

本資料のうち、枠囲みの内容は、機密事項に属しますので公開できません。

柏崎刈羽原子力発電所第7号機 工事計画審査資料	
資料番号	KK7添-3-015-12 改1
提出年月日	2020年4月16日

V-3-別添3-2-4 止水堰の強度計算書

K7 ① V-3-別添3-2-4 R0

2020年4月

東京電力ホールディングス株式会社

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	18
2.3.1	L型鋼製堰の構造	18
2.3.2	鋼製落とし込み型堰の構造	19
2.3.3	鉄筋コンクリート製堰の構造	20
2.3.4	鋼板組合せ堰の構造	21
2.4	評価方針	22
2.5	適用規格	23
3.	強度評価方法	23
3.1	記号の説明	24
3.2	評価対象部位及び評価対象設備	27
3.2.1	L型鋼製堰と鋼製落とし込み型堰	27
3.2.2	鉄筋コンクリート製堰	28
3.2.3	鋼板組合せ堰	29
3.3	荷重及び荷重の組合せ	31
3.3.1	溢水による静水圧荷重	31
3.3.2	荷重の組合せ	31
3.4	許容限界	32
3.4.1	L型鋼製堰の許容限界	32
3.4.2	鋼製落とし込み型堰の許容限界	33
3.4.3	鉄筋コンクリート製堰の許容限界	33
3.4.4	鋼板組合せ堰の許容限界	34
3.5	評価方法	36
3.5.1	L型鋼製堰の評価方法	36
3.5.2	鋼製落とし込み型堰の評価方法	39
3.5.3	鉄筋コンクリート製堰の評価方法	42
3.5.4	鋼板組合せ堰の評価方法	47
3.6	評価条件	56
4.	評価結果	59

1. 概要

本資料は、V-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	46
タービン建屋	17
コントロール建屋	24
廃棄物処理建屋	1
合計	88

2.2 配置概要

堰は、V-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、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(1/16)

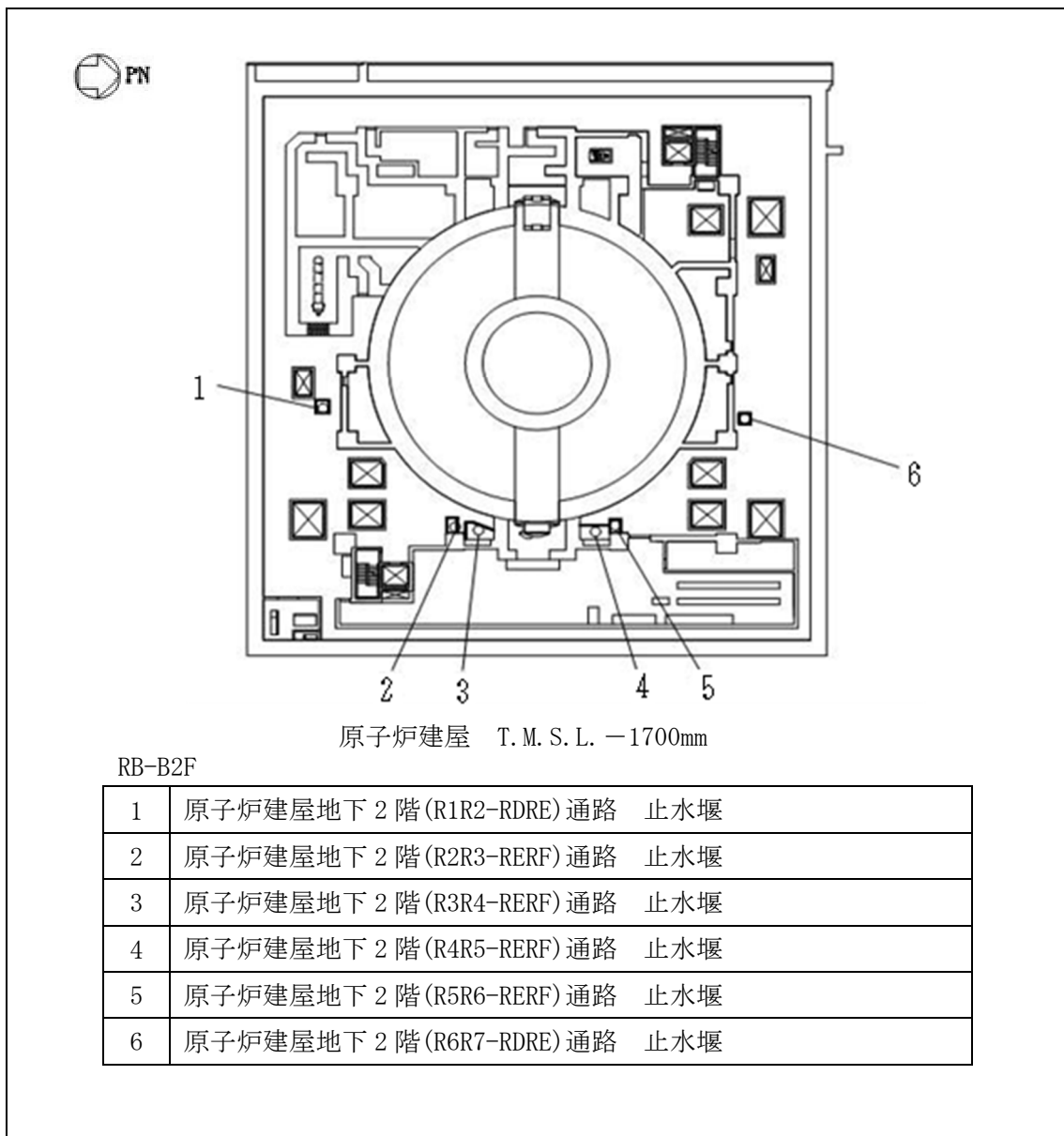


図 2-1 堰の設置位置図(2/16)

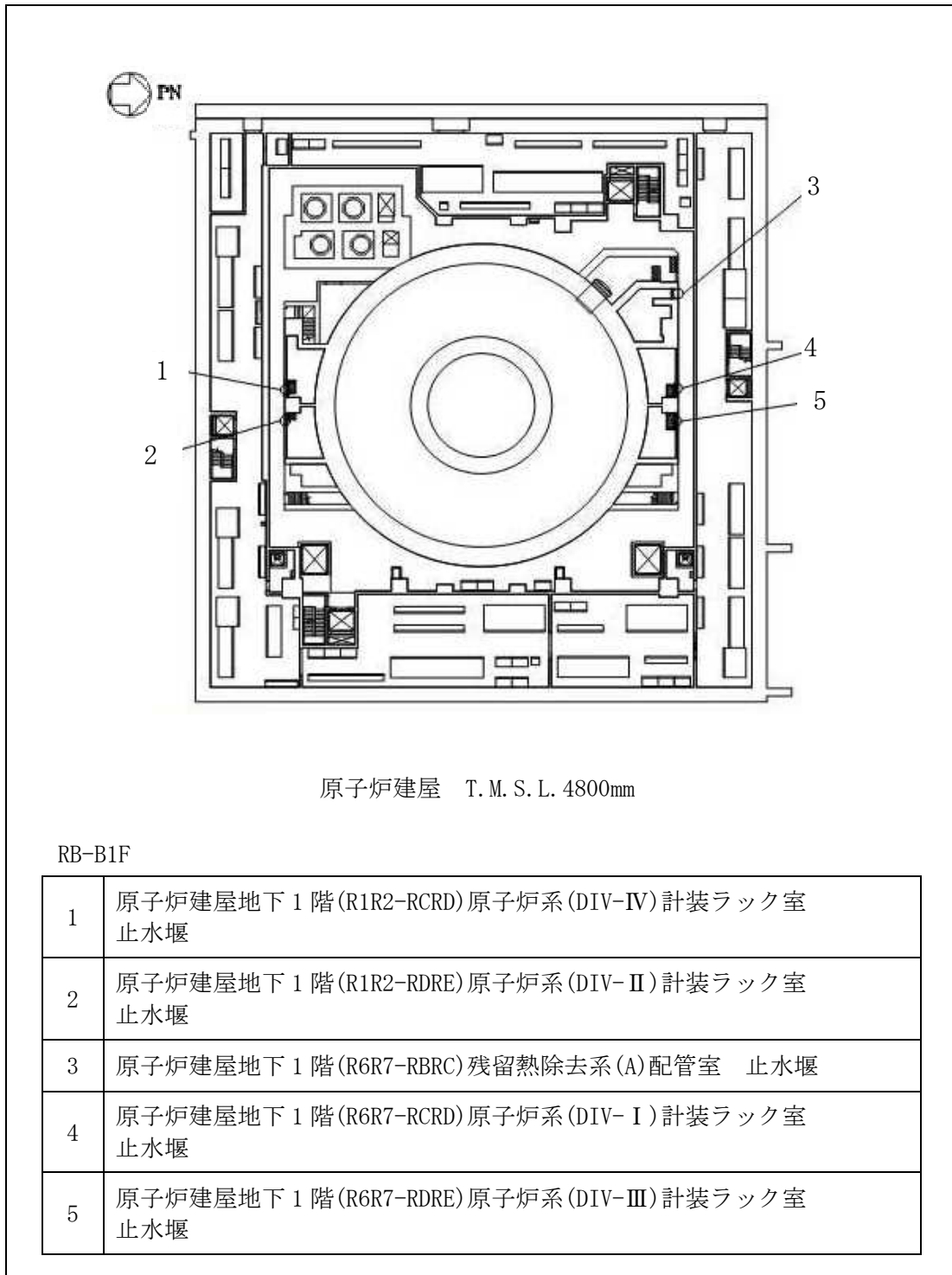
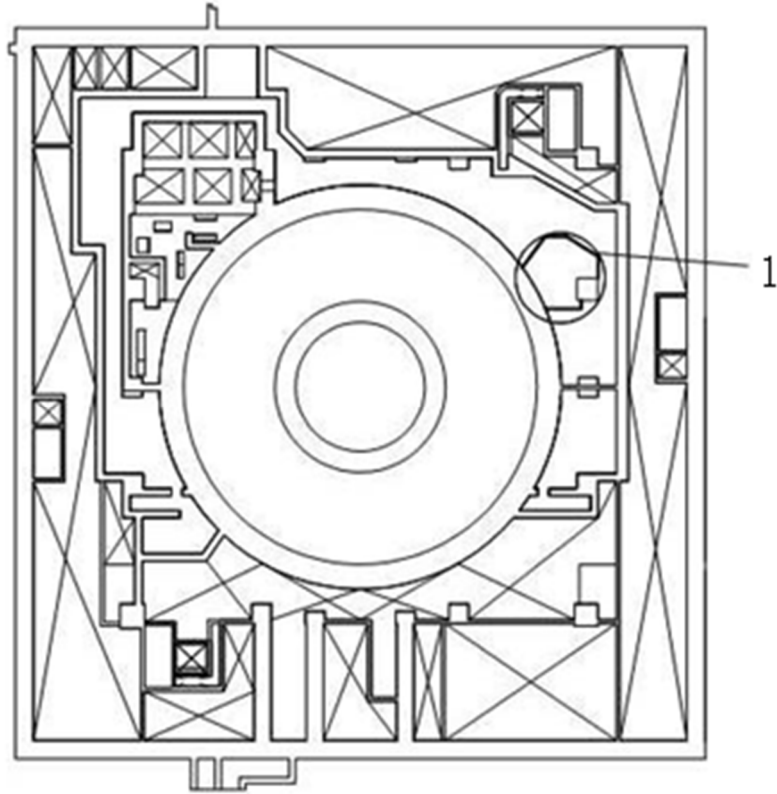


図 2-1 堰の設置位置図(3/16)



原子炉建屋 T. M. S. L. 8500mm

RB-MB1F

1	原子炉建屋地下中 1 階 (R5R6-RBRC) 残留熱除去系 (A) 配管室 止水堰
---	---

K7 ① V-3-別添 3-2-4 R0

図 2-1 堰の設置位置図(4/16)

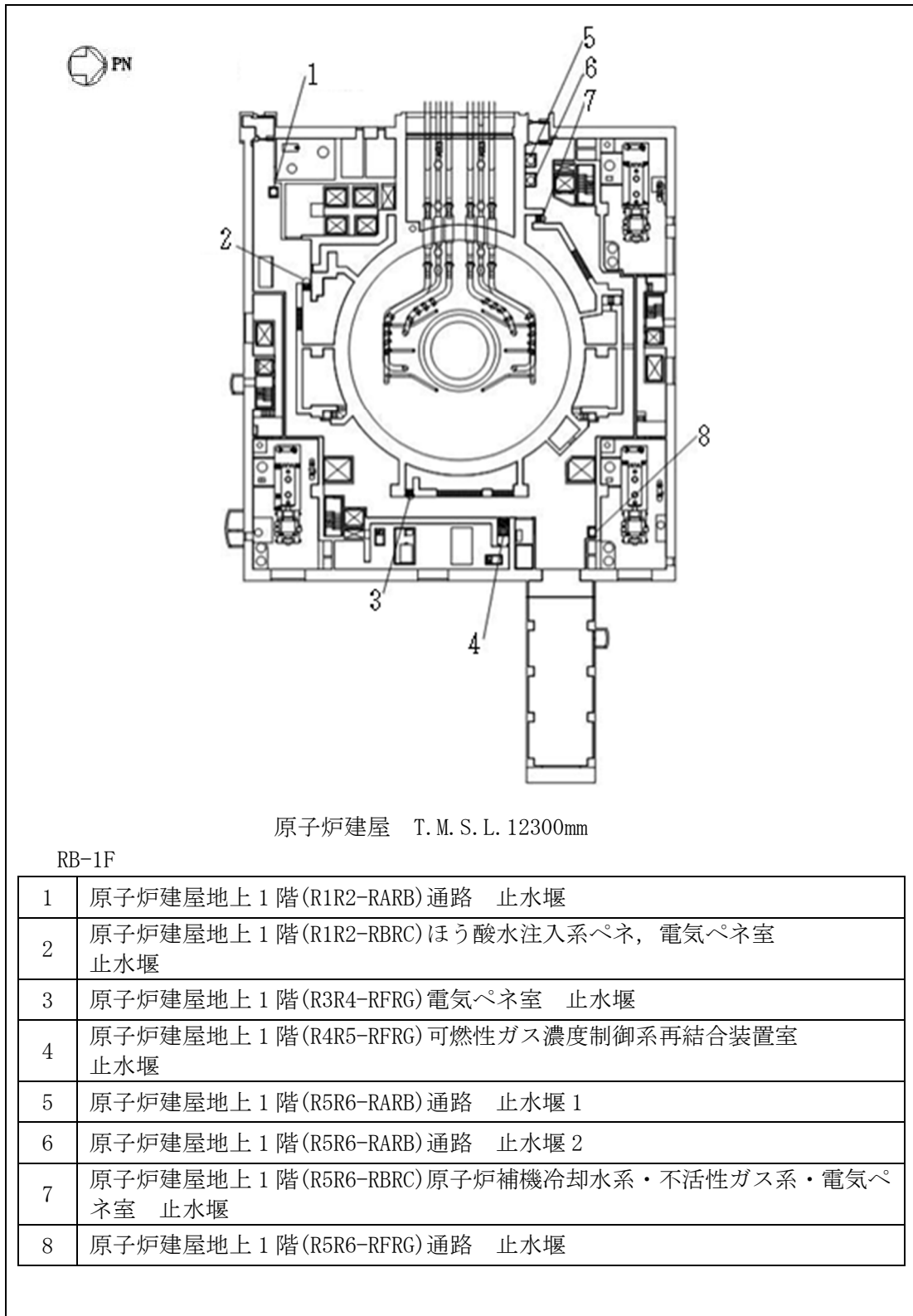


図 2-1 堰の設置位置図(5/16)

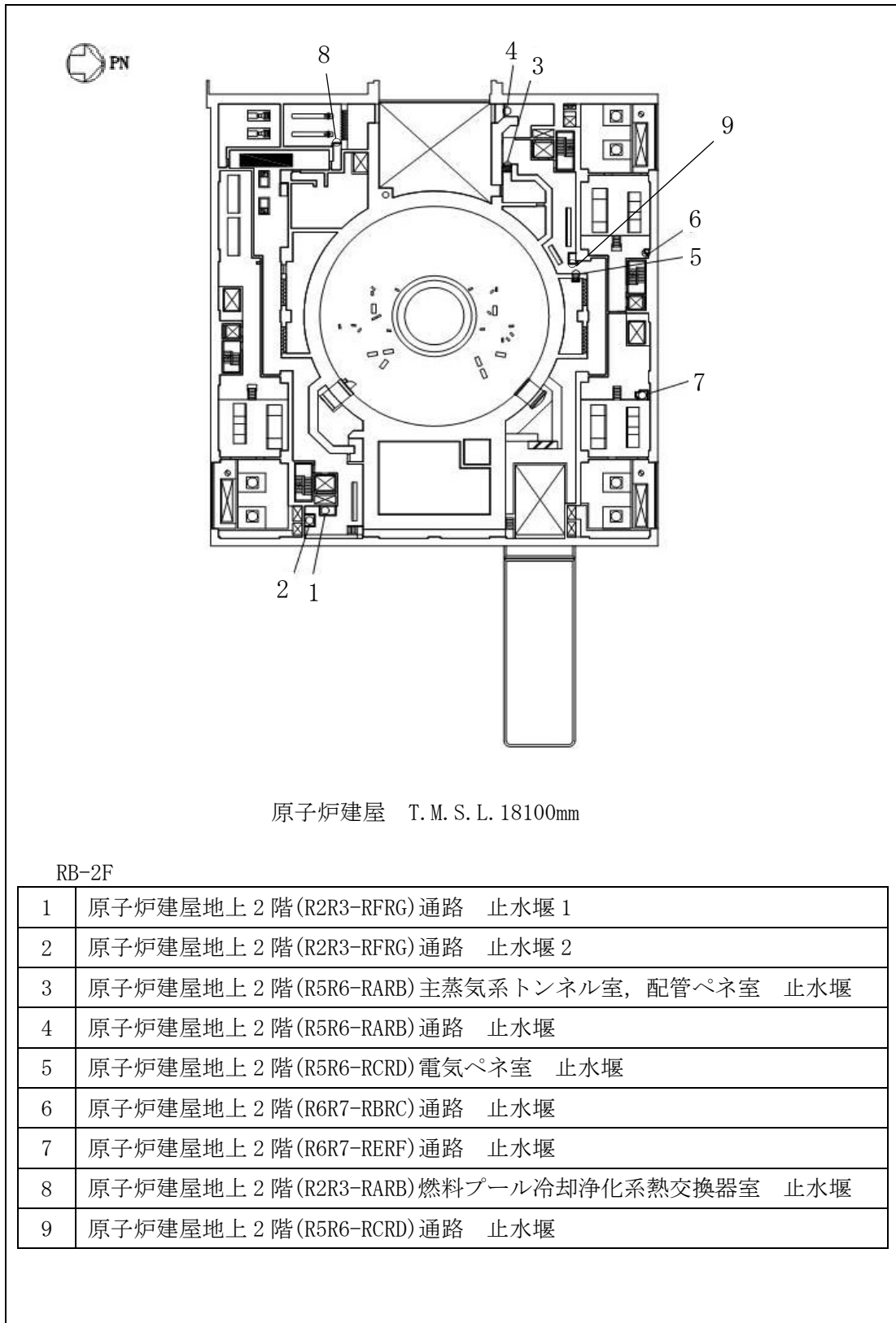
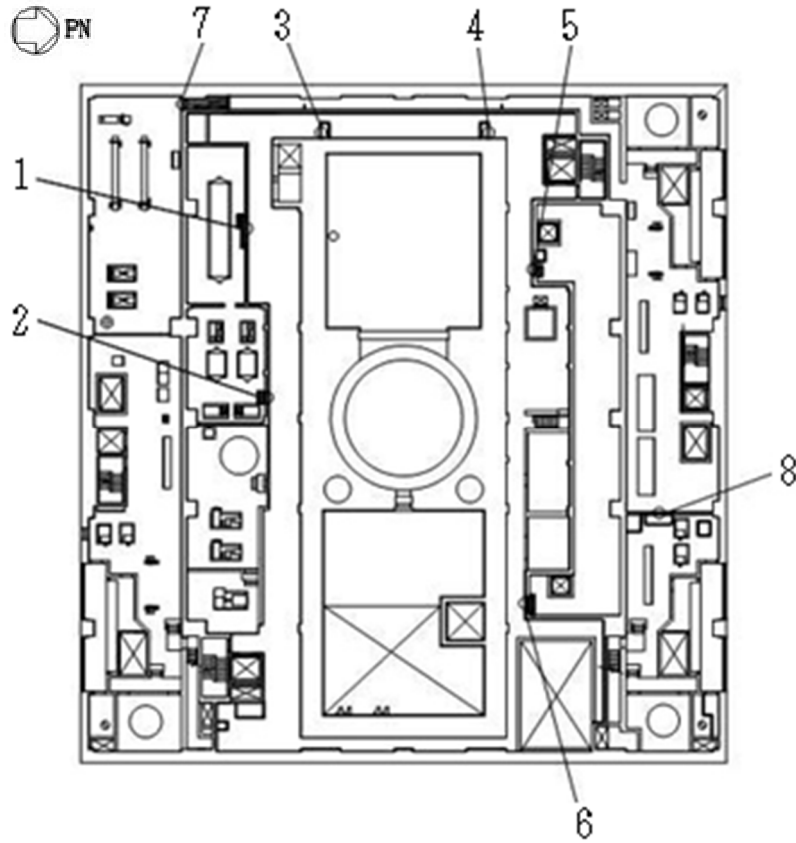


図 2-1 堰の設置位置図(6/16)



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 (R3R4-RARB) 通路 止水堰
4	原子炉建屋地上 3 階 (R4R5-RARB) 通路 止水堰
5	原子炉建屋地上 3 階 (R5R6-RBRC) 主蒸気隔離弁・逃がし安全弁ラッピング室 止水堰 1
6	原子炉建屋地上 3 階 (R5R6-RERF) 主蒸気隔離弁・逃がし安全弁ラッピング室 止水堰
7	原子炉建屋地上 3 階 (R2R3-RARB) 通路 止水堰
8	原子炉建屋地上 3 階 (R6R7-RERF) 非常用ディーゼル発電機 (C) 補機室 止水堰

図 2-1 堰の設置位置図(7/16)

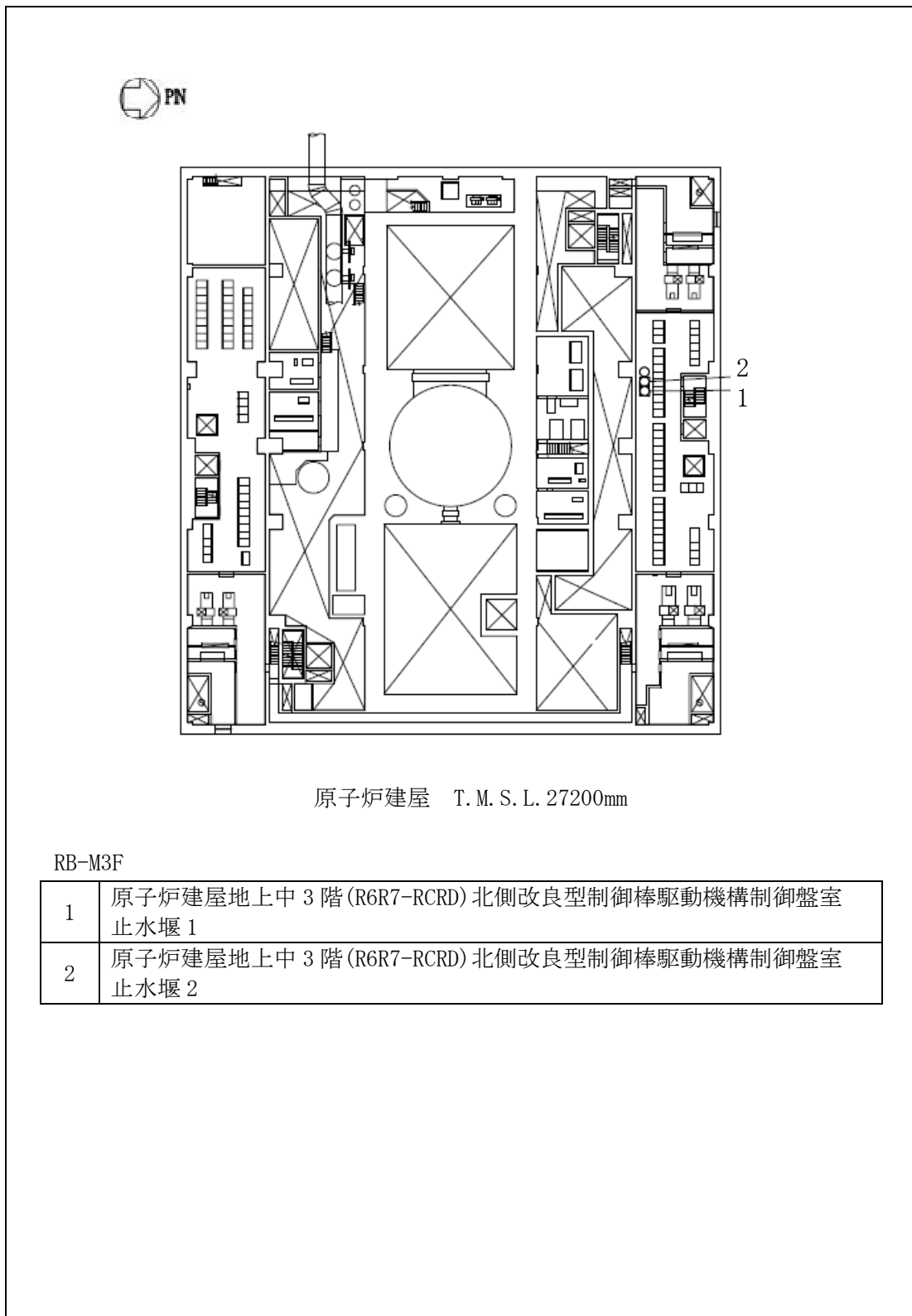
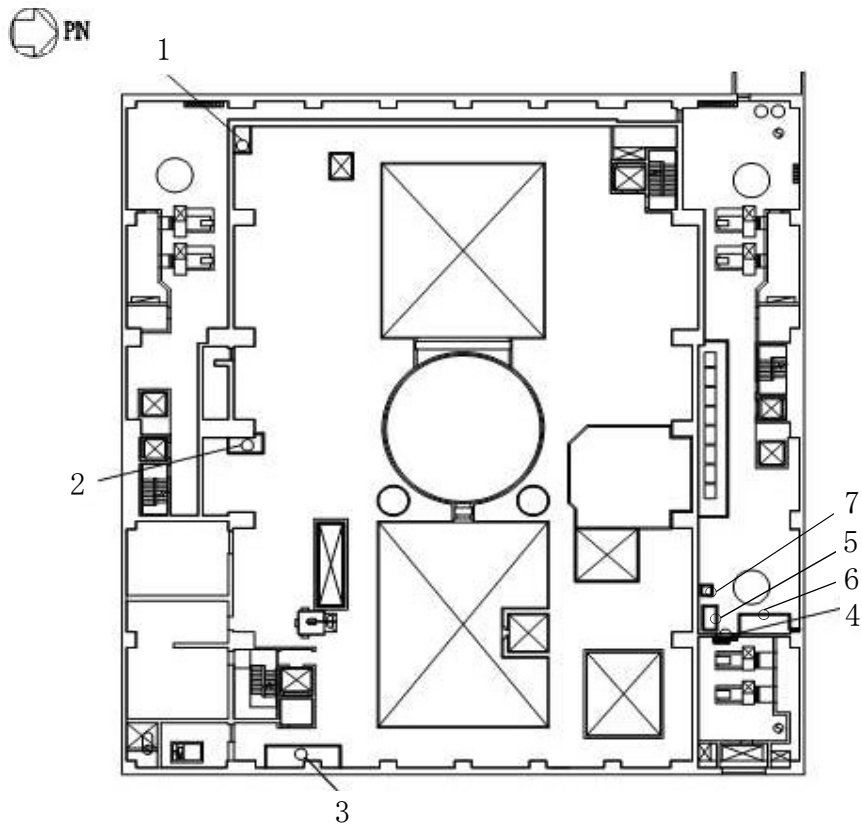


図 2-1 堰の設置位置図(8/16)

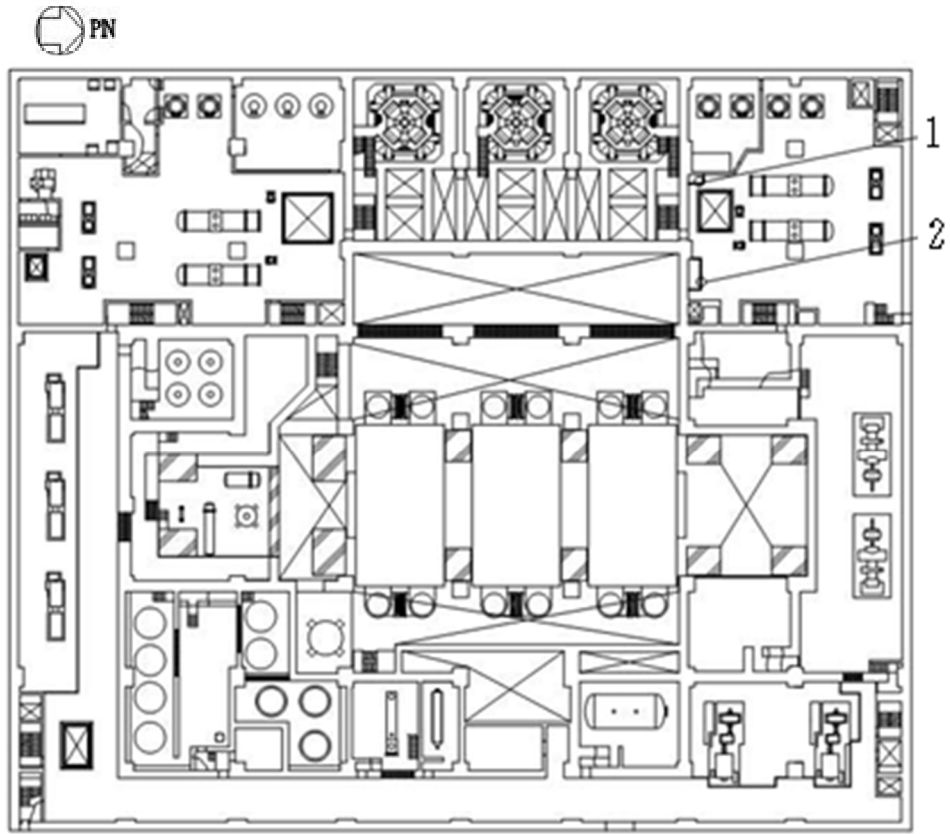


原子炉建屋 T. M. S. L. 31700mm

RB-4F

1	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
2	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
3	原子炉建屋地上 4 階 (R2R3-RFRG) 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-RFRG) 非常用ディーゼル発電機 (C) 区域 排風機室, 給気ルーバ室	止水堰
5	原子炉建屋地上 4 階 (R6R7-RERF) 通路	止水堰 1
6	原子炉建屋地上 4 階 (R6R7-RERF) 通路	止水堰 2
7	原子炉建屋地上 4 階 (R6R7-RERF) 通路	止水堰 3

図 2-1 堰の設置位置図(9/16)



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-TBTC) 原子炉補機冷却系 熱交換器・ポンプ室 止水堰
2	タービン建屋地下 1 階 (T7T8-TCTD) 原子炉補機冷却系 熱交換器・ポンプ室 止水堰

K7 ① V-3-別添 3-2-4 R0

図 2-1 堰の設置位置図(10/16)

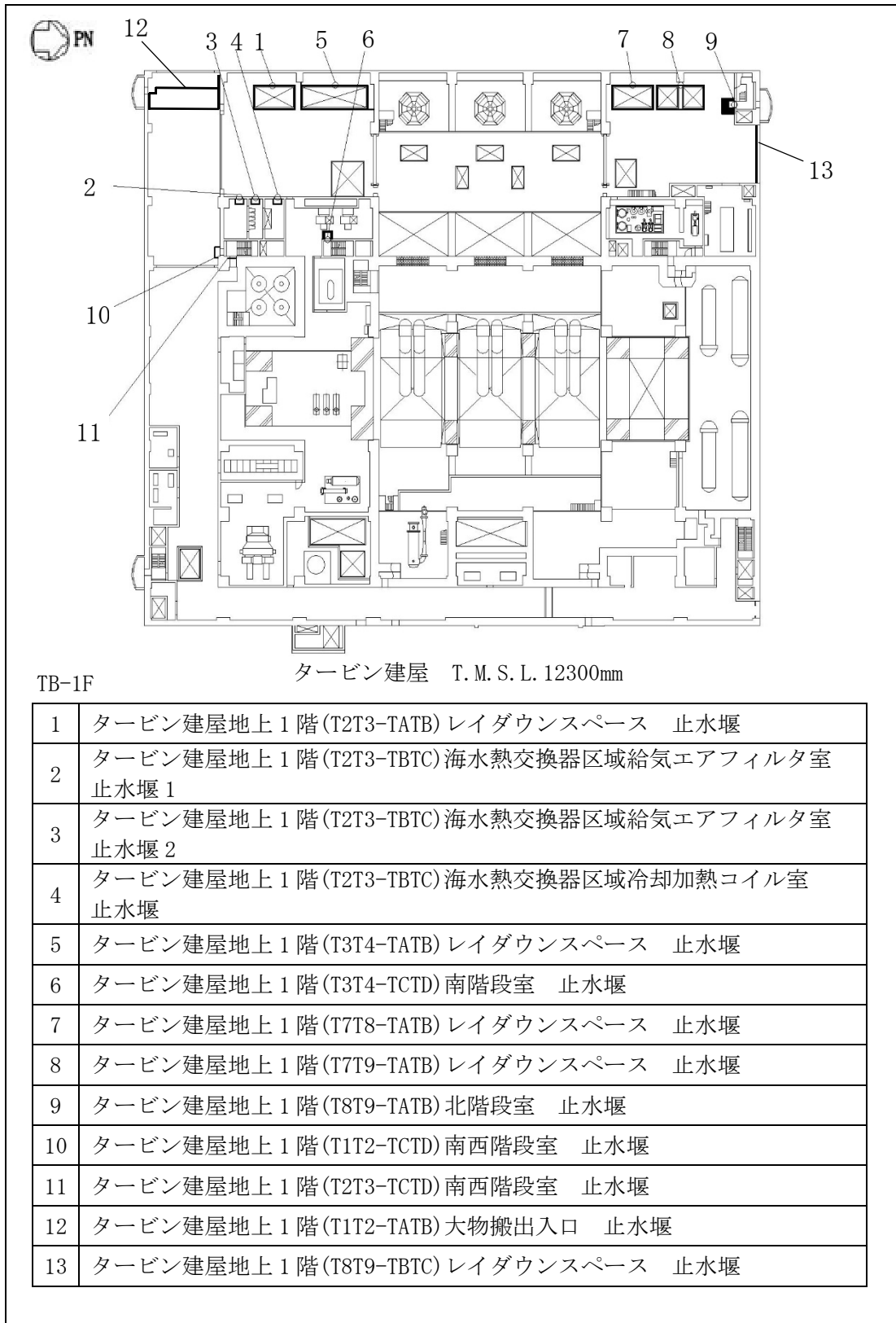
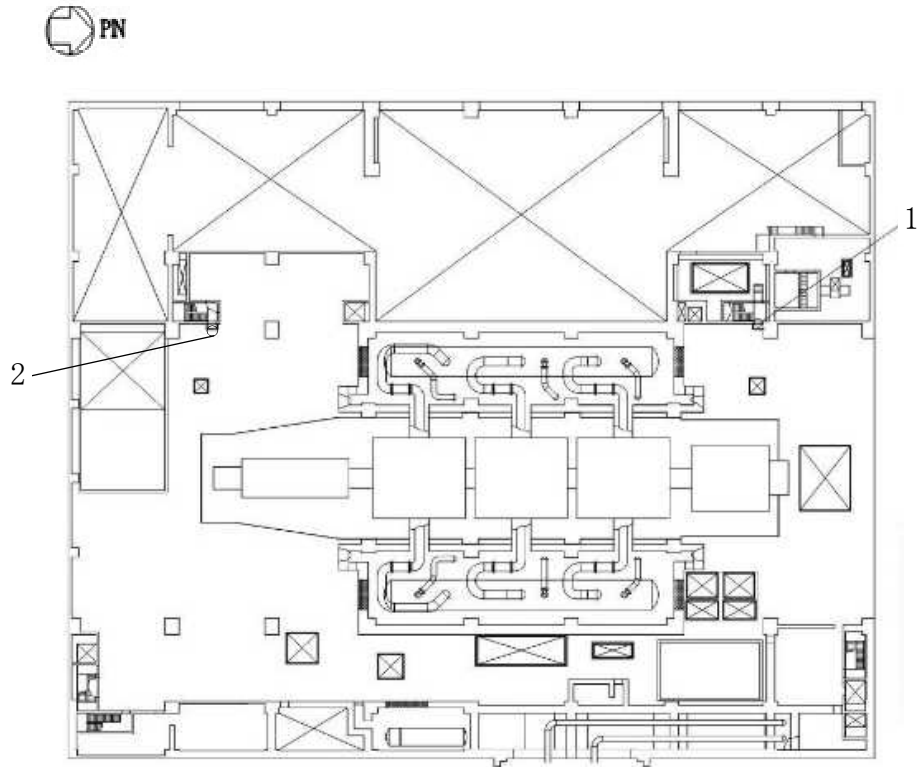


図 2-1 堰の設置位置図(11/16)

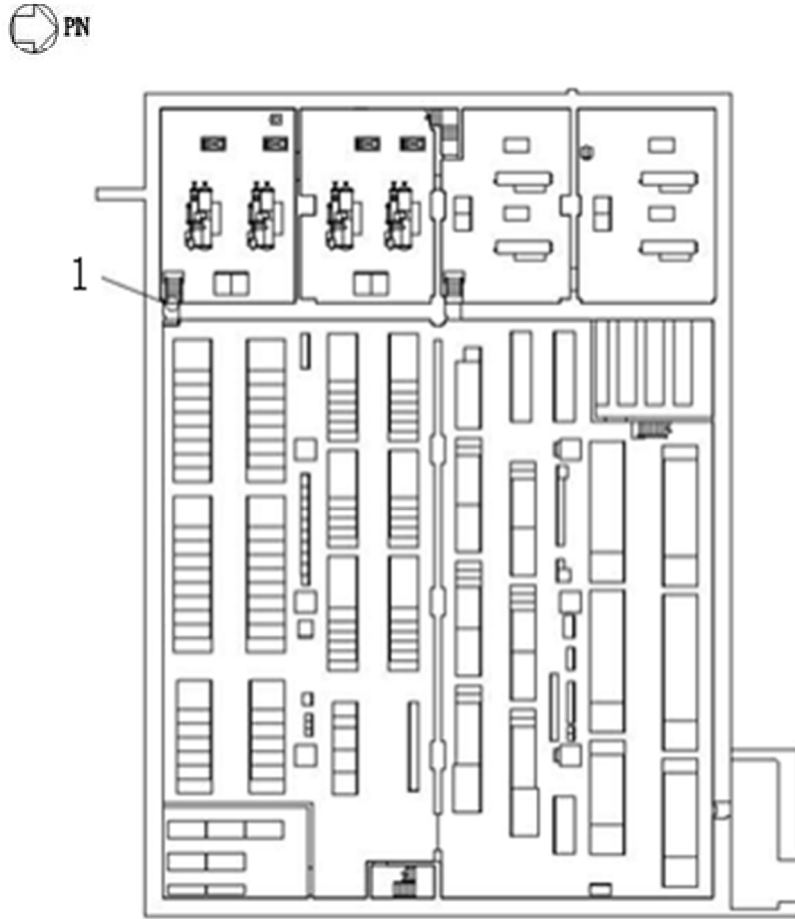


タービン建屋 T. M. S. L. 20400mm

TB-2F

1	タービン建屋地上 2 階 (T7T8-TDTE) 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

図 2-1 堰の設置位置図(12/16)



コントロール建屋 T. M. S. L. -2700mm

CB-B2F

1	7号機コントロール建屋地下2階(C1C2-CCCD)常用電気品室 止水堰
---	--------------------------------------

図 2-1 堰の設置位置図(13/16)

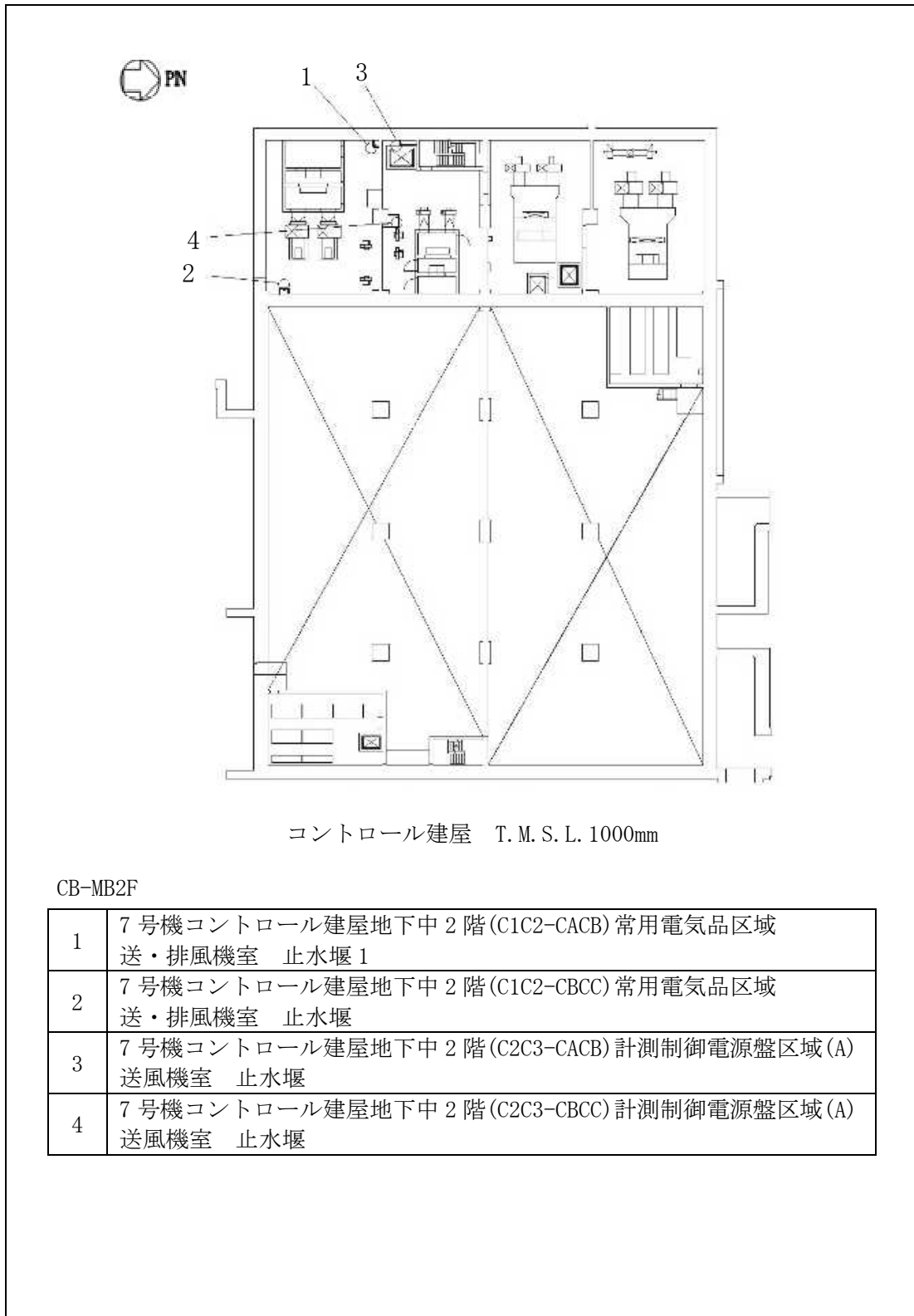
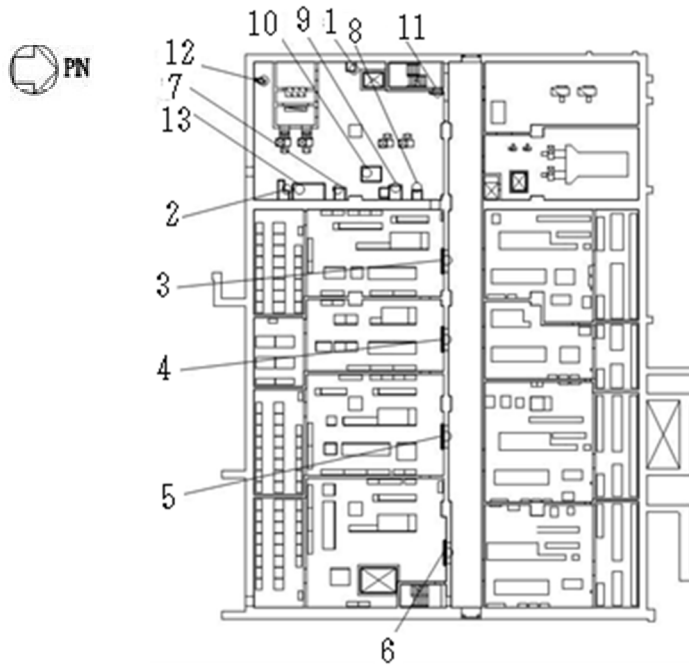


図 2-1 堰の設置位置図(14/16)

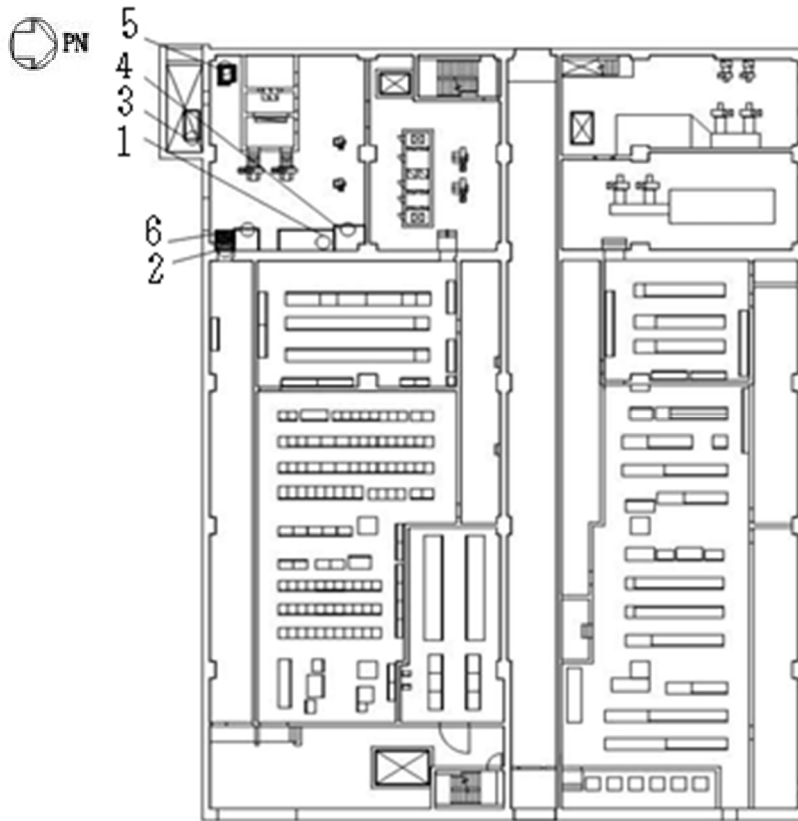


コントロール建屋 T. M. S. L. 6500mm

CB-B1F

1	7号機コントロール建屋地下1階(C1C2-CACB)計測制御電源盤区域(C)送・排風機室 止水堰 2
2	7号機コントロール建屋地下1階(C1C2-CBCC)計測制御電源盤区域(C)送・排風機室 止水堰 3
3	7号機コントロール建屋地下1階(C2C3-CCCD)区分Ⅰ計測制御用電源盤室 止水堰
4	7号機コントロール建屋地下1階(C2C3-CDCE)区分Ⅳ計測制御用電源盤室 止水堰
5	7号機コントロール建屋地下1階(C2C3-CECF)区分Ⅱ計測制御用電源盤室 止水堰
6	7号機コントロール建屋地下1階(C2C3-CFCG)区分Ⅲ計測制御用電源盤室 止水堰
7	7号機コントロール建屋地下1階(C1C2-CBCC)計測制御電源盤区域(C)送・排風機室 止水堰 1
8	7号機コントロール建屋地下1階(C2C3-CBCC)計測制御電源盤区域(C)送・排風機室 止水堰 1
9	7号機コントロール建屋地下1階(C2C3-CBCC)計測制御電源盤区域(C)送・排風機室 止水堰 2
10	7号機コントロール建屋地下1階(C2C3-CBCC)計測制御電源盤区域(C)送・排風機室 止水堰 3
11	7号機コントロール建屋地下1階(C2C3-CACB)計測制御電源盤区域(C)送・排風機室 止水堰
12	7号機コントロール建屋地下1階(C1C2-CACB)計測制御電源盤区域(C)送・排風機室 止水堰 1
13	7号機コントロール建屋地下1階(C1C2-CBCC)計測制御電源盤区域(C)送・排風機室 止水堰 2

図 2-1 堰の設置位置図(15/16)

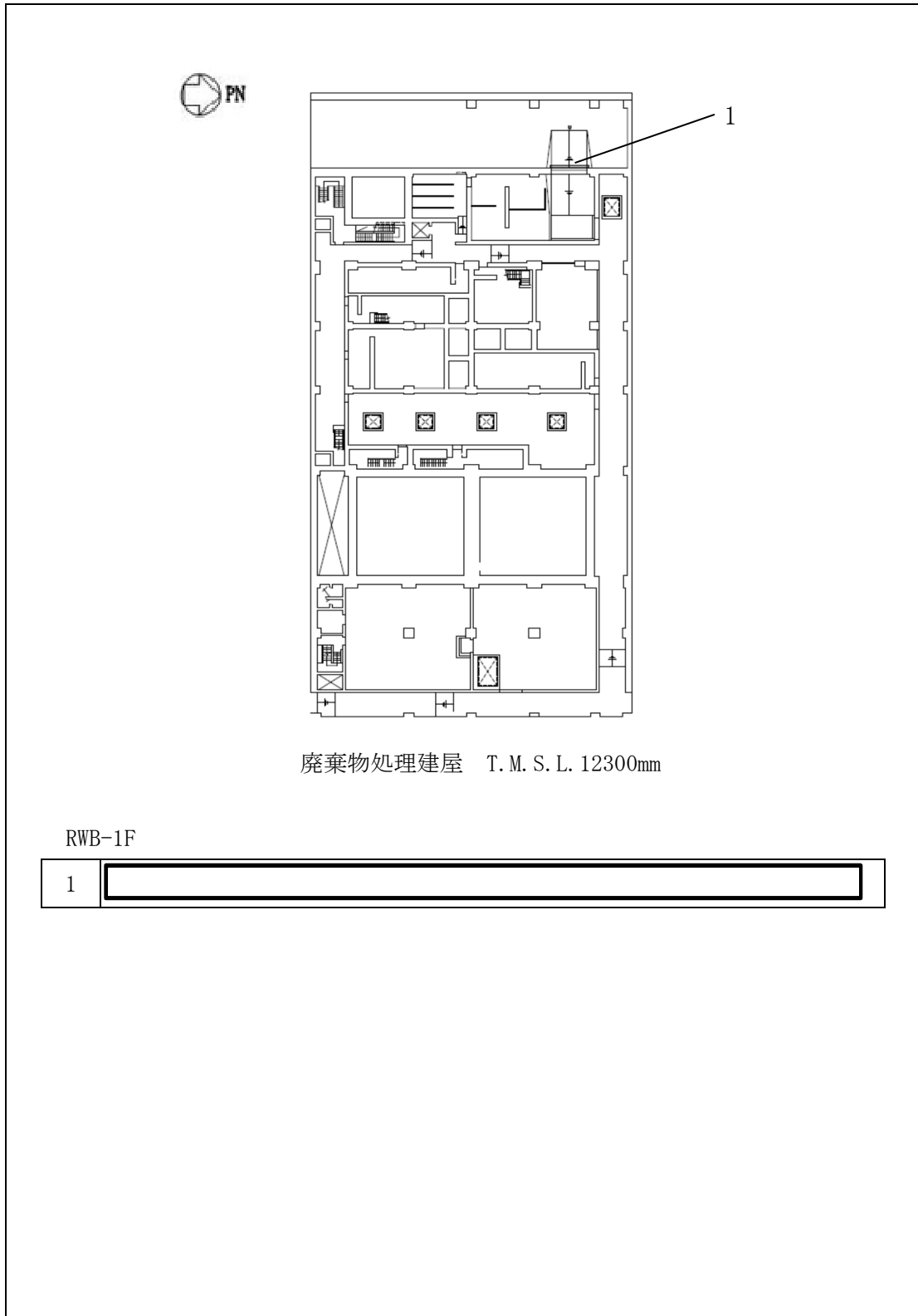


コントロール建屋 T. M. S. L. 12300mm

CB-1F

1	7号機コントロール建屋地上1階(C1C2-CBCC)計測制御電源盤区域(B)送・排風機室 止水堰 2
2	7号機コントロール建屋地上1階(C1C2-CBCC)計測制御電源盤区域(B)送・排風機室 止水堰 4
3	7号機コントロール建屋地上1階脇トレンチ(C1-CACB) 止水堰
4	7号機コントロール建屋地上1階(C1C2-CBCC)計測制御電源盤区域(B)送・排風機室 止水堰 1
5	7号機コントロール建屋地上1階(C1C2-CACB)計測制御電源盤区域(B)送・排風機室 止水堰
6	7号機コントロール建屋地上1階(C1C2-CBCC)計測制御電源盤区域(B)送・排風機室 止水堰 3

図 2-1 堰の設置位置図(16/16)



2.3 構造計画

堰の構造は、V-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型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型鋼製堰の概略構造図を図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
基礎・支持構造	主体構造	
鋼製板又はH型鋼を床面にアンカーボルトにて固定する。	鋼製板又はH型鋼，アンカーボルトにて構成する。	図2-2

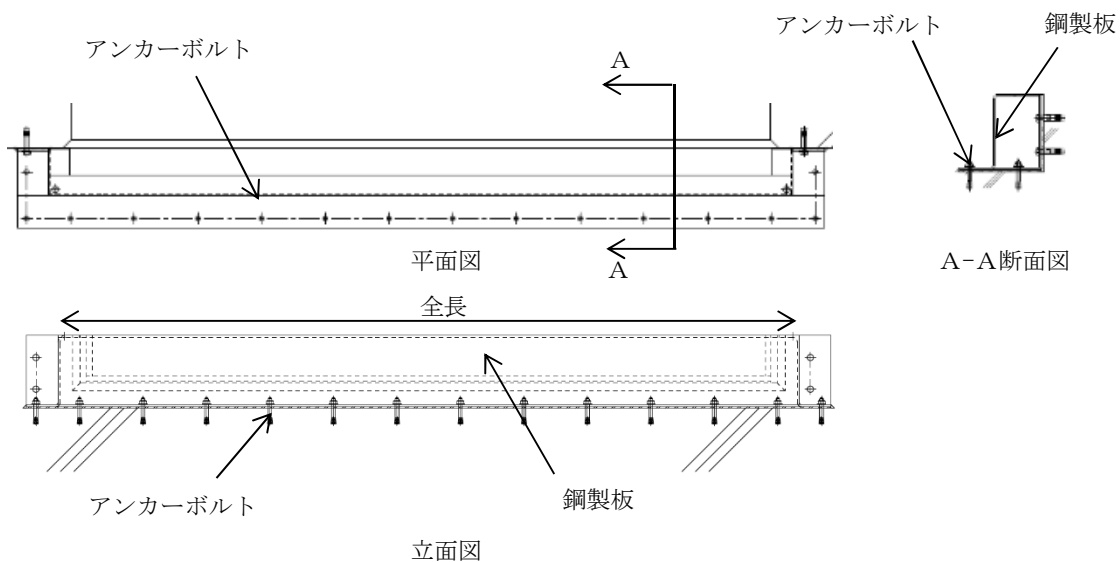


図2-2 L型鋼製堰の概略構造図

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接合する構造とする。鋼製落とし込み型堰の概略構造図を図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
基礎・支持構造	主体構造	
鋼製板をコンクリート躯体にアンカーボルトにて固定する。	鋼製板，アンカーボルトにて構成する。	図2-3

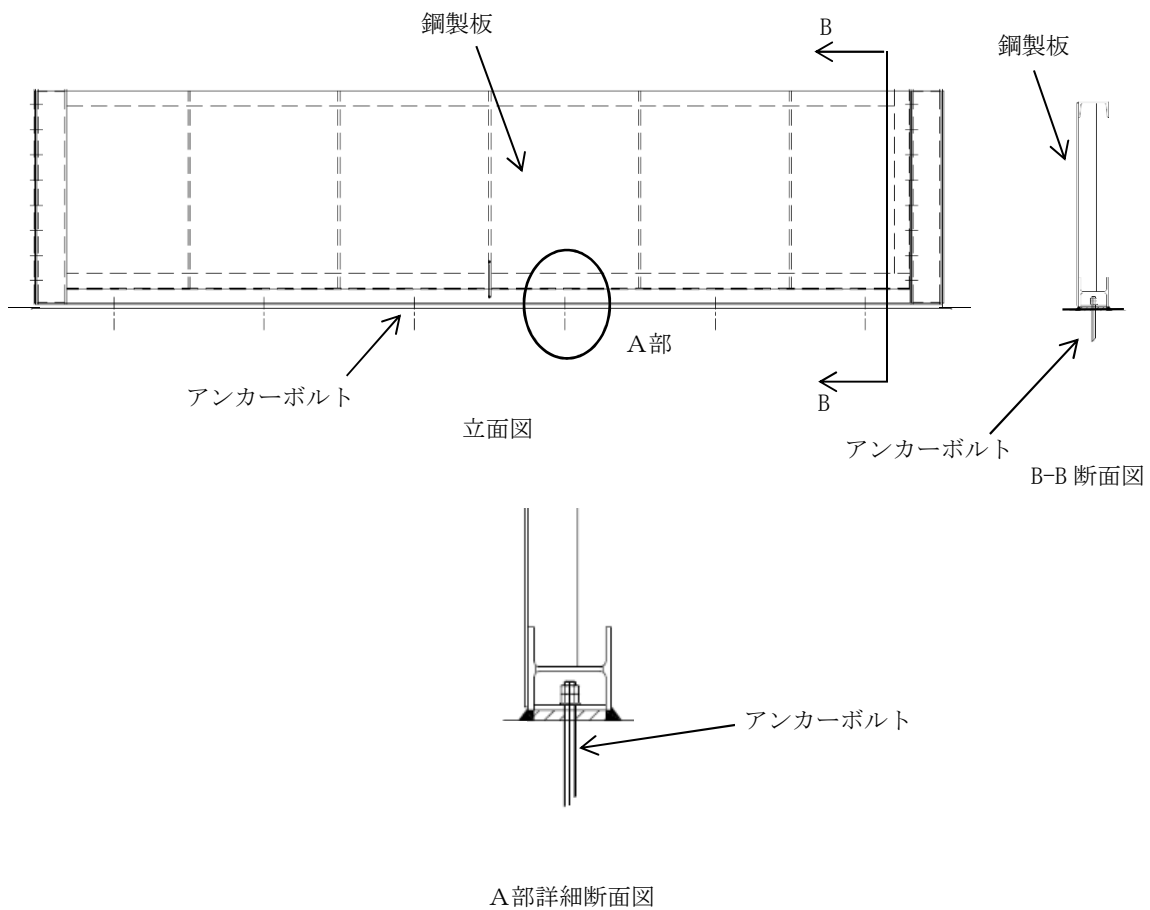


図 2-3 鋼製落とし込み型堰の概略構造図

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、アンカー筋あるいはアンカーボルトにより、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。

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
基礎・支持構造	主体構造	
堰を既設コンクリート床面にアンカー筋で固定する。	コンクリート、主筋（横筋）及びアンカー筋により構成する。	

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
基礎・支持構造	主体構造	
堰を既設コンクリート床面にアンカーボルトで固定する。	コンクリート、主筋（縦筋、横筋）及びアンカーボルトにより構成する。	

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。鋼板組合せ堰の概略構造図を図2-4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
基礎・支持構造	主体構造	
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。	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。	図2-4

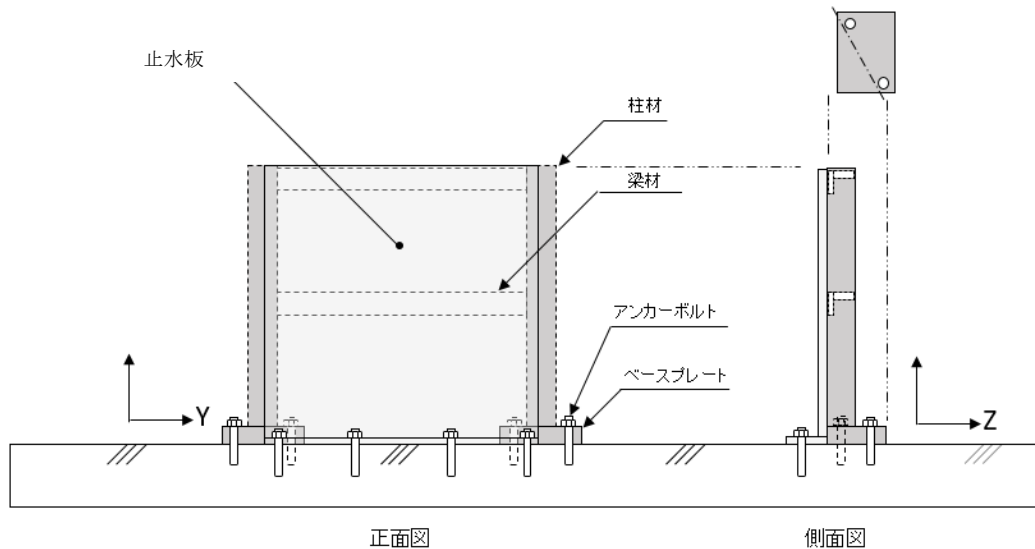


図 2-4 鋼板組合せ堰の概略構造図

2.4 評価方針

堰の強度評価は、V-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。

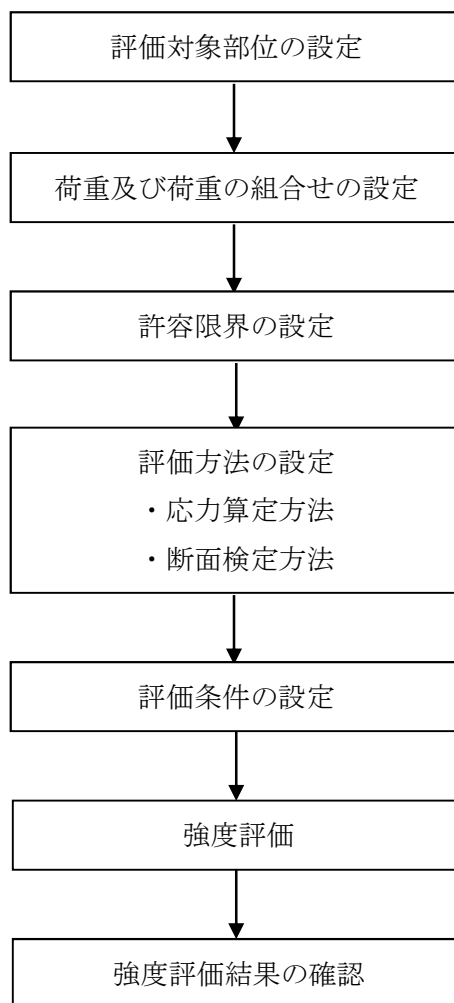


図 2-5 堰の強度評価フロー

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)
- ・ 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 基礎編 α2 機械力学((社)日本機械学会, 2004 改定)
- ・ 機械工学便覧 基礎編 α3 材料力学((社)日本機械学会, 2005 改定)
- ・ 日本工業規格(J I S) (日本規格協会)

3. 強度評価方法

堰の強度評価は、V-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
ρ_0	t/m ³	水の密度
g	m/s ²	重力加速度
Ph	kN/m ²	静水圧荷重
σ	N/mm ²	鋼製板の最大曲げ応力度
M _h	kN・m/m	鋼製板の最大曲げモーメント
T	kN	アンカーボルトに生じる最大引張力
q	kN	アンカーボルトに生じる最大せん断力
H	mm	止水堰の高さ
Z	mm ³ /m	鋼製板の断面係数
L	mm	堰全長
b	mm	鋼製板の折り曲げ部の幅
e	mm	アンカーボルトの穴縁端距離
N	本	アンカーボルトの本数
Ta	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
Qa	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

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
ρ_0	t/m ³	水の密度
g	m/s ²	重力加速度
Ph	kN/m ²	静水圧荷重
σ	N/mm ²	鋼製板の最大曲げ応力度
M _h	kN・m/m	鋼製板の最大曲げモーメント
T	kN	アンカーボルトに生じる最大引張力
q	kN	アンカーボルトに生じる最大せん断力
H	mm	止水堰の高さ
Z	mm ³ /m	鋼製板の断面係数
N	本	アンカーボルトの本数
Qa	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

表 3-3 鉄筋コンクリート堰の強度評価に用いる記号

記号	単位	定義
ρ_0	t/m ³	水の密度
g	m/s ²	重力加速度
Ph	kN/m ²	静水圧荷重
M _h	kN・m/m	堰に生じる最大曲げモーメント
T	kN	アンカーボルト及びアンカー筋に生じる最大引張力
Q _h	kN・m/m	堰に生じる最大せん断力
q	kN	アンカーボルト及びアンカー筋に生じる最大せん断力
T	kN	縦筋に生じる最大引張力
q	kN	縦筋に生じる最大せん断力
τ'	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
σ_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
H	mm	止水堰の高さ
b'	mm	縦筋の重心位置から躯体端部までの距離
N	本	アンカーボルト及びアンカー筋の本数
N	本	縦筋の本数
T _a	kN	アンカーボルト及びアンカー筋に生じる引張に対する短期許容荷重
Q _a	kN	アンカーボルト及びアンカー筋に生じるせん断に対する短期許容荷重
T _a	kN	縦筋に生じる引張に対する短期許容荷重
Q _a	kN	縦筋に生じるせん断に対する短期許容荷重
w ₁	kN	堰重量
Z	mm ³ /m	堰の断面係数

表 3-4 鋼板組合せ堰の強度評価に用いる記号

記号	単位	定義
ρ_0	kg/m ³	溢水の密度
g	m/s ²	重力加速度
H	mm	止水堰の高さ，または溢水評価水位以上の高さ
Ph	N/mm ²	静水圧荷重
σ_p	N/mm ²	止水板の曲げ応力度
t	mm	止水板の板厚
a	mm	止水板の長辺方向の幅
β	—	長方形板の最大応力の係数
h_1	mm	評価する止水板の最下端の高さ
h_2	mm	評価する梁材の最下端の高さ
σ_f	N/mm ²	梁材の曲げ応力度
M_f	N・mm	梁材の曲げモーメント
τ_f	N/mm ²	梁材のせん断応力度
Q_f	N	梁材の発生せん断力
σ_{ef}	N/mm ²	梁材の組合せ応力度
a'	mm	梁材 1 本あたりが負担する止水板の幅
L'	mm	評価する梁材の長さ
Z	mm ³	梁材の断面係数
A_s	mm ²	梁材のせん断断面積
P_0	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
v_0	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
T	N	床側アンカーボルト発生引張力
M_h	N・mm	転倒モーメント
S	N	床側アンカーボルト発生せん断力
R_s	N	止水堰下端の発生せん断力
q	N	壁側アンカーボルト発生せん断力
R_q	N	片側の壁の発生せん断力
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
e	mm	床側アンカーボルト位置からの縁端距離
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
σ_Y	N/mm ²	柱材の曲げ応力度
M_Y	N・mm	柱材の曲げモーメント
τ_Y	N/mm ²	柱材のせん断応力度
Q_Y	N	柱材の発生せん断力
σ_{eY}	N/mm ²	柱材の組合せ応力度
L	mm	止水堰の全幅
B	mm	止水堰の側面全幅
L_1'	mm	柱材 1 本あたりが負担する柱材及び止水板の幅
Z_Y	mm ³	柱材の断面係数
A_Y	mm ²	柱材のせん断断面積
σ_{ps}	N/mm ²	ベースプレートの曲げ応力度
L_{PS}	mm	ベースプレートのレバー長さ
Z_{PS}	mm ³	ベースプレートの断面係数

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、V-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、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、鋼製板と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、アンカーボルトとした。

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

堰No.	名称	設置床高さ (T. M. S. L.)	評価対象 設備 (代表)
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-8	原子炉建屋地上3階 (R6R7-RERF) 非常用ディーゼル発電機(C)補機室 止水堰	23.5m	
RB-4F-4	原子炉建屋地上4階 (R6R7-RFRG) 非常用ディーゼル発電機(C)区域排風機室, 給気ルーバ室 止水堰	31.7m	
TB-1F-2	タービン建屋地上1階 (T2T3-TBTC) 海水熱交換器区域給気エアフィルタ室 止水堰1	12.3m	
TB-1F-3	タービン建屋地上1階 (T2T3-TBTC) 海水熱交換器区域給気エアフィルタ室 止水堰2	12.3m	
TB-1F-4	タービン建屋地上1階 (T2T3-TBTC) 海水熱交換器区域冷却加熱コイル室 止水堰	12.3m	
TB-1F-10	タービン建屋地上1階 (T1T2-TCTD) 南西階段室 止水堰	12.3m	
TB-1F-11	タービン建屋地上1階 (T2T3-TCTD) 南西階段室 止水堰	12.3m	
TB-2F-1	タービン建屋地上2階 (T7T8-TDTE) 北西階段室 止水堰	20.4m	
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	
CB-B2F-1	7号機コントロール建屋地下2階 (C1C2-CCCD) 常用電気品室 止水堰	-2.7m	
CB-B1F-3	7号機コントロール建屋地下1階 (C2C3-CCCD) 区分I計測制御用電源盤室 止水堰	6.5m	
CB-B1F-4	7号機コントロール建屋地下1階 (C2C3-CDCE) 区分IV計測制御用電源盤室 止水堰	6.5m	
CB-B1F-5	7号機コントロール建屋地下1階 (C2C3-CECF) 区分II計測制御用電源盤室 止水堰	6.5m	
CB-B1F-6	7号機コントロール建屋地下1階 (C2C3-CFCG) 区分III計測制御用電源盤室 止水堰	6.5m	
CB-B1F-11	7号機コントロール建屋地下1階 (C2C3-CACB) 計測制御用電源盤区域(C)送・排風機室 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 3-6 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)
RB-2F-8	原子炉建屋地上2階 (R2R3-RARB) 燃料プール冷却浄化系熱交換器室 止水堰	18.1m	
TB-1F-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	12.3m	○*
TB-1F-13	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、アンカー筋又はアンカーボルト、縦筋とした。

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.)	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-RBRC) 残留熱除去系(A)配管室 止水堰	4.8m	
RB-B1F-4	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-5	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 (R5R6-RBRC) 残留熱除去系(A)配管室 止水堰	8.5m	
RB-1F-2	原子炉建屋地上1階 (R1R2-RBRC) ほう酸水注入系ベネ、電気ベネ室 止水堰	12.3m	
RB-1F-3	原子炉建屋地上1階 (R3R4-RFRG) 電気ベネ室 止水堰	12.3m	
RB-1F-4	原子炉建屋地上1階 (R4R5-RFRG) 可燃性ガス濃度制御系再結合装置室 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・電気ベネ室 止水堰	12.3m	
RB-2F-3	原子炉建屋地上2階 (R5R6-RARB) 主蒸気系トンネル室、配管ベネ室 止水堰	18.1m	
RB-2F-4	原子炉建屋地上2階 (R5R6-RARB) 通路 止水堰	18.1m	
RB-2F-5	原子炉建屋地上2階 (R5R6-RCRD) 電気ベネ室 止水堰	18.1m	
RB-3F-7	原子炉建屋地上3階 (R2R3-RARB) 通路 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-5	原子炉建屋地上3階 (R5R6-RBRC) 主蒸気隔離弁・逃がし安全弁ラッピング室 止水堰1	23.5m	
RB-3F-6	原子炉建屋地上3階 (R5R6-RERF) 主蒸気隔離弁・逃がし安全弁ラッピング室 止水堰	23.5m	
TB-1F-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	12.3m	○*
TB-1F-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	12.3m	
TB-1F-6	タービン建屋地上1階 (T3T4-TCTD) 南階段室 止水堰	12.3m	
TB-1F-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	12.3m	
TB-1F-9	タービン建屋地上1階 (T8T9-TATB) 北階段室 止水堰	12.3m	
TB-1F-12	タービン建屋地上1階 (T1T2-TATB) 大物搬出入口 止水堰	12.3m	
CB-1F-2	7号機コントロール建屋地上1階 (C1C2-CBCC) 計測制御電源盤区域(B)送・排風機室 止水堰4	12.3m	
RWB-1F-1	廃棄物処理建屋1階トラック室出入口(6号機設備, 5, 6, 7号機共用)	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。

3.2.3 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、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 (R2R3-RERF) 通路 止水堰	-1.7m	
RB-B2F-3	原子炉建屋地下2階 (R3R4-RERF) 通路 止水堰	-1.7m	
RB-B2F-4	原子炉建屋地下2階 (R4R5-RERF) 通路 止水堰	-1.7m	
RB-B2F-5	原子炉建屋地下2階 (R5R6-RERF) 通路 止水堰	-1.7m	
RB-B2F-6	原子炉建屋地下2階 (R6R7-RDRE) 通路 止水堰	-1.7m	
RB-1F-1	原子炉建屋地上1階 (R1R2-RARB) 通路 止水堰	12.3m	
RB-1F-5	原子炉建屋地上1階 (R5R6-RARB) 通路 止水堰1	12.3m	
RB-1F-6	原子炉建屋地上1階 (R5R6-RARB) 通路 止水堰2	12.3m	
RB-1F-8	原子炉建屋地上1階 (R5R6-RFRG) 通路 止水堰	12.3m	
RB-2F-1	原子炉建屋地上2階 (R2R3-RFRG) 通路 止水堰1	18.1m	
RB-2F-2	原子炉建屋地上2階 (R2R3-RFRG) 通路 止水堰2	18.1m	
RB-2F-6	原子炉建屋地上2階 (R6R7-RBRC) 通路 止水堰	18.1m	
RB-2F-7	原子炉建屋地上2階 (R6R7-RERF) 通路 止水堰	18.1m	
RB-2F-9	原子炉建屋地上2階 (R5R6-RCRD) 通路 止水堰	18.1m	
RB-3F-3	原子炉建屋地上3階 (R3R4-RARB) 通路 止水堰	23.5m	
RB-3F-4	原子炉建屋地上3階 (R4R5-RARB) 通路 止水堰	23.5m	
RB-M3F-1	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1	27.2m	

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-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2	27.2m	
RB-4F-1	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-2	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	
RB-4F-3	原子炉建屋地上4階 (R2R3-RFRG) オペレーティングフロア 止水堰	31.7m	
RB-4F-5	原子炉建屋地上4階 (R6R7-RERF) 通路 止水堰1	31.7m	
RB-4F-6	原子炉建屋地上4階 (R6R7-RERF) 通路 止水堰2	31.7m	
RB-4F-7	原子炉建屋地上4階 (R6R7-RERF) 通路 止水堰3	31.7m	
TB-B1F-1	タービン建屋地下1階 (T7T8-TBTC) 原子炉補機冷却系 (A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 (T7T8-TCTD) 原子炉補機冷却系 (A系) 熱交換器・ポンプ室 止水堰	4.9m	
CB-MB2F-1	7号機コントロール建屋地下中2階 (C1C2-CACB) 常用電気品区域送・排風機室 止水堰1	1m	
CB-MB2F-2	7号機コントロール建屋地下中2階 (C1C2-CBCC) 常用電気品区域送・排風機室 止水堰	1m	
CB-MB2F-3	7号機コントロール建屋地下中2階 (C2C3-CACB) 計測制御電源盤区域 (A) 送風機室 止水堰	1m	
CB-MB2F-4	7号機コントロール建屋地下中2階 (C2C3-CBCC) 計測制御電源盤区域 (A) 送風機室 止水堰	1m	
CB-B1F-1	7号機コントロール建屋地下1階 (C1C2-CACB) 計測制御電源盤区域 (C) 送・排風機室 止水堰2	6.5m	
CB-B1F-10	7号機コントロール建屋地下1階 (C2C3-CBCC) 計測制御電源盤区域 (C) 送・排風機室 止水堰3	6.5m	
CB-B1F-12	7号機コントロール建屋地下1階 (C1C2-CACB) 計測制御電源盤区域 (C) 送・排風機室 止水堰1	6.5m	
CB-B1F-13	7号機コントロール建屋地下1階 (C1C2-CBCC) 計測制御電源盤区域 (C) 送・排風機室 止水堰2	6.5m	
CB-B1F-2	7号機コントロール建屋地下1階 (C1C2-CBCC) 計測制御電源盤区域 (C) 送・排風機室 止水堰3	6.5m	
CB-B1F-7	7号機コントロール建屋地下1階 (C1C2-CBCC) 計測制御電源盤区域 (C) 送・排風機室 止水堰1	6.5m	
CB-B1F-8	7号機コントロール建屋地下1階 (C2C3-CBCC) 計測制御電源盤区域 (C) 送・排風機室 止水堰1	6.5m	
CB-B1F-9	7号機コントロール建屋地下1階 (C2C3-CBCC) 計測制御電源盤区域 (C) 送・排風機室 止水堰2	6.5m	
CB-1F-1	7号機コントロール建屋地上1階 (C1C2-CBCC) 計測制御電源盤区域 (B) 送・排風機室 止水堰2	12.3m	
CB-1F-3	7号機コントロール建屋地上1階脇トレンチ (C1-CACB) 止水堰	12.3m	
CB-1F-4	7号機コントロール建屋地上1階 (C1C2-CBCC) 計測制御電源盤区域 (B) 送・排風機室 止水堰1	12.3m	
CB-1F-5	7号機コントロール建屋地上1階 (C1C2-CACB) 計測制御電源盤区域 (B) 送・排風機室 止水堰	12.3m	
CB-1F-6	7号機コントロール建屋地上1階 (C1C2-CBCC) 計測制御電源盤区域 (B) 送・排風機室 止水堰3	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。

3.3 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、V-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。

$$Ph = \rho_0 \cdot g \cdot H$$

3.3.2 荷重の組合せ

強度評価に用いる荷重の組合せは、V-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	Ph

3.4 許容限界

堰の許容限界は、V-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または、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

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 鋼製板の短期許容応力度

材料	短期許容応力度		
	曲げ (N/mm ²)	せん断 (N/mm ²)	組合せ (N/mm ²)
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 3-11 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 (N)	せん断 (N)
SUS304	5700	2200

3.4.2 鋼製落とし込み型堰の許容限界

(1) 鋼製板

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 鋼製板の許容応力度

材料	短期許容応力度		
	曲げ (N/mm ²)	せん断 (N/mm ²)	組合せ (N/mm ²)
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 3-13 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 3-13 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	25600	14400

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 —許容応力度設計法—（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 3-14 に示す。

表 3-14 コンクリートの短期許容応力度

材料	短期許容応力度 (N/mm ²)	
	圧縮	せん断
コンクリート	14.0	1.05

(2) 縦筋

各種合成構造設計指針・同解説（（社）日本建築学会，2010年改定）に基づき算定した縦筋の短期許容荷重を表3-15示す。

表3-15 縦筋の短期許容荷重

種類	短期許容荷重 (kN)	
	引張り	せん断
SD295A	295	295

(3) アンカーボルト，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3-16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3-16 アンカーボルト，アンカー筋の短期許容荷重

材料	短期許容荷重	
	引張り (N)	せん断 (N)
SD295	23900	17300

3.4.4 鋼板組合せ堰の許容限界

(1) 止水板

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）に基づき算定した短期許容応力度を表3-17に示す。

表3-17 止水板の短期許容応力度

材料	短期許容応力度
	曲げ (N/mm ²)
SS400	271

(2) 梁材及び柱材

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）に基づき算定した短期許容応力度を表 3-18 に示す。

表3-18 梁材の短期許容応力度

材料	短期許容応力度		
	曲げ (N/mm ²)	せん断 (N/mm ²)	組合せ (N/mm ²)
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 3-19 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 3-19 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	8302	9541

3.5 評価方法

堰の強度評価は、V-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。

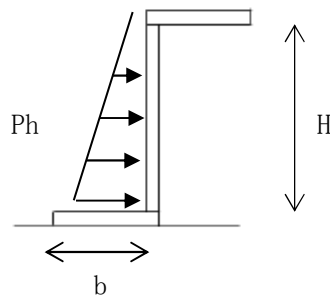


図3-1 溢水時の鋼製板に生じる力の断面概念図

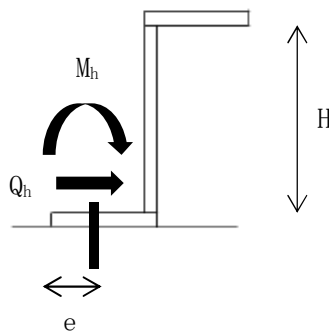


図3-2 溢水時のアンカーボルトに生じる力の断面概念図

(2) 断面検定

a. 鋼製板

(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次式より算出する。

$$Ph = \rho_0 \cdot g \cdot H \cdot 10^{-3}$$

Ph : 静水圧荷重 (kN/m²)

ρ_0 : 水の密度 (t/m³)

g : 重力加速度 (m/s²)

H : 止水堰の高さ (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。

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

$$M_h = (Ph \cdot (H \cdot 10^{-3})^2) / 6$$

σ : 鋼製板の最大曲げ応力度 (N/mm²)

M_h : 鋼製板の最大曲げモーメント (kN・m/m)

Z : 鋼製板の断面係数 (mm³/m)

Ph : 静水圧荷重 (kN/m²)

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。

$$T = (M_h \cdot L) / ((b - e) \cdot N)$$

T : アンカーボルトに生じる最大引張力 (kN)

L : 堰全長 (mm)

b : 鋼製板の折り曲げ部の幅 (mm)

e : アンカーボルトの穴縁端距離 (mm)

N : 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。

$$q = (Ph \cdot H \cdot L \cdot 10^{-6}) / (2 \cdot N)$$

q : アンカーボルトに生じる最大せん断力 (kN)

Ph : 静水圧荷重 (kN/m²)

H : 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。

$$(T / Ta)^2 + (q / Qa)^2 \leq 1$$

T : アンカーボルトに生じる最大引張力 (kN)

Ta : 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)

Qa : アンカーボルトに生じるせん断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，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，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 3-4 に示す。

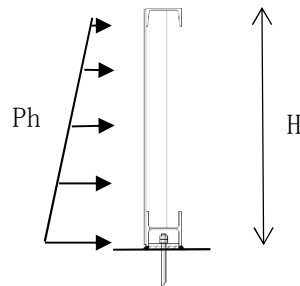


図 3-3 溢水時の鋼製板に生じる力の断面概念図

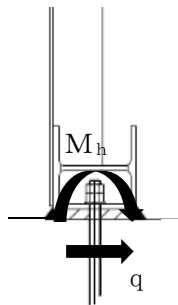


図 3-4 溢水時のアンカーボルトに生じる力の断面概念図

(2) 断面検定

a. 鋼製板

(a) 単位長さ当りの静水圧荷重

単位長さ当りの静水圧荷重は次式より算出する。

$$Ph = \rho_0 \cdot g \cdot H \cdot 10^{-3}$$

Ph : 静水圧荷重 (kN/m²)

ρ_0 : 水の密度 (t/m³)

g : 重力加速度 (m/s²)

H : 止水堰の高さ (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。

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

$$M_h = (Ph \cdot (H \cdot 10^{-3})^2) / 6$$

σ : 鋼製板の曲げ応力度 (N/mm²)

M_h : 鋼製板の曲げモーメント (kN・m/m)

Z : 鋼製板の断面係数 (mm³/m)

Ph : 静水圧荷重 (kN/m²)

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。

$$T = (M_h \cdot L) / ((b - e) \cdot N)$$

T : アンカーボルトに生じる最大引張力 (kN)

L : 堰全長 (mm)

b : 鋼製板の折り曲げ部の幅 (mm)

e : アンカーボルトの穴縁端距離 (mm)

N : 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。

$$q = (Ph \cdot H \cdot L \cdot 10^{-6}) / (2 \cdot N)$$

q : アンカーボルトに生じる最大せん断力 (kN)

Ph : 静水圧荷重 (kN/m²)

H : 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。

$$(T / Ta)^2 + (q / Qa)^2 \leq 1$$

T : アンカーボルトに生じる最大引張力 (kN)

Ta : 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)

Qa : アンカーボルトに生じるせん断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

(1) 応力算定

鉄筋コンクリート製堰に生じる応力は、静水压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压荷重の曲げ成分を組み合わせるものとする。

なお、評価対象部位の名称は、堰の形状（段数）に応じて下記の通りとする。

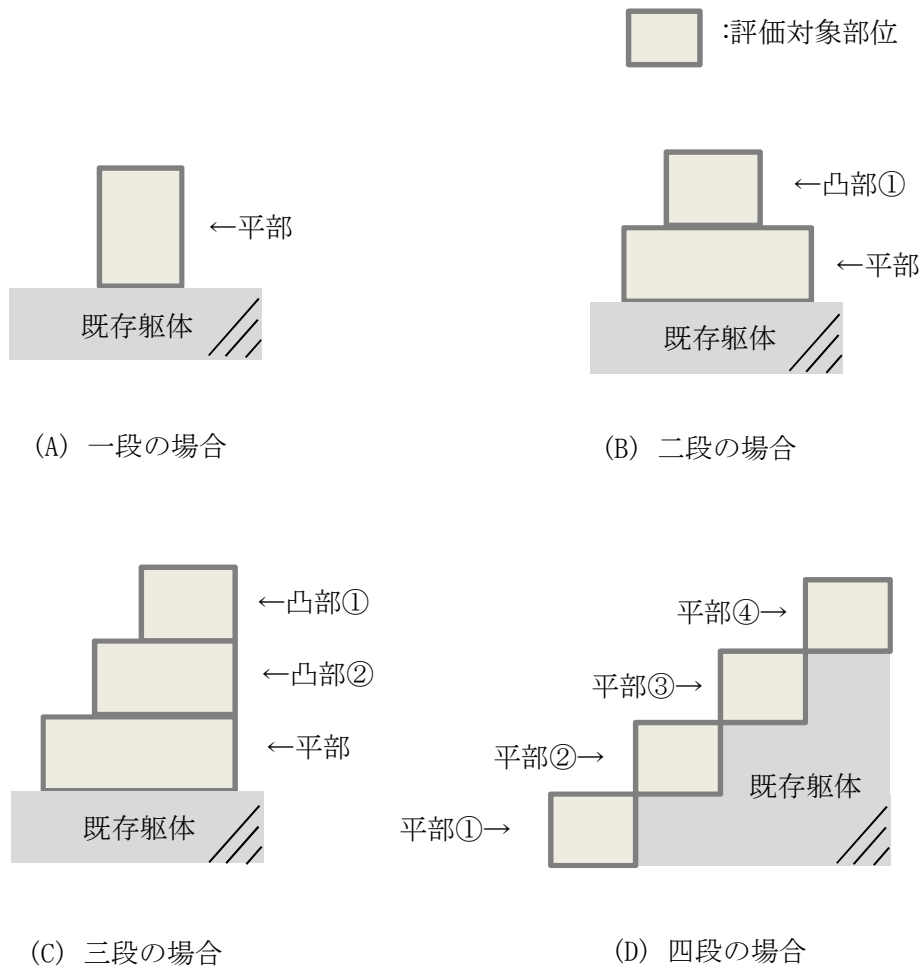


図 3-5 鉄筋コンクリート製堰の各部位の名称

静水圧荷重を受けるアンカーボルト及びアンカー筋、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。

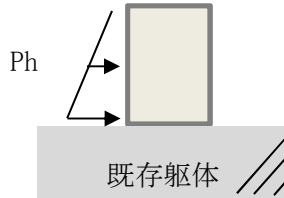


図 3-6 溢水時の鉄筋コンクリート製堰に生じる力の断面概念図

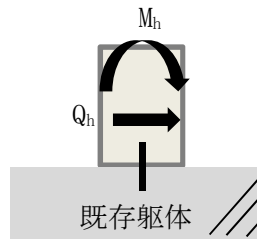


図 3-7 溢水時のアンカーボルトに生じる力の断面概念図

(2) 断面検定

a. アンカーボルト及びアンカー筋

(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次式より算出する。

$$Ph = \rho_0 \cdot g \cdot H \cdot 10^{-3}$$

Ph : 静水圧荷重 (kN/m²)

ρ_0 : 水の密度 (t/m³)

g : 重力加速度 (m/s²)

H : 止水堰の高さ (mm)

(b) 引張力に対する検定

アンカーボルト及びアンカー筋に作用する引張力を算出し、アンカーボルト及び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。

$$T = M_h \cdot L / (b' \cdot N)$$

$$M_h = (Ph \cdot (H \cdot 10^{-3})^2) / 6$$

T :アンカーボルト及び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)

N :アンカーボルト及びアンカー筋の本数 (本)

b' :アンカーボルト及びアンカー筋の重心位置から躯体端部までの距離 (mm)

(c) せん断力に対する検定

アンカーボルト及びアンカー筋に作用するせん断力は次式より算出し、アンカーボルト及び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。

$$q = Q_h / N$$

$$Q_h = Ph \cdot H \cdot L \cdot 10^{-6} / 2$$

q :アンカーボルト及び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 :アンカーボルト及びアンカー筋の本数 (本)

(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。

$$(T / T_a)^2 + (q / Q_a)^2 \leq 1$$

T :アンカーボルト及びアンカー筋に生じる最大引張力 (kN)

T_a :アンカーボルト及びアンカー筋に生じる引張りに対する短期許容荷重 (kN)

q :アンカーボルト及びアンカー筋に生じる最大せん断力 (kN)

Q_a :アンカーボルト及び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。

$$T = M_h \cdot L / (b' \cdot N)$$

$$M_h = (Ph \cdot (H \cdot 10^{-3})^2) / 6$$

T : 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)

N : 縦筋の本数 (本)

b' : 縦筋の重心位置から躯体端部までの距離 (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。

$$q = Q_h / N$$

$$Q_h = Ph \cdot H \cdot L \cdot 10^{-6} / 2$$

q : 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 : 縦筋の本数 (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 : 縦筋に生じる最大引張力 (kN)

T_a : 縦筋に生じる引張りに対する短期許容荷重 (kN)

q : 縦筋に生じる最大せん断力 (kN)

Q_a : 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。

$$\tau' = Q_h \cdot 10^3 / (L \cdot t)$$

$$Q_h = Ph \cdot H \cdot L \cdot 10^{-6} / 2$$

Q_h : 堰に生じる最大せん断力 (kN)

L : 堰全長 (mm)

τ' : 堰底部のコンクリートに生じる最大せん断応力度 (N/mm²)

t : 堰厚さ (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。

$$\sigma_c = W_1 \cdot 10^3 / (L \cdot t) + (M_h \cdot 10^6) / Z$$

σ_c : 堰底部のコンクリートに生じる最大圧縮応力度 (N/mm²)

W_1 : 堰重量 (kN)

L : 堰全長 (mm)

t : 堰厚さ (mm)

Z : 堰の断面係数 (mm³/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 3-8～図 3-13 に示す。

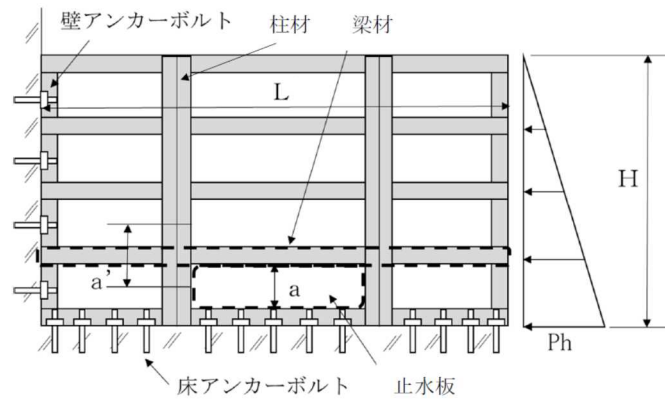


図 3-8 鋼板組合せ堰の断面概念図

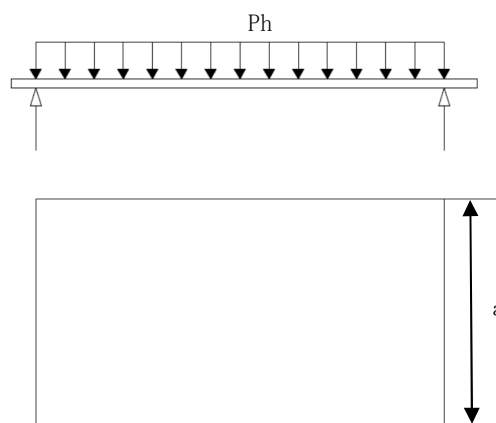


図 3-9 溢水時の止水板に生じる力の断面概念図（等分布荷重，4 辺支持）

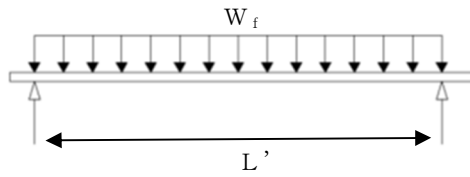


図 3-10 溢水時の梁材に生じる力の断面概念図（等分布荷重，両端支持）

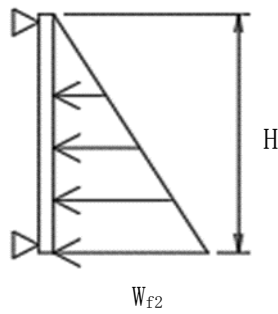


図 3-11 溢水時の柱材に生じる力の断面概念図（直線形分布荷重，両端支持）

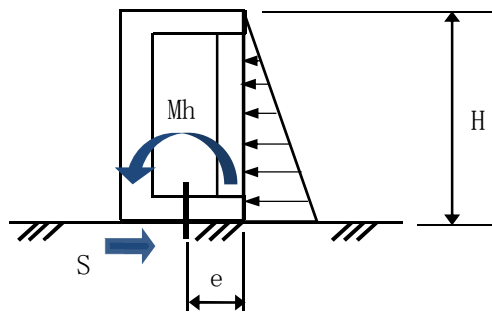


図 3-12 溢水時の床側アンカーボルトに生じる力の模式図

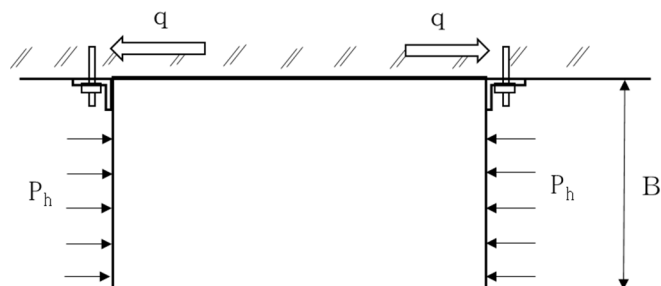


図 3-13 溢水時の壁側アンカーボルトに生じる力の断面概念図（壁反力によるせん断）

(2) 断面検定

a. 止水板

(a) 単位長さ当りの静水圧荷重

止水板に作用する単位長さ当りの静水圧荷重は次式より算出する。

$$Ph = \rho_0 \cdot g \cdot (H - h_1) \cdot 10^{-9}$$

Ph : 止水板最下端の静水圧荷重 (N/mm²)

ρ_0 : 溢水の密度 (kg/m³)

g : 重力加速度 (m/s²)

H : 止水堰の高さ, また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。

$$\sigma_p = \beta \cdot Ph \cdot a^2 / t^2$$

σ_p : 止水板の曲げ応力度 (N/mm²)

β : 長方形板の最大応力の係数 (縦方向の場合 $\beta=0.4$, 横方向の場合 $\beta=0.75$)

Ph : 止水板最下端の静水圧荷重 (N/mm²)

a : 止水板の長辺方向の幅 (mm)

t : 止水板の板厚 (mm)

b. 梁材

(a) 単位長さ当りの静水圧荷重

梁材に作用する単位長さ当りの静水圧荷重は次式より算出する。

$$Ph = \rho_0 \cdot g \cdot (H - h_2) \cdot 10^{-9}$$

Ph : 梁材最下端の静水圧荷重 (N/mm²)

ρ_0 : 溢水の密度 (kg/m³)

g : 重力加速度 (m/s²)

H : 止水堰の高さ, また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。

$$W_f = Ph \cdot a'$$

W_f : 梁材の平均水圧による分布荷重 (N/mm)

Ph : 梁材最下端の静水圧荷重 (N/mm²)

a' : 梁材1本あ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。

$$\sigma_f = M_f / Z$$

$$M_f = (W_f \cdot L'^2) / 8$$

σ_f : 梁材の曲げ応力度 (N/mm²)

M_f : 梁材の曲げモーメント (N・mm)

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)

Z : 梁材の断面係数 (mm³)

(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。

$$\tau_f = Q_f / As$$

$$Q_f = (W_f \cdot L') / 2$$

τ_f : 梁材のせん断応力度 (N/mm²)

Q_f : 梁材の発生せん断力 (N)

As : 梁材のせん断断面積 (mm²)

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。

$$\sigma_{ef} = \sqrt{\sigma_f^2 + 3 \cdot \tau_f^2}$$

σ_{ef} : 梁材の組合せ応力度 (N/mm²)

σ_f : 梁材の曲げ応力度 (N/mm²)

τ_f : 梁材のせん断応力度 (N/mm²)

c. 柱材

(a) 単位長さ当りの静水圧荷重

柱材に作用する単位長さ当りの静水圧荷重は次式より算出する。

$$Ph = \rho_0 \cdot g \cdot H \cdot 10^{-9}$$

Ph : 止水堰下端の静水圧荷重 (N/mm²)

ρ_0 : 溢水の密度 (kg/m³)

g : 重力加速度 (m/s²)

H : 止水堰の高さ，また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。

$$W_{f2} = Ph \cdot L_1'$$

W_{f2} : 柱材の平均水圧による分布荷重 (N/mm)

Ph : 止水堰下端の静水圧荷重 (N/mm²)

L_1' : 柱材1本あ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。

$$\sigma_Y = M_Y / Z_Y$$

$$M_Y = (W_{f2} \cdot H^2) / 6$$

- σ_Y : 柱材の曲げ応力度 (N/mm²)
- M_Y : 柱材の曲げモーメント (N・mm)
- Z_Y : 柱材の断面係数 (mm³)
- 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, また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。

$$\tau_Y = Q_Y / A_Y$$

$$Q_Y = (W_{f2} \cdot H) / 2$$

- τ_Y : 柱材のせん断応力度 (N/mm²)
- Q_Y : 柱材の発生せん断力 (N)
- A_Y : 柱材のせん断断面積 (mm²)
- 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, また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。

$$\sigma_{eY} = \sqrt{\sigma_Y^2 + 3 \cdot \tau_Y^2}$$

- σ_{eY} : 柱材の組合せ応力度 (N/mm²)
- σ_Y : 柱材の曲げ応力度 (N/mm²)
- τ_Y : 柱材のせん断応力度 (N/mm²)

d. 床側アンカーボルト

(a) 単位長さ当りの静水圧荷重

床側アンカーボルトに作用する単位長さ当りの静水圧荷重は次式より算出する。

$$Ph = \rho_0 \cdot g \cdot H \cdot 10^{-9}$$

Ph : 止水堰下端の静水圧荷重 (N/mm²)

ρ_0 : 溢水の密度 (kg/m³)

g : 重力加速度 (m/s²)

H : 止水堰の高さ, また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。

$$W_{f3} = Ph \cdot L$$

W_{f3} : 止水堰下端の平均水圧による分布荷重 (N/mm)

Ph : 止水堰下端の静水圧荷重 (N/mm²)

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水平分布荷重 (N/mm)

H : 止水堰高さ, また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_s : 止水堰下端の発生せん断力 (N)

n_2 : せん断を受ける床側アンカーボルト本数 (本)

W_{f3} : 止水堰下端の平均水圧による水平分布荷重 (N/mm)

H : 止水堰高さ, また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 : アンカーボルトの発生引張力 (N)

P_0 : アンカーボルトの引張りに対する短期許容荷重 (N)

S : アンカーボルトの発生せん断力 (N)

V_0 : アンカーボルトのせん断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りの静水圧荷重は次式より算出する。

$$Ph = \rho_0 \cdot g \cdot H \cdot 10^{-9}$$

Ph : 止水堰下端の静水圧荷重 (N/mm²)

ρ_0 : 溢水の密度 (kg/m³)

g : 重力加速度 (m/s²)

H : 止水堰の高さ, また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。

$$q = R_q / N$$

$$R_q = ((Ph \cdot H / 2) \cdot B) / 2$$

- 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)
 Ph : 止水堰下端の静水圧荷重 (N/mm²)
 H : 止水堰の高さ、また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。

$$\sigma_{ps} = T \cdot n_3 \cdot L_{ps} / Z_{ps}$$

- σ_{ps} : ベースプレートの曲げ応力度 (N/mm²)
 T : アンカーボルトの発生引張力 (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 (mm³)

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3-20に、鋼製落とし込み型堰の強度評価に用いる入力値を表3-21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3-22に、鋼板組合せ堰の強度評価に用いる入力値を表3-23に示す。

表3-20 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-11
		定義	数値
ρ_0	t/m ³	水の密度	1.00
H	mm	止水堰の高さ	430
Z	mm ³ /m	鋼製板の断面係数	6.000×10 ³
L	mm	堰全長	1482
b	mm	鋼製板の折り曲げ部の幅	105
e	mm	アンカーボルトの穴縁端距離	52
N	本	アンカーボルトの本数	9
Ta	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	5.74
Qa	kN	アンカーボルトに生じるせん断に対する短期許容荷重	2.21

表3-21 鋼製落とし込み型堰の強度評価に用いる入力値

記号	単位	堰No.	TB-1F-8
		定義	数値
ρ_0	t/m ³	水の密度	1.03
H	mm	止水堰の高さ	1320
Z	mm ³ /m	断面係数	6.000×10 ³
N	本	アンカーボルトの本数	6
Qa	kN	アンカーボルトに生じるせん断に対する短期許容荷重	14.4

表 3-22 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-1F-1
		定義	数値
ρ_0	t/m ³	水の密度	1.03
H	mm	止水堰の高さ	450
b'	mm	縦筋の重心位置から躯体端部までの距離	75
N	本	縦筋の本数	5
Ta	kN	縦筋に生じる引張りに対する短期許容荷重	23.9
Qa	kN	縦筋に生じるせん断に対する短期許容荷重	17.3
L	mm	堰全長	6665
t	mm	堰厚さ	150
w ₁	kN	堰重量	10.8
Z	mm ³ /m	断面係数	3.750×10 ⁶

表 3-23 鋼板組合せ堰の強度評価に用いる入力値

堰No.		TB-B1F-1	
記号	単位	定義	数値
ρ_0	kg/m ³	溢水の密度	1030
g	m/s ²	重力加速度	9.80665
H	mm	止水堰の高さ, または溢水評価水位を上回る水位	910
t	mm	止水板の板厚	3.2
a	mm	止水板の長辺方向の幅	877
β	—	長方形板の最大応力の係数	0.4
h_1	mm	評価する止水板の最下端の高さ	65
h_2	mm	評価する梁材の最下端の高さ	0
a'	mm	梁材 1 本あたりが負担する止水板の幅	438.5
L'	mm	評価する梁材の長さ	770
Z	mm ³	梁材の断面係数	6260
A_s	mm ²	梁材のせん断断面積	752.7
P_0	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	8302
v_0	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	9541
n_1	本	引張りを受ける床側アンカーボルト本数	7
n_2	本	せん断を受ける床側アンカーボルト本数	12
N	本	せん断を受ける片側の壁アンカーボルト本数	5
B	mm	止水堰の側面全幅	1165
e	mm	床側アンカーボルト位置からの縁端距離	914
L	mm	止水堰の全幅	1965
L_1'	mm	柱材 1 本あたりが負担する柱材及び止水板の幅	435
Z_Y	mm ³	柱材の断面係数	6260
A_Y	mm ²	柱材のせん断断面積	752.7

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-11	鋼製板	曲げ	23.3	N/mm ²	235	N/mm ²	0.10 < 1.0
	アンカー ボルト	引張り	0.439	kN	5.74	kN	0.08 < 1.0
		せん断	0.154	kN	2.21	kN	0.07 < 1.0
		組合せ	—	—	—	—	0.02 < 1.0

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-8	鋼製板	曲げ	177	N/mm ²	235	N/mm ²	0.76 < 1.0
	アンカー ボルト	引張り	9.25	kN	25.6	kN	0.37 < 1.0
		せん断	2.15	kN	14.4	kN	0.15 < 1.0
		組合せ	—	—	—	—	0.16 < 1.0

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-1F-1	アンカー ボルト又は アンカー筋	引張り	0.427	kN	23.9	kN	0.02 < 1.0
		せん断	0.206	kN	17.3	kN	0.02 < 1.0
	組合せ	—	—	—	—	0.01 < 1.0	
	縦筋*	引張り	—	—	—	—	— < 1.0
		せん断	—	—	—	—	— < 1.0
		組合せ	—	—	—	—	— < 1.0
	堰底部のコン クリート	せん断	6.83×10^{-3}	N/mm ²	1.05	N/mm ²	0.01 < 1.0
		圧縮	5.35×10^{-2}	N/mm ²	14.0	N/mm ²	0.01 < 1.0

注記*：縦筋評価対象外

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)				
TB-B1F-1	止水板	曲げ	257	N/mm ²	271	N/mm ²	0.95 < 1.0
	梁材	曲げ	48	N/mm ²	235	N/mm ²	0.21 < 1.0
		せん断	2	N/mm ²	135	N/mm ²	0.02 < 1.0
		組合せ	49	—	235	N/mm ²	0.21 < 1.0
	柱材	曲げ	89	N/mm ²	235	N/mm ²	0.38 < 1.0
		せん断	3	N/mm ²	135	N/mm ²	0.03 < 1.0
		組合せ	90	—	235	—	0.39 < 1.0
	ベースプレート	曲げ	—	—	—	—	— < 1.0
	アンカー ボルト (床)	引張り	389.6	N	8302	N	0.05 < 1.0
		せん断	684.8	N	9541	N	0.08 < 1.0
		組合せ	—	—	—	—	0.01 < 1.0
	アンカー ボルト (床)	せん断	487.2	N	9541	N	0.06 < 1.0