

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-添 3-015-07改02
提出年月日	2023年5月18日

VI-3-別添 3-2-4 屋外排水路逆止弁の強度計算書

2023年5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	28
4.	構造強度評価	30
4.1	構造強度評価方法	30
4.2	荷重及び荷重の組合せ	30
4.2.1	荷重の設定	30
4.2.2	荷重の組合せ	30
4.3	許容限界	32
4.4	計算方法	34
4.4.1	屋外排水路逆止弁①, ②, ③, ④, ⑤, ⑥, ⑨, ⑬	34
4.4.2	屋外排水路逆止弁⑦, ⑧-1, ⑧-2, ⑩, ⑪, ⑫	40
4.5	計算条件	43
5.	評価結果	48
6.	集水樹の強度評価	52
6.1	集水樹の構造概要	52
6.2	評価方針	64
6.2.1	集水樹（防波壁部）	64
6.2.2	集水樹（改良地盤部）	67
6.3	適用規格・基準等	69
7.	集水樹の強度評価方法	70
7.1	評価対象部位	70
7.1.1	集水樹（防波壁部）	70
7.1.2	集水樹（改良地盤部）	70
7.2	荷重及び荷重の組合せ	70
7.2.1	荷重	70
7.2.2	荷重の組合せ	70
7.3	許容限界	72
7.3.1	集水樹	72

7.3.2	アンカー筋	72
7.3.3	接合鉄筋	73
7.3.4	基礎地盤の支持性能	73
7.3.5	集水桝蓋	74
7.3.6	アンカーボルト（集水桝蓋）	74
7.4	評価方法	75
7.4.1	集水桝（防波壁部）	75
7.4.2	集水桝（改良地盤部）	77
7.4.3	集水桝蓋の評価	78
7.4.4	アンカーボルト（集水桝蓋）の評価	79
7.5	使用材料及び材料の物性値	80
8.	集水桝の強度評価結果	81
8.1	集水桝の曲げ軸力評価結果	81
8.2	集水桝のせん断力評価結果	94
8.3	アンカー筋の支持性能評価結果	96
8.4	接合鉄筋の支持性能評価結果	98
8.5	基礎地盤の支持性能評価結果	98
8.5	集水桝蓋の応力評価結果	99
8.6	アンカーボルト（集水桝蓋）の引張力評価結果	100

## 1. 概要

本資料は、VI-3-別添 3-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の基本方針」に示すとおり、屋外排水路逆止弁が地震後の繰返しの襲来を想定した津波荷重及び余震を考慮した荷重に対し、構造部材の構造健全性を保持することを確認するものである。また、屋外排水路逆止弁が設置される集水柵は耐震重要度分類Sクラスの間接支持構造物としての機能が要求されることから、津波荷重及び余震を考慮した荷重に対して、構成する部材がおおむね弾性範囲にとどまることを確認するため、構造部材の健全性評価及び支持性能評価を行う。

## 2. 一般事項

### 2.1 配置概要

屋外排水路逆止弁の設置位置図を図 2-1 に、設置状況一覧を表 2-1 に、構造概要図を図 2-2～図 2-11 に示す。

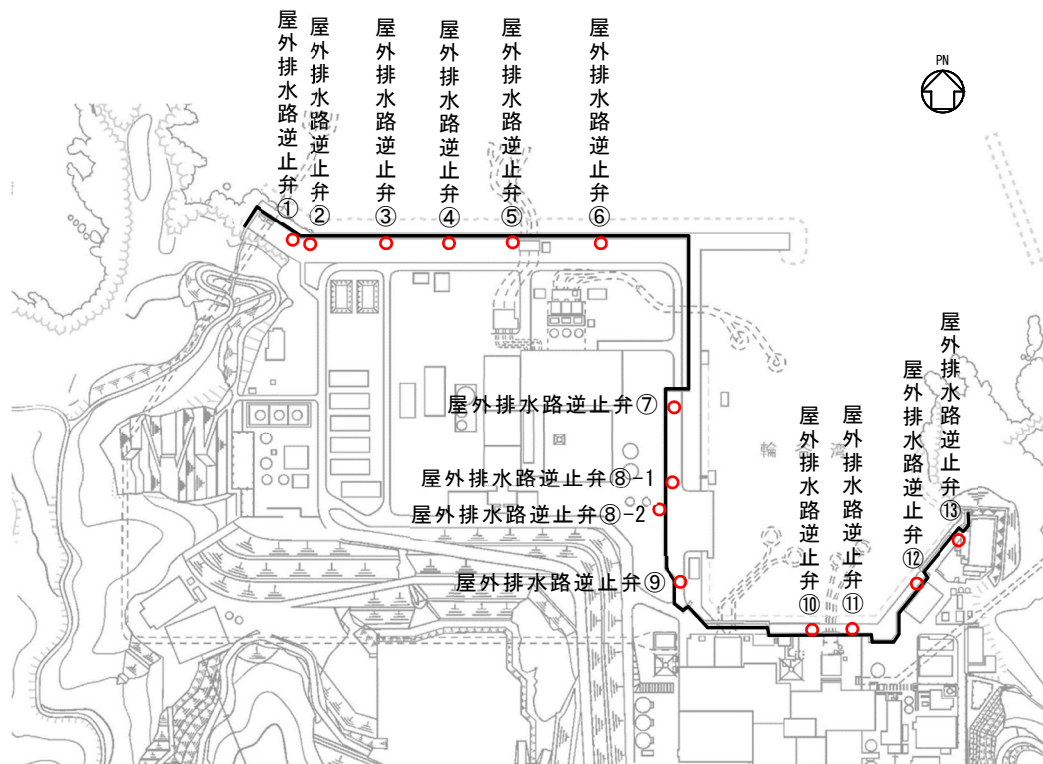


図 2-1 屋外排水路逆止弁の設置位置

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	集水榦の支持機構	
屋外排水路逆止弁①	鋼製	防波壁の敷地側の集水榦（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				
屋外排水路逆止弁⑧-1		防波壁の海側の集水榦（地中）内に設置	改良地盤が支持	
屋外排水路逆止弁⑧-2		防波壁の敷地側の集水榦（地中）内に設置		
屋外排水路逆止弁⑨			防波壁の海側の集水榦（地中）内に設置	防波壁が支持
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榦（地中）内に設置			

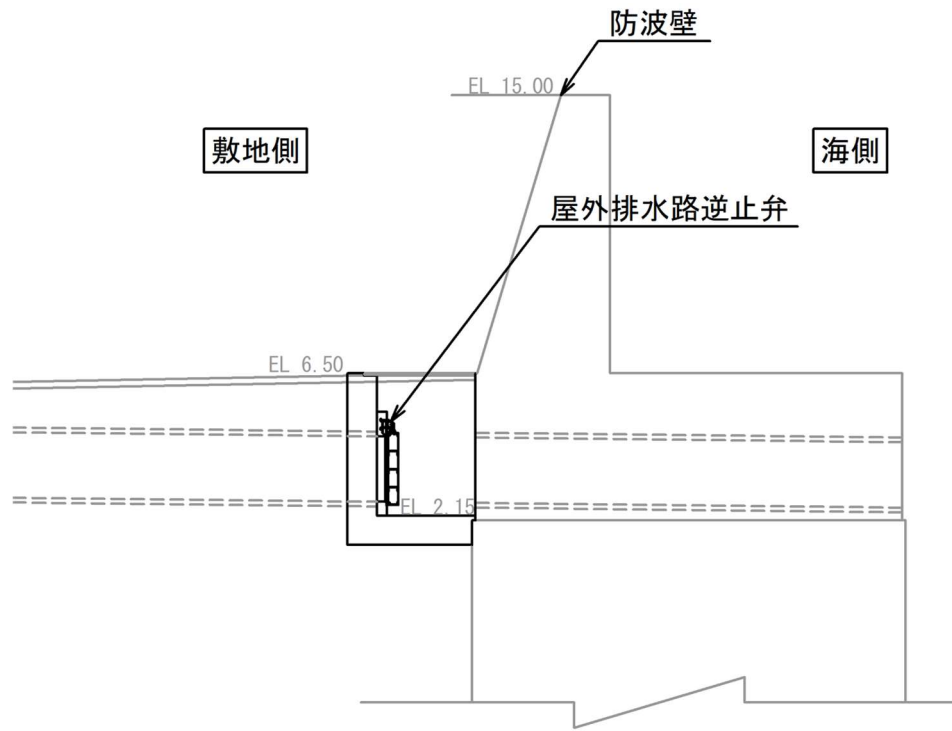


図 2-2 (1) 屋外排水路逆止弁①断面図

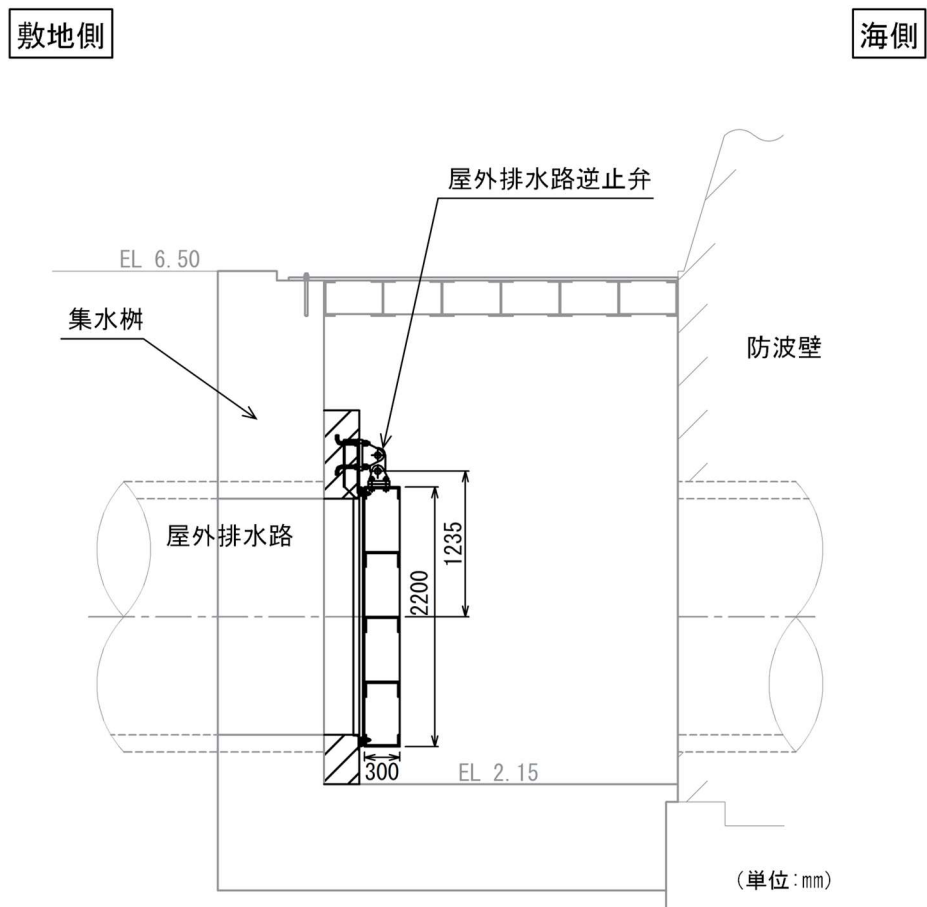


図 2-2 (2) 屋外排水路逆止弁①の構造概要図

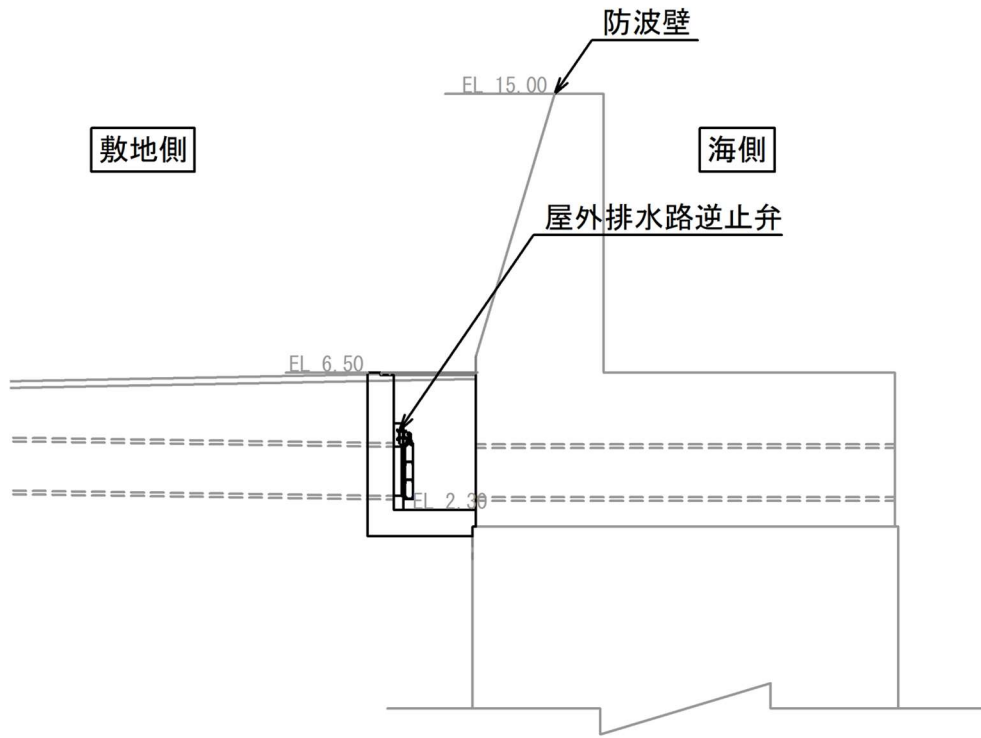


図 2-3 (1) 屋外排水路逆止弁②, ③, ④, ⑤, ⑥断面図

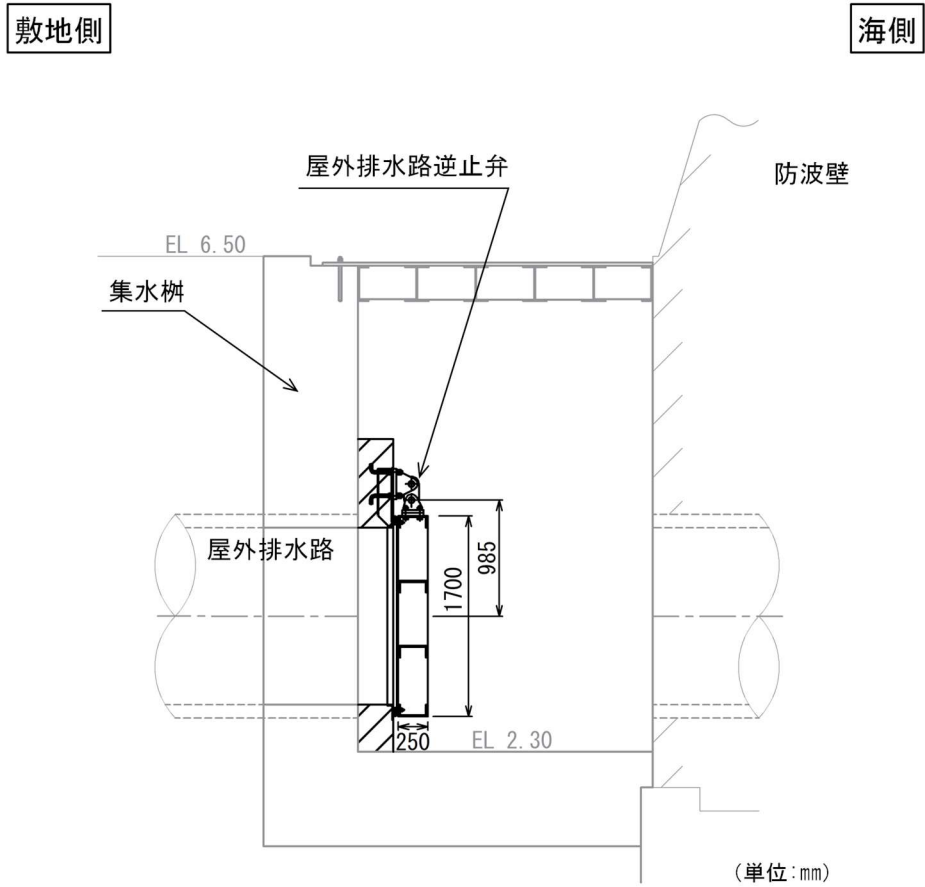


図 2-3 (2) 屋外排水路逆止弁②, ③, ④, ⑤, ⑥の構造概要図



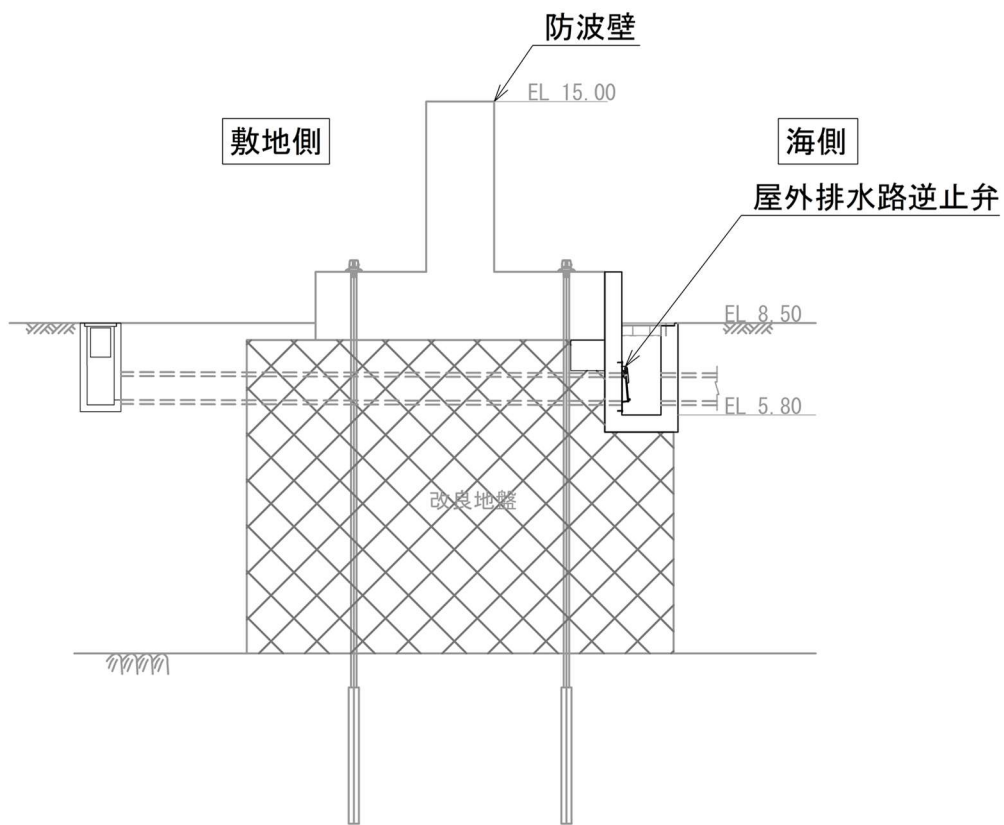
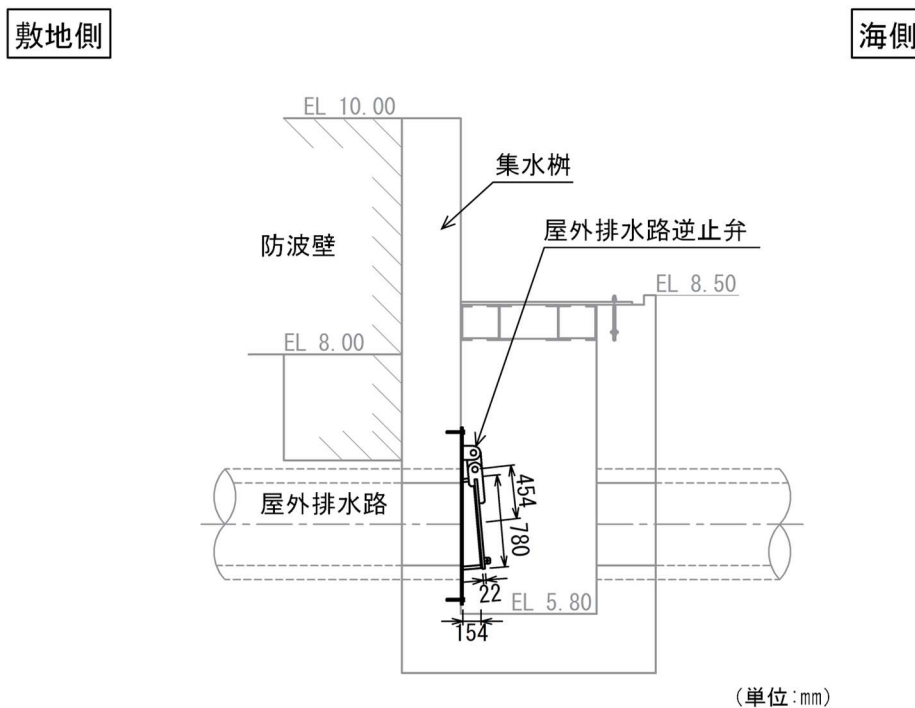


図 2-4(1) 屋外排水路逆止弁⑦断面図



(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 2-4(2) 屋外排水路逆止弁⑦の構造概要

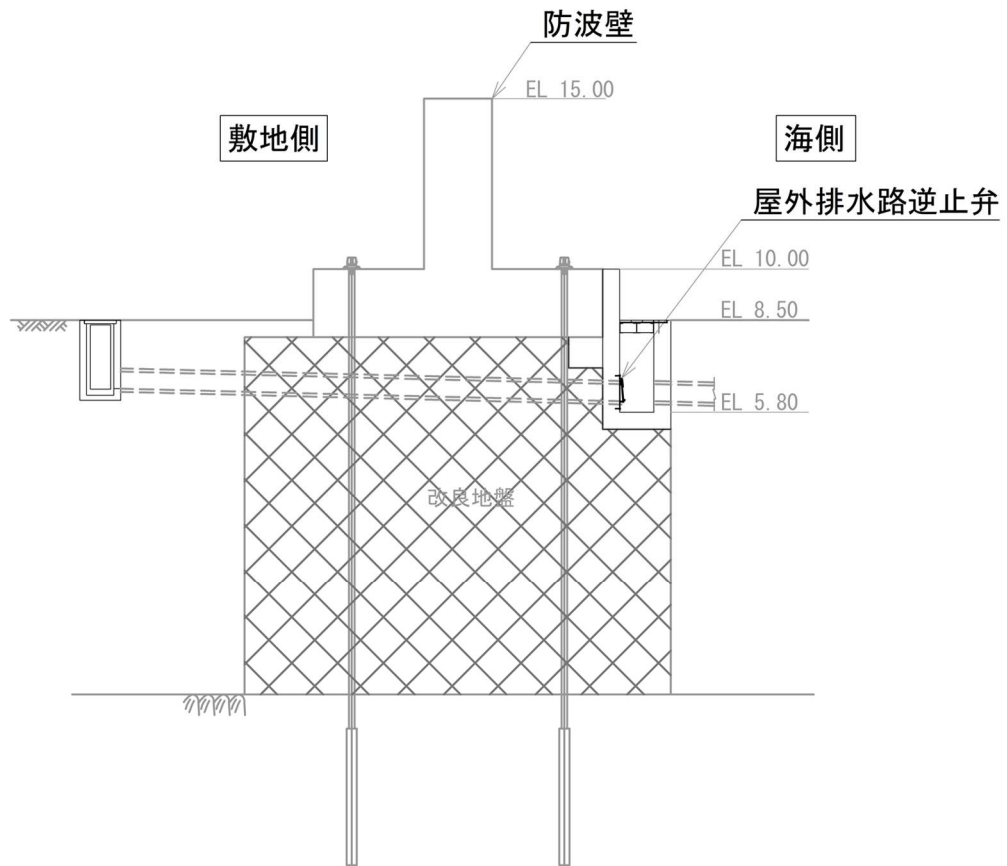
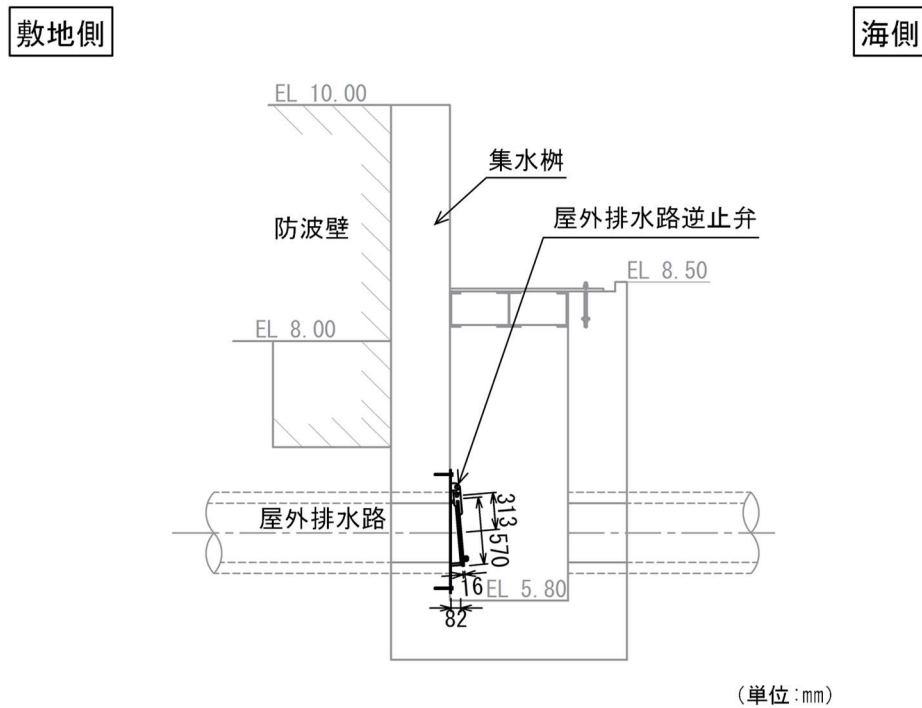


図 2-5 (1) 屋外排水路逆止弁⑧-1 断面図



(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 2-5 (2) 屋外排水路逆止弁⑧-1 の構造概要図

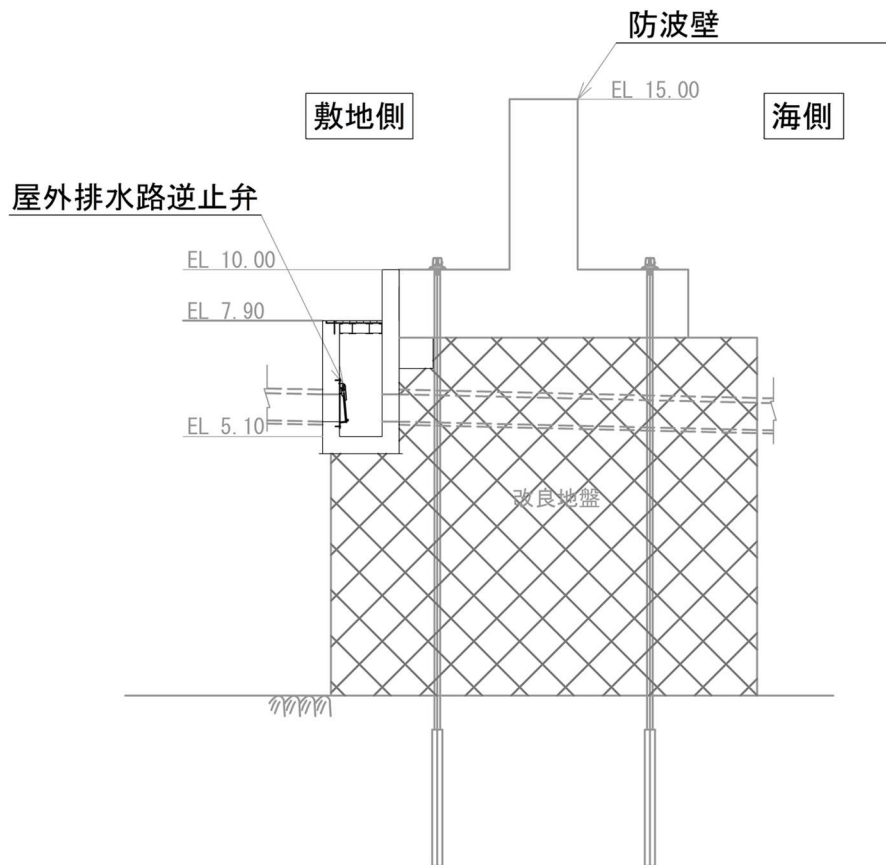
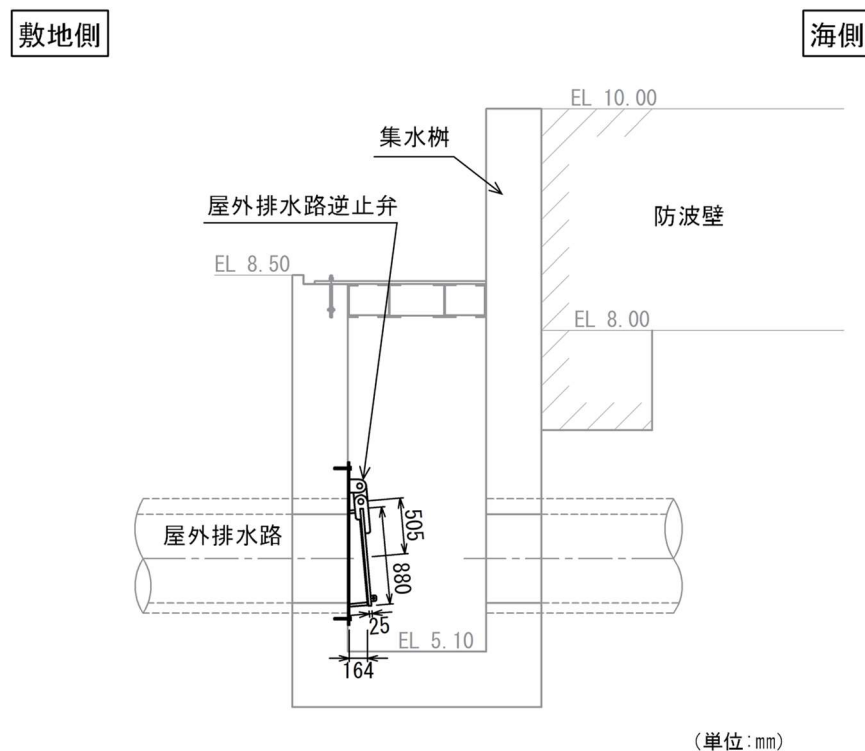


図 2-6 (1) 屋外排水路逆止弁⑧-2 断面図



(単位: mm)

注: 集水樹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

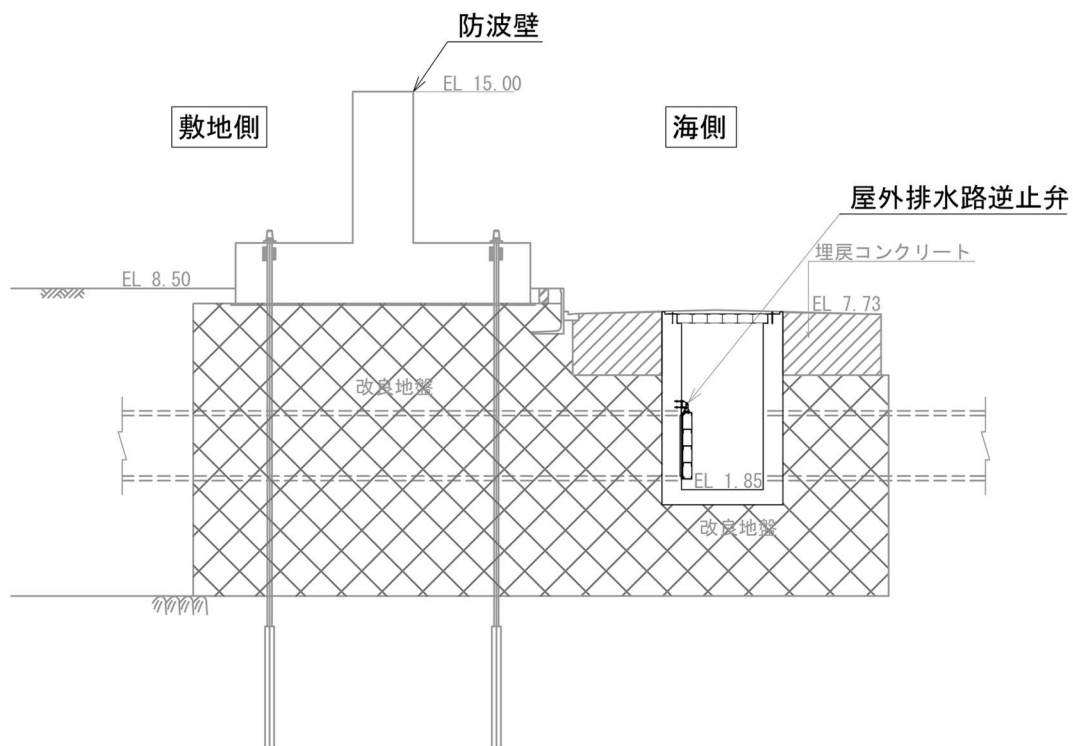


図 2-7 (1) 屋外排水路逆止弁⑨断面図

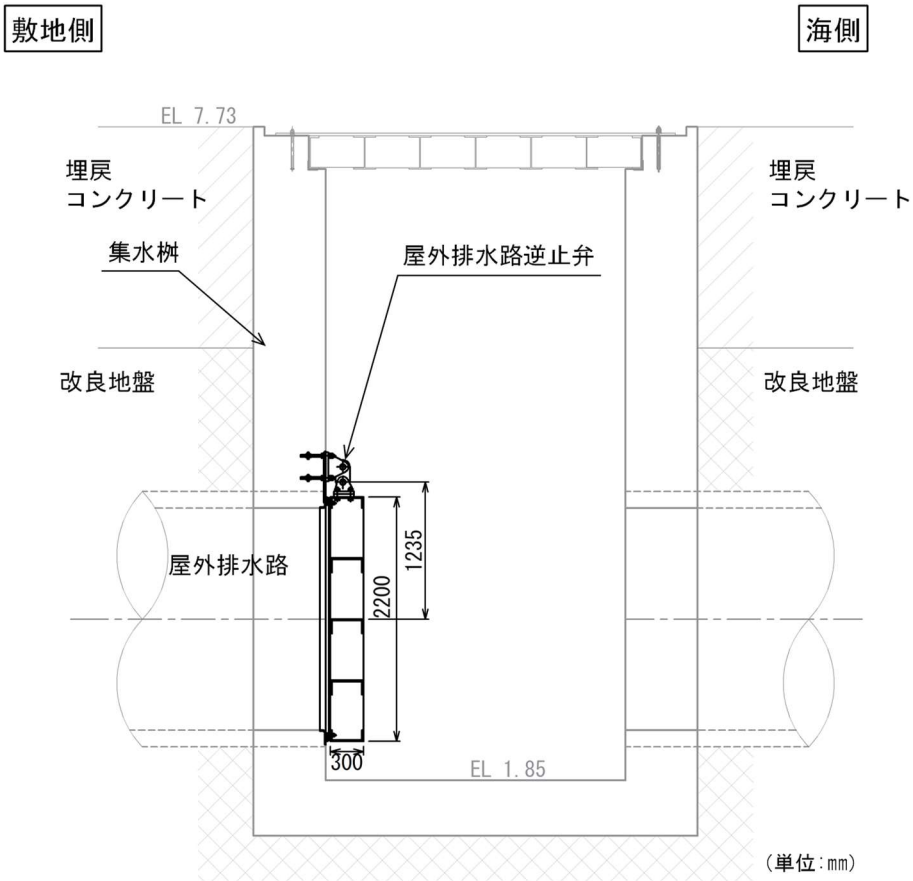


図 2-7 (2) 屋外排水路逆止弁⑨の構造概要図

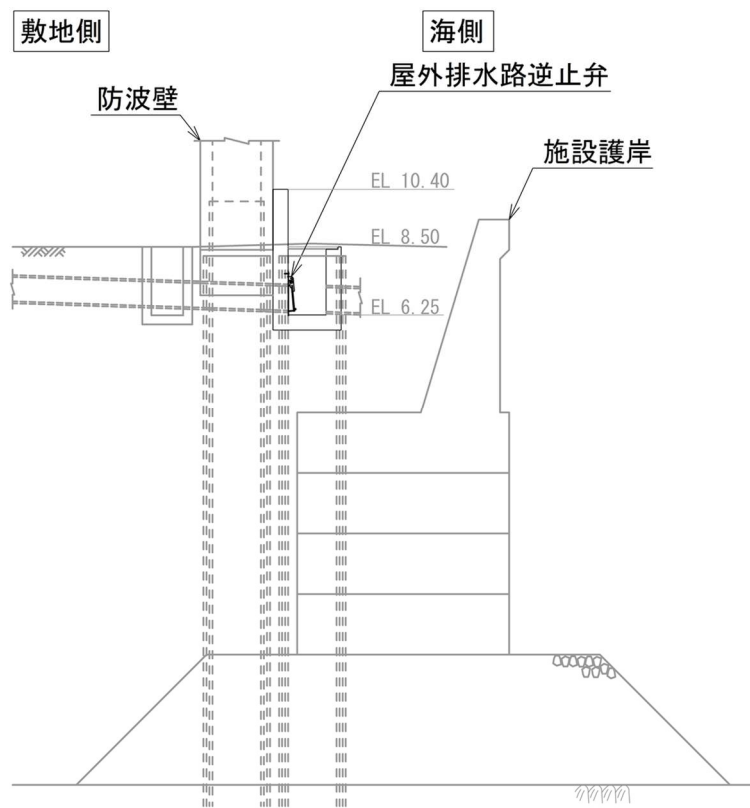
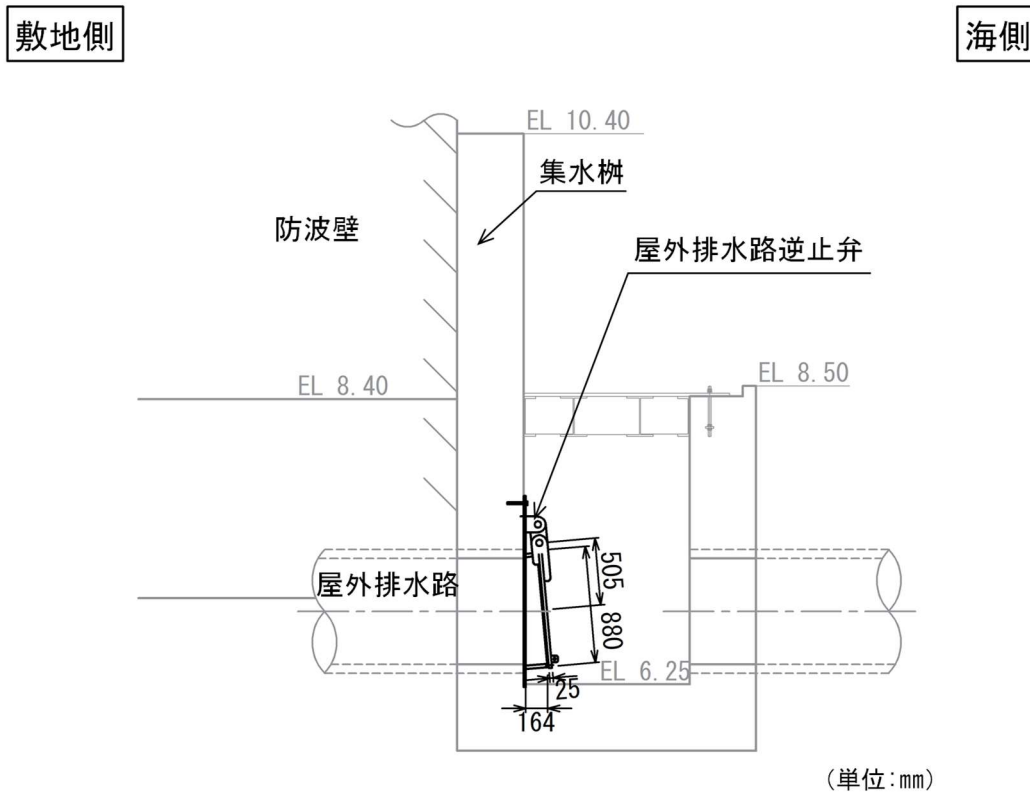


図 2-8 (1) 屋外排水路逆止弁⑩断面図



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 2-8 (2) 屋外排水路逆止弁⑩の構造概要図

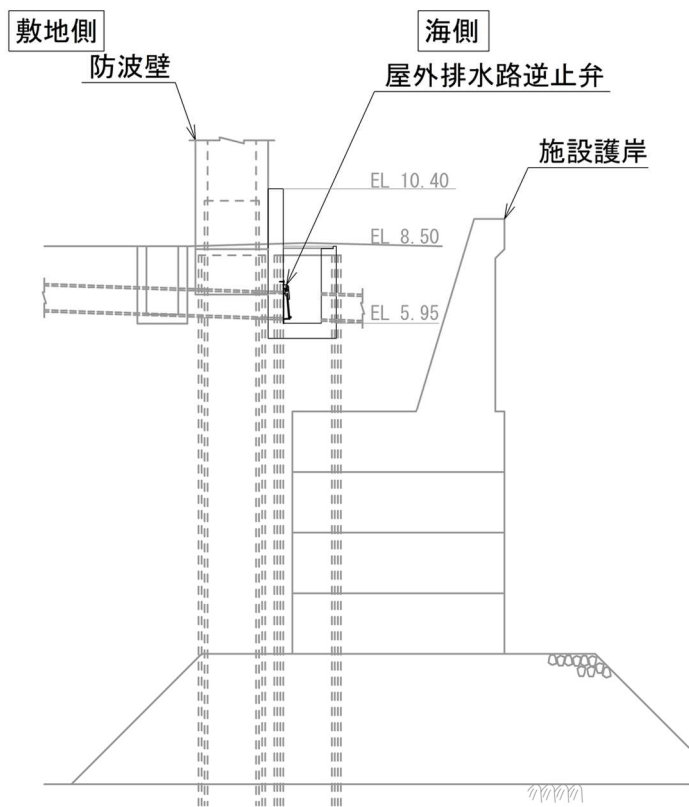
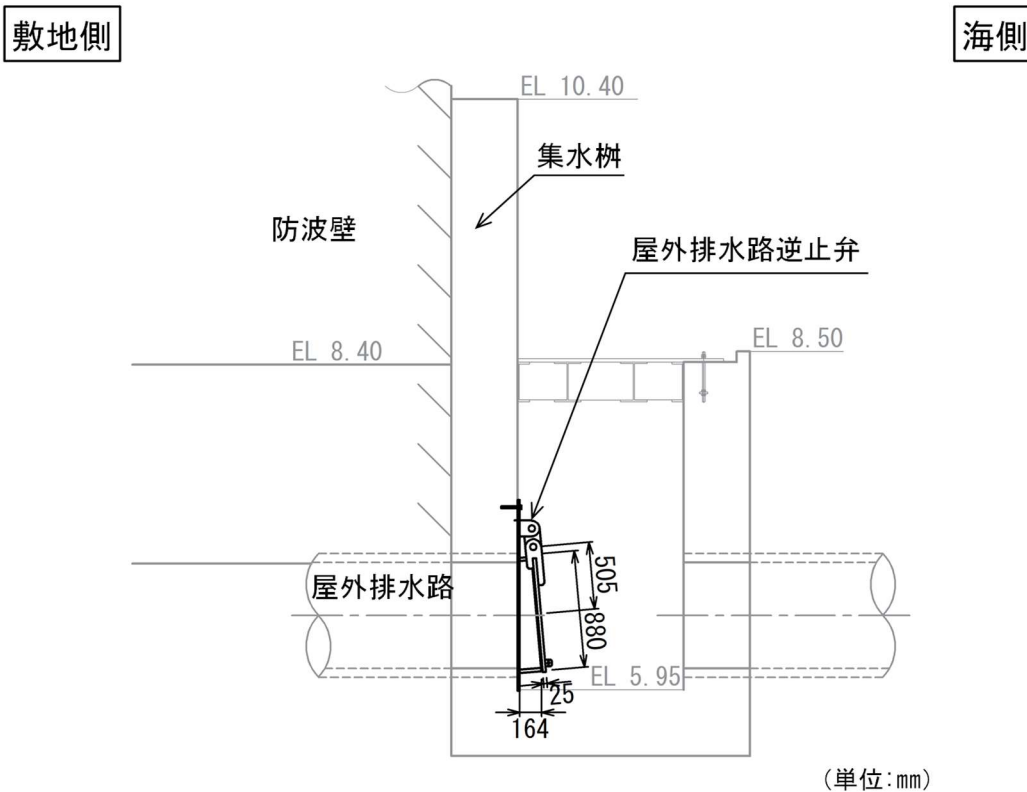


図 2-9 (1) 屋外排水路逆止弁①断面図



(単位:mm)

注：集水桝のアンカー筋固定のため EL 8.40 より下方に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

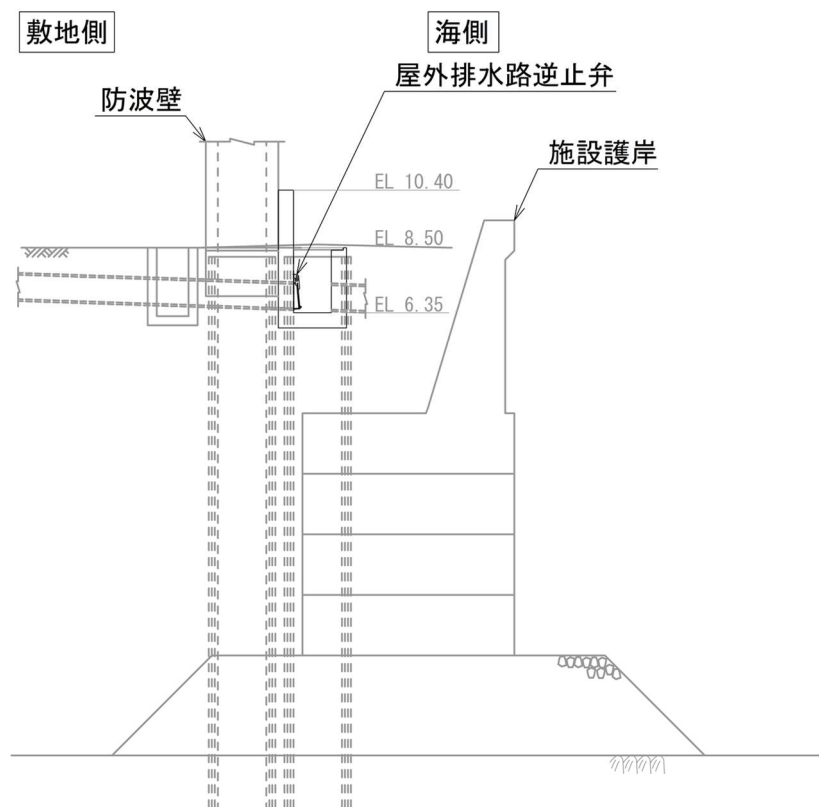
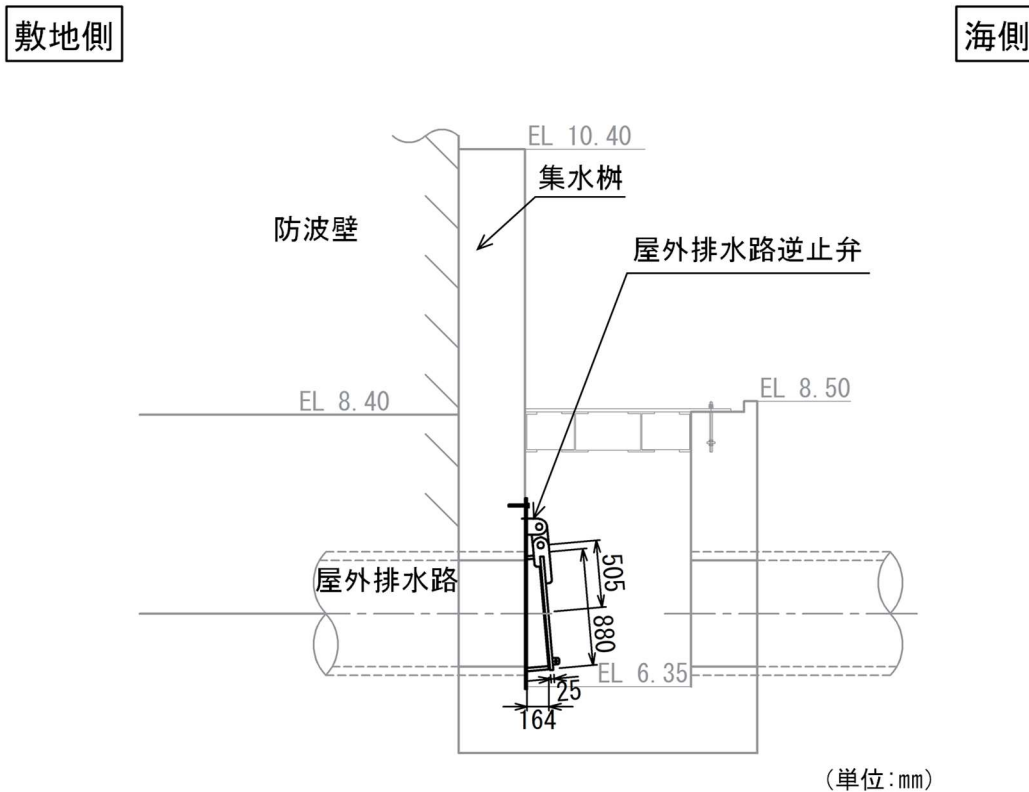


図 2-10 (1) 屋外排水路逆止弁⑫断面図



(単位: mm)

注: 集水枿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

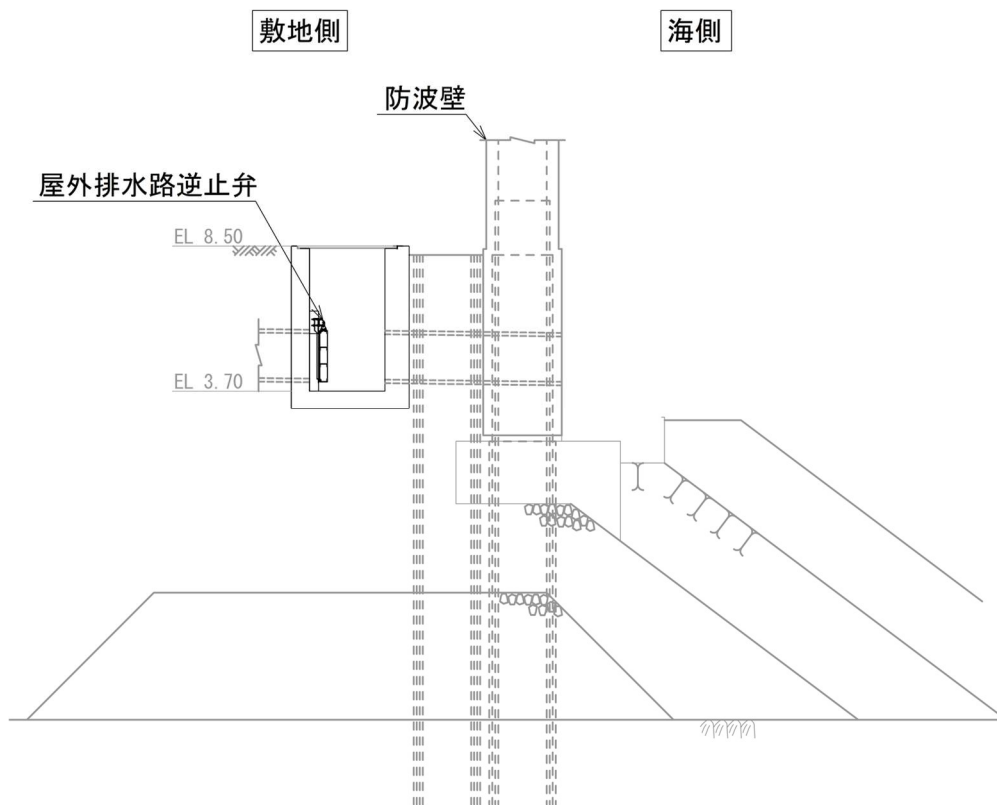
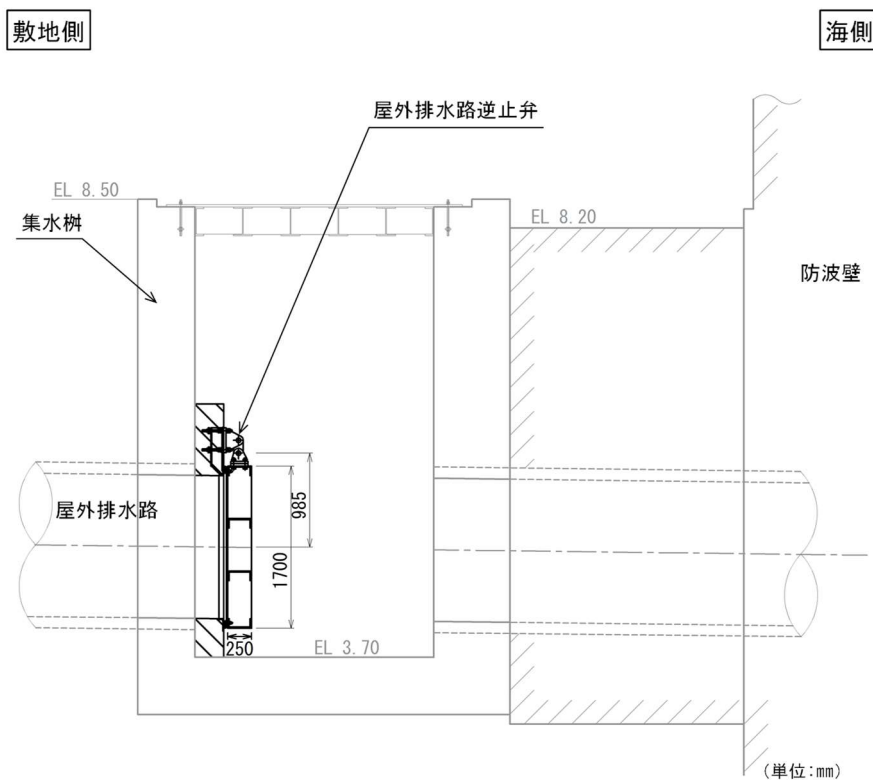


図 2-11 (1) 屋外排水路逆止弁⑬断面図



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 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。	<p>正面図</p> <p>側面図 (単位:mm)</p>

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。	

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	
スキンプレート を吊り手, 吊り ピン, 吊り金具 及びアンカーボ ルトを介して集 水柵に固定す る。	スキンプレート により構成す る。	<p>正面図</p> <p>側面図</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 水柵に固定す 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>

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。	

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枥に固定する。	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(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。	<p>正面図</p> <p>側面図</p> <p>(単位:mm)</p>

### 2.3 評価方針

屋外排水路逆止弁の強度評価は、VI-3-別添 3-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の基本方針」にて設定している荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえ、屋外排水路逆止弁の評価部位に作用する応力が許容限界以下であることを「4. 構造強度評価」に示す方法により、「4.5 計算条件」に示す計算条件を用いて評価し、「5. 評価結果」にて確認する。

屋外排水路逆止弁の強度評価フローを図 2-12 に示す。屋外排水路逆止弁の強度評価においては、その構造を踏まえ、津波及び余震に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価対象部位を設定する。強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、津波に伴う荷重作用時（以下「津波時」という。）及び津波に伴う荷重と余震に伴う荷重の作用時（以下「重畳時」という。）を考慮し、最大荷重を設定する。

島根原子力発電所の耐津波設計においては、日本海東縁部を波源とする基準津波については、波源が敷地から遠く、余震の影響が明らかに小さいことから、津波荷重と地震荷重の組合せを考慮する必要はないこととしており、海域活断層を波源とする津波については、津波荷重と地震荷重の組合せを考慮する。

強度評価に用いる津波荷重としては、日本海東縁部による設計津波水位（EL 12.6m）の津波荷重が、海域活断層による設計津波水位（EL 4.9m）の津波荷重と余震との重畳を考慮した荷重を包含することから、最大荷重となる日本海東縁部の入力津波高さによる津波荷重を考慮した評価を実施する。

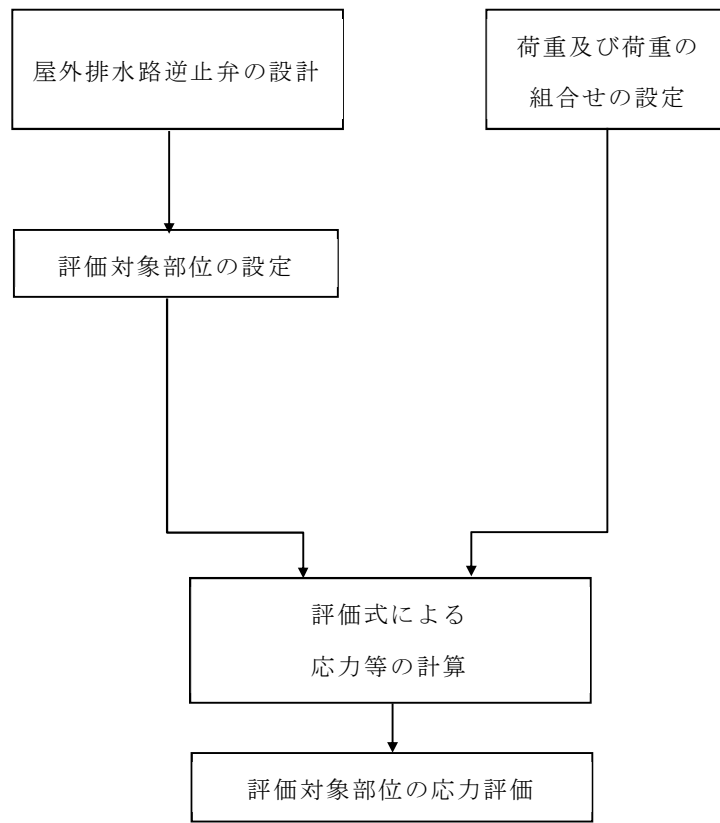


図 2-12 屋外排水路逆止弁の強度評価フロー

#### 2.4 適用規格・基準等

適用する規格，基準等を以下に示す。

- (1) 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
- (2) 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）
- (3) 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）
- (4) 機械工学便覧 基礎編（日本機械学会，1987 年）
- (5) 各種合成構造設計指針・同解説（日本建築学会，2010 年 11 月）

## 2.5 記号の説明

屋外排水路逆止弁の応力評価に用いる記号を表 2-3 に示す。

表 2-3(1) 屋外排水路逆止弁の応力評価に用いる記号(1/2)

記号	単位	定義
$\sigma_{\max}$	N/mm <sup>2</sup>	スキンプレートの最大応力度
P	N/mm <sup>2</sup>	作用単位荷重
D	mm	スキンプレートの受水径
t	mm	スキンプレートの板厚
$\sigma$	N/mm <sup>2</sup>	戸当りの支圧応力度
$P_1$	N	戸当りへ作用する荷重
$b_w$	mm	戸当りの幅
$\sigma_c$	N/mm <sup>2</sup>	コンクリートの支圧応力度
$b_f$	mm	コンクリート支圧幅
$\tau_c$	N/mm <sup>2</sup>	コンクリートのせん断応力度
$L_1$	mm	屋外排水路内径より戸当りアンカー板端面までの距離
$\sigma_s$	N/mm <sup>2</sup>	スキンプレートの応力度
a	mm	スキンプレートの区画の短辺
b	mm	スキンプレートの区画の長辺
k	—	b/a による形状係数
p	N/mm <sup>2</sup>	作用水圧荷重
$t_s$	mm	スキンプレートの板厚
$\alpha$	—	応力の補正係数
$M_G$	N・mm	主桁に作用する曲げモーメント
$S_G$	N	主桁に作用するせん断力
W	kN/m	主桁の分担荷重
L	mm	主桁の支点間隔
B	mm	扉体の受圧幅
$\sigma_G$	N/mm <sup>2</sup>	主桁の曲げ応力度
$Z_g$	mm <sup>3</sup>	主桁の断面係数
$\tau_G$	N/mm <sup>2</sup>	主桁のせん断応力度
$A_g$	mm <sup>2</sup>	主桁のウェブ断面積
$\sigma_g$	N/mm <sup>2</sup>	主桁の合成応力度

表 2-3(2) 屋外排水路逆止弁の応力評価に用いる記号(2/2)

$M_i$	$N \cdot mm$	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
$A_i$	$mm^2$	補助縦桁のウェブ断面積
$\sigma_i$	$N/mm^2$	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
$p_i$	$N/mm^2$	扉体最下部作用荷重
$b_k$	$mm$	底面フランジの幅
$L_{\ell 1}$	$mm$	コンクリート面より底面フランジ端面までの深さ
$L_{\ell 2}$	$mm$	堰柱側面より底面フランジ端面までの深さ

### 3. 評価対象部位

屋外排水路逆止弁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，吊り手，吊りピン及び吊り金具），固定部（吊り手，吊りピン，吊り金具，戸当り及びアンカーボルト）で，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る。

津波による荷重の作用時には屋外排水路逆止弁は外水圧により閉じる構造となっており，吊り金具，吊り手，吊りピン，及びアンカーボルトには津波荷重による引張荷重は作用しない。

上記を踏まえ，屋外排水路逆止弁①，②，③，④，⑤，⑥，⑨，⑬の強度評価においては，スキンプレート，集水桝（戸当り部コンクリート），主桁及び補助縦桁を評価対象部位に選定する。屋外排水路逆止弁⑦，⑧-1，⑧-2，⑩，⑪，⑫の強度評価においては，スキンプレート，戸当り，集水桝（戸当り部コンクリート）を評価対象部位に選定する。

屋外排水路逆止弁の評価対象部位を図 3-1 に示す。

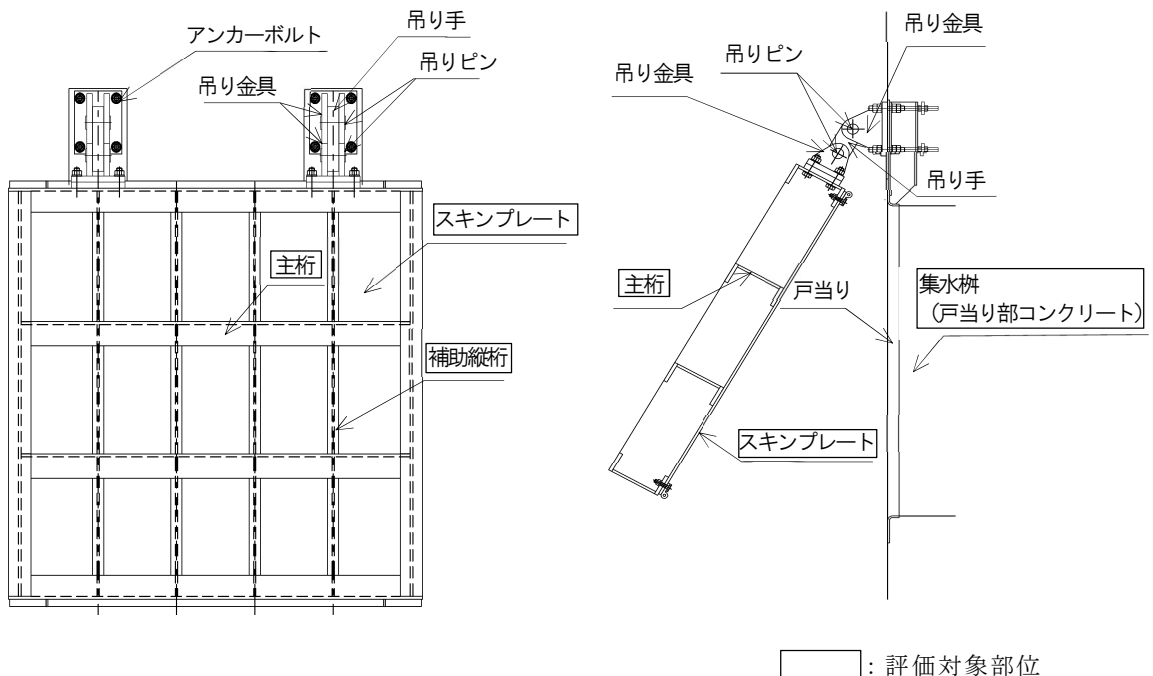


図 3-1(1) 屋外排水路逆止弁の評価対象部位（①，②，③，④，⑤，⑥，⑨，⑬）

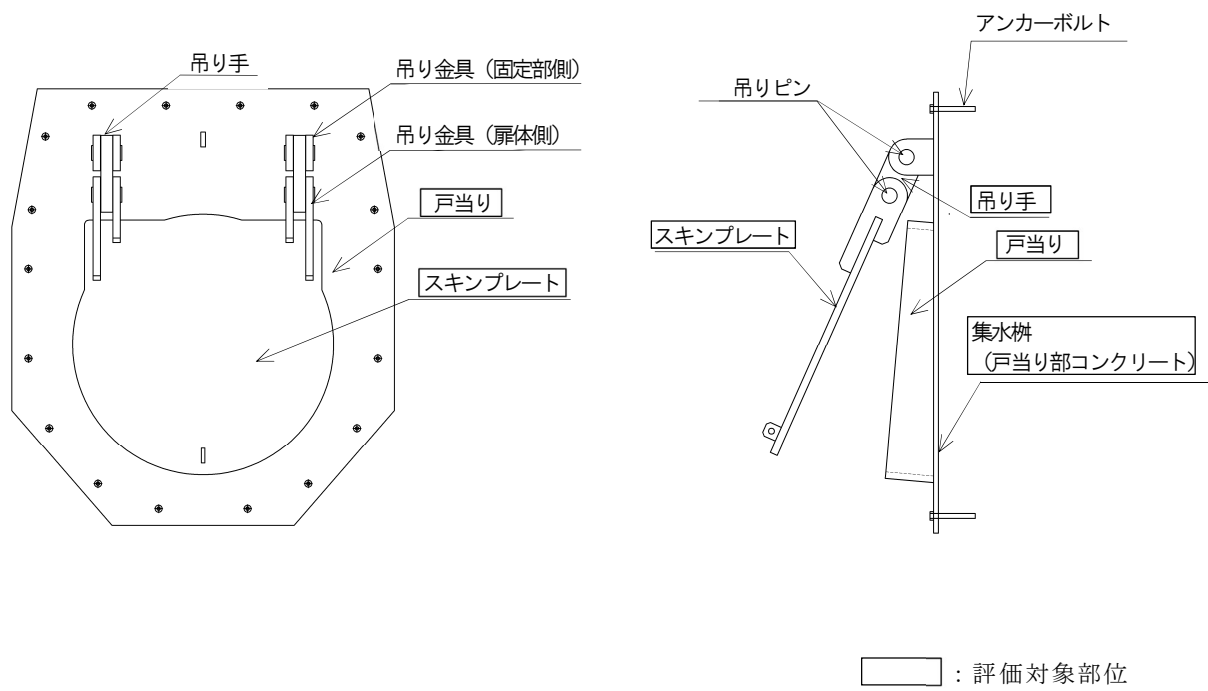


図 3-1(2) 屋外排水路逆止弁の評価対象部位 (⑦, ⑧-1, ⑧-2, ⑩, ⑪, ⑫)



#### 4. 構造強度評価

##### 4.1 構造強度評価方法

屋外排水路逆止弁の強度評価は、VI-3-別添 3-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の基本方針」にて設定している荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえて「3. 評価対象部位」にて設定する評価部位に作用する応力等が「4.3 許容限界」にて示す許容限界以下であることを確認する。

##### 4.2 荷重及び荷重の組合せ

強度計算に用いる荷重及び荷重の組合せは、VI-3-別添 3-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の基本方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」にて示している荷重及び荷重の組合せを踏まえて設定する。

###### 4.2.1 荷重の設定

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

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

###### (1) 固定荷重 (G)

固定荷重として、扉体自重を考慮する。

###### (2) 津波荷重 ( $P_h$ )

津波荷重として、屋外排水路逆止弁の設置位置における設置高さ及び浸水深さを考慮して静水圧荷重を算定する。

###### 4.2.2 荷重の組合せ

屋外排水路逆止弁の設計に考慮する荷重の組合せを表 4-1 に示す。

表 4-1(1) 荷重の組合せ

区分	荷重の組合せ
津波時	$G + P_h$

G : 固定荷重

$P_h$  : 津波荷重

表 4-1(2) 荷重の組合せ

種別		荷重		算定方法
永久 荷重	常時考 慮荷重	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	—	対象構造物に作用する機器・配管はないため考慮しない。
		土被り荷重	—	土被りはないため考慮しない。
		積載荷重	—	積載荷重は考慮しない。
	静止土圧		—	静止土圧は考慮しない。
	外水圧		—	外水圧は考慮しない。
	内水圧		—	内水はないため考慮しない。
	積雪荷重		—	積雪荷重は考慮しない。
	風荷重		—	風荷重は考慮しない。
偶発 荷重	静水圧		○	津波時の浸水深さによる静水圧を考慮する。
	衝突荷重		—	漂流物の衝突は考慮しない。

### 4.3 許容限界

屋外排水路逆止弁の各評価対象部位の許容限界は、評価対象部位毎に「ダム・堰施設技術基準（案）（基準解説編・設備計画マニュアル編）（ダム・堰施設技術協会，平成 28 年 3 月）」に規定される短期許容応力度を用いる。

屋外排水路逆止弁の許容限界を表 4-2 に示す。

なお、津波後の再使用性を想定し、当該構造物全体の変形能力に対して浸水防護機能として十分な余裕を有するよう、評価対象部位が弾性域内に収まることを基本とする。

表 4-2(1) 屋外排水路逆止弁の許容限界  
(屋外排水路逆止弁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 $\sigma_{as}^{*1}$	合成
スキンプレート	SUS316L	135	-	-	-	-
主桁	SUS316L	135	-	75	-	148.5
補助縦桁*2 [屋外排水路逆止弁 (①, ⑨)]	SUS316L	135	135	75	117.5	148.5
補助縦桁*2 [屋外排水路逆止弁 (②, ③, ④, ⑤, ⑥, ⑬)]					116.1	
集水桁 (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 : 主桁及び補助縦桁に用いる構造用鋼材の許容曲げ圧縮応力度は「ダム・堰施設技術基準（案）（基準解説編・設備計画マニュアル編）（ダム・堰施設技術協会，平成 28 年 3 月）」に基づき、許容曲げ応力度横倒れ座屈に対する配慮として許容応力の低減を考慮する。

表 4-2(2) 屋外排水路逆止弁の許容限界  
 (屋外排水路逆止弁⑦, ⑧-1, ⑧-2, ⑩, ⑪, ⑫)

評価対象部位	材質	短期許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> )			
		曲げ $\sigma_{ab}^*$	引張 $\sigma_{at}^*$	せん断 $\tau_a^*$	支圧 $\sigma_{as}^*$
スキンプレート	SUS316L	135	-	-	-
戸当り	SUS316L	-	-	-	202.5
集水枒 (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。

#### 4.4 計算方法

各評価対象部位に加わる応力等の算出式を以下にまとめる。

##### 4.4.1 屋外排水路逆止弁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4-1に示す。

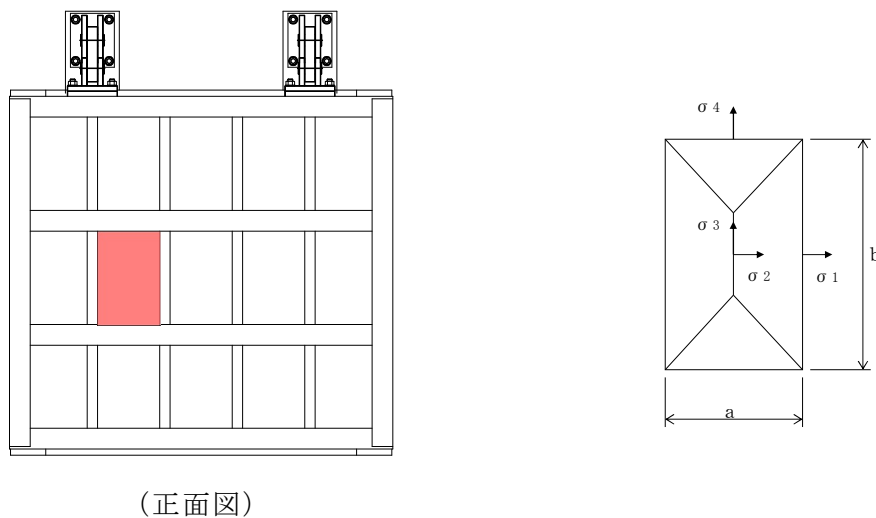


図4-1 スキンプレートのモデル図

スキンプレートの最大応力度算定式を以下に示す。

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

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

## (2) 主桁

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

主桁のモデル図を図 4-2 に示す。

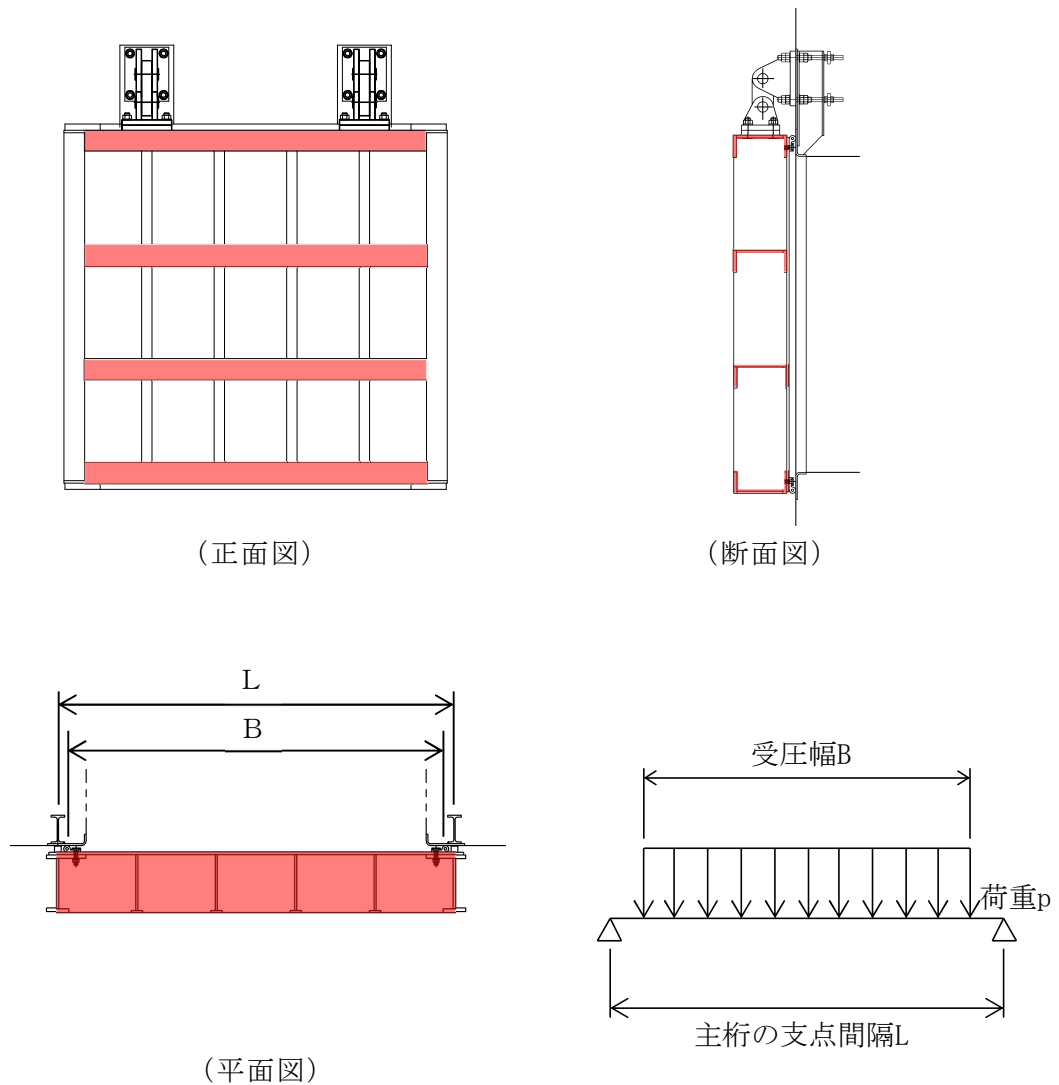


図 4-2 主桁のモデル図

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 (kN/m)

$L$  : 主桁の支点間隔 (mm)

$B$  : 扉体の受圧幅 (mm)

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

$Z_g$  : 主桁の断面係数 (mm<sup>3</sup>)

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

$A_g$  : 主桁のウェブ断面積 (mm<sup>2</sup>)

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

## (3) 補助縦桁

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

補助縦桁のモデル図を図 4-3 に示す。

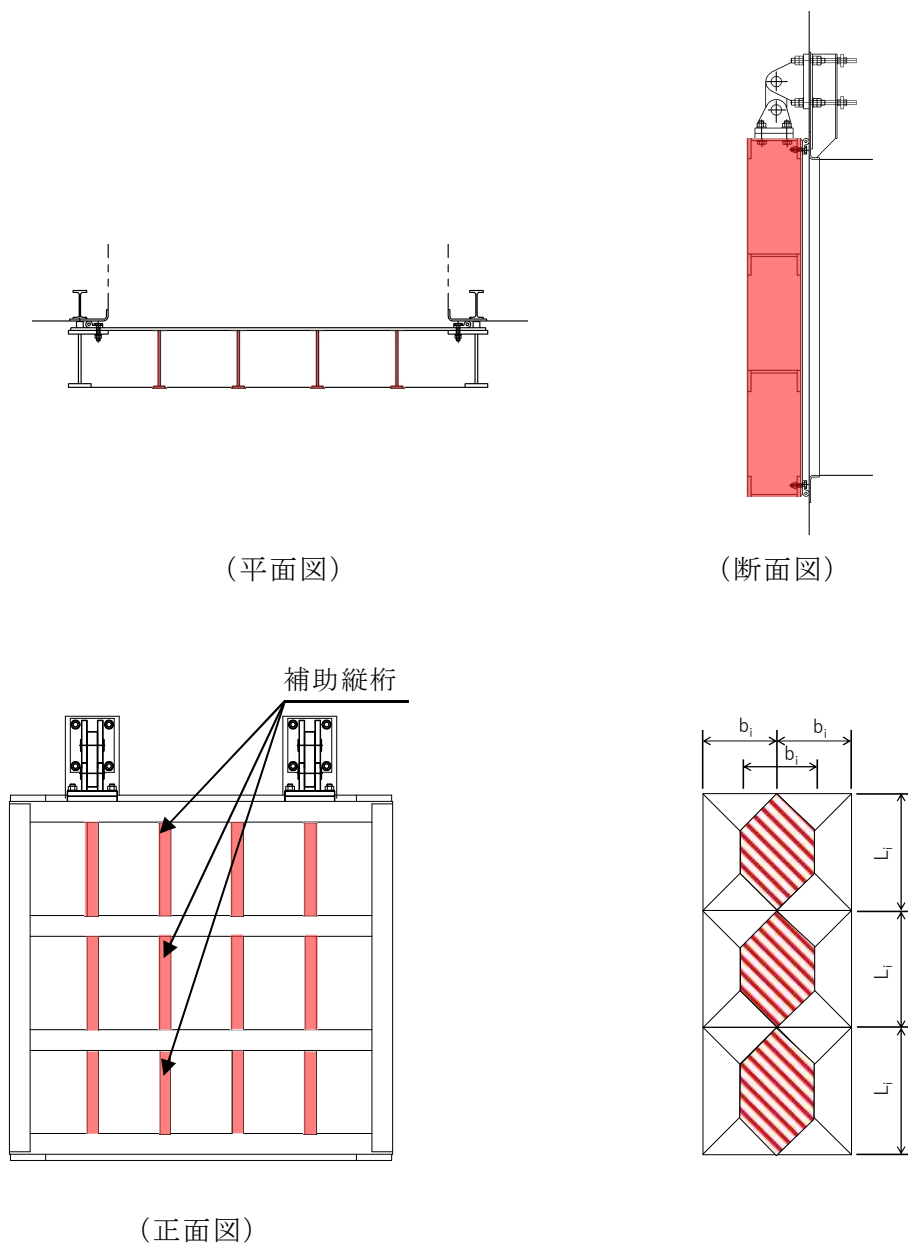


図 4-3 補助縦桁のモデル図



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)

$p$  : 作用水圧荷重 (N/mm<sup>2</sup>)

$L_i$  : 主桁間隔 (mm)

$b_i$  : 補助縦桁間隔 (mm)

$S_I$  : 補助縦桁に作用するせん断力 (N)

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

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

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

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

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

$A_i$  : 補助縦桁のウェブ断面積 (N/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) 集水桷(戸当り部コンクリート)

集水桷(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。

集水桷(戸当り部コンクリート)のモデル図を図4-4に示す。

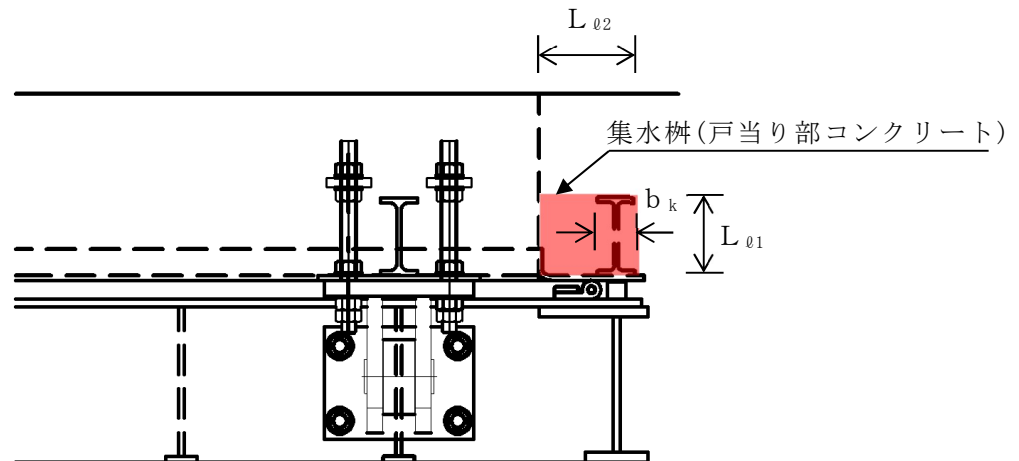


図4-4 集水桷(戸当り部コンクリート)のモデル図

集水桷(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)

$\tau_L$  : コンクリートのせん断応力度 (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)

## 4.4.2 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円盤周辺単純支持等分布荷重による最大曲げ応力が許容限界以下であることを確認する。

スキンプレートのモデル図を図4-5に示す。

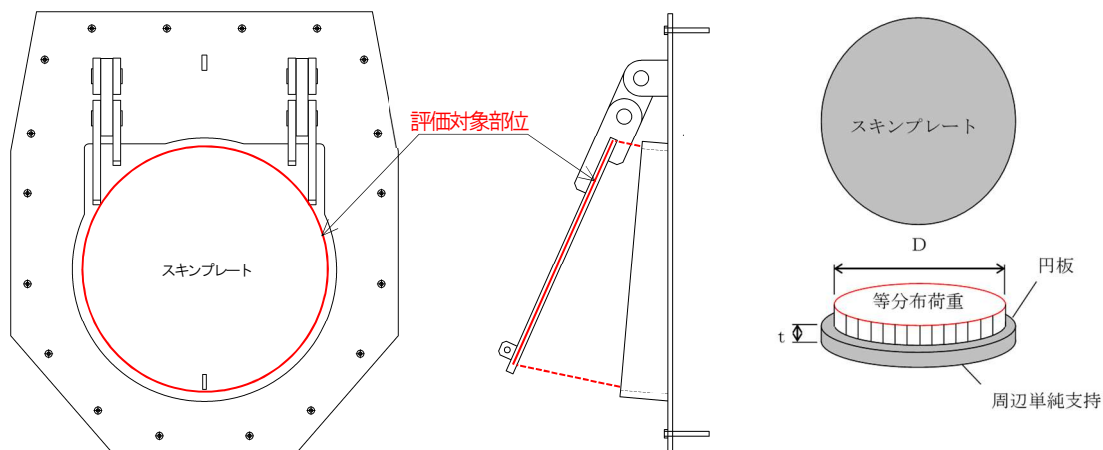


図4-5 スキンプレートのモデル図

スキンプレートの最大応力度算定式を以下に示す。

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

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

P : 作用単位荷重 (N/mm<sup>2</sup>)

D : スキンプレートの受水径 (mm)

t : スキンプレートの板厚 (mm)

## (2) 戸当り

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

戸当りのモデル図を図 4-6 に示す。

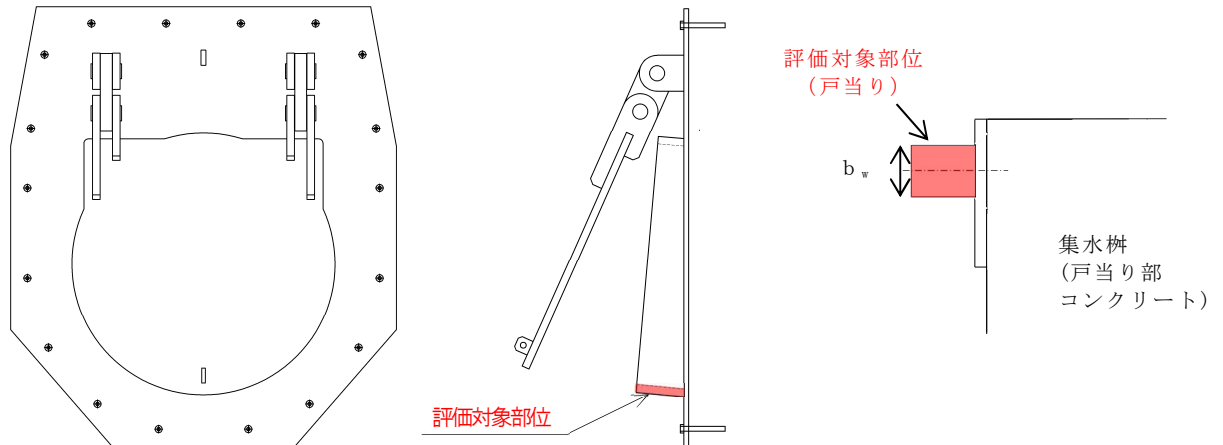


図 4-6 戸当りのモデル図

戸当りの最大応力度算定式を以下に示す。

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

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

$P_1$  : 戸当りへ作用する荷重 (N)

$b_w$  : 戸当りの幅 (mm)

$D$  : スキンプレートの受水径 (mm)

## (3) 集水桝(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4-7に示す。

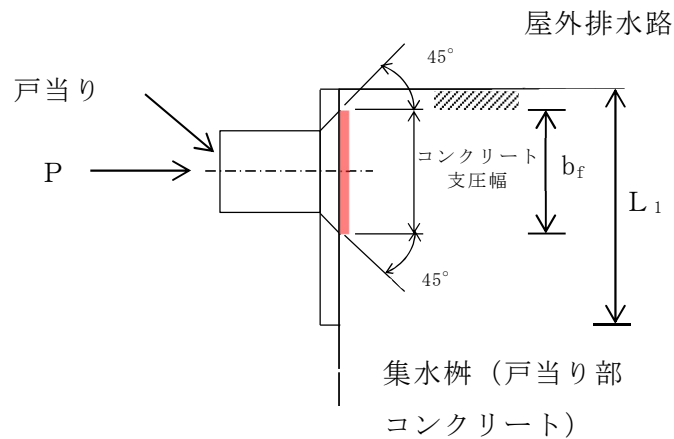


図4-7 集水桝(戸当り部コンクリート)のモデル図

集水桝(戸当り部コンクリート)の最大応力度算定式を以下に示す。

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

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

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

$P_1$  : 戸当りへ作用する荷重 (N)

$b_f$  : コンクリート支圧幅 (mm)

$D$  : スキンプレートの受水径 (mm)

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

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

#### 4.5 計算条件

屋外排水路逆止弁の応力計算に用いる計算条件を表4-3に示す。

なお、屋外排水路逆止弁⑩、⑪及び⑫については、同一の構造であり、設置深さが最も深い⑩を代表として計算を行う。

表4-3(1) 応力評価に用いる計算条件（屋外排水路逆止弁⑩）

対象部位	記号	単位	定義	数値
スキンプレート	k	—	b/aによる形状係数	45.0
	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
	p	N/mm <sup>2</sup>	作用水圧荷重	0.1028
	t <sub>s</sub>	mm	スキンプレートの板厚	12
	α	—	応力の補正係数	0.8
主桁	W	kN/m	主桁の分担荷重	54.955
	L	mm	主桁の支点間隔	2250
	B	mm	扉体の受圧幅	2200
	Z <sub>g</sub>	mm <sup>3</sup>	主桁の断面係数	688100
	A <sub>g</sub>	mm <sup>2</sup>	主桁のウェブ断面積	3216
補助縦桁	L <sub>i</sub>	mm	主桁間隔	550
	b <sub>i</sub>	mm	補助縦桁間隔	375
	Z <sub>ix</sub>	mm <sup>3</sup>	補助縦桁の断面係数（引張）	161976
	Z <sub>iy</sub>	mm <sup>3</sup>	補助縦桁の断面係数（圧縮）	204734
	A <sub>i</sub>	mm <sup>2</sup>	補助縦桁のウェブ断面積	2619
集水柵 (戸当り部コンクリート)	b <sub>k</sub>	mm	底面フランジの幅	60
	L <sub>ℓ1</sub>	mm	コンクリート面より底面フランジ端面までの深さ	133
	L <sub>ℓ2</sub>	mm	堰柱側面より底面フランジ端面までの深さ	155

表 4-3(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）

対象部位	記号	単位	定義	数値
スキンプレート	k	—	b/a による形状係数	48.0
	a	mm	スキンプレートの区画の短辺	350
	b	mm	スキンプレートの区画の長辺	600
	p	N/mm <sup>2</sup>	作用水圧荷重	0.1010
	t <sub>s</sub>	mm	スキンプレートの板厚	12
	α	—	応力の補正係数	0.8
主桁	W	kN/m	主桁の分担荷重	56.430
	L	mm	主桁の支点間隔	1750
	B	mm	扉体の受圧幅	1700
	Z <sub>g</sub>	mm <sup>3</sup>	主桁の断面係数	433900
	A <sub>g</sub>	mm <sup>2</sup>	主桁のウェブ断面積	2616
補助縦桁	L <sub>i</sub>	mm	主桁間隔	600
	b <sub>i</sub>	mm	補助縦桁間隔	350
	Z <sub>ix</sub>	mm <sup>3</sup>	補助縦桁の断面係数（引張）	114964
	Z <sub>iy</sub>	mm <sup>3</sup>	補助縦桁の断面係数（圧縮）	151107
	A <sub>i</sub>	mm <sup>2</sup>	補助縦桁のウェブ断面積	2169
集水枳 （戸当り 部コンク リート）	b <sub>k</sub>	mm	底面フランジの幅	60
	L <sub>ℓ1</sub>	mm	コンクリート面より底面フランジ端面までの深さ	133
	L <sub>ℓ2</sub>	mm	堰柱側面より底面フランジ端面までの深さ	155

表 4-3(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	D	mm	スキンプレートの受水径	740
	t	mm	スキンプレートの板厚	22
スキンプレート	P	N/mm <sup>2</sup>	作用単位荷重	0.065
戸当り	P <sub>1</sub>	N	戸当りへ作用する荷重	27883.2
	b <sub>w</sub>	mm	戸当りの幅	25
集水枳 （戸当り 部コンク リート）	b <sub>f</sub>	mm	コンクリート支圧幅	57
	L <sub>1</sub>	mm	有効径内径より戸当りアンカー板端面までの距離	120

表 4-3(4) 応力評価に用いる計算条件（屋外排水路逆止弁⑧-1）

対象部位	記号	単位	定義	数値
共通	D	mm	スキンプレートの受水径	530
	t	mm	スキンプレートの板厚	16
スキンプレート	P	N/mm <sup>2</sup>	作用単位荷重	0.066
戸当り	P <sub>1</sub>	N	戸当りへ作用する荷重	14501.4
	b <sub>w</sub>	mm	戸当りの幅	19
集水枳 (戸当り部コンクリート)	b <sub>f</sub>	mm	コンクリート支圧幅	37
	L <sub>1</sub>	mm	有効径内径より戸当りアンカー板端面までの距離	110

表 4-3(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	D	mm	スキンプレートの受水径	840
	t	mm	スキンプレートの板厚	25
スキンプレート	P	N/mm <sup>2</sup>	作用単位荷重	0.072
戸当り	P <sub>1</sub>	N	戸当りへ作用する荷重	39684.1
	b <sub>w</sub>	mm	戸当りの幅	25
集水枳 (戸当り部コンクリート)	b <sub>f</sub>	mm	コンクリート支圧幅	57
	L <sub>1</sub>	mm	有効径内径より戸当りアンカー板端面までの距離	120



表 4-3(6) 応力評価に用いる計算条件 (屋外排水路逆止弁⑨)

対象部位	記号	単位	定義	数値
スキンプレート	k	—	b/a による形状係数	45.0
	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
	p	N/mm <sup>2</sup>	作用水圧荷重	0.1058
	t <sub>s</sub>	mm	スキンプレートの板厚	12
	α	—	応力の補正係数	0.8
主桁	W	kN/m	主桁の分担荷重	56.661
	L	mm	主桁の支点間隔	2250
	B	mm	扉体の受圧幅	2200
	Z <sub>g</sub>	mm <sup>3</sup>	主桁の断面係数	688100
	A <sub>g</sub>	mm <sup>2</sup>	主桁のウェブ断面積	3216
補助縦桁	L <sub>i</sub>	mm	主桁間隔	550
	b <sub>i</sub>	mm	補助縦桁間隔	375
	Z <sub>ix</sub>	mm <sup>3</sup>	補助縦桁の断面係数 (引張)	161976
	Z <sub>iy</sub>	mm <sup>3</sup>	補助縦桁の断面係数 (圧縮)	204734
	A <sub>i</sub>	mm <sup>2</sup>	補助縦桁のウェブ断面積	2619
集水枡 (戸当り部コンクリート)	b <sub>k</sub>	mm	底面フランジの幅	60
	L <sub>ℓ1</sub>	mm	コンクリート面より底面フランジ端面までの深さ	133
	L <sub>ℓ2</sub>	mm	堰柱側面より底面フランジ端面までの深さ	155

表 4-3(7) 応力評価に用いる計算条件 (屋外排水路逆止弁 代表⑪ (⑩, ⑫を含む))

対象部位	記号	単位	定義	数値
共通	D	mm	スキンプレートの受水径	840
	t	mm	スキンプレートの板厚	25
スキンプレート	P	N/mm <sup>2</sup>	作用単位荷重	0.066
戸当り	P <sub>1</sub>	N	戸当りへ作用する荷重	36493.7
	b <sub>w</sub>	mm	戸当りの幅	25
集水枡 (戸当り部コンクリート)	b <sub>f</sub>	mm	コンクリート支圧幅	57
	L <sub>1</sub>	mm	有効径内径より戸当りアンカー板端面までの距離	120

表 4-3(8) 応力評価に用いる計算条件（屋外排水路逆止弁⑬）

対象部位	記号	単位	定義	数値
スキンプレート	k	—	b/a による形状係数	48.0
	a	mm	スキンプレートの区画の短辺	350
	b	mm	スキンプレートの区画の長辺	600
	p	N/mm <sup>2</sup>	作用水圧荷重	0.0869
	t <sub>s</sub>	mm	スキンプレートの板厚	12
	α	—	応力の補正係数	0.8
主桁	W	kN/m	主桁の分担荷重	48.299
	L	mm	主桁の支点間隔	1750
	B	mm	扉体の受圧幅	1700
	Z <sub>g</sub>	mm <sup>3</sup>	主桁の断面係数	433900
	A <sub>g</sub>	mm <sup>2</sup>	主桁のウェブ断面積	2616
補助縦桁	L <sub>i</sub>	mm	主桁間隔	600
	b <sub>i</sub>	mm	補助縦桁間隔	350
	Z <sub>ix</sub>	mm <sup>3</sup>	補助縦桁の断面係数（引張）	114964
	Z <sub>iy</sub>	mm <sup>3</sup>	補助縦桁の断面係数（圧縮）	151107
	A <sub>i</sub>	mm <sup>2</sup>	補助縦桁のウェブ断面積	2169
集水桁 （戸当り 部コンク リート）	b <sub>k</sub>	mm	底面フランジの幅	60
	L <sub>ℓ1</sub>	mm	コンクリート面より底面フランジ端面までの深さ	133
	L <sub>ℓ2</sub>	mm	堰柱側面より底面フランジ端面までの深さ	155

5. 評価結果

屋外排水路逆止弁の津波時における評価対象部位の強度評価結果を表 5-1 に示す。

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

表 5-1(1) 強度評価結果（屋外排水路逆止弁①）

評価部位	評価応力	発生 応力度 (a)	許容限界 (b)	照査値 (a/b)
スキンプレート	曲げ応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	36.1	135.0	0.27
主桁	曲げ応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	50.6	135.0	0.38
	せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	18.8	75.0	0.26
	合成応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	60.2	148.5	0.41
補助縦桁	曲げ応力度 (引張) (N/mm <sup>2</sup> )	7.6	135.0	0.06
	曲げ応力度 (圧縮) (N/mm <sup>2</sup> )	6.0	117.5	0.06
	せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	2.7	75.0	0.04
	合成応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	10.75	148.5	0.08
集水柵 (戸当り部コンクリート)	支圧応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	1.94	8.8	0.23
	せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	0.26	0.6	0.44

表 5-1(2) 強度評価結果（屋外排水路逆止弁②，③，④，⑤，⑥）

評価部位	評価応力	発生 応力度 (a)	許容限界 (b)	照査値 (a/b)
スキンプレート	曲げ応力度(N/mm <sup>2</sup> )	33.0	135.0	0.25
主桁	曲げ応力度(N/mm <sup>2</sup> )	49.7	135.0	0.37
	せん断応力度(N/mm <sup>2</sup> )	18.3	75.0	0.25
	合成応力度(N/mm <sup>2</sup> )	58.9	148.5	0.40
補助縦桁	曲げ応力度(引張) (N/mm <sup>2</sup> )	12.3	135.0	0.10
	曲げ応力度(圧縮) (N/mm <sup>2</sup> )	9.3	116.1	0.09
	せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	3.5	75.0	0.05
	合成応力度(N/mm <sup>2</sup> )	16.57	148.5	0.12
集水桁(戸当り部コンクリート)	支圧応力度(N/mm <sup>2</sup> )	1.47	8.8	0.17
	せん断応力度(N/mm <sup>2</sup> )	0.20	0.6	0.34

表 5-1(3) 強度評価結果（屋外排水路逆止弁⑦）

評価部位	評価応力	発生 応力度 (a)	許容限界 (b)	照査値 (a/b)
スキンプレート	曲げ応力度(N/mm <sup>2</sup> )	22.80	135.0	0.17
戸当り	支圧応力度(N/mm <sup>2</sup> )	0.48	202.5	0.01
集水桁(戸当り部コンクリート)	支圧応力度(N/mm <sup>2</sup> )	0.21	8.8	0.03
	せん断応力度(N/mm <sup>2</sup> )	0.05	0.6	0.09

表 5-1(4) 強度評価結果（屋外排水路逆止弁⑧-1）

評価部位	評価応力	発生 応力度 (a)	許容限界 (b)	照査値 (a/b)
スキンプレート	曲げ応力度(N/mm <sup>2</sup> )	22.45	135.0	0.17
戸当り	支圧応力度(N/mm <sup>2</sup> )	0.46	202.5	0.01
集水桁(戸当り部コンクリート)	支圧応力度(N/mm <sup>2</sup> )	0.24	8.8	0.03
	せん断応力度(N/mm <sup>2</sup> )	0.04	0.6	0.07

表 5-1(5) 強度評価結果（屋外排水路逆止弁⑧-2）

評価部位	評価応力	発生 応力度 (a)	許容限界 (b)	照査値 (a/b)
スキンプレート	曲げ応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	25.20	135.0	0.19
戸当り	支圧応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	0.60	202.5	0.01
集水柵（戸当り部コンクリート）	支圧応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	0.26	8.8	0.03
	せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	0.06	0.6	0.10

表 5-1(6) 強度評価結果（屋外排水路逆止弁⑨）

評価部位	評価応力	発生 応力度 (a)	許容限界 (b)	照査値 (a/b)
スキンプレート	曲げ応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	37.2	135.0	0.28
主桁	曲げ応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	52.1	135.0	0.39
	せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	19.4	75.0	0.26
	合成応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	62.0	148.5	0.42
補助縦桁	曲げ応力度（引張） (N/mm <sup>2</sup> )	7.8	135.0	0.06
	曲げ応力度（圧縮） (N/mm <sup>2</sup> )	6.2	117.5	0.06
	せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	2.7	75.0	0.04
	合成応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	11.01	148.5	0.08
集水柵（戸当り部コンクリート）	支圧応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	2.00	8.8	0.23
	せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	0.27	0.6	0.45

表 5-1(7) 強度評価結果（屋外排水路逆止弁 代表⑩（⑩, ⑫を含む））

評価部位	評価応力	発生 応力度 (a)	許容限界 (b)	照査値 (a/b)
スキンプレート	曲げ応力度(N/mm <sup>2</sup> )	23.10	135.0	0.18
戸当り	支圧応力度(N/mm <sup>2</sup> )	0.55	202.5	0.01
集水柵（戸当り部コンクリート）	支圧応力度(N/mm <sup>2</sup> )	0.24	8.8	0.03
	せん断応力度(N/mm <sup>2</sup> )	0.06	0.6	0.10

表 5-1(8) 強度評価結果（屋外排水路逆止弁⑬）

評価部位	評価応力	発生 応力度 (a)	許容限界 (b)	照査値 (a/b)
スキンプレート	曲げ応力度(N/mm <sup>2</sup> )	28.4	135.0	0.22
主桁	曲げ応力度(N/mm <sup>2</sup> )	42.6	135.0	0.32
	せん断応力度(N/mm <sup>2</sup> )	15.7	75.0	0.21
	合成応力度(N/mm <sup>2</sup> )	50.5	148.5	0.35
補助縦桁	曲げ応力度（引張） (N/mm <sup>2</sup> )	10.6	135.0	0.08
	曲げ応力度（圧縮） (N/mm <sup>2</sup> )	8.0	116.1	0.07
	せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	3.0	75.0	0.04
	合成応力度(N/mm <sup>2</sup> )	14.26	148.5	0.10
集水柵（戸当り部コンクリート）	支圧応力度(N/mm <sup>2</sup> )	1.28	8.8	0.15
	せん断応力度(N/mm <sup>2</sup> )	0.17	0.6	0.29

## 6. 集水樹の強度評価

### 6.1 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（波返重力式擁壁）、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、構造部材の健全性評価、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6-1に、構造図を図6-2に、蓋の材料一覧を表6-1に示す。

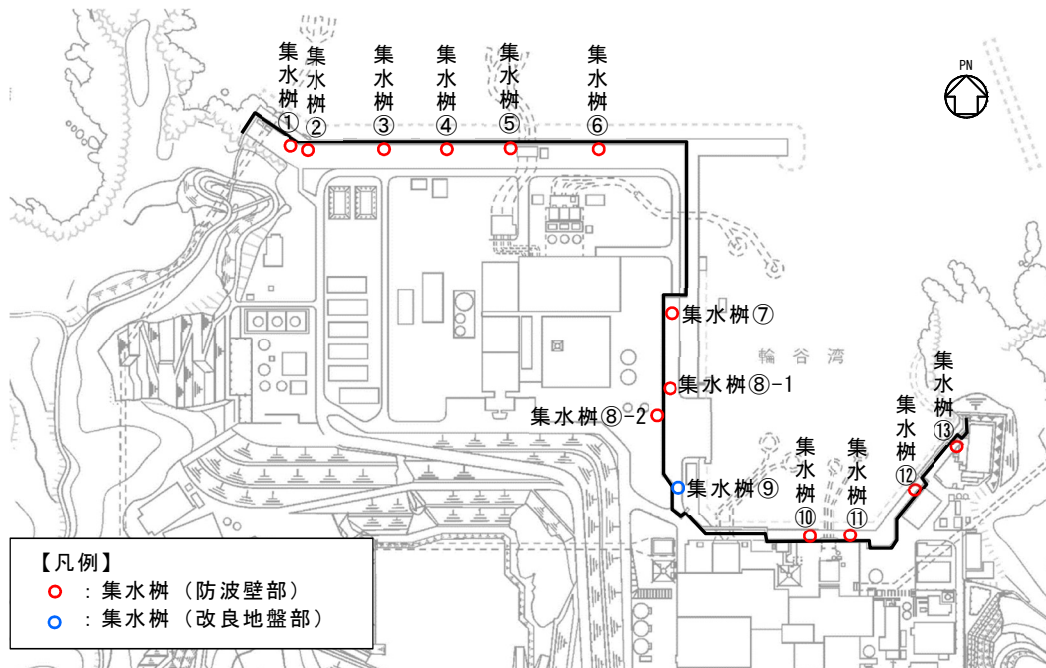


図6-1 集水樹位置図

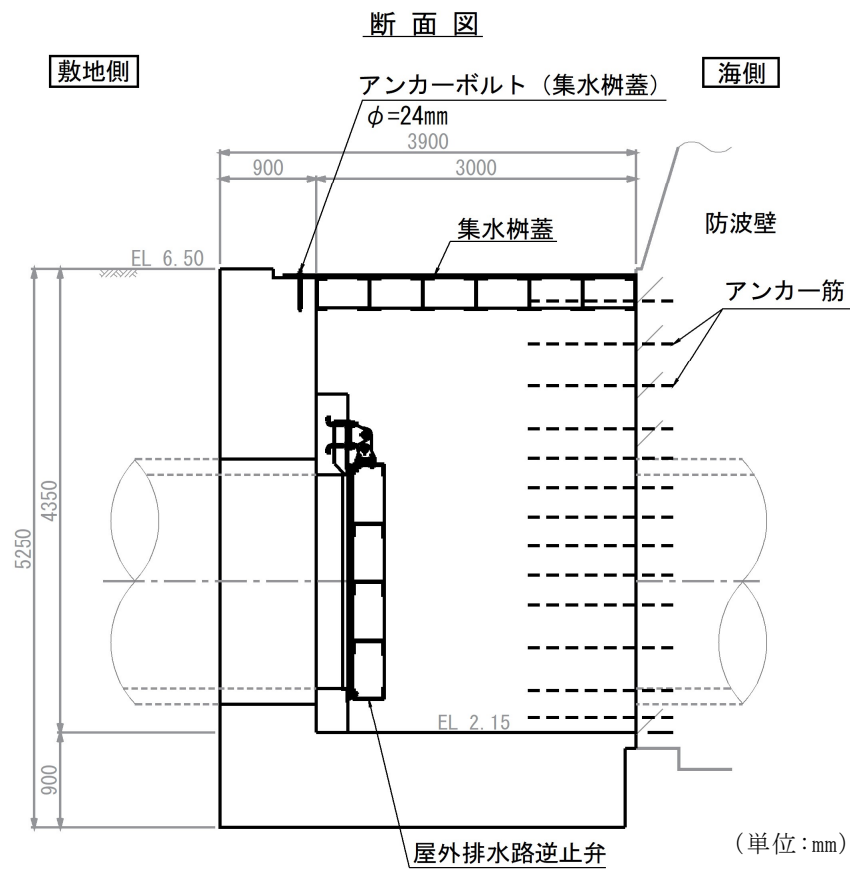
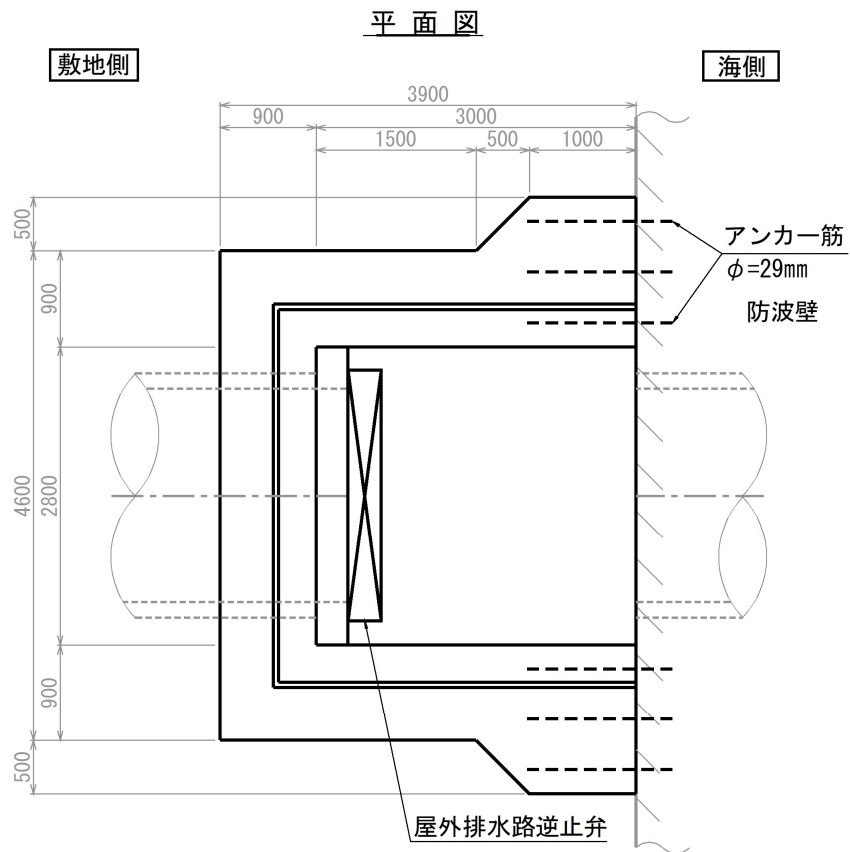


図 6-2(1) 集水樹 (防波壁部, 屋外排水路逆止弁①) 構造図



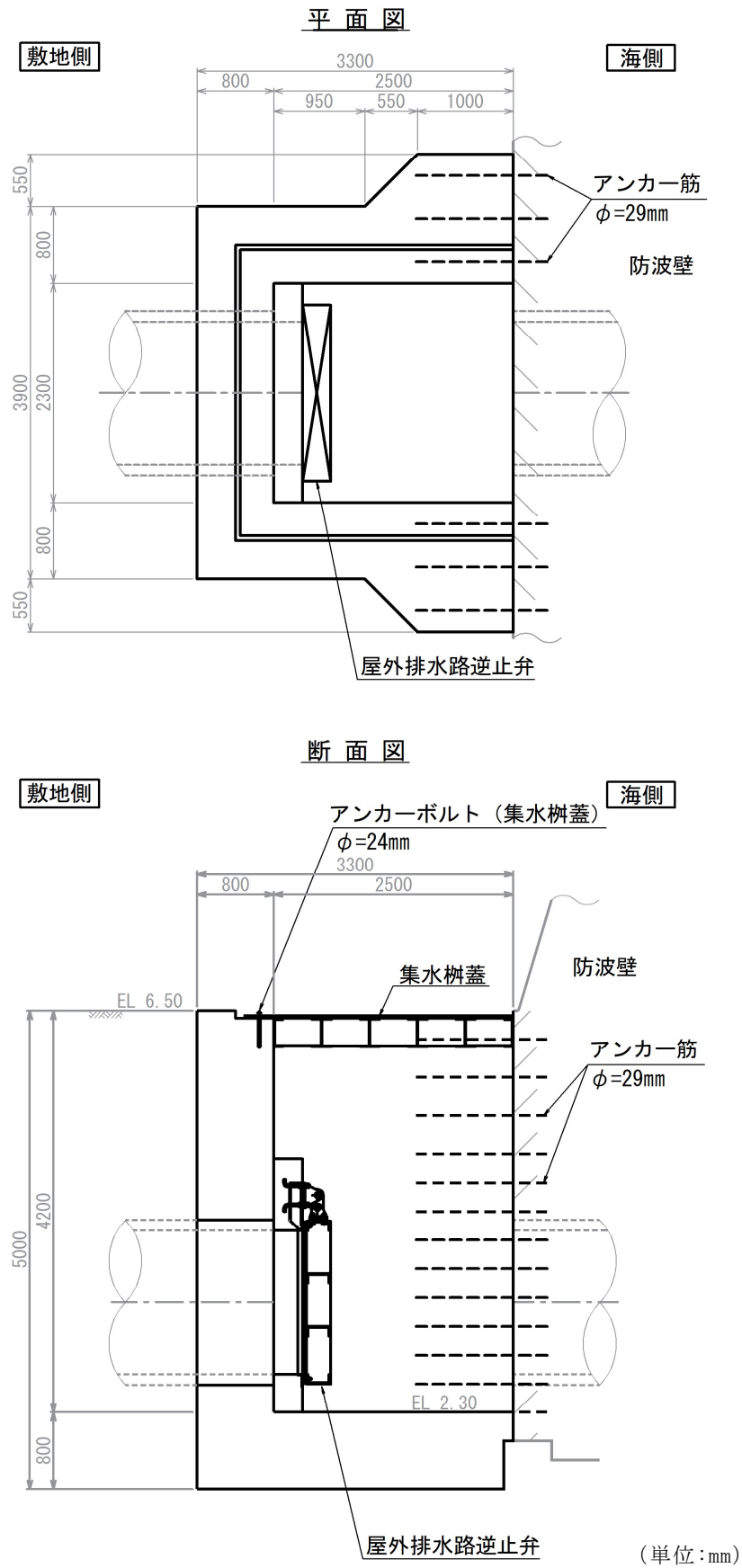
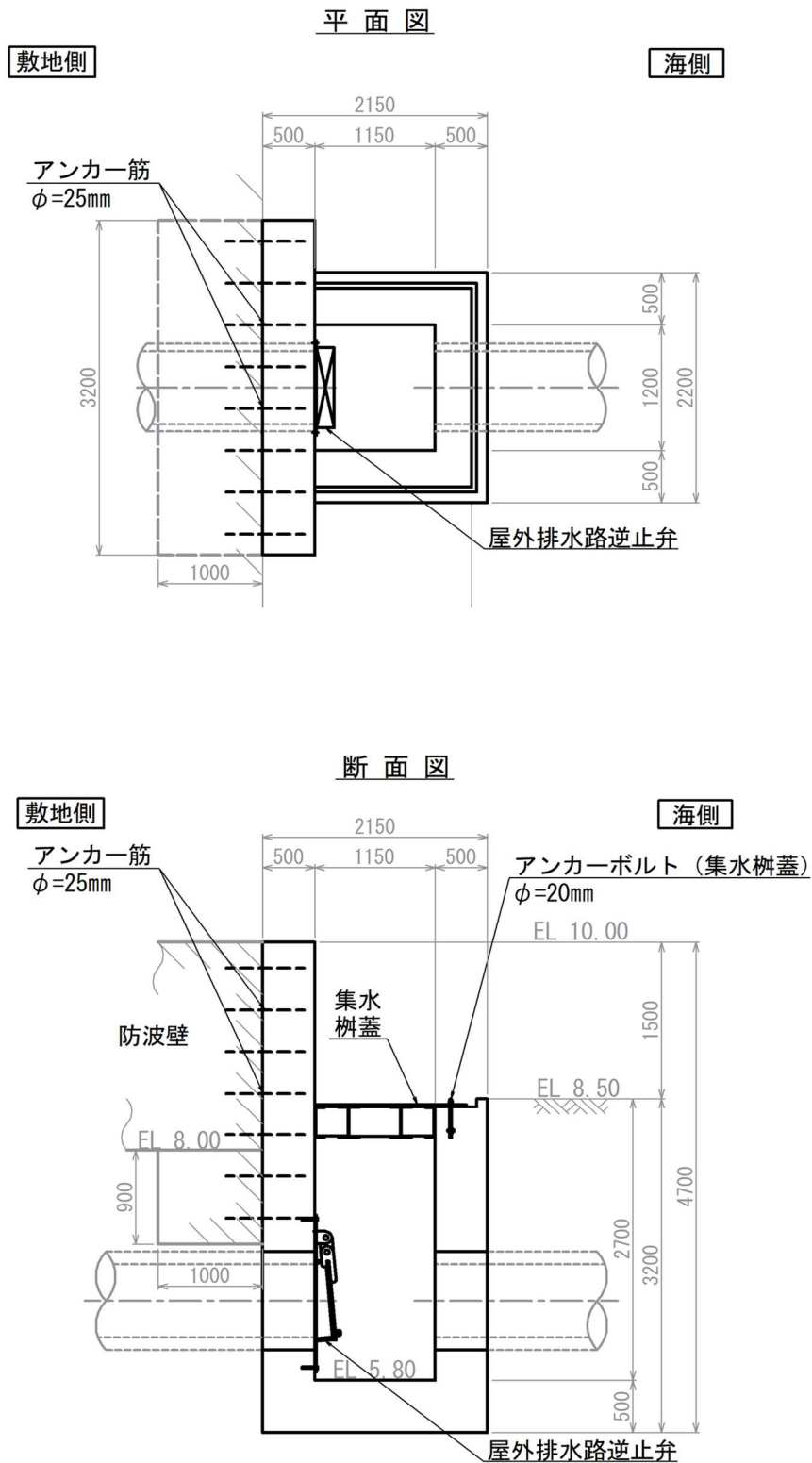


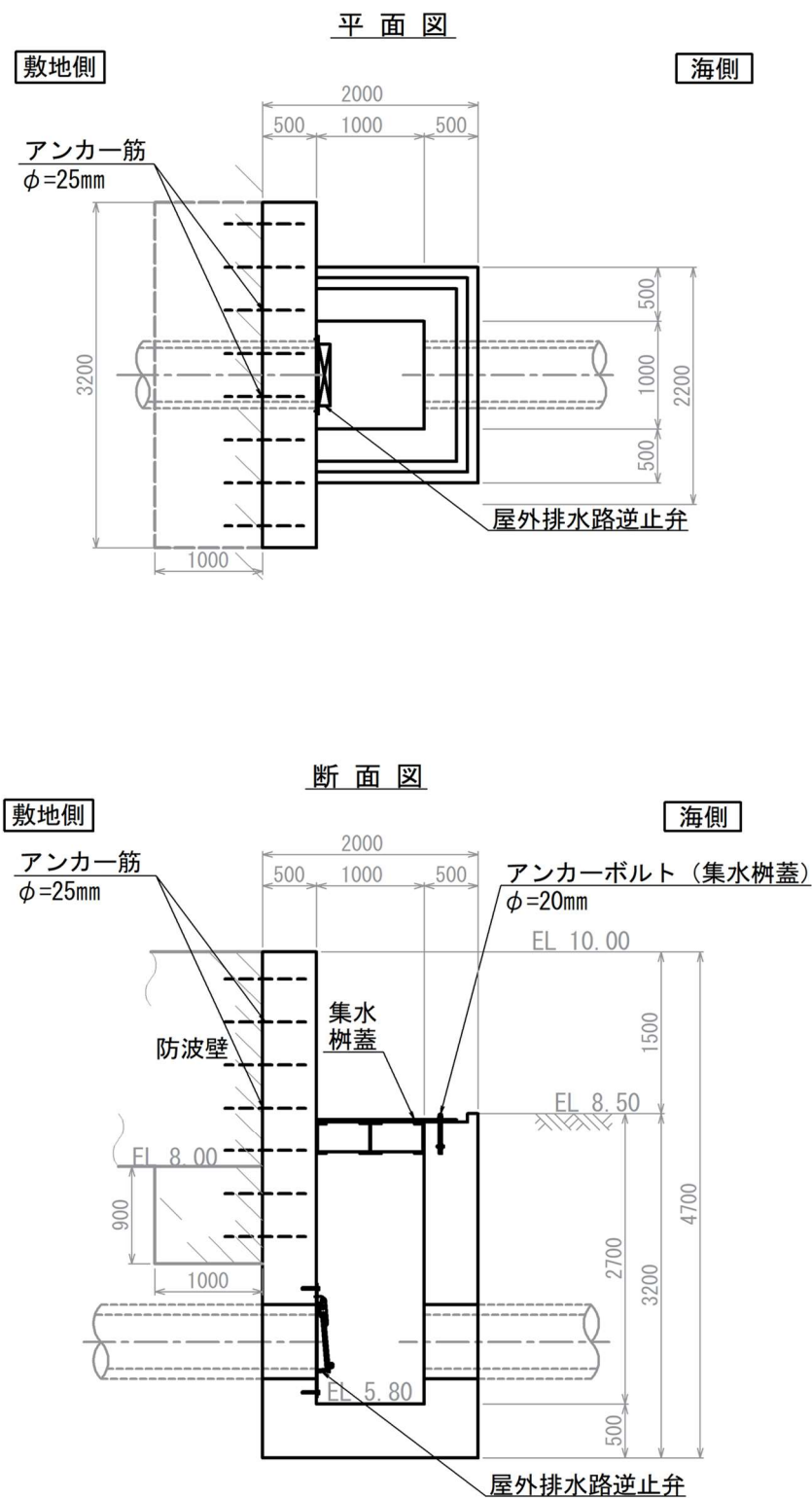
図 6-2(2) 集水柵 (防波壁部, 屋外排水路逆止弁②, ③, ④, ⑤, ⑥) 構造図



(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

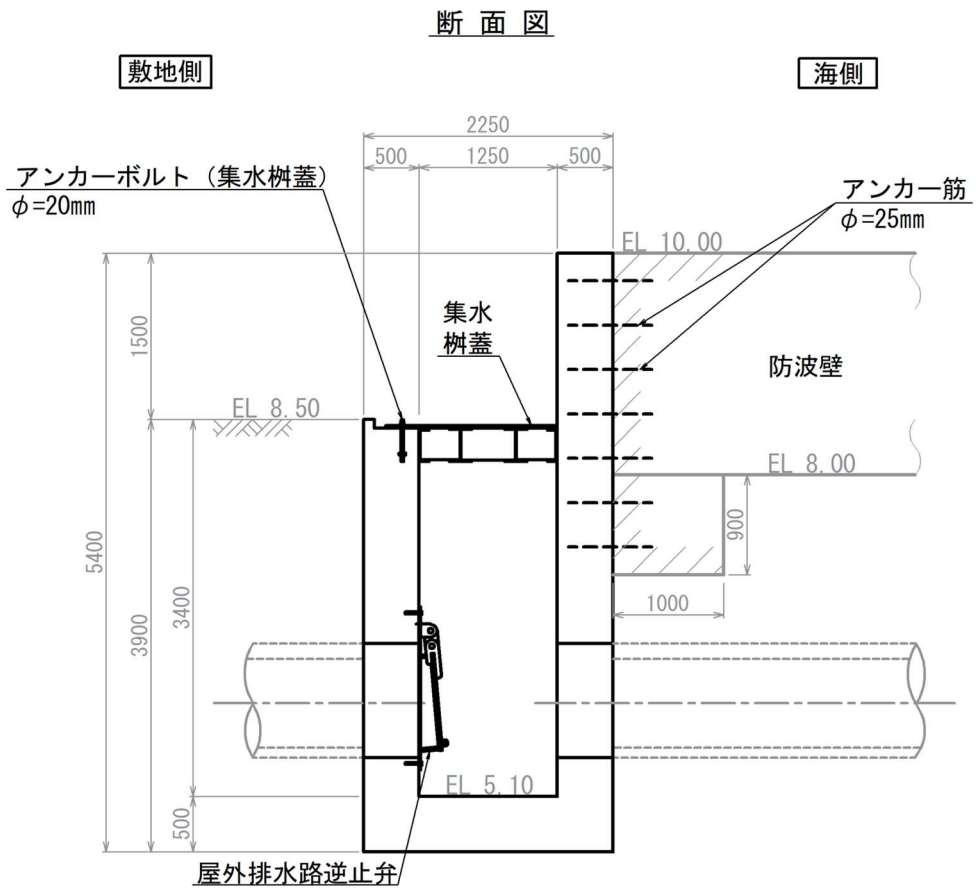
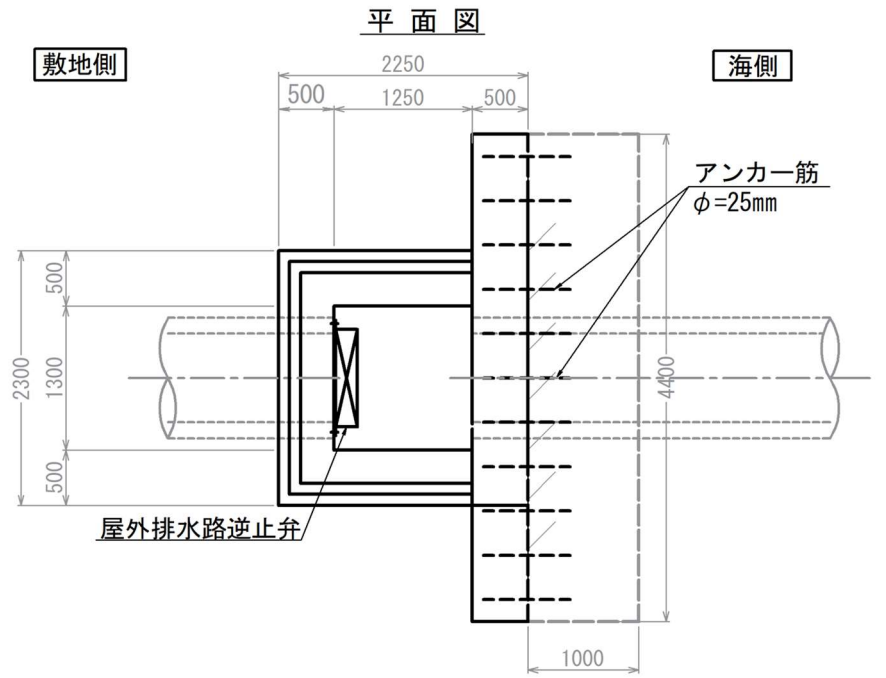
図 6-2(3) 集水柵 (防波壁部, 屋外排水路逆止弁⑦) 構造図



(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

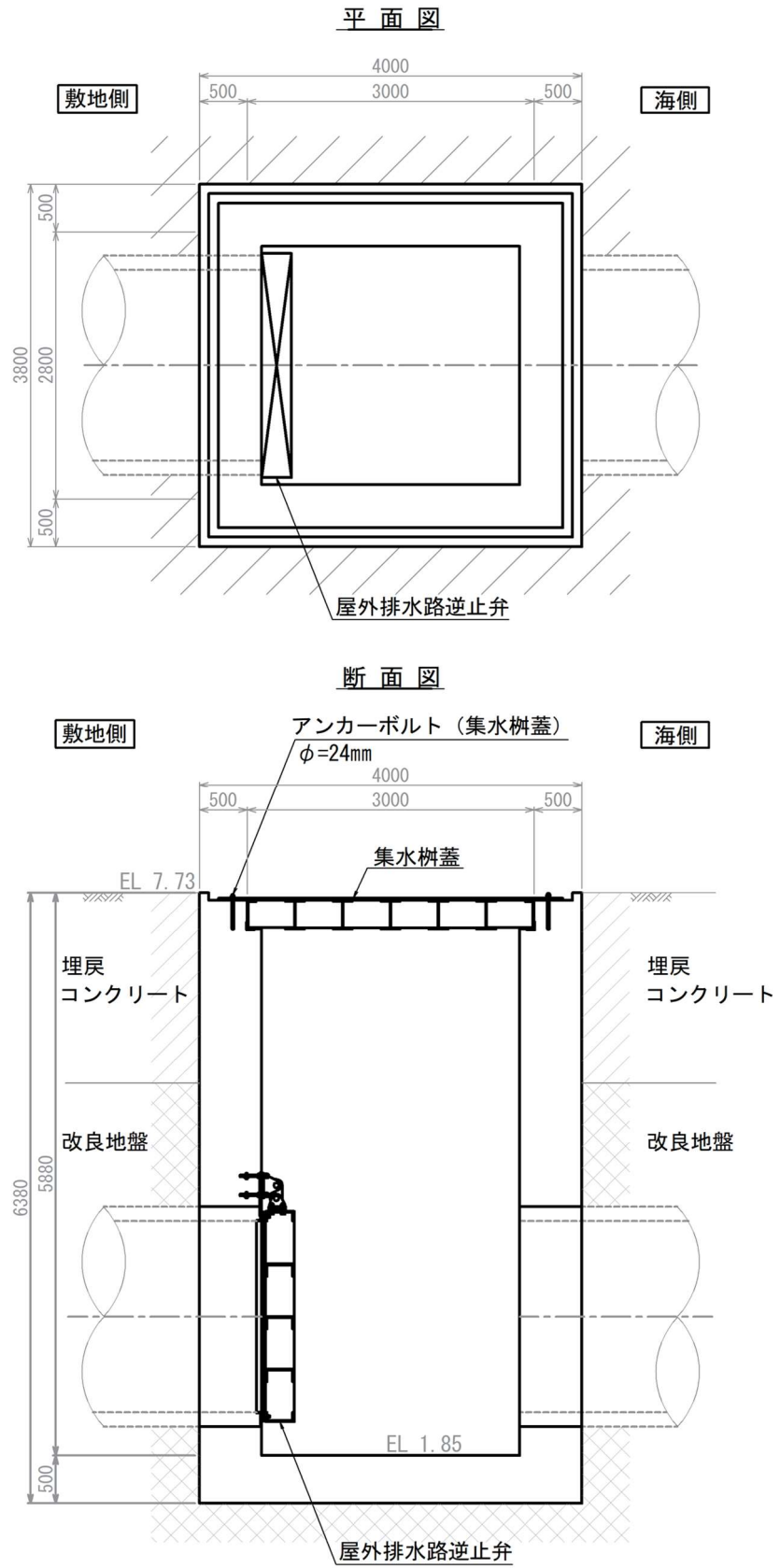
図 6-2(4) 集水柵(防波壁部, 屋外排水路逆止弁⑧-1)構造図



(単位:mm)

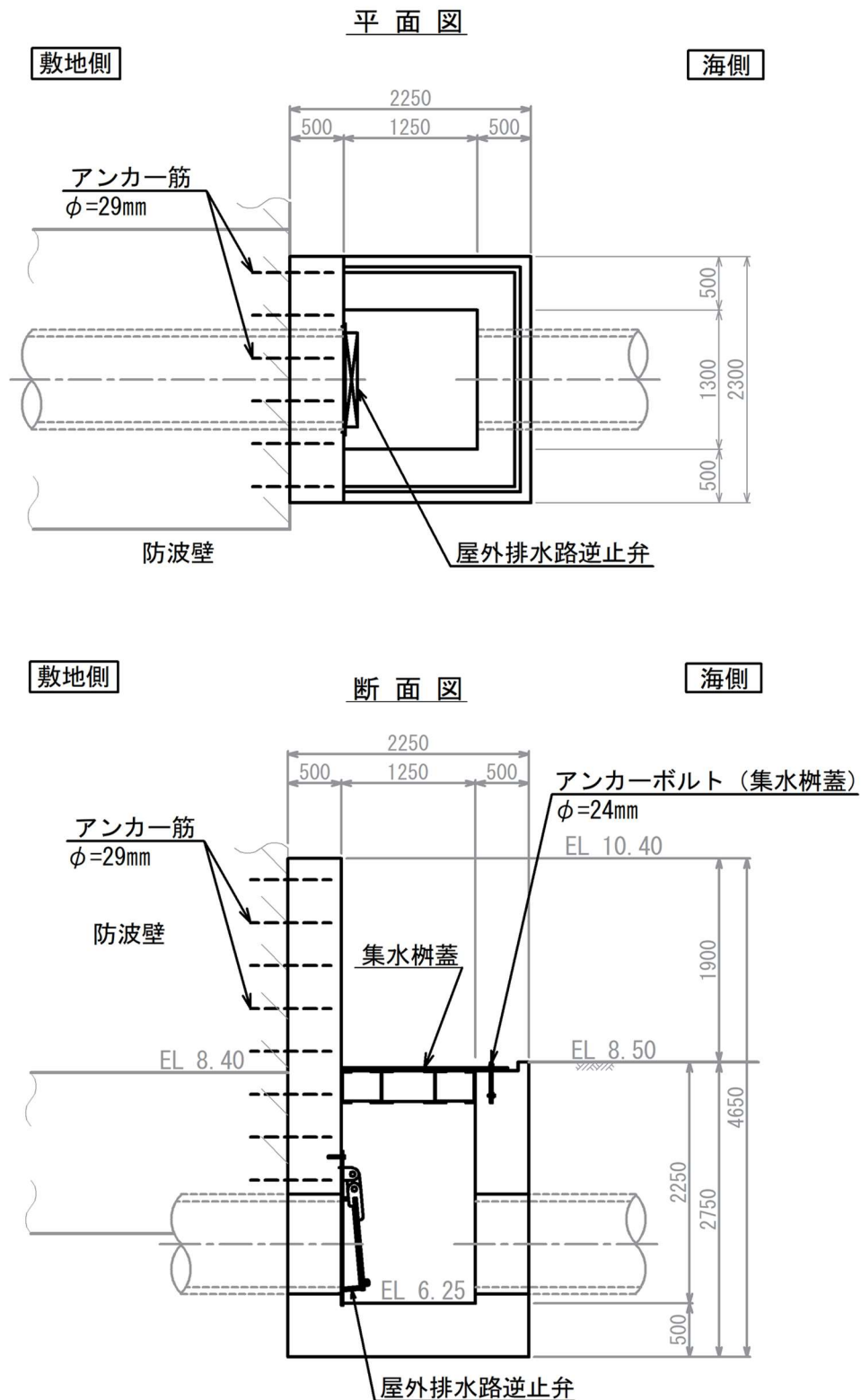
注：集水柵のアンカー筋固定のため EL 8.00m より下方に防波壁の躯体コンクリートを打ち増し

図 6-2(5) 集水柵(防波壁部, 屋外排水路逆止弁⑧-2)構造図



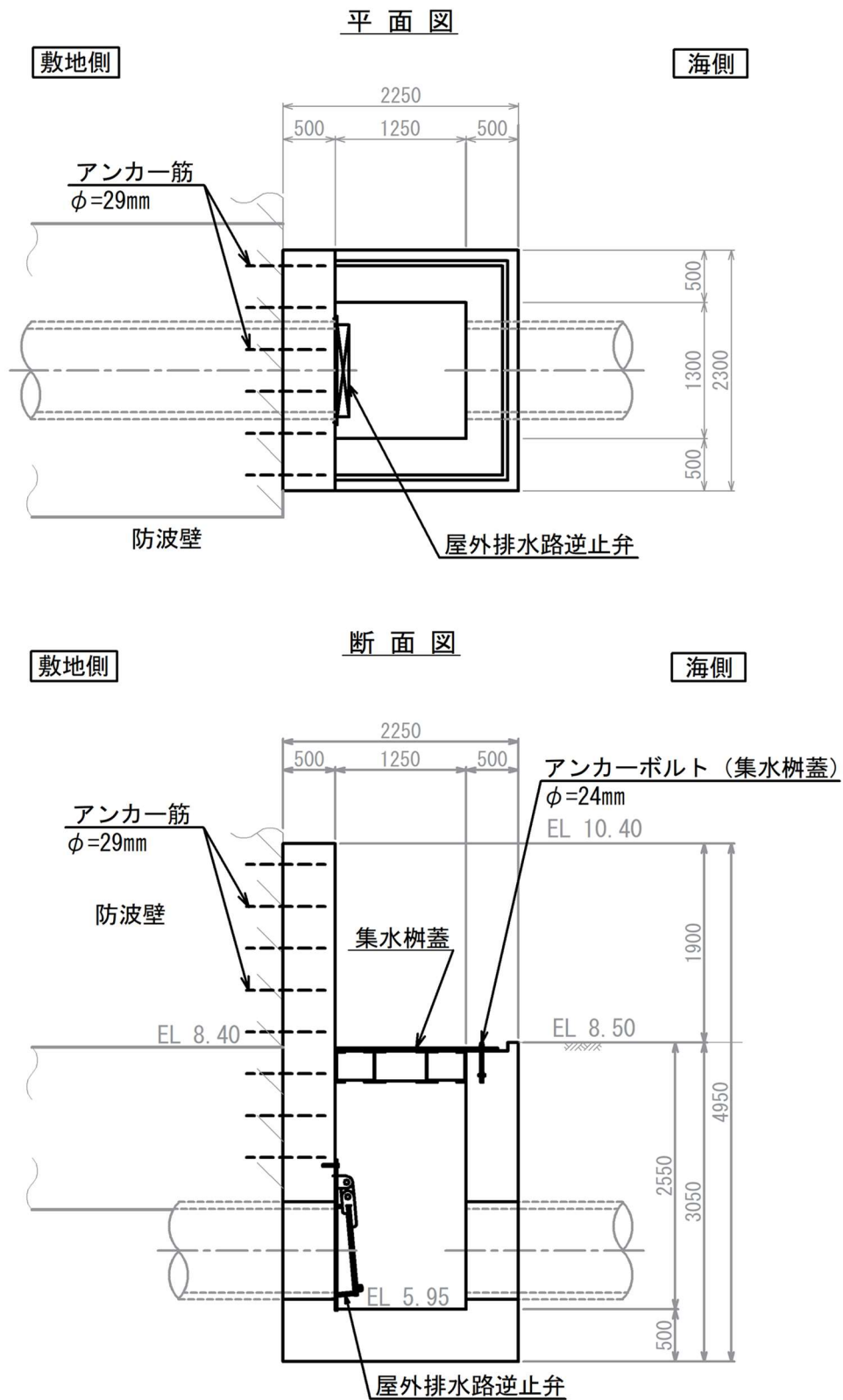
(単位:mm)

図 6-2 (6) 集水桝(改良地盤部, 屋外排水路逆止弁⑨)構造図



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

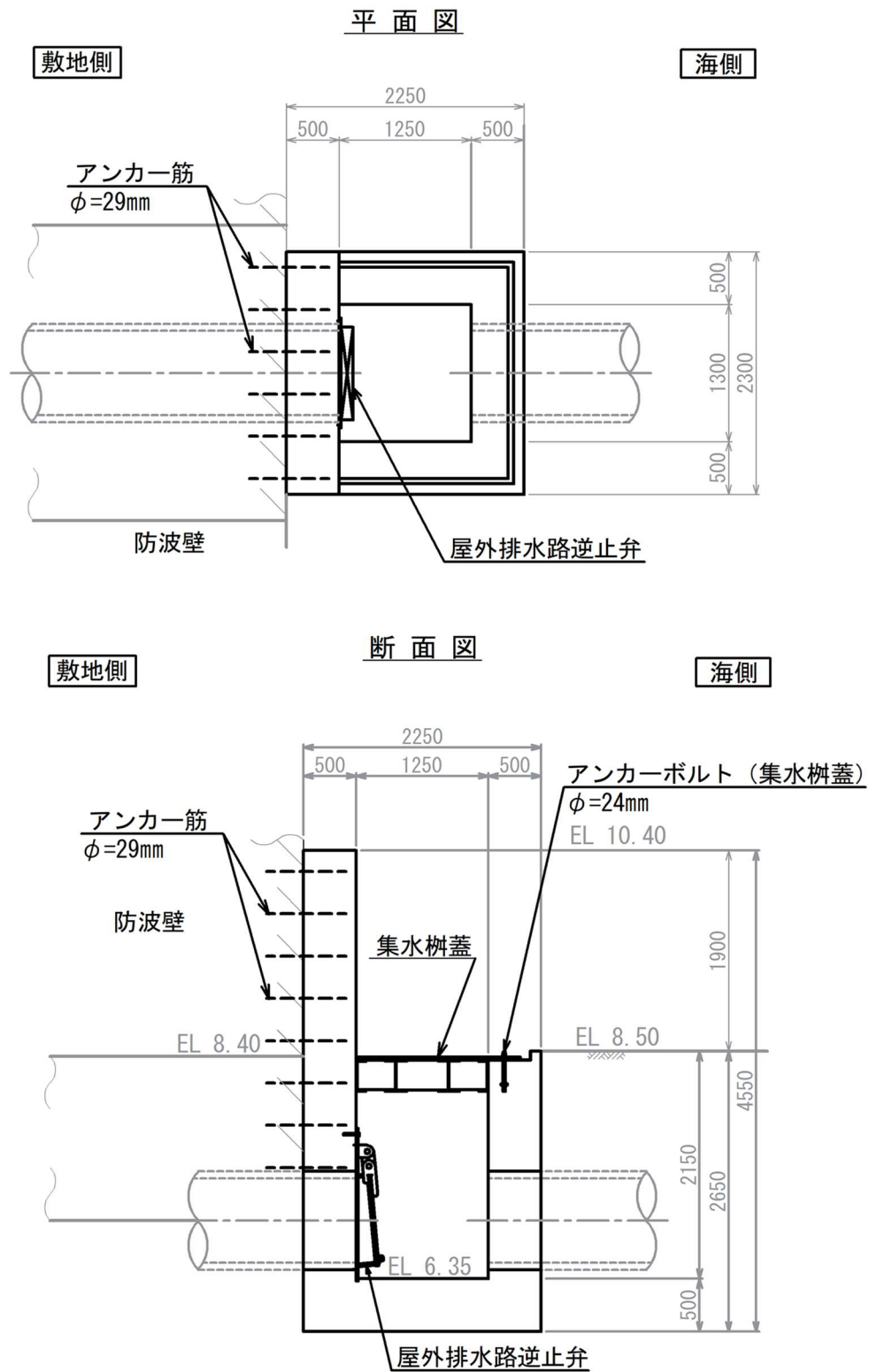
図 6-2(7) 集水桝(防波壁部, 屋外排水路逆止弁⑩)構造図



(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 6-2(8) 集水樹(防波壁部, 屋外排水路逆止弁①)構造図

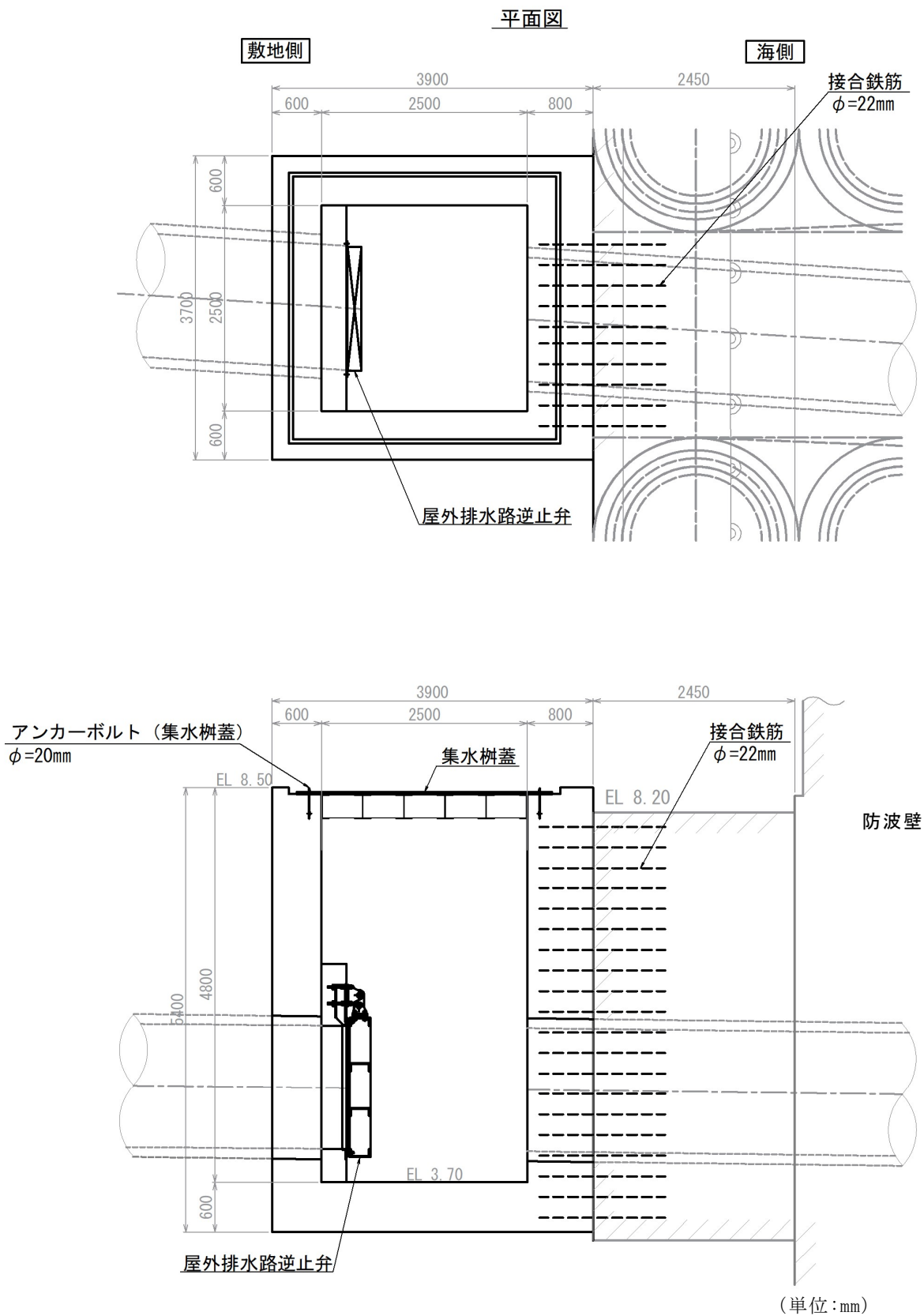


(単位:mm)

注：集水柵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

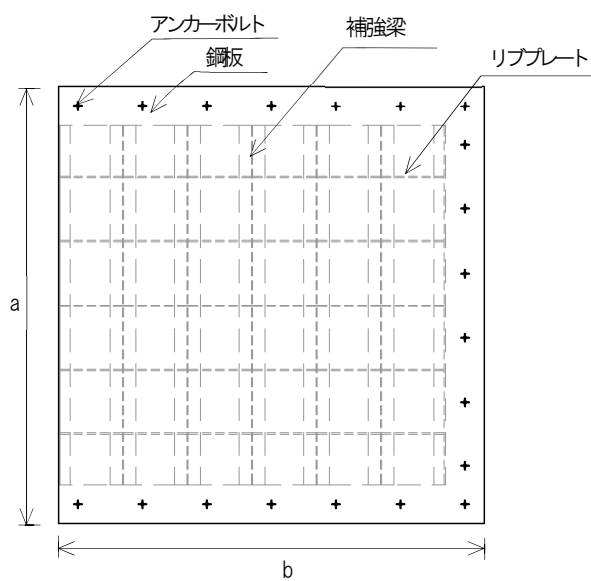
図 6-2 (9) 集水柵(防波壁部, 屋外排水路逆止弁②)構造図



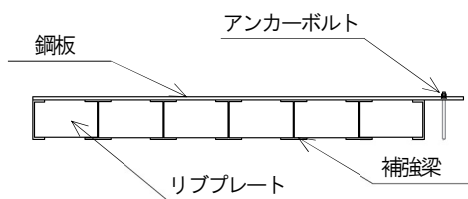


注：集水柵のアンカー筋固定のため側方に防波壁の躯体コンクリートを打ち増し

図 6-2(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

図 6-2(11) 集水桝蓋 構造図

表 6-1 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, ⑬)	SS400	2900	2800	6	4
集水桝 (屋外排水路 逆止弁⑧-2)	SS400	1900	1550	4	2

## 6.2 評価方針

集水樹の強度評価は、「7. 集水樹の強度評価方法」に示す方法により、「8. 集水樹の強度評価結果」から、集水樹の評価対象部位の発生応力が許容限界以下であることを確認する。

集水樹の強度評価においては、その構造を踏まえ、津波荷重の作用方向や伝達過程を考慮し、評価対象部位を設定する。強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、「津波時」を考慮し、評価される最大荷重を設定する。

### 6.2.1 集水樹（防波壁部）

集水樹の強度評価は、表 6-2 の集水樹の評価項目に示すとおり、構造部材の健全性評価及び支持性能評価を行う。

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

構造部材のうち集水樹（底版、側壁）及び集水樹蓋の健全性評価については、発生する応力が許容限界以下であることを確認する。また、アンカーボルト（集水樹蓋）については、発生する引張力が許容限界以下であることを確認する。なお、集水樹蓋については、津波の流入経路となる敷地側に設置している箇所を対象に評価する。

集水樹の支持性能評価については、集水樹が防波壁とアンカー筋により固定することから、防波壁と接合する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。

集水樹（防波壁部）の強度評価フローを図 6-3 に示す。

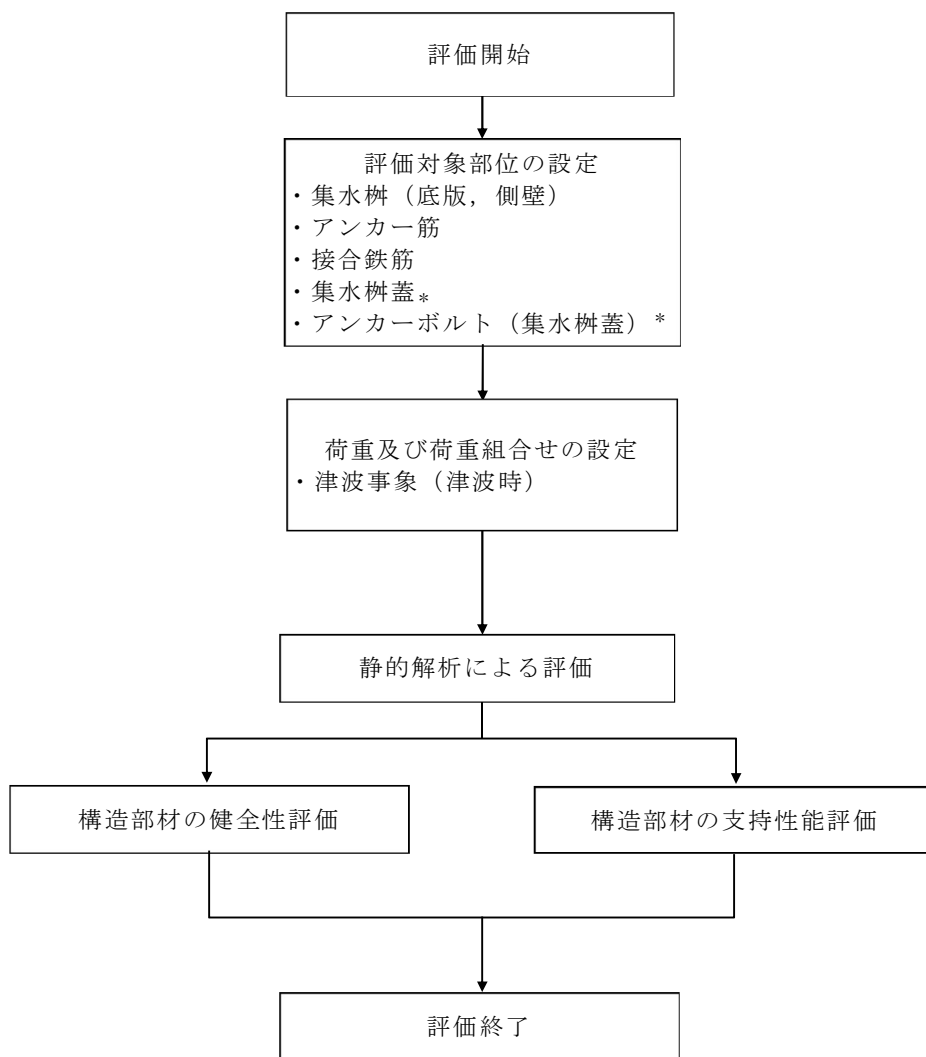
表 6-2(1) 集水枿（防波壁部）の評価項目  
 （集水枿①，②，③，④，⑤，⑥，⑦，⑧-1，⑧-2，⑩，⑪，⑫）

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） *	発生する引張力が許容限界を下回ることを確認	引張耐力
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

注記\*：屋外排水路逆止弁①，②，③，④，⑤，⑥及び⑧-2 が対象

表 6-2(2) 集水枿（防波壁部）の評価項目（集水枿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）	発生する引張力が許容限界を下回ることを確認	引張耐力
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



注記\* : 屋外排水路逆止弁①, ②, ③, ④, ⑤, ⑥, ⑧-2 及び⑬が対象

図 6-3 集水樹 (防波壁部) の強度評価フロー

### 6.2.2 集水桝（改良地盤部）

集水桝の強度評価は、表 6-3 の集水桝の評価項目に示すとおり、構造部材の健全性評価及び支持性能評価を行う。

構造部材の健全性評価及び集水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）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。

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。

集水桝（改良地盤部）の強度評価フローを図 6-4 に示す。

表 6-3 集水桝（改良地盤部）の評価項目  
(集水桝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
止水性を損なわないこと	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

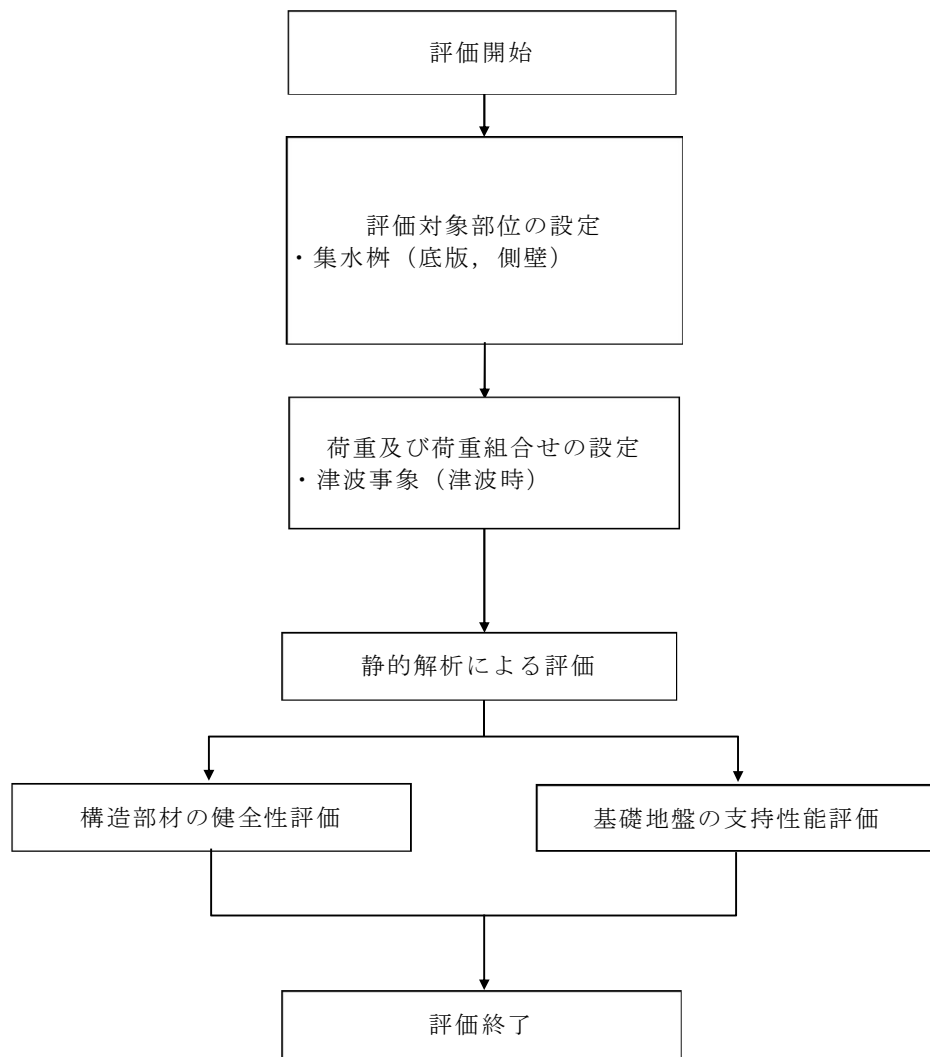


図 6-4 集水樹（改良地盤部）の強度評価フロー  
（集水樹⑨）

### 6.3 適用規格・基準等

適用する規格，基準等を以下に示す。

- (1) コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（土木学会，2002年制定）
- (2) 耐津波設計に係る工認審査ガイド（原子力規制委員会，平成25年6月制定）
- (3) 道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（日本道路協会，平成14年3月）
- (4) 道路橋示方書・同解説Ⅰ共通編・Ⅱ鋼橋編（日本道路協会 平成24年3月）
- (5) 原子力発電所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）



## 7. 集水桝の強度評価方法

### 7.1 評価対象部位

#### 7.1.1 集水桝（防波壁部）

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。

#### 7.1.2 集水桝（改良地盤部）

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。

### 7.2 荷重及び荷重の組合せ

#### 7.2.1 荷重

集水桝の強度評価には、以下の荷重を用いる。

(1) 固定荷重（G）

固定荷重として、躯体自重を考慮する。

(2) 積載荷重（P）

積載荷重として、屋外排水路逆止弁及び集水桝蓋の荷重を考慮する。

(3) 津波荷重（ $P_h$ ）

津波荷重として、集水桝の設置位置における設置高さ及び浸水深さを考慮して静水圧荷重を算定する。

#### 7.2.2 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 7-1 に示す。

表 7-1(1) 荷重の組合せ

区分	荷重の組合せ
津波時	$G + P + P_h$

G : 固定荷重

P : 積載荷重

$P_h$  : 津波荷重

表 7-1(2) 荷重の組合せ

種別		荷重		算定方法
永久 荷重	常時考 慮荷重	躯体自重	○	設計図書に基づいて、対象構造物の体積に材料の密度を乗じて設定する。
		機器・配管自重	○	屋外排水路逆止弁及び集水柵蓋の荷重を考慮する。
		土被り荷重	－	土被りはないため考慮しない。
		積載荷重	－	積載荷重は考慮しない。
		静止土圧	－	津波による静水圧と反対方向の荷重のため考慮しない。
		外水圧	－	外水圧は考慮しない。
		内水圧	－	内水はないため考慮しない。
		積雪荷重	－	集水柵蓋に作用する水圧と反対方向の荷重のため考慮しない。
	風荷重	－	風荷重は考慮しない。	
偶発 荷重		静水圧	○	津波時の浸水深さによる静水圧を考慮する。
		衝突荷重	－	漂流物の衝突は考慮しない。

### 7.3 許容限界

#### 7.3.1 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7-2に示す短期許容応力度とする。

表7-2 鉄筋コンクリートの許容限界

評価項目		許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )
コンクリート ( $f'_{ck}=24$ N/mm <sup>2</sup> )	短期許容曲げ圧縮応力度 $\sigma_{ca}$	13.5*
	短期許容せん断応力度 $\tau_{a1}$	0.675*
鉄筋 (SD345)	短期許容曲げ引張応力度 $\sigma_{sa2}$	294*

注記 \*：コンクリート標準示方書[構造性能照査編]（土木学会，2002年制定）

#### 7.3.2 アンカー筋

集水桝のアンカー筋の許容限界は、「各種合成構造設計指針・同解説（日本建築学会，2010年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7-3に示す引張耐力及びせん断耐力とする。

表7-3 アンカー筋の許容限界

設備名称	アンカー径	引張耐力 (kN/本)	せん断耐力 (kN/本)	評価式
集水桝（屋外排水路逆止弁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		
集水桝（屋外排水路逆止弁⑦）	D25	105.40	98.17	各種合成構造 設計指針・同 解説（日本建 築学会，2010 年11月）
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）				
集水桝（屋外排水路逆止弁⑫）				

### 7.3.3 接合鉄筋

集水桝の接合鉄筋の許容限界は、「コンクリート標準示方書[構造性能照査編] (土木学会, 2002年制定)」に基づき、表7-4に示す短期許容応力度とする。

表7-4 接合鉄筋の許容限界

設備名称	鉄筋径	短期許容 応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	適用規格
集水桝 (屋外排水路逆止弁⑬)	D22	294.0	コンクリート 標準示方書 [構造性能照 査編](土木学 会, 2002年制 定)

### 7.3.4 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7-5に示す。

表7-5 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

### 7.3.5 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 7-6 に示す曲げ応力度及びせん断応力度とする。

表 7-6 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）		
集水桝（屋外排水路逆止弁③）		
集水桝（屋外排水路逆止弁④）		
集水桝（屋外排水路逆止弁⑤）		
集水桝（屋外排水路逆止弁⑥）		
集水桝（屋外排水路逆止弁⑧-2）		
集水桝（屋外排水路逆止弁⑬）		

### 7.3.6 アンカーボルト（集水桝蓋）

集水桝と集水桝蓋を接合するアンカーボルト（集水桝蓋）の許容限界は、「各種合成構造設計指針・同解説（日本建築学会，2010 年 11 月）」に基づき、表 7-7 に示す引張耐力とする。

表 7-7 アンカーボルト（集水桝蓋）の許容限界

設備名称	引張耐力 (kN/本)
集水桝（屋外排水路逆止弁①）	82.95
集水桝（屋外排水路逆止弁②）	
集水桝（屋外排水路逆止弁③）	
集水桝（屋外排水路逆止弁④）	
集水桝（屋外排水路逆止弁⑤）	
集水桝（屋外排水路逆止弁⑥）	
集水桝（屋外排水路逆止弁⑧-2）	57.57
集水桝（屋外排水路逆止弁⑬）	

## 7.4 評価方法

### 7.4.1 集水桝（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 7-1 に示す。

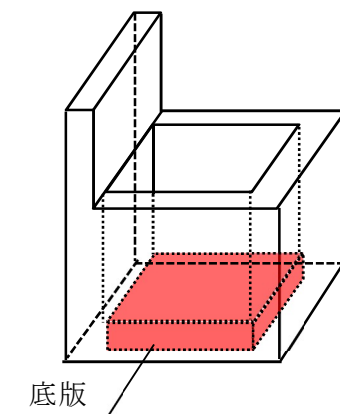


図 7-1 四辺固定版モデル概要図

#### (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 7-2 に示す。

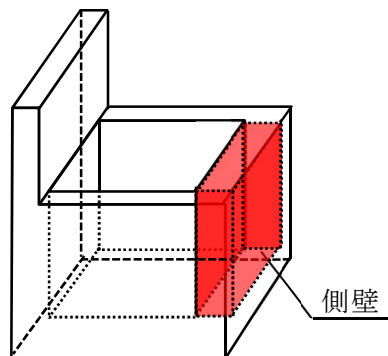


図 7-2 三辺固定版モデル概要図

(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。

(4) 接合鉄筋の評価

接合鉄筋の支持性能評価においては、接合鉄筋に働く引張応力を算出し、鉄筋の健全性を確認する。接合部に働く曲げモーメントによる接合鉄筋の引張応力を算出し許容限界以下であることを確認する。

#### 7.4.2 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 7-3 に示す。

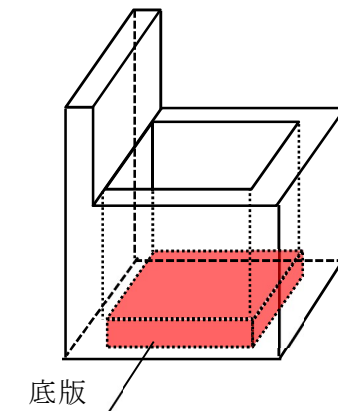


図 7-3 四辺固定版モデル概要図

##### (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 7-4 に示す。

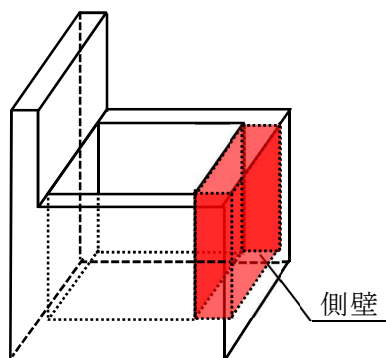


図 7-4 三辺固定版モデル概要図

##### (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、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。



### 7.4.3 集水桝蓋の評価

集水桝蓋の構造健全性評価においては、保守的に補強梁及びリブプレートを考慮せず、集水桝蓋（鋼板）の長辺方向を単純支持梁モデルにより、作用する曲げ応力及びせん断応力が許容限界以下であることを確認する。集水桝蓋（鋼板）のモデル概要図を図 7-5 に示す。

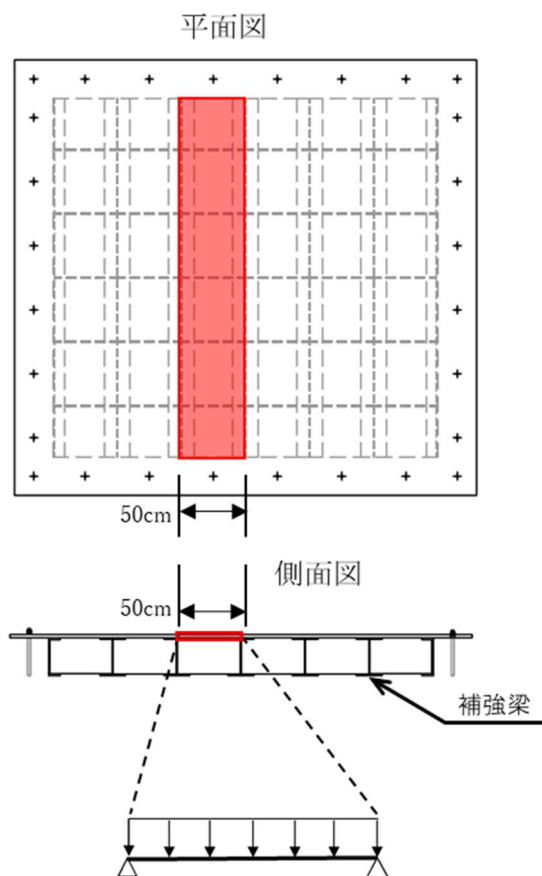


図 7-5 集水桝蓋（鋼板）のモデル概要図

## 7.4.4 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、集水桝内からの浮き上がりに対し、蓋を固定するアンカーボルトに作用する引張力を算定し、許容限界以下であることを確認する。アンカーボルトのモデル概要図を図 7-6 に示す。

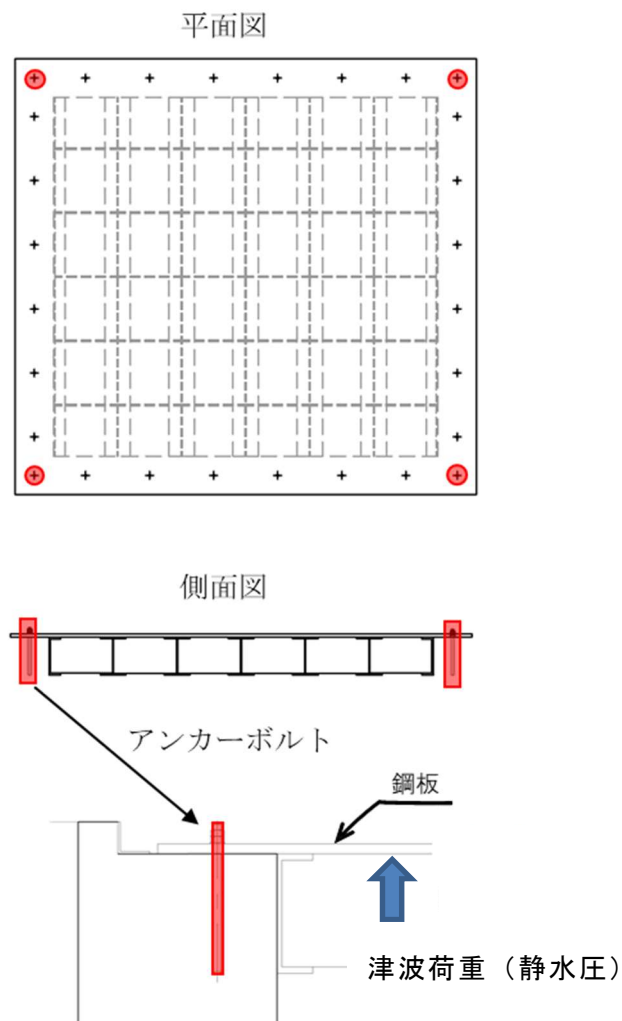


図 7-6 アンカーボルトのモデル概要図

7.5 使用材料及び材料の物性値

使用材料を表 7-8 に、材料の物性値を表 7-9 に示す。

表 7-8 使用材料

諸元		
集水柵	鉄筋（主筋）	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）	
集水柵蓋	鋼板	SS400（PL25）
	アンカーボルト （集水柵蓋）	ABR400（M20）
		ABR400（M24）

表 7-9 材料の物性値

材料	設計基準強度 (N/mm <sup>2</sup> )	単位体積重量 (kN/m <sup>3</sup> )	ヤング係数 (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比
鉄筋コンクリート	24	24.5	2.50×10 <sup>4</sup>	0.2

## 8. 集水桝の強度評価結果

### 8.1 集水桝の曲げ軸力評価結果

集水桝の概略配筋図を図 8-1 に、曲げ軸力に対する照査結果を表 8-1 及び表 8-2 に示す。

集水桝（底版、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。

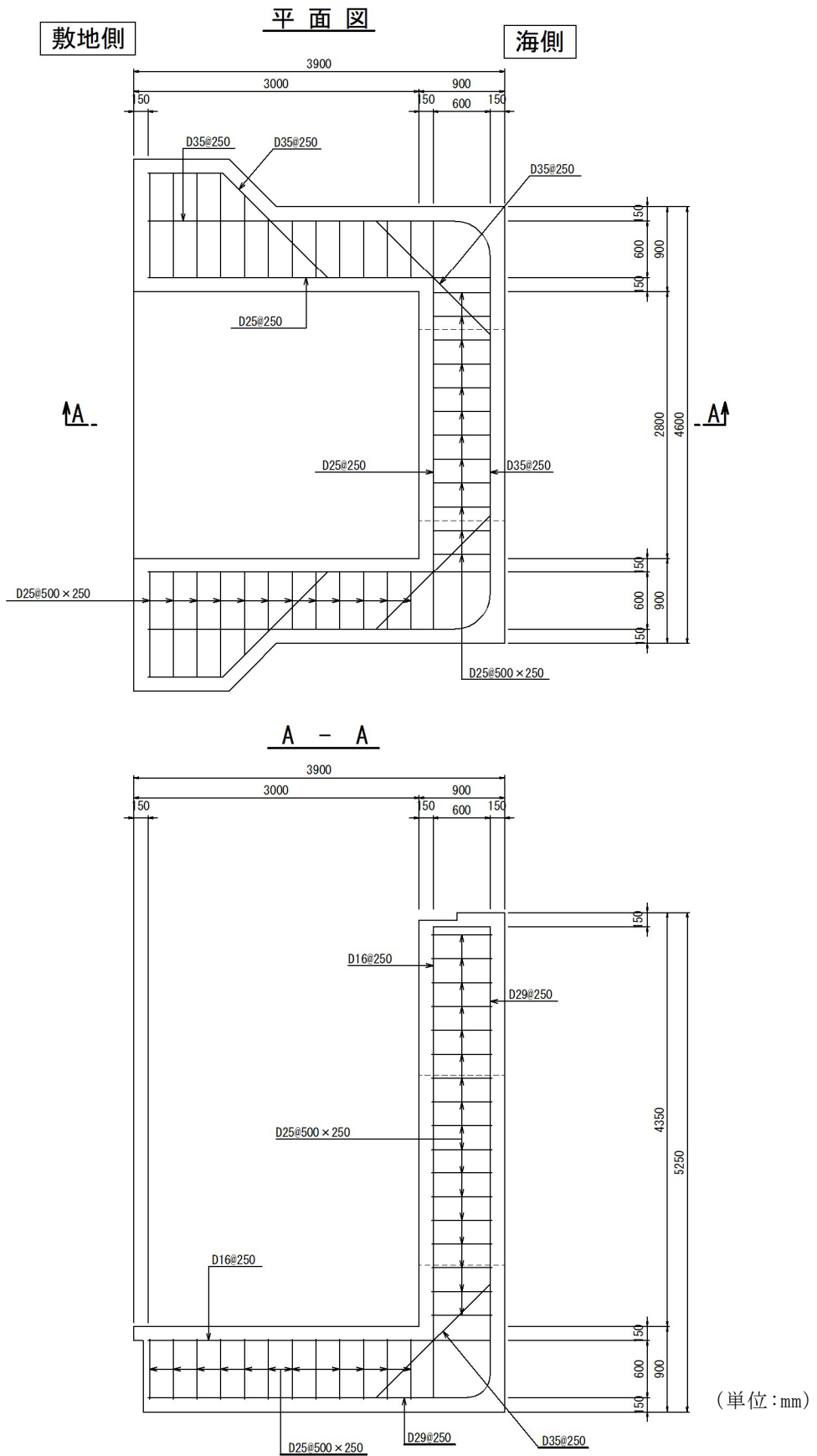


図 8-1(1) 概略配筋図 (集水枿 (屋外排水路逆止弁①))

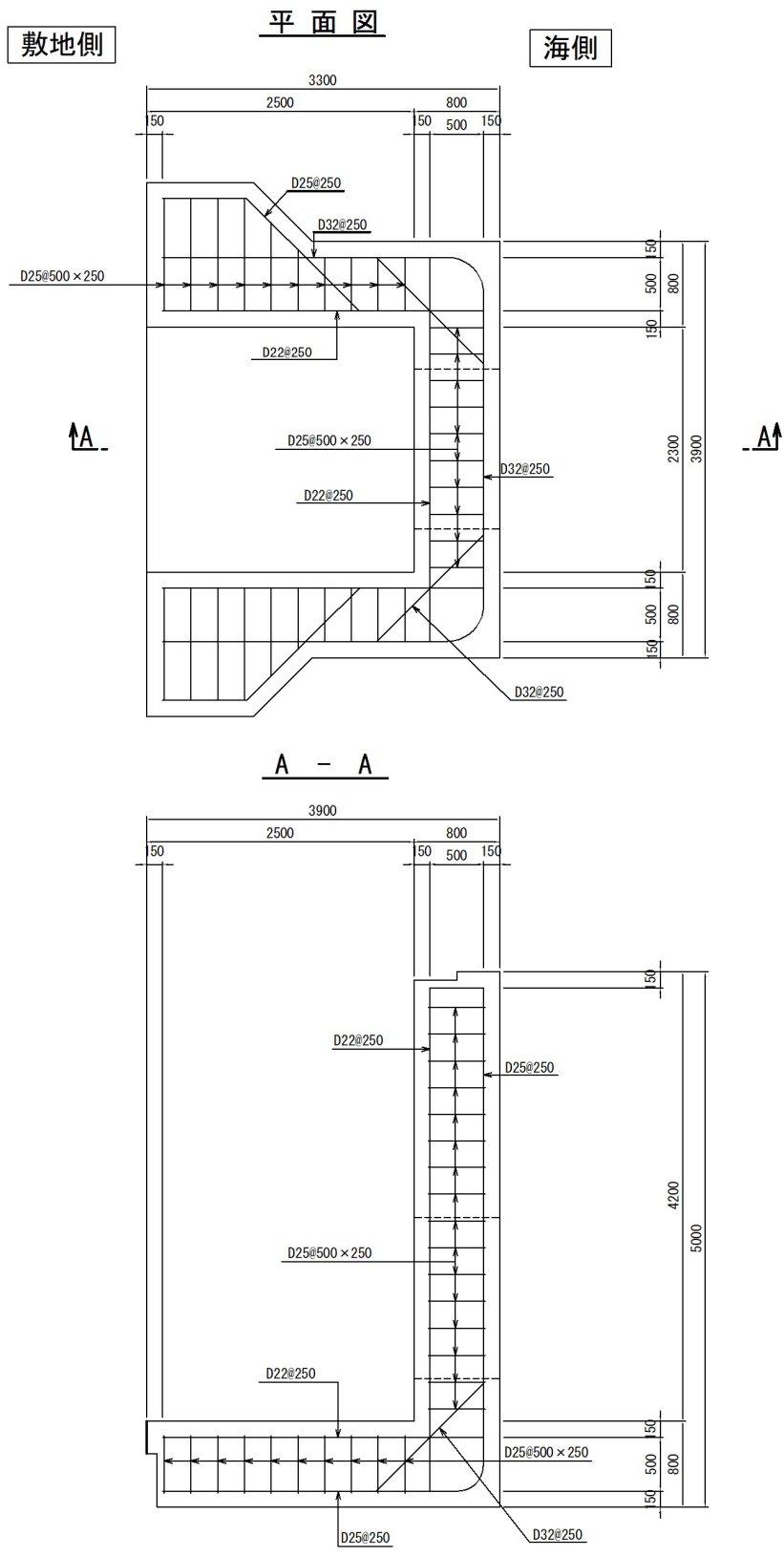


図 8-1(2) 概略配筋図 (集水 **柵** (屋外排水路逆止弁②, ③, ④, ⑤, ⑥))

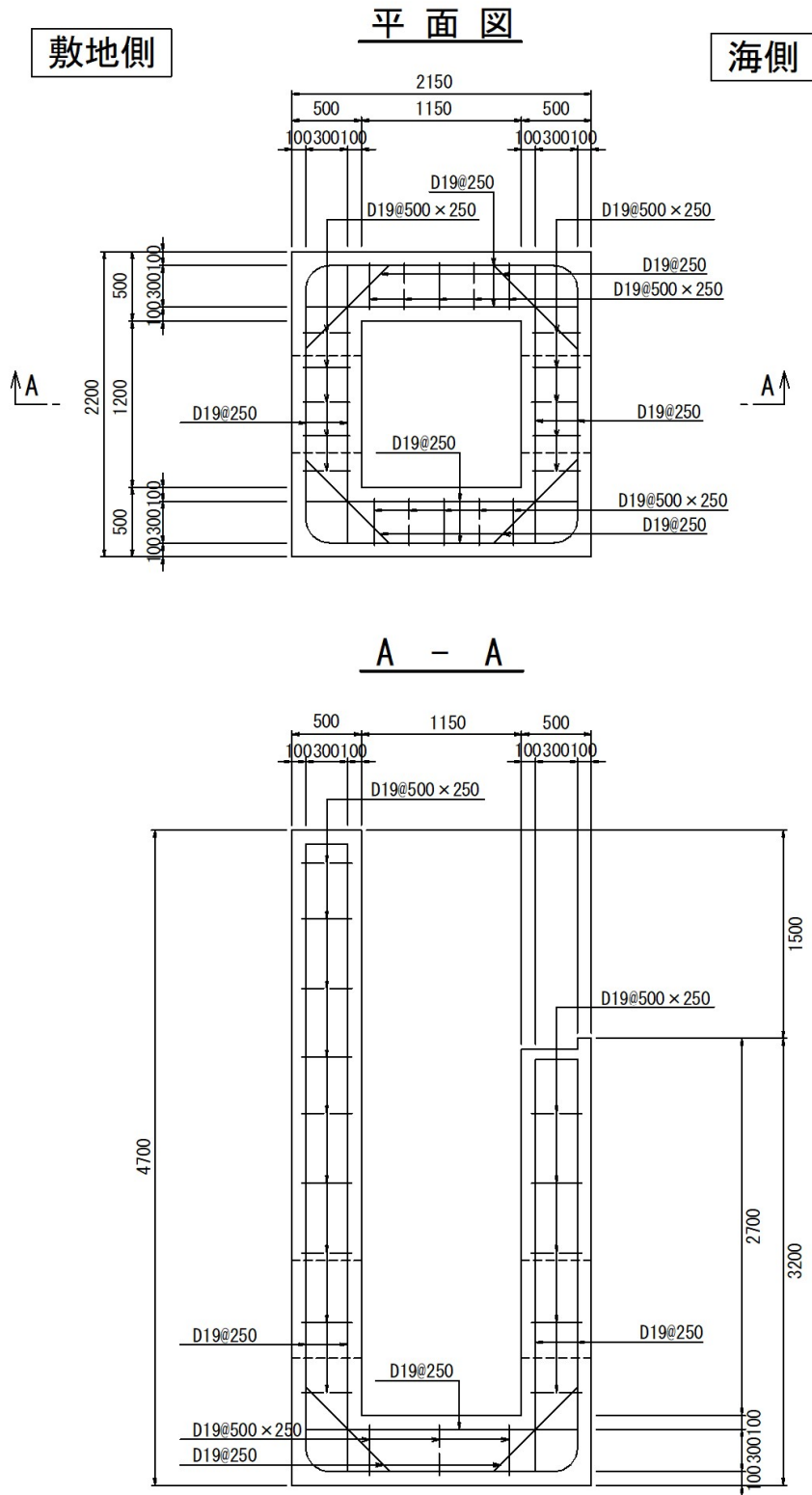
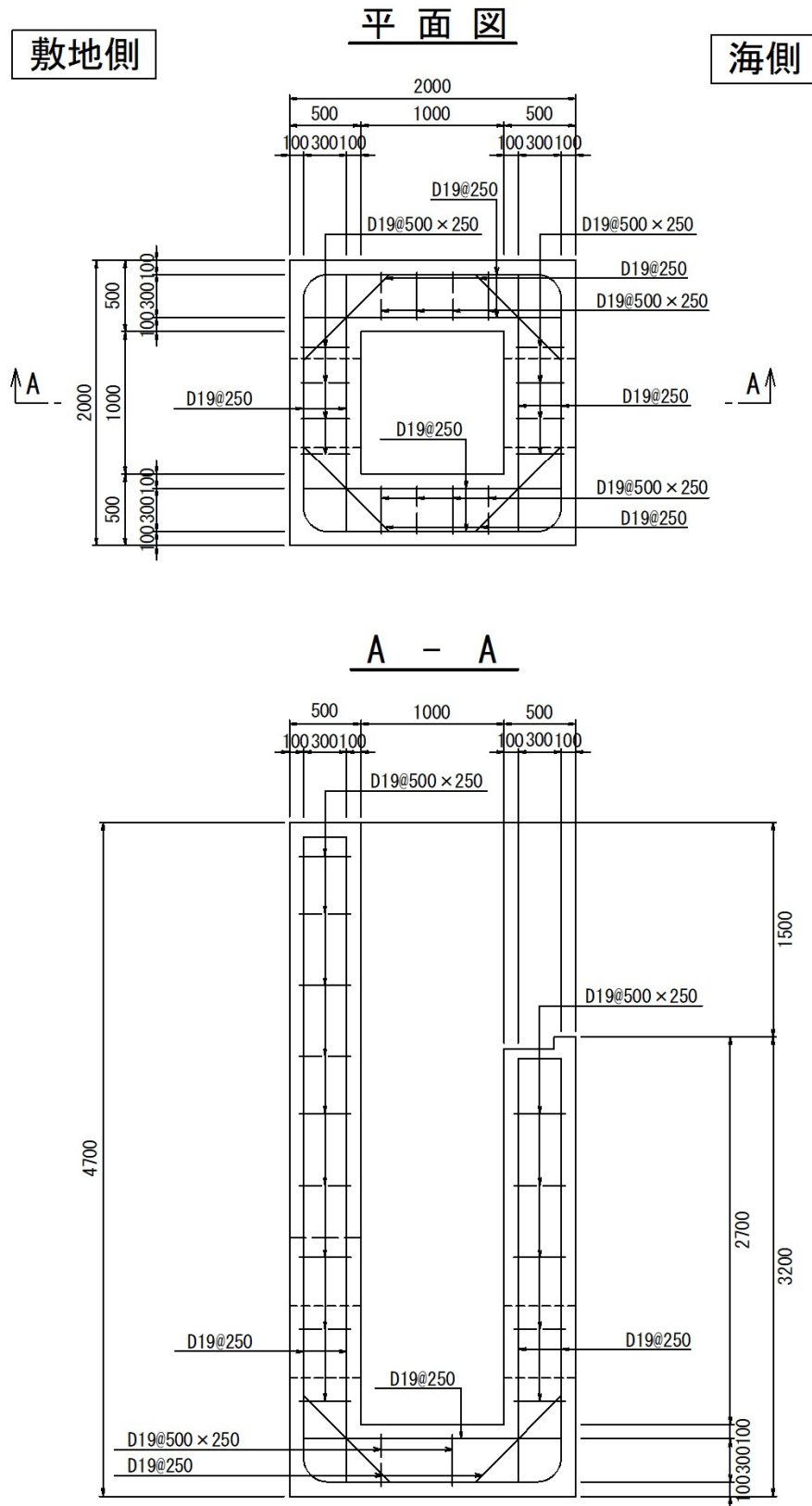


図 8-1(3) 概略配筋図 (集水 **枿** (屋外排水路逆止弁⑦))

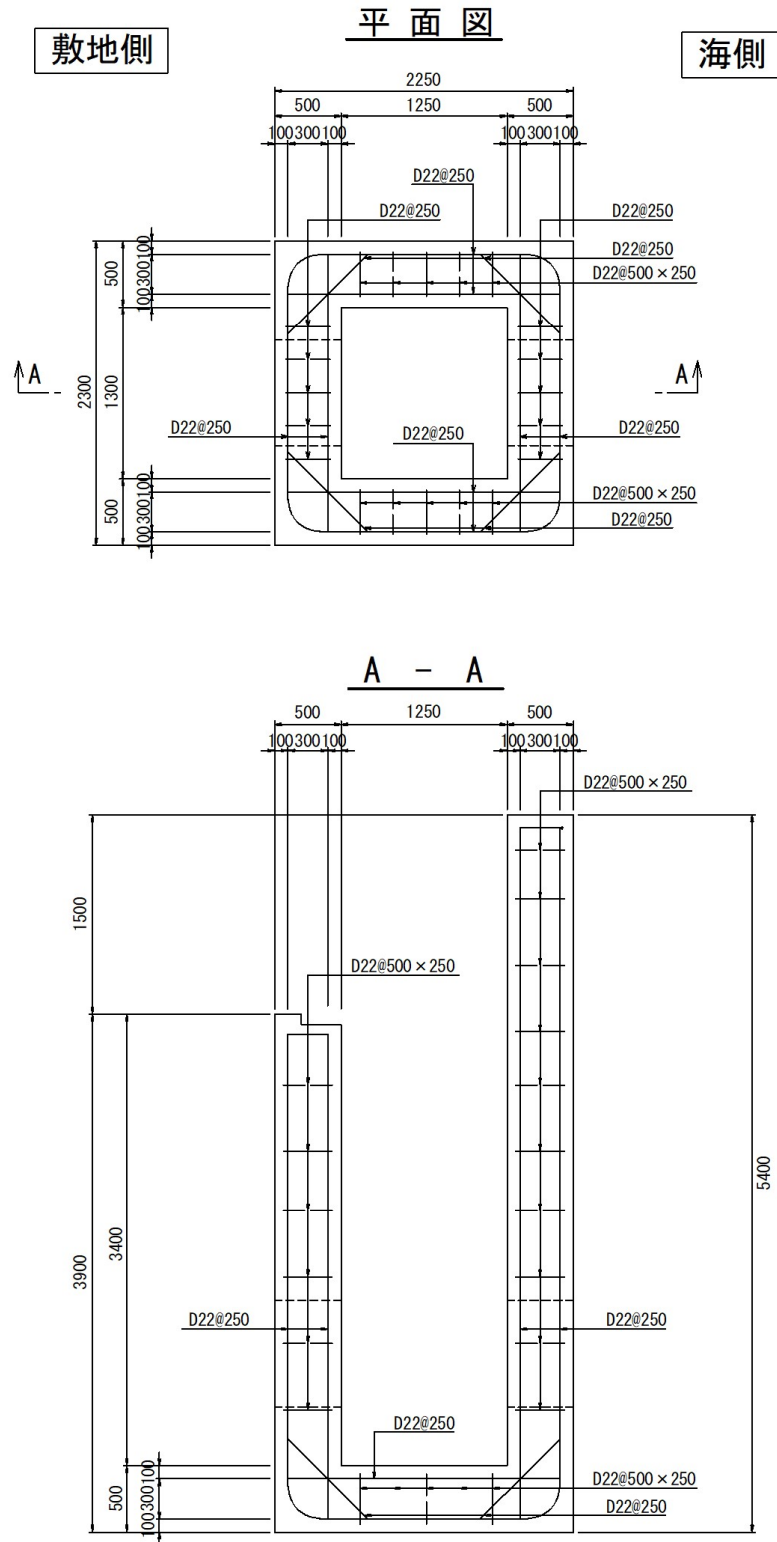
(単位:mm)



(単位: mm)

図 8-1(4) 概略配筋図 (集水 **枿** (屋外排水路逆止弁⑧-1))





(単位:mm)

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

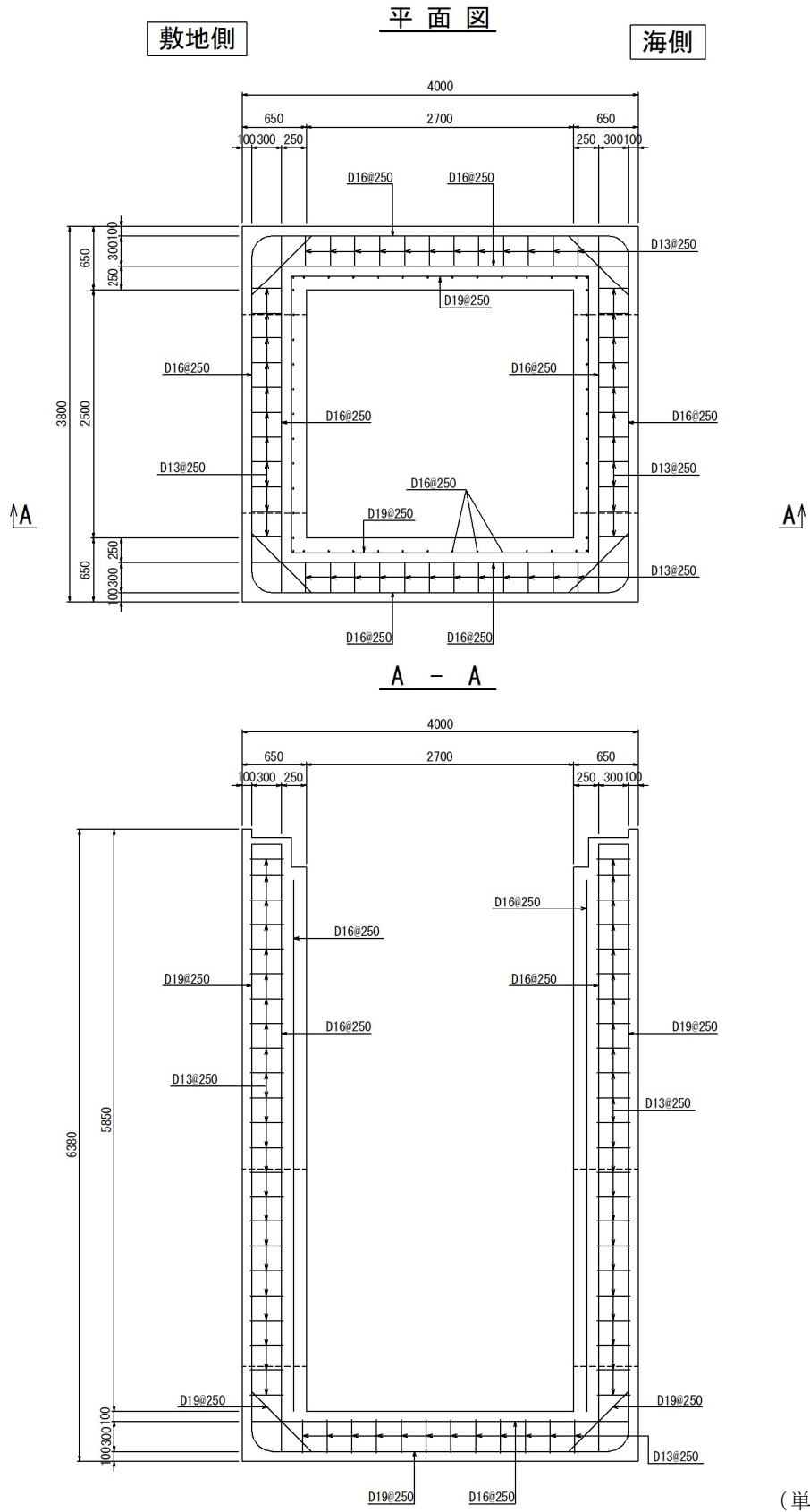
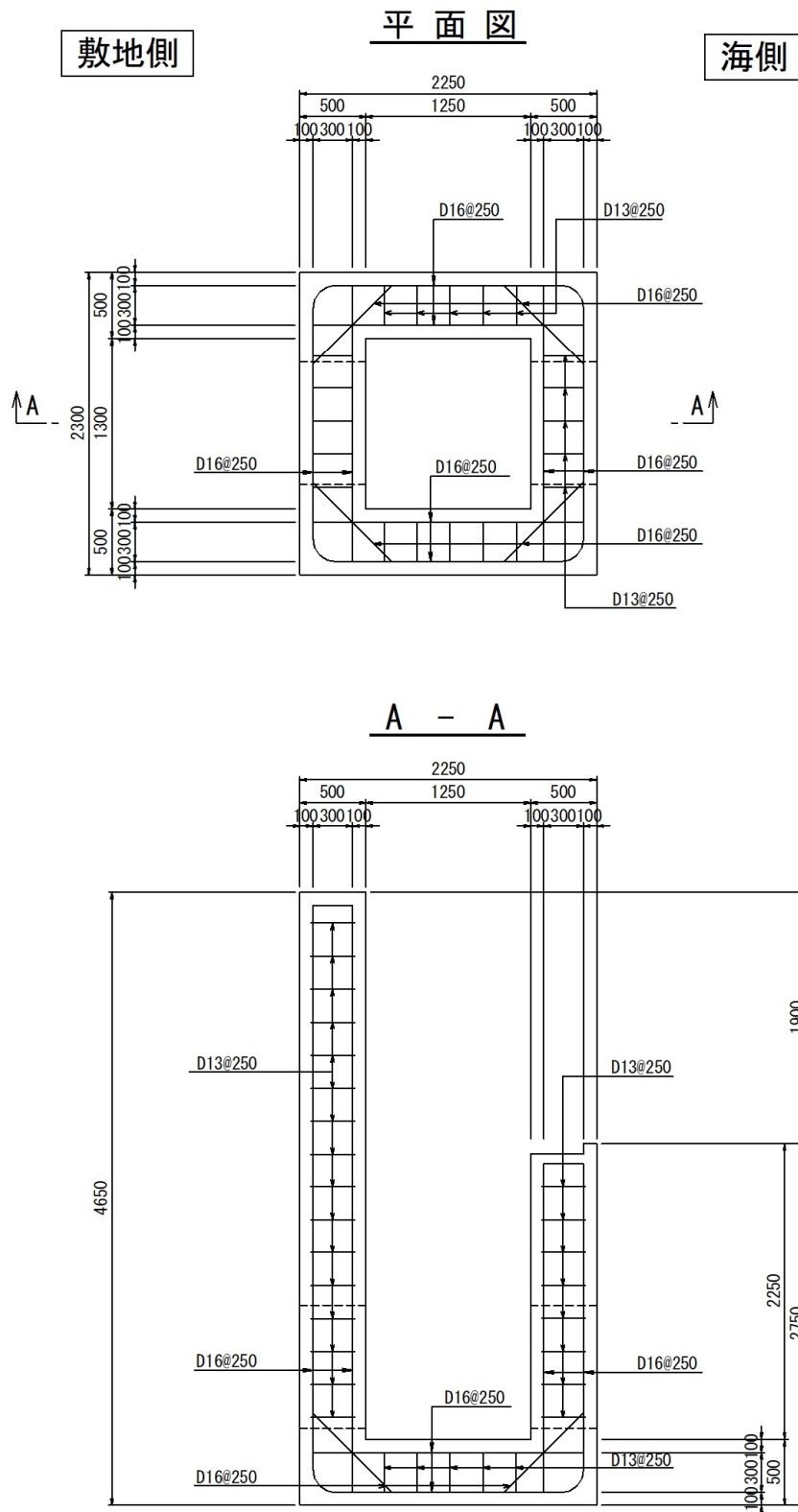
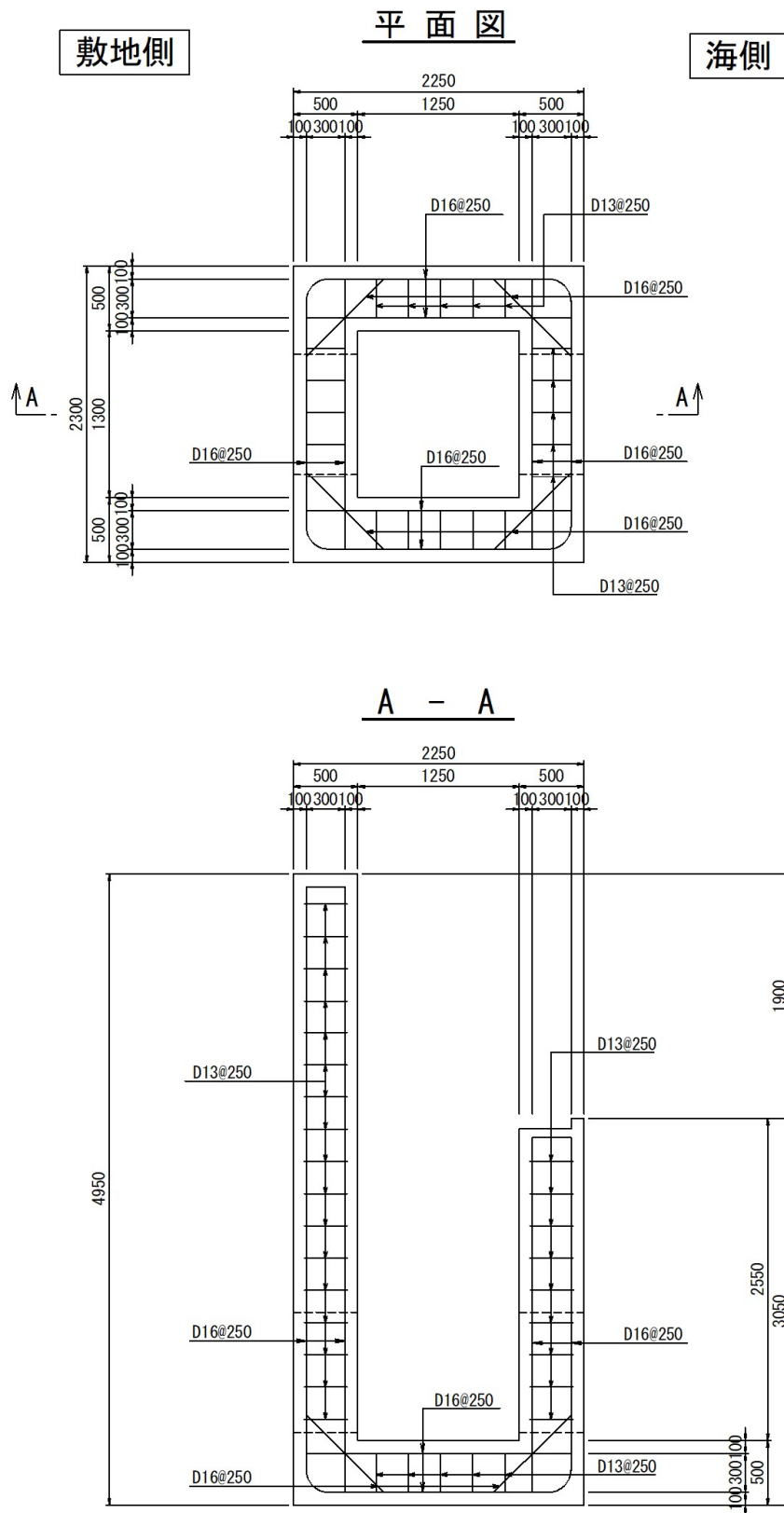


図 8-1(6) 概略配筋図 (集水桝 (屋外排水路逆止弁⑨))



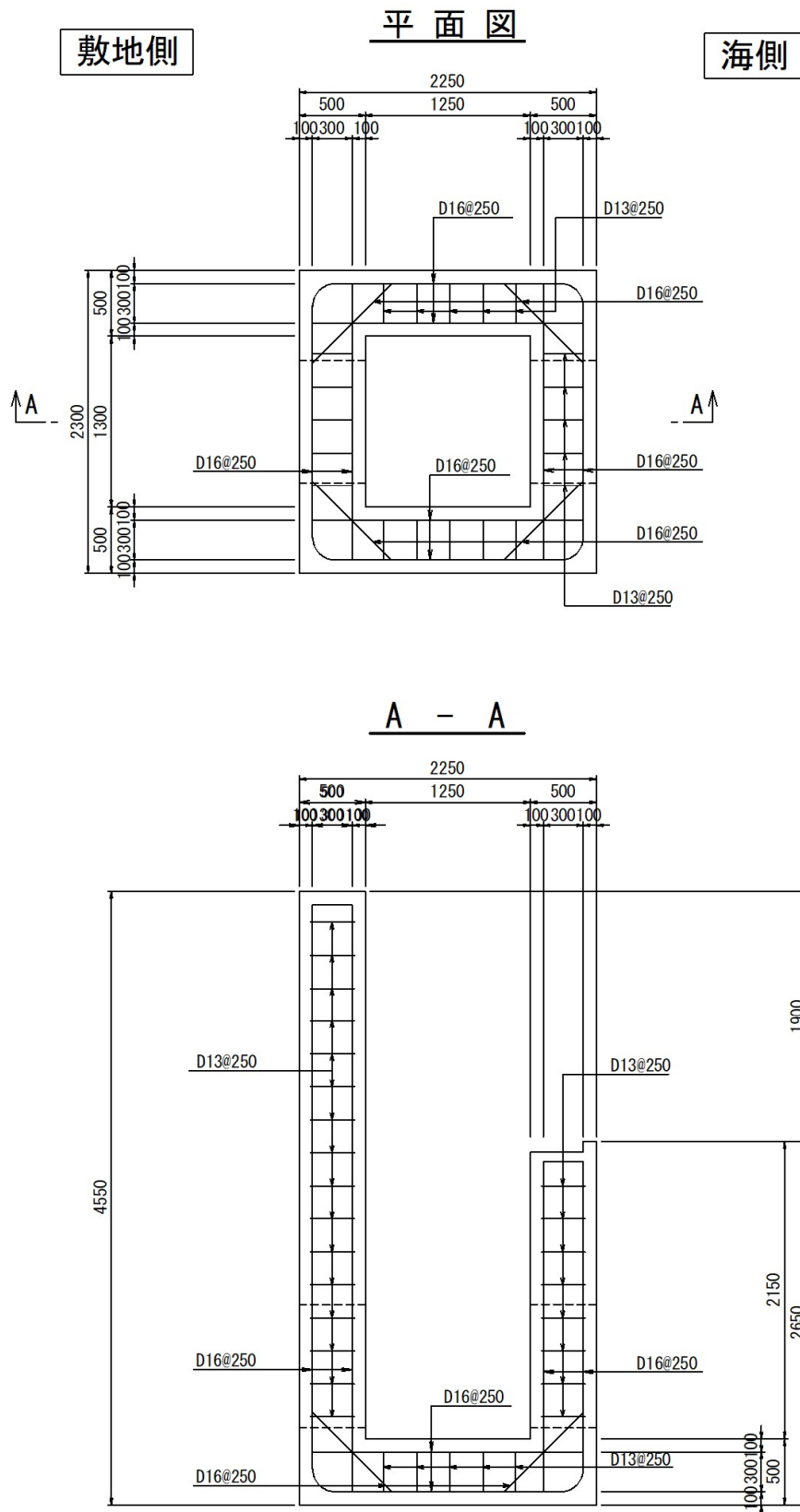
(単位: mm)

図 8-1(7) 概略配筋図 (集水枿 (屋外排水路逆止弁⑩))



(单位: mm)

図 8-1(8) 概略配筋図 (集水枿 (屋外排水路逆止弁①))



(単位: mm)

図 8-1(9) 概略配筋図 (集水枿 (屋外排水路逆止弁⑫))

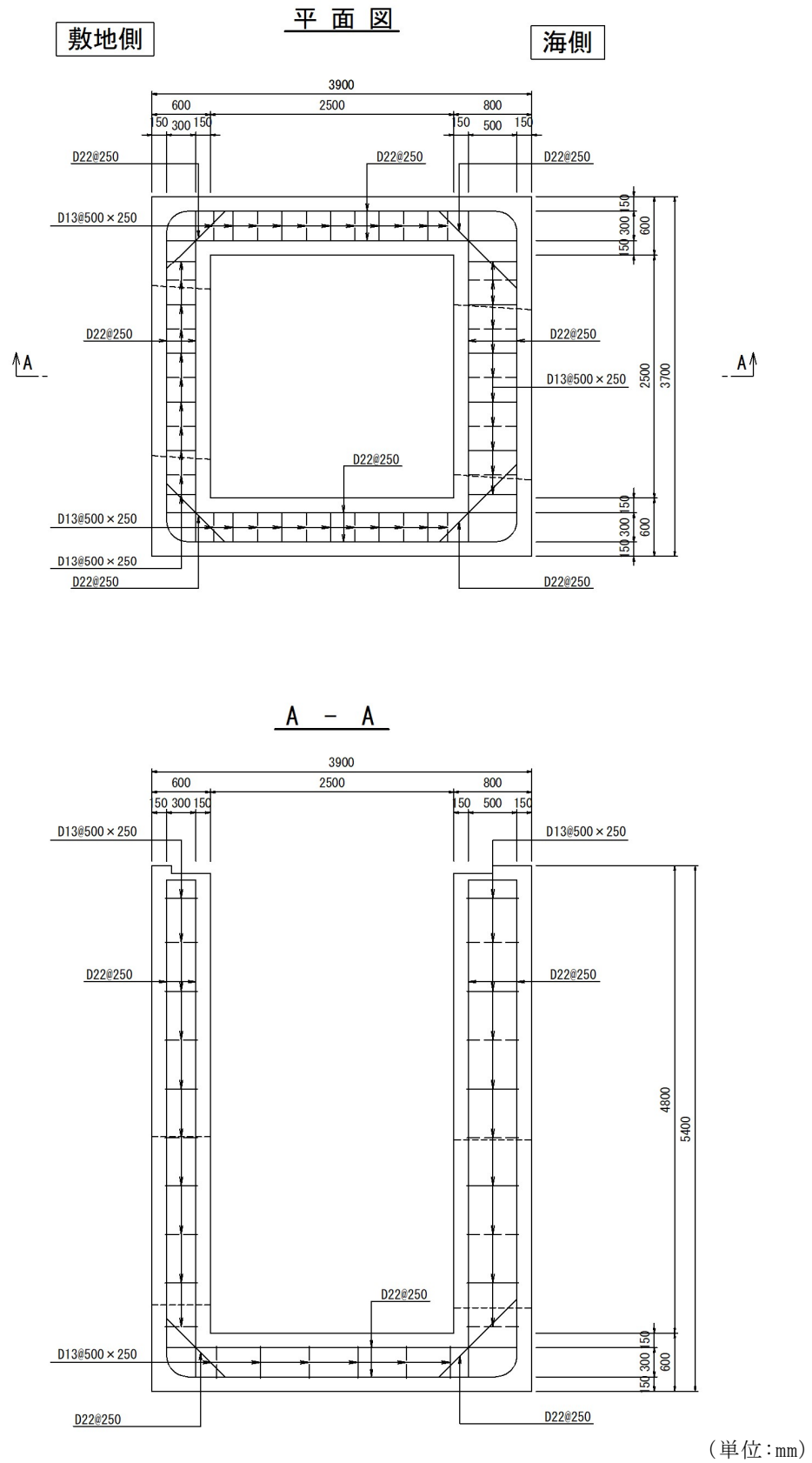


図 8-1(10) 概略配筋図 (集水枡 (屋外排水路逆止弁⑬))

表 8-1 曲げ軸力に対する照査結果（津波時：底版）

設備名称	底版寸法 (mm)	曲げ モーメント (kN・m)	曲げ 圧縮応力 (N/mm <sup>2</sup> )	曲げ 引張応力 (N/mm <sup>2</sup> )	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )		曲げ 圧縮応力 照査値	曲げ 引張応力 照査値
					曲げ 圧縮	曲げ 引張		
集水榦（屋外排水路 逆止弁①）	4600×3900	234.23* <sup>1</sup> 110.37* <sup>2</sup>	3.35	195.90	13.5	294	0.25	0.67
集水榦（屋外排水路 逆止弁②，③，④， ⑤，⑥）	3900×3300	167.39	3.67	180.38	13.5	294	0.28	0.62
集水榦（屋外排水路 逆止弁⑦）	2200×2150	18.51	1.00	44.11	13.5	294	0.08	0.16
集水榦（屋外排水路 逆止弁⑧-1）	2000×2000	16.39	0.88	39.04	13.5	294	0.07	0.14
集水榦（屋外排水路 逆止弁⑧-2）	2300×2250	25.09	1.21	44.79	13.5	294	0.09	0.16
集水榦（屋外排水路 逆止弁⑨）	3800×4000	116.20	6.26	276.88	13.5	294	0.47	0.95
集水榦（屋外排水路 逆止弁⑩）	2300×2250	18.36	1.14	62.25	13.5	294	0.09	0.22
集水榦（屋外排水路 逆止弁⑪）	2300×2250	19.99	1.24	67.78	13.5	294	0.10	0.24
集水榦（屋外排水路 逆止弁⑫）	2300×2250	17.82	1.11	60.44	13.5	294	0.09	0.21
集水榦（屋外排水路 逆止弁⑬）	3700×3900	70.96	2.82	112.06	13.5	294	0.21	0.39

注記 \*1：曲げ圧縮応力算定時の曲げモーメント

\*2：曲げ引張応力算定時の曲げモーメント

表 8-2 曲げ軸力に対する照査結果（津波時：側壁）

設備名称	側壁寸法 (mm)	曲げ モーメント (kN・m)	曲げ 圧縮応力 (N/mm <sup>2</sup> )	曲げ 引張応力 (N/mm <sup>2</sup> )	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )		曲げ 圧縮応力 照査値	曲げ 引張応力 照査値
					曲げ 圧縮	曲げ 引張		
集水榦（屋外排水路 逆止弁①）	5250×4600	85.19* <sup>1</sup> 34.91* <sup>2</sup>	1.22	61.97	13.5	294	0.10	0.22
集水榦（屋外排水路 逆止弁②，③，④， ⑤，⑥）	5000×3900	66.78	1.32	55.55	13.5	294	0.10	0.19
集水榦（屋外排水路 逆止弁⑦）	3200×2200	13.58	0.73	32.34	13.5	294	0.06	0.11
集水榦（屋外排水路 逆止弁⑧-1）	3200×2000	10.73	0.58	25.55	13.5	294	0.05	0.09
集水榦（屋外排水路 逆止弁⑧-2）	3900×2300	16.61	0.80	29.65	13.5	294	0.06	0.11
集水榦（屋外排水路 逆止弁⑨）	6350×3800	83.50	3.14	203.82	13.5	294	0.24	0.70
集水榦（屋外排水路 逆止弁⑩）	2750×2300	14.26	0.89	48.36	13.5	294	0.07	0.17
集水榦（屋外排水路 逆止弁⑪）	3050×2300	14.84	0.92	50.32	13.5	294	0.07	0.18
集水榦（屋外排水路 逆止弁⑫）	2650×2300	11.78	0.73	39.92	13.5	294	0.06	0.14
集水榦（屋外排水路 逆止弁⑬）	5400×3700	53.86	2.14	85.05	13.5	294	0.16	0.29

注記 \*1：曲げ圧縮応力算定時の曲げモーメント

\*2：曲げ引張応力算定時の曲げモーメント



## 8.2 集水桝のせん断力評価結果

集水桝のせん断力に対する照査結果を表 8-3 に示す。

集水桝（底版、側壁）に発生するせん断応力が許容限界以下であることを確認した。なお、発生応力は各照査断面において最大となる値を示している。

表 8-3(1) せん断力に対する照査結果（津波時：底版）

設備名称	設計基準強度	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）	24 N/mm <sup>2</sup>	SD345	0.54	0.675	0.80
集水桝（屋外排水路 逆止弁②，③，④， ⑤，⑥）	24 N/mm <sup>2</sup>	SD345	0.53	0.675	0.79
集水桝（屋外排水路 逆止弁⑦）	24 N/mm <sup>2</sup>	SD345	0.24	0.675	0.36
集水桝（屋外排水路 逆止弁⑧-1）	24 N/mm <sup>2</sup>	SD345	0.23	0.675	0.35
集水桝（屋外排水路 逆止弁⑧-2）	24 N/mm <sup>2</sup>	SD345	0.30	0.675	0.45
集水桝（屋外排水路 逆止弁⑨）	24 N/mm <sup>2</sup>	SD345	241.25	294	0.83
集水桝（屋外排水路 逆止弁⑩）	24 N/mm <sup>2</sup>	SD345	0.22	0.675	0.33
集水桝（屋外排水路 逆止弁⑪）	24 N/mm <sup>2</sup>	SD345	0.24	0.675	0.36
集水桝（屋外排水路 逆止弁⑫）	24 N/mm <sup>2</sup>	SD345	0.21	0.675	0.32
集水桝（屋外排水路 逆止弁⑬）	24 N/mm <sup>2</sup>	SD345	0.43	0.675	0.64

注記\*：集水桝（屋外排水路逆止弁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 8-3(2) せん断力に対する照査結果（津波時：側壁）

設備名称	設計基準強度	発生せん断力 (N/mm <sup>2</sup> )	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )	照査値
集水桝（屋外排水路 逆止弁①）	24 N/mm <sup>2</sup>	0.20	0.675	0.30
集水桝（屋外排水路 逆止弁②，③，④， ⑤，⑥）	24 N/mm <sup>2</sup>	0.21	0.675	0.32
集水桝（屋外排水路 逆止弁⑦）	24 N/mm <sup>2</sup>	0.13	0.675	0.20
集水桝（屋外排水路 逆止弁⑧-1）	24 N/mm <sup>2</sup>	0.11	0.675	0.17
集水桝（屋外排水路 逆止弁⑧-2）	24 N/mm <sup>2</sup>	0.15	0.675	0.23
集水桝（屋外排水路 逆止弁⑨）	24 N/mm <sup>2</sup>	0.27	0.675	0.40
集水桝（屋外排水路 逆止弁⑩）	24 N/mm <sup>2</sup>	0.13	0.675	0.20
集水桝（屋外排水路 逆止弁⑪）	24 N/mm <sup>2</sup>	0.13	0.675	0.20
集水桝（屋外排水路 逆止弁⑫）	24 N/mm <sup>2</sup>	0.11	0.675	0.17
集水桝（屋外排水路 逆止弁⑬）	24 N/mm <sup>2</sup>	0.25	0.675	0.38

### 8.3 アンカー筋の支持性能評価結果

集水桝のアンカー筋の耐力について、アンカー筋の引張耐力及びせん断耐力に対する照査結果を表 8-4 に示す。照査を行った結果、作用力が許容限界以下であることを確認した。

表 8-4(1) アンカー筋の引張力に対する照査結果

設備名称	作用引張力 (kN/本)	許容限界 (kN/本)	照査値
集水桝 (屋外排水路 逆止弁①)	45.39	88.80	0.52
集水桝 (屋外排水路 逆止弁②, ③, ④, ⑤, ⑥)	31.95	91.80	0.35
集水桝 (屋外排水路 逆止弁⑦)	9.31	105.40	0.09
集水桝 (屋外排水路 逆止弁⑧-1)	8.59	105.40	0.09
集水桝 (屋外排水路 逆止弁⑧-2)	20.91	105.40	0.20
集水桝 (屋外排水路 逆止弁⑩)	10.30	108.80	0.10
集水桝 (屋外排水路 逆止弁⑪)	11.02	108.80	0.11
集水桝 (屋外排水路 逆止弁⑫)	10.08	108.80	0.10

表 8-4(2) アンカー筋のせん断力に対する照査結果

設備名称	作用 せん断力 (kN/本)	許容限界 (kN/本)	照査値
集水桝（屋外排水路 逆止弁①）	46.57	155.10	0.31
集水桝（屋外排水路 逆止弁②，③，④， ⑤，⑥）	34.00	155.10	0.22
集水桝（屋外排水路 逆止弁⑦）	10.76	98.17	0.11
集水桝（屋外排水路 逆止弁⑧-1）	10.14	98.17	0.11
集水桝（屋外排水路 逆止弁⑧-2）	10.33	98.17	0.11
集水桝（屋外排水路 逆止弁⑩）	12.13	95.50	0.13
集水桝（屋外排水路 逆止弁⑪）	13.21	95.50	0.14
集水桝（屋外排水路 逆止弁⑫）	11.77	95.50	0.13

#### 8.4 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 8-5 に示す。照査を行った結果、引張応力が許容限界以下であることを確認した。

表 8-5 接合鉄筋の曲げ軸力に対する照査結果

設備名称	評価部位	引張応力 (N/mm <sup>2</sup> )	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )	引張応力 照査値
			引張	
集水桝 (屋外排水路 逆止弁⑬)	接合鉄筋 (D22)	118.23	294	0.41

#### 8.5 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評価結果を表 8-6 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 8-6 基礎地盤の支持性能に対する照査結果

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
津波時 (設計津波水位： EL 12.6m) (屋外排水路 逆止弁⑩)	192.3	2500	0.08

8.6 集水桝蓋の応力評価結果

集水桝蓋（鋼板）の曲げ応力度及びせん断応力度に対する照査結果を表 8-7 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 8-7(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)	20.13	210	0.10
集水桝（屋外排水路 逆止弁②，③，④， ⑤，⑥）	集水桝蓋 (t=25mm)	20.13	210	0.10
集水桝（屋外排水路 逆止弁⑧-2）	集水桝蓋 (t=25mm)	13.46	210	0.07
集水桝（屋外排水路 逆止弁⑬）	集水桝蓋 (t=25mm)	13.46	210	0.07

表 8-7(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)	0.65	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)	0.65	120	0.01
集水桝（屋外排水路 逆止弁⑧-2）	集水桝蓋 (t=25mm)	0.44	120	0.01
集水桝（屋外排水路 逆止弁⑬）	集水桝蓋 (t=25mm)	0.44	120	0.01

8. 7 アンカーボルト（集水桝蓋）の引張力評価結果

集水桝蓋のアンカーボルトの引張耐力に対する照査結果を表 8-8 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 8-8 アンカーボルト（集水桝蓋）の引張力に対する照査結果

設備名称	評価部位	発生引張力 (kN/本)	許容限界 (kN/本)	照査値
集水桝（屋外排水路 逆止弁①）	アンカーボルト （集水桝蓋）	50.77	82.95	0.62
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）	41.15	82.95	0.50
集水桝（屋外排水路 逆止弁⑧-2）	アンカーボルト （集水桝蓋）	13.69	57.57	0.24
集水桝（屋外排水路 逆止弁⑬）	アンカーボルト （集水桝蓋）	21.82	57.57	0.38