

本資料の記載については、追加評価結果及び補足説明資料の記載内容と整合させたいうで今後適正化する。

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
提出年月日	2022年12月5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

2022年12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	5
2.3	評価方針	8
2.4	適用規格・基準等	9
2.5	記号の説明	10
3.	評価対象部位	13
4.	固有周期	14
4.1	固有周期の計算方法	14
4.1.1	閉門時	14
4.1.2	開門時	15
4.2	固有周期の計算条件	16
4.2.1	閉門時	16
4.2.2	開門時	17
4.3	固有周期の計算結果	18
4.3.1	閉門時	18
4.3.2	開門時	19
5.	構造強度評価	20
5.1	構造強度評価方法	20
5.2	荷重及び荷重の組合せ	20
5.2.1	荷重の設定	20
5.2.2	荷重の組合せ	20
5.3	許容限界	21
5.4	設計用地震力	22
5.5	計算方法	26
5.5.1	スキンプレート	26
5.5.2	吊り金具（扉体部，固定部）	27
5.5.3	吊り手	30
5.5.4	吊りピン	32
5.5.5	戸当り	34
5.5.6	集水桝（戸当り部コンクリート）	35
5.5.7	アンカーボルト	36
5.6	計算条件	37

6.	評価結果	40
7.	集水桝の耐震評価	43
7.1	集水桝の構造概要	43
7.2	評価方針	46
7.3	適用規格・基準等	48
8.	集水桝の耐震評価方法	49
8.1	評価対象断面及び部位	49
8.2	荷重及び荷重の組合せ	49
8.2.1	荷重の設定	49
8.2.2	荷重の組合せ	49
8.3	許容限界	50
8.3.1	集水桝	50
8.3.2	アンカー筋	51
8.3.3	集水桝蓋	51
8.3.4	アンカーボルト（集水桝蓋）	51
8.4	設計用地震力	52
8.5	評価方法	53
8.5.1	集水桝（底版）の評価	53
8.5.2	集水桝（側壁）の評価	53
8.5.3	アンカー筋の評価	54
8.5.4	集水桝蓋の評価	54
8.5.5	アンカーボルト（集水桝蓋）の評価	54
8.6	使用材料及び材料の物性値	55
9.	集水桝の耐震評価結果	56
9.1	集水桝の曲げ軸力評価結果	56
9.2	集水桝のせん断力評価結果	60
9.3	アンカー筋の支持性能評価結果	61
9.4	集水桝蓋の応力評価結果	62
9.5	アンカーボルト（集水桝蓋）のせん断力評価結果	62

1. 概要

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

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

2. 一般事項

2.1 配置概要

屋外排水路逆止弁の設置位置及び屋外排水路逆止弁⑦，⑧-2の構造概要図を図2-1に示す。以降，VI-2-10-2-2-2「防波壁（逆T擁壁）の地震応答計算書」の地震応答解析結果に基づき評価する逆止弁のうち，敷地側と海側の代表として屋外排水路逆止弁⑦，⑧-2を対象とする。

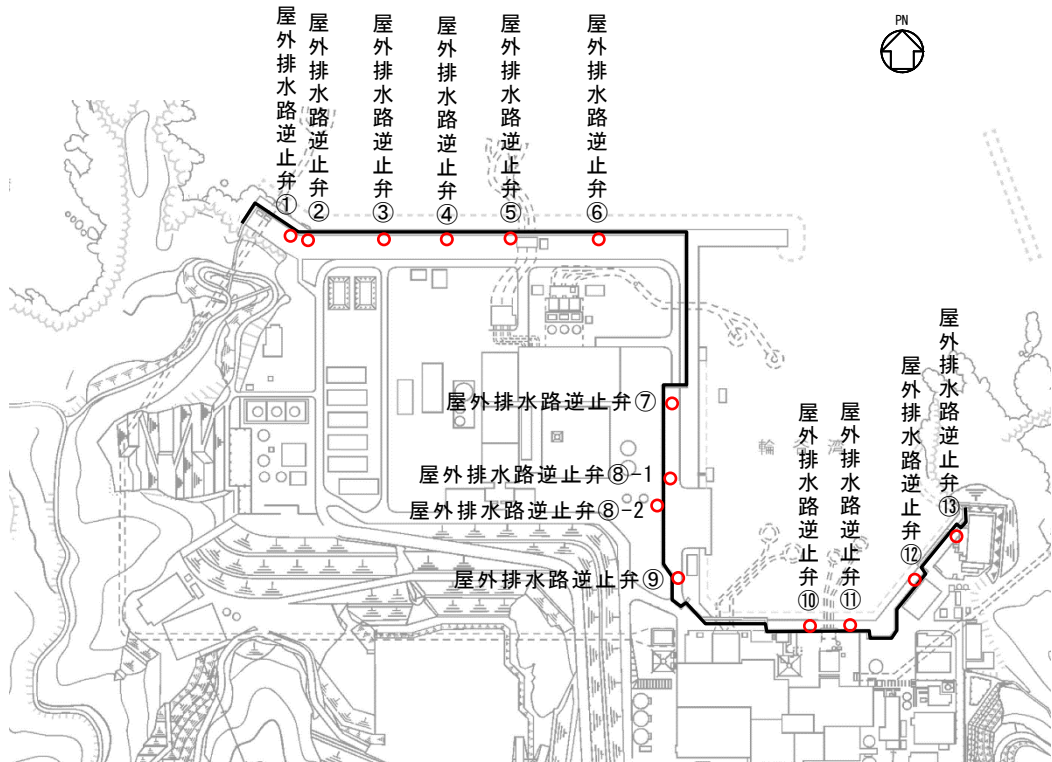


図2-1(1) 屋外排水路逆止弁の設置位置図

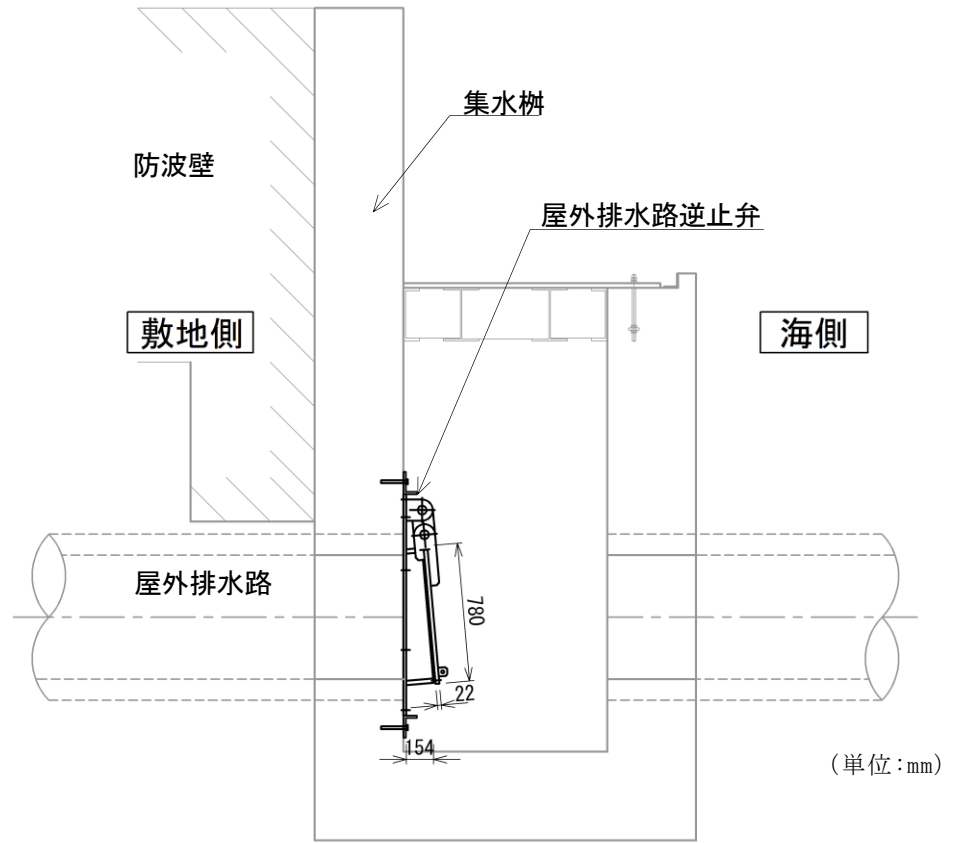


図 2-1(2) 屋外排水路逆止弁⑦の構造概要図

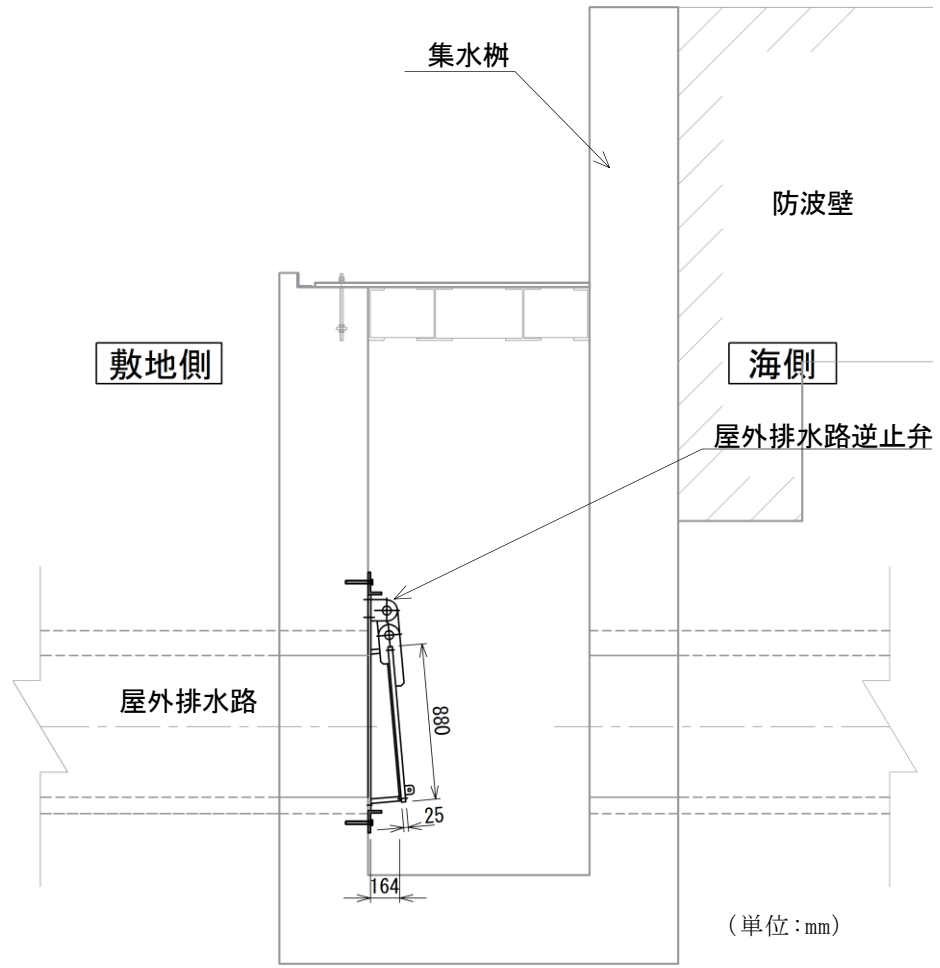


図 2-1(3) 屋外排水路逆止弁⑧-2 の構造概要図

2.2 構造計画

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

屋外排水路逆止弁の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1(1) 構造計画 (屋外排水路逆止弁⑦)

計画の概要		説明図
基礎・支持構造	主体構造	
スキンプレー 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。	

S2 補 VI-2-10-2-7 R0

表 2-1(2) 構造計画 (屋外排水路逆止弁⑧-2)

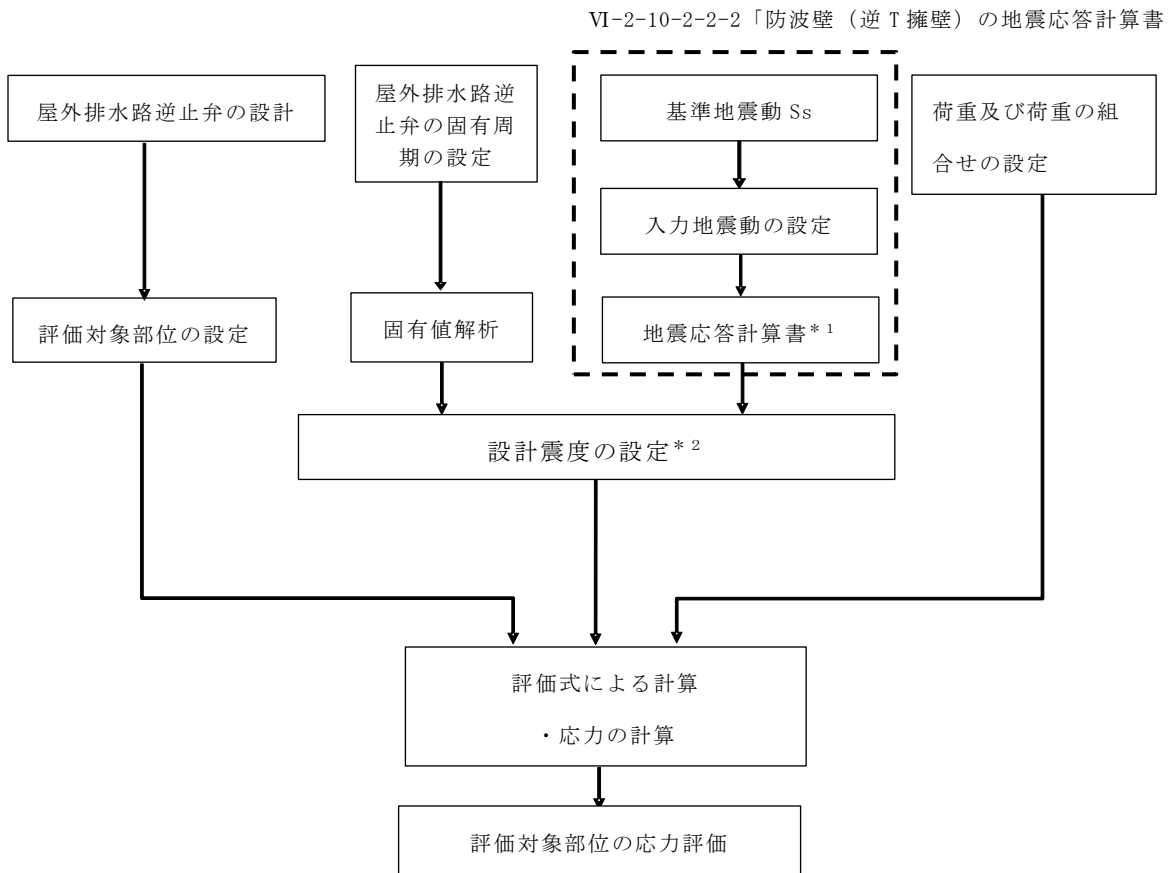
計画の概要		説明図
基礎・支持構造	主体構造	
スキンプレー を吊り手, 吊り ピン, 吊り金具 及びアンカーボ ルトを介して集 水柵に固定す る。	スキンプレー により構成す る。	<p>正面図</p> <p>側面図 (単位:mm)</p>

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。

屋外排水路逆止弁の耐震評価フローを図 2-2 に示す。



注記 *1：地震応答解析は、VI-2-10-2-2-2「防波壁（逆T擁壁）の地震応答計算書」の結果を用いる。

*2：地震応答解析にて算出された固有周期に基づき設計用震度を設定する。

図 2-2 屋外排水路逆止弁の耐震評価フロー

2.4 適用規格・基準等

適用する規格，基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1
・補－1984（日本電気協会）
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1－1987 （日本電気協会）
- (3) 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1－1991 追補版（日本電気協会）
- (4) 日本工業規格 J I S G 4 0 5 3－2008 機械構造用合金鋼鋼材
- (5) ダム・堰施設技術基準（案）（基準解説編・設備計画マニュアル編）（ダム・堰施設技術協会，2016年）
- (6) コンクリート標準示方書 [構造性能照査編]（土木学会，2002年制定）
- (7) 構造力学公式集（土木学会，1988年）
- (8) 各種合成構造設計指針・同解説（日本建築学会，2010年）
- (9) 機械工学便覧 基礎編（日本機械学会，1987年）

2.5 記号の説明

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

表 2-2 屋外排水路逆止弁の固有周期の計算に用いる記号

記号	単位	定義
T	s	固有周期
f	Hz	一次固有振動数
L_1	mm	梁の長さ（扉体の直径）
E	N/mm^2	ヤング係数
I	mm^4	屋外排水路逆止弁の断面二次モーメント
m	kg/mm	扉体部の単位長さ当り質量
g	mm/s^2	重力加速度
L_2	mm	振り子の長さ（回転支点から扉体重心までの距離）

表 2-3(1) 屋外排水路逆止弁の応力評価に用いる記号 (1/2)

記号	単位	定義
σ_{max}	N/mm ²	スキンプレートの最大応力度
K _h	—	水平方向の設計震度
P	N/mm ²	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 _{g1}	N	扉体自重
σ_{Ax}	N/mm ²	吊り金具の水平震度による曲げ応力度 (断面A水平方向)
W _{kh1}	N	扉体自重の水平震度による地震時慣性力
a ₁	mm	ピン穴中心間の距離
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
Z _{Ax}	mm ³	断面係数
τ_{Ax}	N/mm ²	吊り金具の水平震度によるせん断応力度 (断面A水平方向)
A _A	mm ²	断面Aの断面積
σ_{xmax}	N/mm ²	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)
σ_{Ay}	N/mm ²	吊り金具の鉛直震度による曲げ応力度 (断面A鉛直方向)
W _{kv1}	N	扉体自重の鉛直震度による地震時慣性力
Z _{Ay}	mm ³	断面係数
K _v	—	鉛直方向の設計震度
τ_{Ay}	N/mm ²	吊り金具の鉛直震度によるせん断応力度 (断面A鉛直方向)
σ_{ymax}	N/mm ²	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)
τ_B	N/mm ²	吊り金具の同時加振によるせん断応力度 (断面B)
W _{k1}	N	扉体自重の同時加振による地震時慣性力
A _B	mm ²	断面Bの断面積
σ_{C1}	N/mm ²	吊り手の水平震度による曲げ応力度 (断面C水平方向)
Z _C	mm ³	断面係数
σ_{C2}	N/mm ²	吊り手の鉛直震度による引張応力度 (断面C鉛直方向)
A _C	mm ²	断面Cの断面積
σ_{Cmax}	N/mm ²	吊り手の曲げ応力と引張応力の合成応力度 (断面C)
τ_D	N/mm ²	吊り手の同時加振によるせん断応力度 (断面D)
A _D	mm ²	断面Dの断面積

表 2-3(2) 屋外排水路逆止弁の応力評価に用いる記号 (2/2)

記号	単位	定義
σ_E	N/mm ²	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 ³	断面係数
τ_F	N/mm ²	吊りピンの同時加振によるせん断応力度 (断面 F)
A_F	mm ²	断面 F の断面積
σ	N/mm ²	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
σ_c	N/mm ²	コンクリートの支圧応力度
b_f	mm	コンクリート支圧幅
τ_c	N/mm ²	コンクリートのせん断応力度
L_1	mm	有効径内径より戸当りアンカー板端面までの距離
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	戸当り自重の水平震度による地震時慣性力
W_{kv2}	N	戸当り自重の鉛直震度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

3. 評価対象部位

屋外排水路逆止弁⑦,⑧-2は、鋼製の扉体部（スキンプレート、吊り金具及び吊りピン）、固定部（吊り金具、吊りピン、戸当り、集水桝（戸当り部コンクリート））及びアンカーボルト）及びそれらを接続する吊り手で構成されることから、屋外排水路逆止弁⑦,⑧-2の耐震評価においては、スキンプレート、吊り金具、吊り手、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。

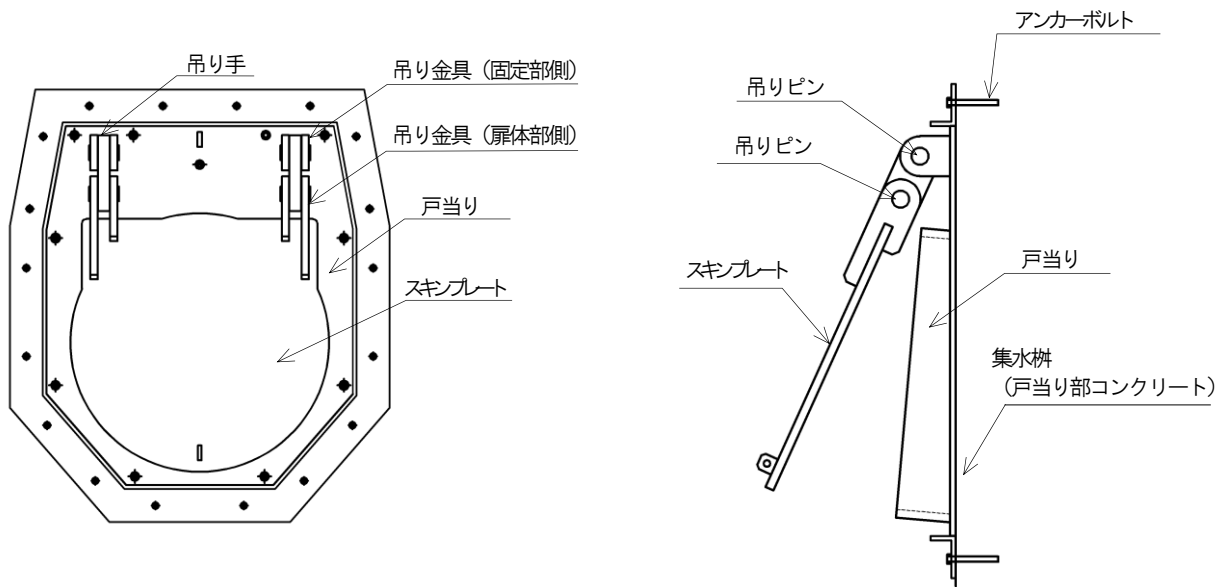


図3-1 屋外排水路逆止弁の評価対象部位（⑦，⑧-2）

4. 固有周期

4.1 固有周期の計算方法

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

閉門時及び開門時における固有周期の計算を以下で実施する。

4.1.1 閉門時

(1) 解析モデル（閉門時）

屋外排水路逆止弁の扉体部を両端支持梁としてモデル化する。

(2) 固有周期の計算（閉門時）

固有周期の計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

両端支持梁の一次固有振動数 f 及び固有周期 T は次のとおり与えられる。

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

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

T : 固有周期 (s)

f : 一次固有振動数 (Hz)

L_1 : 梁の長さ (扉体の直径) (mm)

E : ヤング係数 (N/mm²)

I : 屋外排水路逆止弁の断面二次モーメント (mm⁴)

m : 扉体部の単位長さ当り質量 (kg/mm)

4.1.2 開門時

(1) 解析モデル（開門時）

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

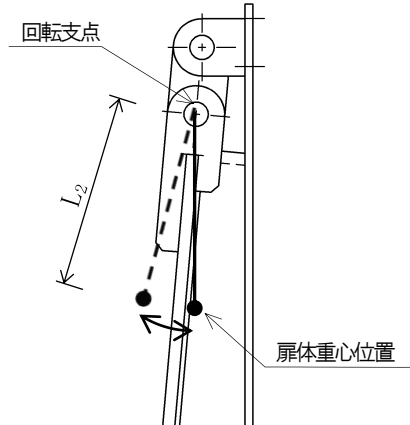


図4-1 解析モデル図（開門時）

(2) 固有周期の計算（開門時）

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

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

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

T : 固有周期 (s)

f : 一次固有振動数 (Hz)

g : 重力加速度 (mm/s²)

L₂ : 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 ²)	断面二次モーメント I (mm ⁴)	扉体部の単位長さ当り質量 m (kg/mm)	梁の長さ (扉体の径) L ₁ (mm)
屋外排水路逆止弁 (⑦)	1.93 × 10 ⁵	6.92 × 10 ⁵	0.17	780
屋外排水路逆止弁 (⑧-2)		1.15 × 10 ⁶	0.21	880

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^2)
屋外排水路逆止弁 (⑦)	454	9806.65
屋外排水路逆止弁 (⑧-2)	505	

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 (⑦)	72.05	0.014
屋外排水路逆止弁 (⑧-2)	66.10	0.015

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震度のうち水平方向については固有周期の計算結果を踏まえて設定する。

表 4-4 固有周期の計算結果（開門時）

設備名称	固有振動数 f (Hz)	固有周期 T (s)
屋外排水路逆止弁 (⑦)	0.74	1.35
屋外排水路逆止弁 (⑧-2)	0.70	1.43

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。

(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_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。

5.2.2 荷重の組合せ

屋外排水路逆止弁は、構内排水路の集水柵に設置されるため、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。

荷重の組合せを表 5-1 に示す。

表 5-1 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
地震時	G + S _s

G : 固定荷重

S_s : 地震荷重

5.3 許容限界

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

屋外排水路逆止弁の許容限界を表5-2に示す。

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

表5-2(1) 屋外排水路逆止弁の許容限界

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

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

表5-2(2) 屋外排水路逆止弁の許容限界

評価対象部位		材質	引張耐力* (N/本)	せん断耐力* (N/本)
固定部	アンカーボルト (屋外排水路逆止弁⑦)	SUS316L (M16)	24800	15300
	アンカーボルト (屋外排水路逆止弁⑧-2)	SUS316L (M16)	26300	18300

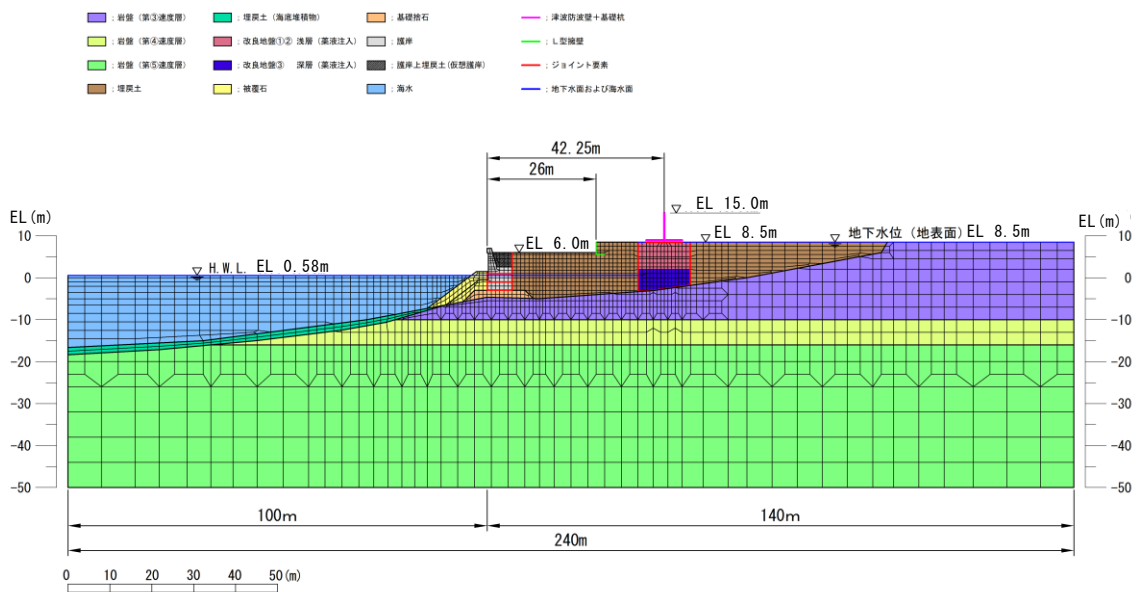
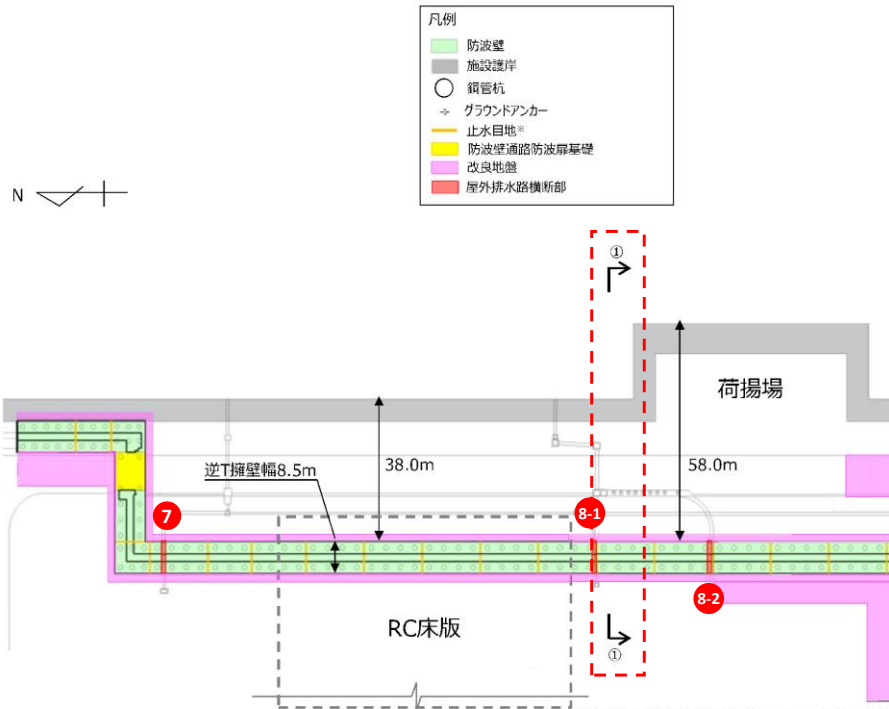
注記 * : 「各種合成構造設計指針・同解説（日本建築学会 2010年）」に基づき、引張耐力及びせん断耐力とする。

5.4 設計用地震力

「4. 固有周期」に示したとおり，閉門時において屋外排水路逆止弁は剛構造として考慮し，屋外排水路逆止弁の設計震度は，VI-2-10-2-2-2「防波壁（逆 T 擁壁）の地震応答計算書」の結果に基づき設定する。

屋外排水路逆止弁⑦，⑧-2 の評価対象断面は，集水柵が設置されている断面と同じ投影位置の関係にある荷揚護岸北側部（図 5-1 中の①-①断面）を選定する。

当該エリアの屋外排水路逆止弁の評価対象断面位置を図 5-1 に，評価対象断面の地震応答解析モデル図を図 5-2 に示す。



屋外排水路逆止弁の閉門時の評価に用いる設計震度を表 5-3 に、開門時の評価に用いる設計用地震力を表 5-4 に示す。

開門時においては屋外排水路逆止弁の固有周期が 0.05s を超えたことから、屋外排水路逆止弁の開門時の設計震度は、VI-2-10-2-2-2 「防波壁（逆 T 擁壁）の地震応答計算書」の結果を踏まえ作成した防波壁（逆 T 擁壁）の設備評価用床応答曲線を踏まえ固有周期を考慮し設定する。

表 5-3 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 設計震度	
			水平方向 K h	鉛直方向 K v
屋外排水路逆止弁 ⑦	基準地震動 S s	集水榭 EL 6.21 m (屋外排水路底面高さ)	水平方向 K h	0.91
			鉛直方向 K v	0.85
屋外排水路逆止弁 ⑧-2		集水榭 EL 5.54 m (屋外排水路底面高さ)	水平方向 K h	0.91
			鉛直方向 K v	0.85

表 5-4 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 設計震度	
			水平方向 K h	鉛直方向 K v
屋外排水路逆止弁 ⑦	基準地震動 S s	集水榭 EL 6.21 m (屋外排水路底面高さ)	水平方向 K h	1.24
			鉛直方向 K v	0.85
屋外排水路逆止弁 ⑧-2		集水榭 EL 5.54 m (屋外排水路底面高さ)	水平方向 K h	1.16
			鉛直方向 K v	0.85

「閉門時」及び「開門時」にて設定した設計震度から、水平方向については、より震度の大きくなった「開門時」における設計震度を応力評価に考慮し、鉛直方向については「開門時」における設計震度を応力評価に考慮する。

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以下にまとめる。

5.5.1 スキンプレート

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

スキンプレートのモデル図を図 5-3 に示す。

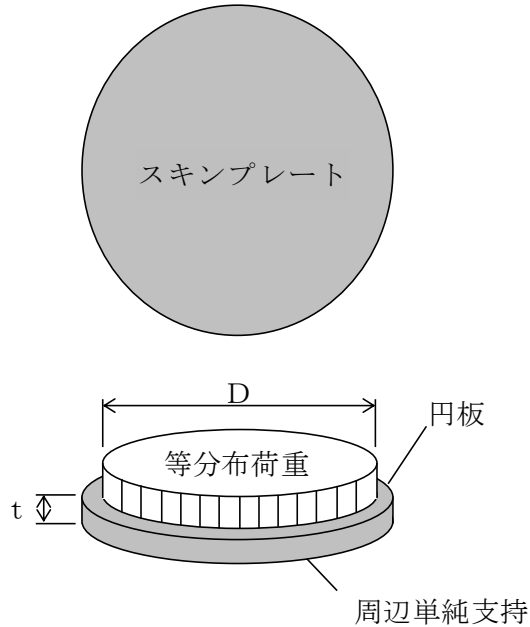


図 5-3 スキンプレートのモデル図

スキンプレートの最大応力度算定式を以下に示す。

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

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

σ_{\max} : スキンプレートの最大応力度 (N/mm²)

$K h$: 水平方向の設計震度

P : 地震時作用単位荷重 (N/mm²)

D : スキンプレートの受水径 (mm)

t : スキンプレートの板厚 (mm)

W_{g1} : 扉体自重 (N)

5.5.2 吊り金具（扉体部，固定部）

吊り金具（扉体部，固定部）のモデル図を図5-4に示す。

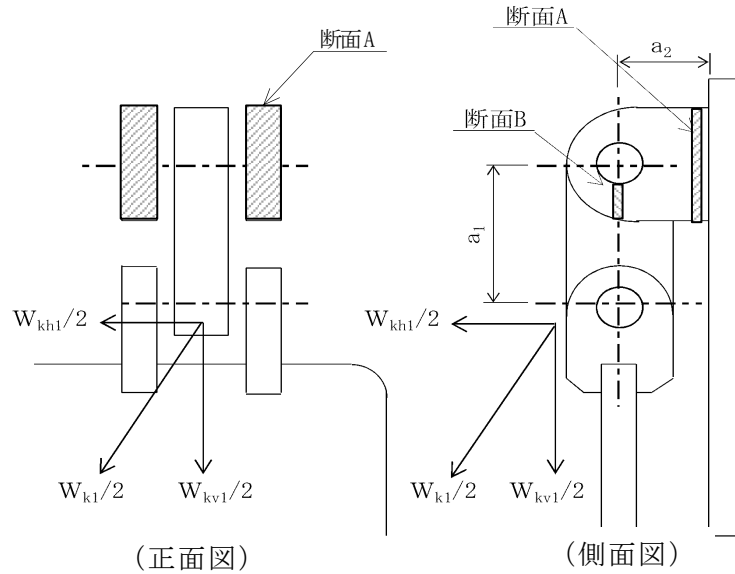


図5-4 吊り金具（扉体部，固定部）のモデル図

吊り金具の最大応力度算定式を以下に示す。

（断面A）

曲げ応力度（水平方向）

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

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

σ_{Ax} : 吊り金具の水平震度による曲げ応力度（断面A水平方向）（N/mm²）

W_{kh1} : 扉体自重の水平震度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（mm³）

W_{g1} : 扉体自重（N）

$K h$: 水平方向の設計震度

せん断応力度（水平方向）

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

τ_{Ax} : 吊り金具の水平震度によるせん断応力度（断面A水平方向）（N/mm²）

W_{kh1} : 扉体自重の水平震度による地震時慣性力（N）

A_A : 断面Aの断面積（mm²）

曲げ応力とせん断応力の合成応力度（水平方向）

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

σ_{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/mm²）

σ_{Ax} : 吊り金具の水平震度による曲げ応力度（断面A水平方向）（N/mm²）

τ_{Ax} : 吊り金具の水平震度によるせん断応力度（断面A水平方向）（N/mm²）

曲げ応力度（鉛直方向）

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

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

σ_{Ay} : 吊り金具の鉛直震度による曲げ応力度（断面A鉛直方向）（N/mm²）

W_{kv1} : 扉体自重の鉛直震度による地震時慣性力（N）

W_{g1} : 扉体自重（N）

a_2 : 固定部吊り金具のピン穴中心から戸当りまでの距離（mm）

Z_{Ay} : 断面係数（mm³）

K_v : 鉛直方向の設計震度

せん断応力度（鉛直方向）

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

- τ_{Ay} : 吊り金具の鉛直震度によるせん断応力度（断面 A 鉛直方向）（N/mm²）
 W_{kv1} : 扉体自重の鉛直震度による地震時慣性力（N）
 W_{g1} : 扉体自重（N）
 A_A : 断面 A の断面積（mm²）

曲げ応力とせん断応力の合成応力度（鉛直方向）

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

- σ_{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/mm²）
 σ_{Ay} : 吊り金具の鉛直震度による曲げ応力度（断面 A 鉛直方向）（N/mm²）
 τ_{Ay} : 吊り金具の鉛直震度によるせん断応力度（断面 A 鉛直方向）（N/mm²）

（断面 B）

せん断応力度

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

$$W_{k1} = \sqrt{W_{kh1}^2 + W_{kv1}^2}$$

- τ_B : 吊り金具の同時加震によるせん断応力度（断面 B）（N/mm²）
 W_{k1} : 扉体自重の同時加震による地震時慣性力（N）
 W_{g1} : 扉体自重（N）
 A_B : 断面 B の断面積（mm²）
 W_{kh1} : 扉体自重の水平震度による地震時慣性力（N）
 W_{kv1} : 扉体自重の鉛直震度による地震時慣性力（N）

5.5.3 吊り手

吊り手のモデル図を図 5-5 に示す。

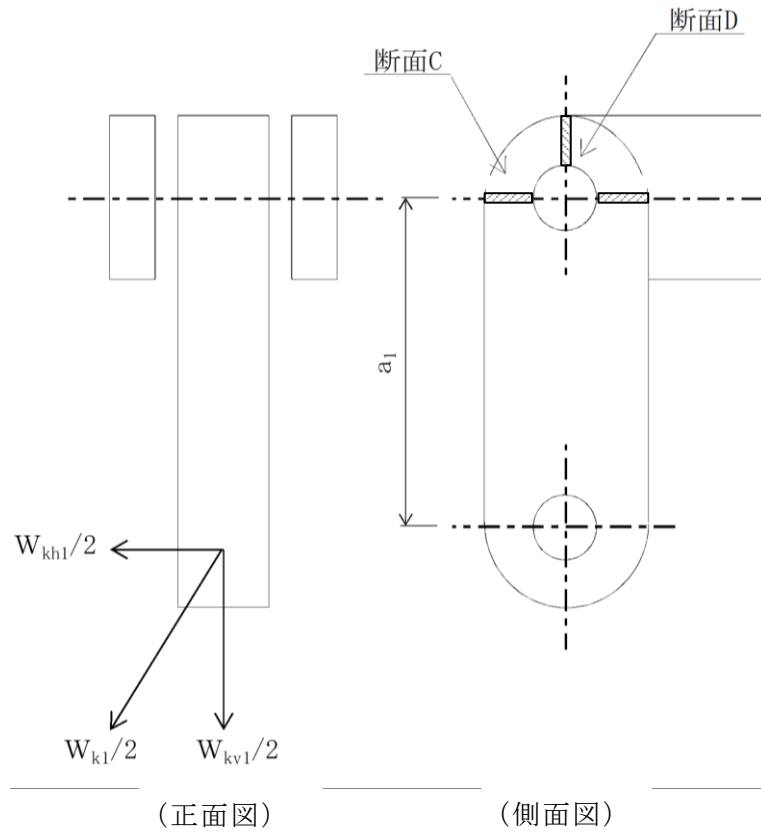


図 5-5 吊り手のモデル図

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)

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

σ_{c1} : 吊り手の水平震度による曲げ応力度 (断面 C 水平方向) (N/mm²)

W_{kh1} : 扉体自重の水平震度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 (mm³)

引張応力度（鉛直方向）

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

σ_{C2} : 吊り手の鉛直震度による引張応力度（断面C鉛直方向）（N/mm²）

W_{kv1} : 扉体自重の鉛直震度による地震時慣性力（N）

W_{g1} : 扉体自重（N）

A_C : 断面Cの断面積（mm²）

曲げ応力と引張応力の合成応力度

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

σ_{Cmax} : 吊り手の曲げ応力と引張応力の合成応力度（断面C）（N/mm²）

σ_{C1} : 吊り手の水平震度による曲げ応力度（断面C水平方向）（N/mm²）

σ_{C2} : 吊り手の鉛直震度による引張応力度（断面C鉛直方向）（N/mm²）

（断面D）

せん断応力度

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

τ_D : 吊り手の同時加震によるせん断応力度（断面D）（N/mm²）

W_{k1} : 扉体自重の同時加震による地震時慣性力（N）

W_{g1} : 扉体自重（N）

A_D : 断面Dの断面積（mm²）

5.5.4 吊りピン

吊りピンのモデル図を図 5-6 に示す。

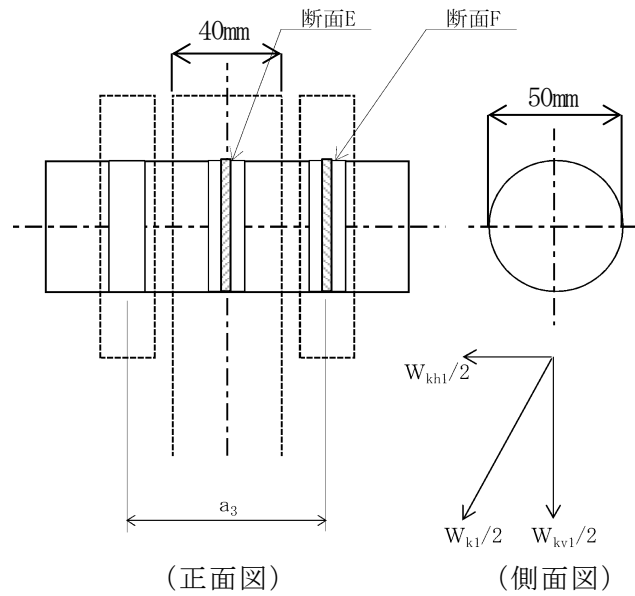


図 5-6 吊りピンのモデル図

吊りピンの最大応力度算定式を以下に示す。

(断面 E)

曲げ応力度 (水平方向)

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

σ_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/mm²)

W_{k1} : 扉体自重の同時加震による地震時慣性力 (N)

W_{g1} : 扉体自重 (N)

a_3 : 吊りピンの支点間距離 (mm)

Z_E : 断面係数 (mm³)

(断面 F)

せん断応力度

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

τ_F : 吊りピンの同時加震によるせん断応力度 (断面 F) (N/mm²)

W_{k1} : 扉体自重の同時加震による地震時慣性力 (N)

W_{g1} : 扉体自重 (N)

A_F : 断面 F の断面積 (mm²)

5.5.5 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 5-7 に示す。

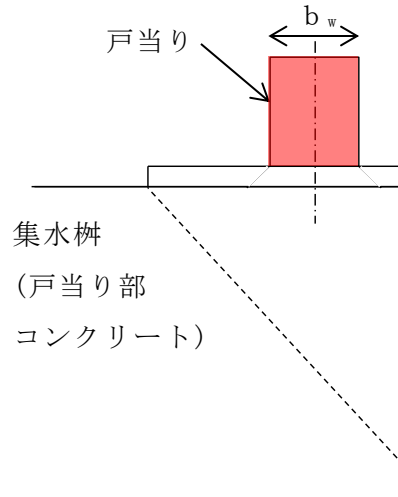


図 5-7 戸当りのモデル図

戸当りの最大応力度算定式を以下に示す。

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

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

σ : 戸当りの支圧応力度 (N/mm²)

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圧径 (mm)

W_{g1} : 扉体自重 (N)

$K h$: 鉛直方向の設計震度

5.5.6 集水榦（戸当り部コンクリート）

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

戸当り部コンクリートのモデル図を図 5-8 に示す。

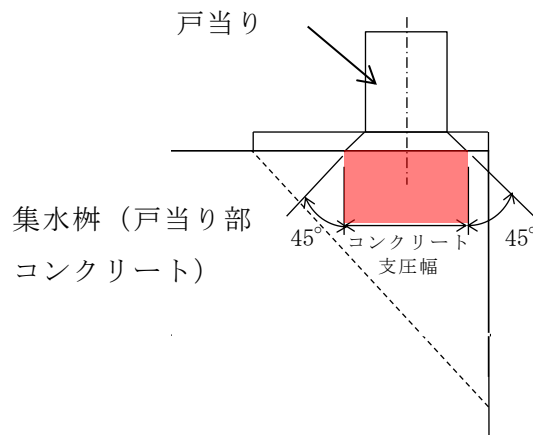


図 5-8 集水榦（戸当り部コンクリート）のモデル図

集水榦（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。

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

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

σ_c : コンクリートの支圧応力度 (N/mm²)

P_1 : 戸当りへ作用する荷重 (N)

b_f : コンクリート支圧幅 (mm)

D : スキンプレートの受圧径 (mm)

τ_c : コンクリートのせん断応力度 (N/mm²)

L_1 : 有効径内径より戸当りアンカー板端面までの距離 (mm)

5.5.7 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} : 扉体自重の水平震度による地震時慣性力 (N)
 W_{kv1} : 扉体自重の鉛直震度による地震時慣性力 (N)
 W_{g1} : 扉体自重 (N)
 W_{kh2} : 戸当り自重の水平震度による地震時慣性力 (N)
 W_{kv2} : 戸当り自重の鉛直震度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 5-5 に示す。

表 5-5(1) 応力評価に用いる計算条件（屋外排水路逆止弁⑦）

対象部位	記号	単位	定義	数値
共通	K _h	—	水平方向の設計震度	1.24
	K _v	—	鉛直方向の設計震度	0.85
	W _{g1}	N	扉体自重	1300
	W _{g2}	N	戸当り自重	2280
	W _{kh1}	N	扉体自重の水平震度による地震時慣性力	1612
	W _{kv1}	N	扉体自重の鉛直震度による地震時慣性力	1105
	W _{k1}	N	扉体自重の同時加振による地震時慣性力	1954
	W _{k1'}	N	扉体に作用する地震時慣性力による引抜き力又はせん断力	2895
	W _{kh2}	N	戸当り自重の水平震度による地震時慣性力	2827
	W _{kv2}	N	戸当り自重の鉛直震度による地震時慣性力	1938
	W _{k2'}	N	戸当りに作用する地震時慣性力による引抜き力又はせん断力	5078
	D	mm	スキンプレートの受水径	740
	t	mm	スキンプレートの板厚	22
	a ₁	mm	ピン穴中心間の距離	140
	a ₂	mm	固定部吊り金具のピン穴中心から戸当りまでの距離	90
a ₃	mm	吊りピンの支点間距離	67	
スキンプレート	P	N/mm ²	地震時作用単位荷重	0.004
吊り金具	Z _{Ax}	mm ³	断面係数	153174
	A _A	mm ²	断面Aの断面積	6000
	Z _{Ay}	mm ³	断面係数	120000
	A _B	mm ²	断面Bの断面積	850
吊り手	Z _C	mm ³	断面係数	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	12272
	A _F	mm ²	断面Fの断面積	1963
戸当り	P ₁	N	戸当りへ作用する荷重	1612
	b _w	mm	戸当りの幅	25
集水枥 (戸当り部コンクリート)	b _f	mm	コンクリート支圧幅	57
	L ₁	mm	有効径内径より戸当りアンカー板端面までの距離	120
アンカーボルト	n ₁	本	引抜き力を受け持つアンカーボルトの本数	4
	n ₂	本	せん断力を受け持つアンカーボルトの本数	4

表 5-5(2) 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	—	水平方向の設計震度	1.16
	K_v	—	鉛直方向の設計震度	0.85
	W_{g1}	N	扉体自重	1800
	W_{g2}	N	戸当り自重	2700
	W_{kh1}	N	扉体自重の水平震度による地震時慣性力	2088
	W_{kv1}	N	扉体自重の鉛直震度による地震時慣性力	1530
	W_{k1}	N	扉体自重の同時加振による地震時慣性力	2589
	W_{k1}'	N	扉体に作用する地震時慣性力による引抜き力又はせん断力	3930
	W_{kh2}	N	戸当り自重の水平震度による地震時慣性力	3132
	W_{kv2}	N	戸当り自重の鉛直震度による地震時慣性力	2295
	W_{k2}'	N	戸当りに作用する地震時慣性力による引抜き力又はせん断力	5896
	D	mm	スキンプレートの受水径	840
	t	mm	スキンプレートの板厚	25
	a_1	mm	ピン穴中心間の距離	140
	a_2	mm	固定部吊り金具のピン穴中心から戸当りまでの距離	90
a_3	mm	吊りピンの支点間距離	67	
スキンプレート	P	N/mm^2	地震時作用単位荷重	0.004
吊り金具	Z_{Ax}	mm^3	断面係数	153174
	A_A	mm^2	断面Aの断面積	6000
	Z_{Ay}	mm^3	断面係数	120000
	A_B	mm^2	断面Bの断面積	850
吊り手	Z_C	mm^3	断面係数	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	12272
	A_F	mm^2	断面Fの断面積	1963
戸当り	P_1	N	戸当りへ作用する荷重	2088
	b_w	mm	戸当りの幅	25
集水枈 (戸当り部コンクリート)	b_f	mm	コンクリート支圧幅	57
	L_1	mm	有効径内径より戸当りアンカー板端面までの距離	120
アンカーボルト	n_1	本	引抜き力を受け持つアンカーボルトの本数	4
	n_2	本	せん断力を受け持つアンカーボルトの本数	4

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。

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

表 6-1(1) 耐震評価結果（屋外排水路逆止弁⑦）

評価部位	評価応力	応力度 (a)	許容限界 (b)	照査値 (a/b)
スキンプレート	曲げ応力度 (N/mm ²)	1.40	135	0.02
吊り金具 (扉体部, 固定部)	曲げ応力度 (水平方向) 〈A 断面〉 (N/mm ²)	1.20	135.0	0.01
	せん断応力度 (水平方向) 〈A 断面〉 (N/mm ²)	0.10	75.0	0.01
	合成応力度 (水平方向) 〈A 断面〉 (N/mm ²)	1.20	148.5	0.01
	曲げ応力度 (鉛直方向) 〈A 断面〉 (N/mm ²)	0.90	135.0	0.01
	せん断応力度 (鉛直方向) 〈A 断面〉 (N/mm ²)	0.20	75.0	0.01
	合成応力度 (鉛直方向) 〈A 断面〉 (N/mm ²)	1.00	148.5	0.01
	せん断応力度 (鉛直方向) 〈B 断面〉 (N/mm ²)	1.00	75.0	0.02
	吊り手	曲げ応力度 (水平方向) 〈C 断面〉 (N/mm ²)	6.10	135.0
引張応力度 (鉛直方向) 〈C 断面〉 (N/mm ²)		0.40	135.0	0.01
合成応力度 (鉛直方向) 〈C 断面〉 (N/mm ²)		6.50	135.0	0.05
せん断応力度 〈D 断面〉 (N/mm ²)		1.20	75.0	0.02
吊りピン	曲げ応力度 〈E 断面〉 (N/mm ²)	2.20	135.0	0.02
	せん断応力度 〈F 断面〉 (N/mm ²)	0.40	75.0	0.01
戸当り	支圧応力度 (N/mm ²)	0.03	202.5	0.01
集水桝 (戸当り部コン クリート)	支圧応力度 (N/mm ²)	0.01	8.8	0.01
	せん断応力度 (N/mm ²)	0.003	0.6	0.01
アンカーボルト 〈M16〉	引抜き力 (N/本)	1993	24800	0.09
	せん断力 (N/本)	1993	15300	0.14

表 6-1(2) 耐震評価結果 (屋外排水路逆止弁⑧-2)

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 ²)	1.40	135	0.02
吊り金具 (扉体部, 固定部)	曲げ応力度 (水平方向) 〈A 断面〉 (N/mm ²)	1.60	135.0	0.02
	せん断応力度 (水平方向) 〈A 断面〉 (N/mm ²)	0.20	75.0	0.01
	合成応力度 (水平方向) 〈A 断面〉 (N/mm ²)	1.60	148.5	0.02
	曲げ応力度 (鉛直方向) 〈A 断面〉 (N/mm ²)	1.20	135.0	0.01
	せん断応力度 (鉛直方向) 〈A 断面〉 (N/mm ²)	0.30	75.0	0.01
	合成応力度 (鉛直方向) 〈A 断面〉 (N/mm ²)	1.30	148.5	0.01
	せん断応力度 (鉛直方向) 〈B 断面〉 (N/mm ²)	1.30	75.0	0.02
吊り手	曲げ応力度 (水平方向) 〈C 断面〉 (N/mm ²)	7.90	135.0	0.06
	引張応力度 (鉛直方向) 〈C 断面〉 (N/mm ²)	0.60	135.0	0.01
	合成応力度 (鉛直方向) 〈C 断面〉 (N/mm ²)	8.50	135.0	0.07
	せん断応力度 〈D 断面〉 (N/mm ²)	1.60	75.0	0.03
吊りピン	曲げ応力度 〈E 断面〉 (N/mm ²)	3.00	135.0	0.03
	せん断応力度 〈F 断面〉 (N/mm ²)	0.60	75.0	0.01
戸当り	支圧応力度 (N/mm ²)	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 ²)	0.01	8.8	0.01
	せん断応力度 (N/mm ²)	0.003	0.6	0.01
アンカーボルト 〈M16〉	引抜き力 (N/本)	2457	26300	0.10
	せん断力 (N/本)	2457	18300	0.14

7. 集水桝の耐震評価

7.1 集水桝の構造概要

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

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

集水桝の位置図を図7-1に、構造図を図7-2に示す。

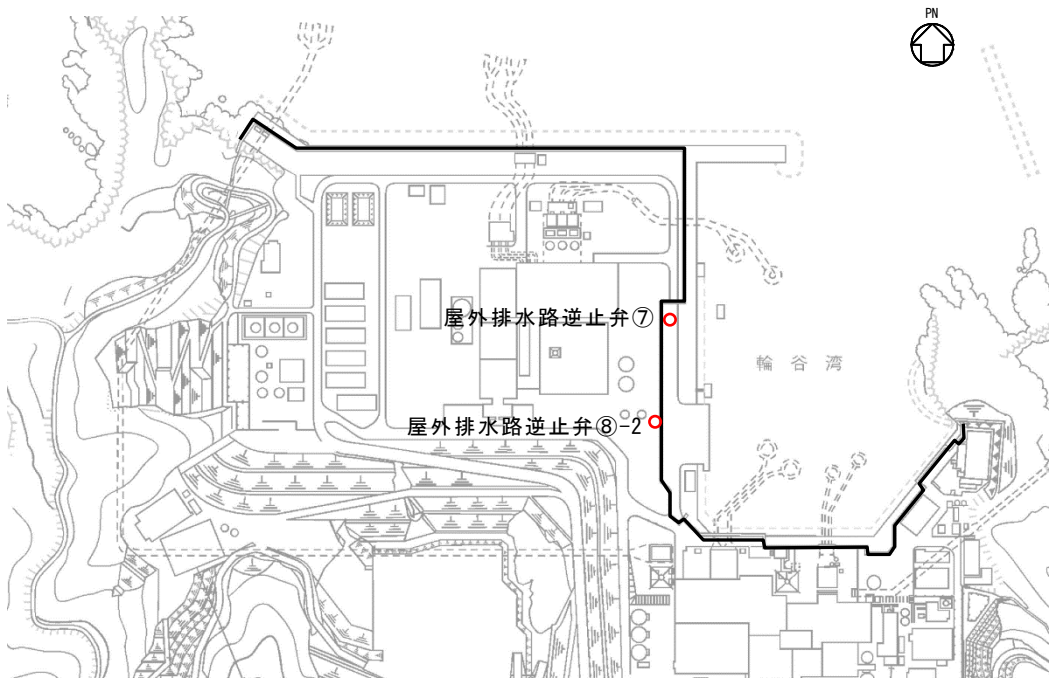


図7-1 集水桝位置図

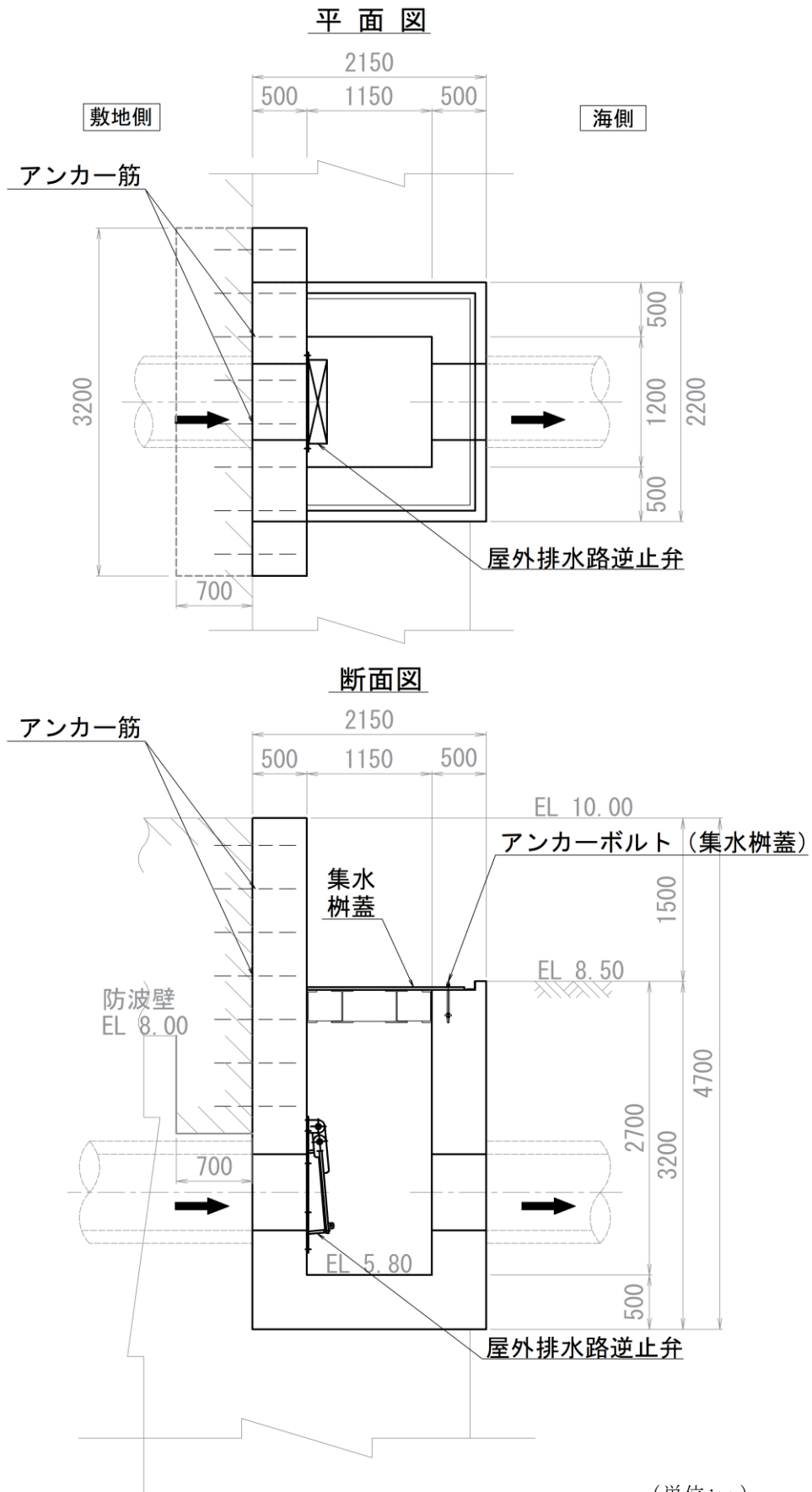


図 7-2(1) 集水柵⑦構造図

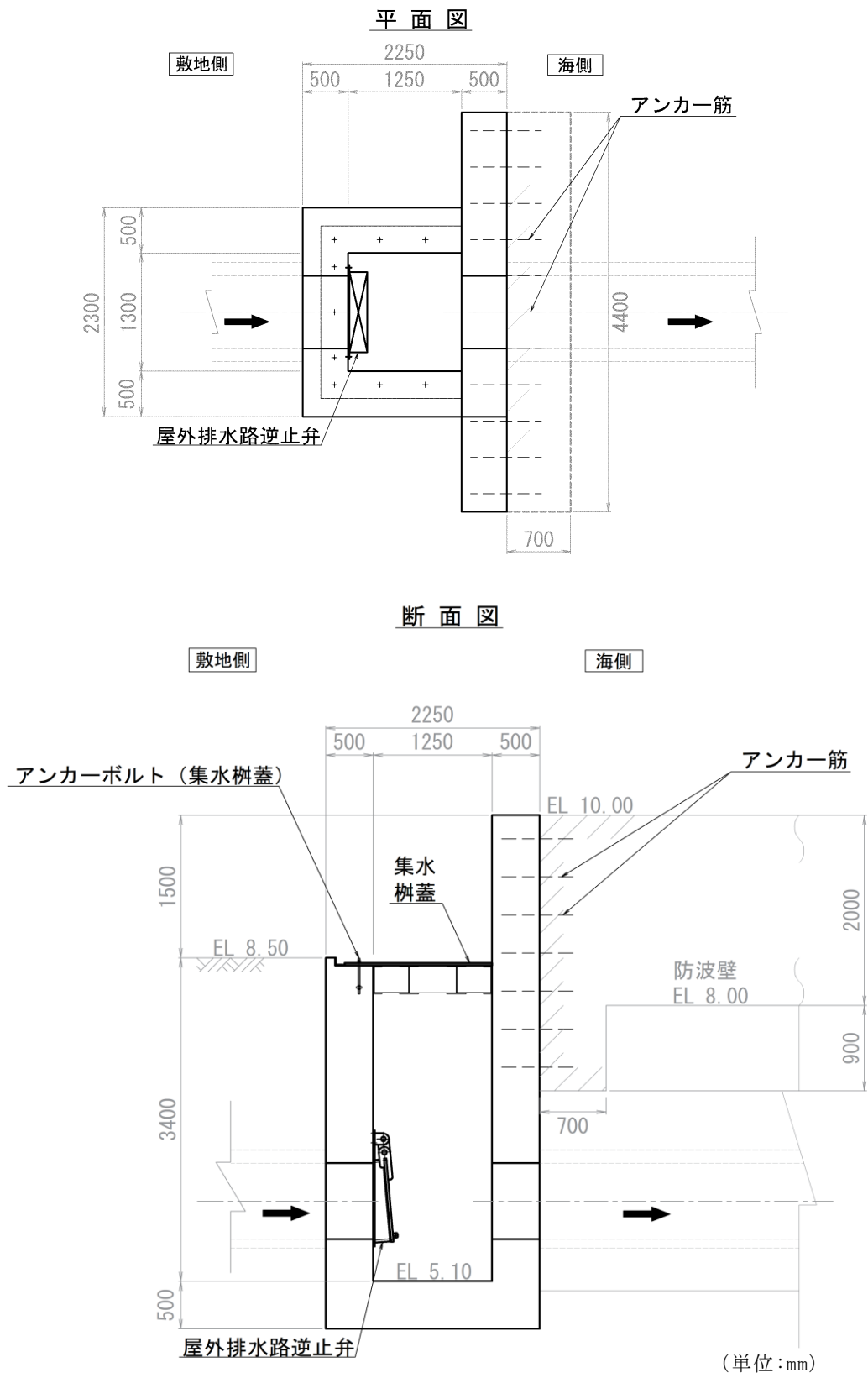


図 7-2(2) 集水柵⑧-2 構造図

7.2 評価方針

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

集水樹の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) 集水樹

集水樹の耐震評価は、VI-2-10-2-2-2「防波壁（逆T擁壁）の地震応答計算書」により得られた地震荷重に対して、設計基準対象施設の評価として、表7-1の評価項目に示すとおり、構造部材の健全性評価及び集水樹の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、発生するせん断力が許容限界以下であることを確認する。

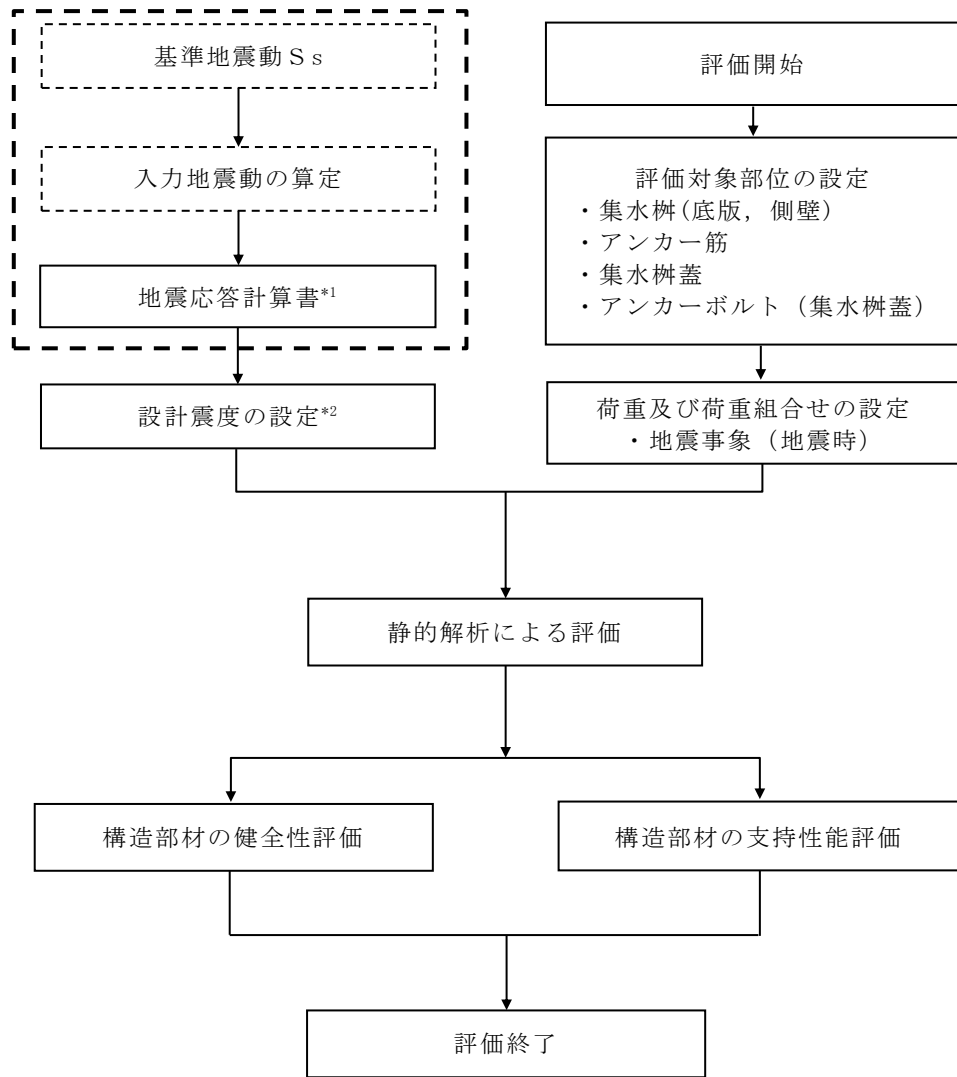
集水樹の支持性能評価については、集水樹が防波壁とアンカー筋により固定することから、防波壁との接合アンカー筋に発生する引張力及びせん断力が許容限界以下であることを確認する。

集水樹の耐震評価フローを図7-3に示す。

表7-1 集水樹の評価項目

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	集水樹 (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
		集水樹蓋		
		アンカーボルト (集水樹蓋)	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

VI-2-10-2-2-2 「防波壁（逆 T 擁壁）の地震応答計算書



注記 *1：地震応答解析は，VI-2-10-2-2-2 「防波壁（逆 T 擁壁）の地震応答計算書」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震度を設定する。

図 7-3 集水枿の耐震評価フロー

7.3 適用規格・基準等

適用する規格，基準等を以下に示す。

- (1) コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] (土木学会，2002 年制定)
- (2) 道路橋示方書 (I 共通編・IV 下部構造編)・同解説 (日本道路協会，2002 年 3 月)
- (3) 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 (日本電気協会)
- (4) 原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル (土木学会 原子力土木委員会，2005 年 6 月)
- (5) 各種合成構造設計指針・同解説 (日本建築学会，2010 年)

8. 集水桝の耐震評価方法

8.1 評価対象断面及び部位

集水桝の評価対象断面は「5.4 設計用地震力」に示す断面とする。構造部材の健全性評価対象部位は、集水桝の底版と側壁、集水桝蓋及び集水桝と集水桝蓋を接合するアンカーボルトとする。集水桝の支持性能の評価対象部位は、集水桝を防波壁に固定するアンカー筋とする。

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) 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 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
地震時	$G + P + S_s$

G : 固定荷重

P : 積載荷重

S_s : 地震荷重

8.3 許容限界

8.3.1 集水桝

集水桝（底版及び側壁）の許容限界は、「コンクリート標準示方書[構造性能照査編]（土木学会，2002年制定）」に基づき，表8-2に示す短期許容応力度とする。

表8-2 鉄筋コンクリートの許容限界

評価項目		許容限界 (N/mm ²)
コンクリート ($f'_{ck}=24$ N/mm ²)	短期許容曲げ圧縮応力度 σ_{ca}	13.5*
	短期許容せん断応力度 τ_{a1}	0.675*
鉄筋 (SD345)	短期許容曲げ圧縮応力度 σ_{sa2} (曲げ軸力)	294*
	短期許容曲げ圧縮応力度 σ_{sa2} (せん断力)	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）」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	引張耐力 (kN/本)	せん断耐力 (kN/本)
集水桝（屋外排水路逆止弁⑦）	105.40	98.17
集水桝（屋外排水路逆止弁⑧-2）	105.40	98.17

8.3.3 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8-4に示す曲げ応力度及びせん断応力度とする。また，評価においては防波壁の敷地側に設置している集水桝（逆止弁⑧-2）を評価する。

表8-4 集水桝蓋（鋼板）の許容限界

設備名称	曲げ応力度 (N/mm ²)	せん断応力度 (N/mm ²)
集水桝（屋外排水路逆止弁⑧-2）	210	120

8.3.4 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）」に基づき，表8-5に示すせん断耐力とする。また，評価においては浸水防止の観点から防波壁の敷地側に設置している集水桝（逆止弁⑧-2）を評価する。

表8-5 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⑧-2）	35.34

8.4 設計用地震力

集水榭の設計震度は、VI-2-10-2-2-2「防波壁（逆 T 擁壁）の地震応答計算書」における地表面（EL 8.5m）の最大応答加速度に基づき設定する。

集水榭の評価の用いる設計用地震力を表 8-6 に示す。

表 8-6 設計用地震力（集水榭）

設備名称	地震動	設置場所及び 床面高さ(m)	地震による 設計震度	
屋外排水路逆止弁 ⑦	基準地震動 S _s	集水榭 EL 6.21 m (屋外排水路底面高さ)	水平方向 K _h	0.91
			鉛直方向 K _v	0.85
屋外排水路逆止弁 ⑧-2		集水榭 EL 5.54 m (屋外排水路底面高さ)	水平方向 K _h	0.91
			鉛直方向 K _v	0.85

8.5 評価方法

8.5.1 集水桝(底版)の評価

集水桝の底版については、法線方向及び法線直交方向の側壁との結合部を固定端とする四辺固定スラブとして鉄筋コンクリート部材の構造健全性を確認する。底版に生じる曲げモーメント及びせん断力によって底版のみを有効断面として応力度を算出し許容限界以下であることを確認する。四辺固定版モデル概要図を図8-1に示す。

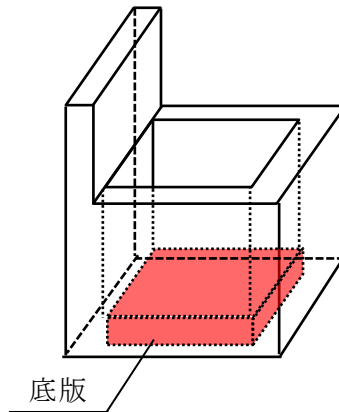


図8-1 四辺固定版モデル概要図

8.5.2 集水桝(側壁)の評価

集水桝の側壁については、底版及び法線直交方向の側壁との結合部を固定端、開口面となる上面を自由端とする三辺固定一边自由スラブとして曲げモーメント及びせん断力を算出し、鉄筋コンクリートの構造健全性を確認する。側壁に生じる曲げモーメント及びせん断力によって側壁のみを有効断面として応力度を算出し許容限界以下であることを確認する。三辺固定版モデルの概要図を図8-2に示す。

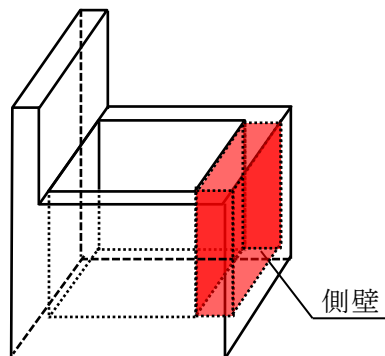


図8-2 三辺固定版モデル概要図

8.5.3 アンカー筋の評価

アンカー筋の支持性能評価においては、アンカー筋に作用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。

8.5.4 集水桝蓋の評価

集水桝蓋の構造健全性評価においては、両端固定梁モデルにより集水桝蓋（鋼板）に作用する曲げ応力及びせん断応力が許容限界以下であることを確認する。

8.5.5 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、アンカーボルト（集水桝蓋）に作用するせん断力が許容限界以下であることを確認する。

8.6 使用材料及び材料の物性値

使用材料を表 8-7 に、材料の物性値を表 8-8 に示す。

表 8-7 使用材料

諸元		
集水桝	鉄筋（主筋）	SD345 屋外排水路逆止弁⑦ : D 19 屋外排水路逆止弁⑧-2 : D 22
	コンクリート	設計基準強度 24 N/mm ²
	アンカー筋	SD345 (D25)
集水桝蓋	鋼板	SS400 (PL25)
	アンカーボルト	ABR400 (M20)

表 8-8 材料の物性値

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

9. 集水桝の耐震評価結果

9.1 集水桝の曲げ軸力評価結果

集水桝の概略配筋図を図 9-1 に、曲げ軸力に対する照査結果を表 9-1 及び表 9-2 に示す。

集水桝（底版及び側壁）のコンクリートに発生する曲げ圧縮応力及び鉄筋に発生する曲げ引張応力が短期許容応力度以下であることを確認した。なお、発生応力は各部材において最大となる値を示している。

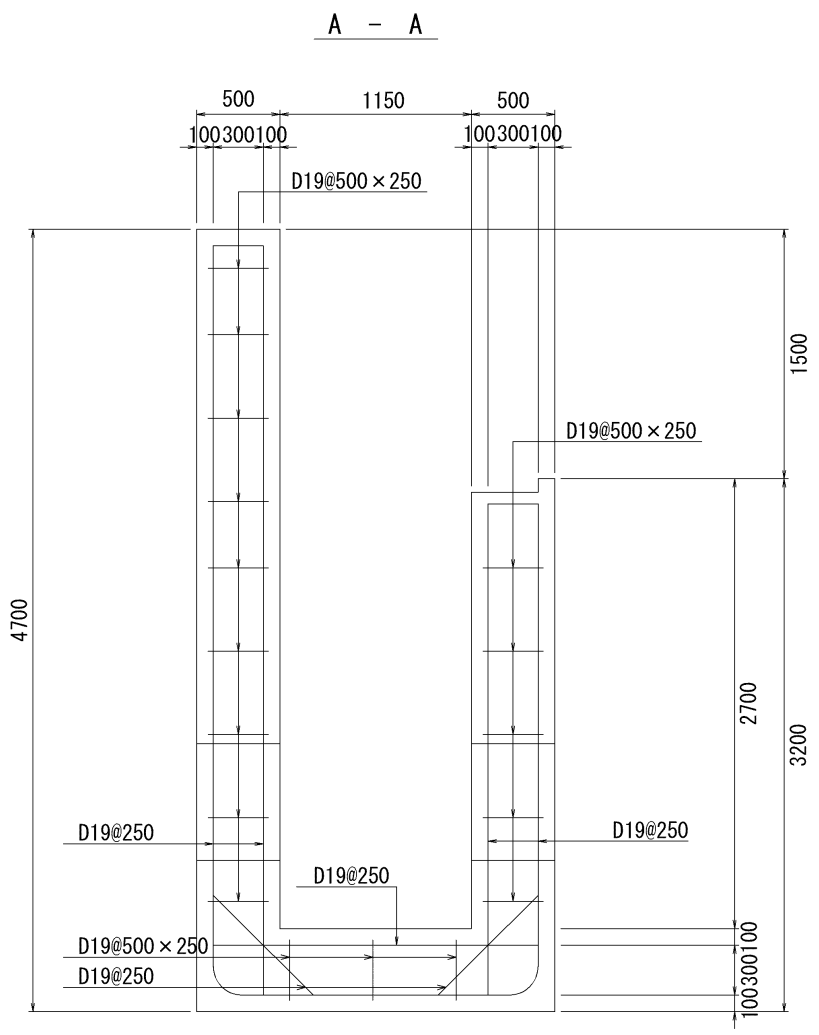
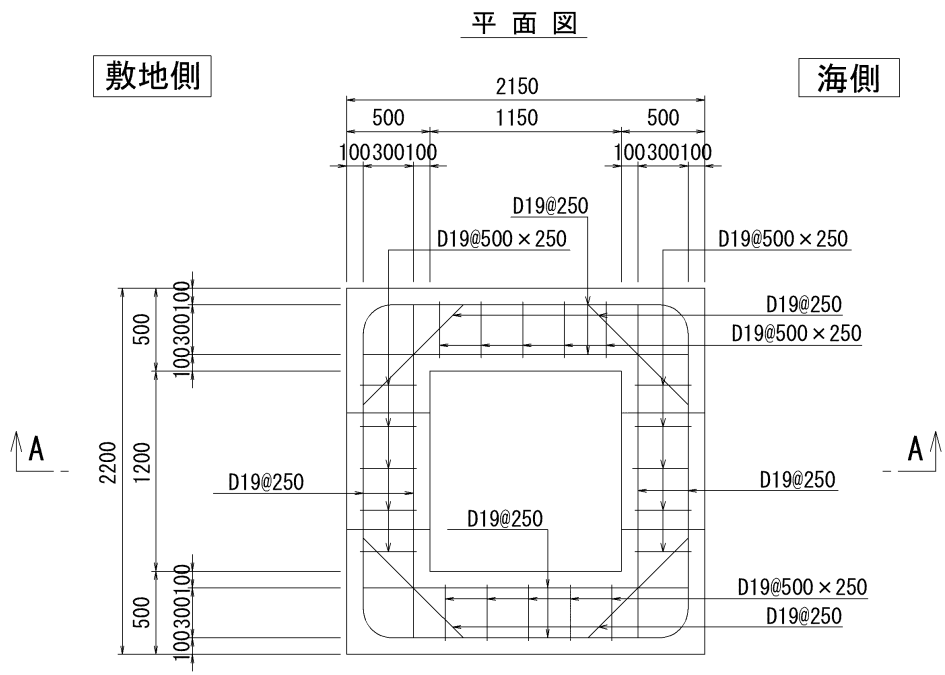


图 9-1(1) 概略配筋图 (集水枱 (屋外排水路逆止弁⑦)) (单位: mm)

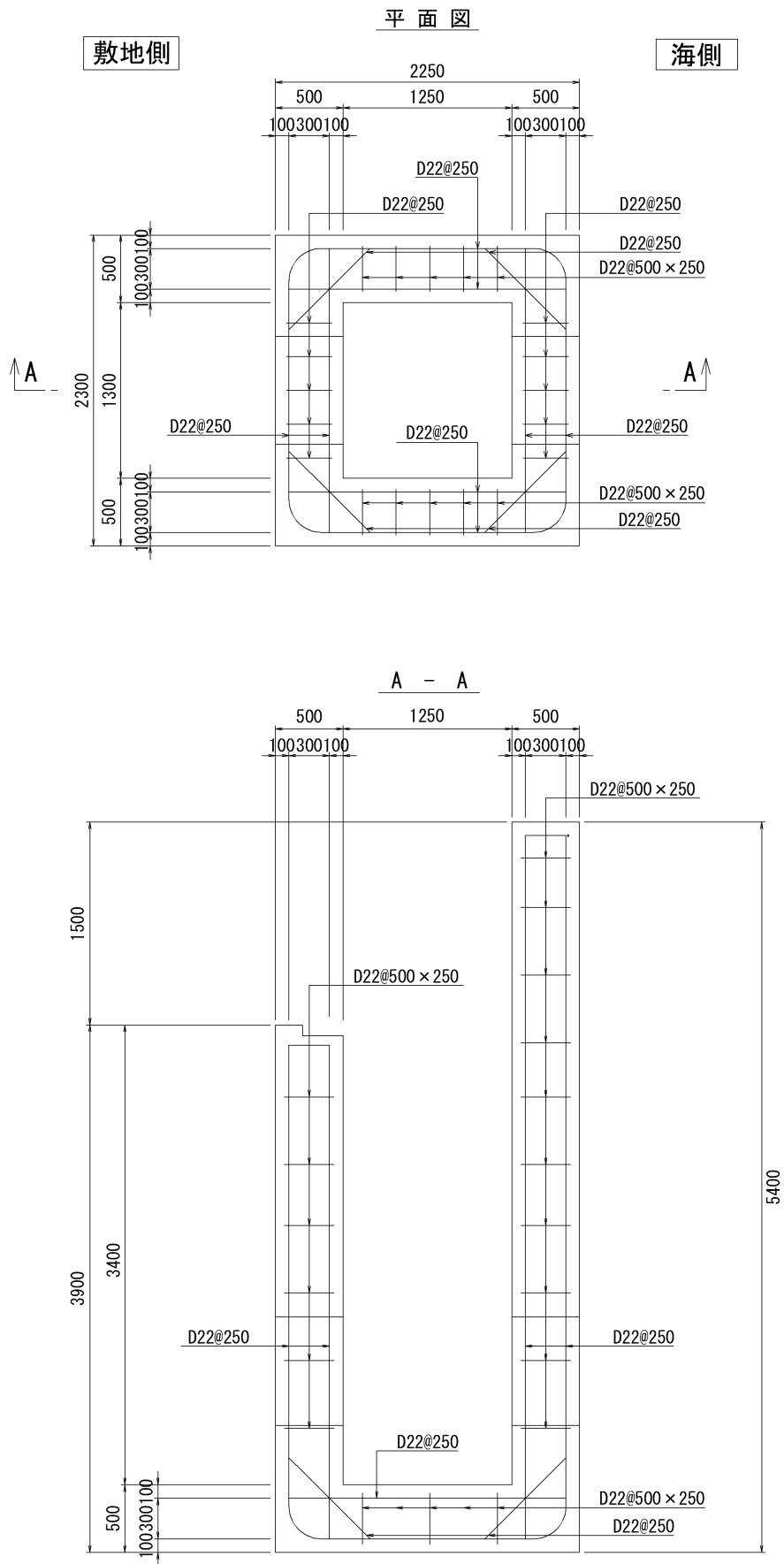


図 9-1(2) 概略配筋図 (集水枡 (屋外排水路逆止弁⑧-2))

表 9-1 曲げ軸力に対する照査結果（底版）

設備名称	曲げ モーメント (kN・m)	曲げ 圧縮応力 (N/mm ²)	曲げ 引張応力 (N/mm ²)	短期許容応力度 (N/mm ²)		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⑦）	18.31	4.46	40.64	13.5	294	0.34	0.14
集水榭（屋外排水 路逆止弁⑧-2）	28.04	1.35	50.07	13.5	294	0.10	0.18

表 9-2 曲げ軸力に対する照査結果（側壁）

設備名称	曲げ モーメント (kN・m)	曲げ 圧縮応力 (N/mm ²)	曲げ 引張応力 (N/mm ²)	短期許容応力度 (N/mm ²)		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⑦）	39.50	2.13	94.12	13.5	294	0.16	0.33
集水榭（屋外排水 路逆止弁⑧-2）	45.76	2.20	81.72	13.5	294	0.17	0.28

9.2 集水桝のせん断力評価結果

集水桝のせん断力に対する照査結果を表 9-3 に示す。

集水桝（底版及び側壁）に発生するせん断応力が短期許容応力度以下であることを確認した。なお，発生応力は各地震動において最大となる値を示している。

表 9-3(1) せん断力に対する照査結果（底版）

設備名称	設計基準強度	発生せん断 応力度 (N/mm ²)	許容せん断 応力度 (N/mm ²)	照査値
集水桝（屋外排水路 逆止弁⑦）	24N/mm ²	0.23	0.675	0.35
集水桝（屋外排水路 逆止弁⑧-2）	24N/mm ²	0.34	0.675	0.51

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 ²)	許容せん断 応力度 (N/mm ²)	照査値
集水桝（屋外排水路 逆止弁⑦）	24N/mm ²	0.36	0.675	0.54
集水桝（屋外排水路 逆止弁⑧-2）	24N/mm ²	0.39	0.675	0.58

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、作用力が許容耐力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)	許容引張耐力 (kN 本)	照査値
集水桝 (屋外排水路 逆止弁⑦)	65.05	105.40	0.62
集水桝 (屋外排水路 逆止弁⑧-2)	69.93	105.40	0.67

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)	許容せん断耐力 (kN)	照査値
集水桝 (屋外排水路 逆止弁⑦)	33.14	98.17	0.34
集水桝 (屋外排水路 逆止弁⑧-2)	32.83	98.17	0.34

9.4 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 9-5 に示す。照査を行った結果、許容応力度以下であることを確認した。

表 9-5(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 ²)	許容応力度 (N/mm ²)	照査値
集水桝（屋外排水 路逆止弁⑧-2）	集水桝蓋 (t=25mm)	2.50	210	0.02

表 9-5(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 ²)	許容応力度 (N/mm ²)	照査値
集水桝（屋外排水 路逆止弁⑧-2）	集水桝蓋 (t=25mm)	0.21	120	0.01

9.5 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 9-6 に示す。照査を行った結果、作用力が許容耐力以下であることを確認した。

表 9-6 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⑧-2）	アンカーボルト (集水桝蓋)	0.22	35.34	0.01