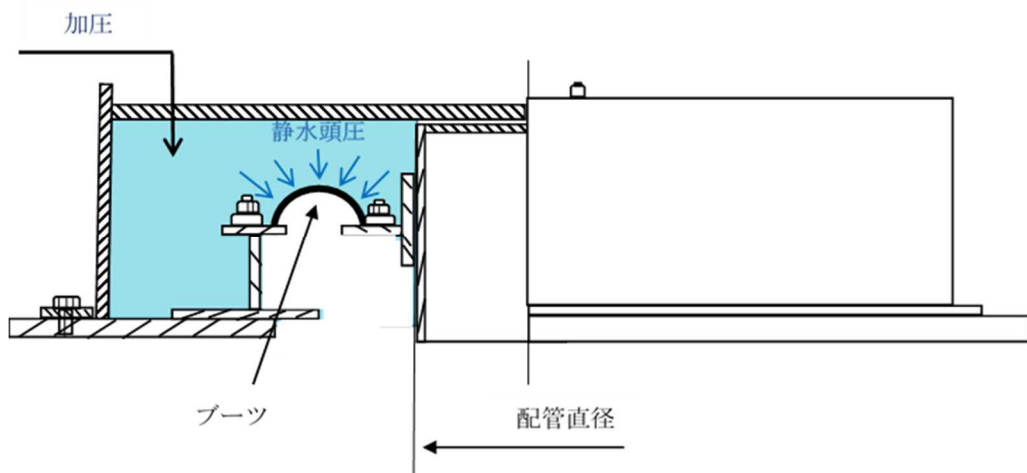


図5-6 ブーツの水圧試験の概要

(4) 鉄板

各評価部位の許容値は設計・建設規格に規定される許容値を用いる。鉄板の許容限界を表 5-5, 許容限界評価条件を表 5-6, 許容限界算出結果を表 5-7 に示す。

表 5-5 鉄板の許容限界

評価部位	許容応力 状態	許容限界		
		引張応力 $f_t$	せん断応力 $f_s$	曲げ応力 $f_b$
鉄板	Ⅲ <sub>A</sub> S	—	—	$\frac{F}{1.3} \cdot 1.5$
鉄板と開口縁金物 との溶接部		—	$\frac{F}{1.5\sqrt{3}} \cdot 1.5$	—

表 5-6 鉄板の許容限界評価条件

評価部位	材料	温度条件 (°C)		F (MPa)
		周囲環境温度		
鉄板	SS400	周囲環境温度	40	235
鉄板と開口縁金物 との溶接部	SS400	周囲環境温度	40	235

表 5-7 鉄板の許容限界算出結果

評価部位	許容限界		
	引張応力 $f_t$ (MPa)	せん断応力 $f_s$ (MPa)	曲げ応力 $f_b$ (MPa)
鉄板	—	—	271
鉄板と開口縁金物との溶接部	—	135	—

(5) ケーブルトレイ金属ボックス

アンカーボルトの許容値は設計・建設規格に規定される許容値を用い、アンカーボルトの許容限界を表 5-8、許容限界評価条件を表 5-9 に示す。金属ボックスの許容限界値は、実機で使用している形状、寸法の試験体にて静水圧を付加した水圧試験に基づく結果を用いる。金属ボックスの水圧試験の概要を図 5-7 に示す。実機施工時においては、試験検証済みの許容限界寸法以上となるように施工する。これにより試験で得られた許容限界値以上の耐圧性を有し、かつ、想定する浸水高さから求まる静水圧が、許容限界値以内であることを確認し確実に耐圧性を確保する。また、ケーブルトレイ金属ボックスの施工例を図 5-8 に示す。

表5-8 アンカーボルトの許容限界

評価部位	許容応力状態	許容限界*1, *2	
		一次応力	
		引張応力 $f_{t o}$	せん断応力 $f_{s b}$
アンカーボルト	III <sub>A</sub> S	$\frac{F}{2} \cdot 1.5$	$\frac{F}{1.5\sqrt{3}} \cdot 1.5$

注記\*1：応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

\*2：当該の応力が生じない場合、規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表5-9 アンカーボルトの許容限界評価条件

評価部位	材料	温度条件 (°C)		F (MPa)
		周囲環境温度	40	
アンカーボルト	SS400 相当	周囲環境温度	40	215

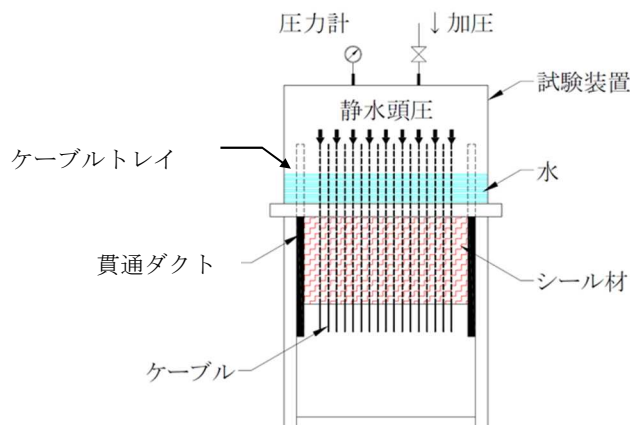


図 5-7 ケーブルトレイ金属ボックスの水圧試験の概要

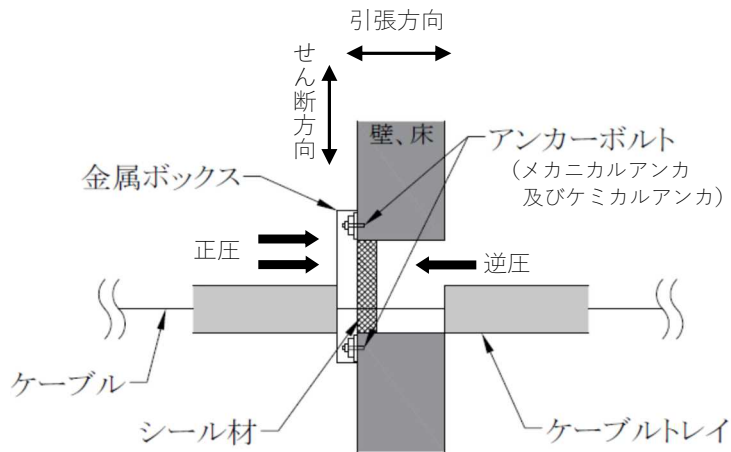


図 5-8 ケーブルトレイ金属ボックスの施工例

#### 5.4 設計用地震力

##### (1) モルタル

モルタルの強度評価に使用する弾性設計用地震動  $S_d$  に伴う地震力については、VI-2-1-7 「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき策定した設計用床応答曲線を用いる。また、減衰定数はVI-2-1-6 「地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。貫通部止水処置の強度計算に用いる設計震度を表 5-11 に示す。

表 5-11 モルタルの設計震度

地震動	設置場所及び 床面高さ (mm)	余震による設計震度*1	
		水平方向 $C_H$	4.15
弾性設計用地震動 $S_d$	タービン地下2階 T. M. S. L. -4250 (T. M. S. L. -1100*2)	鉛直方向 $C_V$	3.49

注記\*1: モルタル止水処置は評価対象箇所が多いことから、設計震度の算出が全ての対象箇所を包絡するように全周期帯の最大加速度を用いた。また、保守的な評価となるように設置場所の床応答曲線は減衰定数 0.5% を適用した。

\*2: 設置場所の一階層上の基準床レベルを示す。

##### (2) 鉄板

鉄板の強度評価に使用する弾性設計用地震動  $S_d$  に伴う地震力については、VI-2-1-7 「設計用床応答曲線の作成方針」に示す最大床応答加速度を考慮して設定する。貫通部止水処置の強度計算に用いる設計震度を表 5-12 に示す。

表 5-12 鉄板の設計震度

地震動	設置場所及び 床面高さ (mm)	余震による設計震度*1	
弾性設計用地震動 S d	タービン地下 2 階 T. M. S. L. -3400 (T. M. S. L. -1100*2)	水平方向 C <sub>H</sub>	0.50

注記\*1: 鉄板止水処置は固有周期が 0.05 秒以下であり剛構造のため、基準床の最大応答速度の 1.2 倍を設計震度とした。

\*2: 設置場所の一階層上の基準床レベルを示す。



(3) ケーブルトレイ金属ボックス

ケーブルトレイ金属ボックスの強度評価に使用する弾性設計用地震動 S d に伴う地震力については、VI-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に示す最大床応答加速度を考慮して設定する。ケーブルトレイ金属ボックスの強度計算に用いる設計震度を表 5-13 に示す。

表 5-13 ケーブルトレイ金属ボックスの設計震度

地震動	設置場所及び 床面高さ (mm)	余震による設計震度*1	
		弾性設計用地震動 S d	タービン地下 1 階 T. M. S. L. 9150 (T. M. S. L. 12300*2)
		鉛直方向 C <sub>V</sub>	0.49

注記\*1：ケーブルトレイ金属ボックスは固有周期が 0.05 秒以下であり剛構造のため、基準床の最大応答加速度の 1.2 倍を設計震度とした。

\*2：設置場所の一階層上の基準床レベルを示す。

## 5.5 計算方法

### 5.5.1 モルタルの強度評価（荷重計算）

#### (1) 貫通物の反力により生じる荷重

固定荷重及び地震時の貫通物の反力によりモルタルに生じる荷重は、次のとおり算出する。せん断荷重は、水平反力と貫通軸上の貫通物の質量から次のとおり算出する。

$$F_H = W \cdot g \cdot (1 + C_H)$$

$$F_S = F_H$$

#### (2) モルタルにかかる水圧により生じる荷重

##### (a) 静水圧荷重 ( $P_h$ )

$$P_h = \rho \cdot g \cdot h \cdot 10^{-9}$$

##### (b) 動水圧荷重 ( $P_d$ )

$$P_d = \beta \cdot \frac{7}{8} \cdot \rho \cdot C_{HW} \cdot g \cdot \sqrt{H \cdot h} \cdot 10^{-9}$$

#### (3) 合計荷重

モルタルに発生する合計せん断荷重  $F_{Stotal}$  は次のとおり算出する。

$$F_{Stotal} = F_S + (P_h + P_d) \cdot A'$$

### 5.5.2 シール材及びブーツの強度評価（発生圧力計算）

シール材及びブーツについては、浸水によって生じる静水圧荷重  $P_h$  と余震による動水圧  $P_d$  を考慮する。

$$P_{total} = P_h + P_d$$

### 5.5.3 鉄板の強度評価

#### (1) 鉄板にかかる荷重

津波による水圧により鉄板に生じる荷重は次の通り算出する。

##### a. 静水圧荷重 ( $P_h$ )

$$P_h = \rho \cdot g \cdot h \cdot 10^{-9}$$

##### b. 動水圧荷重 ( $P_d$ )

$$P_d = \beta \cdot \frac{7}{8} \cdot \rho \cdot C_{HW} \cdot g \cdot \sqrt{H \cdot h} \cdot 10^{-9}$$

##### c. 鉄板の単位面積当たりにかかる地震分布荷重

$$P_w = \rho_{ss} \cdot g \cdot t_1 \cdot C_H \cdot 10^{-9}$$

(2) 鉄板にかかる曲げ応力

$$\sigma_{max} = \beta_1 \cdot (P_h + P_d + P_w) \cdot \frac{a^2}{t_1^2}$$

(3) 鉄板と開口縁金物の溶接部に生じるせん断応力

$$\sigma_t = (P_h + P_d + P_w) \cdot S / A_w$$

$$A_w = t_2 \cdot L_w$$

#### 5.5.4 ケーブルトレイ金属ボックスの強度評価

##### (1) 余震によりボルトに生じる応力

固定荷重，弾性設計用地震動 S<sub>d</sub> 及び逆圧により，アンカーボルトに生じる応力は次の通り算出する。

##### a. アンカーボルトに生じる応力

##### (a) 引張応力の計算

固定荷重，弾性設計用地震動 S<sub>d</sub> によりアンカーボルトに生じる引張応力は，最も厳しい条件として，図 5-3 で片側のボルト列を支点とする転倒を考え，これをもう片側のボルト列で受けるものとして計算する。

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b}$$

金属ボックスが水平方向に転倒する場合の引張力

$$F_{b1} = \frac{m \cdot g \cdot C_H \cdot h_1}{nf_h \cdot l_3} + \frac{m \cdot g \cdot (1 + C_V) \cdot h_1}{nf_v \cdot l_2}$$

金属ボックスが鉛直方向に転倒する場合の引張力

$$F_{b2} = \frac{m \cdot g \cdot C_H \cdot l_1 + m \cdot g \cdot (1 + C_V) \cdot h_1}{nf_v \cdot l_2}$$

逆圧による引張力

$$F_{b3} = \frac{(P_h + P_d) \cdot A}{n}$$

総じた引張力

$$F_b = \text{Max}((F_{b1} + F_{b3}), (F_{b2} + F_{b3}))$$

##### (b) せん断応力の計算

アンカーボルトに対するせん断応力は，ボルト全本数で受けるものとして計算する。

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n \cdot A_b}$$

水平方向のせん断力

$$Q_{b1} = m \cdot g \cdot C_H$$

鉛直方向のせん断力

$$Q_{b2} = m \cdot g \cdot (1 + C_V)$$

総じたせん断力

$$Q_b = \sqrt{(Q_{b1})^2 + (Q_{b2})^2}$$

## 5.6 計算条件

### (1) モルタル

モルタルの強度評価に関する荷重評価条件を表 5-14 に示す。また、浸水時の位置関係を図 5-9 に示す。

表 5-14 モルタルの強度評価に関する荷重評価条件

貫通部箇所 (貫通部仕様)	浸水エリアの幅と 水深の比による 補正係数 $\beta$	海水の密度 $\rho$ ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	貫通部敷設エリアの 床面からの浸水深さ $H$ (mm)
タービン建屋 地下 2 階 (モルタル)	1.0	1030	6100* <sup>1</sup>

貫通部ににかかる水頭 $h$ (mm)	貫通物の支持間隔 の質量 $W$ (kg)	モルタルが水圧を 受ける面積 $A'$ ( $\text{mm}^2$ )	動水圧算出用の 水平方向震度 $C_{HW}$
5760* <sup>2</sup>		225000	0.42

注記\*1：貫通部敷設エリアの床面からの浸水深さ $H$ は、タービン建屋の復水器エリアの床面 (T.M.S.L. -5100mm) から水頭高さ (T.M.S.L. 1000mm) までの寸法。

\*2：貫通部ににかかる水頭 $h$ は、貫通口下端から水頭高さまでの寸法。

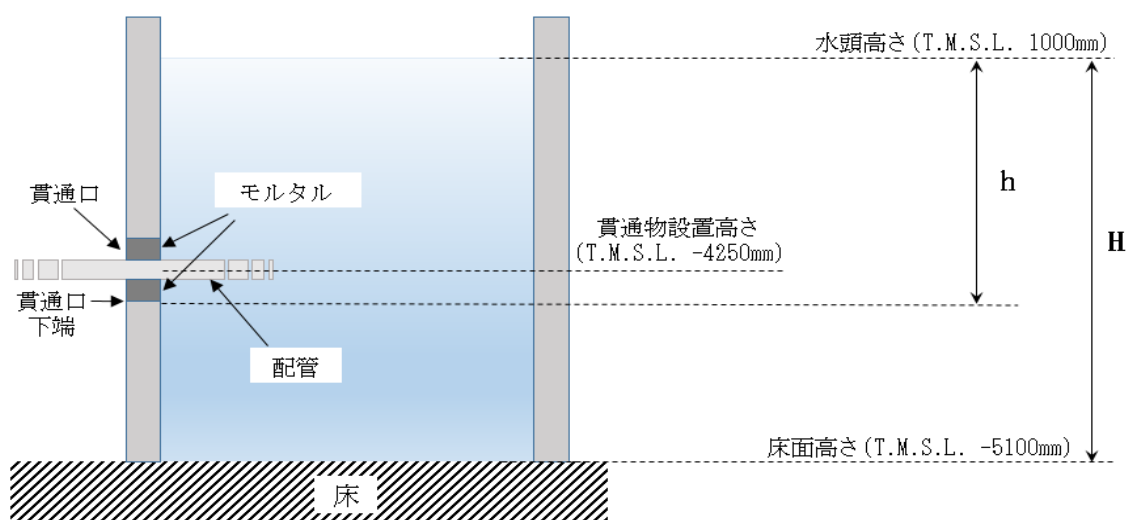


図 5-9 浸水時の位置関係 (モルタル)

(2) シール材

シール材の強度評価に関する荷重評価条件を表 5-15 に示す。また、浸水時の位置関係を図 5-10 に示す。

表 5-15 シール材の強度評価に関する荷重評価条件

貫通部箇所 (貫通部仕様)	浸水エリアの幅と 水深の比による 補正係数 $\beta$	海水の密度 $\rho$ ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	貫通部敷設エリアの 床面からの浸水高さ $H$ (mm)
タービン建屋 地下 2 階 (シール材)	1.0	1030	21800

貫通部にかかる水頭 $h$ (mm)	動水圧算出用の 水平方向震度 $C_{HW}$
20750	0.42

注記\*1: 貫通部敷設エリアの床面からの浸水高さ $H$ は、タービン建屋の床面 (T. M. S. L. -9500mm) から水頭高さ (T. M. S. L. 12300mm) までの寸法。

\*2: 貫通部にかかる水頭 $h$ は、貫通口下端から水頭高さまでの寸法。

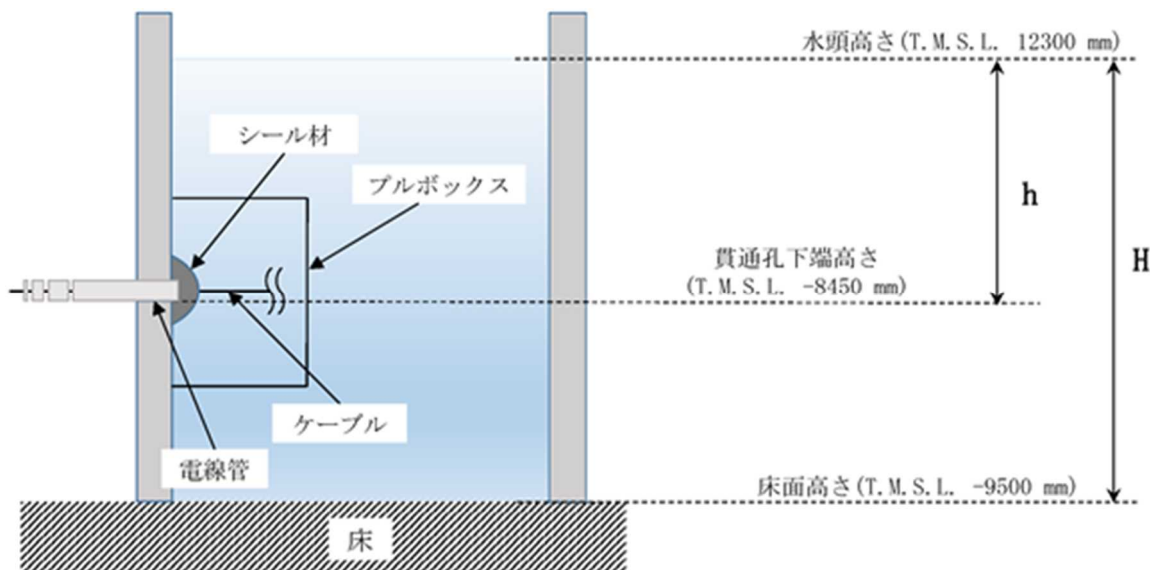


図 5-10 浸水時の位置関係 (シール材)

(3) ブーツ

ブーツの強度評価に関する荷重評価条件を表 5-16 に示す。また、浸水時の位置関係を図 5-11 に示す。

表 5-16 ブーツの強度評価に関する荷重評価条件

貫通部箇所 (貫通部仕様)	浸水エリアの幅と 水深の比による 補正係数 $\beta$	海水の密度 $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	貫通部敷設エリアの 床面からの浸水深さ H (mm)
タービン建屋 地下 2 階 (ブーツ)	1.0	1030	6100* <sup>1</sup>

貫通部にかかる水頭 h (mm)	動水圧算出用の 水平方向震度 $C_{HW}$
5731* <sup>2</sup>	0.42

注記\*1：貫通部敷設エリアの床面からの浸水深さHは、タービン建屋の復水器エリアの床面 (T.M.S.L. -5100mm) から水頭高さ (T.M.S.L. 1000mm) までの寸法。

\*2：貫通部にかかる水頭hは、貫通口下端から水頭高さまでの寸法。

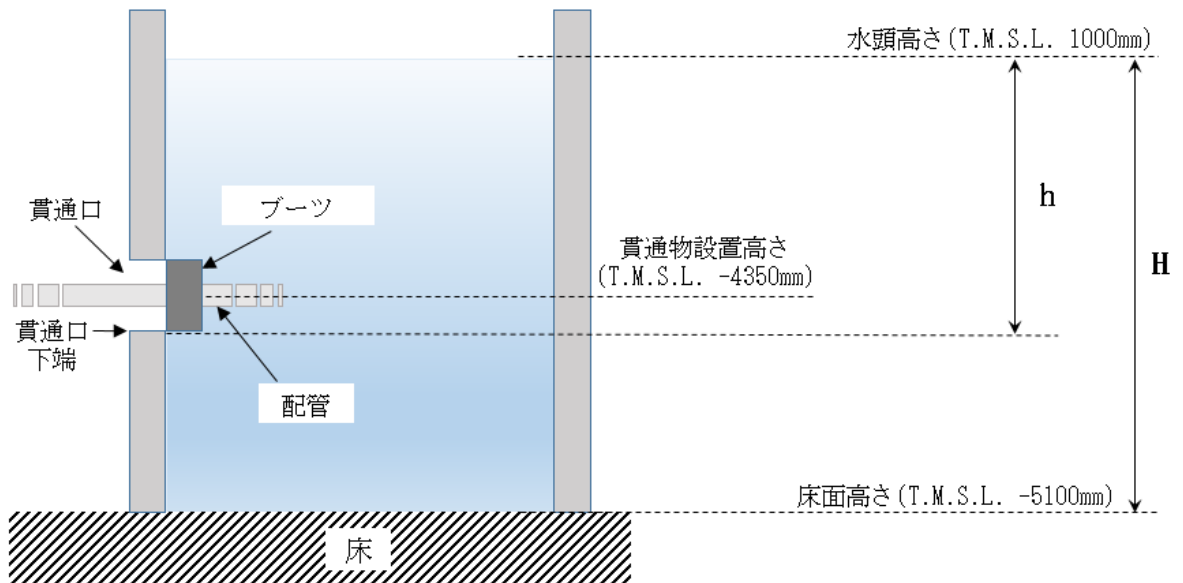


図 5-11 浸水時の位置関係 (ブーツ)

(4) 鉄板

鉄板の強度評価に関する荷重評価条件を表 5-17 に示す。また、浸水時の位置関係を図 5-12 に示す。

表 5-17 鉄板の強度評価に関する荷重評価条件

貫通部箇所 (貫通部仕様)	海水の密度 $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	重力加速度 $g$ m/s <sup>2</sup>	貫通部位置における 水圧作用高さ $h$ (mm)
タービン建屋 地下 2 階 (鉄板)	1030	9.80665	15700

浸水エリアの幅と水深の比による補正係数 (B/H) $\beta$	動水圧算出用の 水平方向震度 $C_{HW}$	水頭から最下層までの高さ $H$ (mm)	鉄板の単位質量 $\rho_{ss}$ (kg/m <sup>3</sup> )
1.0	0.42	21800	

鉄板の外形 (mm)	鉄板の板厚 $t_1$ (mm)	最大応力係数 $\beta_1$	鉄板評価部の 短辺方向長さ $a$ (mm)
400×400	9	0.4	400

鉄板と開口縁金物との溶接部の有効のど厚 $t_2$ (mm)	鉄板と開口縁金物との溶接部の有効溶接長 $L_w$ (mm)
4.2	720



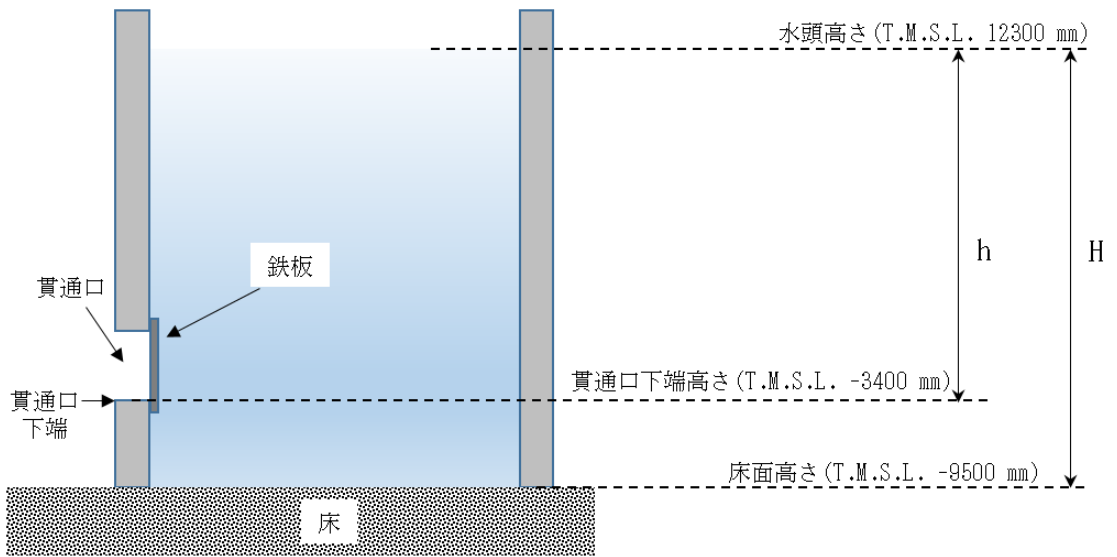


図 5-12 浸水時の位置関係 (鉄板)

(5) ケーブルトレイ金属ボックス

ケーブルトレイ金属ボックスの強度評価に関する荷重評価条件を表 5-18 に示す。また、浸水時の位置関係を図 5-13 に示す。

表 5-18 ケーブルトレイ金属ボックスの強度評価に関する荷重評価条件 (1/2)

貫通部箇所 (貫通部仕様)	質量 m (kg)	重心距離 $h_1$ (mm)	重心高さ $l_1$ (mm)	評価上引張力を受ける として期待するアンカー ボルトの軸断面積 $A_b$ ( $\text{mm}^2$ )	海水の密度 $\rho$ ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )
タービン建屋 地下1階 (ケーブル トレイ)		283*	95*	113.097	1030

注記\*：重心位置を保守的な位置に設定して評価する。

表 5-18 ケーブルトレイ金属ボックスの強度評価に関する荷重評価条件 (2/2)

評価上引張力を受けるとして期待するアンカーボルトの本数 (転倒方向：水平) $nf_h$ (本)	評価上引張力を受けるとして期待するアンカーボルトの本数 (転倒方向：鉛直) $nf_v$ (本)	上側アンカーボルトと下側アンカーボルト間の鉛直方向距離 $l_2$ (mm)	左側アンカーボルトと右側アンカーボルト間の水平方向距離 $l_3$ (mm)
2	1	170	910

評価上せん断力を受けるとして期待するアンカーボルトの総断面積 $A_b$ (mm <sup>2</sup> )	評価対象の逆圧を受ける部分の面積 $A$ (mm <sup>2</sup> )	重力加速度 $g$ m/s <sup>2</sup>	水頭から設置高さまでの水深 $h_2$ (mm)	水頭から最下層までの高さ $H$ (mm)
113.097	105000	9.80665	3150	21800

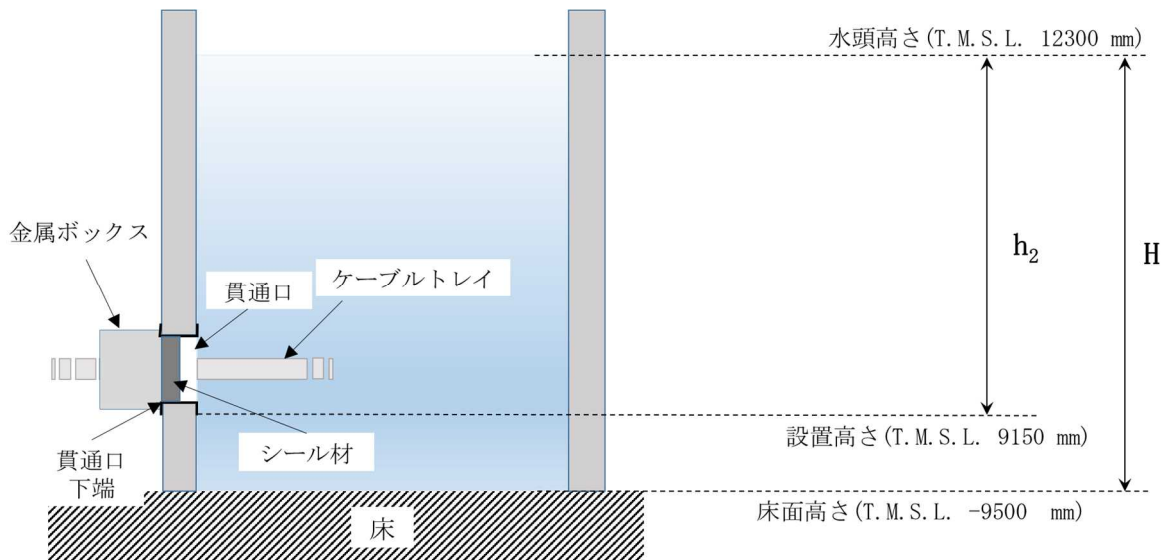


図 5-13 浸水時の位置関係 (ケーブルトレイ金属ボックス)

6. 評価結果

モルタル、シール材、ブーツ、鉄板及びケーブルトレイ金属ボックスの強度評価結果をそれぞれ表 6-1、表 6-2、表 6-3、表 6-4、表 6-5、表 6-6 に示す。モルタル、シール材、ブーツ、鉄板及びケーブルトレイ金属ボックスの発生荷重，発生圧力又は発生応力は，許容荷重，許容圧力又は許容応力以下であることを確認した。

表 6-1 モルタルの浸水に対する強度評価結果

評価部位	発生荷重 (kN)		許容荷重 (kN)
	せん断荷重 (付着荷重)		
モルタル			2607

表 6-2 シール材の浸水に対する強度評価結果

評価部位	発生圧力 (MPa)	許容圧力 (MPa)
シール材	0.29	0.32

表 6-3 ブーツの浸水に対する強度評価結果

評価部位	場所	発生圧力 (MPa)	許容圧力 (MPa)
ブーツ	タービン建屋	0.08	0.2

注：溢水への配慮が必要な施設においては，タービン建屋の内部溢水による発生圧力が最も大きく 0.17MPa になる。

表 6-4 鉄板の経路からの津波による水圧に対する強度評価結果

評価部位	引張応力 (MPa)		せん断応力 (MPa)		曲げ応力 (MPa)	
	発生	許容	発生	許容	発生	許容
鉄板	—	—	—	—		271
鉄板と開口縁金物との溶接部	—	—		135	—	—

表 6-5 ケーブルトレイ金属ボックスのアンカーボルトの浸水に対する強度評価結果

応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
引張応力		$f_{ts} = 161^*$
せん断応力		$f_{sb} = 124$

注記\* :  $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

表 6-6 ケーブルトレイ金属ボックスの浸水に対する強度評価結果

評価部位	発生圧力 (MPa)	許容圧力 (MPa)
金属ボックス		0.1

VI-3-別添 3-1-8 取水槽水位計の強度計算書

## 目 次

1. 概要 .....	1
2. 一般事項 .....	1
2.1 配置概要 .....	1
2.2 構造計画 .....	2
2.3 評価方針 .....	2
2.4 適用規格・基準等 .....	4
2.5 記号の説明 .....	5
3. 評価対象部位 .....	6
4. 構造強度評価 .....	6
4.1 構造強度評価方法 .....	6
4.2 荷重及び荷重の組合せ .....	6
4.2.1 荷重の設定 .....	6
4.2.2 荷重の組合せ .....	8
4.3 許容限界 .....	8
4.4 設計用地震力 .....	10
4.5 計算方法 .....	10
4.5.1 モルタルの強度評価（荷重計算） .....	10
4.6 計算条件 .....	11
5. 評価結果 .....	11

## 1. 概要

本計算書は、VI-3-別添 3-1-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に基づき、浸水防護施設のうちタービン建屋内取水槽水位計が、地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重並びに余震を考慮した荷重に対して、主要な構造部材が構造健全性を有することを確認するものである。

## 2. 一般事項

### 2.1 配置概要

取水槽水位計は、タービン建屋の補機冷却用海水取水槽の上部床面に設置する。取水槽水位計の設置位置図を図 2-1 に示す。

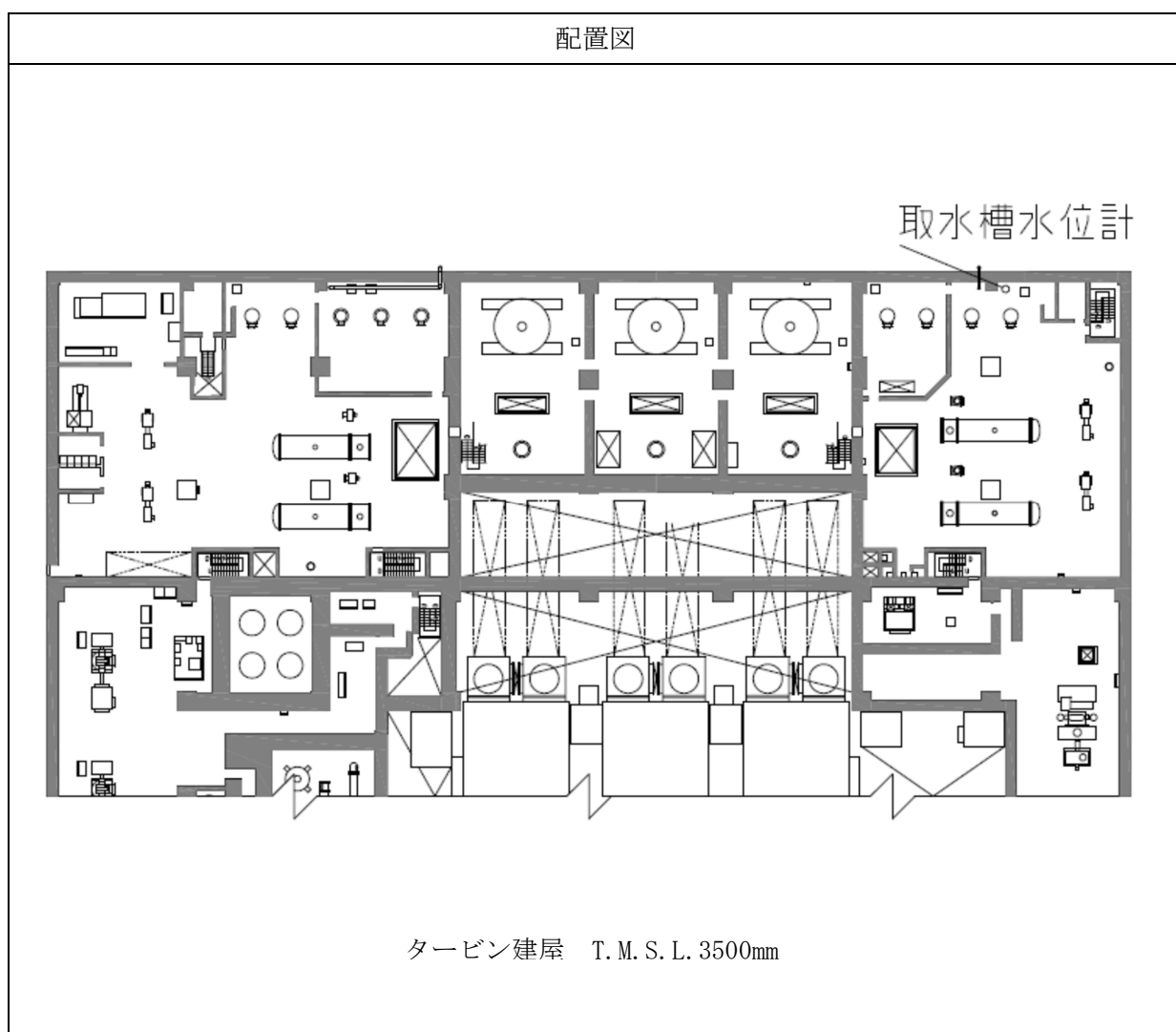


図 2-1 取水槽水位計の配置位置図 (タービン建屋 地下1階)

## 2.2 構造計画

取水槽水位計は、検出器、バブラー管、アキュムレータ、ボンベラック及び管から構成されており、タービン建屋内の床面の貫通口とバブラー管の隙間をモルタルにより止水する構造とする。取水槽水位計の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 取水槽水位計の構造計画

設備名称	計画の概要		概略構造図
	主体構造	支持構造	
取水槽水位計	モルタルにて構成する。	貫通部の開口部にモルタルを充填し、硬化後は貫通部内面及び貫通物外面と一定の付着力によって接合する。	<p>The diagram illustrates a cross-section of the installation. A vertical pipe, labeled 'バブラー管' (Bubbler pipe), passes through a floor, labeled '床' (Floor). The annular space between the pipe and the floor is filled with a material labeled 'モルタル' (Mortar). The mortar is shown with a cross-hatched pattern, indicating its application to seal the penetration.</p>

## 2.3 評価方針

取水槽水位計の強度評価は、VI-3-別添 3-1-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」にて設定している荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえて、取水槽水位計の評価部位に作用する荷重等が許容限界以下であることを「4.1 構造強度評価方法」に示す方法により、「4.6 計算条件」に示す評価条件を用いて評価し、「5. 評価結果」にて確認する。

取水槽水位計のモルタルの強度評価フローを図 2-2 に示す。

取水槽水位計の強度評価においては、その構造を踏まえ、地震による動水圧荷重及び余震に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価部位を設定する。強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重並びに余震を考慮した荷重を考慮し、評価される最大荷重を設定する。重畳時においては、VI-3-別添 3-1-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に示す弾性設計用地震動  $S_d$  を入力して得られた床応答スペクトル又は最大応答加速度から算出した値を設計震度として用いる。なお、強度評価に当たっては、弾性設計用地震動  $S_d$  による余震荷重を考慮した評価を実施する。



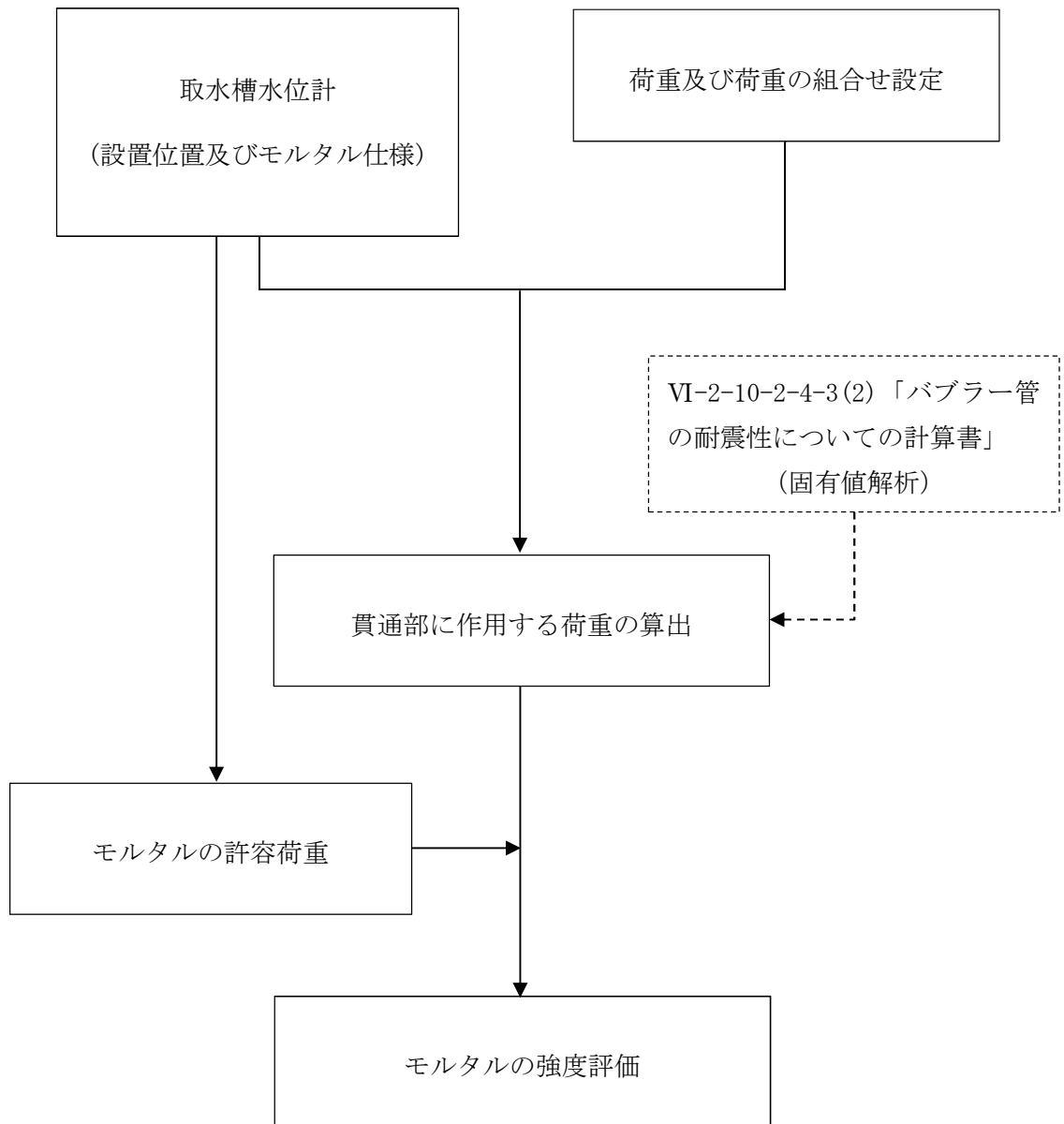


図 2-2 モルタルの強度評価フロー

## 2.4 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] ( (社) 土木学会 2002 年制定)
- ・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 ( (社) 日本機械学会) (以下「設計・建設規格」という。)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 補-1984  
( (社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 ( (社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版 ( (社) 日本電気協会)
- ・機械工学便覧 ( (社) 日本機械学会)
- ・水道施設耐震工法指針・解説 2009 年版 (公益社団法人 日本水道協会)

## 2.5 記号の説明

強度評価に用いる記号を表 2-2 に示す。

表 2-2 モルタルの強度評価に用いる記号

記号	記号の説明	単位
$A'$	モルタルが水圧を受ける面積（受圧面積）	$m^2$
$C_D$	抗力係数	—
$C_H$	余震による水平方向の設計震度	—
$C_V$	余震による鉛直方向の設計震度	—
$f_s$	モルタルの許容付着荷重	N
$f'_{bok}$	モルタル付着強度	MPa
$f'_{ck}$	モルタルの圧縮強度	MPa
$F_V$	弾性設計用地震動 $S_d$ により生じる貫通物の軸方向に作用する荷重	N
$F_S$	貫通物の反力によりモルタルに生じるせん断荷重	N
$F_{Stotal}$	モルタル部に生じる合計せん断荷重	N
$g$	重力加速度	$m/s^2$
$h$	貫通部位置における水圧作用高さ	m
$K_{sd}$	弾性設計用地震動 $S_d$ に伴う余震荷重	N
$L$	モルタルの充填深さ	mm
$P_{sd}$	余震による慣性力	MPa
$P_t$	突き上げ荷重	MPa
$S$	貫通物の周長	mm
$U$	モルタルに加わる流体の流速	m/s
$W$	貫通物の支持間隔の質量	kg
$\rho$	海水の密度	$kg/m^3$
$\gamma_c$	材料定数	—

### 3. 評価対象部位

取水槽水位計の評価部位は、VI-3-別添 3-1-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に示している評価対象部位を踏まえて、「2.2 構造計画」にて設定している構造に基づき、荷重の方向及び伝達過程を考慮し設定する。

### 4. 構造強度評価

#### 4.1 構造強度評価方法

取水槽水位計の強度評価は、VI-3-別添 3-1-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」にて設定している方法を用いて実施する。

取水槽水位計の強度評価は、「3. 評価対象部位」に示す評価部位に対し、「4.2 荷重及び荷重の組合せ」及び「4.3 許容限界」に示す荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえ、「4.5 計算方法」に示す方法を用いて評価を行う。

#### 4.2 荷重及び荷重の組合せ

強度評価に用いる荷重の種類及び荷重の組合せに関して以下に示す。

##### 4.2.1 荷重の設定

強度評価に用いる荷重は、以下の荷重を用いる。

##### (1) 固定荷重 (G)

固定荷重として、貫通軸上の貫通物（配管等を示す。以下同じ。）の質量及び内容物の質量を考慮する。

(2) 余震荷重 ( $K_{sd}$ )

余震荷重は、VI-3-別添 3-1-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に示すとおり、弾性設計用地震動  $S_d$  に伴う地震力（動水圧含む。）とする。

a. 余震による地震力

(a) 貫通物による余震荷重

貫通物からモルタルに作用する荷重として、支持構造物間の固定荷重及び地震力を考慮する。図 4-1 にモルタルへの付着方向の地震力（余震荷重）の作用図を示す。

また、貫通物は柔構造となる場合があることから、貫通物の設置場所における床応答スペクトルを用いて設計震度を算出する。

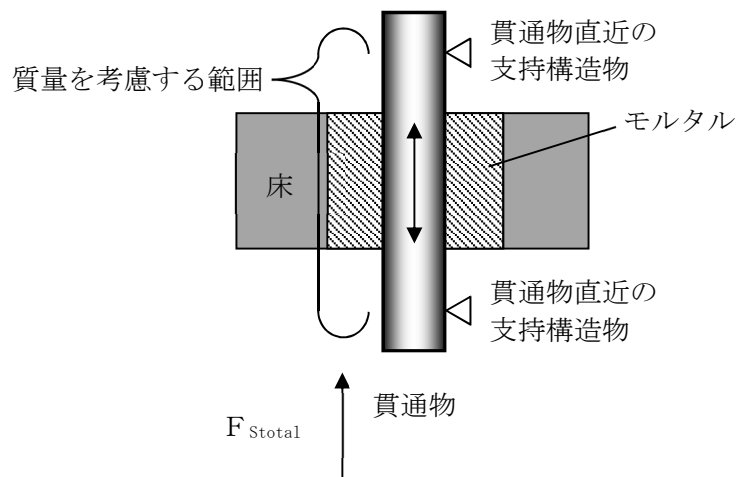


図 4-1 モルタルへの付着方向の余震荷重作用図

(b) 評価において考慮する貫通部

評価においては、(a)に基づく余震荷重と貫通物を考慮して算出する。

(c) モルタルに作用する付着荷重

モルタルに作用する余震による付着荷重については、(a)に示す支持構造物間の貫通物に作用する余震荷重から算出する。

b. 余震による動水圧

慣性力として津波による静水頭が余震を受けて慣性力となる分を考慮する。

$$P_{sd} = h \cdot \rho \cdot g \cdot C_v$$

$P_{sd}$  : 余震による慣性力

$h$  : 貫通部位置における水圧作用高さ

$C_v$  : 余震による鉛直方向の設計震度

c. 突き上げ津波荷重

突き上げ荷重として津波による水圧を考慮する。

$$P_t = 1/2 \cdot C_D \cdot \rho \cdot U^2 + \rho \cdot g \cdot h$$

$P_t$  : 突き上げ荷重

$C_D$  : 抗力係数 (=2.01)

$U$  : モルタルに加わる流体の流速 (=1.5m/s)

4.2.2 荷重の組合せ

取水槽水位計の荷重の組合せを表 4-1 に示す。

表 4-1 荷重の組合せ

施設区分	機器名称	荷重の組合せ*
浸水防護施設 (津波監視設備)	取水槽水位計	$G + P_t + K_{sd}$

注記\* :  $G$ は固定荷重,  $P_t$ は突き上げ荷重,  $K_{sd}$ は弾性設計用地震動  $S_d$ による余震荷重(慣性力  $P_{sd}$ )を示す。

4.3 許容限界

(1) モルタル

評価部位の許容値は、コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] ( (社) 土木学会 2002年制定) に規定される許容限界を用いる。

取水槽水位計の許容限界を表 4-2, 許容限界評価条件を表 4-3, 許容限界算出結果を表 4-4 に示す。また, モルタルの施工例を図 4-2 に示す。

表 4-2 取水槽水位計の許容限界（許容荷重）

状態	許容限界*
	付着荷重
短期	$f_s$

注記\*：モルタルの許容限界は、コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（（社）土木学会 2002 年制定）によりモルタルの許容付着荷重  $f_s$ ，モルタル付着強度  $f'_{bok}$  を算出する。モルタル圧縮強度  $f'_{ck}$  は設計値を用いる。また，貫通物の口径=25A，モルタル充填深さ L=900mm とする。

$$f_s = f'_{bok} \cdot S \cdot L / \gamma_c$$

$$f'_{bok} = 0.28 \cdot f'_{ck}{}^{2/3} \cdot 0.4$$

表 4-3 取水槽水位計の許容限界評価条件

評価部位	$f'_{ck}$ *	$\gamma_c$ *
モルタル	32.3	1.3

注記\*： $f'_{ck}$ ：モルタル圧縮強度， $\gamma_c$ ：材料定数を示す。

表 4-4 取水槽水位計の許容限界算出結果

状態	評価部位	許容限界
		付着荷重 (kN)
短期	モルタル	84

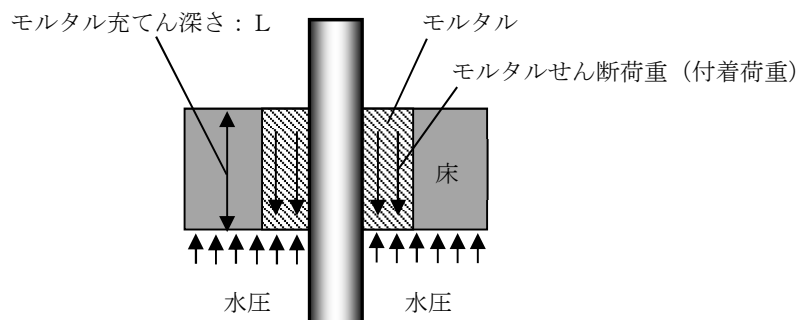


図 4-2 モルタルの施工例

#### 4.4 設計用地震力

取水槽水位計の強度評価に使用する弾性設計用地震動 S d に伴う地震力については、VI-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき策定した設計用床応答曲線を用いる。また、減衰定数はVI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。取水槽水位計の強度計算に用いる設計震度を表 4-5 に示す。

表 4-5 取水槽水位計の設計震度

地震動	設置場所及び 床面高さ (mm)	余震による設計震度*1	
		弾性設計用地震動 S d	タービン地下 1 階 T. M. S. L. 3500 (T. M. S. L. 4900*2)
		鉛直方向 C <sub>V</sub>	2.72

注記\*1：VI-2-10-2-4-3(2)「バブラー管の耐震性についての計算書」の固有周期            に  
対応した加速度を設計震度とした。

\*2：設置場所の一階層上の基準床レベルを示す。

#### 4.5 計算方法

##### 4.5.1 モルタルの強度評価（荷重計算）

##### (1) 貫通物の反力により生じる荷重

固定荷重及び地震時の貫通物の反力によりモルタルに生じる荷重は、次のとおり算出する。せん断荷重は、鉛直反力と貫通軸上の貫通物の質量から次のとおり算出する。

$$F_v = W \cdot g \cdot (1 + C_v)$$

$$F_s = F_v$$

##### (2) 合計荷重

モルタルに発生する合計せん断荷重 F<sub>Stotal</sub> は次のとおり算出する。

$$F_{Stotal} = F_s + (P_t + P_{sd}) \cdot A'$$



#### 4.6 計算条件

取水槽水位計の強度評価に関する荷重評価条件を表 4-6 に示す。

表 4-6 取水槽水位計の強度評価に関する荷重評価条件

海水の密度 $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	貫通部位置における 水圧作用高さ h (m)	貫通物の支持間隔 の質量 W (kg)	モルタルが水圧を 受ける面積 A' (m <sup>2</sup> )
1030	6.4		0.032

#### 5. 評価結果

取水槽水位計の強度評価結果を表 5-1 に示す。取水槽水位計の発生荷重は、許容荷重以下であることを確認した。

表 5-1 取水槽水位計の浸水に対する強度評価結果

評価部位	発生荷重 (kN)		許容荷重 (kN)
	せん断荷重 (付着荷重)		

VI-3-別添3-2 溢水への配慮が必要な施設の強度に関する説明書

## VI-3-別添3-2-1 溢水への配慮が必要な施設の強度計算の方針

## 目 次

1. 概要	1
2. 強度評価の基本方針	1
2.1 評価対象施設	1
2.2 評価方針	2
3. 構造強度設計	3
3.1 構造強度の設計方針	3
3.2 機能維持の方針	4
4. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界	74
4.1 荷重及び荷重の組合せ	74
4.2 許容限界	76
4.2.1 施設ごとの評価対象部位における許容限界	76
4.2.2 許容限界設定方法	88
5. 強度評価方法	89
5.1 水密扉	89
5.2 水密扉付止水堰	90
5.3 溢水伝播防止堰	91
5.4 管理区域外伝播防止堰	92
5.5 床ドレンライン浸水防止治具	93
5.6 貫通部止水処置	97
6. 適用規格	98

## 1. 概要

本資料は、「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12条及び第54条並びにそれらの「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の解釈」に適合する設計とするため、VI-1-1-9-5「溢水防護に関する施設の詳細設計」に基づき設計する溢水防護に関する施設が、溢水に対して構造健全性を有することを確認するための強度計算方針について説明するものである。

強度計算は、VI-1-1-9-1「溢水等による損傷防止の基本方針」に示す適用規格を用いて実施する。

「7号機設備、6,7号機共用」及び「5,6,7号機共用」の水密扉と管理区域外伝播防止堰の強度計算に関する説明は、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-別添3-2-2「水密扉の強度計算書(溢水)」、V-3-別添3-2-4「止水堰の強度計算書」による。

## 2. 強度評価の基本方針

強度評価は、「2.1 評価対象施設」に示す施設を対象として、「4. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界」で示す溢水による荷重と組み合わせすべき他の荷重による組合せ荷重又は応力が許容限界内にあることを「5. 強度評価方法」に示す評価方法により、「6. 適用規格」に示す適用規格を用いて確認する。

### 2.1 評価対象施設

VI-1-1-9-5「溢水防護に関する施設の詳細設計」にて設定している溢水防護に関する施設を強度評価の対象施設とし、表2-1に示す。

表2-1では、強度評価の対象施設が、津波又は溢水のどちらの事象を防護するための施設であるかを明確に示す。また、表2-1に示す施設のうち、津波防護に係る浸水防止設備を兼ねるものは、溢水事象の静水圧（屋外タンク破損による溢水及び地下水）に、津波事象の荷重として余震荷重等を考慮し強度評価することから、津波事象における強度評価に包絡できるため、これらの計算書は、VI-3-別添3-1「津波への配慮が必要な施設の強度に関する説明書」にて示す。

表 2-1 強度計算の対象施設と防護する事象

強度計算の対象施設		事象	
		津波	溢水
水密扉	B系原子炉補機冷却水系熱交換器・ポンプ室 水密扉	○	○
	A系原子炉補機冷却水系熱交換器・ポンプ室 水密扉	○	○
	タービン建屋地下中2階南西階段室 水密扉	○	○
	タービン建屋地下中2階北西階段室 水密扉	○	○
	計装用圧縮空気系・所内用圧縮空気系空気圧縮機室 水密扉1	○	○
	計装用圧縮空気系・所内用圧縮空気系空気圧縮機室 水密扉2	○	○
	循環水系配管メンテナンス室 水密扉1	○	○
	循環水系配管メンテナンス室 水密扉2	○	○
	タービン建屋地下2階北西階段室 水密扉	○	○
	タービン補機冷却水系熱交換器・ポンプ室 水密扉	○	○
	C系原子炉補機冷却水系熱交換器・ポンプ室 水密扉	○	○
	建屋間連絡水密扉（タービン建屋地下2階～配管トレンチ）	○	○
	建屋間連絡水密扉（タービン建屋地下2階～廃棄物処理建屋地下3階）	○	○
	循環水配管，電解鉄イオン供給装置室 水密扉1	○	○
	循環水配管，電解鉄イオン供給装置室 水密扉2	○	○
	上記以外の水密扉	—	○
	水密扉付止水堰		—
溢水伝播防止堰		—	○
管理区域外伝播防止堰		—	○
床ドレンライン浸水防止治具（タービン建屋）		○	○
床ドレンライン浸水防止治具（原子炉建屋，コントロール建屋，廃棄物処理建屋）		—	○
貫通部止水処置（タービン建屋）		○	○
貫通部止水処置（原子炉建屋，コントロール建屋，廃棄物処理建屋）		—	○

## 2.2 評価方針

溢水防護に係る施設は，VI-1-1-9-5「溢水防護に関する施設の詳細設計」の「3. 要求機能及び性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を達成するため，「2.1 評価対象施設」で分類した施設ごとに，浸水防止に関する強度評価を実施する。

### 3. 構造強度設計

「2.1 評価対象施設」で設定されている施設が、構造強度設計上の性能目標を達成するよう、VI-1-1-9-5「溢水防護に関する施設の詳細設計」の「3. 要求機能及び性能目標」で設定している各施設が有する機能を踏まえて、構造強度の設計方針を設定する。

各施設の構造強度の設計方針を設定し、想定する荷重及び荷重の組合せを設定し、それらの荷重に対し、各施設の構造強度を維持するよう構造設計と評価方針を設定する。

#### 3.1 構造強度の設計方針

VI-1-1-9-5「溢水防護に関する施設の詳細設計」の「3. 要求機能及び性能目標」で設定している構造強度上の性能目標を達成するための設計方針を「2.1 評価対象施設」ごとに示す。

##### (1) 水密扉

水密扉は、VI-1-1-9-5「溢水防護に関する施設の詳細設計」の「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1.3 性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえ、発生を想定する溢水による静水圧荷重に対して、主要な構造部材が構造健全性を維持する設計とする。

##### (2) 水密扉付止水堰

水密扉付止水堰は、VI-1-1-9-5「溢水防護に関する施設の詳細設計」の「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1.3 性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえ、発生を想定する溢水による静水圧荷重に対して、止水性の維持を考慮して、主要な構造部材が構造健全性を維持する設計とする。

##### (3) 溢水伝播防止堰

溢水伝播防止堰は、VI-1-1-9-5「溢水防護に関する施設の詳細設計」の「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1.3 性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえ、発生を想定する溢水による静水圧荷重に対して、止水性の維持を考慮して、主要な構造部材が構造健全性を維持する設計とする。

##### (4) 管理区域外伝播防止堰

管理区域外伝播防止堰は、VI-1-1-9-5「溢水防護に関する施設の詳細設計」の「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1.3 性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえ、管理区域内で発生を想定する溢水による静水圧荷重に対して、主要な構造部材が構造健全性を維持する設計とする。

## (5) 床ドレンライン浸水防止治具

床ドレンライン浸水防止治具は、VI-1-1-9-5「溢水防護に関する施設の詳細設計」の「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1.3 性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえ、発生を想定する溢水による静水圧荷重に対して、止水性の維持を考慮して、主要な構造部材が構造健全性を維持する設計とする。

## (6) 貫通部止水処置

貫通部止水処置は、VI-1-1-9-5「溢水防護に関する施設の詳細設計」の「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1.3 性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえ、発生を想定する溢水による静水圧荷重に対して、モルタル及び閉止板（鉄板、止水ダンパ（ジャバツ Shut）（以下、「止水ダンパ」という。））による施工は、止水性の維持を考慮して、主要な構造部材が構造健全性を維持する設計とする。

また、ブーツ及びシール材による施工は、止水性の維持を考慮して、有意な漏えいを生じない設計とする。

## 3.2 機能維持の方針

VI-1-1-9-5「溢水防護に関する施設の詳細設計」の「3. 要求機能及び性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標が達成されるよう、「3.1 構造強度の設計方針」に示す構造を踏まえ、「4.1 荷重及び荷重の組合せ」で設定している荷重条件を適切に考慮して、各施設の構造設計及びそれを踏まえた評価方法を設定する。

## (1) 水密扉

## a. 構造設計

水密扉は、「3.1 構造強度の設計方針」で設定している設計方針及び「4.1 荷重及び荷重の組合せ」で設定している荷重を踏まえ、以下の構造とする。

水密扉は、鋼製の板材を主体構造とし、周囲の開口部との間に設置した鋼製の扉枠を建屋の床及び壁にアンカーボルトで固定し、支持する構造とする。

また、作用する荷重については、面内及び面外方向から作用し、扉板、芯材、締付装置、及び扉枠に伝わり、アンカーボルトを介して周囲の建屋の床及び壁に伝達する構造とする。

水密扉の設置位置を表 3-2-1 に示す。また、水密扉の構造計画を表 3-2-2 に示す。

## b. 評価方針

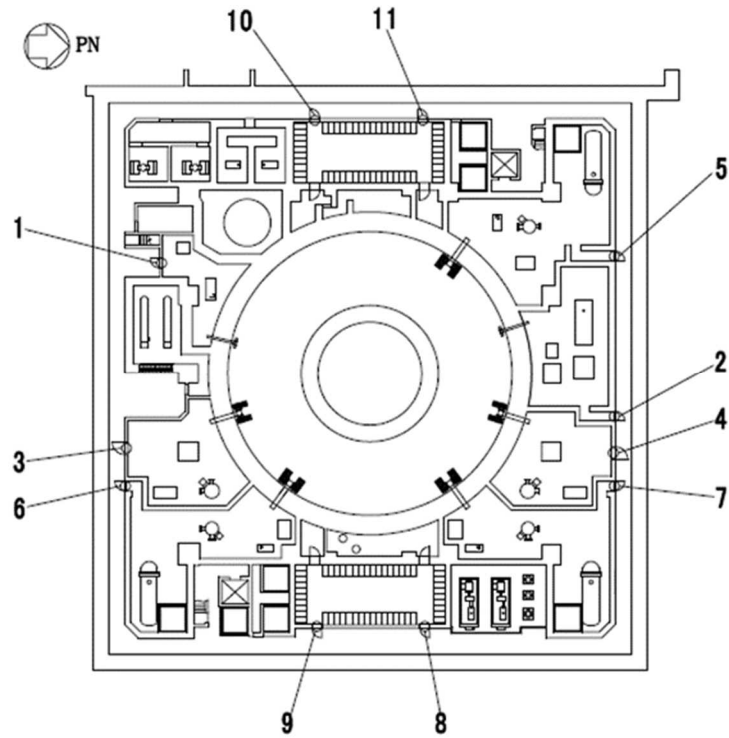
水密扉は、「a. 構造設計」を踏まえ、以下の強度評価方針とする。

水密扉は、発生を想定する溢水による静水圧荷重に対して、水密扉の評価対象部位が、おおむね弾性状態にとどまることを計算により確認する。



表 3-2-1 設置位置 (水密扉) (1/16)

配置図

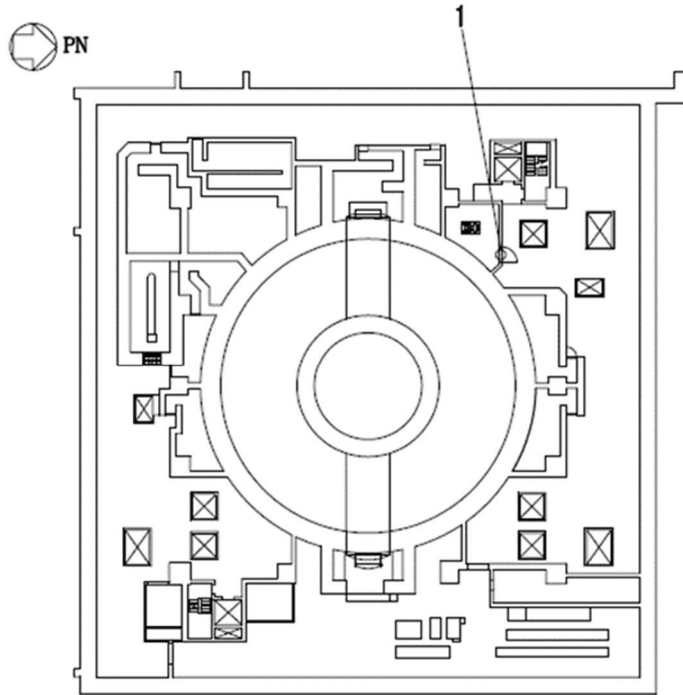


原子炉建屋 T.M.S.L. -8200mm

1	サプレッションプール浄化系ポンプ, 原子炉冷却材浄化系非再生熱交換器漏洩試験用ラック室 水密扉
2	原子炉隔離時冷却系ポンプ・蒸気タービン室 水密扉
3	高圧炉心注水系(B)ポンプ室 水密扉
4	高圧炉心注水系(C)ポンプ室 水密扉
5	残留熱除去系 <input type="checkbox"/> ポンプ・熱交換器室 水密扉
6	残留熱除去系 <input type="checkbox"/> ポンプ・熱交換器室 水密扉
7	残留熱除去系 <input type="checkbox"/> ポンプ・熱交換器室 水密扉
8	水圧制御ユニット室, 計装ラック, 制御棒駆動機構マスターコントロール室 水密扉 1
9	水圧制御ユニット室, 計装ラック, 制御棒駆動機構マスターコントロール室 水密扉 2
10	水圧制御ユニット室, 計装ラック室 水密扉 1
11	水圧制御ユニット室, 計装ラック室 水密扉 2

表 3-2-1 設置位置 (水密扉) (2/16)

配置図

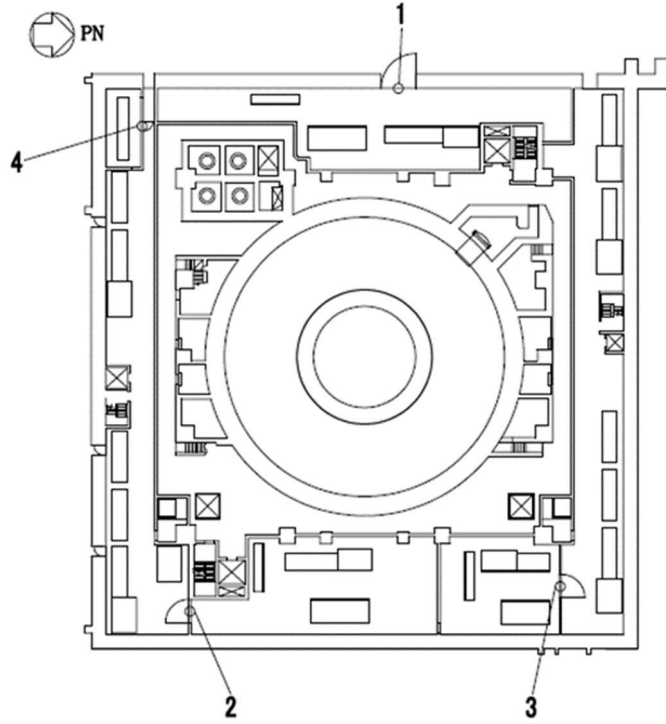


原子炉建屋 T.M.S.L. -1700mm

1	高圧代替注水系ポンプ室 水密扉
---	-----------------

表 3-2-1 設置位置 (水密扉) (3/16)

配置図

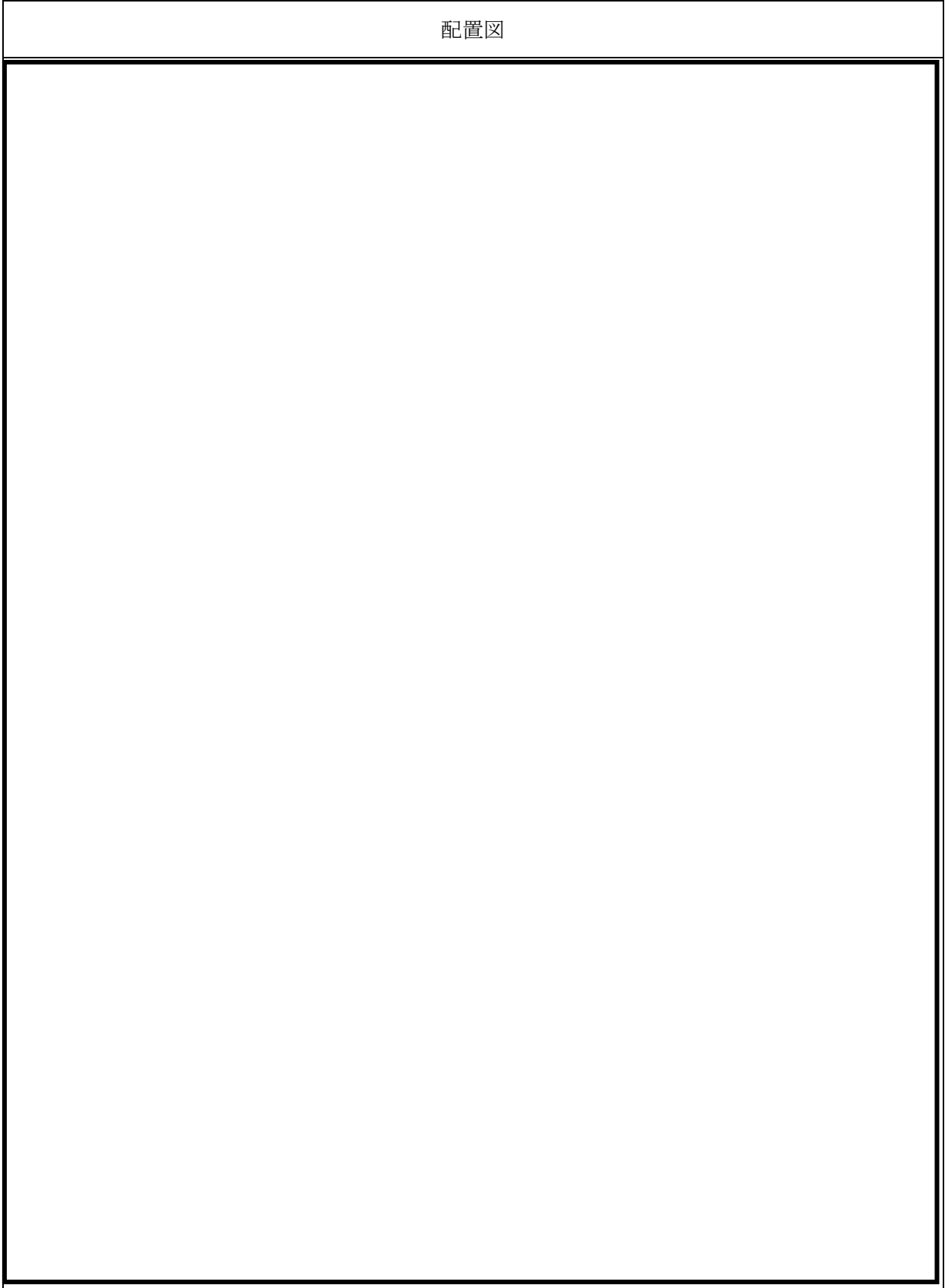


原子炉建屋 T. M. S. L. 4800mm

1	原子炉建屋地下 1 階 <input type="checkbox"/> 非常用電気品室 水密扉
2	<input type="checkbox"/> 非常用電気品室 水密扉
3	<input type="checkbox"/> 非常用電気品室 水密扉
4	<input type="checkbox"/> 水密扉

表 3-2-1 設置位置 (水密扉) (4/16)

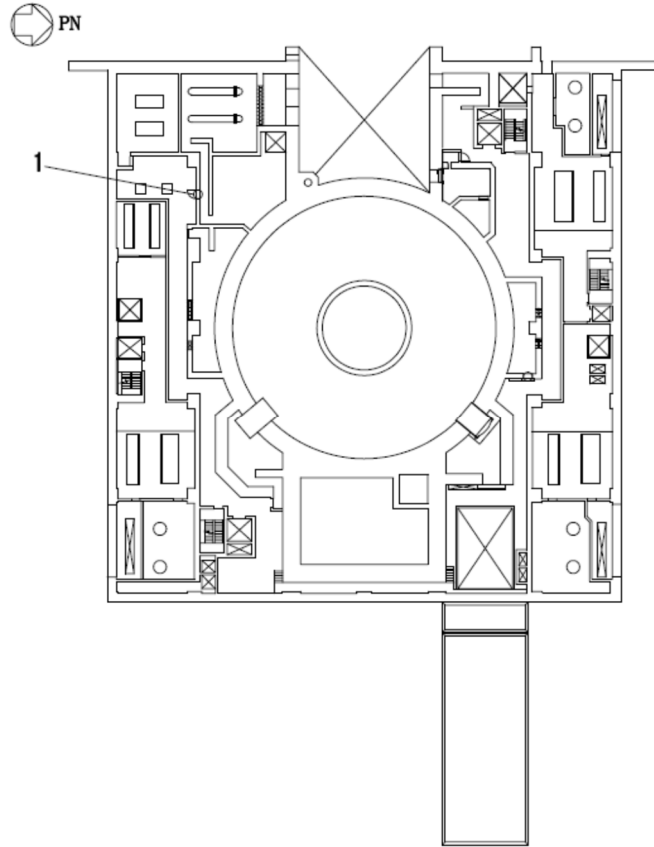
配置図



K6 ① VI-3-別添 3-2-1 R0

表 3-2-1 設置位置 (水密扉) (5/16)

配置図

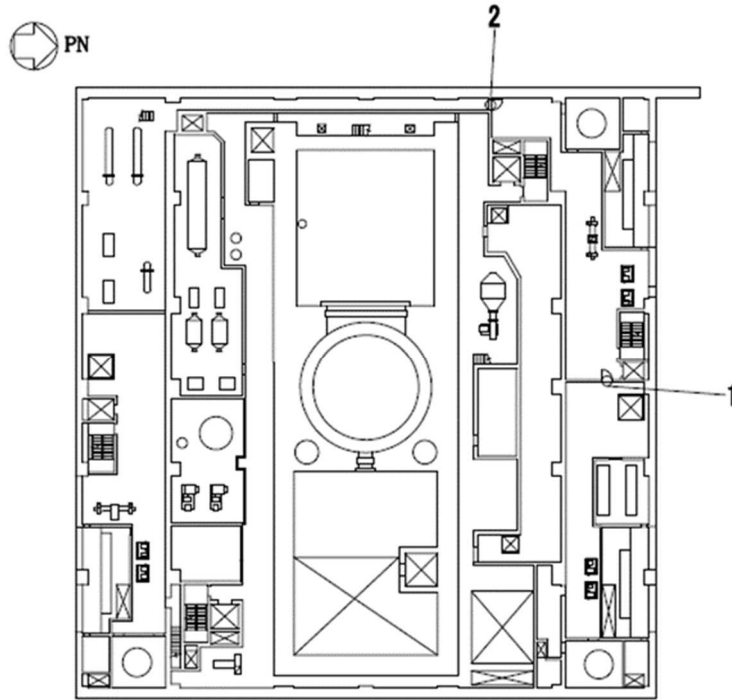


原子炉建屋 T.M.S.L. 18100mm

1	燃料プール冷却浄化系熱交換器室, 燃料プール冷却浄化系弁室 水密扉
---	-----------------------------------

表 3-2-1 設置位置 (水密扉) (6/16)

配置図

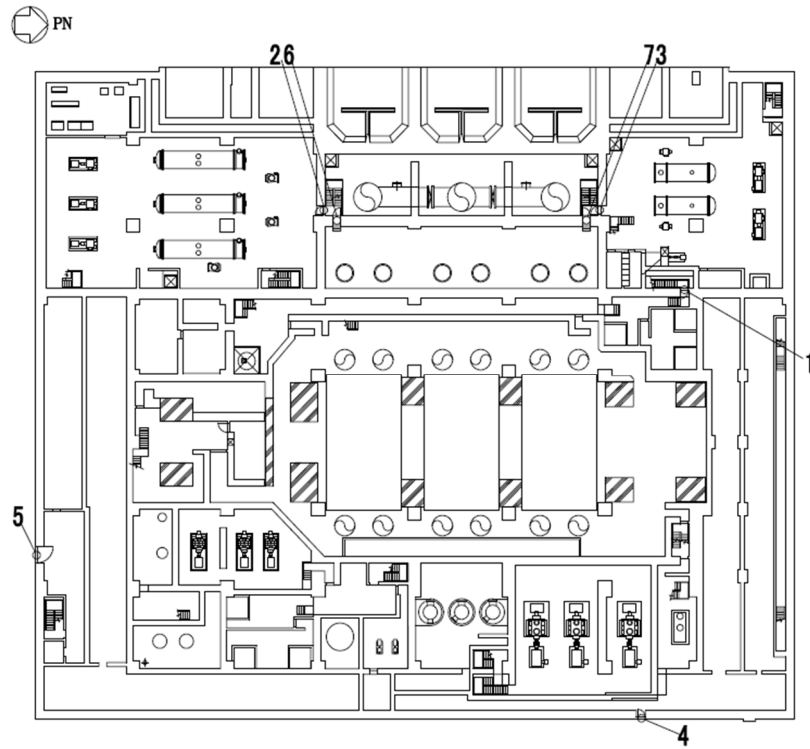


原子炉建屋 T.M.S.L. 23500mm

1	非常用ディーゼル発電機(A)補機室 水密扉
2	原子炉建屋地上3階南北連絡通路 水密扉

表 3-2-1 設置位置 (水密扉) (7/16)

配置図

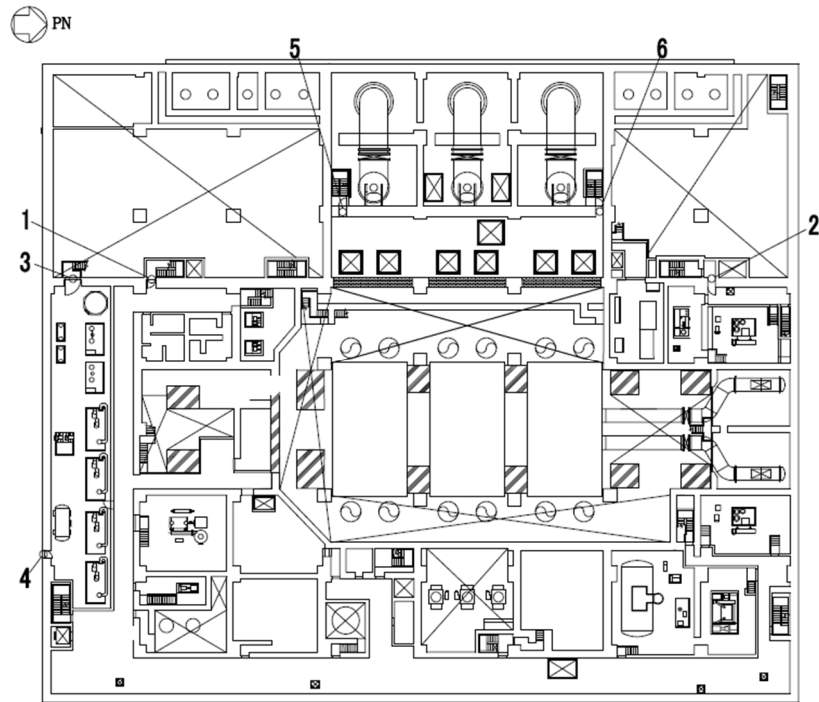


タービン建屋 T.M.S.L. -5100mm

1	タービン建屋地下 2 階北西階段室 水密扉
2	タービン補機冷却水系熱交換器・ポンプ室 水密扉
3	<input type="checkbox"/> 原子炉補機冷却水系熱交換器・ポンプ室 水密扉
4	建屋間連絡水密扉 (タービン建屋地下 2 階～配管トレンチ)
5	建屋間連絡水密扉 (タービン建屋地下 2 階～廃棄物処理建屋地下 3 階)
6	循環水配管, 電解鉄イオン供給装置室 水密扉 1
7	循環水配管, 電解鉄イオン供給装置室 水密扉 2

表 3-2-1 設置位置 (水密扉) (8/16)

配置図



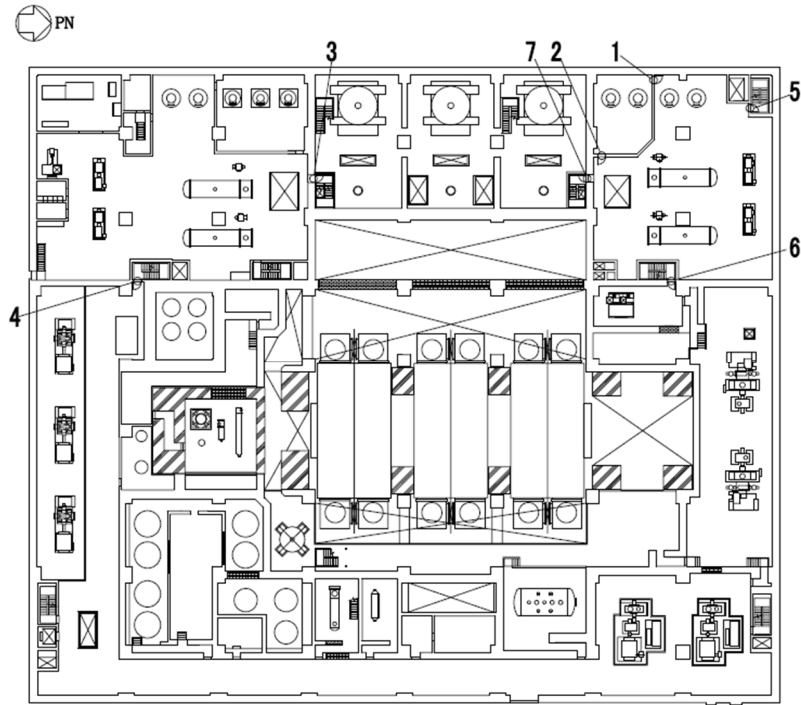
タービン建屋 T.M.S.L. -1100mm

1	タービン建屋地下中 2 階南西階段室 水密扉
2	タービン建屋地下中 2 階北西階段室 水密扉
3	計装用圧縮空気系・所内用圧縮空気系空気圧縮機室 水密扉 1
4	計装用圧縮空気系・所内用圧縮空気系空気圧縮機室 水密扉 2
5	循環水系配管メンテナンス室 水密扉 1
6	循環水系配管メンテナンス室 水密扉 2



表 3-2-1 設置位置 (水密扉) (9/16)

配置図

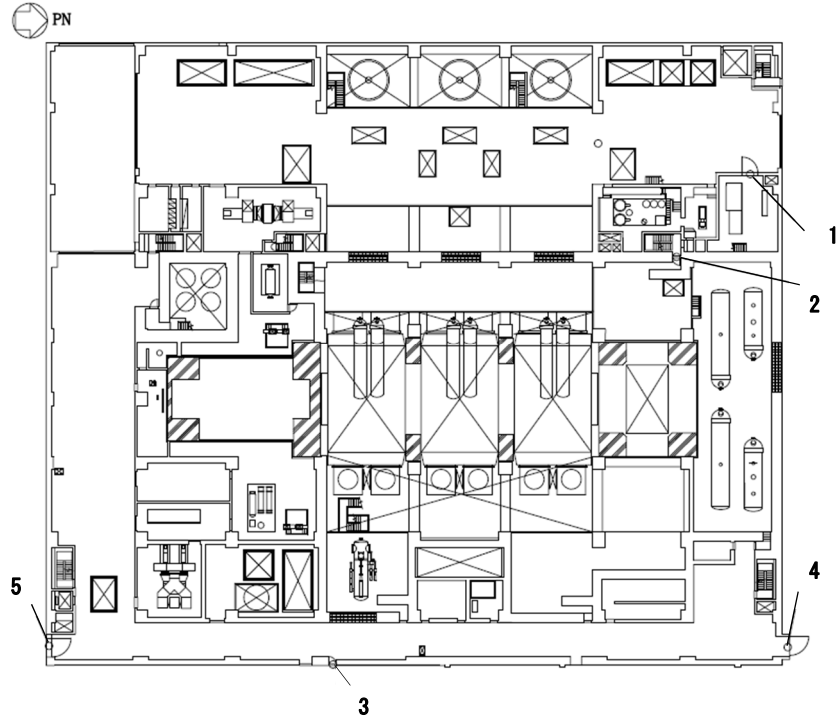


タービン建屋 T. M. S. L. 4900mm

1	<input type="checkbox"/>	原子炉補機冷却海水系ポンプ室 水密扉 1
2	<input type="checkbox"/>	原子炉補機冷却海水系ポンプ室 水密扉 2
3	<input type="checkbox"/>	原子炉補機冷却水系熱交換器・ポンプ室 水密扉
4		タービン建屋地下 1 階南西階段室 水密扉
5		タービン建屋地下 1 階北階段室 水密扉
6		タービン建屋地下 1 階北西階段室 水密扉
7	<input type="checkbox"/>	原子炉補機冷却水系熱交換器・ポンプ室 水密扉

表 3-2-1 設置位置 (水密扉) (10/16)

配置図



タービン建屋 T. M. S. L. 12300mm


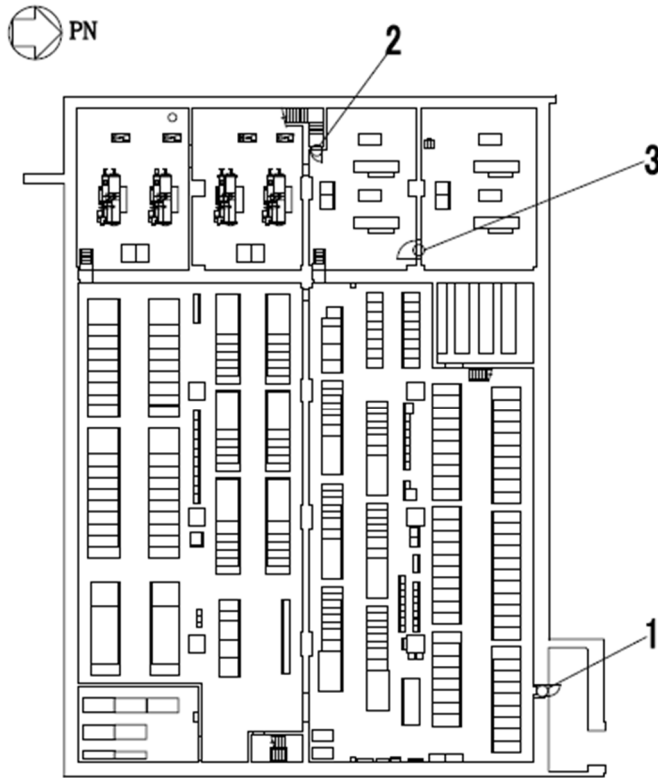
1	 非常用電気品室 水密扉
2	タービン建屋地上 1 階北西階段室 水密扉
3	建屋間連絡水密扉 (原子炉建屋地上 1 階～タービン建屋地上 1 階)
4	建屋間連絡水密扉 (タービン建屋地上 1 階～5 号機タービン建屋地上 1 階)
5	建屋間連絡水密扉 (タービン建屋地上 1 階～廃棄物処理建屋地上 1 階)

表 3-2-1 設置位置 (水密扉) (11/16)

配置図

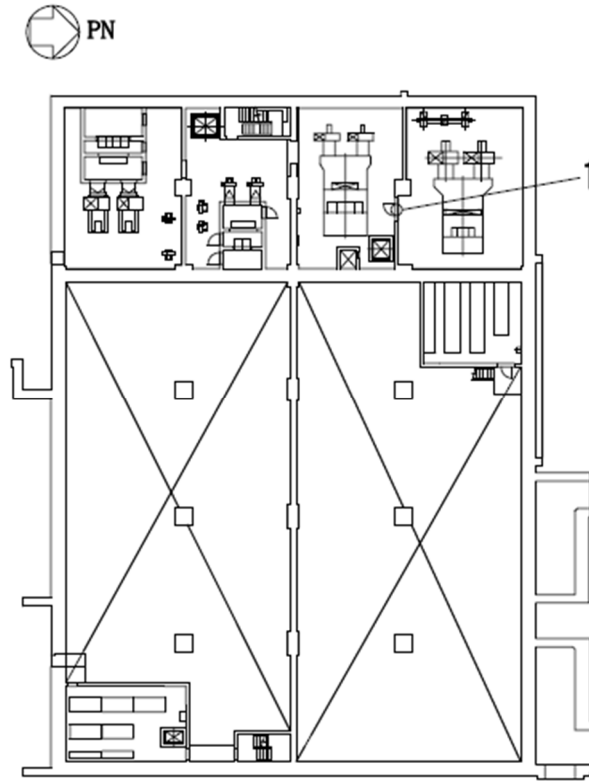


コントロール建屋 T.M.S.L. -2700mm

1	6号機常用電気品室 水密扉
2	6号機コントロール建屋地下2階西階段室 水密扉
3	6号機換気空調補機非常用冷却水系冷凍機 (B) (D) 室 水密扉

表 3-2-1 設置位置 (水密扉) (12/16)

配置図



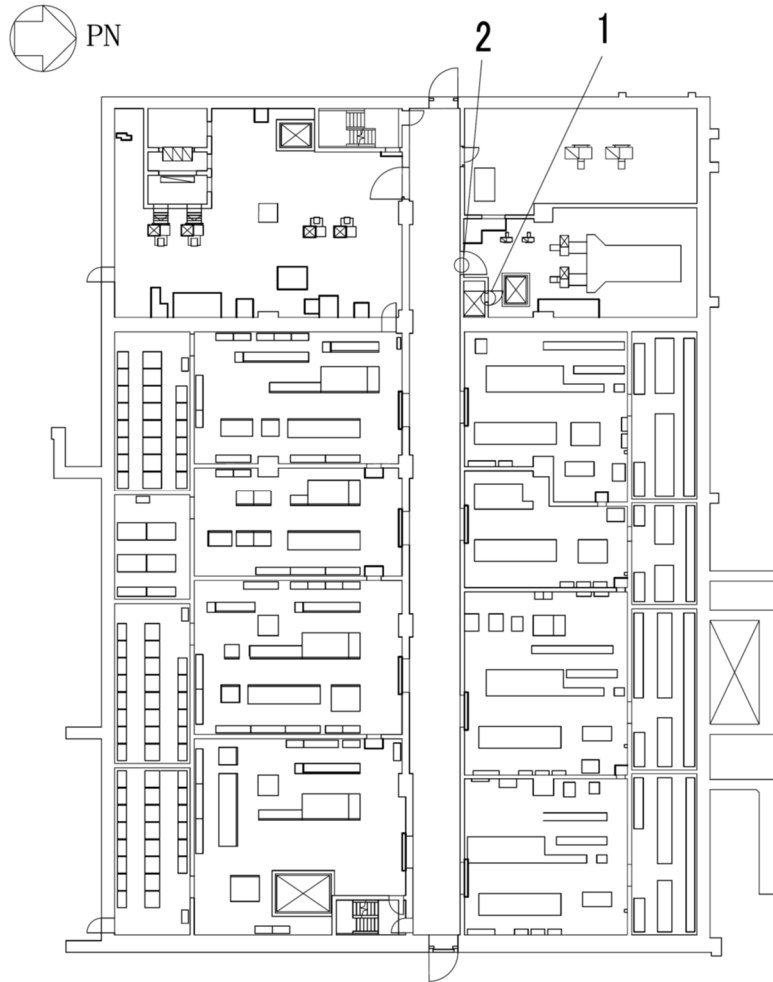
コントロール建屋 T.M.S.L. 1000mm

1	6号機計測制御電源盤区域 (C) 送風機室 水密扉
---	---------------------------

K6 ① VI-3-別添 3-2-1 R0

表 3-2-1 設置位置 (水密扉) (13/16)

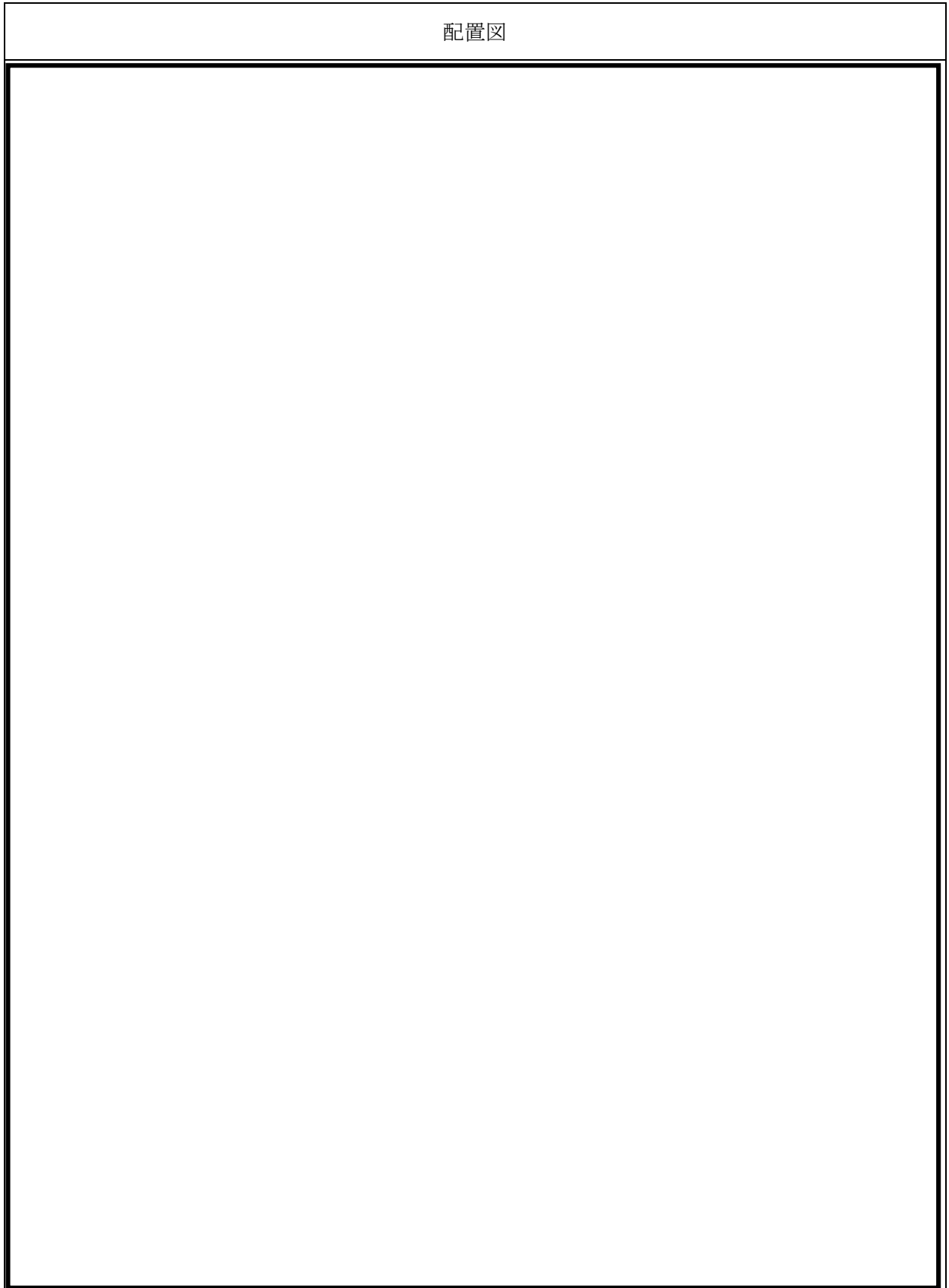
配置図



コントロール建屋 T.M.S.L. 6500mm

1	6号機コントロール建屋地下1階空調ダクト, ケーブル処理室 水密扉
2	6号機計測制御電源盤区域 (A) 送・排風機室 水密扉

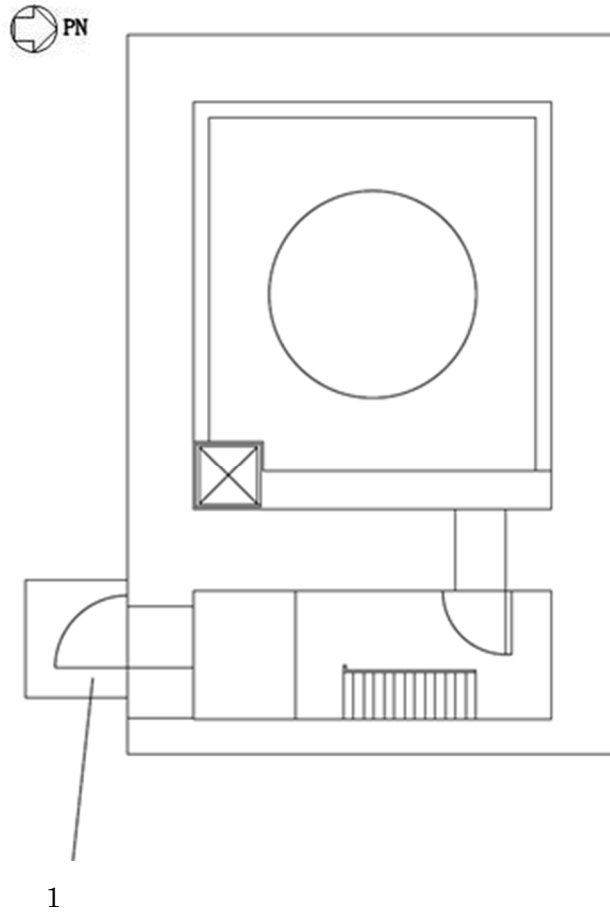
表 3-2-1 設置位置 (水密扉) (14/16)



K6 ① VI-3-別添 3-2-1 R0

表 3-2-1 設置位置 (水密扉) (15/16)

配置図

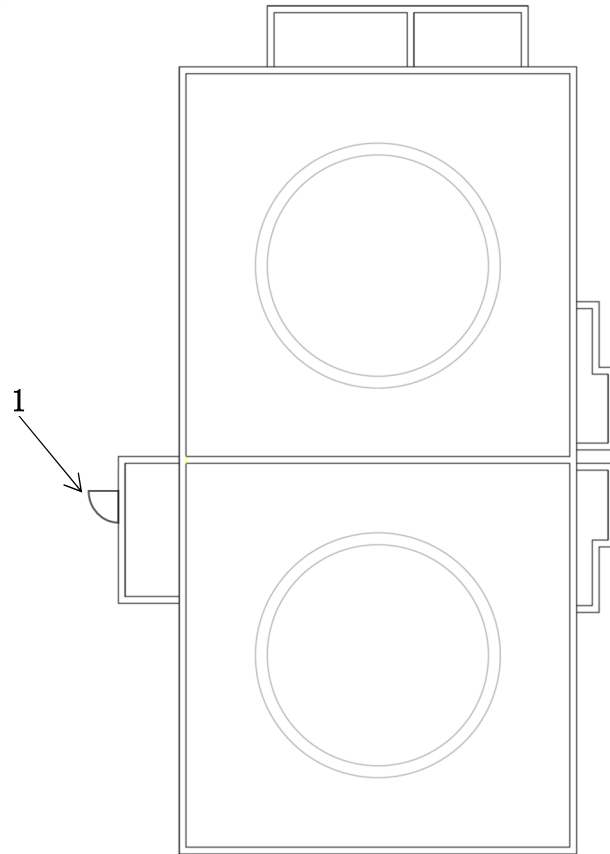


フィルターベントエリア T.M.S.L. 12000mm

1	フィルターベントエリア 水密扉
---	-----------------

表 3-2-1 設置位置 (水密扉) (16/16)

配置図



燃料移送ポンプエリア T. M. S. L. 12000mm

1	燃料移送ポンプエリア (B系) 水密扉
---	---------------------

K6 ① VI-3-別添 3-2-1 R0



表 3-2-2 構造計画 (水密扉) (1/1)

計画の概要		概略構造図
主体構造	支持構造	
<p>片開型の鋼製扉とし、鋼製の扉板に芯材を取付け、扉に設置された締付装置を鋼製の扉枠に差し込み、扉と扉枠を一体化させる構造とする。</p> <p>また、扉と躯体の接続はヒンジを介する構造とする。</p>	<p>扉開放時においては、ヒンジにより扉が扉枠に固定され、扉閉止時には、締付装置により扉と扉枠が一体化する構造とする。</p> <p>扉枠はアンカーボルトにより躯体へ固定する構造とする。</p>	

K6 ① VI-3-別添 3-2-1 R0

## (2) 水密扉付止水堰

### a. 構造設計

水密扉付止水堰は、「3.1 構造強度の設計方針」で設定している設計方針及び「4.1 荷重及び荷重の組合せ」で設定している荷重を踏まえ、以下の構造とする。

水密扉付止水堰は、水密扉部と止水堰部で構成される。

水密扉部は、鋼製の板材を主体構造とし、周囲の開口部との間に設置した鋼製の扉枠を建屋の床及び壁にアンカーボルトで固定し、支持する構造とする。

止水堰部の鋼製堰は、鋼製板、芯材及びアンカーボルトを主体構造とし、既設コンクリートを基礎として、アンカーボルトで固定し支持する構造とする。

水密扉部に作用する荷重については、面内及び面外方向から作用し、扉板、芯材、締付装置、及び扉枠に伝わり、アンカーボルトを介して周囲の建屋の床及び壁に伝達する構造とする。

止水堰部に作用する荷重については、鋼製堰に作用し、アンカーボルトを介し、既設コンクリートに伝達する構造とする。

水密扉付止水堰の設置位置を表 3-2-3 に示す。また、水密扉付止水堰の構造計画を表 3-2-4 に示す。

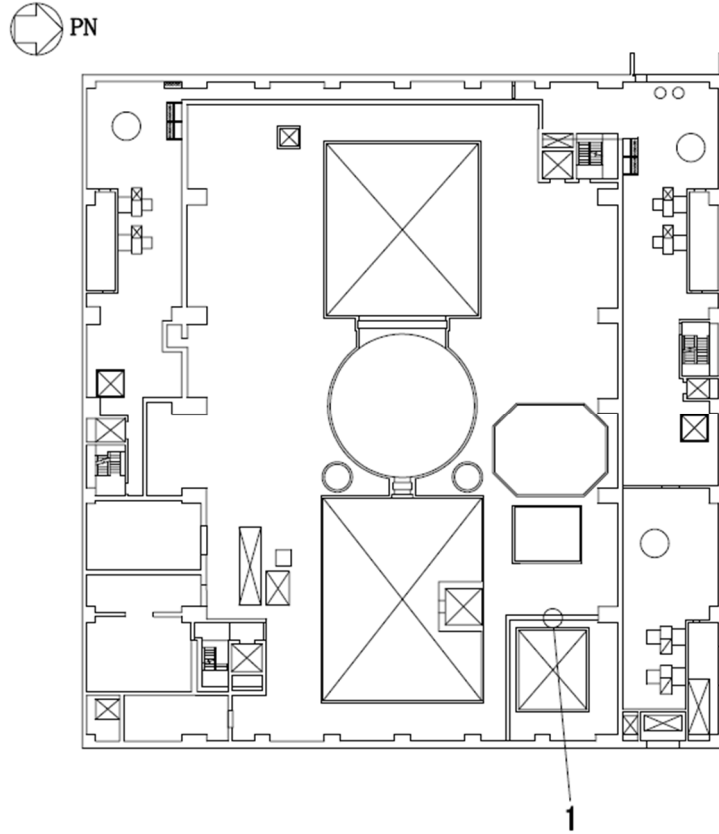
### b. 評価方針

水密扉付止水堰は、「a. 構造設計」を踏まえ、以下の強度評価方針とする。

発生を想定する溢水による静水压荷重に対して、水密扉付止水堰の評価対象部位に作用する応力が、おおむね弾性状態にとどまることを計算により確認する。

表 3-2-3 設置位置（水密扉付止水堰）（1/2）

配置図



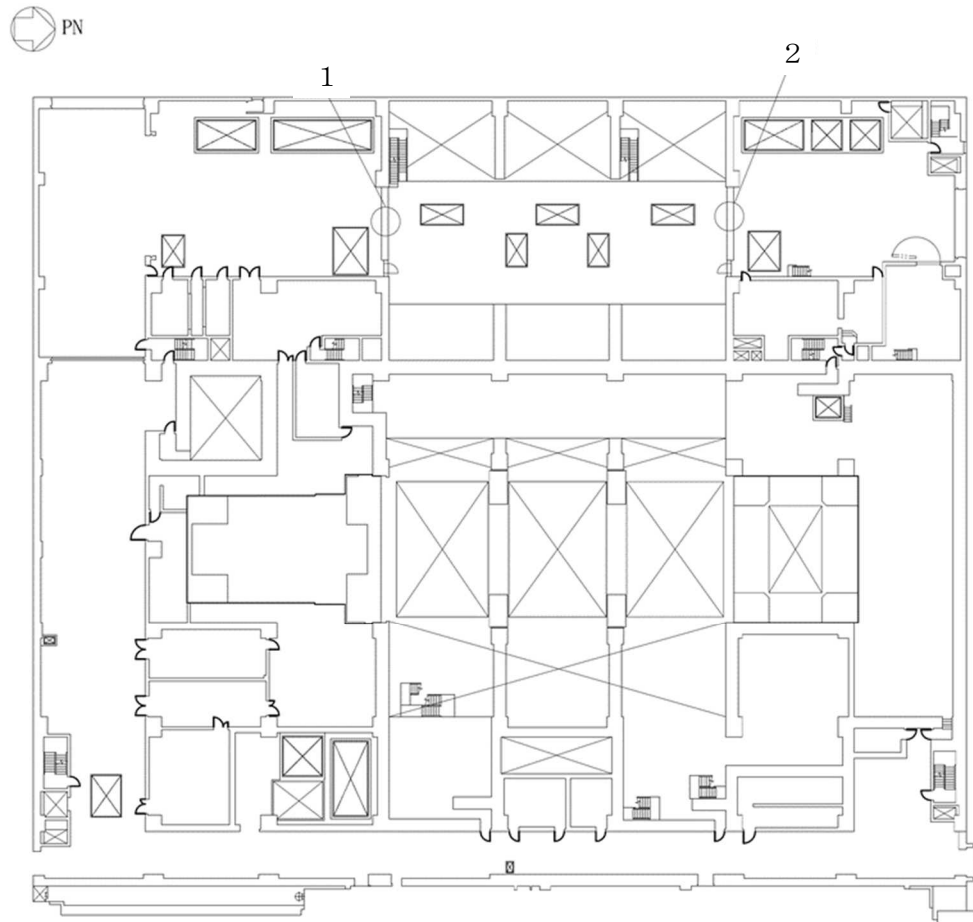
原子炉建屋 T. M. S. L. 31700mm

1	原子炉建屋地上 4 階（R5R6-RFRG） 水密扉付止水堰
---	--------------------------------

K6 ① VI-3-別添 3-2-1 R0

表 3-2-3 設置位置（水密扉付止水堰）（2/2）

配置図



タービン建屋 T.M.S.L. 12300mm

1	タービン建屋地上 1 階 (T4-TBTC) 水密扉付止水堰
2	タービン建屋地上 1 階 (T7-TBTC) 水密扉付止水堰

表 3-2-4 構造計画（水密扉付止水堰）（1/1）

計画の概要	
主体構造	<p>水密扉部は、片開型の鋼製扉とし、鋼製の扉板に芯材を取付け、扉に設置された締付装置を鋼製の杵材(囲い型)に差込み、扉と杵材(囲い型)を一体化させる構造とする。また、扉と杵材(囲い型)の接続はヒンジを介する構造とする。</p> <p>止水堰部は、鋼製板、芯材（水平材、鉛直材）、杵材(門型、囲い型)及びアンカーボルトにて構成する。</p>
支持構造	<p>水密扉部は、扉開放時においては、ヒンジにより扉が杵材(囲い型)に固定され、扉閉止時においては、締付装置により扉と杵材(囲い型)が一体化する構造とする。</p> <p>止水堰部は、鋼製板を芯材（水平材、鉛直材）が支持し、杵材(門型)で固定するものとし、杵材(門型、囲い型)をアンカーボルトにより躯体へ固定する構造とする。</p>
概略構造図	

K6 ① VI-3-別添 3-2-1 R0

### (3) 溢水伝播防止堰

#### a. 構造設計

溢水伝播防止堰は、「3.1 構造強度の設計方針」で設定している設計方針及び「4.1 荷重及び荷重の組合せ」で設定している荷重を踏まえ、以下の構造とする。

溢水伝播防止堰は、鋼製堰及び鉄筋コンクリート製堰に分類できる。

溢水伝播防止堰のうち鋼製堰は、鋼製板、芯材及びアンカーボルト等を主体構造とし、既設コンクリートを基礎として、アンカーボルトで固定し支持する構造とする。また、作用する荷重については、鋼製堰に作用し、アンカーボルトを介し、既設コンクリートに伝達する構造とする。

溢水伝播防止堰のうち鉄筋コンクリート製堰は、鉄筋コンクリート及びアンカー筋を主体構造とし、既設コンクリートを基礎として、アンカー筋で固定し、支持する構造とする。また、作用する荷重については、鉄筋コンクリート製の堰に作用し、アンカー筋を介し、既設コンクリートに伝達する構造とする。

溢水伝播防止堰の設置位置を表 3-2-5 に示す。また、溢水伝播防止堰の構造計画を表 3-2-6 に示す。

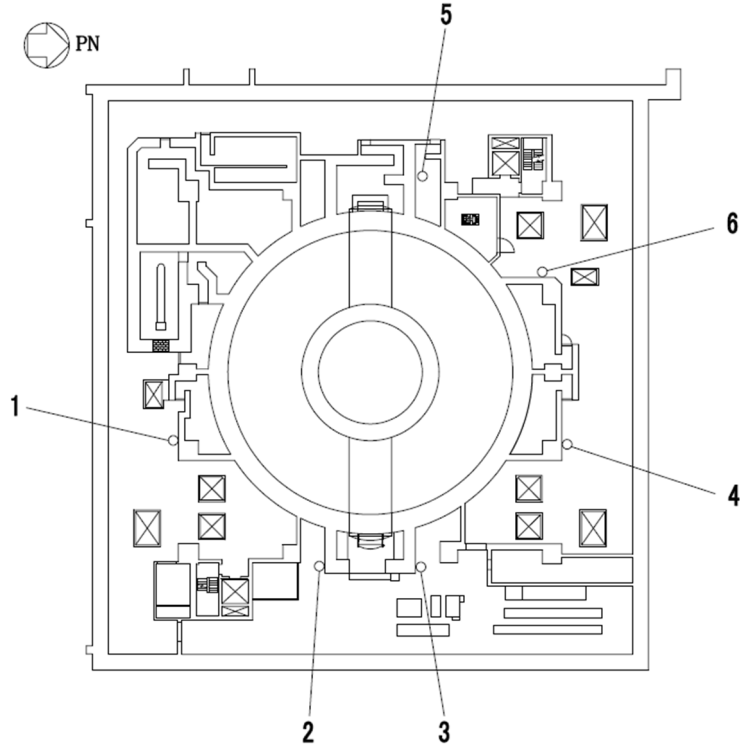
#### b. 評価方針

溢水伝播防止堰は、「a. 構造設計」を踏まえ、以下の強度評価方針とする。

溢水伝播防止堰は、発生を想定する溢水による静水圧荷重に対して、溢水伝播防止堰の評価対象部位に作用する応力が、おおむね弾性状態にとどまることを計算により確認する。

表 3-2-5 設置位置 (溢水伝播防止堰) (1/15)

配置図

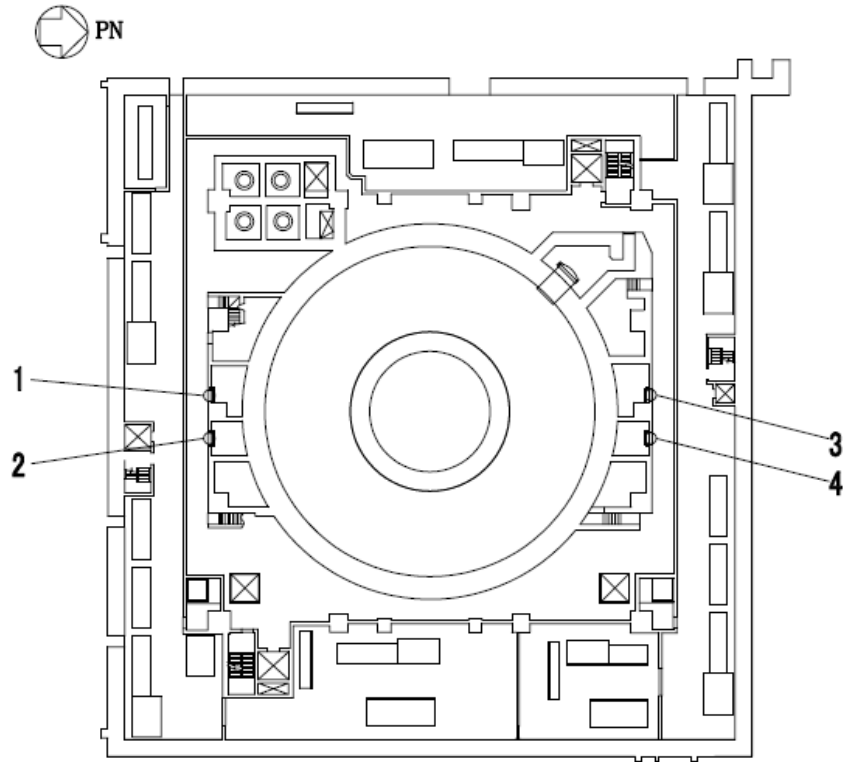


原子炉建屋 T. M. S. L. -1700mm

1	原子炉建屋地下 2 階 (R1R2-RDRE) 通路 止水堰
2	原子炉建屋地下 2 階 (R3R4-RFRG) 原子炉内蔵型再循環ポンプ・制御棒 駆動機構補修室 止水堰
3	原子炉建屋地下 2 階 (R4R5-RFRG) 原子炉内蔵型再循環ポンプ・制御棒 駆動機構補修室 止水堰
4	原子炉建屋地下 2 階 (R6R7-RDRE) 通路 止水堰
5	原子炉建屋地下 2 階 (R4R5-RARB) 制御棒駆動機構配管室 止水堰
6	原子炉建屋地下 2 階 (R5R6-RBRC) 通路 止水堰

表 3-2-5 設置位置 (溢水伝播防止堰) (2/15)

配置図



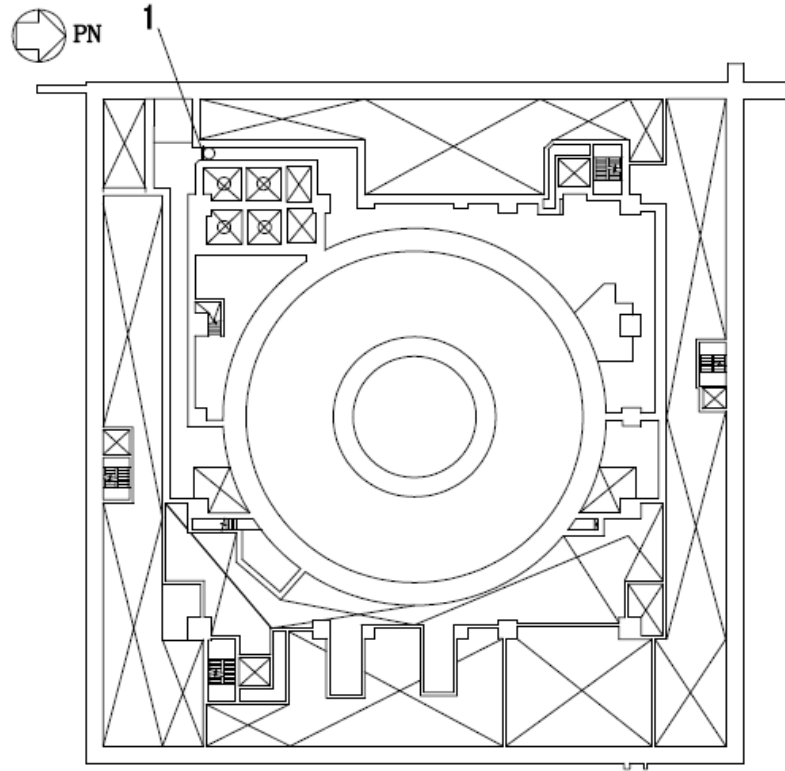
原子炉建屋 T. M. S. L. 4800mm

1	原子炉建屋地下 1 階 (R1R2-RCRD) 原子炉系 (DIV-IV) 計装ラック室 止水堰
2	原子炉建屋地下 1 階 (R1R2-RDRE) 原子炉系 (DIV-II) 計装ラック室 止水堰
3	原子炉建屋地下 1 階 (R6R7-RCRD) 原子炉系 (DIV-I) 計装ラック室 止水堰
4	原子炉建屋地下 1 階 (R6R7-RDRE) 原子炉系 (DIV-III) 計装ラック室 止水堰



表 3-2-5 設置位置 (溢水伝播防止堰) (3/15)

配置図

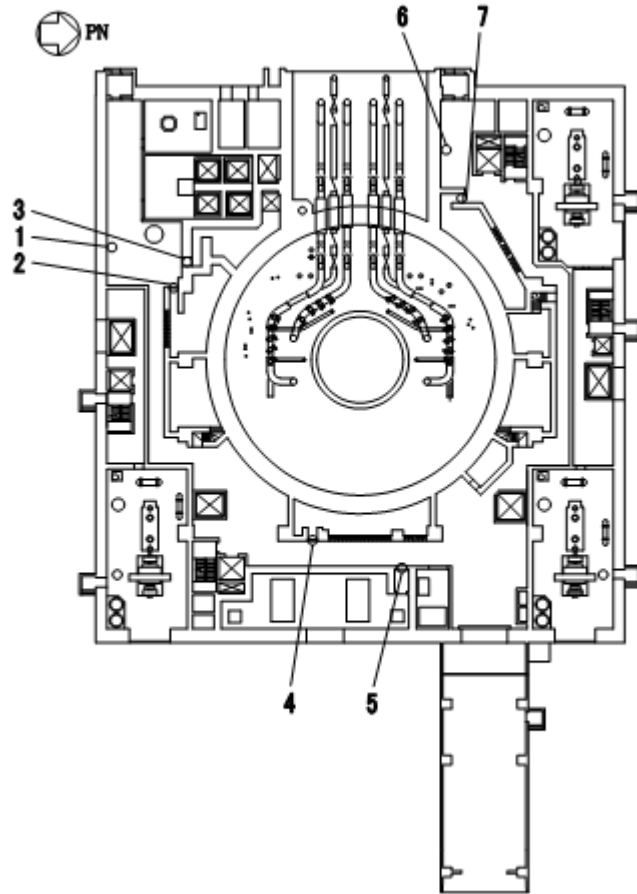


原子炉建屋 T. M. S. L. 8500mm

1	原子炉建屋地下中 1 階 (R2R3-RARB) 通路 止水堰
---	---------------------------------

表 3-2-5 設置位置 (溢水伝播防止堰) (4/15)

配置図

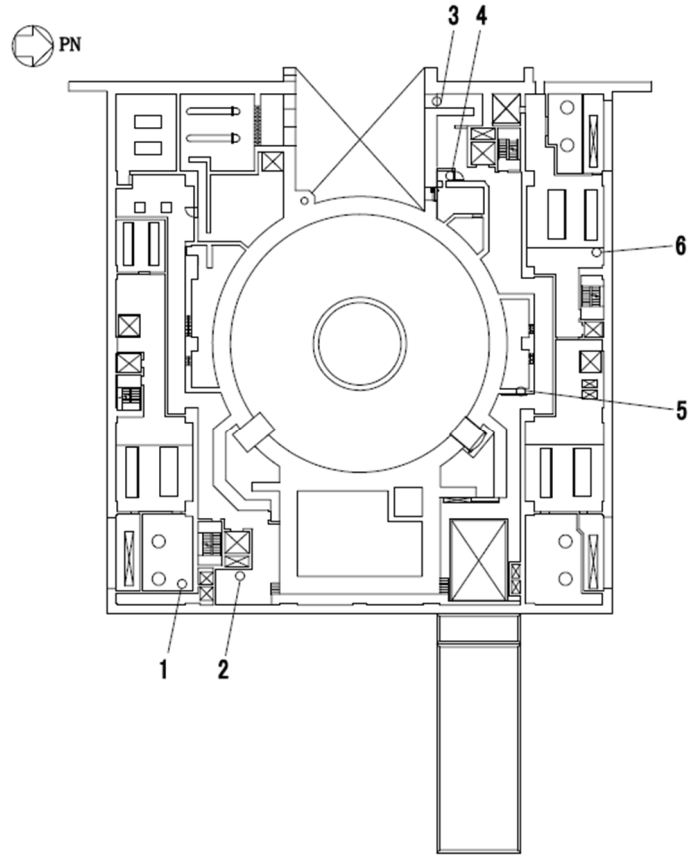


原子炉建屋 T. M. S. L. 12300mm

1	原子炉建屋地上 1 階 (R1R2-RBRC) 通路 止水堰
2	原子炉建屋地上 1 階 (R1R2-RCRD) ほう酸水注入系・電気ペネ室 止水堰
3	原子炉建屋地上 1 階 (R2R3-RBRC) 原子炉冷却材浄化系弁室 止水堰
4	原子炉建屋地上 1 階 (R3R4-RFRG) 電気ペネ室 止水堰
5	原子炉建屋地上 1 階 (R4R5-RFRG) 可燃性ガス濃度制御系エアロック室 止水堰
6	原子炉建屋地上 1 階 (R5R6-RARB) 通路 止水堰
7	原子炉建屋地上 1 階 (R5R6-RBRC) 原子炉補機冷却水系・不活性ガス系・電気ペネ室 止水堰

表 3-2-5 設置位置 (溢水伝播防止堰) (5/15)

配置図

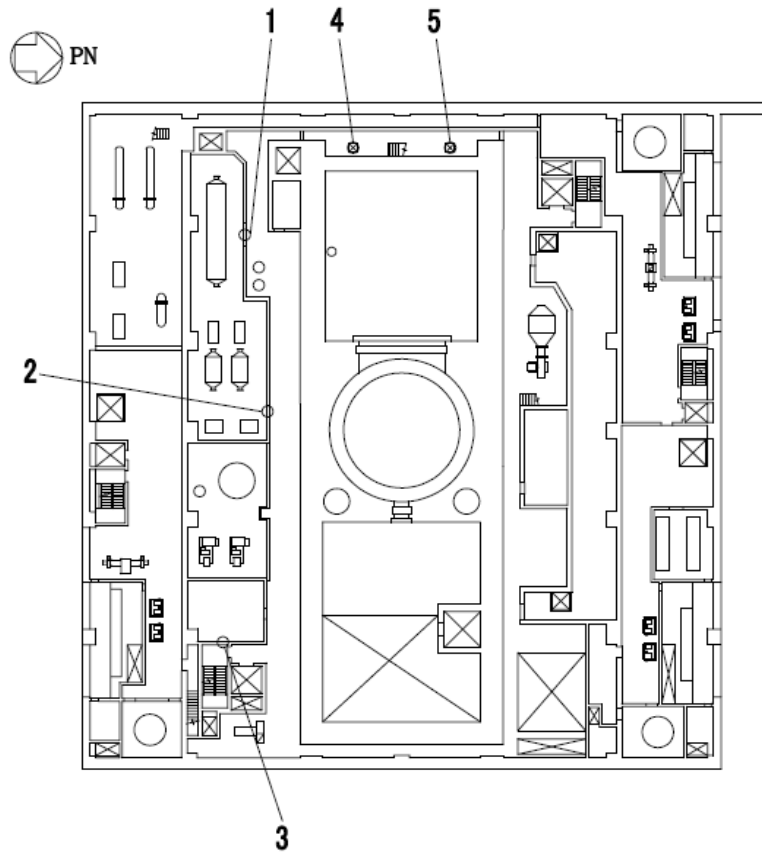


原子炉建屋 T. M. S. L. 18100mm

1	原子炉建屋地上 2 階 (R1R2-RFRG) 非常用ディーゼル発電機 (B) 非常用送風機室 止水堰
2	原子炉建屋地上 2 階 (R2R3-RFRG) 通路 止水堰
3	原子炉建屋地上 2 階 (R5R6-RARB) 通路 止水堰
4	原子炉建屋地上 2 階 (R5R6-RARB) 主蒸気系トンネル室, 配管ペネ室 止水堰
5	原子炉建屋地上 2 階 (R5R6-RDRE) 電気ペネ室 止水堰
6	原子炉建屋地上 2 階 (R6R7-RBRC) 通路 止水堰

表 3-2-5 設置位置 (溢水伝播防止堰) (6/15)

配置図

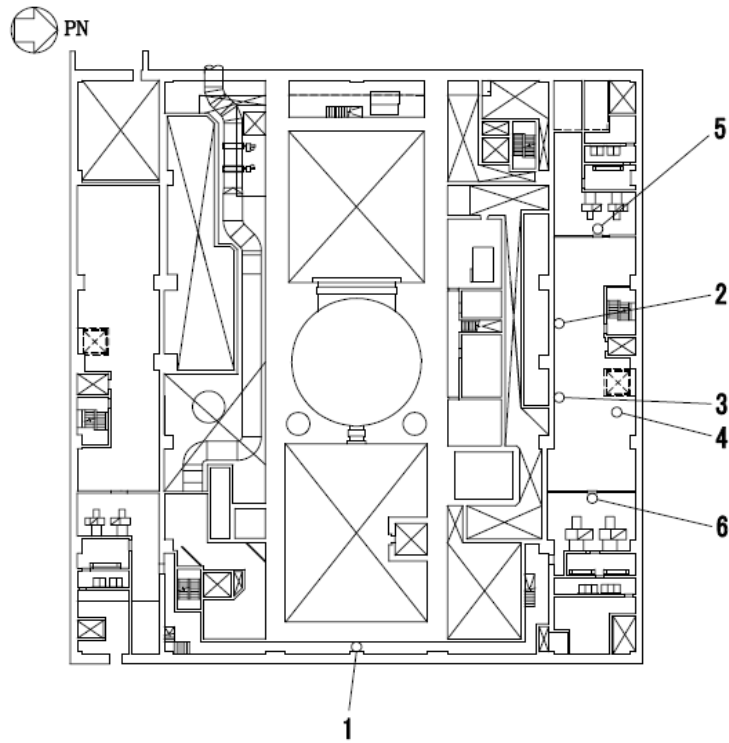


原子炉建屋 T. M. S. L. 23500mm

1	原子炉建屋地上 3 階 (R2R3-RBRC) 非常用ガス処理系室 止水堰
2	原子炉建屋地上 3 階 (R2R3-RCRD) 非常用ガス処理系室 止水堰
3	原子炉建屋地上 3 階 (R2R3-RFRG) 格納容器内雰囲気モニタ系(B)室 止水堰
4	原子炉建屋地上 3 階 (R3R4-RARB) 通路 止水堰
5	原子炉建屋地上 3 階 (R4R5-RARB) 通路 止水堰

表 3-2-5 設置位置 (溢水伝播防止堰) (7/15)

配置図

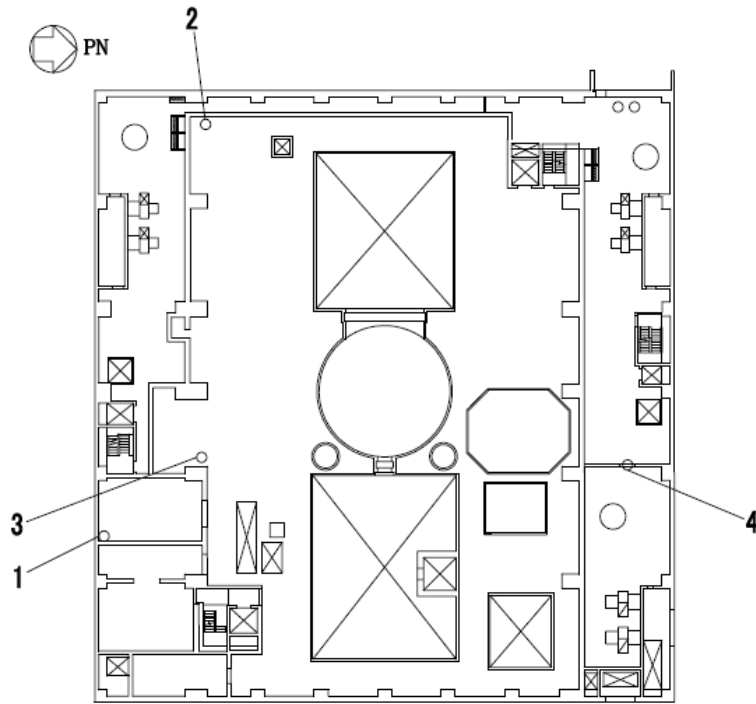


原子炉建屋 T. M. S. L. 27200mm

1	原子炉建屋地上中 3 階 (R4-RFRG) 通路 止水堰
2	原子炉建屋地上中 3 階 (R6R7-RCRD) 北側改良型制御棒駆動機構制御盤室 止水堰
3	原子炉建屋地上中 3 階 (R6R7-RDRE) 北側改良型制御棒駆動機構制御盤室 止水堰 1
4	原子炉建屋地上中 3 階 (R6R7-RDRE) 北側改良型制御棒駆動機構制御盤室 止水堰 2
5	原子炉建屋地上中 3 階 (R6R7-RBRC) 非常用ディーゼル発電機(A)区域 送風機室 止水堰
6	原子炉建屋地上中 3 階 (R6R7-RERF) 非常用ディーゼル発電機(C)区域 送風機室 止水堰

表 3-2-5 設置位置 (溢水伝播防止堰) (8/15)

配置図

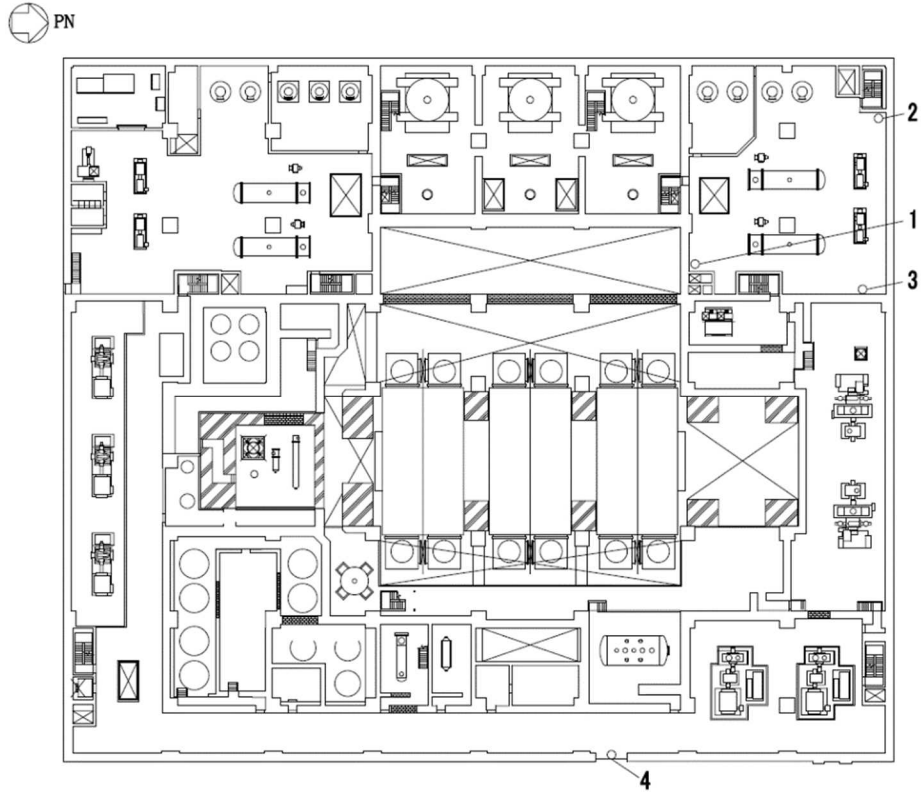


原子炉建屋 T.M.S.L. 31700mm

1	原子炉建屋地上 4 階 (R1R2-RERF) 原子炉内蔵型再循環ポンプ点検室 止水堰
2	原子炉建屋地上 4 階 (R2R3-RARB) オペレーティングフロア 止水堰
3	原子炉建屋地上 4 階 (R2R3-RDRE) オペレーティングフロア 止水堰
4	原子炉建屋地上 4 階 (R6R7-RDRE) 原子炉補機冷却水系 (C) サージタンク室 止水堰

表 3-2-5 設置位置 (溢水伝播防止堰) (9/15)

配置図

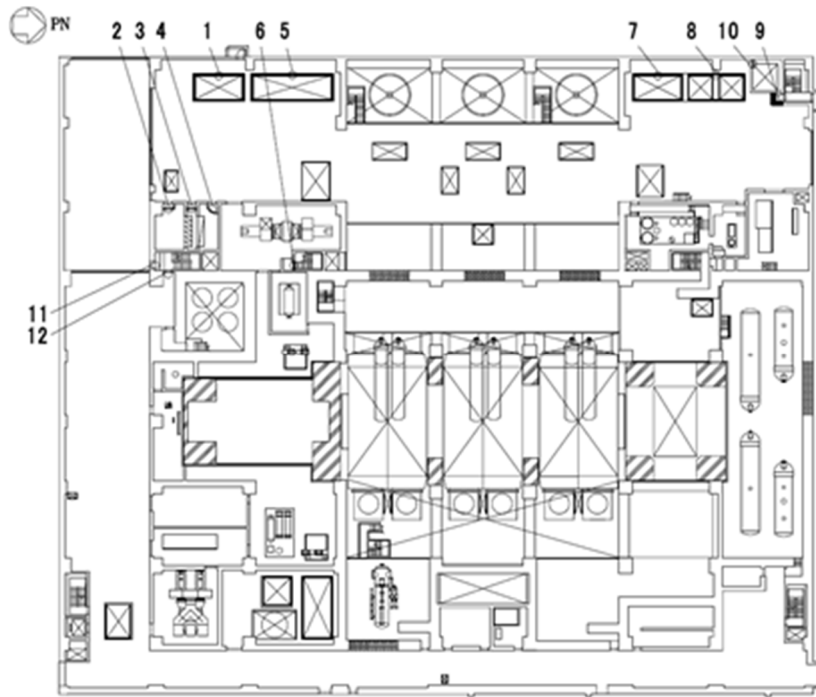


タービン建屋 T. M. S. L. 4900mm

1	タービン建屋地下 1 階 (T7T8-TCTD) <input type="checkbox"/> 原子炉補機冷却水系熱交換器・ポンプ室 止水堰
2	タービン建屋地下 1 階 (T8T9-TATB) <input type="checkbox"/> 原子炉補機冷却水系熱交換器・ポンプ室 止水堰
3	タービン建屋地下 1 階 (T8T9-TCTD) <input type="checkbox"/> 原子炉補機冷却水系熱交換器・ポンプ室 止水堰
4	タービン建屋地下 1 階 (T6T7-TJTK) 通路 止水堰

表 3-2-5 設置位置 (溢水伝播防止堰) (10/15)

配置図



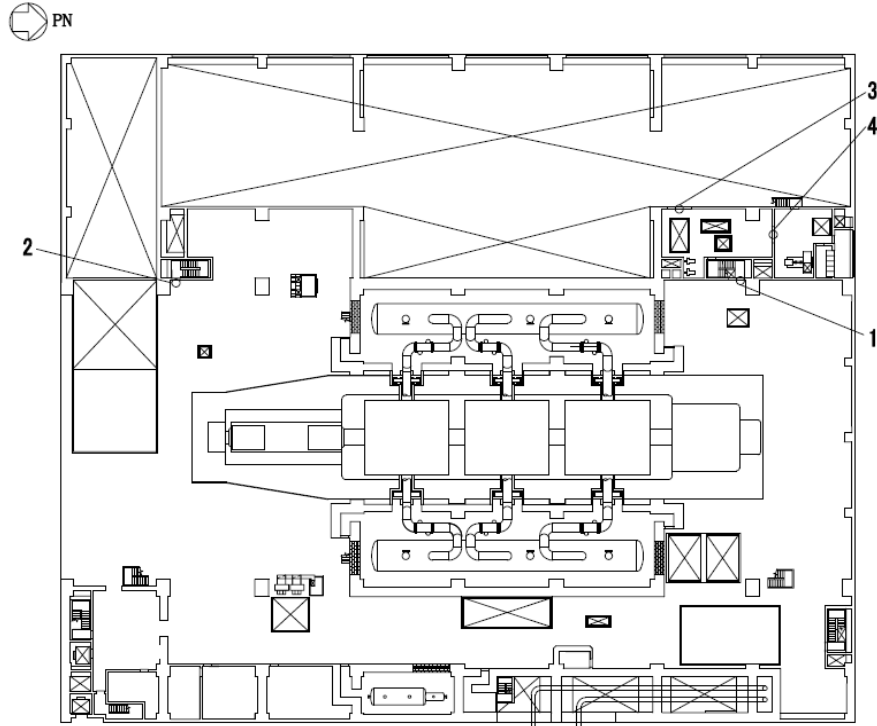
タービン建屋 T. M. S. L. 12300mm

1	タービン建屋地上1階 (T2T3-TATB) レイダウンスペース 止水堰
2	タービン建屋地上1階 (T2T3-TBTC) 海水熱交換器エリア給気処理装置室 止水堰1
3	タービン建屋地上1階 (T2T3-TBTC) 海水熱交換器エリア給気処理装置室 止水堰2
4	タービン建屋地上1階 (T2T3-TBTC) 海水熱交換器エリア給気処理装置室 止水堰3
5	タービン建屋地上1階 (T3T4-TATB) レイダウンスペース 止水堰
6	タービン建屋地上1階 (T3T4-TCTD) 南階段室 止水堰
7	タービン建屋地上1階 (T7T8-TATB) レイダウンスペース 止水堰
8	タービン建屋地上1階 (T7T9-TATB) レイダウンスペース 止水堰
9	タービン建屋地上1階 (T8T9-TATB) 北階段室 止水堰
10	タービン建屋地上1階 (T8T9-TATB) 原子炉補機冷却海水系配管室, 空調ダクト室 止水堰
11	タービン建屋地上1階 (T1T2-TCTD) 南西階段室 止水堰
12	タービン建屋地上1階 (T2T3-TCTD) 南西階段室 止水堰



表 3-2-5 設置位置 (溢水伝播防止堰) (11/15)

配置図

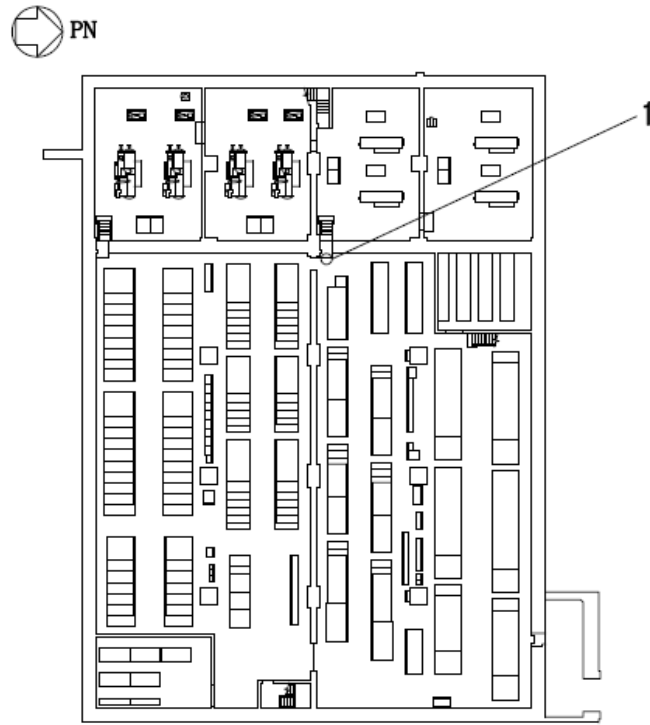


タービン建屋 T.M.S.L. 20400mm

1	タービン建屋地上 2 階 (T7T8-TCTD) 北西階段室 止水堰
2	タービン建屋地上 2 階 (T2T3-TCTD) 南西階段室 止水堰
3	タービン建屋地上 2 階 (T7T8-TBTC) 主油タンクメンテナンス室 止水堰
4	タービン建屋地上 2 階 (T8T9-TCTD) 主油タンクメンテナンス室 止水堰

表 3-2-5 設置位置 (溢水伝播防止堰) (12/15)

配置図

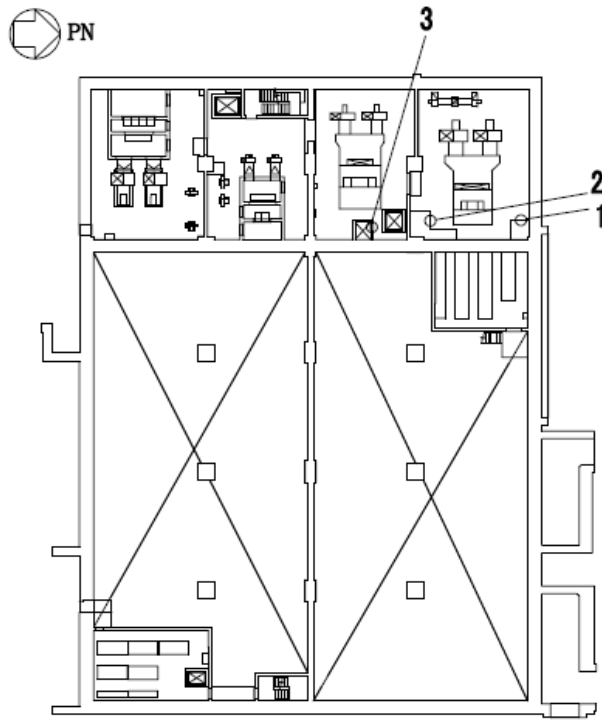


コントロール建屋 T.M.S.L. -2700mm

1	6号機コントロール建屋地下2階 (C3C4-CCCD) 常用電気品室 止水堰
---	--

表 3-2-5 設置位置 (溢水伝播防止堰) (13/15)

配置図

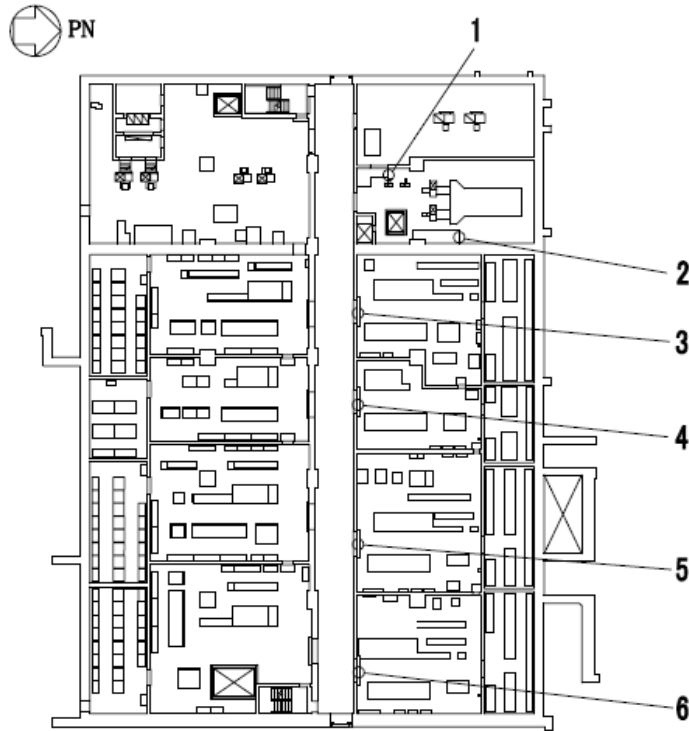


コントロール建屋 T.M.S.L. 1000mm

1	6号機コントロール建屋地下中2階 (C4C5-CBCC) 常用電気品区域 送・排風機室 止水堰 1
2	6号機コントロール建屋地下中2階 (C4C5-CBCC) 常用電気品区域 送・排風機室 止水堰 2
3	6号機コントロール建屋地下中2階 (C3C4-CBCC) 空調ダクト, ケーブル処理室 止水堰

表 3-2-5 設置位置 (溢水伝播防止堰) (14/15)

配置図

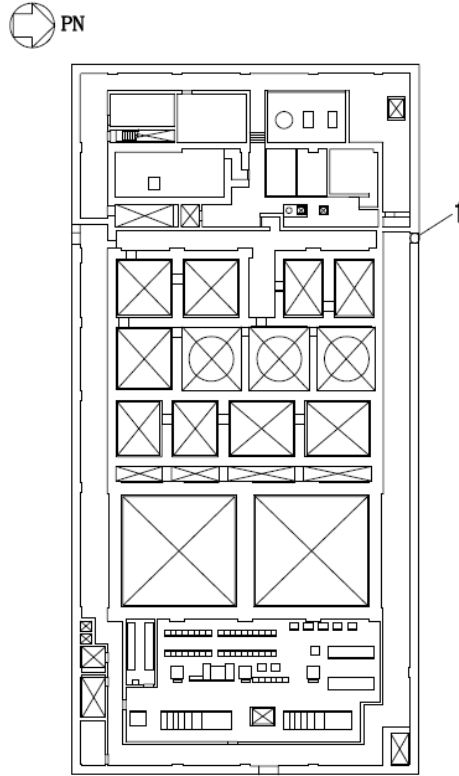


コントロール建屋 T. M. S. L. 6500mm

1	6号機コントロール建屋地下1階 (C3C4-CBCC) 計測制御電源盤区域(A) 送・排風機室 止水堰
2	6号機コントロール建屋地下1階 (C4C5-CBCC) 計測制御電源盤区域(A) 送・排風機室 止水堰
3	6号機コントロール建屋地下1階 (C3C4-CCCD) 区分I 計測制御用電源盤室 止水堰
4	6号機コントロール建屋地下1階 (C3C4-CDCE) 区分IV 計測制御用電源盤室 止水堰
5	6号機コントロール建屋地下1階 (C3C4-CECF) 区分II 計測制御用電源盤室 止水堰
6	6号機コントロール建屋地下1階 (C3C4-CFCG) 区分III 計測制御用電源盤室 止水堰

表 3-2-5 設置位置 (溢水伝播防止堰) (15/15)

配置図



廃棄物処理建屋 T. M. S. L. 6500mm

1	廃棄物処理建屋地下 1 階 (RW6RW7-RWBRWC) 通路 止水堰
---	--------------------------------------

K6 ① VI-3-別添 3-2-1 R0

表 3-2-6 構造計画(溢水伝播防止堰) (1/4)

計画の概要		概略構造図
主体構造	支持構造	
鋼製堰 (L型)	鋼製板又はH形鋼及びアンカーボルトにて構成する。	鋼製板又はH形鋼を床面にアンカーボルトにて固定する。
		<p>アンカーボルト</p> <p>平面図</p> <p>アンカーボルト</p> <p>鋼製板</p> <p>立面図</p> <p>アンカーボルト</p> <p>鋼製板</p> <p>A-A断面図</p>

表 3-2-6 構造計画(溢水伝播防止堰) (2/4)

計画の概要	
鋼製堰 (落とし込み型)	
主体構造	鋼製板, 枠材, H形鋼及びアンカーボルトにて構成する。
支持構造	鋼製板を取付けた枠材を固定したH形鋼をコンクリート躯体にアンカーボルトにて固定する。
概略構造図	
<p>立面図</p> <p>A-A断面図</p>	

K6 ① VI-3-別添 3-2-1 R0

表 3-2-6 構造計画(溢水伝播防止堰) (3/4)

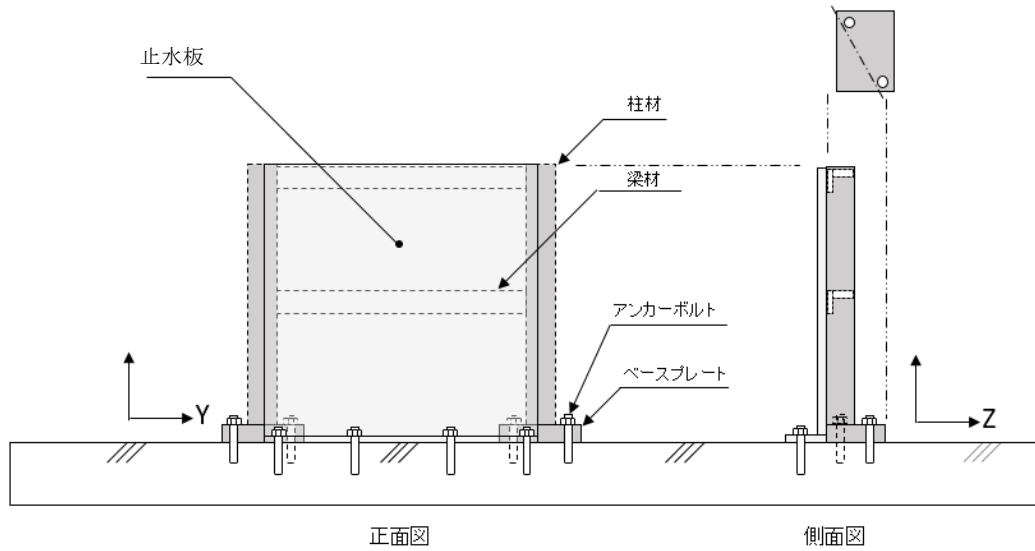
計画の概要		概略構造図
主体構造	支持構造	
鉄筋コンクリート製堰(一段)	コンクリート、主筋(横筋)及びアンカー筋により構成する。 堰を既設コンクリート床面にアンカー筋で固定する。	<p>既設コンクリート床面 (既存躯体)</p>
鉄筋コンクリート製堰(二段以上)	コンクリート、主筋(縦筋, 横筋)及びアンカー筋により構成する。 堰を既設コンクリート床面にアンカー筋で固定する。	<p>既設コンクリート床面 (既存躯体)</p> <p>注記*: 鉄筋のうち、既存躯体に埋め込まれた部分をアンカー筋、堰に敷設した部分を縦筋と定義する。</p>



表 3-2-6 構造計画(溢水伝播防止堰) (4/4)

計画の概要		概略構造図
主体構造	支持構造	
鋼板組合せ堰	止水板, 梁材, 柱材, ベースプレート及びアンカーボルトにて構成する。	鋼材で補強した止水板を床面及び必要に応じ壁面にアンカーボルトにて固定する。
		下の構造図参照

K6 ① VI-3-別添 3-2-1 R0



構造図 (鋼板組合せ堰)

#### (4) 管理区域外伝播防止堰

##### a. 構造設計

管理区域外伝播防止堰は、「3.1 構造強度の設計方針」で設定している設計方針及び「4.1 荷重及び荷重の組合せ」で設定している荷重を踏まえ、以下の構造とする。

管理区域外伝播防止堰は、鋼製堰及び鉄筋コンクリート製堰に分類できる。

管理区域外伝播防止堰のうち鋼製堰は、鋼製板、ハンドル、柱、アンカーボルト及びインサートボルト等を主体構造とし、既設コンクリートを基礎として、アンカーボルト及びインサートボルトで固定し支持する構造とする。また、作用する荷重については、鋼製堰に作用し、柱を介してアンカーボルト及びインサートボルトにより既設コンクリートに伝達する構造とする。

管理区域外伝播防止堰のうち鉄筋コンクリート製堰は、鉄筋コンクリート及びアンカー筋を主体構造とし、既設コンクリートを基礎として、アンカー筋で固定し、支持する構造とする。また、作用する荷重については、鉄筋コンクリート製の堰に作用し、アンカー筋を介し、既設コンクリートに伝達する構造とする。

管理区域外伝播防止堰の設置位置を表 3-2-7 に示す。また、管理区域外伝播防止堰の構造計画を表 3-2-8 に示す。

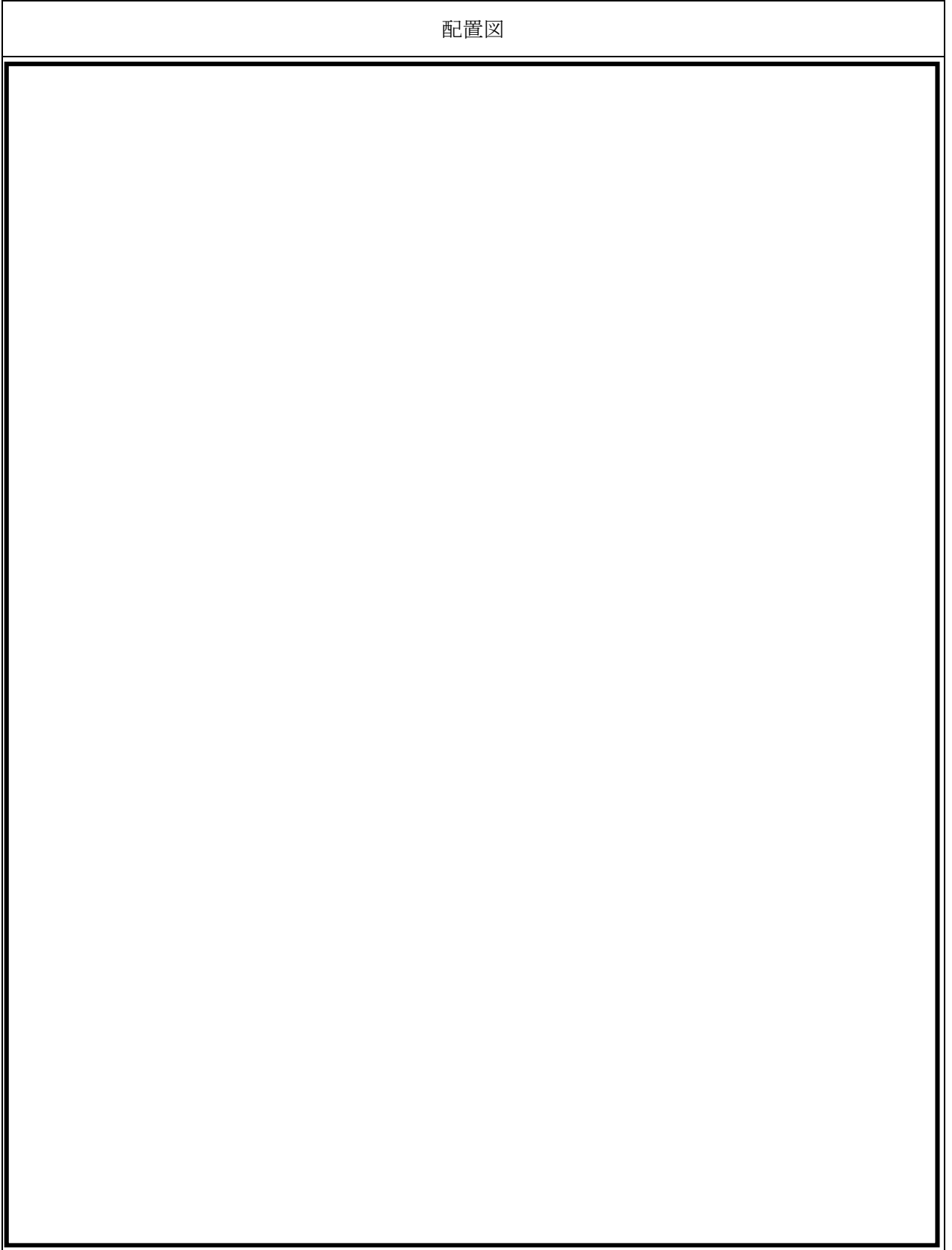
##### b. 評価方針

管理区域外伝播防止堰は、「a. 構造設計」を踏まえ、以下の強度評価方針とする。

管理区域外伝播防止堰は、発生を想定する溢水による静水圧荷重に対して、管理区域外伝播防止堰の評価対象部位に作用する応力がおおむね弾性状態にとどまることを計算により確認する。

表 3-2-7 設置位置(管理区域外伝播防止堰) (1/2)

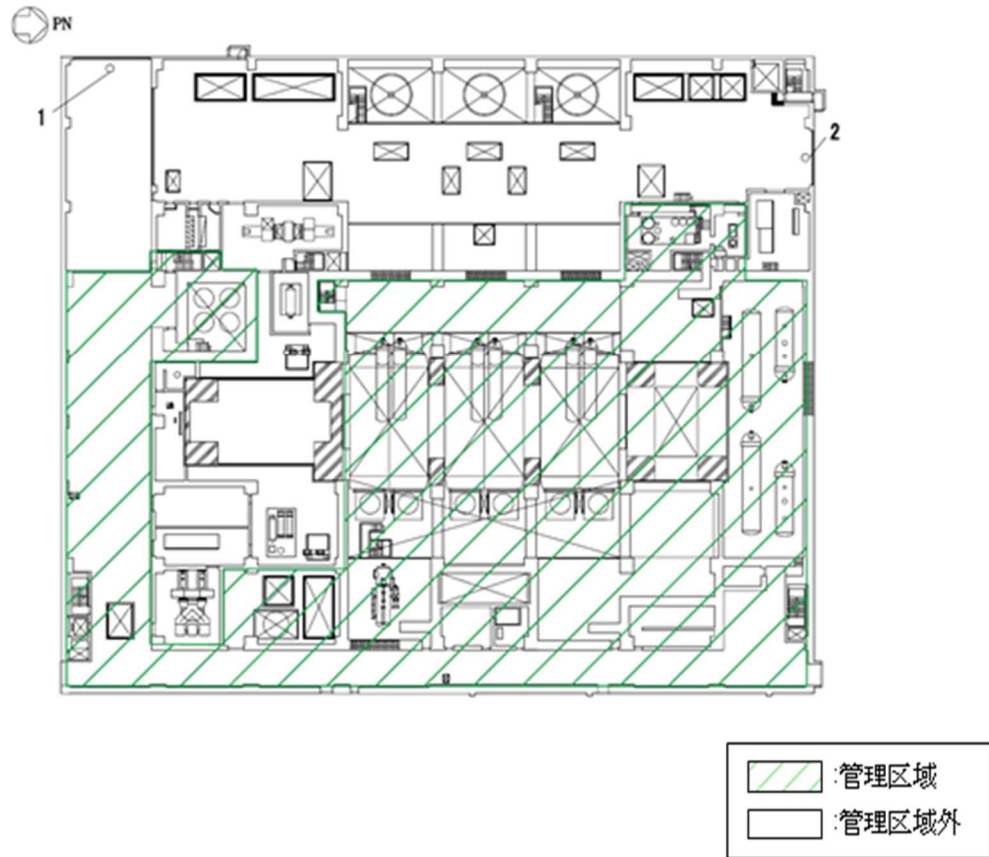
配置図



K6 ① VI-3-別添 3-2-1 R0

表 3-2-7 設置位置(管理区域外伝播防止堰) (2/2)

配置図



タービン建屋 T. M. S. L. 12300mm

1	タービン建屋地上1階 (T1T2-TATB) 大物搬出入口 止水堰
2	タービン建屋地上1階 (T8T9-TBTC) レイダウンスペース 止水堰

表 3-2-8 構造計画(管理区域外伝播防止堰) (1/2)

計画の概要	
鋼製堰 (落とし込み型)	
主体構造	鋼製板, ハンドル, 柱, アンカーボルト及びインサートボルトにて構成される。
支持構造	鋼製板はハンドルで柱に固定され, アンカーボルト及びインサートボルトにより既設コンクリートに固定する。
概略構造図	
<p>立面図</p>	
<p>A-A断面図</p>	
<p>B部詳細平面図</p>	
<p>C部詳細断面図</p>	

K6 ① VI-3-別添 3-2-1 R0

表 3-2-8 構造計画(管理区域外伝播防止堰) (2/2)

計画の概要		概略構造図
主体構造	支持構造	
鉄筋コンクリート製堰	<p>コンクリート、主筋(横筋)及びアンカー筋により構成する。</p> <p>堰を既設コンクリート床面にアンカー筋で固定する。</p>	<p>横筋</p> <p>アンカー筋</p> <p>▽堰天端</p> <p>▽設置レベル</p> <p>既設コンクリート床面 (既存躯体)</p>

K6 ① VI-3-別添 3-2-1 R0

## (5) 床ドレンライン浸水防止治具

### a. 構造設計

床ドレンライン浸水防止治具は、フロート式治具、スプリング式治具、閉止キャップ及び閉止栓があり、「3.1 構造強度の設計方針」で設定している設計方針及び「4.1 荷重及び荷重の組合せ」で設定している荷重を踏まえ、以下の構造とする。

フロート式治具は、弁本体、フロート及びフロートガイドを主体構造とし、荷重が作用した場合でもフロート式治具が動かないように床面設置の床ドレン配管のねじ切り部に直接ねじ込み固定する構造若しくは、台座と取付金具を接着剤で取付け、本体フランジに取付金具をボルトにて固定し、支持する構造とする。また、作用する荷重は、フロート式治具に作用し、ねじ込み又は接着剤で固定した部分を介して建物内の床面に伝達する構造とする。

スプリング式治具は、弁本体、弁体及び弁体を弁座に導くガイドを主体構造とし、荷重が作用した場合でもスプリング式治具が動かないように床面設置の床ドレン配管のねじ切り部に直接ねじ込み固定する構造若しくは、台座と取付金具を接着剤で取付け、本体フランジに取付金具をボルトにて固定し、支持する構造とする。また、作用する荷重は、スプリング式治具に作用し、ねじ込み又は接着剤で固定した部分を介して建物内の床面に伝達する構造とする。

閉止キャップは、閉止キャップを主体構造とし、荷重が作用した場合でも閉止キャップが動かないように床面設置の床ドレン配管にねじ込み固定し、支持する構造とする。また、作用する荷重は、閉止キャップに作用し、ねじ込みで固定した部分を介して建物内の床面に伝達する構造とする。

閉止栓は、閉止栓を主体構造とし、荷重が作用した場合でも閉止栓が動かないように床面設置の床ドレン配管にゴムの圧着により固定し、支持する構造とする。また、作用する荷重は、閉止栓に作用し、ゴムの圧着で固定した部分を介して建物内の床面に伝達する構造とする。

床ドレンライン浸水防止治具の設置位置を表 3-2-9 に示す。また、構造計画を表 3-2-10 に示す。

### b. 評価方針

床ドレンライン浸水防止治具は、「a. 構造設計」を踏まえ、以下の強度評価方針とする。

床ドレンライン浸水防止治具は発生を想定する溢水による静水圧に対して、床ドレンライン浸水防止治具の評価対象部位に作用する応力がおおむね弾性状態にとどまることを確認する。

表 3-2-9 設置位置(床ドレンライン浸水防止治具)

設置位置図		
建屋名称*	設置階	
原子炉建屋	地下 3 階	T. M. S. L. -8200mm
	地下 2 階	T. M. S. L. -1700mm
タービン建屋	地下 2 階	T. M. S. L. -5100mm
	地下中 2 階	T. M. S. L. -1100mm
	地下 1 階	T. M. S. L. 4900mm
コントロール建屋	地下 2 階	T. M. S. L. -2700mm
	地下中 2 階	T. M. S. L. 1000mm
廃棄物処理建屋	地下 3 階	T. M. S. L. -6100mm
	地下 1 階	T. M. S. L. 6500mm

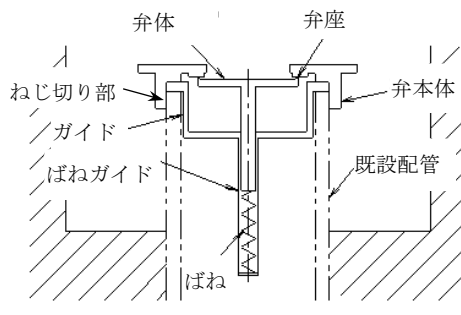
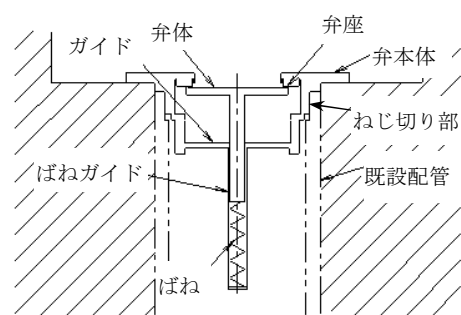
注記\* : 建屋外周エリアを含む



表 3-2-10 構造計画(床ドレンライン浸水防止治具) (1/3)

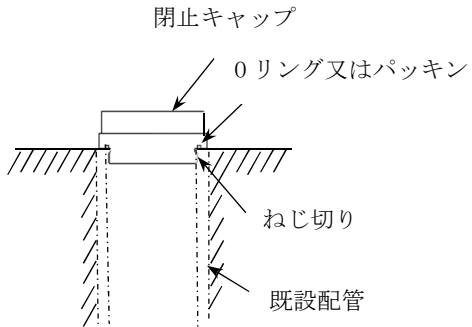
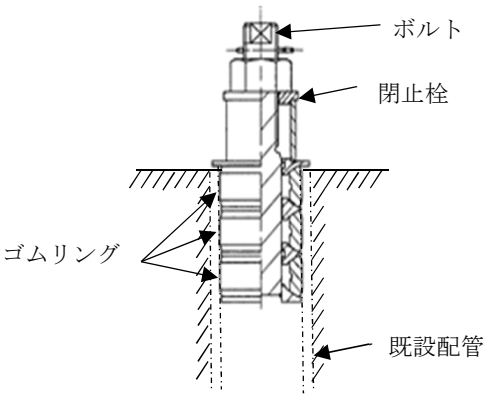
計画の概要			概略構造図
型式	主体構造	支持構造	
フロート式治具	外ねじ取付型	弁座を含む弁本体, 弁体であるフロート及びフロートを弁座に導くフロートガイドで構成する。	
	内ねじ取付型		
	フランジ取付型		
			<p>配管のねじ切り部に直接ねじ込み固定とする。</p>
			<p>台座と取付金具を接着剤で固定し, 本体フランジと取付金具をボルトで固定する。</p>

表 3-2-10 構造計画(床ドレンライン浸水防止治具) (2/3)

型式		計画の概要		概略構造図
		主体構造	支持構造	
スプリング式治具	外ねじ取付型	弁座を含む弁本体、弁体、弁体を弁座に導くガイド、ばねが内挿されるばねガイドで構成する。	配管のねじ切り部に直接ねじ込み固定とする。	
	内ねじ取付型			
	フランジ取付型			台座と取付金具を接着剤で固定し、本体フランジと取付金具をボルトで固定する。

K6 ① VI-3-別添 3-2-1 R0

表 3-2-10 構造計画(床ドレンライン浸水防止治具) (3/3)

型式	計画の概要		概略構造図
	主体構造	支持構造	
閉止キャップ	閉止キャップで構成する。	配管にねじ込み固定する。	
閉止栓	閉止栓で構成する。	ゴムの圧着により固定する。	

K6 ① VI-3-別添 3-2-1 R0

(6) 貫通部止水処置

a. 構造設計

貫通部止水処置は、「3.1 構造強度の設計方針」で設定している設計方針及び「4.1 荷重及び荷重の組合せ」で設定している荷重を踏まえ、以下の構造とする。

貫通部止水処置は、建屋内の壁又は床面の貫通口と貫通物の隙間をシール材、ブーツ、閉止板（鉄板、止水ダンパ）及びモルタルにより止水する構造とする。

なお、シール材をケーブルトレイ貫通部の止水に用いる場合は、シール材が型崩れしないように金属ボックスをアンカーボルトで壁・床面に固定し、金属ボックスにシール材を充填、もしくは塗布する。

また、作用する荷重については、受圧面へ全面的に作用した場合に、止水処置部全体へ伝達する構造とする。

貫通部止水処置の設置位置を表 3-2-11 に示す。また、構造計画を表 3-2-12 に示す。なお、貫通部止水処置の選定については、図 3-1 に示す貫通部止水処置の選定フローによる。

b. 評価方針

貫通部止水処置は、「a. 構造設計」を踏まえ、以下の強度評価方針とする。

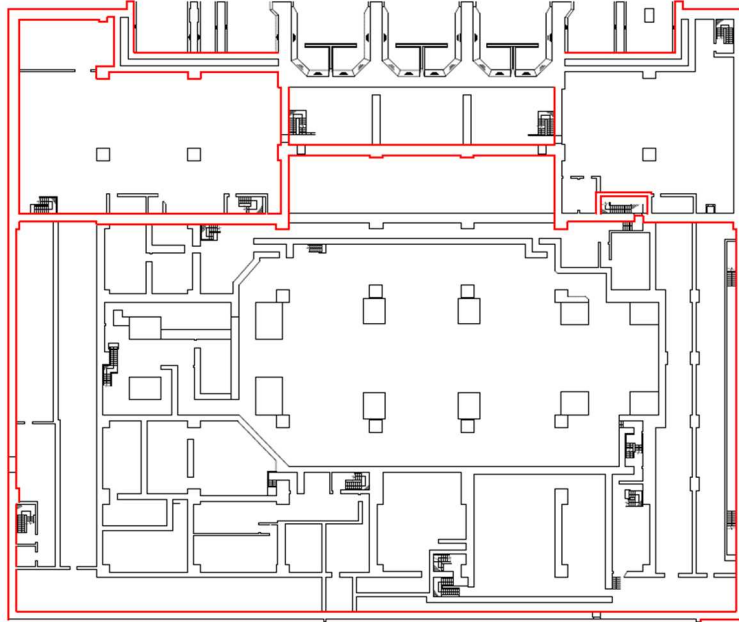
シール材、ブーツ及び閉止板（止水ダンパ）による止水処置については、発生を想定する溢水による静水圧荷重に対し、有意な漏えいが生じないことを確認する。

閉止板（鉄板、止水ダンパ）及びモルタルによる止水処置については、発生を想定する溢水による静水圧荷重に対し、おおむね弾性状態にとどまることを確認する。

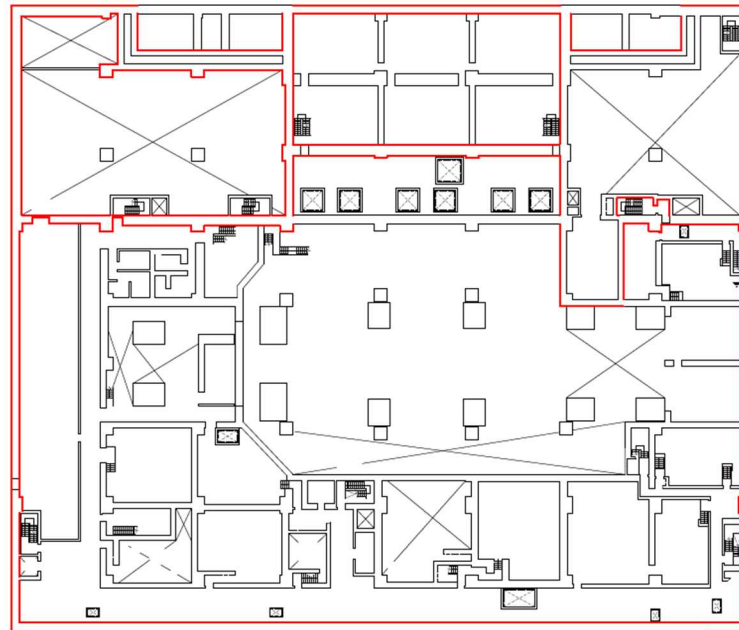
ケーブルトレイ金属ボックスによる止水処置については、発生を想定する溢水による静水圧荷重に対し、金属ボックスに有意な漏えいが生じないこと及びアンカーボルトがおおむね弾性状態にとどまることを確認する。

表 3-2-11 設置位置（貫通部止水処置）（1/13）

配置図



タービン建屋 T.M.S.L. -5100mm

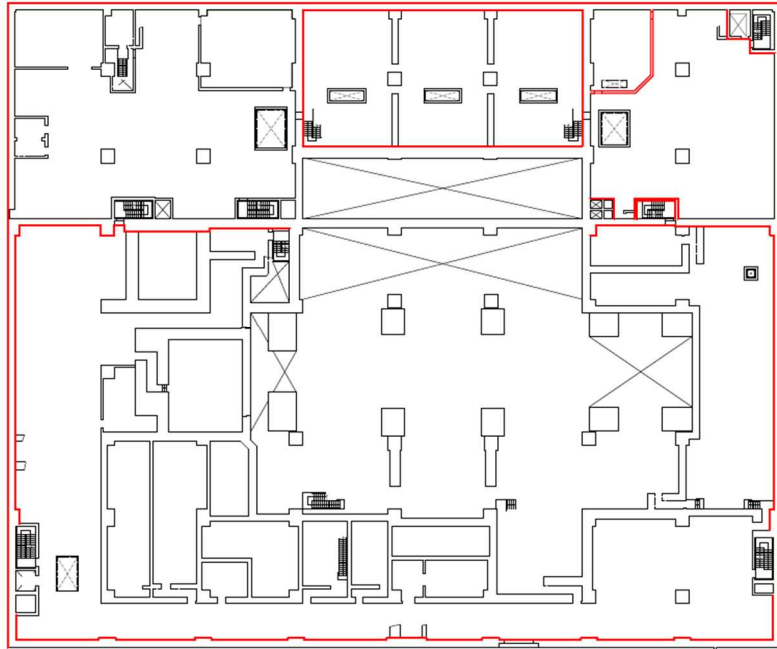


タービン建屋 T.M.S.L. -1100mm

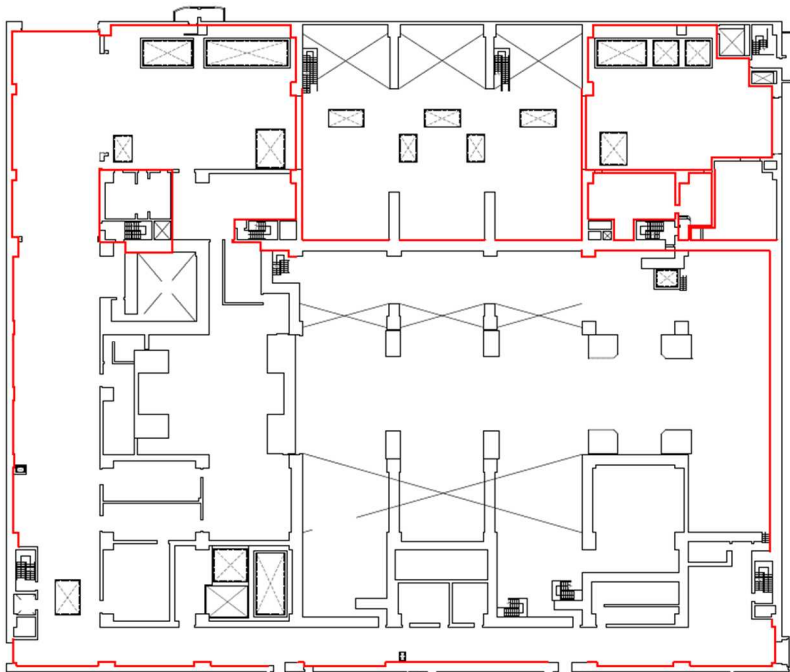
— : 貫通部止水処置を実施する壁面

表 3-2-11 設置位置(貫通部止水処置) (2/13)

配置図



タービン建屋 T.M.S.L. 4900mm



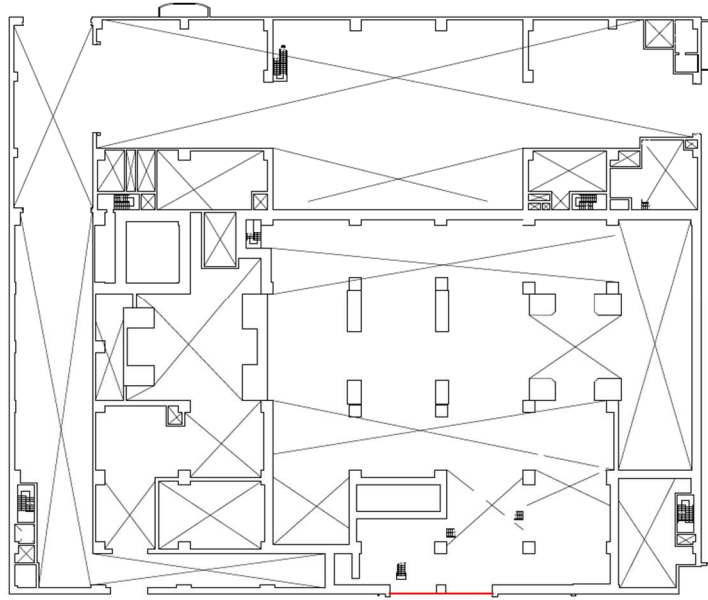
タービン建屋 T.M.S.L. 12300mm

— : 貫通部止水処置を実施する壁面

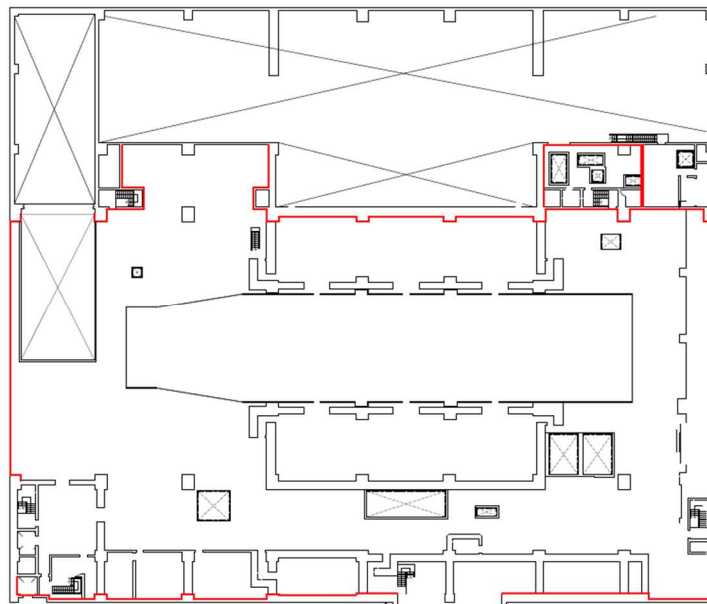
K6 ① VI-3-別添 3-2-1 R0

表 3-2-11 設置位置(貫通部止水処置) (3/13)

配置図



タービン建屋 T. M. S. L. 17000mm

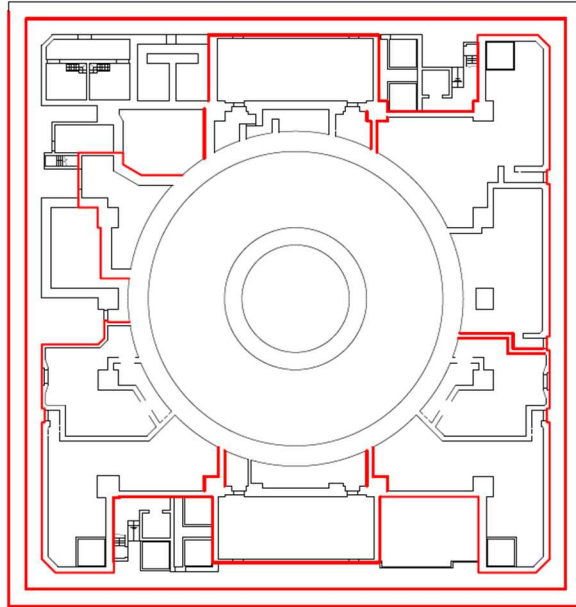


タービン建屋 T. M. S. L. 20400mm

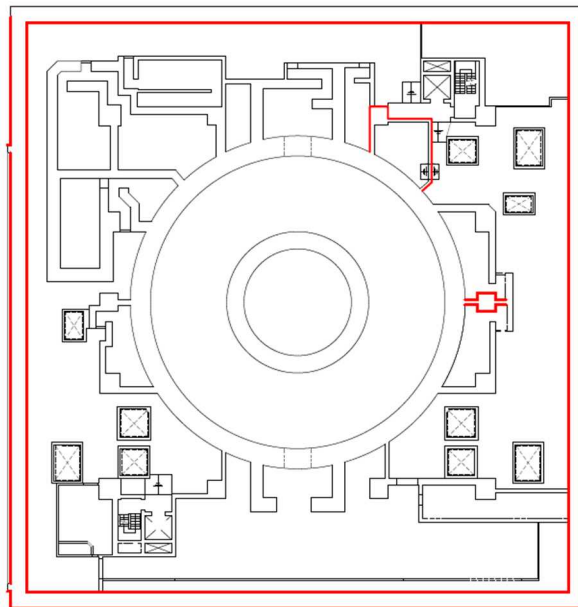
— : 貫通部止水処置を実施する壁面

表 3-2-11 設置位置(貫通部止水処置) (4/13)

配置図



原子炉建屋 T.M.S.L. -820mm



原子炉建屋 T.M.S.L. -1700mm

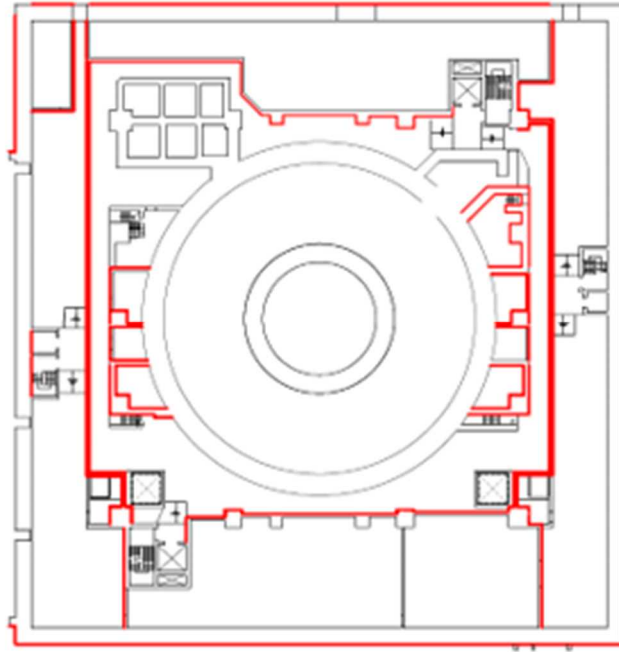
— : 貫通部止水処置を実施する壁面

K6 ① VI-3-別添 3-2-1 R0

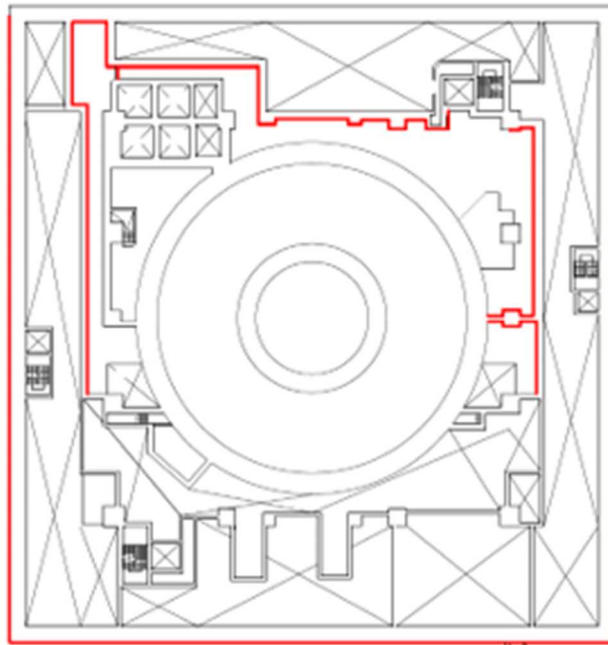


表 3-2-11 設置位置(貫通部止水処置) (5/13)

配置図



原子炉建屋 T. M. S. L. 4800mm



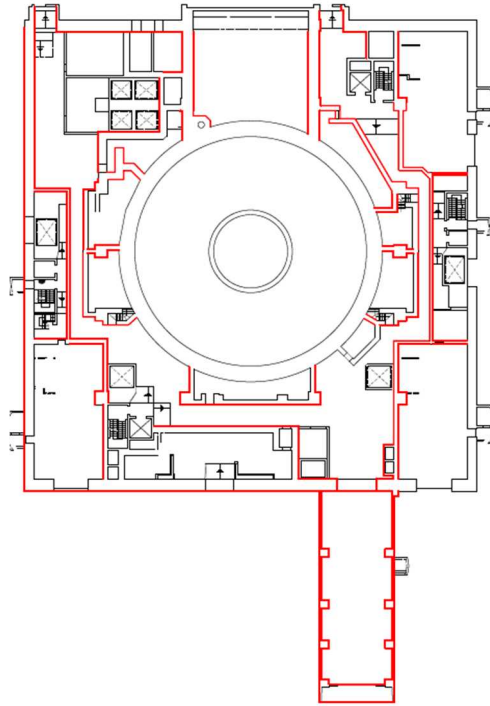
原子炉建屋 T. M. S. L. 8500mm

— : 貫通部止水処置を実施する壁面

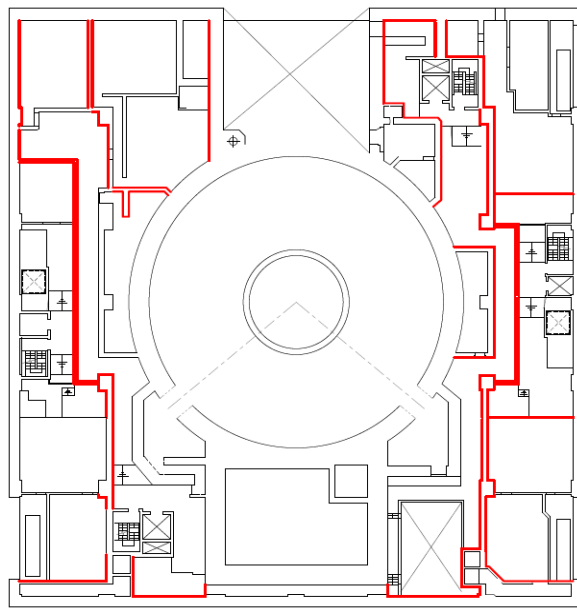
K6 ① VI-3-別添 3-2-1 R0

表 3-2-11 設置位置(貫通部止水処置) (6/13)

配置図



原子炉建屋 T.M.S.L. 12300mm

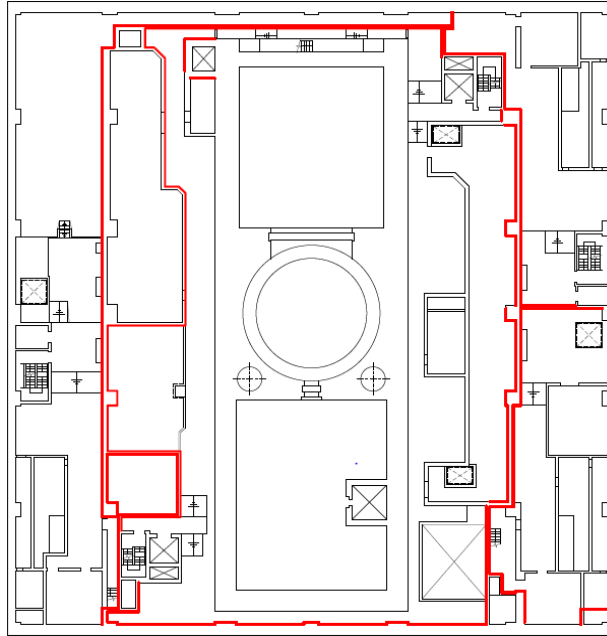


原子炉建屋 T.M.S.L. 18100mm

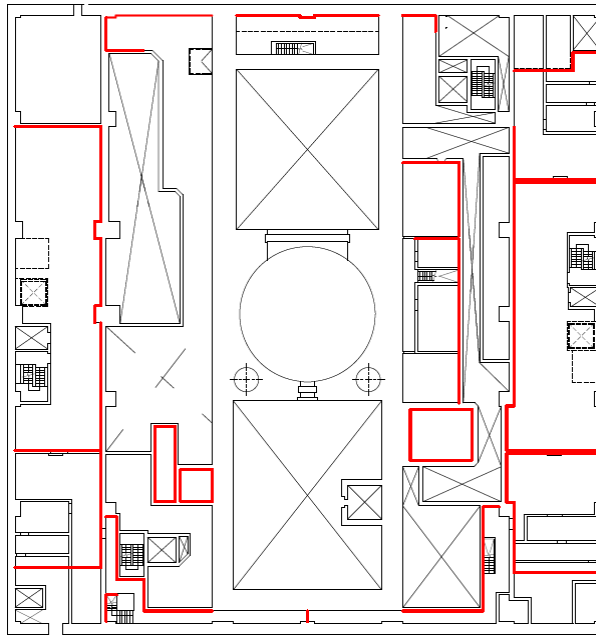
—: 貫通部止水処置を実施する壁面

表 3-2-11 設置位置(貫通部止水処置) (7/13)

配置図



原子炉建屋 T.M.S.L. 23500mm

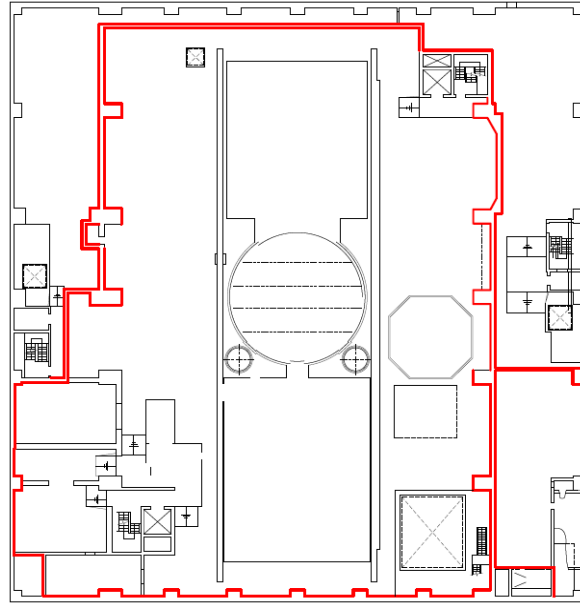


原子炉建屋 T.M.S.L. 27200mm

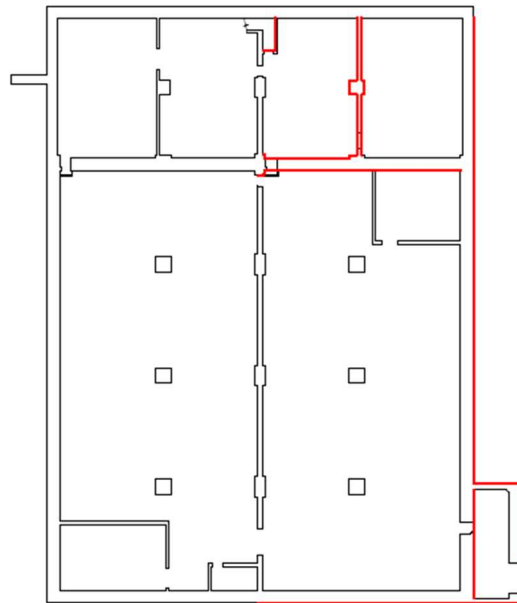
— : 貫通部止水処置を実施する壁面

表 3-2-11 設置位置(貫通部止水処置) (8/13)

配置図



原子炉建屋 T.M.S.L. 31700mm

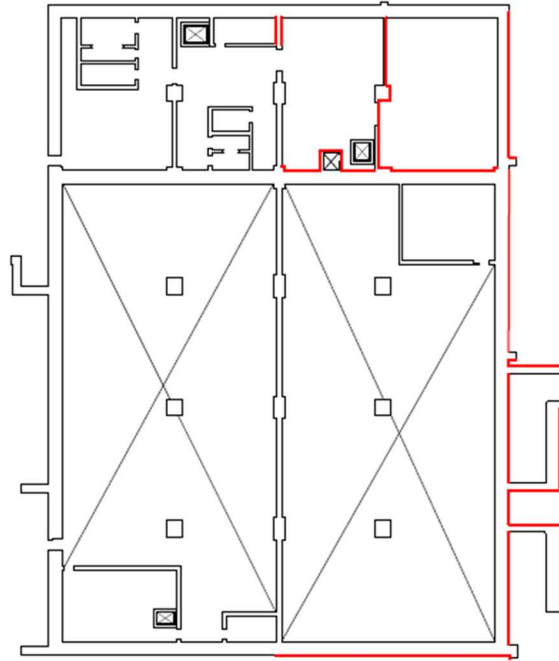


コントロール建屋 T.M.S.L. -2700mm

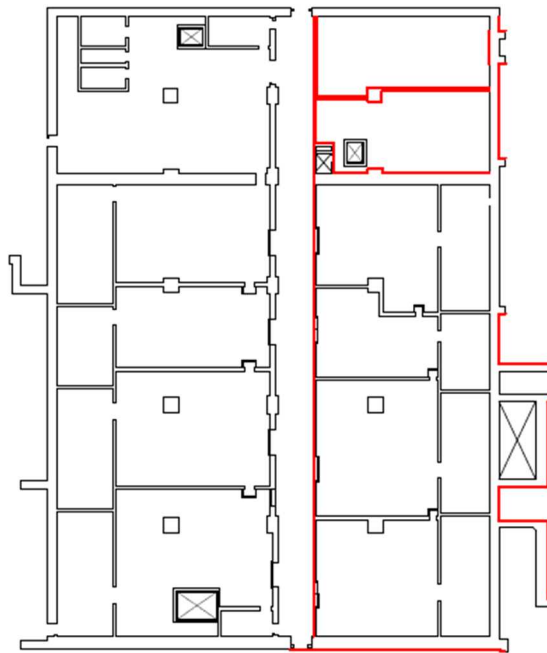
— : 貫通部止水処置を実施する壁面

表 3-2-11 設置位置(貫通部止水処置) (9/13)

配置図



コントロール建屋 T. M. S. L. 1000mm



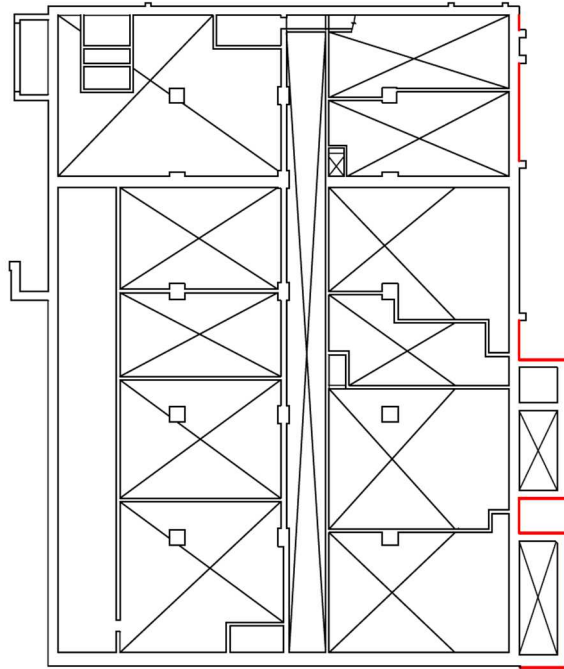
コントロール建屋 T. M. S. L. 6500mm

— : 貫通部止水処置を実施する壁面

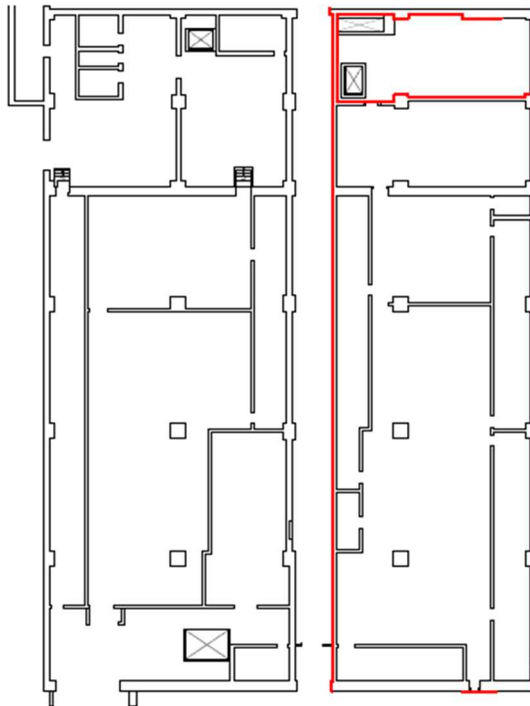
K6 ① VI-3-別添 3-2-1 R0

表 3-2-11 設置位置(貫通部止水処置) (10/13)

配置図



コントロール建屋 T. M. S. L. 9050mm

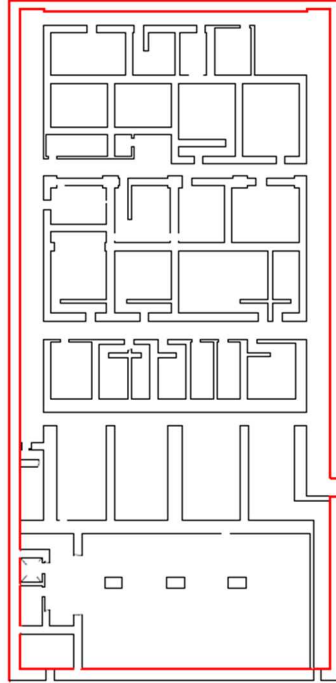


コントロール建屋 T. M. S. L. 12300mm

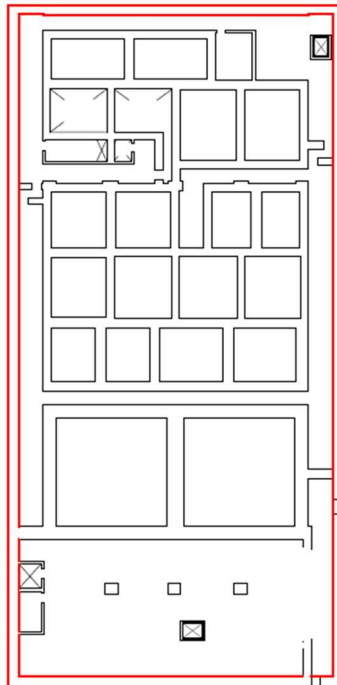
— : 貫通部止水処置を実施する壁面

表 3-2-11 設置位置(貫通部止水処置) (11/13)

配置図



廃棄物処理建屋 T.M.S.L. -6100mm

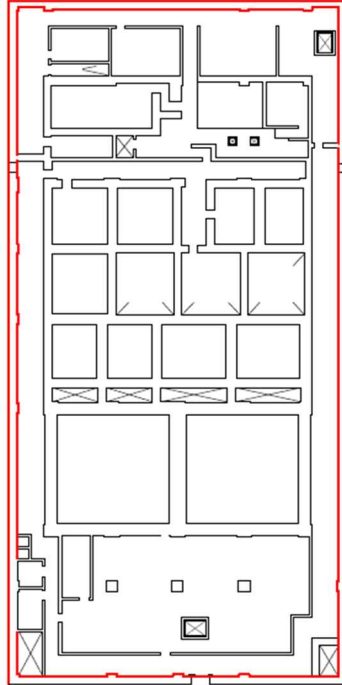


廃棄物処理建屋 T.M.S.L. -1100mm

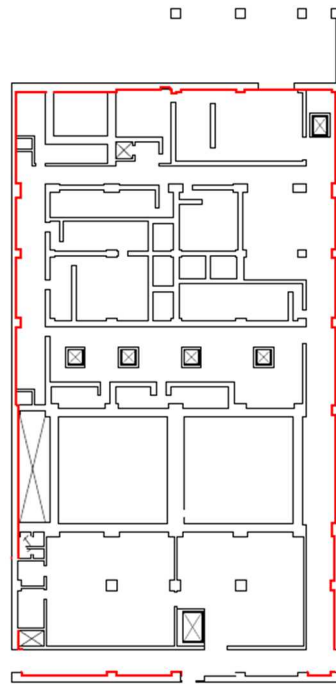
— : 貫通部止水処置を実施する壁面

表 3-2-11 設置位置(貫通部止水処置) (12/13)

配置図



廃棄物処理建屋 T. M. S. L. 6500mm



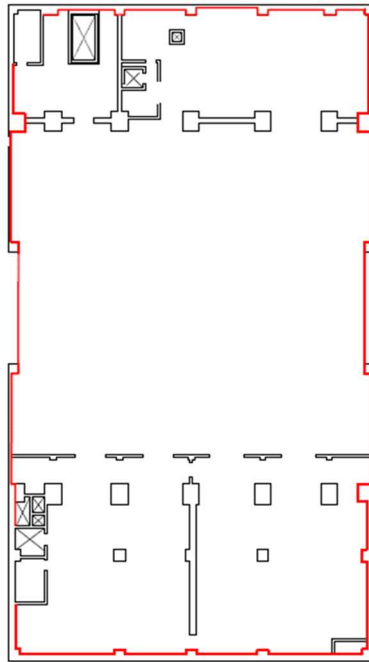
廃棄物処理建屋 T. M. S. L. 12300mm

— : 貫通部止水処置を実施する壁面



表 3-2-11 設置位置(貫通部止水処置) (13/13)

配置図



廃棄物処理建屋 T.M.S.L. 20400mm

— : 貫通部止水処置を実施する壁面

表 3-2-12 構造計画(貫通部止水処置) (1/3)

計画の概要		概略構造図
主体構造	支持構造	
充填タイプのシール材にて構成する。	貫通部の開口部にシール材を充填する。施工時は液状であり, 反応硬化によって所定の強度を有する構造物が形成され, 貫通部内面及び貫通物外面と一定の付着力によって接合する。	<p>シール材 プルボックス 壁、床 電線管 水圧方向 ケーブル</p> <p>水圧方向 シール材 壁、床 鉄板 配管</p>
	シール材が型崩れしないよう金属ボックスをアンカーボルトで壁・床面に固定し, 金属ボックスにシール材を充填, もしくは塗布する。シール材は, 施工時は液状であり, 反応硬化によって所定の強度を有する構造物が形成される。	<p>水圧方向 壁、床 アンカーボルト 金属ボックス ケーブル シール材 ケーブルトレイ 水圧方向</p>
コーキングタイプのシール材にて構成する。	貫通部の開口部と貫通部のすき間にコーキングする。施工時は液状であり, 反応硬化によって所定の強度を有する構造物が形成され, 鉄板及び貫通物外面と一定の付着力によって接合する。	<p>水圧方向 壁、床 シール材 鉄板 配管</p>

表 3-2-12 貫通部止水処置の構造計画 (2/3)

計画の概要		概略構造図
主体構造	支持構造	
モルタルにて構成する。	貫通部の開口部にモルタルを充填し，硬化後は貫通部内面及び貫通物外面と一定の付着力によって接合する。	
ブーツと締付けバンドにて構成する。	高温配管の熱膨張変位及び地震時の変位を吸収できるように伸縮性ゴムを用い，壁面又は床面に溶接した取付用座と配管を締付けバンドにて締結する。	

K6 ① VI-3-別添 3-2-1 R0

表 3-2-12 貫通部止水処置の構造計画 (3/3)

計画の概要		概略構造図
主体構造	支持構造	
鉄板にて閉止する構成とする。	開口部に鉄板を挿入し、溶接によって接合する。	
閉止板を内包する止水ダンパにて構成する。	止水ダンパは壁面にアンカーボルトで固定する。	

K6 ① VI-3-別添 3-2-1 R0

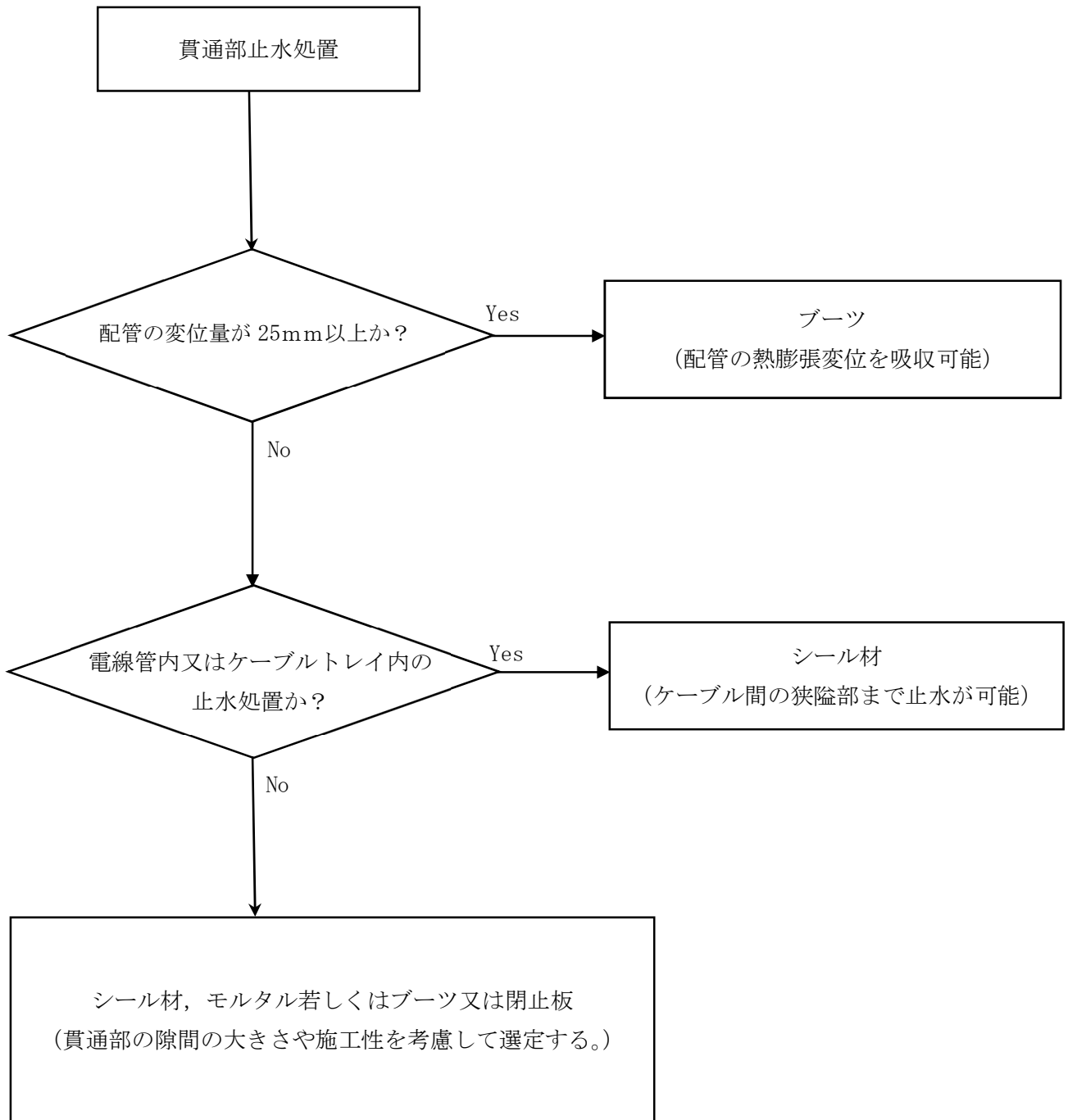


図 3-1 貫通部止水処置の選定フロー

#### 4. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界

溢水防護に係る施設の強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せを以下の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」に、許容限界を「4.2 許容限界」に示す。

##### 4.1 荷重及び荷重の組合せ

###### (1) 荷重の種類

###### a. 自重 (D)

常時作用する荷重は、自重とする。

###### b. 溢水による静水圧荷重 (P h)

発生を想定する溢水による静水圧荷重は、各施設の設置位置における溢水水位から算出した施設の溢水水位を用いて設計用の静水圧荷重(動水圧は考慮しない)として算出する。

###### (2) 荷重の組合せ

溢水防護に係る施設の強度評価では、発生を想定する溢水による静水圧荷重 (P h) を考慮する。

表 4-1 溢水防護に係る施設の荷重の組合せ

評価対象施設	自重 (D)	静水圧荷重 (P h)
水密扉	—	○
水密扉付止水堰	—	○
溢水伝播防止堰	—	○
管理区域外伝播防止堰	—	○
床ドレンライン 浸水防止治具	○	○
貫通部止水処置	○	○

a. 溢水による静水圧荷重 (P h)

溢水による静水圧荷重 (P h) は、次式を用いて算出する。なお、荷重の算出に用いる密度 ( $\rho$ ) は、想定される溢水源から純水又は海水とする。

溢水による静水圧荷重の説明図を図 4-1 に、強度評価に用いる溢水の密度を表 4-2 に示す。

$$P h = \rho \cdot g \cdot h \cdot 10^{-3}$$

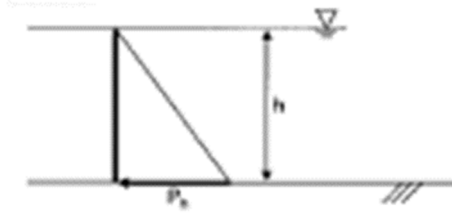


図 4-1 溢水による静水圧荷重の説明図

表 4-2 強度評価に用いる溢水の密度

溢水の性状	溢水の密度 (kg/m <sup>3</sup> )
純水	1000
海水	1030

## 4.2 許容限界

許容限界は、溢水による静水圧荷重を考慮した施設ごとの構造強度設計上の性能目標及び機能維持の評価方針を踏まえて、評価対象部位ごとに設定する。

「4.1 荷重及び荷重の組合せ」で設定している荷重及び荷重の組合せを含めた、施設ごとの評価対象部位における許容限界を表 4-3 に示す。

各施設の許容限界の詳細は、各計算書で評価対象部位の機能損傷モードを踏まえ評価項目を選定し、評価対象部位ごとに許容限界を設定する。

### 4.2.1 施設ごとの評価対象部位における許容限界

#### (1) 水密扉

水密扉の許容限界は、構造強度設計上の性能目標及び機能維持の評価方針を踏まえ評価対象部位ごとに設定する。

##### a. 扉板、芯材及び締付装置部

発生を想定する溢水による静水圧荷重に対し、構造部材の健全性を維持する設計とするために、扉板、芯材及び締付装置部が、おおむね弾性状態にとどまることを計算により確認する評価方針としていることを踏まえ、「鋼構造設計規準-許容応力度設計法-((社)日本建築学会, 2005 改定)」を踏まえた短期許容応力度を許容限界として設定する。

##### b. アンカーボルト

発生を想定する溢水による静水圧荷重に対し、構造部材の健全性を維持する設計とするために、アンカーボルトが、おおむね弾性状態にとどまることを計算により確認する評価方針としていることを踏まえ、「各種合成構造設計指針・同解説 ((社)日本建築学会, 2010 改定)」に基づき算定し、許容限界として設定する。

#### (2) 水密扉付止水堰

##### a. 水密扉部

###### (a) 扉板、芯材及び締付装置部

発生を想定する溢水による静水圧荷重に対し、構造部材の健全性を維持する設計とするために、扉板、芯材及び締付装置部の構造部材が、おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ、「鋼構造設計規準-許容応力度設計法-((社)日本建築学会, 2005 改定)」を踏まえた短期許容応力度を許容限界として設定する。

###### (b) アンカーボルト

発生を想定する溢水による静水圧荷重に対し、構造部材の健全性を維持する設計とするために、アンカーボルトが、おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方



針としていることを踏まえ、「各種合成構造設計指針・同解説（（社）日本建築学会，2010 改定）」に基づき算定し，許容限界として設定する。

b. 止水堰部

(a) 鋼製板及び芯材

発生を想定する溢水による静水圧荷重に対し，構造部材の健全性を維持する設計とするために，鋼製板及び芯材の構造部材が，おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ，「鋼構造設計規準-許容応力度設計法-（（社）日本建築学会，2005 改定）」を踏まえた短期許容応力度を許容限界として設定する。

(b) アンカーボルト

発生を想定する溢水による静水圧荷重に対し，構造部材の健全性を維持する設計とするために，アンカーボルトが，おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ，「各種合成構造設計指針・同解説（（社）日本建築学会，2010 改定）」に基づき算定し，許容限界として設定する。

(3) 溢水伝播防止堰

溢水伝播防止堰の許容限界は，構造強度設計上の性能目標及び機能維持の評価方針を踏まえ評価対象部位ごとに設定する。

a. 鋼製板，H形鋼及び止水板

発生を想定する溢水による静水圧荷重に対し，構造部材の健全性を維持する設計とするために，鋼製板，H形鋼及び止水板が，おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ，「鋼構造設計規準-許容応力度設計法-（（社）日本建築学会，2005 改定）」を踏まえた短期許容応力度を許容限界として設定する。

b. コンクリート及び縦筋

発生を想定する溢水による静水圧荷重に対し，構造部材の健全性を維持する設計とするために，コンクリート及び縦筋の構造部材が，おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ，「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説-許容応力度設計法-（（社）日本建築学会，1999 年改定）」による短期許容応力度を算定し，許容限界として設定する。

c. 梁材，柱材，枠材及びベースプレート

発生を想定する溢水による静水圧荷重に対し，構造部材の構造健全性を維持する設計とするために，梁材，柱材及びベースプレートが，おおむね弾性状態にとどまることを計算により確認する評価方針としていることを踏まえ，「鋼構造設計規準-許容応力度設計法-（（社）日本建築学会，2005 年改定）」における短期許容応力度を許容限界として設定する。

d. アンカーボルト及びアンカー筋

発生を想定する溢水による静水圧荷重に対し、構造部材の健全性を維持する設計とするために、アンカーボルト及びアンカー筋が、おおむね弾性状態にとどまることを計算により確認する評価方針としていることを踏まえ、「各種合成構造設計指針・同解説（（社）日本建築学会，2010 改定）」に基づき算定し、許容限界として設定する。

(4) 管理区域外伝播防止堰

管理区域外伝播防止堰の許容限界は、構造強度設計上の性能目標及び機能維持の評価方針を踏まえ評価対象部位ごとに設定する。

a. 鋼製板及び柱

発生を想定する溢水による静水圧荷重に対し、構造部材の健全性を維持する設計とするために、鋼製板及び柱が、おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ、許容限界は、「鋼構造設計規準-許容応力度設計法-（（社）日本建築学会，2005 改定）」を踏まえた、短期許容応力度を許容限界として設定する。

b. コンクリート

発生を想定する溢水による静水圧荷重に対し、構造部材の健全性を維持する設計とするために、コンクリートの構造部材が、おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ、「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説-許容応力度設計法-（（社）日本建築学会，1999 年改定）」による短期許容応力度を算定し、許容限界として設定する。

c. アンカーボルト、インサートボルト及びアンカー筋

発生を想定する溢水による静水圧荷重に対し、構造部材の健全性を維持する設計とするために、アンカーボルト、インサートボルト及びアンカー筋が、おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることから、許容限界は、「各種合成構造設計指針・同解説（（社）日本建築学会，2010 改定）」に基づき算定し、許容限界として設定する。

d. ハンドル

発生を想定する溢水による静水圧荷重に対し、構造部材の健全性を維持する設計とするために、ハンドルが、おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることから、ハンドルの基本定格荷重を許容限界として設定する。

(5) 床ドレンライン浸水防止治具

床ドレンライン浸水防止治具の許容限界は、構造強度設計上の性能目標及び機能維持の評価方針を踏まえ評価対象部位ごとに設定する。

## a. フロート式治具

## (a) 弁本体及びフロートガイド

発生を想定する溢水による静水圧荷重に対し、構造部材の健全性を維持する設計と  
するために弁本体及びフロートガイドの構造部材が、おおむね弾性状態にとどまるこ  
とを確認する評価方針としていることから、「発電用原子力設備規格 設計・建設規格  
(2005年度版(2007年追補版を含む)) <第I編 軽水炉規格> JSME S NC1-  
2005/2007 (日本機械学会)」に準じた供用状態Cの許容応力(許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>S)を  
許容限界として設定する。

## (b) フロート及び取付部

発生を想定する溢水による静水圧荷重に対し、構造部材の健全性を保持する設計と  
するためにフロート及び取付部がおおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方  
針としていることから、水圧試験で確認した水圧を許容限界として設定する。

## b. スプリング式治具

## (a) 弁本体・ガイド、ばねガイド、弁体

発生を想定する溢水による静水圧荷重に対し、構造部材の健全性を保持する設計と  
するために弁本体・ガイド、ばねガイド、弁体の構造部材が、おおむね弾性状態にと  
どまることを確認する評価方針としていることから、許容限界は、「発電用原子力設備  
規格 設計・建設規格 (2005年度版(2007年追補版を含む)) <第I編 軽水炉規格>  
JSME S NC1-2005/2007 (日本機械学会)」に準じた供用状態Cの許容応力(許  
容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>S)を許容限界として設定する。

## (b) 弁体、取付部

発生を想定する溢水による静水圧荷重に対し、構造部材の健全性を保持する設計と  
するために弁体及び取付部がおおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針と  
していることから、水圧試験で確認した水圧を許容限界として設定する。

## c. 閉止キャップ

発生を想定する溢水による静水圧荷重に対し、有意な漏えいが生じないことを確認す  
る評価方針としていることから、水圧試験で確認した水圧を許容限界として設定する。

## d. 閉止栓

発生を想定する溢水による静水圧荷重に対し、有意な漏えいが生じないことを確認す  
る評価方針としていることから、水圧試験で確認した水圧を許容限界として設定する。

## (6) 貫通部止水処置

貫通部止水処置の許容限界は、構造強度設計上の性能目標及び機能維持の評価方針を踏まえ評価対象部位ごとに設定する。

### a. シール材

発生を想定する溢水による静水圧荷重に対し、貫通口と貫通物の隙間に施工するシール材が、有意な漏えいが生じないことを確認する評価方針としていることから、水圧試験で確認した水圧を許容限界として設定する。

### b. ブーツ

発生を想定する溢水による静水圧荷重に対し、貫通口と貫通物の隙間に施工するブーツが、有意な漏えいが生じないことを確認する評価方針としていることから、水圧試験で確認した水圧を許容限界として設定する。

### c. モルタル

発生を想定する溢水による静水圧荷重に対し、貫通口と貫通物の隙間に施工するモルタルが、おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることから、許容限界は、「コンクリート標準示方書[構造性能照査編]((社)土木学会, 2002年制定)」に基づき算定し、許容付着荷重として設定する。

### d. 鉄板

発生を想定する溢水による静水圧荷重に対し、貫通口に施工する鉄板が、おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることから、許容限界は、「発電用原子力設備規格 設計・建設規格(2005年度版(2007年追補版を含む))<第I編 軽水炉規格> J SME S NC1-2005/2007(日本機械学会)」に準じた供用状態Cの許容応力(許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>S)を許容限界として設定する。

### e. 止水ダンパ

#### (a) 止水ダンパ

発生を想定する溢水による静水圧荷重に対し、空調ダクト開口部に施工する止水ダンパが、有意な漏えいが生じないことを確認する評価方針としていることから、水圧試験で確認した水圧、以下の値を許容限界として設定する。

#### (b) アンカーボルト

発生を想定する溢水による静水圧荷重に対し、構造部材の健全性を維持する設計とするために、アンカーボルトが、おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ、「発電用原子力設備規格 設計・建設規格(2005年版(2007年追補版を含む)) J SME S NC1-2005/2007((社)日本機械学会)」に準じた供用状態Cの許容応力(許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>S)を許容限界として設定する。

f. ケーブルトレイ金属ボックス

(a) 金属ボックス

発生を想定する溢水による静水圧荷重に対し、貫通口と貫通物の隙間に施工する金属ボックスが、有意な漏えいが生じないことを確認する評価方針としていることから、水圧試験で確認した水圧を許容限界として設定する。

(b) アンカーボルト

発生を想定する溢水による静水圧荷重に対し、構造部材の健全性を維持する設計とするために、アンカーボルトが、おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ、「発電用原子力設備規格 設計・建設規格(2005年版(2007年追補含む)) J S M E S N C 1 - 2005 / 2007 ((社) 日本機械学会)」に準じた供用状態 C の許容応力(許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>S)を許容限界として設定する。

表 4-3 施設ごとの評価対象部位の許容限界 (1/6)

施設名	荷重の 組合せ	評価対象部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の 状態	限界状態	
水密扉	P h	扉板, 芯材	曲げ, せん断	部材が弾性 域にとどま らず塑性域 に入る状態	「鋼構造設計規準-許容応力度 設計法- ( (社) 日本建築学会, 2005 年改定) 」を踏まえ, 短期 許容応力度以下とする。
		締付装置部	曲げ, せん断, 引張り		
		アンカーボルト	引張り, せん断		「各種合成構造設計指針・同解 説 ( (社) 日本建築学会, 2010 改 定) 」に基づき算定した, 許容耐 力以下とする。
水密扉付 止水堰	P h	<水密扉部> 扉板, 芯材	曲げ, せん断	部材が弾性 域にとどま らず塑性域 に入る状態	「鋼構造設計規準-許容応力度 設計法- ( (社) 日本建築学会, 2005 年改定) 」を踏まえ, 短期 許容応力度以下とする。
		<水密扉部> 締付装置部	曲げ, せん断, 引張り		
		<止水堰部> 鋼製板, 芯材	曲げ, せん断		
		アンカーボルト	引張り, せん断		「各種合成構造設計指針・同解 説 ( (社) 日本建築学会, 2010 改定) 」に基づき算定した, 許 容耐力以下とする。

表 4-3 施設ごとの評価対象部位の許容限界 (2/6)

施設名	荷重の 組合せ	評価対象部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の 状態	限界状態	
溢水伝播 防止堰	P h	鋼製板 止水板 H形鋼 梁材 柱材 枠材 ベースプレート	曲げ, せん断	部材が弾性 域にとどま らず塑性域 に入る状態	「鋼構造設計規準-許容応力度 設計法- ( (社) 日本建築学会, 2005年改定)」を踏まえ短期許 容応力度以下とする。
		アンカーボルト アンカー筋	引張り, せん断		「各種合成構造設計指針・同解 説 ( (社) 日本建築学会, 2010 年改定)」を踏まえ短期許容荷 重以下とする。
		コンクリート	圧縮, せん断		「鉄筋コンクリート構造計算 規準・同解説-許容応力度設計 法- ( (社) 日本建築学会, 1999 年改定)」を踏まえ短期許容応 力度以下とする。
		縦筋	引張り, せん断		「鉄筋コンクリート構造計算 規準・同解説-許容応力度設計 法- ( (社) 日本建築学会, 1999 年改定)」を踏まえ短期許容応 力度以下とする。

表 4-3 施設ごとの評価対象部位の許容限界(3/6)

施設名称	荷重の 組合せ	評価対象部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等 の状態	限界状態	
管理区域 外伝播防 止堰	P h	鋼製板 柱	曲げ, せん断	部材が弾性 域にとどま らず塑性域 に入る状態	「鋼構造設計規準-許容応力度設 計法-( (社) 日本建築学会, 2005 年改定)」を踏まえ短期許容応力 度以下とする。
		アンカーボルト アンカー筋 インサートボル ト	引張り, せん断		「各種合成構造設計指針・同解設 ( (社) 日本建築学会, 2010 年改 定)」を踏まえ短期許容荷重以下 とする。
		コンクリート	圧縮, せん断		「鉄筋コンクリート構造計算規 準・同解説-許容応力度設計法- ( (社) 日本建築学会, 1999 年改 定)」を踏まえ短期許容応力度以 下とする。
		縦筋	引張り, せん断		「鉄筋コンクリート構造計算規 準・同解説-許容応力度設計法- ( (社) 日本建築学会, 1999 年改 定)」を踏まえ短期許容応力度以 下とする。
		ハンドル	せん断		基本定格荷重以下とする。



表 4-3 施設ごとの評価対象部位の許容限界(4/6)

設備名称		荷重の 組合せ	評価対象部位	機能損傷モード		許容限界	
				応力等 の状態	限界状態		
床ドレンライン 浸水防止治具	フロート 式治具	D + P <sub>h</sub>	弁本体, フロー トガイド	圧縮	部材が弾 性域にと どまらず 塑性域に 入る状態	「発電用原子力設備規格 設計・建設規格(2005年度 版(2007年追補版を含む)) <第I編 軽水炉規格> J S M E S N C 1- 2005/2007(日本機械学 会)」に準じた供用状態C の許容応力(許容応力状態 Ⅲ <sub>A</sub> S)以下とする。	
			フロート	圧縮	有意な漏 えいに至 る変形		
			取付部	引張り			
	スプリン グ式治具	D + P <sub>h</sub>	弁本体, フロー トガイド	圧縮	部材が弾 性域にと どまらず 塑性域に 入る状態	「発電用原子力設備規格 設計・建設規格(2005年度 版(2007年追補版を含む)) <第I編 軽水炉規格> J S M E S N C 1- 2005/2007(日本機械学 会)」に準じた共用状態C の許容応力(許容応力状態 Ⅲ <sub>A</sub> S)以下とする。	
			ばねガイド				
			弁体	平板の 曲げ			
			弁体及び 取付部	圧縮			有意な漏 えいに至 る変形
			閉止 キャップ				
	閉止栓						

表 4-3 施設ごとの評価対象部位の許容限界(5/6)

設備名称	荷重の組合せ	評価対象部位		機能損傷モード		許容限界
				応力等の状態	限界状態	
貫通部止水処置	P <sub>h</sub>	シール材		せん断	有意な漏えいが生じる状態	水圧試験で確認した水圧以下とする。
		ブーツ		せん断		
		モルタル		せん断, 圧縮	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「コンクリート標準示方書【構造性能照査編】((社)土木学会, 2002年制定)」に基づいて算出される許容付着荷重以下とする。
		鉄板		せん断, 曲げ		「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 (2005年度版(2007年追補版を含む)) <第I編 軽水炉規格> J S M E S N C 1 - 2005/2007 (日本機械学会)」に準じた供用状態Cの許容応力(許容応力状態Ⅲ <sub>A</sub> S)以下とする。
	D + P <sub>h</sub>	閉止板	止水ダンパ	曲げ	有意な漏えいが生じる状態	水圧試験で確認した水圧以下とする。
				アンカーボルト		

表 4-3 施設ごとの評価対象部位の許容限界(6/6)

設備 名称	荷重の組 合せ	評価対象 部位		機能損傷モード		許容限界
				応力等の 状態	限界状態	
貫通部 止水処置	D + P <sub>h</sub>	ケーブルトレイ 金属ボックス	金属 ボックス	曲げ	有意な漏えいが生じる 状態	水圧試験で確認した水圧以 下とする。
			アンカー ボルト	引張り, せん断	部材が弾性域にとどま らず塑性域に入る状態	「発電用原子力設備規格 設 計・建設規格 (2005 年度版 (2007 年追補版を含む)) < 第 I 編 軽水炉規格> J S M E S N C 1-2005/2007 (日本機械学会)」に準じ た供用状態 C の許容応力 (許容応力状態Ⅲ <sub>A</sub> S) 以下 とする。

#### 4.2.2 許容限界設定方法

##### (1) モルタルの許容限界式

###### a. 記号の定義

モルタルの許容限界式に用いる記号を，表 4-4 に示す。

表 4-4 モルタルの許容限界式に用いる記号

記号	単位	定義
$f'_{bok}$	N/mm <sup>2</sup>	モルタルの付着強度
$f'_{ck}$	N/mm <sup>2</sup>	モルタルの圧着強度
$f_s$	kN	モルタルの許容付着荷重
L	mm	モルタルの充てん深さ
S	mm	貫通物の周長
$\gamma_c$	—	材料定数

###### b. 許容限界式

「コンクリート標準示方書（構造性能照査編）（（社）土木学会，2002 年制定）」より，貫通物がせん断荷重を受ける場合のモルタルの許容付着荷重を求める式を以下に示す。

$$f_s = f'_{bok} \cdot S \cdot L / \gamma_c$$

ここで

$$f'_{bok} = 0.28 \cdot f'_{ck}{}^{2/3} \cdot 0.4$$

## 5. 強度評価方法

評価手法は、以下に示す解析法により、適用性に留意の上、規格及び基準類や既往の文献において適用が妥当とされる手法に基づき実施することを基本とする。

- ・定式化された評価式を用いた解析法

### 5.1 水密扉

#### (1) 評価方針

水密扉の評価を行う場合、以下の条件に従うものとする。

- 構造上の特徴、発生を想定する溢水による静水圧荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価部位を設定する。
- 荷重及び荷重の組合せは、発生を想定する溢水による静水圧荷重を考慮し、評価される最大荷重を設定する。
- 評価に用いる寸法については、公称値とする。

#### (2) 評価対象部位

評価対象部位及び評価内容を表 5-1 に示す。

表 5-1 評価対象部位及び評価内容

評価部位	評価内容
扉板、芯材	曲げ、せん断
締付装置部	曲げ、せん断、引張り
アンカーボルト	引張り、せん断

#### (3) 強度評価方法

強度計算の方法及び結果については、VI-3-別添 3-2-2 「水密扉の強度計算書（溢水）」に示す。

## 5.2 水密扉付止水堰

### (1) 評価方針

水密扉止水堰の評価を行う場合、以下の条件に従うものとする。

- a. 構造上の特徴、発生を想定する溢水による静水圧荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価部位を設定する。
- b. 荷重及び荷重の組合せは、発生を想定する溢水による静水圧荷重を考慮し、評価される最大荷重を設定する。
- c. 評価に用いる寸法については、公称値とする。

### (2) 評価対象部位

評価対象部位及び評価内容を表 5-2 に示す。

表 5-2 評価対象部位及び評価内容

評価部位		評価内容
水密扉部	扉板, 芯材	曲げ, せん断
	締付装置部	曲げ, せん断, 引張り
	アンカーボルト	引張り, せん断
止水堰部	鋼製板, 芯材	曲げ, せん断
	アンカーボルト	引張り, せん断

### (3) 強度評価方法

強度計算の方法及び結果については、VI-3-別添 3-2-3 「水密扉付止水堰の強度計算書」に示す。

### 5.3 溢水伝播防止堰

#### (1) 評価方針

溢水伝播防止堰の評価を行う場合、以下の条件に従うものとする。

- a. 構造上の特徴，発生を想定する溢水による静水圧荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し，評価部位を設定する。
- b. 荷重及び荷重の組合せは，発生を想定する溢水による静水圧荷重を考慮し，評価される最大荷重を設定する。
- c. 評価に用いる寸法については，公称値とする。

#### (2) 評価対象部位

評価対象部位及び評価内容を表 5-3 に示す。

表 5-3 評価対象部位及び評価内容

種 別	評価部位	評価内容
鋼製堰	鋼製板 止水板 H形鋼 梁材 柱材 枠材 ベースプレート	曲げ，せん断
	アンカーボルト	引張り，せん断
鉄筋コンクリート 製堰	コンクリート	圧縮，せん断
	アンカー筋，縦筋	引張り，せん断

#### (3) 強度評価方法

強度計算の方法及び結果については，VI-3-別添 3-2-4「止水堰の強度計算書」に示す。

#### 5.4 管理区域外伝播防止堰

##### (1) 評価方針

管理区域外伝播防止堰の評価を行う場合、以下の条件に従うものとする。

- a. 構造上の特徴，発生を想定する溢水による静水圧荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し，評価部位を設定する。
- b. 荷重及び荷重の組合せは，発生を想定する溢水による静水圧荷重を考慮し，評価される最大荷重を設定する。
- c. 評価に用いる寸法については，公称値とする。

##### (2) 評価対象部位

評価対象部位及び評価内容を表 5-4 に示す。

表 5-4 評価対象部位及び評価内容

種 別	評価部位	評価内容
鋼製堰	鋼製板，柱	曲げ，せん断
	ハンドル	せん断
	アンカーボルト インサートボルト	引張り，せん断
鉄筋コンクリート 製堰	コンクリート	圧縮，せん断
	アンカー筋，縦筋	引張り，せん断

##### (3) 強度評価方法

強度計算の方法及び結果については，VI-3-別添 3-2-4 「止水堰の強度計算書」に示す。



## 5.5 床ドレンライン浸水防止治具

### (1) フロート式治具

#### a. 評価方針

フロート式治具の評価を行う場合、以下の条件に従うものとする。

- (a) 構造上の特徴、発生を想定する溢水による静水圧荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価部位を設定する。
- (b) 荷重及び荷重の組合せは、発生を想定する溢水による静水圧荷重を考慮し、評価される最大荷重を設定する。
- (c) 評価に用いる寸法については、公称値とする。

#### b. 評価部位

評価部位及び評価内容を表 5-5-1 に示す。

表 5-5-1 評価部位及び評価内容

評価部位	評価内容
弁本体	圧縮
フロートガイド	
フロート	圧縮
取付部	引張り

#### c. 強度評価方法

強度計算の方法及び結果については、VI-3-別添 3-2-5「床ドレンライン浸水防止治具の強度計算書（溢水）」に示す。

(2) スプリング式治具

a. 評価方針

スプリング式治具の評価を行う場合、以下の条件に従うものとする。

- (a) 構造上の特徴、発生を想定する溢水による静水圧荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価部位を設定する。
- (b) 荷重及び荷重の組合せは、発生を想定する溢水による静水圧荷重を考慮し、評価される最大荷重を設定する。
- (c) 評価に用いる寸法については、公称値とする。

b. 評価部位

評価部位及び評価内容を表 5-5-2 に示す。

表 5-5-2 評価部位及び評価内容

評価部位	評価内容
弁本体・ガイド	圧縮
ばねガイド	
弁体	曲げ
弁体、取付部	圧縮

c. 強度評価方法

強度計算の方法及び結果については、VI-3-別添 3-2-5「床ドレンライン浸水防止治具の強度計算書（溢水）」に示す。

(3) 閉止キャップ

a. 評価方針

閉止キャップの評価を行う場合、以下の条件に従うものとする。

- (a) 構造上の特徴，発生を想定する溢水による静水圧荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し，評価部位を設定する。
- (b) 荷重及び荷重の組合せは，発生を想定する溢水による静水圧荷重を考慮し，評価される最大荷重を設定する。
- (c) 評価に用いる寸法については，公称値とする。

b. 評価部位

評価部位及び評価内容を表 5-5-3 に示す。

表 5-5-3 評価部位及び評価内容

評価部位	評価内容
閉止キャップ	圧縮

c. 強度評価方法

強度計算の方法及び結果については，VI-3-別添 3-2-5「床ドレンライン浸水防止治具の強度計算書（溢水）」に示す。

(4) 閉止栓

a. 評価方針

閉止栓の評価を行う場合、以下の条件に従うものとする。

- (a) 構造上の特徴，発生を想定する溢水による静水圧荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し，評価部位を設定する。
- (b) 荷重及び荷重の組合せは，発生を想定する溢水による静水圧荷重を考慮し，評価される最大荷重を設定する。
- (c) 評価に用いる寸法については，公称値とする。

b. 評価部位

評価部位及び評価内容を表 5-5-4 に示す。

表 5-5-4 評価部位及び評価内容

評価部位	評価内容
閉止栓	圧縮

c. 強度評価方法

強度計算の方法及び結果については，VI-3-別添 3-2-5「床ドレンライン浸水防止治具の強度計算書（溢水）」に示す。

## 5.6 貫通部止水処置

### (1) 評価方針

貫通部止水処置の評価を行う場合、以下の条件に従うものとする。

- a. 構造上の特徴，発生を想定する溢水による静水圧荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し，評価部位を設定する。
- b. 荷重及び荷重の組合せは，発生を想定する溢水による静水圧荷重を考慮し，評価される最大荷重を設定する。
- c. 評価に用いる寸法については，公称値とする。

### (2) 評価対象部位

評価対象部位及び評価内容を表 5-6 に示す。

表 5-6 評価対象部位及び評価内容

評価部位		評価内容	
シール材		せん断	
ブーツ		せん断	
モルタル		圧縮，せん断	
閉止板	鉄板	せん断，曲げ	
	止水ダンパ	止水ダンパ	曲げ
		アンカー ボルト	引張り，せん断
ケーブルトレイ	金属ボックス	曲げ	
金属ボックス	アンカーボルト	引張り，せん断	

### (3) 強度評価方法

強度計算の方法及び結果については，VI-3-別添 3-2-6「貫通部止水処置の強度計算書(溢水)」に示す。

## 6. 適用規格

適用する規格，基準等を以下に示す。

- ・コンクリート標準示方書[構造性能照査編] ((社)土木学会, 2002年制定)
- ・鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説-許容応力度設計法- ((社)日本建築学会, 1999年改定)
- ・鋼構造設計規準-許容応力度設計法- ((社)日本建築学会, 2005年改定)
- ・各種合成構造設計指針・同解説 ((社)日本建築学会, 2010年改定)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 ((社)日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補-1984 ((社)日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版 ((社)日本電気協会)
- ・発電用原子力設備規格 設計・建設規格(2005年版(2007年追補版を含む。)) J S M E S N C 1 -2005/2007 (日本機械学会)
- ・建築基準法・同施行令
- ・日本産業規格 (J I S)
- ・機械工学便覧 (日本機械学会)

VI-3-別添 3-2-2 水密扉の強度計算書 (溢水)

## 目 次

1. 概要 .....	1
2. 一般事項 .....	2
2.1 検討対象水密扉一覧 .....	2
2.2 配置概要 .....	5
2.3 構造計画 .....	22
2.4 評価方針 .....	23
2.5 適用規格・基準等 .....	25
2.6 記号の説明 .....	26
3. 強度評価方法 .....	27
3.1 評価対象部位 .....	27
3.2 荷重及び荷重の組合せ .....	30
3.2.1 荷重の設定 .....	30
3.3 許容限界 .....	31
3.3.1 使用材料 .....	31
3.3.2 許容限界 .....	32
3.4 評価方法 .....	34
3.4.1 応力算定 .....	34
3.4.2 断面検定 .....	43
3.5 評価条件 .....	46
3.6 評価結果 .....	47



## 1. 概要

本計算書は、VI-3-別添 3-2-1「溢水への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に基づき、溢水防護設備である原子炉建屋水密扉、タービン建屋水密扉、コントロール建屋水密扉、屋外のフィルタベントエリア水密扉及び燃料移送ポンプエリア水密扉（以下「水密扉」という。）が、発生を想定する溢水による静水圧荷重に対して、止水性の維持を考慮して、主要な構造部材が構造健全性を維持することを説明するものである。

「7号機設備, 6,7号機共用設備」の耐震性に関する説明は、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-2-10-2-3-1「水密扉の耐震性についての計算書」による。

2. 一般事項

2.1 検討対象水密扉一覧

検討対象の水密扉を表 2-1 に示す。

表 2-1 (1/3) 検討対象水密扉一覧

水密扉No.	扉名称	設置高さ
		T. M. S. L.
RB-B3F-1	サブプレッションプール浄化系ポンプ, 原子炉冷却材浄化系非再生熱交換器漏洩試験用ラック室 水密扉	-8.2m
RB-B3F-2	原子炉隔離時冷却系ポンプ・蒸気タービン室 水密扉	-8.2m
RB-B3F-3	高压炉心注水系(B)ポンプ室 水密扉	-8.2m
RB-B3F-4	高压炉心注水系(C)ポンプ室 水密扉	-8.2m
RB-B3F-5	残留熱除去系 <input type="checkbox"/> ポンプ・熱交換器室 水密扉	-8.2m
RB-B3F-6	残留熱除去系 <input type="checkbox"/> ポンプ・熱交換器室 水密扉	-8.2m
RB-B3F-7	残留熱除去系 <input type="checkbox"/> ポンプ・熱交換器室 水密扉	-8.2m
RB-B3F-8	水圧制御ユニット室, 計装ラック, 制御棒駆動機構マスターコントロール室 水密扉1	-8.2m
RB-B3F-9	水圧制御ユニット室, 計装ラック, 制御棒駆動機構マスターコントロール室 水密扉2	-8.2m
RB-B3F-10	水圧制御ユニット室, 計装ラック室 水密扉1	-8.2m
RB-B3F-11	水圧制御ユニット室, 計装ラック室 水密扉2	-8.2m
RB-B2F-1	高压代替注水系ポンプ室 水密扉	-1.7m
RB-B1F-1		4.8m
RB-B1F-2		4.8m
RB-B1F-3		4.8m
RB-B1F-4		4.8m
RB-B1F-5		4.8m
RB-B1F-6		4.8m
RB-B1F-7		4.8m
RB-1F-1		12.0m
RB-1F-2		12.0m
RB-1F-3		12.0m
RB-2F-1	燃料プール冷却浄化系熱交換器室, 燃料プール冷却浄化系弁室 水密扉	18.1m
RB-3F-1	非常用ディーゼル発電機 <input type="checkbox"/> 補機室 水密扉	23.5m
RB-3F-2	原子炉建屋地上3階南北連絡通路 水密扉	23.5m

表 2-1 (2/3) 検討対象水密扉一覧

水密扉No.	扉名称	設置高さ
		T. M. S. L.
TB-B2F-1	タービン建屋地下2階北西階段室 水密扉	-4.2m
TB-B2F-2	タービン補機冷却水系熱交換器・ポンプ室 水密扉	-4.8m
TB-B2F-3	原子炉補機冷却水系熱交換器・ポンプ室 水密扉	-4.8m
TB-B2F-4	建屋間連絡水密扉 (タービン建屋地下2階～配管トレンチ)	-5.1m
TB-B2F-5	建屋間連絡水密扉 (タービン建屋地下2階～廃棄物処理建屋地下3階)	-5.1m
TB-B2F-6	循環水配管, 電解鉄イオン供給装置室 水密扉1	-5.1m
TB-B2F-7	循環水配管, 電解鉄イオン供給装置室 水密扉2	-5.1m
TB-MB2F-1	タービン建屋地下中2階南西階段室 水密扉	-0.9m
TB-MB2F-2	タービン建屋地下中2階北西階段室 水密扉	-1.1m
TB-MB2F-3	計装用圧縮空気系・所内用圧縮空気系空気圧縮機室 水密扉1	-1.1m
TB-MB2F-4	計装用圧縮空気系・所内用圧縮空気系空気圧縮機室 水密扉2	-1.1m
TB-MB2F-5	循環水系配管メンテナンス室 水密扉1	-1.1m
TB-MB2F-6	循環水系配管メンテナンス室 水密扉2	-1.1m
TB-B1F-1	原子炉補機冷却海水系ポンプ室 水密扉1	3.5m
TB-B1F-2	原子炉補機冷却海水系ポンプ室 水密扉2	3.5m
TB-B1F-3	原子炉補機冷却水系熱交換器・ポンプ室 水密扉	3.5m
TB-B1F-4	タービン建屋地下1階南西階段室 水密扉	4.9m
TB-B1F-5	タービン建屋地下1階北階段室 水密扉	3.5m
TB-B1F-6	タービン建屋地下1階北西階段室 水密扉	4.9m
TB-B1F-7	原子炉補機冷却水系熱交換器・ポンプ室 水密扉	3.5m
TB-1F-1		12.3m
TB-1F-2		12.3m
TB-1F-3		12.3m
TB-1F-4		12.3m
TB-1F-5		12.3m
TB-1F-6		12.3m
TB-1F-7		12.3m

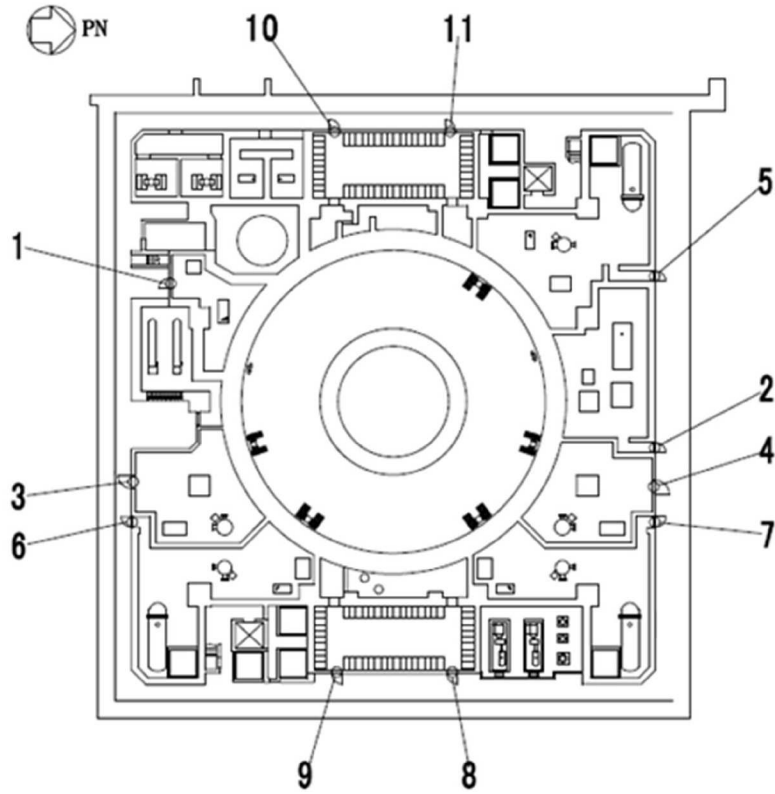
K6 ① VI-3-別添 3-2-2 R0

表 2-1 (3/3) 検討対象水密扉一覧

水密扉No.	扉名称	設置高さ
		T. M. S. L.
CB-B2F-1	6号機常用電気品室 水密扉	-1.7m
CB-B2F-2	6号機コントロール建屋地下2階西階段室 水密扉	-3.8m
CB-B2F-3	6号機換気空調補機非常用冷却水系冷凍機(B)(D)室 水密扉	-4.0m
CB-MB2F-1	6号機計測制御電源盤区域(C)送風機室 水密扉	1.0m
CB-B1F-1	6号機コントロール建屋地下1階空調ダクト, ケーブル処理室 水密扉	6.5m
CB-B1F-2	6号機計測制御電源盤区域(A)送・排風機室 水密扉	6.5m
CB-1F-1	6号機プロセス計算機室 水密扉	12.3m
Y-1	フィルタベントエリア 水密扉	12.3m
Y-2	燃料移送ポンプエリア (B系) 水密扉	12.0m

## 2.2 配置概要

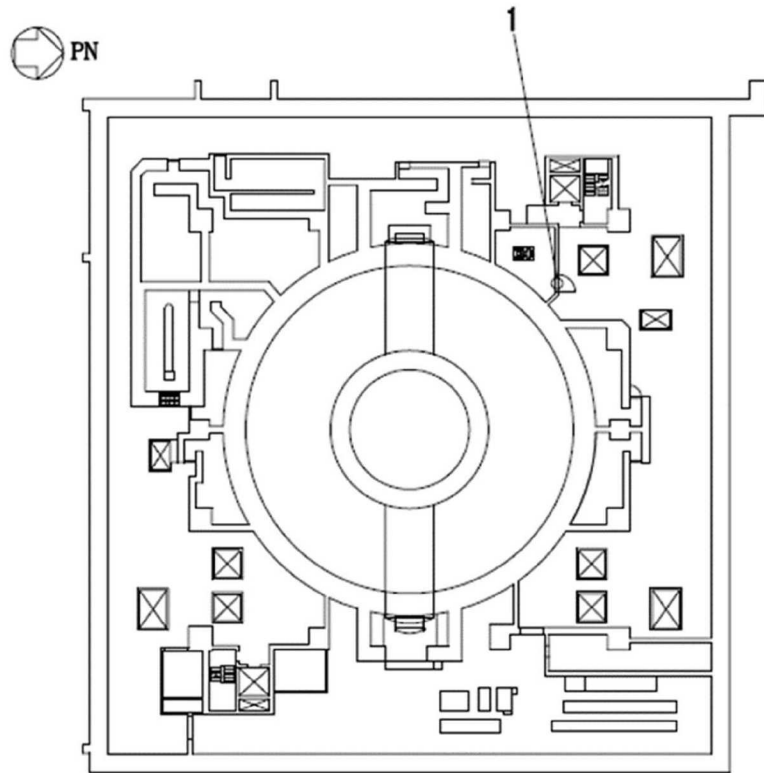
原子炉建屋水密扉の設置位置図を図2-1に, タービン建屋水密扉の設置位置図を図2-2に, コントロール建屋水密扉の設置位置図を図 2-3 に, フィルタベントエリア水密扉の設置位置図を図 2-4 に, 燃料移送ポンプエリア水密扉の設置位置図を図 2-5 に示す。



RB-B3F

1	サプレッションプール浄化系ポンプ，原子炉冷却材浄化系非再生熱交換器漏洩試験用ラック室 水密扉
2	原子炉隔離時冷却系ポンプ・蒸気タービン室 水密扉
3	高圧炉心注水系(B)ポンプ室 水密扉
4	高圧炉心注水系(C)ポンプ室 水密扉
5	残留熱除去系 [ ] ポンプ・熱交換器室 水密扉
6	残留熱除去系 [ ] ポンプ・熱交換器室 水密扉
7	残留熱除去系 [ ] ポンプ・熱交換器室 水密扉
8	水圧制御ユニット室，計装ラック，制御棒駆動機構マスターコントロール室 水密扉 1
9	水圧制御ユニット室，計装ラック，制御棒駆動機構マスターコントロール室 水密扉 2
10	水圧制御ユニット室，計装ラック室 水密扉 1
11	水圧制御ユニット室，計装ラック室 水密扉 2

図 2-1 (1/6) 原子炉建屋水密扉設置位置図 (地下 3 階)



RB-B2F

1	高圧代替注水系ポンプ室 水密扉
---	-----------------

図 2-1 (2/6) 原子炉建屋水密扉設置位置図 (地下 2 階)

K6 ① VI-3-別添 3-2-2 R0

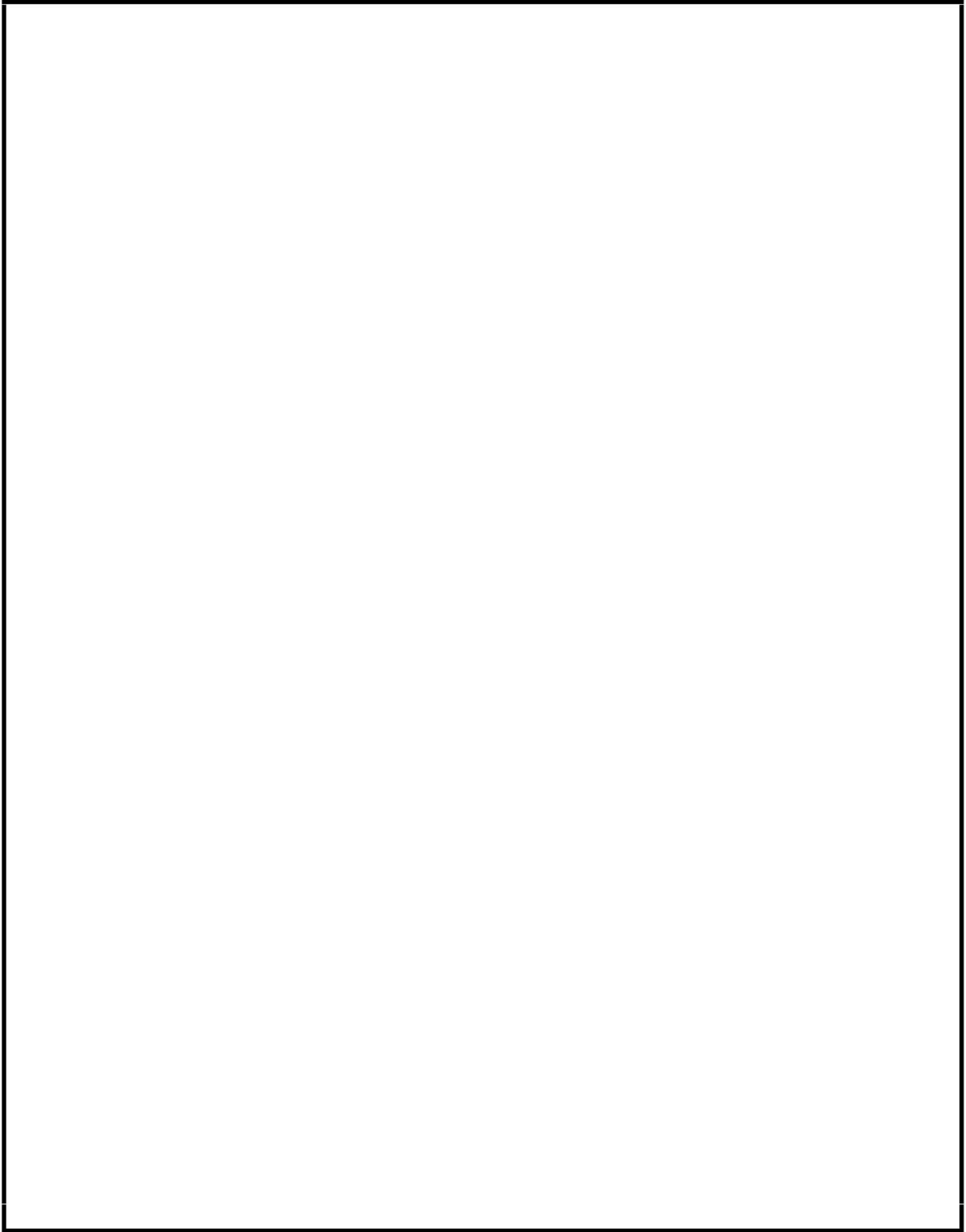


図 2-1 (3/6) 原子炉建屋水密扉設置位置図 (地下 1 階)



K6 ① VI-3-別添 3-2-2 R0

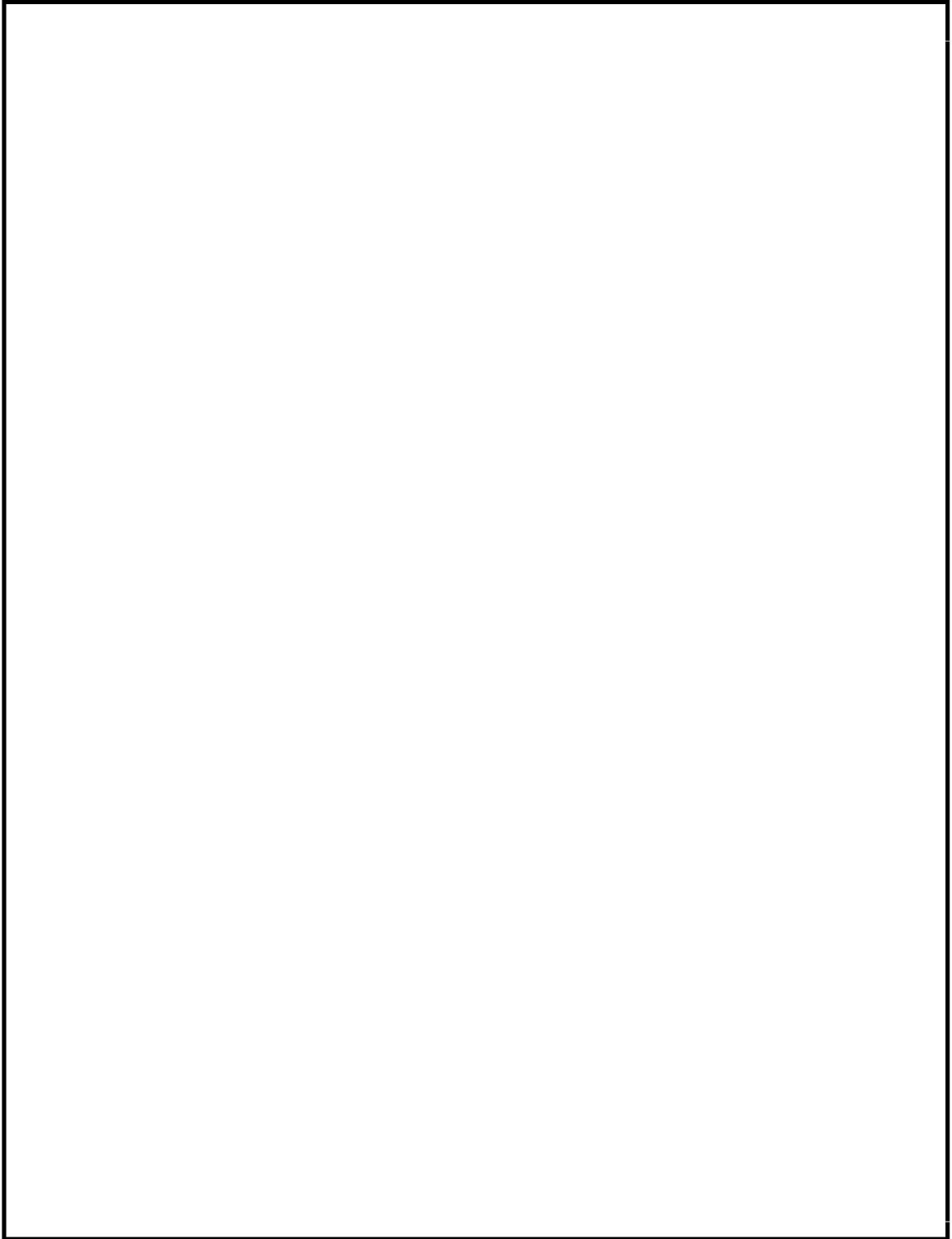
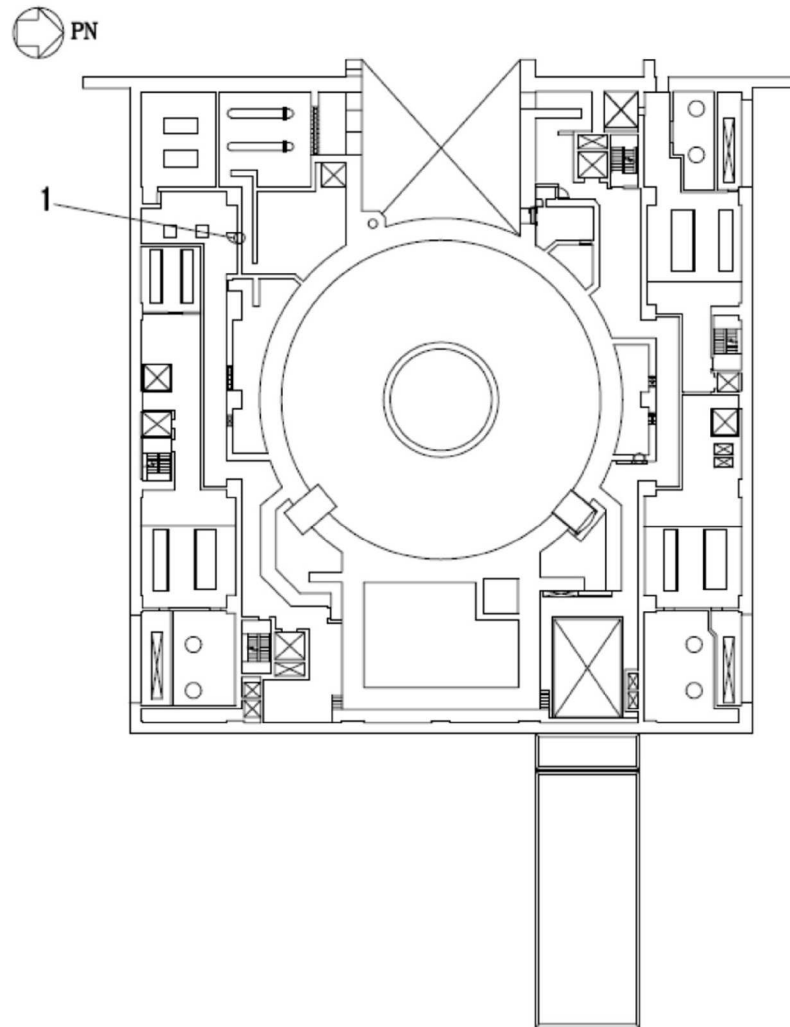


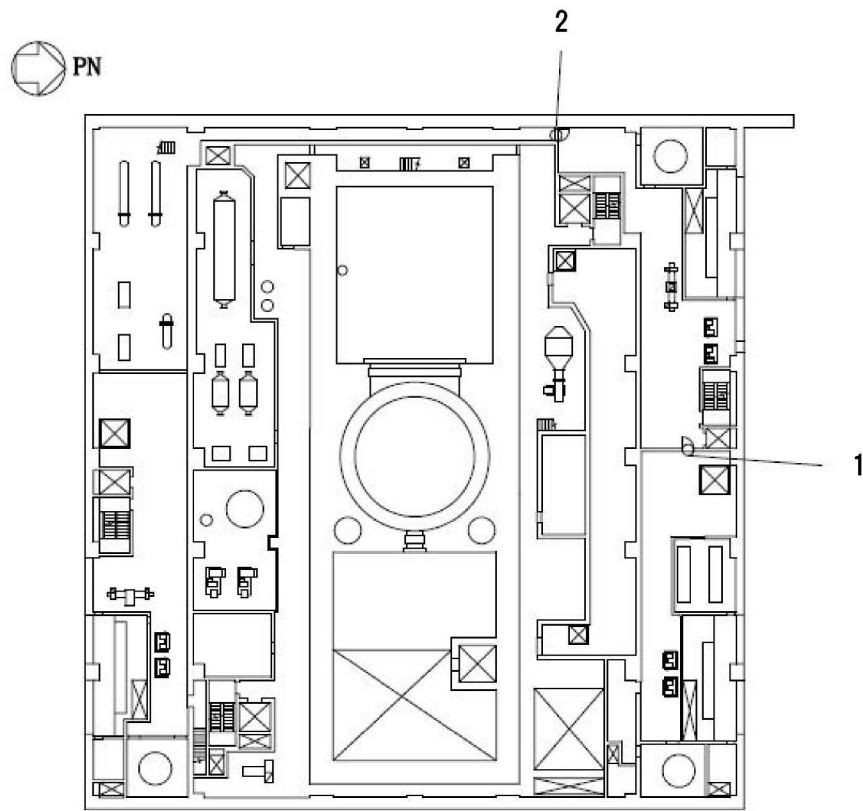
図 2-1 (4/6) 原子炉建屋水密扉設置位置図 (地上 1 階)



RB-2F

1	燃料プール冷却浄化系熱交換器室, 燃料プール冷却浄化系弁室 水密扉
---	-----------------------------------

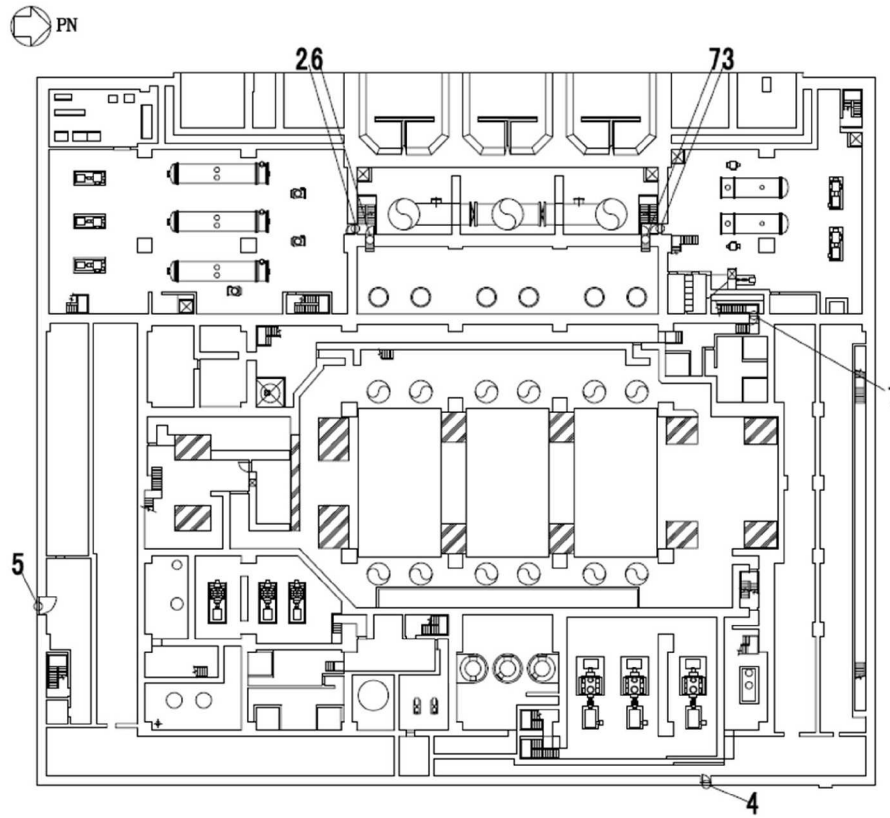
図 2-1 (5/6) 原子炉建屋水密扉設置位置図 (地上 2 階)



RB-3F

1	非常用ディーゼル発電機補機室 水密扉
2	原子炉建屋地上3階南北連絡通路 水密扉

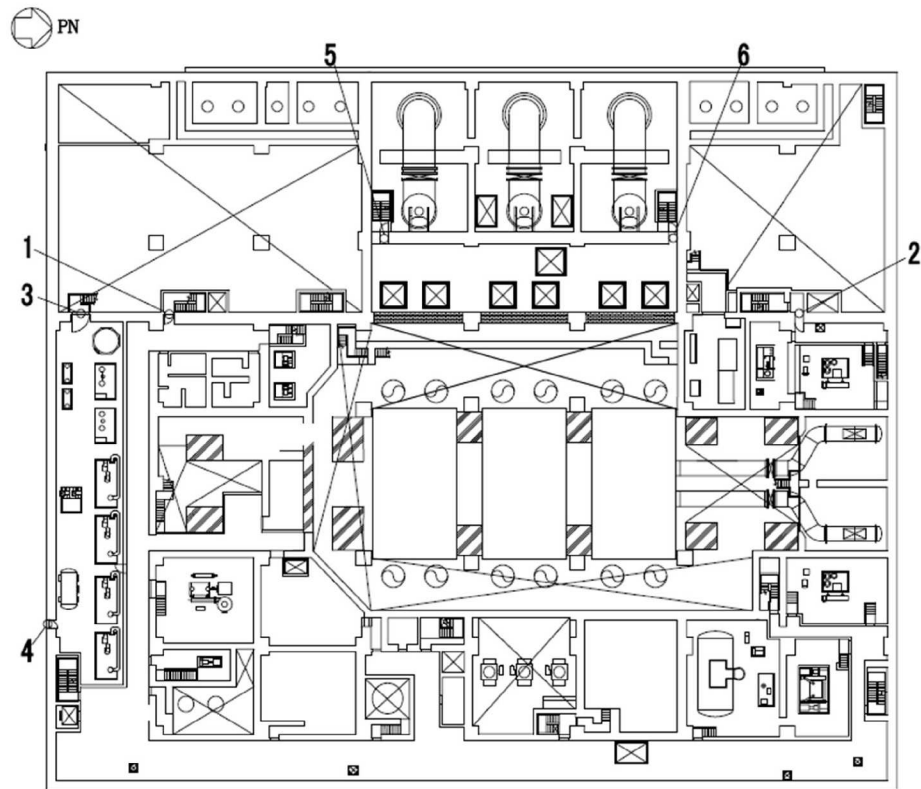
図 2-1 (6/6) 原子炉建屋水密扉設置位置図 (地上3階)



TB-B2F

1	タービン建屋地下2階北西階段室 水密扉
2	タービン補機冷却水系熱交換器・ポンプ室 水密扉
3	<span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 1em; height: 1em; vertical-align: middle;"></span> 原子炉補機冷却水系熱交換器・ポンプ室 水密扉
4	建屋間連絡水密扉 (タービン建屋地下2階～配管トレンチ)
5	建屋間連絡水密扉 (タービン建屋地下2階～廃棄物処理建屋地下3階)
6	循環水配管, 電解鉄イオン供給装置室 水密扉 1
7	循環水配管, 電解鉄イオン供給装置室 水密扉 2

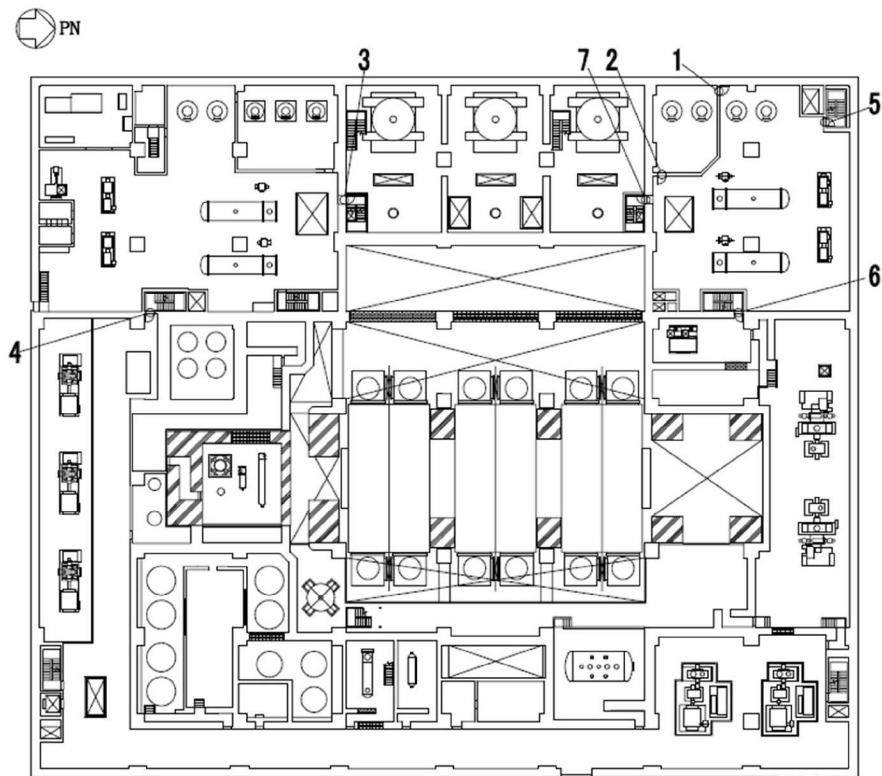
図 2-2 (1/4) タービン建屋水密扉設置位置図 (地下2階)



TB-MB2F

1	タービン建屋地下中2階南西階段室 水密扉
2	タービン建屋地下中2階北西階段室 水密扉
3	計装用圧縮空気系・所内用圧縮空気系空気圧縮機室 水密扉 1
4	計装用圧縮空気系・所内用圧縮空気系空気圧縮機室 水密扉 2
5	循環水系配管メンテナンス室 水密扉 1
6	循環水系配管メンテナンス室 水密扉 2

図 2-2 (2/4) タービン建屋水密扉設置位置図 (地下中 2 階)



TB-B1F

1		子炉補機冷却海水系ポンプ室 水密扉 1
2		子炉補機冷却海水系ポンプ室 水密扉 2
3		子炉補機冷却水系熱交換器・ポンプ室 水密扉
4		タービン建屋地下1階南西階段室 水密扉
5		タービン建屋地下1階北階段室 水密扉
6		タービン建屋地下1階北西階段室 水密扉
7		原子炉補機冷却水系熱交換器・ポンプ室 水密扉

図 2-2 (3/4) タービン建屋水密扉設置位置図 (地下1階)

K6 ① VI-3-別添 3-2-2 R0

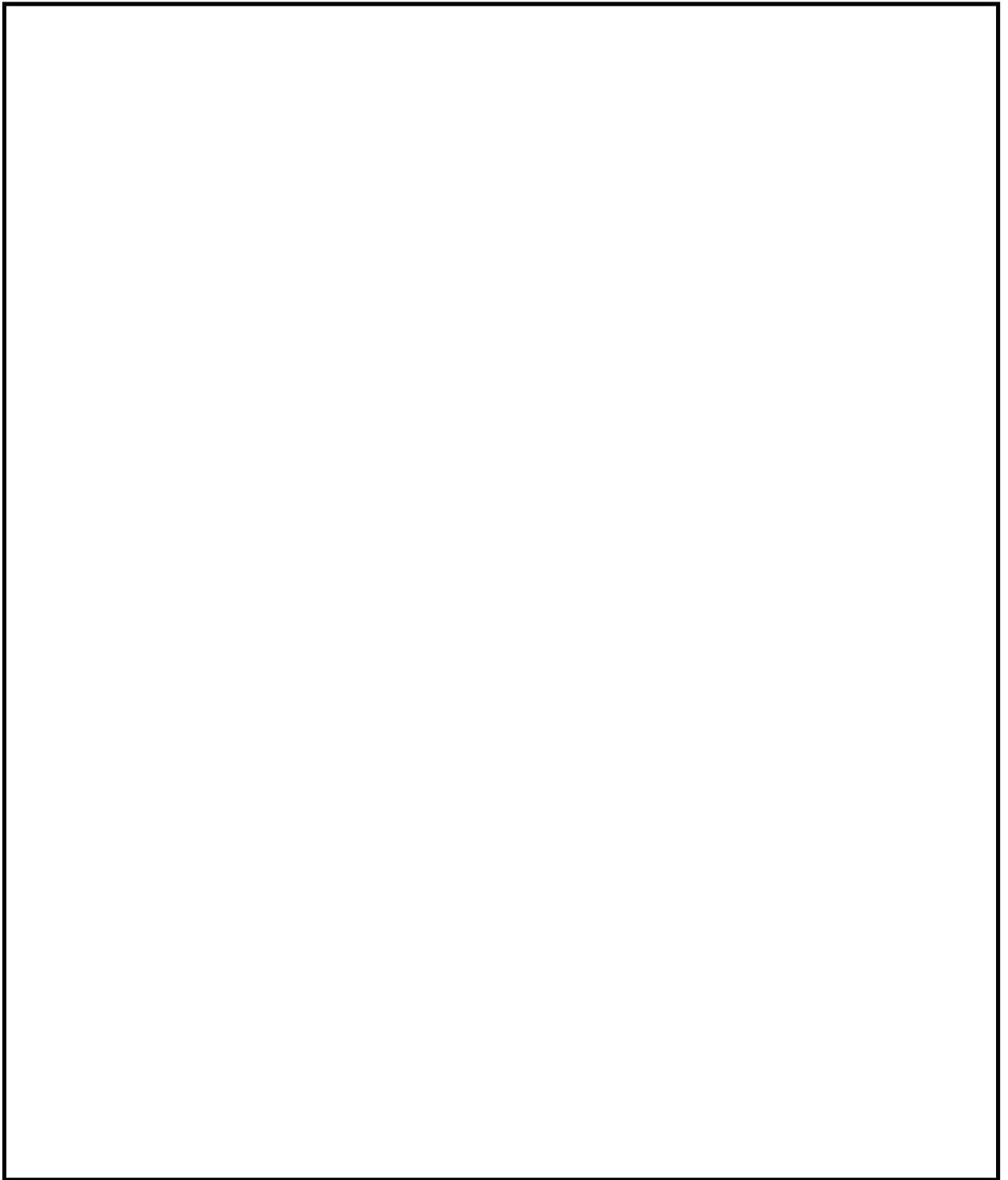
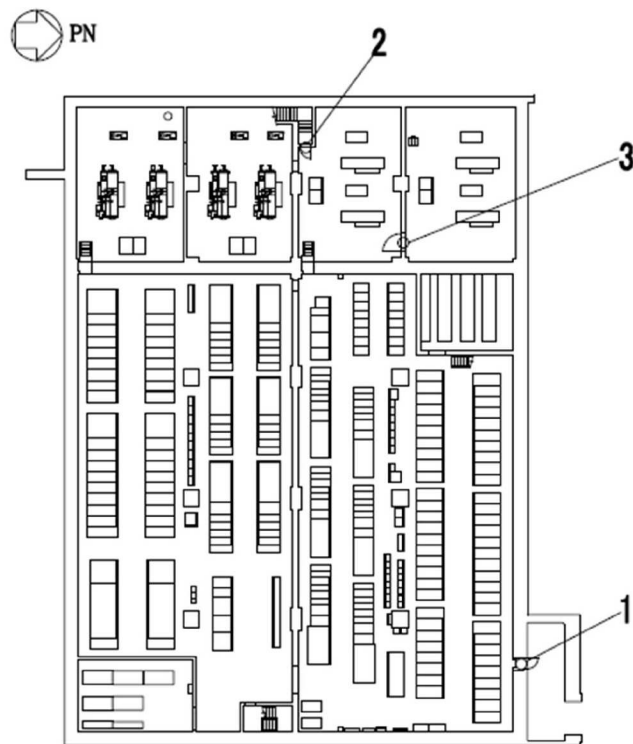


図 2-2 (4/4) タービン建屋水密扉設置位置図 (地上 1 階)

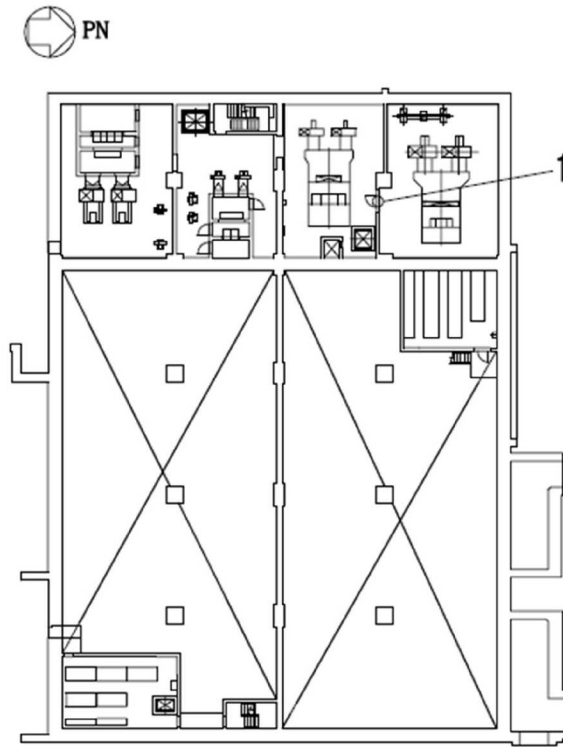


CB-B2F

1	6号機常用電気品室 水密扉
2	6号機コントロール建屋地下2階西階段室 水密扉
3	6号機換気空調補機非常用冷却水系冷凍機 (B) (D) 室 水密扉

図 2-3 (1/4) コントロール建屋水密扉設置位置図 (地下2階)

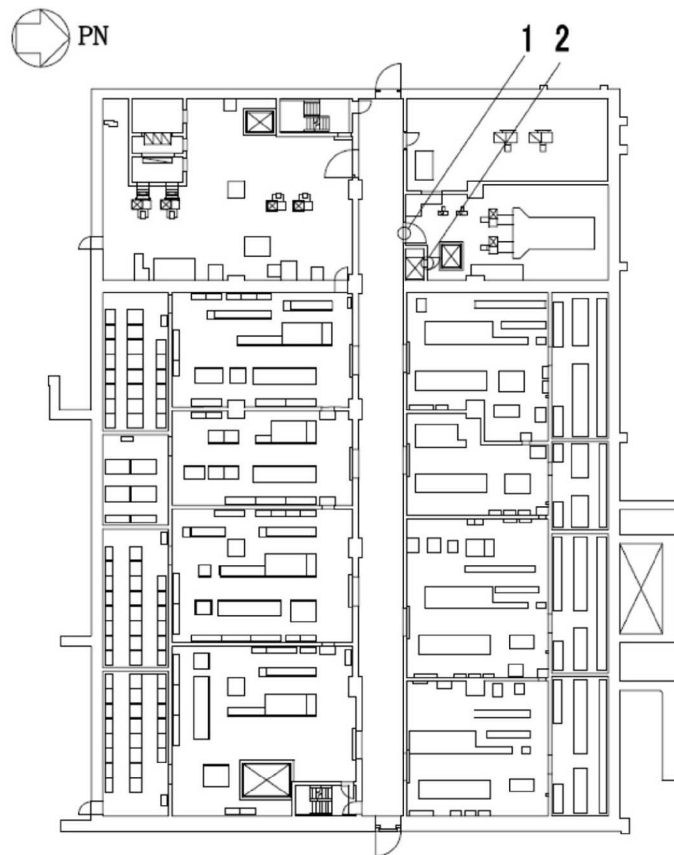




CB-MB2F

1	6号機計測制御電源盤区域 (C) 送風機室 水密扉
---	---------------------------

図 2-3 (2/4) コントロール建屋水密扉設置位置図 (地下中 2 階)



CB-B1F	
1	6号機コントロール建屋地下1階空調ダクト, ケーブル処理室 水密扉
2	6号機計測制御電源盤区域 (A) 送・排風機室 水密扉

図 2-3 (3/4) コントロール建屋水密扉設置位置図 (地下1階)

K6 ① VI-3-別添 3-2-2 R0

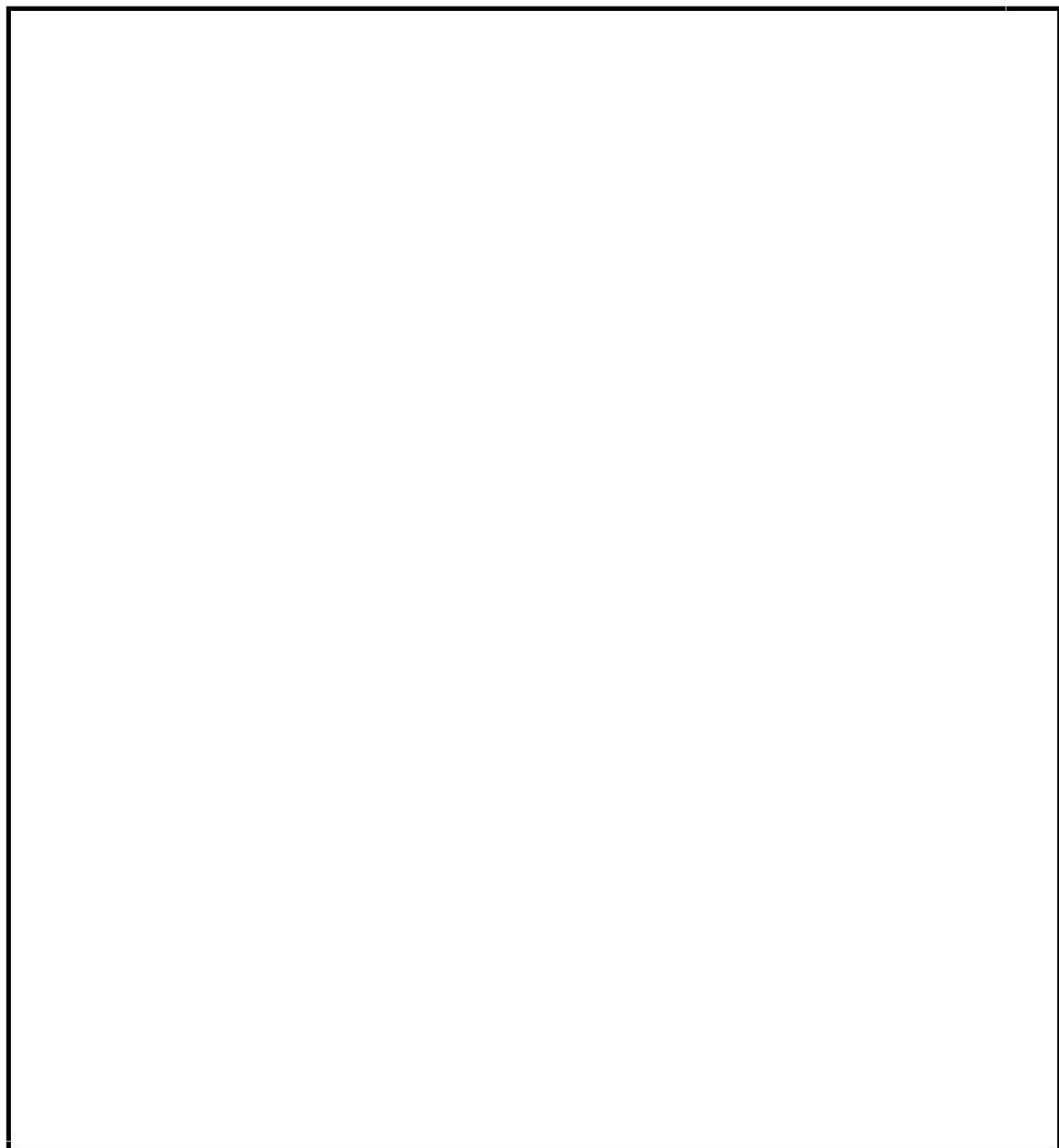
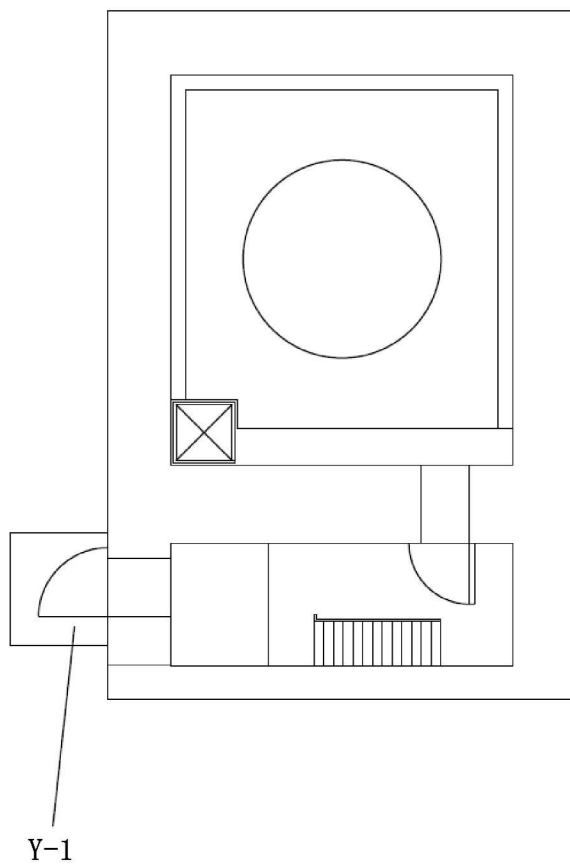
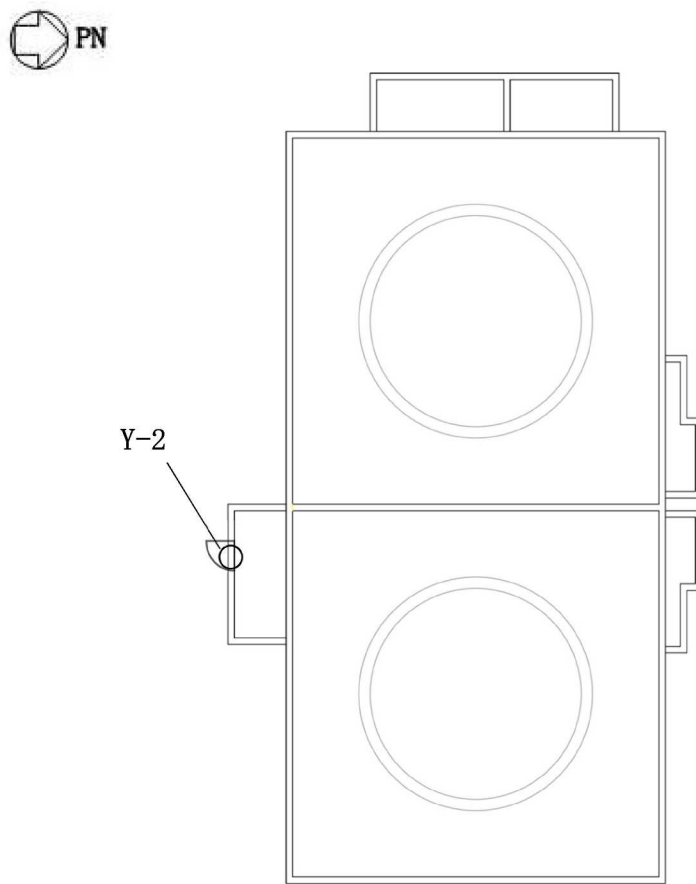


図 2-3 (4/4) コントロール建屋水密扉設置位置図 (地上 1 階)



Y-1	フィルタベントエリア 水密扉
-----	----------------

図 2-4 フィルタベントエリア水密扉設置位置図



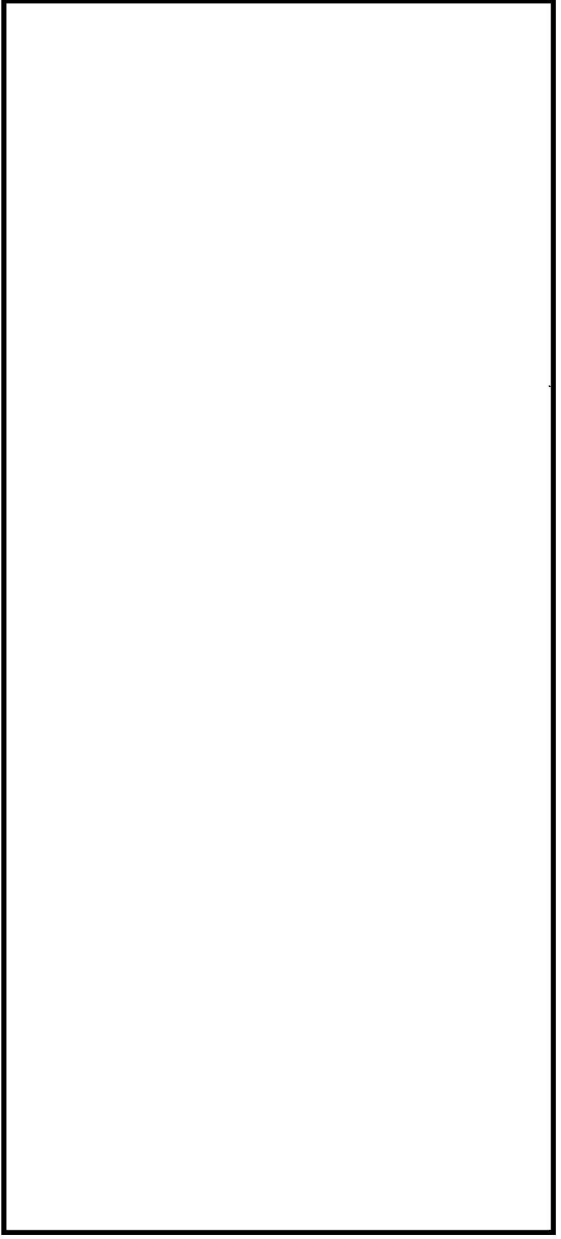
Y-2	燃料移送ポンプエリア(B系) 水密扉
-----	--------------------

図 2-5 燃料移送ポンプエリア水密扉設置位置図

### 2.3 構造計画

水密扉は、片開型の鋼製扉とし扉板の背面に芯材を配した構造である。また、閉鎖状態において締付装置により固定され水密性を確保しており、アンカーボルトによって建屋躯体に固定された扉枠にて支持する構造とする。水密扉の構造計画を表 2-2 に示す。

表 2-2 水密扉の構造計画(片開型)

計画の概要		概略構造図
支持構造	主体構造	
<p>扉開放時においては、ヒンジにより扉が扉枠に固定され、扉閉止時には、締付装置により扉と扉枠が一体化する構造とする。</p> <p>扉枠はアンカーボルトにより躯体へ固定する構造とする。</p>	<p>片開型の鋼製扉とし、鋼製の扉板に芯材を取付け、扉に設置された締付装置を鋼製の扉枠に差込み、扉と扉枠を一体化させる構造とする。</p> <p>また、扉と躯体の接続はヒンジを介する構造とする。</p>	

## 2.4 評価方針

水密扉の強度評価は、VI-3-別添 3-2-1「溢水への配慮が必要な施設の強度計算の方針」にて設定している荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえて、水密扉の評価対象部位に作用する応力等が許容限界内に収まることを、各設備の「3. 強度評価方法」に示す方法により、「3.5 評価条件」に示す評価条件を用いて評価し、応力評価の確認結果を「3.6 評価結果」にて確認する。

水密扉の強度評価フローを図 2-6 に示す。水密扉の強度評価においては、その構造を踏まえ、発生を想定する溢水による静水圧荷重により、水密扉へ作用する荷重方向及び伝達過程を考慮し、評価対象部位を設定する。

強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、静水圧荷重が作用する場合を考慮する。強度評価においては、荷重を静的に作用させる静的解析により、扉板、芯材、締付装置及びアンカーボルトに生じる応力又は応力度を算定し、許容限界との比較を行う。

なお、アンカーボルトは壁に埋め込まれた方向によって下記のとおりと呼ぶこととする。

- ・ 0° 方向配置：アンカーボルトが壁の板厚直交方向に配置されている場合
- ・ 45° 方向配置：アンカーボルトが壁の板厚方向から 45° 傾斜して配置されている場合
- ・ 90° 方向配置：アンカーボルトが壁の板厚方向に配置されている場合

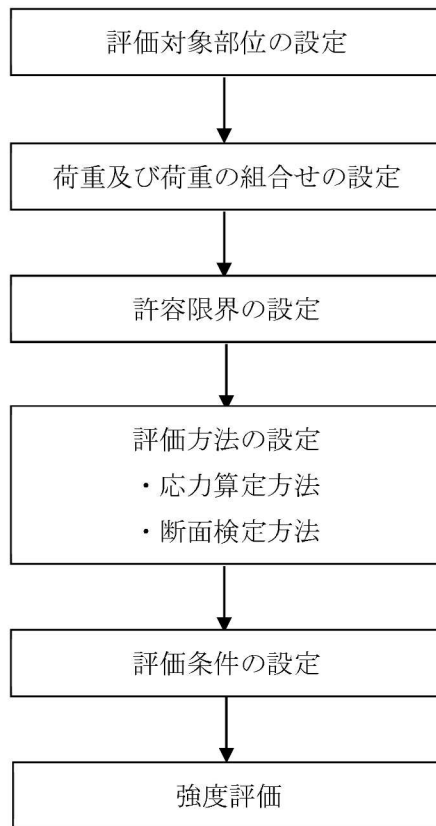


図 2-6 水密扉の強度評価フロー



## 2.5 適用規格・基準等

適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・ 建築基準法・同施行令
- ・ 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 ー許容応力度設計法ー  
（(社)日本建築学会，1999 改定）
- ・ 鋼構造設計規準ー許容応力度設計法ー（(社)日本建築学会，2005 改定）  
（以下「S規準」という。）
- ・ 各種合成構造設計指針・同解説（(社)日本建築学会，2010 改定）
- ・ 日本産業規格（J I S）

## 2.6 記号の説明

水密扉の強度評価に用いる記号を表 2-3 に示す。

表 2-3 強度評価に用いる記号

記号	単位	定義
$h$	mm	当該扉の浸水深さ
$\rho_0$	t/m <sup>3</sup>	水の密度
$g$	m/s <sup>2</sup>	重力加速度
$L_{PL}$	mm	扉板の短辺長さ
$t$	mm	扉板の厚さ
$Z$	mm <sup>3</sup>	断面係数
$w_1$	kN/m <sup>2</sup>	扉上端に作用する静水圧荷重
$w_2$	kN/m <sup>2</sup>	扉下端に作用する静水圧荷重
$w'$	kN/m	芯材に作用する等分布荷重
$b$	mm	芯材に作用する荷重の負担幅
$b'$	mm	締付装置と締付装置受けピンが接する長さ
$L$	mm	芯材の支持スパン
$R_p$	kN	締付装置に作用する荷重
$P_0$	kN	設計水圧荷重
$n_2$	本	締付装置の本数
$L_5$	mm	締付装置の突出長さ
$L_p$	mm	締付装置受けピンの軸支持間距離
$T$	kN	締付装置受けボルトに作用する荷重
$n_b$	本	締付装置受けボルトの本数
$A$	mm <sup>2</sup>	断面積
$A_s$	mm <sup>2</sup>	せん断断面積
$L_1$	mm	躯体開口部の高さ
$L_2$	mm	躯体開口部の幅
$M$	kN・m	曲げモーメント
$Q$	kN	せん断力
$\sigma$	N/mm <sup>2</sup>	曲げ応力度
$\tau$	N/mm <sup>2</sup>	せん断応力度
$\sigma_t$	N/mm <sup>2</sup>	引張応力度
$Q_d$	kN	アンカーボルト1本当りのせん断力
$T_d$	kN	アンカーボルト1本当りの引張力
$Q_a$	kN	アンカーボルト1本当りの短期許容せん断力
$T_a$	kN	アンカーボルト1本当りの短期許容引張力
$n$	本	片側（左右もしくは上下）のアンカーボルト本数

### 3. 強度評価方法

#### 3.1 評価対象部位

水密扉の評価対象部位は、「2.3 構造計画」に示す水密扉の構造上の特徴を踏まえ選定する。

水密扉を閉める方向に外部から生じる静水圧荷重は、扉板から芯材を介し扉枠に伝わり、扉枠を固定するアンカーボルトを介し、開口部周囲の躯体に伝達されることから、評価対象部位は扉板、芯材及びアンカーボルトとする。

水密扉を開く方向に内部から生じる静水圧荷重は、扉板から芯材に伝わり、締付装置部（締付装置、締付装置受けピン、締付装置受けボルト）に伝達され、扉枠及び扉枠を固定するアンカーボルトを介し、開口部周囲の躯体に伝達されることから、評価対象部位は扉板、芯材、締付装置部及びアンカーボルトとする。

アンカーボルトについては、荷重を伝達する芯材の取付け方向又は扉板の辺長比を踏まえ、水平方向に芯材を配置する構造若しくは扉板の短辺方向へ支配的に荷重を伝達する構造である場合はヒンジ側及び扉開閉側のアンカーボルトを、鉛直方向に芯材を配置する場合は扉上部側及び扉下部側のアンカーボルトを評価対象部位として選定する。

なお、ヒンジは静水圧荷重の伝達経路とならないため、評価対象外とする。

また、結果が厳しい評価対象部位を有する水密扉を代表として評価するものとし、水密扉 No. RB-B3F-2, TB-B2F-2, TB-B2F-4, TB-1F-7, CB-B2F-2 及び Y-1 を抽出した。

水密扉に作用する荷重の作用図を図 3-1 に示す。

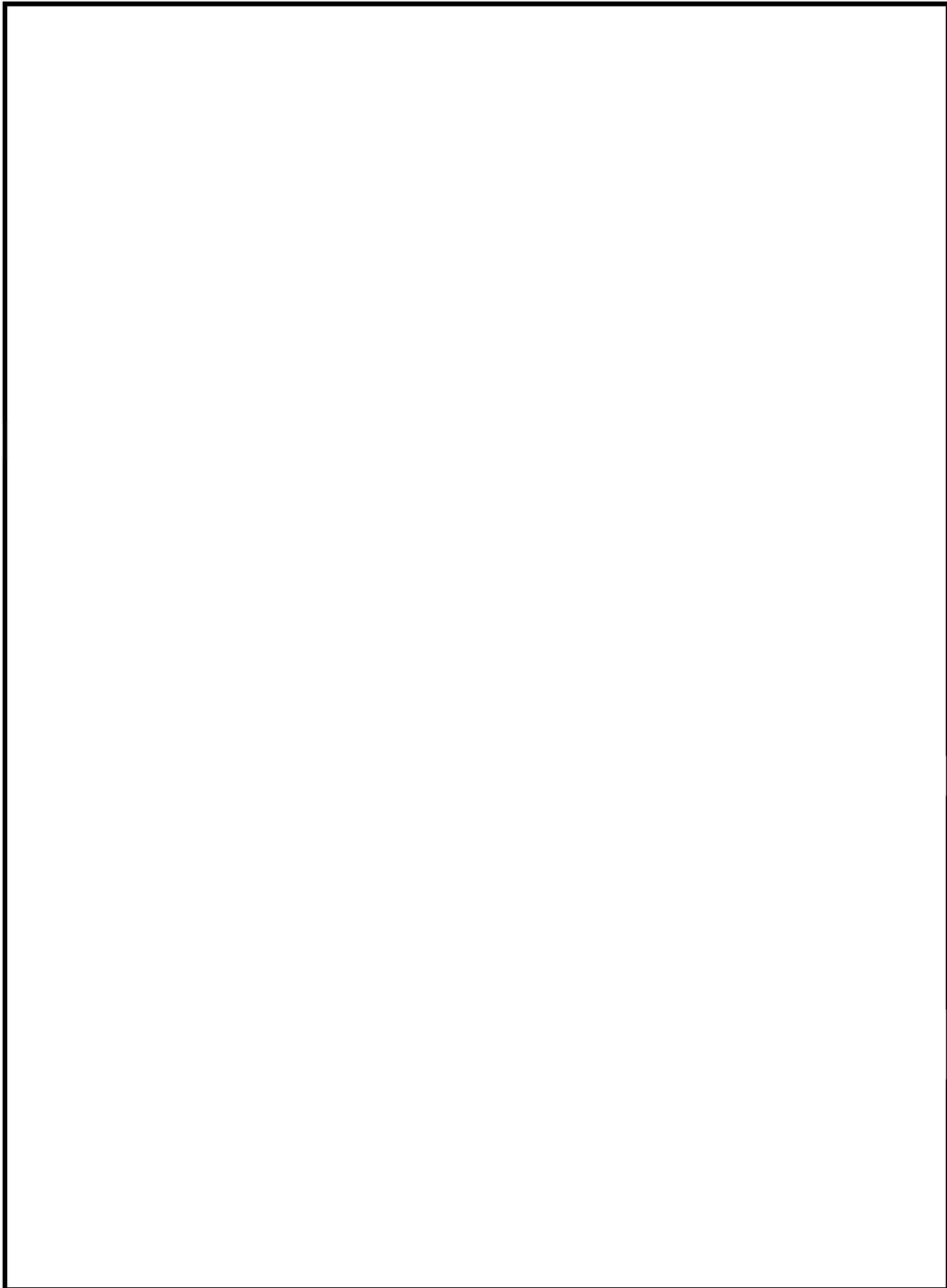
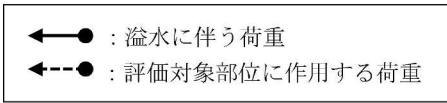


図 3-1(1/2) 水密扉に作用する荷重の作用図

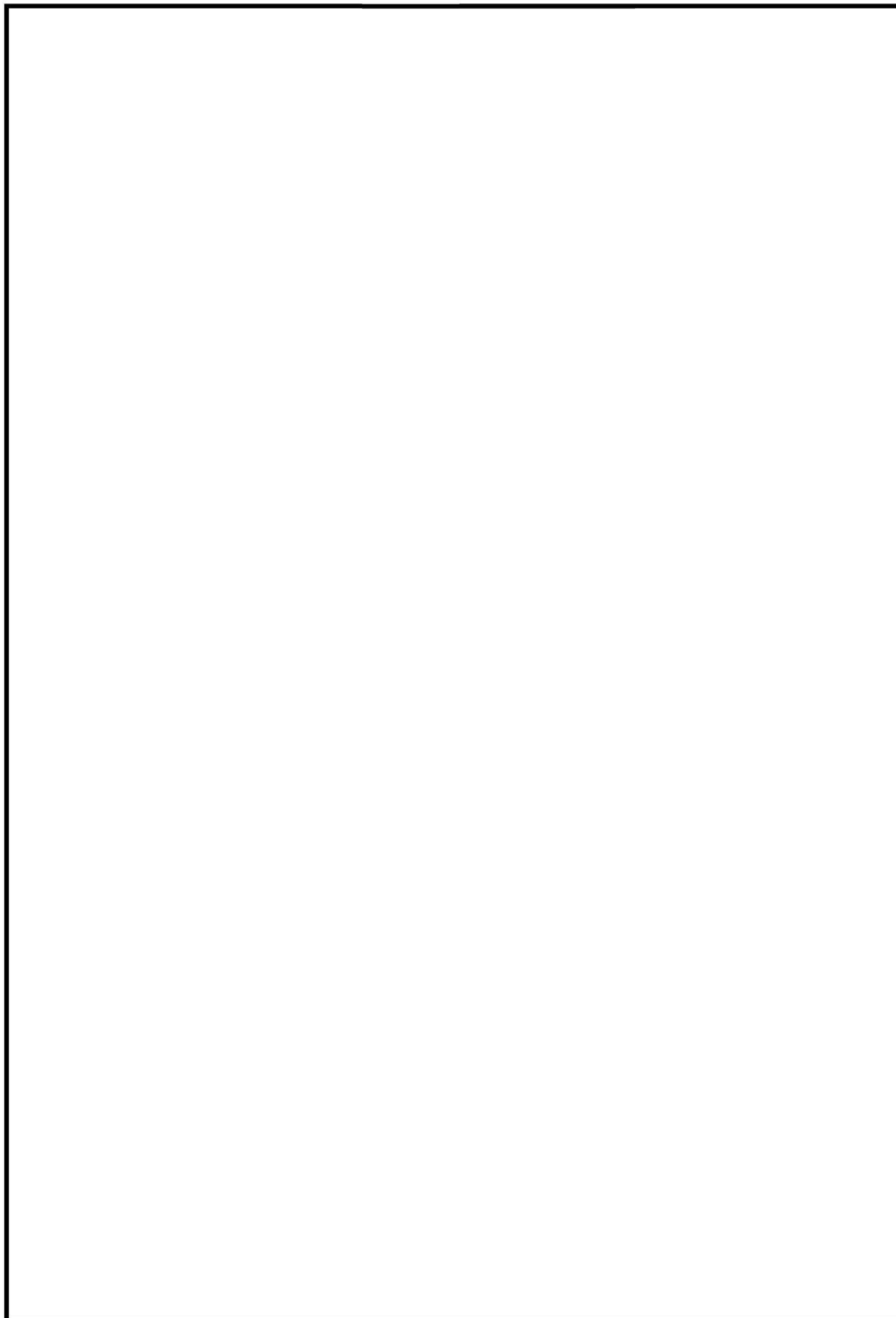
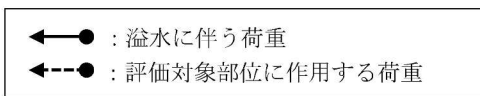


図 3-1 (2/2) 水密扉に作用する荷重の作用図

### 3.2 荷重及び荷重の組合せ

強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、VI-3-別添 3-2-1「溢水への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」にて示している荷重及び荷重の組合せを踏まえて設定する。

#### 3.2.1 荷重の設定

強度評価に用いる荷重を以下に示す。

##### (1) 静水圧荷重 ( $P_h$ )

溢水による静水圧荷重として、水圧作用高さまでの静水圧を考慮する。溢水に伴う荷重は、対象とする水の密度に当該部分の水圧作用深さを乗じた次式により算出する。

$$P_h = \rho_0 \cdot g \cdot h \cdot 10^{-3}$$

ここで、溢水による浸水深さは、今後の溢水評価水位の変更の可能性も考慮し溢水評価水位に対し十分な保守性を持った水位を設定する。具体的には、建屋最下階等の溢水が最終的に滞留する区画（以下「最終滞留区画」という。）の水密扉について、水密扉の設計仕様（最大限界水位）を設定した。なお、最終滞留区画ではない溢水経路にある水密扉については、溢水評価水位にて評価を行うこととした。

##### (2) 荷重の組合せ

水密扉の強度評価に用いる荷重の組合せは、VI-3-別添 3-2-1「溢水への配慮が必要な施設の強度計算の方針」を踏まえて下記の通りに設定する。

$P_h$  : 溢水による静水圧荷重 (kN/m<sup>2</sup>)

### 3.3 許容限界

水密扉の許容限界は、「3.1 評価対象部位」にて設定した部位に対し、VI-3-別添 3-2-1 「溢水への配慮が必要な施設の強度計算の方針」にて設定している許容限界を踏まえて設定する。

#### 3.3.1 使用材料

水密扉を構成する、扉板、芯材、締付装置部及びアンカーボルトの使用材料を表 3-1 に示す。

表 3-1 扉板、芯材、締付装置部及びアンカーボルトの使用材料

評価対象部位		材質	仕様
扉板		SS400 SUS304	PL-9, 12, 19, 35 (mm)
芯材		SS400 SUS304	C-180×75×7×10.5 (mm) C-150×75×6.5×10 (mm) C-150×75×6 (mm) FB-38×75 (mm) FB-38×150 (mm)
締付装置部	締付装置	SUS304	径 (mm) 35, 50, 60
	締付装置 受けピン	SUS304 SCM440	径 (mm) 20, 40
	締付装置 受けボルト	SS400	φ 16, M16, M20
アンカーボルト		SS400 SUS304	φ 16, M16, M20

### 3.3.2 許容限界

#### (1) 扉板, 芯材, 締付装置部

鋼材の許容限界は, 「S規準」を踏まえて表3-2の値とする。

表3-2 鋼材の許容限界

材質*2	短期許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	
	曲げ	せん断
SS400 ( t ≤ 40 ) *1	235	135
SUS304	205	118
SUS403	390	225
SCM440	686	396

注記\*1: t は板厚 (mm) を示す。

\*2: 許容応力度を決定する場合の基準値 F は, 日本産業規格 ( J I S ) に基づく。



(2) アンカーボルトの許容限界の算定値

アンカーボルトの許容限界は、「各種合成構造設計指針・同解説（（社）日本建築学会，2010 改定）」に基づき算定した，表 3-3 の値とする。

なお，引張力を受ける場合においては，アンカーボルトの降伏により決まる耐力及び付着力により決まる耐力を比較して，いずれか小さい値を採用する。また，せん断力を受ける場合においては，アンカーボルトのせん断強度により決まる耐力，定着したコンクリート躯体の支圧強度により決まる耐力及びコーン状破壊により決まる耐力を比較して，いずれか小さい値を採用する。

表 3-3 静水圧荷重を考慮する場合のアンカーボルトの許容限界の算定値

水密扉No.	扉名称	許容耐力 (kN/本)	
		せん断	引張
RB-B3F-2	原子炉隔離時冷却系ポンプ・蒸気タービン室 水密扉	16.6	82.9
TB-B2F-2	タービン補機冷却水系熱交換器・ポンプ室 水密扉	25.7	34.4
TB-B2F-4	建屋間連絡水密扉（タービン建屋地下2階～配管トレンチ）	13.1	21.2
TB-1F-7		22.3	39.9
CB-B2F-2	6号機コントロール建屋地下2階西階段室 水密扉	20.2	35.2
Y-1	フィルタベントエリア 水密扉	21.4	23.7

### 3.4 評価方法

水密扉の強度評価は、VI-3-別添 3-2-1「溢水への配慮が必要な施設の強度計算の方針」にて設定している評価式を用いる。

#### 3.4.1 応力算定

##### (1) 扉板

扉板に生じる応力は、等分布荷重を受ける両端固定の一方向版として算定する。

この時、実際に作用する静水圧は台形分布もしくは、三角形分布であるが、扉最下部の最大静水圧が等分布に作用すると安全側に評価する。扉板に作用する荷重の例を図 3-2 に示す。

$$M = w_2 \cdot (L_{PL} \cdot 10^{-3})^2 / 12$$

ここで、 $w_2 = \rho_0 \cdot g \cdot h \cdot 10^{-3}$

$w_2$  : 扉下端に作用する静水圧荷重 (kN/m<sup>2</sup>)

M : 扉板に生じる最大曲げモーメント (kN・m/m)

$L_{PL}$  : 扉板の短辺長さ (mm)

$\rho_0$  : 水の密度 (t/m<sup>3</sup>)

g : 重力加速度 (m/s<sup>2</sup>)

h : 当該扉の浸水深さ (mm)

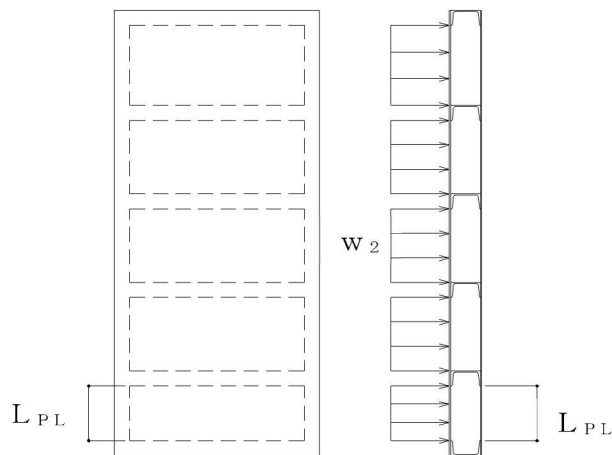


図 3-2 扉板に生じる応力の例

(2) 芯材

芯材に生じる応力は、等分布荷重を受ける両端単純支持の梁として算定する。なお、芯材の取付け方向は、水平・鉛直の2方向があるが、両者とも扉最下部の最大静水圧に、芯材の支配幅（＝間隔）を乗じた荷重が等分布に作用すると安全側に評価する。芯材に作用する荷重の例を図3-3に示す。

$$M = w' \cdot (L \cdot 10^{-3})^2 / 8$$

$$Q = w' \cdot L \cdot 10^{-3} / 2$$

ここで、 $w' = w_2 \cdot b \cdot 10^{-3}$

$w'$  : 芯材に作用する等分布荷重 (kN/m)

$M$  : 芯材に生じる最大曲げモーメント (kN・m)

$Q$  : 芯材に生じる最大せん断力 (kN)

$L$  : 芯材の支持スパン (mm)

$w_2$  : 扉下端に作用する静水圧荷重 (kN/m<sup>2</sup>)

$b$  : 芯材に作用する荷重の負担幅 (mm)

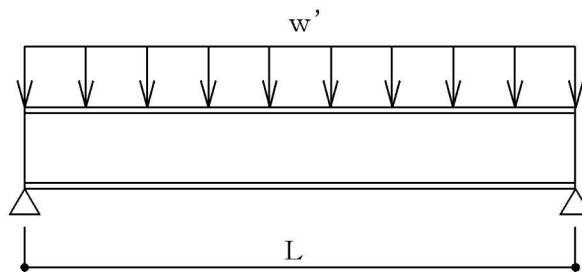


図3-3 芯材に生じる応力の例

(3) 締付装置部

締付装置部は、締付装置、締付装置受けピン及び締付装置受けボルトで構成されており、締付装置部に生じる荷重 $R_p$ は、次式により算定する扉に作用する全静水圧を集中荷重に置換した設計水圧荷重 $P_0$ により算定し、各構成部材に発生する応力を算定する。締付装置に生じる応力の例を図3-4に示す。

$$R_p = P_0 / n_2$$

$$w_1 = \rho_0 \cdot g \cdot (h - L_1) \cdot 10^{-3}$$

$$P_0 = (w_1 + w_2) / 2 \cdot L_1 \cdot L_2 \cdot 10^{-6}$$

$R_p$  : 締付装置に作用する荷重(kN)

$P_0$  : 設計水圧荷重(kN)

$n_2$  : 締付装置の本数(本)

$w_1$  : 扉上端に作用する静水圧荷重(kN/m<sup>2</sup>)

$w_2$  : 扉下端に作用する静水圧荷重(kN/m<sup>2</sup>)

$\rho_0$  : 水の密度(t/mm<sup>3</sup>)

$g$  : 重力加速度(m/s<sup>2</sup>)

$h$  : 当該扉の浸水深さ(mm)

$L_1$  : 躯体開口部の高さ(mm)

$L_2$  : 躯体開口部の幅(mm)

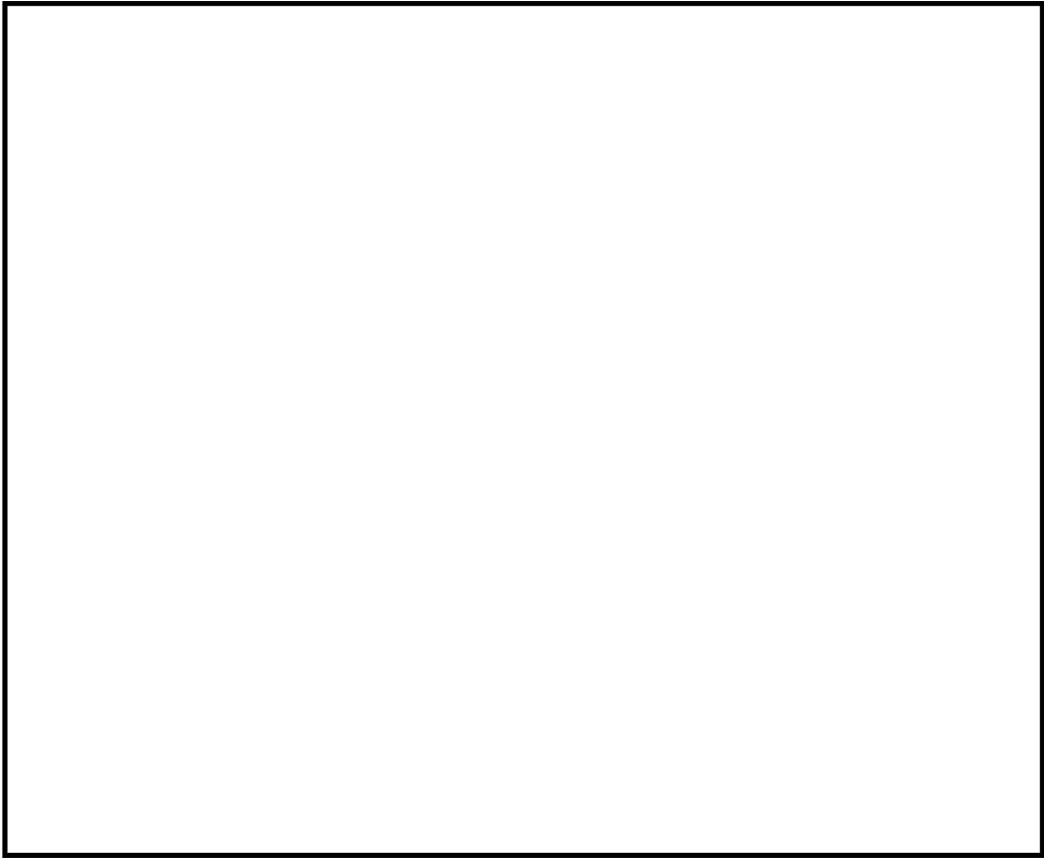


図 3-4 締付装置部に生じる応力の例

## a. 締付装置

締付装置に生じる応力は、次式により算定する。なお、算定に当たっては、締付装置受けピン中心位置を固定端とした片持ち梁として評価し、締付装置の取付部位に応じて作用する応力を考慮する。締付装置に生じる荷重の例を図 3-5 に示す。

$$M = R_p \cdot L_5 \cdot 10^{-3}$$

$$Q = R_p$$

M : 締付装置に生じる最大曲げモーメント (kN・m)

Q : 締付装置に生じる最大せん断力 (kN)

R<sub>p</sub> : 締付装置に作用する荷重 (kN)

L<sub>5</sub> : 締付装置の突出長さ (mm)

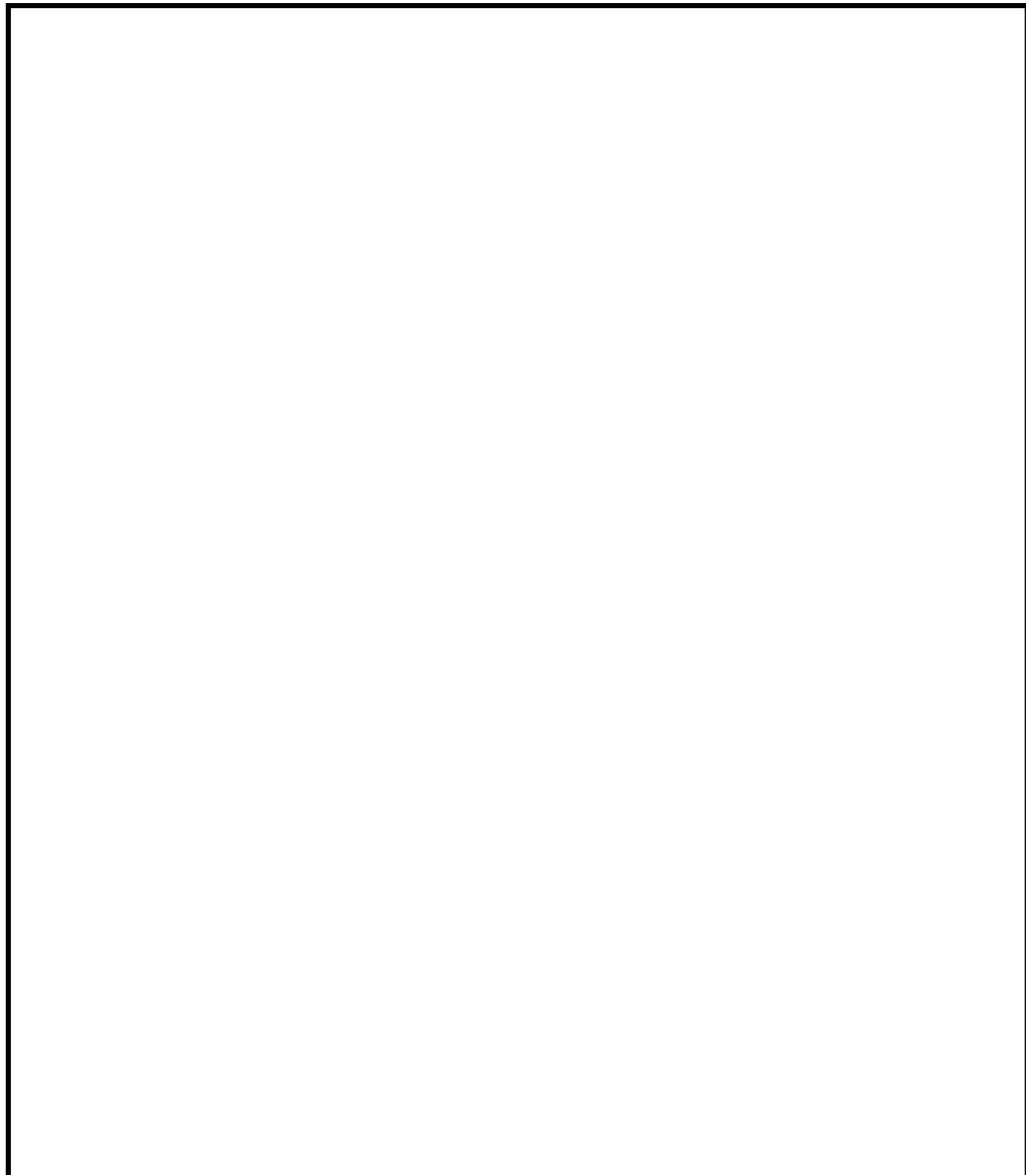


図 3-5 締付装置に生じる荷重の例

b. 締付装置受けピン

締付装置受けピンに生じる応力は、次式により算定する。なお、算定にあたっては、締付装置の形状に応じて締付装置受けピンに作用する応力を考慮する。締付装置受けピンに生じる荷重の例を図3-6に示す。

(締付装置と締付装置受けピンが点接触する場合)

締付装置受けピンを集中荷重が作用する両端固定梁とみなし、次式により算定する。

$$M = R_p \cdot L_p \cdot 10^{-3} / 4$$

$$Q = R_p / 2$$

M : 締付装置受けピンに生じる最大曲げモーメント(kN・m)

Q : 締付装置受けピンに生じる最大せん断力(kN)

R<sub>p</sub> : 締付装置に作用する荷重(kN)

L<sub>p</sub> : 締付装置受けピンの軸支持間距離(mm)



図3-6 (1/2) 締付装置受けピンに生じる荷重の例  
(締付装置と締付装置受けピンが点接触する場合)

(縮付装置と縮付装置受けピンが線接触する場合)

縮付装置受けピンを部分等分布荷重が作用する両端固定梁とみなし，次式により算定する。

$$M = R_p \cdot (L_p^3 - 8 \cdot a'^3) / (24 \cdot b' \cdot L_p)$$

M : 縮付装置受けピンの最大曲げモーメント(kN・m)

R<sub>p</sub> : 縮付装置に作用する荷重(kN)

L<sub>p</sub> : 縮付装置受けピンの軸支持間距離(mm)

a' : 縮付装置受けピンの支持点から縮付装置軸の表面までの距離(mm)

$$a' = (L_p - b') / 2$$

b' : 縮付装置と縮付装置受けピンが接する長さ(mm)

$$Q = R_p / 2$$

Q : 縮付装置受けピンの最大せん断力(kN)

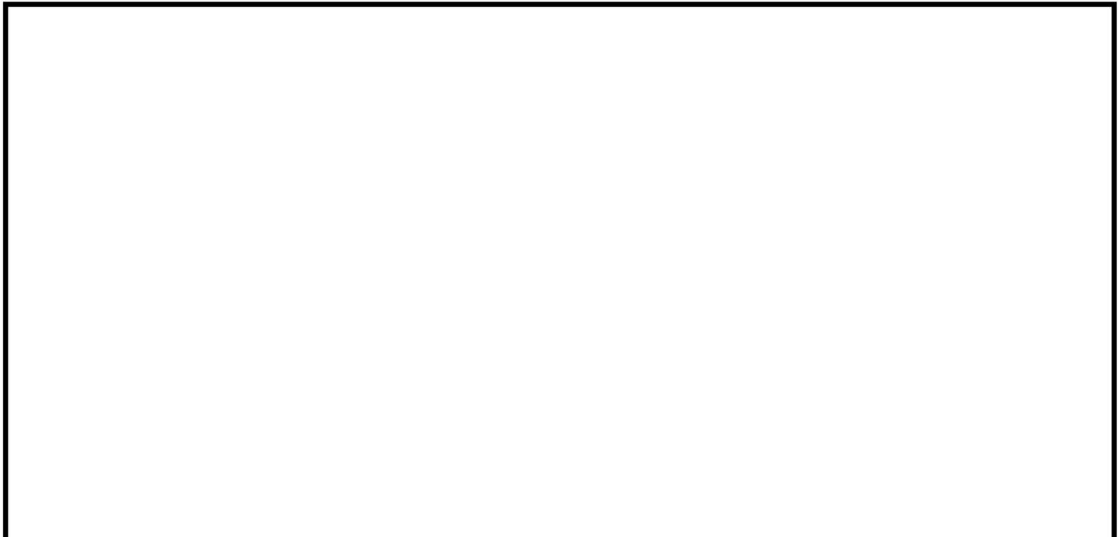


図 3-6 (2/2) 縮付装置受けピンに生じる荷重の例  
(縮付装置と縮付装置受けピンが線接触する場合)



c. 締付装置受けボルト

締付装置受けボルトに生じる応力は、次式により算定する。締付装置受けボルトに生じる応力の例を図3-7に示す。

$$T = R_p / n_b$$

T : 締付装置受けボルトに作用する荷重(kN)

R<sub>p</sub> : 締付装置に作用する荷重(kN)

n<sub>b</sub> : 締付装置受けボルトの本数(本)

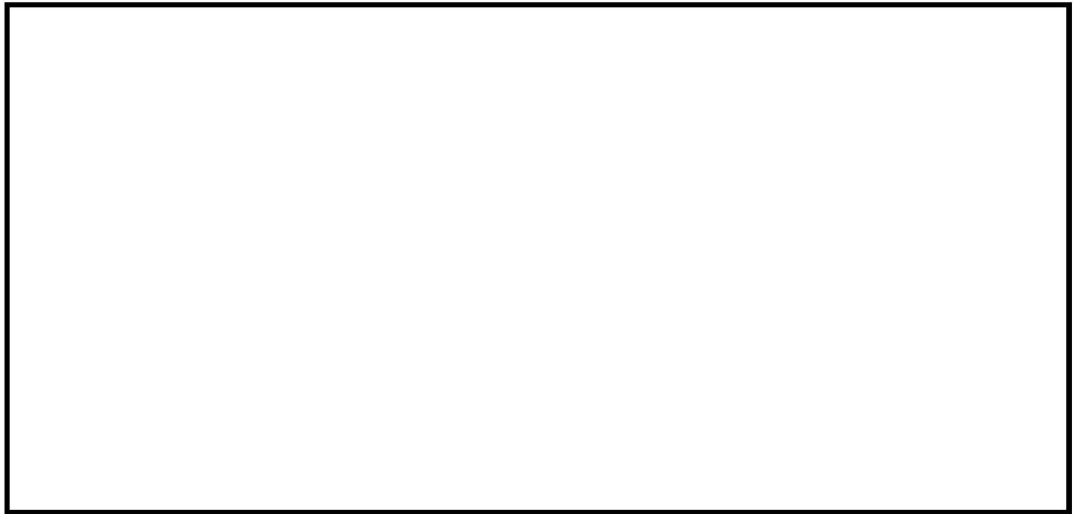


図3-7 締付装置受けボルトに生じる応力の例

(4) アンカーボルト

アンカーボルトに生じる応力は、扉に作用する静水圧荷重を、左右もしくは上下に配置されたアンカーボルトに分配する。アンカーボルトに生じる荷重の例を図3-8に示す。

$$Q = P_0$$

Q : アンカーボルトの最大せん断力(kN)

P<sub>0</sub> : 設計水圧荷重(kN)

n : 片側(左右もしくは上下)のアンカーボルトの本数

アンカーボルトの方向

(0° 方向配置の場合)

$$Q_d = Q / 2 / n$$

(90° 方向配置の場合)

$$T_d = Q / 2 / n$$

(45° 方向配置の場合)

$$Q_d = (Q / \sqrt{2}) / 2 / n$$

$$T_d = (Q / \sqrt{2}) / 2 / n$$

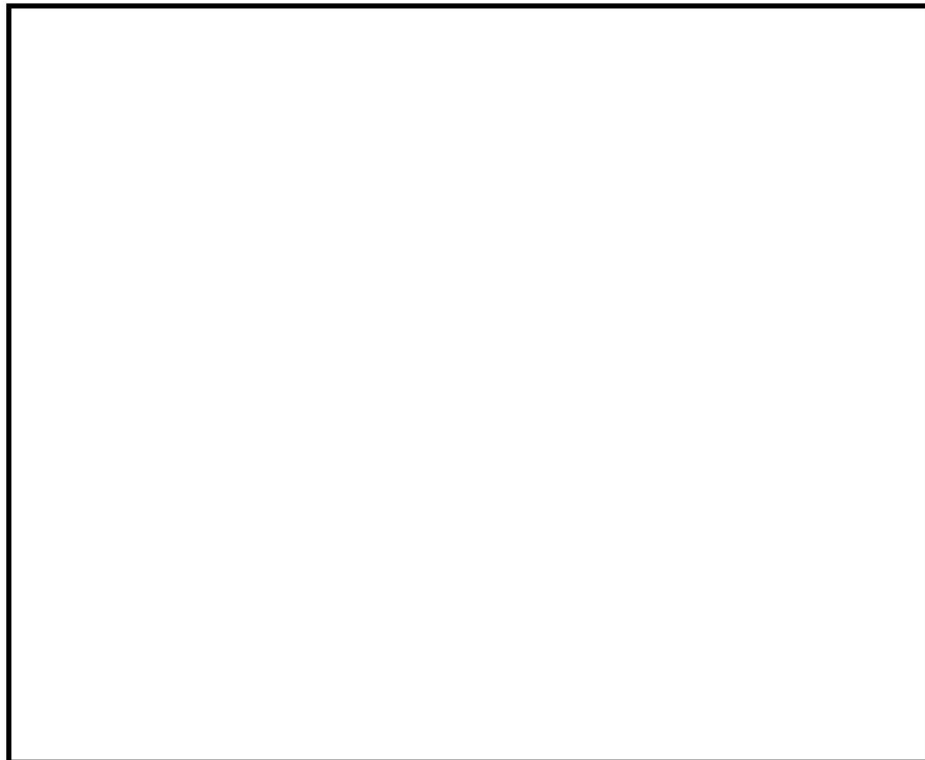


図3-8 アンカーボルトに生じる荷重の例(平面図)

### 3.4.2 断面検定

評価対象部位に発生する応力より算定する応力及び応力度が，許容限界値以下であることを確認する。

#### (1) 扉板

扉板に生じる曲げ応力度を算定し，扉板の短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\sigma = (M \cdot 10^6) / Z$$

$\sigma$  : 扉板の最大曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$M$  : 扉板の最大曲げモーメント (kN・m)

$Z$  : 扉板の断面係数 (mm<sup>3</sup>/m)

#### (2) 芯材

芯材に生じる曲げ応力度及びせん断応力度を算定し，芯材の短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\sigma = (M \cdot 10^6) / Z$$

$\sigma$  : 芯材の最大曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$M$  : 芯材の最大曲げモーメント (kN・m)

$Z$  : 芯材の断面係数 (mm<sup>3</sup>)

$$\tau = (Q \cdot 10^3) / A_s$$

$\tau$  : 芯材の最大せん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$Q$  : 芯材の最大せん断力 (kN)

$A_s$  : 芯材のせん断断面積 (mm<sup>2</sup>)

## (3) 締付装置部

## a. 締付装置

締付装置に生じる曲げ応力度及びせん断応力度から，組合せ応力度を「鋼構造設計規  
準－許容応力度設計法－（社）日本建築学会，2005 改定）」に基づく次式により算定し，  
締付装置の短期許容応力度以下であることを確認する。

$$x = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2}$$

$x$  : 組合せ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

ここで， $\sigma = (M \cdot 10^6) / Z$

$\sigma$  : 締付装置の最大曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$M$  : 締付装置の最大曲げモーメント (kN・m)

$Z$  : 締付装置の断面係数 (mm<sup>3</sup>)

$\tau = (Q \cdot 10^3) / A_s$

$\tau$  : 締付装置の最大せん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$Q$  : 締付装置の最大せん断力 (kN)

$A_s$  : 締付装置のせん断断面積 (mm<sup>2</sup>)

## b. 締付装置受けピン

締付装置受けピンに生じる曲げ応力度及びせん断応力度を次式により算定し，締付装  
置受けピンの短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\sigma = (M \cdot 10^6) / Z$$

ここで， $\sigma$  : 締付装置受けピンの最大曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$M$  : 締付装置受けピンの最大曲げモーメント (kN・m)

$Z$  : 締付装置受けピンの断面係数 (mm<sup>3</sup>)

$$\tau = (Q \cdot 10^3) / A_s$$

ここで， $\tau$  : 締付装置受けピンの最大せん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$Q$  : 締付装置受けピンの最大せん断力 (kN)

$A_s$  : 締付装置受けピンのせん断断面積 (mm<sup>2</sup>)

c. 締付装置受けボルト

締付装置受けボルトに生じる引張応力度を次式により算定し、締付装置受けボルトの短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\sigma_t = (T \cdot 10^3) / A$$

$\sigma_t$  : 締付装置受けボルトの最大引張応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

T : 締付装置受けボルトの最大引張力 (kN)

A : 締付装置受けボルトの断面積 (mm<sup>2</sup>)

(4) アンカーボルト

アンカーボルト 1 本当りに生じる引張力又はせん断力を算定し、アンカーボルトの許容荷重以下であることを確認する。

$$(T_d / T_a)^2 + (Q_d / Q_a)^2 \leq 1.0$$

$$T_d / T_a \leq 1.0$$

ここで、 $T_d = P_o / 2 / n$

$T_d$  : アンカーボルト 1 本当りの引張力 (kN)

$T_a$  : アンカーボルト 1 本当りの短期許容引張力 (kN)

$P_o$  : 設計水圧荷重 (kN)

n : 片側 (左右もしくは上下) のアンカーボルトの本数

$$Q_d / Q_a \leq 1.0$$

ここで、 $Q_d = P_o / 2 / n$

$Q_d$  : アンカーボルト 1 本当りのせん断力 (kN)

$Q_a$  : アンカーボルト 1 本当りの短期許容せん断力 (kN)

$P_o$  : 設計水圧荷重 (kN)

n : 片側 (左右もしくは上下) のアンカーボルトの本数

### 3.5 評価条件

「3.4 評価方法」に用いる評価条件を表3-4に示す。

表3-4 強度評価に用いる条件

対象部位	記号	単位	定義	水密扉No.						
				RB-B3F-2	TB-B2F-2	TB-B2F-4	TB-1F-7	CB-B2F-2	Y-1	
共通	h	mm	当該扉の浸水深さ	13000	19800	20100	3700	7000	4000	
	$\rho_0$	$\text{t/m}^3$	水の密度	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	
	g	$\text{m/s}^2$	重力加速度	9.80665	9.80665	9.80665	9.80665	9.80665	9.80665	
扉板	L <sub>PL</sub>	mm	扉板の短辺長さ	500	452	250	250	452	600	
	Z	$\text{mm}^3/\text{m}$	扉板の断面係数	$1.350 \times 10^4$	$2.400 \times 10^4$	$2.400 \times 10^4$	$6.010 \times 10^4$	$2.400 \times 10^4$	$2.040 \times 10^5$	
芯材	w <sub>2</sub>	$\text{kN/m}^2$	扉下端に作用する静水圧荷重	132	200	204	37.4	70.8	40.5	
	b	mm	芯材に作用する荷重の負担幅	500	452	250	250	452	600	
	L	mm	芯材の支持スパン	1060	995	855	2385	965	2200	
	Z	$\text{mm}^3$	芯材の断面係数	$1.150 \times 10^5$	$1.530 \times 10^5$	$3.560 \times 10^4$	$1.420 \times 10^5$	$1.530 \times 10^5$	$8.120 \times 10^4$	
	A <sub>s</sub>	$\text{mm}^2$	芯材のせん断面積	$8.450 \times 10^2$	$1.113 \times 10^3$	$2.850 \times 10^3$	$5.700 \times 10^3$	$1.113 \times 10^3$	$8.280 \times 10^2$	
縮付装置部	共通	n <sub>2</sub>	本	縮付装置の本数	— *	4	— *	8	4	— *
		L <sub>3</sub>	mm	縮付装置の突出長さ	— *	52.5	— *	98	52.5	— *
	縮付装置	$\sigma$	$\text{N/mm}^2$	曲げ応力度	— *	212	— *	168	78.8	— *
		$\tau$	$\text{N/mm}^2$	せん断応力度	— *	40.5	— *	14.2	15.1	— *
		L <sub>p</sub>	mm	縮付装置受けピンの軸支持間距離	— *	112	— *	58	112	— *
	縮付装置受けピン	b'	mm	縮付装置と縮付装置受けピンが接する長さ	— *	48	— *	— *	— *	— *
		$\sigma$	$\text{N/mm}^2$	曲げ応力度	— *	121	— *	385	142	— *
	縮付装置受けボルト	$\tau$	$\text{N/mm}^2$	せん断応力度	— *	45.7	— *	44.2	17	— *
		n <sub>b</sub>	本	縮付装置受けボルトの本数	— *	4	— *	2	4	— *
		$\sigma_v$	$\text{N/mm}^2$	引張応力度	— *	68.2	— *	51.8	25.4	— *
アンカーボルト		L <sub>1</sub>	mm	躯体開口部の高さ	— *	2100	2130	2990	2100	2200
	L <sub>2</sub>	mm	躯体開口部の幅	— *	1000	1035	2480	1000	1360	
	n	本	0° 方向 ヒンジ側/上側 アンカーボルト本数	— *	4	14	10	4	20	
			0° 方向 開閉側/下側 アンカーボルト本数	— *	4	14	10	4	20	
			45° 方向 ヒンジ側/上側 アンカーボルト本数	— *	0	0	0	0	0	
			45° 方向 開閉側/下側 アンカーボルト本数	— *	0	0	0	0	0	
			90° 方向 ヒンジ側/上側 アンカーボルト本数	— *	7	10	0	8	10	
			90° 方向 開閉側/下側 アンカーボルト本数	— *	7	10	0	8	10	
	Q <sub>a</sub>	kN/本	0° 方向 ヒンジ側/上側 アンカーボルト1本当りの短期許容せん断力	— *	25.7	13.1	22.3	20.2	21.4	
			0° 方向 開閉側/下側 アンカーボルト1本当りの短期許容せん断力	— *	25.7	13.1	22.3	20.2	21.4	
			45° 方向 ヒンジ側/上側 アンカーボルト1本当りの短期許容せん断力	— *	— *	— *	— *	— *	— *	
	T <sub>a</sub>	kN/本	45° 方向 開閉側/下側 アンカーボルト1本当りの短期許容引張力	— *	— *	— *	— *	— *	— *	
			90° 方向 ヒンジ側/上側 アンカーボルト1本当りの短期許容引張力	— *	34.4	21.2	— *	35.2	23.7	
90° 方向 開閉側/下側 アンカーボルト1本当りの短期許容引張力			— *	34.4	21.2	— *	35.2	23.7		
90° 方向 開閉側/下側 アンカーボルト1本当りの短期許容引張力			— *	34.4	21.2	— *	35.2	23.7		

注記\* : 水密扉の開方向に対して、扉板を躯体に押し付ける向きに静水圧荷重が作用するため、当該部材に荷重が作用しないことから評価対象外とした。

### 3.6 評価結果

水密扉の強度評価結果を表 3-5 に示す。水密扉の各部材の断面検定を行った結果、発生応力度又は荷重は許容限界以下であることから、水密扉が構造健全性を有することを確認した。

表 3-5 水密扉の強度評価結果

水密扉No.	評価対象部材	発生応力度 又は応力 (N/mm <sup>2</sup> )	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )	検定値	
RB-B3F-2	扉板	204	235	0.87	
	芯材 <sup>*1</sup>	62.2	135	0.47	
	縮付装置部	縮付装置	—	—	—
		縮付装置受けピン	—	—	—
		縮付装置受けボルト	—	—	—
	アンカーボルト	—	—	—	
TB-B2F-2	扉板	143	235	0.61	
	芯材 <sup>*1</sup>	60.7	135	0.45	
	縮付装置部	縮付装置	224	390	0.58
		縮付装置受けピン	121	205	0.60
		縮付装置受けボルト	68.2	235	0.30
	アンカーボルト <sup>*2</sup>	15.6	25.7	0.61	
TB-B2F-4	扉板	44.6	235	0.19	
	芯材 <sup>*1</sup>	132	235	0.57	
	縮付装置部	縮付装置	—	—	—
		縮付装置受けピン	—	—	—
		縮付装置受けボルト	—	—	—
	アンカーボルト <sup>*2</sup>	9.27	13.1	0.71	
TB-1F-7	扉板	3.25	235	0.02	
	芯材 <sup>*1</sup>	46.9	235	0.20	
	縮付装置部	縮付装置	170	205	0.83
		縮付装置受けピン	385	686	0.57
		縮付装置受けボルト	51.8	235	0.23
	アンカーボルト <sup>*2</sup>	8.30	22.3	0.38	
CB-B2F-2	扉板	50.5	235	0.22	
	芯材 <sup>*1</sup>	20.9	135	0.16	
	縮付装置部	縮付装置	83.1	390	0.22
		縮付装置受けピン	142	205	0.70
		縮付装置受けボルト	25.4	235	0.11
	アンカーボルト <sup>*2</sup>	5.30	20.2	0.27	
Y-1	扉板	5.99	205	0.03	
	芯材 <sup>*1</sup>	183	205	0.90	
	縮付装置部	縮付装置	—	—	—
		縮付装置受けピン	—	—	—
		縮付装置受けボルト	—	—	—
	アンカーボルト <sup>*2</sup>	1.47	21.4	0.07	

注記\* 1 : 曲げ及びせん断のうち評価結果が厳しい方の値を記載する。

\* 2 : アンカーボルトの評価結果は単位を kN とする。

## VI-3-別添3-2-3 水密扉付止水堰の強度計算書



## 目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	2
2.1 検討対象の水密扉付止水堰一覧	2
2.2 配置概要	3
2.3 構造計画	5
2.4 評価方針	8
2.5 適用規格・基準等	10
2.6 記号の説明	11
3. 強度評価方法	13
3.1 評価対象部位	13
3.1.1 水密扉部の評価対象部位	13
3.1.2 止水堰部の評価対象部位	13
3.2 荷重及び荷重の組合せ	14
3.2.1 荷重の設定	14
3.2.2 荷重の組合せ	14
3.3 許容限界	15
3.3.1 水密扉部（扉板，芯材，締付装置部），止水堰部（鋼製板，芯材）	15
3.3.2 アンカーボルト（止水堰部）	15
3.4 評価方法	16
3.4.1 水密扉部の応力算定	16
3.4.2 水密扉部の断面検定	22
3.4.3 止水堰部の応力算定	25
3.4.4 止水堰部の断面検定	29
3.5 評価条件	31
4. 評価結果	33

## 1. 概要

本資料は、VI-1-1-9-5「溢水防護に関する施設の詳細設計」に示すとおり、溢水防護に関する施設である水密扉付止水堰（以下「水密扉付止水堰」という。）が、発生を想定する溢水による静水圧荷重に対して、溢水伝播を防止する機能を維持するために、十分な構造強度を有することを説明するものである。その強度評価は、応力評価により行う。止水性の維持を考慮して、主要な構造部材が構造健全性を維持することを確認するものである。

## 2. 一般事項

### 2.1 検討対象の水密扉付止水堰一覧

検討対象の水密扉付止水堰を表 2-1 に示す。

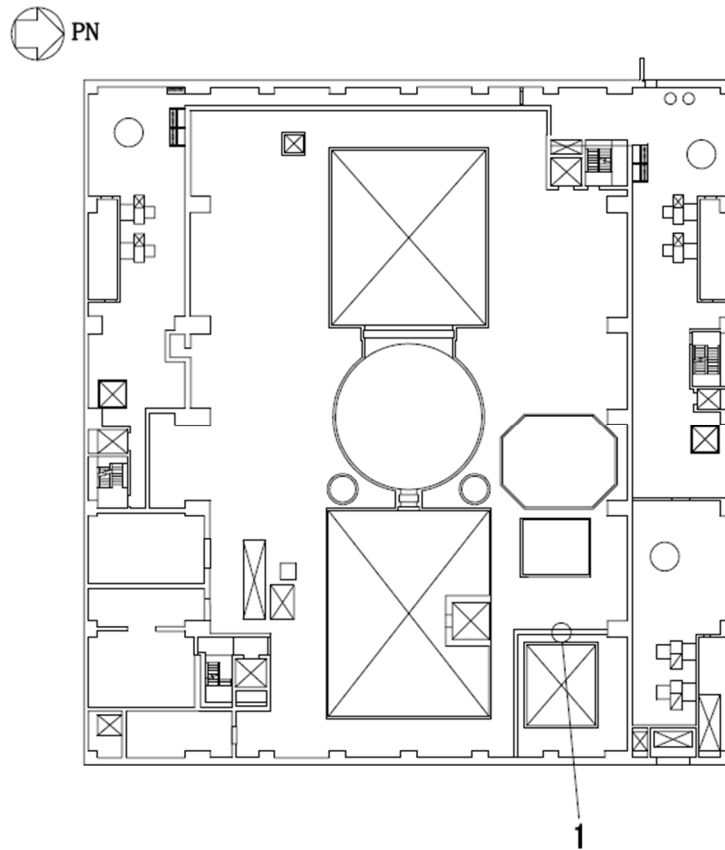
表 2-1 検討対象の水密扉付止水堰一覧

水密扉付 止水堰 No.	名称	設置床高さ (T.M.S.L.)
1	原子炉建屋地上 4 階 (R5R6-RFRG) 水密扉付止水堰	31.7m
2	タービン建屋地上 1 階 (T4-TBTC) 水密扉付止水堰	12.3m
3	タービン建屋地上 1 階 (T7-TBTC) 水密扉付止水堰	12.3m

## 2.2 配置概要

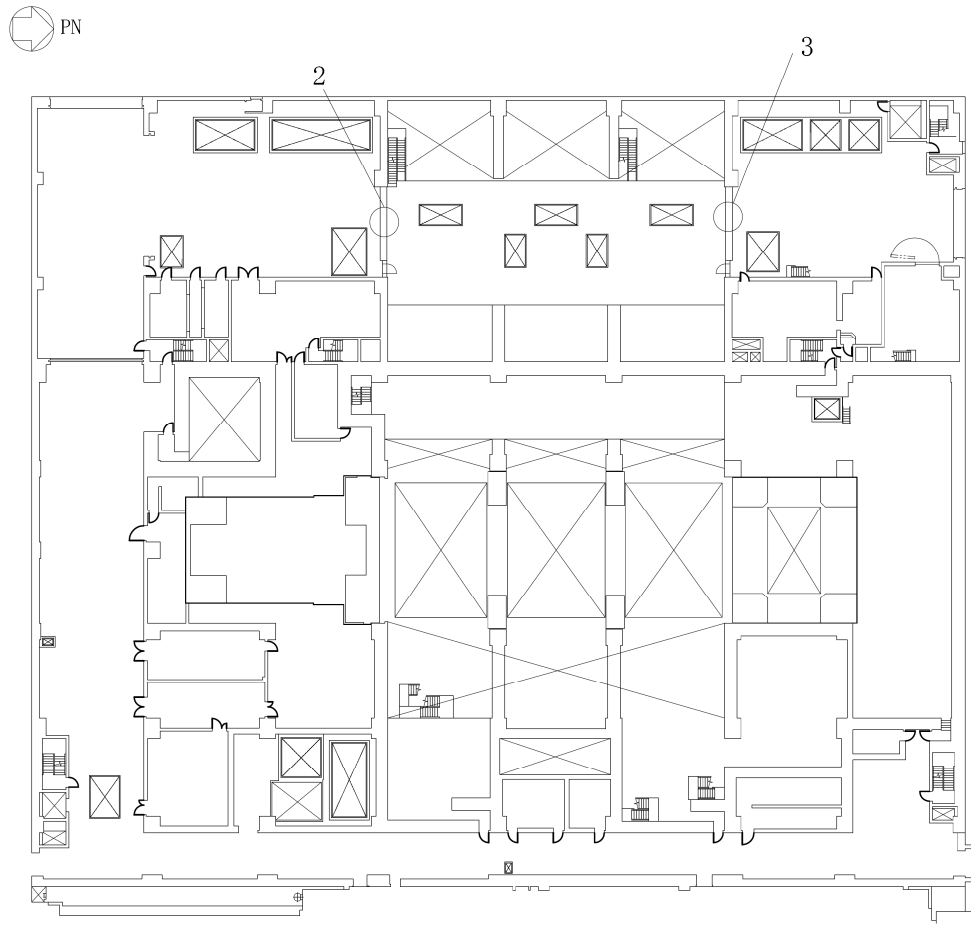
水密扉付止水堰は、VI-1-1-9-5「溢水防護に関する施設の詳細設計」の「4.1.4 水密扉付止水堰の設計方針」に示すとおり、原子炉建屋及びタービン建屋に設置する。

水密扉付止水堰の設置位置を図 2-1、図 2-2 に示す。



水密扉付止水堰 No.	名称
1	原子炉建屋地上 4 階 (R5R6-RFRG) 水密扉付止水堰

図 2-1 水密扉付止水堰の設置位置図 (原子炉建屋 T. M. S. L. 31700 mm)



水密扉付止水堰 No.	名称
2	タービン建屋地上 1 階 (T4-TBTC) 水密扉付止水堰
3	タービン建屋地上 1 階 (T7-TBTC) 水密扉付止水堰

図 2-2 水密扉付止水堰の設置位置図 (タービン建屋 T. M. S. L. 12300 mm)

### 2.3 構造計画

水密扉付止水堰の構造は、VI-1-1-9-5「溢水防護に関する施設の詳細設計」の「3. 要求機能及び性能目標」に示す構造計画を踏まえて、詳細な構造を設定する。水密扉付止水堰は、水密扉部と止水堰部で構成され、それぞれの部位について構造計画を表2-2に、使用材料を表2-3、表2-4に示す。

水密扉付止水堰は、水密扉部と止水堰部で構成される。

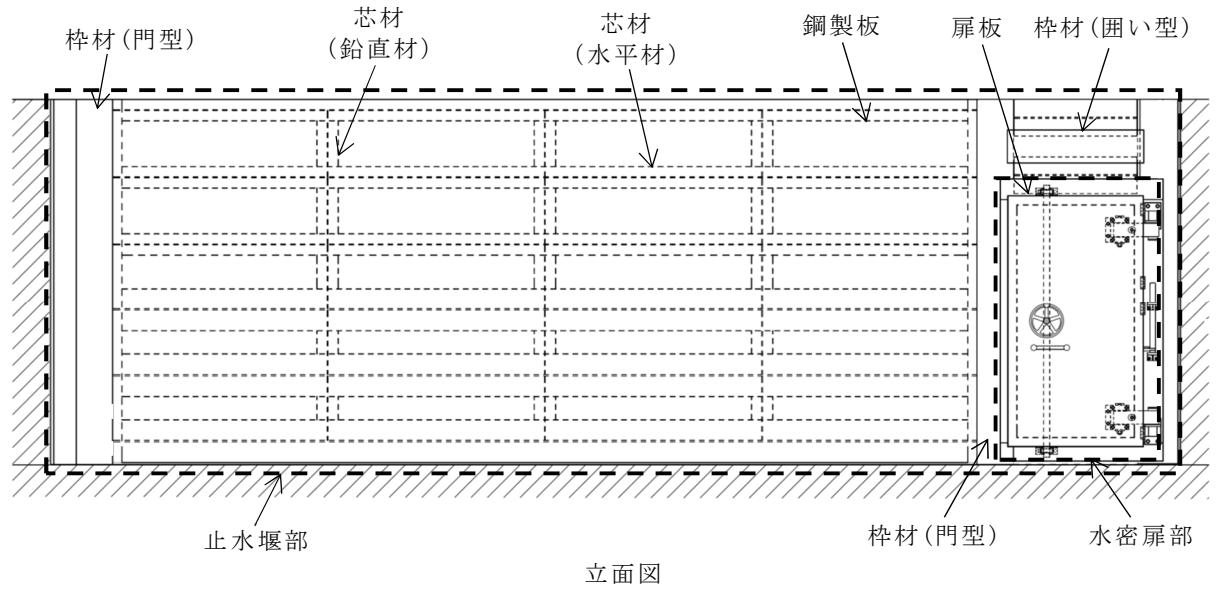
水密扉部は、片開型の鋼製扉とし扉板の背面に芯材を配した構造である。また、閉鎖状態において締付装置により固定され水密性を確保する構造とする。

止水堰部は、芯材（水平材、鉛直材）、鋼製板、枠材及びアンカーボルトから構成され、アンカーボルトにより躯体と枠材を接合する構造とする。

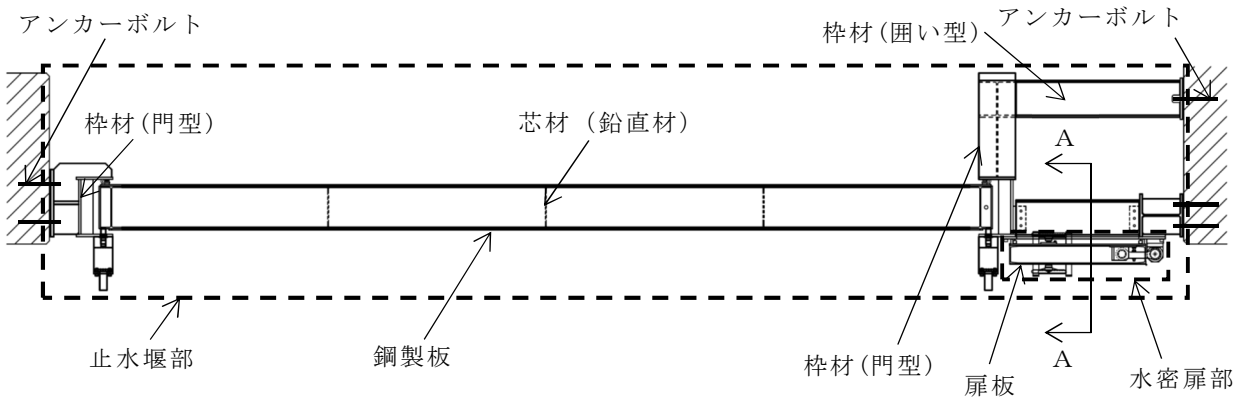
水密扉付止水堰の概略構造図を図2-3に示す。

表2-2 水密扉付止水堰の構造計画

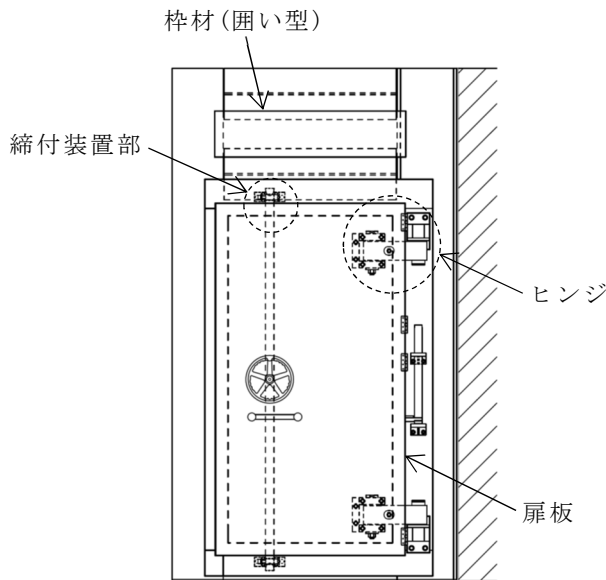
計画の概要		概略構造図
主体構造	支持構造	
<p>水密扉部は、片開型の鋼製扉とし、鋼製の扉板に芯材を取付け、扉に設置された締付装置を鋼製の枠材(囲い型)に差込み、扉と枠材(囲い型)を一体化させる構造とする。また、扉と枠材(囲い型)の接続はヒンジを介する構造とする。</p> <p>止水堰部は、鋼製板、芯材（水平材、鉛直材）、枠材(門型、囲い型)及びアンカーボルトにて構成する。</p>	<p>水密扉部は、扉開放時においては、ヒンジにより扉が枠材(囲い型)に固定され、扉閉止時においては、締付装置により扉と枠材(囲い型)が一体化する構造とする。</p> <p>止水堰部は、鋼製板を芯材（水平材、鉛直材）が支持し、枠材(門型)で固定するものとし、枠材(門型、囲い型)をアンカーボルトにより躯体へ固定する構造とする。</p>	<p>図2-3</p>



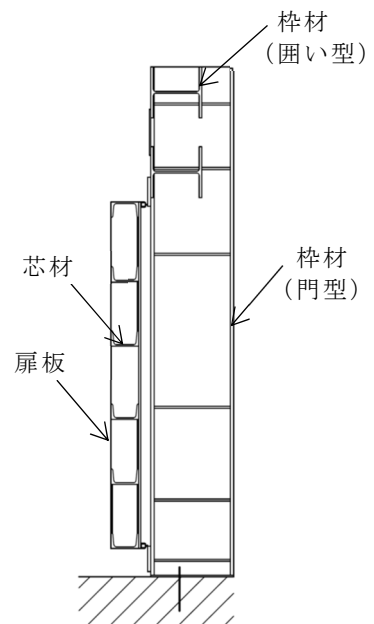
立面図



平面図



水密扉部立面図



A-A断面図

図 2-3 水密扉付止水堰の概略構造図

表 2-3 使用材料 (水密扉付止水堰 No. 1)

評価対象部位		材質	仕様
水密扉部	扉板	SS400	厚さ 6mm
	芯材	SS400	C-100×50×5×7.5
止水堰部	鋼製板	SS400	厚さ 6mm
	芯材	SS400	H-250×250×9×14(水平材) H-150×150×7×10(水平材) H-250×125×6×9(水平材・鉛直材) H-150×75×5×7(鉛直材)
	アンカーボルト	SS400	M20

表 2-4 使用材料 (水密扉付止水堰 No. 2, No. 3)

評価対象部位		材質	仕様	
水密扉部	扉板	SS400	厚さ 12mm	
	芯材	SS400	C-150×75×6.5×10	
	締付装置部	締付装置	SUS304	径 50mm
		締付装置受けピン	S45C	径 30mm
		締付装置受けボルト	SCM435	M16
止水堰部	鋼製板	SS400	厚さ 12mm	
	芯材	SS400	H-350×175×7×11(水平材・鉛直材) H-350×350×12×19(水平材)	
	アンカーボルト	SS400	M20	



## 2.4 評価方針

水密扉付止水堰のうち、水密扉部の強度評価は、VI-3-別添 3-2-1「溢水への配慮が必要な施設の強度計算の方針」にて設定している荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえて、水密扉部の評価対象部位に作用する応力等が許容限界内に収まることを、「3. 強度評価方法」に示す方法により、「3.5 評価条件」に示す計算条件を用いて評価し、応力評価の確認結果を「4. 評価結果」にて確認する。

水密扉付止水堰のうち、止水堰部の強度評価は、VI-3-別添 3-2-1「溢水への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「荷重及び荷重の組合せ」及び「許容限界」にて設定している荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえて、止水堰部の評価対象部位に作用する応力等が許容限界内に収まることを「3. 強度評価方法」に示す方法により、「3.5 評価条件」に示す評価条件を用いて評価し、「4. 評価結果」にて確認する。

水密扉付止水堰の強度評価フローを図 2-4 に示す。水密扉付止水堰の強度評価においては、その構造を踏まえ、発生を想定する溢水による静水圧荷重により、水密扉付止水堰へ作用する荷重方向及び伝達過程を考慮し、評価対象部位を設定する。

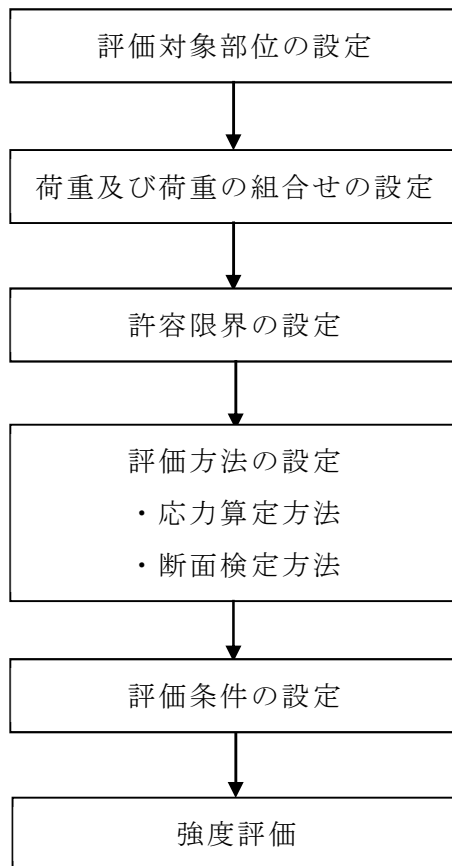


図 2-4 水密扉付止水堰の強度評価フロー

## 2.5 適用規格・基準等

適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・ 建築基準法・同施行令
- ・ 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説－許容応力度設計法－  
（（社）日本建築学会，1999 改定）
- ・ 鋼構造設計規準－許容応力度設計法－（（社）日本建築学会，2005 改定）  
（以下「S規準」という。）
- ・ 各種合成構造設計指針・同解説（（社）日本建築学会，2010 改定）
- ・ 日本産業規格（J I S）

## 2.6 記号の説明

水密扉部の強度評価に用いる記号を表2-5に、止水堰部の強度評価に用いる記号を表2-6に示す。

表2-5 水密扉部の強度評価に用いる記号

記号	単位	定義
$\rho_0$	t / m <sup>3</sup>	水の密度
$g$	m/s <sup>2</sup>	重力加速度
$H$	mm	当該扉の浸水深さ
$P_h$	kN/m <sup>2</sup>	静水圧荷重
$L_{PL}$	mm	扉板の短辺長さ
$b$	mm	芯材に作用する荷重の負担幅
$L$	mm	芯材の支持スパン
$L_P$	mm	締付装置受けピンの軸支持間距離
$Z$	mm <sup>3</sup>	断面係数
$A_s$	mm <sup>2</sup>	せん断断面積
$L_1$	mm	締付装置の突出長さ
$n$	本	締付装置の本数
$n_b$	本	締付装置受けボルトの本数
$w'$	kN/m	芯材に作用する等分布荷重
$M$	kN・m	曲げモーメント
$Q$	kN	せん断力
$\sigma$	N/mm <sup>2</sup>	曲げ応力度
$\sigma_t$	N/mm <sup>2</sup>	引張応力度
$\tau$	N/mm <sup>2</sup>	せん断応力度

表 2-6 止水堰部の強度評価に用いる記号

記号	単位	定義
$w_{ss}$	kN/m	芯材に作用する単位長さ当りの等分布荷重
$\sigma$	N/mm <sup>2</sup>	曲げ応力度
$\tau$	N/mm <sup>2</sup>	せん断応力度
M	kN・m	曲げモーメント
Q	kN	せん断力
P <sub>h</sub>	kN/m <sup>2</sup>	静水圧荷重
H	mm	当該堰の浸水深さ
Z	mm <sup>3</sup>	断面係数
A <sub>s</sub>	mm <sup>2</sup>	せん断断面積
q	kN	アンカーボルト 1 本当りのせん断力
Q <sub>a</sub>	kN	アンカーボルト 1 本当りの短期許容せん断力
N	本	片側のアンカーボルトの本数
L <sub>2</sub>	mm	躯体開口部の高さ
L <sub>3</sub>	mm	躯体開口部の幅
L <sub>4</sub>	mm	鋼製板の短辺長さ
L <sub>5</sub>	mm	芯材の負担幅
L <sub>6</sub>	mm	評価対象の芯材と直交方向の芯材の長さ
L <sub>7</sub>	mm	芯材全長

### 3. 強度評価方法

#### 3.1 評価対象部位

評価対象部位は水密扉部と止水堰部に分けて評価する。「2.3 構造計画」に示す水密扉付止水堰の構造上の特徴を踏まえ選定する。

##### 3.1.1 水密扉部の評価対象部位

水密扉を閉める方向に外部から水密扉に生じる静水圧荷重は、扉板から芯材を介し枠材(門型)に伝達されることから、評価対象部位は扉板及び芯材とする。

水密扉を開く方向に内部から水密扉に生じる静水圧荷重は、扉板から芯材に伝わり、締付装置部に伝達され、枠材(門型)に伝達されることから、評価対象部位は扉板、芯材及び締付装置部とする。

##### 3.1.2 止水堰部の評価対象部位

止水堰部の評価対象部位は、静水圧荷重が、鋼製板、芯材から枠材、アンカーボルトへ伝わり、アンカーボルトを介して躯体に伝わることから、鋼製板、芯材及びアンカーボルトとする。

### 3.2 荷重及び荷重の組合せ

強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、VI-3-別添 3-2-1「溢水への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「荷重及び荷重の組合せ」にて示している荷重及び荷重の組合せを踏まえて設定する。

#### 3.2.1 荷重の設定

強度評価に用いる荷重を以下に示す。

##### (1) 溢水による静水圧荷重 $P_h$

溢水による静水圧荷重として、水圧作用高さまでの静水圧を考慮する。溢水に伴う荷重は、対象とする水の密度に当該部分の水圧作用深さを乗じた次式により算出する。

$$P_h = \rho_0 \cdot g \cdot H \cdot 10^{-3}$$

$P_h$  : 静水圧荷重 (kN/m<sup>2</sup>)

$\rho_0$  : 水の密度 (t/m<sup>3</sup>)

$g$  : 重力加速度 (m/s<sup>2</sup>)

$H$  : 当該扉の浸水深さ (mm)

なお、溢水による浸水深さのうち、原子炉建屋に設置する水密扉付止水堰は保守的に堰天端高さの水位設定とし、タービン建屋に設置する水密扉付止水堰は、扉閉止向きの溢水評価水位0.3mに対し1.0m、扉開放向きの溢水評価水位0.9mに対し2.0mとし、保守的な水位設定とする。

#### 3.2.2 荷重の組合せ

水密扉付止水堰の強度評価に用いる荷重の組合せは、VI-3-別添 3-2-1「溢水への配慮が必要な施設の強度計算の方針」を踏まえて下記のとおりを設定する。

$P_h$

$P_h$  : 静水圧荷重 (kN/m<sup>2</sup>)

### 3.3 許容限界

- 3.3.1 水密扉部（扉板，芯材，締付装置部），止水堰部（鋼製板，芯材）  
鋼材の許容応力度は，「S規準」を踏まえて表 3-1 の値とする。

表 3-1 鋼材の短期許容応力度

材質	短期許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	
	曲げ	せん断
SS400 ( t ≤ 40 ) *	235	135
SUS304	205	118
S45C	345	199
SCM435	651	375

注記\* : t は板厚を示す。

### 3.3.2 アンカーボルト（止水堰部）

アンカーボルトの許容限界は，「3.1 評価対象部位」に記載したアンカーボルトに作用する荷重の向きを踏まえて，「各種合成構造設計指針・同解説（（社）日本建築学会，2010改定）」に基づき算定する。

静水圧荷重を考慮する場合のアンカーボルトの許容荷重を表3-2に示す。

評価対象部位のアンカーボルトは，せん断力を受けるため，アンカーボルトのせん断強度により決まる許容荷重，定着したコンクリート躯体の支圧強度により決まる許容荷重及びコーン状破壊により決まる許容荷重を比較して，いずれか小さい値を採用する。

表 3-2 アンカーボルトの短期許容荷重

材料	水密扉付止水堰 No.	短期許容荷重
		せん断 (N)
SS400	1	21400
	2	40200
	3	40200



### 3.4 評価方法

水密扉付止水堰の強度評価は、VI-3-別添 3-2-1「溢水への配慮が必要な施設の強度計算の方針」にて設定している評価式を用いる。

#### 3.4.1 水密扉部の応力算定

##### (1) 扉板

扉板に生じる応力は、等分布荷重を受ける両端固定の一方向版として算定する。

この時、実際に作用する静水圧は台形分布若しくは、三角形分布であるが、扉最下部の最大静水圧が等分布に作用するものとし、評価上最も厳しい条件となるよう実際に静水圧が作用する範囲のうち、短辺長さが最も大きい扉板の評価を実施する。扉板に静水圧荷重が作用する概念図を図 3-1 に示す。

$$M = P h \cdot (L_{PL} \cdot 10^{-3})^2 / 12$$

$M$  : 扉板の最大曲げモーメント (kN・m/m)

$P h$  : 静水圧荷重 (kN/m<sup>2</sup>)

$L_{PL}$  : 扉板の短辺長さ (mm)

ここで、 $P h = \rho_o \cdot g \cdot H \cdot 10^{-3}$

$\rho_o$  : 水の密度 (t/m<sup>3</sup>)

$g$  : 重力加速度 (m/s<sup>2</sup>)

$H$  : 当該扉の浸水深さ (mm)

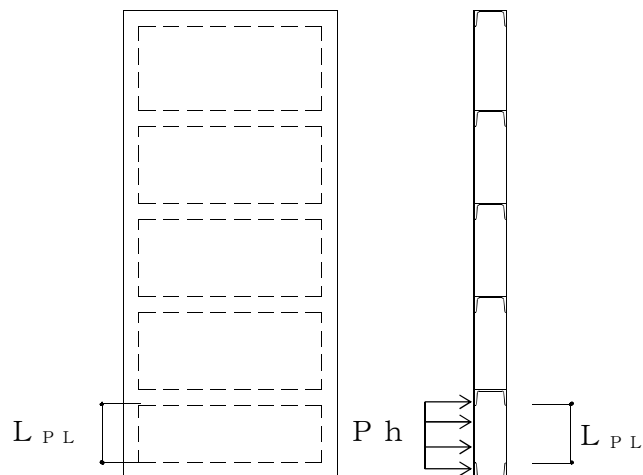


図 3-1 扉板に生じる荷重の例

(2) 芯材

芯材に生じる応力は、等分布荷重を受ける両端単純支持の梁として算定する。  
 なお、芯材の取付け方向は水平方向であり、扉最下部の最大静水圧に、芯材の支配幅（＝間隔）を乗じた荷重が等分布に作用するものとし、評価上最も厳しい条件となるよう実際に静水圧が作用する範囲のうち、下式の「 $b$ ：芯材に作用する荷重の負担幅(mm)」が最も大きい芯材の評価を実施する。芯材に静水圧荷重が作用する概念図を図 3-2 に示す。

$$M = w' \cdot (L \cdot 10^{-3})^2 / 8$$

$M$ ：芯材の最大曲げモーメント(kN・m)

$w'$ ：芯材に作用する等分布荷重(kN/m)

$L$ ：芯材の支持スパン(mm)

$$Q = w' \cdot L \cdot 10^{-3} / 2$$

$Q$ ：芯材の最大せん断力(kN)

ここで、 $w' = P h \cdot b \cdot 10^{-3}$

$P h$ ：静水圧荷重(kN/m<sup>2</sup>)

$b$ ：芯材に作用する荷重の負担幅(mm)

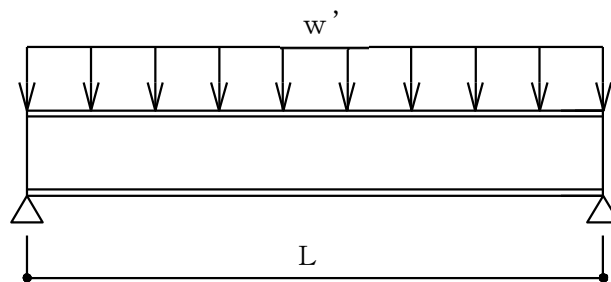


図 3-2 芯材に生じる応力の例

(3) 締付装置部

締付装置部は、締付装置、締付装置受けピン及び締付装置受けボルトで構成されており、生じる応力は次式により算定する。締付装置部に作用する荷重の例を図3-3に示す。

$$R_p = P_0 / n$$

$R_p$  : 溢水に伴う荷重の反力 (kN)

$P_0$  : 止水堰部と水密扉部に作用する静水圧荷重による水平力 (kN)

$n$  : 締付装置の本数 (本)

ここで、 $P_0 = (w_1 + w_2) / 2 \cdot L_2 \cdot L_3 \cdot 10^{-6}$

$w_1$  : 扉上端部の静水圧荷重 (=0) (kN/m<sup>2</sup>)

$w_2$  : 扉下端部の静水圧荷重 (= P h) (kN/m<sup>2</sup>)

$L_2$  : 躯体開口部の高さ (mm)

$L_3$  : 躯体開口部の幅 (mm)

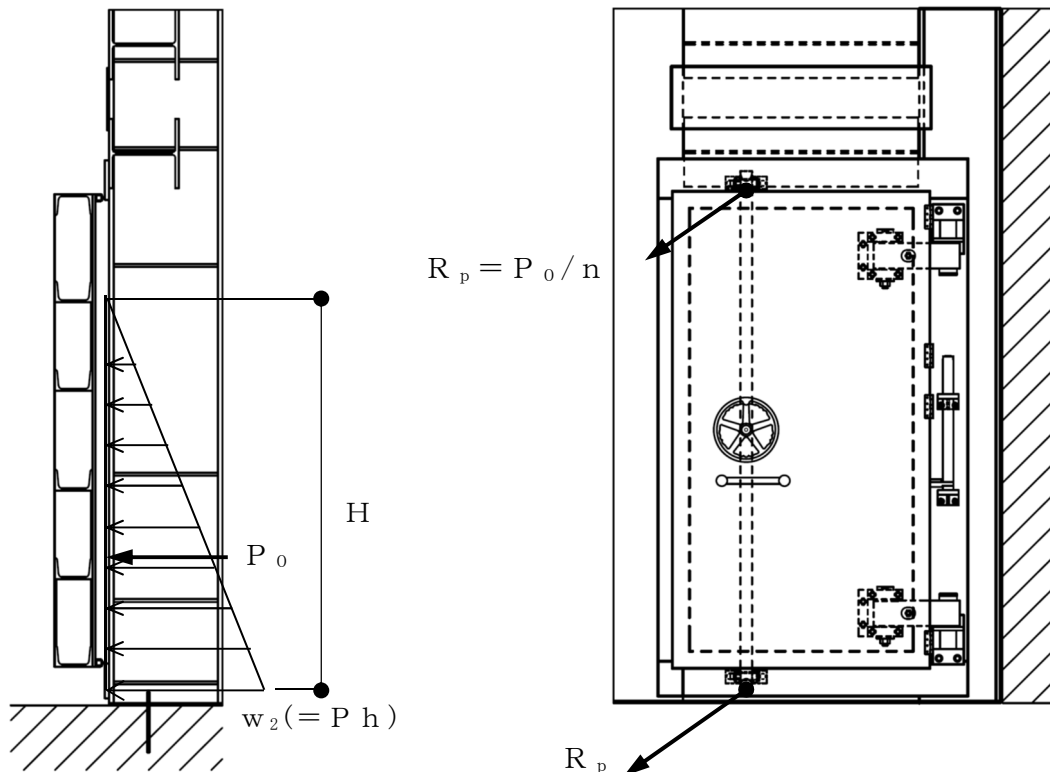


図3-3 締付装置部に生じる荷重の例

a. 締付装置

締付装置に生じる応力は、次式により算定する。締付装置に生じる荷重の例を図3-4に示す。

$$M = R_p \cdot L_1 \cdot 10^{-3}$$

$M$  : 締付装置の最大曲げモーメント (kN・m)

$R_p$  : 溢水に伴う荷重の反力 (kN)

$L_1$  : 締付装置の突出長さ (mm)

$$Q = R_p$$

$Q$  : 締付装置の最大せん断力 (kN)

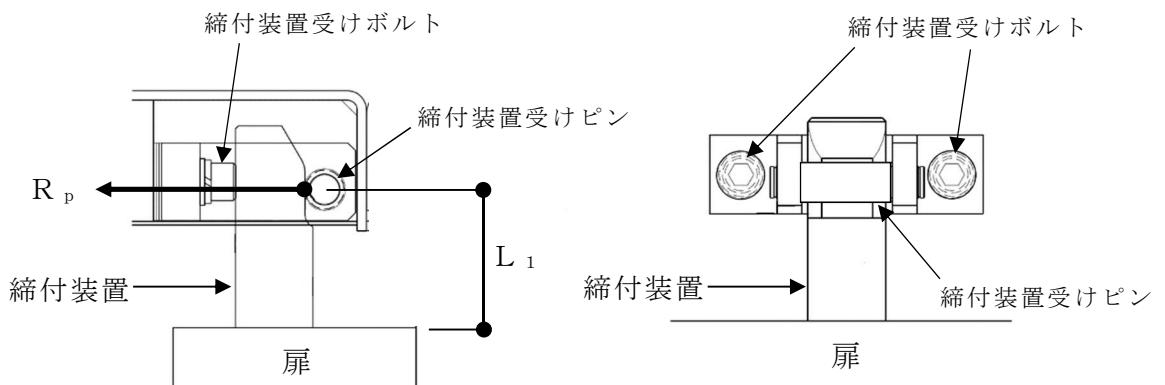


図 3-4 締付装置に生じる荷重の例

b. 締付装置受けピン

締付装置受けピンに生じる応力は、次式により算定する。締付装置受けピンに生じる荷重の例を図3-5に示す。

$$M = R_p \cdot L_p \cdot 10^{-3} / 4$$

M : 締付装置受けピンの最大曲げモーメント (kN・m)

$R_p$  : 溢水に伴う荷重の反力 (kN)

$L_p$  : 締付装置受けピンの軸支持間距離 (mm)

$$Q = R_p / 2$$

Q : 締付装置受けピンの最大せん断力 (kN)

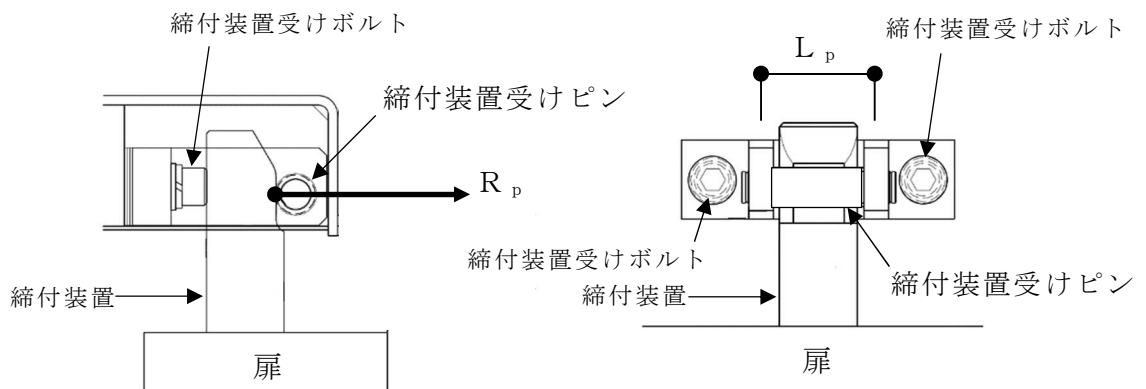


図3-5 締付装置受けピンに生じる荷重の例

c. 締付装置受けボルト

締付装置受けボルトに生じる応力は、次式により算定する。締付装置受けボルトに生じる荷重の例を図3-6に示す。

$$T = R_p / n_b$$

T : 締付装置受けボルトの最大引張力 (kN)

R<sub>p</sub> : 溢水に伴う荷重の反力 (kN)

n<sub>b</sub> : 締付装置受けボルトの本数 (本)

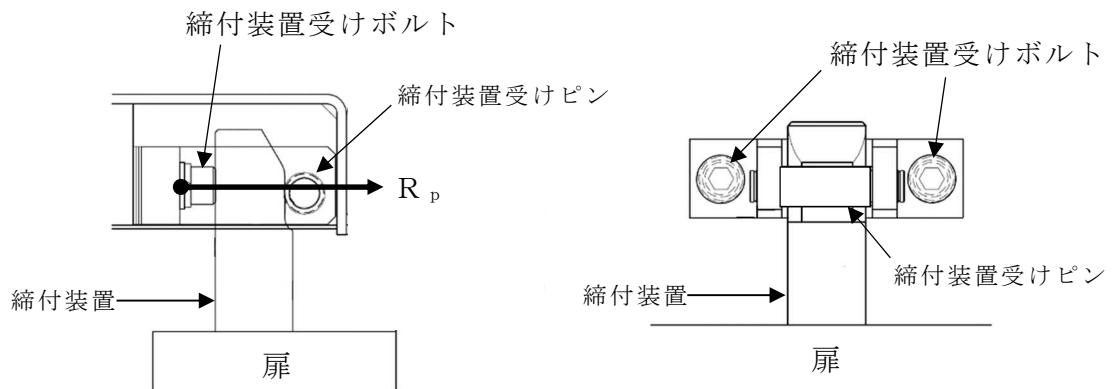


図 3-6 締付装置受けボルトに生じる荷重の例

### 3.4.2 水密扉部の断面検定

評価対象部位に発生する応力より算定する応力度等が，許容限界値以下であることを確認する。

#### (1) 扉板

扉板に生じる曲げ応力度を算定し，扉板の短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\sigma = (M \cdot 10^6) / Z$$

$\sigma$  : 扉板の最大曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$M$  : 扉板の最大曲げモーメント (kN・m/m)

$Z$  : 扉板の断面係数 (mm<sup>3</sup>/m)

#### (2) 芯材

芯材に生じる曲げ応力度及びせん断応力度を算定し，芯材の短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\sigma = (M \cdot 10^6) / Z$$

$\sigma$  : 芯材の最大曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$M$  : 芯材の最大曲げモーメント (kN・m)

$Z$  : 芯材の断面係数 (mm<sup>3</sup>)

$$\tau = (Q \cdot 10^3) / A_s$$

$\tau$  : 芯材の最大せん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$Q$  : 芯材の最大せん断力 (kN)

$A_s$  : 芯材のせん断断面積 (mm<sup>2</sup>)

## (3) 締付装置部

## a. 締付装置

締付装置に生じる曲げ応力度及びせん断応力度から、組合せ応力度を「S規準」に基づく次式により算定し、締付装置の短期許容応力度以下であることを確認する。

$$x = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2}$$

x : 組合せ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

ここで、 $\sigma = (M \cdot 10^6) / Z$

$\sigma$  : 締付装置の最大曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

M : 締付装置の最大曲げモーメント (kN・m)

Z : 締付装置の断面係数 (mm<sup>3</sup>)

$$\tau = (Q \cdot 10^3) / A_s$$

$\tau$  : 締付装置の最大せん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

Q : 締付装置の最大せん断力 (kN)

A<sub>s</sub> : 締付装置のせん断断面積 (mm<sup>2</sup>)

## b. 締付装置受けピン

締付装置受けピンに生じる曲げ応力度及びせん断応力度を次式により算定し、締付装置受けピンの短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\sigma = (M \cdot 10^6) / Z$$

$\sigma$  : 締付装置受けピンの最大曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

M : 締付装置受けピンの最大曲げモーメント (kN・m)

Z : 締付装置受けピンの断面係数 (mm<sup>3</sup>)

$$\tau = (Q \cdot 10^3) / A_s$$

$\tau$  : 締付装置受けピンの最大せん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

Q : 締付装置受けピンの最大せん断力 (kN)

A<sub>s</sub> : 締付装置受けピンのせん断断面積 (mm<sup>2</sup>)



c. 締付装置受けボルト

締付装置受けボルトに生じる引張応力度を次式により算定し，締付装置受けボルトの短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\sigma_t = (T \cdot 10^3) / A$$

$\sigma_t$  : 締付装置受けボルトの最大引張応力度(N/mm<sup>2</sup>)

T : 締付装置受けボルトの最大引張力(kN)

A : 締付装置受けボルトの断面積(mm<sup>2</sup>)

### 3.4.3 止水堰部の応力算定

静水圧荷重を受ける鋼製板，芯材，アンカーボルトに対する確認を行うに当たり，各荷重により生じる応力を次式により算定する。

止水堰部に生じる力の概念図を図3-7に示す。

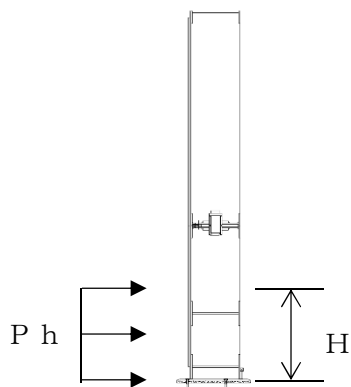


図3-7 溢水時の鋼製板に生じる断面概念図

(1) 鋼製板

図 3-8 に示すとおり，鋼製板に静水圧荷重が作用する範囲のうち，鋼製板の短辺長さが最も大きく，評価上最も厳しい条件となる部位において評価を実施する。

a. 単位長さ当りの静水圧荷重

単位長さ当りの静水圧荷重は構造力学公式集に基づき次式より算出する。

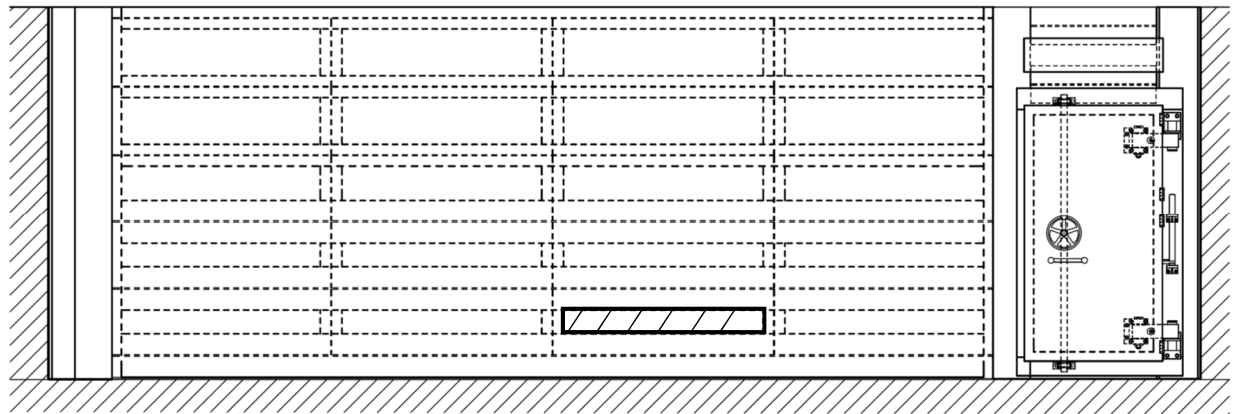
$$P_h = \rho_0 \cdot g \cdot H \cdot 10^{-3}$$

$P_h$  : 静水圧荷重 (kN/m<sup>2</sup>)

$\rho_0$  : 水の密度 (t/m<sup>3</sup>)

$g$  : 重力加速度 (m/s<sup>2</sup>)

$H$  : 当該堰の浸水深さ (mm)



: 評価の対象とする鋼製板

図 3-8 評価の対象とする鋼製板

(2) 芯材

芯材の支持条件について、水平材は両端をピン支持に、鉛直材は脚部固定とした。図 3-9 に示すとおり、芯材に静水圧荷重が作用する範囲のうち、芯材の負担幅が最も大きく、評価上最も厳しい条件となるよう評価を実施する。

a. 単位長さ当りの静水圧荷重

単位長さ当りの静水圧荷重は構造力学公式集に基づき次式より算出する。

$$P_h = \rho_0 \cdot g \cdot H \cdot 10^{-3}$$

$P_h$  : 静水圧荷重 (kN/m<sup>2</sup>)

$\rho_0$  : 水の密度 (t/m<sup>3</sup>)

$g$  : 重力加速度 (m/s<sup>2</sup>)

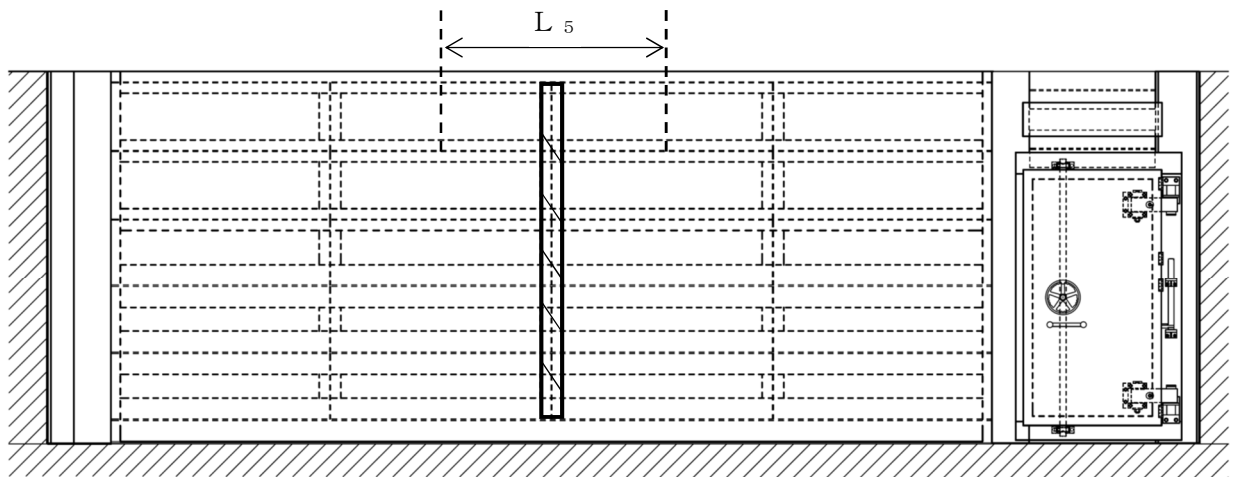
$H$  : 当該堰の浸水深さ (mm)

b. 芯材に作用する単位長さ当りの等分布荷重  $w_{ss}$

$$w_{ss} = P_h \cdot L_5 \cdot 10^{-3}$$

$w_{ss}$  : 芯材に作用する単位長さ当りの等分布荷重 (kN/m)

$L_5$  : 芯材の負担幅 (mm)



: 評価の対象とする芯材

図 3-9 評価の対象とする芯材

(3) アンカーボルト

a. せん断力に対する検定

アンカーボルトに生じる応力は、次式により算定する。ここで、アンカーボルトに作用する荷重は、せん断力として作用する。評価対象のアンカーボルトの範囲は図 3-10 に示す通りとする。ここで、評価においては止水堰部と水密扉部に作用する静水圧荷重を片側のアンカーボルトに作用させるものとする。アンカーボルトに生じる荷重の例を図 3-10 に示す。

$$q = P_0 / N$$

$q$  : アンカーボルト 1 本当りのせん断力 (kN)

$P_0$  : 止水堰部と水密扉部に作用する静水圧荷重による水平力 (kN)

$N$  : アンカーボルトの本数 (本)

ここで、 $P_0 = (w_1 + w_2) / 2 \cdot L_2 \cdot L_3 \cdot 10^{-6}$

$w_1$  : 扉上端部の静水圧荷重 (=0) (kN/m<sup>2</sup>)

$w_2$  : 扉下端部の静水圧荷重 (= P h) (kN/m<sup>2</sup>)

$L_2$  : 躯体開口部の高さ (mm)

$L_3$  : 躯体開口部の幅 (mm)

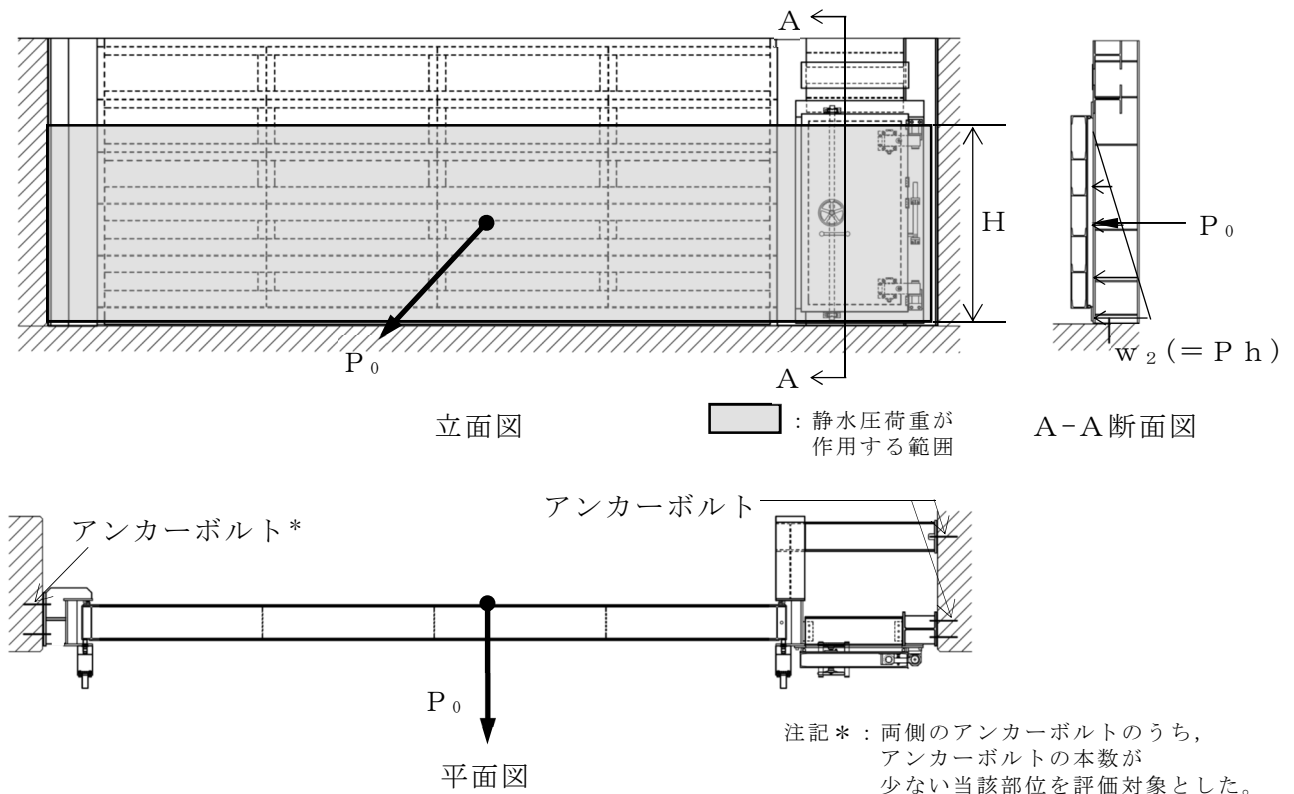


図 3-10 アンカーボルトに生じる荷重の例

### 3.4.4 止水堰部の断面検定

#### (1) 鋼製板

##### a. 曲げ応力度に対する検定

次式により算出する曲げ応力度が、鋼製板の短期許容曲げ応力度を下回ることを確認する。

$$\sigma = (M \cdot 10^6) / Z$$

$\sigma$  : 鋼製板の曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$M$  : 鋼製板の曲げモーメント (kN・m/m)

$Z$  : 鋼製板の断面係数 (mm<sup>3</sup>/m)

$$\text{ここで, } M = (P_h \cdot (L_4 \cdot 10^{-3})^2) / 12$$

$P_h$  : 静水圧荷重 (kN/m<sup>2</sup>)

$L_4$  : 鋼製板の短辺長さ (mm)

#### (2) 芯材

##### a. 芯材に作用する最大せん断応力度

$$\tau = (Q \cdot 10^3) / A_s$$

$\tau$  : 芯材に作用する最大せん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$Q$  : 芯材に作用する最大せん断力 (kN)

$A_s$  : 芯材のせん断断面積 (mm<sup>2</sup>)

$$\text{ここで, } Q = 1/2 \cdot w_{ss} \cdot L_7 \cdot 10^{-3}$$

$w_{ss}$  : 芯材に作用する単位長さ当りの等分布荷重 (kN/m)

$L_7$  : 芯材全長 (mm)

##### b. 芯材に作用する最大曲げ応力度

$$\sigma = (M \cdot 10^6) / Z$$

$\sigma$  : 芯材の最大曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$M$  : 芯材の最大曲げモーメント (kN・m)

$Z$  : 芯材の断面係数 (mm<sup>3</sup>)

$$\text{ここで, } M = 1/6 \cdot w_{ss} \cdot (L_7 \cdot 10^{-3})^2$$

$w_{ss}$  : 芯材に作用する単位長さ当りの等分布荷重 (kN/m)

$L_7$  : 芯材全長 (mm)

c. 芯材に作用する組合せ応力度

芯材に作用する曲げ応力度，せん断応力度を算定し，芯材の短期許容応力度以下であることを確認する。また芯材に生じる曲げ応力度とせん断応力度から，組合せ応力度を「S規準」に基づく次式により算定し，短期許容応力度以下であることを確認する。

$$x = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2}$$

x : 組合せ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

σ : 芯材の最大曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

τ : 芯材の最大せん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

ここで， $\sigma = (M \cdot 10^6) / Z$

M : 芯材の最大曲げモーメント (kN・m)

Z : 芯材の断面係数 (mm<sup>3</sup>)

$\tau = (Q \cdot 10^3) / A_s$

Q : 芯材の最大せん断力 (kN)

A<sub>s</sub> : 芯材の最大せん断断面積 (mm<sup>2</sup>)

(3) アンカーボルト

$$q = P_0 / N$$

q : アンカーボルト1本当りのせん断力 (kN)

P<sub>0</sub> : 止水堰部と水密扉部に作用する静水圧荷重による水平力 (kN)

N : アンカーボルトの本数 (本)

### 3.5 評価条件

水密扉付止水堰のうち、水密扉部の強度評価に用いる入力値を表3-3、止水堰部の強度評価に用いる入力値を表3-4に示す。

表 3-3 水密扉部の強度評価に用いる入力値

対象部位	記号	単位	定義	水密扉付止水堰 No.			
				1	2	3	
共通	H	mm	当該扉の浸水深さ	1500	2000	2000	
	$\rho_0$	t/m <sup>3</sup>	水の密度	1.03	1.03	1.03	
	g	m/s <sup>2</sup>	重力加速度	9.80665	9.80665	9.80665	
扉板	L <sub>PL</sub>	mm	扉板の短辺長さ	540	430	430	
	Z	mm <sup>3</sup> /m	断面係数	6.00×10 <sup>3</sup>	2.40×10 <sup>4</sup>	2.40×10 <sup>4</sup>	
芯材	P <sub>h</sub>	kN/m <sup>2</sup>	静水圧荷重	15.2	20.3	20.3	
	b	mm	芯材の負担幅	565	410	410	
	L	mm	芯材の支持スパン	755	1040	1040	
	Z	mm <sup>2</sup>	断面係数	3.76×10 <sup>4</sup>	1.15×10 <sup>5</sup>	1.15×10 <sup>5</sup>	
	A <sub>s</sub>	mm <sup>3</sup>	せん断断面積	425	845	845	
* 締付装置部	共通	n	本	締付装置の本数	—	2	2
	締付装置	L <sub>1</sub>	mm	締付装置の突出長さ	—	54	54
		$\sigma$	N/mm <sup>2</sup>	曲げ応力度	—	45.2	45.2
		$\tau$	N/mm <sup>2</sup>	せん断応力度	—	6.94	6.94
	受けピン	L <sub>p</sub>	mm	軸支持間距離	—	60	60
		$\sigma$	N/mm <sup>2</sup>	曲げ応力度	—	58.9	58.9
		$\tau$	N/mm <sup>2</sup>	せん断応力度	—	9.62	9.62
	受けボルト	n <sub>b</sub>	本	ボルトの本数	—	2	2
		$\sigma_t$	N/mm <sup>2</sup>	引張応力度	—	25.4	25.4

注記\*：静水圧荷重が内部から作用する設備についてのみ評価対象とした。



表 3-4 止水堰部の強度評価に用いる入力値

記号	単位	定義	水密扉付止水堰 No.		
			1	2	3
$\rho_0$	t/m <sup>3</sup>	水の密度	1.03	1.03	1.03
H	mm	当該堰の浸水深さ	1500	2000	2000
Z	mm <sup>3</sup> /m	鋼製板の断面係数	6.00×10 <sup>3</sup>	2.40×10 <sup>4</sup>	2.40×10 <sup>4</sup>
A <sub>s</sub>	mm <sup>2</sup>	芯材のせん断断面積	680	2296	2296
Z	mm <sup>3</sup> /m	芯材の断面係数	8.88×10 <sup>4</sup>	7.71×10 <sup>5</sup>	7.71×10 <sup>5</sup>
N	本	片側のアンカーボルトの本数	8	8	8
Q <sub>a</sub>	kN	アンカーボルト 1 本当りの短期許容せん断力	40.2	40.2	40.2
L <sub>2</sub>	mm	躯体開口部の高さ	1510	3000	3000
L <sub>3</sub>	mm	躯体開口部の幅	7606	8780	8780
L <sub>4</sub>	mm	鋼製板の短辺長さ	755	550	550
L <sub>5</sub>	mm	芯材の負担幅	1530	1785	1785
L <sub>6</sub>	mm	評価対象の芯材と直交方向の 芯材の長さ	6200	7100	7100
L <sub>7</sub>	mm	芯材全長	1510	3000	3000

#### 4. 評価結果

水密扉部の強度評価結果を表 4-1 に、止水堰部の強度評価結果を表 4-2 に示す。発生値は許容値を満足しており、静水圧荷重に対して、溢水伝播を防止する機能を維持するために、十分な構造強度を有することを確認した。

表 4-1 水密扉部の強度評価結果

水密扉付 止水堰 No.	評価対象部材		発生応力度 又は荷重 (N/mm <sup>2</sup> )	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )	検定値
1	扉板		61.7	235	0.27
	芯材*1		16.4	235	0.07
	締付装置部*2	締付装置	—	—	—
		受けピン	—	—	—
		受けボルト	—	—	—
2	扉板		13.1	235	0.06
	芯材*1		7.71	199	0.06
	締付装置部	締付装置	46.8	205	0.23
		受けピン	58.9	345	0.18
		受けボルト	25.4	651	0.04
3	扉板		13.1	235	0.06
	芯材*1		7.71	199	0.06
	締付装置部	締付装置	46.8	205	0.23
		受けピン	58.9	345	0.18
		受けボルト	25.4	651	0.04

注記\*1：曲げとせん断のうち、最も厳しい評価結果を記載。

\*2：静水圧荷重が作用しないため評価対象外とする。

表 4-2 止水堰部の強度評価結果

水密扉付 止水堰 No.	評価対象部材		発生値		許容限界		検定値
			(応力度又は荷重)				
1	鋼製板	曲げ	121	N/mm <sup>2</sup>	235	N/mm <sup>2</sup>	0.52
	芯材	曲げ	104	N/mm <sup>2</sup>	235	N/mm <sup>2</sup>	0.45
		せん断	26.8	N/mm <sup>2</sup>	135	N/mm <sup>2</sup>	0.20
		組合せ	114	N/mm <sup>2</sup>	235	N/mm <sup>2</sup>	0.49
	アンカーボルト	せん断	10.9	kN	21.4	kN	0.51
2	鋼製板	曲げ	21.4	N/mm <sup>2</sup>	235	N/mm <sup>2</sup>	0.10
	芯材	曲げ	70.7	N/mm <sup>2</sup>	235	N/mm <sup>2</sup>	0.31
		せん断	23.8	N/mm <sup>2</sup>	135	N/mm <sup>2</sup>	0.18
		組合せ	81.9	N/mm <sup>2</sup>	235	N/mm <sup>2</sup>	0.35
	アンカーボルト	せん断	22.4	kN	40.2	kN	0.56
3	鋼製板	曲げ	21.4	N/mm <sup>2</sup>	235	N/mm <sup>2</sup>	0.10
	芯材	曲げ	70.7	N/mm <sup>2</sup>	235	N/mm <sup>2</sup>	0.31
		せん断	23.8	N/mm <sup>2</sup>	135	N/mm <sup>2</sup>	0.18
		組合せ	81.9	N/mm <sup>2</sup>	235	N/mm <sup>2</sup>	0.35
	アンカーボルト	せん断	22.4	kN	40.2	kN	0.56

VI-3-別添3-2-4 止水堰の強度計算書

## 目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	1
2.1 検討対象堰一覧	1
2.2 配置概要	2
2.3 構造計画	17
2.3.1 L型鋼製堰の構造	17
2.3.2 鋼製落とし込み型堰の構造	18
2.3.3 鉄筋コンクリート製堰の構造	19
2.3.4 鋼板組合せ堰の構造	20
2.4 評価方針	21
2.5 適用規格	22
3. 強度評価方法	22
3.1 記号の説明	23
3.2 評価対象部位及び評価対象設備	28
3.2.1 L型鋼製堰と鋼製落とし込み型堰	28
3.2.2 鉄筋コンクリート製堰	32
3.2.3 鋼板組合せ堰	33
3.3 荷重及び荷重の組合せ	35
3.3.1 溢水による静水圧荷重	35
3.3.2 荷重の組合せ	35
3.4 許容限界	36
3.4.1 L型鋼製堰の許容限界	36
3.4.2 鋼製落とし込み型堰の許容限界	37
3.4.3 鉄筋コンクリート製堰の許容限界	38
3.4.4 鋼板組合せ堰の許容限界	39
3.5 評価方法	41
3.5.1 L型鋼製堰の評価方法	41
3.5.2 鋼製落とし込み型堰の評価方法	44
3.5.3 鉄筋コンクリート製堰の評価方法	49
3.5.4 鋼板組合せ堰の評価方法	54
3.6 評価条件	63
4. 評価結果	66

## 1. 概要

本資料は、VI-3-別添3-2-1「溢水への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に基づき、浸水防護施設である溢水伝播防止堰及び管理区域外伝播防止堰（以下「堰」という。）が、発生を想定する溢水による静水圧荷重に対して、止水性の維持を考慮して、主要な構造部材が構造健全性を維持することを確認するものである。

## 2. 一般事項

### 2.1 検討対象堰一覧

検討対象の堰の各建屋ごとの数を表 2-1 に示す。

表 2-1 検討対象堰

設置建屋	対象堰数
原子炉建屋	41
タービン建屋	22
コントロール建屋	10
廃棄物処理建屋	1
合計	74

## 2.2 配置概要

堰は、VI-1-1-9-5「溢水防護に関する施設の詳細設計」の「4.1.2 溢水伝播防止堰の設計方針」及び「4.1.3 管理区域外伝播防止堰の設計方針」に示すとおり、原子炉建屋、タービン建屋、コントロール建屋及び廃棄物処理建屋に設置する。堰の設置位置及び堰の識別に用いる番号を図2-1に示す。

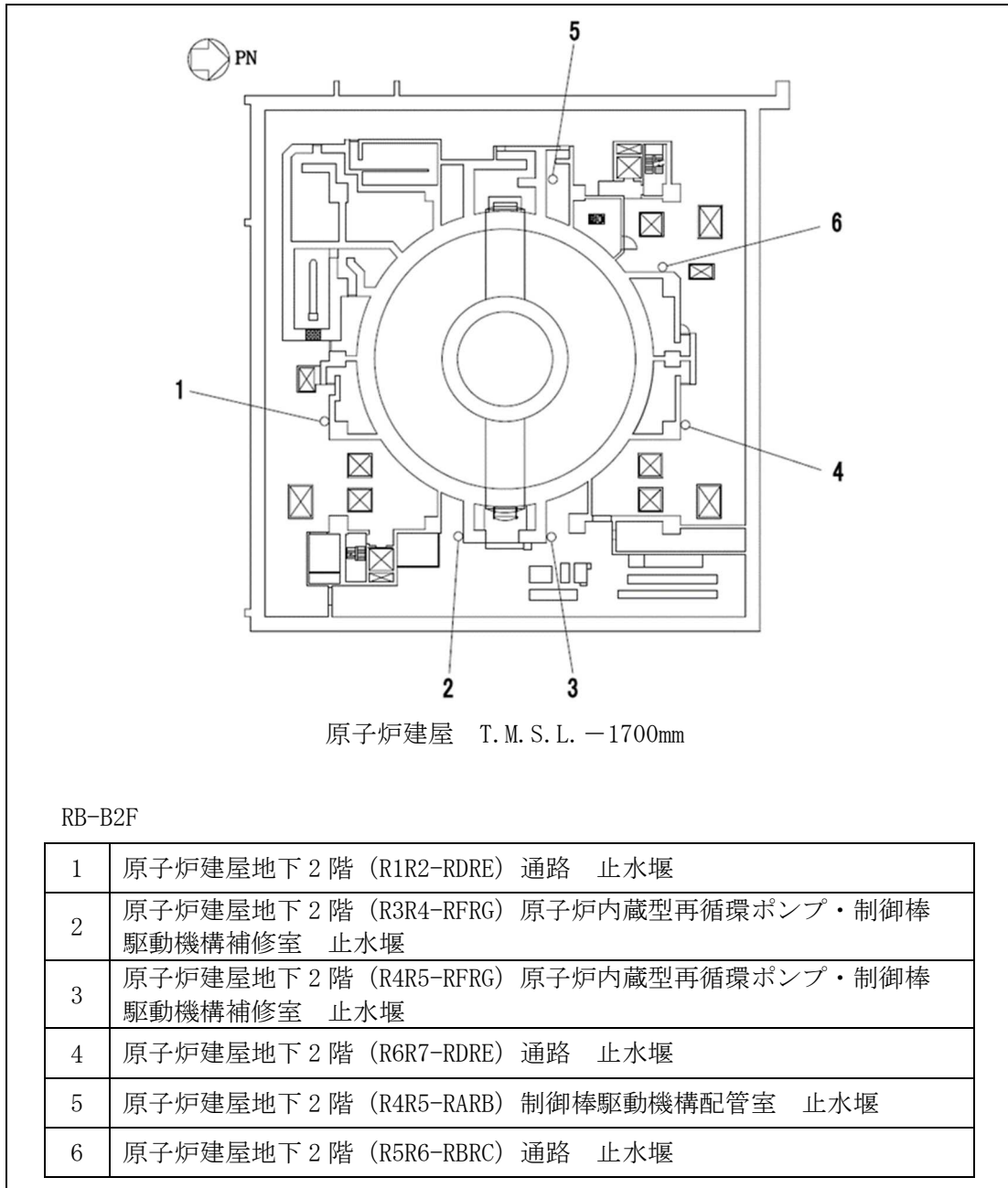
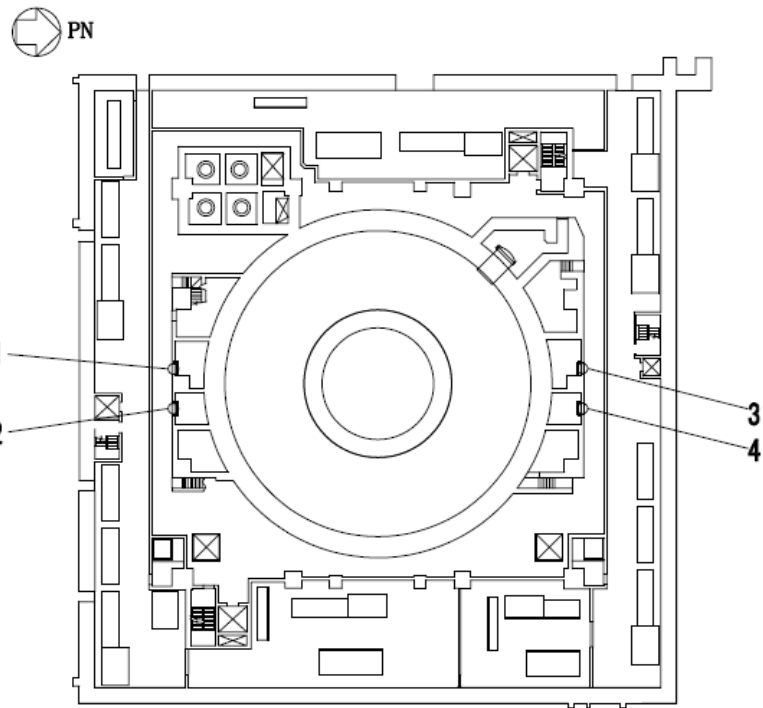


図2-1 堰の設置位置図(1/15)



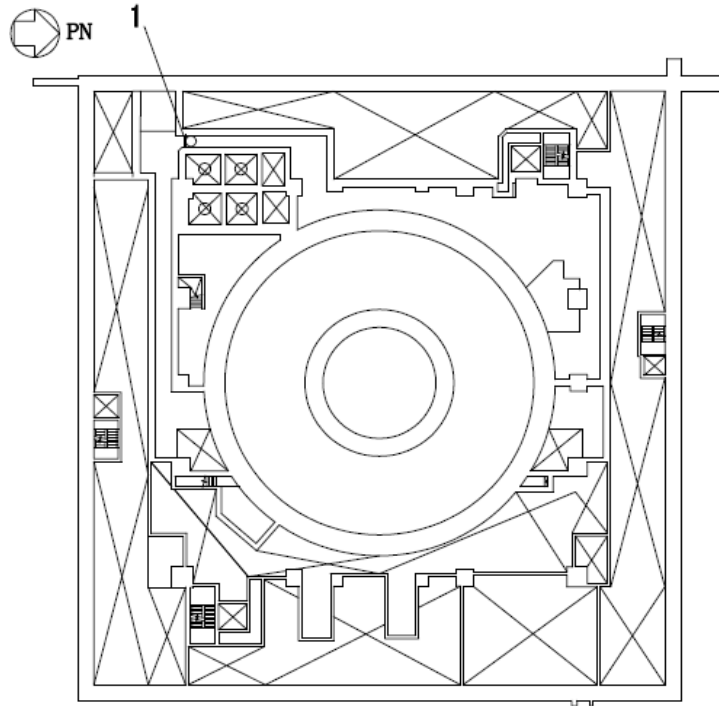
原子炉建屋 T.M.S.L. 4800mm

RB-B1F

1	原子炉建屋地下 1 階 (R1R2-RCRD) 原子炉系 (DIV-IV) 計装ラック室 止水堰
2	原子炉建屋地下 1 階 (R1R2-RDRE) 原子炉系 (DIV-II) 計装ラック室 止水堰
3	原子炉建屋地下 1 階 (R6R7-RCRD) 原子炉系 (DIV-I) 計装ラック室 止水堰
4	原子炉建屋地下 1 階 (R6R7-RDRE) 原子炉系 (DIV-III) 計装ラック室 止水堰

図 2-1 堰の設置位置図(2/15)



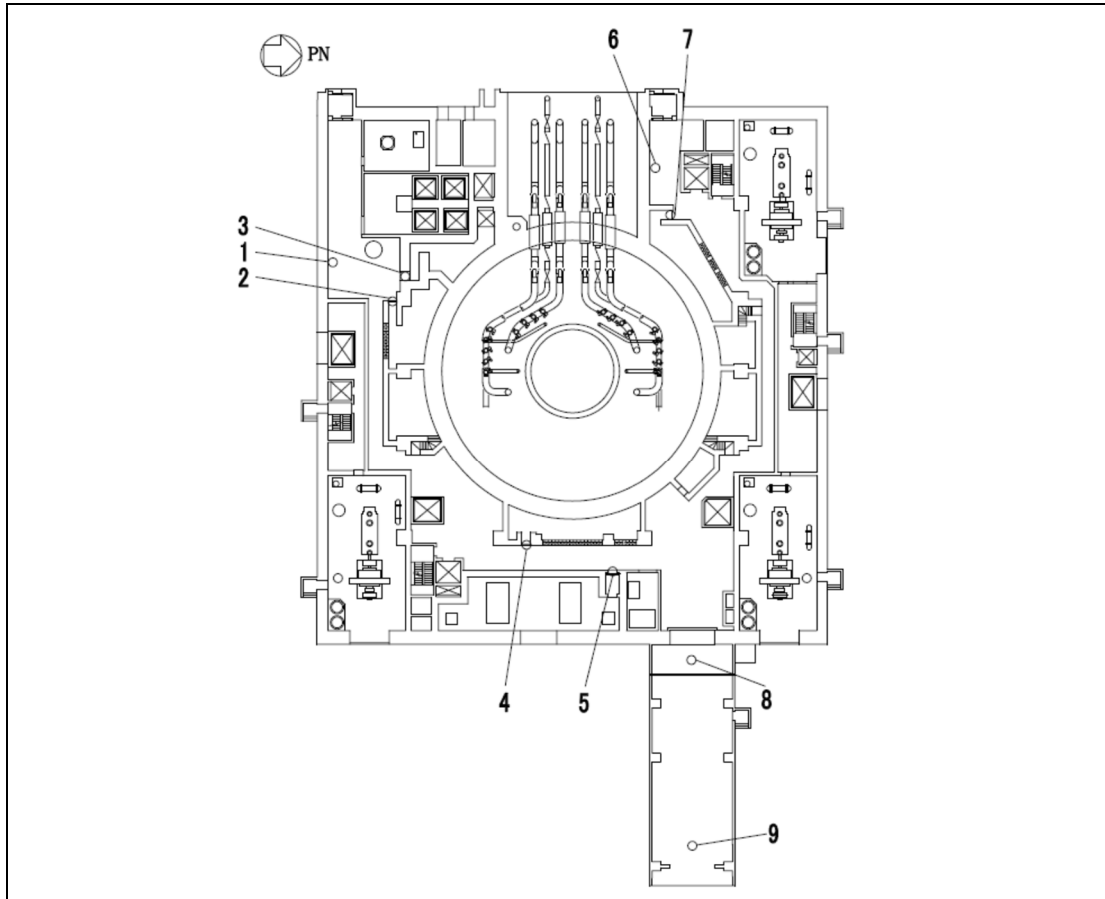


原子炉建屋 T. M. S. L. 8500mm

RB-MB1F

1	原子炉建屋地下中 1 階 (R2R3-RARB) 通路 止水堰
---	---------------------------------

図 2-1 堰の設置位置図(3/15)



原子炉建屋 T.M.S.L. 12300mm

RB-1F

1	原子炉建屋地上1階 (R1R2-RBRC) 通路 止水堰
2	原子炉建屋地上1階 (R1R2-RCRD) ほう酸水注入系・電気ペネ室 止水堰
3	原子炉建屋地上1階 (R2R3-RBRC) 原子炉冷却材浄化系弁室 止水堰
4	原子炉建屋地上1階 (R3R4-RFRG) 電気ペネ室 止水堰
5	原子炉建屋地上1階 (R4R5-RFRG) 可燃性ガス濃度制御系エアロック室 止水堰
6	原子炉建屋地上1階 (R5R6-RARB) 通路 止水堰
7	原子炉建屋地上1階 (R5R6-RBRC) 原子炉補機冷却水系・不活性ガス系・電気ペネ室 止水堰
8	原子炉建屋地上1階 (R5R6-RG) 大物搬出入口建屋 止水堰
9	原子炉建屋地上1階 (R5R6) 大物搬出入口建屋 止水堰

図 2-1 堰の設置位置図(4/15)

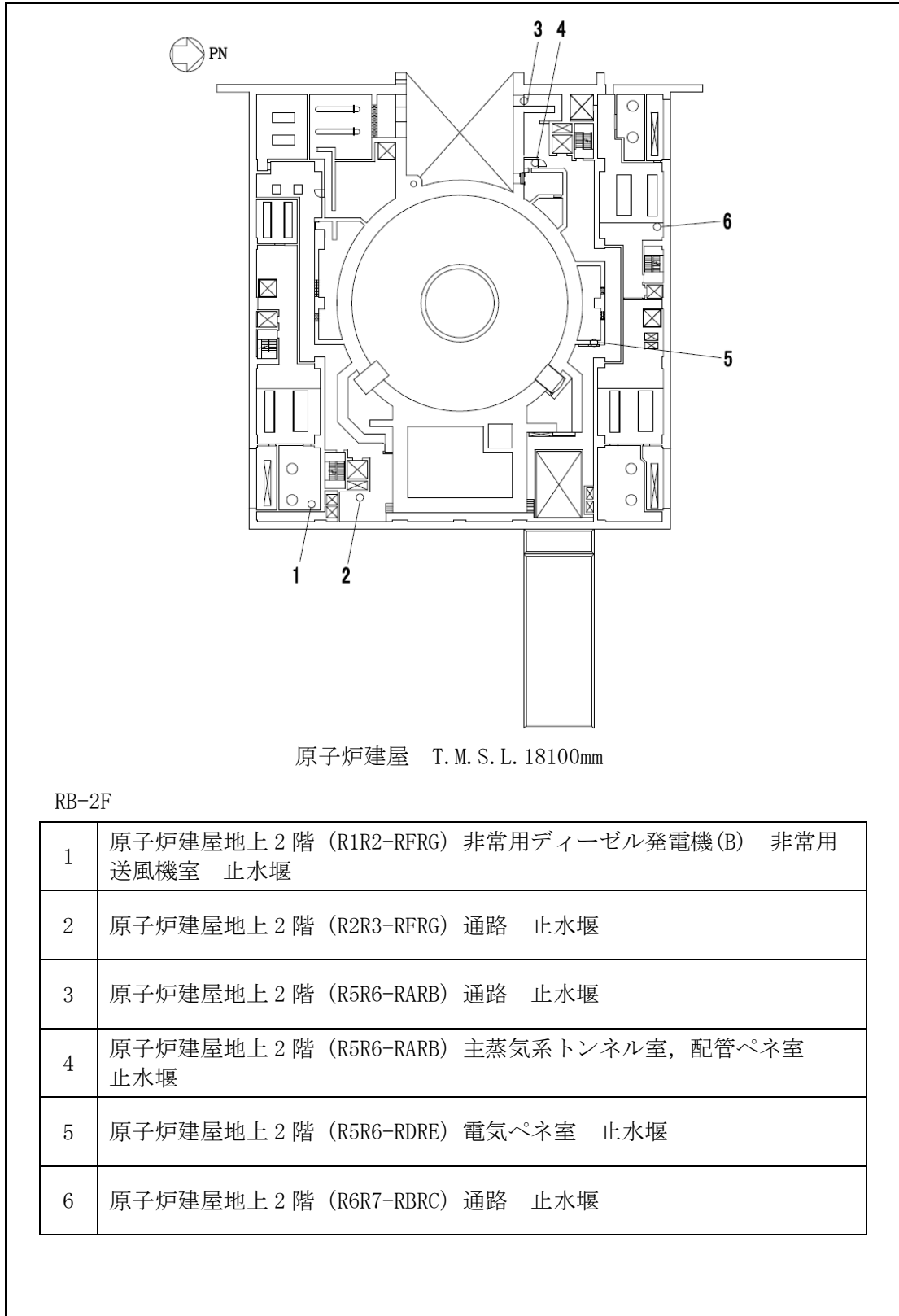
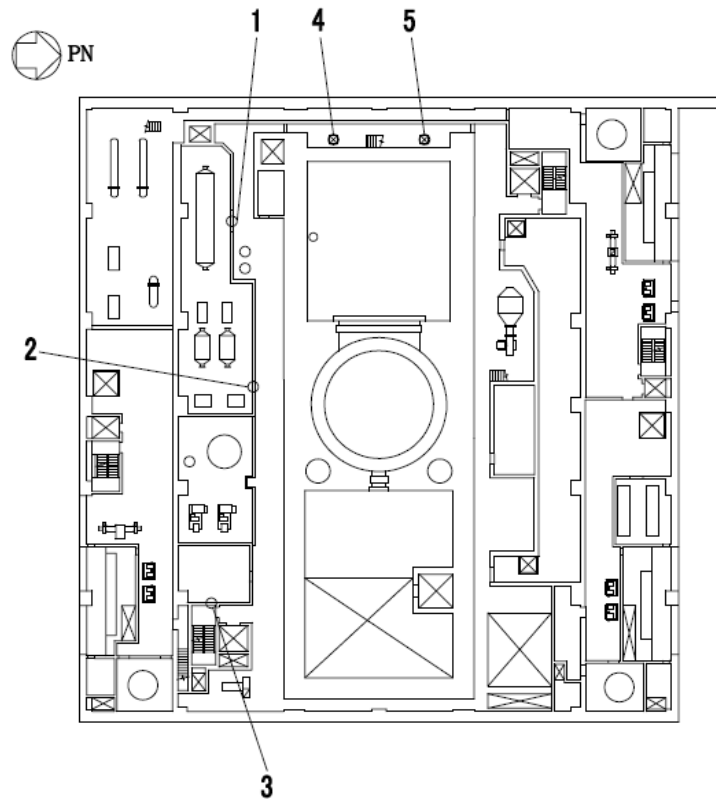


図 2-1 堰の設置位置図(5/15)

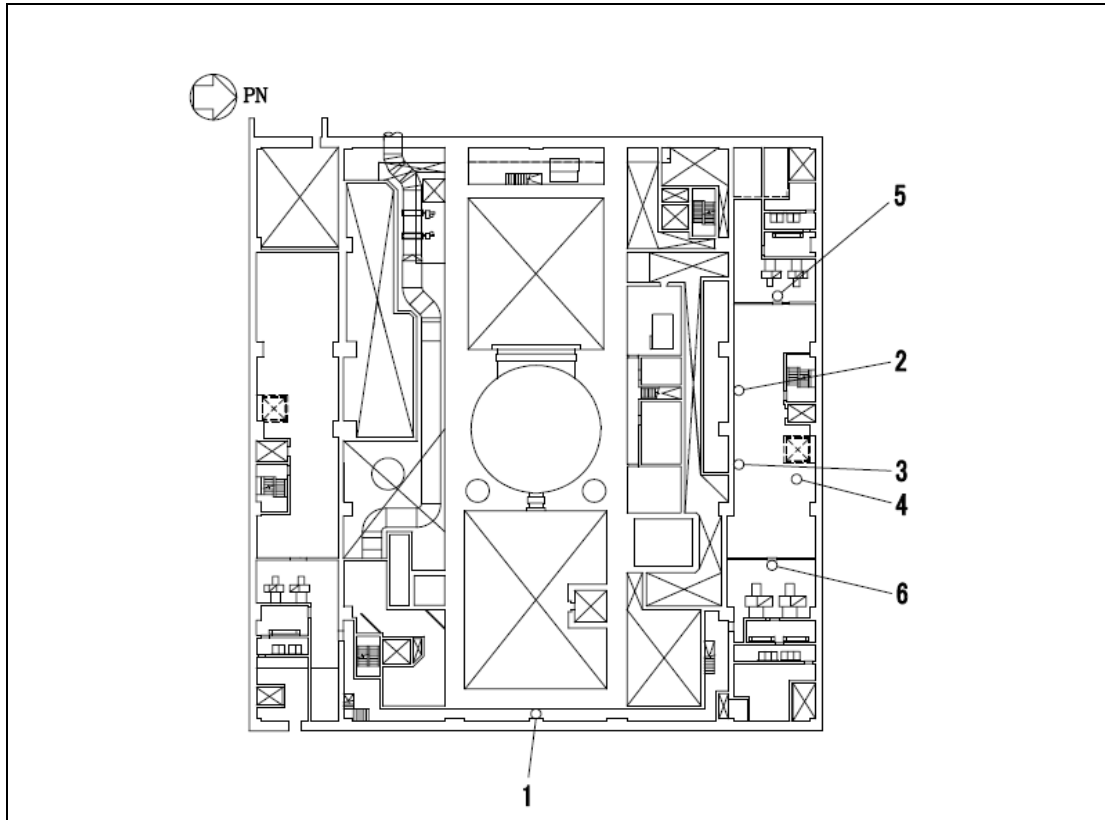


原子炉建屋 T. M. S. L. 23500mm

RB-3F

1	原子炉建屋地上 3 階 (R2R3-RBRC) 非常用ガス処理系室 止水堰
2	原子炉建屋地上 3 階 (R2R3-RCRD) 非常用ガス処理系室 止水堰
3	原子炉建屋地上 3 階 (R2R3-RFRG) 格納容器内雰囲気モニタ系(B)室 止水堰
4	原子炉建屋地上 3 階 (R3R4-RARB) 通路 止水堰
5	原子炉建屋地上 3 階 (R4R5-RARB) 通路 止水堰

図 2-1 堰の設置位置図(6/15)

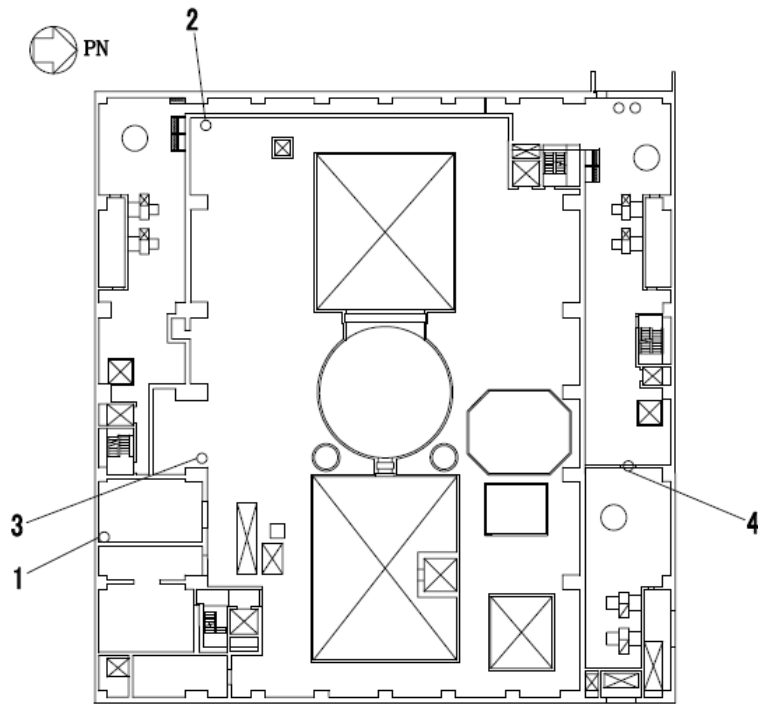


原子炉建屋 T. M. S. L. 27200mm

RB-M3F

1	原子炉建屋地上中 3 階 (R4-RFRG) 通路 止水堰
2	原子炉建屋地上中 3 階 (R6R7-RCRD) 北側改良型制御棒駆動機構制御盤室 止水堰
3	原子炉建屋地上中 3 階 (R6R7-RDRE) 北側改良型制御棒駆動機構制御盤室 止水堰 1
4	原子炉建屋地上中 3 階 (R6R7-RDRE) 北側改良型制御棒駆動機構制御盤室 止水堰 2
5	原子炉建屋地上中 3 階 (R6R7-RBRC) 非常用ディーゼル発電機(A) 区域 送風機室 止水堰
6	原子炉建屋地上中 3 階 (R6R7-RERF) 非常用ディーゼル発電機(C) 区域 送風機室 止水堰

図 2-1 堰の設置位置図(7/15)

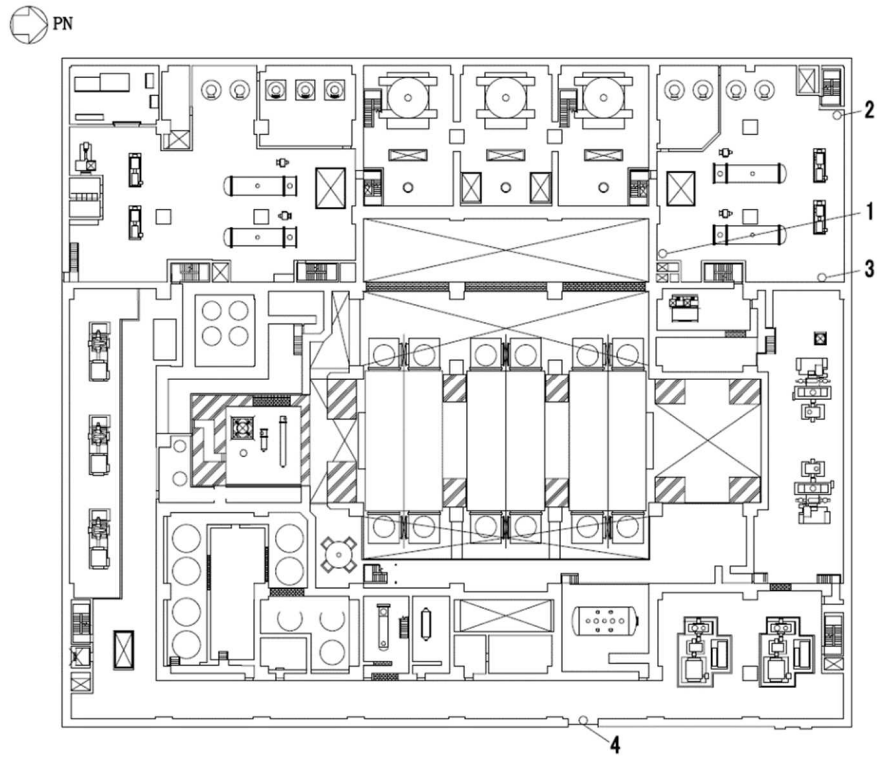


原子炉建屋 T.M.S.L. 31700mm

RB-4F

1	原子炉建屋地上 4 階 (R1R2-RERF) 原子炉内蔵型再循環ポンプ点検室 止水堰
2	原子炉建屋地上 4 階 (R2R3-RARB) オペレーティングフロア 止水堰
3	原子炉建屋地上 4 階 (R2R3-RDRE) オペレーティングフロア 止水堰
4	原子炉建屋地上 4 階 (R6R7-RDRE) 原子炉補機冷却水系 (C) サージタンク 室 止水堰

図 2-1 堰の設置位置図(8/15)



タービン建屋 T. M. S. L. 4900mm

TB-B1F

1	タービン建屋地下 1 階 (T7T8-TCTD) A 系原子炉補機冷却水系熱交換器・ポンプ室 止水堰
2	タービン建屋地下 1 階 (T8T9-TATB) A 系原子炉補機冷却水系熱交換器・ポンプ室 止水堰
3	タービン建屋地下 1 階 (T8T9-TCTD) A 系原子炉補機冷却水系熱交換器・ポンプ室 止水堰
4	タービン建屋地下 1 階 (T6T7-TJTK) 通路 止水堰

図 2-1 堰の設置位置図(9/15)

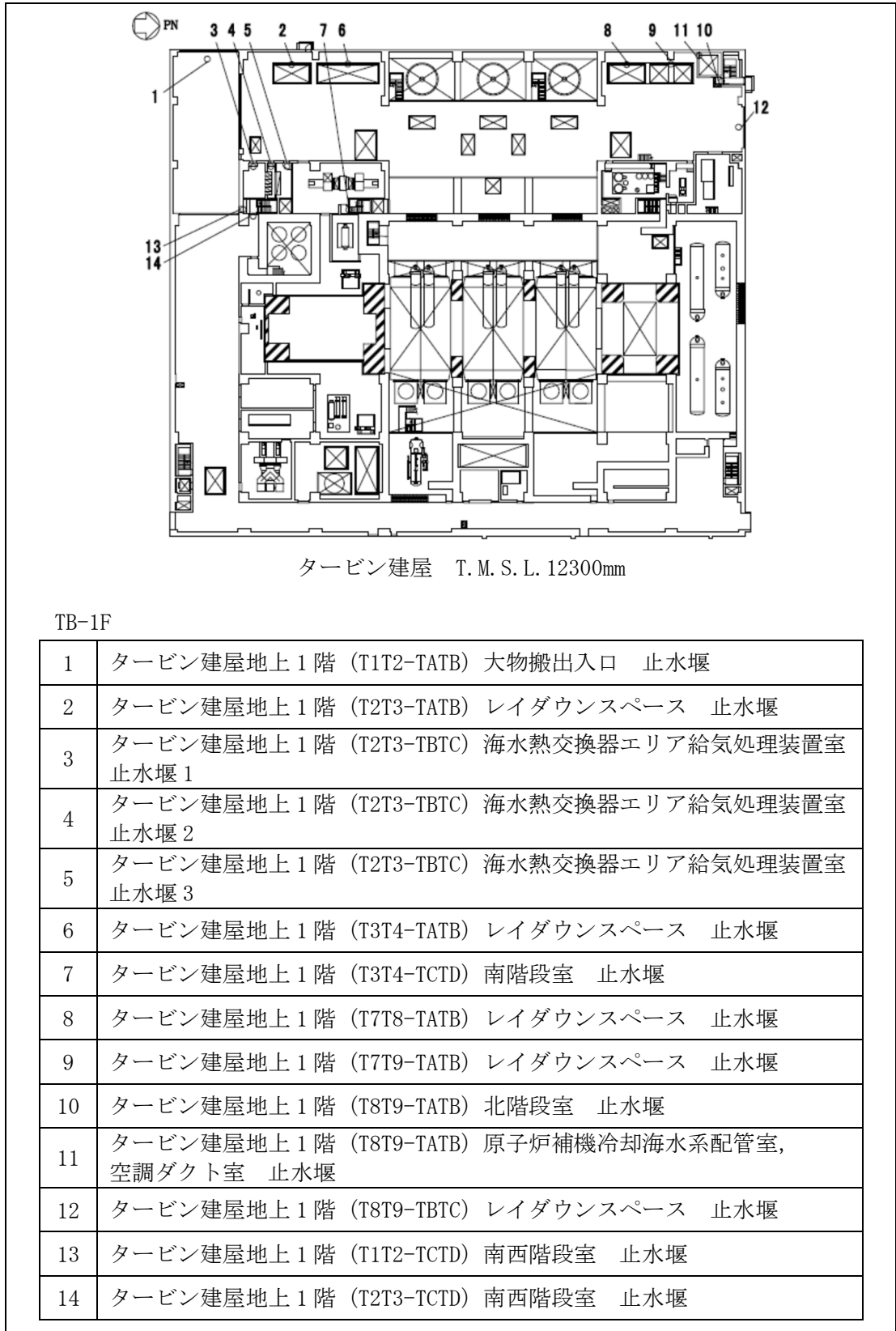
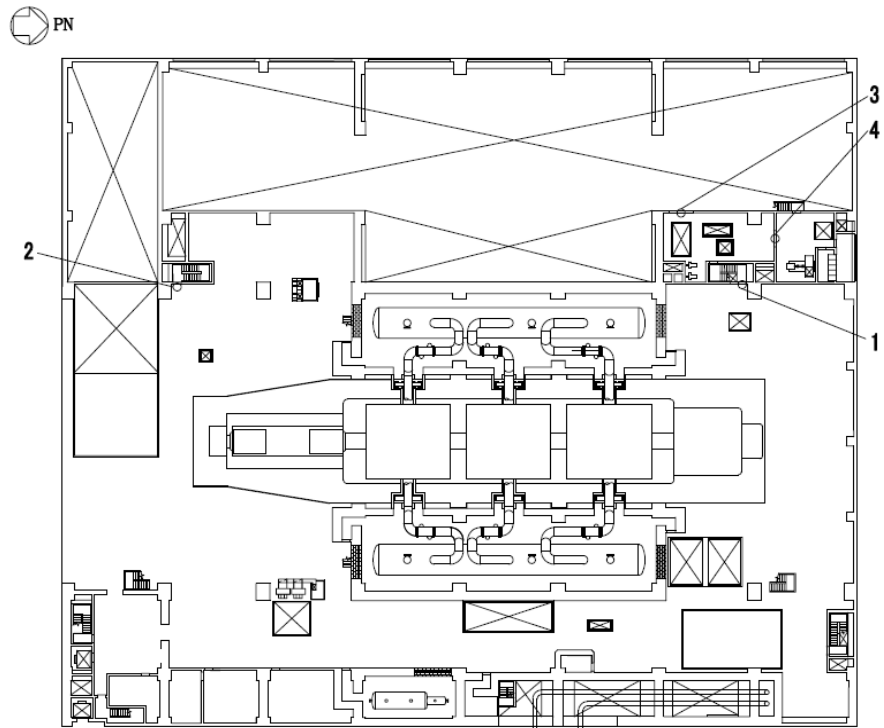


図2-1 堰の設置位置図(10/15)





タービン建屋 T. M. S. L. 20400mm

TB-2F

1	タービン建屋地上 2 階 (T7T8-TCTD) 北西階段室 止水堰
2	タービン建屋地上 2 階 (T2T3-TCTD) 南西階段室 止水堰
3	タービン建屋地上 2 階 (T7T8-TBTC) 主油タンクメンテナンス室 止水堰
4	タービン建屋地上 2 階 (T8T9-TCTD) 主油タンクメンテナンス室 止水堰

図 2-1 堰の設置位置図(11/15)

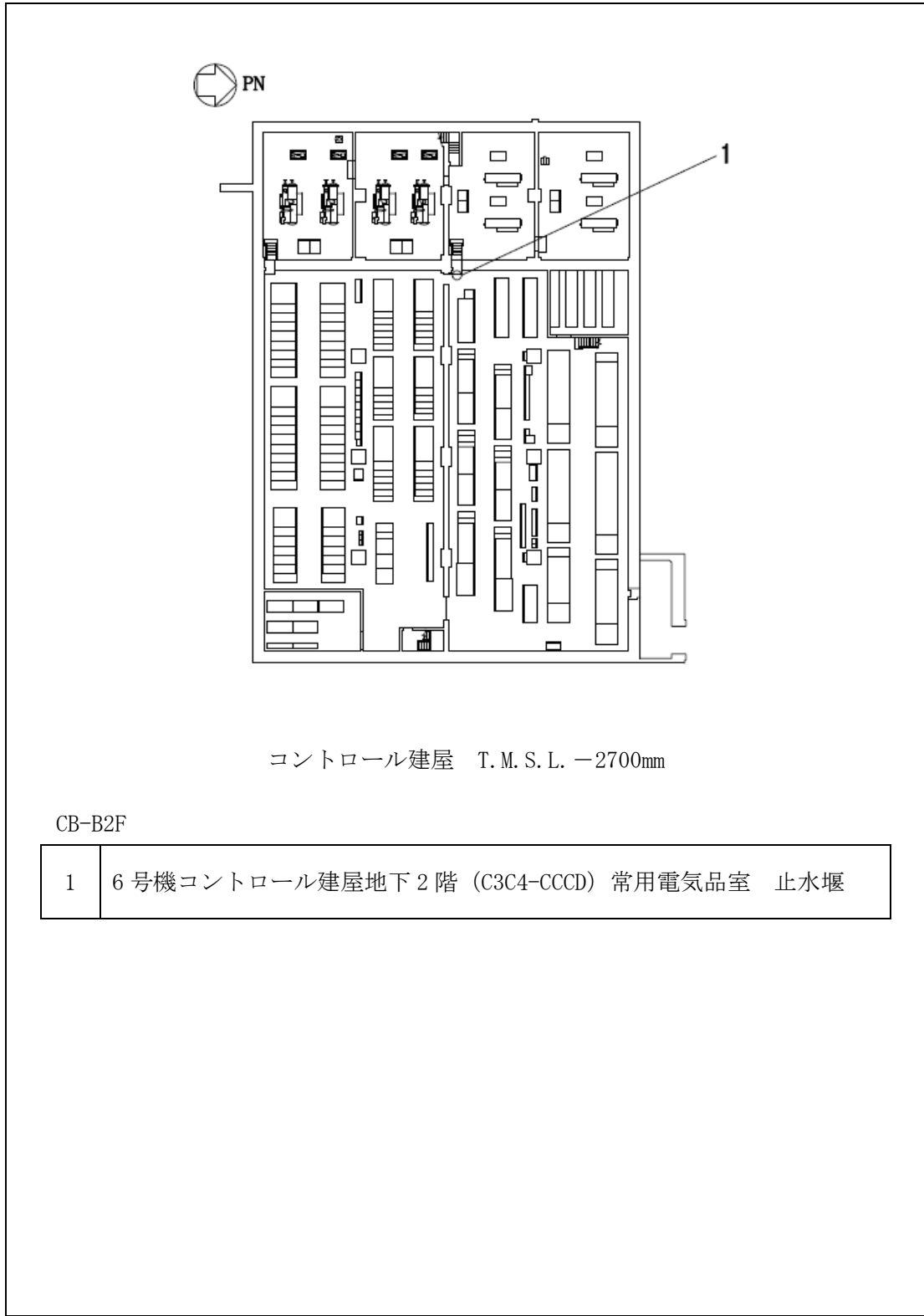
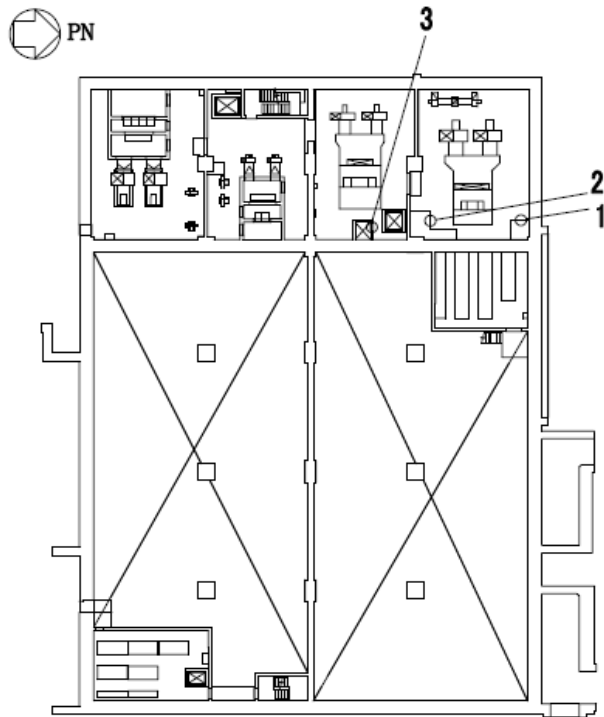


図 2-1 堰の設置位置図(12/15)



コントロール建屋 T. M. S. L. 1000mm

CB-MB2F

1	6号機コントロール建屋地下中2階 (C4C5-CBCC) 常用電気品区域 送・排風機室 止水堰 1
2	6号機コントロール建屋地下中2階 (C4C5-CBCC) 常用電気品区域 送・排風機室 止水堰 2
3	6号機コントロール建屋地下中2階 (C3C4-CBCC) 空調ダクト, ケーブル処理室 止水堰

図 2-1 堰の設置位置図(13/15)

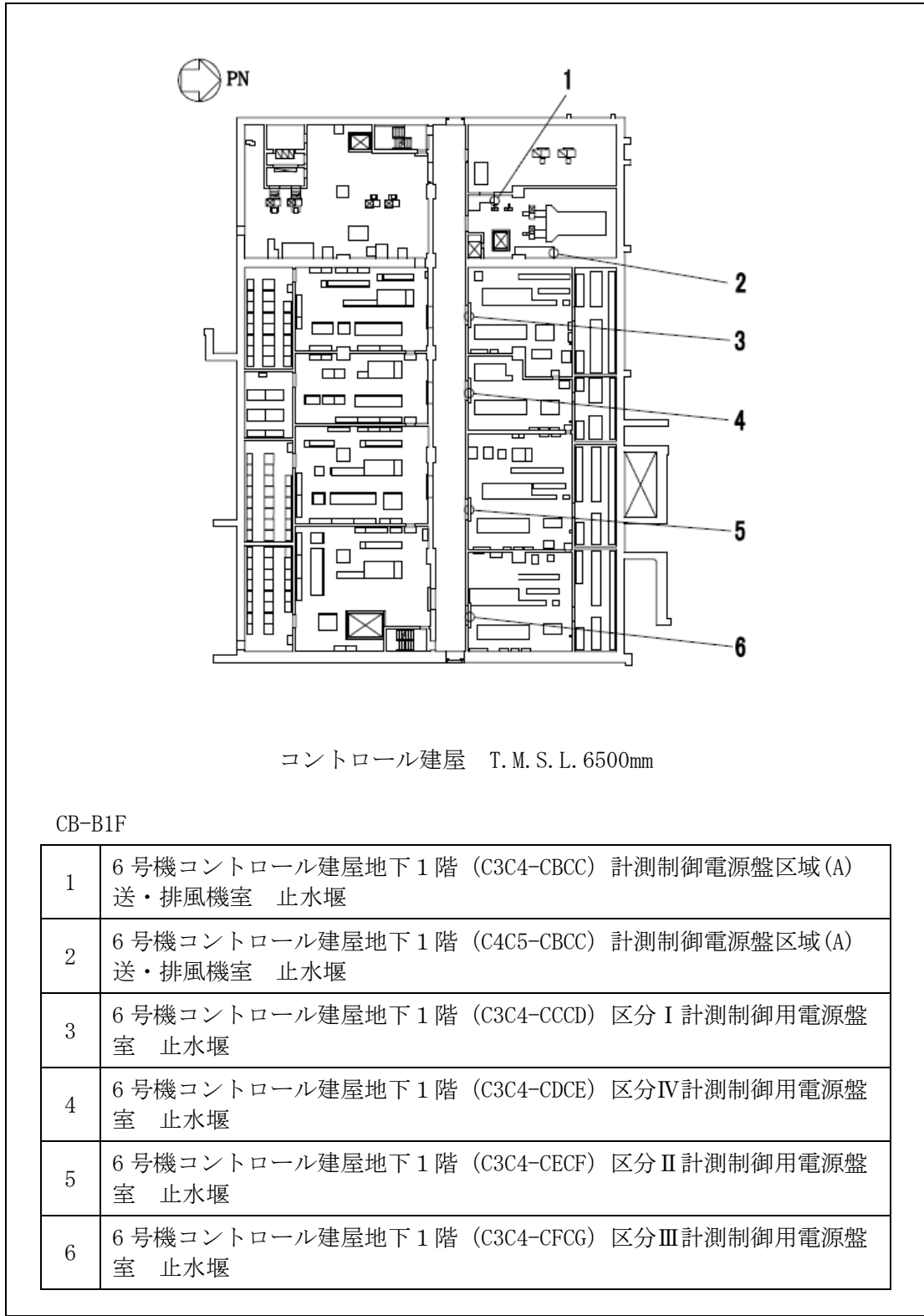


図 2-1 堰の設置位置図(14/15)

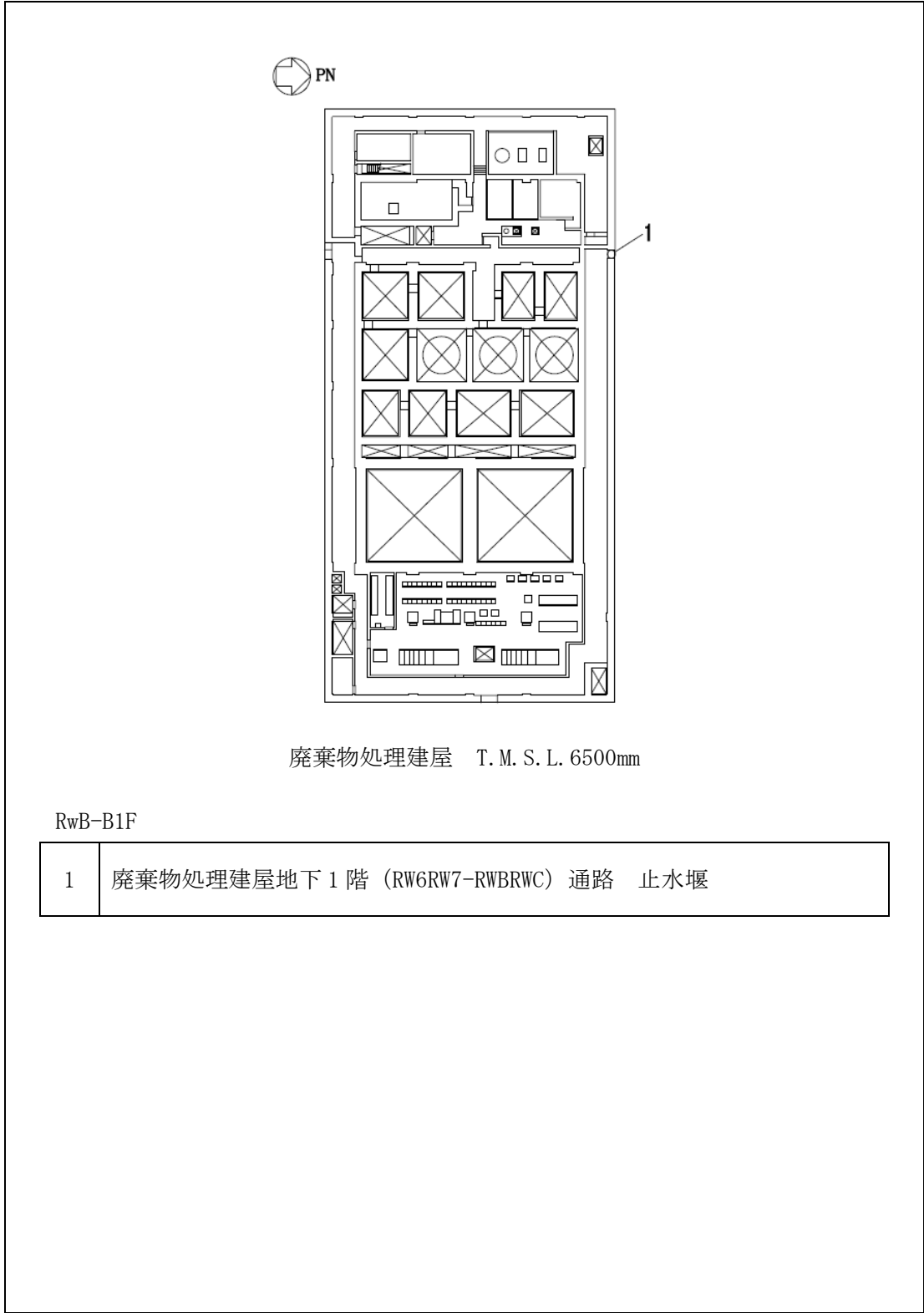


図 2-1 堰の設置位置図(15/15)

### 2.3 構造計画

堰の構造は、VI-3-別添3-2-1「溢水への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「3. 構造強度設計」に示す構造計画を踏まえて、詳細な構造を設定する。堰は、鋼製堰（L型鋼製堰、鋼製落とし込み型堰、鋼板組合せ堰）及び鉄筋コンクリート製堰に分類される構造とする。

#### 2.3.1 L型鋼製堰の構造

L型鋼製堰は、鋼製板又はH形鋼及びアンカーボルトから構成され、アンカーボルトにより床面と接合する構造とする。L型鋼製堰の構造計画を表2-2に示す。

表2-2 L型鋼製堰の構造計画

計画の概要		概略構造図
主体構造	支持構造	
鋼製板又はH形鋼及びアンカーボルトにて構成する。	鋼製板又はH形鋼を床面にアンカーボルトにて固定する。	図2-2

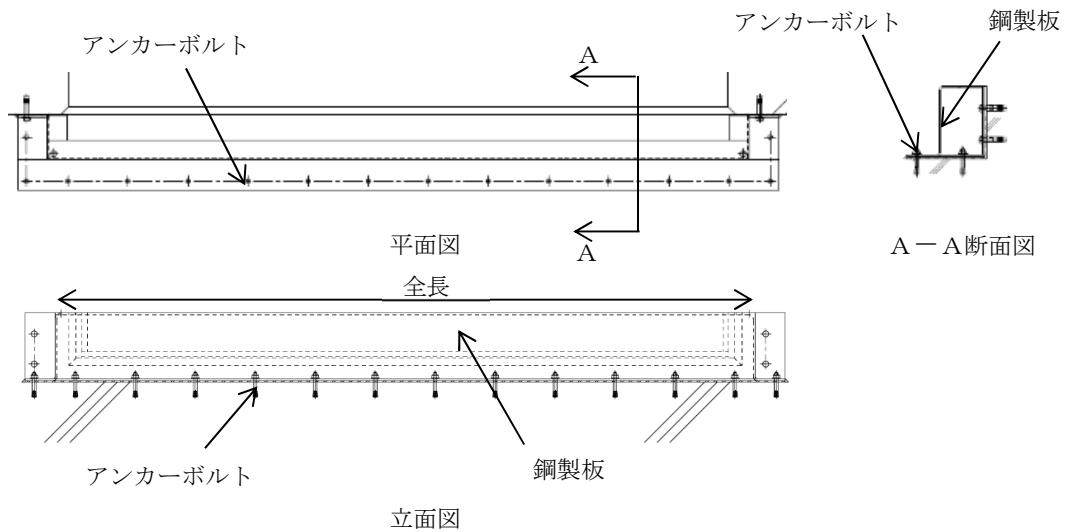


図 2-2 L型鋼製堰の概略構造図

### 2.3.2 鋼製落とし込み型堰の構造

鋼製落とし込み型堰は、鋼製板、枠材、H形鋼及びアンカーボルトから構成され、アンカーボルトにより、躯体に接合する構造とする。鋼製落とし込み型堰の構造計画を表2-3に示す。

表2-3 鋼製落とし込み型堰の構造計画

計画の概要		概略構造図
主体構造	支持構造	
鋼製板、枠材、H形鋼及びアンカーボルトにて構成する。	鋼製板を取付けた枠材を固定したH形鋼をコンクリート躯体にアンカーボルトにて固定する。	図2-3

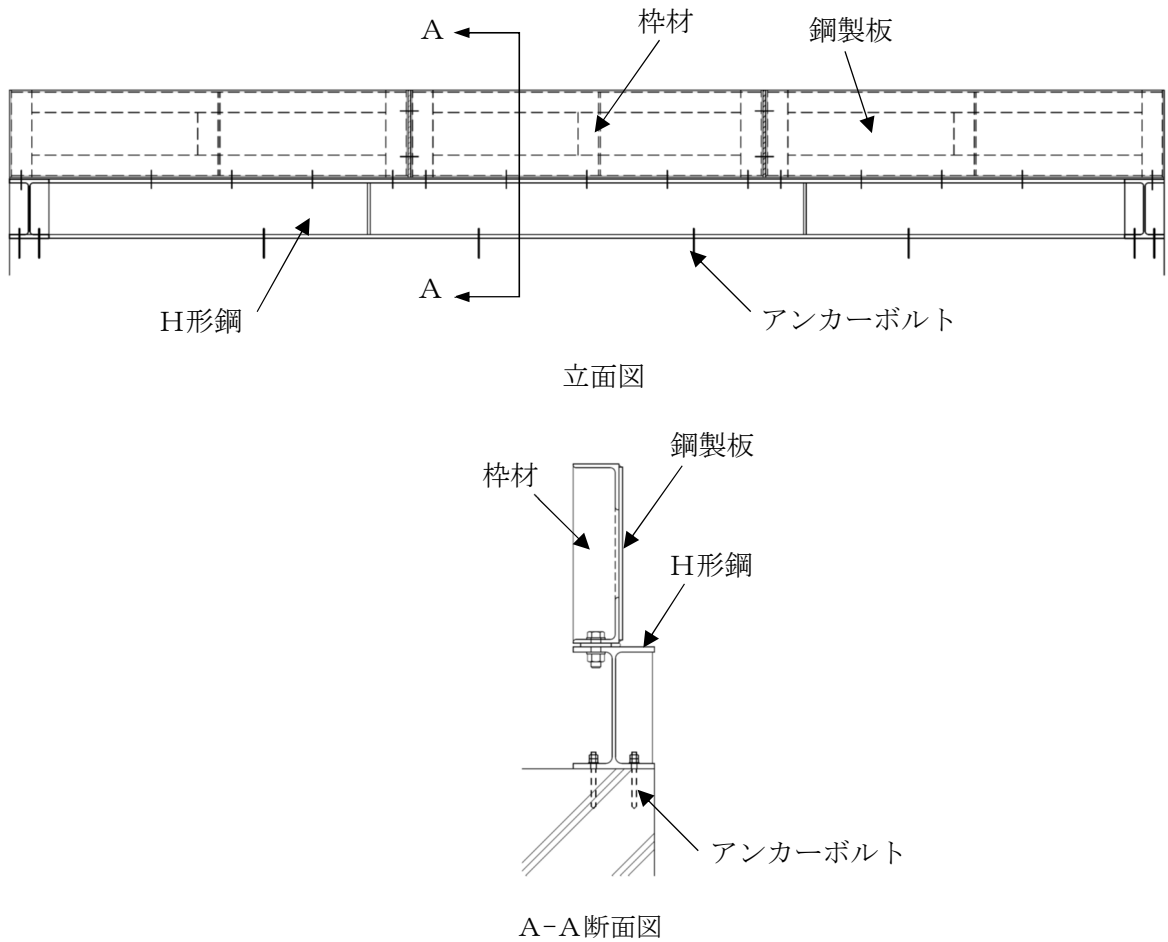


図 2-3 鋼製落とし込み型堰の概略構造図

### 2.3.3 鉄筋コンクリート製堰の構造

鉄筋コンクリート製堰は、アンカー筋により、既存躯体と堰を一体化させた鉄筋コンクリート構造物である。鉄筋コンクリート製堰の構造計画を表2-4-1及び表2-4-2に示す。

表2-4-1 鉄筋コンクリート製堰（一段）の構造計画

計画の概要		概略構造図
主体構造	支持構造	
コンクリート、主筋（横筋）及びアンカー筋により構成する。	堰を既設コンクリート床面にアンカー筋で固定する。	

表2-4-2 鉄筋コンクリート製堰（二段以上）の構造計画

計画の概要		概略構造図
主体構造	支持構造	
コンクリート、主筋（縦筋、横筋）及びアンカー筋により構成する。	堰を既設コンクリート床面にアンカー筋で固定する。	
		<p>注記* : 鉄筋のうち、既存躯体に埋め込まれた部分をアンカー筋、堰に敷設した部分を縦筋と定義する。</p>



### 2.3.4 鋼板組合せ堰の構造

鋼板組合せ堰は、止水板、梁材及びアンカーボルトから構成され、アンカーボルトにより床面及び必要に応じ壁面と接合する構造とする。溢水経路となる開口部の形状等によっては、柱材及びベースプレートを用いる構造とする。鋼板組合せ堰の構造計画を表2-5に示す。

表 2-5 鋼板組合せ堰の構造計画

計画の概要		概略構造図
主体構造	支持構造	
止水板、梁材、柱材、ベースプレート及びアンカーボルトにて構成する。	鋼材で補強した止水板を床面及び必要に応じ壁面にアンカーボルトにて固定する。	図2-4

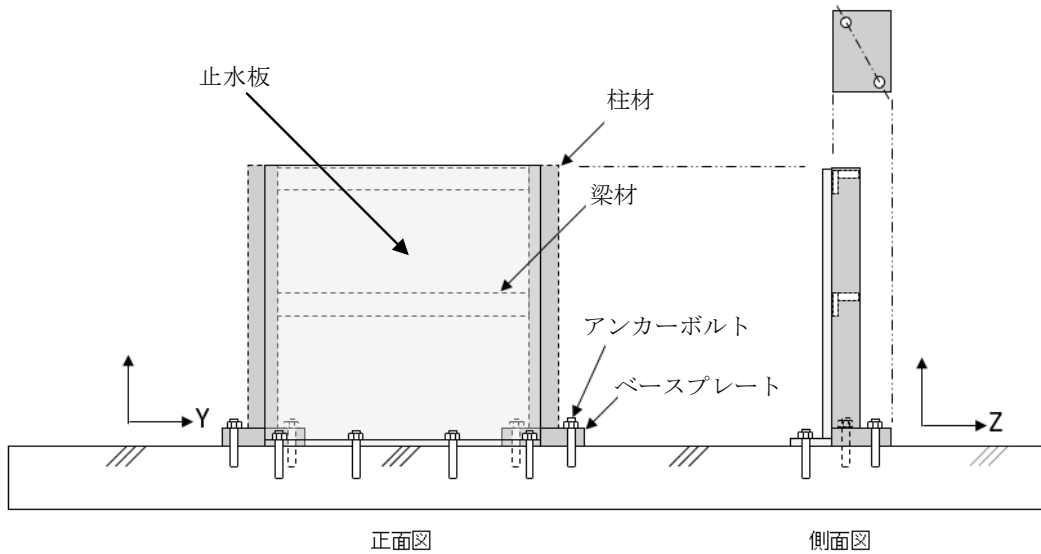


図 2-4 鋼板組合せ堰の概略構造図

## 2.4 評価方針

堰の強度評価は、VI-3-別添 3-2-1「溢水への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」及び「4.2 許容限界」にて設定している荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえて、堰の評価対象部位に作用する応力等が許容限界内にあることを「3. 強度評価方法」に示す方法により、「3.6 評価条件」に示す評価条件を用いて評価し、「4. 評価結果」にて確認する。堰の強度評価フローを図 2-5 に示す。

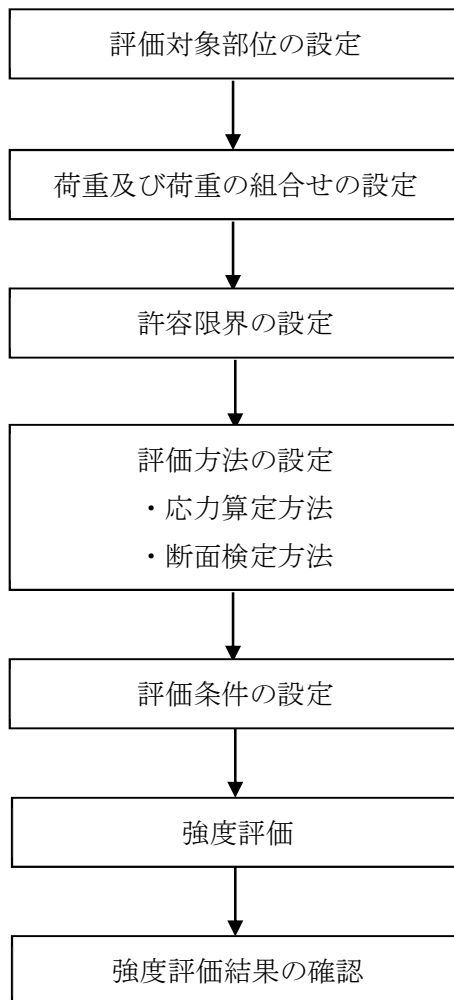


図 2-5 堰の強度評価フロー

## 2.5 適用規格

適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・ 建築基準法・同施行令
- ・ 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 「許容応力度設計法」(（社）日本建築学会，1999改定)
- ・ 鋼構造設計規準「許容応力度設計法」(（社）日本建築学会，2005 改定)  
(以下，「S規準」という。)
- ・ 各種合成構造設計指針・同解説 (（社）日本建築学会，2010 年改定)
- ・ 機械工学便覧 (（社）日本機械学会)
- ・ 日本産業規格(J I S) (日本規格協会)

## 3. 強度評価方法

堰の強度評価は，VI-3-別添3-2-1「溢水への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「5. 強度評価方法」にて設定している方法を用いて，強度評価を実施する。

堰の強度評価は，「3.2 評価対象部位及び評価対象設備」に示す評価対象部位に対し，「3.3 荷重及び荷重の組合せ」及び「3.4 許容限界」に示す荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえ，「3.5 評価方法」に示す方法を用いて評価を行う。

### 3.1 記号の説明

L型鋼製堰の強度評価に用いる記号を表3-1に, 鋼製落とし込み型堰の強度評価に用いる記号を表3-2に, 鉄筋コンクリート製堰の強度評価に用いる記号を表3-3に, 鋼板組合せ堰の強度評価に用いる記号を表3-4に示す。

表3-1 L型鋼製堰の強度評価に用いる記号

記号	単位	定義
b	mm	鋼製板の折り曲げ部又はH形鋼の幅
e	mm	アンカーボルトの穴縁端距離
g	m/s <sup>2</sup>	重力加速度
H	mm	止水堰の高さ
L	mm	堰全長
M <sub>h</sub>	kN・m/m	鋼製板又はH形鋼の最大曲げモーメント
N	本	引張側アンカーボルトの本数
P <sub>h</sub>	kN/m <sup>2</sup>	静水圧荷重
Q <sub>a</sub>	kN	アンカーボルトに生じるせん断力に対する短期許容荷重
q	kN	アンカーボルトに生じる最大せん断力
T	kN	アンカーボルトに生じる最大引張力
T <sub>a</sub>	kN	アンカーボルトに生じる引張りに対する短期許容荷重
Z	mm <sup>3</sup> /m	鋼製板又はH形鋼のウェブ面外断面係数
ρ <sub>0</sub>	t/m <sup>3</sup>	水の密度
σ	N/mm <sup>2</sup>	鋼製板又はH形鋼の最大曲げ応力度

表3-2 鋼製落とし込み型堰の強度評価に用いる記号

記号	単位	定義
$A_s$	$\text{mm}^2$	枠材のせん断断面積
$b$	$\text{mm}$	H形鋼の幅
$e$	$\text{mm}$	アンカーボルトの穴縁端距離
$g$	$\text{m/s}^2$	重力加速度
$H$	$\text{mm}$	止水堰の高さ
$H_1$	$\text{mm}$	枠材の高さ
$H_2$	$\text{mm}$	H形鋼の高さ
$L_1$	$\text{mm}$	枠材が負担する堰長
$L_2$	$\text{mm}$	堰全長
$M_{h1}$	$\text{kN} \cdot \text{m/m}$	鋼製板の最大曲げモーメント
$M_{h2}$	$\text{kN} \cdot \text{m}$	枠材の最大曲げモーメント
$M_{h3}$	$\text{kN} \cdot \text{m/m}$	H形鋼の最大曲げモーメント
$N_1$	本	引張側アンカーボルトの本数
$P_{h1}$	$\text{kN/m}^2$	鋼製板にかかる静水圧荷重
$P_{h2}$	$\text{kN/m}^2$	枠材にかかる静水圧荷重
$P_{h3}$	$\text{kN/m}^2$	H形鋼にかかる静水圧荷重
$Q_1$	$\text{kN}$	枠材の最大せん断力
$Q_a$	$\text{kN}$	アンカーボルトに生じるせん断力に対する短期許容荷重
$q$	$\text{kN}$	アンカーボルトに生じる最大せん断力
$T$	$\text{kN}$	アンカーボルトに生じる最大引張力
$T_a$	$\text{kN}$	アンカーボルトに生じる引張りに対する短期許容荷重
$Z$	$\text{mm}^3/\text{m}$	H形鋼のウェブ面外断面係数
$Z_1$	$\text{mm}^3/\text{m}$	鋼製板の断面係数
$Z_2$	$\text{mm}^3$	枠材の断面係数
$\rho_0$	$\text{t/m}^3$	水の密度
$\sigma_1$	$\text{N/mm}^2$	鋼製板の最大曲げ応力度
$\sigma_2$	$\text{N/mm}^2$	枠材の最大曲げ応力度
$\sigma_3$	$\text{N/mm}^2$	H形鋼の最大曲げ応力度
$\sigma_e$	$\text{N/mm}^2$	枠材の組合せ応力度
$\tau_1$	$\text{N/mm}^2$	枠材の最大せん断応力度

表 3-3 鉄筋コンクリート製堰の強度評価に用いる記号

記号	単位	定義
$b'$	mm	アンカー筋及び縦筋の重心位置から躯体端部までの距離
$g$	$m/s^2$	重力加速度
$H$	mm	止水堰の高さ
$H'$	mm	評価位置上部の止水堰の高さ
$L$	mm	堰全長
$M_h$	$kN \cdot m/m$	堰に生じる最大曲げモーメント
$N_1$	本	アンカー筋の本数
$N_2$	本	縦筋の本数
$P_h$	$kN/m^2$	静水圧荷重
$Q_h$	kN	堰に生じる最大せん断力
$Q_{a1}$	kN	アンカー筋に生じるせん断に対する短期許容荷重
$Q_{a2}$	kN	縦筋に生じるせん断に対する短期許容荷重
$q_1$	kN	アンカー筋に生じる最大せん断力
$q_2$	kN	縦筋に生じる最大せん断力
$T_1$	kN	アンカー筋に生じる最大引張力
$T_2$	kN	縦筋に生じる最大引張力
$T_{a1}$	kN	アンカー筋に生じる引張りに対する短期許容荷重
$T_{a2}$	kN	縦筋に生じる引張りに対する短期許容荷重
$t$	mm	堰厚さ
$w_1$	kN	堰重量
$Z$	$mm^3/m$	鉄筋コンクリート製堰の断面係数
$\rho_0$	$t/m^3$	水の密度
$\sigma_c$	$N/mm^2$	堰底部のコンクリートに生じる最大圧縮応力度
$\tau'$	$N/mm^2$	堰底部のコンクリートに生じる最大せん断応力度

表 3-4 鋼板組合せ堰の強度評価に用いる記号 (1/2)

記号	単位	定義
$A_s$	$\text{mm}^2$	梁材のせん断断面積
$A_Y$	$\text{mm}^2$	柱材のせん断断面積
$a$	$\text{mm}$	止水板の長辺方向の幅
$a'$	$\text{mm}$	梁材 1 本当たりが負担する止水板の幅
$B$	$\text{mm}$	止水堰の側面全幅
$e$	$\text{mm}$	床側アンカーボルト位置からの縁端距離
$g$	$\text{m/s}^2$	重力加速度
$H$	$\text{mm}$	止水堰の高さ, 又は溢水評価水位以上の高さ
$h_1$	$\text{mm}$	評価する止水板の最下端の高さ
$h_2$	$\text{mm}$	評価する梁材の最下端の高さ
$L$	$\text{mm}$	止水堰の全幅
$L'$	$\text{mm}$	評価する梁材の長さ
$L_1'$	$\text{mm}$	柱材 1 本当たりが負担する柱材及び止水板の幅
$L_{PS}$	$\text{mm}$	ベースプレートのレバー長さ
$M_f$	$\text{N}\cdot\text{mm}$	梁材の曲げモーメント
$M_h$	$\text{N}\cdot\text{mm}$	転倒モーメント
$M_Y$	$\text{N}\cdot\text{mm}$	柱材の曲げモーメント
$N$	本	せん断を受ける片側の壁側アンカーボルト本数
$n_1$	本	引張りを受ける床側アンカーボルト本数
$n_2$	本	せん断を受ける床側アンカーボルト本数
$n_3$	本	ベースプレートのアンカーボルト本数
$P_{h_1}$	$\text{N}/\text{mm}^2$	止水板最下端の静水圧荷重
$P_{h_2}$	$\text{N}/\text{mm}^2$	梁材最下端の静水圧荷重
$P_{h_3}$	$\text{N}/\text{mm}^2$	止水壁最下端の静水圧荷重
$P_0$	$\text{N}$	アンカーボルトに生じる引張りに対する短期許容荷重
$Q_f$	$\text{N}$	梁材の発生せん断力
$Q_Y$	$\text{N}$	柱材の発生せん断力
$q$	$\text{N}$	壁側アンカーボルト発生せん断力
$R_s$	$\text{N}$	止水堰下端の発生せん断力
$R_q$	$\text{N}$	片側の壁の発生せん断力
$S$	$\text{N}$	床側アンカーボルト発生せん断力
$T$	$\text{N}$	床側アンカーボルト発生引張力
$t$	$\text{mm}$	止水板の板厚
$V_0$	$\text{N}$	アンカーボルトに生じるせん断力に対する短期許容荷重

表 3-4 鋼板組合せ堰の強度評価に用いる記号 (2/2)

記号	単位	定義
$W_f$	N/mm	梁材の平均水圧による分布荷重
$W_{f2}$	N/mm	柱材の平均水圧による分布荷重
$W_{f3}$	N/mm	止水堰下端の平均水圧による分布荷重
$Z$	mm <sup>3</sup>	梁材の断面係数
$Z_Y$	mm <sup>3</sup>	柱材の断面係数
$Z_{PS}$	mm <sup>3</sup>	ベースプレートの断面係数
$\beta$	—	長方形板の最大応力の係数
$\rho_0$	kg/m <sup>3</sup>	溢水の密度
$\sigma_p$	N/mm <sup>2</sup>	止水板の曲げ応力度
$\sigma_f$	N/mm <sup>2</sup>	梁材の曲げ応力度
$\sigma_{ef}$	N/mm <sup>2</sup>	梁材の組合せ応力度
$\sigma_Y$	N/mm <sup>2</sup>	柱材の曲げ応力度
$\sigma_{eY}$	N/mm <sup>2</sup>	柱材の組合せ応力度
$\sigma_{ps}$	N/mm <sup>2</sup>	ベースプレートの曲げ応力度
$\tau_f$	N/mm <sup>2</sup>	梁材のせん断応力度
$\tau_Y$	N/mm <sup>2</sup>	柱材のせん断応力度



### 3.2 評価対象部位及び評価対象設備

堰の評価対象部位は、VI-3-別添3-2-1「溢水への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.2 許容限界」にて示している評価対象部位を踏まえて、「2.3 構造計画」に示す構造計画にて設定している構造に基づき、溢水に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し設定する。

また、L型鋼製堰、鋼製落とし込み型堰、鉄筋コンクリート製堰、鋼板組合せ堰において、評価結果が厳しい評価対象部位を有する堰を代表として評価する。

#### 3.2.1 L型鋼製堰と鋼製落とし込み型堰

L型鋼製堰の評価対象部位は、堰に作用する静水圧荷重が、鋼製板又はH形鋼からアンカーボルトへ伝わり、アンカーボルトを介して躯体に伝わることから、鋼製板又はH形鋼及びアンカーボルトとする。

鋼製落とし込み型堰の評価対象部位は、堰に作用する静水圧荷重により応力が発生することから、鋼製板、枠材、H形鋼及びアンカーボルトとする。

評価の対象となるL型鋼製堰の選定結果を表3-5に、鋼製落とし込み型堰の選定結果を表3-6に示す。

表3-5 評価対象とするL型鋼製堰の選定結果(1/3)

堰No.	名称	設置床高さ (T. M. S. L.)	評価対象 設備 (代表)
RB-B1F-1	原子炉建屋地下1階 (R1R2-RCRD) 原子炉系 (DIV-IV) 計装ラック室 止水堰	4.8m	
RB-B1F-2	原子炉建屋地下1階 (R1R2-RDRE) 原子炉系 (DIV-II) 計装ラック室 止水堰	4.8m	
RB-B1F-3	原子炉建屋地下1階 (R6R7-RCRD) 原子炉系 (DIV-I) 計装ラック室 止水堰	4.8m	
RB-B1F-4	原子炉建屋地下1階 (R6R7-RDRE) 原子炉系 (DIV-III) 計装ラック室 止水堰	4.8m	
RB-MB1F-1	原子炉建屋地下中1階 (R2R3-RARB) 通路 止水堰	8.5m	
RB-1F-2	原子炉建屋地上1階 (R1R2-RCRD) ほう酸水注入系・電気ペネ室 止水堰	12.3m	
RB-1F-3	原子炉建屋地上1階 (R2R3-RBRC) 原子炉冷却材浄化系弁室 止水堰	12.3m	
RB-1F-4	原子炉建屋地上1階 (R3R4-RFRG) 電気ペネ室 止水堰	12.3m	
RB-1F-5	原子炉建屋地上1階 (R4R5-RFRG) 可燃性ガス濃度制御系エアロック室 止水堰	12.3m	
RB-1F-7	原子炉建屋地上1階 (R5R6-RBRC) 原子炉補機冷却水系・不活性ガス系・電気ペネ室 止水堰	12.3m	
RB-2F-4	原子炉建屋地上2階 (R5R6-RARB) 主蒸気系トンネル室, 配管ペネ室 止水堰	18.1m	
RB-2F-5	原子炉建屋地上2階 (R5R6-RDRE) 電気ペネ室 止水堰	18.1m	
RB-3F-1	原子炉建屋地上3階 (R2R3-RBRC) 非常用ガス処理系室 止水堰	23.5m	
RB-3F-2	原子炉建屋地上3階 (R2R3-RCRD) 非常用ガス処理系室 止水堰	23.5m	
RB-3F-3	原子炉建屋地上3階 (R2R3-RFRG) 格納容器内雰囲気モニタ系 (B) 室 止水堰	23.5m	

表 3-5 評価対象とする L 型鋼製堰の選定結果 (2/3)

堰 No.	名称	設置床高さ (T. M. S. L.)	評価対象 設備 (代表)
RB-M3F-1	原子炉建屋地上中 3 階 (R4-RFRG) 通路 止水堰	27.2m	
RB-4F-4	原子炉建屋地上 4 階 (R6R7-RDRE) 原子炉補機冷却水系 (C) サージタンク室 止水堰	31.7m	
TB-1F-2	タービン建屋地上 1 階 (T2T3-TATB) レイダウンスペース 止水堰	12.3m	
TB-1F-3	タービン建屋地上 1 階 (T2T3-TBTC) 海水熱交換器エリア給気処理装置室 止水堰 1	12.3m	
TB-1F-4	タービン建屋地上 1 階 (T2T3-TBTC) 海水熱交換器エリア給気処理装置室 止水堰 2	12.3m	
TB-1F-5	タービン建屋地上 1 階 (T2T3-TBTC) 海水熱交換器エリア給気処理装置室 止水堰 3	12.3m	
TB-1F-6	タービン建屋地上 1 階 (T3T4-TATB) レイダウンスペース 止水堰	12.3m	
TB-1F-7	タービン建屋地上 1 階 (T3T4-TCTD) 南階段室 止水堰	12.3m	
TB-1F-8	タービン建屋地上 1 階 (T7T8-TATB) レイダウンスペース 止水堰	12.3m	
TB-1F-11	タービン建屋地上 1 階 (T8T9-TATB) 原子炉補機冷却海水系配管室, 空調ダクト室 止水堰	12.3m	
TB-2F-1	タービン建屋地上 2 階 (T7T8-TCTD) 北西階段室 止水堰	20.4m	
CB-B2F-1	6 号機コントロール建屋地下 2 階 (C3C4-CCCD) 常用電気品室 止水堰	-2.7m	
CB-B1F-1	6 号機コントロール建屋地下 1 階 (C3C4-CBCC) 計測制御電源盤区域(A)送・排風機室 止水堰	6.5m	○*
CB-B1F-3	6 号機コントロール建屋地下 1 階 (C3C4-CCCD) 区分 I 計測制御用電源盤室 止水堰	6.5m	

注記\* : 最も評価結果が厳しい評価対象部位を有する堰を選定

表 3-5 評価対象とする L 型鋼製堰の選定結果 (3/3)

堰No.	名称	設置床高さ (T. M. S. L.)	評価対象 設備 (代表)
CB-B1F-4	6号機コントロール建屋地下1階 (C3C4-CDCE) 区分Ⅳ計測制御用電源盤室 止水堰	6.5m	
CB-B1F-5	6号機コントロール建屋地下1階 (C3C4-CECF) 区分Ⅱ計測制御用電源盤室 止水堰	6.5m	
CB-B1F-6	6号機コントロール建屋地下1階 (C3C4-CFCG) 区分Ⅲ計測制御用電源盤室 止水堰	6.5m	
RwB-B1F-1	廃棄物処理建屋地下1階 (RW6RW7-RWBRWC) 通路 止水堰	6.5m	

表3-6 評価対象とする鋼製落とし込み型堰の選定結果

堰No.	名称	設置床高さ (T. M. S. L.)	評価対象 設備 (代表)
TB-B1F-4	タービン建屋地下1階 (T6T7-TJTK) 通路 止水堰	4.9m	
TB-1F-9	タービン建屋地上1階 (T7T9-TATB) レイダウンス ペース 止水堰	12.3m	○*
TB-1F-12	タービン建屋地上1階 (T8T9-TBTC) レイダウンスペース 止水堰	12.3m	

注記\* : 最も評価結果が厳しい評価対象部位を有する堰を選定

### 3.2.2 鉄筋コンクリート製堰

鉄筋コンクリート製堰の評価対象部位は、堰に作用する静水圧荷重により応力が発生することから、堰と既存躯体の取合い部分の堰底部のコンクリート、アンカー筋及び縦筋とする。

評価の対象となる鉄筋コンクリート製堰の選定結果を表3-7に示す。

表 3-7 評価対象とする鉄筋コンクリート製堰の選定結果

堰 No.	名称	設置床高さ (T. M. S. L.)	設置対象 設備 (代表)
RB-1F-8	原子炉建屋地上 1 階 (R5R6-RG) 大物搬出入口建屋 止水堰	12.3m	
RB-1F-9	原子炉建屋地上 1 階 (R5R6) 大物搬出入口建屋 止水堰	12.3m	
RB-2F-3	原子炉建屋地上 2 階 (R5R6-RARB) 通路 止水堰	18.1m	
TB-1F-1	タービン建屋地上 1 階 (T1T2-TATB) 大物搬出入口 止水堰	12.3m	
TB-1F-10	タービン建屋地上 1 階 (T8T9-TATB) 北階段室 止 水堰	12.3m	
TB-1F-13	タービン建屋地上 1 階 (T1T2-TCTD) 南西階段室 止水堰	12.3m	
TB-1F-14	タービン建屋地上 1 階 (T2T3-TCTD) 南西階段室 止水堰	12.3m	
TB-2F-2	タービン建屋地上 2 階 (T2T3-TCTD) 南西階段室 止水堰	20.4m	
TB-2F-3	タービン建屋地上 2 階 (T7T8-TBTC) 主油タンクメ ンテナンス室 止水堰	20.4m	○*
TB-2F-4	タービン建屋地上 2 階 (T8T9-TCTD) 主油タンクメ ンテナンス室 止水堰	20.4m	

注記\*：最も評価結果が厳しい評価対象部位を有する堰を選定

### 3.2.3 鋼板組合せ堰

鋼板組合せ堰の評価対象部位は、堰に作用する静水圧荷重が、止水板、梁材及び柱材からベースプレート及びアンカーボルトへ伝わり、アンカーボルトを介して躯体に伝わることから、止水板、梁材、柱材、ベースプレート及びアンカーボルトとする。評価の対象となる鋼板組合せ堰の選定結果を表3-8に示す。

表3-8 評価対象とする鋼板組合せ堰の選定結果(1/2)

堰No.	名称	設置床高さ (T. M. S. L.)	評価対象設備 (代表)
RB-B2F-1	原子炉建屋地下2階 (R1R2-RDRE) 通路 止水堰	-1.7m	
RB-B2F-2	原子炉建屋地下2階 (R3R4-RFRG) 原子炉内蔵型再循環ポンプ・制御棒駆動機構補修室 止水堰	-1.7m	
RB-B2F-3	原子炉建屋地下2階 (R4R5-RFRG) 原子炉内蔵型再循環ポンプ・制御棒駆動機構補修室 止水堰	-1.7m	
RB-B2F-4	原子炉建屋地下2階 (R6R7-RDRE) 通路 止水堰	-1.7m	
RB-B2F-5	原子炉建屋地下2階 (R4R5-RARB) 制御棒駆動機構配管室 止水堰	-1.7m	
RB-B2F-6	原子炉建屋地下2階 (R5R6-RBRC) 通路 止水堰	-1.7m	
RB-1F-1	原子炉建屋地上1階 (R1R2-RBRC) 通路 止水堰	12.3m	
RB-1F-6	原子炉建屋地上1階 (R5R6-RARB) 通路 止水堰	12.3m	
RB-2F-1	原子炉建屋地上2階 (R1R2-RFRG) 非常用ディーゼル発電機(B) 非常用送風機室 止水堰	18.1m	
RB-2F-2	原子炉建屋地上2階 (R2R3-RFRG) 通路 止水堰	18.1m	
RB-2F-6	原子炉建屋地上2階 (R6R7-RBRC) 通路 止水堰	18.1m	
RB-3F-4	原子炉建屋地上3階 (R3R4-RARB) 通路 止水堰	23.5m	
RB-3F-5	原子炉建屋地上3階 (R4R5-RARB) 通路 止水堰	23.5m	
RB-M3F-2	原子炉建屋地上中3階 (R6R7-RCRD) 北側改良型制御棒駆動機構制御盤室 止水堰	27.2m	○*
RB-M3F-3	原子炉建屋地上中3階 (R6R7-RDRE) 北側改良型制御棒駆動機構制御盤室 止水堰1	27.2m	
RB-M3F-4	原子炉建屋地上中3階 (R6R7-RDRE) 北側改良型制御棒駆動機構制御盤室 止水堰2	27.2m	
RB-M3F-5	原子炉建屋地上中3階 (R6R7-RBRC) 非常用ディーゼル発電機(A) 区域送風機室 止水堰	27.2m	
RB-M3F-6	原子炉建屋地上中3階 (R6R7-RERF) 非常用ディーゼル発電機(C) 区域送風機室 止水堰	27.2m	

注記\*：最も評価結果が厳しい評価対象部位を有する堰を選定

表3-8 評価対象とする鋼板組合せ堰の選定結果(2/2)

堰 No.	名称	設置床高さ (T. M. S. L.)	評価対象設備 (代表)
RB-4F-1	原子炉建屋地上 4 階 (R1R2-RERF) 原子炉内蔵型再循環ポンプ点検室 止水堰	31.7m	
RB-4F-2	原子炉建屋地上 4 階 (R2R3-RARB) オペレーティングフロア 止水堰	31.7m	
RB-4F-3	原子炉建屋地上 4 階 (R2R3-RDRE) オペレーティングフロア 止水堰	31.7m	
TB-B1F-1	タービン建屋地下 1 階 (T7T8-TCTD) A 系原子炉補機冷却水系熱交換器・ポンプ室 止水堰	4.9m	
TB-B1F-2	タービン建屋地下 1 階 (T8T9-TATB) A 系原子炉補機冷却水系熱交換器・ポンプ室 止水堰	4.9m	
TB-B1F-3	タービン建屋地下 1 階 (T8T9-TCTD) A 系原子炉補機冷却水系熱交換器・ポンプ室 止水堰	4.9m	
CB-MB2F-1	6 号機コントロール建屋地下中 2 階 (C4C5-CBCC) 常用電気品区域送・排風機室 止水堰 1	1.0m	
CB-MB2F-2	6 号機コントロール建屋地下中 2 階 (C4C5-CBCC) 常用電気品区域送・排風機室 止水堰 2	1.0m	
CB-MB2F-3	6 号機コントロール建屋地下中 2 階 (C3C4-CBCC) 空調ダクト, ケーブル処理室 止水堰	1.0m	
CB-B1F-2	6 号機コントロール建屋地下 1 階 (C4C5-CBCC) 計測制御電源盤区域(A)送・排風機室 止水堰	6.5m	

### 3.3 荷重及び荷重の組合せ

強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、VI-3-別添3-2-1「溢水への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」にて示している荷重及び荷重の組合せを踏まえて設定する。

#### 3.3.1 溢水による静水圧荷重

溢水による静水圧荷重として、発生を想定する溢水による浸水高さを用いた静水圧を考慮する。溢水による静水圧荷重は次式により算定する。

$$P_h = \rho_0 \cdot g \cdot H$$

#### 3.3.2 荷重の組合せ

強度評価に用いる荷重の組合せは、VI-3-別添3-2-1「溢水への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」にて設定している荷重を踏まえて設定する。荷重の組合せを表3-9に示す。

表3-9 荷重の組合せ

強度評価の対象施設	荷重の組合せ
堰	P <sub>h</sub>



### 3.4 許容限界

堰の許容限界は、VI-3-別添3-2-1「溢水への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.2 許容限界」にて設定している許容限界を踏まえて、「3.2 評価対象部位及び評価対象設備」にて設定している評価対象部位ごとに、機能損傷モードを考慮し短期許容応力度又は短期許容荷重とする。代表として評価する堰の許容限界を以下に示す。

#### 3.4.1 L型鋼製堰の許容限界

##### (1) 鋼製板及びH形鋼

「S規準」に基づき算定した短期許容応力度を表3-10に示す。

表3-10 鋼製板及びH形鋼の短期許容応力度

材料	短期許容応力度		
	曲げ (N/mm <sup>2</sup> )	せん断 (N/mm <sup>2</sup> )	組合せ (N/mm <sup>2</sup> )
SS400	235	135	235

##### (2) アンカーボルト

各種合成構造設計指針・同解説（（社）日本建築学会，2010年改定）に基づき算定した短期許容荷重を表3-11に示す。

なお、引張力を受ける場合においては、アンカーボルトの降伏により決まる許容荷重と付着力により決まる許容荷重を比較して、いずれか小さい値を採用する。せん断力を受ける場合においては、アンカーボルト母材のせん断強度より決まる許容荷重、定着したコンクリート躯体の支圧強度及びコーン状破壊により決まる許容荷重を比較して、いずれか小さい値を採用する。

表3-11 アンカーボルトの短期許容荷重

材料	短期許容荷重	
	引張り (kN)	せん断 (kN)
SS400	11.4	16.2

### 3.4.2 鋼製落とし込み型堰の許容限界

#### (1) 鋼製板

「S規準」に基づき算定した短期許容応力度を表3-12に示す。

表3-12 鋼製板の短期許容応力度

材料	短期許容応力度		
	曲げ (N/mm <sup>2</sup> )	せん断 (N/mm <sup>2</sup> )	組合せ (N/mm <sup>2</sup> )
SS400	235	135	235

#### (2) 枠材及びH形鋼

「S規準」に基づき算定した短期許容応力度を表3-13に示す。

表3-13 枠材及びH形鋼の短期許容応力度

材料	短期許容応力度		
	曲げ (N/mm <sup>2</sup> )	せん断 (N/mm <sup>2</sup> )	組合せ (N/mm <sup>2</sup> )
SS400	235	135	235

#### (3) アンカーボルト

各種合成構造設計指針・同解説（(社)日本建築学会，2010年改定）に基づき算定した短期許容荷重を表3-14に示す。

なお、引張力を受ける場合においては、アンカーボルトの降伏により決まる許容荷重とコンクリート躯体のコーン状破壊により決まる許容荷重を比較して、いずれか小さい値を採用する。せん断力を受ける場合においては、アンカーボルト母材のせん断強度より決まる許容荷重、定着したコンクリート躯体の支圧強度及びコーン状破壊により決まる許容荷重を比較して、いずれか小さい値を採用する。

表3-14 アンカーボルトの短期許容荷重

材料	短期許容荷重	
	引張り (kN)	せん断 (kN)
SS400	36.6	25.7

### 3.4.3 鉄筋コンクリート製堰の許容限界

#### (1) コンクリート

鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 ー許容応力度設計法ー((社)日本建築学会, 1999改定)に基づき算定したコンクリートの短期許容応力度を表3-15に示す。

表 3-15 コンクリートの短期許容応力度

材料	短期許容応力度	
	圧縮 (N/mm <sup>2</sup> )	せん断 (N/mm <sup>2</sup> )
コンクリート	21.4	1.21

#### (2) 縦筋

鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 ー許容応力度設計法ー((社)日本建築学会, 1999改定)に基づき算定した短期許容荷重を表3-16に示す。

表 3-16 縦筋の短期許容荷重

材料	短期許容荷重	
	引張り (kN)	せん断 (kN)
SD295	37.4	37.4

#### (3) アンカー筋

各種合成構造設計指針・同解説 ((社)日本建築学会, 2010年改定)に基づき算定した短期許容荷重を表3-17に示す。

なお、引張力を受ける場合においては、アンカー筋の降伏により決まる許容荷重と付着力により決まる許容荷重を比較して、いずれか小さい値を採用する。せん断力を受ける場合においては、アンカー筋母材のせん断強度より決まる許容荷重、定着したコンクリート躯体の支圧強度及びコーン状破壊により決まる許容荷重を比較して、いずれか小さい値を採用する。

表 3-17 アンカー筋の短期許容荷重

材料	短期許容荷重	
	引張り (kN)	せん断 (kN)
SD295	25.8	26.1

### 3.4.4 鋼板組合せ堰の許容限界

#### (1) 止水板

「S規準」に基づき算定した短期許容応力度を表3-18に示す。

表3-18 止水板の短期許容応力度

材料	短期許容応力度
	曲げ (N/mm <sup>2</sup> )
SS400	271

#### (2) 梁材及び柱材

「S規準」に基づき算定した短期許容応力度を表3-19に示す。

表3-19 梁材及び柱材の短期許容応力度

材料	短期許容応力度		
	曲げ (N/mm <sup>2</sup> )	せん断 (N/mm <sup>2</sup> )	組合せ (N/mm <sup>2</sup> )
SS400	235	135	235

#### (3) アンカーボルト

各種合成構造設計指針・同解説（(社)日本建築学会，2010年改定）に基づき算定した短期許容荷重を表3-20に示す。

なお，引張力を受ける場合においては，アンカーボルトの降伏により決まる許容荷重とコンクリート躯体のコーン状破壊により決まる許容荷重を比較して，いずれか小さい値を採用する。せん断力を受ける場合においては，アンカーボルト母材のせん断強度より決まる許容荷重，定着したコンクリート躯体の支圧強度及びコーン状破壊により決まる許容荷重を比較して，いずれか小さい値を採用する。

表3-20 アンカーボルトの短期許容荷重

材料	短期許容荷重	
	引張り (N)	せん断 (N)
SS400	11720	13860

(4) ベースプレート

「S 規準」に基づき算定した短期許容応力度を表 3-21 に示す。

表 3-21 ベースプレートの短期許容応力度

材料	短期許容応力度
	曲げ (N/mm <sup>2</sup> )
SS400	271

### 3.5 評価方法

堰の強度評価は、VI-3-別添3-2-1「溢水への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「5. 強度評価方法」にて設定している評価式を用いる。

#### 3.5.1 L型鋼製堰の評価方法

静水圧荷重を受けるはりモデルに置き換え、鋼製板又はH形鋼とアンカーボルトに発生する応力を算定し、各許容限界との比較により強度評価を行う。

##### (1) 応力算定

静水圧荷重を受ける鋼製板又はH形鋼に生じる曲げ応力並びにアンカーボルトに生じる引張力及びせん断力に対する確認を行うに当たり、各荷重により生じる曲げモーメント、せん断力を算定する。L型鋼製堰に生じる力の概念図を図3-1、図3-2に示す。

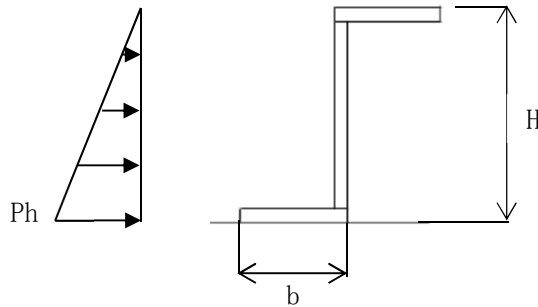


図3-1 溢水時の鋼製板に生じる力の断面概念図

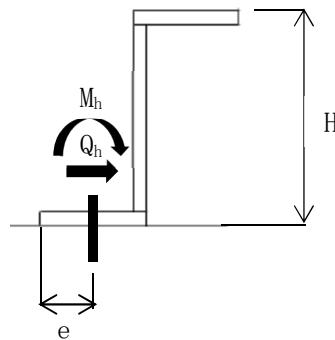


図3-2 溢水時のアンカーボルトに生じる力の断面概念図

## (2) 断面検定

## a. 鋼製板又はH形鋼

## (a) 単位長さ当たりの静水圧荷重

単位長さ当たりの静水圧荷重は次式より算出する。

$$P_h = \rho_0 \cdot g \cdot H \cdot 10^{-3}$$

$P_h$  : 静水圧荷重 (kN/m<sup>2</sup>)

$\rho_0$  : 水の密度 (t/m<sup>3</sup>)

$g$  : 重力加速度 (m/s<sup>2</sup>)

$H$  : 止水堰の高さ (mm)

## (b) 曲げ応力度に対する検定

鋼製板又はH形鋼に生じる曲げ応力度は機械工学便覧に基づき次式より算出し、鋼製板又はH形鋼の短期許容曲げ応力度を下回ることを確認する。

$$\sigma = (M_h \cdot 10^6) / Z$$

$$M_h = (P_h \cdot (H \cdot 10^{-3})^2) / 6$$

$\sigma$  : 鋼製板又はH形鋼の最大曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$M_h$  : 鋼製板又はH形鋼の最大曲げモーメント (kN・m/m)

$Z$  : 鋼製板又はH形鋼のウェブ面外断面係数 (mm<sup>3</sup>/m)

$P_h$  : 静水圧荷重 (kN/m<sup>2</sup>)

$H$  : 止水堰の高さ (mm)

## b. アンカーボルト

## (a) 引張力に対する検定

アンカーボルトに作用する引張力を算出し、アンカーボルトの短期許容引張耐力を下回ることを確認する。

$$T = (M_h \cdot L) / ((b - e) \cdot 10^{-3} \cdot 0.875 \cdot N)$$

$T$  : アンカーボルトに生じる最大引張力 (kN)

$M_h$  : 鋼製板又はH形鋼の最大曲げモーメント (kN・m/m)

$L$  : 堰全長 (mm)

$b$  : 鋼製板の折り曲げ部又はH形鋼の幅 (mm)

$e$  : アンカーボルトの穴縁端距離 (mm)

$N$  : 引張側アンカーボルトの本数 (本)

## (b) せん断力に対する検定

アンカーボルトに作用するせん断力は次式より算出し、アンカーボルトの短期許容せん断耐力を下回ることを確認する。

$$q = (P_h \cdot H / 2 \cdot L \cdot 10^{-6}) / N$$

q : アンカーボルトに生じる最大せん断力(kN)

P<sub>h</sub> : 静水圧荷重 (kN/m<sup>2</sup>)

H : 止水堰の高さ(mm)

L : 堰全長(mm)

N : 引張側アンカーボルトの本数(本)

## (c) 引張力とせん断力の組合せに対する検定

組合せによる評価を各種合成構造設計指針・同解説 ((社) 日本建築学会, 2010 年改定) に基づく次式により算出し, 1 以下であることを確認する。

$$(T / T_a)^2 + (q / Q_a)^2 \leq 1$$

T : アンカーボルトに生じる最大引張力(kN)

T<sub>a</sub> : アンカーボルトに生じる引張りに対する短期許容荷重(kN)

q : アンカーボルトに生じる最大せん断力(kN)

Q<sub>a</sub> : アンカーボルトに生じるせん断力に対する短期許容荷重(kN)



### 3.5.2 鋼製落とし込み型堰の評価方法

静水圧荷重を受けるはりモデルに置き換え、鋼製板、枠材、H形鋼及びアンカーボルトに発生する応力を算定し、各許容限界との比較により耐震評価を行う。

#### (1) 応力算定

静水圧荷重を受ける鋼製板、枠材、H形鋼及びアンカーボルトに対する確認を行うに当たり、各荷重により生じる応力を算定する。鋼製落とし込み型堰に生じる力の概念図を図3-3～図3-5に示す。

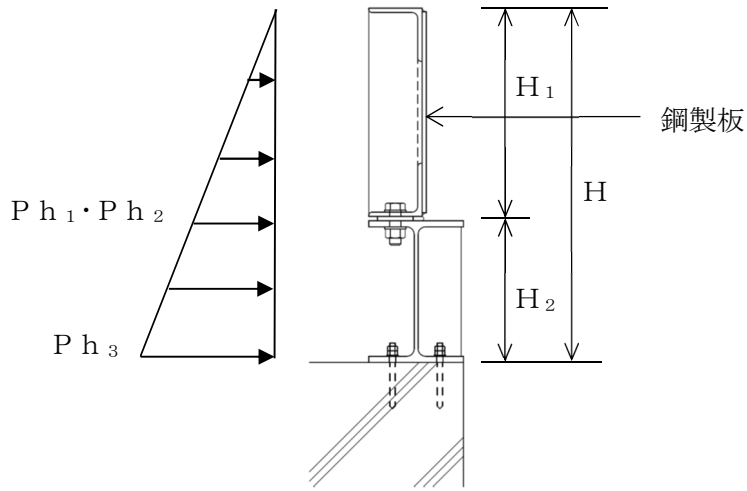


図3-3 溢水時の鋼製板、枠材及びH形鋼に生じる力の断面概念図

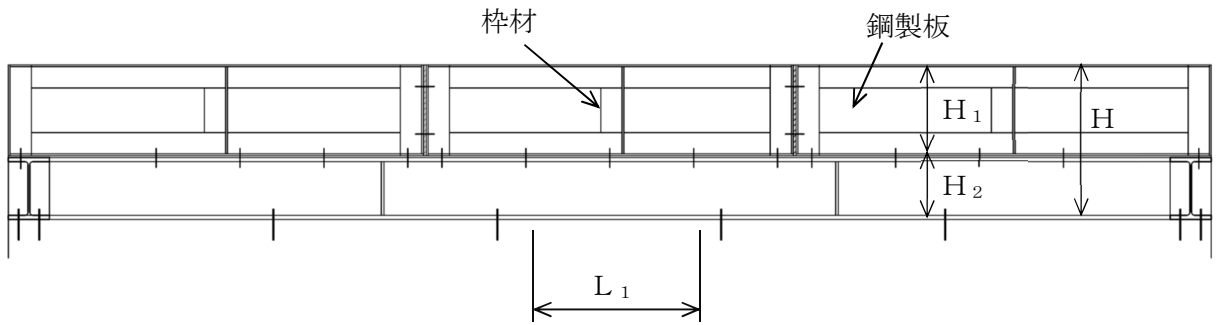


図3-4 溢水時の枠材に生じる力の断面概念図

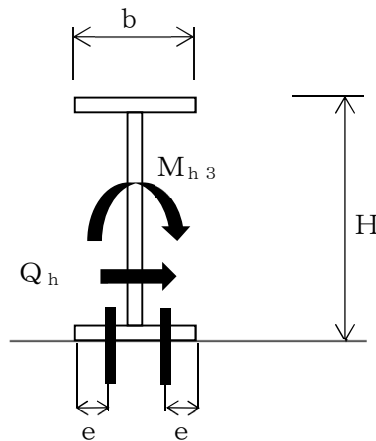


図3-5 溢水時のアンカーボルトに生じる力の断面概念図

## (2) 断面検定

## a. 鋼製板

## (a) 単位長さ当たりの静水圧荷重

単位長さ当たりの静水圧荷重は次式より算出する。

$$P h_1 = \rho_0 \cdot g \cdot H_1 \cdot 10^{-3}$$

$P h_1$  : 鋼製板にかかる静水圧荷重 (kN/m<sup>2</sup>)

$\rho_0$  : 水の密度 (t/m<sup>3</sup>)

$g$  : 重力加速度 (m/s<sup>2</sup>)

$H_1$  : 枠材の高さ (mm)

## (b) 曲げ応力度に対する検定

鋼製板に生じる曲げ応力度は機械工学便覧に基づき次式より算出し、鋼製板の短期許容曲げ応力度を下回ることを確認する。

$$\sigma_1 = (M_{h1} \cdot 10^6) / Z_1$$

$$M_{h1} = (P h_1 \cdot (L_1 \cdot 10^{-3})^2) / 8$$

$\sigma_1$  : 鋼製板の最大曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$M_{h1}$  : 鋼製板の最大曲げモーメント (kN・m/m)

$Z_1$  : 鋼製板の断面係数 (mm<sup>3</sup>/m)

$P h_1$  : 鋼製板にかかる静水圧荷重 (kN/m<sup>2</sup>)

$L_1$  : 枠材が負担する堰長 (mm)

## b. 杵材

## (a) 曲げ応力度に対する検定

杵材に生じる曲げ応力度は機械工学便覧に基づき次式より算出し、杵材の短期許容曲げ応力度を下回ることを確認する。

$$\begin{aligned}\sigma_2 &= (M_{h_2} \cdot 10^6) / Z_2 \\ M_{h_2} &= (P h_2 \cdot (L_1 \cdot 10^{-3}) \cdot (H_1 \cdot 10^{-3})^2) / 6 \\ P h_2 &= \rho_0 \cdot g \cdot H_1 \cdot 10^{-3}\end{aligned}$$

ここで、 $\sigma_2$  : 杵材の最大曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)  
 $M_{h_2}$  : 杵材の最大曲げモーメント (kN・m)  
 $Z_2$  : 杵材の断面係数 (mm<sup>3</sup>)  
 $P h_2$  : 杵材にかかる静水圧荷重 (kN/m<sup>2</sup>)  
 $L_1$  : 杵材が負担する堰長 (mm)  
 $H_1$  : 杵材の高さ (mm)  
 $\rho_0$  : 水の密度 (t/m<sup>3</sup>)  
 $g$  : 重力加速度 (m/s<sup>2</sup>)

## (b) せん断応力度に対する検定

杵材に生じるせん断応力度は機械工学便覧に基づき次式より算出し、杵材の短期許容せん断応力度を下回ることを確認する。

$$\begin{aligned}\tau_1 &= Q_1 \cdot 10^3 / A_s \\ Q_1 &= (P h_2 \cdot (L_1 \cdot 10^{-3}) \cdot (H_1 \cdot 10^{-3})) / 2\end{aligned}$$

ここで、 $\tau_1$  : 杵材の最大せん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)  
 $Q_1$  : 杵材の最大せん断力 (kN)  
 $A_s$  : 杵材のせん断断面積 (mm<sup>2</sup>)  
 $P h_2$  : 杵材にかかる静水圧荷重 (kN/m<sup>2</sup>)  
 $L_1$  : 杵材が負担する堰長 (mm)  
 $H_1$  : 杵材の高さ (mm)

(c) 曲げ応力度とせん断応力度の組合せに対する検定

枠材に生じる曲げ応力度とせん断応力度の組合せ応力度を「S規準」に基づく次式により算出し、枠材の短期許容組合せ応力度を下回ることを確認する。

$$\sigma_e = \sqrt{\sigma_2^2 + 3 \cdot \tau_1^2}$$

- $\sigma_e$  : 枠材の組合せ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)
- $\sigma_2$  : 枠材の最大曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)
- $\tau_1$  : 枠材の最大せん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

c. H形鋼

(a) 曲げ応力度に対する検定

H形鋼に生じる曲げ応力度は機械工学便覧に基づき次式より算出し、H形鋼の短期許容曲げ応力度を下回ることを確認する。

$$\sigma_3 = (M_{h3} \cdot 10^6) / Z$$

$$M_{h3} = P h_3 \cdot (H \cdot 10^{-3})^2 / 6$$

$$P h_3 = \rho_0 \cdot g \cdot H \cdot 10^{-3}$$

- ここで、 $\sigma_3$  : H形鋼の最大曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)
- $M_{h3}$  : H形鋼の最大曲げモーメント (kN・m/m)
- $Z$  : H形鋼のウェブ面外断面係数 (mm<sup>3</sup>/m)
- $P h_3$  : H形鋼にかかる静水圧荷重 (kN/m<sup>2</sup>)
- $H$  : 止水堰の高さ (mm)
- $\rho_0$  : 水の密度 (t/m<sup>3</sup>)
- $g$  : 重力加速度 (m/s<sup>2</sup>)

d. アンカーボルト

(a) 引張力に対する検定

アンカーボルトに作用する引張力を算出し、アンカーボルトの短期許容引張耐力を下回ることを確認する。

$$T = ((M_{h3} \cdot L_2 \cdot 10^{-3}) / (b - e) \cdot 10^{-3} \cdot 0.875 \cdot N_1)$$

- $T$  : アンカーボルトに生じる最大引張力 (kN)
- $M_{h3}$  : H形鋼の最大曲げモーメント (kN・m/m)
- $L_2$  : 堰全長 (mm)
- $b$  : H形鋼の幅 (mm)
- $e$  : アンカーボルトの穴縁端距離 (mm)
- $N_1$  : 引張側アンカーボルトの本数 (本)

## (b) せん断力に対する検定

アンカーボルトに作用するせん断力は次式より算出し、アンカーボルトの短期許容せん断耐力を下回ることを確認する。

$$q = (P h_3 \cdot H \cdot L_2 \cdot 10^{-6}) / 2 / N_1$$

$q$  : アンカーボルトに生じる最大せん断力 (kN)

$P h_3$  : H形鋼にかかる静水圧荷重 (kN/m<sup>2</sup>)

$H$  : 止水堰の高さ (mm)

$L_2$  : 堰全長 (mm)

$N_1$  : 引張側アンカーボルトの本数 (本)

## (c) 引張力とせん断力の組合せに対する検定

組合せによる評価を各種合成構造設計指針・同解説 ((社) 日本建築学会, 2010 年改定) に基づく次式により算出し、1 以下であることを確認する。

$$(T / T a)^2 + (q / Q a)^2 \leq 1$$

$T$  : アンカーボルトに生じる最大引張力 (kN)

$T a$  : アンカーボルトに生じる引張りに対する短期許容荷重 (kN)

$q$  : アンカーボルトに生じる最大せん断力 (kN)

$Q a$  : アンカーボルトに生じるせん断力に対する短期許容荷重 (kN)

### 3.5.3 鉄筋コンクリート製堰の評価方法

鉄筋コンクリート製堰に生じる応力は、静水圧荷重を受ける片持ちはりとして、既存躯体との接合部に生じる圧縮力及びせん断力を算定し、鉄筋に生じる引張力及びせん断力並びにコンクリートに生じるせん断力及び圧縮力に対する確認を行う。

また、鉄筋に生じる引張力に対する確認においては、鉄筋コンクリート製堰が受ける静水圧荷重の曲げ成分を組み合わせるものとする。

#### (1) 応力算定

静水圧荷重を受けるアンカー筋、コンクリート、縦筋に対する確認を行うに当たり、各荷重により生じる応力を算定する。鉄筋コンクリート製堰に生じる力の概念図を図3-6、図3-7に示す。

また、鉄筋コンクリート製堰のうち二段以上の堰について、縦筋とアンカー筋に生じる力の概念図を図3-8、図3-9に示す。

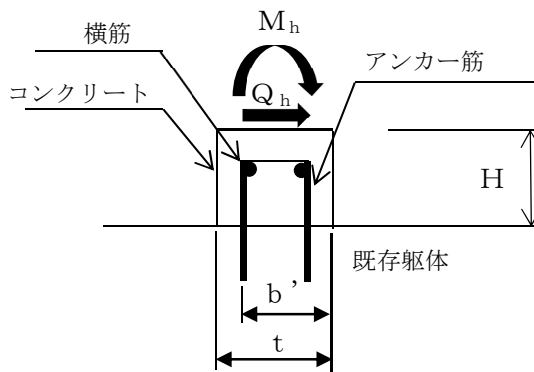


図3-6 溢水時の鉄筋コンクリート製堰に生じる力の断面概念図（一段）

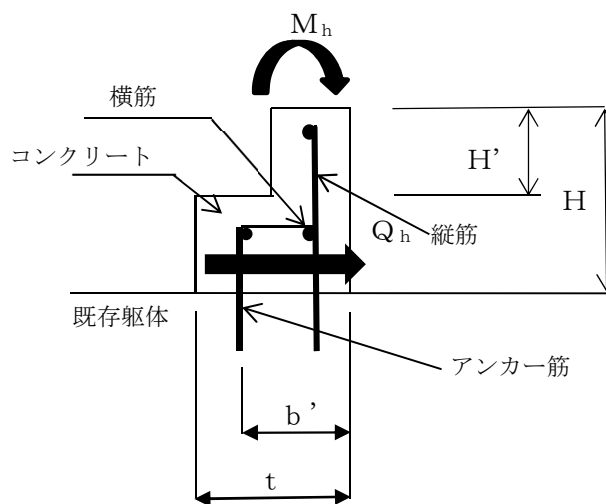
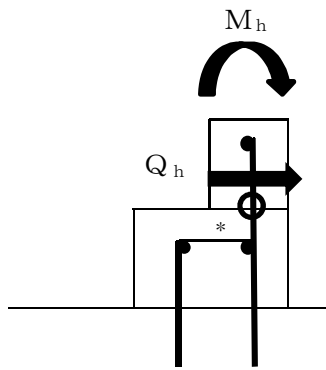
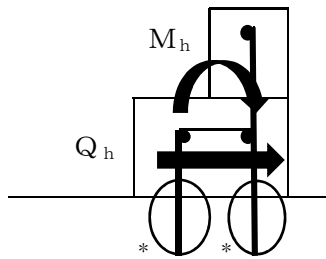


図3-7 溢水時の鉄筋コンクリート製堰に生じる力の断面概念図（二段以上）



注記\*：縦筋の評価対象部位を示し、  
評価においては各評価対象部位よりも  
上の堰部分に静水圧荷重を見込むものとする。

図 3-8 溢水時の縦筋に生じる力の断面概念図



注記\*：アンカー筋の評価対象部位を示し、  
評価においては各評価対象部位よりも  
上の堰部分に静水圧荷重を見込むものとする。

図 3-9 溢水時のアンカー筋に生じる力の断面概念図

(2) 断面検定

a. アンカー筋

(a) 単位長さ当たりの静水圧荷重

単位長さ当たりの静水圧荷重は次式より算出する。

$$P_h = \rho_0 \cdot g \cdot H \cdot 10^{-3}$$

$P_h$ ：静水圧荷重(kN/m<sup>2</sup>)

$\rho_0$ ：水の密度(t/m<sup>3</sup>)

$g$ ：重力加速度(m/s<sup>2</sup>)

$H$ ：止水堰の高さ(mm)

## (b) 引張力に対する検定

アンカー筋に作用する引張力を算出し、アンカー筋の短期許容引張応力度を下回ることを確認する。

$$T_1 = M_h \cdot L / (b' \cdot N_1)$$

$$M_h = (P_h \cdot (H \cdot 10^{-3})^2) / 6$$

- $T_1$  : アンカー筋に生じる最大引張力(kN)  
 $M_h$  : 堰に生じる最大曲げモーメント(kN・m/m)  
 $L$  : 堰全長(mm)  
 $b'$  : アンカー筋の重心位置から躯体端部までの距離(mm)  
 $N_1$  : アンカー筋の本数(本)  
 $P_h$  : 静水圧荷重(kN/m<sup>2</sup>)  
 $H$  : 止水堰の高さ(mm)

## (c) せん断力に対する検定

アンカー筋に作用するせん断力は次式より算出し、アンカー筋の短期許容せん断応力度を下回ることを確認する。

$$q_1 = Q_h / N_1$$

$$Q_h = P_h \cdot H \cdot L \cdot 10^{-6} / 2$$

- $q_1$  : アンカー筋に生じる最大せん断力(kN)  
 $Q_h$  : 堰に生じる最大せん断力(kN)  
 $N_1$  : アンカー筋の本数(本)  
 $P_h$  : 静水圧荷重(kN/m<sup>2</sup>)  
 $H$  : 止水堰の高さ(mm)  
 $L$  : 堰全長(mm)

## (d) 引張力とせん断力の組合せに対する検定

組合せによる評価を各種合成構造設計指針・同解説（(社)日本建築学会，2010年改定）に基づく次式により算出し，1以下であることを確認する。

$$(T_1 / T_{a1})^2 + (q_1 / Q_{a1})^2 \leq 1$$

- $T_1$  : アンカー筋に生じる最大引張力(kN)  
 $T_{a1}$  : アンカー筋に生じる引張りに対する短期許容荷重(kN)  
 $q_1$  : アンカー筋に生じる最大せん断力(kN)  
 $Q_{a1}$  : アンカー筋に生じるせん断に対する短期許容荷重(kN)



## b. 縦筋

## (a) 引張力に対する検定

縦筋に作用する引張力は、静水圧荷重による曲げモーメントより引張力を算出し、縦筋に生じる引張力が短期許容引張耐力を下回ることを確認する。

$$T_2 = M_h \cdot L / (b' \cdot N_2)$$

$$M_h = (P_h \cdot (H' \cdot 10^{-3})^2) / 6$$

$T_2$  : 縦筋に生じる最大引張力 (kN)

$M_h$  : 堰に生じる最大曲げモーメント (kN・m/m)

$L$  : 堰全長 (mm)

$b'$  : 縦筋の重心位置から躯体端部までの距離 (mm)

$N_2$  : 縦筋の本数 (本)

$P_h$  : 静水圧荷重 (kN/m<sup>2</sup>)

$H'$  : 評価位置上部の止水堰の高さ (mm)

## (b) せん断力に対する検定

縦筋に作用するせん断力により、縦筋に生じるせん断力が短期許容せん断耐力を下回ることを確認する。

$$q_2 = Q_h / N_2$$

$$Q_h = P_h \cdot H' \cdot L \cdot 10^{-6} / 2$$

$q_2$  : 縦筋に生じる最大せん断力 (kN)

$Q_h$  : 堰に生じる最大せん断力 (kN)

$N_2$  : 縦筋の本数 (本)

$P_h$  : 静水圧荷重 (kN/m<sup>2</sup>)

$H'$  : 評価位置上部の止水堰の高さ (mm)

$L$  : 堰全長 (mm)

(c) 引張力とせん断力の組合せに対する検定

組合せによる評価を各種合成構造設計指針・同解説（（社）日本建築学会，2010 改定）に基づく次式により算出し，1 以下であることを確認する。

$$(T_2 / T a_2)^2 + (q_2 / Q a_2)^2 \leq 1$$

$T_2$  : 縦筋に生じる最大引張力 (kN)

$T a_2$  : 縦筋に生じる引張りに対する短期許容荷重 (kN)

$q_2$  : 縦筋に生じる最大せん断力 (kN)

$Q a_2$  : 縦筋に生じるせん断に対する短期許容荷重 (kN)

c. 堰底部のコンクリート

(a) せん断力に対する検定

堰底部に生じるせん断力が短期許容せん断荷重を下回ることを確認する。

$$\tau' = Q_h \cdot 10^3 / (L \cdot t)$$

$$Q_h = P_h \cdot H \cdot L \cdot 10^{-6} / 2$$

$\tau'$  : 堰底部のコンクリートに生じる最大せん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$Q_h$  : 堰に生じる最大せん断力 (kN)

$L$  : 堰全長 (mm)

$t$  : 堰厚さ (mm)

$P_h$  : 静水圧荷重 (kN/m<sup>2</sup>)

$H$  : 止水堰の高さ (mm)

(b) 圧縮力に対する検定

堰に生じる曲げモーメントによりコンクリートの圧縮力に生じる応力度が短期許容圧縮応力度を下回ることを確認する。

$$\sigma_c = w_1 \cdot 10^3 / (L \cdot t) + (M_h \cdot 10^6) / Z$$

$\sigma_c$  : 堰底部のコンクリートに生じる最大圧縮応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$w_1$  : 堰重量 (kN)

$L$  : 堰全長 (mm)

$t$  : 堰厚さ (mm)

$M_h$  : 堰に生じる最大曲げモーメント (kN・m/m)

$Z$  : 鉄筋コンクリート製堰の断面係数 (mm<sup>3</sup>/m)

### 3.5.4 鋼板組合せ堰の評価方法

静水圧荷重を受ける平板モデル，はりモデルに置き換え，止水板，梁材，柱材，ベースプレート及びアンカーボルトに発生する応力を算定し，各許容限界との比較により強度評価を行う。

#### (1) 応力算定

静水圧荷重を受ける止水板に生じる曲げ応力度，梁材，柱材に生じる曲げ応力度，せん断応力度，ベースプレートに生じる曲げ応力度，並びにアンカーボルトに生じる引張力及びせん断力に対する確認を行うに当たり，各荷重により生じる曲げ応力度，せん断応力度を算定する。鋼板組合せ堰に生じる力の概念図を図3-10～図3-15に示す。

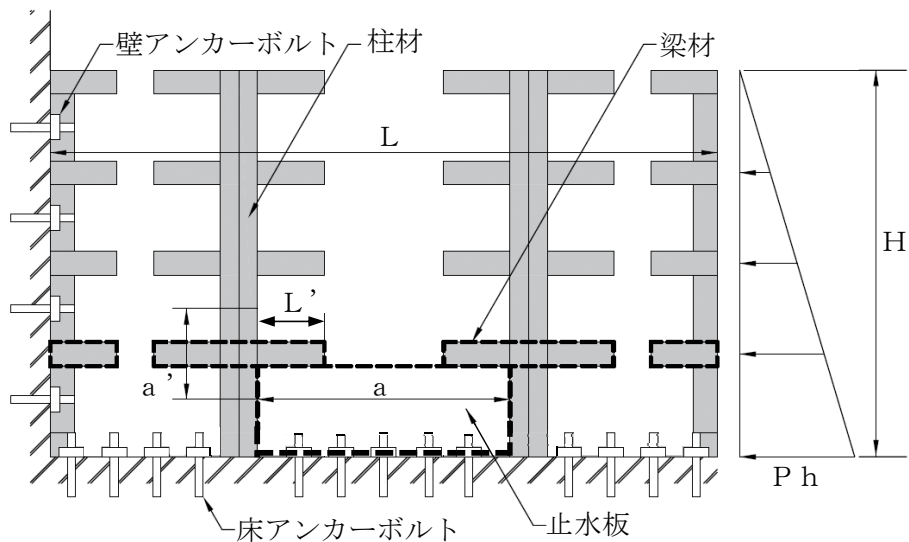


図3-10 鋼板組合せ堰の断面概念図

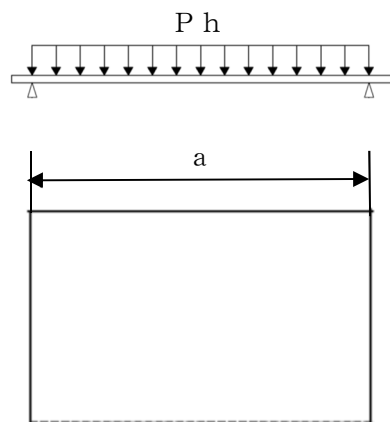


図3-11 溢水時の止水板に生じる力の断面概念図（等分布荷重，3辺支持，一辺自由）

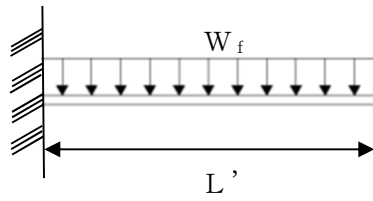


図 3-12 溢水時の梁材に生じる力の断面概念図（等分布荷重，片持ち）

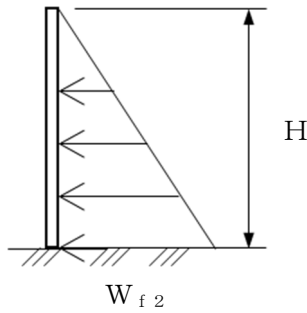


図 3-13 溢水時の柱材に生じる力の断面概念図（直線形分布荷重，片持ち）

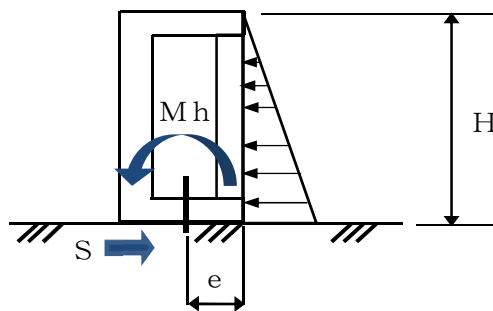


図 3-14 溢水時の床側アンカーボルトに生じる力の模式図

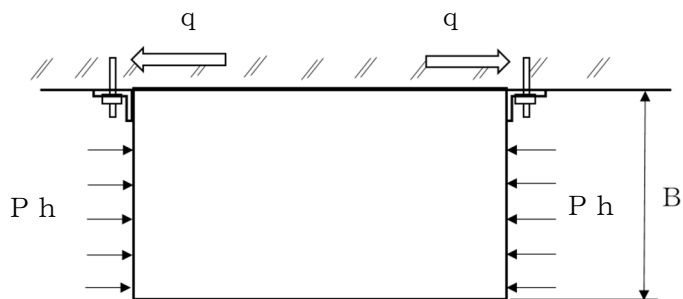


図 3-15 溢水時の壁側アンカーボルトに生じる力の断面概念図（壁反力によるせん断）

## (2) 断面検定

## a. 止水板

## (a) 単位長さ当たりの静水圧荷重

止水板に作用する単位長さ当たりの静水圧荷重は次式より算出する。

$$P h_1 = \rho_0 \cdot g \cdot (H - h_1) \cdot 10^{-9}$$

$P h_1$  : 止水板最下端の静水圧荷重 (N/mm<sup>2</sup>)

$\rho_0$  : 溢水の密度 (kg/m<sup>3</sup>)

$g$  : 重力加速度 (m/s<sup>2</sup>)

$H$  : 止水堰の高さ, 又は溢水評価水位以上の高さ (mm)

$h_1$  : 評価する止水板の最下端の高さ (mm)

## (b) 曲げ応力度に対する検定

止水板に生じる曲げ応力度は機械工学便覧に基づき次式より算出し, 止水板の短期許容曲げ応力度を下回ることを確認する。なお, 止水板の縦, 横方向の長辺方向に対する曲げ応力度を確認する。

$$\sigma_p = \beta \cdot P h_1 \cdot a^2 / t^2$$

$\sigma_p$  : 止水板の曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$\beta$  : 長方形板の最大応力の係数

$P h_1$  : 止水板最下端の静水圧荷重 (N/mm<sup>2</sup>)

$a$  : 止水板の長辺方向の幅 (mm)

$t$  : 止水板の板厚 (mm)

## b. 梁材

## (a) 単位長さ当たりの静水圧荷重

梁材に作用する単位長さ当たりの静水圧荷重は次式より算出する。

$$P h_2 = \rho_0 \cdot g \cdot (H - h_2) \cdot 10^{-9}$$

$P h_2$  : 梁材最下端の静水圧荷重 (N/mm<sup>2</sup>)

$\rho_0$  : 溢水の密度 (kg/m<sup>3</sup>)

$g$  : 重力加速度 (m/s<sup>2</sup>)

$H$  : 止水堰の高さ, 又は溢水評価水位以上の高さ (mm)

$h_2$  : 評価する梁材の最下端の高さ (mm)

## (b) 平均水圧による分布荷重

平均水圧による分布荷重は次式より算出する。

$$W_f = P h_2 \cdot a'$$

$W_f$  : 梁材の平均水圧による分布荷重 (N/mm)

$P h_2$  : 梁材最下端の静水圧荷重 (N/mm<sup>2</sup>)

$a'$  : 梁材1本当たりが負担する止水板の幅 (mm)

## (c) 曲げ応力度に対する検定

梁材に生じる曲げ応力度は機械工学便覧に基づき次式より算出し、梁材の短期許容曲げ応力度を下回ることを確認する。

$$\sigma_f = M_f / Z$$

$$M_f = (W_f \cdot L'^2) / 2$$

$\sigma_f$  : 梁材の曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$M_f$  : 梁材の曲げモーメント (N・mm)

$Z$  : 梁材の断面係数 (mm<sup>3</sup>)

$W_f$  : 梁材の平均水圧による分布荷重 (N/mm)

$L'$  : 評価する梁材の長さ (mm)

## (d) せん断応力度に対する検定

梁材に生じるせん断応力度は機械工学便覧に基づき次式より算出し、梁材の短期許容せん断応力度を下回ることを確認する。

$$\tau_f = Q_f / A_s$$

$$Q_f = W_f \cdot L'$$

$\tau_f$  : 梁材のせん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$Q_f$  : 梁材の発生せん断力 (N)

$A_s$  : 梁材のせん断断面積 (mm<sup>2</sup>)

$W_f$  : 梁材の平均水圧による分布荷重 (N/mm)

$L'$  : 評価する梁材の長さ (mm)

## (e) 曲げ応力度とせん断応力度の組合せに対する検定

梁材に生じる曲げ応力度とせん断応力度の組合せ応力度を「S規準」に基づく次式により算定し、梁材の短期許容組合せ応力度を下回ることを確認する。

$$\sigma_{ef} = \sqrt{\sigma_f^2 + 3 \cdot \tau_f^2}$$

$\sigma_{ef}$  : 梁材の組合せ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$\sigma_f$  : 梁材の曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$\tau_f$  : 梁材のせん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

## c. 柱材

## (a) 単位長さ当たりの静水圧荷重

柱材に作用する単位長さ当たりの静水圧荷重は次式より算出する。

$$Ph_3 = \rho_0 \cdot g \cdot H \cdot 10^{-9}$$

$Ph_3$  : 止水堰下端の静水圧荷重 (N/mm<sup>2</sup>)

$\rho_0$  : 溢水の密度 (kg/m<sup>3</sup>)

$g$  : 重力加速度 (m/s<sup>2</sup>)

$H$  : 止水堰の高さ, 又は溢水評価水位以上の高さ (mm)

## (b) 平均水圧による分布荷重

平均水圧による分布荷重は次式より算出する。

$$W_{f2} = Ph_3 \cdot L_1'$$

$W_{f2}$  : 柱材の平均水圧による分布荷重 (N/mm)

$Ph_3$  : 止水堰下端の静水圧荷重 (N/mm<sup>2</sup>)

$L_1'$  : 柱材1本当たりが負担する柱材及び止水板の幅 (mm)

## (c) 曲げ応力度に対する検定

柱材に生じる曲げ応力度は機械工学便覧に基づき次式より算出し，柱材の短期許容曲げ応力度を下回ることを確認する。

$$\sigma_Y = M_Y / Z_Y$$

$$M_Y = (W_{f2} \cdot H^2) / 6$$

- $\sigma_Y$  : 柱材の曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)  
 $M_Y$  : 柱材の曲げモーメント (N・mm)  
 $Z_Y$  : 柱材の断面係数 (mm<sup>3</sup>)  
 $W_{f2}$  : 柱材の平均水圧による分布荷重 (N/mm)  
 $H$  : 止水堰の高さ，又は溢水評価水位以上の高さ (mm)

## (d) せん断応力度に対する検定

柱材に生じるせん断応力度は「機械工学便覧」に基づき次式より算出し，柱材の短期許容せん断応力度を下回ることを確認する。

$$\tau_Y = Q_Y / A_Y$$

$$Q_Y = (W_{f2} \cdot H) / 2$$

- $\tau_Y$  : 柱材のせん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)  
 $Q_Y$  : 柱材の発生せん断力 (N)  
 $A_Y$  : 柱材のせん断断面積 (mm<sup>2</sup>)  
 $W_{f2}$  : 柱材の平均水圧による分布荷重 (N/mm)  
 $H$  : 止水堰の高さ，又は溢水評価水位以上の高さ (mm)

## (e) 曲げ応力度とせん断応力度の組合せに対する検定

柱材に生じる曲げ応力度とせん断応力度の組合せ応力度を「S規準」に基づく次式により算出し，柱材の短期許容組合せ応力度を下回ることを確認する。

$$\sigma_{eY} = \sqrt{\sigma_Y^2 + 3 \cdot \tau_Y^2}$$

- $\sigma_{eY}$  : 柱材の組合せ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)  
 $\sigma_Y$  : 柱材の曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)  
 $\tau_Y$  : 柱材のせん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)



## d. 床側アンカーボルト

## (a) 単位長さ当たりの静水圧荷重

床側アンカーボルトに作用する単位長さ当たりの静水圧荷重は次式より算出する。

$$P h_3 = \rho_0 \cdot g \cdot H \cdot 10^{-9}$$

$P h_3$  : 止水堰下端の静水圧荷重 (N/mm<sup>2</sup>)

$\rho_0$  : 溢水の密度 (kg/m<sup>3</sup>)

$g$  : 重力加速度 (m/s<sup>2</sup>)

$H$  : 止水堰の高さ, 又は溢水評価水位以上の高さ (mm)

## (b) 平均水圧による分布荷重

平均水圧による分布荷重は次式より算出する。

$$W_{f3} = P h_3 \cdot L$$

$W_{f3}$  : 止水堰下端の平均水圧による分布荷重 (N/mm)

$P h_3$  : 止水堰下端の静水圧荷重 (N/mm<sup>2</sup>)

$L$  : 止水堰の全幅 (mm)

## (c) 引張力に対する検定

床側アンカーボルトに作用する曲げモーメントを機械工学便覧に基づき算出する。さらに、曲げモーメントより引張力を算出し、アンカーボルトの短期許容引張荷重を下回ることを確認する。

$$T = Mh / (n_1 \cdot e)$$

$$Mh = (W_{f3} \cdot H^2) / 6$$

$T$  : 床側アンカーボルト発生引張力 (N)

$Mh$  : 転倒モーメント (N・mm)

$n_1$  : 引張を受ける床側アンカーボルト本数 (本)

$e$  : 床側アンカーボルト位置からの縁端距離 (mm)

$W_{f3}$  : 止水堰下端の平均水圧による分布荷重 (N/mm)

$H$  : 止水堰高さ, 又は溢水評価水位以上の高さ (mm)

## (d) せん断力に対する検定

床側アンカーボルトに作用するせん断力は次式より算出し、アンカーボルトの短期許容せん断荷重を下回ることを確認する。

$$S = R_s / n_2$$

$$R_s = (W_{f3} \cdot H) / 2$$

- S : 床側アンカーボルト発生せん断力 (N)  
 R<sub>s</sub> : 止水堰下端の発生せん断力 (N)  
 n<sub>2</sub> : せん断を受ける床側アンカーボルト本数 (本)  
 W<sub>f3</sub> : 止水堰下端の平均水圧による分布荷重 (N/mm)  
 H : 止水堰高さ, 又は溢水評価水位以上の高さ (mm)

## (e) 引張力とせん断力の組合せに対する検定

組合せによる評価を各種合成構造設計指針・同解説 ( (社) 日本建築学会, 2010年改定) に基づく次式により算出し, 1以下であることを確認する。

$$(T / P_0)^2 + (S / V_0)^2 \leq 1$$

- T : 床側アンカーボルト発生引張力 (N)  
 P<sub>0</sub> : アンカーボルトに生じる引張りに対する短期許容荷重 (N)  
 S : 床側アンカーボルト発生せん断力 (N)  
 V<sub>0</sub> : アンカーボルトに生じるせん断力に対する短期許容荷重 (N)

## e. 壁側アンカーボルト

## (a) 静水圧荷重

壁に平行方向に作用する単位長さ当たりの静水圧荷重は次式より算出する。

$$P_{h3} = \rho_0 \cdot g \cdot H \cdot 10^{-9}$$

- P<sub>h3</sub> : 止水堰下端の静水圧荷重 (N/mm<sup>2</sup>)  
 ρ<sub>0</sub> : 溢水の密度 (kg/m<sup>3</sup>)  
 g : 重力加速度 (m/s<sup>2</sup>)  
 H : 止水堰の高さ, 又は溢水評価水位以上の高さ (mm)

## (b) せん断力に対する検定

アンカーボルトに作用するせん断力は次式より算出し、アンカーボルトの短期許容せん断荷重を下回ることを確認する。

$$q = R_q / N$$

$$R_q = ((P h_3 \cdot H / 2) \cdot B) / 2$$

- $q$  : 壁側アンカーボルト発生せん断力 (N)  
 $R_q$  : 片側の壁の発生せん断力 (N)  
 $N$  : せん断を受ける片側の壁側アンカーボルト本数 (本)  
 $P h_3$  : 止水堰下端の静水圧荷重 (N/mm<sup>2</sup>)  
 $H$  : 止水堰の高さ, 又は溢水評価水位以上の高さ (mm)  
 $B$  : 止水堰の側面全幅 (mm)

## f. ベースプレート

## (a) 曲げ応力度に対する検定

ベースプレートに作用する曲げ応力度は次式より算出し、ベースプレートの短期許容曲げ応力度を下回ることを確認する。

$$\sigma_{ps} = T \cdot n_3 \cdot L_{PS} / Z_{PS}$$

- $\sigma_{ps}$  : ベースプレートの曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)  
 $T$  : 床側アンカーボルト発生引張力 (N)  
 $n_3$  : ベースプレートのアンカーボルト本数 (本)  
 $L_{PS}$  : ベースプレートのレバー長さ (mm)  
 $Z_{PS}$  : ベースプレートの断面係数 (mm<sup>3</sup>)

### 3.6 評価条件

L型鋼製堰の強度評価に用いる入力値を表3-22に、鋼製落とし込み型堰の強度評価に用いる入力値を表3-23に、鉄筋コンクリート製堰の強度評価に用いる入力値を表3-24に、鋼板組合せ堰の強度評価に用いる入力値を表3-25に示す。

表3-22 L型鋼製堰の強度評価に用いる入力値

記号	単位	堰 No.	CB-B1F-1
		定義	数値
b	mm	鋼製板の折り曲げ部の幅	100
e	mm	アンカーボルトの穴縁端距離	52.5
H	mm	止水堰の高さ	430
L	mm	堰全長	670
N	本	引張側アンカーボルトの本数	3
Z	mm <sup>3</sup> /m	鋼製板の断面係数	6.00×10 <sup>3</sup>
ρ <sub>0</sub>	t/m <sup>3</sup>	水の密度	1.03

表3-23 鋼製落とし込み型堰鋼製堰の強度評価に用いる入力値

記号	単位	堰 No.	TB-1F-9
		定義	数値
A <sub>s</sub>	mm <sup>2</sup>	枠材のせん断断面積	6.30×10 <sup>2</sup>
H	mm	止水堰の高さ	1100
N <sub>1</sub>	本	引張側アンカーボルトの本数	3
Z <sub>1</sub>	mm <sup>3</sup> /m	鋼製板の断面係数	6.00×10 <sup>3</sup>
Z <sub>2</sub>	mm <sup>3</sup>	枠材の断面係数	1.42×10 <sup>4</sup>
Z <sub>3</sub>	mm <sup>3</sup> /m	H形鋼のウェブ面外断面係数	2.93×10 <sup>4</sup>
ρ <sub>0</sub>	t/m <sup>3</sup>	水の密度	1.03

表 3-24 鉄筋コンクリート製堰の強度評価に用いる入力値

記号	単位	堰 No.	TB-2F-3
		定義	数値
b'	mm	アンカー筋の重心位置から躯体端部までの距離	50
H	mm	止水堰の高さ	500
L	mm	堰全長	3500
N <sub>1</sub>	本	アンカー筋の本数	40
N <sub>2</sub>	本	縦筋の本数	36
t	mm	堰厚さ	575
w <sub>1</sub>	kN	堰重量	15.6
Z	mm <sup>3</sup> /m	断面係数	5.51 × 10 <sup>7</sup>
ρ <sub>0</sub>	t/m <sup>3</sup>	水の密度	1.03

表 3-25 鋼板組合せ堰の強度評価に用いる入力値

記号	単位	堰 No.	RB-M3F-2
		定義	数値
$A_s$	$\text{mm}^2$	梁材のせん断断面積	305.0
$A_Y$	$\text{mm}^2$	柱材のせん断断面積	912.0
$a$	mm	止水板の長辺方向の幅	718
$a'$	mm	梁材 1 本当たりが負担する止水板の幅	180
$B$	mm	止水堰の側面全幅	625
$g$	$\text{m/s}^2$	重力加速度	9.80665
$e$	mm	床側アンカーボルト位置からの縁端距離	190
$H$	mm	止水堰の高さ, 又は溢水評価水位を上回る水位	615
$h_1$	mm	評価する止水板の最下端の高さ	0
$h_2$	mm	評価する梁材の最下端の高さ	170
$L$	mm	止水堰の全幅	2800
$L'$	mm	評価する梁材の長さ	335
$L_1'$	mm	柱材 1 本当たりが負担する柱材及び止水板の幅	720
$L_{PS}$	mm	ベースプレートのレバー長さ	220
$N$	本	せん断を受ける片側の壁アンカーボルト本数	2
$n_1$	本	引張りを受ける床側アンカーボルト本数	10
$n_2$	本	せん断を受ける床側アンカーボルト本数	10
$n_3$	本	ベースプレートのアンカーボルト本数	1
$t$	mm	止水板の板厚	3.2
$Z$	$\text{mm}^3$	梁材の断面係数	20100
$Z_Y$	$\text{mm}^3$	柱材の断面係数	62300
$Z_{PS}$	$\text{mm}^3$	ベースプレートの断面係数	3600
$\beta$	—	長方形板の最大応力の係数	0.8
$\rho_0$	$\text{kg/m}^3$	溢水の密度	1000

#### 4. 評価結果

L型鋼製堰の強度評価結果を表4-1に、鋼製落とし込み型堰の強度評価結果を表4-2に、鉄筋コンクリート製堰の強度評価結果を表4-3に、鋼板組合せ堰の強度評価結果を表4-4に示す。発生値は許容限界値以下であり、静水圧荷重に対して、溢水伝播を防止する機能を維持するために、十分な構造強度を有することを確認した。

表4-1 L型鋼製堰の強度評価結果

堰No.	評価対象部位		発生値		許容限界		検定値
			(荷重又は発生応力度)				
CB-B1F-1	鋼製板	曲げ	22.5	N/mm <sup>2</sup>	235	N/mm <sup>2</sup>	0.10
	アンカー ボルト	引張り	0.726	kN	11.4	kN	0.07
		せん断	0.209	kN	16.2	kN	0.02
		組合せ	—	—	—	—	0.01

表4-2 鋼製落とし込み型堰の強度評価結果

堰No.	評価対象部位		発生値		許容限界		検定値
			(荷重又は発生応力度)				
TB-1F-9	鋼製板	曲げ	146	N/mm <sup>2</sup>	235	N/mm <sup>2</sup>	0.63
	枠材	曲げ	39.1	N/mm <sup>2</sup>	235	N/mm <sup>2</sup>	0.17
		せん断	3.83	N/mm <sup>2</sup>	135	N/mm <sup>2</sup>	0.03
		組合せ	39.7	N/mm <sup>2</sup>	235	N/mm <sup>2</sup>	0.17
		H形鋼	曲げ	77.2	N/mm <sup>2</sup>	235	N/mm <sup>2</sup>
	アンカー ボルト	引張り	20.9	kN	36.6	kN	0.58
		せん断	7.46	kN	25.7	kN	0.30
		組合せ	—	—	—	—	0.43

表4-3 鉄筋コンクリート製堰の強度評価結果

堰No.	評価対象部位		発生値		許容限界		検定値
			(荷重又は発生応力度)				
TB-2F-3	アンカー筋	引張り	0.308	kN	24.1	kN	0.02
		せん断	0.111	kN	20.3	kN	0.01
		組合せ	—	—	—	—	0.01
	縦筋	引張り	0.308	kN	37.4	kN	0.01
		せん断	0.111	kN	37.4	kN	0.01
		組合せ	—	—	—	—	0.01
	堰底部の コンクリート	せん断	0.003	N/mm <sup>2</sup>	1.21	N/mm <sup>2</sup>	0.01
		圧縮	0.012	N/mm <sup>2</sup>	21.4	N/mm <sup>2</sup>	0.01

表 4-4 鋼板組合せ堰の強度評価結果

堰 No.	評価対象部位		発生値		許容限界		検定値
			(荷重又は発生応力度)				
RB-M3F-2	止水板	曲げ	243	N/mm <sup>2</sup>	271	N/mm <sup>2</sup>	0.90
	梁	曲げ	3	N/mm <sup>2</sup>	235	N/mm <sup>2</sup>	0.02
		せん断	1	N/mm <sup>2</sup>	135	N/mm <sup>2</sup>	0.01
		組合せ	4	N/mm <sup>2</sup>	235	N/mm <sup>2</sup>	0.02
	柱材	曲げ	5	N/mm <sup>2</sup>	235	N/mm <sup>2</sup>	0.03
		せん断	2	N/mm <sup>2</sup>	135	N/mm <sup>2</sup>	0.02
		組合せ	6	N/mm <sup>2</sup>	235	N/mm <sup>2</sup>	0.03
	ベースプレート	曲げ	35	N/mm <sup>2</sup>	271	N/mm <sup>2</sup>	0.13
	アンカー ボルト (床)	引張り	560.3	N	11720	N	0.05
		せん断	519.3	N	13860	N	0.04
		組合せ	—	—	—	—	0.01
	アンカー ボルト (壁)	せん断	289.8	N	13860	N	0.02



VI-3-別添 3-2-5 床ドレンライン浸水防止治具の強度計算書 (溢水)

## 目 次

1. 概要 .....	1
2. 一般事項 .....	2
2.1 配置計画 .....	2
2.2 構造計画 .....	3
2.3 評価方針 .....	7

## 1. 概要

本資料は、VI-3-別添 3-2-1「溢水への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に基づき、浸水防護施設のうち床ドレンライン浸水防止治具が溢水に伴う荷重に対し、主要な構造部材が構造健全性を有することを確認するものである。

## 2. 一般事項

### 2.1 配置計画

強度評価の対象施設となる床ドレンライン浸水防止治具の配置計画は、VI-3-別添 3-2-1「溢水への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「3. 構造強度設計」にて示す。

## 2.2 構造計画

浸水防止治具の構造計画は、VI-3-別添3-2-1「溢水への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「3. 構造強度設計」に示す構造計画を踏まえて、詳細な構造を設定する。

### (1) フロート式治具

フロート式治具は、フロート式の浸水防止治具であり、配管内で逆流が発生するとフロートが押し上げられ、弁座に密着することで止水する。フロート式治具の構造計画を表2-1に示す。

表2-1 構造計画

設備名称	計画の概要			概略構造図
	型式	主体構造	支持構造	
フロート式治具	外ねじ 取付型	弁座を含む弁本体、弁体であるフロート及びフロートを弁座に導くフロートガイドで構成する。	配管のねじ切り部に直接ねじ込み固定とする。	
	内ねじ 取付型			
	フランジ 取付型			

(2) スプリング式治具

スプリング式治具は、スプリング式の浸水防止治具であり、ばね圧により常時弁体が弁座に密着している。配管内で逆流が発生すると、弁体の下方からの圧力が加わり、弁体と弁座の密着が維持されることで止水する。スプリング式治具の構造計画を表2-2に示す。

表2-2 構造計画

設備名称	計画の概要			概略構造図
	型式	主体構造	支持構造	
スプリング式治具	外ねじ 取付型	弁座を含む本体、 弁体、弁体を弁座 に導くガイド並びにばねが内挿 されるばねガイド で構成する。	配管のねじ 切り部に直 接ねじ込み 固定とする。	
	内ねじ 取付型			
	フランジ 取付型		台座と取付 金具を接着 剤で固定し、 本体フラン ジと取付金 具をボルト で固定する。	

(3) 閉止キャップ

閉止キャップは、配管に蓋をすることで配管内の順流及び逆流を止水する。閉止キャップの構造計画を表2-3に示す。

表2-3 構造計画

設備名称	計画の概要		概略構造図
	主体構造	支持構造	
閉止キャップ	閉止キャップで構成する。	配管にねじ込み固定する。	

(4) 閉止栓

閉止栓は、配管に蓋をすることで配管内の順流及び逆流を止水する。閉止栓の構造計画を表2-4に示す。

表2-4 構造計画

設備名称	計画の概要		概略構造図
	主体構造	支持構造	
閉止栓	閉止栓で構成する。	ゴムの圧着により固定する。	



## 2.3 評価方針

### (1) フロート式治具

フロート式治具の強度評価は、VI-3-別添 3-2-1「溢水への配慮が必要な施設の強度計算の方針」にて設定している荷重並びに許容限界を踏まえて、応力評価及び構造健全性評価により実施する。フロート式治具の強度評価フローを図 2-1 に示す。

溢水への配慮が必要な施設の強度計算においては、静水圧荷重を用いて評価するが、津波への配慮が必要な施設の強度計算では、静水圧荷重に加えて余震を考慮した荷重を用いて評価する。よって、計算方法及び評価上最も厳しい計算結果は、VI-3-別添 3-1-6「床ドレンライン浸水防止治具の強度計算書」に包絡されるため、本計算書では評価不要とする。

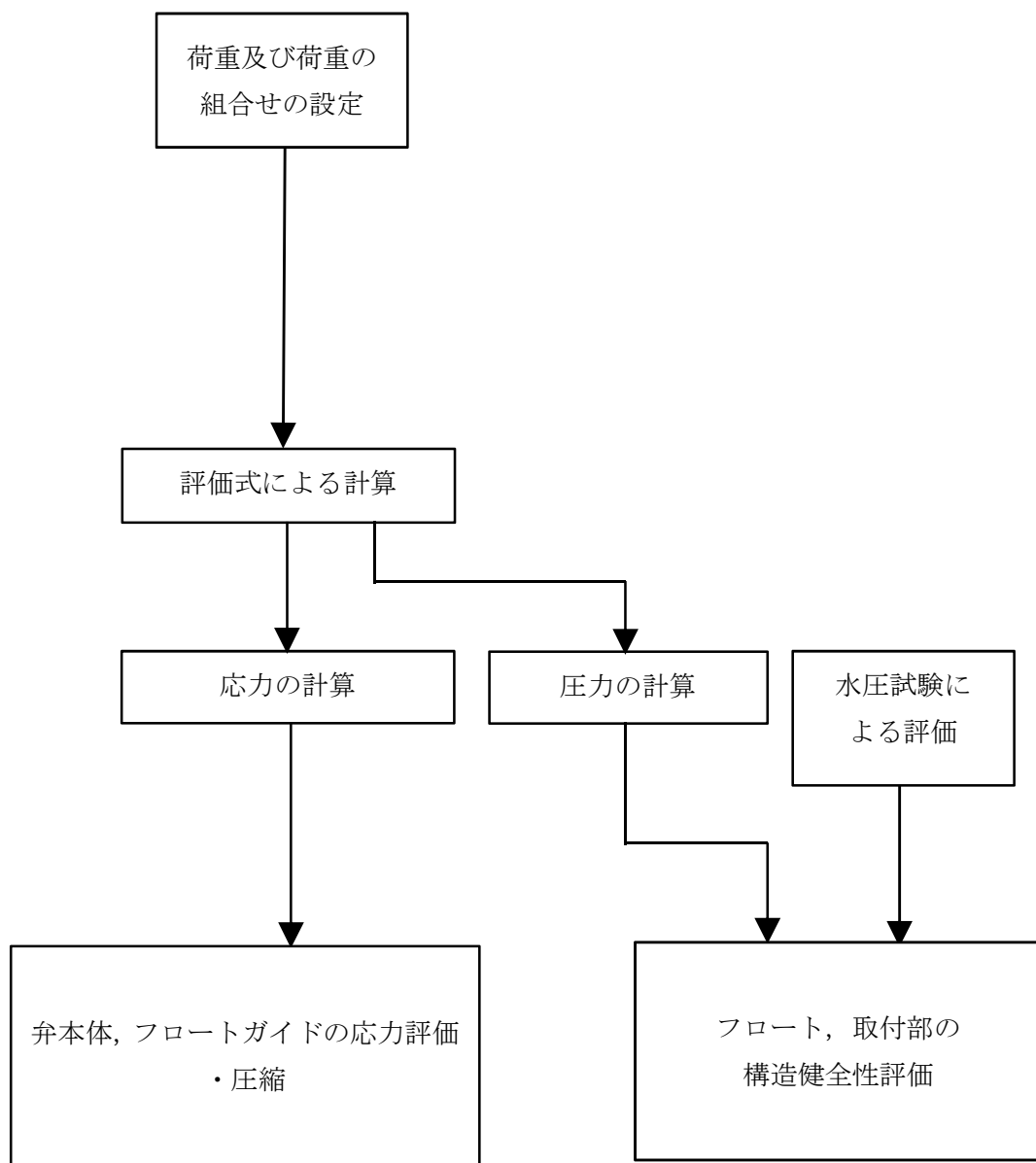


図 2-1 強度評価フロー

(2) スプリング式治具

スプリング式治具の強度評価は、VI-3-別添 3-2-1「溢水への配慮が必要な施設の強度計算の方針」にて設定している荷重並びに許容限界を踏まえて、応力評価及び構造健全性評価により実施する。スプリング式治具の強度評価フローを図2-2に示す。

溢水への配慮が必要な施設の強度計算においては、静水圧荷重を用いて評価するが、津波への配慮が必要な施設の強度計算では、静水圧荷重に加えて余震を考慮した荷重を用いて評価する。よって、計算方法及び評価上最も厳しい計算結果は、VI-3-別添 3-1-6「床ドレンライン浸水防止治具の強度計算書」に包絡されるため、本計算書では評価不要とする。

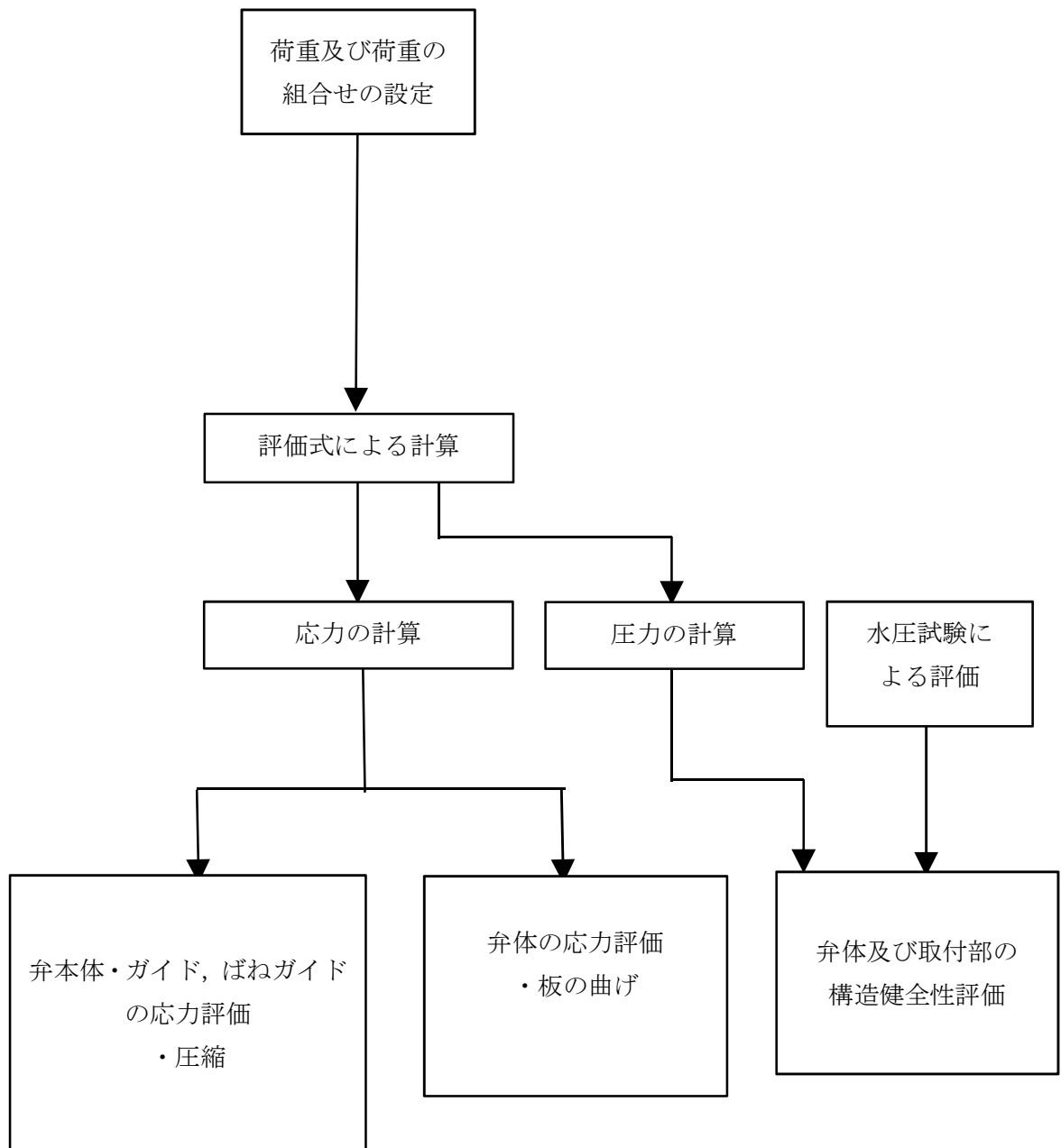


図2-2 強度評価フロー

(3) 閉止キャップ

閉止キャップの強度評価は、VI-3-別添 3-2-1「溢水への配慮が必要な施設の強度計算の方針」にて設定している荷重並びに許容限界を踏まえて、応力評価及び構造健全性評価により実施する。閉止キャップの強度評価フローを図 2-3 に示す。

溢水への配慮が必要な施設の強度計算においては、静水圧荷重を用いて評価するが、津波への配慮が必要な施設の強度計算では、静水圧荷重に加えて余震を考慮した荷重を用いて評価する。よって、計算方法及び評価上最も厳しい計算結果は、VI-3-別添 3-1-6「床ドレンライン浸水防止治具の強度計算書」に包絡されるため、本計算書では評価不要とする。

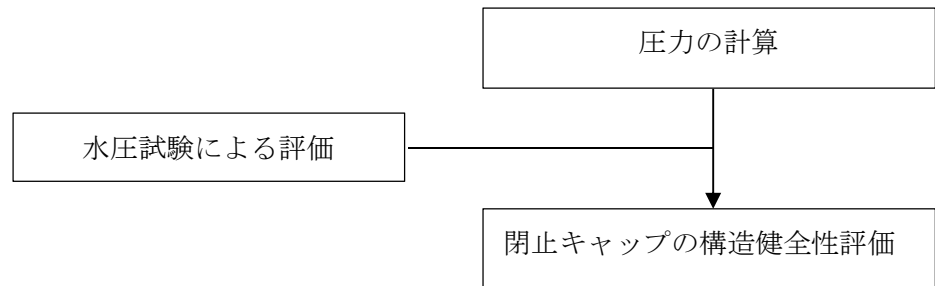


図2-3 強度評価フロー

(4) 閉止栓

閉止栓の強度評価は、VI-3-別添 3-2-1「溢水への配慮が必要な施設の強度計算の方針」にて設定している荷重並びに許容限界を踏まえて、応力評価及び構造健全性評価により実施する。閉止栓の強度評価フローを図 2-4 に示す。

溢水への配慮が必要な施設の強度計算においては、静水圧荷重を用いて評価するが、津波への配慮が必要な施設の強度計算では、静水圧荷重に加えて余震を考慮した荷重を用いて評価する。よって、計算方法及び評価上最も厳しい計算結果は、VI-3-別添 3-1-6「床ドレンライン浸水防止治具の強度計算書」に包絡されるため、本計算書では評価不要とする。

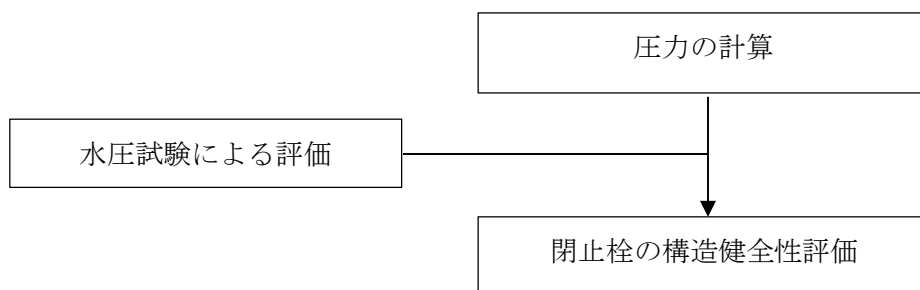


図2-4 強度評価フロー

VI-3-別添 3-2-6 貫通部止水処置の強度計算書 (溢水)

## 目 次

1. 概要 .....	1
2. 一般事項 .....	1
2.1 位置 .....	1
2.2 構造概要 .....	1
2.3 評価方針 .....	4
2.4 適用規格・基準等 .....	10
2.5 記号の説明 .....	11
3. 評価対象部位 .....	12
4. 構造強度評価 .....	12
4.1 構造強度評価方法 .....	12
4.2 荷重及び荷重の組合せ .....	12
4.2.1 荷重の設定 .....	12
4.3 許容限界 .....	13
4.4 計算方法 .....	15
4.5 計算条件 .....	16
5. 評価結果 .....	17

## 1. 概要

本計算書は、VI-3-別添 3-2-1「溢水への配慮が必要な施設の強度計算の方針」にて設定している構造強度に示すとおり、貫通部止水処置が、発生を想定する内部溢水による静水压荷重に対して、止水性の維持を考慮して、主要な構造部材が構造健全性を有することを説明するものである。

## 2. 一般事項

### 2.1 位置

貫通部止水処置は、VI-3-別添 3-2-1「溢水への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「3. 構造強度設計」の構造計画に示す、原子炉建屋、タービン建屋、コントロール建屋及び廃棄物処理建屋の貫通口と貫通物とのすき間又は貫通物の周囲に施工する。

### 2.2 構造概要

貫通部止水処置の構造は、VI-3-別添 3-2-1「溢水への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「3. 構造強度設計」に示す構造計画を踏まえて、詳細な構造を設定する。

貫通部止水処置は、貫通部の位置条件及び貫通物の強度条件に応じて、シール材、モルタル、ブーツ、鉄板、止水ダンパ（ジャバツ shut）（以下「止水ダンパ」という。）を使用し、各貫通部止水処置の適用条件を考慮し施工する。シール材及びモルタルは壁の貫通口と貫通物のすき間に施工し、壁と貫通物を接合する構造とする。なお、シール材をケーブルトレイ貫通部の止水に用いる場合は、シール材が型崩れしないように金属ボックスをアンカーボルトで壁・床面に固定し、金属ボックスにシール材を充填、もしくは塗布する。ブーツは、伸縮性ゴムを用い、壁面に溶接した取付用座と配管を締付けバンドにて固定する構造とする。鉄板は、鉄板と開口縁金物を全周溶接する。また、止水ダンパはアンカーボルトで壁面に固定する構造とする。貫通部止水処置の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 貫通部止水処置の構造計画 (1/2)

設備名称	計画の概要		概略構造図
	主体構造	支持構造	
貫通部 止水処置	モルタルにて構成する。	貫通部の開口部にモルタルを充填し、硬化後は貫通部内面及び貫通物外面と一定の付着力によって接合する。	
	ブーツと締付けバンドにて構成する。	高温配管の熱膨張変位及び地震時の変位を吸収できるような伸縮性ゴムを用い、壁面又は床面に溶接した取付用座と配管を締付けバンドにて締結する。	
	鉄板にて閉止する構成とする。	貫通部の開口部に鉄板を挿入し、溶接によって接合する。	
	閉止板を内包する止水ダンパにて構成する。	貫通部（壁面）に止水ダンパを設置し、止水ダンパは壁面にアンカーボルトで固定する。	

表 2-1 貫通部止水処置の構造計画 (2/2)

設備名称	計画の概要		概略構造図
	主体構造	支持構造	
貫通部 止水処置		<p>ケーブルトレイ貫通部については、シール材が型崩れしないよう金属ボックスをアンカーボルトで壁・床面に固定し、金属ボックスにシール材を充填、もしくは塗布する。シール材は、施工時は液状であり、反応硬化によって所定の強度を有する構造物が形成される。</p>	
	<p>充填タイプのシール材にて構成する。</p>	<p>貫通部の開口部にシール材を充填する。施工時は液状であり、反応硬化によって所定の強度を有する構造物が形成され、貫通部内面及び貫通物外面と一定の付着力によって接合する。</p>	
	<p>コーキングタイプのシール材にて構成する。</p>	<p>貫通部の開口部と貫通部のすき間にコーキングする。施工時は液状であり、反応硬化によって所定の強度を有する構造物が形成され、鉄板及び貫通物外面と一定の付着力によって接合する。</p>	



### 2.3 評価方針

貫通部止水処置の強度評価は、VI-3-別添 3-2-1「溢水への配慮が必要な施設の強度計算の方針」にて設定している荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえて、貫通部止水処置の評価部位に作用する荷重等が許容限界以下であることを「4.1 構造強度評価方法」に示す方法により、「4.5 計算条件」に示す評価条件を用いて評価し、「5. 評価結果」にて確認する。

貫通部止水処置のシール材及びブーツの強度評価フローを図 2-1 に、モルタルの強度評価フローを図 2-2 に、鉄板の強度評価フローを図 2-3 に、止水ダンパの強度評価フローを図 2-4 に、シール材施工に用いるケーブルトレイ金属ボックスの強度評価フローを図 2-5 に示す。

溢水への配慮が必要な施設の強度計算においては、静水圧荷重を用いて評価するが、津波への配慮が必要な施設の強度計算では、静水圧荷重に加えて余震を考慮した荷重を用いて評価する。よって、計算方法は、VI-3-別添 3-1-7「貫通部止水処置の強度計算書」に包絡されるため、本計算書では評価不要とする。

なお、ブーツについては、設置場所の関係上、内部溢水の影響のみの方が評価上厳しい計算結果となるため、VI-3-別添 3-1-7「貫通部止水処置の強度計算書」に内部溢水のみでの評価も併せて記載する。

また、止水ダンパについては津波への配慮が必要な施設はなく、溢水への配慮が必要な施設のみであるため、「3. 評価対象部位」にて示した箇所の評価を「4.1 構造強度評価方法」に示す方法により、「4.5 計算条件」に示す評価条件を用いて行い、「5. 評価結果」にて確認する。

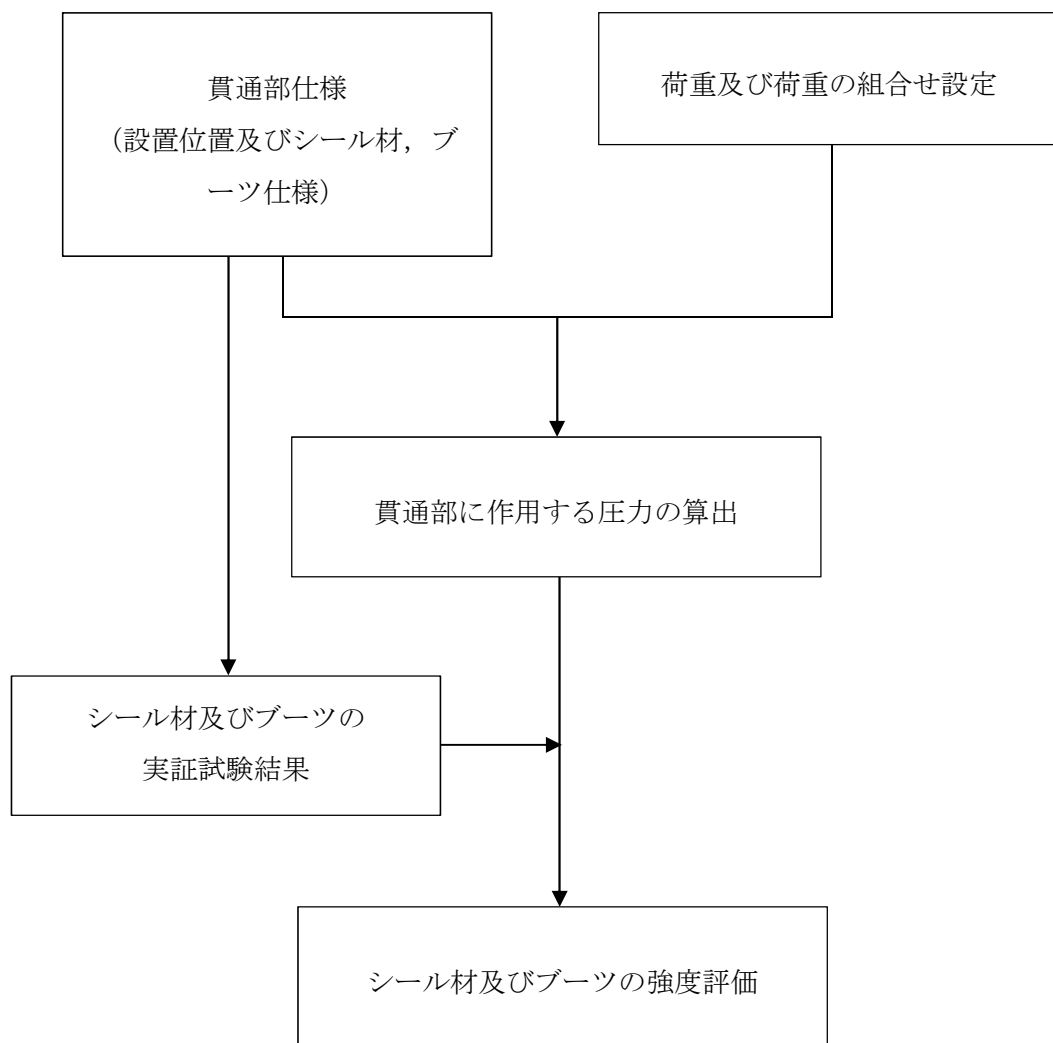


図 2-1 シール材及びブーツの強度評価フロー

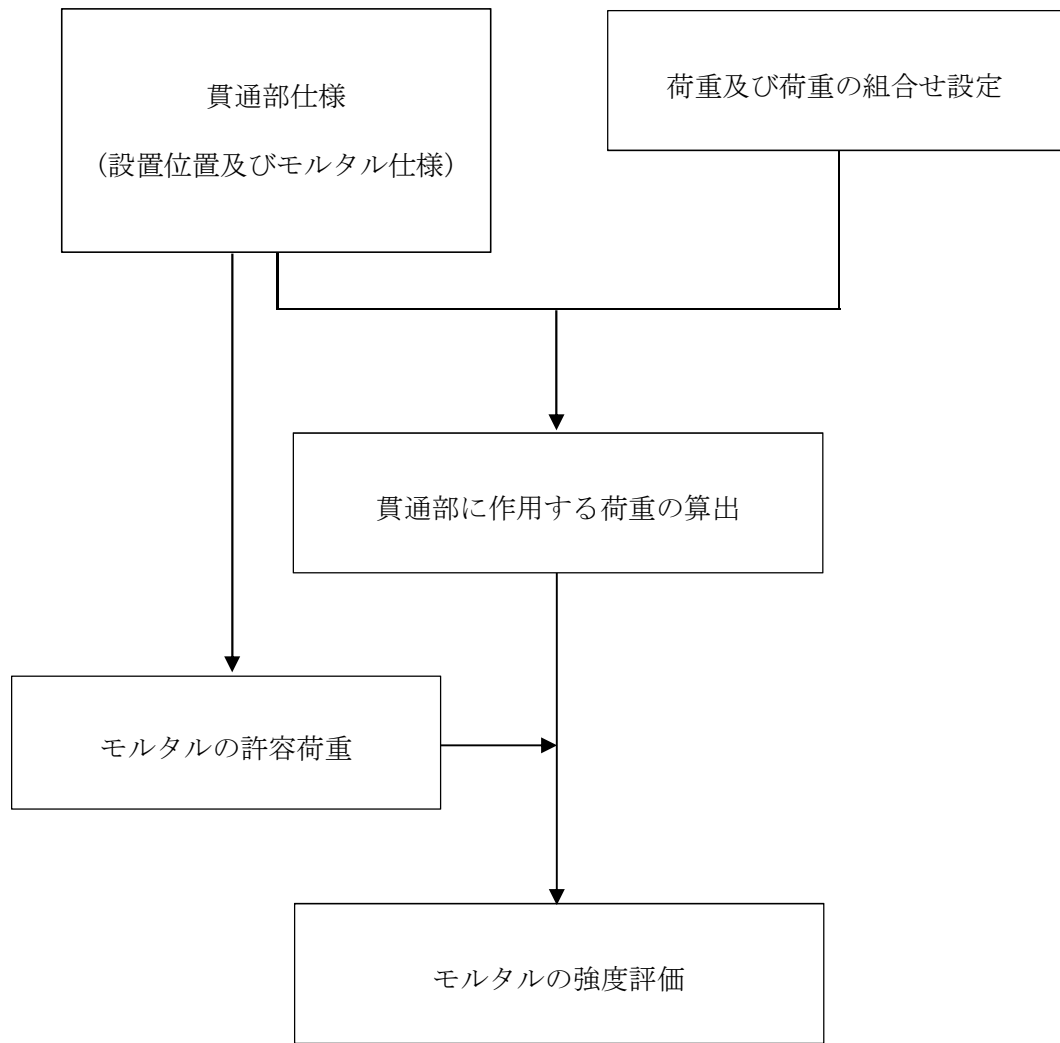


図 2-2 モルタルの強度評価フロー

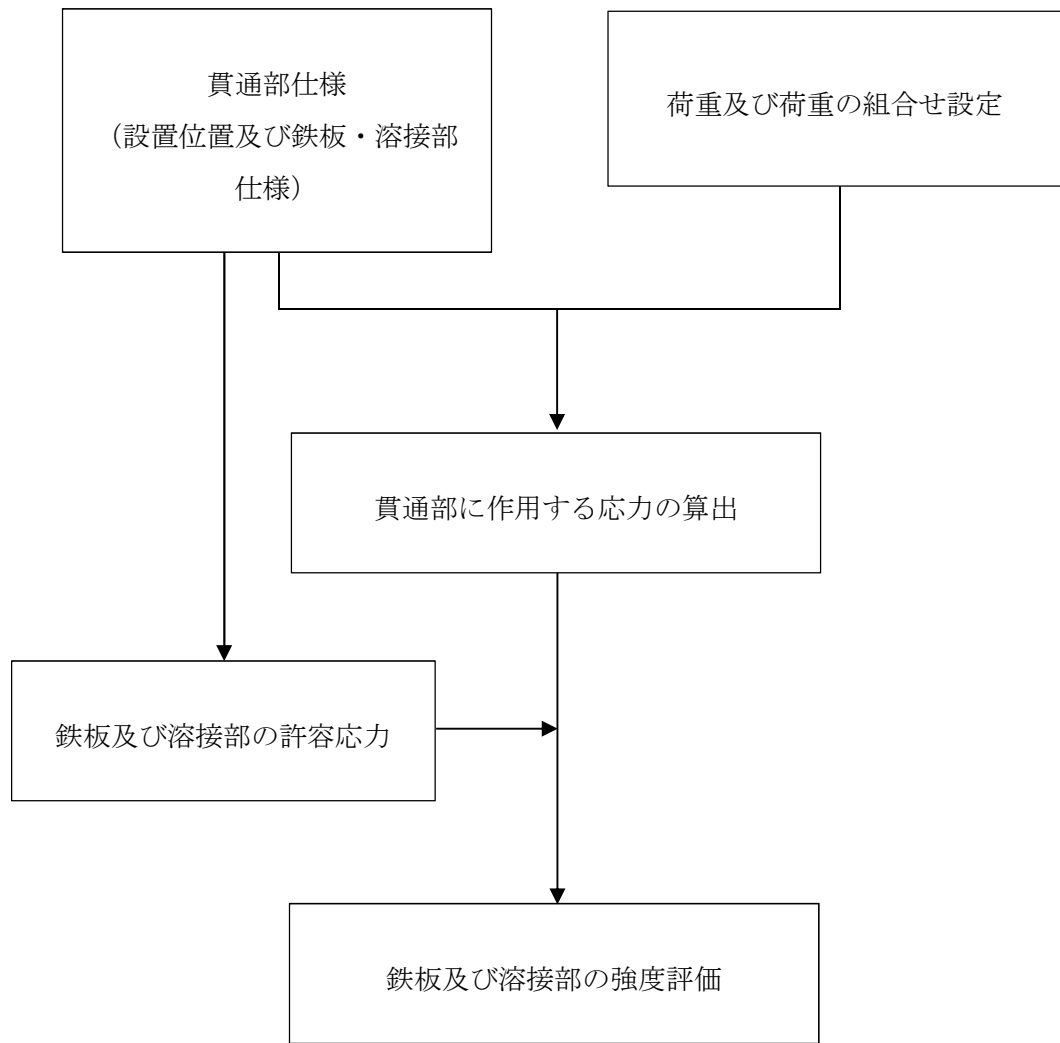


図 2-3 鉄板の強度評価フロー

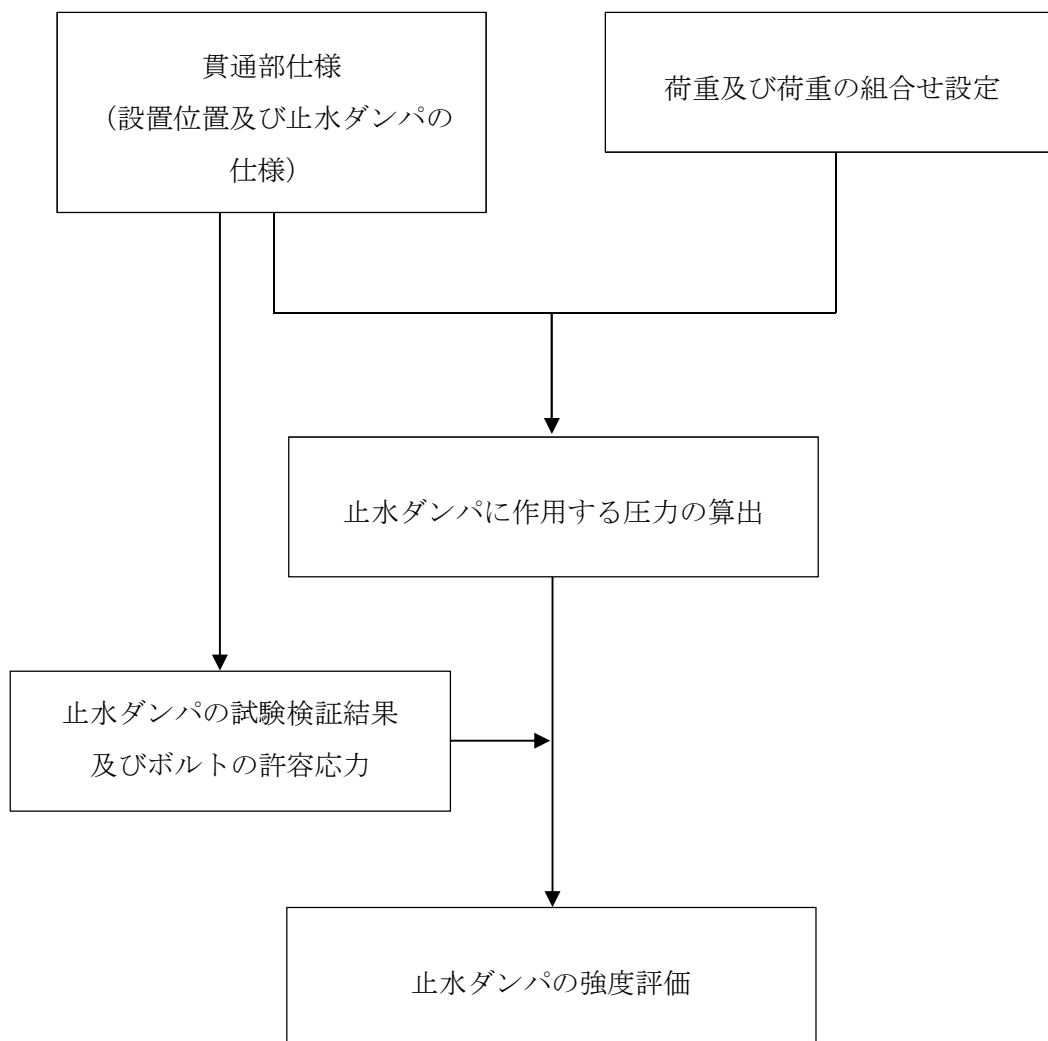


図 2-4 止水ダンパの強度評価フロー

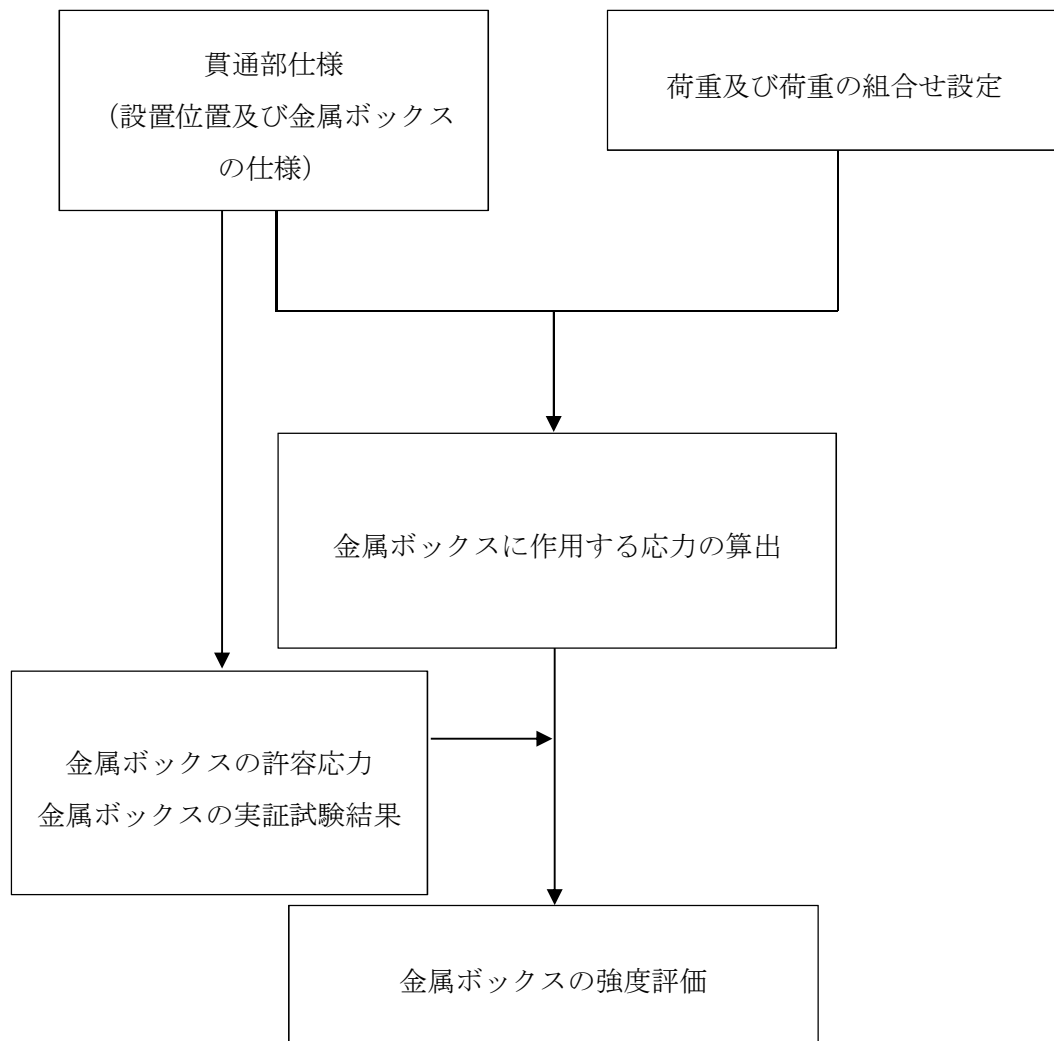


図 2-5 ケーブルトレイ金属ボックスの強度評価フロー

#### 2.4 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・ 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 - 2 0 0 5 / 2 0 0 7 （（社）日本機械学会）（以下「設計・建設規格」という。）
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 補 - 1 9 8 4 （（社）日本電気協会）
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 - 1 9 8 7 （（社）日本電気協会）
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 - 1 9 9 1 追補版 （（社）日本電気協会）
- ・ 機械工学便覧 （（社）日本機械学会）

## 2.5 記号の説明

止水ダンパの強度評価に用いる記号を表 2-2 に示す。

表 2-2 止水ダンパの評価に用いる記号

記号	記号の説明	単位
A	水圧を受ける面積	mm <sup>2</sup>
A <sub>f</sub>	評価上水圧荷重及びせん断力を受けるとして期待するアンカーボルトの総断面積	mm <sup>2</sup>
A <sub>fv</sub>	評価上引張力を受けるとして期待する水平方向のアンカーボルトの総断面積（転倒方向：鉛直）	mm <sup>2</sup>
F	設計・建設規格 SSB-3131 に定める値	MPa
f <sub>sb</sub>	せん断力のみを受けるアンカーボルトの許容せん断応力	MPa
f <sub>to</sub>	引張力のみを受けるアンカーボルトの許容引張応力	MPa
f <sub>ts</sub>	引張力とせん断力を同時に受けるアンカーボルトの許容引張応力	MPa
g	重力加速度	m/s <sup>2</sup>
H	水頭から設備下端までの高さ	mm
h	据付面又は取付面から重心までの距離	mm
L	鉛直方向のアンカーボルト間の距離	mm
m	止水ダンパ質量	kg
P <sub>h</sub>	静水圧荷重	MPa
σ <sub>b</sub>	アンカーボルトに作用する引張応力	MPa
τ <sub>b</sub>	アンカーボルトに作用するせん断応力	MPa
ρ	溢水の密度	kg/m <sup>3</sup>



### 3. 評価対象部位

貫通部止水処置の評価部位は、VI-3-別添 3-2-1「溢水への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に示している評価対象部位を踏まえて、「2.2 構造概要」に示す構造計画にて設定している構造に基づき、荷重の方向及び伝達過程を考慮し設定する。

浸水によって生じる静水圧を考慮した荷重は、止水処置全体へ伝達される。このことから、止水ダンパを用いた止水処置の全体を評価部位として設定する。

止水ダンパについては、1か所のみであるため、その箇所の評価を行う。

### 4. 構造強度評価

#### 4.1 構造強度評価方法

貫通部止水処置の強度評価は、VI-3-別添 3-2-1「溢水への配慮が必要な施設の強度計算の方針」にて設定している方法を用いて実施する。

貫通部止水処置の強度評価は、「3. 評価対象部位」に示す評価部位に対し、「4.2 荷重及び荷重の組合せ」及び「4.3 許容限界」に示す荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえ、「4.4 計算方法」に示す方法を用いて評価を行う。

#### 4.2 荷重及び荷重の組合せ

強度評価に用いる荷重の種類及び荷重の組合せに関して以下に示す。

##### 4.2.1 荷重の設定

止水ダンパはアンカーボルトによって固定されていることから、アンカーボルトには自重による固定荷重が作用し、止水ダンパが鉛直方向へ転倒する力が働く。また、静水圧荷重により、アンカーボルトに引抜荷重が作用する。止水ダンパに作用し強度評価に用いる荷重は、以下の荷重を用いる。

また、アンカーボルトに作用する荷重の作用図を図 4-1 に示す。

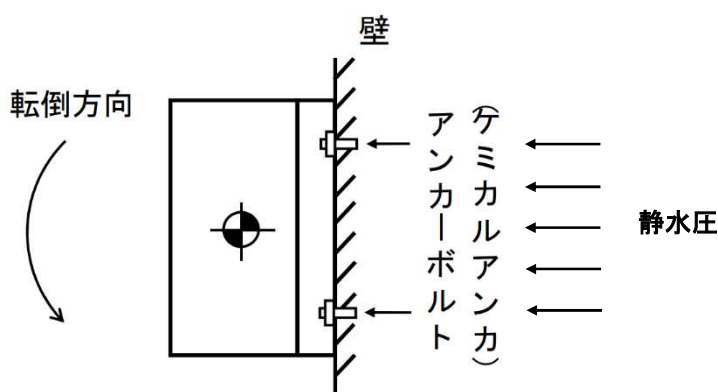
##### (1) 固定荷重 (G)

固定荷重として、貫通軸上の貫通物（配管等を示す。以下同じ。）の質量及び内容物の質量を考慮する。

##### (2) 静水圧荷重 (P<sub>h</sub>)

静水圧荷重として、浸水によって生じる静水圧を考慮する。

$$P_h = \rho \cdot g \cdot H$$



固定荷重による鉛直方向への転倒及び静水圧荷重による引抜

図 4-1 止水ダンパの荷重作用図

### 4.3 許容限界

#### (1) 止水ダンパのアンカーボルト

止水ダンパのアンカーボルトの許容限界は、設計・建設規格によりボルトの許容引張応力  $f_{ts}$ 、ボルトの許容せん断応力  $f_{sb}$  を算出する。

アンカーボルトの許容限界を表4-1、許容限界評価条件を表4-2 に示す。

表4-1 アンカーボルトの許容限界

評価部位	許容応力状態	許容限界* (ボルト等)	
		一次応力	
		引張応力 $f_{to}$	せん断応力 $f_{sb}$
アンカーボルト	Ⅲ <sub>A</sub> S	$\frac{F}{2} \cdot 1.5$	$\frac{F}{1.5\sqrt{3}} \cdot 1.5$

注記\*：応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

表 4-2 アンカーボルトの許容限界評価条件

評価部位	材料	温度条件 (°C)		F (MPa)
		周囲環境温度		
アンカーボルト	SS400	周囲環境温度	66	206

(2) 止水ダンパ

止水ダンパの許容限界値は、実機試験検証済みの許容限界圧力以下とする。止水ダンパの実証試験は閉止板を開いた水密性（耐圧・漏えい）試験と閉止板を閉じた止水性能試験を実施しており、試験の概要について水密性（耐圧・漏えい）試験を図 4-2 に、止水性能試験を図 4-3 示す。

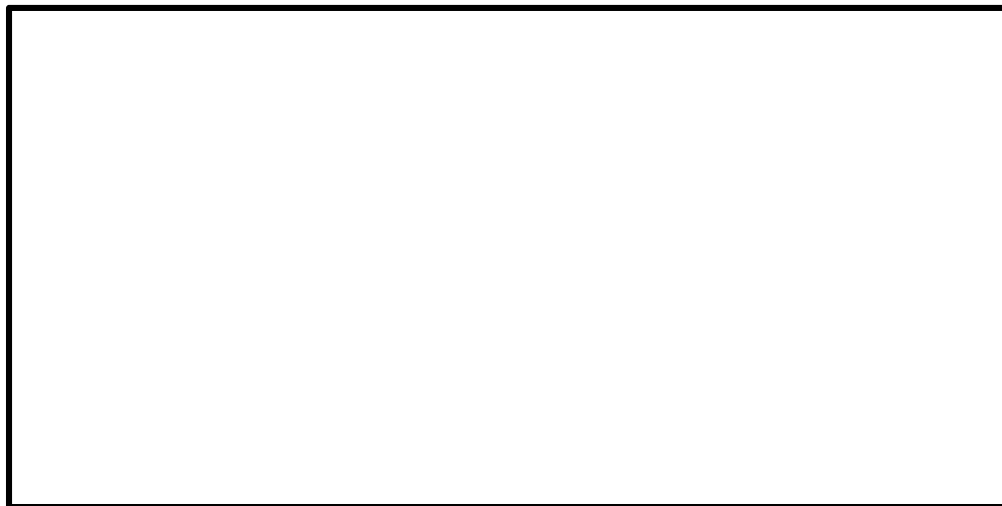


図 4-2 止水ダンパの水密性（耐圧・漏えい）試験の概要



図 4-3 止水ダンパの止水性能試験の概要

#### 4.4 計算方法

##### (1) 止水ダンパのアンカーボルトの強度評価（荷重計算）

###### (a) 引張応力の計算

アンカーボルトに対する引張応力は、図 4-1 で下側のボルト列を支点とする転倒を考え、これを上側のボルト列で受けるものとして計算する。

$$\sigma_b = \frac{m \cdot h \cdot g}{A_{fv} \cdot L} + \frac{P_h \cdot A}{A_f}$$

###### (b) せん断応力の計算

アンカーボルトに対するせん断応力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

$$\tau_b = \frac{m \cdot g}{A_f}$$


##### (2) 止水ダンパ（発生圧力計算）

浸水によって生じる静水圧荷重  $P_h$  を考慮する。

#### 4.5 計算条件

止水ダンパの荷重評価条件を表 4-3 に示す。

表 4-3 止水ダンパの荷重評価条件

貫通部箇所 (貫通部仕様)	質量 m (kg)	重心距離 h (mm)	ボルト間距離 L (mm)
原子炉建屋 地下 3 階 壁貫通部 (止水ダンパ)		439.2	380.0

水圧を受ける面積 A (mm <sup>2</sup> )	評価上引張力を受け るとして期待する水 平方向のアンカーボ ルトの総断面積 A <sub>FV</sub> (mm <sup>2</sup> )	評価上せん断力及び 浸水による引張力を 受けるとして期待す るアンカーボルトの 総断面積 A <sub>F</sub> (mm <sup>2</sup> )	重力加速度 g (m/s <sup>2</sup> )
2.848×10 <sup>5</sup>	942.5	2199	9.80665

溢水の密度 ρ (kg/m <sup>3</sup> )	水頭から設備下端ま での高さ H (mm)
1000	902

## 5. 評価結果

溢水への配慮が必要な施設の強度計算書である本書は、静水圧荷重を用いた評価であるが、シーリング材、ブーツ、モルタル、鉄板、及びケーブルトレイ金属ボックスについては、津波への配慮が必要な施設の強度計算書VI-3-別添 3-1-7「貫通部止水処置の強度計算書」において静水圧荷重に加えて余震を考慮した保守的な評価であるVI-3-別添 3-1-7「貫通部止水処置の強度計算書」の評価結果を、それぞれ表 5-1、表 5-2、表 5-3、表 5-4、表 5-5、表 5-6 に示す。止水ダンパの強度評価結果を表 5-7、表 5-8 に示す。なお、発生圧力、発生荷重、発生応力は全て許容値を満足している。

表 5-1 シーリング材の浸水に対する強度評価結果

評価部位	発生圧力 (MPa)	許容圧力 (MPa)
シーリング材	0.29	0.32

表 5-2 ブーツの浸水に対する強度評価結果

評価部位	場所	発生圧力 (MPa)	許容圧力 (MPa)
ブーツ	タービン建屋	0.08	0.2

注記：溢水への配慮が必要な施設においては、タービン建屋の内部溢水による発生圧力が最も大きく 0.17MPa になる。

表 5-3 モルタルの浸水に対する強度評価結果

評価部位	発生荷重 (kN)		許容荷重 (kN)
モルタル	せん断荷重 (付着荷重)		2607

表 5-4 鉄板の浸水に対する強度評価結果

評価部位	引張応力 (MPa)		せん断応力 (MPa)		曲げ応力 (MPa)	
	発生	許容	発生	許容	発生	許容
鉄板	—	—	—	—	□	271
鉄板と開口縁金物との溶接部	—	—	□	135	—	—

表 5-5 ケーブルトレイ金属ボックスのアンカーボルトの浸水に対する強度評価結果

応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
引張応力	□	$f_{ts} = 161^*$
せん断応力	□	$f_{sb} = 124$

注記\* :  $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

表 5-6 ケーブルトレイ金属ボックスの浸水に対する強度評価結果

評価部位	発生圧力 (MPa)	許容圧力 (MPa)
金属ボックス	□	0.1

表 5-7 止水ダンパのアンカーボルトの浸水に対する強度評価結果

応力	発生応力 (MPa)	許容応力 (MPa)
引張応力	□	$f_{ts} = 154^*$
せん断応力	□	$f_{sb} = 118$

注記\* :  $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$

表 5-8 止水ダンパの浸水に対する強度評価結果

評価部位	発生圧力 (MPa)	許容圧力 (MPa) ※
止水ダンパ	□	0.20

※試験検証圧力は、許容圧力より高い□ (MPa) にて実施している



VI-3-別添 4 発電用火力設備の技術基準による  
強度に関する説明書

## まえがき

本書類は、「発電用火力設備に関する技術基準を定める省令」（平成9年3月27日通商産業省令第51号）を準用する設備に対して十分な強度を有することを確認するため以下により構成される。

第一部 発電用火力設備の技術基準による強度評価の基本方針

第二部 発電用火力設備の技術基準による強度評価方法

第三部 発電用火力設備の技術基準による強度評価書

## 発電用火力設備の技術基準による強度評価の基本方針

## 目 次

1. 概 要 .....	1
2. 強度評価の基本方針 .....	2
2.1 評価対象設備 .....	2
2.2 評価方法の選定 .....	3

## 1. 概要

本資料は、「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」（平成 25 年 6 月 28 日 原子力規制委員会規則第 6 号）（以下「技術基準規則」という。）第 48 条第 3 項並びに第 78 条第 1 項に基づき、VI-1-1-8「発電用原子炉施設の火災防護に関する説明書」及びVI-1-9-1-1「非常用発電装置の出力の決定に関する説明書」で「発電用火力設備に関する技術基準を定める省令」（平成 9 年 3 月 27 日通商産業省令第 51 号）（以下「火力省令」という。）を準用する設備として対象としている設計基準対象施設又は重大事故等対処施設に施設する内燃機関が、十分な強度を有することを確認するための強度評価方針について説明するものである。

7 号機設備，6, 7 号機共用又は 5 号機設備，6, 7 号機共用の火力省令を準用するガスタービン及び内燃機関の発電用火力設備の技術基準による強度に関する説明は，令和 2 年 10 月 14 日付け原規規発第 2010147 号にて認可された柏崎刈羽原子力発電所第 7 号機の設計及び工事の計画の V-3-別添 4「発電用火力設備の技術基準による強度に関する説明書」による。

## 2. 強度評価の基本方針

設計基準対象施設又は重大事故等対処施設に施設する内燃機関については、技術基準規則第 48 条第 3 項並びに第 78 条第 1 項に基づき、内燃機関は火力省令第 25 条から第 29 条の規定を準用し、強度評価においては、火力省令第 25 条第 3 項を適用する。また、「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の解釈」（平成 25 年 6 月 19 日原規技発第 1306194 号）第 48 条第 5 項において、火力省令の準用にあたっては、「発電用火力設備の技術基準の解釈」（平成 25 年 5 月 17 日 20130507 商局第 2 号）（以下「火力基準解釈」という。）の該当部分によることが規定されている。

よって、内燃機関については、火力省令第 25 条第 3 項を受けた火力基準解釈第 39 条第 1 項第 2 号に基づき、同解釈第 5 条を準用した水圧試験による強度評価又は最高使用圧力の 1.5 倍\*の水圧に耐える強度を有することを確認するための強度計算による評価を実施する。

上記によらない評価方法により強度評価を実施するものについては、その評価方法により火力省令に照らして十分な保安水準の確保が達成できることを確認した上で、強度評価を実施する。

注記\*：火力基準解釈については、平成 28 年 2 月 25 日に一部改正され、材料の許容応力を求める際の安全率や水圧試験の倍率が見直されているが、より厳しい評価となるよう改正前の解釈を用いる。

### 2.1 評価対象設備

設計基準対象施設又は重大事故等対処施設に施設する内燃機関として、VI-1-1-8「発電用原子炉施設の火災防護に関する説明書」及びVI-1-9-1-1「非常用発電装置の出力の決定に関する説明書」に基づき、強度評価を実施する設備について以下に示す。

- ・ディーゼル機関

また、内燃機関に係る燃料設備（燃料配管、燃料タンク及び燃料ポンプ）についても強度評価対象とする。

## 2.2 評価方法の選定

強度評価については、火力基準解釈第 39 条第 1 項第 2 号にて、同解釈第 5 条（水圧試験）を準用することが規定されている。

ただし、当該機種と同一の材料及び構造を有する内燃機関ケーシングにおいて火力基準解釈第 5 条を満たす水圧試験の実績を有するもの並びに最高使用圧力の 1.5 倍の水圧に耐える強度を有することが強度計算等で確認できるものについては、水圧試験を要しないことが規定されている。

よって、上記規定のいずれかの方法により強度評価を行うこととするが、評価対象設備において水圧試験の試験結果があるもの並びに評価対象設備と同一の材料及び構造を有する内燃機関ケーシングにおいて火力基準解釈第 5 条を満たす水圧試験の試験結果があるものについては、それらの試験結果の確認により強度評価を実施する。なお、管については、最高使用圧力の 1.5 倍の水圧に耐える強度を有することを強度計算で確認する。

また、開放型タンク及びその管台については、最高使用圧力が 0MPa であることから耐圧部分に該当せず火力基準解釈第 5 条要求に該当しないものの、消防法に準じた水圧試験を実施していることを確認する。

内燃機関に係る燃料設備のうち、燃料配管に含まれるフレキシブルホースについては、気圧による耐圧試験を実施していることを確認する。気圧による耐圧試験は、水圧試験と同様に十分な強度を有していることの確認方法であり、附属設備にあつては水圧試験を行うことが困難な場合は、気圧による耐圧試験に代えて実施することが火力基準解釈第 5 条に規定されている。

よって、気圧による耐圧試験は、火力省令第 25 条第 3 項の要求に照らし水圧試験と同等であり、十分な保安水準の確保が可能であることから、気圧による耐圧試験を実施している DGFO\*フレキシブルホースについては、前述する水圧試験によらず、気圧による耐圧試験の試験結果の確認により強度評価を実施する。

注記\*：DGFO は非常用ディーゼル発電設備燃料油系を示す。

発電用火力設備の技術基準による強度評価方法



## 目 次

1. 概 要 .....	1
2. 強度評価方法 .....	2
2.1 水圧試験 .....	2
2.2 内燃機関ケーシングの水圧試験 .....	4
2.3 強度計算方法 .....	5
2.3.1 管の強度計算 .....	5
3. 強度評価書のフォーマット .....	7
3.1 強度評価書のフォーマットの概要 .....	7
3.2 記載する数値に関する注意事項 .....	7
3.3 強度評価書のフォーマット .....	7

## 1. 概要

本資料は、第一部「発電用火力設備の技術基準による強度評価の基本方針」に基づき、ディーゼル機関の内燃機関又は内燃機関に係る燃料設備（燃料配管、燃料タンク及び燃料ポンプ）が十分な強度を有することを確認するための強度評価方法について説明するものであり、強度評価方法及び強度評価書のフォーマットにより構成する。

7号機設備、6,7号機共用又は5号機設備、6,7号機共用の火力省令を準用するガスタービン及び内燃機関の発電用火力設備の技術基準による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-別添4「発電用火力設備の技術基準による強度に関する説明書」による。

## 2. 強度評価方法

「発電用火力設備の技術基準の解釈」（平成 25 年 5 月 17 日 20130507 商局第 2 号）（以下「火力基準解釈」という。）の第 39 条第 1 項第 2 号に基づき、以下の(1)に示す火力基準解釈第 5 条の水圧試験の試験結果の確認による強度評価を基本とする。

ただし、評価対象設備と同一の材料及び構造を有する内燃機関ケーシングの水圧試験の試験結果があるものについては、(2)に示す水圧試験の試験結果の確認により強度評価を実施する。また、管については、(3)に示す強度計算により強度評価を実施する。

### (1) 水圧試験

火力基準解釈第 5 条の水圧試験に耐え、これに適合するものであることを確認する。

### (2) 内燃機関ケーシングの水圧試験

当該機種と同一の材料及び構造を有する内燃機関ケーシングにおいて火力基準解釈第 5 条を満たす水圧試験の実績を有するものについては、その結果を確認する。

### (3) 強度計算

火力基準解釈第 5 条の水圧試験に耐える強度を有することを強度計算により確認する。

## 2.1 水圧試験

内燃機関に係る燃料設備のうち水圧試験により評価を実施するものについては、火力基準解釈第 5 条に基づき、最高使用圧力の 1.5 倍以上の水圧まで昇圧した後、適切な時間保持したとき、これに耐えることを確認する。また、上記試験に引き続き最高使用圧力以上の水圧で点検を行ったときに、漏えいがないものであることを確認する。

試験条件を以下に示す。

名 称		最高使用 圧力 (MPa)	耐圧試験 倍率	耐圧試験圧力 (MPa)
その他発電用原子炉の 附属施設 (非常用電源設備)	燃料ディタンク	静水頭	—*1	
	燃料移送ポンプ	0.98	1.5 以上*2	1.47 以上
	軽油タンク (重大事故等時のみ 6,7 号機 共用)	静水頭	—*1	
	DGFO フレキシブルホース	0.98	1.25 以上*3	1.23 以上

注記\*1： 消防法に準じた水圧試験に合格している。

\*2： 火力基準解釈第 5 条の水圧試験に合格している。

\*3： 火力基準解釈第 5 条の気圧試験を実施する。

## 2.2 内燃機関ケーシングの水圧試験

内燃機関ケーシングの水圧試験の実績により評価を実施するものについては、火力基準解釈第 39 条第 1 項第 2 号において、「当該機種と同一の材料及び構造を有する内燃機関ケーシングにおいて火力基準解釈第 5 条を満たす水圧試験の実績を有するもの」にあつては水圧試験を要しないと規定されていることから、圧力バウンダリとして主要な耐圧部である内燃機関ケーシングの水圧試験の試験結果を確認する。また、水圧試験の実績には、「当該設備と同一の材料及び構造を有する内燃機関ケーシングにおいて火力基準解釈第 5 条を満たす水圧試験の実績を有するもの」として当該評価対象機種の内燃機関ケーシングにおける水圧試験を含める。

試験条件を以下に示す。

名 称	最高使用圧力 (MPa)	耐圧試験 倍率	耐圧試験圧力 (MPa)
その他発電用原子炉の附属施設 (非常用電源設備)	0.64	1.5 以上	0.96 以上
ディーゼル機関*			

注記\*： ディーゼル機関に附属する冷却水設備として機関付清水ポンプを含む。

## 2.3 強度計算方法

### 2.3.1 管の強度計算

#### (1) 管の強度計算方法

内燃機関のうち強度計算を実施する管については、火力基準解釈第 39 条第 1 項第 2 号ロに定める強度計算において、火力基準解釈第 12 条第 1 項第 7 号に記載されている計算式を準用し、内燃機関の管として最高使用圧力の 1.5 倍の水圧に耐える強度を有することを確認する。

また、火力基準解釈別表第 1 に記載されている材料の許容引張応力を用いて強度計算する際に、温度が記載値の中間値の場合は、比例法を用いて許容引張応力を計算し、その場合の端数処理は、小数点以下第 1 位を切り捨てた値を用いるものとする。

強度計算は火力基準解釈に基づき適切な裕度を持った許容値を使用して実施することから、強度計算に用いる寸法は公称値を使用する。

フランジについては、火力基準解釈第 13 条第 1 項に規定される日本産業規格等に適合するものを使用する。

#### (2) 記号の定義

管の厚さの計算に用いる記号について、以下に説明する。

	記号	単位	定義
管の厚さ計算に使用するもの	P	MPa	最高使用圧力
	$\sigma_a$	N/mm <sup>2</sup>	最高使用温度における火力基準解釈別表 1 に規定する材料の許容引張応力
	d <sub>0</sub>	mm	管の外径
	t	mm	管の計算上必要な厚さ
	$\eta$	-	継手の効率

(3) 管の厚さの計算

管の厚さが、以下の計算式から求められる計算上必要な厚さ以上であることを確認する。

区分	適用基準	計算式
その他管	火力基準解釈第 12 条 第 1 項第 7 号	* $t = \frac{P \cdot d_0}{2 \cdot \sigma_a \cdot \eta + 0.8 \cdot P}$

注記\*：継手の効率  $\eta$

長手継手の効率は火力基準解釈第 12 条第 1 項に規定される J I S B 8 2 0 1 における表 8.2 を用いるが、今回の評価では継手の種類から以下のとおりとする。

継手の種類	溶接継手の効率	
	ボイラー等及び独立節炭器に属する容器及び管にあつては電気工作物の溶接の技術基準の解釈第 20 条及び第 22 条第 2 項第 1 号の規定に準じて放射線透過試験を行い、同条第 3 項第 1 号の規定に適合するもの、その以外のものにあつては同解釈第 38 条及び第 40 条第 2 項第 1 号の規定に準じて放射線透過試験を行い、同条第 3 項第 1 号の規定に適合するもの。	放射線透過試験を行わないもの
突合せ両側溶接又はこれと同等以上とみなされる突合せ片側溶接継手	1.00	0.70

### 3. 強度評価書のフォーマット

#### 3.1 強度評価書のフォーマットの概要

水圧試験結果のフォーマットは、試験条件及び結果を記載し、強度計算書のフォーマットは、耐圧部分を構成する部材についてフォーマット中に計算に必要な条件及び結果を記載する。

#### 3.2 記載する数値に関する注意事項

フォーマットに挙げた諸元のうち、計算に使用しないものや計算結果の無いものは、計算結果表の欄には□として記載する。

#### 3.3 強度評価書のフォーマット

強度評価書のフォーマットは、以下のとおりである。

FORMAT-I 水圧試験結果

FORMAT-II 内燃機関ケーシングの水圧試験結果

FORMAT-III 管の厚さの計算結果



## FORMAT－I 水圧試験結果

設備区分

名 称	最高使用圧力 (MPa)	耐圧試験圧力 (MPa)	耐圧試験 倍率	耐圧試験 結果	評価

## FORMAT-Ⅱ 内燃機関ケーシングの水圧試験結果

設備区分

名 称	最高使用圧力 (MPa)	耐圧試験圧力 (MPa)	耐圧試験 倍率	耐圧試験 結果	評価

## FORMAT-Ⅲ 管の厚さの計算結果

## 設備区分

番号	最高使用 圧 力 (MPa)	最高使用 温 度 (°C)	材 料	許容引張 応力 $\sigma_a$ (N/mm <sup>2</sup> )	外径 $d_0$ (mm)	公称厚さ (mm)	厚さの負 の許容差 Q	継手の 効率 $\eta$	計算上 必要な厚さ t (mm)	炭素鋼鋼管の 必要最小厚さ (mm)	管の厚さ (最小厚さ) (mm)
1											
2											
3											
4											
5											
6											
評 価 :											

発電用火力設備の技術基準による強度評価書

## 目 次

1. 概 要 .....	1
2. その他発電用原子炉の附属施設（非常用電源設備）の内燃機関の強度評価書 ...	2
2.1 水圧試験結果 .....	3
2.2 内燃機関ケーシングの水圧試験結果 .....	4
2.3 強度計算結果 .....	5
2.3.1 管の設計仕様 .....	5
2.3.2 管の厚さの計算結果 .....	6

## 1. 概要

本資料は、第二部「発電用火力設備の技術基準による強度評価方法」に基づき、ディーゼル発電機の内燃機関又は内燃機関に係る燃料設備（燃料配管、燃料タンク及び燃料ポンプ）が十分な強度を有することを確認した結果を示す。

7号機設備、6,7号機共用又は5号機設備、6,7号機共用の火力省令を準用するガスタービン及び内燃機関の発電用火力設備の技術基準による強度に関する説明は、令和2年10月14日付け原規規発第2010147号にて認可された柏崎刈羽原子力発電所第7号機の設計及び工事の計画のV-3-別添4「発電用火力設備の技術基準による強度に関する説明書」による。

2. その他発電用原子炉の附属施設(非常用電源設備)の  
内燃機関の強度評価書

## 2.1 水圧試験結果

設備区分

その他発電用原子炉の附属施設（非常用電源設備）非常用発電装置

名 称	最高使用圧力 (MPa)	耐圧試験圧力 (MPa)	耐圧試験 倍率	耐圧試験 結果	評価
燃料移送ポンプ	0.98	1.47	1.5	良	適合



## 2.2 内燃機関ケーシングの水圧試験結果

設備区分

その他発電用原子炉の附属施設（非常用電源設備）非常用発電装置

名 称	最高使用圧力 (MPa)	耐圧試験圧力 (MPa)	耐圧試験 倍率	耐圧試験 結果	評価
ディーゼル機関	0.64	0.98	1.53	良	適合

## 2.3 強度計算結果

## 2.3.1 管の設計仕様

名称	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	外径 (mm)	厚さ (mm)	材料	番号
軽油タンク ～ 燃料移送ポンプ	0.10 <sup>*1</sup>	66 <sup>*1</sup>	76.3 <sup>*2</sup>	<input type="text"/> (7.0 <sup>*2</sup> )	STPT410	1
			76.3 <sup>*2</sup>	7.0 <sup>*2</sup>	STPT410	2
			76.3 <sup>*2</sup>	5.2 <sup>*2</sup>	STPT370	3
燃料移送ポンプ ～ 燃料ディタンク	0.98 <sup>*1</sup>	66 <sup>*1</sup>	60.5 <sup>*2</sup>	5.5 <sup>*2</sup>	STPT370	4
			34.0 <sup>*2</sup>	4.5 <sup>*2</sup>	STPT370	5
			60.5 <sup>*2</sup>	<input type="text"/> (3.9 <sup>*2</sup> )	SUSF304	6

注記\*1 : 重大事故等時における使用時の値。

\*2 : 公称値を示す。

## 2.3.2 管の厚さの計算結果

設備区分

その他発電用原子炉の附属施設（非常用電源設備）

非常用発電装置

番号	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)	材 料	許容引張 応力 $\sigma_a$ (N/mm <sup>2</sup> )	外径 $d_0$ (mm)	公称厚さ (mm)	厚さの負 の許容差 Q	継手の 効率 $\eta$	計算上 必要な厚さ t (mm)	炭素鋼鋼管 の必要最小 厚さ (mm)	管の厚さ (最小厚さ) (mm)
1	0.10	66	STPT410	103	76.3	7.0		1.00	0.04	—*	
2	0.10	66	STPT410	103	76.3	7.0	12.5%	1.00	0.04	—*	6.12
3	0.10	66	STPT370	92	76.3	5.2	12.5%	1.00	0.05	—*	4.55
4	0.98	66	STPT370	92	60.5	5.5	12.5%	1.00	0.32	—*	4.81
5	0.98	66	STPT370	92	34.0	4.5	12.5%	1.00	0.18	—*	3.93
6	0.98	66	SUSF304	122	60.5	3.9		1.00	0.25	—*	

評 価：上記鋼管の最小厚さは、すべて計算上必要な厚さ以上である。

注記\*：火力省令の要求項目ではないことから記載を「—」とする。

VI-3-別添 5 非常用発電装置（可搬型）の強度に関する説明書

## 目 次

1. 概要 .....	1
-------------	---

## 1. 概要

本資料は、電源車用内燃機関（7号機設備，6,7号機共用）、5号機原子炉建屋内緊急時対策所用可搬型電源設備用内燃機関（7号機設備，6,7号機共用）及び可搬型窒素供給装置用可搬型電源設備用内燃機関（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。

電源車用内燃機関，5号機原子炉建屋内緊急時対策所用可搬型電源設備用内燃機関及び可搬型窒素供給装置用可搬型電源設備用内燃機関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号機の設計及び工事の計画のV-3-別添5「非常用発電装置（可搬型）の強度に関する説明書」による。

## VI-3-別添 6 炉心支持構造物の強度計算書

## VI-3-別添 6-1 炉心支持構造物の強度計算書



## 目 次

1. 概要	1
2. 炉心支持構造物の強度評価の基本方針	2
3. 炉心支持構造物の強度評価方法	3
3.1 確認内容	3
4. 強度評価結果	6
5. 燃料支持金具の強度計算	7
5.1 一般事項	7
5.2 適用基準	7
5.3 記号の説明	8
5.4 計算精度と数値の丸め方	9
5.5 形状・寸法・材料	9
5.6 解析範囲	9
5.7 計算結果の概要	9
5.8 計算条件	13
5.8.1 評価対象機器	13
5.8.2 設計条件	13
5.8.3 運転条件	13
5.8.4 材料	13
5.8.5 荷重の組合せ及び運転状態	13
5.8.6 荷重の組合せ及び応力評価	14
5.8.7 許容応力	14
5.8.8 許容応力評価条件	14
5.8.9 溶接部の継手効率	14
5.8.10 応力の記号と方向	15
5.9 応力評価の手順	15
5.9.1 温度分布計算	15
5.9.2 応力の評価	15
5.9.3 繰返し荷重の評価	16
5.10 応力計算	17
5.10.1 応力評価点	17
5.10.2 差圧による応力	17
5.10.3 外荷重による応力	18
5.10.4 熱応力	19

5.11 応力強さの評価 .....	20
5.11.1 一次一般膜応力強さの評価 .....	20
5.11.2 一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価 .....	20
5.11.3 一次＋二次応力強さの評価 .....	20
5.12 繰返し荷重の評価 .....	21
5.12.1 告示第96条第1項第3号についての検討 .....	21
5.12.2 疲労解析 .....	21
5.13 引用文献 .....	22
5.14 参照図書 .....	22

## 図 表 目 次

図 5-1	形状・寸法・材料・応力評価点	10
図 5-2	応力評価の手順	23
図 5-3	中央燃料支持金具の差圧による応力計算モデル	24
図 5-4	中央燃料支持金具の外荷重による応力計算モデル	24
表 3-1	重大事故等の事故時荷重の整理表	4
表 3-2	設計基準の事故時荷重の整理表	5
表 5-1	表示する数値の丸め方	9
表 5-2	計算結果の概要	12
表 5-3	各運転状態における差圧	25
表 5-4	外荷重	26
表 5-5	荷重の組合せ及び運転状態	27
表 5-6	荷重の組合せ	28
表 5-7	許容応力	29
表 5-8	許容応力評価条件	30
表 5-9	溶接部の継手効率	31
表 5-10	断面性状	32
表 5-11	一次一般膜応力強さの評価のまとめ	33
表 5-12	一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ	34
表 5-13	一次＋二次応力強さの評価のまとめ	35

## 1. 概要

本計算書は、「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」（平成25年6月28日 原子力規制委員会規則第六号）（以下「技術基準規則」という。）第50条、第51条、第52条、第54条、第59条、第60条、第62条及び第63条において、重大事故等時に流路としての機能が要求される原子炉压力容器内の炉心支持構造物が、十分な強度を有することを説明するものである。

## 2. 炉心支持構造物の強度評価の基本方針

重大事故等時における炉心支持構造物の評価は、重大事故等の使用条件が設計基準の使用条件に包絡されており、燃料支持金具を除き、既に認可された工事計画の添付資料（以下「既工認」という。）における評価結果があるため、材料、構造及び強度の要求は同じであることから、その評価の適用性を確認し、既工認の確認による評価を実施する。

なお、燃料支持金具については、既工認における評価結果がないため、施設時に適用された規格である通商産業省告示第501号「発電用原子力設備に関する構造等の技術基準」による評価を5章で実施する。

### 3. 炉心支持構造物の強度評価方法

炉心支持構造物の強度評価について、燃料支持金具を除き、既工認における評価結果があるため、以下の3.1節に示す確認内容のとおり、その評価結果の確認による評価を実施する。

#### 3.1 確認内容

重大事故等事象は、運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故に対して原子炉の安全性を損なうことがないように設計することが求められる構造物、系統及び機器の安全機能が喪失した場合に発生する又は発生する可能性があるものである。

重大事故等の事故時荷重の整理表を表3-1に、設計基準の事故時荷重の整理表を表3-2に示す。両表に示すとおり、起因となる設計基準（運転状態Ⅲ及びⅣ）の事故時荷重は、重大事故等の事故時荷重を包絡している。

表3-1 重大事故等の事故時荷重の整理表

重大事故等時		運転状態Ⅲ及びⅣの評価（表3-2）との関係		
事故シーケンスグループ	重要事故シーケンス	事故時荷重*1	事故時荷重の包絡性	ピーク差圧の包絡性
高圧・低圧注水機能喪失（給水喪失）	給水喪失＋低圧代替注水（常設）＋ベント			
高圧注水・減圧機能喪失（給水喪失）	給水喪失＋L P F L注水＋S / C冷却			
全交流動力電源喪失（長期T B）	外部電源喪失＋R C I C停止＋低圧代替注水（常設）＋ベント			
全交流動力電源喪失（T B D, T B U）	外部電源喪失＋R C I C停止＋低圧代替注水（常設）＋ベント			
全交流動力電源喪失（T B P）	外部電源喪失＋R C I C停止＋低圧代替注水（可搬型）＋ベント			
崩壊熱除去機能喪失（取水機能喪失）	外部電源喪失＋R C I C停止＋低圧代替注水（常設）＋S / C冷却			
崩壊熱除去機能喪失（R H R機能喪失）	外部電源喪失＋R C I C停止＋H P C F注水＋ベント			
原子炉停止機能喪失	主蒸気隔離弁閉止＋スクラム失敗			
L O C A時注水機能喪失（中小破断）	中小L O C A＋低圧代替注水（常設）＋ベント			
格納容器バイパス	インターフェースシステムL O C A（R H R B系漏えい）			
大破断L O C A	大L O C A＋代替注水＋P C Vスプレイ＋代替循環冷却			

4

注記\*1：事故時に発生する機械的荷重

\*2：

表3-2 設計基準の事故時荷重の整理表

事象		事故時荷重*	強度評価上の取扱い	備考
運転状態Ⅲ	過大圧力			
運転状態Ⅳ	冷却材喪失事故			

注記\*：事故時に発生する機械的荷重



#### 4. 強度評価結果

本計算書は、炉心支持構造物の重大事故等対処設備としての応力評価結果を示すものであるが、燃料支持金具を除く機器は、設計基準対象施設としての使用条件を超えないことから、評価結果については、平成 5 年 6 月 17 日付け 4 資庁第 14561 号にて認可された既工認の IV-3-1-1「炉心支持構造物の強度計算書」による。

燃料支持金具については、既工認に記載がないため、評価結果を 5 章に示す。

## 5. 燃料支持金具の強度計算

### 5.1 一般事項

本章は、燃料支持金具（中央燃料支持金具及び周辺燃料支持金具）の応力計算について示すものである。

注：図表は、原則として巻末に示す。

### 5.2 適用基準

適用基準を以下に示す。

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

注：本章において、告示の条項は「告示第○条第△項第◇号」として示す。

### 5.3 記号の説明

本章において、以下の記号を使用する。ただし、本章に別途記載ある場合は、この限りでない。

記号	記号の説明	単位
A	断面積	mm <sup>2</sup>
D <sub>i</sub>	内径	mm
D <sub>o</sub>	外径	mm
I	断面二次モーメント	mm <sup>4</sup>
P <sub>b</sub>	一次曲げ応力	MPa
P <sub>m</sub>	一次一般膜応力	MPa
Q	二次応力	MPa
S <sub>12</sub>	主応力差 $\sigma_1 - \sigma_2$	MPa
S <sub>23</sub>	主応力差 $\sigma_2 - \sigma_3$	MPa
S <sub>31</sub>	主応力差 $\sigma_3 - \sigma_1$	MPa
S <sub>m</sub>	設計応力強さ 告示 別表第 2 に定める値	MPa
S <sub>u</sub>	設計引張強さ 告示 別表第 10 に定める値	MPa
S <sub>y</sub>	設計降伏点 告示 別表第 9 に定める値	MPa
S <sub>y</sub> (R T)	室温における設計降伏点 告示 別表第 9 に定める値	MPa
t	厚さ	mm
V	鉛直力	N
$\eta$	溶接部の継手効率	—
$\sigma_1$	主応力	MPa
$\sigma_2$	主応力	MPa
$\sigma_3$	主応力	MPa
$\sigma_\ell$	軸方向応力	MPa
$\sigma_r$	半径方向応力	MPa
$\sigma_t$	周方向応力	MPa
$\tau_{\ell r}$	せん断応力	MPa
$\tau_{r t}$	せん断応力	MPa
$\tau_{t \ell}$	せん断応力	MPa

#### 5.4 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 5-1 に示すとおりとする。

表 5-1 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
算出応力	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
応力強さ	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
許容応力*	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位

注記\*：告示別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 単位に換算した値の小数点以下第 1 位を切り捨てて整数化する。

#### 5.5 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所形状・寸法・材料を図 5-1 に示す。

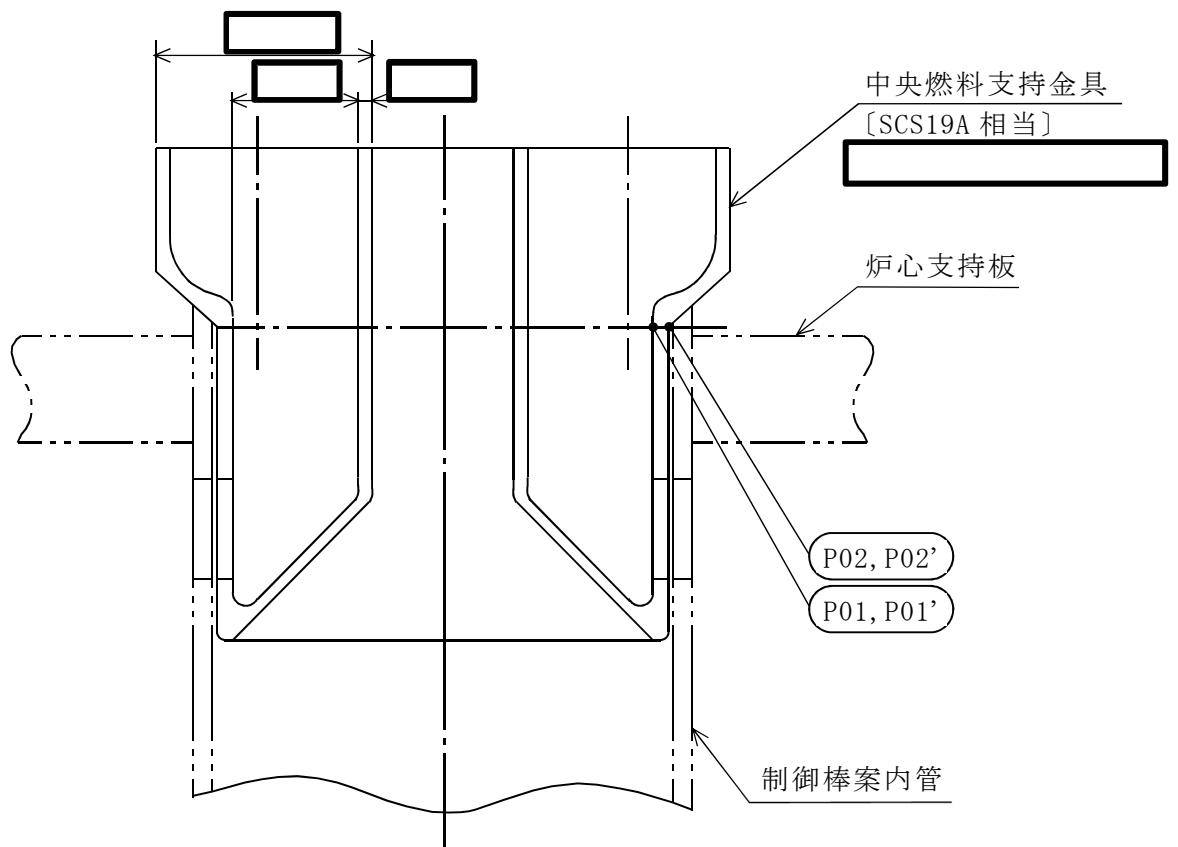
#### 5.6 解析範囲

解析範囲を図 5-1 に示す。

#### 5.7 計算結果の概要

計算結果の概要を表 5-2 に示す。

なお，応力評価点の選定に当たっては，形状不連続部，溶接部及び厳しい荷重作用点に着目し，応力評価上厳しくなる代表的な評価点を記載する。



○ : 応力評価点  
[ ] : 材 料

図5-1(1) 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)

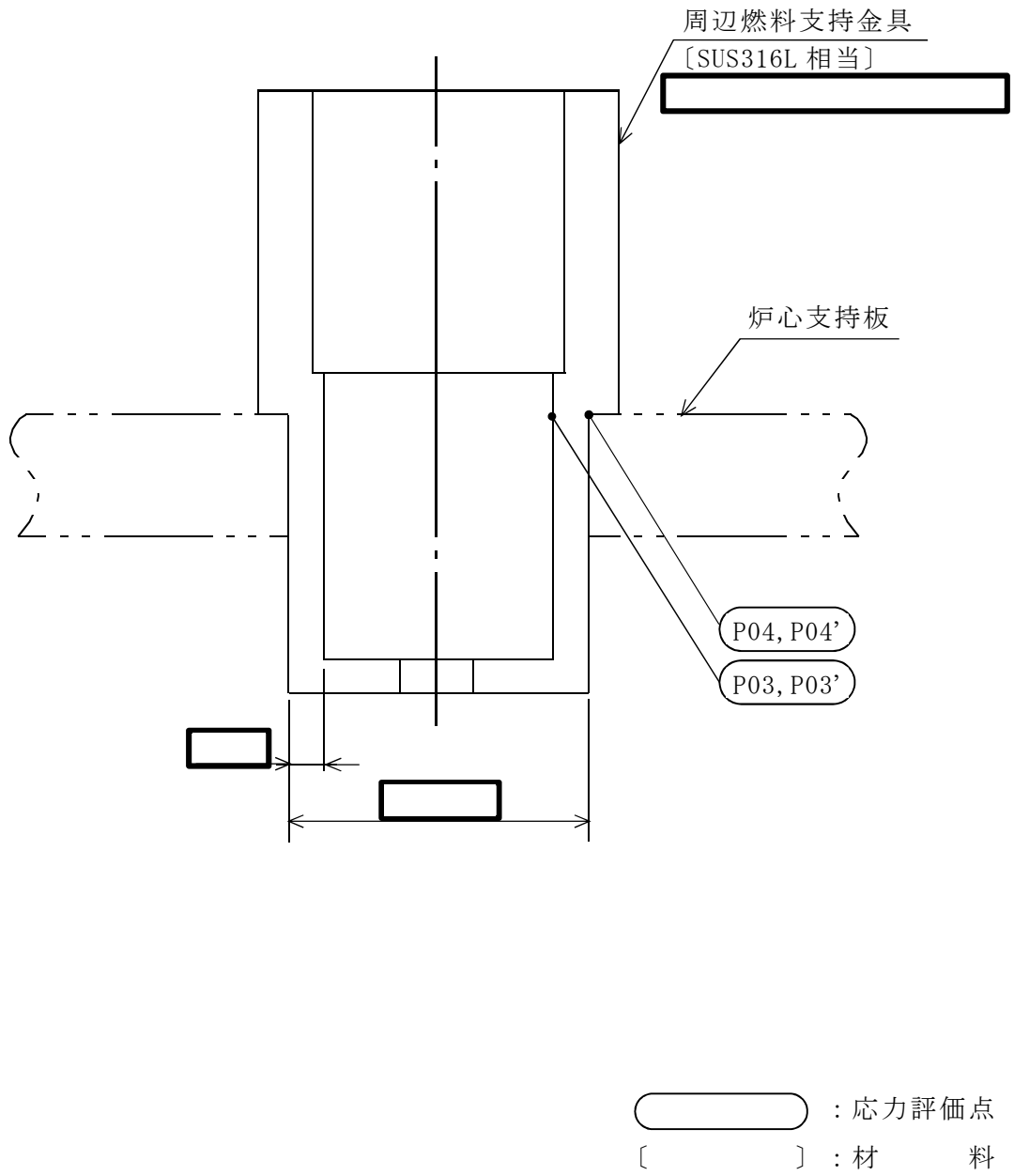


図5-1(2) 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)

表 5-2 計算結果の概要

部分及び材料	運転状態	一次一般膜 応力強さ (MPa)			一次一般膜＋一次曲げ 応力強さ (MPa)			一次＋二次 応力強さ (MPa)			疲労解析		
		応力 強さ	許容 応力	応力 評価面	応力 強さ	許容 応力	応力 評価面	応力 強さ	許容 応力	応力 評価点	疲労 累積 係数	許容値	応力 評価点
中央燃料 支持金具 SCS19A 相当	設計条件	4	108	P01-P02	4	162	P01-P02	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ	4	162	P01-P02	4	243	P01-P02	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ	4	247	P01-P02	4	371	P01-P02	—	—	—	—	—	—
	重大事故等時	4	246	P01-P02	4	370	P01-P02	—	—	—	—	—	—
	Ⅰ, Ⅱ	—	—	—	—	—	—	4	330	P01	—*2	—*2	—*2
周辺燃料 支持金具 SUS316L 相当	設計条件	2	56*1	P03-P04	2	85*1	P03-P04	—	—	—	—	—	—
	Ⅲ	2	84*1	P03-P04	2	127*1	P03-P04	—	—	—	—	—	—
	Ⅳ	2	138*1	P03-P04	2	208*1	P03-P04	—	—	—	—	—	—
	重大事故等時	2	135*1	P03-P04	2	203*1	P03-P04	—	—	—	—	—	—
	Ⅰ, Ⅱ	—	—	—	—	—	—	2	173*1	P03	—*2	—*2	—*2

注記\*1：継手効率  を乗じた値を示す。

\*2：疲労解析は、告示第96条第1項第3号により不要である。

## 5.8 計算条件

### 5.8.1 評価対象機器

応力評価を行う機器は、次のとおりである。（図 5-1 参照）

機器名称	評価対象				
	運転状態に対する評価				
	設計条件	I, II	III	IV	重大事故等時
燃料支持金具	○	○	○	○	○

注：「○」は評価対象を示す。

### 5.8.2 設計条件

設計差圧 : 表 5-3 に示す。

最高使用温度 : 302℃

設計機械的荷重 : 表 5-4 に示す。

### 5.8.3 運転条件

運転条件及び記号は、参照図書(1)a.に定めるとおりである。

なお、重大事故等時の条件は以下のとおりである。

温度条件：運転状態Ⅲと同じ。

差圧条件：運転状態Ⅳと同じ。

燃料支持金具の応力評価において考慮する差圧は、表 5-3 に示す参照図書(1)a.に定める差圧  $P_{13}$  であり、考慮する外荷重の値は表 5-4 に示すとおりである。

### 5.8.4 材料

各部の材料を図 5-1 に示す。

### 5.8.5 荷重の組合せ及び運転状態

荷重の組合せ及び運転状態を表 5-5 に示す。

なお、本章において、告示第 96 条第 1 項第 1 号イの規定による最高使用圧力を「設計差圧」と呼び、設計差圧と設計機械的荷重を組合せた条件を「設計条件」という。



#### 5.8.6 荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価項目の対応を表 5-6 に示す。本章において、荷重の種類と記号は以下のとおりである。

荷重	記号
(1) 差圧	[L02]
(2) 設計機械的荷重	[L03]
(3) 死荷重	[L04]

#### 5.8.7 許容応力

燃料支持金具の許容応力は、告示第 96 条第 1 項第 1 号に基づき表 5-7 に示す。

#### 5.8.8 許容応力評価条件

- (1) 許容応力評価において、設計応力強さ  $S_m$  及び設計引張強さ  $S_u$  は、それぞれ告示別表第 2 及び第 10 に定められたものを使用する。
- (2) 設計条件の評価には、最高使用温度 (302℃) に対する許容応力を用いる。運転状態Ⅲ及び運転状態Ⅳの一次応力の評価には、各運転状態における流体の最高温度 (運転状態Ⅲ : ℃, Ⅳ : ℃) に対する許容応力を用いる。運転状態Ⅰ及びⅡの一次+二次応力及び繰返し荷重の評価には、運転温度 (℃ : 定格出力運転時の流体温度) に対する許容応力を用いる。
- (3) 重大事故等時の一次応力の評価には、重大事故等時における流体の最高温度 (℃) を上回る運転状態Ⅲにおける流体の最高温度 (℃) に対する許容応力を用いる。
- (4) 燃料支持金具の許容応力評価条件を表 5-8 に示す。

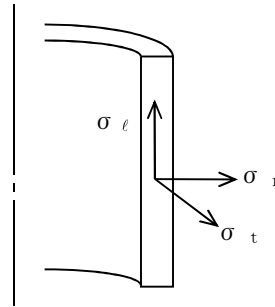
#### 5.8.9 溶接部の継手効率

- (1) 中央燃料支持金具の応力評価点は、溶接部でないため  を用いる。
- (2) 周辺燃料支持金具の溶接部の継手効率は、継手の種類と分類及び継手に適用する検査の種類により、告示第 99 条第 4 項にしたがって定める。溶接部の継手効率を表 5-9 に示す。
- (3) 溶接部の継手効率は、材料の許容応力に継手効率を乗じたものとする。

### 5.8.10 応力の記号と方向

応力の記号とその方向は，以下のとおりとする。

- $\sigma_t$  : 周方向応力
- $\sigma_\ell$  : 軸方向応力
- $\sigma_r$  : 半径方向応力



### 5.9 応力評価の手順

応力評価の手順について述べる。

応力評価の概要を図 5-2 に示す。

#### 5.9.1 温度分布計算

燃料支持金具は，参照図書(1)a. に示すとおり，同一温度領域内（領域 B）にあること，また，薄肉構造で材料の異なる部分はなく温度勾配は無視し得ることから温度分布計算を行わない。

#### 5.9.2 応力の評価

##### (1) 主応力

計算した応力は，応力の分類ごとに重ね合わせ，組合せ応力を求める。

組合せ応力は，一般に  $\sigma_t$ ， $\sigma_\ell$ ， $\sigma_r$ ， $\tau_{t\ell}$ ， $\tau_{\ell r}$ ， $\tau_{rt}$  の 6 成分を持つが，主応力  $\sigma$  は，引用文献(1)の 1・3・6 項により，次式を満足する 3 根  $\sigma_1$ ， $\sigma_2$ ， $\sigma_3$  として計算する。

$$\begin{aligned} &\sigma^3 - (\sigma_t + \sigma_\ell + \sigma_r) \cdot \sigma^2 + (\sigma_t \cdot \sigma_\ell + \sigma_\ell \cdot \sigma_r + \sigma_r \cdot \sigma_t - \tau_{t\ell}^2 \\ &- \tau_{\ell r}^2 - \tau_{rt}^2) \cdot \sigma - \sigma_t \cdot \sigma_\ell \cdot \sigma_r + \sigma_t \cdot \tau_{\ell r}^2 + \sigma_\ell \cdot \tau_{rt}^2 \\ &+ \sigma_r \cdot \tau_{t\ell}^2 - 2 \cdot \tau_{t\ell} \cdot \tau_{\ell r} \cdot \tau_{rt} = 0 \end{aligned}$$

上式により主応力を求める。

(2) 応力強さ

以下の3つの主応力差の絶対値で最大のものを応力強さとする。

$$S_{12} = \sigma_1 - \sigma_2$$

$$S_{23} = \sigma_2 - \sigma_3$$

$$S_{31} = \sigma_3 - \sigma_1$$

(3) 一次応力強さ

設計条件，運転状態Ⅲ，運転状態Ⅳ及び重大事故等時において生じる一次一般膜応力及び一次一般膜＋一次曲げ応力の応力強さが，5.8.7項に示す許容応力を満足することを示す。

(4) 一次＋二次応力強さ

運転状態Ⅰ及びⅡにおいて生じる一次＋二次応力の応力差最大範囲( $S_n$ )が，5.8.7項に示す許容応力を満足することを示す。

5.9.3 繰返し荷重の評価

繰返し荷重の評価は，運転状態Ⅰ及びⅡによる荷重を用いて，告示第96条第1項第3号に従い疲労解析（詳細な繰返し荷重の評価）の必要性の検討を行い，疲労解析が不要であることを示す。

## 5.10 応力計算

### 5.10.1 応力評価点

応力評価点の位置を図 5-1 に示す。

なお、各応力評価点の断面性状は、表 5-10 に示すとおりである。

### 5.10.2 差圧による応力

#### (1) 荷重条件 (L02)

各運転状態による差圧を表 5-3 に示す。

#### (2) 計算方法

中央燃料支持金具の差圧による応力は、応力評価点の位置における断面で、外径を   mm とし、かつ厚さが最小となる円筒を考え計算する。

中央燃料支持金具の差圧による応力計算モデルを図 5-3 に示す。

周辺燃料支持金具の差圧による応力は、応力評価点の位置における断面の円筒を考え計算する。

#### a. 一次一般膜応力

差圧  $P_{13}$  による一次一般膜応力は、次式で求める。

$$\sigma_t = \frac{1}{Y-1} \cdot P_{13}$$

$$\sigma_\ell = \frac{1}{Y^2-1} \cdot P_{13}$$

$$\sigma_r = -\frac{1}{Y+1} \cdot P_{13}$$

$$\text{ここで, } Y = \frac{D_o}{D_i}$$

## b. 一次一般膜＋一次曲げ応力

差圧による一次曲げ応力は存在しない。したがって、一次一般膜＋一次曲げ応力は、一次一般膜応力と同じである。

## c. 一次＋二次応力

差圧  $P_{13}$  による一次＋二次応力は、次式で求める。

$$\sigma_t = \frac{1+K^2}{Y^2-1} \cdot P_{13}$$

$$\sigma_\ell = \frac{1}{Y^2-1} \cdot P_{13}$$

$$\sigma_r = \frac{1-K^2}{Y^2-1} \cdot P_{13}$$

ここで、 $K = Y$  (内表面)

$K = 1$  (外表面)

## 5.10.3 外荷重による応力

## (1) 荷重条件 (L03 及び L04)

外荷重を表 5-4 に示す。

## (2) 計算方法

中央燃料支持金具の外荷重による応力は、応力評価点の位置における断面で、その断面の最小幅を内径とし、かつ厚さが最小となる円筒を考え計算する。

中央燃料支持金具の外荷重による応力計算モデルを、図 5-4 に示す。

周辺燃料支持金具の外荷重による応力は、応力評価点の位置における断面の円筒を考え計算する。

a. 一次一般膜応力

外荷重による一次一般膜応力は，次式で求める。

$$\sigma_{\ell} = \frac{V}{A}$$

b. 一次一般膜＋一次曲げ応力

外荷重による一次曲げ応力は，存在しない。したがって，一次一般膜＋一次曲げ応力は，一次一般膜応力と同じである。

c. 一次＋二次応力

外荷重による二次応力は存在しない。したがって，一次＋二次応力は，一次一般膜＋一次曲げ応力と同じである。

5.10.4 熱応力

5.9.1 項に示すとおり熱応力は無視できる。

## 5.11 応力強さの評価

### 5.11.1 一次一般膜応力強さの評価

各運転状態における評価を表 5-11 に示す。

表 5-11 より、各運転状態の一次一般膜応力強さは、5.8.7 項及び 5.8.9 項に示す許容応力を満足する。

### 5.11.2 一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価

各運転状態における評価を表 5-12 に示す。

表 5-12 より、各運転状態の一次一般膜＋一次曲げ応力強さは、5.8.7 項及び 5.8.9 項に示す許容応力を満足する。

### 5.11.3 一次＋二次応力強さの評価

運転状態 I 及び II における評価を表 5-13 に示す。

表 5-13 より、運転状態 I 及び II の一次＋二次応力強さは、5.8.7 項及び 5.8.9 項に示す許容応力を満足する。

## 5.12 繰返し荷重の評価

### 5.12.1 告示第 96 条第 1 項第 3 号についての検討

燃料支持金具について，告示第 96 条第 1 項第 3 号により疲労解析が不要となることを以下の(1)から(4)に示す。

#### (1) 告示第 96 条第 1 項第 3 号イ及び同号ロ

5.9.1 項で述べたように，燃料支持金具の温度差は無視し得るので，告示第 96 条第 1 項第 3 号イ及び同号ロの検討は不要である。

#### (2) 告示第 96 条第 1 項第 3 号ハ（異なる材料よりなる部分の温度変動）

燃料支持金具には，縦弾性係数又は熱膨張係数の異なる材料よりなる部分は存在しない。

#### (3) 告示第 96 条第 1 項第 3 号ニ（機械的荷重変動）

機械的荷重により生じる応力の全振幅が，荷重変動回数  $10^6$  回に対応する繰返しピーク応力強さを超えないことを確認する。

告示別図第 2 より求めた  $10^6$  回に対応する繰返しピーク応力強さ :  $S = 178 \text{ MPa}$

機械的荷重変動による応力の全振幅 :  $\Delta \sigma$

全応力評価点の機械的荷重変動（死荷重）による一次＋二次応力のうち，応力の全振幅が最大となる応力評価点 P01 での一次＋二次応力は以下である。

$$\Delta \sigma = \square \text{ MPa}$$

したがって， $S > \Delta \sigma$  であり，条件を満足する。

#### (4) 検討結果

以上(1)から(3)より燃料支持金具は，告示第 96 条第 1 項第 3 号の要求をすべて満足している。

### 5.12.2 疲労解析

5.12.1 項に示すように，燃料支持金具は，疲労解析は不要である。



### 5.13 引用文献

- (1) 機械工学便覧 基礎編 α3 (日本機械学会)

### 5.14 参照図書

- (1) 柏崎刈羽原子力発電所第6号機 第5回工事計画認可申請書 添付書類
  - a. IV-3-1-1-1 炉心支持構造物の応力解析の方針

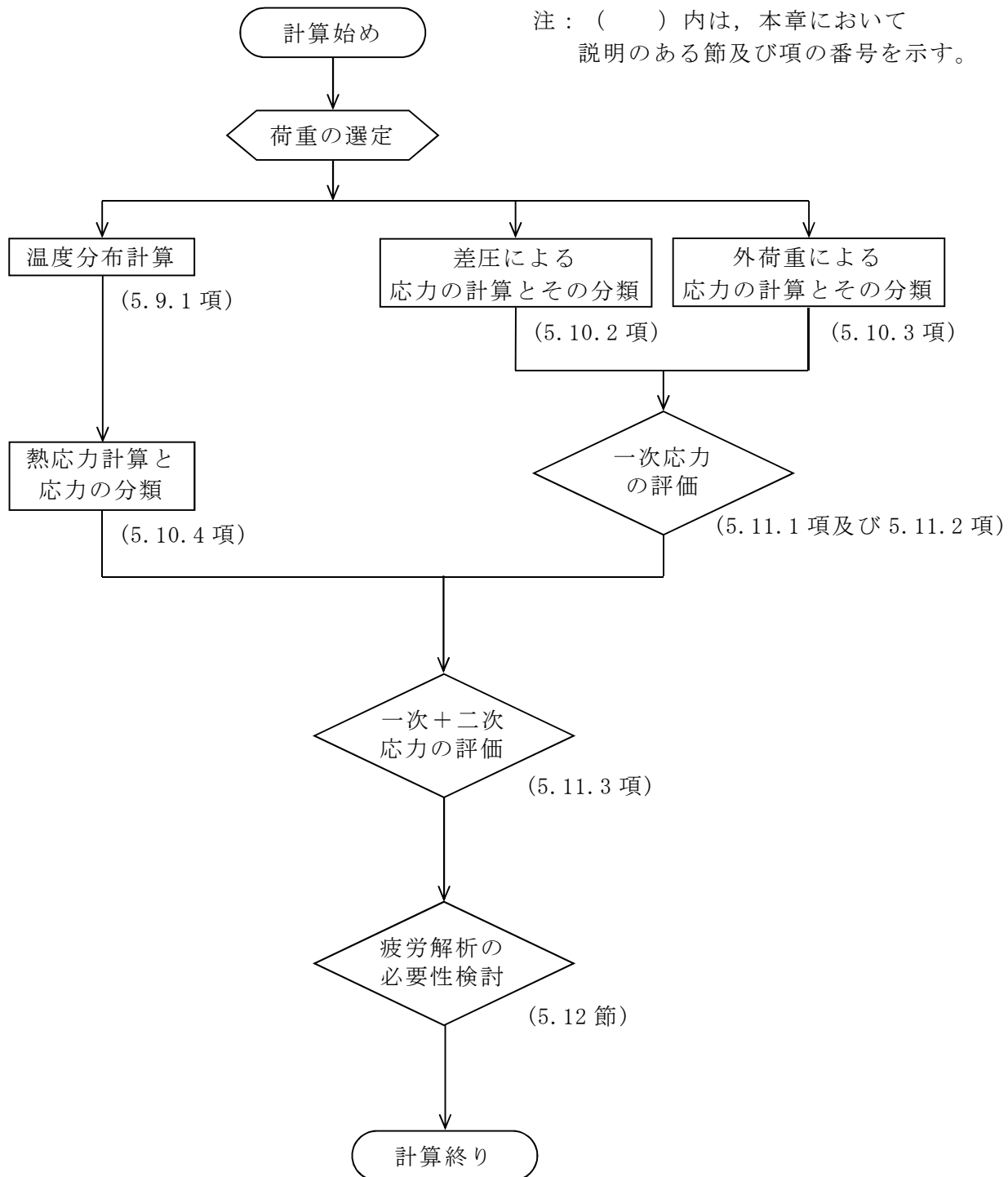


図 5-2 応力評価の手順

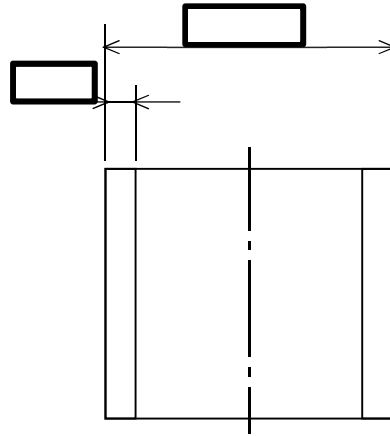


図 5-3 中央燃料支持金具の差圧による応力計算モデル (単位 : mm)

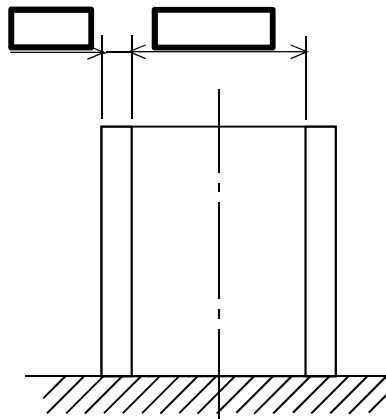


図 5-4 中央燃料支持金具の外荷重による応力計算モデル (単位 : mm)

表 5-3 各運転状態における差圧

(単位：MPa)

運転状態	差圧 P <sub>13</sub>
設計条件	
I , II	
III	
IV	
重大事故等時	

表 5-4 外荷重

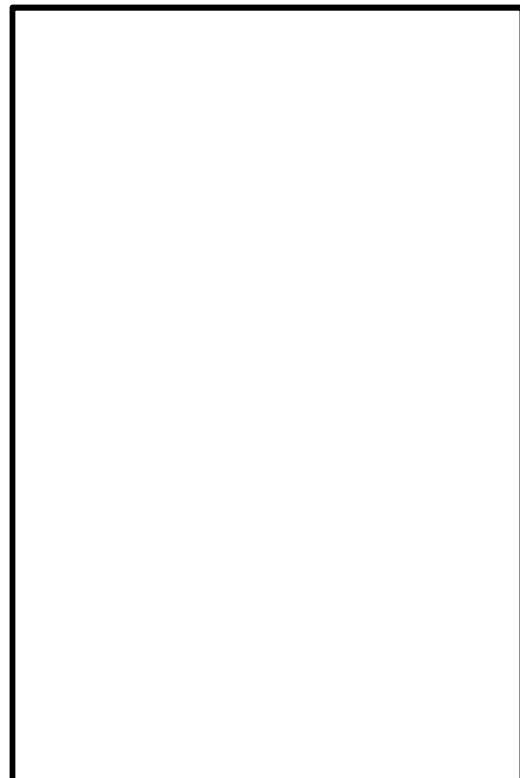
記号	荷重名称	荷重 作用点*	鉛直力
			V (kN)
L03	設計機械的荷重	A	
		B	
L04	死荷重	A	
		B	

注：

注記\*：荷重作用点 A は中央燃料支持金具を示し、  
荷重作用点 B は周辺燃料支持金具を示す。



中央燃料支持金具



周辺燃料支持金具

表 5-5 荷重の組合せ及び運転状態

運転状態	荷重の組合せ
	各運転状態による荷重
設計条件	設計条件による荷重
I	運転状態 I による荷重
II	運転状態 II による荷重
III	運転状態 III による荷重
IV	運転状態 IV による荷重
重大事故等時	重大事故等時による荷重

表 5-6 荷重の組合せ

運転状態	荷重の組合せ	応力評価
設計条件	L02+L03	$P_m$ $P_m + P_b$
I, II	L02+L04	$P_m + P_b + Q$ 疲労解析
III	L02+L04	$P_m$ $P_m + P_b$
IV	L02+L04	$P_m$ $P_m + P_b$
重大事故等時	L02+L04	$P_m$ $P_m + P_b$

表 5-7 許容応力

運転状態	許容限界		
	一次一般膜応力	一次一般膜+一次曲げ応力	一次+二次応力
設計条件	$S_m$	$1.5 \cdot S_m$	—
I, II	—	—	$3 \cdot S_m$
III	$1.5 \cdot S_m$	$2.25 \cdot S_m$	—
IV	$\text{Min}(2.4 \cdot S_m, 2/3 \cdot S_u)$	$\text{Min}(3.6 \cdot S_m, S_u)$	—
重大事故等時*	$\text{Min}(2.4 \cdot S_m, 2/3 \cdot S_u)$	$\text{Min}(3.6 \cdot S_m, S_u)$	—

注記\*：重大事故等時の許容限界として運転状態IVの許容限界を用いる。



表 5-8 許容応力評価条件

評価部位	材料		温度条件 (°C)	$S_m$ (MPa)	$S_u$ (MPa)	$S_y$ (MPa)	$S_y$ (RT) (MPa)
中央燃料 支持金具	オーステナイト系 ステンレス鋼	SCS19A 相当 [ ]	流体の最高温度	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
			流体の最高温度				
			流体の最高温度				
周辺燃料 支持金具		SUS316L 相当 [ ]	流体の最高温度				
			流体の最高温度				
			流体の最高温度				

表 5-9 溶接部の継手効率

継手の箇所	継手の分類	継手の種類	検査の種類*	継手効率 $\eta$
燃料支持金具	周辺燃料支持金具と 炉心支持板の継手			

注記\*：検査の種類を示す記号は次のとおりである。

P T：告示第 99 条第 4 項に定めるホの検査

表 5-10 断面性状

応力評価点	t (mm)	D <sub>o</sub> (mm)	D <sub>i</sub> (mm)	A (mm <sup>2</sup> )	I (mm <sup>4</sup> )
P01, P02*					
P03, P04					

注記\*：上段は差圧による応力計算モデルの断面性状を示し，下段は外荷重による  
 応力計算モデルの断面性状を示す。

表 5-11 一次一般膜応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価面	設計条件		運転状態Ⅲ		運転状態Ⅳ		重大事故等時	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	4	108	4	162	4	247	4	246
P01' P02'	4	108	4	162	4	247	4	246
P03 P04	2	56*	2	84*	2	138*	2	135*
P03' P04'	2	56*	2	84*	2	138*	2	135*

注記\*：継手効率  を乗じた値を示す。

表 5-12 一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価面	設計条件		運転状態Ⅲ		運転状態Ⅳ		重大事故等時	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	4	162	4	243	4	371	4	370
P01' P02'	4	162	4	243	4	371	4	370
P03 P04	2	85*	2	127*	2	208*	2	203*
P03' P04'	2	85*	2	127*	2	208*	2	203*

注記\*：継手効率  を乗じた値を示す。

表 5-13 一次+二次応力強さの評価のまとめ  
(単位：MPa)

分類	一次+二次応力差最大範囲 ( $P_m + P_b + Q$ )	
応力評価点	$S_n^{*1}$	許容値 $\eta \cdot 3 \cdot S_m$
P01	4	330
P01'	4	330
P02	4	330
P02'	4	330
P03	2	$173^{*2}$
P03'	2	$173^{*2}$
P04	2	$173^{*2}$
P04'	2	$173^{*2}$

注記\*1： $S_n$ は運転状態Ⅰ及びⅡによる一次  
+二次応力差の最大範囲を示す。

\*2：継手効率  を乗じた値を示す。

## VI-3-別添 7 原子炉压力容器内部構造物の強度計算書

VI-3-別添 7-1 原子炉圧力容器内部構造物の強度計算書



## 目 次

1. 概要 .....	1
2. 原子炉圧力容器内部構造物の強度評価の基本方針 .....	2
3. 原子炉圧力容器内部構造物の強度評価方法 .....	3
3.1 確認内容 .....	3
4. 強度評価結果 .....	4

## 1. 概要

本資料は、「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」（平成 25 年 6 月 28 日 原子力規制委員会規則第六号）（以下「技術基準規則」という。）第 50 条、第 51 条、第 52 条、第 54 条、第 59 条、第 60 条、第 62 条、第 63 条、第 65 条及び第 66 条において、重大事故等時に流路としての機能が要求される原子炉圧力容器内の原子炉圧力容器内部構造物が、十分な強度を有することを説明するものである。

## 2. 原子炉圧力容器内部構造物の強度評価の基本方針

重大事故等時における原子炉圧力容器内部構造物の評価は、重大事故時の評価条件が設計基準事故時の評価条件に包絡されており、既に認可された工事計画の添付資料（以下「既工認」という。）における評価結果があるため、材料、構造及び強度の要求は同じであることから、その評価の適用性を確認し、既工認の確認による評価を実施する。

### 3. 原子炉圧力容器内部構造物の強度評価方法

原子炉圧力容器内部構造物の強度評価について、既工認における評価結果があるため、以下の3.1節に示す確認内容のとおり、その評価結果の確認による評価を実施する。

#### 3.1 確認内容

重大事故等事象は、運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故事象に対して原子炉の安全性を損なうことがないように設計することが求められる構造物、系統及び機器の安全機能が喪失した場合に発生する又は発生する可能性があるものである。

重大事故等時の事故時荷重を表3-1に、設計基準事故時の事故時荷重を表3-2に示す。両表に示すとおり、起因となる運転状態Ⅲ及び運転状態Ⅳの事故時荷重は、重大事故等時の事故時荷重を包絡している。

#### 4. 強度評価結果

本計算書は、原子炉圧力容器内部構造物のうち以下の機器の重大事故等対処設備としての応力評価結果を示すものであるが、設計基準対象施設としての使用条件を超えないことから、評価結果については、平成5年6月17日付け4資庁第14561号にて認可された既工認のIV-3-1-3「圧力容器内部構造物の強度計算書」による。

- (1) 給水スパージャ
- (2) 高圧炉心注水スパージャ
- (3) 低圧注水スパージャ
- (4) 高圧炉心注水系配管（原子炉圧力容器内部）

表3-1 重大事故等事象に対する荷重の整理表

重大事故時			運転状態Ⅲ及びⅣの評価（表3-2）との関係	
事故シーケンスグループ	重要事故シーケンス	事故時荷重*	事故時荷重の包絡性	ピーク差圧の包絡性
高圧・低圧注水機能喪失（給水喪失）	給水喪失＋低圧代替注水（常設）＋ベント			
高圧注水・減圧機能喪失（給水喪失）	給水喪失＋L P F L注水＋S / C冷却			
全交流動力電源喪失（長期T B）	外部電源喪失＋R C I C停止＋低圧代替注水（常設）＋ベント			
全交流動力電源喪失（T B D, T B U）	外部電源喪失＋R C I C停止＋低圧代替注水（常設）＋ベント			
全交流動力電源喪失（T B P）	外部電源喪失＋R C I C停止＋低圧代替注水（可搬型）＋ベント			
崩壊熱除去機能喪失（取水機能喪失）	外部電源喪失＋R C I C停止＋低圧代替注水（常設）＋S / C冷却			
崩壊熱除去機能喪失（R H R機能喪失）	外部電源喪失＋R C I C停止＋H P C F注水＋ベント			
原子炉停止機能喪失	主蒸気隔離弁閉止＋スクラム失敗			
L O C A時注水機能喪失（中小破断）	中小L O C A＋低圧代替注水（常設）＋ベント			
格納容器バイパス	インターフェースシステムL O C A（R H R B系漏えい）			
大破断L O C A	大L O C A＋代替注水＋P C Vスプレイ＋代替循環冷却			

注記\*：事故時に発生する機械的荷重

表3-2 設計基準事故事象に対する事故時荷重

事象		事故時荷重*	強度評価上の取扱い	備考
運転状態Ⅲ	過大圧力			
運転状態Ⅳ	冷却材喪失事故			

注記\*：事故時に発生する機械的荷重