

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-添 2-011-11改02
提出年月日	2023年3月27日

VI-2-10-2-7 屋外排水路逆止弁の耐震性についての計算書

S2 補 VI-2-10-2-7 R0

2023年3月

中国電力株式会社

## 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	14
2.3	評価方針	23
2.4	適用規格・基準等	25
2.5	記号の説明	26
3.	評価対象部位	30
4.	固有周期	32
4.1	固有周期の計算方法	32
4.1.1	閉門時	32
4.1.2	開門時	33
4.2	固有周期の計算条件	34
4.2.1	閉門時	34
4.2.2	開門時	35
4.3	固有周期の計算結果	36
4.3.1	閉門時	36
4.3.2	開門時	37
5.	構造強度評価	38
5.1	構造強度評価方法	38
5.2	荷重及び荷重の組合せ	38
5.2.1	荷重の設定	38
5.2.2	荷重の組合せ	38
5.3	許容限界	40
5.4	設計用地震力	44
5.4.1	閉門時	44
5.4.2	開門時	58
5.4.3	評価に用いる設計用地震力	62
5.5	計算方法	64
5.5.1	屋外排水路逆止弁 (①, ②, ③, ④, ⑤, ⑥, ⑨, ⑬)	65
5.5.2	屋外排水路逆止弁 (⑦, ⑧-1, ⑧-2, ⑩, ⑪, ⑫)	79
5.6	計算条件	90
6.	評価結果	102
7.	集水桝の耐震評価	115

7.1	集水桝の構造概要	115
7.2	評価方針	128
7.3	適用規格・基準等	133
8.	集水桝の耐震評価方法	134
8.1	設計用地震力及び評価対象部位	134
8.1.1	集水桝（防波壁部）	134
8.1.2	集水桝（改良地盤部）	134
8.2	荷重及び荷重の組合せ	135
8.2.1	荷重の設定	135
8.2.2	荷重の組合せ	135
8.3	許容限界	137
8.3.1	集水桝	137
8.3.2	アンカー筋	138
8.3.3	接合鉄筋	147
8.3.4	基礎地盤の支持性能	148
8.3.5	集水桝蓋	148
8.3.6	アンカーボルト（集水桝蓋）	149
8.4	設計用地震力	150
8.5	評価方法	153
8.5.1	集水桝（防波壁部）	153
8.5.2	集水桝（改良地盤部）	154
8.5.3	集水桝蓋の評価	158
8.5.4	アンカーボルト（集水桝蓋）の評価	159
8.6	使用材料及び材料の物性値	160
9.	集水桝の耐震評価結果	161
9.1	集水桝の曲げ軸力評価結果	161
9.2	集水桝のせん断力評価結果	174
9.3	アンカー筋の支持性能評価結果	177
9.4	接合鉄筋の支持性能評価結果	180
9.5	基礎地盤の支持性能評価結果	181
9.6	集水桝蓋の応力評価結果	182
9.7	アンカーボルト（集水桝蓋）のせん断力評価結果	185

## 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、十分な支持性能を有する防波壁又は改良地盤に設置された集水柵に設置する。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。



## 2. 一般事項

### 2.1 配置概要

屋外排水路逆止弁の設置位置<sup>図</sup>を<sup>図</sup> 2-1, 設置状況一覧を表 2-1, 構造概要図を<sup>図</sup> 2-2~<sup>図</sup> 2-11 に示す。

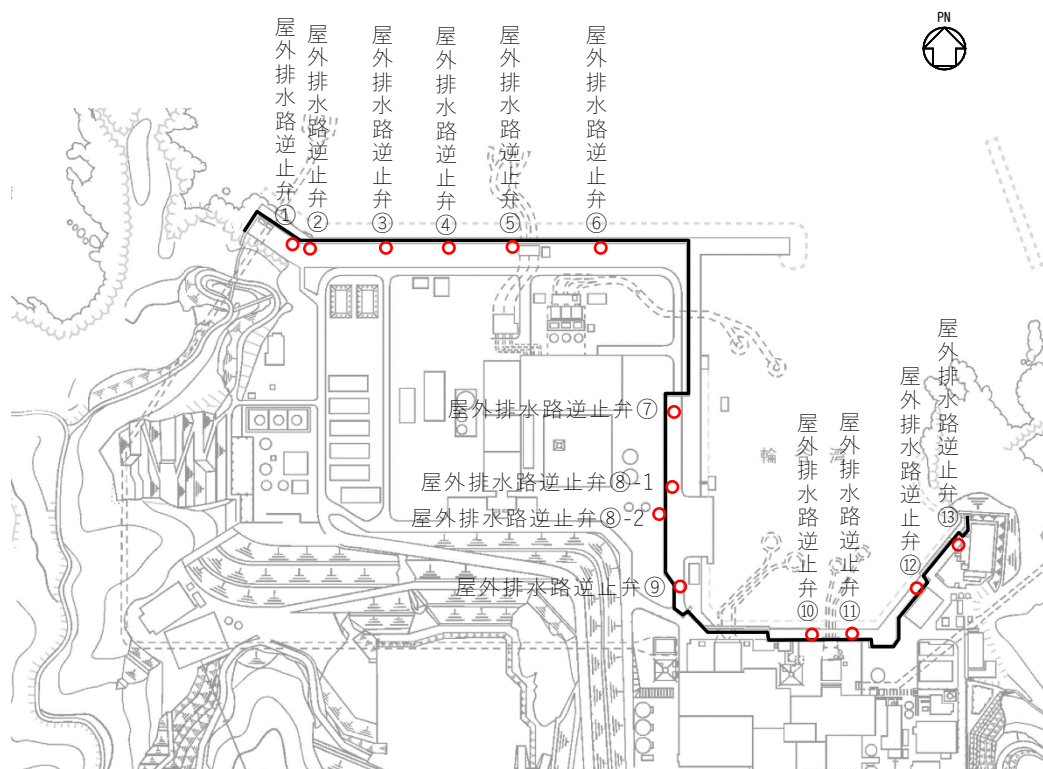


図 2-1 屋外排水路逆止弁の設置位置図

表 2-1 屋外排水路逆止弁の設置状況一覧

設備名称	構造	逆止弁の設置状況	集水柵の支持機構
屋外排水路逆止弁①	鋼製	防波壁の敷地側の集水柵（地中）内に設置	防波壁が支持
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		防波壁の海側の集水柵（地中）内に設置	改良地盤が支持
屋外排水路逆止弁⑧-1			
屋外排水路逆止弁⑧-2		防波壁の敷地側の集水柵（地中）内に設置	防波壁が支持
屋外排水路逆止弁⑨		防波壁の海側の集水柵（地中）内に設置	
屋外排水路逆止弁⑩			
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	防波壁の敷地側の集水柵（地中）内に設置		

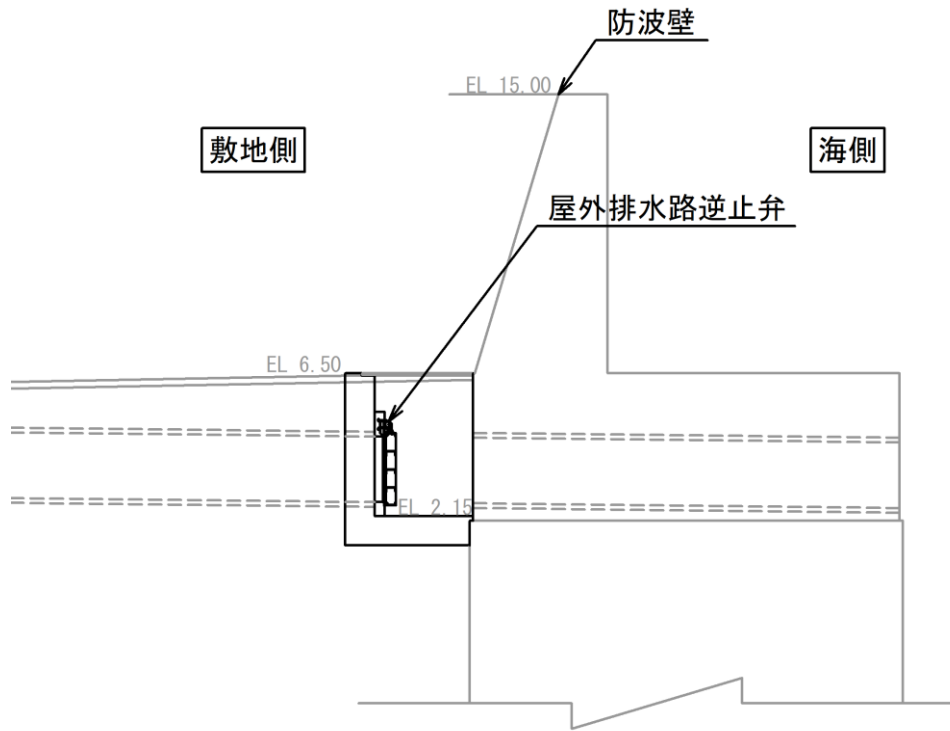


図 2-2 (1) 屋外排水路逆止弁①断面図

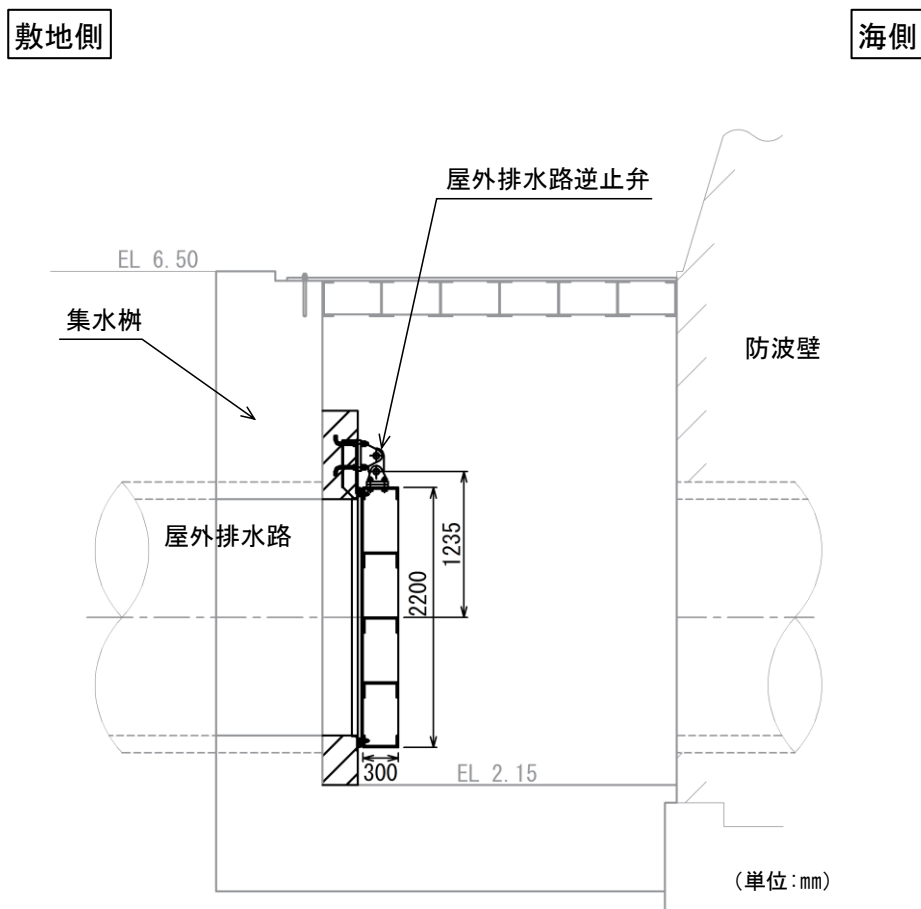


図 2-2 (2) 屋外排水路逆止弁①の構造概要図

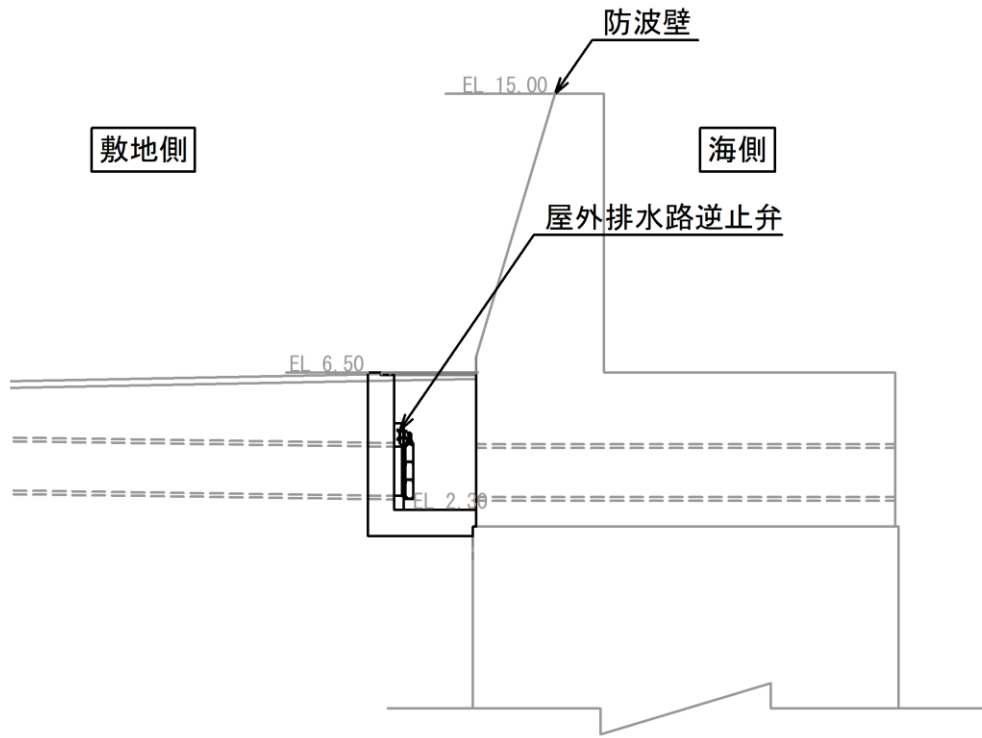


図 2-3(1) 屋外排水路逆止弁②, ③, ④, ⑤, ⑥断面図

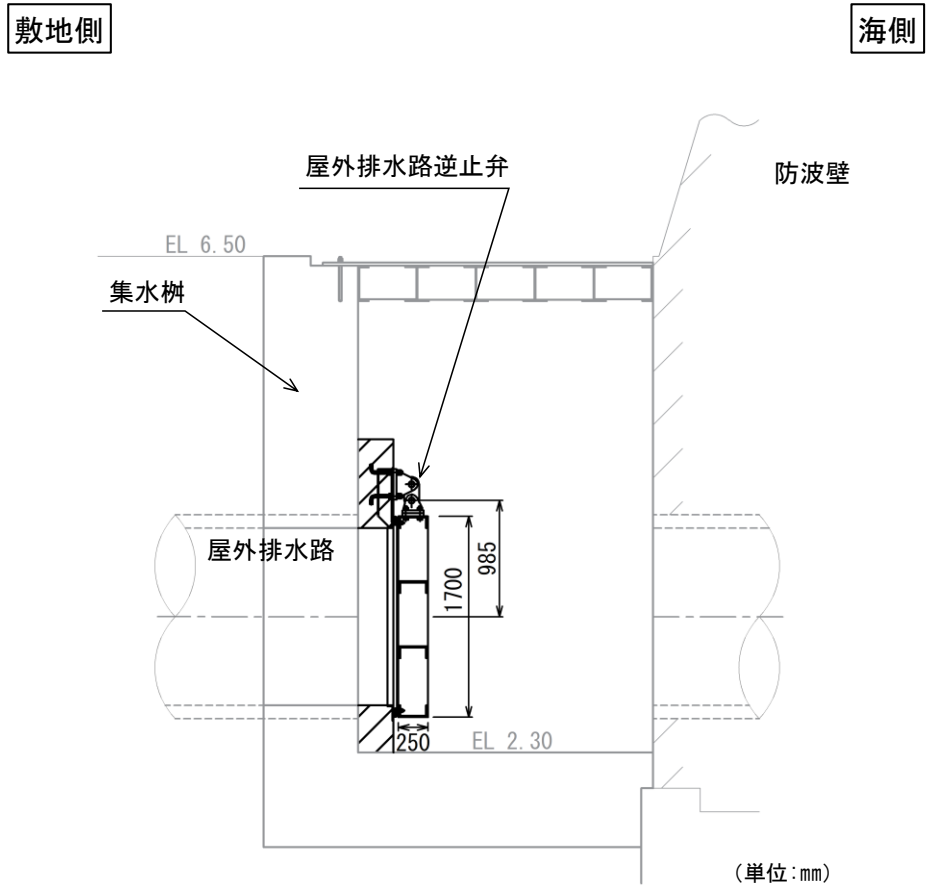


図 2-3(2) 屋外排水路逆止弁②, ③, ④, ⑤, ⑥の構造概要図

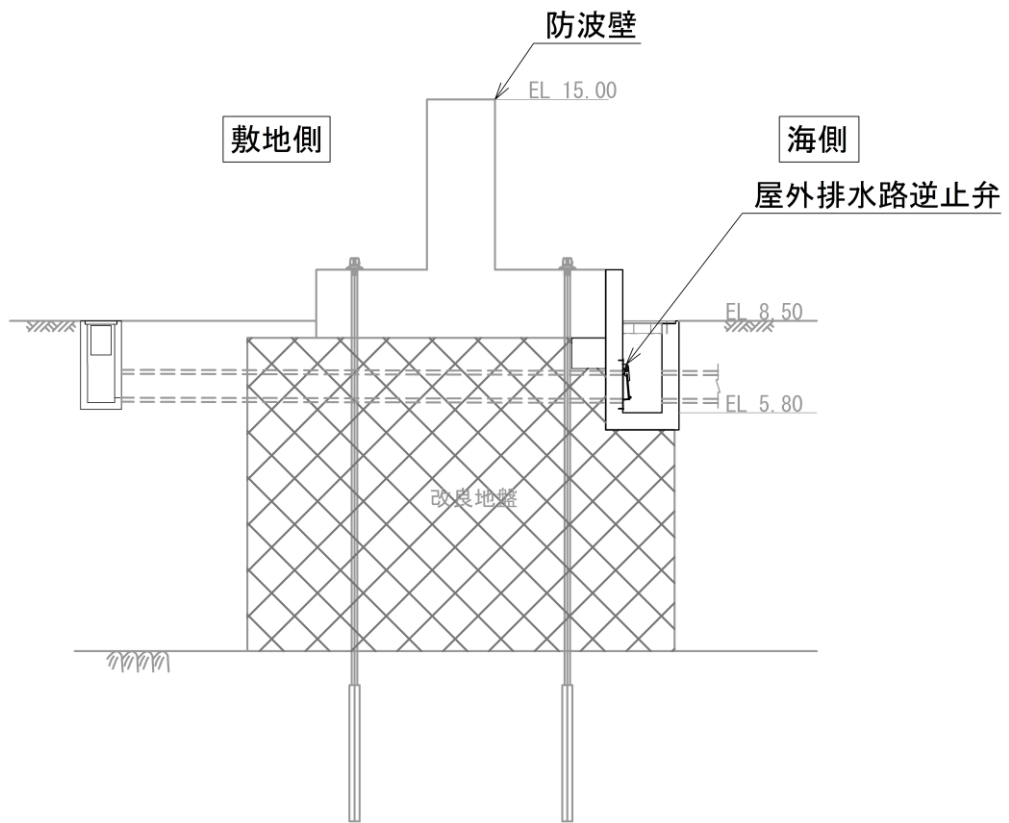
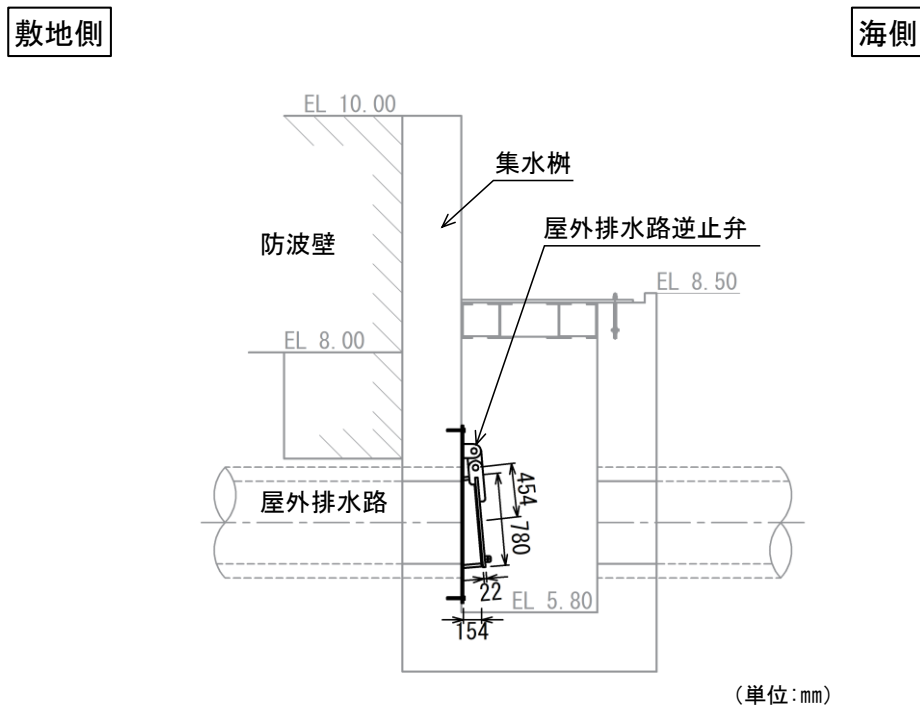


図 2-4(1) 屋外排水路逆止弁⑦断面図



注：集水柵のアンカー筋固定のため EL 8.00m より下方に防波壁の躯体コンクリートを打ち増し

図 2-4(2) 屋外排水路逆止弁⑦の構造概要図

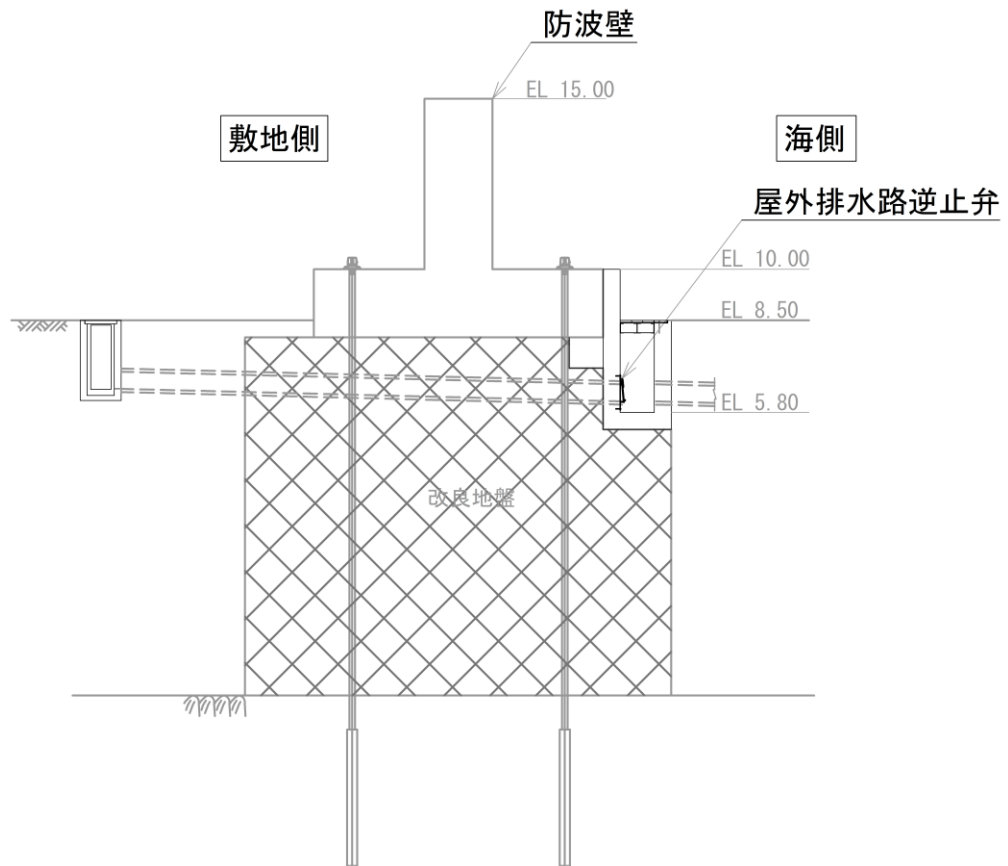
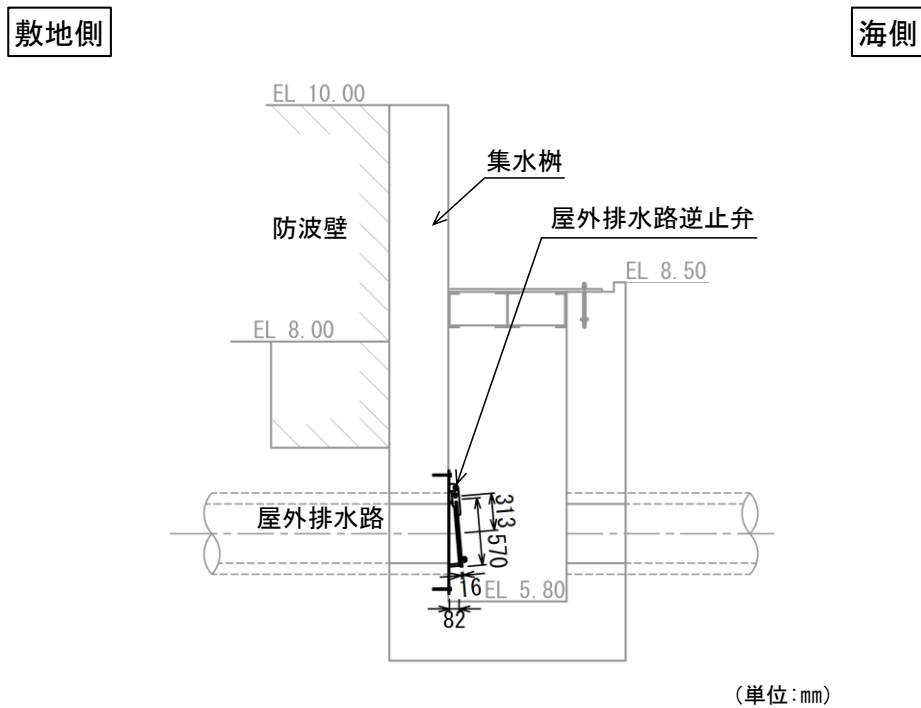


図 2-5 (1) 屋外排水路逆止弁⑧-1 断面図



注：集水桝のアンカー筋固定のため EL 8.00 より下方に防波壁の躯体コンクリートを打ち増し

図 2-5 (2) 屋外排水路逆止弁⑧-1 の構造概要図

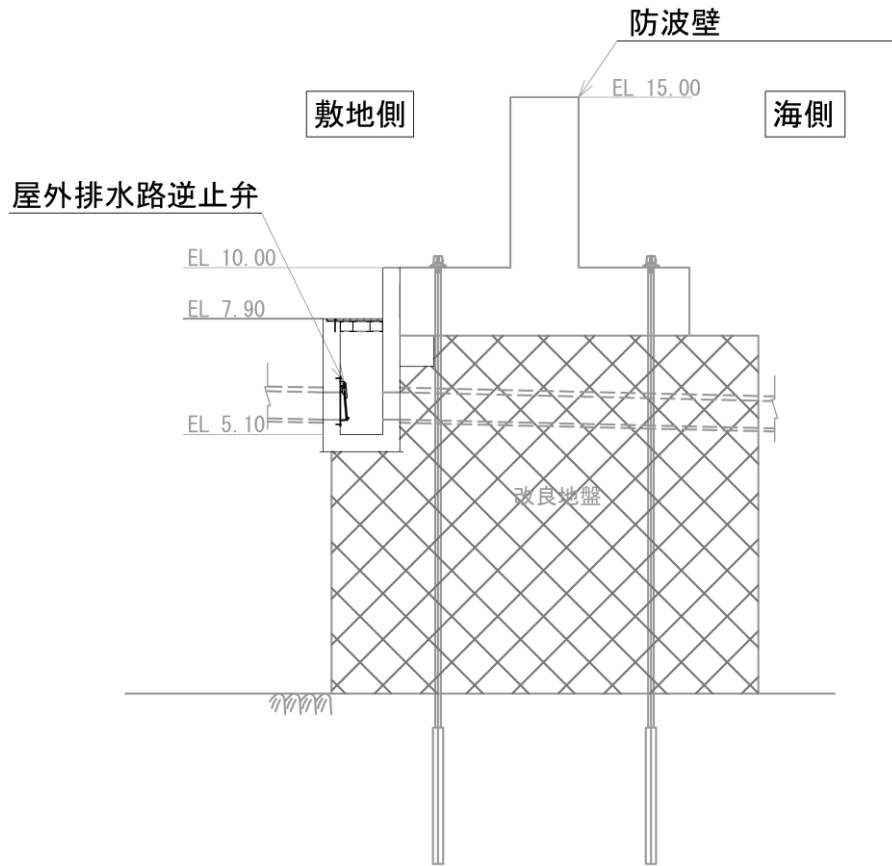
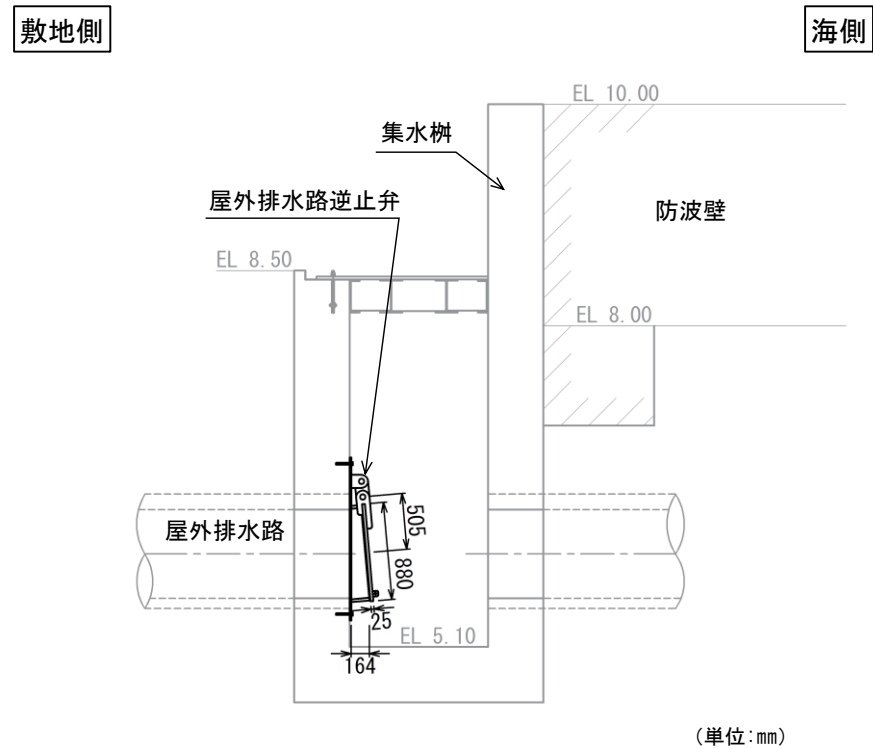


図 2-6 (1) 屋外排水路逆止弁⑧-2 断面図



(単位:mm)

注：集水桝のアンカー筋固定のため EL 8.00 より下方に防波壁の躯体コンクリートを打ち増し

図 2-6 (2) 屋外排水路逆止弁⑧-2 の構造概要図

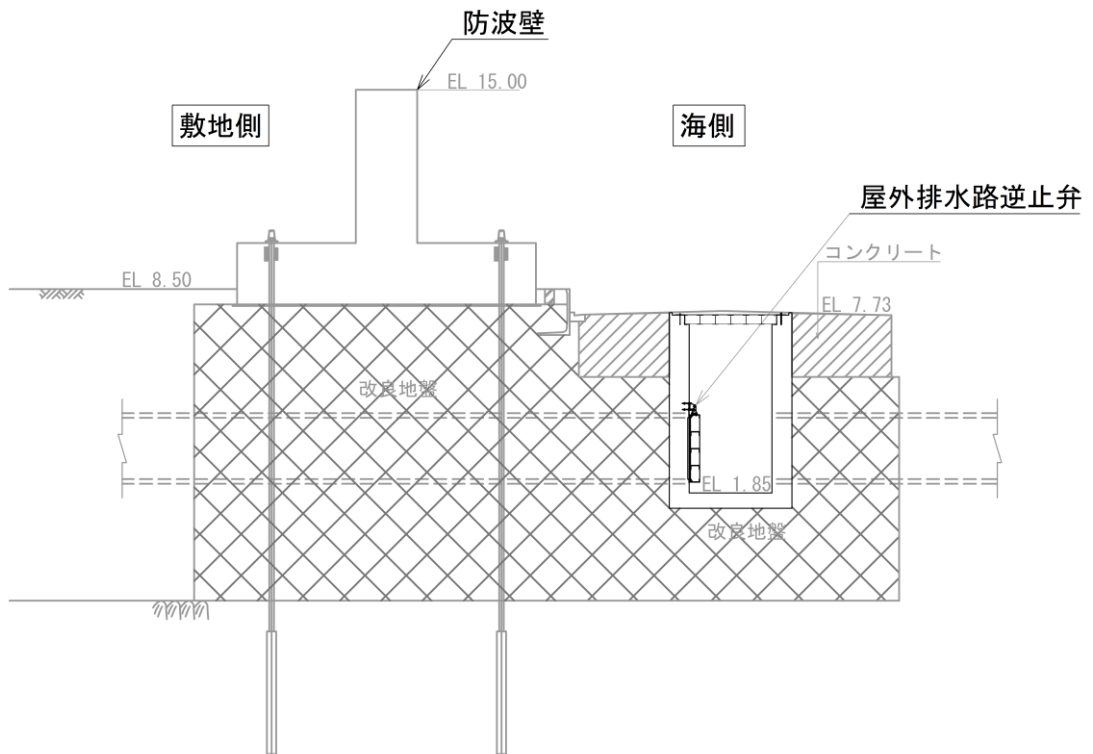


図 2-7 (1) 屋外排水路逆止弁⑨断面図

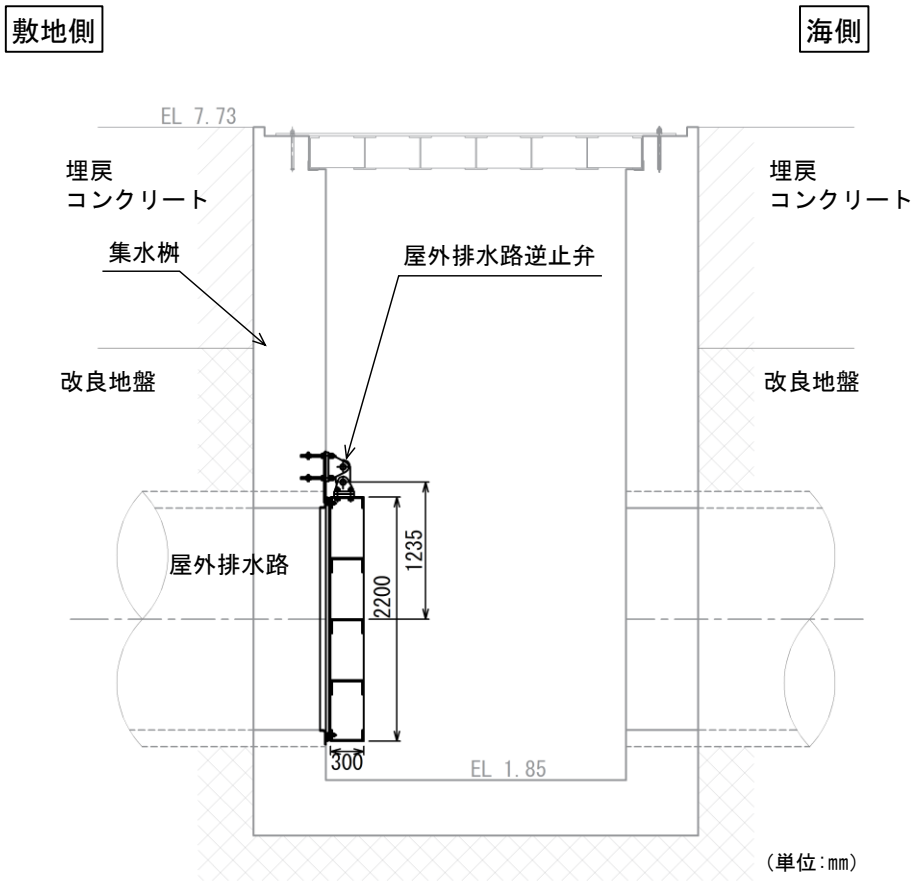


図 2-7 (2) 屋外排水路逆止弁⑨の構造概要図



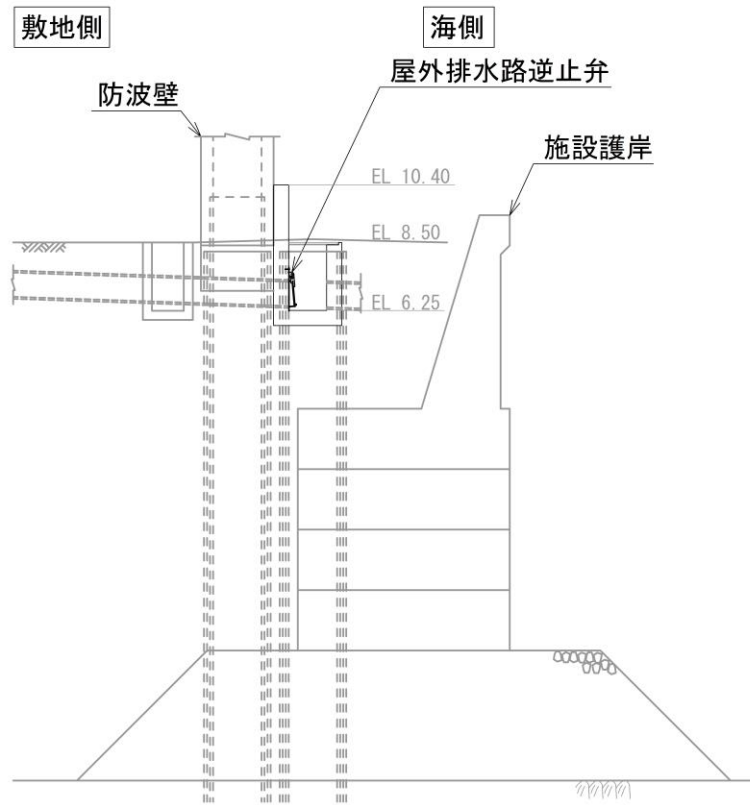
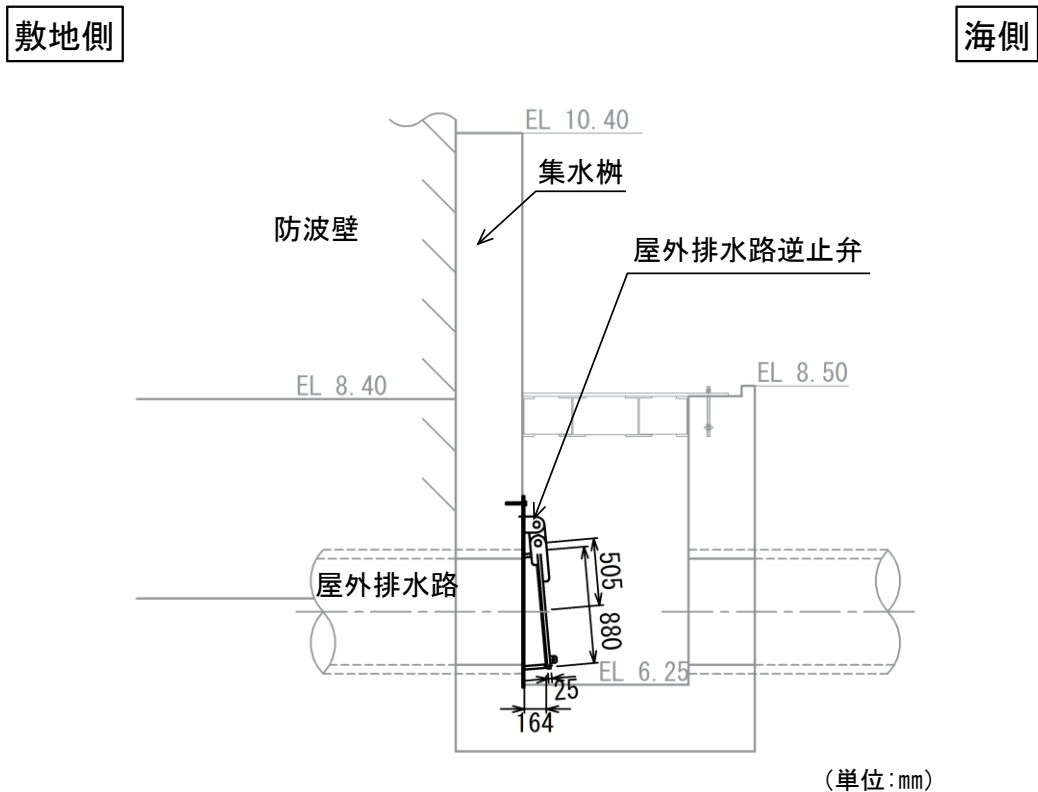


図 2-8 (1) 屋外排水路逆止弁⑩断面図



注：集水榭のアンカー筋固定のため EL 8.40 より下方に防波壁の躯体コンクリートを打ち増し

図 2-8 (2) 屋外排水路逆止弁⑩の構造概要図

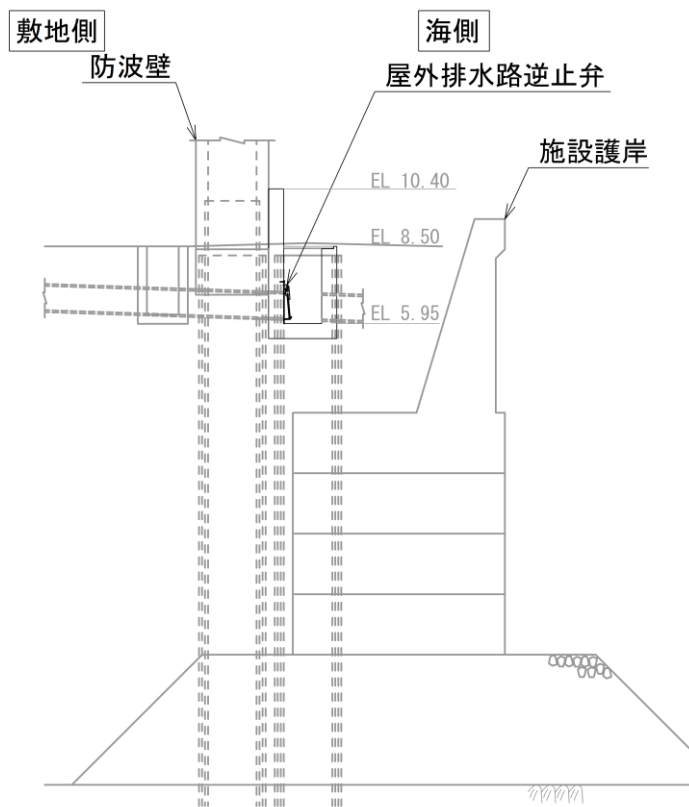
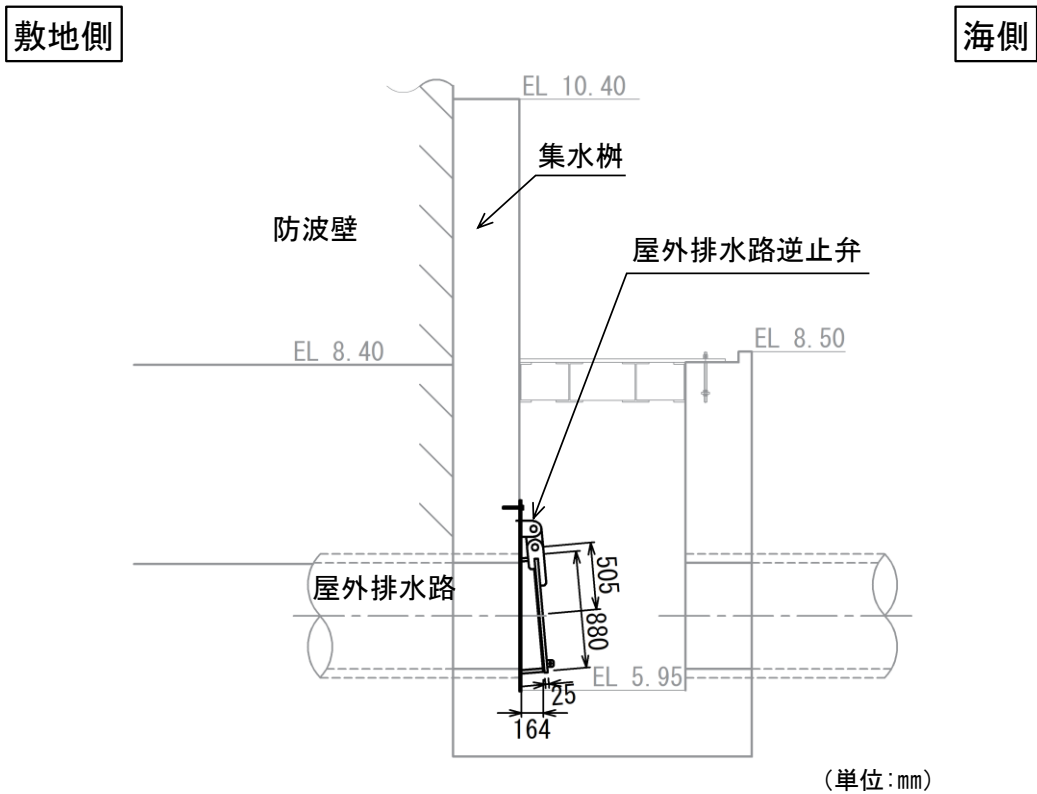


図 2-9 (1) 屋外排水路逆止弁①断面図



注：集水柵のアンカー筋固定のため EL 8.40 より下方に防波壁の躯体コンクリートを打ち増し

図 2-9 (2) 屋外排水路逆止弁①の構造概要図

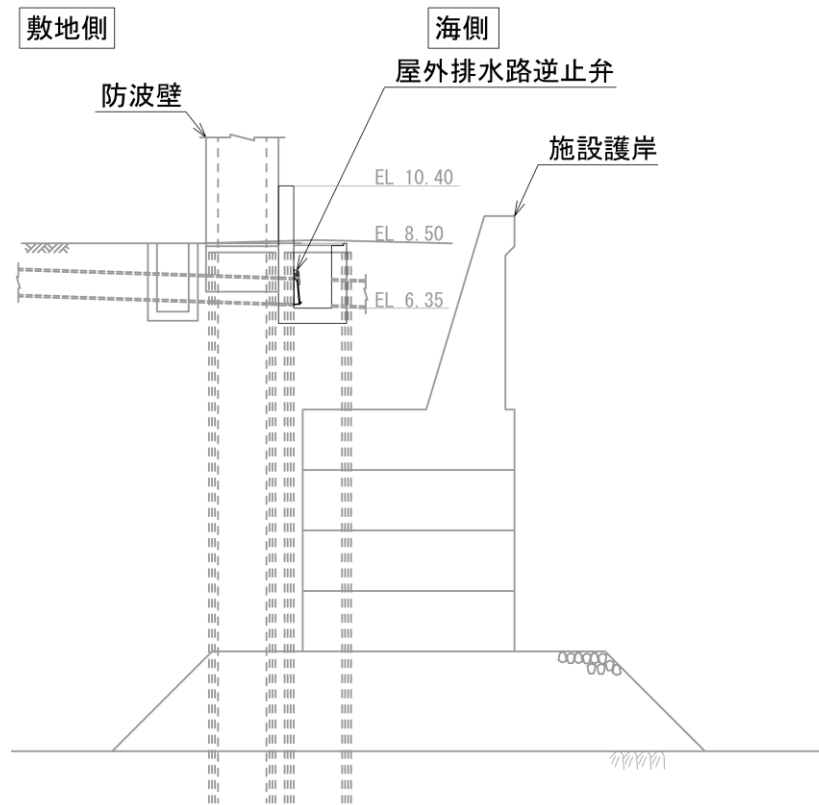
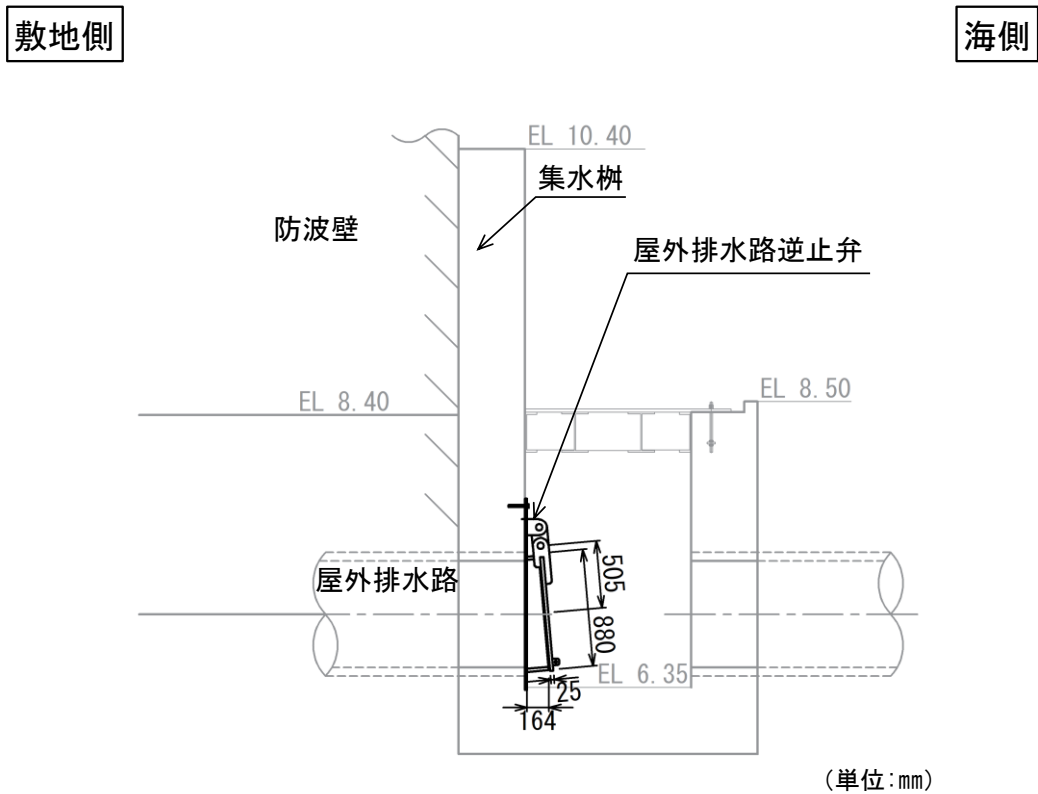


図 2-10 (1) 屋外排水路逆止弁⑫断面図



注：集水枳のアンカー筋固定のため EL 8.40 より下方に防波壁の躯体コンクリートを打ち増し

図 2-10 (2) 屋外排水路逆止弁⑫の構造概要図

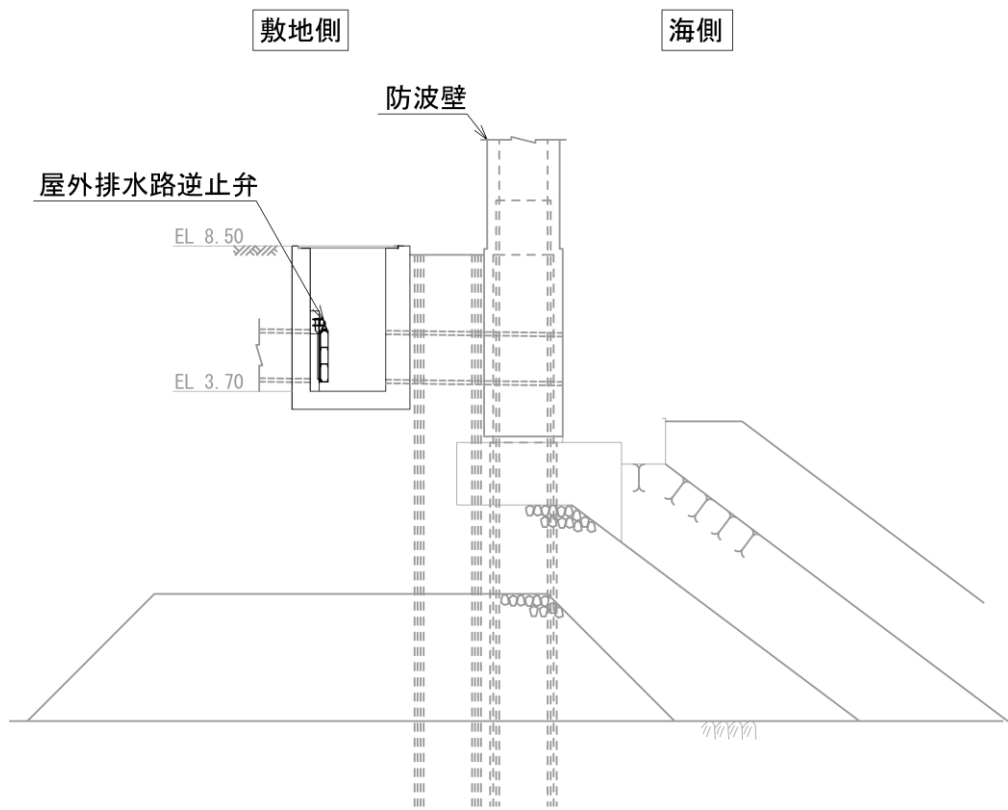
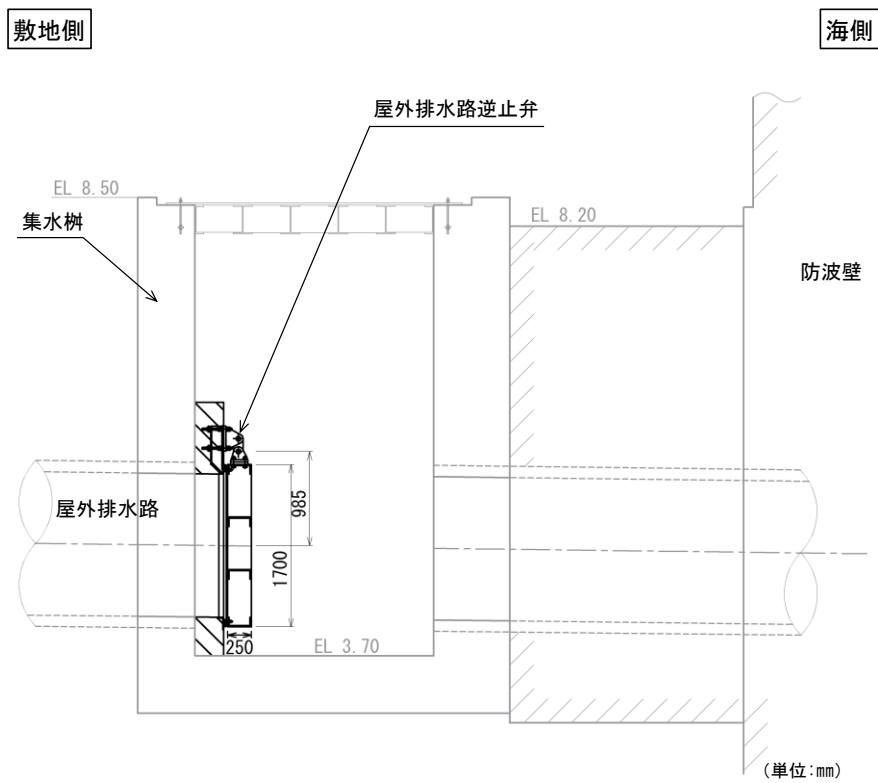


図 2-11 (1) 屋外排水路逆止弁⑬断面図



注：集水桝のアンカー筋固定のため側方に防波壁の躯体コンクリートを打ち増し

図 2-11 (2) 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（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、集水柵（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。屋外排水路逆止弁は、アンカーボルトで鉄筋コンクリート造の集水柵に固定し、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①、②、③、④、⑤、⑥、⑨及び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 2-2 に示す。

表 2-2(1) 構造計画 (屋外排水路逆止弁①)

構造の概要		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。なお、スキンプレーートは、主桁及び補助縦桁で補強する。	スキンプレーートにより構成する。	

S2 補 VI-2-10-2-7 R0

表 2-2(2) 構造計画 (屋外排水路逆止弁②, ③, ④, ⑤, ⑥)

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桝に固定する。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>(単位:mm)</p>

表 2-2(3) 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。	<p>正面図</p> <p>側面図</p> <p>(単位:mm)</p>



表 2-2(4) 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 2-2(5) 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 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 により構成す る。	<p>正面図</p> <p>側面図</p> <p>(単位:mm)</p>

S2 補 VI-2-10-2-7 R0

表 2-2(6) 構造計画 (屋外排水路逆止弁⑨)

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枥に固定する。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。	

S2 補 VI-2-10-2-7 R0

表 2-2(7) 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>

S2 補 VI-2-10-2-7 R0

表 2-2(8) 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 水桝に固定す 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>

S2 補 VI-2-10-2-7 R0

### 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。

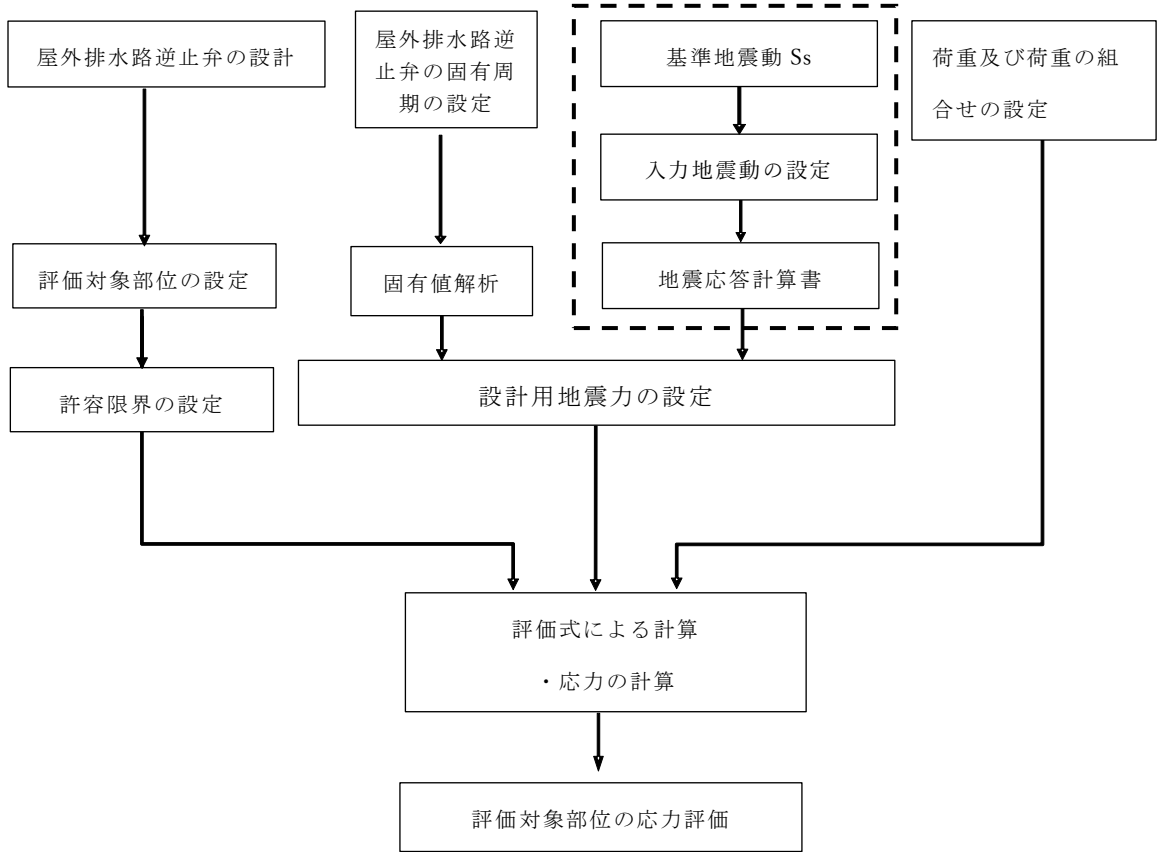
屋外排水路逆止弁①，②，③，④，⑤，⑥の耐震評価はVI-2-10-2-2-1「防波壁（波返重力擁壁）の地震応答計算書」，屋外排水路逆止弁⑦，⑧-1，⑧-2の耐震評価はVI-2-10-2-2-2「防波壁（逆T擁壁）の地震応答計算書」，集水桝⑩，⑪，⑫，⑬の耐震評価はVI-2-10-2-2-3「防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の地震応答計算書」による地震応答解析結果より作成した設計用床応答スペクトルと屋外排水路逆止弁の固有周期に基づき設計用地震力を設定する。また，屋外排水路逆止弁⑨の耐震評価は，5.4.3に示す地震応答結果より作成した設計用床応答スペクトルと屋外排水路逆止弁の固有周期に基づき設計用地震力を設定する。

屋外排水路逆止弁の耐震評価フローを図2-12に示す。

VI-2-10-2-2-1「防波壁（波返重力擁壁）の地震応答計算書」

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：屋外排水路逆止弁⑨は 1 次元地震応答解析により設計用地震力を設定

図 2-12 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) 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
- (4) 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)
- (5) 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)
- (6) 構造力学公式集 (土木学会, 1986 年)
- (7) 各種合成構造設計指針・同解説 (日本建築学会, 2010 年 11 月)
- (8) 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 2-3 に、応力評価に用いる記号を表 2-4 にそれぞれ示す。

表 2-3 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①, ②, ③, ④, ⑤, ⑥, ⑨, 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 2-4(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 2-4(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>	スキンプレーートの応力度
$a$	mm	スキンプレーートの区画の短辺
$b$	mm	スキンプレーートの区画の長辺
$k$	—	$b/a$ 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 2-4(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①, ②, ③, ④, ⑤, ⑥, ⑨, ⑬は, 鋼製の扉体 (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①, ②, ③, ④, ⑤, ⑥, ⑨, 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⑦, ⑧-1, ⑧-2, ⑩, ⑪, ⑫は, 鋼製の扉体 (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。

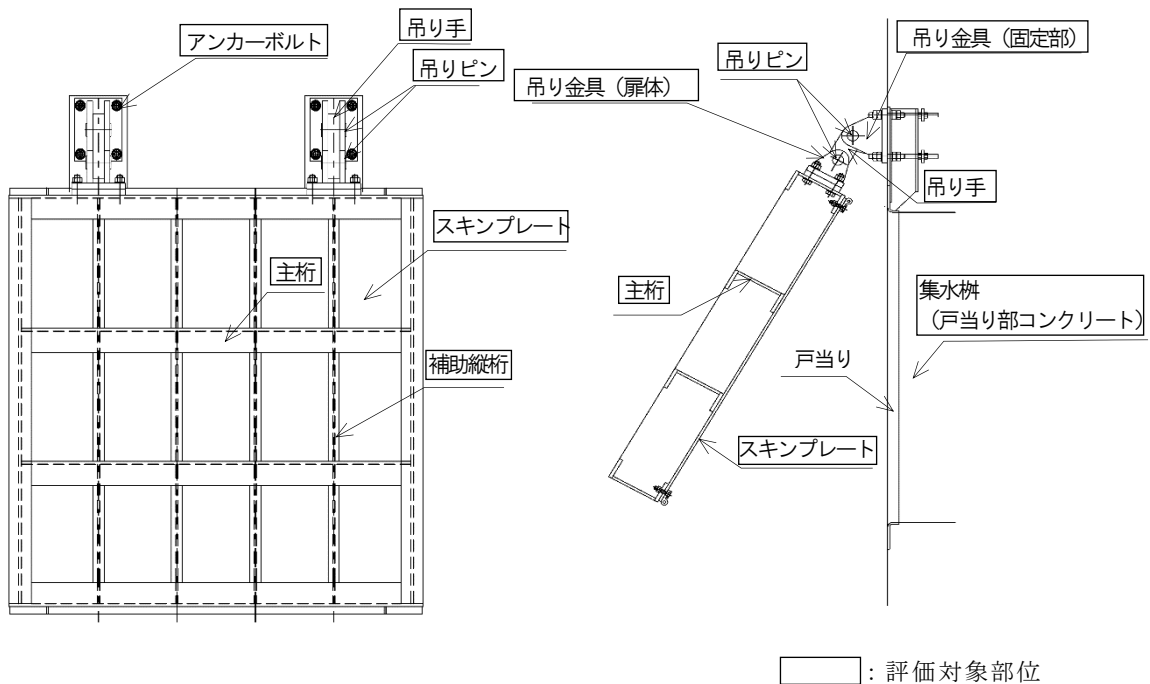


図 3-1(1) 屋外排水路逆止弁の評価対象部位 (①, ②, ③, ④, ⑤, ⑥, ⑨, ⑬)

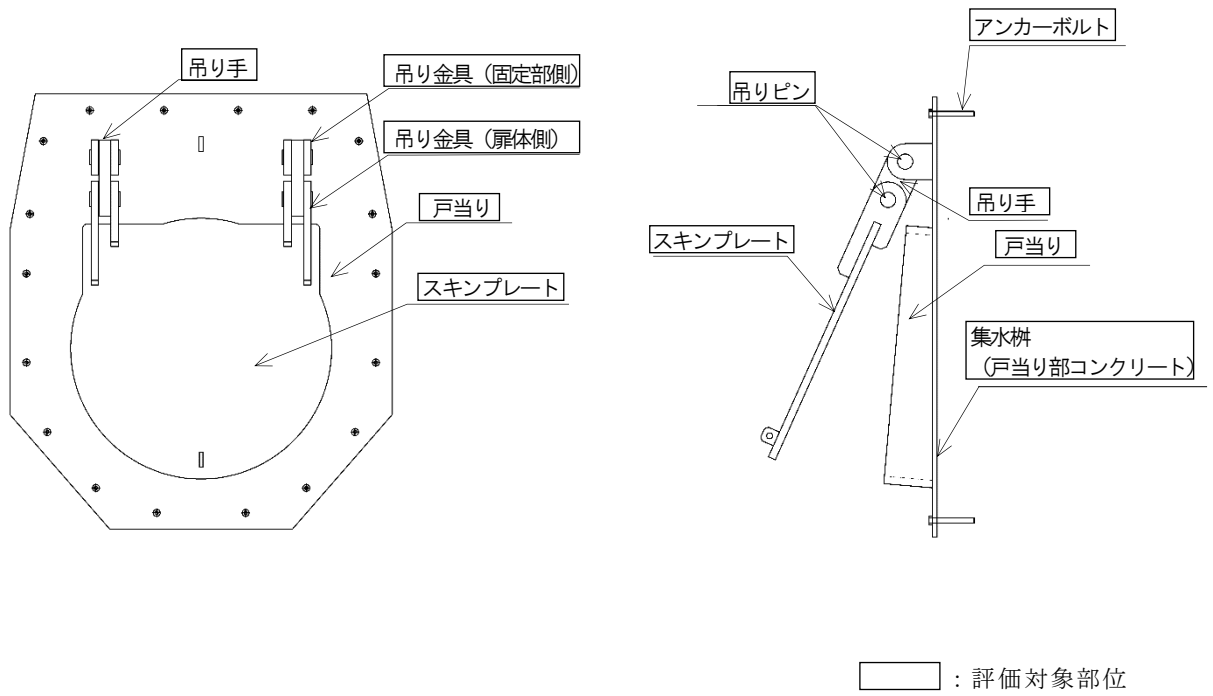


図 3-1(2) 屋外排水路逆止弁の評価対象部位 (⑦, ⑧-1, ⑧-2, ⑩, ⑪, ⑫)

#### 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、集水桝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，1986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。

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

$$f = \frac{\pi^2}{2\pi L_1^2} \sqrt{\frac{E \cdot I \cdot 10^3}{m}}$$

$T$  : 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。

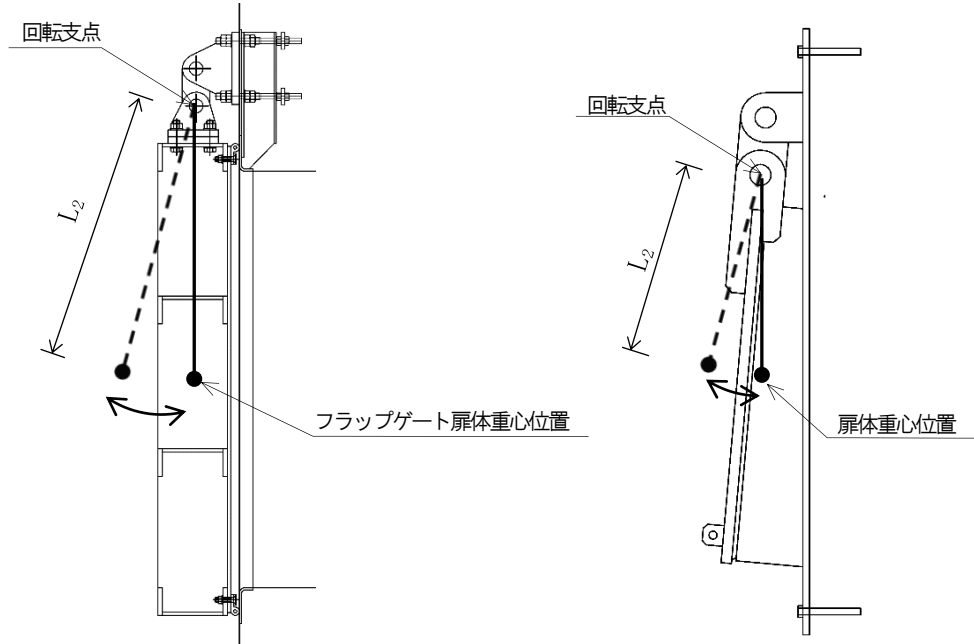


図 4-1 解析モデル図（開門時）

## (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 (mm/s<sup>2</sup>)

L<sub>2</sub> : 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> )	扉体の単位長さ当り質量 m (kg/mm)	主桁の長さ (扉体の直径) L <sub>1</sub> (mm)
屋外排水路逆止弁 (①)	1.93×10 <sup>5</sup>	8.56×10 <sup>8</sup>	0.83	2150
屋外排水路逆止弁 (②, ③, ④, ⑤, ⑥)		4.11×10 <sup>8</sup>	0.72	1650
屋外排水路逆止弁 (⑦)		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 (⑨)		8.56×10 <sup>8</sup>	0.83	2150
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 (①)	1235	9806.65
屋外排水路逆止弁 (②, ③, ④, ⑤, ⑥)	985	
屋外排水路逆止弁 (⑦)	454	
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 (⑨)	1235	
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 (①)	151.61	0.01
屋外排水路逆止弁 (②, ③, ④, ⑤, ⑥)	191.51	0.01
屋外排水路逆止弁 (⑦)	72.37	0.01
屋外排水路逆止弁 (⑧-1)	112.10	0.01
屋外排水路逆止弁 (⑧-2)	65.95	0.02
屋外排水路逆止弁 (⑨)	151.61	0.01
屋外排水路逆止弁 (⑩, ⑪, ⑫)	65.95	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 (①)	0.448	2.23
屋外排水路逆止弁 (②, ③, ④, ⑤, ⑥)	0.502	1.99
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 (⑨)	0.448	2.23
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	逆止弁自重	○	設計図書に基づいて、逆止弁の体積に材料の密度を乗じて設定する。
		機器・配管自重	—	逆止弁に作用する機器・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 11 月）」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 (①, ②, ③, ④, ⑤, ⑥, ⑨, 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	スキンプレート	SUS316L	135	-	-	-
	主桁	SUS316L	135	-	75	-
	補助縦桁* <sup>2</sup> [屋外排水路逆止 弁 (①, ⑨) ]	SUS316L	135	135	75	117.5
	補助縦桁* <sup>2</sup> [屋外排水路逆止 弁 (②, ③, ④, ⑤, ⑥, ⑬) ]					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	集水桷 (戸当り部 コンクリート)	コンクリート	-	-	0.6	8.8

注記\*1 :  $\sigma_{ab}$  : 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。

\*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  
慮する。



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 (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	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
	集水桝 (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(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①) *1	ABR400 (M24)	59000	27100
	アンカーボルト (屋外排水路逆止弁②, ③, ④, ⑤, ⑥) *1	ABR400 (M24)	59000	27100
	アンカーボルト (屋外排水路逆止弁⑦) *2	SUS316L (M16)	24800	15300
	アンカーボルト (屋外排水路逆止弁⑧-1) *2	SUS316L (M12)	14000	9700
	アンカーボルト (屋外排水路逆止弁⑧-2) *2	SUS316L (M16)	26300	18300
	アンカーボルト (屋外排水路逆止弁⑨) *2	ABR400 (M24)	63400	35300
	アンカーボルト (屋外排水路逆止弁⑩, ⑪, ⑫) *2	SUS316L (M16)	26300	18300
	アンカーボルト (屋外排水路逆止弁⑬) *2	ABR400 (M24)	63400	35300

注記\*1 : L型アンカーの試験結果に基づき, 引張耐力及びせん断耐力を設定する。

\*2 : 「各種合成構造設計指針・同解説 (日本建築学会, 2010年11月)」に基づき  
設定する。

## 5.4 設計用地震力

屋外排水路逆止弁の評価に用いる設計用地震力については、防波壁の地震応答解析結果等を踏まえ、「閉門時」及び「開門時」について、それぞれ比較検討し、大きい設計用地震力を設定する。

### 5.4.1 閉門時

「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⑨を除く屋外排水路逆止弁の設計用地震力は、VI-2-10-2-2-1「防波壁（波返重力擁壁）の地震応答計算書」、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」に示す地震応答解析結果より、屋外排水路逆止弁⑨の設計用地震力は、1次元地震応答解析結果より抽出し設定する。

## (1) 3号機北側エリア（屋外排水路逆止弁①，②，③，④，⑤，⑥）

屋外排水路逆止弁①，②，③，④，⑤，⑥を設置している集水桝は，防波壁（波返重力擁壁）に固定しており，設計用地震力の設定については，防波壁（波返重力擁壁）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①，②，③，④，⑤，⑥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③－③断面が抽出される。

また，防波壁（波返重力擁壁）の耐震評価において，①－①断面については，岩盤上面深さが浅いことから②－②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。③－③断面についてはケーソン下に放水路貫通による開口部を有した形状であり，屋外排水路逆止弁が設置されていない。

以上を踏まえ，屋外排水路逆止弁の評価対象断面として，②－②断面の設計用地震力を統一して設定する。

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 に示す。

表 5-3 設計用地震力（屋外排水路逆止弁①，②，③，④，⑤，⑥）

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）
②－②断面	防波壁（敷地側）	1.01	2.01

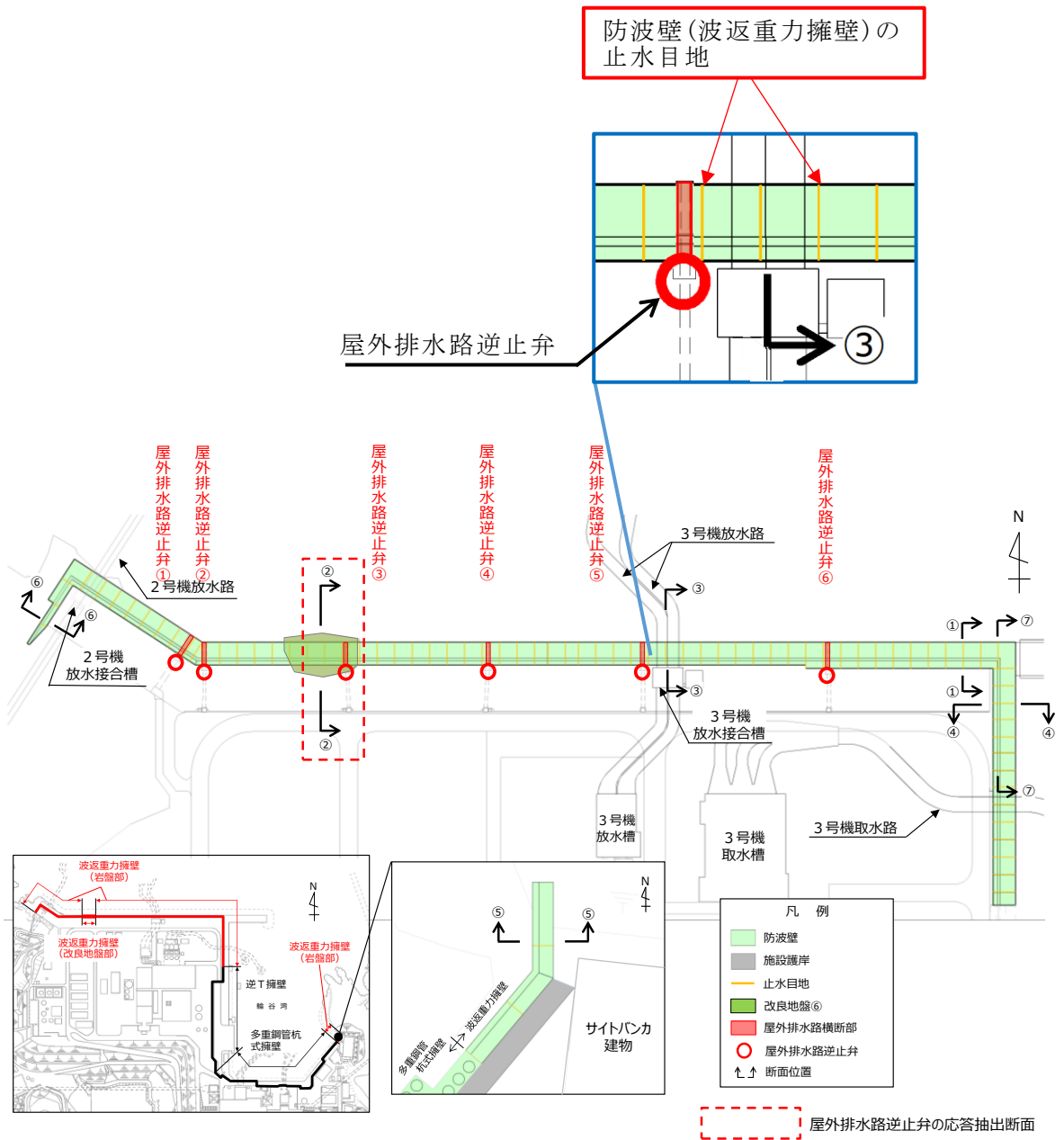


图 5-1 評価対象断面位置図 (防波壁 (波返重力擁壁))

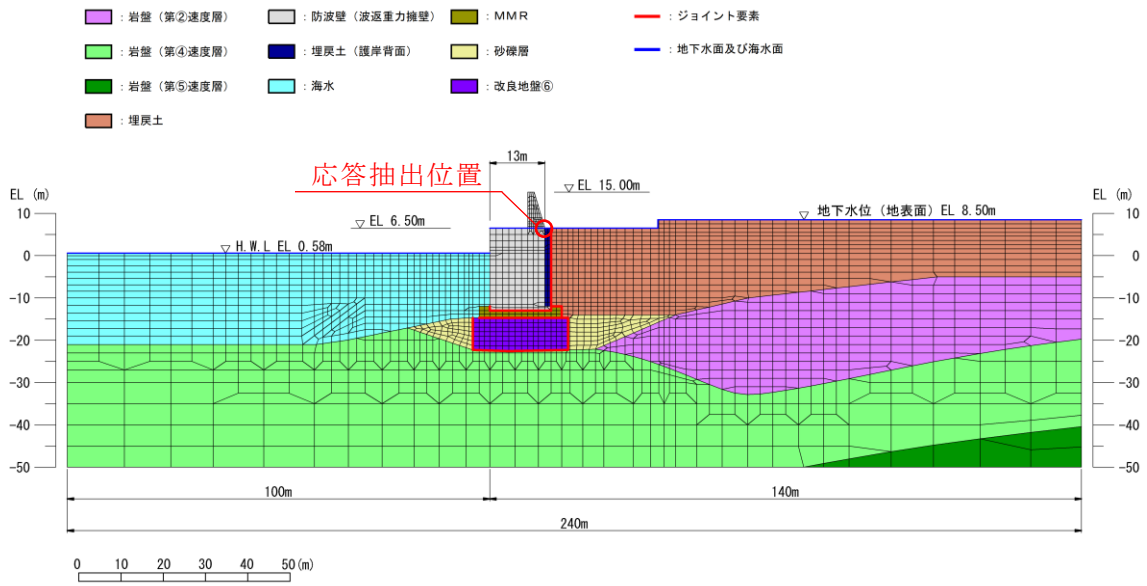


図 5-2 地震応答解析モデル (防波壁 (波返重力擁壁) ②-②断面)

## (2) 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柵は，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④-④断面の設計用地震力を統一して設定する。

設計用地震力を表5-4に，評価対象断面位置図を図5-3に，地震応答解析モデルを図5-4に示す。

表5-4 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）	0.91	0.82
	防波壁（敷地側）	0.91	0.85
④-④断面	防波壁（海側）	1.00	0.96
	防波壁（敷地側）	1.00	1.01

下線：設計用地震力を設定した断面と抽出位置

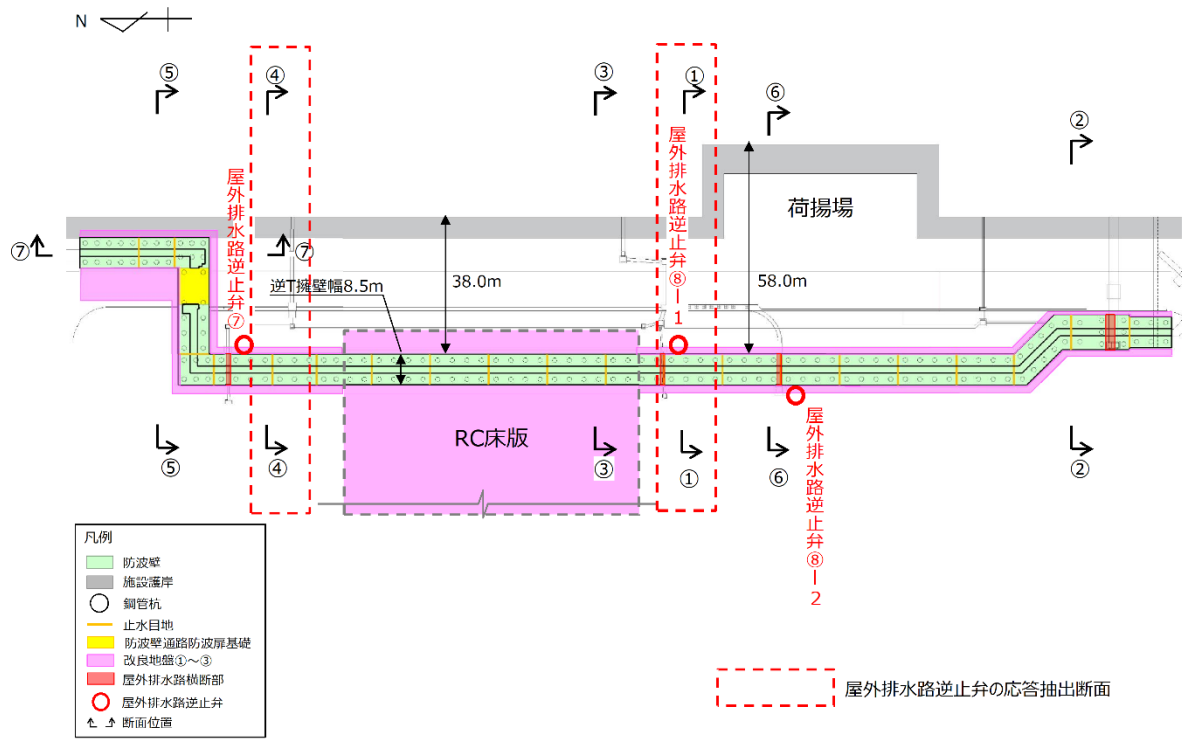


図 5-3 評価対象断面位置図 (防波壁 (逆 T 擁壁))



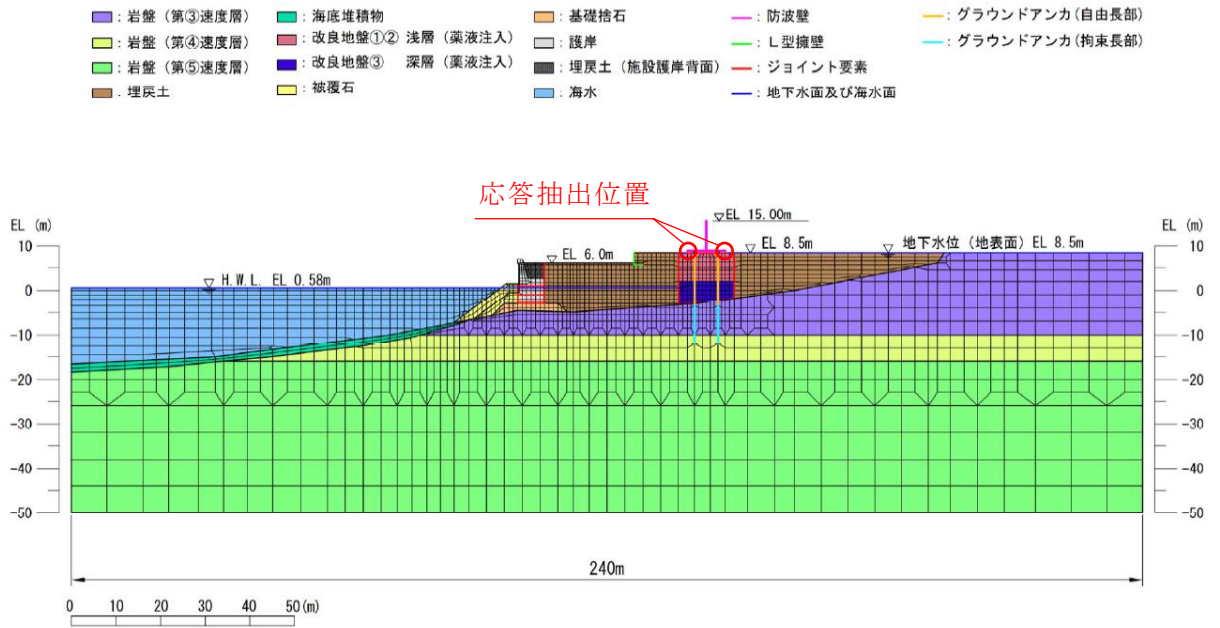


図 5-4(1) 地震応答解析モデル (防波壁 (逆 T 擁壁) ①-①断面)

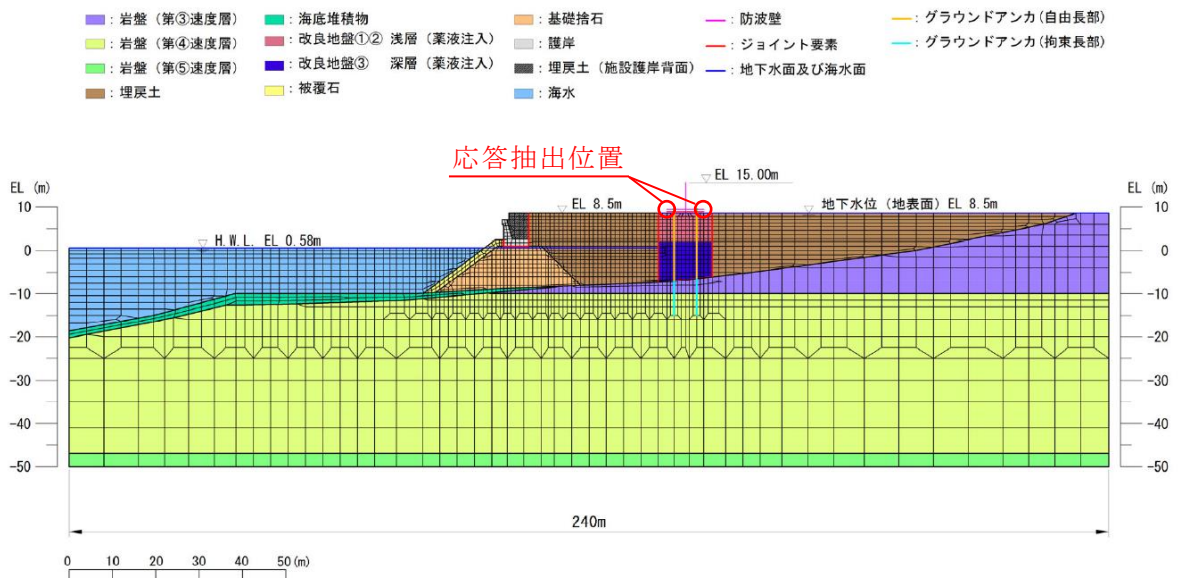


図 5-4(2) 地震応答解析モデル (防波壁 (逆 T 擁壁) ④-④断面)

## (3) 3号機東側エリア（屋外排水路逆止弁⑨）

屋外排水路逆止弁⑨を設置している集水桝は、十分な支持性能を有する改良地盤の上に設置されており、設計用地震力は、1次元地震応答解析により算定する。地震応答解析モデルは、周辺の地質構造を踏まえて設定し、地盤の物性値は、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している物性値を用いる。解析には解析コード「SHAKE」を使用する。解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

設計用地震力を表5-5に、1次元地震応答解析実施位置を図5-5に、1次元地震応答解析用地盤モデルを図5-6に示す。

表5-5 設計用地震力（屋外排水路逆止弁⑨）

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)
A-A断面	集水桝⑨中心	1.70	1.01

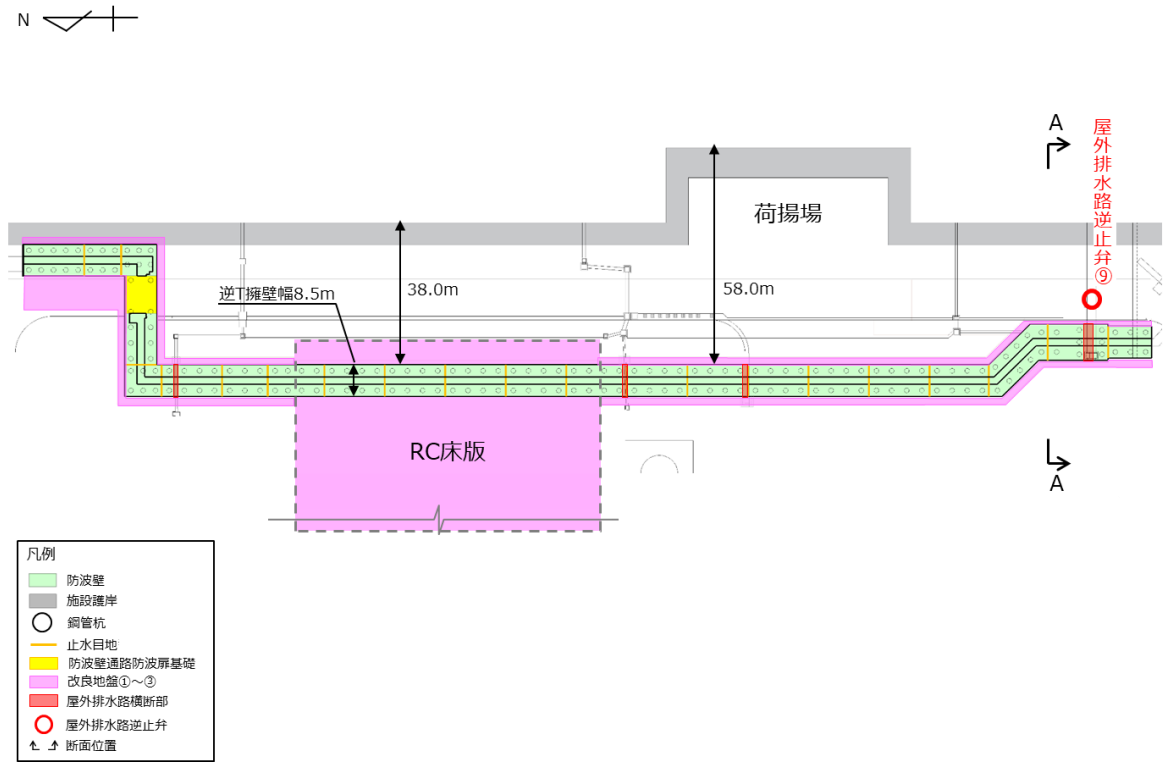


图 5-5 1次元地震応答解析実施位置

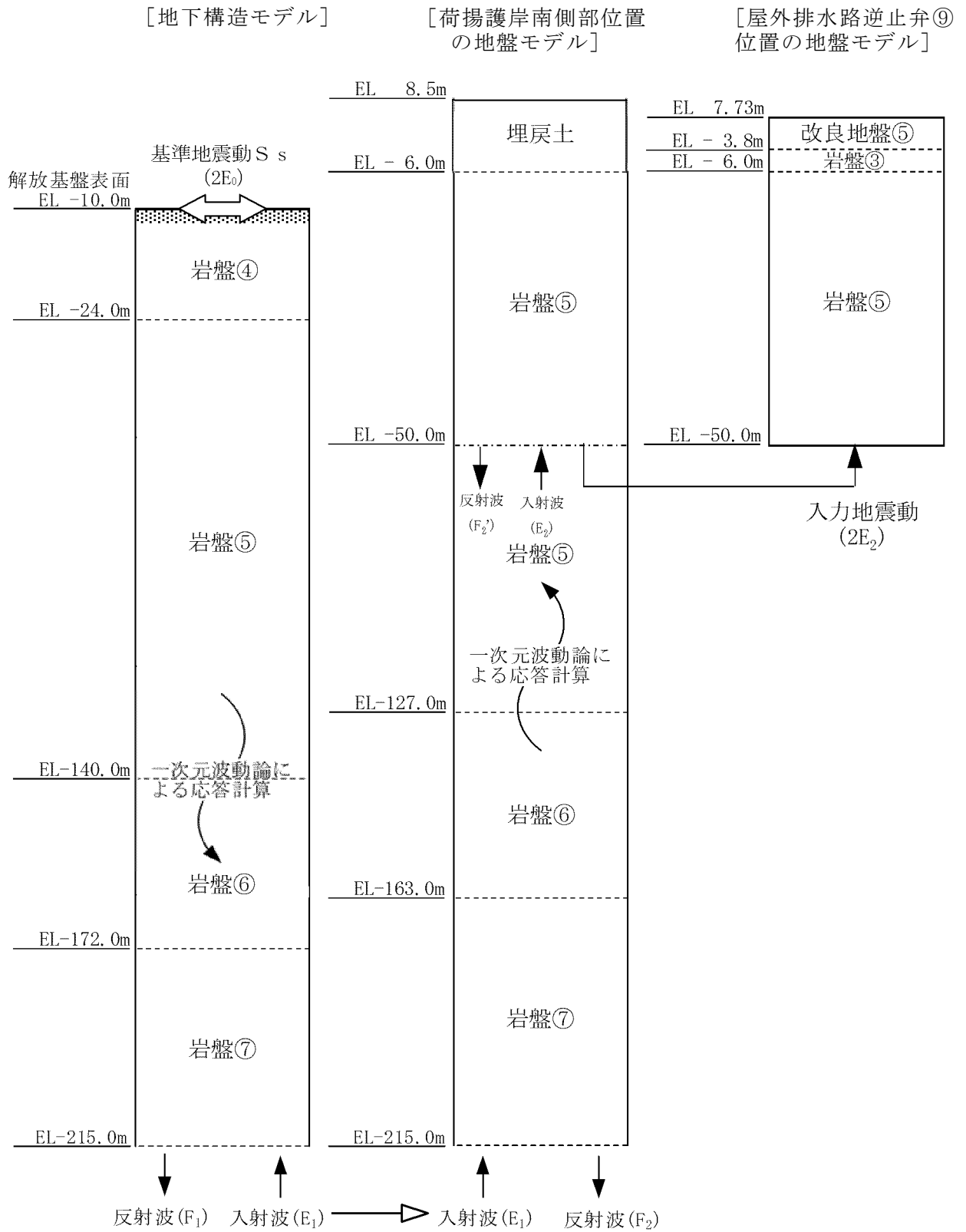


図 5-6 1次元地震応答解析用地盤モデル

## (4) 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。

また、防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の耐震評価において、①－①断面及び⑤－⑤断面については、岩盤上面深さが浅いことから、それぞれ②－②断面及び③－③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。②－②断面は施設護岸の背面に防波壁を設置している断面、③－③断面は施設護岸の前面に防波壁を設置している断面である。

以上を踏まえ、屋外排水路逆止弁の評価対象断面として、②－②断面及び③－③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統一して設定する。両断面の設計用地震力を比較すると鉛直は両断面とも同程度であるものの、水平では③－③断面が明らかに大きな値を取ることから③－③断面の設計用地震力を用いる。

設計用地震力を表 5-6 に、評価対象断面位置図を図 5-7 に、地震応答解析モデルを図 5-8 に示す。

表 5-6 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)
②－②断面	防波壁（地表面）	0.86	0.67
<u>③－③断面</u>	<u>防波壁（地表面）</u>	1.03	0.66

下線：設計用地震力を設定した断面と抽出位置

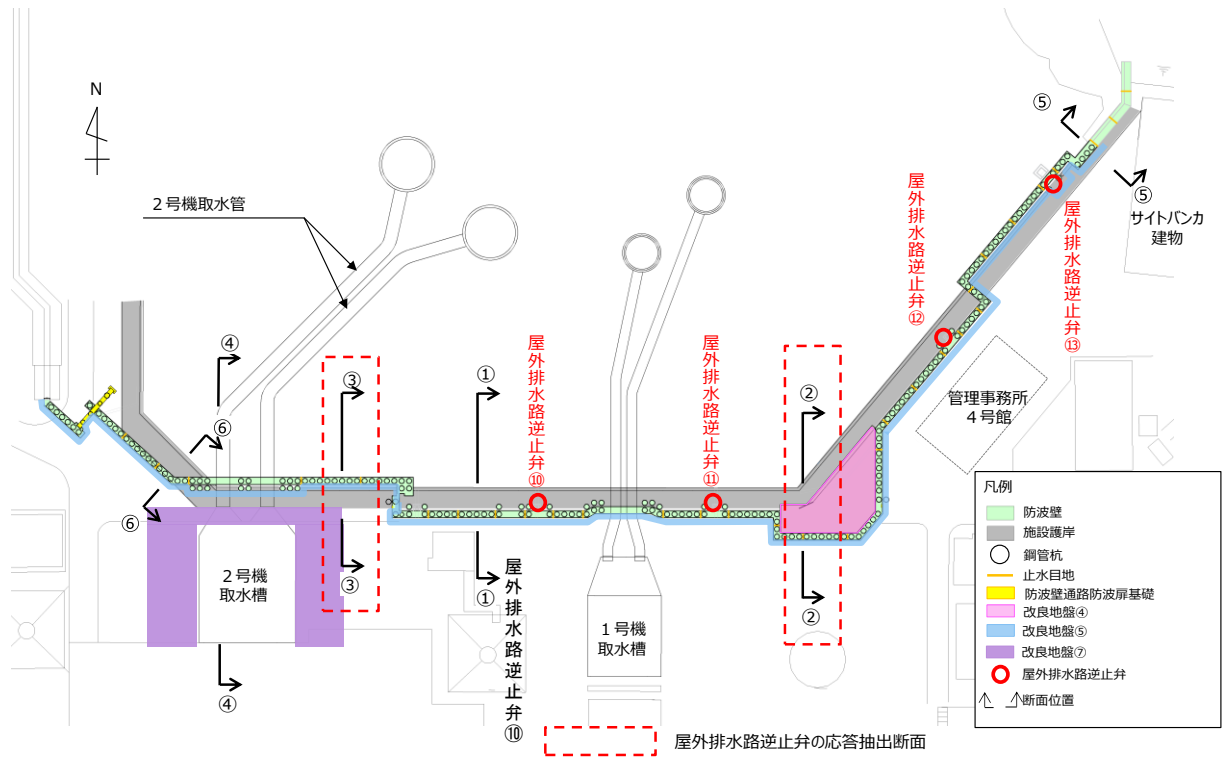


図5-7 評価対象断面位置図（防波壁（多重鋼管杭式擁壁））

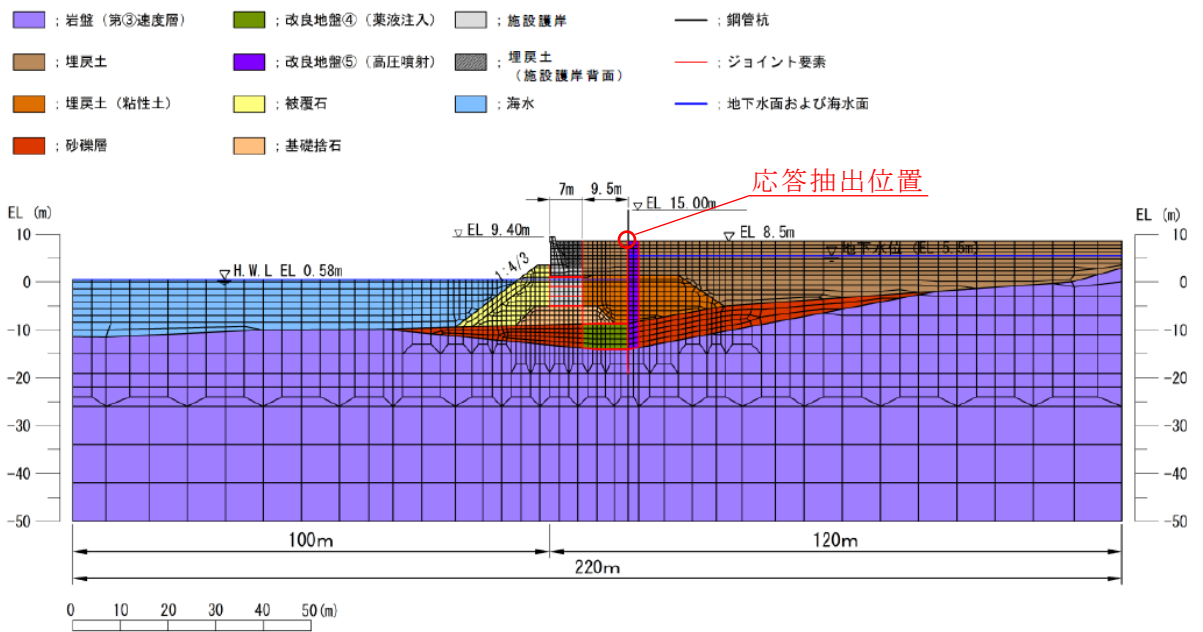


図5-8(1) 地震応答解析モデル (防波壁 (多重鋼管杭式擁壁) ②-②断面)

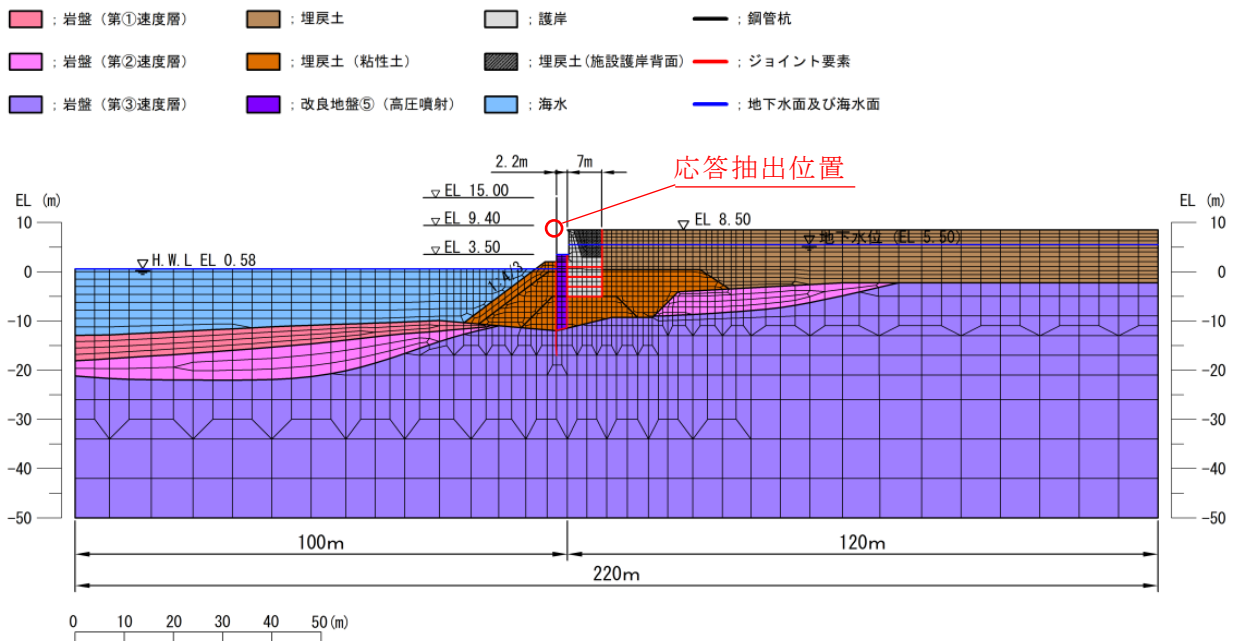


図5-8(2) 地震応答解析モデル (防波壁 (多重鋼管杭式擁壁) ③-③断面)

(5) 閉門時の設計用地震力

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 5-7 に示す。

表 5-7 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 ①	基準地震動 S <sub>s</sub>	集水樹 EL 2.57 m (屋外排水路底面高さ)	水平方向 K <sub>h</sub>	1.01
			鉛直方向 K <sub>v</sub>	2.01
屋外排水路逆止弁 ②, ③, ④, ⑤, ⑥		集水樹 EL 2.70 m (屋外排水路底面高さ)	水平方向 K <sub>h</sub>	1.01
			鉛直方向 K <sub>v</sub>	2.01
屋外排水路逆止弁 ⑦		集水樹 EL 6.21 m (屋外排水路底面高さ)	水平方向 K <sub>h</sub>	1.00
			鉛直方向 K <sub>v</sub>	1.01
屋外排水路逆止弁 ⑧-1		集水樹 EL 6.125 m (屋外排水路底面高さ)	水平方向 K <sub>h</sub>	1.00
			鉛直方向 K <sub>v</sub>	1.01
屋外排水路逆止弁 ⑧-2		集水樹 EL 5.54 m (屋外排水路底面高さ)	水平方向 K <sub>h</sub>	1.00
			鉛直方向 K <sub>v</sub>	1.01
屋外排水路逆止弁 ⑨	集水樹 EL 2.30 m (屋外排水路底面高さ)	水平方向 K <sub>h</sub>	1.70	
		鉛直方向 K <sub>v</sub>	1.01	
屋外排水路逆止弁 ⑩, ⑪, ⑫	集水樹 EL 6.11~6.50 m (屋外排水路底面高さ)	水平方向 K <sub>h</sub>	1.03	
		鉛直方向 K <sub>v</sub>	0.66	
屋外排水路逆止弁 ⑬	集水樹 EL 4.10m (屋外排水路底面高さ)	水平方向 K <sub>h</sub>	1.03	
		鉛直方向 K <sub>v</sub>	0.66	



#### 5.4.2 開門時

開門時においては表 4-4 に示すとおり，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（波返重力擁壁），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。

開門時の設計用床応答スペクトルを図 5-9 に，評価に用いる設計用地震力を表 5-8 に示す。

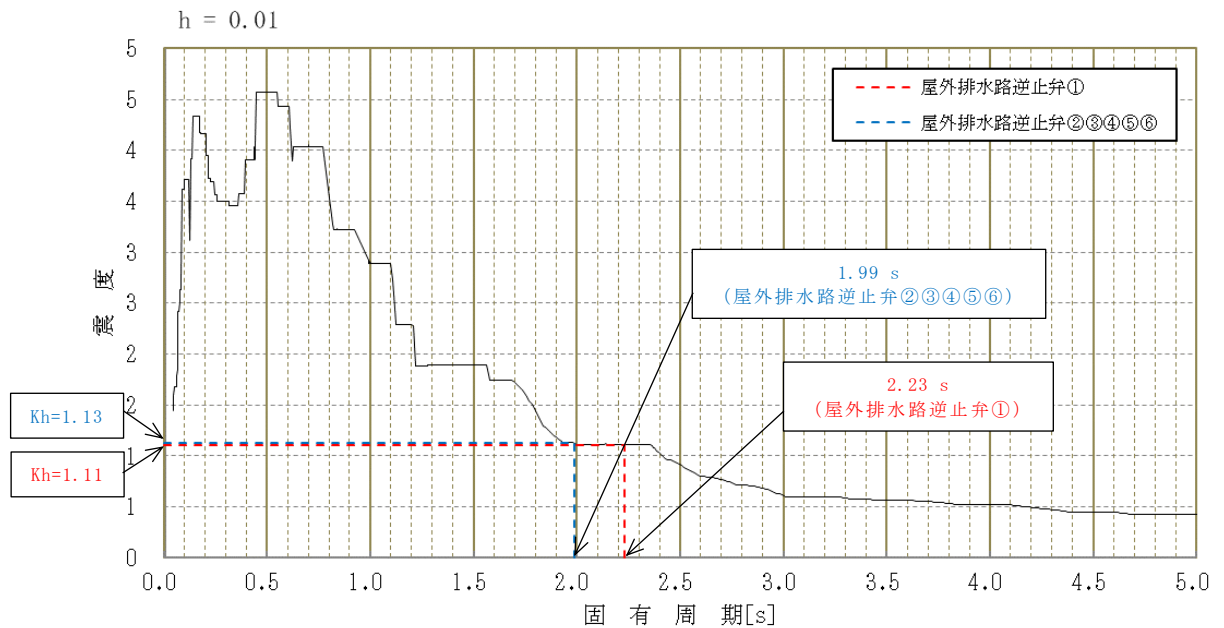


図 5-9(1) 設計用床応答スペクトル (①, ②, ③, ④, ⑤, ⑥)

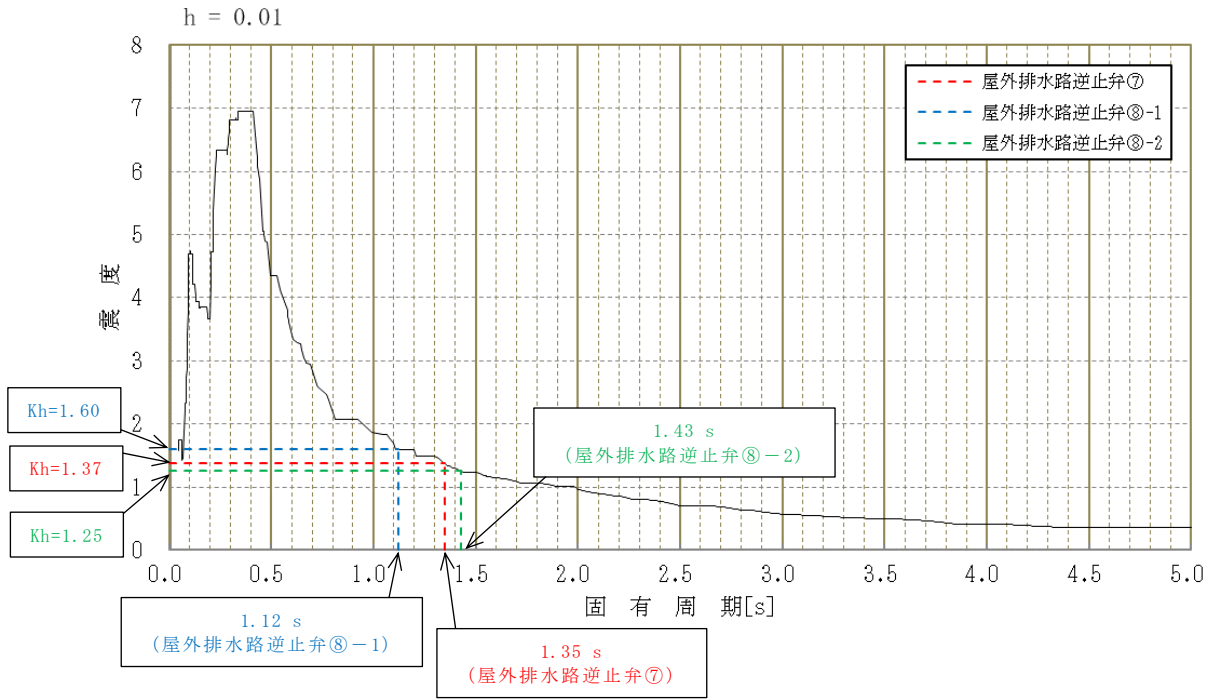


図 5-9(2) 設計用床応答スペクトル (⑦, ⑧-1, ⑧-2)

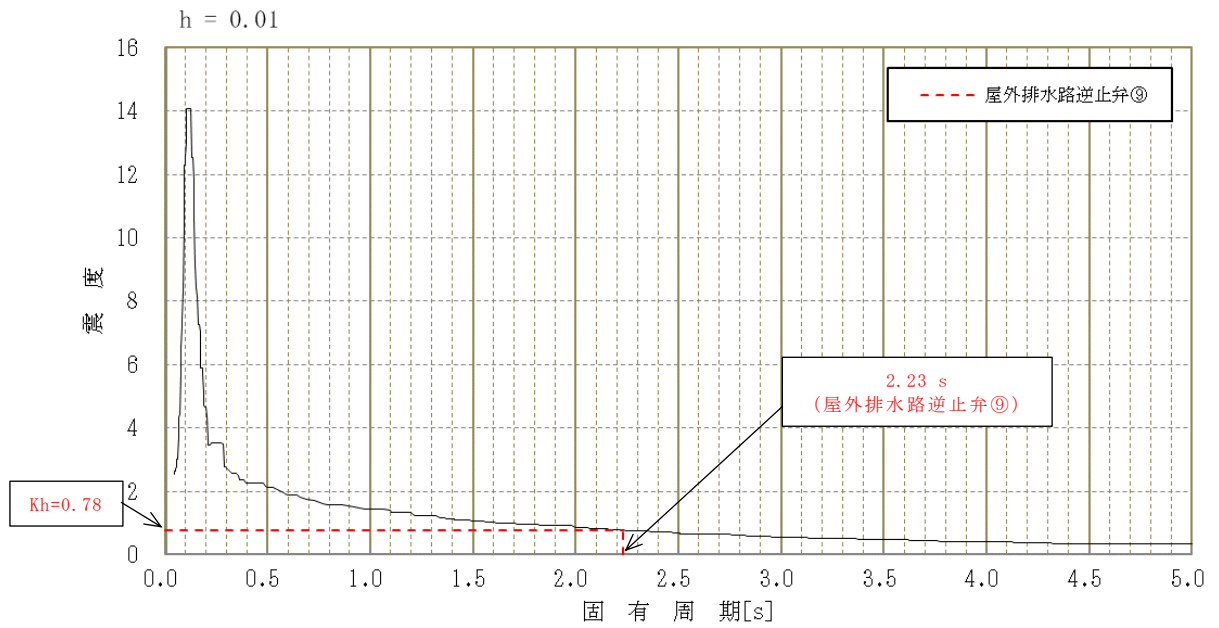


図 5-9(3) 設計用床応答スペクトル (⑨)

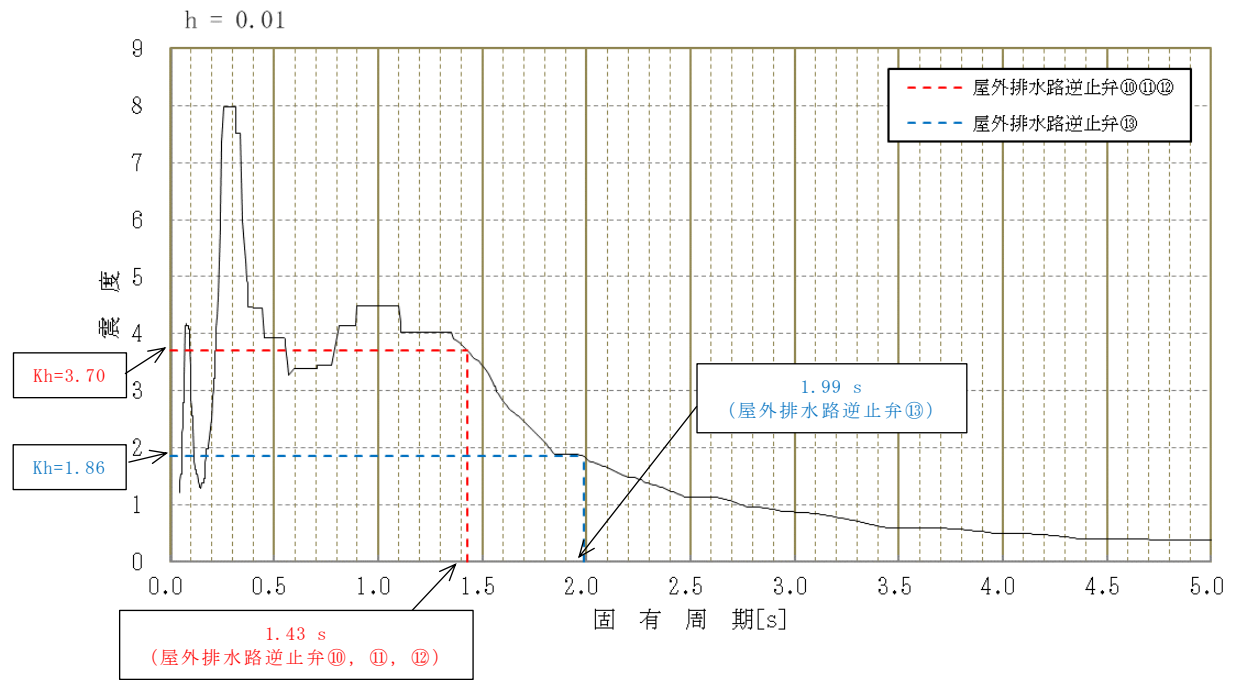


図 5-9(4) 設計用床応答スペクトル (⑩, ⑪, ⑫, ⑬)

表 5-8 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 h	鉛直方向 K v
屋外排水路逆止弁 ①	基準地震動 S s	集水榭 EL 2.57 m (屋外排水路底面高さ)	水平方向 K h	1.11
			鉛直方向 K v	2.01
屋外排水路逆止弁 ②, ③, ④, ⑤, ⑥		集水榭 EL 2.70 m (屋外排水路底面高さ)	水平方向 K h	1.13
			鉛直方向 K v	2.01
屋外排水路逆止弁 ⑦		集水榭 EL 6.21 m (屋外排水路底面高さ)	水平方向 K h	1.37
			鉛直方向 K v	1.01
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 h	1.60
			鉛直方向 K v	1.01
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 h	1.25
			鉛直方向 K v	1.01
屋外排水路逆止弁 ⑨	集水榭 EL 2.30 m (屋外排水路底面高さ)	水平方向 K h	0.78	
		鉛直方向 K v	1.01	
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 h	3.70	
		鉛直方向 K v	0.66	
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 h	1.86	
		鉛直方向 K v	0.66	

#### 5.4.3 評価に用いる設計用地震力

「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設計用地震力を応力評価に考慮する。評価に用いる設計用地震力を表 5-9 に示す。

表 5-9 評価に用いる設計用地震力

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>		
屋外排水路逆止弁 ①	基準地震動 S <sub>s</sub>	集水榦 EL 2.57 m (屋外排水路底面高さ)	水平方向 K <sub>h</sub>	1.11	開門時
			鉛直方向 K <sub>v</sub>	2.01	閉門時 開門時
屋外排水路逆止弁 ②, ③, ④, ⑤, ⑥		集水榦 EL 2.70 m (屋外排水路底面高さ)	水平方向 K <sub>h</sub>	1.13	開門時
			鉛直方向 K <sub>v</sub>	2.01	閉門時 開門時
屋外排水路逆止弁 ⑦		集水榦 EL 6.21 m (屋外排水路底面高さ)	水平方向 K <sub>h</sub>	1.37	開門時
			鉛直方向 K <sub>v</sub>	1.01	閉門時 開門時
屋外排水路逆止弁 ⑧-1		集水榦 EL 6.125 m (屋外排水路底面高さ)	水平方向 K <sub>h</sub>	1.60	開門時
			鉛直方向 K <sub>v</sub>	1.01	閉門時 開門時
屋外排水路逆止弁 ⑧-2		集水榦 EL 5.54 m (屋外排水路底面高さ)	水平方向 K <sub>h</sub>	1.25	開門時
			鉛直方向 K <sub>v</sub>	1.01	閉門時 開門時
屋外排水路逆止弁 ⑨	集水榦 EL 2.30 m (屋外排水路底面高さ)	水平方向 K <sub>h</sub>	1.70	開門時	
		鉛直方向 K <sub>v</sub>	1.01	閉門時 開門時	
屋外排水路逆止弁 ⑩, ⑪, ⑫	集水榦 EL 6.11~6.50 m (屋外排水路底面高さ)	水平方向 K <sub>h</sub>	3.70	開門時	
		鉛直方向 K <sub>v</sub>	0.66	閉門時 開門時	
屋外排水路逆止弁 ⑬	集水榦 EL 4.10m (屋外排水路底面高さ)	水平方向 K <sub>h</sub>	1.86	開門時	
		鉛直方向 K <sub>v</sub>	0.66	閉門時 開門時	

## 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。

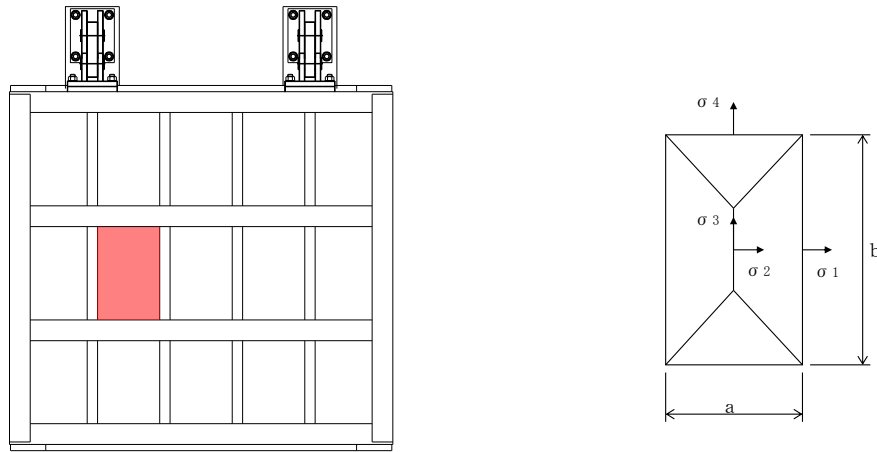
屋外排水路逆止弁のうち、スキンプレート、主桁、補助縦桁、集水柵（戸当り部コンクリート）については、「ダム・堰施設技術基準（案）（基準解説編・設備計画マニュアル編）（ダム・堰施設技術協会，平成 28 年 3 月）」又は「機械工学便覧 基礎編（日本機械学会，1987 年）」に基づき、曲げ応力及びせん断応力を算定する。また、吊り金具（扉体，固定部），吊り手，吊りピン及びアンカーボルトについては，定式化された計算式により曲げ応力及びせん断応力又は引張力及びせん断力を算定する。

## 5.5.1 屋外排水路逆止弁 (①, ②, ③, ④, ⑤, ⑥, ⑨, 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5-10に示す。



(正面図)

図5-10 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。

主桁のモデル図を図 5-11 に示す。

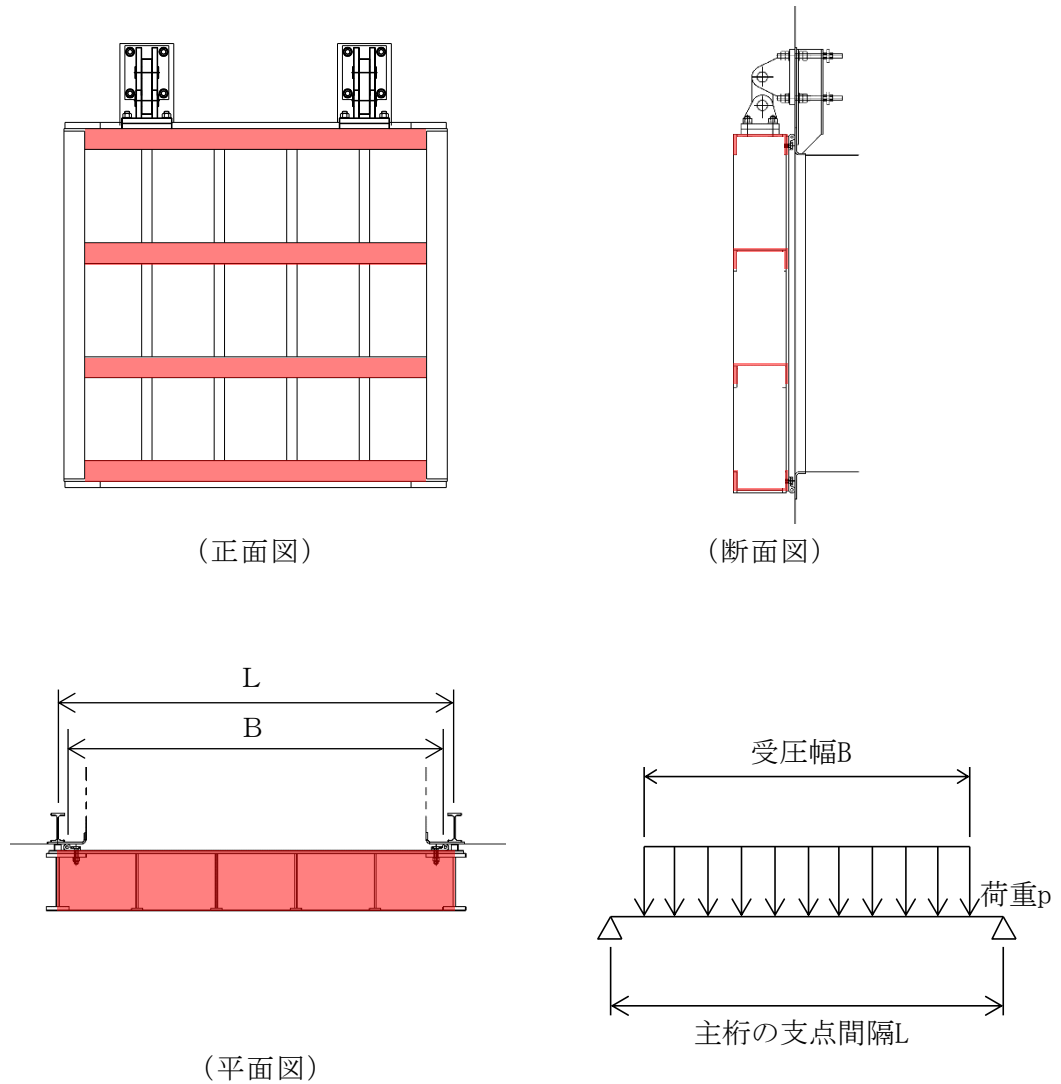


図 5-11 主桁のモデル図

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，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 5-12 に示す。

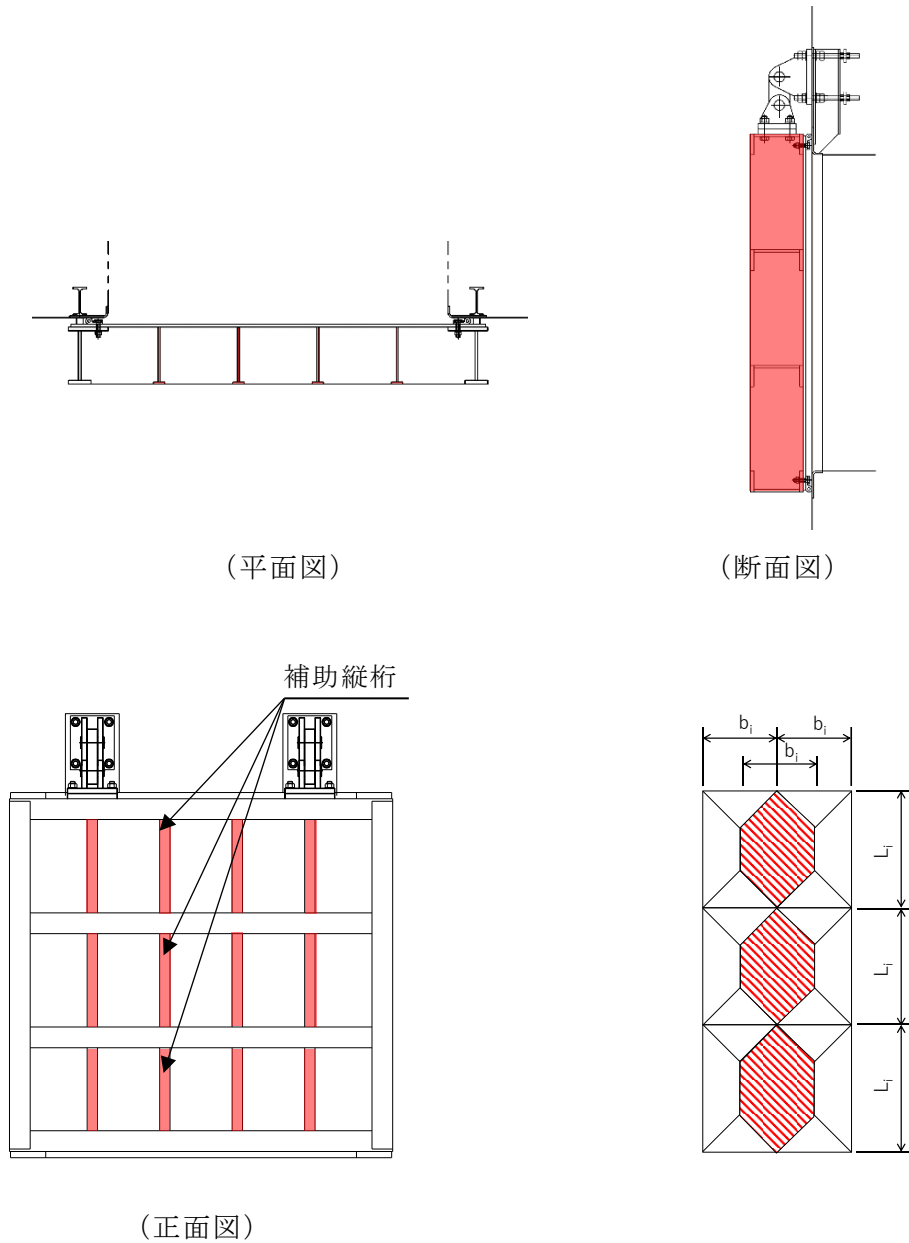


図 5-12 補助縦桁のモデル図

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，固定部）

吊り金具（扉体，固定部）のモデル図を図5-13に示す。吊り金具（扉体，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，固定部）の照査位置として断面A，断面Bで行う。

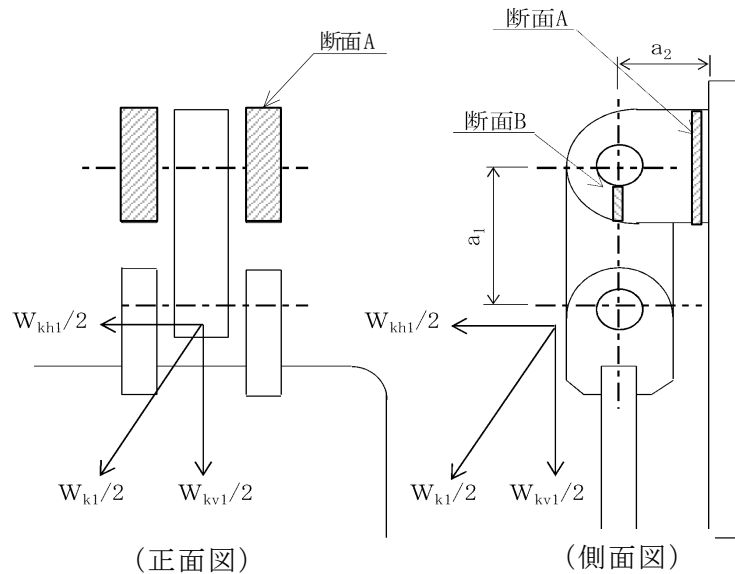


図5-13 吊り金具（扉体，固定部）のモデル図

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）

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

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

$\sigma_{Ax}$  : 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, 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, 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，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，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 5-14 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。

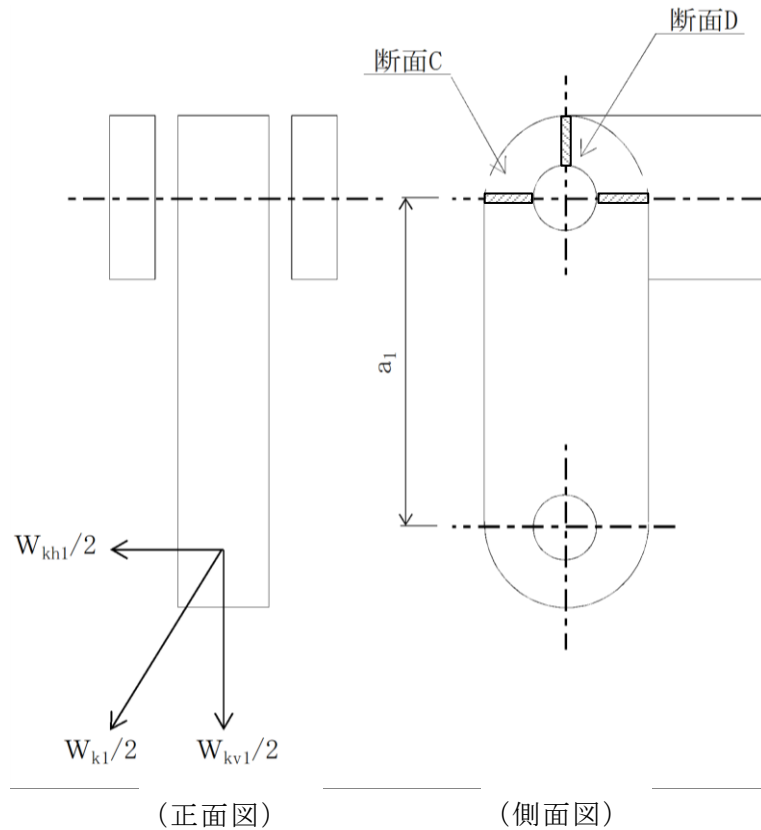


図 5-14 吊り手のモデル図

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（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，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 5-15 に示す。

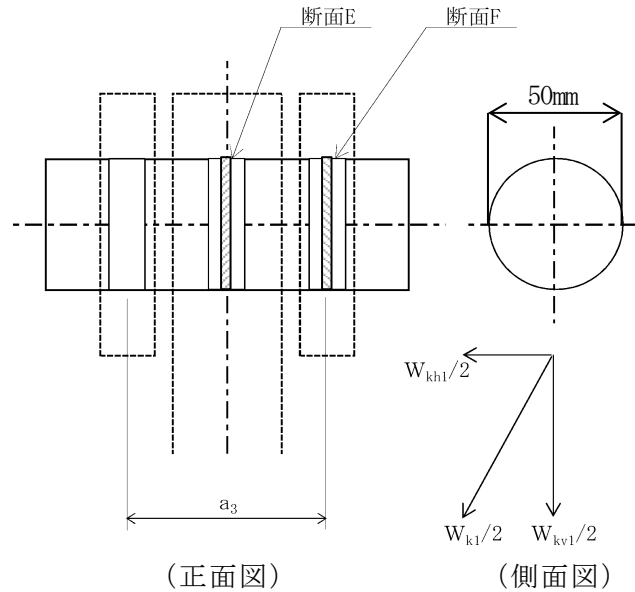


図 5-15 吊りピンのモデル図

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）

集水桝（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 5-16 に示す。

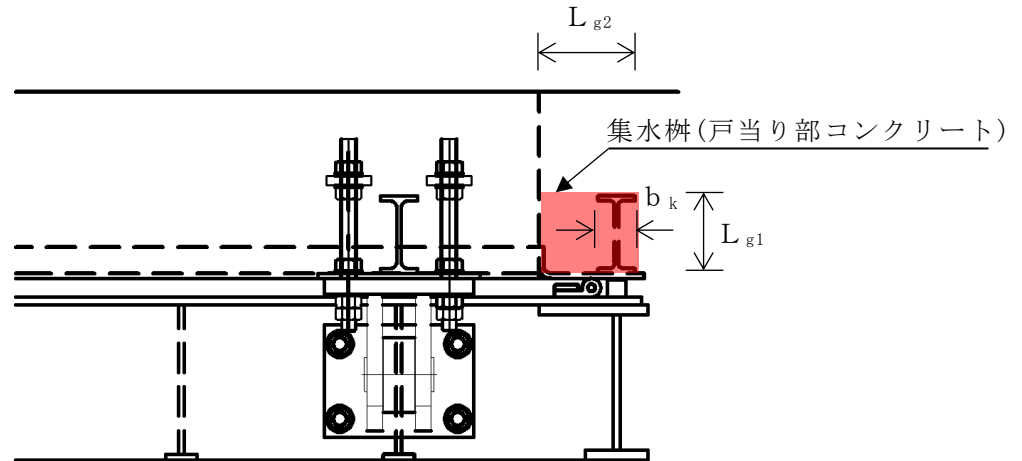


図 5-16 集水桝（戸当り部コンクリート）のモデル図

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。

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

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

$\sigma_c$  : 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, 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)

## 5.5.2 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 5-17 に示す。

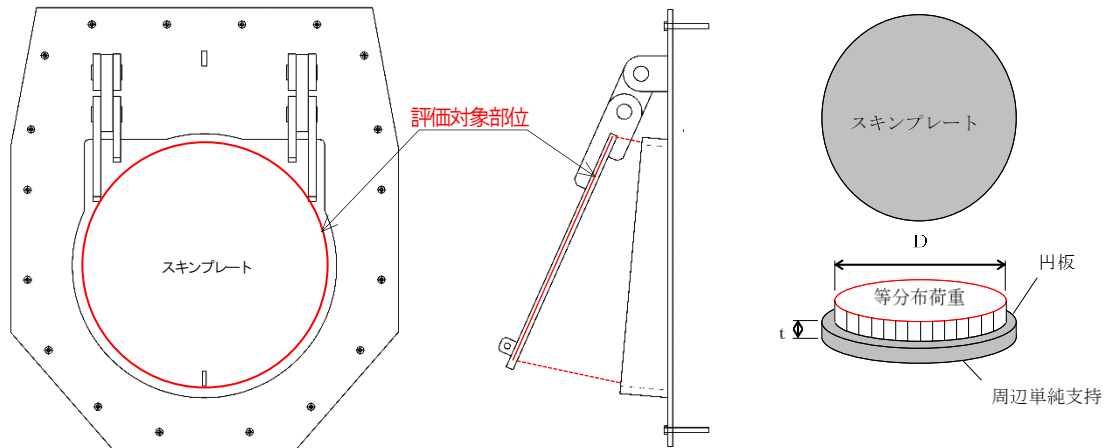


図 5-17 スキンプレートのモデル図

スキンプレートの最大応力度算定式を以下に示す。

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

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

$\sigma_{\max}$  : 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), 吊りピン 4 本, 吊り手) (N)

## (2) 吊り金具（扉体，固定部）

吊り金具（扉体，固定部）のモデル図を図5-18に示す。吊り金具（扉体，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，固定部）の照査位置として断面A，断面Bで行う。

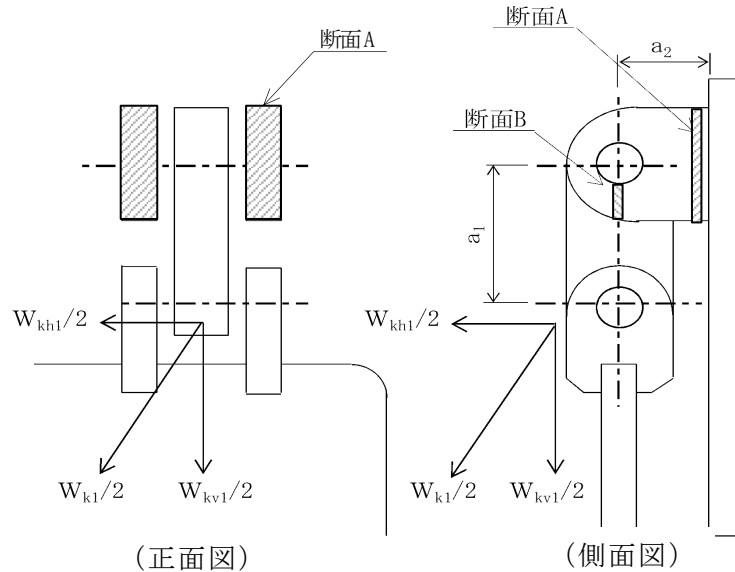


図5-18 吊り金具（扉体，固定部）のモデル図

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），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），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），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），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 5-19 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。

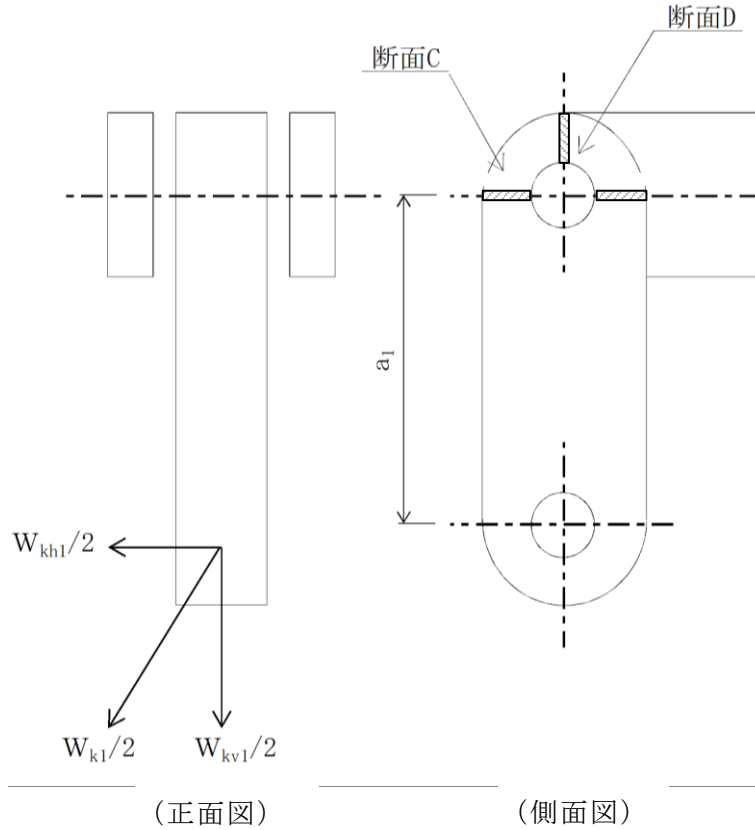


図 5-19 吊り手のモデル図

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 (断面 C) ( $\text{mm}^3$ )

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（スキンプレート，吊り金具（扉体），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），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 5-20 に示す。

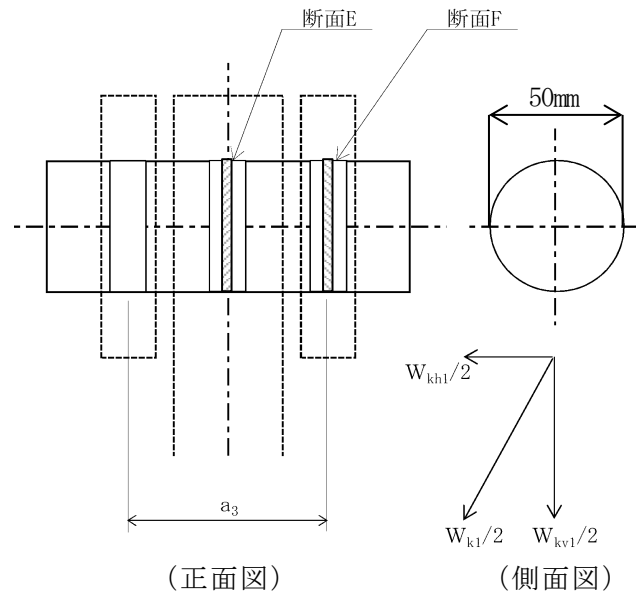


図 5-20 吊りピンのモデル図

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), 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), 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 5-21 に示す。

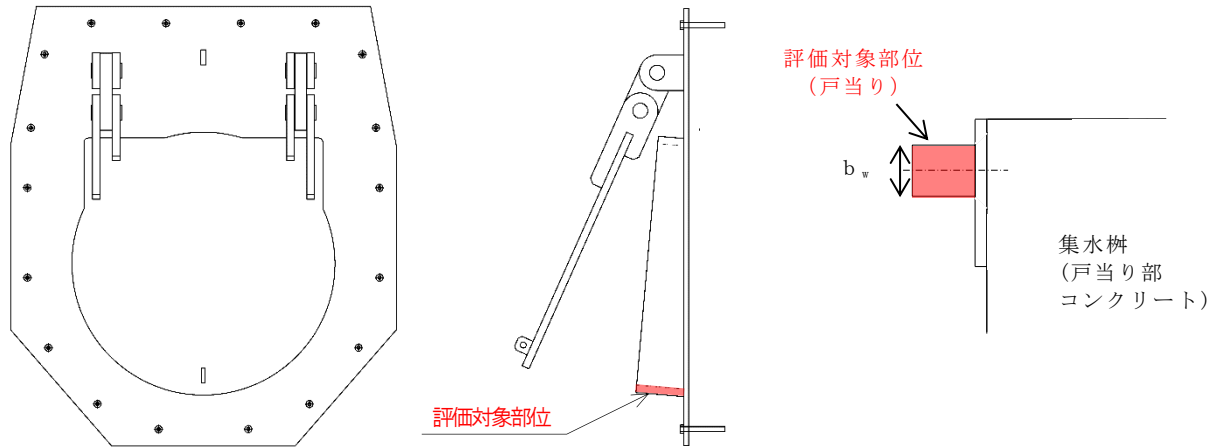


図 5-21 戸当りのモデル図

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), 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）

集水桝（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。

集水桝（戸当り部コンクリート）のモデル図を図 5-22 に示す。

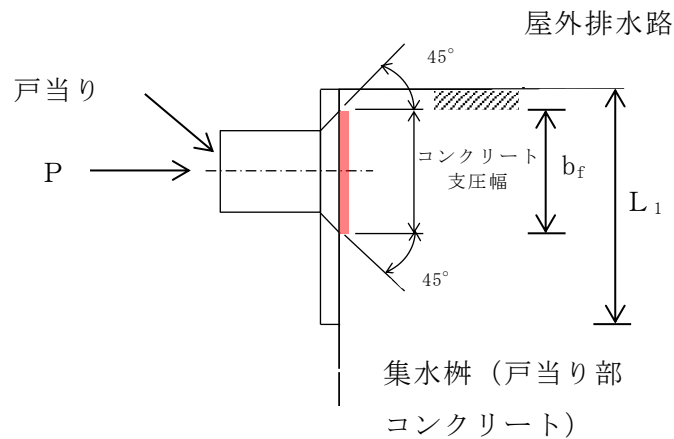


図 5-22 集水桝（戸当り部コンクリート）のモデル図

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), 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5-10に示す。

表5-10(1) 応力評価に用いる計算条件（屋外排水路逆止弁① 1/2）

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	1.11
	$K_v$	—	鉛直方向の設計用地震力	2.01
	$W_{g1}$	N	扉体自重（スキンプレート、主桁、補助縦桁、吊り金具（扉体、固定部）、吊りピン4本、吊り手）	18000
	$W_{kh1}$	N	扉体自重の水平設計用地震力による地震時慣性力	19980
	$W_{kv1}$	N	扉体自重の鉛直設計用地震力による地震時慣性力	36180
	$W_{k1}$	N	扉体自重の同時加振による地震時慣性力	41330
	$W_{k1}'$	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	57750
	$W_{kh2}$	N	戸当り自重の水平設計用地震力による地震時慣性力	2780
	$W_{kv2}$	N	戸当り自重の鉛直設計用地震力による地震時慣性力	5030
	$W_{k2}'$	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	8020
	$p$	N/mm <sup>2</sup>	慣性力による作用荷重	0.0041
	$a_1$	mm	ピン穴中心間の距離	135
	$a_2$	mm	固定部吊り金具のピン穴中心から戸当りまでの距離	130
	$a_3$	mm	吊りピンの支点間距離	87
スキンプレート	$k$	—	$b/a$ による形状係数	45
	$a$	mm	スキンプレートの区画の短辺	375
	$b$	mm	スキンプレートの区画の長辺	550
	$t_s$	mm	スキンプレートの板厚	12
	$\epsilon$	mm	余裕厚	0
	$\alpha$	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	2.270
	$L$	mm	主桁の支点間隔	2250
	$B$	mm	扉体の受圧幅	2200
	$Z_g$	mm <sup>3</sup>	主桁の断面係数	688100
	$A_g$	mm <sup>2</sup>	主桁のウェブ断面積	3216
補助縦桁	$L_i$	mm	主桁間隔	550
	$b_i$	mm	補助縦桁間隔	375
	$Z_{ix}$	mm <sup>3</sup>	補助縦桁の断面係数（引張）	161976
	$Z_{iy}$	mm <sup>3</sup>	補助縦桁の断面係数（圧縮）	204734
	$A_i$	mm <sup>2</sup>	補助縦桁のウェブ断面積	2619

表 5-10(1) 応力評価に用いる計算条件（屋外排水路逆止弁① 2/2）

対象部位	記号	単位	定義	数値
吊り金具	$Z_{Ax}$	mm <sup>3</sup>	断面係数（断面A水平方向）	416643
	$A_A$	mm <sup>2</sup>	断面Aの断面積	12000
	$Z_{Ay}$	mm <sup>3</sup>	断面係数（断面A鉛直方向）	480000
	$A_B$	mm <sup>2</sup>	断面Bの断面積	600
吊り手	$Z_C$	mm <sup>3</sup>	断面係数（断面C）	41400
	$A_C$	mm <sup>2</sup>	断面Cの断面積	4140
	$A_D$	mm <sup>2</sup>	断面Dの断面積	2040
吊りピン	$Z_E$	mm <sup>3</sup>	断面係数（断面E）	12272
	$A_F$	mm <sup>2</sup>	断面Fの断面積	1963
集水桝 （戸当り 部コンク リート）	$b_k$	mm	底面フランジ幅	60
	$L_{\phi 1}$	mm	コンクリート面より底面フランジ端面までの深さ	133
	$L_{\phi 2}$	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

表 5-10(2) 応力評価に用いる計算条件（屋外排水路逆止弁②，③，④，⑤，⑥ 1/2）

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	1.13
	$K_v$	—	鉛直方向の設計用地震力	2.01
	$W_{g1}$	N	扉体自重（スキンプレート，主桁，補助縦桁，吊り金具（扉体，固定部），吊りピン4本，吊り手）	12000
	$W_{kh1}$	N	扉体自重の水平設計用地震力による地震時慣性力	13560
	$W_{kv1}$	N	扉体自重の鉛直設計用地震力による地震時慣性力	24120
	$W_{k1}$	N	扉体自重の同時加振による地震時慣性力	27700
	$W_{k1}'$	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	38580
	$W_{kh2}$	N	戸当り自重の水平設計用地震力による地震時慣性力	2260
	$W_{kv2}$	N	戸当り自重の鉛直設計用地震力による地震時慣性力	4020
	$W_{k2}'$	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	6430
	$p$	$N/mm^2$	慣性力による作用荷重	0.0047
	$a_1$	mm	ピン穴中心間の距離	135
	$a_2$	mm	固定部吊り金具のピン穴中心から戸当りまでの距離	130
$a_3$	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
	$t_s$	mm	スキンプレートの板厚	12
	$\epsilon$	mm	余裕厚	0
	$\alpha$	$N/mm^2$	応力の補正係数	0.8
主桁	$W$	$N/mm$	主桁の分担荷重	2.698
	$L$	mm	主桁の支点間隔	1750
	$B$	mm	扉体の受圧幅	1700
	$Z_g$	$mm^3$	主桁の断面係数	433900
	$A_g$	$mm^2$	主桁のウェブ断面積	2616
補助縦桁	$L_i$	mm	主桁間隔	600
	$b_i$	mm	補助縦桁間隔	350
	$Z_{ix}$	$mm^3$	補助縦桁の断面係数（引張）	114964
	$Z_{iy}$	$mm^3$	補助縦桁の断面係数（圧縮）	151107
	$A_i$	$mm^2$	補助縦桁のウェブ断面積	2169
吊り金具	$Z_{Ax}$	$mm^3$	断面係数（断面A水平方向）	361020
	$A_A$	$mm^2$	断面Aの断面積	12000
	$Z_{Ay}$	$mm^3$	断面係数（断面A鉛直方向）	480000
	$A_B$	$mm^2$	断面Bの断面積	600

表 5-10(2) 応力評価に用いる計算条件（屋外排水路逆止弁②，③，④，⑤，⑥ 2/2）

対象部位	記号	単位	定義	数値
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
集水桝 （戸当り 部コンク リート）	$b_k$	mm	底面フランジ幅	60
	$L_{\phi 1}$	mm	コンクリート面より底面フランジ端面までの深さ	133
	$L_{\phi 2}$	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

表 5-10 (3) 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	1.37	
	$K_v$	—	鉛直方向の設計用地震力	1.01	
	$W_{g1}$	N	扉体自重（スキンプレート，吊り金具（扉体），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	1781	
	$W_{kv1}$	N	扉体自重の鉛直設計用地震力による地震時慣性力	1313	
	$W_{k1}$	N	扉体自重の同時加振による地震時慣性力	2213	
	$W_{k1}'$	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	3162	
	$W_{kh2}$	N	戸当り自重の水平設計用地震力による地震時慣性力	3124	
	$W_{kv2}$	N	戸当り自重の鉛直設計用地震力による地震時慣性力	2303	
	$W_{k2}'$	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	5546	
	$D$	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	
	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	1781	
	$b_w$	mm	戸当りの幅	25	
集水桙 （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 5-10(4) 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	1.60
	$K_v$	—	鉛直方向の設計用地震力	1.01
	$W_{g1}$	N	扉体自重（スキンプレート、吊り金具（扉体）、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	640
	$W_{kv1}$	N	扉体自重の鉛直設計用地震力による地震時慣性力	404
	$W_{k1}$	N	扉体自重の同時加振による地震時慣性力	757
	$W_{k1}'$	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	1028
	$W_{kh2}$	N	戸当り自重の水平設計用地震力による地震時慣性力	1232
	$W_{kv2}$	N	戸当り自重の鉛直設計用地震力による地震時慣性力	778
	$W_{k2}'$	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	1978
	$D$	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	640
	$b_w$	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 5-10(5) 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	1.25
	$K_v$	—	鉛直方向の設計用地震力	1.01
	$W_{g1}$	N	扉体自重（スキンプレート，吊り金具（扉体），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	2250
	$W_{kv1}$	N	扉体自重の鉛直設計用地震力による地震時慣性力	1818
	$W_{k1}$	N	扉体自重の同時加振による地震時慣性力	2893
	$W_{k1}'$	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	4261
	$W_{kh2}$	N	戸当り自重の水平設計用地震力による地震時慣性力	3375
	$W_{kv2}$	N	戸当り自重の鉛直設計用地震力による地震時慣性力	2727
	$W_{k2}'$	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	6391
	$D$	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	2250
	$b_w$	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 5-10(6) 応力評価に用いる計算条件（屋外排水路逆止弁⑨ 1/2）

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	1.70
	$K_v$	—	鉛直方向の設計用地震力	1.01
	$W_{g1}$	N	扉体自重（スキンプレート、主桁、補助縦桁、吊り金具（扉体、固定部）、吊りピン4本、吊り手）	18000
	$W_{kh1}$	N	扉体自重の水平設計用地震力による地震時慣性力	30600
	$W_{kv1}$	N	扉体自重の鉛直設計用地震力による地震時慣性力	18180
	$W_{k1}$	N	扉体自重の同時加振による地震時慣性力	35593
	$W_{k1}'$	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	47358
	$W_{kh2}$	N	戸当り自重の水平設計用地震力による地震時慣性力	4250
	$W_{kv2}$	N	戸当り自重の鉛直設計用地震力による地震時慣性力	2530
	$W_{k2}'$	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	6585
	$p$	N/mm <sup>2</sup>	慣性力による作用荷重	0.0063
	$a_1$	mm	ピン穴中心間の距離	135
	$a_2$	mm	固定部吊り金具のピン穴中心から戸当りまでの距離	130
	$a_3$	mm	吊りピンの支点間距離	87
スキンプレート	$k$	—	$b/a$ による形状係数	45
	$a$	mm	スキンプレートの区画の短辺	375
	$b$	mm	スキンプレートの区画の長辺	550
	$t_s$	mm	スキンプレートの板厚	12
	$\epsilon$	mm	余裕厚	0
	$\alpha$	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	3.477
	$L$	mm	主桁の支点間隔	2250
	$B$	mm	扉体の受圧幅	2200
	$Z_g$	mm <sup>3</sup>	主桁の断面係数	688100
	$A_g$	mm <sup>2</sup>	主桁のウェブ断面積	3216
補助縦桁	$L_i$	mm	主桁間隔	550
	$b_i$	mm	補助縦桁間隔	375
	$Z_{ix}$	mm <sup>3</sup>	補助縦桁の断面係数（引張）	161976
	$Z_{iy}$	mm <sup>3</sup>	補助縦桁の断面係数（圧縮）	204734
	$A_i$	mm <sup>2</sup>	補助縦桁のウェブ断面積	2619
吊り金具	$Z_{Ax}$	mm <sup>3</sup>	断面係数（断面A水平方向）	416643
	$A_A$	mm <sup>2</sup>	断面Aの断面積	12000
	$Z_{Ay}$	mm <sup>3</sup>	断面係数（断面A鉛直方向）	480000
	$A_B$	mm <sup>2</sup>	断面Bの断面積	600



表 5-10(6) 応力評価に用いる計算条件（屋外排水路逆止弁⑨ 2/2）

対象部位	記号	単位	定義	数値
吊り手	$Z_c$	$\text{mm}^3$	断面係数（断面C）	41400
	$A_c$	$\text{mm}^2$	断面Cの断面積	4140
	$A_D$	$\text{mm}^2$	断面Dの断面積	2040
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
集水桝 （戸当り 部コンク リート）	$b_k$	$\text{mm}$	底面フランジ幅	60
	$L_{\theta 1}$	$\text{mm}$	コンクリート面より底面フランジ端面までの深さ	133
	$L_{\theta 2}$	$\text{mm}$	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

表 5-10(7) 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	3.70
	$K_v$	—	鉛直方向の設計用地震力	0.66
	$W_{g1}$	N	扉体自重（スキンプレート，吊り金具（扉体），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	6660
	$W_{kv1}$	N	扉体自重の鉛直設計用地震力による地震時慣性力	1188
	$W_{k1}$	N	扉体自重の同時加振による地震時慣性力	6765
	$W_{k1}'$	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	7300
	$W_{kh2}$	N	戸当り自重の水平設計用地震力による地震時慣性力	9990
	$W_{kv2}$	N	戸当り自重の鉛直設計用地震力による地震時慣性力	1782
	$W_{k2}'$	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	10949
	$D$	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	0.012
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	6660
	$b_w$	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 5-10(8) 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	$K_h$	—	水平方向の設計用地震力	1.86
	$K_v$	—	鉛直方向の設計用地震力	0.66
	$W_{g1}$	N	扉体自重 (スキンプレート, 主桁, 補助縦桁, 吊り金具 (扉体, 固定部), 吊りピン 4 本, 吊り手)	12000
	$W_{kh1}$	N	扉体自重の水平設計用地震力による地震時慣性力	22320
	$W_{kv1}$	N	扉体自重の鉛直設計用地震力による地震時慣性力	7920
	$W_{k1}$	N	扉体自重の同時加振による地震時慣性力	23700
	$W_{k1}'$	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	29916
	$W_{kh2}$	N	戸当り自重の水平設計用地震力による地震時慣性力	3720
	$W_{kv2}$	N	戸当り自重の鉛直設計用地震力による地震時慣性力	1320
	$W_{k2}'$	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	4986
	$p$	$N/mm^2$	慣性力による作用荷重	0.0077
	$a_1$	mm	ピン穴中心間の距離	135
	$a_2$	mm	固定部吊り金具のピン穴中心から戸当りまでの距離	130
	$a_3$	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
	$t_s$	mm	スキンプレートの板厚	12
	$\epsilon$	mm	余裕厚	0
	$\alpha$	$N/mm^2$	応力の補正係数	0.8
主桁	$W$	$N/mm$	主桁の分担荷重	4.441
	$L$	mm	主桁の支点間隔	1750
	$B$	mm	扉体の受圧幅	1700
	$Z_g$	$mm^3$	主桁の断面係数	433900
	$A_g$	$mm^2$	主桁のウェブ断面積	2616
補助縦桁	$L_i$	mm	主桁間隔	600
	$b_i$	mm	補助縦桁間隔	350
	$Z_{ix}$	$mm^3$	補助縦桁の断面係数 (引張)	114964
	$Z_{iy}$	$mm^3$	補助縦桁の断面係数 (圧縮)	151107
	$A_i$	$mm^2$	補助縦桁のウェブ断面積	2169
吊り金具	$Z_{Ax}$	$mm^3$	断面係数 (断面 A 水平方向)	361020
	$A_A$	$mm^2$	断面 A の断面積	12000
	$Z_{Ay}$	$mm^3$	断面係数 (断面 A 鉛直方向)	480000
	$A_B$	$mm^2$	断面 B の断面積	600

表 5-10(8) 応力評価に用いる計算条件（屋外排水路逆止弁⑬ 2/2）

対象部位	記号	単位	定義	数値
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
集水桝 （戸当り 部コンク リート）	$b_k$	mm	底面フランジ幅	60
	$L_{\phi 1}$	mm	コンクリート面より底面フランジ端面までの深さ	133
	$L_{\phi 2}$	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

## 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① 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> )	1.4	135.0	0.02
主桁	曲げ応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	2.1	135.0	0.02
	せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	0.8	75.0	0.02
	合成応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	2.5	148.5	0.02
補助縦桁	曲げ応力度（引張） (N/mm <sup>2</sup> )	0.3	135.0	0.01
	曲げ応力度（圧縮） (N/mm <sup>2</sup> )	0.2	117.5	0.01
	せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	0.1	75.0	0.01
	合成応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	0.4	148.5	0.01
吊り金具 （扉体，固定部）	曲げ応力度（水平方向） 〈A断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	6.4	135.0	0.05
	せん断応力度（水平方向） 〈A断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	0.8	75.0	0.02
	合成応力度（水平方向） 〈A断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	6.5	148.5	0.05
	曲げ応力度（鉛直方向） 〈A断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	7.3	135.0	0.06
	せん断応力度（鉛直方向） 〈A断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	2.3	75.0	0.04
	合成応力度（鉛直方向） 〈A断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	8.3	148.5	0.06
	せん断応力度（鉛直方向） 〈B断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	24.7	75.0	0.33
吊り手	曲げ応力度（水平方向） 〈C断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	32.6	135.0	0.25
	引張応力度（鉛直方向） 〈C断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	6.5	135.0	0.05
	合成応力度（鉛直方向） 〈C断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	39.1	135.0	0.29
	せん断応力度 〈D断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	14.5	75.0	0.20

表 6-1(1) 耐震評価結果 (屋外排水路逆止弁① 2/2)

評価部位	評価応力	応力度 (a)	許容限界 (b)	照査値 (a/b)
吊りピン	曲げ応力度 (E 断面) (N/mm <sup>2</sup> )	52.6	135.0	0.39
	せん断応力度 (F 断面) (N/mm <sup>2</sup> )	7.6	75.0	0.11
集水柵 (戸当り部コン クリート)	支圧応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	0.1	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 (M24)	引抜き力 (N/本)	8200	59000	0.14
	せん断力 (N/本)	8200	27100	0.31

表 6-1(2) 耐震評価結果（屋外排水路逆止弁②, ③, ④, ⑤, ⑥ 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> )	1.5	135.0	0.02
主桁	曲げ応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	2.4	135.0	0.02
	せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	0.9	75.0	0.02
	合成応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	2.9	148.5	0.02
補助縦桁	曲げ応力度 (引張) (N/mm <sup>2</sup> )	0.6	135.0	0.01
	曲げ応力度 (圧縮) (N/mm <sup>2</sup> )	0.4	116.1	0.01
	せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	0.2	75.0	0.01
	合成応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	0.7	148.5	0.01
吊り金具 (扉体, 固定部)	曲げ応力度 (水平方向) 〈A 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	5.0	135.0	0.04
	せん断応力度 (水平方向) 〈A 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	0.6	75.0	0.01
	合成応力度 (水平方向) 〈A 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	5.1	148.5	0.04
	曲げ応力度 (鉛直方向) 〈A 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	4.9	135.0	0.04
	せん断応力度 (鉛直方向) 〈A 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	1.5	75.0	0.02
	合成応力度 (鉛直方向) 〈A 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	5.5	148.5	0.04
	せん断応力度 (鉛直方向) 〈B 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	16.5	75.0	0.22
吊り手	曲げ応力度 (水平方向) 〈C 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	31.8	135.0	0.24
	引張応力度 (鉛直方向) 〈C 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	5.2	135.0	0.04
	合成応力度 (鉛直方向) 〈C 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	37.0	135.0	0.28
	せん断応力度 〈D 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	11.7	75.0	0.16



表 6-1(2) 耐震評価結果 (屋外排水路逆止弁②, ③, ④, ⑤, ⑥ 2/2)

評価部位	評価応力	応力度 (a)	許容限界 (b)	照査値 (a/b)
吊りピン	曲げ応力度 (E 断面) (N/mm <sup>2</sup> )	31.1	135.0	0.24
	せん断応力度 (F 断面) (N/mm <sup>2</sup> )	5.1	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> )	0.1	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 (M24)	引抜き力 (N/本)	5600	59000	0.10
	せん断力 (N/本)	5600	27100	0.21

表 6-1(3) 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> )	1.4	135.0	0.02
吊り金具 (扉体, 固定部)	曲げ応力度 (水平方向) 〈A 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	1.3	135.0	0.01
	せん断応力度 (水平方向) 〈A 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	0.1	75.0	0.01
	合成応力度 (水平方向) 〈A 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	1.3	148.5	0.01
	曲げ応力度 (鉛直方向) 〈A 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	1.0	135.0	0.01
	せん断応力度 (鉛直方向) 〈A 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	0.2	75.0	0.01
	合成応力度 (鉛直方向) 〈A 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	1.1	148.5	0.01
	せん断応力度 (鉛直方向) 〈B 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	1.0	75.0	0.02
吊り手	曲げ応力度 (水平方向) 〈C 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	6.8	135.0	0.06
	引張応力度 (鉛直方向) 〈C 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	0.5	135.0	0.01
	合成応力度 (鉛直方向) 〈C 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	7.3	135.0	0.06
	せん断応力度 〈D 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	1.3	75.0	0.02
吊りピン	曲げ応力度 〈E 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	2.4	135.0	0.02
	せん断応力度 〈F 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	0.4	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)	2177	24800	0.09
	せん断力 (N/本)	2177	18180	0.15

表 6-1(4) 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> )	1.0	135.0	0.01
吊り金具 (扉体, 固定部)	曲げ応力度 (水平方向) 〈A断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	2.0	135.0	0.02
	せん断応力度 (水平方向) 〈A断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	0.2	75.0	0.01
	合成応力度 (水平方向) 〈A断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	2.0	148.5	0.02
	曲げ応力度 (鉛直方向) 〈A断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	1.2	135.0	0.01
	せん断応力度 (鉛直方向) 〈A断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	0.3	75.0	0.01
	合成応力度 〈A断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	1.3	148.5	0.01
	せん断応力度 (鉛直方向) 〈B断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	1.5	75.0	0.02
	吊り手	曲げ応力度 (水平方向) 〈C断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	10.9	135.0
せん断応力度 (鉛直方向) 〈C断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )		0.6	135.0	0.01
合成応力度 (鉛直方向) 〈C断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )		11.5	135.0	0.09
せん断応力度 〈D断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )		1.8	75.0	0.03
吊りピン	曲げ応力度 〈E断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	2.8	135.0	0.03
	せん断応力度 〈F断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	0.5	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)	752	14000	0.06
	せん断力 (N)	752	9700	0.08

表 6-1(5) 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> )	1.4	135.0	0.02
吊り金具 (扉体, 固定部)	曲げ応力度 (水平方向) 〈A 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	1.7	135.0	0.02
	せん断応力度 (水平方向) 〈A 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	0.2	75.0	0.01
	合成応力度 (水平方向) 〈A 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	1.7	148.5	0.02
	曲げ応力度 (鉛直方向) 〈A 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	1.4	135.0	0.02
	せん断応力度 (鉛直方向) 〈A 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	0.3	75.0	0.01
	合成応力度 (鉛直方向) 〈A 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	1.5	148.5	0.02
	せん断応力度 (鉛直方向) 〈B 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	1.4	75.0	0.02
吊り手	曲げ応力度 (水平方向) 〈C 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	8.6	135.0	0.07
	引張応力度 (鉛直方向) 〈C 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	0.7	135.0	0.01
	合成応力度 (鉛直方向) 〈C 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	9.3	135.0	0.07
	せん断応力度 〈D 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	1.7	75.0	0.03
吊りピン	曲げ応力度 〈E 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	3.2	135.0	0.03
	せん断応力度 〈F 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	0.6	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> )	0.02	8.8	0.01
	せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	0.004	0.6	0.01
アンカーボルト 〈M16〉	引抜き力 (N/本)	2663	26300	0.11
	せん断力 (N/本)	2663	18300	0.15

表 6-1(6) 耐震評価結果 (屋外排水路逆止弁⑨ 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> )	2.2	135.0	0.02
主桁	曲げ応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	3.2	135.0	0.03
	せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	1.2	75.0	0.02
	合成応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	3.8	148.5	0.03
補助縦桁	曲げ応力度 (引張) (N/mm <sup>2</sup> )	0.5	135.0	0.01
	曲げ応力度 (圧縮) (N/mm <sup>2</sup> )	0.4	117.5	0.01
	せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	0.2	75.0	0.01
	合成応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	0.61	148.5	0.01
吊り金具 (扉体, 固定部)	曲げ応力度 (水平方向) 〈A 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	9.7	135.0	0.08
	せん断応力度 (水平方向) 〈A 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	1.3	75.0	0.02
	合成応力度 (水平方向) 〈A 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	10.0	148.5	0.07
	曲げ応力度 (鉛直方向) 〈A 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	4.9	135.0	0.04
	せん断応力度 (鉛直方向) 〈A 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	1.5	75.0	0.02
	合成応力度 (鉛直方向) 〈A 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	5.5	148.5	0.04
	せん断応力度 (鉛直方向) 〈B 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	22.3	75.0	0.30
吊り手	曲げ応力度 (水平方向) 〈C 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	49.9	135.0	0.37
	引張応力度 (鉛直方向) 〈C 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	4.4	135.0	0.04
	合成応力度 (鉛直方向) 〈C 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	54.3	135.0	0.41
	せん断応力度 〈D 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	13.1	75.0	0.18

表 6-1(6) 耐震評価結果 (屋外排水路逆止弁⑨ 2/2)

評価部位	評価応力	応力度 (a)	許容限界 (b)	照査値 (a/b)
吊りピン	曲げ応力度 (E 断面) (N/mm <sup>2</sup> )	47.5	135.0	0.36
	せん断応力度 (F 断面) (N/mm <sup>2</sup> )	6.8	75.0	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> )	0.11	8.8	0.02
	せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	0.01	0.6	0.02
アンカーボルト (M24)	引抜き力 (N/本)	6.75	63.43	0.11
	せん断力 (N/本)	6.75	35.34	0.20

表 6-1(7) 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> )	4.2	135.0	0.04
吊り金具 (扉体, 固定部)	曲げ応力度 (水平方向) 〈A 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	5.0	135.0	0.04
	せん断応力度 (水平方向) 〈A 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	0.6	75.0	0.01
	合成応力度 (水平方向) 〈A 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	5.1	148.5	0.04
	曲げ応力度 (鉛直方向) 〈A 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	1.1	135.0	0.01
	せん断応力度 (鉛直方向) 〈A 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	0.2	75.0	0.01
	合成応力度 (鉛直方向) 〈A 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	1.2	148.5	0.01
	せん断応力度 (鉛直方向) 〈B 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	2.5	75.0	0.04
吊り手	曲げ応力度 (水平方向) 〈C 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	25.3	135.0	0.19
	引張応力度 (鉛直方向) 〈C 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	0.5	135.0	0.01
	合成応力度 (鉛直方向) 〈C 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	25.8	135.0	0.20
	せん断応力度 〈D 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	3.1	75.0	0.05
吊りピン	曲げ応力度 〈E 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	5.8	135.0	0.05
	せん断応力度 〈F 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	1.1	75.0	0.02
戸当り	支圧応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	0.1	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)	4562	26300	0.18
	せん断力 (N/本)	4562	18300	0.25

表 6-1(8) 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> )	2.5	135.0	0.02
主桁	曲げ応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	3.9	135.0	0.03
	せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	1.4	135.0	0.01
	合成応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	4.6	148.5	0.03
補助縦桁	曲げ応力度 (引張) (N/mm <sup>2</sup> )	0.9	135.0	0.01
	曲げ応力度 (圧縮) (N/mm <sup>2</sup> )	0.7	116.1	0.01
	せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	0.3	75.0	0.01
	合成応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	1.0	148.5	0.01
吊り金具 (扉体, 固定部)	曲げ応力度 (水平方向) 〈A 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	8.2	135.0	0.07
	せん断応力度 (水平方向) 〈A 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	0.9	75.0	0.02
	合成応力度 (水平方向) 〈A 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	8.3	148.5	0.06
	曲げ応力度 (鉛直方向) 〈A 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	2.7	135.0	0.02
	せん断応力度 (鉛直方向) 〈A 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	0.8	75.0	0.02
	合成応力度 (鉛直方向) 〈A 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	3.0	148.5	0.03
	せん断応力度 (鉛直方向) 〈B 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	14.9	75.0	0.20
吊り手	曲げ応力度 (水平方向) 〈C 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	52.4	135.0	0.39
	引張応力度 (鉛直方向) 〈C 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	2.9	135.0	0.03
	合成応力度 (鉛直方向) 〈C 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	55.3	135.0	0.41
	せん断応力度 〈D 断面〉 (N/mm <sup>2</sup> )	10.5	75.0	0.14



表 6-1(8) 耐震評価結果 (屋外排水路逆止弁⑬ 2/2)

評価部位	評価応力	応力度 (a)	許容限界 (b)	照査値 (a/b)
吊りピン	曲げ応力度 (E 断面) (N/mm <sup>2</sup> )	28.0	135.0	0.21
	せん断応力度 (F 断面) (N/mm <sup>2</sup> )	4.5	75.0	0.06
集水柵 (戸当り部コン クリート)	支圧応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	0.1	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)	4363	63400	0.07
	せん断力 (N/本)	4363	35300	0.13

## 7. 集水樹の耐震評価

### 7.1 集水樹の構造概要

集水樹は、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、支持形式の違いにより、防波壁（波返重力擁壁）、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もの（以下「集水樹（防波壁部）」という。）と十分な支持性能を有する改良地盤に設置するもの（以下「集水樹（改良地盤部）」という。）に区分される。

集水樹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、構造部材の支持性能評価（集水樹（防波壁部）が対象）及び基礎地盤の支持性能評価（集水樹（改良地盤部）が対象）を行う。

集水樹の位置図を図7-1に、構造図を図7-2に、蓋の材料一覧を表7-1に示す。

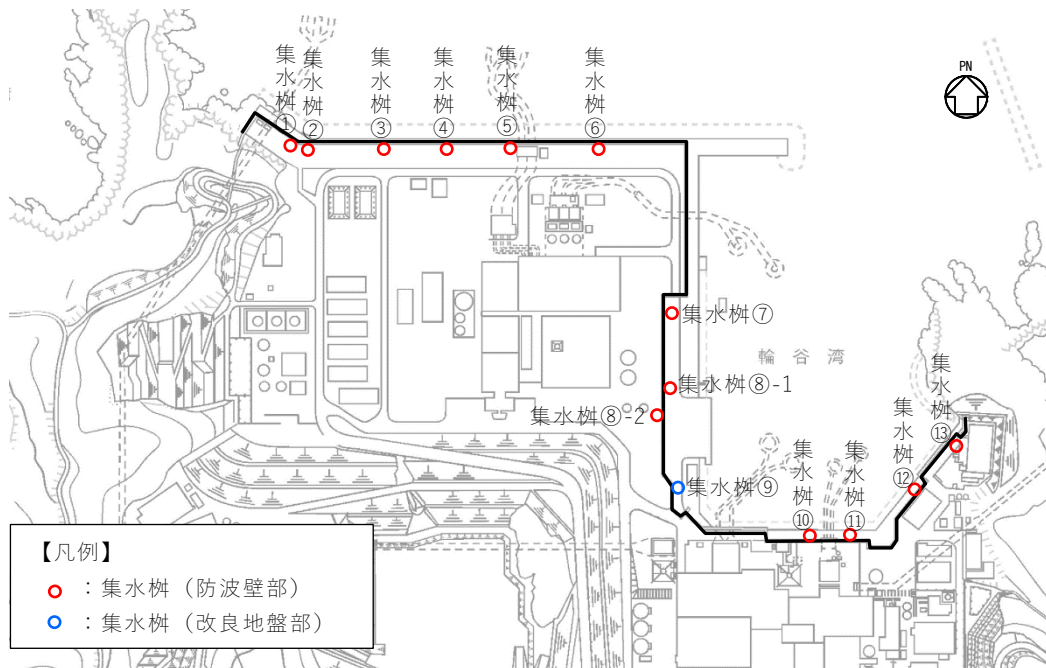


図7-1 集水樹位置図

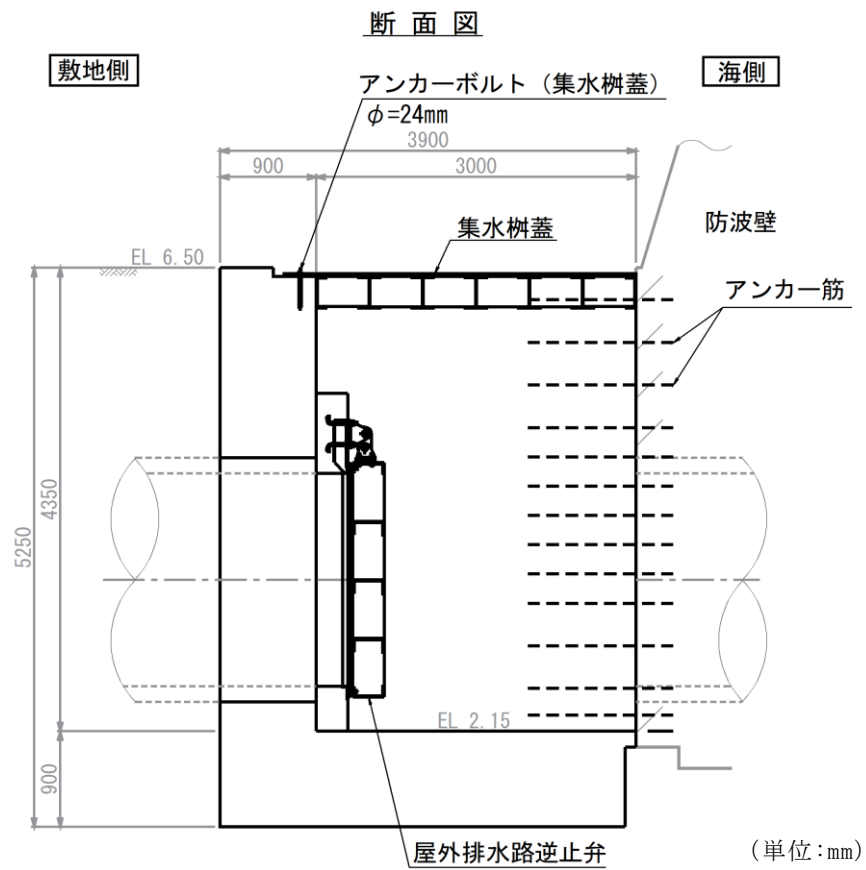
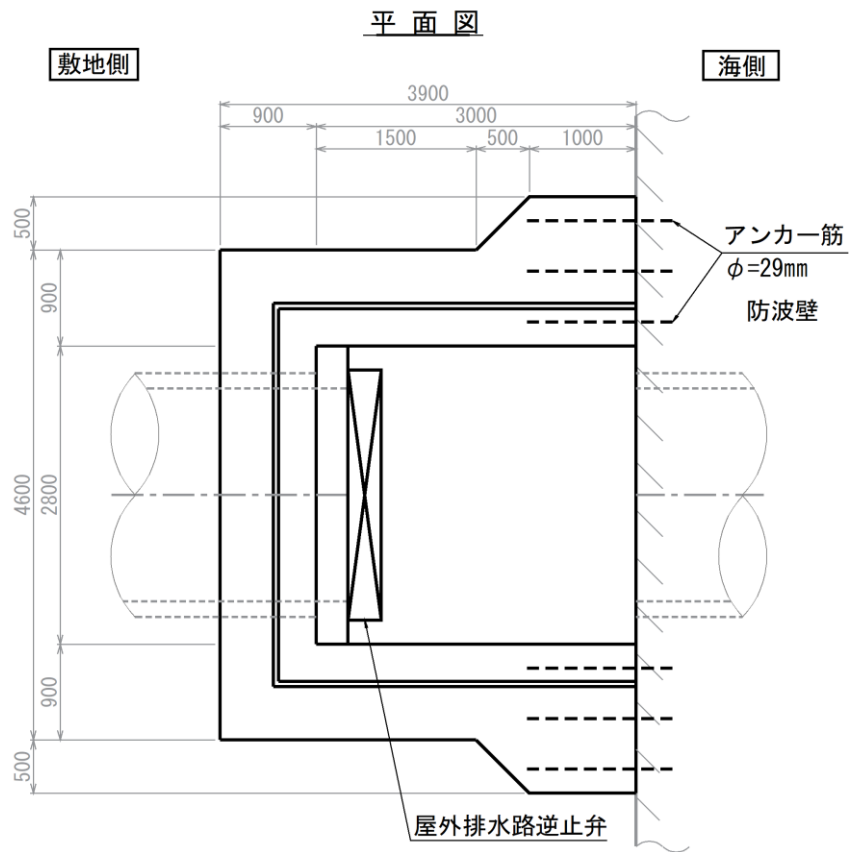


図 7-2(1) 集水樹 (防波壁部, 屋外排水路逆止弁①) 構造図

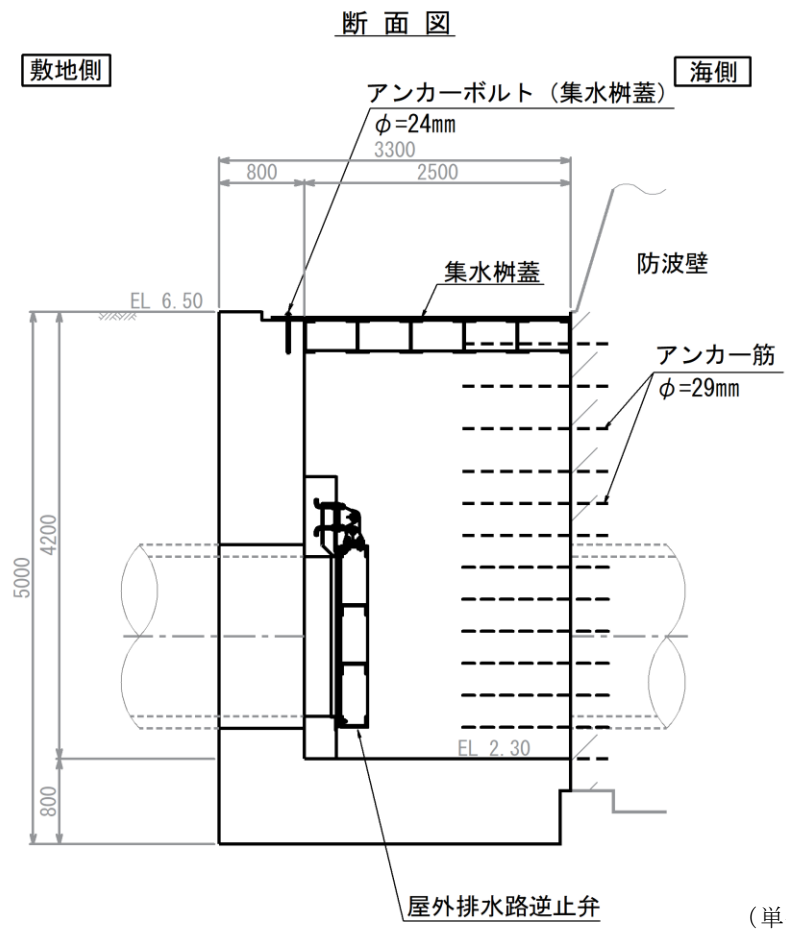
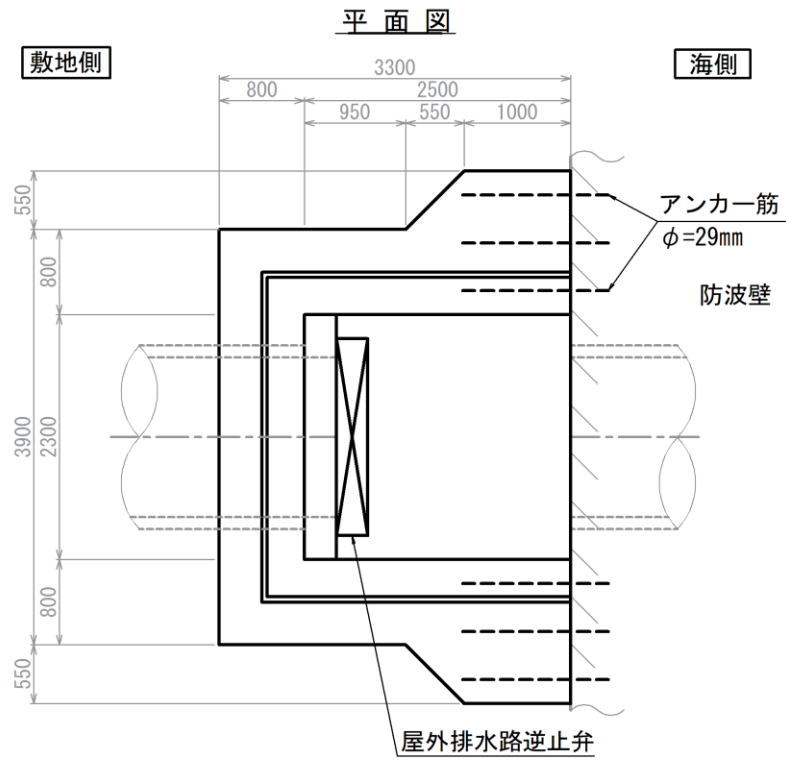
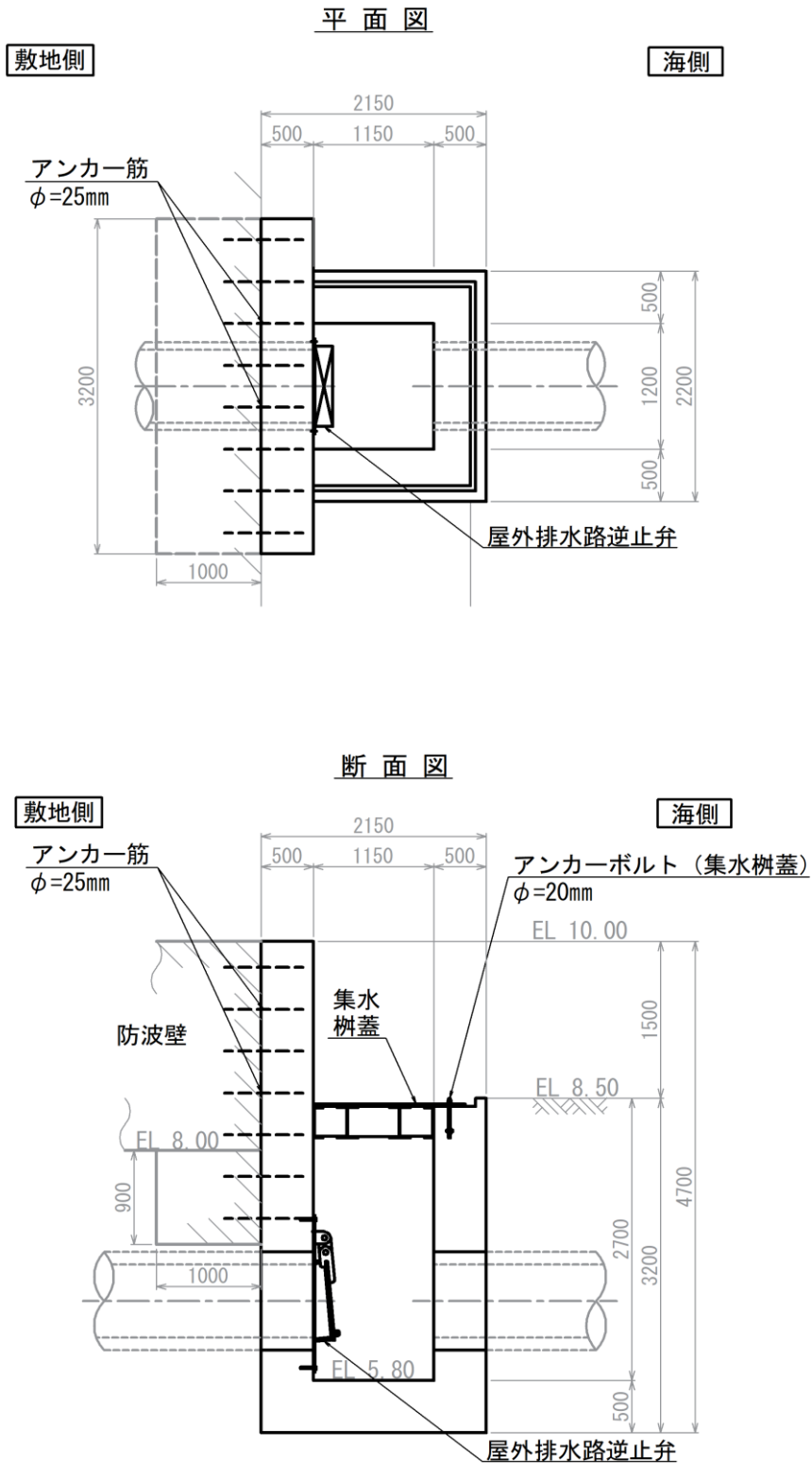
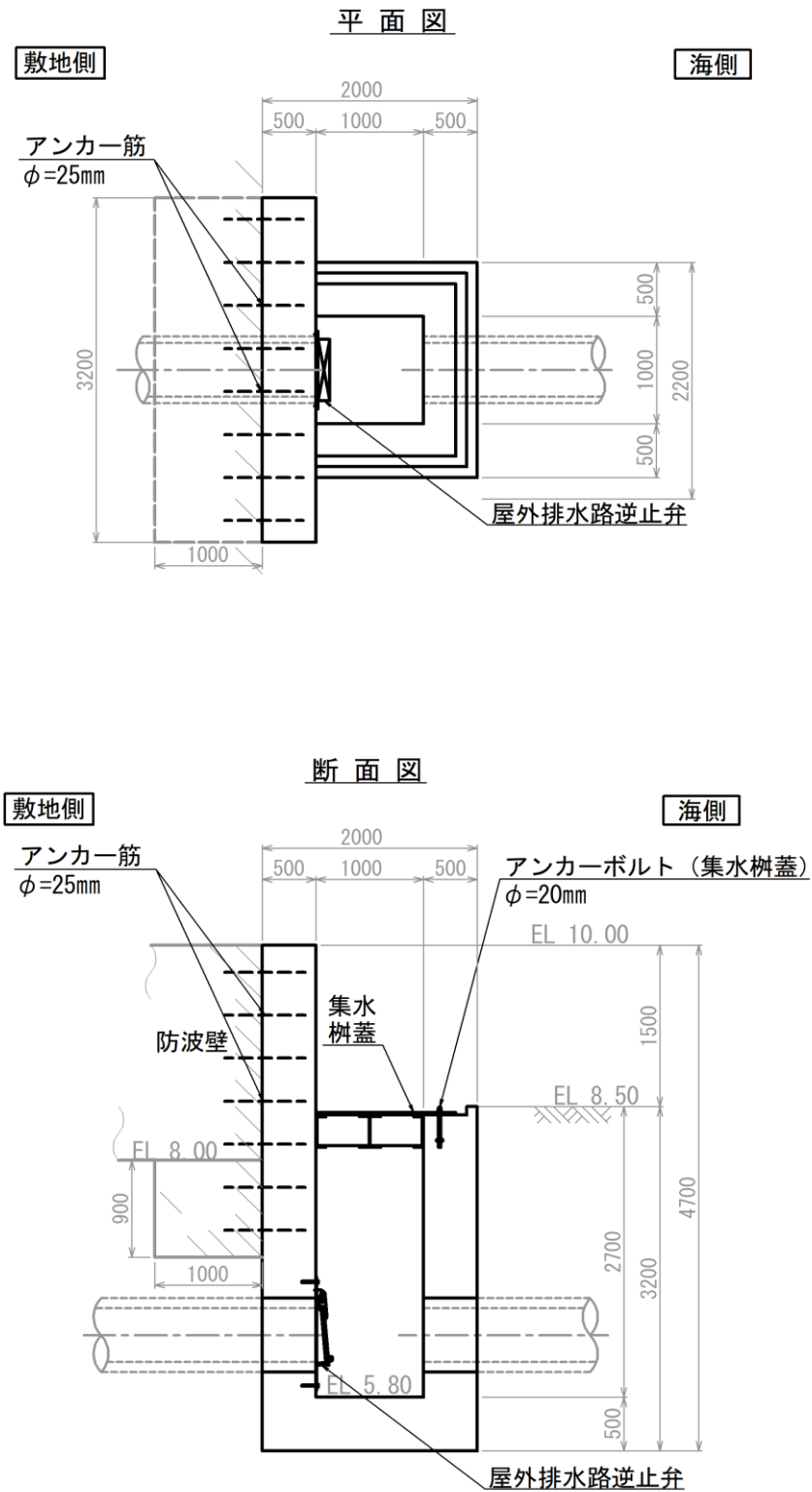


図 7-2(2) 集水柵 (防波壁部, 屋外排水路逆止弁②, ③, ④, ⑤, ⑥)構造図



注：集水桝のアンカー筋固定のため EL 8.00 より下方に防波壁の躯体コンクリートを打ち増し

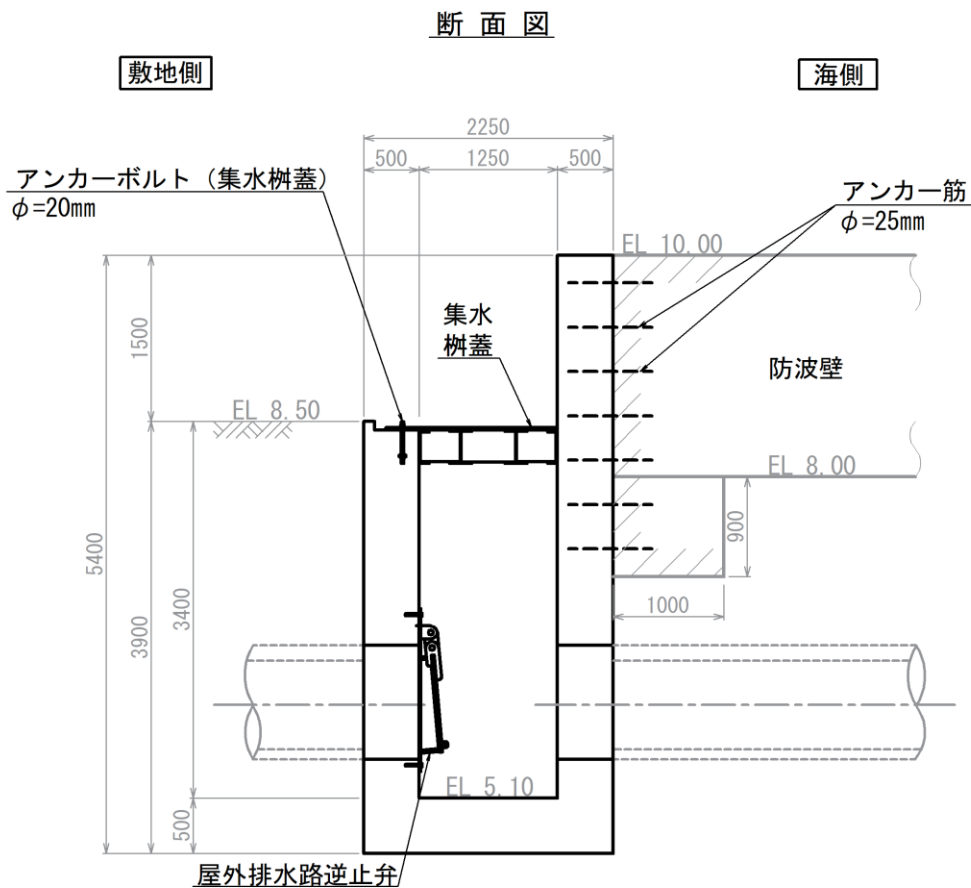
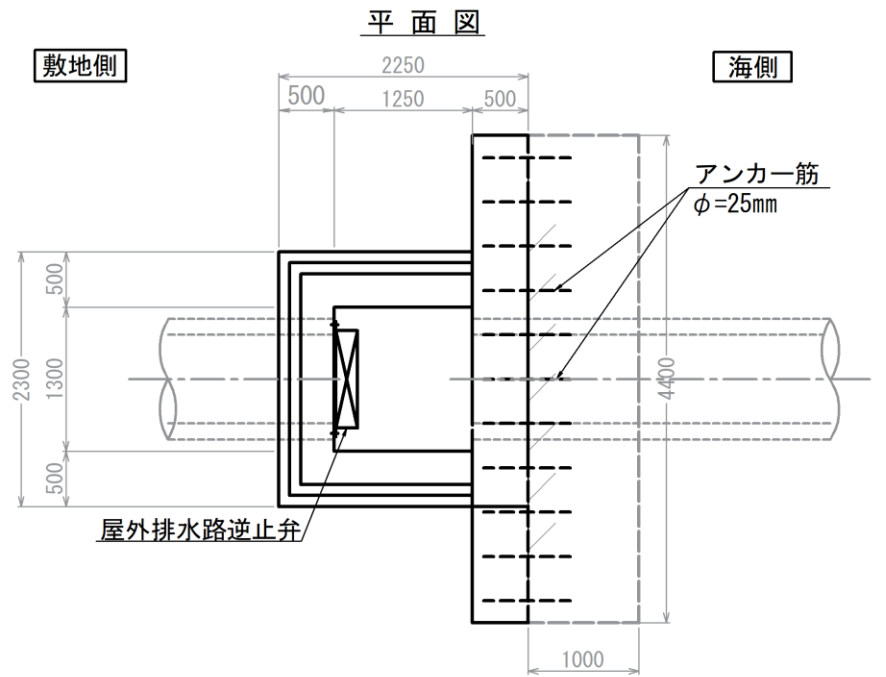
図 7-2(3) 集水桝（防波壁部，屋外排水路逆止弁⑦）構造図



(単位:mm)

注：集水柵のアンカー筋固定のため EL 8.00 より下方に防波壁の躯体コンクリートを打ち増し

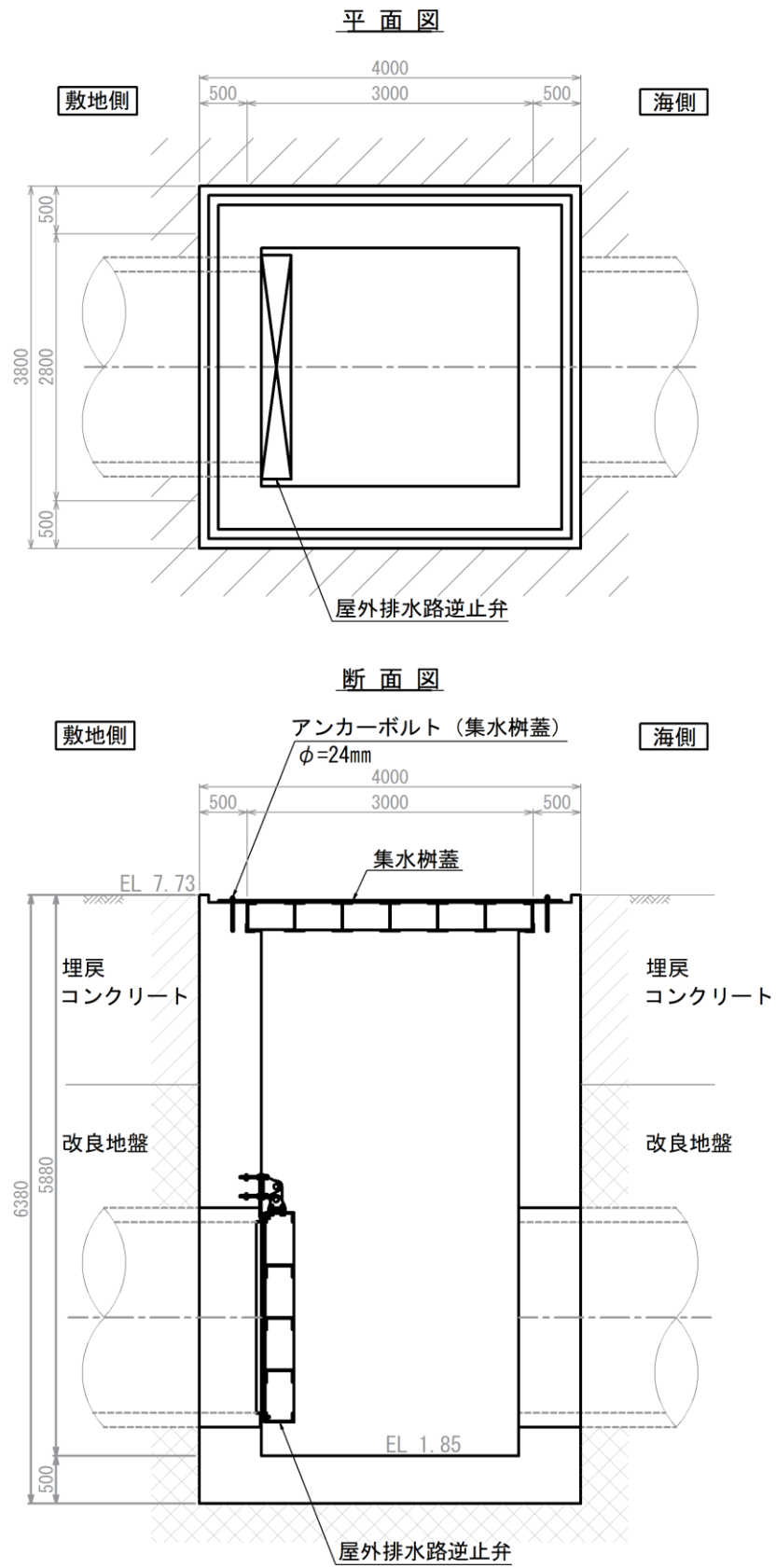
図 7-2(4) 集水柵(防波壁部, 屋外排水路逆止弁⑧-1)構造図



(単位:mm)

注：集水柵のアンカー筋固定のため EL 8.00m より下方に防波壁の躯体コンクリートを打ち増し

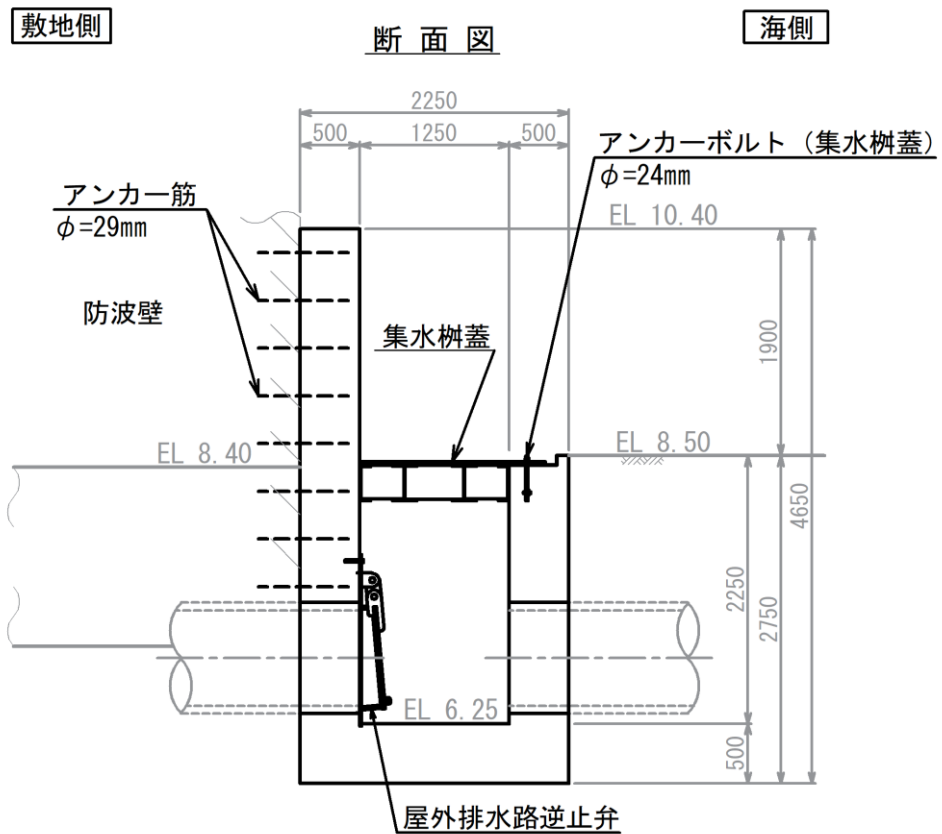
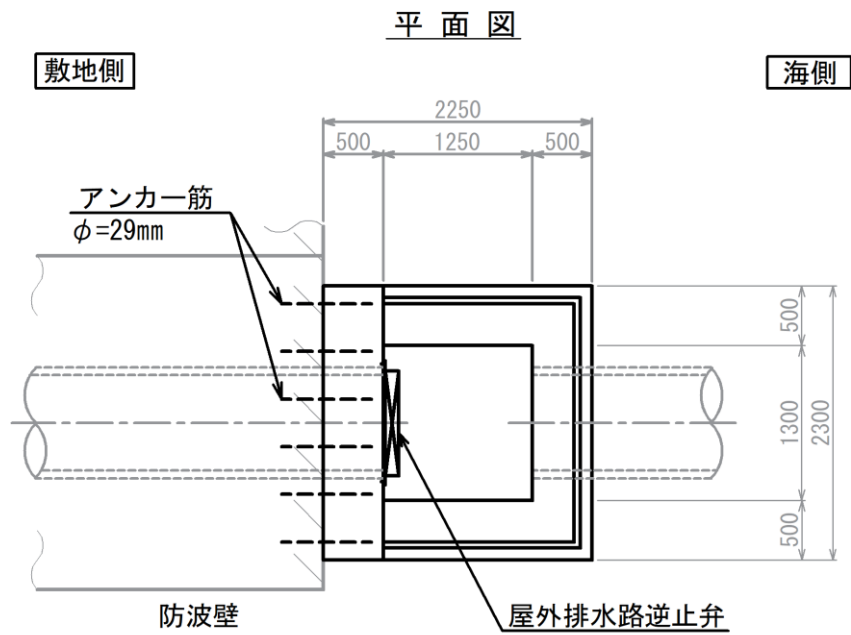
図 7-2(5) 集水柵(防波壁部, 屋外排水路逆止弁⑧-2)構造図



(単位:mm)

図 7-2 (6) 集水桝(改良地盤部, 屋外排水路逆止弁⑨)構造図

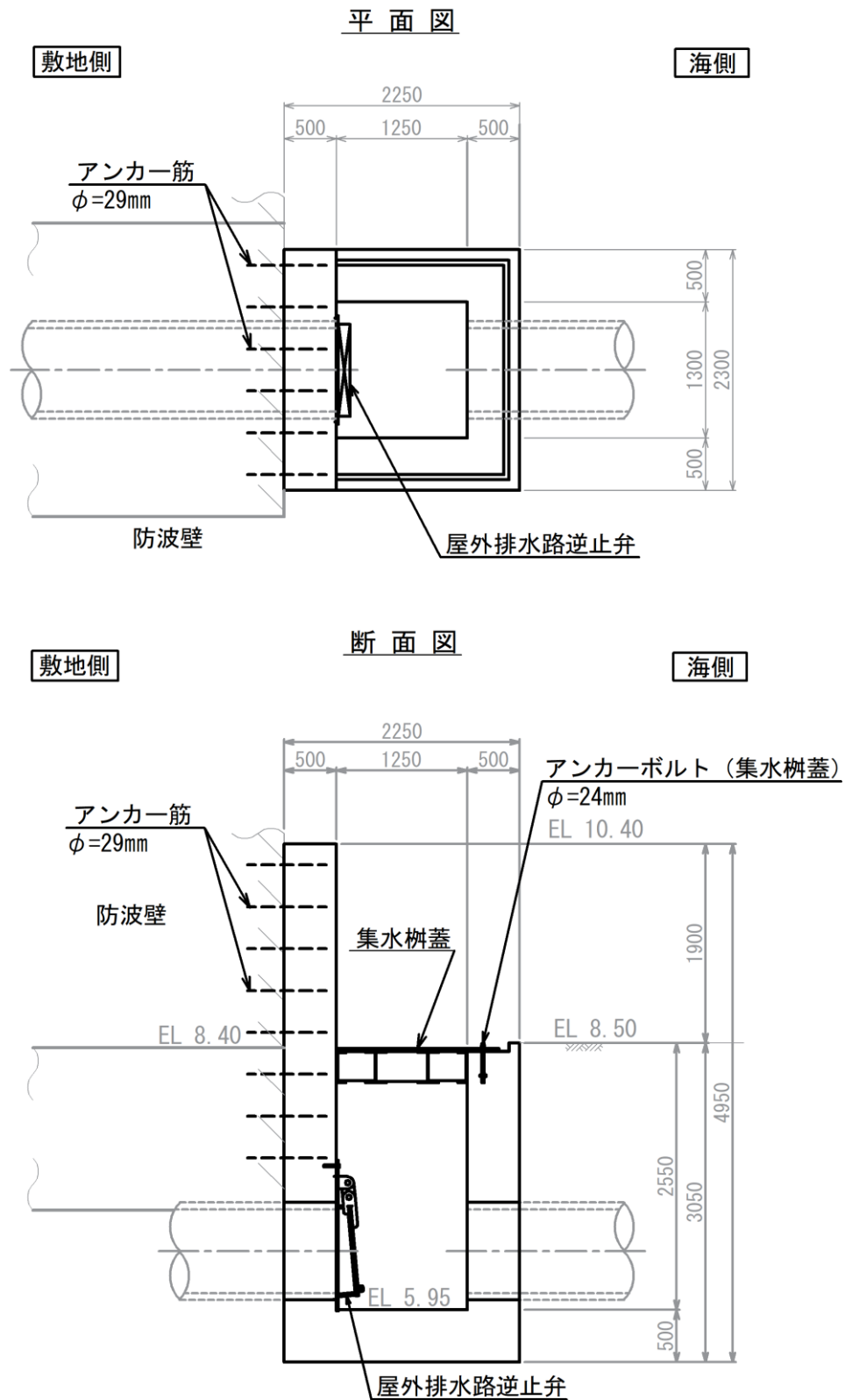




(単位:mm)

注：集水樹のアンカー筋固定のため EL 8.40m より下方に防波壁の躯体コンクリートを打ち増し

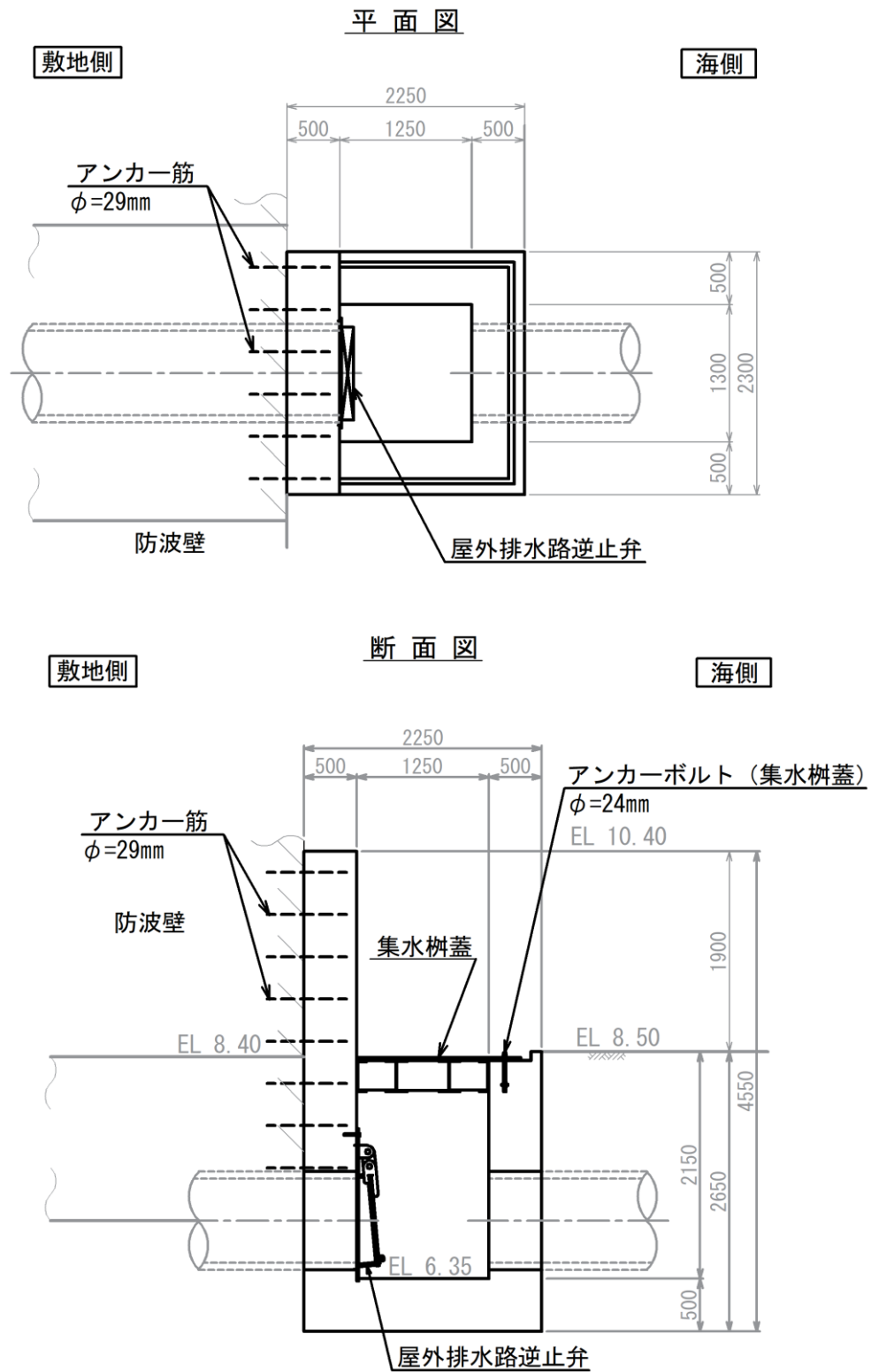
図 7-2(7) 集水樹(防波壁部, 屋外排水路逆止弁⑩)構造図



(単位:mm)

注：集水樹のアンカー筋固定のため EL 8.40m より下方に防波壁の躯体コンクリートを打ち増し

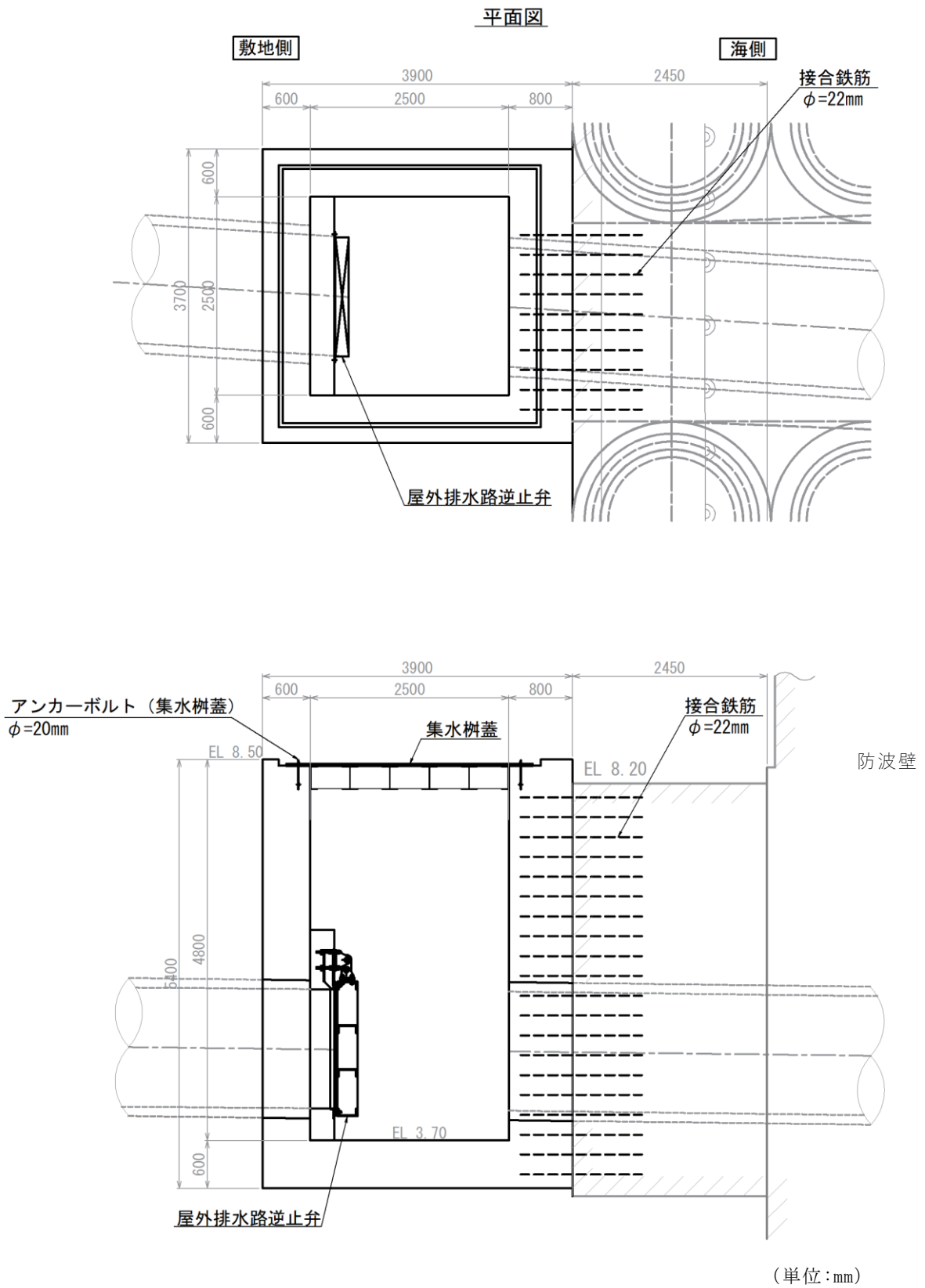
図 7-2 (8) 集水樹(防波壁部, 屋外排水路逆止弁①)構造図



(単位:mm)

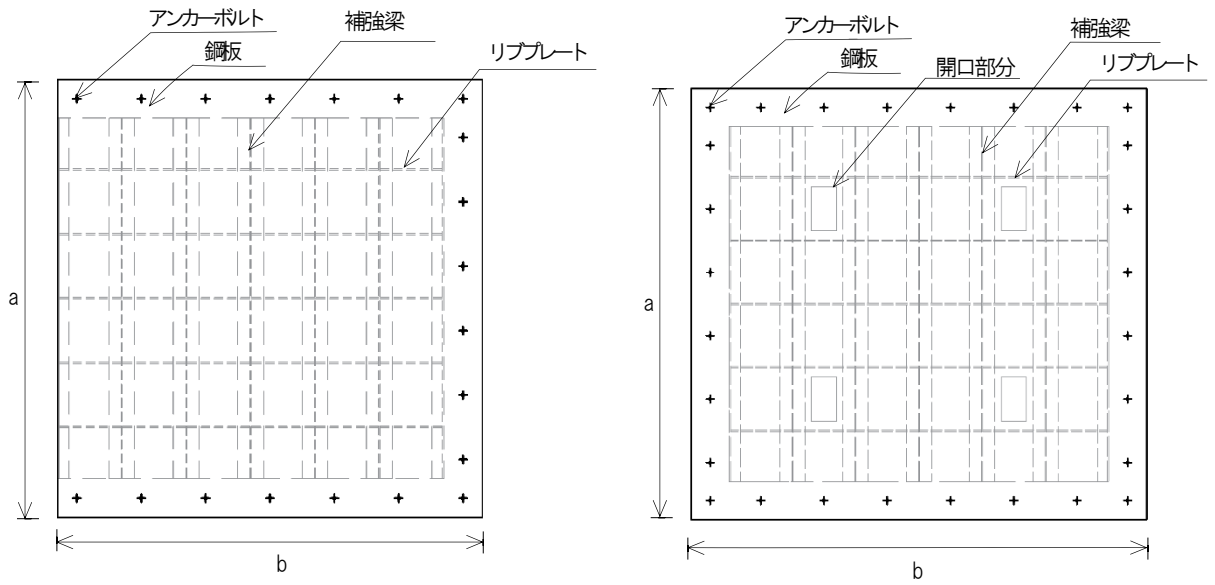
注：集水桝のアンカー筋固定のため EL 8.40m より下方に防波壁の躯体コンクリートを打ち増し

図 7-2 (9) 集水桝(防波壁部, 屋外排水路逆止弁②)構造図

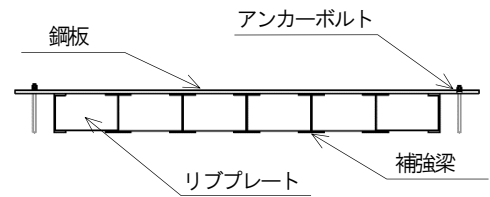
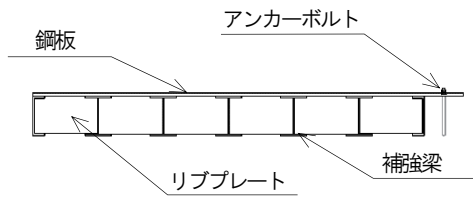


注：集水柵のアンカー筋固定のため側方に防波壁の躯体コンクリートを打ち増し

図 7-2(10) 集水柵(防波壁部, 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 × 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

【a (mm) × b (mm) , 補強梁本数】

- 3400 × 3600, 7 本 : ⑨

図 7-2(11) 集水桝蓋 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①）	SS400	3400	3300	7	5
集水桝（屋外排水路 逆止弁②，③，④， ⑤，⑥）	SS400	2900	2800	6	4
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⑨）	SS400	3400	3600	7	5
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」から、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（防波壁部）

集水桝の耐震評価は、屋外排水路逆止弁と同様に、集水桝①，②，③，④，⑤，⑥の耐震評価については、VI-2-10-2-2-1「防波壁（波返重力擁壁）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⑦，⑧-1，⑧-2の耐震評価については、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の耐震評価については、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7-2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（防波壁部）の耐震評価フローを図7-3に示す。

表 7-2(1) 集水桝（防波壁部）の評価項目  
 (集水桝①, ②, ③, ④, ⑤, ⑥, ⑦, ⑧-1, ⑧-2, ⑩, ⑪, ⑫)

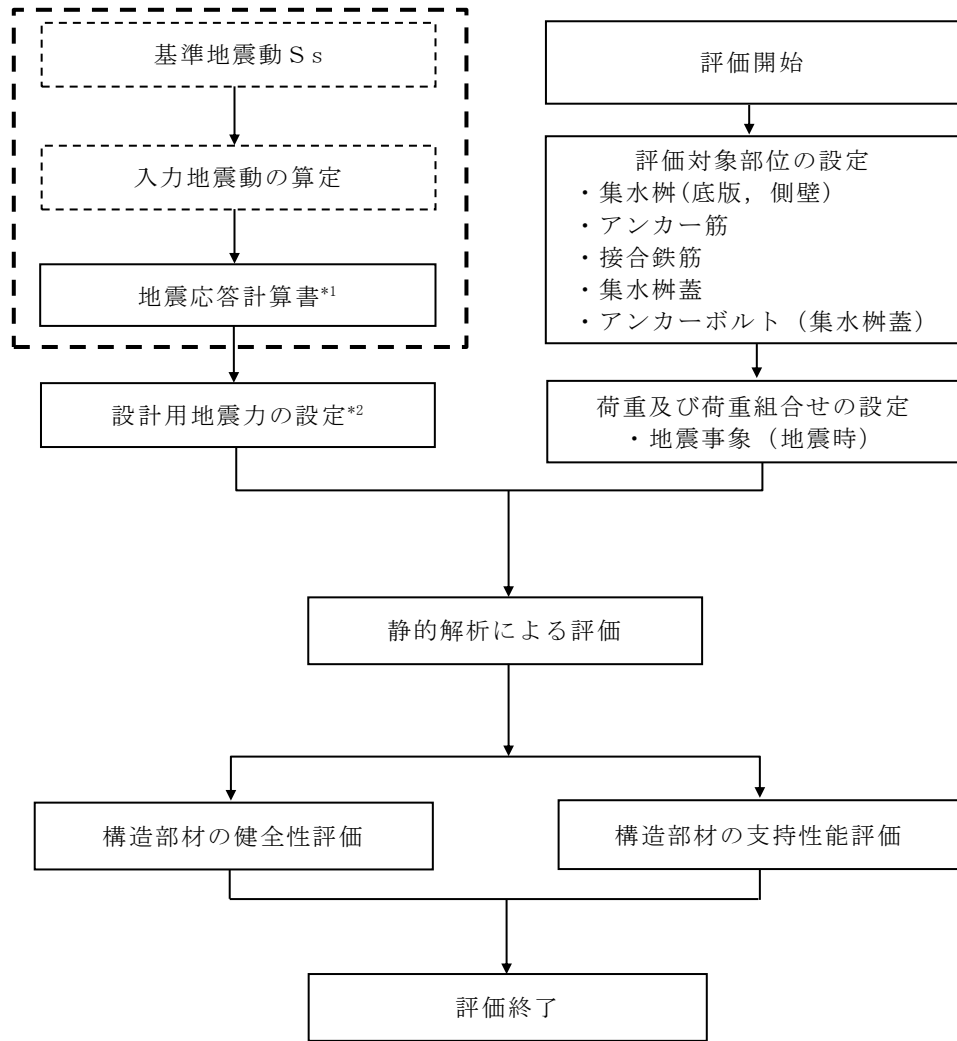
評価方針	評価項目	評価対象部位	評価方法	許容限界
構造強度を有すること	構造部材の健全性	集水桝 (底版, 側壁)	発生する応力が許容限界を下回ることを確認	短期許容応力度
		集水桝蓋		
		アンカーボルト (集水桝蓋)	発生するせん断力が許容限界を下回ることを確認	せん断耐力
止水性を損なわないこと	構造部材の支持性能	アンカー筋	発生する引張力及びせん断力が許容限界を下回ることを確認	引張耐力及びせん断耐力

表 7-2(2) 集水桝（防波壁部）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-2-10-2-2-1「防波壁（波返重力擁壁）の地震応答計算書」  
 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-2-10-2-2-1「防波壁（波返重力擁壁）の地震応答計算書」，  
 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」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 集水柵（防波壁部）の耐震評価フロー

## (2) 集水枿（改良地盤部）

集水枿（改良地盤部）の耐震評価は地震応答解析に基づき実施し，表 7-3 及び図 7-4 に示すとおり構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を行う。

構造部材の健全性評価においては，VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき応力解析による評価を行うことで，地震時の構造強度の確認を行う。

基準地震動  $S_s$  を対象とした地震応答解析により集水枿位置での変位を抽出するとともに，フレーム解析に用いる地盤ばね設定のため等価剛性を算出する。

次に，集水枿を線形はり要素にてモデル化し，応答変位法によるフレーム解析を実施する。地震荷重から算定した断面力に基づき発生応力を算出し，許容限界以下であることを確認する。

基礎地盤の支持性能評価においては，VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき，発生する応力（接地圧）が許容限界以下であることを確認する。

集水枿（改良地盤部）の耐震評価フローを図 7-4 に示す。

表 7-3 集水枿（改良地盤部）の評価項目  
(集水枿⑨)

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	集水枿 (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
		集水枿蓋		
		アンカーボルト (集水枿蓋)	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
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤	発生する応力（接地圧）が許容限界以下であることを確認	極限支持力度*

注記\*： 妥当な安全余裕を考慮する

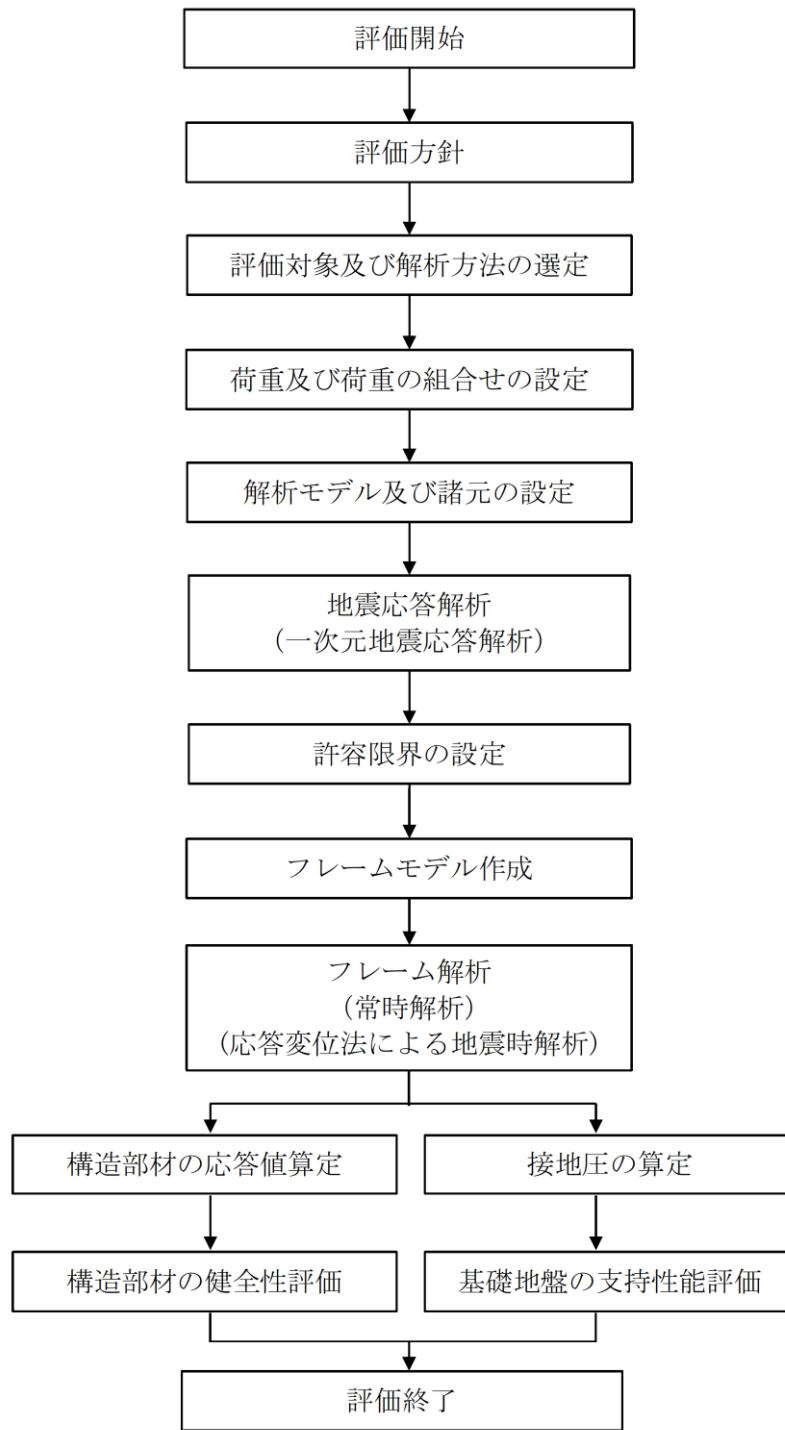


図 7-4 集水柵（改良地盤部）の耐震評価フロー  
（集水柵⑨）

### 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 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984 (日本電気協会)
- (4) 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 (日本電気協会)
- (5) 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)
- (6) 各種合成構造設計指針・同解説 (日本建築学会，2010 年 11 月)

## 8. 集水桝の耐震評価方法

### 8.1 設計用地震力及び評価対象部位

#### 8.1.1 集水桝（防波壁部）

##### (1) 設計用地震力

集水桝（防波壁部）の設計用地震力は「5.4 設計用地震力」に示す地震力とする。

##### (2) 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。

#### 8.1.2 集水桝（改良地盤部）

##### (1) 設計用地震力

集水桝（改良地盤部）の設計用地震力は「5.4 設計用地震力」に示す地震力とする。

##### (2) 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。基礎地盤の評価対象地盤は、集水桝（改良地盤部）を支持する改良地盤とする。

## 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 $20\text{N/m}^2$ 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 <sub>s</sub> 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。
	地震時土圧		○	基準地震動 S <sub>s</sub> 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、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11月）」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。

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①）	D29	88.80	155.10	アンカー メーカー式
集水桝（屋外排水路逆止弁②，③， ④，⑤，⑥）		91.80	155.10	
集水桝（屋外排水路逆止弁⑦）	D25	105.40	98.10	各種合成構造 設計指針・同 解説（日本建 築学会，2010 年11月）
集水桝（屋外排水路逆止弁⑧-1）		105.40	98.10	
集水桝（屋外排水路逆止弁⑧-2）		105.40	98.10	
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	

## (1) 許容限界の算定方法

## (a) 許容引張力

## イ 集水桙（屋外排水路逆止弁①，②，③，④，⑤，⑥，⑩，⑪，⑫）

アンカー筋 1 本当たりの許容引張力は，以下で算定されるアンカー筋の降伏により決まる場合のアンカー筋 1 本当たりの許容引張力  $p_{a4}$ ，コンクリートの破壊により決まる場合のアンカー筋 1 本当たりの許容引張力  $p_{a5}$ ，及び AR ケミカルセッターの付着破壊により決まる場合のアンカー筋 1 本当たりの許容引張力  $p_{a6}$  のうち小さい値とする。

$$p_{a4} = \phi_4 \times_s \sigma_y \times_{sc} a$$

$$p_{a5} = \phi_5 \times 0.75 \times P_U$$

$$p_{a6} = \phi_6 \times 0.75 \times \tau_B \times \pi \times d \times L$$

ここで，

$p_{a4}$  : アンカー筋の降伏により決まる許容引張荷重 (N)

$p_{a5}$  : コンクリートの破壊により決まる許容引張荷重 (N)

$p_{a6}$  : 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)

$\phi_i$  : 低減係数 (短期:  $\phi_4 = 1.0$ ,  $\phi_5 = \phi_6 = 0.6$ )

$_s \sigma_y$  : アンカー筋の降伏強度 (N/mm<sup>2</sup>)

$_{sc} a$  : アンカー筋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 (mm)

$$L_c = 180 + 0.6 \times (L - 180)$$

$F_c$  : 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>)。  $\tau_B = \alpha_2 \times \sqrt{F_c / 21}$

$\alpha$  : 付着強度係数  $\alpha = 12$  (乾孔)

$L$  : 埋込み長 (mm)

$d$  : アンカー筋径 (mm)

ロ 集水桝（屋外排水路逆止弁⑦，⑧-1，⑧-2）

アンカー筋 1 本当たりの許容引張力は，以下で算定されるアンカー筋の降伏により決まる場合のアンカー筋 1 本当たりの許容引張力  $p_{a1}$ ，及びアンカー筋の付着力により決まる場合のアンカー筋 1 本当たりの許容引張力  $p_{a3}$  のうち小さい値とする。

$$p_{a1} = \phi_1 \times s \sigma_y \times s_c a$$

$$p_{a3} = \phi_3 \times \tau_a \times \pi \times d_a \times l_{ce}$$

ここで，

$p_{a1}$  : アンカー筋の降伏により決まる場合のアンカー筋 1 本当たりの許容引張力 (kN)

$p_{a3}$  : アンカー筋の付着力により決まる場合のアンカー筋 1 本当たりの許容引張力 (kN)

$\phi_i$  : 低減係数 (短期:  $\phi_1=1.0$ ,  $\phi_2=\phi_3=2/3$ )

$s \sigma_y$  : アンカー筋の規格降伏点強度 (N/mm<sup>2</sup>)

$s_c a$  : アンカー筋の断面積 (mm<sup>2</sup>)

$d_a$  : アンカー筋の径 (mm)

$l_{ce}$  : アンカー筋の強度算定用埋込み長さで，  
 $l_{ce} = l_e - 2d_a$  とする (mm)

$l_e$  : アンカー筋の有効埋込み長さ (mm)

$\tau_a$  : アンカー筋の引張力に対する付着強度 (N/mm<sup>2</sup>)

$$\tau_a = \alpha_1 \times \alpha_2 \times \alpha_3 \times \tau_{bavg}$$

$\alpha_n$  : 付着強度の低減係数 ( $n=1, 2, 3$ )

$$\alpha_n = 0.5(c_n/l_e) + 0.5$$

ただし， $(c_n/l_e) \geq 1.0$  の場合は  $(c_n/l_e) = 1.0$ ， $l_e \geq 10d_a$  の場合は  $l_e = 10d_a$  とする。

$\tau_{bavg}$  : アンカー筋の基本平均付着強度で表 8-4 から注入方式の有機系の値を用いる (N/mm<sup>2</sup>)

$F_c$  : コンクリートの設計基準強度 (N/mm<sup>2</sup>)

$c_n$  : へりあき寸法，又は，アンカー筋ピッチ  $a$  の 1/2 で

$$c_n = a_n/2 \quad (n=1\sim 3) \text{ とする (mm)}$$

表 8-4 接着系アンカーの基本平均付着強度

	カプセル方式		注入方式
	有機系	無機系	有機系
普通コンクリート	$10\sqrt{F_c/21}$	$5\sqrt{F_c/21}$	$7\sqrt{F_c/21}$
軽量コンクリート	$8\sqrt{F_c/21}$	$4\sqrt{F_c/21}$	$5.6\sqrt{F_c/21}$

(b) 許容せん断力

イ 集水桝（屋外排水路逆止弁①，②，③，④，⑤，⑥，⑩，⑪，⑫）

アンカー筋 1 本当たりの許容せん断力  $q_a$  は，埋込み短・長，埋込み位置（へりあきの有無），それぞれのケースに合わせて計算する。

一般に埋込み長が十分 ( $L \geq 7d$ )，かつ，へりあき寸法が十分に確保されている場合はボルトの軸部の破断で決まり，ボルトのせん断強度により算出する。

アンカーボルトの埋込み長が短い ( $L < 7d$ ) 場合はアンカーボルトがコンクリートに押し付けられることによるコンクリートの支圧破壊の算定を行う。

さらに，アンカーボルトも埋込み位置として，へりあき寸法が十分に確保されていない場合は，有効水平投影面積 ( $A_{c1}$ ) を用いてコンクリートの破壊についての算定を行う。

埋込み長が 7d 以上  $q_{a4} = \phi_4 \times 0.7 \times {}_s\sigma_y \times {}_s c_a$

埋込み長が 7d より短い  $q_{a4} = \phi_5 \times 0.4 \times {}_s c_a \times \sqrt{(E_c \times F_c)}$

へりあき寸法 < 埋込み長  $q_{a5} = \phi_6 \times 0.23 \times \sqrt{(F_c)} \times A_{c1}$

ここで，

$q_{a4}$  : 許容せん断荷重 (N)

$q_{a5}$  : 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)

$\phi_i$  : 低減係数（短期： $\phi_4 = 1.0$ ， $\phi_5 = \phi_6 = 0.6$ ）

${}_s\sigma_y$  : アンカーボルトの降伏荷重 (N/mm<sup>2</sup>)

${}_s c_a$  : アンカーボルトのせん断を受ける部分の断面積 (mm<sup>2</sup>)

ただし，ねじ部がせん断を受ける場合は，有効断面積 (mm<sup>2</sup>)

$F_c$  : コンクリート圧縮強度 (N/mm<sup>2</sup>)

$E_c$  : コンクリートのヤング係数  $2.1 \times 10^4$  (N/mm<sup>2</sup>)

$A_{c1}$  : 有効投影面積 (mm<sup>2</sup>)  $A_{qc} = 1/2 \times \pi \times a^2$

$a$  : へりあき長 (mm)

ロ 集水桝（屋外排水路逆止弁⑦，⑧-1，⑧-2）

アンカー筋 1 本当たりの許容せん断力  $q_a$  は，以下で算定されるアンカー筋のせん断強度により決まる場合のアンカー筋 1 本当たりの許容せん断力  $q_{a1}$ ，支圧強度により決まる場合のアンカー筋 1 本当たりの許容せん断力  $q_{a2}$ ，及びコーン状破壊により決まる場合のアンカー筋 1 本当たりの許容せん断力  $q_{a3}$  のうちいずれか小さい値とする。

$$q_{a1} = \phi_1 \cdot s \sigma_{qa} \cdot s_c a$$

$$q_{a2} = \phi_2 \cdot c \sigma_{qa} \cdot s_c a$$

$$q_{a3} = \phi_2 \cdot c \sigma_t \cdot A_{qc}$$

ここで，

$q_{a1}$  : アンカー筋のせん断強度により決まる場合のアンカー筋 1 本当たりの許容せん断力 (kN)

$q_{a2}$  : 定着した躯体の支圧強度により決まる場合のアンカー筋 1 本当たりの許容せん断力 (kN)

$q_{a3}$  : 定着した躯体のコーン状破壊により決まる場合のアンカー筋 1 本当たりの許容せん断力 (kN)

$\phi_i$  : 低減係数 (短期:  $\phi_1=1.0$ ,  $\phi_2=2/3$ )

$s \sigma_{qa}$  : 接着系アンカー筋のせん断強度で，規格降伏点強度  $\times 0.7$  とする (N/mm<sup>2</sup>)

$s_c a$  : アンカー筋の断面積 (mm<sup>2</sup>)

$c \sigma_{qa}$  : コンクリートの支圧強度で， $0.5\sqrt{F_c \cdot E_c}$  とする (N/mm<sup>2</sup>)

$c \sigma_t$  : コーン状破壊に対するコンクリートの引張強度で， $0.31\sqrt{F_c}$  とする。 (N/mm<sup>2</sup>)

$F_c$  : コンクリートの設計基準強度 (N/mm<sup>2</sup>)

$E_c$  : コンクリートのヤング係数 (N/mm<sup>2</sup>)

$A_{qc}$  : せん断力に対するコーン状破壊面の有効投影面積で， $0.5\pi c^2$  とする (mm<sup>2</sup>)

$c$  : へりあき寸法 (mm)

(2) 評価条件

アンカー筋の許容限界の評価に用いる入力値を表 8-5 に示す。

表 8-5(1) アンカー筋の許容限界の評価に用いる入力値  
(集水柵 (屋外排水路逆止弁①))

記号	単位	定義	入力値
$\phi_4$	—	低減係数	1
$s\sigma_y$	N/mm <sup>2</sup>	アンカー筋の規格降伏強度	345
$sca$	mm <sup>2</sup>	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	642.4
$\phi_5$	—	低減係数	0.6
$\phi_6$	—	低減係数	0.6
$P_U$	N	最大引張強度	197374
$A_c$	mm <sup>2</sup>	有効水平投影面積	129964
$L_c$	mm	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	348
$\tau_B$	N/mm <sup>2</sup>	単位面積あたりの平均付着強度	12.83
$F_c$	N/mm <sup>2</sup>	コンクリートの設計基準強度	24
$\alpha$	—	付着強度係数	12
$L$	mm	埋込み長	348
$d_a$	mm	接着系アンカーボルトの径	29

表 8-5(2) アンカー筋の許容限界の評価に用いる入力値  
 (集水桝 (屋外排水路逆止弁②, ③, ④, ⑤, ⑥))

記号	単位	定義	入力値
$\phi_4$	—	低減係数	1
$s\sigma_y$	N/mm <sup>2</sup>	アンカー筋の規格降伏強度	345
$sca$	mm <sup>2</sup>	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	642.4
$\phi_5$	—	低減係数	0.6
$\phi_6$	—	低減係数	0.6
$P_u$	N	最大引張強度	204018
$A_c$	mm <sup>2</sup>	有効水平投影面積	134339
$L_c$	mm	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	348
$\tau_B$	N/mm <sup>2</sup>	単位面積あたりの平均付着強度	12.83
$F_c$	N/mm <sup>2</sup>	コンクリートの設計基準強度	24
$\alpha$	—	付着強度係数	12
$L$	mm	埋込み長	348
$d_a$	mm	接着系アンカーボルトの径	29

表 8-5(3) アンカー筋の許容限界の評価に用いる入力値  
(集水桝 (屋外排水路逆止弁⑦, ⑧-1, ⑧-2))

記号	単位	定義	入力値
$\phi_1$	—	低減係数	1
$s \sigma_y$	N/mm <sup>2</sup>	アンカー筋の規格降伏点強度	345
$s c a$	mm <sup>2</sup>	アンカー筋の断面積	506.7
$\phi_2$	—	低減係数	2/3
$\phi_3$	—	低減係数	2/3
$\tau_a$	N/mm <sup>2</sup>	アンカー筋の引張力に対する付着強度	6.1
$d_a$	mm	アンカー筋の径	25
$l_{ce}$	mm	アンカー筋の強度算定用埋込み長さ	330
$l_e$	mm	アンカー筋の有効埋込み長さ	355
$\alpha_1$	—	付着強度の低減係数	1
$\alpha_2$	—	付着強度の低減係数	0.9
$\alpha_3$	—	付着強度の低減係数	0.9
$\tau_{bavg}$	N/mm <sup>2</sup>	アンカー筋の基本平均付着強度	7.48
$F_c$	N/mm <sup>2</sup>	コンクリートの設計基準強度	24
$c_1$	mm	へりあき寸法, 又は, アンカー筋ピッチ a の 1/2	250
$c_2$	mm	へりあき寸法, 又は, アンカー筋ピッチ a の 1/2	200
$c_3$	mm	へりあき寸法, 又は, アンカー筋ピッチ a の 1/2	200
$s \sigma_{qa}$	N/mm <sup>2</sup>	アンカー筋のせん断強度	241.5
$c \sigma_{qa}$	N/mm <sup>2</sup>	コンクリートの支圧強度	385
$E_c$	N/mm <sup>2</sup>	コンクリートのヤング係数	24683
$A_{qc}$	mm <sup>2</sup>	せん断力に対するコーン状破壊面の有効投影面積	98175



表 8-5(4) アンカー筋の許容限界の評価に用いる入力値  
(集水桝 (屋外排水路逆止弁⑩, ⑪, ⑫))

記号	単位	定義	入力値
$\phi_4$	—	低減係数	1
$s\sigma_y$	N/mm <sup>2</sup>	アンカー筋の規格降伏強度	345
$sca$	mm <sup>2</sup>	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	642.4
$\phi_5$	—	低減係数	0.6
$\phi_6$	—	低減係数	0.6
$P_u$	N	最大引張強度	241986
$A_c$	mm <sup>2</sup>	有効水平投影面積	159339
$L_c$	mm	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	348
$\tau_B$	N/mm <sup>2</sup>	単位面積あたりの平均付着強度	12.83
$F_c$	N/mm <sup>2</sup>	コンクリートの設計基準強度	24
$\alpha$	—	付着強度係数	12
$L$	mm	埋込み長	348
$d_a$	mm	接着系アンカーボルトの径	29
$A_{c1}$	mm <sup>2</sup>	有効投影面積	141372
$a$	mm	へりあき長	300

### 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8-6に示す引張耐力とする。

表8-6 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 <sup>⑬</sup> )	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 基礎地盤の支持性能

基礎地盤に発生する接地圧に対する許容限界は、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき、改良地盤の極限支持力度とする。

改良地盤の許容限界を表 8-7 に示す。

表 8-7 基礎地盤の許容限界

設備名称	評価項目	基礎地盤	許容限界 (kN/m <sup>2</sup> )
集水桝 (屋外排水路逆止弁⑨)	極限支持力度	改良地盤⑤	2500

### 8.3.5 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 8-8 に示す曲げ応力度及びせん断応力度とする。

表 8-8 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①）	210	120
集水桝（屋外排水路逆止弁②，③，④，⑤，⑥）		
集水桝（屋外排水路逆止弁⑦）		
集水桝（屋外排水路逆止弁⑧-1）		
集水桝（屋外排水路逆止弁⑧-2）		
集水桝（屋外排水路逆止弁⑨）		
集水桝（屋外排水路逆止弁⑩）		
集水桝（屋外排水路逆止弁⑪）		
集水桝（屋外排水路逆止弁⑫）		
集水桝（屋外排水路逆止弁⑬）		

### 8.3.6 アンカーボルト（集水桝蓋）

集水桝と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11月）」に基づき，表8-9に示せん断耐力とする。

表8-9 アンカーボルト（集水桝蓋）の許容限界

設備名称	せん断耐力 (kN/本)
集水桝（屋外排水路逆止弁①）	35.34
集水桝（屋外排水路逆止弁②，③，④，⑤，⑥）	
集水桝（屋外排水路逆止弁⑦）	
集水桝（屋外排水路逆止弁⑧-1）	
集水桝（屋外排水路逆止弁⑧-2）	
集水桝（屋外排水路逆止弁⑨）	
集水桝（屋外排水路逆止弁⑩）	
集水桝（屋外排水路逆止弁⑪）	
集水桝（屋外排水路逆止弁⑫）	
集水桝（屋外排水路逆止弁⑬）	

## 8.4 設計用地震力

### (1) 集水桝（防波壁部）

集水桝（防波壁部）の設計用地震力は、VI-2-10-2-2-1「防波壁（波返重力擁壁）の地震応答計算書」、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」における地表面の最大応答加速度に基づき設定する。

集水桝（防波壁部）の評価に用いる設計用地震力を表8-10に示す。

表8-10 設計用地震力（集水桝（防波壁部））

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 ①	基準地震動 S <sub>s</sub>	集水桝 EL 2.57 m (屋外排水路底面高さ)	水平方向 K <sub>h</sub>	1.01
			鉛直方向 K <sub>v</sub>	2.01
屋外排水路逆止弁 ②, ③, ④, ⑤, ⑥		集水桝 EL 2.70 m (屋外排水路底面高さ)	水平方向 K <sub>h</sub>	1.01
			鉛直方向 K <sub>v</sub>	2.01
屋外排水路逆止弁 ⑦		集水桝 EL 6.21 m (屋外排水路底面高さ)	水平方向 K <sub>h</sub>	1.00
			鉛直方向 K <sub>v</sub>	1.01
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>	1.00
			鉛直方向 K <sub>v</sub>	1.01
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>	1.00	
		鉛直方向 K <sub>v</sub>	1.01	
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>	1.03	
		鉛直方向 K <sub>v</sub>	0.66	
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>	1.03	
		鉛直方向 K <sub>v</sub>	0.66	

## (2) 集水桝（改良地盤部）

集水桝（改良地盤部）側壁の評価に使用する設計用地震力は，1次元地震応答解析により得られた水平変位を用いて，応答変位法により設定する。地震応答解析結果より得られた各解析ケースにおける最大変位分布を図8-1に示す。なお，変位最大となる地震動により応答変位法に使用する水平変位を設定する。

集水桝（改良地盤部）底版，基礎地盤の支持性能，集水桝蓋及びアンカーボルト（集水桝蓋）の評価に使用する設計用地震力は，1次元地震応答解析における集水桝位置の応答加速度に基づき設定する。集水桝（改良地盤部）の評価に用いる設計用地震力を表8-11に示す。

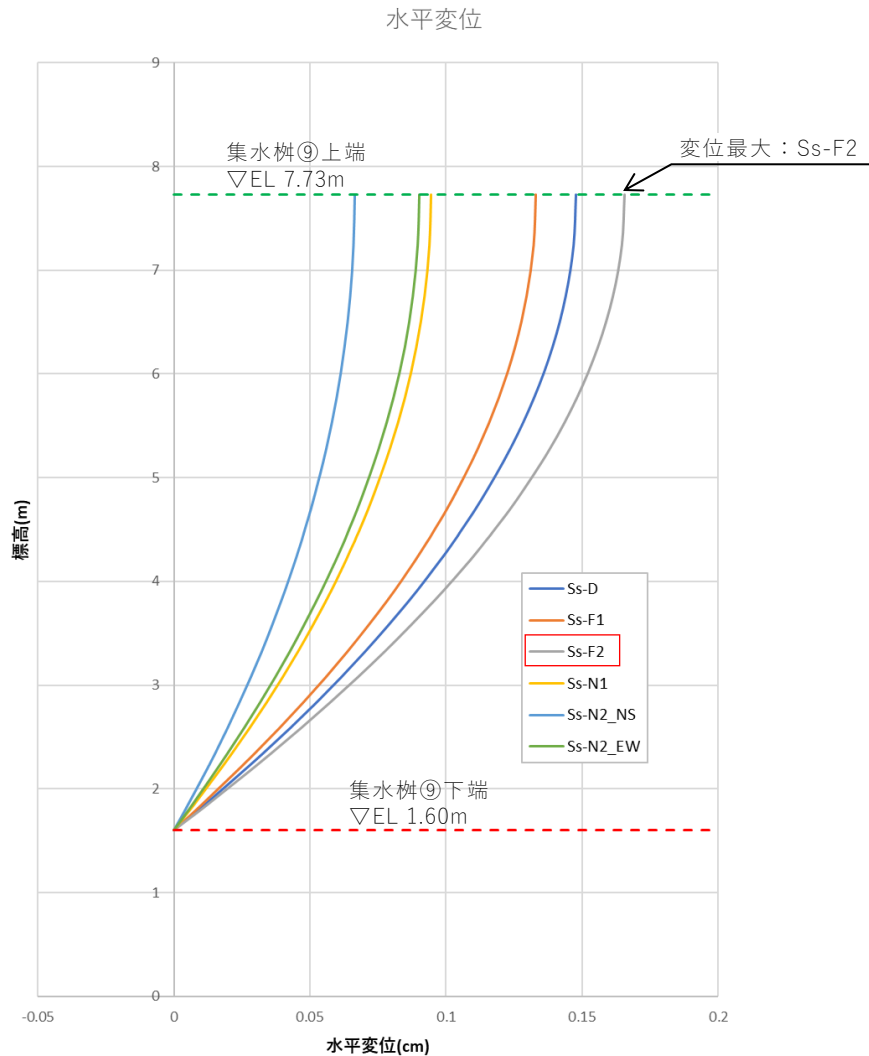


図8-1 地震応答解析結果（最大変位発生時刻の水平変位分布）

表 8-12 設計用地震力 (集水枳 (改良地盤部))

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 ⑨	基準地震動 S <sub>s</sub>	集水枳 EL 2.30 m (屋外排水路底面高さ)	1.70	1.01

## 8.5 評価方法

### 8.5.1 集水桝（防波壁部）

#### (1) 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 8-2 に示す。

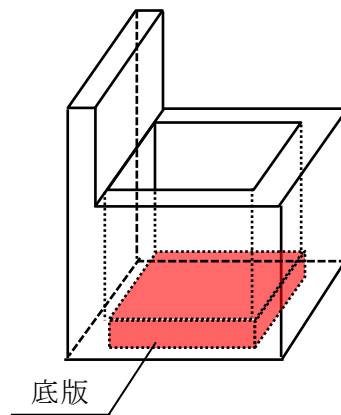


図 8-2 四辺固定版モデル概要図

#### (2) 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 8-3 に示す。

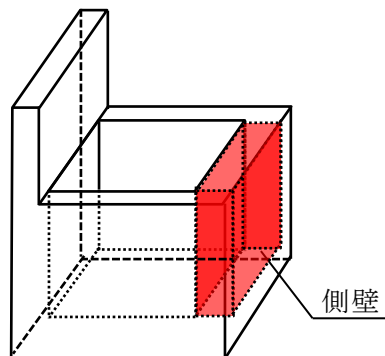


図 8-3 三辺固定版モデル概要図



## (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。アンカー筋引張力モデル概要図を図 8-4 に示す。

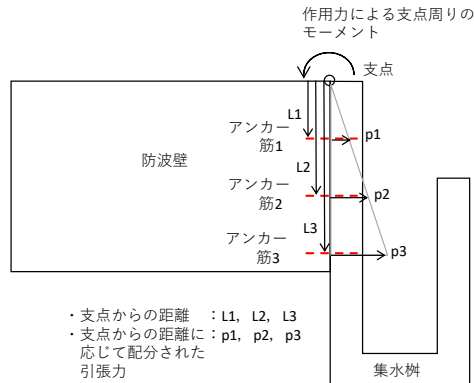


図 8-4 アンカー筋引張力モデル概要図

## (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。

## 8.5.2 集水桝（改良地盤部）

## (1) 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 8-5 に示す。

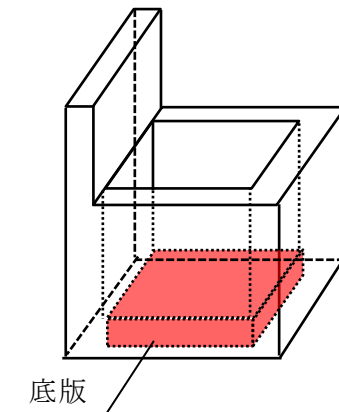


図 8-5 四辺固定版モデル概要図

## (2) 側壁の評価

側壁を線形はり要素でモデル化し，1次元地震応答解析を踏まえて設定した荷重を作用させ，フレーム解析を実施する。

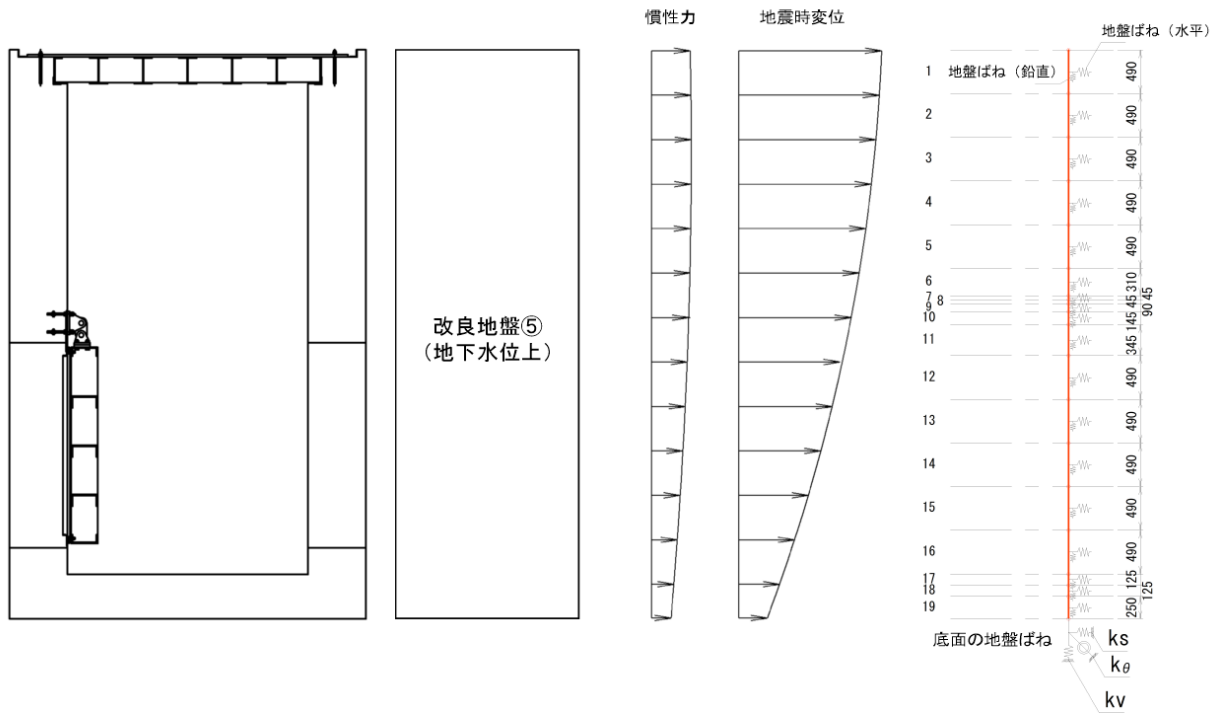
フレーム解析に用いる地盤ばねは，地震応答解析結果から算出した等価剛性を踏まえて設定し，モデルに作用させる荷重のうち，地震時増分応力については，応答変位法により算出する。フレーム解析モデルを図 8-6 に示す。なお，集水桝⑨近傍に施工している埋戻コンクリートは，保守的に改良地盤⑤でモデル化する。

解析には解析コード「UC-win/FRAME（面内）」及び「UC-win/RC 断面計算」を使用する。解析コードの検証及び妥当性確認の概要については，VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

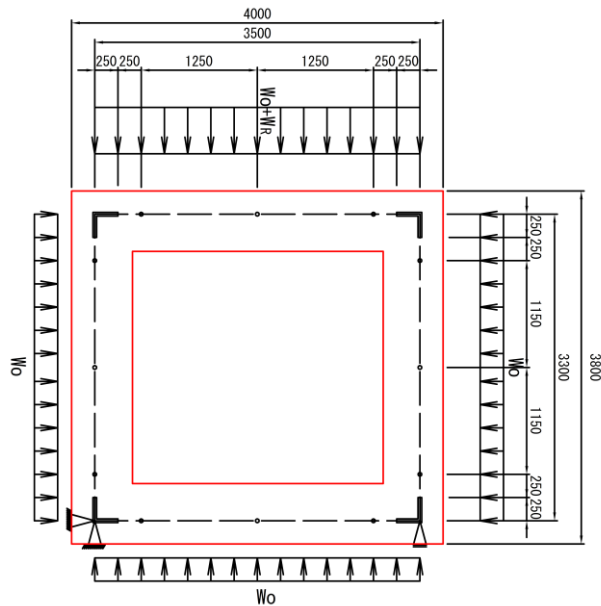
<集水桝構造>

<地盤モデル>

<フレーム計算 梁モデル>



(鉛直方向)



(水平方向)

(単位: mm)

図 8-6 集水桝 (改良地盤部) のフレーム解析モデル (集水桝⑨)

(3) 基礎地盤の支持性能の評価

基礎地盤の支持性能評価においては、集水枿底版に作用する鉛直方向の合力を底版面積で除すことにより接地圧を算出し、基礎地盤に生じる接地圧が極限支持力度に基づく許容限界以下であることを確認する。

### 8.5.3 集水桝蓋の評価

集水桝蓋の構造健全性評価においては、集水桝蓋（鋼板）の補強梁間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。集水桝蓋（鋼板）のモデル概要図を図 8-7 に示す。

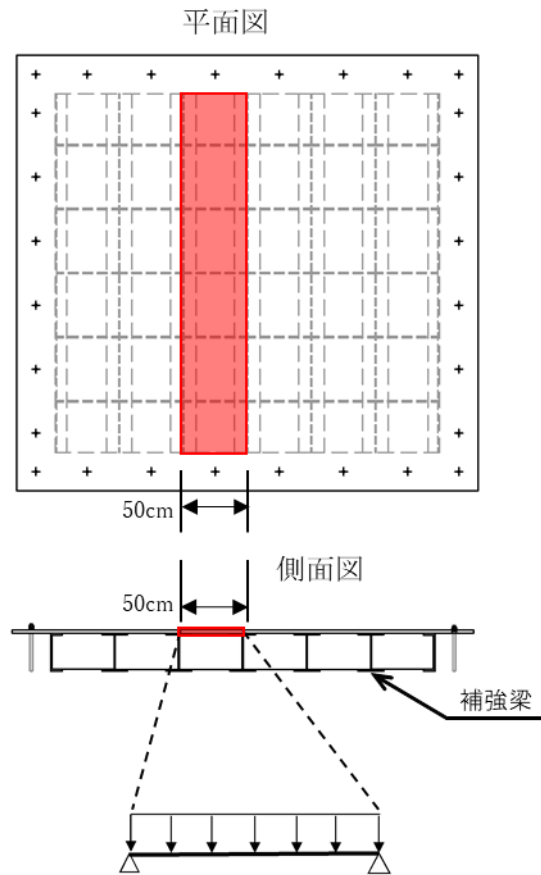


図 8-7 集水桝蓋（鋼板）のモデル概要図

#### 8.5.4 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。アンカーボルトのモデル概要図を図 8-8 に示す。

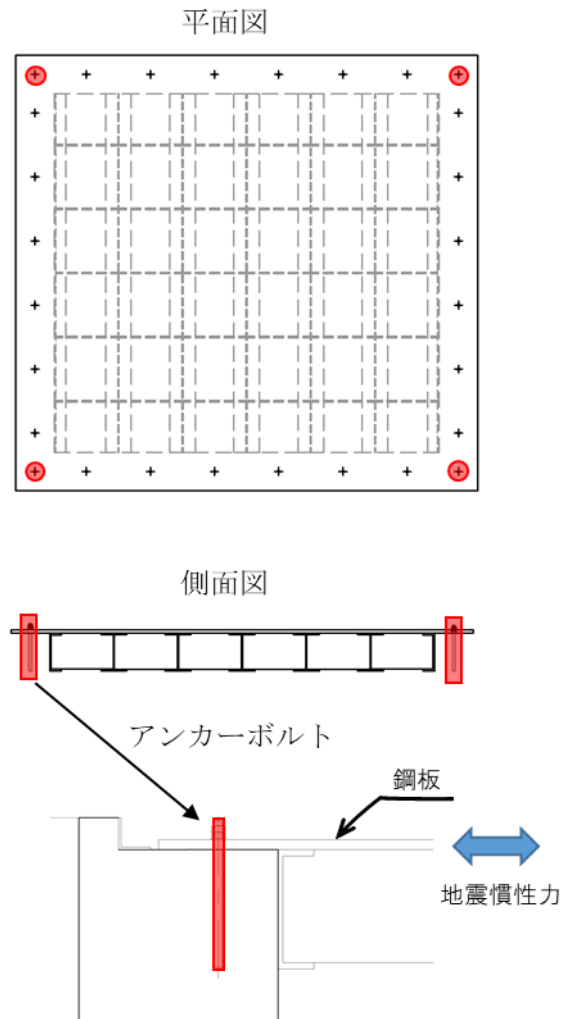


図 8-8 アンカーボルトのモデル概要図

8.6 使用材料及び材料の物性値

使用材料を表 8-12 に，材料の物性値を表 8-13 に示す。

表 8-12 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 8-13 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、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。



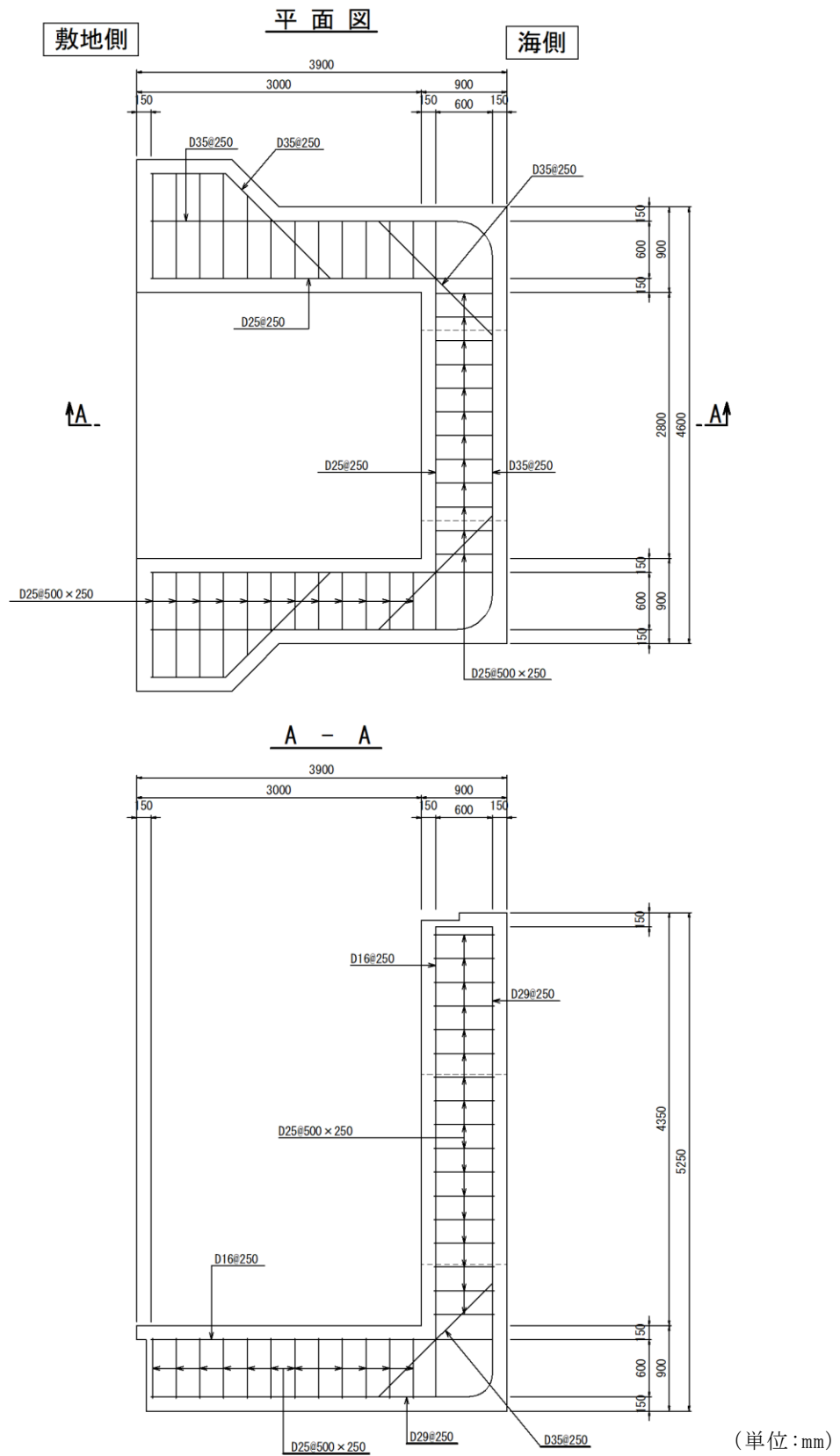


図 9-1(1) 概略配筋図 (集水 **柵** (屋外排水路逆止弁①))

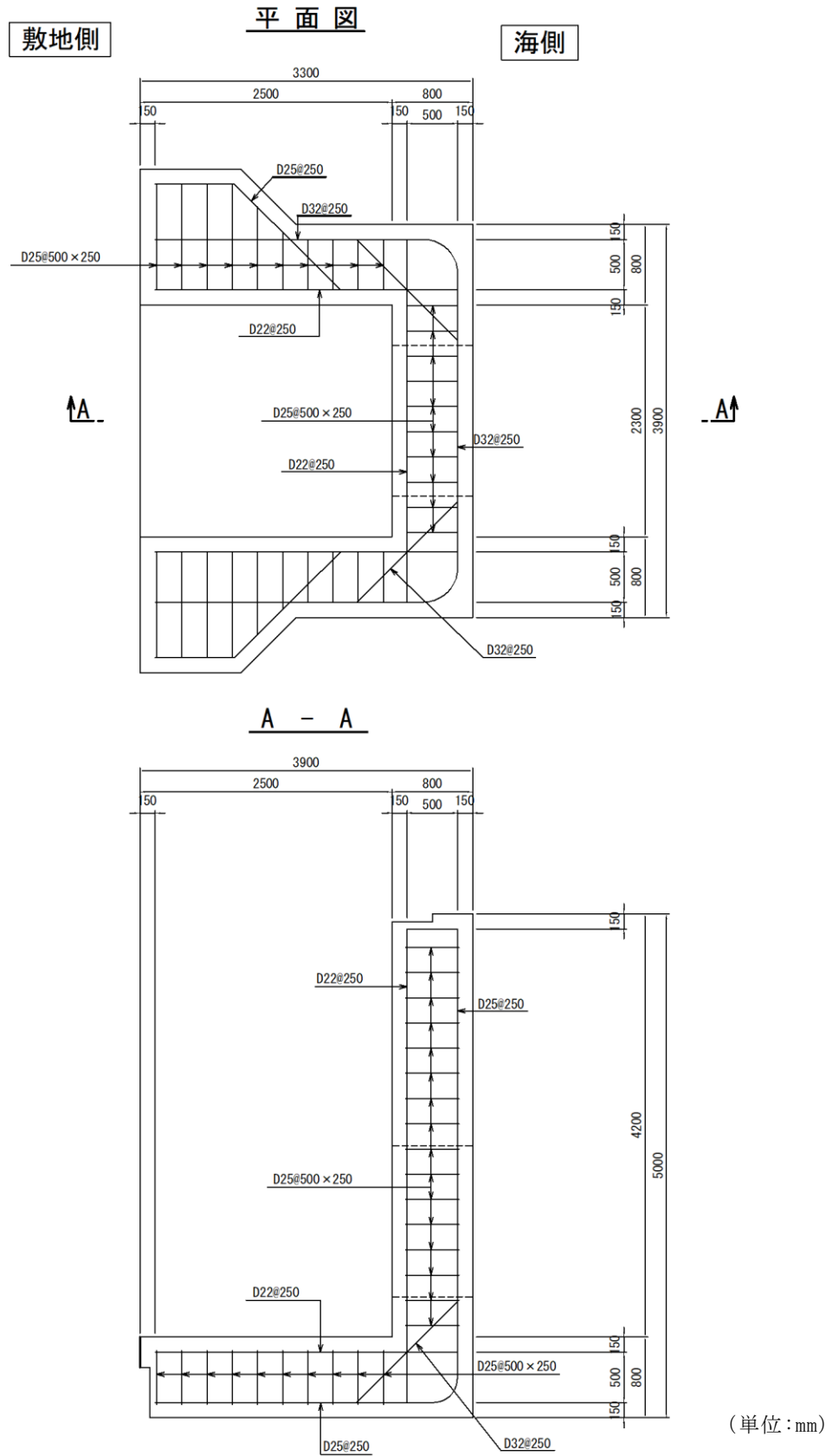


図 9-1(2) 概略配筋図 (集水 **枿** (屋外排水路逆止弁②, ③, ④, ⑤, ⑥))

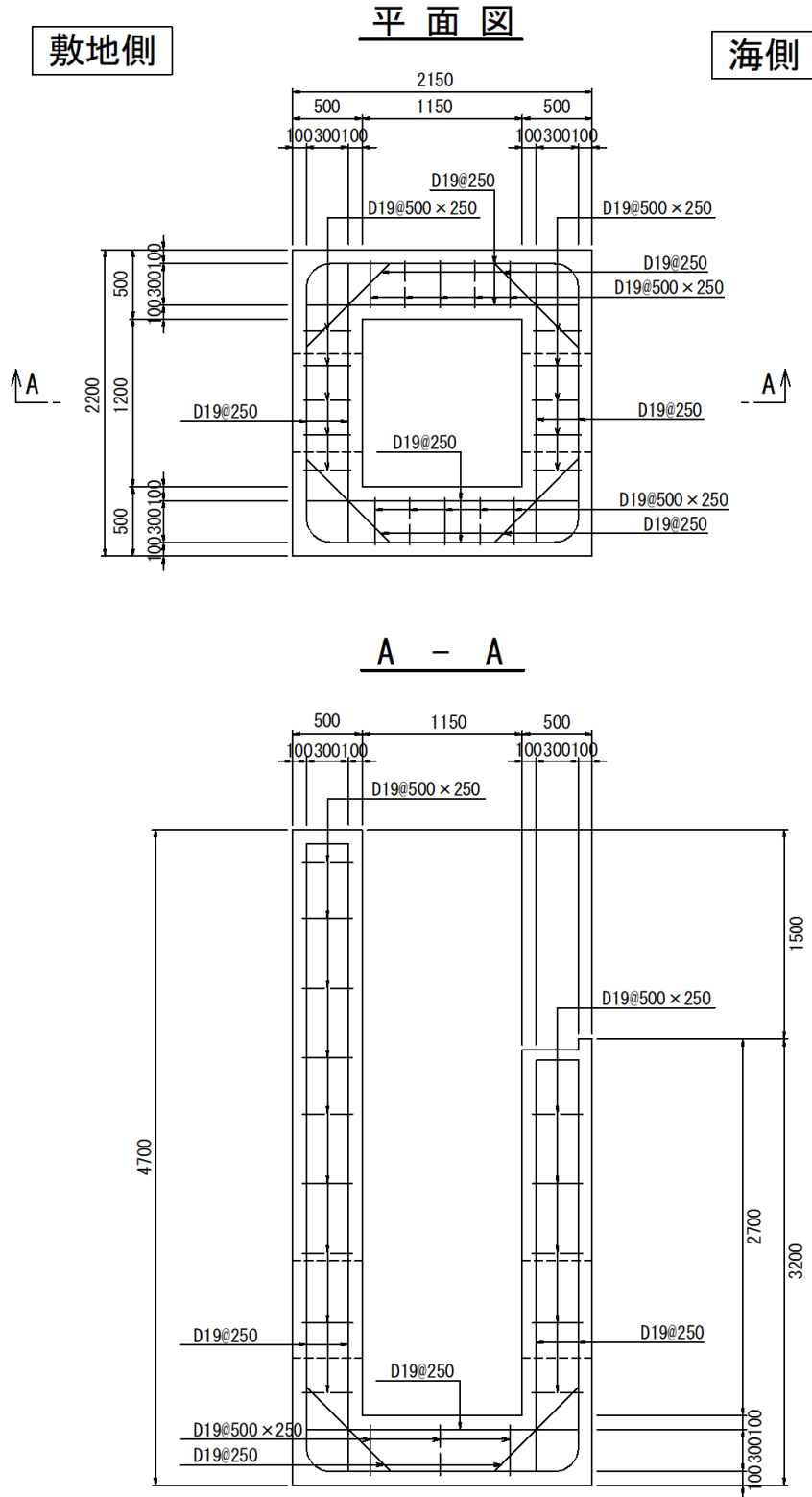
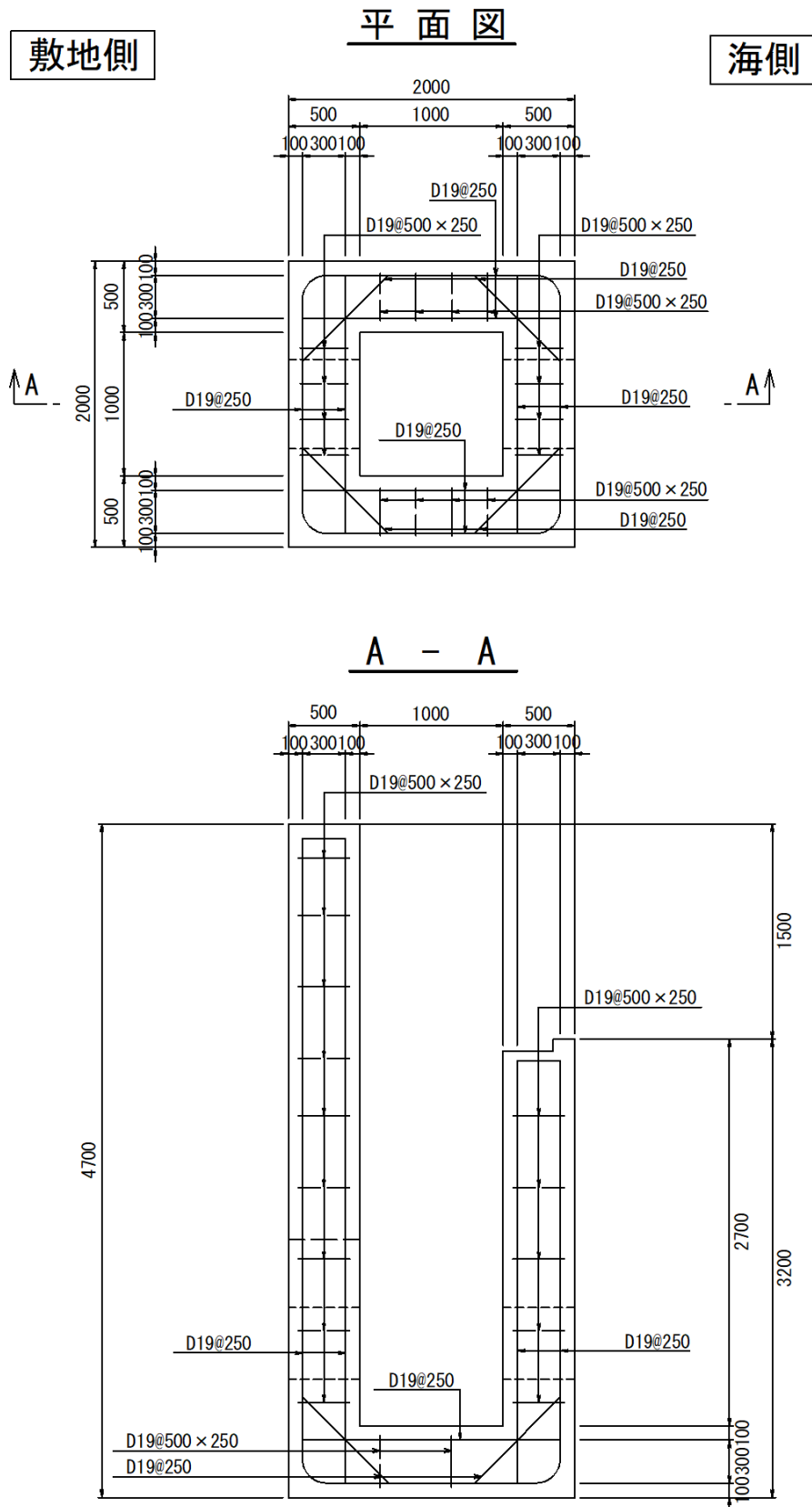


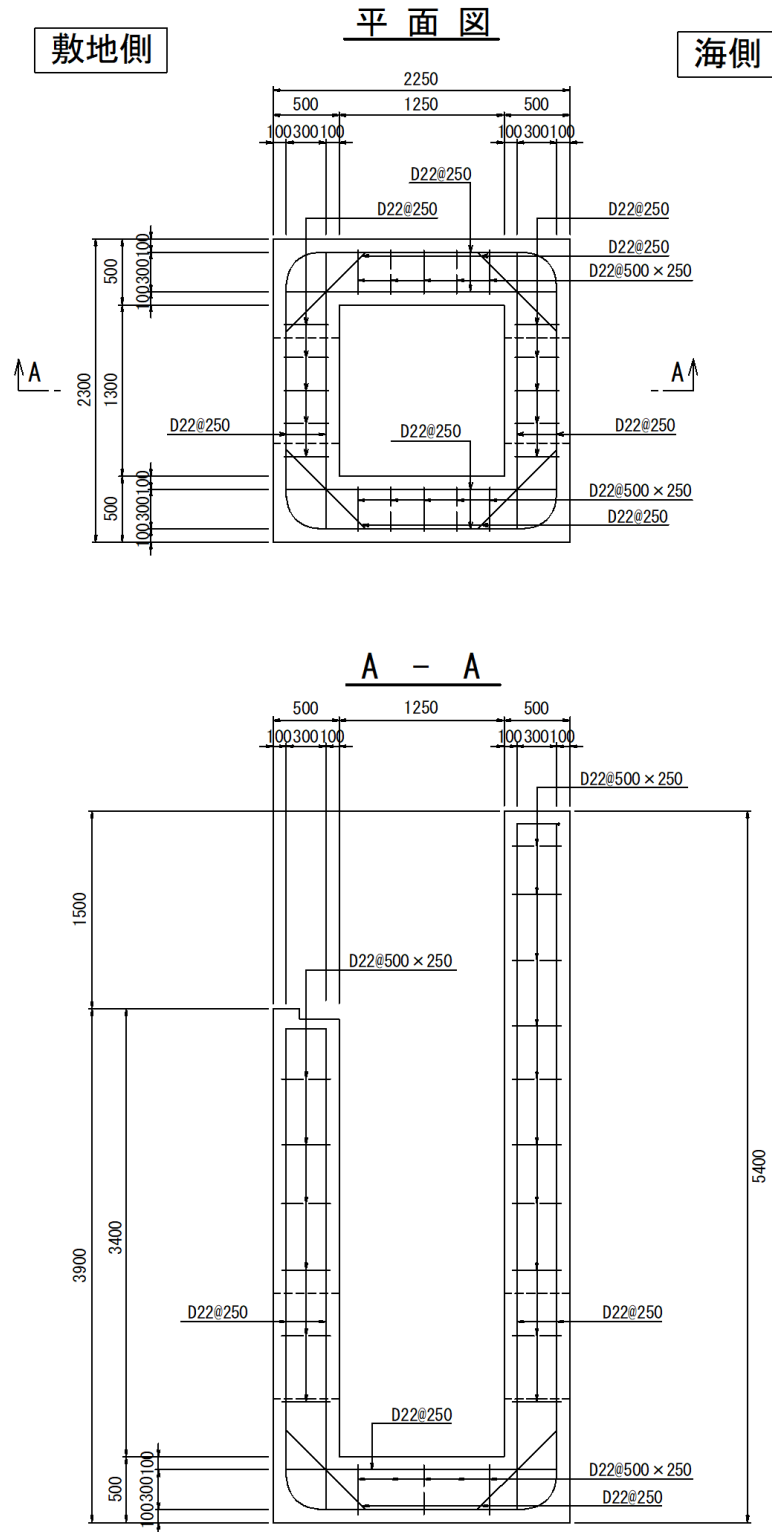
図 9-1(3) 概略配筋図 (集水枿 (屋外排水路逆止弁⑦))

(単位:mm)



(単位: mm)

図 9-1(4) 概略配筋図 (集水枿 (屋外排水路逆止弁⑧-1))



(単位:mm)

図 9-1(5) 概略配筋図 (集水 **枿** (屋外排水路逆止弁⑧-2))

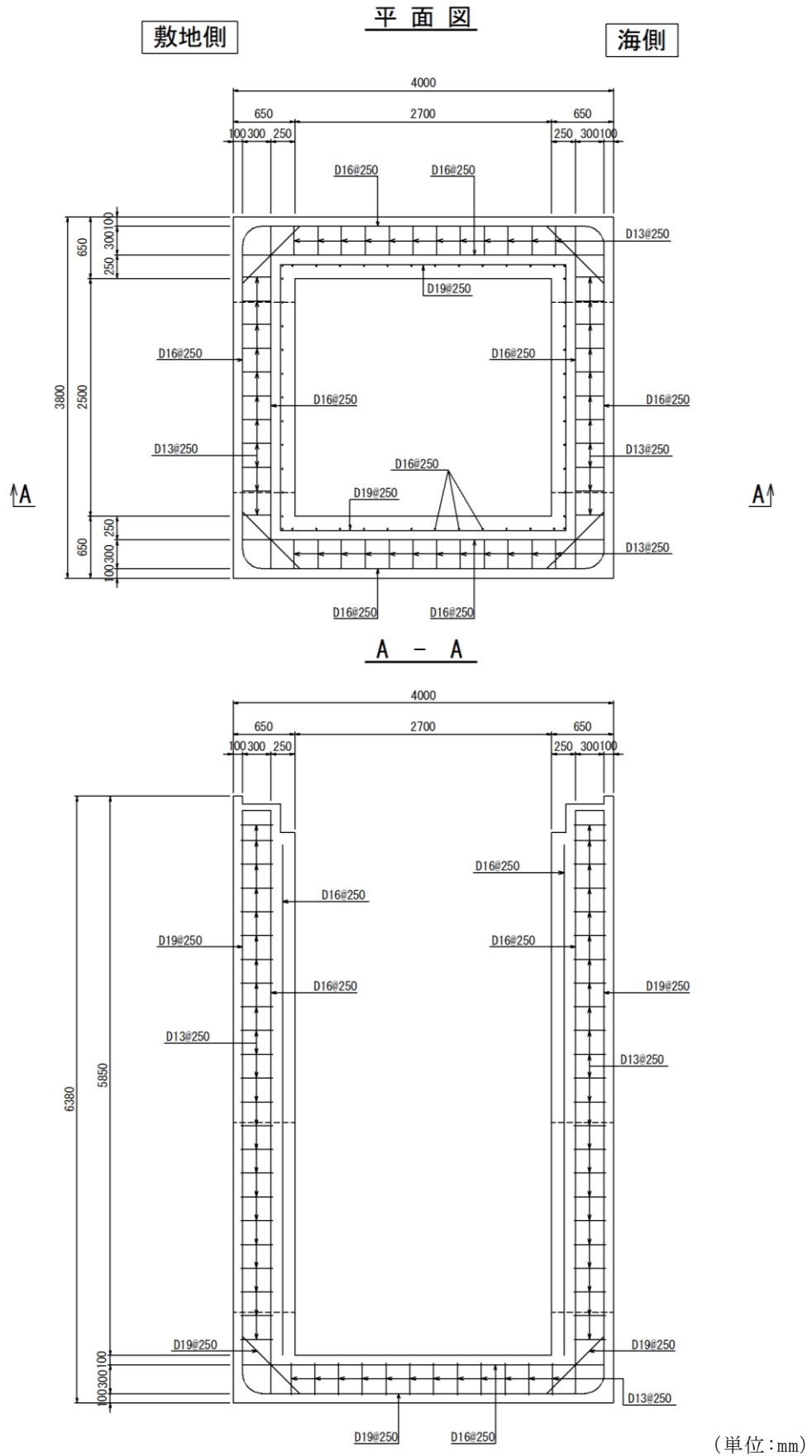
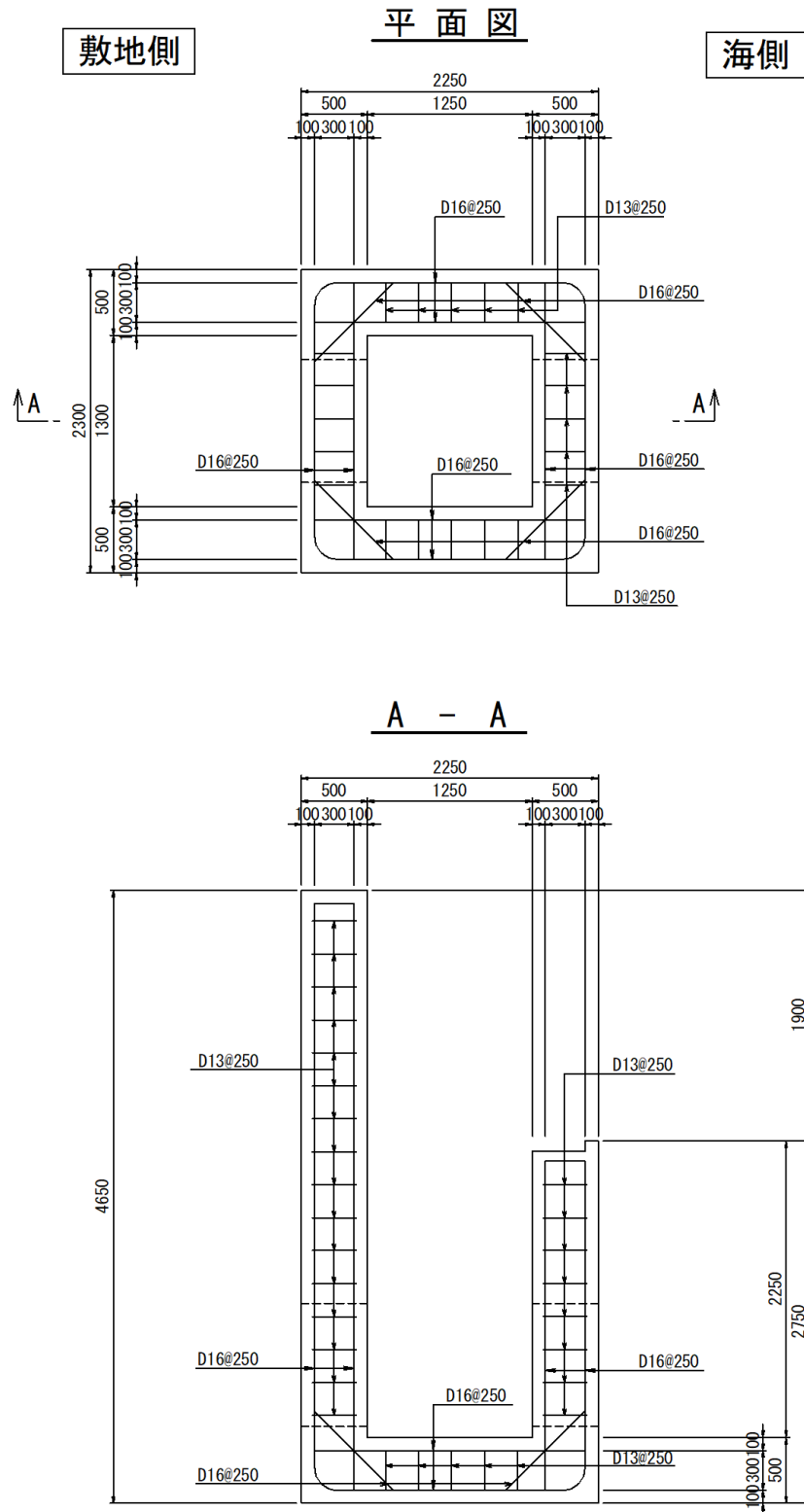
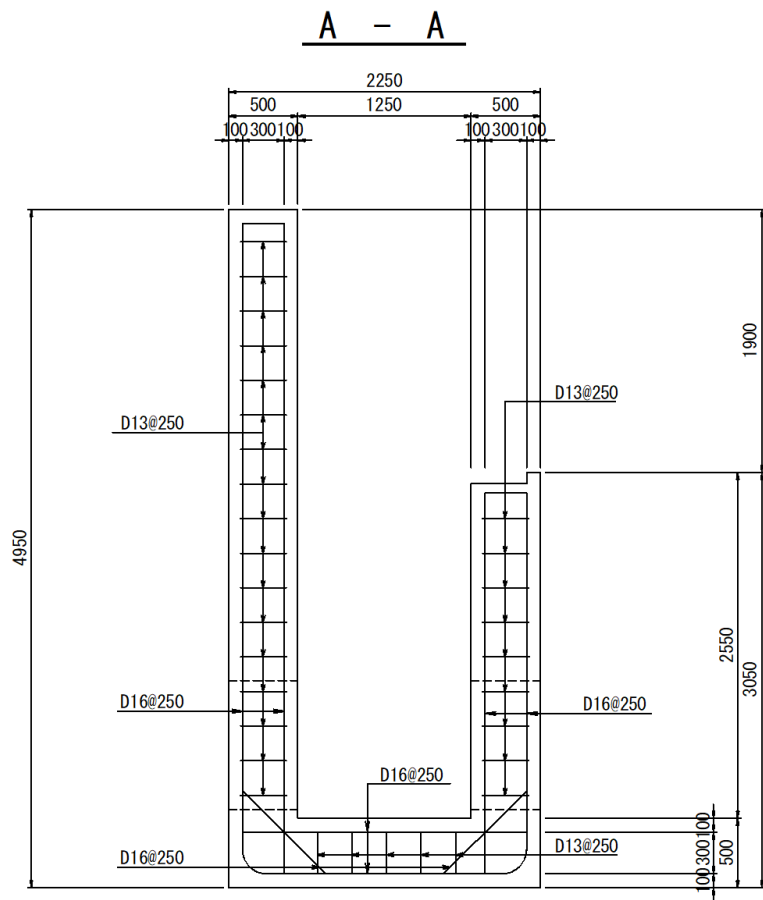
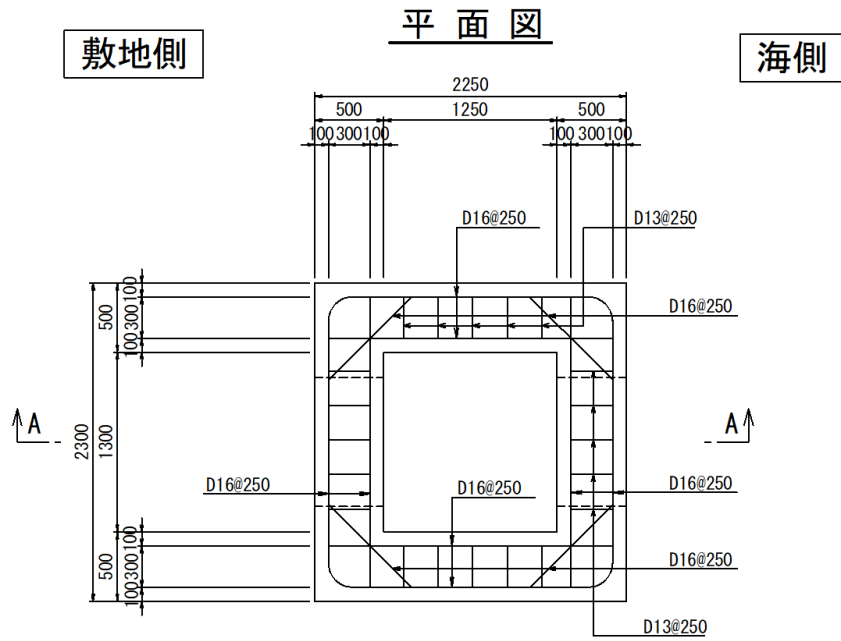


图 9-1(6) 概略配筋图 (集水枳 (屋外排水路逆止弁⑨))



(単位: mm)

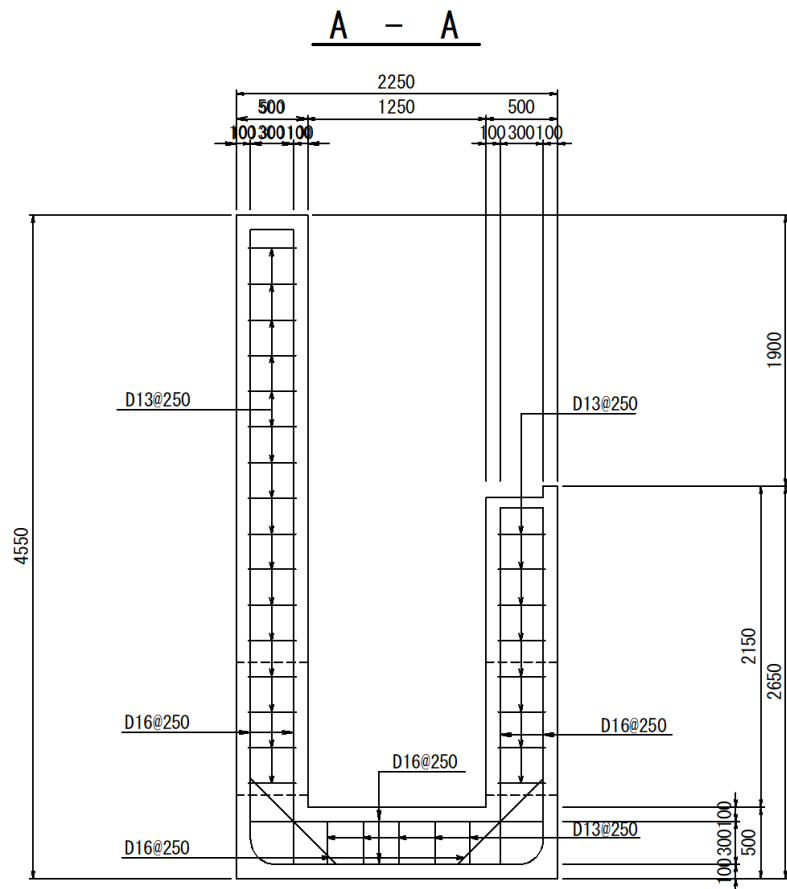
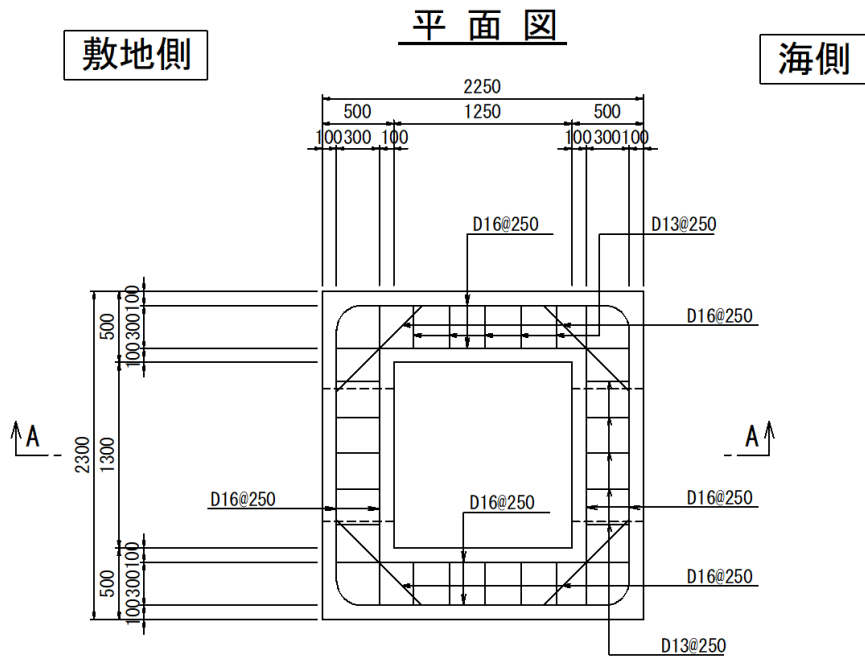
図 9-1(7) 概略配筋図 (集水柵 (屋外排水路逆止弁⑩))



(单位: mm)

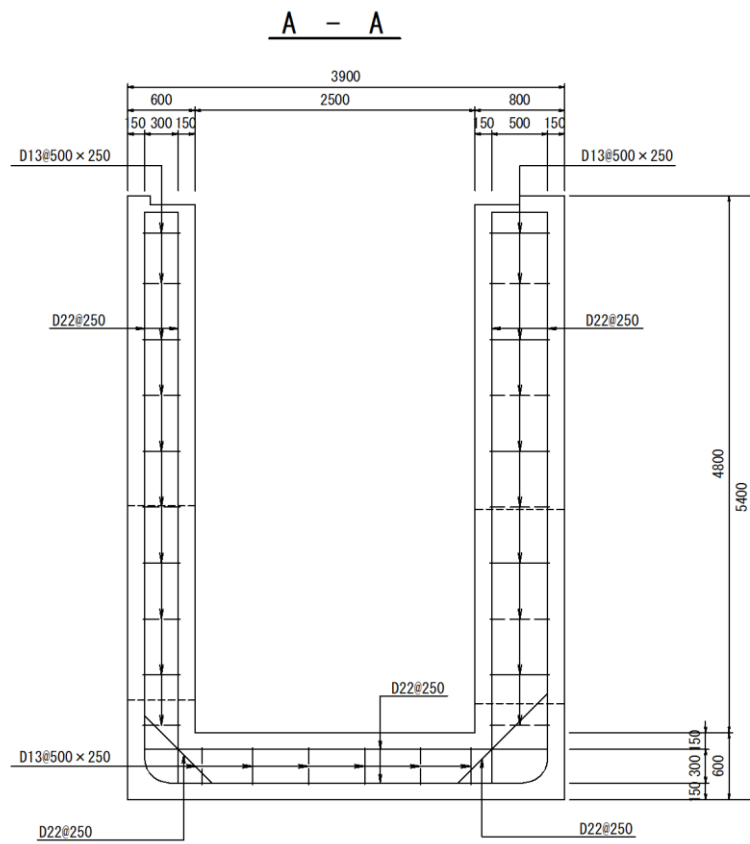
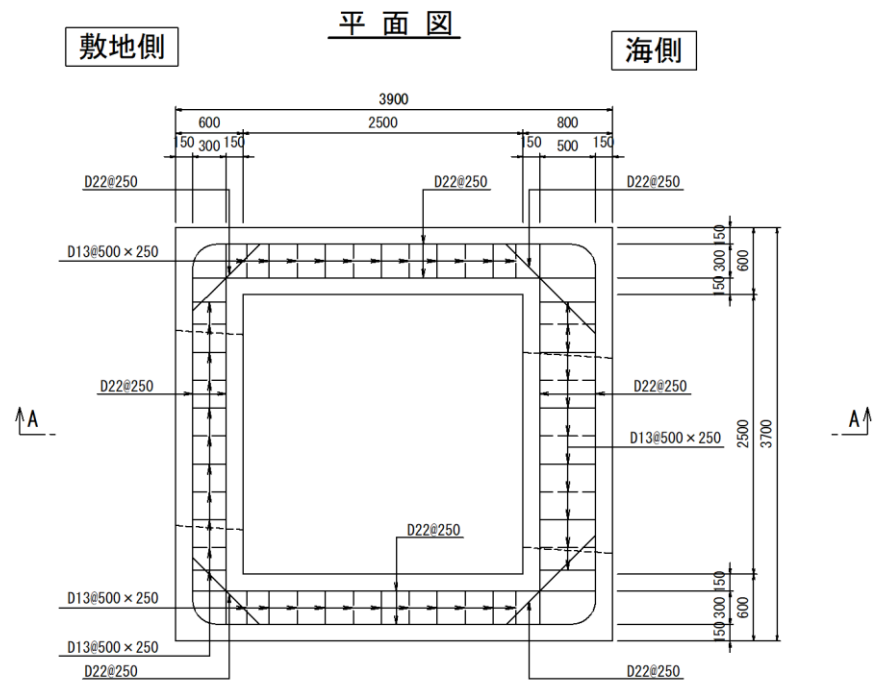
図 9-1(8) 概略配筋図 (集水枿 (屋外排水路逆止弁①))





(単位: mm)

図 9-1(9) 概略配筋図 (集水枡 (屋外排水路逆止弁⑫))



(単位: mm)

図 9-1(10) 概略配筋図 (集水 **柵** (屋外排水路逆止弁⑬))

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		
集水榭（屋外排水路 逆止弁①）	4600×3900	312.24	4.47	272.88	13.5	294	0.34	0.93
集水榭（屋外排水路 逆止弁②，③，④， ⑤，⑥）	3900×3300	223.36	4.90	240.69	13.5	294	0.37	0.82
集水榭（屋外排水路 逆止弁⑦）	2200×2150	19.89	4.85	44.17	13.5	294	0.36	0.16
集水榭（屋外排水路 逆止弁⑧-1）	2000×2000	19.38	1.04	46.19	13.5	294	0.08	0.16
集水榭（屋外排水路 逆止弁⑧-2）	2300×2250	30.47	1.46	54.40	13.5	294	0.11	0.19
集水榭（屋外排水路 逆止弁⑨）	3800×4000	117.79	6.34	280.68	13.5	294	0.47	0.96
集水榭（屋外排水路 逆止弁⑩）	2300×2250	16.61	1.03	56.32	13.5	294	0.08	0.20
集水榭（屋外排水路 逆止弁⑪）	2300×2250	17.97	1.12	60.96	13.5	294	0.09	0.21
集水榭（屋外排水路 逆止弁⑫）	2300×2250	16.15	1.01	54.78	13.5	294	0.08	0.19
集水榭（屋外排水路 逆止弁⑬）	3700×3900	71.10	2.82	112.29	13.5	294	0.21	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		
集水榭（屋外排水路 逆止弁①）	5250×4600	74.46	1.07	60.48	13.5	294	0.08	0.21
集水榭（屋外排水路 逆止弁②，③，④， ⑤，⑥）	5000×3900	51.93	1.03	43.20	13.5	294	0.08	0.15
集水榭（屋外排水路 逆止弁⑦）	3200×2200	39.38	2.12	93.85	13.5	294	0.16	0.32
集水榭（屋外排水路 逆止弁⑧-1）	3200×2000	31.78	1.71	75.73	13.5	294	0.13	0.26
集水榭（屋外排水路 逆止弁⑧-2）	3900×2300	45.79	2.20	81.77	13.5	294	0.17	0.28
集水榭（屋外排水路 逆止弁⑨）	6380×4000	171.56	5.76	212.20	13.5	294	0.43	0.73
集水榭（屋外排水路 逆止弁⑩）	2750×2300	27.14	1.69	92.06	13.5	294	0.13	0.32
集水榭（屋外排水路 逆止弁⑪）	3050×2300	27.32	1.70	92.66	13.5	294	0.13	0.32
集水榭（屋外排水路 逆止弁⑫）	2650×2300	27.10	1.69	91.90	13.5	294	0.13	0.32
集水榭（屋外排水路 逆止弁⑬）	5400×3700	102.55	4.07	161.96	13.5	294	0.31	0.56

## 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、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	せん断補強筋	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
集水桝 (屋外排水路 逆止弁①)	24N/mm <sup>2</sup>	SD345	59.70	294	0.21
集水桝 (屋外排水路 逆止弁②, ③, ④, ⑤, ⑥)	24N/mm <sup>2</sup>	SD345	57.97	294	0.20
集水桝 (屋外排水路 逆止弁⑦)	24N/mm <sup>2</sup>	SD345	0.25	0.675	0.38
集水桝 (屋外排水路 逆止弁⑧-1)	24N/mm <sup>2</sup>	SD345	0.28	0.675	0.42
集水桝 (屋外排水路 逆止弁⑧-2)	24N/mm <sup>2</sup>	SD345	0.36	0.675	0.54
集水桝 (屋外排水路 逆止弁⑨)	24N/mm <sup>2</sup>	SD345	246.85	294	0.84
集水桝 (屋外排水路 逆止弁⑩)	24N/mm <sup>2</sup>	SD345	0.20	0.675	0.30
集水桝 (屋外排水路 逆止弁⑪)	24N/mm <sup>2</sup>	SD345	0.22	0.675	0.33
集水桝 (屋外排水路 逆止弁⑫)	24N/mm <sup>2</sup>	SD345	0.19	0.675	0.29
集水桝 (屋外排水路 逆止弁⑬)	24N/mm <sup>2</sup>	SD345	0.43	0.675	0.64

注記\* : 集水桝 (屋外排水路逆止弁①~⑥, ⑨) については, せん断補強筋で負担する発生せん断応力度及びそれに対する許容限界を示す。なお, その他の集水桝については, コンクリートで評価する。

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
集水樹 (屋外排水路 逆止弁①)	24N/mm <sup>2</sup>	0.17	0.675	0.26
集水樹 (屋外排水路 逆止弁②, ③, ④, ⑤, ⑥)	24N/mm <sup>2</sup>	0.16	0.675	0.24
集水樹 (屋外排水路 逆止弁⑦)	24N/mm <sup>2</sup>	0.35	0.675	0.52
集水樹 (屋外排水路 逆止弁⑧-1)	24N/mm <sup>2</sup>	0.32	0.675	0.48
集水樹 (屋外排水路 逆止弁⑧-2)	24N/mm <sup>2</sup>	0.39	0.675	0.58
集水樹 (屋外排水路 逆止弁⑨)	24N/mm <sup>2</sup>	239.19	294	0.82
集水樹 (屋外排水路 逆止弁⑩)	24N/mm <sup>2</sup>	0.24	0.675	0.36
集水樹 (屋外排水路 逆止弁⑪)	24N/mm <sup>2</sup>	0.24	0.675	0.36
集水樹 (屋外排水路 逆止弁⑫)	24N/mm <sup>2</sup>	0.24	0.675	0.36
集水樹 (屋外排水路 逆止弁⑬)	24N/mm <sup>2</sup>	0.46	0.675	0.69

### 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①）	71.28	88.80	0.81
集水桝（屋外排水路 逆止弁②，③，④， ⑤，⑥）	53.73	91.80	0.59
集水桝（屋外排水路 逆止弁⑦）	64.46	105.40	0.62
集水桝（屋外排水路 逆止弁⑧-1）	59.59	105.40	0.57
集水桝（屋外排水路 逆止弁⑧-2）	69.12	105.40	0.66
集水桝（屋外排水路 逆止弁⑩）	40.22	108.80	0.37
集水桝（屋外排水路 逆止弁⑪）	44.35	108.80	0.41
集水桝（屋外排水路 逆止弁⑫）	38.99	108.80	0.36

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①）	88.56	155.10	0.58
集水桝（屋外排水路 逆止弁②，③，④， ⑤，⑥）	65.63	155.10	0.43
集水桝（屋外排水路 逆止弁⑦）	33.29	98.10	0.34
集水桝（屋外排水路 逆止弁⑧-1）	32.02	98.10	0.33
集水桝（屋外排水路 逆止弁⑧-2）	33.01	98.10	0.34
集水桝（屋外排水路 逆止弁⑩）	23.15	95.50	0.25
集水桝（屋外排水路 逆止弁⑪）	25.29	95.50	0.27
集水桝（屋外排水路 逆止弁⑫）	23.41	95.50	0.25

#### 9.4 接合鉄筋の支持性能評価結果

集水桝の接合鉄筋の引張応力について、接合鉄筋の短期許容応力度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 接合鉄筋の引張応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)	220.72	294	0.76

### 9.5 基礎地盤の支持性能評価結果

基礎地盤の支持性能に対する照査結果を表 9-6 に示す。

基礎地盤の支持力に対する照査を行った結果、最大接地圧が極限支持力度以下であることを確認した。

表 9-6 基礎地盤の支持性能に対する照査結果

設備名称	解析ケース	最大接地圧 (kN/m <sup>2</sup> )	極限支持力度 (kN/m <sup>2</sup> )	支持力照査値
集水樹 (屋外排水路 逆止弁⑨)	S s - N 2 - E W	194.89	2500	0.08

## 9.6 集水桝蓋の応力評価結果

集水桝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 9-7 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 9-7(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①）	集水桝蓋 (t=25mm)	4.80	210	0.03
集水桝（屋外排水 路逆止弁②，③， ④，⑤，⑥）	集水桝蓋 (t=25mm)	4.80	210	0.03
集水桝（屋外排水 路逆止弁⑦）	集水桝蓋 (t=25mm)	3.30	210	0.02
集水桝（屋外排水 路逆止弁⑧-1）	集水桝蓋 (t=25mm)	3.30	210	0.02
集水桝（屋外排水 路逆止弁⑧-2）	集水桝蓋 (t=25mm)	3.30	210	0.02
集水桝（屋外排水 路逆止弁⑨）	集水桝蓋 (t=25mm)	3.50	210	0.02
集水桝（屋外排水 路逆止弁⑩）	集水桝蓋 (t=25mm)	2.60	210	0.02
集水桝（屋外排水 路逆止弁⑪）	集水桝蓋 (t=25mm)	2.60	210	0.02
集水桝（屋外排水 路逆止弁⑫）	集水桝蓋 (t=25mm)	2.60	210	0.02
集水桝（屋外排水 路逆止弁⑬）	集水桝蓋 (t=25mm)	2.60	210	0.02

表 9-7(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①）	集水桝蓋 (t=25mm)	0.86	120	0.01
集水桝（屋外排水 路逆止弁②，③， ④，⑤，⑥）	集水桝蓋 (t=25mm)	0.71	120	0.01
集水桝（屋外排水 路逆止弁⑦）	集水桝蓋 (t=25mm)	0.25	120	0.01
集水桝（屋外排水 路逆止弁⑧-1）	集水桝蓋 (t=25mm)	0.21	120	0.01
集水桝（屋外排水 路逆止弁⑧-2）	集水桝蓋 (t=25mm)	0.27	120	0.01
集水桝（屋外排水 路逆止弁⑨）	集水桝蓋 (t=25mm)	0.54	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)	0.42	120	0.01

9.7 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 9-8 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 9-8 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①）	アンカーボルト （集水桝蓋）	3.23	35.34	0.10
集水桝（屋外排水 路逆止弁②，③， ④，⑤，⑥）	アンカーボルト （集水桝蓋）	3.13	35.34	0.09
集水桝（屋外排水 路逆止弁⑦）	アンカーボルト （集水桝蓋）	3.06	35.34	0.09
集水桝（屋外排水 路逆止弁⑧-1）	アンカーボルト （集水桝蓋）	2.26	35.34	0.07
集水桝（屋外排水 路逆止弁⑧-2）	アンカーボルト （集水桝蓋）	3.42	35.34	0.10
集水桝（屋外排水 路逆止弁⑨）	アンカーボルト （集水桝蓋）	5.96	35.34	0.17
集水桝（屋外排水 路逆止弁⑩）	アンカーボルト （集水桝蓋）	3.53	35.34	0.10
集水桝（屋外排水 路逆止弁⑪）	アンカーボルト （集水桝蓋）	3.53	35.34	0.10
集水桝（屋外排水 路逆止弁⑫）	アンカーボルト （集水桝蓋）	3.53	35.34	0.10
集水桝（屋外排水 路逆止弁⑬）	アンカーボルト （集水桝蓋）	4.63	35.34	0.14