

女川原子力発電所第2号機 工事計画審査資料	
資料番号	02-補-E-19-0600-35_改1
提出年月日	2021年9月8日

補足-600-35 【北側排水路の耐震性についての
計算書に関する補足説明資料】

目 次

1.	評価方法	1
2.	評価条件	2
2.1	評価対象断面の方向	2
2.2	評価対象断面の選定	4
2.3	使用材料及び材料の物性値	8
2.4	地盤の物性値	9
2.5	評価構造の諸元	14
2.6	地下水位	15
2.7	耐震評価フロー	16
2.8	適用規格	17
3.	地震応答解析	18
3.1	地震応答解析手法	18
3.2	地震応答解析モデルの設定	21
3.2.1	解析モデル領域	21
3.2.2	境界条件	22
3.2.3	構造物のモデル化	24
3.2.4	隣接構造物のモデル化	24
3.2.5	ジョイント要素の設定	25
3.3	減衰定数	27
3.4	荷重の組合せ	29
3.4.1	外水圧	30
3.4.2	積載荷重	30
3.5	地震応答解析の解析ケース	31
3.5.1	耐震評価における解析ケース	31
4.	評価条件	36
4.1	入力地震動の設定	36
4.2	許容限界の設定	51
4.2.1	曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界	51
4.2.2	せん断破壊に対する許容限界	52
4.2.3	基礎地盤の支持性能に対する許容限界	52
5.	評価結果	53
5.1	地震応答解析結果	53
5.1.1	解析ケースと照査値	53
5.1.2	断面力分布（曲げ・軸力系の破壊に対する照査）	67
5.1.3	断面力分布（せん断破壊に対する照査）	70
5.1.4	最大せん断ひずみ分布	72
5.2	構造部材の健全性に対する評価結果	74

5.2.1	曲げ・軸力系の破壊に対する評価結果	74
5.2.1	せん断破壊に対する評価結果	81
5.2.3	基礎地盤の支持性能に対する評価結果	84
6.	まとめ	86

1. 評価方法

本資料は、添付書類「VI-2-11-1 波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の耐震評価方針」に基づき、北側排水路が、上位クラス施設である防潮堤（盛土堤防）内を横断していることから、上位クラス施設に対して波及的影響を及ぼさないことを説明するものである。

北側排水路は、防潮堤（盛土堤防）と同じ運転状態を想定することから、設計基準対象施設及び重大事故等対処施設に対する波及的影響評価を行う。

波及的影響の評価は、上位クラス施設の機能が保持されることを確認するために、下位クラス施設である北側排水路を対象に、防潮堤（盛土堤防）の設計に適用する基準地震動 S_s を用いた地震応答解析を行い、構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を実施することで、北側排水路が十分な構造強度を有することを確認する。

ここで、北側排水路は、運転時、設計基準事故時及び重大事故時の状態における圧力、温度等について、波及的影響評価における手法及び条件に有意な差異はなく、評価は設計基準対象施設の評価結果に包括されることから、設計基準対象施設の評価結果を用いた重大事故等対処施設の評価を行う。

なお、北側排水路の耐震評価においては、平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震による地殻変動に伴い、牡鹿半島全体で約 1m の地盤沈下が発生したことを考慮し、地盤沈下量を考慮した敷地高さや施設高さ等を記載する。

2. 評価条件

2.1 評価対象断面の方向

北側排水路の位置を図 2-1 に、波及影響評価の対象区間を図 2-2 に示す。

北側排水路は鉄筋コンクリート造の地中構造物であり、評価対象区間は防潮堤（盛土堤防）の内部を横断する。

評価対象断面の方向の選定に係る考え方を表 2-1 に示す。北側排水路の縦断方向は、加振方向と平行に配置される側壁を耐震設計上見込むことができることから、強軸方向となる。一方、横断方向は加振方向と平行に配置される構造部材が無いことから、弱軸方向となる。

以上のことから、北側排水路の耐震評価では、構造の安定性に支配的な弱軸方向である横断方向を評価対象断面とする。

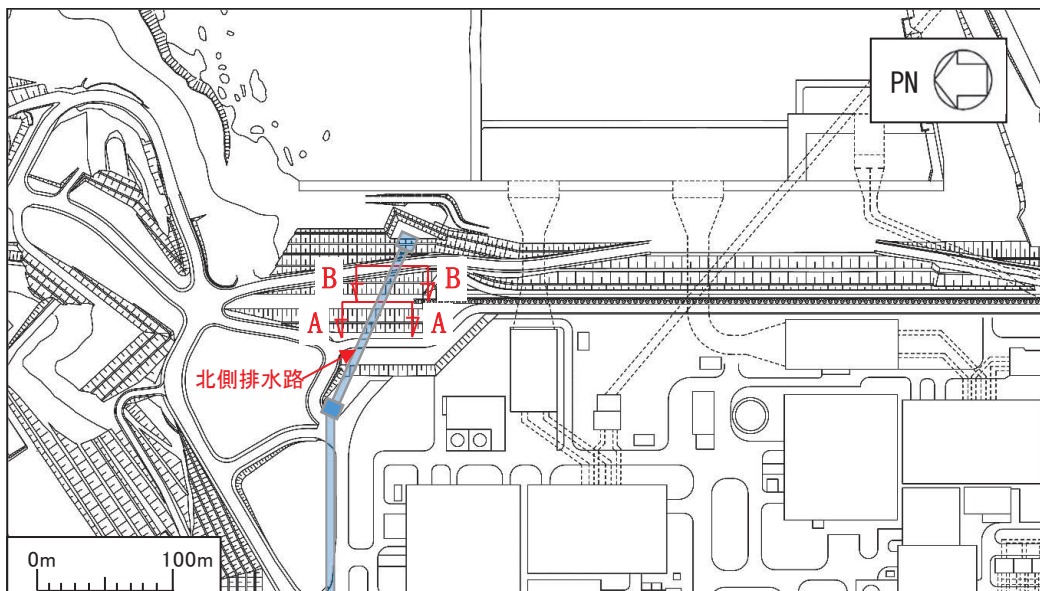


図 2-1 北側排水路の位置図

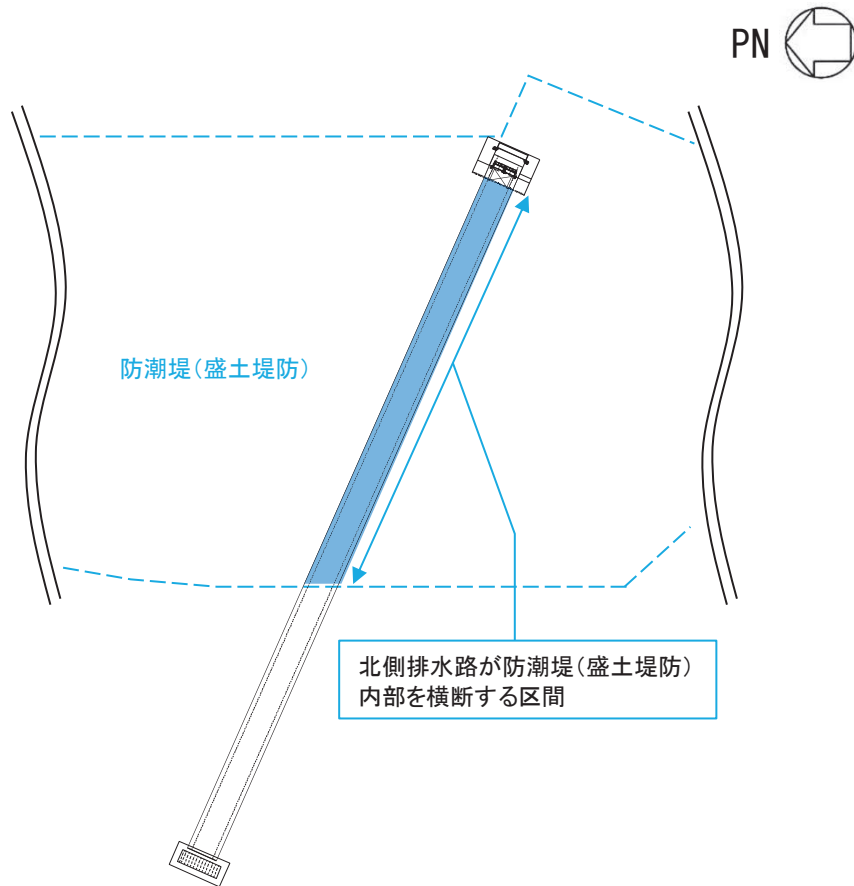


図 2-2 北側排水路の波及的影響評価の対象区間

表 2-1 北側排水路の評価対象断面の方向の選定

	南北方向の加振	東西方向の加振
北側排水路	<p>↑ 加振方向に抵抗する部材が少ない => 弱軸方向</p>	<p>側壁が加振方向に抵抗する => 強軸方向</p>
	<p>・南北方向は、加振方向に平行な壁部材がなく、弱軸方向にあたる。</p>	<p>・東西方向は、加振方向に平行な部材及び隔壁を耐震設計上見込むことができ、強軸方向にあたる。</p>
	<p>弱軸方向を評価対象断面とする。</p>	

2.2 評価対象断面の選定

北側排水路の平面図を図 2-1 に、波及的影響評価の対象区間を図 2-2 に、断面図を図 2-3 に、概略配筋図を図 2-4 に示す。

北側排水路は、プレキャスト鉄筋コンクリート造の地中構造物であり、延長約 115m、内空幅約 3.5m、内空高さ約 2.5m のボックスカルバート部により構成され、延長方向に断面の変化が少ない線状構造物であり、防潮堤（盛土堤防）の内部を横断している。

周辺状況として、北側排水路が横断する防潮堤（盛土堤防）の地下水位は O.P. +13.8m で一定である。また、防潮堤（盛土堤防）は、改良地盤を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置する。

北側排水路の評価対象断面位置を図 2-5 に、北側排水路の縦断図を図 2-6 に示す。図 2-6 により、北側排水路のうち、防潮堤（盛土堤防）を横断する範囲で土被り厚さが最も大きく耐震評価上最も厳しい断面（A-A 断面）を、評価対象断面として選定する。

評価対象断面は、北側排水路の弱軸方向である、北側排水路の直交断面を基本として考えるが、防潮堤（盛土堤防）と防潮堤（鋼管式鉛直壁）の境界部にセメント改良土の斜面を有する防潮堤の構造を踏まえ、汀線平行方向（防潮堤縦断方向）の断面を選定する。

北側排水路の評価対象断面図を図 2-7 に示す。

A-A 断面：防潮堤（盛土堤防）を横断する範囲で土被り厚さが最も大きく耐震評価上最も厳しい断面。

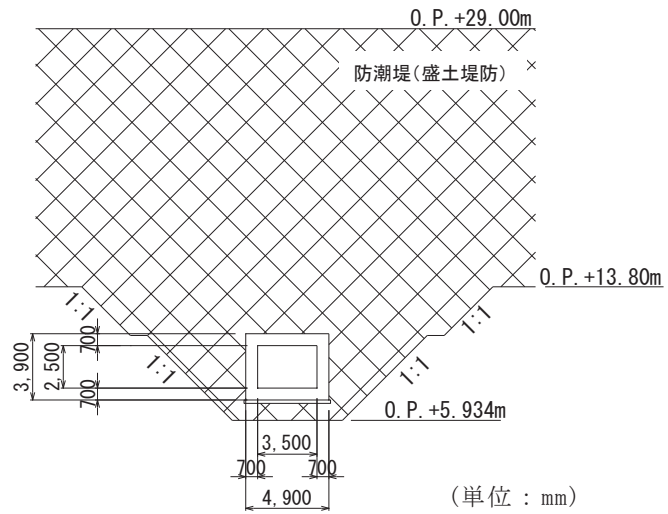


図 2-3(1) 北側排水路の断面図 (A-A 断面)

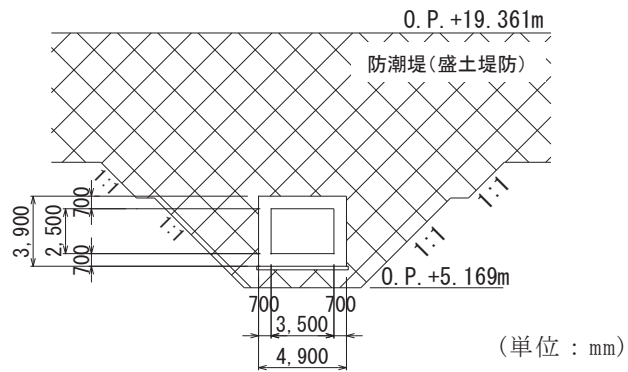


図 2-3(2) 北側排水路の断面図 (B-B 断面)

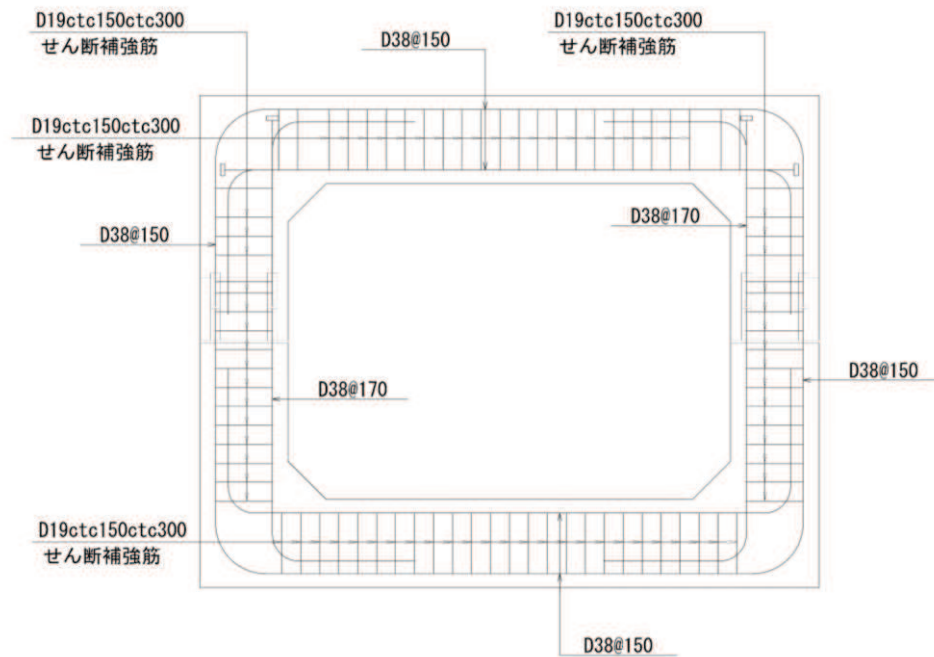


図 2-4 北側排水路の概略配筋図 (A-A 断面, B-B 断面共通)

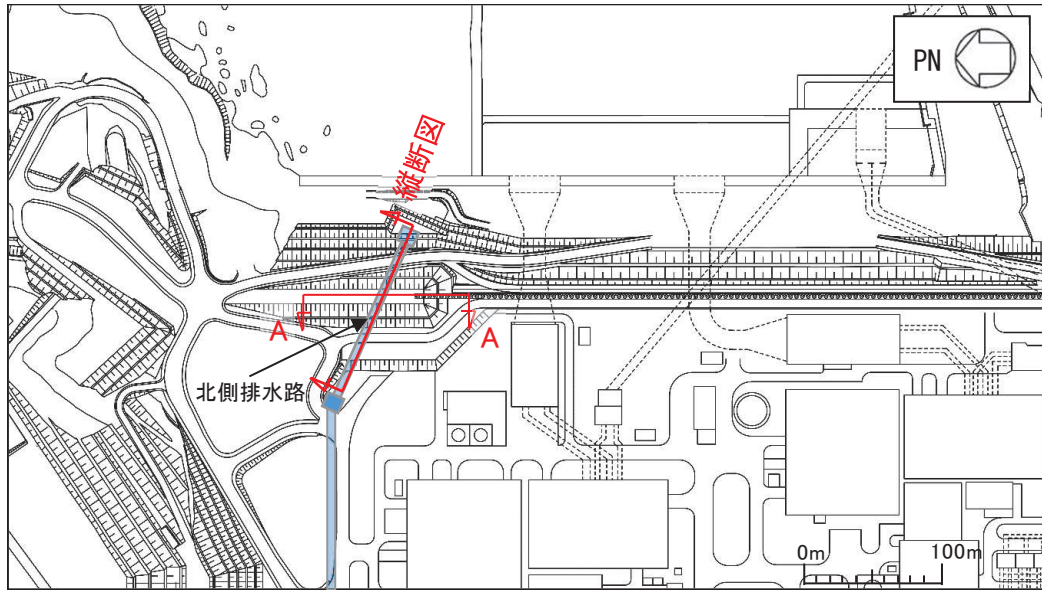


図 2-5 北側排水路の評価対象断面位置図

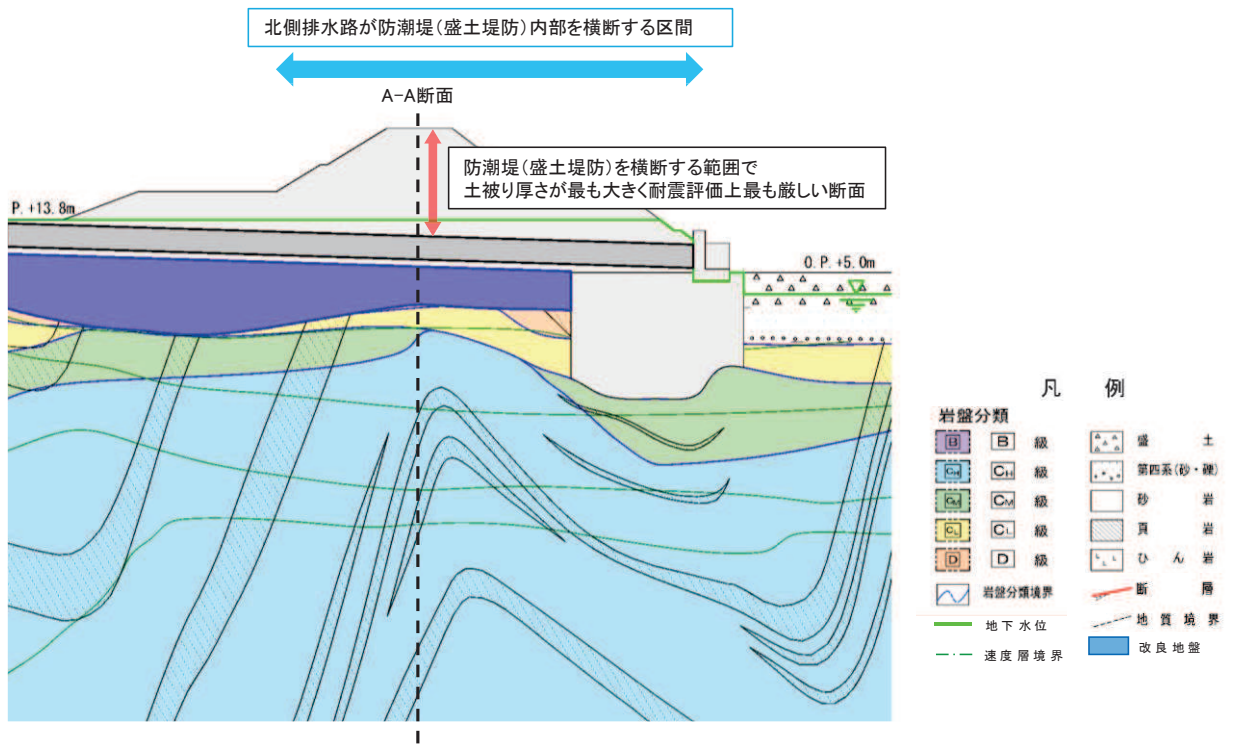


図 2-6 北側排水路の縦断面図

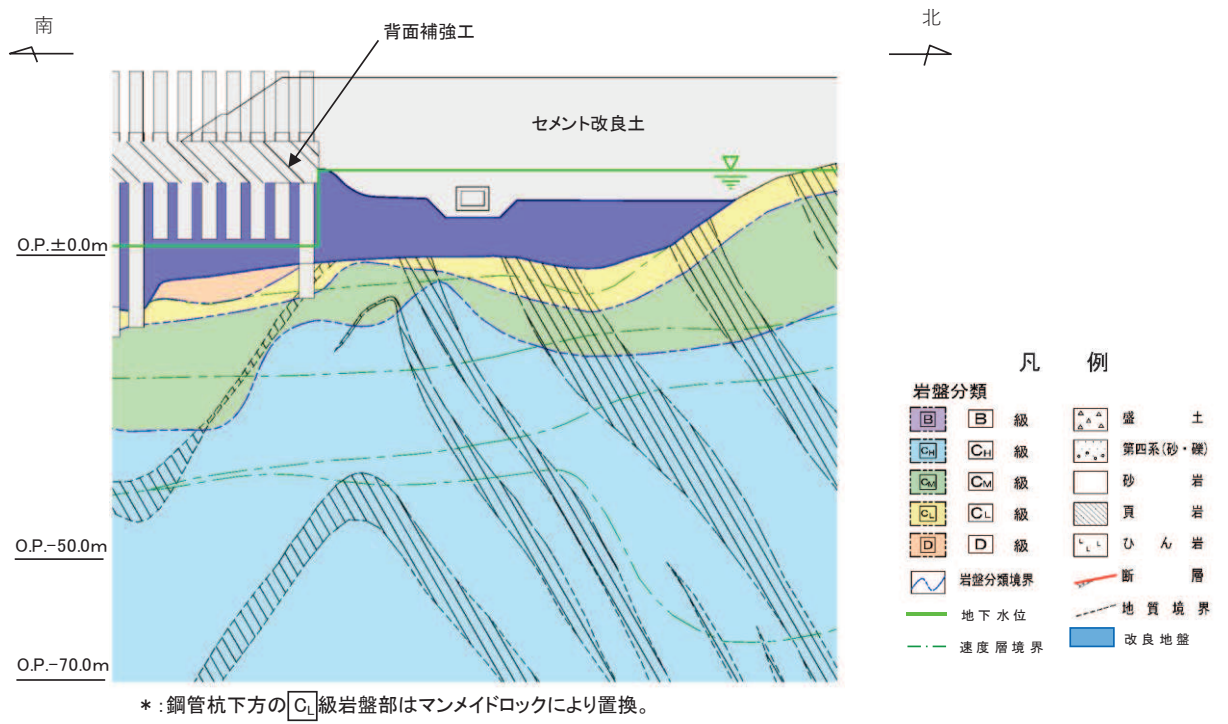


図 2-7 北側排水路の評価対象断面図 (A-A 断面)

2.3 使用材料及び材料の物性値

使用材料を表 2-2 に、材料の物性値を表 2-3 に示す。なお、セメント改良土及び改良地盤の物性値は、添付書類「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。

表 2-2 使用材料

材料	諸元
鉄筋	SD345（せん断補強筋） SD390（主筋）
コンクリート（構造部材）	設計基準強度 40N/mm ²
コンクリート（背面補強工）	設計基準強度 30N/mm ²
鋼管杭	SM570, SKK490

表 2-3 材料の物性値

材料	項目	材料諸元	備考
鉄筋コンクリート	単位体積重量 (kN/m ³)	24.0	
鉄筋	ヤング係数 (N/mm ²)	2.00×10 ⁵	
コンクリート (構造部材)	ヤング係数 (N/mm ²)	3.10×10 ⁴	解析ケース①, ②, ③
	ポアソン比	0.2	
コンクリート (背面補強工)	単位体積重量 (kN/m ³)	24.0	
	ヤング係数 (N/mm ²)	2.80×10 ⁴	
	ポアソン比	0.2	
鋼管杭 (SM570, SKK490)	単位体積重量 (kN/m ³)	77.0	
	ヤング係数 (N/mm ²)	2.00×10 ⁵	
	ポアソン比	0.3	

2.4 地盤の物性値

地盤の物性値は、添付書類「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～表 2-6 に示す。

表 2-4(1) 地盤の解析用物性値 (牧の浜部層)

岩種・岩級	物理特性		強度特性				変形特性			
	単位体積重量 γ (kN/m ³)	静的・動的特性			静的特性		動的特性		減衰定数 h	
		せん断強度 τ_0 (N/mm ²)	内部摩擦角 ϕ (°)	残留強度 τ (N/mm ²)	静弾性係数 E_s (N/mm ²)	静ポアソン比 ν_s	動せん断弾性係数 G_d (N/mm ²)	動ポアソン比 ν_d		
B級	26.4	1.29	54.0	$1.12 \sigma^{0.74}$	4,100	0.21	表 2-4(2) 参照	0.03		
C _H 級	26.2	1.29	54.0	$1.12 \sigma^{0.74}$	1,900	0.19		0.03		
C _M 級	25.5	0.78	50.0	$1.09 \sigma^{0.72}$	1,200	0.24		0.03		
C _L 級	23.1	0.46	44.0	$0.73 \sigma^{0.76}$	250	0.26		0.03		
D級	20.2	0.10	24.0	$0.41 \sigma^{0.49}$	78	0.38		h = $0.085 \gamma /$ $(0.00026 + \gamma)$ $+ 0.028$		
							$G_0 = 255.4 \sigma^{0.26}$ $G_d / G_0 =$ $1 / (1 + 119 \gamma^{0.63})$			

表 2-4(2) 地盤の解析用物性値(牧の浜部層)

岩種・岩級		速度層	動的変形特性	
			動せん断弾性係数 $G_d(N/mm^2)$	動ポアソン比 ν_d
B級 及び C _H 級	砂岩	第2速度層	1.2×10^3	0.45
		第3速度層	4.7×10^3	0.41
		第4速度層	11.5×10^3	0.34
		第5速度層	16.8×10^3	0.33
C _M 級		第1速度層	0.2×10^3	0.48
		第2速度層	1.2×10^3	0.45
		第3速度層	4.7×10^3	0.41
		第4速度層	11.5×10^3	0.34
		第5速度層	16.8×10^3	0.33
C _L 級	第1速度層	0.2×10^3	0.48	
	第2速度層	1.2×10^3	0.45	
	第3速度層	4.7×10^3	0.41	
D級	第1速度層	表 2-4(1) 参照	0.48	
	第2速度層		0.45	

表 2-5 地盤の解析用物性値 (盛土他)

岩種・岩級	物理特性		強度特性				変形特性			
	単位体積重量 γ (kN/m ³)	せん断強度 τ_0 (N/mm ²)	静的・動的特性		静的特性		動的特性		減衰定数 h	
			内部摩擦角 ϕ (°)	引張強度 σ_t (N/mm ²)	残留強度 τ (N/mm ²)	せん断弾性係数 E_s (N/mm ²)	静ポアソン比 ν_s	動せん断弾性係数 G_d (N/mm ²)		動ポアソン比 ν_d
盛土	20.6	0.06	30.0	—	$0.06 + \sigma \tan 30.0^\circ$	$198 \sigma^{0.60}$	0.40	$G_0 = 382 \sigma^{0.71}$ $G_d/G_0 = 1 / (1 + \gamma / 0.00036) * 1$	0.48	$h = 0.183 \gamma / (\gamma + 0.000261)$
旧表土	19.0	0.08	26.2	—	$0.08 + \sigma \tan 26.2^\circ$	$302 \sigma^{0.80}$	0.40	$G_0 = 211 \sigma^{0.42}$ $G_d/G_0 = 1 / (1 + \gamma / 0.00087)$	0.46	$\gamma < 3 \times 10^{-4}$ $h = 0.125 + 0.0201 \log \gamma$ $3 \times 10^{-4} \leq \gamma < 2 \times 10^{-2}$ $h = 0.374 + 0.0911 \log \gamma$ $2 \times 10^{-2} \leq \gamma$ $h = 0.22$
断面 及びビーム**2	18.6	0.067	22.2	—	$0.067 + \sigma \tan 22.2^\circ$	圧縮方向 $124.5 \sigma^{0.30}$ せん断方向 $44.43 \sigma^{0.30}$	0.40	$G_0 = 192.3 \sigma^{0.74}$ $G_d/G_0 = 1 / (1 + \gamma / 0.0012) * 1$	0.46	$\gamma < 1 \times 10^{-4}$ $h = 0.024$ $1 \times 10^{-4} \leq \gamma < 1.6 \times 10^{-2}$ $h = 0.024 + 0.089 (\log \gamma + 4)$ $1.6 \times 10^{-2} \leq \gamma$ $h = 0.22$
セメント改良土	21.6	0.65	44.3	0.46	$0.21 + \sigma \tan 40.9^\circ$	690	0.26	$G_0 = 1670$ $G_d/G_0 = 1 / (1 + \gamma / 0.00085)$	0.36	$\gamma < 3.8 \times 10^{-5}$ $h = 0.014$ $3.8 \times 10^{-5} \leq \gamma$ $h = 0.151 + 0.0311 \log \gamma$
改良地盤	20.6	1.39	22.1	0.65	$0.51 + \sigma \tan 34.6^\circ$	4,480	0.19	$G_0 = 1940$ $G_d/G_0 = 1 / (1 + \gamma / 0.00136)$	0.35	$\gamma < 1.2 \times 10^{-4}$ $h = 0.031$ $1.2 \times 10^{-4} \leq \gamma < 5.2 \times 10^{-3}$ $h = 0.227 + 0.0501 \log \gamma$ $5.2 \times 10^{-3} \leq \gamma$ $h = 0.113$

*1: 残存剛性率 (G_d/G_0) が小さい領域は次式で補間

$$G_0 = E_s / 2 (1 + \nu_s), \quad G_d/G_0 = 1 / (1 + \gamma / \gamma_m), \quad \gamma_m = \tau / G_0$$

$$G_0 = E_s / 2 (1 + \nu_s), \quad G_d/G_0 = 1 / (1 + \gamma / \gamma_m), \quad \gamma_m = \tau / G_0$$

*2: 断面及びビームの存在物は、「粘土状」, 「砂状」, 「鱗片上」等の性状が確認されているが, そのうち最も強度の小さい粘土状物質にて試験を行い解析用物性値を設定している

表 2-6 地盤の解析用物性値（有効応力解析，非液化化検討対象層）

			D 級岩盤	改良地盤	セメント改良土	
物理特性	密度 ρ (g/cm ³)		2.06 (1.95)*	2.10 (2.00)*	2.20	
	間隙率 n		0.349	0.00	0.00	
変形特性	動せん断弾性係数 G_{ma} (kN/m ²)		2.000×10^5	1.94×10^6 (1.84×10^6)*	1.67×10^6	
	基準平均有効拘束圧 σ_{ma}' (kN/m ²)		1.0×10^3	1.0×10^3	1.0×10^3	
	ポアソン比 ν	第 1 速度層		0.48	0.35	0.36
		第 2 速度層		0.44 (狐崎部層) 0.45 (牧の浜部層)		
減衰定数の上限値 h_{max}			0.113	0.113	0.080	
強度特性	粘着力 c (N/mm ²)		0.10	1.39	0.65	
	内部摩擦角 ϕ (°)		24.0	22.1	44.3	

注記 * : 括弧内の数値は，地下水位以浅の値を表す。

2.5 評価構造の諸元

照査を行う北側排水路の躯体に関する諸元を表 2-7 に示す。評価部位を図 2-8 に示す。

表 2-7 構造物の評価部位とその仕様

部位	仕様		材料	
	部材幅 (m)	部材高 (m)	コンクリート f'_{ck} (N/mm ²)	鉄筋
頂版	1.000	0.700	40.0	SD345
側壁	1.000	0.700	40.0	SD345
隔壁	1.000	0.700	40.0	SD345
底版	1.000	0.700	40.0	SD345

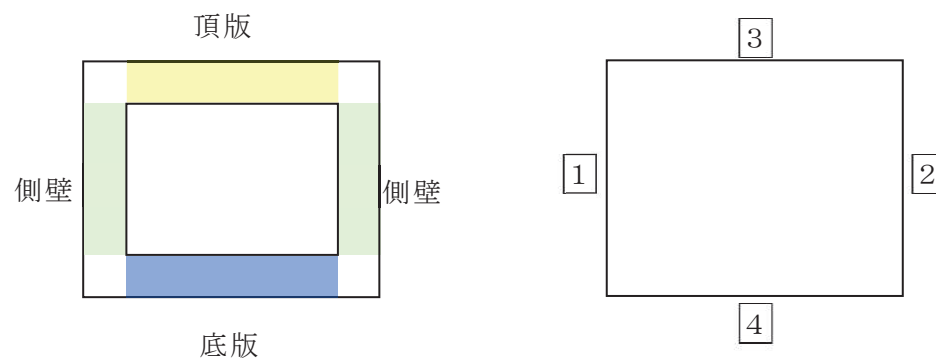


図 2-8 評価位置

2.6 地下水位

地下水位については、添付書類「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」に従って設定した設計用地下水位を表 2-8 及び図 2-9 に示す。

設計用地下水位については、添付書類「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」に従い、防潮堤（鋼管式鉛直壁）の範囲は O.P.+1.43m（朔望平均満潮位），防潮堤（盛土堤防）の範囲は O.P.+13.8m と設定する。設定した設計用地下水位を表 2-8 及び図 2-9 に示す。

防潮堤（鋼管式鉛直壁）と防潮堤（盛土堤防）の境界では設計用地下水位が急変するが、この箇所では液状化検討対象層が無く、改良地盤及びセメント改良土が分布するものの、これらは地下水位以深と以浅において、物性値が大きく変わらないことから、設計用地下水位の急変が地震応答解析に及ぼす影響は小さい。

表 2-8 設計用地下水位

施設名称	評価対象断面	設計用地下水位
北側排水路	A-A 断面	防潮堤（鋼管式鉛直壁）部分は O.P.+1.43m（朔望平均満潮位），防潮堤（盛土堤防）は O.P.+13.8m に設定する。

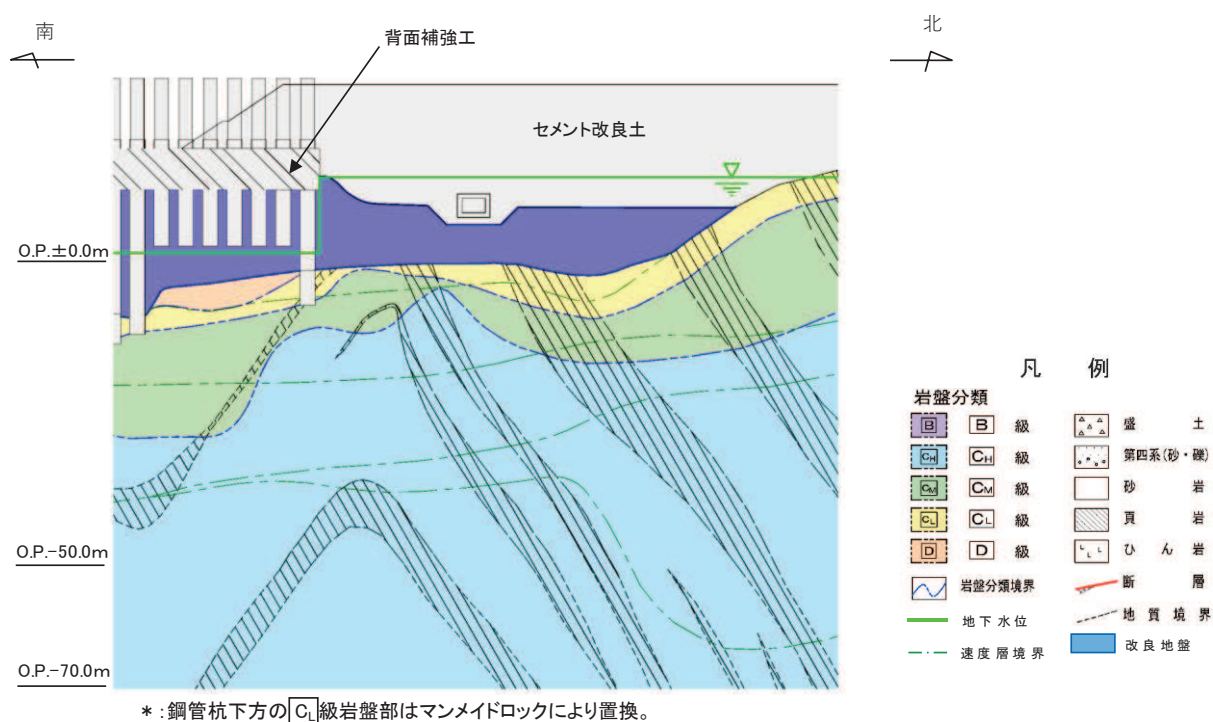


図 2-9 北側排水路の評価対象断面図（A-A 断面）

2.7 耐震評価フロー

図 2-10 に北側排水路の耐震評価フローを示す。

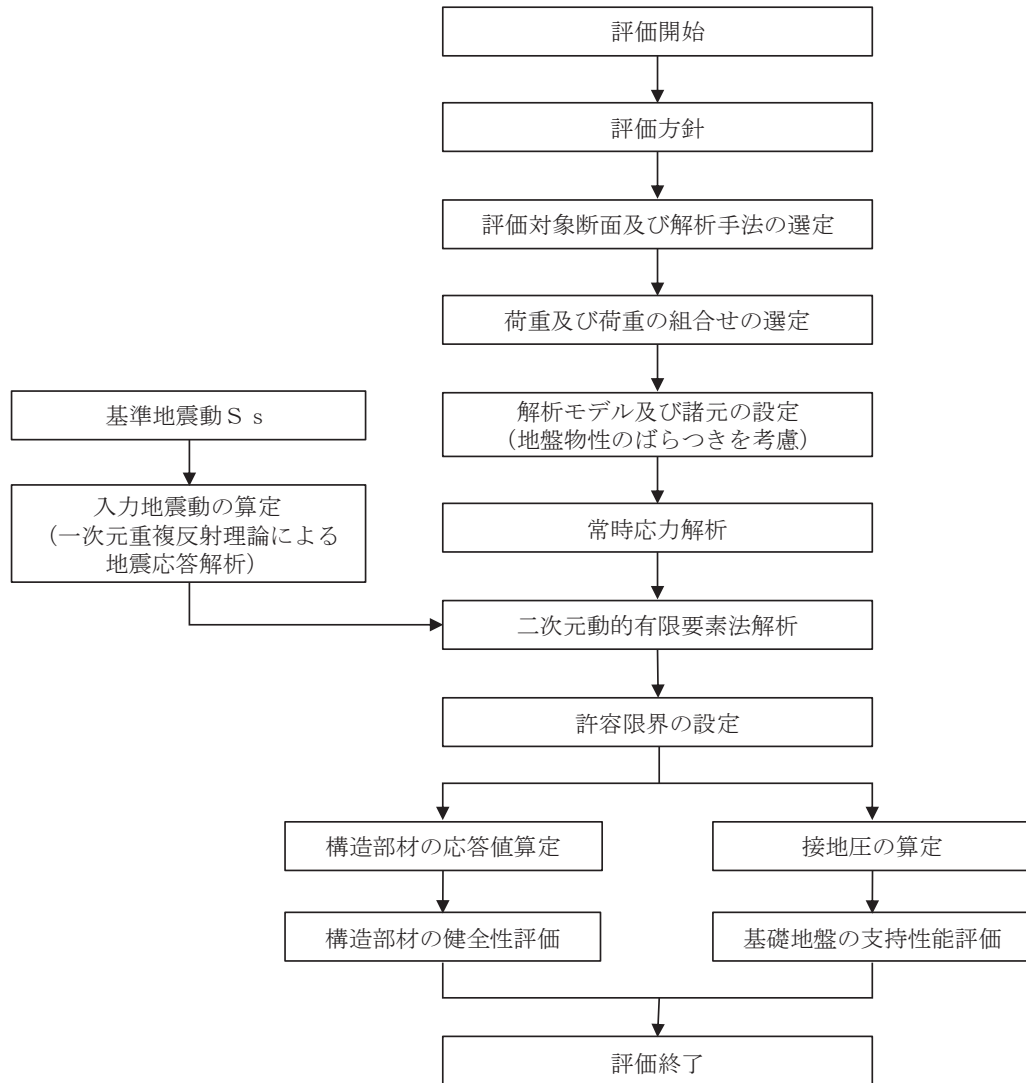


図 2-10 北側排水路の耐震評価フロー

2.8 適用規格

北側排水路の耐震評価に当たっては、コンクリート標準示方書[構造性能照査編]（土木学会 2002 年制定）（以下「コンクリート標準示方書」という。）、原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987（社団法人 日本電気協会 電気技術基準調査委員会）を適用する。

表 2-9 に適用する規格，基準等を示す。

表 2-9 適用する規格，基準類

項目	適用する規格，基準類	備考
使用材料及び材料の物性値	<ul style="list-style-type: none"> ・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） 	<ul style="list-style-type: none"> ・鉄筋の材料諸元 (γ, E, ν) ・コンクリートの材料諸元 (γ, E, ν)
荷重及び荷重の組合せ	<ul style="list-style-type: none"> ・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） 	<ul style="list-style-type: none"> ・永久荷重，偶発荷重等の適切な組合せを検討
許容限界	<ul style="list-style-type: none"> ・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） 	<ul style="list-style-type: none"> ・曲げ・軸力系の破壊に対する照査は，発生応力が短期許容応力度を下回ることを確認 ・せん断に対する照査は，発生せん断力が短期許容せん断力を下回ることを確認
地震応答解析	<ul style="list-style-type: none"> ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987（社団法人 日本電気協会 電気技術基準調査委員会） 	<ul style="list-style-type: none"> ・有限要素法による二次元モデルを用いた時刻歴非線形解析

注記*： 妥当な安全余裕を考慮する。

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二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、補足-610-20「屋外重要土木構造物の耐震安全性評価について」の「資料1 4.3 解析手法選定の方針」に基づき設定する。解析手法の選定フローを図 3-1 に示す。

北側排水路は、防潮堤（盛土堤防）内部を横断していることから、構造物の周囲にはセメント改良土が分布する。その外側には、岩盤、改良地盤及び防潮堤（鋼管式鉛直壁）の背面補強工が分布しており、周囲には液状化検討対象層は分布していない。

以上のことから、全応力解析により耐震評価を行う。

構造部材については、線形はり要素を用いる。

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（D級岩盤以外）は線形でモデル化する。盛土、旧表土、改良地盤及びD級岩盤については、地盤のひずみ依存性を適切に考慮できるように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を用いて非線形性を考慮する。

地震応答解析については、北側排水路の周辺の地下水位以深に液状化検討対象層が存在しないことから、液状化による影響を考慮する必要はない。解析コードについては、上位クラスである防潮堤（盛土堤防）と同様の解析コードである「FLIP Ver. 7.3.0_2」を使用する。

また、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

地震応答解析手法の選定フローを図 3-2 に示す。

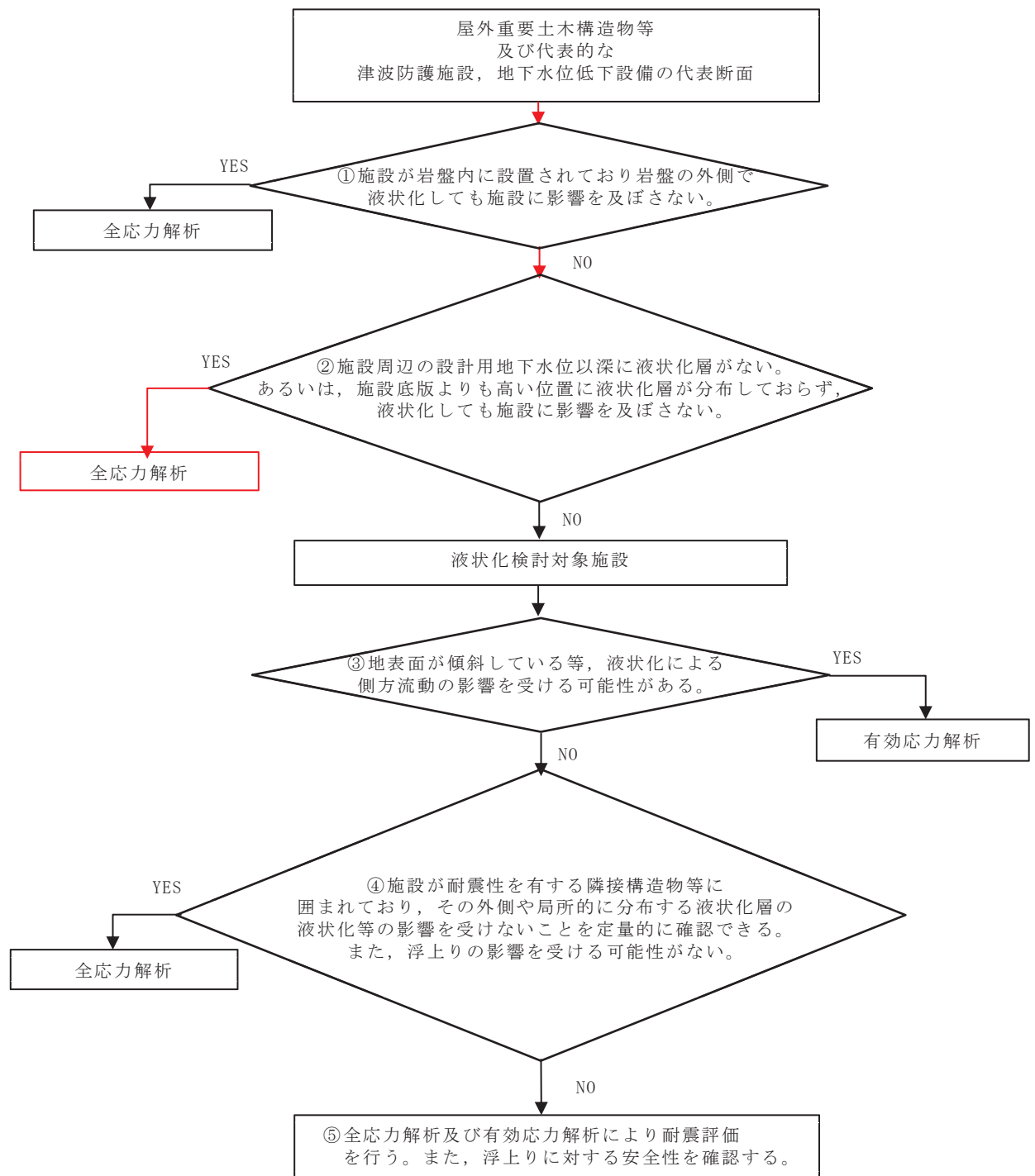


図 3-1 解析手法の選定フロー

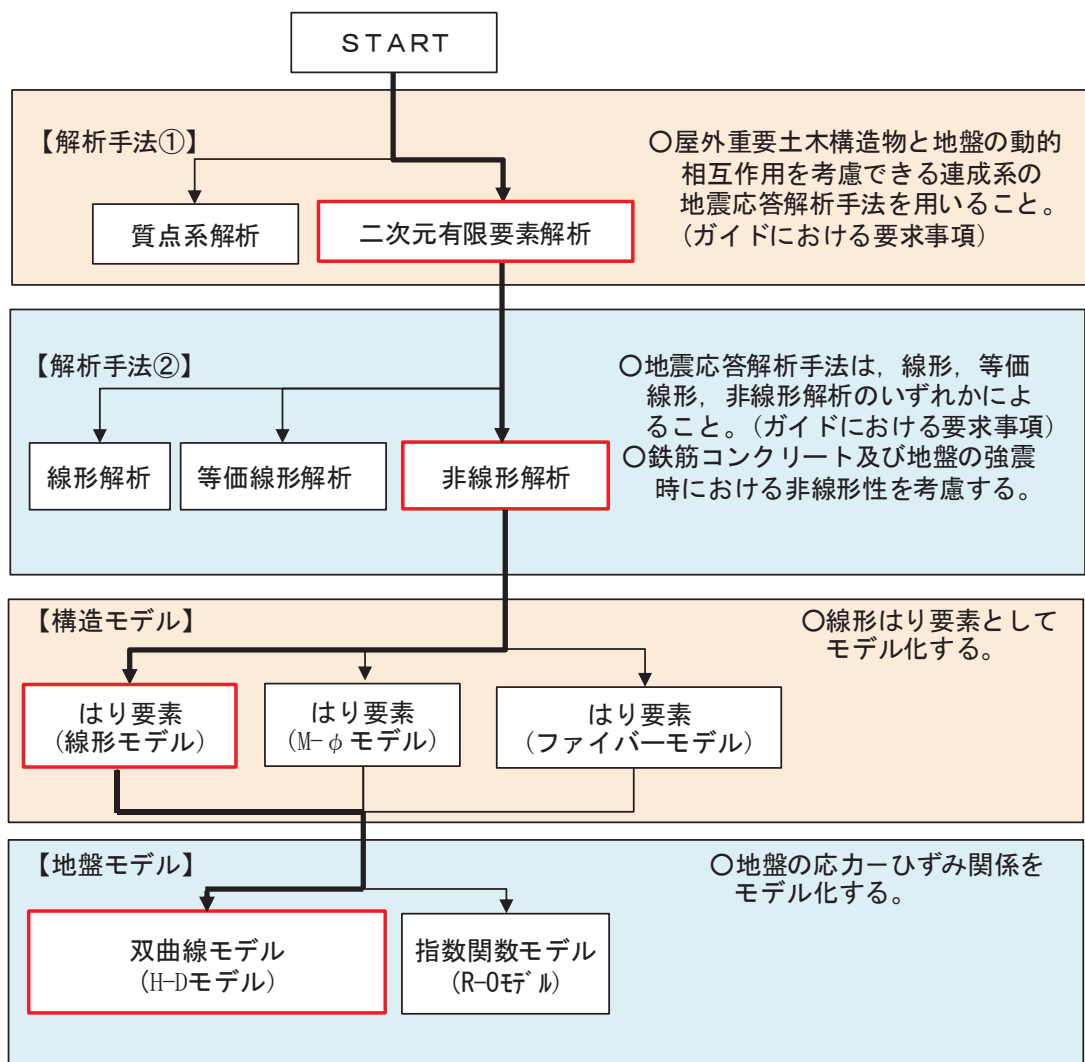


図 3-2 地震応答解析手法の選定フロー

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。具体的には、原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987（社団法人 日本電気協会 電気技術基準調査委員会）を参考に、図 3-3 に示すとおりモデル幅を構造物基礎幅の 5 倍程度以上、モデル高さを構造物基礎幅の 2 倍程度以上とする。

なお、解析モデルの境界条件は、側面およ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、土木学会マニュアルに従い、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。

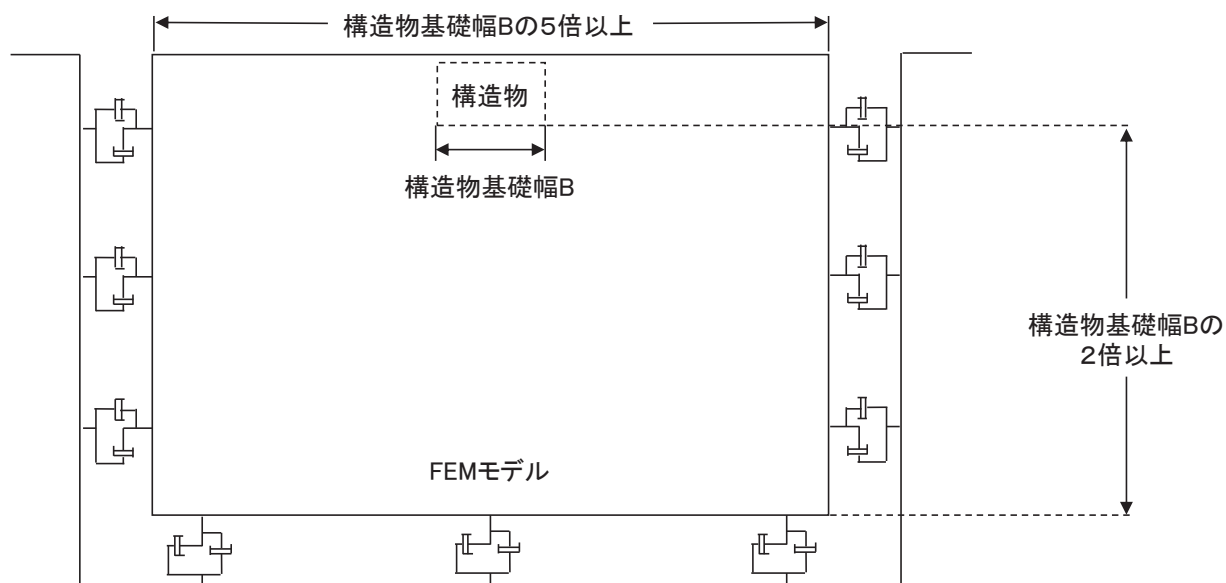


図 3-3 モデル化範囲の考え方

二次元地震応答解析モデルは、検討対象構造物とその周辺地盤をモデル化した不整形地盤に加え、この不整形地盤の左右に広がる地盤をモデル化した自由地盤で構成される。この自由地盤は、不整形地盤の左右端と同じ地質構成を有する一次元地盤モデルである。二次元地震応答解析における自由地盤の常時応力解析から不整形地盤の地震応答解析までのフローを図 3-4 に示す。

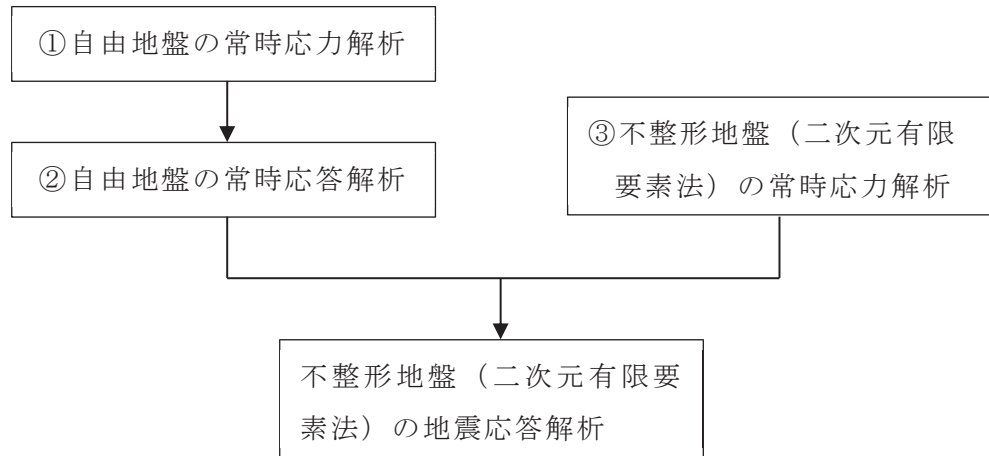


図 3-4 自由地盤の常時応力解析から不整形地盤（二次元有限要素法）の地震応答解析までのフロー

3.2.2 境界条件

(1) 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 3-5 に示す。

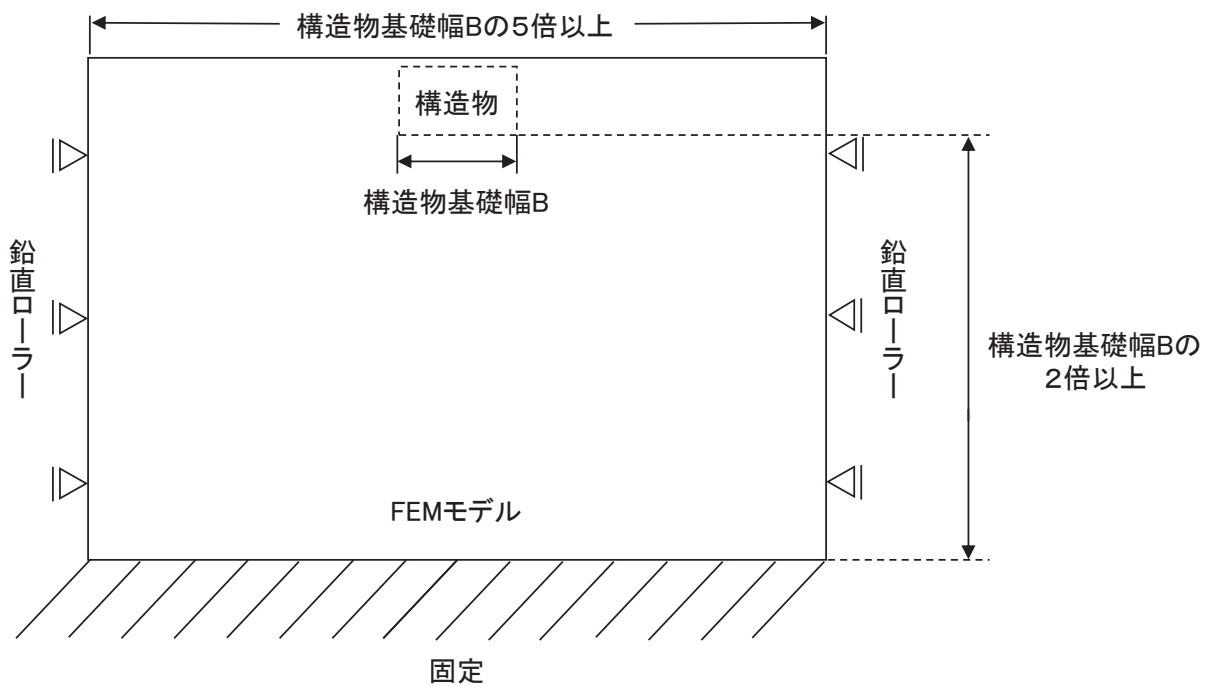
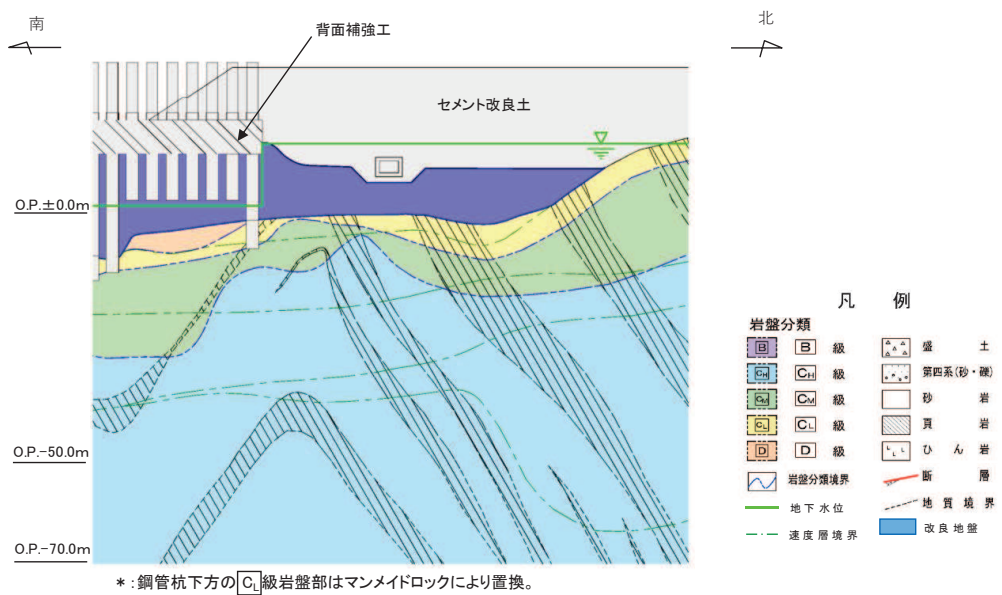


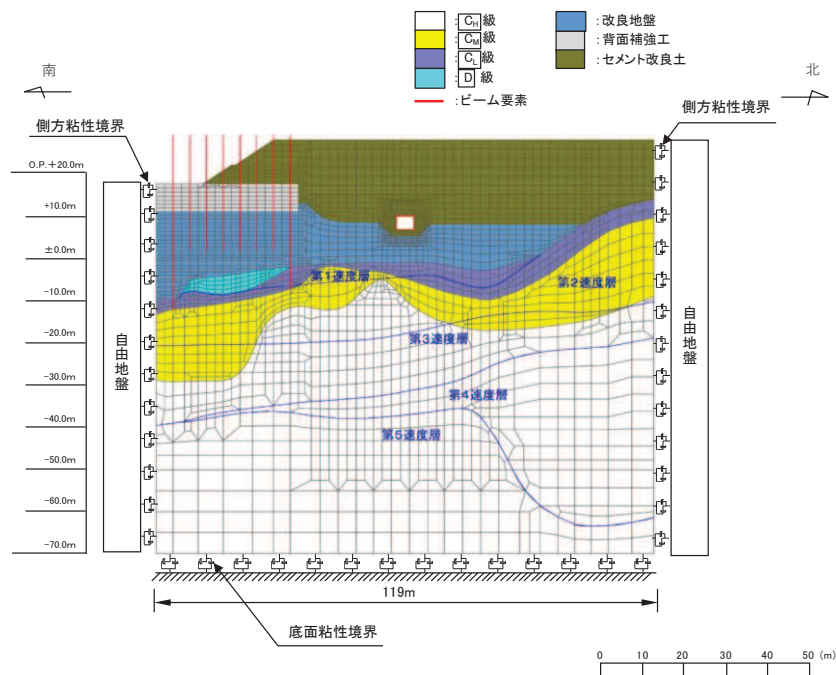
図 3-5 常時応力解析における境界条件の概念図

(2) 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形成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。北側排水路の地震応答解析モデルを図3-6に示す。



(a) 評価対象断面



(b) 地震応答解析モデル図

図3-6 北側排水路の解析モデル (A-A断面)

3.2.3 構造物のモデル化

北側排水路では，構造部材を線形はり要素でモデル化する。鉄筋コンクリート部材のはり要素の交点には，コンクリート標準示方書に基づき剛域を設ける。

北側排水路の解析モデルにおける構造物部分の拡大図を図 3-7 に示す。

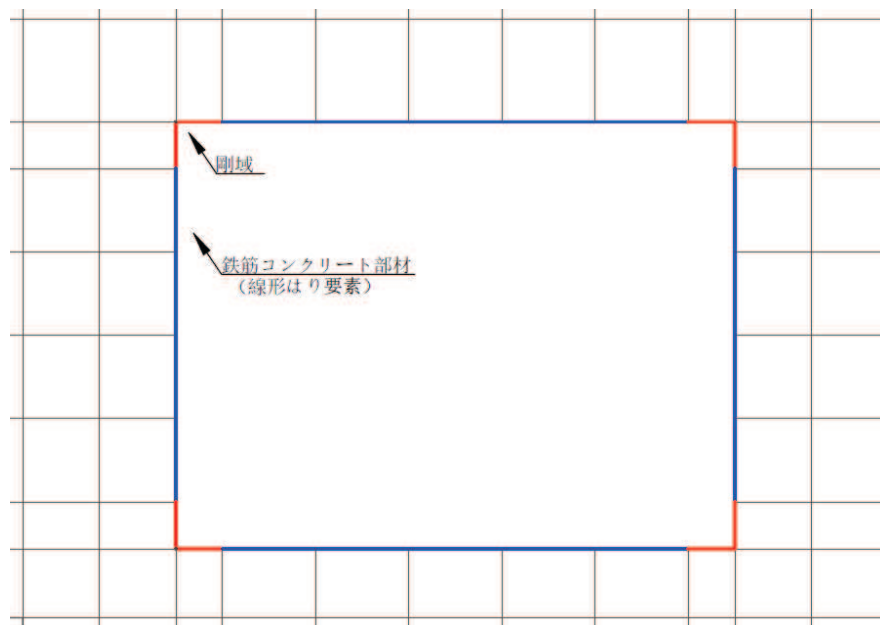


図 3-7 北側排水路の地震応答解析モデル（構造物部分拡大部）

3.2.4 隣接構造物のモデル化

隣接構造物として防潮堤（盛土堤防）及び防潮堤（鋼管式鉛直壁）をモデル化する。

防潮堤（盛土堤防）について，セメント改良土はひずみ依存性を適切に考慮できるマルチスプリングモデルを用いた非線形の平面ひずみ要素（ソリッド要素）でモデル化する。

防潮堤（鋼管式鉛直壁）について，鋼管杭は線形はり要素（ビーム要素）でモデル化する。背面補強工は線形の平面ひずみ要素（ソリッド要素）でモデル化する。

3.2.5 ジョイント要素の設定

地盤と構造体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体の接合面における剥離及びすべりを考慮する。

ただし、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。具体的には、背面補強工（コンクリート）と改良地盤の水平境界及びセメント改良土とコンクリートの水平境界については、双方の材料がセメント系の材料であって一体化しやすいこと及び打継処理が可能であることから、ジョイント要素を設定しない。

ジョイント要素は、地盤と構造体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、地盤と構造体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。図 3-8 にジョイント要素の力学特性、図 3-9 にジョイント要素の配置図を示す。

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、添付書類「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき表 3-1～表 3-2 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、隣り合う地盤又は構造物の各せん断強度のうち小さい値を採用することとし、表 3-3 のとおり設定する。

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

ここで、

- τ_f : せん断強度
- c : 粘着力
- ϕ : 内部摩擦角

表 3-1 周辺地盤との境界に用いる強度特性（牧の浜部層）

地盤	粘着力 c (N/mm ²)	内部摩擦角 ϕ (°)
C _M 級*	0.78	50.0
C _H 級*	1.29	54.0

注記* : 砂岩

表 3-2 周辺地盤との境界に用いる強度特性（共通）

地盤	粘着力 c (N/mm ²)	内部摩擦角 ϕ (°)
セメント改良土	0.65	44.3
改良地盤	1.39	22.1
D級	0.10	24.0
C _L 級	0.46	44.0

表 3-3 要素間の粘着力と内部摩擦角

条件	粘着力 c (N/mm ²)	内部摩擦角 ϕ (°)
改良地盤-岩盤	岩盤の c	岩盤の ϕ
セメント改良土-岩盤	岩盤の c	岩盤の ϕ
改良地盤-背面補強工	改良地盤の c	改良地盤の ϕ
改良地盤-セメント改良土	セメント改良土の c	セメント改良土の ϕ
背面補強工-セメント改良土	セメント改良土の c	セメント改良土の ϕ
構造物-セメント改良土	セメント改良土の c	セメント改良土の ϕ
背面補強工ブロック間*	0	0

注記*：背面補強工ブロック間は構造目地が設置されるため、ジョイント要素の強度を 0 とする。

ジョイント要素のばね定数は、数値解析上、不安定な挙動を起こさない程度に十分な値とし、松本らの方法（松本ら：基礎構造物における地盤・構造物境界面の実用的な剛性評価法，応用力学論文集 Vol.12 pp10612070，2009）に従い，表 3-4 のとおり設定する。

表 3-4 ジョイント要素のばね定数

地盤	せん断剛性 k_s (kN/m ³)	圧縮剛性 k_n (kN/m ³)
盛土・旧表土	1.0×10^6	1.0×10^6
岩盤・セメント改良土・改良地盤	1.0×10^7	1.0×10^7

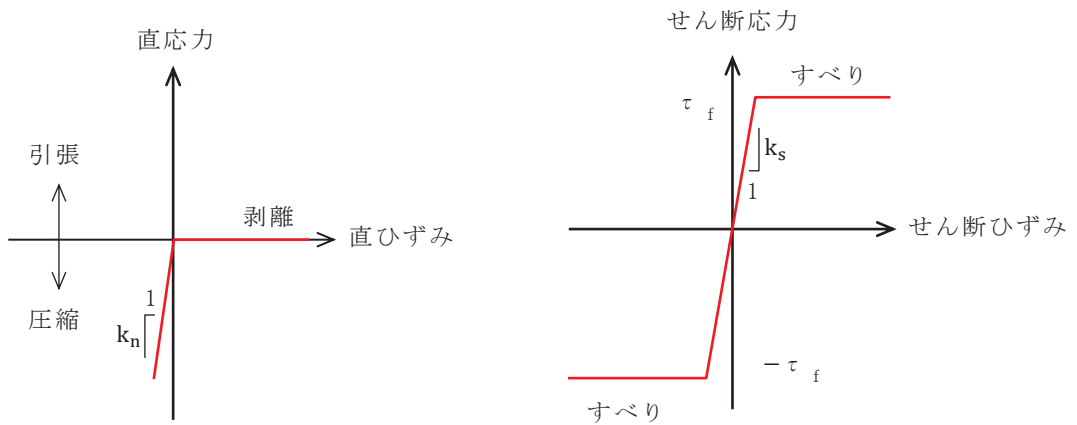


図 3-8 ジョイント要素の力学特性

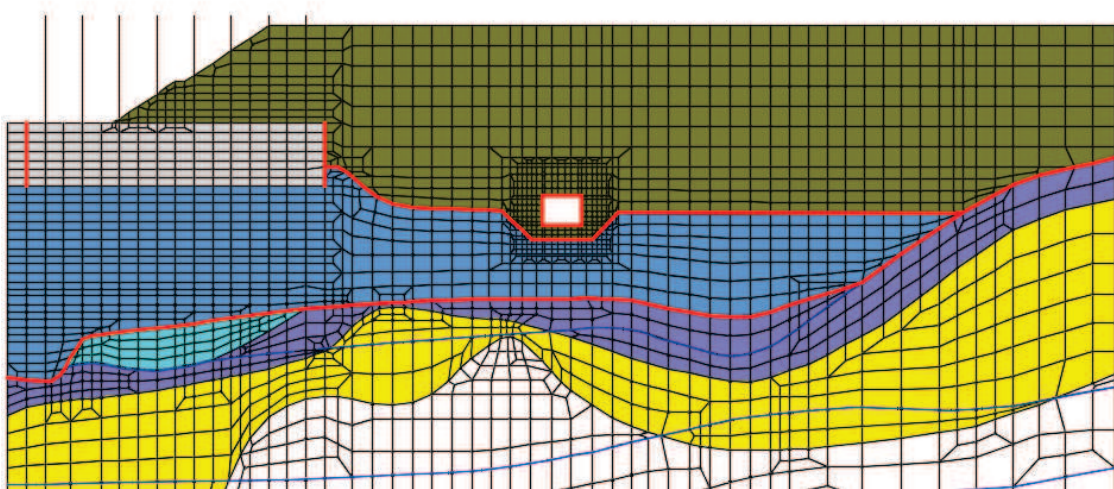
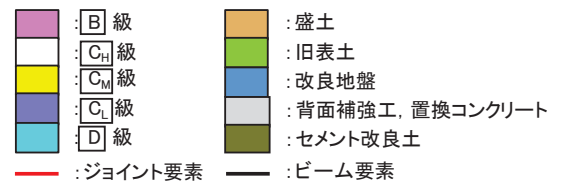


図 3-9 A-A 断面におけるジョイント要素の配置図

3.3 減衰定数

減衰定数は、補足 610-20「屋外重要土木構造物の耐震安全性評価について」の「9. 地震応答解析における減衰定数」に基づき、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解析モデル全体の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。

$$[c] = \alpha [m] + \beta [k]$$

[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

Rayleigh 減衰は, 剛性比例型減衰 ($\alpha=0, \beta=0.002$) を考慮する。なお, 係数 β の設定については, 「FLIP 研究会 14 年間の検討成果のまとめ「理論編」」を基に設定している。

3.4 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）及び地震時荷重を抽出し、それぞれを組み合わせて設定する。地震時荷重には、地震時土圧による荷重が含まれるものとする。

積雪荷重として、発電所の最寄りの気象官署である石巻特別地域気象観測所で観測された月最深積雪の最大値である43cmに平均的な積雪荷重を与えるための係数0.35を考慮した値を設定する。また、建築基準法施行令第86条第2項により、積雪量1cmごとに20N/m²の積雪荷重が作用することを考慮する。

なお、北側排水路は、防潮堤（盛土堤防）を横断する構造物であることから運転時の異常な過度変化時の状態及び設計基準事故時の状態の影響を受けないと考えられているため、当該状態についての組合せは考慮しないものとする。また、重大事故等対処時においても、地中で設計基準事故時の条件を上回るような事象は発生しないため、設計基準事故時の条件を上回る荷重はない。

荷重の組合せを表3-5に示す。

表3-5 荷重の組合せ

種別		荷重		算定方法
永久荷重	常時考慮荷重	躯体自重	○	設計図書に基づいて、対象構造物の体積に材料の密度を乗じて設定する。
		機器・配管自重	—	対象構造物に作用する機器・配管はないため考慮しない。
		土被り荷重	○	常時応力解析により設定する。
		積載荷重	○	積雪荷重を含めて4.9kN/m ² を考慮する。
		静止土圧	○	常時応力解析により設定する。
		外水圧	○	0.P.+13.8mを静水面とした外水圧を考慮する。
		内水圧	—	内水圧は考慮しない。
		積雪荷重	○	積雪荷重を考慮する。
		風荷重	—	風荷重は考慮しない。
偶発荷重		水平地震動	○	基準地震動S _s による水平及び鉛直同時加振を考慮する。
		鉛直地震動	○	

3.4.1 外水圧

北側排水路の外部には，O.P. +13.8m を静水面とした静水圧を外水圧として設定する。

設定の際には，海水の密度として 1.03g/cm^3 を考慮する。

外水圧を図 3-10 に示す。

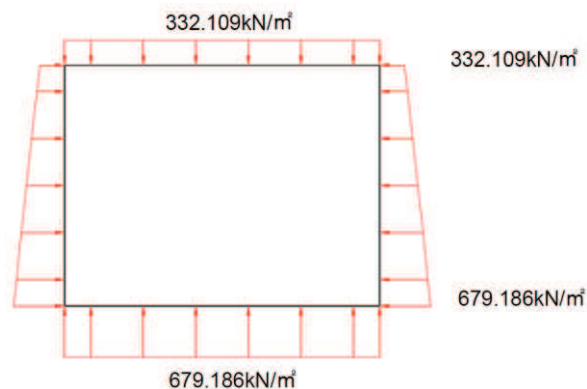


図 3-10 外水圧図

3.4.2 積載荷重

北側排水路に作用する積載荷重図を図 3-11 に示す。

地震時に北側排水路に作用する積載荷重については，積雪荷重を含めて単位奥行き（1m）当たりの付加重量として地表面に 4.9kN/m^2 を考慮する。

なお，積雪荷重は，発電所の最寄りの気象官署である石巻特別地域気象観測所で観測された月最深積雪の最大値である 43cm に平均的な積雪荷重を与えるための係数 0.35 を考慮した値を設定する。また，建築基準法施行令第 86 条第 2 項により，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， 0.301kN/m^2 としている。

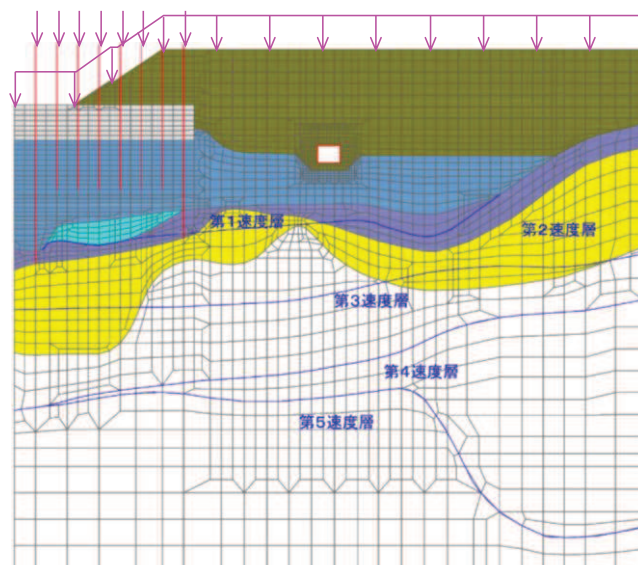


図 3-11 積載荷重の荷重図

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

北側排水路は、地盤に埋設及び防潮堤（盛土堤防）内を横断する鉄筋コンクリート構造物であり、構造物の耐震性に支配的な損傷モードは地盤のせん断変形を伴う構造部材の曲げ・軸力系の破壊及びせん断破壊となる。そのため、ばらつきを考慮する物性値は、評価対象構造物周辺に主として盛土、旧表土、改良地盤、セメント改良土及びD級岩盤といった、動的変形特性にひずみ依存性がある地盤が分布し、これらの地盤が地震時に構造物への応答に大きく影響を与えると判断される場合は、これらの物性のばらつきについて影響を確認する。

ばらつきを考慮する物性は、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 3-6 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 3-6 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-600-1「地盤の支持性能について」に示す。

表 3-6 耐震評価における解析ケースの一覧

解析ケース	材料物性 (コンクリート) (E_0 : ヤング係数)	地盤物性	
		旧表土, 盛土, D級岩盤, セメント改良土, 改良地盤 (G_0 : 初期せん断弾性係数)	C _L 級岩盤, C _M 級岩盤, C _H 級岩盤, E級岩盤 (G_d : 動せん断弾性係数)
ケース① (基本ケース)	設計基準強度	平均値	平均値
ケース②	設計基準強度	平均値 + 1 σ	平均値
ケース③	設計基準強度	平均値 - 1 σ	平均値

(2) 材料物性のばらつきを考慮した解析ケース

北側排水路は、新設の構造物であり、許容応力度法による設計を行うなど、裕度を確保した設計とすることから、材料物性のばらつきを考慮した構造解析及び耐震評価は実施しない。

(3) 耐震評価における解析ケースの組合せ

屋外重要土木構造物等の耐震評価においては、基本ケース（ケース①）において、基準地震動 S_s （7波）及びこれらに水平動の位相反転を考慮した地震動（7波）を加えた全14波を実施する。

上記のケース①において、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において照査値が0.5以上となるすべての照査項目に対して、最も厳しい地震動を用いて、図3-12に示すケース②～③を実施する。照査値がいずれも0.5未満の場合は、照査値が最も厳しくなる地震動を用いてケース②～③を実施する。

また、上記解析ケースの結果を踏まえ、更に照査値が大きくなる可能性がある場合は、追加解析を実施する。

耐震評価に対する解析ケースの組合せを表3-7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3-13に示す。

なお、地中に埋設された北側排水路は「補足-610-20【屋外重要土木構造物の耐震安全性評価について】屋外重要土木構造物の耐震安全性評価についての参考資料 参考資料7 地中構造物への鉛直地震動の位相が与える影響」に示すように、地中構造物については、鉛直地震動は耐震性に顕著な影響を及ぼさないものと判断されることから、鉛直地震動の位相反転は考慮しない。

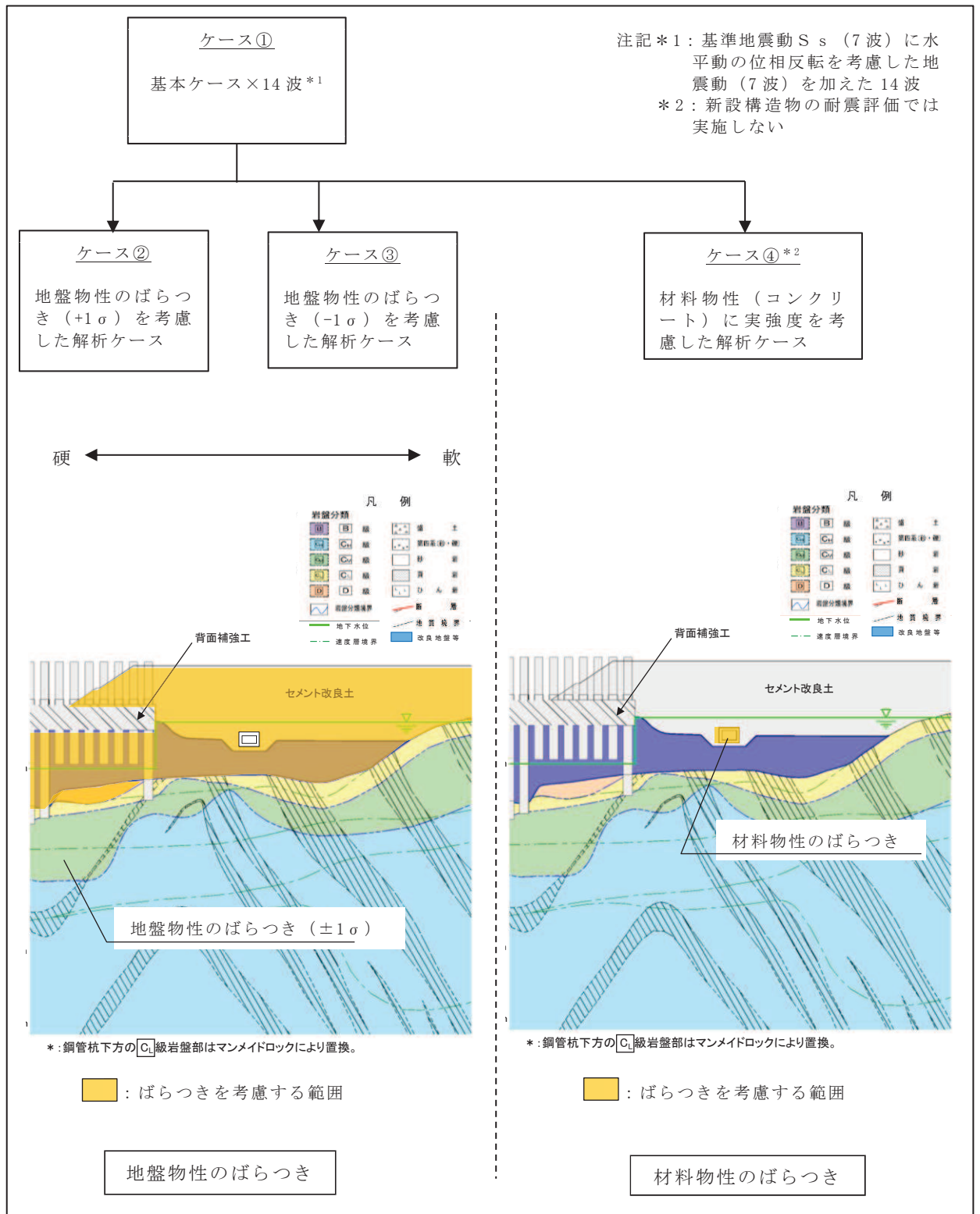


図 3-12 耐震評価における解析ケース

表 3-7 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 (+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		設計基準強度	設計基準強度	設計基準強度
地盤物性		平均値	平均値 + 1σ	平均値 - 1σ
地震動 (位相)	S _s -D 1	++*	○	基準地震動 S _s (7 波) 及び水平動の位相反転を考慮した地震動 (7 波) を加えた全 14 波により照査を行ったケース① (基本ケース) の結果から、曲げ・軸力系の破壊に対する照査、せん断破壊に対する照査及び基礎地盤の支持力照査の照査項目ごとに照査値が 0.5 以上となる照査項目に対して、最も厳しい地震動を用いてケース②~③を実施する。 照査値がいずれも 0.5 未満の場合は、照査値が最も厳しくなる地震動を用いてケース②~③を実施する。
		-+*	○	
	S _s -D 2	++*	○	
		-+*	○	
	S _s -D 3	++*	○	
		-+*	○	
	S _s -F 1	++*	○	
		-+*	○	
	S _s -F 2	++*	○	
		-+*	○	
	S _s -F 3	++*	○	
		-+*	○	
	S _s -N 1	++*	○	
		-+*	○	

注記 * : 耐震評価に当たっては、「土木学会マニュアル」に従い、水平方向の位相反転を考慮する。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。

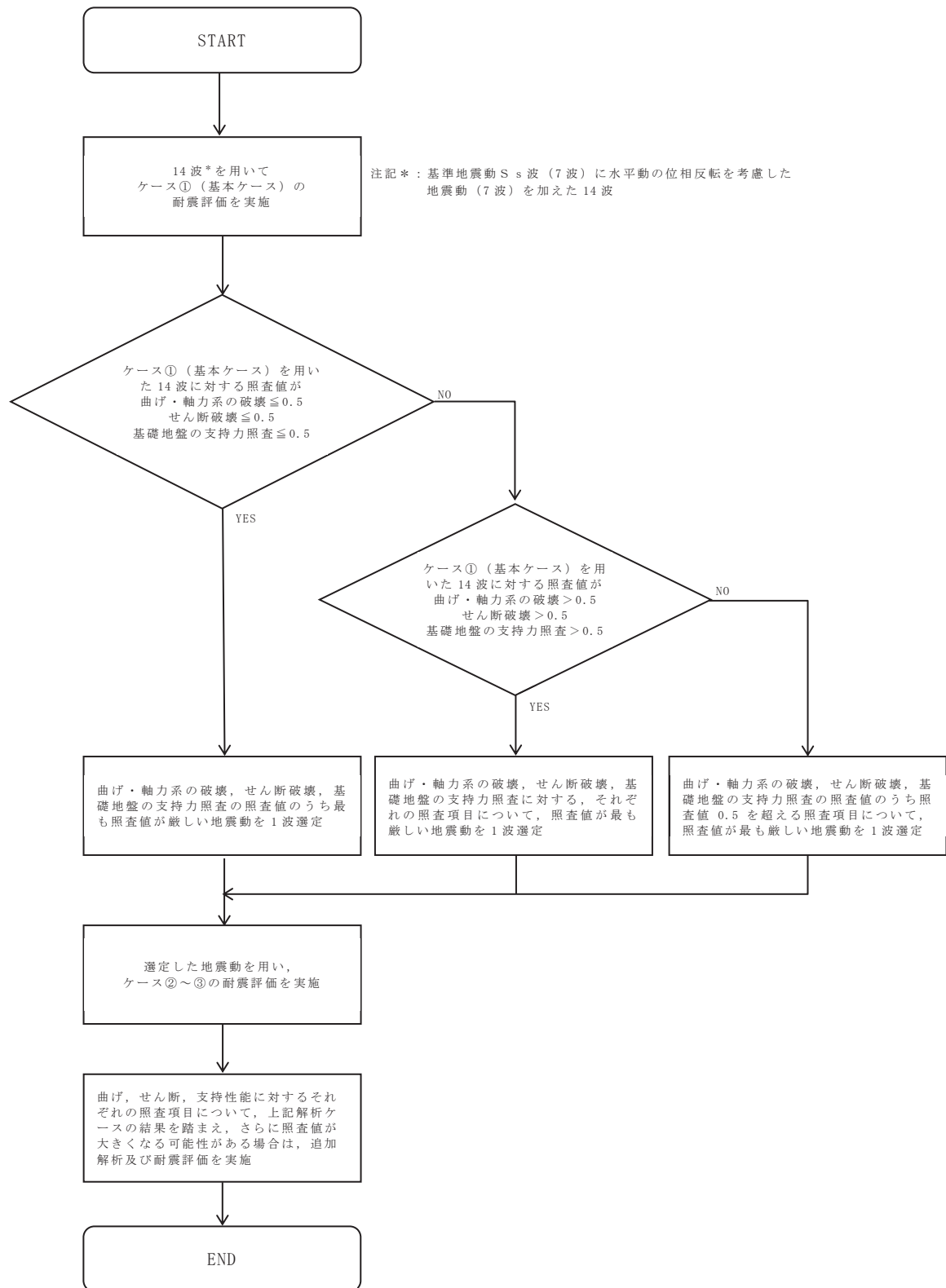


図 3-13 追加解析を実施する地震動の選定フロー

4. 評価条件

4.1 入力地震動の設定

入力地震動は、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」のうち「2.3 屋外重要土木構造物」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 を一次元重複反射理論により地震応答解析モデル底面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、添付書類「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」に示す地下構造モデルを用いる。

図4-1に入力地震動算定の概念図を、図4-2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示す。入力地震動の算定には、解析コード「SHAKE Ver 1.6」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、添付書類「VI-5 計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

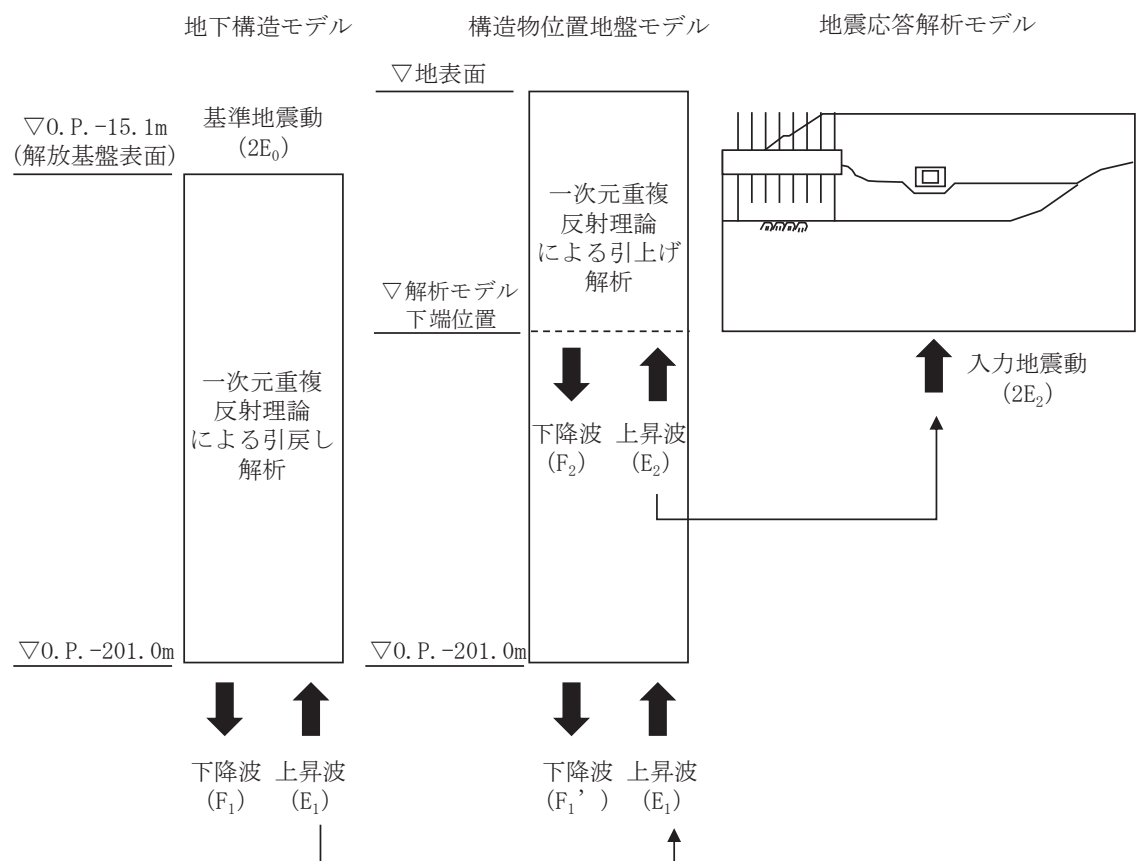
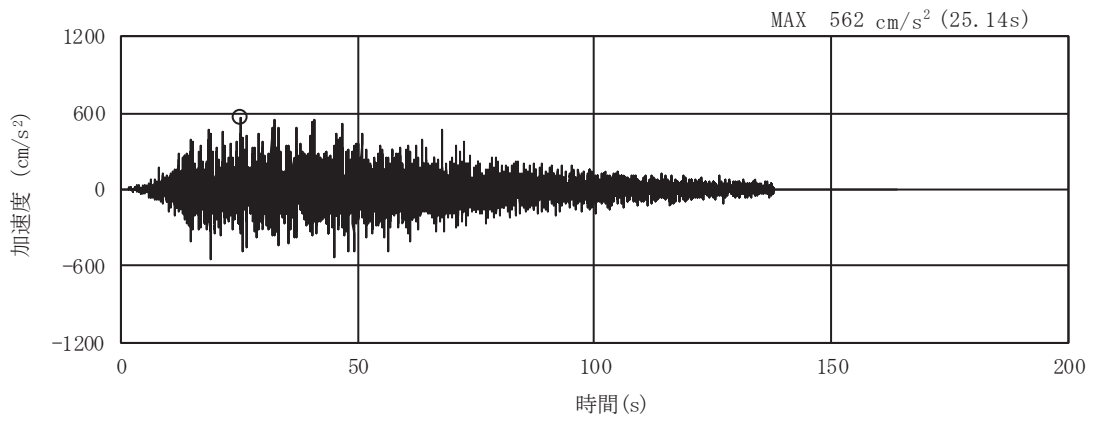
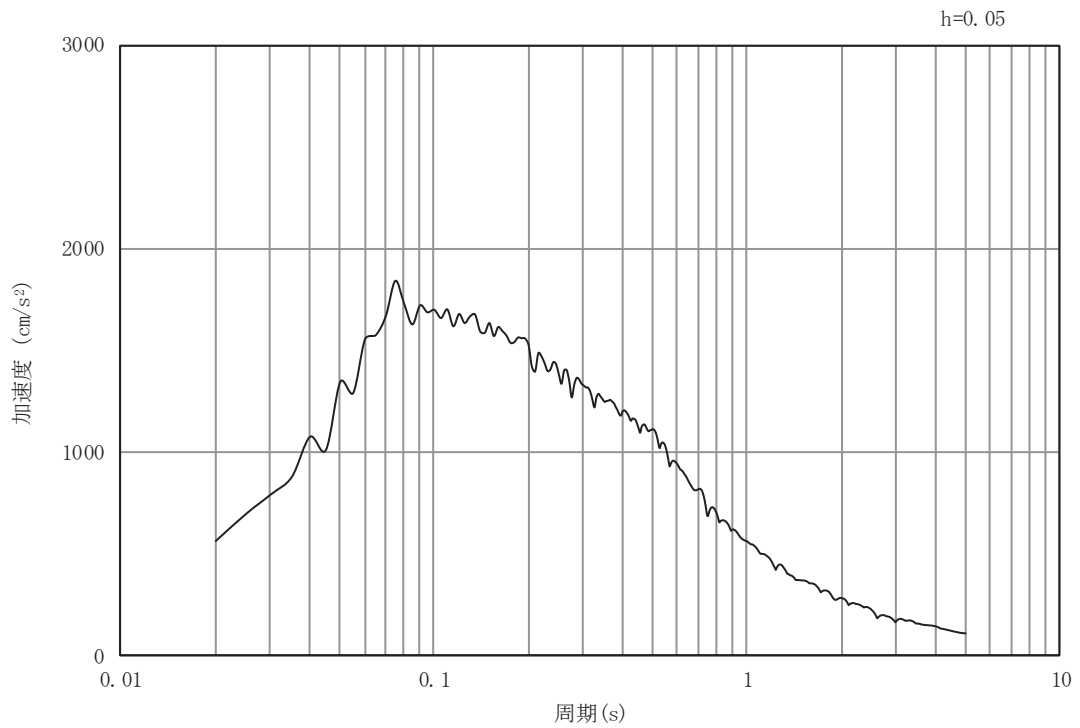


図4-1 入力地震動算定の概念図

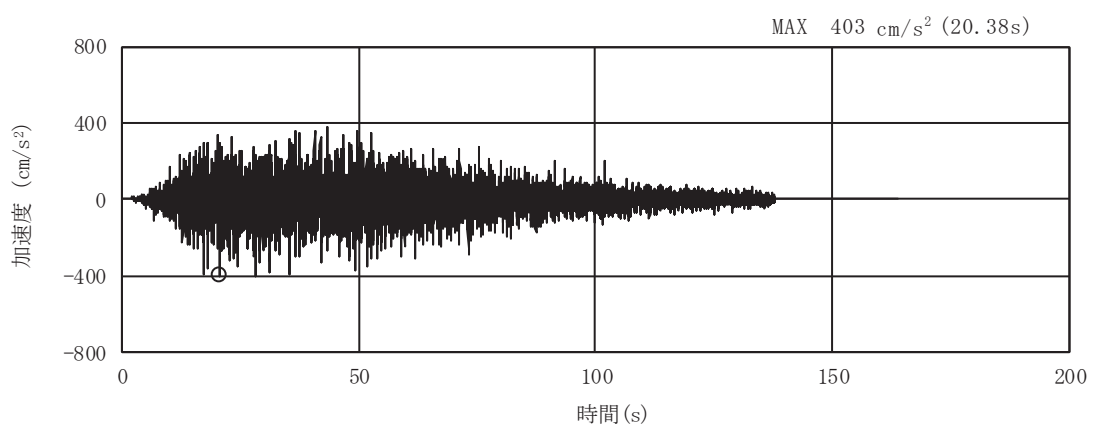


(a) 加速度時刻歴波形

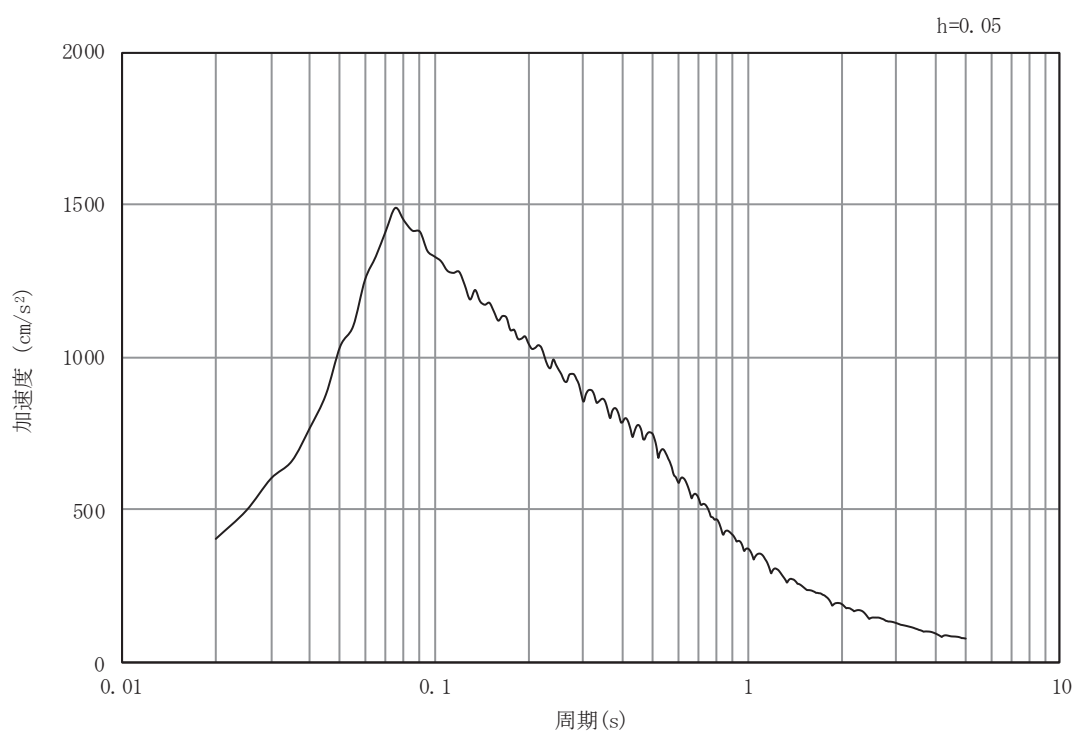


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-2(1) 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
(水平方向：S s - D 1)

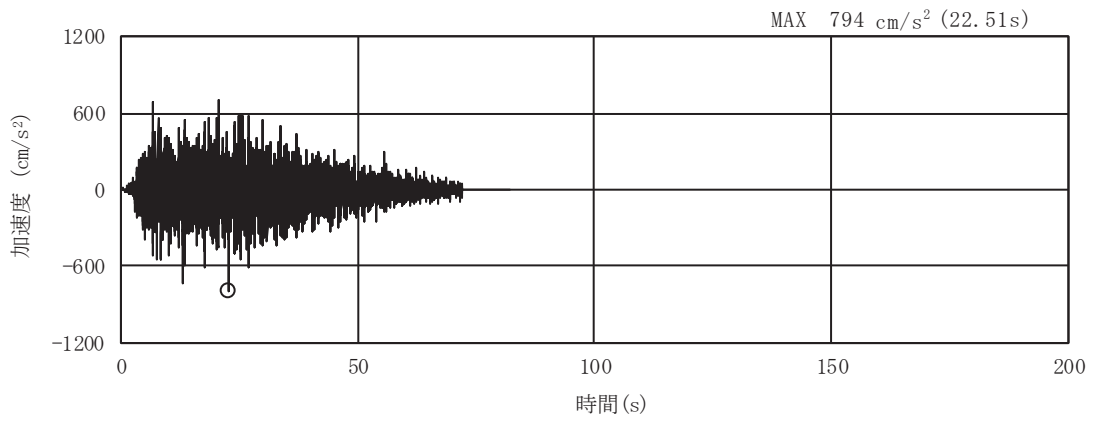


(a) 加速度時刻歴波形

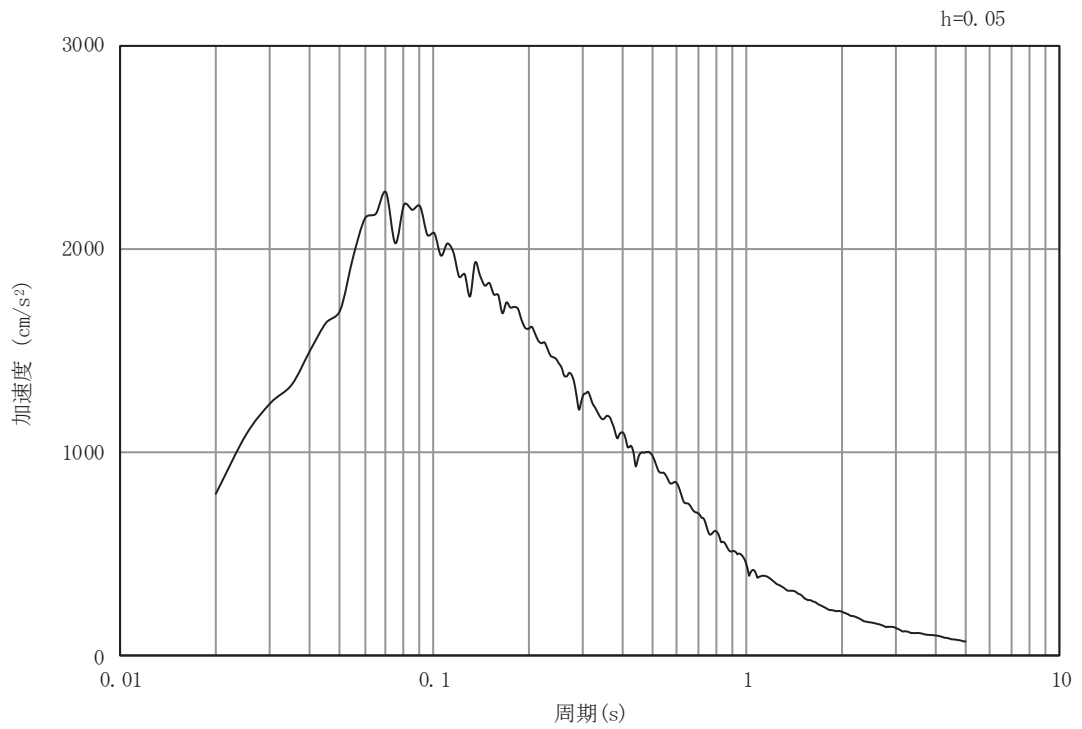


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-2(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
(鉛直方向：S s - D 1)

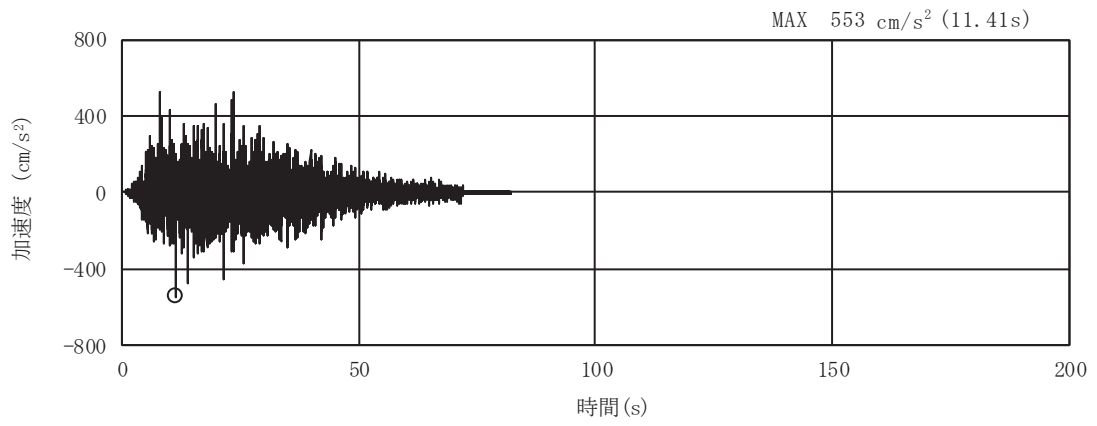


(a) 加速度時刻歴波形

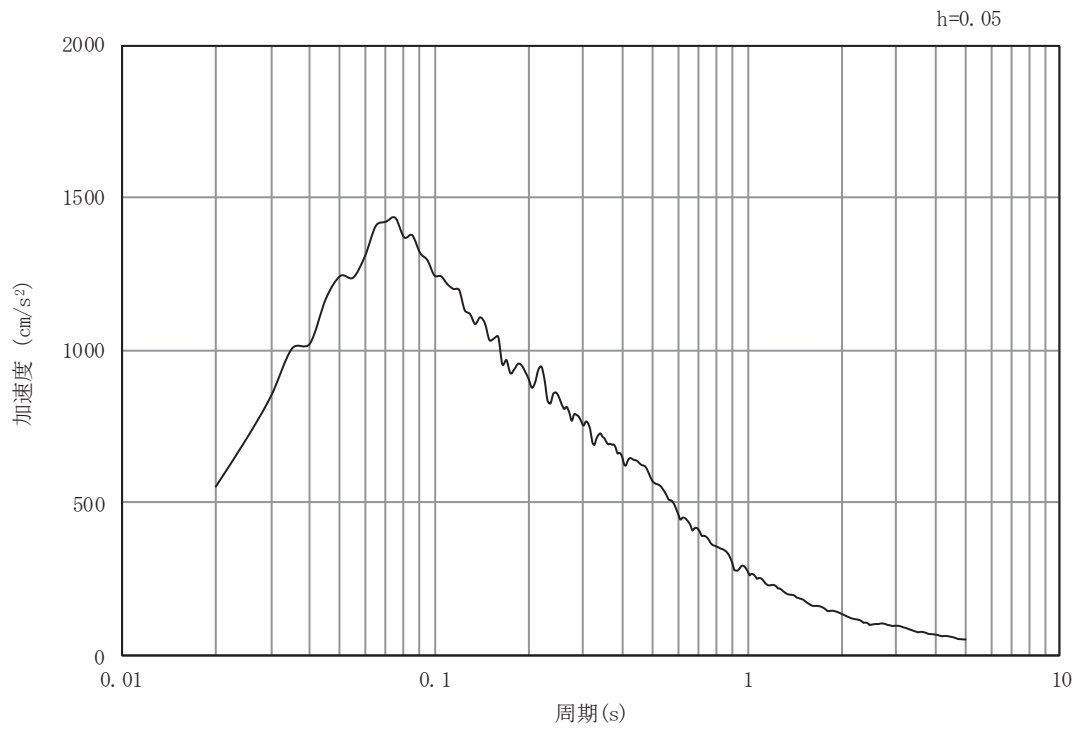


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-2(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
(水平方向 : S s - D 2)

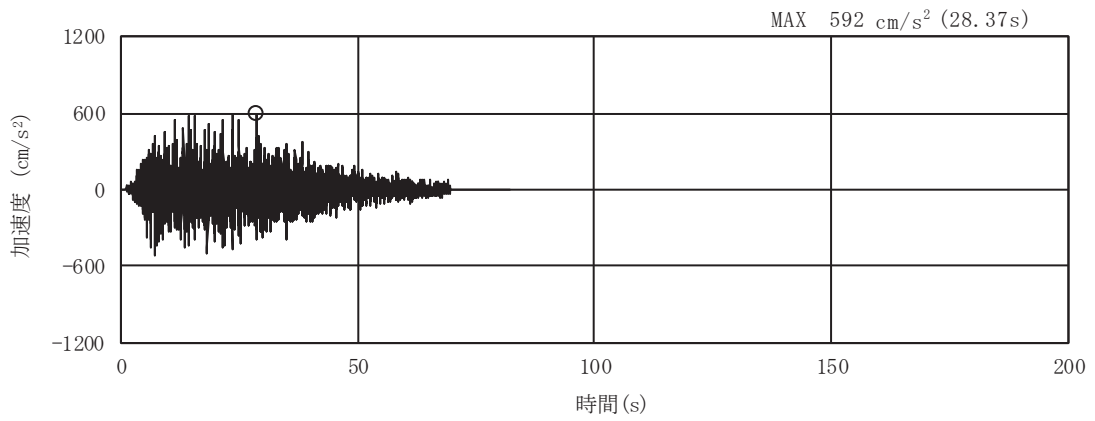


(a) 加速度時刻歴波形

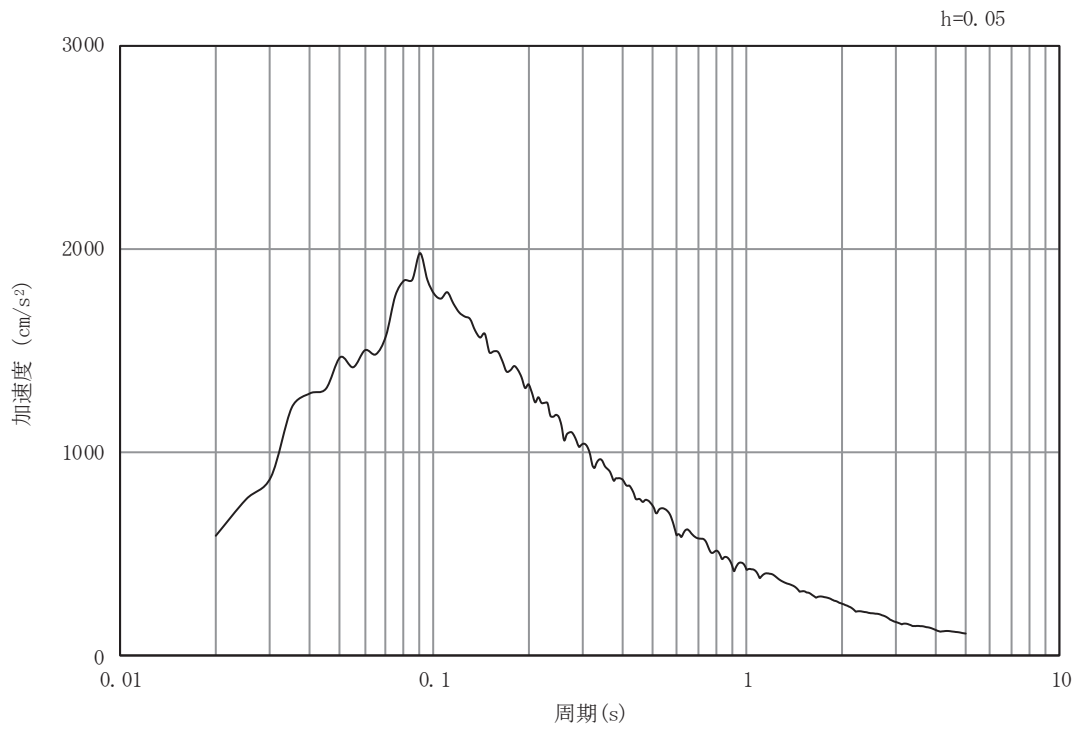


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-2(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
(鉛直方向：S s - D 2)

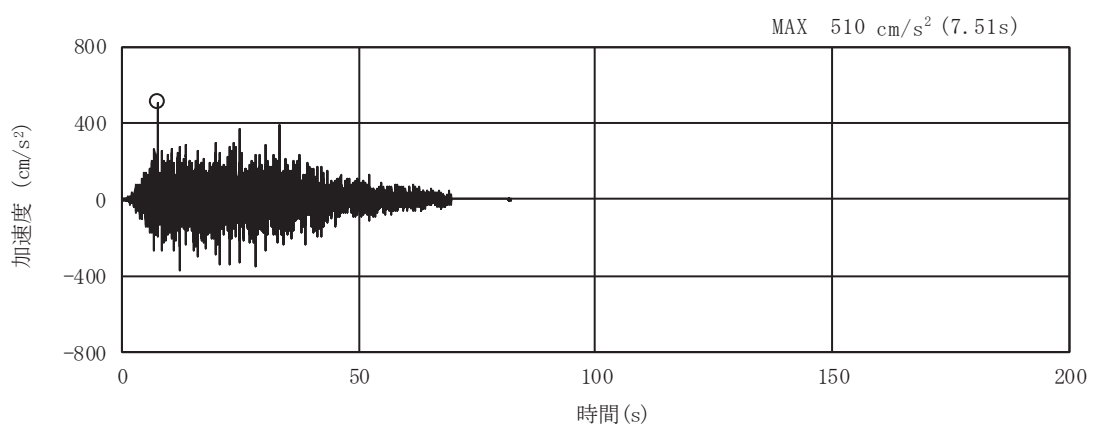


(a) 加速度時刻歴波形

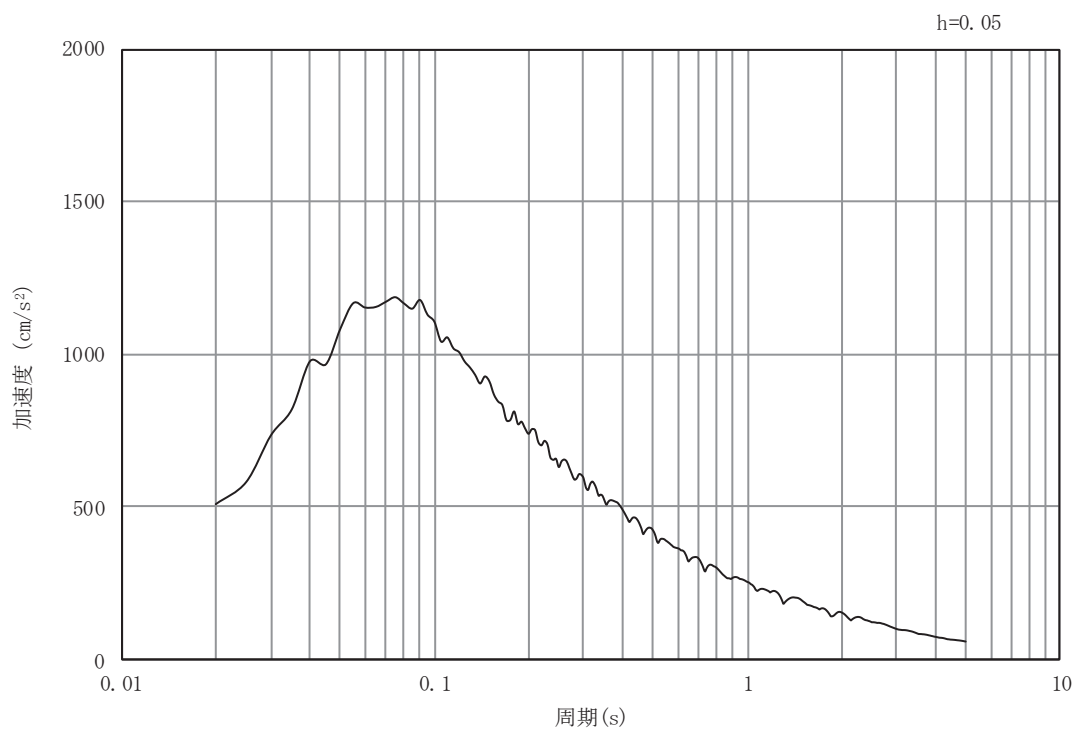


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-2(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
(水平方向 : S s - D 3)

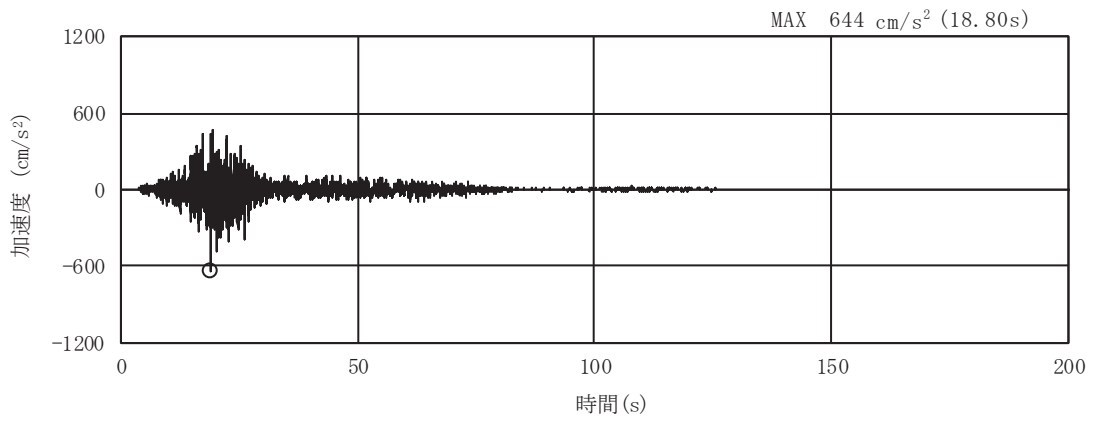


(a) 加速度時刻歴波形

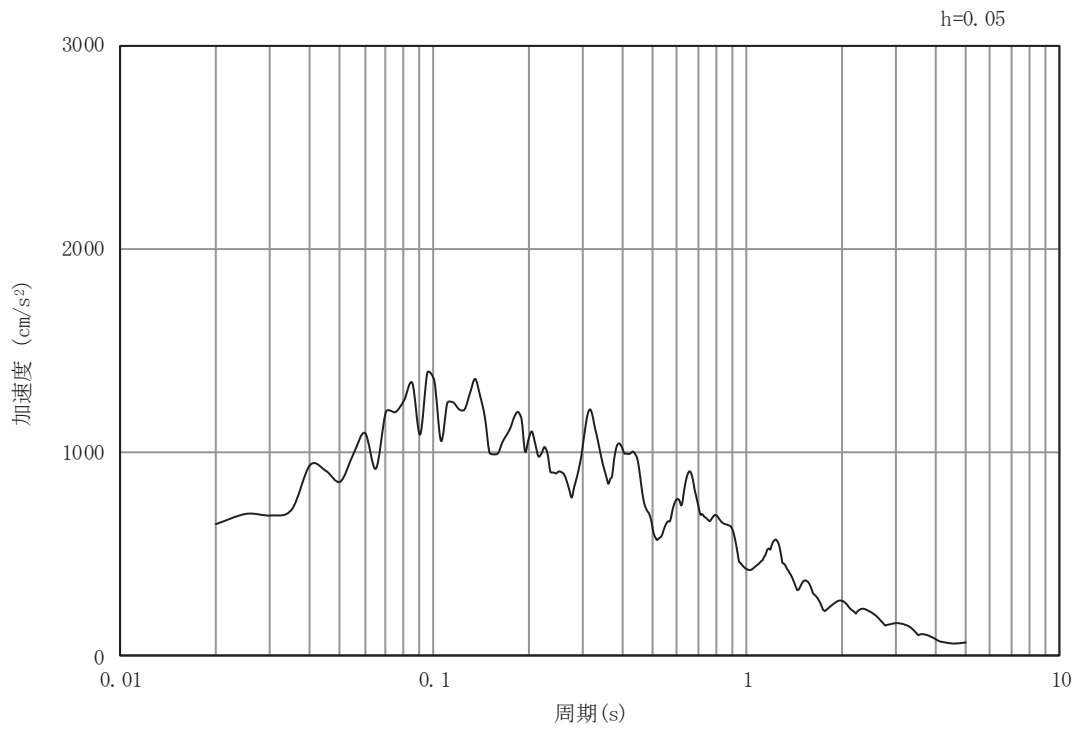


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-2(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
(鉛直方向：S s - D 3)

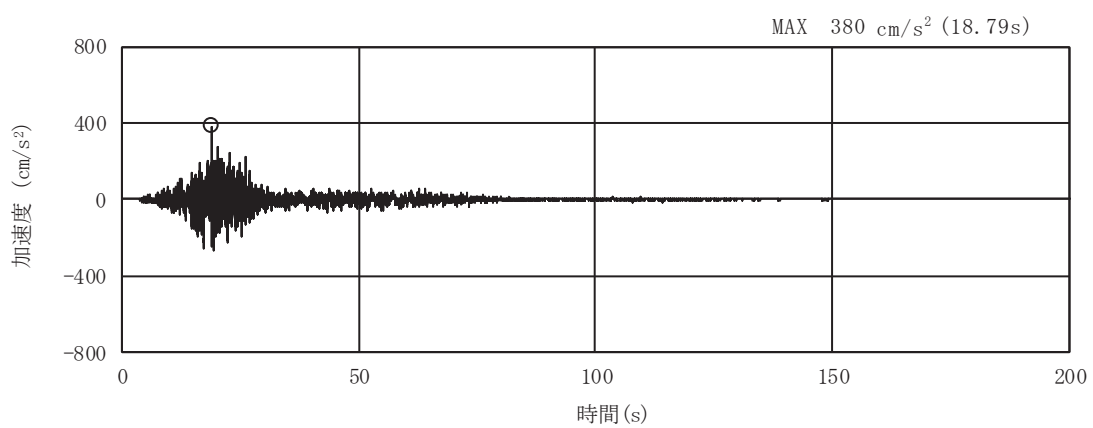


(a) 加速度時刻歴波形

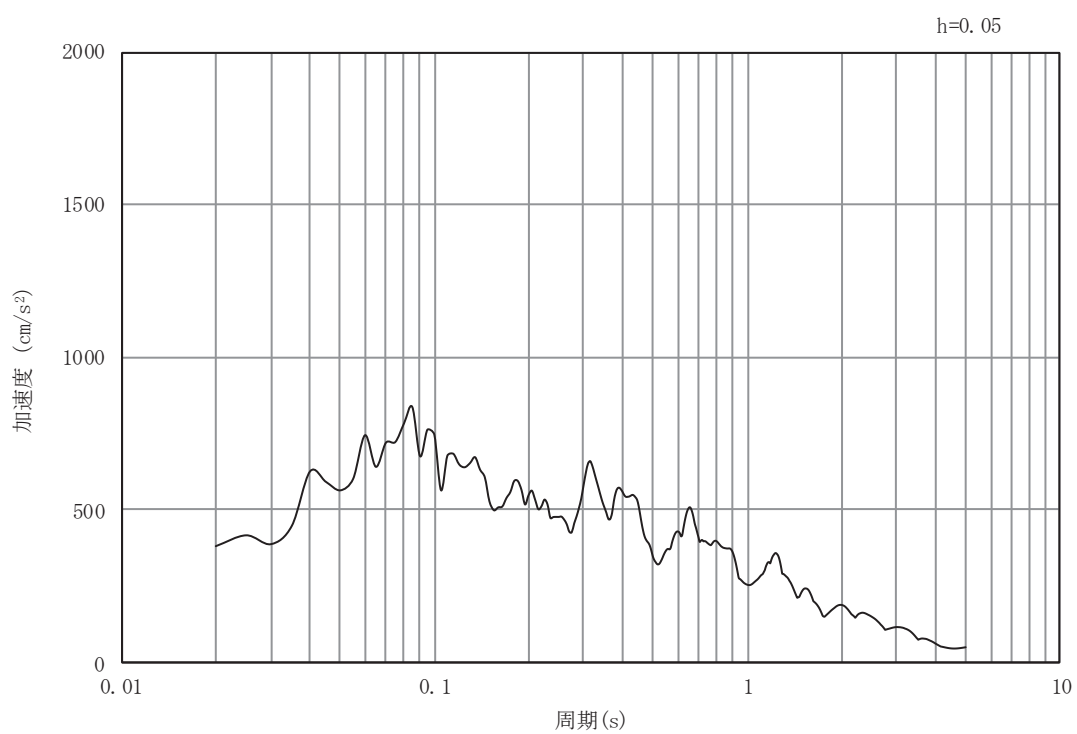


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-2(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
(水平方向 : S s - F 1)

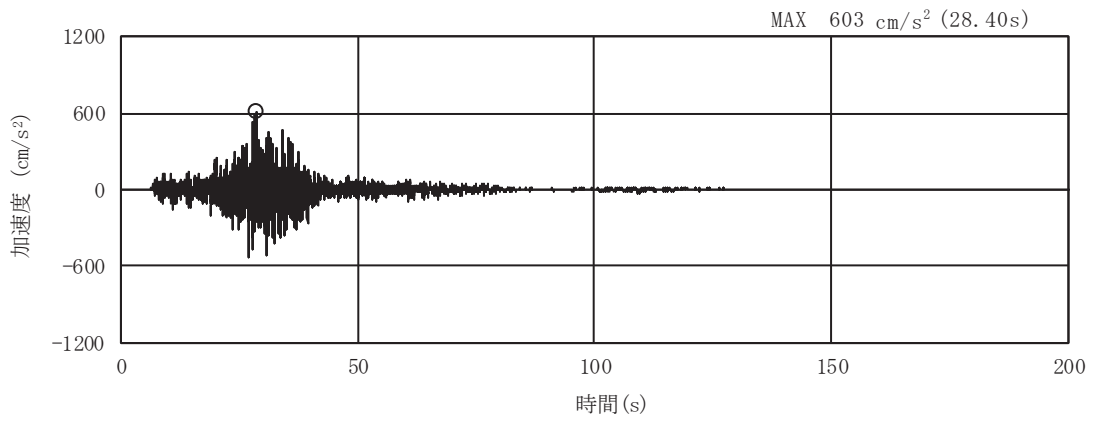


(a) 加速度時刻歴波形

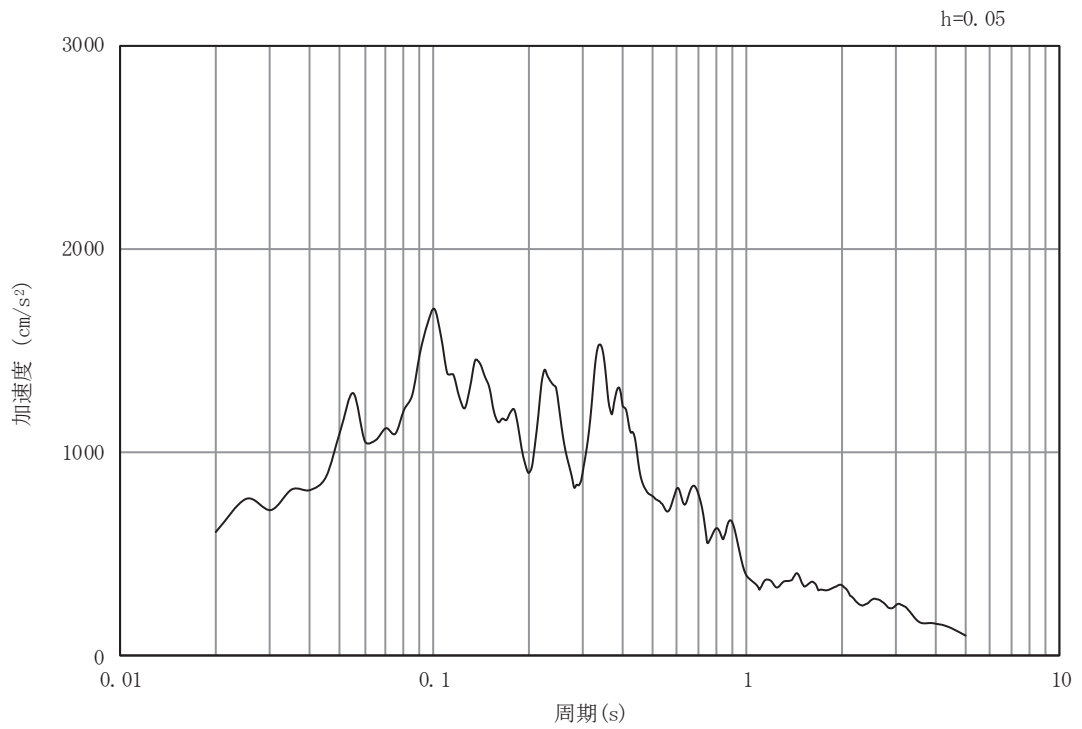


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-2(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
(鉛直方向：S s - F 1)

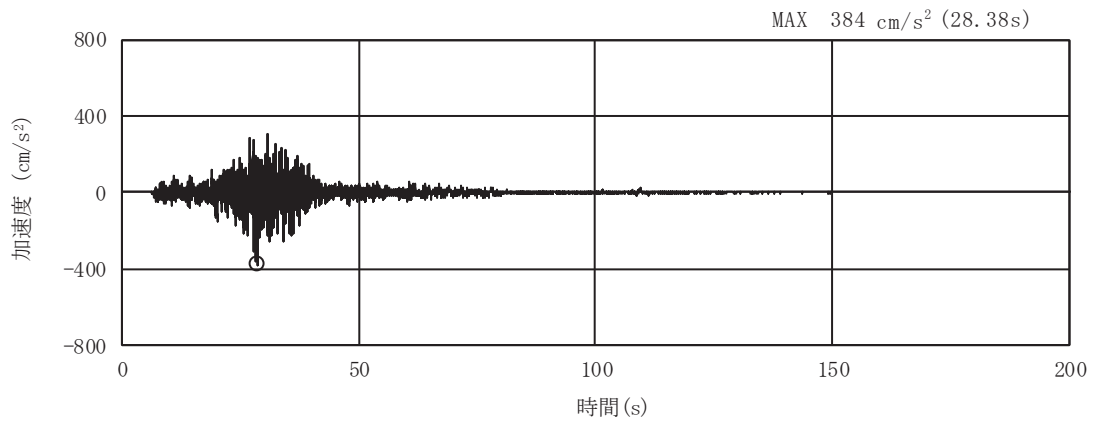


(a) 加速度時刻歴波形

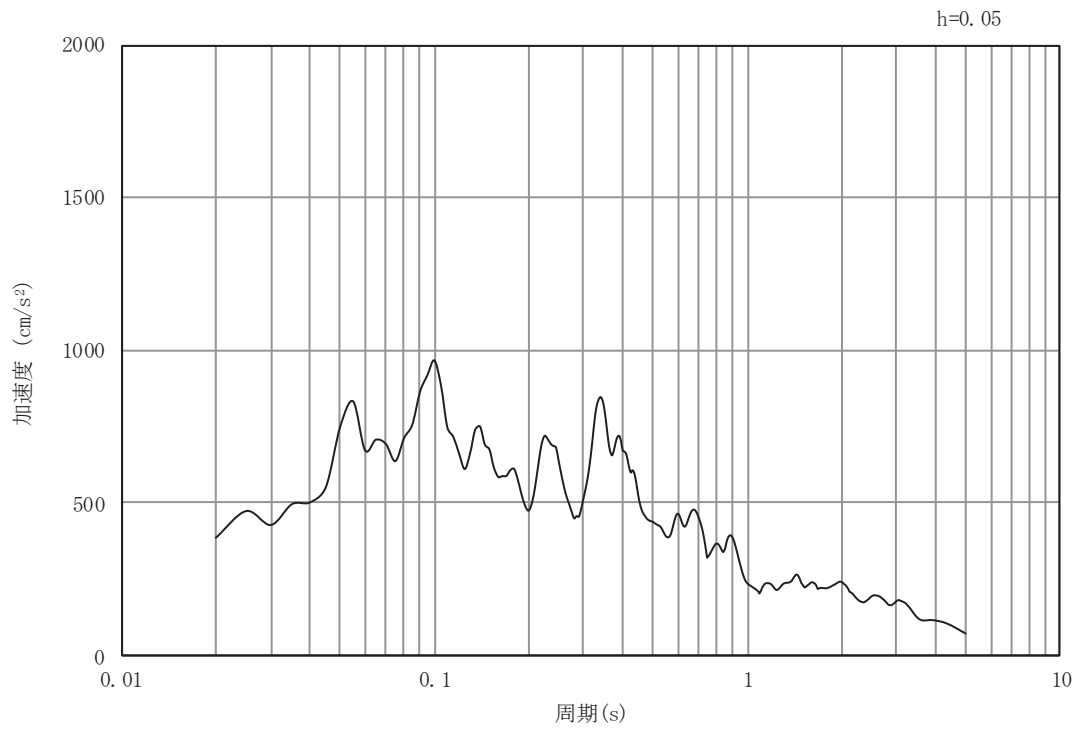


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-2(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
(水平方向：S s - F 2)

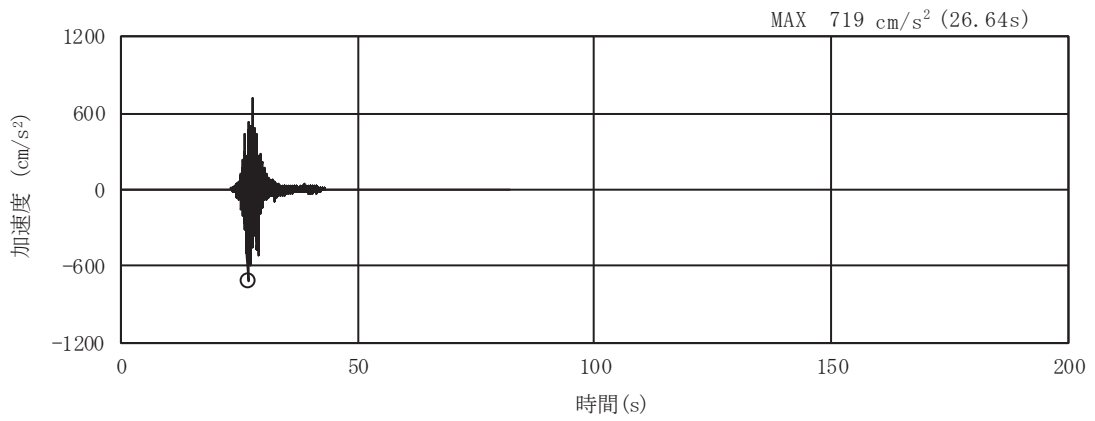


(a) 加速度時刻歴波形

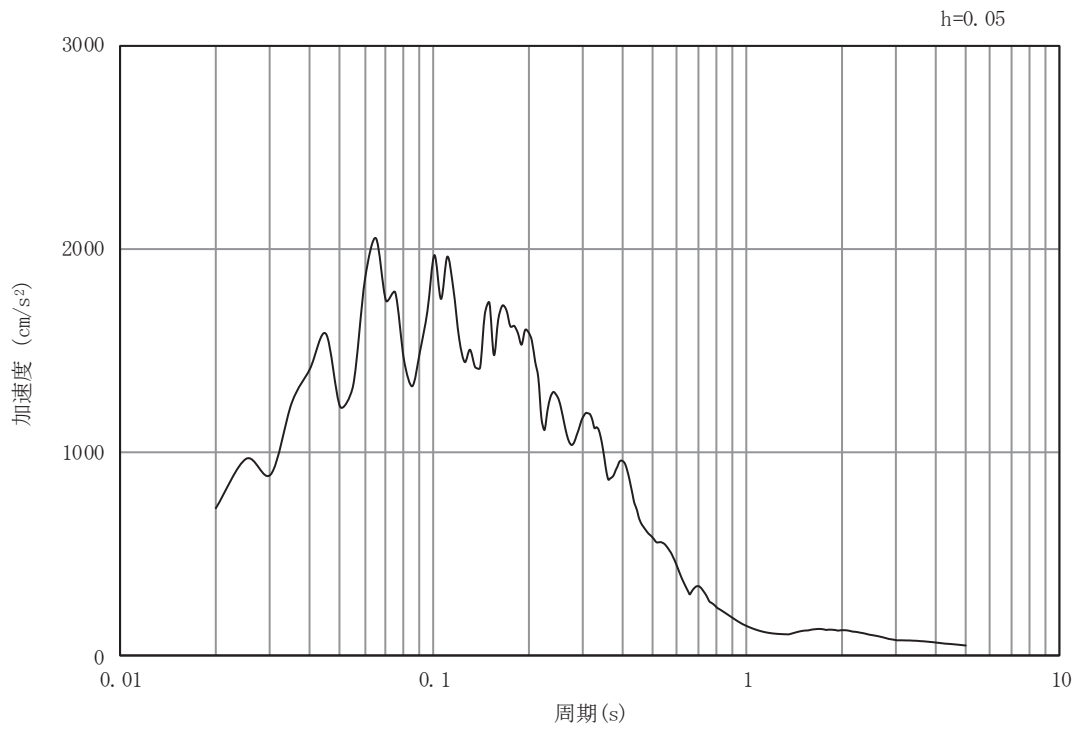


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-2(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
(鉛直方向：S s - F 2)

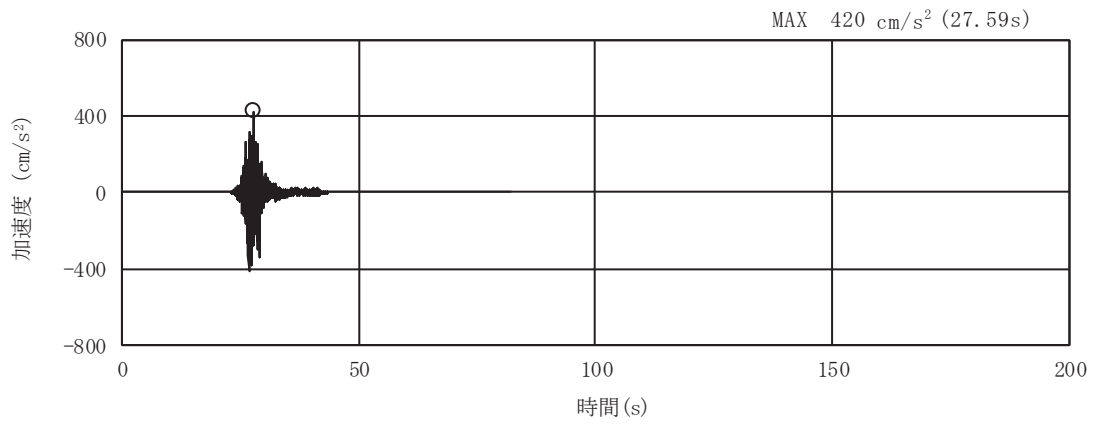


(a) 加速度時刻歴波形

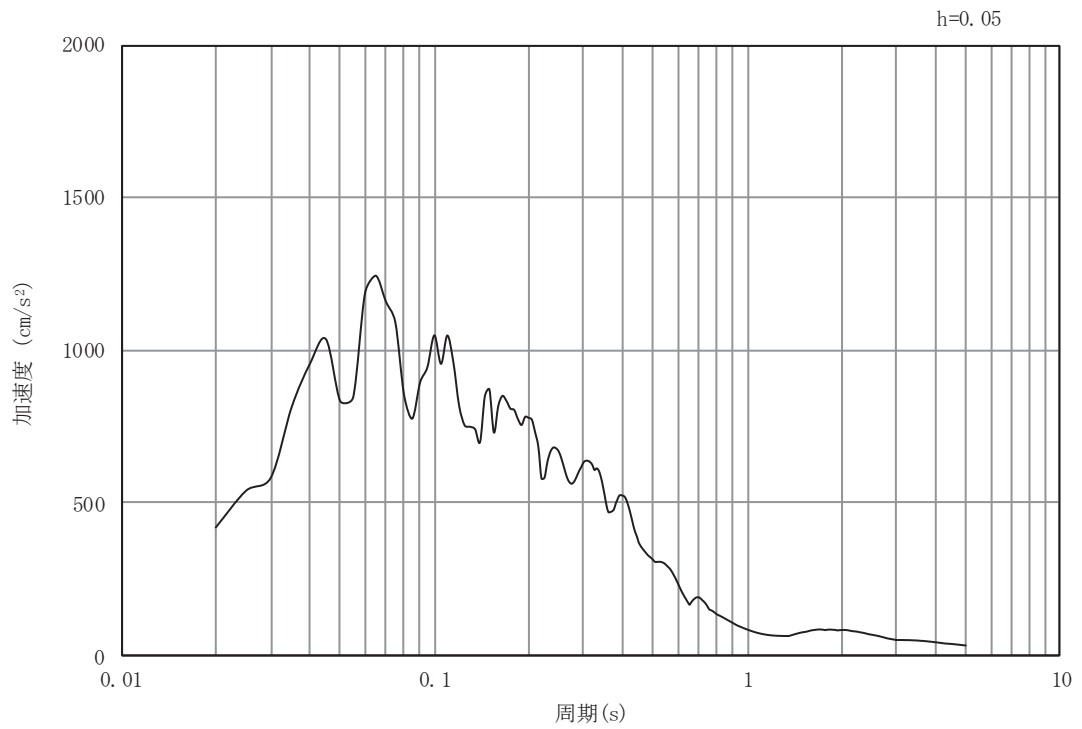


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-2(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
(水平方向 : S s - F 3)

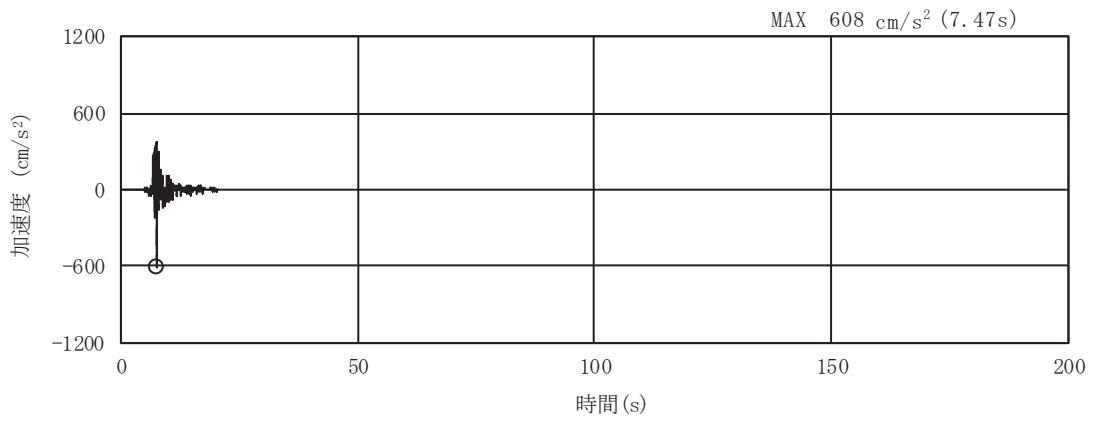


(a) 加速度時刻歴波形

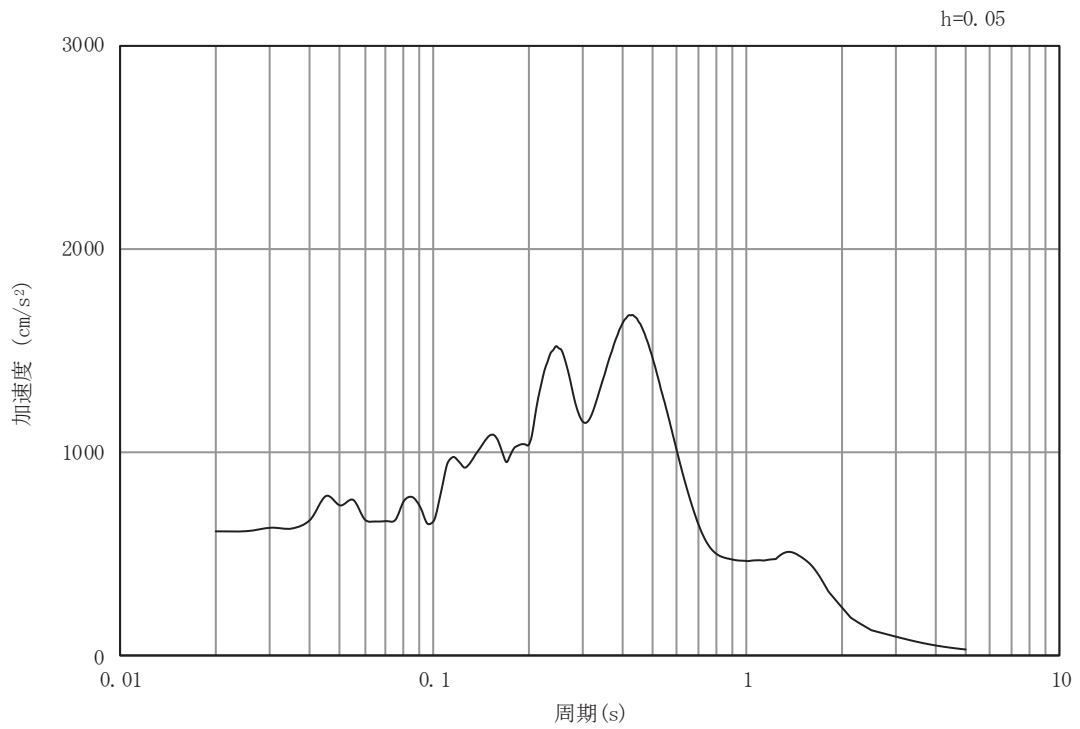


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-2(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
(鉛直方向 : S s - F 3)

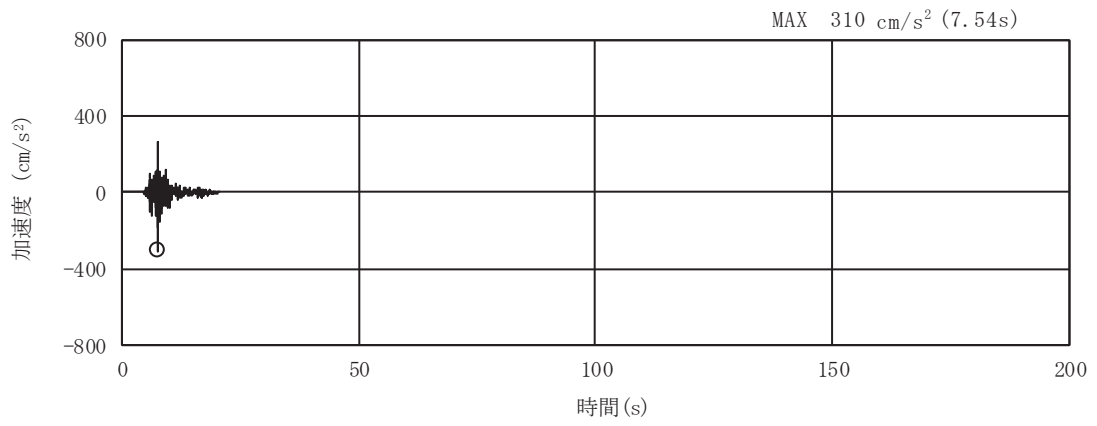


(a) 加速度時刻歴波形

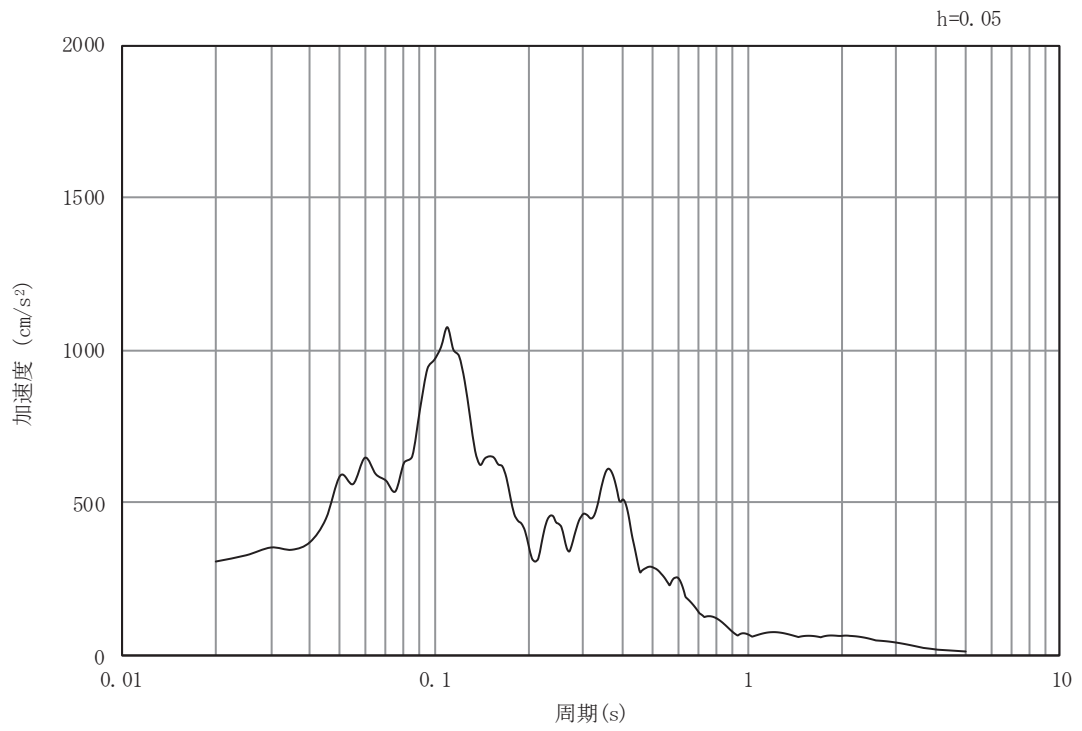


(b) 加速度応答スペクトル

図 4-2(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
(水平方向 : 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 4-2(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
(鉛直方向：S s - N 1)

4.2 許容限界の設定

許容限界は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき設定する。

4.2.1 曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界

構造部材の曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界は、短期許容応力度を限界値とする。コンクリート及び鉄筋の許容応力度を表 4-1 及び表 4-2 に示す。

表 4-1 コンクリートの許容応力度及び短期許容応力度

設計基準強度	許容応力度 (N/mm ²)		短期許容応力度* (N/mm ²)
	$f'_{ck} = 40.0$ (N/mm ²)	許容曲げ圧縮応力度 σ'_{ca}	14.0
許容せん断応力度 τ_{a1}		0.55	0.825

注記*：コンクリート標準示方書[構造性能照査編]（土木学会，2002年制定）により地震時の割り増し係数として 1.5 を考慮する。

表 4-2 鉄筋の許容応力度及び短期許容応力度

鉄筋の種類	許容応力度 (N/mm ²)		短期許容応力度* (N/mm ²)
	SD345	許容引張応力度 σ_{sa}	196
SD390	許容引張応力度 σ_{sa}	206	309

注記*：コンクリート標準示方書[構造性能照査編]（土木学会，2002年制定）により地震時の割り増し係数として 1.5 を考慮する。

4.2.2 せん断破壊に対する許容限界

せん断破壊に対する許容限界は、短期許容応力度を限界値とする。表 4-1 及び表 4-2 に示すコンクリート及び鉄筋の短期許容応力度から算定した短期許容せん断力とする。

4.2.3 基礎地盤の支持性能に対する許容限界

北側排水路は防潮堤（盛土堤防）を横断することから、セメント改良土に設置される。セメント改良土に発生する接地圧に対する許容限界について、セメント改良土はセメント系の材料であることを踏まえ、コンクリート標準示方書の支圧強度の考え方を準用し設定する。セメント改良土の基礎地盤の支持性能に対する許容限界を表 4-3 に示す。

表 4-3 セメント改良土の支持性能に対する許容限界

評価項目	地盤	許容限界* (N/mm ²)
支圧強度	セメント改良土	3.62

注記*：セメント改良土の品質管理基準値である、一軸圧縮強度
($q_u=3.62\text{N/mm}^2$) より設定

5. 評価結果

5.1 地震応答解析結果

地震応答解析結果として、「断面力分布」，「最大せん断ひずみ分布」を記載する。
なお，断面力分布は単位奥行き当たりの断面力を図示する。

5.1.1 解析ケースと照査値

耐震評価における解析ケースについては，補足-610-20「屋外重要土木構造物の耐震安全性評価について」のうち「10. 屋外重要土木構造物等の耐震評価における追加解析ケースの選定」に基づき設定する。

北側排水路の耐震評価は，すべての基準地震動 S_s に対して実施するケース①を基本ケースとし，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において，照査値が 0.5 以上となるすべての照査項目に対して，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②～③を実施する。照査値がいずれも 0.5 未満の場合は，照査値が最も厳しくなる地震動を用いてケース②～③を実施する。

また，上記解析ケースの結果を踏まえ，さらに照査値が大きくなる可能性がある場合は，追加解析を実施する。

(1) 曲げ・軸力系の破壊に対する照査

表 5-1 に、構造強度を有することの確認として、曲げ・軸力系の破壊に対する評価結果を示す。

曲げ・軸力系の破壊に対する照査は、短期許容応力度を許容限界とする。なお、詳細については、「5.2.1 曲げ・軸力系の破壊に対する評価結果」に示す。

表 5-1(1) コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する実施ケースと照査値
(部材 1, 左側壁)

解析ケース 地震動		曲げ・軸力系の破壊に対する照査*		
		②	②	③
S _s -D 1	++	0.28		
	-+	0.24		
S _s -D 2	++	0.27		
	-+	0.30	0.24	0.38
S _s -D 3	++	0.23		
	-+	0.22		
S _s -F 1	++	0.21		
	-+	0.20		
S _s -F 2	++	0.22		
	-+	0.24		
S _s -F 3	++	0.23		
	-+	0.22		
S _s -N 1	++	0.25		
	-+	0.27		

注記*：照査値は、曲げ圧縮応力度/短期許容曲げ圧縮応力度を示す。

表 5-1(2) コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する実施ケースと照査値
(部材 2, 右側壁)

解析ケース 地震動		曲げ・軸力系の破壊に対する照査 [*]		
		①	②	③
S _s -D 1	++	0.30		
	-+	0.26		
S _s -D 2	++	0.30		
	-+	0.32	0.26	0.40
S _s -D 3	++	0.25		
	-+	0.23		
S _s -F 1	++	0.23		
	-+	0.21		
S _s -F 2	++	0.24		
	-+	0.26		
S _s -F 3	++	0.25		
	-+	0.24		
S _s -N 1	++	0.25		
	-+	0.30		

注記* : 照査値は、曲げ圧縮応力度/短期許容曲げ圧縮応力度を示す。

表 5-1(3) コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する実施ケースと照査値
(部材 3, 頂版)

解析ケース 地震動		曲げ・軸力系の破壊に対する照査 [*]		
		①	②	③
S _s -D 1	++	0.18		
	-+	0.21		
S _s -D 2	++	0.24		
	-+	0.21	0.19	0.25
S _s -D 3	++	0.15		
	-+	0.18		
S _s -F 1	++	0.13		
	-+	0.14		
S _s -F 2	++	0.18		
	-+	0.19		
S _s -F 3	++	0.16		
	-+	0.16		
S _s -N 1	++	0.22		
	-+	0.18		

注記* : 照査値は、曲げ圧縮応力度/短期許容曲げ圧縮応力度を示す。

表 5-1(4) コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する実施ケースと照査値
(部材 4, 底版)

解析ケース 地震動		曲げ・軸力系の破壊に対する照査 [*]		
		①	②	③
S _s -D 1	++	0.18		
	-+	0.20		
S _s -D 2	++	0.23		
	-+	0.20	0.17	0.24
S _s -D 3	++	0.14		
	-+	0.17		
S _s -F 1	++	0.13		
	-+	0.14		
S _s -F 2	++	0.17		
	-+	0.18		
S _s -F 3	++	0.15		
	-+	0.16		
S _s -N 1	++	0.21		
	-+	0.18		

注記* : 照査値は、曲げ圧縮応力度/短期許容曲げ圧縮応力度を示す。

表 5-1(5) 鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する実施ケースと照査値
(部材 1, 左側壁)

解析ケース 地震動		曲げ・軸力系の破壊に対する照査 [*]		
		①	②	③
S _s -D 1	++	0.17		
	-+	0.15		
S _s -D 2	++	0.18		
	-+	0.19	0.14	0.27
S _s -D 3	++	0.13		
	-+	0.12		
S _s -F 1	++	0.08		
	-+	0.09		
S _s -F 2	++	0.13		
	-+	0.14		
S _s -F 3	++	0.12		
	-+	0.11		
S _s -N 1	++	0.16		
	-+	0.17		

注記* : 照査値は、曲げ圧縮応力度/短期許容曲げ圧縮応力度を示す。

表 5-1(6) 鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する実施ケースと照査値
(部材 2, 右側壁)

解析ケース 地震動		曲げ・軸力系の破壊に対する照査*		
		①	②	③
S _s -D 1	++	0.17		
	-+	0.16		
S _s -D 2	++	0.18		
	-+	0.20	0.16	0.28
S _s -D 3	++	0.14		
	-+	0.13		
S _s -F 1	++	0.09		
	-+	0.09		
S _s -F 2	++	0.13		
	-+	0.15		
S _s -F 3	++	0.12		
	-+	0.12		
S _s -N 1	++	0.16		
	-+	0.18		

注記* : 照査値は, 曲げ圧縮応力度/短期許容曲げ圧縮応力度を示す。

表 5-1(7) 鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する実施ケースと照査値
(部材 3, 頂版)

解析ケース 地震動		曲げ・軸力系の破壊に対する照査 [*]		
		①	②	③
S _s -D 1	++	0.23		
	-+	0.18		
S _s -D 2	++	0.23		
	-+	0.27	0.18	0.39
S _s -D 3	++	0.17		
	-+	0.16		
S _s -F 1	++	0.15		
	-+	0.13		
S _s -F 2	++	0.18		
	-+	0.19		
S _s -F 3	++	0.16		
	-+	0.17		
S _s -N 1	++	0.15		
	-+	0.23		

注記* : 照査値は、曲げ圧縮応力度/短期許容曲げ圧縮応力度を示す。

表 5-1(8) 鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する実施ケースと照査値
(部材 4, 底版)

解析ケース 地震動		曲げ・軸力系の破壊に対する照査 [*]		
		①	②	③
S _s -D 1	++	0.23		
	-+	0.20		
S _s -D 2	++	0.22		
	-+	0.26	0.18	0.38
S _s -D 3	++	0.19		
	-+	0.18		
S _s -F 1	++	0.16		
	-+	0.15		
S _s -F 2	++	0.17		
	-+	0.19		
S _s -F 3	++	0.16		
	-+	0.18		
S _s -N 1	++	0.14		
	-+	0.22		

注記* : 照査値は、曲げ圧縮応力度/短期許容曲げ圧縮応力度を示す。

(2) せん断破壊に対する照査

せん断破壊に対する評価結果を表 5-2 に示す。

せん断破壊に対する照査は、短期許容応力度を許容限界とする。なお、詳細については、「5.2.2 せん断破壊に対する評価結果」に示す。

表 5-2(1) せん断破壊に対する実施ケースと照査値
(部材 1, 左側壁)

解析ケース 地震動		せん断破壊に対する照査*		
		①	②	③
S _s -D 1	++	0.49		
	-+	0.53		
S _s -D 2	++	0.59		0.69
	-+	0.54	0.49	0.61
S _s -D 3	++	0.43		
	-+	0.48		
S _s -F 1	++	0.42		
	-+	0.44		
S _s -F 2	++	0.46		
	-+	0.47		
S _s -F 3	++	0.46		
	-+	0.48		
S _s -N 1	++	0.58		
	-+	0.49		

注記* : 照査値は、せん断力/短期許容せん断力を示す。

表 5-2(2) せん断破壊に対する実施ケースと照査値
(部材 2, 右側壁)

解析ケース 地震動		せん断破壊に対する照査*		
		①	②	③
S _s -D 1	++	0.50		
	-+	0.54		
S _s -D 2	++	0.60		0.68
	-+	0.56	0.50	0.64
S _s -D 3	++	0.44		
	-+	0.49		
S _s -F 1	++	0.41		
	-+	0.43		
S _s -F 2	++	0.46		
	-+	0.47		
S _s -F 3	++	0.48		
	-+	0.47		
S _s -N 1	++	0.58		
	-+	0.52		

注記* : 照査値は, せん断力/短期許容せん断力を示す。

表 5-2(3) せん断破壊に対する実施ケースと照査値
(部材 3, 頂版)

解析ケース 地震動		せん断破壊に対する照査*		
		①	②	③
S _s -D 1	++	0.55		
	-+	0.52		
S _s -D 2	++	0.59		
	-+	0.60	0.52	0.71
S _s -D 3	++	0.48		
	-+	0.49		
S _s -F 1	++	0.46		
	-+	0.45		
S _s -F 2	++	0.46		
	-+	0.49		
S _s -F 3	++	0.50		
	-+	0.48		
S _s -N 1	++	0.57		
	-+	0.55		

注記* : 照査値は, せん断力/短期許容せん断力を示す。

表 5-2(4) せん断破壊に対する実施ケースと照査値
(部材 4, 底版)

解析ケース 地震動		せん断破壊に対する照査*		
		①	②	③
S _s -D 1	++	0.57		
	-+	0.54		
S _s -D 2	++	0.60		
	-+	0.62	0.53	0.76
S _s -D 3	++	0.51		
	-+	0.50		
S _s -F 1	++	0.49		
	-+	0.46		
S _s -F 2	++	0.48		
	-+	0.52		
S _s -F 3	++	0.53		
	-+	0.51		
S _s -N 1	++	0.58		
	-+	0.58		

注記* : 照査値は、せん断力/短期許容せん断力を示す。

(3) 基礎地盤の支持性能に対する照査

表 5-3 に基礎地盤の支持性能に対する照査の実施ケースと照査値を示す。

基礎地盤の支持性能に対する照査は、極限支持力を許容限界とする。なお、詳細については、「5.2.3 基礎地盤の支持性能に対する評価結果」に示す。

表 5-3 基礎地盤の支持性能に対する照査の実施ケースと照査値

地震動 \ 解析ケース		基礎地盤の支持性能に対する照査*		
		①	②	③
S _s -D1	++	0.28		
	-+	0.25		
S _s -D2	++	0.28		
	-+	0.28	0.28	0.28
S _s -D3	++	0.25		
	-+	0.28		
S _s -F1	++	0.25		
	-+	0.25		
S _s -F2	++	0.25		
	-+	0.25		
S _s -F3	++	0.25		
	-+	0.28		
S _s -N1	++	0.25		
	-+	0.25		

注記*：照査値は、接地圧/極限支持力を示す。

5.1.2 断面力分布（曲げ・軸力系の破壊に対する照査）

曲げ・軸力系の破壊に対する照査について、各部材において最も厳しい照査値となる解析ケースの一覧を、表 5-4 に示す。

また、該当する解析ケースについて、部材毎の照査値が最大となる時刻における断面力分布図（曲げモーメント、軸力、せん断力）を図 5-2 に示す。

表 5-4(1) コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値
(A-A 断面)

評価位置*	地震動	解析ケース	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}	
			曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)				
頂版	③	S _s -D2(-+)	③	-413	-700	5.2	21	0.25
側壁	②	S _s -D2(-+)	③	605	-1367	8.4	21	0.40
底版	④	S _s -D2(-+)	③	391	-746	4.9	21	0.24

注記*：評価位置は図 5-1 に示す。

表 5-4(2) 鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値
(A-A 断面)

評価位置*	地震動	解析ケース	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}	
			曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)				
頂版	③	S _s -D2(-+)	③	404	180	118	309	0.39
側壁	②	S _s -D2(-+)	③	604	-1344	84	309	0.28
底版	④	S _s -D2(-+)	③	-391	194	115	309	0.38

注記*：評価位置は図 5-1 に示す。

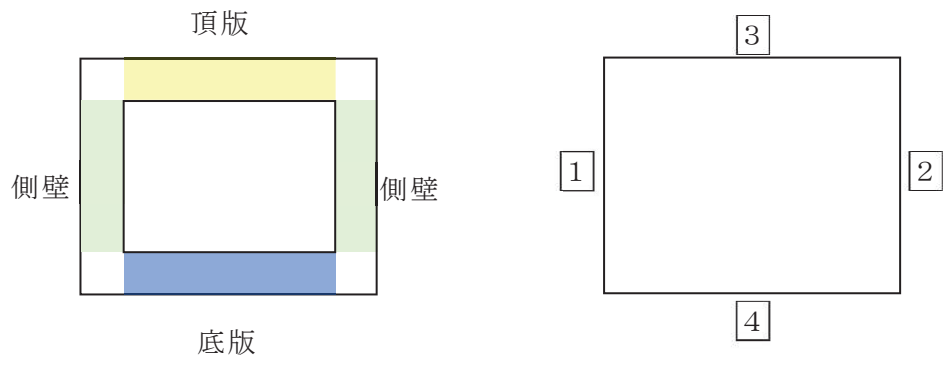
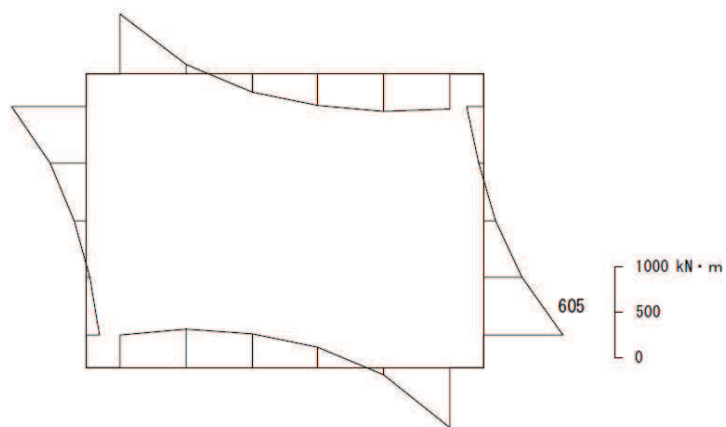
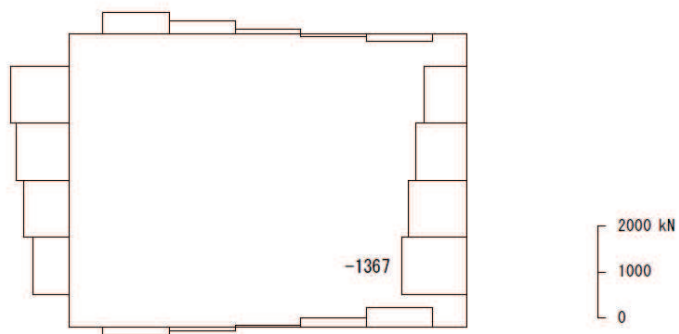


圖 5-1 評估位置



数値：評価位置における断面力
 (a) 曲げモーメント (kN・m)



数値：評価位置における断面力
 (b) 軸力 (kN) (+ : 引張, - : 圧縮)



数値：評価位置における断面力
 (c) せん断力 (kN)

図 5-2 曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値の評価時刻での断面力
 (A-A 断面, $S_s - D2 (-+)$, $t=13.56s$)
 (解析ケース③：地盤物性のばらつき (-1σ) を考慮した解析ケース)

5.1.3 断面力分布（せん断破壊に対する照査）

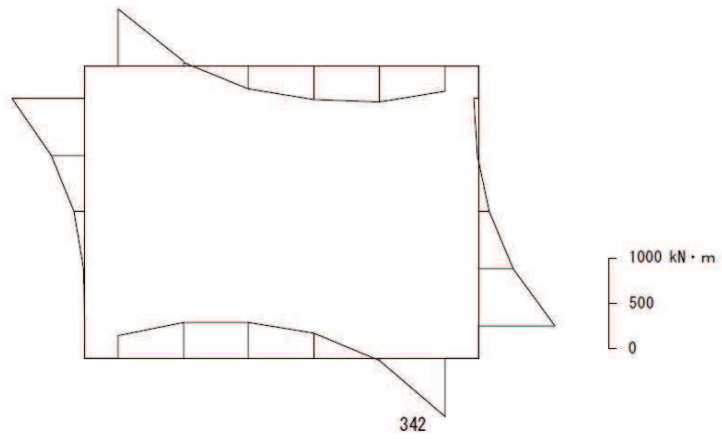
せん断破壊に対する照査について、各部位において最も厳しい照査値となる解析ケースの一覧を表 5-5 に示す。

また、該当する解析ケースについて、部材毎の照査値が最大となる時刻における断面力分布図（曲げモーメント，軸力，せん断力）を図 5-3 に示す。

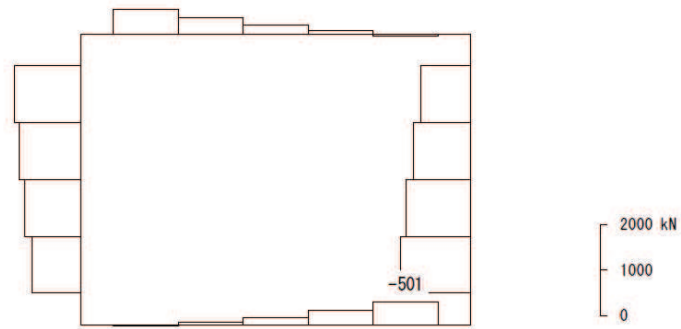
表 5-5 せん断破壊に対する照査における最大照査値（A-A 断面）

評価位置*		地震動	解析 ケース	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
頂版	③	S _s -D2(-+)	③	830	1171	0.71
側壁	①	S _s -D2(++)	③	786	1141	0.69
底版	④	S _s -D2(-+)	③	879	1171	0.76

注記*：評価位置は図 5-1 に示す。



数值：評価位置における断面力
 (a) 曲げモーメント (kN・m)



数值：評価位置における断面力
 (b) 軸力 (kN) (+：引張，-：圧縮)



数值：評価位置における断面力
 (c) せん断力 (kN)

図 5-3 せん断破壊に対する照査における最大照査値の評価時刻での断面力
 (A-A 断面，S s - D 2 (-+)，t=8.47s)

(解析ケース③：地盤物性のばらつき (-1σ) を考慮した解析ケース)

5.1.4 最大せん断ひずみ分布

曲げ・軸力系の破壊に対する照査及びせん断破壊に対する照査で最大照査値を示すケースについて地盤に発生した最大せん断ひずみを確認する。最大照査値を示すケースの一覧を表 5-6 に示す。

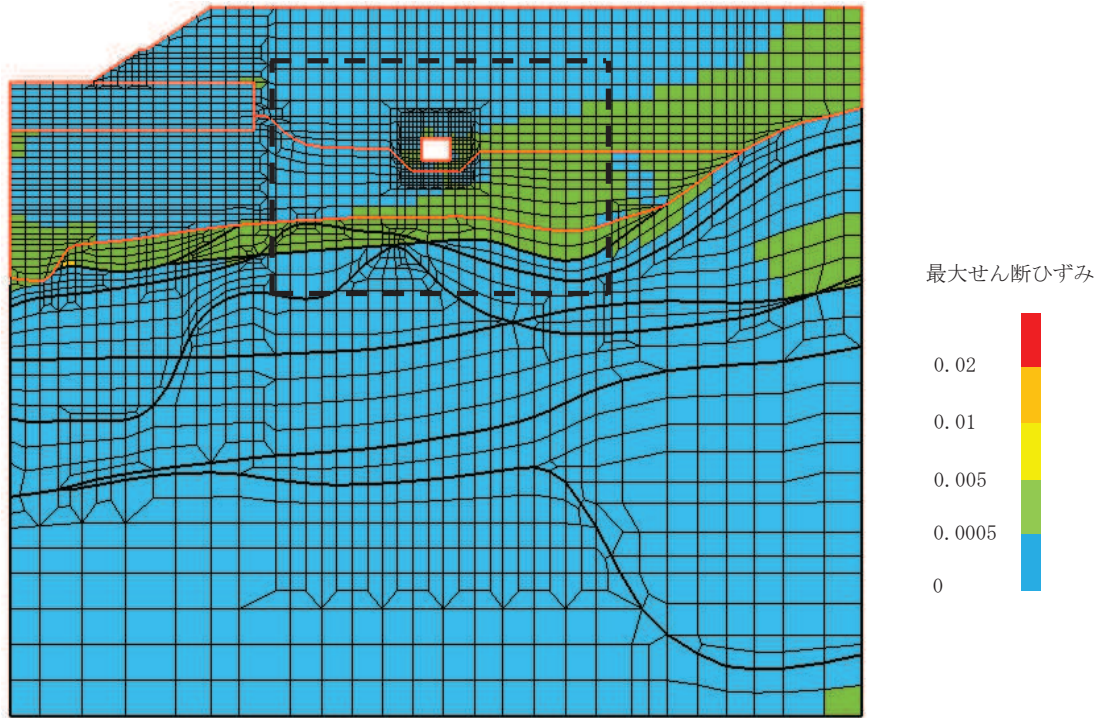
最大せん断ひずみ分布図を図 5-4 に示す。

表 5-6 最大照査値を示すケースの一覧

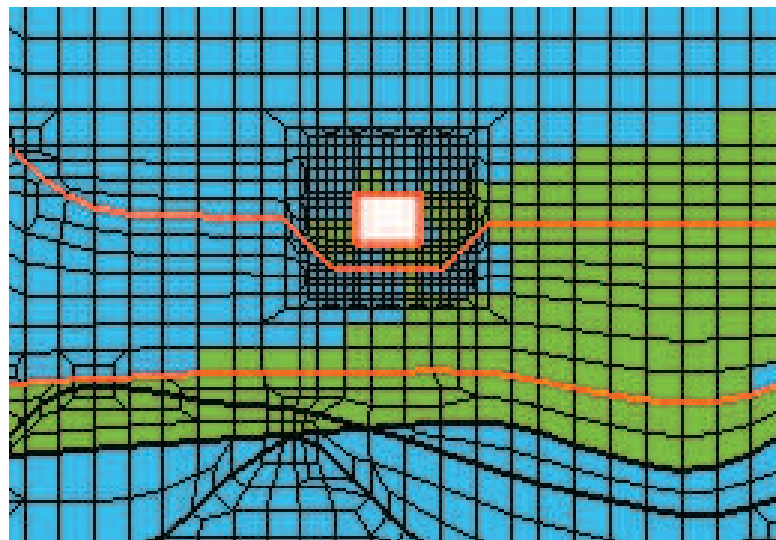
断面	評価項目	
	曲げ・軸力系	せん断
A-A 断面	解析ケース③ S s - D 2 (- +)	解析ケース③ S s - D 2 (- +)

注：耐震評価における解析ケース一覧

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
材料物性	設計基準強度	設計基準強度	設計基準強度



(a) 全体図



(b) 構造物周辺拡大図

図 5-4 最大せん断ひずみ

(A-A 断面, $S_s - D 2 (-+)$)

(解析ケース③: 地盤物性のばらつき (-1σ) を考慮した解析ケース)

5.2 構造部材の健全性に対する評価結果

5.2.1 曲げ・軸力系の破壊に対する評価結果

表 5-7 に、構造強度を有することの確認として、曲げ・軸力系の破壊に対する評価結果を示す。

表 5-7 のとおり、全ケースにおいて曲げ圧縮応力度は、短期許容応力度を下回ることを確認した。

表 5-7(1) コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する評価結果

解析 ケース	地震動		評価位置*		曲げ圧縮応力度	短期許容 応力度	照査値 σ_c / σ_{ca}
					σ_c (N/mm ²)	σ_{ca} (N/mm ²)	
①	S s - D 1	++	左側壁	1	5.7	21	0.28
			右側壁	2	6.1	21	0.30
			頂版	3	3.7	21	0.18
			底版	4	3.6	21	0.18
		-+	左側壁	1	5.0	21	0.24
			右側壁	2	5.4	21	0.26
			頂版	3	4.4	21	0.21
			底版	4	4.2	21	0.20
	S s - D 2	++	左側壁	1	5.6	21	0.27
			右側壁	2	6.1	21	0.30
			頂版	3	4.9	21	0.24
			底版	4	4.7	21	0.23
		-+	左側壁	1	6.3	21	0.30
			右側壁	2	6.7	21	0.32
			頂版	3	4.4	21	0.21
			底版	4	4.2	21	0.20
S s - D 3	++	左側壁	1	4.8	21	0.23	
		右側壁	2	5.2	21	0.25	
		頂版	3	3.1	21	0.15	
		底版	4	2.9	21	0.14	
	-+	左側壁	1	4.5	21	0.22	
		右側壁	2	4.8	21	0.23	
		頂版	3	3.6	21	0.18	
		底版	4	3.4	21	0.17	

注記* : 評価位置は図 5-1 に示す。

表 5-7(2) コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する評価結果

解析 ケース	地震動		評価位置*		曲げ圧縮応力度	短期許容 応力度	照査値 σ_c / σ_{ca}
					σ_c (N/mm ²)	σ_{ca} (N/mm ²)	
①	S s - F 1	++	左側壁	1	4.3	21	0.21
			右側壁	2	4.7	21	0.23
			頂版	3	2.6	21	0.13
			底版	4	2.6	21	0.13
		-+	左側壁	1	4.1	21	0.20
			右側壁	2	4.4	21	0.21
			頂版	3	2.9	21	0.14
			底版	4	2.8	21	0.14
	S s - F 2	++	左側壁	1	4.6	21	0.22
			右側壁	2	4.9	21	0.24
			頂版	3	3.6	21	0.18
			底版	4	3.4	21	0.17
		-+	左側壁	1	5.0	21	0.24
			右側壁	2	5.4	21	0.26
			頂版	3	3.8	21	0.19
			底版	4	3.7	21	0.18
S s - F 3	++	左側壁	1	4.7	21	0.23	
		右側壁	2	5.1	21	0.25	
		頂版	3	3.3	21	0.16	
		底版	4	3.1	21	0.15	
	-+	左側壁	1	4.6	21	0.22	
		右側壁	2	5.0	21	0.24	
		頂版	3	3.3	21	0.16	
		底版	4	3.2	21	0.16	

注記* : 評価位置は図 5-1 に示す。

表 5-7(3) コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する評価結果

解析 ケース	地震動		評価位置*		曲げ圧縮応力度	短期許容	照査値 σ_c / σ_{ca}
					σ_c (N/mm ²)	応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	
①	S s - N 1	++	左側壁	1	5.2	21	0.25
			右側壁	2	5.1	21	0.25
			頂版	3	4.6	21	0.22
			底版	4	4.4	21	0.21
		-+	左側壁	1	5.6	21	0.27
			右側壁	2	6.1	21	0.30
			頂版	3	3.7	21	0.18
			底版	4	3.6	21	0.18
②	S s - D 2	-+	左側壁	1	4.9	21	0.24
			右側壁	2	5.3	21	0.26
			頂版	3	3.8	21	0.19
			底版	4	3.4	21	0.17
③	S s - D 2	-+	左側壁	1	7.9	21	0.38
			右側壁	2	8.4	21	0.40
			頂版	3	5.2	21	0.25
			底版	4	4.9	21	0.24

注記* : 評価位置は図 5-1 に示す。

表 5-7(4) 鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する評価結果

解析 ケース	地震動		評価位置*		曲げ圧縮応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}
①	S _s -D 1	++	左側壁	1	50	309	0.17
			右側壁	2	52	309	0.17
			頂版	3	70	309	0.23
			底版	4	69	309	0.23
		-+	左側壁	1	45	309	0.15
			右側壁	2	48	309	0.16
			頂版	3	55	309	0.18
			底版	4	59	309	0.20
	S _s -D 2	++	左側壁	1	53	309	0.18
			右側壁	2	55	309	0.18
			頂版	3	71	309	0.23
			底版	4	66	309	0.22
		-+	左側壁	1	58	309	0.19
			右側壁	2	60	309	0.20
			頂版	3	83	309	0.27
			底版	4	80	309	0.26
S _s -D 3	++	左側壁	1	39	309	0.13	
		右側壁	2	41	309	0.14	
		頂版	3	52	309	0.17	
		底版	4	56	309	0.19	
	-+	左側壁	1	37	309	0.12	
		右側壁	2	38	309	0.13	
		頂版	3	49	309	0.16	
		底版	4	53	309	0.18	

注記* : 評価位置は図 5-1 に示す。

表 5-7(5) 鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する評価結果

解析 ケース	地震動		評価位置*		曲げ圧縮応力度	短期許容 応力度	照査値 σ_c / σ_{ca}
					σ_c (N/mm ²)	σ_{ca} (N/mm ²)	
①	S s - F 1	++	左側壁	1	24	309	0.08
			右側壁	2	26	309	0.09
			頂版	3	45	309	0.15
			底版	4	49	309	0.16
		-+	左側壁	1	25	309	0.09
			右側壁	2	27	309	0.09
			頂版	3	40	309	0.13
			底版	4	44	309	0.15
	S s - F 2	++	左側壁	1	38	309	0.13
			右側壁	2	40	309	0.13
			頂版	3	53	309	0.18
			底版	4	52	309	0.17
		-+	左側壁	1	42	309	0.14
			右側壁	2	44	309	0.15
			頂版	3	56	309	0.19
			底版	4	58	309	0.19
S s - F 3	++	左側壁	1	34	309	0.12	
		右側壁	2	35	309	0.12	
		頂版	3	47	309	0.16	
		底版	4	47	309	0.16	
	-+	左側壁	1	32	309	0.11	
		右側壁	2	34	309	0.12	
		頂版	3	52	309	0.17	
		底版	4	55	309	0.18	

注記* : 評価位置は図 5-1 に示す。

表 5-7(6) 鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する評価結果

解析 ケース	地震動		評価位置*		曲げ圧縮応力度	短期許容	照査値 σ_c / σ_{ca}
					σ_c (N/mm ²)	応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	
①	S s - N 1	++	左側壁	1	47	309	0.16
			右側壁	2	49	309	0.16
			頂版	3	46	309	0.15
			底版	4	41	309	0.14
		-+	左側壁	1	51	309	0.17
			右側壁	2	53	309	0.18
			頂版	3	69	309	0.23
			底版	4	67	309	0.22
②	S s - D 2	-+	左側壁	1	43	309	0.14
			右側壁	2	47	309	0.16
			頂版	3	55	309	0.18
			底版	4	54	309	0.18
③	S s - D 2	-+	左側壁	1	82	309	0.27
			右側壁	2	84	309	0.28
			頂版	3	118	309	0.39
			底版	4	115	309	0.38

注記* : 評価位置は図 5-1 に示す。

5.2.2 せん断破壊に対する評価結果

構造強度を有することの確認におけるせん断破壊に対する照査結果を表 5-8 に示す。

表 5-8 により，全ケースにおいて照査用せん断力は，短期許容せん断力を下回る。

表 5-8(1) せん断破壊に対する評価結果

解析 ケース	地震動		評価位置*		発生	短期許容	照査値
					せん断力 V_d (kN)	せん断力 $V_{y d}$ (kN)	$V_d / V_{y d}$
①	S s - D 1	++	左側壁	1	555	1141	0.49
			右側壁	2	566	1141	0.50
			頂版	3	636	1171	0.55
			底版	4	665	1171	0.57
		-+	左側壁	1	601	1141	0.53
			右側壁	2	613	1141	0.54
			頂版	3	605	1171	0.52
			底版	4	621	1171	0.54
	S s - D 2	++	左側壁	1	665	1141	0.59
			右側壁	2	684	1141	0.60
			頂版	3	680	1171	0.59
			底版	4	698	1171	0.60
		-+	左側壁	1	613	1141	0.54
			右側壁	2	630	1141	0.56
			頂版	3	691	1171	0.60
			底版	4	723	1171	0.62
S s - D 3	++	左側壁	1	482	1141	0.43	
		右側壁	2	498	1141	0.44	
		頂版	3	557	1171	0.48	
		底版	4	586	1171	0.51	
	-+	左側壁	1	541	1141	0.48	
		右側壁	2	549	1141	0.49	
		頂版	3	569	1171	0.49	
		底版	4	579	1171	0.50	

注記*：評価位置は図 5-1 に示す。

表 5-8(2) せん断破壊に対する評価結果

解析 ケース	地震動		評価位置*		発生	短期許容	照査値 $V_d / V_{y d}$
					せん断力 V_d (kN)	せん断力 $V_{y d}$ (kN)	
①	S s - F 1	++	左側壁	1	474	1141	0.42
			右側壁	2	467	1141	0.41
			頂版	3	531	1171	0.46
			底版	4	568	1171	0.49
		-+	左側壁	1	495	1141	0.44
			右側壁	2	490	1141	0.43
			頂版	3	516	1171	0.45
			底版	4	538	1171	0.46
	S s - F 2	++	左側壁	1	518	1141	0.46
			右側壁	2	524	1141	0.46
			頂版	3	531	1171	0.46
			底版	4	558	1171	0.48
		-+	左側壁	1	532	1141	0.47
			右側壁	2	535	1141	0.47
			頂版	3	570	1171	0.49
			底版	4	603	1171	0.52
S s - F 3	++	左側壁	1	522	1141	0.46	
		右側壁	2	537	1141	0.48	
		頂版	3	582	1171	0.50	
		底版	4	616	1171	0.53	
	-+	左側壁	1	545	1141	0.48	
		右側壁	2	535	1141	0.47	
		頂版	3	556	1171	0.48	
		底版	4	597	1171	0.51	

注記* : 評価位置は図 5-1 に示す。

表 5-8(3) せん断破壊に対する評価結果

解析 ケース	地震動		評価位置*		照査用 せん断力 V_d (kN)	短期許容 せん断力 $V_{y d}$ (kN)	照査値 $V_d / V_{y d}$
①	S s - N 1	++	左側壁	1	655	1141	0.58
			右側壁	2	658	1141	0.58
			頂版	3	656	1171	0.57
			底版	4	677	1171	0.58
		-+	左側壁	1	558	1141	0.49
			右側壁	2	587	1141	0.52
			頂版	3	636	1171	0.55
			底版	4	673	1171	0.58
②	S s - D 2	-+	左側壁	1	550	1141	0.49
			右側壁	2	561	1141	0.50
			頂版	3	599	1171	0.52
			底版	4	617	1171	0.53
③	S s - D 2	++	左側壁	1	786	1141	0.69
			右側壁	2	774	1141	0.68
		-+	左側壁	1	690	1141	0.61
			右側壁	2	724	1141	0.64
			頂版	3	830	1171	0.71
			底版	4	879	1171	0.76

注記* : 評価位置は図 5-1 に示す。

5.2.3 基礎地盤の支持性能に対する評価結果

セメント改良土の接地圧に対する支持性能の評価結果を表 5-9 に示す。また、最大接地圧分布図を図 5-5 に示す。

表 5-9 により、セメント改良土に発生する接地圧が支圧強度を下回ることを確認した。

表 5-9 基礎地盤（セメント改良土）の支持性能評価結果

解析 ケース	地震動		接地圧 R_a (N/mm ²)	極限支持力 R_u (N/mm ²)	照査値 R_a / R_u
①	S _s -D 1	++	1.0	3.62	0.28
		-+	0.9	3.62	0.25
	S _s -D 2	++	1.0	3.62	0.28
		-+	1.0	3.62	0.28
	S _s -D 3	++	0.9	3.62	0.25
		-+	1.0	3.62	0.28
	S _s -F 1	++	0.9	3.62	0.25
		-+	0.9	3.62	0.25
	S _s -F 2	++	0.9	3.62	0.25
		-+	0.9	3.62	0.25
	S _s -F 3	++	0.9	3.62	0.25
		-+	1.0	3.62	0.28
	S _s -N 1	++	0.9	3.62	0.25
		-+	0.9	3.62	0.25
②	S _s -D 2	-+	1.0	3.62	0.28
③	S _s -D 2	-+	1.0	3.62	0.28

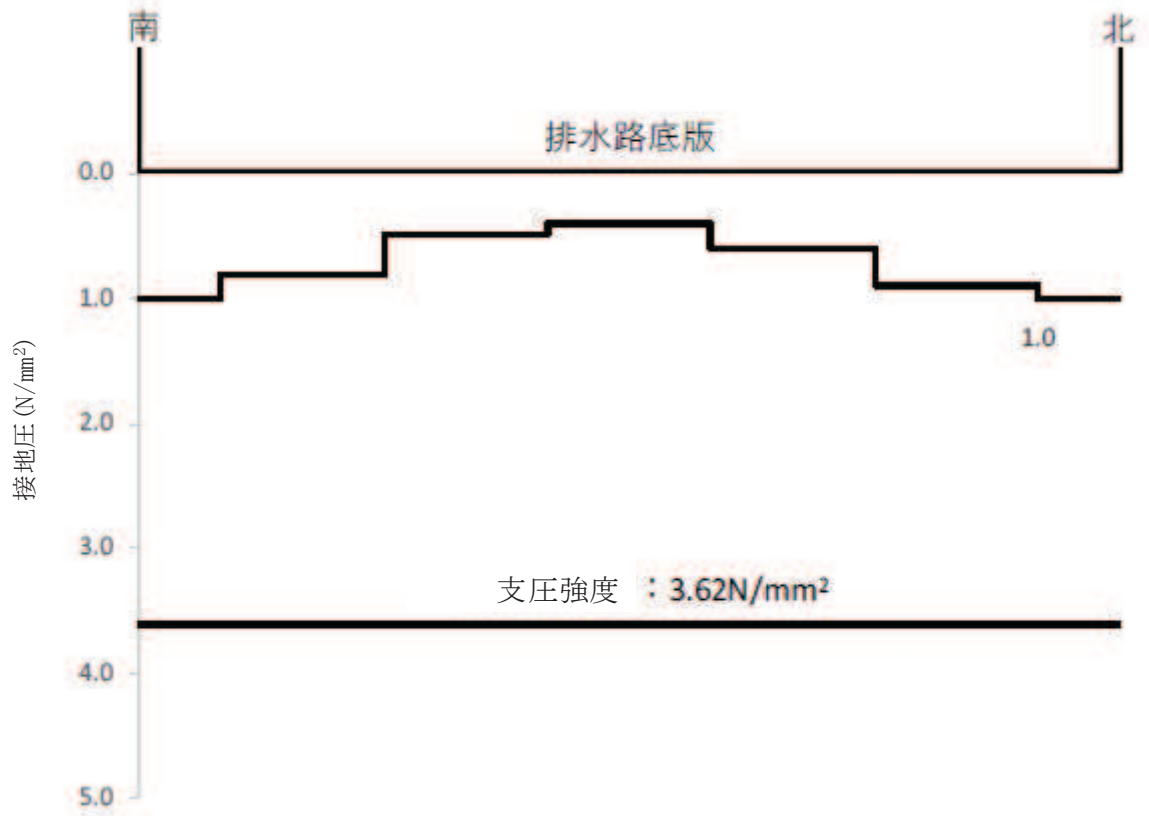


図 5-5 セメント改良土の最大接地圧分布図
(解析ケース③, S_s-D2 (-+))

6. まとめ

北側排水路については、波及的影響の評価として、基準地震動 S_s を用いた地震応答解析により、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耐震評価を実施した。

構造部材の健全性評価については、構造部材の発生応力が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）が極限支持力を下回ることを確認した。

以上から、北側排水路は、基準地震動 S_s による地震力に対して構造強度を有し、上位クラス施設に対して波及的影響を及ぼさないことを確認した。