

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-補-023-12 改 08
提出年月日	2023年6月12日

地下水位低下設備の耐震性に係る補足説明資料

2023年6月

中国電力株式会社

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

目 次

第 1 章 揚水井戸の耐震性に係る補足説明

第 2 章 ドレーンの耐震性に係る補足説明

第 3 章 揚水ポンプの加振試験に関する補足説明

(別紙 1) 揚水井戸蓋の耐震計算について

(別紙 2) 揚水井戸蓋の強度計算について

(別紙 3) 敷地側集水桝の耐震性に係る補足説明

(別紙 4) 屋外排水路（防波壁横断部）の耐震性に係る補足説明

本補足説明資料は、地下水位低下設備の設計方針及び耐震計算の方針に基づき耐震評価を実施する構造物について、内容を補足するものである。本補足説明資料と添付資料との関係を以下の表1に示す。

表1 補足説明資料と添付資料との関係

補足説明資料		添付資料（計算書）	添付資料（方針書）	
NS2-補-023-12 地下水位低下設備の耐震性に係る補足説明資料			VI-2-別添 4-1 地下水位低下設備の耐震計算の方針	VI-2-1-1-別添 1 地下水位低下設備の設計方針 (耐震設計の基本方針)
第1章	揚水井戸の耐震性に係る補足説明	VI-2-別添 4-3-5 揚水井戸の耐震性についての計算書	地下水位低下設備	地下水位低下設備
第2章	ドレーンの耐震性に係る補足説明	VI-2-別添 4-3-6 ドレーンの耐震性についての計算書		
第3章	揚水ポンプの加振試験に関する補足説明	VI-2-別添 4-3-1 揚水ポンプの耐震性についての計算書	地下水位低下設備	地下水位低下設備
(別紙1)	揚水井戸蓋の耐震計算について	—	—	竜巻等により設備に影響が及ばないよう蓋を設置する方針を記載
(別紙2)	揚水井戸蓋の強度計算について	—	—	
(別紙3)	敷地側集水桝の耐震性に係る補足説明	VI-2-別添 4-3-5 揚水井戸の耐震性についての計算書 (別紙1) 敷地側集水桝の耐震性について	—	排水異常時の対応として地震時の排水経路を確保する方針を記載
(別紙4)	屋外排水路（防波壁横断部）の耐震性に係る補足説明	VI-2-別添 4-3-5 揚水井戸の耐震性についての計算書 (別紙2) 屋外排水路（防波壁横断部）の耐震性について	—	
—	—	VI-2-別添 4-3-5 揚水井戸の耐震性についての計算書 (別紙3) 出口側集水桝の耐震性について	—	
[参考] NS2-補-023-11 地下水位低下設備の設計方針に係る補足説明資料 ・地下水流入量評価の補足事項 ・屋外排水路の設計方針の補足事項		—	—	地下水流入量を記載

第 1 章 揚水井戸の耐震性に係る補足説明

目 次

1. 評価方法	1
2. 評価条件	1
2.1 適用規格	1
2.2 構造概要	3
2.3 使用材料及び材料の物性値	9
2.4 地盤物性値	10
2.5 評価構造物諸元	12
2.6 地下水位	13
2.7 耐震評価フロー	14
3. 地震応答解析	16
3.1 地震応答解析手法	16
3.2 地震応答解析モデルの設定	18
3.2.1 解析モデル領域	18
3.2.2 境界条件	19
3.2.3 構造物のモデル化	22
3.2.4 隣接構造物のモデル化	26
3.2.5 地盤、MMR 及び埋戻コンクリートのモデル化	29
3.2.6 地震応答解析モデル	32
3.2.7 ジョイント要素の設定	33
3.3 減衰定数	37
3.4 荷重及び荷重の組合せ	46
3.4.1 外水圧	48
3.4.2 内水圧	48
3.4.3 積雪荷重	48
3.4.4 動水圧	49
3.5 地震応答解析の解析ケース	50
3.5.1 耐震評価における解析ケース	50
3.5.2 機器・配管系に対する応答加速度抽出のための解析ケース	53

4.	評価内容	57
4.1	入力地震動の設定	57
4.2	許容限界の設定	71
4.2.1	構造部材の健全性に対する許容限界	71
4.2.2	基礎地盤の支持性能に対する許容限界	71
4.3	評価方法	72
4.3.1	鉛直断面の曲げ軸力に対する評価	72
4.3.2	鉛直断面のせん断力に対する評価	73
4.3.3	水平断面の曲げ軸力及びせん断力に対する評価	74
4.3.4	水平2方向及び鉛直方向地震力に対する評価	76
4.3.5	底版に対する耐震評価	77
4.3.6	側壁と底版の結合部における局所の曲げモーメント増分の廻り込みを考慮した耐震評価	78
5.	評価結果	80
5.1	鉛直断面の評価結果	80
5.1.1	鉛直断面の曲げ軸力に対する評価結果	80
5.1.2	鉛直断面のせん断力に対する評価結果	111
5.2	水平断面の評価結果	127
5.2.1	水平断面の曲げ軸力に対する評価結果	127
5.2.2	水平断面のせん断力に対する評価結果	164
5.3	水平2方向及び鉛直方向地震力に対する評価結果	186
5.4	底版に対する耐震評価結果	189
5.4.1	底版の曲げ軸力に対する評価結果	189
5.4.2	底版のせん断力に対する評価結果	194
5.5	側壁と底版の結合部における局所の曲げモーメント増分の廻り込みを考慮した耐震評価結果	196
5.5.1	側壁隅角部の評価結果	196
5.5.2	底版隅角部の評価結果	202
5.6	基礎地盤の支持性能に対する評価結果	204
6.	まとめ	221

1. 評価方法

揚水井戸については、VI-2-1-1-別添1「地下水位低下設備の設計方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、揚水井戸が基準地震動 S_s に対して十分な構造強度及び支持機能を有していることを確認する。

揚水井戸に要求される機能の維持を確認するにあたっては、地震応答解析に基づく構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価により行う。

なお、本資料においては、安全対策工事に伴う掘削後の状態を前提とする。

2. 評価条件

2.1 適用規格

揚水井戸の耐震評価にあたっては、「コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（（社）土木学会，2002年制定）」，「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG 4601-1987（（社）日本電気協会）」及び「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（（社）土木学会，2005年）」を適用するが、鉄筋コンクリート部材の曲げ・軸力系及びせん断破壊の許容限界については、「コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（（社）土木学会，2002年制定）」及び「道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成24年3月）」を適用する。

表2-1に適用する規格，基準類を示す。

表 2-1 適用する規格，基準類

項目	適用する規格，基準値	備考
使用材料及び材料定数	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）	鉄筋コンクリートの材料諸元（ γ ， E ， ν ）
荷重及び荷重の組み合わせ	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）	永久荷重，偶発荷重等の適切な組み合わせを検討
許容限界	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）	発生する応力（曲げ軸力，せん断力）が許容限界を超えないことを確認
	道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 24 年 3 月）	
地震応答解析	原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987（（社）日本電気協会）	有限要素法による 2 次元モデル作成等
	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（（社）土木学会，2005 年）	構造物の要素分割等

2.2 構造概要

揚水井戸は、揚水ポンプ等を支持する、内径 3.5m、高さ 31.9m の鉄筋コンクリート造の円筒状の地中構造物であり、十分な支持性能を有する C_M 級岩盤に支持される。

揚水井戸の位置図を図 2-1 に、構造概要を図 2-2 に、概略配筋図を図 2-3 に、評価対象断面位置図及び評価対象地質断面図を図 2-4 に示す。

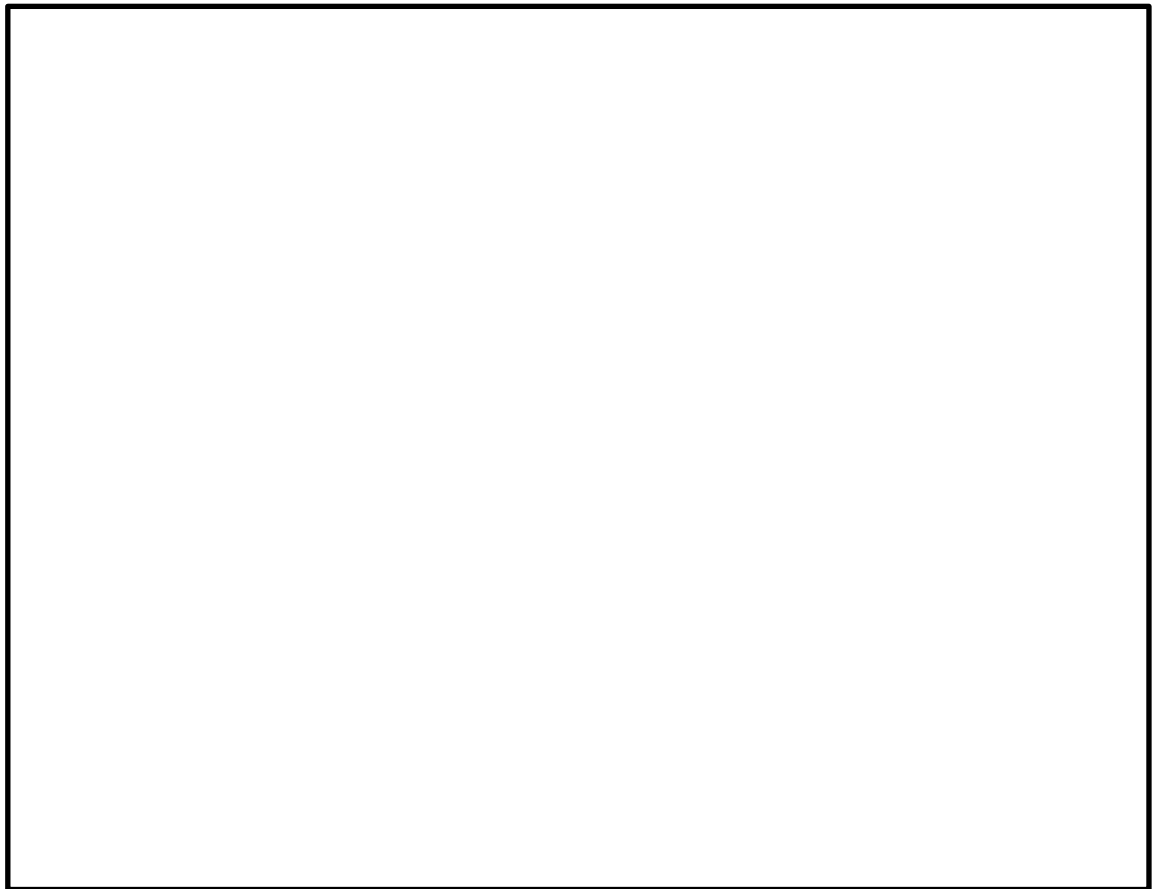


図 2-1 揚水井戸 位置図

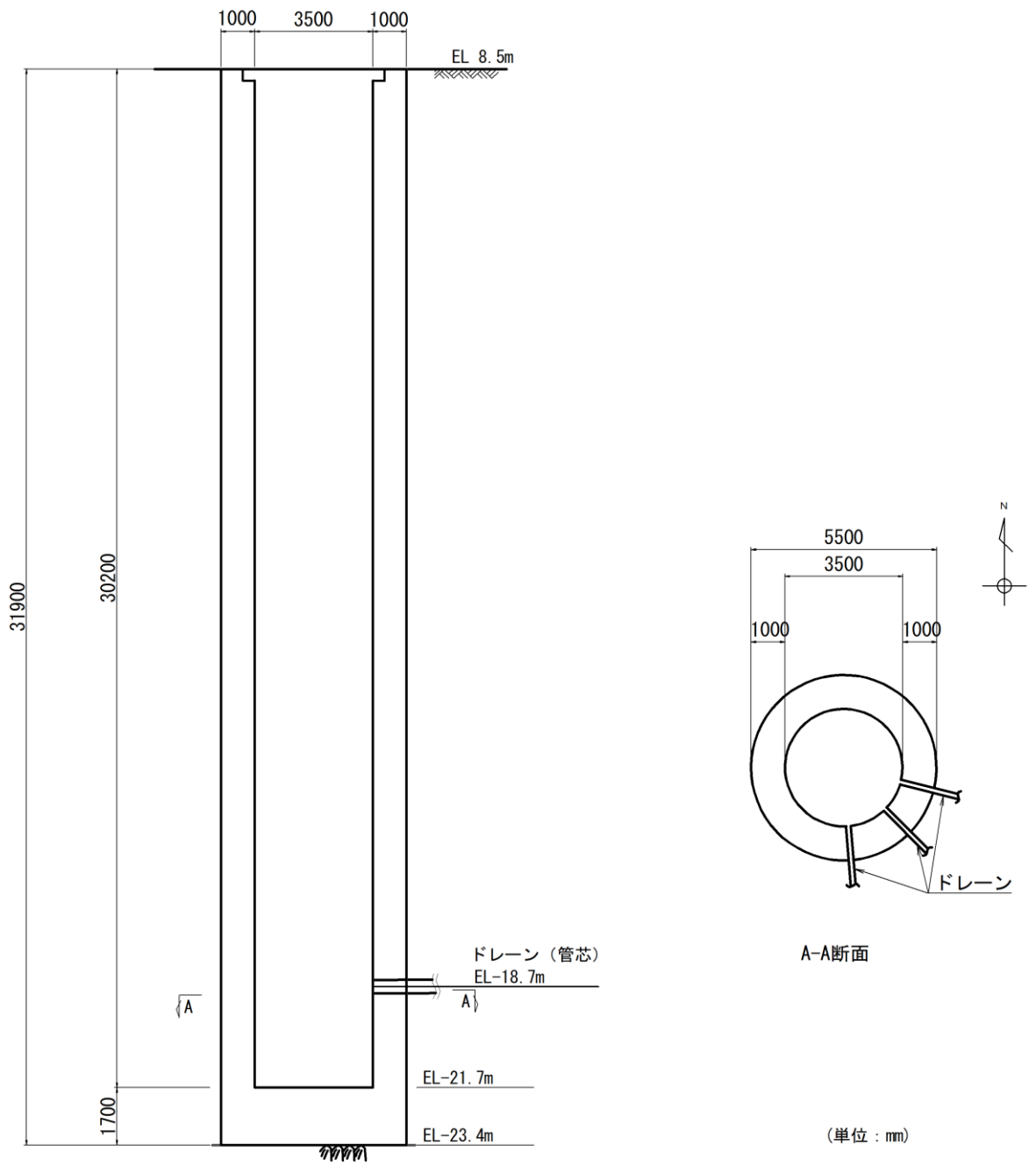
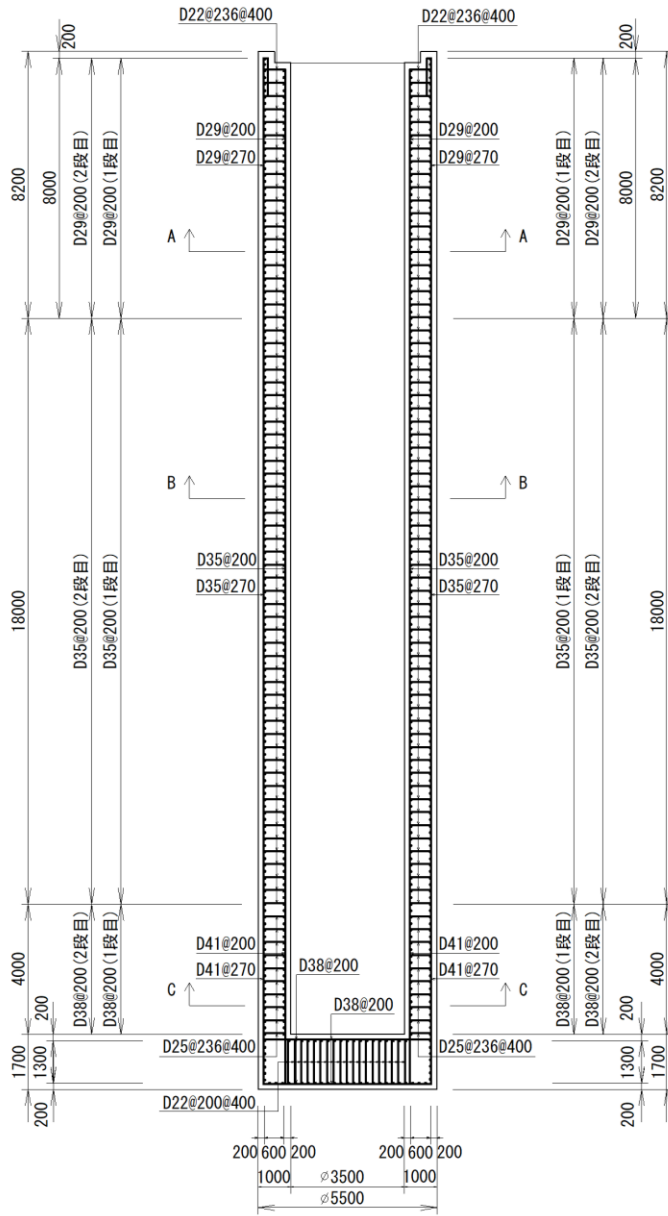
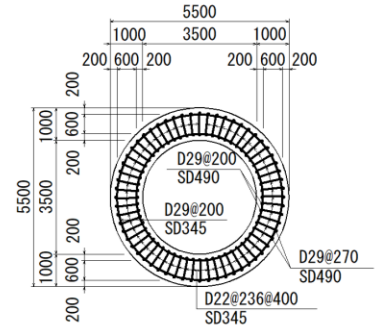


図 2-2 揚水井戸 構造概要

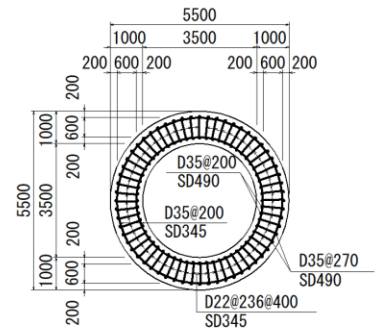
揚水井戸躯体 立面图



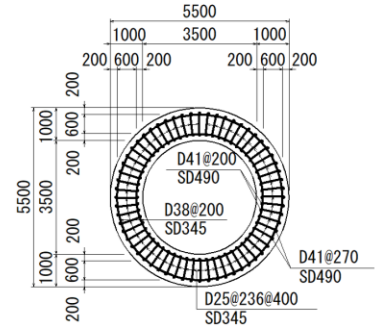
断面图 (A-A)



断面图 (B-B)



断面图 (C-C)



(单位: mm)

图 2-3 扬水井戸 概略配筋图

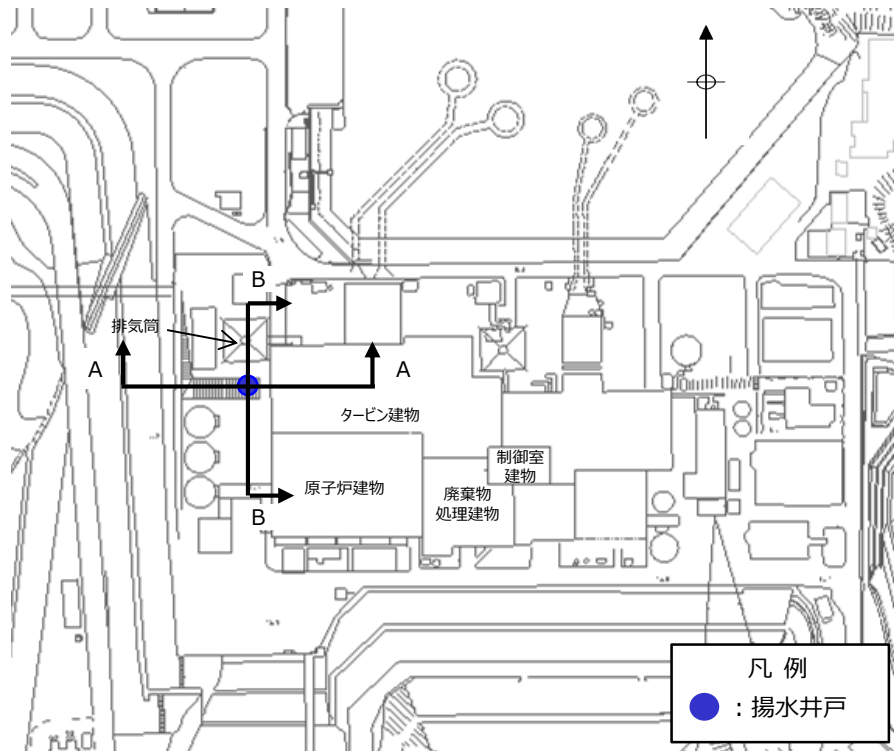
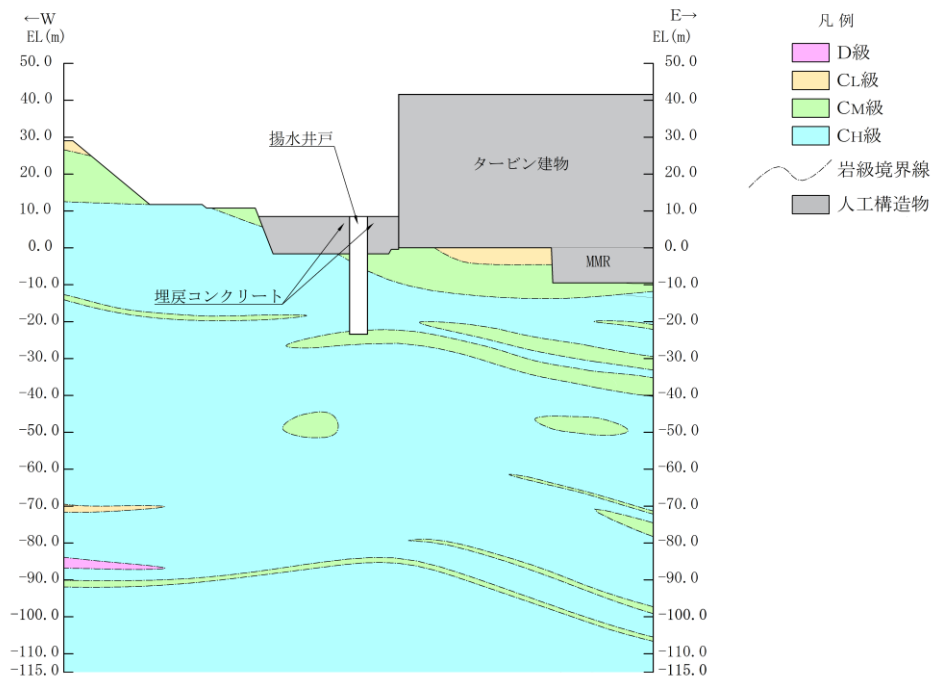
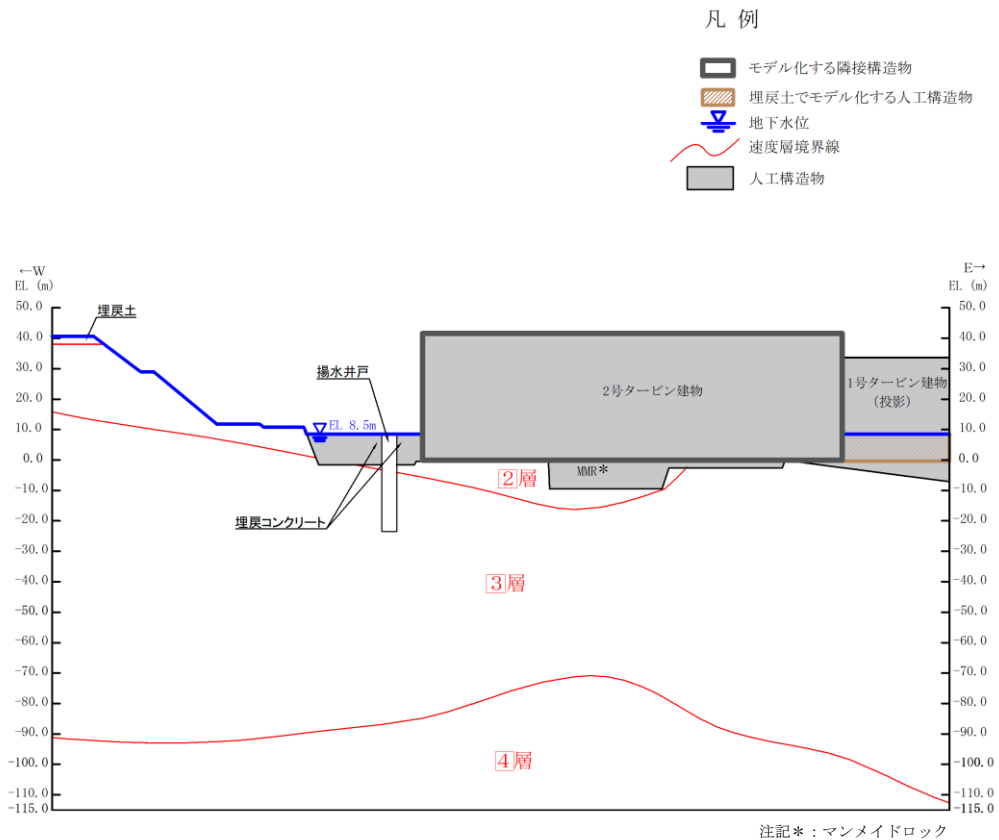


图 2-4 (1) 揚水井戸 評価対象断面図 (評価対象断面位置図)

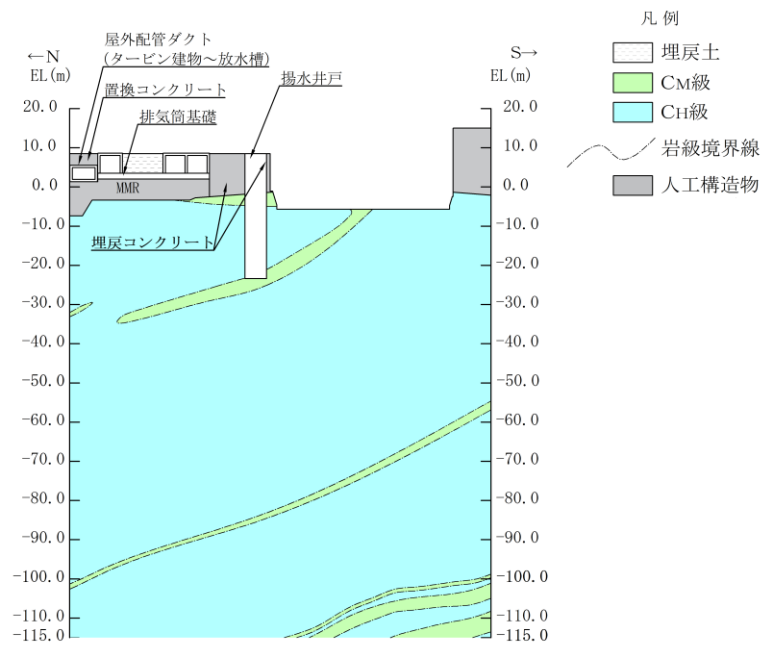


(岩級図)

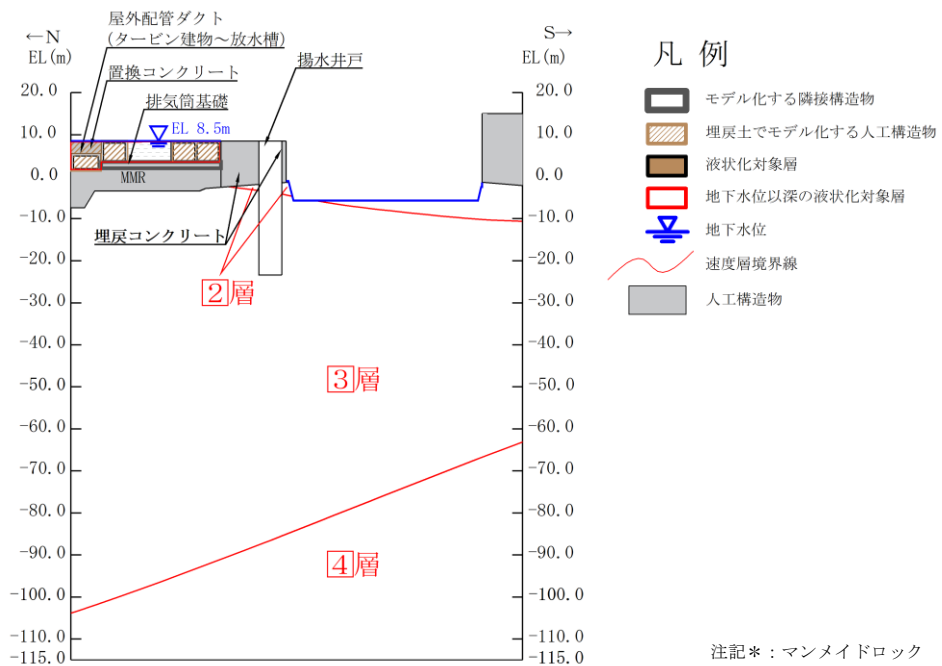


(速度層図)

図 2-4 (2) 揚水井戸 評価対象断面図 (A-A断面 (東西方向))



(岩級図)



(速度層図)

図 2-4 (3) 揚水井戸 評価対象断面図 (B-B断面 (南北方向))

2.3 使用材料及び材料の物性値

構造物の使用材料を表 2-2 に、材料の物性値を表 2-3 に示す。

表 2-2 使用材料

材料		仕様
構造物	コンクリート	設計基準強度 36.0N/mm ²
	鉄筋	SD345, SD490
埋戻コンクリート		設計基準強度 18.0N/mm ²
MMR		設計基準強度 15.6N/mm ²
		設計基準強度 23.5N/mm ²

表 2-3 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	2.98×10 ⁴	24.0* ¹	0.20
埋戻コンクリート (18.0N/mm ²)	2.20×10 ⁴	22.6* ²	
MMR (15.6N/mm ²)	2.08×10 ⁴		
MMR (23.5N/mm ²)	2.48×10 ⁴		

注記*1：鉄筋コンクリートの単位体積重量を示す。

*2：無筋コンクリートの単位体積重量を示す。

2.4 地盤物性値

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。地盤の物性値を表2-4及び表2-5に示す。

表2-4 地盤の解析用物性値（岩盤）

層番号	S波速度 V_s (m/s)	P波速度 V_p (m/s)	単位体積重量 γ (kN/m ³)	ポアソン比 ν	せん断弾性係数 G ($\times 10^5$ kN/m ²)	減衰定数 h (%)
②層	900	2100	23.0	0.388	19.0	3
③層	1600	3600	24.5	0.377	64.0	3
④層	1950	4000	24.5	0.344	95.1	3
⑤層*	2000	4050	26.0	0.339	105.9	3
⑥層*	2350	4950	27.9	0.355	157.9	3

注記*：入力地震動の算定においてのみ用いる解析用物性値

表 2-5 (1) 地盤の解析用物性値 (埋戻土, 埋戻コンクリート)

		解析用物性値	
		埋戻土	埋戻 コンクリート
			$f'_{ck}=18.0\text{N/mm}^2$
物理特性	密度 ρ_s (g/cm ³)	2.00	2.30
強度特性	初期せん断強度 τ_0 (N/mm ²)	0.22	3.58
	内部摩擦角 ϕ (°)	22	40
動的変形特性	動せん断弾性係数 G_d (N/mm ²)	$G_0=749 \sigma^{0.66}$ (N/mm ²) $G/G_0=1/(1+\gamma/0.00027)$	2.2×10^4
	動ポアソン比 ν_d	0.45	0.20
減衰特性	減衰定数 h	$h=0.0958 \times (1-G/G_0)^{0.85}$	0.03

表 2-5 (2) 地盤の解析用物性値 (MMR)

		解析用物性値	
		MMR	
		$f'_{ck}=15.6\text{N/mm}^2$	$f'_{ck}=23.5\text{N/mm}^2$
物理特性	密度 ρ_s (g/cm ³)	2.30	2.30
強度特性	初期せん断強度 τ_0 (N/mm ²)	3.10	4.67
	内部摩擦角 ϕ (°)	40	40
動的変形特性	動せん断弾性係数 G_d (N/mm ²)	2.08×10^4	2.48×10^4
	動ポアソン比 ν_d	0.20	0.20
減衰特性	減衰定数 h	0.03	0.03

2.5 評価構造物諸元

揚水井戸の評価部位とその仕様を表 2-6 に、評価部位を図 2-5 に示す。

表 2-6(1) 評価部位とその仕様（側壁）

部位		仕様		材料		要求性能
		部材高 (m)	部材厚 (m)	コンクリート 設計基準強度 f'_{ck} (N/mm ²)	鉄筋	
側壁	上部	8.2	1.0	36.0	SD345	支持機能
					SD490	
	中部	18.0	1.0	36.0	SD345	
					SD490	
	下部	4.0	1.0	36.0	SD345	
					SD490	

表 2-6(2) 評価部位とその仕様（底版）

部位		仕様		材料		要求性能
		部材幅 (m)	部材厚 (m)	コンクリート 設計基準強度 f'_{ck} (N/mm ²)	鉄筋	
底版		5.5		36.0		SD345
						SD490

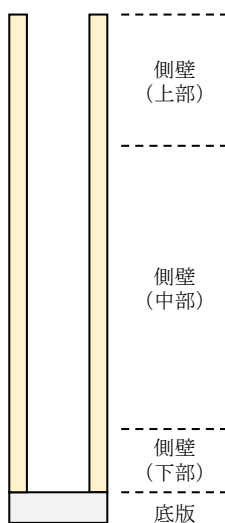


図 2-5 評価部位位置図

2.6 地下水位

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」に従い設定する。設計地下水位の一覧を表 2-7 に示す。

表 2-7 設計地下水位の一覧

施設名称	解析断面	設計地下水位 (EL m)
揚水井戸	A-A 断面 (東西方向)	8.5
	B-B 断面 (南北方向)	8.5

2.7 耐震評価フロー

揚水井戸の耐震評価フローを図 2-6 に、構造部材の応答値算定及び健全性評価についての詳細フローを図 2-7 示す。

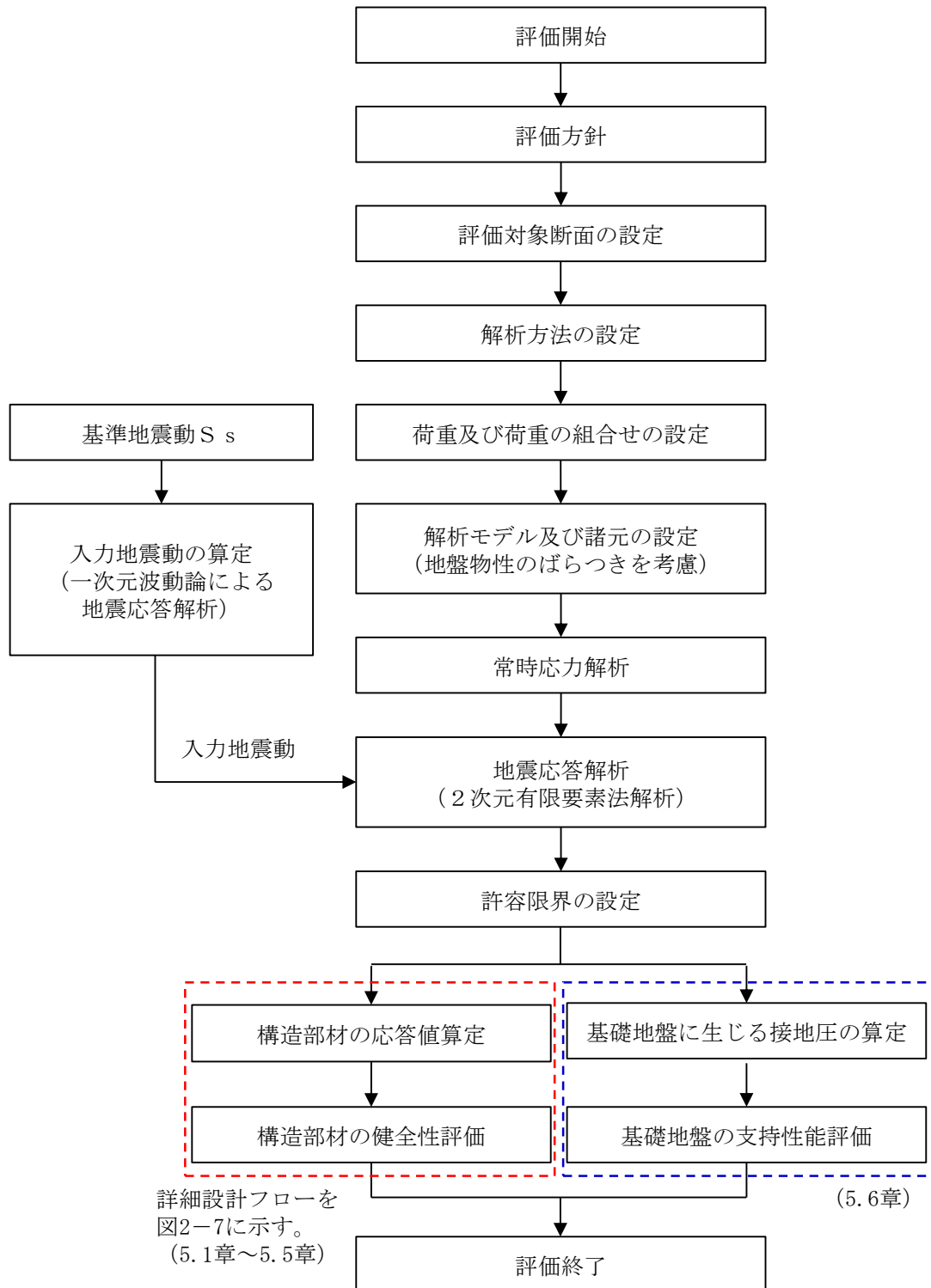


図 2-6 揚水井戸の耐震評価フロー

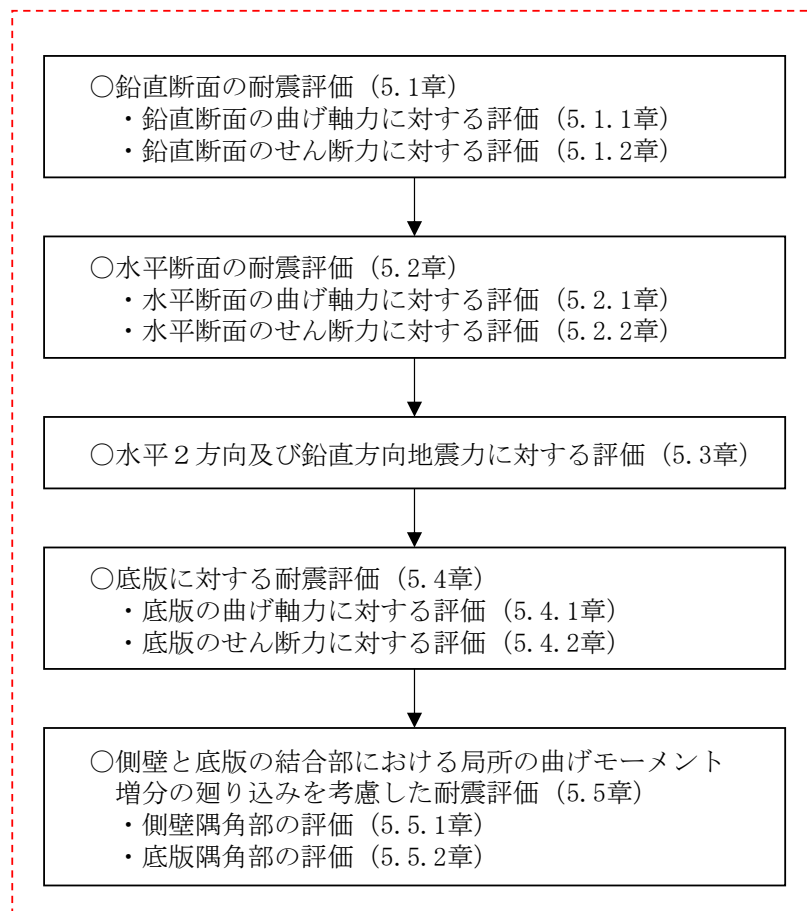


図 2-7 構造部材の応答値算定及び健全性評価についての耐震評価詳細フロー

3. 地震応答解析

3.1 地震応答解析手法

地震応答解析は、構造物と地盤の相互作用を考慮できる2次元有限要素法により、基準地震動 S_s に基づき設定した水平地震動と鉛直地震動の同時加振による逐次時間積分の時刻歴応答解析により行うこととし、解析手法については、図3-1に示す解析手法の選定フローに基づき選定する。

揚水井戸の施設周辺の地下水位は底版より高いが揚水井戸周辺に地下水位以深の液化対象層が存在しないため全応力解析を選定する。

構造部材については、線形はり要素によりモデル化し、揚水井戸、機器・配管及び蓋の質量を各節点に質量としてモデル化する。水平方向には構造物の幅に応じた仮想剛はりを設置する。

また、地盤については、平面ひずみ要素でモデル化することとし、岩盤は線形でモデル化する。埋戻土については、地盤のひずみ依存性を適切に考慮できるようマルチスプリングモデルを用いることとし、ばね特性は双曲線モデル（修正 GHE モデル）を用いて非線形性を考慮する。埋戻コンクリート及びMMRについては線形の平面ひずみ要素でモデル化する。隣接構造物については、線形の平面応力要素でモデル化する。

地震応答解析については、解析コード「TDA P III」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

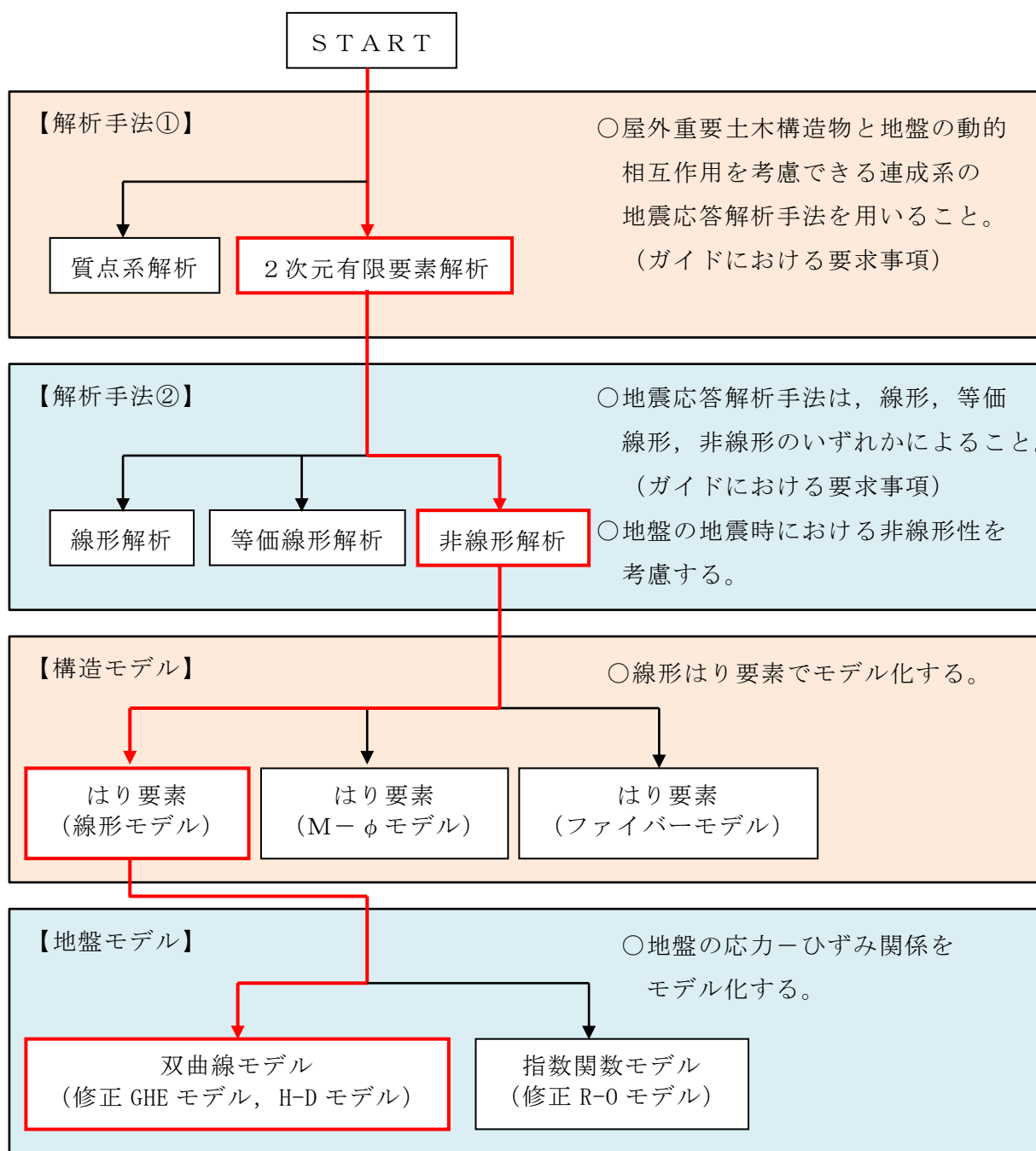


図 3-1 地震応答解析手法の選定フロー

3.2 地震応答解析モデルの設定

3.2.1 解析モデル領域

地震応答解析モデルは、境界条件の影響が地盤及び構造物の応力状態に影響を及ぼさないよう、十分広い領域とする。「原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 ((社) 日本電気協会) 」を参考に、図 3-2 に示すとおりモデル幅を構造物基礎幅の 5 倍以上、モデル高さを構造物基礎幅の 1.5~2 倍以上とする。

なお、解析モデルの境界条件は、側面及び底面ともに粘性境界とする。

地盤の要素分割については、波動をなめらかに表現するために、対象とする波長の 5 分の 1 程度を考慮し、要素高さを 1m 程度まで細分割して設定する。

構造物の要素分割については、「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 ((社) 土木学会, 2005 年) 」に従い、要素長さを部材の断面厚さ又は有効高さの 2.0 倍以下とし、1.0 倍程度まで細分割して設定する。

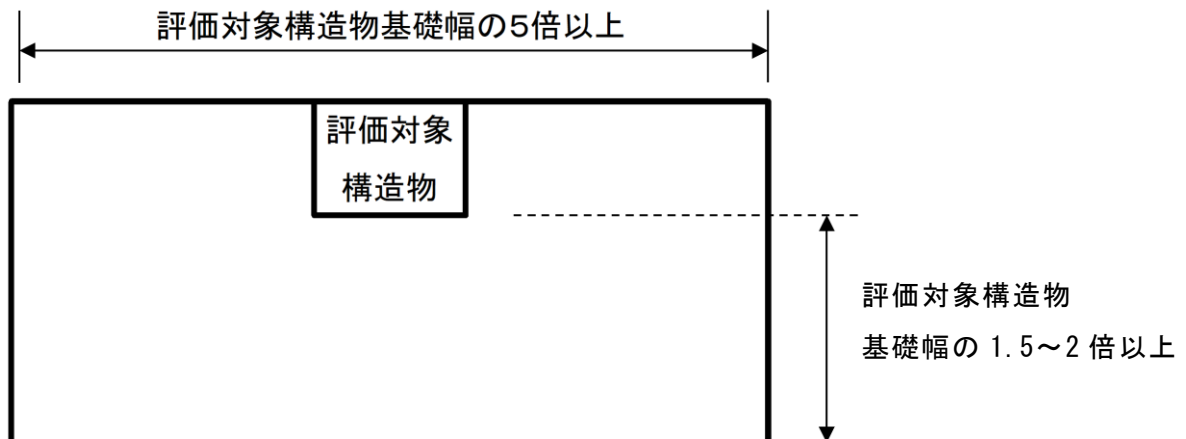


図 3-2 モデル化範囲の考え方

3.2.2 境界条件

(1) 固有値解析時

固有値解析を実施する際の境界条件は、境界が構造物を含めた周辺地盤の振動特性に影響を与えないよう設定する。ここで、底面境界は地盤のせん断方向の卓越変形モードを把握するために固定とし、側方境界はフリーとする。境界条件の概念図を図 3-3 に示す。

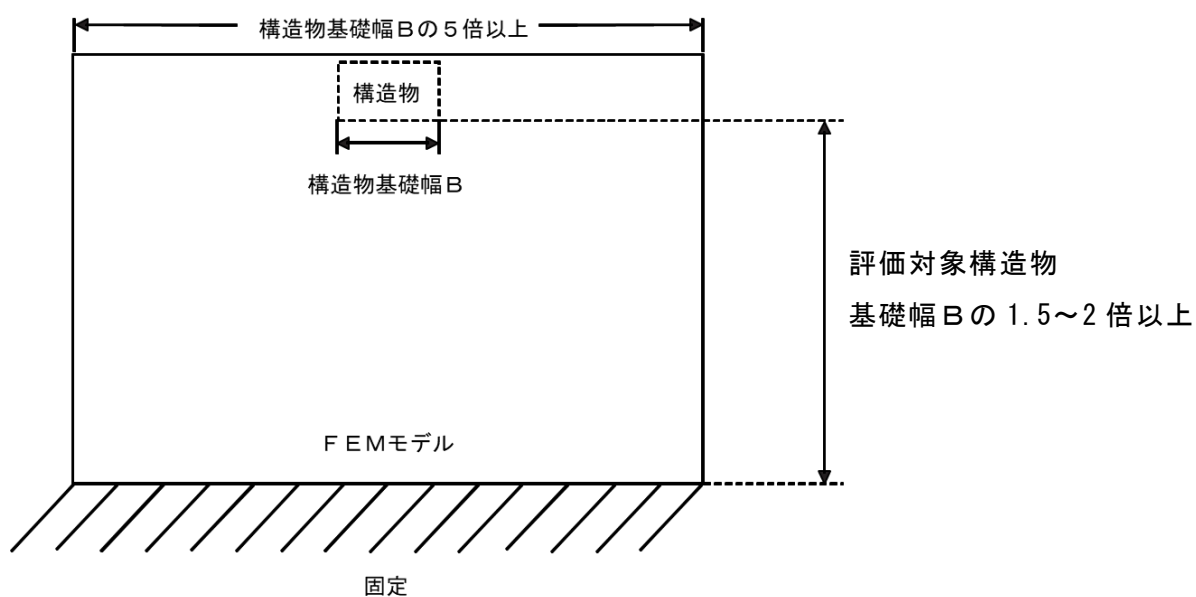
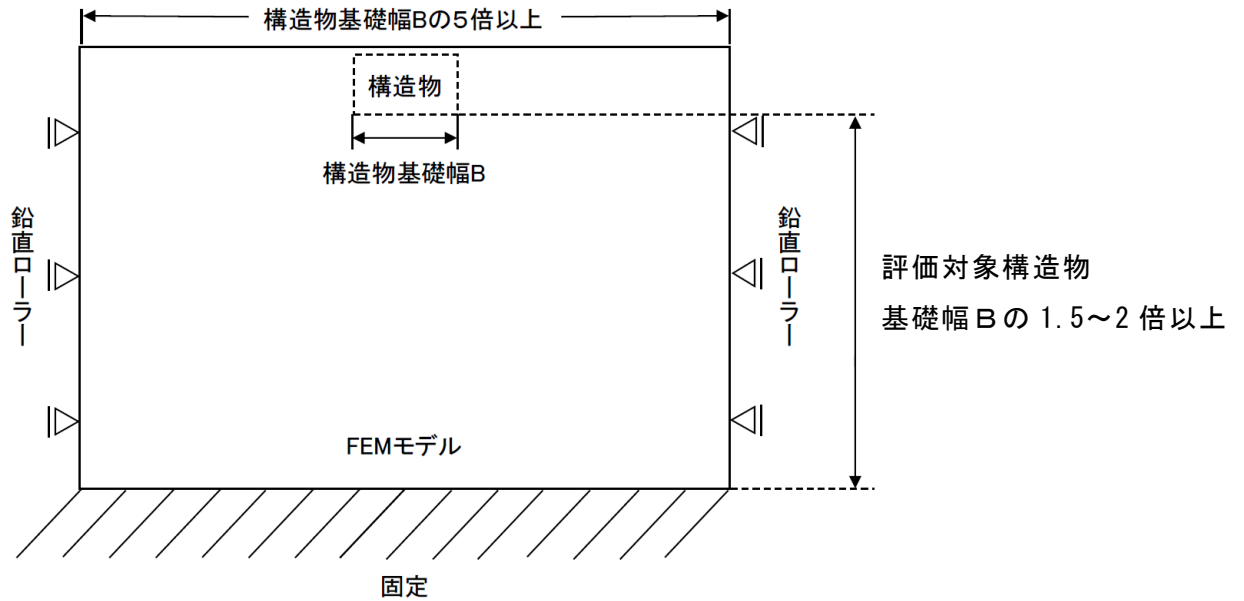


図 3-3 固有値解析における境界条件の概念図

(2) 常時応力解析時

常時応力解析は、地盤や構造物の自重等の静的な荷重を載荷することによる常時応力を算定するために行う。そこで、常時応力解析時の境界条件は底面固定とし、側方は自重等による地盤の鉛直方向の変形を拘束しないよう鉛直ローラーとする。境界条件の概念図を図 3-4 に示す。



(3) 地震応答解析時

地震応答解析時の境界条件については、有限要素解析における半無限地盤を模擬するため、粘性境界を設ける。底面の粘性境界については、地震動の下降波がモデル底面境界から半無限地盤へ通過していく状態を模擬するため、ダッシュポットを設定する。側方の粘性境界については、自由地盤の地盤振動と不整形地盤側方の地盤振動の差分が側方を通過していく状態を模擬するため、自由地盤の側方にダッシュポットを設定する。

境界条件の概念図を図 3-5 に示す。

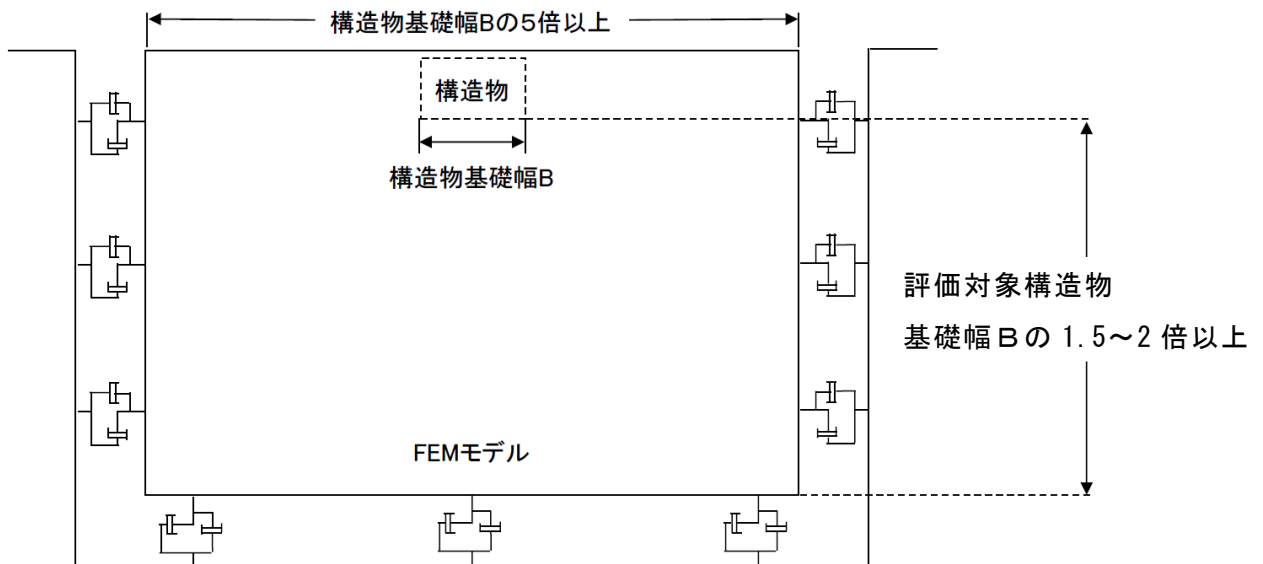


図 3-5 地震応答解析における境界条件の概念図

3.2.3 構造物のモデル化

構造部材は、線形はり要素によりモデル化する。揚水井戸、機器・配管及び蓋の質量は、各節点に質量としてモデル化する。水平方向には構造物の幅に応じた仮想剛はりを設置する。

揚水井戸の構造部材は、揚水井戸中心位置での鉛直はり要素としてモデル化し、立坑高さ方向の形状に応じた断面諸量（断面積 A 、断面2次モーメント I 、コンクリートのヤング係数 E ）を設定する。

揚水井戸の解析モデル概念図を図3-6に示す。

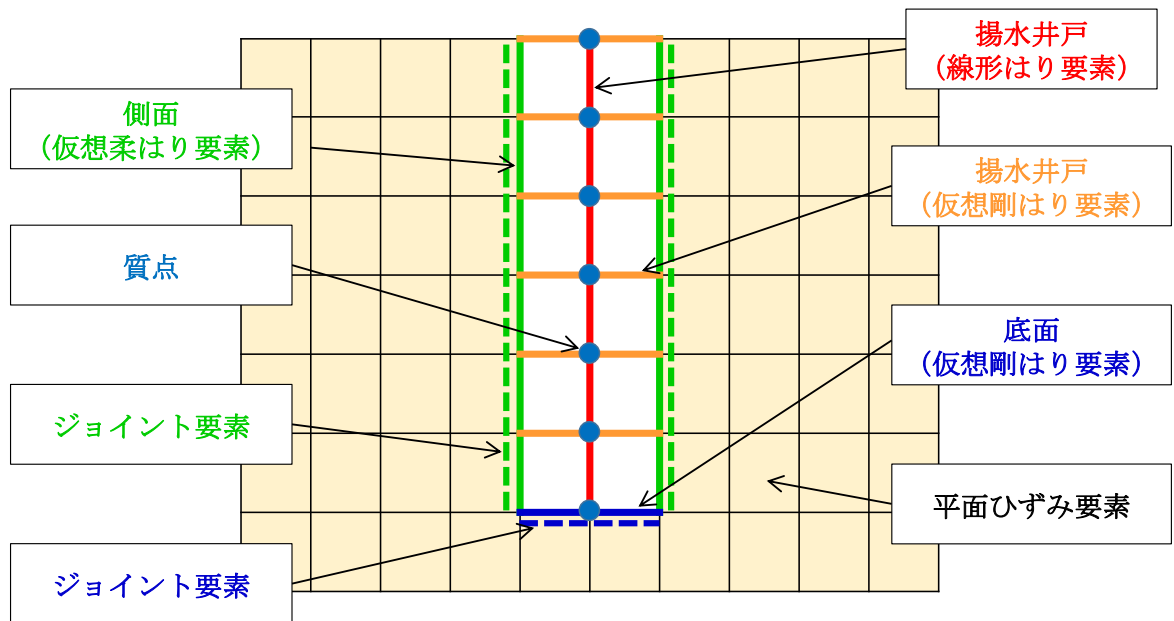


図3-6 解析モデル概念図

揚水井戸の構造部材は、以下に示すとおりモデル化を行う。

・揚水井戸（線形はり要素）

地震応答解析モデルは、単位奥行きあたりのモデルとするため、構造物の断面諸元は構造物の奥行き長さで除する必要がある。揚水井戸は円筒形の構造物であることから、奥行長さを円形と同じ外形面積を持つ正方形に置換したときの1辺とする。

断面諸元

$$X^2 = (\pi/4)D^2$$

X：正方形とした場合の1辺の長さ

D：揚水井戸外径（=5.5m）

$$X = 4.874\text{m}$$

揚水井戸側壁部の断面性能

断面2次モーメント

$$I_1 = (\pi/64)(D^4 - d^4) = 37.552\text{m}^4$$

$$I_1' = I_1/X = 37.552/4.874 = 7.704\text{m}^4/\text{m}$$

I_1 ：揚水井戸側壁部の断面2次モーメント

D：揚水井戸の内径（=3.5m）

I_1' ：矩形とした場合の揚水井戸側壁部の断面2次モーメント

断面積

$$A = \pi/4(D^2 - d^2) = 14.137\text{m}^2$$

$$A' = A/X = 2.900\text{m}^2/\text{m}$$

揚水井戸底板部の断面性能

断面2次モーメント

$$I_2 = (\pi/64)D^4 = 44.918\text{m}^4$$

$$I_2' = I_2/X = 44.918/4.874 = 9.215\text{m}^4/\text{m}$$

I_2 ：揚水井戸底板部の断面2次モーメント

I_2' ：矩形とした場合の揚水井戸底板部の断面2次モーメント

断面積

$$X^2 = \pi/4(D^2) = 23.758\text{m}^2$$

$$X = 4.874\text{m}^2/\text{m}$$

構造はりの質量は、節点付加質量及び回転慣性で考慮する。内水についても節点付加質量で考慮する。揚水井戸（線形はり要素）の各節点に考慮する重量を表3-1に示す。

表 3-1 揚水井戸（線形はり要素）の各節点に考慮する重量

節点高さ (EL. m)	躯体重量 (kN)	機器配管重量等 (kN)	部位
8.500	26.103	20.627*	側壁
7.750	52.207	1.269	
7.000	52.207	1.269	
6.250	52.207	1.269	
5.500	56.557	1.375	
4.625	60.908	1.481	
3.750	60.908	1.481	
2.875	60.908	1.481	
2.000	65.259	1.586	
1.000	65.293	1.587	
0.124	61.117	1.486	
-0.756	61.256	1.489	
-1.636	60.908	1.481	
-2.506	60.560	1.472	
-3.376	60.560	1.472	
-4.246	60.560	1.472	
-5.116	61.047	1.484	
-6.000	51.650	1.255	
-6.600	48.726	1.184	
-7.400	57.428	1.396	
-8.250	60.908	1.481	
-9.150	62.648	1.523	
-10.050	62.648	1.523	
-10.950	62.648	1.523	
-11.850	62.648	1.523	
-12.750	62.648	1.523	
-13.650	62.648	1.523	
-14.550	62.648	1.523	
-15.450	62.648	1.523	
-16.350	62.648	1.523	
-17.250	62.648	1.523	
-18.150	62.648	1.523	
-19.050	62.648	1.523	
-19.950	62.648	1.523	
-20.850	60.908	1.481	
-21.700	79.301	10.589	底版
-22.550	99.435	0.000	
-23.400	49.717	0.000	

注記*：蓋荷重及び積雪荷重を含む。

- ・揚水井戸（仮想剛はり要素）

揚水井戸の構造部材と地盤との相互作用を考慮するため、構造部材に対して剛な断面性能の仮想剛はりを配置する。

$$\text{軸剛性} = 100 \times EA'$$

$$\text{曲げ剛性} = 100 \times EI_1'$$

$$\text{質量密度 } \rho = 0.0$$

E : 鉄筋コンクリートのヤング係数

A' : 矩形とした場合の揚水井戸側壁部の断面積

I₁' : 矩形とした場合の揚水井戸側壁部の断面 2 次モーメント

- ・側面（仮想柔はり要素）

立坑構造と地盤の接合面にジョイント要素を設けるため、側面に仮想柔はりを配置する。

仮想柔はりは、解析モデルの挙動に影響を及ぼさないよう十分に柔な断面性能とする。

$$\text{軸剛性} = EA' / 10^6$$

$$\text{曲げ剛性} = EI_1' / 10^6$$

$$\text{質量密度 } \rho = 0.0$$

E : 鉄筋コンクリートのヤング係数

A' : 矩形とした場合の揚水井戸側壁部の断面積

I₁' : 矩形とした場合の揚水井戸側壁部の断面 2 次モーメント

- ・底面（仮想剛はり要素）

底面のロッキング挙動を考慮するため、立坑の構造部材に対して剛な断面性能の仮想剛はりを配置する。

$$\text{軸剛性} = 100 \times EX$$

$$\text{曲げ剛性} = 100 \times EI_2'$$

$$\text{質量密度 } \rho = 0.0$$

E : 鉄筋コンクリートのヤング係数

X : 矩形とした場合の揚水井戸底版部の断面積

I₂' : 矩形とした場合の揚水井戸底版部の断面 2 次モーメント

- ・側面及び底面と地盤との間にジョイント要素を配置し、接合面の剥離及びすべりを考慮する。

3.2.4 隣接構造物のモデル化

東西方向において，タービン建物は揚水井戸の隣接構造物に該当する。南北方向において，排気筒基礎は揚水井戸の隣接構造物に該当する。

以下に，それぞれの構造物のモデル化方針を示す。

(1) タービン建物

タービン建物は「VI-2-2-7 タービン建物の地震応答計算書」における多質点系モデルを基に有限要素モデルを作成する。タービン建物の有限要素モデル作成の考え方を図3-7に，多質点系モデルから有限要素モデルへモデル化概要を図3-8に示す。有限要素モデル作成にあたっては，タービン建物の多質点系モデルは地盤ばねを考慮していることから，地盤ばねを削除した多質点モデルを作成する。その後，地盤ばねを考慮しない多質点系モデルの各層の水平剛性 K_H ，鉛直剛性 K_V 及び曲げ剛性 K_ϕ からせん断剛性 G ，ポアソン比 ν 及びばね定数 k_s を求め，地盤ばねを考慮しない多質点系モデルと有限要素モデルの水平方向及び鉛直方向の振動特性（1次モードの固有周期）が整合するよう剛性調整する。

タービン建物の有限要素モデルを図3-9に，有限要素モデルの平面ひずみ要素の物性値を表3-2に，1次モードの固有周期の調整結果を表3-3に示す。

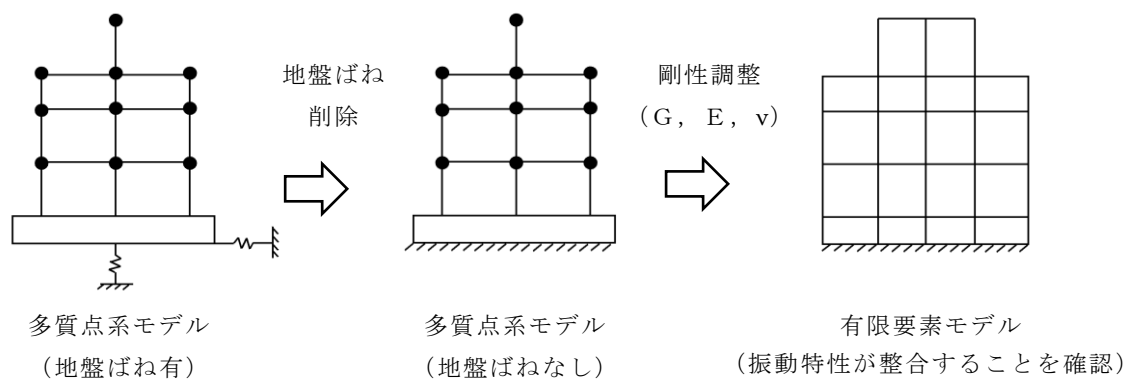
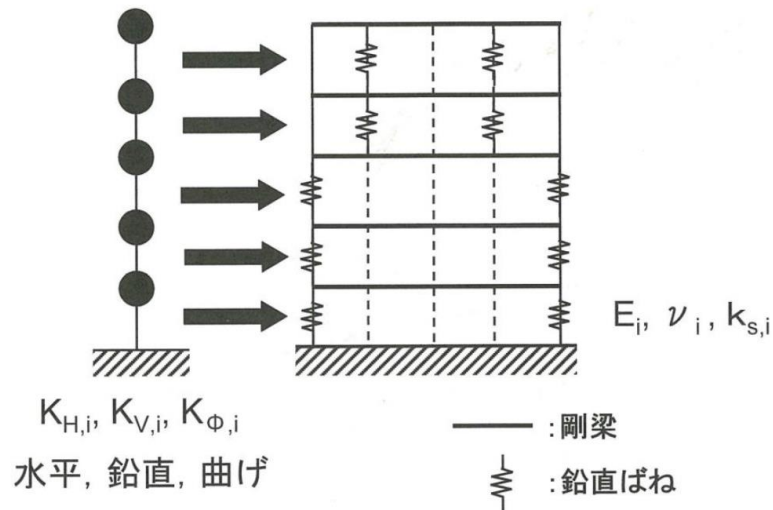


図3-7 タービン建物の有限要素モデル作成の考え方



$$K_{H,i} = \frac{G_i A_{H,i}}{\ell_i} \dots\dots\dots (4.3.1)$$

$$K_{V,i} = \frac{E_i A_{V,i}}{\ell_i} \dots\dots\dots (4.3.2)$$

$$K_{\phi,i} = E_i I_i \dots\dots\dots (4.3.3)$$

$$\tilde{G}_i = \left(\frac{A_{H,i}}{a_i} \right) G_i \dots\dots\dots (4.3.4)$$

$$K_{V,i} = \frac{2a_i \tilde{G}_i (1 - \tilde{\nu}_i)}{b_i (1 - 2\tilde{\nu}_i)} + 2k_{sp,i} \dots\dots\dots (4.3.5)$$

$$K_{\phi,i} = \frac{a_i^3 \tilde{G}_i (1 - \tilde{\nu}_i)}{6 (1 - 2\tilde{\nu}_i)} + \frac{b_i d_i^2}{2} k_{sp,i} \dots\dots\dots (4.3.6)$$

$$\tilde{\nu}_i = \frac{1}{2} \frac{12K_{\phi,i} - 3b_i \cdot d_i^2 K_{V,i} - 2(a_i^3 - 3a_i \cdot d_i^2) \tilde{G}_i}{12K_{\phi,i} - 3b_i \cdot d_i^2 K_{V,i} - (a_i^3 - 3a_i \cdot d_i^2) \tilde{G}_i} \dots\dots\dots (4.3.7)$$

$$k_{sp,i} = \frac{1}{2} \frac{K_{V,i} \cdot a_i^2 \cdot b_i - 12K_{\phi,i}}{(a_i^2 - 3d_i^2) b_i} \dots\dots\dots (4.3.8)$$

図 3-8 多質点系モデルから有限要素モデルへモデル化概要
 (原子力発電所の基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価技術<技術資料>
 (土木学会, 原子力土木委員会, 2009年2月) より抜粋)

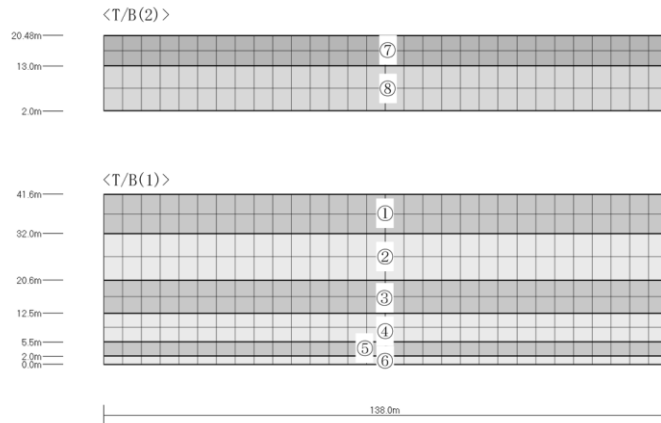


図 3-9 タービン建物 有限要素モデル図

表 3-2 タービン建屋（平面ひずみ要素）の物性値

物性 番号		せん断弾性係数 G (kN/m ²)	ヤング係数 E (kN/m ²)	ポアソン比 ν
T/B (1)	①	1.187×10^5	3.381×10^5	0.4248
	②	2.314×10^5	6.553×10^5	0.4162
	③	4.719×10^5	1.326×10^6	0.4050
	④	6.913×10^5	1.890×10^6	0.3669
	⑤	5.733×10^5	1.605×10^6	0.3997
	⑥	1.013×10^7	2.356×10^7	0.1632
T/B (2)	⑦	1.242×10^4	3.701×10^4	0.4893
	⑧	1.405×10^4	4.185×10^4	0.4896

表 3-3 固有周期（1次モード）の調整結果

	有限要素モデル (地盤ばねなし)	多質点系モデル (地盤ばねなし)
水平方向	0.273	0.273
鉛直方向	0.057	0.057

(2) 排気塔基礎

排気筒基礎は、等価剛性の線形平面ひずみ要素でモデル化する。

3.2.5 地盤，MMR及び埋戻コンクリートのモデル化

岩盤は線形の平面ひずみ要素でモデル化する。また，埋戻土は，地盤の非線形性をマルチスプリング要素で考慮した平面ひずみ要素でモデル化する。

MMR及び埋戻コンクリートは無筋コンクリートとして線形平面ひずみ要素でモデル化する。

地盤のモデル化に用いる，地質断面図を図3-10に示す。

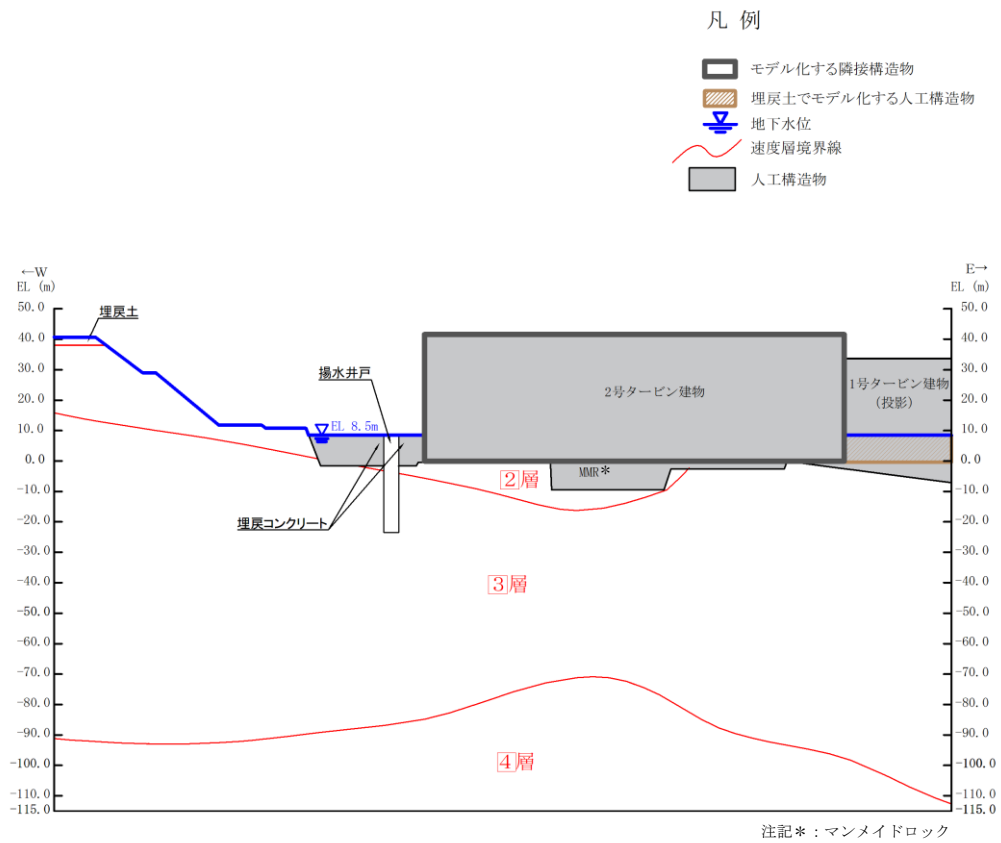


図 3-10 (1) 評価対象地質断面図 (A-A 断面 (東西方向))

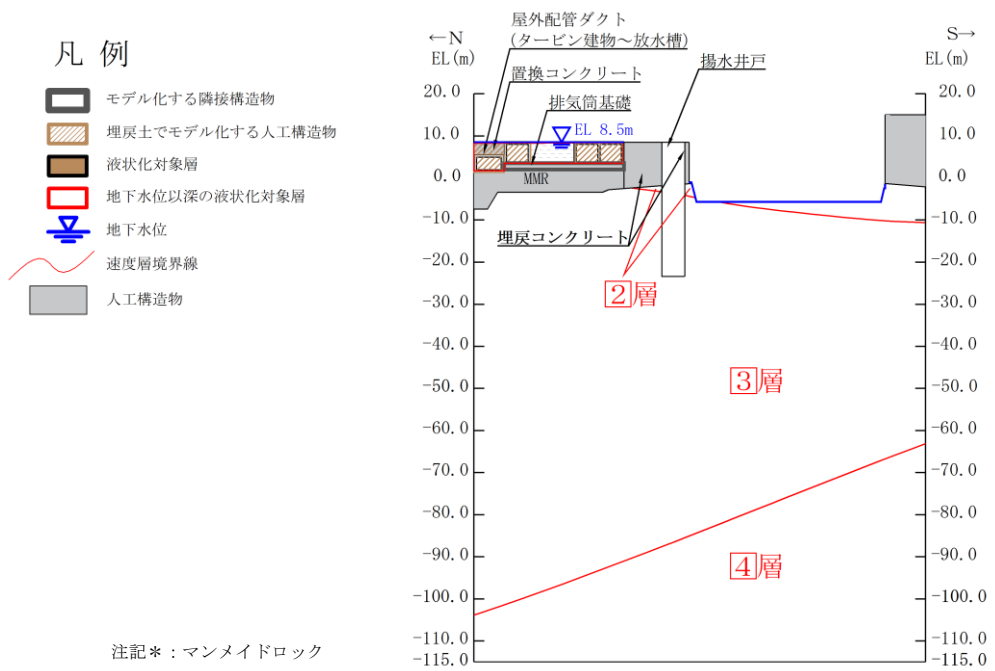


図 3-10 (2) 評価対象地質断面図 (B-B 断面 (南北方向))

3.2.6 地震応答解析モデル

評価対象地質断面図を踏まえて設定した地震応答解析モデル図を図3-11に示す。

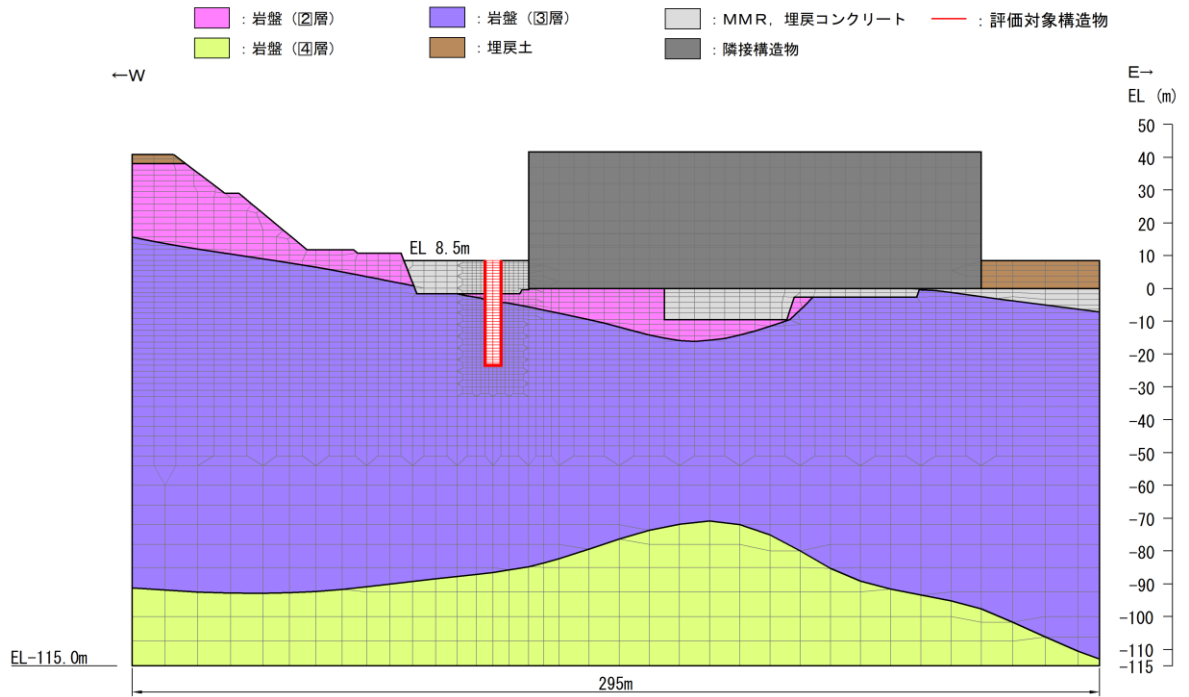


図3-11 (1) 地震応答解析モデル図 (A-A断面 (東西方向))

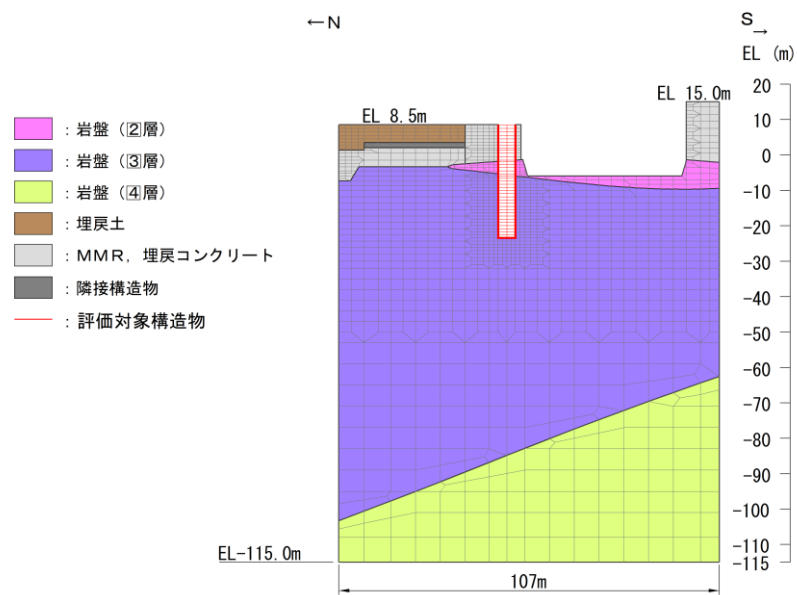


図3-11 (2) 地震応答解析モデル図 (B-B断面 (南北方向))

3.2.7 ジョイント要素の設定

地盤と構造物との接合面にジョイント要素を設けることにより、地震時の地盤と構造物の接合面における剥離及びすべりを考慮する。

ジョイント要素は、地盤と構造物の接合面で法線方向及びせん断方向に対して設定する。法線方向については、常時状態以上の引張荷重が生じた場合、剛性及び応力をゼロとし、剥離を考慮する。せん断方向については、地盤と構造物の接合面におけるせん断抵抗力以上のせん断荷重が生じた場合、せん断剛性をゼロとし、すべりを考慮する。

せん断強度 τ_f は次式の Mohr-Coulomb 式により規定される。粘着力 c 及び内部摩擦角 ϕ は周辺地盤の c 、 ϕ とし、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき表 3-4 のとおりとする。また、要素間の粘着力 c 及び内部摩擦角 ϕ は、表 3-5 のとおり設定する。

$$\tau_f = c + \sigma \tan \phi$$

ここに、 τ_f : せん断強度

c : 粘着力 (=初期せん断強度 τ_0)

ϕ : 内部摩擦角

表 3-4 周辺地盤との境界に用いる強度特性

地盤	粘着力 c (N/mm ²)	内部摩擦角 ϕ (°)
岩盤 (C _M 級)	1.23	52
埋戻コンクリート ($f'_{ck} = 18.0\text{N/mm}^2$)	3.58	40
MMR ($f'_{ck} = 15.6\text{N/mm}^2$)	3.10	40
MMR ($f'_{ck} = 23.5\text{N/mm}^2$)	4.67	40
埋戻土	0.22	22

表 3-5 要素間の粘着力と内部摩擦角

接合条件		粘着力 c (N/mm^2)	内部摩擦角 ϕ ($^{\circ}$)
材料 1	材料 2		
構造物	無筋コンクリート* ¹	材料 2 の c	材料 2 の ϕ
	埋戻土	材料 2 の c	材料 2 の ϕ
	岩盤	材料 2 の c	材料 2 の ϕ
無筋コンクリート* ¹	無筋コンクリート* ¹	設計基準強度が 小さい材料の c	設計基準強度が 小さい材料の ϕ
	埋戻土	材料 2 の c	材料 2 の ϕ
	岩盤	—* ²	—* ²

注記*1：MMR，置換コンクリート及び埋戻コンクリートの総称

*2：表面を露出させて打継処理が可能である箇所については，ジョイント要素を設定しない。

ジョイント要素のばね定数は，「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（（社）土木学会，2005年）」を参考に，数値計算上，不安定な挙動を起こさない程度に周囲材料の剛性よりも十分に大きな値を設定する。表 3-6 にジョイント要素のばね定数を示す。

また，ジョイント要素の力学特性を図 3-12 に，ジョイント要素の配置を図 3-13 に示す。

表 3-6 ジョイント要素のばね定数

圧縮剛性 k_n (kN/m^3)	せん断剛性 k_s (kN/m^3)
1.0×10^7	1.0×10^7

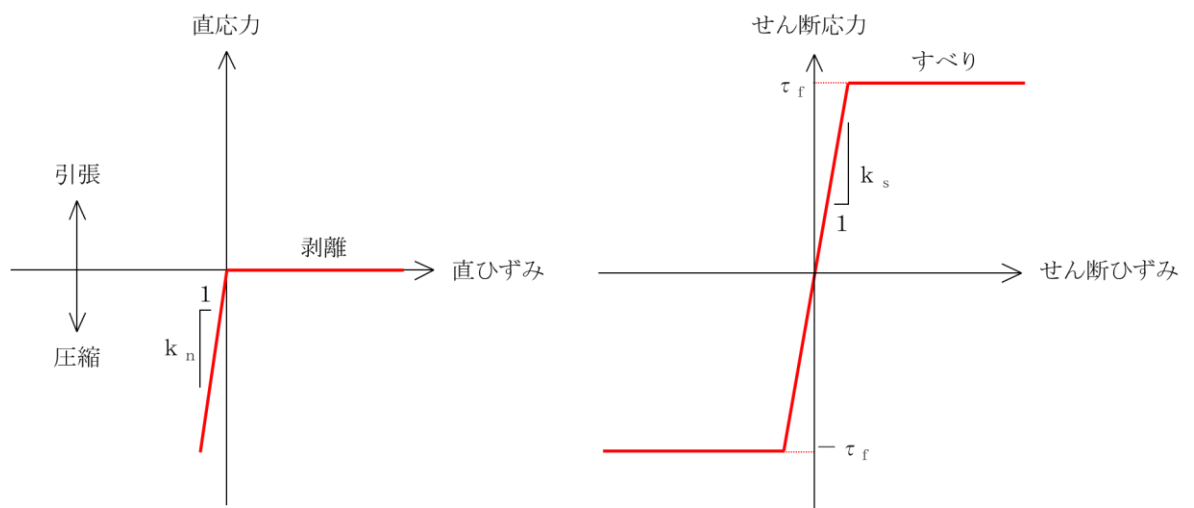
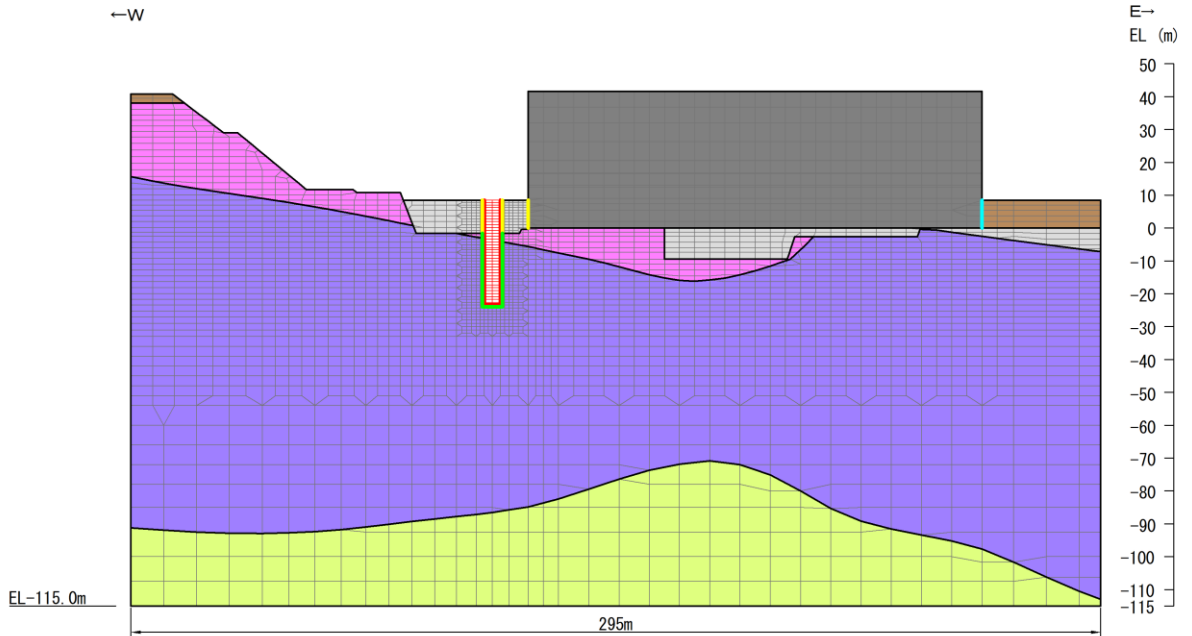
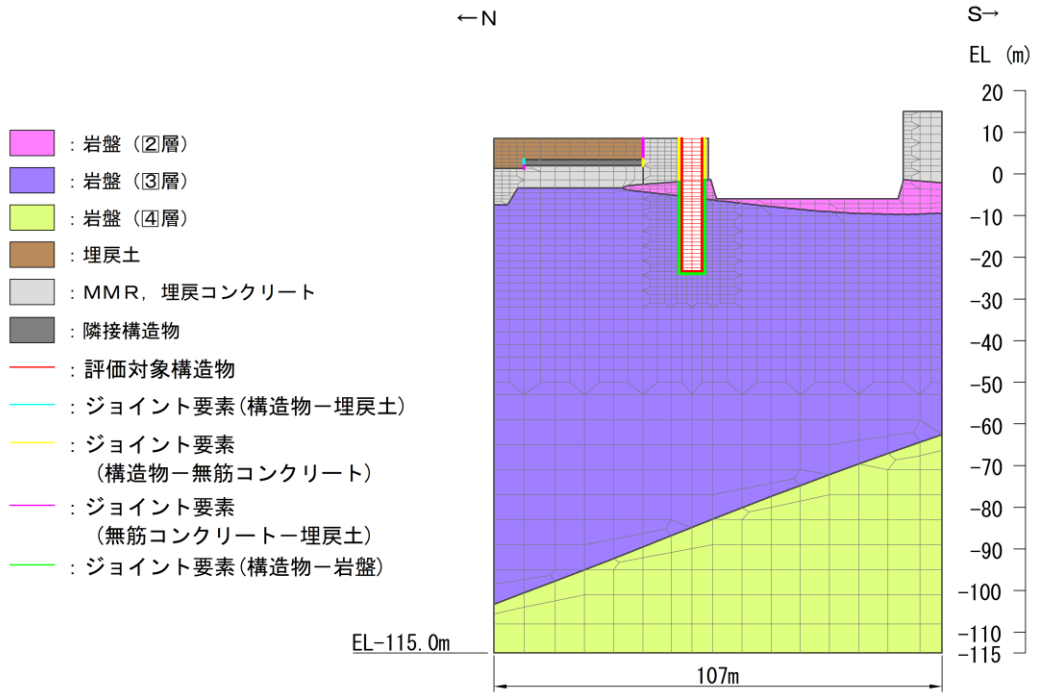


図 3-12 ジョイント要素の力学特性

- : 岩盤 (2層)
- : 岩盤 (3層)
- : 岩盤 (4層)
- : 埋戻土
- : MMR, 埋戻コンクリート
- : 隣接構造物
- : 評価対象構造物
- : ジョイント要素 (構造物-埋戻土)
- : ジョイント要素 (構造物-無筋コンクリート)
- : ジョイント要素 (構造物-岩盤)



(A-A断面 (東西方向))



(B-B断面 (南北方向))

図 3-13 ジョイント要素の配置

3.3 減衰定数

減衰定数は、粘性減衰及び履歴減衰で考慮する。

粘性減衰は、固有値解析にて求められる固有周期と各材料の減衰比に基づき、質量マトリックス及び剛性マトリックスの線形結合で表される以下の Rayleigh 減衰を解析モデル全体に与える。

Rayleigh 減衰の設定フローを図 3-14 に示す。

$$[C] = \alpha [M] + \beta [K]$$

[C] : 減衰係数マトリックス

[M] : 質量マトリックス

[K] : 剛性マトリックス

α , β : 係数

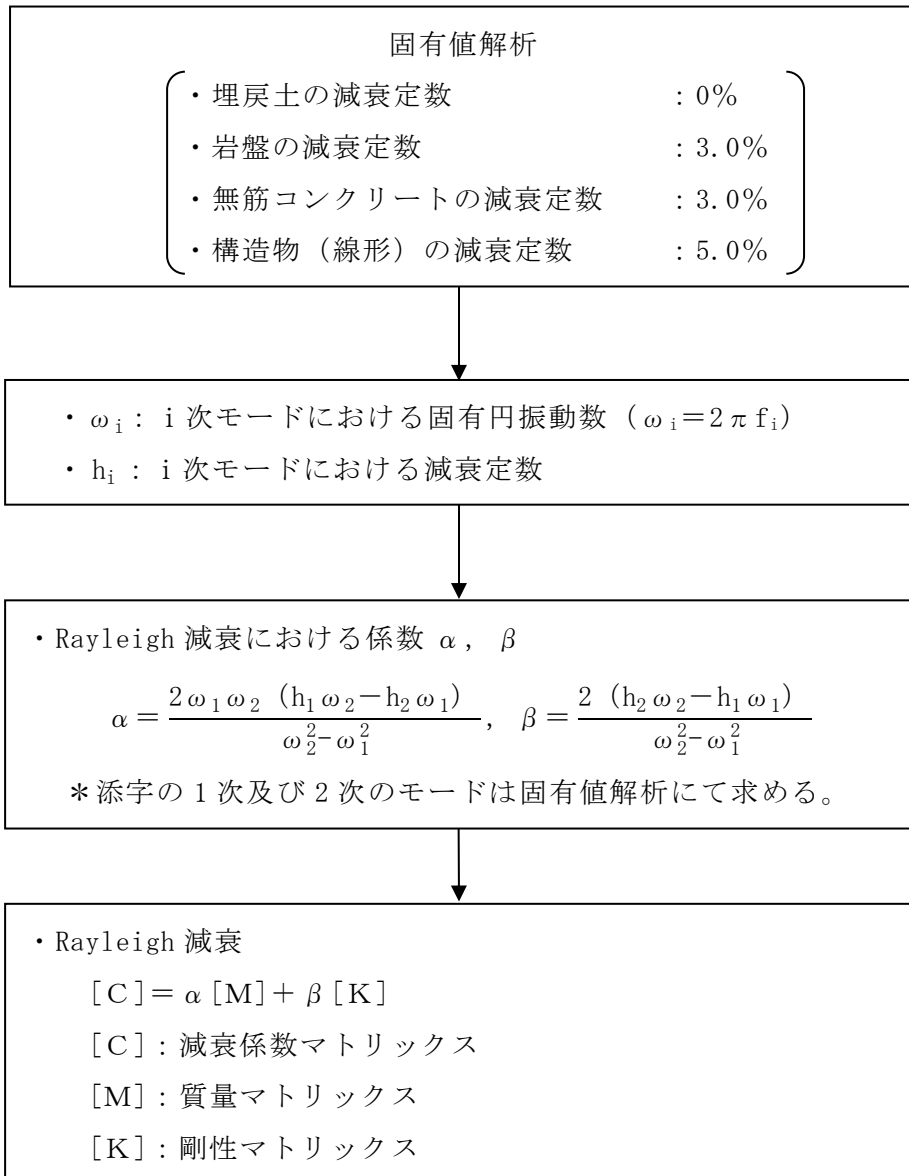


図 3-14 Rayleigh 減衰の設定フロー

Rayleigh 減衰における係数 α , β は、低次のモードの変形が支配的となる地中埋設構造物に対して、その特定の振動モードの影響が大きいことを考慮して、固有値解析結果より得られる卓越するモードの減衰と Rayleigh 減衰が一致するように設定する。なお、卓越するモードは全体系の固有値解析における刺激係数及びモード図にて決定するが、係数 α , β が負値となる場合は当該モードを選定しない。

固有値解析結果の一覧を表 3-7 に、固有値解析におけるモード図を図 3-15 に、係数 α , β を表 3-8 に、固有値解析結果に基づき設定した Rayleigh 減衰を図 3-16 に示す。

表 3-7 (1) 固有値解析結果 (A-A 断面 (東西方向))

	固有振動数 (Hz)	有効質量比 (%)		刺激係数		備考
		Tx	Ty	β_x	β_y	
1	2.836	67	0	247.7	9.114	1次として採用
2	3.667	1	0	-20.78	-7.661	—
3	4.590	7	7	-78.11	79.65	2次として採用
4	5.811	4	6	-62.54	-75.78	—
5	5.967	0	28	-13.95	158.7	—
6	6.074	2	0	-36.13	6.008	—
7	6.901	1	4	-39.07	-56.49	—
8	7.281	0	15	-12.06	117.3	—
9	8.290	1	14	-10.58	-114.1	—
10	8.854	0	0	12.69	18.8	—

表 3-7 (2) 固有値解析結果 (B-B 断面 (南北方向))

	固有振動数 (Hz)	有効質量比 (%)		刺激係数		備考
		T _x	T _y	β_x	β_y	
1	2.571	65	0	139.4	4.519	1次として採用
2	4.656	2	0	-25.61	-6.767	—
3	6.461	8	36	48.6	-103.2	—
4	6.834	3	35	-31.71	-103.6	—
5	7.687	8	2	47.94	22.47	2次として採用
6	9.553	0	0	-0.6699	-3.012	—
7	10.681	0	0	0.536	3.717	—
8	11.632	4	0	-35.89	9.15	—
9	12.712	0	1	-0.594	-8.743	—
10	13.501	0	5	0.2793	41.28	—

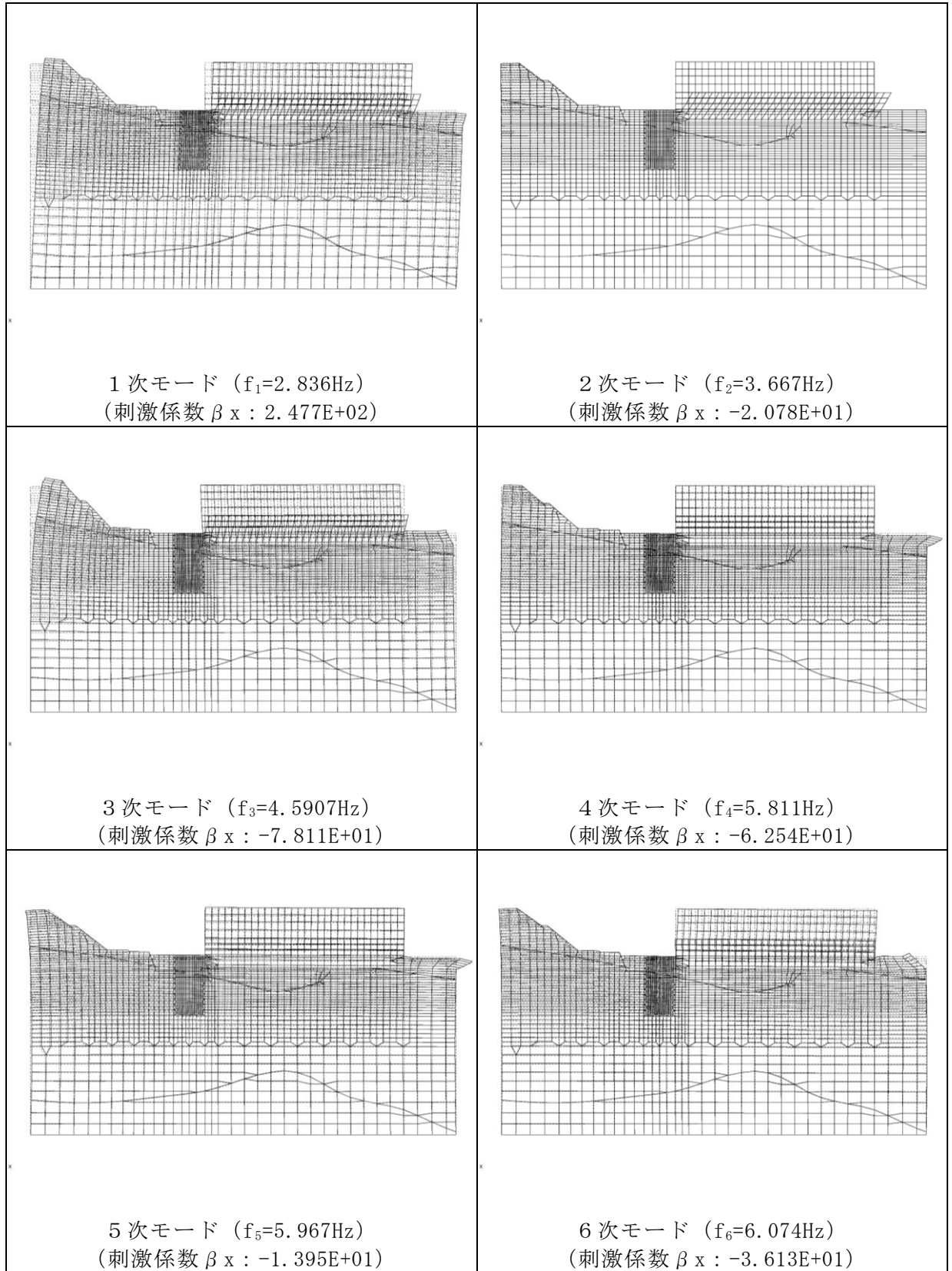


図 3-15 (1) 固有値解析結果 (モード図) (A-A 断面 (東西方向))

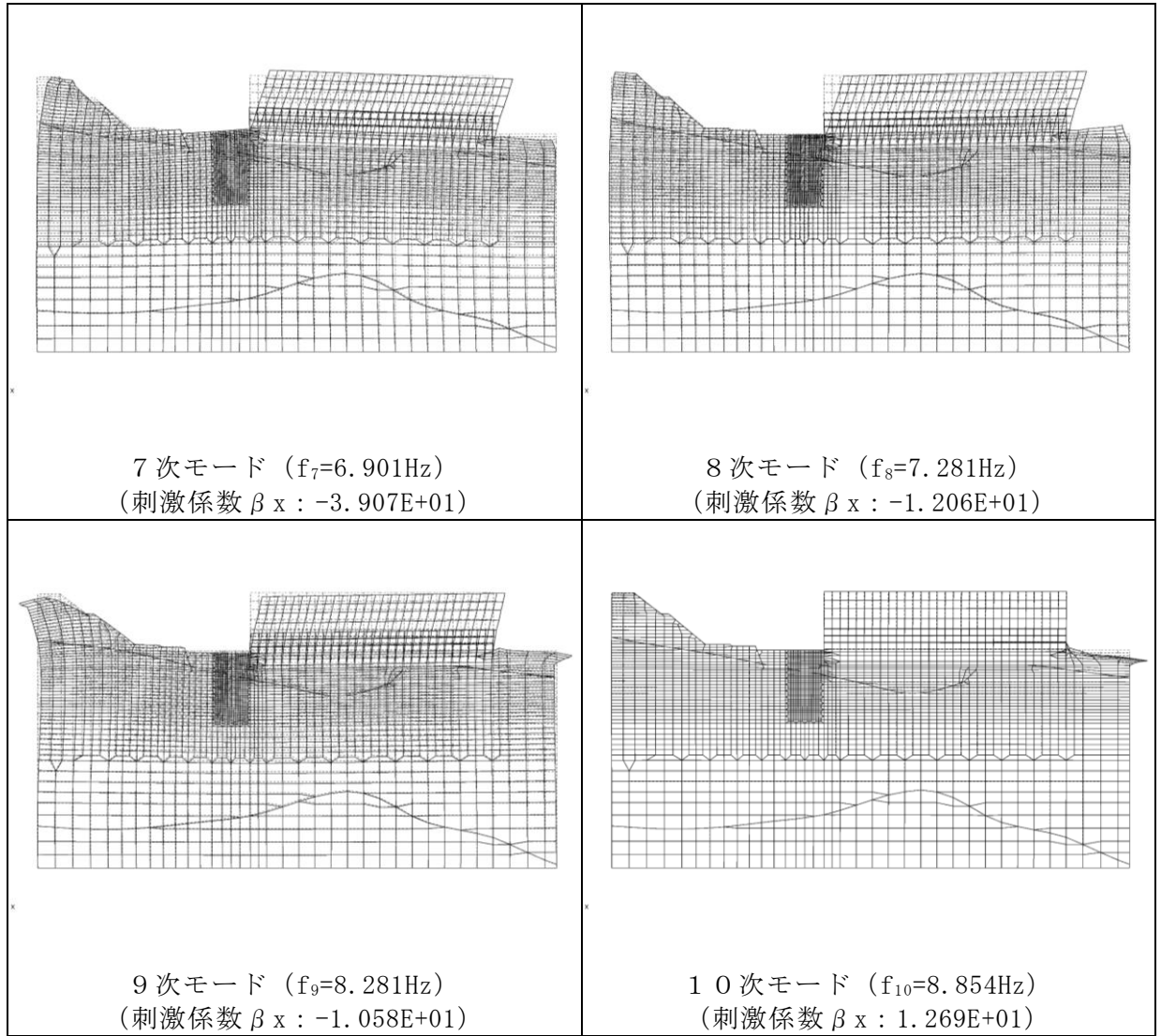


図 3-15 (2) 固有値解析結果 (モード図) (A-A断面 (東西方向))

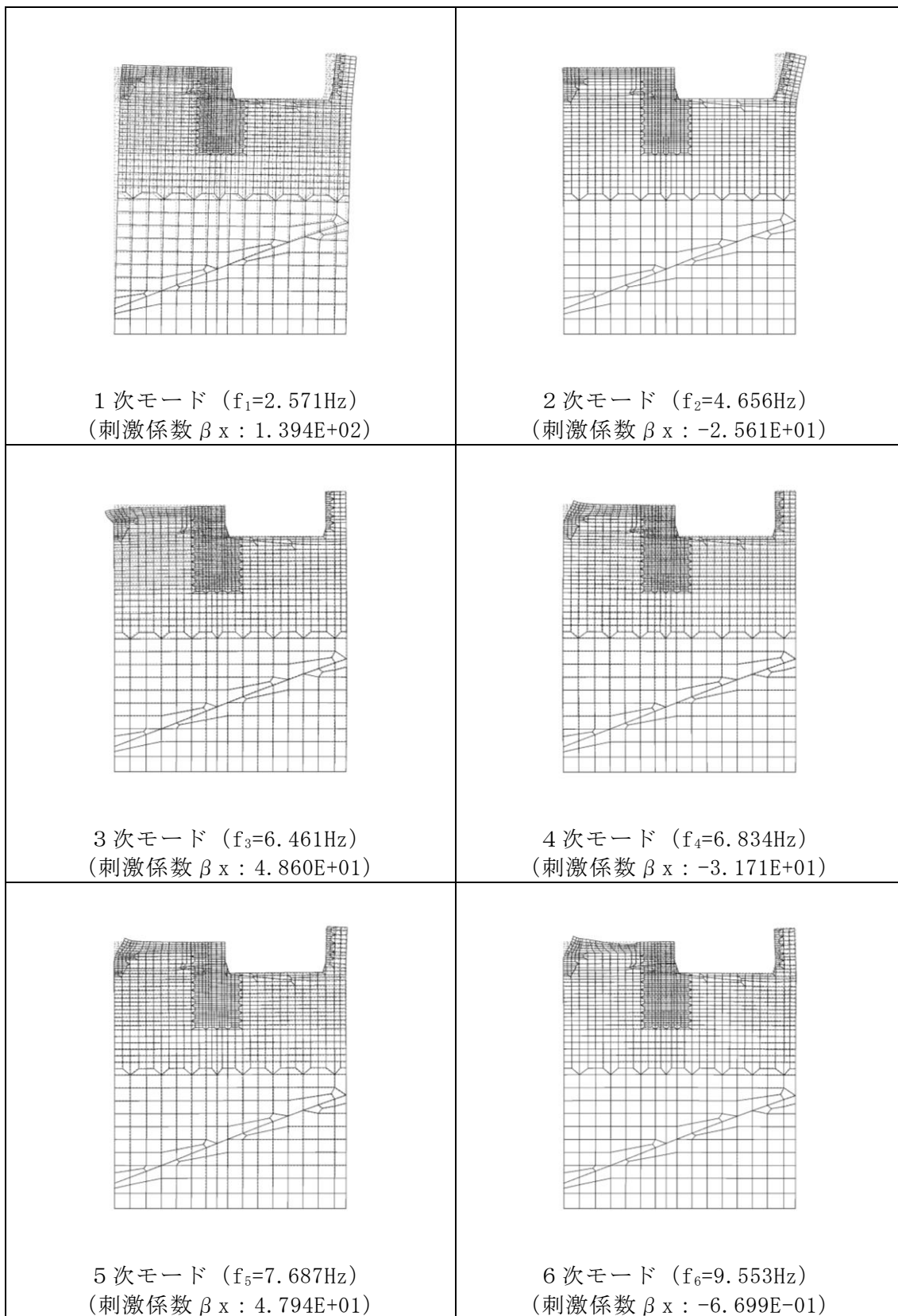


図 3-15 (3) 固有値解析結果 (モード図) (B-B断面 (南北方向))

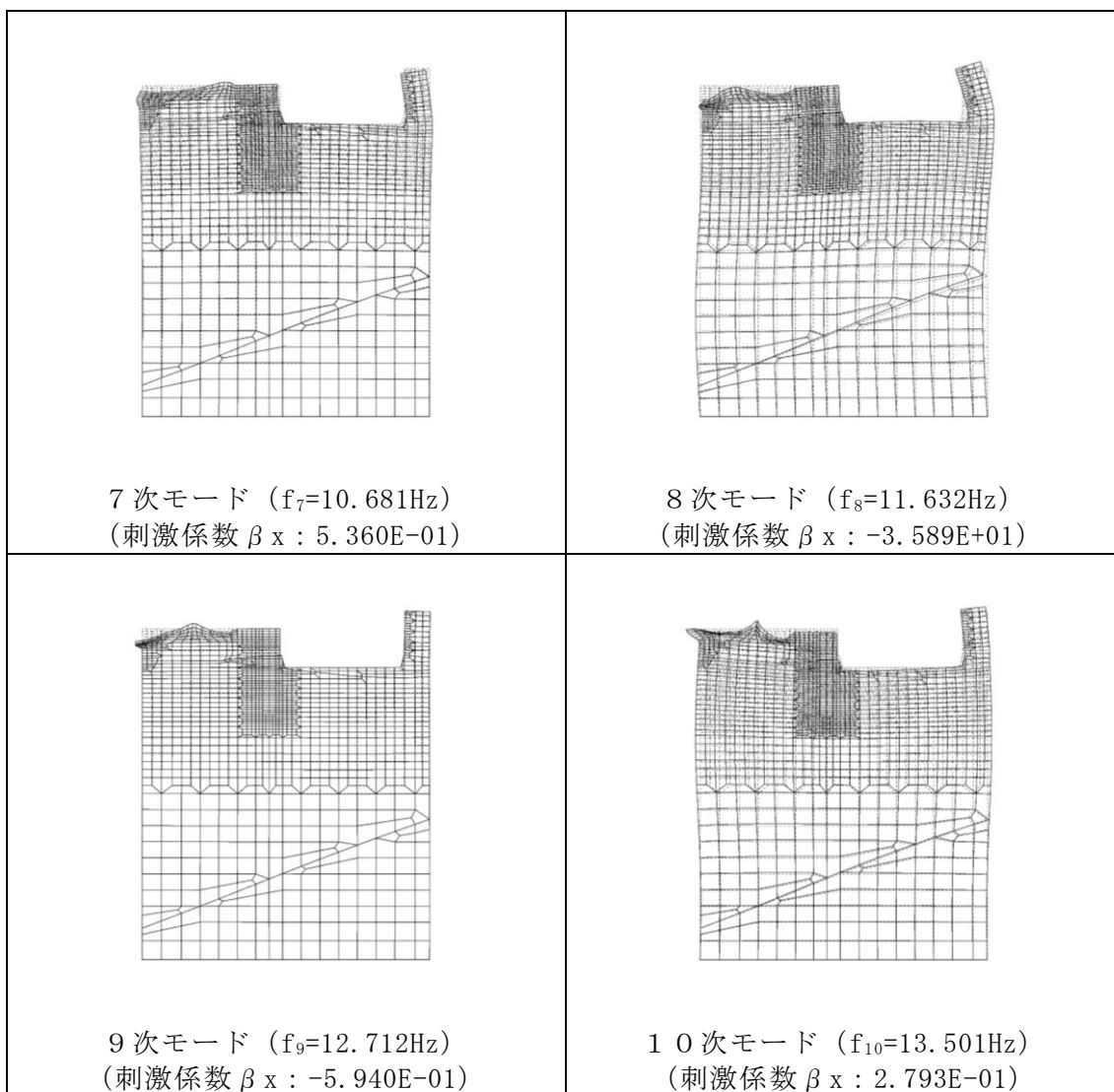


図 3-15 (4) 固有値解析結果 (モード図) (B-B 断面 (南北方向))

表 3-8 Rayleigh 減衰における係数 α , β の設定結果

評価対象断面	α	β
A-A 断面 (東西断面)	6.875×10^{-1}	1.249×10^{-3}
B-B 断面 (南北断面)	8.728×10^{-1}	3.594×10^{-4}

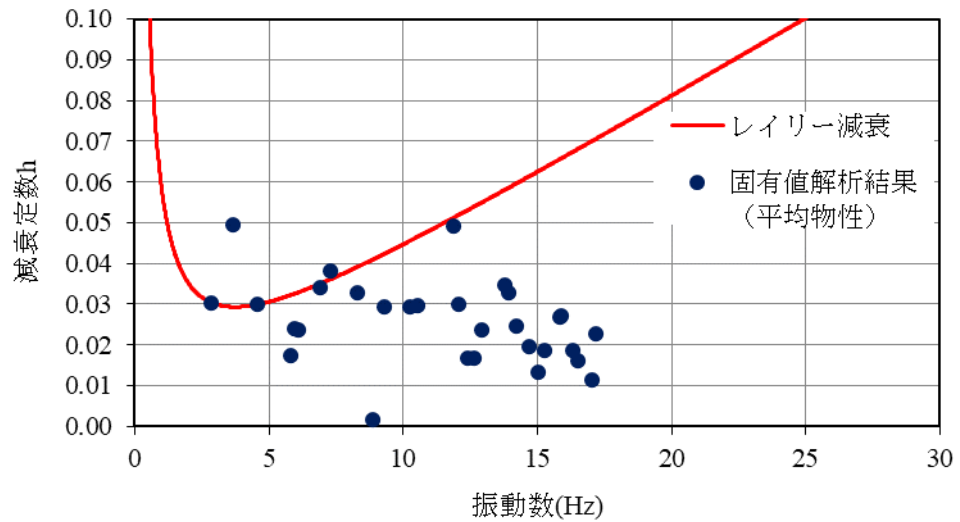


図 3-16 (1) 設定した Rayleigh 減衰 (A-A 断面 (東西方向))

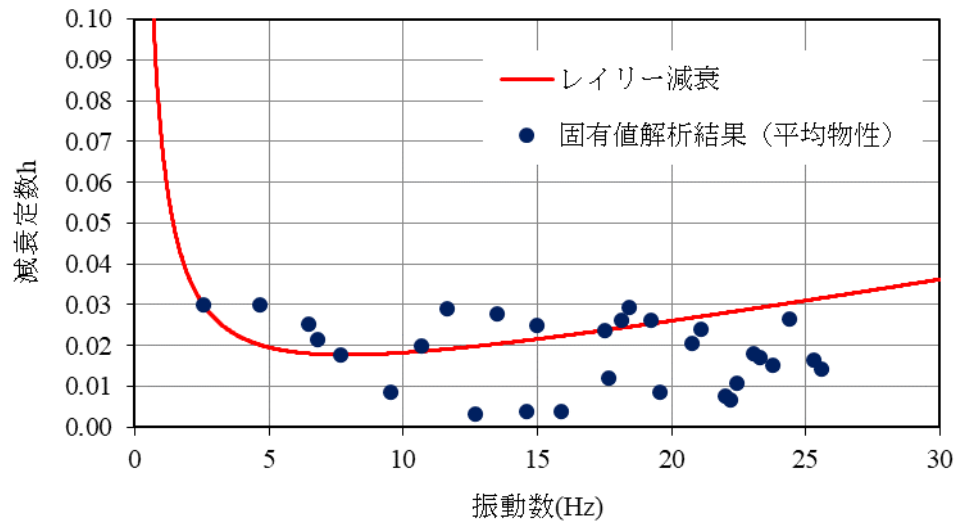


図 3-16 (2) 設定した Rayleigh 減衰 (B-B 断面 (南北方向))

3.4 荷重及び荷重の組合せ

耐震評価にて考慮する荷重は、通常運転時の荷重（永久荷重）及び地震荷重を抽出し、それぞれを組み合わせて設定する。地震荷重には、地震時土圧及び機器・配管系からの反力による荷重が含まれるものとする。

地震時に揚水井戸に作用する機器・配管系からの反力については、機器・配管系を解析モデルに付加質量として与えることで考慮する。

荷重の組合せを表 3-9 に示す。

表 3-9 荷重の組合せ

種別	荷重		算定方法の概要
永久荷重 (常時荷重)	固定 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・配管荷重	○ 機器・配管系の重量に基づいて設定する。
		蓋荷重	○ 蓋の重量に基づいて設定する。
	積載 荷重	静止土圧	○ 常時応力解析により設定する。
		外水圧	○ 地下水位に応じた静水圧として考慮する。 地下水の密度を考慮する。
		内水圧	○ 揚水ポンプの起動水位である EL-19.2m からの内水圧を考慮する。 地下水の密度を考慮する。
		積雪荷重	○ 地表面に考慮する。
	土被り荷重	— 土被りが無いことから考慮しない。	
	永久上載荷重	— 構造物上部に恒常的に置かれる設備等はないことから考慮しない。	
偶発荷重 (地震荷重)	水平地震動	○	基準地震動 S_s による水平・鉛直同時加振を考慮する。
	鉛直地震動	○	
	動水圧	○	水位条件及び密度は、永久荷重のうち内水圧と同様とする。 地震時動水圧を付加質量により考慮する。

3.4.1 外水圧

地下水位を地表面に設定する。地下水の荷重は 9.81kN/m^3 とする。

3.4.2 内水圧

揚水井戸内の内水圧水頭は、揚水ポンプの起動水位である EL-19.2m とする。地下水の荷重は 9.81kN/m^3 とする。

内水圧は、揚水井戸をモデル化したはり要素の節点に付加質量として考慮する。

3.4.3 積雪荷重

積雪荷重は、VI-1-1-3-1-1「発電用原子炉施設に対する自然現象等における損傷の防止に関する基本方針」に基づき、発電所敷地に最も近い気象官署である松江地方気象台で観測された観測史上1位の月最深積雪100cmに平均的な積雪荷重を与えるための係数0.35を考慮し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（平成17年3月31日、松江市規則第234号）」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し設定する。

3.4.4 動水圧

動水圧は、地震応答解析における応答加速度に応じた揚水井戸内の地下水を付加質量として、揚水井戸の構成節点に与えることで作用させる。なお、各構成節点の付加質量は揚水井戸の EL-19.2m までとし、ウェスタガード式を基に以下の式により算定する。

$$P_{dwhi} = \frac{7}{6} \cdot C \cdot K_H \cdot \gamma_w \cdot H \times 2$$

P_{dwhi} : i 節点の動水圧の水平成分

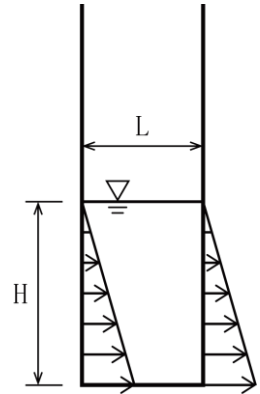
γ_w : 内容水の単位体積重量 (9.81 kN/m³)

H : 水深

K_H : 水平震度 (応答計算により算定)

C : $\frac{L}{1.5H}$

L : 容器の幅



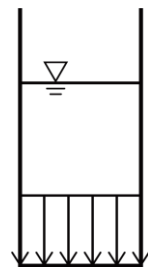
$$P_{dwhvi} = K_V \cdot \gamma_w \cdot H$$

P_{dwhvi} : i 節点の動水圧の鉛直成分

K_V : 鉛直震度 (応答計算により算定)

C : $\frac{L}{1.5H}$

L : 容器の幅



3.5 地震応答解析の解析ケース

3.5.1 耐震評価における解析ケース

(1) 地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース

地盤物性のばらつきの影響を考慮するため、表 3-10 に示す解析ケースを設定する。

揚水井戸は、図 2-4 に示すとおり、 C_M 級岩盤上に設置され、A-A断面及びB-B断面の側面には、 C_M 級、 C_H 級岩盤及び埋戻コンクリートが分布しており、周辺には埋戻土のような動的変形特性にひずみ依存性がある地盤が分布しておらず、主に C_M 級及び C_H 級岩盤が分布していることから、これらの地盤が地震時の構造物への応答に大きく影響を与えると判断し、岩盤の動せん断弾性係数のばらつきを考慮する。

ばらつきを考慮する物性値は地盤のせん断変形を定義するせん断弾性係数とし、平均値を基本ケース（表 3-10 に示すケース①）とした場合に加えて、平均値 $\pm 1.0 \times$ 標準偏差（ σ ）のケース（表 3-10 に示すケース②及び③）について確認を行う。

地盤のばらつきの設定方法の詳細は、「補足-023-01 地盤の支持性能について」に示す。

表 3-10 解析ケース

解析ケース	解析手法	地盤物性	
		埋戻土 (G_0 : 初期せん断 弾性係数)	岩盤 (G_d : 動せん断 弾性係数)
ケース① (基本ケース)	全応力解析	平均値	平均値
ケース②	全応力解析	平均値	平均値 + 1σ
ケース③	全応力解析	平均値	平均値 - 1σ

(2) 耐震評価における解析ケースの組合せ

耐震評価においては、基準地震動 S_s 全波（6波）及びこれらに位相反転を考慮した地震動（6波）を加えた全12波に対し、基本ケース（ケース①）を実施する。基本ケースにおいて、曲げ・軸力系の破壊、せん断破壊及び地盤の支持力照査の照査項目ごとに照査値が0.5を超える照査項目に対して、最も厳しい地震動を用いて、表3-10に示す解析ケース（ケース②及び③）を実施する。すべての照査項目の照査値がいずれも0.5以下の場合には、照査値が最も厳しくなる地震動を用いて、解析ケース②及び③を実施する。耐震評価における解析ケースを表3-11に示す。また、追加解析ケースを実施する地震動の選定フローを図3-17に示す。

表3-11 耐震評価における解析ケース

解析ケース			ケース①	ケース②	ケース③
			基本ケース	地盤物性のばらつき (+1 σ)を考慮した解析ケース	地盤物性のばらつき (-1 σ)を考慮した解析ケース
地盤物性			平均値	平均値+1 σ	平均値-1 σ
地震動 (位相)	S_s-D	++*	○	基準地震動 S_s (6波) に位相反転を考慮した地震動 (6波) を加えた全12波に対し、ケース① (基本ケース) を実施し、曲げ・軸力系の破壊、せん断破壊及び基礎地盤の支持力照査の各照査項目ごとに照査値が0.5を超える照査項目に対して、最も厳しい (許容限界に対する裕度が最も小さい) 地震動を用いてケース②及び③を実施する。 すべての照査項目の照査値がいずれも0.5以下の場合には、照査値が最も厳しくなる地震動を用いてケース②及び③を実施する。	
		-+*	○		
		+ - *	○		
		--*	○		
	S_s-F1	++*	○		
	S_s-F2	++*	○		
	S_s-N1	++*	○		
		-+*	○		
	S_s-N2 (NS)	++*	○		
		-+*	○		
S_s-N2 (EW)	++*	○			
	-+*	○			

注記* : 地震動の位相について、++の左側は水平動、右側は鉛直動を表し、「-」は位相を反転させたケースを示す。

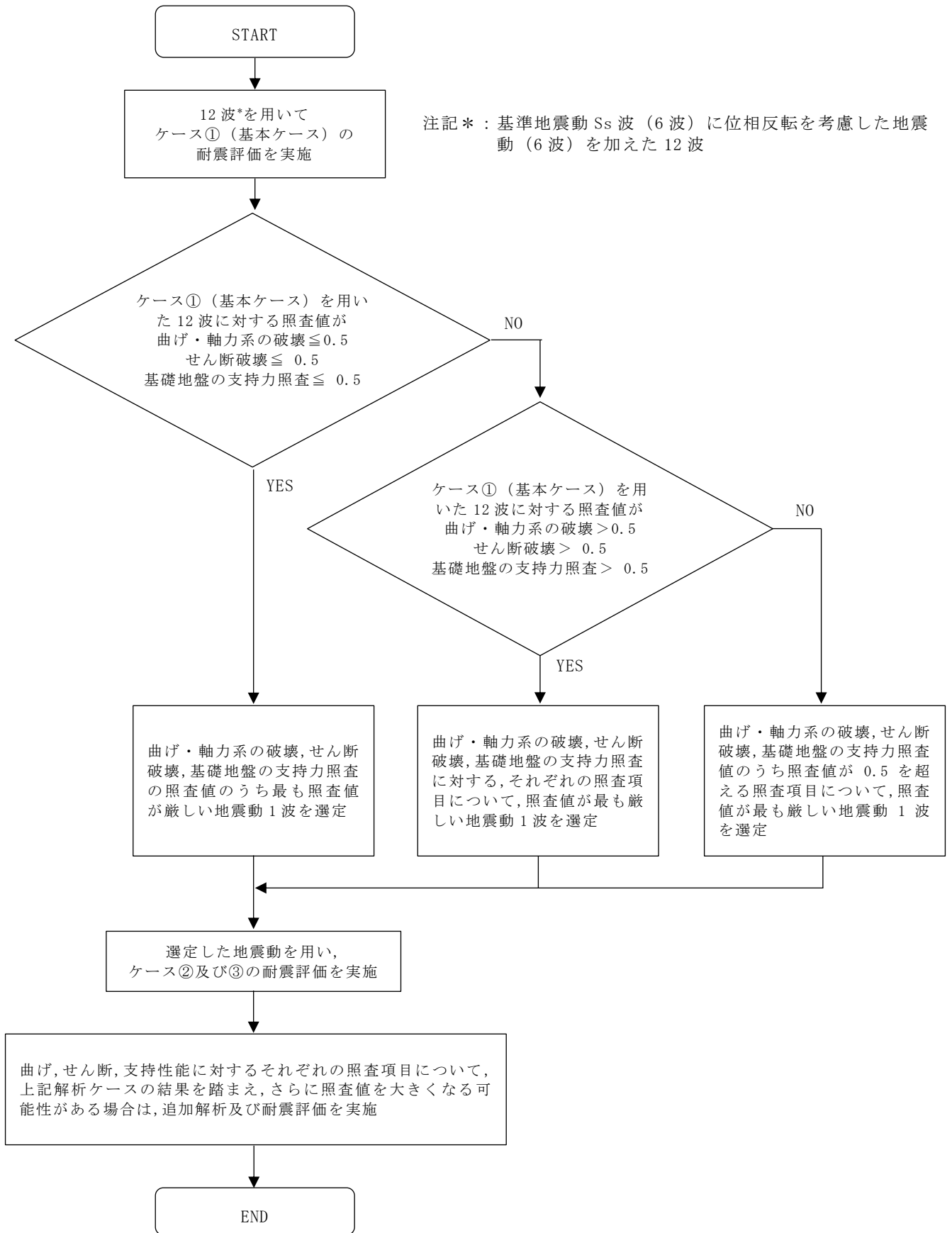


図 3-17 追加解析を実施する地震動の選定フロー

3.5.2 機器・配管系に対する応答加速度抽出のための解析ケース

(1) 地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース

「3.5.1 耐震評価における解析ケース」と同様に、地盤物性のばらつきを考慮する（表 3-12 に示すケース②及び③）。

(2) 材料物性の影響を考慮した解析ケース

材料物性のばらつきについては、剛性を定義するコンクリートのヤング係数が、コンクリートの設計基準強度に対応して定まることを踏まえ、コンクリートの設計基準強度（ 36.0N/mm^2 ）を基本ケースとし、ヤング係数をコンクリートの実強度に対応して定めたケースについて確認を行う（表 3-12 に示すケース④）。

揚水井戸におけるコンクリート実強度は、「建築工事標準仕様書・同解説 JASS 5N 原子力発電所における鉄筋コンクリート工事（（社）日本建築学会，2013）」及び「日本原子力学会標準 原子力発電所に対する地震を起因とした確率論的リスク評価に関する実施基準（（社）日本原子力学会，2015）」より算定される圧縮強度のうち最大となるもの（ 50.4N/mm^2 ）を選択する。ヤング係数は実強度に対応する「コンクリート標準示方書 [構造性能照査編]（（社）土木学会，2002 年制定）」に基づき算出する。

設定した圧縮強度及びヤング係数を表 3-13 に示す。

(3) 地下水位低下の影響を考慮した解析ケース

地下水位については、地下水位低下設備に期待せず、保守的に高く設計地下水位を設定していることから、機器・配管系の床応答への影響を確認するため、地下水位が低下している状態での影響検討を実施する（表 3-12 に示すケース⑤）。

表 3-12 機器・配管系の耐震評価における解析ケース

解析ケース	解析手法	地盤物性		備考
		埋戻土 (G_0 : 初期せん断弾性係数)	岩盤 (G_d : 動せん断弾性係数)	
ケース① (基本ケース)	全応力解析	平均値	平均値	
ケース②	全応力解析	平均値	平均値 + 1σ	
ケース③	全応力解析	平均値	平均値 - 1σ	
ケース④	全応力解析	平均値	平均値	コンクリート 実強度* ¹
ケース⑤	全応力解析	平均値	平均値	地下水位低下* ²

注記*1: 「建築工事標準仕様書・同解説 JASS 5N 原子力発電所における鉄筋コンクリート工事 ((社) 日本建築学会, 2013) 」及び「日本原子力学会標準 原子力発電所に対する地震を起因とした確率論的リスク評価に関する実施基準 ((社) 日本原子力学会, 2015) 」に基づき表 3-13 に示すとおりとする。

*2: 解析モデル内に地下水位を設定しない状態における検討とする。

表 3-13 コンクリート実強度を考慮した物性値

圧縮強度 (N/mm ²)	ヤング係数 (kN/mm ²)
50.4	33.1

- (3) 機器・配管系に対する応答加速度抽出のための解析ケースの組合せ
- 機器・配管系に対する応答加速度抽出においては，床応答への保守的な配慮として基本ケースに加え，表 3-14 に示す解析ケース②～⑤を実施する。

表 3-14 機器・配管系の応答加速度抽出のための解析ケース

解析ケース*2	ケース①	ケース②	ケース③	ケース④	ケース⑤	
	基本 ケース	地盤物性のばらつき (+1σ)を考慮した 解析ケース	地盤物性のばらつき (-1σ)を考慮した 解析ケース	材料物性(コンクリ ート)の実強度を考 慮した解析ケース	地下水が低い場 合を仮定した解 析ケース	
地盤物性	平均値	平均値+1σ	平均値-1σ	平均値	平均値	
地震動 (位相)	++*1	○	○	○	△	△
	-+*1	○	○	○	-	-
	+-*1	○	○	○	-	-
	--*1	○	○	○	-	-
	++*1	○	○	○	-	-
	++*1	○	○	○	-	-
	++*1	○	○	○	-	-
	-+*1	○	○	○	-	-
	++*1	○	○	○	-	-
	-+*1	○	○	○	-	-
	++*1	○	○	○	-	-
	-+*1	○	○	○	-	-

注記*1：地震動の位相について，++の左側は水平動，右側は鉛直動を表し，「-」は位相を反転させたケースを示す。

*2：○は設計に用いる解析ケースを示し，△は影響検討ケースを示す。影響検討ケースについては，S s-D(++)により影響の程度を確認する。

4. 評価内容

4.1 入力地震動の設定

入力地震動は、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」のうち「2.3 屋外重要土木構造」に示す入力地震動の設定方針を踏まえて設定する。

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1次元波動論により地震応答解析モデル下端位置で評価したものをを用いる。なお、入力地震動の設定に用いる地下構造モデルは、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」のうち「7.1 入力地震動の設定に用いる地下構造モデル」を用いる。

入力地震動算定の概念図を図4-1に、入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを図4-2～図4-14に示す。入力地震動の算定には、解析コード「microSHAKE/3D」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。

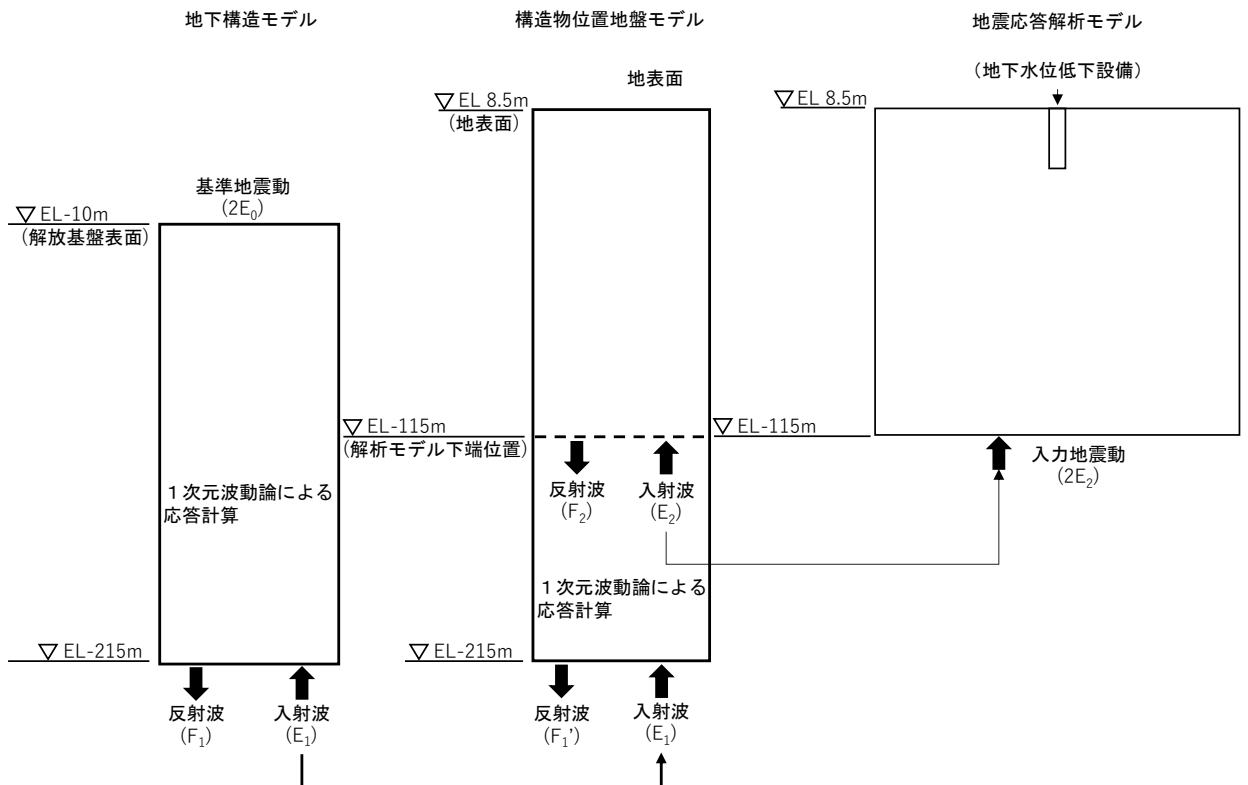
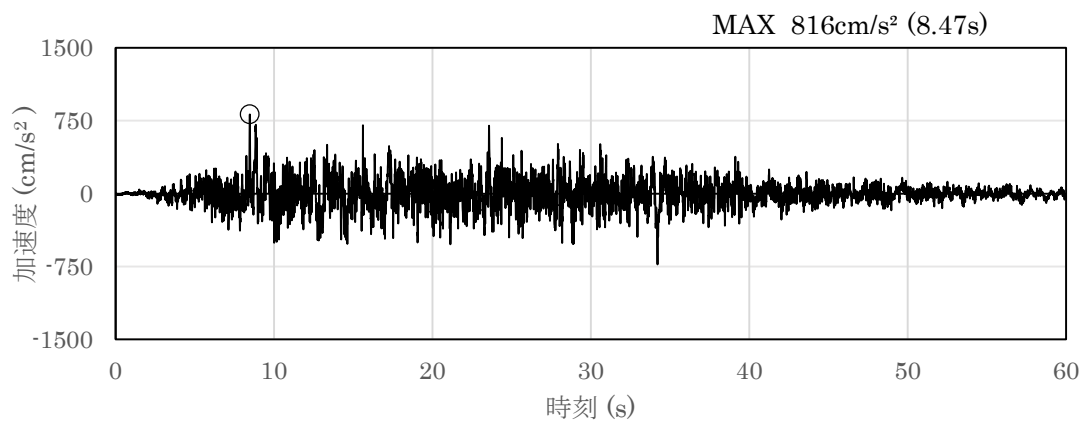
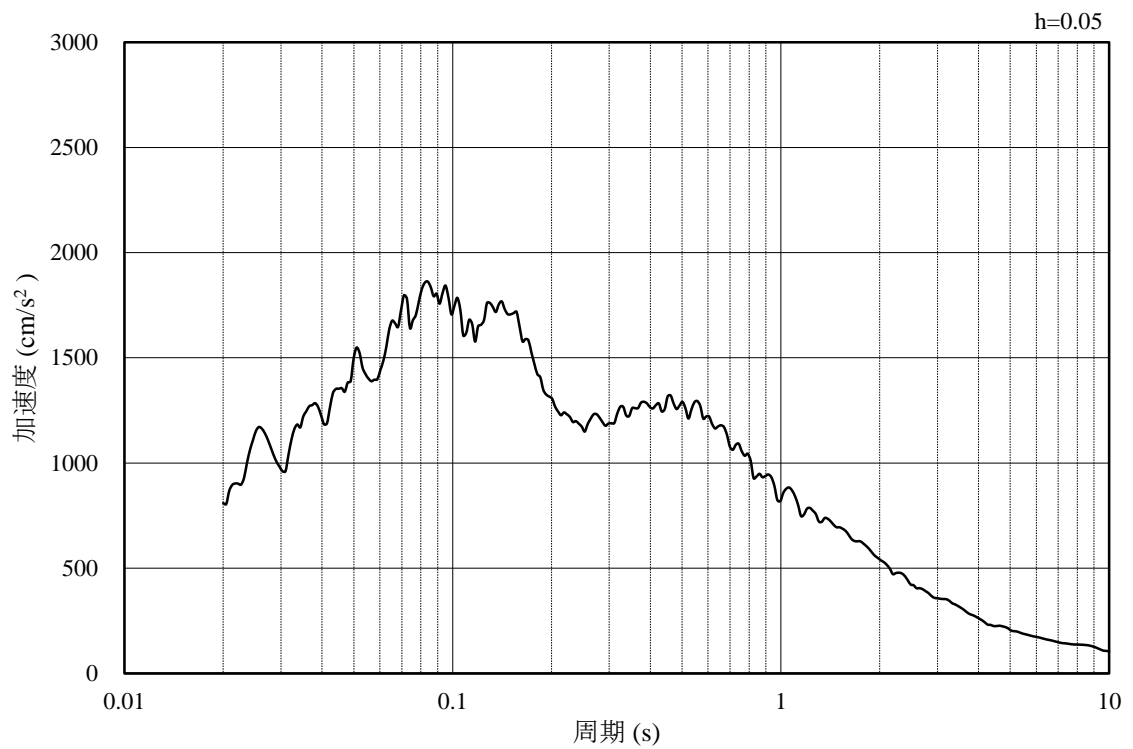


図4-1 入力地震動算定の概念図

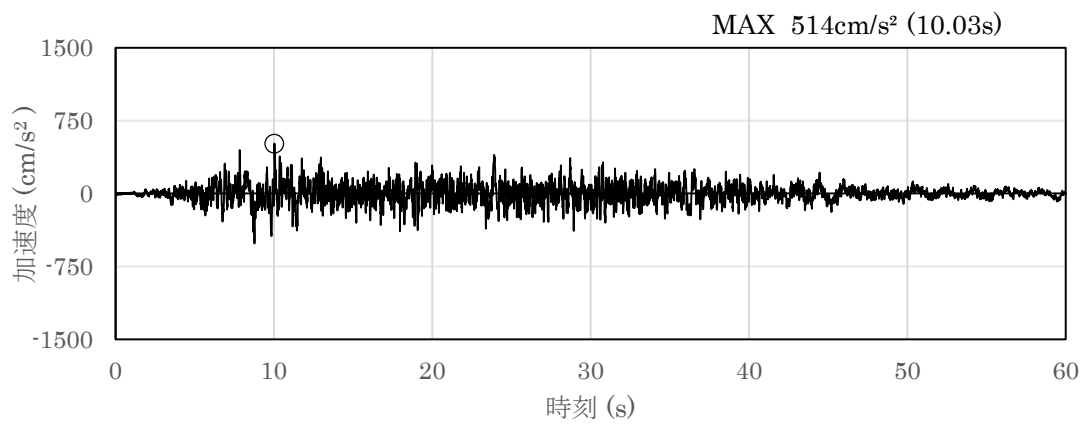


(a) 加速度時刻歴波形

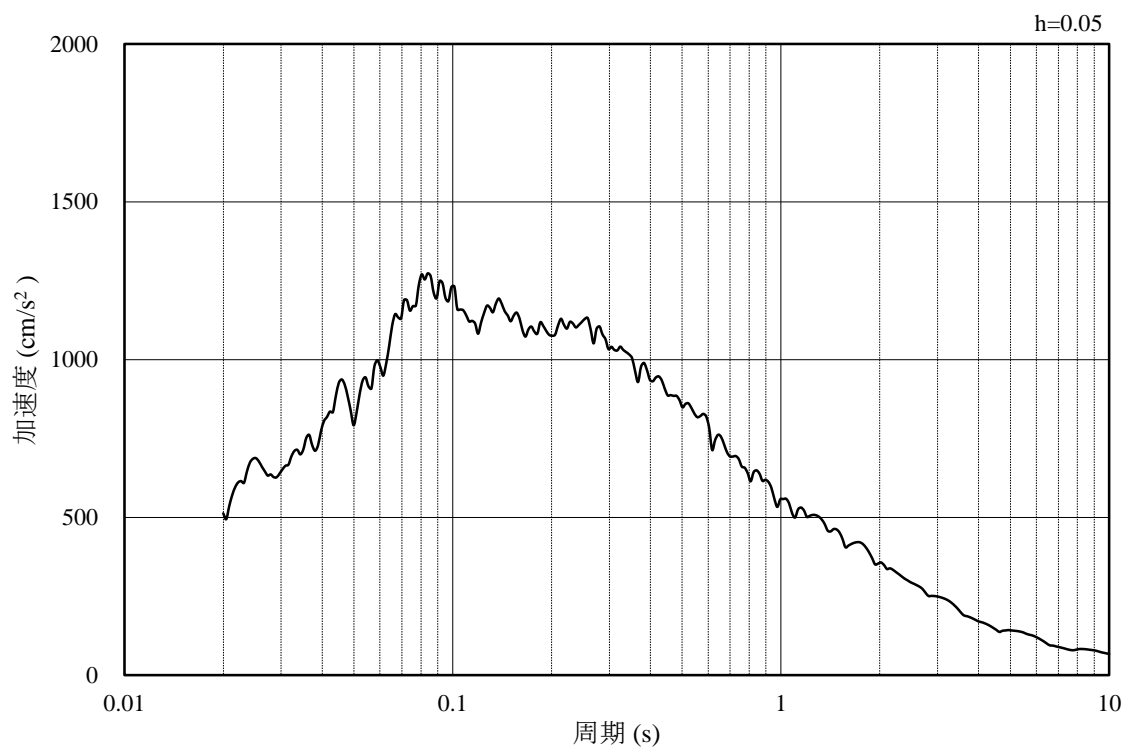


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-2 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平成分：S s - D)

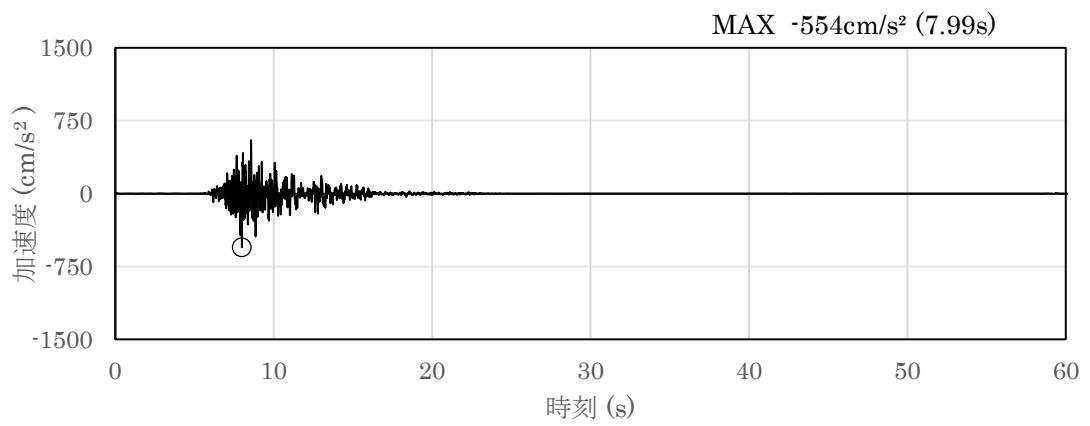


(a) 加速度時刻歴波形

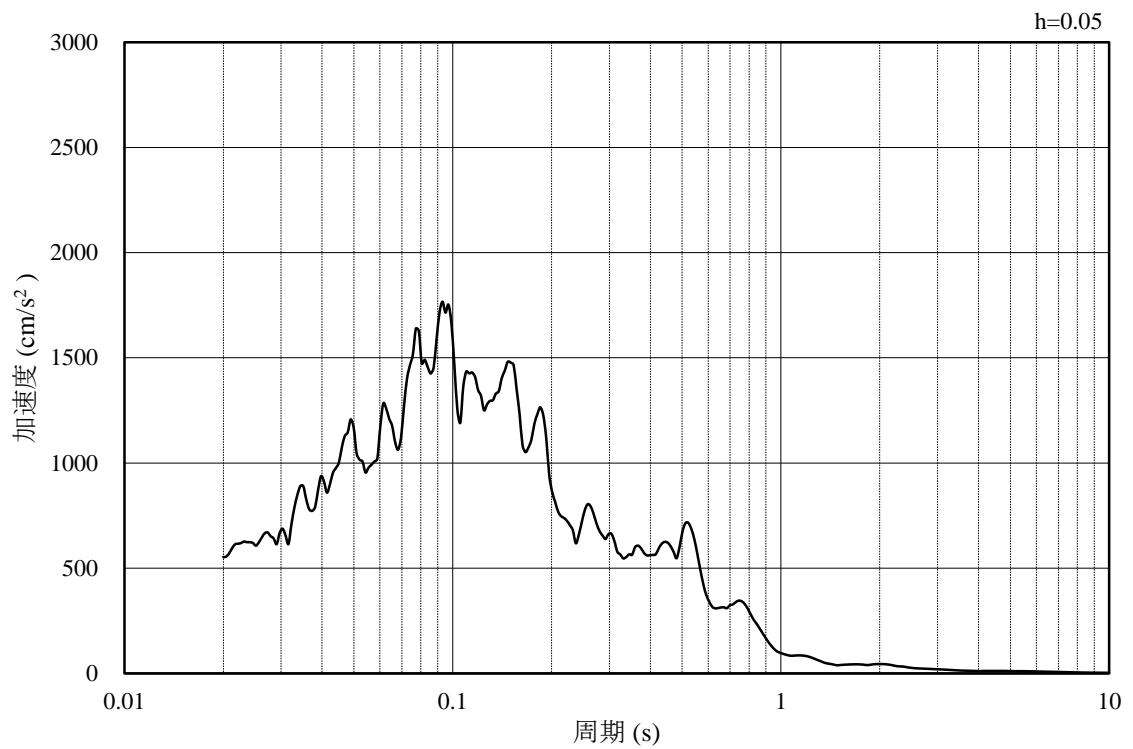


(b) 加速度応答スペクトル

図 4—3 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直成分：S s - D)

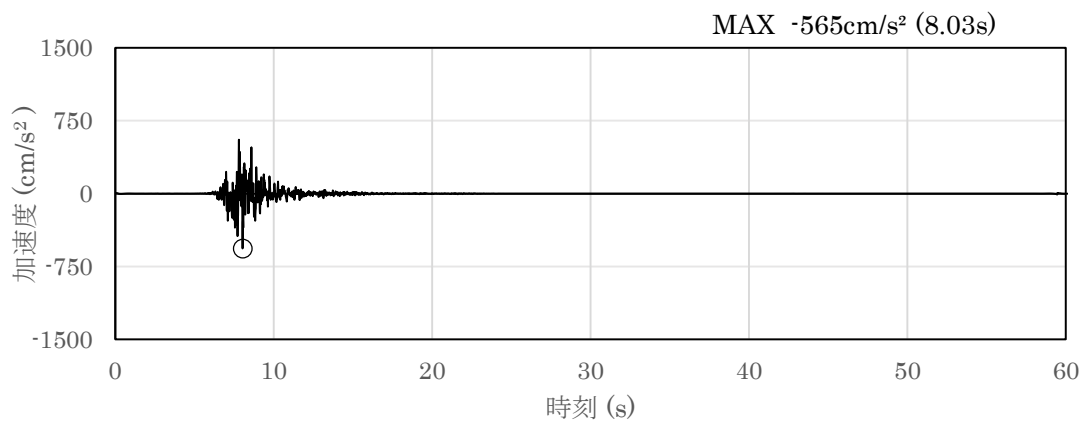


(a) 加速度時刻歴波形

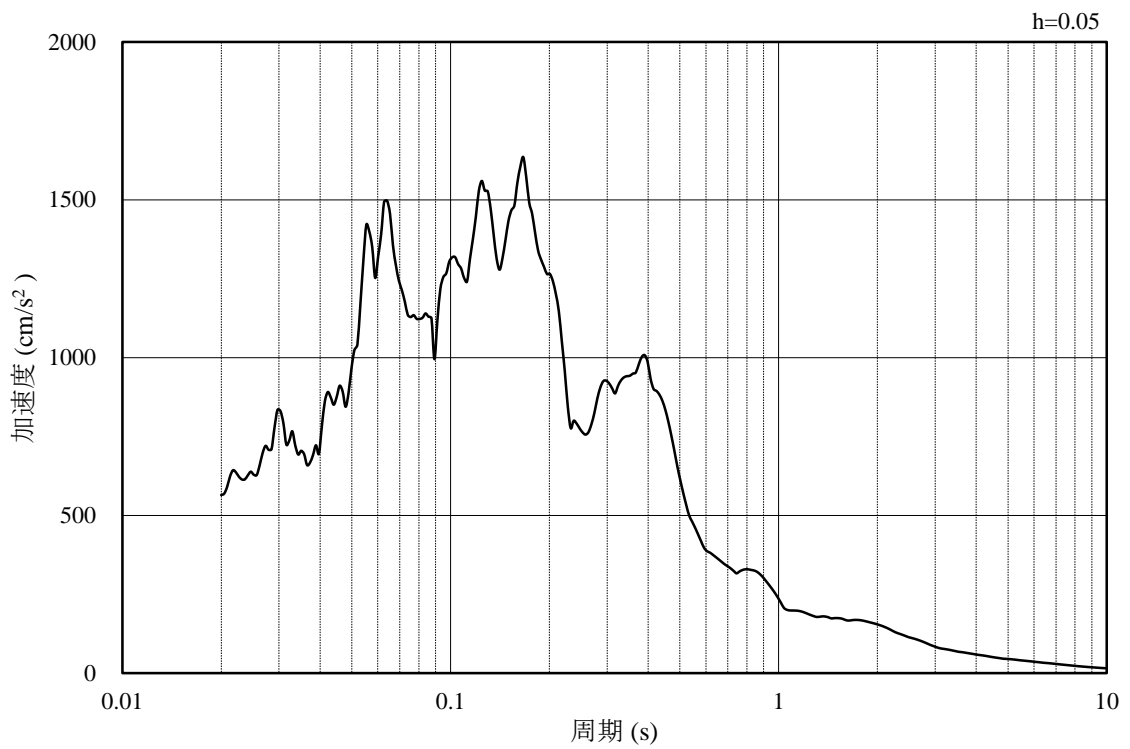


(b) 加速度応答スペクトル

図 4—4 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平成分：S s - F 1，南北方向)

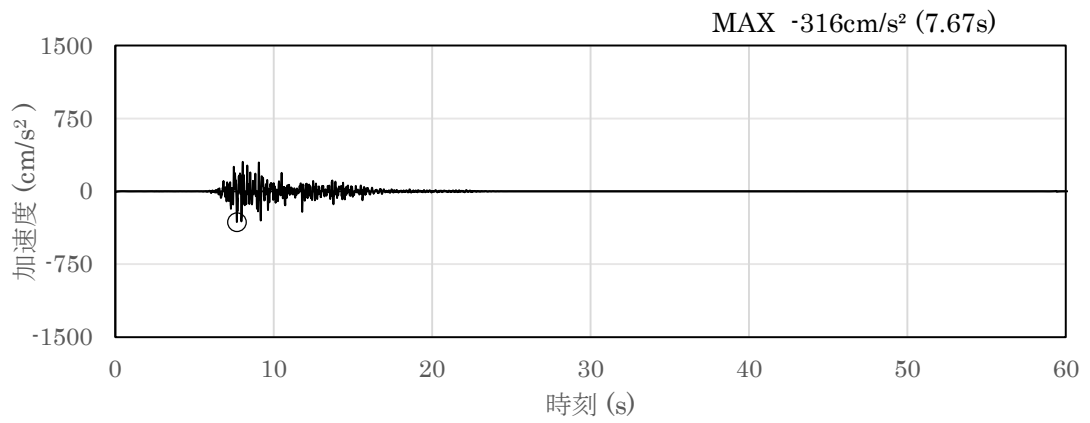


(a) 加速度時刻歴波形

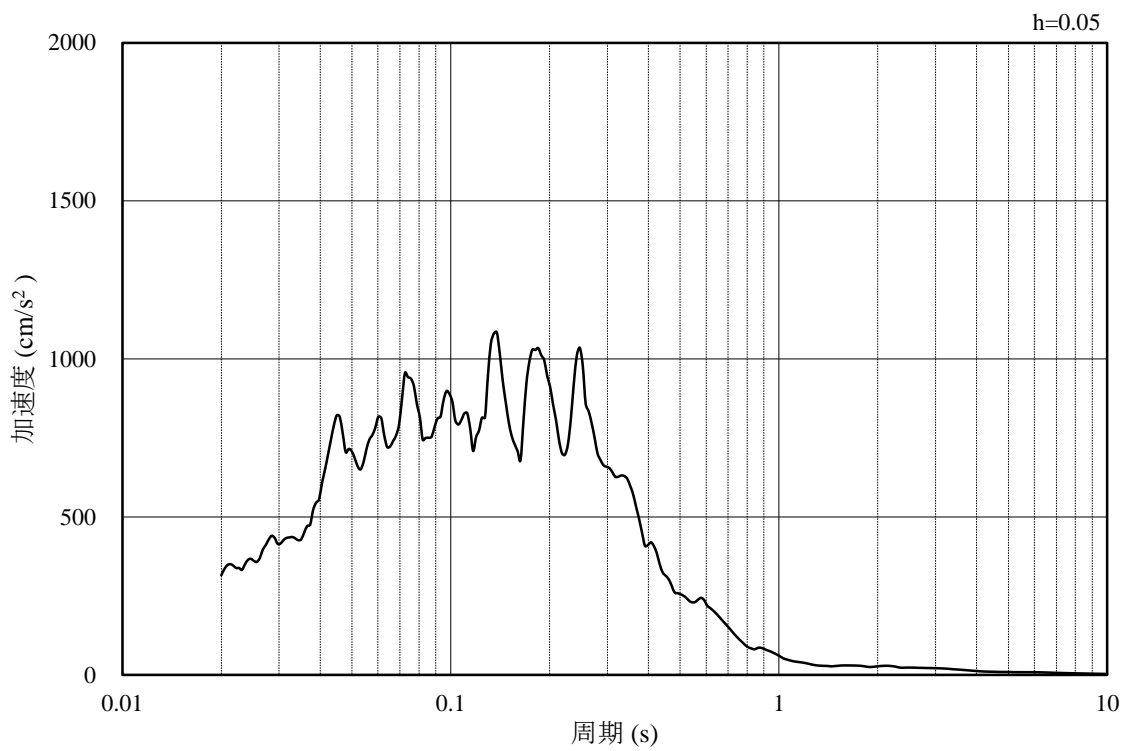


(b) 加速度応答スペクトル

図 4—5 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平成分：S s - F 1，東西方向)

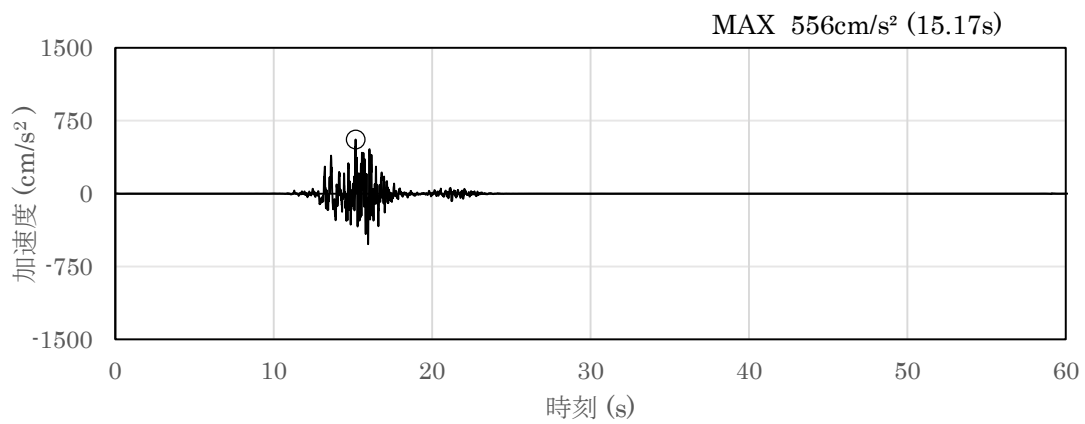


(a) 加速度時刻歴波形

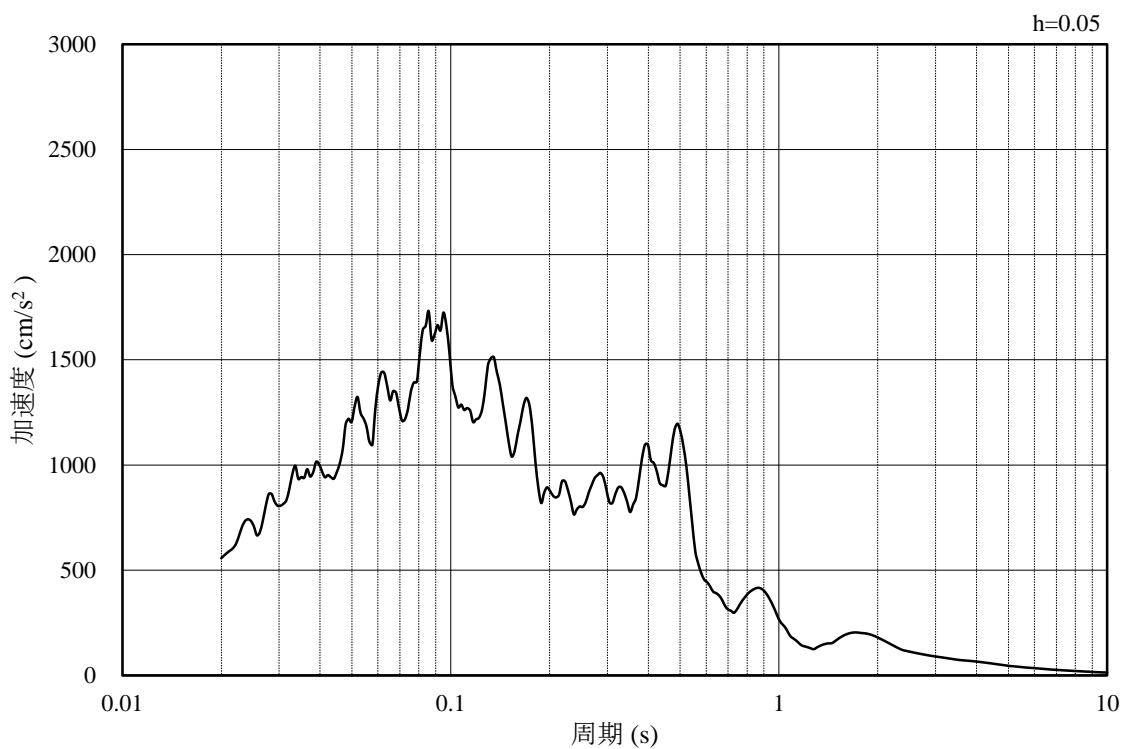


(b) 加速度応答スペクトル

図 4—6 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直成分：S_s - F 1)

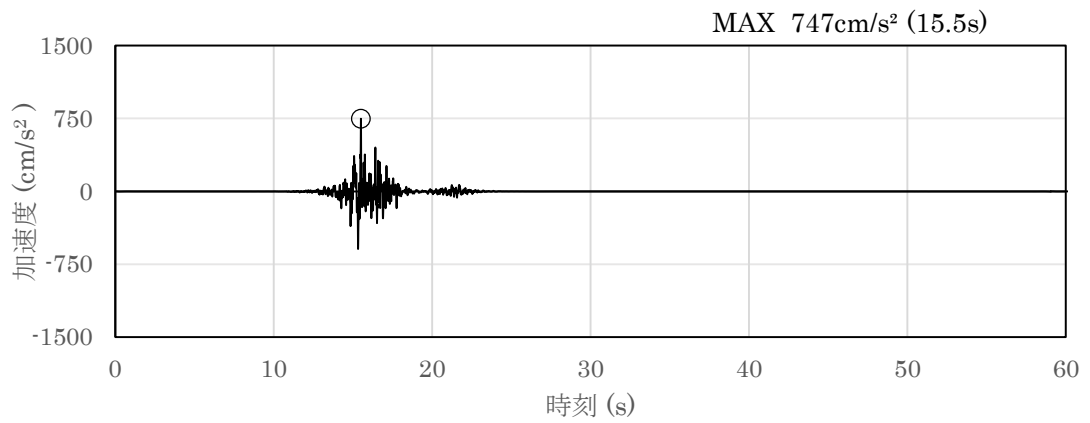


(a) 加速度時刻歴波形

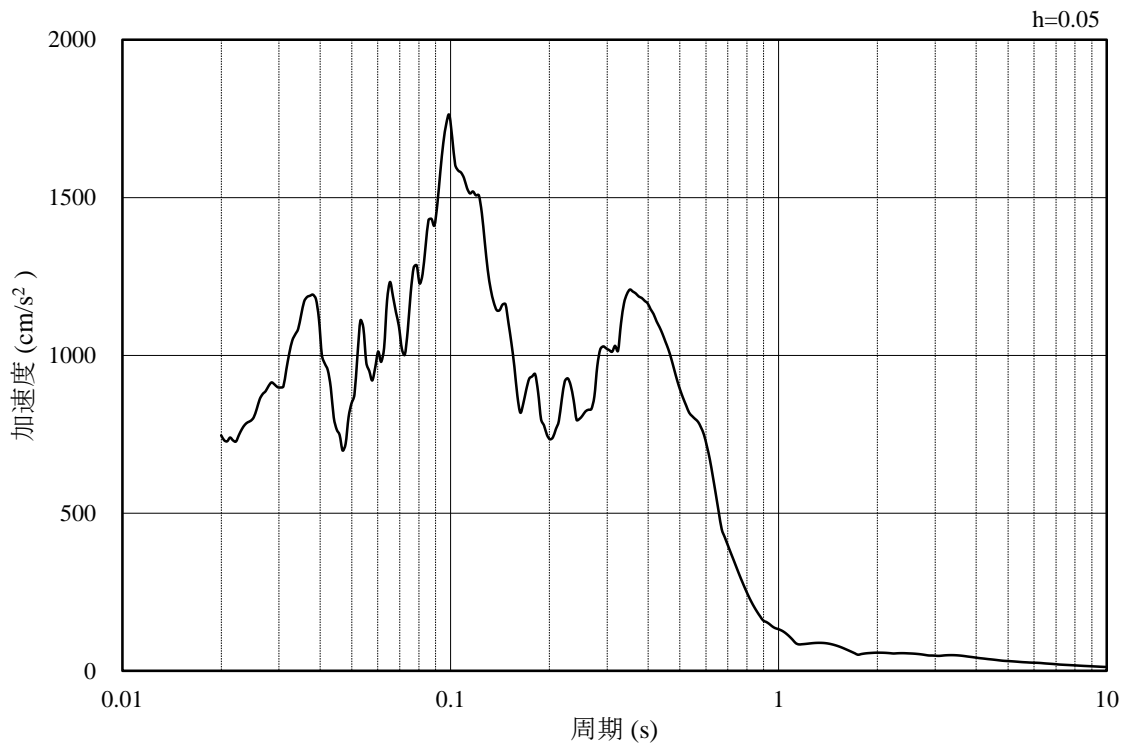


(b) 加速度応答スペクトル

図 4—7 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平成分：S s - F 2, 南北方向)

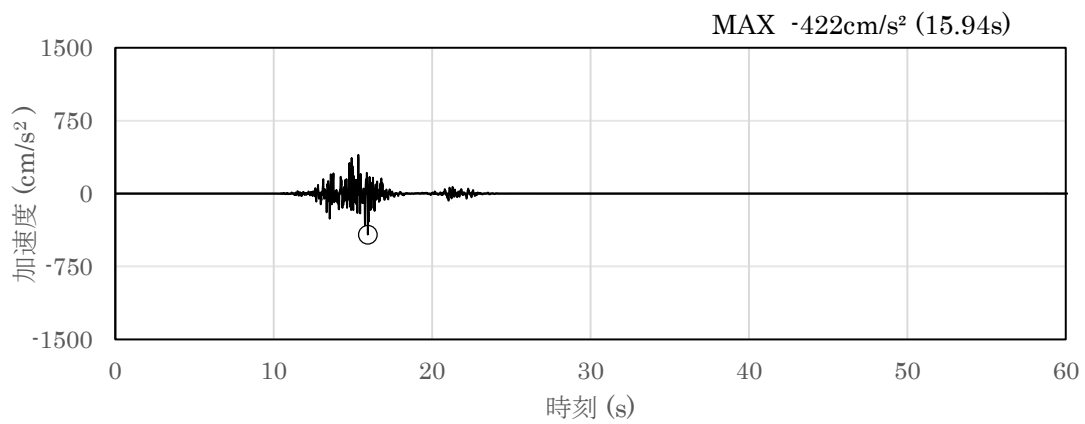


(a) 加速度時刻歴波形

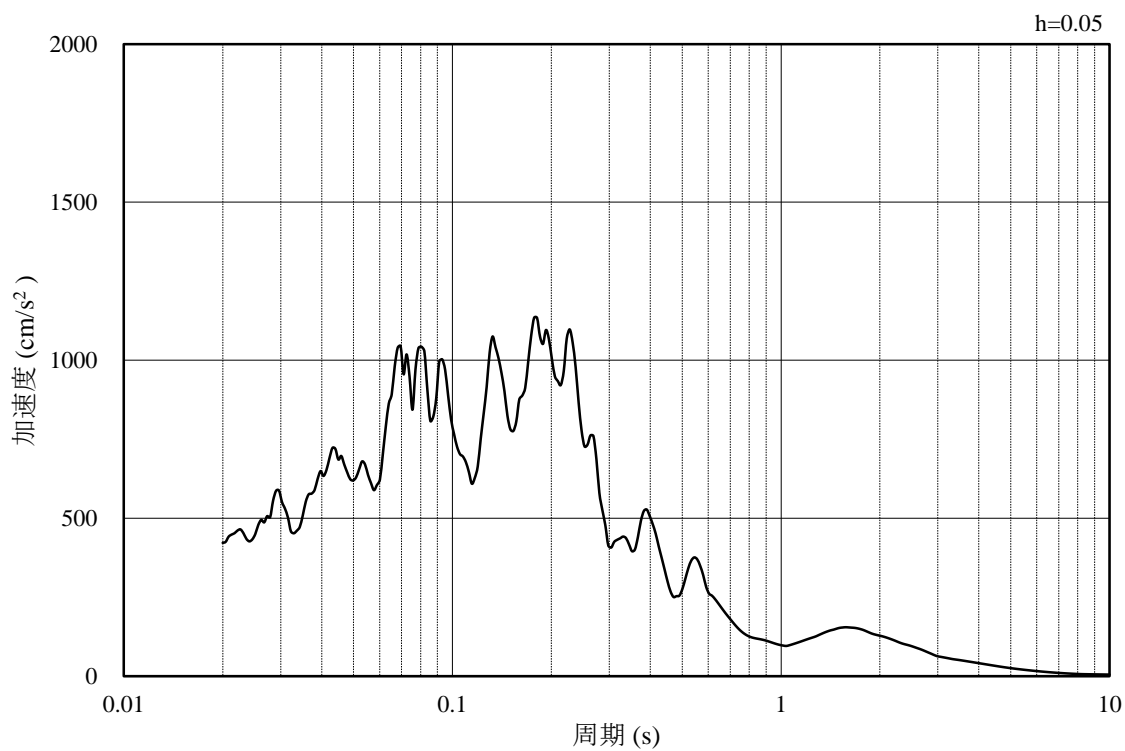


(b) 加速度応答スペクトル

図 4—8 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平成分：S s - F 2，東西方向)

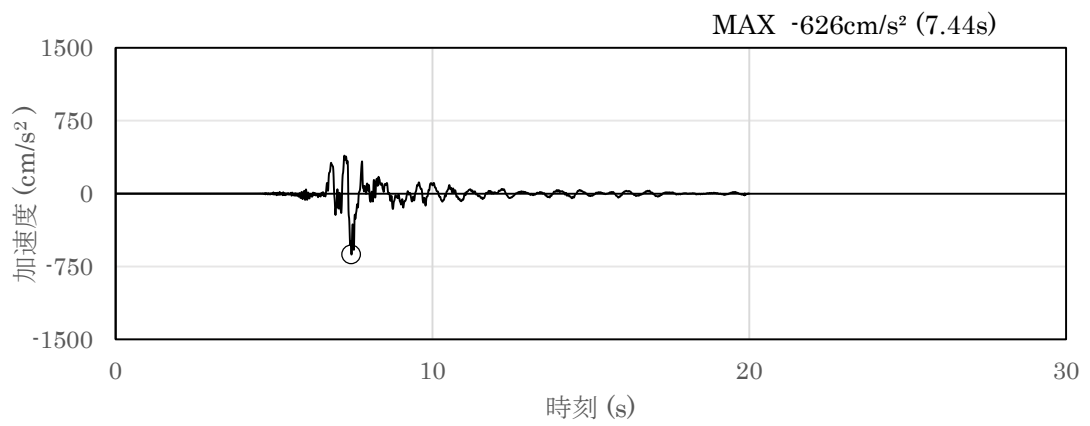


(a) 加速度時刻歴波形

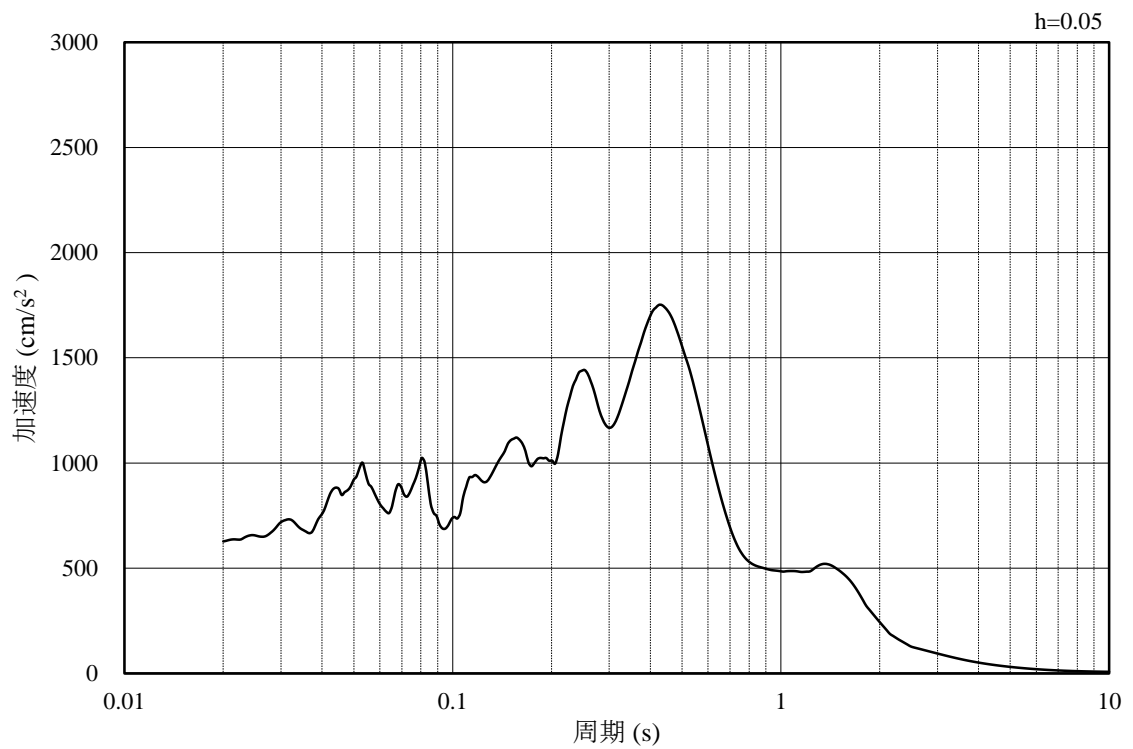


(b) 加速度応答スペクトル

図 4—9 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直成分：S s - F 2)

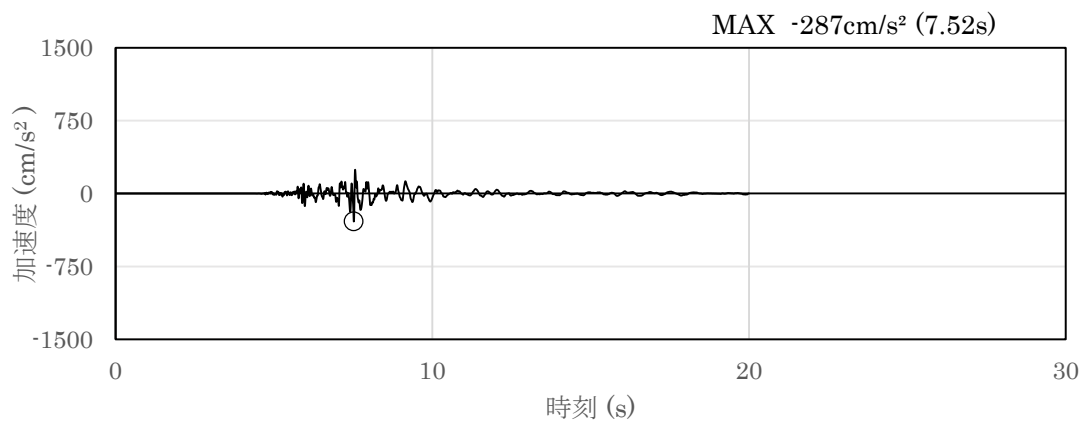


(a) 加速度時刻歴波形

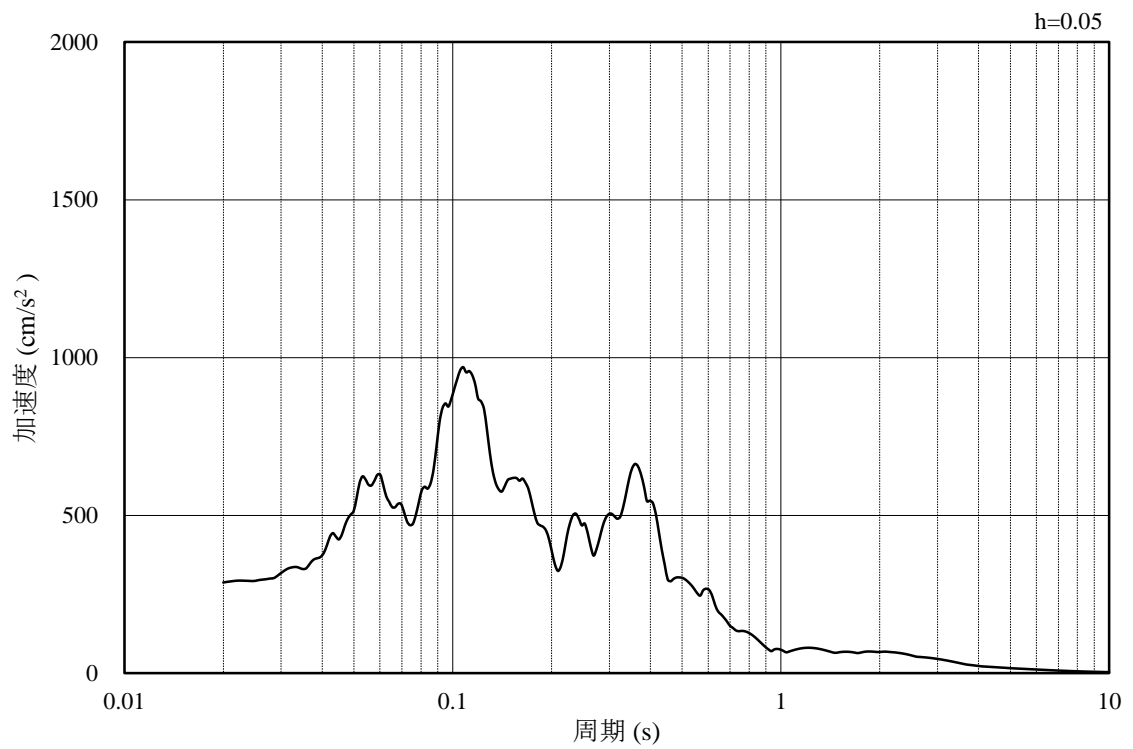


(b) 加速度応答スペクトル

図 4—10 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平成分：S s - N 1)

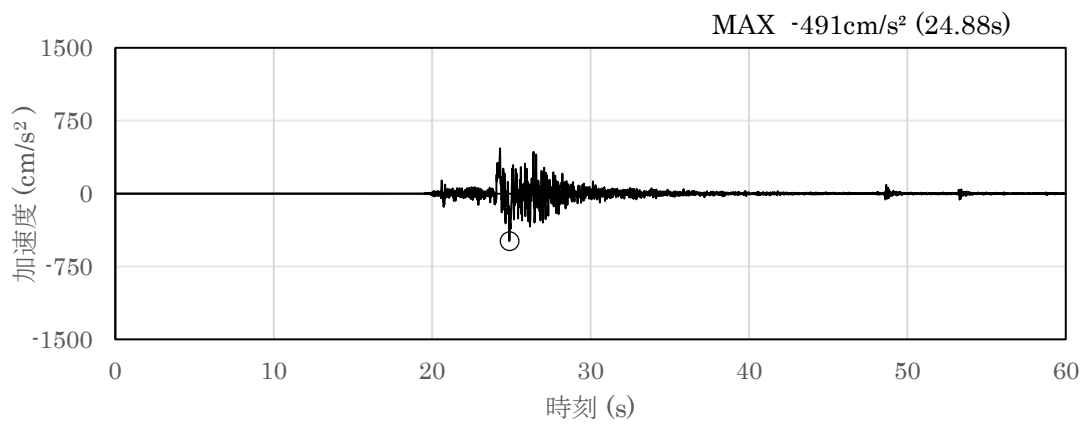


(a) 加速度時刻歴波形

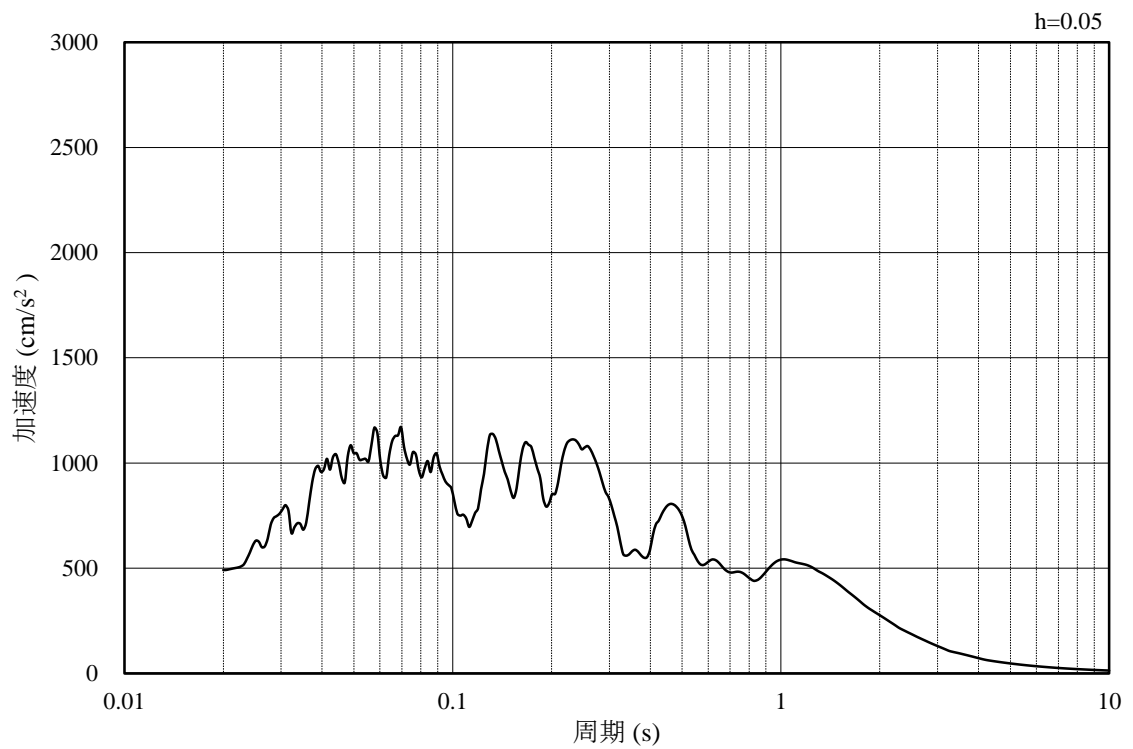


(b) 加速度応答スペクトル

図 4—11 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直成分：S s - N 1)

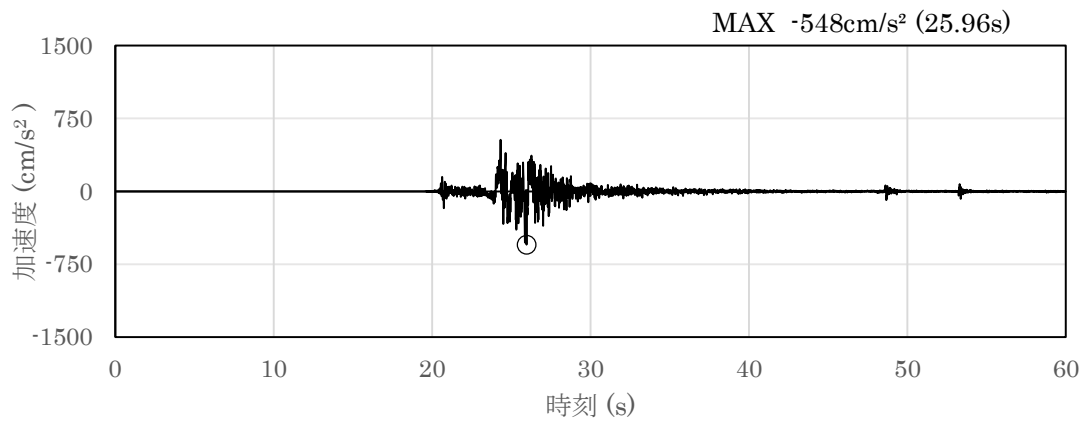


(a) 加速度時刻歴波形

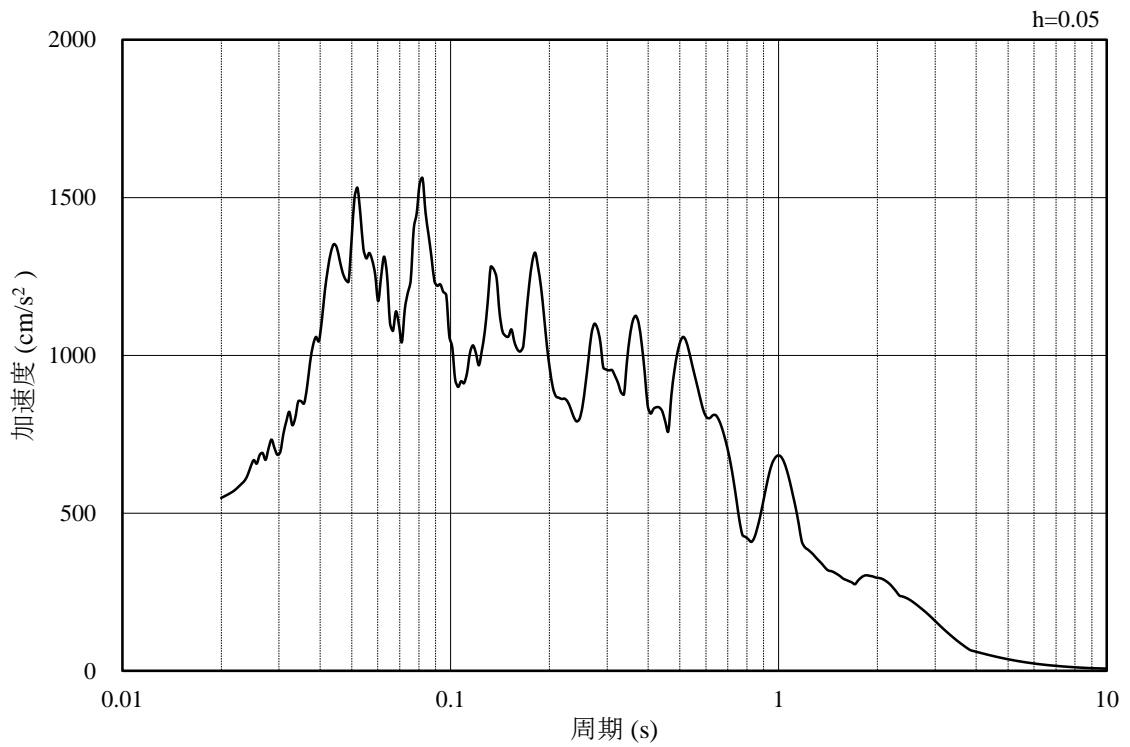


(b) 加速度応答スペクトル

図 4—12 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平成分：S s - N 2, N S 方向)

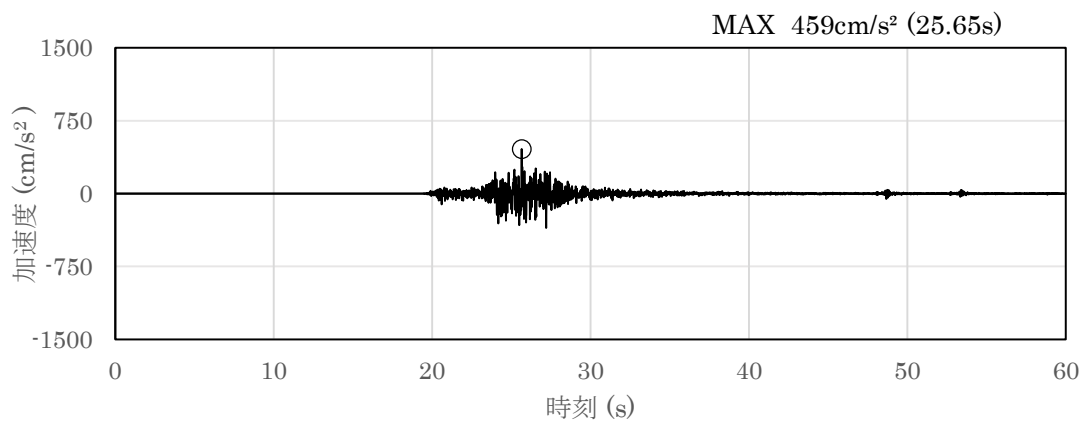


(a) 加速度時刻歴波形

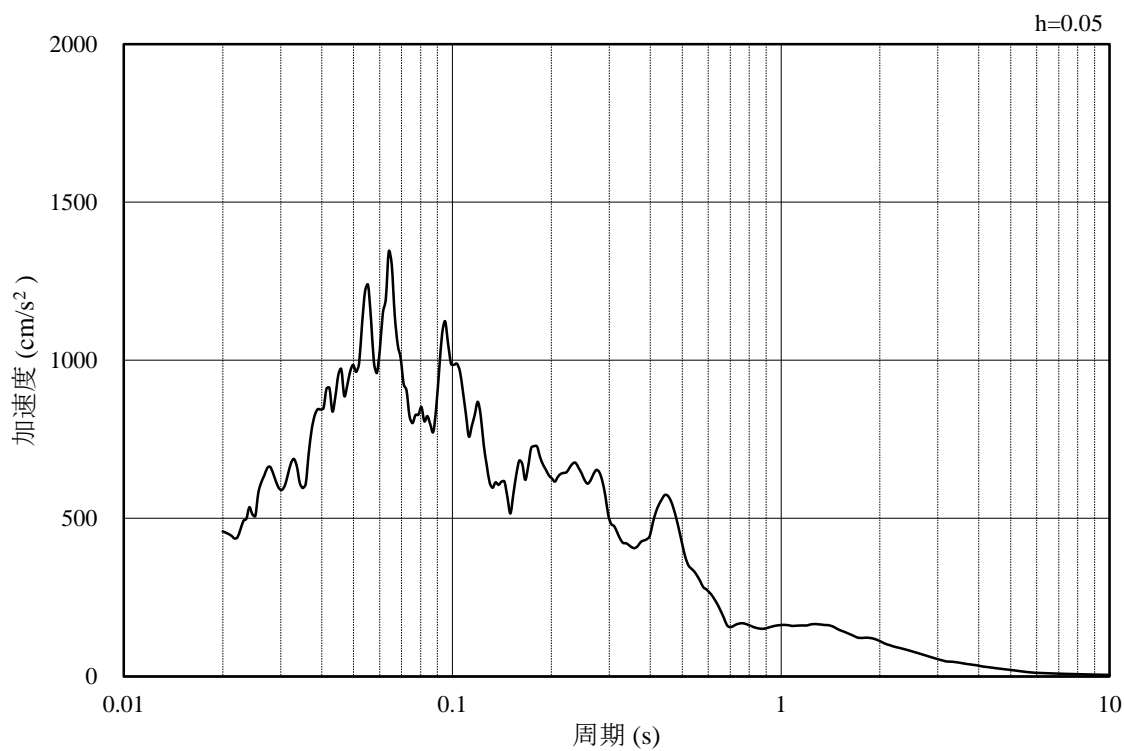


(b) 加速度応答スペクトル

図 4—13 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平成分：S s - N 2, E W方向)



(a) 加速度時刻歴波形



(b) 加速度応答スペクトル

図 4—14 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直成分 : S s - N 2)

4.2 許容限界の設定

許容限界は、VI-2-別添 4-1「地下水位低下設備の耐震計算の方針」に基づき設定する。

4.2.1 構造部材の健全性に対する許容限界

構造部材の許容限界については、「コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（（社）土木学会，2002年制定）」及び「道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成24年3月）」に基づき、表4-1のとおり設定する。

表4-1 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* ¹ f'c _k = 36 (N/mm ²)	短期許容曲げ圧縮応力度 σ_{ca}	19.2
	短期許容せん断応力度 τ_{a1}	0.795
鉄筋	SD490	短期許容引張応力度 σ_{sa} (曲げ軸力) * ²
	SD345	短期許容引張応力度 σ_{sa} (曲げ軸力) * ¹
		435
		294

注記*1：コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（（社）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（（社）日本道路協会，平成24年3月）

4.2.2 基礎地盤の支持性能に対する許容限界

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、岩盤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4-2に示す。

表4-2 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	C _M 級岩盤	9.8

4.3 評価方法

4.3.1 鉛直断面の曲げ軸力に対する評価

揚水井戸は直交する2断面（A-A断面（東西方向），B-B断面（南北方向））を解析断面として選定し，2次元全応力解析を実施し部材の設計を行う。揚水井戸の鉛直鉄筋は2次元全応力解析において算出される線形はり要素の発生断面力（曲げ軸力）を用いて2次元静的フレーム解析を実施し，照査を行う。その際，水平2方向及び鉛直方向地震力に対して円筒状立抗の場合は，地震動の加振方向に対して抵抗する部位が明確でない。そこで，円筒状立抗の曲げ軸力が時刻歴最大となる時刻の曲げモーメントが直交する方向にも同時に作用するものと仮定（曲げモーメントを $\sqrt{2}$ 倍）して，構造部材の曲げ軸力による発生応力が許容限界以下であることを確認する。

線形はり要素の鉛直断面設計概念図を図4-15に示す。

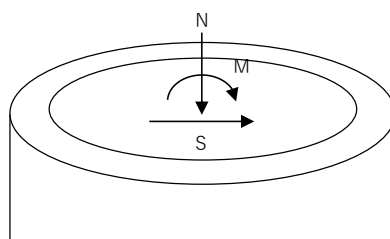


図4-15 線形はり要素の鉛直断面設計概念図

4.3.2 鉛直断面のせん断力に対する評価

2次元全応力解析において算出される線形はり要素の発生せん断力(S)に対しコンクリートの有効断面積(A_w)で抵抗するものとし、せん断力度 $\tau = S/A_w$ が「コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（（社）土木学会，2002年制定）」に示される許容せん断応力度 τ_{al} を超える場合はせん断補強筋が必要となる。

本評価においては、2次元地震応答解析において算出される線形はり要素の発生せん断力を用いて2次元静的フレーム解析を実施し、照査を行い、構造部材の発生せん断力が鉄筋コンクリートとしての許容限界、すなわち短期許容せん断力 V_a 以下であることを確認する。

側壁の水平方向の鉄筋の設計は、「コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（（社）土木学会，2002年制定）」に準拠して、円筒形断面を同じ面積の矩形断面として考慮し実施する。各2次元鉛直断面モデルの面内方向のせん断力照査で設計する水平鉄筋と、面外方向の荷重に対する水平断面モデルの曲げ軸力照査で設計する水平鉄筋は、同じ方向の鉄筋であり、両設計で算定される必要水平鉄筋量を足し合わせた合計必要水平鉄筋量以上を面内方向に配置する。これと共に、面外方向のせん断力に対しては、面内方向の2次元鉛直断面モデルと直交する方向（面外方向）の2次元鉛直断面モデルで求められる荷重を水平断面モデルへ与えることによるせん断力照査で設計するせん断補強筋を配置する。

4.3.3 水平断面の曲げ軸力及びせん断力に対する評価

揚水井戸の水平断面については、側壁を線形はり要素によりモデル化した2次元静的フレーム解析に基づき照査を行う。水平断面の評価概念図を図4-16に示す。

地盤と立坑の連成系モデルによる2次元全応力解析の結果に基づき、立坑水平断面の検討では、地震時地盤反力の時刻歴最大時の荷重を作用させる場合（両押し時）と地震時地盤反力の時刻歴最大時の荷重を片側のみ作用させる場合（片押し時）の2つの荷重状態について検討する。

水平断面の設計荷重として、図4-16に示すように、両押し時は、2次元全応力解析により得られる立坑側方の地震時地盤反力の全時刻の最大値を抽出し、最大値発生時刻の荷重を常時荷重と共に作用させる。

片押し時は、両押し時と同じ地震時地盤反力の最大値を立坑平面の片側から最大荷重として常時荷重と共に作用させる。

常時荷重については常時土圧及び静水圧を考慮する。地震時地盤反力を考慮する方向と直交する方向の荷重は、地震時地盤反力を打ち消す効果があるため、常時荷重については、設計断面の適用範囲ごとに最浅部（最小）の常時荷重を算定し、図4-16に示すように、立坑水平断面の2次元静的フレーム解析に用いる。

境界条件については、「道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会、平成24年3月）」に準拠し、単純支持とする。

2次元静的フレーム解析には解析コード「TDAP」を使用する。

構造部材の発生断面力（曲げモーメント、軸力、せん断力）が許容限界以下であることを確認する。なお、ここで設計する主鉄筋は、2次元静的フレーム解析モデルの側壁面外方向の地震時最大地盤反力で生じる曲げ応力に対する配筋である。

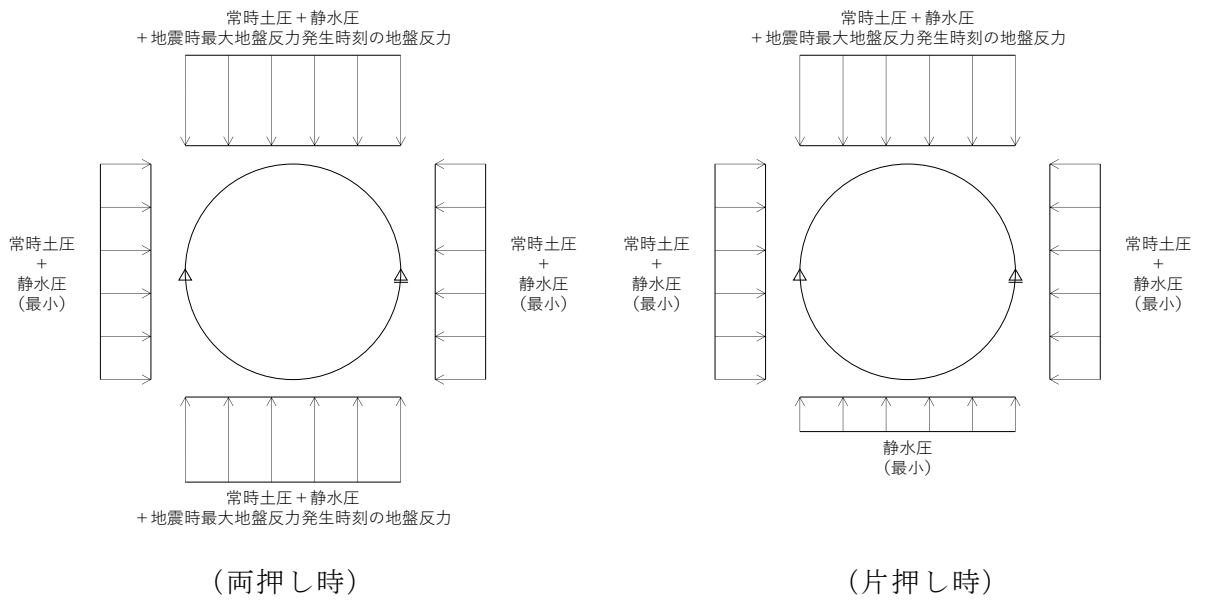
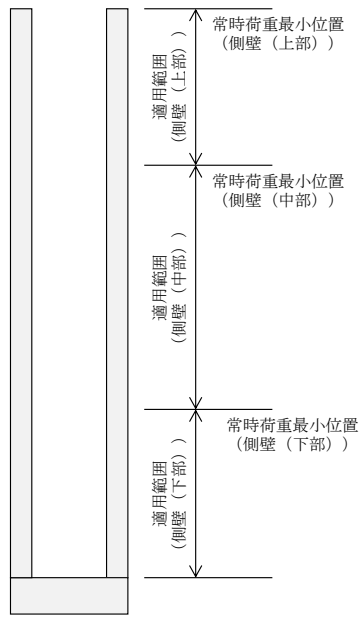


図 4-16 水平断面の評価概念図 (フレーム解析)

4.3.4 水平2方向及び鉛直方向地震力に対する評価

揚水井戸の設計における水平2方向及び鉛直方向地震力に対する耐震安全性は、側壁面内方向の水平鉄筋の配筋量にて確認する。

揚水井戸の側壁における面内方向の水平鉄筋として、2次元地震応答解析(鉛直断面)モデルの側壁面内方向のせん断力に対するせん断補強鉄筋(A_{s1})と、水平断面の2次元静的フレーム解析モデルの側壁面外方向の地震時最大地盤反力で生じる曲げ軸力に対する主鉄筋(A_{s2})は同じ向きの配筋となる。

したがって、 A_{s1} の必要鉄筋量と A_{s2} の必要鉄筋量を足し合わせた合計必要鉄筋量以上の実配筋量が側壁の面内方向に配置されていることを確認する。

側壁の水平鉄筋の設計イメージを図4-17に示す。

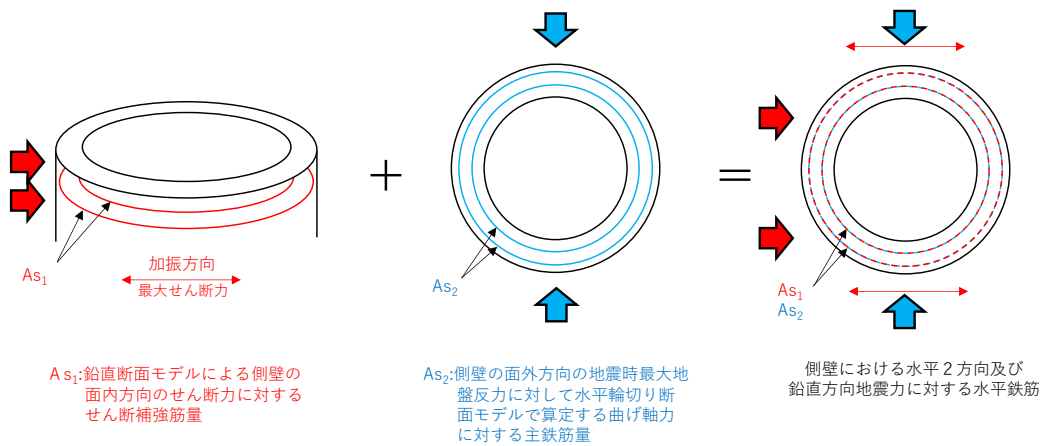


図4-17 側壁の水平鉄筋の設計イメージ

4.3.5 底版に対する耐震評価

底版は接続する側壁の中心間距離をスパンとした単位幅の1方向を考慮し、両端を単純支持とした理論解により設計断面力を算定する。

設計荷重は2次元地震応答解析において、仮想剛はり要素(底面)下面の地盤要素に発生する地震時地盤反力の和が最大となる時刻を抽出し、その時刻における地盤反力を作用させる。また、静水圧も分布荷重として考慮する。

揚水井戸の底版の構造部材の発生応力が許容限界以下であることを確認する。底版の応答解析概念図を図4-18に示す。

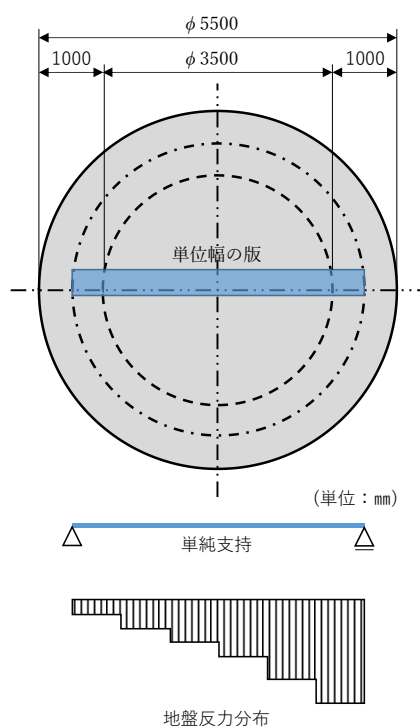


図 4-18 底版の応答解析概念図

4.3.6 側壁と底版の結合部における局所の曲げモーメント増分の廻り込みを考慮した耐震評価

側壁と底版の隅角部には，床版曲げモーメント (M_1) が側壁に廻り込む。また側壁が底版に支持される拘束効果により，地震時荷重を面外方向に受けた場合に曲げモーメントが反転する (M_2)。この現象は2次元地震応答解析において考慮することができないため，側壁と底版の結合部における曲げモーメント増分の廻り込みを考慮した設計を行う。

底版から側壁に廻り込む曲げモーメント概念図を図4-19に示す。

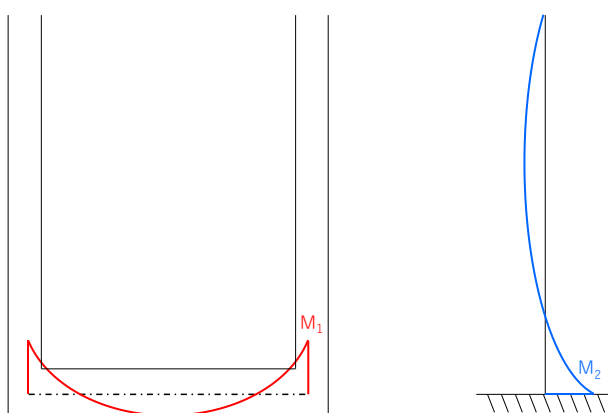


図4-19 底版から側壁に廻り込む曲げモーメント概念図

側壁と底版を結合することにより底版に発生する端部の曲げモーメント (M_1) は、底版両端を固定支持とした理論解により算定する。荷重については、底版の地盤反力の和が最大となる時刻の地盤反力を作用させる。

また、側壁に作用する荷重による、側壁と底版の結合部に発生する曲げモーメント (M_2) は、底版と揚水井戸上端をスパンとした単位幅の 1 方向を考慮した、底版を固定条件、揚水井戸上端をピン支持条件のほりとしてモデル化し、2次元静的フレーム解析により算定する。荷重については、地盤反力の和が最大となる時刻の地盤反力を作用させる。

底版の端部の曲げモーメント (M_1) 及び底版に拘束された側壁に発生する端曲げモーメント (M_2) の和を設計曲げモーメントとする。

上記により得られる設計曲げモーメントから鉛直鉄筋の引張応力度 (σ_{v2}) を算定する。円筒状立抗の曲げ軸力が時刻歴最大となる時刻の曲げモーメントを直行する方向にも同時に作用させるものと仮定(曲げモーメントを $\sqrt{2}$ 倍)して求められた鉛直鉄筋の引張応力度 (σ_{v1}') を加算した鉛直鉄筋の引張応力度 ($\sigma_{v1}' + \sigma_{v2}$) が許容限界以下であることを確認する。

5. 評価結果

5.1 鉛直断面の評価結果

5.1.1 鉛直断面の曲げ軸力に対する評価結果

鉛直断面の曲げ軸力に対する評価位置を図 5-1 に示す。鉛直断面におけるコンクリートの曲げ軸力及び鉄筋の曲げ軸力の各評価位置において最も厳しい照査値を表 5-1 及び表 5-2 に、その際の断面力（曲げモーメント，軸力，せん断力）を図 5-2 に示す。これらの図は、構造部材の曲げ軸力及びせん断力照査結果の照査値が最大となる時刻における要素ごとの断面力を示したものである。また、コンクリートの曲げ軸力照査結果一覧を表 5-3 に、鉄筋の曲げ軸力照査結果一覧を表 5-4 に示す。

揚水井戸の側壁における許容応力度法による照査を行った結果、評価位置においてコンクリートの圧縮応力度及び鉄筋の引張応力度が許容限界以下であることを確認した。

断面計算に用いた断面諸元の一覧を表 5-5 に示す。

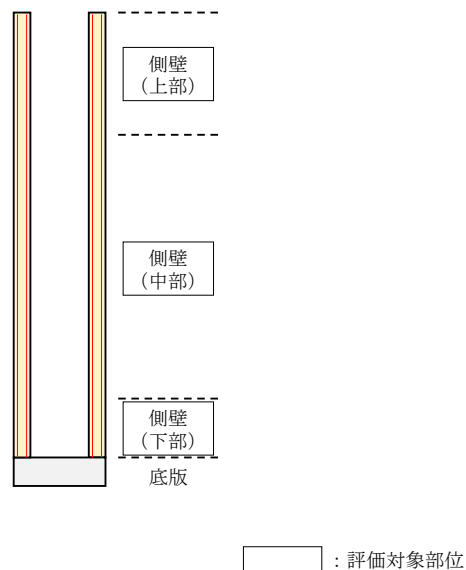


図 5-1 評価位置図

表 5-1 (1) コンクリートの曲げ軸力に対する照査結果 (A-A断面)
(各評価位置において最も厳しい照査値とその地震波)

解析 ケース	地震 動	評価 位置	断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}
			部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げ モーメント* (kN・m)	軸力 (kN)			
①	Ss-D (-, +)	上部	1772	4874	4463	D29×60 本(外側) D29×60 本(内側)	21216	3124	3.4	19.2	0.18
③	Ss-D (-, +)	中部	1772	4874	4463	D35×60 本(外側) D35×60 本(内側)	18578	5780	2.3	19.2	0.12
①	Ss-N1 (-, +)	下部	1772	4874	4463	D41×60 本(外側) D41×60 本(内側)	22769	14463	2.4	19.2	0.13

注記* : 曲げモーメントは直交する方向にも同時に作用するものと仮定して $\sqrt{2}$ 倍した値を記載

表 5-1 (2) コンクリートの曲げ軸力に対する照査結果 (B-B断面)
(各評価位置において最も厳しい照査値とその地震波)

解析 ケース	地震 動	評価 位置	断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}
			部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げ モーメント* (kN・m)	軸力 (kN)			
①	Ss-D (-, +)	上部	1772	4874	4463	D29×60 本(外側) D29×60 本(内側)	14166	1999	2.3	19.2	0.12
①	Ss-D (-, +)	中部	1772	4874	4463	D35×60 本(外側) D35×60 本(内側)	22814	4609	3.0	19.2	0.16
①	Ss-D (+, +)	下部	1772	4874	4463	D41×60 本(外側) D41×60 本(内側)	26758	16989	2.9	19.2	0.16

注記* : 曲げモーメントは直交する方向にも同時に作用するものと仮定して $\sqrt{2}$ 倍した値を記載

表 5-2 (1) 鉄筋の曲げ軸力に対する照査結果 (A-A断面)
(各評価位置において最も厳しい照査値とその地震波)

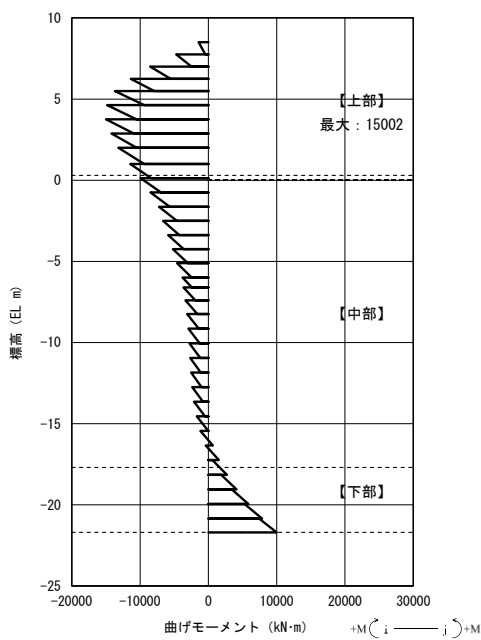
解析 ケース	地震動	評価 位置	断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s/σ_{sa}
			部材幅 b(mm)	部材高 h(mm)	有効高 d(mm)		曲げ モーメント* (kN・m)	軸力 (kN)			
③	Ss-D (-, +)	上部	1772	4874	4463	D29×60 本(外側) D29×60 本(内側)	20295	1920	145.4	435	0.34
①	Ss-N1 (+, +)	中部	1772	4874	4463	D35×60 本(外側) D35×60 本(内側)	12519	297	72.8	435	0.17
①	Ss-D (+, -)	下部	1772	4874	4463	D41×60 本(外側) D41×60 本(内側)	20273	9091	26.8	435	0.07

注記* : 曲げモーメントは直交する方向にも同時に作用するものと仮定して $\sqrt{2}$ 倍した値を記載

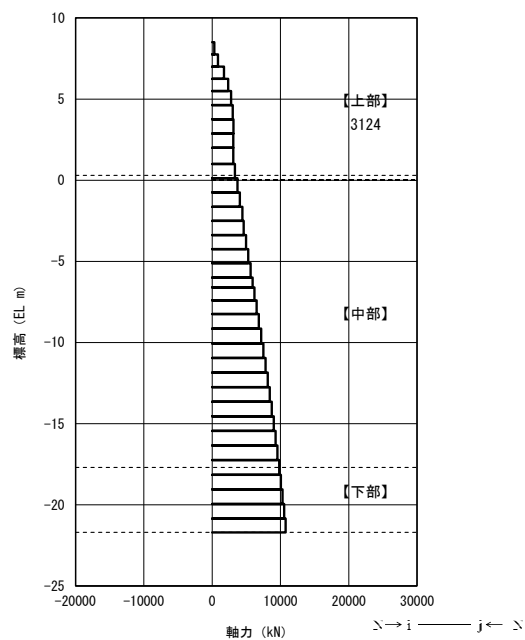
表 5-2 (2) 鉄筋の曲げ軸力に対する照査結果 (B-B断面)
(各評価位置において最も厳しい照査値とその地震波)

解析 ケース	地震動	評価 位置	断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s/σ_{sa}
			部材幅 b(mm)	部材高 h(mm)	有効高 d(mm)		曲げ モーメント* (kN・m)	軸力 (kN)			
①	Ss-D (-, +)	上部	1772	4874	4463	D29×60 本(外側) D29×60 本(内側)	14166	1999	90.7	435	0.21
①	Ss-D (-, +)	中部	1772	4874	4463	D35×60 本(外側) D35×60 本(内側)	22814	4609	88.7	435	0.21
①	Ss-D (+, -)	下部	1772	4874	4463	D41×60 本(外側) D41×60 本(内側)	25278	14127	20.2	435	0.05

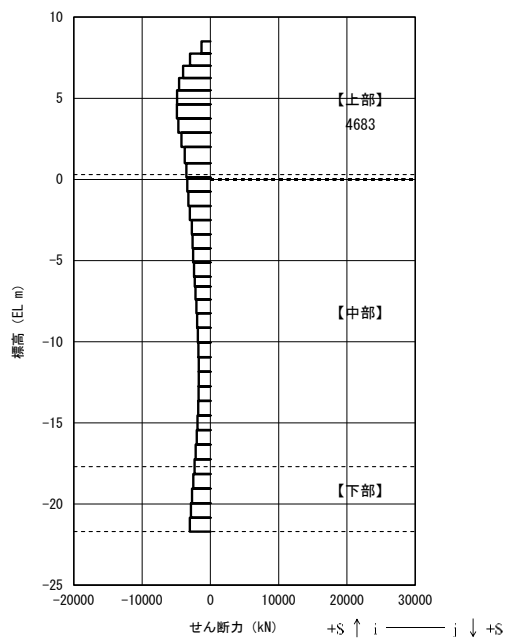
注記* : 曲げモーメントは直交する方向にも同時に作用するものと仮定して $\sqrt{2}$ 倍した値を記載



曲げモーメント図

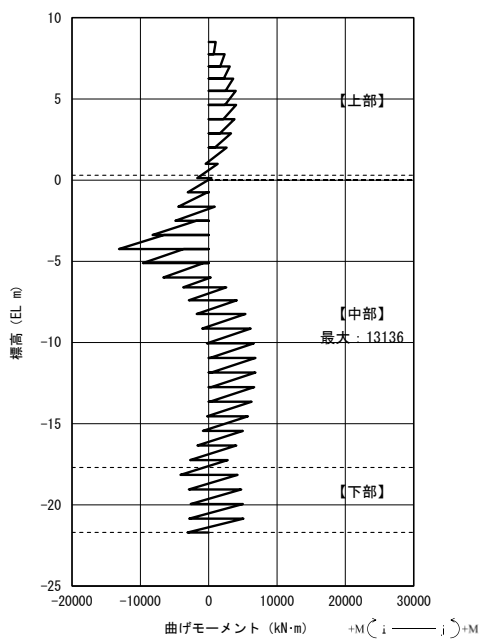


軸力図

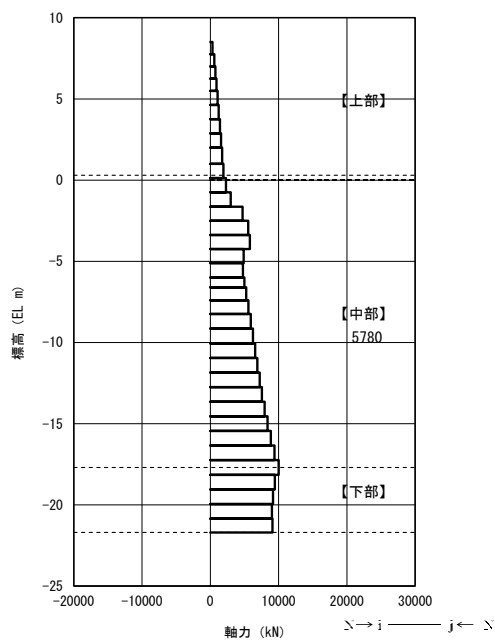


せん断力図

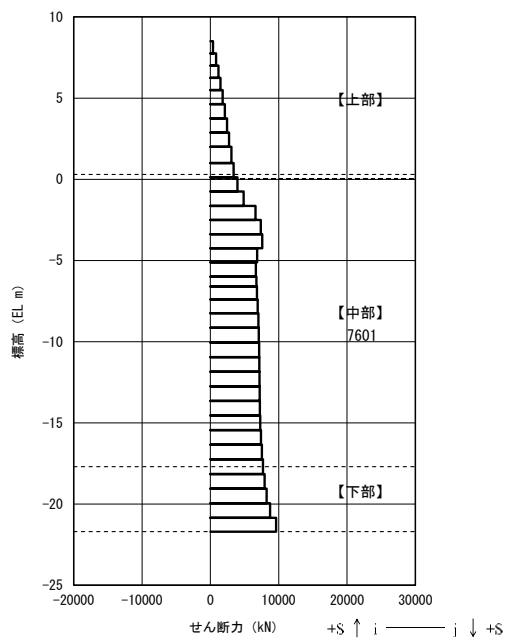
図 5-2 (1) コンクリートの曲げ軸力が最も厳しい時刻の断面力 (A-A 断面, 上部)
 (S s - D (-, +), t = 10.26 s) (解析ケース①)



曲げモーメント図

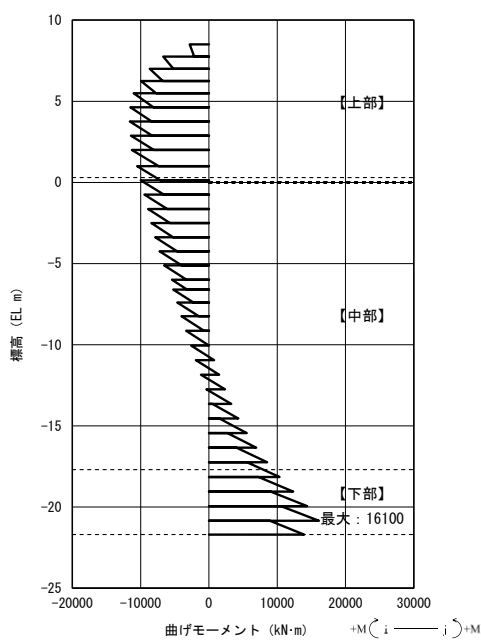


軸力図

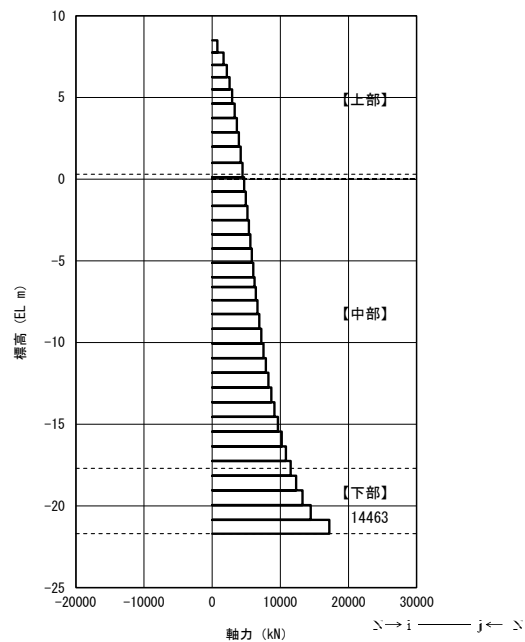


せん断力図

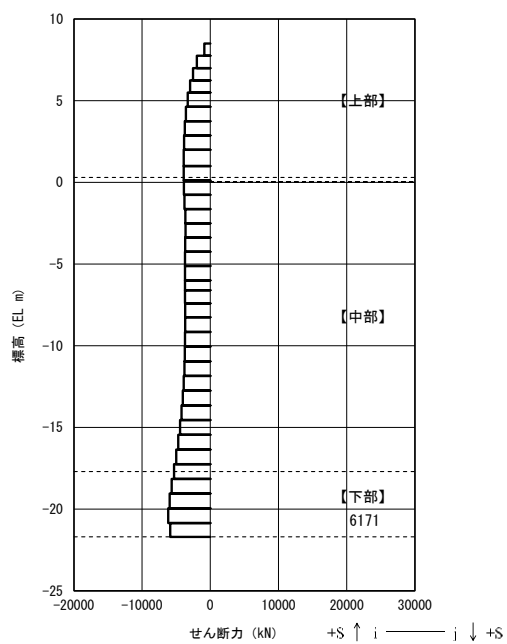
図 5-2 (2) コンクリートの曲げ軸力が最も厳しい時刻の断面力 (A-A 断面, 中部)
($S_s - D (-, +)$, $t = 8.56 \text{ s}$) (解析ケース③)



曲げモーメント図

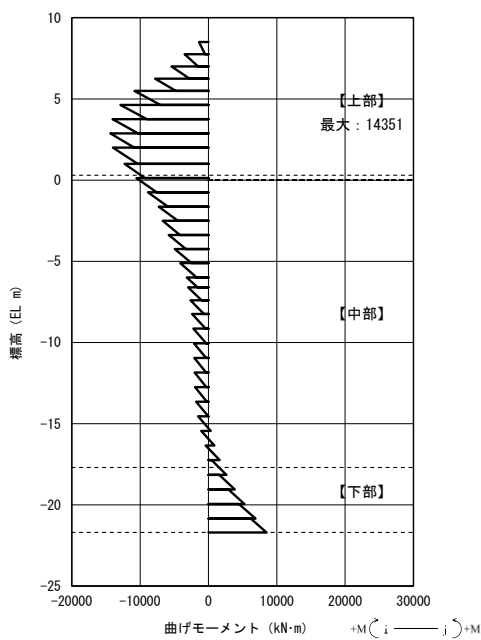


軸力図

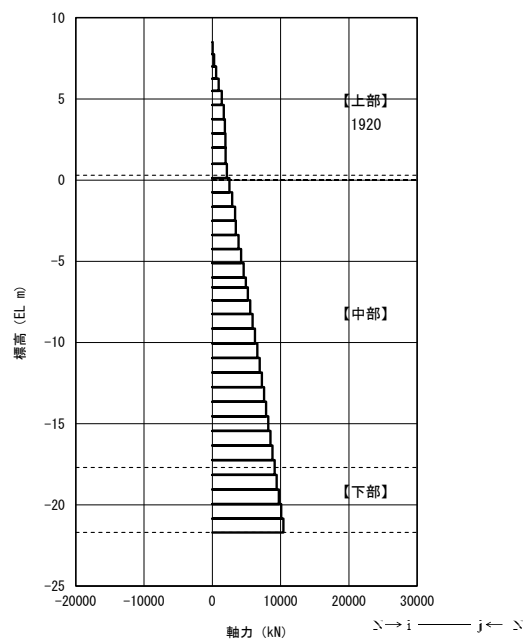


せん断力図

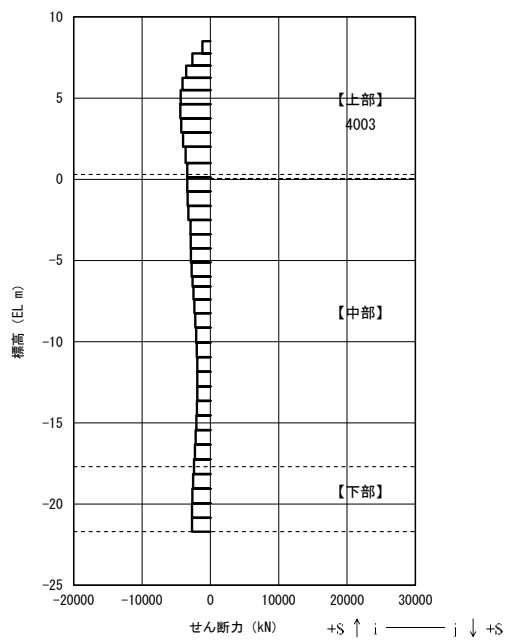
図 5-2 (3) コンクリートの曲げ軸力が最も厳しい時刻の断面力 (A-A 断面, 下部)
($S_s - N_1$ (-, +), $t = 7.53$ s) (解析ケース①)



曲げモーメント図

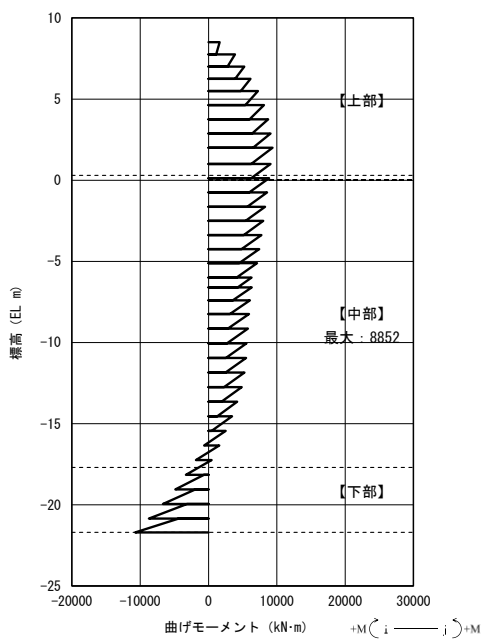


軸力図

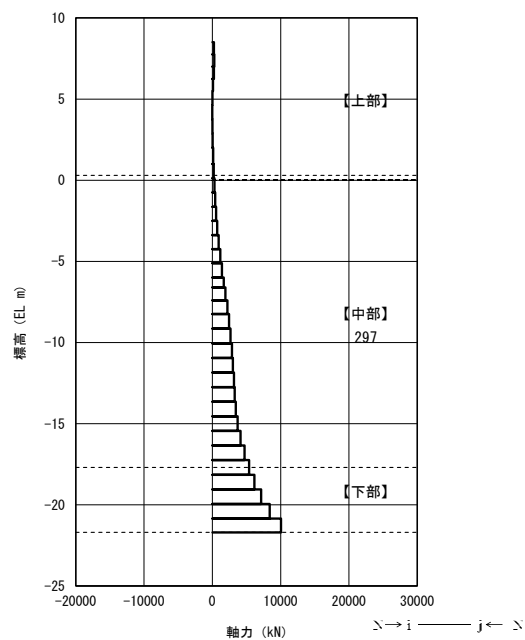


せん断力図

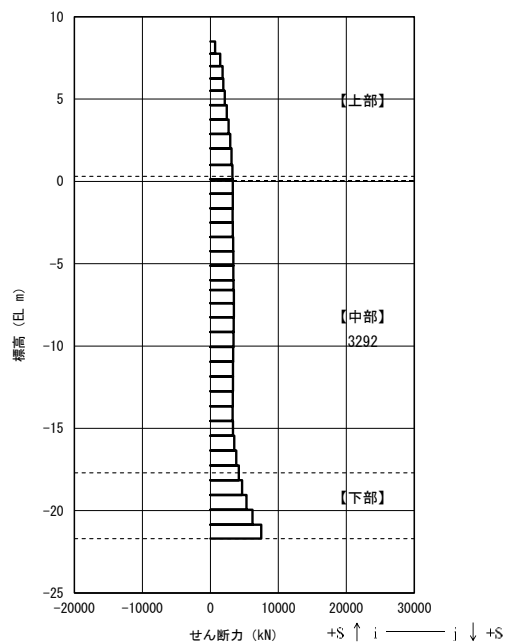
図 5-2 (4) 鉄筋の曲げ軸力が最も厳しい時刻の断面力 (A-A 断面, 上部)
 (S s - D (-, +), t = 10.27 s) (解析ケース③)



曲げモーメント図

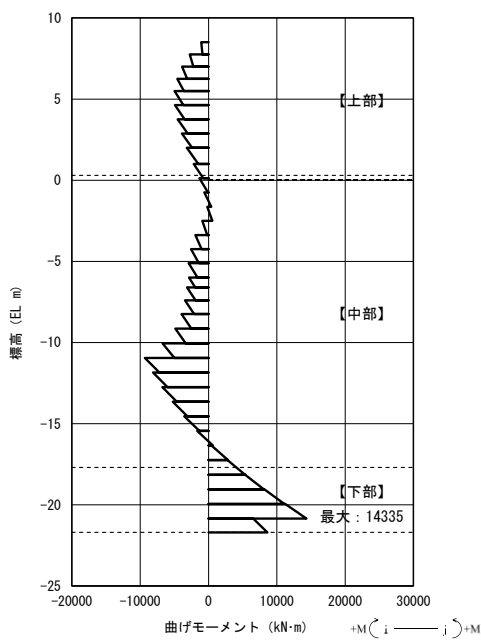


軸力図

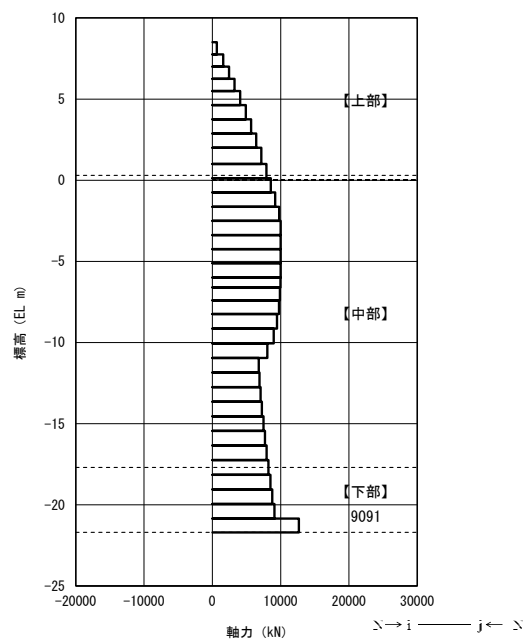


せん断力図

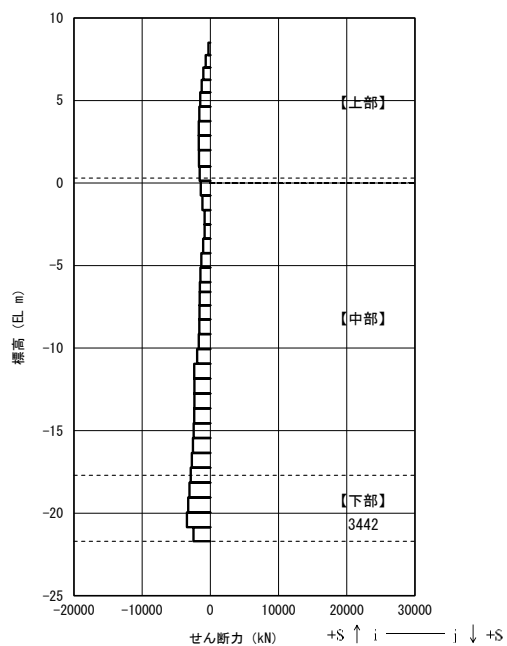
図 5-2 (5) 鉄筋の曲げ軸力が最も厳しい時刻の断面力 (A-A 断面, 中部)
 (S s - N 1 (+, +), t = 7.52 s) (解析ケース①)



曲げモーメント図

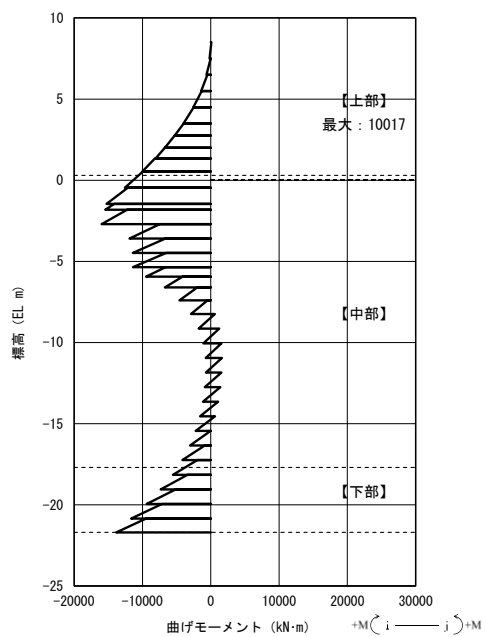


軸力図

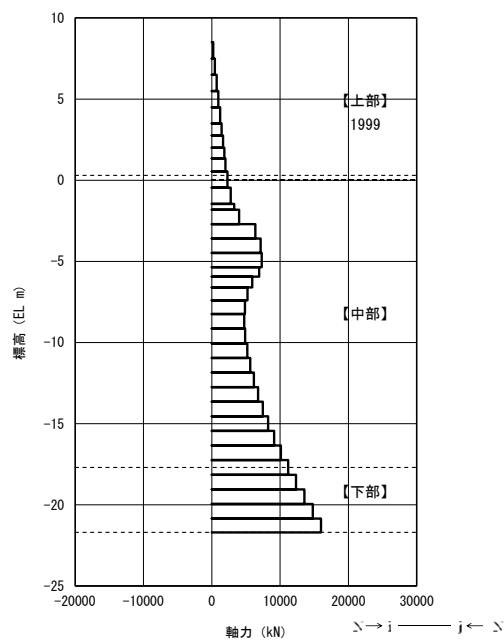


せん断力図

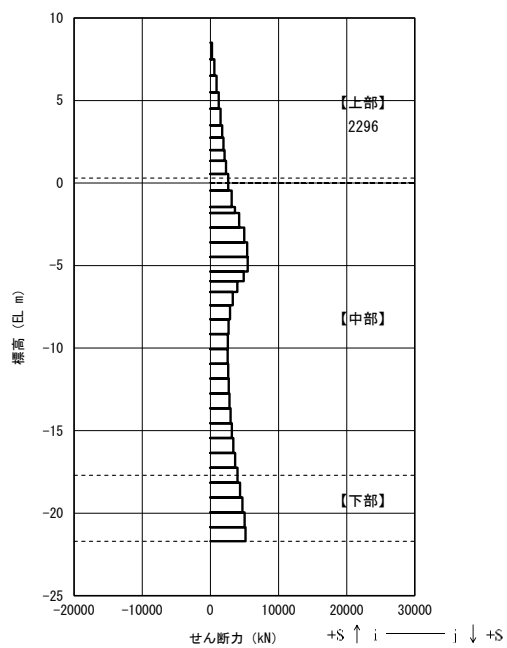
図 5-2 (6) 鉄筋の曲げ軸力が最も厳しい時刻の断面力 (A-A 断面, 下部) (S s - D (+, -), t = 8.59 s) (解析ケース①)



曲げモーメント図

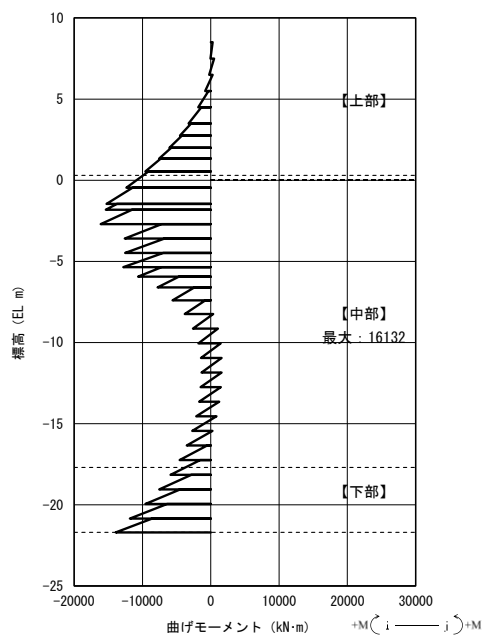


軸力図

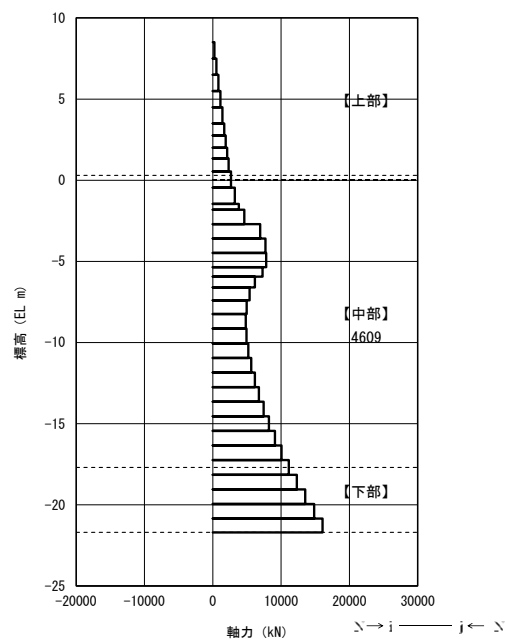


せん断力図

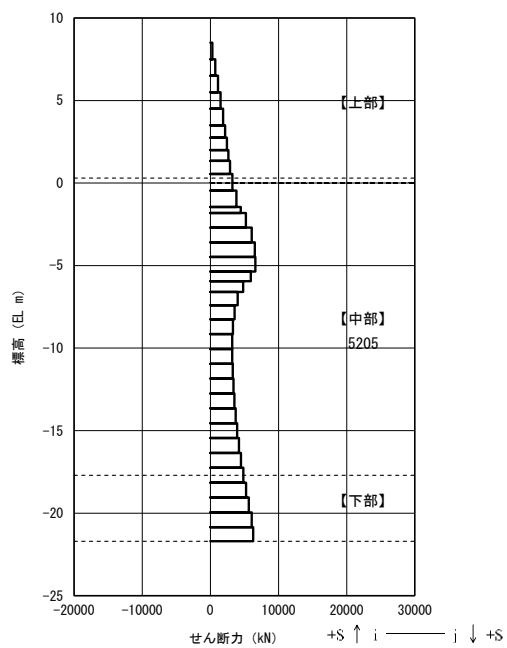
図 5-2 (7) コンクリートの曲げ軸力が最も厳しい時刻の断面力 (B-B 断面, 上部)
($S_s - D(-, +)$, $t = 8.93 \text{ s}$) (解析ケース①)



曲げモーメント図

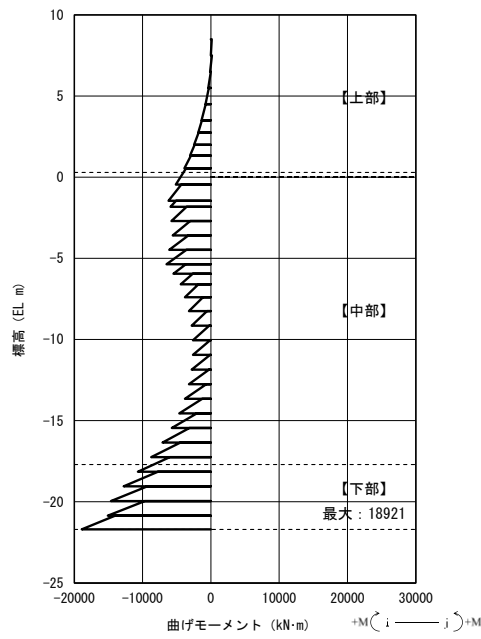


軸力図

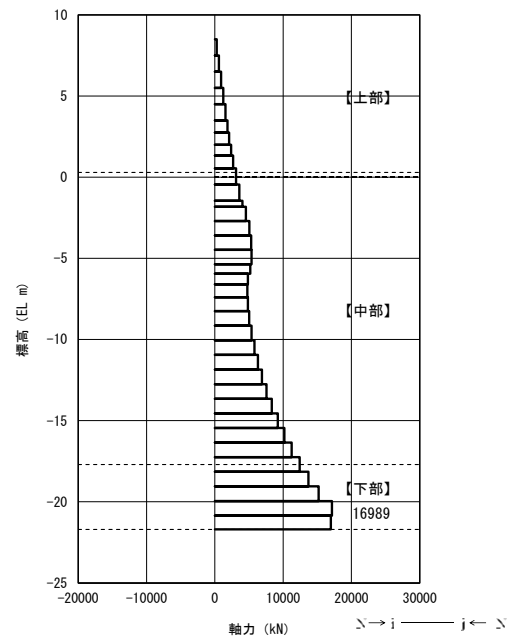


せん断力図

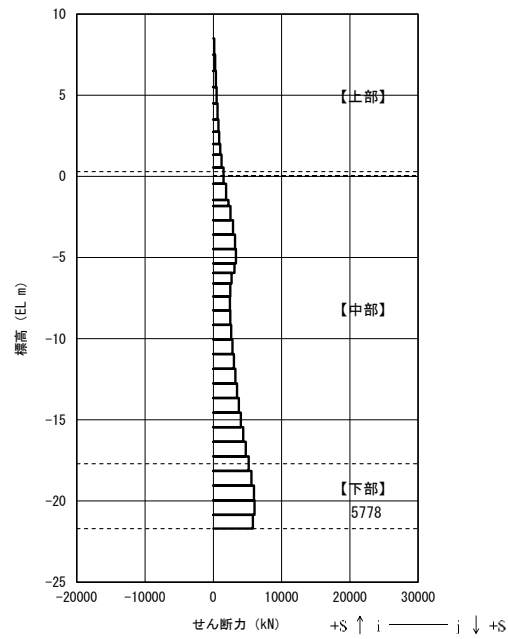
図 5-2 (8) コンクリートの曲げ軸力が最も厳しい時刻の断面力 (B-B 断面, 中部)
($S_s - D(-, +)$, $t = 8.92$ s) (解析ケース①)



曲げモーメント図

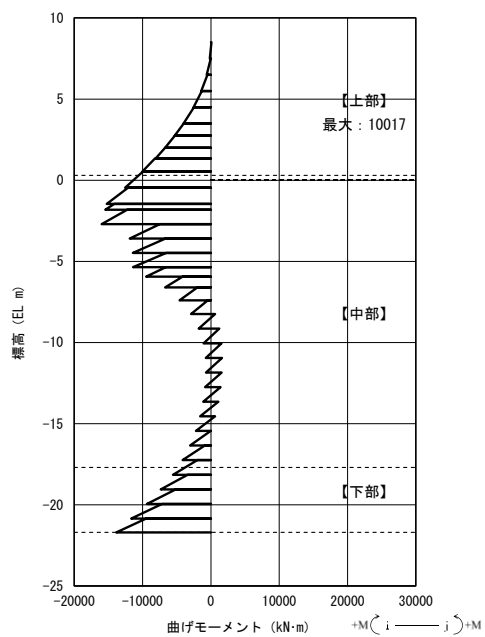


軸力図

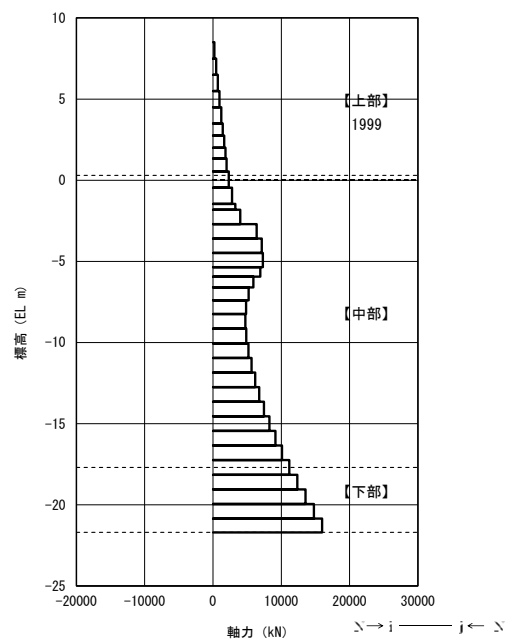


せん断力図

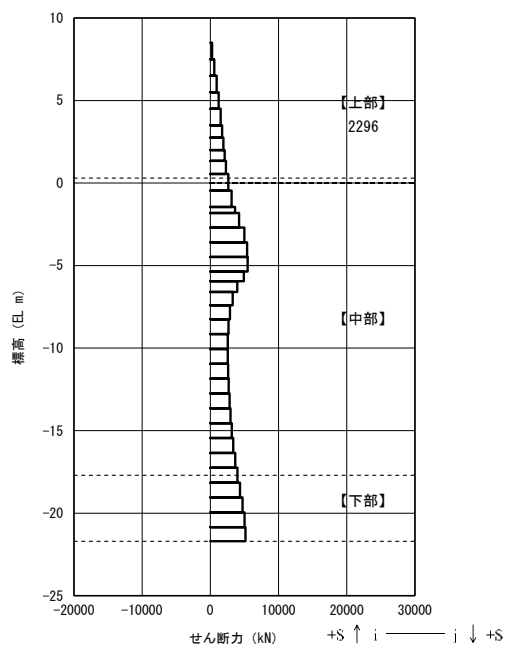
図 5-2 (9) コンクリートの曲げ軸力が最も厳しい時刻の断面力 (B-B 断面, 下部)
($S_s - D (+, +)$, $t = 9.08 \text{ s}$) (解析ケース①)



曲げモーメント図

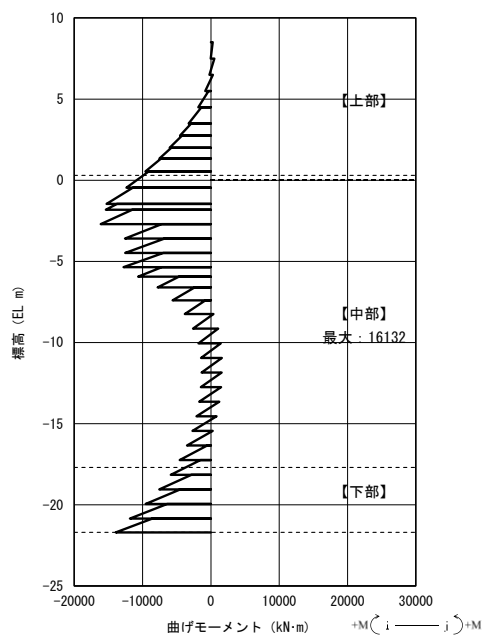


軸力図

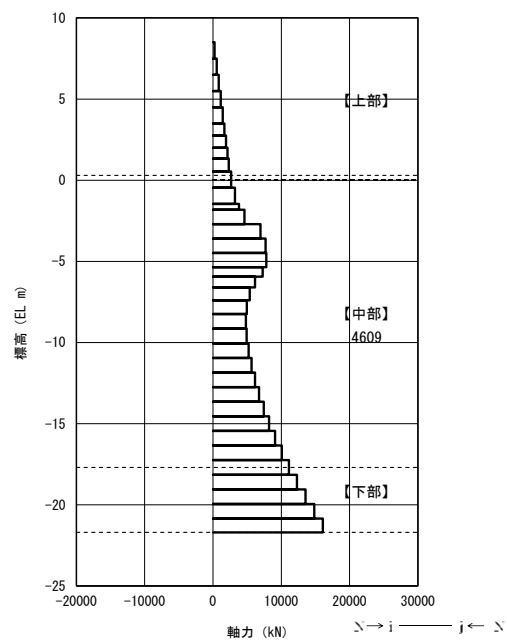


せん断力図

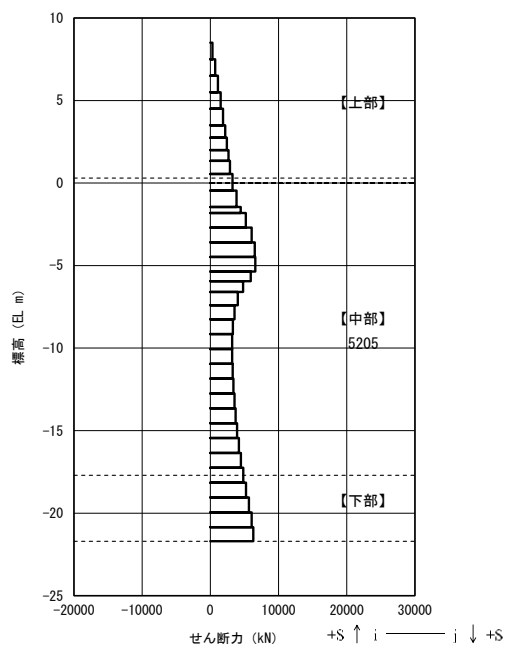
図 5-2 (10) 鉄筋の曲げ軸力が最も厳しい時刻の断面力 (B-B断面, 上部)
($S_s - D (-, +)$, $t = 8.93 \text{ s}$) (解析ケース①)



曲げモーメント図

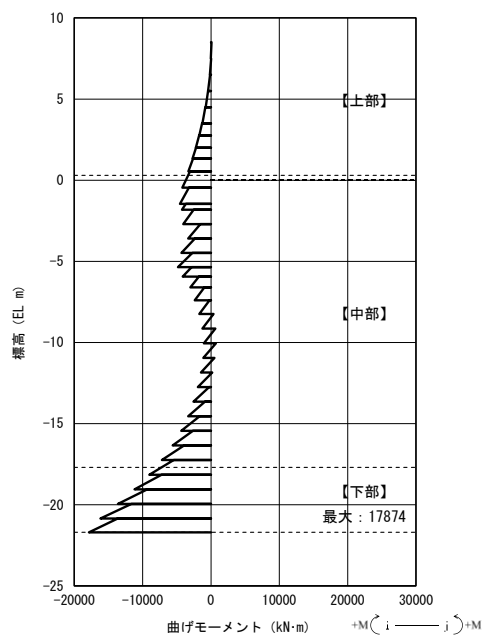


軸力図

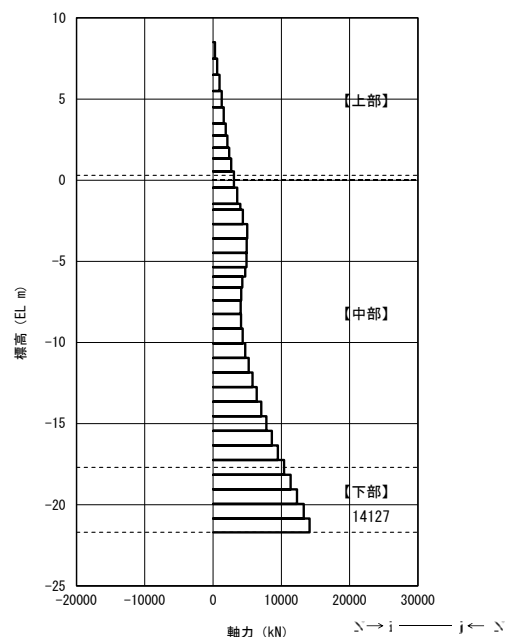


せん断力図

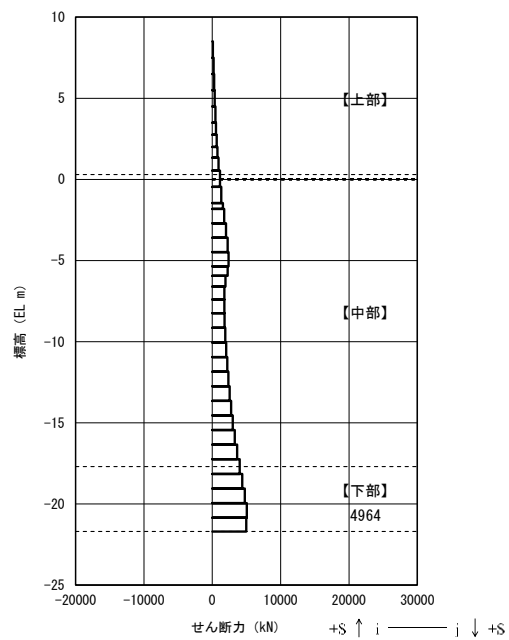
図 5-2 (11) 鉄筋の曲げ軸力が最も厳しい時刻の断面力 (B-B 断面, 中部)
($S_s - D (-, +)$, $t = 8.92 \text{ s}$) (解析ケース①)



曲げモーメント図



軸力図



せん断力図

図 5-2 (12) 鉄筋の曲げ軸力が最も厳しい時刻の断面力（B-B断面，下部）
 (S s - D (+, -), t = 9.08 s) (解析ケース①)

表 5-3 (1) コンクリートの曲げ軸力照査結果 (A-A断面) (解析ケース①)

解析 ケース	地震 動	評価 位置	断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}
			部材幅 b(mm)	部材高 h(mm)	有効高 d(mm)		曲げ モーメント* (kN・m)	軸力 (kN)			
①	Ss-D (+, +)	上部	1772	4874	4463	D29×60 本(外側) D29×60 本(内側)	18045	5236	2.6	19.2	0.14
①	Ss-D (-, +)	上部	1772	4874	4463	D29×60 本(外側) D29×60 本(内側)	21216	3124	3.4	19.2	0.18
①	Ss-D (+, -)	上部	1772	4874	4463	D29×60 本(外側) D29×60 本(内側)	17638	4664	2.6	19.2	0.14
①	Ss-D (-, -)	上部	1772	4874	4463	D29×60 本(外側) D29×60 本(内側)	17005	5323	2.4	19.2	0.13
①	Ss-F1 (+, +)	上部	1772	4874	4463	D29×60 本(外側) D29×60 本(内側)	18226	4455	2.7	19.2	0.15
①	Ss-F2 (+, +)	上部	1772	4874	4463	D29×60 本(外側) D29×60 本(内側)	11022	1623	1.7	19.2	0.09
①	Ss-N1 (+, +)	上部	1772	4874	4463	D29×60 本(外側) D29×60 本(内側)	13285	484	2.2	19.2	0.12
①	Ss-N1 (-, +)	上部	1772	4874	4463	D29×60 本(外側) D29×60 本(内側)	17543	3577	2.7	19.2	0.15
①	Ss- N2_NS (+, +)	上部	1772	4874	4463	D29×60 本(外側) D29×60 本(内側)	8250	3956	1.0	19.2	0.06
①	Ss- N2_NS (-, +)	上部	1772	4874	4463	D29×60 本(外側) D29×60 本(内側)	12354	3779	1.8	19.2	0.10
①	Ss- N2_EW (+, +)	上部	1772	4874	4463	D29×60 本(外側) D29×60 本(内側)	10577	2162	1.6	19.2	0.09
①	Ss- N2_EW (-, +)	上部	1772	4874	4463	D29×60 本(外側) D29×60 本(内側)	10622	2193	1.6	19.2	0.09

注記* : 曲げモーメントは直交する方向にも同時に作用するものと仮定して $\sqrt{2}$ 倍した値を記載

表 5-3 (2) コンクリートの曲げ軸力照査結果 (A-A断面) (解析ケース①)

解析 ケース	地震 動	評価 位置	断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}
			部材幅 b(mm)	部材高 h(mm)	有効高 d(mm)		曲げ モーメント* (kN・m)	軸力 (kN)			
①	Ss-D (+, +)	中部	1772	4874	4463	D35×60 本(外側) D35×60 本(内側)	18066	8395	2.1	19.2	0.11
①	Ss-D (-, +)	中部	1772	4874	4463	D35×60 本(外側) D35×60 本(内側)	15151	5774	1.8	19.2	0.10
①	Ss-D (+, -)	中部	1772	4874	4463	D35×60 本(外側) D35×60 本(内側)	14698	6417	1.7	19.2	0.09
①	Ss-D (-, -)	中部	1772	4874	4463	D35×60 本(外側) D35×60 本(内側)	15920	5393	2.0	19.2	0.11
①	Ss-F1 (+, +)	中部	1772	4874	4463	D35×60 本(外側) D35×60 本(内側)	12059	4568	1.5	19.2	0.08
①	Ss-F2 (+, +)	中部	1772	4874	4463	D35×60 本(外側) D35×60 本(内側)	15190	17507	2.1	19.2	0.11
①	Ss-N1 (+, +)	中部	1772	4874	4463	D35×60 本(外側) D35×60 本(内側)	12519	297	1.7	19.2	0.09
①	Ss-N1 (-, +)	中部	1772	4874	4463	D35×60 本(外側) D35×60 本(内側)	14680	4490	1.9	19.2	0.10
①	Ss- N2_NS (+, +)	中部	1772	4874	4463	D35×60 本(外側) D35×60 本(内側)	17164	5737	2.1	19.2	0.11
①	Ss- N2_NS (-, +)	中部	1772	4874	4463	D35×60 本(外側) D35×60 本(内側)	8583	7870	1.1	19.2	0.06
①	Ss- N2_EW (+, +)	中部	1772	4874	4463	D35×60 本(外側) D35×60 本(内側)	9204	1929	1.2	19.2	0.07
①	Ss- N2_EW (-, +)	中部	1772	4874	4463	D35×60 本(外側) D35×60 本(内側)	9678	6020	1.1	19.2	0.06

注記* : 曲げモーメントは直交する方向にも同時に作用するものと仮定して $\sqrt{2}$ 倍した値を記載

表 5-3 (3) コンクリートの曲げ軸力照査結果 (A-A断面) (解析ケース①)

解析 ケース	地震 動	評価 位置	断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}
			部材幅 b(mm)	部材高 h(mm)	有効高 d(mm)		曲げ モーメント* (kN・m)	軸力 (kN)			
①	Ss-D (+, +)	下部	1772	4874	4463	D41×60 本(外側) D41×60 本(内側)	19313	12885	2.1	19.2	0.11
①	Ss-D (-, +)	下部	1772	4874	4463	D41×60 本(外側) D41×60 本(内側)	18424	13900	2.0	19.2	0.11
①	Ss-D (+, -)	下部	1772	4874	4463	D41×60 本(外側) D41×60 本(内側)	20273	9091	2.2	19.2	0.12
①	Ss-D (-, -)	下部	1772	4874	4463	D41×60 本(外側) D41×60 本(内側)	17554	12880	1.9	19.2	0.10
①	Ss-F1 (+, +)	下部	1772	4874	4463	D41×60 本(外側) D41×60 本(内側)	11150	10948	1.4	19.2	0.08
①	Ss-F2 (+, +)	下部	1772	4874	4463	D41×60 本(外側) D41×60 本(内側)	14767	9862	1.6	19.2	0.09
①	Ss-N1 (+, +)	下部	1772	4874	4463	D41×60 本(外側) D41×60 本(内側)	16945	11369	1.8	19.2	0.10
①	Ss-N1 (-, +)	下部	1772	4874	4463	D41×60 本(外側) D41×60 本(内側)	22769	14463	2.4	19.2	0.13
①	Ss- N2_NS (+, +)	下部	1772	4874	4463	D41×60 本(外側) D41×60 本(内側)	14468	11039	1.6	19.2	0.09
①	Ss- N2_NS (-, +)	下部	1772	4874	4463	D41×60 本(外側) D41×60 本(内側)	11908	9767	1.3	19.2	0.07
①	Ss- N2_EW (+, +)	下部	1772	4874	4463	D41×60 本(外側) D41×60 本(内側)	17335	7856	1.9	19.2	0.10
①	Ss- N2_EW (-, +)	下部	1772	4874	4463	D41×60 本(外側) D41×60 本(内側)	14882	11159	1.6	19.2	0.09

注記* : 曲げモーメントは直交する方向にも同時に作用するものと仮定して $\sqrt{2}$ 倍した値を記載

表 5-3 (4) コンクリートの曲げ軸力照査結果 (A-A断面) (解析ケース②)

解析 ケース	地震 動	評価 位置	断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}
			部材幅 b(mm)	部材高 h(mm)	有効高 d(mm)		曲げ モーメント* (kN・m)	軸力 (kN)			
②	Ss-D (-, +)	上部	1772	4874	4463	D29×60 本(外側) D29×60 本(内側)	21442	4216	3.3	19.2	0.18
②	Ss-D (-, +)	中部	1772	4874	4463	D35×60 本(外側) D35×60 本(内側)	12807	4656	1.6	19.2	0.09
②	Ss-D (-, +)	下部	1772	4874	4463	D41×60 本(外側) D41×60 本(内側)	17773	13359	2.0	19.2	0.11

注記* : 曲げモーメントは直交する方向にも同時に作用するものと仮定して $\sqrt{2}$ 倍した値を記載

表 5-3 (5) コンクリートの曲げ軸力照査結果 (A-A断面) (解析ケース③)

解析 ケース	地震 動	評価 位置	断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}
			部材幅 b(mm)	部材高 h(mm)	有効高 d(mm)		曲げ モーメント* (kN・m)	軸力 (kN)			
③	Ss-D (-, +)	上部	1772	4874	4463	D29×60 本(外側) D29×60 本(内側)	20295	1920	3.3	19.2	0.18
③	Ss-D (-, +)	中部	1772	4874	4463	D35×60 本(外側) D35×60 本(内側)	18578	5780	2.3	19.2	0.12
③	Ss-D (-, +)	下部	1772	4874	4463	D41×60 本(外側) D41×60 本(内側)	20473	14410	2.2	19.2	0.12

注記* : 曲げモーメントは直交する方向にも同時に作用するものと仮定して $\sqrt{2}$ 倍した値を記載

表 5-3 (6) コンクリートの曲げ軸力照査結果 (B-B 断面) (解析ケース①)

解析 ケース	地震動	評価 位置	断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}
			部材幅 b(mm)	部材高 h(mm)	有効高 d(mm)		曲げ モーメント* (kN・m)	軸力 (kN)			
①	Ss-D (+, +)	上部	1772	4874	4463	D29×60 本(外側) D29×60 本(内側)	12792	6786	1.6	19.2	0.09
①	Ss-D (-, +)	上部	1772	4874	4463	D29×60 本(外側) D29×60 本(内側)	14166	1999	2.3	19.2	0.12
①	Ss-D (+, -)	上部	1772	4874	4463	D29×60 本(外側) D29×60 本(内側)	11780	2667	1.8	19.2	0.10
①	Ss-D (-, -)	上部	1772	4874	4463	D29×60 本(外側) D29×60 本(内側)	14468	3698	2.2	19.2	0.12
①	Ss-F1 (+, +)	上部	1772	4874	4463	D29×60 本(外側) D29×60 本(内側)	7321	3045	1.0	19.2	0.06
①	Ss-F2 (+, +)	上部	1772	4874	4463	D29×60 本(外側) D29×60 本(内側)	9971	2220	1.5	19.2	0.08
①	Ss-N1 (+, +)	上部	1772	4874	4463	D29×60 本(外側) D29×60 本(内側)	15051	4069	2.2	19.2	0.12
①	Ss-N1 (-, +)	上部	1772	4874	4463	D29×60 本(外側) D29×60 本(内側)	4940	4187	0.6	19.2	0.04
①	Ss- N2_NS (+, +)	上部	1772	4874	4463	D29×60 本(外側) D29×60 本(内側)	7514	2006	1.1	19.2	0.06
①	Ss- N2_NS (-, +)	上部	1772	4874	4463	D29×60 本(外側) D29×60 本(内側)	7223	2121	1.0	19.2	0.06
①	Ss- N2_EW (+, +)	上部	1772	4874	4463	D29×60 本(外側) D29×60 本(内側)	10538	9048	1.3	19.2	0.07
①	Ss- N2_EW (-, +)	上部	1772	4874	4463	D29×60 本(外側) D29×60 本(内側)	7756	2962	1.1	19.2	0.06

注記* : 曲げモーメントは直交する方向にも同時に作用するものと仮定して $\sqrt{2}$ 倍した値を記載

表 5-3 (7) コンクリートの曲げ軸力照査結果 (B-B 断面) (解析ケース①)

解析 ケース	地震動	評価 位置	断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}
			部材幅 b(mm)	部材高 h(mm)	有効高 d(mm)		曲げ モーメント* (kN・m)	軸力 (kN)			
①	Ss-D (+, +)	中部	1772	4874	4463	D35×60 本(外側) D35×60 本(内側)	18758	5364	2.4	19.2	0.13
①	Ss-D (-, +)	中部	1772	4874	4463	D35×60 本(外側) D35×60 本(内側)	22814	4609	3.0	19.2	0.16
①	Ss-D (+, -)	中部	1772	4874	4463	D35×60 本(外側) D35×60 本(内側)	18670	5682	2.4	19.2	0.13
①	Ss-D (-, -)	中部	1772	4874	4463	D35×60 本(外側) D35×60 本(内側)	19720	5188	2.5	19.2	0.14
①	Ss-F1 (+, +)	中部	1772	4874	4463	D35×60 本(外側) D35×60 本(内側)	11536	4363	1.4	19.2	0.08
①	Ss-F2 (+, +)	中部	1772	4874	4463	D35×60 本(外側) D35×60 本(内側)	11584	3971	1.4	19.2	0.08
①	Ss-N1 (+, +)	中部	1772	4874	4463	D35×60 本(外側) D35×60 本(内側)	19146	4829	2.5	19.2	0.14
①	Ss-N1 (-, +)	中部	1772	4874	4463	D35×60 本(外側) D35×60 本(内側)	11784	5420	1.4	19.2	0.08
①	Ss- N2_NS (+, +)	中部	1772	4874	4463	D35×60 本(外側) D35×60 本(内側)	12398	3502	1.6	19.2	0.09
①	Ss- N2_NS (-, +)	中部	1772	4874	4463	D35×60 本(外側) D35×60 本(内側)	8835	9831	1.2	19.2	0.07
①	Ss- N2_EW (+, +)	中部	1772	4874	4463	D35×60 本(外側) D35×60 本(内側)	14297	3910	1.8	19.2	0.10
①	Ss- N2_EW (-, +)	中部	1772	4874	4463	D35×60 本(外側) D35×60 本(内側)	11792	4176	1.5	19.2	0.08

注記* : 曲げモーメントは直交する方向にも同時に作用するものと仮定して $\sqrt{2}$ 倍した値を記載

表 5-3 (8) コンクリートの曲げ軸力照査結果 (B-B 断面) (解析ケース①)

解析 ケース	地震動	評価 位置	断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}
			部材幅 b(mm)	部材高 h(mm)	有効高 d(mm)		曲げ モーメント* (kN・m)	軸力 (kN)			
①	Ss-D (+, +)	下部	1772	4874	4463	D41×60 本(外側) D41×60 本(内側)	26758	16989	2.9	19.2	0.16
①	Ss-D (-, +)	下部	1772	4874	4463	D41×60 本(外側) D41×60 本(内側)	26015	16538	2.8	19.2	0.15
①	Ss-D (+, -)	下部	1772	4874	4463	D41×60 本(外側) D41×60 本(内側)	25278	14127	2.7	19.2	0.15
①	Ss-D (-, -)	下部	1772	4874	4463	D41×60 本(外側) D41×60 本(内側)	25993	14765	2.8	19.2	0.15
①	Ss-F1 (+, +)	下部	1772	4874	4463	D41×60 本(外側) D41×60 本(内側)	14641	11854	1.7	19.2	0.09
①	Ss-F2 (+, +)	下部	1772	4874	4463	D41×60 本(外側) D41×60 本(内側)	24871	14997	2.7	19.2	0.15
①	Ss-N1 (+, +)	下部	1772	4874	4463	D41×60 本(外側) D41×60 本(内側)	13911	19221	2.0	19.2	0.11
①	Ss-N1 (-, +)	下部	1772	4874	4463	D41×60 本(外側) D41×60 本(内側)	22190	14284	2.4	19.2	0.13
①	Ss- N2_NS (+, +)	下部	1772	4874	4463	D41×60 本(外側) D41×60 本(内側)	11108	13131	1.5	19.2	0.08
①	Ss- N2_NS (-, +)	下部	1772	4874	4463	D41×60 本(外側) D41×60 本(内側)	22909	14127	2.5	19.2	0.14
①	Ss- N2_EW (+, +)	下部	1772	4874	4463	D41×60 本(外側) D41×60 本(内側)	19807	14163	2.2	19.2	0.12
①	Ss- N2_EW (-, +)	下部	1772	4874	4463	D41×60 本(外側) D41×60 本(内側)	23642	13512	2.5	19.2	0.14

注記* : 曲げモーメントは直交する方向にも同時に作用するものと仮定して $\sqrt{2}$ 倍した値を記載

表 5-3 (9) コンクリートの曲げ軸力照査結果 (B-B断面) (解析ケース②)

解析 ケース	地震動	評価 位置	断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}
			部材幅 b(mm)	部材高 h(mm)	有効高 d(mm)		曲げ モーメント* (kN・m)	軸力 (kN)			
②	Ss-D (-, +)	上部	1772	4874	4463	D29×60 本(外側) D29×60 本(内側)	14105	2437	2.2	19.2	0.12
②	Ss-D (-, +)	中部	1772	4874	4463	D35×60 本(外側) D35×60 本(内側)	12138	8532	1.4	19.2	0.08
②	Ss-D (-, +)	下部	1772	4874	4463	D41×60 本(外側) D41×60 本(内側)	21393	14352	2.3	19.2	0.12

注記* : 曲げモーメントは直交する方向にも同時に作用するものと仮定して $\sqrt{2}$ 倍した値を記載

表 5-3 (10) コンクリートの曲げ軸力照査結果 (B-B断面) (解析ケース③)

解析 ケース	地震動	評価 位置	断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}
			部材幅 b(mm)	部材高 h(mm)	有効高 d(mm)		曲げ モーメント* (kN・m)	軸力 (kN)			
③	Ss-D (-, +)	上部	1772	4874	4463	D29×60 本(外側) D29×60 本(内側)	9289	2597	1.4	19.2	0.08
③	Ss-D (-, +)	中部	1772	4874	4463	D35×60 本(外側) D35×60 本(内側)	20426	8742	2.4	19.2	0.13
③	Ss-D (-, +)	下部	1772	4874	4463	D41×60 本(外側) D41×60 本(内側)	26549	16965	2.9	19.2	0.16

注記* : 曲げモーメントは直交する方向にも同時に作用するものと仮定して $\sqrt{2}$ 倍した値を記載

表 5-4 (1) 鉄筋の曲げ軸力照査結果 (A-A断面) (解析ケース①)

解析 ケース	地震動	評価 位置	断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}
			部材幅 b(mm)	部材高 h(mm)	有効高 d(mm)		曲げ モーメント* (kN・m)	軸力 (kN)			
①	Ss-D (+, +)	上部	1772	4874	4463	D29×60 本(外側) D29×60 本(内側)	18045	5236	73.6	435	0.17
①	Ss-D (-, +)	上部	1772	4874	4463	D29×60 本(外側) D29×60 本(内側)	21216	3124	133.8	435	0.31
①	Ss-D (+, -)	上部	1772	4874	4463	D29×60 本(外側) D29×60 本(内側)	17638	4664	78.7	435	0.19
①	Ss-D (-, -)	上部	1772	4874	4463	D29×60 本(外側) D29×60 本(内側)	17005	5323	63.7	435	0.15
①	Ss-F1 (+, +)	上部	1772	4874	4463	D29×60 本(外側) D29×60 本(内側)	18226	4455	86.9	435	0.20
①	Ss-F2 (+, +)	上部	1772	4874	4463	D29×60 本(外側) D29×60 本(内側)	11022	1623	69.5	435	0.16
①	Ss-N1 (+, +)	上部	1772	4874	4463	D29×60 本(外側) D29×60 本(内側)	13285	484	108.1	435	0.25
①	Ss-N1 (-, +)	上部	1772	4874	4463	D29×60 本(外側) D29×60 本(内側)	17543	3577	94.7	435	0.22
①	Ss-N2_NS (+, +)	上部	1772	4874	4463	D29×60 本(外側) D29×60 本(内側)	8250	3956	14.0	435	0.04
①	Ss-N2_NS (-, +)	上部	1772	4874	4463	D29×60 本(外側) D29×60 本(内側)	12354	3779	47.5	435	0.11
①	Ss-N2_EW (+, +)	上部	1772	4874	4463	D29×60 本(外側) D29×60 本(内側)	10577	2162	57.0	435	0.14
①	Ss-N2_EW (-, +)	上部	1772	4874	4463	D29×60 本(外側) D29×60 本(内側)	10622	2193	56.9	435	0.14

注記* : 曲げモーメントは直交する方向にも同時に作用するものと仮定して $\sqrt{2}$ 倍した値
を記載

表 5-4 (2) 鉄筋の曲げ軸力照査結果 (A-A断面) (解析ケース①)

解析 ケース	地震動	評価 位置	断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}
			部材幅 b(mm)	部材高 h(mm)	有効高 d(mm)		曲げ モーメント* (kN・m)	軸力 (kN)			
①	Ss-D (+, +)	中部	1772	4874	4463	D35×60 本(外側) D35×60 本(内側)	18066	8395	26.9	435	0.07
①	Ss-D (-, +)	中部	1772	4874	4463	D35×60 本(外側) D35×60 本(内側)	15151	5774	32.6	435	0.08
①	Ss-D (+, -)	中部	1772	4874	4463	D35×60 本(外側) D35×60 本(内側)	14698	6417	25.0	435	0.06
①	Ss-D (-, -)	中部	1772	4874	4463	D35×60 本(外側) D35×60 本(内側)	15920	5393	40.3	435	0.10
①	Ss-F1 (+, +)	中部	1772	4874	4463	D35×60 本(外側) D35×60 本(内側)	12059	4568	26.2	435	0.07
①	Ss-F2 (+, +)	中部	1772	4874	4463	D35×60 本(外側) D35×60 本(内側)	15190	17507	0.0	435	0.00
①	Ss-N1 (+, +)	中部	1772	4874	4463	D35×60 本(外側) D35×60 本(内側)	12519	297	72.8	435	0.17
①	Ss-N1 (-, +)	中部	1772	4874	4463	D35×60 本(外側) D35×60 本(内側)	14680	4490	41.7	435	0.10
①	Ss-N2_NS (+, +)	中部	1772	4874	4463	D35×60 本(外側) D35×60 本(内側)	17164	5737	44.2	435	0.11
①	Ss-N2_NS (-, +)	中部	1772	4874	4463	D35×60 本(外側) D35×60 本(内側)	8583	7870	0.4	435	0.01
①	Ss-N2_EW (+, +)	中部	1772	4874	4463	D35×60 本(外側) D35×60 本(内側)	9204	1929	35.1	435	0.09
①	Ss-N2_EW (-, +)	中部	1772	4874	4463	D35×60 本(外側) D35×60 本(内側)	9678	6020	6.2	435	0.02

注記* : 曲げモーメントは直交する方向にも同時に作用するものと仮定して $\sqrt{2}$ 倍した値
を記載

表 5-4 (3) 鉄筋の曲げ軸力照査結果 (A-A断面) (解析ケース①)

解析 ケース	地震動	評価 位置	断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}
			部材幅 b(mm)	部材高 h(mm)	有効高 d(mm)		曲げ モーメント* (kN・m)	軸力 (kN)			
①	Ss-D (+, +)	下部	1772	4874	4463	D41×60 本(外側) D41×60 本(内側)	19313	12885	8.6	435	0.02
①	Ss-D (-, +)	下部	1772	4874	4463	D41×60 本(外側) D41×60 本(内側)	18424	13900	4.8	435	0.02
①	Ss-D (+, -)	下部	1772	4874	4463	D41×60 本(外側) D41×60 本(内側)	20273	9091	26.8	435	0.07
①	Ss-D (-, -)	下部	1772	4874	4463	D41×60 本(外側) D41×60 本(内側)	17554	12880	5.2	435	0.02
①	Ss-F1 (+, +)	下部	1772	4874	4463	D41×60 本(外側) D41×60 本(内側)	11150	10948	0.0	435	0.00
①	Ss-F2 (+, +)	下部	1772	4874	4463	D41×60 本(外側) D41×60 本(内側)	14767	9862	6.6	435	0.02
①	Ss-N1 (+, +)	下部	1772	4874	4463	D41×60 本(外側) D41×60 本(内側)	16945	11369	7.4	435	0.02
①	Ss-N1 (-, +)	下部	1772	4874	4463	D41×60 本(外側) D41×60 本(内側)	22769	14463	12.2	435	0.03
①	Ss-N2_NS (+, +)	下部	1772	4874	4463	D41×60 本(外側) D41×60 本(内側)	14468	11039	3.6	435	0.01
①	Ss-N2_NS (-, +)	下部	1772	4874	4463	D41×60 本(外側) D41×60 本(内側)	11908	9767	1.9	435	0.01
①	Ss-N2_EW (+, +)	下部	1772	4874	4463	D41×60 本(外側) D41×60 本(内側)	17335	7856	22.5	435	0.06
①	Ss-N2_EW (-, +)	下部	1772	4874	4463	D41×60 本(外側) D41×60 本(内側)	14882	11159	4.0	435	0.01

注記* : 曲げモーメントは直交する方向にも同時に作用するものと仮定して $\sqrt{2}$ 倍した値
を記載

表 5-4 (4) 鉄筋の曲げ軸力照査結果 (A-A断面) (解析ケース②)

解析 ケース	地震動	評価 位置	断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}
			部材幅 b(mm)	部材高 h(mm)	有効高 d(mm)		曲げ モーメント* (kN・m)	軸力 (kN)			
②	Ss-D (-, +)	上部	1772	4874	4463	D29×60 本(外側) D29×60 本(内側)	21442	4216	118.2	435	0.28
②	Ss-D (-, +)	中部	1772	4874	4463	D35×60 本(外側) D35×60 本(内側)	12807	4656	29.6	435	0.07
②	Ss-D (-, +)	下部	1772	4874	4463	D41×60 本(外側) D41×60 本(内側)	17773	13359	4.7	435	0.02

注記* : 曲げモーメントは直交する方向にも同時に作用するものと仮定して $\sqrt{2}$ 倍した値
を記載

表 5-4 (5) 鉄筋の曲げ軸力照査結果 (A-A断面) (解析ケース③)

解析 ケース	地震動	評価 位置	断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}
			部材幅 b(mm)	部材高 h(mm)	有効高 d(mm)		曲げ モーメント* (kN・m)	軸力 (kN)			
③	Ss-D (-, +)	上部	1772	4874	4463	D29×60 本(外側) D29×60 本(内側)	20295	1920	145.4	435	0.34
③	Ss-D (-, +)	中部	1772	4874	4463	D35×60 本(外側) D35×60 本(内側)	18578	5780	51.9	435	0.12
③	Ss-D (-, +)	下部	1772	4874	4463	D41×60 本(外側) D41×60 本(内側)	20473	14410	7.4	435	0.02

注記* : 曲げモーメントは直交する方向にも同時に作用するものと仮定して $\sqrt{2}$ 倍した値
を記載

表 5-4 (6) 鉄筋の曲げ軸力照査結果 (B-B断面) (解析ケース①)

解析 ケース	地震動	評価 位置	断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}
			部材幅 b(mm)	部材高 h(mm)	有効高 d(mm)		曲げ モーメント* (kN・m)	軸力 (kN)			
①	Ss-D (+, +)	上部	1772	4874	4463	D29×60 本(外側) D29×60 本(内側)	12792	6786	16.1	435	0.04
①	Ss-D (-, +)	上部	1772	4874	4463	D29×60 本(外側) D29×60 本(内側)	14166	1999	90.7	435	0.21
①	Ss-D (+, -)	上部	1772	4874	4463	D29×60 本(外側) D29×60 本(内側)	11780	2667	59.4	435	0.14
①	Ss-D (-, -)	上部	1772	4874	4463	D29×60 本(外側) D29×60 本(内側)	14468	3698	66.5	435	0.16
①	Ss-F1 (+, +)	上部	1772	4874	4463	D29×60 本(外側) D29×60 本(内側)	7321	3045	17.4	435	0.04
①	Ss-F2 (+, +)	上部	1772	4874	4463	D29×60 本(外側) D29×60 本(内側)	9971	2220	50.9	435	0.12
①	Ss-N1 (+, +)	上部	1772	4874	4463	D29×60 本(外側) D29×60 本(内側)	15051	4069	65.8	435	0.16
①	Ss-N1 (-, +)	上部	1772	4874	4463	D29×60 本(外側) D29×60 本(内側)	4940	4187	0.7	435	0.01
①	Ss-N2_NS (+, +)	上部	1772	4874	4463	D29×60 本(外側) D29×60 本(内側)	7514	2006	33.2	435	0.08
①	Ss-N2_NS (-, +)	上部	1772	4874	4463	D29×60 本(外側) D29×60 本(内側)	7223	2121	29.1	435	0.07
①	Ss-N2_EW (+, +)	上部	1772	4874	4463	D29×60 本(外側) D29×60 本(内側)	10538	9048	1.3	435	0.01
①	Ss-N2_EW (-, +)	上部	1772	4874	4463	D29×60 本(外側) D29×60 本(内側)	7756	2962	21.7	435	0.05

注記* : 曲げモーメントは直交する方向にも同時に作用するものと仮定して $\sqrt{2}$ 倍した値
を記載

表 5-4 (7) 鉄筋の曲げ軸力照査結果 (B-B断面) (解析ケース①)

解析 ケース	地震動	評価 位置	断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}
			部材幅 b(mm)	部材高 h(mm)	有効高 d(mm)		曲げ モーメント* (kN・m)	軸力 (kN)			
①	Ss-D (+, +)	中部	1772	4874	4463	D35×60 本(外側) D35×60 本(内側)	18758	5364	57.0	435	0.14
①	Ss-D (-, +)	中部	1772	4874	4463	D35×60 本(外側) D35×60 本(内側)	22814	4609	88.7	435	0.21
①	Ss-D (+, -)	中部	1772	4874	4463	D35×60 本(外側) D35×60 本(内側)	18670	5682	53.4	435	0.13
①	Ss-D (-, -)	中部	1772	4874	4463	D35×60 本(外側) D35×60 本(内側)	19720	5188	64.4	435	0.15
①	Ss-F1 (+, +)	中部	1772	4874	4463	D35×60 本(外側) D35×60 本(内側)	11536	4363	25.1	435	0.06
①	Ss-F2 (+, +)	中部	1772	4874	4463	D35×60 本(外側) D35×60 本(内側)	11584	3971	28.9	435	0.07
①	Ss-N1 (+, +)	中部	1772	4874	4463	D35×60 本(外側) D35×60 本(内側)	19146	4829	64.6	435	0.15
①	Ss-N1 (-, +)	中部	1772	4874	4463	D35×60 本(外側) D35×60 本(内側)	11784	5420	18.0	435	0.05
①	Ss-N2_NS (+, +)	中部	1772	4874	4463	D35×60 本(外側) D35×60 本(内側)	12398	3502	38.1	435	0.09
①	Ss-N2_NS (-, +)	中部	1772	4874	4463	D35×60 本(外側) D35×60 本(内側)	8835	9831	0.0	435	0.00
①	Ss-N2_EW (+, +)	中部	1772	4874	4463	D35×60 本(外側) D35×60 本(内側)	14297	3910	45.2	435	0.11
①	Ss-N2_EW (-, +)	中部	1772	4874	4463	D35×60 本(外側) D35×60 本(内側)	11792	4176	28.2	435	0.07

注記* : 曲げモーメントは直交する方向にも同時に作用するものと仮定して $\sqrt{2}$ 倍した値
を記載

表 5-4 (8) 鉄筋の曲げ軸力照査結果 (B-B断面) (解析ケース①)

解析 ケース	地震動	評価 位置	断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}
			部材幅 b(mm)	部材高 h(mm)	有効高 d(mm)		曲げ モーメント* (kN・m)	軸力 (kN)			
①	Ss-D (+, +)	下部	1772	4874	4463	D41×60 本(外側) D41×60 本(内側)	26758	16989	14.4	435	0.04
①	Ss-D (-, +)	下部	1772	4874	4463	D41×60 本(外側) D41×60 本(内側)	26015	16538	13.9	435	0.04
①	Ss-D (+, -)	下部	1772	4874	4463	D41×60 本(外側) D41×60 本(内側)	25278	14127	20.2	435	0.05
①	Ss-D (-, -)	下部	1772	4874	4463	D41×60 本(外側) D41×60 本(内側)	25993	14765	19.9	435	0.05
①	Ss-F1 (+, +)	下部	1772	4874	4463	D41×60 本(外側) D41×60 本(内側)	14641	11854	2.6	435	0.01
①	Ss-F2 (+, +)	下部	1772	4874	4463	D41×60 本(外側) D41×60 本(内側)	24871	14997	15.9	435	0.04
①	Ss-N1 (+, +)	下部	1772	4874	4463	D41×60 本(外側) D41×60 本(内側)	13911	19221	0.0	435	0.00
①	Ss-N1 (-, +)	下部	1772	4874	4463	D41×60 本(外側) D41×60 本(内側)	22190	14284	11.3	435	0.03
①	Ss-N2_NS (+, +)	下部	1772	4874	4463	D41×60 本(外側) D41×60 本(内側)	11108	13131	0.0	435	0.00
①	Ss-N2_NS (-, +)	下部	1772	4874	4463	D41×60 本(外側) D41×60 本(内側)	22909	14127	13.6	435	0.04
①	Ss-N2_EW (+, +)	下部	1772	4874	4463	D41×60 本(外側) D41×60 本(内側)	19807	14163	6.6	435	0.02
①	Ss-N2_EW (-, +)	下部	1772	4874	4463	D41×60 本(外側) D41×60 本(内側)	23642	13512	17.8	435	0.05

注記* : 曲げモーメントは直交する方向にも同時に作用するものと仮定して $\sqrt{2}$ 倍した値
を記載

表 5-4 (9) 鉄筋の曲げ軸力照査結果 (B-B 断面) (解析ケース②)

解析ケース	地震動	評価位置	断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}
			部材幅 b(mm)	部材高 h(mm)	有効高 d(mm)		曲げ モーメント* (kN・m)	軸力 (kN)			
②	Ss-D (-, +)	上部	1772	4874	4463	D29×60 本(外側) D29×60 本(内側)	14105	2437	83.1	435	0.20
②	Ss-D (-, +)	中部	1772	4874	4463	D35×60 本(外側) D35×60 本(内側)	12138	8532	4.7	435	0.02
②	Ss-D (-, +)	下部	1772	4874	4463	D41×60 本(外側) D41×60 本(内側)	21393	14352	9.4	435	0.03

注記* : 曲げモーメントは直交する方向にも同時に作用するものと仮定して $\sqrt{2}$ 倍した値を記載

表 5-4 (10) 鉄筋の曲げ軸力照査結果 (B-B 断面) (解析ケース③)

解析ケース	地震動	評価位置	断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}
			部材幅 b(mm)	部材高 h(mm)	有効高 d(mm)		曲げ モーメント* (kN・m)	軸力 (kN)			
③	Ss-D (-, +)	上部	1772	4874	4463	D29×60 本(外側) D29×60 本(内側)	9289	2597	39.3	435	0.10
③	Ss-D (-, +)	中部	1772	4874	4463	D35×60 本(外側) D35×60 本(内側)	20426	8742	36.1	435	0.09
③	Ss-D (-, +)	下部	1772	4874	4463	D41×60 本(外側) D41×60 本(内側)	26549	16965	13.9	435	0.04

注記* : 曲げモーメントは直交する方向にも同時に作用するものと仮定して $\sqrt{2}$ 倍した値を記載

表 5-5 断面計算に用いた断面諸元の一覧

評価位置		断面形状						主鉄筋								
		部材幅 (mm)	部材高 (mm)	かぶり		有効高		鉄筋 仕様	外面				内面			
				外面 (mm)	内面 (mm)	外面 (mm)	内面 (mm)		径 (mm)	段数	本数 (本)	鉄筋 量 (mm ²)	径 (mm)	段数	本数 (本)	鉄筋 量 (mm ²)
側壁	上部	1772	4874	200	200	4463	4463	SD490	29	1	60	38544	29	1	60	38544
	中部	1772	4874	200	200	4463	4463	SD490	35	1	60	57396	35	1	60	57396
	下部	1772	4874	200	200	4463	4463	SD490	41	1	60	80400	41	1	60	80400

5.1.2 鉛直断面のせん断力に対する評価結果

鉛直断面のせん断力に対する評価位置を図 5-3 に示す。鉛直断面における鉄筋コンクリートのせん断力の各評価位置において最も厳しい照査値を表 5-6 に、その際の断面力（曲げモーメント、軸力、せん断力）を図 5-4 に示す。これらの図は、構造部材の曲げ軸力及びせん断力照査結果の照査値が最大となる時刻における要素ごとの断面力を示したものである。また、鉄筋コンクリートのせん断力照査結果一覧を表 5-7 に示す。

揚水井戸の側壁における許容応力度法による照査を行った結果、評価位置において鉄筋コンクリートのせん断応力度が許容限界以下であることを確認した。

断面計算に用いた断面諸元の一覧を表 5-8 に示す。

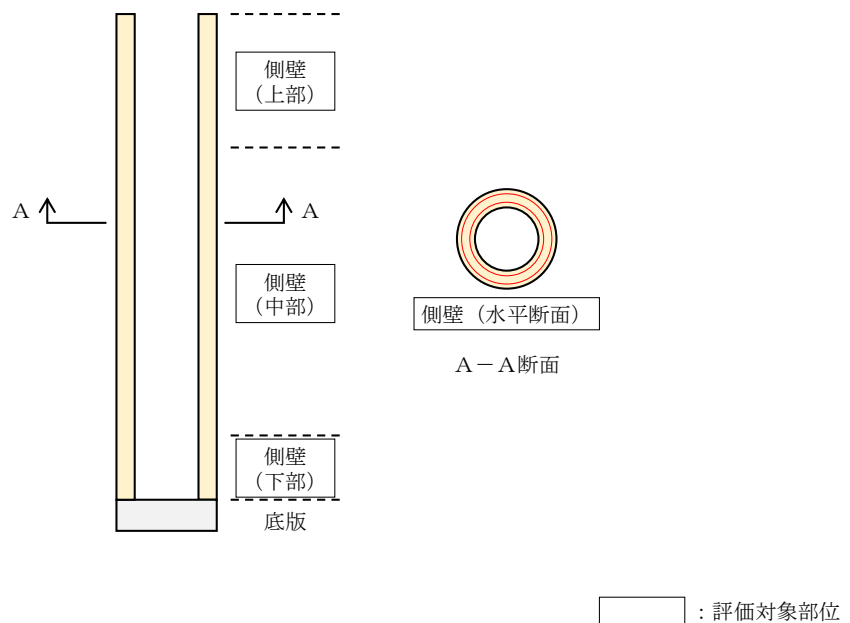


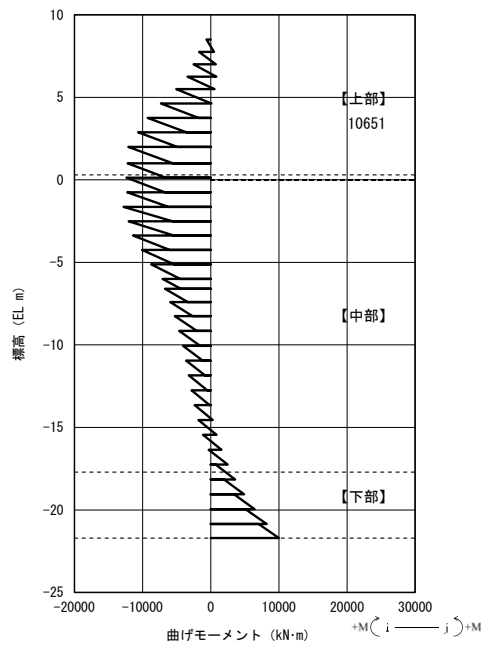
図 5-3 評価位置

表 5-6 (1) せん断力に対する照査結果 (A-A 断面)
 (各評価位置において最も厳しい照査値とその地震波)

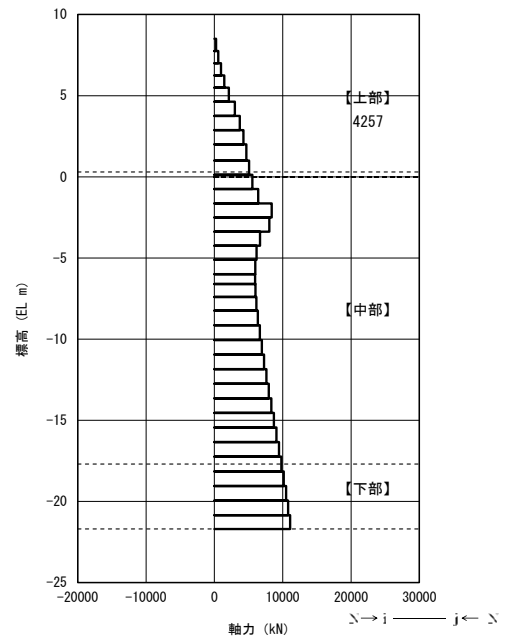
解析 ケース	地震動	評価 位置	断面形状			鉄筋仕様 (せん断補強筋)	発生 せん断力 V (kN)	短期許容 せん断力 V _a (kN)	照査値 V/V _a
			部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)				
①	Ss-D (+, +)	上部	1772	4874	4463	D29@200(2 段)	6584	17393	0.38
①	Ss-D (-, -)	中部	1772	4874	4463	D35@200(2 段)	9154	24563	0.38
③	Ss-D (-, -)	下部	1772	4874	4463	D38@200(2 段)	11972	28748	0.42

表 5-6 (2) せん断力に対する照査結果 (B-B 断面)
 (各評価位置において最も厳しい照査値とその地震波)

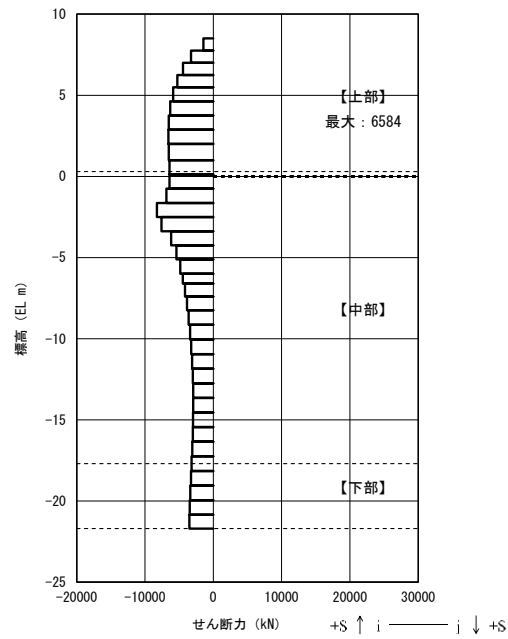
解析 ケース	地震動	評価 位置	断面形状			鉄筋仕様 (せん断補強筋)	発生 せん断力 V (kN)	短期許容 せん断力 V _a (kN)	照査値 V/V _a
			部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)				
②	Ss-D (-, +)	上部	1772	4874	4463	D29@200(2 段)	3984	17393	0.23
③	Ss-D (-, +)	中部	1772	4874	4463	D35@200(2 段)	7760	24563	0.32
③	Ss-D (-, +)	下部	1772	4874	4463	D38@200(2 段)	8877	28748	0.31



曲げモーメント図

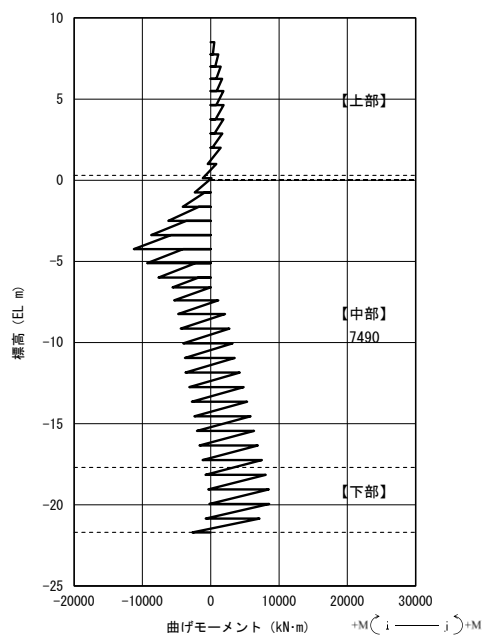


軸力図

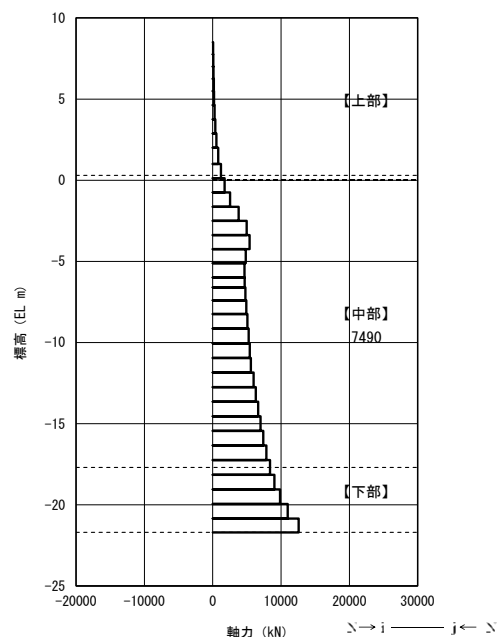


せん断力図

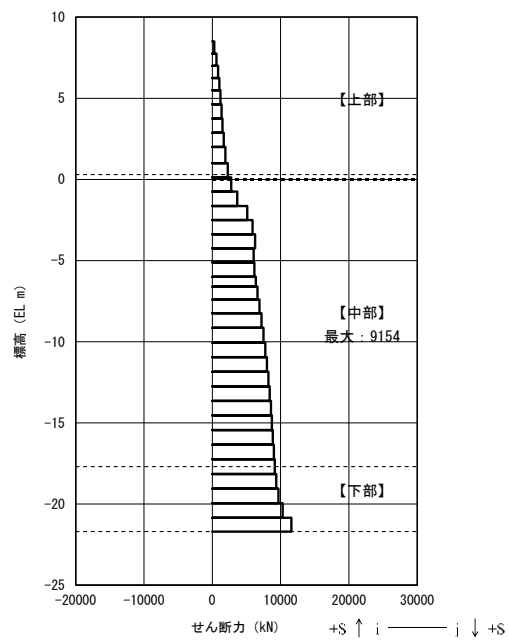
図5-4 (1) 鉄筋コンクリートのせん断力が最も厳しい時刻の断面力 (A-A断面, 上部) (S s - D (+, +), t = 30.71 s) (解析ケース①)



曲げモーメント図

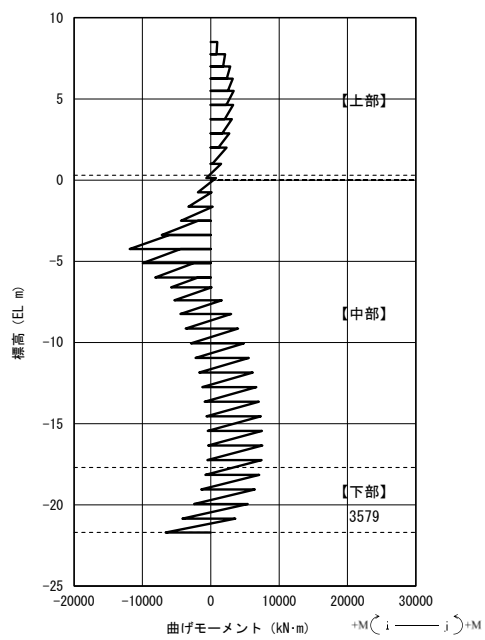


軸力図

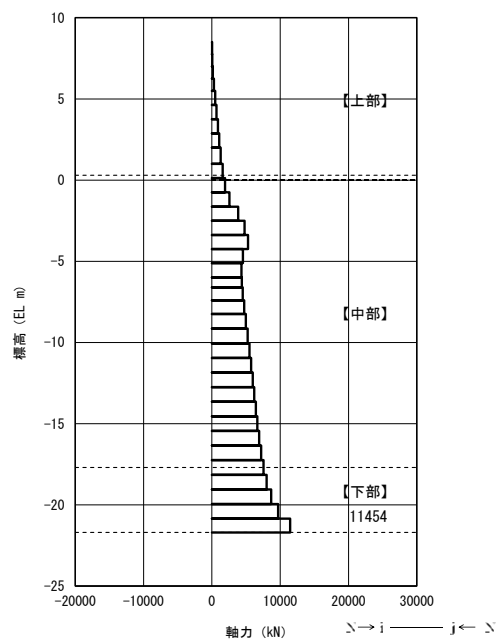


せん断力図

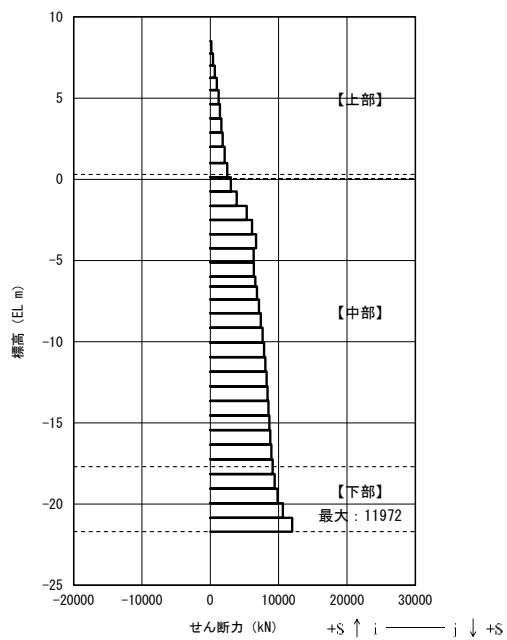
図 5-4 (2) 鉄筋コンクリートのせん断力が最も厳しい時刻の断面力 (A-A断面, 中部) (S s - D (-, -), t = 8.91 s) (解析ケース①)



曲げモーメント図

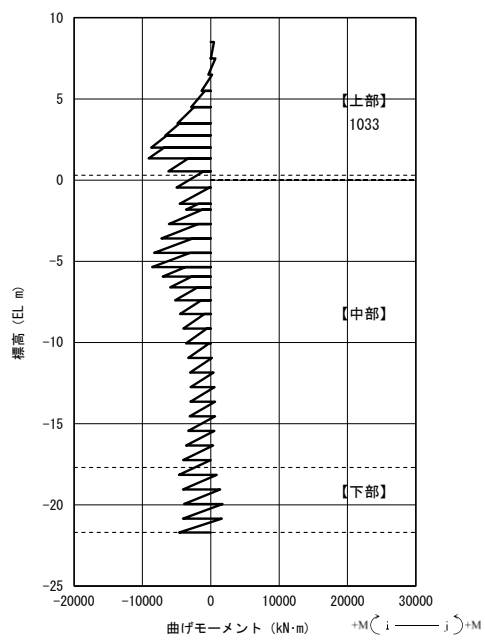


軸力図

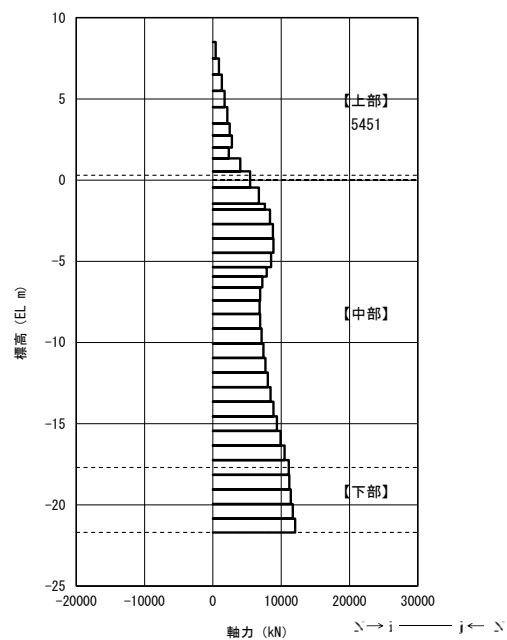


せん断力図

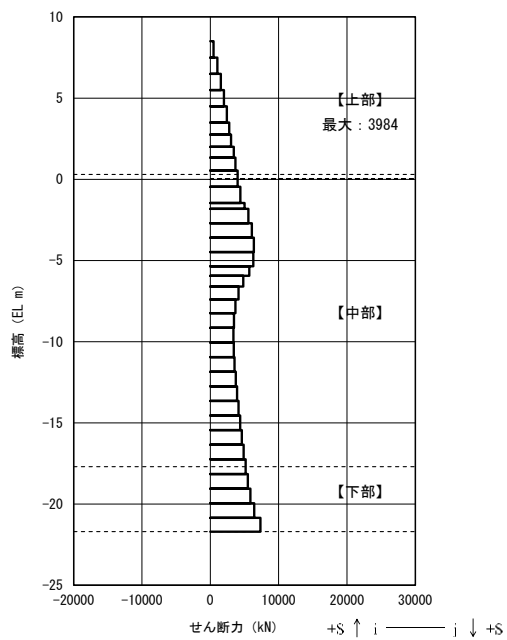
図 5-4 (3) 鉄筋コンクリートのせん断力が最も厳しい時刻の断面力 (A-A断面, 下部) (S s - D (-, -), t = 8.92 s) (解析ケース③)



曲げモーメント図

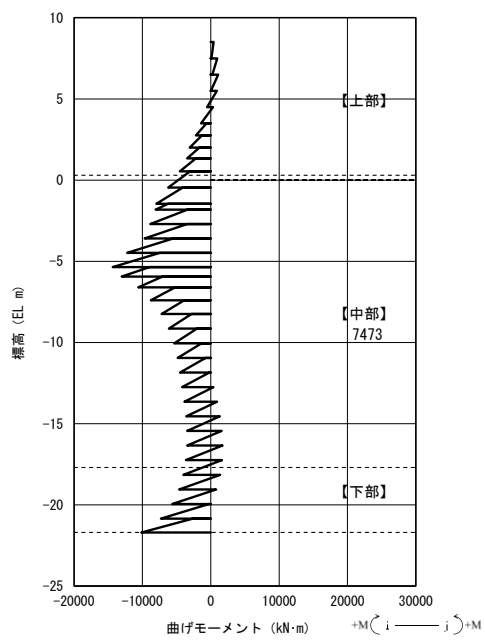


軸力図

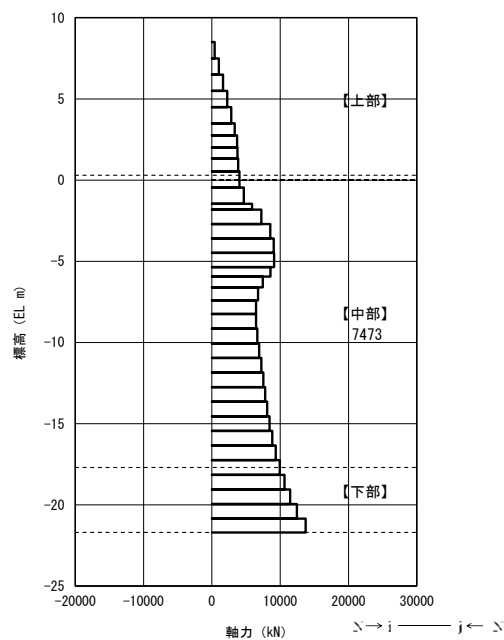


せん断力図

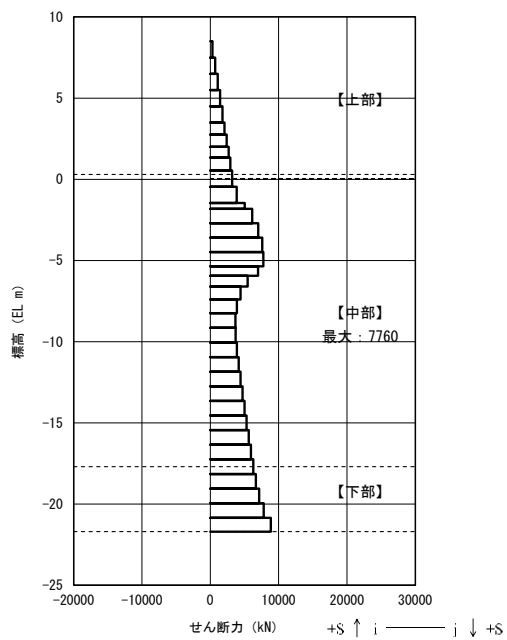
図5-4 (4) 鉄筋コンクリートのせん断力が最も厳しい時刻の断面力 (B-B断面, 上部) (S_s-D (-, +), t=8.54 s) (解析ケース②)



曲げモーメント図

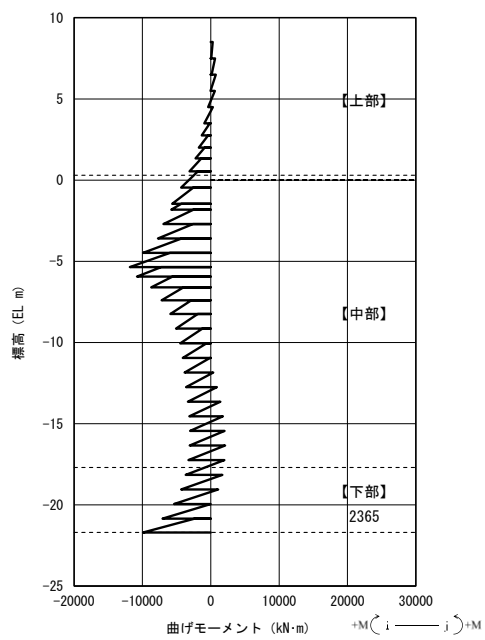


軸力図

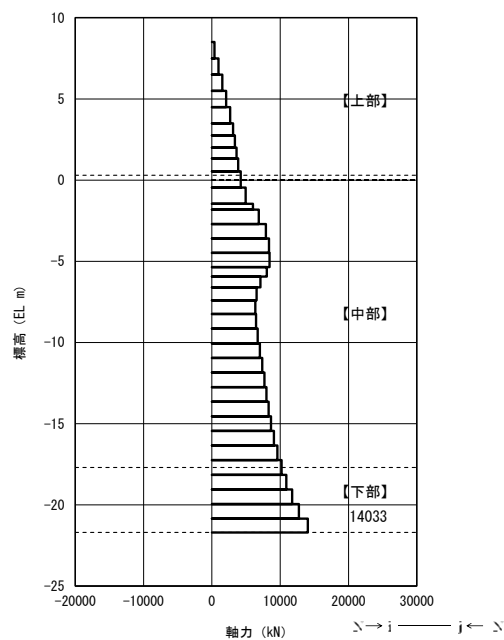


せん断力図

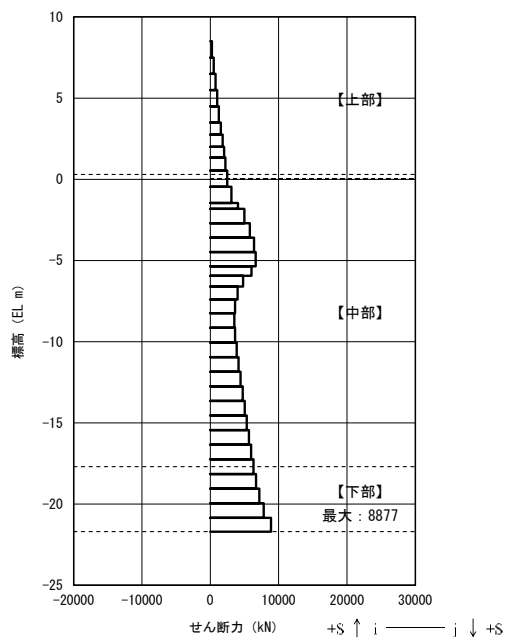
図 5-4 (5) 鉄筋コンクリートのせん断力が最も厳しい時刻の断面力 (B-B断面, 中部) (S s - D (-, +), t = 8.55 s) (解析ケース③)



曲げモーメント図



軸力図



せん断力図

図 5-4 (6) 鉄筋コンクリートのせん断力が最も厳しい時刻の断面力 (B-B断面, 下部) (S s - D (-, +), t = 8.54 s) (解析ケース③)

表 5-7 (1) 鉄筋コンクリートのせん断力照査結果 (A-A断面) (解析ケース①)

解析 ケース	地震動	評価 位置	断面形状			鉄筋仕様 (せん断補強筋)	発生 せん断力 V (kN)	短期許容 せん断力 V _s (kN)	照査値 V/V _s
			部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)				
①	Ss-D (+, +)	上部	1772	4874	4463	D29@200(2段)	6584	17393	0.38
①	Ss-D (-, +)	上部	1772	4874	4463	D29@200(2段)	5371	17393	0.31
①	Ss-D (+, -)	上部	1772	4874	4463	D29@200(2段)	6001	17393	0.35
①	Ss-D (-, -)	上部	1772	4874	4463	D29@200(2段)	5290	17393	0.31
①	Ss-F1 (+, +)	上部	1772	4874	4463	D29@200(2段)	4701	17393	0.28
①	Ss-F2 (+, +)	上部	1772	4874	4463	D29@200(2段)	3922	17393	0.23
①	Ss-N1 (+, +)	上部	1772	4874	4463	D29@200(2段)	4304	17393	0.25
①	Ss-N1 (-, +)	上部	1772	4874	4463	D29@200(2段)	5206	17393	0.30
①	Ss- N2_NS (+, +)	上部	1772	4874	4463	D29@200(2段)	3884	17393	0.23
①	Ss- N2_NS (-, +)	上部	1772	4874	4463	D29@200(2段)	3013	17393	0.18
①	Ss- N2_EW (+, +)	上部	1772	4874	4463	D29@200(2段)	3480	17393	0.21
①	Ss- N2_EW (-, +)	上部	1772	4874	4463	D29@200(2段)	3465	17393	0.20

表 5-7 (2) 鉄筋コンクリートのせん断力照査結果 (A-A断面) (解析ケース①)

解析 ケース	地震動	評価 位置	断面形状			鉄筋仕様 (せん断補強筋)	発生 せん断力 V (kN)	短期許容 せん断力 V _s (kN)	照査値 V/V _s
			部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)				
①	Ss-D (+, +)	中部	1772	4874	4463	D35@200(2段)	8330	24563	0.34
①	Ss-D (-, +)	中部	1772	4874	4463	D35@200(2段)	7513	24563	0.31
①	Ss-D (+, -)	中部	1772	4874	4463	D35@200(2段)	8711	24563	0.36
①	Ss-D (-, -)	中部	1772	4874	4463	D35@200(2段)	9154	24563	0.38
①	Ss-F1 (+, +)	中部	1772	4874	4463	D35@200(2段)	5427	24563	0.23
①	Ss-F2 (+, +)	中部	1772	4874	4463	D35@200(2段)	7023	24563	0.29
①	Ss-N1 (+, +)	中部	1772	4874	4463	D35@200(2段)	5224	24563	0.22
①	Ss-N1 (-, +)	中部	1772	4874	4463	D35@200(2段)	7292	24563	0.30
①	Ss- N2_NS (+, +)	中部	1772	4874	4463	D35@200(2段)	5373	24563	0.22
①	Ss- N2_NS (-, +)	中部	1772	4874	4463	D35@200(2段)	6200	24563	0.26
①	Ss- N2_EW (+, +)	中部	1772	4874	4463	D35@200(2段)	5070	24563	0.21
①	Ss- N2_EW (-, +)	中部	1772	4874	4463	D35@200(2段)	5775	24563	0.24

表 5-7 (3) 鉄筋コンクリートのせん断力照査結果 (A-A断面) (解析ケース①)

解析 ケース	地震動	評価 位置	断面形状			鉄筋仕様 (せん断補強筋)	発生 せん断力 V (kN)	短期許容 せん断力 V _s (kN)	照査値 V/V _s
			部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)				
①	Ss-D (+, +)	下部	1772	4874	4463	D38@200 (2 段)	9210	28748	0.33
①	Ss-D (-, +)	下部	1772	4874	4463	D38@200 (2 段)	9341	28748	0.33
①	Ss-D (+, -)	下部	1772	4874	4463	D38@200 (2 段)	9468	28748	0.33
①	Ss-D (-, -)	下部	1772	4874	4463	D38@200 (2 段)	11581	28748	0.41
①	Ss-F1 (+, +)	下部	1772	4874	4463	D38@200 (2 段)	6967	28748	0.25
①	Ss-F2 (+, +)	下部	1772	4874	4463	D38@200 (2 段)	7830	28748	0.28
①	Ss-N1 (+, +)	下部	1772	4874	4463	D38@200 (2 段)	7487	28748	0.27
①	Ss-N1 (-, +)	下部	1772	4874	4463	D38@200 (2 段)	7951	28748	0.28
①	Ss- N2_NS (+, +)	下部	1772	4874	4463	D38@200 (2 段)	5844	28748	0.21
①	Ss- N2_NS (-, +)	下部	1772	4874	4463	D38@200 (2 段)	7902	28748	0.28
①	Ss- N2_EW (+, +)	下部	1772	4874	4463	D38@200 (2 段)	5975	28748	0.21
①	Ss- N2_EW (-, +)	下部	1772	4874	4463	D38@200 (2 段)	7295	28748	0.26

表 5-7 (4) 鉄筋コンクリートのせん断力照査結果 (A-A断面) (解析ケース②)

解析 ケース	地震動	評価 位置	断面形状			鉄筋仕様 (せん断補強筋)	発生 せん断力 V (kN)	短期許容 せん断力 V _a (kN)	照査値 V/V _a
			部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)				
②	Ss-D (-, -)	上部	1772	4874	4463	D29@200 (2 段)	5554	17393	0.32
②	Ss-D (-, -)	中部	1772	4874	4463	D35@200 (2 段)	7918	24563	0.33
②	Ss-D (-, -)	下部	1772	4874	4463	D38@200 (2 段)	10145	28748	0.36

表 5-7 (5) 鉄筋コンクリートのせん断力照査結果 (A-A断面) (解析ケース③)

解析 ケース	地震動	評価 位置	断面形状			鉄筋仕様 (せん断補強筋)	発生 せん断力 V (kN)	短期許容 せん断力 V _a (kN)	照査値 V/V _a
			部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)				
③	Ss-D (-, -)	上部	1772	4874	4463	D29@200 (2 段)	4716	17393	0.28
③	Ss-D (-, -)	中部	1772	4874	4463	D35@200 (2 段)	9130	24563	0.38
③	Ss-D (-, -)	下部	1772	4874	4463	D38@200 (2 段)	11972	28748	0.42

表 5-7 (6) 鉄筋コンクリートのせん断力照査結果 (B-B断面) (解析ケース①)

解析 ケース	地震動	評価 位置	断面形状			鉄筋仕様 (せん断補強筋)	発生 せん断力 V (kN)	短期許容 せん断力 V _s (kN)	照査値 V/V _s
			部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)				
①	Ss-D (+, +)	上部	1772	4874	4463	D29@200(2段)	3103	17393	0.18
①	Ss-D (-, +)	上部	1772	4874	4463	D29@200(2段)	3825	17393	0.22
①	Ss-D (+, -)	上部	1772	4874	4463	D29@200(2段)	3016	17393	0.18
①	Ss-D (-, -)	上部	1772	4874	4463	D29@200(2段)	3682	17393	0.22
①	Ss-F1 (+, +)	上部	1772	4874	4463	D29@200(2段)	2216	17393	0.13
①	Ss-F2 (+, +)	上部	1772	4874	4463	D29@200(2段)	2691	17393	0.16
①	Ss-N1 (+, +)	上部	1772	4874	4463	D29@200(2段)	3258	17393	0.19
①	Ss-N1 (-, +)	上部	1772	4874	4463	D29@200(2段)	1995	17393	0.12
①	Ss- N2_NS (+, +)	上部	1772	4874	4463	D29@200(2段)	2317	17393	0.14
①	Ss- N2_NS (-, +)	上部	1772	4874	4463	D29@200(2段)	2475	17393	0.15
①	Ss- N2_EW (+, +)	上部	1772	4874	4463	D29@200(2段)	2627	17393	0.16
①	Ss- N2_EW (-, +)	上部	1772	4874	4463	D29@200(2段)	2230	17393	0.13

表 5-7 (7) 鉄筋コンクリートのせん断力照査結果 (B-B 断面) (解析ケース①)

解析 ケース	地震動	評価 位置	断面形状			鉄筋仕様 (せん断補強筋)	発生 せん断力 V (kN)	短期許容 せん断力 V _s (kN)	照査値 V/V _s
			部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)				
①	Ss-D (+, +)	中部	1772	4874	4463	D35@200(2 段)	6066	24563	0.25
①	Ss-D (-, +)	中部	1772	4874	4463	D35@200(2 段)	7056	24563	0.29
①	Ss-D (+, -)	中部	1772	4874	4463	D35@200(2 段)	6316	24563	0.26
①	Ss-D (-, -)	中部	1772	4874	4463	D35@200(2 段)	6657	24563	0.28
①	Ss-F1 (+, +)	中部	1772	4874	4463	D35@200(2 段)	4182	24563	0.18
①	Ss-F2 (+, +)	中部	1772	4874	4463	D35@200(2 段)	5120	24563	0.21
①	Ss-N1 (+, +)	中部	1772	4874	4463	D35@200(2 段)	5613	24563	0.23
①	Ss-N1 (-, +)	中部	1772	4874	4463	D35@200(2 段)	3857	24563	0.16
①	Ss- N2_NS (+, +)	中部	1772	4874	4463	D35@200(2 段)	4758	24563	0.20
①	Ss- N2_NS (-, +)	中部	1772	4874	4463	D35@200(2 段)	4230	24563	0.18
①	Ss- N2_EW (+, +)	中部	1772	4874	4463	D35@200(2 段)	5224	24563	0.22
①	Ss- N2_EW (-, +)	中部	1772	4874	4463	D35@200(2 段)	4371	24563	0.18

表 5-7 (8) 鉄筋コンクリートのせん断力照査結果 (B-B 断面) (解析ケース①)

解析 ケース	地震動	評価 位置	断面形状			鉄筋仕様 (せん断補強筋)	発生 せん断力 V (kN)	短期許容 せん断力 V _s (kN)	照査値 V/V _s
			部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)				
①	Ss-D (+, +)	下部	1772	4874	4463	D38@200 (2 段)	7200	28748	0.26
①	Ss-D (-, +)	下部	1772	4874	4463	D38@200 (2 段)	7932	28748	0.28
①	Ss-D (+, -)	下部	1772	4874	4463	D38@200 (2 段)	7193	28748	0.26
①	Ss-D (-, -)	下部	1772	4874	4463	D38@200 (2 段)	7738	28748	0.27
①	Ss-F1 (+, +)	下部	1772	4874	4463	D38@200 (2 段)	4543	28748	0.16
①	Ss-F2 (+, +)	下部	1772	4874	4463	D38@200 (2 段)	6299	28748	0.22
①	Ss-N1 (+, +)	下部	1772	4874	4463	D38@200 (2 段)	7834	28748	0.28
①	Ss-N1 (-, +)	下部	1772	4874	4463	D38@200 (2 段)	5433	28748	0.19
①	Ss- N2_NS (+, +)	下部	1772	4874	4463	D38@200 (2 段)	5687	28748	0.20
①	Ss- N2_NS (-, +)	下部	1772	4874	4463	D38@200 (2 段)	6026	28748	0.21
①	Ss- N2_EW (+, +)	下部	1772	4874	4463	D38@200 (2 段)	5583	28748	0.20
①	Ss- N2_EW (-, +)	下部	1772	4874	4463	D38@200 (2 段)	5370	28748	0.19

表 5-7 (9) 鉄筋コンクリートのせん断力照査結果 (B-B断面) (解析ケース②)

解析 ケース	地震動	評価 位置	断面形状			鉄筋仕様 (せん断補強筋)	発生 せん断力 V (kN)	短期許容 せん断力 V _a (kN)	照査値 V/V _a
			部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)				
②	Ss-D (-, +)	上部	1772	4874	4463	D29@200 (2 段)	3984	17393	0.23
②	Ss-D (-, +)	中部	1772	4874	4463	D35@200 (2 段)	6359	24563	0.26
②	Ss-D (-, +)	下部	1772	4874	4463	D38@200 (2 段)	7814	28748	0.28

表 5-7 (10) 鉄筋コンクリートのせん断力照査結果 (B-B断面) (解析ケース③)

解析 ケース	地震動	評価 位置	断面形状			鉄筋仕様 (せん断補強筋)	発生 せん断力 V (kN)	短期許容 せん断力 V _a (kN)	照査値 V/V _a
			部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)				
③	Ss-D (-, +)	上部	1772	4874	4463	D29@200 (2 段)	3355	17393	0.20
③	Ss-D (-, +)	中部	1772	4874	4463	D35@200 (2 段)	7760	24563	0.32
③	Ss-D (-, +)	下部	1772	4874	4463	D38@200 (2 段)	8877	28748	0.31

表 5-8 断面計算に用いた断面諸元の一覧

評価位置		断面形状						せん断補強筋				
		部材幅 (mm)	部材高 (mm)	かぶり		有効高		鉄筋 仕様	径 (mm)	段数	鉄筋間隔 (mm)	鉄筋量 (mm ²)
				外面 (mm)	内面 (mm)	外面 (mm)	内面 (mm)					
側 壁	上部	1772	4874	200	200	4463	4463	SD345	29	2	200	2569.6
	中部	1772	4874	200	200	4463	4463	SD345	35	2	200	3826.4
	下部	1772	4874	200	200	4463	4463	SD345	38	2	200	4560.0

5.2 水平断面の評価結果

5.2.1 水平断面の曲げ軸力に対する評価結果

水平断面の曲げ軸力に対する評価位置を図 5-5 に示す。水平断面におけるコンクリートの曲げ軸力及び鉄筋の曲げ軸力の各評価位置において最も厳しい照査値を表 5-9 及び表 5-10 に、その際の断面力（曲げモーメント，軸力）を図 5-6 に示す。これらの図は、構造部材の曲げ軸力及びせん断力照査結果の照査値が最大となる時刻における要素ごとの断面力を示したものである。また、コンクリートの曲げ軸力照査結果一覧を表 5-11 に、鉄筋の曲げ軸力照査結果一覧を表 5-12 に示す。

揚水井戸の側壁における許容応力度法による照査を行った結果、評価位置においてコンクリートの圧縮応力度及び鉄筋の引張応力度が許容限界以下であることを確認した。

断面計算に用いた断面諸元の一覧を表 5-13 に示す。

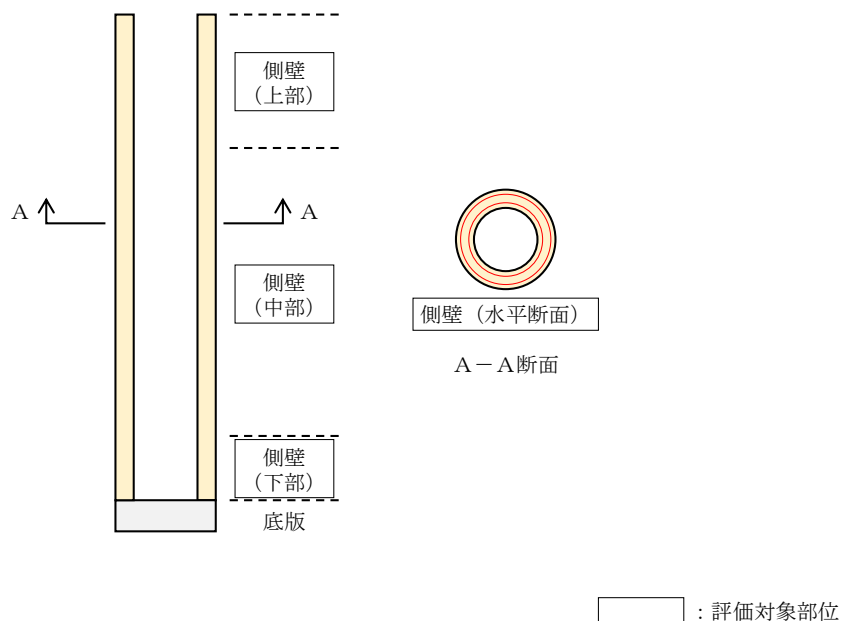


図 5-5 評価位置図

表 5-9 (1) コンクリートの曲げ軸力に対する照査結果 (A-A断面)
(各評価位置において最も厳しい照査値とその地震波)

解析 ケース	地震動	評価 位置	決定ケース		断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}
			荷重 方法	常時 土水圧	部材幅 b(mm)	部材高 h(mm)	有効高 d(mm)		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
③	Ss-N1 (+, +)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	531	1043	5.5	19.2	0.29
③	Ss-N1 (+, +)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	731	624	7.1	19.2	0.37
③	Ss-N1 (+, +)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	477	1027	4.2	19.2	0.22

表 5-9 (2) コンクリートの曲げ軸力に対する照査結果 (B-B断面)
(各評価位置において最も厳しい照査値とその地震波)

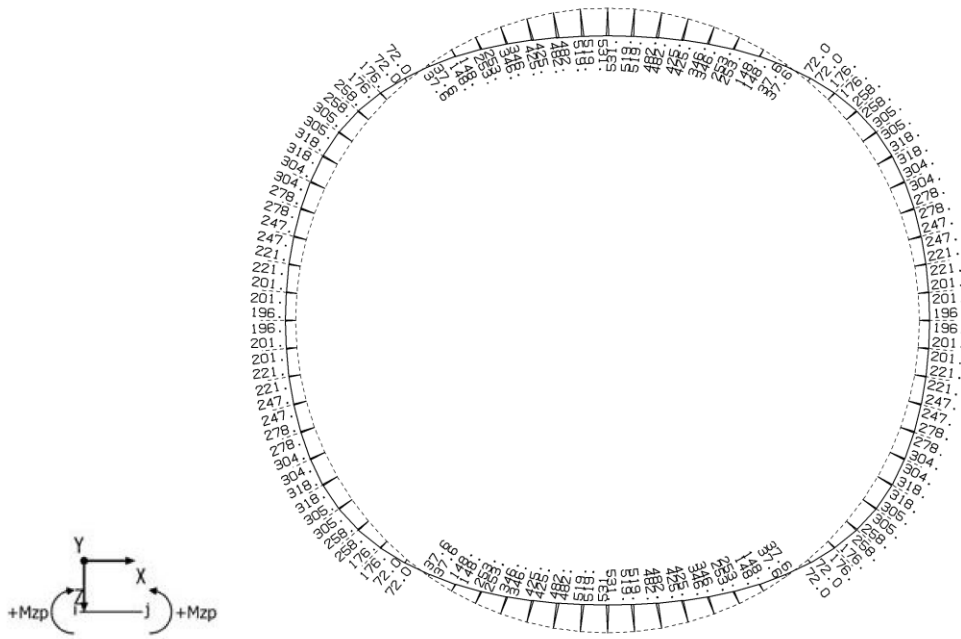
解析 ケース	地震動	評価 位置	決定ケース		断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}
			荷重 方法	常時 土水圧	部材幅 b(mm)	部材高 h(mm)	有効高 d(mm)		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
①	Ss-D (+, +)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	48	127	0.5	19.2	0.03
③	Ss-D (-, +)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	670	598	6.5	19.2	0.34
③	Ss-D (-, +)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	279	697	2.4	19.2	0.13

表 5-10 (1) 鉄筋の曲げ軸力に対する照査結果 (A-A断面)
(各評価位置において最も厳しい照査値とその地震波)

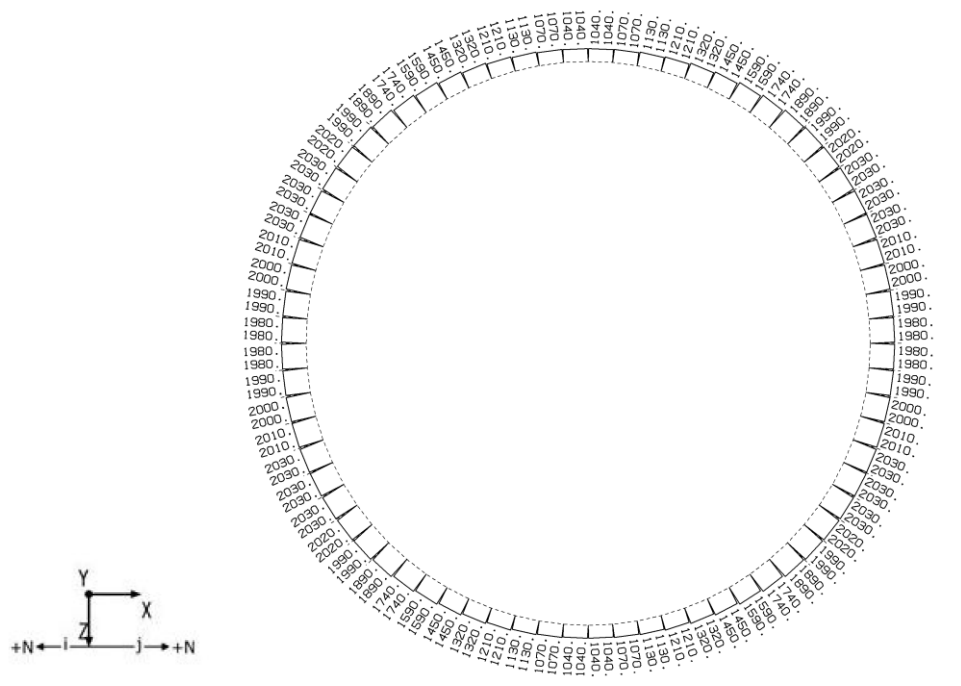
解析 ケース	地震動	評価 位置	決定ケース		断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s/σ_{sa}
			荷重 方法	常時 土水圧	部材幅 b(mm)	部材高 h(mm)	有効高 d(mm)		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
③	Ss-N1 (+, +)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	531	1043	76.6	294	0.27
③	Ss-N1 (+, +)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	731	624	152.9	294	0.53
③	Ss-N1 (+, +)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	477	1027	38.8	294	0.14

表 5-10 (2) 鉄筋の曲げ軸力に対する照査結果 (B-B断面)
(各評価位置において最も厳しい照査値とその地震波)

解析 ケース	地震動	評価 位置	決定ケース		断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s/σ_{sa}
			荷重 方法	常時 土水圧	部材幅 b(mm)	部材高 h(mm)	有効高 d(mm)		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
①	Ss- N2_NS (+, +)	上部	片押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	-29	47	12.7	294	0.05
③	Ss-D (-, +)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	670	598	137.5	294	0.47
③	Ss-D (-, +)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	279	697	16.9	294	0.06

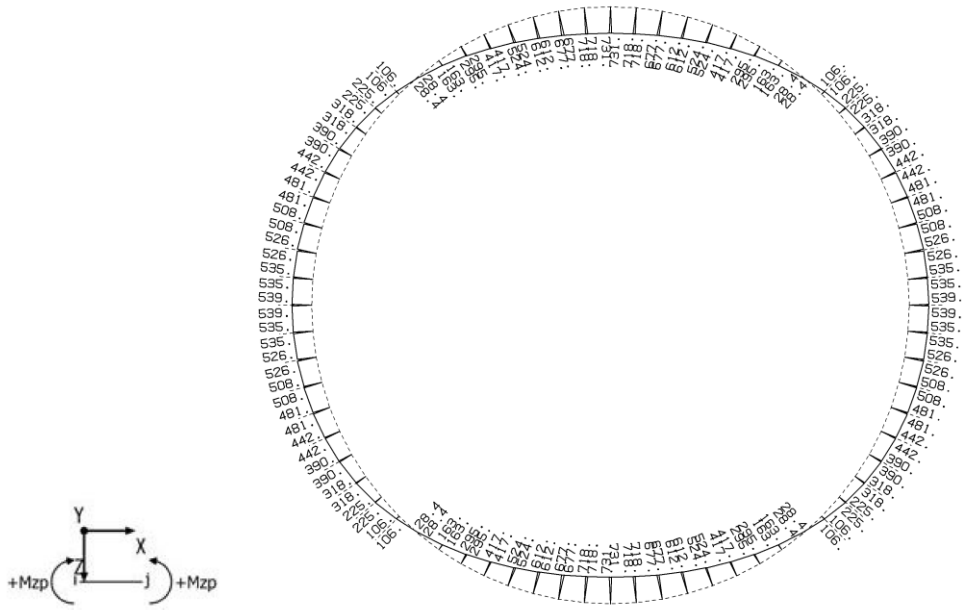


(曲げモーメント)

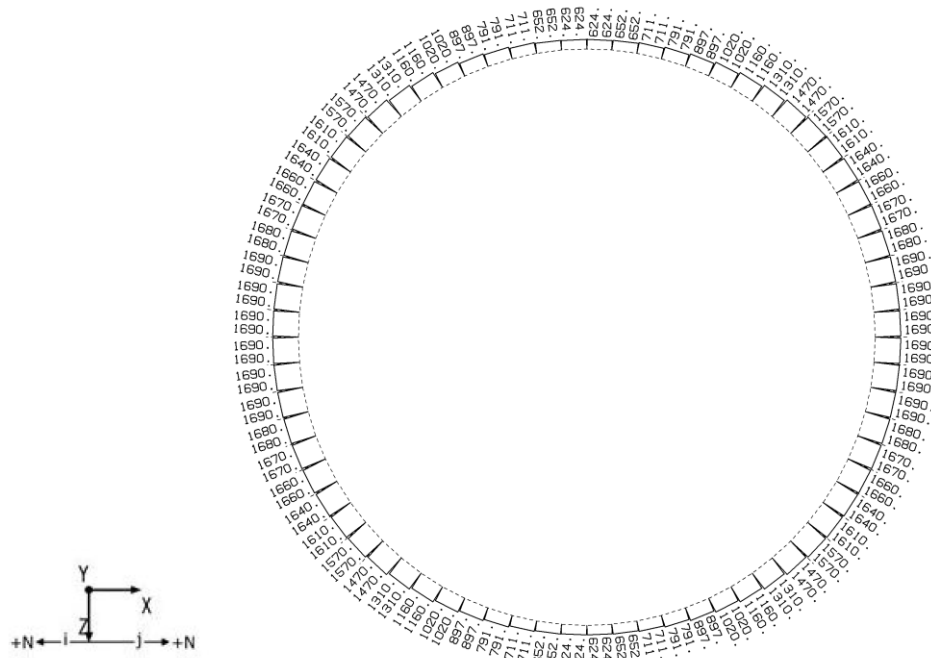


(軸力)

図 5-6 (1) コンクリート及び鉄筋の曲げ軸力が最も厳しい時刻の断面力 (A-A断面, 上部, S s - N 1 (+, +), t = 7.58 s) (解析ケース③)

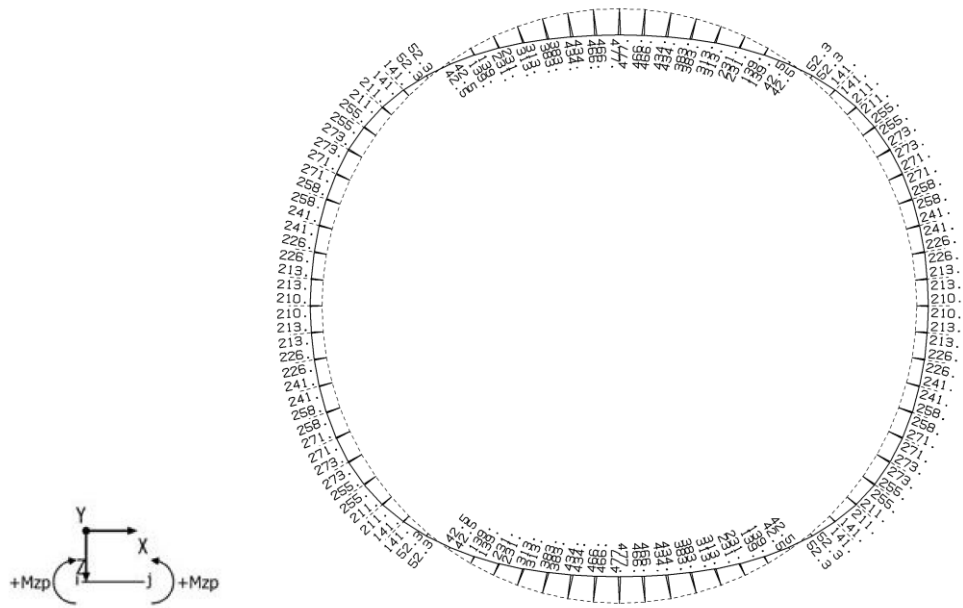


(曲げモーメント)

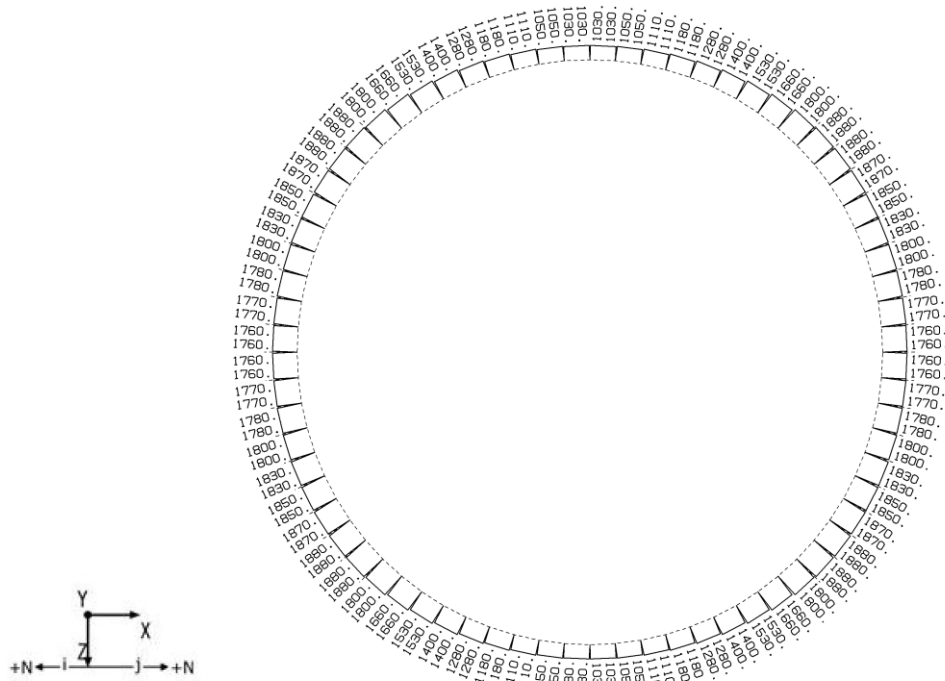


(軸力)

図 5-6 (2) コンクリート及び鉄筋の曲げ軸力が最も厳しい時刻の断面力 (A-A断面, 中部, S s - N 1 (+, +), $t = 7.60$ s) (解析ケース③)



(曲げモーメント)



(軸力)

図 5-6 (3) コンクリート及び鉄筋の曲げ軸力が最も厳しい時刻の断面力 (A-A断面, 下部, S s - N 1 (+, +), t = 7.61 s) (解析ケース③)

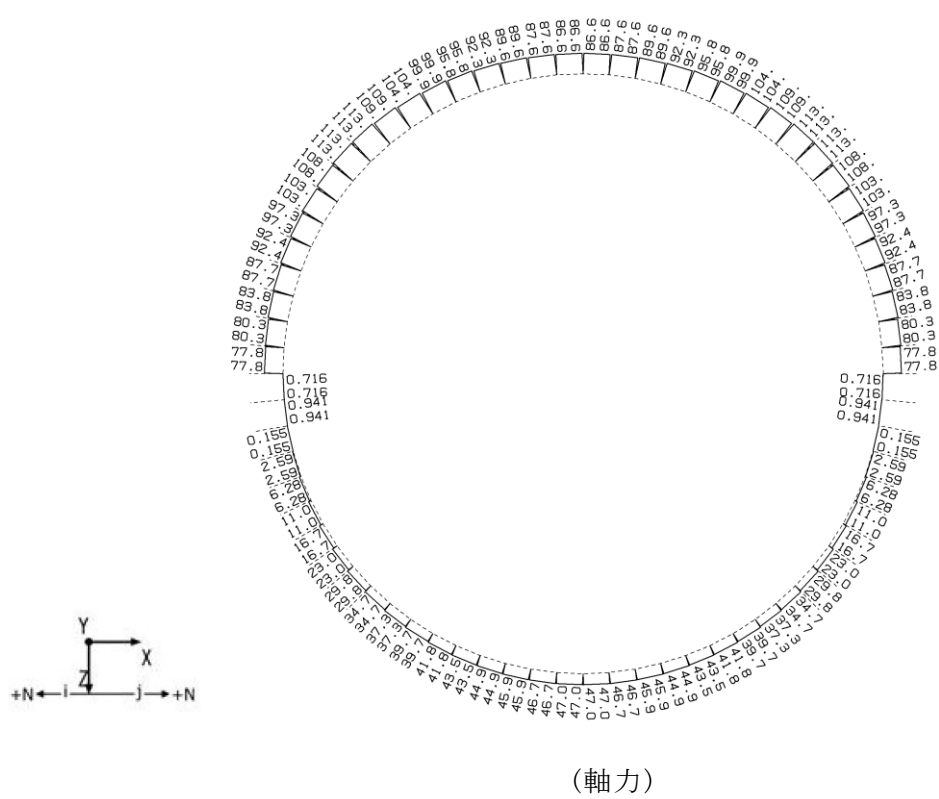
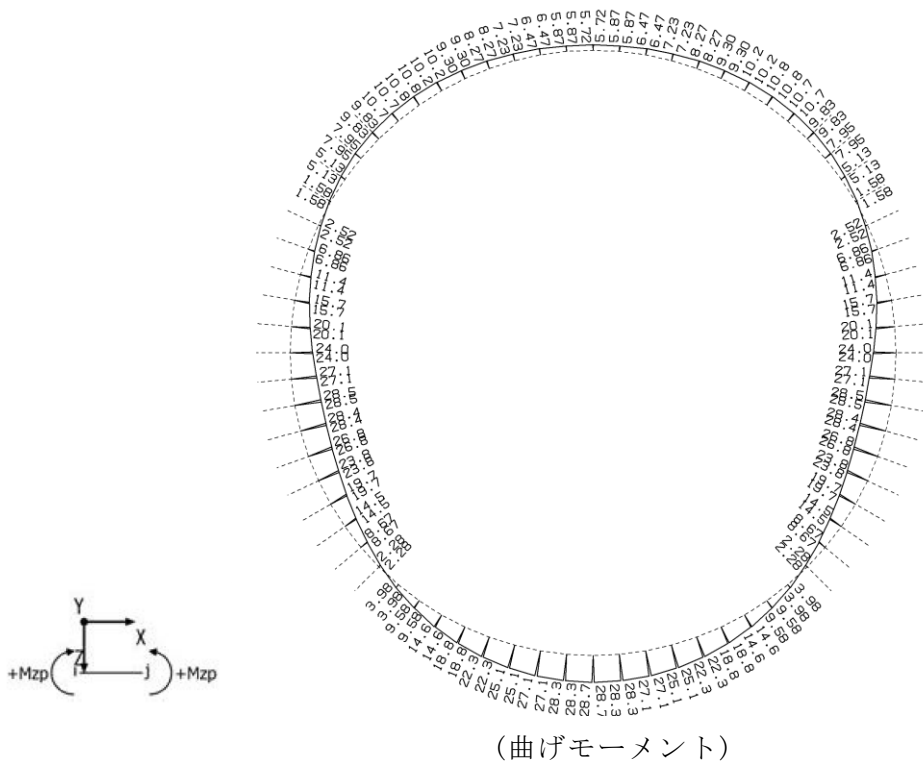
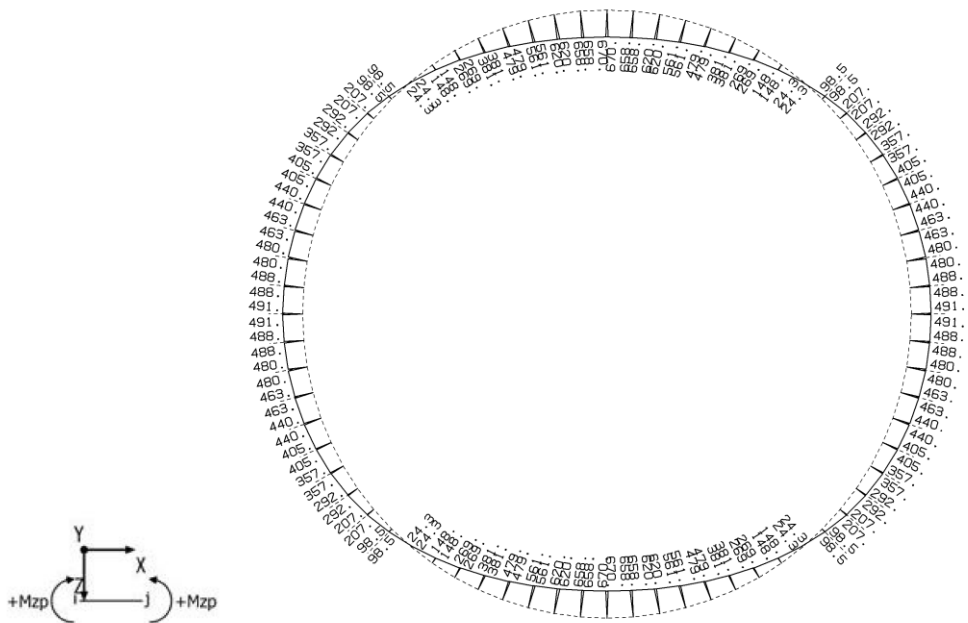
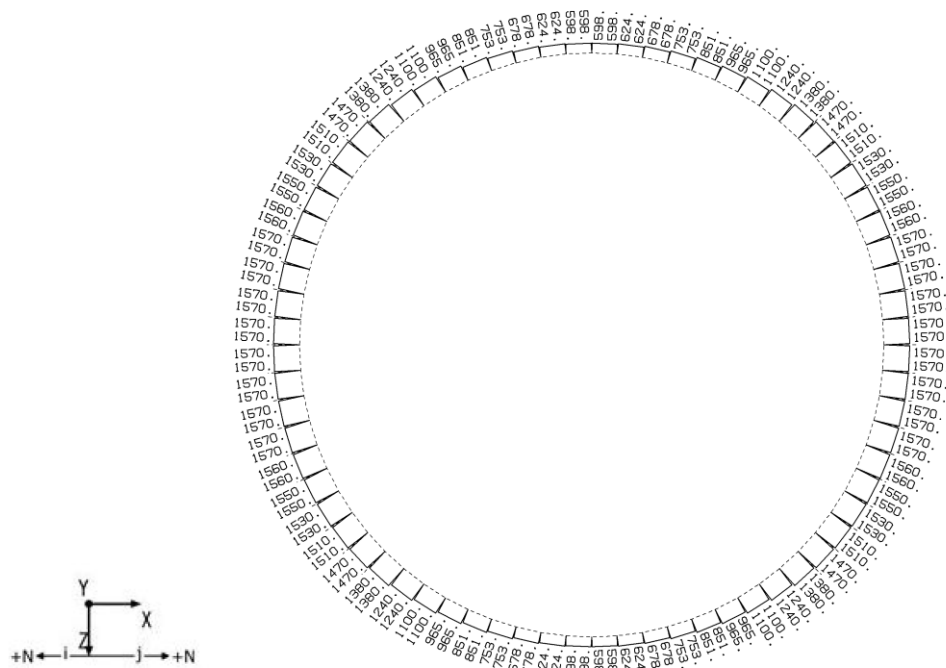


図 5-6 (4) コンクリート及び鉄筋の曲げ軸力が最も厳しい時刻の断面力
 (B-B断面, 上部, S s - N 2 (NS), (+, +), t = 25.11 s) (解析ケース①)

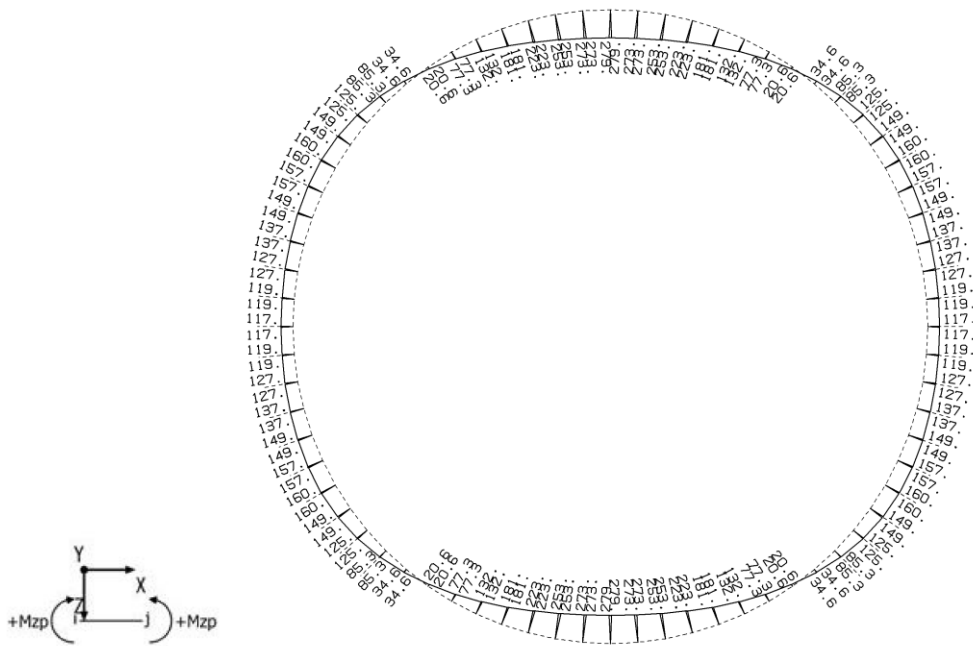


(曲げモーメント)

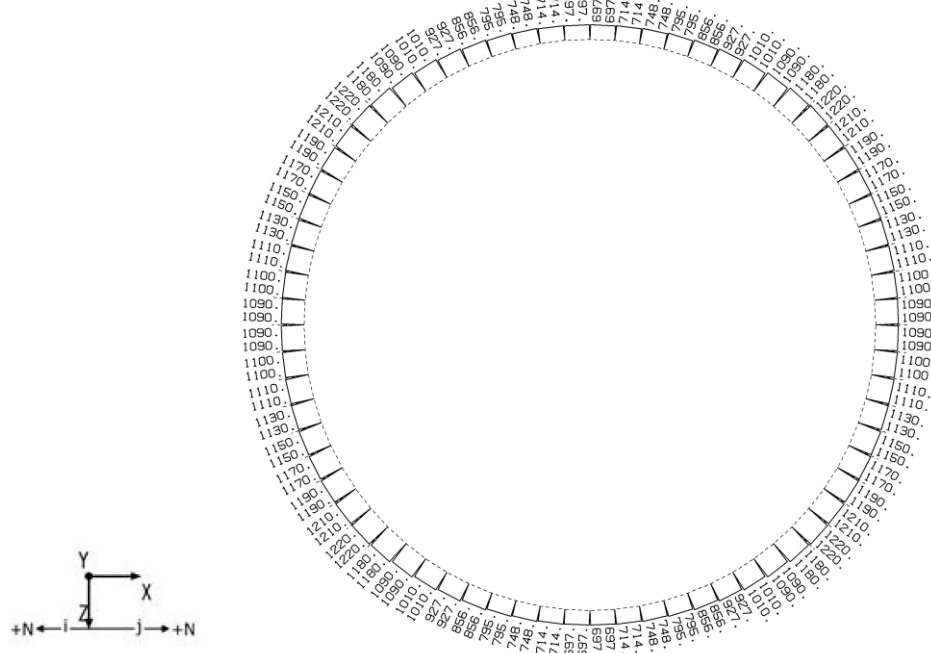


(軸力)

図 5-6 (5) コンクリート及び鉄筋の曲げ軸力が最も厳しい時刻の断面力
(B-B断面, 中部, S s-D (-, +), t = 8.55 s) (解析ケース③)



(曲げモーメント)



(軸力)

図 5-6 (6) コンクリート及び鉄筋の曲げ軸力が最も厳しい時刻の断面力
(B-B断面, 下部, S s-D (-, +), t = 8.55 s) (解析ケース③)

表 5-11 (1) コンクリートの曲げ軸力照査結果 (A-A断面) (解析ケース①)

解析 ケース	地震動	評価 位置	決定ケース		断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}
			荷重 方法	常時 土水圧	部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
①	Ss-D (+, +)	上部	片押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	451	897	4.7	19.2	0.25
①	Ss-D (-, +)	上部	片押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	397	790	4.1	19.2	0.22
①	Ss-D (+, -)	上部	片押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	470	936	4.9	19.2	0.26
①	Ss-D (-, -)	上部	片押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	391	779	4.1	19.2	0.22
①	Ss-F1 (+, +)	上部	片押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	359	715	3.7	19.2	0.20
①	Ss-F2 (+, +)	上部	片押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	338	673	3.5	19.2	0.19
①	Ss-N1 (+, +)	上部	片押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	348	692	3.6	19.2	0.19
①	Ss-N1 (-, +)	上部	片押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	284	565	3.0	19.2	0.16
①	Ss- N2_NS (+, +)	上部	片押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	291	580	3.0	19.2	0.16
①	Ss- N2_NS (-, +)	上部	片押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	296	590	3.1	19.2	0.17
①	Ss- N2_EW (+, +)	上部	片押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	319	635	3.3	19.2	0.18
①	Ss- N2_EW (-, +)	上部	片押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	275	547	2.9	19.2	0.16

表 5-11 (2) コンクリートの曲げ軸力照査結果 (A-A断面) (解析ケース①)

解析 ケース	地震動	評価 位置	決定ケース		断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}
			荷重 方法	常時 土水圧	部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
①	Ss-D (+, +)	中部	片押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	366	569	3.5	19.2	0.19
①	Ss-D (-, +)	中部	片押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	429	652	4.1	19.2	0.22
①	Ss-D (+, -)	中部	片押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	338	532	3.2	19.2	0.17
①	Ss-D (-, -)	中部	片押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	397	610	3.8	19.2	0.20
①	Ss-F1 (+, +)	中部	片押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	364	566	3.4	19.2	0.18
①	Ss-F2 (+, +)	中部	片押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	372	576	3.5	19.2	0.19
①	Ss-N1 (+, +)	中部	片押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	448	677	4.2	19.2	0.22
①	Ss-N1 (-, +)	中部	片押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	324	513	3.1	19.2	0.17
①	Ss- N2_NS (+, +)	中部	片押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	267	439	2.5	19.2	0.14
①	Ss- N2_NS (-, +)	中部	片押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	254	421	2.4	19.2	0.13
①	Ss- N2_EW (+, +)	中部	片押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	268	439	2.5	19.2	0.14
①	Ss- N2_EW (-, +)	中部	片押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	238	400	2.2	19.2	0.12

表 5-11 (3) コンクリートの曲げ軸力照査結果 (A-A断面) (解析ケース①)

解析 ケース	地震動	評価 位置	決定ケース		断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}
			荷重 方法	常時 土水圧	部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
①	Ss-D (+, +)	下部	片押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	409	982	3.6	19.2	0.19
①	Ss-D (-, +)	下部	片押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	395	954	3.4	19.2	0.18
①	Ss-D (+, -)	下部	片押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	353	878	3.1	19.2	0.17
①	Ss-D (-, -)	下部	片押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	404	973	3.5	19.2	0.19
①	Ss-F1 (+, +)	下部	片押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	279	741	2.4	19.2	0.13
①	Ss-F2 (+, +)	下部	片押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	245	676	2.1	19.2	0.11
①	Ss-N1 (+, +)	下部	片押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	418	998	3.6	19.2	0.19
①	Ss-N1 (-, +)	下部	片押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	298	775	2.6	19.2	0.14
①	Ss- N2_NS (+, +)	下部	片押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	278	739	2.4	19.2	0.13
①	Ss- N2_NS (-, +)	下部	片押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	294	768	2.6	19.2	0.14
①	Ss- N2_EW (+, +)	下部	片押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	263	710	2.3	19.2	0.12
①	Ss- N2_EW (-, +)	下部	片押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	255	695	2.2	19.2	0.12

表 5-11 (4) コンクリートの曲げ軸力照査結果 (A-A断面) (解析ケース①)

解析 ケース	地震動	評価 位置	決定ケース		断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}
			荷重 方法	常時 土水圧	部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
①	Ss-D (+, +)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	469	922	4.9	19.2	0.26
①	Ss-D (-, +)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	413	812	4.3	19.2	0.23
①	Ss-D (+, -)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	490	962	5.1	19.2	0.27
①	Ss-D (-, -)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	407	800	4.2	19.2	0.22
①	Ss-F1 (+, +)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	374	734	3.9	19.2	0.21
①	Ss-F2 (+, +)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	352	692	3.7	19.2	0.20
①	Ss-N1 (+, +)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	362	711	3.8	19.2	0.20
①	Ss-N1 (-, +)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	295	580	3.1	19.2	0.17
①	Ss- N2_NS (+, +)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	303	596	3.2	19.2	0.17
①	Ss- N2_NS (-, +)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	309	606	3.2	19.2	0.17
①	Ss- N2_EW (+, +)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	332	653	3.5	19.2	0.19
①	Ss- N2_EW (-, +)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	286	562	3.0	19.2	0.16

表 5-11 (5) コンクリートの曲げ軸力照査結果 (A-A断面) (解析ケース①)

解析 ケース	地震動	評価 位置	決定ケース		断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}
			荷重 方法	常時 土水圧	部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
①	Ss-D (+, +)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	435	521	4.2	19.2	0.22
①	Ss-D (-, +)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	510	595	4.9	19.2	0.26
①	Ss-D (+, -)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	402	488	3.9	19.2	0.21
①	Ss-D (-, -)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	472	558	4.5	19.2	0.24
①	Ss-F1 (+, +)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	432	518	4.1	19.2	0.22
①	Ss-F2 (+, +)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	442	528	4.2	19.2	0.22
①	Ss-N1 (+, +)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	533	617	5.1	19.2	0.27
①	Ss-N1 (-, +)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	384	471	3.7	19.2	0.20
①	Ss- N2_NS (+, +)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	317	405	3.0	19.2	0.16
①	Ss- N2_NS (-, +)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	300	389	2.9	19.2	0.16
①	Ss- N2_EW (+, +)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	317	405	3.0	19.2	0.16
①	Ss- N2_EW (-, +)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	281	370	2.7	19.2	0.15

表 5-11 (6) コンクリートの曲げ軸力照査結果 (A-A断面) (解析ケース①)

解析 ケース	地震動	評価 位置	決定ケース		断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄 筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c/σ_{ca}
			荷重 方法	常時 土水圧	部材幅 b(mm)	部材高 h(mm)	有効高 d(mm)		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
①	Ss-D (+, +)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	430	994	3.8	19.2	0.20
①	Ss-D (-, +)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	414	966	3.6	19.2	0.19
①	Ss-D (+, -)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	370	887	3.2	19.2	0.17
①	Ss-D (-, -)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	424	985	3.7	19.2	0.20
①	Ss-F1 (+, +)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	293	746	2.5	19.2	0.14
①	Ss-F2 (+, +)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	256	680	2.2	19.2	0.12
①	Ss-N1 (+, +)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	439	1011	3.8	19.2	0.20
①	Ss-N1 (-, +)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	312	781	2.7	19.2	0.15
①	Ss- N2_NS (+, +)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	292	743	2.5	19.2	0.14
①	Ss- N2_NS (-, +)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	308	774	2.7	19.2	0.15
①	Ss- N2_EW (+, +)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	275	714	2.4	19.2	0.13
①	Ss- N2_EW (-, +)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	267	699	2.3	19.2	0.12

表 5-11 (7) コンクリートの曲げ軸力照査結果 (A-A断面) (解析ケース②)

解析 ケース	地震動	評価 位置	決定ケース		断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}
			荷重 方法	常時 土水圧	部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
②	Ss-N1 (+, +)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	306	600	3.2	19.2	0.17
②	Ss-N1 (+, +)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	416	598	4.0	19.2	0.21
②	Ss-N1 (+, +)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	411	997	3.6	19.2	0.19

表 5-11 (8) コンクリートの曲げ軸力照査結果 (A-A断面) (解析ケース③)

解析 ケース	地震動	評価 位置	決定ケース		断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}
			荷重 方法	常時 土水圧	部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
③	Ss-N1 (+, +)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	531	1043	5.5	19.2	0.29
③	Ss-N1 (+, +)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	731	624	7.1	19.2	0.37
③	Ss-N1 (+, +)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	477	1027	4.2	19.2	0.22

表 5-11 (9) コンクリートの曲げ軸力照査結果 (B-B断面) (解析ケース①)

解析 ケース	地震動	評価 位置	決定ケース		断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}
			荷重 方法	常時 土水圧	部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
①	Ss-D (+, +)	上部	片押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	46	124	0.4	19.2	0.03
①	Ss-D (-, +)	上部	片押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	24	101	0.3	19.2	0.02
①	Ss-D (+, -)	上部	片押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	27	103	0.3	19.2	0.02
①	Ss-D (-, -)	上部	片押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	25	102	0.3	19.2	0.02
①	Ss-F1 (+, +)	上部	片押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	31	104	0.3	19.2	0.02
①	Ss-F2 (+, +)	上部	片押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	25	102	0.3	19.2	0.02
①	Ss-N1 (+, +)	上部	片押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	22	0	0.3	19.2	0.02
①	Ss-N1 (-, +)	上部	片押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	36	107	0.3	19.2	0.02
①	Ss- N2_NS (+, +)	上部	片押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	-29	47	0.3	19.2	0.02
①	Ss- N2_NS (-, +)	上部	片押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	30	104	0.3	19.2	0.02
①	Ss- N2_EW (+, +)	上部	片押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	20	2	0.2	19.2	0.02
①	Ss- N2_EW (-, +)	上部	片押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	20	2	0.2	19.2	0.02

表 5-11 (10) コンクリートの曲げ軸力照査結果 (B-B断面) (解析ケース①)

解析 ケース	地震動	評価 位置	決定ケース		断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}
			荷重 方法	常時 土水圧	部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
①	Ss-D (+, +)	中部	片押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	347	561	3.3	19.2	0.18
①	Ss-D (-, +)	中部	片押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	437	679	4.1	19.2	0.22
①	Ss-D (+, -)	中部	片押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	357	574	3.4	19.2	0.18
①	Ss-D (-, -)	中部	片押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	417	652	3.9	19.2	0.21
①	Ss-F1 (+, +)	中部	片押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	269	459	2.5	19.2	0.14
①	Ss-F2 (+, +)	中部	片押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	310	513	2.9	19.2	0.16
①	Ss-N1 (+, +)	中部	片押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	350	564	3.3	19.2	0.18
①	Ss-N1 (-, +)	中部	片押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	239	419	2.2	19.2	0.12
①	Ss- N2_NS (+, +)	中部	片押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	291	488	2.7	19.2	0.15
①	Ss- N2_NS (-, +)	中部	片押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	288	484	2.7	19.2	0.15
①	Ss- N2_EW (+, +)	中部	片押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	326	534	3.1	19.2	0.17
①	Ss- N2_EW (-, +)	中部	片押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	263	450	2.5	19.2	0.14

表 5-11 (11) コンクリートの曲げ軸力照査結果 (B-B断面) (解析ケース①)

解析 ケース	地震動	評価 位置	決定ケース		断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}
			荷重 方法	常時 土水圧	部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
①	Ss-D (+, +)	下部	片押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	179	557	1.5	19.2	0.08
①	Ss-D (-, +)	下部	片押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	234	657	2.0	19.2	0.11
①	Ss-D (+, -)	下部	片押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	206	604	1.8	19.2	0.10
①	Ss-D (-, -)	下部	片押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	240	668	2.1	19.2	0.11
①	Ss-F1 (+, +)	下部	片押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	181	560	1.6	19.2	0.09
①	Ss-F2 (+, +)	下部	片押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	206	604	1.8	19.2	0.10
①	Ss-N1 (+, +)	下部	片押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	213	619	1.8	19.2	0.10
①	Ss-N1 (-, +)	下部	片押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	167	534	1.4	19.2	0.08
①	Ss- N2_NS (+, +)	下部	片押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	207	606	1.8	19.2	0.10
①	Ss- N2_NS (-, +)	下部	片押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	174	548	1.5	19.2	0.08
①	Ss- N2_EW (+, +)	下部	片押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	176	552	1.5	19.2	0.08
①	Ss- N2_EW (-, +)	下部	片押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	160	523	1.4	19.2	0.08

表 5-11 (12) コンクリートの曲げ軸力照査結果 (B-B断面) (解析ケース①)

解析 ケース	地震動	評価 位置	決定ケース		断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}
			荷重 方法	常時 土水圧	部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
①	Ss-D (+, +)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	48	127	0.5	19.2	0.03
①	Ss-D (-, +)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	32	96	0.3	19.2	0.02
①	Ss-D (+, -)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	34	99	0.3	19.2	0.02
①	Ss-D (-, -)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	32	97	0.3	19.2	0.02
①	Ss-F1 (+, +)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	36	103	0.3	19.2	0.02
①	Ss-F2 (+, +)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	33	97	0.3	19.2	0.02
①	Ss-N1 (+, +)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	24	82	0.2	19.2	0.02
①	Ss-N1 (-, +)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	39	109	0.4	19.2	0.03
①	Ss- N2_NS (+, +)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	12	67	0.1	19.2	0.01
①	Ss- N2_NS (-, +)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	35	103	0.3	19.2	0.02
①	Ss- N2_EW (+, +)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	28	88	0.3	19.2	0.02
①	Ss- N2_EW (-, +)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	28	89	0.3	19.2	0.02

表 5-11 (13) コンクリートの曲げ軸力照査結果 (B-B断面) (解析ケース①)

解析 ケース	地震動	評価 位置	決定ケース		断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}
			荷重 方法	常時 土水圧	部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
①	Ss-D (+, +)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	414	515	4.0	19.2	0.21
①	Ss-D (-, +)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	521	620	5.0	19.2	0.27
①	Ss-D (+, -)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	425	526	4.1	19.2	0.22
①	Ss-D (-, -)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	497	596	4.8	19.2	0.25
①	Ss-F1 (+, +)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	320	423	3.1	19.2	0.17
①	Ss-F2 (+, +)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	369	471	3.5	19.2	0.19
①	Ss-N1 (+, +)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	417	518	4.0	19.2	0.21
①	Ss-N1 (-, +)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	284	387	2.7	19.2	0.15
①	Ss- N2_NS (+, +)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	346	449	3.3	19.2	0.18
①	Ss- N2_NS (-, +)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	343	446	3.3	19.2	0.18
①	Ss- N2_EW (+, +)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	388	490	3.7	19.2	0.20
①	Ss- N2_EW (-, +)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	313	416	3.0	19.2	0.16

表 5-11 (14) コンクリートの曲げ軸力照査結果 (B-B断面) (解析ケース①)

解析 ケース	地震動	評価 位置	決定ケース		断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}
			荷重 方法	常時 土水圧	部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
①	Ss-D (+, +)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	187	559	1.6	19.2	0.09
①	Ss-D (-, +)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	245	661	2.1	19.2	0.11
①	Ss-D (+, -)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	215	607	1.9	19.2	0.10
①	Ss-D (-, -)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	251	671	2.2	19.2	0.12
①	Ss-F1 (+, +)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	189	562	1.6	19.2	0.09
①	Ss-F2 (+, +)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	214	607	1.9	19.2	0.10
①	Ss-N1 (+, +)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	223	622	1.9	19.2	0.10
①	Ss-N1 (-, +)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	174	536	1.5	19.2	0.08
①	Ss- N2_NS (+, +)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	216	609	1.9	19.2	0.10
①	Ss- N2_NS (-, +)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	182	550	1.6	19.2	0.09
①	Ss- N2_EW (+, +)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	184	553	1.6	19.2	0.09
①	Ss- N2_EW (-, +)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	167	523	1.4	19.2	0.08

表 5-11 (15) コンクリートの曲げ軸力照査結果 (B-B断面) (解析ケース②)

解析 ケース	地震動	評価 位置	決定ケース		断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}
			荷重 方法	常時 土水圧	部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
②	Ss-D (-, +)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	33	100	0.3	19.2	0.02
②	Ss-D (-, +)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	422	619	4.0	19.2	0.21
②	Ss-D (-, +)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	250	689	2.2	19.2	0.12

表 5-11 (16) コンクリートの曲げ軸力照査結果 (B-B断面) (解析ケース③)

解析 ケース	地震動	評価 位置	決定ケース		断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}
			荷重 方法	常時 土水圧	部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
③	Ss-D (-, +)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	31	90	0.3	19.2	0.02
③	Ss-D (-, +)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	670	598	6.5	19.2	0.34
③	Ss-D (-, +)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	279	697	2.4	19.2	0.13

表 5-12 (1) 鉄筋の曲げ軸力照査結果 (A-A断面) (解析ケース①)

解析 ケース	地震動	評価 位置	決定ケース		断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}
			荷重 方法	常時 土水圧	部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
①	Ss-D (+, +)	上部	片押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	451	897	63.7	294	0.22
①	Ss-D (-, +)	上部	片押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	397	790	56.0	294	0.20
①	Ss-D (+, -)	上部	片押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	470	936	66.3	294	0.23
①	Ss-D (-, -)	上部	片押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	391	779	55.1	294	0.19
①	Ss-F1 (+, +)	上部	片押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	359	715	50.6	294	0.18
①	Ss-F2 (+, +)	上部	片押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	338	673	47.7	294	0.17
①	Ss-N1 (+, +)	上部	片押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	348	692	49.2	294	0.17
①	Ss-N1 (-, +)	上部	片押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	284	565	40.1	294	0.14
①	Ss- N2_NS (+, +)	上部	片押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	291	580	41.0	294	0.14
①	Ss- N2_NS (-, +)	上部	片押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	296	590	41.7	294	0.15
①	Ss- N2_EW (+, +)	上部	片押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	319	635	45.0	294	0.16
①	Ss- N2_EW (-, +)	上部	片押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	275	547	38.8	294	0.14

表 5-12 (2) 鉄筋の曲げ軸力照査結果 (A-A断面) (解析ケース①)

解析 ケース	地震動	評価 位置	決定ケース		断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}
			荷重 方法	常時 土水圧	部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
①	Ss-D (+, +)	中部	片押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	366	569	52.0	294	0.18
①	Ss-D (-, +)	中部	片押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	429	652	62.2	294	0.22
①	Ss-D (+, -)	中部	片押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	338	532	47.4	294	0.17
①	Ss-D (-, -)	中部	片押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	397	610	57.0	294	0.20
①	Ss-F1 (+, +)	中部	片押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	364	566	51.7	294	0.18
①	Ss-F2 (+, +)	中部	片押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	372	576	53.0	294	0.19
①	Ss-N1 (+, +)	中部	片押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	448	677	65.4	294	0.23
①	Ss-N1 (-, +)	中部	片押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	324	513	45.2	294	0.16
①	Ss- N2_NS (+, +)	中部	片押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	267	439	35.8	294	0.13
①	Ss- N2_NS (-, +)	中部	片押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	254	421	33.7	294	0.12
①	Ss- N2_EW (+, +)	中部	片押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	268	439	36.1	294	0.13
①	Ss- N2_EW (-, +)	中部	片押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	238	400	31.1	294	0.11

表 5-12 (3) 鉄筋の曲げ軸力照査結果 (A-A断面) (解析ケース①)

解析 ケース	地震動	評価 位置	決定ケース		断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}
			荷重 方法	常時 土水圧	部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
①	Ss-D (+, +)	下部	片押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	409	982	27.1	294	0.10
①	Ss-D (-, +)	下部	片押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	395	954	25.8	294	0.09
①	Ss-D (+, -)	下部	片押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	353	878	21.7	294	0.08
①	Ss-D (-, -)	下部	片押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	404	973	26.6	294	0.10
①	Ss-F1 (+, +)	下部	片押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	279	741	14.6	294	0.05
①	Ss-F2 (+, +)	下部	片押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	245	676	11.5	294	0.04
①	Ss-N1 (+, +)	下部	片押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	418	998	28.0	294	0.10
①	Ss-N1 (-, +)	下部	片押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	298	775	16.4	294	0.06
①	Ss- N2_NS (+, +)	下部	片押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	278	739	14.5	294	0.05
①	Ss- N2_NS (-, +)	下部	片押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	294	768	16.0	294	0.06
①	Ss- N2_EW (+, +)	下部	片押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	263	710	13.2	294	0.05
①	Ss- N2_EW (-, +)	下部	片押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	255	695	12.4	294	0.05

表 5-12 (4) 鉄筋の曲げ軸力照査結果 (A-A断面) (解析ケース①)

解析 ケース	地震動	評価 位置	決定ケース		断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}
			荷重 方法	常時 土水圧	部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
①	Ss-D (+, +)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	469	922	67.5	294	0.23
①	Ss-D (-, +)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	413	812	59.5	294	0.21
①	Ss-D (+, -)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	490	962	70.7	294	0.25
①	Ss-D (-, -)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	407	800	58.6	294	0.20
①	Ss-F1 (+, +)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	374	734	54.0	294	0.19
①	Ss-F2 (+, +)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	352	692	50.7	294	0.18
①	Ss-N1 (+, +)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	362	711	52.2	294	0.18
①	Ss-N1 (-, +)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	295	580	42.5	294	0.15
①	Ss- N2_NS (+, +)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	303	596	43.6	294	0.15
①	Ss- N2_NS (-, +)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	309	606	44.7	294	0.16
①	Ss- N2_EW (+, +)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	332	653	47.8	294	0.17
①	Ss- N2_EW (-, +)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	286	562	41.2	294	0.15

表 5-12 (5) 鉄筋の曲げ軸力照査結果 (A-A断面) (解析ケース①)

解析 ケース	地震動	評価 位置	決定ケース		断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}
			荷重 方法	常時 土水圧	部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
①	Ss-D (+, +)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	435	521	76.2	294	0.26
①	Ss-D (-, +)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	510	595	90.9	294	0.31
①	Ss-D (+, -)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	402	488	69.8	294	0.24
①	Ss-D (-, -)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	472	558	83.4	294	0.29
①	Ss-F1 (+, +)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	432	518	75.6	294	0.26
①	Ss-F2 (+, +)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	442	528	77.6	294	0.27
①	Ss-N1 (+, +)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	533	617	95.4	294	0.33
①	Ss-N1 (-, +)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	384	471	66.2	294	0.23
①	Ss- N2_NS (+, +)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	317	405	53.1	294	0.19
①	Ss- N2_NS (-, +)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	300	389	49.7	294	0.17
①	Ss- N2_EW (+, +)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	317	405	53.1	294	0.19
①	Ss- N2_EW (-, +)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	281	370	46.0	294	0.16

表 5-12 (6) 鉄筋の曲げ軸力照査結果 (A-A断面) (解析ケース①)

解析 ケース	地震動	評価 位置	決定ケース		断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄 筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s/σ_{sa}
			荷重 方法	常時 土水圧	部材幅 b(mm)	部材高 h(mm)	有効高 d(mm)		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
①	Ss-D (+, +)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	430	994	30.7	294	0.11
①	Ss-D (-, +)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	414	966	29.1	294	0.10
①	Ss-D (+, -)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	370	887	24.6	294	0.09
①	Ss-D (-, -)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	424	985	30.0	294	0.11
①	Ss-F1 (+, +)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	293	746	17.0	294	0.06
①	Ss-F2 (+, +)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	256	680	13.4	294	0.05
①	Ss-N1 (+, +)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	439	1011	31.6	294	0.11
①	Ss-N1 (-, +)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	312	781	18.9	294	0.07
①	Ss- N2_NS (+, +)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	292	743	17.0	294	0.06
①	Ss- N2_NS (-, +)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	308	774	18.5	294	0.07
①	Ss- N2_EW (+, +)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	275	714	15.2	294	0.06
①	Ss- N2_EW (-, +)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	267	699	14.5	294	0.05

表 5-12 (7) 鉄筋の曲げ軸力照査結果 (A-A断面) (解析ケース②)

解析 ケース	地震動	評価 位置	決定ケース		断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}
			荷重 方法	常時 土水圧	部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
②	Ss-N1 (+, +)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	306	600	44.2	294	0.16
②	Ss-N1 (+, +)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	416	598	63.5	294	0.22
②	Ss-N1 (+, +)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	411	997	26.6	294	0.10

表 5-12 (8) 鉄筋の曲げ軸力照査結果 (A-A断面) (解析ケース③)

解析 ケース	地震動	評価 位置	決定ケース		断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}
			荷重 方法	常時 土水圧	部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
③	Ss-N1 (+, +)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	531	1043	76.6	294	0.27
③	Ss-N1 (+, +)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	731	624	152.9	294	0.53
③	Ss-N1 (+, +)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	477	1027	38.8	294	0.14

表 5-12 (9) 鉄筋の曲げ軸力照査結果 (B-B断面) (解析ケース①)

解析 ケース	地震動	評価 位置	決定ケース		断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}
			荷重 方法	常時 土水圧	部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
①	Ss-D (+, +)	上部	片押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	46	124	6.8	294	0.03
①	Ss-D (-, +)	上部	片押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	24	101	8.1	294	0.03
①	Ss-D (+, -)	上部	片押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	27	103	7.7	294	0.03
①	Ss-D (-, -)	上部	片押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	25	102	8.1	294	0.03
①	Ss-F1 (+, +)	上部	片押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	31	104	7.9	294	0.03
①	Ss-F2 (+, +)	上部	片押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	25	102	8.1	294	0.03
①	Ss-N1 (+, +)	上部	片押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	22	0	9.9	294	0.04
①	Ss-N1 (-, +)	上部	片押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	36	107	7.1	294	0.03
①	Ss- N2_NS (+, +)	上部	片押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	-29	47	12.7	294	0.05
①	Ss- N2_NS (-, +)	上部	片押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	30	104	7.9	294	0.03
①	Ss- N2_EW (+, +)	上部	片押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	20	2	9.0	294	0.04
①	Ss- N2_EW (-, +)	上部	片押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	20	2	9.0	294	0.04

表 5-12 (10) 鉄筋の曲げ軸力照査結果 (B-B断面) (解析ケース①)

解析 ケース	地震動	評価 位置	決定ケース		断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}
			荷重 方法	常時 土水圧	部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
①	Ss-D (+, +)	中部	片押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	347	561	47.3	294	0.17
①	Ss-D (-, +)	中部	片押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	437	679	62.1	294	0.22
①	Ss-D (+, -)	中部	片押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	357	574	49.0	294	0.17
①	Ss-D (-, -)	中部	片押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	417	652	58.9	294	0.21
①	Ss-F1 (+, +)	中部	片押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	269	459	34.6	294	0.12
①	Ss-F2 (+, +)	中部	片押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	310	513	41.3	294	0.15
①	Ss-N1 (+, +)	中部	片押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	350	564	47.9	294	0.17
①	Ss-N1 (-, +)	中部	片押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	239	419	29.8	294	0.11
①	Ss- N2_NS (+, +)	中部	片押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	291	488	38.2	294	0.13
①	Ss- N2_NS (-, +)	中部	片押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	288	484	37.7	294	0.13
①	Ss- N2_EW (+, +)	中部	片押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	326	534	43.9	294	0.15
①	Ss- N2_EW (-, +)	中部	片押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	263	450	33.7	294	0.12

表 5-12 (11) 鉄筋の曲げ軸力照査結果 (B-B断面) (解析ケース①)

解析 ケース	地震動	評価 位置	決定ケース		断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}
			荷重 方法	常時 土水圧	部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
①	Ss-D (+, +)	下部	片押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	179	557	5.6	294	0.02
①	Ss-D (-, +)	下部	片押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	234	657	10.5	294	0.04
①	Ss-D (+, -)	下部	片押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	206	604	8.0	294	0.03
①	Ss-D (-, -)	下部	片押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	240	668	11.0	294	0.04
①	Ss-F1 (+, +)	下部	片押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	181	560	5.8	294	0.02
①	Ss-F2 (+, +)	下部	片押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	206	604	8.0	294	0.03
①	Ss-N1 (+, +)	下部	片押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	213	619	8.6	294	0.03
①	Ss-N1 (-, +)	下部	片押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	167	534	4.7	294	0.02
①	Ss- N2_NS (+, +)	下部	片押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	207	606	8.1	294	0.03
①	Ss- N2_NS (-, +)	下部	片押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	174	548	5.2	294	0.02
①	Ss- N2_EW (+, +)	下部	片押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	176	552	5.3	294	0.02
①	Ss- N2_EW (-, +)	下部	片押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	160	523	4.0	294	0.02

表 5-12 (12) 鉄筋の曲げ軸力照査結果 (B-B断面) (解析ケース①)

解析 ケース	地震動	評価 位置	決定ケース		断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}
			荷重 方法	常時 土水圧	部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
①	Ss-D (+, +)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	48	127	3.6	294	0.02
①	Ss-D (-, +)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	32	96	1.6	294	0.01
①	Ss-D (+, -)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	34	99	1.9	294	0.01
①	Ss-D (-, -)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	32	97	1.5	294	0.01
①	Ss-F1 (+, +)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	36	103	2.1	294	0.01
①	Ss-F2 (+, +)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	33	97	1.8	294	0.01
①	Ss-N1 (+, +)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	24	82	0.6	294	0.01
①	Ss-N1 (-, +)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	39	109	2.5	294	0.01
①	Ss- N2_NS (+, +)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	12	67	0.0	294	0.00
①	Ss- N2_NS (-, +)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	35	103	1.9	294	0.01
①	Ss- N2_EW (+, +)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	28	88	1.1	294	0.01
①	Ss- N2_EW (-, +)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	28	89	1.1	294	0.01

表 5-12 (13) 鉄筋の曲げ軸力照査結果 (B-B断面) (解析ケース①)

解析 ケース	地震動	評価 位置	決定ケース		断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}
			荷重 方法	常時 土水圧	部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
①	Ss-D (+, +)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	414	515	70.7	294	0.25
①	Ss-D (-, +)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	521	620	91.7	294	0.32
①	Ss-D (+, -)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	425	526	72.8	294	0.25
①	Ss-D (-, -)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	497	596	87.0	294	0.30
①	Ss-F1 (+, +)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	320	423	52.3	294	0.18
①	Ss-F2 (+, +)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	369	471	61.9	294	0.22
①	Ss-N1 (+, +)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	417	518	71.3	294	0.25
①	Ss-N1 (-, +)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	284	387	45.3	294	0.16
①	Ss- N2_NS (+, +)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	346	449	57.3	294	0.20
①	Ss- N2_NS (-, +)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	343	446	56.7	294	0.20
①	Ss- N2_EW (+, +)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	388	490	65.6	294	0.23
①	Ss- N2_EW (-, +)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	313	416	50.9	294	0.18

表 5-12 (14) 鉄筋の曲げ軸力照査結果 (B-B断面) (解析ケース①)

解析 ケース	地震動	評価 位置	決定ケース		断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}
			荷重 方法	常時 土水圧	部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
①	Ss-D (+, +)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	187	559	6.8	294	0.03
①	Ss-D (-, +)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	245	661	12.3	294	0.05
①	Ss-D (+, -)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	215	607	9.5	294	0.04
①	Ss-D (-, -)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	251	671	12.9	294	0.05
①	Ss-F1 (+, +)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	189	562	7.0	294	0.03
①	Ss-F2 (+, +)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	214	607	9.3	294	0.04
①	Ss-N1 (+, +)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	223	622	10.2	294	0.04
①	Ss-N1 (-, +)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	174	536	5.7	294	0.02
①	Ss- N2_NS (+, +)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	216	609	9.6	294	0.04
①	Ss- N2_NS (-, +)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	182	550	6.4	294	0.03
①	Ss- N2_EW (+, +)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	184	553	6.6	294	0.03
①	Ss- N2_EW (-, +)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	167	523	5.1	294	0.02

表 5-12 (15) 鉄筋の曲げ軸力照査結果 (B-B断面) (解析ケース②)

解析 ケース	地震動	評価 位置	決定ケース		断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}
			荷重 方法	常時 土水圧	部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
②	Ss-D (-, +)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	33	100	1.6	294	0.01
②	Ss-D (-, +)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	422	619	63.3	294	0.22
②	Ss-D (-, +)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	250	689	11.8	294	0.05

表 5-12 (16) 鉄筋の曲げ軸力照査結果 (B-B断面) (解析ケース③)

解析 ケース	地震動	評価 位置	決定ケース		断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}
			荷重 方法	常時 土水圧	部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
③	Ss-D (-, +)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D29@200 (2段)	31	90	1.7	294	0.01
③	Ss-D (-, +)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D35@200 (2段)	670	598	137.5	294	0.47
③	Ss-D (-, +)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D38@200 (2段)	279	697	16.9	294	0.06

表 5-13 断面諸元一覧 (曲げ軸力に対する評価)

評価位置		断面形状						主鉄筋								
		部材幅 (mm)	部材高 (mm)	かぶり		有効高		鉄筋 仕様	外面				内面			
				外面 (mm)	内面 (mm)	外面 (mm)	内面 (mm)		径 (mm)	段数	鉄筋 間隔 (mm)	鉄筋 量 (mm ² /m)	径 (mm)	段数	鉄筋 間隔 (mm)	鉄筋 量 (mm ² /m)
側壁	上部	1000	1000	200	200	800	800	SD345	29	1	200	3212	29	1	200	3212
	中部	1000	1000	200	200	800	800	SD345	35	1	200	4783	35	1	200	4783
	下部	1000	1000	200	200	800	800	SD345	38	1	200	5700	38	1	200	5700

5.2.2 水平断面のせん断力に対する評価結果

水平断面のせん断力に対する評価位置を図 5-7 に示す。水平断面における鉄筋コンクリートのせん断力の各評価位置において最も厳しい照査値を表 5-14 に、その際の断面力（せん断力）を図 5-8 に示す。これらの図は、構造部材のせん断力照査結果の照査値が最大となる時刻における要素ごとの断面力を示したものである。また、鉄筋コンクリートのせん断力照査結果一覧を表 5-15 に示す。

揚水井戸の側壁における許容応力度法による照査を行った結果、評価位置において鉄筋コンクリートのせん断応力度が許容限界以下であることを確認した。

断面計算に用いた断面諸元の一覧を表 5-16 に示す。

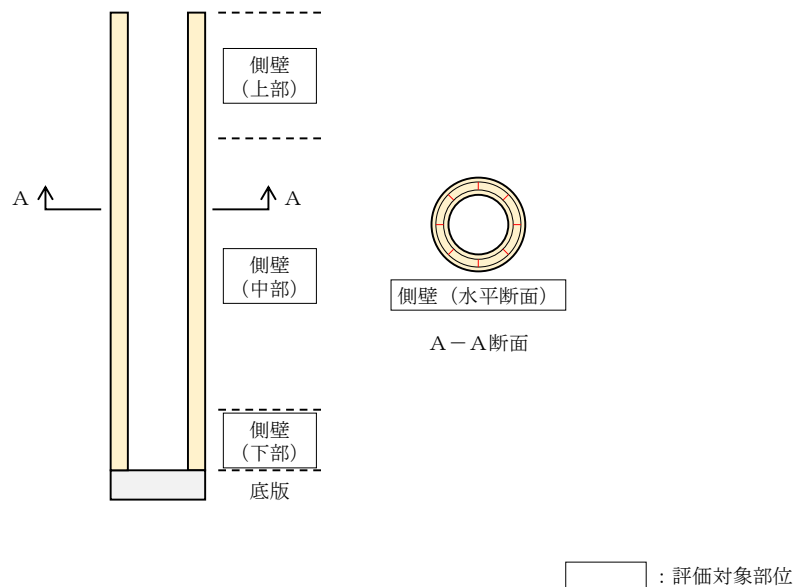


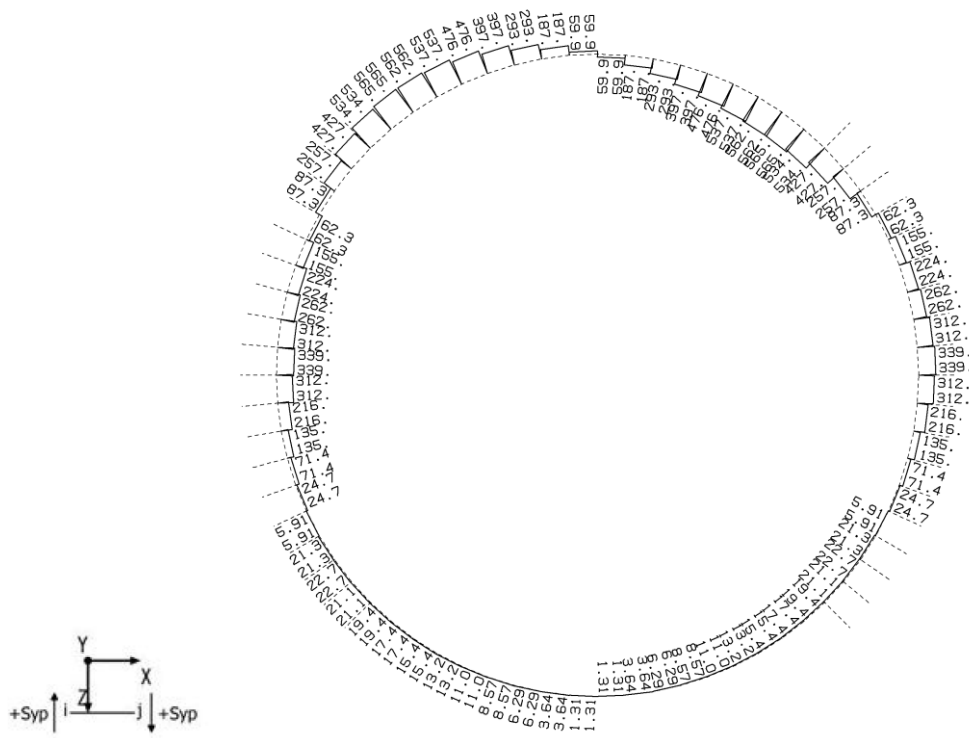
図 5-7 評価位置図

表 5-14 (1) せん断力に対する照査結果 (A-A断面)
(各評価位置において最も厳しい照査値とその地震波)

解析 ケース	地震動	評価 位置	決定ケース		断面形状			鉄筋仕様 (せん断補強筋)	発生 せん断力 V(kN/m)	短期許容 せん断力 V _a (kN/m)	照査値 V/V _a
			荷重 方法	常時 土水圧	部材幅 b(mm)	部材高 h(mm)	有効高 d(mm)				
③	Ss-D (+, -)	上部	片押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	565	1116	0.51
③	Ss-D (+, -)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	515	1116	0.47
①	Ss-N1 (+, +)	下部	片押し	最小	1000	1000	800	D25@236@400	463	1375	0.34

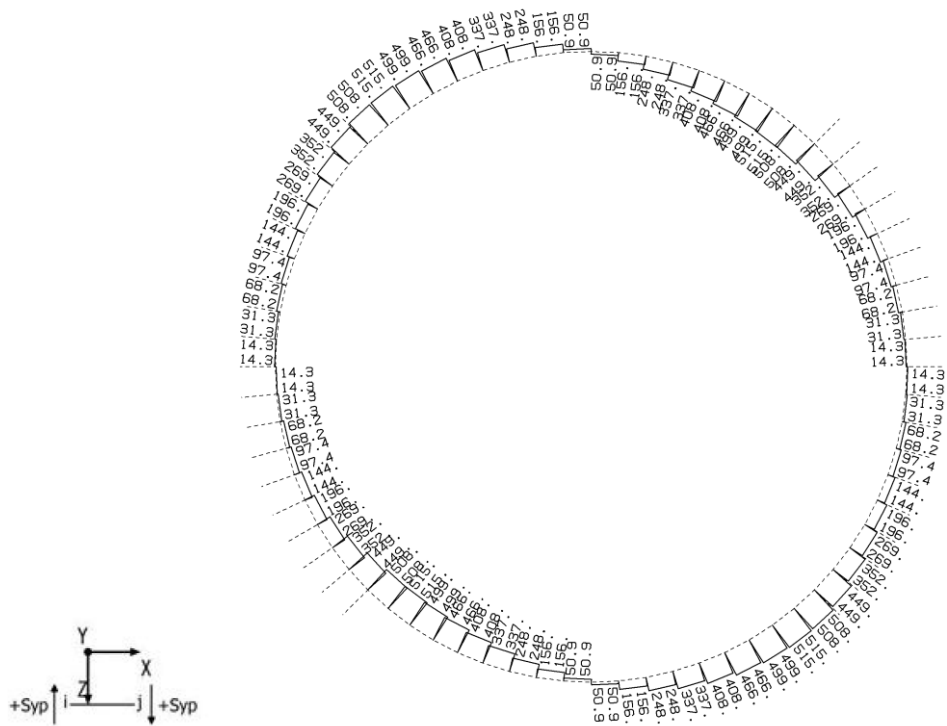
表 5-14 (2) せん断力に対する照査結果 (B-B断面)
(各評価位置において最も厳しい照査値とその地震波)

解析 ケース	地震動	評価 位置	決定ケース		断面形状			鉄筋仕様 (せん断補強筋)	発生 せん断力 V(kN/m)	短期許容 せん断力 V _a (kN/m)	照査値 V/V _a
			荷重 方法	常時 土水圧	部材幅 b(mm)	部材高 h(mm)	有効高 d(mm)				
①	Ss-D (+, +)	上部	片押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	53	1116	0.05
③	Ss-D (-, +)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	633	1116	0.57
③	Ss-D (-, +)	下部	片押し	最小	1000	1000	800	D25@236@400	288	1375	0.21



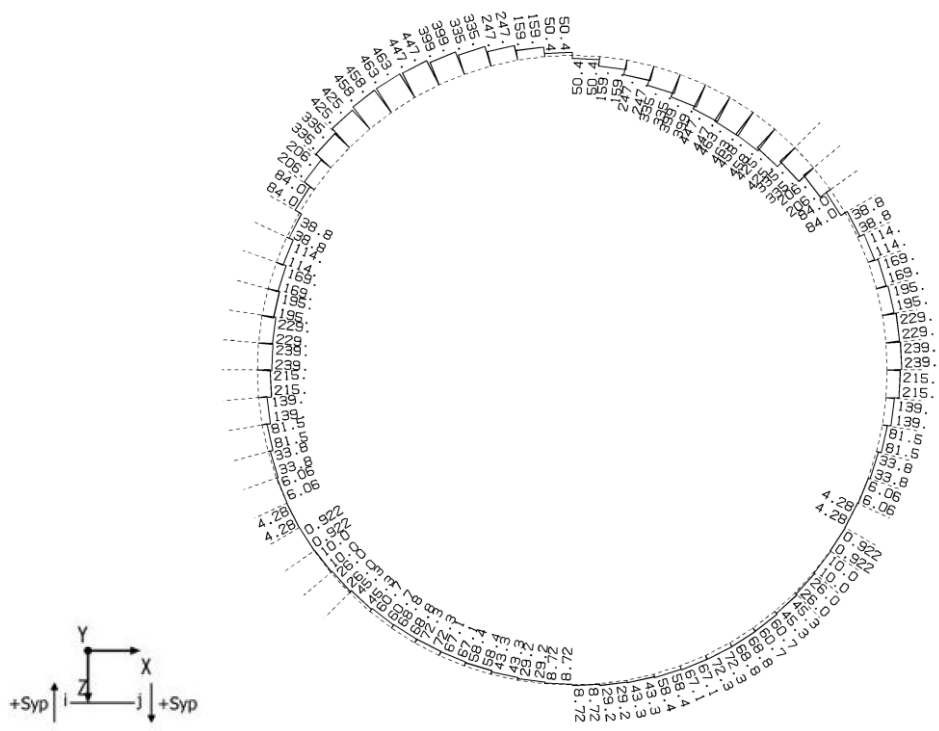
(せん断力)

図 5-8 (1) コンクリートのせん断力が最も厳しい時刻の断面力
 (A-A断面, 上部, S s - D (+, -), t = 30.71 s) (解析ケース③)



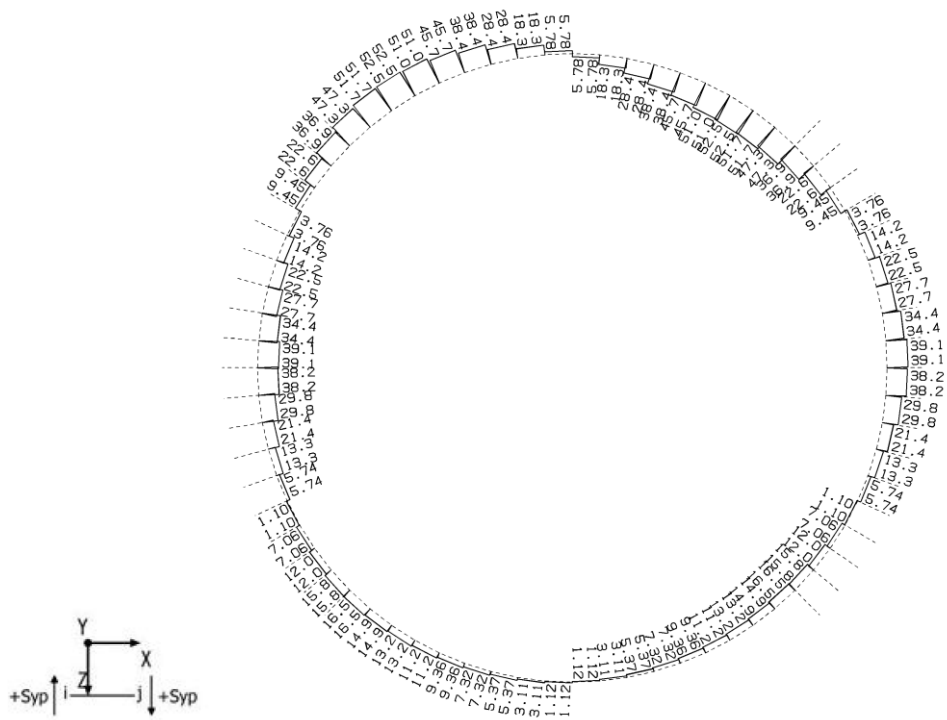
(せん断力)

図 5-8 (2) コンクリートのせん断力が最も厳しい時刻の断面力
(A-A断面, 中部, S s - D (+, -), t = 14.43 s) (解析ケース③)



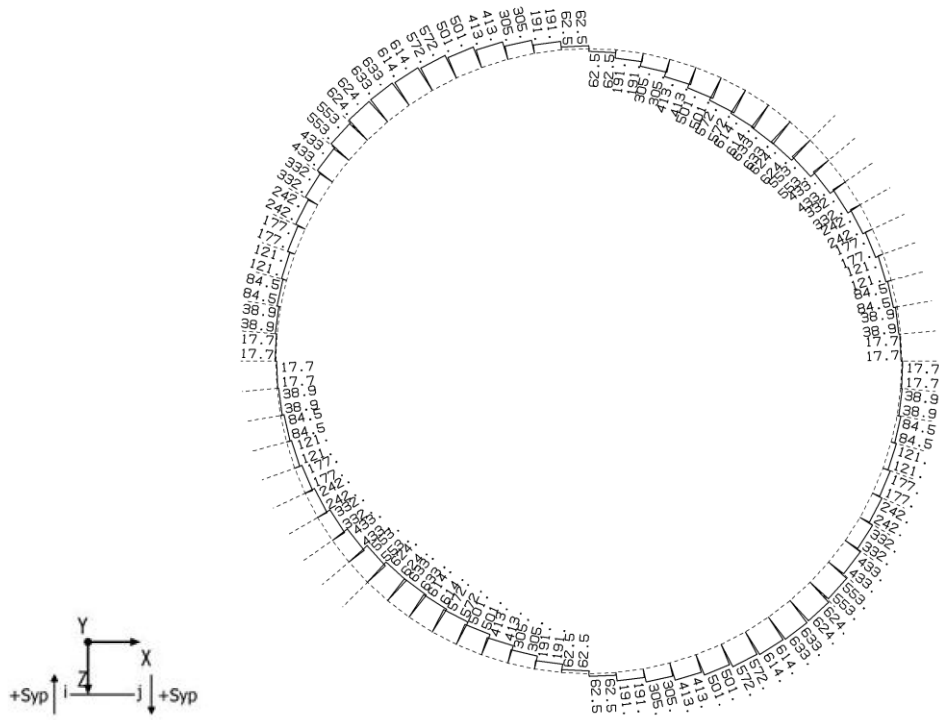
(せん断力)

図 5-8 (3) コンクリートのせん断力が最も厳しい時刻の断面力
 (A-A断面, 下部, S_s-N1 (+, +), t = 7.60 s) (解析ケース①)



(せん断力)

図 5-8 (4) コンクリートのせん断力が最も厳しい時刻の断面力
 (B-B断面, 上部, S_s-D(+, +), t = 8.98 s) (解析ケース①)



(せん断力)

図 5-8 (5) コンクリートのせん断力が最も厳しい時刻の断面力
 (B-B断面, 中部, S s - D (-, +), t = 8.55 s) (解析ケース③)

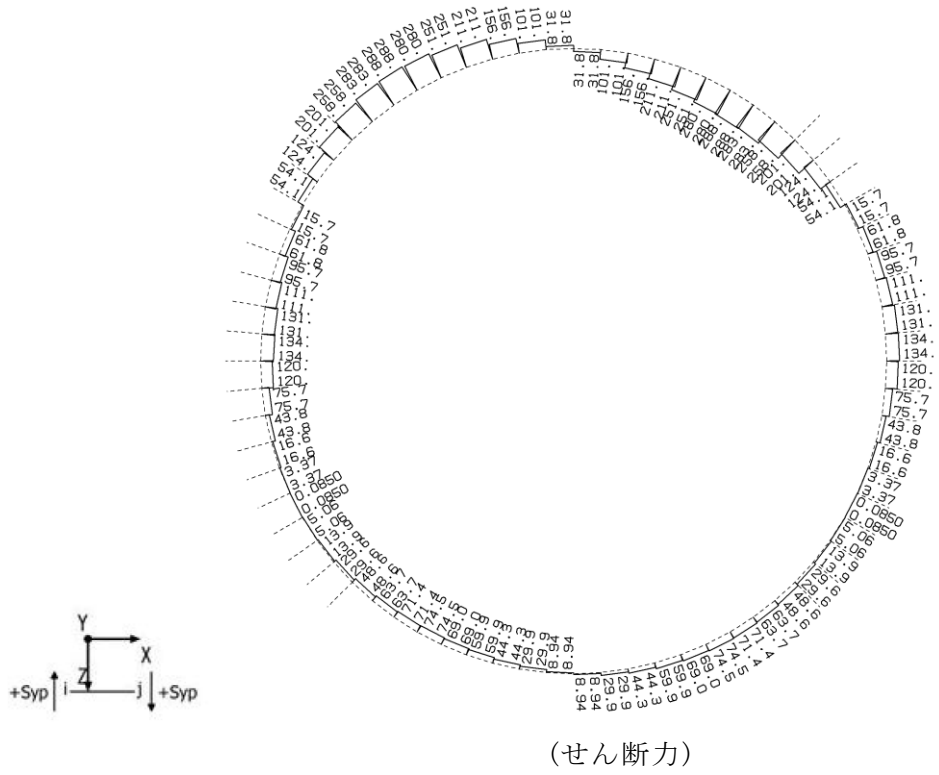


図 5-8 (6) コンクリートのせん断力が最も厳しい時刻の断面力
 (B-B断面, 下部, $S_s - D(-, +)$, $t = 8.55 \text{ s}$) (解析ケース③)

表 5-15 (1) 鉄筋コンクリートのせん断力照査結果 (A-A断面) (解析ケース①)

解析 ケース	地震動	評価 位置	決定ケース		断面形状			鉄筋仕様 (せん断補強筋)	発生 せん断力 V (kN/m)	短期許容 せん断力 V _a (kN/m)	照査値 V/V _a
			荷重 方法	常時 土水圧	部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)				
①	Ss-D (+, +)	上部	片押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	511	1116	0.46
①	Ss-D (-, +)	上部	片押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	450	1116	0.41
①	Ss-D (+, -)	上部	片押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	533	1116	0.48
①	Ss-D (-, -)	上部	片押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	443	1116	0.40
①	Ss-F1 (+, +)	上部	片押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	407	1116	0.37
①	Ss-F2 (+, +)	上部	片押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	383	1116	0.35
①	Ss-N1 (+, +)	上部	片押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	394	1116	0.36
①	Ss-N1 (-, +)	上部	片押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	321	1116	0.29
①	Ss- N2_NS (+, +)	上部	片押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	330	1116	0.30
①	Ss- N2_NS (-, +)	上部	片押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	336	1116	0.31
①	Ss- N2_EW (+, +)	上部	片押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	362	1116	0.33
①	Ss- N2_EW (-, +)	上部	片押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	312	1116	0.28

表 5-15 (2) 鉄筋コンクリートのせん断力照査結果 (A-A断面) (解析ケース①)

解析 ケース	地震動	評価 位置	決定ケース		断面形状			鉄筋仕様 (せん断補強筋)	発生 せん断力 V (kN/m)	短期許容 せん断力 V _a (kN/m)	照査値 V/V _a
			荷重 方法	常時 土水圧	部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)				
①	Ss-D (+, +)	中部	片押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	390	1116	0.35
①	Ss-D (-, +)	中部	片押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	457	1116	0.41
①	Ss-D (+, -)	中部	片押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	360	1116	0.33
①	Ss-D (-, -)	中部	片押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	423	1116	0.38
①	Ss-F1 (+, +)	中部	片押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	387	1116	0.35
①	Ss-F2 (+, +)	中部	片押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	396	1116	0.36
①	Ss-N1 (+, +)	中部	片押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	477	1116	0.43
①	Ss-N1 (-, +)	中部	片押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	344	1116	0.31
①	Ss- N2_NS (+, +)	中部	片押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	284	1116	0.26
①	Ss- N2_NS (-, +)	中部	片押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	270	1116	0.25
①	Ss- N2_EW (+, +)	中部	片押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	285	1116	0.26
①	Ss- N2_EW (-, +)	中部	片押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	253	1116	0.23

表 5-15 (3) 鉄筋コンクリートのせん断力照査結果 (A-A断面) (解析ケース①)

解析 ケース	地震動	評価 位置	決定ケース		断面形状			鉄筋仕様 (せん断補強筋)	発生 せん断力 V (kN/m)	短期許容 せん断力 V _a (kN/m)	照査値 V/V _a
			荷重 方法	常時 土水圧	部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)				
①	Ss-D (+, +)	下部	片押し	最小	1000	1000	800	D25@236@400	453	1375	0.33
①	Ss-D (-, +)	下部	片押し	最小	1000	1000	800	D25@236@400	437	1375	0.32
①	Ss-D (+, -)	下部	片押し	最小	1000	1000	800	D25@236@400	391	1375	0.29
①	Ss-D (-, -)	下部	片押し	最小	1000	1000	800	D25@236@400	448	1375	0.33
①	Ss-F1 (+, +)	下部	片押し	最小	1000	1000	800	D25@236@400	308	1375	0.23
①	Ss-F2 (+, +)	下部	片押し	最小	1000	1000	800	D25@236@400	269	1375	0.20
①	Ss-N1 (+, +)	下部	片押し	最小	1000	1000	800	D25@236@400	463	1375	0.34
①	Ss-N1 (-, +)	下部	片押し	最小	1000	1000	800	D25@236@400	328	1375	0.24
①	Ss- N2_NS (+, +)	下部	片押し	最小	1000	1000	800	D25@236@400	307	1375	0.23
①	Ss- N2_NS (-, +)	下部	片押し	最小	1000	1000	800	D25@236@400	325	1375	0.24
①	Ss- N2_EW (+, +)	下部	片押し	最小	1000	1000	800	D25@236@400	289	1375	0.22
①	Ss- N2_EW (-, +)	下部	片押し	最小	1000	1000	800	D25@236@400	280	1375	0.21

表 5-15 (4) 鉄筋コンクリートのせん断力照査結果 (A-A断面) (解析ケース①)

解析 ケース	地震動	評価 位置	決定ケース		断面形状			鉄筋仕様 (せん断補強筋)	発生 せん断力 V (kN/m)	短期許容 せん断力 V _a (kN/m)	照査値 V/V _a
			荷重 方法	常時 土水圧	部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)				
①	Ss-D (+, +)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	496	1116	0.45
①	Ss-D (-, +)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	436	1116	0.40
①	Ss-D (+, -)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	517	1116	0.47
①	Ss-D (-, -)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	430	1116	0.39
①	Ss-F1 (+, +)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	395	1116	0.36
①	Ss-F2 (+, +)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	372	1116	0.34
①	Ss-N1 (+, +)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	383	1116	0.35
①	Ss-N1 (-, +)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	312	1116	0.28
①	Ss- N2_NS (+, +)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	320	1116	0.29
①	Ss- N2_NS (-, +)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	326	1116	0.30
①	Ss- N2_EW (+, +)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	351	1116	0.32
①	Ss- N2_EW (-, +)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	302	1116	0.28

表 5-15 (5) 鉄筋コンクリートのせん断力照査結果 (A-A断面) (解析ケース①)

解析 ケース	地震動	評価 位置	決定ケース		断面形状			鉄筋仕様 (せん断補強筋)	発生 せん断力 V (kN/m)	短期許容 せん断力 V _a (kN/m)	照査値 V/V _a
			荷重 方法	常時 土水圧	部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)				
①	Ss-D (+, +)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	420	1116	0.38
①	Ss-D (-, +)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	492	1116	0.45
①	Ss-D (+, -)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	387	1116	0.35
①	Ss-D (-, -)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	455	1116	0.41
①	Ss-F1 (+, +)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	417	1116	0.38
①	Ss-F2 (+, +)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	426	1116	0.39
①	Ss-N1 (+, +)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	514	1116	0.47
①	Ss-N1 (-, +)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	370	1116	0.34
①	Ss- N2_NS (+, +)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	306	1116	0.28
①	Ss- N2_NS (-, +)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	290	1116	0.26
①	Ss- N2_EW (+, +)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	306	1116	0.28
①	Ss- N2_EW (-, +)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	271	1116	0.25

表 5-15 (6) 鉄筋コンクリートのせん断力照査結果 (A-A断面) (解析ケース①)

解析 ケース	地震動	評価 位置	決定ケース		断面形状			鉄筋仕様 (せん断補強筋)	発生 せん断力 V(kN/m)	短期許容 せん断力 V _a (kN/m)	照査値 V/V _a
			荷重 方法	常時 土水圧	部材幅 b(mm)	部材高 h(mm)	有効高 d(mm)				
①	Ss-D (+, +)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D25@236@400	447	1375	0.33
①	Ss-D (-, +)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D25@236@400	431	1375	0.32
①	Ss-D (+, -)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D25@236@400	386	1375	0.29
①	Ss-D (-, -)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D25@236@400	441	1375	0.33
①	Ss-F1 (+, +)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D25@236@400	306	1375	0.23
①	Ss-F2 (+, +)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D25@236@400	267	1375	0.20
①	Ss-N1 (+, +)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D25@236@400	456	1375	0.34
①	Ss-N1 (-, +)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D25@236@400	325	1375	0.24
①	Ss- N2_NS (+, +)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D25@236@400	304	1375	0.23
①	Ss- N2_NS (-, +)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D25@236@400	321	1375	0.24
①	Ss- N2_EW (+, +)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D25@236@400	287	1375	0.21
①	Ss- N2_EW (-, +)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D25@236@400	278	1375	0.21

表 5-15 (7) 鉄筋コンクリートのせん断力照査結果 (A-A断面) (解析ケース②)

解析 ケース	地震動	評価 位置	決定ケース		断面形状			鉄筋仕様 (せん断補強筋)	発生 せん断力 V (kN/m)	短期許容 せん断力 V _a (kN/m)	照査値 V/V _a
			荷重 方法	常時 土水圧	部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)				
②	Ss-D (+, -)	上部	片押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	491	1116	0.44
②	Ss-D (+, -)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	341	1116	0.31
②	Ss-D (+, -)	下部	片押し	最小	1000	1000	800	D25@236@400	369	1375	0.27

表 5-15 (8) 鉄筋コンクリートのせん断力照査結果 (A-A断面) (解析ケース③)

解析 ケース	地震動	評価 位置	決定ケース		断面形状			鉄筋仕様 (せん断補強筋)	発生 せん断力 V (kN/m)	短期許容 せん断力 V _a (kN/m)	照査値 V/V _a
			荷重 方法	常時 土水圧	部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)				
③	Ss-D (+, -)	上部	片押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	565	1116	0.51
③	Ss-D (+, -)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	515	1116	0.47
③	Ss-D (+, -)	下部	片押し	最小	1000	1000	800	D25@236@400	381	1375	0.28

表 5-15 (9) 鉄筋コンクリートのせん断力照査結果 (B-B断面) (解析ケース①)

解析 ケース	地震動	評価 位置	決定ケース		断面形状			鉄筋仕様 (せん断補強筋)	発生 せん断力 V (kN/m)	短期許容 せん断力 V _a (kN/m)	照査値 V/V _a
			荷重 方法	常時 土水圧	部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)				
①	Ss-D (+, +)	上部	片押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	53	1116	0.05
①	Ss-D (-, +)	上部	片押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	32	1116	0.03
①	Ss-D (+, -)	上部	片押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	34	1116	0.04
①	Ss-D (-, -)	上部	片押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	32	1116	0.03
①	Ss-F1 (+, +)	上部	片押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	37	1116	0.04
①	Ss-F2 (+, +)	上部	片押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	33	1116	0.03
①	Ss-N1 (+, +)	上部	片押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	27	1116	0.03
①	Ss-N1 (-, +)	上部	片押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	42	1116	0.04
①	Ss- N2_NS (+, +)	上部	片押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	32	1116	0.03
①	Ss- N2_NS (-, +)	上部	片押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	36	1116	0.04
①	Ss- N2_EW (+, +)	上部	片押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	29	1116	0.03
①	Ss- N2_EW (-, +)	上部	片押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	30	1116	0.03

表 5-15 (10) 鉄筋コンクリートのせん断力照査結果 (B-B断面) (解析ケース①)

解析 ケース	地震動	評価 位置	決定ケース		断面形状			鉄筋仕様 (せん断補強筋)	発生 せん断力 V (kN/m)	短期許容 せん断力 V _a (kN/m)	照査値 V/V _a
			荷重 方法	常時 土水圧	部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)				
①	Ss-D (+, +)	中部	片押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	371	1116	0.34
①	Ss-D (-, +)	中部	片押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	467	1116	0.42
①	Ss-D (+, -)	中部	片押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	381	1116	0.35
①	Ss-D (-, -)	中部	片押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	445	1116	0.40
①	Ss-F1 (+, +)	中部	片押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	287	1116	0.26
①	Ss-F2 (+, +)	中部	片押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	331	1116	0.30
①	Ss-N1 (+, +)	中部	片押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	373	1116	0.34
①	Ss-N1 (-, +)	中部	片押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	255	1116	0.23
①	Ss- N2_NS (+, +)	中部	片押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	311	1116	0.28
①	Ss- N2_NS (-, +)	中部	片押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	308	1116	0.28
①	Ss- N2_EW (+, +)	中部	片押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	348	1116	0.32
①	Ss- N2_EW (-, +)	中部	片押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	280	1116	0.26

表 5-15 (11) 鉄筋コンクリートのせん断力照査結果 (B-B断面) (解析ケース①)

解析 ケース	地震動	評価 位置	決定ケース		断面形状			鉄筋仕様 (せん断補強筋)	発生 せん断力 V (kN/m)	短期許容 せん断力 V _a (kN/m)	照査値 V/V _a
			荷重 方法	常時 土水圧	部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)				
①	Ss-D (+, +)	下部	片押し	最小	1000	1000	800	D25@236@400	196	1375	0.15
①	Ss-D (-, +)	下部	片押し	最小	1000	1000	800	D25@236@400	257	1375	0.19
①	Ss-D (+, -)	下部	片押し	最小	1000	1000	800	D25@236@400	226	1375	0.17
①	Ss-D (-, -)	下部	片押し	最小	1000	1000	800	D25@236@400	264	1375	0.20
①	Ss-F1 (+, +)	下部	片押し	最小	1000	1000	800	D25@236@400	198	1375	0.15
①	Ss-F2 (+, +)	下部	片押し	最小	1000	1000	800	D25@236@400	225	1375	0.17
①	Ss-N1 (+, +)	下部	片押し	最小	1000	1000	800	D25@236@400	234	1375	0.18
①	Ss-N1 (-, +)	下部	片押し	最小	1000	1000	800	D25@236@400	182	1375	0.14
①	Ss- N2_NS (+, +)	下部	片押し	最小	1000	1000	800	D25@236@400	227	1375	0.17
①	Ss- N2_NS (-, +)	下部	片押し	最小	1000	1000	800	D25@236@400	191	1375	0.14
①	Ss- N2_EW (+, +)	下部	片押し	最小	1000	1000	800	D25@236@400	193	1375	0.15
①	Ss- N2_EW (-, +)	下部	片押し	最小	1000	1000	800	D25@236@400	174	1375	0.13

表 5-15 (12) 鉄筋コンクリートのせん断力照査結果 (B-B断面) (解析ケース①)

解析 ケース	地震動	評価 位置	決定ケース		断面形状			鉄筋仕様 (せん断補強筋)	発生 せん断力 V (kN/m)	短期許容 せん断力 V _a (kN/m)	照査値 V/V _a
			荷重 方法	常時 土水圧	部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)				
①	Ss-D (+, +)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	51	1116	0.05
①	Ss-D (-, +)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	33	1116	0.03
①	Ss-D (+, -)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	36	1116	0.04
①	Ss-D (-, -)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	34	1116	0.04
①	Ss-F1 (+, +)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	38	1116	0.04
①	Ss-F2 (+, +)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	34	1116	0.04
①	Ss-N1 (+, +)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	26	1116	0.03
①	Ss-N1 (-, +)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	41	1116	0.04
①	Ss- N2_NS (+, +)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	14	1116	0.02
①	Ss- N2_NS (-, +)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	37	1116	0.04
①	Ss- N2_EW (+, +)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	29	1116	0.03
①	Ss- N2_EW (-, +)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	30	1116	0.03

表 5-15 (13) 鉄筋コンクリートのせん断力照査結果 (B-B断面) (解析ケース①)

解析 ケース	地震動	評価 位置	決定ケース		断面形状			鉄筋仕様 (せん断補強筋)	発生 せん断力 V (kN/m)	短期許容 せん断力 V _a (kN/m)	照査値 V/V _a
			荷重 方法	常時 土水圧	部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)				
①	Ss-D (+, +)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	399	1116	0.36
①	Ss-D (-, +)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	502	1116	0.45
①	Ss-D (+, -)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	410	1116	0.37
①	Ss-D (-, -)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	479	1116	0.43
①	Ss-F1 (+, +)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	309	1116	0.28
①	Ss-F2 (+, +)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	356	1116	0.32
①	Ss-N1 (+, +)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	402	1116	0.37
①	Ss-N1 (-, +)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	274	1116	0.25
①	Ss- N2_NS (+, +)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	334	1116	0.30
①	Ss- N2_NS (-, +)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	331	1116	0.30
①	Ss- N2_EW (+, +)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	374	1116	0.34
①	Ss- N2_EW (-, +)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	302	1116	0.28

表 5-15 (14) 鉄筋コンクリートのせん断力照査結果 (B-B断面) (解析ケース①)

解析 ケース	地震動	評価 位置	決定ケース		断面形状			鉄筋仕様 (せん断補強筋)	発生 せん断力 V (kN/m)	短期許容 せん断力 V _a (kN/m)	照査値 V/V _a
			荷重 方法	常時 土水圧	部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)				
①	Ss-D (+, +)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D25@236@400	195	1375	0.15
①	Ss-D (-, +)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D25@236@400	256	1375	0.19
①	Ss-D (+, -)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D25@236@400	224	1375	0.17
①	Ss-D (-, -)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D25@236@400	262	1375	0.20
①	Ss-F1 (+, +)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D25@236@400	197	1375	0.15
①	Ss-F2 (+, +)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D25@236@400	224	1375	0.17
①	Ss-N1 (+, +)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D25@236@400	232	1375	0.17
①	Ss-N1 (-, +)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D25@236@400	181	1375	0.14
①	Ss- N2_NS (+, +)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D25@236@400	225	1375	0.17
①	Ss- N2_NS (-, +)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D25@236@400	190	1375	0.14
①	Ss- N2_EW (+, +)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D25@236@400	192	1375	0.14
①	Ss- N2_EW (-, +)	下部	両押し	最小	1000	1000	800	D25@236@400	174	1375	0.13

表 5-15 (15) 鉄筋コンクリートのせん断力照査結果 (B-B断面) (解析ケース②)

解析 ケース	地震動	評価 位置	決定ケース		断面形状			鉄筋仕様 (せん断補強筋)	発生 せん断力 V (kN/m)	短期許容 せん断力 V _a (kN/m)	照査値 V/V _a
			荷重 方法	常時 土水圧	部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)				
②	Ss-D (-, +)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	35	1116	0.04
②	Ss-D (-, +)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	415	1116	0.38
②	Ss-D (-, +)	下部	片押し	最小	1000	1000	800	D25@236@400	268	1375	0.20

表 5-15 (16) 鉄筋コンクリートのせん断力照査結果 (B-B断面) (解析ケース③)

解析 ケース	地震動	評価 位置	決定ケース		断面形状			鉄筋仕様 (せん断補強筋)	発生 せん断力 V (kN/m)	短期許容 せん断力 V _a (kN/m)	照査値 V/V _a
			荷重 方法	常時 土水圧	部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)				
③	Ss-D (-, +)	上部	両押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	33	1116	0.03
③	Ss-D (-, +)	中部	両押し	最小	1000	1000	800	D22@236@400	633	1116	0.57
③	Ss-D (-, +)	下部	片押し	最小	1000	1000	800	D25@236@400	288	1375	0.21

表 5-16 断面諸元一覧 (せん断力に対する評価)

評価位置		断面形状						せん断補強筋				
		部材幅 (mm)	部材高 (mm)	かぶり		有効高		鉄筋 仕様	径 (mm)	鉄筋間隔 水平方向 (mm)	鉄筋間隔 鉛直方向 (mm)	鉄筋量 (mm ² /本)
				外面 (mm)	内面 (mm)	外面 (mm)	内面 (mm)					
側壁	上部	1000	1000	200	200	800	800	SD345	22	236	400	387.1
	中部	1000	1000	200	200	800	800	SD345	22	236	400	387.1
	下部	1000	1000	200	200	800	800	SD345	25	236	400	506.7

5.3 水平2方向及び鉛直方向地震力に対する評価結果

揚水井戸の水平鉄筋については、直交する2断面の2次元全応力解析（A-A断面方向、B-B断面方向）による側壁の面内方向のせん断力に対する必要せん断補強筋量（ A_{s1} ）と面外方向の地震時最大地盤反力に対する必要主鉄筋量（ A_{s2} ）をそれぞれ算定し、足し合わせた合計必要鉄筋量以上が実配筋量として配置されていることを確認した。

A-A断面方向、B-B断面方向それぞれで地震時最大地盤反力が生じる評価位置、解析ケース及び基準地震動での必要鉄筋量と実配筋量との比率を表5-17に示す。

表 5-17 (1) 鉛直断面のせん断力に対する評価結果 (A_{s1})
鉛直断面モデルによる側壁の面内方向のせん断力に対する鉄筋量
(側壁の面内方向の鉄筋のうち、 A_{s1} のみを考慮) (A-A断面)

解析 ケース	地震動	評価 位置	発生 せん断力 V (kN)	腹部幅 b (mm)	有効高 d (mm)	コンクリート 許容 せん断 応力度 τ_{a1} (N/mm ²)	コンクリート 許容 せん断力 V_{ca} (kN)	せん断 補強筋が 負担する せん断力 V_{sreq} (kN)	必要せん断 補強鉄筋	
									A_{wreq} (mm ² /組)	A_{s1} (mm ² /m)
①	Ss-D (+, +)	上部	6584	1772	4463	0.795	2734	3850	675	844
③	Ss-D (-, -)	中部	9130	1772	4463	0.795	2734	6396	1121	1401
③	Ss-D (-, -)	下部	11972	1772	4463	0.795	2734	9238	1619	2024

表 5-17 (2) 水平断面の鉄筋の曲げ軸力に対する評価結果 (A_{s2})
側壁の面外方向の地震時最大地盤反力に対して水平輪切り断面モデルで
算定する曲げ軸力に対する鉄筋量
(側壁の面内方向の鉄筋のうち、 A_{s2} のみを考慮) (A-A断面)

解析 ケース	地震動	評価 位置	断面性状			鉄筋 種別	発生断面力		短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	必要 鉄筋量 A_{s2} (mm ² /m)
			部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げ モーメント (kN・m/m)	軸力 (kN/m)		
①	Ss-D (+, +)	上部	1000	1000	800	SD345	456	904	294	728
③	Ss-D (-, -)	中部	1000	1000	800	SD345	559	646	294	2756
③	Ss-D (-, -)	下部	1000	1000	800	SD345	425	970	294	163

表 5-17 (3) A_{s1} の必要鉄筋量と A_{s2} の必要鉄筋量を足し合わせた必要合計鉄筋量と
実配筋量との比率 (A-A断面)

解析 ケース	地震動	評価位置	鉛直断面の せん断力 に対する 必要鉄筋量 A_{s1} (mm ² /m/段)	水平断面の 曲げ軸力 に対する 必要鉄筋量 A_{s2} (mm ² /m)	① 合計必要 鉄筋量 $A_{s1}+A_{s2}$ (mm ² /m)	② 実配筋量 A_s (mm ² /m)	比率 ①/②
①	Ss-D (+, +)	上部	844	728	1572	3212	0.49
③	Ss-D (-, -)	中部	1401	2756	4157	4783	0.87
③	Ss-D (-, -)	下部	2024	163	2187	5700	0.39

表 5-17 (4) 鉛直断面のせん断力に対する評価結果 (A_{s1})
鉛直断面モデルによる側壁の面内方向のせん断力に対する鉄筋量
(側壁の面内方向の鉄筋のうち、 A_{s1} のみを考慮) (B-B断面)

解析 ケース	地震動	評価 位置	発生 せん断力 V (kN)	腹部幅 b (mm)	有効高 d (mm)	コンクリート 許容 せん断 応力度 τ_{a1} (N/mm ²)	コンクリート 許容 せん断力 V_{ca} (kN)	せん断 補強筋が 負担する せん断力 V_{sreq} (kN)	必要せん断 補強鉄筋	
									A_{wreq} (mm ² /組)	A_{s1} (mm ² /m)
②	Ss-D (-, +)	上部	3984	1772	4463	0.795	2734	1250	219	274
③	Ss-D (-, +)	中部	7760	1772	4463	0.795	2734	5026	881	1101
③	Ss-D (-, +)	下部	8877	1772	4463	0.795	2734	6143	1077	1346

表 5-17 (5) 水平断面の鉄筋の曲げ軸力に対する評価結果 (A_{s2})
側壁の面外方向の地震時最大地盤反力に対して水平輪切り断面モデルで
算定する曲げ軸力に対する鉄筋量
(側壁の面内方向の鉄筋のうち、 A_{s2} のみを考慮) (B-B断面)

解析 ケース	地震動	評価 位置	断面性状			鉄筋 種別	発生断面力		短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	必要 鉄筋量 A_{s2} (mm ² /m)
			部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げ モーメント (kN・m/m)	軸力 (kN/m)		
②	Ss-D (-, +)	上部	1000	1000	800	SD345	31	99	294	0
③	Ss-D (-, +)	中部	1000	1000	800	SD345	581	674	294	2871
③	Ss-D (-, +)	下部	1000	1000	800	SD345	263	697	294	0

表 5-17 (6) A_{s1} の必要鉄筋量と A_{s2} の必要鉄筋量を足し合わせた必要合計鉄筋量と
実配筋量との比率 (B-B断面)

解析 ケース	地震動	評価位置	鉛直断面の せん断力 に対する 必要鉄筋量 A_{s1} (mm ² /m/段)	水平断面の 曲げ軸力 に対する 必要鉄筋量 A_{s2} (mm ² /m)	① 合計必要 鉄筋量 $A_{s1}+A_{s2}$ (mm ² /m)	② 実配筋量 A_s (mm ² /m)	比率 ①/②
②	Ss-D (-, +)	上部	274	0	274	3212	0.09
③	Ss-D (-, +)	中部	1101	2871	3972	4783	0.84
③	Ss-D (-, +)	下部	1346	0	1346	5700	0.24

5.4 底版に対する耐震評価結果

5.4.1 底版の曲げ軸力に対する評価結果

鉛直応力が最大の1ケースのみ照査を行う。底版鉛直応力の比較は表5-18に示す。底版の評価概念図を図5-9に示す。

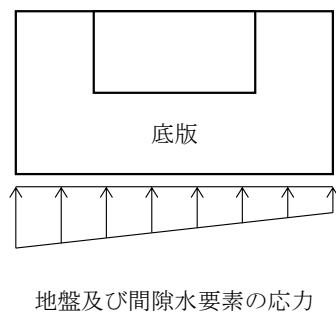


図5-9 底版評価概念図

コンクリートの曲げ軸力照査結果を表5-19に、鉄筋の曲げ軸力照査結果を表5-20に示す。

揚水井戸の底版における許容応力度法による照査を行った結果、評価位置においてコンクリートの圧縮応力度及び鉄筋の引張応力が許容限界以下であることを確認した。

評価位置を図5-10に示す。

断面諸元一覧を表5-21に示す。

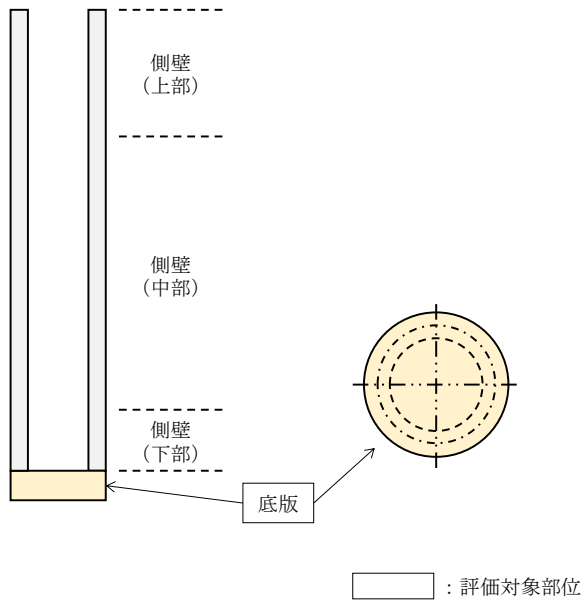


图 5-10 評価位置図

表 5-18 (1) 底版の鉛直応力比較表 (A-A断面)

解析ケース	地震動		反力の最大平均値
			N/mm ²
①	S s - D	++*	0.55
		-+*	0.43
		+ -*	0.49
		--*	0.56
	S s - F 1	++*	0.30
	S s - F 2	++*	0.49
	S s - N 1	++*	0.40
		-+*	0.62
	S s - N 2 (NS)	++*	0.35
		-+*	0.38
	S s - N 2 (EW)	++*	0.38
		-+*	0.30
②	S s - N 1	-+*	0.61
③	S s - N 1	-+*	0.43

注記* : 地震動の位相について, ++の左側は水平動, 右側は鉛直動を表し, 「-」は位相を反転させたケースを示す。

表 5-18 (2) 底版の鉛直応力比較表 (B-B断面)

解析ケース	地震動		反力の最大平均値
			N/mm ²
①	S s - D	++*	0.29
		-+*	0.29
		+ -*	0.25
		--*	0.34
	S s - F 1	++*	0.20
	S s - F 2	++*	0.24
	S s - N 1	++*	0.44
		-+*	0.12
	S s - N 2 (NS)	++*	0.22
		-+*	0.14
	S s - N 2 (EW)	++*	0.13
		-+*	0.25
②	S s - N 1	++*	0.19
③	S s - N 1	++*	0.36

注記* : 地震動の位相について, ++の左側は水平動, 右側は鉛直動を表し, 「-」は位相を反転させたケースを示す。

表 5-19 (1) コンクリートの曲げ軸力照査結果 (A-A断面)

解析 ケース	地震動	評価 位置	断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}
			部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
①	Ss-N1 (-, +)	底版	1000	1700	1500	D38@200(2段)	1417	0	4.4	19.2	0.23

表 5-19 (2) コンクリートの曲げ軸力照査結果 (B-B断面)

解析 ケース	地震動	評価 位置	断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}
			部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
①	Ss-N1 (+, +)	底版	1000	1700	1500	D38@200(2段)	1132	0	3.4	19.2	0.18

表 5-20 (1) 鉄筋の曲げ軸力照査結果 (A-A断面)

解析 ケース	地震動	評価 位置	断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}
			部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
①	Ss-N1 (-, +)	底版	1000	1700	1500	D38@200(2段)	1417	0	183.3	435	0.43

表 5-20 (2) 鉄筋の曲げ軸力照査結果 (B-B断面)

解析 ケース	地震動	評価 位置	断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}
			部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
①	Ss-N1 (+, +)	底版	1000	1700	1500	D38@200(2段)	1132	0	146.4	435	0.34

表 5-21 断面諸元一覧 (曲げ軸力に対する評価)

評価位置	断面形状						主鉄筋								
	部材幅 (mm)	部材高 (mm)	かぶり		有効高		鉄筋 仕様	外面				内面			
			外面 (mm)	内面 (mm)	外面 (mm)	内面 (mm)		径 (mm)	段数	鉄筋 間隔 (mm)	鉄筋 量 (mm ² /m)	径 (mm)	段数	鉄筋 間隔 (mm)	鉄筋 量 (mm ² /m)
底版	1000	1700	200	200	1500	1500	SD490	38	1	200	5700	38	1	200	5700

5.4.2 底版のせん断力に対する評価結果

底版のせん断力に対する照査結果を表 5-22 に示す。

揚水井戸の底版における許容応力度法による照査を行った結果、評価位置においてせん断応力度が許容限界以下であることを確認した。

なお、発生応力及び発生断面力は各地震動、各部材において最大となる値を示している。

断面諸元一覧を表 5-23 に示す。

表 5-22 (1) 鉄筋コンクリートのせん断力照査結果 (A-A断面)

解析 ケース	地震 動	評価 位置	断面形状			鉄筋仕様 (せん断補強筋)	発生 せん断力 V (kN/m)	短期許容 せん断力 V _a (kN/m)	照査値 V/V _a
			部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)				
①	Ss-N1 (-, +)	底版	1000	1700	1500	D22@200@400	1054	2374	0.45

表 5-22 (2) 鉄筋コンクリートのせん断力照査結果 (B-B断面)

解析 ケース	地震 動	評価 位置	断面形状			鉄筋仕様 (せん断補強筋)	発生 せん断力 V (kN/m)	短期許容 せん断力 V _a (kN/m)	照査値 V/V _a
			部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)				
①	Ss-N1 (+, +)	底版	1000	1700	1500	D22@200@400	842	2374	0.36

表 5-23 断面諸元一覧 (せん断力に対する評価)

評価位置	断面形状						せん断補強筋				
	部材幅 (mm)	部材高 (mm)	かぶり		有効高		鉄筋 仕様	径 (mm)	鉄筋間隔 鉛直方向 (mm)	鉄筋間隔 水平方向 (mm)	鉄筋量 (mm ² /本)
			外面 (mm)	内面 (mm)	外面 (mm)	内面 (mm)					
底版	1000	1700	200	200	1500	1500	SD345	22	200	400	387.1

5.5 側壁と底版の結合部における局所の曲げモーメント増分の廻り込みを考慮した耐震評価結果

5.5.1 側壁隅角部の評価結果

底版の拘束効果に対する側壁の検討は、2次元全応力解析による側方地盤反力の合力が最大となるケースを選定し、側壁及び底版の設計に用いている最大荷重ケースに対して部材端モーメントとの合算によって評価した。側壁上端位置をピン支持条件とし、側壁下端位置を固定条件としたはりモデルに地盤反力を作用させた際の曲げモーメントを図5-11に、底版の両端を固定条件としたはりモデルに地盤反力を作用させた際の曲げモーメントを図5-12に、評価結果を表5-24に示す。

側壁の鉛直鉄筋の照査について、2次元全応力解析により求められる曲げ軸力に対する側壁の鉛直鉄筋の曲げ引張応力 σ_{v1} と、側壁及び底版の各モデルの解析により求められる側壁及び底版の接合部の曲げモーメントに対する側壁の鉛直鉄筋の曲げ引張応力 σ_{v2-1} 及び底版主鉄筋の曲げ引張応力度 σ_{v2-2} を算定し、 $\sigma_{v1} + \sigma_{v2}$ が許容限界以下であることを確認した。

ただし、 σ_{v2} は σ_{v2-1} と σ_{v2-2} を足し合わせた曲げ引張応力度である。

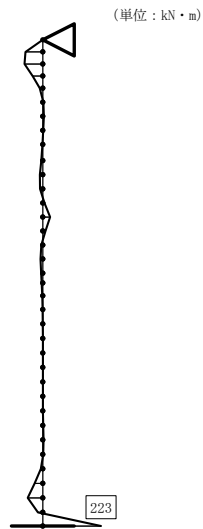


図 5-11 (1) 側壁はりモデルにおける曲げモーメント図
 コンクリートの曲げ軸力に対する評価
 (A-A断面, $S_s - N1$ (-, +)) (解析ケース①)

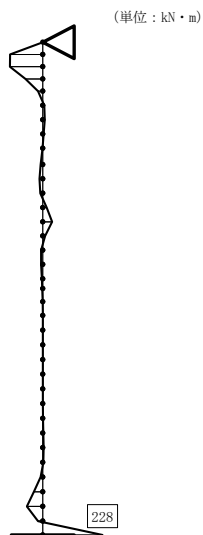


図 5-11 (2) 側壁はりモデルにおける曲げモーメント図
 鉄筋の曲げ軸力に対する評価
 (A-A断面, $S_s - D$ (+, -)) (解析ケース③)

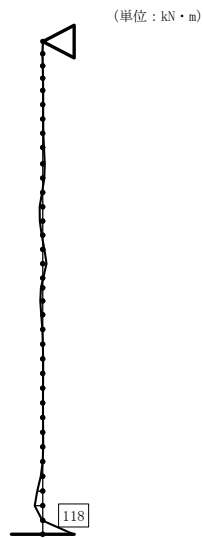


図 5-11 (3) 側壁はりモデルにおける曲げモーメント図
 コンクリートの曲げ軸力に対する評価
 (B-B断面, S_s-D(+, +)) (解析ケース①)

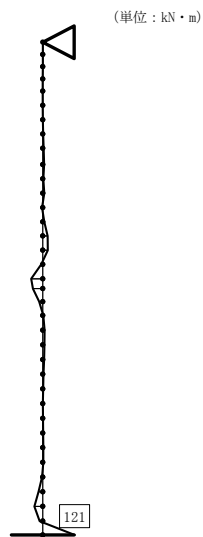


図 5-11 (4) 側壁はりモデルにおける曲げモーメント図
 鉄筋の曲げ軸力に対する評価
 (B-B断面, S_s-D(+, -)) (解析ケース①)

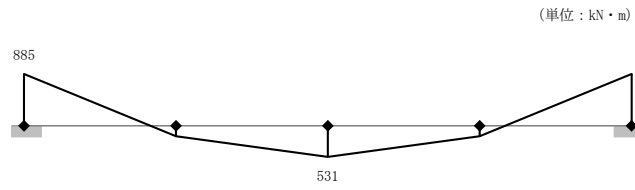


図 5-12 (1) 底版はりモデルにおける曲げモーメント図
 コンクリートの曲げ軸力に対する評価
 (A-A断面, S_s-N1 (-, +)) (解析ケース①)

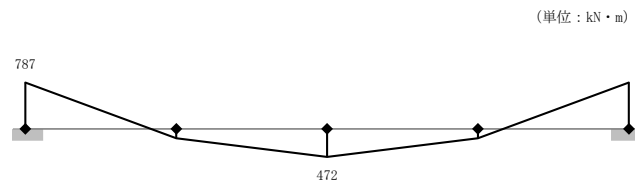


図 5-12 (2) 底版はりモデルにおける曲げモーメント図
 鉄筋の曲げ軸力に対する評価
 (A-A断面, S_s-D (+, -)) (解析ケース③)

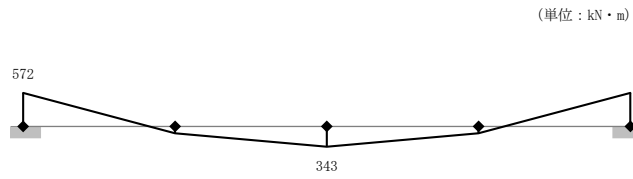


図 5-12 (3) 底版はリモデルにおける曲げモーメント図
 コンクリートの曲げ軸力に対する評価
 (B-B断面, S_s-D(+, +)) (解析ケース①)

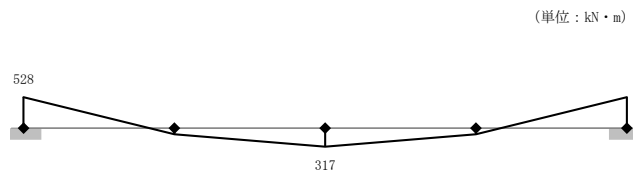


図 5-12 (4) 底版はリモデルにおける曲げモーメント図
 鉄筋の曲げ軸力に対する評価
 (B-B断面, S_s-D(+, -)) (解析ケース①)

A-A断面，B-B断面それぞれで最大の照査値を示す評価位置，解析ケースでの評価結果を示す。表5-24に鉛直断面の評価結果を示す。2次元全応力解析による発生応力度は，曲げ軸力が時刻歴最大となる時刻の曲げモーメントを直交する方向にも同時に作用させるものと仮定（曲げモーメントを $\sqrt{2}$ 倍）して算定している。曲げモーメントの算定概念図を図5-13に示す。

表5-24 (1) 鉛直断面のコンクリートの曲げ軸力に対する評価結果

断面	解析ケース	地震動	評価位置		断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		圧縮 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}	
					部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)				
A-A 断面	①	Ss-N1 (-, +)	下部	全応力解析	σ_{v1}'	1772	4874	4463	SD490	22769	14463	2.4	19.2	0.13
				拘束効果 による曲げ	σ_{v2}	1000	1000	800		1108	0	9.9	19.2	0.52
				合計	$\sigma_{v1}'+\sigma_{v2}$	-	-	-		-	-	12.3	19.2	0.65
B-B 断面	①	Ss-D (+, +)	下部	全応力解析	σ_{v1}'	1772	4874	4463	SD490	26758	16989	2.9	19.2	0.16
				拘束効果 による曲げ	σ_{v2}	1000	1000	800		690	0	6.2	19.2	0.33
				合計	$\sigma_{v1}'+\sigma_{v2}$	-	-	-		-	-	9.1	19.2	0.48

表5-24 (2) 鉛直断面の鉄筋の曲げ軸力に対する評価結果

断面	解析ケース	地震動	評価位置		断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		引張 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}	
					部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)				
A-A 断面	③	Ss-D (+, -)	下部	全応力解析	σ_{v1}'	1772	4874	4463	SD490	30076	4554	99.7	435	0.23
				拘束効果 による曲げ	σ_{v2}	1000	1000	800		1015	0	257.8	435	0.60
				合計	$\sigma_{v1}'+\sigma_{v2}$	-	-	-		-	-	357.5	435	0.83
B-B 断面	①	Ss-D (+, -)	下部	全応力解析	σ_{v1}'	1772	4874	4463	SD490	25278	14127	20.2	435	0.05
				拘束効果 による曲げ	σ_{v2}	1000	1000	800		649	0	164.8	435	0.38
				合計	$\sigma_{v1}'+\sigma_{v2}$	-	-	-		-	-	185.0	435	0.43

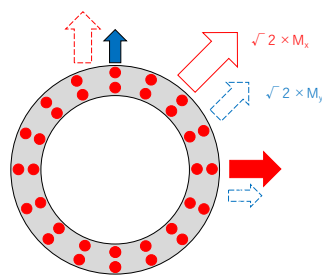


図5-13 曲げモーメントの算定概念図

5.5.2 底版隅角部の評価結果

側壁の拘束効果に対する底版の検討は、側壁の検討と同様に、2次元全応力解析による側方地盤反力の合力が最大となるケースを選定し、側壁及び底版の設計に用いている最大荷重ケースに対して固定支持条件として算出した部材端モーメントとの合算によって評価した。

両端固定はりモデルにおいて固定境界に発生する曲げモーメント (M_1) に、側壁の解析で固定境界に発生する曲げモーメント (M_2) を加算したもの (M_1+M_2) を固定端曲げモーメントの合計として求める。この曲げモーメントが底版の単純支持のはりモデルで求められた最大曲げモーメント (M_3) と比較し、B-B断面においては、(M_1+M_2) は M_3 以下であった。よって、B-B断面においては、 M_3 で求められた主鉄筋は、側壁の拘束効果に対する底版隅角部においても許容限界以下であることを確認した。底版隅角部の評価結果を表 5-25 に示す。A-A断面は (M_1+M_2) が M_3 以上であったことから、(M_1+M_2) による照査を行った。曲げ軸力照査結果を表 5-26 に示す。両端固定はりモデルにおいて固定境界に発生する曲げモーメント (M_1) に、側壁の解析で固定境界に発生する曲げモーメント (M_2) を加算したもの (M_1+M_2) による最大曲げモーメントが許容限界以下であることを確認した。

表 5-25 側壁の拘束効果に対する底版隅角部の評価結果

断面	地震動	評価位置	底版の固定端 曲げモーメント M_1	側壁の固定端 曲げモーメント M_2	固定端 曲げモーメント の合計 $M_1 + M_2$	比較	底版評価時の 曲げモーメント M_3	鉄筋仕様
A-A 断面	Ss-N1 (-, +)	底版	885	780	1665	>	1417	D38@200 (2段)
B-B 断面	Ss-N1 (+, +)	底版	708	422	1130	<	1132	D38@200 (2段)

表 5-26 (1) コンクリートの曲げ軸力照査結果 (A-A断面)

断面	地震動	評価位置	断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}
			部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
A-A 断面	Ss-N1 (-, +)	底版	1000	1700	1500	D38@200(2段)	1665	0	5.1	19.2	0.27

表 5-26 (2) 鉄筋の曲げ軸力照査結果 (A-A断面)

断面	地震動	評価位置	断面形状			鉄筋仕様 (引張鉄筋)	発生断面力		発生 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}
			部材幅 b (mm)	部材高 h (mm)	有効高 d (mm)		曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
A-A 断面	Ss-N1 (-, +)	底版	1000	1700	1500	D38@200(2段)	1665	0	215.3	435	0.50

5.6 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評価結果を表 5-27 に、接地圧分布を図 5-14 に示す。

揚水井戸の最大接地圧は $S_s - N1$ (-, +) (解析ケース①, A-A 断面) で 1.35N/mm^2 であり、基礎地盤の極限支持力度 9.8N/mm^2 以下である。

以上のことから、揚水井戸の基礎地盤は、基準地震動 S_s に対し、支持性能を有することを確認した。

表 5-27 (1) 基礎地盤の支持性能評価結果 (A-A断面)

解析ケース	地震動		最大接地圧	極限支持力度	照査値	
			R_d (N/mm ²)	R_u (N/mm ²)	R_d/R_u	
①	S s - D	++*	1.27	9.8	0.13	
		-+*	1.11	9.8	0.12	
		+ - *	1.32	9.8	0.14	
		--*	1.17	9.8	0.12	
	S s - F 1	++*	0.86	9.8	0.09	
	S s - F 2	++*	1.00	9.8	0.11	
	S s - N 1	++*	1.32	9.8	0.14	
		-+*	1.35	9.8	0.14	
	S s - N 2 (NS)	++*	1.04	9.8	0.11	
		-+*	0.73	9.8	0.08	
	S s - N 2 (EW)	++*	0.90	9.8	0.10	
		-+*	0.89	9.8	0.10	
	②	S s - N 1	-+*	1.21	9.8	0.13
	③	S s - N 1	-+*	1.22	9.8	0.13

注記* : 地震動の位相について, ++の左側は水平動, 右側は鉛直動を表し, 「-」は位相を反転させたケースを示す。

表 5-27 (2) 基礎地盤の支持性能評価結果 (B-B断面)

解析ケース	地震動		最大接地圧	極限支持力度	照査値
			R_d (N/mm ²)	R_u (N/mm ²)	R_d/R_u
①	S s - D	++*	0.34	9.8	0.04
		-+*	0.39	9.8	0.04
		+ - *	0.34	9.8	0.04
		--*	0.59	9.8	0.07
	S s - F 1	++*	0.36	9.8	0.04
	S s - F 2	++*	0.36	9.8	0.04
	S s - N 1	++*	0.68	9.8	0.07
		-+*	0.15	9.8	0.02
	S s - N 2 (NS)	++*	0.46	9.8	0.05
		-+*	0.29	9.8	0.03
	S s - N 2 (EW)	++*	0.26	9.8	0.03
		-+*	0.42	9.8	0.05
②	S s - N 1	++*	0.23	9.8	0.03
③	S s - N 1	++*	0.52	9.8	0.06

注記* : 地震動の位相について, ++の左側は水平動, 右側は鉛直動を表し, 「-」は位相を反転させたケースを示す。

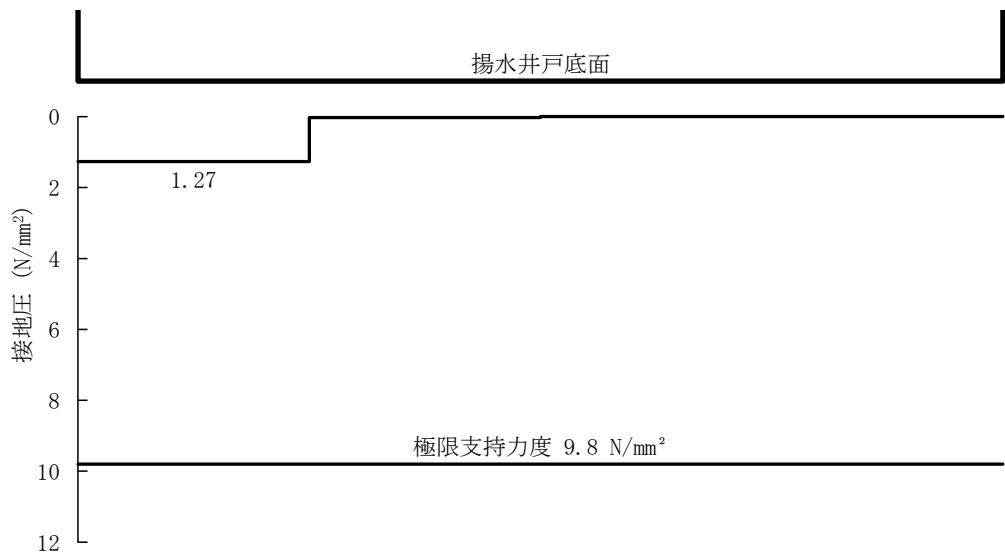


図 5-14 (1) A-A 断面の接地圧分布図 (S s - D (++) (解析ケース①))

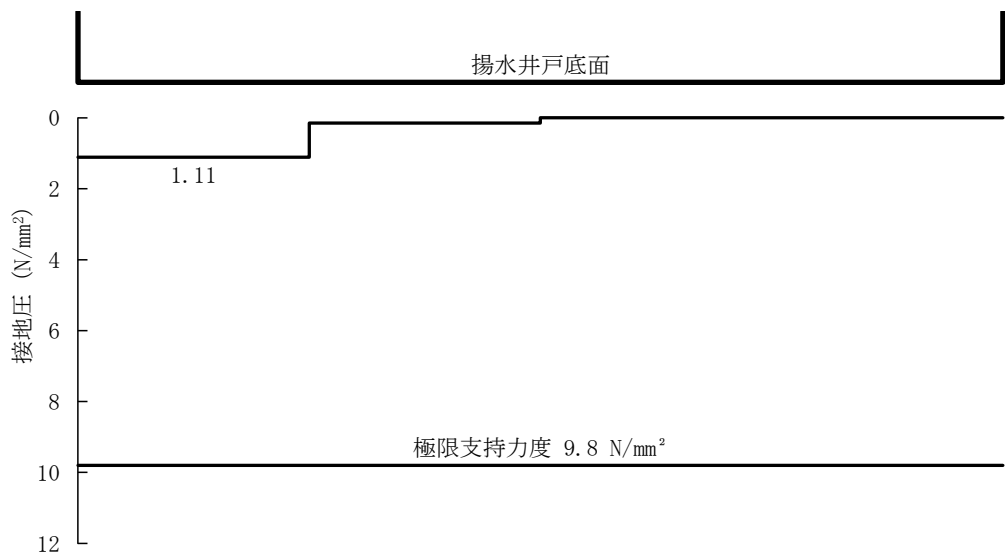


図 5-14 (2) A-A 断面の接地圧分布図 (S s - D (-+) (解析ケース①))

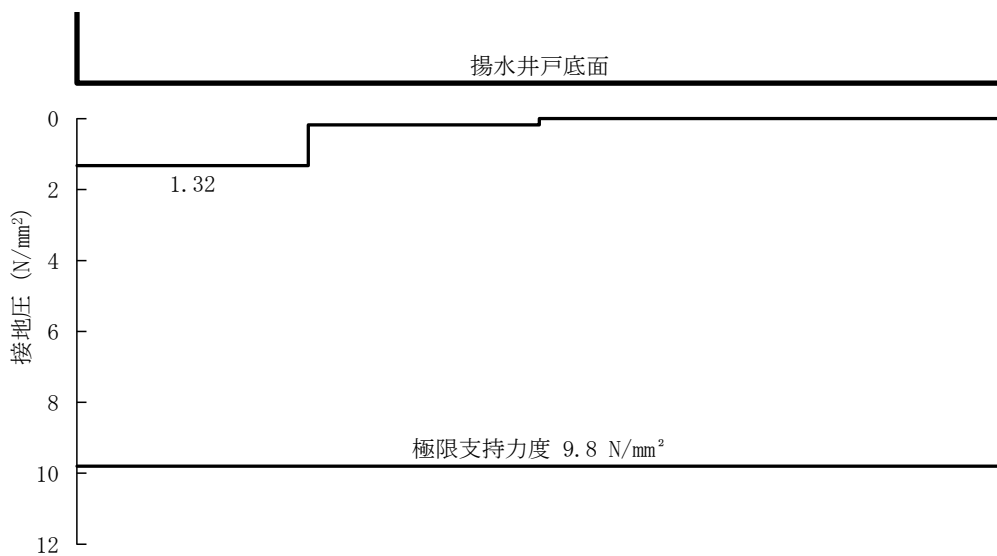


図 5-14 (3) A-A 断面の接地圧分布図 (S s - D (+)) (解析ケース①)

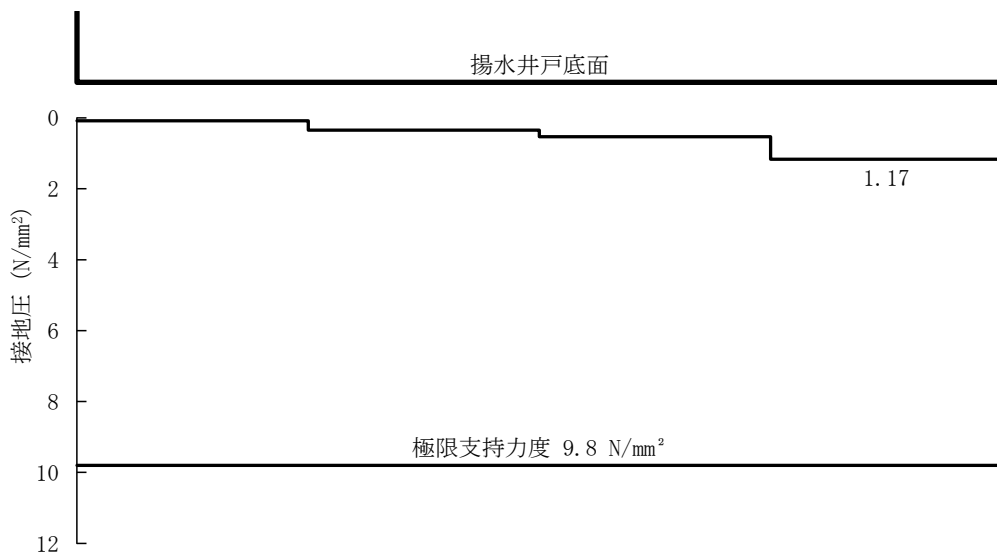


図 5-14 (4) A-A 断面の接地圧分布図 (S s - D (-)) (解析ケース①)

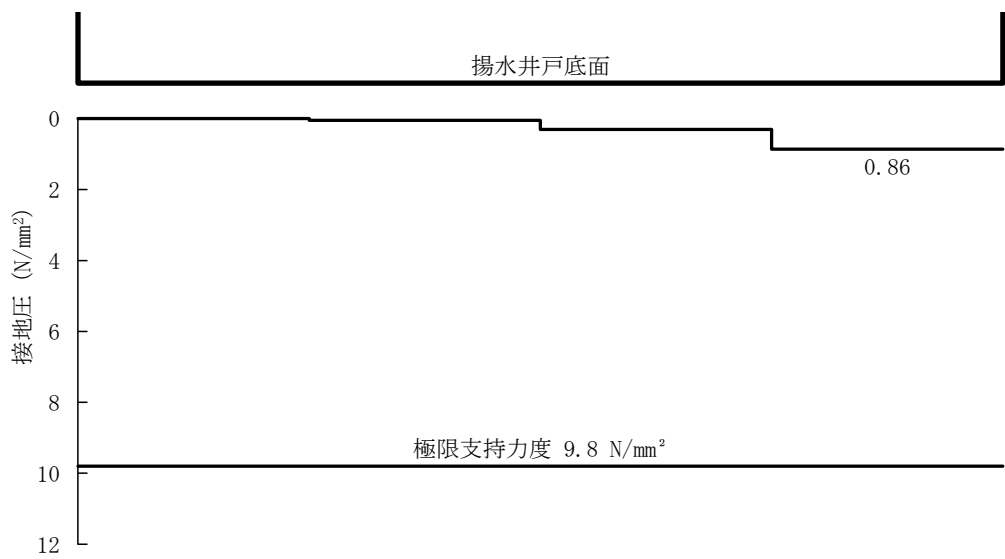


図 5-14 (5) A-A断面の接地圧分布図 (S s - F 1 (++) (解析ケース①))

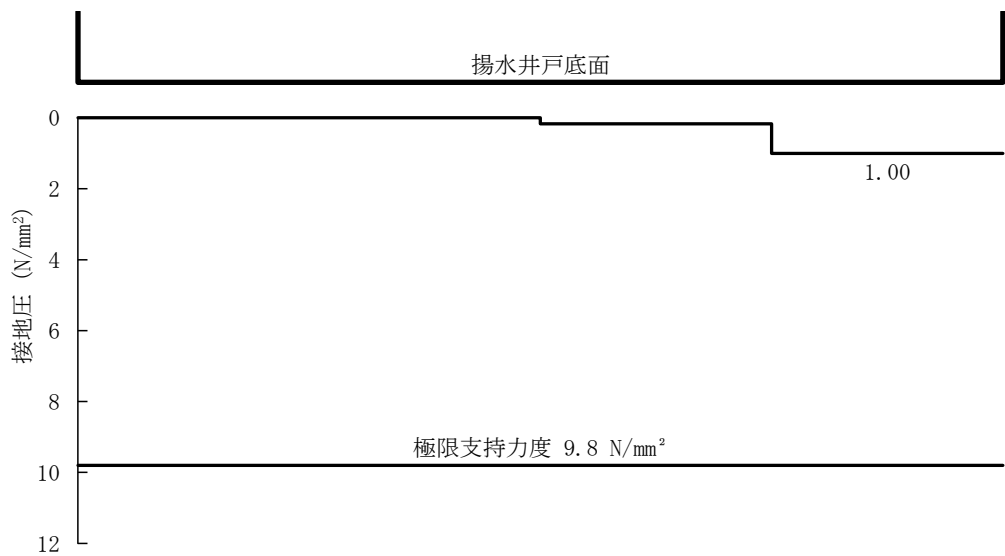


図 5-14 (6) A-A断面の接地圧分布図 (S s - F 2 (++) (解析ケース①))

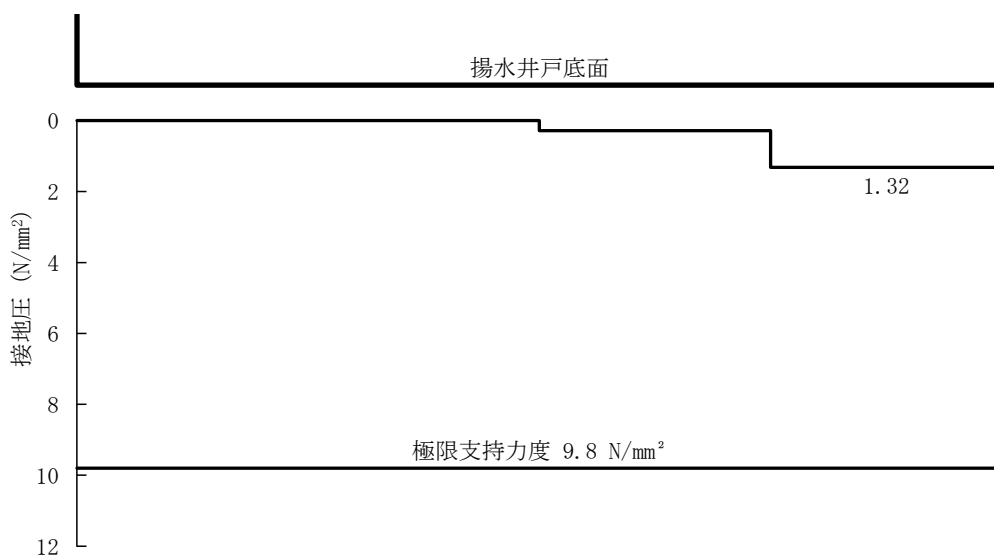


図 5-14 (7) A-A 断面の接地圧分布図 (S s - N 1 (++)) (解析ケース①)

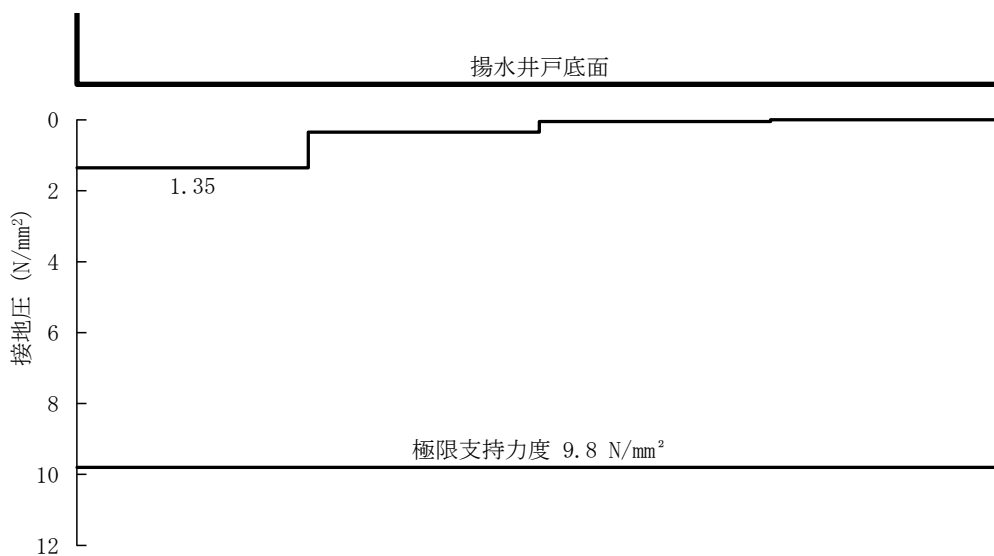


図 5-14 (8) A-A 断面の接地圧分布図 (S s - N 1 (-+)) (解析ケース①)

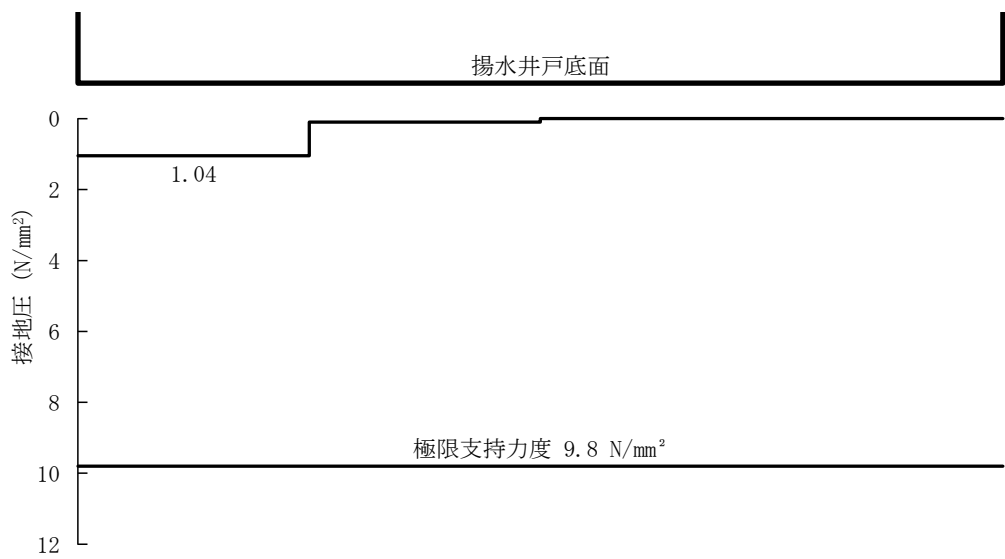


図 5-14 (9) A-A 断面の接地圧分布図 (S s - N 2 (N S) (++) (解析ケース①))

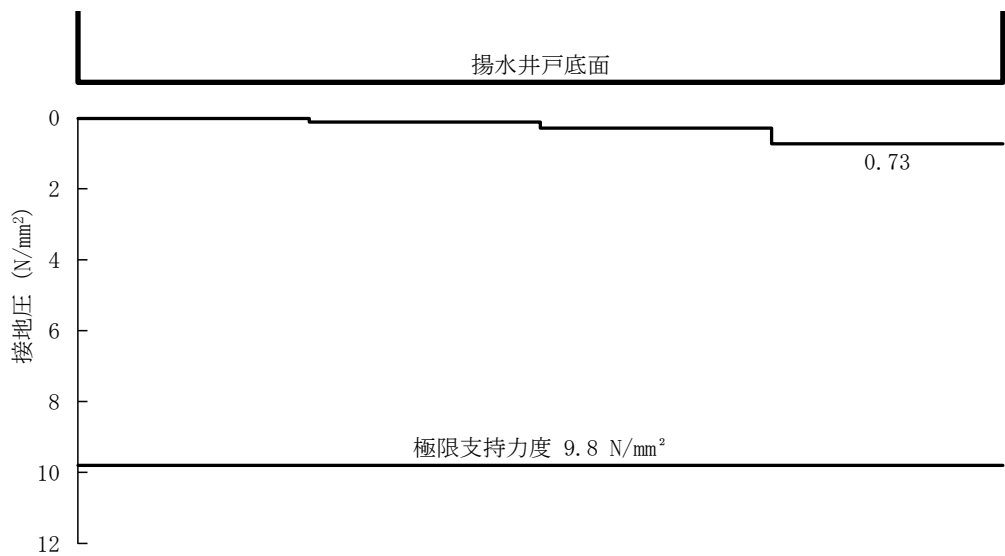


図 5-14 (10) A-A 断面の接地圧分布図 (S s - N 2 (N S) (-+) (解析ケース①))

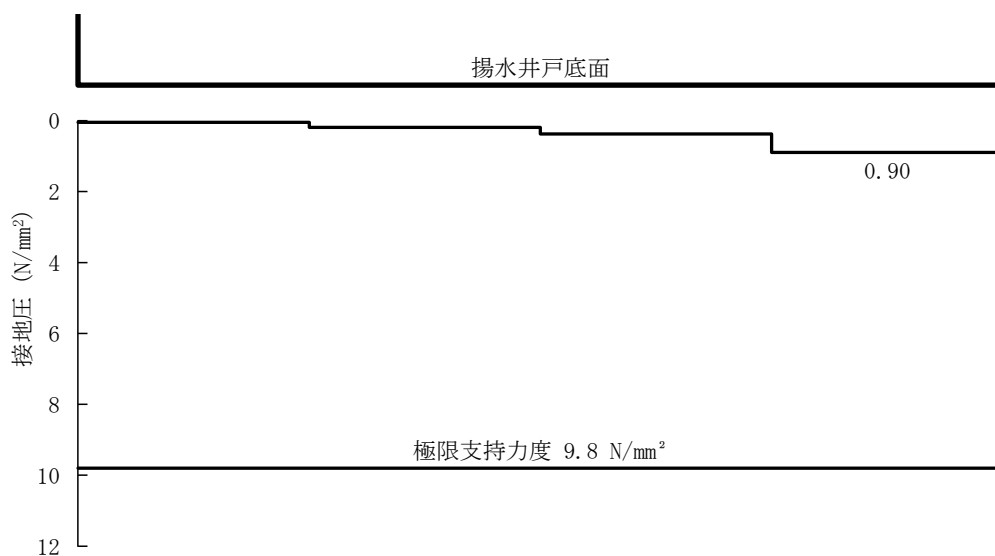


図 5-14 (11) A-A 断面の接地圧分布図 (S s - N 2 (EW) (++) (解析ケース①))

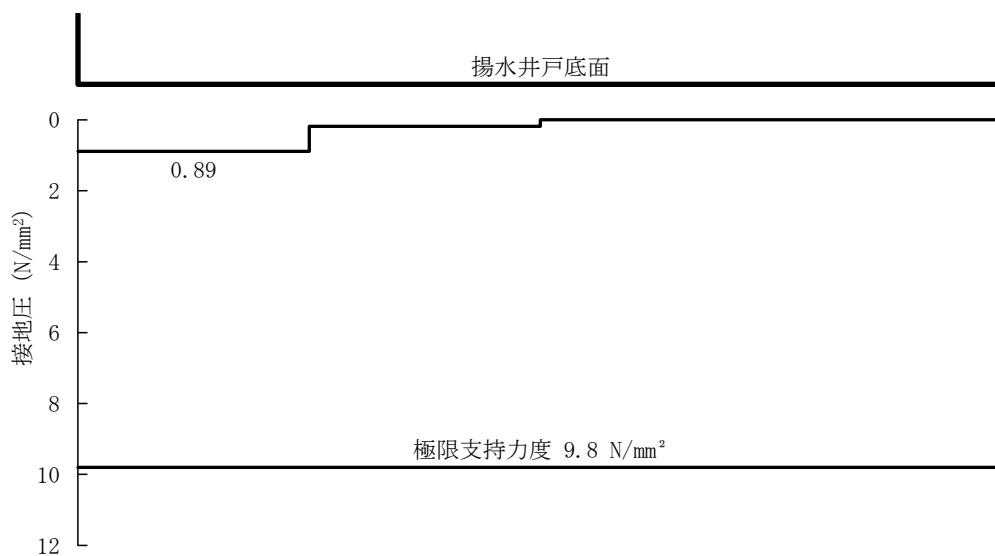


図 5-14 (12) A-A 断面の接地圧分布図 (S s - N 2 (EW) (-+) (解析ケース①))

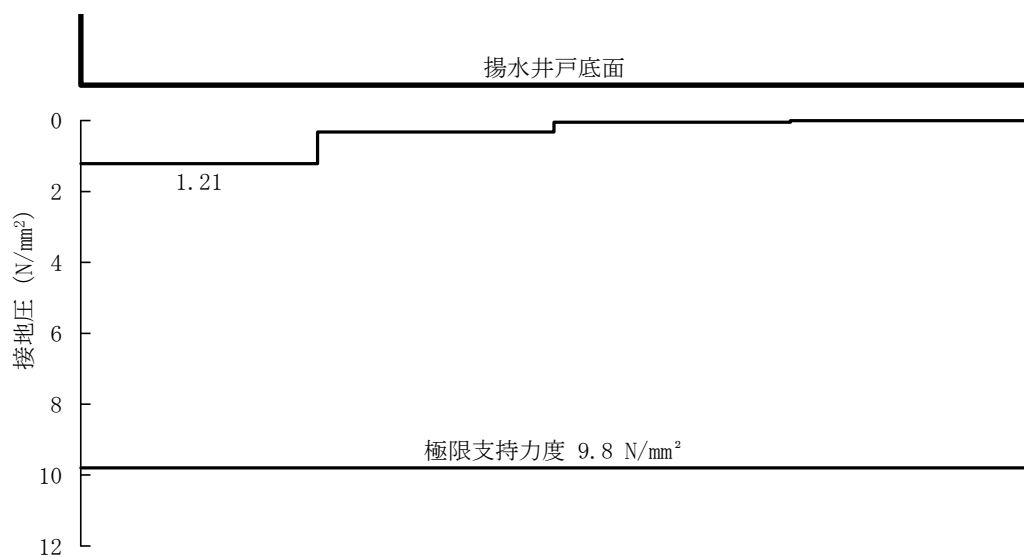


図 5-14 (13) A-A断面の接地圧分布図 (S_s-N1 (-+)) (解析ケース②)

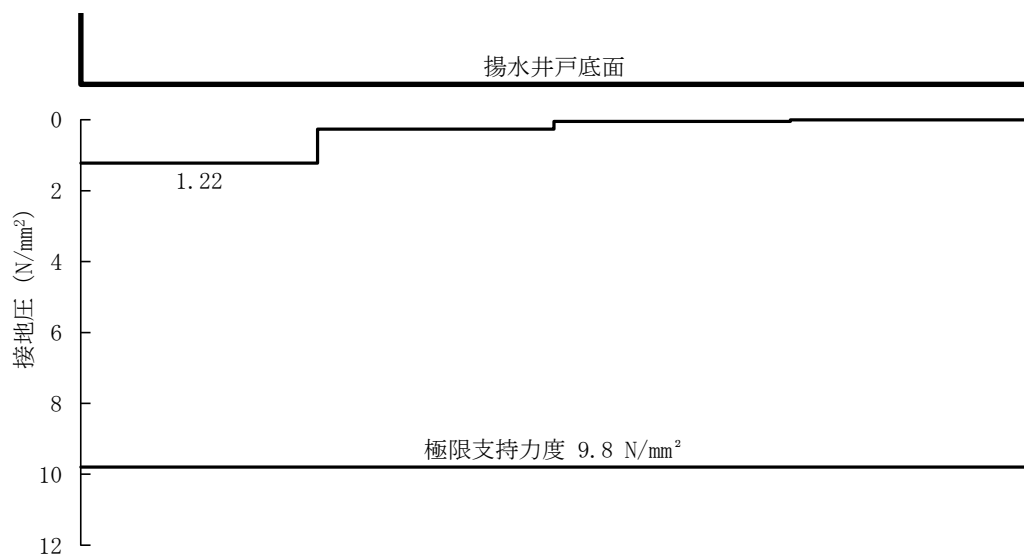


図 5-14 (14) A-A断面の接地圧分布図 (S_s-N1 (-+)) (解析ケース③)

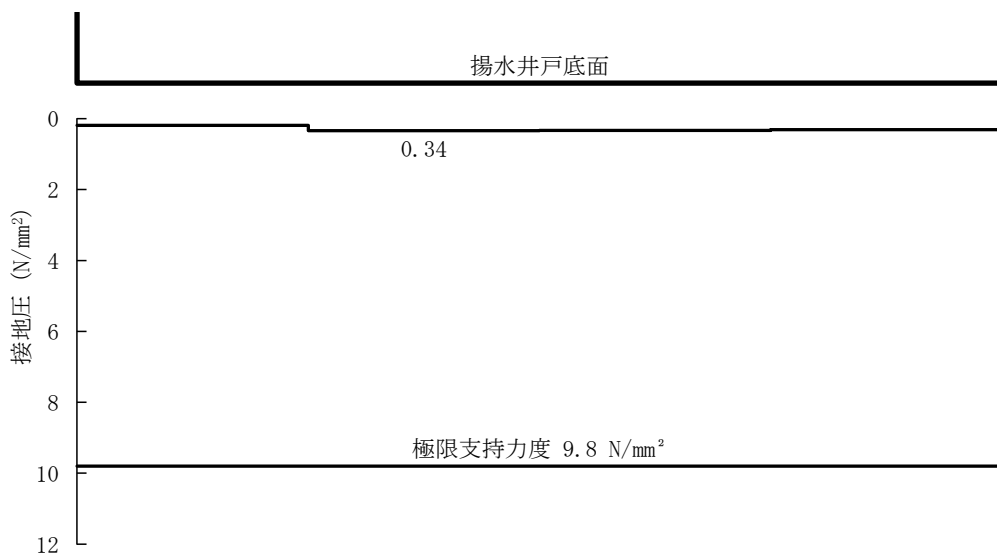


図 5-14 (15) B-B断面の接地圧分布図 (S_s-D(+)) (解析ケース①)

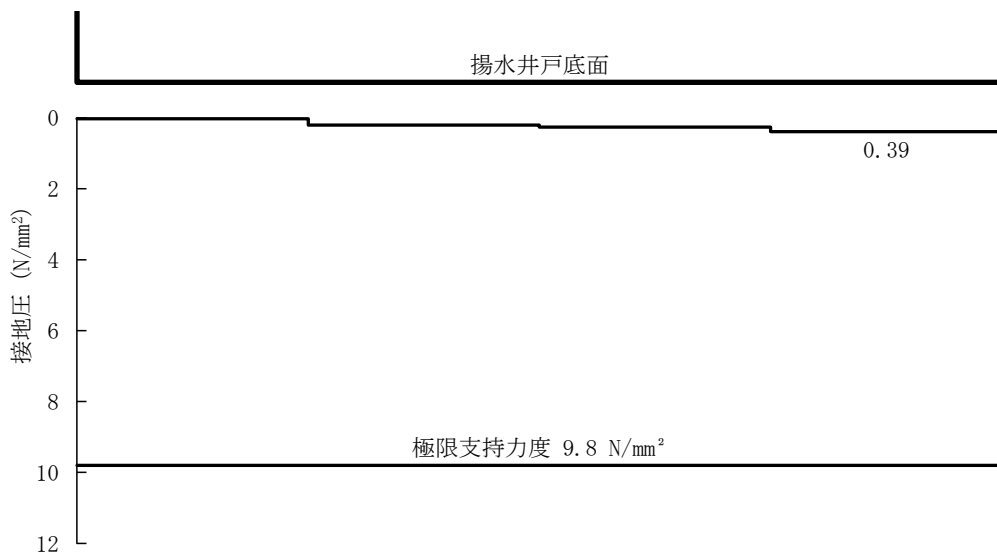


図 5-14 (16) B-B断面の接地圧分布図 (S_s-D(-)) (解析ケース①)

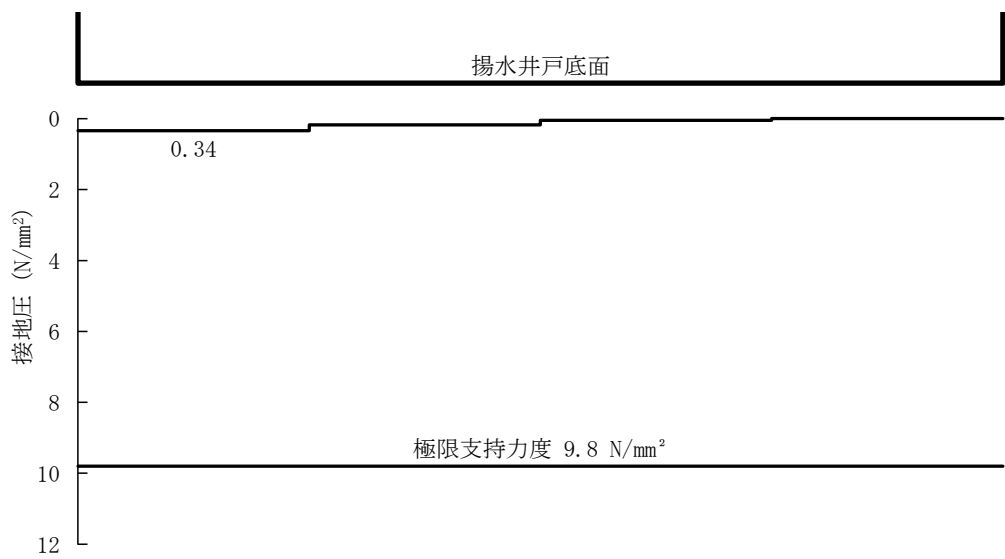


図 5-14 (17) B - B 断面の接地圧分布図 (S s - D (+)) (解析ケース①)

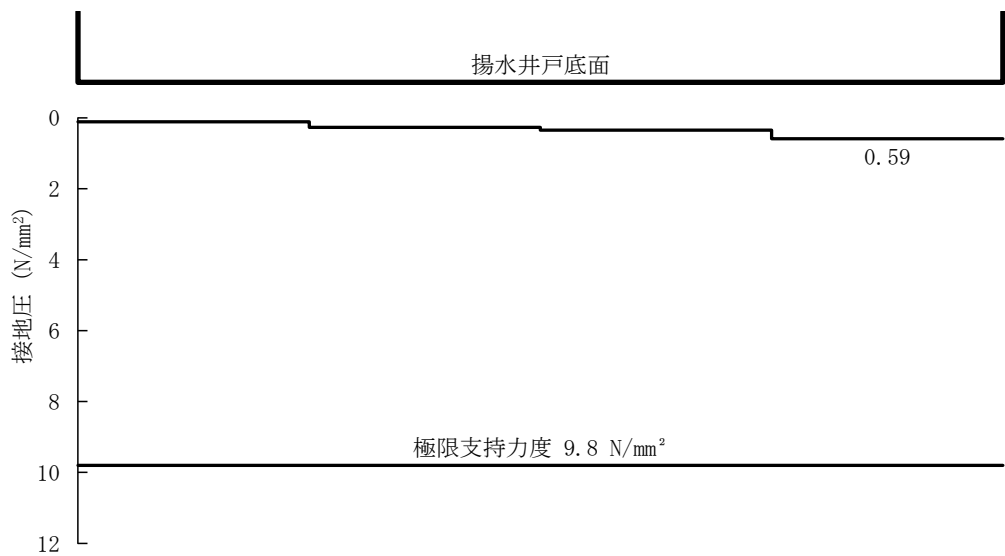


図 5-14 (18) B - B 断面の接地圧分布図 (S s - D (-)) (解析ケース①)

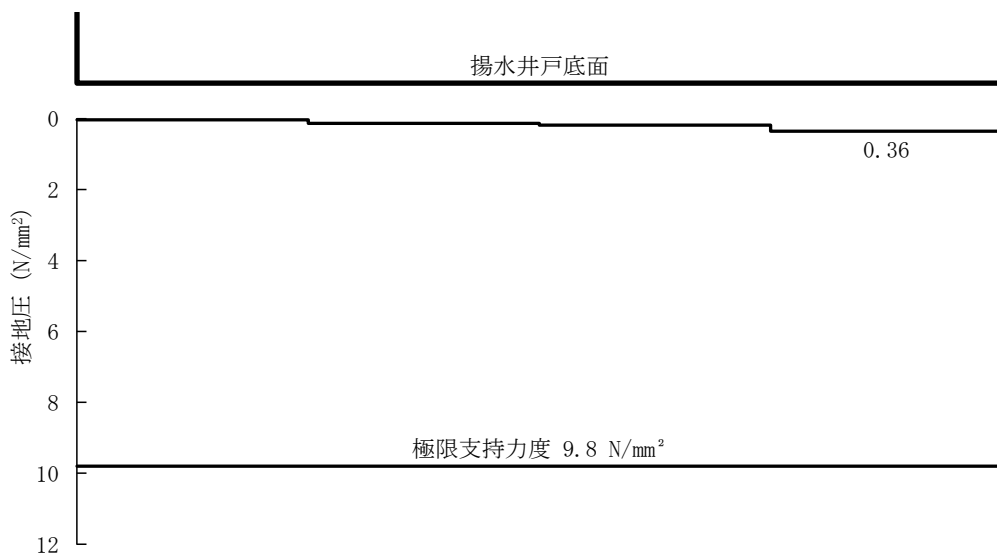


図 5-14 (19) B - B 断面の接地圧分布図 (S_s - F 1 (++) (解析ケース①))

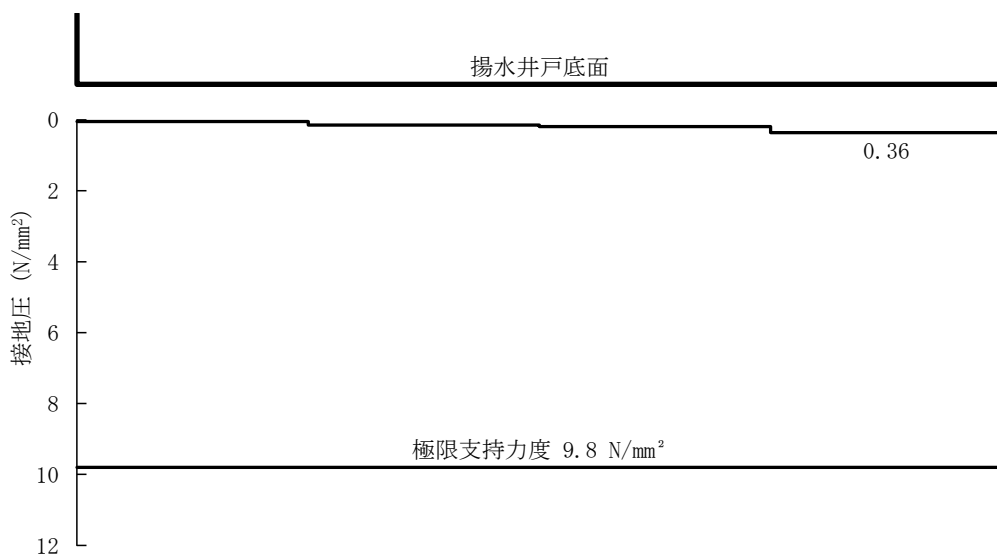


図 5-14 (20) B - B 断面の接地圧分布図 (S_s - F 2 (++) (解析ケース①))

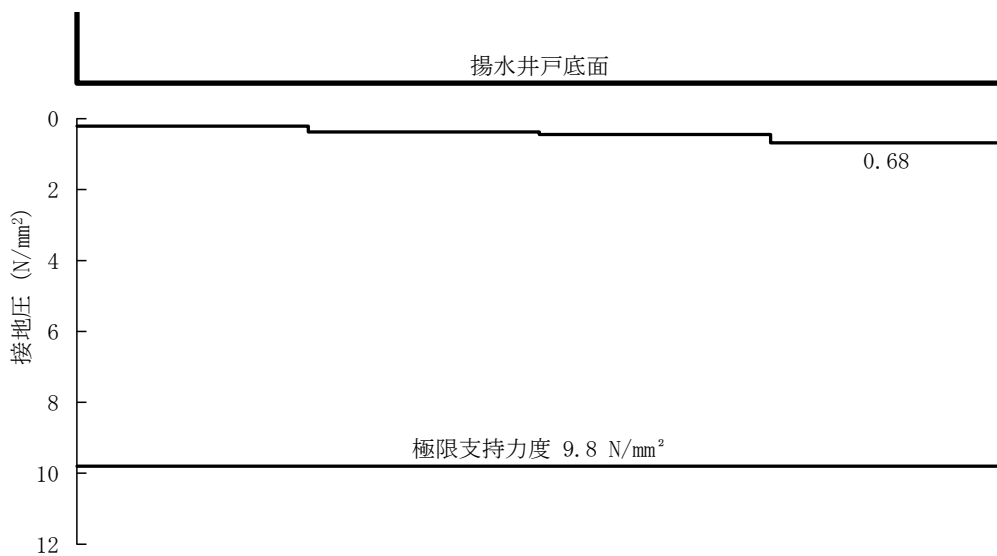


図 5-14 (21) B-B 断面の接地圧分布図 (S_s-N1 (++) (解析ケース①))

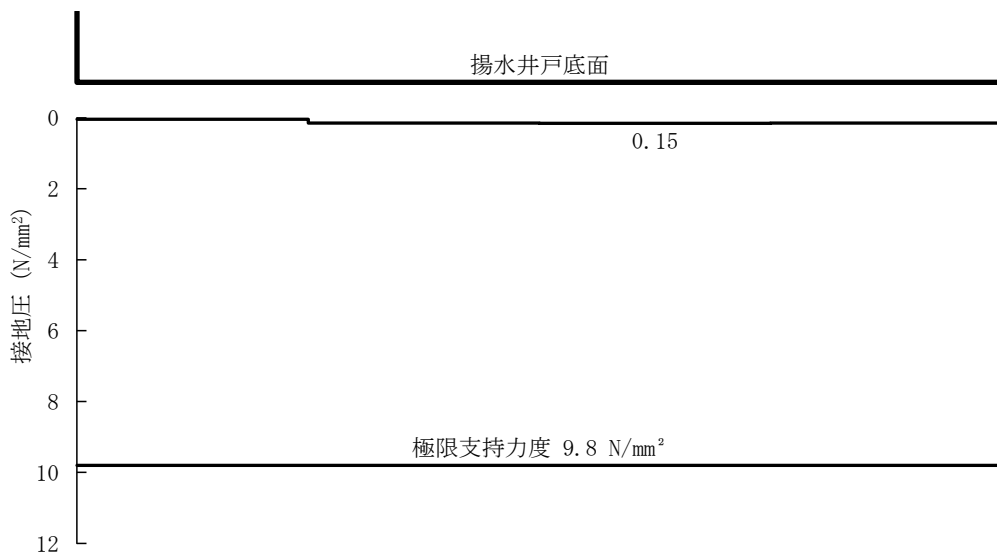


図 5-14 (22) B-B 断面の接地圧分布図 (S_s-N1 (-+)) (解析ケース①))

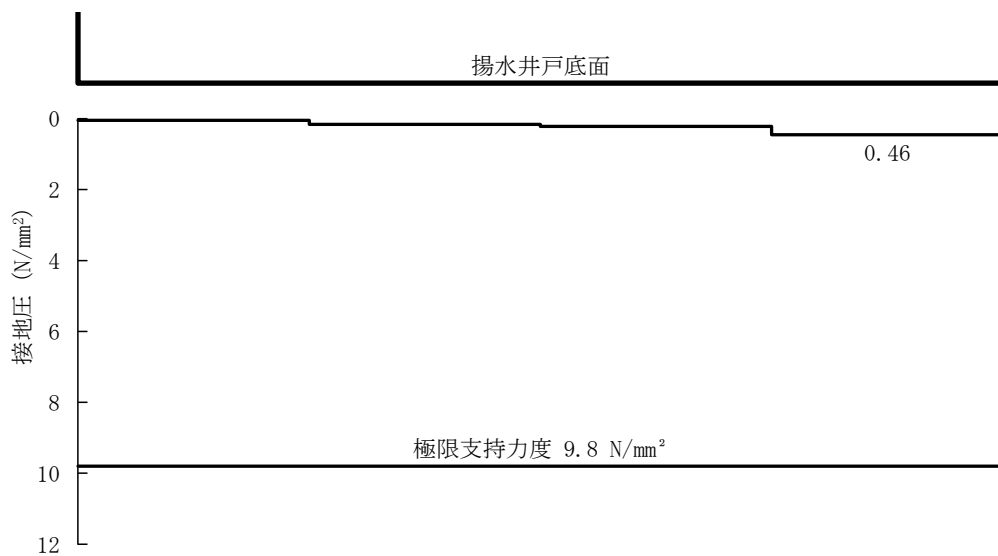


図 5-14 (23) B-B 断面の接地圧分布図 (S_s-N₂ (NS) (+)) (解析ケース①)

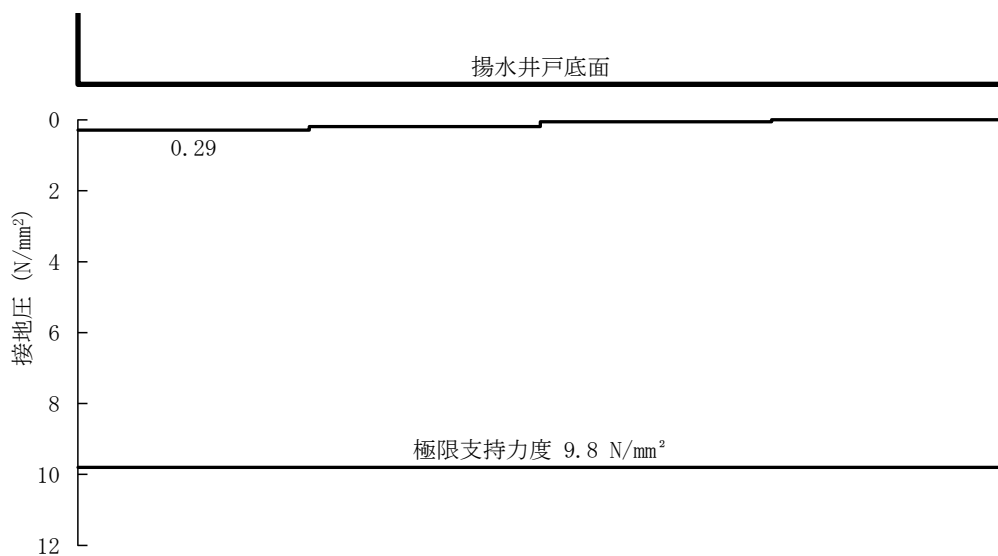


図 5-14 (24) B-B 断面の接地圧分布図 (S_s-N₂ (NS) (-)) (解析ケース①)

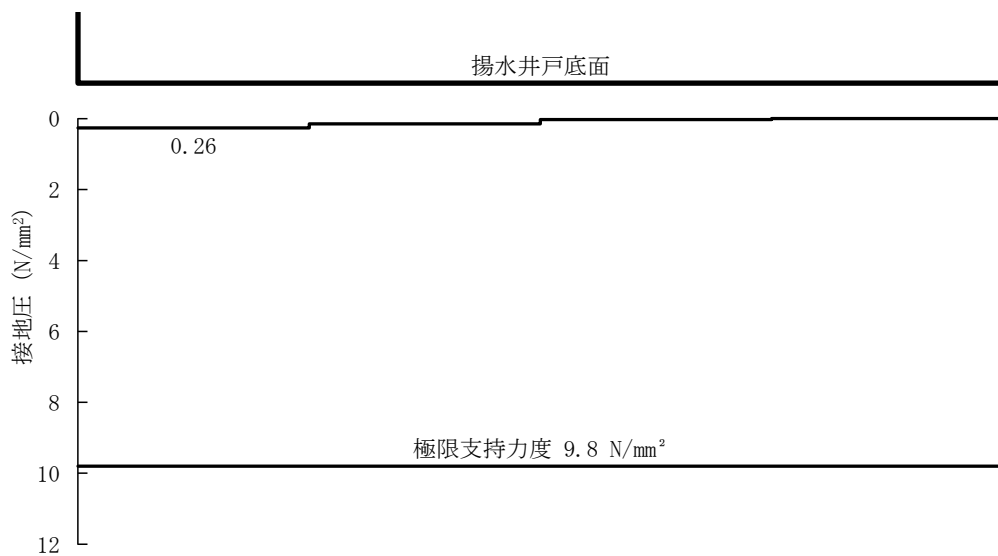


図 5-14 (25) B - B 断面の接地圧分布図 (S s - N 2 (E W) (+ +)) (解析ケース①)

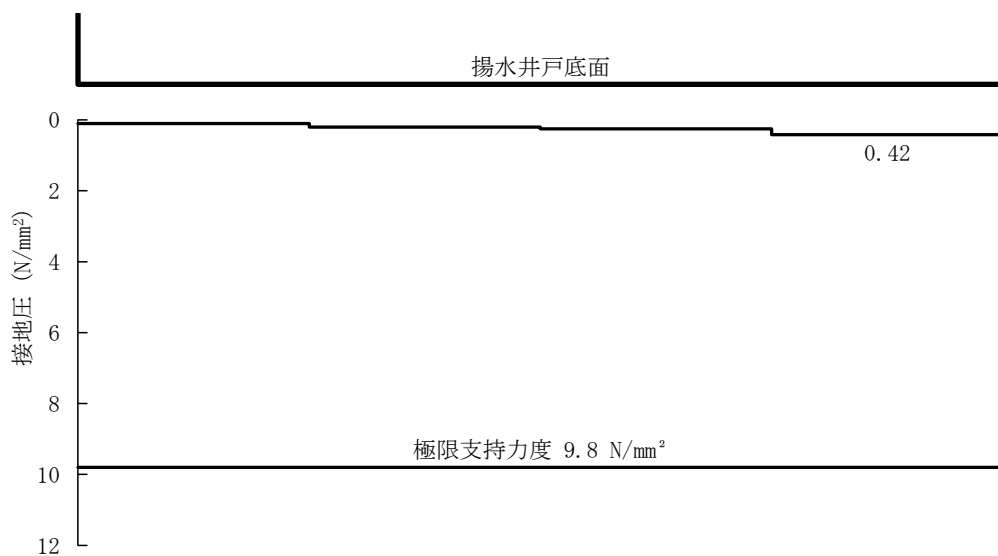


図 5-14 (26) B - B 断面の接地圧分布図 (S s - N 2 (E W) (- +)) (解析ケース①)

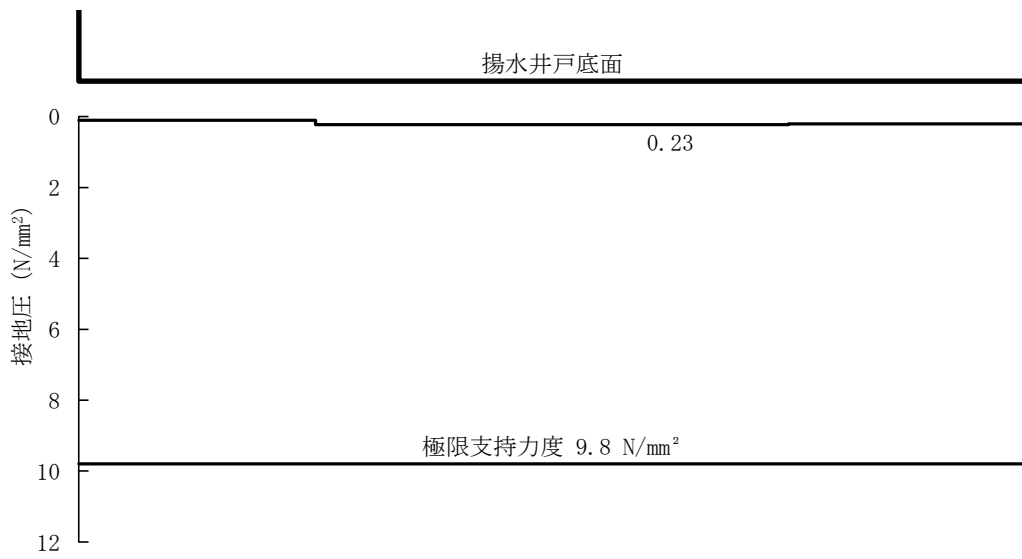


図 5-14 (27) B-B 断面の接地圧分布図 (S_s-N1(++) (解析ケース②))

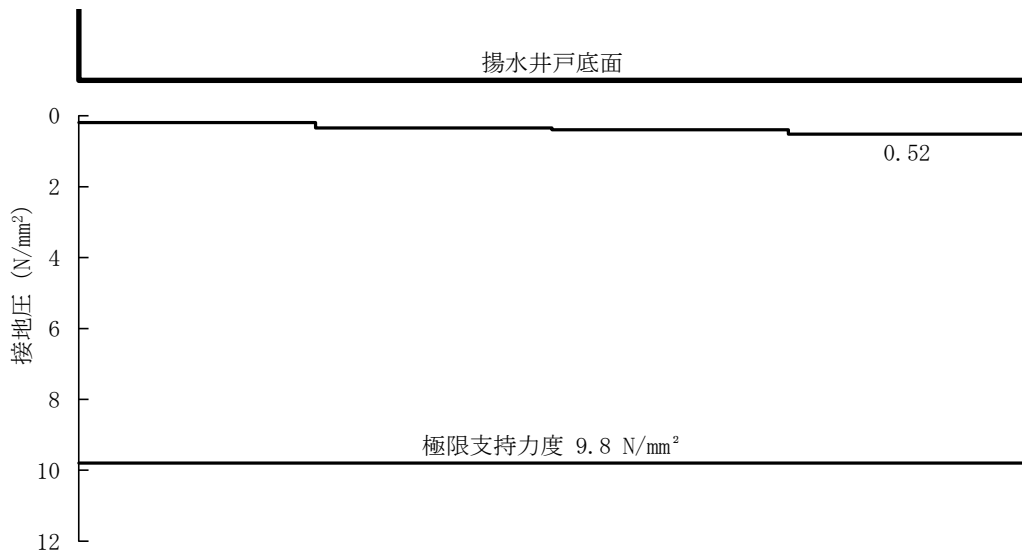


図 5-14 (28) B-B 断面の接地圧分布図 (S_s-N1(++) (解析ケース③))

6. まとめ

揚水井戸については、基準地震動 S_s による耐震評価として、曲げ・軸力系の破壊、せん断破壊及び基礎地盤の支持性能に対する評価を実施した。

構造部材の健全性評価については、曲げモーメント及びせん断力が要求性能に応じた許容限界を下回ることを確認した。

基礎地盤の支持性能評価については、基礎地盤に発生する応力（接地圧）が極限支持力度に基づく許容限界を下回ることを確認した。

以上から、揚水井戸は、基準地震動 S_s による地震力に対して、構造強度を有すること、支持機能を損なわないことを確認した。

第2章 ドレーンの耐震性に係る補足説明

目次

1. 概要	1
2. 基本方針	2
2.1 位置	2
2.2 構造概要	3
2.3 評価方針	5
2.4 適用規格・基準等	7
3. 耐震評価	8
3.1 評価対象部位	8
3.2 荷重及び荷重の組合せ	8
3.2.1 荷重	8
3.2.2 荷重の組合せ	12
3.2.3 設計用震度の算定	12
3.3 許容限界	15
3.4 評価方法	17
3.4.1 ドレーンの変形量算出方法	17
3.4.2 断面の評価方法	19
3.4.3 岩盤の局所安全係数分布の確認	19
4. 評価結果	20
4.1 フレーム解析による評価結果	20
4.2 岩盤の局所安全係数分布の確認結果	23

(参考資料1) 安全対策工事に伴う掘削による影響確認

(参考資料2) ドレーンの強度試験結果

1. 概要

本資料は、VI-2-2-1-別添1「地下水位低下設備の設計方針」で設定している構造強度の設計方針に基づき、地下水位低下設備のうちドレーンについて、地震時の構造強度を有していることを確認するものである。

ドレーンに要求される地下水の集水機能の維持を確認するにあたっては、地震応答解析に基づく構造部材の健全性評価を行う。

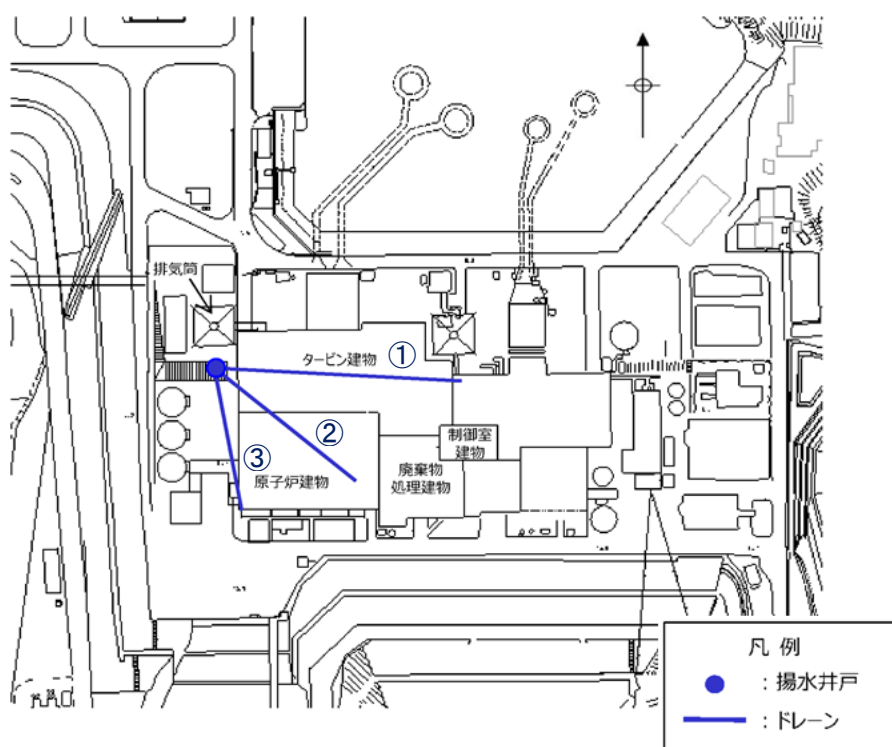
2. 基本方針

原子炉建物等の建物・構築物の耐震評価において、地下水位低下設備の効果을期待した浸透流解析結果から設計地下水位及び設計揚圧力を設定しており、ドレーンについては、耐震性が確保されている前提で、大気圧解放状態として条件設定している。

本資料では、原子炉建物等の直下に設置するドレーンを対象に、地震時における構造強度の確認を行う。

2.1 位置

地下水位低下設備のうちドレーンの設置位置を図 2-1 に示す。



ドレーン延長 ①L=151m, ②L=110m, ③L=91m

図 2-1 ドレーンの設置位置

2.2 構造概要

地下水位低下設備の構成概要を図 2-2 に、ドレーンの概略平面図及び断面図を図 2-3 に示す。ドレーンは原子炉建物等の下に配置する $\phi 200\text{mm}$ の硬質ポリ塩化ビニル管であり、地下水位低下設備のうち揚水井戸を起点として建物側へ岩盤内に設置している。

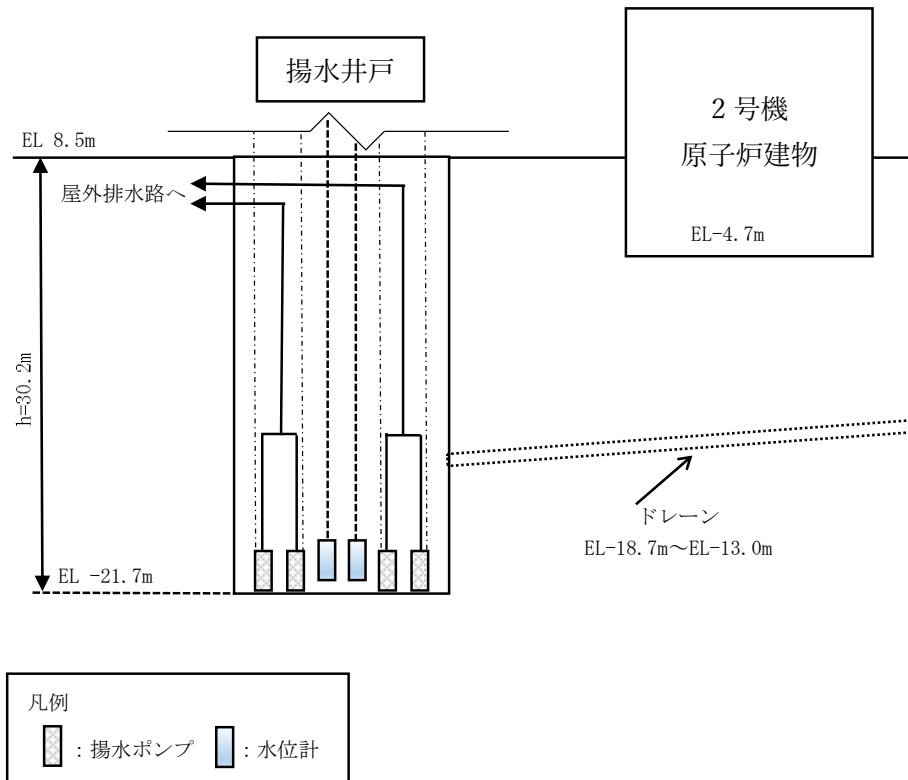
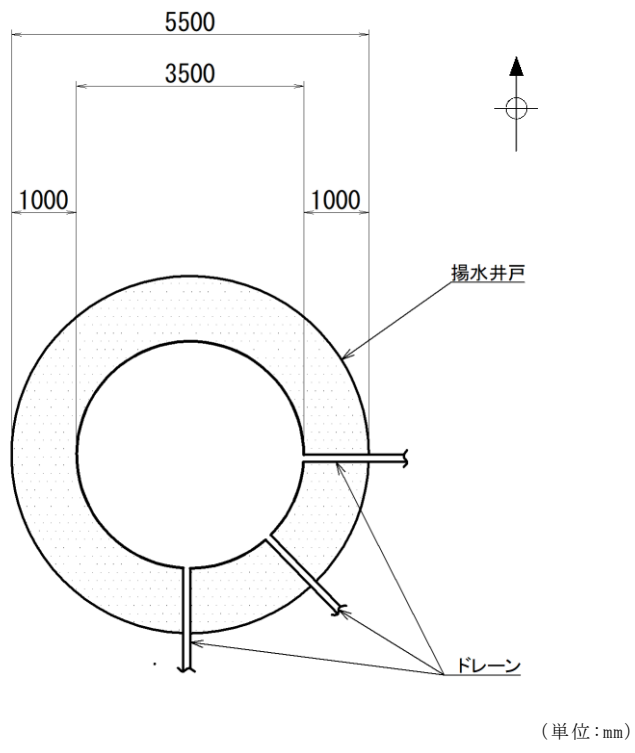
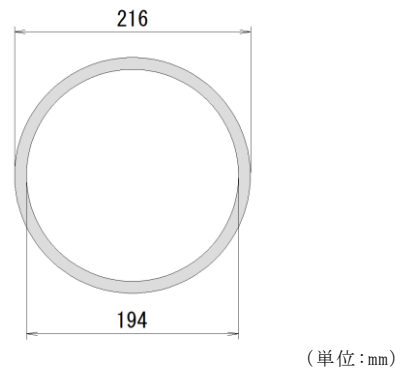


図 2-2 地下水位低下設備の構成概要



概略平面図（揚水井戸，ドレーン）



概略断面図（有孔管 φ200）

図 2-3 ドレーンの概略平面図及び断面図

2.3 評価方針

地下水位低下設備は、建設時から地下水位低下設備を設置していた原子炉建物等の建物・構築物に作用する揚圧力の低減を目的とし、地下水位を一定の範囲に保持するために設置する。また、ドレーンを含む地下水位低下設備の耐震重要度分類はCクラスとして分類し、基準地震動 S_s に対して機能維持する設計としている。

ドレーンは岩盤内に設置されており、地震時は地盤の挙動に追従すると考えられることから、「既発電用原子炉設置変更許可申請 添付書類六（原規規発第 2109152 号 令和 3 年 9 月 15 日許可）」に示す、原子炉建物の基礎地盤安定性評価に用いた 2 次元動的有限要素法の解析モデルより算出する地震力にて耐震評価を行う。

耐震評価は、基準地震動 S_s による地震力に対し、ドレーンに生じる変形量から算出される発生ひずみ率が、強度試験結果に基づき設定した許容限界を超えないことを確認する。

なお、安全対策工事に伴う掘削範囲とドレーンは離隔があり、掘削によるドレーンへの影響は軽微であると考えられるが、影響確認結果を（参考資料 1）に示す。

ドレーンの評価フローを図 2-4 に示す。

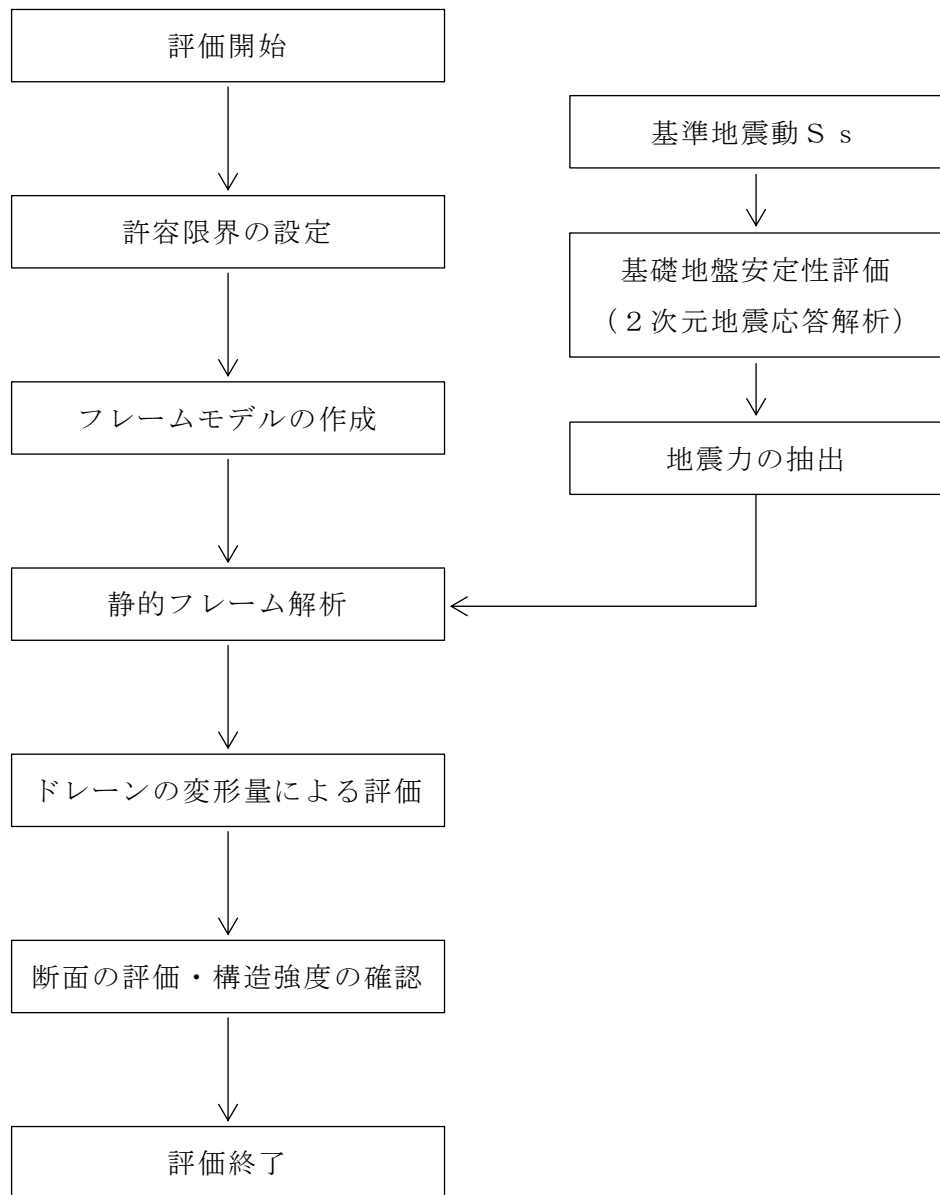


図 2-4 ドレーンの評価フロー

2.4 適用規格・基準等

ドレーンの評価において、適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・水道用硬質ポリ塩化ビニル管技術資料（塩化ビニル・継手協会）
- ・日本産業規格（J I S）

3. 耐震評価

3.1 評価対象部位

ドレーンは岩盤内に設置され、その一部は原子炉建物等の直下に位置するため、これらの構造物の荷重が岩盤を介して作用するものと考えられる。この時、構造物の重量が大きくなるにつれ、ドレーンに作用する荷重も大きくなるため、ドレーンの設置範囲において重量の大きい原子炉建物の下に設置するドレーンを評価対象とする。

3.2 荷重及び荷重の組合せ

3.2.1 荷重

ドレーンに作用する荷重は、原子炉建物等の基礎底盤以深の岩盤を削孔した空隙内に設置されていることを踏まえ設定する。

VI-2-9-3-4「原子炉建物基礎スラブの耐震性についての計算書」において、原子炉建物の地震時接地圧 $2.01\text{N}/\text{mm}^2$ に対し、支持する岩盤の極限支持力度は、 $9.8\text{N}/\text{mm}^2$ であり、十分な支持性能を有していることを確認している。したがって、ドレーンを設置する空隙（ドレーン外径 216mm に対し岩盤削孔径 250mm）は、地震時においても形状が保持されと考えられることから、ドレーンには鉛直及び水平の土圧は作用しない。なお、ドレーン周辺の岩盤について、局所安全係数分布の破壊領域（せん断強度又は引張強度に達した要素）が発生しないことを確認し、ドレーンを設置する空隙の形状は保持されと考えられるから、ドレーンに直接土圧が作用しないことを確認する。

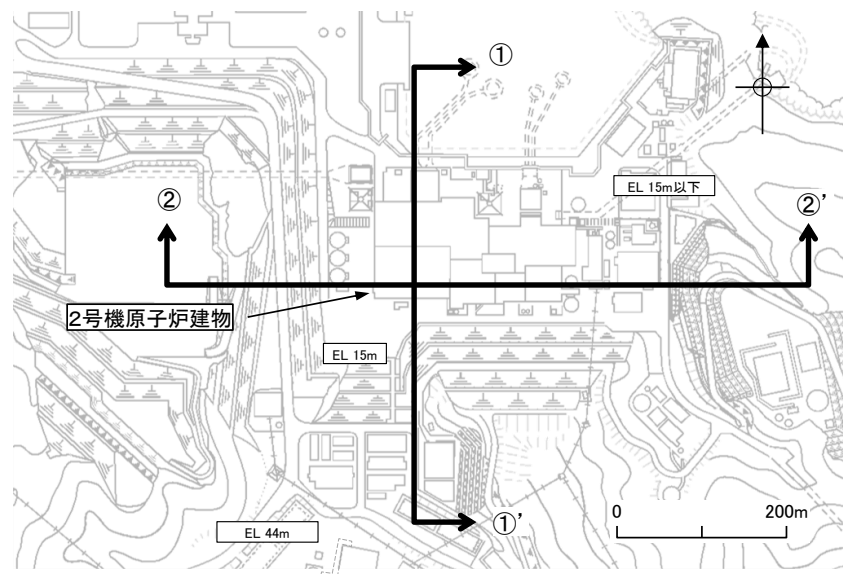
(1) 固定荷重(G)

固定荷重としてドレーン自体の自重、及び保守的に岩盤とドレーン間の空隙内（以下「空隙内」という。）に砂があると仮定し、空隙内の砂による上載土荷重を考慮する。空隙内の砂の自重による鉛直荷重は軽微であり、空隙内の拘束力は小さいため、鉛直土圧による水平方向の土圧は見込まないものとする。水平土圧は、上載土荷重を打ち消す効果があるため、水平土圧を見込まない場合のひずみ率は、判定として保守的な値となる。

(2) 地震荷重(S_s)

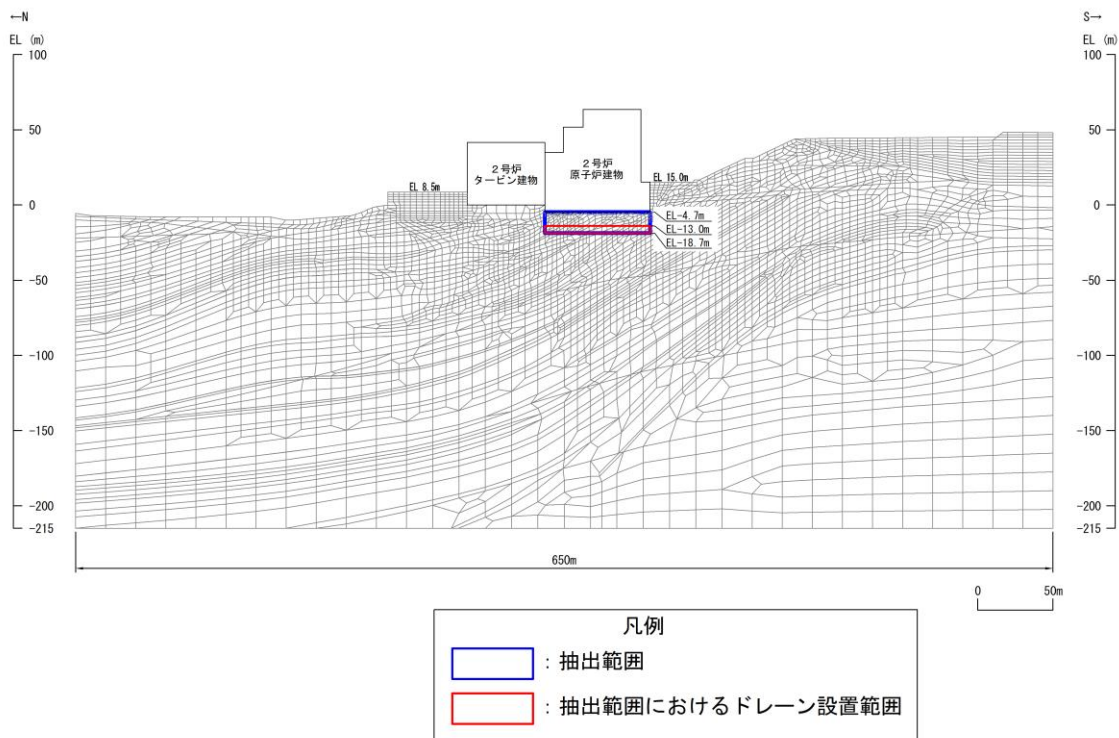
地震荷重は、地震時の原子炉建物及び地盤の応答を評価できる原子炉建物等の基礎地盤安定解析モデル（東西及び南北断面）より抽出する。抽出範囲は、ドレーンの設置範囲（EL-18.7m～EL-13.0m）を包絡するよう、ドレーン設置範囲の下端（EL-18.7m）から上端は保守的に原子炉建物の荷重が直接作用する原子炉建物底面レベル(EL-4.7m)までとする。抽出した最大応答加速度から、ドレーンをモデル化したフレームモデルに静的に作用させる。

最大応答加速度の抽出対象範囲を図 3-1 に示す。

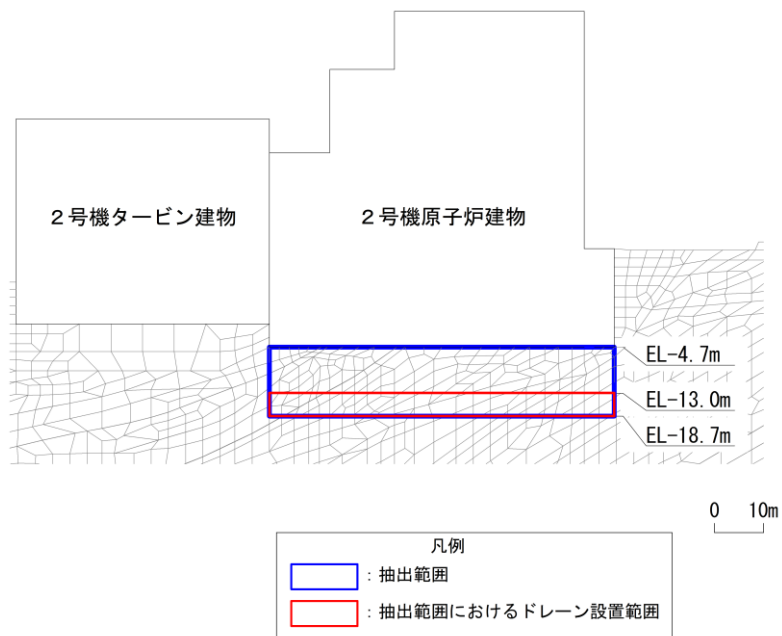


断面位置図

図 3-1(1) 最大応答加速度の抽出範囲

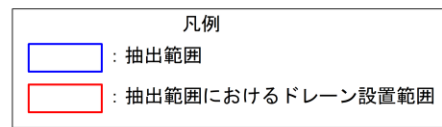
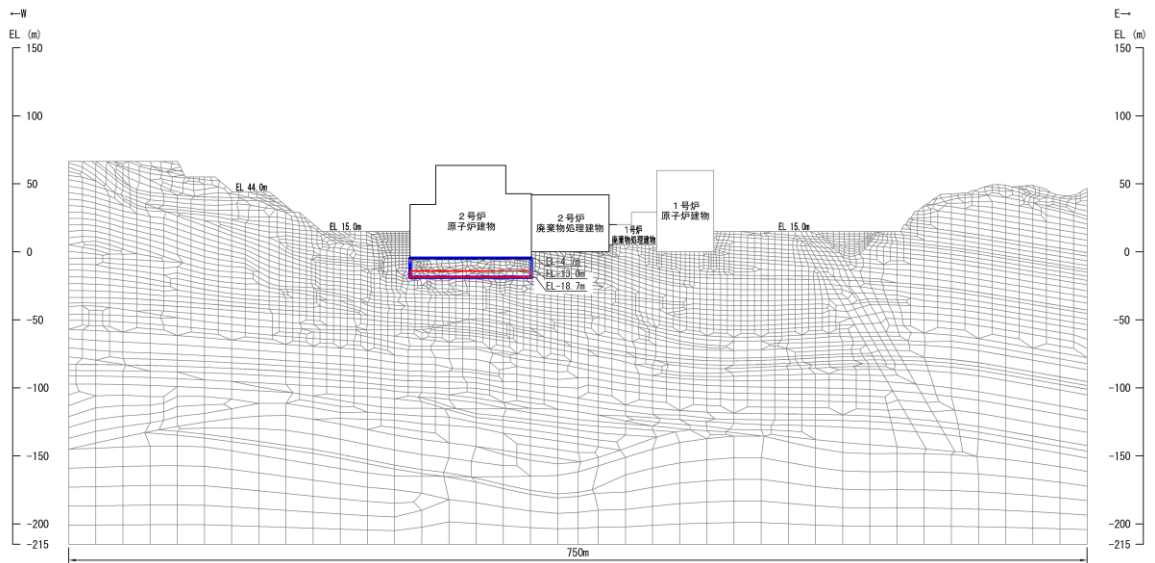


南北断面（①－①'断面）

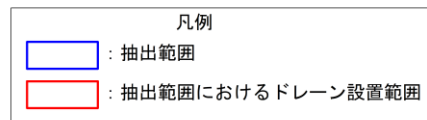
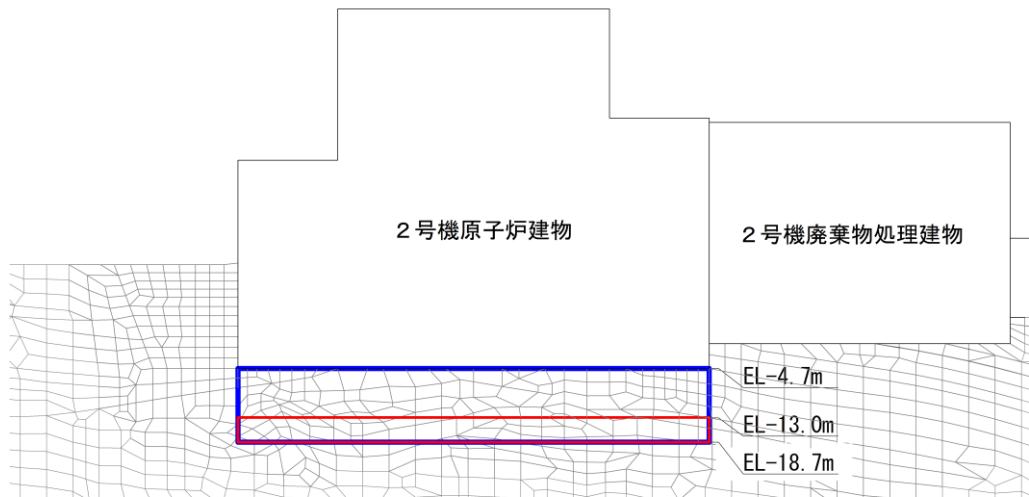


南北断面（拡大図）

図 3-1(2) 最大応答加速度の抽出範囲



東西断面 (②-②'断面)



東西断面 (拡大図)

図 3-1(3) 最大応答加速度の抽出範囲

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 荷重の組合せ

荷重状態	荷重の組合せ
S _s 地震時	G + S _s

G : 固定荷重

S_s : S_s 地震荷重

3.2.3 設計用震度の算定

(1) 地盤物性のばらつき

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。また、地震応答解析においては、地盤物性のばらつきを考慮する。地盤物性のばらつき考慮ケースを表 3-2 に示す。

表 3-2 解析ケース

解析ケース	地盤物性
	岩盤 (G _d : 動せん断弾性係数)
ケース① (基本ケース)	平均値
ケース②	平均値 + 1 σ
ケース③	平均値 - 1 σ

(2) 地震応答解析の解析ケースの選定

地震応答解析においてはすべての基準地震動 S_s に対し、解析ケース①を実施する。解析ケース①において応答加速度が最も厳しくなる地震動を用いてケース②及びケース③を実施する。

耐震評価における解析ケースを表 3-3 に示す。

表 3-3 耐震評価における解析ケース

解析ケース		ケース①	ケース②	ケース③
		基本ケース	地盤物性のばらつき ($+1\sigma$) を考慮した解析ケース	地盤物性のばらつき (-1σ) を考慮した解析ケース
地盤物性		平均値	平均値 $+1\sigma$	平均値 -1σ
地震動 (位相)	$S_s - D$	++*	○	
		-+*	○	
		+ -*	○	
		--*	○	
	$S_s - F 1$	++*	○	
	$S_s - F 2$	++*	○	
	$S_s - N 1$	++*	○	
		-+*	○	
	$S_s - N 2$ (NS)	++*	○	
		-+*	○	
	$S_s - N 2$ (EW)	++*	○	
		-+*	○	

基準地震動 S_s (6波) に位相反転を考慮した地震動 (6波) を加えた全 12 波に対し、ケース① (基本ケース) を実施し、応答加速度が最も大きい地震動を用いてケース②及び③を実施する。

注記* : 地震動の位相について、++の左側は水平動、右側は鉛直動を表し、「-」は位相を反転させたケースを示す。

(3) 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震応答解析モデル下端位置で評価したものをを用いる。設計用震度は、ドレーンの設置範囲を包絡するよう設定した範囲から抽出された最大応答加速度を用いて設定する。図 3-2 に入力地震動算定の概念図を示す。

解析コードは、入力地震動算定に「ADVANCE」を使用し、ドレーンをモデル化したフレーム解析については「TDAP III」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。

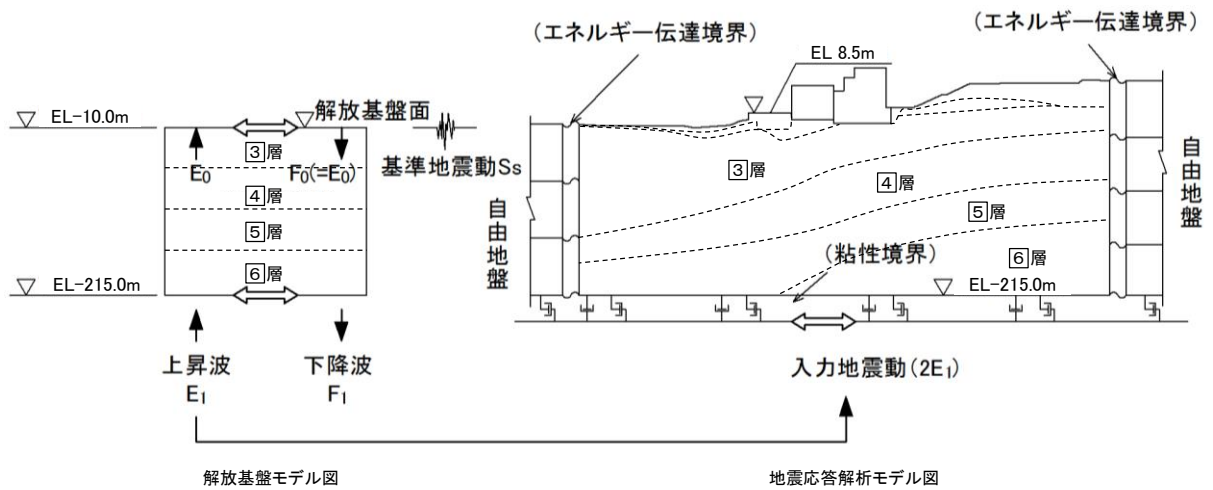


図 3-2 入力地震動算定の概念図

3.3 許容限界

ドレーンの評価における許容限界は、表 3-4 に示す機能維持のための考え方を踏まえ、ドレーンの強度試験結果に基づきひずみ率を設定する。

ドレーンのひずみ率は、「JIS K 6741:2016 硬質ポリ塩化ビニル管 9 試験方法 9.1 性能試験 9.1.4 偏平試験」に基づいたドレーンの偏平試験結果より設定した。ドレーンの強度試験結果を（参考資料 2）に示す。硬質ポリ塩化ビニルは粘弾性体であり、材料の性質上、第 1 折れ点を読み取ることが困難であるため、偏平試験結果より得られた荷重-変位曲線図から明確におおむね弾性として考えられる 5% を許容限界とする。

荷重-変位曲線図を図 3-3 に示す。

表 3-4 ドレーンの評価における許容限界

機能設計上の性能目標	地震力	部位	機能維持のための考え方	許容限界
構造強度を有すること	基準地震動 S _s	ドレーン	部材に生じる応力が内空断面を確保するための許容限界を超えないことを確認	ひずみ率 5%

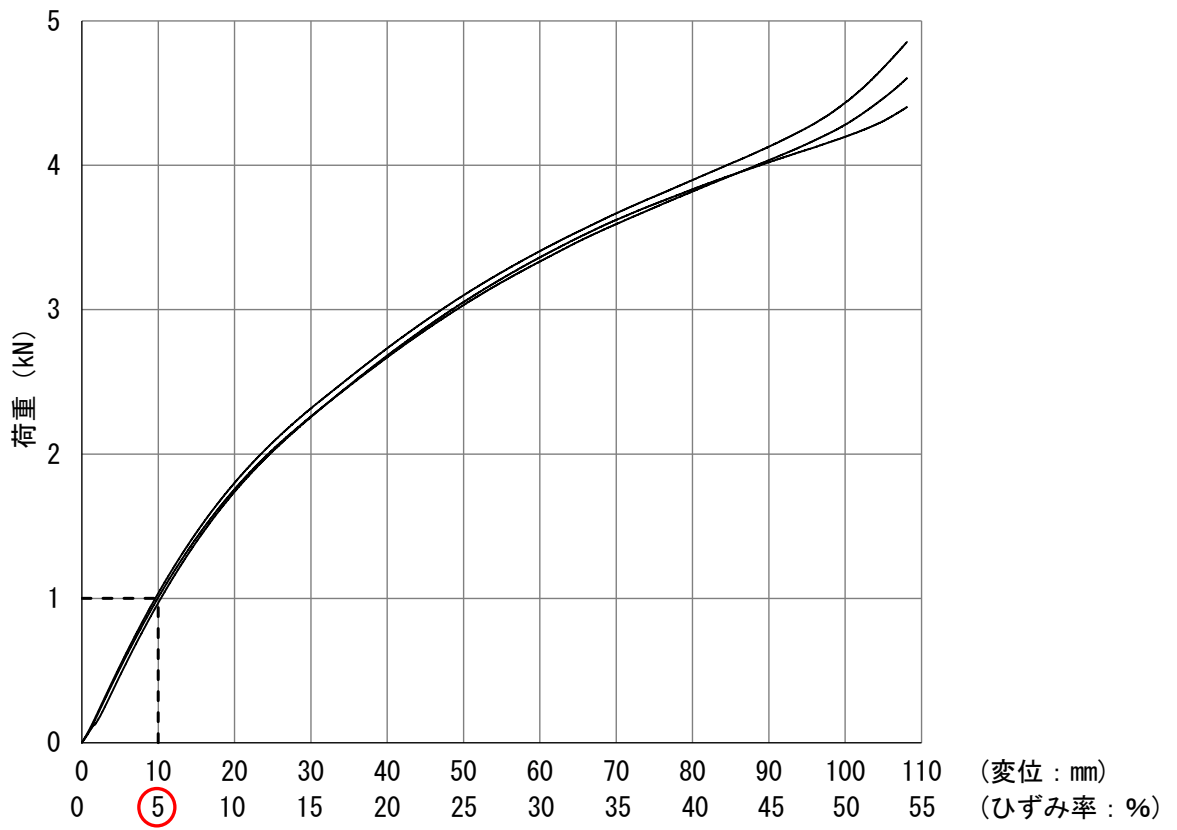


図 3-3 荷重-変位曲線図

3.4 評価方法

3.4.1 ドレーンの変形量算出方法

ドレーンは、横断方向(管軸直行方向)について評価を実施する。

(1) 地震荷重の設定

地震荷重は、ドレーンの設置範囲を包絡するよう設定した範囲から抽出した鉛直方向の最大応答加速度を算出し設定する。

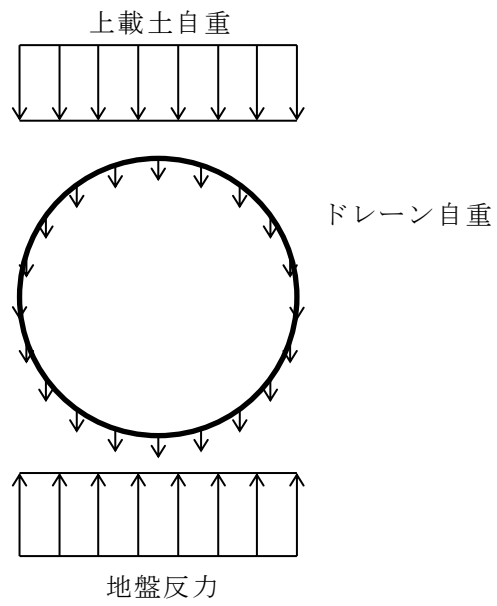
(2) 横断方向断面の検討

ドレーンの横断方向断面の検討は、2次元地震応答解析によって得られた最大応答加速度を震度として設定したフレーム解析とする。

震度は鉛直最大応答加速度に着目し、地震時慣性力を設定する。構造部材は円形状にモデル化した線形はり要素とし、自重と地震時慣性力を足し合わせた荷重を一方向から静的に載荷し、発生ひずみ率を算出する。

図3-4に荷重図を示す。また、ドレーンの構造諸元と物性値を表3-5、表3-6に示す。

固定荷重 (G)



地震荷重 (Ss)

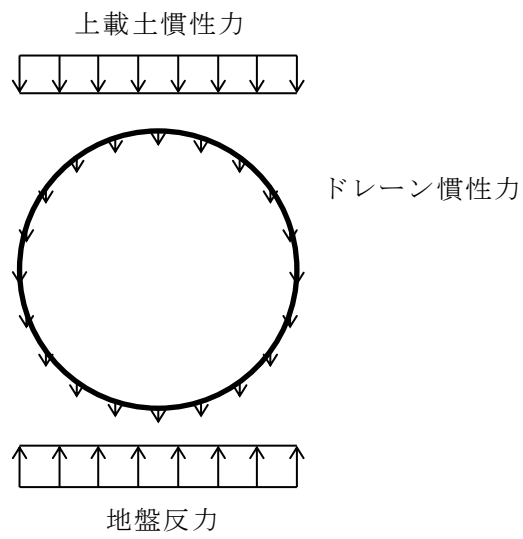


図 3-4 横断方向断面の荷重図

表 3-5 ドレーンの構造諸元

呼び径	外径	内径	厚さ
200mm	216mm	194mm	11mm

表 3-6 ドレーンの物性値

材料	単位体積重量	ヤング係数
硬質ポリ塩化ビニル	14.0 kN/m ³	3.4×10 ⁶ kN/m ²

3.4.2 断面の評価方法

ドレーンは、地震時に内空断面を確保して地下水を集水するため、横断方向断面の発生ひずみ率が、許容限界を超えないことを確認する。

3.4.3 岩盤の局所安全係数分布の確認

ドレーン周辺の岩盤については、南北断面及び東西断面のうち2次元地震応答解析によって得られた最大応答加速度が最大となる、地震動及び時刻における局所安全係数分布の破壊領域（せん断強度又は引張強度に達した要素）を確認することにより、ドレーンに直接土圧が作用しないことを確認する。

4. 評価結果

4.1 フレーム解析による評価結果

(1) 地震荷重

ドレーンに作用する地震荷重は、原子炉建物等の基礎地盤安定解析モデル（東西及び南北断面）より、ドレーンの設置範囲を包絡するよう設定した範囲から抽出した最大応答加速度となる基準地震動の地震荷重を用いる。表 4-1 に各地震動の鉛直最大応答加速度の結果を、表 4-2 にドレーンの設計用地震力を示す。

表 4-1 地盤の応答解析より得られた鉛直最大応答加速度

解析ケース	地震動	位相	(南北断面)	(東西断面)
			鉛直最大応答加速度 (m/s ²)	鉛直最大応答加速度 (m/s ²)
①	S _s -D	++*	5.09	4.95
		-+*	5.22	4.88
		+ - *	5.22	4.88
		--*	5.09	4.95
	S _s -F 1	++*	3.73	5.12
	S _s -F 2	++*	3.81	3.77
	S _s -N 1	++*	2.99	3.29
		-+*	2.50	2.43
	S _s -N 2 (NS)	++*	3.80	3.91
		-+*	3.13	3.94
	S _s -N 2 (EW)	++*	3.34	3.61
		-+*	3.33	3.70
②	S _s -D	-+*	<u>5.45</u>	—
		+ - *	<u>5.45</u>	—
③	S _s -D	-+*	4.73	—
		+ - *	4.73	—

下線は設計で用いる最大応答加速度

注記*：地震動の位相について，++の左側は水平動，右側は鉛直動を表し，「-」は位相を反転させたケースを示す。

表 4-2 ドレーンの設計用地震力

地震動	ケース② (平均値+1σ) S _s -D (-+, +-)
地震力	0.56 (鉛直)

(2) 評価結果

フレーム解析より得られた最大変形量について、ドレーン径の 205mm（管厚の中央部）で除し、発生ひずみ率を算出する。

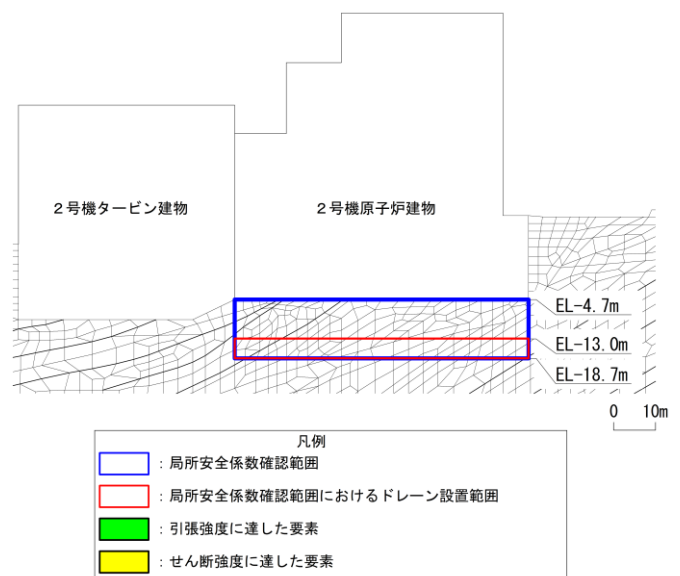
ドレーンの評価結果を表 4-3 に示す。基準地震動 S_s の地震力において、許容限界を超えないことを確認した。

表 4-3 ドレーンの評価結果

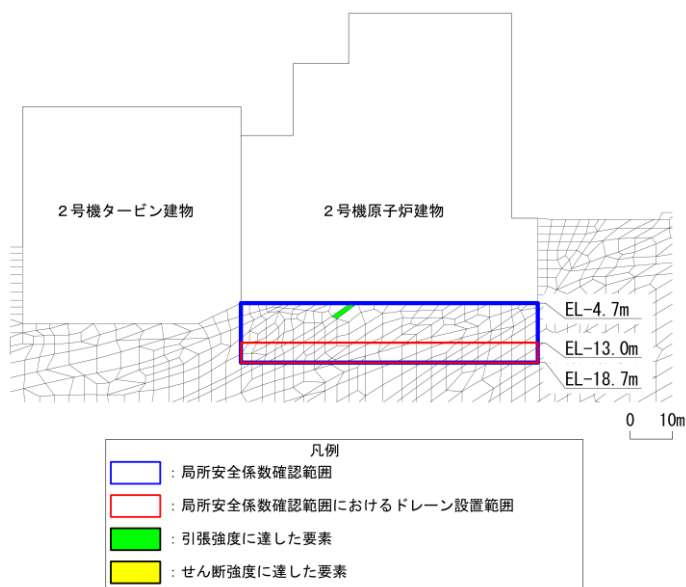
条 件	地震動	ケース②（平均値+1 σ ）
		$S_s - D$ （-+, +-）
最大変形量 発生ひずみ率	最大変形量	0.30mm
	発生ひずみ率(A)	0.15%
許容限界	許容ひずみ率(B)	5.0%
照査値	(A/B)	0.03

4.2 岩盤の局所安全係数分布の確認結果

ドレーン周辺の岩盤の局所安全係数分布図を図4-1に示す。局所安全係数確認範囲（ドレーン評価における最大応答加速度の抽出範囲）において、局所的に引張強度に達した要素があるが、局所安全係数確認範囲におけるドレーン設置範囲においては、せん断強度及び引張強度に達した要素がないことから、ドレーンに直接土圧が作用しないことを確認した。



(S s - D (- +))



(S s - D (+ -))

図4-1 ドレーン周辺の岩盤の局所安全係数分布図

(参考資料 1) 安全対策工事に伴う掘削による影響確認

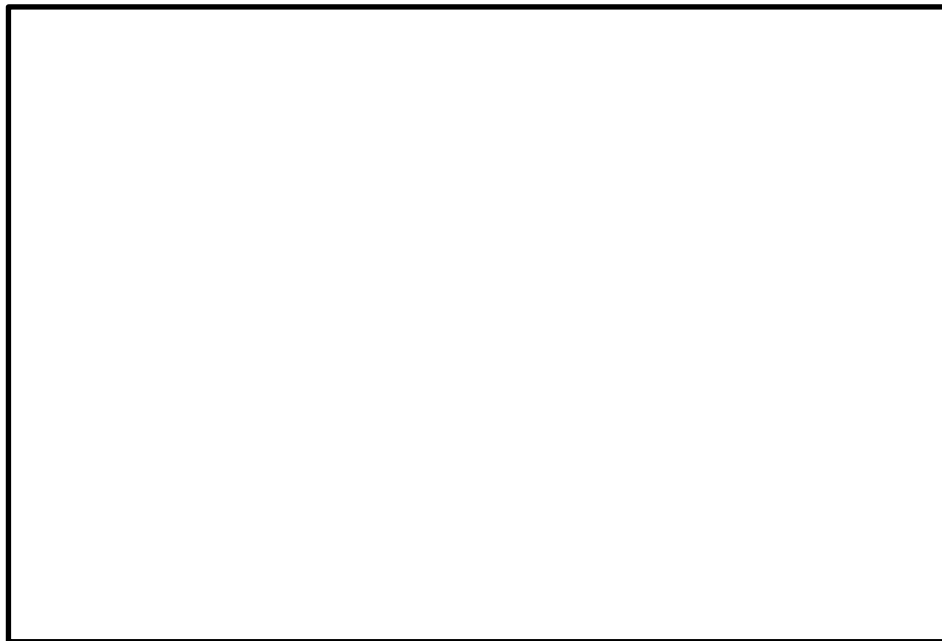
1. 概要

ドレーンは、原子炉建物の基礎地盤安定性評価に用いた 2 次元動的有限要素法の解析モデルより算出する地震力にて耐震評価を実施している。ドレーンの設置位置と安全対策工事に伴う掘削範囲には離隔があり、当該掘削範囲による影響は軽微であると考えられるが、安全対策工事に伴う掘削を考慮した検討を実施し、影響を確認する。

2. 評価方法

安全対策工事による掘削を考慮した、原子炉建物の基礎地盤安定性評価に用いた 2 次元動的有限要素法の解析モデルより算出する地震力を比較し、安全対策工事に伴う掘削の有無による影響を確認する。

最大応答加速度の抽出対象範囲を図 2-1 に示す。

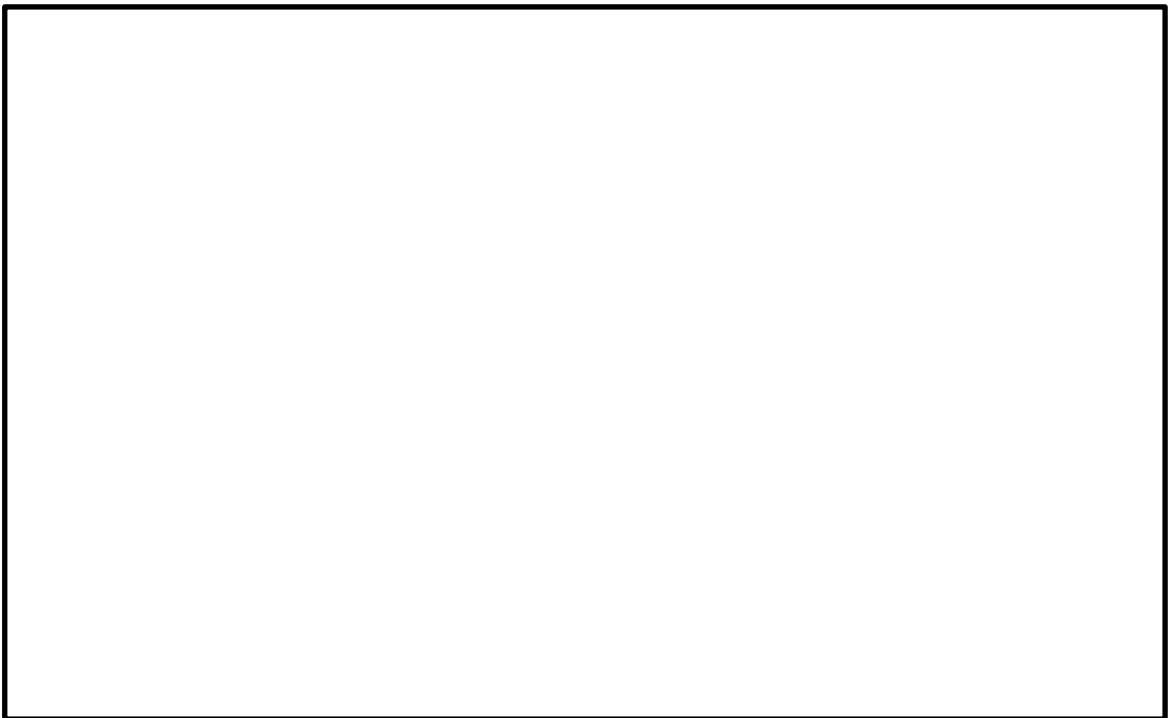


断面位置図

図 2-1(1) 最大応答加速度の抽出範囲

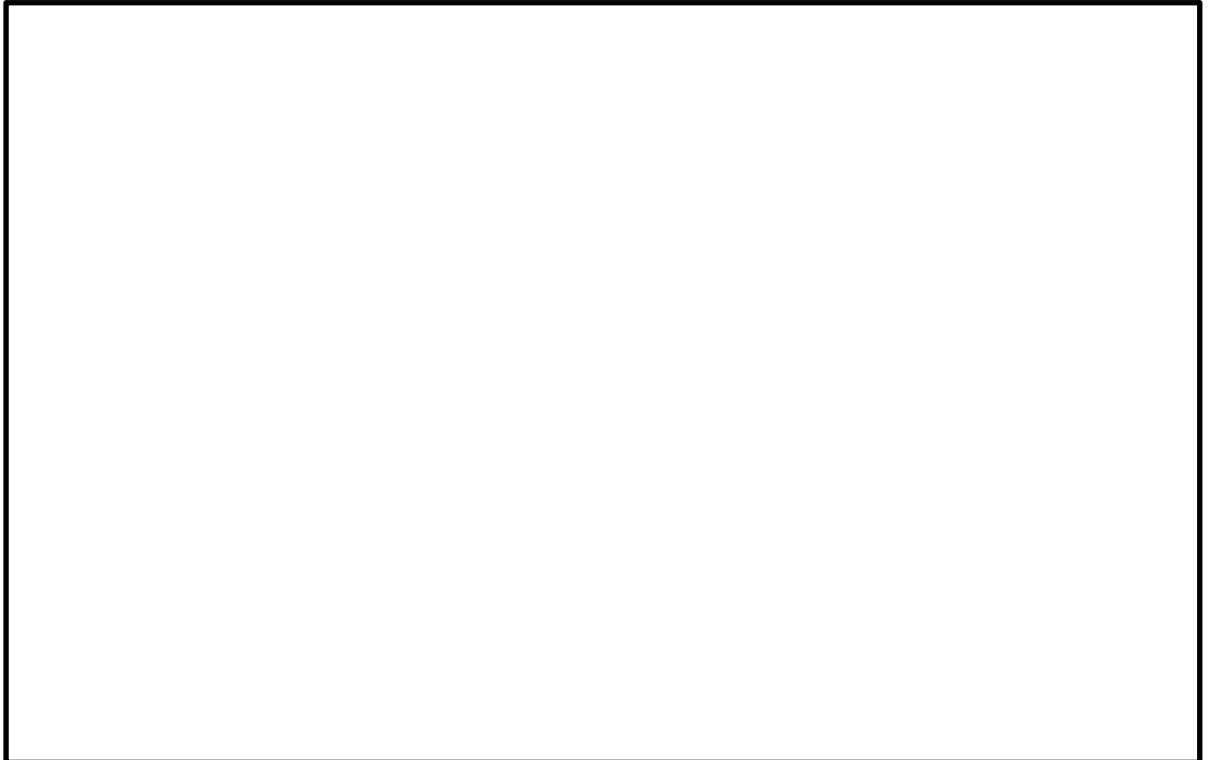


南北断面（①－①'断面）

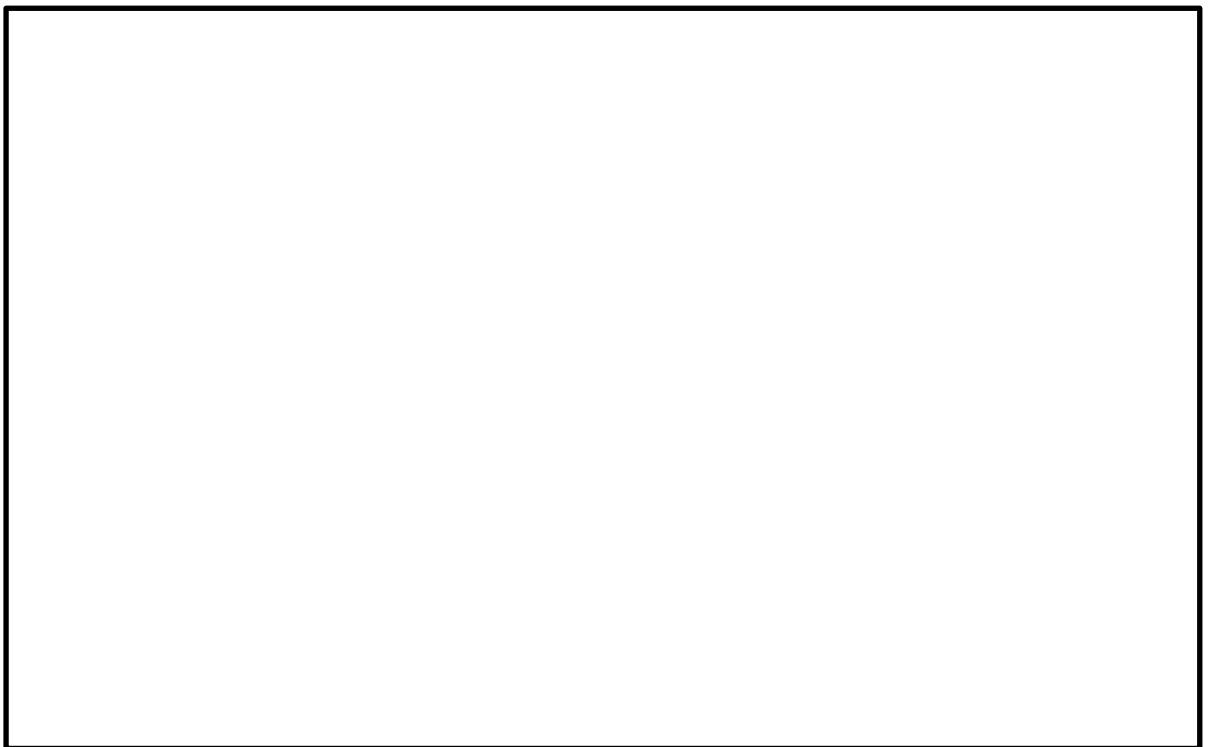


南北断面（拡大図）

図 2-1(2) 最大応答加速度の抽出範囲



東西断面（②－②'断面）



東西断面（拡大図）

図 2-1(3) 最大応答加速度の抽出範囲

3. 評価結果

3.1 設計用地震力の比較検討結果

ドレーンに作用する地震荷重は、安全対策工事に伴う掘削を考慮した原子炉建物等の基礎地盤安定解析モデル（東西及び南北断面）より、ドレーンの設置範囲を包絡するよう設定した範囲から抽出した最大応答加速度となる基準地震動の地震荷重を用いる。表 3-1 に各地震動の鉛直最大応答加速度の結果を、表 3-2 にドレーンの設計用地震力を示す。安全対策工事に伴う掘削の有無でドレーンの設計用地震力への影響がないことを確認した。

表 3-1 地盤の応答解析より得られた鉛直最大応答加速度

解析ケース	地震動	位相	安全対策工事に伴う掘削あり	
			(南北断面) 鉛直最大応答加速度 (m/s ²)	(東西断面) 鉛直最大応答加速度 (m/s ²)
①	S s - D	++*	5.06	4.97
		-+*	5.20	5.02
		+ - *	5.20	5.02
		--*	5.06	4.97
	S s - F 1	++*	3.73	<u>5.46</u>
	S s - F 2	++*	3.74	4.12
	S s - N 1	++*	3.01	4.08
		-+*	2.52	3.99
	S s - N 2 (NS)	++*	3.82	4.49
		-+*	3.21	4.25
S s - N 2 (EW)	++*	3.26	4.14	
	-+*	3.39	4.45	
②	S s - F 1	++*	—	4.52
③	S s - F 1	++*	—	5.17
解析ケース	地震動	位相	(参考)安全対策工事に伴う掘削なし	
			(南北断面) 鉛直最大応答加速度 (m/s ²)	(東西断面) 鉛直最大応答加速度 (m/s ²)
①	S s - D	++*	5.09	4.95
		-+*	5.22	4.88
		+ - *	5.22	4.88
		--*	5.09	4.95
	S s - F 1	++*	3.73	5.12
	S s - F 2	++*	3.81	3.77
	S s - N 1	++*	2.99	3.29
		-+*	2.50	2.43
	S s - N 2 (NS)	++*	3.80	3.91
		-+*	3.13	3.94
S s - N 2 (EW)	++*	3.34	3.61	
	-+*	3.33	3.70	
②	S s - D	-+*	<u>5.45</u>	—
		+ - *	<u>5.45</u>	—
③	S s - D	-+*	4.73	—
		+ - *	4.73	—

下線は各条件での設計に用いる最大応答加速度

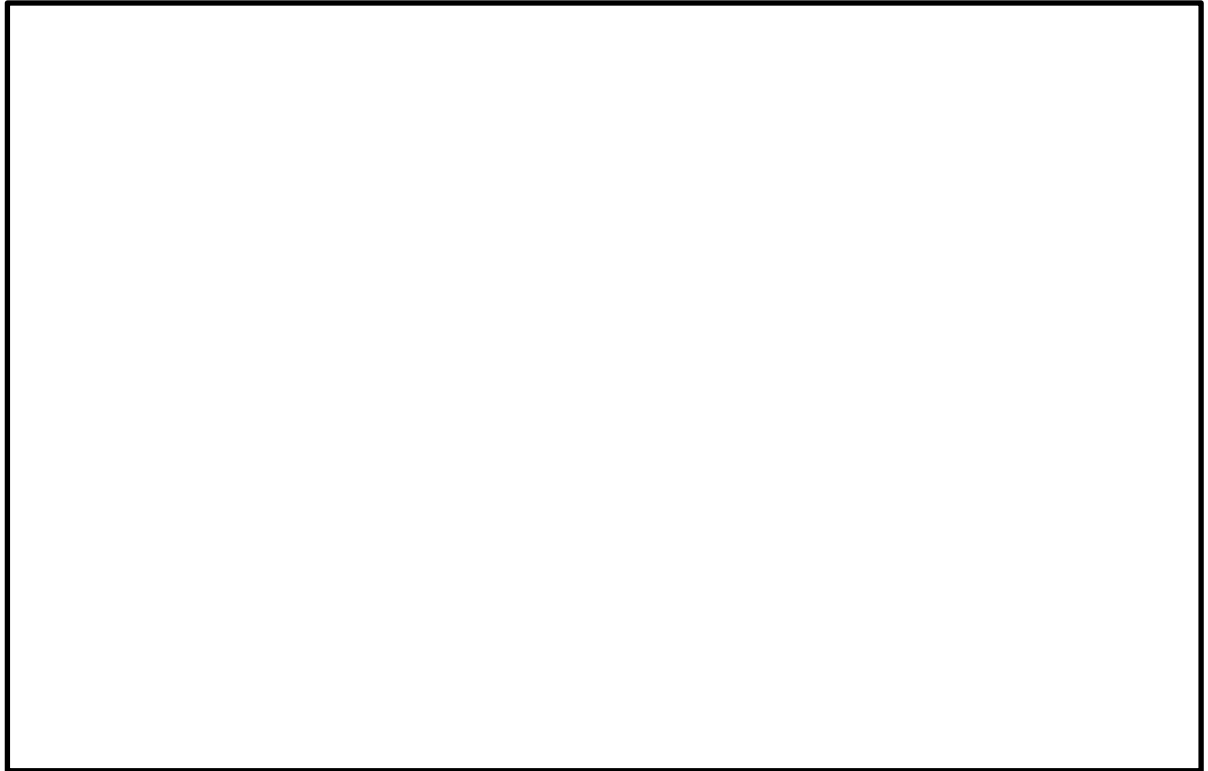
注記*：地震動の位相について，++の左側は水平動，右側は鉛直動を表し，「-」は位相を反転させたケースを示す。

表 3-2 ドレーンの設計用地震力

安全対策工事に伴う 掘削あり	地震動	ケース① (平均値) S s - F 1 (++)
	地震力	0.56 (鉛直)
(参考) 安全対策工事に伴う 掘削なし	地震動	ケース② (平均値+1σ) S s - D (-+, +-)
	地震力	0.56 (鉛直)

3.2 岩盤の局所安全係数分布の確認結果

ドレーン周辺の岩盤の局所安全係数分布図を図3-1に示す。ドレーン周辺の岩盤においては、せん断強度及び引張強度に達した要素がないことから、ドレーンに直接土圧が作用しないことを確認した。



(S s - F 1 (+ +))

図3-1 ドレーン周辺の岩盤の局所安全係数分布図

(参考資料2) ドレーンの強度試験結果

1. 概要

ドレーンの耐震評価は、基準地震動 S_s による地震力に対し、ドレーンに生じる変形量から算出される発生ひずみ率が、強度試験結果に基づき設定した許容ひずみ率を超えないことを確認する。本章は、許容限界の設定のため実施した強度試験結果について示すものである。

2. 試験方法

2.1 試験体

ドレーンは、外径 216mm、厚さ 11mm の硬質ポリ塩化ビニル管に幅 3mm、長さ 200mm のスリットを設けた有孔管である。試験体の作成については、スリットの配置を考慮し、長さ 250mm の 2 パターン×3 試験体とした。

ドレーン構造図及び試験体（写真）を図 2-1 に示す。

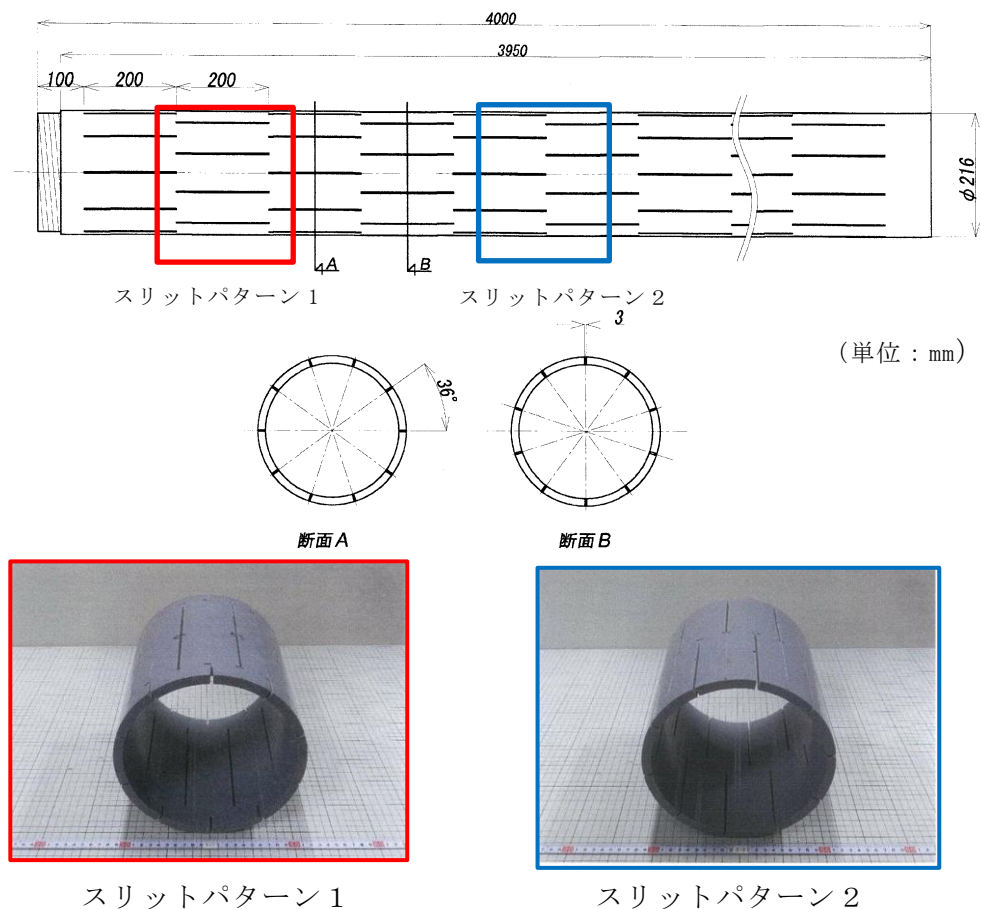


図 2-1 ドレーン構造図及び試験体（写真）

2.2 試験方法

強度試験の方法は「JIS K 6741:2016 硬質ポリ塩化ビニル管 9 試験方法 9.1 性能試験 9.1.4 偏平試験」に準拠し、低速型万能試験機を用いて2枚の平板に試験体を挟み、管軸直角方向に10mm/分±2mmの载荷速度で、ドレーンの外径が1/2になるまでの荷重及び変位を計測した。

偏平試験の状況写真を図2-2に示す。



図 2-2 偏平試験の状況写真

3. 試験結果

偏平試験により得られた荷重－変位曲線を図 3-1 に示す。硬質ポリ塩化ビニルは粘弾性体であり、材料の性質上、第 1 折れ点を読み取ることが困難であるため、ドレーンの耐震評価で用いる許容限界の設定は、試験結果により得られた荷重－変位曲線図から明確におおむね弾性として考えられるひずみ率を 5% として設定する。

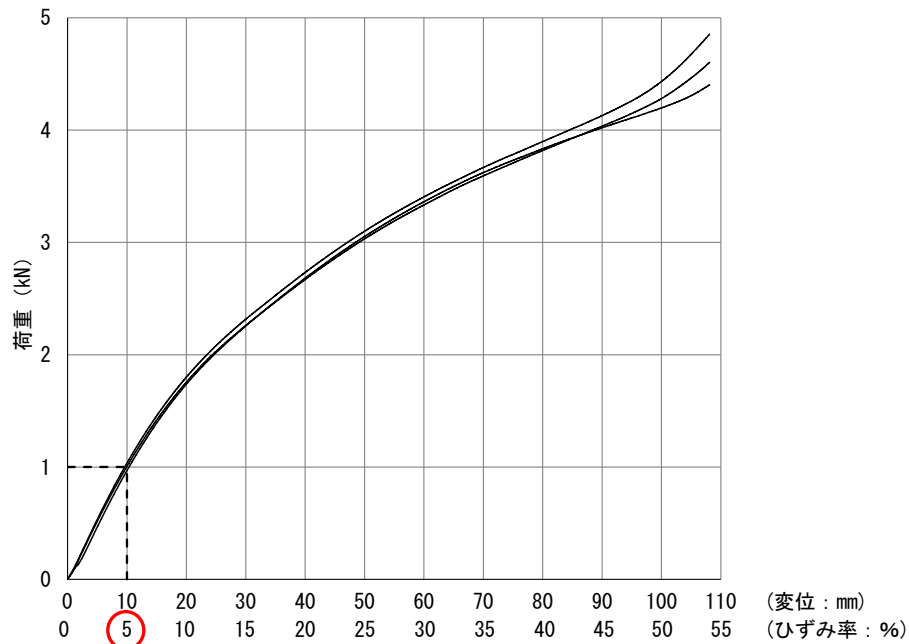


図 3-1(1) 荷重－変位曲線図 (スリットパターン 1)

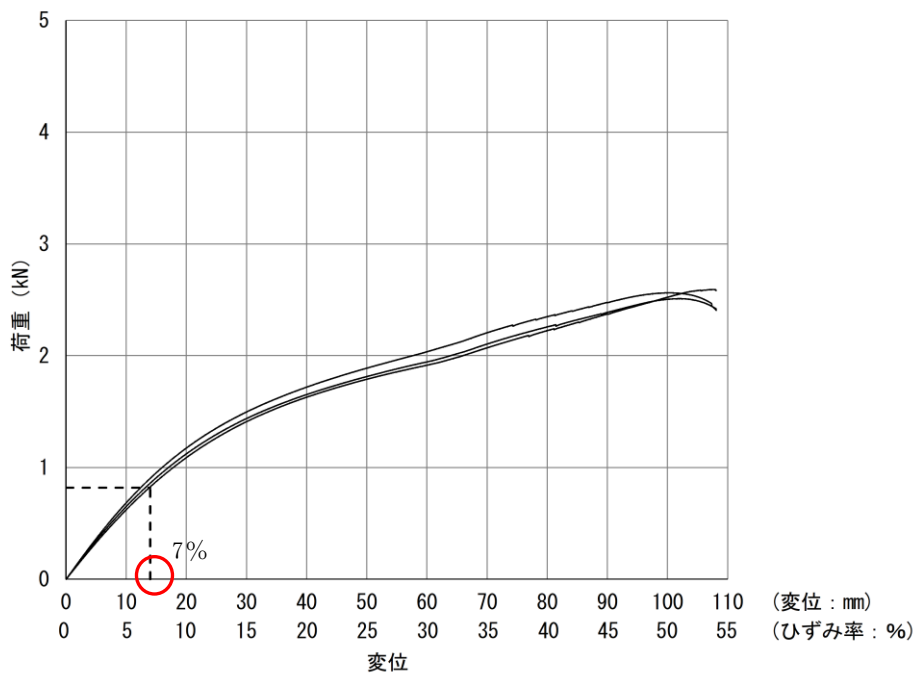


図 3-1(2) 荷重－変位曲線 (スリットパターン 2)

第3章 揚水ポンプの加振試験に関する補足説明

目 次

1. 試験概要	1
2. 試験体及び試験装置	1
3. 振動特性把握試験	3
3.1 試験方法	3
3.2 試験結果	5
3.3 没水による固有周期への影響について	6
4. 加振試験	6
4.1 試験方法	6
4.2 試験条件に対する妥当性確認	8
4.2.1 気中加振の妥当性	8
4.2.2 停止中加振の妥当性	8
4.3 試験結果	8

1. 試験概要

地下水位低下設備のうち揚水ポンプは、ポンプと電動機が一体構造となった水中ポンプであり、J E A G 4 6 0 1にて定められた機能確認済加速度との比較による評価方法が適用できる機種範囲から外れることから、機能確認済加速度を設定することを目的とし、加振設備を用いて加振試験を実施する。

試験方法としては、振動特性把握試験を実施し、固有振動数を求め、剛構造であることを確認した後、機器の据付位置における評価用加速度を包絡する加振波で加振を実施した。加振試験後は、性能試験及び性能試験後の分解点検を実施することで健全性を確認した。

なお、本資料が関連する工認図書は以下のとおり。

- ・VI-2-別添 4-3-1「揚水ポンプの耐震性についての計算書」

2. 試験体及び試験装置

加振試験は、地下水位低下設備に設置する同形式のポンプを支持構造物含め、実機の据付状態で加振した。試験体と加振台の位置関係を示した試験装置の図を図2-1に、揚水ポンプ外形図を図2-2に、振動試験装置外観を図2-3に、加振台仕様を表2-1に、試験体と実機の主仕様の比較を表2-2に示す。

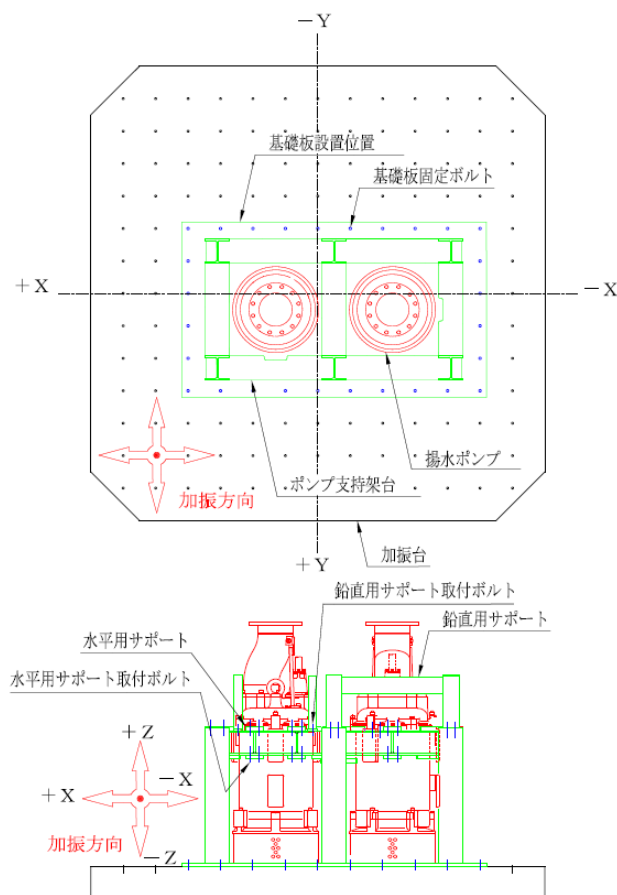


図2-1 加振試験装置図

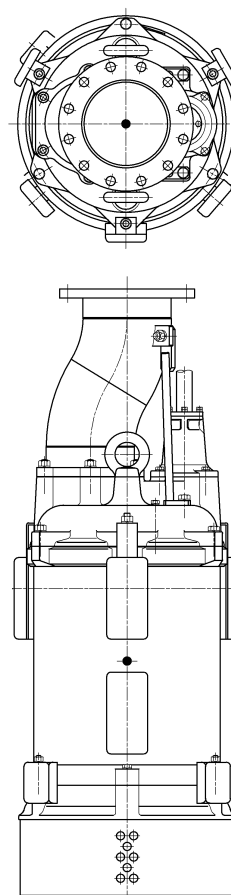


図2-2 揚水ポンプ外形図



図 2-3 振動試験装置外観

表 2-1 加振台仕様

寸法	2.8(m)×2.8(m)
最大積載質量	2(t)
周波数範囲	0.1~150(Hz)
加振力	水平 88.25(kN(0-p)) 鉛直 117.6(kN(0-p))

表 2-2 揚水ポンプの主な仕様の比較

仕様		試験体	実機
ポンプ	外形寸法	Φ530(mm) (直径) Φ555(mm) (最大径) 1488(mm) (高さ)	同左
	質量	505(kg)*	同左
	種類	うず巻形	同左
	容量	3.6(m ³ /min)	同左
支持構造物	外形寸法	870(mm) (縦) 1590(mm) (横) 1159(mm) (高さ) 基礎板を除くサポートを含む	同左
	質量	1530(kg)	同左
電動機	種類	誘導電動機	同左
	容量	37(kW)	同左

注記* : ケーブルを除くポンプ単体概算乾燥質量

3. 振動特性把握試験

3.1 試験方法

ポンプ及び加振台に加速度センサを取り付け、5～100Hz の範囲で正弦波掃引試験を行い、固有周期を求める。加速度センサ取付位置を図 3-1 に、ポンプに取り付けた加速度センサの設置箇所を表 3-1 に示す。

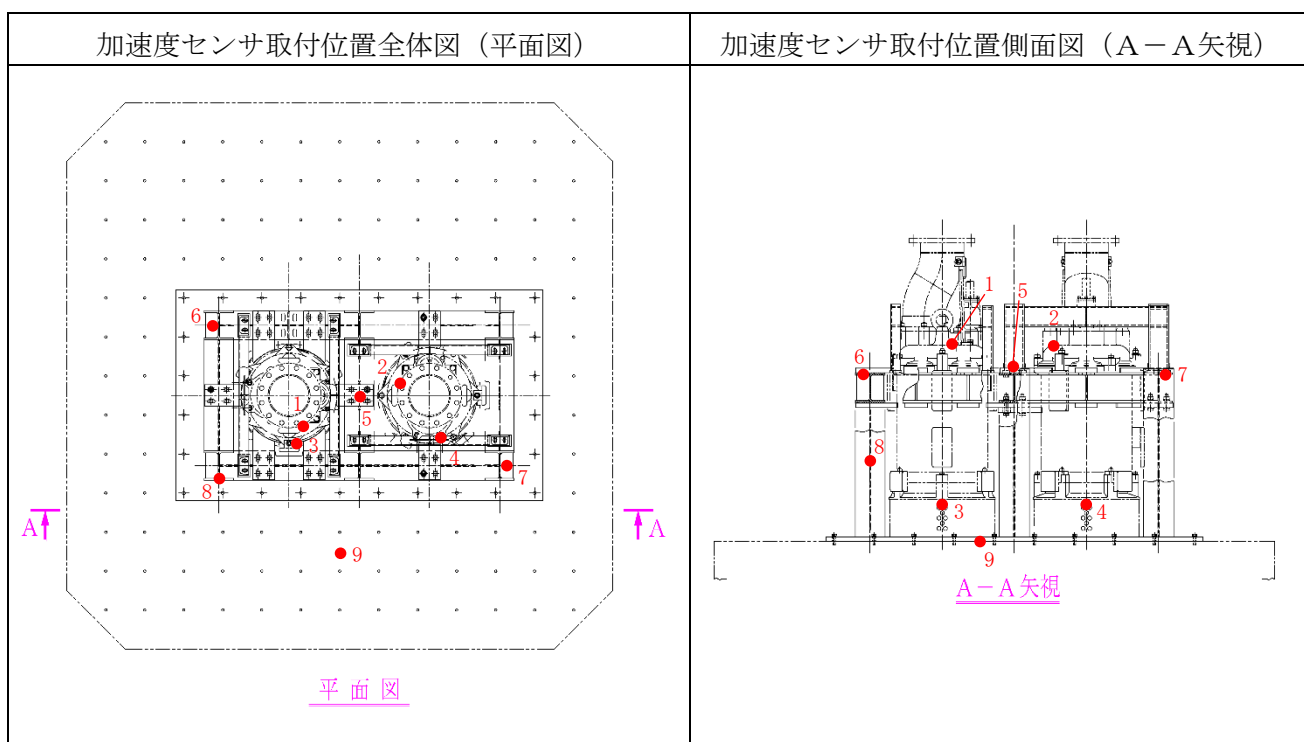


図 3-1 加速度センサ取付位置

表 3-1 加速度センサ設置箇所

部位	水平 X 方向	水平 Y 方向	鉛直方向
揚水ポンプ A 天面	1 X	1 Y	1 Z
揚水ポンプ B 天面	2 X	2 Y	2 Z
揚水ポンプ A 下方・側面	3 X	3 Y	3 Z
揚水ポンプ B 下方・側面	4 X	4 Y	4 Z
ポンプ支持架台 上面・中心 ポンプ A・B 間	5 X	5 Y	5 Z
ポンプ支持架台 上面・カド ポンプ A 側	6 X	6 Y	6 Z
ポンプ支持架台 上面・カド ポンプ B 側	7 X	7 Y	7 Z
ポンプ支持架台 脚・高さ・中央	8 X	8 Y	8 Z
加振台	9 X	9 Y	9 Z

3.2 試験結果

正弦波掃引試験により得られた応答加速度を図 3-2 に、各方向の最大応答共振点と固有周期を表 3-2 に示す。各方向いずれも固有周期は 0.05 秒を下回り剛構造であることを確認した。

水平X方向	
水平Y方向	
鉛直方向	

図 3-2 正弦波掃引試験による応答加速度

表 3-2 各方向の最大応答共振点と固有周期

方向	共振点 (Hz)		固有周期 (s)	
水平 X 方向				
水平 Y 方向				
鉛直方向				

3.3 没水による固有周期への影響について

揚水ポンプは、水中ポンプであるため、没水による固有周期への影響を確認する。固有周期は、となり、剛構造であることを確認した。

固有周期の算出にあたっては、補足説明資料「NS2-補-027-10-13 排除水質量の考慮による応答低減の考慮」に基づいて算出した気中-水中間の補正比率を固有振動数に乗じて水中における固有振動数を求めた。

$$\text{補正比率} = \frac{M_1}{M_1 + M_{11}} \cong 0.542$$

M_1 : (505kg (ポンプ質量) + 80kg (ポンプ内包水質量)) × 2 + 520kg (支持構造物) = 1690kg

M_{11} : 4060kg (水の付加質量)

$$\text{} \times 0.542 \cong \text{$$

4. 加振試験

4.1 試験方法

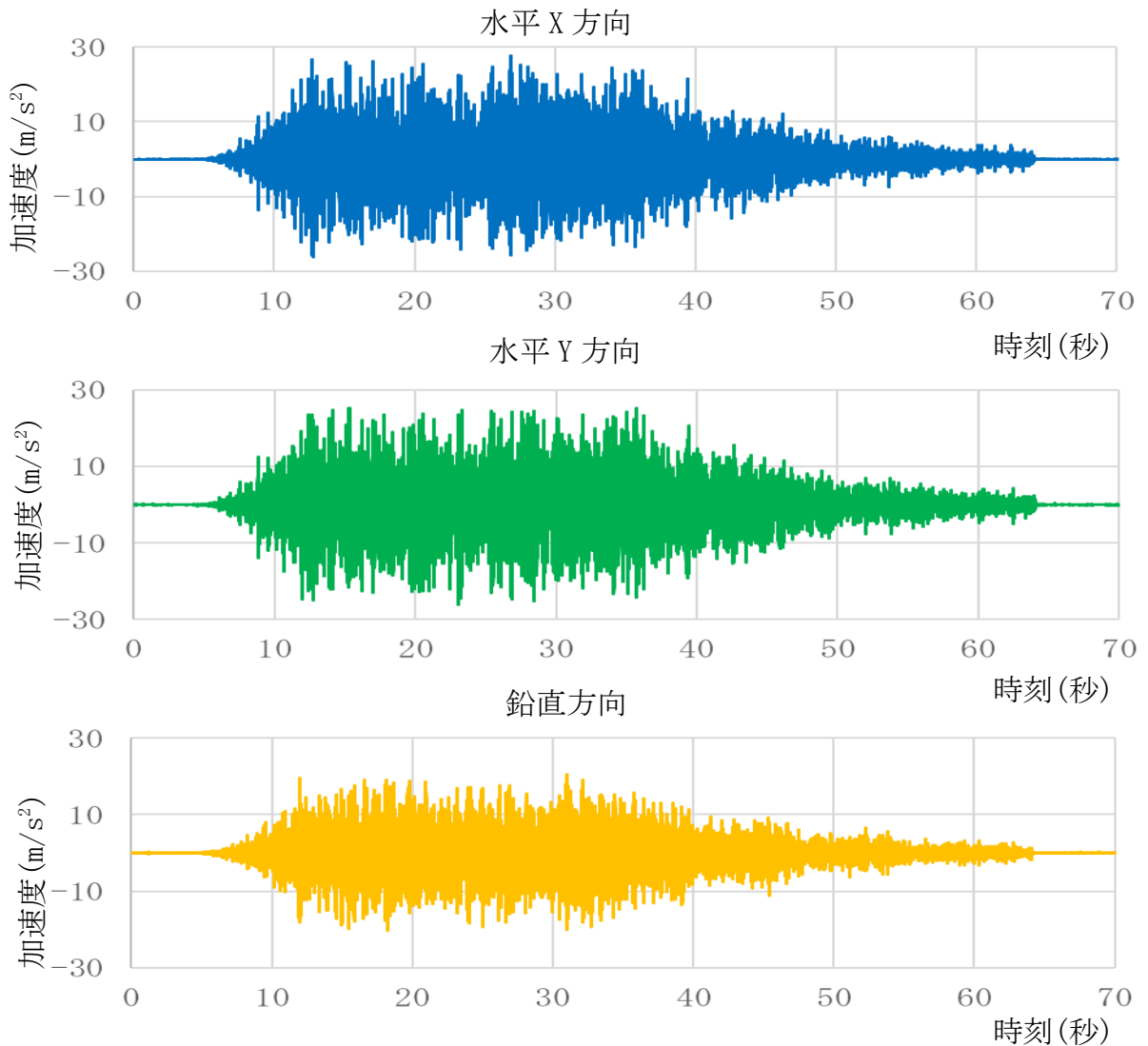
機器の据付位置における設計用床応答スペクトルを包絡する模擬地震波を作成し、加振試験を実施する。試験は水平 X 方向、水平 Y 方向及び鉛直方向それぞれ独立に加振を行う。

加振試験における試験条件を表 4-1 に、試験に用いた模擬地震波を図 4-1 に示す。

表 4-1 加振試験条件

項目	試験条件
加振試験波	模擬地震波
加振方向	水平 X 方向 水平 Y 方向 鉛直方向
運転状態	停止中加振
取付状態	ポンプ支持架台を加振台にボルトにて取り付け*

注記* : 実機と同じボルト本数及び配列により設置する。また、ボルトについては、実機と同じ径のM12及びM16を適用し、ボルト材質についても、実機で使用するSCM435を使用することから取付状態に実機と差異はない。



注 : 模擬地震波の継続時間については、基準地震動 S_s の継続時間 (60 秒) を上回るように設定している。

図 4-1 模擬地震波

4.2 試験条件に対する妥当性確認

4.2.1 気中加振の妥当性

揚水ポンプは、水中ポンプであるため、没水により応答が低減し、ポンプ機能に影響を与えるケーシングや支持構造物等に加わる荷重が軽減される。そのため、加振試験においては、厳しい条件となるよう応答の低減効果が得られない気中での加振を行い、加振後の性能試験及び分解点検により、健全性を確認する。

4.2.2 停止中加振の妥当性

揚水ポンプは、運転中においても基準地震動 S_s による地震力に対して機能維持する設計としているが、揚水ポンプ運転中は主軸の回転によりその回転状態が安定に維持され、加振による軸振れは軽減される。また、ポンプ構成部品への影響については、揚水ポンプ運転中は主軸を支持する軸受や狭隘なライナリング部で形成される水膜により、ばね効果や減衰効果が作用し、ポンプ構成部品に加わる荷重が軽減されることから、加振に対して厳しい条件となる停止中加振を実施し、加振後の性能試験及び分解点検により、健全性を確認する。

4.3 試験結果

加振試験及び加振試験後の性能試験について機器に異常がないことを確認した。本試験の確認項目を以下に示す。

- (1) 加振台の加速度応答スペクトルが据付位置における設計用床応答スペクトルを包絡すること。（図 4-2 参照）
- (2) 加振試験後にサポート取付ボルトの緩みが無いこと。
- (3) 加振試験後の性能試験において、ポンプの健全性及び動作性に異常のないこと。
判定基準：性能試験時の吐出流量 $3.6 \text{ m}^3/\text{min}$ で、全揚程が 35m 以上であること。（図 4-3 参照）
- (4) 性能試験時の分解点検において、内部構造物に割れ等の異常がないこと。

本試験における加振台での最大加速度を表 4-2 に示し、機能確認済加速度を表 4-3 に示す。図 4-2 に加速度応答スペクトルの比較を示す。また、加振試験後の性能試験結果を図 4-3 に示す。

表 4-2 加振台の最大加速度 (m/s²)

加振方向		最大加速度	
水平	X 方向（架台長軸方向）		
	Y 方向（架台短軸方向）		
鉛直			

表 4-3 機能確認済加速度

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

評価部位	方向	機能確認済加速度	
揚水ポンプ	水平方向		
	鉛直方向		

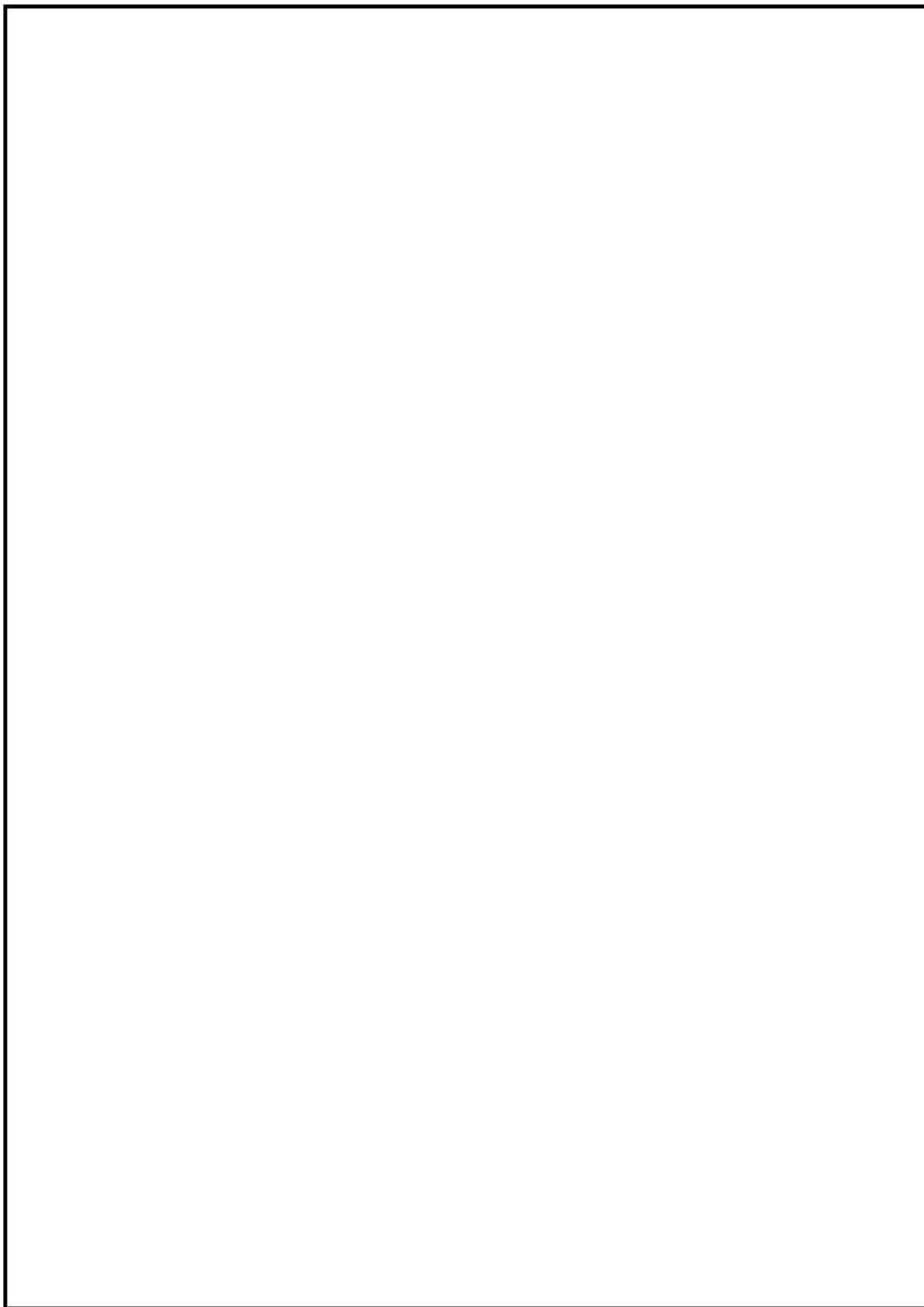


図 4-2 加速度応答スペクトルの比較

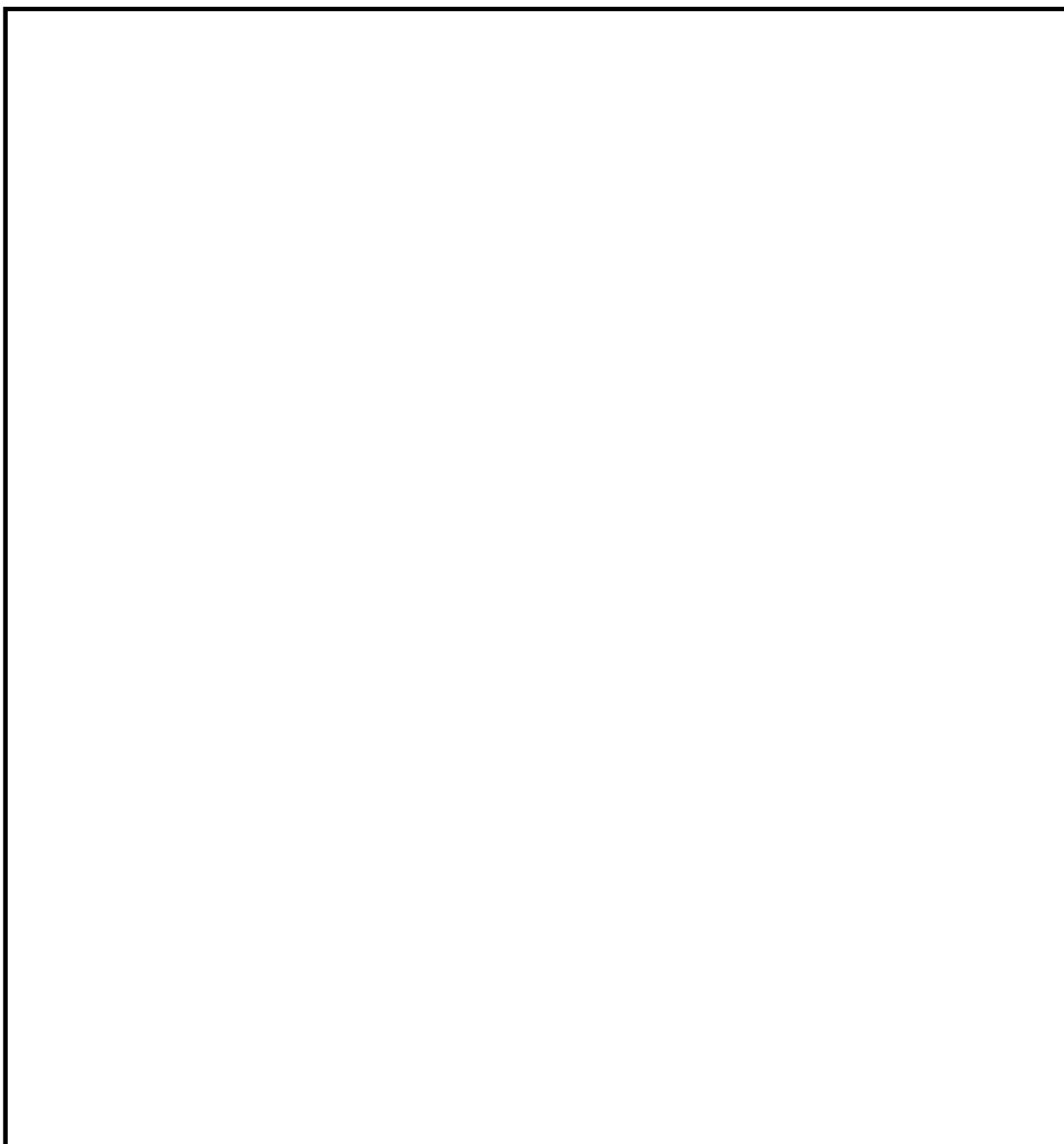


図 4-3 加振試験後の性能試験結果

(別紙1) 揚水井戸蓋の耐震計算について

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、揚水ポンプ及び配管に対し、竜巻による飛来物及び火山灰の侵入による影響がないよう揚水井戸の上部に揚水井戸蓋を設置する方針としている。この揚水井戸蓋について、基準地震動 S_s による地震力に対して主要な構造部材の構造健全性を有することで、揚水井戸内に設置する揚水ポンプ及び配管等への波及的影響を与えないことを確認するものである。耐震評価は、揚水井戸蓋の固有値解析及び応力評価により行う。

2. 基本方針

揚水井戸蓋は、揚水井戸の上部に設置する。

位置図を図 2-1 に示す。

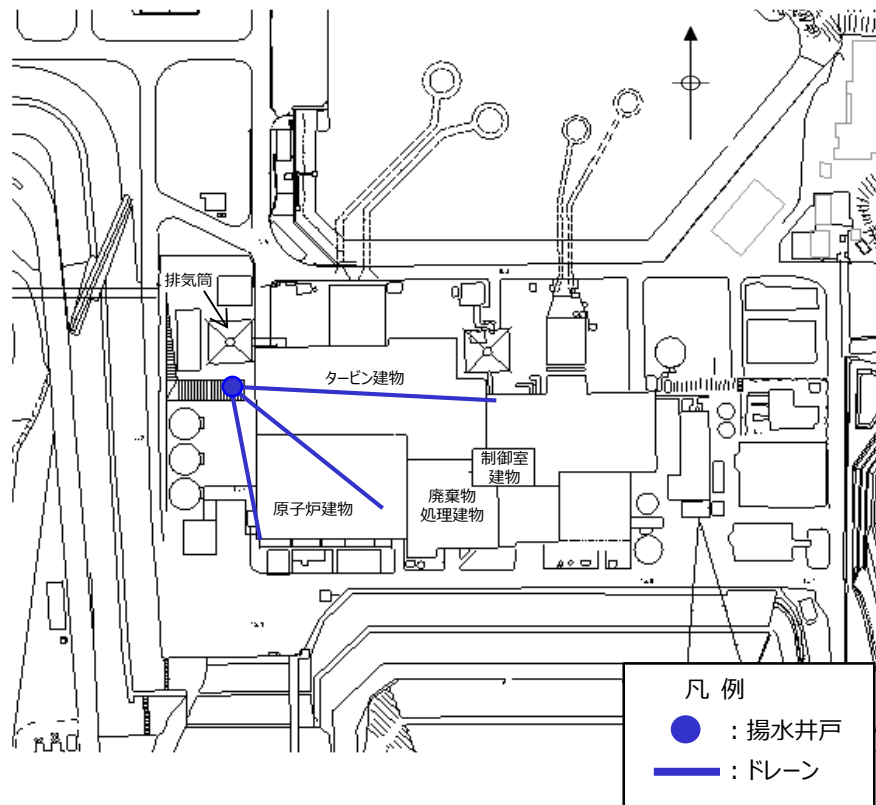


図 2-1 揚水井戸の位置図

2.1 構造概要

揚水井戸蓋の構造は、スキンプレートにリブ及びフランジを組合せた構造とする。揚水井戸蓋は、揚水井戸蓋と受桁を固定ボルトで固定し、揚水井戸外周部は、接着系アンカーボルトで固定する。また、揚水井戸本体中央の受桁は揚水井戸に接着系アンカーボルトにて固定する。

揚水井戸蓋の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 揚水井戸の構造計画

計画の概要		構造概略図
支持構造	主体構造	
揚水井戸蓋は受桁に固定ボルトで固定する。揚水井戸外周部は、接着系アンカーボルトで固定する。受桁は揚水井戸に接着系アンカーボルトで固定する。	揚水井戸蓋，受桁，固定ボルト及び接着系アンカーボルトにより構成する。	

2.2 評価方針

揚水井戸蓋の耐震評価は、VI-2-別添 4-2「地下水低下設備の地震応答計算書」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、「2.1 構造概要」に示す揚水井戸蓋の構造を踏まえ、「3. 評価対象部位」にて設定する評価対象部位において、「4. 固有値解析」で算出した固有振動数に基づく設計用地震力により算出した応力等が許容限界内に収まることを、「5. 構造強度評価」に示す方法にて確認する。応力評価の確認結果を「6. 評価結果」にて確認する。

耐震評価フローを図 2-2 に示す。

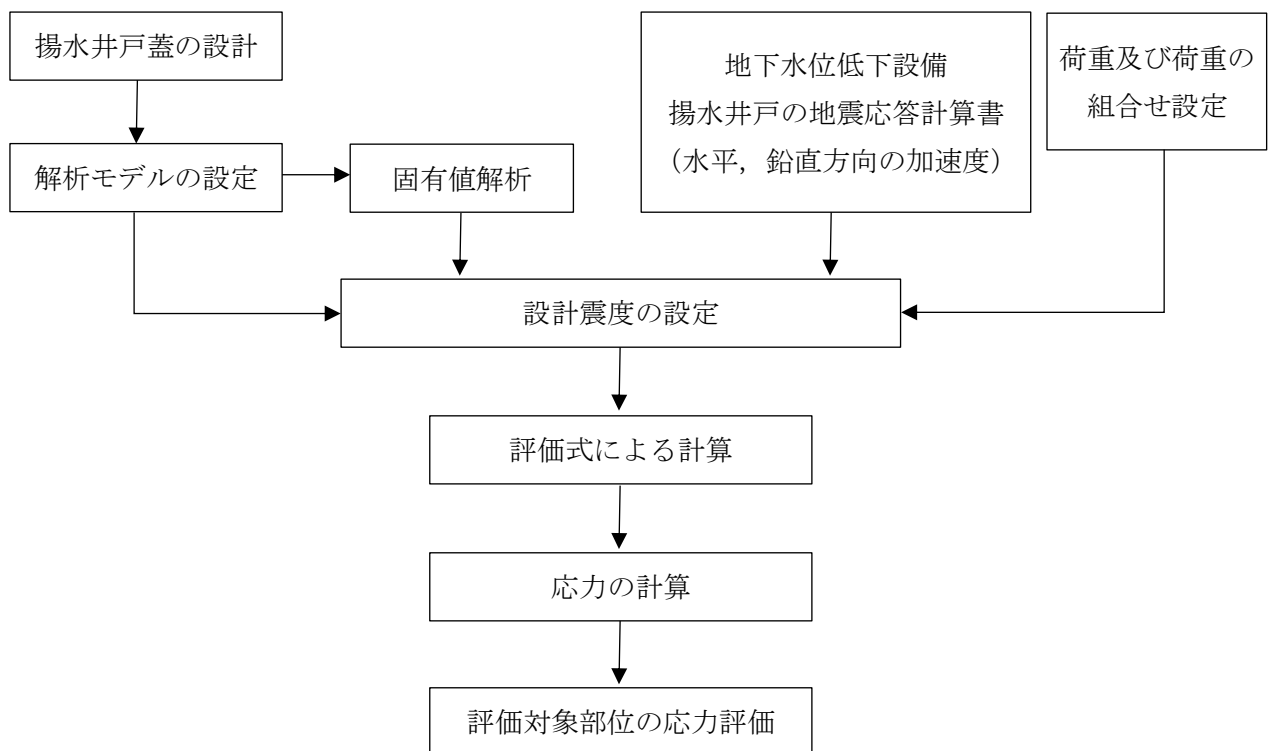


図 2-2 耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

適用する規格，基準等を以下に示す。

- (1) 鋼構造設計規準 ―許容応力度設計法― ((社) 日本建築学会, 2005 改定)
- (2) 各種合成構造設計指針・同解説 ((社) 日本建築学会, 2010 改定)
- (3) 松江市建築基準法施行細則 (平成 17 年 3 月 31 日, 松江市規則第 234 号)

2.4 記号の説明

揚水井戸蓋の耐震評価に用いる記号を表 2-2 に示す。

表 2-2 揚水井戸蓋の耐震評価に用いる記号

記号	単位	定義
S_s	kN	基準地震動 S_s による地震荷重
K_H	—	基準地震動 S_s の水平方向の設計強度
K_V	—	基準地震動 S_s の鉛直方向の設計強度
G	kN	固定荷重
P	kN	積載荷重
A_1	m^2	揚水井戸蓋の平面積
A_2	m^2	受桁の平面積
W_{SS}	kN/m	単位長さ当たりの等分布荷重
τ	N/mm^2	最大せん断応力度
σ	N/mm^2	最大曲げ応力度
Q	kN	最大せん断力
M	$kN \cdot m$	最大曲げモーメント
A_{S1}	mm^2	揚水井戸蓋の有効せん断断面積
A_{S2}	mm^2	受桁の有効せん断断面積
I_1	mm^4	揚水井戸蓋の断面二次モーメント
I_2	mm^4	受桁の断面二次モーメント
y_1	mm	揚水井戸蓋の縁端距離
y_2	mm	受桁の縁端距離
L_1	mm	揚水井戸蓋の全長
L_2	mm	受桁の全長
b_1	mm	揚水井戸蓋の負担幅
b_2	mm	受桁の負担幅
N	本	揚水井戸, 受桁に取り付くボルトの本数
A'	mm^2	ボルトの有効断面積
σ_t	N/mm^2	ボルト 1 本あたりに作用する引張応力度
τ_s	N/mm^2	ボルト 1 本あたりに作用するせん断応力度
T_s	kN	ボルト 1 本あたりに生じる引張力
q_s	kN	ボルト 1 本あたりに作用するせん断力

3. 評価対象部位

揚水井戸蓋の評価対象部位は、「2.1 構造概要」に設定している構造を踏まえて、地震に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮して選定する。

地震に伴う慣性力が、揚水井戸蓋の両端のうち一端は揚水井戸本体外周部に設置する接着系アンカーボルト（2）を介して揚水井戸本体に伝達され、もう一端は揚水井戸蓋から固定ボルトを介して受桁に伝達され、受桁に作用する荷重は接着系アンカーボルト（1）を介して揚水井戸本体に伝達される。そのため、評価対象部位は、揚水井戸蓋、受桁、固定ボルト、接着系アンカーボルト（1）及び接着系アンカーボルト（2）を選定する。

評価対象部位を図 3-1 に示す。

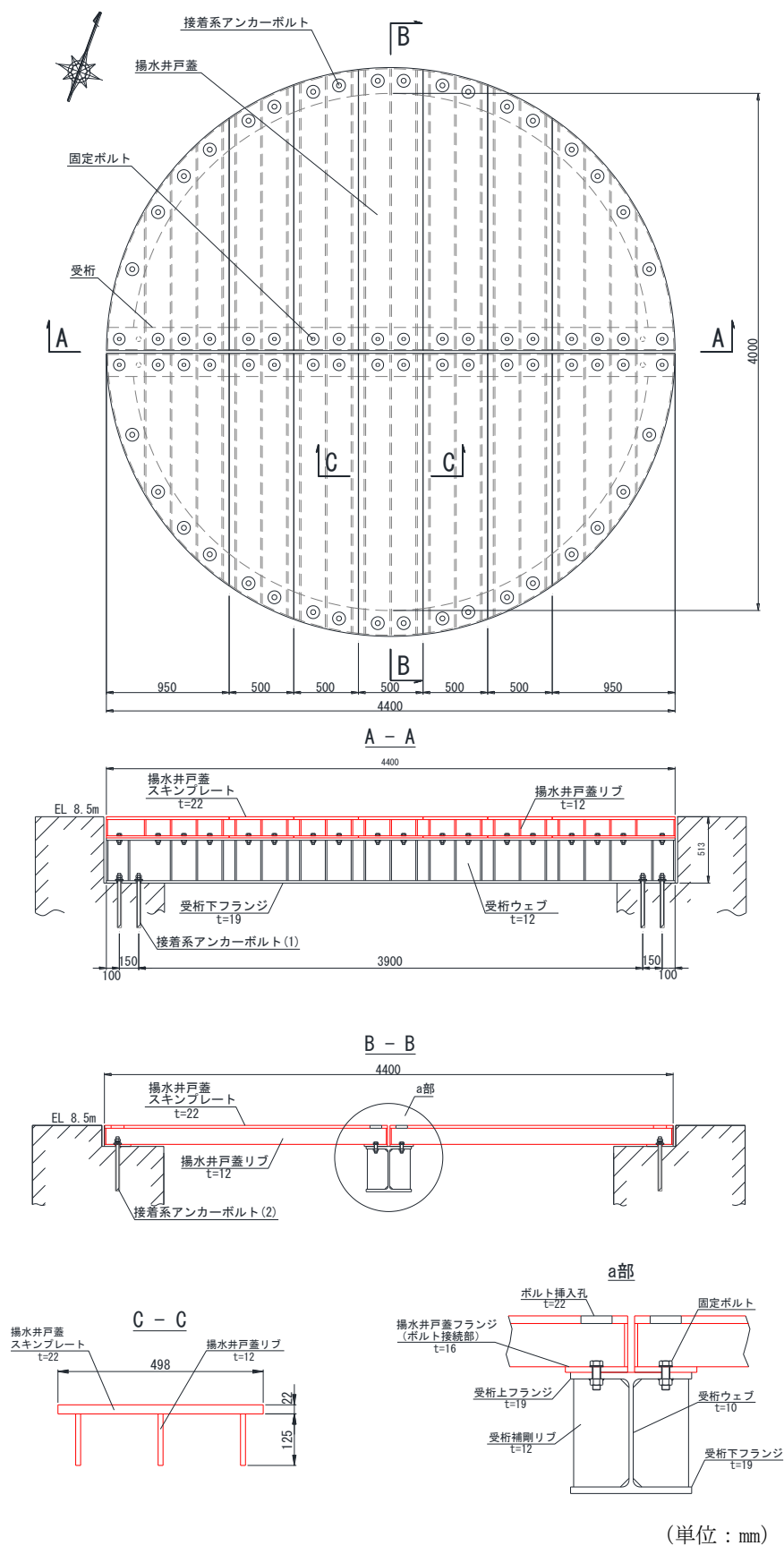


図 3-1 評価対象部位 (朱書き部は揚水井戸蓋を示す。)

4 固有値解析

4.1 固有振動数の計算方法

揚水井戸蓋，受桁の構造に応じて解析モデルを設定し，固有振動数を算出する。

4.1.1 解析モデルの設定

揚水井戸蓋は，スキンプレートにリブ，フランジを組合せた剛な断面を有しているとともに，揚水井戸外周部，受桁及び接着系アンカーボルトを介し，揚水井戸に固定する構造である。また，受桁については，リブ付きの剛な断面を有しているとともに，接着系アンカーボルトで揚水井戸と固定する構造である。

上記構造を踏まえ，解析モデルは，揚水井戸蓋及び受桁については両端ピン支持に単純化したモデルとし，モデル化に用いるはり長さは，揚水井戸蓋及び受桁のそれぞれの全長とする。なお，揚水井戸蓋については，全長が最大のものを対象とする。

図 4-1 に解析モデル図を示す。

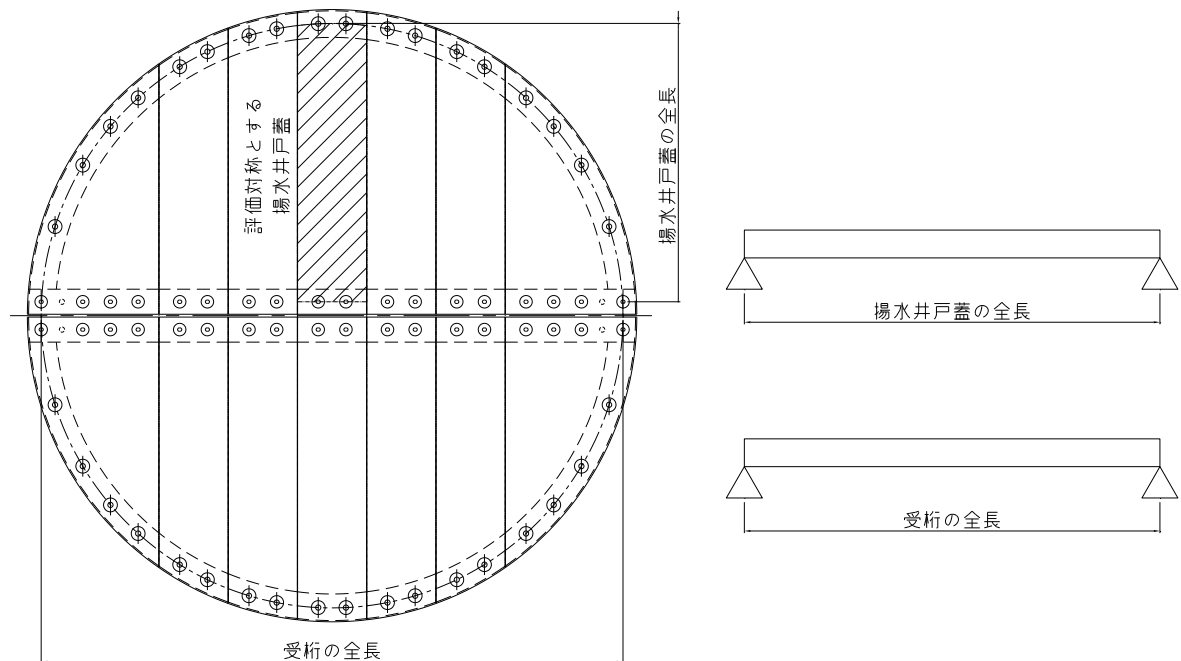


図 4-1 揚水井戸蓋及び受桁の固有値解析モデル

4.1.2 記号の説明

揚水井戸蓋の固有震度数算出に用いる記号を表 4-1 に、受桁の固有振動数算出に用いる記号を表 4-2 に示す。

表 4-1 揚水井戸蓋の固有振動数の計算に用いる記号

記号	単位	定義
f_1	Hz	揚水井戸蓋の一次固有振動数
L_1	mm	揚水井戸蓋の全長
E	N/mm ²	ヤング率
I_1	mm ⁴	揚水井戸蓋の断面二次モーメント
m_1	kg/mm	揚水井戸蓋の質量分布

表 4-2 受桁の固有振動数の計算に用いる記号

記号	単位	定義
f_2	Hz	受桁の一次固有振動数
L_2	mm	受桁の全長
E	N/mm ²	ヤング率
I_2	mm ⁴	受桁の断面二次モーメント
m_2	kg/mm	受桁の質量分布

4.1.3 固有振動数の算出方法

固有振動数 f を「土木学会構造力学集」を参考に以下の式より算出する。

$$f_1 = \frac{\pi^2}{2\pi L_1^2} \sqrt{\frac{E \cdot I_1 \cdot 10^3}{m_1}} \quad \text{揚水井戸蓋の算出式}$$

$$f_2 = \frac{\pi^2}{2\pi L_2^2} \sqrt{\frac{E \cdot I_2 \cdot 10^3}{m_2}} \quad \text{受桁の算出式}$$

4.2 固有振動数の計算条件

固有振動数の計算条件を表 4-3 に示す。

表 4-3 固有振動数の計算条件

部位	全長 L_1 (mm)	ヤング率 E (N/mm ²)	断面二次モーメント I_1 (mm ⁴)	質量分布 m_1 (kg/mm)
揚水井戸蓋	2000	2.05×10^5	2.35×10^7	0.12
受桁	4200	2.05×10^5	4.03×10^8	1.22

4.3 固有振動数の計算結果

固有振動数の計算結果を表 4-4 に示す。固有振動数は、20Hz 以上であることから剛構造である。

表 4-4 固有振動数の計算結果

部位	固有振動数 f (Hz)
揚水井戸蓋	78.68
受桁	23.17

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

揚水井戸蓋の耐震評価は、「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 荷重の組合せ

揚水井戸蓋の評価に用いる荷重の組合せを下記に示す。

$G+S_s+P$

ここで、 G : 固定荷重 (kN)
 S_s : 基準地震動 S_s による地震荷重 (kN)
 P : 積載荷重 (kN)

5.2.2 荷重の設定

耐震評価に用いる荷重は、以下のとおりとする。

(1) 固定荷重 (G)

固定荷重として、揚水井戸蓋を構成する部材の自重を考慮する。

(2) 積載荷重 (P)

積載荷重として積雪荷重を考慮する。積雪荷重は、VI-1-1-3-1-1「発電用原子炉施設に対する自然現象等における損傷の防止に関する基本方針」に基づき、発電所敷地に最も近い気象官署である松江地方気象台で観測された観測史上1位の月最深積雪100cmに平均的な積雪荷重を与えるための係数0.35を考慮し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（平成17年3月31日、松江市規則第234号）」により、積雪量1cmごとに20N/m²の積雪荷重が作用することを考慮し設定する。

(3) 基準地震動 S_s による地震荷重 (S_s)

地震荷重として、基準地震動 S_s に伴う慣性力を考慮する。地震荷重は固定荷重及び積載荷重に設計震度を乗じた次式により算出する。

$$S_s = (G+P) \cdot k$$

ここで、 S_s : 基準地震動 S_s による地震荷重 (kN)
 G : 固定荷重 (kN)
 P : 積載荷重 (kN)
 k : 基準地震動 S_s の設計震度

5.3 許容限界

5.3.1 使用材料

揚水井戸蓋及び受桁を構成する部材，固定ボルト及び接着系アンカーボルトの使用材料を表5-1に示す。

表5-1 使用材料

評価対象部位		材質	仕様
揚水井戸蓋	スキンプレート	SM400	t=22 (mm)
	リブ	SM400	t=12 (mm)
	フランジ	SM400	t=16 (mm)
受桁	上フランジ	SM400	t=19 (mm)
	ウェブ	SM400	t=12 (mm)
	下フランジ	SM400	t=19 (mm)
固定ボルト		S45C	M22, 強度区分 6.8
接着系アンカーボルト(1)		SNR490B	M24, L=420 (mm)
接着系アンカーボルト(2)		SNR490B	M24, L=420 (mm)

5.3.2 許容限界

(1) 揚水井戸蓋, 受桁

揚水井戸蓋, 受桁の許容応力度は, 「鋼構造設計規準 一許容応力度設計法— ((社) 日本建築学会, 2005 改定)」を踏まえて表 5-2 の値とする。

表 5-2 揚水井戸蓋, 受桁の短期許容応力度

材質	短期許容応力度(N/mm ²)	
	曲げ	せん断
SM400	235	136

(2) 固定ボルト

固定ボルトの許容応力度は, 「鋼構造設計規準 一許容応力度設計法— ((社) 日本建築学会, 2005 改定)」を踏まえて表 5-3 の値とする。

表 5-3 固定ボルトの短期許容応力度

材質	短期許容応力度(N/mm ²)	
	引張	せん断
S45C 強度区分 6.8	420	242

(3) 接着系アンカーボルト

接着系アンカーボルトは、「鋼構造設計規準—許容応力度設計法—（社）日本建築学会，2005改定」及び「各種合成構造設計指針・同解説（社）日本建築学会，2010改定」よりアンカー耐力を次式の通り算出する。アンカーボルトの許容応力度は表5-4の値とする。

a. 許容引張力

アンカーボルトの許容引張力は p_{a1} 及び p_{a3} のうち、小さい値とする。

(i) アンカーの降伏により定まる許容引張力

$$p_{a1} = \phi_1 \cdot s \sigma_{pa} \cdot s c a$$

(ii) アンカーの付着力により定まる許容引張力

$$p_{a3} = \phi_3 \cdot \tau_a \cdot \pi \cdot d \cdot L_{ce}$$

ここで、 ϕ_1 : 低減係数 (=1.0)

ϕ_3 : 低減係数 (=2/3)

$s \sigma_{pa}$: 接着系アンカーボルトの引張強度

$s c a$: 接着系アンカーボルトの断面積

τ_a : へりあき及びアンカーボルトのピッチを考慮した接着系アンカーボルトの引張力に対する付着強度

d : 接着系アンカーボルトの径

L_{ce} : 接着系アンカーボルトの有効埋込み長さ

b. 許容せん断力

コンクリート躯体中に定着されたアンカーボルト 1 本当りの許容せん断力は、 q_{a1} 、 q_{a2} 、及び q_{a3} のうち、最も小さい値とする。

(i) アンカーのせん断強度により定まる許容せん断力

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

(ii) コンクリートの支圧強度により定まる許容せん断力

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

(iii) コンクリートのコーン状破壊により定まる許容せん断力

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

ここで、 ϕ_1 : 低減係数 (=1.0)

ϕ_2 : 低減係数 (=2/3)

$s \sigma_{qa}$: 接着系アンカーボルトのせん断強度

$c \sigma_{qa}$: コンクリートの支圧強度

$c \sigma_t$: コーン状破壊に対するコンクリートの引張強度

$s_c a$: 接着系アンカーボルトの断面積

A_{qc} : せん断力に対するコーン状破壊面の有効投影面積

表 5-4 アンカーボルトの短期許容応力度

材質	短期許容応力度 (N/mm ²)	
	引張	せん断
SNR490B	325	188

コンクリートの基本平均付着強度は、「各種合成構造設計指針・同解説（日本建築学会，2010 改定）」より、表 5-5 のとおり算出する。

表 5-5 コンクリートの材料物性値

短期許容応力度 (N/mm ²)	
設計基準強度 (N/mm ²)	接着系アンカーボルトの基本平均付着強度 (N/mm ²)
36	$10\sqrt{F_c/21}$ *

注記* : カプセル方式 (有機系) の算定式を示す。

5.4 設計用地震力

揚水井戸蓋の耐震評価に用いる設計震度は、VI-2-別添 4-2「地下水位低下設備の地震応答計算書」の地震応答解析結果を用いる。

地震応答解析結果を表 5-6 に、揚水井戸蓋の耐震評価で用いる設計震度を表 5-7 示す。
 なお、設計震度は最大加速度を重力加速度で除して算出する。

- ・設計震度（水平方向） $k_H = 1076(\text{cm/s}^2) / 980.665(\text{cm/s}^2) = 1.10$
- ・設計震度（鉛直方向） $k_V = 667(\text{cm/s}^2) / 980.665(\text{cm/s}^2) = 0.68$

表 5-6 地震応答解析結果

	地震動	地盤物性のばらつき	最大加速度 (cm/s^2)
水平方向	Ss-D (-+)	平均	1076
鉛直方向	Ss-D (+-)	平均	667

表 5-7 設計震度

設置場所	設置高さ	設計震度	
		水平方向 k_H	鉛直方向 k_V
揚水井戸	E. L 8.5m	1.10	0.68

5.5 評価方法

揚水井戸蓋を構成する揚水井戸蓋，受桁，固定ボルト，接着系アンカーボルト（1）及び接着系アンカーボルト（2）に発生する応力より算定する応力度等が，許容限界以下であることを確認する。揚水井戸蓋については，評価上最も厳しい条件となる断面で評価を実施する。

図 5-1 及び図 5-2 に揚水井戸蓋，図 5-3 及び図 5-4 に受桁の評価対象を示す。また，図 5-5 及び図 5-6 に接着系アンカーボルト及び固定ボルトの評価対象を示す。

5.5.1 揚水井戸蓋

揚水井戸蓋の支持条件は両端をピン支持とし，図 5-1 に示すとおり，揚水井戸蓋が荷重を負担する範囲が最も大きくなり，評価上最も厳しい条件となるよう評価を実施する。

揚水井戸蓋の構造断面は図 5-2 に示すとおり，揚水井戸蓋はスキンプレート，縦リブで構成される T 型断面が連続する構造であり，分担幅が大きい中央の断面を検討対象断面として評価する。

(1) 基準地震動 S_s による地震荷重 (S_s)

$$S_s = (G+P) \cdot k_v$$

ここで， S_s : 基準地震動 S_s による地震荷重 (kN)

G : 揚水井戸蓋の固定荷重 (kN)

P : 積載荷重 (kN)

k_v : 基準地震動 S_s の鉛直方向の設計震度

(2) 揚水井戸蓋に作用する単位長さ当たりの鉛直方向の等分布荷重 (W_{ss})

固定荷重として，揚水井戸蓋を構成する部材の自重を考慮する。

$$W_{ss} = (G+S_s+P) \cdot b_1 \cdot 10^{-3} / A_1$$

ここで， W_{ss} : 揚水井戸蓋に作用する単位長さ当たりの鉛直方向の等分布荷重 (kN/m)

G : 揚水井戸蓋の固定荷重 (kN)

S_s : 基準地震動 S_s による地震荷重 (kN)

P : 積載荷重 (kN)

b_1 : 揚水井戸蓋の負担幅 (mm)

A_1 : 揚水井戸蓋の平面積 (m^2)

(3) 揚水井戸蓋に作用する最大せん断応力度 (τ)

$$\tau = (Q \cdot 10^3) / A_{s1}$$

τ : 揚水井戸蓋に作用する最大せん断応力度 (N/mm²)

Q : 揚水井戸蓋に作用する最大せん断力 (kN)

A_{s1} : 揚水井戸蓋の有効せん断断面積 (mm²)

ここで, $Q = 1/2 \cdot W_{ss} \cdot L_1 \cdot 10^{-3}$

Q : 揚水井戸蓋に作用する最大せん断力 (kN)

W_{ss} : 揚水井戸蓋に作用する単位長さ当たりの鉛直方向の等分布荷重 (kN/m)

L_1 : 揚水井戸蓋の全長 (mm)

(4) 揚水井戸蓋に作用する最大曲げ応力度 (σ)

$$\sigma = (M \cdot 10^6) \cdot y_1 / I_1$$

σ : 揚水井戸蓋に作用する最大曲げ応力度 (N/mm²)

M : 揚水井戸蓋に作用する最大曲げモーメント (kN・m)

y_1 : 揚水井戸蓋の縁端距離 (mm)

I_1 : 揚水井戸蓋の断面二次モーメント (mm⁴)

ここで, $M = 1/8 \cdot W_{ss} \cdot (L_1 \cdot 10^{-3})^2$

M : 揚水井戸蓋に作用する最大曲げモーメント (kN・m)

W_{ss} : 揚水井戸蓋に作用する単位長さ当たりの鉛直方向の等分布荷重 (kN/m)

L_1 : 揚水井戸蓋の全長 (mm)

(5) 揚水井戸蓋に作用する組合せ応力度

揚水井戸蓋に作用する曲げ応力度, せん断応力度を算定し, 揚水井戸蓋の短期許容応力度以下であることを確認する。また, 揚水井戸蓋に生じる曲げ応力度とせん断応力度から, 組合せ応力度を「鋼構造設計規準 一許容応力度設計法— (日本建築学会, 2005 改定)」に基づく次式により算定し, 短期許容応力度以下であることを確認する。

$$X = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2}$$

ここで, X : 組合せ応力度 (N/mm²)

σ : 曲げ応力度 (N/mm²)

τ : せん断応力度 (N/mm²)

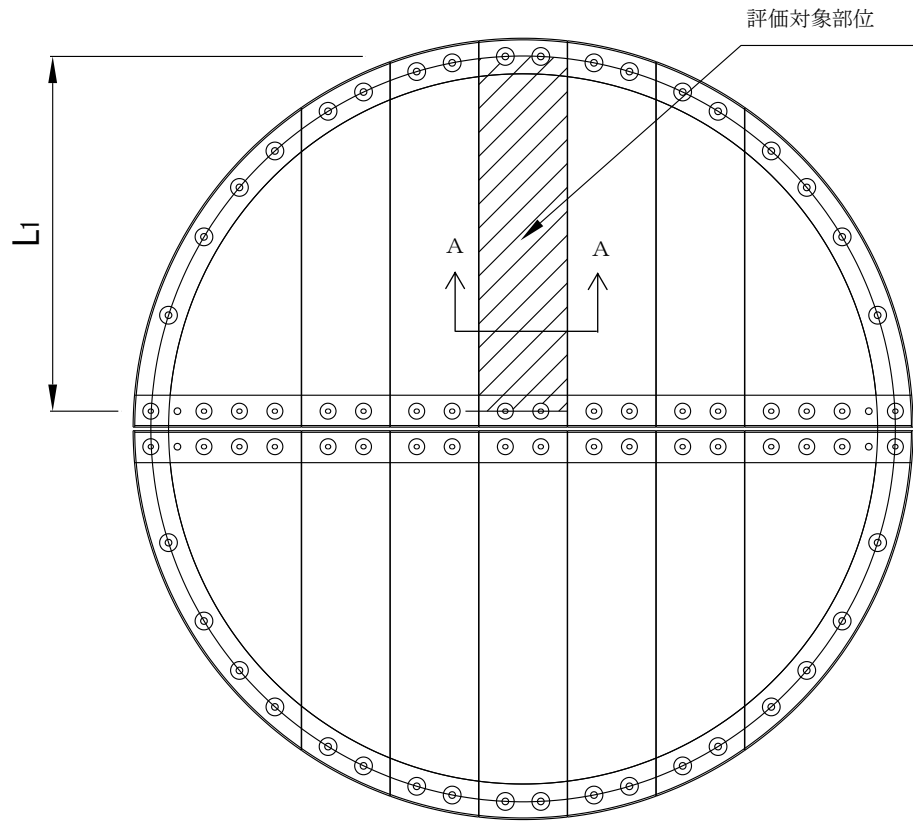
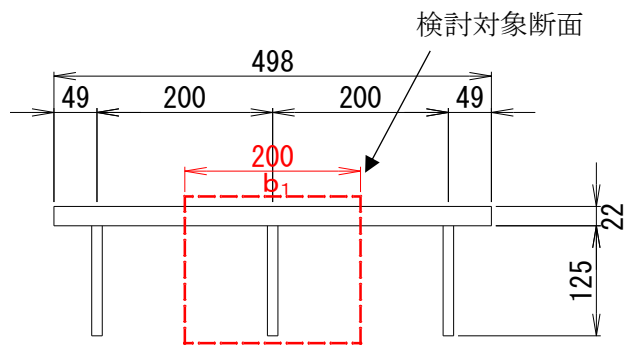


図 5-1 評価の対象とする揚水井戸蓋



(単位 : mm)

(A-A断面)

図 5-2 断面力算定区間及び断面計算の検討断面

5.5.2 受桁

図 5-3 に示すとおり，受桁の支持条件は両端をピン支持とし，受桁が負担する荷重は保守的に揚水井戸蓋に上載される載荷荷重と揚水井戸蓋の固定荷重の全重量を受桁に作用させる。

(1) 基準地震動 S_s による地震荷重 (S_s)

$$S_s = (G+P) \cdot k_v$$

ここで， S_s : 基準地震動 S_s による地震荷重 (kN)

G : 揚水井戸蓋と受桁の固定荷重 (kN)

P : 積載荷重 (kN)

k_v : 基準地震動 S_s の鉛直方向の設計震度

(2) 受桁に作用する単位長さ当たりの鉛直方向の等分布荷重 (W_{ss})

固定荷重として，揚水井戸蓋を構成する部材の自重を考慮する。

$$W_{ss} = (G+S_s+P) \cdot b_2 \cdot 10^{-3} / A_2$$

ここで， W_{ss} : 受桁に作用する単位長さ当たりの鉛直方向の等分布荷重 (kN/m)

G : 揚水井戸蓋と受桁の固定荷重 (kN)

S_s : 基準地震動 S_s による地震荷重 (kN)

P : 積載荷重 (kN)

b_2 : 受桁の負担幅 (mm)

A_2 : 受桁の平面積 (m^2)

(3) 受桁に作用する最大せん断応力度 (τ)

$$\tau = (Q \cdot 10^3) / A_{s2}$$

τ : 受桁に作用する最大せん断応力度 (N/mm^2)

Q : 受桁に作用する最大せん断応力 (kN)

A_{s2} : 受桁の有効せん断断面積 (mm^2)

$$\text{ここで， } Q = 1/2 \cdot W_{ss} \cdot L_2 \cdot 10^{-3}$$

Q : 受桁に作用する最大せん断力 (kN)

W_{ss} : 受桁に作用する単位長さ当たりの鉛直方向の等分布荷重 (kN/m)

L_2 : 受桁の全長 (mm)

(4) 受桁に作用する最大曲げ応力度 (σ)

$$\sigma = (M \cdot 10^6) \cdot y_2 / I_2$$

σ : 受桁に作用する最大曲げ応力度 (N/mm²)

M : 受桁に作用する最大曲げモーメント (kN・m)

y_2 : 受桁の縁端距離 (mm)

I_2 : 受桁の断面二次モーメント (mm⁴)

ここで, $M = 1/8 \cdot W_{SS} \cdot (L_2 \cdot 10^{-3})^2$

M : 受桁に作用する最大曲げモーメント (kN・m)

W_{SS} : 受桁に作用する単位長さ当たりの鉛直方向の等分布荷重 (kN/m)

L_2 : 受桁の全長 (mm)

(5) 受桁に作用する組合せ応力度

受桁に作用する曲げ応力度, せん断応力度を算定し, 受桁の短期許容応力度以下であることを確認する。また, 受桁に生じる曲げ応力度とせん断応力度から, 組合せ応力度を「鋼構造設計規準 一許容応力度設計法— (日本建築学会, 2005 改定)」に基づく次式により算定し, 短期許容応力度以下であることを確認する。

$$X = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2}$$

ここで, X : 組合せ応力度 (N/mm²)

σ : 曲げ応力度 (N/mm²)

τ : せん断応力度 (N/mm²)

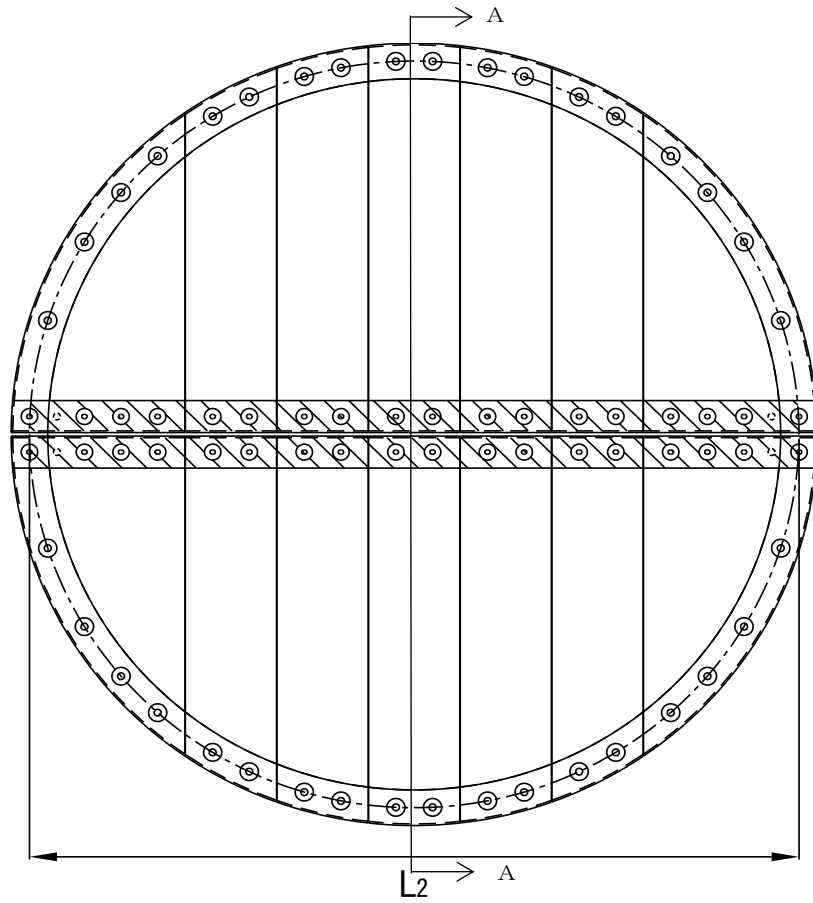


図 5-3 評価の対象とする受桁

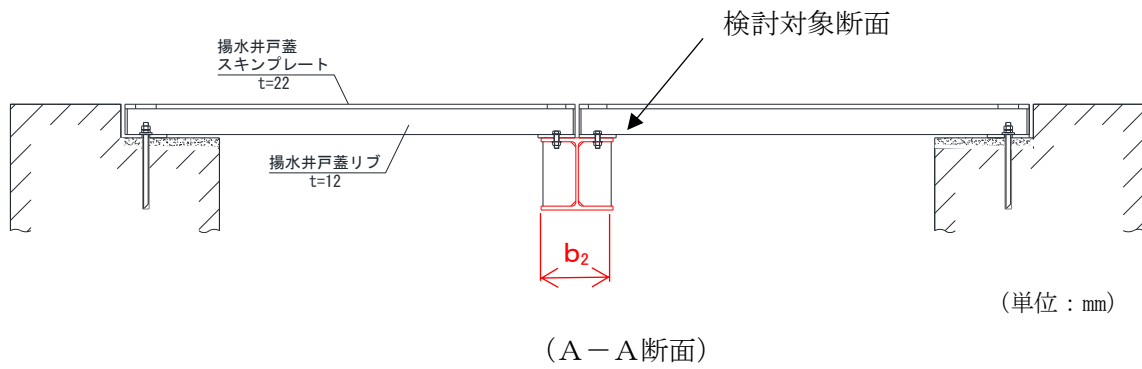


図 5-4 断面力算定区間及び断面計算の検討断面

5.5.3 固定ボルト

- (1) 基準地震動 S_s による水平方向の地震荷重 (S_s)

$$S_s = (G+P) \cdot k_H$$

ここで, S_s : 基準地震動 S_s による水平方向の地震荷重 (kN)

G : 固定荷重 (kN)

P : 積載荷重 (kN)

k_H : 基準地震動 S_s の水平方向の設計震度

- (2) 基準地震動 S_s による鉛直方向の地震荷重 (S_s)

$$S_s = (G+P) \cdot k_v$$

ここで, S_s : 基準地震動 S_s による鉛直方向の地震荷重 (kN)

G : 固定荷重 (kN)

P : 積載荷重 (kN)

k_v : 基準地震動 S_s の鉛直方向の設計震度

- (3) 固定ボルト 1 本あたりに生じる引張応力度 (σ_t)

$$\sigma_t = T_s \cdot 10^3 / A'$$

ここで, $T_s = S_s / N$

σ_t : 固定ボルト 1 本あたりに生じる引張応力度 (N/mm²)

T_s : 固定ボルト 1 本あたりに生じる引張応力 (kN)

S_s : 基準地震動 S_s による鉛直方向の地震荷重 (kN)

N : 揚水井戸蓋, 受桁に取り付く固定ボルトの本数

A' : 固定ボルトの有効断面積 (mm²)

- (4) 固定ボルト 1 本あたりに生じるせん断応力度 (τ_s)

$$\tau_s = q_s \cdot 10^3 / A'$$

ここで, $q_s = S_s / N$

τ_s : 固定ボルト 1 本あたりに生じるせん断応力度 (N/mm²)

q_s : 固定ボルト 1 本あたりに生じるせん断力 (kN)

S_s : 基準地震動 S_s による水平方向の地震荷重 (kN)

N : 揚水井戸蓋, 受桁に取り付く固定ボルトの本数

A' : 固定ボルトの有効断面積 (mm²)

5.5.4 接着系アンカーボルト

(1) 基準地震動 S_s による水平方向の地震荷重 (S_s)

$$S_s = (G+P) \cdot k_H$$

ここで、 S_s : 基準地震動 S_s による水平方向の地震荷重 (kN)

G : 固定荷重 (kN)

P : 積載荷重 (kN)

k_H : 基準地震動 S_s の水平方向の設計震度

(2) 基準地震動 S_s による鉛直方向の地震荷重 (S_s)

$$S_s = (G+P) \cdot k_v$$

ここで、 S_s : 基準地震動 S_s による鉛直方向の地震荷重 (kN)

G : 固定荷重 (kN)

P : 積載荷重 (kN)

k_v : 基準地震動 S_s の鉛直方向の設計震度

(3) 接着系アンカーボルト 1 本あたりに生じる引張応力 (T_s)

$$T_s = S_s / N$$

ここで、 T_s : 接着系アンカーボルト 1 本あたりに生じる引張応力 (kN)

S_s : 基準地震動 S_s による鉛直方向の地震荷重 (kN)

N : 揚水井戸蓋, 受桁に取り付く接着系アンカーボルトの本数

(4) 接着系アンカーボルト 1 本あたりに生じるせん断応力 (q_s)

$$q_s = S_s / N$$

q_s : 接着系アンカーボルト 1 本あたりに生じるせん断力 (kN)

S_s : 基準地震動 S_s による水平方向の地震荷重 (kN)

N : 揚水井戸蓋, 受桁に取り付く接着系アンカーボルトの本数

(5) 接着系アンカーボルトに作用する組合せ応力に対する照査

接着系アンカーボルトに作用する引張応力, せん断応力を算定し, 受桁の短期許容応力度以下であることを確認する。また, 受桁に生じる曲げ応力度とせん断応力度から, 組合せ応力に対する照査値を「各種合成構造設計指針・同解説 (日本建築学会, 2010 改定)」に基づく次式により算定し, 許容値以下であることを確認する。

$$\left\{ \frac{T_s}{p_a} \right\}^2 + \left\{ \frac{q_s}{q_a} \right\}^2 \leq 1$$

ここで、 p_a : 接着系アンカーボルト 1 本あたりに生じる引張応力の許容値 (kN)

q_a : 接着系アンカーボルト 1 本あたりに生じるせん断力の許容値 (kN)

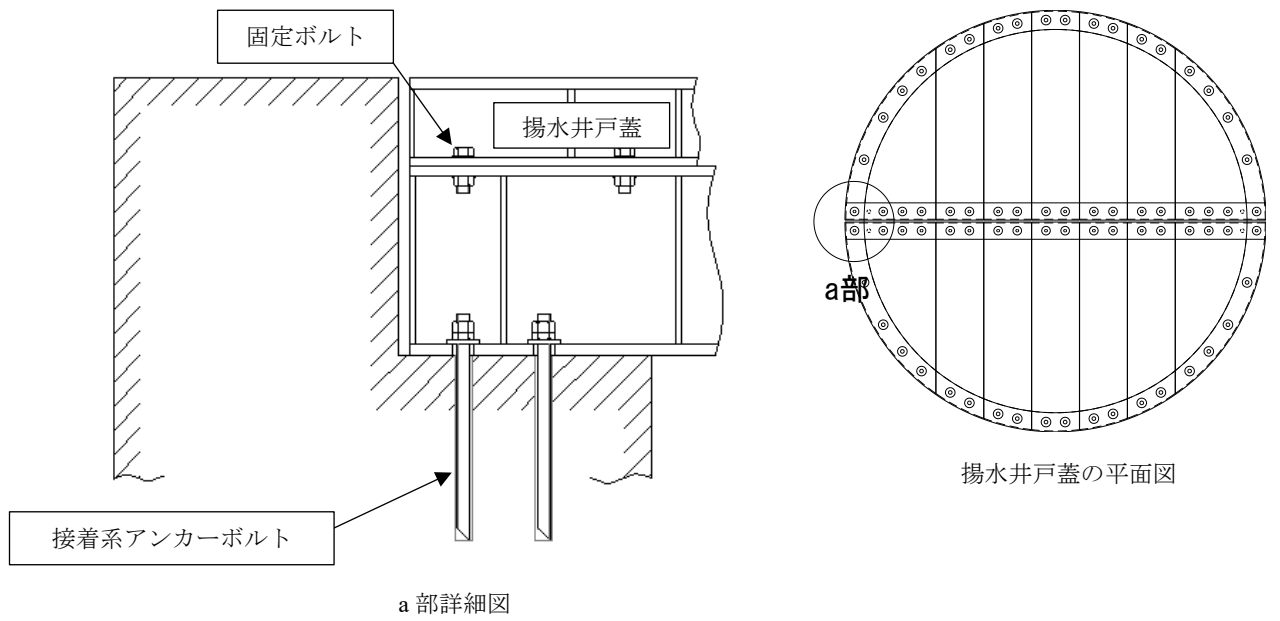


図5-5 評価対象とする接着系アンカーボルト

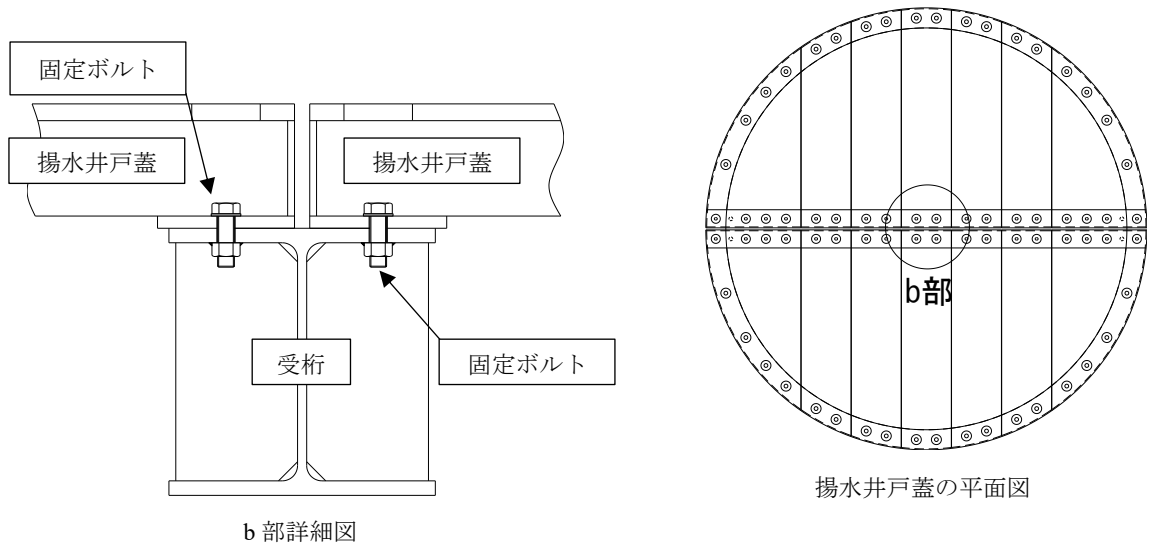


図5-6 評価対象とする固定ボルト

5.6 評価条件

揚水井戸蓋を耐震評価に用いる入力値を表 5-8、断面力算定区間及び断面計算の検討断面を図 5-7 に示す。

表 5-8 揚水井戸蓋の耐震評価に用いる入力値

評価対象 部位	記号	単位	定義	数値
揚水井戸蓋	G	kN	固定荷重 (揚水井戸蓋)	0.91
	P	kN	積載荷重	0.28
	A ₁	m ²	揚水井戸蓋の平面積	0.40
	L ₁	mm	揚水井戸蓋の全長	2000
	b ₁	mm	揚水井戸蓋の負担幅	200
	AS ₁	mm ²	揚水井戸蓋の有効せん断断面積	1.50×10 ³
	y ₁	mm	揚水井戸蓋の縁端距離	1.17×10 ²
	I ₁	mm ⁴	揚水井戸蓋の断面二次モーメント	8.17×10 ⁶
受桁	G	kN	固定荷重	50.23
	P	kN	積載荷重	10.65
	A ₂	m ²	受桁の平面積	1.47
	L ₂	mm	受桁の全長	4200
	b ₂	mm	受桁の負担幅	350
	AS ₂	mm ²	受桁の有効せん断断面積	3744
	y ₂	mm	受桁の縁端距離	175
	I ₂	mm ⁴	受桁の断面二次モーメント	4.03×10 ⁸
固定 ボルト	N ₁	本	揚水井戸蓋に取り付く固定ボルトの本数	2*
	A'	mm ²	固定ボルトの有効断面積	303
接着系 アンカーボルト (1)	N ₂	本	受桁に取り付く接着系アンカーボルトの本数	8
	A'	mm ²	接着系アンカーボルトの有効断面積	353
接着系 アンカーボルト (2)	N ₂	本	揚水井戸蓋に取り付く接着系アンカーボルトの本数	2*
	A'	mm ²	接着系アンカーボルトの有効断面積	353

注記* : 揚水井戸蓋の慣性力は固定ボルトとアンカーボルトで1/2ずつ負担するものとする。

6. 評価結果

揚水井戸蓋の耐震評価結果を表 6-1 に示す。各部材の断面検定を行った結果、すべての部材において発生応力度又は荷重が許容限界以下であることを確認した。

表 6-1 揚水井戸蓋の耐震評価結果

評価対象部位		発生値 (応力度又は荷重)		許容限界		照査値
揚水井戸蓋	曲げ	7.16	N/mm ²	235	N/mm ²	0.04
	せん断	0.67	N/mm ²	136	N/mm ²	0.01
	組合せ	7.26	N/mm ²	235	N/mm ²	0.04
受桁	曲げ	23.31	N/mm ²	235	N/mm ²	0.10
	せん断	13.66	N/mm ²	136	N/mm ²	0.11
	組合せ	33.23	N/mm ²	235	N/mm ²	0.15
固定ボルト	引張	1.73	N/mm ²	420	N/mm ²	0.01
	せん断	2.79	N/mm ²	242	N/mm ²	0.02
	組合せ	—		—		—
接着系 アンカーボルト (1)	引張	5.17	kN	88	kN	0.06
	せん断	8.37	kN	63	kN	0.14
	組合せ	0.03		1.00		0.03
接着系 アンカーボルト (2)	引張	0.52	kN	103	kN	0.01
	せん断	0.85	kN	80	kN	0.01
	組合せ	0.01		1.00		0.01

(別紙2) 揚水井戸蓋の強度計算について

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」の「4.2 支持・閉塞防止機能（揚水井戸及び蓋）」に示すとおり、揚水井戸蓋が、竜巻による飛来物に対して機器・配管等の機能を維持可能であることを確認するものである。なお、強度計算においては、VI-3-別添1-1「竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」を参考にする。

2. 基本方針

2.1 位置

揚水井戸蓋は、揚水井戸の上部に設置する。

位置図を図 2-1 に示す。

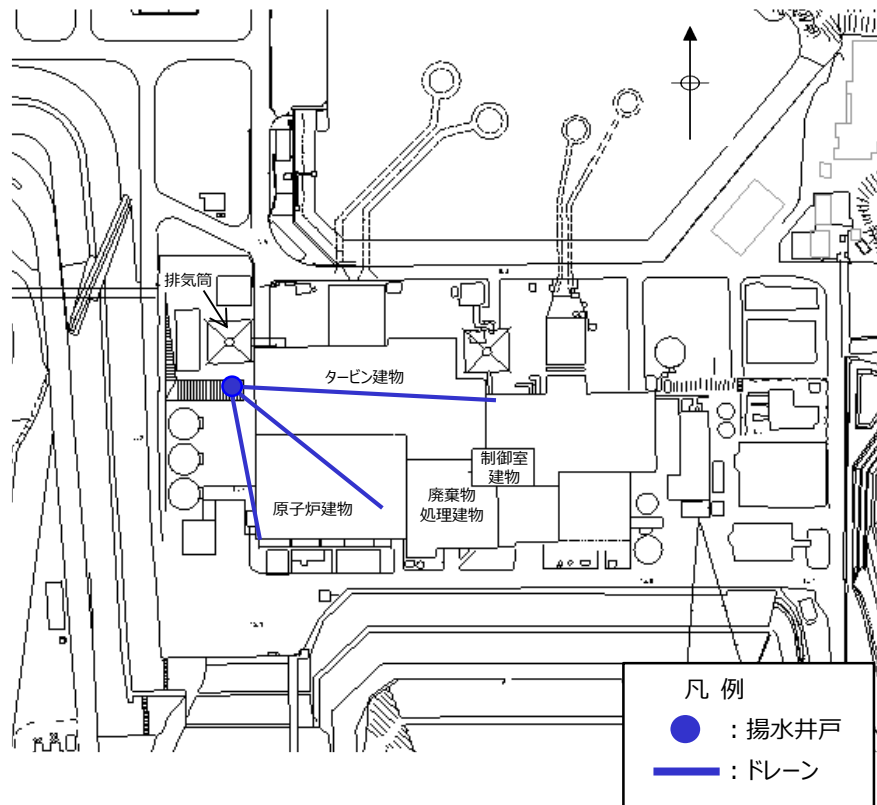


図 2-1 揚水井戸の位置図

2.2 構造概要

揚水井戸蓋の構造は、スキンプレートにリブ及びフランジを組合せた構造とする。揚水井戸蓋は、揚水井戸蓋と受桁を固定ボルトで固定し、揚水井戸外周部は、接着系アンカーボルトで固定する。また、揚水井戸本体中央の受桁は揚水井戸に接着系アンカーボルトにて固定する。

揚水井戸蓋の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 揚水井戸の構造計画

計画の概要		構造概略図
支持構造	主体構造	
揚水井戸蓋は受桁に固定ボルトで固定する。揚水井戸外周部は、接着系アンカーで固定する。受桁は揚水井戸に接着系アンカーボルトで固定する。	揚水井戸蓋、受桁、固定ボルト及び接着系アンカーボルトにより構成する。	

2.3 評価方針

揚水井戸蓋が、竜巻による飛来物に対して機器・配管等の機能を維持可能であることを「3. 強度評価方法」に示す方法により、「4. 評価条件」に示す評価条件を用いて計算し、「5. 強度評価結果」にて確認する。

揚水井戸蓋の強度評価においては、その構造を踏まえ、設計竜巻荷重（以下「設計荷重」という。）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。具体的には、揚水井戸蓋に設計飛来物が衝突することによる影響評価として衝突評価を行う。

衝突評価においては、設計飛来物による衝撃荷重に対し、設計飛来物が揚水井戸蓋スキンプレートを貫通しない設計とするために、揚水井戸蓋スキンプレートの最小厚さが、設計飛来物の貫通を生じない貫通限界厚さ以上であることを計算により確認する。衝突評価には、VI-3-別添 1-1「竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に示されている鋼板の貫通評価式を用いる。

揚水井戸蓋の評価フローを図 2-2 に示す。

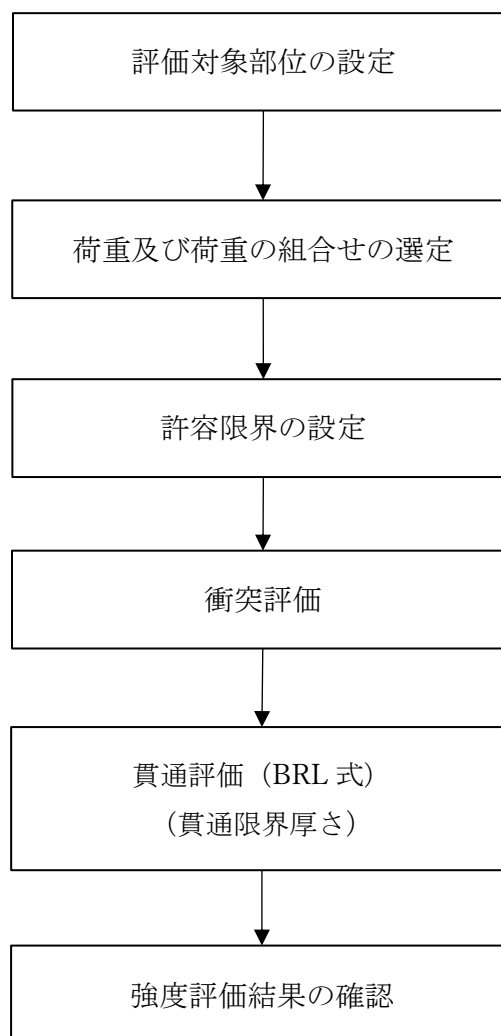


図 2-2 揚水井戸蓋の評価フロー

2.4 適用規格

適用する規格，基準等を以下に示す。

- (1) 鋼構造設計規準 ―許容応力度設計法―（日本建築学会，2005 改定）
- (2) タービンミサイル評価について（昭和 52 年 7 月 20 日原子力委員会原子炉安全専門審査会）

3. 強度評価方法

3.1 記号の定義

BRL 式による貫通限界厚さの算定に用いる記号を表 3-1 に示す。

表 3-1 BRL 式による貫通限界厚さの算定に用いる記号

記号	単位	定義
d	m	設計飛来物が衝突する衝突断面の等価直径
K	—	鋼板の材質に関する係数
M	kg	設計飛来物の質量
T	m	鋼板の貫通限界厚さ
V	m/s	設計飛来物の衝突速度（鉛直）
π	—	円周率
A	m ²	設計飛来物の接触面積

3.2 評価対象部位

揚水井戸蓋への設計飛来物の衝突を考慮し、貫通が生じないことを確認するため、外部に露出している部位である揚水井戸蓋のスキンプレートを評価対象部位として選定する。

揚水井戸蓋の評価対象部位を図 3-1 に示す。

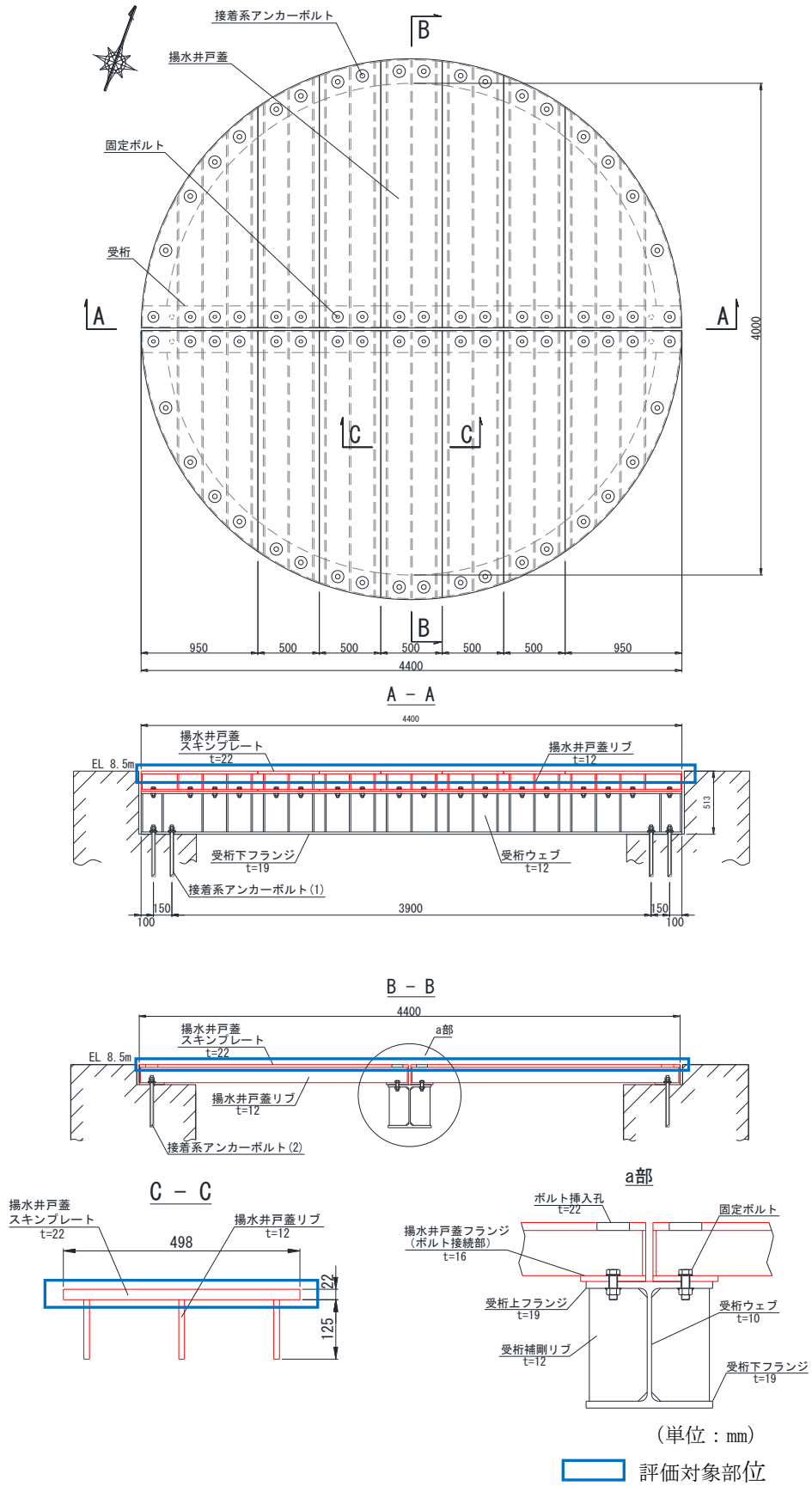


図 3-1 評価対象部位 (朱書き部は揚水井戸蓋を示す。)

3.3 荷重及び荷重の組合せ

VI-3-別添 1-1「竜巻への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」に示すとおり、竜巻による荷重の種類は風圧力による荷重、気圧差による荷重及び飛来物による衝撃荷重がある。

揚水井戸蓋は、地下に埋設されている揚水井戸の上部の地表面に設置されており、風圧力を受け難い構造となっており、また、内外の気圧差が発生しない構造であることから、気圧差による荷重を受け難い構造となっている。したがって、飛来物による衝撃荷重として、設計飛来物の鉛直方向の荷重を考慮する。

強度評価に用いる荷重の組合せを表 3-2 に、設計飛来物の諸元と鉛直方向の飛来速度を表 3-3 に示す。

表 3-2 荷重の組合せ

評価内容	風圧力 による荷重	気圧差 による荷重	設計飛来物 による荷重
貫通評価	—	—	○

表 3-3 設計飛来物の諸元

設計飛来物	寸法 長さ×幅奥×行き (m)	質量 (kg)	鉛直方向の 飛来速度 (m/s)
鋼製材	4.2×0.3×0.2	135	34.0

3.4 許容限界

揚水井戸蓋の許容限界は、「3.2 評価対象部位」にて設定した評価対象部位について、設計飛来物による衝撃荷重に対して貫通を生じない最小厚さ以上であることを計算により確認することとし、揚水井戸蓋スキンプレートの最小厚さを許容限界として設定する。

(1) 評価対象部位の材料仕様

揚水井戸蓋スキンプレートの仕様を表 3-3 に示す。

表 3-3 揚水井戸蓋スキンプレートの仕様

評価対象部位	材質	直径 (mm)	厚さ (mm)
揚水井戸蓋 スキンプレート	SM400	4400	22

(2) 許容限界

揚水井戸蓋スキンプレートの最小厚さを貫通評価の許容限界として設定する。許容限界を表 3-4 に示す。

表 3-4 貫通評価の許容限界

評価対象部位	許容限界 (mm)	材質
揚水井戸蓋 スキンプレート	22	SM400

3.5 評価方法

揚水井戸蓋への設計飛来物の衝突を考慮し、揚水井戸蓋スキンプレートを設計飛来物が貫通しない構造とすることを踏まえ、衝突評価として貫通評価を実地する。

貫通評価は、設計飛来物が揚水井戸蓋へ直接衝突する場合の貫通限界厚さを「タービンミサイル評価について（昭和52年7月20日 原子力委員会原子炉安全専門審査会）」で用いられるBRL式を用いて算出する。

BRL式を以下に示す。

$$T^{\frac{3}{2}} = \frac{0.5 \times M \times V^2}{1.4396 \times 10^9 \times K^2 \times d^{\frac{3}{2}}}$$

ここで等価直径 d は下式の通りとする。

$$d = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}}$$

4. 評価条件

貫通評価において、揚水井戸蓋の貫通評価式に用いる評価条件を表4-1に示す。

表4-1 揚水井戸蓋の貫通評価に用いる評価条件

評価条件	数値
d (m)	0.07251
K	1.0
M (kg)	135
V (m/s) 鉛直方向	34.0

5. 強度評価結果

竜巻発生時の揚水井戸蓋の貫通評価結果を表5-1に示す。揚水井戸蓋の評価対象部位の許容限界が、貫通限界厚さを上回ることを確認した。

表5-1 貫通評価結果

評価対象部位	評価結果 (mm)	許容限界 (mm)
揚水井戸蓋 スキンプレート	19.76	22

(別紙 3) 敷地側集水桝の耐震性に係る補足説明

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。

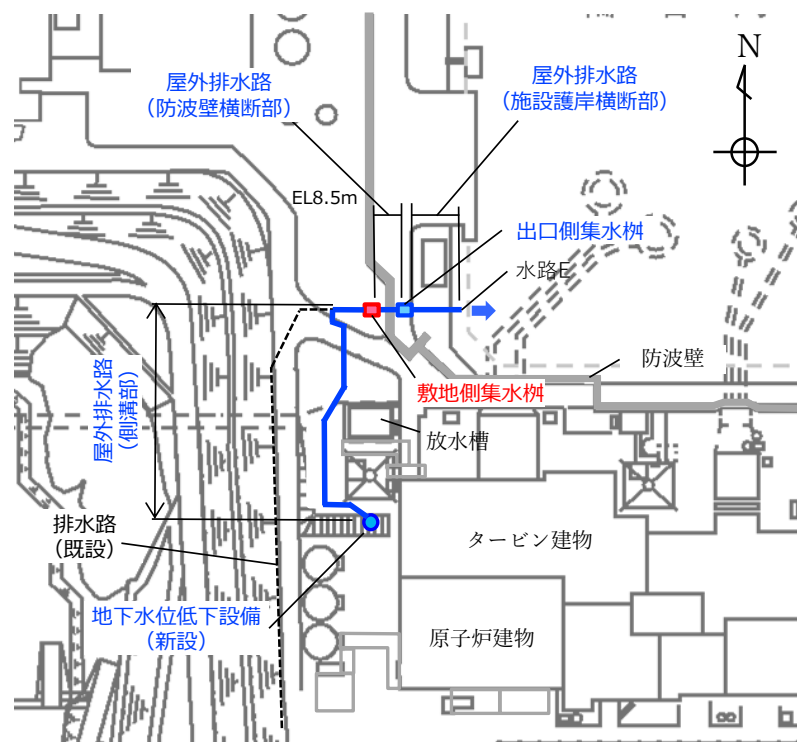


図2-1 敷地側集水桝の設置位置図

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、マンメイドロック（以下「MMR」という。）及び改良地盤により周囲を埋め戻し、MMR を介して岩盤に支持されている。また頂部には、屋外排水路（側溝部）が損傷し、地表面に地下水が溢れ出た場合でも、確実に集水することができるよう、グレーチングを設置する。なお、本集水桝の開口部周辺には、「コンクリート標準示方書[設計編]（（社）土木学会，2012 年制定）」に基づき、開口により配置できなくなった鉄筋について、必要な鉄筋間隔を確保した上で、鉛直断面及び水平断面において所要鉄筋量を満足するように、開口部の周辺に配置する。

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 に、支持構造を図 2-5 に示す。

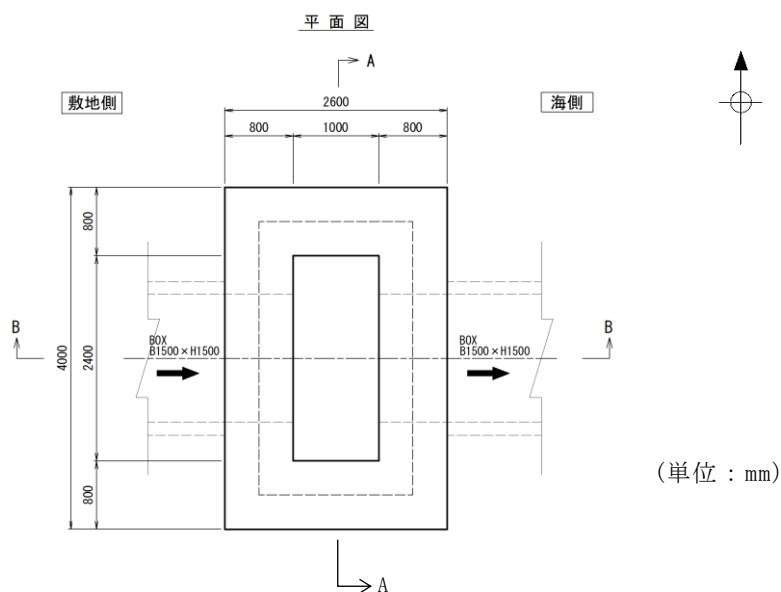
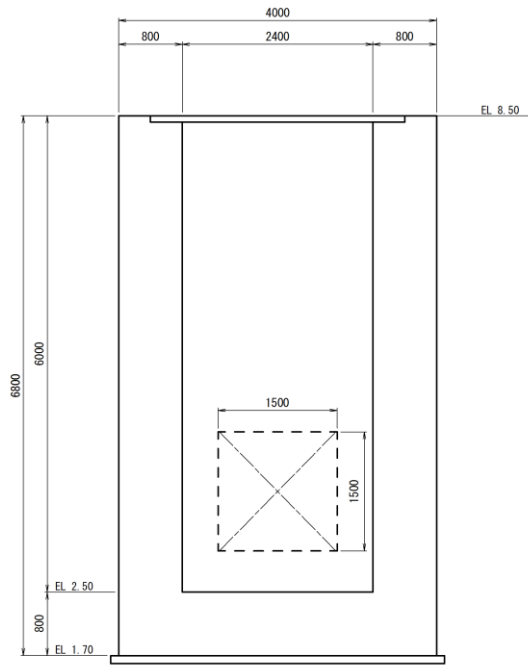


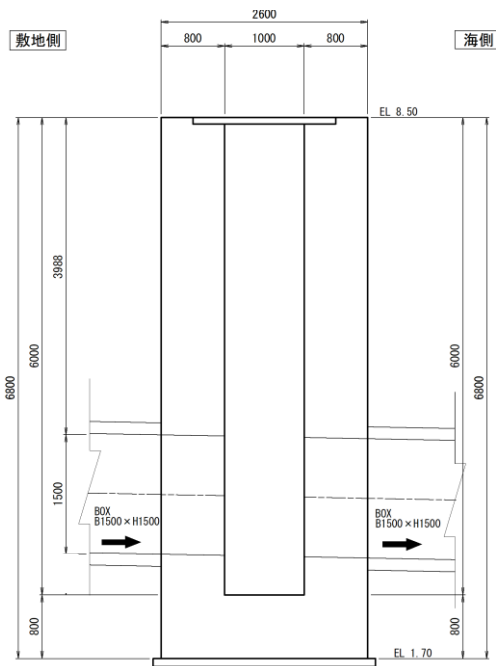
図 2-2 敷地側集水桝の概略平面図



(単位：mm)

(A-A断面)

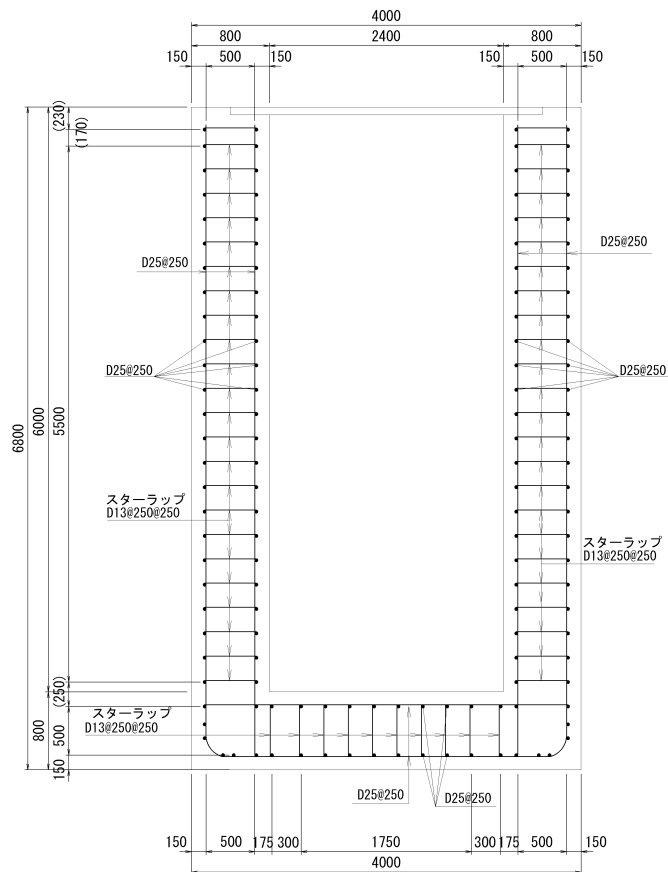
図 2-3(1) 敷地側集水桝の概略断面図



(単位：mm)

(B-B断面)

図 2-3(2) 敷地側集水桝の概略断面図



(単位：mm)

(A-A断面)

図 2-4 敷地側集水樹の概略配筋図

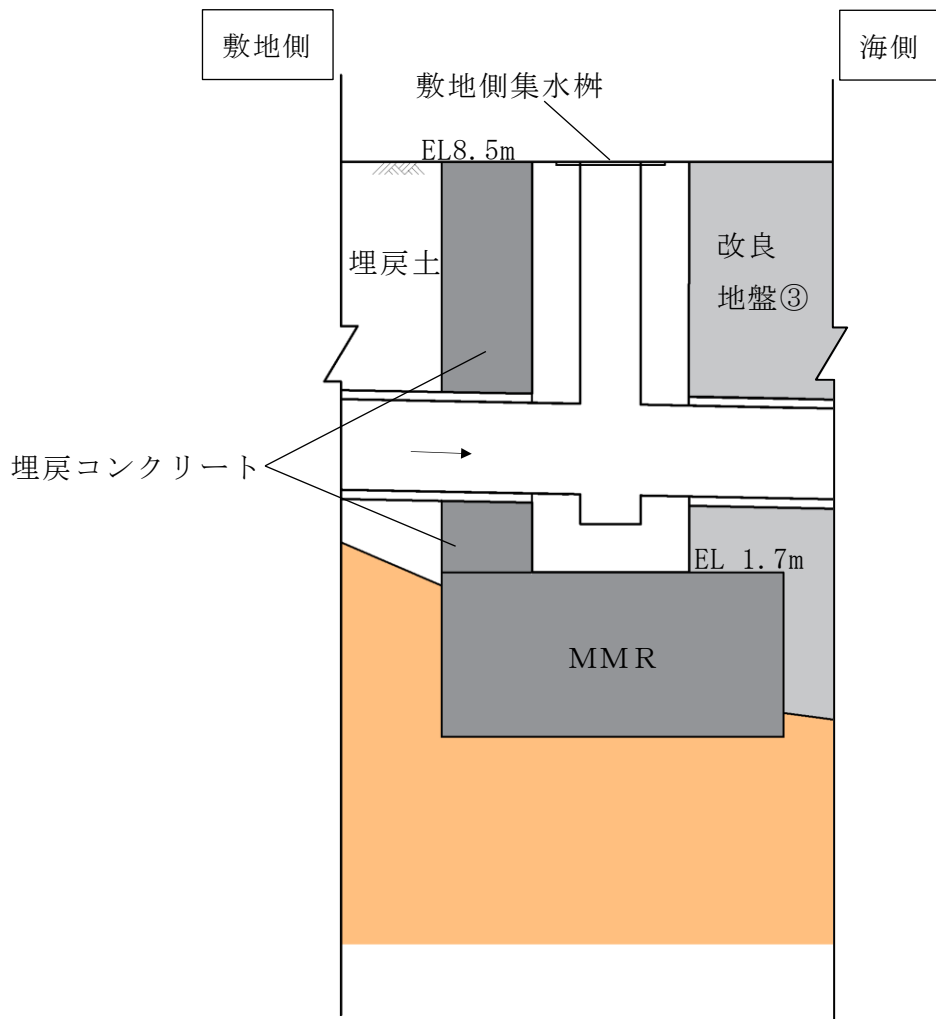


図 2-5(1) 敷地側集水柵の支持構造 (断面図)

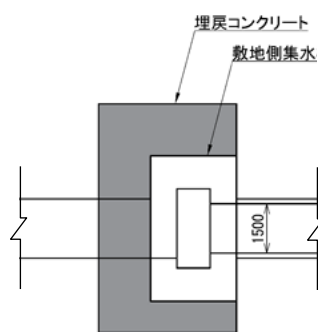


図 2-5(2) 敷地側集水柵の支持構造 (平面図)

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1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及び加速度を抽出する。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、側壁については、「水道施設設計指針（（社）日本水道協会，2012年）」及び「水道施設耐震工法指針・解説（（社）日本水道協会，2009年）」（以下「水道施設耐震工法指針」という。）に基づき、敷地側集水桝の側壁について鉛直断面及び水平断面を対象に線形はり要素でモデル化し、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。

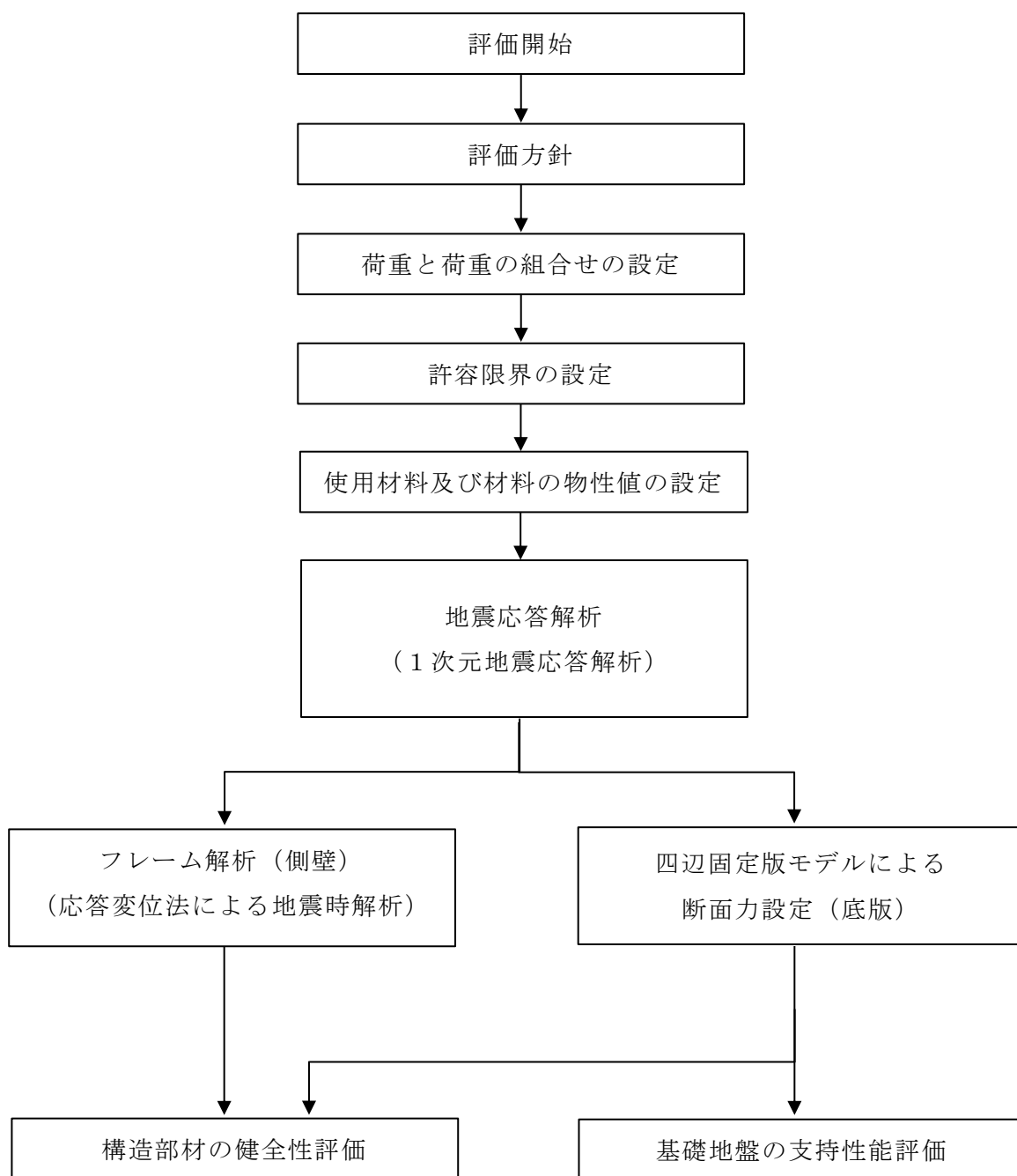


図 2-6 敷地側集水柵の耐震評価フロー

2.4 適用規格・基準等

適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・コンクリート標準示方書[構造性能照査編]（（社）土木学会，2002年制定）
- ・コンクリート標準示方書[設計編]（（社）土木学会，2012年制定）
- ・道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会 平成14年3月）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1 -1987）（（社）日本電気協会）
- ・水道施設設計指針（（社）日本水道協会，2012年）
- ・水道施設耐震工法指針・解説（（社）日本水道協会，2009年）

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、耐震要素として機能する妻壁同士の離隔が大きく弱軸方向となる短辺方向（B－B断面）とする。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 荷重及び荷重の組合せ

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、躯体自重及び蓋荷重を考慮する。

(2) 積載荷重（P）

積載荷重として、静止土圧、外水圧、内水圧及び積雪荷重を考慮する。

(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。また，作用荷重概念図を図 3-1 に示す。なお，作用荷重のうち，打ち消しあう方向に作用するものは表示しない。

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		モデル		算定方法の概要
			側壁	底版	
永久荷重 (常時荷重)	固定荷重	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。
		蓋荷重	—*	○	蓋の重量に基づいて算定する。
	積載荷重	静止土圧	○	—	地表からの深度に応じて設定する。
		外水圧	○	○	地下水位に応じた静水圧として考慮する。地下水の密度を考慮する。
		内水圧	○	○	敷地側集水枴満水時の水位 (EL 8.5m) の内水圧を考慮する。地下水の密度を考慮する。
		積雪荷重	○	○	地表面に考慮する。
	偶発荷重 (地震荷重)	水平地震動	○	—	基準地震動 S _s による慣性力を考慮する。
鉛直地震動		—	○		
動水圧		○	○	水位条件及び密度は，永久荷重の外水圧及び内水圧と同様とする。	
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。	

注記* : 躯体自重及び蓋荷重を考慮しないこととすると，鉛直方向の軸方向力(圧縮)が発生せず，曲げ耐力が低減することから，曲げ・軸力系の破壊について安全側の評価が可能となる。

- (1) 外水圧
地下水位を地表面(EL 8.5m)に設定する。水の荷重は 9.81kN/m^3 とする。
- (2) 内水圧
敷地側集水桝内の内水圧水頭は、満水時の水位(EL 8.5m)の内水位とする。水の荷重は 9.81kN/m^3 とする。
- (3) 積雪荷重
積雪荷重は、VI-1-1-3-1-1「発電用原子炉施設に対する自然現象等における損傷の防止に関する基本方針」に基づき、発電所敷地に最も近い気象官署である松江地方気象台で観測された観測史上1位の月最深積雪100cmに平均的な積雪荷重を与えるための係数0.35を考慮し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し設定する。
- (4) 動水圧
側壁では、Westergaard式をもとに、地震応答解析における敷地側集水桝下面と上面の相対変位最大時刻の水平震度に応じた動水圧を考慮する。
また、底版では、底版の天端標高における静水圧に、地震応答解析における敷地側集水桝設置範囲の最大鉛直震度を乗じたものを、動水圧として考慮する。
- (5) 水平地震動
地震応答解析における敷地側集水桝下面と上面の相対変位最大時刻の水平震度に応じた水平地震動(慣性力)を考慮する。
- (6) 鉛直地震動
底版では、地震応答解析における敷地側集水桝設置範囲の最大鉛直震度と躯体自重を乗じたものを、鉛直地震動(慣性力)として考慮する。

(7) 地震時土圧

側壁（鉛直断面）に作用させる地震時土圧は、水道施設耐震工法指針に基づき、地盤変位と地盤ばね定数を用いて、下式により算出する。

$$P_H = K_H \cdot \delta$$

ここに、

P_H : 敷地側集水柵前面に作用する地盤変位による荷重 (kN/m)

K_H : 敷地側集水柵前面の水平ばね定数 (kN/m²)

δ : 敷地側集水柵底版下面と上端の地盤変位の相対変位最大時刻の変位 (m)

また、側壁（水平断面）に作用させる地震時土圧は、水道施設耐震工法指針に基づき、下式により算出する。

$$w_R = (\Delta U_h - \delta_z) \cdot K$$

ここに、

w_R : 水平断面の単位面積あたりの地盤反力 (kN/m²)

ΔU_h : 地表面からの深さ z (m)における地盤の相対変位 (m)

$$\Delta U_h = U_{h2} - U_{h1}$$

U_{h2} : 地表面からの深さ z (m)における地盤の水平変位振幅 (m)

(時刻は底版下面と上面の相対変位最大時刻)

U_{h1} : 敷地側集水柵底版下面における地盤の水平変位振幅 (m)

(時刻は底版下面と上面の相対変位最大時刻)

δ_z : 鉛直断面の計算結果による地表面からの深さ z (m)における部材変位 (m)

K : 地表面からの深さ z (m)における単位面積あたりの地盤ばね定数 (kN/m³)

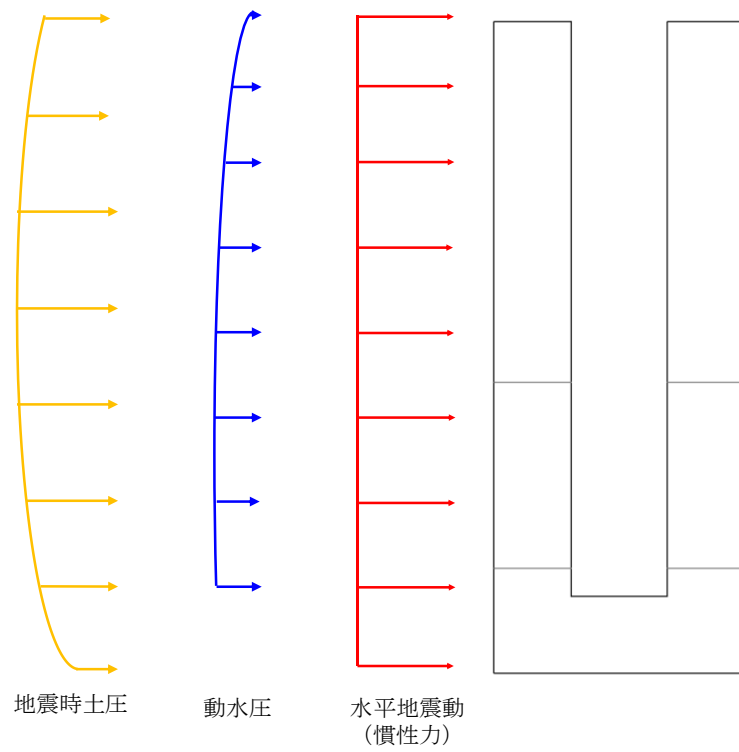


図 3-1(1) 作用荷重概念図 (側壁 (鉛直断面))

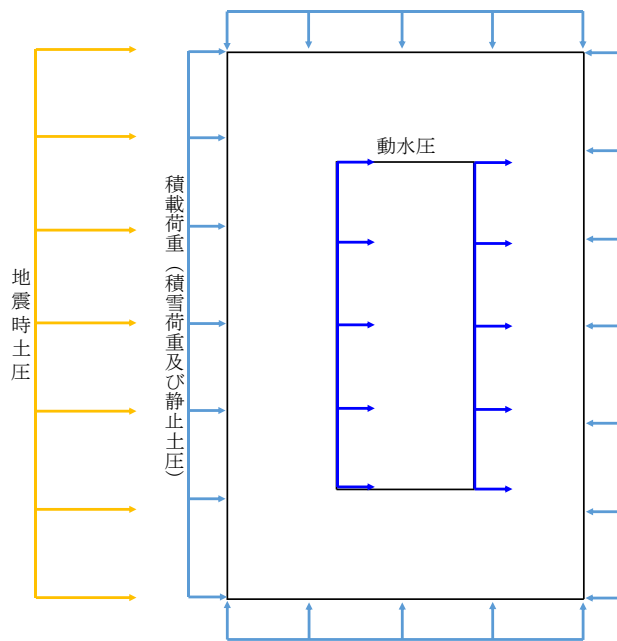


図 3-1(2) 作用荷重概念図 (側壁 (水平断面))

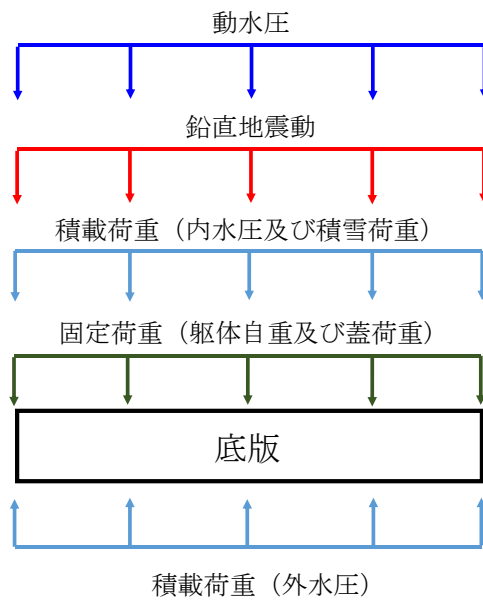


図 3-1(3) 作用荷重概念図 (底板の四辺固定版)

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。構造部材のせん断破壊に対する許容限界は、短期許容せん断応力度又は短期許容せん断力とする。また、基礎地盤の支持性能に対する許容限界は、「コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] ((社) 土木学会, 2002 年制定) 」に基づきコンクリートの支圧強度とする。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。

短期許容せん断力は、表 3-2 に示すコンクリートと鉄筋の短期許容応力度から算定する。

$$V_a = V_c + V_s$$

ここに、 V_a : 短期許容せん断力

V_c : コンクリートが分担するせん断力

V_s : せん断補強鉄筋が分担するせん断力

$$V_c = \frac{1}{2} \tau_{a1} \cdot b_w \cdot z$$

ここに、 τ_{a1} : コンクリートの短期許容せん断応力度

b_w : 部材の有効幅

d : 部材の有効高さ

z : 圧縮応力の合力の作用位置から引張鋼材図心までの距離で $d/1.15$ とする。

ただし、せん断補強筋に期待しない場合は、許容限界をコンクリートの短期許容せん断応力度とする。

$$V_s = \left\{ A_w \sigma'_{sa} (\sin \alpha + \cos \alpha) / s \right\} z$$

ここに、 A_w : 区間 s におけるせん断補強筋の総断面積

σ'_{sa} : 鉄筋の短期許容引張応力度

α : せん断補強鉄筋と部材軸のなす角度

s : せん断補強鉄筋の配置間隔

ただし、せん断補強筋を有さない場合は、 $V_s = 0$

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[構造性能照査編] ((社) 土木学会, 2002 年制定)

表 3-3 基礎地盤の支持性能に対する許容限界

評価項目	MMR (N/mm ²)	許容限界 (N/mm ²)
支圧強度	コンクリート (f ' c k = 18.0)	f ' a = 18.0

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評価したものをを用いる。敷地側集水桝は、埋戻コンクリート及び改良地盤に囲まれており、本構造物の周辺には、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。また、敷地側集水桝の側面4面のうち3面は埋戻コンクリートに、1面は改良地盤③に囲まれていることから、1次元地震応答解析において、敷地側集水桝の下端と上端の相対変位を保守的に評価できるように、敷地側集水桝の側壁4面が改良地盤③に囲まれているものとし、敷地側集水桝周辺の地盤を改良地盤③としてモデル化する。

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等の概要については、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。

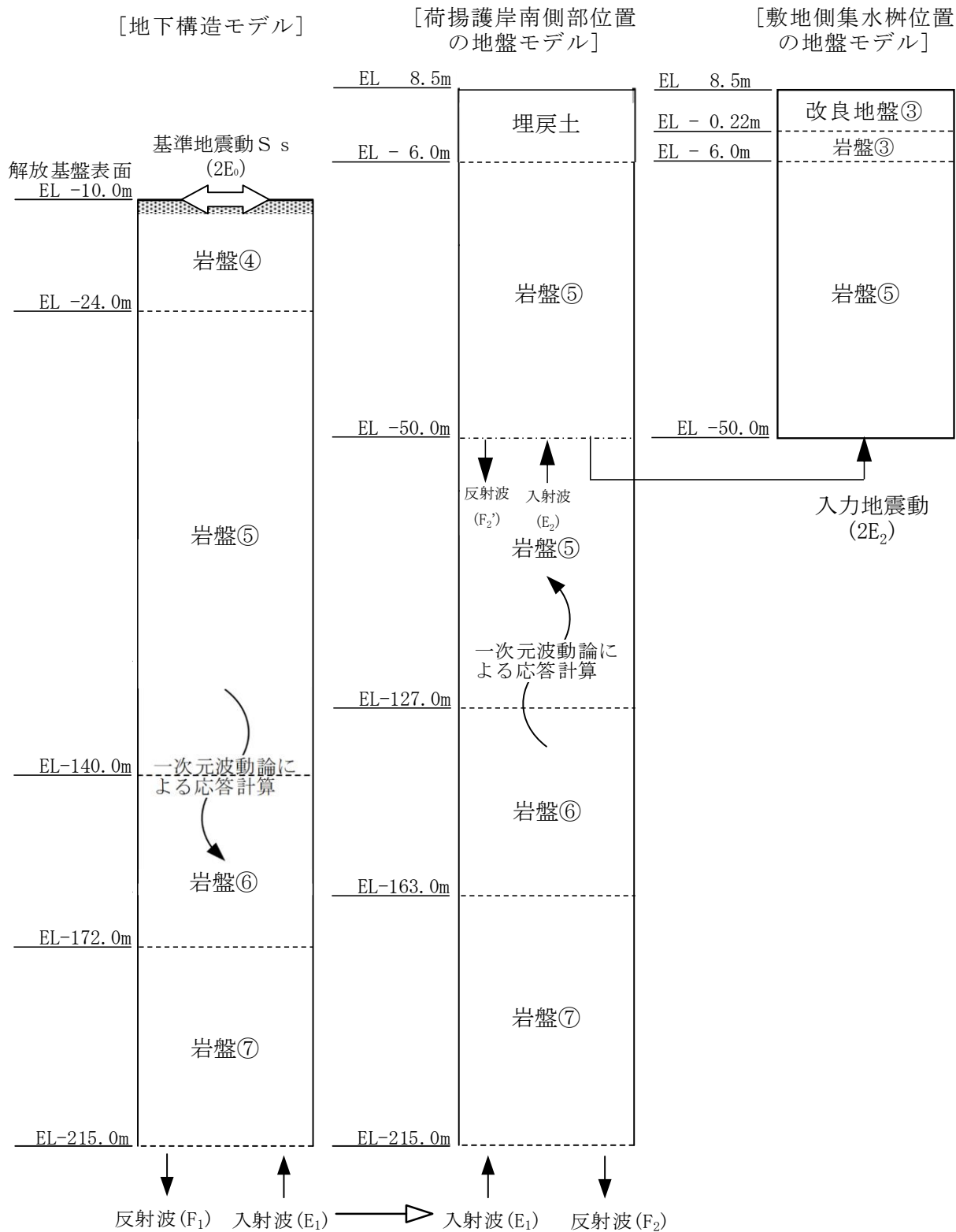


図 3-2 1次元地震応答解析用地盤モデル

3.6 地震応答解析結果

側壁の評価に使用する設計用地震力として、地震応答解析結果より得られた、各ケースにおける最大相対変位分布、最大相対変位発生時刻での水平加速度分布を図 3-3 に示す。相対変位は地震時土圧を、水平加速度は水平地震動（慣性力）を算出するために使用する。相対変位が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相対変位を設定する。

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集水桝位置の全時刻の最大応答加速度（鉛直）に基づき設定する。最大鉛直加速度分布を図 3-4 に示す。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。

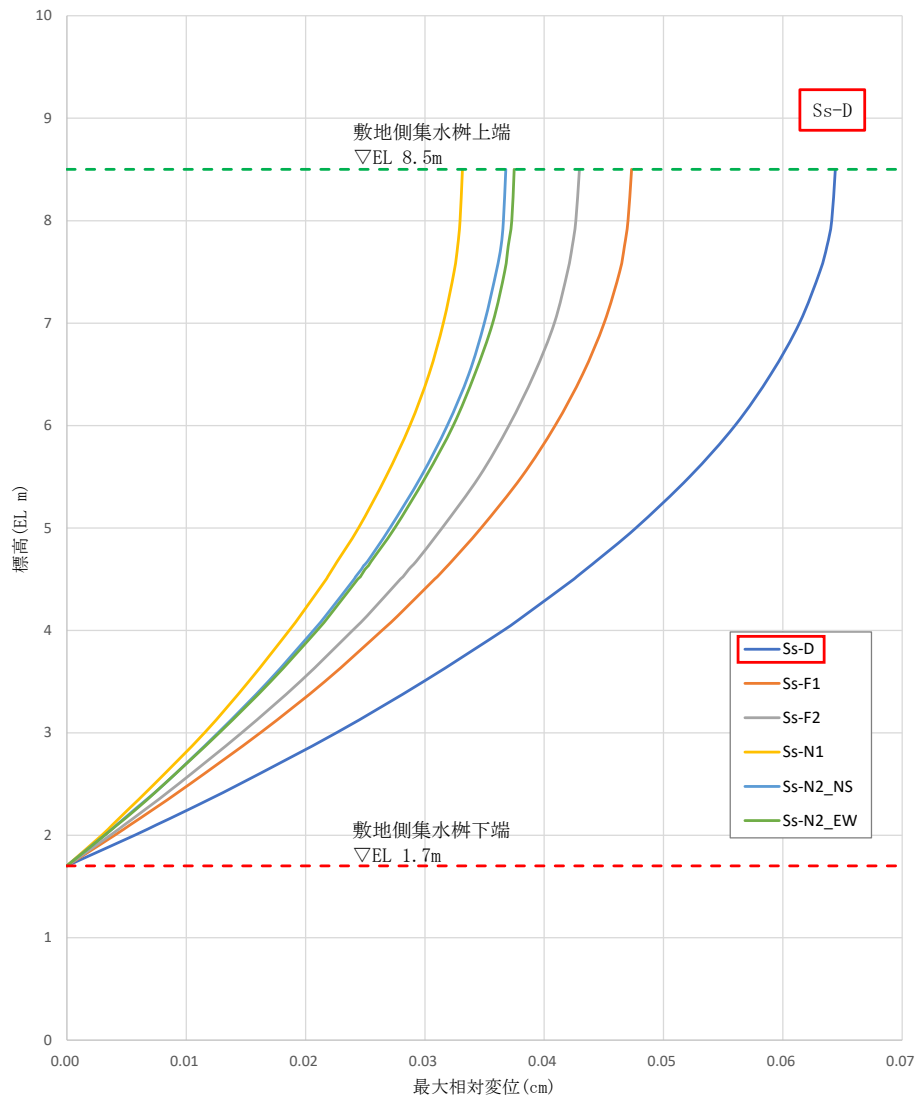


図 3-3(1) 地震応答解析結果（最大相対変位分布）

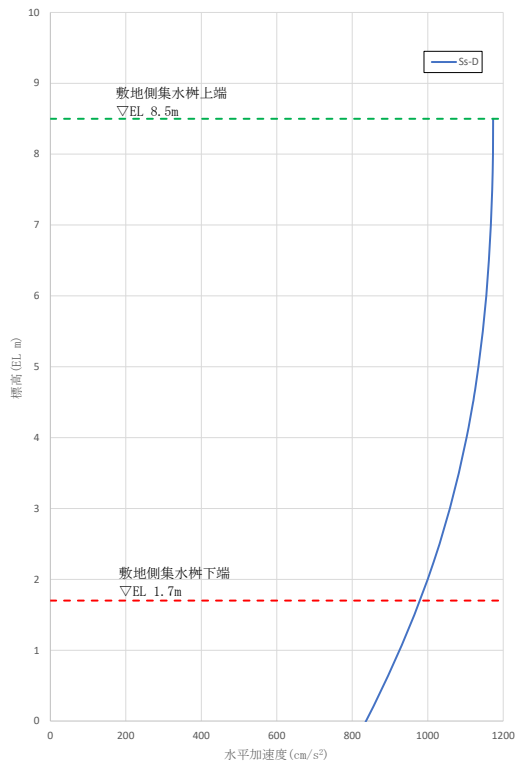


図 3-3(2) 地震応答解析結果（最大相対変位発生時刻での水平加速度分布）

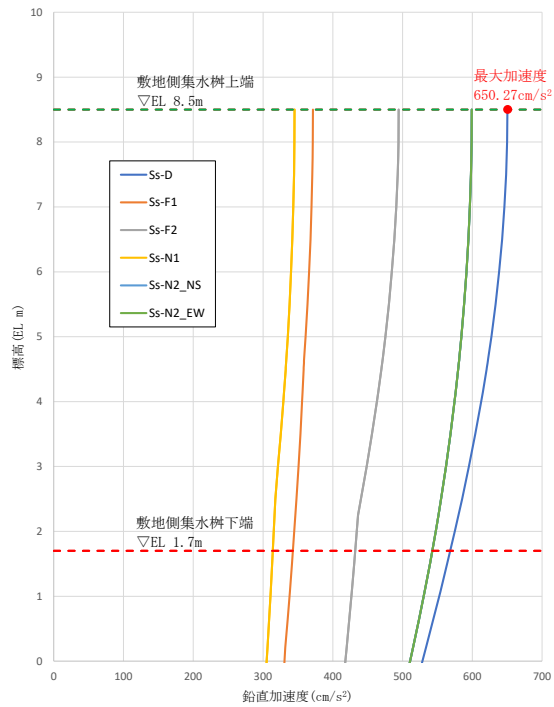


図3-4 地震応答解析結果（最大鉛直加速度分布）

表 3-6 敷地側集水桝の底版及び基礎地盤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)	備考
敷地側集水桝	0.67	$650.27(\text{cm/s}^2) / 980.665(\text{cm/s}^2) \doteq 0.67$

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、鉛直断面及び水平断面に分けて実施する。水平断面位置は、水道施設耐震工法指針に基づき、常時の土圧作用が最大となる集水桝最下部を照査断面位置とする。

側壁には開口部が存在するが、「コンクリート標準示方書〔設計編〕（土木学会，2012年）」に基づき、所要鉄筋量を満足するように開口補強筋を配置するため、開口部以外の断面と同様の諸元を設定する。

鉛直断面のフレーム解析に用いる地盤ばねは、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）に示される地盤反力係数を基に設定する。水平断面のフレーム解析においては、地盤ばねは設定せず、水道施設耐震工法指針に示される支持条件とする。

モデルに作用させる荷重のうち、地震時土圧については、応答変位法により算出する。鉛直断面のフレーム解析に使用した地盤ばね定数を表4-1に、鉛直断面及び水平断面の断面諸元を表4-2に示す。また、鉛直断面のフレーム解析モデル及び支持条件を図4-1に、水平断面のフレーム解析モデル及び支持条件を図4-2に示す。

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等の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

表 4-1(1) フレーム解析に使用した地盤ばね定数（鉛直断面モデル，モデル前面）
(Ss-D)

節点番号	地盤ばね定数 k_x 水平 (kN/m^2)
20	4790590
19	4760016
18	4719887
17	4695046
16	4675937
15	4662561
14	4601412
13	4547908
12	4503957
11	4494403
10	4471472
9	4461918
8	4437076
7	4404591
6	4379750
5	4330067
4	4320512
3	4295671
2	4245988

表 4-1(2) フレーム解析に使用した地盤ばね定数（鉛直断面モデル，モデル底面）
(Ss-D)

地盤ばね定数 k_x 水平 (kN/m^2)	地盤ばね定数 k_y 鉛直 (kN/m^2)	地盤ばね定数 k_θ 回転 (kN/m^2)
3893000	12980000	7309000

表 4-2 フレーム解析に使用した断面諸元

断面	ヤング係数 (kN/m^2)	断面積 (m^2)	断面2次モーメント (m^4)
鉛直断面	2.5×10^7	8.0	5.6
水平断面	2.5×10^7	0.8	4.3×10^{-2}

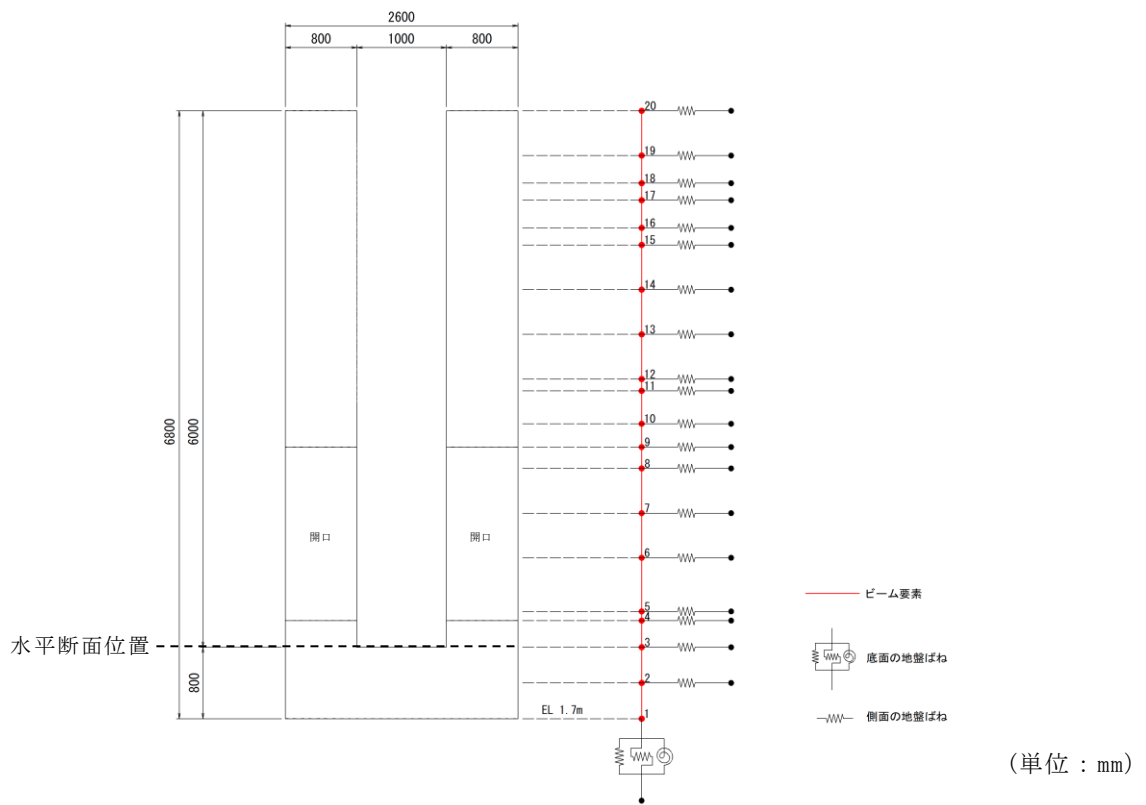


図 4-1 フレーム解析モデル及び支持条件 (鉛直方向)

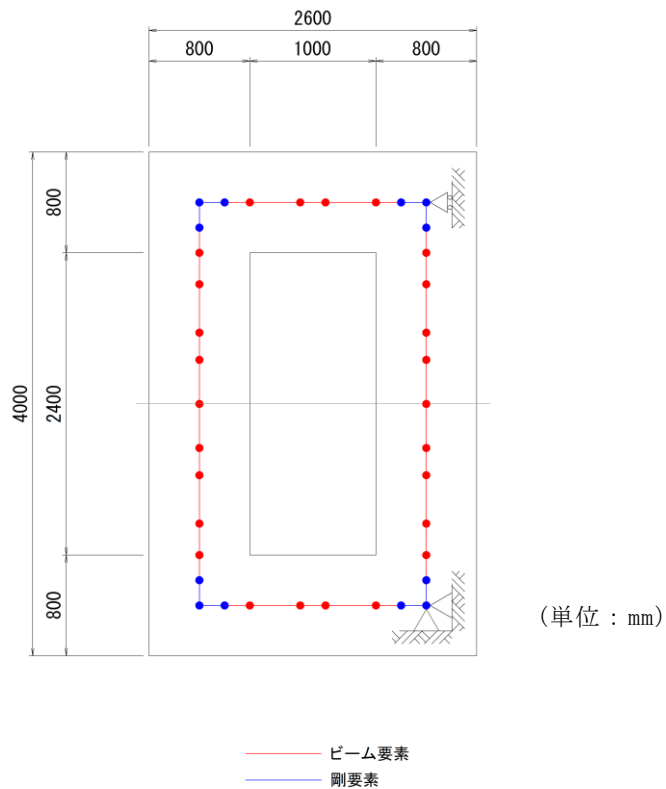


図 4-2 フレーム解析モデル及び支持条件 (水平方向)

4.2 敷地側集水桝（底版）

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。「3.2.2 荷重の組合せ」に示すとおり，常時荷重については，集水桝の自重，蓋荷重，外水圧，内水圧，積雪荷重を，地震荷重については，集水桝の自重による鉛直地震動（慣性力）及び内水の動水圧を考慮して，鉛直方向の合力を算定する。その合力を用いて，底版に生じる曲げモーメント及びせん断力によって応力度を算出し許容限界以下であることを確認する。底版の有効断面積は，図 4-3 で示すとおり，側壁下端部を含まないものとする。四辺固定版モデル概要図を図 4-3 に示す。

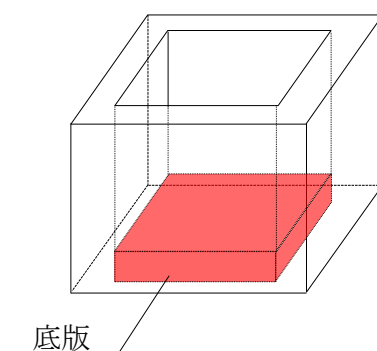


図 4-3 四辺固定版モデル概要図

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，「3.2.2 荷重の組合せ」に示すとおり，常時荷重については，集水桝の自重，蓋荷重，外水圧，内水圧，積雪荷重を，地震荷重については，集水桝の自重による鉛直地震動（慣性力）及び内水の動水圧を考慮して，鉛直方向の合力を算定する。そ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）の鉛直断面

敷地側集水桝（側壁）の鉛直断面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 に示す。

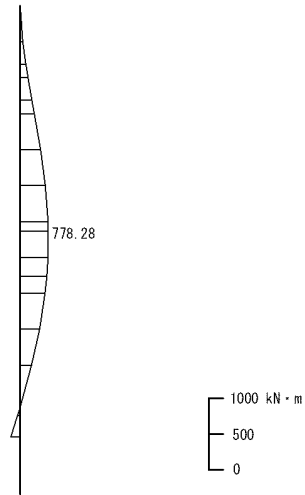
評価対象部材に発生する曲げ圧縮応力、曲げ引張応力及びせん断応力が許容限界以下であることを確認した。

表 5-1 曲げ軸力に対する照査結果（側壁（鉛直断面））

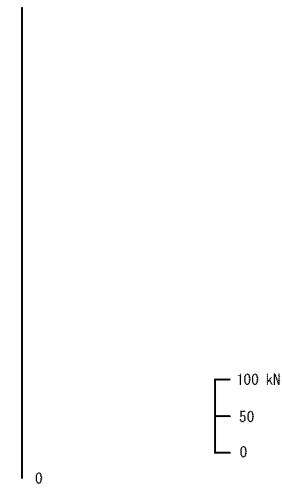
設備名称	側壁寸法 (mm)	解析 ケース	曲げ モーメント (kN・m)	曲げ 圧縮応力 (N/mm ²)	曲げ 引張応力 (N/mm ²)	許容限界 (N/mm ²)		曲げ 圧縮 応力 照査値	曲げ 引張 応力 照査値
						曲げ 圧縮	曲げ 引張		
敷地側 集水桝	6800 × 4000	Ss-D	778.28	0.40	23.97	13.5	294	0.03	0.09
		Ss-F1	557.23	0.28	17.16			0.03	0.06
		Ss-F2	504.23	0.26	15.53			0.02	0.06
		Ss-N1	435.15	0.22	13.40			0.02	0.05
		Ss-N2(NS)	441.45	0.22	13.60			0.02	0.05
		Ss-N2(EW)	439.57	0.22	13.54			0.02	0.05

表 5-2 せん断力に対する照査結果（側壁（鉛直断面））

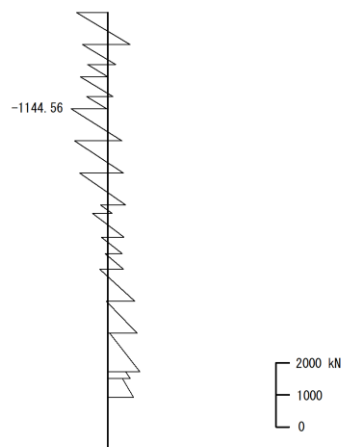
設備名称	設計基準 強度 (N/mm ²)	解析 ケース	発生せん断 応力度 (N/mm ²)	許容限界 (N/mm ²)	照査値
敷地側 集水桝	24	Ss-D	0.32	0.67	0.49
		Ss-F1	0.24		0.36
		Ss-F2	0.22		0.33
		Ss-N1	0.17		0.26
		Ss-N2(NS)	0.19		0.29
		Ss-N2(EW)	0.19		0.29



(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) (Ss-D)

5.1.2 敷地側集水桝（側壁）の水平断面

敷地側集水桝（側壁）の水平断面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。また、最大照査値となる断面力図分布図を図 5-2 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。

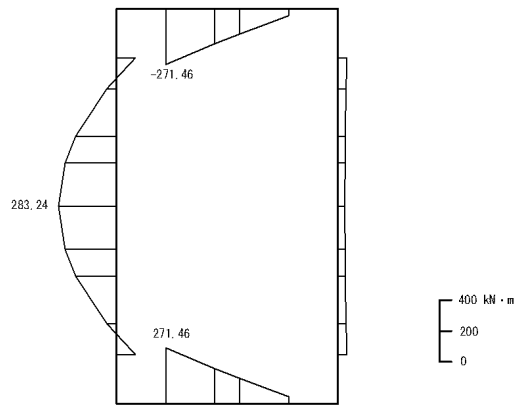
表 5-3 曲げ軸力に対する照査結果（側壁（水平断面））

設備名称	側壁寸法 (mm)	解析 ケース	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	Ss-D	283.24	5.00	159.47	13.5	294	0.37	0.55
		Ss-F1	84.45	1.47	41.20			0.11	0.15
		Ss-F2	78.71	1.37	38.07			0.11	0.13
		Ss-N1	76.76	1.33	36.36			0.10	0.13
		Ss-N2(NS)	73.01	1.27	34.85			0.10	0.12
		Ss-N2(EW)	72.29	1.26	34.57			0.10	0.12

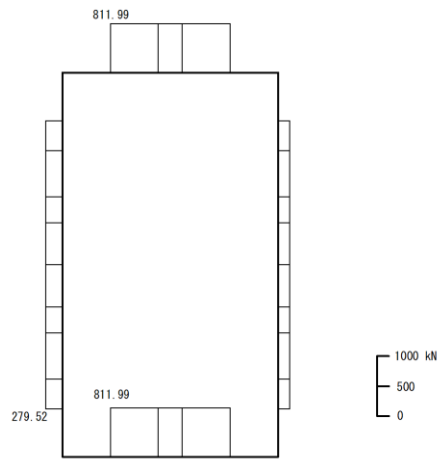
表 5-4 せん断力に対する照査結果（側壁（水平断面））

設備名称	設計基準 強度	解析 ケース	発生せん断力 (kN)	短期許容せん断力* (kN)	照査値
敷地側 集水桝	24N/mm ²	Ss-D	495.09	546.45	0.91
		Ss-F1	153.00		0.28
		Ss-F2	142.69		0.27
		Ss-N1	140.24		0.26
		Ss-N2(NS)	132.61		0.25
		Ss-N2(EW)	131.12		0.24

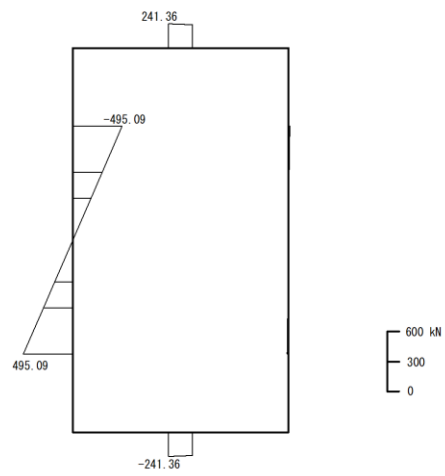
注記*：せん断補強筋を考慮した値



(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) (Ss-D)

5.1.3 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 5-5 に、せん断に対する照査結果を表 5-6 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 5-5 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)	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	14.65		

表 5-6 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)	許容限界 (N/mm ²)	照査値
敷地側 集水桝	24N/mm ²	0.14	0.67	0.21

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 5-7 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 5-7 基礎地盤の支持性能に対する照査結果

設備名称	最大接地圧 R_d (N/mm ²)	支圧強度 f'_a (N/mm ²)	照査値 R_d / f'_a
敷地側集水柵	0.2	18.0	0.02

(別紙 4) 屋外排水路（防波壁横断部）の耐震性に係る補足説明

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、敷地側集水柵、屋外排水路（防波壁横断部）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。

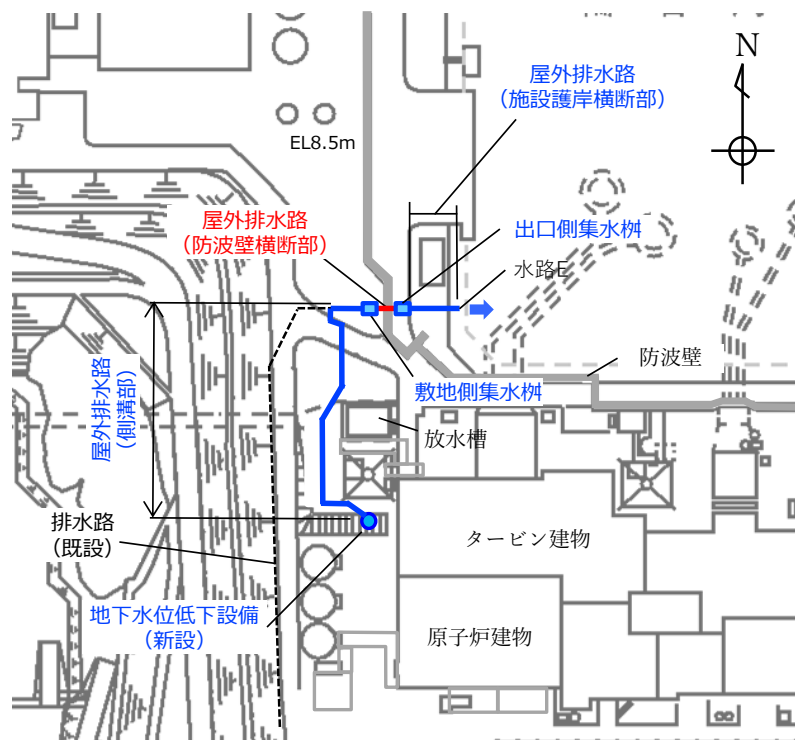


図2-1 屋外排水路（防波壁横断部）の設置位置図

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 6.0m）及び高さ 2.0m（水路幅 2.0m×延長約 13.0m）の鉄筋コンクリート造のプレストレストコンクリートボックスカルバート（プレキャストコンクリート）であり、頂版及び底版には横断方向に P C 鋼棒を配置している。また、屋外排水路（防波壁横断部）は、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。

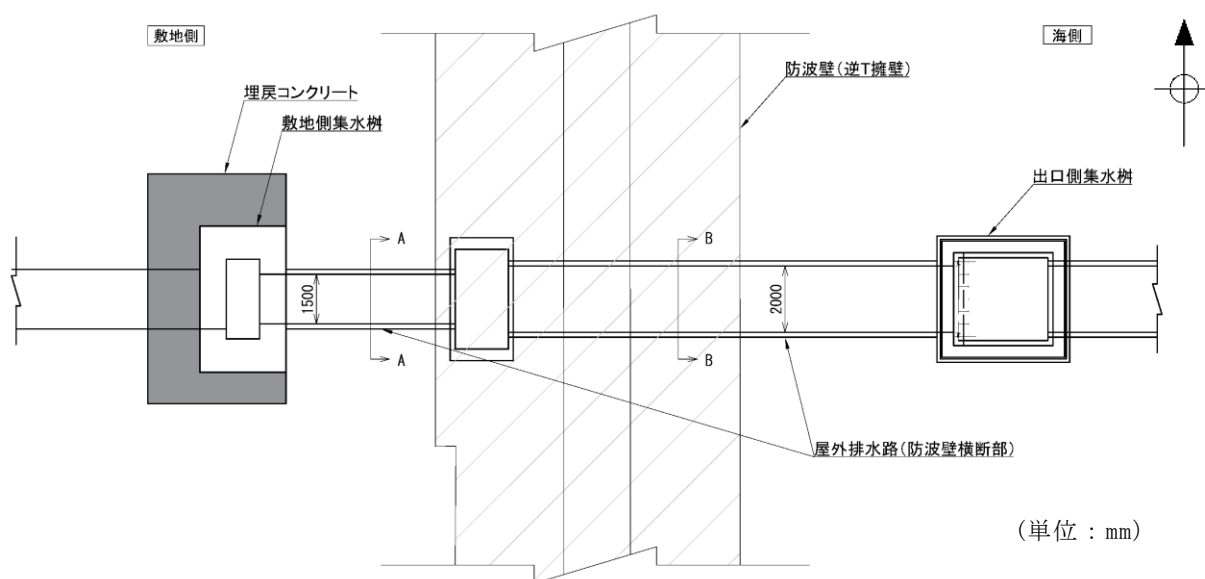


図 2-2 屋外排水路（防波壁横断部）の概略平面図

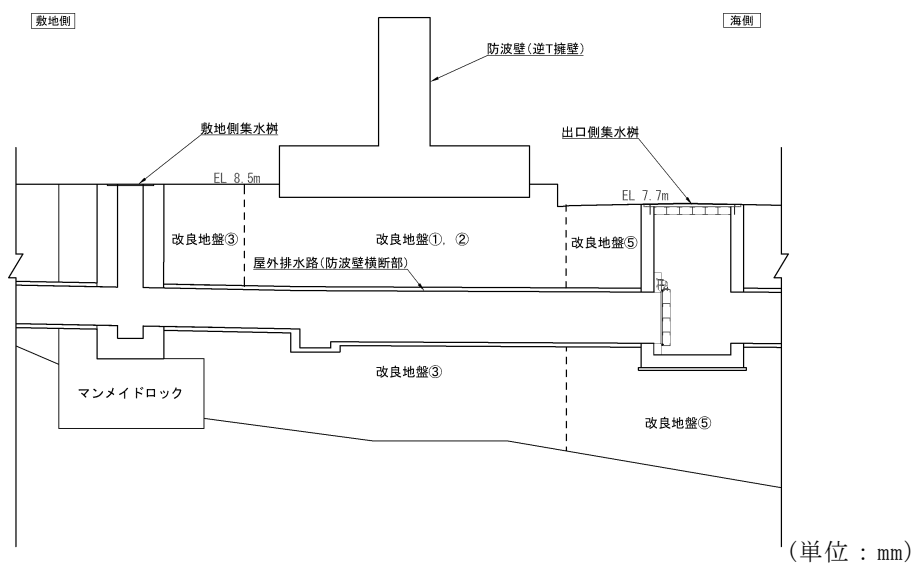
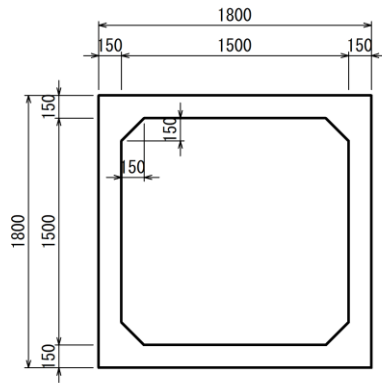


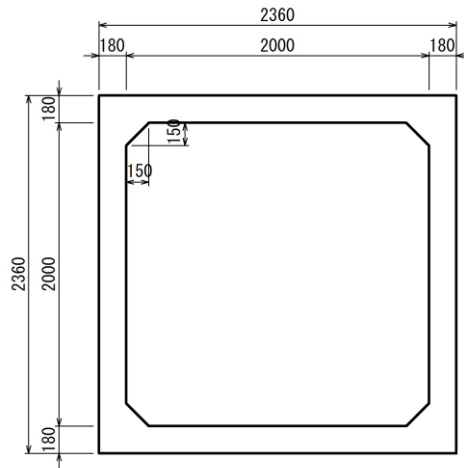
図 2-3 屋外排水路（防波壁横断部）の概略縦断図



(単位：mm)

(A-A断面：□1500×1500)

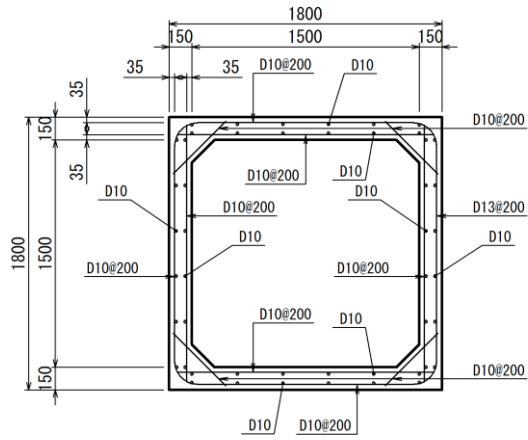
図 2-4(1) 屋外排水路（防波壁横断部）の概略断面図



(単位：mm)

(B-B断面，□2000×2000)

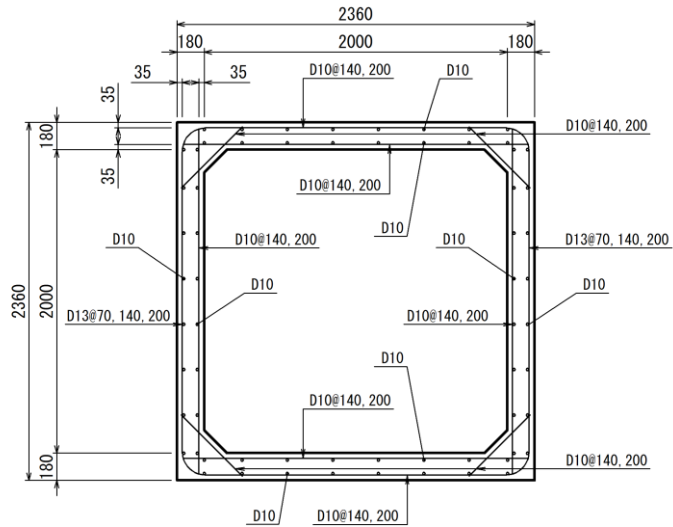
図 2-4(2) 屋外排水路（防波壁横断部）の概略断面図



(単位 : mm)

(A-A断面 : □1500×1500)

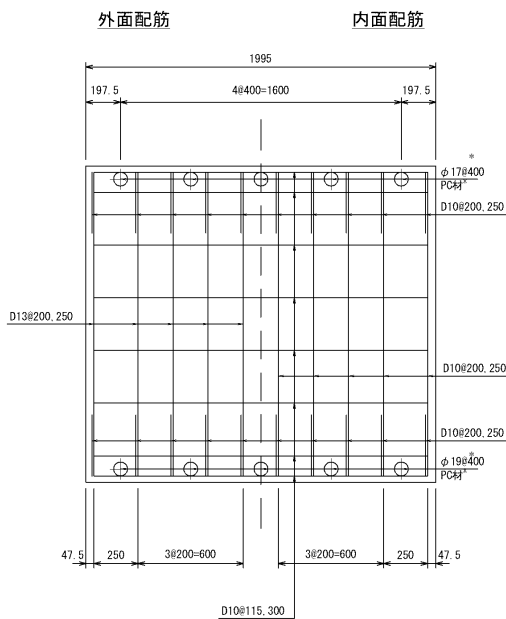
図 2-5(1) 屋外排水路 (防波壁横断部) の概略配筋図



(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

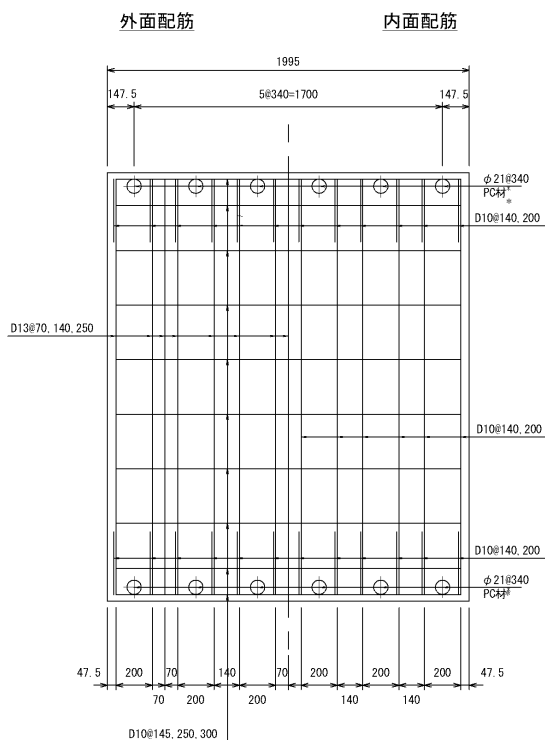


(単位：mm)

注記*：PC材の定着はポストテンション方式とする。

(□1500×1500)

図 2-5(3) 屋外排水路（防波壁横断部）の概略配筋図（側壁）

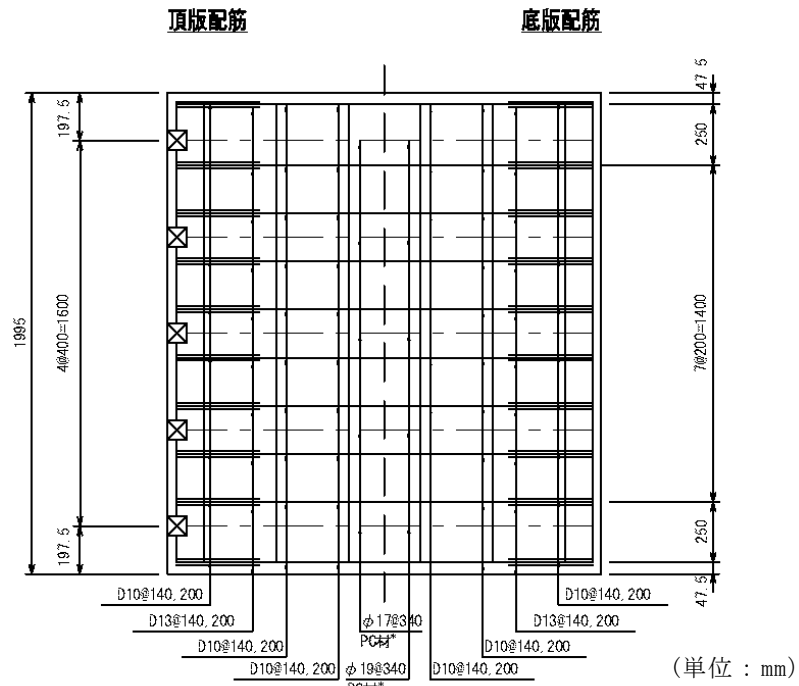


(単位：mm)

注記*：PC材の定着はポストテンション方式とする。

(□2000×2000)

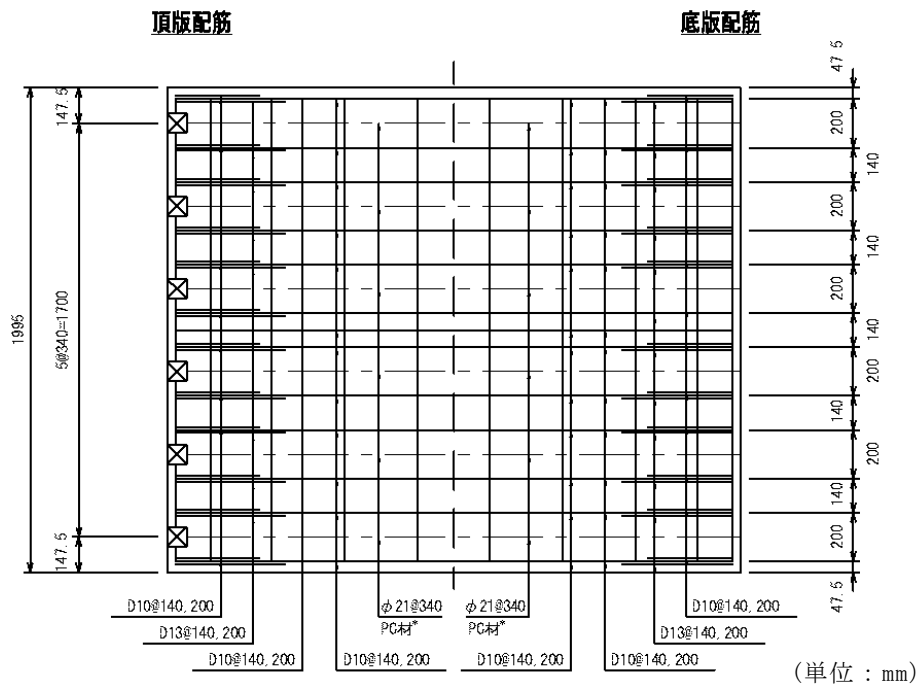
図 2-5(4) 屋外排水路（防波壁横断部）の概略配筋図（側壁）



注記* : P C材の定着はポストテンション方式とする。

(□1500×1500)

図 2-5(5) 屋外排水路 (防波壁横断面) の概略配筋図 (頂版及び底板)



注記* : P C材の定着はポストテンション方式とする。

(□2000×2000)

図 2-5(6) 屋外排水路 (防波壁横断面) の概略配筋図 (頂版及び底板)

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1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、加速度及びせん断応力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、最大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 2-6 に示す。

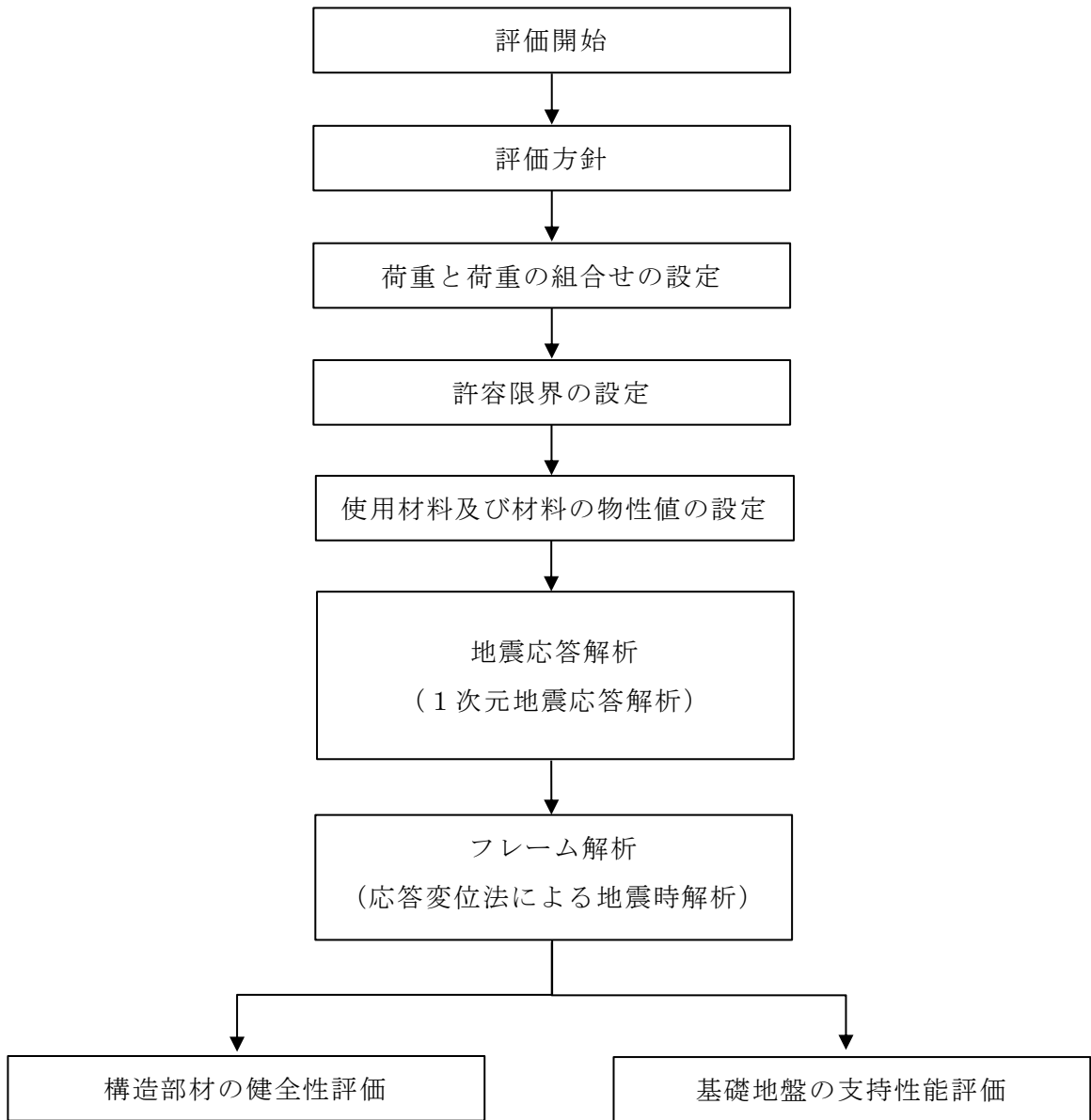


図 2-6 屋外排水路（防波壁横断部）の耐震評価フロー

2.4 適用規格・基準等

適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・コンクリート標準示方書[構造性能照査編]（（社）土木学会，2002年制定）
- ・コンクリート標準示方書[設計編]（（社）土木学会，2012年制定）
- ・道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会 平成14年3月）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1 -1987）（（社）日本電気協会）
- ・水道施設耐震工法指針・解説（（社）日本水道協会，2009年）
- ・水道施設耐震工法指針・解説（（社）日本水道協会，2022年）

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。

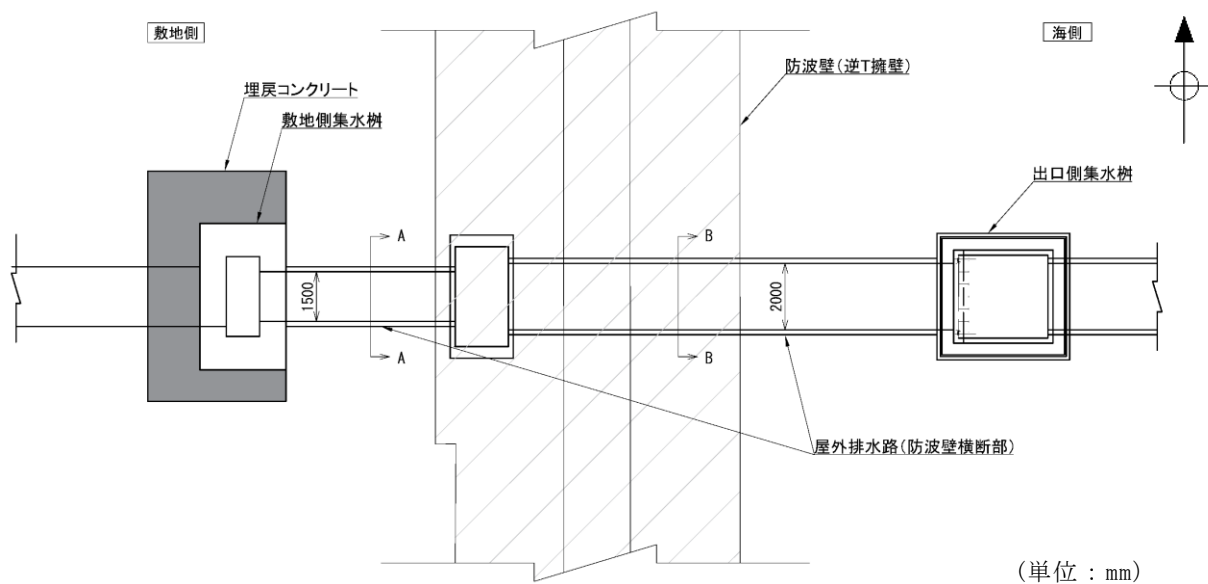


図 3-1 屋外排水路（防波壁横断部）の平面図

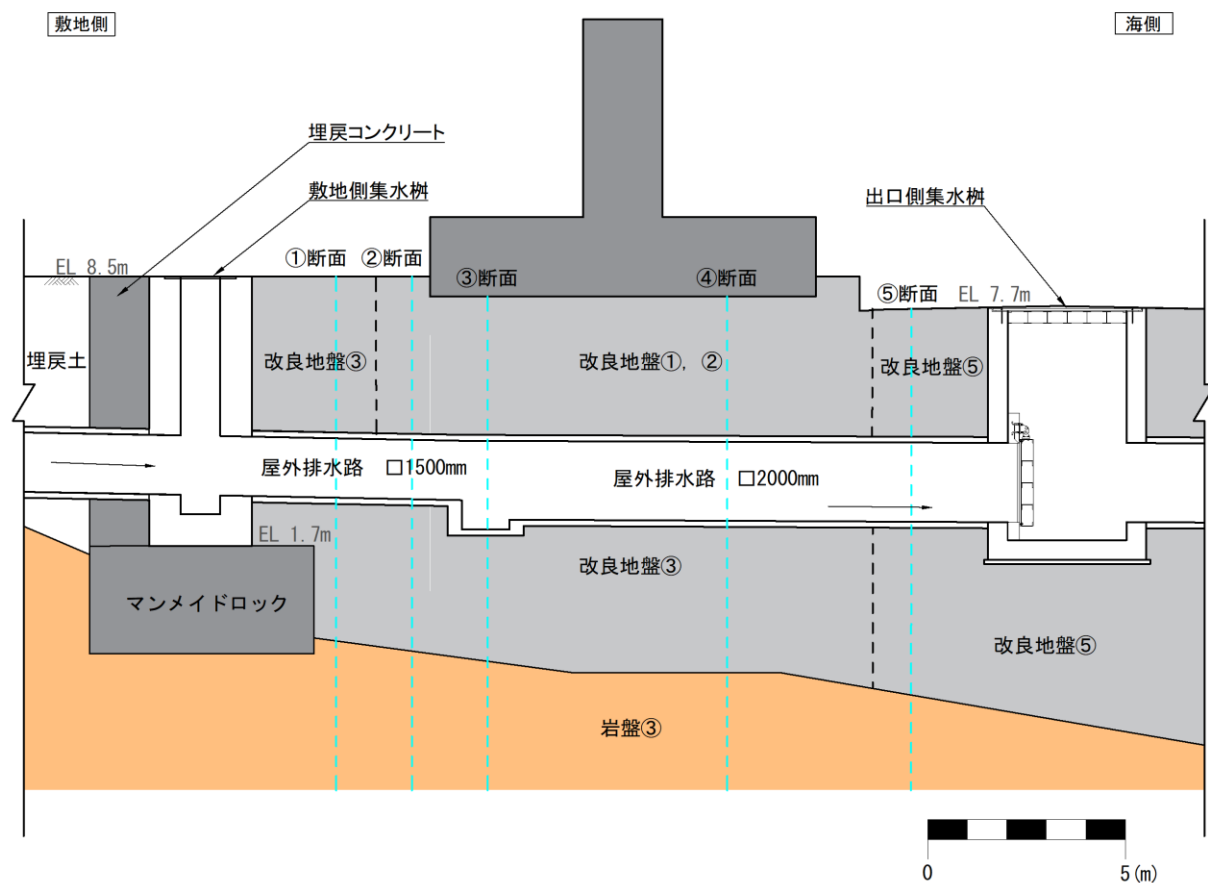


図 3-2 屋外排水路（防波壁横断部）の縦断図

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 荷重及び荷重の組合せ

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，静止土圧，外水圧，内水圧，積雪荷重，土被り荷重，永久上載荷重及びプレストレス力を考慮する。

(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 3-2 に示す。また、作用荷重概念図を図 3-3 に示す。

表 3-2(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 3-2(2) 荷重の組合せ

種別	荷重		算定方法
永久荷重 (常時荷重)	固定荷重	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。
	積載荷重	静止土圧	○ 地表からの深度に応じて設定する。
		外水圧	○ 外水圧を考慮する (EL 3.9m)。
		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。
		土被り荷重	○ 土被り荷重を考慮する。
		永久上載荷重	○ 防波壁の荷重を考慮する。
風荷重	－ 風荷重は考慮しない。		
プレストレス力	○ プレストレス力を考慮する。		
偶発荷重 (地震荷重)	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	○	水位条件及び密度は、永久荷重の内水圧と同様とする。
	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。

- (1) 外水圧
地下水位はVI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき EL 3.9m に設定する。水の荷重は 9.81kN/m^3 とする。
- (2) 内水圧
屋外排水路（防波壁横断部）内の内水位は、満水時の水位とする。水の荷重は 9.81kN/m^3 とする。
- (3) 積雪荷重
積雪荷重は、VI-1-1-3-1-1「発電用原子炉施設に対する自然現象等における損傷の防止に関する基本方針」に基づき、発電所敷地に最も近い気象官署である松江地方気象台で観測された観測史上1位の月最深積雪100cmに平均的な積雪荷重を与えるための係数0.35を考慮し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し設定する。
- (4) 永久上載荷重
永久上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。
- (5) プレストレス力
プレストレス力は「コンクリート標準示方書〔設計編〕」（（社）土木学会，2012年制定）に基づき、頂版及び底版に、軸方向力（ 255kN/本 ）として入力する。
- (6) 動水圧
水平方向では、Westergaard式をもとに、地震応答解析における屋外排水路（防波壁横断部）底面と上面の相対変位最大時刻の水平震度に応じた動水圧を考慮する。
また、鉛直方向では、底版の天端標高における静水圧に、地震応答解析における屋外排水路（防波壁横断部）底面と上面の相対変位最大時刻の鉛直震度を乗じたものを、動水圧として考慮する。
- (7) 水平地震動
水平地震動（慣性力）として、地震応答解析における屋外排水路（防波壁横断部）下面と上面の相対変位最大時刻の水平震度を考慮する。

(8) 鉛直地震動

鉛直地震動（慣性力）として、地震応答解析における屋外排水路（防波壁横断面）下面と上面の相対変位最大時刻の鉛直震度を考慮する。

(9) 地震時土圧

地震時土圧は、水道施設耐震工法指針・解説（（社）日本水道協会，2009年）に基づき、地盤変位と地盤ばね定数を用いて、下式により算出する。

$$P_H = K_H \cdot \delta$$

ここに、

P_H ：敷地側集水柵前面に作用する地盤変位による荷重（kN/m）

K_H ：敷地側集水柵前面の水平ばね定数（kN/m²）

δ ：敷地側集水柵底版中心と上端の地盤変位の相対変位最大時刻の変位（m）

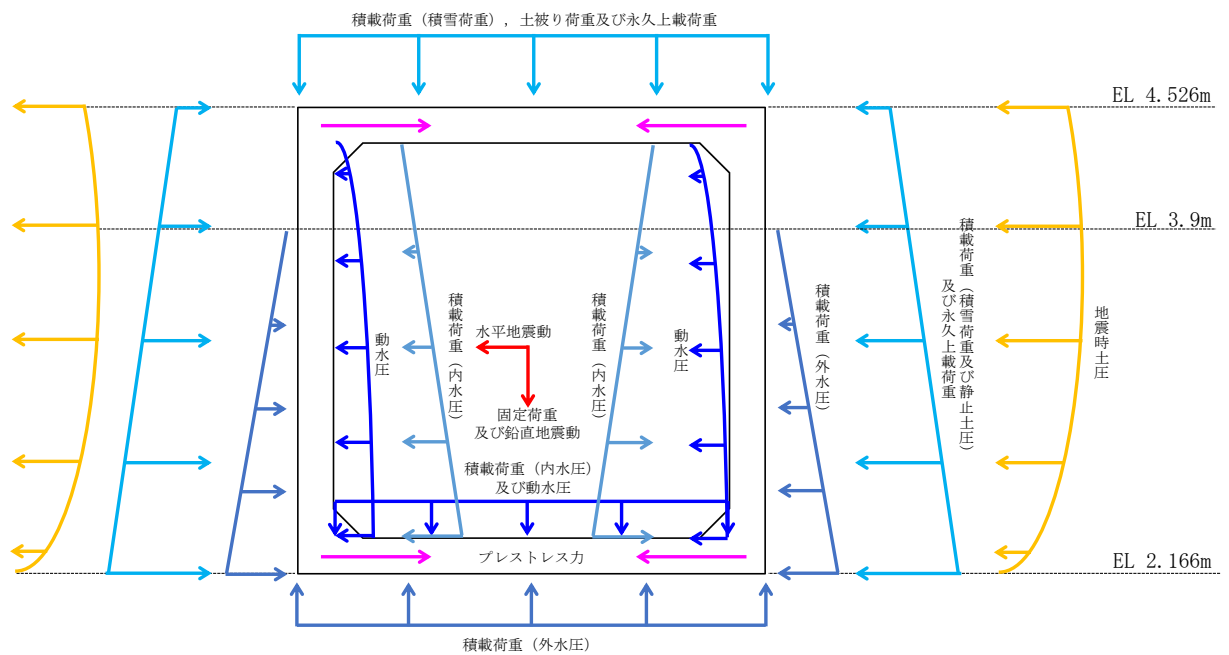


図 3-3 作用荷重概念図

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]（（社）土木学会，2002年制定）」に基づき，終局曲げモーメント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3-3に示す。

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	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3-4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 40.0N/mm ²
	鉄筋	SD295A
	PC鋼棒	SBPR1080/1230

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	3.10×10 ⁴	24.5*	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を用いる。屋外排水路（防波壁横断部）周辺は、**地盤改良**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等の概要については、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3-4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。

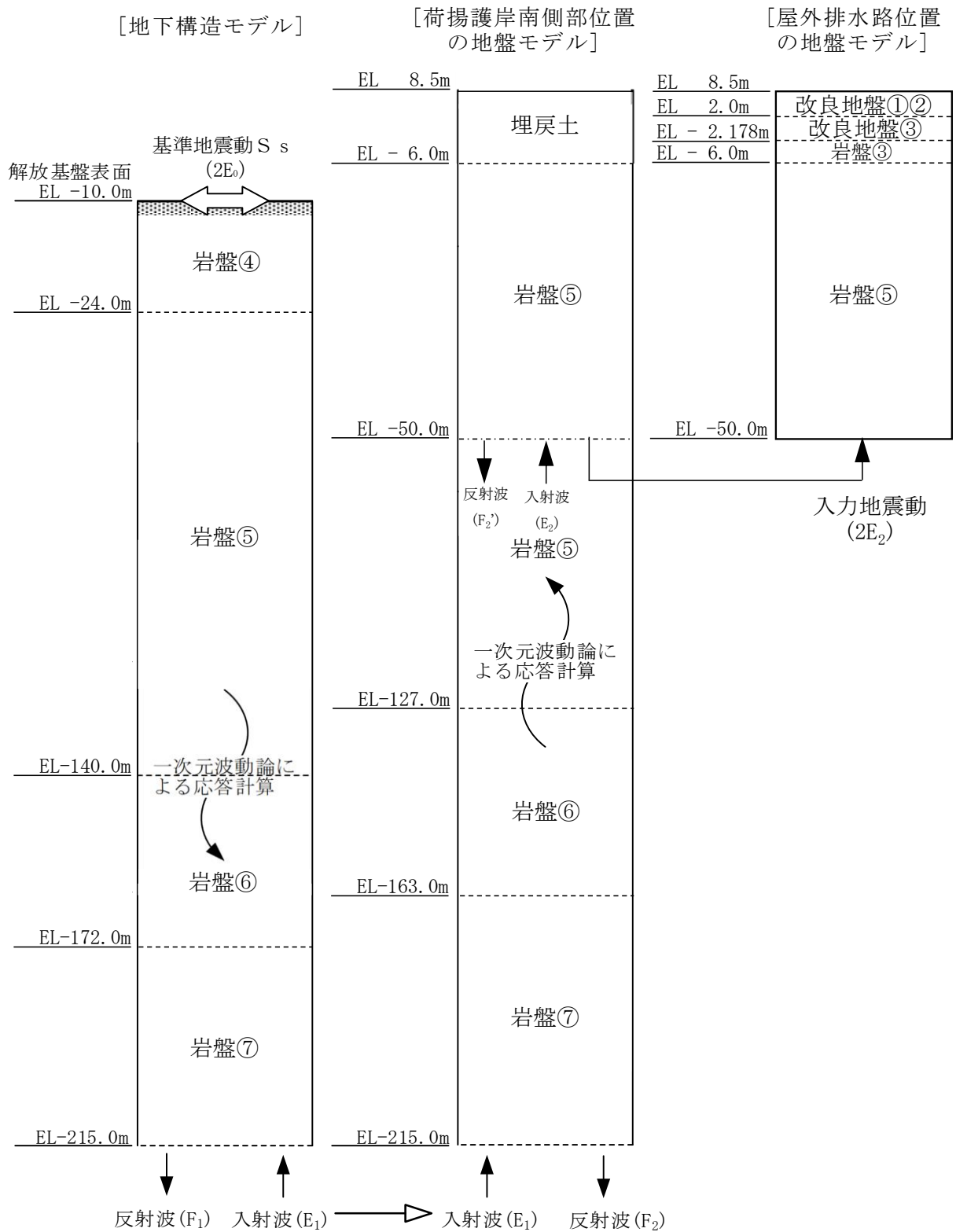


図 3-4 1次元地震応答解析用地盤モデル

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相対変位分布、最大相対変位発生時刻での加速度分布、最大相対変位発生時刻でのせん断応力分布及び収束剛性を図 3-5 に示す。相対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に使用する。

相対変位が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相対変位を設定する。

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全時刻の最大応答加速度（鉛直）に基づき設定する。最大鉛直加速度分布を図 3-6 に示す。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。

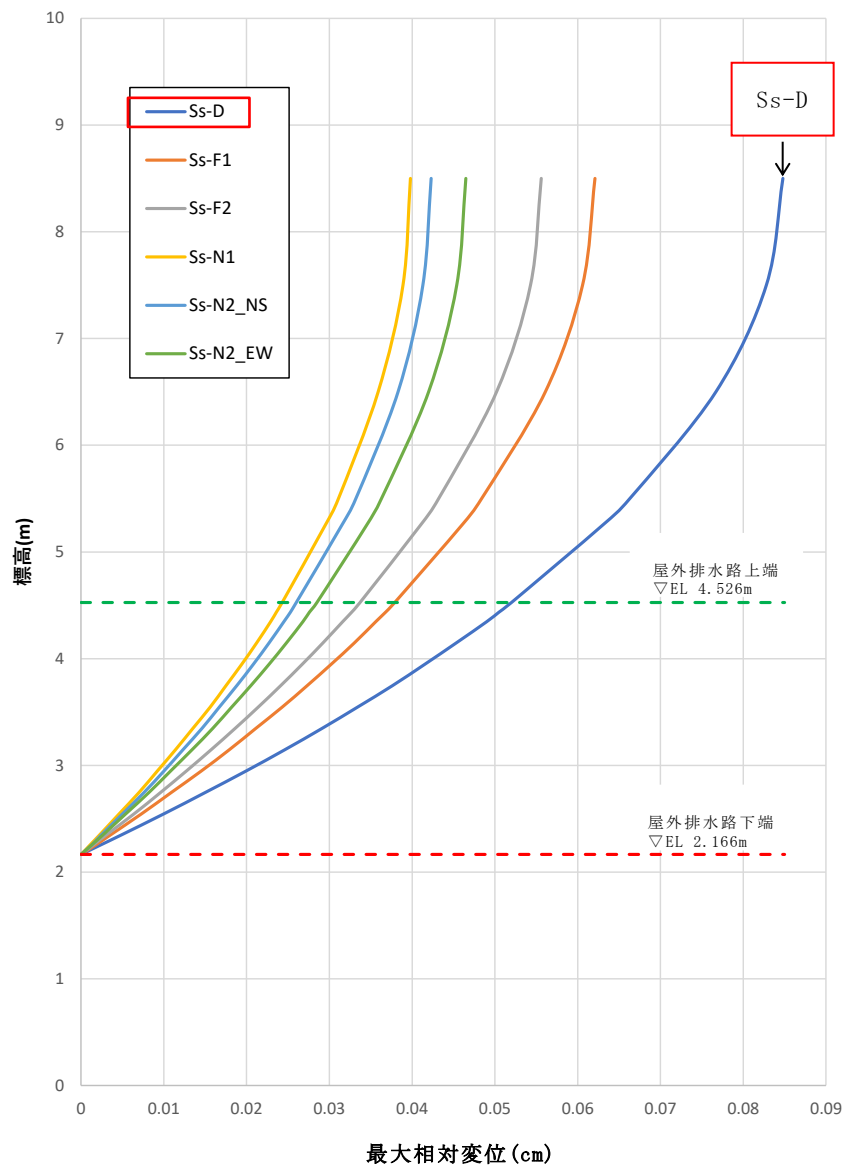


図 3-5(1) 地震応答解析結果（最大相対変位分布）

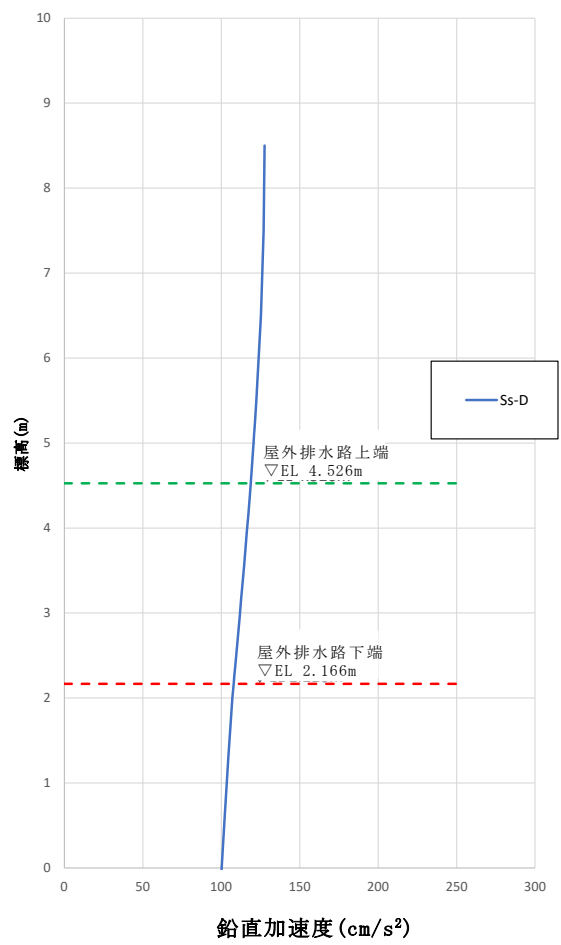
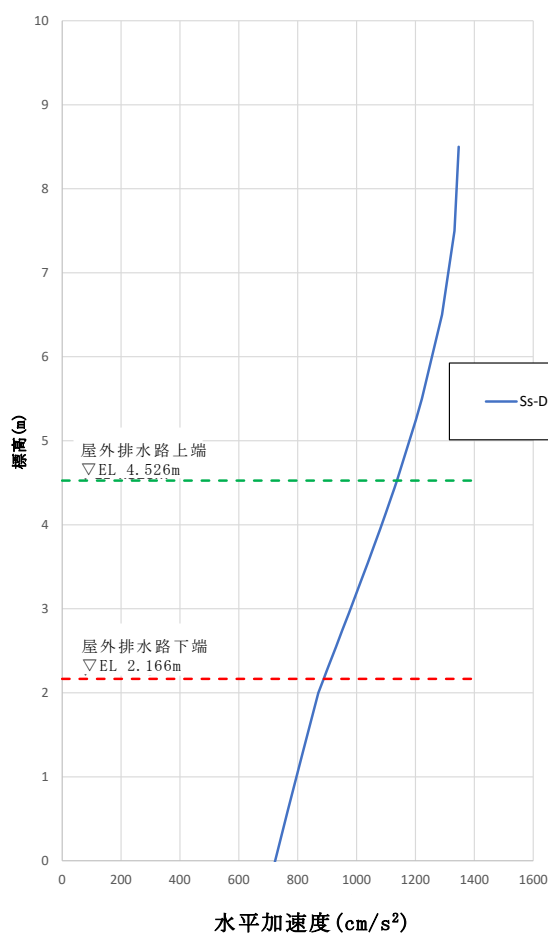


図 3-5(2) 地震応答解析結果 (最大相対変位発生時刻での加速度分布)

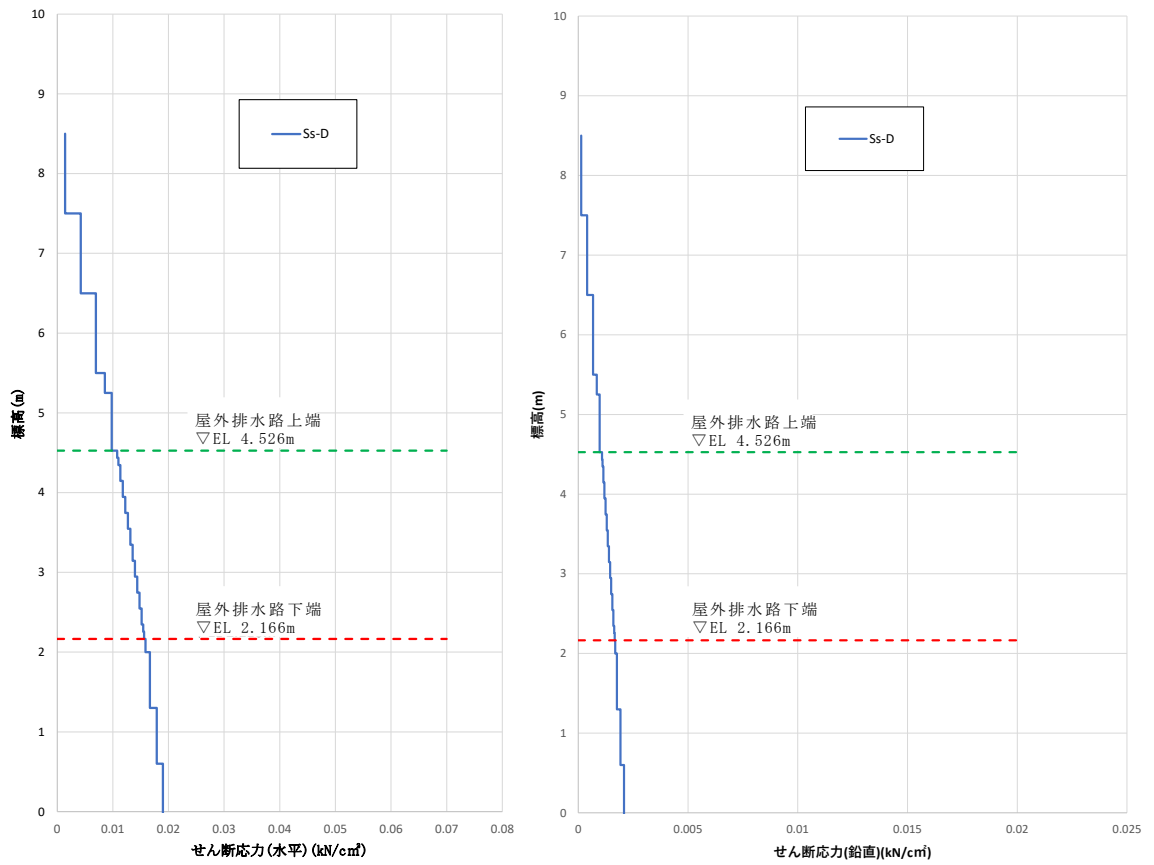


図3-5(3) 地震応答解析結果 (最大相対変位発生時刻でのせん断応力分布)

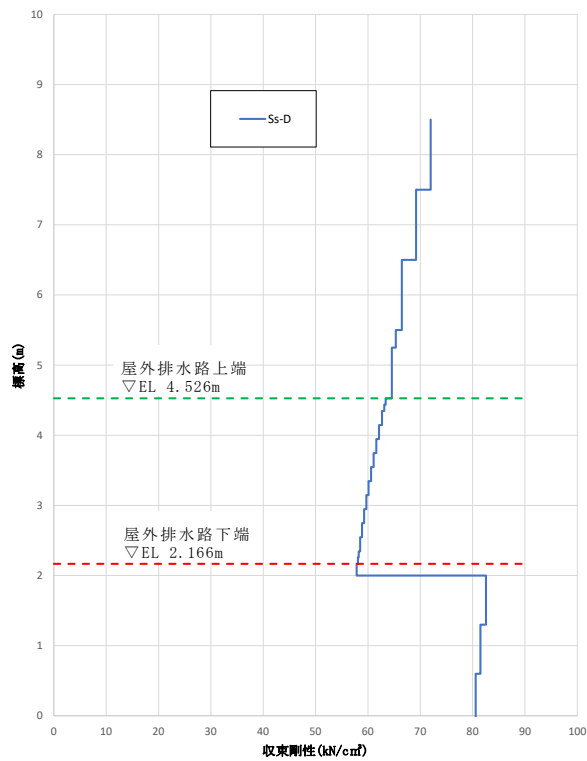


図3-5(4) 地震応答解析結果 (収束剛性)

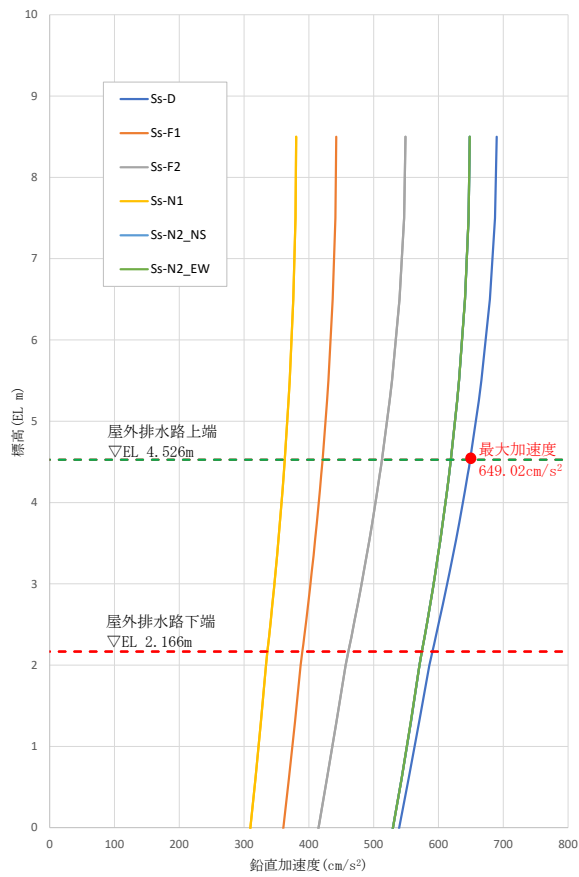


図3-5 地震応答解析結果（最大鉛直加速度）

表 3-6 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)	備考
屋外排水路 (防波壁横断部)	0.67	$649.02 \text{ (cm/s}^2\text{)} / 980.665 \text{ (cm/s}^2\text{)} \doteq 0.67$

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ため、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。

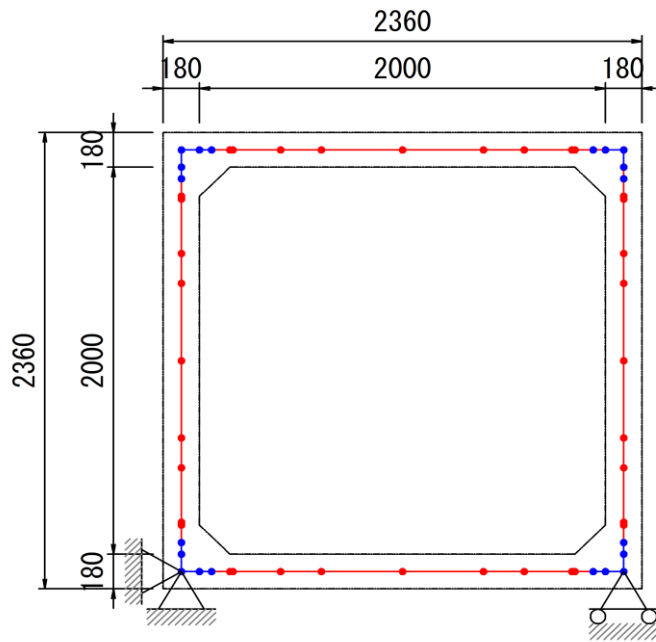
解析には解析コード「F R E M I N G」及び「E M R G I N G」を使用する。解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

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する。常時のフレーム解析及び地震時のフレーム解析を実施し、それぞれの解析で発生した応力を重ね合わせて部材照査を実施する。

常時のフレーム解析における解析モデル及び支持条件を図 4-1 に示す。

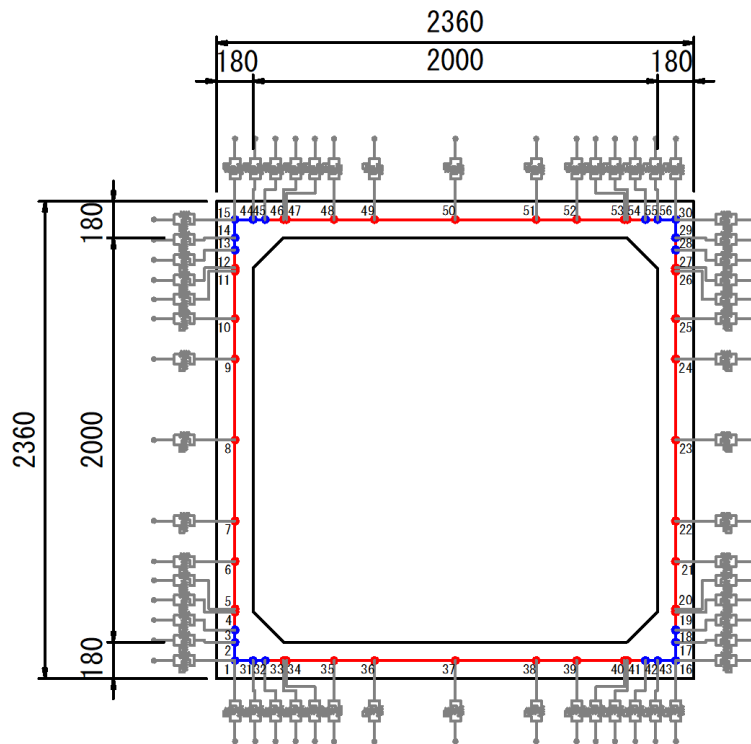
地震時のフレーム解析は、応答変位法により行い、地盤応答解析から算出した収束剛性よりばね定数を設定した地盤ばねを頂部、側部及び底部に配置する。地震時のフレーム解析における解析モデル及び支持条件を図 4-2 に、地震時のフレーム解析に使用した地盤ばね定数を表 4-1 に示す。



— ビーム要素
— 剛要素

(単位：mm)

図 4-1 常時のフレーム解析モデル及び支持条件



— 地盤ばね (水平・鉛直)
— ビーム要素
— 剛要素

(単位：mm)

図 4-2 地震時のフレーム解析モデル及び支持条件

表 4-1 地震時の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))

位置	方向	部材番号	kx(kN/m)	ky(kN/m)	
側壁	↑ 上	15	57100	19030	
		14	94550	31520	
		13	94270	31420	
		12	65710	21900	
		11	185100	61710	
		10	268800	89590	
		9	340200	113400	
		8	483700	161200	
		7	330100	110000	
		6	257900	85970	
		5	173900	57980	
		4	61660	20550	
	下 ↓	3	87920	29310	
		2	87800	29270	
		1	52550	17520	
		↑ 上	30	57100	19030
			29	94550	31520
			28	94270	31420
			27	65710	21900
			26	185100	61710
			25	268800	89590
			24	340200	113400
			23	483700	161200
			22	330100	110000
21	257900		85970		
20	173900		57980		
下 ↓	19		61660	20550	
	18	87920	29310		
	17	87800	29270		
	16	52550	17520		

位置	部材番号	kx(kN/m)	ky(kN/m)
底版	1	52550	17520
	31	87580	29190
	32	87580	29190
	33	61300	20430
	34	172800	57610
	35	254000	84660
	36	323500	107800
	37	467100	155700
	38	323500	107800
	39	254000	84660
	40	172800	57610
	41	61300	20430
	42	87580	29190
	43	87580	29190
	16	52550	17520
	頂版	15	57100
44		95170	31720
45		95170	31720
46		66620	22210
47		187800	62600
48		276000	92000
49		351500	117200
50		507600	169200
51		351500	117200
52		276000	92000
53		187800	62600
54		66620	22210
55		95170	31720
56		95170	31720
30	57100	19030	

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、「3.2.2 荷重の組合せ」に示すとおり、常時過重については屋外排水路の自重、外水圧、内水圧、積雪荷重、土被り荷重及び永久上載荷重を、地震荷重については、屋外排水路の自重による鉛直地震動（慣性力）及び内水の動水圧を考慮して、鉛直方向の合力を算定する。そ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。

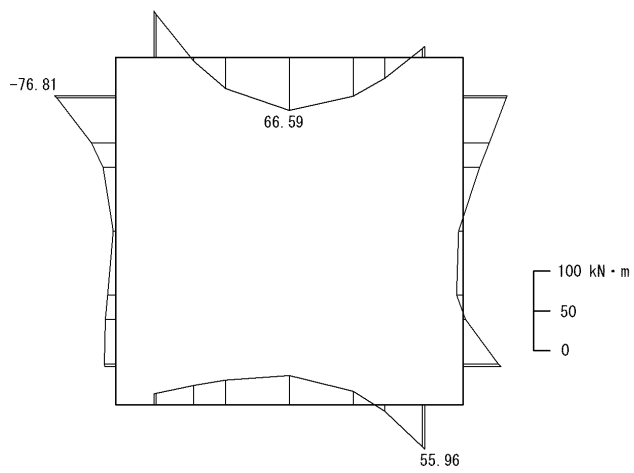
評価対象部位の発生応力度及びせん断力は、許容限界以下であり、屋外排水路（防波壁横断部）が基準地震動 S_s による地震力に対して損壊に至らず、排水断面が確保されていることを確認した。

表 5-1 曲げ・軸力系破壊に対する最大照査値

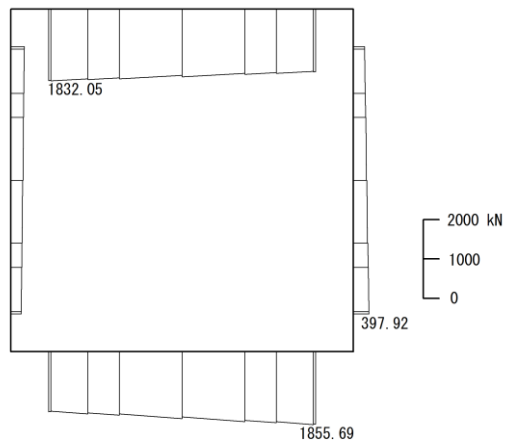
評価対象部位	地震動	設計断面力		終局曲げモーメント M_{ud} (kN・m)	照査値 M_d/M_{ud}
		曲げモーメント M_d (kN・m)	軸力 N'_d (kN)		
頂版	S_s-D	66.59	1688.43	145.46	0.46
側壁	S_s-D	76.81	342.58	100.77	0.77
底版	S_s-D	55.96	1837.34	153.41	0.37

表 5-2 せん断破壊に対する最大照査値

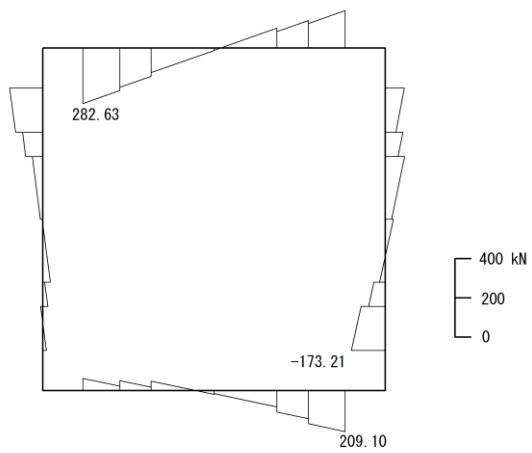
評価対象部位	地震動	設計せん断力 V_d (kN)	せん断耐力 V_{yd} (kN)	照査値 V_d/V_{yd}
頂版	S_s-D	282.63	304.27	0.93
側壁	S_s-D	173.21	253.14	0.69
底版	S_s-D	209.10	304.27	0.69



(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 (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、最大接地圧が許容限界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)	許容限界 (N/mm ²)	支持力照査値
屋外排水路 (防波壁横断部)	S _s -D	0.1	1.4	0.08