

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-添 2-019-07改02
提出年月日	2023年4月13日

VI-2-別添 4-3-5 揚水井戸の耐震性についての計算書

2023年4月

中国電力株式会社

1.	概要	.....
2.	基本方針	.....
2.1	位置	.....
2.2	構造概要	.....
2.3	評価方針	.....
2.3.1	2次元地震応答解析	.....
2.3.2	鉛直断面に対する耐震評価	.....
2.3.3	水平断面に対する耐震評価	.....
2.3.4	底版に対する耐震評価	.....
2.4	適用規格・基準等	.....
3.	耐震評価	.....
3.1	評価対象断面	.....
3.2	使用材料及び材料の物性値	.....
3.3	許容限界	.....
3.3.1	構造部材の健全性に対する許容限界	.....
3.3.2	基礎地盤の支持性能に対する許容限界	.....
3.4	評価方法	.....
3.4.1	構造部材の健全性評価	.....
3.4.2	基礎地盤の支持性能評価	.....
4.	耐震評価結果	.....
4.1	構造部材の健全性に対する評価結果	.....
4.1.1	鉛直断面に対する評価結果	.....
4.1.2	水平断面に対する耐震評価結果	.....
4.1.3	底版に対する耐震評価結果	.....
4.2	基礎地盤の支持性能に対する評価結果	.....

(別紙1) 敷地側集水桝の耐震性について

(別紙2) 屋外排水路(防波壁横断部)の耐震性について

(別紙3) 出口側集水桝の耐震性について

(別紙1) 敷地側集水桝の耐震性について

1. 概要

本資料は、VI-2-1-1-別添1「地下水位低下設備の設計方針」において、地震時に屋外排水路の排水異常により敷地内に地下水が溢れた場合の対応として、敷地側集水桝、屋外排水路（防波壁横断部）及び出口側集水桝の耐震性を確保することで、海までの排水経路を確保する方針としている。このうち、敷地側集水桝について、基準地震動 S_s による地震動に対する耐震評価を実施し、排水可能であることを確認するものである。

2. 基本方針

2.1 位置

敷地側集水桝の設置位置図を図2-1に示す。

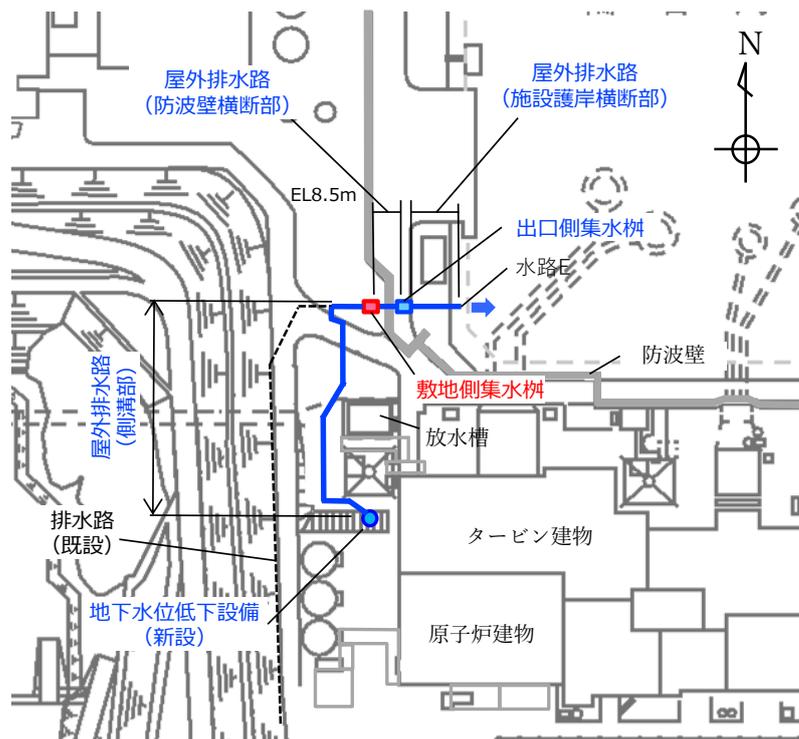


図2-1 敷地側集水桝の設置位置図

2.2 構造概要

敷地側集水桝は、屋外排水路の集水桝であり、内空 1.0m×2.4m、壁厚 0.8m、高さ約 6m の鉄筋コンクリート造の地中構造物であり、周囲を埋め戻し、マンメイドロック（以下「MMR」という。）を介して岩盤に支持されている。また頂部には、集水のためのグレーチングを設置する。

敷地側集水桝の概略平面図を図 2-2 に、概略断面図を図 2-3 に、概略配筋図を図 2-4、地盤への支持構造を図 2-5 に示す。

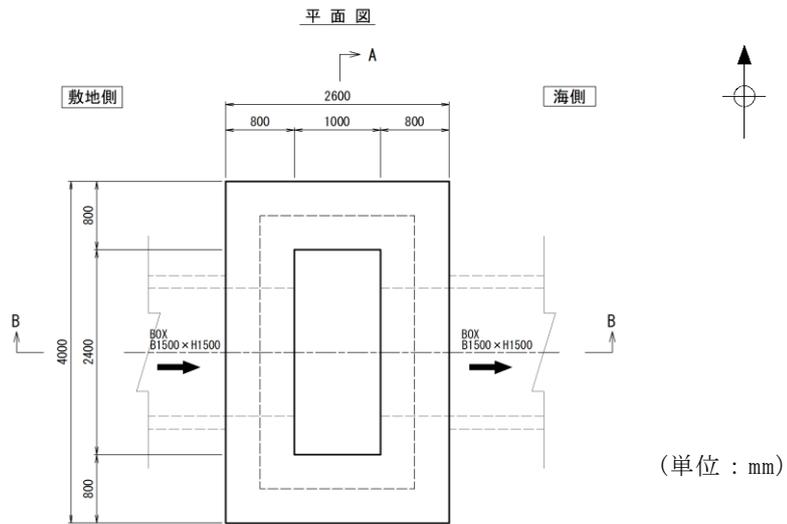
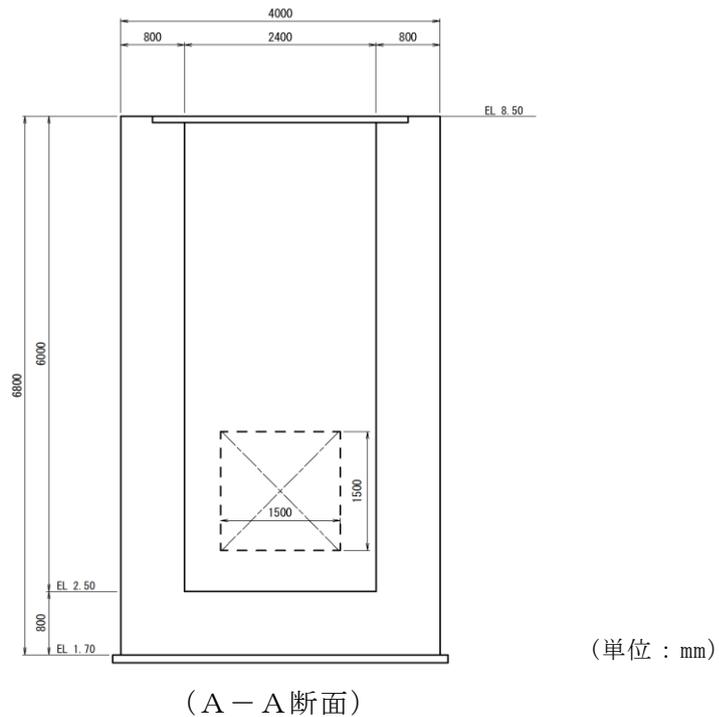
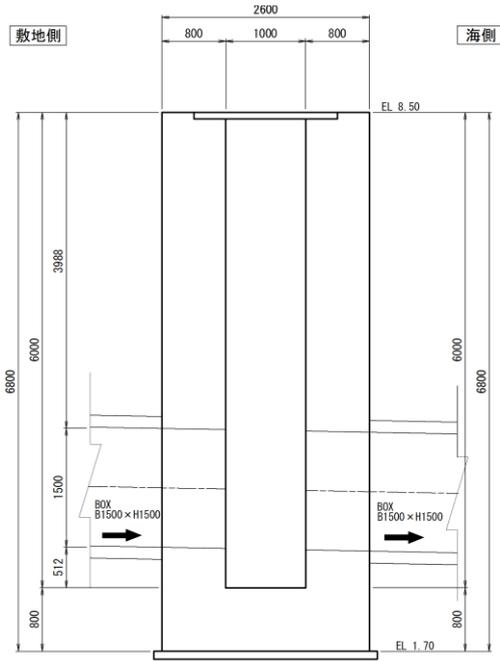


図 2-2 敷地側集水桝の概略平面図



(A-A 断面)

図 2-3(1) 敷地側集水桝の概略断面図

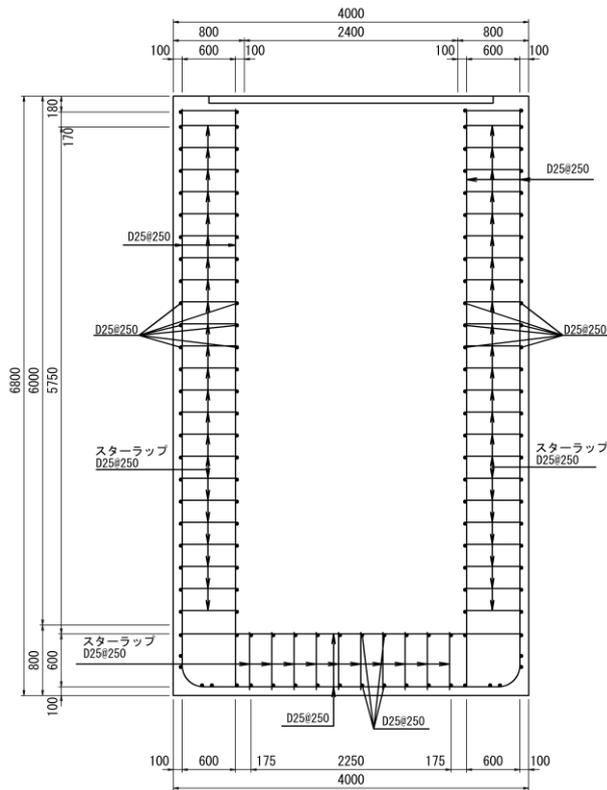


(単位 : mm)

(B-B断面)

図 2-3(2) 敷地側集水柵の概略断面図

側壁 (開口部) の構造確認



(単位 : mm)

(A-A断面)

図 2-4 敷地側集水柵の概略配筋図

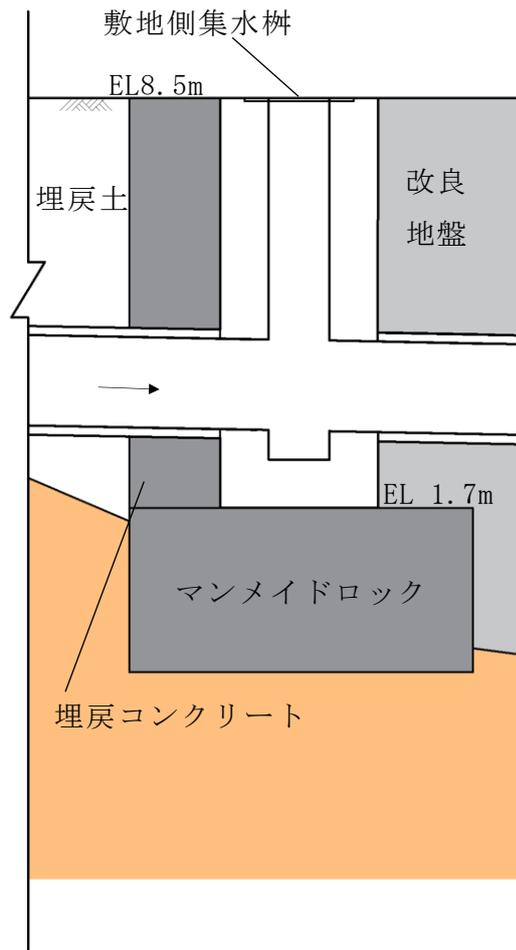


図 2-5 敷地側集水桝の地盤への支持構造

2.3 評価方針

敷地側集水桝の耐震評価は、基準地震動 S_s （6波）による一次元地震応答解析により算定した設計用地震力に対して排水断面を確保することを確認するため、曲げ・軸力系及びせん断破壊に対する照査を実施する。また、基礎地盤の支持性能評価を実施する。

基準地震動 S_s を対象とした地震応答解析により敷地側集水桝位置での変位を抽出する。また、フレーム解析に用いる地盤ばね設定のため地盤の剛性を設定する。

次に、敷地側集水桝の側壁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。常時及び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。底版については、四辺固定版モデルとして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、最大接地圧が許容限界以下であることを確認する。

敷地側集水桝の耐震評価フローを図 2-6 に示す。

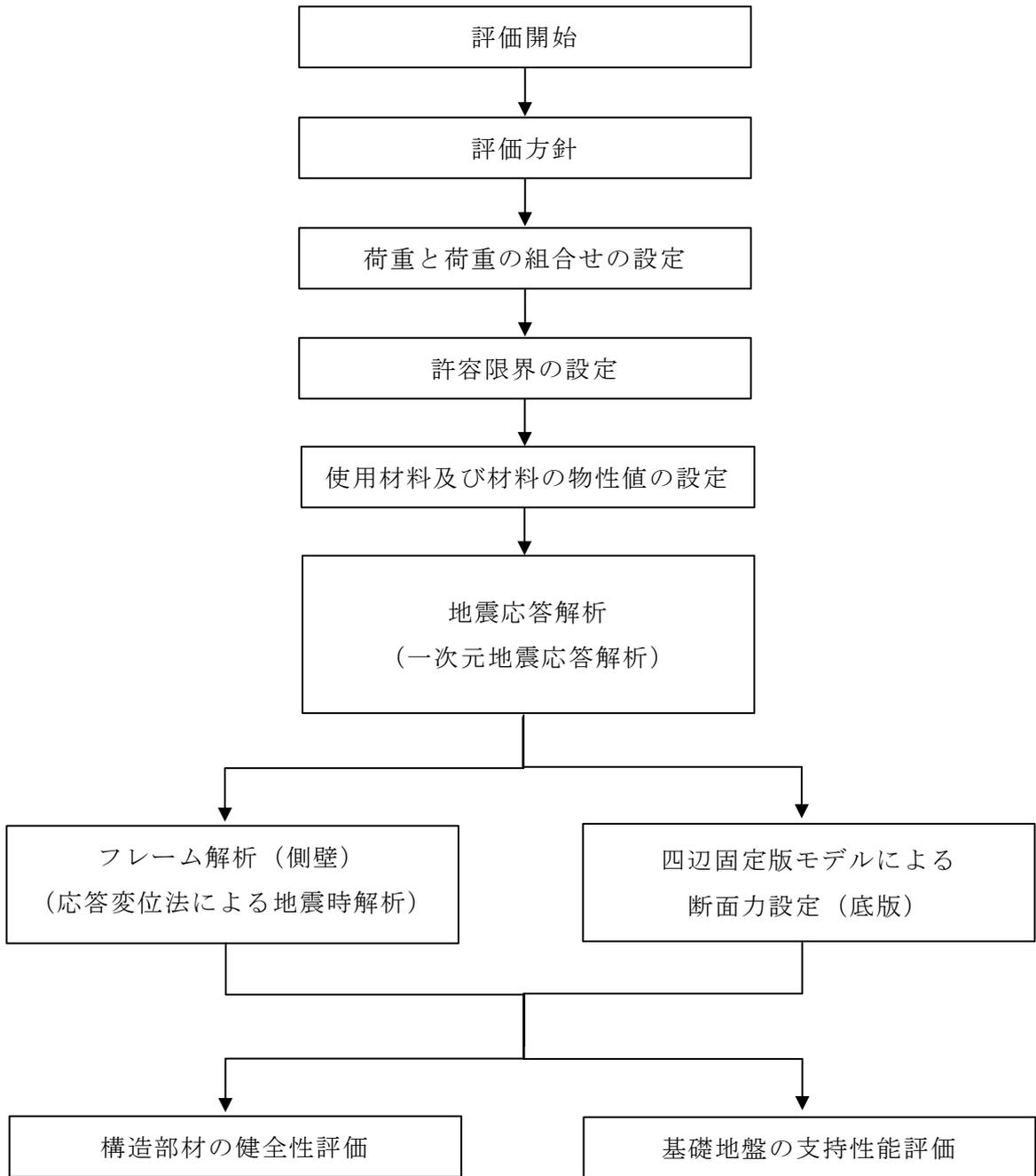


図 2-6 敷地側集水桝の耐震評価フロー

2.4 適用規格・基準等

適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・土木学会 2002 年 コンクリート標準示方書[構造性能照査編]（以下「コンクリート標準示方書」という。）」
- ・日本道路協会 平成 24 年 3 月 道路橋示方書・同解説 I 共通編・IV 下部構造編（以下「道路橋示方書」という。）」
- ・原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1 -1987)

3. 耐震評価

3.1 評価対象断面及び評価対象部位

評価対象断面は、排水断面の確保を確認する観点から水路直交断面である A-A 断面を選定し、評価対象部位は、敷地側集水桝を構成する側壁及び底版とする。

3.2 荷重及び荷重の組み合わせ

荷重は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。

3.2.1 荷重の設定

敷地側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、グレーチングの荷重を考慮する。

(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。

3.2.2 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 3-1 に示す。

表 3-1(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

表 3-1(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	○	グレーチングの荷重を考慮する。
		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	○	外水圧を考慮する（地表面）。
		内水圧	○	内水圧を考慮する（満水）。
		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	○		躯体の慣性力を考慮する。
		動水圧	○	動水圧を考慮する。
		地震時土圧	○	基準地震動 S _s による地震応答解析により設定する。

3.3 許容限界

敷地側集水桝の耐震評価は許容応力度法による照査を行う。構造部材の曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界は、短期許容応力度とする。また、基礎地盤の支持性能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、岩盤の極限支持力度とする。

コンクリート及び鉄筋の許容限界を表 3-2 に、基礎地盤の支持性能に対する許容限界を表 3-3 に示す。

表 3-2 構造部材の健全性に対する許容限界

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}	0.67
鉄筋* SD345	短期許容引張応力度 σ_{sa} (曲げ軸力) *	294

注記* : コンクリート標準示方書

表 3-3 基礎地盤の支持性能に対する許容限界

評価項目	基礎地盤	許容限界 (N/mm ²)
極限支持力度	C _M 級	9.8

3.4 使用材料及び材料の物性値

構造物の使用材料を表 3-4 に、使用材料の物性値を表 3-5 に示す。

表 3-4 使用材料

材料		仕様
構造物	コンクリート	設計基準強度 24.0N/mm ²
	鉄筋	SD345

表 3-5 使用材料の物性値

材料	ヤング係数 (N/mm ²)	単位体積重量 (kN/m ³)	ポアソン比
構造物	2.50×10 ⁴	24.0*	0.2

注記* : 鉄筋コンクリートの単位体積重量を示す。

3.5 地震応答解析

地震応答解析に用いる入力地震動は、解放基盤表面で定義される基準地震動 S_s を一次元波動論により地表面位置で評価したものをを用いる。敷地側集水桝周辺には、埋戻しコンクリートが施されており、液状化対象層が存在しないため、1次元地震応答解析における応答解析は、全応力解析とする。

解析には解析コードは「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。

1次元地震応答解析の地盤モデルを図3-1に示す。

地盤については、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。設計地下水位は、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に従い、地表面（EL 8.5m）に設定する。

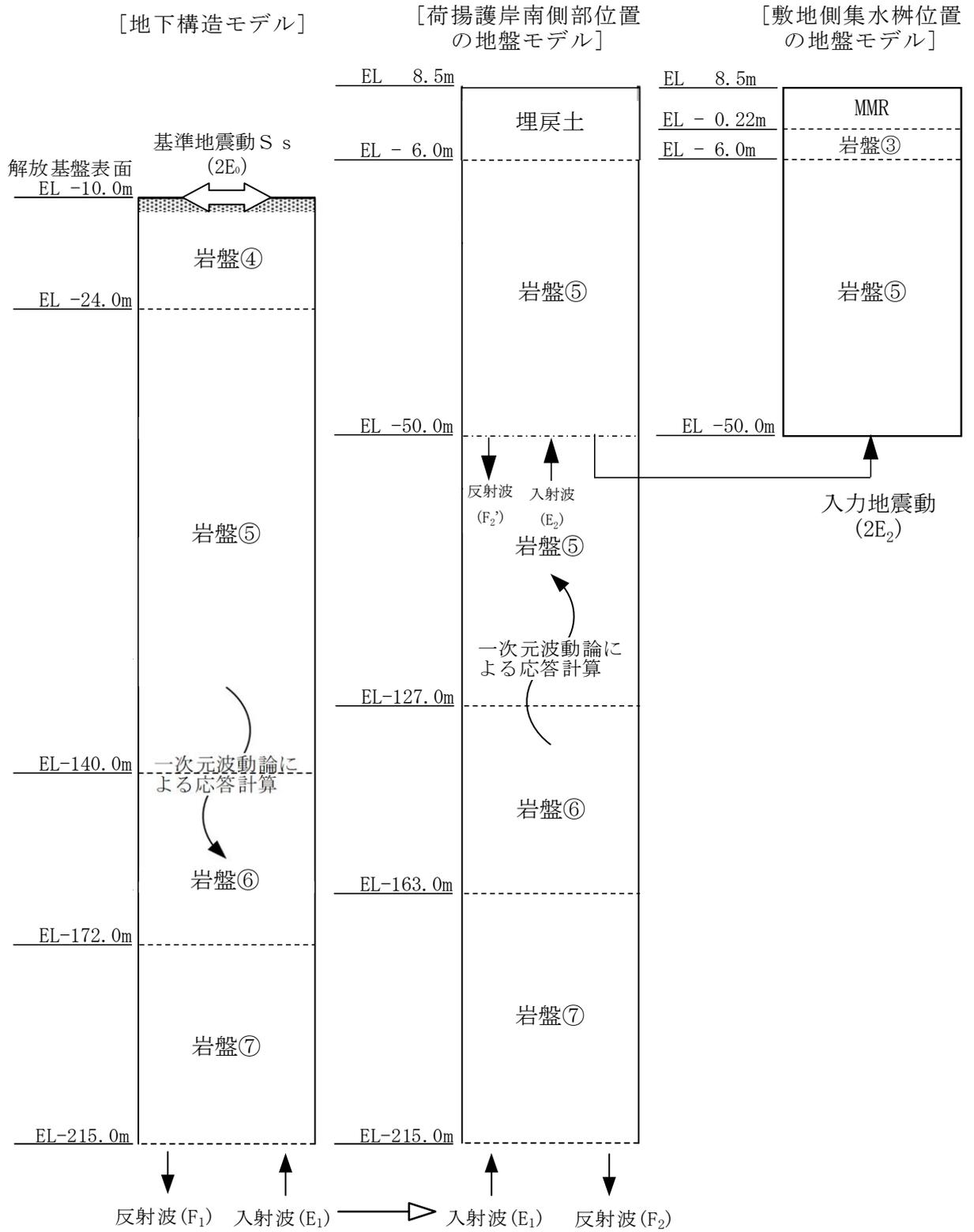


図 3-1 1次元地震応答解析用地盤モデル

3.6 地震応答解析結果

地震応答解析結果より得られた、各ケースにおける最大水平変位分布、最大水平変位発生時刻での加速度分布、最大水平変位発生時刻でのせん断応力分布を図 3-3 に示す。水平変位は地震力による反力を、加速度は慣性力を、せん断応力は壁面摩擦力を算出するため使用する。

水平変位最大となった基準地震動 Ss-D により応答変位法に使用する水平変位を設定する。なお、水平変位については、集水桝下端位置よりも下方の EL 1.5m から集水桝上端である EL 8.5m までを保守的に設定する。

また、底版及び基礎地盤の支持性能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（鉛直）に基づき設定する。底版及び基礎地盤の支持性能の評価に用いる設計用地震力を表 3-6 に示す。

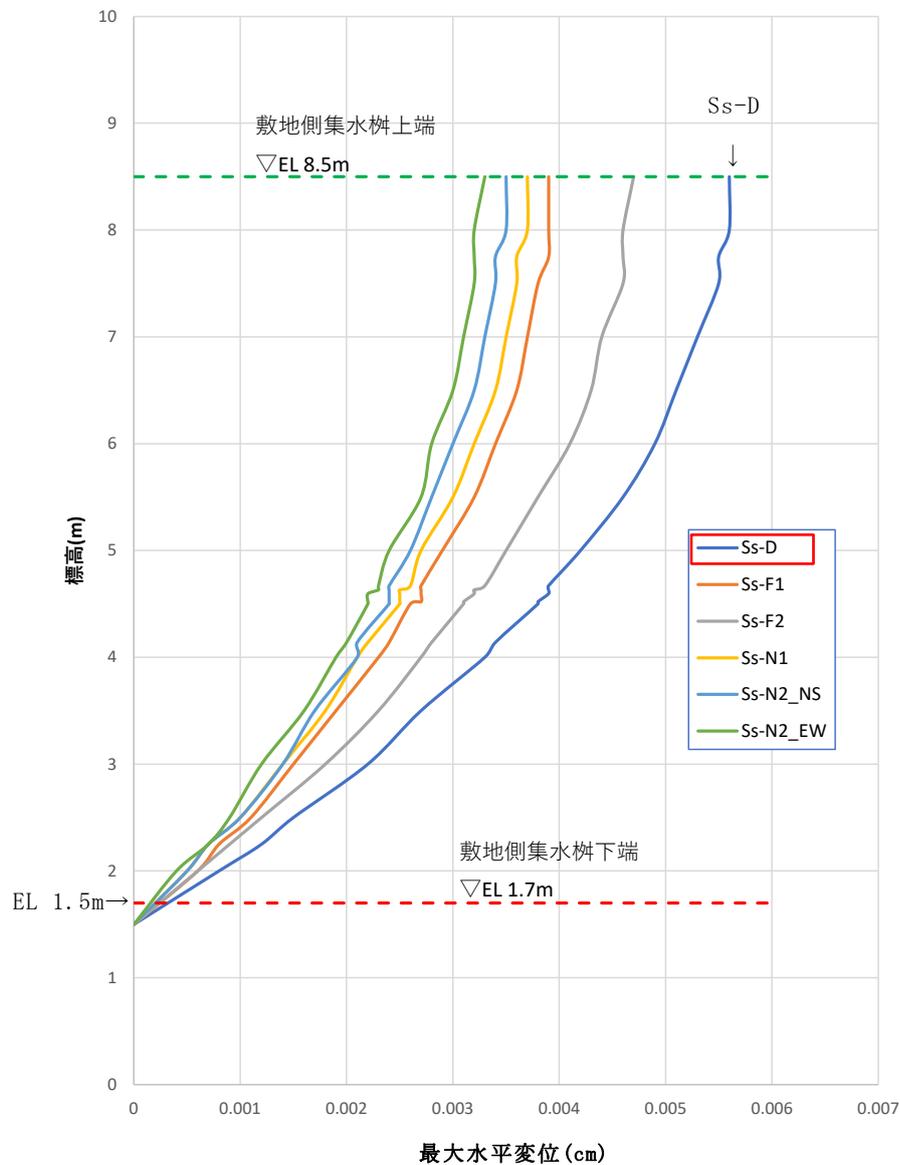


図 3-3(1) 地震応答解析結果（最大水平変位分布）

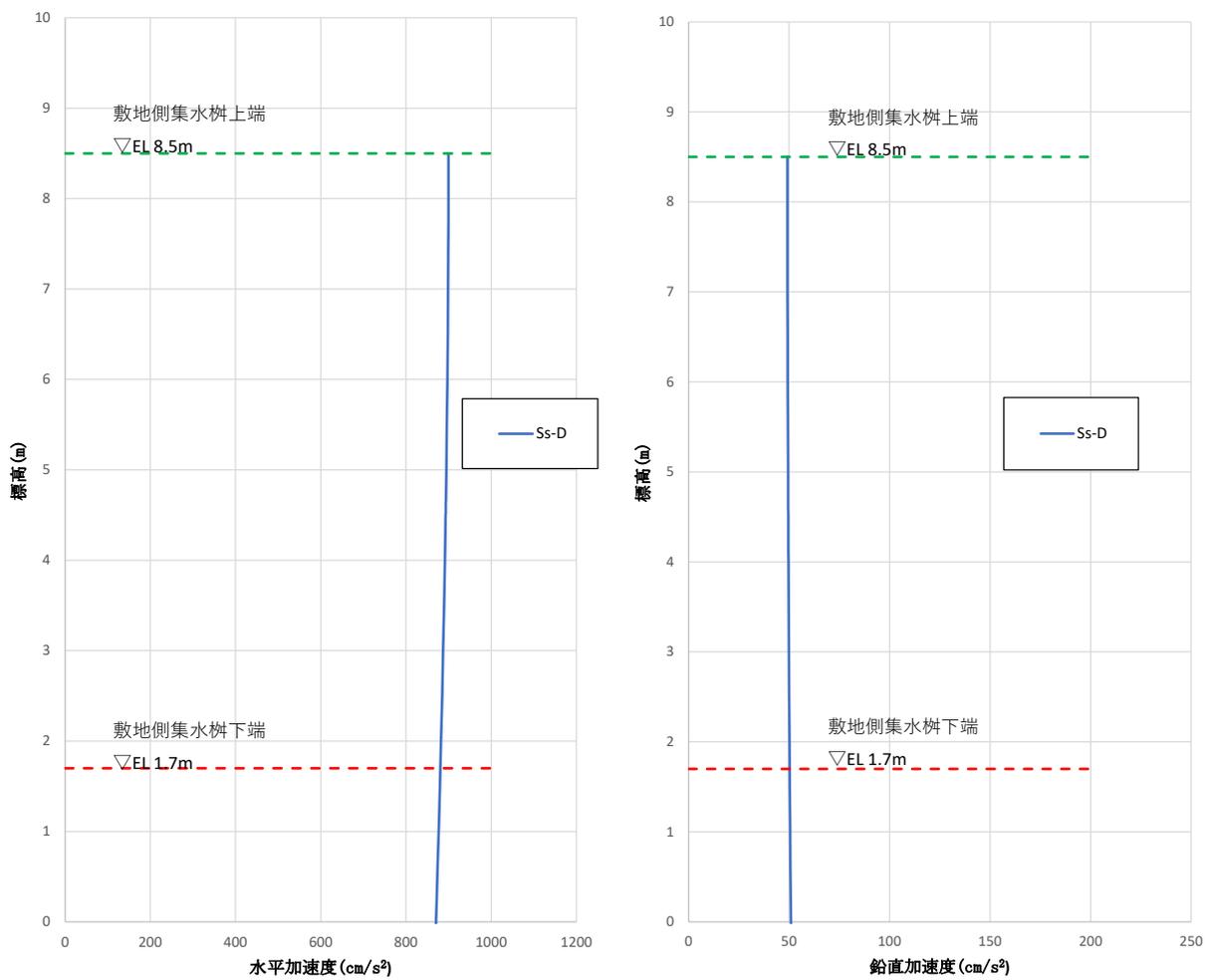


図 3-3(2) 地震応答解析結果（最大水平変位発生時刻での水平加速度分布及び鉛直加速度分布）

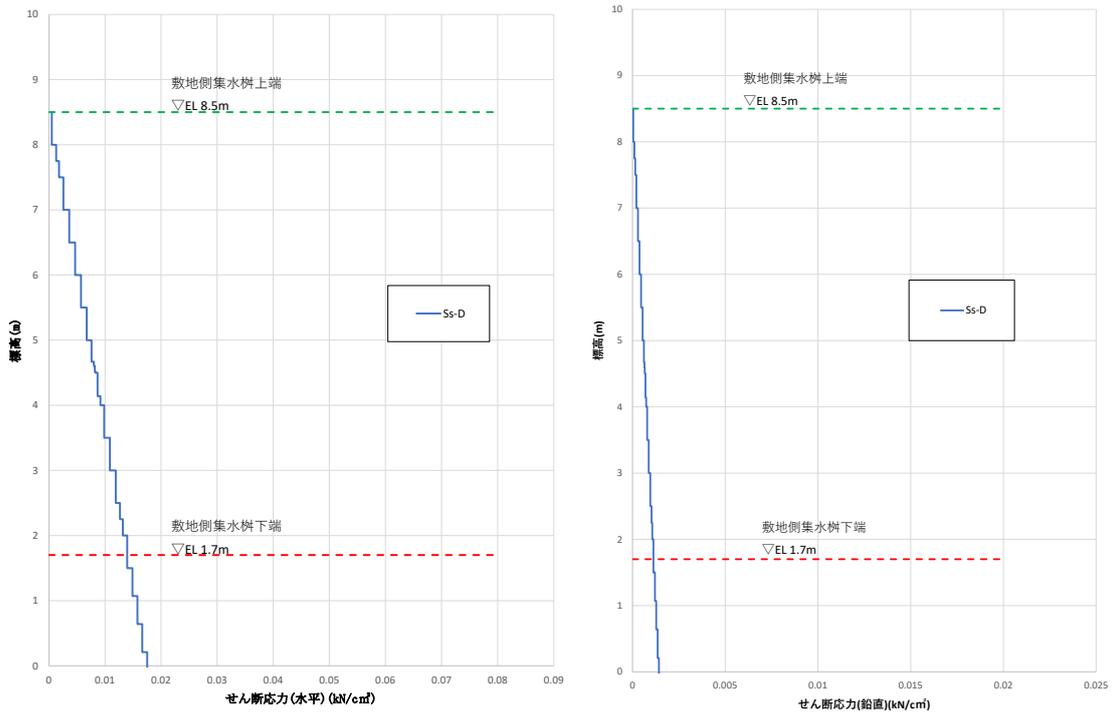


図3-3(3) 地震応答解析結果（最大水平変位発生時刻でのせん断応力分布）

表 3-6 敷地側集水桝の評価に用いる設計用地震力

抽出位置	設計用地震力 (鉛直)
敷地側集水桝	0.56

4. 評価方法

4.1 敷地側集水桝（側壁）

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。フレーム解析は，鉛直モデル及び水平モデルに分けて実施する。

フレーム解析に用いる地盤ばねは，地盤の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。フレーム解析に使用した地盤ばね定数を表 4-1 に，フレーム解析モデルを図 4-2 に示す。

解析には解析コード「F R E M I N G」及び「E M R G I N G」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。

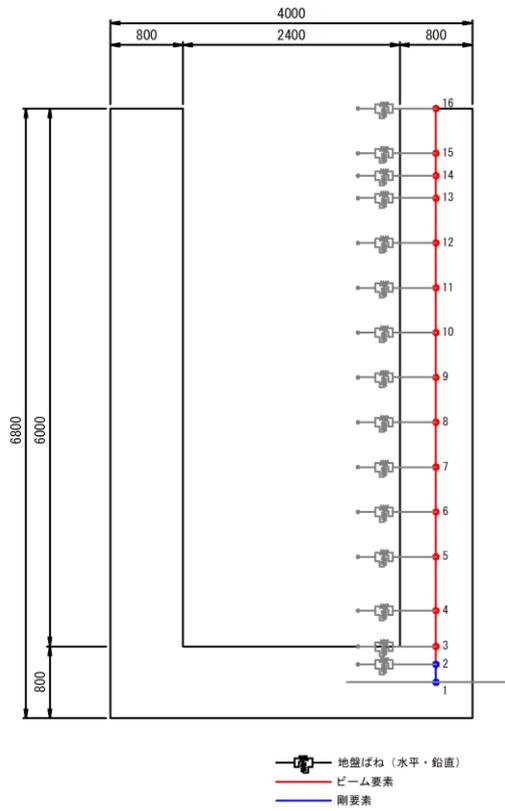
方向	節点番号	kx(kN/m)	ky(kN/m)
↑ 上	16	5500000	1833000
	15	8250000	2750000
	14	5500000	1833000
	13	8250000	2750000
	12	11000000	3667000
	11	11000000	3667000
	10	11000000	3667000
	9	11000000	3667000
	8	11000000	3667000
	7	11000000	3667000
	6	11000000	3667000
	5	12100000	4033000
	4	11000000	3667000
↓ 下	3	6600000	2200000
	2	4400000	1467000
	1	-	-

表 4-1(1) フレーム解析に使用した地盤ばね定数（鉛直モデル）
 (kx : 地盤ばね定数（水平）, ky : 地盤ばね定数（鉛直）)

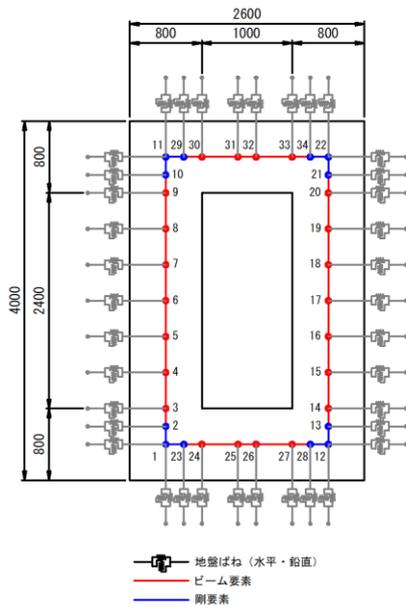
位置	方向	節点番号	kx(kN/m)	ky(kN/m)
側壁	西	1	2200000	733300
		2	4400000	1467000
		3	6600000	2200000
		4	8800000	2933000
		5	8800000	2933000
		6	8800000	2933000
		7	8800000	2933000
		8	8800000	2933000
		9	6600000	2200000
		10	4400000	1467000
		11	2200000	733300
	北	29	1467000	4400000
		30	2200000	6600000
		31	2200000	6600000
		32	2200000	6600000
		33	2200000	6600000
		34	1467000	4400000

位置	方向	節点番号	kx(kN/m)	ky(kN/m)
側壁	東	22	2200000	733300
		21	4400000	1467000
		20	6600000	2200000
		19	8800000	2933000
		18	8800000	2933000
		17	8800000	2933000
		16	8800000	2933000
		15	8800000	2933000
		14	6600000	2200000
		13	4400000	1467000
		12	2200000	733300
	南	28	1467000	4400000
		27	2200000	6600000
		26	2200000	6600000
		25	2200000	6600000
		24	2200000	6600000
		23	1467000	4400000

表 4-1(2) フレーム解析に使用した地盤ばね定数（水平モデル）
 (kx : 地盤ばね定数（水平）, ky : 地盤ばね定数（鉛直）)



(鉛直方向)



(水平方向)

図 4-1 フレーム解析モデル図

4.2 敷地側集水枳（底版）

集水枳の底版については、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版モデルとして鉄筋コンクリート部材の構造健全性を確認する。集水枳底版に作用する集水枳及び内部貯留水の慣性力による鉛直方向の合力を用い、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 4-2 に示す。

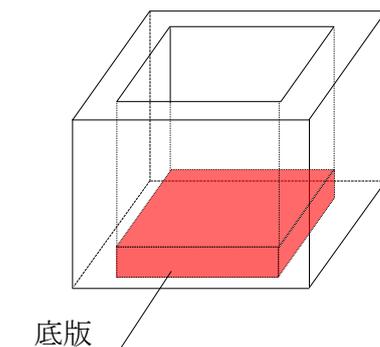


図 4-2 四辺固定版モデル概要図

4.3 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、集水枳底版に作用する集水枳及び内部貯留水の慣性力によ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。

5. 評価結果

5.1 構造部材の健全性に対する評価結果

5.1.1 敷地側集水桝（側壁）

敷地側集水桝（側壁）の曲げ軸力に対する照査結果を表 5-1 に、せん断に対する照査結果を表 5-2 に示す。また、最大照査値となる断面力図分布図を図 5-1～2 に示す。

評価対象部材に発生する曲げ圧縮応力、曲げ引張応力及びせん断応力が許容限界以下であることを確認した。

表 5-1 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 ²)	曲げ 引張応力 (N/mm ²)	許容限界 (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		
敷地側集水桝	6800×4000	41.03* ¹ 115.26* ²	0.67* ¹	32.98* ²	13.5	294	0.05* ¹	0.12* ²

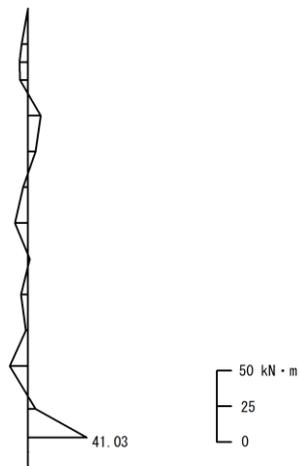
注記 *1：鉛直モデルによる照査結果

*2：水平モデルによる照査結果

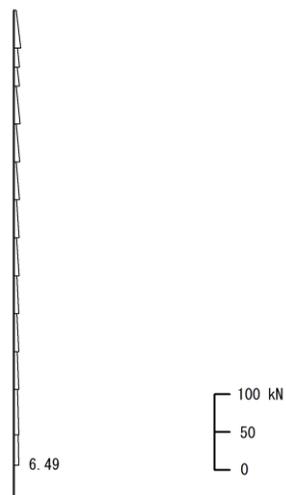
表 5-2 せん断力に対する照査結果（側壁）

設備名称	設計基準強度	発生せん断 応力度 (N/mm ²)	許容限界 (N/mm ²)	照査値
敷地側集水桝	24N/mm ²	0.15*	0.67	0.22*

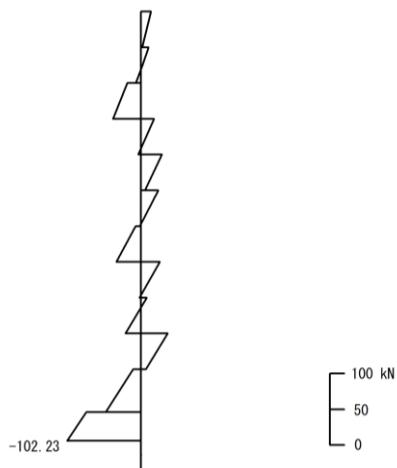
注記 *：鉛直モデルによる照査結果



(a) 曲げモーメント図

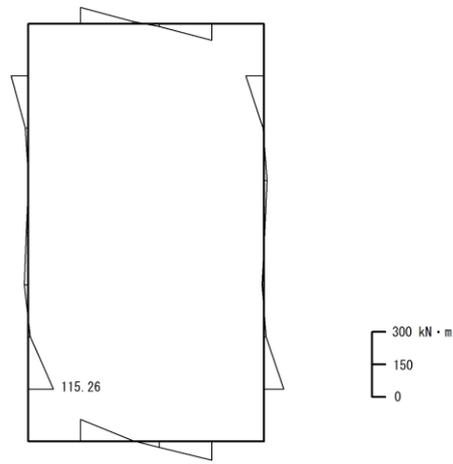


(b) 軸力図

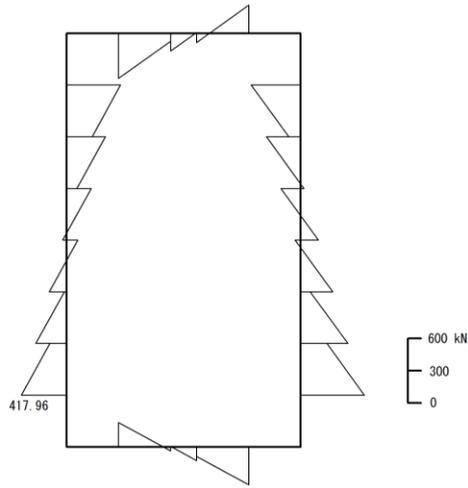


(c) せん断力図

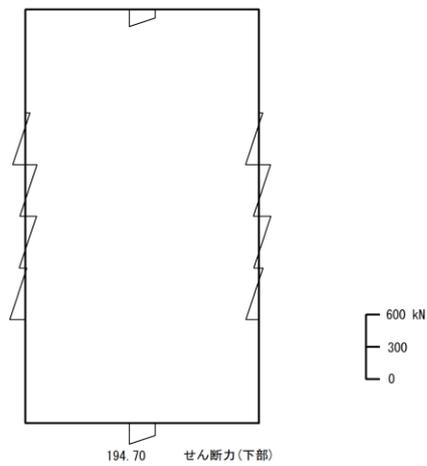
図 5-1 断面力図 (鉛直モデル)



(a) 曲げモーメント図



(b) 軸力図



(c) せん断力図

図 5-2 断面力図 (水平モデル)

5.1.2 敷地側集水桝（底版）

敷地側集水桝（底版）の曲げ軸力に対する照査結果を表 5-3 に、せん断に対する照査結果を表 5-4 に示す。

評価対象部材に発生する曲げ圧縮応力、曲げ引張応力及びせん断応力が許容限界以下であることを確認した。

表 5-3 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 ²)	曲げ 引張応力 (N/mm ²)	許容限界 (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		
敷地側集水桝	4000×2600	13.08	0.23	10.07	13.5	294	0.02	0.04

表 5-4 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 ²)	許容限界 (N/mm ²)	照査値
敷地側集水桝	24N/mm ²	SD345	0.12	0.67	0.18

5.2 基礎地盤の支持性能に対する評価結果

基礎地盤の支持性能に対する照査結果を表 5-5 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 5-5 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 (N/mm ²)	極限支持力度 (N/mm ²)	支持力照査値
敷地側集水桝	S s - D	0.2	9.8	0.02

(別紙2) 屋外排水路(防波壁横断部)の耐震性について

1. 概要

本資料は、VI-2-1-1-別添1「地下水位低下設備の設計方針」において、地震時に屋外排水路の排水異常により敷地内に地下水が溢れた場合の対応として、屋外排水路(防波壁横断部)、屋外排水路(施設護岸横断部)及び出口側集水柵の耐震性を確保することで、排水経路を確保する方針としている。このうち、屋外排水路(防波壁横断部)について、基準地震動 S_s による地震動に対する耐震評価を実施し、排水可能であることを確認するものである。

2. 基本方針

2.1 位置

屋外排水路(防波壁横断部)の設置位置図を図2-1に示す。

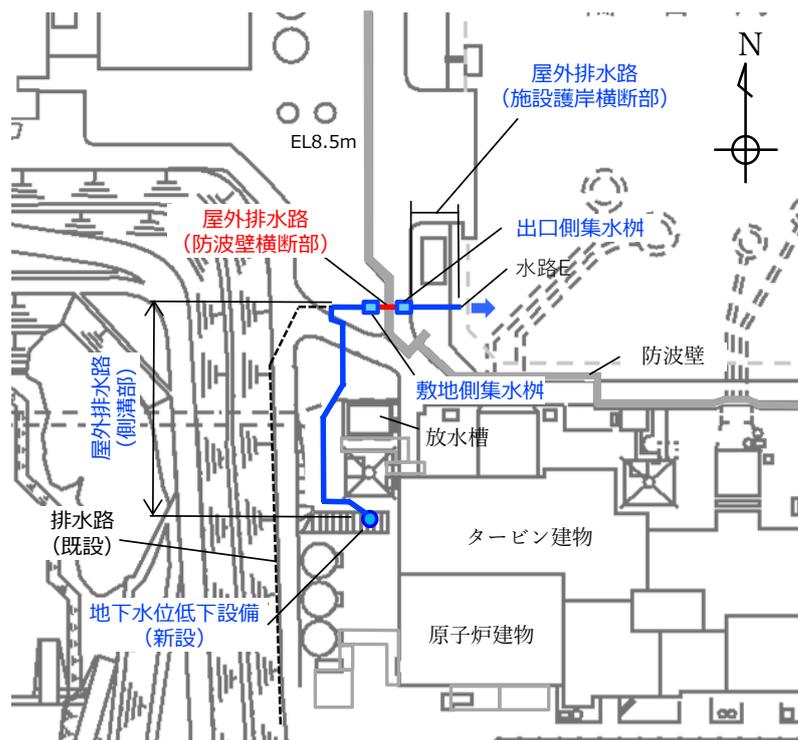


図2-1 屋外排水路(防波壁横断部)の設置位置図

2.2 構造概要

屋外排水路（防波壁横断部）は、高さ 1.5m（水路幅 1.5m×延長約 6m）及び高さ 2.0m（水路幅 2.0m×延長約 13m）の鉄筋コンクリート造の地中構造物であり、改良地盤で支持されている。

屋外排水路（防波壁横断部）の概略平面図を図 2-2 に、概略縦断図を図 2-3 に、概略断面図を図 2-4 に、概略配筋図を図 2-5 に示す。

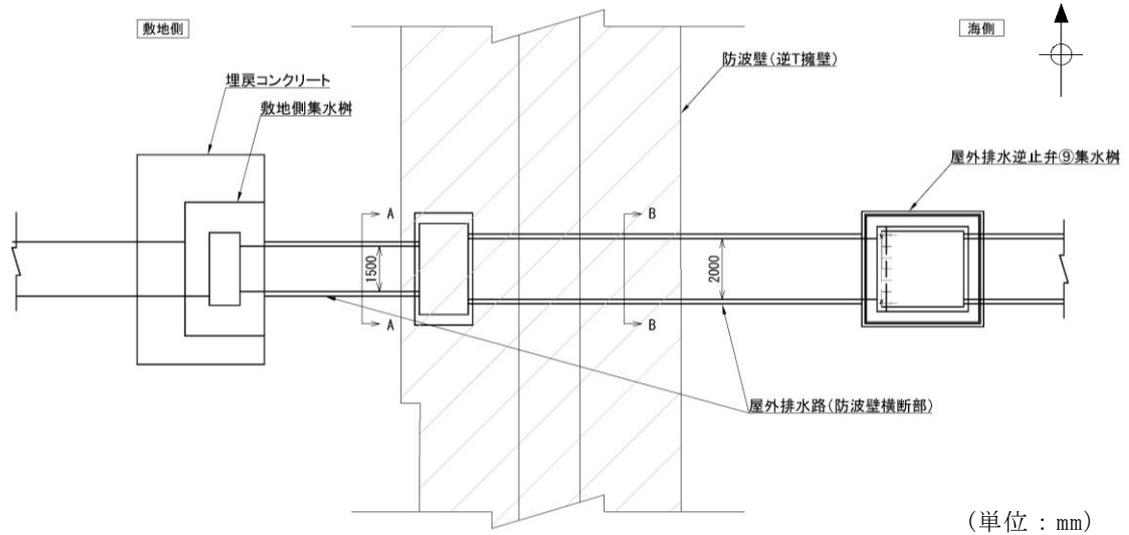


図 2-2 屋外排水路（防波壁横断部）の概略平面図

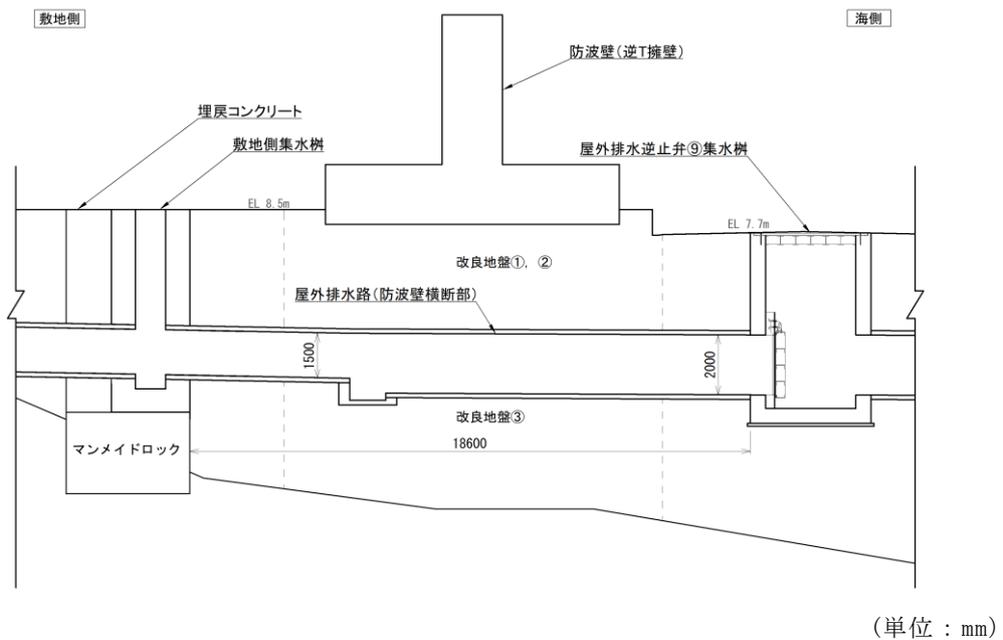
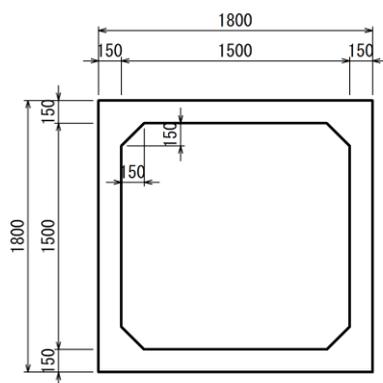


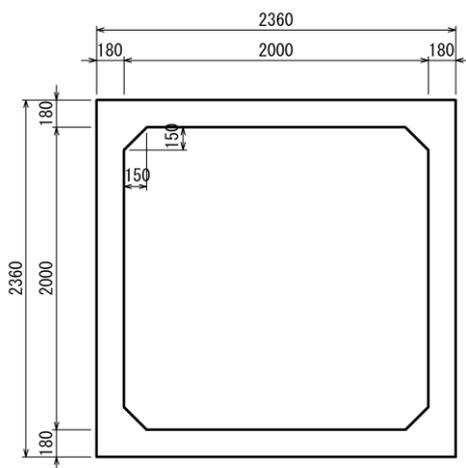
図 2-3 屋外排水路（防波壁横断部）の概略縦断図



(単位 : mm)

(A-A断面 : □1500×1500)

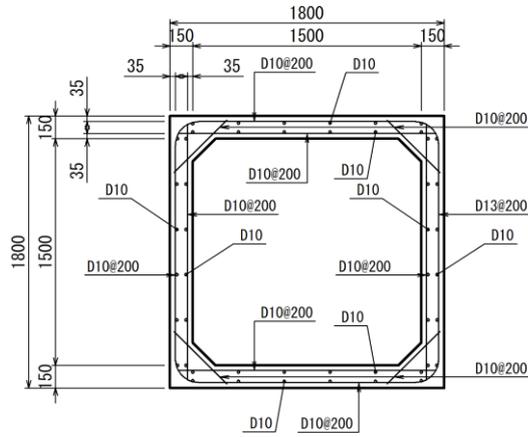
図 2-4(1) 屋外排水路 (防波壁横断部) の概略断面図



(単位 : mm)

(B-B断面, □2000×2000)

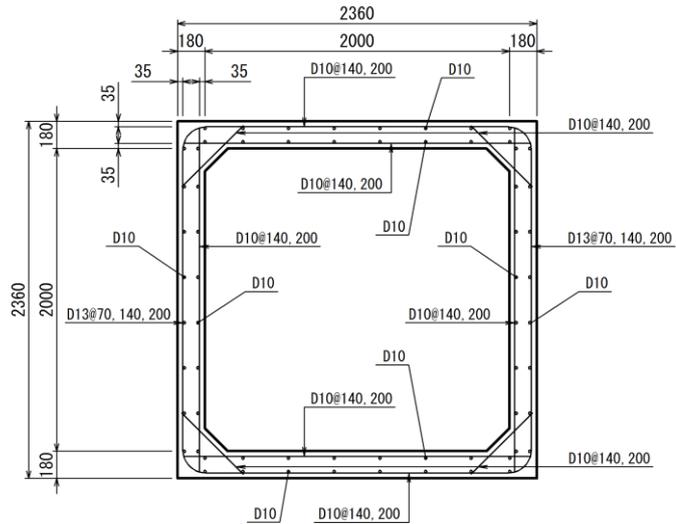
図 2-4(2) 屋外排水路 (防波壁横断部) の概略断面図



(単位 : mm)

(A-A断面 : □1500×1500)

図 2-5(1) 屋外排水路 (防波壁横断部) の概略配筋図



(単位 : mm)

(B-B断面, □2000×2000)

図 2-5(2) 屋外排水路 (防波壁横断部) の概略配筋図

2.3 評価方針

屋外排水路（防波壁横断部）の耐震評価は、基準地震動 S_s （6波）による一次元地震応答解析により算定した設計用地震力に対して排水断面を確保することを確認するため、曲げ・軸力系及びせん断破壊に対する照査を実施する。また、基礎地盤の支持性能評価を実施する。

基準地震動 S_s を対象とした地震応答解析により屋外排水路（防波壁横断部）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収束剛性を算出する。

次に、屋外排水路（防波壁横断部）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。常時及び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、地震時接地圧が許容限界以下であることを確認する。

屋外排水路（防波壁横断部）の耐震評価フローを図 2-5 に示す。

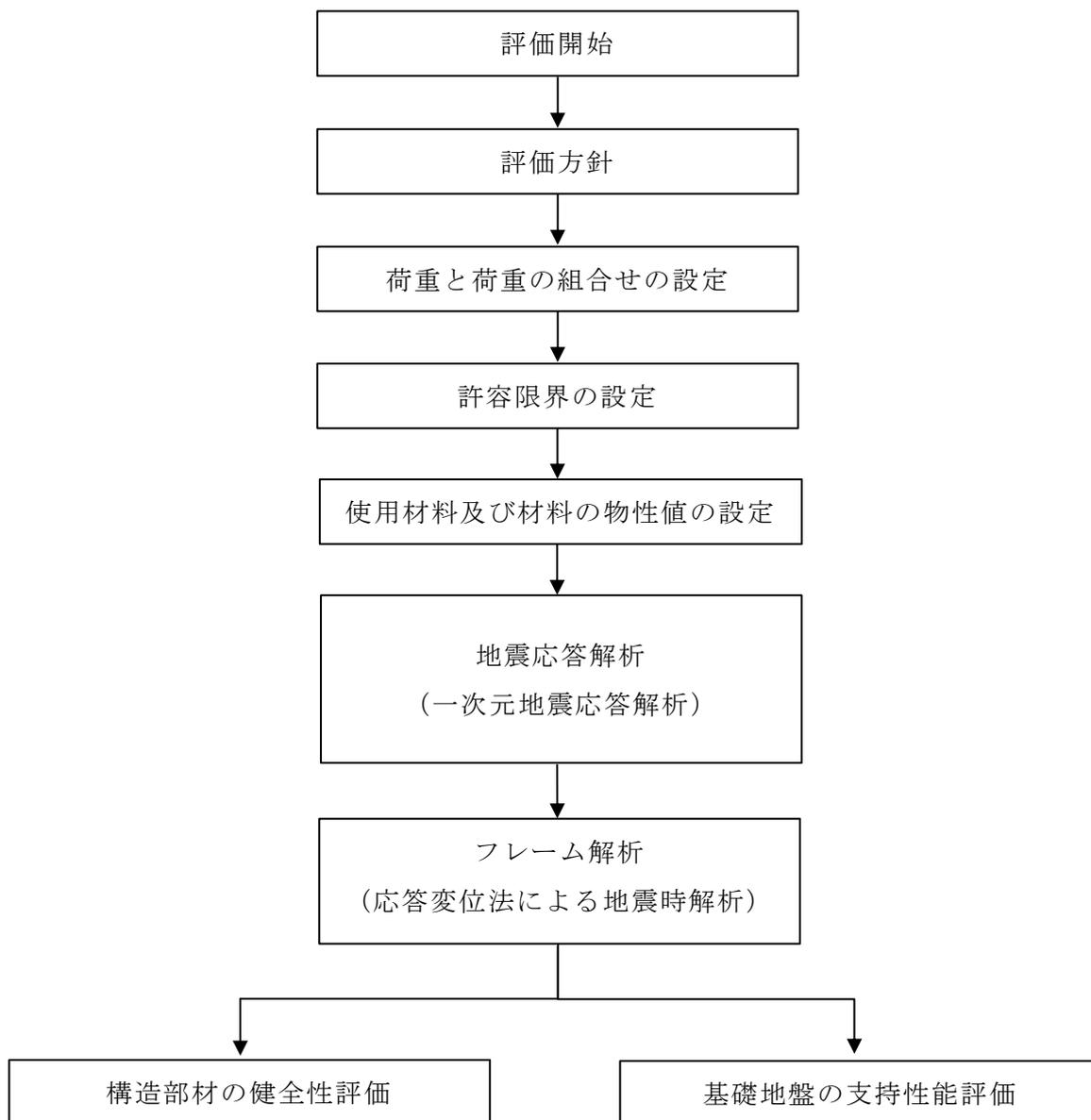


図 2-5 屋外排水路（防波壁横断部）の耐震評価フロー

2.4 適用規格・基準等

適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・土木学会 2002 年 コンクリート標準示方書[構造性能照査編]（以下「コンクリート標準示方書」という。）」
- ・日本道路協会 平成 24 年 3 月 道路橋示方書・同解説 I 共通編・IV 下部構造編（以下「道路橋示方書」という。）」
- ・原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1 -1987)

3. 耐震評価

3.1 評価対象断面及び評価対象部位

屋外排水路（防波壁横断部）は、内空寸法及び壁厚が異なるが、大部分が防波壁（逆T擁壁）の直下であり、周囲は全線にわたり改良地盤に囲まれている。

屋外排水路（防波壁横断部）の平面図を図3-1に、縦断図を図3-2に、評価対象断面の選定の考え方を表3-1に示す。

屋外排水路（防波壁横断部）の設置状況から、防波壁の荷重の影響を受け、耐震評価上、厳しくなると考えられる断面として、②断面、③断面及び④断面の3断面が抽出される。

この3断面うち、②断面（□1500mm）及び④断面（□2000mm）については、内空寸法及び壁厚が異なるものの、構造及び材料が同仕様である。このため、内空寸法が大きく、岩盤上面の深さが深い位置にある④断面（□2000mm）を評価対象断面とする。

また、③断面（旧集水柵）については、柵構造であり延長も短く、壁厚も比較的大きいため、地震時に排水経路が閉塞に至るような変形・破壊は生じないと考える。

評価対象部位については、屋外排水路を構成する側壁、底版及び頂版とする。

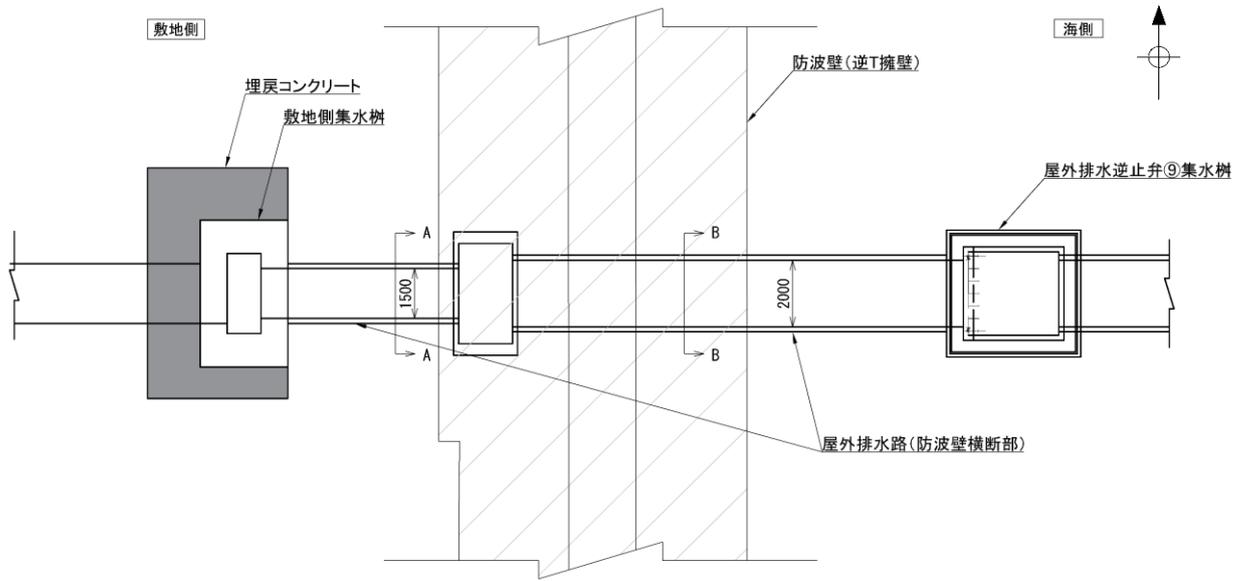


図 3-1 屋外排水路（防波壁横断部）の平面図

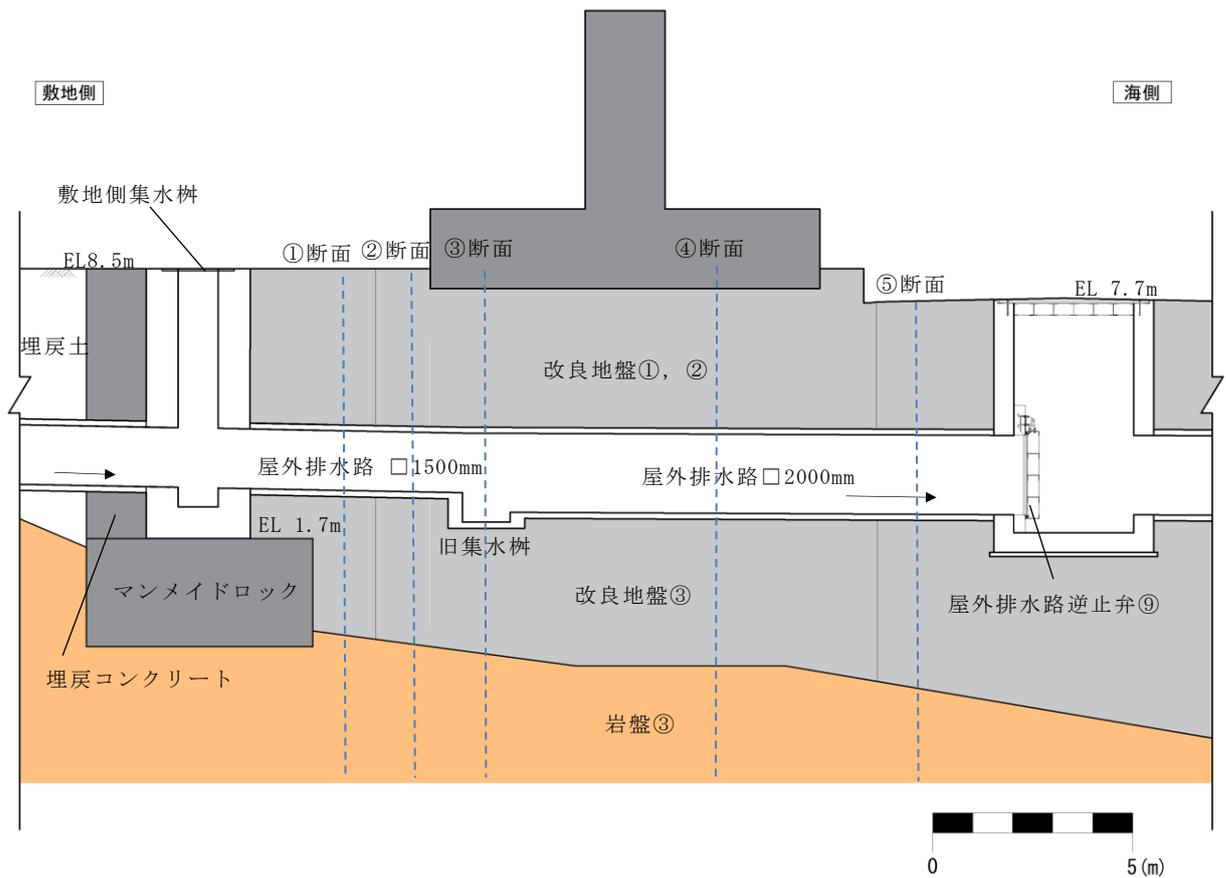


図 3-2 屋外排水路（防波壁横断部）の縦断図

表 3-1 屋外排水路（防波壁横断部）の評価対象断面選定の考え方

断面	敷地側	防波壁直下			海側
	①	②	③	④	⑤
排水路の内空寸法及び壁厚	排水路 □1500mm (t=150mm)	排水路 □1500mm (t=150mm)	旧集水枳 H2235mm× B3000mm (t=350mm)	排水路 □2000mm (t=180mm)	排水路 □2000mm (t=180mm)
防波壁の荷重の影響	無	有	有	有	無
岩盤上面の深さ（地表面）	約 9.7m	約 10.0m	約 10.2m	約 10.7m	約 10.1m
評価対象断面	×	×	×	○	×

3.2 荷重及び荷重の組み合わせ

荷重は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。

3.2.1 荷重の設定

屋外排水路（防波壁横断部）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、防波壁の自重を考慮する。荷重は 30° の角度を持ち分散して屋外排水路（防波壁横断部）に伝達する。

(3) 積雪荷重（ P_s ）

積雪荷重は、発電所最寄りの気象官署である松江地方気象台（松江市）での観測記録（1941～2018年）より、観測史上1位の月最深積雪100cm（1971年2月4日）に平均的な積雪荷重を与えるための係数0.35を考慮した35.0cmとする。積雪荷重については、松江市建築基準法施行細則により、積雪量1cmごとに 20N/m^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。

3.2.2 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 3-1 に示す。

表 3-1(1) 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
地震時	$G + P_s + S_s$

G : 固定荷重

P_s : 積雪荷重

S_s : 地震荷重

表 3-1(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	—	機器・配管自重は考慮しない。
		土被り荷重	○	土被りを考慮する。
		積載荷重	○	防波壁の荷重を考慮する。
		外水圧	○	外水圧を考慮する（地表面）。
		内水圧	○	内水圧を考慮する（満水）。
		積雪荷重	○	積雪荷重（0.7kN/m ² ）を考慮する。
		風荷重	—	風荷重は考慮しない。
偶発 荷重	水平地震動	○	基準地震動 S_s による水平及び鉛直同時加振を考慮する。	
	鉛直地震動	○		
	動水圧	—	動水圧は考慮しない。	
	地震時土圧	○	基準地震動 S_s による地震応答解析により設定する。	

3.3 許容限界

屋外排水路（防波壁横断部）の耐震評価は、コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（土木学会）に基づき、曲げ耐力及びせん断耐力を許容限界とする。また、基礎地盤の支持性能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③の極限支持力度とする。

基礎地盤の支持性能に対する許容限界を表 3-2 に示す。

表 3-2 基礎地盤の支持性能に対する許容限界

評価項目	基礎地盤	許容限界 (N/mm ²)
極限支持力度	改良地盤③	1.4

3.4 使用材料及び材料の物性値

構造物の使用材料を表 3-3 に、使用材料の物性値を表 3-4 に示す。

表 3-3 使用材料

材料		仕様
構造物	コンクリート	設計基準強度 40.0N/mm ²
	鉄筋	SD295A

表 3-4 使用材料の物性値

材料	ヤング係数 (N/mm ²)	単位体積重量 (kN/m ³)	ポアソン比
構造物	2.50×10 ⁴	24.0*	0.2

注記*：鉄筋コンクリートの単位体積重量を示す。

3.5 地震応答解析及び設計用地震力

地震応答解析に用いる入力地震動は、解放基盤表面で定義される基準地震動 S_s を一次元波動論により評価したものを用いる。屋外排水路（防波壁横断部）周辺には、改良地盤が施されており、液状化対象層が存在しないため、1次元地震応答解析における応答解析は、全応力解析とする。

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。

1次元地震応答解析の地盤モデルを図3-2に示す。

地盤については、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。設計地下水位は、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に従い、地表面（EL 8.5m）に設定する。

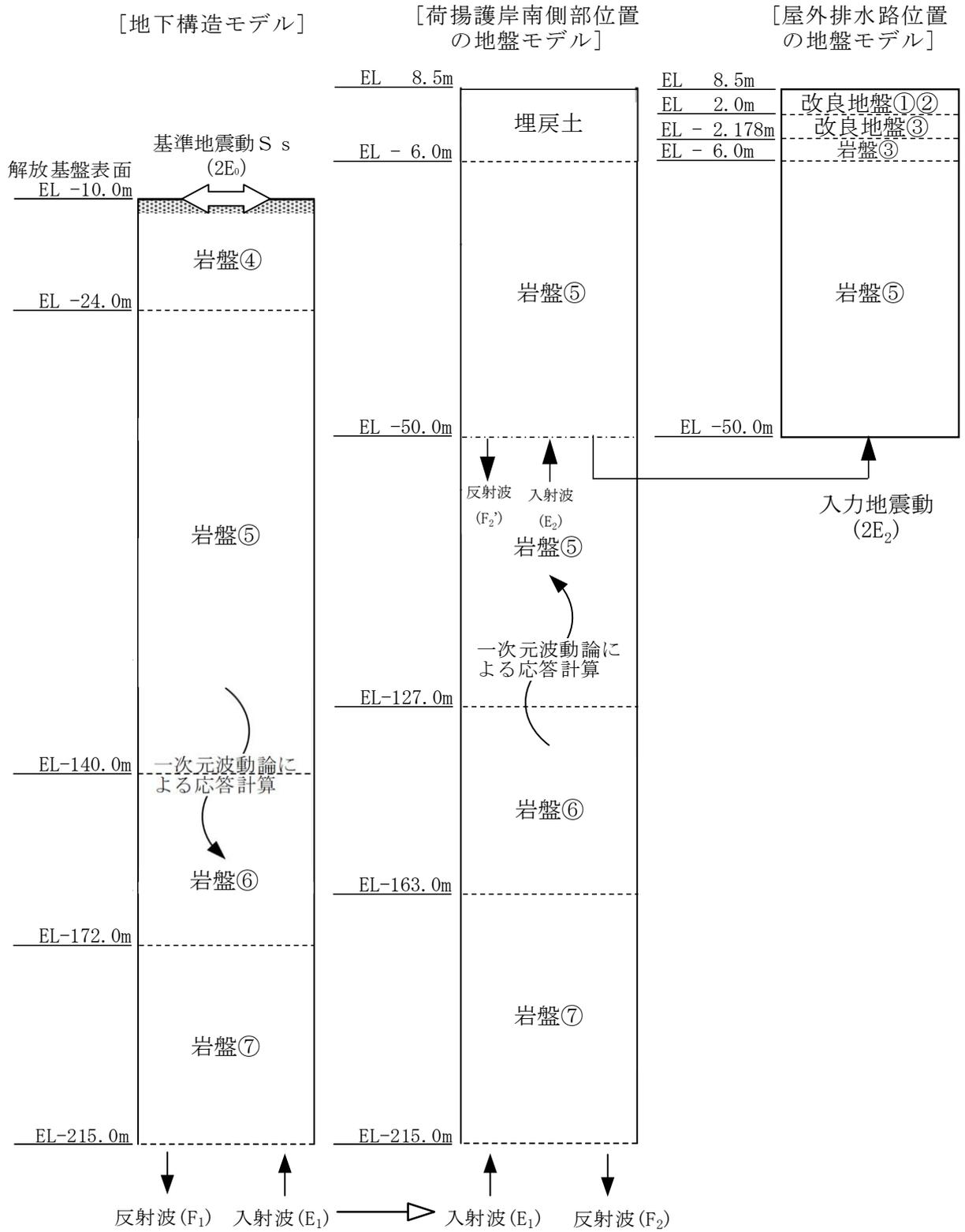


図 3-3 1次元地震応答解析用地盤モデル

3.6 地震応答解析結果

地震応答解析結果より得られた、各ケースにおける最大水平変位分布、最大水平変位発生時刻での加速度分布、最大水平変位発生時刻でのせん断応力分布及び収束剛性を図 3-4 に示す。水平変位は地震力による反力を、加速度は慣性力を、せん断応力は壁面摩擦力を、収束剛性はばね定数を算出するため使用する。

水平変位最大となった基準地震動 Ss-D により応答変位法に使用する水平変位を設定する。

また、底版及び基礎地盤の支持性能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屋外排水路位置の応答加速度（鉛直）に基づき設定する。基礎地盤の支持性能の評価に用いる設計用地震力を表 3-5 に示す。

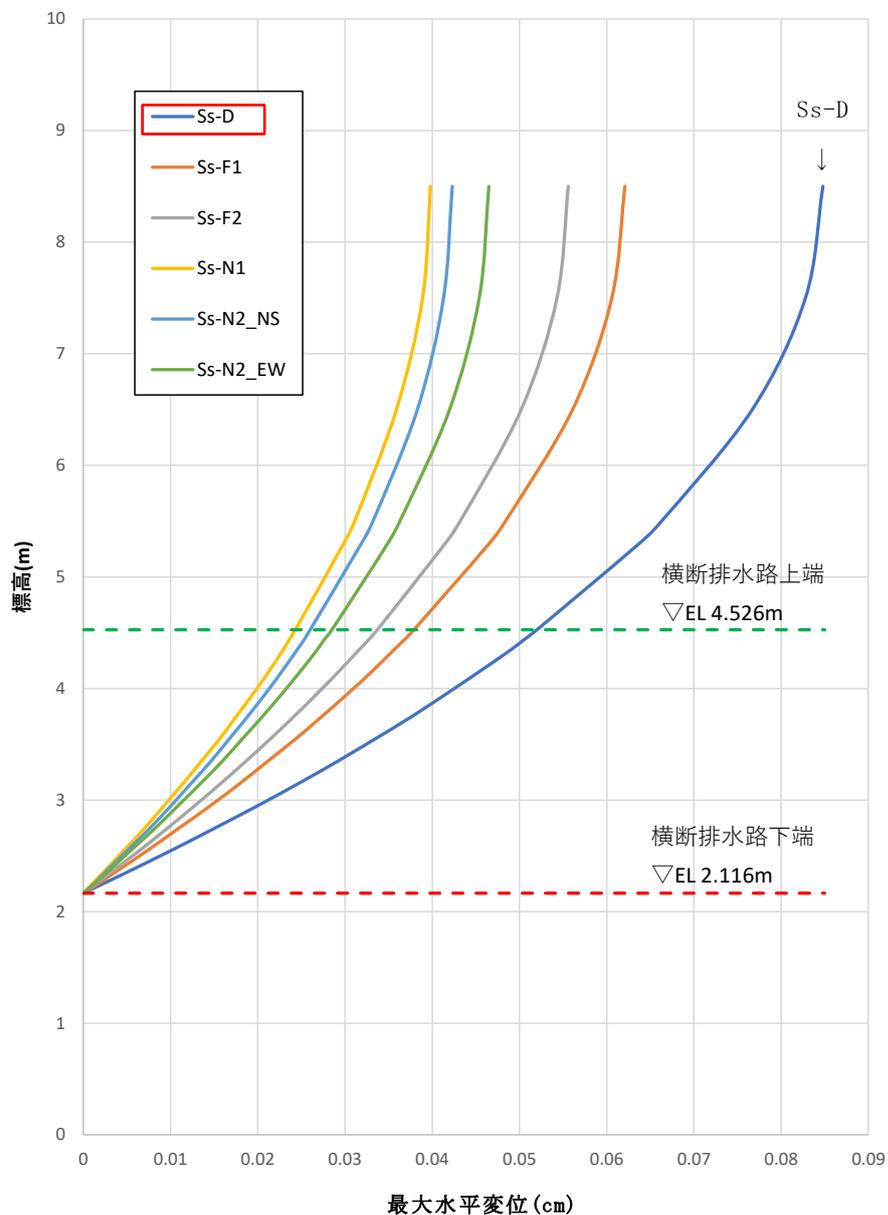


図 3-4(1) 地震応答解析結果（最大水平変位分布）

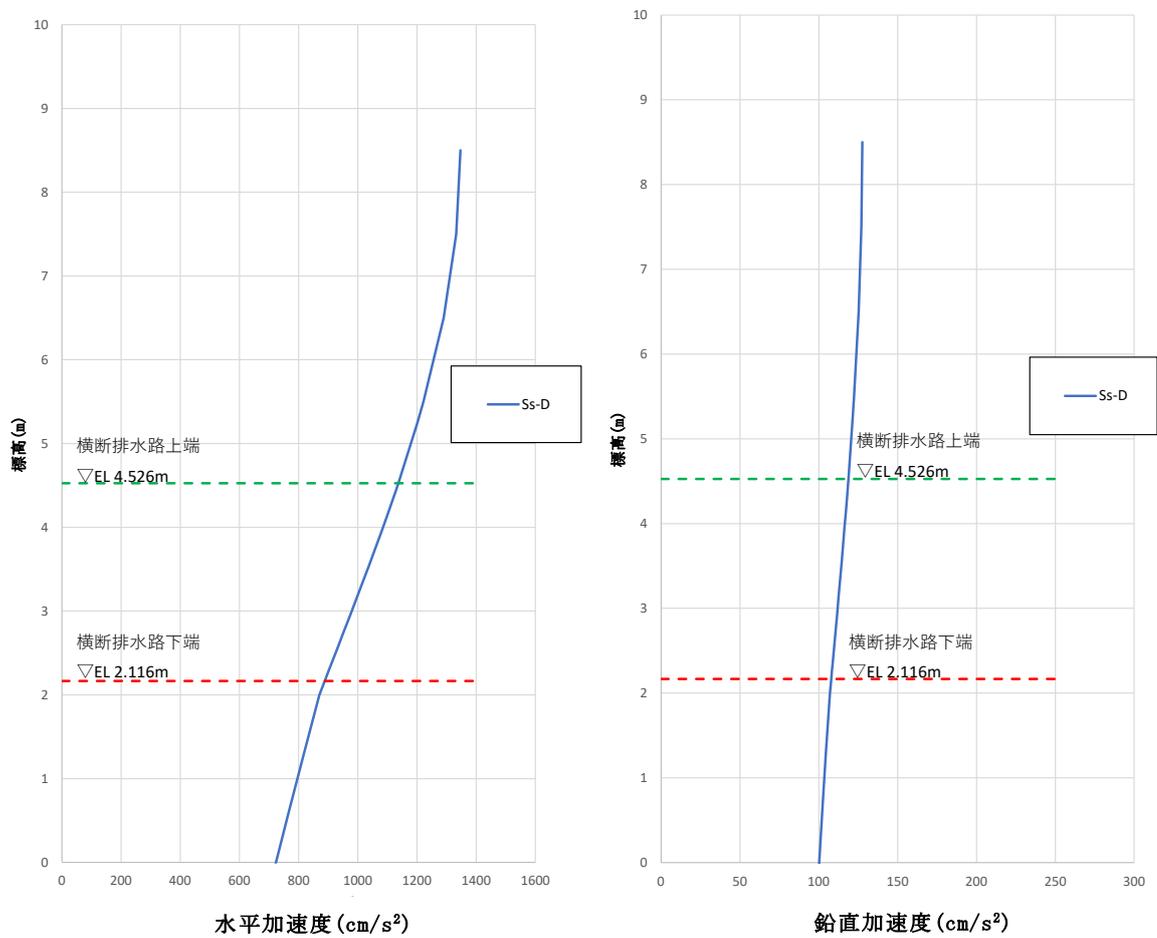


図 3-4(2) 地震応答解析結果（最大水平変位発生時刻での水平加速度分布及び鉛直加速度分布）

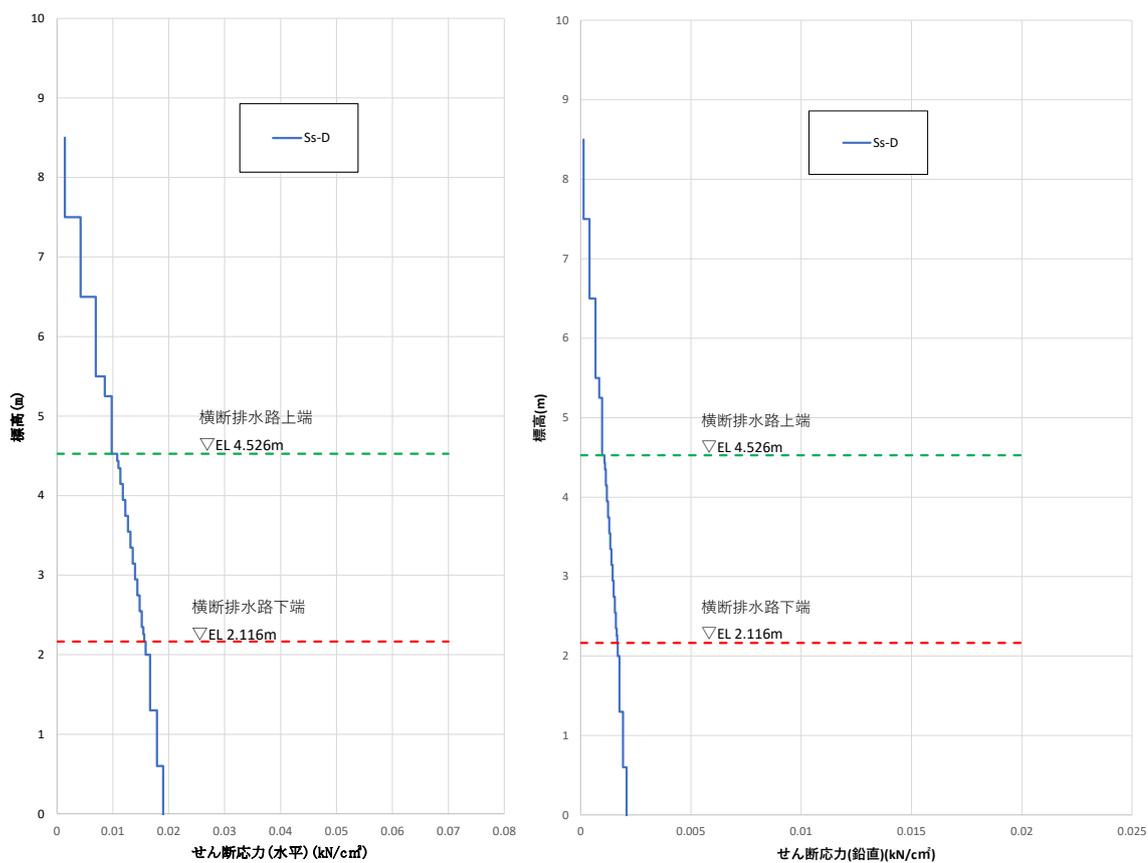


図3-4(3) 地震応答解析結果（最大水平変位発生時刻でのせん断応力分布）

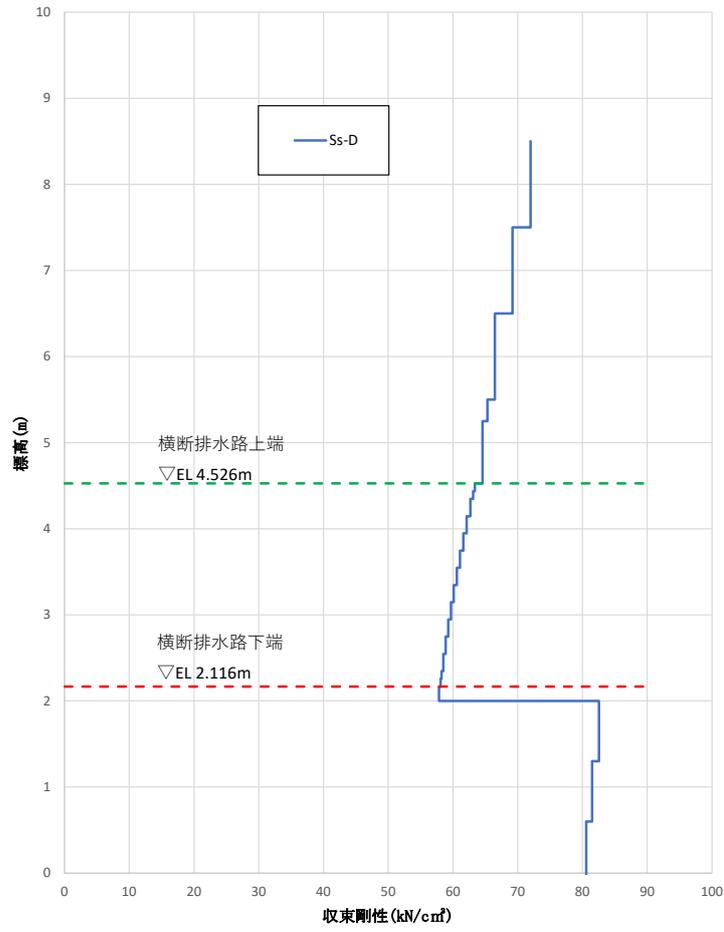


図3-4(4) 地震応答解析結果 (収束剛性)

表 3-5 屋外排水路 (防波壁横断部) の評価に用いる設計用地震力

抽出位置	設計用地震力 (鉛直)
敷地側集水桝	0.67

4. 評価方法

4.1 屋外排水路

4.1.1 評価対象部位

屋外排水路（防波壁横断部）は地中に埋設することから、地震時には土圧が主たる荷重として作用すると考えられる。評価対象部位は、弱軸方向（水路直交方向）の頂版、側壁及び底版とする。

4.1.2 解析方法

頂版、側壁及び底版を線形はり要素でモデル化し、地震応答解析を踏まえて設定した荷重を載荷し、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。

解析には解析コード「FREMING」及び「EMRGING」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。

4.1.3 解析モデル

解析に用いるフレームモデルは、屋外排水路（防波壁横断部）の頂版、側壁及び底版を線形はり要素にて模擬し、地盤応答解析から算出した等価剛性よりばね定数を設定した地盤ばねを側部及び底部に配置する。

フレーム解析に使用した地盤ばね定数を表 4-1 に、2次元フレーム解析モデル図を図 4-1 に示す。

位置	方向	節点番号	kx(kN/m)	ky(kN/m)	
側壁	↑ 上	15	75560	25190	
		14	125100	41700	
		13	124700	41580	
		12	86940	28980	
		11	206900	68960	
		10	356300	118800	
		9	487500	162500	
		8	640000	213300	
		7	473100	157700	
		6	340600	113500	
		5	194400	64790	
		4	81590	27200	
		3	116300	38780	
		2	116200	38730	
	↓ 下	1	69530	23180	
	↑ 上	30	75560	25190	
		29	125100	41700	
		28	124700	41580	
		27	86940	28980	
		26	206900	68960	
		25	356300	118800	
		24	487500	162500	
		23	640000	213300	
		22	473100	157700	
		21	340600	113500	
		20	194400	64790	
		19	81590	27200	
		18	116300	38780	
		↓ 下	17	116200	38730
		16	69530	23180	

位置	節点番号	kx(kN/m)	ky(kN/m)
底版	1	23180	69530
	31	38630	115900
	32	38630	115900
	33	27040	81110
	34	64380	193100
	35	112000	336000
	36	154500	463500
	37	206000	618000
	38	154500	463500
	39	112000	336000
	40	64380	193100
	41	27040	81110
	42	38630	115900
	43	38630	115900
	16	23180	69530
	頂板	15	25190	75560
44		41980	125900
45		41980	125900
46		29380	88150
47		69960	209900
48		121700	365200
49		167900	503700
50		223900	671600
51		167900	503700
52		121700	365200
53		69960	209900
54		29380	88150
55		41980	125900
56		41980	125900
30	25190	75560	

表 4-1 フレーム解析に使用した地盤ばね定数
(kx : 地盤ばね定数 (水平) , ky : 地盤ばね定数 (鉛直))

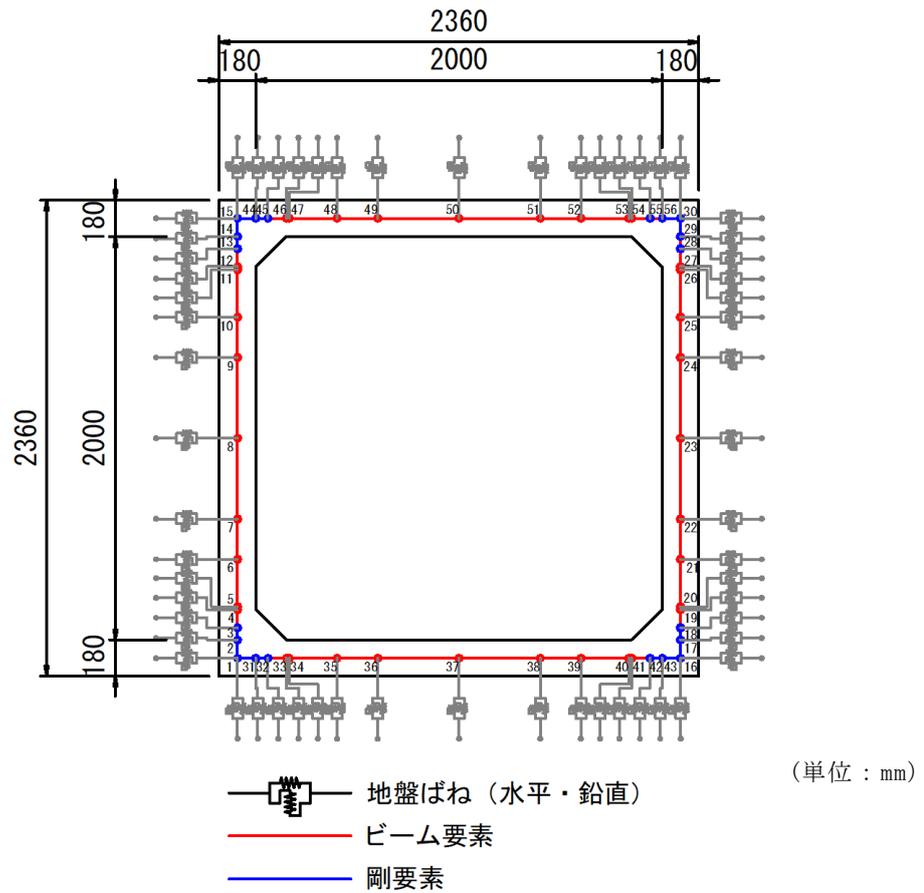


図 4-1 2次元フレーム解析モデル図

4.2 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、集水柵底版に作用する防波壁，集水柵及び内部貯留水の慣性力によ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。

5. 評価結果

5.1 構造部材の健全性に対する評価結果

鉄筋コンクリートの曲げ・軸力系破壊に対する照査値を表 5-1 に、せん断破壊に関する照査値を表 5-2 に示す。また、最大照査値となる断面力分布図を図 5-1 に示す。

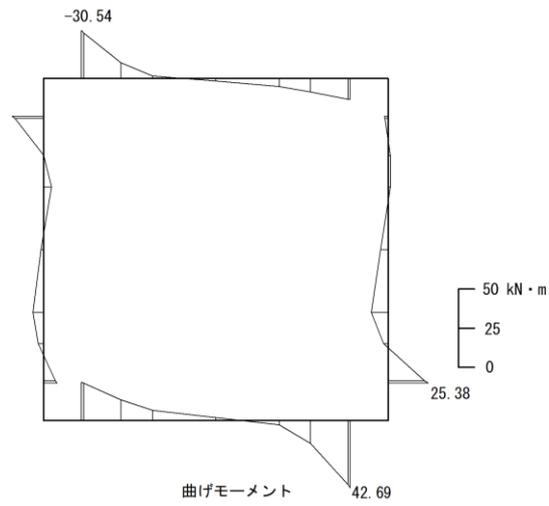
評価対象部位の発生応力度及びせん断力は、終局限界以下であり、屋外排水路（防波壁横断部）が基準地震動 S_s による地震力に対して損壊に至らず、排水断面が確保されていることを確認した。

表 5-1 曲げ・軸力系破壊に対する最大照査値

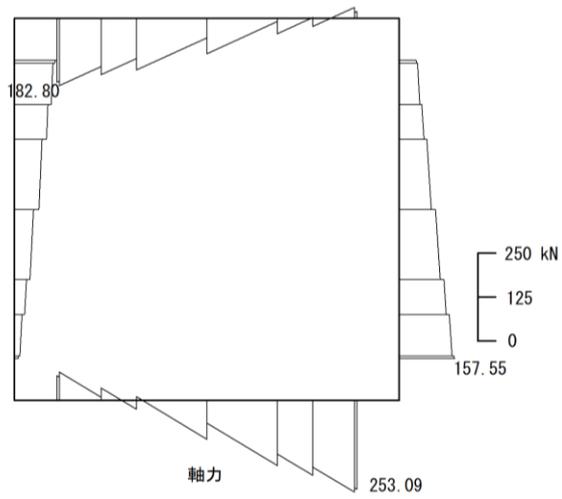
評価対象部位	地震動	設計断面力		曲げ耐力 M_{ud} (N/mm^2)	照査値 M_d/M_{ud}
		曲げ モーメント M_d ($kN \cdot m$)	軸力 N'_d (kN)		
頂版	S_s-D	30.54	182.80	53.02	0.58
側壁	S_s-D	25.38	157.55	57.53	0.45
底版	S_s-D	42.69	253.09	58.07	0.74

表 5-2 せん断破壊に対する最大照査値

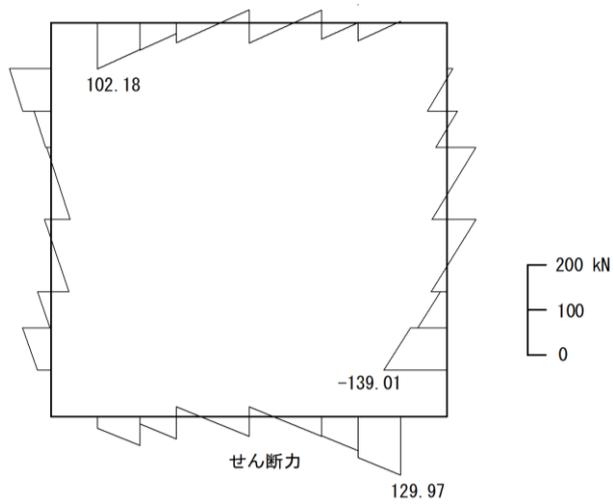
評価対象部位	地震動	設計せん断力 V_d (kN)	せん断耐力 V_{yd} (kN)	照査値 V_d/V_{yd}
頂版	S_s-D	102.18	192.41	0.54
側壁	S_s-D	139.01	178.80	0.78
底版	S_s-D	129.97	206.93	0.63



(a) 曲げモーメント図



(b) 軸力図



(c) せん断力図

図 6-3 断面力図 (南北断面)

5.2 基礎地盤の支持性能に対する評価結果

基礎地盤の支持性能に対する照査結果を表 5-3 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 5-3 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 (N/mm ²)	極限支持力度 (N/mm ²)	支持力照査値
敷地側集水桝	S s - D	0.1	1.4	0.08

(別紙 3) 出口側集水桝の耐震性について

出口側集水桝は、浸水防止設備である屋外排水路逆止弁⑨の間接支持構造物であり、耐震性については、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」に示す。