

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-補-027-08 改10
提出年月日	2022年12月5日

浸水防護施設の耐震性に関する説明書の補足説明資料

2022年12月

中国電力株式会社

## 補足説明資料目次

今回提出範囲：

1. 浸水防護施設の設計における考慮事項
  - 1.1 津波と地震の組合せで考慮する荷重
  - 1.2 自然現象を考慮する浸水防護施設の選定
  - 1.3 津波防護に関する施設の機能設計・構造強度設計に係る許容限界
  - 1.4 津波防護施設の強度計算における津波荷重，余震荷重及び漂流物衝突荷重の組合せ
  - 1.5 浸水防護施設の評価における漂流物衝突荷重，風荷重及び積雪荷重の設定
  - 1.6 津波波圧の算定に用いた規格・基準類の適用性
  - 1.7 浸水防護施設のアンカーボルトの設計
  - 1.8 津波防護施設の設計における評価対象断面の選定
  - 1.9 強度計算における津波時及び重畳時の荷重作用状況
  - 1.10 耐震及び耐津波設計における許容限界
  - 1.11 強度計算に用いた規格・基準類の適用性
  - 1.12 津波に対する止水性能を有する施設の評価
  
2. 浸水防護施設の耐震，強度計算に関する補足説明
  - 2.1 防波壁に関する補足説明
  - 2.2 防波壁通路防波扉に関する補足説明
  - 2.3 1号機取水槽流路縮小工に関する補足説明
  - 2.4 浸水防止設備に関する補足説明
  - 2.5 津波監視設備に関する補足説明
  - 2.6 漂流防止装置に関する補足説明
  - 2.7 強度評価における鉛直方向荷重の考え方
  - 2.8 津波の流入防止に係る津波バウンダリとなる設備の評価

2. 浸水防護施設の耐震性に関する説明書の補足説明資料

2.4 浸水防止設備に関する補足説明

目 次

2.4.1 屋外排水路逆止弁に関する補足説明

2.4.2 防水壁に関する補足説明

2.4.3 水密扉に関する補足説明

2.4.4 床ドレン逆止弁に関する補足説明

2.4.5 隔離弁に関する補足説明

2.4.6 貫通部止水処置に関する補足説明

2.4.7 堰に関する補足説明

2.4.8 防水板に関する補足説明

今回提出範囲：

#### 2.4.1 屋外排水路逆止弁に関する補足説明

2.4.1.1 屋外排水路逆止弁の耐震性についての計算書に関する  
補足説明

## 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	10
2.3 評価方針	16
2.4 適用規格・基準等	17
2.5 記号の説明	18
3. 評価対象部位	22
4. 固有周期	24
4.1 固有周期の計算方法	24
4.1.1 閉門時	24
4.1.2 開門時	25
4.2 固有周期の計算条件	26
4.2.1 閉門時	26
4.2.2 開門時	27
4.3 固有周期の計算結果	28
4.3.1 閉門時	28
4.3.2 開門時	31
5. 構造強度評価	34
5.1 構造強度評価方法	34
5.2 荷重及び荷重の組合せ	34
5.2.1 荷重の設定	34
5.2.2 荷重の組合せ	34
5.3 許容限界	36
5.4 設計用地震力	39
5.5 計算方法	51
5.5.1 屋外排水路逆止弁 (⑦, ⑧-1, ⑧-2, ⑩, ⑪, ⑫)	51
5.5.2 屋外排水路逆止弁 (⑬)	62
5.6 計算条件	76
5.7 応力計算	82
5.7.1 屋外排水路逆止弁⑦	82
5.7.2 屋外排水路逆止弁⑧-1	98
5.7.3 屋外排水路逆止弁⑧-2	114
5.7.4 屋外排水路逆止弁⑩, ⑪, ⑫	130

5.7.5	屋外排水路逆止弁 <sup>⑬</sup> .....	146
6.	評価結果 .....	168
7.	集水桝の耐震評価 .....	175
7.1	集水桝の構造概要 .....	175
7.2	評価方針 .....	185
7.3	適用規格・基準等 .....	188
8.	集水桝の耐震評価方法 .....	189
8.1	評価対象断面及び部位 .....	189
8.2	荷重及び荷重の組合せ .....	189
8.2.1	荷重の設定 .....	189
8.3	許容限界 .....	191
8.3.1	集水桝 .....	191
8.3.2	アンカー筋 .....	192
8.3.3	接合鉄筋 .....	192
8.3.4	集水桝蓋 .....	193
8.3.5	アンカーボルト（集水桝蓋） .....	193
8.4	設計用地震力 .....	194
8.5	評価方法 .....	195
8.5.1	集水桝（底版）の評価 .....	195
8.5.2	集水桝（側壁）の評価 .....	195
8.5.3	アンカー筋の評価 .....	196
8.5.4	接合鉄筋の評価 .....	196
8.5.5	集水桝蓋の評価 .....	196
8.5.6	アンカーボルト（集水桝蓋）の評価 .....	196
8.6	使用材料及び材料の物性値 .....	197
9.	集水桝の耐震評価結果 .....	198
9.1	集水桝の曲げ軸力評価結果 .....	198
9.2	集水桝のせん断力評価結果 .....	208
9.3	アンカー筋の支持性能評価結果 .....	210
9.4	接合鉄筋の支持性能評価結果 .....	212
9.5	集水桝蓋の応力評価結果 .....	213
9.6	アンカーボルト（集水桝蓋）のせん断力評価結果 .....	215

（参考資料1）アンカーの設計に用いる指針等の適用性について

## 1. 概要

本資料は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度に基づき、浸水防護施設のうち屋外排水路逆止弁が設計用地震力に対して、主要な構造部材が十分な構造健全性を有することを確認するものである。

屋外排水路逆止弁は、浸水防護施設としてSクラス施設に分類される。以下、浸水防護施設としての構造強度評価を示す。また、屋外排水路逆止弁が設置される集水柵は耐震重要度分類Sクラスの間接支持構造物としての機能が要求されることから、基準地震動 $S_s$ に対して、構成する部材がおおむね弾性範囲にとどまることを確認するため、地震応答解析に基づく構造部材の健全性評価及び支持性能評価を行う。

以降、屋外排水路逆止弁（全14基）のうち、⑦、⑧-1、⑧-2及び⑩～⑬について示す。同①～⑥及び⑨については追而とする。



## 2. 一般事項

### 2.1 配置概要

屋外排水路逆止弁の設置位置及び屋外排水路逆止弁の構造概要図を図 2-1 に示す。

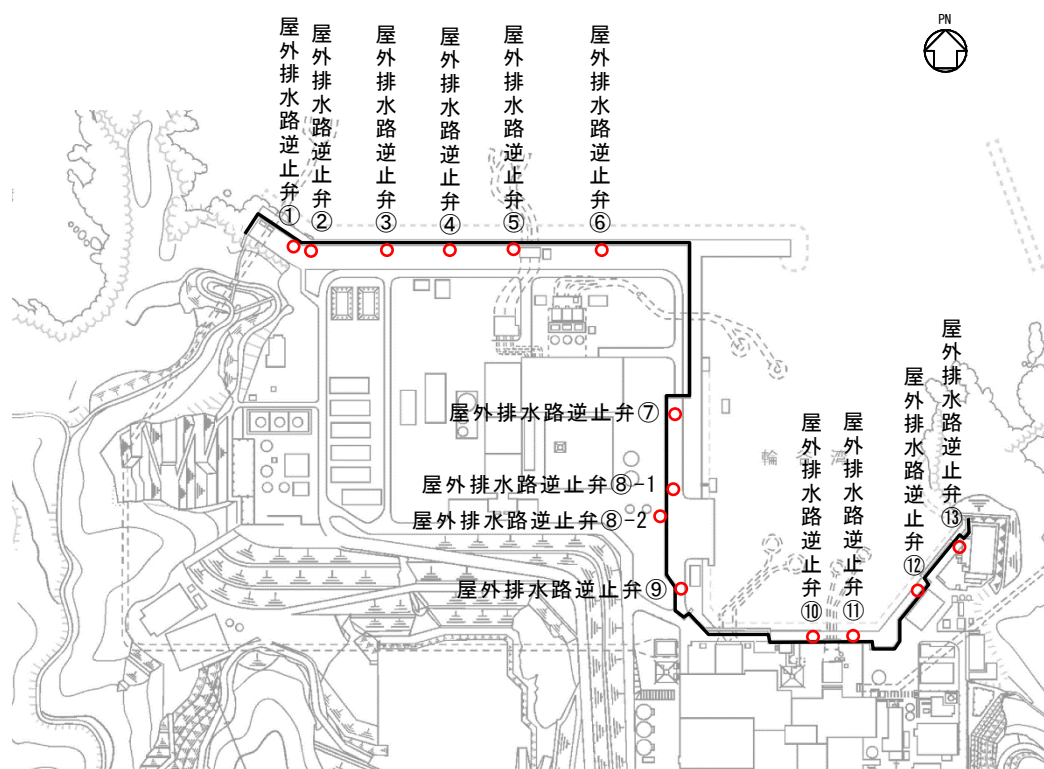
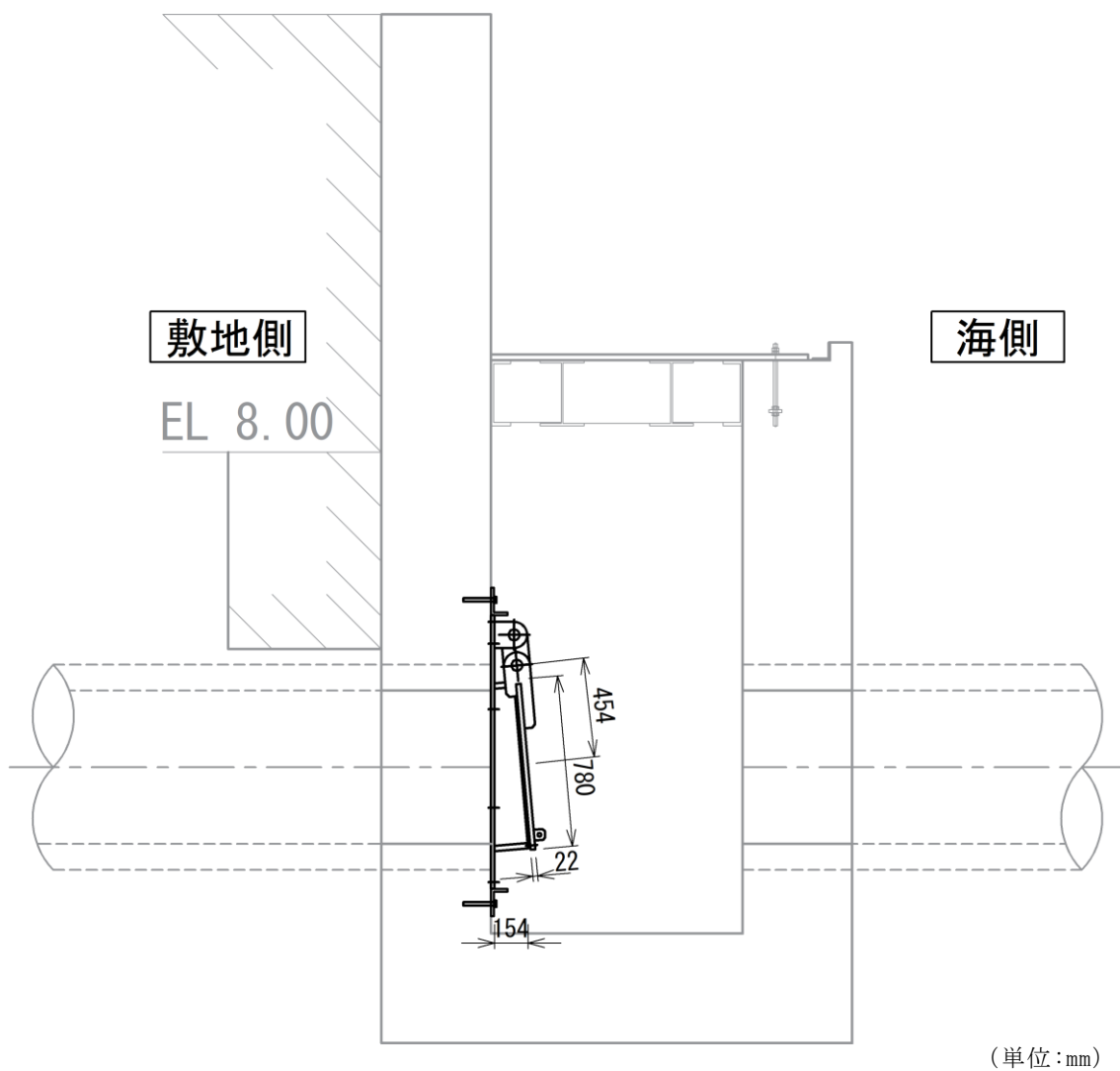
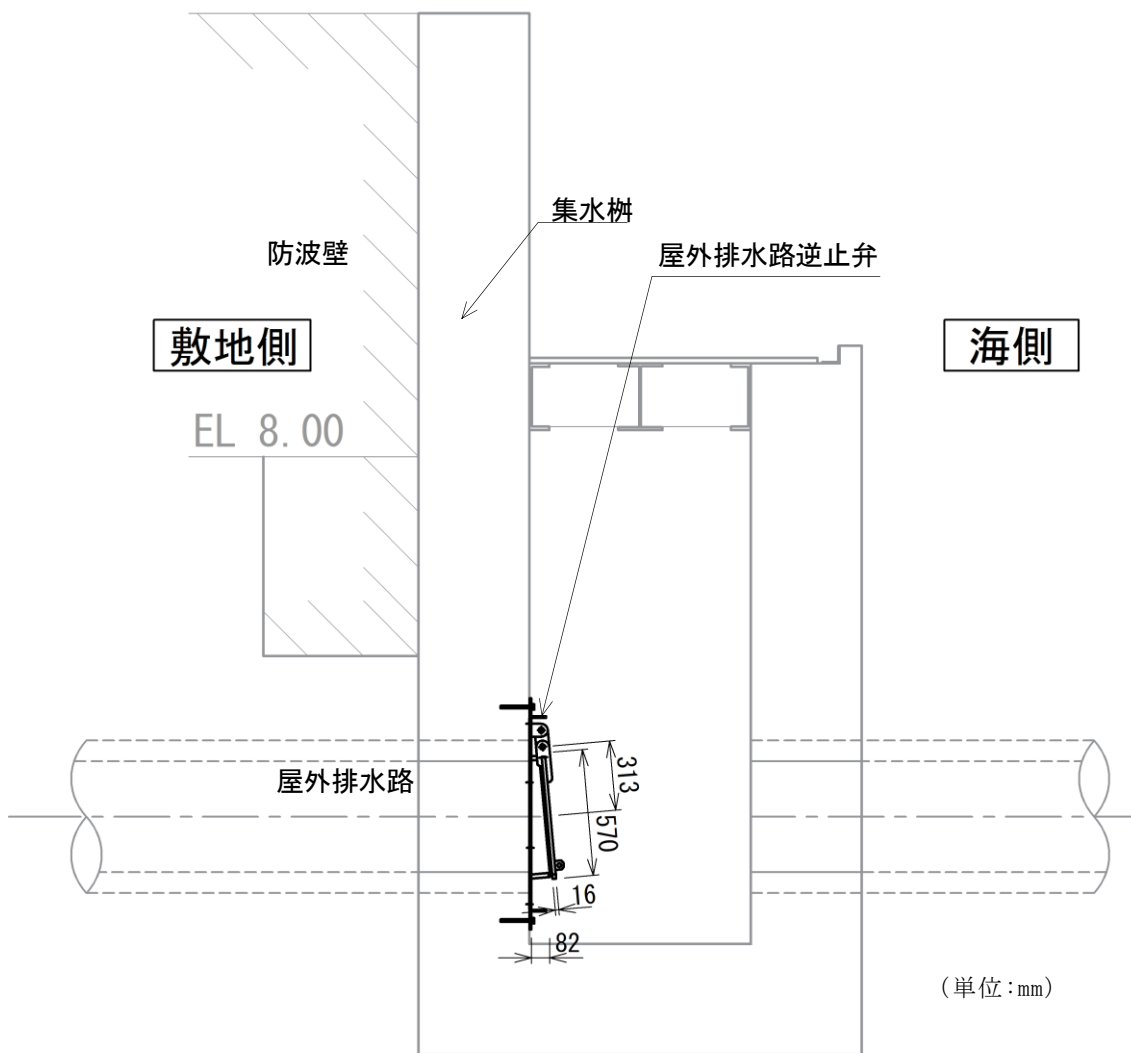


図 2-1(1) 屋外排水路逆止弁の設置位置図



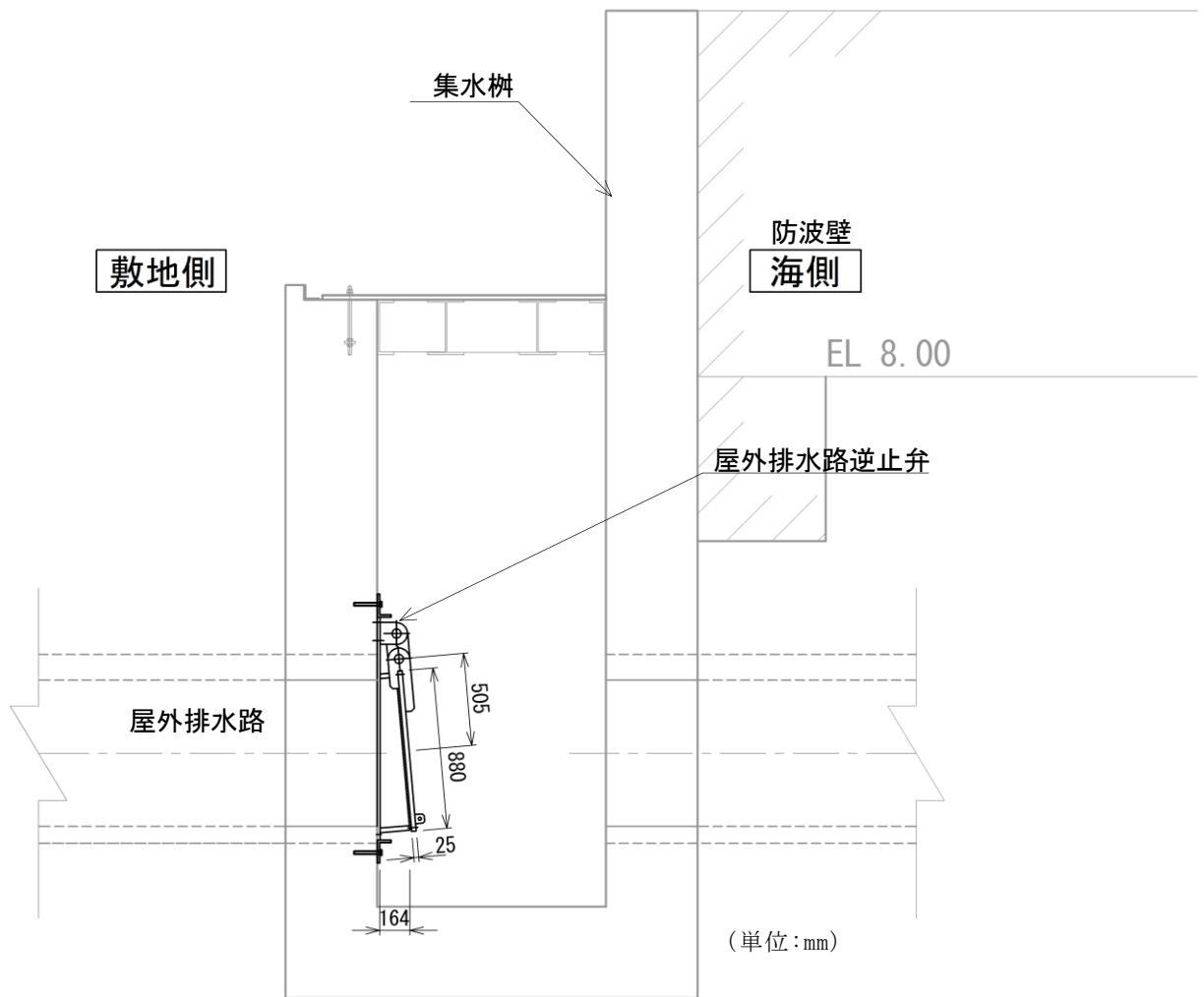
注：集水枡のアンカー筋固定のため EL 8.00 より下方に逆 T 擁壁のコンクリートを打ち増し

図 2-1(2) 屋外排水路逆止弁⑦の構造概要図



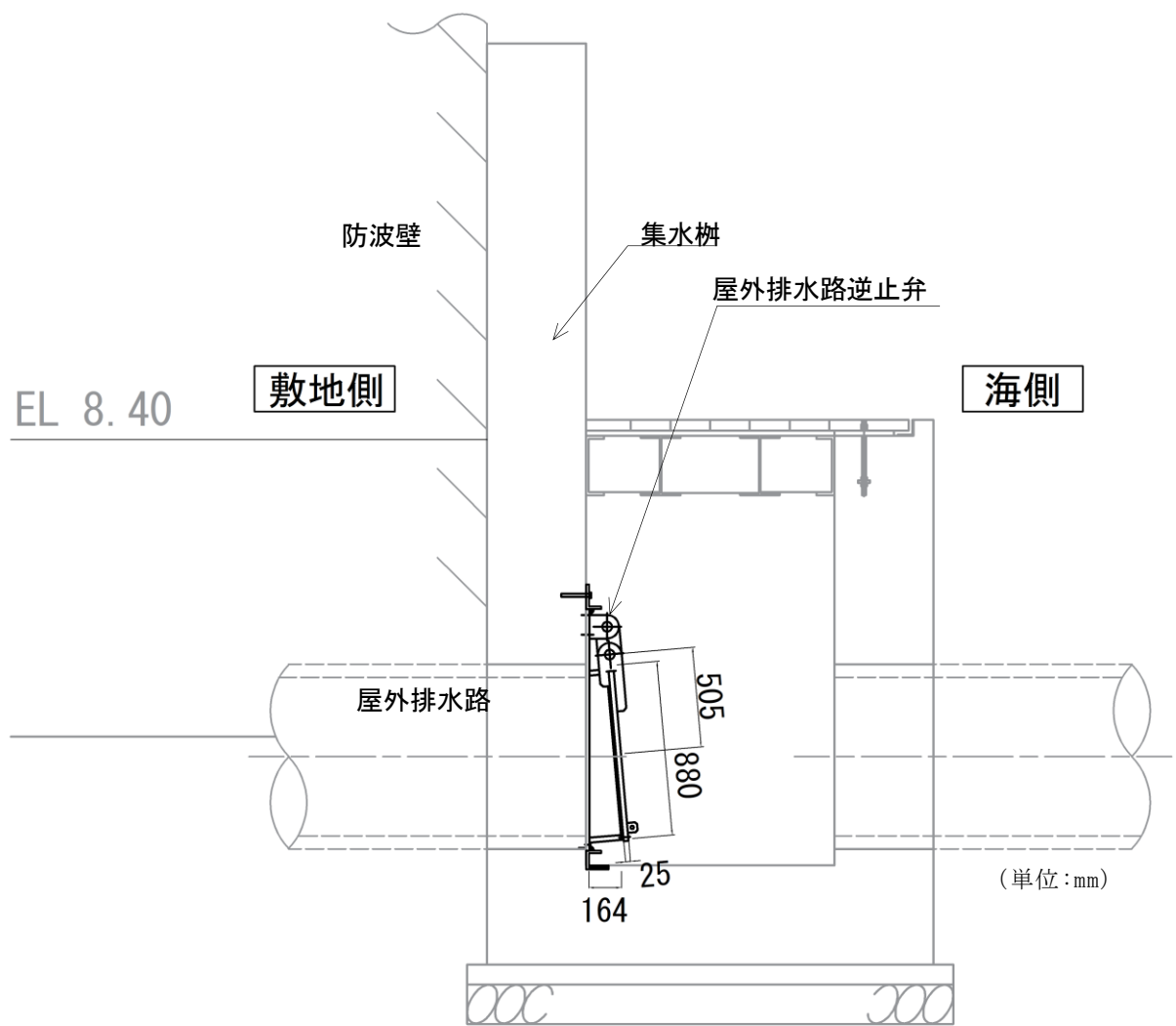
注：集水栴のアンカー筋固定のため EL 8.00 より下方に逆 T 擁壁のコンクリートを打ち増し

図 2-1(3) 屋外排水路逆止弁⑧-1 の構造概要図



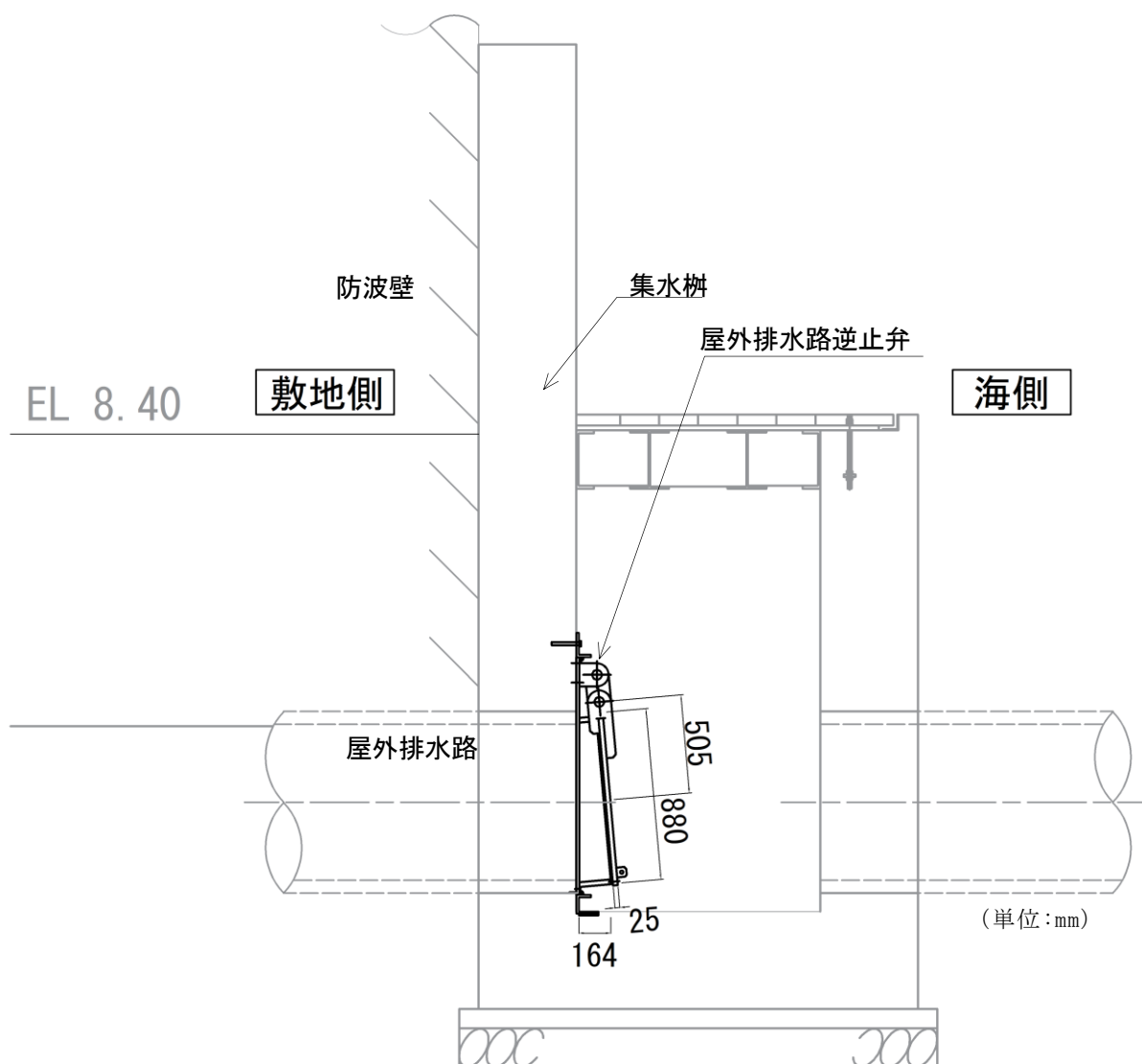
注：集水枳のアンカー筋固定のため EL 8.00 より下方に逆 T 擁壁のコンクリートを打ち増し

図 2-1(4) 屋外排水路逆止弁⑧-2 の構造概要図

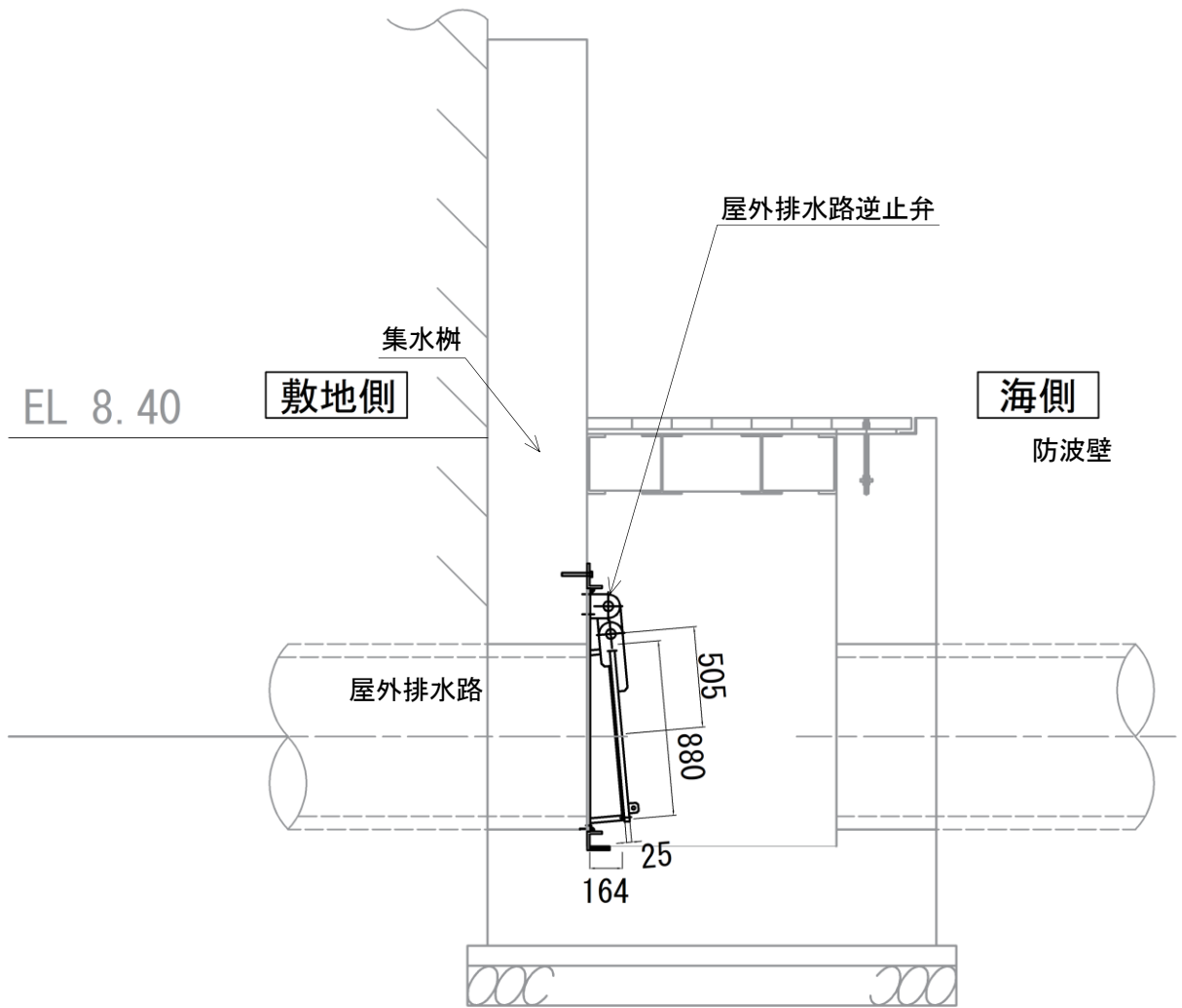


注：集水桝のアンカー筋固定のため EL 8.40 より下方に被覆コンクリートを打ち増し

図 2-1(5) 屋外排水路逆止弁⑩の構造概要図

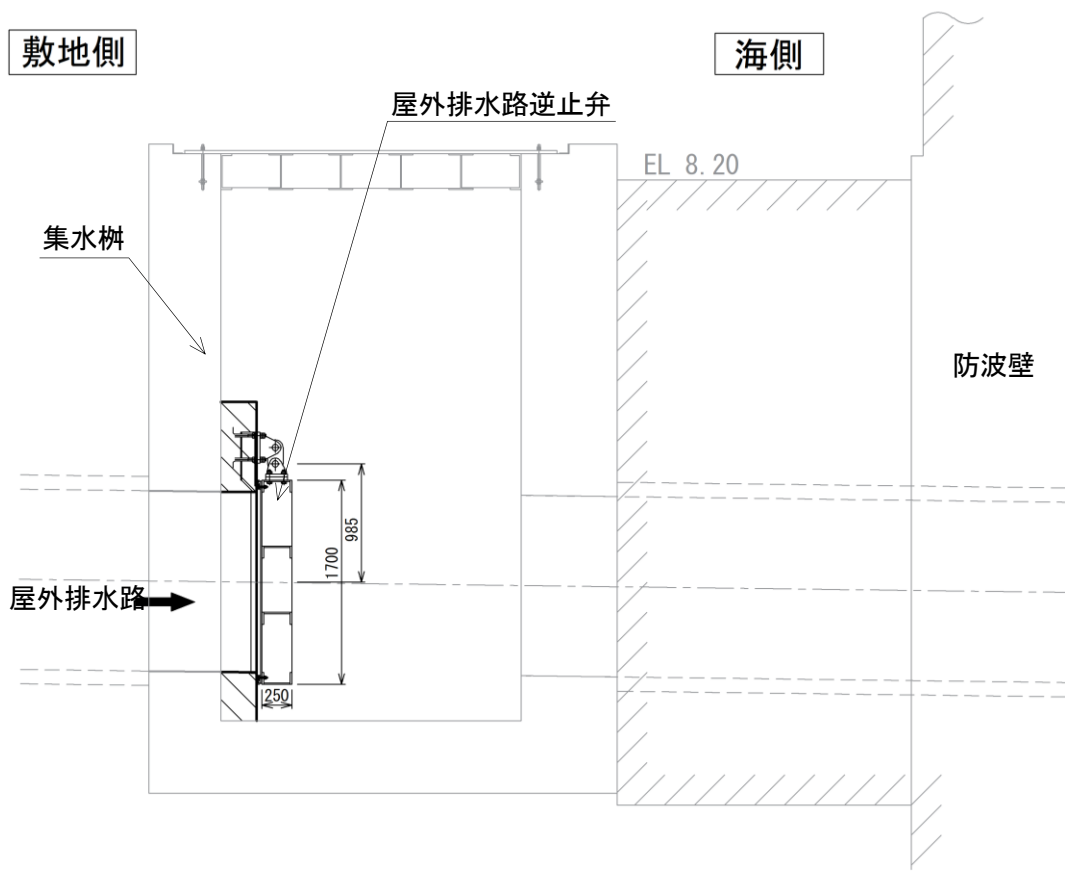


注：集水榫のアンカー筋固定のため EL 8.40 より下方に被覆コンクリートを打ち増し  
 図 2-1(6) 屋外排水路逆止弁①の構造概要図



注：集水桝のアンカー筋固定のため EL 8.40 より下方に被覆コンクリートを打ち増し

図 2-1(7) 屋外排水路逆止弁⑫の構造概要図



(単位:mm)

注：集水枳のアンカー筋固定のため側方に被覆コンクリートを打ち増し

図 2-1(8) 屋外排水路逆止弁⑬の構造概要図



## 2.2 構造計画

屋外排水路逆止弁の構造は，鋼製の扉体部（スキンプレート，吊り金具及び吊りピン），固定部（吊り金具，吊りピン，戸当り，集水桝（戸当り部コンクリート）及びアンカーボルト）及びそれらを接続する吊り手で構成される。アンカーボルトで鉄筋コンクリート造の集水桝に固定し，屋外排水路を経路とした津波の流入を防止する。

なお，屋外排水路逆止弁⑬については，スキンプレートを主桁及び補助縦桁で補強する構造とする。

屋外排水路逆止弁の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1(1) 構造計画 (屋外排水路逆止弁⑦)

計画の概要		説明図
基礎・支持構造	主体構造	
スキンプレート を吊り手, 吊り ピン, 吊り金具 及びアンカーボ ルトを介して集 水柵に固定す る。	スキンプレート により構成す る。	<p>正面図</p> <p>側面図 (単位:mm)</p>

表 2-1(2) 構造計画 (屋外排水路逆止弁⑧-1)

計画の概要		説明図
基礎・支持構造	主体構造	
スキンプレート を吊り手, 吊り ピン, 吊り金具 及びアンカーボ ルトを介して集 水柵に固定す る。	スキンプレート により構成す る。	<p>正面図</p> <p>側面図 (単位:mm)</p>

表 2-1(3) 構造計画 (屋外排水路逆止弁⑧-2)

計画の概要		説明図
基礎・支持構造	主体構造	
スキンプレート を吊り手, 吊り ピン, 吊り金具 及びアンカーボ ルトを介して集 水柵に固定す る。	スキンプレート により構成す る。	<p>正面図</p> <p>側面図 (単位:mm)</p>

表 2-1(4) 構造計画 (屋外排水路逆止弁⑩, ⑪, ⑫)

計画の概要		説明図
基礎・支持構造	主体構造	
スキンプレーートを吊り手, 吊りピン, 吊り金具及びアンカーボルトを介して集水枡に固定する。	スキンプレーートにより構成する。	<p>正面図</p> <p>側面図</p> <p>(単位: mm)</p>

表 2-1(5) 構造計画 (屋外排水路逆止弁⑬)

構造の概要		説明図
基礎・支持構造	主体構造	
スキンプレート を吊り手, 吊り ピン, 吊り金具 及びアンカーボ ルトを介して集 水柵に固定す る。なお, スキ ンプレートは, 主桁及び補助縦 桁で補強する。	スキンプレート により構成す る。	<p>正面図</p> <p>側面図</p> <p>(単位:mm)</p>

### 2.3 評価方針

屋外排水路逆止弁の耐震評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.2 構造計画」に示す屋外排水路逆止弁の構造を踏まえ、「3. 評価対象部位」にて設定する評価部位において、「4. 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「5. 構造強度評価」に示す方法で確認することで実施する。応力評価の確認結果を「6. 評価結果」に示す。

屋外排水路逆止弁⑦，⑧-1，⑧-2の耐震評価はVI-2-10-2-2-2「防波壁（逆T擁壁）の地震応答計算書」，集水柵⑩，⑪，⑫，⑬の耐震評価はVI-2-10-2-2-3「防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の地震応答計算書」による地震応答解析結果より作成した設計用床応答スペクトルと屋外排水路逆止弁の固有周期に基づき設計用地震力を設定した。

屋外排水路逆止弁の耐震評価フローを図2-2に示す。

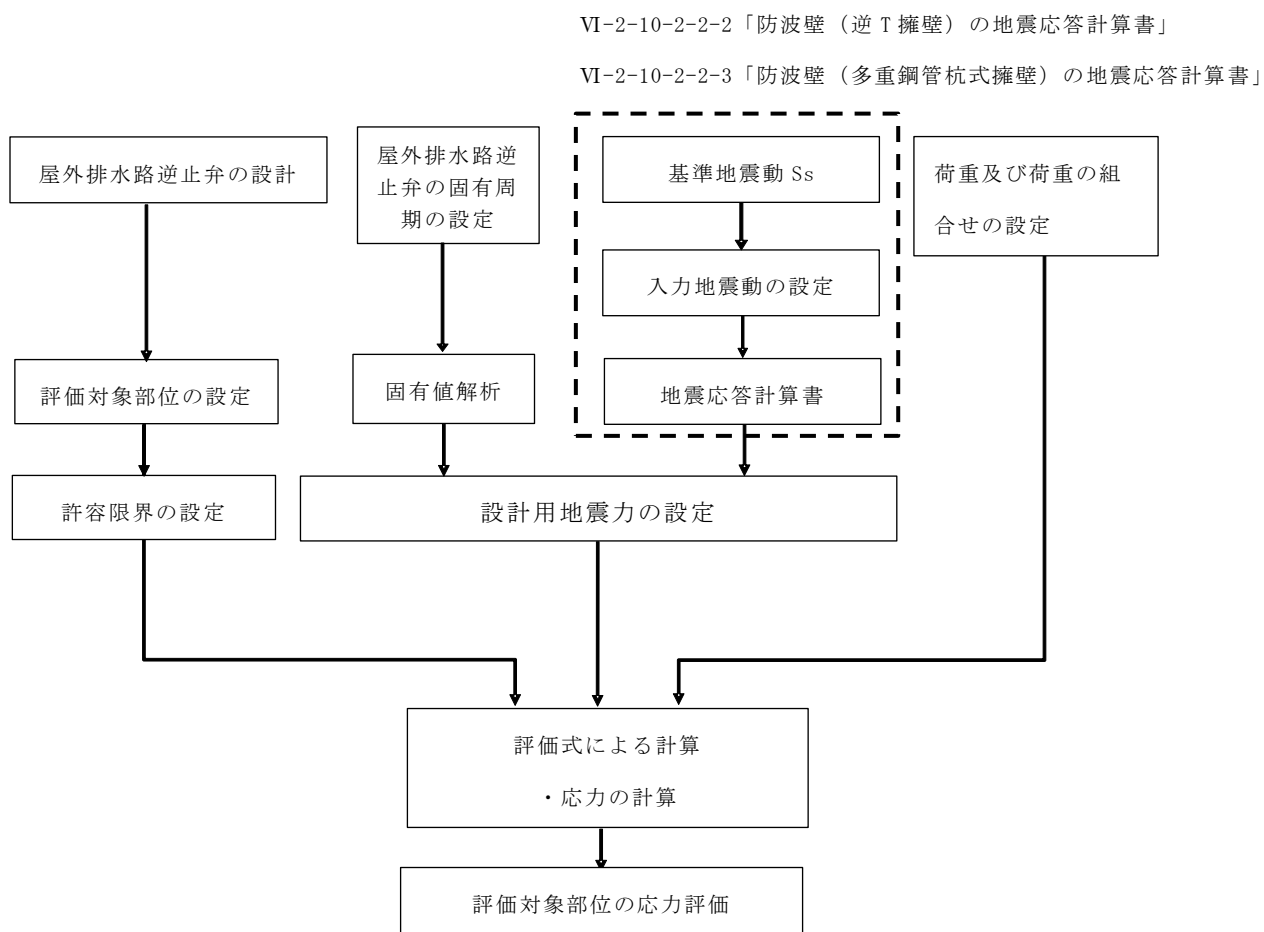


図2-2 屋外排水路逆止弁の耐震評価フロー

## 2.4 適用規格・基準等

適用する規格，基準等を以下に示す。

- (1) 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）
- (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 J E A G 4 6 0 1－1991 追補版（日本電気協会）
- (4) 日本工業規格 J I S G 4 0 5 3－2008 機械構造用合金鋼鋼材
- (5) ダム・堰施設技術基準（案）（基準解説編・設備計画マニュアル編）（ダム・堰施設技術協会，2016年）
- (6) コンクリート標準示方書 [構造性能照査編]（土木学会，2002年制定）
- (7) 構造力学公式集（土木学会，1988年）
- (8) 各種合成構造設計指針・同解説（日本建築学会，2010年）
- (9) 機械工学便覧 基礎編（日本機械学会，1987年）



## 2.5 記号の説明

屋外排水路逆止弁の固有周期の計算に用いる記号を表 2-2 に、応力評価に用いる記号を表 2-3 にそれぞれ示す。

表 2-2 屋外排水路逆止弁の固有周期の計算に用いる記号

記号	単位	定義
T	s	固有周期
f	Hz	一次固有振動数
L <sub>1</sub>	mm	主桁の長さ（屋外排水路逆止弁⑬） 扉体の直径（屋外排水路逆止弁⑦，⑧-1，⑧-2，⑩，⑪，⑫）
E	N/mm <sup>2</sup>	ヤング係数
I	mm <sup>4</sup>	屋外排水路逆止弁の断面二次モーメント
m	kg/mm	扉体部の単位長さ当り質量
g	mm/s <sup>2</sup>	重力加速度
L <sub>2</sub>	mm	振り子の長さ（回転支点から扉体重心までの距離）

表 2-3(1) 屋外排水路逆止弁の応力評価に用いる記号 (1/3)

記号	単位	定義
$\sigma_{max}$	N/mm <sup>2</sup>	スキンプレートの最大応力度
K <sub>h</sub>	—	水平方向の設計用地震力
P	N/mm <sup>2</sup>	地震時作用単位荷重
D	mm	スキンプレートの受水径
t	mm	スキンプレートの板厚
W <sub>g1</sub>	N	扉体自重
$\sigma_{Ax}$	N/mm <sup>2</sup>	吊り金具の水平設計用地震力による曲げ応力度 (断面A水平方向)
W <sub>kh1</sub>	N	扉体自重の水平設計用地震力による地震時慣性力
a <sub>1</sub>	mm	ピン穴中心間の距離
a <sub>2</sub>	mm	固定部吊り金具のピン穴中心から戸当りまでの距離
Z <sub>Ax</sub>	mm <sup>3</sup>	断面係数 (断面A水平方向)
$\tau_{Ax}$	N/mm <sup>2</sup>	吊り金具の水平設計用地震力によるせん断応力度 (断面A水平方向)
A <sub>A</sub>	mm <sup>2</sup>	断面Aの断面積
$\sigma_{xmax}$	N/mm <sup>2</sup>	吊り金具の曲げ応力とせん断応力の合成応力度 (断面A水平方向)
$\sigma_{Ay}$	N/mm <sup>2</sup>	吊り金具の鉛直設計用地震力による曲げ応力度 (断面A鉛直方向)
W <sub>kv1</sub>	N	扉体自重の鉛直設計用地震力による地震時慣性力
Z <sub>Ay</sub>	mm <sup>3</sup>	断面係数 (断面A鉛直方向)
K <sub>v</sub>	—	鉛直方向の設計用地震力
$\tau_{Ay}$	N/mm <sup>2</sup>	吊り金具の鉛直設計用地震力によるせん断応力度 (断面A鉛直方向)
$\sigma_{ymax}$	N/mm <sup>2</sup>	吊り金具の曲げ応力とせん断応力の合成応力度 (断面A鉛直方向)
$\tau_B$	N/mm <sup>2</sup>	吊り金具の同時加振によるせん断応力度 (断面B)
W <sub>k1</sub>	N	扉体自重の同時加振による地震時慣性力
A <sub>B</sub>	mm <sup>2</sup>	断面Bの断面積
$\sigma_{C1}$	N/mm <sup>2</sup>	吊り手の水平設計用地震力による曲げ応力度 (断面C水平方向)
Z <sub>C</sub>	mm <sup>3</sup>	断面係数 (断面C)
$\sigma_{C2}$	N/mm <sup>2</sup>	吊り手の鉛直設計用地震力による引張応力度 (断面C鉛直方向)
A <sub>C</sub>	mm <sup>2</sup>	断面Cの断面積
$\sigma_{Cmax}$	N/mm <sup>2</sup>	吊り手の曲げ応力と引張応力の合成応力度 (断面C)
$\tau_D$	N/mm <sup>2</sup>	吊り手の同時加振によるせん断応力度 (断面D)
A <sub>D</sub>	mm <sup>2</sup>	断面Dの断面積

表 2-3(2) 屋外排水路逆止弁の応力評価に用いる記号 (2/3)

記号	単位	定義
$\sigma_E$	N/mm <sup>2</sup>	吊りピンの同時加振による曲げ応力度 (断面 E 水平方向)
$a_3$	mm	吊りピンの支点間距離
$Z_E$	mm <sup>3</sup>	断面係数 (断面 E)
$\tau_F$	N/mm <sup>2</sup>	吊りピンの同時加振によるせん断応力度 (断面 F)
$A_F$	mm <sup>2</sup>	断面 F の断面積
$\sigma$	N/mm <sup>2</sup>	戸当りの支圧応力度
$P_1$	N	戸当りへ作用する荷重
$b_w$	mm	戸当りの幅
$\sigma_c$	N/mm <sup>2</sup>	コンクリートの支圧応力度
$b_f$	mm	コンクリート支圧幅
$\tau_c$	N/mm <sup>2</sup>	コンクリートのせん断応力度
$L_1$	mm	屋外排水路内径より戸当りアンカー板端面までの距離
$F_1$	N	アンカーボルト 1 本当りに作用する引抜き力
$W_{k1}'$	N	扉体に作用する地震時慣性力による引抜き力又はせん断力
$W_{k2}'$	N	戸当りに作用する地震時慣性力による引抜き力又はせん断力
$n_1$	本	引抜き力を受け持つアンカーボルトの本数
$W_{kh2}$	N	戸当り自重の水平設計用地震力による地震時慣性力
$W_{kv2}$	N	戸当り自重の鉛直設計用地震力による地震時慣性力
$W_{g2}$	N	戸当り自重
$S_1$	N	アンカーボルト 1 本当りに作用するせん断力
$n_2$	本	せん断力を受け持つアンカーボルトの本数
$\sigma_s$	N/mm <sup>2</sup>	スキンプレートの応力度
$a$	mm	スキンプレートの区画の短辺
$b$	mm	スキンプレートの区画の長辺
$k$	—	$b/a$ による形状係数
$p$	N/mm <sup>2</sup>	慣性力による作用荷重
$t_s$	mm	スキンプレートの板厚
$\varepsilon$	mm	余裕幅 (両面)
$\alpha$	N/mm <sup>2</sup>	応力の補正係数

表 2-3(3) 屋外排水路逆止弁の応力評価に用いる記号 (3/3)

記号	単位	定義
$M_G$	$N \cdot m$	主桁に作用する曲げモーメント
$S_G$	N	主桁に作用するせん断力
W	N/mm	主桁の分担荷重
L	mm	主桁の支点間距離
B	mm	扉体の受圧幅
$\sigma_G$	$N/mm^2$	主桁の曲げ応力度
$Z_g$	$mm^3$	主桁の断面係数
$\tau_G$	$N/mm^2$	主桁のせん断応力度
$A_g$	$mm^2$	主桁ウェブの断面積
$\sigma_g$	$N/mm^2$	主桁の合成応力度
$M_I$	$N \cdot m$	補助縦桁に作用する曲げモーメント
$L_i$	mm	主桁間隔
$b_i$	mm	補助縦桁間隔
$S_I$	N	補助縦桁に作用するせん断力
$\sigma_{Ix}$	$N/mm^2$	補助縦桁の曲げ応力度 (引張)
$Z_{Ix}$	$mm^3$	補助縦桁の断面係数 (引張)
$\sigma_{Iy}$	$N/mm^2$	補助縦桁の曲げ応力度 (圧縮)
$Z_{Iy}$	$mm^3$	補助縦桁の断面係数 (圧縮)
$\tau_I$	$N/mm^2$	補助縦桁のせん断応力度
$A_i$	$mm^2$	補助縦桁ウェブの断面積
$\sigma_i$	$N/mm^2$	補助縦桁の合成応力度
$\sigma_I$	$N/mm^2$	補助縦桁の曲げ応力度 (引張と圧縮) の最大値
$p_1$	$N/mm^2$	扉体最下部作用荷重
$b_k$	mm	底面フランジ幅
$L_{\ell 1}$	mm	コンクリート面より底面フランジ端面までの深さ
$L_{\ell 2}$	mm	堰柱側面より底面フランジ端面までの深さ

### 3. 評価対象部位

屋外排水路逆止弁⑦, ⑧-1, ⑧-2, ⑩, ⑪, ⑫は, 鋼製の扉体部 (スキンプレート, 吊り金具及び吊りピン), 固定部 (吊り金具, 吊りピン, 戸当り, 集水桝 (戸当り部コンクリート) 及びアンカーボルト) 及びそれらを接続する吊り手で構成されており, これら全ての部位を選定する。

屋外排水路逆止弁⑬は, 鋼製の扉体部 (スキンプレート, 主桁, 補助縦桁, 吊り金具及び吊りピン), 固定部 (吊り金具, 吊りピン, 戸当り, 集水桝 (戸当り部コンクリート) 及びアンカーボルト) 及びそれらを接続する吊り手で構成される。なお, 戸当りについては, 戸当り部コンクリートに埋設され, 一体化している。上記を踏まえ, 屋外排水路逆止弁⑬の耐震評価においては, スキンプレート, 主桁, 補助縦桁, 吊り金具, 吊り手, 吊りピン, 集水桝 (戸当り部コンクリート) 及びアンカーボルトを選定する。

屋外排水路逆止弁の評価対象部位を図 3-1 に示す。

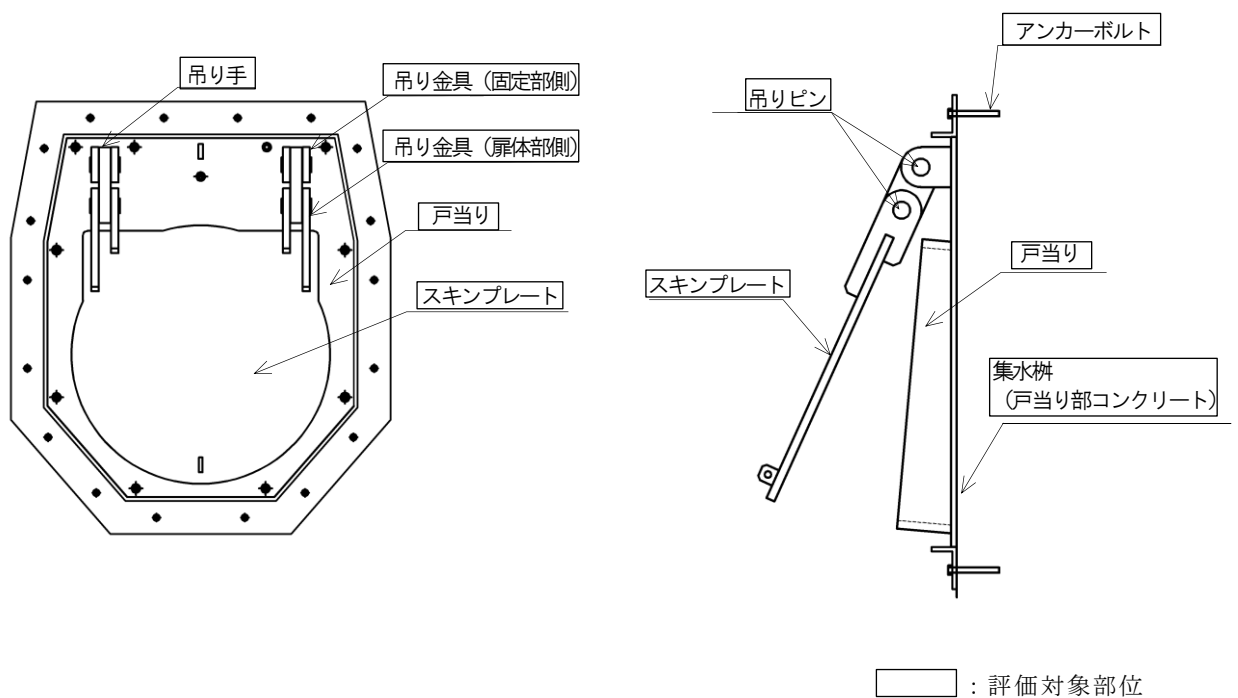


図 3-1(1) 屋外排水路逆止弁の評価対象部位 (⑦, ⑧-1, ⑧-2, ⑩, ⑪, ⑫)

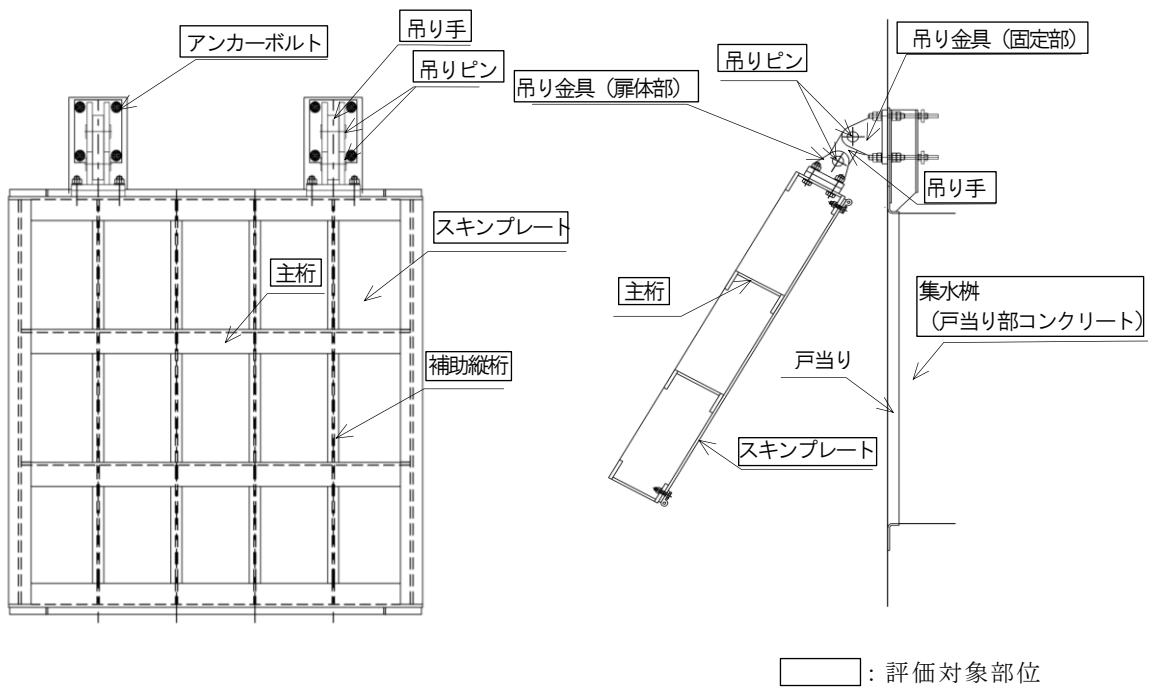


図 3-1(2) 屋外排水路逆止弁の評価対象部位 (13)

## 4. 固有周期

### 4.1 固有周期の計算方法

屋外排水路逆止弁は扉体部及び固定部で構成されるため、固有周期の計算に用いる解析モデルは扉体部及び固定部をモデル化する。固定部のモデル化については、地震力が屋外排水路逆止弁の閉方向に作用する場合（以下「閉門時」という。）には扉体部は戸当りと密着した状態となることから戸当りを支点とする両端支持梁でモデル化し、地震力が屋外排水路逆止弁の開方向に作用する場合（以下「開門時」という。）には屋外排水路逆止弁がヒンジを中心に縦断方向（水平方向）に振動することから、振り子振動としてモデル化する。なお、横断方向（水平方向）及び鉛直方向については振動が生じる構造ではないことから、集水柵と一体の剛体として評価する。

閉門時及び開門時における固有周期の計算を以下で実施する。

#### 4.1.1 閉門時

##### (1) 解析モデル（閉門時）

屋外排水路逆止弁の扉体部を両端支持梁としてモデル化する。

##### (2) 固有周期の計算（閉門時）

固有周期の計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

「構造力学公式集（土木学会，1988年）」より、両端支持梁の一次固有振動数  $f$  及び固有周期  $T$  は次のとおり与えられる。

$$T = \frac{1}{f}$$
$$f = \frac{\pi^2}{2\pi L_1^2} \sqrt{\frac{E \cdot I}{m}}$$

$T$  : 固有周期 (s)

$f$  : 一次固有振動数 (Hz)

$L_1$  : 主桁の長さ（扉体の直径） (mm)

$E$  : ヤング係数 (N/mm<sup>2</sup>)

$I$  : 屋外排水路逆止弁の断面二次モーメント (mm<sup>4</sup>)

$m$  : 扉体部の単位長さ当り質量 (kg/mm)

#### 4.1.2 開門時

##### (1) 解析モデル（開門時）

扉体がヒンジ部を回転中心とした振り子と考えてモデル化する。解析モデル図を図4-1に示す。

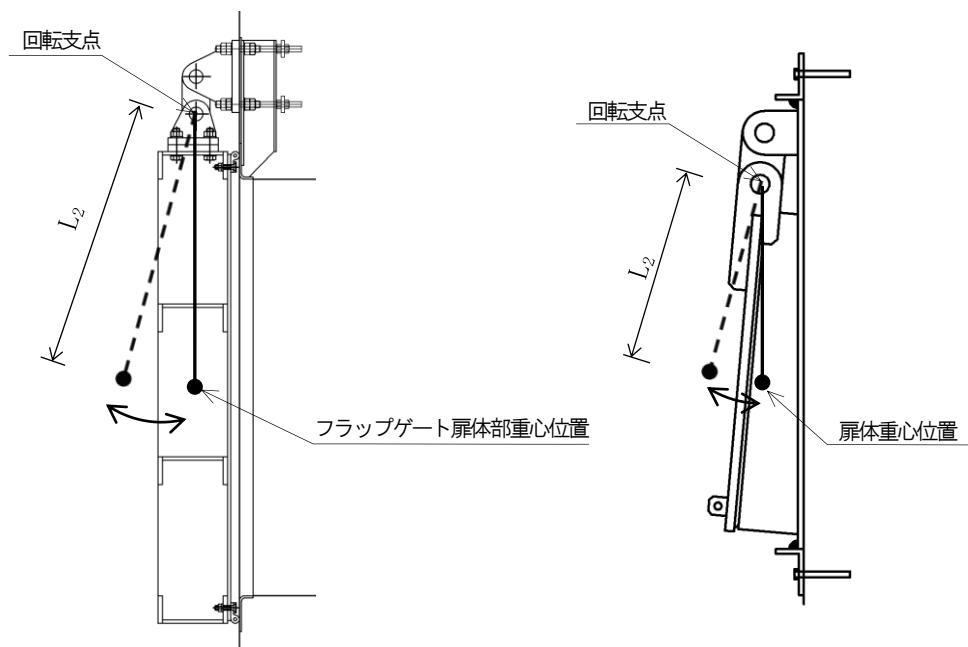


図4-1 解析モデル図（開門時）

##### (2) 固有周期の計算（開門時）

固有周期の計算に用いる寸法は、公称値を使用する。開門時の固有周期は次式により計算する。

$$T = \frac{1}{f}$$
$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{L_2}}$$

T : 固有周期 (s)

f : 一次固有振動数 (Hz)

g : 重力加速度 ( $\text{mm}/\text{s}^2$ )

$L_2$  : 振り子の長さ（回転支点から扉体重心までの距離） (mm)



## 4.2 固有周期の計算条件

### 4.2.1 閉門時

屋外排水路逆止弁の閉門時における固有周期の計算に必要な諸元を表 4-1 に示す。

表 4-1 固有周期の計算に必要な諸元 (閉門時)

設備名称	ヤング係数 E (N/mm <sup>2</sup> )	断面二次モーメント I (mm <sup>4</sup> )	扉体部の単位長さ当り質量 m (kg/mm)	主桁の長さ (扉体の径) L <sub>1</sub> (mm)
屋外排水路逆止弁 (⑦)	1.93×10 <sup>5</sup>	6.92×10 <sup>5</sup>	0.17	780
屋外排水路逆止弁 (⑧-1)		1.95×10 <sup>5</sup>	0.07	570
屋外排水路逆止弁 (⑧-2)		1.15×10 <sup>6</sup>	0.21	880
屋外排水路逆止弁 (⑩, ⑪, ⑫)		1.15×10 <sup>6</sup>	0.21	880
屋外排水路逆止弁 (⑬)		4.11×10 <sup>8</sup>	0.72	1650

#### 4.2.2 開門時

屋外排水路逆止弁の開門時における固有周期の計算に必要な諸元を表 4-2 に示す。

表 4-2 固有周期の計算に必要な諸元（開門時）

設備名称	振り子の長さ $L_2$ (mm)	重力加速度 $g$ (mm/s <sup>2</sup> )
屋外排水路逆止弁 (⑦)	454	9806.65
屋外排水路逆止弁 (⑧-1)	313	
屋外排水路逆止弁 (⑧-2)	505	
屋外排水路逆止弁 (⑩, ⑪, ⑫)	505	
屋外排水路逆止弁 (⑬)	985	

### 4.3 固有周期の計算結果

#### 4.3.1 閉門時

屋外排水路逆止弁の閉門時における固有周期について、「4.1.1 閉門時」に示す計算式に、表 4-1 に示す計算条件を代入して算定した結果を以下に示す。

##### (1) 屋外排水路逆止弁⑦

$$\begin{aligned} f &= \frac{\pi^2}{2\pi L_1^2} \sqrt{\frac{E \cdot I}{m}} \\ &= \pi^2 \times \sqrt{\{(1.93 \times 10^5 \times 6.92 \times 10^5) / 0.17\} / (2\pi \times 780^2)} \\ &= 72.05 \text{ Hz} \\ T &= \frac{1}{f} \\ &= 1/72.05 \\ &= 0.01 \text{ s} \end{aligned}$$

##### (2) 屋外排水路逆止弁⑧-1

$$\begin{aligned} f &= \frac{\pi^2}{2\pi L_1^2} \sqrt{\frac{E \cdot I}{m}} \\ &= \pi^2 \times \sqrt{\{(1.93 \times 10^5 \times 1.95 \times 10^5) / 0.07\} / (2\pi \times 570^2)} \\ &= 109.11 \text{ Hz} \\ T &= \frac{1}{f} \\ &= 1/109.11 \\ &= 0.01 \text{ s} \end{aligned}$$

##### (3) 屋外排水路逆止弁⑧-2

$$\begin{aligned} f &= \frac{\pi^2}{2\pi L_1^2} \sqrt{\frac{E \cdot I}{m}} \\ &= \pi^2 \times \sqrt{\{(1.93 \times 10^5 \times 1.15 \times 10^6) / 0.21\} / (2\pi \times 880^2)} \\ &= 66.10 \text{ Hz} \\ T &= \frac{1}{f} \\ &= 1/66.10 \\ &= 0.02 \text{ s} \end{aligned}$$

(4) 屋外排水路逆止弁⑩, ⑪, ⑫

$$\begin{aligned}f &= \frac{\pi^2}{2\pi L_1^2} \sqrt{\frac{E \cdot I}{m}} \\&= \pi^2 \times \sqrt{\{(1.93 \times 10^5 \times 1.15 \times 10^6) / 0.21\} / (2\pi \times 880^2)} \\&= 66.10 \text{ Hz}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}T &= \frac{1}{f} \\&= 1/66.10 \\&= 0.02 \text{ s}\end{aligned}$$

(5) 屋外排水路逆止弁⑬

$$\begin{aligned}f &= \frac{\pi^2}{2\pi L_1^2} \sqrt{\frac{E \cdot I}{m}} \\&= \pi^2 \times \sqrt{\{(1.93 \times 10^5 \times 4.11 \times 10^8) / (0.72)\} / (2\pi \times 1650^2)} \\&= 191.51 \text{ Hz}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}T &= \frac{1}{f} \\&= 1/191.51 \\&= 0.01 \text{ s}\end{aligned}$$

屋外排水路逆止弁の閉門時における固有周期の計算結果を表 4-3 に示す。固有周期は、0.05s 以下であることから、剛構造である。

表 4-3 固有周期の計算結果（閉門時）

設備名称	固有振動数 f (Hz)	固有周期 T (s)
屋外排水路逆止弁 (⑦)	72.05	0.01
屋外排水路逆止弁 (⑧-1)	109.11	0.01
屋外排水路逆止弁 (⑧-2)	66.10	0.02
屋外排水路逆止弁 (⑩, ⑪, ⑫)	66.10	0.02
屋外排水路逆止弁 (⑬)	191.51	0.01

#### 4.3.2 開門時

屋外排水路逆止弁の開門時における固有周期について、「4.1.2 開門時」に示す計算式に、表 4-2 に示す計算条件を代入して算定した結果を以下に示す。

##### (1) 屋外排水路逆止弁⑦

$$\begin{aligned} f &= \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{L_2}} \\ &= 1/2\pi \times \sqrt{(9806.65/454)} \\ &= 0.74 \text{ Hz} \\ T &= \frac{1}{f} \\ &= 1/0.740 \\ &= 1.35 \text{ s} \end{aligned}$$

##### (2) 屋外排水路逆止弁⑧-1

$$\begin{aligned} f &= \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{L_2}} \\ &= 1/2\pi \times \sqrt{(9806.65/313)} \\ &= 0.891 \text{ Hz} \\ T &= \frac{1}{f} \\ &= 1/0.891 \\ &= 1.12 \text{ s} \end{aligned}$$

##### (3) 屋外排水路逆止弁⑧-2

$$\begin{aligned} f &= \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{L_2}} \\ &= 1/2\pi \times \sqrt{(9806.65/505)} \\ &= 0.701 \text{ Hz} \\ T &= \frac{1}{f} \\ &= 1/0.701 \\ &= 1.43 \text{ s} \end{aligned}$$

(4) 屋外排水路逆止弁⑩, ⑪, ⑫

$$\begin{aligned}f &= \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{L_2}} \\ &= 1/2 \pi \times \sqrt{(9806.65/505)} \\ &= 0.701 \text{ Hz}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}T &= \frac{1}{f} \\ &= 1/0.701 \\ &= 1.43 \text{ s}\end{aligned}$$

(5) 屋外排水路逆止弁⑬

$$\begin{aligned}f &= \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{L_2}} \\ &= 1/2 \pi \times \sqrt{(9806.65/985)} \\ &= 0.502 \text{ Hz}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}T &= \frac{1}{f} \\ &= 1/0.502 \\ &= 1.99 \text{ s}\end{aligned}$$

屋外排水路逆止弁の開門時における固有周期の計算結果を表 4-4 に示す。固有周期が、0.05s を超えたことから、開門時における屋外排水路逆止弁の耐震評価に用いる設計用地震力のうち水平方向については固有周期の計算結果を踏まえて設定する。

表 4-4 固有周期の計算結果（開門時）

設備名称	固有振動数 f (Hz)	固有周期 T (s)
屋外排水路逆止弁 (⑦)	0.740	1.35
屋外排水路逆止弁 (⑧-1)	0.891	1.12
屋外排水路逆止弁 (⑧-2)	0.701	1.43
屋外排水路逆止弁 (⑩, ⑪, ⑫)	0.701	1.43
屋外排水路逆止弁 (⑬)	0.502	1.99



## 5. 構造強度評価

### 5.1 構造強度評価方法

屋外排水路逆止弁の耐震評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」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」にて設定する評価対象部位に作用する応力等が「5.3 許容限界」にて示す許容限界以下であることを確認する。

### 5.2 荷重及び荷重の組合せ

#### 5.2.1 荷重の設定

屋外排水路逆止弁の耐震評価において考慮する荷重を以下に示す。その構造及び設置位置から風荷重及び積雪荷重の影響は評価しない。

また、屋外排水路から流下する排水による水圧作用方向は扉体への作用荷重を打ち消す方向に作用するため考慮しないこととする。

#### (1) 固定荷重 (G)

固定荷重として、扉体自重を考慮する。

#### (2) 地震荷重 (S<sub>s</sub>)

地震荷重として、基準地震動 S<sub>s</sub> による地震力を考慮する。

#### 5.2.2 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 5-1 に示す。

表 5-1(1) 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
地震時	G + S <sub>s</sub>

G : 固定荷重

S<sub>s</sub> : 地震荷重

表 5-1(2) 荷重の組合せ

種別		荷重		算定方法
永久 荷重	常時考 慮荷重	躯体自重	○	設計図書に基づいて、対象構造物の体積に材料の密度を乗じて設定する。
		機器・配管自重	－	対象構造物に作用する機器・配管はないため考慮しない。
		土被り荷重	－	土被りはないため考慮しない。
		積載荷重	－	積載荷重は考慮しない。
	静止土圧		－	静止土圧は考慮しない。
	外水圧		－	外水圧は考慮しない。
	内水圧		－	内水圧は考慮しない。
	積雪荷重		－	積雪荷重は考慮しない。
	風荷重		－	風荷重は考慮しない。
偶発 荷重	水平地震動		○	基準地震動 $S_s$ による水平及び鉛直同時加振を考慮する。
	鉛直地震動		○	
	動水圧		－	動水圧は考慮しない。

### 5.3 許容限界

屋外排水路逆止弁の各評価対象部位の許容限界は、評価対象部位毎に「ダム・堰施設技術基準（案）（基準解説編・設備計画マニュアル編）（ダム・堰施設技術協会平成28年3月）」に規定される短期許容応力度を用いる。アンカーボルトの耐力は「各種合成構造設計指針・同解説（日本建築学会 2010年）」に基づき設定した耐力を用いる。

屋外排水路逆止弁の許容限界を表5-2に示す。

なお、地震後の再使用性を想定し、当該構造物全体の変形能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、評価対象部位が弾性域内に収まることを基本とする。

表5-2(1) 屋外排水路逆止弁の許容限界  
屋外排水路逆止弁（⑦，⑧-1，⑧-2，⑩，⑪，⑫）

評価対象部位		材質	短期許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> )			
			曲げ $\sigma_{ab}^*$	引張 $\sigma_{at}^*$	せん断 $\tau_a^*$	圧縮 $\sigma_{as}^*$
扉体部	スキンプレート	SUS316L	135	-	-	-
	吊り金具	SUS316L	135	-	75	-
	吊り手	SUS316L	135	135	75	-
	吊りピン	SUS316L	135	-	75	-
固定部	戸当り	SUS316L	-	-	-	202.5
	集水柵（戸当り部 コンクリート）	コンクリート	-	-	0.6	8.8

注記\*： $\sigma_{ab}$ ：短期許容曲げ応力度， $\sigma_{at}$ ：短期許容引張応力度，  
 $\tau_a$ ：短期許容せん断応力度， $\sigma_{as}$ ：短期許容支圧応力度を示す。

表 5-2(2) 屋外排水路逆止弁の許容限界

屋外排水路逆止弁 (13)

評価対象部位		材質	短期許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> )			
			曲げ $\sigma_{ab}^{*1}$	引張 $\sigma_{at}^{*1}$	せん断 $\tau_a^{*1}$	圧縮 $\sigma_{as}^{*1}$
扉体部	スキンプレート	SUS316L	135	-	-	-
	主桁	SUS316L	135	-	75	-
	補助縦桁*2	SUS316L	135	135	-	116.1
	吊り金具	SUS316L	135	-	75	-
	吊り手	SUS316L	135	135	75	-
	吊りピン	SUS316L	135	-	75	-
固定部	集水柵 (戸当り部 コンクリート)	コンクリート	-	-	0.6	8.8

注記\*1 :  $\sigma_{ab}$  : 許容曲げ応力度,  $\sigma_{at}$  : 許容引張応力度,  $\tau_a$  : 許容せん断応力度,  
 $\sigma_{as}$  : 許容支圧応力度を示す。

\*2 : 補助縦桁に用いる構造用鋼材の許容曲げ圧縮応力度は「ダム・堰施設技術基準 (案)  
(基準解説編・設備計画マニュアル編) (ダム・堰施設技術協会 平成 28 年 3  
月)」に基づき, 許容曲げ応力度横倒れ座屈に対する配慮として許容応力の低減を考  
慮し, 以下の計算式により算出する。

$$\frac{L}{b} \leq \frac{10}{K} : 90 \times 1.5 = 135 \quad (\text{N/mm}^2)$$

$$\frac{L}{b} > \frac{10}{K} : \sigma_{ca} = \{90 - 0.7 \left( \frac{KL}{b} - 10 \right)\} \times 1.5 \quad (\text{N/mm}^2)$$

$$K = \sqrt{3 + \frac{A_w}{2 \cdot A_c}} \quad \text{ただし, } A_w/A_c < 2 \text{ の場合, } K=2$$

ここに, L : 圧縮フランジの固定間隔 (mm)

b : 圧縮フランジ幅 (mm)

$A_w$  : 腹板の総断面積 (mm<sup>2</sup>)

$A_c$  : 圧縮フランジの総断面積 (mm<sup>2</sup>)

表 5-2(3) 屋外排水路逆止弁の許容限界

評価対象部位		材質	引張耐力* (N/本)	せん断耐力* (N/本)
固定部	アンカーボルト (屋外排水路逆止弁⑦)	SUS316L (M16)	24800	15300
	アンカーボルト (屋外排水路逆止弁⑧-1)	SUS316L (M12)	14000	9700
	アンカーボルト (屋外排水路逆止弁⑧-2)	SUS316L (M16)	26300	18300
	アンカーボルト (屋外排水路逆止弁⑩, ⑪, ⑫)	SUS316L (M16)	26300	18300
	アンカーボルト (屋外排水路逆止弁⑬)	ABR400 (M24)	63430	35340

注記\* : 「各種合成構造設計指針・同解説 (日本建築学会 2010年)」に基づき、引張耐力及びせん断耐力を設定する。

#### 5.4 設計用地震力

「4. 固有周期」に示したとおり，閉門時において屋外排水路逆止弁は剛構造として考慮し，屋外排水路逆止弁の設計用地震力は，VI-2-10-2-2-2「防波壁（逆T擁壁）の地震応答計算書」，VI-2-10-2-2-3「防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の地震応答計算書」に示す地震応答解析モデルより抽出し設定する。

##### (1) 3号機東側エリア（屋外排水路逆止弁⑦，⑧-1，⑧-2）

屋外排水路逆止弁⑦，⑧-1，⑧-2を設置している集水桝は，防波壁（逆T擁壁）に固定しており，設計用地震力の設定については，防波壁（逆T擁壁）の地震応答解析の評価対象断面のうち，屋外排水路逆止弁⑦，⑧-1，⑧-2が設置されている位置に近接した①-①断面，④-④断面及び⑥-⑥断面が抽出される。

また，防波壁（逆T擁壁）の耐震評価において，⑥-⑥断面については，①-①断面と比較し，改良地盤の幅(12.6m)及び許容アンカー力に占める初期緊張力の割合(0.86)が同等であり，地表面最大加速度は⑥-⑥断面の方が小さいことから，①-①断面に代表させている。したがって，屋外排水路逆止弁の評価対象断面としても同様とする。

以上を踏まえ，屋外排水路逆止弁の評価対象断面として，①-①断面及び④-④断面を選定し，防波壁（海側及び敷地側）の地表面位置の節点の応答加速度を比較し，最も大きい応答加速度を示す評価対象断面の設計用地震力を設計用地震力として統一して設定する。

設計用地震力を表5-3に，評価対象断面位置図を図5-1に，地震応答解析モデルを図5-2に，①-①断面及び⑥-⑥断面の1次元地震応答解析による地表面位置の最大応答加速度の比較結果を表5-4及び図5-3に示す。

表 5-3 設計用地震力（屋外排水路逆止弁⑦，⑧-1，⑧-2）

評価対象断面	抽出位置	設計用地震力 (水平)	設計用地震力 (鉛直)
①-①断面	防波壁（海側）	0.90	0.82
	防波壁（敷地側）	<u>0.91</u>	<u>0.85</u>
④-④断面	防波壁（海側）	追而	追而
	防波壁（敷地側）	追而	追而

下線：設計用地震力

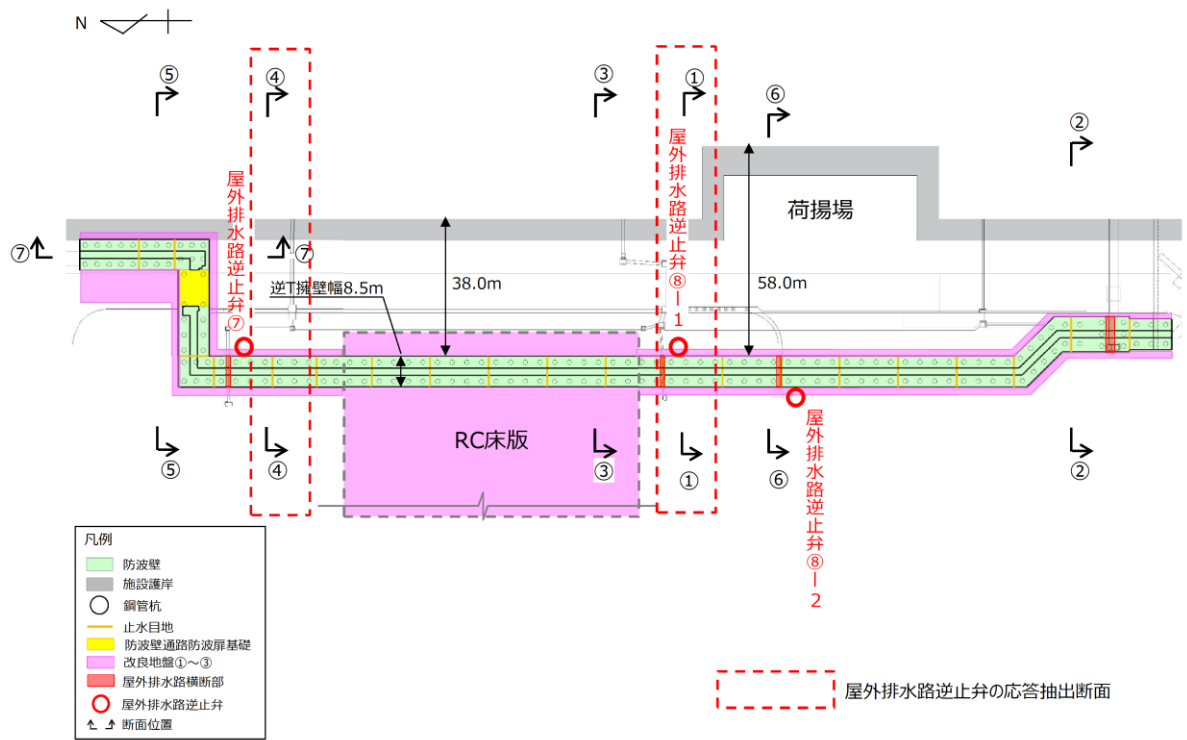


図 5-1 評価対象断面位置図 (防波壁 (逆 T 擁壁))

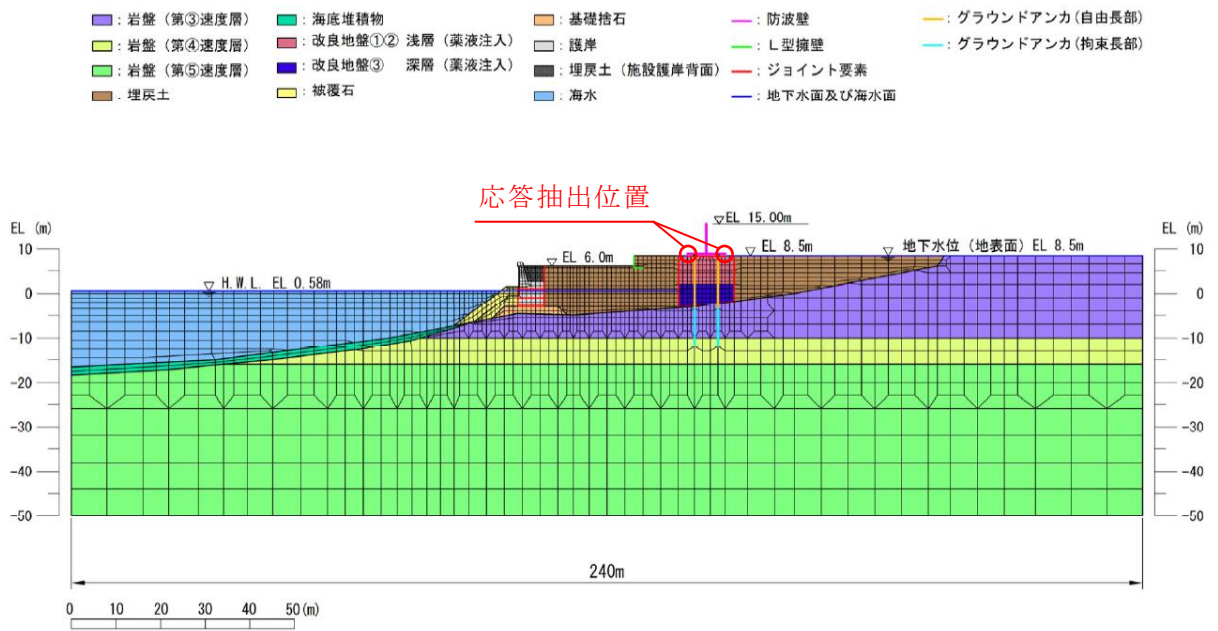


図 5-2(1) 地震応答解析モデル (防波壁 (逆 T 擁壁) ①-①断面)

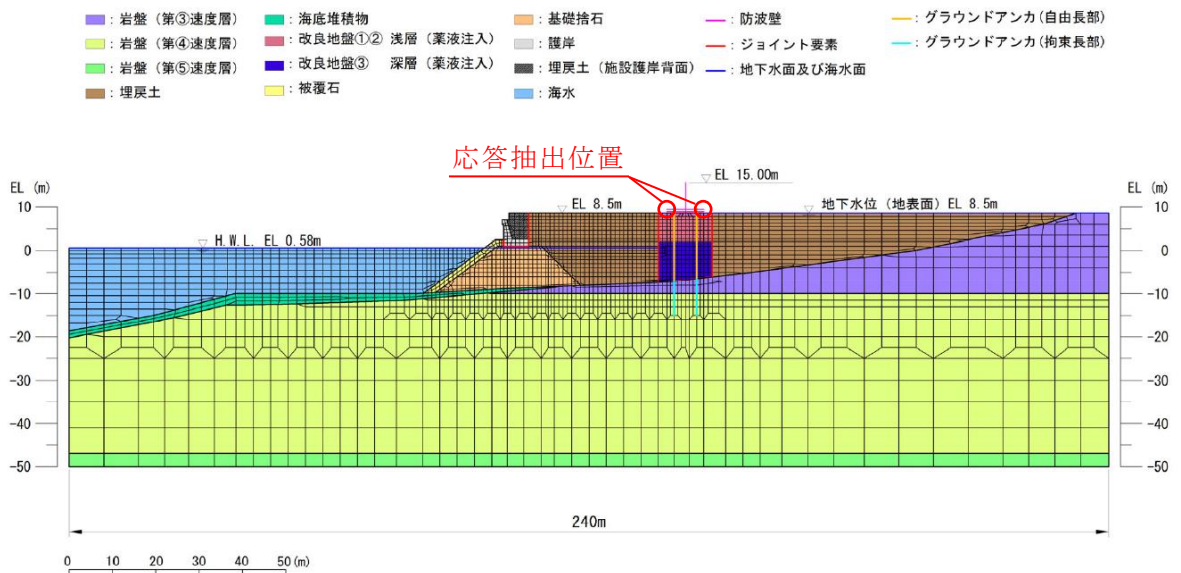


図 5-2(2) 地震応答解析モデル (防波壁 (逆 T 擁壁) ④-④断面)



表 5-4 1次元地震応答解析結果

断面	1次元地震応答解析による 地表面最大加速度 S <sub>s</sub> -D (水平) (cm/s <sup>2</sup> )
①-①断面	1232
⑥-⑥断面	1218

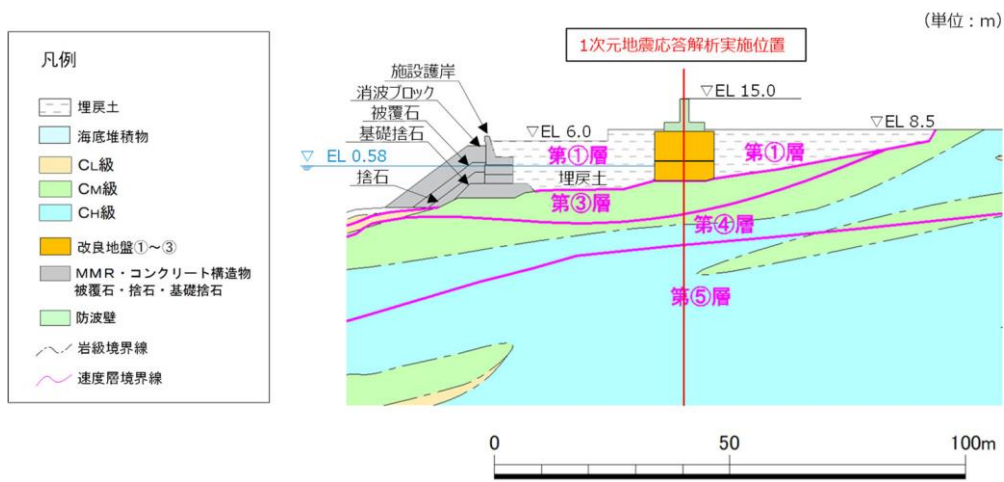


図 5-3(1) 1次元地震応答解析実施位置 (①-①断面)

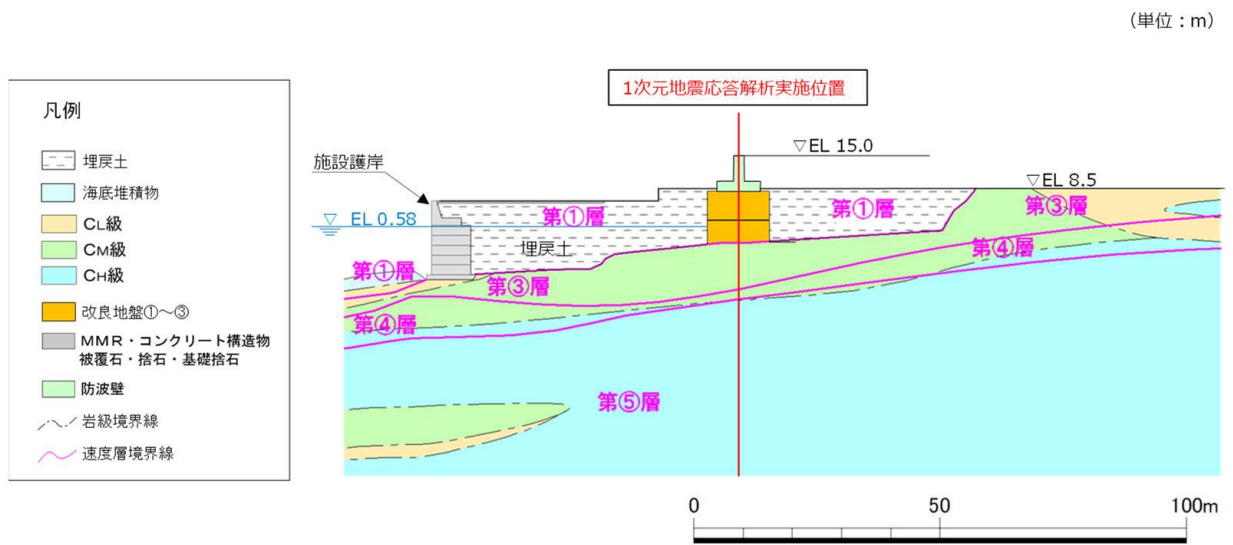


図 5-3(2) 1次元地震応答解析実施位置 (⑥-⑥断面)

(2) 1, 2号機北側エリア（屋外排水路逆止弁⑩, ⑪, ⑫, ⑬）

屋外排水路逆止弁⑩, ⑪, ⑫, ⑬を設置している集水桝は、防波壁（多重鋼管杭式擁壁）に固定しており、設計用地震力の設定については、防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の地震応答解析断面のうち、屋外排水路逆止弁⑩, ⑪, ⑫, ⑬が設置されている位置に近接した①－①断面, ②－②断面及び⑤－⑤断面が抽出される。

このうち、⑤－⑤断面については、①－①断面及び②－②断面と比較した場合、岩盤上面深さが浅いことから地震時の応答加速度が小さくさると考えられるため、評価対象断面として選定しない。

以上を踏まえ、屋外排水路逆止弁の評価対象断面として、①－①断面及び②－②断面を選定し、防波壁の地表面位置の節点の応答加速度を比較し、最も大きい応答加速度を示す評価対象断面の設計用地震力を設計用地震力として統一して設定する。

設計用地震力を表5-5に、評価対象断面位置図を図5-4に、地震応答解析モデル及び地質断面図を図5-5に示す。

表5-5 設計用地震力（屋外排水路逆止弁⑩, ⑪, ⑫, ⑬）

評価対象断面	抽出位置	設計用地震力 （水平）	設計用地震力 （鉛直）
①－①断面	防波壁（地表面）	追而	追而
②－②断面	防波壁（地表面）	<u>0.86</u>	<u>0.67</u>

下線：設計用地震力

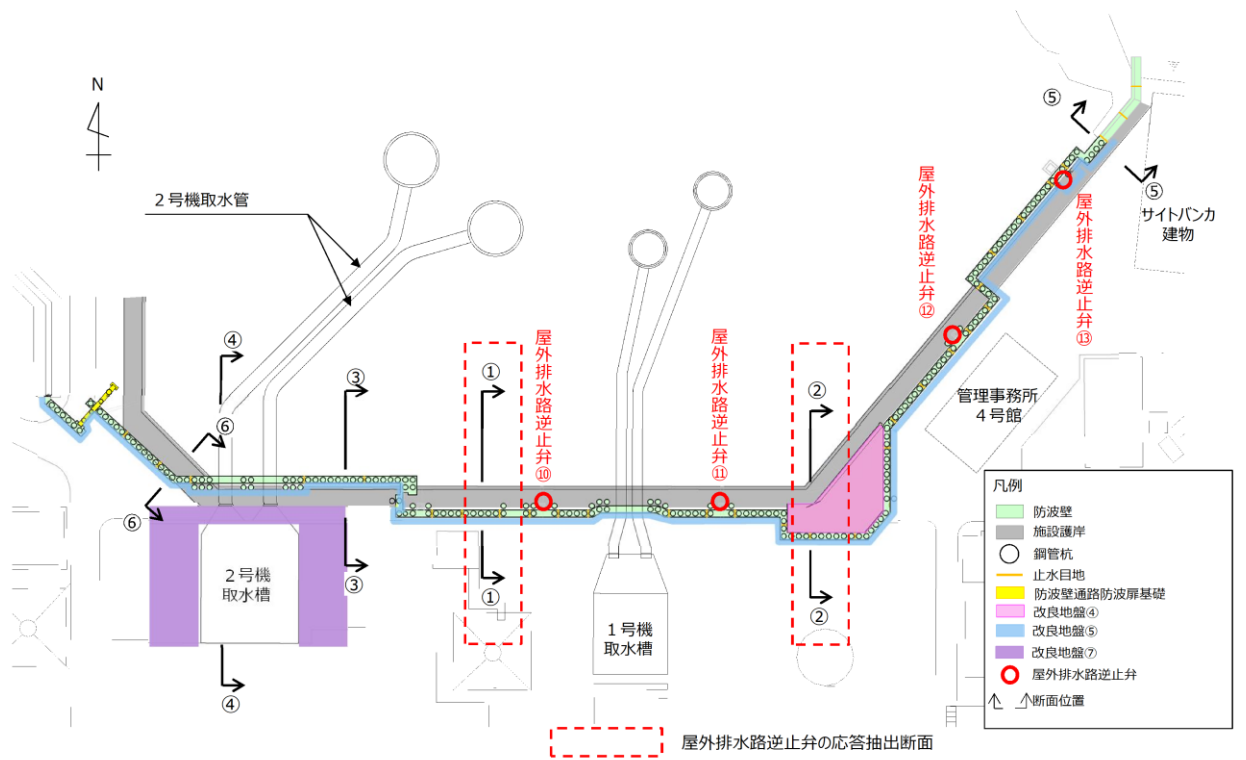


図5-4 評価対象断面位置図（防波壁（多重鋼管杭式擁壁））

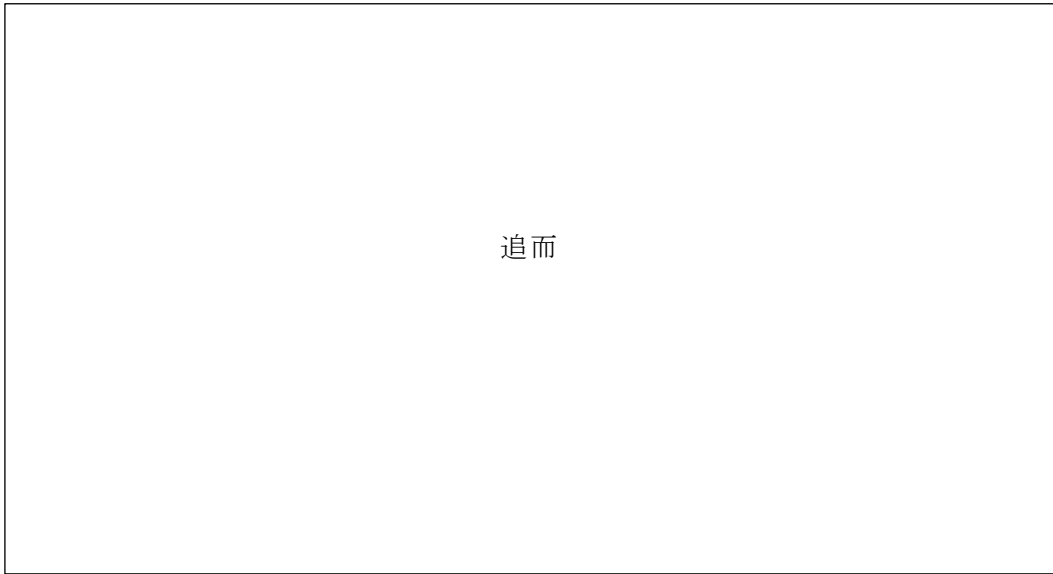


図5-5(1) 地震応答解析モデル（防波壁（多重鋼管杭式擁壁）①-①断面）

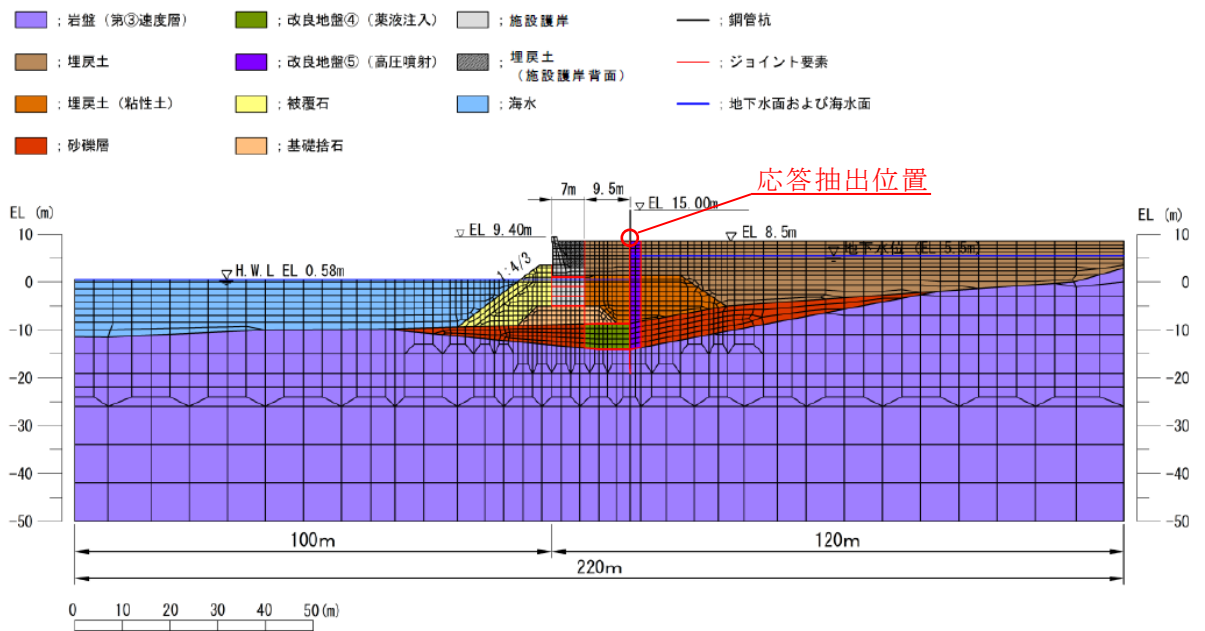


図5-5(2) 地震応答解析モデル（防波壁（多重鋼管杭式擁壁）②-②断面）

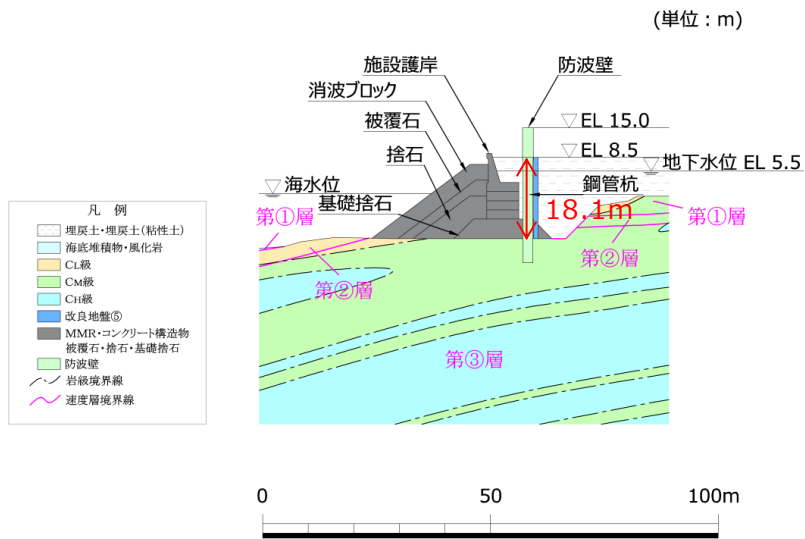


図5-5(3) 地質断面図(防波壁(多重鋼管杭式擁壁)①-①断面)

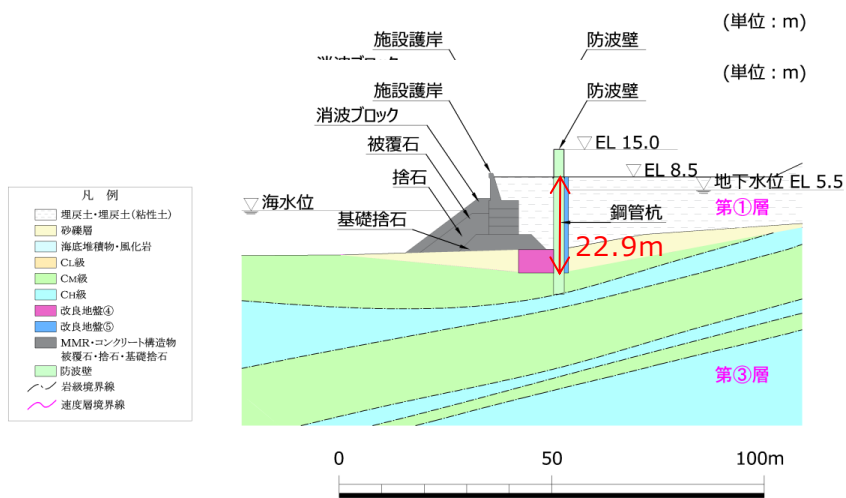


図5-5(4) 地質断面図(防波壁(多重鋼管杭式擁壁)②-②断面)

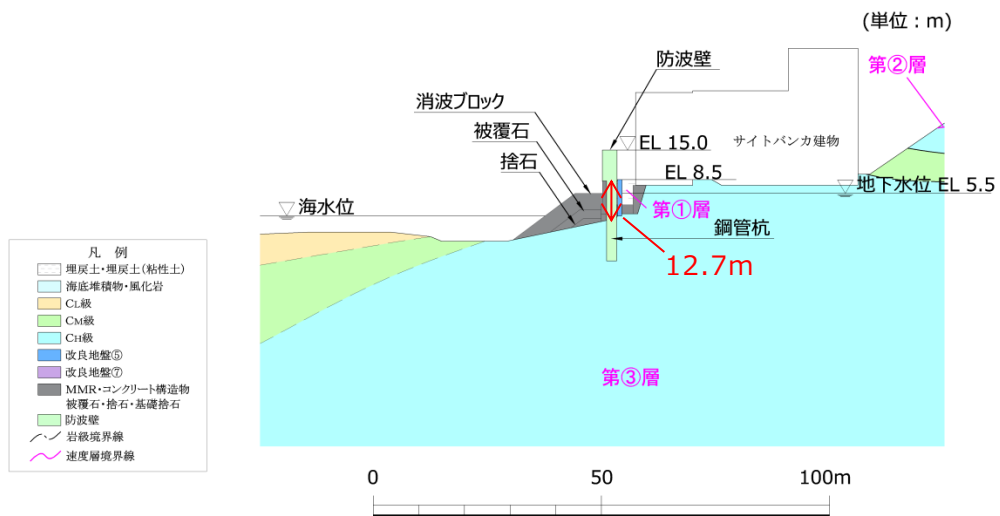


図5-5(5) 地質断面図(防波壁(多重鋼管杭式擁壁)⑤-⑤断面(参考))

屋外排水路逆止弁の閉門時の評価に用いる設計用地震力を表 5-6 に、開門時の評価に用いる設計用地震力を表 5-7 に示す。

開門時においては屋外排水路逆止弁の固有周期が 0.05s を超えたことから、屋外排水路逆止弁の開門時の設計用地震力は、VI-2-10-2-2「防波壁の地震応答計算書」の結果を踏まえ作成した防波壁（逆 T 擁壁）、防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の地震応答解析モデルより抽出した応答加速度を用いて、VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」に基づき作成した設計用床応答スペクトル及び屋外排水路逆止弁の固有周期を踏まえ設計用地震力を設定する。

「閉門時」及び「開門時」にて設定した設計用地震力から、設計用地震力の大きくなった「開門時」における設計用地震力を応力評価に考慮する。

以降に示す評価内容については、現時点での設計用地震力を採用しており、評価対象断面の応答加速度の結果に伴い設計用地震力を変更する可能性がある。

表 5-6 設計用地震力（閉門時）

設備名称	地震動	設置場所及び 床面高さ(m)	地震による 設計用地震力	
			水平方向 K <sub>h</sub>	鉛直方向 K <sub>v</sub>
屋外排水路逆止弁 ⑦	基準地震動 S <sub>s</sub>	集水榭 EL 6.21 m (屋外排水路底面高さ)	水平方向 K <sub>h</sub>	0.91
			鉛直方向 K <sub>v</sub>	0.85
屋外排水路逆止弁 ⑧-1		集水榭 EL 6.125 m (屋外排水路底面高さ)	水平方向 K <sub>h</sub>	0.91
			鉛直方向 K <sub>v</sub>	0.85
屋外排水路逆止弁 ⑧-2		集水榭 EL 5.54 m (屋外排水路底面高さ)	水平方向 K <sub>h</sub>	0.91
			鉛直方向 K <sub>v</sub>	0.85
屋外排水路逆止弁 ⑩, ⑪, ⑫		集水榭 EL 6.11~6.50 m (屋外排水路底面高さ)	水平方向 K <sub>h</sub>	0.86
			鉛直方向 K <sub>v</sub>	0.67
屋外排水路逆止弁 ⑬		集水榭 EL 4.10m (屋外排水路底面高さ)	水平方向 K <sub>h</sub>	0.86
			鉛直方向 K <sub>v</sub>	0.67

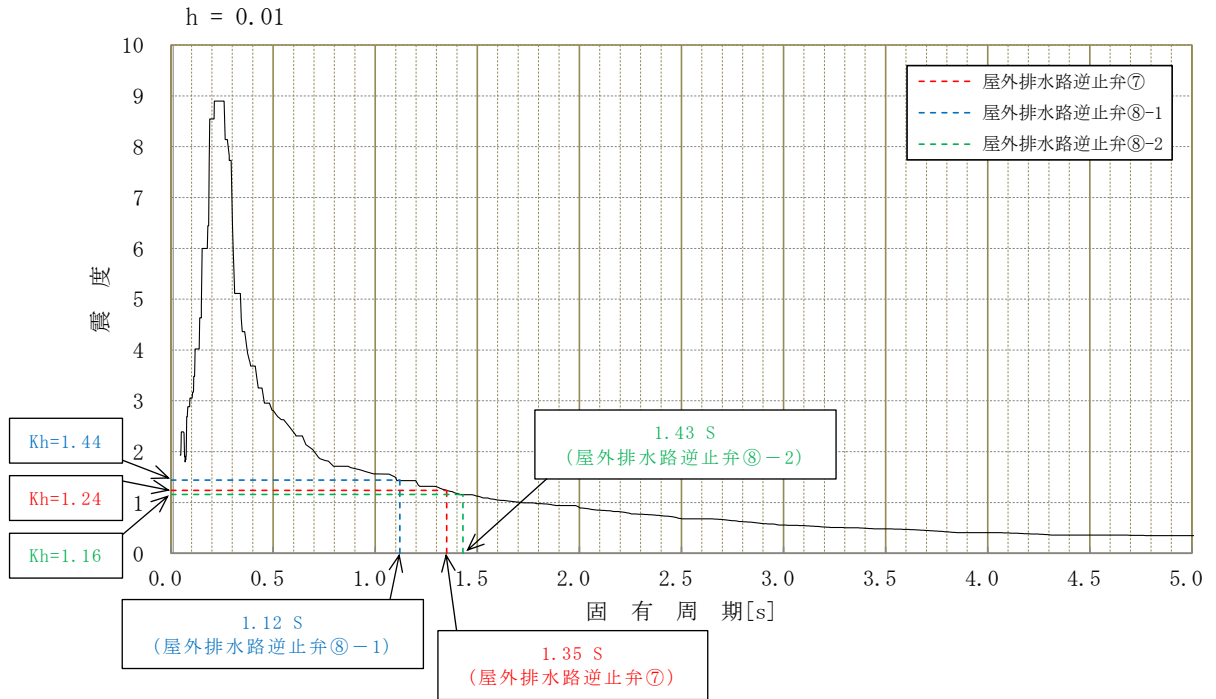


図 5-6(1) 設計用床応答スペクトル (⑦, ⑧-1, ⑧-2)

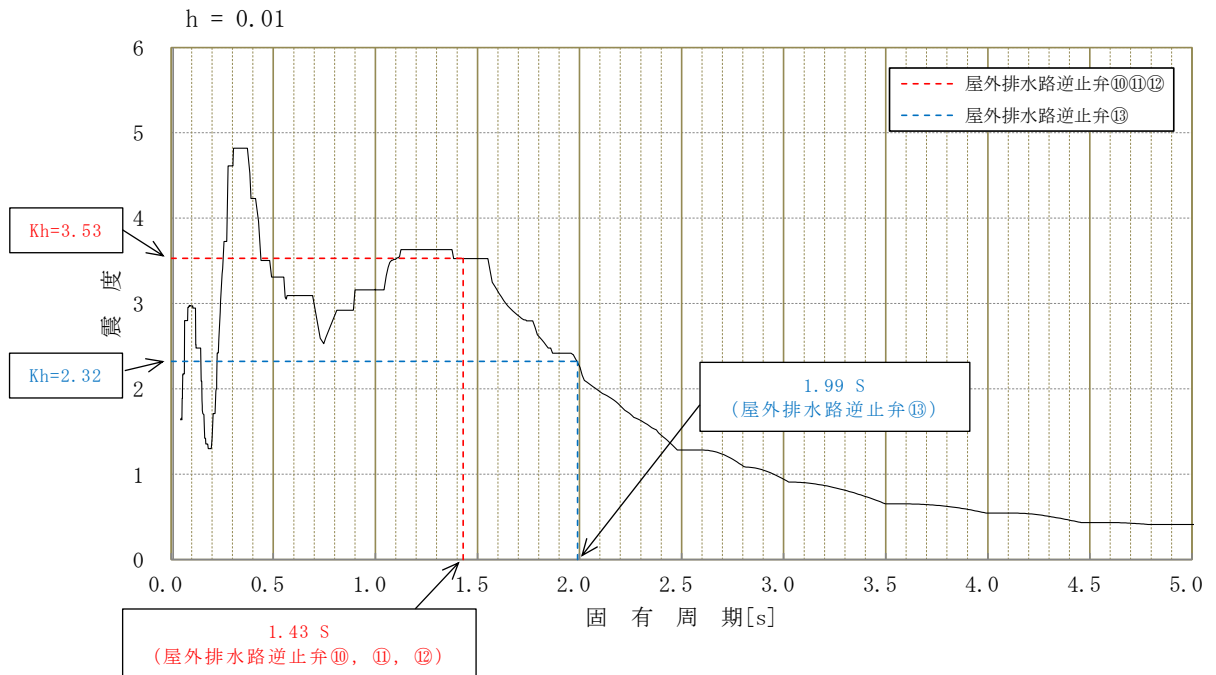


図 5-6(2) 設計用床応答スペクトル (⑩, ⑪, ⑫, ⑬)



表 5-7 設計用地震力（開門時）

設備名称	地震動	設置場所及び 床面高さ(m)	地震による 設計用地震力	
			水平方向 K <sub>h</sub>	鉛直方向 K <sub>v</sub>
屋外排水路逆止弁 ⑦	基準地震動 S <sub>s</sub>	集水榭 EL 6.21 m (屋外排水路底面高さ)	水平方向 K <sub>h</sub>	1.24
			鉛直方向 K <sub>v</sub>	0.85
屋外排水路逆止弁 ⑧-1		集水榭 EL 6.125 m (屋外排水路底面高さ)	水平方向 K <sub>h</sub>	1.44
			鉛直方向 K <sub>v</sub>	0.85
屋外排水路逆止弁 ⑧-2		集水榭 EL 5.54 m (屋外排水路底面高さ)	水平方向 K <sub>h</sub>	1.16
			鉛直方向 K <sub>v</sub>	0.85
屋外排水路逆止弁 ⑩, ⑪, ⑫		集水榭 EL 6.11~6.50 m (屋外排水路底面高さ)	水平方向 K <sub>h</sub>	3.53
			鉛直方向 K <sub>v</sub>	0.67
屋外排水路逆止弁 ⑬		集水榭 EL 4.00m (屋外排水路底面高さ)	水平方向 K <sub>h</sub>	2.32
			鉛直方向 K <sub>v</sub>	0.67

## 5.5 計算方法

各評価対象部位に加わる応力等の算出式を同様な構造毎に以下にまとめる。

### 5.5.1 屋外排水路逆止弁 (⑦, ⑧-1, ⑧-2, ⑩, ⑪, ⑫)

#### (1) スキンプレート

スキンプレートの曲げ応力は、「機械工学便覧 基礎編 (日本機械学会, 1987年)」に基づき、円盤周辺単純支持等分布荷重による最大曲げ応力を考える。

スキンプレートのモデル図を図 5-7 に示す。

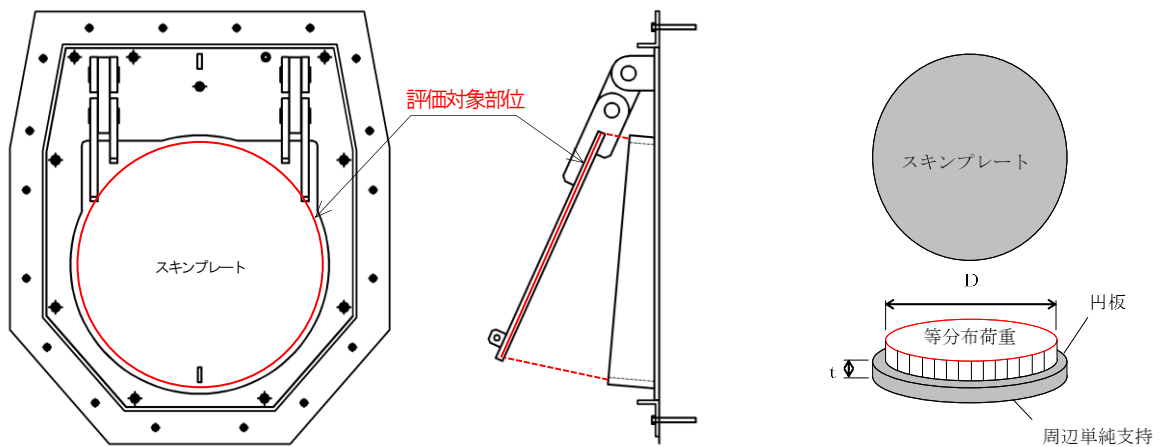


図 5-7 スキンプレートのモデル図

スキンプレートの最大応力度算定式を以下に示す。

$$\sigma_{\max} = 1.24 \cdot \frac{P \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2}{t}$$

$$P = \frac{W_{g1} \cdot K h}{\pi \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2}$$

$\sigma_{\max}$  : スキンプレートの最大応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$K h$  : 水平方向の設計用地震力

$P$  : 地震時作用単位荷重 (N/mm<sup>2</sup>)

$D$  : スキンプレートの受水径 (mm)

$t$  : スキンプレートの板厚 (mm)

$W_{g1}$  : 扉体自重 (スキンプレート, 吊り金具 (扉体部), 吊りピン 4 本, 吊り手) (N)

(2) 吊り金具（扉体部，固定部）

吊り金具（扉体部，固定部）のモデル図を図5-8に示す。吊り金具（扉体部，固定部）は逆止弁1門当たり2箇所を設置されているため，片側にかかる荷重は地震時慣性力の1/2を考える。吊り金具（扉体部，固定部）の照査位置として断面A，断面Bで行う。

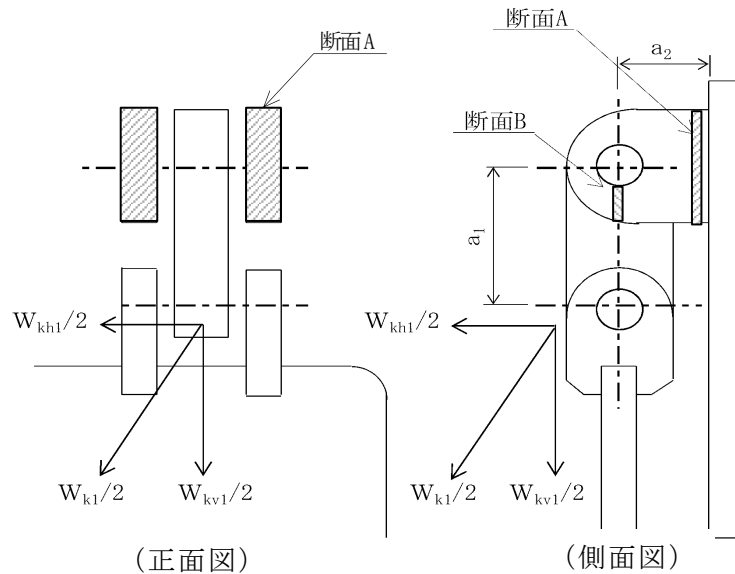


図5-8 吊り金具（扉体部，固定部）のモデル図

吊り金具の最大応力度算定式を以下に示す。

(断面A)

曲げ応力度（水平方向）

$$\sigma_{Ax} = \frac{W_{kh1} \cdot (a_1 + a_2)}{2 \cdot Z_{Ax}}$$

$$W_{Kh1} = W_{g1} \cdot K h$$

$\sigma_{Ax}$  : 吊り金具の水平設計用地震力による曲げ応力度（断面A水平方向）  
 (N/mm<sup>2</sup>)

$W_{kh1}$  : 扉体自重の水平設計用地震力による地震時慣性力 (N)

$a_1$  : ピン穴中心間の距離 (mm)

$a_2$  : 固定部吊り金具のピン穴中心から戸当りまでの距離 (mm)

$Z_{Ax}$  : 断面係数（断面A水平方向） (mm<sup>3</sup>)

$W_{g1}$  : 扉体自重（スキンプレート，吊り金具（扉体部），吊りピン4本，吊り手） (N)

$K h$  : 水平方向の設計用地震力

せん断応力度（水平方向）

$$\tau_{Ax} = \frac{W_{kh1}}{2 \cdot A_A}$$

$\tau_{Ax}$  : 吊り金具の水平設計用地震力によるせん断応力度（断面A水平方向）  
(N/mm<sup>2</sup>)

$W_{kh1}$  : 扉体自重の水平設計用地震力による地震時慣性力 (N)

$A_A$  : 断面Aの断面積 (mm<sup>2</sup>)

曲げ応力とせん断応力の合成応力度（水平方向）

$$\sigma_{xmax} = \sqrt{\sigma_{Ax}^2 + 3 \times \tau_{Ax}^2}$$

$\sigma_{xmax}$  : 吊り金具の曲げ応力とせん断応力の合成応力度（断面A水平方向）  
(N/mm<sup>2</sup>)

$\sigma_{Ax}$  : 吊り金具の水平設計用地震力による曲げ応力度（断面A水平方向）  
(N/mm<sup>2</sup>)

$\tau_{Ax}$  : 吊り金具の水平設計用地震力によるせん断応力度（断面A水平方向）  
(N/mm<sup>2</sup>)

曲げ応力度（鉛直方向）

$$\sigma_{Ay} = \frac{(W_{kv1} + W_{g1}) \cdot a_2}{2 \cdot Z_{Ay}}$$

$$W_{Kv1} = W_{g1} \cdot K_v$$

$\sigma_{Ay}$  : 吊り金具の鉛直設計用地震力による曲げ応力度（断面A鉛直方向）  
(N/mm<sup>2</sup>)

$W_{kv1}$  : 扉体自重の鉛直設計用地震力による地震時慣性力 (N)

$W_{g1}$  : 扉体自重（スキンプレート，吊り金具（扉体部），吊りピン4本，吊り手） (N)

$a_2$  : 固定部吊り金具のピン穴中心から戸当りまでの距離 (mm)

$Z_{Ay}$  : 断面係数（断面A鉛直方向） (mm<sup>3</sup>)

$K_v$  : 鉛直方向の設計用地震力

せん断応力度（鉛直方向）

$$\tau_{Ay} = \frac{W_{kv1} + W_{g1}}{2 \cdot A_A}$$

$\tau_{Ay}$  : 吊り金具の鉛直設計用地震力によるせん断応力度（断面A鉛直方向）  
（N/mm<sup>2</sup>）

$W_{kv1}$  : 扉体自重の鉛直設計用地震力による地震時慣性力（N）

$W_{g1}$  : 扉体自重（スキンプレート，吊り金具（扉体部），吊りピン4本，吊り手）（N）

$A_A$  : 断面Aの断面積（mm<sup>2</sup>）

曲げ応力とせん断応力の合成応力度（鉛直方向）

$$\sigma_{ymax} = \sqrt{\sigma_{Ay}^2 + 3 \times \tau_{Ay}^2}$$

$\sigma_{ymax}$  : 吊り金具の曲げ応力とせん断応力の合成応力度（断面A鉛直方向）  
（N/mm<sup>2</sup>）

$\sigma_{Ay}$  : 吊り金具の鉛直設計用地震力による曲げ応力度（断面A鉛直方向）  
（N/mm<sup>2</sup>）

$\tau_{Ay}$  : 吊り金具の鉛直設計用地震力によるせん断応力度（断面A鉛直方向）  
（N/mm<sup>2</sup>）

（断面B）

せん断応力度

$$\tau_B = \frac{W_{k1} + W_{g1}}{4 \cdot A_B}$$

$$W_{k1} = \sqrt{W_{Kh1}^2 + W_{kv1}^2}$$

$\tau_B$  : 吊り金具の同時加震によるせん断応力度（断面B）（N/mm<sup>2</sup>）

$W_{k1}$  : 扉体自重の同時加震による地震時慣性力（N）

$W_{g1}$  : 扉体自重（スキンプレート，吊り金具（扉体部），吊りピン4本，吊り手）（N）

$A_B$  : 断面Bの断面積（mm<sup>2</sup>）

$W_{kh1}$  : 扉体自重の水平設計用地震力による地震時慣性力（N）

$W_{kv1}$  : 扉体自重の鉛直設計用地震力による地震時慣性力（N）

(3) 吊り手

吊り手のモデル図を図 5-9 に示す。吊り手は逆止弁 1 門当り 2 箇所を設置されているため、片側にかかる荷重は地震時慣性力の 1/2 を考える。吊り手の照査位置として断面 C，断面 D で行う。

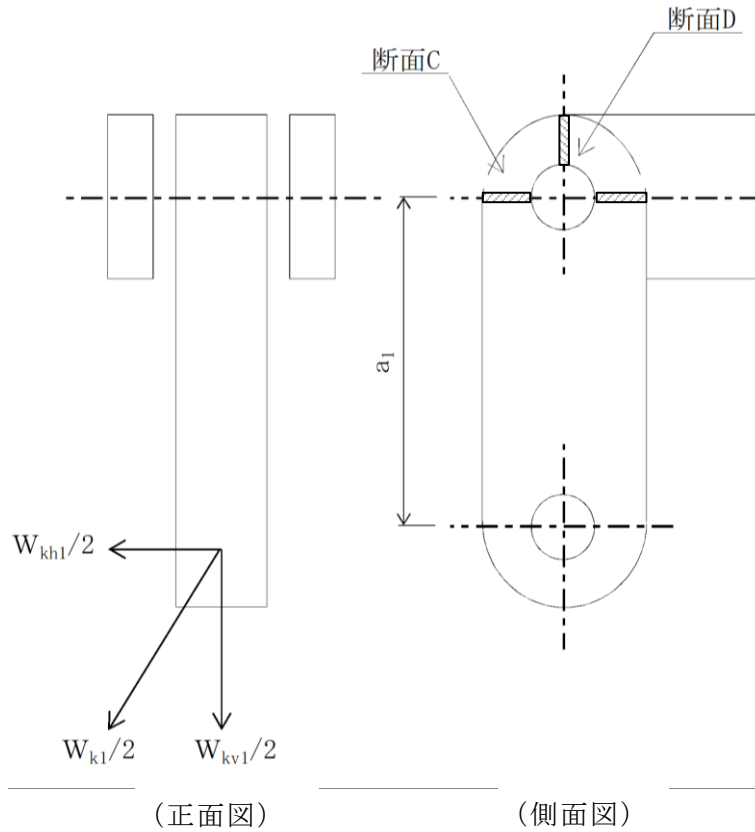


図 5-9 吊り手のモデル図

吊り手の最大応力度算定式を以下に示す。

(断面 C)

曲げ応力度 (水平方向)

$$\sigma_{C1} = \frac{W_{kh1} \cdot a_1}{2 \cdot Z_C}$$

$\sigma_{C1}$  : 吊り手の水平設計用地震力による曲げ応力度 (断面 C 水平方向)  
( $N/mm^2$ )

$W_{kh1}$  : 扉体自重の水平設計用地震力による地震時慣性力 (N)

$a_1$  : ピン穴中心間の距離 (mm)

$Z_C$  : 断面係数 (断面 C) ( $mm^3$ )

引張応力度（鉛直方向）

$$\sigma_{C2} = \frac{W_{kv1} \cdot W_{g1}}{2 \cdot A_C}$$

$\sigma_{C2}$  : 吊り手の鉛直設計用地震力による引張応力度（断面C鉛直方向）  
（N/mm<sup>2</sup>）

$W_{kv1}$  : 扉体自重の鉛直設計用地震力による地震時慣性力（N）

$W_{g1}$  : 扉体自重（スキンプレート，吊り金具（扉体部），吊りピン4本，吊り手）（N）

$A_C$  : 断面Cの断面積（mm<sup>2</sup>）

曲げ応力と引張応力の合成応力度

$$\sigma_{Cmax} = \sigma_{C1} + \sigma_{C2}$$

$\sigma_{Cmax}$  : 吊り手の曲げ応力と引張応力の合成応力度（断面C）（N/mm<sup>2</sup>）

$\sigma_{C1}$  : 吊り手の水平設計用地震力による曲げ応力度（断面C水平方向）  
（N/mm<sup>2</sup>）

$\sigma_{C2}$  : 吊り手の鉛直設計用地震力による引張応力度（断面C鉛直方向）  
（N/mm<sup>2</sup>）

（断面D）

せん断応力度

$$\tau_D = \frac{W_{k1} + W_{g1}}{2 \cdot A_D}$$

$\tau_D$  : 吊り手の同時加震によるせん断応力度（断面D）（N/mm<sup>2</sup>）

$W_{k1}$  : 扉体自重の同時加震による地震時慣性力（N）

$W_{g1}$  : 扉体自重（スキンプレート，吊り金具（扉体部），吊りピン4本，吊り手）（N）

$A_D$  : 断面Dの断面積（mm<sup>2</sup>）

(4) 吊りピン

吊りピンのモデル図を図 5-10 に示す。

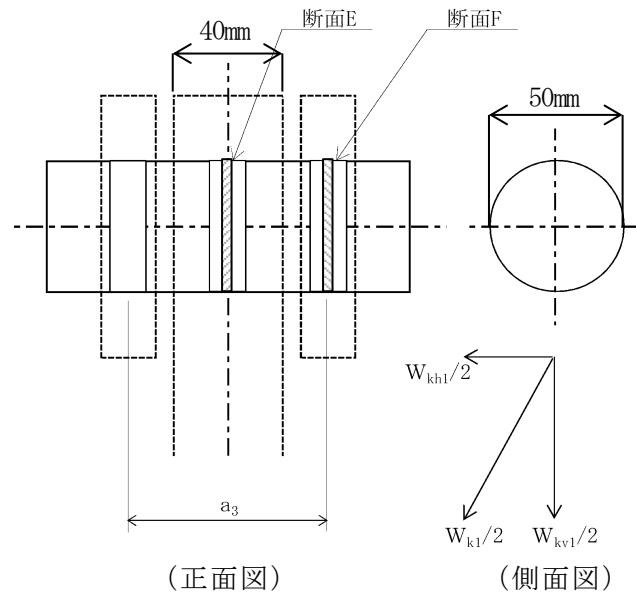


図 5-10 吊りピンのモデル図

吊りピンは逆止弁 1 門当り 2 箇所を設置されているため、片側にかかる荷重は地震時慣性力の 1/2 を考える。吊りピンの照査位置として断面 E，断面 F で行う。

吊りピンの最大応力度算定式を以下に示す。

(断面 E)

曲げ応力度 (水平方向)

$$\sigma_E = \frac{1}{2} \cdot \frac{(W_{k1} + W_{g1}) \cdot a_3}{4 \cdot Z_E}$$

$\sigma_E$  : 吊りピンの同時加震による曲げ応力度 (断面 E 水平方向) (N/mm<sup>2</sup>)

$W_{k1}$  : 扉体自重の同時加震による地震時慣性力 (N)

$W_{g1}$  : 扉体自重 (スキンプレート, 吊り金具 (扉体部), 吊りピン 4 本, 吊り手) (N)

$a_3$  : 吊りピンの支点間距離 (mm)

$Z_E$  : 断面係数 (断面 E) (mm<sup>3</sup>)



(断面 F)

せん断応力度

$$\tau_F = \frac{W_{k1} + W_{g1}}{4 \cdot A_F}$$

$\tau_F$  : 吊りピンの同時加震によるせん断応力度 (断面 F) (N/mm<sup>2</sup>)

$W_{k1}$  : 扉体自重の同時加震による地震時慣性力 (N)

$W_{g1}$  : 扉体自重 (スキンプレート, 吊り金具 (扉体部), 吊りピン 4 本, 吊り手) (N)

$A_F$  : 断面 F の断面積 (mm<sup>2</sup>)

(5) 戸当り

戸当りは、等分布荷重を受ける支圧材として、発生する支圧応力度が許容限界以下であることを確認する。

戸当りのモデル図を図 5-11 に示す。

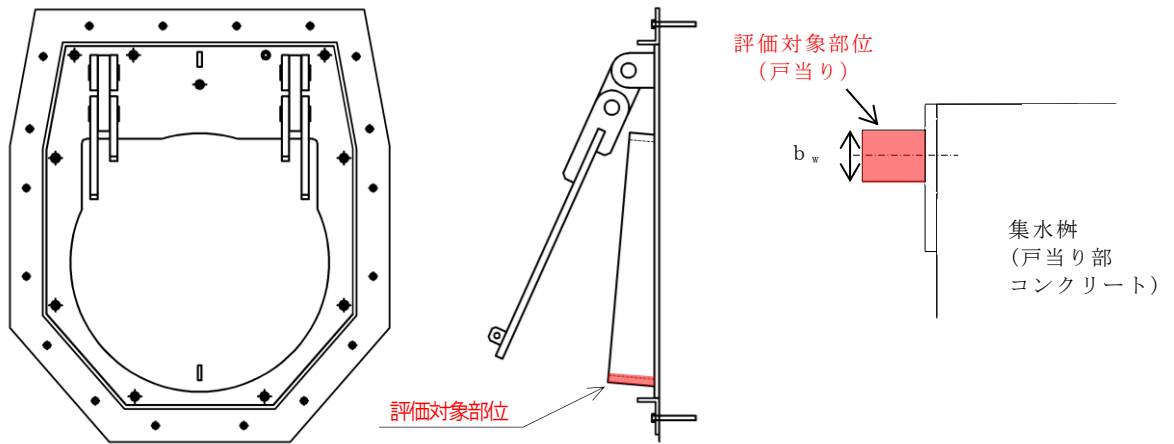


図 5-11 戸当りのモデル図

戸当りの最大応力度算定式を以下に示す。

$$\sigma = \frac{P_1}{b_w \cdot D \cdot \pi}$$

$$P_1 = W_{g1} \cdot K h$$

$\sigma$  : 戸当りの支圧応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$P_1$  : 戸当りへ作用する荷重 (N)

$b_w$  : 戸当りの幅 (mm)

$D$  : スキンプレートの受水径 (mm)

$W_{g1}$  : 扉体自重 (スキンプレート, 吊り金具 (扉体部), 吊りピン 4 本, 吊り手) (N)

$K h$  : 水平方向の設計用地震力

(6) 集水桝（戸当り部コンクリート）

戸当り部コンクリートは、コンクリートに加わる支圧を戸当り全周で支持するものとして、コンクリートに発生する支圧応力度及びせん断応力度が許容限界以下であることを確認する。

戸当り部コンクリートのモデル図を図 5-12 に示す。

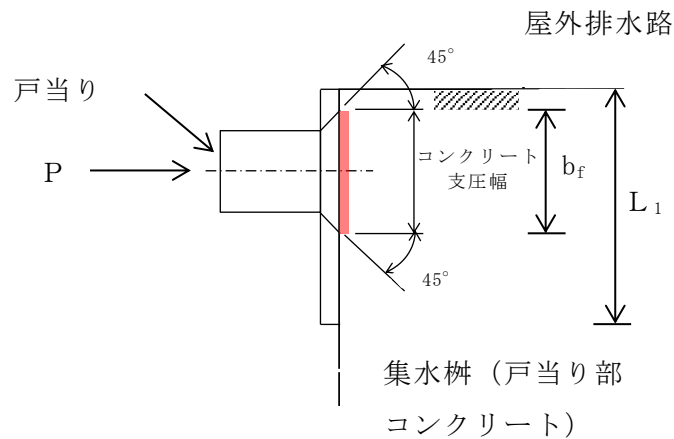


図 5-12 集水桝（戸当り部コンクリート）のモデル図

集水桝（戸当り部コンクリート）の最大応力度算定式を以下に示す。

$$\sigma_c = \frac{P_1}{b_f \cdot D \cdot \pi}$$

$$\tau_c = \frac{P_1}{2 \cdot L_1 \cdot D \cdot \pi}$$

$\sigma_c$  : コンクリートの支圧応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$P_1$  : 戸当りへ作用する荷重 (N)

$b_f$  : コンクリート支圧幅 (mm)

$D$  : スキンプレートの受水径 (mm)

$\tau_c$  : コンクリートのせん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$L_1$  : 屋外排水路内径より戸当りアンカー板端面までの距離 (mm)

(7) アンカーボルト

アンカーボルトの応力算定式を以下に示す。

アンカーボルトに作用する引抜き力

$$F_1 = \frac{W_{k1}' + W_{k2}'}{n_1}$$

$$W_{k1}' = \sqrt{W_{kh1}^2 + (W_{kv1} + W_{g1})^2}$$

$$W_{k2}' = \sqrt{W_{kh2}^2 + (W_{kv2} + W_{g2})^2}$$

$F_1$  : アンカーボルト 1 本当りに作用する引抜き力 (N)

$W_{k1}'$  : 扉体に作用する地震時慣性力による引抜き力 (N)

$W_{k2}'$  : 戸当りに作用する地震時慣性力による引抜き力 (N)

$n_1$  : 引抜き力を受け持つアンカーボルトの本数 (本)

$W_{kh1}$  : 扉体自重の水平設計用地震力による地震時慣性力 (N)

$W_{kv1}$  : 扉体自重の鉛直設計用地震力による地震時慣性力 (N)

$W_{g1}$  : 扉体自重 (スキンプレート, 吊り金具 (扉体部), 吊りピン 4 本, 吊り手) (N)

$W_{kh2}$  : 戸当り自重の水平設計用地震力による地震時慣性力 (N)

$W_{kv2}$  : 戸当り自重の鉛直設計用地震力による地震時慣性力 (N)

$W_{g2}$  : 戸当り自重 (N)

アンカーボルトに作用するせん断力

$$S_1 = \frac{W_{k1}' + W_{k2}'}{n_2}$$

$S_1$  : アンカーボルト 1 本当りに作用するせん断力 (N)

$W_{k1}'$  : 扉体に作用する地震時慣性力によるせん断力 (N)

$W_{k2}'$  : 戸当りに作用する地震時慣性力によるせん断力 (N)

$n_2$  : せん断力を受け持つアンカーボルトの本数 (本)

### 5.5.2 屋外排水路逆止弁 (13)

#### (1) スキンプレート

スキンプレートに発生する曲げモーメントは、4辺を固定支持された平板としてモデル化し、「ダム・堰施設技術基準(案) (基準解説編・設備計画マニュアル編) (ダム・堰施設技術協会 平成28年3月)」の式により曲げ応力を算定する。

スキンプレートのモデル図及び応力算定式を図5-13に示す。

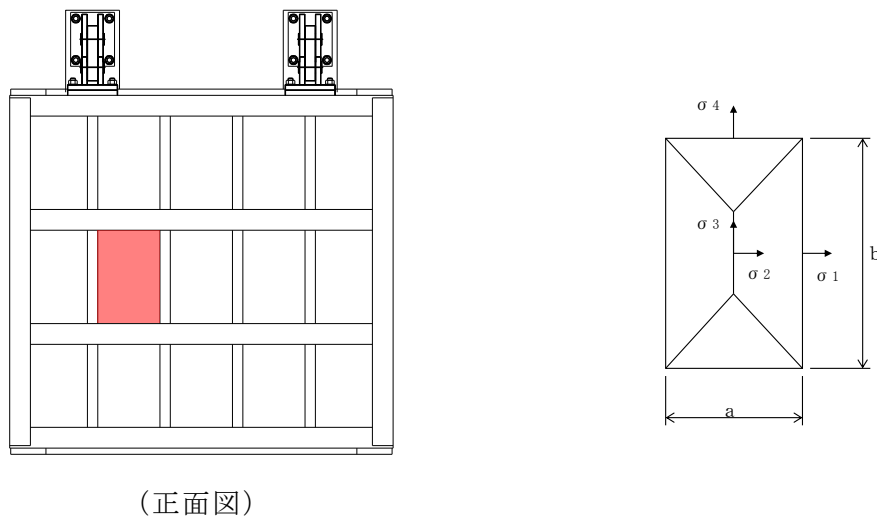


図5-13 スキンプレートのモデル図

スキンプレートの最大応力度算定式を以下に示す。

$$\sigma_s = \frac{1}{100} \cdot k \cdot a^2 \cdot \frac{p}{t_s} \cdot \alpha$$

- $\sigma_s$  : スキンプレート応力度 (N/mm<sup>2</sup>)
- $k$  :  $b/a$  による形状係数
- $a$  : スキンプレートの区画の短辺 (mm)
- $b$  : スキンプレートの区画の長辺 (mm)
- $p$  : 慣性力による作用荷重 (N/mm<sup>2</sup>)
- $t_s$  : スキンプレートの板厚 (mm)
- $\alpha$  : 応力の補正係数 (N/mm<sup>2</sup>)

(2) 主桁

主桁は、部材の発生断面力に対して保守的な評価となるよう、支圧板の設置位置を支点とする両端をピン支点の単純梁によりモデル化する。また、合成応力に対しても許容限界以下であることを確認する。

主桁のモデル図及び応力算定式を図 5-14 に示す。

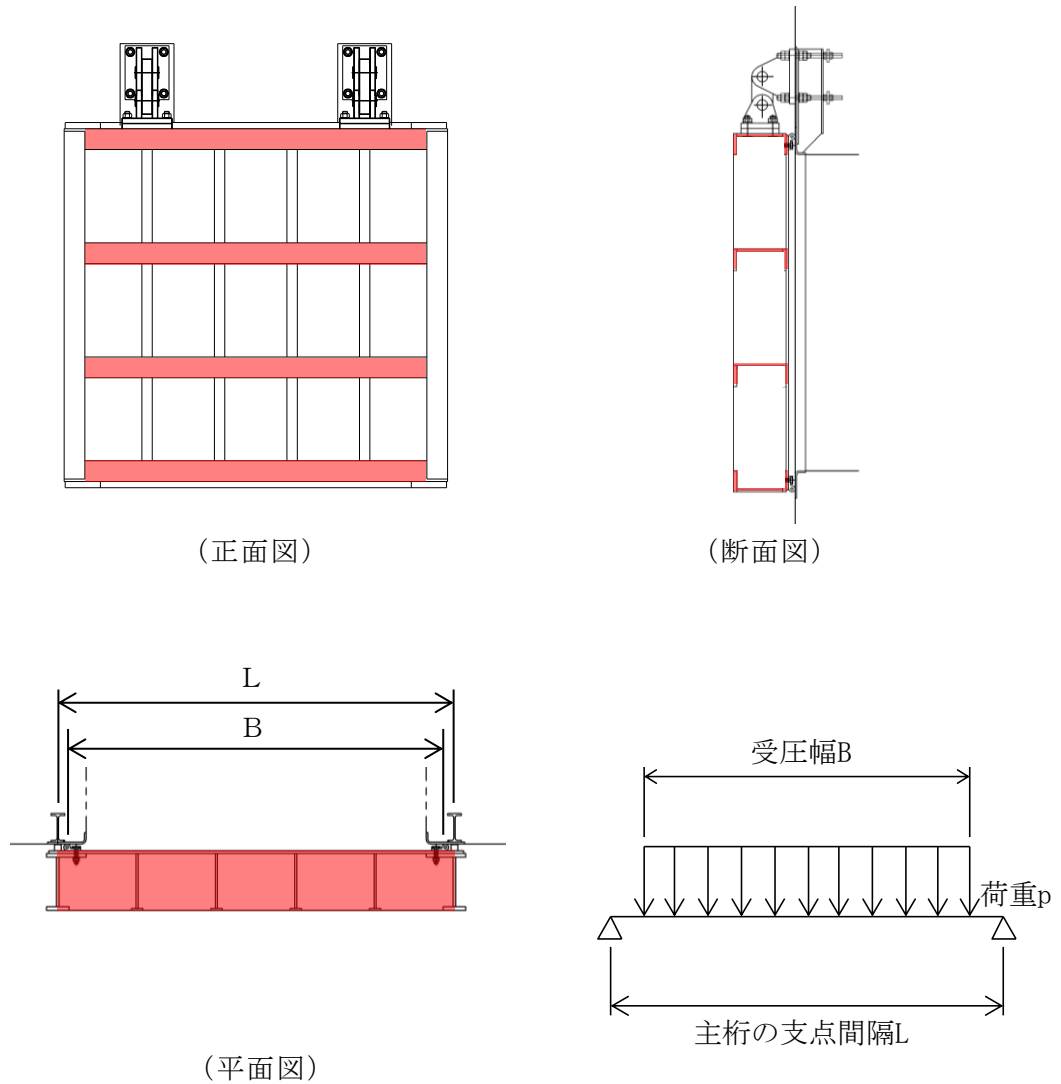


図 5-14 主桁のモデル図

主桁の最大応力度算定式を以下に示す。

$$M_G = \frac{W \cdot B \cdot (2 \cdot L - B)}{8}$$

$$S_G = \frac{W \cdot B}{2}$$

$$\sigma_G = \frac{M_G}{Z_g}$$

$$\tau_G = \frac{S_G}{A_g}$$

$$\sigma_g = \sqrt{\sigma_G^2 + 3\tau_G^2}$$

$M_G$  : 主桁に作用する曲げモーメント (N・mm)

$S_G$  : 主桁に作用するせん断力 (N)

$W$  : 主桁の分担荷重 (N/mm)

$L$  : 主桁の支点間隔 (mm)

$B$  : 扉体の受圧幅 (mm)

$\sigma_G$  : 主桁の曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$Z_g$  : 主桁の断面係数 (mm<sup>3</sup>)

$\tau_G$  : 主桁のせん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$A_g$  : 主桁のウェブ断面積 (mm<sup>2</sup>)

$\sigma_g$  : 主桁の合成応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

(3) 補助縦桁

補助縦桁については、主桁によって支持された単純支持梁とし、荷重は平均水圧が菱形に作用したものとして、「ダム・堰施設技術基準（案）（基準解説編・設備計画マニュアル編）（ダム・堰施設技術協会 平成 28 年 3 月）」に基づき、曲げ応力及びせん断応力を算定する。また、合成応力に対しても許容限界以下であることを確認する。

補助縦桁のモデル図及び応力算定式を図 5-15 に示す。

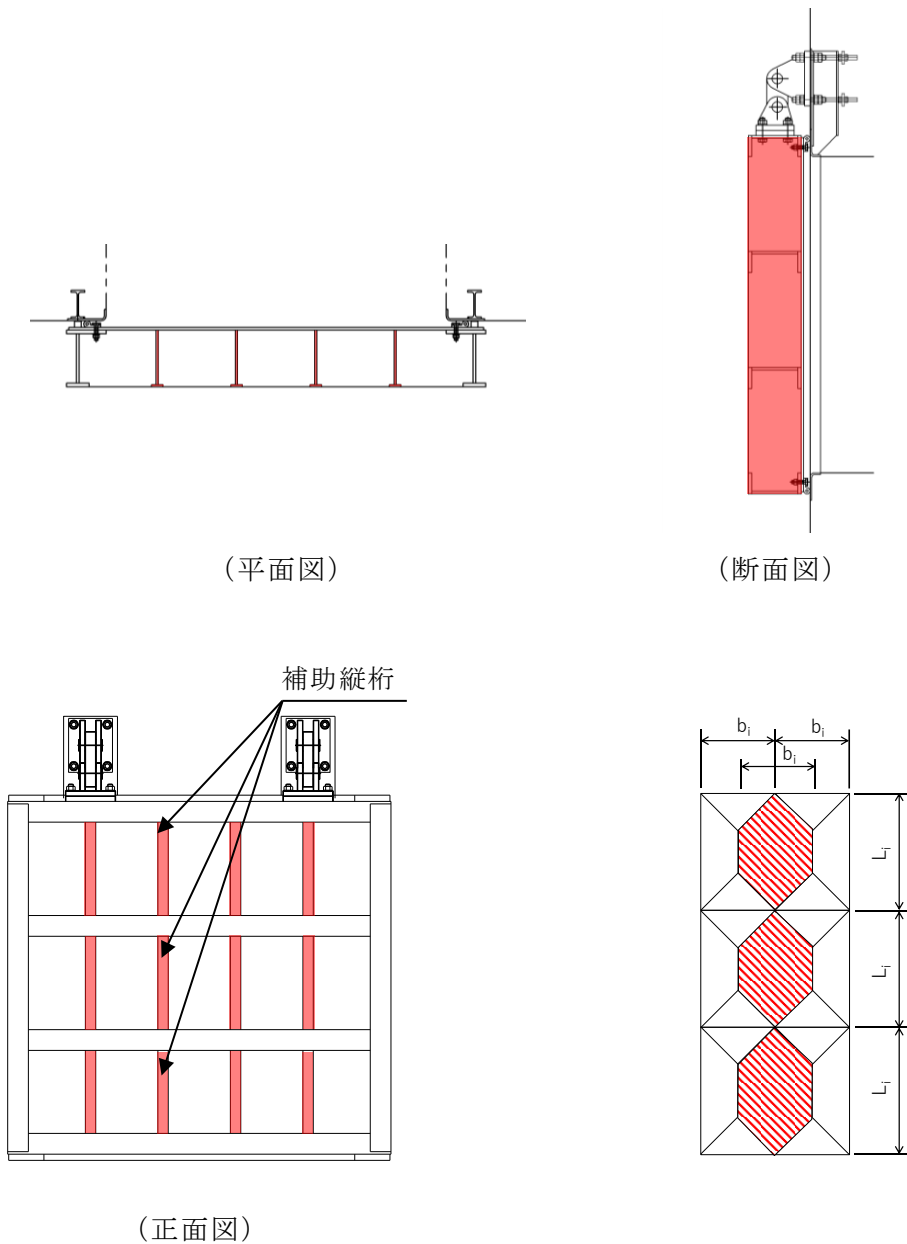


図 5-15 補助縦桁の構造図及びモデル図



補助縦桁の最大応力度算定式を以下に示す。

$L_i > b_i$  の場合

$$M_I = \frac{p \cdot b_i}{24} (3 \cdot L_i^2 - b_i^2)$$

$$S_I = \frac{p \cdot b_i}{2} \left( L_i - \frac{b_i}{2} \right)$$

$L_i \leq b_i$  の場合

$$M_I = \frac{p \cdot L_i^3}{12}$$

$$S_I = \frac{p \cdot L_i^2}{4}$$

$$\sigma_{Ix} = \frac{M_I}{Z_{ix}}$$

$$\sigma_{Iy} = \frac{M_I}{Z_{iy}}$$

$$\tau_I = \frac{S_I}{A_i}$$

$$\sigma_i = \sqrt{\sigma_I^2 + 3\tau_I^2}$$

$M_I$  : 補助縦桁に作用する曲げモーメント (N・mm)

$p$  : 慣性力による作用荷重 (N/mm<sup>2</sup>)

$L_i$  : 主桁間隔 (mm)

$b_i$  : 補助縦桁間隔 (mm)

$S_I$  : 補助縦桁に作用するせん断力 (N)

$\sigma_{Ix}$  : 補助縦桁の曲げ応力度 (引張) (N/mm<sup>2</sup>)

$Z_{ix}$  : 補助縦桁の断面係数 (引張) (mm<sup>3</sup>)

$\sigma_{Iy}$  : 補助縦桁の曲げ応力度 (圧縮) (N/mm<sup>2</sup>)

$Z_{iy}$  : 補助縦桁の断面係数 (圧縮) (mm<sup>3</sup>)

$\tau_I$  : 補助縦桁のせん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$A_i$  : 補助縦桁ウェブ断面積 (mm<sup>2</sup>)

$\sigma_i$  : 補助縦桁の合成応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$\sigma_I$  : 補助縦桁の曲げ応力度 (引張と圧縮) の最大値 (N/mm<sup>2</sup>)

(4) 吊り金具（扉体部，固定部）

吊り金具（扉体部，固定部）のモデル図を図5-16に示す。吊り金具（扉体部，固定部）は逆止弁1門当たり2箇所を設置されているため，片側にかかる荷重は地震時慣性力の1/2を考える。吊り金具（扉体部，固定部）の照査位置として断面A，断面Bで行う。

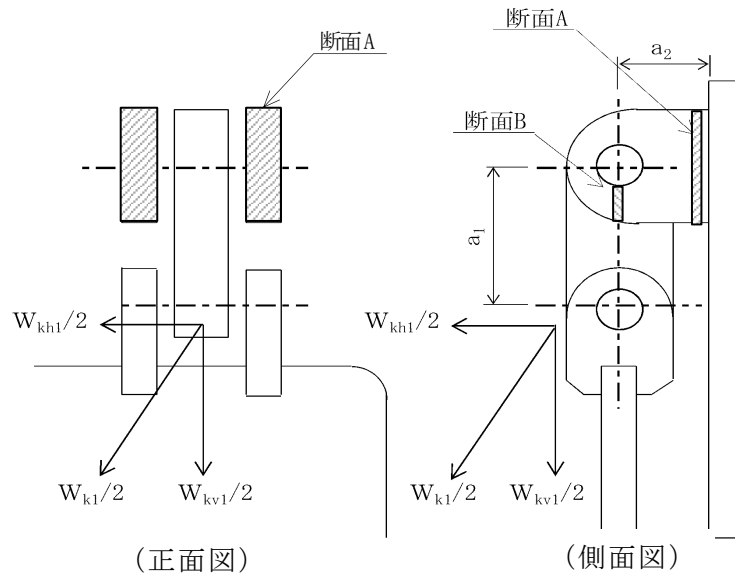


図5-16 吊り金具（扉体部，固定部）のモデル図

吊り金具の最大応力度算定式を以下に示す。

(断面A)

曲げ応力度（水平方向）

$$\sigma_{Ax} = \frac{W_{kh1} \cdot (a_1 + a_2)}{2 \cdot Z_{Ax}}$$

$$W_{Kh1} = W_{g1} \cdot K h$$

$\sigma_{Ax}$  : 吊り金具の水平設計用地震力による曲げ応力度（断面A水平方向）  
（N/mm<sup>2</sup>）

$W_{kh1}$  : 扉体自重の水平設計用地震力による地震時慣性力（N）

$a_1$  : ピン穴中心間の距離（mm）

$a_2$  : 固定部吊り金具のピン穴中心から戸当りまでの距離（mm）

$Z_{Ax}$  : 断面係数（mm<sup>3</sup>）

$W_{g1}$  : 扉体自重（スキンプレート，主桁，補助縦桁，吊り金具（扉体部，固定部），吊りピン4本，吊り手）（N）

$K h$  : 水平方向の設計用地震力

せん断応力度（水平方向）

$$\tau_{Ax} = \frac{W_{kh1}}{2 \cdot A_A}$$

$\tau_{Ax}$  : 吊り金具の水平設計用地震力によるせん断応力度（断面A水平方向）  
(N/mm<sup>2</sup>)

$W_{kh1}$  : 扉体自重の水平設計用地震力による地震時慣性力 (N)

$A_A$  : 断面Aの断面積 (mm<sup>2</sup>)

曲げ応力とせん断応力の合成応力度（水平方向）

$$\sigma_{xmax} = \sqrt{\sigma_{Ax}^2 + 3 \times \tau_{Ax}^2}$$

$\sigma_{xmax}$  : 吊り金具の曲げ応力とせん断応力の合成応力度（断面A水平方向）  
(N/mm<sup>2</sup>)

$\sigma_{Ax}$  : 吊り金具の水平設計用地震力による曲げ応力度（断面A水平方向）  
(N/mm<sup>2</sup>)

$\tau_{Ax}$  : 吊り金具の水平設計用地震力によるせん断応力度（断面A水平方向）  
(N/mm<sup>2</sup>)

曲げ応力度（鉛直方向）

$$\sigma_{Ay} = \frac{(W_{kv1} + W_{g1}) \cdot a_2}{2 \cdot Z_{Ay}}$$

$$W_{Kv1} = W_{g1} \cdot K_v$$

$\sigma_{Ay}$  : 吊り金具の鉛直設計用地震力による曲げ応力度（断面A鉛直方向）  
(N/mm<sup>2</sup>)

$W_{kv1}$  : 扉体自重の鉛直設計用地震力による地震時慣性力 (N)

$W_{g1}$  : 扉体自重（スキンプレート、主桁、補助縦桁、吊り金具（扉体部、固定部）、吊りピン4本、吊り手） (N)

$a_2$  : 固定部吊り金具のピン穴中心から戸当りまでの距離 (mm)

$Z_{Ay}$  : 断面係数 (mm<sup>3</sup>)

$K_v$  : 鉛直方向の設計用地震力

せん断応力度（鉛直方向）

$$\tau_{Ay} = \frac{W_{kv1} + W_{g1}}{2 \cdot A_A}$$

$\tau_{Ay}$  : 吊り金具の鉛直設計用地震力によるせん断応力度（断面A鉛直方向）  
（N/mm<sup>2</sup>）

$W_{kv1}$  : 扉体自重の鉛直設計用地震力による地震時慣性力（N）

$W_{g1}$  : 扉体自重（スキンプレート、主桁、補助縦桁、吊り金具（扉体部、固定部）、吊りピン4本、吊り手）（N）

$A_A$  : 断面Aの断面積（mm<sup>2</sup>）

曲げ応力とせん断応力の合成応力度（鉛直方向）

$$\sigma_{ymax} = \sqrt{\sigma_{Ay}^2 + 3 \times \tau_{Ay}^2}$$

$\sigma_{ymax}$  : 吊り金具の曲げ応力とせん断応力の合成応力度（断面A鉛直方向）  
（N/mm<sup>2</sup>）

$\sigma_{Ay}$  : 吊り金具の鉛直設計用地震力による曲げ応力度（断面A鉛直方向）  
（N/mm<sup>2</sup>）

$\tau_{Ay}$  : 吊り金具の鉛直設計用地震力によるせん断応力度（断面A鉛直方向）  
（N/mm<sup>2</sup>）

（断面B）

せん断応力度

$$\tau_B = \frac{W_{k1} + W_{g1}}{4 \cdot A_B}$$

$$W_{k1} = \sqrt{W_{Kh1}^2 + W_{kv1}^2}$$

$\tau_B$  : 吊り金具の同時加震によるせん断応力度（断面B）（N/mm<sup>2</sup>）

$W_{k1}$  : 扉体自重の同時加震による地震時慣性力（N）

$W_{g1}$  : 扉体自重（スキンプレート、主桁、補助縦桁、吊り金具（扉体部、固定部）、吊りピン4本、吊り手）（N）

$A_B$  : 断面Bの断面積（mm<sup>2</sup>）

$W_{kh1}$  : 扉体自重の水平設計用地震力による地震時慣性力（N）

$W_{kv1}$  : 扉体自重の鉛直設計用地震力による地震時慣性力（N）

(5) 吊り手

吊り手のモデル図を図 5-17 に示す。吊り手は逆止弁 1 門当り 2 箇所を設置されているため、片側にかかる荷重は地震時慣性力の 1/2 を考える。吊り手の照査位置として断面 C、断面 D で行う。

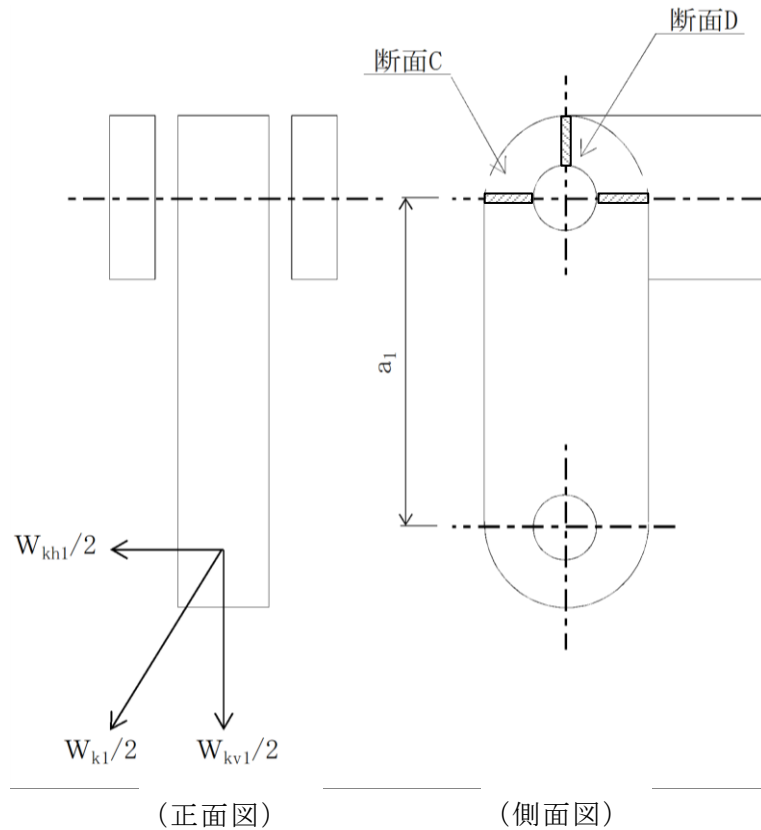


図 5-17 吊り手のモデル図

吊り手の最大応力度算定式を以下に示す。

(断面 C)

曲げ応力度 (水平方向)

$$\sigma_{C1} = \frac{W_{kh1} \cdot a_1}{2 \cdot Z_C}$$

$\sigma_{C1}$  : 吊り手の水平設計用地震力による曲げ応力度 (断面 C 水平方向)  
( $\text{N}/\text{mm}^2$ )

$W_{kh1}$  : 扉体自重の水平設計用地震力による地震時慣性力 (N)

$a_1$  : ピン穴中心間の距離 (mm)

$Z_C$  : 断面係数 ( $\text{mm}^3$ )

引張応力度（鉛直方向）

$$\sigma_{C2} = \frac{W_{kv1} \cdot W_{g1}}{2 \cdot A_C}$$

$\sigma_{C2}$  : 吊り手の鉛直設計用地震力による引張応力度（断面C鉛直方向）  
（N/mm<sup>2</sup>）

$W_{kv1}$  : 扉体自重の鉛直設計用地震力による地震時慣性力（N）

$W_{g1}$  : 扉体自重（吊り金具（固定部）まで入る）（N）

$A_C$  : 断面Cの断面積（mm<sup>2</sup>）

曲げ応力と引張応力の合成応力度

$$\sigma_{Cmax} = \sigma_{C1} + \sigma_{C2}$$

$\sigma_{Cmax}$  : 吊り手の曲げ応力と引張応力の合成応力度（断面C）（N/mm<sup>2</sup>）

$\sigma_{C1}$  : 吊り手の水平設計用地震力による曲げ応力度（断面C水平方向）  
（N/mm<sup>2</sup>）

$\sigma_{C2}$  : 吊り手の鉛直設計用地震力による引張応力度（断面C鉛直方向）  
（N/mm<sup>2</sup>）

（断面D）

せん断応力度

$$\tau_D = \frac{W_{k1} + W_{g1}}{2 \cdot A_D}$$

$\tau_D$  : 吊り手の同時加震によるせん断応力度（断面D）（N/mm<sup>2</sup>）

$W_{k1}$  : 扉体自重の同時加震による地震時慣性力（N）

$W_{g1}$  : 扉体自重（スキンプレート，主桁，補助縦桁，吊り金具（扉体部，固定部），吊りピン4本，吊り手）（N）

$A_D$  : 断面Dの断面積（mm<sup>2</sup>）

(6) 吊りピン

吊りピンのモデル図を図 5-18 に示す。

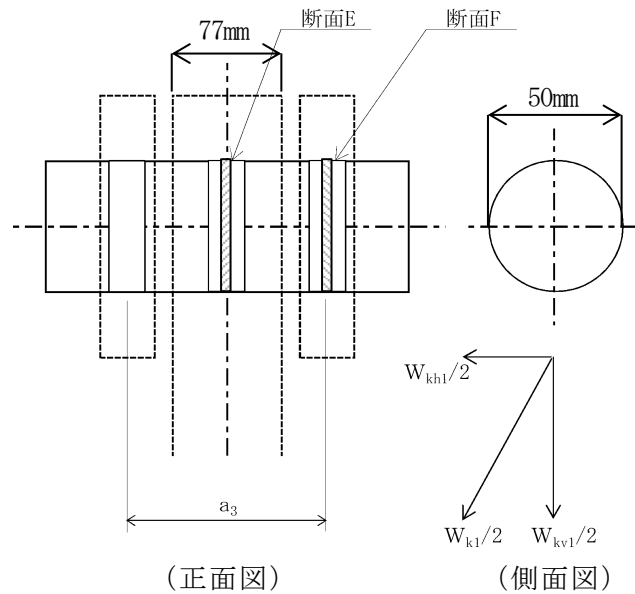


図 5-18 吊りピンのモデル図

吊りピンは逆止弁 1 門当り 2 箇所を設置されているため、片側にかかる荷重は地震時慣性力の 1/2 を考える。吊りピンの照査位置として断面 E，断面 F で行う。

吊りピンの最大応力度算定式を以下に示す。

(断面 E)

曲げ応力度 (水平方向)

$$\sigma_E = \frac{1}{2} \cdot \frac{(W_{k1} + W_{g1}) \cdot a_3}{4 \cdot Z_E}$$

$\sigma_E$  : 吊りピンの同時加震による曲げ応力度 (断面 E 水平方向) (N/mm<sup>2</sup>)

$W_{k1}$  : 扉体自重の同時加震による地震時慣性力 (N)

$W_{g1}$  : 扉体自重 (吊り金具 (固定部) まで入る) (N)

$a_3$  : 吊りピンの支点間距離 (mm)

$Z_E$  : 断面係数 (mm<sup>3</sup>)

(断面 F)

せん断応力度

$$\tau_F = \frac{W_{k1} + W_{g1}}{4 \cdot A_F}$$

$\tau_F$  : 吊りピンの同時加震によるせん断応力度 (断面 F) (N/mm<sup>2</sup>)

$W_{k1}$  : 扉体自重の同時加震による地震時慣性力 (N)

$W_{g1}$  : 扉体自重 (吊り金具 (固定部) まで入る) (N)

$A_F$  : 断面 F の断面積 (mm<sup>2</sup>)



(7) 集水桝（戸当り部コンクリート）

戸当りのコンクリートは、コンクリートに加わる支圧を戸当りで支持するものとして、「ダム・堰施設技術基準（案）（基準解説編・設備計画マニュアル編）（ダム・堰施設技術協会 平成 28 年 3 月）」の式によりコンクリートに発生する支圧応力度及びせん断応力度が許容限界以下であることを確認する。

戸当り部コンクリートの構造図，モデル図及び応力算定式を図 5-19 に示す。

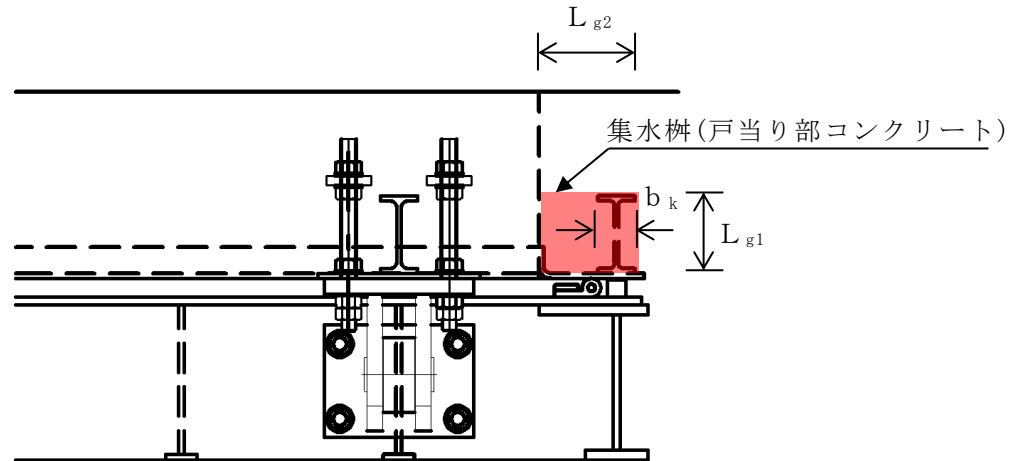


図 5-19 戸当り部コンクリートの構造図，モデル図

戸当りコンクリートの最大応力度算定式を以下に示す。

$$\sigma_c = \frac{p_1 \cdot B}{2b_k}$$

$$\tau_L = \frac{p_1 \cdot B}{2(L_{\theta 1} + 2L_{\theta 2})}$$

$\sigma_c$  : コンクリートの支圧応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$p_1$  : 扉体最下部作用荷重 (N/mm<sup>2</sup>)

$B$  : 扉体の受圧幅 (mm)

$b_k$  : 底面フランジ幅 (mm)

$\tau_L$  : 底面フランジのせん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$L_{\theta 1}$  : コンクリート面より底面フランジ端面までの深さ (mm)

$L_{\theta 2}$  : 堰柱側面より底面フランジ端面までの深さ (mm)

(8) アンカーボルト

アンカーボルトの応力算定式を以下に示す。

アンカーボルトに作用する引抜き力

$$F_1 = \frac{W_{k1}' + W_{k2}'}{n_1}$$

$$W_{k1}' = \sqrt{W_{kh1}^2 + (W_{kv1} + W_{g1})^2}$$

$$W_{k2}' = \sqrt{W_{kh2}^2 + (W_{kv2} + W_{g2})^2}$$

$F_1$  : アンカーボルト 1 本当りに作用する引抜き力 (N)

$W_{k1}'$  : 扉体に作用する地震時慣性力による引抜き力 (N)

$W_{k2}'$  : 戸当りに作用する地震時慣性力による引抜き力 (N)

$n_1$  : 引抜き力を受け持つアンカーボルトの本数 (本)

$W_{kh1}$  : 扉体自重の水平設計用地震力による地震時慣性力 (N)

$W_{kv1}$  : 扉体自重の鉛直設計用地震力による地震時慣性力 (N)

$W_{g1}$  : 扉体自重 (スキンプレート, 主桁, 補助縦桁, 吊り金具 (扉体部, 固定部), 吊りピン 4 本, 吊り手) (N)

$W_{kh2}$  : 戸当り自重の水平設計用地震力による地震時慣性力 (N)

$W_{kv2}$  : 戸当り自重の鉛直設計用地震力による地震時慣性力 (N)

$W_{g2}$  : 戸当り自重 (N)

アンカーボルトに作用するせん断力

$$S_1 = \frac{W_{k1}' + W_{k2}'}{n_2}$$

$S_1$  : アンカーボルト 1 本当りに作用するせん断力 (N)

$W_{k1}'$  : 扉体に作用する地震時慣性力によるせん断力 (N)

$W_{k2}'$  : 戸当りに作用する地震時慣性力によるせん断力 (N)

$n_2$  : せん断力を受け持つアンカーボルトの本数 (本)

## 5.6 計算条件

屋外排水路逆止弁の応力評価に用いる計算条件を表5-8に示す。

表5-8(1) 応力評価に用いる計算条件（屋外排水路逆止弁⑦）

対象部位	記号	単位	定義	数値
共通	$K_h$	—	水平方向の設計用地震力	1.24
	$K_v$	—	鉛直方向の設計用地震力	0.85
	$W_{g1}$	N	扉体自重（スキンプレート，吊り金具（扉体部），吊りピン4本，吊り手）	1300
	$W_{g2}$	N	戸当り自重	2280
	$W_{kh1}$	N	扉体自重の水平設計用地震力による地震時慣性力	1612
	$W_{kv1}$	N	扉体自重の鉛直設計用地震力による地震時慣性力	1105
	$W_{k1}$	N	扉体自重の同時加振による地震時慣性力	1954
	$W_{k1}'$	N	扉体に作用する地震時慣性力による引抜き力又はせん断力	2895
	$W_{kb2}$	N	戸当り自重の水平設計用地震力による地震時慣性力	2827
	$W_{kv2}$	N	戸当り自重の鉛直設計用地震力による地震時慣性力	1938
	$W_{k2}'$	N	戸当りに作用する地震時慣性力による引抜き力又はせん断力	5078
	$D$	mm	スキンプレートの受水径	740
	$t$	mm	スキンプレートの板厚	22
	$a_1$	mm	ピン穴中心間の距離	140
	$a_2$	mm	固定部吊り金具のピン穴中心から戸当りまでの距離	90
$a_3$	mm	吊りピンの支点間距離	67	
スキンプレート	$P$	$N/mm^2$	地震時作用単位荷重	0.004
吊り金具	$Z_{Ax}$	$mm^3$	断面係数（断面A水平方向）	153174
	$A_A$	$mm^2$	断面Aの断面積	6000
	$Z_{Ay}$	$mm^3$	断面係数（断面A鉛直方向）	120000
	$A_B$	$mm^2$	断面Bの断面積	850
吊り手	$Z_C$	$mm^3$	断面係数（断面C）	18400
	$A_C$	$mm^2$	断面Cの断面積	2760
	$A_D$	$mm^2$	断面Dの断面積	1360
吊りピン	$Z_E$	$mm^3$	断面係数（断面E）	12272
	$A_F$	$mm^2$	断面Fの断面積	1963
戸当り	$P_1$	N	戸当りへ作用する荷重	1612
	$b_w$	mm	戸当りの幅	25
集水桝 （戸当り部コンクリート）	$b_f$	mm	コンクリート支圧幅	57
	$L_1$	mm	有効径内径より戸当りアンカー板端面までの距離	120
アンカーボルト	$n_1$	本	引抜き力を受け持つアンカーボルトの本数（保守的に最も応力が集中する吊り金具周辺のアンカーのみとする）	4
	$n_2$	本	せん断力を受け持つアンカーボルトの本数（保守的に最も応力が集中する吊り金具周辺のアンカーのみとする）	4

表 5-8(2) 応力評価に用いる計算条件（屋外排水路逆止弁⑧-1）

対象部位	記号	単位	定義	数値
共通	$K_h$	—	水平方向の設計用地震力	1.44
	$K_v$	—	鉛直方向の設計用地震力	0.85
	$W_{g1}$	N	扉体自重（スキンプレート，吊り金具（扉体部），吊りピン4本，吊り手）	400
	$W_{g2}$	N	戸当り自重	770
	$W_{kh1}$	N	扉体自重の水平設計用地震力による地震時慣性力	576
	$W_{kv1}$	N	扉体自重の鉛直設計用地震力による地震時慣性力	340
	$W_{k1}$	N	扉体自重の同時加振による地震時慣性力	669
	$W_{k1}'$	N	扉体に作用する地震時慣性力による引抜き力又はせん断力	938
	$W_{kh2}$	N	戸当り自重の水平設計用地震力による地震時慣性力	1109
	$W_{kv2}$	N	戸当り自重の鉛直設計用地震力による地震時慣性力	655
	$W_{k2}'$	N	戸当りに作用する地震時慣性力による引抜き力又はせん断力	1806
	$D$	mm	スキンプレートの受水径	530
	$t$	mm	スキンプレートの板厚	16
	$a_1$	mm	ピン穴中心間の距離	75
	$a_2$	mm	固定部吊り金具のピン穴中心から戸当りまでの距離	44
$a_3$	mm	吊りピンの支点間距離	34	
スキンプレート	$P$	$N/mm^2$	地震時作用単位荷重	0.003
吊り金具	$Z_{Ax}$	$mm^3$	断面係数（断面A水平方向）	18845
	$A_A$	$mm^2$	断面Aの断面積	1440
	$Z_{Ay}$	$mm^3$	断面係数（断面A鉛直方向）	14400
	$A_B$	$mm^2$	断面Bの断面積	192
吊り手	$Z_C$	$mm^3$	断面係数（断面C）	2200
	$A_C$	$mm^2$	断面Cの断面積	660
	$A_D$	$mm^2$	断面Dの断面積	320
吊りピン	$Z_E$	$mm^3$	断面係数（断面E）	1726
	$A_F$	$mm^2$	断面Fの断面積	531
戸当り	$P_1$	N	戸当りへ作用する荷重	576
	$b_w$	mm	戸当りの幅	19
集水桝 （戸当り部コンクリート）	$b_f$	mm	コンクリート支圧幅	37
	$L_1$	mm	有効径内径より戸当りアンカー板端面までの距離	110
アンカーボルト	$n_1$	本	引抜き力を受け持つアンカーボルトの本数（保守的に最も応力が集中する吊り金具周辺のアンカーのみとする）	4
	$n_2$	本	せん断力を受け持つアンカーボルトの本数（保守的に最も応力が集中する吊り金具周辺のアンカーのみとする）	4

表 5-8(3) 応力評価に用いる計算条件（屋外排水路逆止弁⑧-2）

対象部位	記号	単位	定義	数値
共通	$K_h$	—	水平方向の設計用地震力	1.16
	$K_v$	—	鉛直方向の設計用地震力	0.85
	$W_{g1}$	N	扉体自重（スキンプレート，吊り金具（扉体部），吊りピン4本，吊り手）	1800
	$W_{g2}$	N	戸当り自重	2700
	$W_{kh1}$	N	扉体自重の水平設計用地震力による地震時慣性力	2088
	$W_{kv1}$	N	扉体自重の鉛直設計用地震力による地震時慣性力	1530
	$W_{k1}$	N	扉体自重の同時加振による地震時慣性力	2589
	$W_{k1}'$	N	扉体に作用する地震時慣性力による引抜き力又はせん断力	3930
	$W_{kh2}$	N	戸当り自重の水平設計用地震力による地震時慣性力	3132
	$W_{kv2}$	N	戸当り自重の鉛直設計用地震力による地震時慣性力	2295
	$W_{k2}'$	N	戸当りに作用する地震時慣性力による引抜き力又はせん断力	5896
	$D$	mm	スキンプレートの受水径	840
	$t$	mm	スキンプレートの板厚	25
	$a_1$	mm	ピン穴中心間の距離	140
	$a_2$	mm	固定部吊り金具のピン穴中心から戸当りまでの距離	90
$a_3$	mm	吊りピンの支点間距離	67	
スキンプレート	$P$	$N/mm^2$	地震時作用単位荷重	0.004
吊り金具	$Z_{Ax}$	$mm^3$	断面係数（断面A水平方向）	153174
	$A_A$	$mm^2$	断面Aの断面積	6000
	$Z_{Ay}$	$mm^3$	断面係数（断面A鉛直方向）	120000
	$A_B$	$mm^2$	断面Bの断面積	850
吊り手	$Z_C$	$mm^3$	断面係数（断面C）	18400
	$A_C$	$mm^2$	断面Cの断面積	2760
	$A_D$	$mm^2$	断面Dの断面積	1360
吊りピン	$Z_E$	$mm^3$	断面係数（断面E）	12272
	$A_F$	$mm^2$	断面Fの断面積	1963
戸当り	$P_1$	N	戸当りへ作用する荷重	2088
	$b_w$	mm	戸当りの幅	25
集水桝 （戸当り部コンクリート）	$b_f$	mm	コンクリート支圧幅	57
	$L_1$	mm	有効径内径より戸当りアンカー板端面までの距離	120
アンカーボルト	$n_1$	本	引抜き力を受け持つアンカーボルトの本数（保守的に最も応力が集中する吊り金具周辺のアンカーのみとする）	4
	$n_2$	本	せん断力を受け持つアンカーボルトの本数（保守的に最も応力が集中する吊り金具周辺のアンカーのみとする）	4

表 5-8(4) 応力評価に用いる計算条件（屋外排水路逆止弁⑩，⑪，⑫）

対象部位	記号	単位	定義	数値
共通	$K_h$	—	水平方向の設計用地震力	3.53
	$K_v$	—	鉛直方向の設計用地震力	0.67
	$W_{g1}$	N	扉体自重（スキンプレート，吊り金具（扉体部），吊りピン4本，吊り手）	1800
	$W_{g2}$	N	戸当り自重	2700
	$W_{kh1}$	N	扉体自重の水平設計用地震力による地震時慣性力	6354
	$W_{kv1}$	N	扉体自重の鉛直設計用地震力による地震時慣性力	1206
	$W_{k1}$	N	扉体自重の同時加振による地震時慣性力	6467
	$W_{k1}'$	N	扉体に作用する地震時慣性力による引抜き力又はせん断力	7029
	$W_{kh2}$	N	戸当り自重の水平設計用地震力による地震時慣性力	9531
	$W_{kv2}$	N	戸当り自重の鉛直設計用地震力による地震時慣性力	1809
	$W_{k2}'$	N	戸当りに作用する地震時慣性力による引抜き力又はせん断力	10554
	$D$	mm	スキンプレートの受水径	840
	$t$	mm	スキンプレートの板厚	25
	$a_1$	mm	ピン穴中心間の距離	140
	$a_2$	mm	固定部吊り金具のピン穴中心から戸当りまでの距離	90
$a_3$	mm	吊りピンの支点間距離	67	
スキンプレート	$P$	$N/mm^2$	地震時作用単位荷重	0.011
吊り金具	$Z_{Ax}$	$mm^3$	断面係数（断面A水平方向）	153174
	$A_A$	$mm^2$	断面Aの断面積	6000
	$Z_{Ay}$	$mm^3$	断面係数（断面A鉛直方向）	120000
	$A_B$	$mm^2$	断面Bの断面積	850
吊り手	$Z_C$	$mm^3$	断面係数（断面C）	18400
	$A_C$	$mm^2$	断面Cの断面積	2760
	$A_D$	$mm^2$	断面Dの断面積	1360
吊りピン	$Z_E$	$mm^3$	断面係数（断面E）	12272
	$A_F$	$mm^2$	断面Fの断面積	1963
戸当り	$P_1$	N	戸当りへ作用する荷重	6354
	$b_w$	mm	戸当りの幅	25
集水桝 （戸当り部コンクリート）	$b_f$	mm	コンクリート支圧幅	57
	$L_1$	mm	有効径内径より戸当りアンカー板端面までの距離	120
アンカーボルト	$n_1$	本	引抜き力を受け持つアンカーボルトの本数（保守的に最も応力が集中する吊り金具周辺のアンカーのみとする）	4
	$n_2$	本	せん断力を受け持つアンカーボルトの本数（保守的に最も応力が集中する吊り金具周辺のアンカーのみとする）	4

表 5-8(5) 応力評価に用いる計算条件 (屋外排水路逆止弁⑬ 1/2)

対象部位	記号	単位	定義	数値
共通	K <sub>h</sub>	—	水平方向の設計用地震力	2.32
	K <sub>v</sub>	—	鉛直方向の設計用地震力	0.67
	W <sub>g1</sub>	N	扉体自重 (スキンプレート, 主桁, 補助縦桁, 吊り金具 (扉体部, 固定部), 吊りピン 4 本, 吊り手)	12000
	W <sub>kh1</sub>	N	扉体自重の水平設計用地震力による地震時慣性力	27840
	W <sub>kv1</sub>	N	扉体自重の鉛直設計用地震力による地震時慣性力	8040
	W <sub>k1</sub>	N	扉体自重の同時加振による地震時慣性力	29000
	W <sub>k1'</sub>	N	扉体に作用する地震時慣性力による引抜き力又はせん断力	34303
	W <sub>kh2</sub>	N	戸当り自重の水平設計用地震力による地震時慣性力	4640
	W <sub>kv2</sub>	N	戸当り自重の鉛直設計用地震力による地震時慣性力	1340
	W <sub>k2'</sub>	N	戸当りに作用する地震時慣性力による引抜き力又はせん断力	5717
	p	N/mm <sup>2</sup>	慣性力による作用荷重	0.0096
	a <sub>1</sub>	mm	ピン穴中心間の距離	135
	a <sub>2</sub>	mm	固定部吊り金具のピン穴中心から戸当りまでの距離	130
	a <sub>3</sub>	mm	吊りピンの支点間距離	77
スキンプレート	k	—	b/a による形状係数	48
	a	mm	スキンプレートの区画の短辺	350
	b	mm	スキンプレートの区画の長辺	600
	t <sub>s</sub>	mm	スキンプレートの板厚	12
	ε	mm	余裕厚	0
	α	N/mm <sup>2</sup>	応力の補正係数	0.8
主桁	W	N/mm	主桁の分担荷重	5.539
	L	mm	主桁の支点間隔	1750
	B	mm	扉体の受圧幅	1700
	Z <sub>g</sub>	mm <sup>3</sup>	主桁の断面係数	433900
	A <sub>g</sub>	mm <sup>2</sup>	主桁のウェブ断面積	2616
補助縦桁	L <sub>i</sub>	mm	主桁間隔	600
	b <sub>i</sub>	mm	補助縦桁間隔	350
	Z <sub>ix</sub>	mm <sup>3</sup>	補助縦桁の断面係数 (引張)	114964
	Z <sub>iy</sub>	mm <sup>3</sup>	補助縦桁の断面係数 (圧縮)	151107
	A <sub>i</sub>	mm <sup>2</sup>	補助縦桁のウェブ断面積	2169
吊り金具	Z <sub>Ax</sub>	mm <sup>3</sup>	断面係数 (断面 A 水平方向)	361020
	A <sub>A</sub>	mm <sup>2</sup>	断面 A の断面積	12000
	Z <sub>Ay</sub>	mm <sup>3</sup>	断面係数 (断面 A 鉛直方向)	480000
	A <sub>B</sub>	mm <sup>2</sup>	断面 B の断面積	600

表 5-8(5) 応力評価に用いる計算条件 (屋外排水路逆止弁⑬ 2/2)

吊り手	$Z_c$	$\text{mm}^3$	断面係数 (断面 C)	28750
	$A_c$	$\text{mm}^2$	断面 C の断面積	3450
	$A_d$	$\text{mm}^2$	断面 D の断面積	1700
吊りピン	$Z_e$	$\text{mm}^3$	断面係数 (断面 E)	12272
	$A_f$	$\text{mm}^2$	断面 F の断面積	1963
集水柵 (戸当り 部コンク リート)	$b_k$	mm	底面フランジ幅	60
	$L_{\theta 1}$	mm	コンクリート面より底面フランジ端面までの深さ	133
	$L_{\theta 2}$	mm	堰柱側面より底面フランジ端面までの深さ	155
アンカー ボルト	$n_1$	本	引抜き力を受け持つアンカーボルトの本数	8
	$n_2$	本	せん断力を受け持つアンカーボルトの本数	8



## 5.7 応力計算

### 5.7.1 屋外排水路逆止弁⑦

#### (1) スキンプレート

スキンプレートの曲げ応力は円盤周辺単純支持等分布荷重による最大曲げ応力を考える。

スキンプレートのモデル図を図 5-20 に示す。

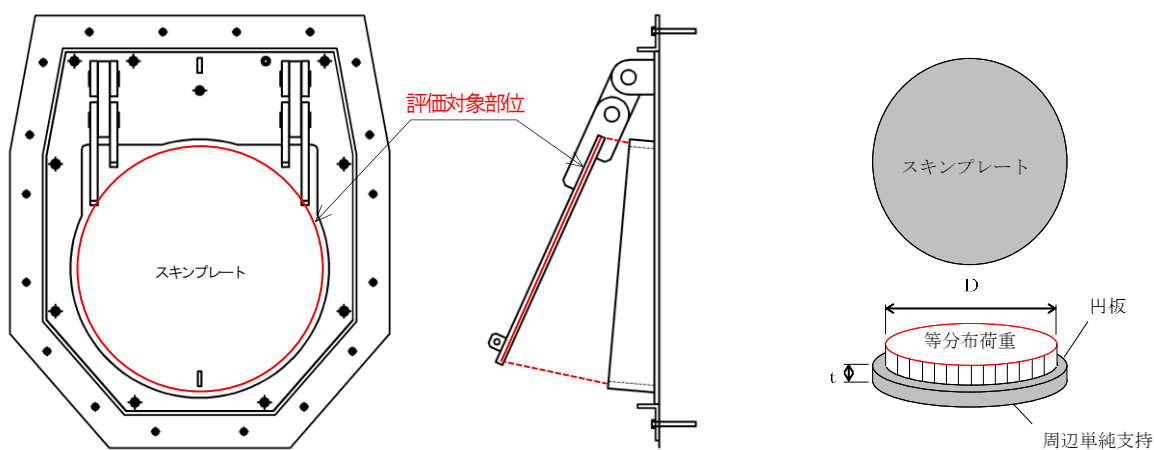


図 5-20 スキンプレートのモデル図

スキンプレートの最大応力度算定式を以下に示す。

$$\sigma_{\max} = 1.24 \cdot \frac{P \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2}{t}$$

$\sigma_{\max}$  : スキンプレートの最大応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$K_h$  : 水平方向の設計用地震力

$P$  : 地震時作用単位荷重 (N/mm<sup>2</sup>)

$D$  : スキンプレートの受水径 (mm)

$t$  : スキンプレートの板厚 (mm)

$W_{g1}$  : 扉体自重 (N)

上記の式に表 5-8(1) の計算条件を代入して、スキンプレートの最大応力度を算定した結果を以下に示す。

$$\begin{aligned}\sigma_{\max} &= 1.24 \cdot \frac{P \cdot \left(\frac{D}{z}\right)^2}{t} \\ &= 1.24 \times 0.004 \times (740/2)^2 / 22^2 \\ &= 1.40 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

(2) 吊り金具（扉体部，固定部）

吊り金具（扉体部，固定部）のモデル図を図 5-21 に示す。

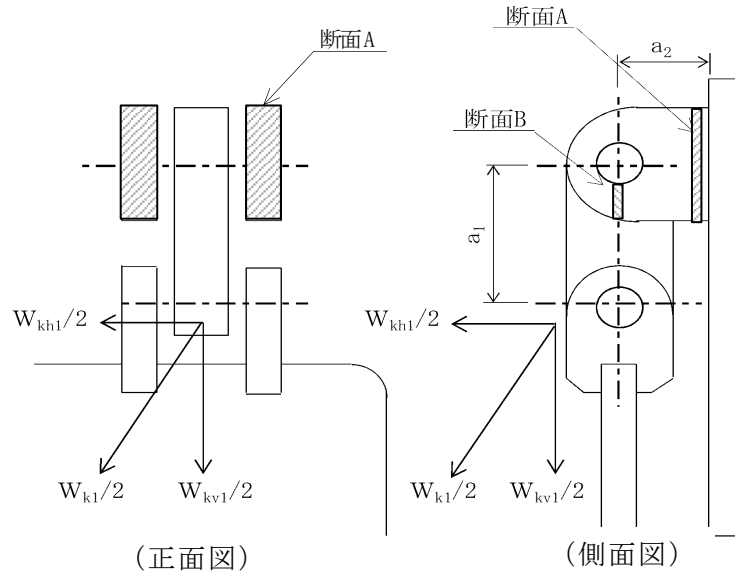


図 5-21 吊り金具（扉体部，固定部）のモデル図

吊り金具の最大応力度算定式を以下に示す。

(断面 A)

曲げ応力度（水平方向）

$$\sigma_{Ax} = \frac{W_{kh1} \cdot (a_1 + a_2)}{2 \cdot Z_{Ax}}$$

$\sigma_{Ax}$  : 吊り金具の水平設計用地震力による曲げ応力度（断面 A 水平方向）  
( $\text{N}/\text{mm}^2$ )

$W_{kh1}$  : 扉体自重の水平設計用地震力による地震時慣性力 (N)

$a_1$  : ピン穴中心間の距離 (mm)

$a_2$  : 固定部吊り金具のピン穴中心から戸当りまでの距離 (mm)

$Z_{Ax}$  : 断面係数 ( $\text{mm}^3$ )

$W_{g1}$  : 扉体自重 (N)

$K_h$  : 水平方向の設計用地震力

せん断応力度（水平方向）

$$\tau_{Ax} = \frac{W_{kh1}}{2 \cdot A_A}$$

$\tau_{Ax}$  : 吊り金具の水平設計用地震力によるせん断応力度（断面A水平方向）  
（N/mm<sup>2</sup>）

$W_{kh1}$  : 扉体自重の水平設計用地震力による地震時慣性力（N）

$A_A$  : 断面Aの断面積（mm<sup>2</sup>）

曲げ応力とせん断応力の合成応力度（水平方向）

$$\sigma_{xmax} = \sqrt{\sigma_{Ax}^2 + 3 \times \tau_{Ax}^2}$$

$\sigma_{xmax}$  : 吊り金具の曲げ応力とせん断応力の合成応力度（断面A水平方向）  
（N/mm<sup>2</sup>）

$\sigma_{Ax}$  : 吊り金具の水平設計用地震力による曲げ応力度（断面A水平方向）  
（N/mm<sup>2</sup>）

$\tau_{Ax}$  : 吊り金具の水平設計用地震力によるせん断応力度（断面A水平方向）  
（N/mm<sup>2</sup>）

曲げ応力度（鉛直方向）

$$\sigma_{Ay} = \frac{(W_{kv1} + W_{g1}) \cdot a_2}{2 \cdot Z_{Ay}}$$

$\sigma_{Ay}$  : 吊り金具の鉛直設計用地震力による曲げ応力度（断面A鉛直方向）  
（N/mm<sup>2</sup>）

$W_{kv1}$  : 扉体自重の鉛直設計用地震力による地震時慣性力（N）

$W_{g1}$  : 扉体自重（N）

$a_2$  : 固定部吊り金具のピン穴中心から戸当りまでの距離（mm）

$Z_{Ay}$  : 断面係数（mm<sup>3</sup>）

$K_v$  : 鉛直方向の設計用地震力

せん断応力度（鉛直方向）

$$\tau_{Ay} = \frac{W_{kv1} + W_{g1}}{2 \cdot A_A}$$

$\tau_{Ay}$  : 吊り金具の鉛直設計用地震力によるせん断応力度 (断面A鉛直方向)  
(N/mm<sup>2</sup>)

$W_{kv1}$  : 扉体自重の鉛直設計用地震力による地震時慣性力 (N)

$W_{g1}$  : 扉体自重 (N)

$A_A$  : 断面Aの断面積 (mm<sup>2</sup>)

曲げ応力とせん断応力の合成応力度 (鉛直方向)

$$\sigma_{y\max} = \sqrt{\sigma_{Ay}^2 + 3 \times \tau_{Ay}^2}$$

$\sigma_{y\max}$  : 吊り金具の曲げ応力とせん断応力の合成応力度 (断面A鉛直方向)  
(N/mm<sup>2</sup>)

$\sigma_{Ay}$  : 吊り金具の鉛直設計用地震力による曲げ応力度 (断面A鉛直方向)  
(N/mm<sup>2</sup>)

$\tau_{Ay}$  : 吊り金具の鉛直設計用地震力によるせん断応力度 (断面A鉛直方向)  
(N/mm<sup>2</sup>)

(断面B)

せん断応力度

$$\tau_B = \frac{W_{k1} + W_{g1}}{4 \cdot A_B}$$

$$W_{k1} = \sqrt{W_{Kh1}^2 + W_{kv1}^2}$$

$\tau_B$  : 吊り金具の同時加震によるせん断応力度 (断面B) (N/mm<sup>2</sup>)

$W_{k1}$  : 扉体自重の同時加震による地震時慣性力 (N)

$W_{g1}$  : 扉体自重 (N)

$A_B$  : 断面Bの断面積 (mm<sup>2</sup>)

$W_{kh1}$  : 扉体自重の水平設計用地震力による地震時慣性力 (N)

$W_{kv1}$  : 扉体自重の鉛直設計用地震力による地震時慣性力 (N)

上記の式に表 5-8(1)の計算条件を代入して、吊り金具の最大応力度を算定した結果を以下に示す。

(断面 A)

$$\begin{aligned}\sigma_{Ax} &= \frac{W_{kh1} \cdot (a_1 + a_2)}{2 \cdot Z_{Ax}} \\ &= 1612 \times (140 + 90) / (2 \times 153174) \\ &= 1.2 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\tau_{Ax} &= \frac{W_{kh1}}{2 \cdot A_A} \\ &= 1612 / (2 \times 6000) \\ &= 0.1 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{xmax} &= \sqrt{\sigma_{Ax}^2 + 3 \times \tau_{Ax}^2} \\ &= \sqrt{1.2^2 + 3 \times 0.1^2} \\ &= 1.2 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{Ay} &= \frac{(W_{kv1} + W_{g1}) \cdot a_2}{2 \cdot Z_{Ay}} \\ &= (1105 + 1300) \times 90 / (2 \times 120000) \\ &= 0.9 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\tau_{Ay} &= \frac{W_{kv1} + W_{g1}}{2 \cdot A_A} \\ &= (1105 + 1300) / (2 \times 6000) \\ &= 0.2 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{ymax} &= \sqrt{\sigma_{Ay}^2 + 3 \times \tau_{Ay}^2} \\ &= \sqrt{0.9^2 + 3 \times 0.2^2} \\ &= 1.0 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

(断面 B)

$$\begin{aligned}\tau_B &= \frac{W_{k1} + W_{g1}}{4 \cdot A_B} \\ &= (1954 + 1300) / (4 \times 850) \\ &= 1.0 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

(3) 吊り手

吊り手のモデル図を図 5-22 に示す。

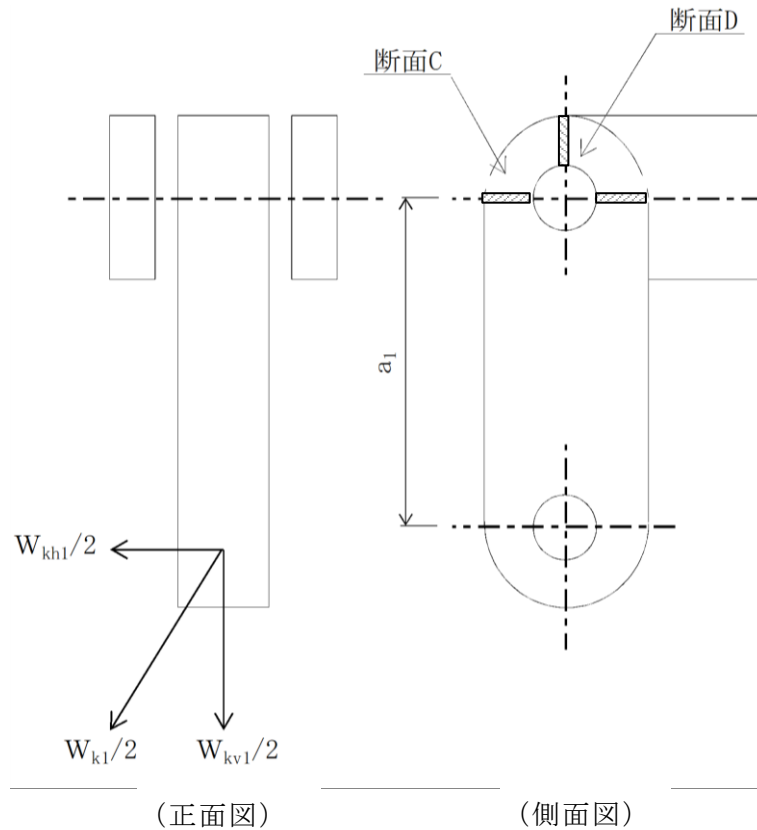


図 5-22 吊り手のモデル図

吊り手の最大応力度算定式を以下に示す。

(断面 C)

曲げ応力度 (水平方向)

$$\sigma_{c1} = \frac{W_{kh1} \cdot a_1}{2 \cdot Z_c}$$

$\sigma_{c1}$  : 吊り手の水平設計用地震力による曲げ応力度 (断面 C 水平方向)  
(N/mm<sup>2</sup>)

$W_{kh1}$  : 扉体自重の水平設計用地震力による地震時慣性力 (N)

$a_1$  : ピン穴中心間の距離 (mm)

$Z_c$  : 断面係数 (mm<sup>3</sup>)

引張応力度（鉛直方向）

$$\sigma_{C2} = \frac{W_{kv1} \cdot W_{g1}}{2 \cdot A_C}$$

$\sigma_{C2}$  : 吊り手の鉛直設計用地震力による引張応力度（断面C鉛直方向）  
（N/mm<sup>2</sup>）

$W_{kv1}$  : 扉体自重の鉛直設計用地震力による地震時慣性力（N）

$W_{g1}$  : 扉体自重（N）

$A_C$  : 断面Cの断面積（mm<sup>2</sup>）

曲げ応力と引張応力の合成応力度

$$\sigma_{Cmax} = \sigma_{C1} + \sigma_{C2}$$

$\sigma_{Cmax}$  : 吊り手の曲げ応力と引張応力の合成応力度（断面C）（N/mm<sup>2</sup>）

$\sigma_{C1}$  : 吊り手の水平設計用地震力による曲げ応力度（断面C水平方向）  
（N/mm<sup>2</sup>）

$\sigma_{C2}$  : 吊り手の鉛直設計用地震力による引張応力度（断面C鉛直方向）  
（N/mm<sup>2</sup>）

（断面D）

せん断応力度

$$\tau_D = \frac{W_{k1} + W_{g1}}{2 \cdot A_D}$$

$\tau_D$  : 吊り手の同時加震によるせん断応力度（断面D）（N/mm<sup>2</sup>）

$W_{k1}$  : 扉体自重の同時加震による地震時慣性力（N）

$W_{g1}$  : 扉体自重（N）

$A_D$  : 断面Dの断面積（mm<sup>2</sup>）

上記の式に表5-7(1)の計算条件を代入して、吊り金具の最大応力度を算定した結果を以下に示す。



(断面C)

$$\begin{aligned}\sigma_{C1} &= \frac{W_{kh1} \cdot a_1}{2 \cdot Z_C} \\ &= 1612 \times 140 / (2 \times 18400) \\ &= 6.1 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{C2} &= \frac{W_{kv1} \cdot W_{g1}}{2 \cdot A_C} \\ &= (1105 + 1300) / (2 \times 2760) \\ &= 0.4 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{Cmax} &= \sigma_{C1} + \sigma_{C2} \\ &= 6.1 + 0.4 \\ &= 6.5 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

(断面D)

$$\begin{aligned}\tau_D &= \frac{W_{k1} + W_{g1}}{2 \cdot A_D} \\ &= (1954 + 1300) / (2 \times 1360) \\ &= 1.2 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

(4) 吊りピン

吊りピンのモデル図を図 5-23 に示す。

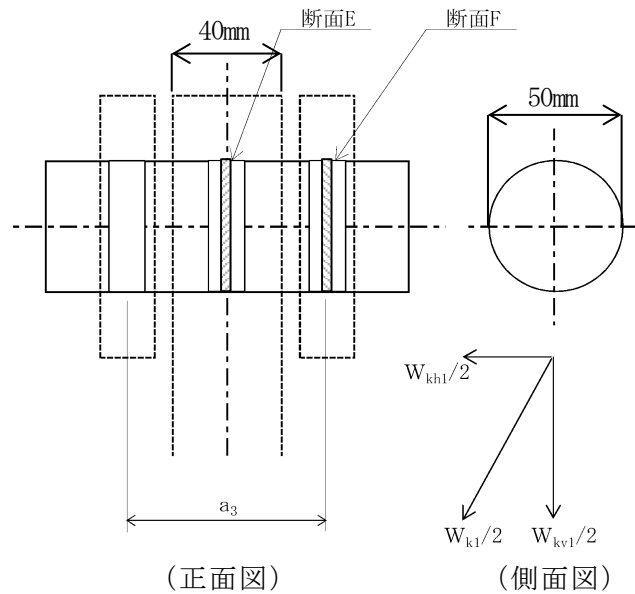


図 5-23 吊りピンのモデル図

吊りピンの最大応力度算定式を以下に示す。

(断面 E)

曲げ応力度 (水平方向)

$$\sigma_E = \frac{1}{2} \cdot \frac{(W_{k1} + W_{g1}) \cdot a_3}{4 \cdot Z_E}$$

$\sigma_E$  : 吊りピンの同時加震による曲げ応力度 (断面 E 水平方向) (N/mm<sup>2</sup>)

$W_{k1}$  : 扉体自重の同時加震による地震時慣性力 (N)

$W_{g1}$  : 扉体自重 (N)

$a_3$  : 吊りピンの支点間距離 (mm)

$Z_E$  : 断面係数 (mm<sup>3</sup>)

(断面 F)

せん断応力度

$$\tau_F = \frac{W_{k1} + W_{g1}}{4 \cdot A_F}$$

$\tau_F$  : 吊りピンの同時加震によるせん断応力度 (断面 F) (N/mm<sup>2</sup>)

$W_{k1}$  : 扉体自重の同時加震による地震時慣性力 (N)

$W_{g1}$  : 扉体自重 (N)

$A_F$  : 断面 F の断面積 (mm<sup>2</sup>)

上記の式に表 5-8(1) の計算条件を代入して、吊り金具の最大応力度を算定した結果を以下に示す。

(断面 E)

$$\begin{aligned}\sigma_E &= \frac{1}{2} \cdot \frac{(W_{k1} + W_{g1}) \cdot a_3}{4 \cdot Z_E} \\ &= (1/2) \times (1954 + 1300) \times 67 / (4 \times 12272) \\ &= 2.2 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

(断面 F)

$$\begin{aligned}\tau_F &= \frac{W_{k1} + W_{g1}}{4 \cdot A_F} \\ &= (1954 + 1300) / (4 \times 1963) \\ &= 0.4 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

(5) 戸当り

戸当りは、等分布荷重を受ける支圧材として、発生する支圧応力度が許容限界以下であることを確認する。

戸当りのモデル図を図 5-24 に示す。

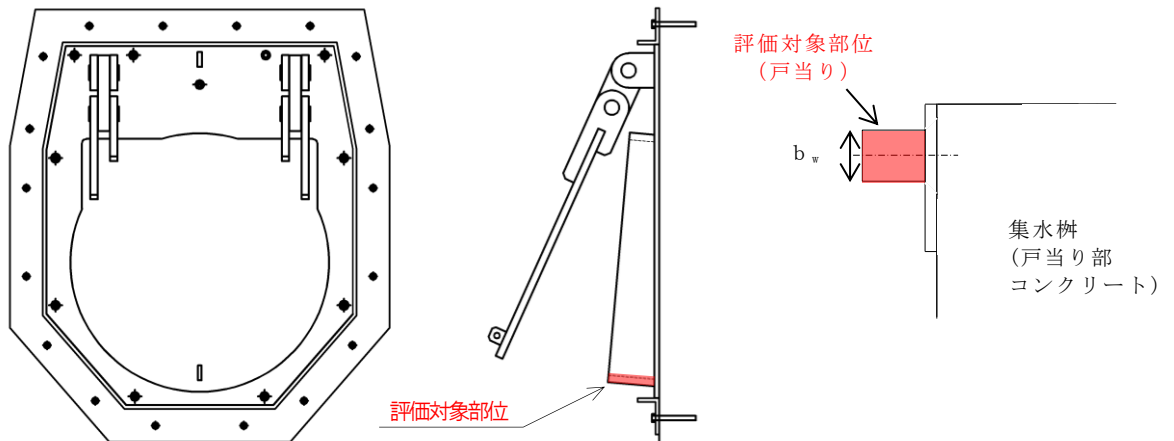


図 5-24 戸当りのモデル図

戸当りの最大応力度算定式を以下に示す。

$$\sigma = \frac{P_1}{b_w \cdot D \cdot \pi}$$

- $\sigma$  : 戸当りの支圧応力度 (N/mm<sup>2</sup>)
- $P_1$  : 戸当りへ作用する荷重 (N)
- $b_w$  : 戸当りの幅 (mm)
- $D$  : スキンプレートの受水径 (mm)
- $W_{g1}$  : 扉体自重 (N)
- $K_h$  : 水平方向の設計用地震力

上記の式に表 5-8(1) の計算条件を代入して、吊り金具の最大応力度を算定した結果を以下に示す。

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{P_1}{b_w \cdot D \cdot \pi} \\ &= 1612 / (25 \times 740 \times 3.14) \\ &= 0.03 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

(6) 集水桝（戸当り部コンクリート）

戸当り部コンクリートは，コンクリートに加わる支圧を戸当り全周で支持するものとして，コンクリートに発生する支圧応力度及びせん断応力度が許容限界以下であることを確認する。

戸当り部コンクリートのモデル図を図 5-25 に示す。

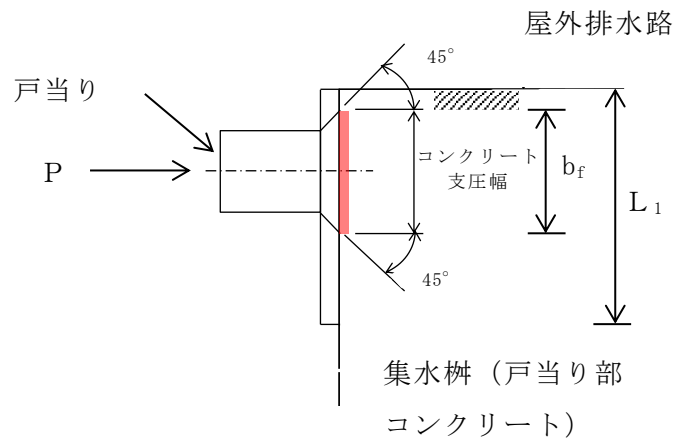


図 5-25 集水桝（戸当り部コンクリート）のモデル図

集水桝（戸当り部コンクリート）の最大応力度算定式を以下に示す。

$$\sigma_c = \frac{P_1}{b_f \cdot D \cdot \pi}$$

$$\tau_c = \frac{P_1}{2 \cdot L_1 \cdot D \cdot \pi}$$

$\sigma_c$  : コンクリートの支圧応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$P_1$  : 戸当りへ作用する荷重 (N)

$b_f$  : コンクリート支圧幅 (mm)

$D$  : スキンプレートの受水径 (mm)

$\tau_c$  : コンクリートのせん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$L_1$  : 屋外排水路内径より戸当りアンカー板端面までの距離 (mm)

上記の式に表 5-8(1) の計算条件を代入して、吊り金具の最大応力度を算定した結果を以下に示す。

$$\begin{aligned}\sigma_c &= \frac{P_1}{b_f \cdot D \cdot \pi} \\ &= 1612 / (57 \times 740 \times 3.14) \\ &= 0.012 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\tau_c &= \frac{P_1}{2 \cdot L_1 \cdot D \cdot \pi} \\ &= 1612 / (2 \times 120 \times 740 \times 3.14) \\ &= 0.003 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

(7) アンカーボルト

アンカーボルトの応力算定式を以下に示す。

アンカーボルトに作用する引抜き力

$$F_1 = \frac{W_{k1}' + W_{k2}'}{n_1}$$

$$W_{k1}' = \sqrt{W_{kh1}^2 + (W_{kv1} + W_{g1})^2}$$

$$W_{k2}' = \sqrt{W_{kh2}^2 + (W_{kv2} + W_{g2})^2}$$

$F_1$  : アンカーボルト 1 本当りに作用する引抜き力 (N)

$W_{k1}'$  : 扉体に作用する地震時慣性力による引抜き力 (N)

$W_{k2}'$  : 戸当りに作用する地震時慣性力による引抜き力 (N)

$n_1$  : 引抜き力を受け持つアンカーボルトの本数 (本)

$W_{kh1}$  : 扉体自重の水平設計用地震力による地震時慣性力 (N)

$W_{kv1}$  : 扉体自重の鉛直設計用地震力による地震時慣性力 (N)

$W_{g1}$  : 扉体自重 (N)

$W_{kh2}$  : 戸当り自重の水平設計用地震力による地震時慣性力 (N)

$W_{kv2}$  : 戸当り自重の鉛直設計用地震力による地震時慣性力 (N)

$W_{g2}$  : 戸当り自重 (N)

アンカーボルトに作用するせん断力

$$S_1 = \frac{W_{k1}' + W_{k2}'}{n_2}$$

$S_1$  : アンカーボルト 1 本当りに作用するせん断力 (N)

$W_{k1}'$  : 扉体に作用する地震時慣性力によるせん断力 (N)

$W_{k2}'$  : 戸当りに作用する地震時慣性力によるせん断力 (N)

$n_2$  : せん断力を受け持つアンカーボルトの本数 (本)

上記の式に表 5-7(1) の計算条件を代入して、吊り金具の最大応力度を算定した結果を以下に示す。

$$\begin{aligned} F_1 &= \frac{W_{k1}' + W_{k2}'}{n_1} \\ &= (2895 + 5078) / 4 \\ &= 1993 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_1 &= \frac{W_{k1}' + W_{k2}'}{n_2} \\ &= (2895 + 5078) / 4 \\ &= 1993 \text{ N} \end{aligned}$$



### 5.7.2 屋外排水路逆止弁⑧-1

#### (1) スキンプレート

スキンプレートの曲げ応力は円盤周辺単純支持等分布荷重による最大曲げ応力を考える。

スキンプレートのモデル図を図 5-26 に示す。

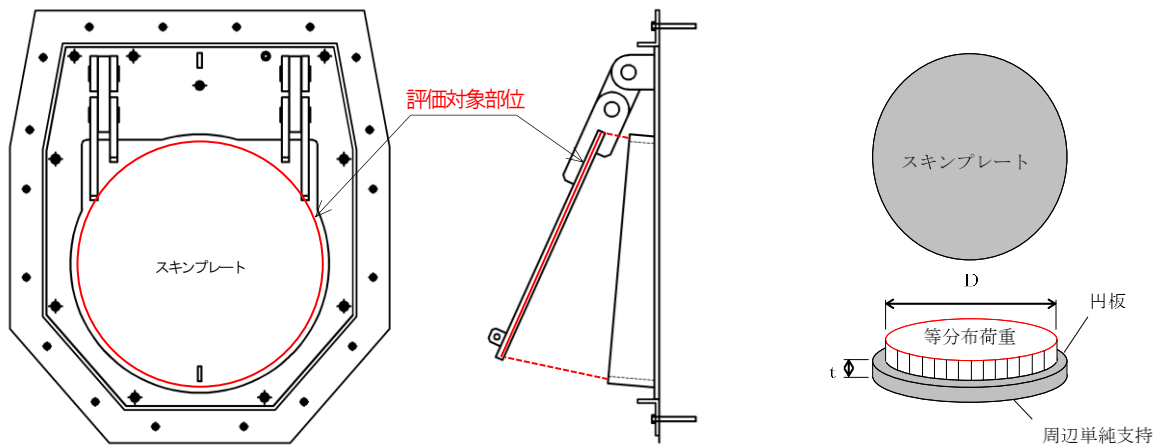


図 5-26 スキンプレートのモデル図

スキンプレートの最大応力度算定式を以下に示す。

$$\sigma_{\max} = 1.24 \cdot \frac{P \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2}{t}$$

$\sigma_{\max}$  : スキンプレートの最大応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$K_h$  : 水平方向の設計用地震力

$P$  : 地震時作用単位荷重 (N/mm<sup>2</sup>)

$D$  : スキンプレートの受水径 (mm)

$t$  : スキンプレートの板厚 (mm)

$W_{g1}$  : 扉体自重 (N)

上記の式に表 5-8(2) の計算条件を代入して，スキンプレートの最大応力度を算定した結果を以下に示す。

$$\begin{aligned}\sigma_{\max} &= 1.24 \cdot \frac{P \cdot \left(\frac{D}{z}\right)^2}{t} \\ &= 1.24 \times 0.003 \times (530/2)^2 / 16^2 \\ &= 1.02 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

(2) 吊り金具（扉体部，固定部）

吊り金具（扉体部，固定部）のモデル図を図 5-27 に示す。

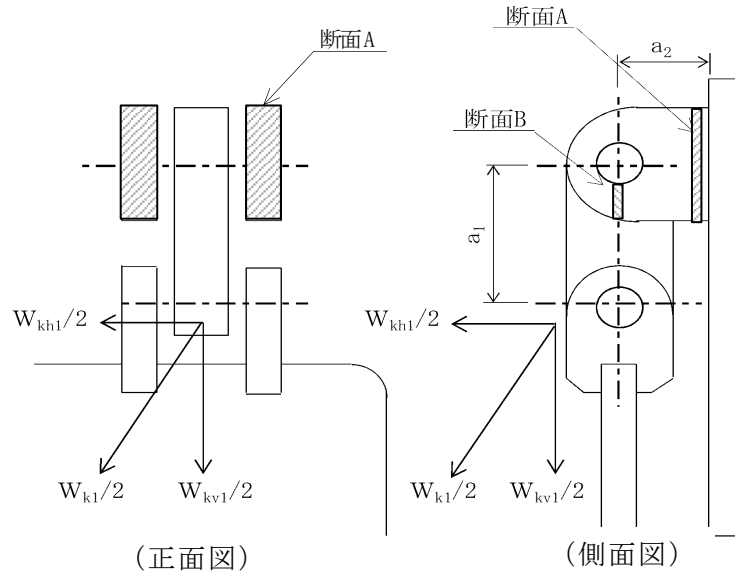


図 5-27 吊り金具（扉体部，固定部）のモデル図

吊り金具の最大応力度算定式を以下に示す。

(断面 A)

曲げ応力度（水平方向）

$$\sigma_{Ax} = \frac{W_{kh1} \cdot (a_1 + a_2)}{2 \cdot Z_{Ax}}$$

$\sigma_{Ax}$  : 吊り金具の水平設計用地震力による曲げ応力度（断面 A 水平方向）  
( $\text{N}/\text{mm}^2$ )

$W_{kh1}$  : 扉体自重の水平設計用地震力による地震時慣性力 (N)

$a_1$  : ピン穴中心間の距離 (mm)

$a_2$  : 固定部吊り金具のピン穴中心から戸当りまでの距離 (mm)

$Z_{Ax}$  : 断面係数 ( $\text{mm}^3$ )

$W_{g1}$  : 扉体自重 (N)

$K_h$  : 水平方向の設計用地震力

せん断応力度（水平方向）

$$\tau_{Ax} = \frac{W_{kh1}}{2 \cdot A_A}$$

$\tau_{Ax}$  : 吊り金具の水平設計用地震力によるせん断応力度（断面A水平方向）  
（N/mm<sup>2</sup>）

$W_{kh1}$  : 扉体自重の水平設計用地震力による地震時慣性力（N）

$A_A$  : 断面Aの断面積（mm<sup>2</sup>）

曲げ応力とせん断応力の合成応力度（水平方向）

$$\sigma_{xmax} = \sqrt{\sigma_{Ax}^2 + 3 \times \tau_{Ax}^2}$$

$\sigma_{xmax}$  : 吊り金具の曲げ応力とせん断応力の合成応力度（断面A水平方向）  
（N/mm<sup>2</sup>）

$\sigma_{Ax}$  : 吊り金具の水平設計用地震力による曲げ応力度（断面A水平方向）  
（N/mm<sup>2</sup>）

$\tau_{Ax}$  : 吊り金具の水平設計用地震力によるせん断応力度（断面A水平方向）  
（N/mm<sup>2</sup>）

曲げ応力度（鉛直方向）

$$\sigma_{Ay} = \frac{(W_{kv1} + W_{g1}) \cdot a_2}{2 \cdot Z_{Ay}}$$

$\sigma_{Ay}$  : 吊り金具の鉛直設計用地震力による曲げ応力度（断面A鉛直方向）  
（N/mm<sup>2</sup>）

$W_{kv1}$  : 扉体自重の鉛直設計用地震力による地震時慣性力（N）

$W_{g1}$  : 扉体自重（N）

$a_2$  : 固定部吊り金具のピン穴中心から戸当りまでの距離（mm）

$Z_{Ay}$  : 断面係数（mm<sup>3</sup>）

$K_v$  : 鉛直方向の設計用地震力

せん断応力度（鉛直方向）

$$\tau_{Ay} = \frac{W_{kv1} + W_{g1}}{2 \cdot A_A}$$

$\tau_{Ay}$  : 吊り金具の鉛直設計用地震力によるせん断応力度（断面A鉛直方向）  
（N/mm<sup>2</sup>）

$W_{kv1}$  : 扉体自重の鉛直設計用地震力による地震時慣性力（N）

$W_{g1}$  : 扉体自重（N）

$A_A$  : 断面Aの断面積（mm<sup>2</sup>）

曲げ応力とせん断応力の合成応力度（鉛直方向）

$$\sigma_{ymax} = \sqrt{\sigma_{Ay}^2 + 3 \times \tau_{Ay}^2}$$

$\sigma_{ymax}$  : 吊り金具の曲げ応力とせん断応力の合成応力度（断面A鉛直方向）  
（N/mm<sup>2</sup>）

$\sigma_{Ay}$  : 吊り金具の鉛直設計用地震力による曲げ応力度（断面A鉛直方向）  
（N/mm<sup>2</sup>）

$\tau_{Ay}$  : 吊り金具の鉛直設計用地震力によるせん断応力度（断面A鉛直方向）  
（N/mm<sup>2</sup>）

（断面B）

せん断応力度

$$\tau_B = \frac{W_{k1} + W_{g1}}{4 \cdot A_B}$$

$$W_{k1} = \sqrt{W_{Kh1}^2 + W_{kv1}^2}$$

$\tau_B$  : 吊り金具の同時加震によるせん断応力度（断面B）（N/mm<sup>2</sup>）

$W_{k1}$  : 扉体自重の同時加震による地震時慣性力（N）

$W_{g1}$  : 扉体自重（N）

$A_B$  : 断面Bの断面積（mm<sup>2</sup>）

$W_{kh1}$  : 扉体自重の水平設計用地震力による地震時慣性力（N）

$W_{kv1}$  : 扉体自重の鉛直設計用地震力による地震時慣性力（N）

上記の式に表5-8(2)の計算条件を代入して、吊り金具の最大応力度を算定した結果を以下に示す。

(断面 A)

$$\begin{aligned}\sigma_{Ax} &= \frac{W_{kh1} \cdot (a_1 + a_2)}{2 \cdot Z_{Ax}} \\ &= 576 \times (75 + 44) / (2 \times 18845) \\ &= 1.8 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\tau_{Ax} &= \frac{W_{kh1}}{2 \cdot A_A} \\ &= 576 / (2 \times 1440) \\ &= 0.2 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{xmax} &= \sqrt{\sigma_{Ax}^2 + 3 \times \tau_{Ax}^2} \\ &= \sqrt{1.8^2 + 3 \times 0.2^2} \\ &= 1.8 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{Ay} &= \frac{(W_{kv1} + W_{g1}) \cdot a_2}{2 \cdot Z_{Ay}} \\ &= (340 + 400) \times 44 / (2 \times 14400) \\ &= 1.1 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\tau_{Ay} &= \frac{W_{kv1} + W_{g1}}{2 \cdot A_A} \\ &= (340 + 400) / (2 \times 1440) \\ &= 0.3 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{ymax} &= \sqrt{\sigma_{Ay}^2 + 3 \times \tau_{Ay}^2} \\ &= \sqrt{1.1^2 + 3 \times 0.3^2} \\ &= 1.2 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

(断面 B)

$$\begin{aligned}\tau_B &= \frac{W_{k1} + W_{g1}}{4 \cdot A_B} \\ &= (669 + 400) / (4 \times 192) \\ &= 1.4 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

(3) 吊り手

吊り手のモデル図を図 5-28 に示す。

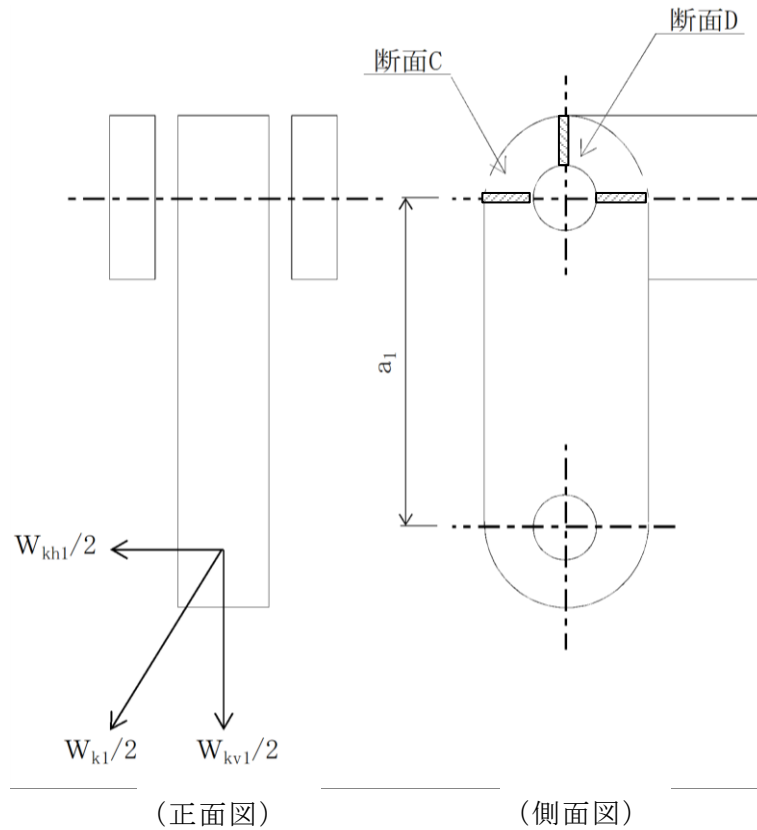


図 5-28 吊り手のモデル図

吊り手の最大応力度算定式を以下に示す。

(断面 C)

曲げ応力度 (水平方向)

$$\sigma_{c1} = \frac{W_{kh1} \cdot a_1}{2 \cdot Z_c}$$

$\sigma_{c1}$  : 吊り手の水平設計用地震力による曲げ応力度 (断面 C 水平方向)  
( $N/mm^2$ )

$W_{kh1}$  : 扉体自重の水平設計用地震力による地震時慣性力 (N)

$a_1$  : ピン穴中心間の距離 (mm)

$Z_c$  : 断面係数 ( $mm^3$ )

引張応力度（鉛直方向）

$$\sigma_{C2} = \frac{W_{kv1} \cdot W_{g1}}{2 \cdot A_C}$$

$\sigma_{C2}$  : 吊り手の鉛直設計用地震力による引張応力度（断面C鉛直方向）  
（N/mm<sup>2</sup>）

$W_{kv1}$  : 扉体自重の鉛直設計用地震力による地震時慣性力（N）

$W_{g1}$  : 扉体自重（N）

$A_C$  : 断面Cの断面積（mm<sup>2</sup>）

曲げ応力と引張応力の合成応力度

$$\sigma_{Cmax} = \sigma_{C1} + \sigma_{C2}$$

$\sigma_{Cmax}$  : 吊り手の曲げ応力と引張応力の合成応力度（断面C）（N/mm<sup>2</sup>）

$\sigma_{C1}$  : 吊り手の水平設計用地震力による曲げ応力度（断面C水平方向）  
（N/mm<sup>2</sup>）

$\sigma_{C2}$  : 吊り手の鉛直設計用地震力による引張応力度（断面C鉛直方向）  
（N/mm<sup>2</sup>）

（断面D）

せん断応力度

$$\tau_D = \frac{W_{k1} + W_{g1}}{2 \cdot A_D}$$

$\tau_D$  : 吊り手の同時加震によるせん断応力度（断面D）（N/mm<sup>2</sup>）

$W_{k1}$  : 扉体自重の同時加震による地震時慣性力（N）

$W_{g1}$  : 扉体自重（N）

$A_D$  : 断面Dの断面積（mm<sup>2</sup>）

上記の式に表 5-8(2) の計算条件を代入して、吊り金具の最大応力度を算定した結果を以下に示す。



(断面 C)

$$\begin{aligned}\sigma_{C1} &= \frac{W_{kh1} \cdot a_1}{2 \cdot Z_C} \\ &= 576 \times 75 / (2 \times 2200) \\ &= 9.8 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{C2} &= \frac{W_{kv1} \cdot W_{g1}}{2 \cdot A_C} \\ &= (340 + 400) / (2 \times 660) \\ &= 0.6 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{Cmax} &= \sigma_{C1} + \sigma_{C2} \\ &= 9.8 + 0.6 \\ &= 10.4 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

(断面 D)

$$\begin{aligned}\tau_D &= \frac{W_{k1} + W_{g1}}{2 \cdot A_D} \\ &= (669 + 400) / (2 \times 320) \\ &= 1.7 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

(4) 吊りピン

吊りピンのモデル図を図 5-29 に示す。

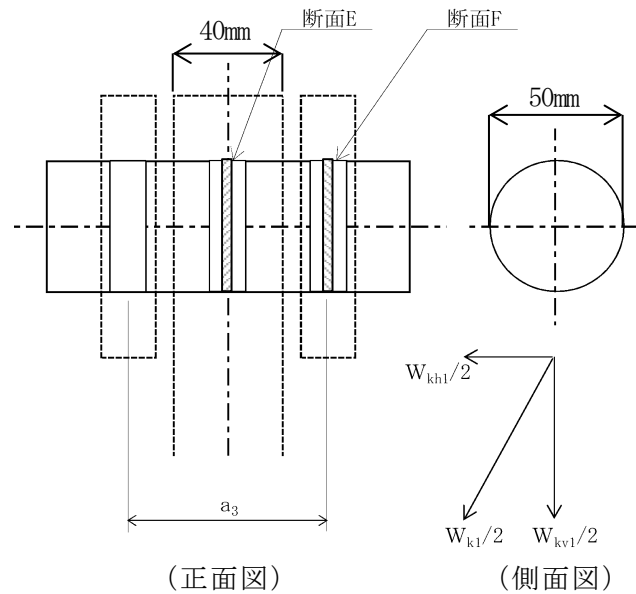


図 5-29 吊りピンのモデル図

吊りピンの最大応力度算定式を以下に示す。

(断面 E)

曲げ応力度 (水平方向)

$$\sigma_E = \frac{1}{2} \cdot \frac{(W_{k1} + W_{g1}) \cdot a_3}{4 \cdot Z_E}$$

$\sigma_E$  : 吊りピンの同時加震による曲げ応力度 (断面 E 水平方向) (N/mm<sup>2</sup>)

$W_{k1}$  : 扉体自重の同時加震による地震時慣性力 (N)

$W_{g1}$  : 扉体自重 (N)

$a_3$  : 吊りピンの支点間距離 (mm)

$Z_E$  : 断面係数 (mm<sup>3</sup>)

(断面 F)

せん断応力度

$$\tau_F = \frac{W_{k1} + W_{g1}}{4 \cdot A_F}$$

$\tau_F$  : 吊りピンの同時加震によるせん断応力度 (断面 F) (N/mm<sup>2</sup>)

$W_{k1}$  : 扉体自重の同時加震による地震時慣性力 (N)

$W_{g1}$  : 扉体自重 (N)

$A_F$  : 断面 F の断面積 (mm<sup>2</sup>)

上記の式に表 5-8(2) の計算条件を代入して、吊り金具の最大応力度を算定した結果を以下に示す。

(断面 E)

$$\begin{aligned}\sigma_E &= \frac{1}{2} \cdot \frac{(W_{k1} + W_{g1}) \cdot a_3}{4 \cdot Z_E} \\ &= (1/2) \times (669 + 400) \times 34 / (4 \times 1726) \\ &= 2.6 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

(断面 F)

$$\begin{aligned}\tau_F &= \frac{W_{k1} + W_{g1}}{4 \cdot A_F} \\ &= (669 + 400) / (4 \times 531) \\ &= 0.5 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

(5) 戸当り

戸当りは、等分布荷重を受ける支圧材として、発生する支圧応力度が許容限界以下であることを確認する。

戸当りのモデル図を図 5-30 に示す。

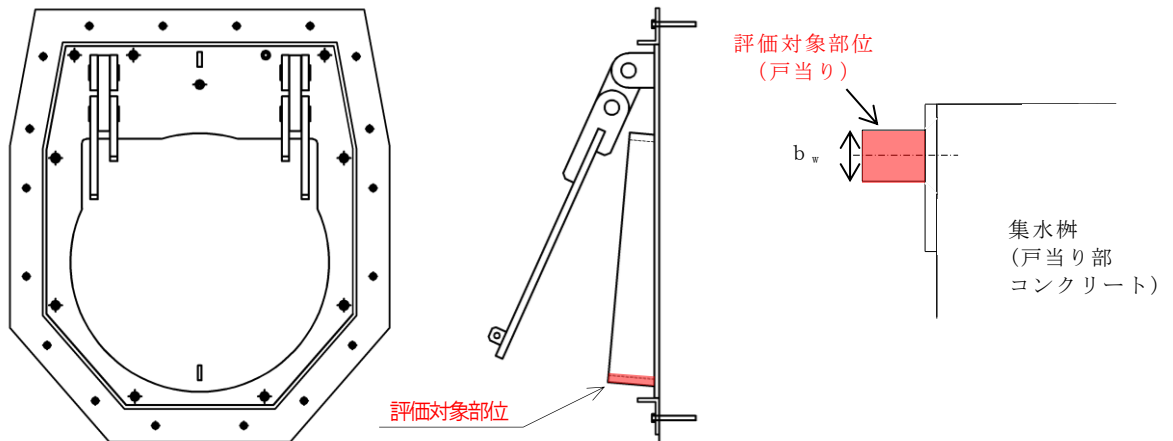


図 5-30 戸当りのモデル図

戸当りの最大応力度算定式を以下に示す。

$$\sigma = \frac{P_1}{b_w \cdot D \cdot \pi}$$

- $\sigma$  : 戸当りの支圧応力度 (N/mm<sup>2</sup>)  
 $P_1$  : 戸当りへ作用する荷重 (N)  
 $b_w$  : 戸当りの幅 (mm)  
 $D$  : スキンプレートの受水径 (mm)  
 $W_{g1}$  : 扉体自重 (N)  
 $K_h$  : 水平方向の設計用地震力

上記の式に表 5-8(2) の計算条件を代入して、吊り金具の最大応力度を算定した結果を以下に示す。

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{P_1}{b_w \cdot D \cdot \pi} \\ &= 576 / (19 \times 530 \times 3.14) \\ &= 0.02 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

(6) 集水桝（戸当り部コンクリート）

戸当り部コンクリートは，コンクリートに加わる支圧を戸当り全周で支持するものとして，コンクリートに発生する支圧応力度及びせん断応力度が許容限界以下であることを確認する。

戸当り部コンクリートのモデル図を図 5-31 に示す。

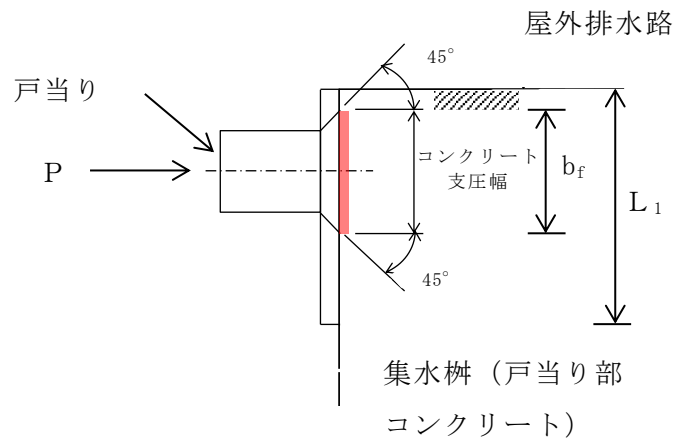


図 5-31 集水桝（戸当り部コンクリート）のモデル図

集水桝（戸当り部コンクリート）の最大応力度算定式を以下に示す。

$$\sigma_c = \frac{P_1}{b_f \cdot D \cdot \pi}$$

$$\tau_c = \frac{P_1}{2 \cdot L_1 \cdot D \cdot \pi}$$

$\sigma_c$  : コンクリートの支圧応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$P_1$  : 戸当りへ作用する荷重 (N)

$b_f$  : コンクリート支圧幅 (mm)

$D$  : スキンプレーートの受水径 (mm)

$\tau_c$  : コンクリートのせん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$L_1$  : 屋外排水路内径より戸当りアンカー板端面までの距離 (mm)

上記の式に表 5-8(2) の計算条件を代入して、吊り金具の最大応力度を算定した結果を以下に示す。

$$\begin{aligned}\sigma_c &= \frac{P_1}{b_f \cdot D \cdot \pi} \\ &= 576 / (37 \times 530 \times 3.14) \\ &= 0.009 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\tau_c &= \frac{P_1}{2 \cdot L_1 \cdot D \cdot \pi} \\ &= 576 / (2 \times 110 \times 530 \times 3.14) \\ &= 0.002 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

(7) アンカーボルト

アンカーボルトの応力算定式を以下に示す。

アンカーボルトに作用する引抜き力

$$F_1 = \frac{W_{k1}' + W_{k2}'}{n_1}$$

$$W_{k1}' = \sqrt{W_{kh1}^2 + (W_{kv1} + W_{g1})^2}$$

$$W_{k2}' = \sqrt{W_{kh2}^2 + (W_{kv2} + W_{g2})^2}$$

$F_1$  : アンカーボルト 1 本当りに作用する引抜き力 (N)

$W_{k1}'$  : 扉体に作用する地震時慣性力による引抜き力 (N)

$W_{k2}'$  : 戸当りに作用する地震時慣性力による引抜き力 (N)

$n_1$  : 引抜き力を受け持つアンカーボルトの本数 (本)

$W_{kh1}$  : 扉体自重の水平設計用地震力による地震時慣性力 (N)

$W_{kv1}$  : 扉体自重の鉛直設計用地震力による地震時慣性力 (N)

$W_{g1}$  : 扉体自重 (N)

$W_{kh2}$  : 戸当り自重の水平設計用地震力による地震時慣性力 (N)

$W_{kv2}$  : 戸当り自重の鉛直設計用地震力による地震時慣性力 (N)

$W_{g2}$  : 戸当り自重 (N)

アンカーボルトに作用するせん断力

$$S_1 = \frac{W_{k1}' + W_{k2}'}{n_2}$$

$S_1$  : アンカーボルト 1 本当りに作用するせん断力 (N)

$W_{k1}'$  : 扉体に作用する地震時慣性力によるせん断力 (N)

$W_{k2}'$  : 戸当りに作用する地震時慣性力によるせん断力 (N)

$n_2$  : せん断力を受け持つアンカーボルトの本数 (本)

上記の式に表 5-8(2) の計算条件を代入して、吊り金具の最大応力度を算定した結果を以下に示す。

$$\begin{aligned} F_1 &= \frac{W_{k1}' + W_{k2}'}{n_1} \\ &= (938 + 1806) / 4 \\ &= 686 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_1 &= \frac{W_{k1}' + W_{k2}'}{n_2} \\ &= (938 + 1806) / 4 \\ &= 686 \text{ N} \end{aligned}$$



### 5.7.3 屋外排水路逆止弁⑧-2

#### (1) スキンプレート

スキンプレートの曲げ応力は円盤周辺単純支持等分布荷重による最大曲げ応力を考える。

スキンプレートのモデル図を図 5-32 に示す。

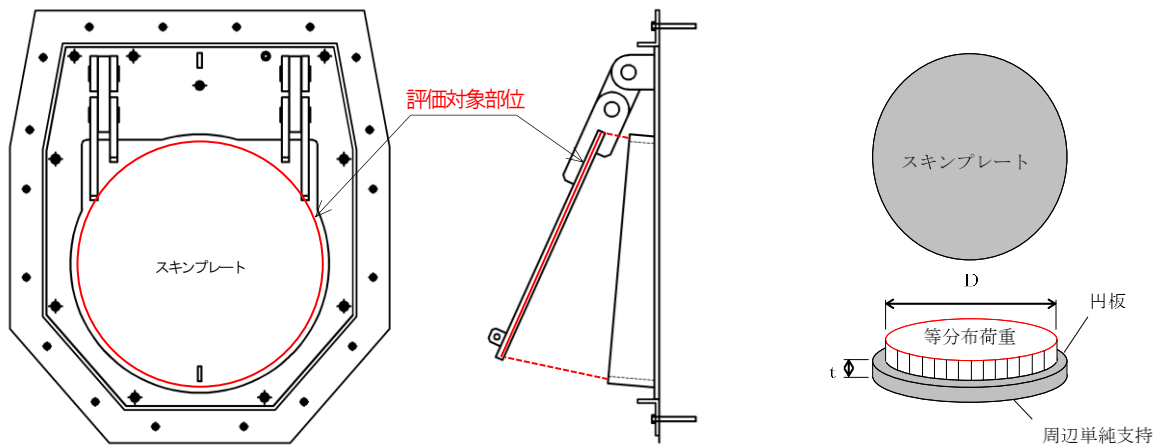


図 5-32 スキンプレートのモデル図

スキンプレートの最大応力度算定式を以下に示す。

$$\sigma_{\max} = 1.24 \cdot \frac{P \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2}{t}$$

$\sigma_{\max}$  : スキンプレートの最大応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$K_h$  : 水平方向の設計用地震力

$P$  : 地震時作用単位荷重 (N/mm<sup>2</sup>)

$D$  : スキンプレートの受水径 (mm)

$t$  : スキンプレートの板厚 (mm)

$W_{g1}$  : 扉体自重 (N)

上記の式に表 5-7(3) の計算条件を代入して、スキンプレートの最大応力度を算定した結果を以下に示す。

$$\begin{aligned}\sigma_{\max} &= 1.24 \cdot \frac{P \cdot \left(\frac{D}{z}\right)^2}{t} \\ &= 1.24 \times 0.004 \times (840/2)^2 / 25^2 \\ &= 1.40 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

(2) 吊り金具（扉体部，固定部）

吊り金具（扉体部，固定部）のモデル図を図 5-33 に示す。

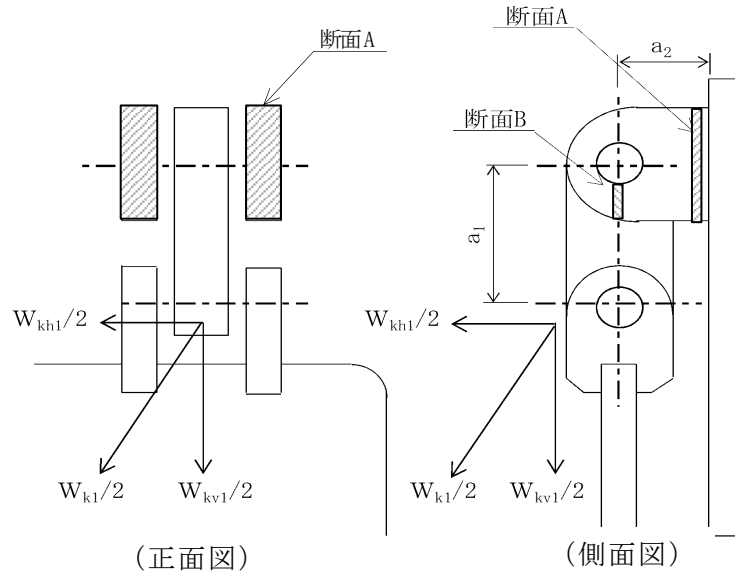


図 5-33 吊り金具（扉体部，固定部）のモデル図

吊り金具の最大応力度算定式を以下に示す。

(断面 A)

曲げ応力度（水平方向）

$$\sigma_{Ax} = \frac{W_{kh1} \cdot (a_1 + a_2)}{2 \cdot Z_{Ax}}$$

$\sigma_{Ax}$  : 吊り金具の水平設計用地震力による曲げ応力度（断面 A 水平方向）  
( $\text{N}/\text{mm}^2$ )

$W_{kh1}$  : 扉体自重の水平設計用地震力による地震時慣性力 (N)

$a_1$  : ピン穴中心間の距離 (mm)

$a_2$  : 固定部吊り金具のピン穴中心から戸当りまでの距離 (mm)

$Z_{Ax}$  : 断面係数 ( $\text{mm}^3$ )

$W_{g1}$  : 扉体自重 (N)

$K_h$  : 水平方向の設計用地震力

せん断応力度（水平方向）

$$\tau_{Ax} = \frac{W_{kh1}}{2 \cdot A_A}$$

$\tau_{Ax}$  : 吊り金具の水平設計用地震力によるせん断応力度（断面A水平方向）  
（N/mm<sup>2</sup>）

$W_{kh1}$  : 扉体自重の水平設計用地震力による地震時慣性力（N）

$A_A$  : 断面Aの断面積（mm<sup>2</sup>）

曲げ応力とせん断応力の合成応力度（水平方向）

$$\sigma_{xmax} = \sqrt{\sigma_{Ax}^2 + 3 \times \tau_{Ax}^2}$$

$\sigma_{xmax}$  : 吊り金具の曲げ応力とせん断応力の合成応力度（断面A水平方向）  
（N/mm<sup>2</sup>）

$\sigma_{Ax}$  : 吊り金具の水平設計用地震力による曲げ応力度（断面A水平方向）  
（N/mm<sup>2</sup>）

$\tau_{Ax}$  : 吊り金具の水平設計用地震力によるせん断応力度（断面A水平方向）  
（N/mm<sup>2</sup>）

曲げ応力度（鉛直方向）

$$\sigma_{Ay} = \frac{(W_{kv1} + W_{g1}) \cdot a_2}{2 \cdot Z_{Ay}}$$

$\sigma_{Ay}$  : 吊り金具の鉛直設計用地震力による曲げ応力度（断面A鉛直方向）  
（N/mm<sup>2</sup>）

$W_{kv1}$  : 扉体自重の鉛直設計用地震力による地震時慣性力（N）

$W_{g1}$  : 扉体自重（N）

$a_2$  : 固定部吊り金具のピン穴中心から戸当りまでの距離（mm）

$Z_{Ay}$  : 断面係数（mm<sup>3</sup>）

$K_v$  : 鉛直方向の設計用地震力

せん断応力度（鉛直方向）

$$\tau_{Ay} = \frac{W_{kv1} + W_{g1}}{2 \cdot A_A}$$

$\tau_{Ay}$  : 吊り金具の鉛直設計用地震力によるせん断応力度（断面A鉛直方向）  
（N/mm<sup>2</sup>）

$W_{kv1}$  : 扉体自重の鉛直設計用地震力による地震時慣性力（N）

$W_{g1}$  : 扉体自重（N）

$A_A$  : 断面Aの断面積（mm<sup>2</sup>）

曲げ応力とせん断応力の合成応力度（鉛直方向）

$$\sigma_{ymax} = \sqrt{\sigma_{Ay}^2 + 3 \times \tau_{Ay}^2}$$

$\sigma_{ymax}$  : 吊り金具の曲げ応力とせん断応力の合成応力度（断面A鉛直方向）  
（N/mm<sup>2</sup>）

$\sigma_{Ay}$  : 吊り金具の鉛直設計用地震力による曲げ応力度（断面A鉛直方向）  
（N/mm<sup>2</sup>）

$\tau_{Ay}$  : 吊り金具の鉛直設計用地震力によるせん断応力度（断面A鉛直方向）  
（N/mm<sup>2</sup>）

（断面B）

せん断応力度

$$\tau_B = \frac{W_{k1} + W_{g1}}{4 \cdot A_B}$$

$$W_{k1} = \sqrt{W_{Kh1}^2 + W_{kv1}^2}$$

$\tau_B$  : 吊り金具の同時加震によるせん断応力度（断面B）（N/mm<sup>2</sup>）

$W_{k1}$  : 扉体自重の同時加震による地震時慣性力（N）

$W_{g1}$  : 扉体自重（N）

$A_B$  : 断面Bの断面積（mm<sup>2</sup>）

$W_{kh1}$  : 扉体自重の水平設計用地震力による地震時慣性力（N）

$W_{kv1}$  : 扉体自重の鉛直設計用地震力による地震時慣性力（N）

上記の式に表5-8(3)の計算条件を代入して、吊り金具の最大応力度を算定した結果を以下に示す。

(断面 A)

$$\begin{aligned}\sigma_{Ax} &= \frac{W_{kh1} \cdot (a_1 + a_2)}{2 \cdot Z_{Ax}} \\ &= 2088 \times (140 + 90) / (2 \times 153174) \\ &= 1.6 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\tau_{Ax} &= \frac{W_{kh1}}{2 \cdot A_A} \\ &= 2088 / (2 \times 6000) \\ &= 0.2 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{xmax} &= \sqrt{\sigma_{Ax}^2 + 3 \times \tau_{Ax}^2} \\ &= \sqrt{1.6^2 + 3 \times 0.2^2} \\ &= 1.6 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{Ay} &= \frac{(W_{kv1} + W_{g1}) \cdot a_2}{2 \cdot Z_{Ay}} \\ &= (1530 + 1800) \times 90 / (2 \times 120000) \\ &= 1.2 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\tau_{Ay} &= \frac{W_{kv1} + W_{g1}}{2 \cdot A_A} \\ &= (1530 + 1800) / (2 \times 6000) \\ &= 0.3 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{ymax} &= \sqrt{\sigma_{Ay}^2 + 3 \times \tau_{Ay}^2} \\ &= \sqrt{1.2^2 + 3 \times 0.3^2} \\ &= 1.3 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

(断面 B)

$$\begin{aligned}\tau_B &= \frac{W_{k1} + W_{g1}}{4 \cdot A_B} \\ &= (2589 + 1800) / (4 \times 850) \\ &= 1.3 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

(3) 吊り手

吊り手のモデル図を図 5-34 に示す。

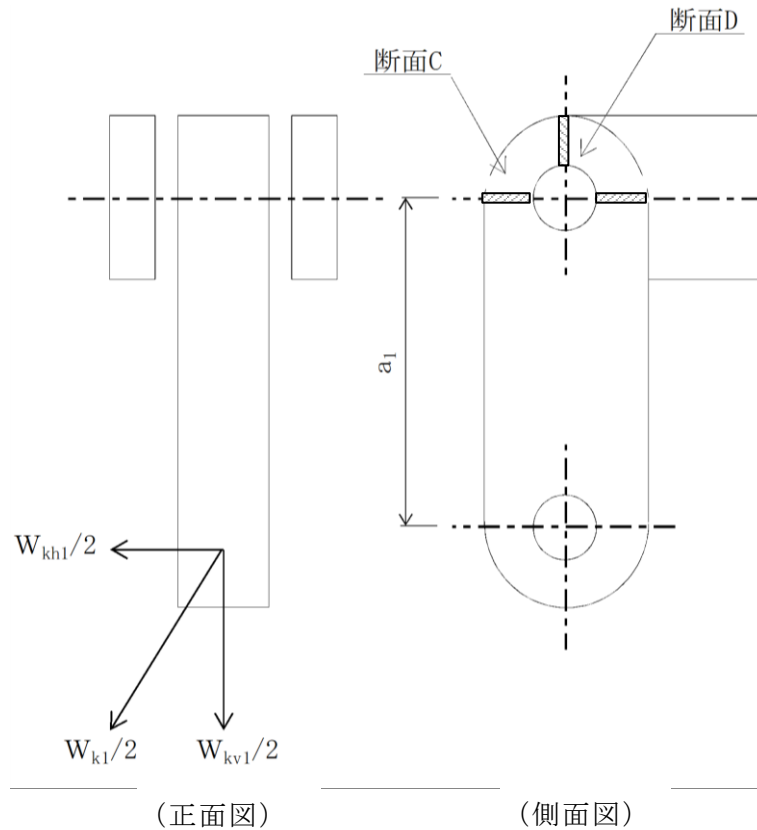


図 5-34 吊り手のモデル図

吊り手の最大応力度算定式を以下に示す。

(断面 C)

曲げ応力度 (水平方向)

$$\sigma_{c1} = \frac{W_{kh1} \cdot a_1}{2 \cdot Z_c}$$

$\sigma_{c1}$  : 吊り手の水平設計用地震力による曲げ応力度 (断面 C 水平方向)  
(N/mm<sup>2</sup>)

$W_{kh1}$  : 扉体自重の水平設計用地震力による地震時慣性力 (N)

$a_1$  : ピン穴中心間の距離 (mm)

$Z_c$  : 断面係数 (mm<sup>3</sup>)

引張応力度（鉛直方向）

$$\sigma_{C2} = \frac{W_{kv1} \cdot W_{g1}}{2 \cdot A_C}$$

$\sigma_{C2}$  : 吊り手の鉛直設計用地震力による引張応力度（断面C鉛直方向）  
（N/mm<sup>2</sup>）

$W_{kv1}$  : 扉体自重の鉛直設計用地震力による地震時慣性力（N）

$W_{g1}$  : 扉体自重（N）

$A_C$  : 断面Cの断面積（mm<sup>2</sup>）

曲げ応力と引張応力の合成応力度

$$\sigma_{Cmax} = \sigma_{C1} + \sigma_{C2}$$

$\sigma_{Cmax}$  : 吊り手の曲げ応力と引張応力の合成応力度（断面C）（N/mm<sup>2</sup>）

$\sigma_{C1}$  : 吊り手の水平設計用地震力による曲げ応力度（断面C水平方向）  
（N/mm<sup>2</sup>）

$\sigma_{C2}$  : 吊り手の鉛直設計用地震力による引張応力度（断面C鉛直方向）  
（N/mm<sup>2</sup>）

（断面D）

せん断応力度

$$\tau_D = \frac{W_{k1} + W_{g1}}{2 \cdot A_D}$$

$\tau_D$  : 吊り手の同時加震によるせん断応力度（断面D）（N/mm<sup>2</sup>）

$W_{k1}$  : 扉体自重の同時加震による地震時慣性力（N）

$W_{g1}$  : 扉体自重（N）

$A_D$  : 断面Dの断面積（mm<sup>2</sup>）

上記の式に表 5-8(3) の計算条件を代入して、吊り金具の最大応力度を算定した結果を以下に示す。



(断面 C)

$$\begin{aligned}\sigma_{C1} &= \frac{W_{kh1} \cdot a_1}{2 \cdot Z_C} \\ &= 2088 \times 140 / (2 \times 18400) \\ &= 7.9 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{C2} &= \frac{W_{kv1} \cdot W_{g1}}{2 \cdot A_C} \\ &= (1530 + 1800) / (2 \times 2760) \\ &= 0.6 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{Cmax} &= \sigma_{C1} + \sigma_{C2} \\ &= 7.9 + 0.6 \\ &= 8.5 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

(断面 D)

$$\begin{aligned}\tau_D &= \frac{W_{k1} + W_{g1}}{2 \cdot A_D} \\ &= (2589 + 1800) / (2 \times 1360) \\ &= 1.6 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

(4) 吊りピン

吊りピンのモデル図を図 5-35 に示す。

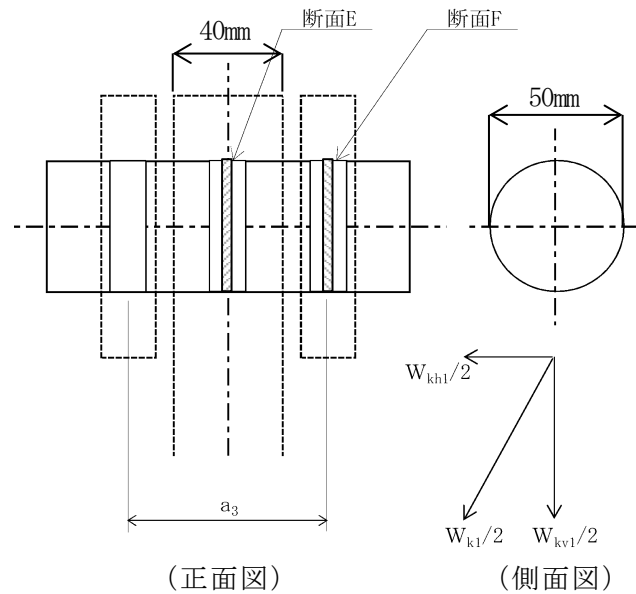


図 5-35 吊りピンのモデル図

吊りピンの最大応力度算定式を以下に示す。

(断面 E)

曲げ応力度 (水平方向)

$$\sigma_E = \frac{1}{2} \cdot \frac{(W_{k1} + W_{g1}) \cdot a_3}{4 \cdot Z_E}$$

$\sigma_E$  : 吊りピンの同時加震による曲げ応力度 (断面 E 水平方向) (N/mm<sup>2</sup>)

$W_{k1}$  : 扉体自重の同時加震による地震時慣性力 (N)

$W_{g1}$  : 扉体自重 (N)

$a_3$  : 吊りピンの支点間距離 (mm)

$Z_E$  : 断面係数 (mm<sup>3</sup>)

(断面 F)

せん断応力度

$$\tau_F = \frac{W_{k1} + W_{g1}}{4 \cdot A_F}$$

$\tau_F$  : 吊りピンの同時加震によるせん断応力度 (断面 F) (N/mm<sup>2</sup>)

$W_{k1}$  : 扉体自重の同時加震による地震時慣性力 (N)

$W_{g1}$  : 扉体自重 (N)

$A_F$  : 断面 F の断面積 (mm<sup>2</sup>)

上記の式に表 5-8(3) の計算条件を代入して、吊り金具の最大応力度を算定した結果を以下に示す。

(断面 E)

$$\begin{aligned}\sigma_E &= \frac{1}{2} \cdot \frac{(W_{k1} + W_{g1}) \cdot a_3}{4 \cdot Z_E} \\ &= (1/2) \times (2589 + 1800) \times 67 / (4 \times 12272) \\ &= 3.0 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

(断面 F)

$$\begin{aligned}\tau_F &= \frac{W_{k1} + W_{g1}}{4 \cdot A_F} \\ &= (2589 + 1800) / (4 \times 1963) \\ &= 0.6 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

(5) 戸当り

戸当りは、等分布荷重を受ける支圧材として、発生する支圧応力度が許容限界以下であることを確認する。

戸当りのモデル図を図 5-36 に示す。

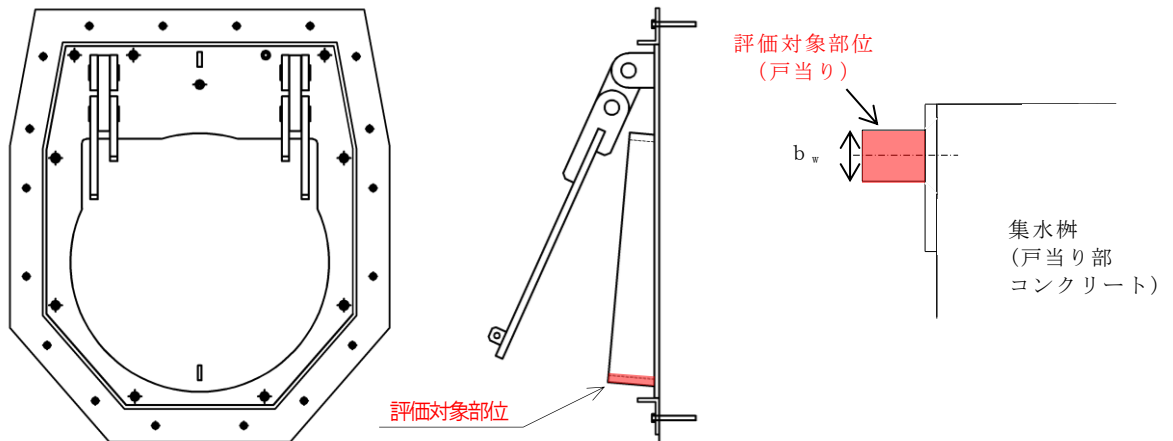


図 5-36 戸当りのモデル図

戸当りの最大応力度算定式を以下に示す。

$$\sigma = \frac{P_1}{b_w \cdot D \cdot \pi}$$

- $\sigma$  : 戸当りの支圧応力度 (N/mm<sup>2</sup>)  
 $P_1$  : 戸当りへ作用する荷重 (N)  
 $b_w$  : 戸当りの幅 (mm)  
 $D$  : スキンプレートの受水径 (mm)  
 $W_{g1}$  : 扉体自重 (N)  
 $K_h$  : 水平方向の設計用地震力

上記の式に表 5-8(3) の計算条件を代入して、吊り金具の最大応力度を算定した結果を以下に示す。

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{P_1}{b_w \cdot D \cdot \pi} \\ &= 2088 / (25 \times 840 \times 3.14) \\ &= 0.03 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

(6) 集水桝（戸当り部コンクリート）

戸当り部コンクリートは，コンクリートに加わる支圧を戸当り全周で支持するものとして，コンクリートに発生する支圧応力度及びせん断応力度が許容限界以下であることを確認する。

戸当り部コンクリートのモデル図を図 5-37 に示す。

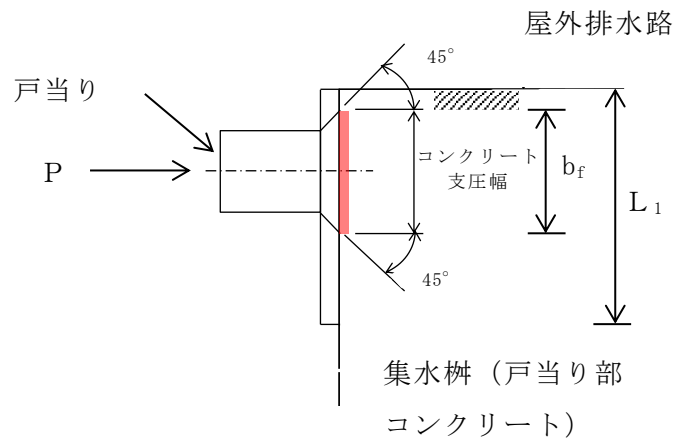


図 5-37 集水桝（戸当り部コンクリート）のモデル図

集水桝（戸当り部コンクリート）の最大応力度算定式を以下に示す。

$$\sigma_c = \frac{P_1}{b_f \cdot D \cdot \pi}$$

$$\tau_c = \frac{P_1}{2 \cdot L_1 \cdot D \cdot \pi}$$

$\sigma_c$  : コンクリートの支圧応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$P_1$  : 戸当りへ作用する荷重 (N)

$b_f$  : コンクリート支圧幅 (mm)

$D$  : スキンプレートの受圧径 (mm)

$\tau_c$  : コンクリートのせん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$L_1$  : 屋外排水路内径より戸当りアンカー板端面までの距離 (mm)

上記の式に表 5-8(3) の計算条件を代入して、吊り金具の最大応力度を算定した結果を以下に示す。

$$\begin{aligned}\sigma_c &= \frac{P_1}{b_f \cdot D \cdot \pi} \\ &= 2088 / (57 \times 840 \times 3.14) \\ &= 0.014 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\tau_c &= \frac{P_1}{2 \cdot L_1 \cdot D \cdot \pi} \\ &= 2088 / (2 \times 120 \times 840 \times 3.14) \\ &= 0.003 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

(7) アンカーボルト

アンカーボルトの応力算定式を以下に示す。

アンカーボルトに作用する引抜き力

$$F_1 = \frac{W_{k1}' + W_{k2}'}{n_1}$$

$$W_{k1}' = \sqrt{W_{kh1}^2 + (W_{kv1} + W_{g1})^2}$$

$$W_{k2}' = \sqrt{W_{kh2}^2 + (W_{kv2} + W_{g2})^2}$$

$F_1$  : アンカーボルト 1 本当りに作用する引抜き力 (N)

$W_{k1}'$  : 扉体に作用する地震時慣性力による引抜き力 (N)

$W_{k2}'$  : 戸当りに作用する地震時慣性力による引抜き力 (N)

$n_1$  : 引抜き力を受け持つアンカーボルトの本数 (本)

$W_{kh1}$  : 扉体自重の水平設計用地震力による地震時慣性力 (N)

$W_{kv1}$  : 扉体自重の鉛直設計用地震力による地震時慣性力 (N)

$W_{g1}$  : 扉体自重 (N)

$W_{kh2}$  : 戸当り自重の水平設計用地震力による地震時慣性力 (N)

$W_{kv2}$  : 戸当り自重の鉛直設計用地震力による地震時慣性力 (N)

$W_{g2}$  : 戸当り自重 (N)

アンカーボルトに作用するせん断力

$$S_1 = \frac{W_{k1}' + W_{k2}'}{n_2}$$

$S_1$  : アンカーボルト 1 本当りに作用するせん断力 (N)

$W_{k1}'$  : 扉体に作用する地震時慣性力によるせん断力 (N)

$W_{k2}'$  : 戸当りに作用する地震時慣性力によるせん断力 (N)

$n_2$  : せん断力を受け持つアンカーボルトの本数 (本)

上記の式に表 5-8(3) の計算条件を代入して、吊り金具の最大応力度を算定した結果を以下に示す。

$$\begin{aligned} F_1 &= \frac{W_{k1}' + W_{k2}'}{n_1} \\ &= (3930 + 5896) / 4 \\ &= 2457 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_1 &= \frac{W_{k1}' + W_{k2}'}{n_2} \\ &= (3930 + 5896) / 4 \\ &= 2457 \text{ N} \end{aligned}$$



5.7.4 屋外排水路逆止弁⑩, ⑪, ⑫

(1) スキンプレート

スキンプレートの曲げ応力は円盤周辺単純支持等分布荷重による最大曲げ応力を考える。

スキンプレートのモデル図を図 5-38 に示す。

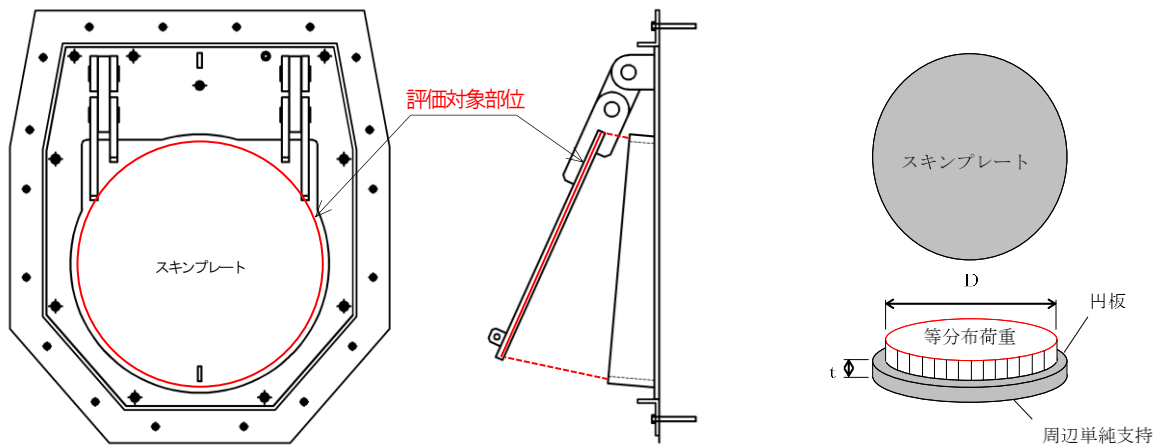


図 5-38 スキンプレートのモデル図

スキンプレートの最大応力度算定式を以下に示す。

$$\sigma_{\max} = 1.24 \cdot \frac{P \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2}{t}$$

$\sigma_{\max}$  : スキンプレートの最大応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$K_h$  : 水平方向の設計用地震力

$P$  : 地震時作用単位荷重 (N/mm<sup>2</sup>)

$D$  : スキンプレートの受水径 (mm)

$t$  : スキンプレートの板厚 (mm)

$W_{g1}$  : 扉体自重 (N)

上記の式に表 5-8(4) の計算条件を代入して、スキンプレートの最大応力度を算定した結果を以下に示す。

$$\begin{aligned}\sigma_{\max} &= 1.24 \cdot \frac{P \cdot \left(\frac{D}{z}\right)^2}{t} \\ &= 1.24 \times 0.011 \times (840/2)^2 / 25^2 \\ &= 3.85 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

(2) 吊り金具（扉体部，固定部）

吊り金具（扉体部，固定部）のモデル図を図 5-39 に示す。

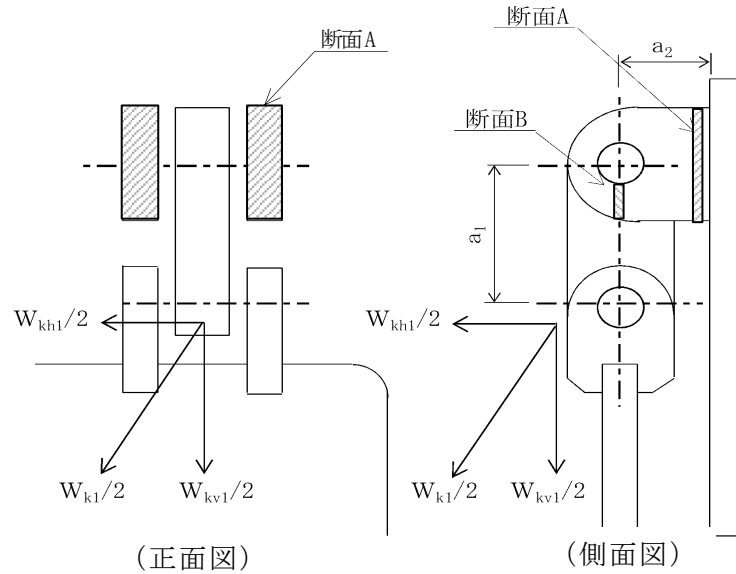


図 5-39 吊り金具（扉体部，固定部）のモデル図

吊り金具の最大応力度算定式を以下に示す。

(断面 A)

曲げ応力度（水平方向）

$$\sigma_{Ax} = \frac{W_{kh1} \cdot (a_1 + a_2)}{2 \cdot Z_{Ax}}$$

$\sigma_{Ax}$  : 吊り金具の水平設計用地震力による曲げ応力度（断面 A 水平方向）  
( $\text{N}/\text{mm}^2$ )

$W_{kh1}$  : 扉体自重の水平設計用地震力による地震時慣性力 (N)

$a_1$  : ピン穴中心間の距離 (mm)

$a_2$  : 固定部吊り金具のピン穴中心から戸当りまでの距離 (mm)

$Z_{Ax}$  : 断面係数 ( $\text{mm}^3$ )

$W_{g1}$  : 扉体自重 (N)

$K_h$  : 水平方向の設計用地震力

せん断応力度（水平方向）

$$\tau_{Ax} = \frac{W_{kh1}}{2 \cdot A_A}$$

$\tau_{Ax}$  : 吊り金具の水平設計用地震力によるせん断応力度（断面A水平方向）  
（N/mm<sup>2</sup>）

$W_{kh1}$  : 扉体自重の水平設計用地震力による地震時慣性力（N）

$A_A$  : 断面Aの断面積（mm<sup>2</sup>）

曲げ応力とせん断応力の合成応力度（水平方向）

$$\sigma_{xmax} = \sqrt{\sigma_{Ax}^2 + 3 \times \tau_{Ax}^2}$$

$\sigma_{xmax}$  : 吊り金具の曲げ応力とせん断応力の合成応力度（断面A水平方向）  
（N/mm<sup>2</sup>）

$\sigma_{Ax}$  : 吊り金具の水平設計用地震力による曲げ応力度（断面A水平方向）  
（N/mm<sup>2</sup>）

$\tau_{Ax}$  : 吊り金具の水平設計用地震力によるせん断応力度（断面A水平方向）  
（N/mm<sup>2</sup>）

曲げ応力度（鉛直方向）

$$\sigma_{Ay} = \frac{(W_{kv1} + W_{g1}) \cdot a_2}{2 \cdot Z_{Ay}}$$

$\sigma_{Ay}$  : 吊り金具の鉛直設計用地震力による曲げ応力度（断面A鉛直方向）  
（N/mm<sup>2</sup>）

$W_{kv1}$  : 扉体自重の鉛直設計用地震力による地震時慣性力（N）

$W_{g1}$  : 扉体自重（N）

$a_2$  : 固定部吊り金具のピン穴中心から戸当りまでの距離（mm）

$Z_{Ay}$  : 断面係数（mm<sup>3</sup>）

$K_v$  : 鉛直方向の設計用地震力

せん断応力度（鉛直方向）

$$\tau_{Ay} = \frac{W_{kv1} + W_{g1}}{2 \cdot A_A}$$

$\tau_{Ay}$  : 吊り金具の鉛直設計用地震力によるせん断応力度（断面A鉛直方向）  
（N/mm<sup>2</sup>）

$W_{kv1}$  : 扉体自重の鉛直設計用地震力による地震時慣性力（N）

$W_{g1}$  : 扉体自重（N）

$A_A$  : 断面Aの断面積（mm<sup>2</sup>）

曲げ応力とせん断応力の合成応力度（鉛直方向）

$$\sigma_{ymax} = \sqrt{\sigma_{Ay}^2 + 3 \times \tau_{Ay}^2}$$

$\sigma_{ymax}$  : 吊り金具の曲げ応力とせん断応力の合成応力度（断面A鉛直方向）  
（N/mm<sup>2</sup>）

$\sigma_{Ay}$  : 吊り金具の鉛直設計用地震力による曲げ応力度（断面A鉛直方向）  
（N/mm<sup>2</sup>）

$\tau_{Ay}$  : 吊り金具の鉛直設計用地震力によるせん断応力度（断面A鉛直方向）  
（N/mm<sup>2</sup>）

（断面B）

せん断応力度

$$\tau_B = \frac{W_{k1} + W_{g1}}{4 \cdot A_B}$$

$$W_{k1} = \sqrt{W_{Kh1}^2 + W_{kv1}^2}$$

$\tau_B$  : 吊り金具の同時加震によるせん断応力度（断面B）（N/mm<sup>2</sup>）

$W_{k1}$  : 扉体自重の同時加震による地震時慣性力（N）

$W_{g1}$  : 扉体自重（N）

$A_B$  : 断面Bの断面積（mm<sup>2</sup>）

$W_{kh1}$  : 扉体自重の水平設計用地震力による地震時慣性力（N）

$W_{kv1}$  : 扉体自重の鉛直設計用地震力による地震時慣性力（N）

上記の式に表5-8(4)の計算条件を代入して、吊り金具の最大応力度を算定した結果を以下に示す。

(断面 A)

$$\begin{aligned}\sigma_{Ax} &= \frac{W_{kh1} \cdot (a_1 + a_2)}{2 \cdot Z_{Ax}} \\ &= 6354 \times (140 + 90) / (2 \times 153174) \\ &= 4.8 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\tau_{Ax} &= \frac{W_{kh1}}{2 \cdot A_A} \\ &= 6354 / (2 \times 6000) \\ &= 0.5 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{xmax} &= \sqrt{\sigma_{Ax}^2 + 3 \times \tau_{Ax}^2} \\ &= \sqrt{4.8^2 + 3 \times 0.5^2} \\ &= 4.9 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{Ay} &= \frac{(W_{kv1} + W_{g1}) \cdot a_2}{2 \cdot Z_{Ay}} \\ &= (1206 + 1800) \times 90 / (2 \times 120000) \\ &= 1.1 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\tau_{Ay} &= \frac{W_{kv1} + W_{g1}}{2 \cdot A_A} \\ &= (1206 + 1800) / (2 \times 6000) \\ &= 0.3 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{ymax} &= \sqrt{\sigma_{Ay}^2 + 3 \times \tau_{Ay}^2} \\ &= \sqrt{1.1^2 + 3 \times 0.3^2} \\ &= 1.2 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

(断面 B)

$$\begin{aligned}\tau_B &= \frac{W_{k1} + W_{g1}}{4 \cdot A_B} \\ &= (6467 + 1800) / (4 \times 850) \\ &= 2.4 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

(3) 吊り手

吊り手のモデル図を図 5-40 に示す。

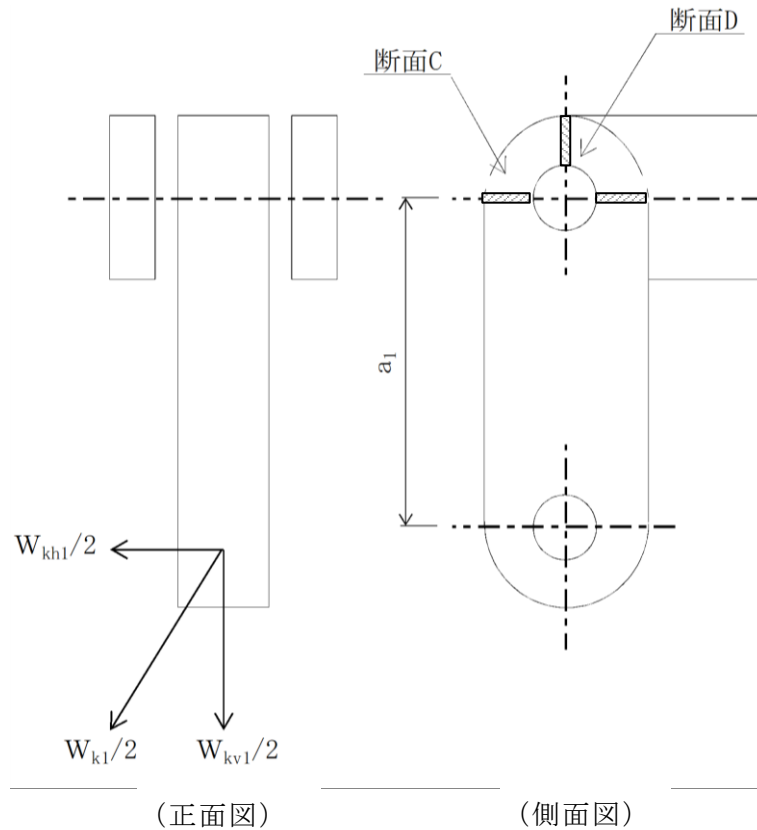


図 5-40 吊り手のモデル図

吊り手の最大応力度算定式を以下に示す。

(断面 C)

曲げ応力度 (水平方向)

$$\sigma_{c1} = \frac{W_{kh1} \cdot a_1}{2 \cdot Z_c}$$

$\sigma_{c1}$  : 吊り手の水平設計用地震力による曲げ応力度 (断面 C 水平方向)  
( $\text{N}/\text{mm}^2$ )

$W_{kh1}$  : 扉体自重の水平設計用地震力による地震時慣性力 (N)

$a_1$  : ピン穴中心間の距離 (mm)

$Z_c$  : 断面係数 ( $\text{mm}^3$ )

引張応力度（鉛直方向）

$$\sigma_{C2} = \frac{W_{kv1} \cdot W_{g1}}{2 \cdot A_C}$$

$\sigma_{C2}$  : 吊り手の鉛直設計用地震力による引張応力度（断面C鉛直方向）  
（N/mm<sup>2</sup>）

$W_{kv1}$  : 扉体自重の鉛直設計用地震力による地震時慣性力（N）

$W_{g1}$  : 扉体自重（N）

$A_C$  : 断面Cの断面積（mm<sup>2</sup>）

曲げ応力と引張応力の合成応力度

$$\sigma_{Cmax} = \sigma_{C1} + \sigma_{C2}$$

$\sigma_{Cmax}$  : 吊り手の曲げ応力と引張応力の合成応力度（断面C）（N/mm<sup>2</sup>）

$\sigma_{C1}$  : 吊り手の水平設計用地震力による曲げ応力度（断面C水平方向）  
（N/mm<sup>2</sup>）

$\sigma_{C2}$  : 吊り手の鉛直設計用地震力による引張応力度（断面C鉛直方向）  
（N/mm<sup>2</sup>）

（断面D）

せん断応力度

$$\tau_D = \frac{W_{k1} + W_{g1}}{2 \cdot A_D}$$

$\tau_D$  : 吊り手の同時加震によるせん断応力度（断面D）（N/mm<sup>2</sup>）

$W_{k1}$  : 扉体自重の同時加震による地震時慣性力（N）

$W_{g1}$  : 扉体自重（N）

$A_D$  : 断面Dの断面積（mm<sup>2</sup>）

上記の式に表 5-8(4) の計算条件を代入して、吊り金具の最大応力度を算定した結果を以下に示す。



(断面C)

$$\begin{aligned}\sigma_{C1} &= \frac{W_{kh1} \cdot a_1}{2 \cdot Z_C} \\ &= 6354 \times 140 / (2 \times 18400) \\ &= 24.2 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{C2} &= \frac{W_{kv1} \cdot W_{g1}}{2 \cdot A_C} \\ &= (1206 + 1800) / (2 \times 2760) \\ &= 0.5 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{Cmax} &= \sigma_{C1} + \sigma_{C2} \\ &= 24.2 + 0.5 \\ &= 24.7 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

(断面D)

$$\begin{aligned}\tau_D &= \frac{W_{k1} + W_{g1}}{2 \cdot A_D} \\ &= (6467 + 1800) / (2 \times 1360) \\ &= 3.0 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

(4) 吊りピン

吊りピンのモデル図を図 5-41 に示す。

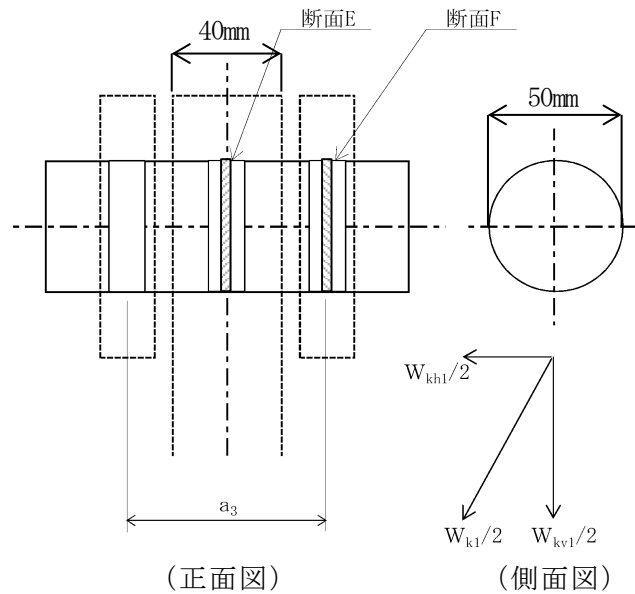


図 5-41 吊りピンのモデル図

吊りピンの最大応力度算定式を以下に示す。

(断面 E)

曲げ応力度 (水平方向)

$$\sigma_E = \frac{1}{2} \cdot \frac{(W_{k1} + W_{g1}) \cdot a_3}{4 \cdot Z_E}$$

$\sigma_E$  : 吊りピンの同時加震による曲げ応力度 (断面 E 水平方向) (N/mm<sup>2</sup>)

$W_{k1}$  : 扉体自重の同時加震による地震時慣性力 (N)

$W_{g1}$  : 扉体自重 (N)

$a_3$  : 吊りピンの支点間距離 (mm)

$Z_E$  : 断面係数 (mm<sup>3</sup>)

(断面 F)

せん断応力度

$$\tau_F = \frac{W_{k1} + W_{g1}}{4 \cdot A_F}$$

$\tau_F$  : 吊りピンの同時加震によるせん断応力度 (断面 F) (N/mm<sup>2</sup>)

$W_{k1}$  : 扉体自重の同時加震による地震時慣性力 (N)

$W_{g1}$  : 扉体自重 (N)

$A_F$  : 断面 F の断面積 (mm<sup>2</sup>)

上記の式に表 5-8(4) の計算条件を代入して、吊り金具の最大応力度を算定した結果を以下に示す。

(断面 E)

$$\begin{aligned}\sigma_E &= \frac{1}{2} \cdot \frac{(W_{k1} + W_{g1}) \cdot a_3}{4 \cdot Z_E} \\ &= (1/2) \times (6467 + 1800) \times 67 / (4 \times 12272) \\ &= 5.6 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

(断面 F)

$$\begin{aligned}\tau_F &= \frac{W_{k1} + W_{g1}}{4 \cdot A_F} \\ &= (6467 + 1800) / (4 \times 1963) \\ &= 1.1 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

(5) 戸当り

戸当りは、等分布荷重を受ける支圧材として、発生する支圧応力度が許容限界以下であることを確認する。

戸当りのモデル図を図 5-42 に示す。

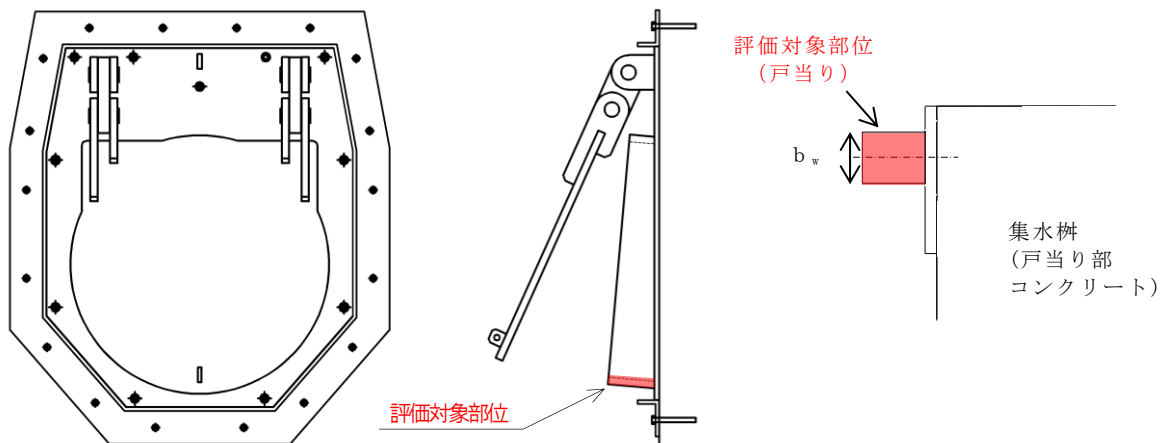


図 5-42 戸当りのモデル図

戸当りの最大応力度算定式を以下に示す。

$$\sigma = \frac{P_1}{b_w \cdot D \cdot \pi}$$

- $\sigma$  : 戸当りの支圧応力度 (N/mm<sup>2</sup>)
- $P_1$  : 戸当りへ作用する荷重 (N)
- $b_w$  : 戸当りの幅 (mm)
- $D$  : スキンプレートの受水径 (mm)
- $W_{g1}$  : 扉体自重 (N)
- $K_h$  : 水平方向の設計用地震力

上記の式に表 5-8(4) の計算条件を代入して、吊り金具の最大応力度を算定した結果を以下に示す。

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{P_1}{b_w \cdot D \cdot \pi} \\ &= 6354 / (25 \times 840 \times 3.14) \\ &= 0.1 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

(6) 集水桝（戸当り部コンクリート）

戸当り部コンクリートは、コンクリートに加わる支圧を戸当り全周で支持するものとして、コンクリートに発生する支圧応力度及びせん断応力度が許容限界以下であることを確認する。

戸当り部コンクリートのモデル図を図 5-43 に示す。

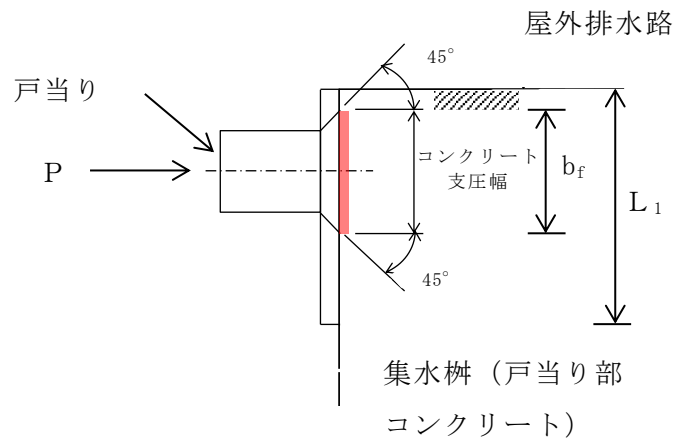


図 5-43 集水桝（戸当り部コンクリート）のモデル図

集水桝（戸当り部コンクリート）の最大応力度算定式を以下に示す。

$$\sigma_c = \frac{P_1}{b_f \cdot D \cdot \pi}$$

$$\tau_c = \frac{P_1}{2 \cdot L_1 \cdot D \cdot \pi}$$

$\sigma_c$  : コンクリートの支圧応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$P_1$  : 戸当りへ作用する荷重 (N)

$b_f$  : コンクリート支圧幅 (mm)

$D$  : スキンプレートの受水径 (mm)

$\tau_c$  : コンクリートのせん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$L_1$  : 屋外排水路内径より戸当りアンカー板端面までの距離 (mm)

上記の式に表 5-8(4) の計算条件を代入して、吊り金具の最大応力度を算定した結果を以下に示す。

$$\begin{aligned}\sigma_c &= \frac{P_1}{b_f \cdot D \cdot \pi} \\ &= 6354 / (57 \times 840 \times 3.14) \\ &= 0.042 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\tau_c &= \frac{P_1}{2 \cdot L_1 \cdot D \cdot \pi} \\ &= 6354 / (2 \times 120 \times 840 \times 3.14) \\ &= 0.010 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

(7) アンカーボルト

アンカーボルトの応力算定式を以下に示す。

アンカーボルトに作用する引抜き力

$$F_1 = \frac{W_{k1}' + W_{k2}'}{n_1}$$

$$W_{k1}' = \sqrt{W_{kh1}^2 + (W_{kv1} + W_{g1})^2}$$

$$W_{k2}' = \sqrt{W_{kh2}^2 + (W_{kv2} + W_{g2})^2}$$

$F_1$  : アンカーボルト 1 本当りに作用する引抜き力 (N)

$W_{k1}'$  : 扉体に作用する地震時慣性力による引抜き力 (N)

$W_{k2}'$  : 戸当りに作用する地震時慣性力による引抜き力 (N)

$n_1$  : 引抜き力を受け持つアンカーボルトの本数 (本)

$W_{kh1}$  : 扉体自重の水平設計用地震力による地震時慣性力 (N)

$W_{kv1}$  : 扉体自重の鉛直設計用地震力による地震時慣性力 (N)

$W_{g1}$  : 扉体自重 (N)

$W_{kh2}$  : 戸当り自重の水平設計用地震力による地震時慣性力 (N)

$W_{kv2}$  : 戸当り自重の鉛直設計用地震力による地震時慣性力 (N)

$W_{g2}$  : 戸当り自重 (N)

アンカーボルトに作用するせん断力

$$S_1 = \frac{W_{k1}' + W_{k2}'}{n_2}$$

$S_1$  : アンカーボルト 1 本当りに作用するせん断力 (N)

$W_{k1}'$  : 扉体に作用する地震時慣性力によるせん断力 (N)

$W_{k2}'$  : 戸当りに作用する地震時慣性力によるせん断力 (N)

$n_2$  : せん断力を受け持つアンカーボルトの本数 (本)

上記の式に表 5-8(4) の計算条件を代入して、吊り金具の最大応力度を算定した結果を以下に示す。

$$\begin{aligned} F_1 &= \frac{W_{k1}' + W_{k2}'}{n_1} \\ &= (7029 + 10544) / 4 \\ &= 4393 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_1 &= \frac{W_{k1}' + W_{k2}'}{n_2} \\ &= (7029 + 10544) / 4 \\ &= 4393 \text{ N} \end{aligned}$$



### 5.7.5 屋外排水路逆止弁⑬

#### (1) スキンプレート

スキンプレートに発生する曲げモーメントは、4辺を固定支持された平板としてモデル化し、曲げ応力を算定する。

スキンプレートのモデル図及び応力算定式を図5-44に示す。

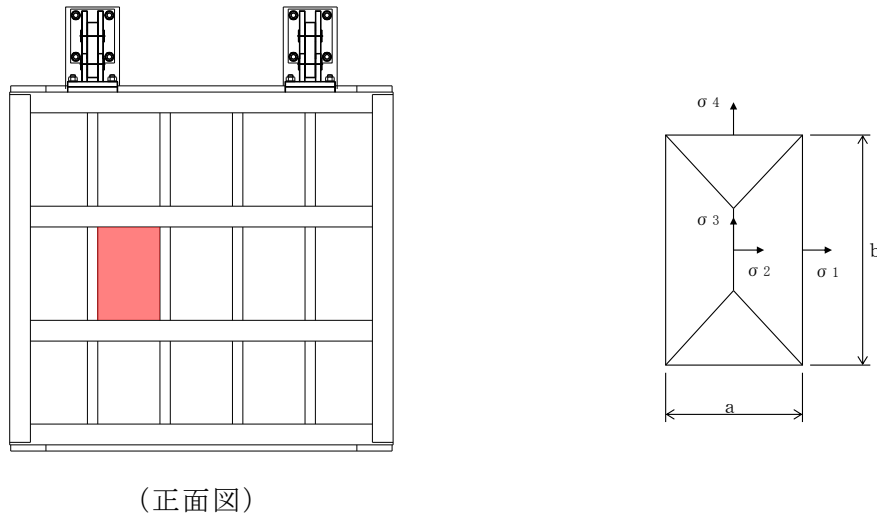


図5-44 スキンプレートのモデル図

スキンプレートの最大応力度算定式を以下に示す。

$$\sigma_s = \frac{1}{100} \cdot k \cdot a^2 \cdot \frac{p}{t_s} \cdot \alpha$$

- $\sigma_s$  : スキンプレート応力度 (N/mm<sup>2</sup>)
- $k$  :  $b/a$  による形状係数
- $a$  : スキンプレートの区画の短辺 (mm)
- $b$  : スキンプレートの区画の長辺 (mm)
- $p$  : 慣性力による作用荷重 (N/mm<sup>2</sup>)
- $t_s$  : スキンプレートの板厚 (mm)
- $\alpha$  : 応力の補正係数 (N/mm<sup>2</sup>)

上記の式に表 5-8(5) の計算条件を代入して、吊り金具の最大応力度を算定した結果を以下に示す。

$$\begin{aligned}\sigma_s &= \frac{1}{100} \cdot k \cdot a^2 \cdot \frac{p}{t_s} \cdot \alpha \\ &= (1/100) \times 48 \times 350^2 \times (0.0096/12^2) \times 0.8 \\ &= 3.1 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

(2) 主桁

主桁は、部材の発生断面力に対して保守的な評価となるよう、支圧板の設置位置を支点とする両端をピン支点の単純梁によりモデル化する。また、合成応力に対しても許容限界以下であることを確認する。

主桁のモデル図及び応力算定式を図 5-45 に示す。

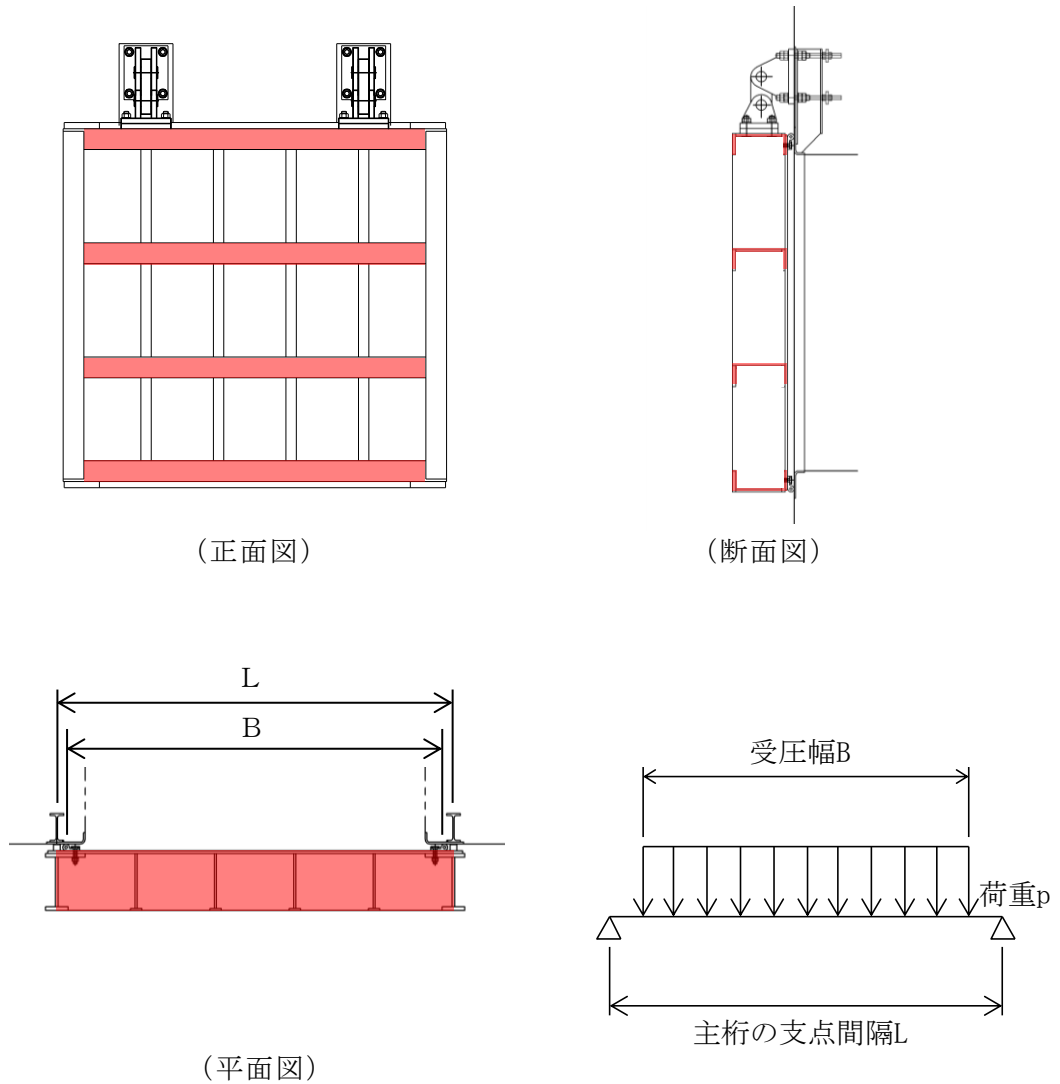


図 5-45 主桁のモデル図

主桁の最大応力度算定式を以下に示す。

$$M_G = \frac{W \cdot B \cdot (2 \cdot L - B)}{8}$$

$$S_G = \frac{W \cdot B}{2}$$

$$\sigma_G = \frac{M_G}{Z_g}$$

$$\tau_G = \frac{S_G}{A_g}$$

$$\sigma_g = \sqrt{\sigma_G^2 + 3\tau_G^2}$$

$M_G$  : 主桁に作用する曲げモーメント (N・mm)

$S_G$  : 主桁に作用するせん断力 (N)

$W$  : 主桁の分担荷重 (N/mm)

$L$  : 主桁の支点間隔 (mm)

$B$  : 扉体の受圧幅 (mm)

$\sigma_G$  : 主桁の曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$Z_g$  : 主桁の断面係数 (mm<sup>3</sup>)

$\tau_G$  : 主桁のせん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$A_g$  : 主桁のウェブ断面積 (mm<sup>2</sup>)

$\sigma_g$  : 主桁の合成応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

上記の式に表 5-8(5) の計算条件を代入して、吊り金具の最大応力度を算定した結果を以下に示す。

$$M_G = \frac{W \cdot B \cdot (2 \cdot L - B)}{8}$$

$$= 5.539 \times 1700 \times (2 \times 1750 - 1700) / 8$$

$$= 2119000 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$S_G = \frac{W \cdot B}{2}$$

$$= 5.539 \times 1700 / 2$$

$$= 4708 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}\sigma_G &= \frac{M_G}{Z_g} \\ &= 2119000/433900 \\ &= 4.9 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\tau_G &= \frac{S_G}{A_g} \\ &= 4708/2616 \\ &= 1.8 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_g &= \sqrt{\sigma_G^2 + 3\tau_G^2} \\ &= \sqrt{(4.9^2 + 3 \times 1.8^2)} \\ &= 5.8 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

(3) 補助縦桁

補助縦桁については、主桁によって支持された単純支持梁とし、荷重は平均水圧が菱形に作用したものとして、「ダム・堰施設技術基準（案）（基準解説編・設備計画マニュアル編）（ダム・堰施設技術協会 平成 28 年 3 月）」に基づき、曲げ応力及びせん断応力を算定する。また、合成応力に対しても許容限界以下であることを確認する。

補助縦桁のモデル図及び応力算定式を図 5-46 に示す。

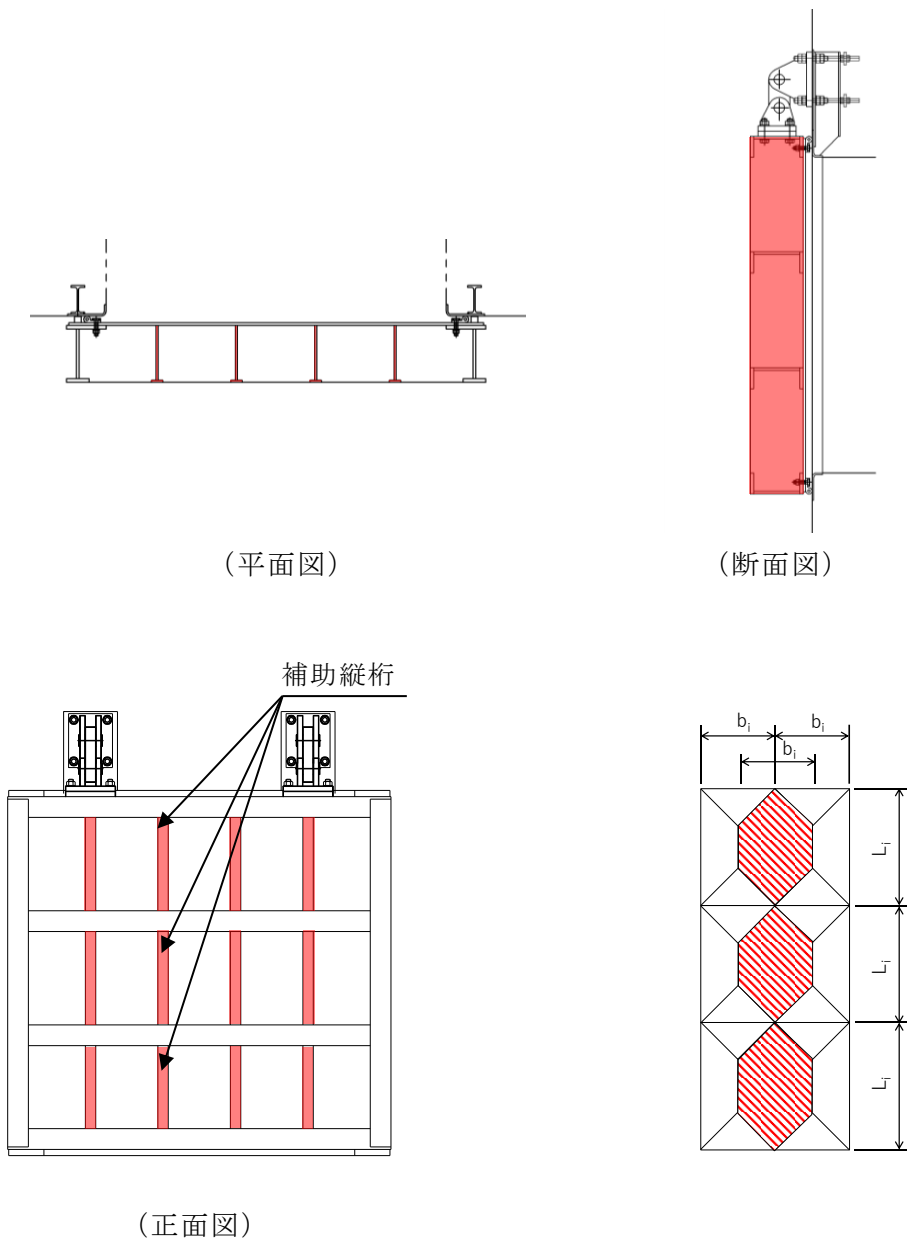


図 5-46 補助縦桁の構造図及びモデル図

補助縦桁の最大応力度算定式を以下に示す。

$L_i > b_i$  の場合

$$M_I = \frac{p \cdot b_i}{24} (3 \cdot L_i^2 - b_i^2)$$

$$S_I = \frac{p \cdot b_i}{2} \left( L_i - \frac{b_i}{2} \right)$$

$L_i \leq b_i$  の場合

$$M_I = \frac{p \cdot L_i^3}{12}$$

$$S_I = \frac{p \cdot L_i^2}{4}$$

$$\sigma_{Ix} = \frac{M_I}{Z_{ix}}$$

$$\sigma_{Iy} = \frac{M_I}{Z_{iy}}$$

$$\tau_I = \frac{S_I}{A_i}$$

$$\sigma_i = \sqrt{\sigma_I^2 + 3\tau_I^2}$$

$M_I$  : 補助縦桁に作用する曲げモーメント (N・mm)

$p$  : 慣性力による作用荷重 (N/mm<sup>2</sup>)

$L_i$  : 主桁間隔 (mm)

$b_i$  : 補助縦桁間隔 (mm)

$S_I$  : 補助縦桁に作用するせん断力 (N)

$\sigma_{Ix}$  : 補助縦桁の曲げ応力度 (引張) (N/mm<sup>2</sup>)

$Z_{ix}$  : 補助縦桁の断面係数 (引張) (mm<sup>3</sup>)

$\sigma_{Iy}$  : 補助縦桁の曲げ応力度 (圧縮) (N/mm<sup>2</sup>)

$Z_{iy}$  : 補助縦桁の断面係数 (圧縮) (mm<sup>3</sup>)

$\tau_I$  : 補助縦桁のせん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$A_i$  : 補助縦桁ウェブ断面積 (mm<sup>2</sup>)

$\sigma_i$  : 補助縦桁の合成応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$\sigma_I$  : 補助縦桁の曲げ応力度 (引張と圧縮) の最大値 (N/mm<sup>2</sup>)

上記の式に表 5-8(5) の計算条件を代入して、吊り金具の最大応力度を算定した結果を以下に示す。

$L_i > b_i$  のため

$$\begin{aligned} M_I &= \frac{p \cdot b_i}{24} (3 \cdot L_i^2 - b_i^2) \\ &= 0.0096 \times 350 \times (3 \times 600^2 - 350^2) / 24 \\ &= 134050 \text{ N}\cdot\text{mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_I &= \frac{p \cdot b_i}{2} \left( L_i - \frac{b_i}{2} \right) \\ &= 0.0096 \times 350 \times (600 - 350/2) / 2 \\ &= 714 \text{ N}\cdot\text{mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{Ix} &= \frac{M_I}{Z_{ix}} \\ &= 134050 / 114964 \\ &= 1.2 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{Iy} &= \frac{M_I}{Z_{iy}} \\ &= 134050 / 151107 \\ &= 0.9 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \tau_I &= \frac{S_I}{A_i} \\ &= 714 / 2169 \\ &= 0.3 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_i &= \sqrt{\sigma_I^2 + 3 \tau_I^2} \\ &= \sqrt{1.2^2 + 3 \times 0.3^2} \\ &= 1.31 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$



(4) 吊り金具（扉体部，固定部）

吊り金具（扉体部，固定部）のモデル図を図5-47に示す。

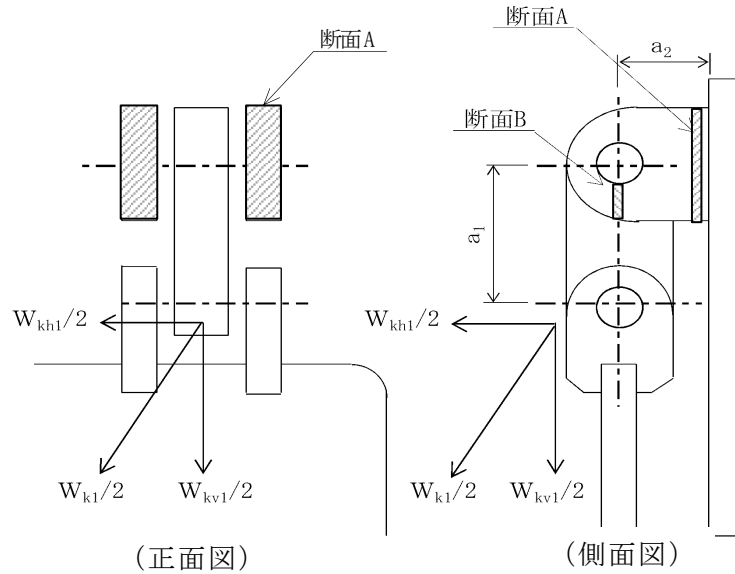


図5-47 吊り金具（扉体部，固定部）のモデル図

吊り金具の最大応力度算定式を以下に示す。

(断面A)

曲げ応力度（水平方向）

$$\sigma_{Ax} = \frac{W_{kh1} \cdot (a_1 + a_2)}{2 \cdot Z_{Ax}}$$

$$W_{Kh1} = W_{g1} \cdot K h$$

$\sigma_{Ax}$  : 吊り金具の水平設計用地震力による曲げ応力度（断面A水平方向）  
 (N/mm<sup>2</sup>)

$W_{kh1}$  : 扉体自重の水平設計用地震力による地震時慣性力 (N)

$a_1$  : ピン穴中心間の距離 (mm)

$a_2$  : 固定部吊り金具のピン穴中心から戸当りまでの距離 (mm)

$Z_{Ax}$  : 断面係数 (mm<sup>3</sup>)

$W_{g1}$  : 扉体自重 (N)

$K h$  : 水平方向の設計用地震力

せん断応力度（水平方向）

$$\tau_{Ax} = \frac{W_{kh1}}{2 \cdot A_A}$$

$\tau_{Ax}$  : 吊り金具の水平設計用地震力によるせん断応力度（断面A水平方向）  
（N/mm<sup>2</sup>）

$W_{kh1}$  : 扉体自重の水平設計用地震力による地震時慣性力（N）

$A_A$  : 断面Aの断面積（mm<sup>2</sup>）

曲げ応力とせん断応力の合成応力度（水平方向）

$$\sigma_{xmax} = \sqrt{\sigma_{Ax}^2 + 3 \times \tau_{Ax}^2}$$

$\sigma_{xmax}$  : 吊り金具の曲げ応力とせん断応力の合成応力度（断面A水平方向）  
（N/mm<sup>2</sup>）

$\sigma_{Ax}$  : 吊り金具の水平設計用地震力による曲げ応力度（断面A水平方向）  
（N/mm<sup>2</sup>）

$\tau_{Ax}$  : 吊り金具の水平設計用地震力によるせん断応力度（断面A水平方向）  
（N/mm<sup>2</sup>）

曲げ応力度（鉛直方向）

$$\sigma_{Ay} = \frac{(W_{kv1} + W_{g1}) \cdot a_2}{2 \cdot Z_{Ay}}$$

$$W_{kv1} = W_{g1} \cdot K_v$$

$\sigma_{Ay}$  : 吊り金具の鉛直設計用地震力による曲げ応力度（断面A鉛直方向）  
（N/mm<sup>2</sup>）

$W_{kv1}$  : 扉体自重の鉛直設計用地震力による地震時慣性力（N）

$W_{g1}$  : 扉体自重（N）

$a_2$  : 固定部吊り金具のピン穴中心から戸当りまでの距離（mm）

$Z_{Ay}$  : 断面係数（mm<sup>3</sup>）

$K_v$  : 鉛直方向の設計用地震力

せん断応力度（鉛直方向）

$$\tau_{Ay} = \frac{W_{kv1} + W_{g1}}{2 \cdot A_A}$$

$\tau_{Ay}$  : 吊り金具の鉛直設計用地震力によるせん断応力度（断面A鉛直方向）  
（N/mm<sup>2</sup>）

$W_{kv1}$  : 扉体自重の鉛直設計用地震力による地震時慣性力（N）

$W_{g1}$  : 扉体自重（N）

$A_A$  : 断面Aの断面積（mm<sup>2</sup>）

曲げ応力とせん断応力の合成応力度（鉛直方向）

$$\sigma_{ymax} = \sqrt{\sigma_{Ay}^2 + 3 \times \tau_{Ay}^2}$$

$\sigma_{ymax}$  : 吊り金具の曲げ応力とせん断応力の合成応力度（断面A鉛直方向）  
（N/mm<sup>2</sup>）

$\sigma_{Ay}$  : 吊り金具の鉛直設計用地震力による曲げ応力度（断面A鉛直方向）  
（N/mm<sup>2</sup>）

$\tau_{Ay}$  : 吊り金具の鉛直設計用地震力によるせん断応力度（断面A鉛直方向）  
（N/mm<sup>2</sup>）

（断面B）

せん断応力度

$$\tau_B = \frac{W_{k1} + W_{g1}}{4 \cdot A_B}$$

$$W_{k1} = \sqrt{W_{Kh1}^2 + W_{kv1}^2}$$

$\tau_B$  : 吊り金具の同時加震によるせん断応力度（断面B）（N/mm<sup>2</sup>）

$W_{k1}$  : 扉体自重の同時加震による地震時慣性力（N）

$W_{g1}$  : 扉体自重（N）

$A_B$  : 断面Bの断面積（mm<sup>2</sup>）

$W_{kh1}$  : 扉体自重の水平設計用地震力による地震時慣性力（N）

$W_{kv1}$  : 扉体自重の鉛直設計用地震力による地震時慣性力（N）

上記の式に表 5-8(5) の計算条件を代入して、吊り金具の最大応力度を算定した結果を以下に示す。

(断面 A)

$$\begin{aligned}\sigma_{Ax} &= \frac{W_{kh1} \cdot (a_1 + a_2)}{2 \cdot Z_{Ax}} \\ &= 27840 \times (135 + 130) / (2 \times 361020) \\ &= 10.2 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\tau_{Ax} &= \frac{W_{kh1}}{2 \cdot A_A} \\ &= 27840 / (2 \times 12000) \\ &= 1.2 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{xmax} &= \sqrt{\sigma_{Ax}^2 + 3 \times \tau_{Ax}^2} \\ &= \sqrt{(10.2^2 + 3 \times 1.2^2)} \\ &= 10.4 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{Ay} &= \frac{(W_{kv1} + W_{g1}) \cdot a_2}{2 \cdot Z_{Ay}} \\ &= (8040 + 12000) \times 130 / (2 \times 480000) \\ &= 2.7 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\tau_{Ay} &= \frac{W_{kv1} + W_{g1}}{2 \cdot A_A} \\ &= (8040 + 12000) / (2 \times 12000) \\ &= 0.8 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{ymax} &= \sqrt{\sigma_{Ay}^2 + 3 \times \tau_{Ay}^2} \\ &= \sqrt{(2.7^2 + 3 \times 0.8^2)} \\ &= 3.0 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

(断面 B)

$$\begin{aligned}\tau_B &= \frac{W_{k1} + W_{g1}}{4 \cdot A_B} \\ &= (29000 + 12000) / (4 \times 600) \\ &= 17.1 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

(5) 吊り手

吊り手のモデル図を図 5-48 に示す。

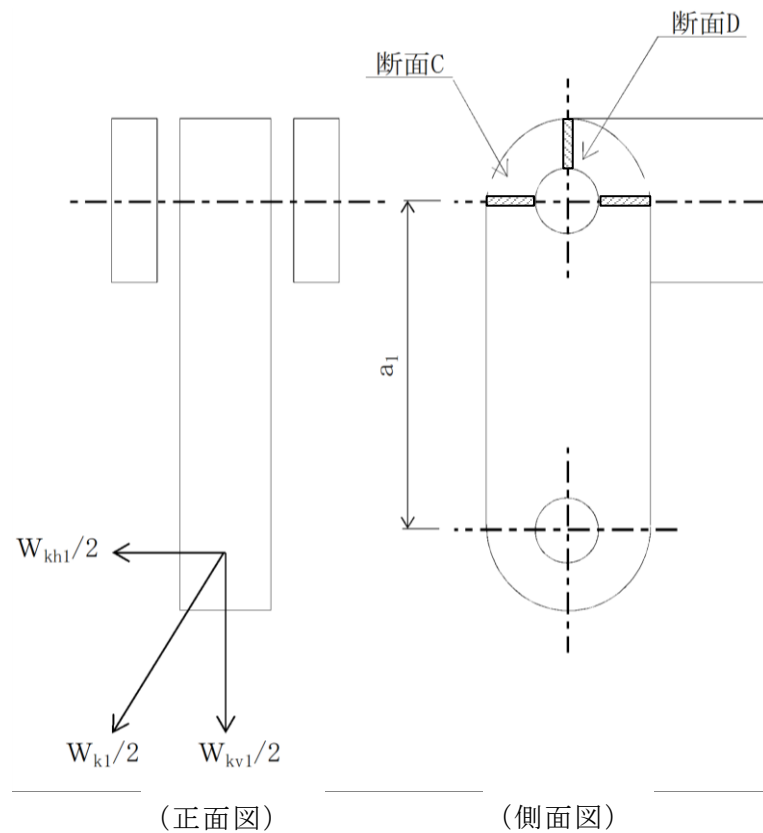


図 5-48 吊り手のモデル図

吊り手の最大応力度算定式を以下に示す。

(断面 C)

曲げ応力度 (水平方向)

$$\sigma_{c1} = \frac{W_{kh1} \cdot a_1}{2 \cdot Z_c}$$

$\sigma_{c1}$  : 吊り手の水平設計用地震力による曲げ応力度 (断面 C 水平方向)  
(N/mm<sup>2</sup>)

$W_{kh1}$  : 扉体自重の水平設計用地震力による地震時慣性力 (N)

$a_1$  : ピン穴中心間の距離 (mm)

$Z_c$  : 断面係数 (mm<sup>3</sup>)

引張応力度（鉛直方向）

$$\sigma_{C2} = \frac{W_{kv1} \cdot W_{g1}}{2 \cdot A_C}$$

$\sigma_{C2}$  : 吊り手の鉛直設計用地震力による引張応力度（断面C鉛直方向）  
（N/mm<sup>2</sup>）

$W_{kv1}$  : 扉体自重の鉛直設計用地震力による地震時慣性力（N）

$W_{g1}$  : 扉体自重（N）

$A_C$  : 断面Cの断面積（mm<sup>2</sup>）

曲げ応力と引張応力の合成応力度

$$\sigma_{Cmax} = \sigma_{C1} + \sigma_{C2}$$

$\sigma_{Cmax}$  : 吊り手の曲げ応力と引張応力の合成応力度（断面C）（N/mm<sup>2</sup>）

$\sigma_{C1}$  : 吊り手の水平設計用地震力による曲げ応力度（断面C水平方向）  
（N/mm<sup>2</sup>）

$\sigma_{C2}$  : 吊り手の鉛直設計用地震力による引張応力度（断面C鉛直方向）  
（N/mm<sup>2</sup>）

（断面D）

せん断応力度

$$\tau_D = \frac{W_{k1} + W_{g1}}{2 \cdot A_D}$$

$\tau_D$  : 吊り手の同時加震によるせん断応力度（断面D）（N/mm<sup>2</sup>）

$W_{k1}$  : 扉体自重の同時加震による地震時慣性力（N）

$W_{g1}$  : 扉体自重（N）

$A_D$  : 断面Dの断面積（mm<sup>2</sup>）

上記の式に表 5-8(5) の計算条件を代入して、吊り金具の最大応力度を算定した結果を以下に示す。

(断面C)

$$\begin{aligned}\sigma_{C1} &= \frac{W_{kh1} \cdot a_1}{2 \cdot Z_C} \\ &= 27840 \times 135 / (2 \times 28750) \\ &= 65.4 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{C2} &= \frac{W_{kv1} \cdot W_{g1}}{2 \cdot A_C} \\ &= (8040 + 12000) / (2 \times 3450) \\ &= 2.9 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{Cmax} &= \sigma_{C1} + \sigma_{C2} \\ &= 65.4 + 2.9 \\ &= 68.3 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

(断面D)

$$\begin{aligned}\tau_D &= \frac{W_{k1} + W_{g1}}{2 \cdot A_D} \\ &= (29000 + 12000) / (2 \times 1700) \\ &= 12.1 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$



(6) 吊りピン

吊りピンのモデル図を図 5-49 に示す。

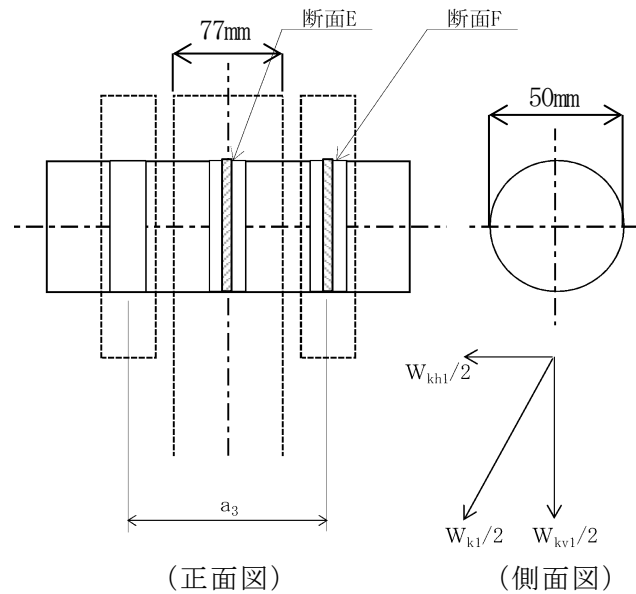


図 5-49 吊りピンのモデル図

吊りピンの最大応力度算定式を以下に示す。

(断面 E)

曲げ応力度 (水平方向)

$$\sigma_E = \frac{1}{2} \cdot \frac{(W_{k1} + W_{g1}) \cdot a_3}{4 \cdot Z_E}$$

$\sigma_E$  : 吊りピンの同時加震による曲げ応力度 (断面 E 水平方向) (N/mm<sup>2</sup>)

$W_{k1}$  : 扉体自重の同時加震による地震時慣性力 (N)

$W_{g1}$  : 扉体自重 (N)

$a_3$  : 吊りピンの支点間距離 (mm)

$Z_E$  : 断面係数 (mm<sup>3</sup>)

(断面 F)

せん断応力度

$$\tau_F = \frac{W_{k1} + W_{g1}}{4 \cdot A_F}$$

$\tau_F$  : 吊りピンの同時加震によるせん断応力度 (断面 F) (N/mm<sup>2</sup>)

$W_{k1}$  : 扉体自重の同時加震による地震時慣性力 (N)

$W_{g1}$  : 扉体自重 (N)

$A_F$  : 断面 F の断面積 (mm<sup>2</sup>)

上記の式に表 5-8(5) の計算条件を代入して、吊り金具の最大応力度を算定した結果を以下に示す。

(断面 E)

$$\begin{aligned}\sigma_E &= \frac{1}{2} \cdot \frac{(W_{k1} + W_{g1}) \cdot a_3}{4 \cdot Z_E} \\ &= (1/2) \times (29000 + 12000) \times 77 / (4 \times 12272) \\ &= 32.2 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

(断面 F)

$$\begin{aligned}\tau_F &= \frac{W_{k1} + W_{g1}}{4 \cdot A_F} \\ &= (29000 + 12000) / (4 \times 1963) \\ &= 5.2 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

(7) 集水桝（戸当り部コンクリート）

戸当りのコンクリートは，コンクリートに加わる支圧を戸当り全周で支持するものとして，コンクリートに発生する支圧応力度及びせん断応力度が許容限界以下であることを確認する。

戸当り部コンクリートの構造図，モデル図及び応力算定式を図 5-50 に示す。

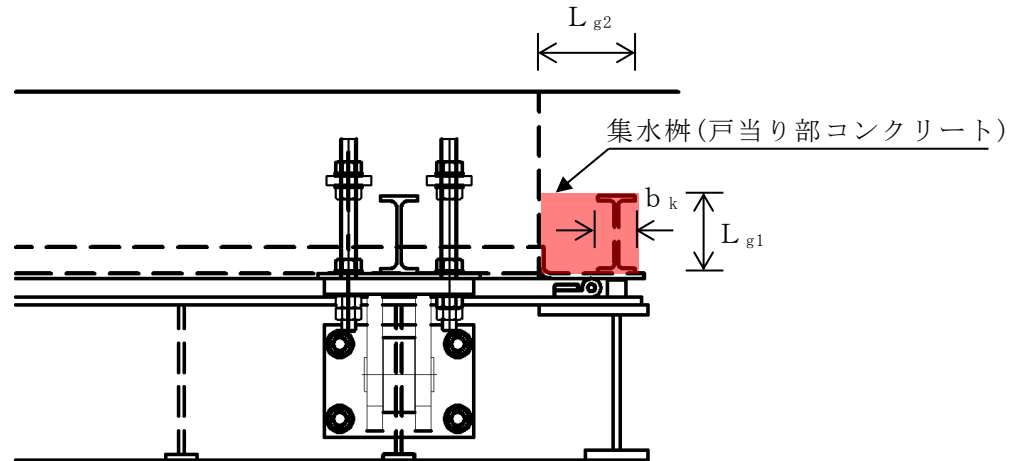


図 5-50 戸当り部コンクリートの構造図，モデル図

戸当りコンクリートの最大応力度算定式を以下に示す。

$$\sigma_c = \frac{p_1 \cdot B}{2b_k}$$

$$\tau_L = \frac{p_1 \cdot B}{2(L_{\ell 1} + 2L_{\ell 2})}$$

$\sigma_c$  : コンクリートの支圧応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$p_1$  : 扉体最下部作用荷重 (N/mm<sup>2</sup>)

$B$  : 扉体の受圧幅 (mm)

$b_k$  : 底面フランジ幅 (mm)

$\tau_L$  : 底面フランジのせん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$L_{\ell 1}$  : コンクリート面より底面フランジ端面までの深さ (mm)

$L_{\ell 2}$  : 堰柱側面より底面フランジ端面までの深さ (mm)

上記の式に表 5-8(5) の計算条件を代入して，吊り金具の最大応力度を算定した結果を以下に示す。

$$\begin{aligned}\sigma_c &= \frac{p_1 \cdot B}{2b_k} \\ &= 0.01 \times 1700 / (2 \times 60) \\ &= 0.14 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\tau_L &= \frac{p_1 \cdot B}{2(L_{\ell 1} + 2L_{\ell 2})} \\ &= 0.01 \times 1700 / (2 \times (133 + 2 \times 155)) \\ &= 0.02 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

(8) アンカーボルト

アンカーボルトの応力算定式を以下に示す。

アンカーボルトに作用する引抜き力

$$F_1 = \frac{W_{k1}' + W_{k2}'}{n_1}$$

$$W_{k1}' = \sqrt{W_{kh1}^2 + (W_{kv1} + W_{g1})^2}$$

$$W_{k2}' = \sqrt{W_{kh2}^2 + (W_{kv2} + W_{g2})^2}$$

$F_1$  : アンカーボルト 1 本当りに作用する引抜き力 (N)

$W_{k1}'$  : 扉体に作用する地震時慣性力による引抜き力 (N)

$W_{k2}'$  : 戸当りに作用する地震時慣性力による引抜き力 (N)

$n_1$  : 引抜き力を受け持つアンカーボルトの本数 (本)

$W_{kh1}$  : 扉体自重の水平設計用地震力による地震時慣性力 (N)

$W_{kv1}$  : 扉体自重の鉛直設計用地震力による地震時慣性力 (N)

$W_{g1}$  : 扉体自重 (N)

$W_{kh2}$  : 戸当り自重の水平設計用地震力による地震時慣性力 (N)

$W_{kv2}$  : 戸当り自重の鉛直設計用地震力による地震時慣性力 (N)

$W_{g2}$  : 戸当り自重 (N)

アンカーボルトに作用するせん断力

$$S_1 = \frac{W_{k1}' + W_{k2}'}{n_2}$$

$S_1$  : アンカーボルト 1 本当りに作用するせん断力 (N)

$W_{k1}'$  : 扉体に作用する地震時慣性力によるせん断力 (N)

$W_{k2}'$  : 戸当りに作用する地震時慣性力によるせん断力 (N)

$n_2$  : せん断力を受け持つアンカーボルトの本数 (本)

上記の式に表 5-7(4) の計算条件を代入して、吊り金具の最大応力度を算定した結果を以下に示す。

$$\begin{aligned} F_1 &= \frac{W_{k1}' + W_{k2}'}{n_1} \\ &= (34303 + 5717) / 8 \\ &= 5000 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_1 &= \frac{W_{k1}' + W_{k2}'}{n_2} \\ &= (34303 + 5717) / 8 \\ &= 5000 \text{ N} \end{aligned}$$

## 6. 評価結果

屋外排水路逆止弁の評価部位の耐震評価結果を表 6-1 に示す。

発生応力が許容限界以下であることから、構造部材が十分な構造健全性を有することを確認した。

表 6-1(1) 耐震評価結果（屋外排水路逆止弁⑦）

評価部位	評価応力	応力度 (a)	許容限界 (b)	照査値 (a/b)
スキンプレート	曲げ応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	1.40	135.0	0.02
吊り金具 (扉体部, 固定部)	曲げ応力度 (水平方向) 〈A 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	1.20	135.0	0.01
	せん断応力度 (水平方向) 〈A 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	0.10	75.0	0.01
	合成応力度 (水平方向) 〈A 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	1.20	148.5	0.01
	曲げ応力度 (鉛直方向) 〈A 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	0.90	135.0	0.01
	せん断応力度 (鉛直方向) 〈A 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	0.20	75.0	0.01
	合成応力度 (鉛直方向) 〈A 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	1.00	148.5	0.01
	せん断応力度 (鉛直方向) 〈B 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	1.00	75.0	0.02
	吊り手	曲げ応力度 (水平方向) 〈C 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	6.10	135.0
引張応力度 (鉛直方向) 〈C 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )		0.40	135.0	0.01
合成応力度 (鉛直方向) 〈C 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )		6.50	135.0	0.05
せん断応力度 〈D 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )		1.20	75.0	0.02
吊りピン	曲げ応力度 〈E 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	2.20	135.0	0.02
	せん断応力度 〈F 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	0.40	75.0	0.01
戸当り	支圧応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	0.03	202.5	0.01
集水枳 (戸当り部コン クリート)	支圧応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	0.01	8.8	0.01
	せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	0.003	0.6	0.01
アンカーボルト 〈M16〉	引抜き力 (N/本)	1993	24800	0.09
	せん断力 (N/本)	1993	15300	0.14



表 6-1(2) 耐震評価結果 (屋外排水路逆止弁⑧-1)

評価部位	評価応力	応力度 (a)	許容限界 (b)	照査値 (a/b)
スキンプレート	曲げ応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	1.02	135.0	0.01
吊り金具 (扉体部, 固定部)	曲げ応力度 (水平方向) 〈A 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	1.80	135.0	0.02
	せん断応力度 (水平方向) 〈A 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	0.20	75.0	0.01
	合成応力度 (水平方向) 〈A 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	1.80	148.5	0.02
	曲げ応力度 (鉛直方向) 〈A 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	1.10	135.0	0.01
	せん断応力度 (鉛直方向) 〈A 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	0.30	75.0	0.01
	合成応力度 〈B 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	1.20	148.5	0.01
	せん断応力度 (鉛直方向) 〈A 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	1.40	75.0	0.02
吊り手	曲げ応力度 (水平方向) 〈C 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	9.80	135.0	0.08
	せん断応力度 (鉛直方向) 〈C 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	0.60	135.0	0.01
	合成応力度 (鉛直方向) 〈C 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	10.40	135.0	0.08
	せん断応力度 〈D 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	1.70	75.0	0.03
吊りピン	曲げ応力度 〈E 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	2.60	135.0	0.03
	せん断応力度 〈F 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	0.50	75.0	0.01
戸当り	支圧応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	0.02	202.5	0.01
集水柵(戸当り部コンク リート)	支圧応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	0.01	8.8	0.01
	せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	0.002	0.6	0.01
アンカーボルト 〈M12〉	引抜き力 (N)	686	14000	0.05
	せん断力 (N)	686	9700	0.08

表 6-1(3) 耐震評価結果（屋外排水路逆止弁⑧-2）

評価部位	評価応力	応力度 (a)	許容限界 (b)	照査値 (a/b)
スキンプレート	曲げ応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	1.40	135.0	0.02
吊り金具 (扉体部, 固定部)	曲げ応力度 (水平方向) 〈A 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	1.60	135.0	0.02
	せん断応力度 (水平方向) 〈A 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	0.20	75.0	0.01
	合成応力度 (水平方向) 〈A 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	1.60	148.5	0.02
	曲げ応力度 (鉛直方向) 〈A 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	1.20	135.0	0.01
	せん断応力度 (鉛直方向) 〈A 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	0.30	75.0	0.01
	合成応力度 (鉛直方向) 〈A 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	1.30	148.5	0.01
	せん断応力度 (鉛直方向) 〈B 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	1.30	75.0	0.02
吊り手	曲げ応力度 (水平方向) 〈C 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	7.90	135.0	0.06
	引張応力度 (鉛直方向) 〈C 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	0.60	135.0	0.01
	合成応力度 (鉛直方向) 〈C 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	8.50	135.0	0.07
	せん断応力度 〈D 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	1.60	75.0	0.03
吊りピン	曲げ応力度 〈E 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	3.00	135.0	0.03
	せん断応力度 〈F 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	0.60	75.0	0.01
戸当り	支圧応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	0.03	202.5	0.01
集水柵 (戸当り部コン クリート)	支圧応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	0.01	8.8	0.01
	せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	0.003	0.6	0.01
アンカーボルト 〈M16〉	引抜き力 (N/本)	2457	26300	0.10
	せん断力 (N/本)	2457	18300	0.14

表 6-1(4) 耐震評価結果（屋外排水路逆止弁⑩, ⑪, ⑫）

評価部位	評価応力	応力度 (a)	許容限界 (b)	照査値 (a/b)
スキンプレート	曲げ応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	3.85	135.0	0.03
吊り金具 (扉体部, 固定部)	曲げ応力度 (水平方向) 〈A 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	4.80	135.0	0.04
	せん断応力度 (水平方向) 〈A 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	0.50	75.0	0.01
	合成応力度 (水平方向) 〈A 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	4.90	148.5	0.04
	曲げ応力度 (鉛直方向) 〈A 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	1.10	135.0	0.01
	せん断応力度 (鉛直方向) 〈A 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	0.30	75.0	0.01
	合成応力度 (鉛直方向) 〈A 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	1.20	148.5	0.01
	せん断応力度 (鉛直方向) 〈B 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	2.40	75.0	0.04
吊り手	曲げ応力度 (水平方向) 〈C 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	24.20	135.0	0.18
	引張応力度 (鉛直方向) 〈C 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	0.50	135.0	0.01
	合成応力度 (鉛直方向) 〈C 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	24.70	135.0	0.19
	せん断応力度 〈D 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	3.00	75.0	0.04
吊りピン	曲げ応力度 〈E 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	5.60	135.0	0.05
	せん断応力度 〈F 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	1.10	75.0	0.02
戸当り	支圧応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	0.10	202.5	0.01
集水柵 (戸当り部コン クリート)	支圧応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	0.04	8.8	0.01
	せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	0.01	0.6	0.02
アンカーボルト 〈M16〉	引抜き力 (N/本)	4393	26300	0.17
	せん断力 (N/本)	4393	18300	0.25

表 6-1(5) 耐震評価結果 (屋外排水路逆止弁⑬ 1/2)

評価部位	評価応力	応力度 (a)	許容限界 (b)	照査値 (a/b)
スキンプレート	曲げ応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	3.10	135.0	0.03
主桁	曲げ応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	4.90	135.0	0.04
	せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	1.80	135.0	0.03
	合成応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	5.80	148.5	0.04
補助縦桁	曲げ応力度 (引張) (N/mm <sup>2</sup> )	1.20	135.0	0.01
	曲げ応力度 (圧縮) (N/mm <sup>2</sup> )	0.90	116.1	0.01
	せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	0.30	75.0	0.01
	合成応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	1.31	148.5	0.01
吊り金具 (扉体部, 固定部)	曲げ応力度 (水平方向) 〈A 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	10.20	135.0	0.08
	せん断応力度 (水平方向) 〈A 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	1.20	75.0	0.02
	合成応力度 (水平方向) 〈A 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	10.40	148.5	0.08
	曲げ応力度 (鉛直方向) 〈A 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	2.70	135.0	0.02
	せん断応力度 (鉛直方向) 〈A 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	0.80	75.0	0.02
	合成応力度 (鉛直方向) 〈A 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	3.00	148.5	0.03
	せん断応力度 (鉛直方向) 〈B 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	17.10	75.0	0.23
吊り手	曲げ応力度 (水平方向) 〈C 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	65.40	135.0	0.49
	引張応力度 (鉛直方向) 〈C 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	2.90	135.0	0.03
	合成応力度 (鉛直方向) 〈C 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	68.30	135.0	0.51
	せん断応力度 〈D 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	12.10	75.0	0.17

表 6-1(5) 耐震評価結果 (屋外排水路逆止弁⑬ 2/2)

吊りピン	曲げ応力度 (E 断面) (N/mm <sup>2</sup> )	32.2	135.0	0.24
	せん断応力度 (F 断面) (N/mm <sup>2</sup> )	5.20	75.0	0.07
集水柵 (戸当り部コン クリート)	支圧応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	0.14	8.8	0.02
	せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	0.02	0.6	0.04
アンカーボルト (M24)	引抜き力 (N/本)	5000	57570	0.09
	せん断力 (N/本)	5000	35340	0.15

## 7. 集水桝の耐震評価

### 7.1 集水桝の構造概要

集水桝は、底版と4面の壁からなる鉄筋コンクリート構造物であり、防波壁（逆T擁壁）及び防波壁（多重鋼管杭式擁壁）にアンカー筋により固定する。

集水桝に要求される機能維持の確認として、地震応答解析に基づく構造部材の健全性評価及び構造部材の支持性能評価を行う。

集水桝の位置図を図7-1に、構造図を図7-2に示す。

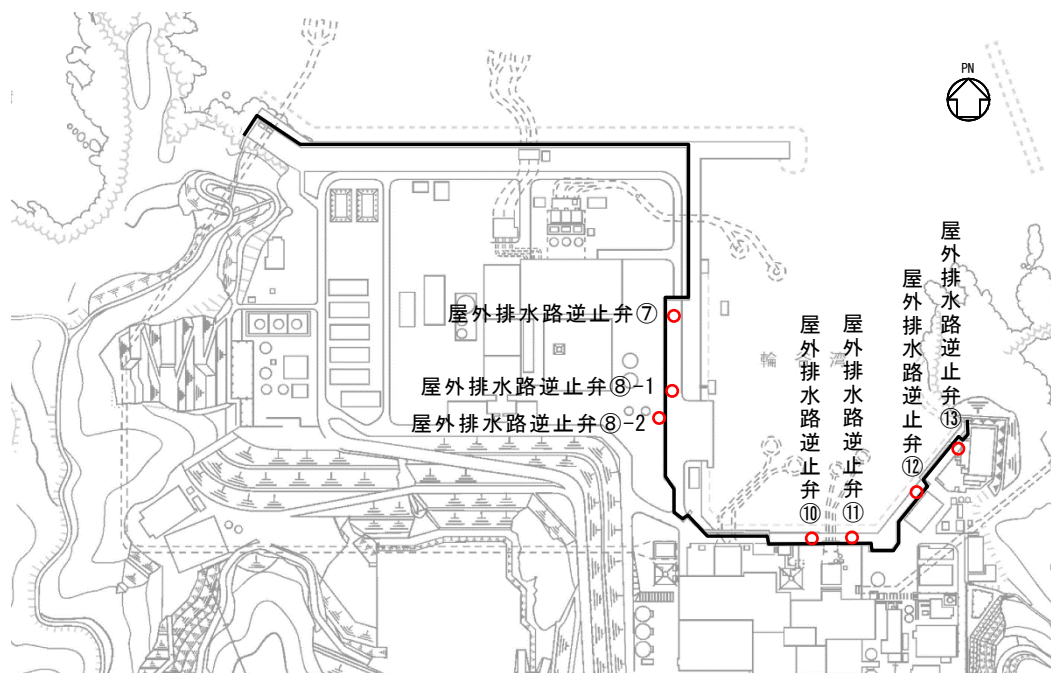
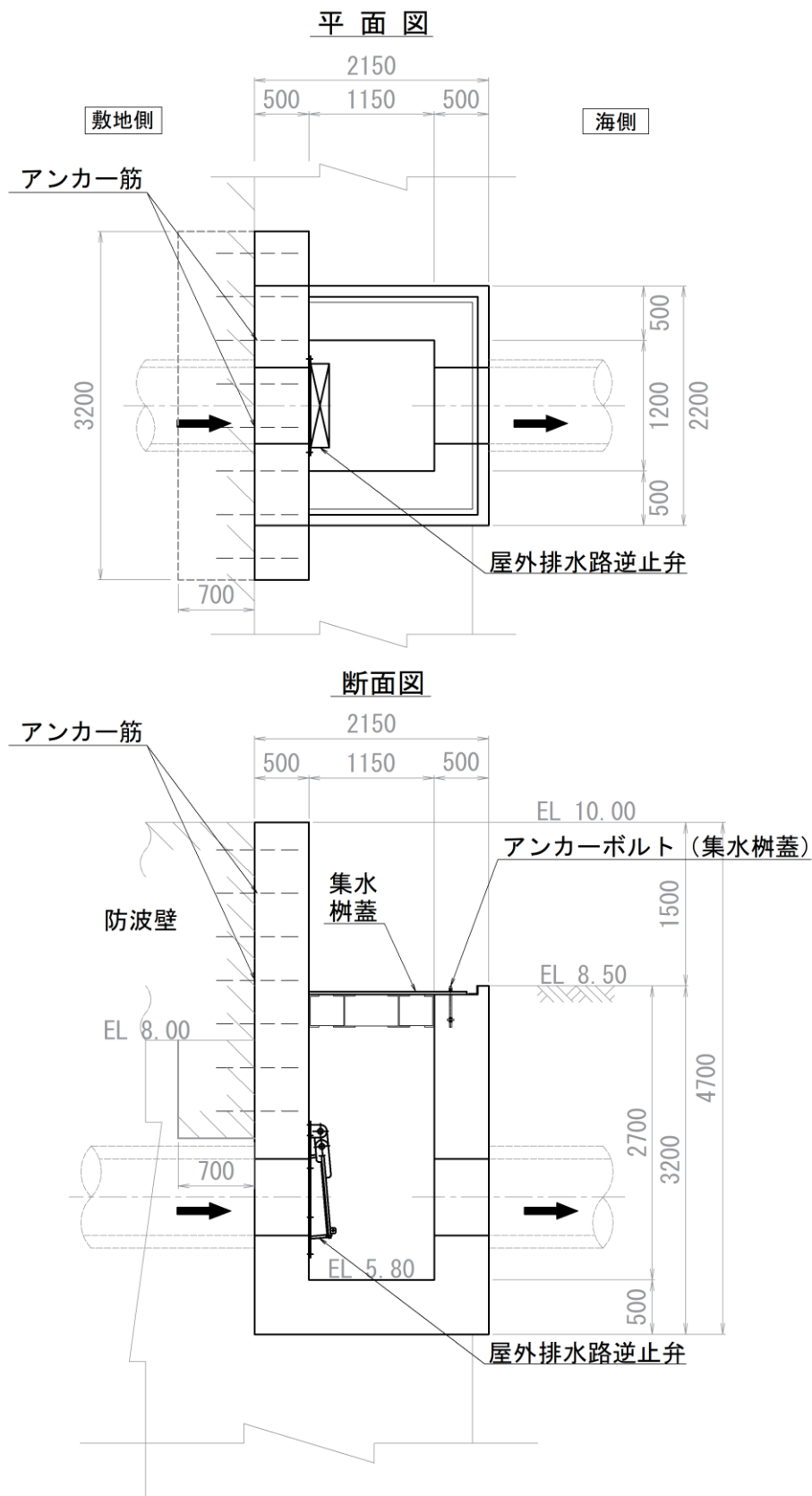
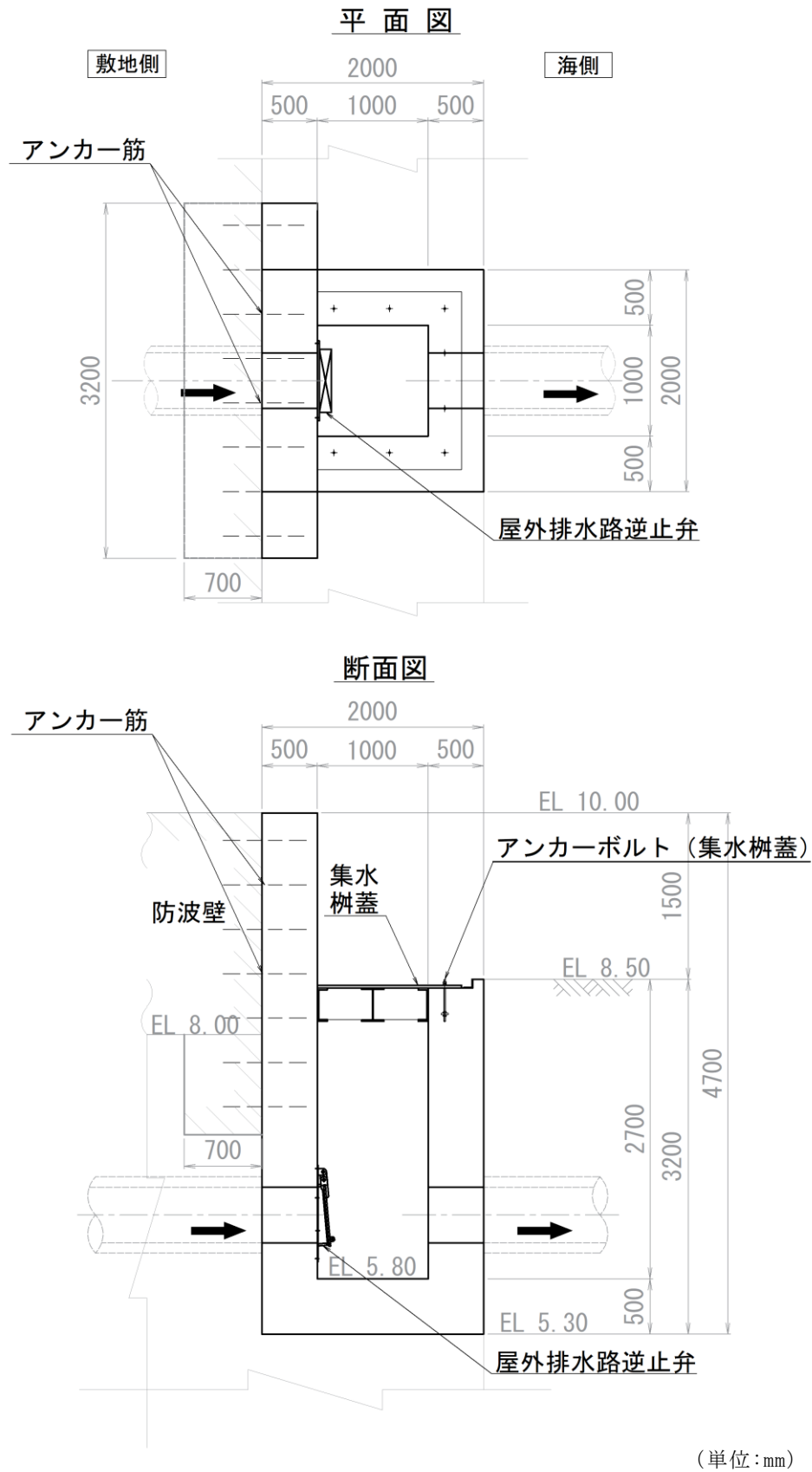


図7-1 集水桝位置図



注：集水柵のアンカー筋固定のため EL 8.00 より下方に逆 T 擁壁のコンクリートを打ち増し

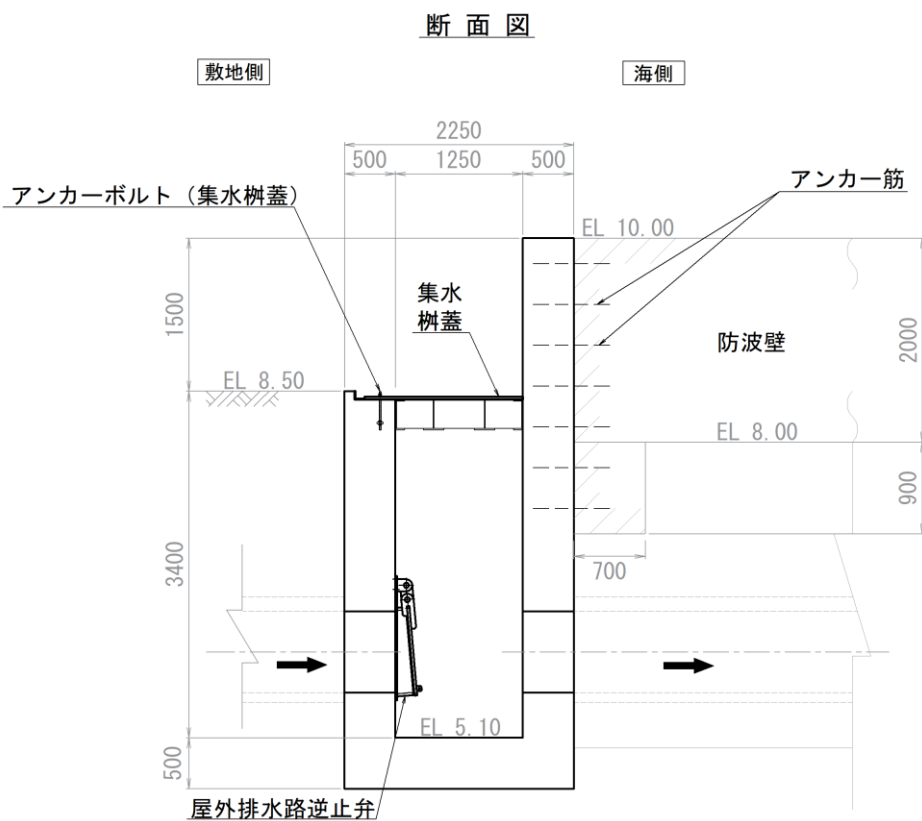
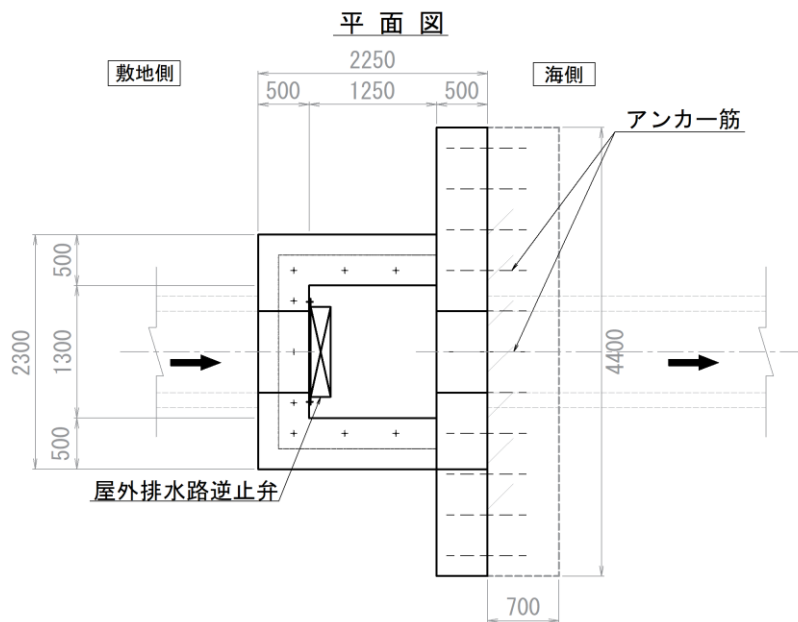
図 7-2(1) 集水柵(屋外排水路逆止弁⑦)構造図



注：集水柵のアンカー筋固定のため EL 8.00 より下方に逆 T 擁壁のコンクリートを打ち増し

図 7-2(2) 集水柵(屋外排水路逆止弁⑧-1)構造図



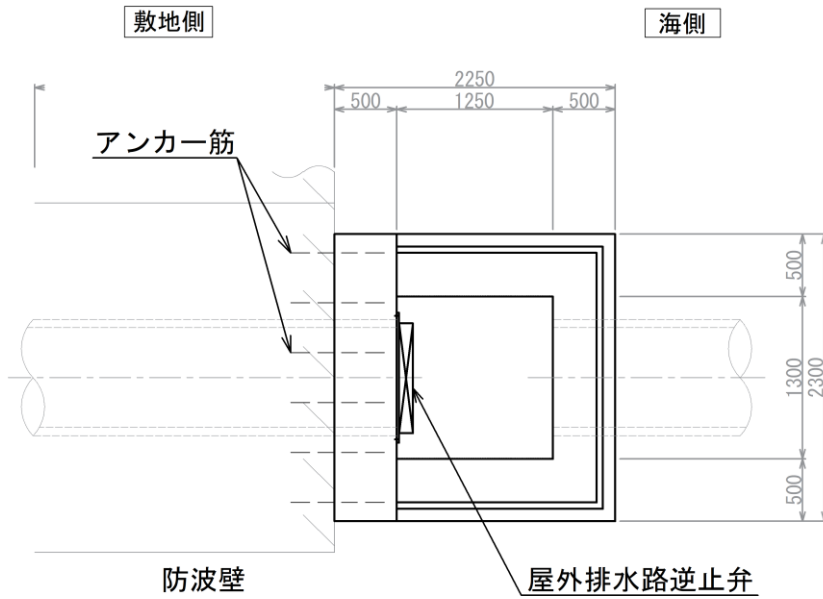


(単位:mm)

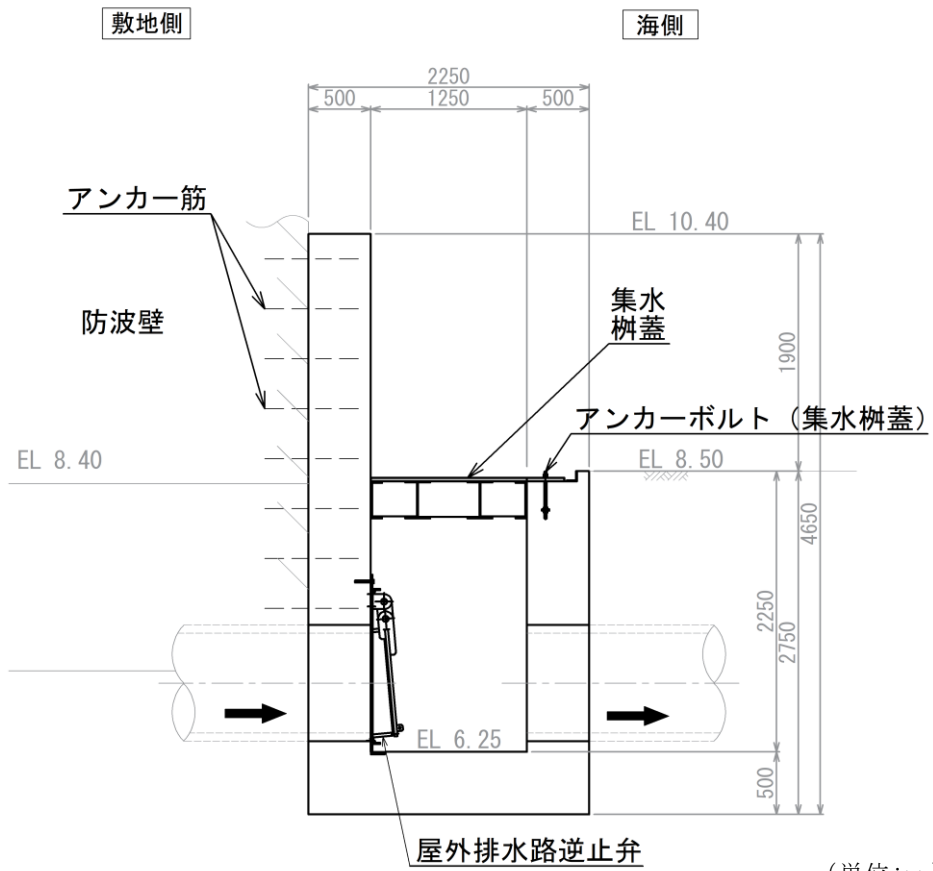
注：集水桝のアンカー筋固定のため EL 8.00 より下方に逆 T 擁壁のコンクリートを打ち増し

図 7-2(3) 集水桝(屋外排水路逆止弁⑧-2)構造図

### 平面図



### 断面図

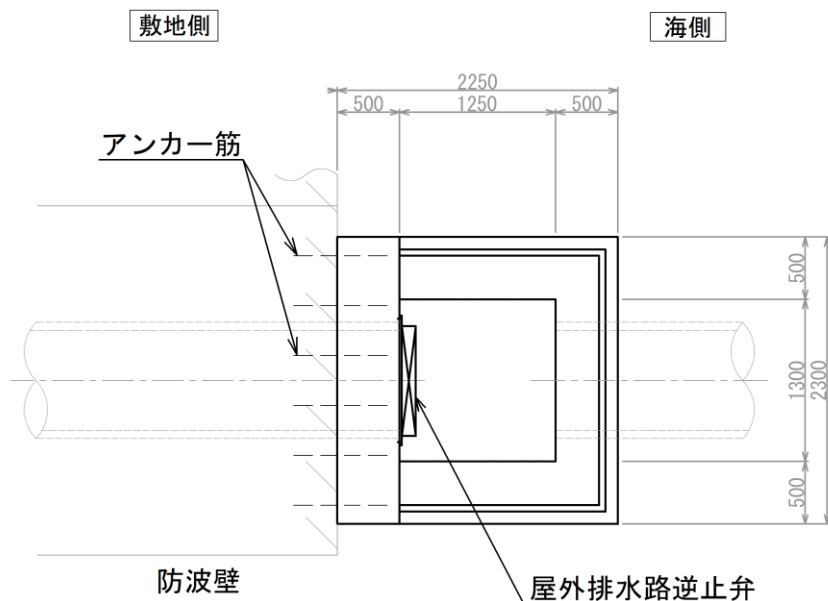


(単位:mm)

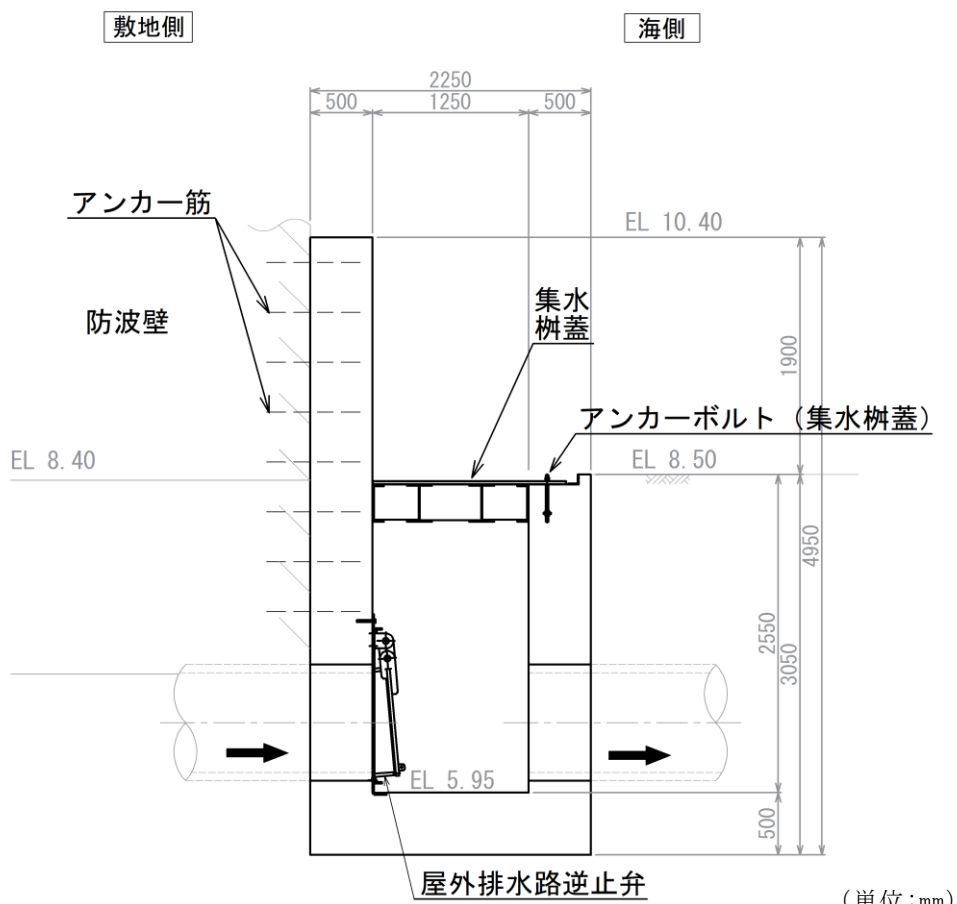
注：集水桝のアンカー筋固定のため EL 8.40 より下方に被覆コンクリートを打ち増し

図 7-2(4) 集水桝(屋外排水路逆止弁⑩)構造図

### 平面図



### 断面図

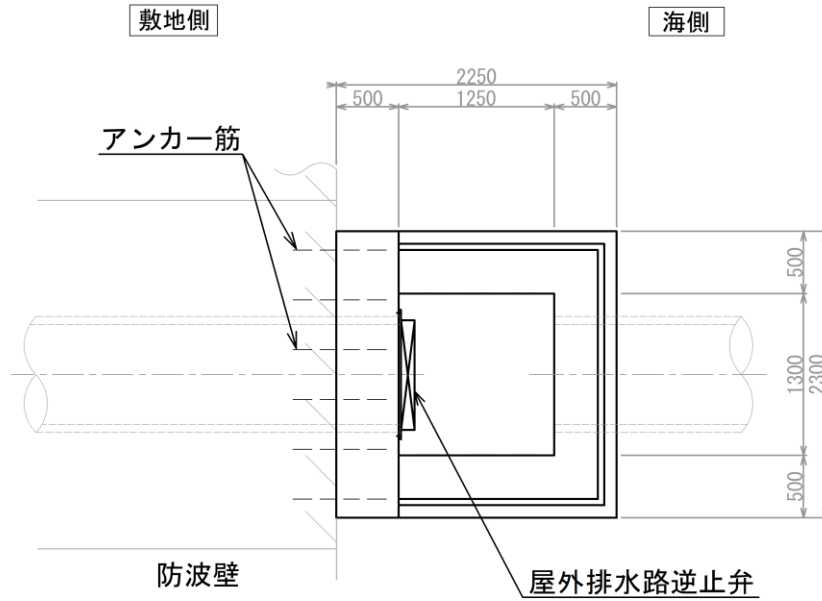


(単位: mm)

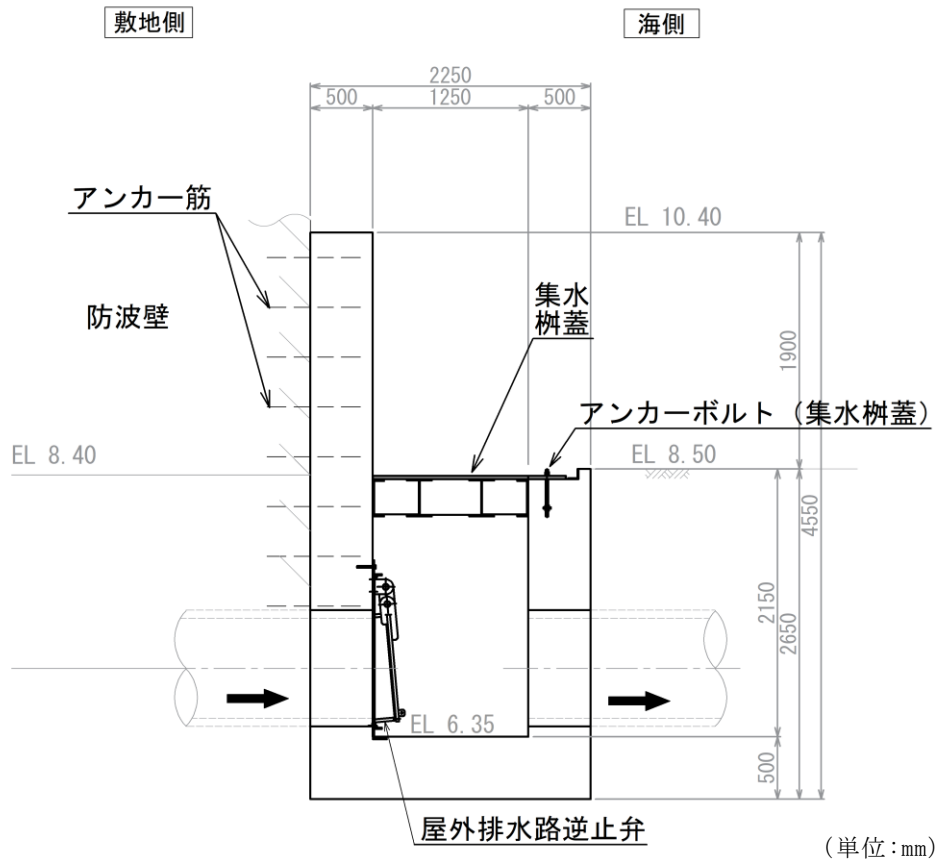
注: 集水樹のアンカー筋固定のため EL 8.40 より下方に被覆コンクリートを打ち増し

図 7-2(5) 集水樹(屋外排水路逆止弁①)構造図

平面図

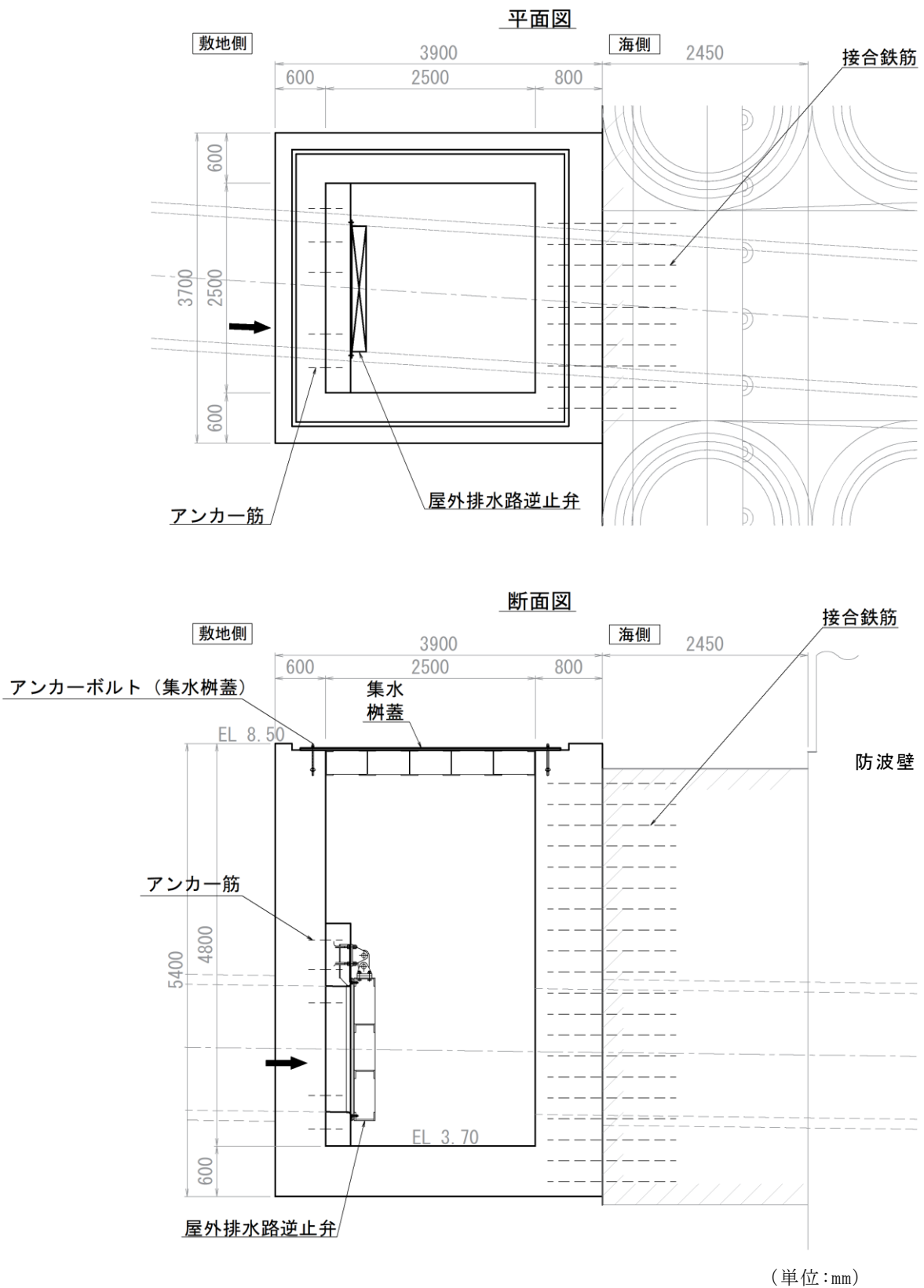


断面図



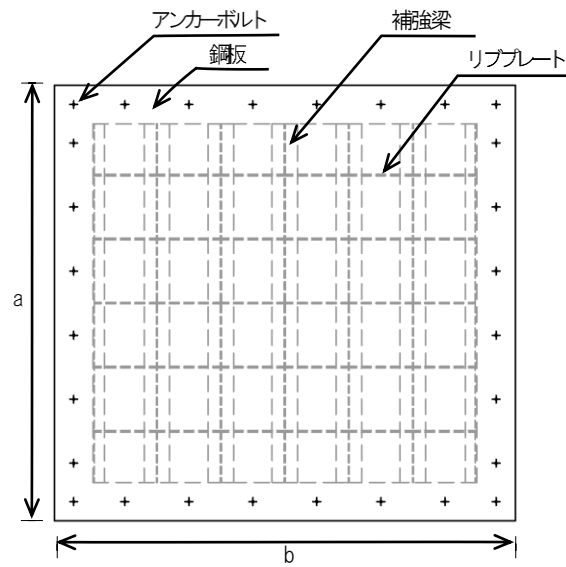
注：集水桝のアンカー筋固定のため EL 8.40 より下方に被覆コンクリートを打ち増し

図 7-2(6) 集水桝(屋外排水路逆止弁⑫)構造図

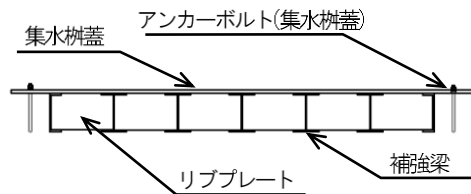


注：集水柵のアンカー筋固定のため側方に被覆コンクリートを打ち増し

図 7-2(7) 集水柵(屋外排水路逆止弁⑬)構造図



平面図



側面図

【a (mm) × b (mm) , 補強梁本数】

- 3400×3600, 7本 : ⑨
- 3400×3300, 7本 : ①
- 2900×2800, 6本 : ②, ③, ④, ⑤, ⑥, ⑬
- 1900×1550, 4本 : ⑧-2, ⑩, ⑪, ⑫
- 1800×1450, 4本 : ⑦
- 1600×1300, 3本 : ⑧-1

図 7-2(8) 集水樹蓋 構造図

表 7-1 集水桝蓋材料

設置名称	材料	a (mm)	b (mm)	補強梁 (本)	リブプレート (本)
集水桝（屋外排水路 逆止弁⑦）	SS400	1800	1450	4	2
集水桝（屋外排水路 逆止弁⑧-1）	SS400	1600	1300	3	1
集水桝（屋外排水路 逆止弁⑧-2）	SS400	1900	1550	4	2
集水桝（屋外排水路 逆止弁⑩, ⑪, ⑫）	SS400	1900	1550	4	2
集水桝（屋外排水路 逆止弁⑬）	SS400	2900	2800	6	4

## 7.2 評価方針

集水桝の耐震評価は、「8. 集水桝の耐震評価方法」に示す方法により評価し、「9. 集水桝の耐震評価結果」より、集水桝の評価対象部位の発生応力が許容限界以下であることを確認する。

集水桝の耐震評価においては、その構造を踏まえ、地震荷重の作用方向や伝達過程を考慮し、評価対象部位を設定する。耐震評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。

### (1) 集水桝

集水桝⑦、⑧-1、⑧-2の耐震評価は、屋外排水路逆止弁と同様に、VI-2-10-2-2-2「防波壁（逆T擁壁）の地震応答計算書」により得られた地震荷重に対して、集水桝⑩、⑪、⑫、⑬の耐震評価は、VI-2-10-2-2-3「防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の地震応答計算書」により得られた地震荷重に対して、設計基準対象施設の評価として、表7-1の評価項目に示すとおり、構造部材の健全性評価及び集水桝の支持性能評価を行う。

構造部材の健全性評価及び集水桝の支持性能評価を実施することで、集水桝が構造強度を有すること及び屋外排水路逆止弁を支持する機能を損なわないことを確認する。

構造部材のうち集水桝（底版、側壁）及び集水桝蓋の健全性評価については、発生する応力が許容限界以下であることを確認する。また、アンカーボルト（集水桝蓋）については、発生するせん断力が許容限界以下であることを確認する。

集水桝の支持性能評価については、集水桝が防波壁とアンカー筋又は接合鉄筋により固定することから、防波壁とのアンカー筋又は接合鉄筋に発生する引張力及びせん断力が許容限界以下であることを確認する。

集水桝の耐震評価フローを図7-3に示す。



表 7-1(1) 集水桝の評価項目（集水桝⑦, ⑧-1, ⑧-2, ⑩, ⑪, ⑫）

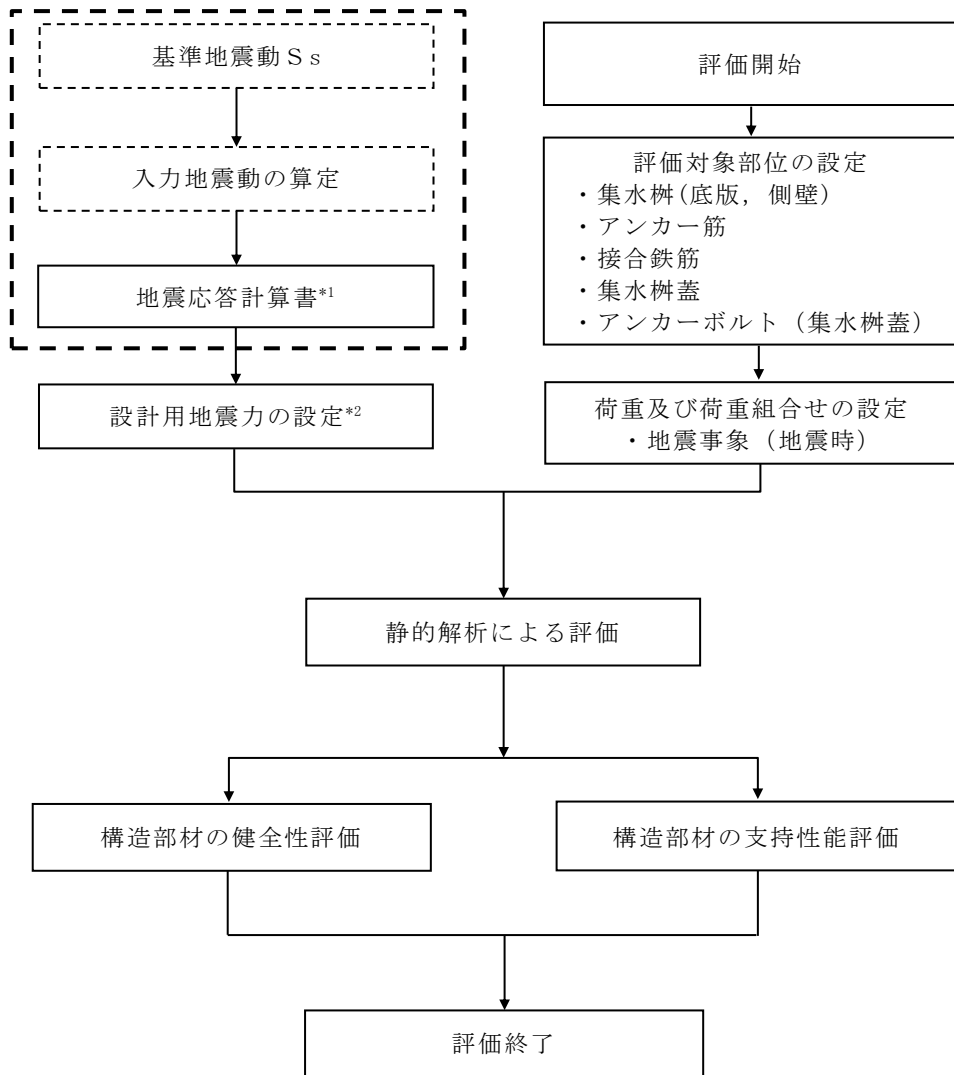
評価方針	評価項目	評価対象部位	評価方法	許容限界
構造強度を有すること	構造部材の健全性	集水桝 (底版, 側壁)	発生する応力が許容限界を下回ることを確認	短期許容応力度
		集水桝蓋		
		アンカーボルト (集水桝蓋)	発生するせん断力が許容限界を下回ることを確認	せん断耐力
止水性を損わないこと	構造部材の支持性能	アンカー筋	発生する引張力及びせん断力が許容限界を下回ることを確認	引張耐力及びせん断耐力

表 7-1(2) 集水桝の評価項目（集水桝⑬）

評価方針	評価項目	評価対象部位	評価方法	許容限界
構造強度を有すること	構造部材の健全性	集水桝 (底版, 側壁)	発生する応力が許容限界を下回ることを確認	短期許容応力度
		集水桝蓋		
		アンカーボルト (集水桝蓋)	発生するせん断力が許容限界を下回ることを確認	せん断耐力
止水性を損わないこと	構造部材の支持性能	接合鉄筋	発生する引張応力が許容限界を下回ることを確認	短期許容応力度

VI-2-10-2-2-2「防波壁（逆T擁壁）の地震応答計算書

VI-2-10-2-2-3「防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の地震応答計算書」



注記\*1：地震応答解析は，VI-2-10-2-2-2「防波壁（逆T擁壁）の地震応答計算書」，  
VI-2-10-2-2-3「防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の地震応答計算書」の結果を用いる。

\*2：地震応答解析にて算出された最大加速度による設計用地震力を設定する。

図 7-3 集水桝の耐震評価フロー

### 7.3 適用規格・基準等

適用する規格，基準等を以下に示す。

- (1) コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] (土木学会，2002 年制定)
- (2) 道路橋示方書 ( I 共通編・IV 下部構造編)・同解説 (日本道路協会，2002 年 3 月)
- (3) 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)
- (4) 原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル (土木学会 原子力土木委員会，2005 年 6 月)
- (5) 各種合成構造設計指針・同解説 (日本建築学会，2010 年)

## 8. 集水桝の耐震評価方法

### 8.1 評価対象断面及び部位

集水桝の評価対象断面は「5.4 設計用地震力」に示す断面とする。構造部材の健全性評価対象部位は、集水桝の底版と側壁，集水桝蓋及び集水桝と集水桝蓋を接合するアンカーボルトとする。集水桝の支持性能の評価対象部位は、集水桝を防波壁に固定するアンカー筋及び接合鉄筋とする。

### 8.2 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは，VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。

#### 8.2.1 荷重の設定

集水桝の耐震評価には，以下の荷重を用いる。

##### (1) 固定荷重 (G)

固定荷重として，躯体自重を考慮する。

##### (2) 積載荷重 (P)

積載荷重として，屋外排水路逆止弁及び蓋の荷重を考慮する。

##### (3) 積雪荷重 ( $P_s$ )

積雪荷重は，発電所最寄りの気象官署である松江地方気象台（松江市）での観測記録（1941～2018年）より，観測史上1位の月最深積雪100cm（1971年2月4日）に平均的な積雪荷重を与えるための係数0.35を考慮した35.0cmとする。積雪荷重については，松江市建築基準法施行細則により，積雪量1cmごとに20N/m<sup>2</sup>の積雪荷重が作用することを考慮する。

##### (4) 地震荷重 ( $S_s$ )

地震荷重として，基準地震動 $S_s$ による地震力を考慮する。

#### 8.2.2 荷重の組合せ

集水桝における荷重の組合せを表8-1に示す。

表8-1(1) 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
地震時	$G + P + P_s + S_s$

G : 固定荷重

P : 積載荷重

$P_s$  : 積雪荷重

$S_s$  : 地震荷重

表 8-1(2) 荷重の組合せ

種別		荷重		算定方法
永久 荷重	常時考 慮荷重	躯体自重	○	設計図書に基づいて、対象構造物の体積に材料の密度を乗じて設定する。
		機器・配管自重	○	屋外排水路逆止弁及び集水柵蓋の荷重を考慮する。
		土被り荷重	—	土被りはないため考慮しない。
		積載荷重	—	積載荷重は考慮しない。
	外水圧	—	外水圧は考慮しない。	
	内水圧	—	内水圧は考慮しない。	
	積雪荷重	○	積雪荷重 (0.7kN/m <sup>2</sup> ) を集水柵蓋に対して考慮する。	
	風荷重	—	風荷重は考慮しない。	
偶発 荷重	水平地震動	○	基準地震動 $S_s$ による水平及び鉛直同時加振を考慮する。	
	鉛直地震動	○		躯体の慣性力を考慮する。
	動水圧	—	動水圧は考慮しない。	
	地震時土圧	○	基準地震動 $S_s$ による地震応答解析により設定する。	

### 8.3 許容限界

#### 8.3.1 集水桝

集水桝（底版及び側壁）の許容限界は、「コンクリート標準示方書[構造性能照査編]（土木学会，2002年制定）」に基づき，表8-2に示す短期許容応力度とする。

表8-2 鉄筋コンクリートの許容限界

評価項目		許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )
コンクリート ( $f'_{ck}=24$ N/mm <sup>2</sup> )	短期許容曲げ圧縮応力度 $\sigma_{ca}$	13.5*
	短期許容せん断応力度 $\tau_{a1}$	0.675*
鉄筋 (SD345)	短期許容曲げ引張応力度 $\sigma_{sa2}$	294*

注記\*：コンクリート標準示方書[構造性能照査編]（土木学会，2002年制定）

### 8.3.2 アンカー筋

集水桝のアンカー筋の許容限界は、「各種合成構造設計指針・同解説（日本建築学会，2010年）」及びアンカーメーカーにて実施した試験を踏まえた耐力評価式に基づき，表8-3に示す引張耐力及びせん断耐力とする。

アンカーの設計に用いる規格・基準類の適用性について参考資料1に示す。

表8-3 アンカー筋の許容限界

設備名称	アンカー径	引張耐力 (kN/本)	せん断耐力 (kN/本)	評価式
集水桝（屋外排水路逆止弁⑦）	D25	105.40	98.17	各種合成構造設計指針・同解説（日本建築学会，2010年）
集水桝（屋外排水路逆止弁⑧-1）		105.40	98.17	
集水桝（屋外排水路逆止弁⑧-2）		105.40	98.17	
集水桝（屋外排水路逆止弁⑩）	D29	108.80	95.50	アンカーメーカー式
集水桝（屋外排水路逆止弁⑪）		108.80	95.50	
集水桝（屋外排水路逆止弁⑫）		108.80	95.50	

### 8.3.3 接合鉄筋

集水桝の接合鉄筋の許容限界は、「コンクリート標準示方書[構造性能照査編]（土木学会，2002年制定）」に基づき，表8-4に示す引張耐力とする。

表8-4 接合鉄筋の許容限界

設備名称	鉄筋径	引張耐力 (N/mm <sup>2</sup> )	適用規格
集水桝（屋外排水路逆止弁⑬）	D22	294.0	コンクリート標準示方書[構造性能照査編]（土木学会，2002年制定）

### 8.3.4 集水枳蓋

集水枳に設置する集水枳蓋の許容限界は、「道路橋示方書・同解説 I 共通編・II 鋼橋編（日本道路協会，平成 24 年 3 月）」に基づき，表 8-5 に示す曲げ応力度及びせん断応力度とする。

表 8-5 集水枳蓋（鋼板）の許容限界

設備名称	曲げ応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )
集水枳（屋外排水路逆止弁⑦）	210	120
集水枳（屋外排水路逆止弁⑧-1）		
集水枳（屋外排水路逆止弁⑧-2）		
集水枳（屋外排水路逆止弁⑩）		
集水枳（屋外排水路逆止弁⑪）		
集水枳（屋外排水路逆止弁⑫）		
集水枳（屋外排水路逆止弁⑬）		

### 8.3.5 アンカーボルト（集水枳蓋）

集水枳と枳蓋を接合するアンカーボルト（集水枳蓋）の許容限界は、「各種合成構造設計指針・同解説（日本建築学会，2010 年）」に基づき，表 8-6 に示すせん断耐力とする。

表 8-6 アンカーボルト（集水枳蓋）の許容限界

設備名称	せん断耐力 (kN/本)
集水枳（屋外排水路逆止弁⑦）	35.34
集水枳（屋外排水路逆止弁⑧-1）	
集水枳（屋外排水路逆止弁⑧-2）	
集水枳（屋外排水路逆止弁⑩）	
集水枳（屋外排水路逆止弁⑪）	
集水枳（屋外排水路逆止弁⑫）	
集水枳（屋外排水路逆止弁⑬）	



#### 8.4 設計用地震力

集水桝の設計用地震力は、VI-2-10-2-2-2「防波壁（逆T擁壁）の地震応答計算書」及びVI-2-10-2-2-3「防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の地震応答計算書」における地表面（EL 8.5m）の最大応答加速度に基づき設定する。

集水桝の評価の用いる設計用地震力を表8-7に示す。

表8-7 設計用地震力（集水桝）

設備名称	地震動	設置場所及び床面高さ(m)	地震による設計用地震力	
屋外排水路逆止弁 ⑦	基準地震動 S <sub>s</sub>	集水桝 EL 6.21 m (屋外排水路底面高さ)	水平方向 K <sub>h</sub>	0.91
			鉛直方向 K <sub>v</sub>	0.85
屋外排水路逆止弁 ⑧-1		集水桝 EL 6.125 m (屋外排水路底面高さ)	水平方向 K <sub>h</sub>	0.91
			鉛直方向 K <sub>v</sub>	0.85
屋外排水路逆止弁 ⑧-2		集水桝 EL 5.54 m (屋外排水路底面高さ)	水平方向 K <sub>h</sub>	0.91
			鉛直方向 K <sub>v</sub>	0.85
屋外排水路逆止弁 ⑩, ⑪, ⑫		集水桝 EL 6.11~6.50 m (屋外排水路底面高さ)	水平方向 K <sub>h</sub>	0.86
			鉛直方向 K <sub>v</sub>	0.67
屋外排水路逆止弁 ⑬		集水桝 EL 4.10 m (屋外排水路底面高さ)	水平方向 K <sub>h</sub>	0.86
			鉛直方向 K <sub>v</sub>	0.67

## 8.5 評価方法

### 8.5.1 集水桝(底版)の評価

集水桝の底版については、法線方向及び法線直交方向の側壁との結合部を固定端とする四辺固定スラブとして鉄筋コンクリート部材の構造健全性を確認する。底版に生じる曲げモーメント及びせん断力によって底版のみを有効断面として応力度を算出し許容限界以下であることを確認する。四辺固定版モデル概要図を図8-1に示す。

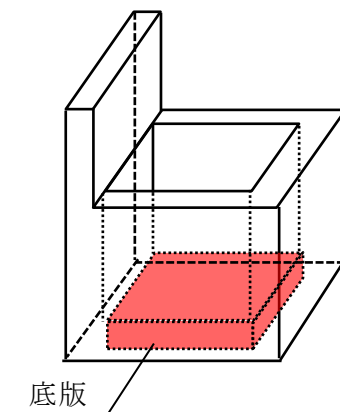


図8-1 四辺固定版モデル概要図

### 8.5.2 集水桝(側壁)の評価

集水桝の側壁については、底版及び法線直交方向の側壁との結合部を固定端、開口面となる上面を自由端とする三辺固定一边自由スラブとして曲げモーメント及びせん断力を算出し、鉄筋コンクリートの構造健全性を確認する。側壁に生じる曲げモーメント及びせん断力によって側壁のみを有効断面として応力度を算出し許容限界以下であることを確認する。三辺固定版モデルの概要図を図8-2に示す。

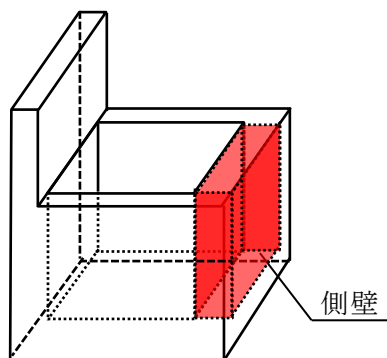


図8-2 三辺固定版モデル概要図

#### 8.5.3 アンカー筋の評価

アンカー筋の支持性能評価においては、集水桝に働く作用力及びその方向と支点との関係によりアンカー筋に作用する引張力及びせん断力を算出し、許容限界以下であることを確認する。

#### 8.5.4 接合鉄筋の評価

接合鉄筋の支持性能評価においては、接合鉄筋に働く引張応力を算出し、鉄筋の健全性を確認する。接合部に働く曲げモーメントによる接合鉄筋の引張応力を算出し許容限界以下であることを確認する。

#### 8.5.5 集水桝蓋の評価

集水桝蓋の構造健全性評価においては、保守的に補強梁及びリブプレートを考慮せず、集水桝蓋（鋼板）の長辺方向を単純支持梁モデルにより、作用する曲げ応力及びせん断応力が許容限界以下であることを確認する。

#### 8.5.6 アンカーボルト（集水桝蓋）の評価

アンカーボルト（集水桝蓋）の構造健全性評価においては、集水桝蓋に支配的な水平方向の慣性力に対し、蓋を固定するアンカーボルトに作用するせん断力を算定し、許容限界以下であることを確認する。

### 8.6 使用材料及び材料の物性値

使用材料を表 8-8 に，材料の物性値を表 8-9 に示す。

表 8-8 使用材料

諸元		
集水桝	鉄筋（主筋）	SD345（D16）
		SD345（D19）
		SD345（D22）
	コンクリート	設計基準強度 24 N/mm <sup>2</sup>
	アンカー筋	SD345（D25）
		SD345（D29）
接合鉄筋	SD345（D22）	
集水桝蓋	鋼板	SS400（PL25）
	アンカーボルト	SS400（M24）
		ABR400（M20）

表 8-9 材料の物性値

材料	設計 基準強度 (N/mm <sup>2</sup> )	単位体積重量 (kN/m <sup>3</sup> )	ヤング係数 (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比
鉄筋コンクリート	24	24.5	2.50×10 <sup>4</sup>	0.2

## 9. 集水桝の耐震評価結果

### 9.1 集水桝の曲げ軸力評価結果

集水桝の概略配筋図を図 9-1 に、曲げ軸力に対する照査結果を表 9-1 及び表 9-2 に示す。

集水桝（底版及び側壁）のコンクリートに発生する曲げ圧縮応力及び鉄筋に発生する曲げ引張応力が許容限界以下であることを確認した。なお、発生応力は各部材において最大となる値を示している。

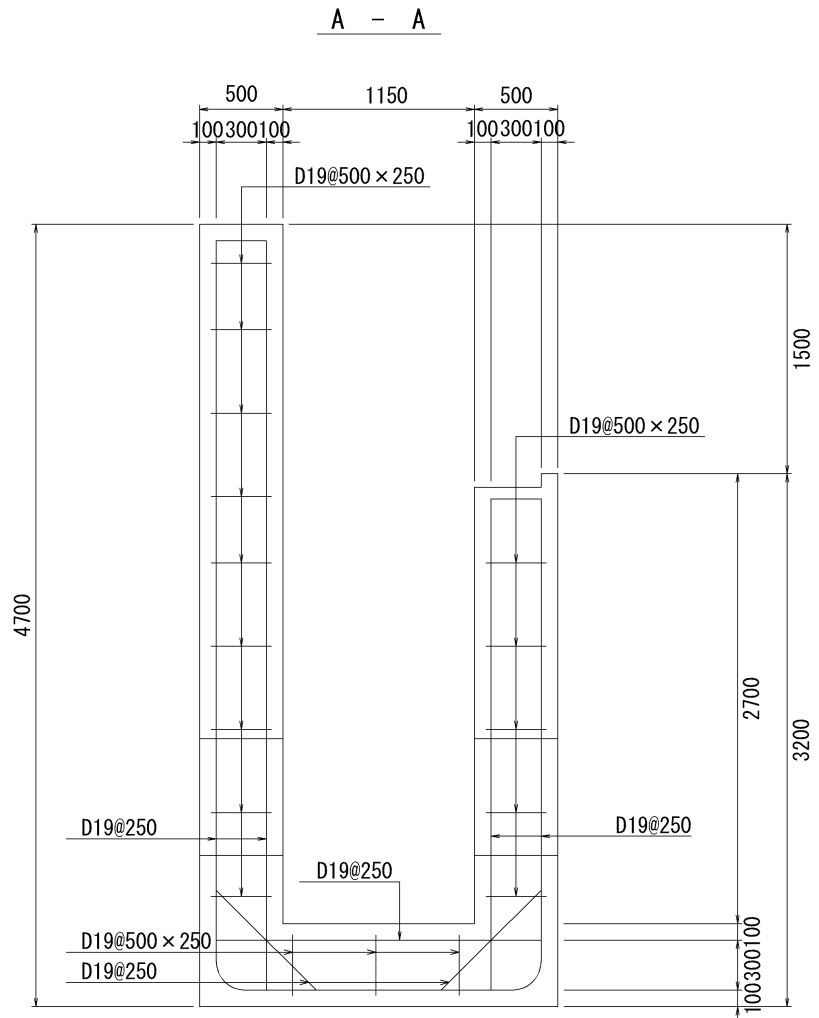
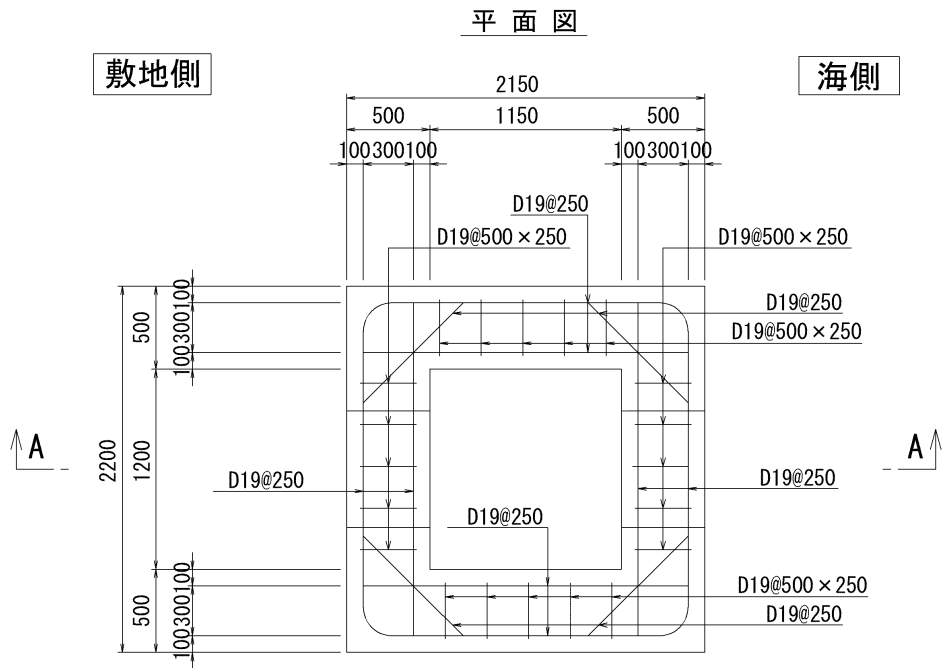


图 9-1(1) 概略配筋图 (集水枱 (屋外排水路逆止弁⑦))

(单位: mm)

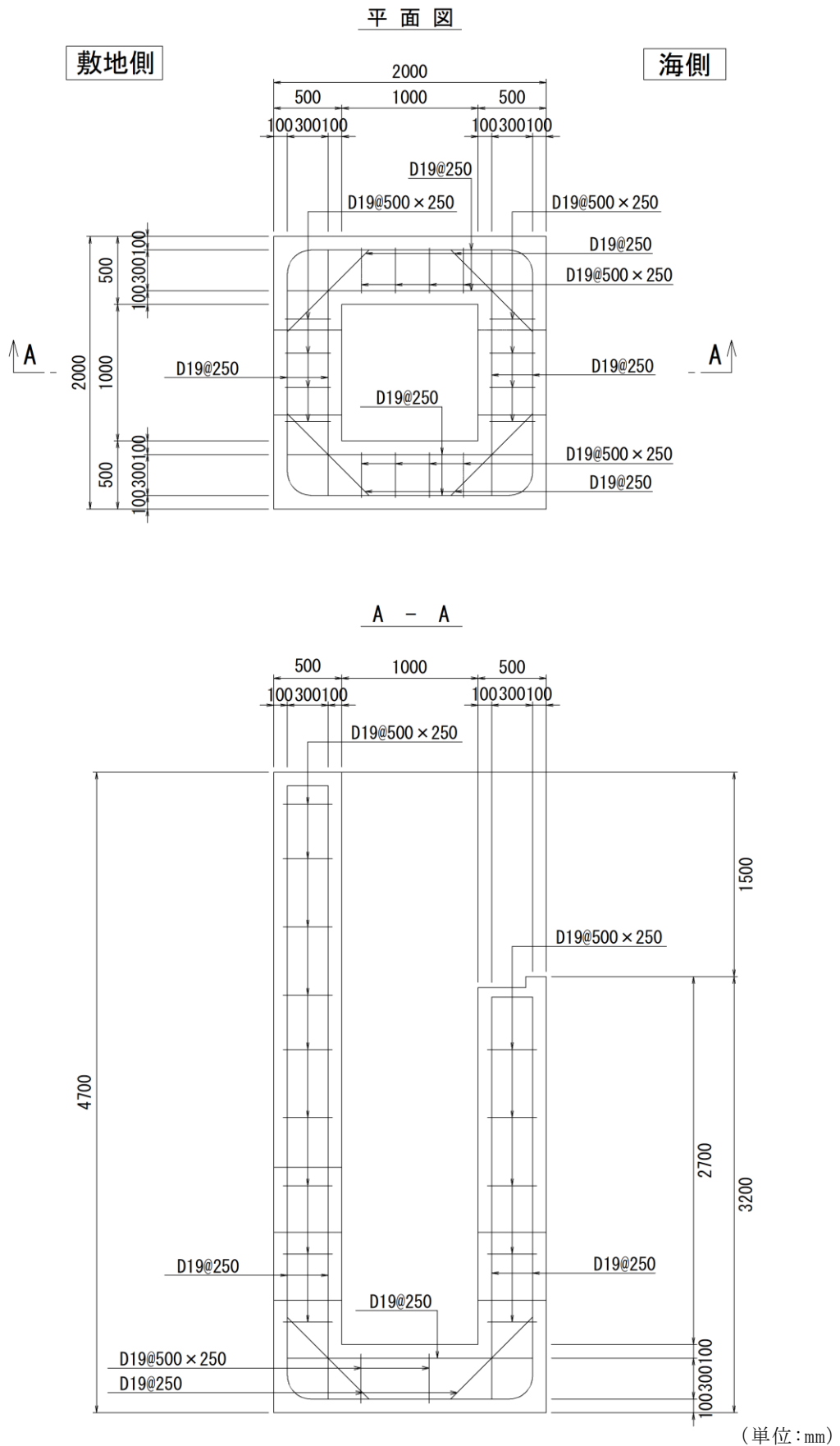


图 9-1(2) 概略配筋图 (集水枡 (屋外排水路逆止弁⑧-1))  
200

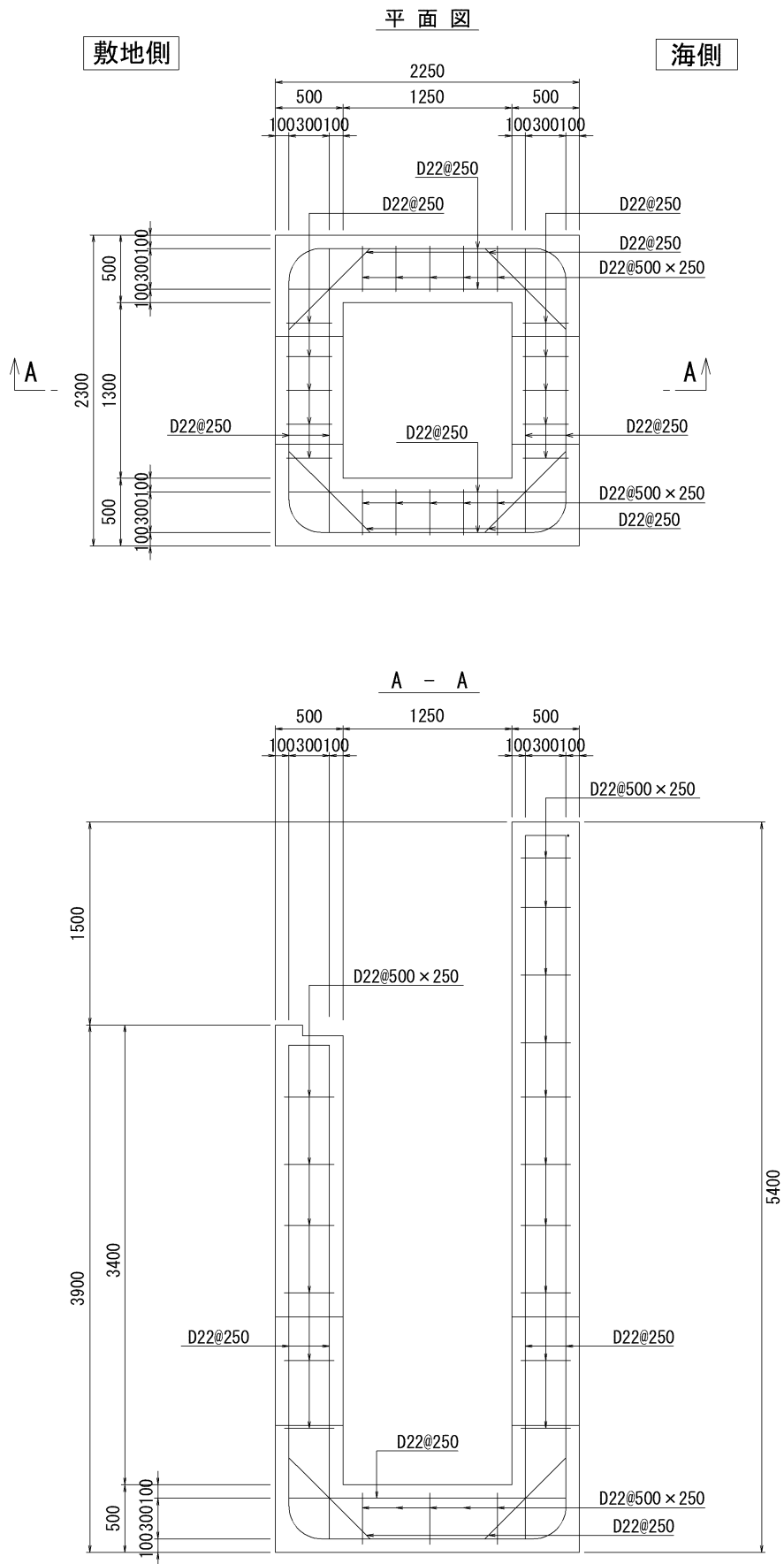
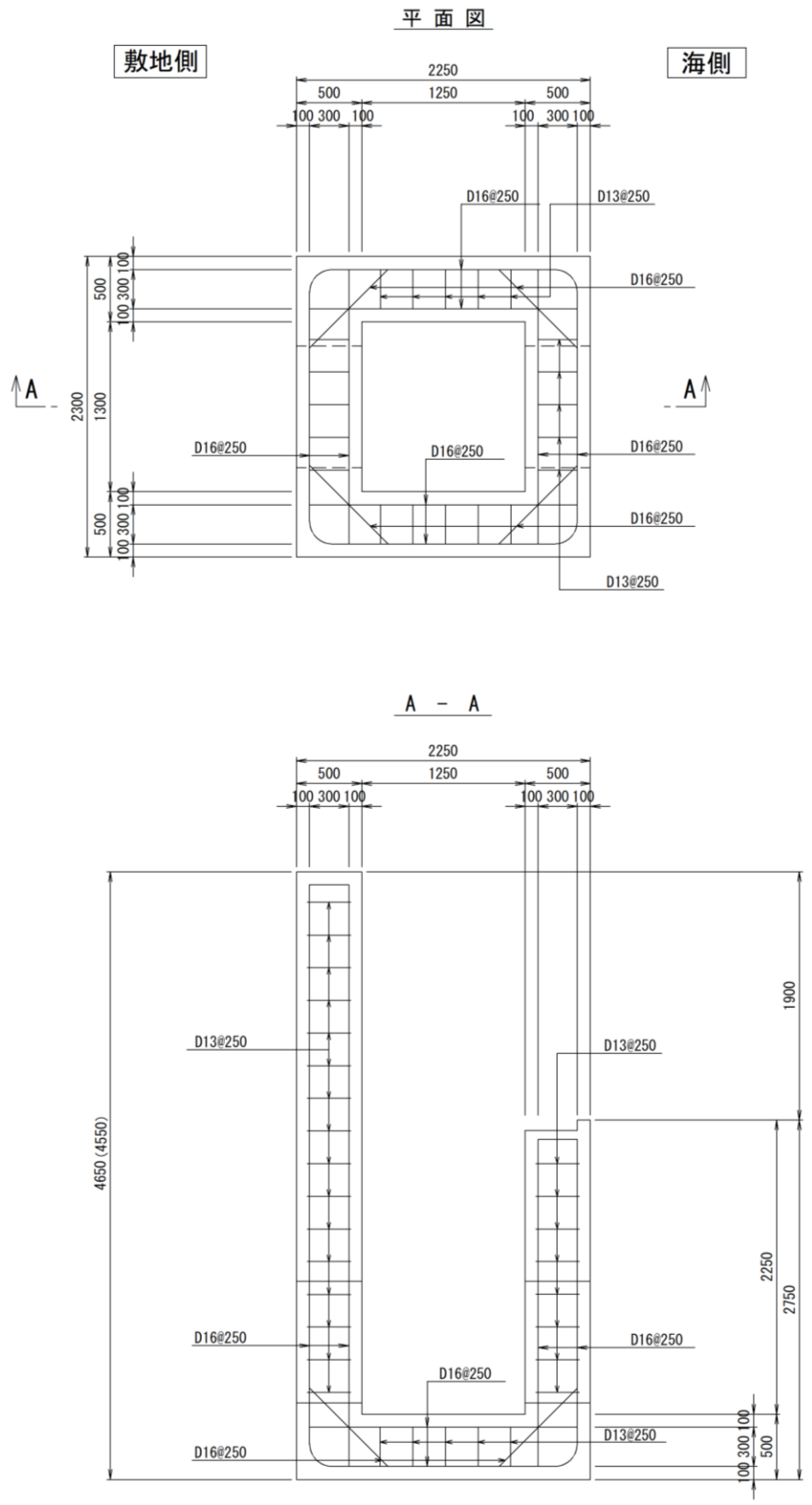


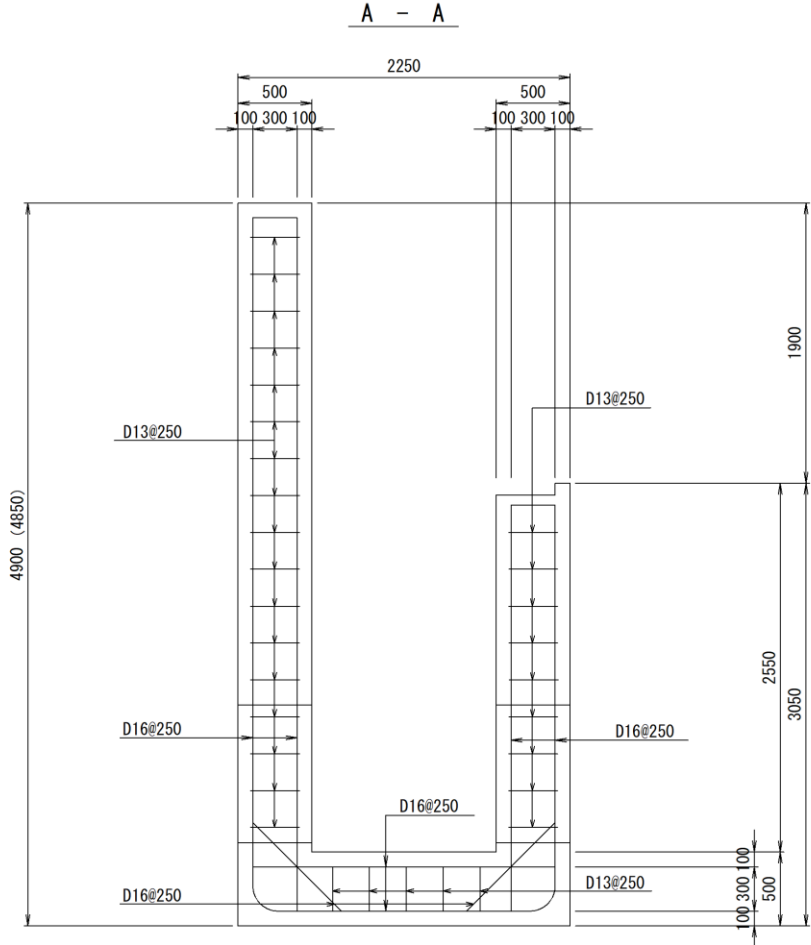
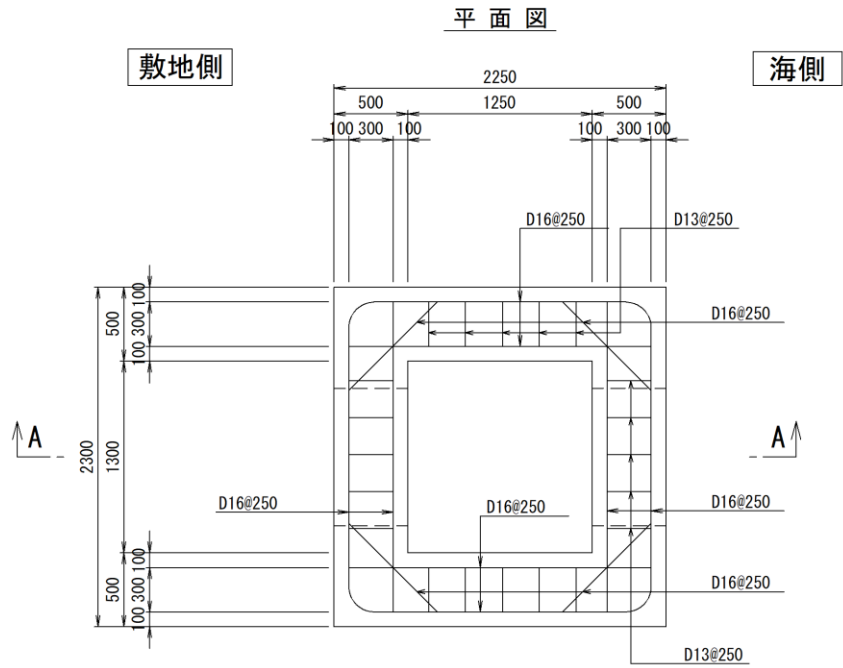
図 9-1(3) 概略配筋図 (集水枡 (屋外排水路逆止弁⑧-2))





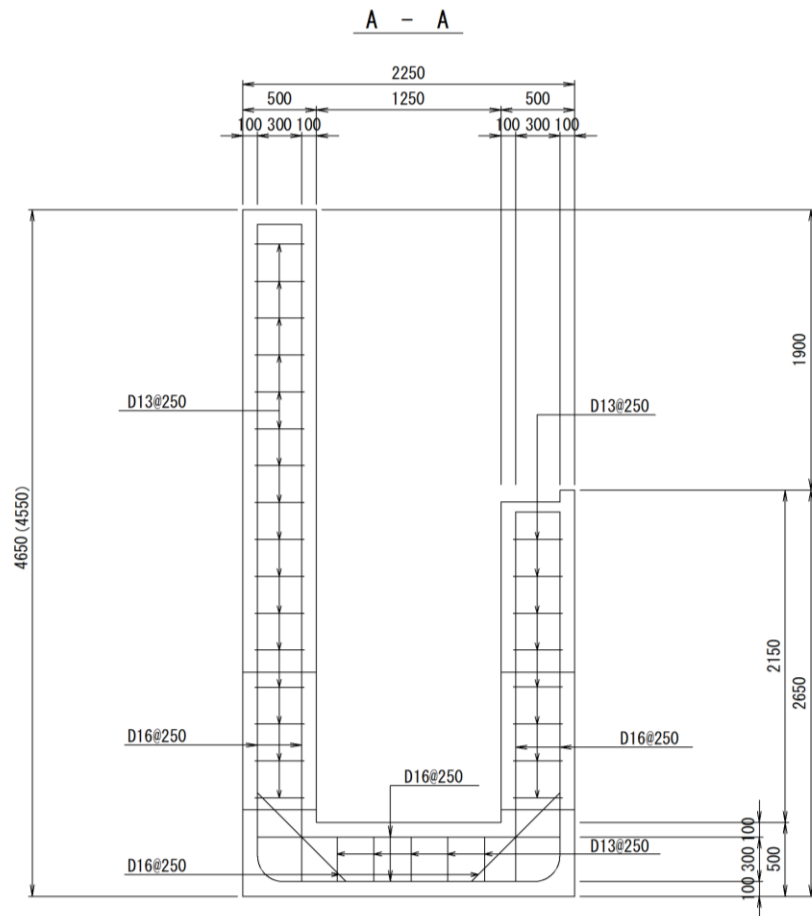
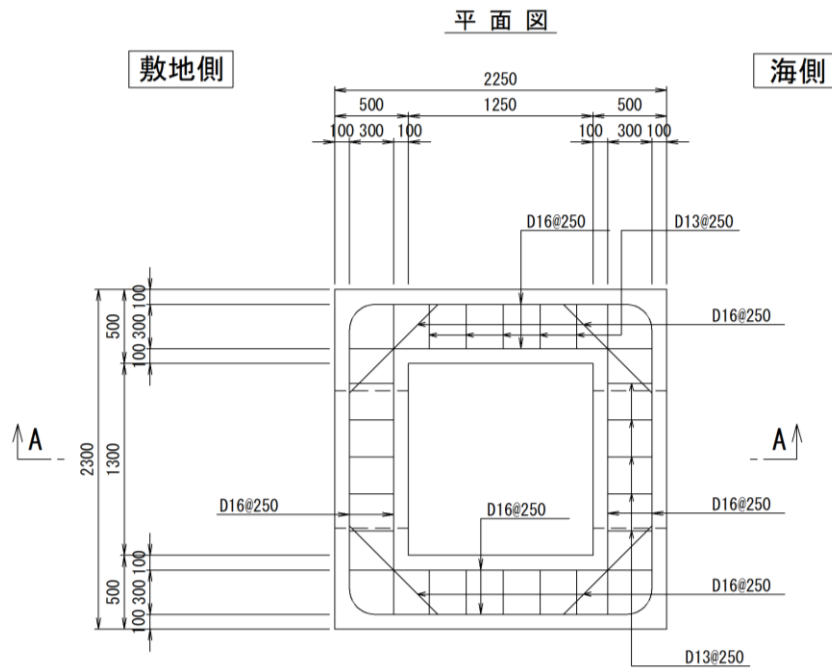
(单位: mm)

图 9-1(4) 概略配筋图 (集水枱 (屋外排水路逆止弁⑩))



(单位: mm)

图 9-1(5) 概略配筋图 (集水枳 (屋外排水路逆止弁①))  
203



(单位: mm)

图 9-1(6) 概略配筋图 (集水枡 (屋外排水路逆止弁⑫))



表 9-1 曲げ軸力に対する照査結果（底版）

設備名称	底版寸法 (mm)	曲げ モーメント (kN・m)	曲げ 圧縮応力 (N/mm <sup>2</sup> )	曲げ 引張応力 (N/mm <sup>2</sup> )	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )		曲げ 圧縮応力 照査値	曲げ 引張応力 照査値
					曲げ 圧縮	曲げ 引張		
集水桝 (屋外排水路 逆止弁⑦)	2200×2150	18.31	4.46	40.64	13.5	294	0.34	0.14
集水桝 (屋外排水路 逆止弁⑧-1)	2000×2000	17.85	0.96	42.51	13.5	294	0.08	0.15
集水桝 (屋外排水路 逆止弁⑧-2)	2300×2250	28.04	1.35	50.07	13.5	294	0.10	0.18
集水桝 (屋外排水路 逆止弁⑩)	2300×2250	16.71	1.04	56.66	13.5	294	0.08	0.20
集水桝 (屋外排水路 逆止弁⑪)	2300×2250	18.09	1.13	61.32	13.5	294	0.09	0.21
集水桝 (屋外排水路 逆止弁⑫)	2300×2250	16.25	1.01	55.11	13.5	294	0.08	0.19
集水桝 (屋外排水路 逆止弁⑬)	3900×3700	71.54	2.84	112.97	13.5	294	0.22	0.39

表 9-2 曲げ軸力に対する照査結果（側壁）

設備名称	側壁寸法 (mm)	曲げ モーメント (kN・m)	曲げ 圧縮応力 (N/mm <sup>2</sup> )	曲げ 引張応力 (N/mm <sup>2</sup> )	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )		曲げ 圧縮応力 照査値	曲げ 引張応力 照査値
					曲げ 圧縮	曲げ 引張		
集水桝 (屋外排水路 逆止弁⑦)	3200×2200	39.50	2.13	94.12	13.5	294	0.16	0.33
集水桝 (屋外排水路 逆止弁⑧-1)	3200×2000	31.72	1.71	75.57	13.5	294	0.13	0.26
集水桝 (屋外排水路 逆止弁⑧-2)	3900×2300	45.77	2.20	81.72	13.5	294	0.17	0.28
集水桝 (屋外排水路 逆止弁⑩)	2750×2300	26.48	1.65	89.80	13.5	294	0.13	0.31
集水桝 (屋外排水路 逆止弁⑪)	3050×2300	26.62	1.66	90.26	13.5	294	0.13	0.31
集水桝 (屋外排水路 逆止弁⑫)	2650×2300	26.45	1.65	89.69	13.5	294	0.13	0.31
集水桝 (屋外排水路 逆止弁⑬)	5400×3700	110.82	4.40	175.02	13.5	294	0.33	0.60

## 9.2 集水桝のせん断力評価結果

集水桝のせん断力に対する照査結果を表 9-3 に示す。

集水桝（底版及び側壁）に発生するせん断応力が許容限界以下であることを確認した。なお、発生応力は各地震動において最大となる値を示している。

表 9-3(1) せん断力に対する照査結果 (底版)

設備名称	設計基準強度	発生せん断 応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )	照査値
集水榭 (屋外排水路 逆止弁⑦)	24N/mm <sup>2</sup>	0.23	0.675	0.35
集水榭 (屋外排水路 逆止弁⑧-1)	24N/mm <sup>2</sup>	0.25	0.675	0.38
集水榭 (屋外排水路 逆止弁⑧-2)	24N/mm <sup>2</sup>	0.34	0.675	0.51
集水榭 (屋外排水路 逆止弁⑩)	24N/mm <sup>2</sup>	0.20	0.675	0.3
集水榭 (屋外排水路 逆止弁⑪)	24N/mm <sup>2</sup>	0.22	0.675	0.33
集水榭 (屋外排水路 逆止弁⑫)	24N/mm <sup>2</sup>	0.19	0.675	0.29
集水榭 (屋外排水路 逆止弁⑬)	24N/mm <sup>2</sup>	0.43	0.675	0.64

表 9-3(2) せん断力に対する照査結果 (側壁)

設備名称	設計基準強度	発生せん断 応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )	照査値
集水榭 (屋外排水路 逆止弁⑦)	24N/mm <sup>2</sup>	0.36	0.675	0.54
集水榭 (屋外排水路 逆止弁⑧-1)	24N/mm <sup>2</sup>	0.32	0.675	0.48
集水榭 (屋外排水路 逆止弁⑧-2)	24N/mm <sup>2</sup>	0.39	0.675	0.58
集水榭 (屋外排水路 逆止弁⑩)	24N/mm <sup>2</sup>	0.23	0.675	0.35
集水榭 (屋外排水路 逆止弁⑪)	24N/mm <sup>2</sup>	0.23	0.675	0.35
集水榭 (屋外排水路 逆止弁⑫)	24N/mm <sup>2</sup>	0.23	0.675	0.35
集水榭 (屋外排水路 逆止弁⑬)	24N/mm <sup>2</sup>	0.49	0.675	0.73



### 9.3 アンカー筋の支持性能評価結果

集水桝のアンカー筋の耐力について、アンカー筋の引張耐力及びせん断耐力に対する照査結果を表 9-4 に示す。照査を行った結果、作用力が許容限界以下であることを確認した。

表 9-4(1) アンカー筋の引張力に対する照査結果

設備名称	作用 引張力 (kN/本)	許容限界 (kN/本)	照査値
集水桝（屋外排水路 逆止弁⑦）	65.05	105.40	0.62
集水桝（屋外排水路 逆止弁⑧-1）	60.24	105.40	0.58
集水桝（屋外排水路 逆止弁⑧-2）	69.93	105.40	0.67
集水桝（屋外排水路 逆止弁⑩）	37.41	108.80	0.35
集水桝（屋外排水路 逆止弁⑪）	41.26	108.80	0.38
集水桝（屋外排水路 逆止弁⑫）	36.25	108.80	0.34

表 9-4(2) アンカー筋のせん断力に対する照査結果

設備名称	作用 せん断力 (kN/本)	許容限界 (kN/本)	照査値
集水桝（屋外排水路 逆止弁⑦）	33.14	98.17	0.34
集水桝（屋外排水路 逆止弁⑧-1）	31.79	98.17	0.33
集水桝（屋外排水路 逆止弁⑧-2）	32.83	98.17	0.34
集水桝（屋外排水路 逆止弁⑩）	21.36	95.50	0.23
集水桝（屋外排水路 逆止弁⑪）	23.35	95.50	0.25
集水桝（屋外排水路 逆止弁⑫）	21.60	95.50	0.23

#### 9.4 接合鉄筋の支持性能評価結果

集水桝の接合鉄筋の耐力について、接合鉄筋の引張耐力に対する照査結果を表 9-5 に示す。照査を行った結果、引張応力が許容限界以下であることを確認した。

表 9-5 接合鉄筋の曲げ軸力に対する照査結果

設備名称	評価部位	引張応力 (N/mm <sup>2</sup> )	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )	引張応力 照査値
			引張	
集水桝 (屋外排水路 逆止弁⑬)	接合鉄筋 (D22)	218.62	294	0.75

#### 9.5 集水柵蓋の応力評価結果

集水柵蓋の曲げ応力度及びせん断応力度に対する照査結果を表 9-6 に示す。照査を行った結果、許容限界以下であることを確認した。

表 9-6(1) 集水桝蓋の曲げ応力に対する照査結果

設備名称	評価部位	曲げ応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )	照査値
集水桝（屋外排水 路逆止弁⑦）	集水桝蓋 (t=25mm)	3.00	210	0.02
集水桝（屋外排水 路逆止弁⑧-1）	集水桝蓋 (t=25mm)	3.00	210	0.02
集水桝（屋外排水 路逆止弁⑧-2）	集水桝蓋 (t=25mm)	3.00	210	0.02
集水桝（屋外排水 路逆止弁⑩）	集水桝蓋 (t=25mm)	2.70	210	0.02
集水桝（屋外排水 路逆止弁⑪）	集水桝蓋 (t=25mm)	2.70	210	0.02
集水桝（屋外排水 路逆止弁⑫）	集水桝蓋 (t=25mm)	2.70	210	0.02
集水桝（屋外排水 路逆止弁⑬）	集水桝蓋 (t=25mm)	2.70	210	0.02

表 9-6(2) 集水桝蓋のせん断応力に対する照査結果

設備名称	評価部位	せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )	照査値
集水桝（屋外排水 路逆止弁⑦）	集水桝蓋 (t=25mm)	0.23	120	0.01
集水桝（屋外排水 路逆止弁⑧-1）	集水桝蓋 (t=25mm)	0.19	120	0.01
集水桝（屋外排水 路逆止弁⑧-2）	集水桝蓋 (t=25mm)	0.25	120	0.01
集水桝（屋外排水 路逆止弁⑩）	集水桝蓋 (t=25mm)	0.22	120	0.01
集水桝（屋外排水 路逆止弁⑪）	集水桝蓋 (t=25mm)	0.22	120	0.01
集水桝（屋外排水 路逆止弁⑫）	集水桝蓋 (t=25mm)	0.22	120	0.01
集水桝（屋外排水 路逆止弁⑬）	集水桝蓋 (t=25mm)	0.43	120	0.01

## 9.6 アンカーボルト（集水桝蓋）のせん断力評価結果

集水桝蓋のアンカーボルトのせん断耐力に対する照査結果を表 9-7 に示す。照査を行った結果、作用力が許容限界以下であることを確認した。

表 9-7 アンカーボルト（集水桝蓋）のせん断力に対する照査結果

設備名称	評価部位	発生せん断力 (kN/本)	許容限界 (kN/本)	照査値
集水桝（屋外排水 路逆止弁⑦）	アンカーボルト （集水桝蓋）	2.79	35.34	0.08
集水桝（屋外排水 路逆止弁⑧-1）	アンカーボルト （集水桝蓋）	2.06	35.34	0.06
集水桝（屋外排水 路逆止弁⑧-2）	アンカーボルト （集水桝蓋）	3.11	35.34	0.09
集水桝（屋外排水 路逆止弁⑩）	アンカーボルト （集水桝蓋）	2.94	35.34	0.09
集水桝（屋外排水 路逆止弁⑪）	アンカーボルト （集水桝蓋）	2.94	35.34	0.09
集水桝（屋外排水 路逆止弁⑫）	アンカーボルト （集水桝蓋）	2.94	35.34	0.09
集水桝（屋外排水 路逆止弁⑬）	アンカーボルト （集水桝蓋）	3.87	35.34	0.11

(参考資料 1) アンカーの設計に用いる指針等の適用性について

## 1. 概要

浸水防止設備である屋外排水路逆止弁及び集水柵の設計において，屋外排水路逆止弁等の固定のためにアンカーを使用していることから，その許容限界の設定に用いる指針の適用範囲の確認，メーカー評価式の適用性等について検討する。図 1-1 に検討フローを示す。

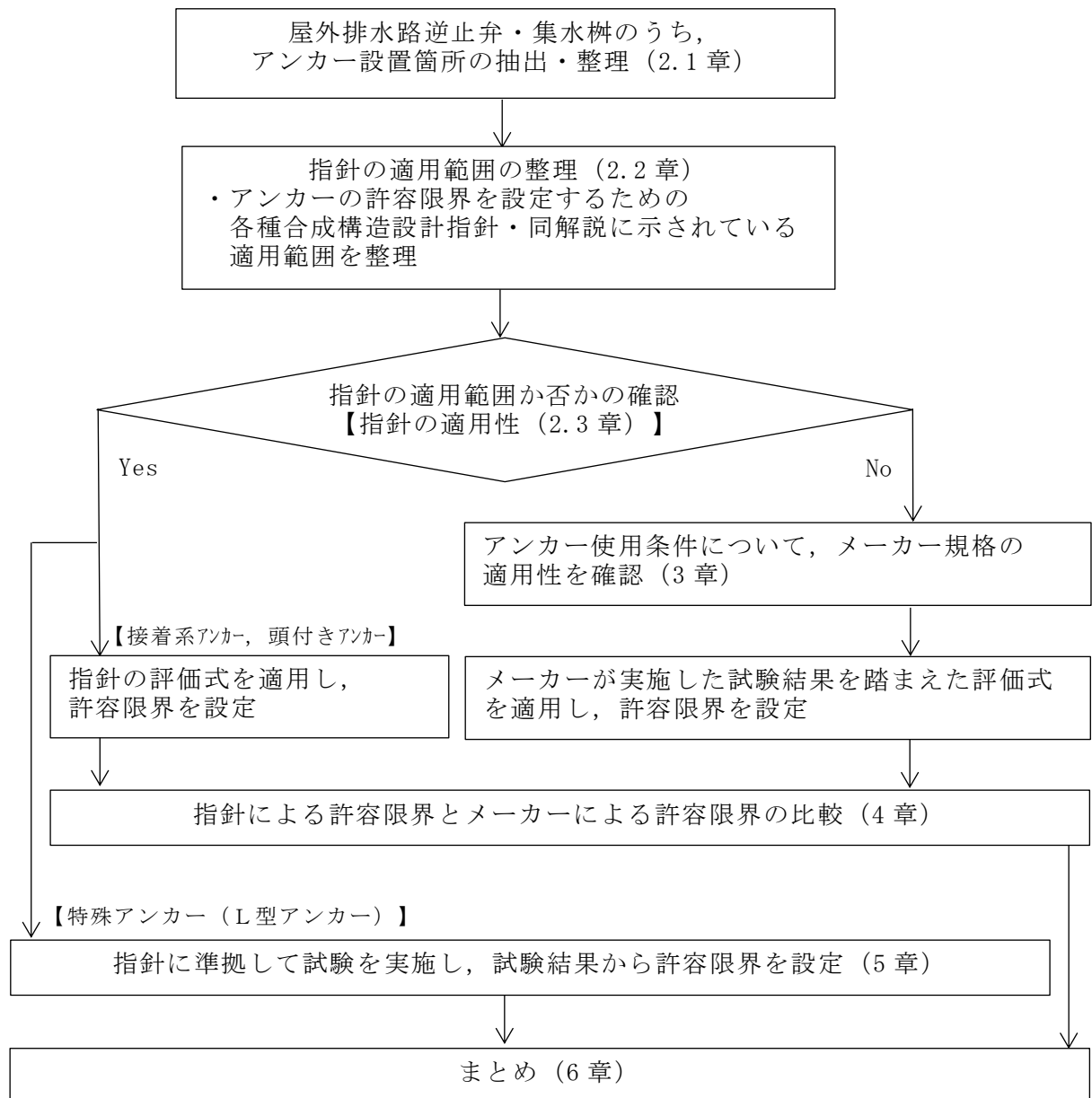


図 1-1 アンカーの許容限界設定に係る適用性検討フロー

(参考) 1-1

## 2. 検討内容

### 2.1 アンカー設置箇所の抽出及び整理

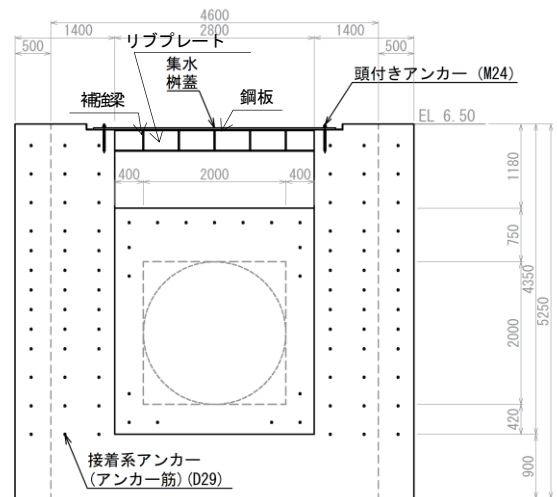
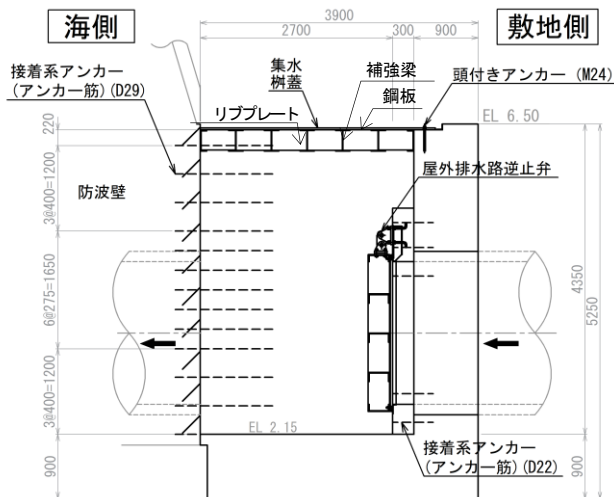
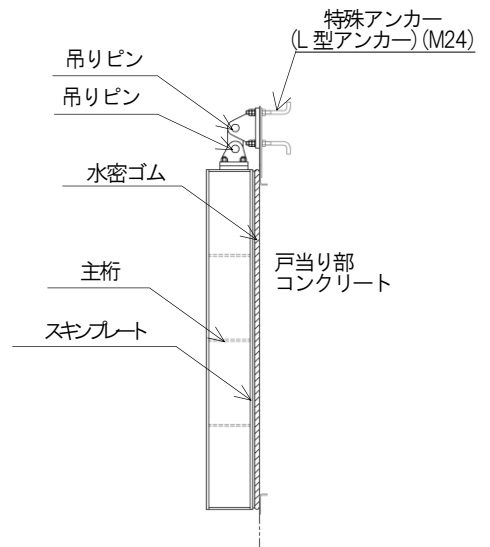
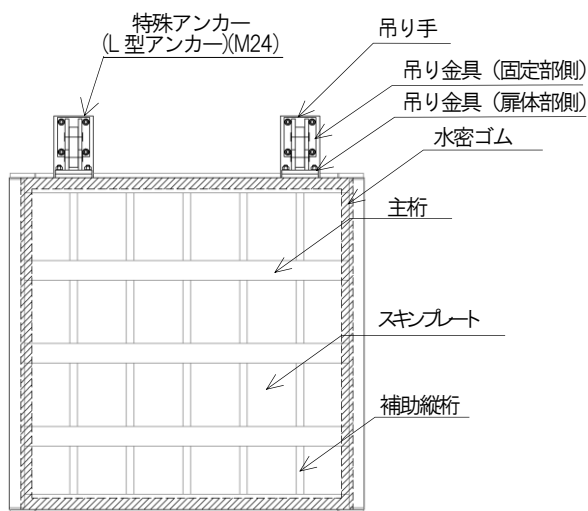
屋外排水路逆止弁及び集水柵におけるアンカーの設置箇所と種類等について、表 2-1 及び図 2-1 のとおり整理した。

表 2-1 アンカー設置箇所と種類

設備名称	逆止弁の戸当り部又は集水柵への固定部	戸当り部の集水柵への固定部	集水柵の防波壁への固定部	集水柵蓋の固定部
屋外排水路逆止弁①	特殊アンカー (L型アンカー) (M24)	接着系 アンカー (アンカー筋) (D22)	接着系 アンカー (アンカー筋) (D29)	頭付き アンカー (M24)
屋外排水路逆止弁②				
屋外排水路逆止弁③				
屋外排水路逆止弁④				
屋外排水路逆止弁⑤				
屋外排水路逆止弁⑥				
屋外排水路逆止弁⑦	接着系 アンカー (M16)	—	接着系 アンカー (アンカー 筋) (D25)	頭付き アンカー (M20)
屋外排水路逆止弁⑧-1	接着系 アンカー (M12)			
屋外排水路逆止弁⑧-2	接着系 アンカー (M16)			
屋外排水路逆止弁⑨	特殊アンカー (L型アンカー) (M24)	接着系 アンカー (アンカー筋) (D22)	—	頭付き アンカー (M24)
屋外排水路逆止弁⑩	接着系 アンカー (M16)	—	接着系 アンカー (アンカー筋) (D29)	
屋外排水路逆止弁⑪				
屋外排水路逆止弁⑫				
屋外排水路逆止弁⑬	頭付き アンカー (M24)	接着系 アンカー (アンカー筋) (D22)	—	頭付き アンカー (M20)

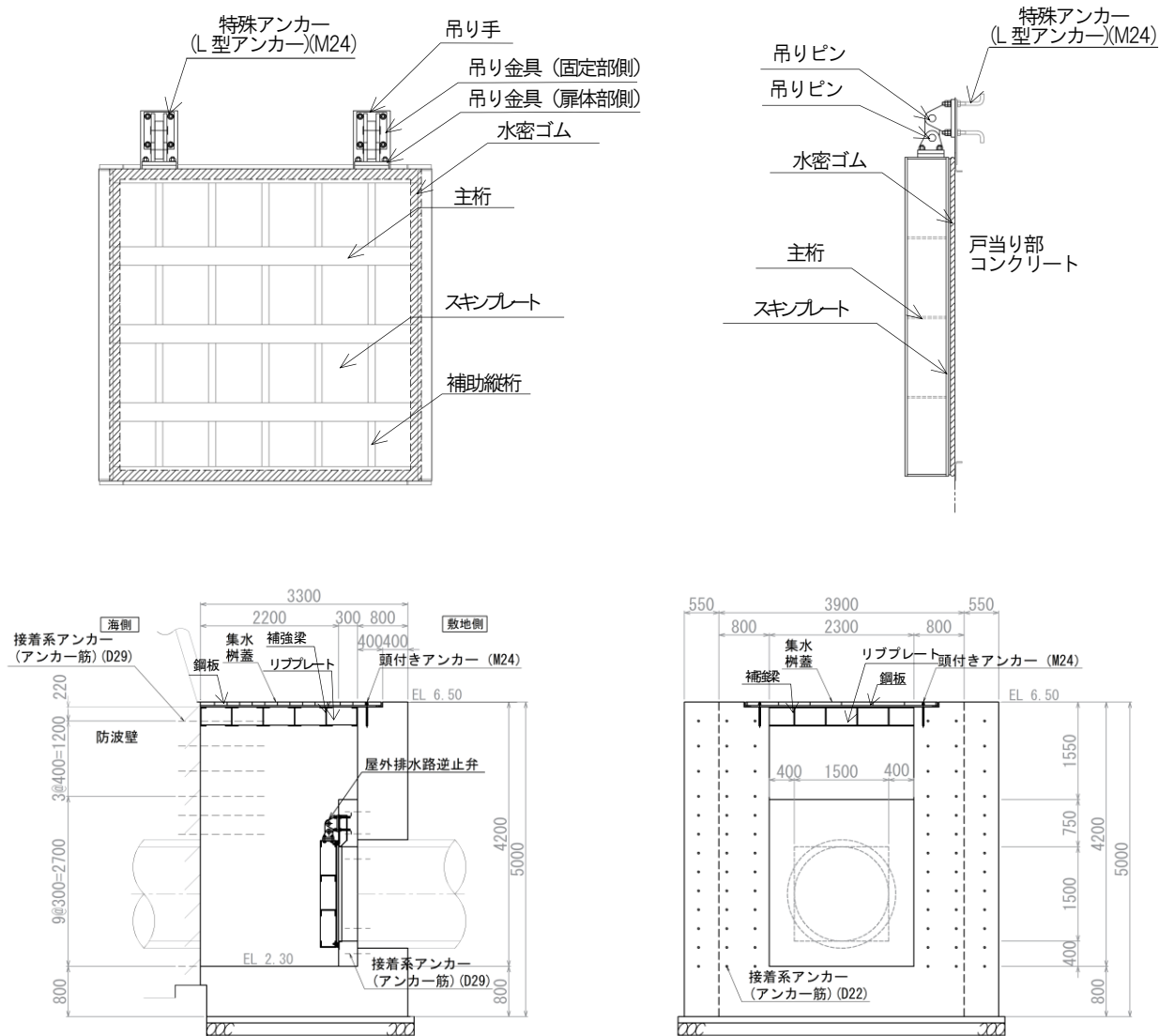
(参考) 1-2





単位 (mm)

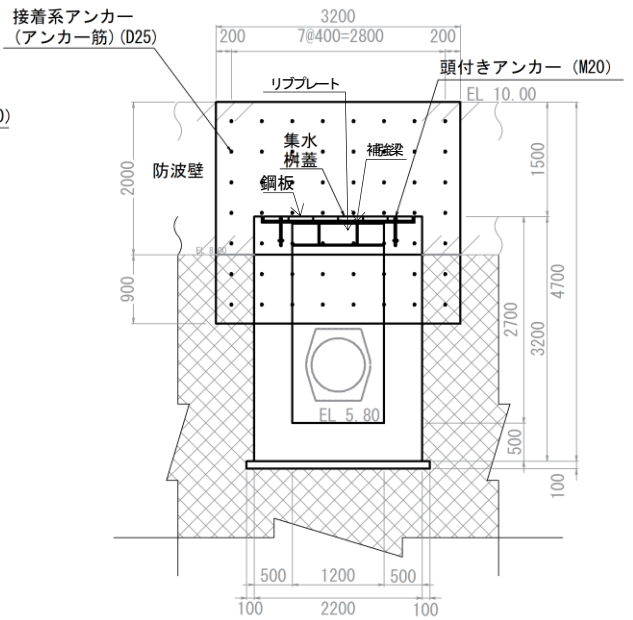
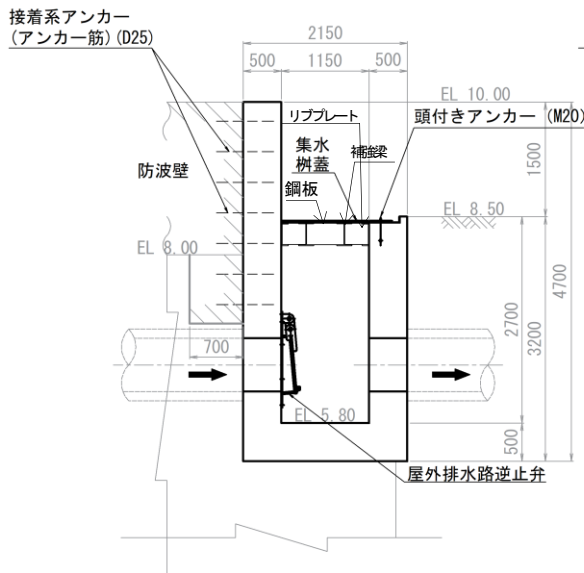
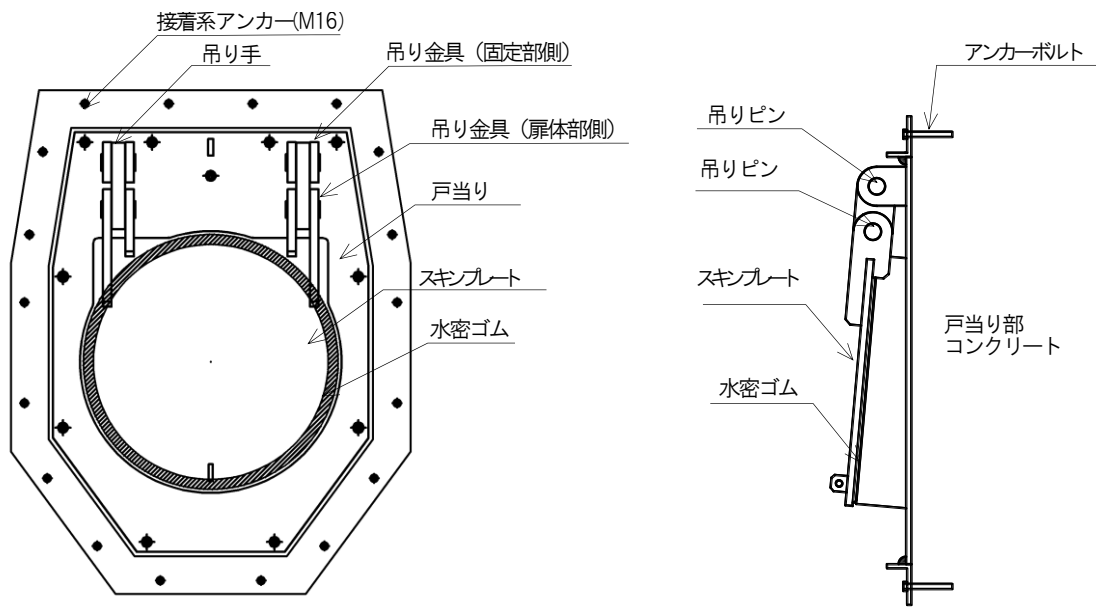
図 2-1 (1) アンカー設置箇所 (屋外排水路逆止弁①)



単位 (mm)

図 2-1 (2) アンカー設置箇所 (屋外排水路逆止弁②, ③, ④, ⑤, ⑥)

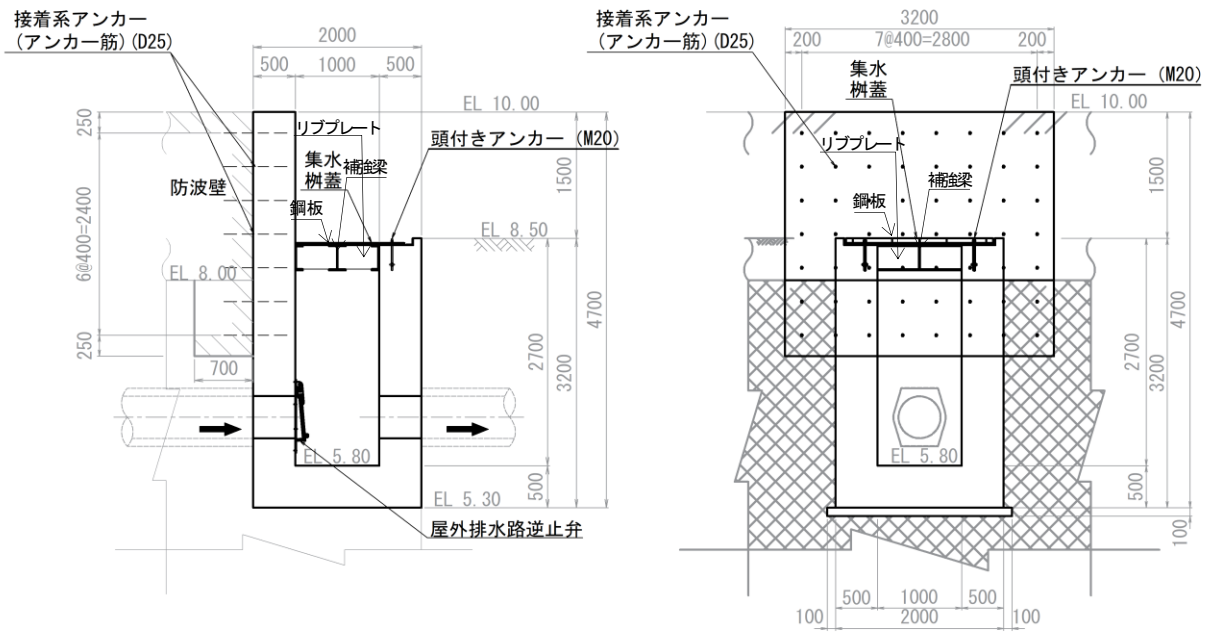
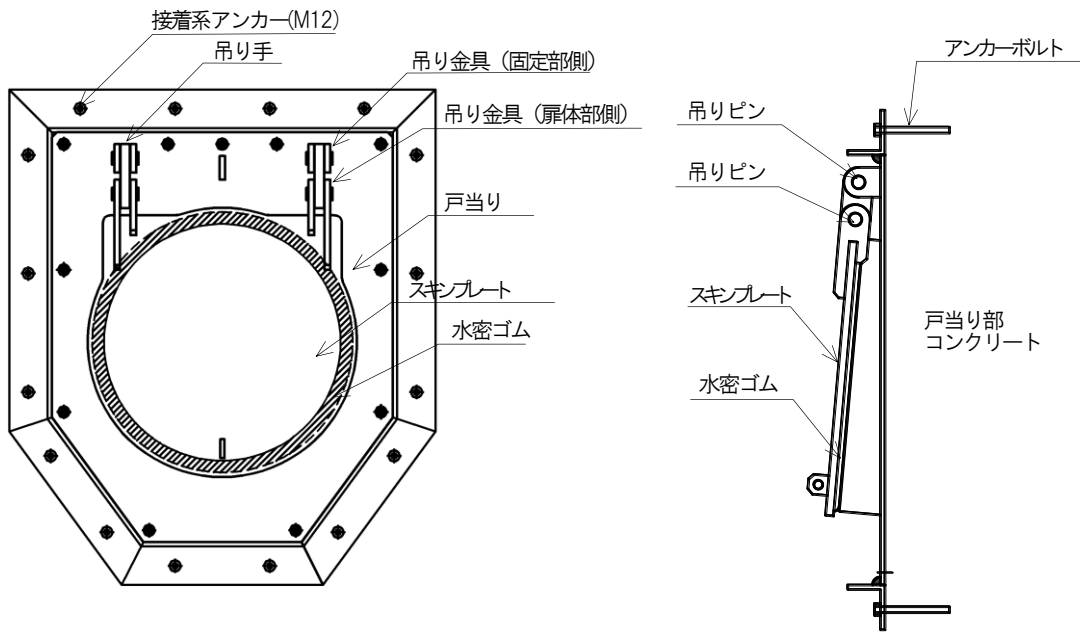
(参考) 1-4



単位 (mm)

図 2-1(3) アンカー設置箇所 (屋外排水路逆止弁⑦)

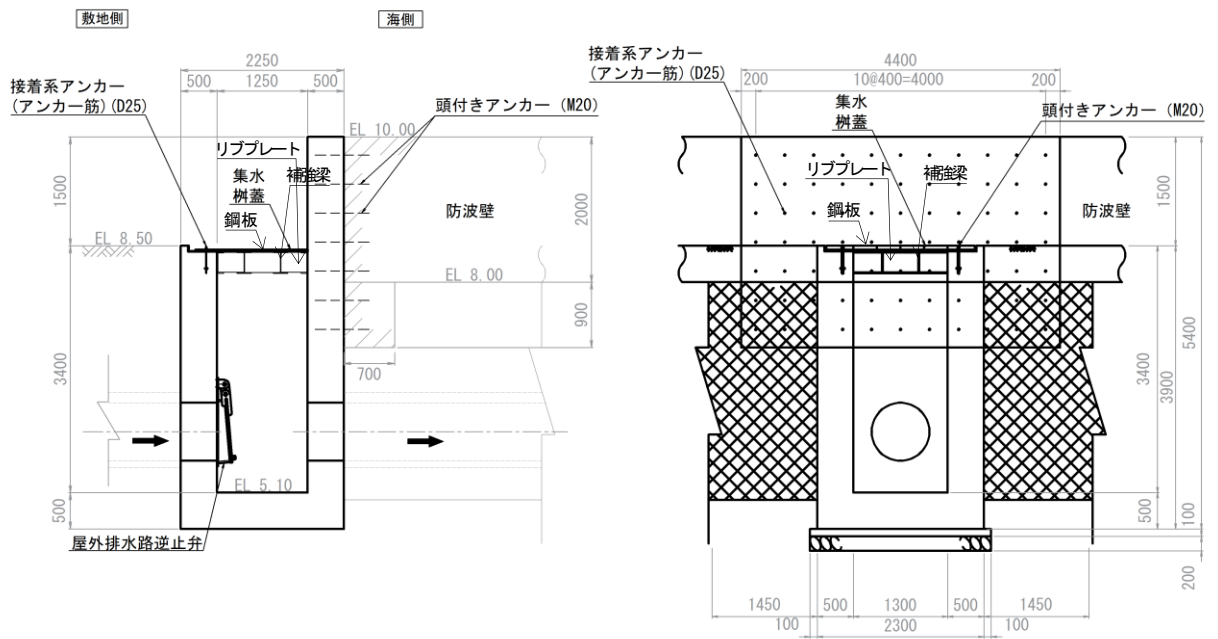
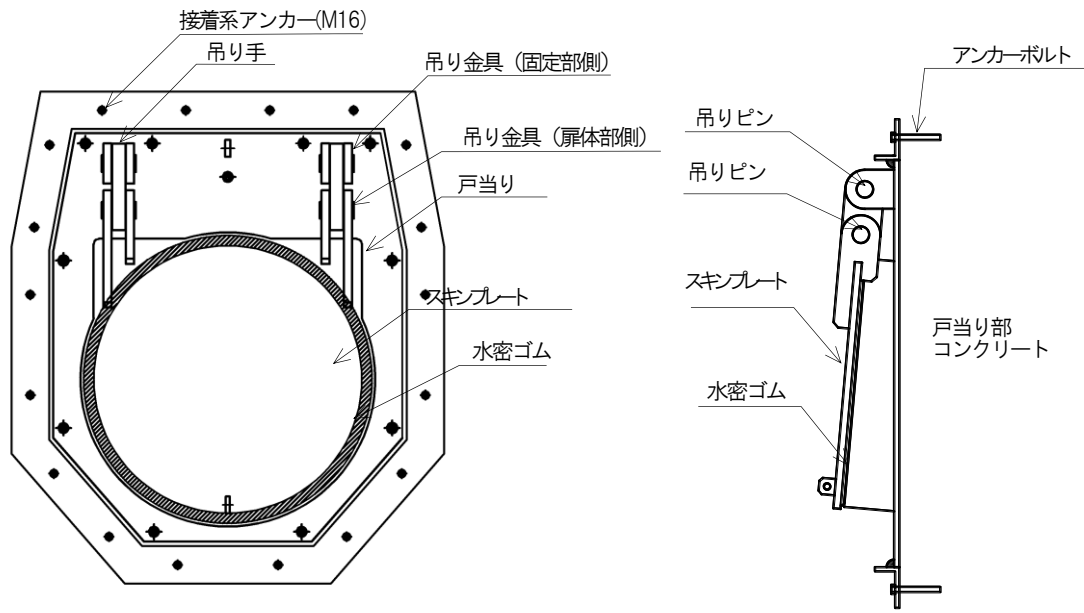
(参考) 1-5



単位 (mm)

図 2-1(4) アンカー設置箇所 (屋外排水路逆止弁⑧-1)

(参考) 1-6



単位 (mm)

図 2-1(5) アンカー設置箇所 (屋外排水路逆止弁⑧-2)

(参考) 1-7

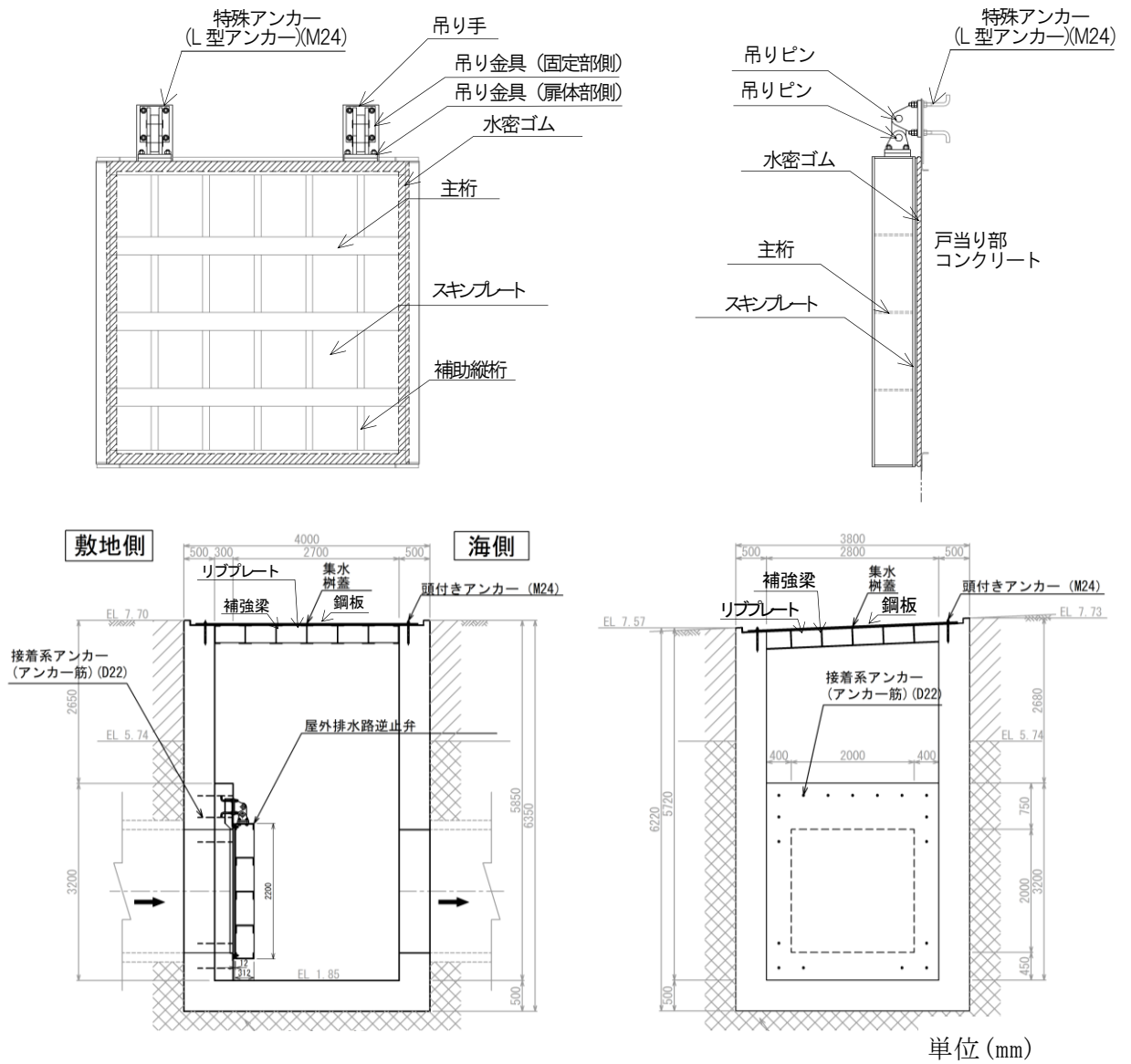
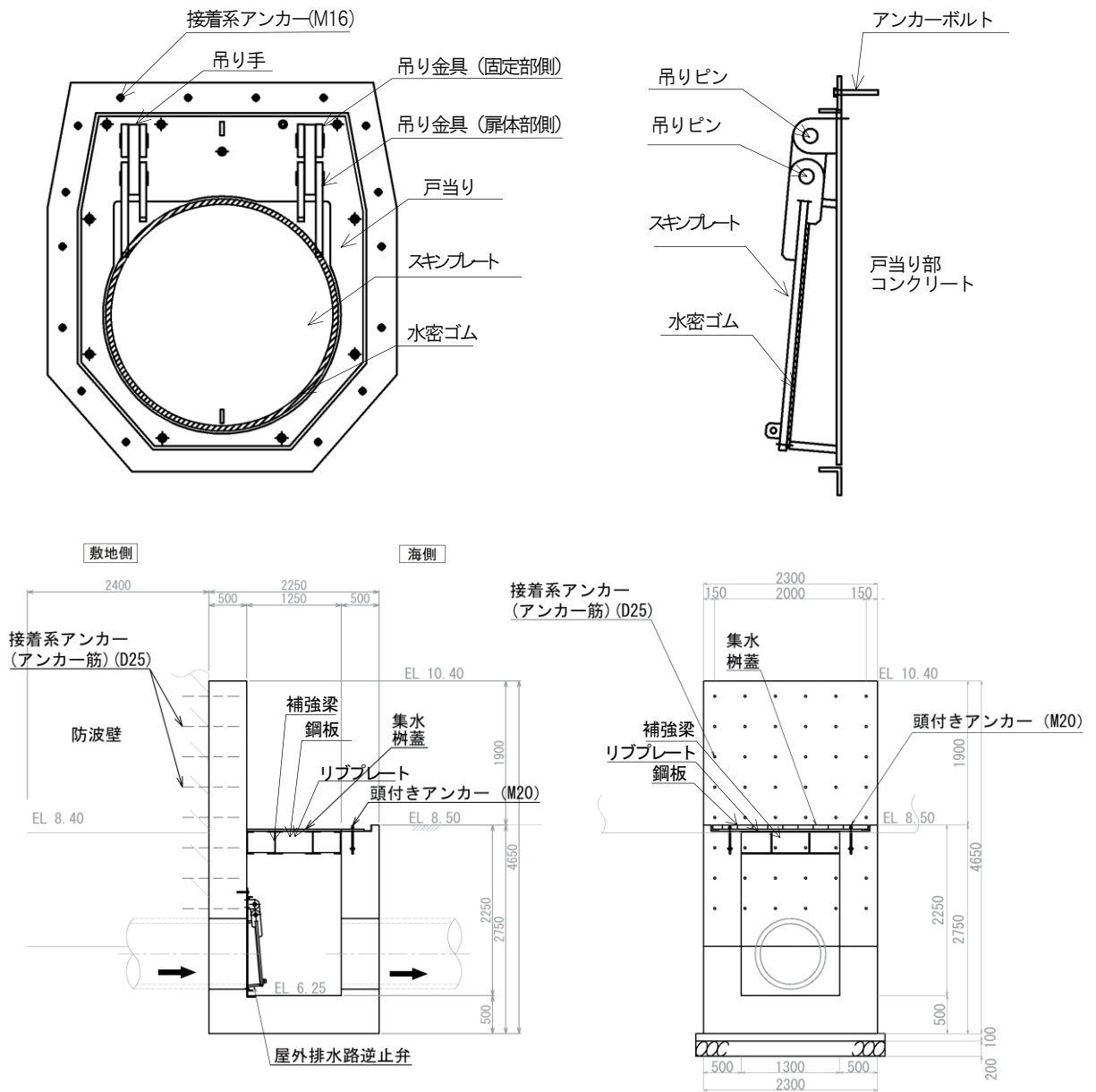


図 2-1(6) アンカー設置箇所 (屋外排水路逆止弁⑨)

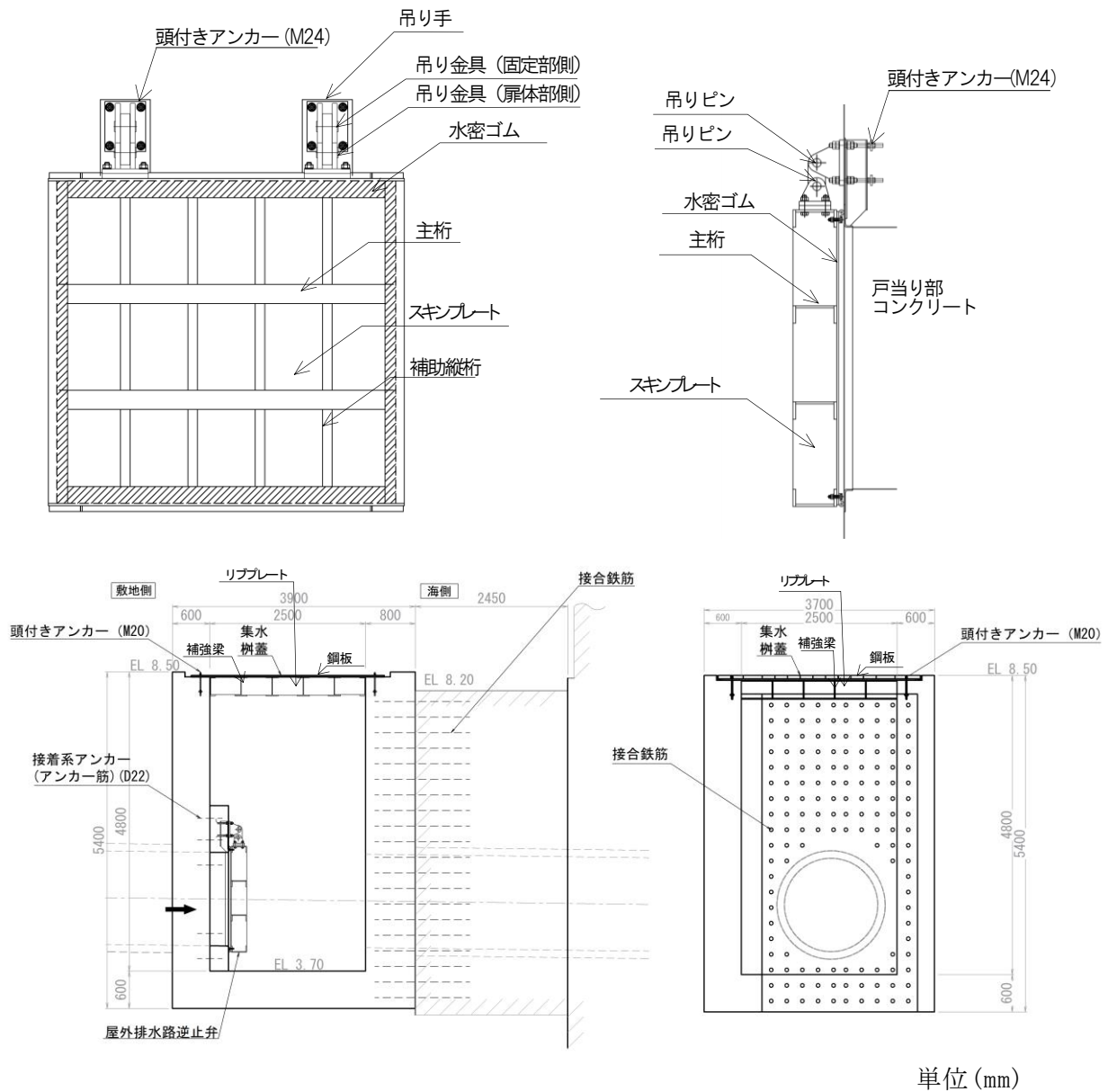
(参考) 1-8



単位 (mm)

図 2-1(7) アンカー設置箇所 (屋外排水路逆止弁⑩, ⑪, ⑫)

(参考) 1-9



単位 (mm)

図 2-1(8) アンカー設置箇所 (屋外排水路逆止弁⑬)

(参考) 1-10



## 2.2 指針に示されている適用範囲の整理

アンカーの許容限界を設定するための適用する指針として、審査実績のある「各種合成構造設計指針・同解説（日本建築学会 2013）」を選定する。当該指針における材料等に関する主な適用範囲について表 2-2 のとおり整理する。

表 2-2 指針等の主な適用範囲

指針	アンカーの種類	材料			設計	
		接着材	アンカー径	母材	設計法	定着長さ
「各種合成構造設計指針・同解説」	接着系アンカー ・カプセル方式 ・注入方式	規格値を満足するもの	呼び径 9mm 以上 25mm 以下の鋼棒とする。	コンクリート	許容応力度法	7d 以上
	頭付きアンカー	—	呼び径 9mm 以上 25mm 以下の鋼棒とする。	コンクリート	許容応力度法	4d 以上
	特殊アンカー (L型アンカー)	—	個別に対応する			

### 2.3 指針の適用性

指針等の適用範囲を踏まえた、各アンカーについての適用性の確認結果を表 2-3 に示す。結果、屋外排水路逆止弁の集水柵を防波壁に固定するアンカー筋(D29)については適用範囲外であることから、メーカーが実施した試験に基づく評価式により耐力を設定する。また、屋外排水路逆止弁の戸当り部の固定で使用している L 型アンカーについては、特殊アンカーとして個別の試験により耐力を設定する。

表 2-3 (1) 指針等への適用性 (逆止弁の戸当り部への固定部①~⑥, ⑨)

評価項目		アンカーの設置状況		適用性
アンカーの種類		L 型アンカー		○*
材料	接着剤	-		-
	アンカー筋の径	M24		-
	母材	鉄筋コンクリート		-
設計	設計法	-		-
	定着長長さ (代表)	200mm (8d)		-
判定				○*

注記\* : 特殊アンカーとして個別の試験により耐力を設定

表 2-3 (2) 指針への適用性 (逆止弁の集水柵への固定部⑦, ⑧-1, ⑧-2, ⑩~⑫)

評価項目		アンカーの設置状況		適用性	
アンカーの種類		接着系アンカー		○	
材料	接着剤	有機系注入方式		○	
	アンカー筋の径	M12	M16	○	○
	母材	鉄筋コンクリート		○	
設計	設計法	許容応力度法		○	
	定着長長さ (代表)	130mm (10d)	130mm (8d)	○	○
判定				○	

(参考) 1-12

表 2-3 (3) 指針への適用性 (逆止弁の戸当り部への固定部⑬)

評価項目		アンカーの設置状況	適用性
アンカーの種類		頭付きアンカー	○
材料	接着剤	—	—
	アンカー筋の径	M24	○
	母材	鉄筋コンクリート	○
設計	設計法	許容応力度法	○
	定着長長さ (代表)	150mm (6d)	○
判定			○

表 2-3 (4) 指針への適用性 (戸当り部の集水柵への固定部①~⑥, ⑨, ⑬)

評価項目		アンカーの設置状況	適用性
アンカーの種類		接着系アンカー	○
材料	接着剤	有機系注入方式	○
	アンカー筋の径	D22	○
	母材	鉄筋コンクリート	○
設計	設計法	許容応力度法	○
	定着長長さ (代表)	270mm (12d)	○
判定			○

表 2-3 (5) 指針への適用性 (集水柵の防波壁への固定部①~⑥, ⑩~⑫)

評価項目		アンカーの設置状況	適用性
アンカーの種類		接着系アンカー	○
材料	接着剤	有機系注入方式	○
	アンカー筋の径	D29	×
	母材	鉄筋コンクリート	○
設計	設計法	許容応力度法	○
	定着長長さ (代表)	348mm (12d)	○
判定			×

表 2-3 (6) 指針への適用性 (集水桝の防波壁への固定部⑦, ⑧-1, ⑧-2)

評価項目		アンカーの設置状況		適用性	
アンカーの種類		接着系アンカー		○	
材料	接着剤	有機系注入方式		○	
	アンカー筋の径	D25		○	
	母材	鉄筋コンクリート		○	
設計	設計法	許容応力度法		○	
	定着長長さ (代表)	380mm (15d)		○	
判定				○	

表 2-3 (7) 指針への適用性 (集水桝蓋の固定部①~⑬)

評価項目		アンカーの設置状況		適用性	
アンカーの種類		頭付きアンカー		○	
材料	接着剤	-		-	
	アンカー筋の径	M20	M24	○	○
	母材	鉄筋コンクリート		○	
設計	設計法	許容応力度法		○	
	定着長長さ (代表)	226mm (11d)	210 (8d)	○	○
判定				○	

### 3. メーカー規格の適用性確認

各種合成構造設計指針・同解説の適用範囲外となる集水桝を防波壁に固定するアンカー筋（D29）について、メーカー規格の適用性確認を実施する。

#### 3.1 メーカー規格の適用性確認

アンカー定着材についてのメーカー規格に規定されている事項を表 3-1 に、屋外排水路逆止弁で使用するアンカー定着材の使用目的及び使用環境並びに材料を表 3-2 に示す。

当該アンカー定着材の使用目的及び使用環境は、本規格の使用目的及び想定している使用環境の範囲内であることから、メーカー規格は適用できることを確認した。

表 3-1 メーカー規格に規定されている事項

製品名称	使用目的及び使用環境	材料	規格に基づく試験
AR ケミカル セッター EA-500	土木及び建築工事におけるアンカーの定着材として使用することを目的とする。使用環境は屋外又は屋内における、気中を対象に使用する。	エポキシアク リレート樹脂	性能試験（アンカー定着材の強度試験により許容限界値の評価式を設定）を実施

表 3-2 屋外排水路逆止弁での使用目的及び使用環境並びに材料

製品名称	使用目的及び使用環境	材料
AR ケミカル セッター EA-500	地震力及び津波に伴う波力の作用時において、集水桝と防波壁との定着を確保するために使用することを目的とする。使用環境として屋外（気中）において使用する。	エポキシアクリレート樹脂

#### 3.2 定着材の適切性の確認

定着材に使用されている材料は、[JIS K 6850 引張せん断強さ]、[JIS K 7111 衝撃強さ]、[JIS K 7112 比重]、[JIS K 7161 引張強さ]、[JIS K 7171 曲げ強さ]、[JIS K 7181 圧縮強さ]、[JIS K 7215 硬度]に基づいた試験を実施しており、強度を確保する上で適切な材料であることを確認した。

### 3.3 定着材の使用条件の適用性確認

定着材の使用条件について、メーカーが示す適用範囲等の確認結果について表 3-3 に示す。集水柵を防波壁に固定するアンカー筋 (D29) は、このメーカーが示す使用条件の適用範囲内であることから適用できることを確認した。

表 3-3 定着材の使用条件の適用性

項目		メーカー 適用範囲等	アンカーの設置状況	適用範囲への 適用性
メーカー		旭化成株式会社	旭化成株式会社	○
製品名称		AR ケミカルセッター EA-500	AR ケミカルセッター EA-500	○
アンカーの種類		有機系注入方式	有機系注入方式	○
材料	接着剤	エポキシアクリレート樹脂	エポキシアクリレート樹脂	○
	アンカー筋	D6~D51	D29	○
	母材	コンクリート	コンクリート	○
設計	設計法	許容応力度法	許容応力度法	○
	定着長	4d~20d	348mm (12d)	○
判定				○

### 3.4 メーカーによる引張・せん断耐力の評価式について

定着材は「あと施工アンカー標準試験法・同解説（日本建築あと施工アンカー協会）」に規定されている性能試験を実施した上で、アンカー強度の許容限界の設定を実施している。

屋外排水路逆止弁のアンカー設計のうち、集水柵を防波壁に固定するアンカー筋 (D29) は設計においては、許容引張力は式(1)、許容せん断力は式(2)により許容限界を設定する。これ以外のアンカー設計については、各種合成構造設計指針・同解説により許容限界を設定する。

許容引張荷重

$$\left. \begin{aligned} P_a &= \min(P_{a1}, P_{a2}, P_{a3}) \\ P_{a1} &= d_1 \times s \sigma y \times sca \\ P_{a2} &= d_2 \times 0.75 \times P_U \\ P_{a3} &= d_3 \times 0.75 \times \tau_B \times \pi \times d \times L \end{aligned} \right\} (1)$$

$P_{a1}$  : ボルトの降伏により決まる許容引張荷重 (N)

$P_{a2}$  : コンクリートの破壊により決まる許容引張荷重 (N)

$P_{a3}$  : AR ケミカルセッターの付着破壊により決まる許容引張荷重 (N)

$d_i$  : 低減係数 (短期 :  $d_1=1.0$ ,  $d_2=d_3=0.6$ )

$s \sigma y$  : アンカーボルトの降伏強度 (N/mm<sup>2</sup>)

$sca$  : アンカーボルトの軸部断面積とねじ部有効断面積のうち小さい方の値 (mm<sup>2</sup>)

$P_U$  : 最大引張強度 (N)

$$P_U = 0.31 \times \sqrt{F_c} \times A_c$$

$A_c$  : 有効水平投影面積 (mm<sup>2</sup>)

$$A_c = \pi \times L_c \times (L_c + d)$$

$L_c$  : コンクリートのコーン状破壊を想定した場合のコーン頂点深さ

$$L_c = 180 + 0.6 \times (L - 180)$$

$F_c$  : コンクリート圧縮強度 (N/mm<sup>2</sup>)

0.75 : 各種アンカーボルト設計指針(建築学会)のメカニカルアンカーボルトに準拠(施工係数)

$\tau_B$  : 単位面積あたりの平均付着強度 (N/mm<sup>2</sup>)。  $\tau_B = \alpha_2 \times \sqrt{F_c/21}$

$\alpha_2$  : 付着強度係数  $\alpha_2 = 12$  (乾孔)

$L$  : 埋込み長 (mm)

$d$  : アンカー径 (mm)

許容せん断荷重

$$\left. \begin{array}{ll} \text{埋込み長が } 7d \text{ 以上} & Q_{a1} = ds_1 \times 0.7 \times s \sigma y \times sca \\ \text{埋込み長が } 7d \text{ より短い} & Q_{a1} = ds_2 \times 0.4 \times sca \times \sqrt{Ec \times Fc} \\ \text{へりあき寸法} < \text{埋込み長} & Q_{a2} = ds_3 \times 0.23 \times \sqrt{Fc} \times Ac_1 \end{array} \right\} (2)$$

$Q_{a1}$  : 許容せん断荷重 (N)

$Q_{a2}$  : コンクリート破壊 (へりあき寸法小) による場合の許容せん断力 (N)

$ds_1$  : 低減係数 (短期 :  $ds_1 = 1.0$ ,  $ds_2 = ds_3 = 0.6$ )

$s \sigma y$  : アンカーボルトの降伏荷重 ( $N/mm^2$ )

$sca$  : アンカーボルトのせん断を受ける部分の断面積 ( $mm^2$ )

ただし, ねじ部がせん断を受ける場合は, 有効断面積 ( $mm^2$ )

$Fc$  : コンクリート圧縮強度 ( $N/mm^2$ )

$Ec$  : コンクリートのヤング係数  $2.1 \times 10^4 (N/mm^2)$

$Ac_1$  : 有効投影面積 ( $mm^2$ ) 。  $A_{qc} = 1/2 \times \pi \times a^2$

$a$  : へりあき長 (mm)



#### 4. 指針による許容限界とアンカーメーカーによる許容限界の比較

メーカーが財団法人建材試験センターに委託した性能試験の結果と合わせ、メーカー評価式及び各種合成構造設計指針・同解説による計算結果を整理することで、計算式の連続性を確認するとともにメーカー評価式の適用性を示す。

##### 4.1 性能試験の概要

メーカーによる当該アンカーに関する性能試験は、「あと施工アンカー標準試験法・同解説（日本建築あと施工アンカー協会）」にアンカー径や長さを変えて2回（平成9年度及び平成18年度）実施されている。性能試験概要を表4-1に示す。

表 4-1 メーカーによる性能試験概要

実施年度	対象
平成9年度	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 異形棒鋼 D10, D13, D16, D19, D22, D25, D32, D38</li><li>・ 定着長：60mm～220mm</li><li>・ 呼び強度：21</li><li>・ 引き抜き：各3本，せん断：各2本</li></ul>
平成18年度	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 異形棒鋼 D10, D13, D16, D19, D22, D25</li><li>・ 定着長：80mm～200mm</li><li>・ 呼び強度：21</li><li>・ 引き抜き：各5本，せん断：各5本</li></ul>

##### 4.1.1 試験方法

###### (1) 引張試験

試験方法を図4-1に示す。試験は、反力台上に取り付けたセンターホール型ロードセル及びオイルジャッキを用いてアンカー筋に引張荷重を加え、最大荷重を求めている。また、変位計（精度0.01mm）を用いて変位を測定し、荷重-変位曲線を求めている。

###### (2) せん断試験

試験方法を図4-2に示す。試験は、反力台上に取り付けたセンターホール型ロードセル及びオイルジャッキを用いてアンカー筋にせん断荷重を加え、最大荷重を求めている。また、変位計（精度0.01mm）を用いて変位を測定し、荷重-変位曲線を求めている。

(参考) 1-19

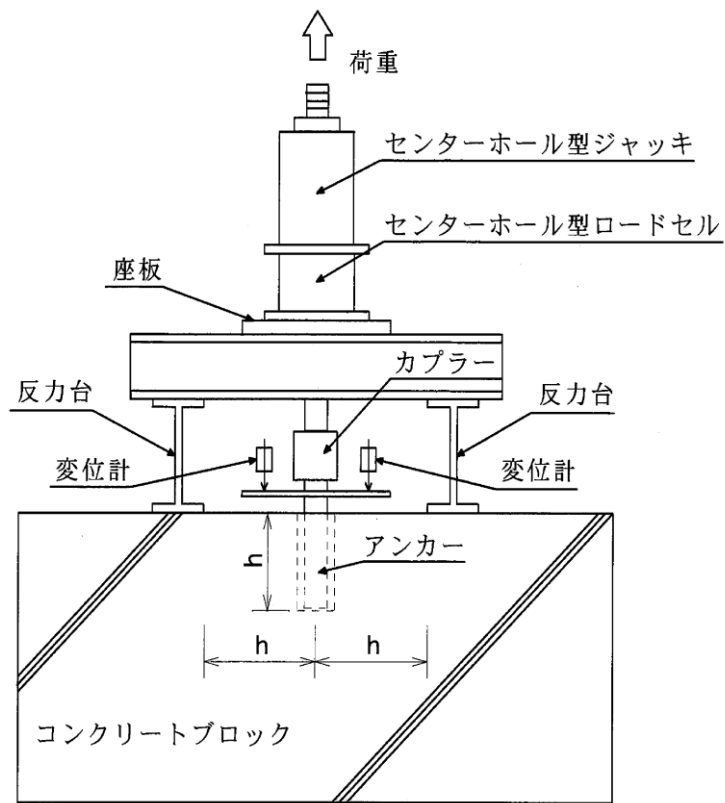


図 4-1 引張試験方法

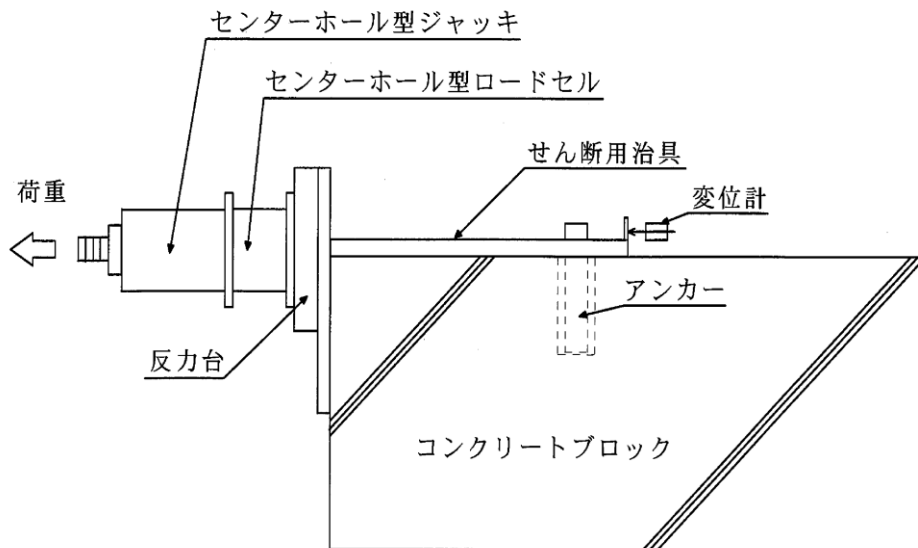


図 4-2 せん断試験方法

#### 4.1.2 試験体（アンカーサイズ）

試験体は、コンクリートブロックに接着系アンカーを用いてアンカー筋を定着したものである。使用した接着系アンカー、アンカー筋及びコンクリート等の名称、商品名、施工条件及び数量等を整理した試験体概要を表 4-2 に示す。

表 4-2 (1) 試験体概要（平成 9 年度）

名称	商品名	アンカー筋		施工条件		コンクリート	数量
		異形棒鋼	記号	穿孔径 mm	定着長 mm		
樹脂注入型アンカー	AR ケミカルセッター IS	D10	SD295A	d12	60	材齢： 28 日 呼び強度：21	引張： 各 3 本 せん断： 各 2 本
		D13	SD345	d16	70		
		D16		d20	100		
		D19		d24	120		
		D22		d28	130		
		D25		d32	150		
		D32		d40	180		
		D38		d48	220		

表 4-2 (2) 試験体概要（平成 18 年度）

名称	商品名	アンカー筋		施工条件		コンクリート	数量
		異形棒鋼	記号	穿孔径 mm	定着長 mm		
樹脂注入型アンカー	AR ケミカルセッター IS-SYSTEM EA-500	D10	SD345	d12	80	呼び強度：21	引張： 各 5 本 せん断： 各 5 本
		D13		d16	100		
		D16		d20	130		
		D19		d24	160		
		D22		d28	180		
		D25		d32	200		

#### 4.1.3 性能試験結果

メーカーが実施した引張及びせん断に関する試験結果を表 4-3 に示す。

表 4-3 (1) 性能試験結果 (平成 9 年度)

呼び名	試験結果*	
	引張 (kN) n=3	せん断 (kN) n=2
D10	25.5~27.8 (26.7)	20.7~27.5 (24.1)
D13	32.3~41.6 (37.3)	42.9~45.3 (44.1)
D16	59.6~64.1 (61.2)	83.1~86.3 (84.7)
D19	82.2~94.1 (89.2)	124~127 (126)
D22	101~116 (107)	156~171 (164)
D25	88.5~135 (114)	200~207 (204)
D32	220~230 (226)	333~359 (346)
D38	296~363 (328)	485~521 (503)

注記\* : ( ) 内は平均値を表す。

表 4-3 (2) 性能試験結果 (平成 18 年度)

呼び名	試験結果*	
	引張 (kN) n=5	せん断 (kN) n=5
D10	34.9~37.6 (36.1)	26.9~32.0 (29.6)
D13	54.0~60.0 (57.2)	55.4~58.4 (57.6)
D16	88.7~110 (102)	84.5~89.5 (86.2)
D19	115~151 (135)	136~146 (138)
D22	126~210 (150)	170~183 (176)
D25	184~235 (201)	201~251 (230)

注記\* : ( ) 内は平均値を表す。

#### 4.2 連続性・適用性の確認

屋外排水路逆止弁のアンカー設計においては、アンカー筋の径の違いにより、異なる指針等を適用するため、各種合成構造設計指針・同解説に記載されている許容応力の評価式及びメーカー評価式による引張及びせん断耐力、また、メーカーが実施した性能試験の結果を呼び径毎に比較し、両評価式の連続性を確認した。

両評価式による計算については、メーカーによる性能試験が実施された条件を基に、表 4-4 に示すアンカーの種類において、メーカー評価式と各種合成構造設計指針・同解説による引張及びせん断耐力の数値を算出した。

表 4-4 耐力評価式の対象

指針等	AR ケミカルセッター総合技術資料	各種合成構造設計指針・同解説 第 4 編 各種アンカーボルト設計指針・解説
種類	・ 注入型アンカー ・ EA シリーズ	・ 接着系アンカーボルト

両評価式による引張・せん断耐力及び試験結果の比較を表 4-5 及び図 4-3 に示す。計算値は、メーカーが実施した呼び径毎の性能試験の結果を基に算出しており、比較結果は次のとおりである。

- ①両評価式の引張・せん断耐力は、呼び径の増加とともに増加する。両評価式を比較した場合、算出される耐力に大きな差はないものの、引張耐力では各種合成設計構造指針・同解説で算出した耐力が小さい値となり、せん断耐力ではメーカー評価式で算出した耐力が小さい値となった。
- ②各種合成設計構造指針・同解説の適用範囲外（D25 を超える範囲）となる、屋外排水路逆止弁で採用しているアンカー筋 D29 について、適用可能と仮定した場合（図 4-3 に示す△）においても①と同じ傾向になる。

以上により、両評価式により算出される耐力は、性能試験の結果に比べ十分保守的な耐力を算出する評価式であること、また、どちらか一方の評価式が保守的と言える関係にあるものではないことから、屋外排水路逆止弁で採用している各種合成設計構造指針・同解説の適用範囲外となるアンカー筋(D29)の耐力の算出については、メーカー評価式が適用可能と判断する。

(参考) 1-23

表 4-5 (1) 評価式による耐力と試験結果の比較 (平成 9 年度)

呼び径	引張 (kN)					せん断 (kN)				
	各種合成	比較	メーカー	比較	試験結果	メーカー	比較	各種合成	比較	試験結果
D10	5.9	<	8.4	<	26.7	11.4	<	15.8	<	24.1
D13	8.4		11.7		37.3	20.2		28.0		44.1
D16	16.0		23.3		61.2	31.7		44.0		84.7
D19	22.8		33.5		89.2	45.7		63.4		125.5
D22	27.7		39.7		107.3	61.7		85.7		163.5
D25	36.7		52.7		113.8	80.8		112.2		203.5
D32	—	—	76.6		226.3	126.6	—	—		346.0
D38	—	—	99.1		328.0	181.7	—	—		503.0

表 4-5 (2) 評価式による耐力と試験結果の比較 (平成 18 年度)

呼び径	引張 (kN)					せん断 (kN)				
	各種合成	比較	メーカー	比較	試験結果	メーカー	比較	各種合成	比較	試験結果
D10	8.8	<	13.6	<	36.1	11.4	<	15.8	<	29.6
D13	14.1		22.1		57.2	20.2		28.0		57.6
D16	23.0		35.3		102.0	31.7		44.0		86.2
D19	34.0		51.6		135.0	45.7		63.4		139.0
D22	43.9		67.2		150.0	61.7		85.7		176.0
D25	55.0		83.7		201.0	80.8		112.2		230.0

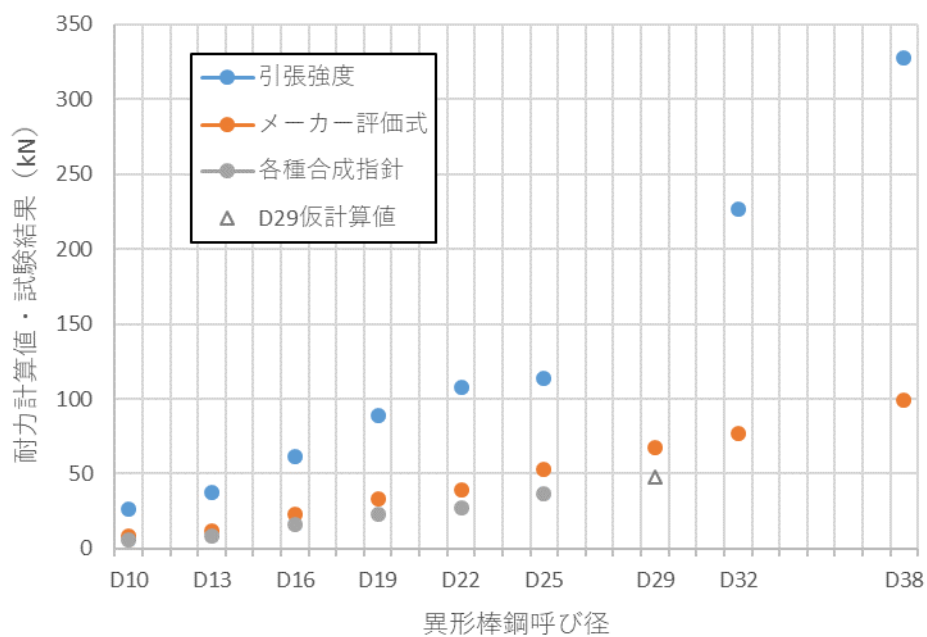


図 4-3 (1) 評価式による耐力と試験結果の比較 (引張, 平成 9 年度)

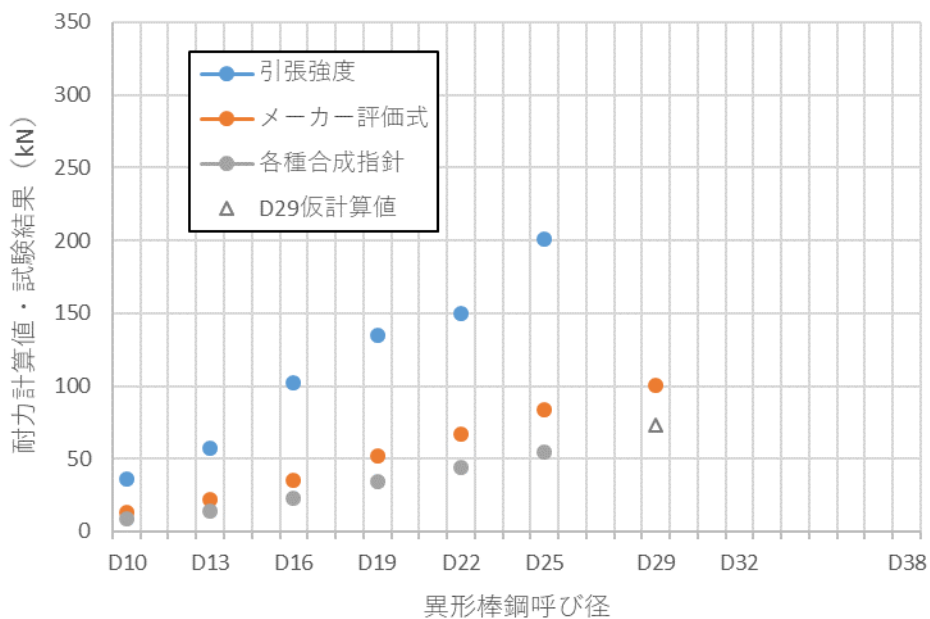


図 4-3 (2) 評価式による耐力と試験結果の比較 (引張, 平成 18 年度)

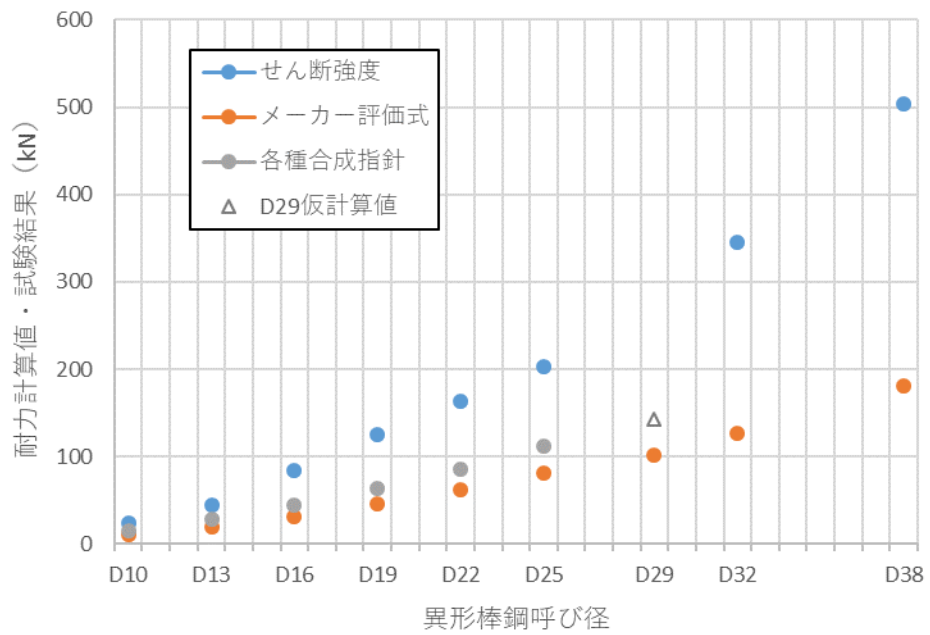


図 4-3 (3) 評価式による耐力と試験結果の比較 (せん断, 平成 9 年度)

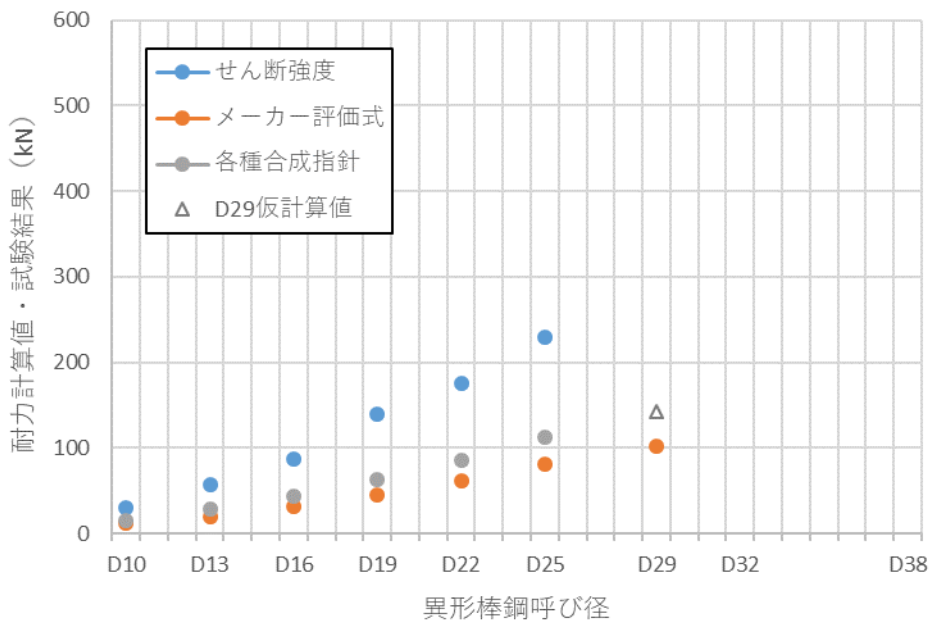


図 4-3 (4) 評価式による耐力と試験結果の比較 (せん断, 平成 18 年度)



## 5. L型アンカー試験

### 5.1 概要

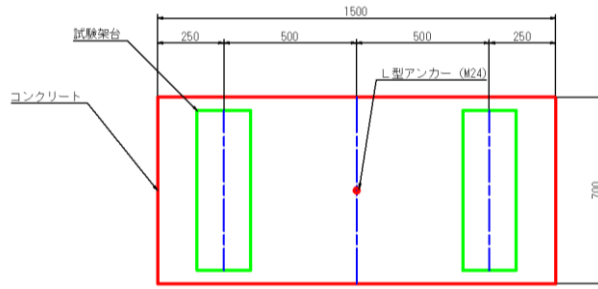
屋外排水路逆止弁を集水桝に固定する特殊アンカー（L型アンカー）は、個別の試験により耐力を設定するため、母材引張試験、埋設引張試験及び埋設せん断試験を実施した。

### 5.2 試験方法

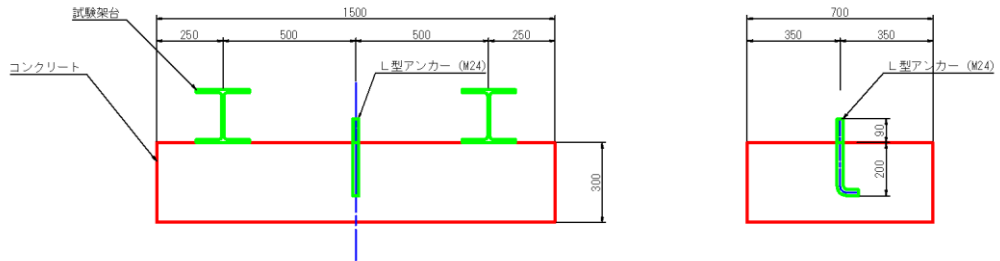
#### 5.2.1 試験体

L型アンカー（M24，SUS316L）は、アンカーが固定される戸当り部コンクリート（厚さ300mm）に、定着長200mmで設置している。試験体の作成については、実機に合わせ、コンクリートの呼び強度、定着長及びコンクリート厚さ等を考慮し、埋設引張試験用5試験体、埋設せん断試験用6試験体を作成した。また、両試験に先行し、母材引張試験（3本）を実施した。

埋設引張試験及び埋設せん断試験の試験体構造図を図5-1に示す。

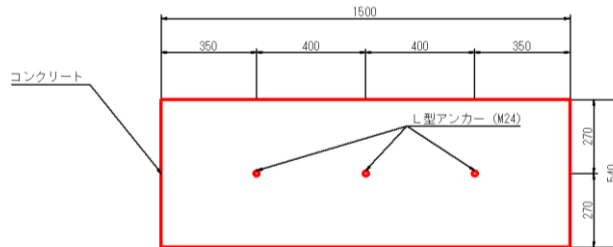


(平面図)

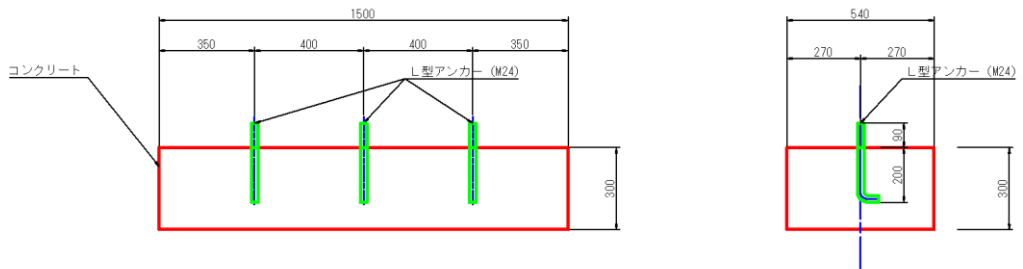


(断面図)

図 5-1 (1) 埋設引張試験の試験体構造図



(平面図)



(断面図)

図 5-1 (2) 埋設せん断試験の試験体構造図

(参考) 1-28

### 5.2.2 試験方法

埋設引張試験及び埋設せん断試験は、「あと施工アンカー標準試験方法・同解説（日本建築あと施工アンカー協会）」に基づいた試験方法である「コンクリートのあと施工アンカー工法の設計・施工指針（案）7章 あと施工アンカーの試験方法（土木学会）」に準拠して実施した。

#### (1) 母材引張試験

試験写真を図5-2に示す。写真に示すように、L型アンカーの両端部を試験機に固定して引張荷重を加え、最大荷重を求めた。また、変位計（精度0.01mm）を用いて変位を測定し、応力－ひずみ曲線を求めた。

#### (2) 埋設引張試験

試験写真を図5-3に示す。写真に示すように、反力台上に取り付けたセンターホール型ロードセル及びオイルジャッキを用いてL型アンカーに引張荷重を加え、最大荷重を求めた。また、変位計（精度0.01mm）を用いて変位を測定し、荷重－変位曲線を求めた。

#### (3) 埋設せん断試験

試験写真を図5-4に示す。写真に示すように、反力台上に取り付けたセンターホール型ロードセル及びオイルジャッキを用いてL型アンカーにせん断荷重を加え、最大荷重を求めた。また、変位計（精度0.01mm）を用いて変位を測定し、荷重－変位曲線を求めた。



図 5-2 母材引張試験 (写真)



図 5-3 埋設引張試験 (写真)

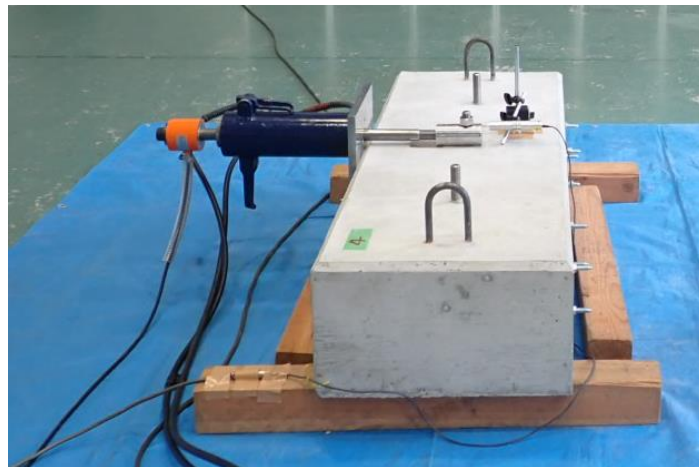


図 5-4 埋設せん断試験 (写真)

(参考) 1-30

### 5.3 試験結果及び許容限界の設定

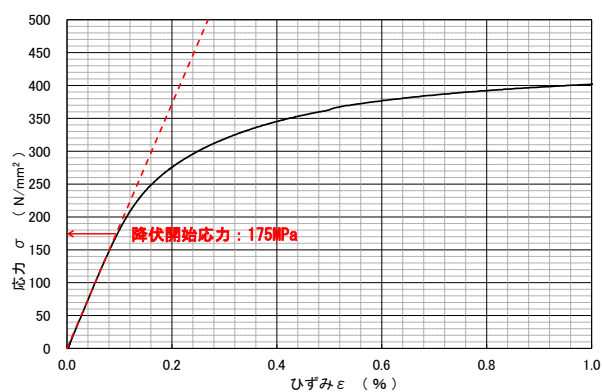
#### (1) 母材引張試験

母材引張試験により得られた耐力設定値を表 5-1 に、応力-ひずみ曲線を図 5-5 に示す。母材の降伏強度として、59.0kNを確認した。

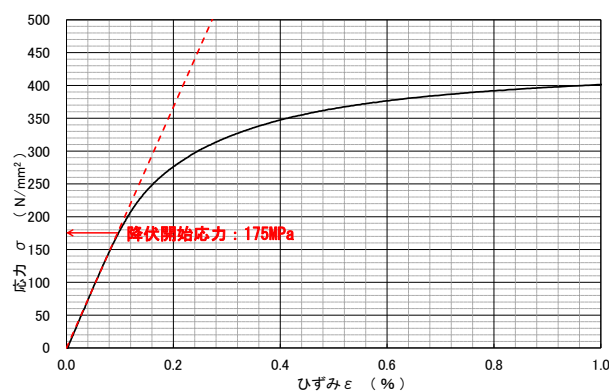
表 5-1 耐力設定値 (母材引張試験)

試験回数	母材の降伏開始応力 (N/mm <sup>2</sup> )	母材の降伏強度 (kN) *
1 回目	175.0	59.0
2 回目	175.0	59.0
3 回目	175.0	59.0
最小値		59.0

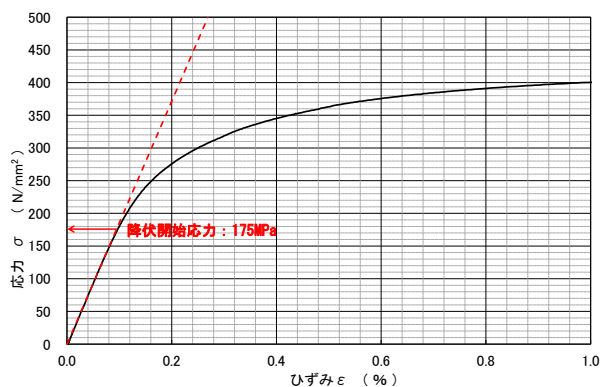
注記\* : 母材の降伏強度 = 母材の降伏開始応力 × L 型アンカー M24 断面積 (338.23mm<sup>2</sup>)



(1 回目)



(2 回目)



(3 回目)

図 5-5 応力-ひずみ曲線図(母材引張試験)

(参考) 1-31

(2) 埋設引張試験及び引張耐力の設定

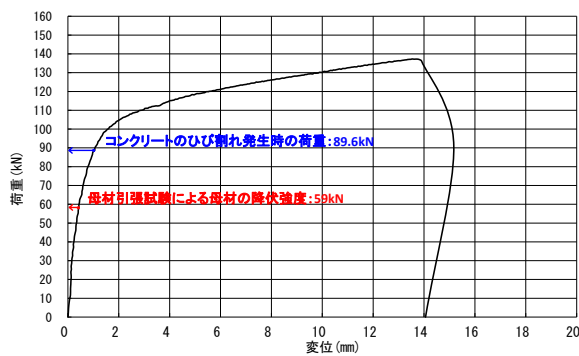
埋設引張試験により得られた耐力設定値を表 5-2 に、荷重－変位曲線を図 5-6 に示す。埋設引張試験の結果、いずれのケース

においても、コンクリートのひび割れ発生時の荷重は、母材の引張試験による降伏強度を上回る結果となった。

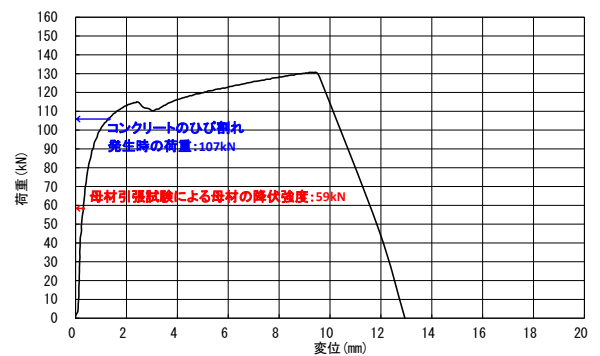
よって、引張耐力としては、母材引張試験による降伏強度の最小値である 59.0kN を設定する。

表 5-2 耐力設定値（埋設引張試験）

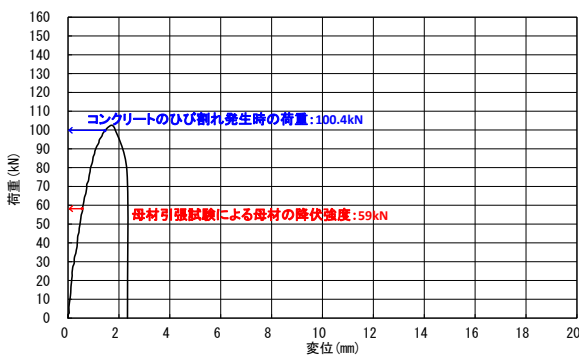
試験回数	コンクリートのひび割れ発生時の荷重 (kN)	母材引張試験による母材の降伏強度 (kN)
1 回目	89.6	59.0
2 回目	107.0	
3 回目	100.4	
最小値	59.0 (引張耐力)	



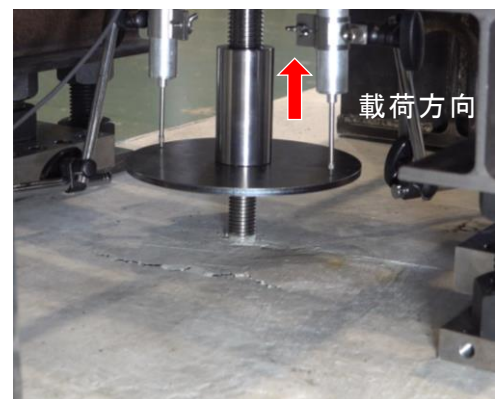
(1 回目)



(2 回目)



(3 回目)



(参考) コンクリートのひび割れ状況

図 5-6 荷重－変位曲線図(埋設引張試験)

(参考) 1-32

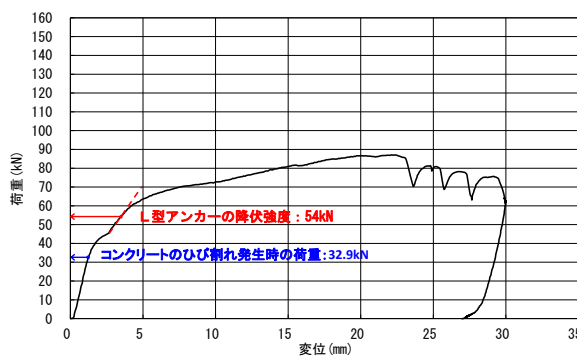
(3) 埋設せん断試験及びせん断耐力の設定

埋設せん断試験により得られた耐力設定値を表 5-3 に、荷重-変位曲線を図 5-7 に示す。埋設せん断試験の結果、いずれのケースにおいても、せん断方向の载荷に伴い、L型アンカーの根本部分のコンクリートのひび割れが発生し、変位が増加することで、荷重-変位曲線の折れ点となり、その後、再び線形状態となり、母材であるL型アンカーが降伏に至る結果となった。

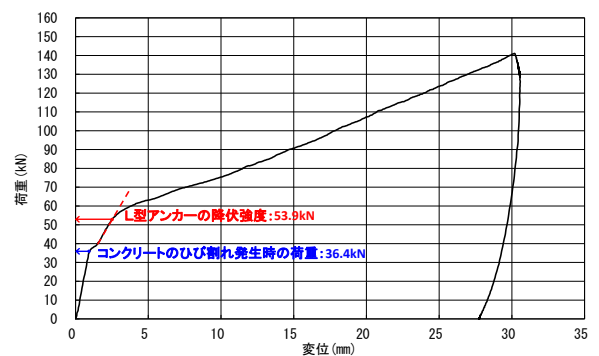
よって、せん断耐力としては、コンクリートのひび割れ発生時の荷重の最小値である 27.1kN を設定する。

表 5-3 耐力設定値（埋設せん断試験）

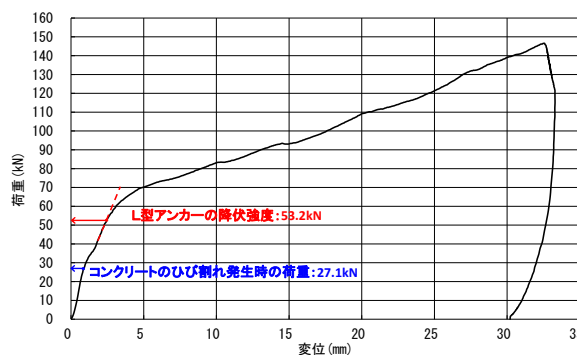
試験回数	コンクリートのひび割れ発生時の荷重 (kN)	L型アンカーの降伏強度 (kN)
1回目	32.9	54.0
2回目	36.4	53.9
3回目	27.1	53.2
最小値	27.1 (せん断耐力)	



(1回目)



(2回目)



(3回目)



(参考) コンクリートのひび割れ状況

図 5-7 荷重-変位曲線図(埋設せん断試験)

(参考) 1-33

6. まとめ

アンカーの設計に用いる指針等の適用性の検討結果を表 6-1 に示す。審査実績のある各種合成設計構造指針・同解説を基本として適用するが、適用範囲外となるアンカー筋 (D29) については、適用性を確認したメーカー評価式により許容限界を設定する。

また、特殊アンカー (L 型アンカー) については、「5. L 型アンカー試験」に示す試験結果に基づき表 6-2 のとおり、引張及びせん断に関する許容限界を設定する。

表 6-1 指針等の適用性の検討結果 (屋外排水路逆止弁)

■ : 各種合成構造設計指針・同解説, ■ : メーカー評価式

設備名称	逆止弁の戸当り部又は集水柵への固定部	戸当部の集水柵への固定部	集水柵の防波壁への固定部	集水柵蓋の固定部
屋外排水路逆止弁①	特殊アンカー (L 型アンカー) (M24)	接着系アンカー (アンカー筋) (D22)	■ 接着系アンカー (アンカー筋) (D29)	■ 頭付きアンカー (M24)
屋外排水路逆止弁②				
屋外排水路逆止弁③				
屋外排水路逆止弁④				
屋外排水路逆止弁⑤				
屋外排水路逆止弁⑥				
屋外排水路逆止弁⑦	■ 接着系アンカー (M16)	-	■ 接着系アンカー (アンカー筋) (D25)	■ 頭付きアンカー (M20)
屋外排水路逆止弁⑧-1	■ 接着系アンカー (M12)			
屋外排水路逆止弁⑧-2	■ 接着系アンカー (M16)			
屋外排水路逆止弁⑨	特殊アンカー (L 型アンカー) (M24)	■ 接着系アンカー (アンカー筋) (D22)	-	■ 頭付きアンカー (M24)
屋外排水路逆止弁⑩	■ 接着系アンカー (M16)	-	■ 接着系アンカー (アンカー筋) (D29)	
屋外排水路逆止弁⑪				
屋外排水路逆止弁⑫				
屋外排水路逆止弁⑬	■ 頭付きアンカー (M24)	■ 接着系アンカー (アンカー筋) (D22)	-	■ 頭付きアンカー (M20)

(参考) 1-34



表 6-2 L型アンカーの引張及びせん断に関する許容限界

設備名称	逆止弁の 集水桝への 固定部	引張耐力 (kN/本)	せん断耐力 (kN/本)
屋外排水路逆止弁 ①～⑥, ⑨	特殊アンカー (L型アンカー) (M24)	59.0	27.1

#### 2.4.1.2 屋外排水路逆止弁の強度計算書に関する補足説明

## 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	10
2.3 評価方針	16
2.4 適用規格・基準等	18
2.5 記号の説明	19
3. 評価対象部位	21
4. 構造強度評価	23
4.1 構造強度評価方法	23
4.2 荷重及び荷重の組合せ	23
4.2.1 荷重の設定	23
4.2.2 荷重の組合せ	23
4.3 許容限界	25
4.4 計算方法	27
4.4.1 屋外排水路逆止弁⑦, ⑧-1, ⑧-2, ⑩, ⑪, ⑫	27
4.4.2 屋外排水路逆止弁⑬	30
4.5 計算条件	36
4.6 応力計算	38
4.6.1 屋外排水路逆止弁⑦	38
4.6.2 屋外排水路逆止弁⑧-1	42
4.6.3 屋外排水路逆止弁⑧-2	46
4.6.4 屋外排水路逆止弁⑩, ⑪, ⑫	50
4.6.5 屋外排水路逆止弁⑬	54
5. 評価結果	64
6. 集水樹の強度評価	66
6.1 集水樹の構造概要	66
6.2 評価方針	74
6.2.1 集水樹	74
6.3 適用規格・基準等	77
7. 集水樹の強度評価方法	78
7.1 評価対象部位	78
7.2 荷重及び荷重の組合せ	78
7.2.1 荷重	78

7.2.2	荷重の組合せ	78
7.3	許容限界	80
7.3.1	集水桝	80
7.3.2	アンカー筋	80
7.3.3	接合鉄筋	81
7.3.4	集水桝蓋	81
7.3.5	アンカーボルト（集水桝蓋）	82
7.4	評価方法	83
7.4.1	集水桝（底版）の評価	83
7.4.2	集水桝（側壁）の評価	83
7.4.3	アンカー筋の評価	84
7.4.4	接合鉄筋の評価	84
7.4.5	集水桝蓋の評価	84
7.4.6	アンカーボルト（集水桝蓋）の評価	84
7.5	使用材料及び材料の物性値	85
8.	集水桝の強度評価結果	86
8.1	集水桝の曲げ軸力評価結果	86
8.2	集水桝のせん断力評価結果	96
8.3	アンカー筋の支持性能評価結果	98
8.4	接合鉄筋の支持性能評価結果	99
8.5	集水桝蓋の応力評価結果	100
8.6	アンカーボルト（集水桝蓋）の引張力評価結果	100

（参考資料1）強度計算書における荷重の組合せについて

## 1. 概要

本資料は、VI-3-別添 3-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の基本方針」に示すとおり、屋外排水路逆止弁が地震後の繰返しの襲来を想定した津波荷重及び余震を考慮した荷重に対し、構造部材の構造健全性を保持することを確認するものである。また、屋外排水路逆止弁が設置される集水柵は耐震重要度分類Sクラスの間接支持構造物としての機能が要求されることから、津波荷重及び余震を考慮した荷重に対して、構成する部材がおおむね弾性範囲にとどまることを確認するため、構造部材の健全性評価及び支持性能評価を行う。

以降、屋外排水路逆止弁（全14基）のうち、⑦、⑧-1、⑧-2及び⑩～⑬について示す。同①～⑥及び⑨については追而とする。

## 2. 一般事項

### 2.1 配置概要

屋外排水路逆止弁の設置位置及び屋外排水路逆止弁の構造概要図を図 2-1 に示す。

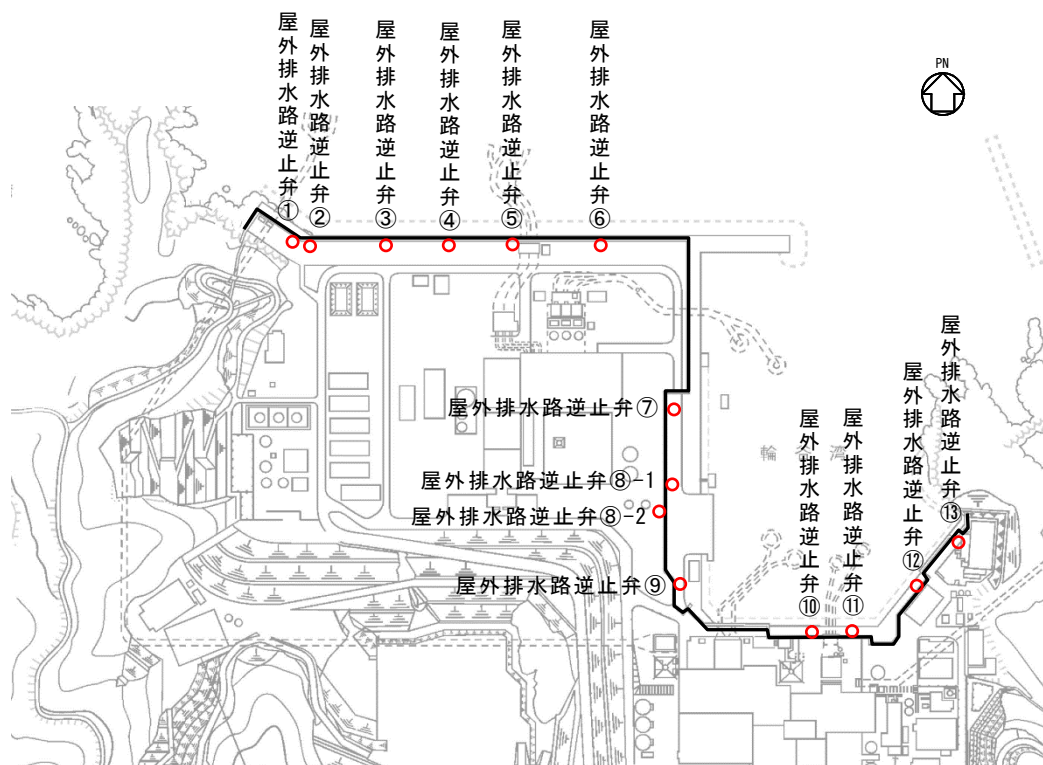
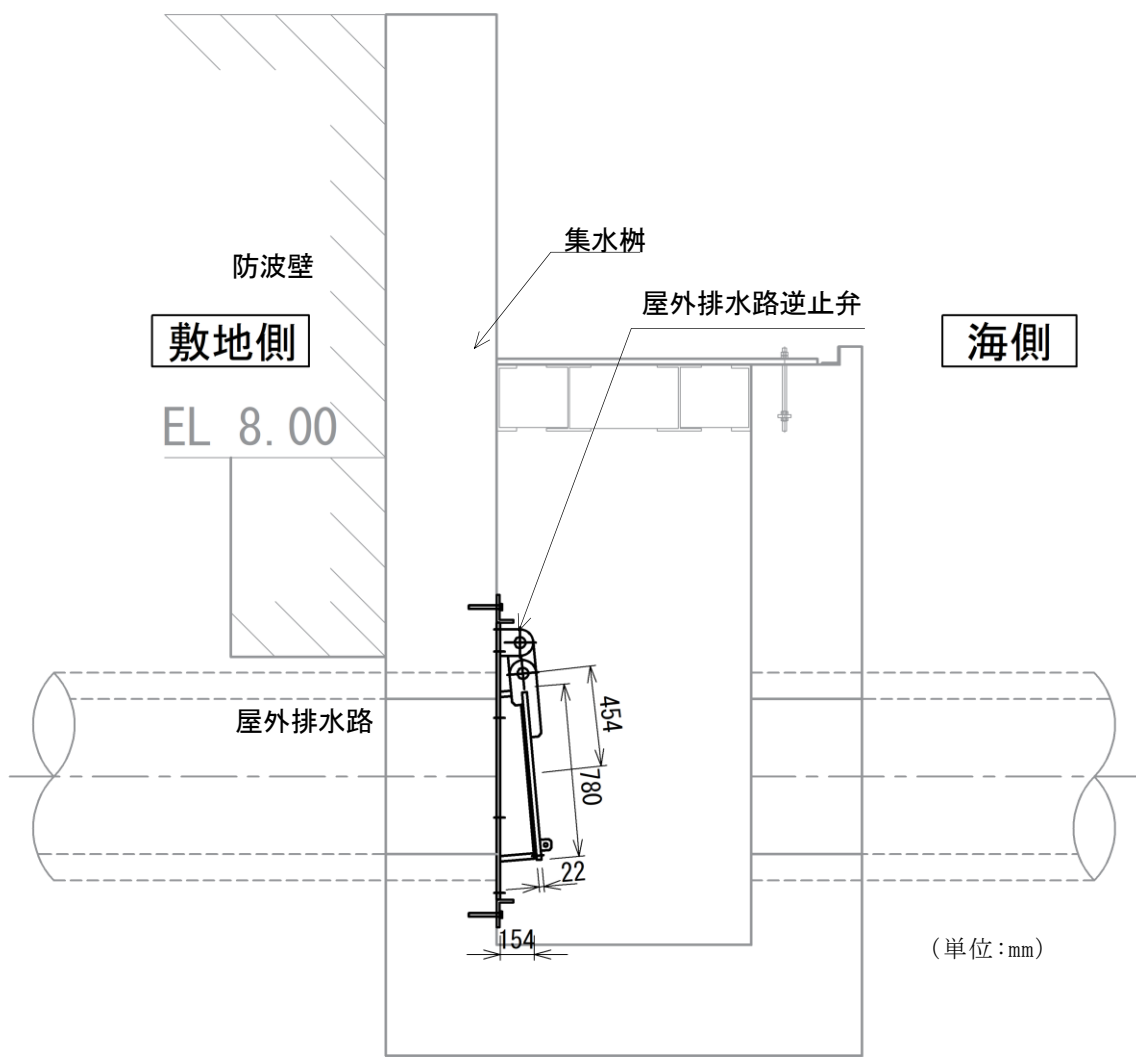
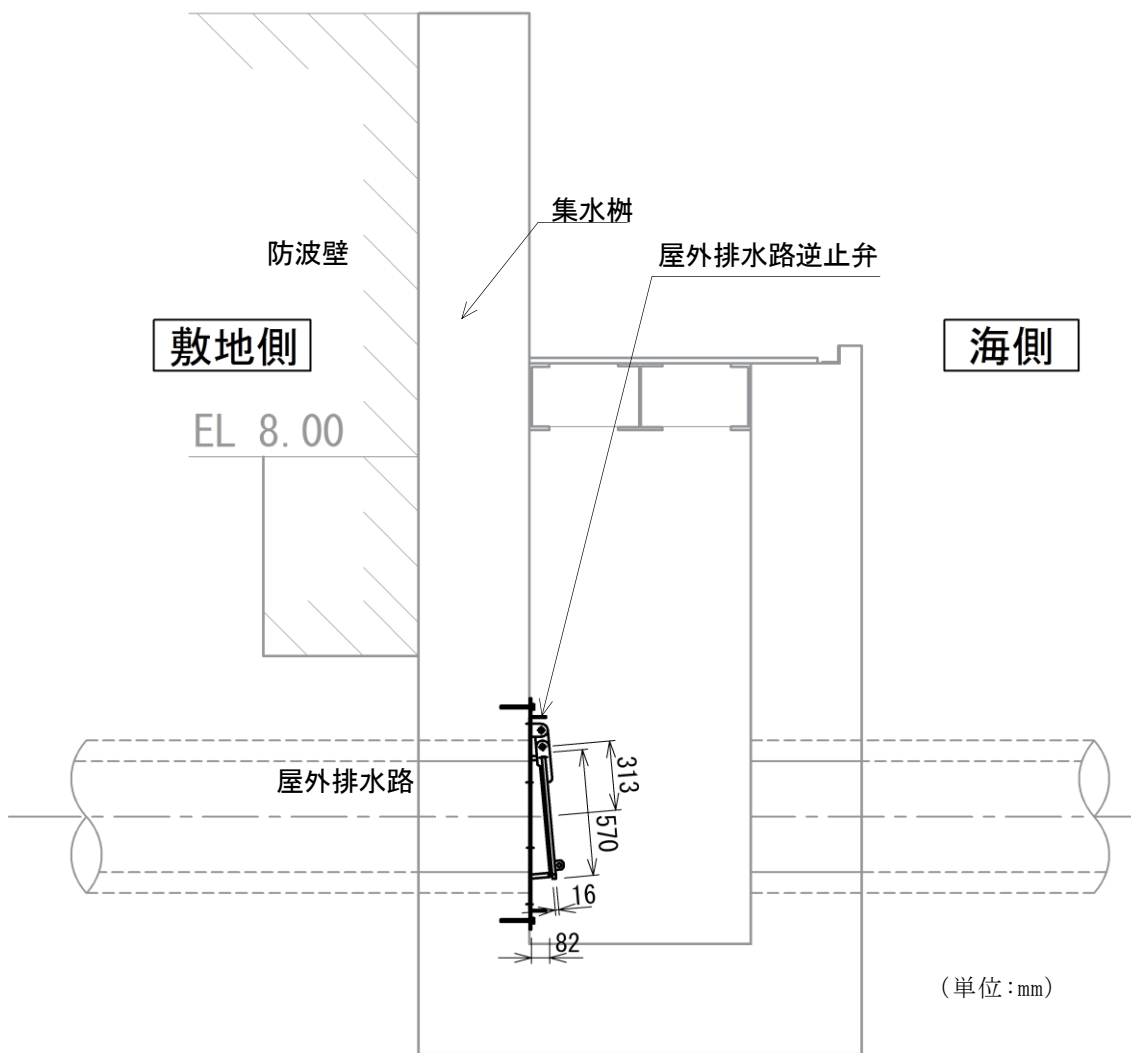


図 2-1(1) 屋外排水路逆止弁の設置位置



注：集水枂のアンカー筋固定のため EL 8.00 より下方に逆 T 擁壁のコンクリートを打ち増し

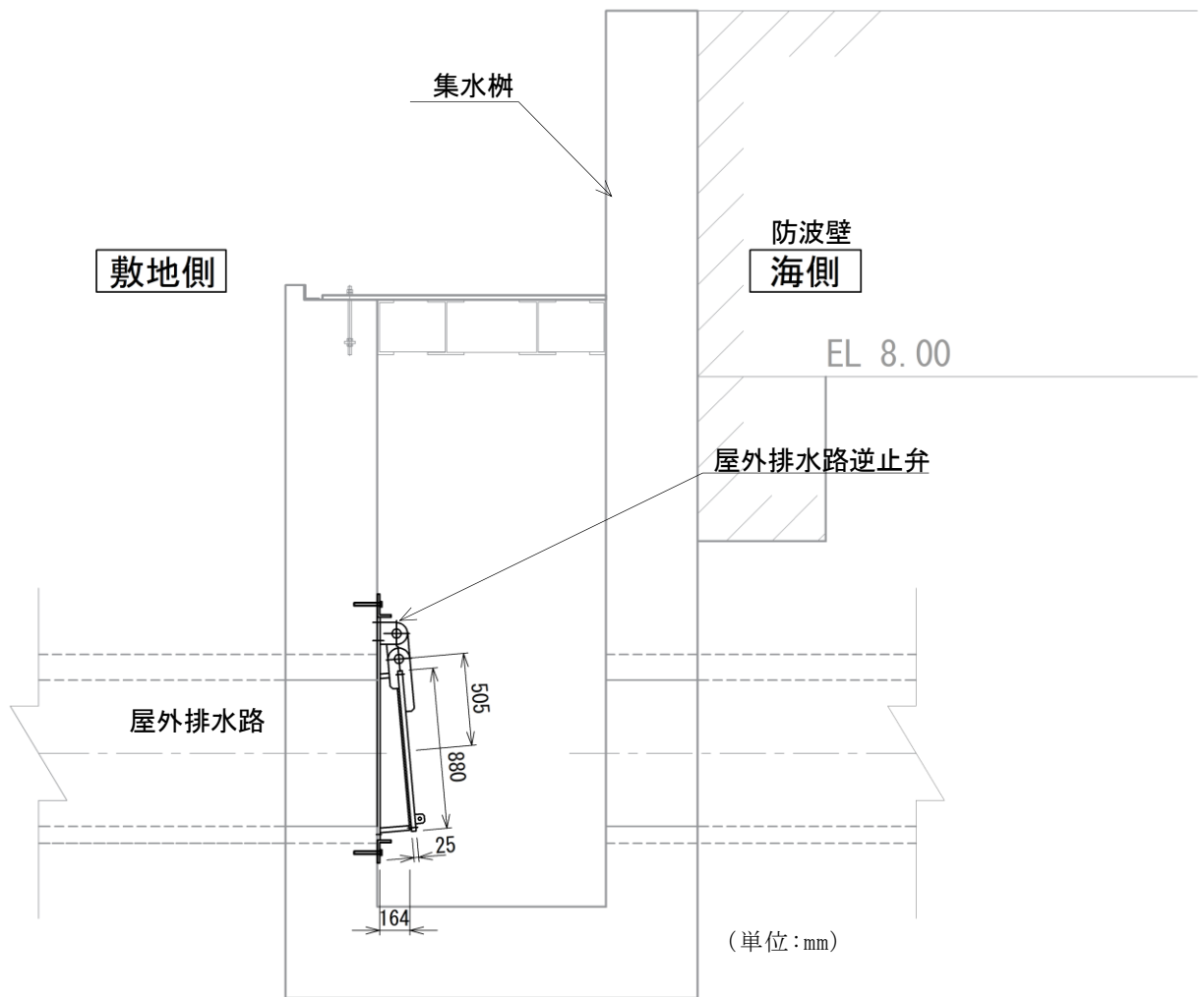
図 2-1(2) 屋外排水路逆止弁⑦の構造概要図



注：集水栴のアンカー筋固定のため EL 8.00 より下方に逆 T 擁壁のコンクリートを打ち増し

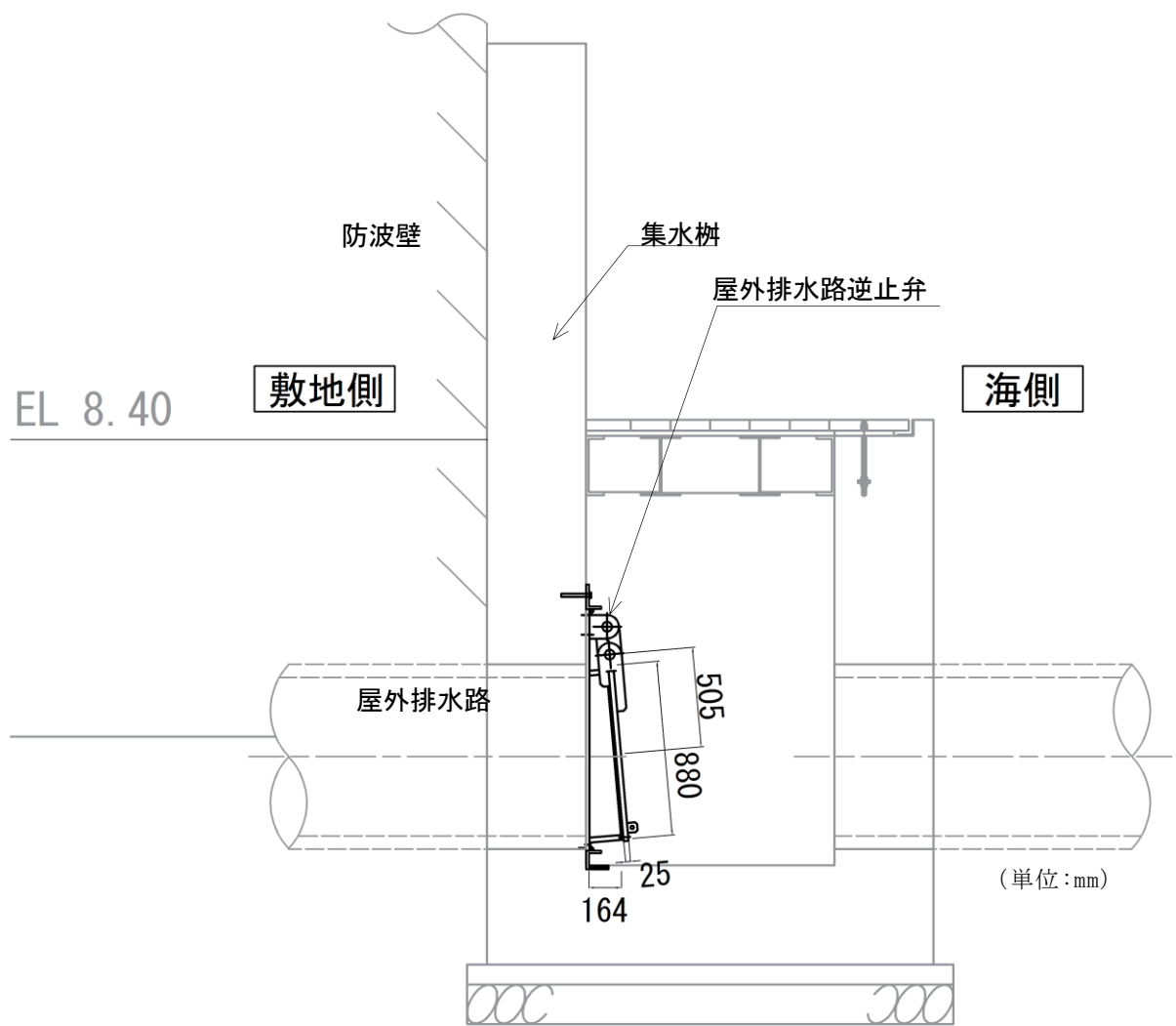
図 2-1(3) 屋外排水路逆止弁⑧-1 の構造概要図





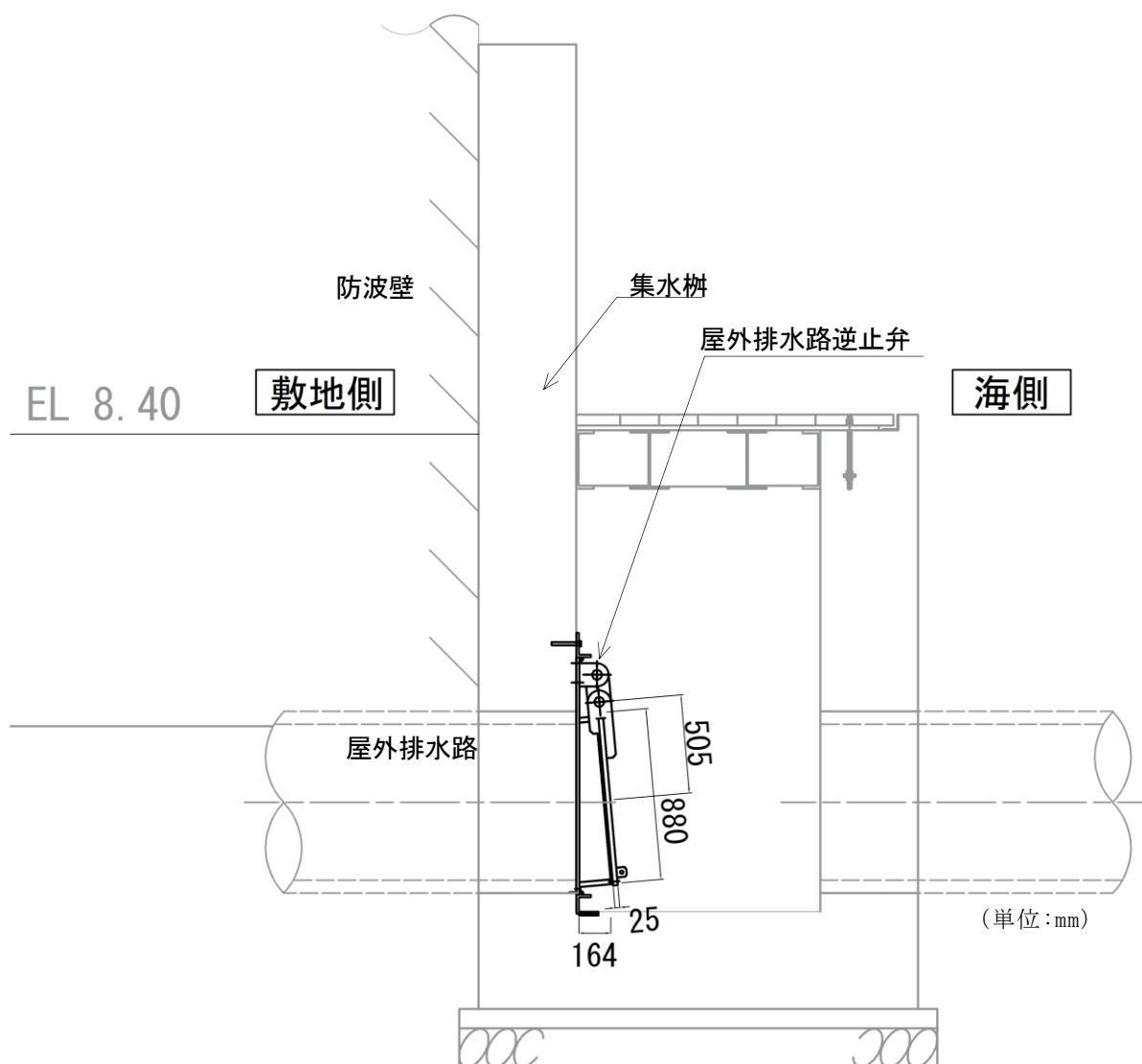
注：集水栴のアンカー筋固定のため EL 8.00 より下方に逆 T 擁壁のコンクリートを打ち増し

図 2-1(4) 屋外排水路逆止弁⑧-2 の構造概要図



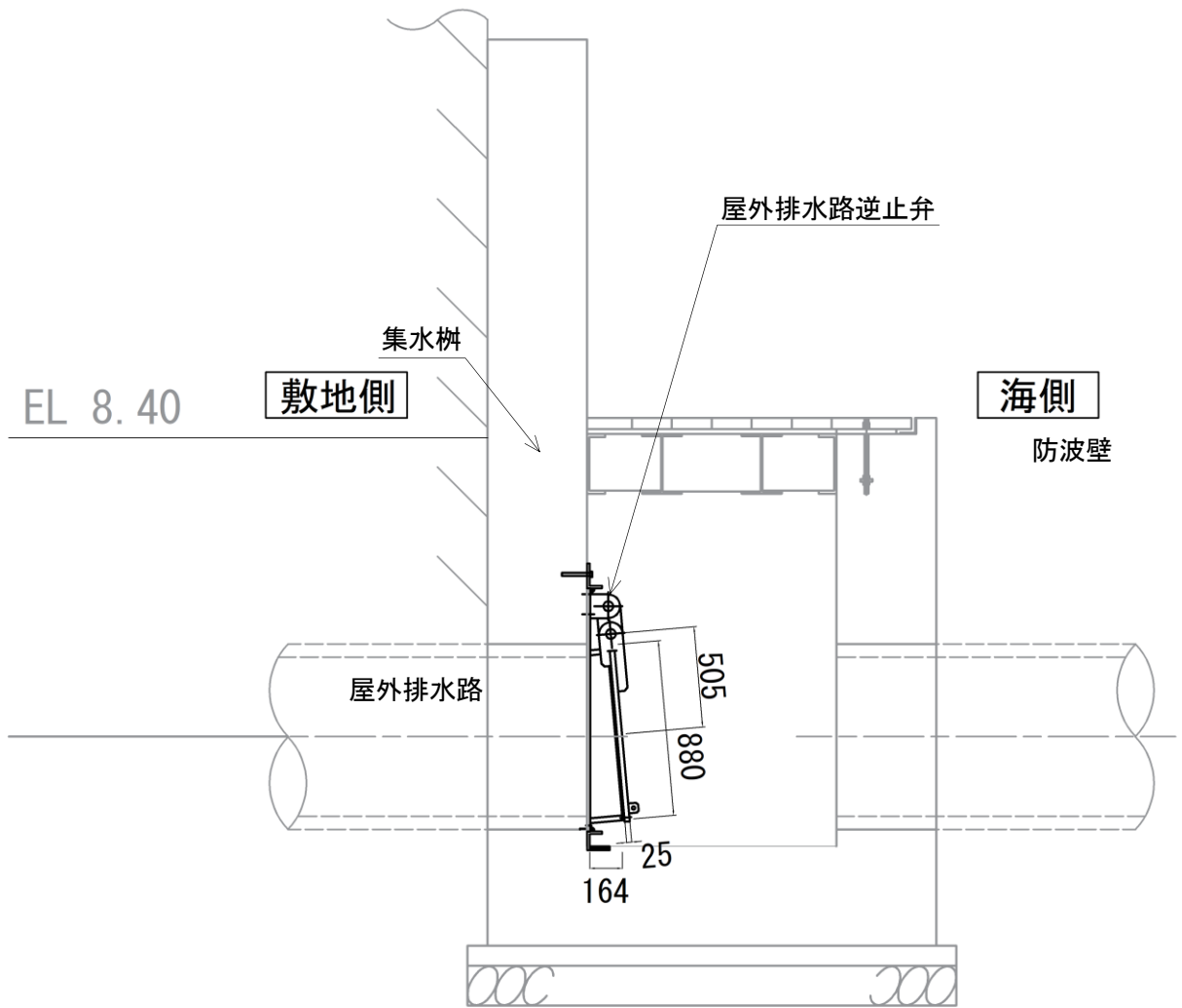
注：集水桝のアンカー筋固定のため EL 8.40 より下方に被覆コンクリートを打ち増し

図 2-1(5) 屋外排水路逆止弁⑩の構造概要図



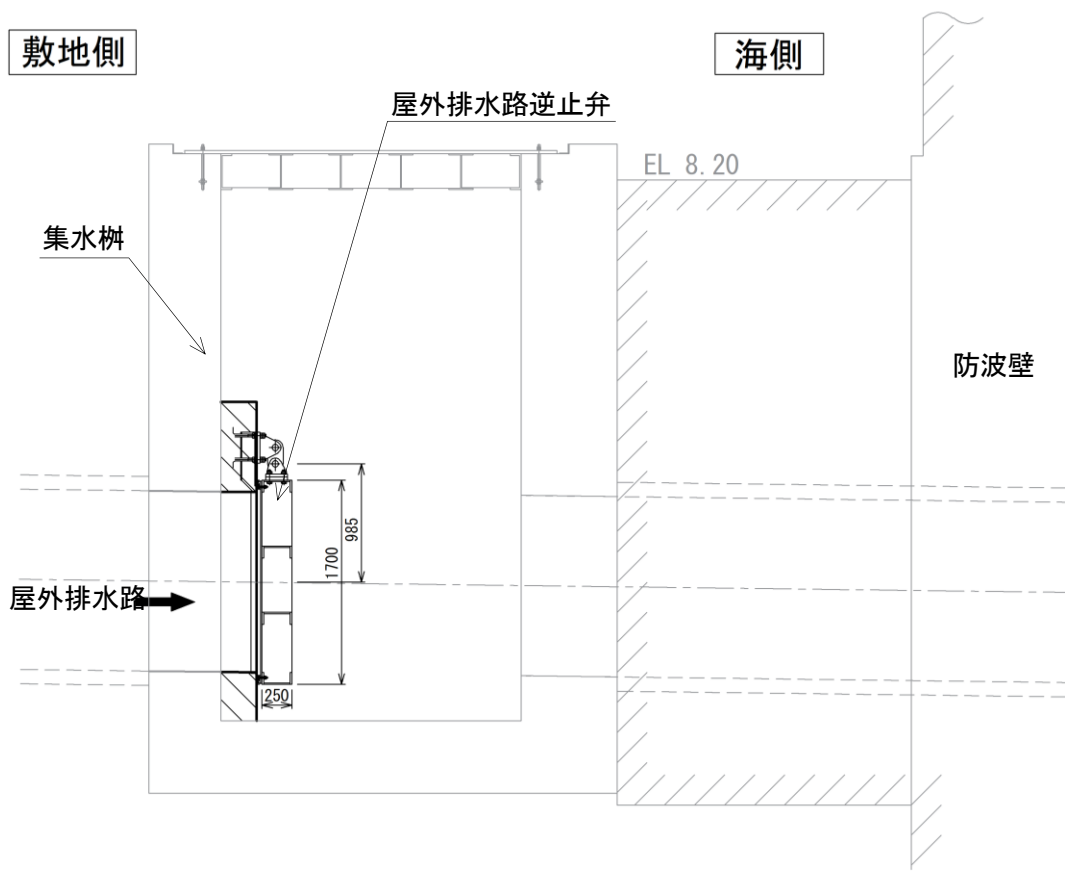
注：集水榘のアンカー筋固定のため EL 8.40 より下方に被覆コンクリートを打ち増し

図 2-1(6) 屋外排水路逆止弁①の構造概要図



注：集水枿のアンカー筋固定のため EL 8.40 より下方に被覆コンクリートを打ち増し

図 2-1(7) 屋外排水路逆止弁⑫の構造概要図



(単位:mm)

注：集水桝のアンカー筋固定のため側方に被覆コンクリートを打ち増し

図 2-1(8) 屋外排水路逆止弁⑬の構造概要図

## 2.2 構造計画

屋外排水路逆止弁の構造は、銅製の扉体部（スキンプレート、吊り金具及び吊りピン）、固定部（吊り金具、吊りピン、戸当り、集水桝（戸当り部コンクリート）及びアンカーボルト）、及びそれらを接続する吊り手で構成される。アンカーボルトで鉄筋コンクリート造の集水桝に固定し、屋外排水路を経路とした津波の流入を防止する。

なお、屋外排水路逆止弁⑬については、スキンプレートを主桁及び補助縦桁で補強する構造とする。

屋外排水路逆止弁の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1(1) 構造計画 (屋外排水路逆止弁⑦)

計画の概要		説明図
基礎・支持構造	主体構造	
スキンプレーートを吊り手、吊りピン、吊り金具及びアンカーボルトを介して集水桝に固定する。	スキンプレーートにより構成する。	

表 2-1(2) 構造計画 (屋外排水路逆止弁⑧-1)

計画の概要		説明図
基礎・支持構造	主体構造	
スキンプレート を吊り手, 吊り ピン, 吊り金具 及びアンカーを 介して集水柵に 固定する。	スキンプレート により構成す る。	<p>正面図</p> <p>側面図 (単位:mm)</p>



表 2-1(3) 構造計画 (屋外排水路逆止弁⑧-2)

計画の概要		説明図
基礎・支持構造	主体構造	
スキンプレート を吊り手, 吊り ピン, 吊り金具 及びアンカーボ ルトを介して集 水柵に固定す る。	スキンプレート により構成す る。	<p>正面図</p> <p>側面図 (単位:mm)</p>

表 2-1(4) 構造計画 (屋外排水路逆止弁⑩, ⑪, ⑫)

計画の概要		説明図
基礎・支持構造	主体構造	
スキンプレーートを吊り手, 吊りピン, 吊り金具及びアンカーボルトを介して集水桝に固定する。	スキンプレーートにより構成する。	<p>正面図</p> <p>側面図</p> <p>(単位: mm)</p>

表 2-1(5) 構造計画 (屋外排水路逆止弁⑬)

構造の概要		説明図
基礎・支持構造	主体構造	
スキンプレート	スキンプレート	<p>正面図</p> <p>側面図</p> <p>(単位:mm)</p>
スキンプレートを吊り手, 吊りピン, 吊り金具及びアンカーボルトを介して集水枳に固定する。なお, スキンプレートは, 主桁及び補助縦桁で補強する。	により構成する。	

### 2.3 評価方針

屋外排水路逆止弁の強度評価は、VI-3-別添 3-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の基本方針」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、屋外排水路逆止弁の評価部位に作用する応力が許容限界以下であることを「4. 構造強度評価」に示す方法により、「4.5 計算条件」に示す計算条件を用いて評価し、「5. 評価結果」にて確認する。

屋外排水路逆止弁の強度評価フローを図 2-2 に示す。屋外排水路逆止弁の強度評価においては、その構造を踏まえ、津波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、津波に伴う荷重作用時（以下「津波時」という。）及び津波に伴う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、最大荷重を設定する。

島根原子力発電所の耐津波設計においては、日本海東縁部を波源とする基準津波については、波源が敷地から遠く、余震の影響が明らかに小さいことから、津波荷重と地震荷重の組合せを考慮する必要はないこととしており、海域活断層を波源とする津波については、津波荷重と地震荷重の組合せを考慮する。

強度評価に用いる津波荷重としては、日本海東縁部による設計津波水位（EL 12.6m）の津波荷重が、海域活断層による設計津波水位（EL 4.9m）の津波荷重と余震との重畳を考慮した荷重を包含することから、最大荷重となる日本海東縁部の入力津波高さによる津波荷重を考慮した評価を実施する。

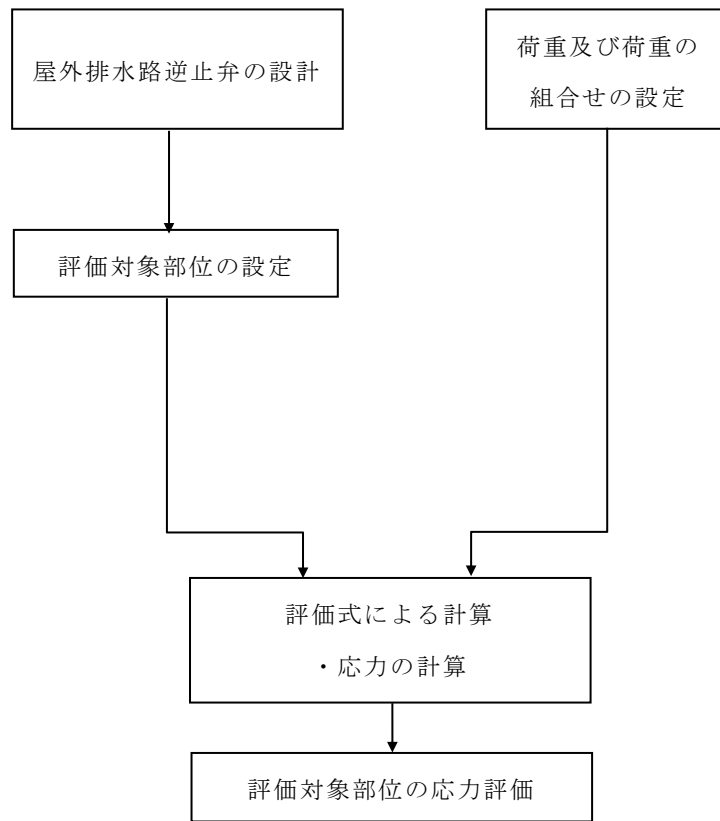


図 2-2 屋外排水路逆止弁の強度評価フロー

## 2.4 適用規格・基準等

適用する規格，基準等を以下に示す。

- (1) 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）
- (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 J E A G 4 6 0 1－1991 追補版（日本電気協会）
- (4) 日本工業規格 J I S G 4 0 5 3－2008 機械構造用合金鋼鋼材
- (5) ダム・堰施設技術基準（案）（基準解説編・設備計画マニュアル編）（ダム・堰施設技術協会 平成 28 年 3 月）
- (6) コンクリート標準示方書 [構造性能照査編]（土木学会，2002 年制定）
- (7) 構造力学公式集（土木学会，1988 年）
- (8) 機械工学便覧 基礎編（日本機械学会）

## 2.5 記号の説明

屋外排水路逆止弁の応力評価に用いる記号を表 2-2 に示す。

表 2-2(1) 屋外排水路逆止弁の応力評価に用いる記号(1/2)

記号	単位	定義
$\sigma_{\max}$	N/mm <sup>2</sup>	スキンプレートの最大応力度
P	N/mm <sup>2</sup>	作用単位荷重
D	mm	スキンプレートの受水径
t	mm	スキンプレートの板厚
$\sigma$	N/mm <sup>2</sup>	戸当りの支圧応力度
$P_1$	N	戸当りへ作用する荷重
$b_w$	mm	戸当りの幅
$\sigma_c$	N/mm <sup>2</sup>	コンクリートの支圧応力度
$b_f$	mm	コンクリート支圧幅
$\tau_c$	N/mm <sup>2</sup>	コンクリートのせん断応力度
$L_1$	mm	屋外排水路内径より戸当りアンカー板端面までの距離
$\sigma_s$	N/mm <sup>2</sup>	スキンプレートの応力度
a	mm	スキンプレートの区画の短辺
b	mm	スキンプレートの区画の長辺
k	—	b/a による形状係数
p	N/mm <sup>2</sup>	作用水圧荷重
$t_s$	mm	スキンプレートの板厚
$\alpha$	—	応力の補正係数
$M_G$	N・mm	主桁に作用する曲げモーメント
$S_G$	N	主桁に作用するせん断力
W	N	主桁の分担荷重
L	mm	主桁の支点間距離
B	mm	扉体の受圧幅
$\sigma_g$	N/mm <sup>2</sup>	主桁の曲げ応力度
$Z_g$	mm <sup>3</sup>	主桁の断面係数
$\tau_g$	N/mm <sup>2</sup>	主桁のせん断応力度
$A_g$	mm <sup>2</sup>	主桁ウェブの断面積
$\sigma_g$	N/mm <sup>2</sup>	主桁の合成応力度

表 2-2(2) 屋外排水路逆止弁の応力評価に用いる記号(2/2)

$M_I$	$N \cdot m$	補助縦桁に作用する曲げモーメント
$L_i$	mm	主桁間隔
$b_i$	mm	補助縦桁間隔
$S_I$	N	補助縦桁に作用するせん断力
$\sigma_{Ix}$	$N/mm^2$	補助縦桁の曲げ応力度（引張）
$Z_{Ix}$	$mm^3$	補助縦桁の断面係数（引張）
$\sigma_{Iy}$	$N/mm^2$	補助縦桁の曲げ応力度（圧縮）
$Z_{Iy}$	$mm^3$	補助縦桁の断面係数（圧縮）
$\tau_I$	$N/mm^2$	補助縦桁のせん断応力度
$A_i$	$mm^2$	補助縦桁ウェブの断面積
$\sigma_i$	$N/mm^2$	補助縦桁の合成応力度
$\sigma_I$	$N/mm^2$	補助縦桁の曲げ応力度（引張と圧縮）の最大値
$p_1$	$N/mm^2$	扉体最下部作用荷重
$b_k$	mm	底面フランジの幅
$L_{\ell 1}$	mm	コンクリート面より底面フランジ端面までの深さ
$L_{\ell 2}$	mm	堰柱側面より底面フランジ端面までの深さ



### 3. 評価対象部位

屋外排水路逆止弁⑦，⑧-1，⑧-2，⑩，⑪，⑫は，鋼製の扉体部（スキンプレート，吊り金具及び吊りピン），固定部（吊り金具，吊りピン，戸当り，集水桝（戸当り部コンクリート））及びそれらを接続する吊り手で，屋外排水路逆止弁⑬は，鋼製の扉体（スキンプレート，主桁，補助縦桁，吊り手，吊りピン及び吊り金具），固定部（吊り手，吊りピン，吊り金具，戸当り及びアンカーボルト）で構成される。

津波による荷重の作用時には屋外排水路逆止弁は外水圧により閉じる構造となっており，吊り金具，吊り手，吊りピン，及びアンカーボルトには津波荷重による引張荷重は作用しない。

上記を踏まえ，屋外排水路逆止弁⑦，⑧-1，⑧-2，⑩，⑪，⑫の強度評価においては，スキンプレート，戸当り，集水桝（戸当り部コンクリート）を評価対象部位に選定する。屋外排水路逆止弁⑬の強度評価においては，スキンプレート，集水桝（戸当り部コンクリート），主桁及び補助縦桁を評価対象部位に選定する。

屋外排水路逆止弁の評価対象部位を図 3-1 に示す。

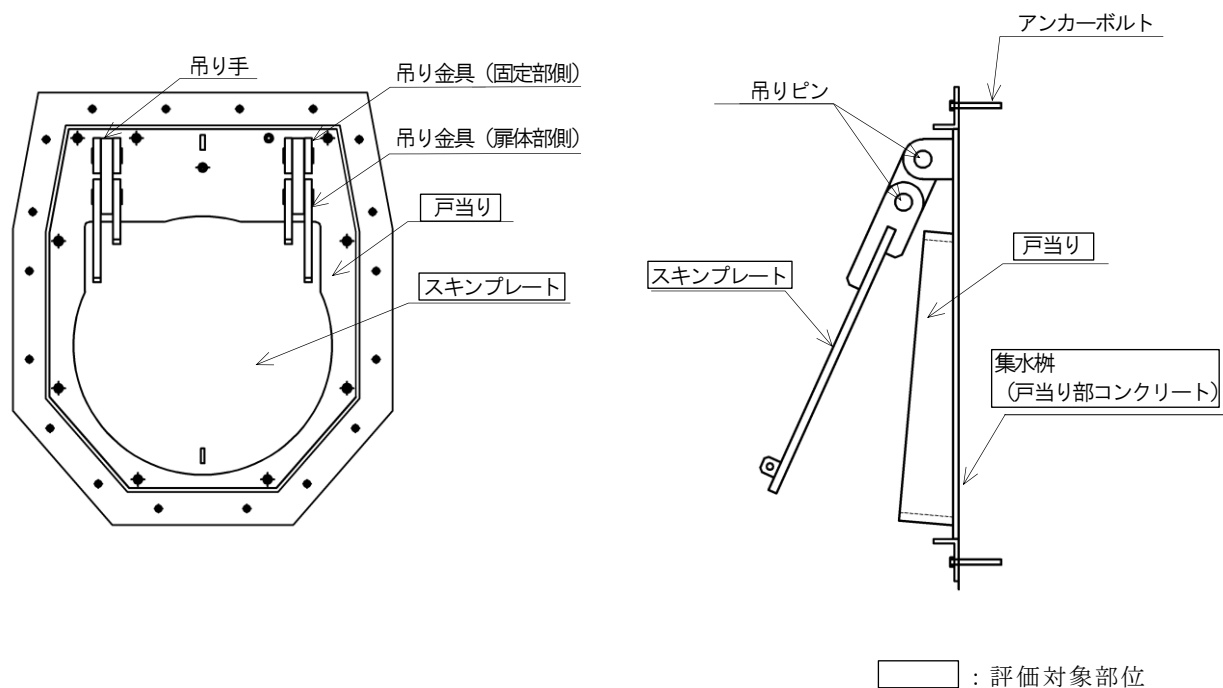


図 3-1(1) 屋外排水路逆止弁の評価対象部位（⑦，⑧-1，⑧-2，⑩，⑪，⑫）

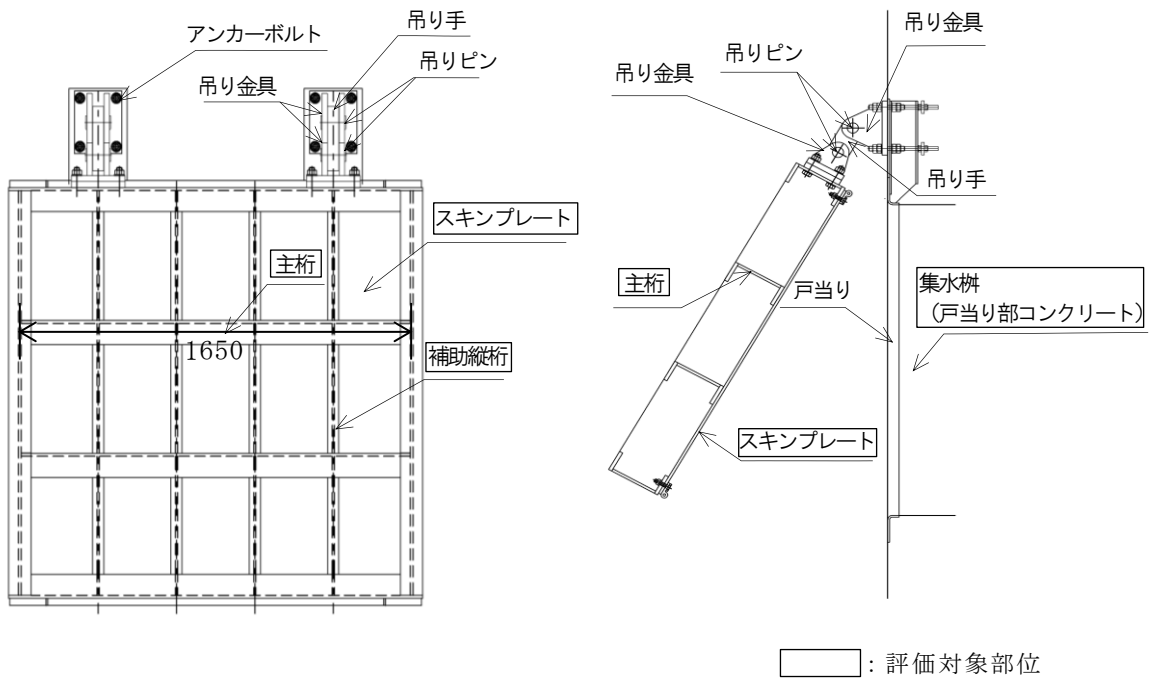


図 3-1(2) 屋外排水路逆止弁の評価対象部位 (13)

#### 4. 構造強度評価

##### 4.1 構造強度評価方法

屋外排水路逆止弁の強度評価は、VI-3-別添 3-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の基本方針」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」にて設定する評価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

強度計算に用いる荷重及び荷重の組合せは、VI-3-別添 3-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の基本方針」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。

###### 4.2.1 荷重の設定

屋外排水路逆止弁の強度評価において考慮する荷重を以下に示す。その構造及び設置位置から風荷重及び積雪荷重の影響は考慮しない。

また、屋外排水路から流下する排水による水圧作用方向は扉体への作用荷重を打ち消す方向に作用するため考慮しないこととする。

###### (1) 固定荷重 (G)

固定荷重として、扉体自重を考慮する。

###### (2) 静水圧荷重 ( $P_h$ )

静水圧荷重として、屋外排水路逆止弁の設置位置における設置高さ及び浸水深さを考慮して算定する。

###### 4.2.2 荷重の組合せ

屋外排水路逆止弁の設計に考慮する荷重の組合せを表 4-1 に示す。

表 4-1(1) 荷重の組合せ

区分	荷重の組合せ
津波時	$G + P_h$

G : 固定荷重

$P_h$  : 静水圧荷重

表 4-1(2) 荷重の組合せ

種別		荷重		算定方法
永久 荷重	常時考 慮荷重	躯体自重	○	設計図書に基づいて、対象構造物の体積に材料の密度を乗じて設定する。
		機器・配管自重	—	対象構造物に作用する機器・配管はないため考慮しない。
		土被り荷重	—	土被りはないため考慮しない。
		積載荷重	—	積載荷重は考慮しない。
		静止土圧	—	静止土圧は考慮しない。
		外水圧	—	外水圧は考慮しない。
		内水圧	—	内水はないため考慮しない。
		積雪荷重	—	積雪荷重は考慮しない。
		風荷重	—	風荷重は考慮しない。
偶発 荷重		静水圧	○	津波時の浸水深さによる静水圧を考慮する。
		衝突荷重	—	漂流物の衝突は考慮しない。

### 4.3 許容限界

屋外排水路逆止弁の各評価対象部位の許容限界は、評価対象部位毎に「ダム・堰施設技術基準（案）（基準解説編・設備計画マニュアル編）（ダム・堰施設技術協会 平成 28 年 3 月）」に規定される短期許容応力度を用いる。

屋外排水路逆止弁の許容限界を表 4-2 に示す。

なお、津波後の再使用性を想定し、当該構造物全体の変形能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、評価対象部位が弾性域内に収まることを基本とする。

表 4-2(1) 屋外排水路逆止弁の許容限界  
(屋外排水路逆止弁⑦, ⑧-1, ⑧-2, ⑩, ⑪, ⑫)

評価対象部位	材質	短期許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> )			
		曲げ $\sigma_{ab}^*$	引張 $\sigma_{at}^*$	せん断 $\tau_a^*$	支圧 $\sigma_{as}^*$
スキンプレート	SUS316L	135	-	-	-
戸当り	SUS316L	-	-	-	202.5
集水柵 (戸当り部 コンクリート)	コンクリート	-	-	0.6	8.8

注記 \* :  $\sigma_{ab}$  : 短期許容曲げ応力度,  $\sigma_{at}$  : 短期許容引張応力度,  $\tau_a$  : 短期許容せん断応力度,  $\sigma_{as}$  : 短期許容支圧応力度を示す。

表 4-2(2) 屋外排水路逆止弁の許容限界（屋外排水路逆止弁⑬）

評価対象部位	材質	短期許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> )				
		曲げ $\sigma_{ab}^{*1}$	引張 $\sigma_{at}^{*1}$	せん断 $\tau_a^{*1}$	圧縮 $\sigma_{as}^{*1}$	合成
スキンプレート	SUS316L	135	-	-	-	-
主桁	SUS316L	135 <sup>*2</sup>	-	75	-	148.5
補助縦桁	SUS316L	135 <sup>*2</sup>	135	75	116.1	148.5
集水柵（戸当り部 コンクリート）	コンクリート	-	-	0.6	8.8	-

注記 \*1 :  $\sigma_{ab}$  : 許容曲げ応力度,  $\sigma_{at}$  : 許容引張応力度,  $\tau_a$  : 許容せん断応力度,  $\sigma_{as}$  : 許容支圧  
応力度を示す。

\*2 : 主桁及び補助縦桁に用いる構造用鋼材の許容曲げ圧縮応力度は「ダム・堰施設技術基準  
（案）（基準解説編・設備計画マニュアル編）（ダム・堰施設技術協会 平成 28 年 3  
月）」に基づき、許容曲げ応力度横倒れ座屈に対する配慮として許容応力の低減を考慮  
し、以下の計算式により算出する。

$$\frac{L}{b} \leq \frac{10}{K} : 90 \times 1.5 = 135 \quad (\text{N/mm}^2)$$

$$\frac{L}{b} > \frac{10}{K} : \sigma_{ca} = \{90 - 0.7 \left( \frac{KL}{b} - 10 \right)\} \times 1.5 \quad (\text{N/mm}^2)$$

$$K = \sqrt{3 + \frac{A_w}{2 \cdot A_c}} \quad \text{ただし、} A_w/A_c < 2 \text{ の場合、} K=2$$

ここで、L : 圧縮フランジの固定間隔 (mm)

b : 圧縮フランジ幅 (mm)

$A_w$  : 腹板の総断面積 (mm<sup>2</sup>)

$A_c$  : 圧縮フランジの総断面積 (mm<sup>2</sup>)

#### 4.4 計算方法

各評価対象部位に加わる応力等の算出式を以下にまとめる。

##### 4.4.1 屋外排水路逆止弁⑦, ⑧-1, ⑧-2, ⑩, ⑪, ⑫

###### (1) スキンプレート

スキンプレートの曲げ応力は円盤周辺単純支持等分布荷重による最大曲げ応力を考える。

スキンプレートのモデル図を図4-1に示す。

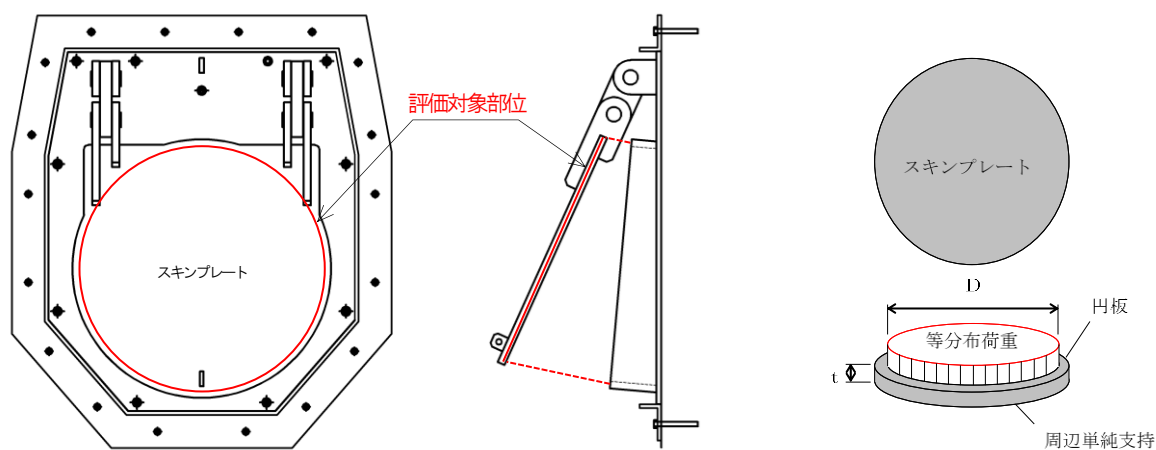


図4-1 スキンプレートのモデル図

スキンプレートの最大応力度算定式を以下に示す。

$$\sigma_{\max} = 1.24 \cdot \frac{P \cdot (D/2)^2}{t^2}$$

$\sigma_{\max}$  : スキンプレートの最大応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

P : 作用単位荷重 (N/mm<sup>2</sup>)

D : スキンプレートの受水径 (mm)

t : スキンプレートの板厚 (mm)

(2) 戸当り

戸当りは、等分布荷重を受ける支圧材として、発生する支圧応力度が許容限界以下であることを確認する。

戸当りのモデル図を図 4-2 に示す。

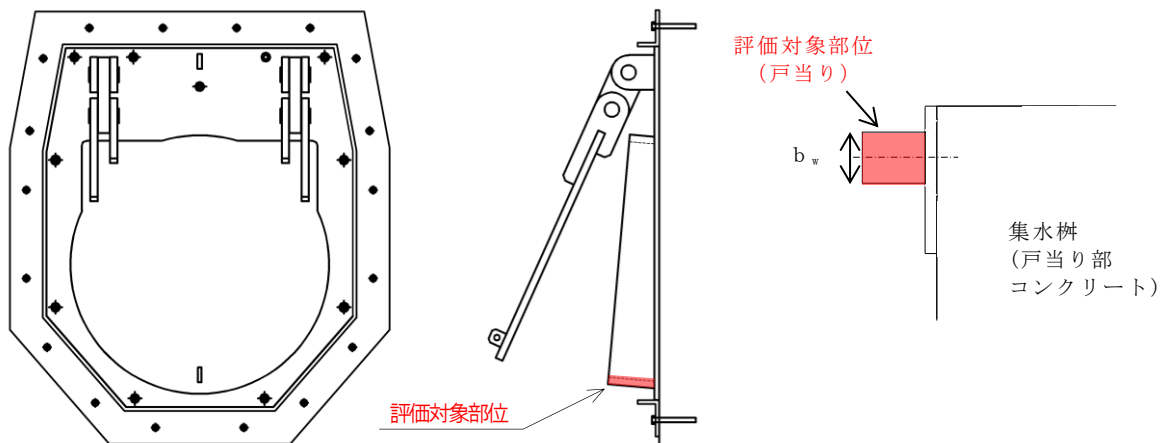


図 4-2 戸当りのモデル図

戸当りの最大応力度算定式を以下に示す。

$$\sigma = \frac{P_1}{b_w \cdot D \cdot \pi}$$

$\sigma$  : 戸当りの支圧応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$P_1$  : 戸当りへ作用する荷重 (N)

$b_w$  : 戸当りの幅 (mm)

$D$  : スキンプレートの受水径 (mm)



(3) 集水枘(戸当り部コンクリート)

戸当りのコンクリートは、コンクリートに加わる支圧を戸当り全周で支持するものとして、コンクリートに発生する支圧応力度及びせん断応力度が許容限界以下であることを確認する。

集水枘(戸当り部コンクリート)のモデル図を図4-3に示す。

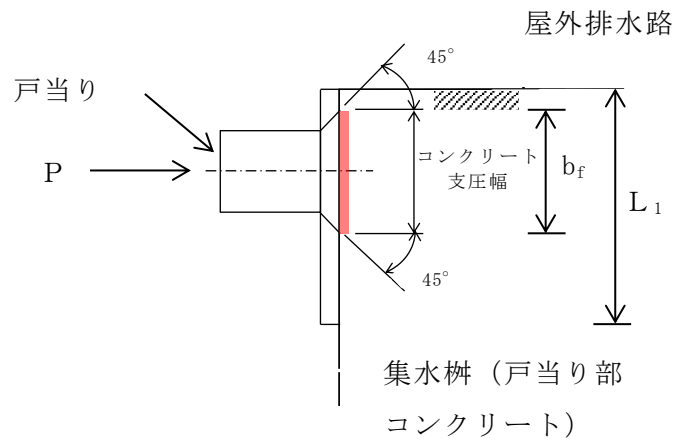


図4-3 集水枘(戸当り部コンクリート)のモデル図

集水枘(戸当り部コンクリート)の最大応力度算定式を以下に示す。

$$\sigma_c = \frac{P_1}{b_f \cdot D \cdot \pi}$$

$$\tau_c = \frac{P_1}{2 \cdot L_1 \cdot D \cdot \pi}$$

$\sigma_c$  : コンクリートの支圧応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$P_1$  : 戸当りへ作用する荷重 (N)

$b_f$  : コンクリート支圧幅 (mm)

$D$  : スキンプレートの受水径 (mm)

$\tau_c$  : コンクリートのせん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$L_1$  : 屋外排水路内径より戸当りアンカー板端面までの距離 (mm)

#### 4.4.2 屋外排水路逆止弁⑬

##### (1) スキンプレート

スキンプレートに発生する曲げモーメントは、4辺を固定支持された平板としてモデル化し、曲げ応力を算定する。

スキンプレートのモデル図を図4-4に示す。

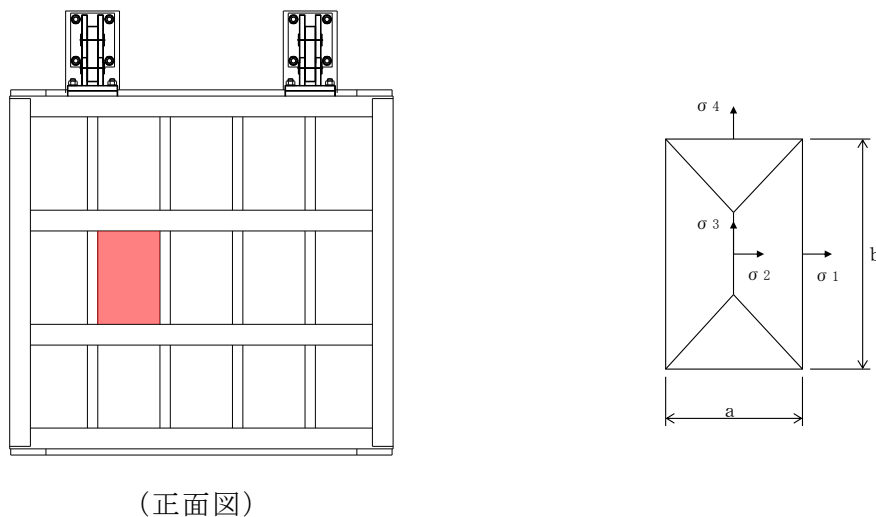


図4-4 スキンプレートのモデル図

スキンプレートの最大応力度算定式を以下に示す。

$$\sigma_s = \frac{1}{100} \cdot k \cdot a^2 \cdot \frac{p}{t_s^2} \cdot \alpha$$

- $\sigma_s$  : スキンプレートの応力度 (N/mm<sup>2</sup>)
- $k$  :  $b/a$  による形状係数
- $a$  : スキンプレートの区画の短辺 (mm)
- $b$  : スキンプレートの区間の長辺 (mm)
- $p$  : 作用水圧荷重 (N/mm<sup>2</sup>)
- $t_s$  : スキンプレートの板厚 (mm)
- $\alpha$  : 応力の補正係数

(2) 主桁

主桁は、部材の発生断面力に対して保守的な評価となるよう、支圧板の設置位置を支点とする両端をピン支点の単純梁によりモデル化する。また、合成応力に対しても許容限界以下であることを確認する。

主桁のモデル図を図 4-5 に示す。

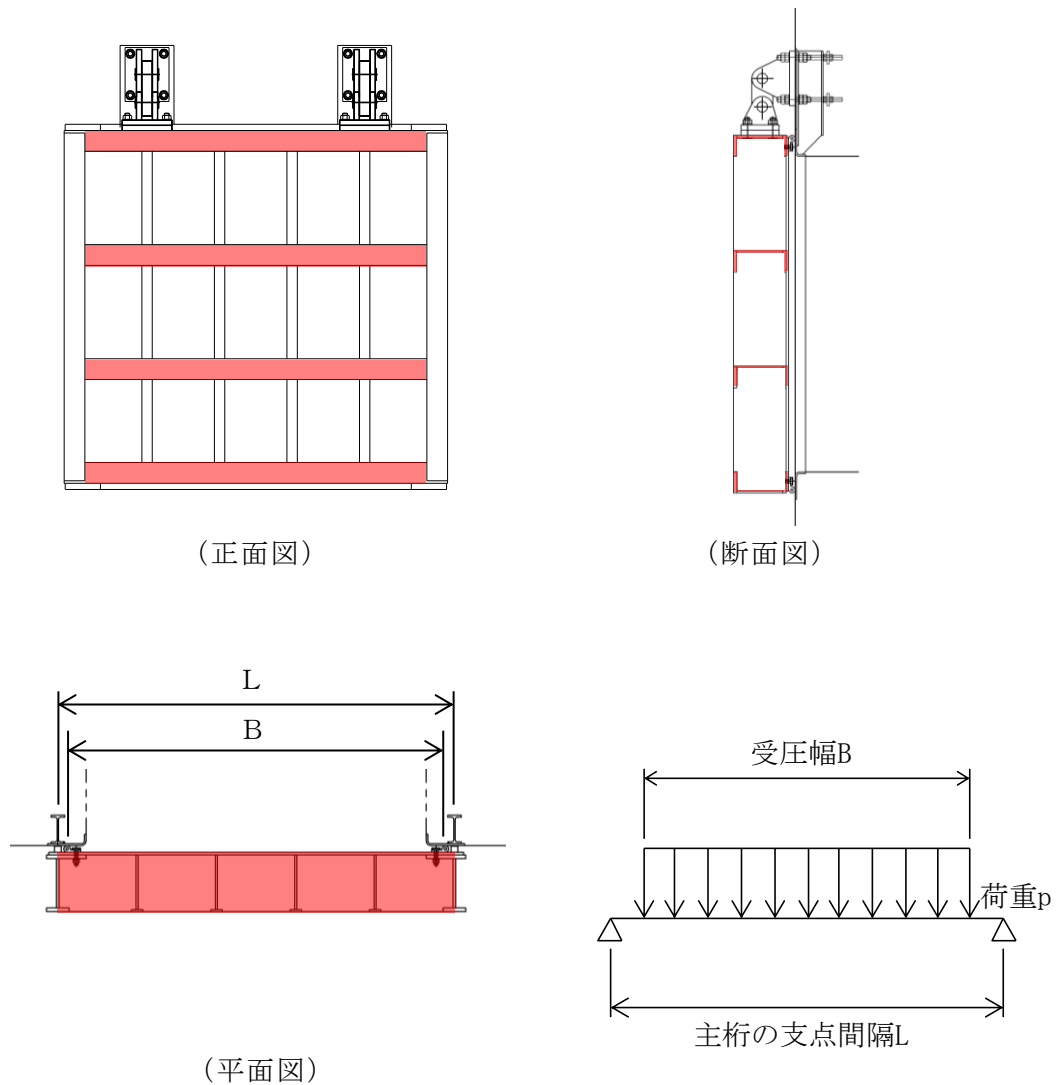


図 4-5 主桁のモデル図

主桁の最大応力度算定式を以下に示す。

$$M_G = \frac{W \cdot B \cdot (2 \cdot L - B)}{8}$$

$$S_G = \frac{W \cdot B}{2}$$

$$\sigma_G = \frac{M_G}{Z_g}$$

$$\tau_G = \frac{S_G}{A_g}$$

$$\sigma_g = \sqrt{\sigma_G^2 + 3 \tau_G^2}$$

$M_G$  : 曲げモーメント (N・mm)

$S_G$  : せん断力 (N)

$W$  : 主桁の分担荷重 (N/mm)

$L$  : 主桁の支点間隔 (mm)

$B$  : 扉体の受圧幅 (mm)

$\sigma_G$  : 主桁の曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$Z_g$  : 主桁の断面係数 (mm<sup>3</sup>)

$\tau_G$  : 主桁のせん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$A_g$  : 主桁のウェブ断面積 (mm<sup>2</sup>)

$\sigma_g$  : 主桁の合成応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

(3) 補助縦桁

補助縦桁については、主桁によって支持された単純支持梁とし、荷重は平均水圧が菱形に作用したものとして、「ダム・堰施設技術基準（案）（基準解説編・設備計画マニュアル編）（ダム・堰施設技術協会 平成 28 年 3 月）」に基づき、曲げ応力及びせん断応力を算定する。また、合成応力に対しても許容限界以下であることを確認する。

補助縦桁のモデル図を図 4-6 に示す。

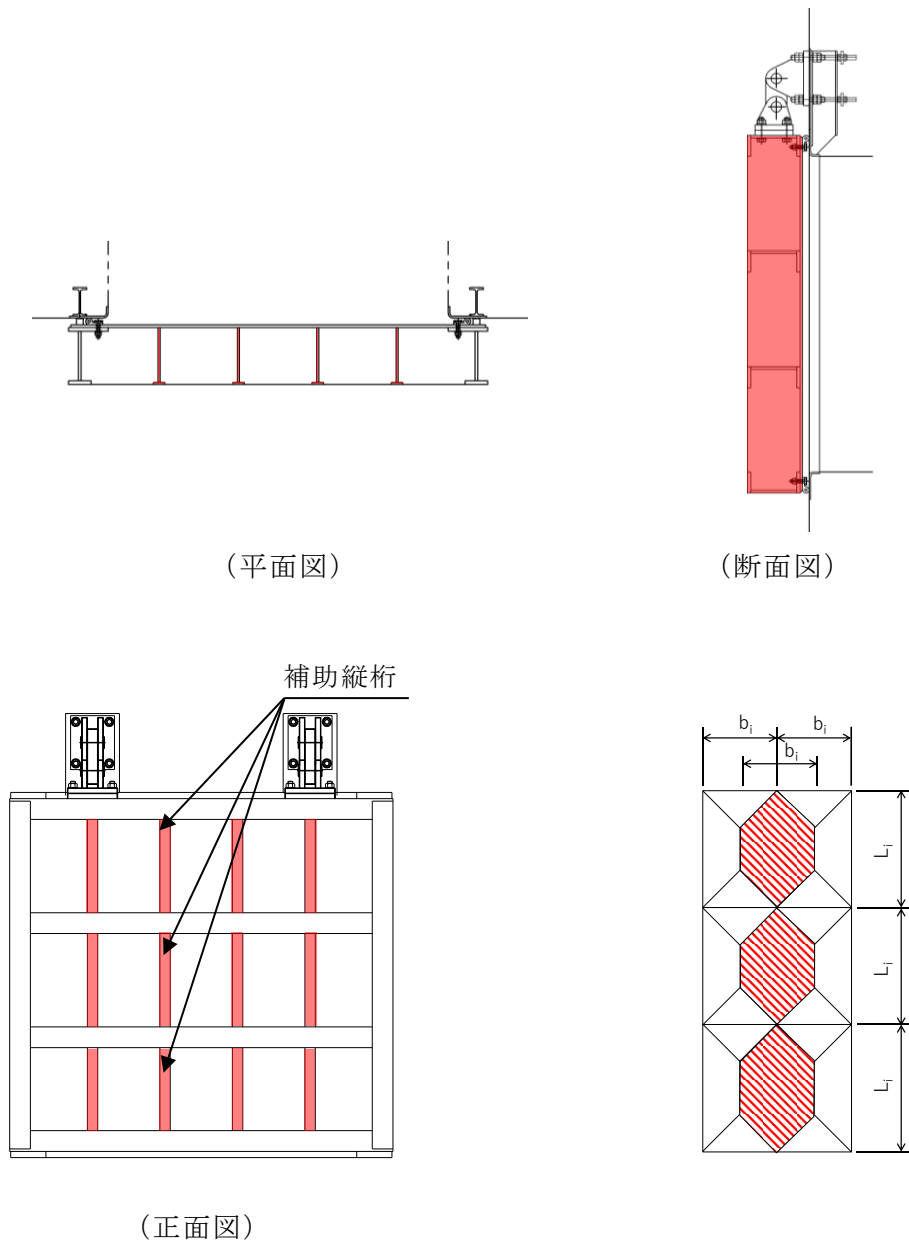


図 4-6 補助縦桁の構造図及びモデル図

補助縦桁の最大応力度算定式を以下に示す。

$L_i > b_i$  の場合

$$M_I = \frac{p \cdot b_i}{24} (3 \cdot L_i^2 - b_i^2)$$

$$S_I = \frac{p \cdot b_i}{2} \left( L_i - \frac{b_i}{2} \right)$$

$L_i \leq b_i$  の場合

$$M_I = \frac{p \cdot L_i^3}{12}$$

$$S_I = \frac{p \cdot L_i^2}{4}$$

$$\sigma_{Ix} = \frac{M_I}{Z_{ix}}$$

$$\sigma_{Iy} = \frac{M_I}{Z_{iy}}$$

$$\tau_I = \frac{S_I}{A_i}$$

$$\sigma_i = \sqrt{\sigma_I^2 + 3\tau_I^2}$$

$M_I$  : 補助縦桁に作用する曲げモーメント (N・mm)

$p$  : 作用水圧荷重 (N/mm<sup>2</sup>)

$L_i$  : 主桁間隔 (mm)

$b_i$  : 補助縦桁間隔 (mm)

$S_I$  : 補助縦桁に作用するせん断力 (N)

$\sigma_{Ix}$  : 補助縦桁の曲げ応力度 (引張) (N/mm<sup>2</sup>)

$Z_{ix}$  : 補助縦桁の断面係数 (引張) (mm<sup>3</sup>)

$\sigma_{Iy}$  : 補助縦桁の曲げ応力度 (圧縮) (N/mm<sup>2</sup>)

$Z_{iy}$  : 補助縦桁の断面係数 (圧縮) (mm<sup>3</sup>)

$\tau_I$  : 補助縦桁のせん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$A_i$  : 補助縦桁の断面積 (N/mm<sup>2</sup>)

$\sigma_i$  : 合成応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$\sigma_I$  : 補助縦桁の曲げ応力度 (引張と圧縮) の最大値 (N/mm<sup>2</sup>)

(4) 集水桝(戸当り部コンクリート)

戸当りのコンクリートは、コンクリートに加わる圧力を戸当り全周で支持するものとして、コンクリートに発生する支圧応力度及びせん断応力度が許容限界以下であることを確認する。

戸当り部コンクリートの構造図，モデル図を図 4-7 に示す。

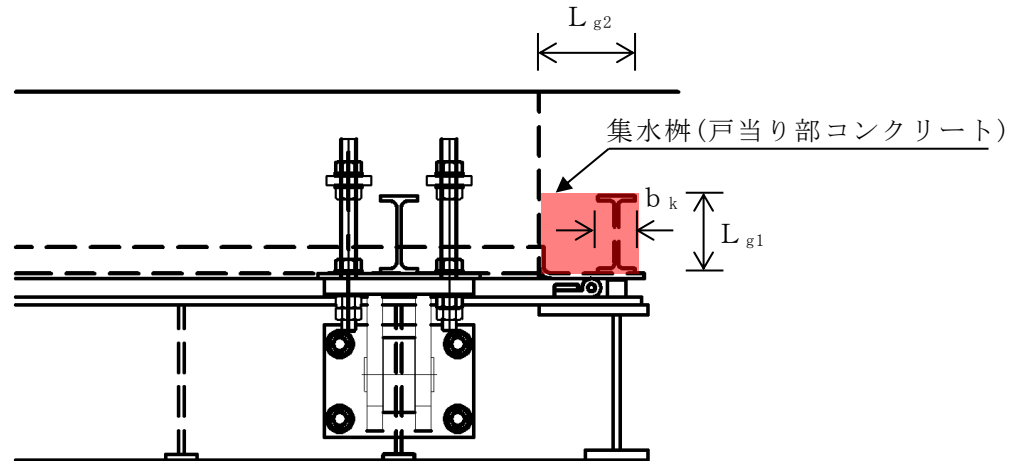


図 4-7 戸当り部コンクリートの構造図，モデル図及び応力算定式

戸当りコンクリートの最大応力度算定式を以下に示す。

$$\sigma_c = \frac{p_1 \cdot B}{2b_k}$$

$$\tau_L = \frac{p_1 \cdot B}{2(L_{\ell 1} + 2L_{\ell 2})}$$

$\sigma_c$  : コンクリートの支圧応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$p_1$  : 扉体最下部作用荷重 (N/mm<sup>2</sup>)

$B$  : 扉体の受圧幅 (mm)

$b_k$  : 底面フランジ幅 (mm)

$\tau_L$  : 底面フランジのせん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$L_{\ell 1}$  : コンクリート面より底面フランジ端面までの深さ (mm)

$L_{\ell 2}$  : 堰柱側面より底面フランジ端面までの深さ (mm)

#### 4.5 計算条件

屋外排水路逆止弁の応力計算に用いる計算条件を表 4-3 に示す。

表 4-3(1) 応力評価に用いる計算条件（屋外排水路逆止弁⑦）

対象部位	記号	単位	定義	数値
共通	D	mm	スキンプレートの受水径	740
	t	mm	スキンプレートの板厚	22
スキンプレート	P	N/mm <sup>2</sup>	作用単位荷重	0.065
戸当り	P <sub>1</sub>	N	戸当りへ作用する荷重	27883.2
	b <sub>w</sub>	mm	戸当りの幅	25
集水枡 (戸当り部コンクリート)	b <sub>f</sub>	mm	コンクリート支圧幅	57
	L <sub>1</sub>	mm	有効径内径より戸当りアンカー板端面までの距離	120

表 4-3(2) 応力評価に用いる計算条件（屋外排水路逆止弁⑧-1）

対象部位	記号	単位	定義	数値
共通	D	mm	スキンプレートの受水径	530
	t	mm	スキンプレートの板厚	16
スキンプレート	P	N/mm <sup>2</sup>	作用単位荷重	0.066
戸当り	P <sub>1</sub>	N	戸当りへ作用する荷重	14501.4
	b <sub>w</sub>	mm	戸当りの幅	19
集水枡 (戸当り部コンクリート)	b <sub>f</sub>	mm	コンクリート支圧幅	37
	L <sub>1</sub>	mm	有効径内径より戸当りアンカー板端面までの距離	110

表 4-3(3) 応力評価に用いる計算条件（屋外排水路逆止弁⑧-2）

対象部位	記号	単位	定義	数値
共通	D	mm	スキンプレートの受水径	840
	t	mm	スキンプレートの板厚	25
スキンプレート	P	N/mm <sup>2</sup>	作用単位荷重	0.072
戸当り	P <sub>1</sub>	N	戸当りへ作用する荷重	39684.1
	b <sub>w</sub>	mm	戸当りの幅	25
集水枡 (戸当り部コンクリート)	b <sub>f</sub>	mm	コンクリート支圧幅	57
	L <sub>1</sub>	mm	有効径内径より戸当りアンカー板端面までの距離	120



表 4-3(4) 応力評価に用いる計算条件（屋外排水路逆止弁 代表⑩（⑩, ⑫を含む））

対象部位	記号	単位	定義	数値
共通	D	mm	スキンプレートの受水径	840
	t	mm	スキンプレートの板厚	25
スキンプレート	P	N/mm <sup>2</sup>	作用単位荷重	0.066
戸当り	P <sub>1</sub>	N	戸当りへ作用する荷重	36493.7
	b <sub>w</sub>	mm	戸当りの幅	25
集水枿 (戸当り部コンクリート)	b <sub>f</sub>	mm	コンクリート支圧幅	57
	L <sub>1</sub>	mm	有効径内径より戸当りアンカー板端面までの距離	120

表 4-3(5) 応力評価に用いる計算条件（屋外排水路逆止弁⑬）

対象部位	記号	単位	定義	数値
スキンプレート	k	—	b/a による形状係数	1.71
	a	mm	スキンプレートの区画の短辺	350
	b	mm	スキンプレートの区画の長辺	600
	p	N/mm <sup>2</sup>	作用水圧荷重	0.0869
	t <sub>s</sub>	mm	スキンプレートの板厚	12
	α	—	応力の補正係数	0.8
主桁	W	N	主桁の分担荷重	48.299
	L	mm	主桁の支点間隔	1750
	B	mm	扉体の受圧幅	1700
	Z <sub>g</sub>	mm <sup>3</sup>	主桁の断面係数	433900
	A <sub>g</sub>	mm <sup>2</sup>	主桁のウェブ断面積	2616
補助縦桁	L <sub>i</sub>	mm	主桁間隔	600
	b <sub>i</sub>	mm	補助縦桁間隔	350
	Z <sub>ix</sub>	mm <sup>3</sup>	補助縦桁の断面係数（引張）	114964
	Z <sub>iy</sub>	mm <sup>3</sup>	補助縦桁の断面係数（圧縮）	151107
	A <sub>i</sub>	mm <sup>2</sup>	補助縦桁のウェブ断面積	2169
集水枿 (戸当り部コンクリート)	b <sub>k</sub>	mm	底面フランジの幅	60
	L <sub>ℓ1</sub>	mm	コンクリート面より底面フランジ端面までの深さ	133
	L <sub>ℓ2</sub>	mm	堰柱側面より底面フランジ端面までの深さ	155

#### 4.6 応力計算

各評価対象部位に加わる応力計算等の結果を以下にまとめる。

##### 4.6.1 屋外排水路逆止弁⑦

###### (1) スキンプレート

スキンプレートの曲げ応力は円盤周辺単純支持等分布荷重による最大曲げ応力を考える。

スキンプレートのモデル図を図4-8に示す。

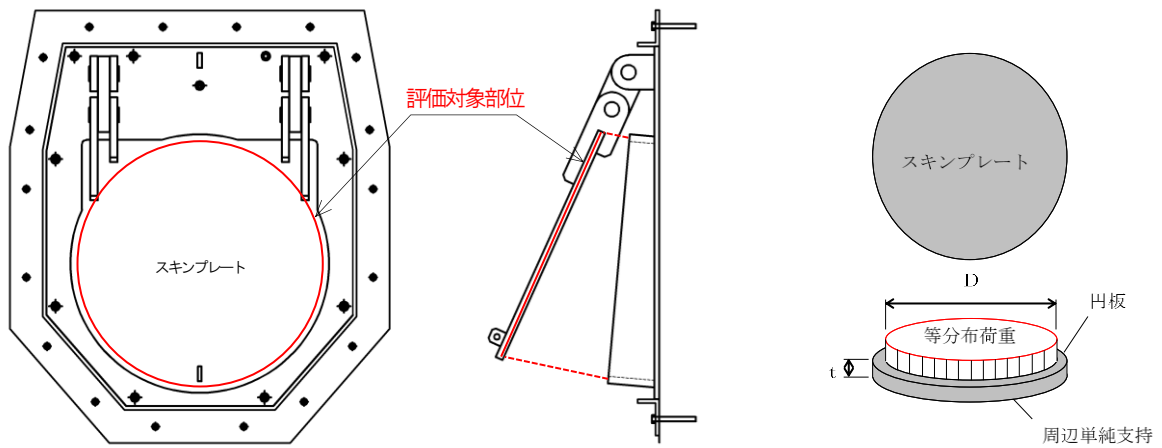


図4-8 スキンプレートのモデル図

スキンプレートの最大応力度算定式を以下に示す。

$$\sigma_{\max} = 1.24 \cdot \frac{P \cdot (D/2)^2}{t^2}$$

$\sigma_{\max}$  : スキンプレートの最大応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

P : 作用単位荷重 (N/mm<sup>2</sup>)

D : スキンプレートの受水径 (mm)

t : スキンプレートの板厚 (mm)

上記の式に表4-3(1)の計算条件を代入して、スキンプレートの最大応力度を算定した結果を以下に示す。

$$\begin{aligned} \sigma_{\max} &= 1.24 \cdot \frac{P \cdot (D/2)^2}{t^2} \\ &= 1.24 \times \{0.065 \times (740/2)^2\} / 22^2 \\ &= 22.80 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

(2) 戸当り

戸当りは、等分布荷重を受ける支圧材として、発生する支圧応力度が許容限界以下であることを確認する。

戸当りのモデル図を図 4-9 に示す。

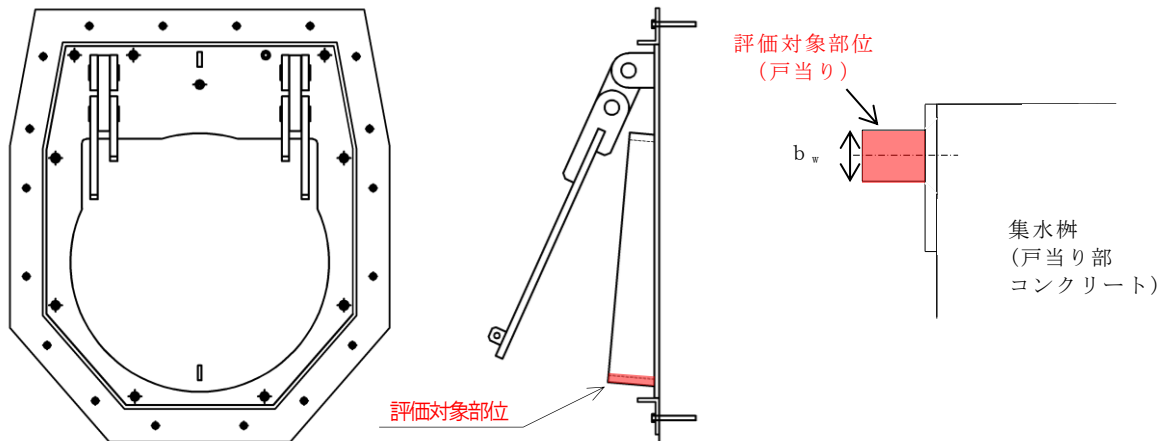


図 4-9 戸当りのモデル図

戸当りの最大応力度算定式を以下に示す。

$$\sigma_p = \frac{P_1}{b_w \cdot D \cdot \pi}$$

$\sigma$  : 戸当りの支圧応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$P_1$  : 戸当りへ作用する荷重 (N)

$b_w$  : 戸当りの幅 (mm)

$D$  : スキンプレートの受水径 (mm)

上記の式に表 4-3(1)の計算条件を代入して、スキンプレートの最大応力度を算定した結果を以下に示す。

$$\begin{aligned}\sigma_p &= \frac{P_1}{b_w \cdot D \cdot \pi} \\ &= 27883.2 / (25 \times 740 \times \pi) \\ &= 0.48 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

(3) 集水桝(戸当り部コンクリート)

戸当りのコンクリートは、コンクリートに加わる支圧を戸当り全周で支持するものとして、コンクリートに発生する支圧応力度及びせん断応力度が許容限界以下であることを確認する。

集水桝(戸当り部コンクリート)のモデル図を図4-10に示す。

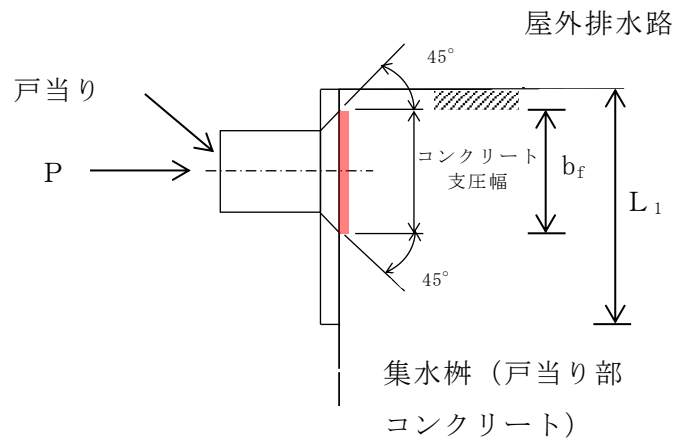


図4-10 集水桝(戸当り部コンクリート)のモデル図

集水桝(戸当り部コンクリート)の最大応力度算定式を以下に示す。

$$\sigma_c = \frac{P_1}{b_f \cdot D \cdot \pi}$$

$$\tau_c = \frac{P_1}{2 \cdot L_1 \cdot D \cdot \pi}$$

$\sigma_c$  : コンクリートの支圧応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$P_1$  : 戸当りへ作用する荷重 (N)

$b_f$  : コンクリート支圧幅 (mm)

$D$  : スキンプレートの受水径 (mm)

$\tau_c$  : コンクリートのせん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$L_1$  : 屋外排水路内径より戸当りアンカー板端面までの距離 (mm)

上記の式に表 4-3(2)の計算条件を代入して、スキンプレートの最大応力度を算定した結果を以下に示す。

$$\begin{aligned}\sigma_c &= \frac{P_1}{b_f \cdot D \cdot \pi} \\ &= 27883.2 / (57 \times 740 \times \pi) \\ &= 0.21 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\tau_c &= \frac{P_1}{2 \cdot L_1 \cdot D \cdot \pi} \\ \tau_c &= 27883.2 / (2 \times 120 \times 740 \times \pi) \\ &= 0.05 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

#### 4.6.2 屋外排水路逆止弁⑧-1

##### (1) スキンプレート

スキンプレートの曲げ応力は円盤周辺単純支持等分布荷重による最大曲げ応力を考える。

スキンプレートのモデル図を図4-11に示す。

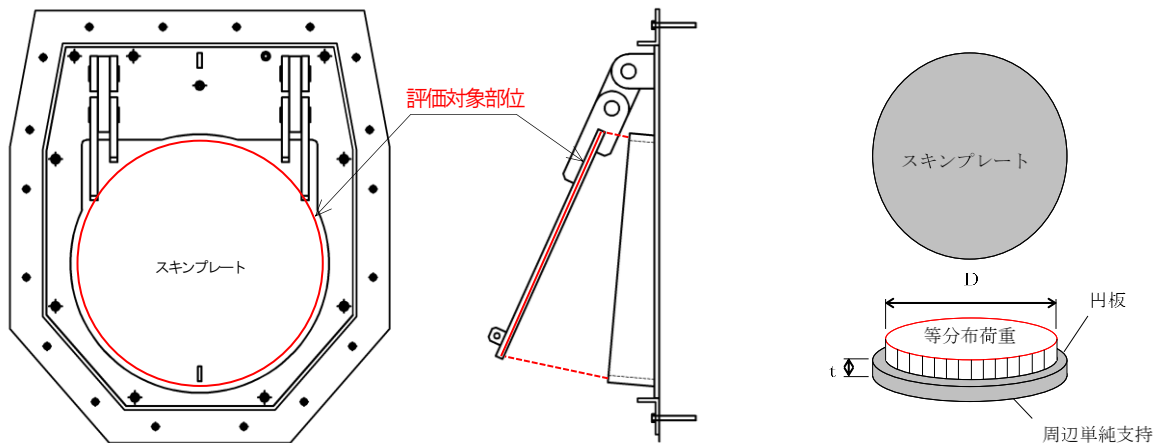


図4-11 スキンプレートのモデル図

スキンプレートの最大応力度算定式を以下に示す。

$$\sigma_{\max} = 1.24 \cdot \frac{P \cdot (D/2)^2}{t^2}$$

$\sigma_{\max}$  : スキンプレートの最大応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

P : 作用単位荷重 (N/mm<sup>2</sup>)

D : スキンプレートの受水径 (mm)

t : スキンプレートの板厚 (mm)

上記の式に表4-3(2)の計算条件を代入して、スキンプレートの最大応力度を算定した結果を以下に示す。

$$\begin{aligned} \sigma_{\max} &= 1.24 \cdot \frac{P \cdot (D/2)^2}{t^2} \\ &= 1.24 \times \{0.066 \times (530/2)^2\} / 16^2 \\ &= 22.45 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

(2) 戸当り

戸当りは、等分布荷重を受ける支圧材として、発生する支圧応力度が許容限界以下であることを確認する。

戸当りのモデル図を図 4-12 に示す。

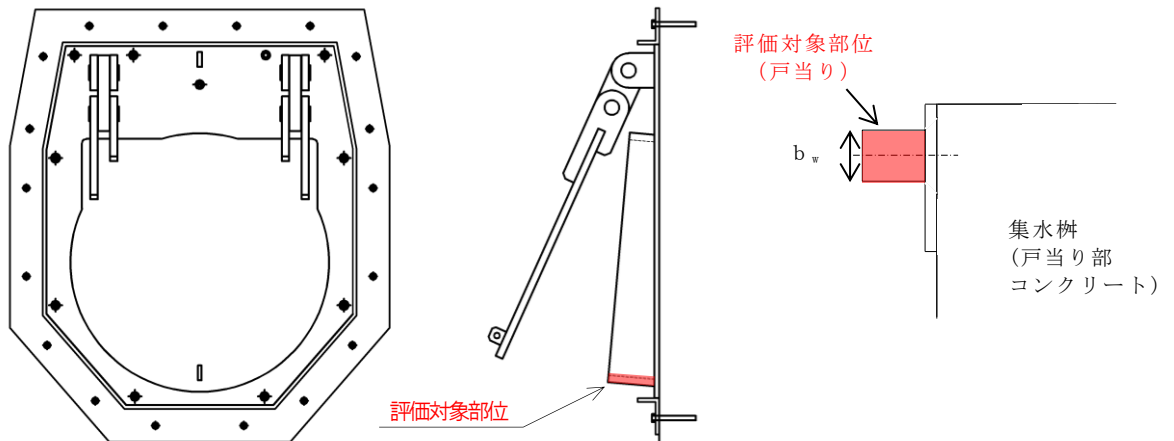


図 4-12 戸当りのモデル図

戸当りの最大応力度算定式を以下に示す。

$$\sigma_p = \frac{P_1}{b_w \cdot D \cdot \pi}$$

$\sigma$  : 戸当りの支圧応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$P_1$  : 戸当りへ作用する荷重 (N)

$b_w$  : 戸当りの幅 (mm)

$D$  : スキンプレートの受水径 (mm)

上記の式に表 4-3(2)の計算条件を代入して、スキンプレートの最大応力度を算定した結果を以下に示す。

$$\begin{aligned}\sigma_p &= \frac{P_1}{b_w \cdot D \cdot \pi} \\ &= 14501.4 / (19 \times 530 \times \pi) \\ &= 0.46 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

(3) 集水桝(戸当り部コンクリート)

戸当りのコンクリートは、コンクリートに加わる支圧を戸当り全周で支持するものとして、コンクリートに発生する支圧応力度及びせん断応力度が許容限界以下であることを確認する。

集水桝(戸当り部コンクリート)のモデル図を図4-13に示す。

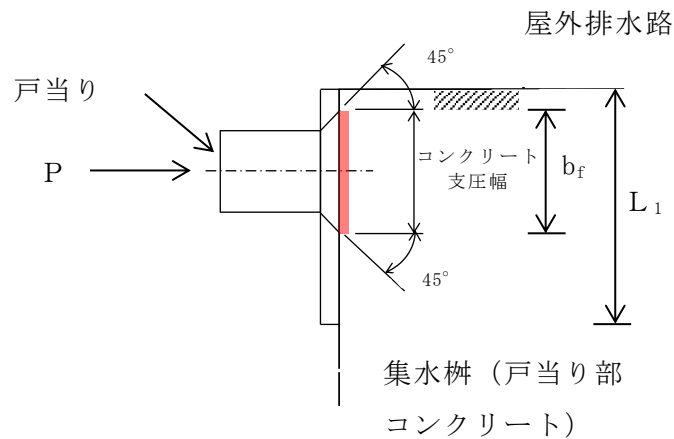


図4-13 集水桝(戸当り部コンクリート)のモデル図

集水桝(戸当り部コンクリート)の最大応力度算定式を以下に示す。

$$\sigma_c = \frac{P_1}{b_f \cdot D \cdot \pi}$$

$$\tau_c = \frac{P_1}{2 \cdot L_1 \cdot D \cdot \pi}$$

$\sigma_c$  : コンクリートの支圧応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$P_1$  : 戸当りへ作用する荷重 (N)

$b_f$  : コンクリート支圧幅 (mm)

$D$  : スキンプレートの受水径 (mm)

$\tau_c$  : コンクリートのせん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$L_1$  : 屋外排水路内径より戸当りアンカー板端面までの距離 (mm)



上記の式に表 4-3(2) の計算条件を代入して、スキンプレートの最大応力度を算定した結果を以下に示す。

$$\begin{aligned}\sigma_c &= \frac{P_1}{b_f \cdot D \cdot \pi} \\ &= 14501.4 / (37 \times 530 \times \pi) \\ &= 0.24 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\tau_c &= \frac{P_1}{2 \cdot L_1 \cdot D \cdot \pi} \\ &= 14501.4 / (2 \times 110 \times 530 \times \pi) \\ &= 0.04 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

#### 4.6.3 屋外排水路逆止弁⑧-2

##### (1) スキンプレート

スキンプレートの曲げ応力は円盤周辺単純支持等分布荷重による最大曲げ応力を考える。

スキンプレートのモデル図を図4-14に示す。

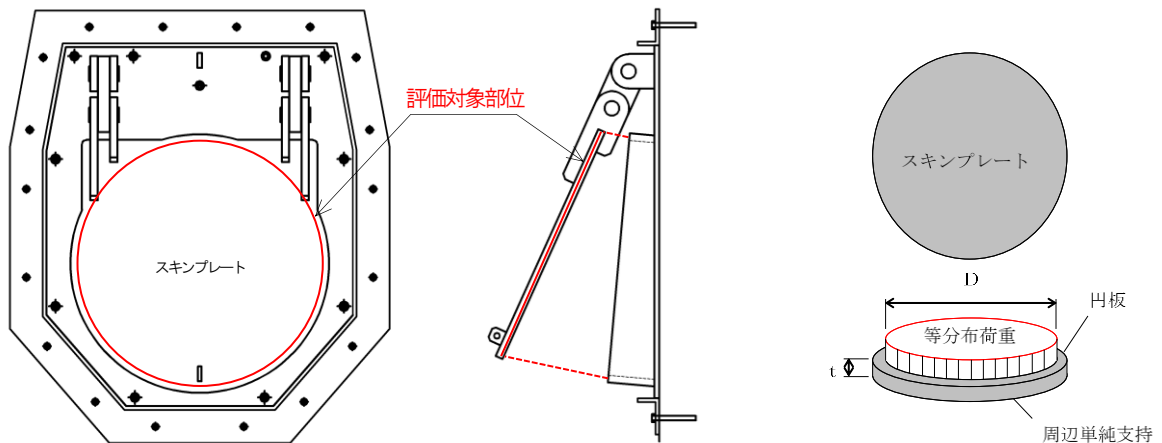


図4-14 スキンプレートのモデル図

スキンプレートの最大応力度算定式を以下に示す。

$$\sigma_{\max} = 1.24 \cdot \frac{P \cdot (D/2)^2}{t^2}$$

$\sigma_{\max}$  : スキンプレートの最大応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

P : 作用単位荷重 (N/mm<sup>2</sup>)

D : スキンプレートの受水径 (mm)

t : スキンプレートの板厚 (mm)

上記の式に表4-3(3)の計算条件を代入して、スキンプレートの最大応力度を算定した結果を以下に示す。

$$\begin{aligned} \sigma_{\max} &= 1.24 \cdot \frac{P \cdot (D/2)^2}{t^2} \\ &= 1.24 \times \{0.072 \times (840/2)^2\} / 25^2 \\ &= 25.20 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

(2) 戸当り

戸当りは、等分布荷重を受ける支圧材として、発生する支圧応力度が許容限界以下であることを確認する。

戸当りのモデル図を図 4-15 に示す。

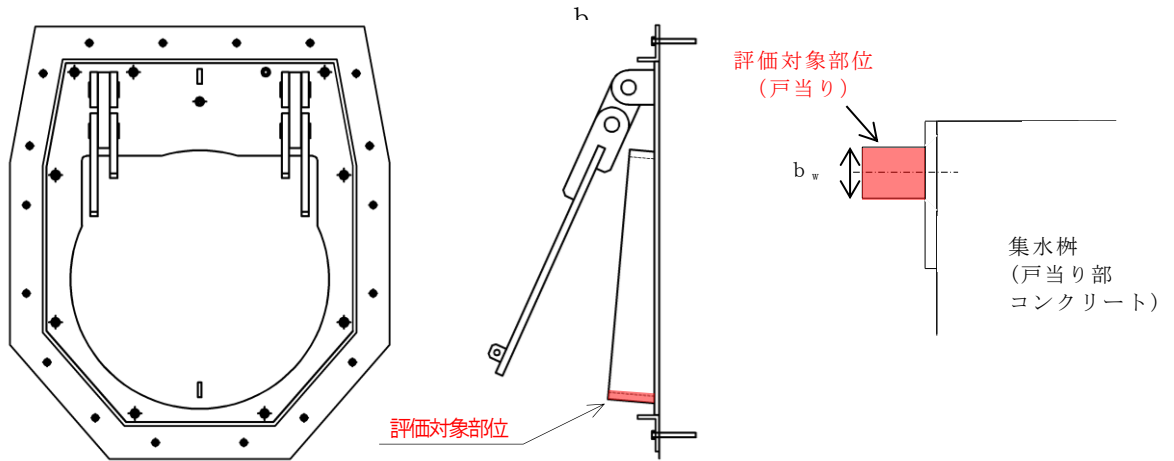


図 4-15 戸当りのモデル図

戸当りの最大応力度算定式を以下に示す。

$$\sigma_p = \frac{P_1}{b_w \cdot D \cdot \pi}$$

$\sigma$  : 戸当りの支圧応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$P_1$  : 戸当りへ作用する荷重 (N)

$b_w$  : 戸当りの幅 (mm)

$D$  : スキンプレートの受水径 (mm)

上記の式に表 4-3(3)の計算条件を代入して、スキンプレートの最大応力度を算定した結果を以下に示す。

$$\begin{aligned}\sigma_p &= \frac{P_1}{b_w \cdot D \cdot \pi} \\ &= 39684.1 / (25 \times 840 \times \pi) \\ &= 0.60 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

(3) 集水桝(戸当り部コンクリート)

戸当りのコンクリートは、コンクリートに加わる支圧を戸当り全周で支持するものとして、コンクリートに発生する支圧応力度及びせん断応力度が許容限界以下であることを確認する。

集水桝(戸当り部コンクリート)のモデル図を図4-16に示す。

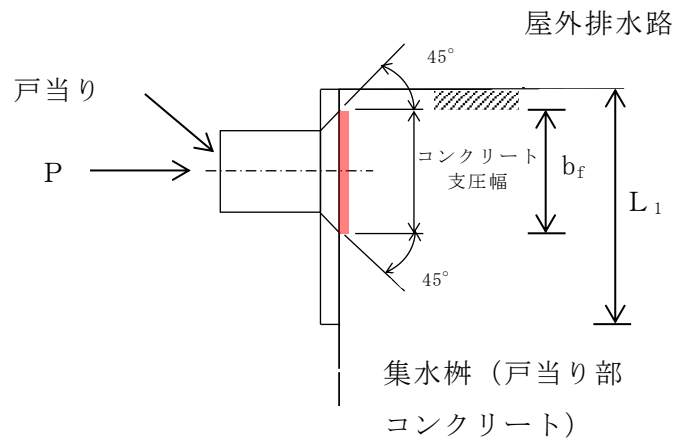


図4-16 集水桝(戸当り部コンクリート)のモデル図

集水桝(戸当り部コンクリート)の最大応力度算定式を以下に示す。

$$\sigma_c = \frac{P_1}{b_f \cdot D \cdot \pi}$$

$$\tau_c = \frac{P_1}{2 \cdot L_1 \cdot D \cdot \pi}$$

$\sigma_c$  : コンクリートの支圧応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$P_1$  : 戸当りへ作用する荷重 (N)

$b_f$  : コンクリート支圧幅 (mm)

$D$  : スキンプレートの受水径 (mm)

$\tau_c$  : コンクリートのせん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$L_1$  : 屋外排水路内径より戸当りアンカー板端面までの距離 (mm)

上記の式に表 4-3(3) の計算条件を代入して、スキンプレートの最大応力度を算定した結果を以下に示す。

$$\begin{aligned}\sigma_c &= \frac{P_1}{b_f \cdot D \cdot \pi} \\ &= 39684.1 / (57 \times 840 \times \pi) \\ &= 0.26 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\tau_c &= \frac{P_1}{2 \cdot L_1 \cdot D \cdot \pi} \\ &= 39684.1 / (2 \times 120 \times 840 \times \pi) \\ &= 0.06 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

#### 4.6.4 屋外排水路逆止弁⑩, ⑪, ⑫

##### (1) スキンプレート

スキンプレートの曲げ応力は円盤周辺単純支持等分布荷重による最大曲げ応力を考える。

スキンプレートのモデル図を図4-17に示す。

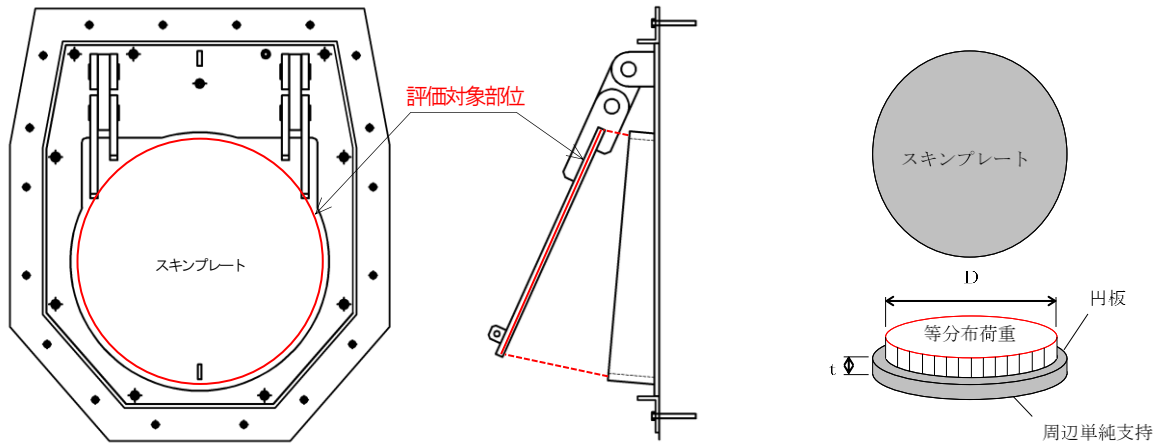


図4-17 スキンプレートのモデル図

スキンプレートの最大応力度算定式を以下に示す。

$$\sigma_{\max} = 1.24 \cdot \frac{P \cdot (D/2)^2}{t^2}$$

$\sigma_{\max}$  : スキンプレートの最大応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

P : 作用単位荷重 (N/mm<sup>2</sup>)

D : スキンプレートの受水径 (mm)

t : スキンプレートの板厚 (mm)

上記の式に表4-3(4)の計算条件を代入して、スキンプレートの最大応力度を算定した結果を以下に示す。

$$\begin{aligned} \sigma_{\max} &= 1.24 \cdot \frac{P \cdot (D/2)^2}{t^2} \\ &= 1.24 \times \{0.066 \times (840/2)^2\} / 25^2 \\ &= 23.10 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

(2) 戸当り

戸当りは、等分布荷重を受ける支圧材として、発生する支圧応力度が許容限界以下であることを確認する。

戸当りのモデル図を図 4-18 に示す。

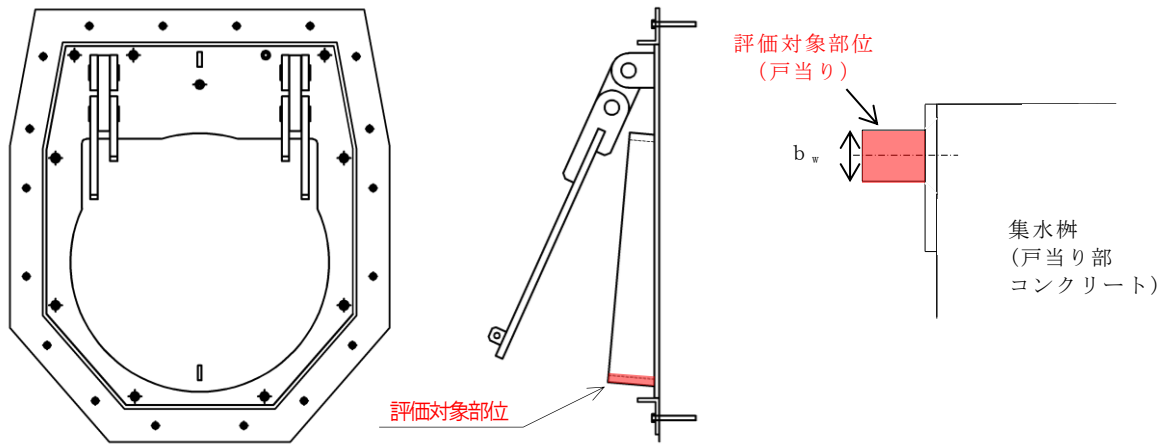


図 4-18 戸当りのモデル図

戸当りの最大応力度算定式を以下に示す。

$$\sigma_p = \frac{P_1}{b_w \cdot D \cdot \pi}$$

$\sigma$  : 戸当りの支圧応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$P_1$  : 戸当りへ作用する荷重 (N)

$b_w$  : 戸当りの幅 (mm)

$D$  : スキンプレートの受水径 (mm)

上記の式に表 4-3(2)の計算条件を代入して、スキンプレートの最大応力度を算定した結果を以下に示す。

$$\begin{aligned}\sigma_p &= \frac{P_1}{b_w \cdot D \cdot \pi} \\ &= 36493.7 / (25 \times 840 \times \pi) \\ &= 0.55 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

(3) 集水桝(戸当り部コンクリート)

戸当りのコンクリートは、コンクリートに加わる支圧を戸当り全周で支持するものとして、コンクリートに発生する支圧応力度及びせん断応力度が許容限界以下であることを確認する。

集水桝(戸当り部コンクリート)のモデル図を図4-19に示す。

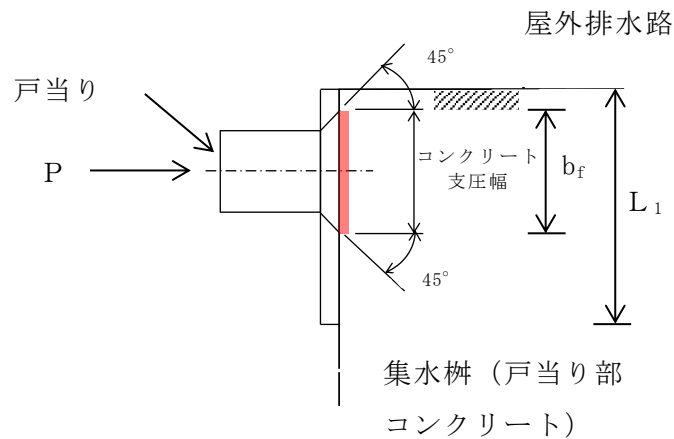


図4-19 集水桝(戸当り部コンクリート)のモデル図

集水桝(戸当り部コンクリート)の最大応力度算定式を以下に示す。

$$\sigma_c = \frac{P_1}{b_f \cdot D \cdot \pi}$$

$$\tau_c = \frac{P_1}{2 \cdot L_1 \cdot D \cdot \pi}$$

$\sigma_c$  : コンクリートの支圧応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$P_1$  : 戸当りへ作用する荷重 (N)

$b_f$  : コンクリート支圧幅 (mm)

$D$  : スキンプレートの受水径 (mm)

$\tau_c$  : コンクリートのせん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$L_1$  : 屋外排水路内径より戸当りアンカー板端面までの距離 (mm)



上記の式に表 4-3(4) の計算条件を代入して、スキンプレートの最大応力度を算定した結果を以下に示す。

$$\begin{aligned}\sigma_c &= \frac{P_1}{b_f \cdot D \cdot \pi} \\ &= 36493.7 / (57 \times 840 \times \pi) \\ &= 0.24 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\tau_c &= \frac{P_1}{2 \cdot L_1 \cdot D \cdot \pi} \\ &= 36493.7 / (2 \times 120 \times 840 \times \pi) \\ &= 0.06 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

#### 4.6.5 屋外排水路逆止弁<sup>⑬</sup>

##### (1) スキンプレート

スキンプレートに発生する曲げモーメントは、4辺を固定支持された平板としてモデル化し、曲げ応力を算定する。

スキンプレートのモデル図を図4-20に示す。

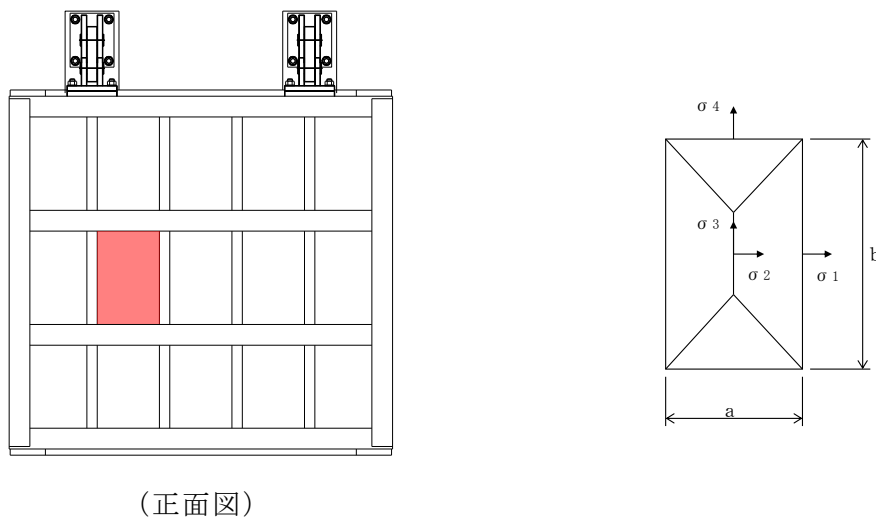


図4-20 スキンプレートのモデル図

スキンプレートの最大応力度算定式を以下に示す。

$$\sigma_s = \frac{1}{100} \cdot k \cdot a^2 \cdot \frac{p}{t_s^2} \cdot \alpha$$

- $\sigma_s$  : スキンプレートの応力度 (N/mm<sup>2</sup>)
- $k$  :  $b/a$  による形状係数
- $a$  : スキンプレートの区画の短辺 (mm)
- $b$  : スキンプレートの区間の長辺 (mm)
- $p$  : 作用水圧荷重 (N/mm<sup>2</sup>)
- $t_s$  : スキンプレートの板厚 (mm)
- $\alpha$  : 応力の補正係数

上記の式に表 4-3(5)の計算条件を代入して、スキンプレートの最大応力度を算定した結果を以下に示す。

$$\begin{aligned}\sigma_s &= \frac{1}{100} \cdot k \cdot a^2 \cdot \frac{p}{t_s^2} \cdot \alpha \\ &= (1/100) \times 48.0 \times 350^2 \times (0.0869/12^2) \times 10^{-3} \times 0.8 \\ &= 28.4 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

(2) 主桁

主桁は、部材の発生断面力に対して保守的な評価となるよう、支圧板の設置位置を支点とする両端をピン支点の単純梁によりモデル化する。また、合成応力に対しても許容限界以下であることを確認する。

主桁のモデル図を図 4-21 に示す。

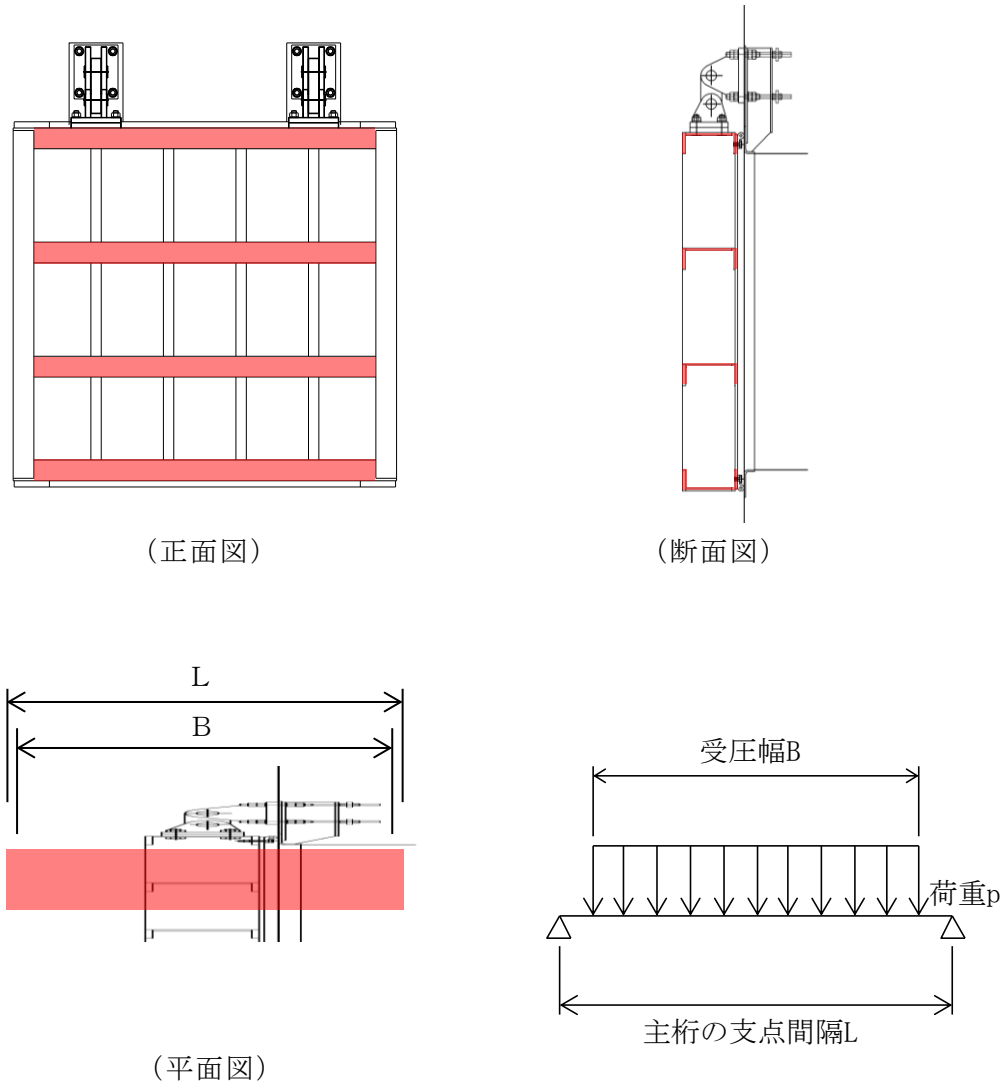


図 4-21 主桁のモデル図

主桁の最大応力度算定式を以下に示す。

$$M_G = \frac{W \cdot B \cdot (2 \cdot L - B)}{8}$$

$$S_G = \frac{W \cdot B}{2}$$

$$\sigma_G = \frac{M_G}{Z_g}$$

$$\tau_G = \frac{S_G}{A_g}$$

$$\sigma_g = \sqrt{\sigma_G^2 + 3 \tau_G^2}$$

$M_G$  : 曲げモーメント (N・mm)

$S_G$  : せん断力 (N)

$W$  : 主桁の分担荷重 (N/mm)

$L$  : 主桁の支点間隔 (mm)

$B$  : 扉体の受圧幅 (mm)

$\sigma_G$  : 主桁の曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$Z_g$  : 主桁の断面係数 (mm<sup>3</sup>)

$\tau_G$  : 主桁のせん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$A_g$  : 主桁のウェブ断面積 (mm<sup>2</sup>)

$\sigma_g$  : 主桁の合成応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

上記の式に表 4-3(5)の計算条件を代入して、主桁の最大応力度を算定した結果を以下に示す。

$$\begin{aligned}M_G &= \frac{W \cdot B \cdot (2 \cdot L - B)}{8} \\ &= 48.299 \times 1700 \times (2 \times 1750 - 1700) / 8 \\ &= 18474000 \text{ N} \cdot \text{mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}S_G &= \frac{W \cdot B}{2} \\ &= 48.299 \times 1700 / 2 \\ &= 41054 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_G &= \frac{M_G}{Z_g} \\ &= 18474000 / 433900 \\ &= 42.6 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\tau_G &= \frac{S_G}{A_g} \\ &= 41054 / 2616 \\ &= 15.7 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_g &= \sqrt{\sigma_G^2 + 3 \tau_G^2} \\ &= \sqrt{42.6^2 + 3 \times 15.7^2} \\ &= 50.5 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

(3) 補助縦桁

補助縦桁については、主桁によって支持された単純支持梁とし、荷重は平均水圧が菱形に作用したものとして、「ダム・堰施設技術基準（案）（基準解説編・設備計画マニュアル編）（ダム・堰施設技術協会 平成 28 年 3 月）」に基づき、曲げ応力及びせん断応力を算定する。また、合成応力に対しても許容限界以下であることを確認する。

補助縦桁のモデル図を図 4-22 に示す。

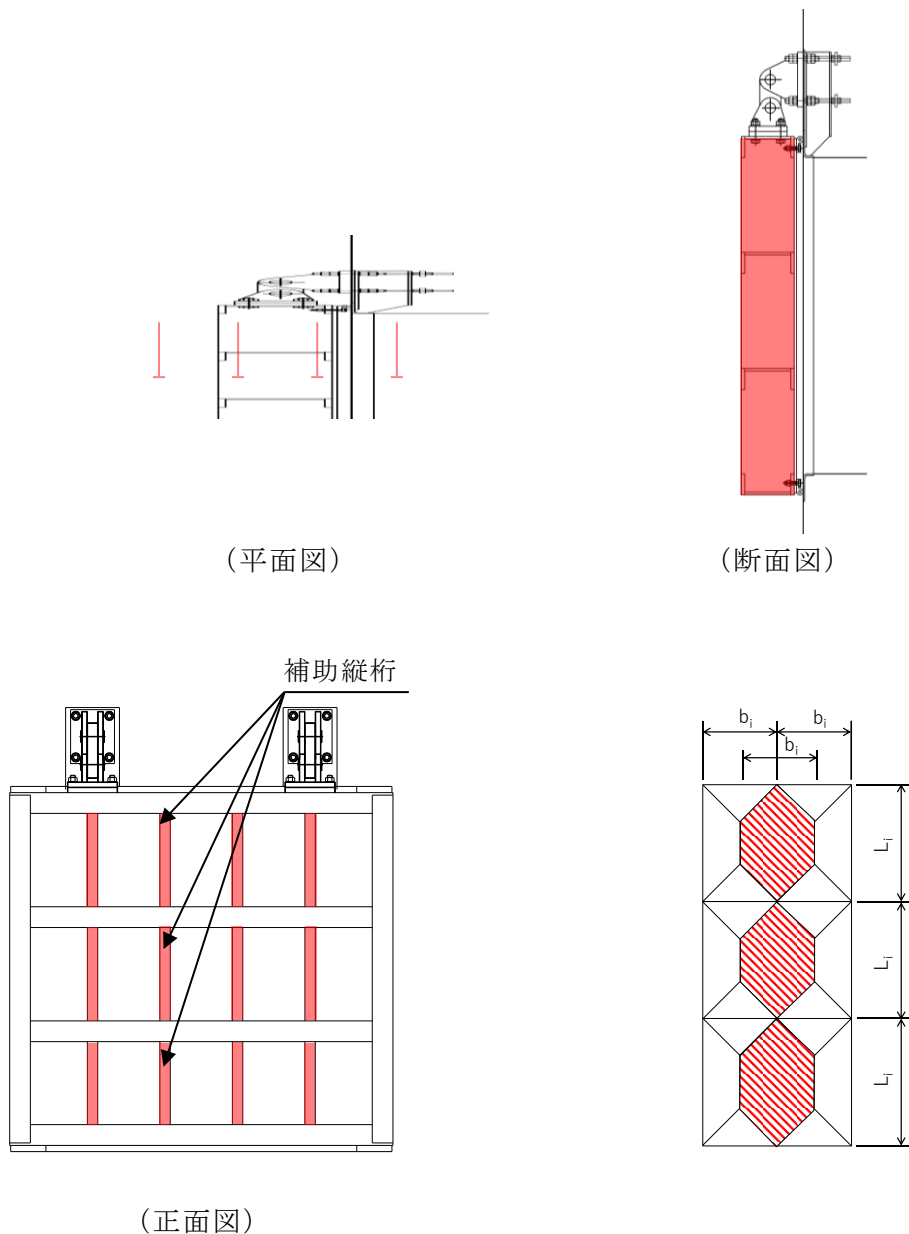


図 4-22 補助縦桁の構造図及びモデル図

補助縦桁の最大応力度算定式を以下に示す。

$L_i > b_i$  の場合

$$M_I = \frac{p \cdot b_i}{24} (3 \cdot L_i^2 - b_i^2)$$

$$S_I = \frac{p \cdot b_i}{2} \left( L_i - \frac{b_i}{2} \right)$$

$L_i \leq b_i$  の場合

$$M_I = \frac{p \cdot L_i^3}{12}$$

$$S_I = \frac{p \cdot L_i^2}{4}$$

$$\sigma_{Ix} = \frac{M_I}{Z_{ix}}$$

$$\sigma_{Iy} = \frac{M_I}{Z_{iy}}$$

$$\tau_I = \frac{S_I}{A_i}$$

$$\sigma_i = \sqrt{\sigma_I^2 + 3\tau_I^2}$$

$M_I$  : 補助縦桁に作用する曲げモーメント (N・mm)

$p$  : 作用水圧荷重 (N/mm<sup>2</sup>)

$L_i$  : 主桁間隔 (mm)

$b_i$  : 補助縦桁間隔 (mm)

$S_I$  : 補助縦桁に作用するせん断力 (N)

$\sigma_{Ix}$  : 補助縦桁の曲げ応力度 (引張) (N/mm<sup>2</sup>)

$Z_{ix}$  : 補助縦桁の断面係数 (引張) (mm<sup>3</sup>)

$\sigma_{Iy}$  : 補助縦桁の曲げ応力度 (圧縮) (N/mm<sup>2</sup>)

$Z_{iy}$  : 補助縦桁の断面係数 (圧縮) (mm<sup>3</sup>)

$\tau_I$  : 補助縦桁のせん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$A_i$  : 補助縦桁の断面積 (N/mm<sup>2</sup>)

$\sigma_i$  : 合成応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$\sigma_I$  : 補助縦桁の曲げ応力度 (引張と圧縮) の最大値 (N/mm<sup>2</sup>)



上記の式に表 4-3(5) の計算条件を代入して、補助縦桁の最大応力度を算定した結果を以下に示す。

$L_i > b_i$  のため

$$\begin{aligned} M_I &= \frac{p \cdot b_i}{24} (3 \cdot L_i^2 - b_i^2) \\ &= 0.0869 \times 350 \times (3 \times 600^2 - 350^2) / 24 \\ &= 1213432 \text{ N} \cdot \text{mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_I &= \frac{p \cdot b_i}{2} \left( L_i - \frac{b_i}{2} \right) \\ &= 0.0869 \times 350 \times (600 - 350/2) / 2 \\ &= 6463 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{Ix} &= \frac{M_I}{Z_{Ix}} \\ &= 1213432 / 114964 \\ &= 10.6 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{Iy} &= \frac{M_I}{Z_{Iy}} \\ &= 1213432 / 151107 \\ &= 8.0 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \tau_I &= \frac{S_I}{A_i} \\ &= 6463 / 2169 \\ &= 3.0 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_i &= \sqrt{\sigma_I^2 + 3 \tau_I^2} \\ &= \sqrt{10.6^2 + 8.0^2 + 3 \times 3.0^2} \\ &= 14.26 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

(4) 集水桝(戸当り部コンクリート)

戸当りのコンクリートは、コンクリートに加わる圧力を戸当り全周で支持するものとして、コンクリートに発生する支圧応力度及びせん断応力度が許容限界以下であることを確認する。

戸当り部コンクリートの構造図，モデル図を図 4-23 に示す。

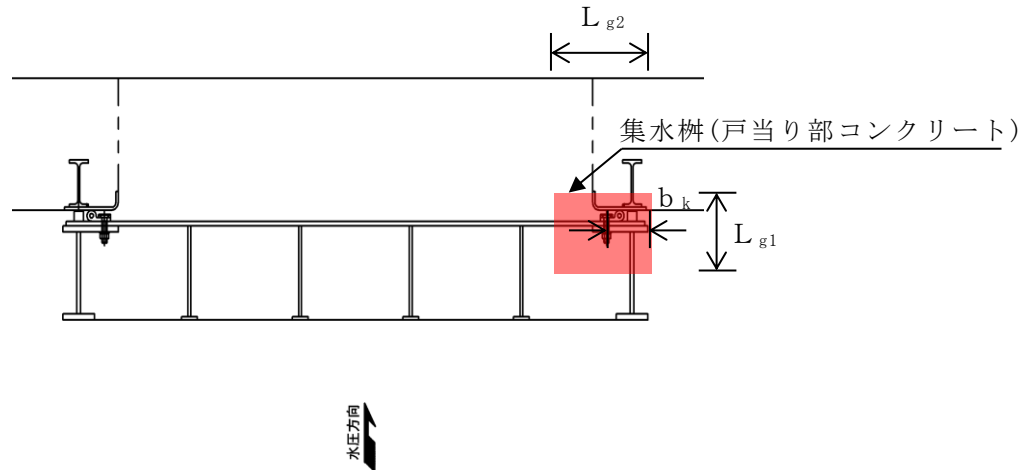


図 4-23 戸当り部コンクリートの構造図，モデル図及び応力算定式

戸当りコンクリートの最大応力度算定式を以下に示す。

$$\sigma_c = \frac{p_1 \cdot B}{2b_k}$$

$$\tau_L = \frac{p_1 \cdot B}{2(L_{g1} + 2L_{g2})}$$

$\sigma_c$  : コンクリートの支圧応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$p_1$  : 扉体最下部作用荷重 (N/mm<sup>2</sup>)

$B$  : 扉体の受圧幅 (mm)

$b_k$  : 底面フランジ幅 (mm)

$\tau_L$  : 底面フランジのせん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$L_{g1}$  : コンクリート面より底面フランジ端面までの深さ (mm)

$L_{g2}$  : 堰柱側面より底面フランジ端面までの深さ (mm)

上記の式に表 4-3(5)の計算条件を代入して、集水桝（戸当り部コンクリート）の最大応力度を算定した結果を以下に示す。

$$\begin{aligned}\sigma_c &= \frac{p_1 \cdot B}{2b_k} \\ &= 0.090 \times 1700 / 2 \times 60 \\ &= 1.28 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$
$$\begin{aligned}\tau_L &= \frac{p_1 \cdot B}{2(L_{f1} + 2L_{f2})} \\ &= 0.090 \times 1700 / \{2 \times (133 + 2 \times 155)\} \\ &= 0.17 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

5. 評価結果

屋外排水路逆止弁の津波時における評価対象部位の強度評価結果を表 5-1 に示す。

発生応力度が許容限界以下であることから、構造部材が十分な構造健全性を有することを確認した。

表 5-1(1) 強度評価結果（屋外排水路逆止弁⑦）

評価部位	評価応力	発生 応力度 (a)	許容限界 (b)	照査値 (a/b)
スキンプレート	曲げ応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	22.80	135	0.17
戸当り	支圧応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	0.48	202.5	0.01
集水柵（戸当り部コンクリート）	支圧応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	0.21	8.8	0.03
	せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	0.05	0.6	0.09

表 5-1(2) 耐震評価結果（屋外排水路逆止弁⑧-1）

評価部位	評価応力	発生 応力度 (a)	許容限界 (b)	照査値 (a/b)
スキンプレート	曲げ応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	22.45	135	0.17
戸当り	支圧応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	0.46	202.5	0.01
集水柵（戸当り部コンクリート）	支圧応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	0.24	8.8	0.03
	せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	0.04	0.6	0.07

表 5-1(3) 強度評価結果（屋外排水路逆止弁⑧-2）

評価部位	評価応力	発生 応力度 (a)	許容限界 (b)	照査値 (a/b)
スキンプレート	曲げ応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	25.20	135	0.19
戸当り	支圧応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	0.60	202.5	0.01
集水柵（戸当り部コンクリート）	支圧応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	0.26	8.8	0.03
	せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	0.06	0.6	0.10

表 5-1(4) 耐震評価結果 (屋外排水路逆止弁 代表⑪ (⑩, ⑫を含む))

評価部位	評価応力	発生 応力度 (a)	許容限界 (b)	照査値 (a/b)
スキンプレート	曲げ応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	23.10	135	0.18
戸当り	支圧応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	0.55	202.5	0.01
集水柵 (戸当り部コンクリート)	支圧応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	0.24	8.8	0.03
	せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	0.06	0.6	0.10

表 5-1(5) 耐震評価結果 (屋外排水路逆止弁⑬)

評価部位	評価応力	発生 応力度 (a)	許容限界 (b)	照査値 (a/b)
スキンプレート	曲げ応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	28.4	135.0	0.22
主桁	曲げ応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	42.6	135.0	0.32
	せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	15.7	75.0	0.21
	合成応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	50.5	148.5	0.35
補助縦桁	曲げ応力度 (引張) (N/mm <sup>2</sup> )	10.6	135.0	0.08
	曲げ応力度 (圧縮) (N/mm <sup>2</sup> )	8.0	116.1	0.07
	せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	3.0	75.0	0.04
	合成応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	14.26	148.5	0.10
集水柵 (戸当り部コンクリート)	支圧応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	1.28	8.8	0.15
	せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	0.17	0.6	0.29

## 6. 集水桝の強度評価

### 6.1 集水桝の構造概要

集水桝は、底版と4面の壁からなる鉄筋コンクリート構造物であり、防波壁（逆T擁壁）及び防波壁（多重鋼管杭式擁壁）にアンカー筋により固定する。

集水桝に要求される機能維持の確認として、構造部材の健全性評価及び支持性能評価を行う。

集水桝位置図を図6-1に、集水桝構造図を図6-2に示す。

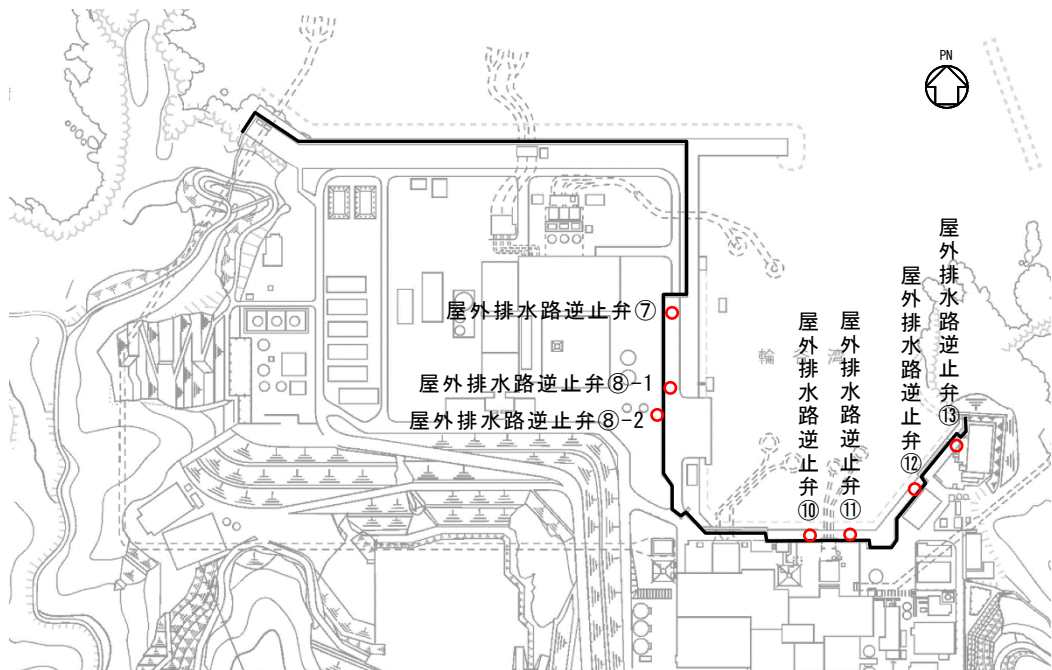
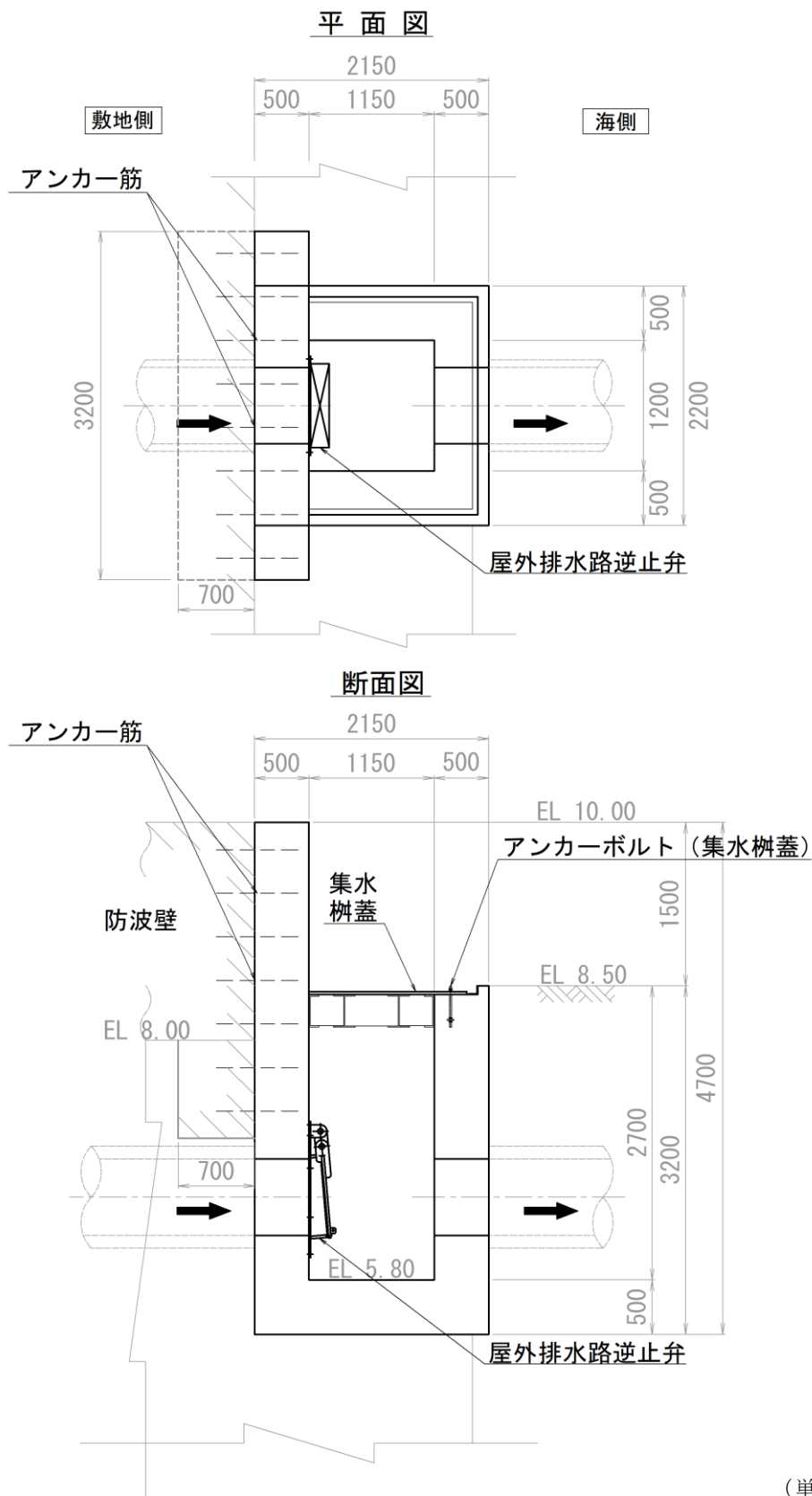
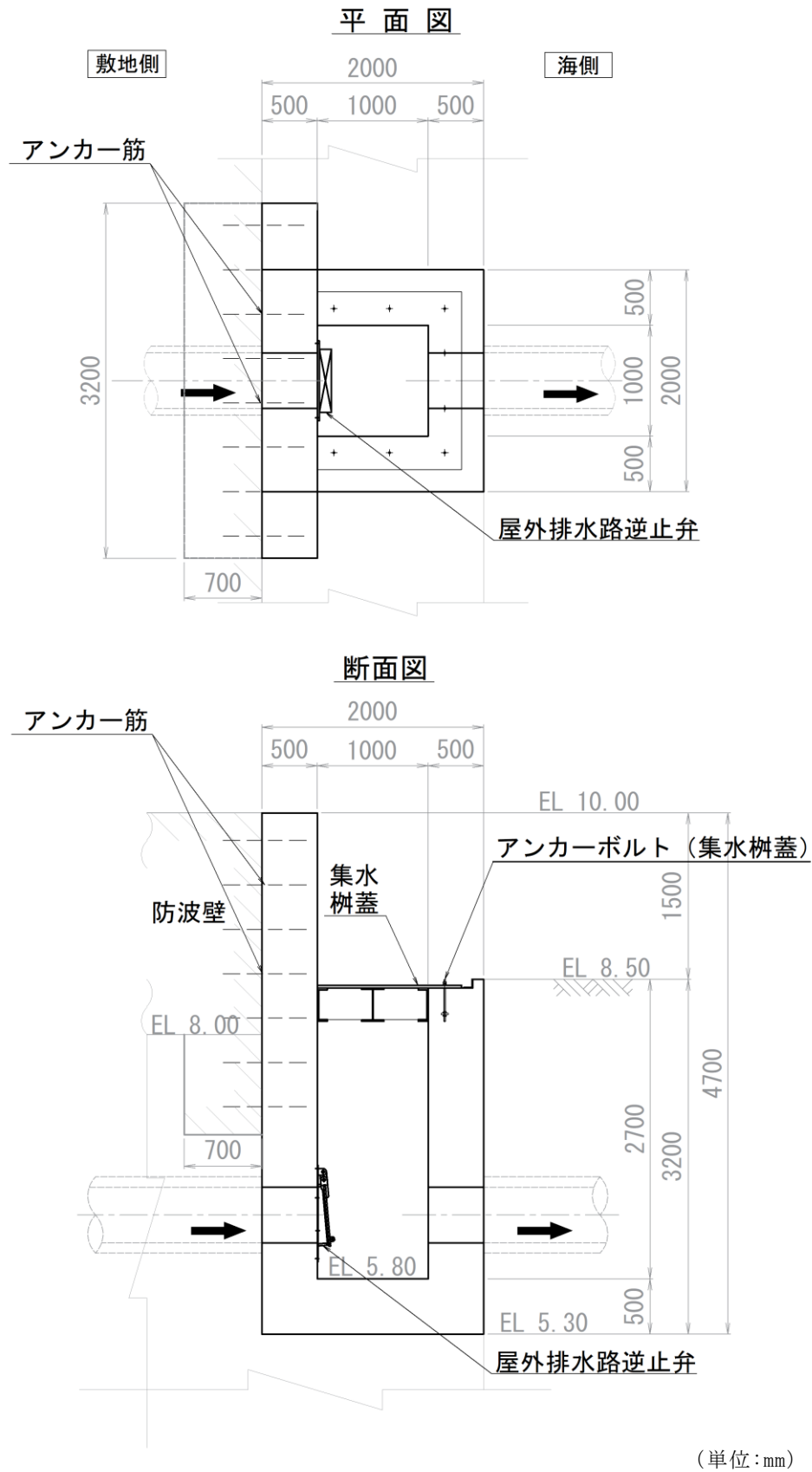


図6-1 集水桝位置図



注：集水柵のアンカー筋固定のため EL 8.00 より下方に逆 T 擁壁のコンクリートを打ち増し

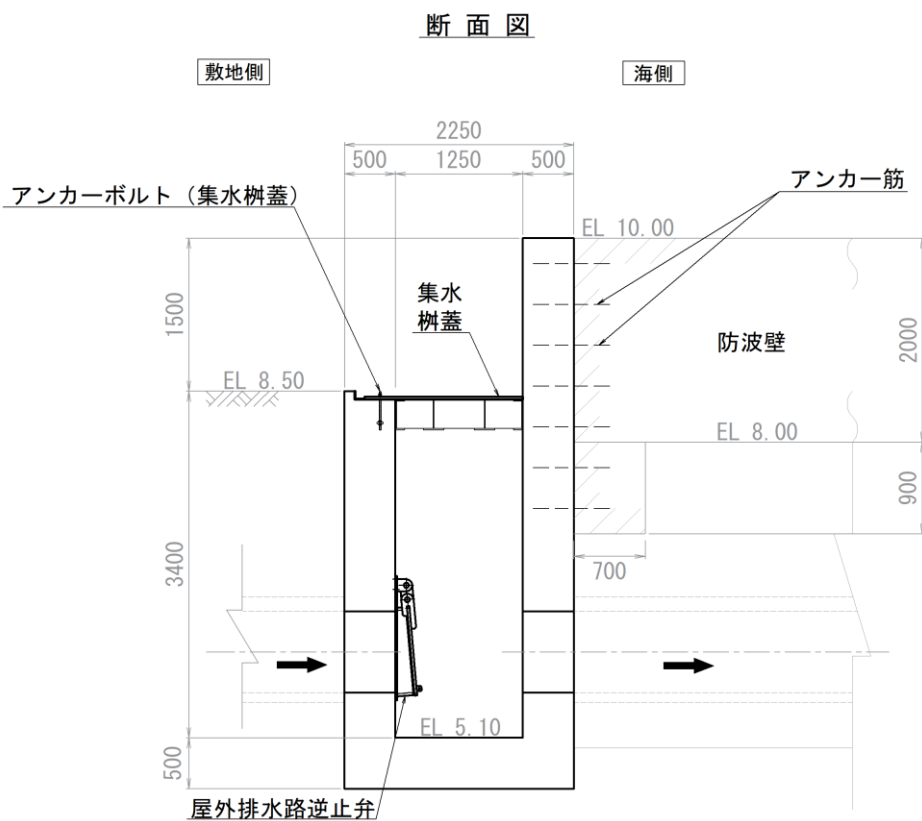
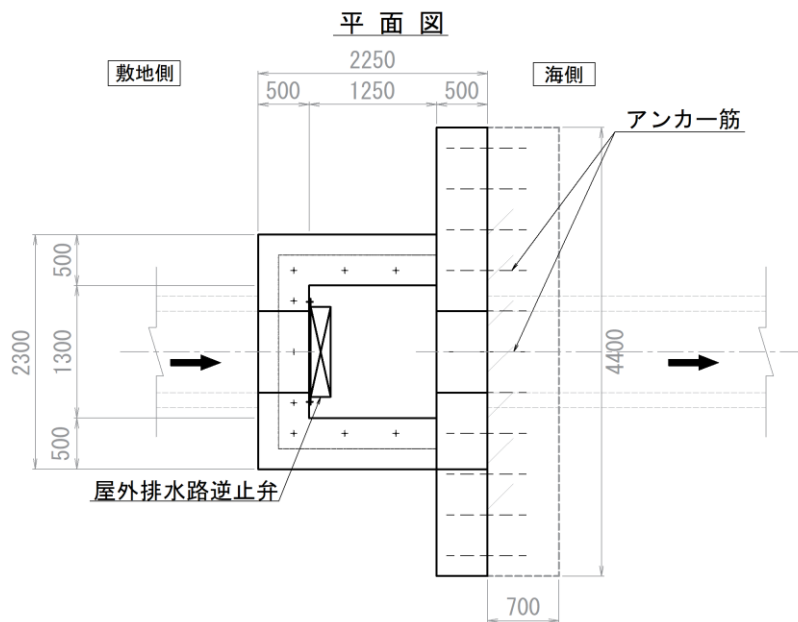
図 6-2(1) 集水柵(屋外排水路逆止弁⑦)構造図



注：集水柵のアンカー筋固定のため EL 8.00 より下方に逆 T 擁壁のコンクリートを打ち増し

図 6-2(2) 集水柵(屋外排水路逆止弁⑧-1)構造図



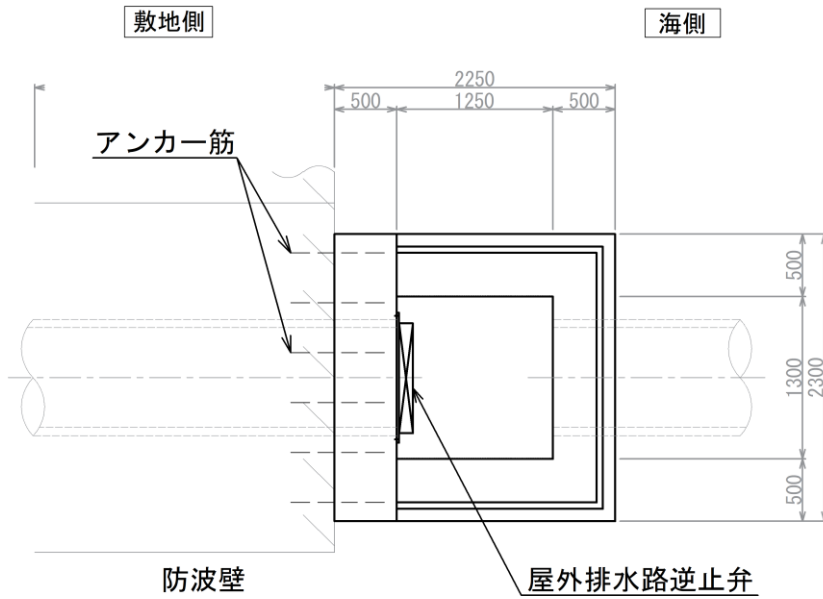


(単位:mm)

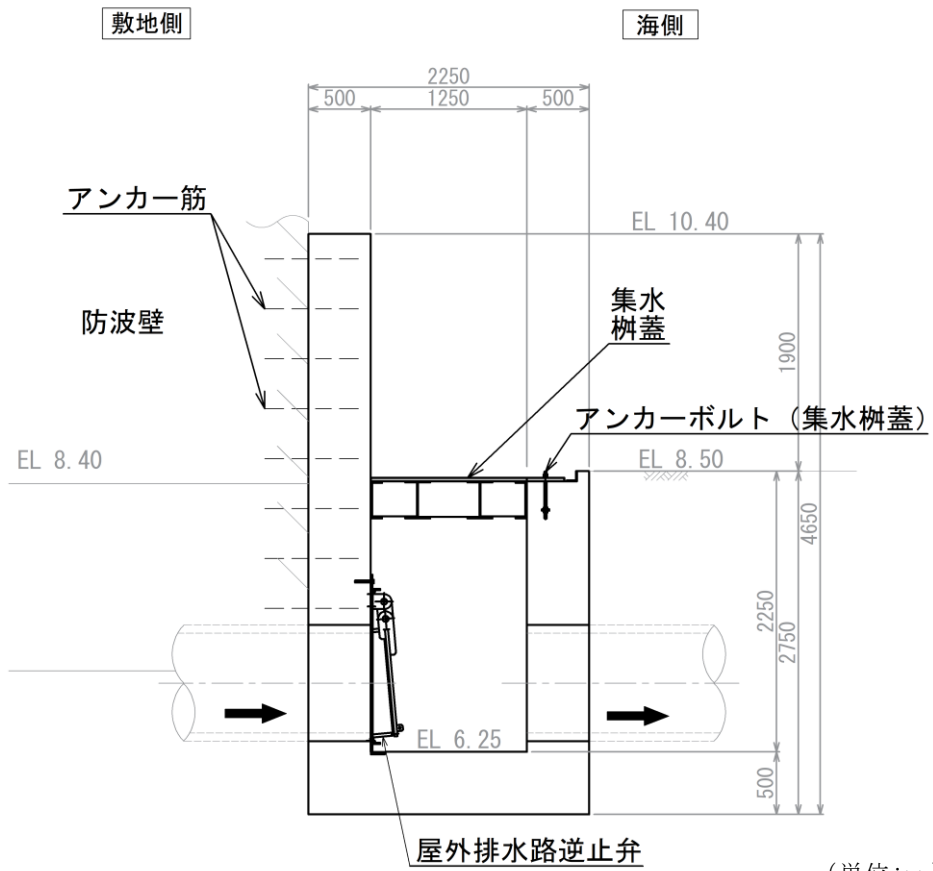
注：集水樹のアンカー筋固定のため EL 8.00 より下方に逆 T 擁壁のコンクリートを打ち増し

図 6-2(3) 集水樹(屋外排水路逆止弁⑧-2)構造図

### 平面図



### 断面図

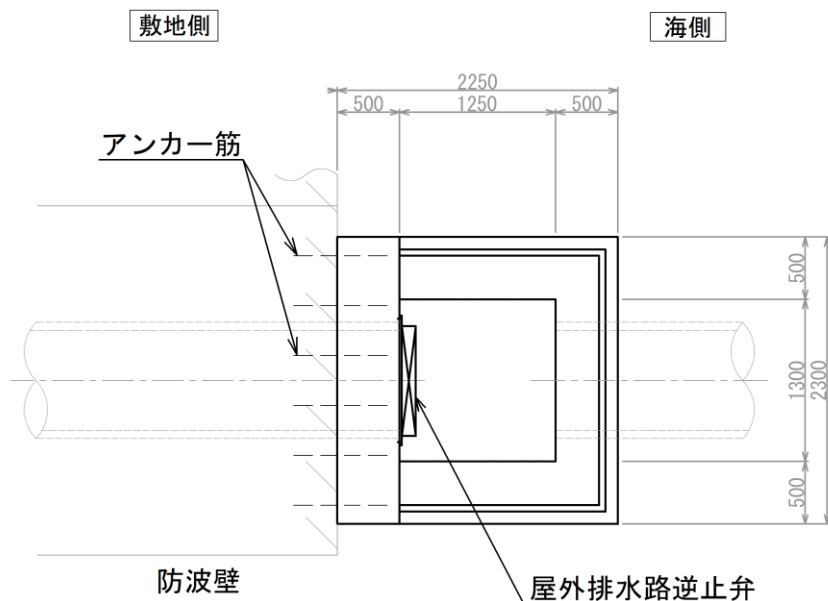


(単位:mm)

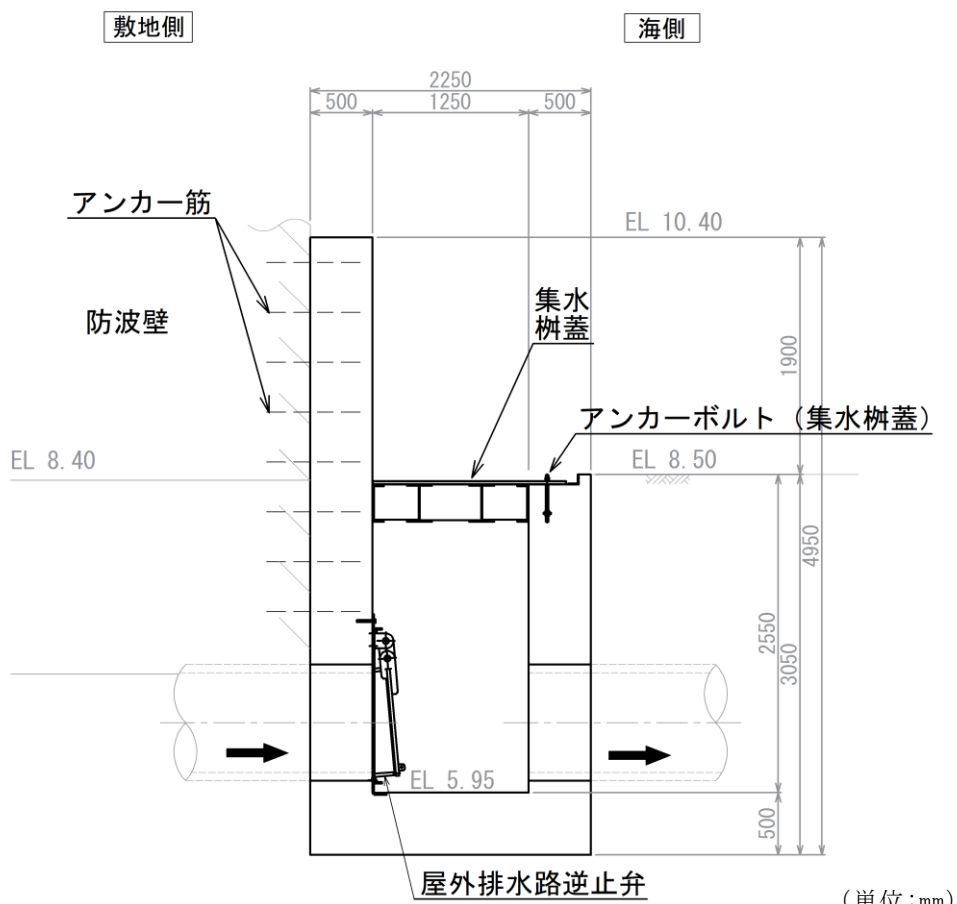
注：集水柵のアンカー筋固定のため EL 8.40 より下方に被覆コンクリートを打ち増し

図 6-2(4) 集水柵(屋外排水路逆止弁⑩)構造図

### 平面図



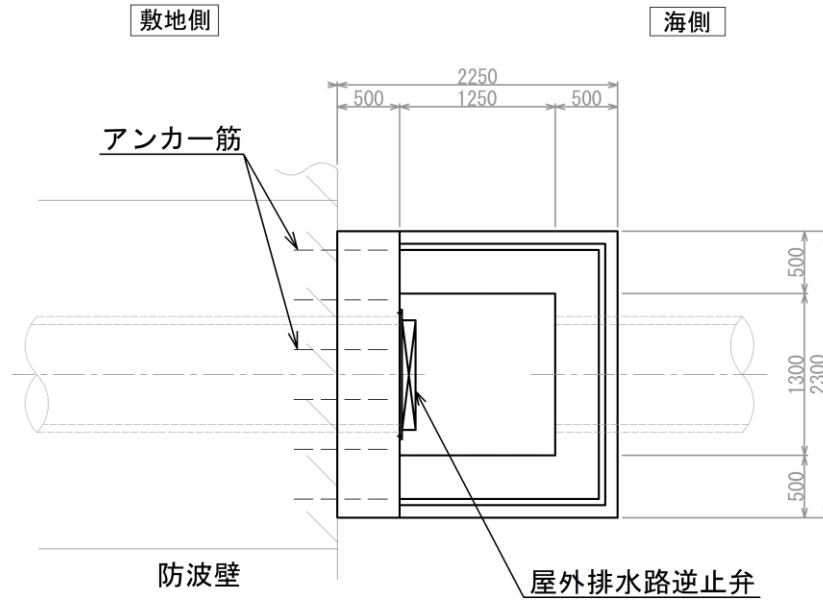
### 断面図



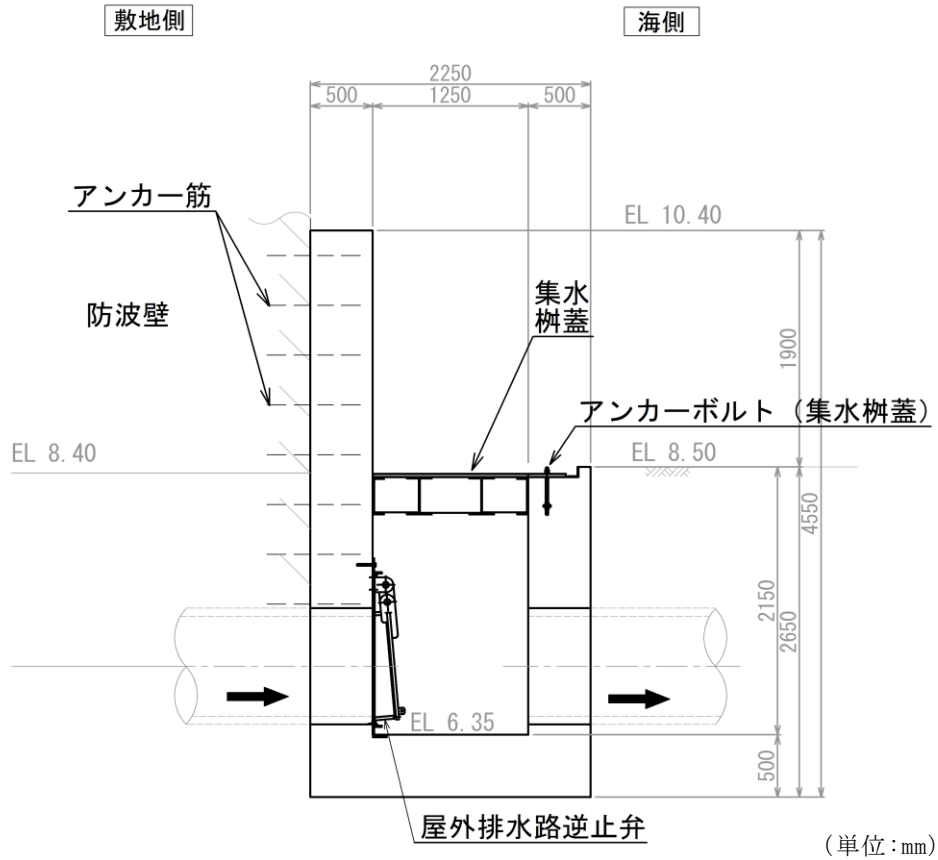
注：集水樹のアンカー筋固定のため EL 8.40 より下方に被覆コンクリートを打ち増し

図 6-2(5) 集水樹(屋外排水路逆止弁①)構造図

平面図



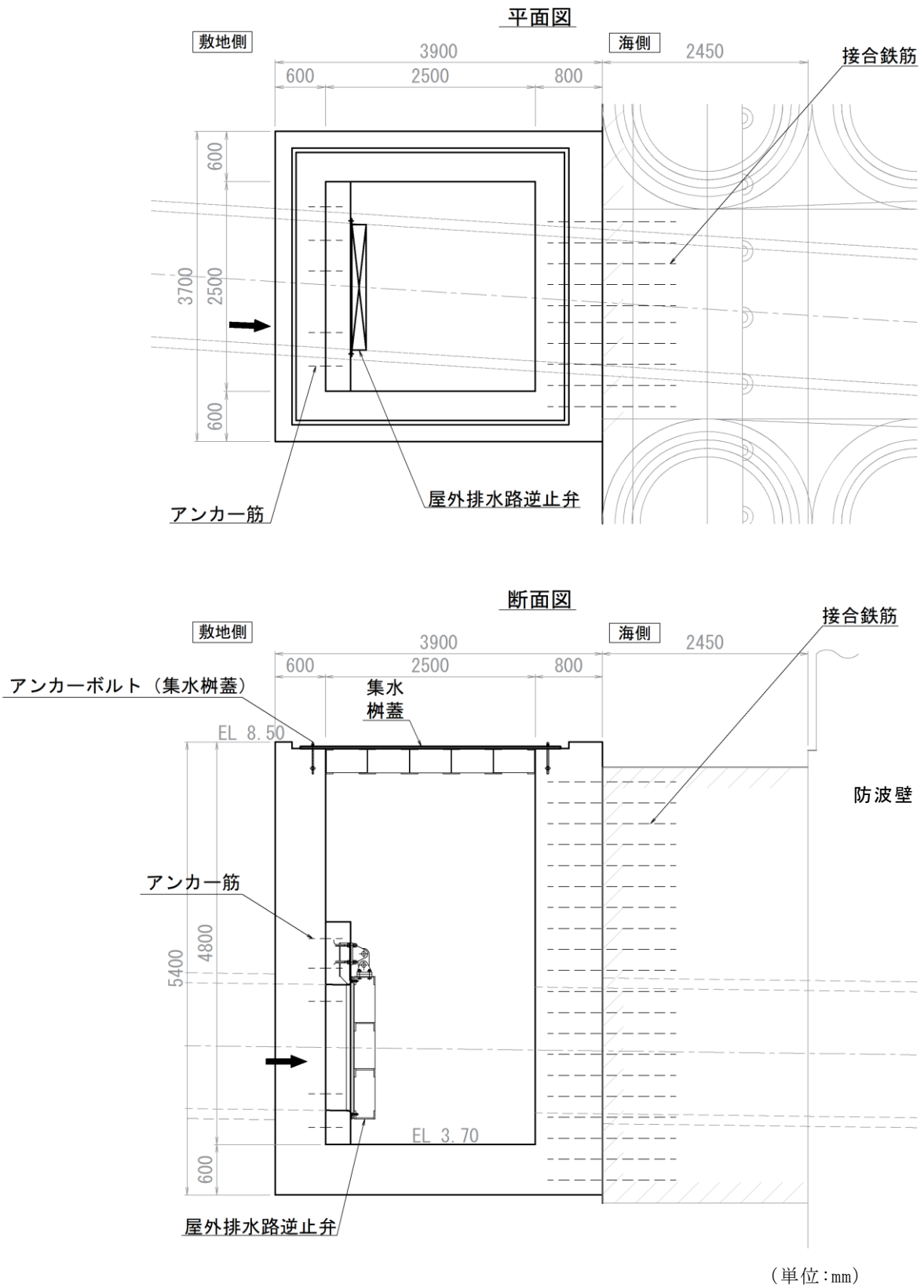
断面図



(単位: mm)

注: 集水桝のアンカー筋固定のため EL 8.40 より下方に被覆コンクリートを打ち増し

図 6-2(6) 集水桝(屋外排水路逆止弁⑫)構造図



注：集水柵のアンカー筋固定のため側方に被覆コンクリートを打ち増し

図 6-2(7) 集水柵(屋外排水路逆止弁⑬)構造図

## 6.2 評価方針

集水樹の強度評価は、「7. 集水樹の強度評価方法」に示す方法により、「8. 集水樹の強度評価結果」より、集水樹の評価対象部位の発生応力が許容限界以下であることを確認する。

集水樹の強度評価においては、その構造を踏まえ、津波荷重の作用方向や伝達過程を考慮し、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、「津波時」を考慮し、評価される最大荷重を設定する。

### 6.2.1 集水樹

集水樹の強度評価は、表 6-1 の集水樹の評価項目に示すとおり、構造部材の健全性評価及び支持性能評価を行う。

構造部材の健全性評価及び集水樹の支持性能評価を実施することで、集水樹が構造強度を有すること及び屋外排水路逆止弁を支持する機能を損なわないことを確認する。

構造部材のうち集水樹（底版、側壁）及び集水樹蓋の健全性評価については、発生する応力が許容限界以下であることを確認する。また、アンカーボルト（集水樹蓋）については、発生する引張力が許容限界以下であることを確認する。なお、集水樹蓋については、津波の流入経路となる敷地側に設置している箇所を対象に評価する。

集水樹の支持性能評価については、集水樹が防波壁とアンカー筋により固定することから、防波壁との接合アンカー筋に発生する引張力及びせん断力が許容限界以下であることを確認する。

集水樹の強度評価フローを図 6-3 に示す。

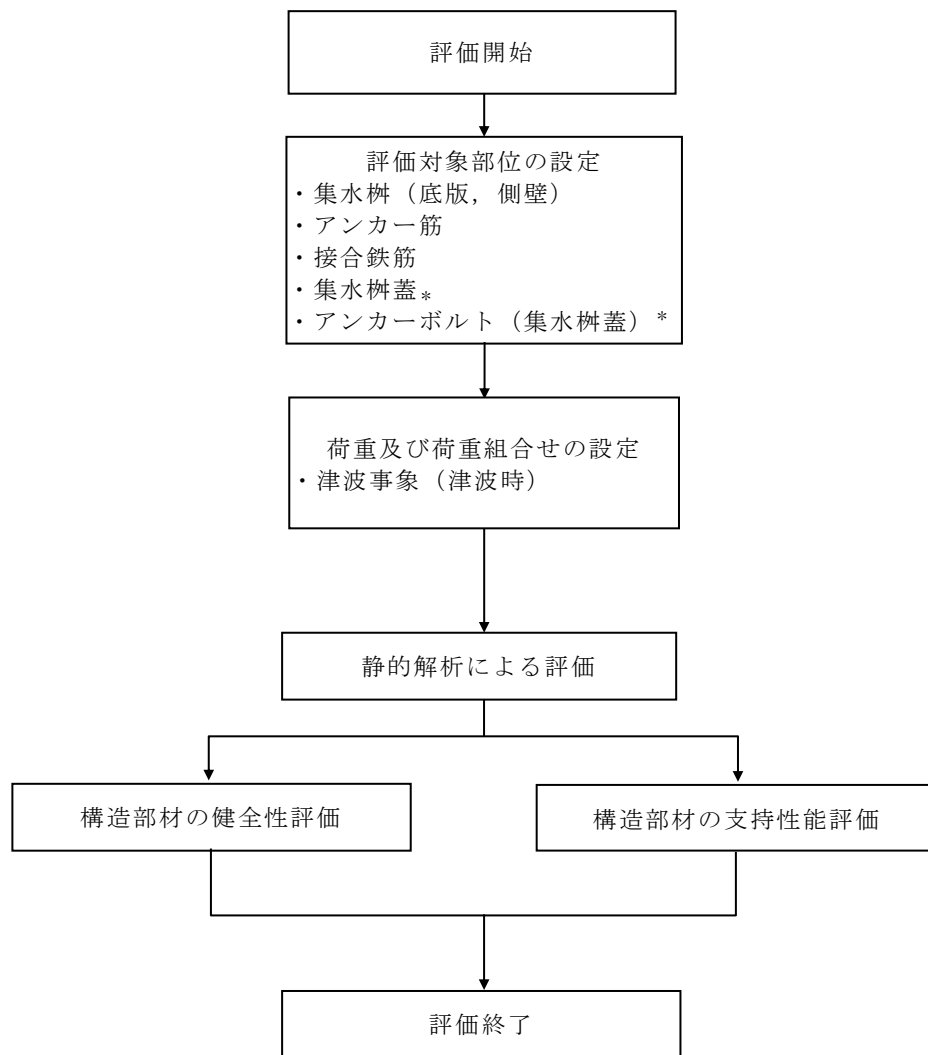
表 6-1(1) 集水桝の評価項目（集水桝⑦, ⑧-1, ⑧-2, ⑩, ⑪, ⑫）

評価方針	評価項目	評価対象部位	評価方法	許容限界
構造強度を有すること	構造部材の健全性	集水桝 (底版, 側壁)	発生する応力が許容限界を下回ることを確認	短期許容応力度
		集水桝蓋 *		
		アンカーボルト (集水桝蓋) *	発生するせん断力が許容限界を下回ることを確認	せん断耐力
止水性を損なわないこと	構造部材の支持性能	アンカー筋	発生する引張応力が許容限界を下回ることを確認	短期許容応力度

注記\* : 屋外排水路逆止弁⑧-2 が対象

表 6-1(2) 集水桝の評価項目（集水桝⑬）

評価方針	評価項目	評価対象部位	評価方法	許容限界
構造強度を有すること	構造部材の健全性	集水桝 (底版, 側壁)	発生する応力が許容限界を下回ることを確認	短期許容応力度
		集水桝蓋		
		アンカーボルト (集水桝蓋)	発生するせん断力が許容限界を下回ることを確認	せん断耐力
止水性を損なわないこと	構造部材の支持性能	接合鉄筋	発生する応力が許容限界を下回ることを確認	短期許容応力度



注記\*：屋外排水路逆止弁⑧-2，⑬が対象

図 6-3 集水桝の強度評価フロー



### 6.3 適用規格・基準等

適用する規格，基準等を以下に示す。

- (1) コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（土木学会，2002年制定）
- (2) 耐津波設計に係る工認審査ガイド（原子力規制委員会，平成25年6月制定）
- (3) 道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（日本道路協会，平成14年3月）
- (4) 道路橋示方書・同解説Ⅰ共通編・Ⅱ鋼橋編（日本道路協会 平成24年3月）
- (5) 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）
- (6) 原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（土木学会 原子力土木委員会，2005年6月）
- (7) 各種合成構造設計指針・同解説（日本建築学会，平成22年11月）

## 7. 集水桝の強度評価方法

### 7.1 評価対象部位

構造部材の健全性評価対象部位は、集水桝の底版及び側壁、集水桝蓋及び集水桝と集水桝蓋を接合するアンカーボルト（集水桝蓋）とする。集水桝の支持性能の評価対象部位は、集水桝を防波壁に固定するアンカー筋及び接合鉄筋とする。

### 7.2 荷重及び荷重の組合せ

#### 7.2.1 荷重

集水桝の強度評価には、以下の荷重を用いる。

(1) 固定荷重（G）

固定荷重として、躯体自重を考慮する。

(2) 積載荷重（P）

積載荷重として、屋外排水路逆止弁及び集水桝蓋の荷重を考慮する。

(3) 静水圧荷重（ $P_h$ ）

静水圧荷重として、集水桝の設置位置における設置高さ及び浸水深さを考慮して算定する。

#### 7.2.2 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 7-1 に示す。

表 7-1(1) 荷重の組合せ

区分	荷重の組合せ
津波時	$G + P + P_h$

G : 固定荷重

P : 積載荷重

$P_h$  : 静水圧荷重

表 7-1(2) 荷重の組合せ

種別		荷重		算定方法
永久 荷重	常時考 慮荷重	躯体自重	○	設計図書に基づいて、対象構造物の体積に材料の密度を乗じて設定する。
		機器・配管自重	○	屋外排水路逆止弁及び集水柵蓋の荷重を考慮する。
		土被り荷重	－	土被りはないため考慮しない。
		積載荷重	－	積載荷重は考慮しない。
	静止土圧		○	常時応力解析により設定する。
	外水圧		－	外水圧は考慮しない。
	内水圧		－	内水はないため考慮しない。
	積雪荷重		－	集水柵蓋に作用する水圧と反対方向の荷重のため考慮しない。
	風荷重		－	風荷重は考慮しない。
	偶発 荷重	静水圧		○
衝突荷重		－	漂流物の衝突は考慮しない。	

### 7.3 許容限界

#### 7.3.1 集水桝

集水桝（底版及び側壁）の許容限界は、「コンクリート標準示方書[構造性能照査編]（土木学会，2002年制定）」に基づき，表7-2に示す短期許容応力度とする。

表7-2 鉄筋コンクリートの許容限界

評価項目		許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )
コンクリート ( $f'_{ck}=24$ N/mm <sup>2</sup> )	短期許容曲げ圧縮応力度 $\sigma_{ca}$	13.5*
	短期許容せん断応力度 $\tau_{a1}$	0.675*
鉄筋 (SD345)	短期許容曲げ引張応力度 $\sigma_{sa2}$	294*

注記 \*：コンクリート標準示方書[構造性能照査編]（土木学会，2002年制定）

#### 7.3.2 アンカー筋

集水桝のアンカー筋の許容限界は、「各種合成構造設計指針・同解説（日本建築学会，2010年）」及びアンカーメーカーにて実施した試験を踏まえた耐力評価式に基づき，表7-3に示す引張耐力及びせん断耐力とする。

表7-3 アンカー筋の許容限界

設備名称	アンカー径	引張耐力 (kN/本)	せん断耐力 (kN/本)	評価式
集水桝（屋外排水路逆止弁⑦）	D25	105.40	98.17	各種合成構造設計指針・同解説（日本建築学会，2010年）
集水桝（屋外排水路逆止弁⑧-1）		105.40	98.17	
集水桝（屋外排水路逆止弁⑧-2）		105.40	98.17	
集水桝（屋外排水路逆止弁⑩）	D29	108.80	95.50	アンカーメーカー式
集水桝（屋外排水路逆止弁⑪）		108.80	95.50	
集水桝（屋外排水路逆止弁⑫）		108.80	95.50	

### 7.3.3 接合鉄筋

集水桝の接合鉄筋の許容限界は、「コンクリート標準示方書[構造性能照査編] (土木学会, 2002年制定)」に基づき, 表7-4に示す引張耐力とする。

表7-4 接合鉄筋の許容限界

設備名称	鉄筋径	引張耐力 (N/mm <sup>2</sup> )	適用規格
集水桝 (屋外排水路逆止弁⑬)	D22	294.0	コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] (土木学会, 2002年制定)

### 7.3.4 集水桝蓋

集水桝に設置する集水桝蓋の許容限界は、「道路橋示方書・同解説 I 共通編・II 鋼橋編 (日本道路協会 平成24年3月)」に基づき, 表7-5に示す曲げ応力度及びせん断応力度とする。

表7-5 集水桝蓋 (鋼板) の許容限界

設備名称	曲げ応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )
集水桝 (屋外排水路逆止弁⑧-2)	210	120
集水桝 (屋外排水路逆止弁⑬)		

### 7.3.5 アンカーボルト（集水桝蓋）

集水桝と集水桝蓋を接合するアンカーボルト（集水桝蓋）の許容限界は、「各種合成構造設計指針・同解説（日本建築学会，2010年）」に基づき，表7-6に示す引張耐力とする。

表7-6 アンカーボルト（集水桝蓋）の許容限界

設備名称	引張耐力 (kN/本)
集水桝（屋外排水路逆止弁⑧-2）	57.57
集水桝（屋外排水路逆止弁⑬）	

## 7.4 評価方法

### 7.4.1 集水桝（底版）の評価

集水桝の底版については、法線方向及び法線直交方向の側壁との結合部を固定端とする四辺固定スラブとして鉄筋コンクリート部材の構造健全性を確認する。底版に生じる曲げモーメント及びせん断によって底版のみを有効断面として応力度を算出し許容限界以下であることを確認する。四辺固定版モデル概要図を図 7-1 に示す。

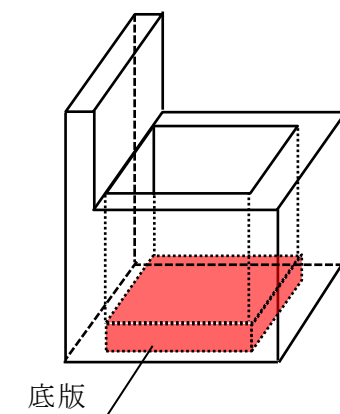


図 7-1 四辺固定版モデル概要図

### 7.4.2 集水桝（側壁）の評価

集水桝の側壁については、底版及び法線直交方向の側壁との結合部を固定端、開口面となる上面を自由端とする三辺固定一边自由スラブとして曲げモーメント及びせん断力を算出し、鉄筋コンクリートの構造健全性を確認する。側壁に生じる曲げモーメント及びせん断によって側壁のみを有効断面として応力度を算出し許容限界以下であることを確認する。三辺固定版モデル概要図を図 7-2 に示す。

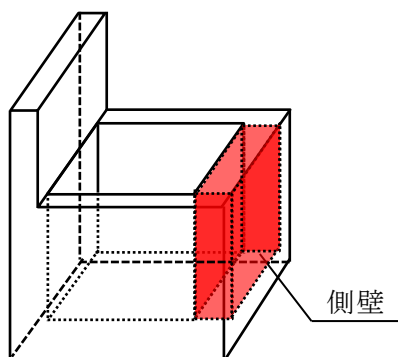


図 7-2 三辺固定版モデル概要図

#### 7.4.3 アンカー筋の評価

アンカー筋の支持性能評価においては、集水桝に働く作用力及びその方向と支点との関係によりアンカー筋に作用する引張力及びせん断力を算出し、許容限界以下であることを確認する。

#### 7.4.4 接合鉄筋の評価

接合鉄筋の支持性能評価においては、接合鉄筋に働く引張応力を算出し、鉄筋の健全性を確認する。接合部に働く曲げモーメントによる接合鉄筋の引張応力を算出し許容限界以下であることを確認する。

#### 7.4.5 集水桝蓋の評価

集水桝蓋の構造健全性評価においては、保守的に補強梁及びリブプレートを考慮せず、集水桝蓋（鋼板）の長辺方向を単純支持梁モデルにより、作用する曲げ応力及びせん断応力が許容限界以下であることを確認する。

#### 7.4.6 アンカーボルト（集水桝蓋）の評価

アンカーボルト（集水桝蓋）の構造健全性評価においては、集水桝内から浮き上がりに対し、蓋を固定するアンカーボルトに作用する引張力を算定し、許容限界以下であることを確認する。



7.5 使用材料及び材料の物性値

使用材料を表 7-7 に、材料の物性値を表 7-8 に示す。

表 7-7 使用材料

諸元		
集水枥	鉄筋（主筋）	SD345 屋外排水路逆止弁⑦ : D19 屋外排水路逆止弁⑧-2 : D22
	コンクリート	設計基準強度 24 N/mm <sup>2</sup>
	アンカー筋	SD345 (D25)
		SD345 (D29)
接合鉄筋	SD345 (D22)	
集水枥蓋	鋼板	SS400 (PL25)
	アンカーボルト (集水枥蓋)	ABR400 (M20)
		ABR400 (M24)

表 7-8 材料の物性値

材料	設計基準強度 (N/mm <sup>2</sup> )	単位体積重量 (kN/m <sup>3</sup> )	ヤング係数 (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比
鉄筋コンクリート	24	24.5	2.50 × 10 <sup>4</sup>	0.2

## 8. 集水桝の強度評価結果

### 8.1 集水桝の曲げ軸力評価結果

集水桝の概略配筋図を図 8-1 に、曲げ軸力に対する照査結果を表 8-1 及び表 8-2 に示す。

集水桝（底版及び側壁）のコンクリートに発生する曲げ圧縮応力及び鉄筋に発生する曲げ引張応力が許容限界以下であることを確認した。なお、発生応力は各部材において最大となる値を示している。

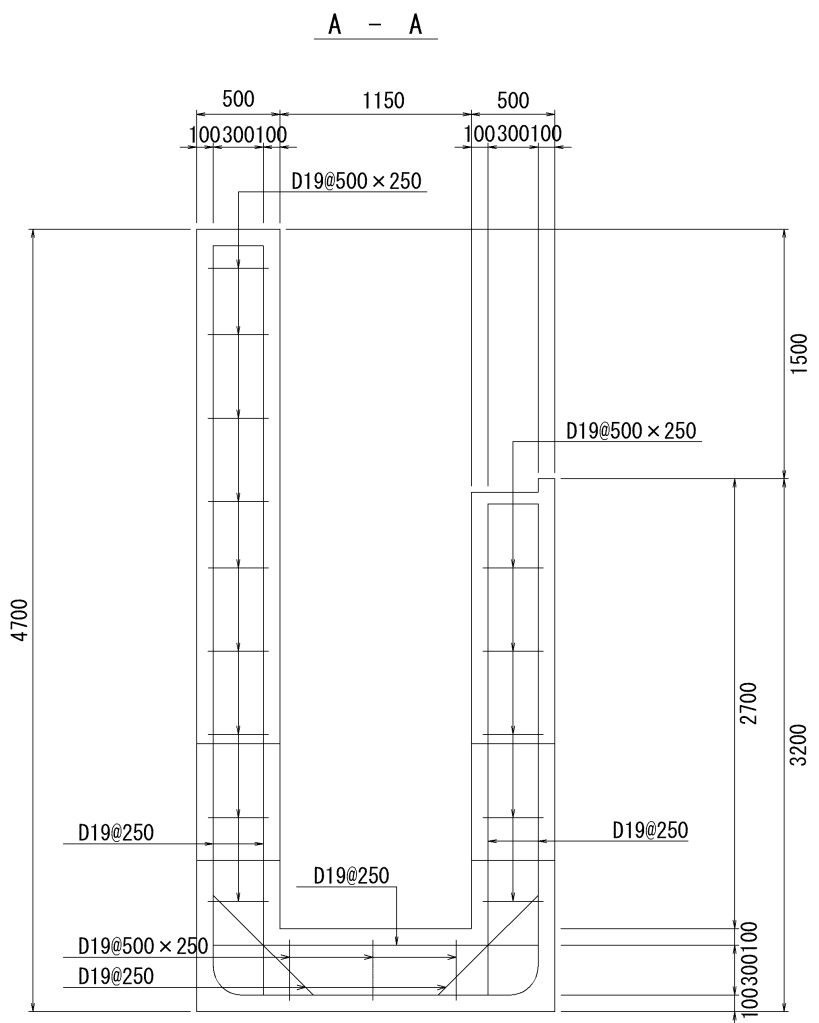
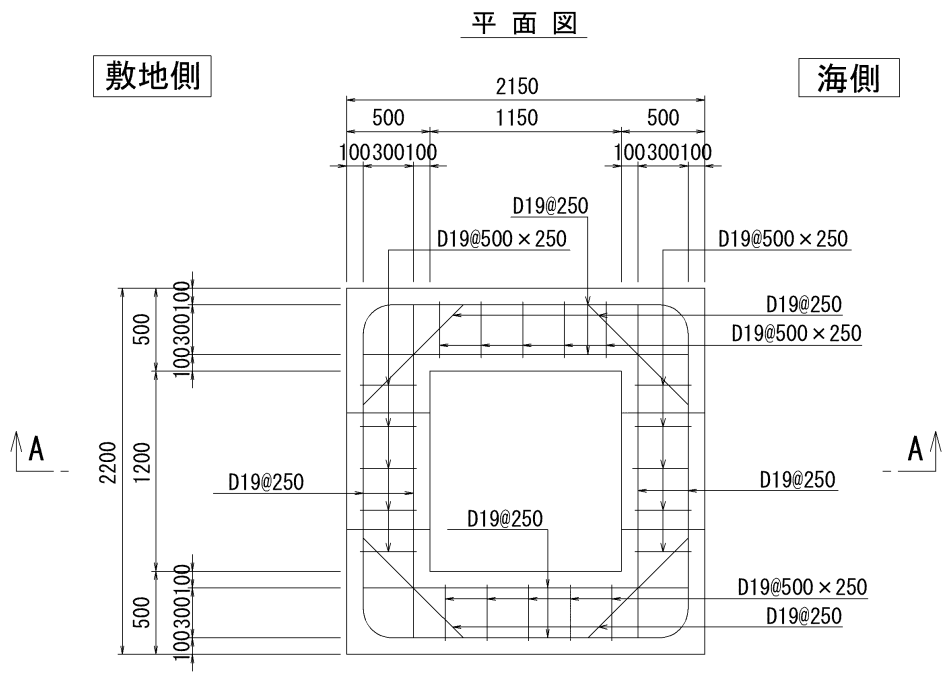
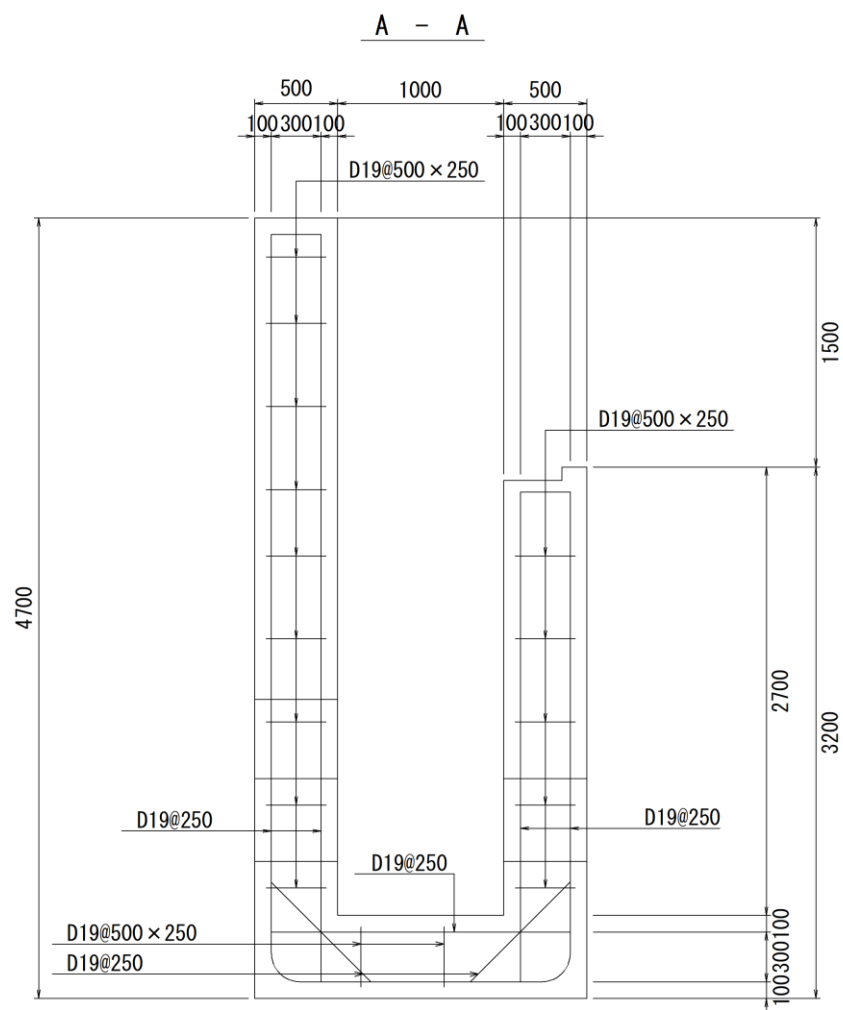
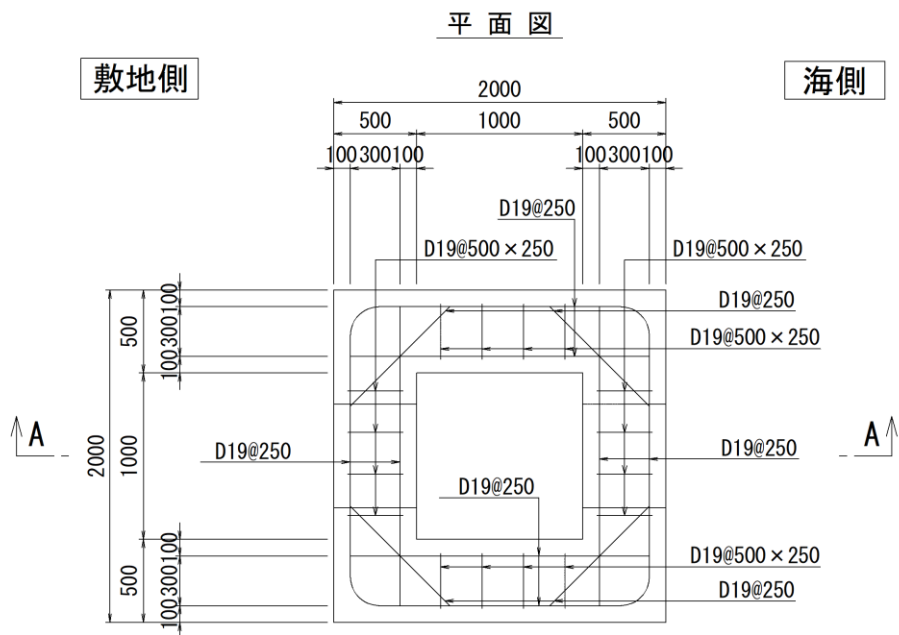


图 8-1(1) 概略配筋图 (集水枱 (屋外排水路逆止弁⑦)) (单位: mm)



(单位: mm)

图 8-1(2) 概略配筋图 (集水枱 (屋外排水路逆止弁⑧-1))

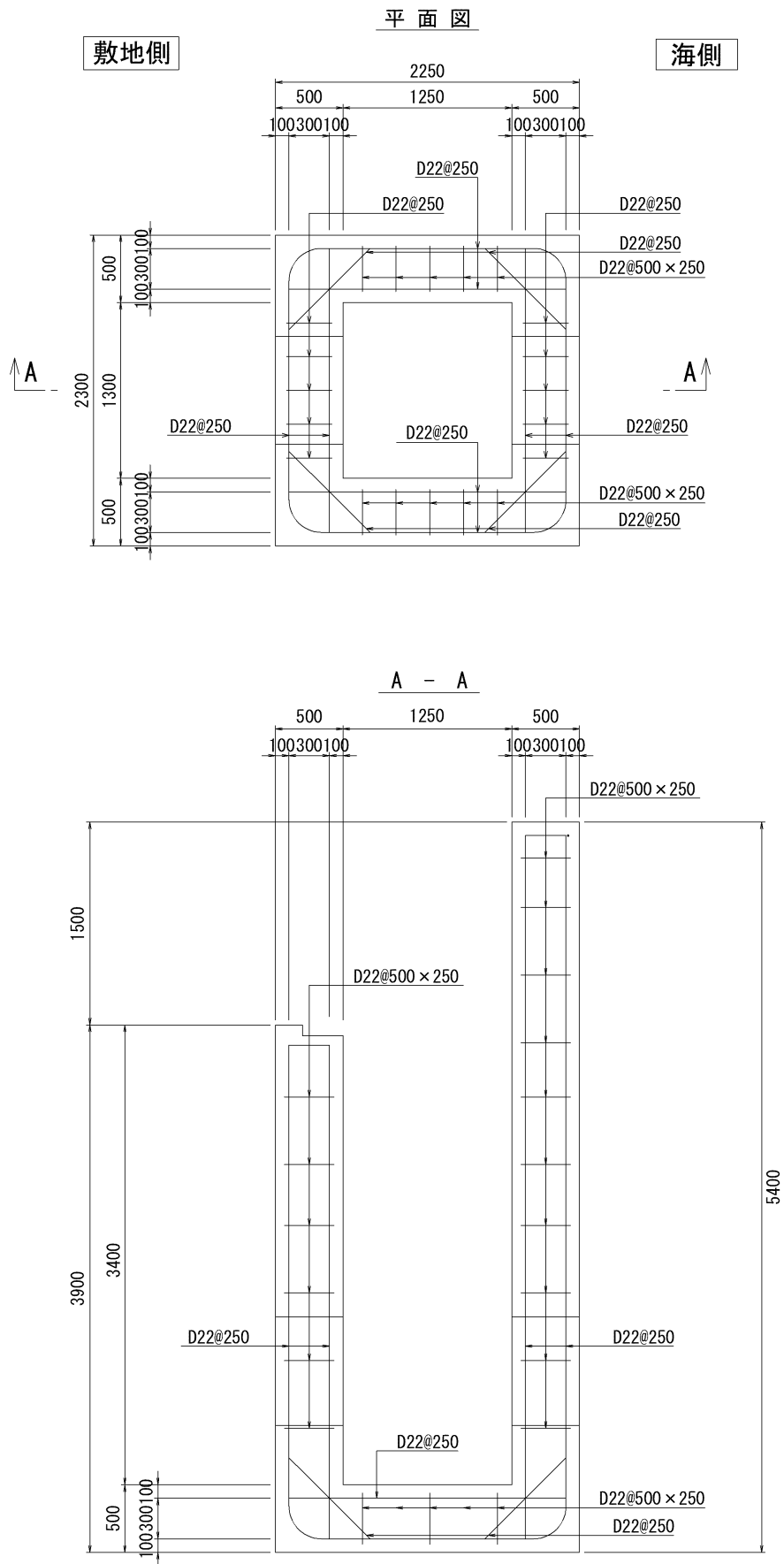
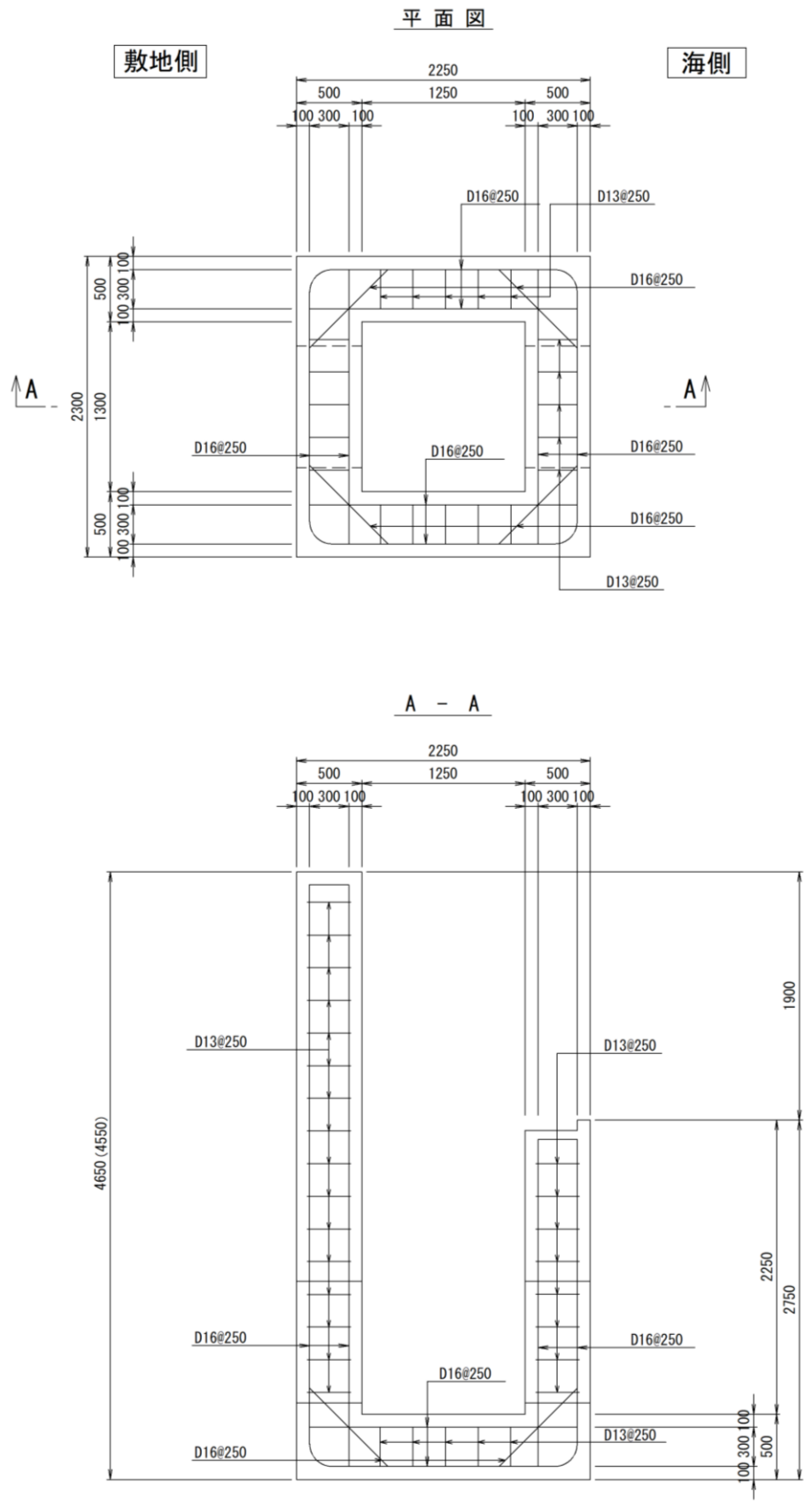
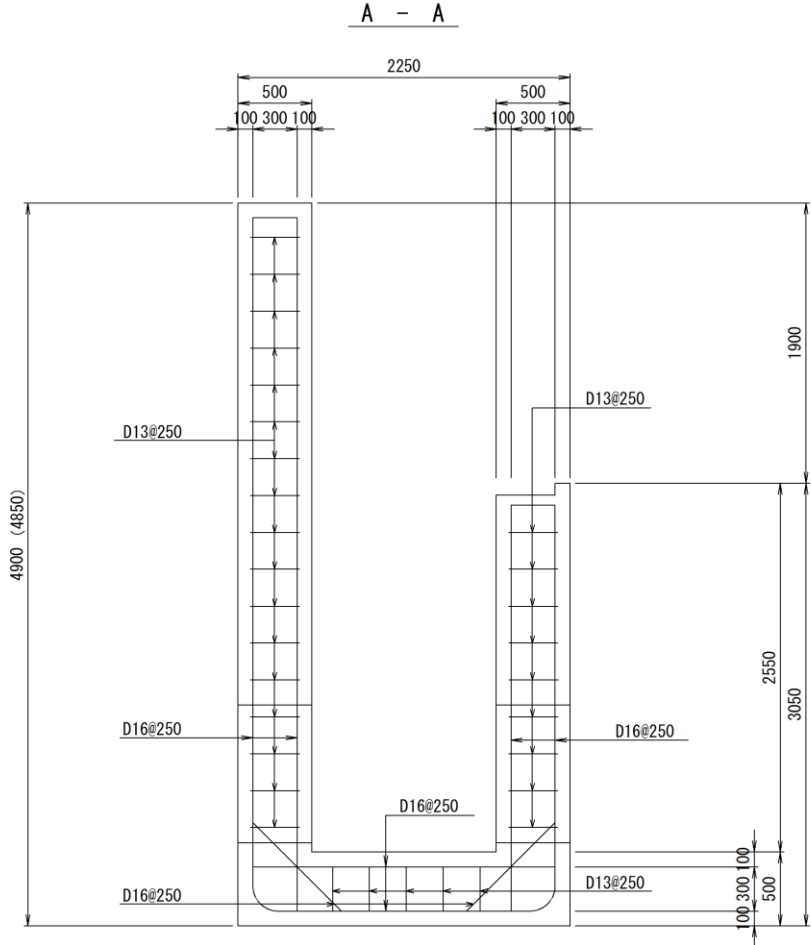
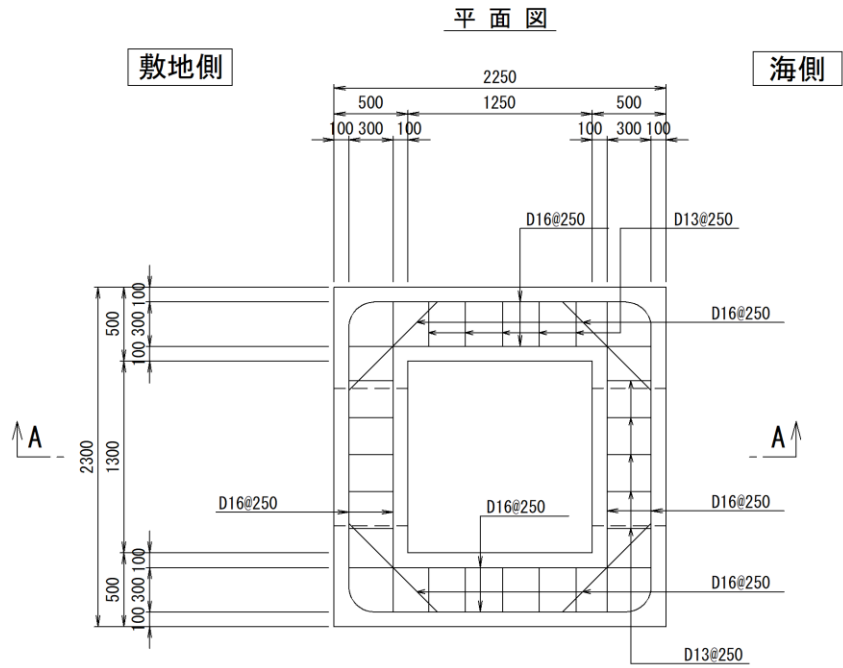


図 8-1(3) 概略配筋図 (集水枡 (屋外排水路逆止弁⑧-2))



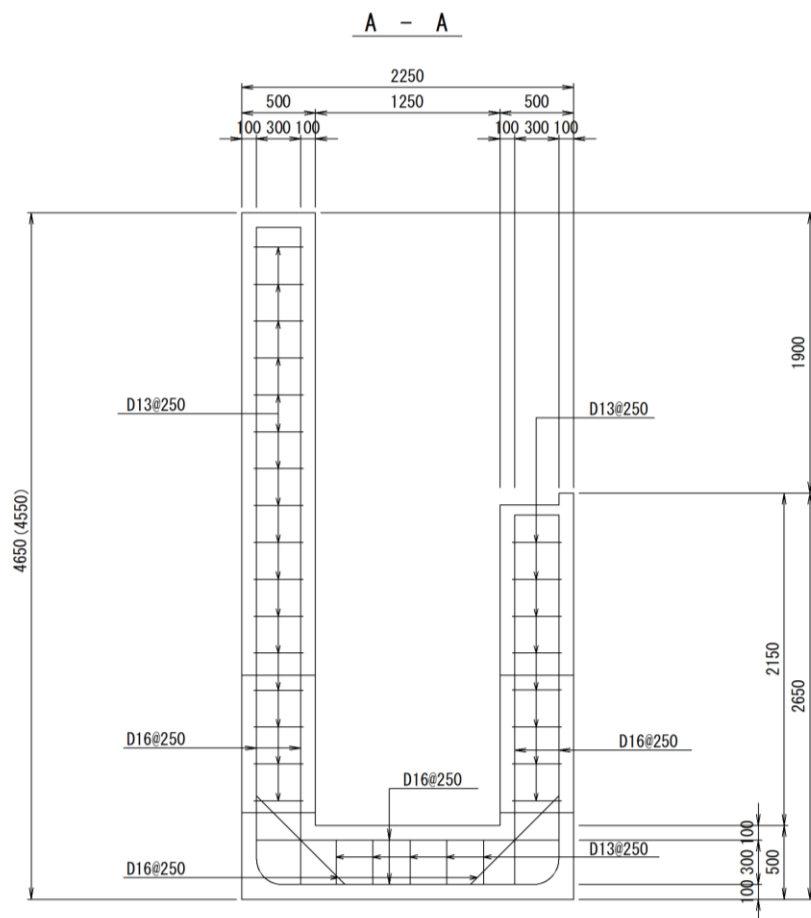
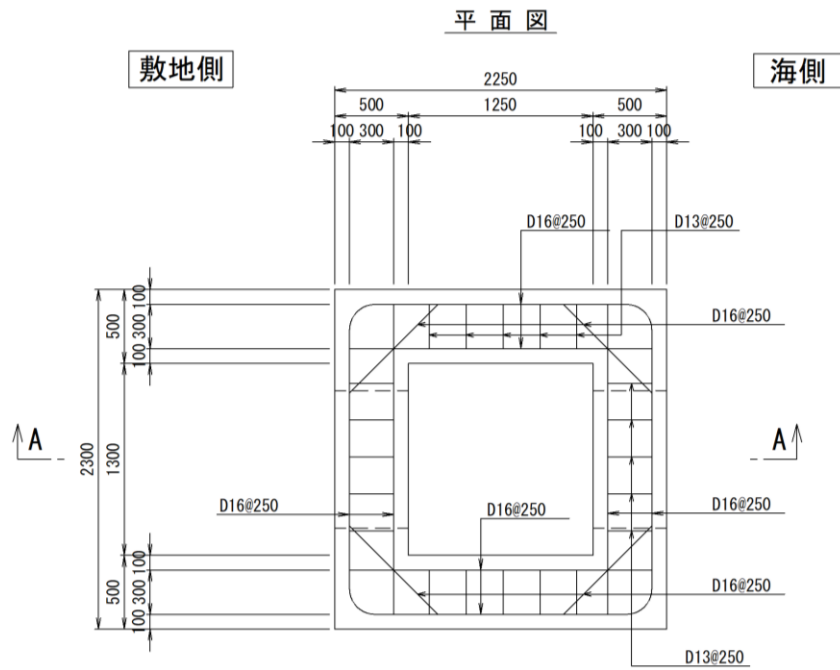
(单位: mm)

图 8-1(4) 概略配筋图 (集水枱 (屋外排水路逆止弁⑩))



(单位: mm)

图 8-1(5) 概略配筋图 (集水枳 (屋外排水路逆止弁①))

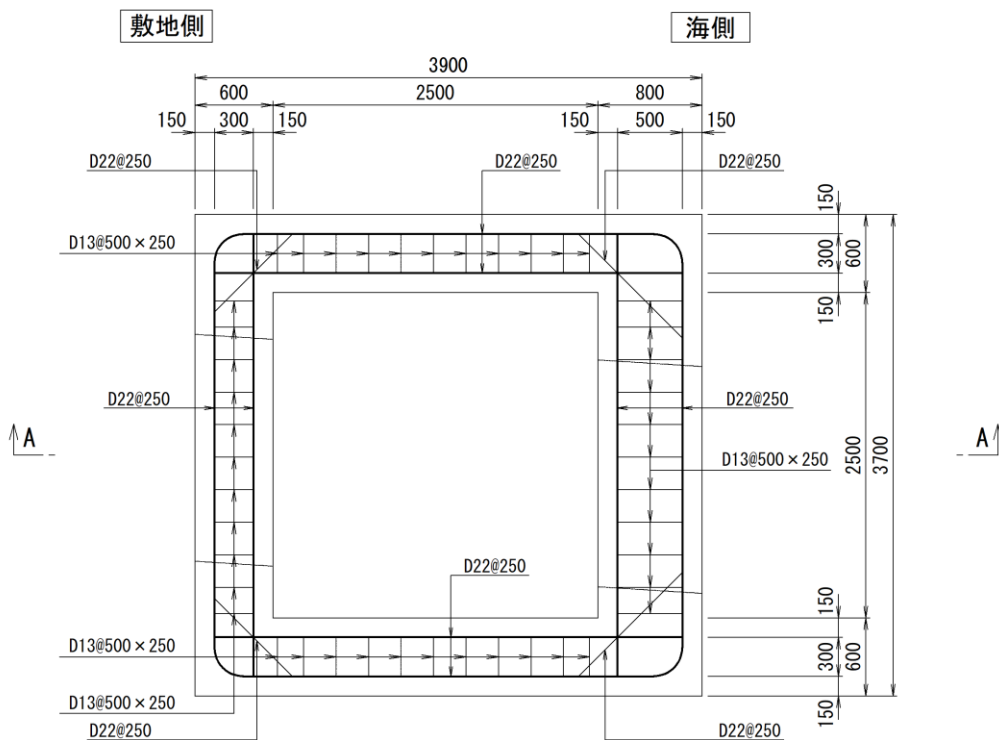


(単位: mm)

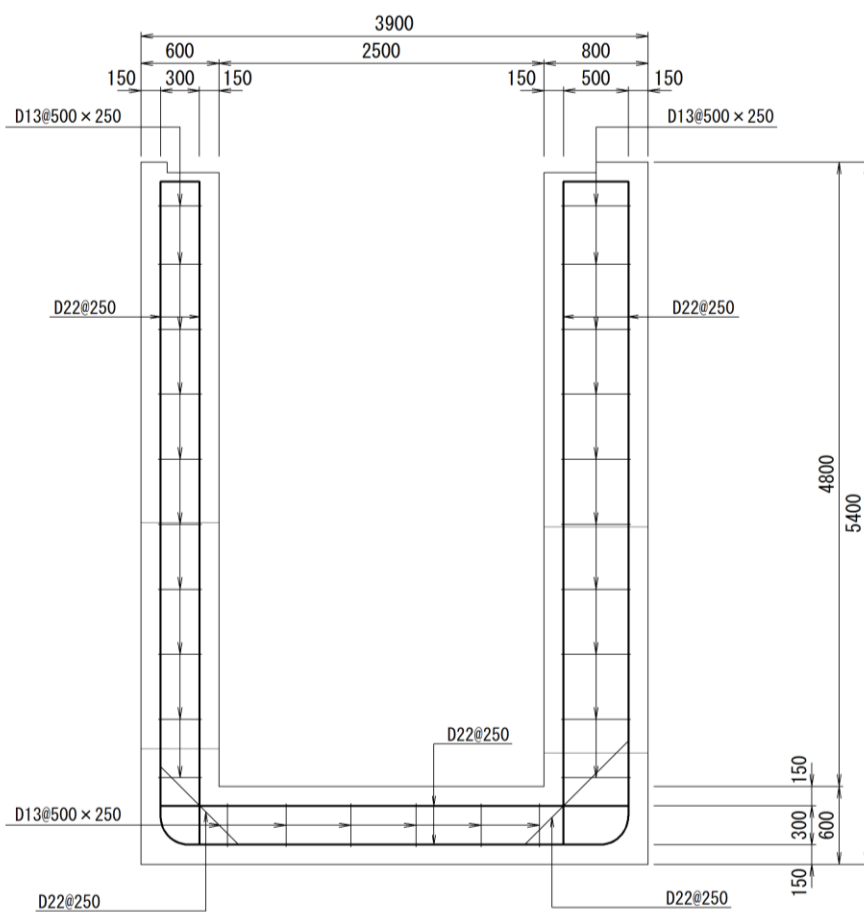
図 8-1(6) 概略配筋図 (集水枡 (屋外排水路逆止弁⑫))



平面图



A - A



(单位: mm)

图 8-1(7) 概略配筋图 (集水枱 (屋外排水路逆止弁⑬))

表 8-1 曲げ軸力に対する照査結果（津波時：底版）

設備名称	底版寸法 (mm)	曲げ モーメント (kN・m)	曲げ 圧縮応力 (N/mm <sup>2</sup> )	曲げ 引張応力 (N/mm <sup>2</sup> )	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )		曲げ 圧縮応力 照査値	曲げ 引張応力 照査値
					曲げ 圧縮	曲げ 引張		
集水桝 (屋外排水路 逆止弁⑦)	2200×2150	18.49	1.00	44.04	13.5	294	0.08	0.15
集水桝 (屋外排水路 逆止弁⑧-1)	2000×2000	16.39	0.88	39.04	13.5	294	0.07	0.14
集水桝 (屋外排水路 逆止弁⑧-2)	2300×2250	18.33	0.88	32.72	13.5	294	0.07	0.12
集水桝 (屋外排水路 逆止弁⑩)	2300×2250	18.36	1.14	62.25	13.5	294	0.09	0.22
集水桝 (屋外排水路 逆止弁⑪)	2300×2250	19.99	1.24	67.78	13.5	294	0.10	0.24
集水桝 (屋外排水路 逆止弁⑫)	2300×2250	17.82	1.11	60.44	13.5	294	0.09	0.21
集水桝 (屋外排水路 逆止弁⑬)	3900×3700	70.96	2.82	112.06	13.5	294	0.21	0.39

表 8-2 曲げ軸力に対する照査結果（津波時：側壁）

設備名称	側壁寸法 (mm)	曲げ モーメント (kN・m)	曲げ 圧縮応力 (N/mm <sup>2</sup> )	曲げ 引張応力 (N/mm <sup>2</sup> )	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )		曲げ 圧縮応力 照査値	曲げ 引張応力 照査値
					曲げ 圧縮	曲げ 引張		
集水榦 (屋外排水路 逆止弁⑦)	3200×2200	13.58	0.73	32.34	13.5	294	0.06	0.11
集水榦 (屋外排水路 逆止弁⑧-1)	3200×2000	10.73	0.58	25.55	13.5	294	0.05	0.09
集水榦 (屋外排水路 逆止弁⑧-2)	3900×2300	16.61	0.80	29.65	13.5	294	0.06	0.11
集水榦 (屋外排水路 逆止弁⑩)	2750×2300	14.26	0.89	48.36	13.5	294	0.07	0.17
集水榦 (屋外排水路 逆止弁⑪)	3050×2300	14.84	0.92	50.32	13.5	294	0.07	0.18
集水榦 (屋外排水路 逆止弁⑫)	2650×2300	11.78	0.73	39.92	13.5	294	0.06	0.14
集水榦 (屋外排水路 逆止弁⑬)	5400×3700	53.86	2.14	85.05	13.5	294	0.16	0.29

## 8.2 集水桝のせん断力評価結果

集水桝のせん断力に対する照査結果を表 8-3 に示す。

集水桝（底版及び側壁）に発生するせん断応力が許容限界以下であることを確認した。なお、発生応力は各照査断面において最大となる値を示している。

表 8-3(1) せん断力に対する照査結果（津波時：底版）

設備名称	設計基準強度	発生せん断力 (N/mm <sup>2</sup> )	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )	照査値
集水桝（屋外排水路 逆止弁⑦）	24 N/mm <sup>2</sup>	0.23	0.675	0.35
集水桝（屋外排水路 逆止弁⑧-1）	24 N/mm <sup>2</sup>	0.23	0.675	0.35
集水桝（屋外排水路 逆止弁⑧-2）	24 N/mm <sup>2</sup>	0.22	0.675	0.33
集水桝（屋外排水路 逆止弁⑩）	24 N/mm <sup>2</sup>	0.22	0.675	0.33
集水桝（屋外排水路 逆止弁⑪）	24 N/mm <sup>2</sup>	0.24	0.675	0.36
集水桝（屋外排水路 逆止弁⑫）	24 N/mm <sup>2</sup>	0.21	0.675	0.32
集水桝（屋外排水路 逆止弁⑬）	24 N/mm <sup>2</sup>	0.43	0.675	0.64

表 8-3(2) せん断力に対する照査結果 (津波時：側壁)

設備名称	設計基準強度	発生せん断力 (N/mm <sup>2</sup> )	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )	照査値
集水桝 (屋外排水路 逆止弁⑦)	24 N/mm <sup>2</sup>	0.13	0.675	0.20
集水桝 (屋外排水路 逆止弁⑧-1)	24 N/mm <sup>2</sup>	0.11	0.675	0.17
集水桝 (屋外排水路 逆止弁⑧-2)	24 N/mm <sup>2</sup>	0.15	0.675	0.23
集水桝 (屋外排水路 逆止弁⑩)	24 N/mm <sup>2</sup>	0.13	0.675	0.20
集水桝 (屋外排水路 逆止弁⑪)	24 N/mm <sup>2</sup>	0.13	0.675	0.20
集水桝 (屋外排水路 逆止弁⑫)	24 N/mm <sup>2</sup>	0.11	0.675	0.17
集水桝 (屋外排水路 逆止弁⑬)	24 N/mm <sup>2</sup>	0.25	0.675	0.38

### 8.3 アンカー筋の支持性能評価結果

集水桝のアンカー筋の耐力について、アンカー筋の引張耐力及びせん断耐力に対する照査結果を表 8-4 に示す。照査を行った結果、作用力が許容限界以下であることを確認した。

表 8-4(1) アンカー筋の引張力に対する照査結果

設備名称	作用引張力 (kN/本)	許容限界 (kN/本)	照査値
集水桝 (屋外排水路逆止弁⑦)	9.30	105.40	0.09
集水桝 (屋外排水路逆止弁⑧-1)	8.59	105.40	0.09
集水桝 (屋外排水路逆止弁⑧-2)	17.89	105.40	0.17
集水桝 (屋外排水路逆止弁⑩)	10.30	108.80	0.09
集水桝 (屋外排水路逆止弁⑪)	11.02	108.80	0.10
集水桝 (屋外排水路逆止弁⑫)	10.08	108.80	0.09

表 8-4(2) アンカー筋のせん断力に対する照査結果

設備名称	作用 せん断力 (kN/本)	許容限界 (kN/本)	照査値
集水桝（屋外排水路 逆止弁⑦）	10.74	98.17	0.11
集水桝（屋外排水路逆 止弁⑧-1）	10.14	98.17	0.11
集水桝（屋外排水路 逆止弁⑧-2）	7.75	98.17	0.08
集水桝（屋外排水路逆 止弁⑩）	12.13	95.50	0.13
集水桝（屋外排水路逆 止弁⑪）	13.21	95.50	0.14
集水桝（屋外排水路逆 止弁⑫）	11.77	95.50	0.12

#### 8.4 接合鉄筋の支持性能評価結果

集水桝の接合鉄筋の耐力について、接合鉄筋の引張耐力に対する照査結果を表 8-5 に示す。照査を行った結果、引張応力が許容限界以下であることを確認した。

表 8-5 接合鉄筋の曲げ軸力に対する照査結果

設備名称	評価部位	引張応力 (N/mm <sup>2</sup> )	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )	引張応力 照査値
			引張	
集水桝 (屋外排水路 逆止弁⑬)	接合鉄筋 (D22)	118.23	294	0.41

### 8.5 集水桝蓋の応力評価結果

集水桝蓋（鋼板）の曲げ応力度及びせん断応力度に対する照査結果を表 8-6 に示す。照査を行った結果、許容限界以下であることを確認した。

表 8-6(1) 集水桝蓋の曲げ応力に対する照査結果

設備名称	評価部位	曲げ応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )	照査値
集水桝（屋外排水 路逆止弁⑧-2）	集水桝蓋 (t=25mm)	13.46	210	0.07
集水桝（屋外排 水路逆止弁⑬）	集水桝蓋 (t=25mm)	13.46	210	0.07

表 8-6(2) 集水桝蓋のせん断応力に対する照査結果

設備名称	評価部位	せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )	照査値
集水桝（屋外排水 路逆止弁⑧-2）	集水桝蓋 (t=25mm)	0.44	120	0.01
集水桝（屋外排 水路逆止弁⑬）	集水桝蓋 (t=25mm)	0.44	120	0.01

### 8.6 アンカーボルト（集水桝蓋）の引張力評価結果

集水桝蓋のアンカーボルトの引張耐力に対する照査結果を表 8-7 に示す。照査を行った結果、作用力が許容限界以下であることを確認した。

表 8-7 アンカーボルト（集水桝蓋）の引張力に対する照査結果

設備名称	評価部位	発生引張力 (kN/本)	許容限界 (kN/本)	照査値
集水桝（屋外排水 路逆止弁⑧-2）	アンカーボルト (集水桝蓋)	12.84	57.57	0.23
集水桝（屋外排水 路逆止弁⑬）	アンカーボルト (集水桝蓋)	24.68	57.57	0.43



(参考資料 1) 強度計算書における荷重の組合せについて

### 1. 概要

屋外排水路逆止弁の強度計算書にて評価している津波荷重は、日本海東縁部による設計津波水位 (EL 12.6m) の津波荷重が、海域活断層による設計津波水位 (EL 4.9m) の津波荷重と余震荷重との重畳を考慮した荷重を包含することから、最大荷重となる日本海東縁部を波源とした設計津波水位による静水圧荷重を考慮した評価を実施している。

本資料は、強度計算書にて評価している津波荷重が、余震との重畳を考慮した荷重を包絡することを定量的に確認するものである。

### 2. 確認方法

海域活断層による設計津波水位 (EL 4.9m) が到達する屋外排水路逆止弁①～⑥、⑨、⑬のうち、設計用地震力を示している屋外排水路逆止弁⑬ (下端レベル EL 4.0m) を対象に津波時及び重畳時の荷重比較を行う。また、重畳時の余震荷重の設計震度については、耐震計算書で採用している最大水平震度 (開門時)  $K_h=2.32$  の  $1/2$  倍として  $K_h=1.16$  とする。なお、屋外排水路逆止弁の下端レベルが最も低いのは屋外排水路逆止弁⑨であるため、設計用地震力が確定次第、再確認する。

(条件) 津波時：日本海東縁部による設計津波水位 (EL 12.6m) の静水圧荷重  
 重畳時：海域活断層による設計津波水位 (EL 4.9m) の静水圧荷重 + 動水圧荷重  
 (ウェスタガード式) + 余震荷重 ( $K_h=1.16$ )  
 屋外排水路逆止弁⑬ (下端レベル EL 4.0m, 高さ 1.7m, 重量 12kN)

### 3. 確認結果

荷重の比較結果を図 3-1 に示す。日本海東縁部による設計津波水位 (EL 12.6m) の津波荷重が重畳時の荷重を包絡していることを確認した。

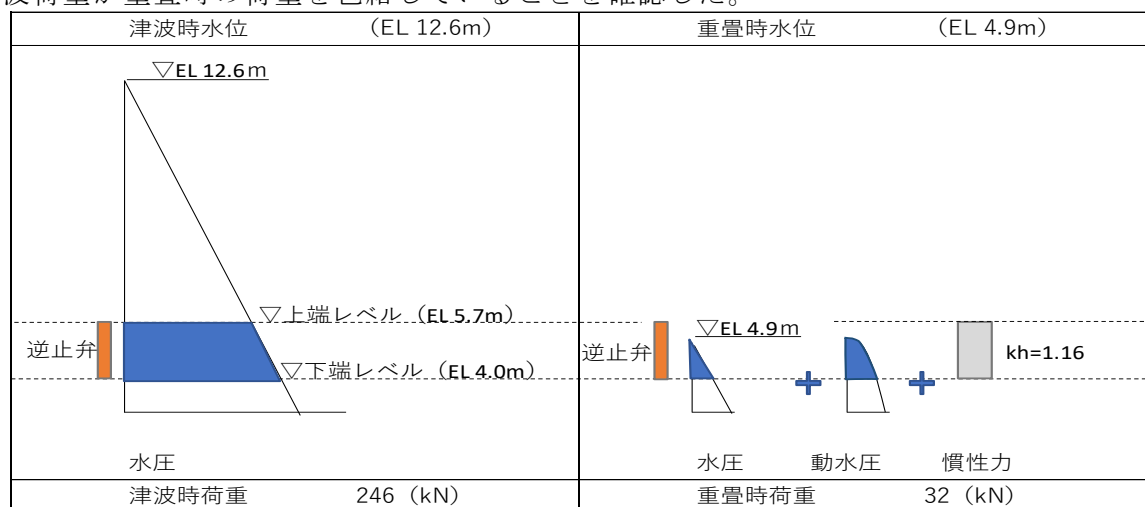


図 3-1 荷重比較結果 (屋外排水路逆止弁⑬)

(参考) 1-1