

本資料のうち、枠囲みの内容は商業機密の観点や防護上の観点から公開できません。

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-19-0600-5_改3
提出年月日	2021年 8月 25日

補足-600-5 水平2方向及び鉛直方向の適切な組合せに関する
検討について

目 次

1. 検討の目的	1
2. 水平 2 方向及び鉛直方向地震力による影響評価に用いる地震動	1
2.1 女川原子力発電所の基準地震動	1
2.2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力による影響評価に用いる地震動	4
3. 各施設における水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する検討結果	4
3.1 建物・構築物	4
3.1.1 水平方向及び鉛直方向地震力の組合せによる従来設計手法の考え方	4
3.1.2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方法	7
3.1.3 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価部位の抽出	12
3.1.4 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価部位の抽出結果	33
3.1.5 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方針	35
3.1.6 排気筒の検討	36
3.1.7 使用済燃料プールの壁の検討	47
3.1.8 原子炉建屋の基礎版の検討	65
3.2 機器・配管系	81
3.2.1 水平方向及び鉛直方向地震力の組合せによる従来設計手法の考え方	81
3.2.2 水平方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方針	82
3.2.3 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せ影響評価方法	83
3.2.4 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価設備（部位）の抽出	86
3.2.5 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価部位の抽出結果	88
3.2.6 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価	89
3.2.7 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響評価結果	90
3.2.8 まとめ	90
3.3 屋外重要土木構造物	106
3.3.1 水平方向及び鉛直方向地震力の組合せによる従来設計手法の考え方	106
3.3.2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方針	109
3.3.3 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方法	110
3.3.4 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出	113
3.3.5 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出結果	130
3.3.6 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の影響評価結果	141
3.3.7 まとめ	155

3.4 津波防護施設, 浸水防止設備及び津波監視設備	156
3.4.1 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物	156
3.4.2 水平方向及び鉛直方向地震力の組合せによる従来設計手法の考え方	169
3.4.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方針	170
3.4.4 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方法	171
3.4.5 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出	174
3.4.6 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出結果	185
3.4.7 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価結果	188
3.4.8 機器・配管系への影響	245


別紙1 評価部位の抽出に関する説明資料

別紙2 3次元FEMモデルを用いた精査

別紙3 3次元FEMモデルによる地震応答解析

別紙4 機器・配管系に関する説明資料

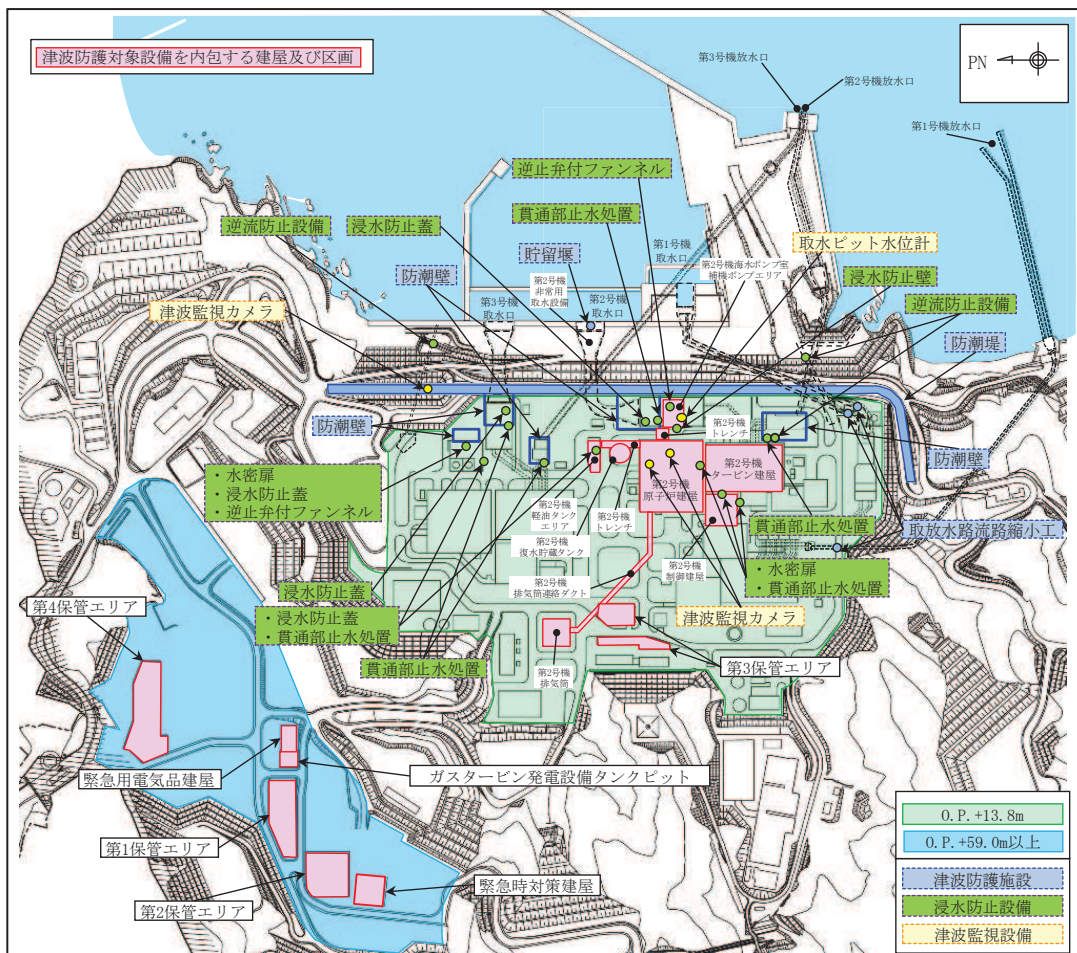
別紙5 方向性を考慮しない水平地震動における模擬地震波の作成方針

 : 今回提出範囲

3.4 津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備

3.4.1 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価を実施する対象設備は，津波防護施設である防潮堤，防潮壁，取放水路流路縮小工及び貯留堰，浸水防止設備である水密扉，逆流防止設備，浸水防止蓋，浸水防止壁，貫通部止水処置及び逆止弁付ファンネル，津波監視設備である津波監視カメラ及び取水ピット水位計とする。各構造物の位置図を図3-4-1に示す。また，強度評価の対象施設を表3-4-1に示す。



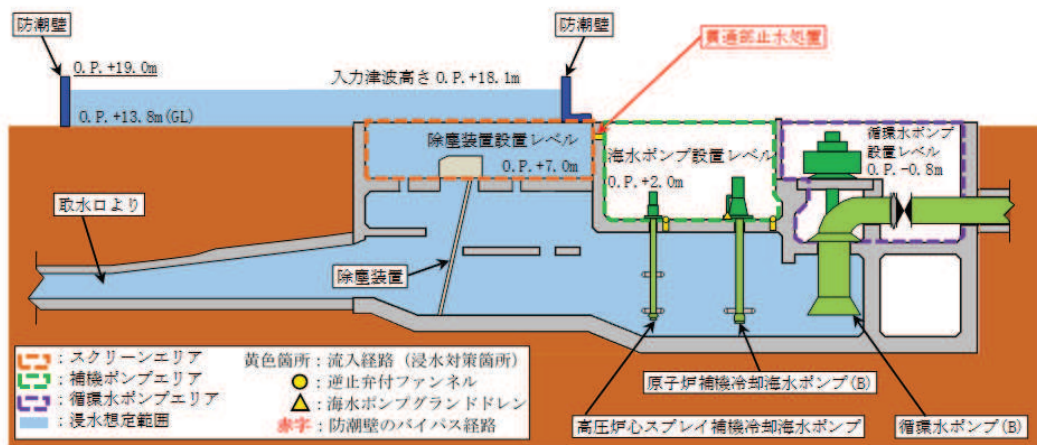
注：東北地方太平洋沖地震による約1mの沈下を考慮した標高を記載

図3-4-1 津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備位置図（1/18）



(第2号機海水ポンプ室平面図)

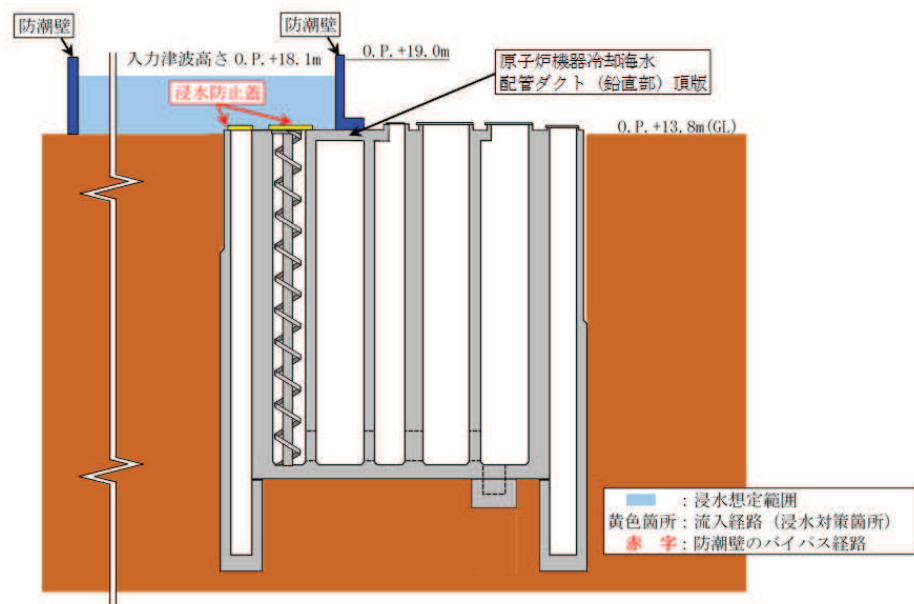
図 3-4-1 津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備位置図 (2/18)



(第2号機海水ポンプ室 A-A 断面図)

図 3-4-1 津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備位置図 (3/18)

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。



注：東北地方太平洋沖地震による約 1m の沈下を考慮した標高を記載

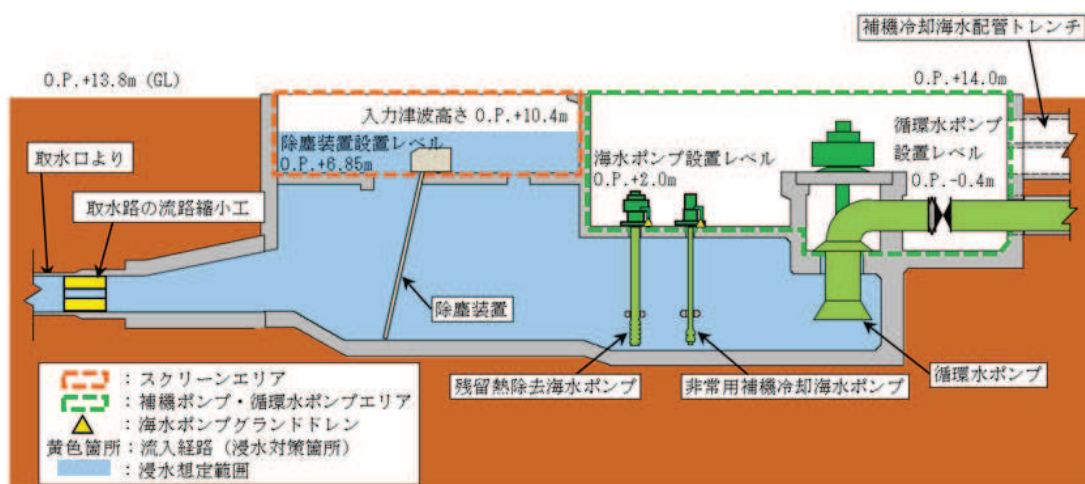
(第 2 号機海水ポンプ室 B-B 断面図)

図 3-4-1 津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備位置図 (4/18)



(第1号機海水ポンプ室平面図)

図 3-4-1 津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備位置図 (5/18)

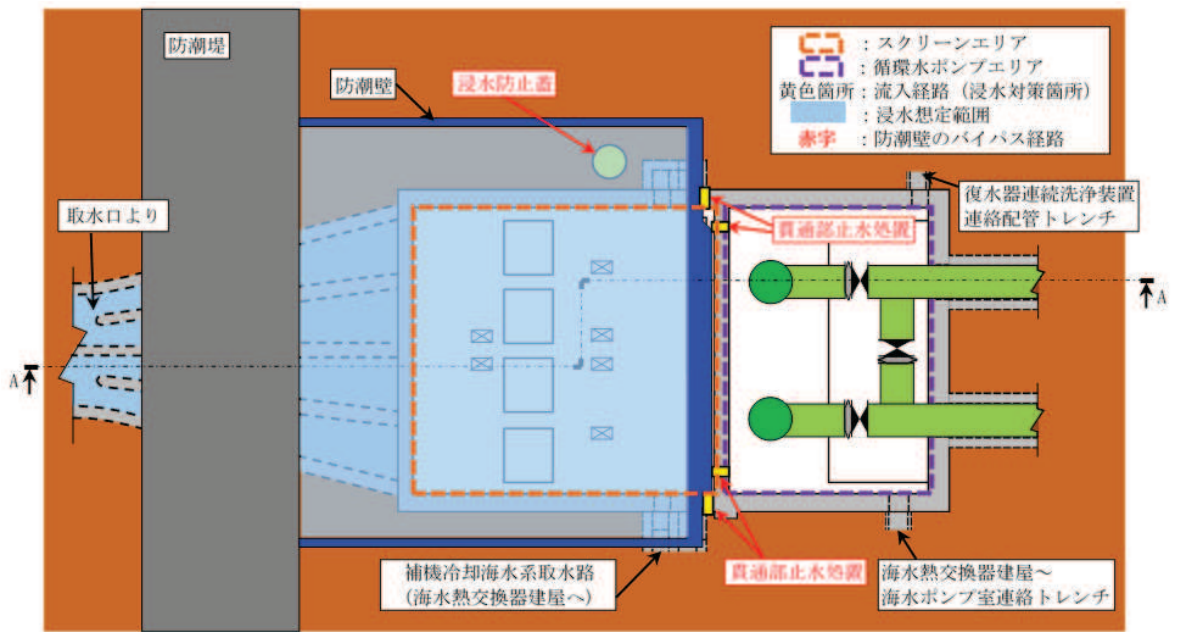


注：東北地方太平洋沖地震による約 1m の沈下を考慮した標高を記載

(第1号機海水ポンプ室 A-A 断面図)

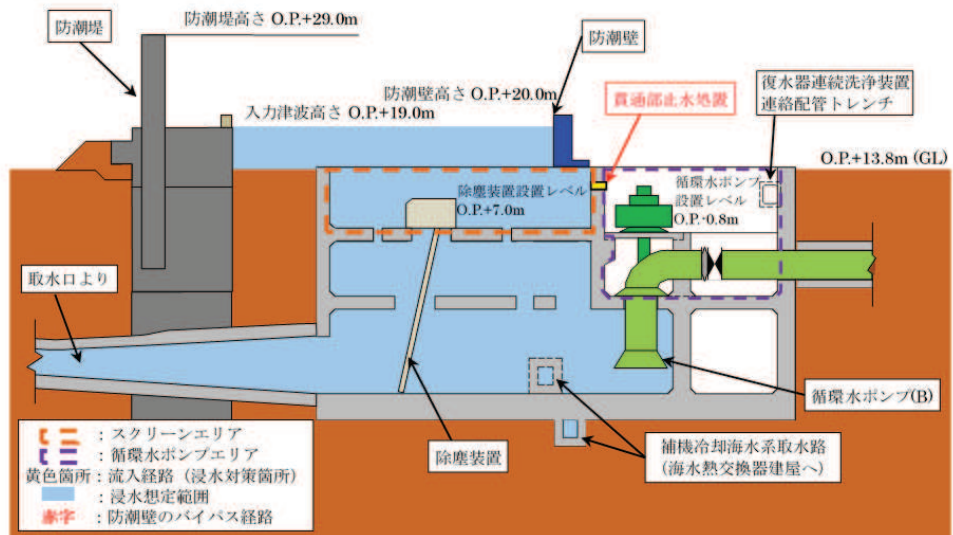
図 3-4-1 津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備位置図 (6/18)

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。



(第3号機海水ポンプ室平面図)

図 3-4-1 津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備位置図 (7/18)



注：東北地方太平洋沖地震による約 1m の沈下を考慮した標高を記載

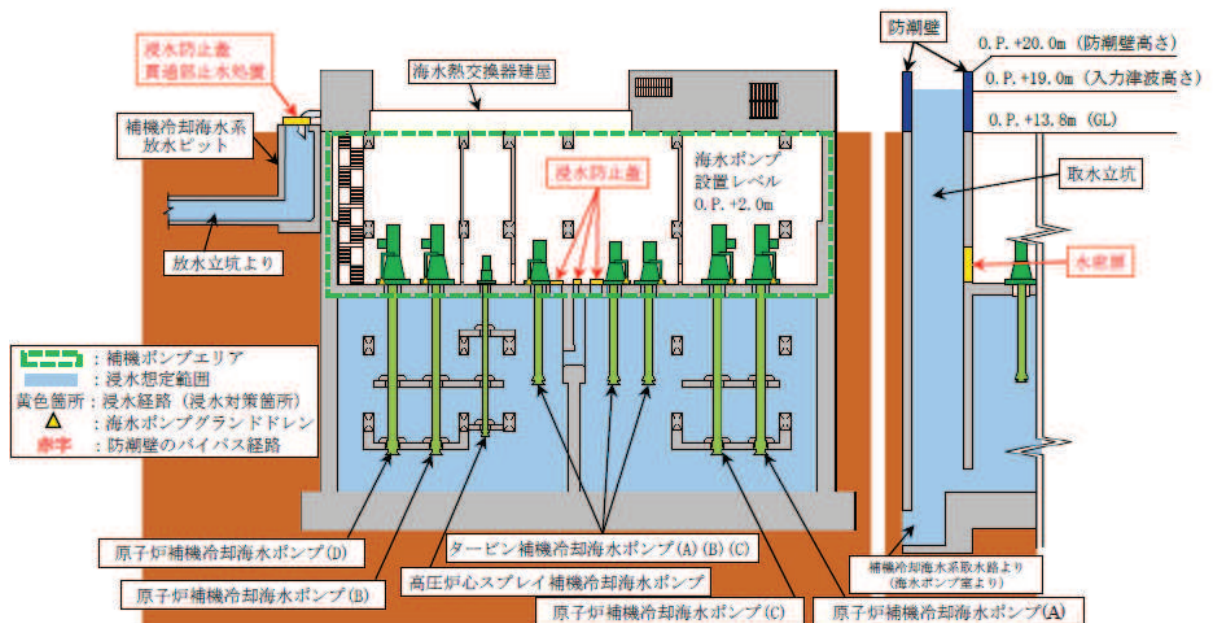
(第3号機海水ポンプ室 A-A 断面図)

図 3-4-1 津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備位置図 (8/18)



(第3号機海水熱交換器建屋補機ポンプエリア平面図)

図 3-4-1 津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備位置図 (9/18)

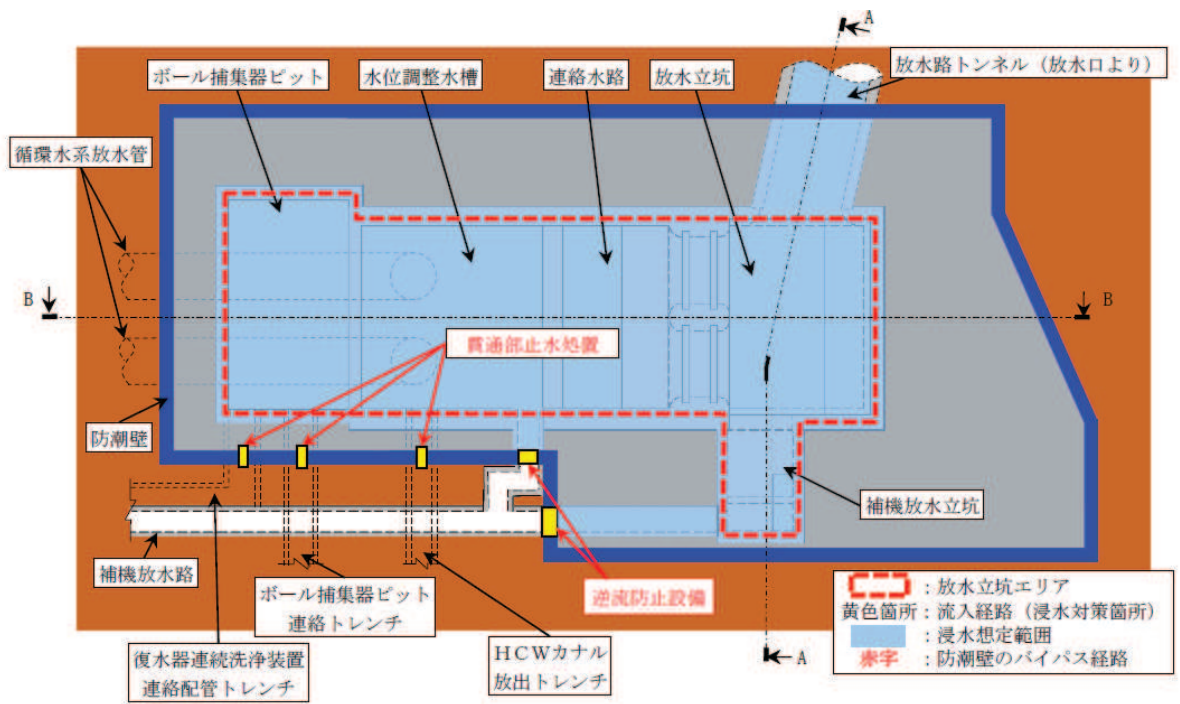


注：東北地方太平洋沖地震による約 1m の沈下を考慮した標高を記載

(第3号機海水熱交換器建屋補機ポンプエリア 左：A-A 断面図 右：B-B 断面図)

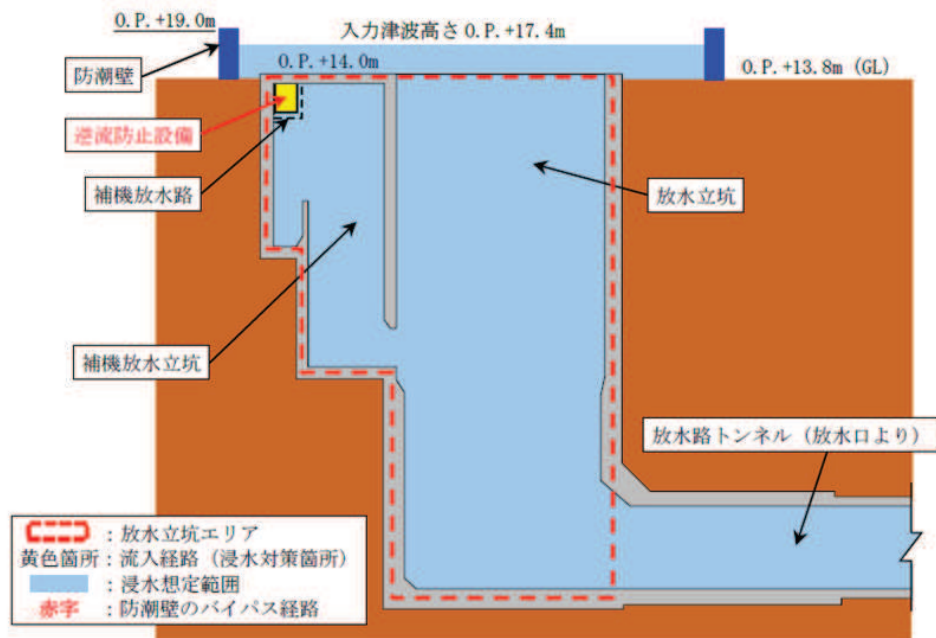
図 3-4-1 津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備位置図 (10/18)

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。



(第 2 号機放水立坑平面図)

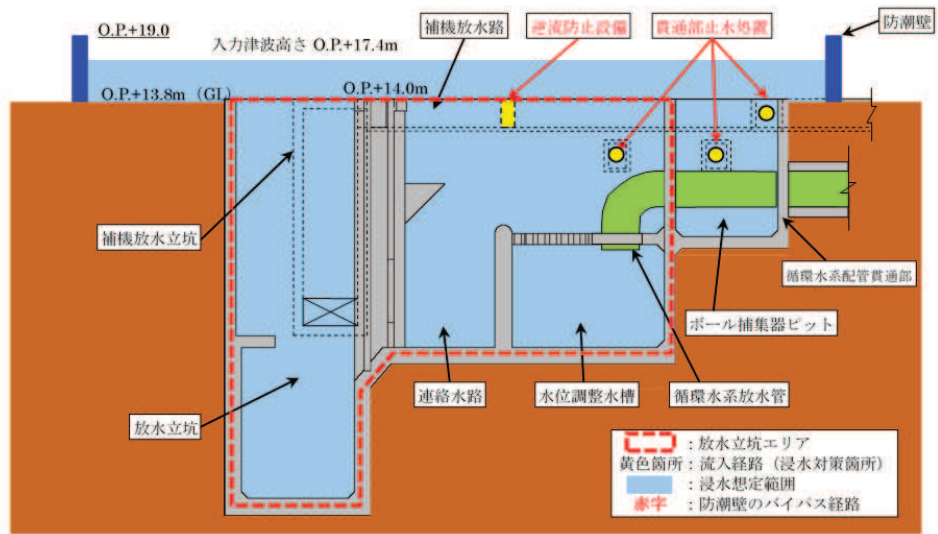
図 3-4-1 津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備位置図 (11/18)



注：東北地方太平洋沖地震による約 1m の沈下を考慮した標高を記載

(第 2 号機放水立坑 A-A 断面図)

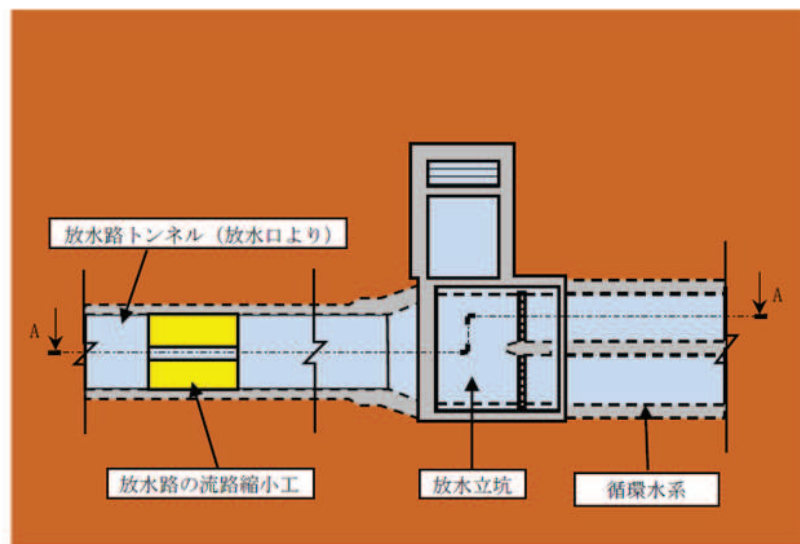
図 3-4-1 津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備位置図 (12/18)



注：東北地方太平洋沖地震による約 1m の沈下を考慮した標高を記載

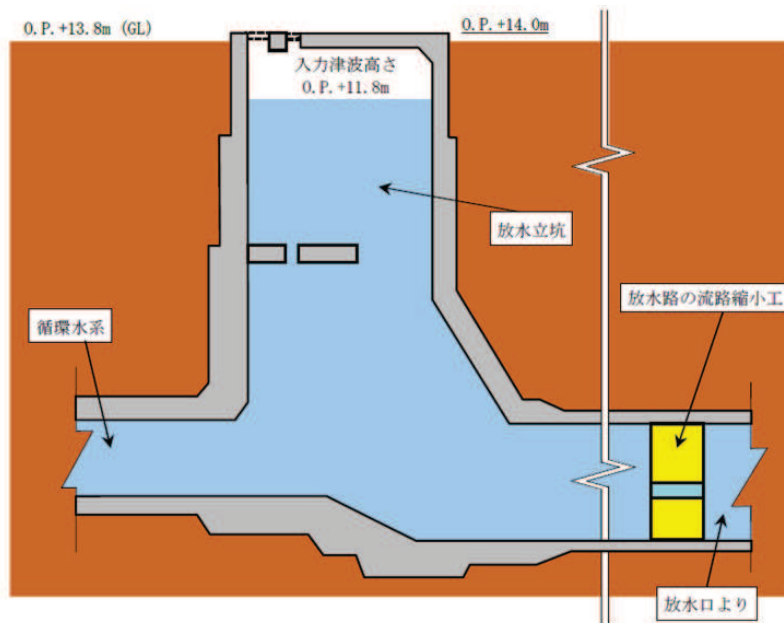
(第 2 号機放水立坑 B-B 断面図)

図 3-4-1 津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備位置図 (13/18)



(第 1 号機放水立坑平面図)

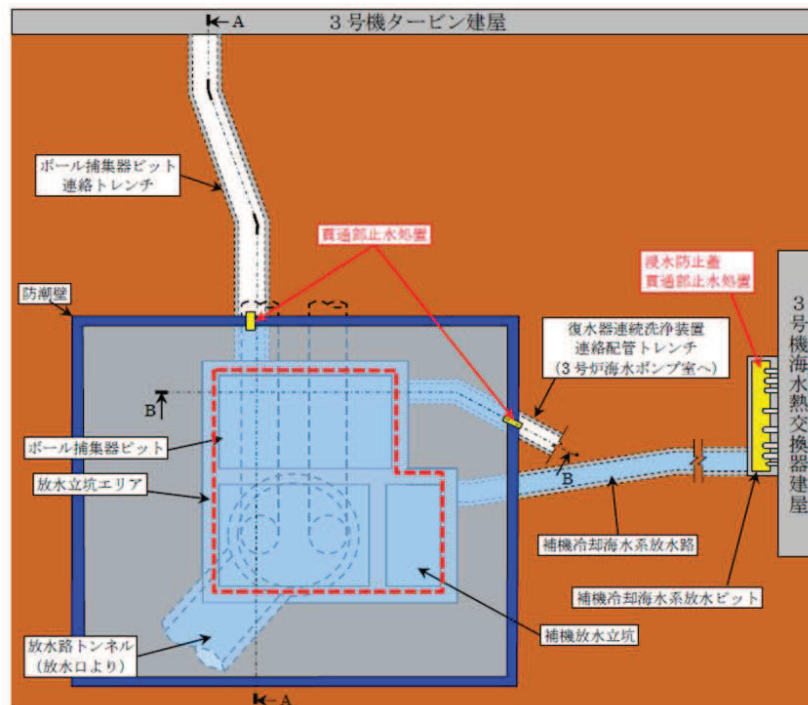
図 3-4-1 津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備位置図 (14/18)



注：東北地方太平洋沖地震による約 1m の沈下を考慮した標高を記載

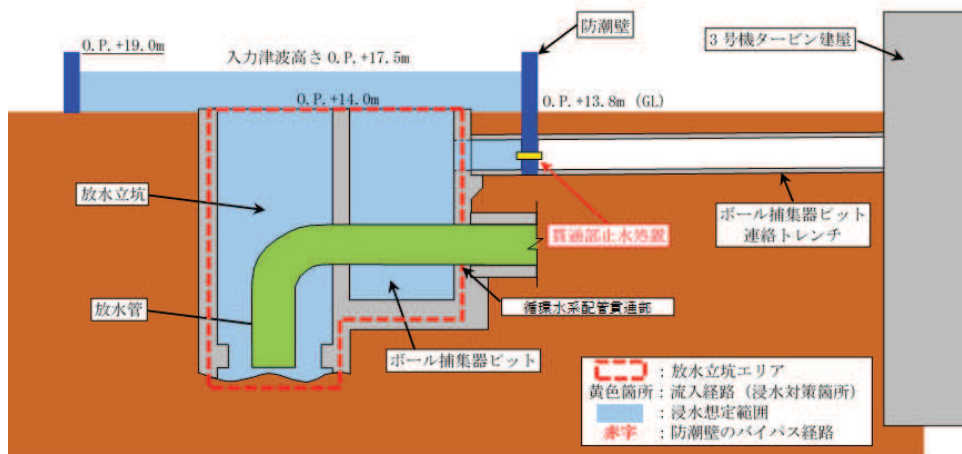
(第 1 号機放水立坑 A-A 断面図)

図 3-4-1 津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備位置図 (15/18)



(第 3 号機放水立坑平面図)

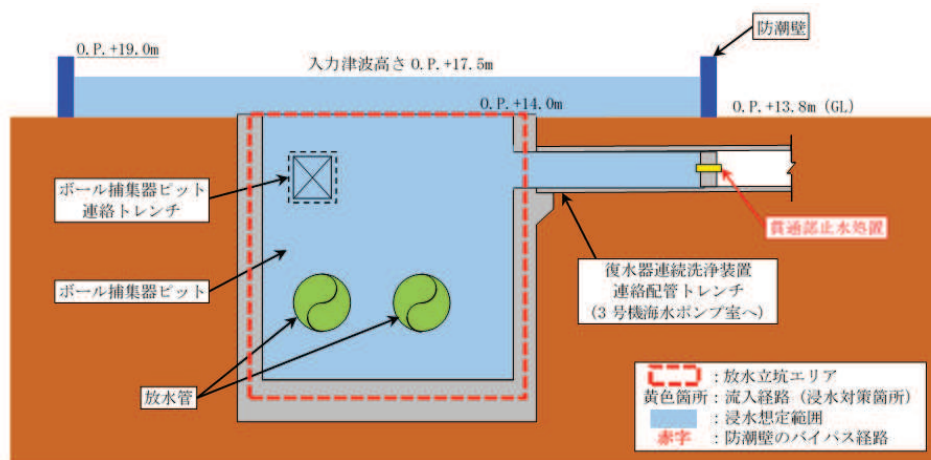
図 3-4-1 津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備位置図 (16/18)



注：東北地方太平洋沖地震による約 1m の沈下を考慮した標高を記載

(第 3 号機放水立坑 A-A 断面図)

図 3-4-1 津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備位置図 (17/18)



注：東北地方太平洋沖地震による約 1m の沈下を考慮した標高を記載

(第 3 号機放水立坑 B-B 断面図)

図 3-4-1 津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備位置図 (18/18)

表 3-4-1 強度評価の対象施設 (1/3)

設備名称		施設分類	
防潮堤	防潮堤 (鋼管式鉛直壁)	津波防護施設	
	防潮堤 (盛土堤防)		
防潮壁	防潮壁 (第 2 号機海水ポンプ室)		
	防潮壁 (第 2 号機放水立坑)		
	防潮壁 (第 3 号機海水ポンプ室)		
	防潮壁 (第 3 号機放水立坑)		
	防潮壁 (第 3 号機海水熱交換器建屋)		
取放水路流路縮小工	取放水路流路縮小工 (第 1 号機取水路) (No. 1), (No. 2)		
	取放水路流路縮小工 (第 1 号機放水路)		
貯留堰 (No. 1), (No. 2), (No. 3), (No. 4), (No. 5), (No. 6)			
逆流防止設備	屋外排水路逆流防止設備 (防潮堤南側) (No. 1), (No. 2), (No. 3)		浸水防止設備
	屋外排水路逆流防止設備 (防潮堤北側)		
	補機冷却海水系放水路逆流防止設備 (No. 1), (No. 2)		
水密扉	水密扉 (第 3 号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア) (No. 1)		
	水密扉 (第 3 号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア) (No. 2)		
	原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 1)		
	原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 2)		
	制御建屋浸水防止水密扉 (No. 1)		
	制御建屋浸水防止水密扉 (No. 2)		
	制御建屋浸水防止水密扉 (No. 3)		
	計測制御電源室 (B) 浸水防止水密扉 (No. 3)		
	制御建屋空調機械 (A) 室浸水防止水密扉		
	制御建屋空調機械 (B) 室浸水防止水密扉		
	第 2 号機 MCR 浸水防止水密扉		
	制御建屋浸水防止水密扉 (No. 4)		
制御建屋浸水防止水密扉 (No. 5)			

表 3-4-1 強度評価の対象施設 (2/3)

設備名称		施設分類
浸水防止蓋	浸水防止蓋 (原子炉機器冷却海水配管ダクト)	浸水防止設備
	浸水防止蓋 (第 3 号機補機冷却海水系放水ピット)	
	浸水防止蓋 (第 3 号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア角落し部)	
	浸水防止蓋 (第 3 号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア点検用開口部) (No. 1), (No. 2)	
	浸水防止蓋 (揚水井戸 (第 2 号機海水ポンプ室防潮壁区画内))	
	浸水防止蓋 (揚水井戸 (第 3 号機海水ポンプ室防潮壁区画内))	
	地下軽油タンク燃料移送ポンプ室アクセス用浸水防止蓋 (No. 1), (No. 2)	
	地下軽油タンク機器搬出入用浸水防止蓋	
浸水防止壁	第 2 号機海水ポンプ室浸水防止壁	
逆止弁付ファンネル	第 2 号機原子炉補機冷却海水ポンプ (A) (C) 室逆止弁付ファンネル (No. 1), (No. 2), (No. 3)	
	第 2 号機原子炉補機冷却海水ポンプ (B) (D) 室逆止弁付ファンネル (No. 1), (No. 2), (No. 3)	
	第 2 号機高圧炉心スプレー補機冷却海水ポンプ室逆止弁付ファンネル (No. 1), (No. 2)	
	第 2 号機タービン補機冷却海水ポンプ室逆止弁付ファンネル (No. 1), (No. 2), (No. 3)	
	第 3 号機原子炉補機冷却海水ポンプ (A) (C) 室逆止弁付ファンネル (No. 1), (No. 2)	
	第 3 号機原子炉補機冷却海水ポンプ (B) (D) 室逆止弁付ファンネル (No. 1), (No. 2)	
	第 3 号機高圧炉心スプレー補機冷却海水ポンプ室逆止弁付ファンネル (No. 1), (No. 2)	
	第 3 号機タービン補機冷却海水ポンプ室逆止弁付ファンネル (No. 1), (No. 2), (No. 3)	

表3-4-1 強度評価の対象施設 (3/3)

設備名称		施設分類
貫通部止水処置	貫通部止水処置(第2号機海水ポンプ室防潮壁横断部)	
	貫通部止水処置(第2号機放水立坑防潮壁横断部)	
	貫通部止水処置(第3号機海水ポンプ室防潮壁横断部)	
	貫通部止水処置(第3号機放水立坑防潮壁横断部)	
	貫通部止水処置(第3号機補機冷却海水系放水ピット浸水防止蓋貫通部)	
	貫通部止水処置(第2号機原子炉建屋)	
	貫通部止水処置(第2号機制御建屋)	
	貫通部止水処置(第2号機軽油タンクエリア)	
津波監視カメラ	津波監視 設備	
取水ピット水位計		

なお、津波防護施設のうち防潮壁（第3号機海水熱交換器建屋）については、添付書類「VI-2-10-2-3-4 防潮壁（第3号機海水熱交換器建屋）の耐震性についての計算書」において水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せを考慮した耐震評価を実施し、十分な構造強度を有していることを確認していることから、本章での評価は省略する。

また、浸水防止設備及び津波監視設備の水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価については、添付書類「VI-2-1-8 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価方針」の「4.1 建物・構築物」及び「4.2 機器・配管系」に基づき、「3.1 建物・構築物」及び「3.2 機器・配管系」にて評価結果を示しているため、本章では評価は省略する。浸水防止設備の間接支持構造物のうち、「3.1 建物・構築物」及び「3.3 屋外重要土木構造物」にて評価結果を示している施設についても、本章では評価は省略する。

3.4.2 水平方向及び鉛直方向地震力の組合せによる従来設計手法の考え方

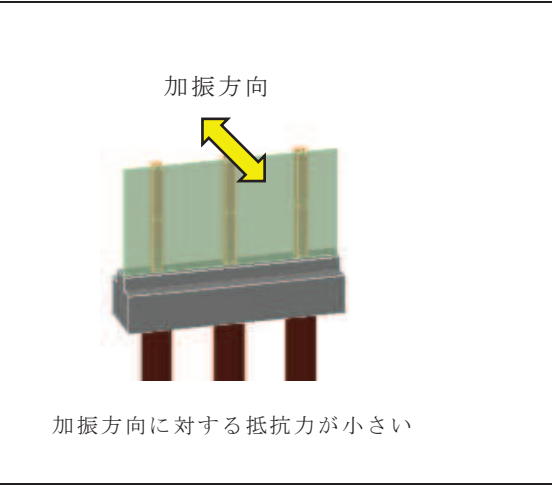
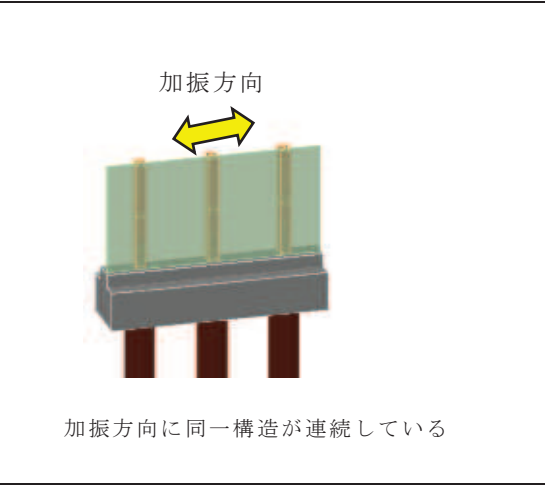
津波防護施設における従来設計手法の考え方について、防潮壁を例に表 3-4-2 に示す。津波防護施設は、地中構造物と地上構造物に分けられる。地上構造物は、躯体の慣性力や基礎部分に係る動土圧等の外力が主たる荷重となる。地中構造物については、動土圧や動水圧等の外力が主たる荷重となる。地中構造物、地上構造物のうち屋外重要土木構造物同様、比較的単純な構造部材の配置で構成され、ほぼ同一の断面が奥行方向に連続する構造的特徴を有する線状構造物は、3次元的な応答の影響が小さいため、2次元断面での耐震評価を行っている。

線状構造物は、ほぼ同一の断面が長手方向に連続する構造的特徴を有していることから、構造上の特徴として明確な弱軸、強軸を有する。

強軸方向の地震時挙動は、弱軸方向に対して顕著な影響を及ぼさないことから、従来評価手法では弱軸方向を評価対象として、耐震設計上求められる水平1方向及び鉛直方向地震力による耐震評価を実施している。

表 3-4-2 に示すとおり、線状構造物に関する従来設計手法では、津波防護施設の構造上の特徴から、弱軸方向の地震荷重に対して、垂直に配置された構造部材のみで受け持つよう設計している。

表 3-4-2 従来設計手法における評価対象断面の考え方

	横断方向の加振	縦断方向の加振
従来設計の評価対象断面の考え方	 <p>加振方向に対する抵抗力が小さい</p>	 <p>加振方向に同一構造が連続している</p>
	<ul style="list-style-type: none"> ・横断方向は，加振方向に対する抵抗力が小さく，弱軸方向にあたる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・縦断方向は，加振方向に同一構造が連続しており，強軸方向にあたる。
	<ul style="list-style-type: none"> ・強軸方向の地震時挙動は，弱軸方向に対して顕著な影響を及ぼさない。 ・弱軸方向を評価対象断面とする。 	

3.4.3 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方針

評価対象構造物において，水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せを考慮した場合に影響を受ける可能性がある構造物の評価を行う。

評価対象構造物を構造形式ごとに分類し，構造形式ごとに作用すると考えられる荷重を整理し，荷重が作用する構造部材の配置等から水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響を受ける可能性のある構造形式を抽出する。

抽出された構造形式については，従来設計手法での評価対象断面（弱軸方向）の地震応答解析に基づく構造部材の照査において，評価対象断面（弱軸方向）に直交する断面（強軸方向）の地震応答解析に基づく地震時荷重等を適切に組み合わせることで，水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる構造部材の発生応力を算出し，構造物が有する耐震性への影響を確認する。

評価対象断面（弱軸方向）に直交する断面（強軸方向）の地震応答解析に基づく地震時荷重は，基準地震動 S_s による評価対象断面（弱軸方向）での地震時荷重算定時刻と同時刻の荷重を，位相の異なる地震動にて算出して用いることとする。

構造物が有する耐震性への影響が確認された場合は，詳細な手法を用いた検討等，新たに設計上の対応策を講じる。

3.4.4 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価方法

評価対象構造物において、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響を受ける可能性があり、水平 1 方向及び鉛直方向の従来評価に加え、更なる設計上の配慮が必要な構造物について、構造形式及び作用荷重の観点から影響評価の対象とする構造物を抽出し、構造物が有する耐震性への影響を評価する。影響評価のフローを図 3-4-2 に示す。

(1) 影響評価対象構造物の抽出

① 構造形式の分類

津波防護施設について、各構造物の構造上の特徴や従来設計手法の考え方を踏まえ、構造形式ごとに大別する。

② 従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重の整理

従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重を抽出する。

③ 荷重の組合せによる応答特性が想定される構造形式の抽出

②で整理した荷重に対して、構造形式ごとにどのように作用するかを整理し、耐震性に与える影響程度を検討した上で、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響が想定される構造形式を抽出する。

④ 従来設計手法における評価対象断面以外の 3 次元的な応答特性が想定される箇所の抽出

③で抽出されなかった構造形式について、従来設計手法における評価対象断面以外の箇所で、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響により 3 次元的な応答が想定される箇所を抽出する。

⑤ 従来設計手法の妥当性の確認

④で抽出された箇所が、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに対して、従来設計手法における評価対象断面の耐震評価で満足できるか検討を行う。

(2) 影響評価手法

⑥ 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価

評価対象として抽出された構造物について、従来設計手法での評価対象断面（弱軸方向）の地震応答解析に基づく構造部材の照査において、評価対象断面（弱軸方向）に直交する断面（強軸方向）の地震応答解析に基づく地震時荷重等を適切に組み合わせることで、構造部材の設計上の許容値に対する評価を実

施し、構造部材が有する耐震性への影響を確認する。

評価手法については、評価対象構造物の構造形式を考慮し選定する。

⑦ 機器・配管系への影響検討

水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響が確認された構造物が、耐震重要施設、常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設の機器・配管系の間接支持構造物である場合には、機器・配管系に対して、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる応答値への影響を確認する。

水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる応答値への影響が確認された場合、機器・配管系の影響評価に反映する。

なお、④及び⑤の精査にて、津波防護施設の影響の観点から抽出されなかった部位であっても、地震応答解析結果から機器・配管系への影響の可能性が想定される部位については検討対象として抽出する。

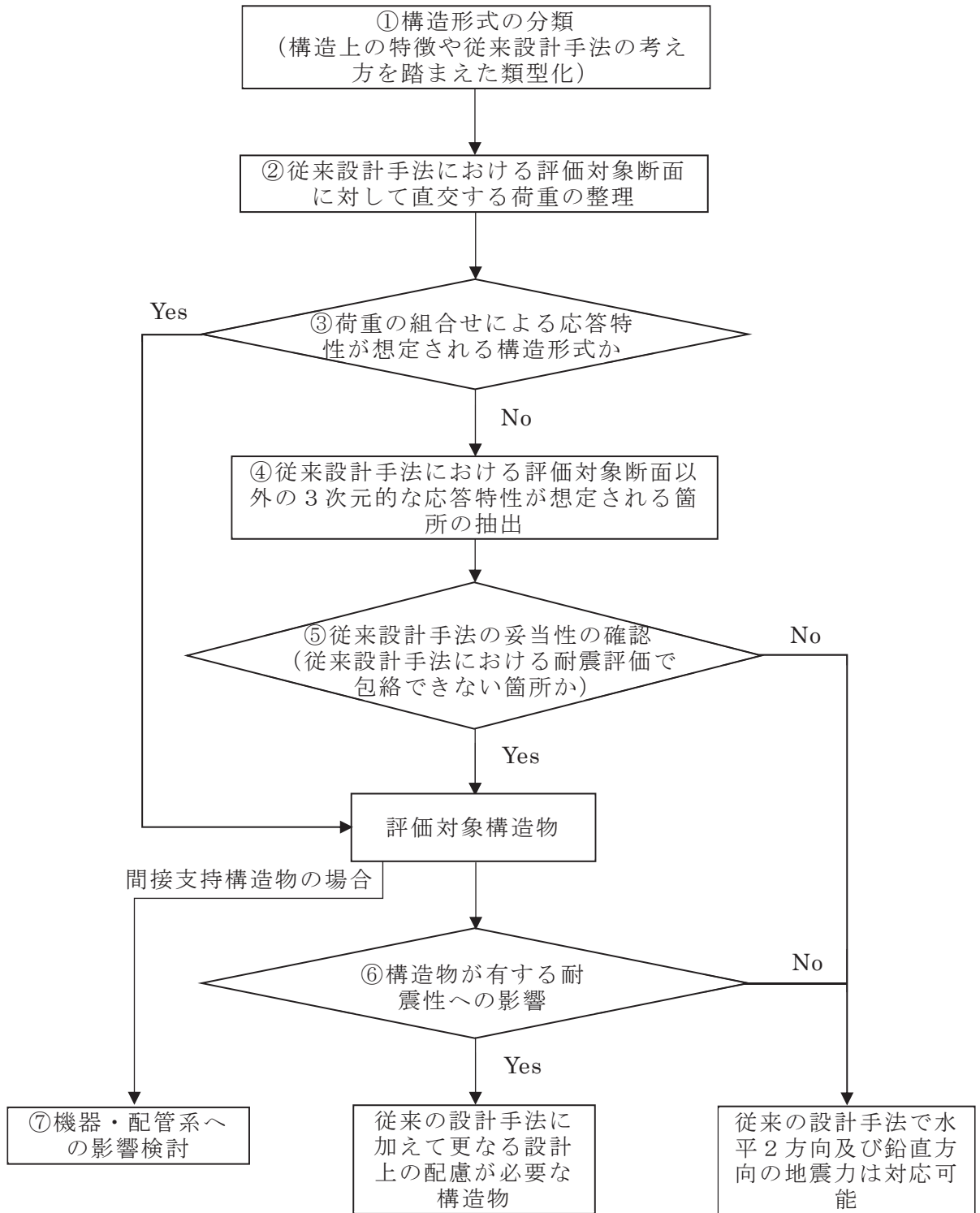


図 3-4-2 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価のフロー

3.4.5 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出

(1) 構造形式の分類

本章における評価対象構造物である津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備の間接支持構造物の構造形式の分類を表3-4-3に示す。

構造形式により1)線状構造物、2)箱形構造物、3)門型構造物、4)円筒型構造物の4つの構造形式に大別される。

表 3-4-3 津波防護施設並びに浸水防止設備及び津波監視設備の間接支持構造物
の構造形式の分類 (1/2)

分類	構造物		1) 線状 構造物	2) 箱形 構造物	3) 門型 構造物	4) 円筒型 構造物
津波防護施設	防潮堤	鋼管式鉛直壁	○ (上部工)			○ (鋼管杭)
		盛土堤防	○			
	防潮壁 (第2号 機海水ポ ンプ室, 第2号機 放水立 坑, 第3 号機海水 ポンプ 室, 第3 号機放水 立坑)	鋼製遮水壁 (鋼板)	○ (上部工)			○ (杭基礎)
		鋼製遮水壁 (鋼桁)			○ (上部工)	○ (杭基礎)
		鋼製扉			○ (上部工)	○ (杭基礎)
	取放水路流路縮小工		○			
	貯留堰		○*1			

表 3-4-3 津波防護施設並びに浸水防止設備及び津波監視設備の間接支持構造物
の構造形式の分類 (2/2)

分類	構造物		1) 線状 構造物	2) 箱形 構造物	3) 門型 構造物	4) 円筒型 構造物
浸水防止設備 ^{*1}	逆流防止 設備	屋外排水路 逆流防止設備 (防潮堤南側)		○ (出口側集 水ピット)		
		屋外排水路 逆流防止設備 (防潮堤北側)		○ 出口側集水 ピット)		
		補機冷却海水系 放水路逆流防止 設備	○ ^{*3} (基礎)			
	浸水防止 蓋	揚水井戸 (第 3 号機海水ポン プ室防潮壁区 画内)				○ (井戸)
津波監視設備 ^{*2}	津波監視カメラ		○ (防潮堤 (盛土堤 防))			

注記*1: 取水口と一体構造であり、「3.3 屋外重要土木構造物」にて評価結果を示していることから、本章では評価は省略する。

*2: 間接支持構造物を示す。なお、本表に示している設備以外の浸水防止設備及び津波監視設備の間接支持構造物については「3.1 建物・構築物」及び「3.3 屋外重要土木構造物」にて評価結果を示していることから、本章では評価は省略する。

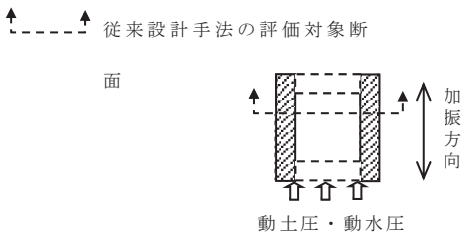
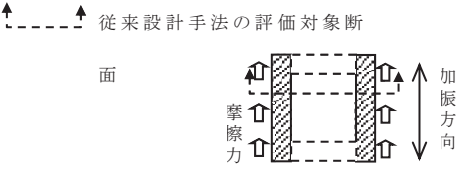
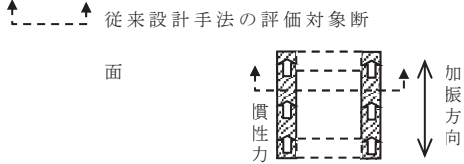
*3: 防潮壁 (第 2 号機放水立坑)

(2) 従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重の整理

表 3-4-4 に、従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重を示す。

従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重として、動土圧、動水圧、摩擦力及び慣性力が挙げられる。

表 3-4-4 従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重

作用荷重		作用荷重のイメージ(*)
①動土圧及び動水圧	従来設計手法における評価対象断面に対して、平行に配置される構造部材に作用する動土圧及び動水圧	
②摩擦力	周辺の埋戻土と躯体間で生じる相対変位に伴い発生する摩擦力	
③慣性力	躯体に作用する慣性力	

注記*：当該図は、平面図を示す。

(3) 荷重の組合せによる応答特性が想定される構造形式の抽出

表 3-4-5 に、3.4.5(1)で整理した構造形式ごとに、3.4.5(2)で整理した荷重作用による影響程度を示す。

表 3-4-4 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出 (1/3)

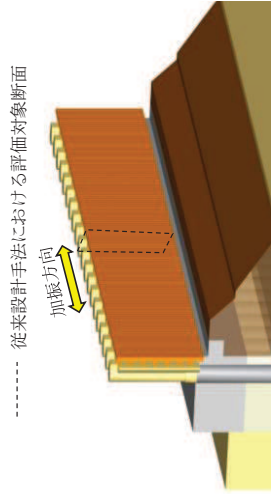
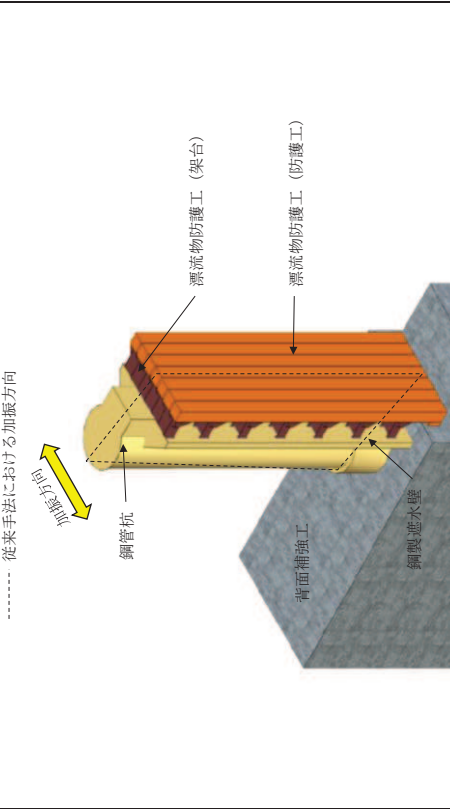
<p>3.4.1(2)で整理した 構造形式の分類</p>	<p>1) 線状構造物 (防潮堤 (鋼管式鉛直壁) の上部工等)</p> 	<p>2) 線状構造物 (防潮堤 (鋼管式鉛直壁) の鋼管杭)</p> 
<p>3.4.1(3)で整理した 荷重の作用状況</p>	<p>(注) ③慣性力はすべての構造部材に作用</p>	<p>(注) ③慣性力はすべての構造部材に作用</p>
	<p>① 動土圧及び動水圧</p>	<p>作用しない</p>
	<p>② 摩擦力</p>	<p>作用しない</p>
	<p>③ 慣性力</p>	<p>全ての部材に作用</p>
<p>従来設計手法における評価対象断面に対して直角方向 (強軸方向) に①動土圧及び動水圧による荷重が作用して直交する荷重の影響度</p>	<p>従来設計手法における評価対象断面に対して直角方向 (強軸方向) に①動土圧及び動水圧による荷重が作用しないため影響小</p>	<p>従来設計手法における評価対象断面に対して直角方向 (強軸方向) に①動土圧及び動水圧による荷重が作用しないため影響の程度が小さいが, 鋼管杭前面に漂流物防護工が張り出した偏心構造となり, 強軸方向の慣性力等の荷重が作用する等, 影響の程度が大きい。</p>
<p>抽出結果 (○:影響検討実施)</p>	<p>×</p>	<p>○</p>

表 3-4-4 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出 (2/3)

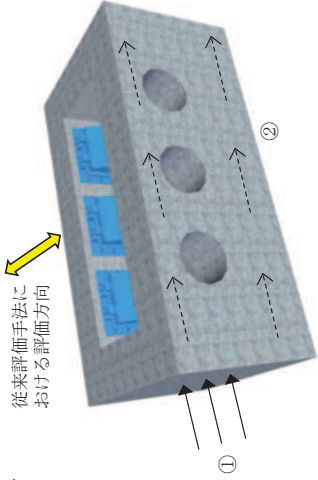
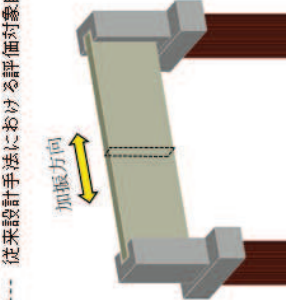
<p>3.4.1(2)で整理した 構造形式の分類</p>	<p>3) 箱形構造物 (逆流防止設備の基礎等)</p>	<p>4) 門型構造物 (杭基礎構造防潮壁 (鋼製遮水壁 (鋼桁)) の上部工等)</p>
<p>3.4.1(3)で整理した 荷重の作用状況</p>	<p>----- 従来評価手法における評価方向</p>  <p>(注) ③慣性力はすべての構造部材に作用</p>	<p>----- 従来設計手法における評価対象断面</p>  <p>(注) ③慣性力はすべての構造部材に作用</p>
<p>従来設計手法における評価対象断面に対して直交する荷重の影響度</p>	<p>① 動土圧及び動水圧 従来設計手法における評価方向に対して平行する側面に作用</p> <p>② 摩擦力 従来設計手法における評価方向に対して平行する側面に作用</p> <p>③ 慣性力 全ての部材に作用</p>	<p>① 動土圧及び動水圧 作用しない</p> <p>② 摩擦力 作用しない</p> <p>③ 慣性力 全ての部材に作用</p>
<p>従来設計手法における評価対象断面に対して平行する側面に、 ① 動土圧及び動水圧による荷重が作用するため影響大</p>	<p>従来設計手法における評価対象断面に対して平行する側面に、 ① 動土圧及び動水圧による荷重が作用するため影響大</p>	<p>従来設計手法における評価対象断面に対して直角方向 (強軸方向) に①動土圧及び動水圧による荷重が作用しないため影響の程度が小さいが、左右の RC 支柱に桁や扉を支持させた門型構造形式であり、妻側に配置された RC 支柱への強軸方向の慣性力等の荷重が作用する等、影響の程度が大きい。</p>
<p>抽出結果 (○:影響検討実施)</p>	<p>○</p>	<p>○</p>

表 3-4-4 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出 (3/3)

<p>3.4.1(2)で整理した 構造形式の分類</p>	<p>5) 円筒型構造物 (防潮壁の下部工等)</p>
<p>3.4.1(3)で整理した 荷重の作用状況</p>	<p>..... 従来設計手法における評価対象断面</p>  <p>(注) ③慣性力はすべての構造部材に作用</p> <p>① 動土圧及び動水圧 主に胴体部に作用</p> <p>② 摩擦力 主に胴体部に作用</p> <p>③ 慣性力 全ての部材に作用</p>
<p>従来設計手法における 評価対象断面に対 して直交する荷重の 影響度</p>	<p>胴体部において、①動土圧及び動水圧による荷重、上部工からの荷重が作用するため影響の程度が大さい。</p>
<p>抽出結果 (○:影響検討実施)</p>	<p>○</p>

(4) 従来設計手法における評価対象以外の3次元的な応答特性が想定される箇所の抽出

3.4.1(4)で抽出しなかった構造形式である1)線状構造物について、各構造物の構造等を考慮した上で、従来設計手法における評価対象断面以外の3次元的な応答特性が想定される箇所を抽出し、以下に示す。

a. 防潮堤（鋼管式鉛直壁の上部工，盛土堤防）

防潮堤（鋼管式鉛直壁）の上部工は、軸方向に対して同一の構造断面が連続する線状構造物であり、構造上の特徴として、妻壁（評価対象断面に対して平行に配置される壁部材）等を有さず、明確な弱軸・強軸を示し、強軸方向の慣性力により発生する応力の影響は小さいことから、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響は小さい。

防潮堤（盛土堤防）はセメント改良土盛土による線状構造物であり、従来設計手法における評価対象断面に対して直交する動土圧はほとんど作用しないことから、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響は小さい。

防潮堤の構造概要を図3-4-3に示す。

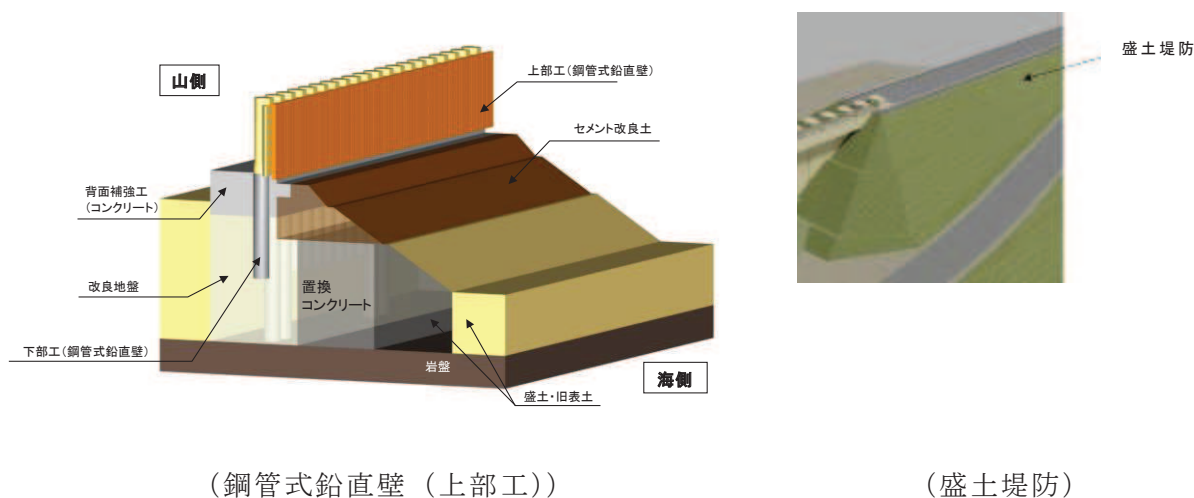


図 3-4-3 防潮堤（鋼管式鉛直壁の上部工，盛土堤防）の構造概要

b. 防潮壁（鋼製遮水壁（鋼板））の上部工

防潮壁（鋼製遮水壁（鋼板））の上部工は，壁軸方向に対して同一の構造断面が連続する線状構造物であり，妻壁（評価対象断面に対して平行に配置される壁部材）等を有さず，相対的に断面係数が大きい壁軸方向が明確な強軸を示し，強軸方向の慣性力により発生する応力の影響は小さいことから，水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響は小さい。

なお，防潮壁（鋼製遮水壁（鋼板））の隅角部については，隣接する構造との接続のために妻壁に相当する部位を有するが，その面積は小さく，鋼製支柱や全体構造に与える慣性力等の影響も小さいため，水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響は小さい。

防潮壁（鋼製遮水壁（鋼板））の上部工の構造概要を図3-4-4に，隅角部の構造概要を図3-4-5に，平面配置を図3-4-6，図3-4-7に示す。

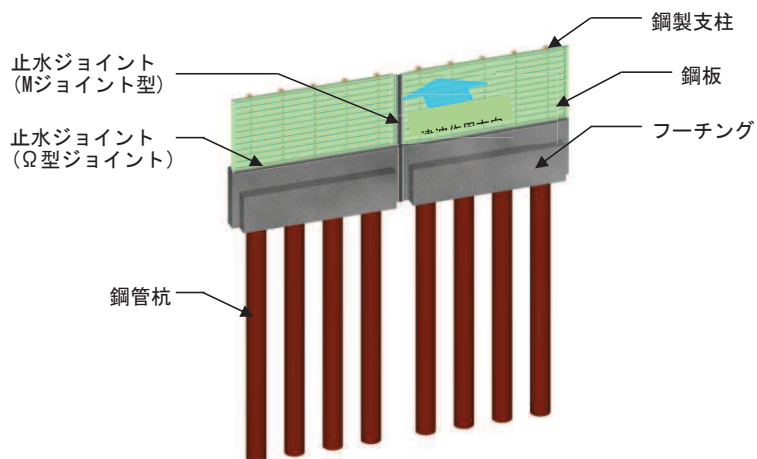


図 3-4-4 防潮壁（鋼製遮水壁（鋼板））の上部工の構造概要

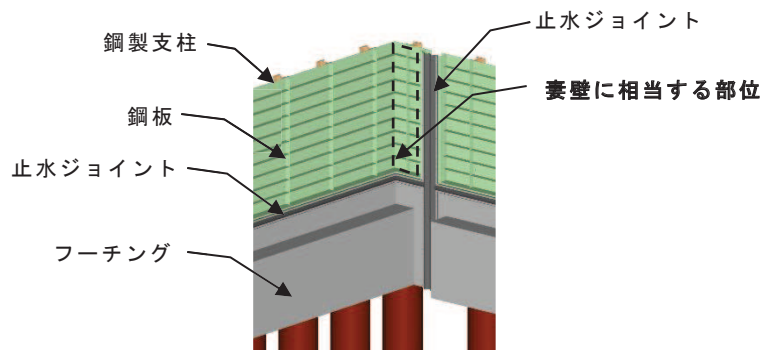
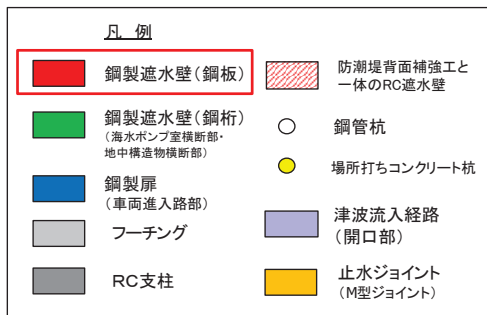
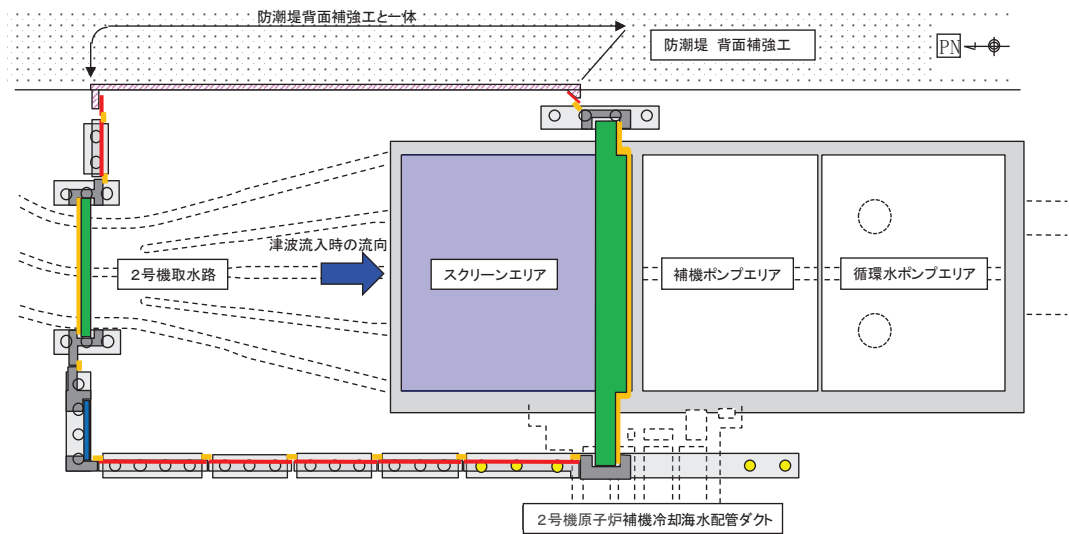
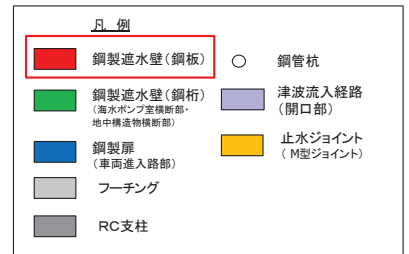
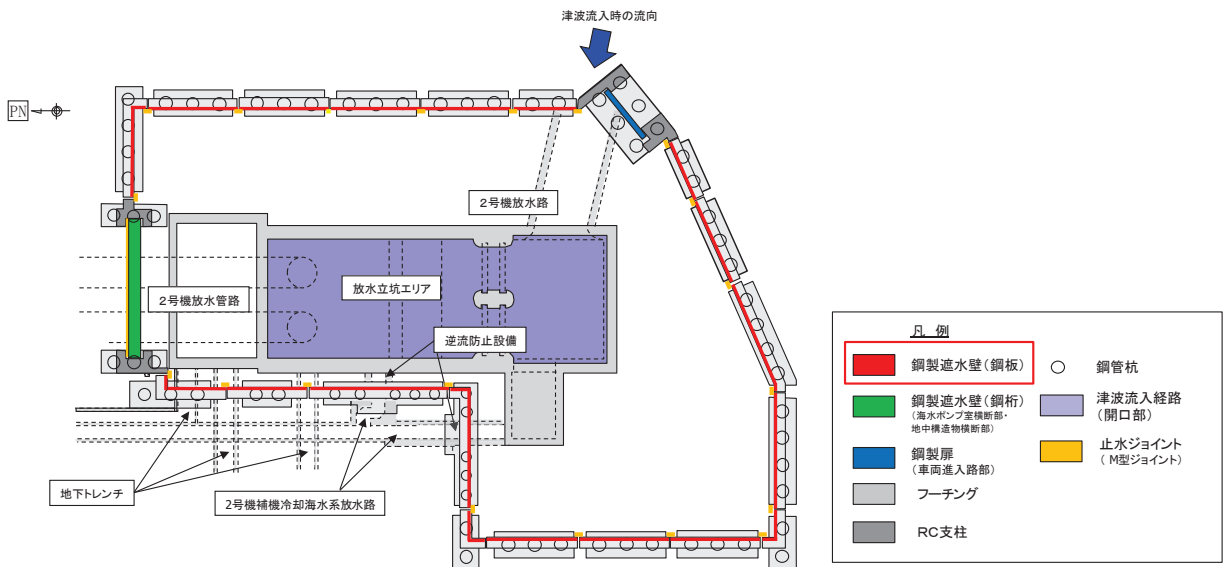


図 3-4-5 鋼製遮水壁（鋼板）の上部工（隅角部）

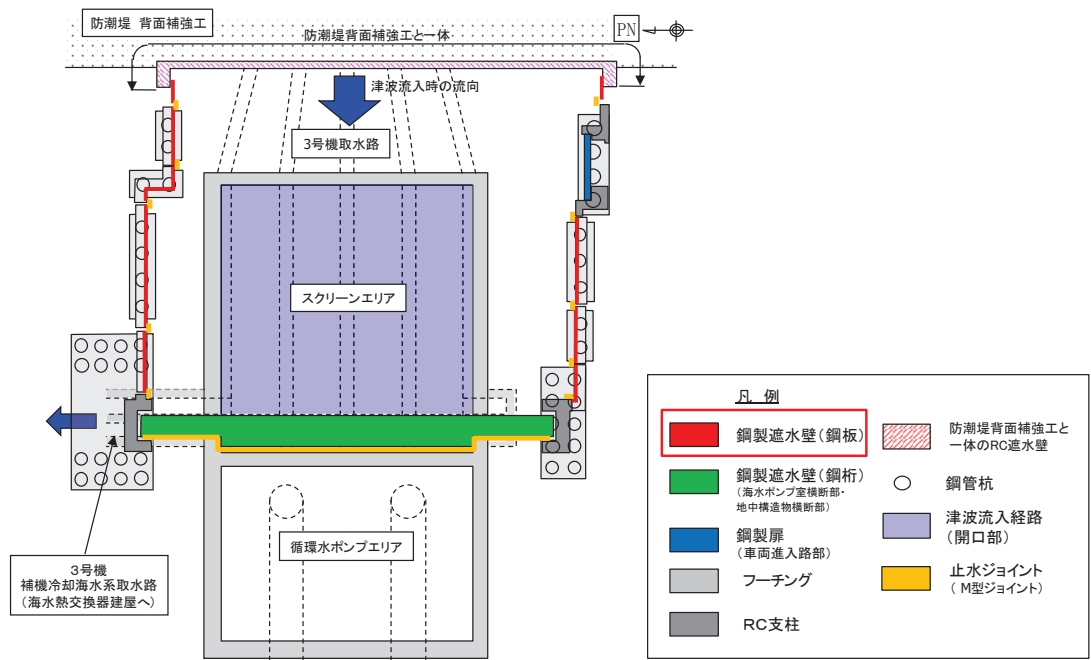


(第2号機海水ポンプ室防潮壁)

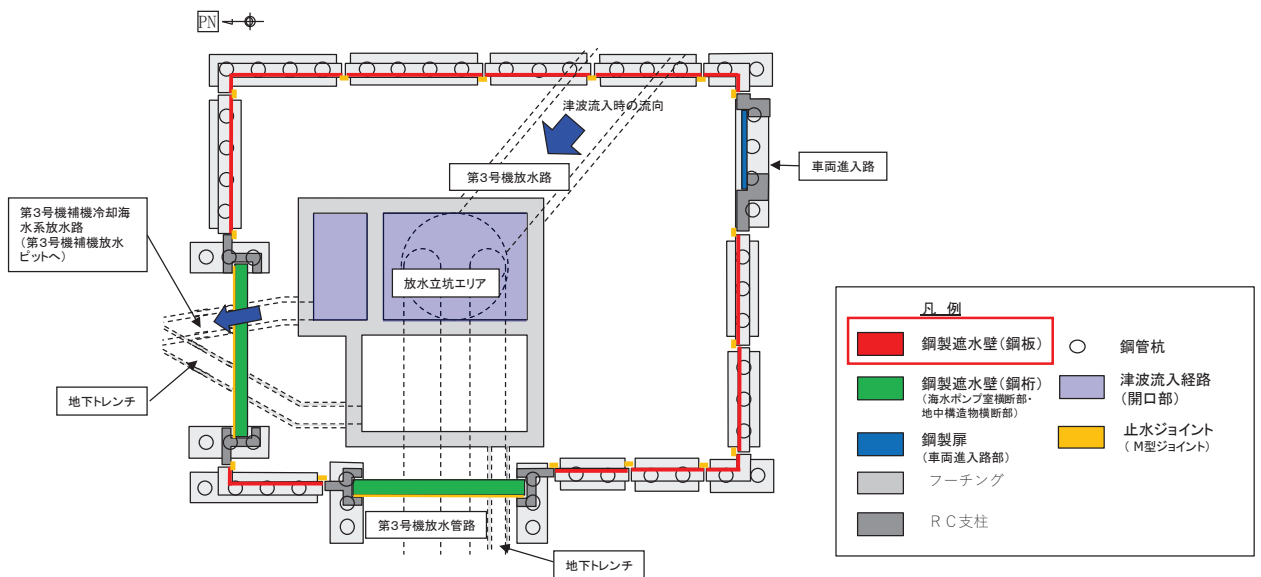


(第2号機放水立坑防潮壁)

図 3-4-6 防潮壁(鋼製遮水壁(鋼板))の平面配置



(第3号機海水ポンプ室防潮壁)



(第3号機放水立坑防潮壁)

図 3-4-7 防潮壁 (鋼製遮水壁 (鋼板)) の平面配置

c. 取放水路流路縮小工

取放水路流路縮小工は、岩盤内に構築された線状構造物である既設取放水路内に設置する構造物で、縦断方向に同一断面が連続した形状となっており、また横断方向を岩盤により拘束された構造であるため、地震時の水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響は小さい（縦断方向に対しては津波時及び津波余震重畳時における強度評価を実施）。

構造概要を図3-4-8、図3-4-9に示す。

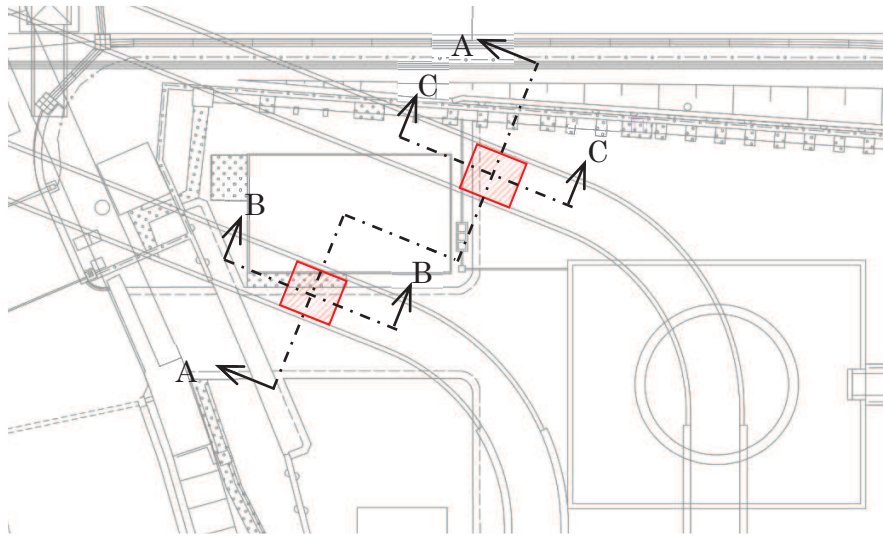


図 3-4-8 取放水路流路縮小工 平面図
(第1号機取水路の例)

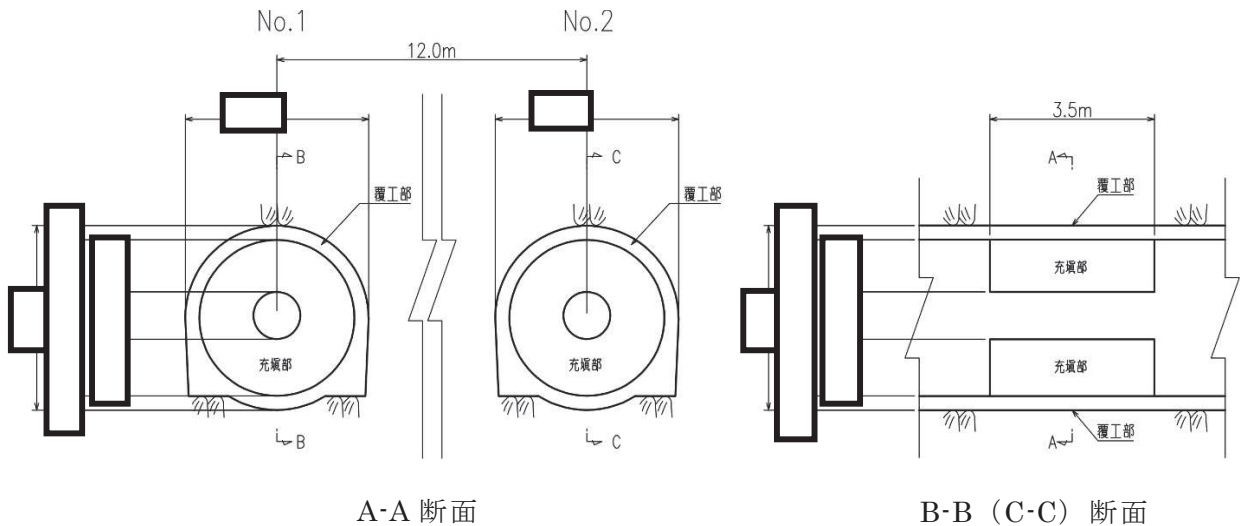


図 3-4-9 取放水路流路縮小工 断面図
(第1号機取水路の例)

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

3.4.6 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価対象構造物の抽出結果

(1) 線状構造物

線状構造物である，防潮堤（鋼管式鉛直壁）のうち鋼管杭について，漂流物防護工が鋼管杭前面に張り出した偏心構造となることを踏まえ，鋼管杭に対して漂流物防護工設置による水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響を評価する。防潮堤（鋼管式鉛直壁）の鋼管杭の構造概要を図3-4-10に示す。

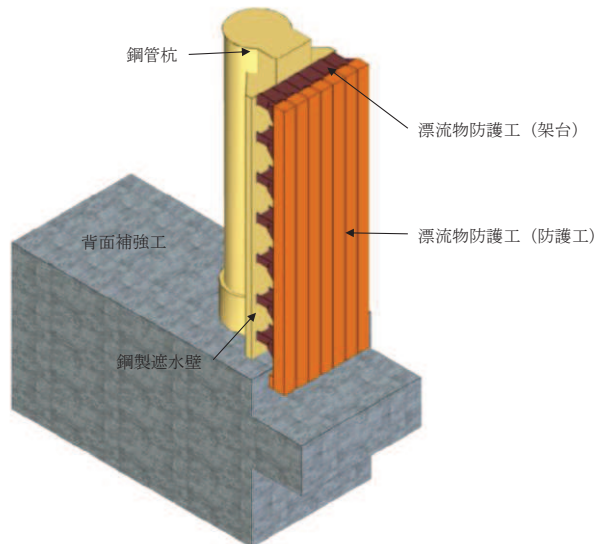


図3-4-10 防潮堤（鋼管式鉛直壁）鋼管杭 構造概要図

(2) 箱形構造物

箱形構造物である屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）及び屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）の出口側集水ピットについて，構造形状が異なることを踏まえ，水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響を評価する。屋外排水路逆流防止設備出口側集水ピットの構造概要を図3-4-11～図3-4-12に示す。

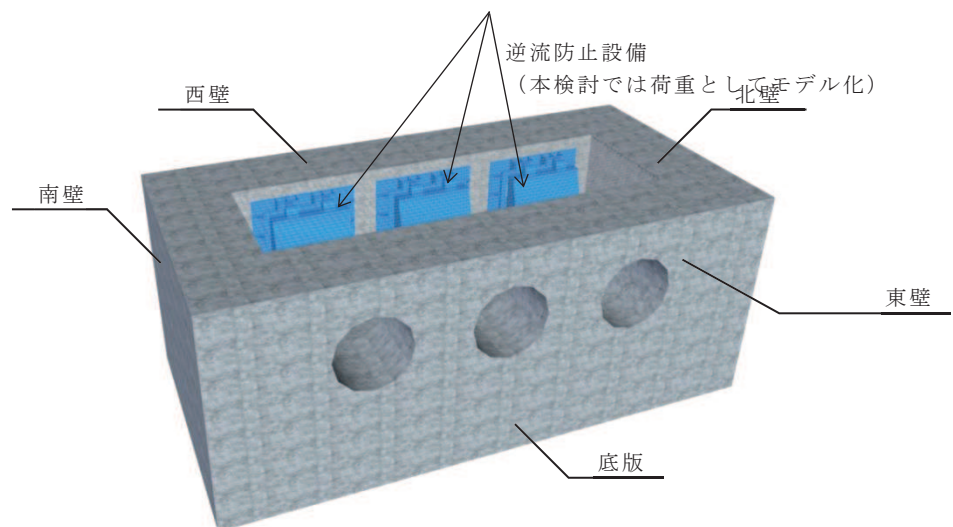


図 3-4-11 屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）出口側集水ピット 構造概要図

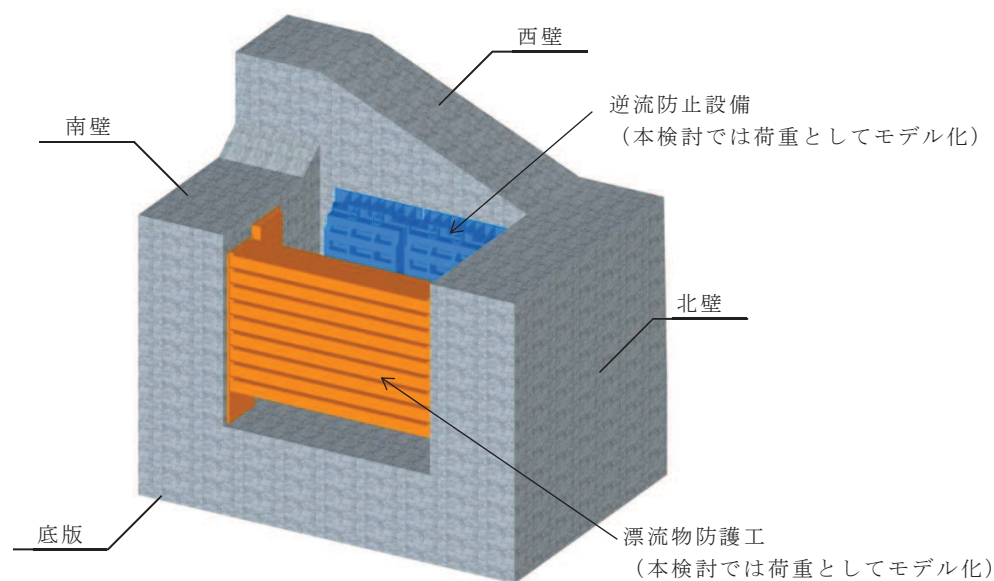


図3-4-12 屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）出口側集水ピット 構造概要図

(3) 門型構造物

門型構造物である，防潮壁（杭基礎構造）のうち鋼製遮水壁（鋼桁）の構造概要図を図3-4-13に，鋼製扉の上部工の構造概要図を図3-4-14に示す。

主たる止水構造である鋼桁及び鋼製扉（扉体）については，従来設計手法における評価対象断面に対して直角方向（強軸方向）の断面係数が相対的に大きいため，水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響は小さい。

一方，鋼桁や鋼製扉を支持する左右のRC支柱に対しては，強軸方向の慣性力等の荷重が作用することで，水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響が想定される。

よって，鋼製遮水壁（鋼桁）及び鋼製扉の上部工のうちRC支柱を水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価対象とする。ここで，扉体よりも鋼桁の方が，重量があり慣性力がより大きくなることで，相対的に影響が大きいと考えられる鋼製遮水壁（鋼桁）を代表に評価する。

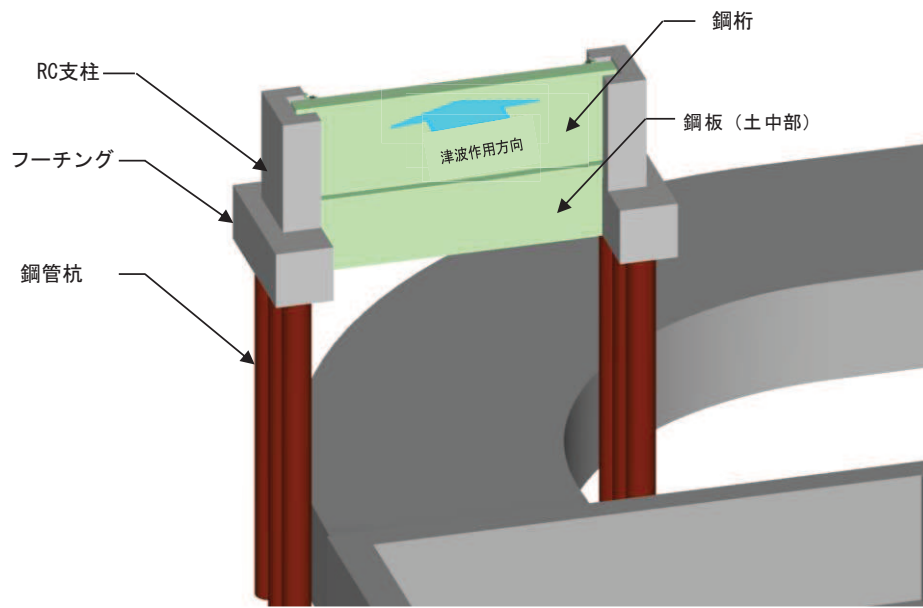


図 3-4-13 鋼製遮水壁（鋼桁） 構造概要図

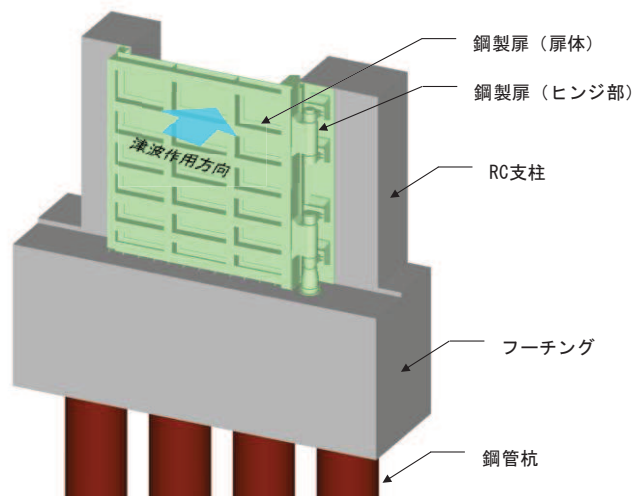


図 3-4-14 鋼製扉 構造概要図

(4) 円筒型構造物

円筒型構造物は防潮堤（鋼管式鉛直壁）の下部工及び防潮壁（杭基礎構造）の下部工の基礎杭と揚水井戸（第3号機海水ポンプ室防潮壁区画内）の鋼製シャフトが該当する。それぞれの構造概要を図3-4-15～図3-4-17に示す。

基礎杭について、防潮堤（鋼管式鉛直壁）の下部工は、改良地盤又は岩盤内に設置されており、動土圧の影響は小さく、応答については上部工の影響が支配的である。上部工については、先に示したように線状構造物であり明確な強軸・弱軸を示し、強軸方向の慣性力により発生する応力の影響は小さい。防潮堤（鋼管式鉛直壁）の下部工の基礎杭に対する水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響は小さいため、防潮壁の基礎杭を代表に水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響を評価する。

よって、防潮壁の基礎杭及び揚水井戸（第3号機海水ポンプ室防潮壁区画内）を円筒型構造物の影響評価の代表構造物として選定する。

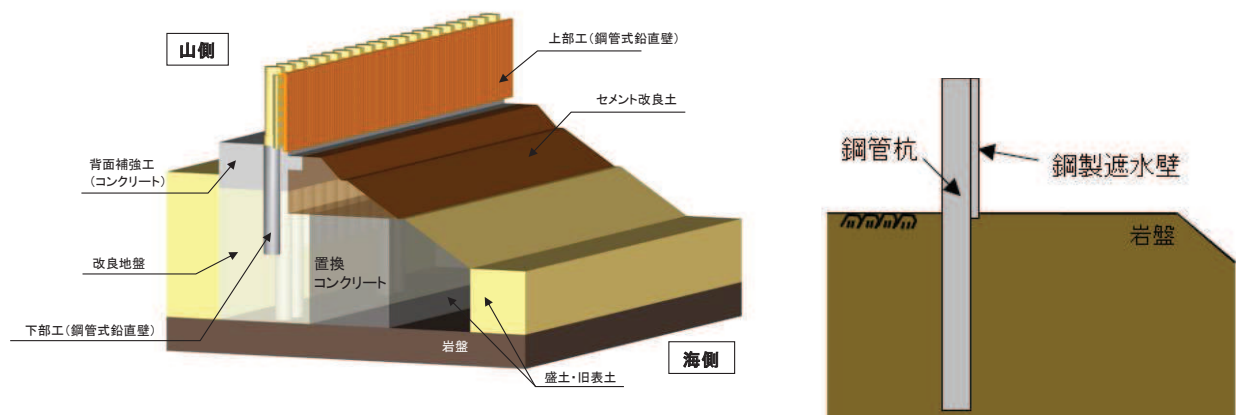


図3-4-15 防潮堤（鋼管式鉛直壁）の下部工の概要

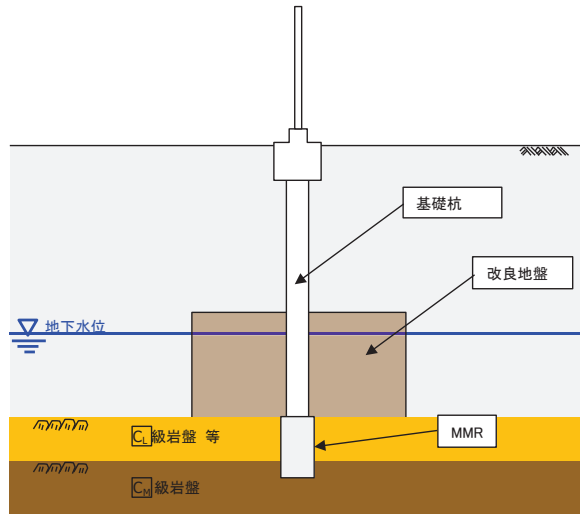


図3-4-16 防潮壁の下部工（基礎杭）の概要

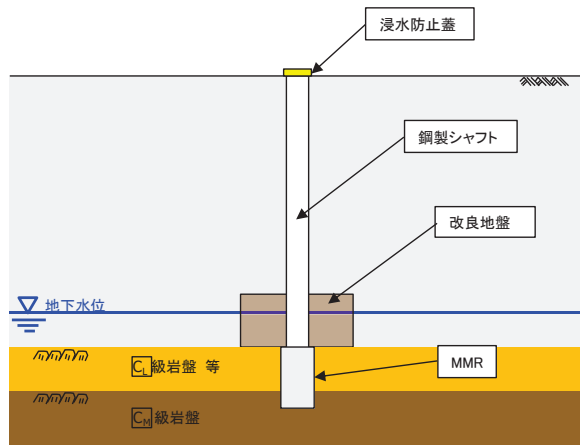


図3-4-17 揚水井戸（第3号機海水ポンプ室防潮壁区画内）の概要

3.4.7 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価結果

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価については、従来設計手法での評価対象断面（弱軸方向）の地震応答解析に基づく構造部材の照査において、評価対象断面（弱軸方向）に直交する断面（強軸方向）の地震応答解析に基づく地震時荷重等を適切に組み合わせることで、構造部材の設計上の許容値に対する評価を実施し、構造部材が有する耐震性への影響を確認する。

評価対象断面（弱軸方向）に直交する断面（強軸方向）の地震応答解析に基づく地震時荷重は、基準地震動 S_s による評価対象断面（弱軸方向）での地震時荷重算定時刻と同時刻の荷重を、位相の異なる地震動にて算出して用いることとする。

(1) 線状構造物

a. 評価方法

防潮堤（鋼管式鉛直壁）の鋼管杭について、地震応答解析は、添付書類「VI-2-10-2-2-1 防潮堤（鋼管式鉛直壁）の耐震性についての計算書」に示す方法と同様とする。

防潮堤（鋼管式鉛直壁）の鋼管杭の水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価については、従来設計手法における評価断面（弱軸方向）の断面力（曲げ及びせん断）と、強軸方向加振によって作用する漂流物防護工の偏心荷重による断面力（ねじり）を組み合わせて用いる。これにより算定した水平2方向及び鉛直方向地震力による応答が許容限界以下であることを確認する。

なお、強軸方向加振による地震力は、保守的に弱軸方向と同じ地震力を用いて評価を実施する。

b. 評価対象

評価対象は、添付書類「VI-2-10-2-2-1 防潮堤（鋼管式鉛直壁）の耐震性についての計算書」に示す、鋼管杭の照査値（水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せに基づく耐震評価結果）に基づき、曲げ及びせん断それぞれについて照査値の厳しい断面を選定し、影響評価を行う。

曲げ軸力照査及びせん断照査ともに、照査値が最も大きい断面②を選定する。

c. 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せを考慮した照査値の算定方法

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価については、漂流物防護工の偏心によって鋼管杭に生じるねじり応力を、それぞれ鋼管杭のせん断力に足し合わせることで評価する。ねじり応力の算定方法を以下に示す。

次式によりねじり応力を算出する。算出概念図を図3-4-18に示す。

ねじり応力算出に用いる強軸方向の水平震度は、保守的に漂流物防護工が設置される断面①～断面③，断面⑤，断面⑥の二次元FEM解析から得られる最大水平震度により設定する。

$$M_T = (L_2 \cdot w_2 + L_3 \cdot w_3) \cdot k_h$$

ここで、

M_T ：ねじりモーメント

L_2 ：漂流物防護工のねじりアーム長

w_2 ：漂流物防護工重量

L_3 ：鋼製遮水壁のねじりアーム長

w_3 ：鋼製遮水壁重量

k_h ：水平震度

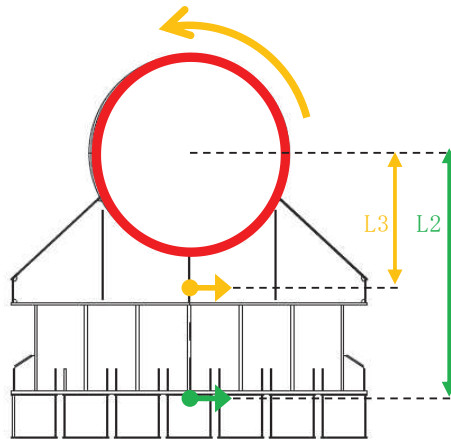


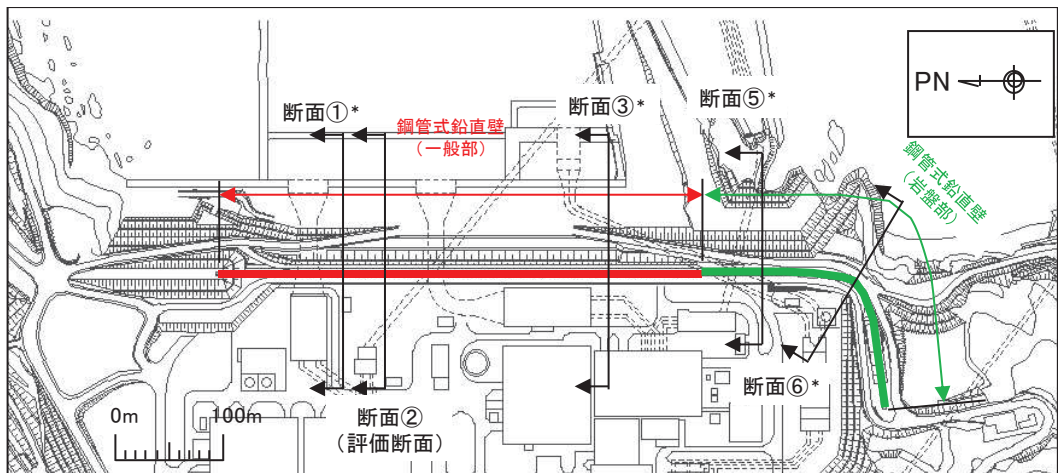
図3-4-18 ねじり応力算定概念図

d. 評価条件

①地震応答解析

地震応答解析は添付書類「VI-2-10-2-2-1 屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）の耐震性についての計算書」に示す方法と同様とする。

断面（弱軸方向）位置を図3-4-19に、解析モデルを図3-4-20及び図3-4-21に示す。



注記*：断面①，断面③，断面⑤，断面⑥は最大水平震度及び最大鉛直震度算定用として使用

図 3-4-19 断面位置

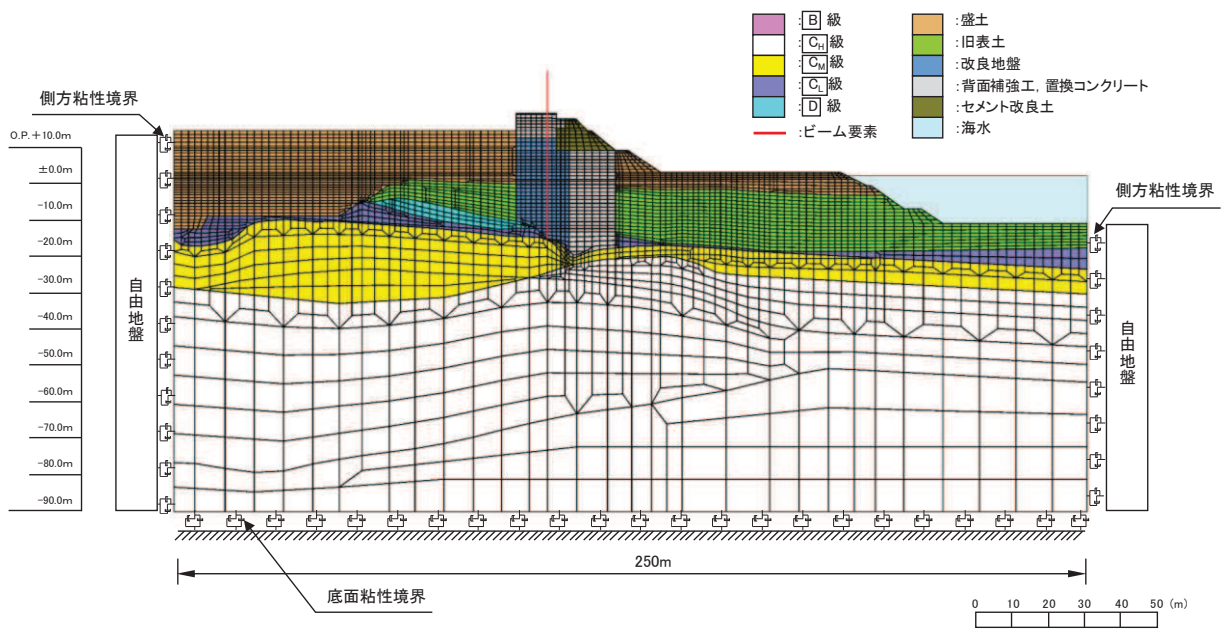


図 3-4-20 解析モデル（断面②）

②地震動

評価に用いる地震動は， $S_s - D2$ （++）を用いる。

③地震動及び検討ケース

耐震評価における解析ケースを表3-4-6に示す。水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せに基づく耐震評価において，せん断照査で最も照査値が厳しい断面②における $S_s - D2$ （++），解析ケース①を対象に，水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する検討を行う。

表 3-4-6 耐震評価における解析ケース

解析ケース	材料物性 (コンクリート) (E_o : ヤング係数)	地盤物性	
		旧表土, 盛土, D級岩盤, 改良地盤 (G_o : 初期せん断弾性係数)	CI級岩盤, CM級岩盤, CII級岩盤, B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	平均値+1 σ
ケース③	設計基準強度	平均値	平均値+1 σ

④許容限界

許容限界は添付書類「VI-2-10-2-2-1 防潮堤（鋼管式鉛直壁）の耐震性についての計算書」に示す値と同様とする。

鋼管杭の許容限界を表3-4-7に示す。

表 3-4-7 鋼管杭の許容限界（断面②）

杭種		設置標高		座屈	許容応力度 (N/mm ²)		短期許容応力度 (N/mm ²) * 2	
					許容曲げ 圧縮応力 度	許容せん 断 応力度	許容曲げ 圧縮応力度	許容せん断 応力度
鋼管杭 （上 杭） φ 2200	SKK490 (t=25mm)	O. P. +30. 0m～ O. P. +23. 5m		座屈 考 慮	161* ¹	96* ¹	241* ¹	145* ¹
	SM570 (t=40mm)	O. P. +23. 5m～ O. P. +21. 0m			224* ¹	137* ¹	336* ¹	206* ¹
		O. P. +21. 0m～ O. P. +20. 0m		255	145	382	217	
鋼管杭 （下 杭） φ 2500	SM570 (t=35mm)	長 杭	O. P. +20. 0m～ O. P. ±0. 0m	座屈 非 考 慮	255	145	382	217
		短 杭	O. P. +20. 0m～ O. P. +5. 0m					
	SKK490 (t=25mm)	長 杭	O. P. ±0. 0m～ 杭下端		185	105	277	157
		短 杭	O. P. +5. 0m～ O. P. +2. 5m					

注記 * 1 : 座屈を考慮する場合、鋼管杭の応力状態に応じた許容応力度を用いるが、ここでは許容応力度が最小となるように算定した値を示す。

* 2 : 短期許容応力度は、道路橋示方書により許容応力度に対して 1.5 倍の割増を考慮する。

d. 評価結果

防潮堤（鋼管式鉛直壁）の鋼管杭の水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価結果を表3-4-8に示す。

この結果により，水平2方向及び鉛直方向地震力を考慮した場合でも，防潮堤（鋼管式鉛直壁）の鋼管杭は十分な構造強度を有していることを確認した。

表 3-4-8 鋼管杭の評価結果
(ねじり応力を考慮した照査値（断面②）)

	解析 ケース	地震動	せん断 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}
水平1方向 及び鉛直方 向地震力の 組合せ	①	S s - D 2 (++)	67	217	0.31
水平2方向 及び鉛直方 向地震力の 組合せ	① (ねじり 考慮)	S s - D 2 (++) *	101	217	0.47

注記*：保守的に弱軸方向の地震力を適用

(2) 箱形構造物

a. 屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）

(a) 評価方法

屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）の出口側集水ピットの水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価については、評価対象断面（弱軸方向）の水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せに基づく耐震評価に対して、直交する方向（強軸方向）に対する地震応答解析を行い、それぞれの地震応答解析より算定した同時刻の地震時荷重を出口側集水ピットに作用させ、構造部材の発生応力を求める。

これにより算定した水平2方向及び鉛直方向地震力による応力が許容限界以下であることを確認する。

(b) 評価対象

評価対象は、添付書類「VI-2-10-2-6-1-1 屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）の耐震性についての計算書」に示す、出口側集水ピットとする。

(c) 評価条件

① 地震応答解析

地震応答解析は添付書類「VI-2-10-2-6-1-1 屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）の耐震性についての計算書」に示す方法と同様とする。

直交方向（強軸方向）の断面位置を図3-4-21に、解析モデルを図3-4-22に示す。

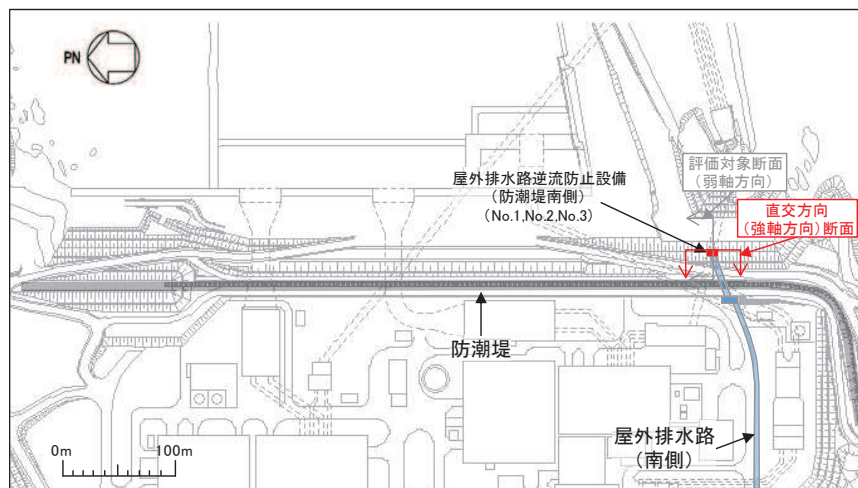


図 3-4-21 直交方向（強軸方向）断面位置

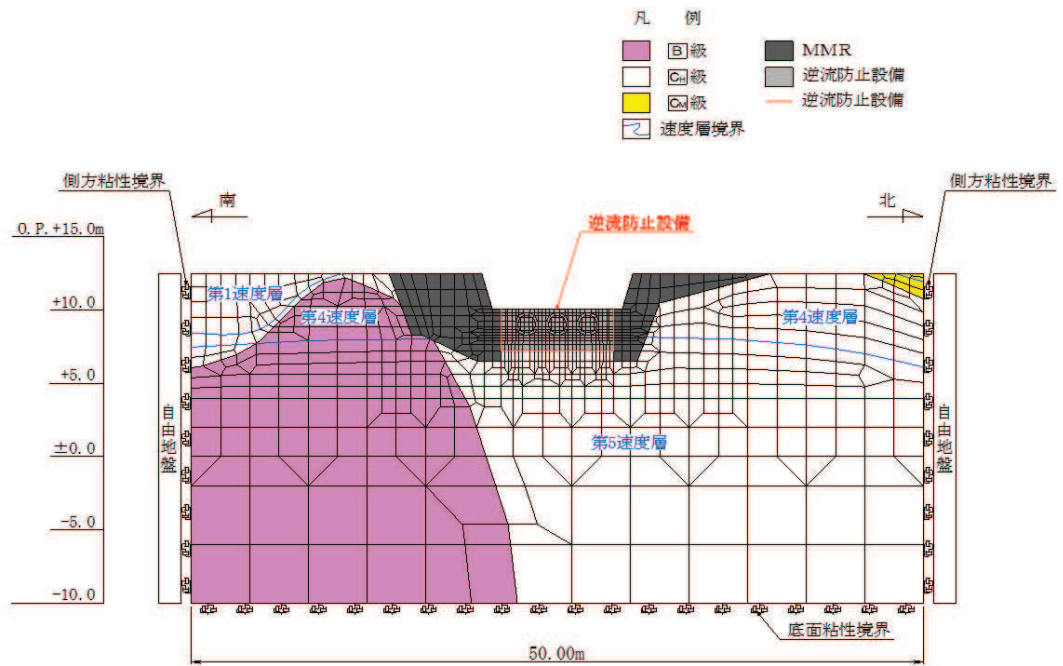


図 3-4-22 解析モデル

② 模擬地震動

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価では、全く同じ地震動が同時に水平2方向に発生することは現実的には考えにくいことから、水平1方向の照査において最大照査値となる断面に直交する方向には、位相の異なる模擬地震波を用いる。

③ 検討ケース

耐震評価における解析ケースを表3-4-9に示す。水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せに基づく耐震評価において、最も照査値が厳しい $S_s - F_2(-+)$ 、解析ケース③*を対象に、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する検討を行う。

注記*：「VI-2-10-2-6-1-1 屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）の耐震性についての計算書」において実施している表3-4-6に示す解析ケースを示す。

表 3-4-9 耐震評価における解析ケース

解析ケース	材料物性 (コンクリート) (E_o : ヤング係数)	地盤物性	
		旧表土, 盛土, D級岩盤, 改良地盤 (G_o : 初期せん断弾性係数)	C _L 級岩盤, C _M 級岩盤, C _H 級岩盤, B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	平均値+1 σ
ケース③	設計基準強度	平均値	平均値+1 σ

④許容限界

許容限界は添付書類「VI-2-10-2-6-1-1 屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）の耐震性についての計算書」に示す値と同様とする。

曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界を表3-4-10に示す。また、せん断破壊に対する許容限界は、表3-4-10に示すコンクリートと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。

表 3-4-10 出口側集水ピットの許容限界

種別	許容応力度 (N/mm ²)		短期許容応力度* (N/mm ²)
コンクリート ($f'_{ck}=30\text{N/mm}^2$)	許容曲げ圧縮応力度 σ_{ca}	11	16.5
	許容せん断応力度 τ_{al}	0.5	0.75
鉄筋(SD345)	許容曲げ引張応力度 σ_{sa}	196	294

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

(d) 評価結果

屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）の出口側集水ピットの水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価結果を表3-4-11～表3-4-13に、出口側集水ピットの評価位置を図3-4-23に示す。また、評価時刻における断面力分布図を図3-4-24～図3-4-30に示す。

これらの結果により、水平2方向及び鉛直方向地震力を考慮した場合でも、出口側集水ピットは十分な構造強度を有していることを確認した。

表3-4-11 屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）の評価結果
（曲げ・軸力系の破壊に対する照査（コンクリート））

	評価位置		解析 ケース	地震動	曲げモー メント (kN・m/m)	軸力 (kN/m)	発生	短期許容	照査値 σ'_c / σ'_{ca}
							応力度 σ'_c (N/mm ²)	応力度 σ'_{ca} (N/mm ²)	
水平1方向 及び鉛直方 向地震力の 組合せ	底版	1	③	S s - F 2 (-+)	284	-436	1.2	16.5	0.08
	南壁	2			217	-287	1.5	16.5	0.10
	西壁	3			-121	163	0.6	16.5	0.04
	北壁	4			157	-470	1.0	16.5	0.07
水平2方向 及び鉛直方 向地震力の 組合せ	底版	1	③	主方向：	284	-430	1.2	16.5	0.08
	南壁	2		S s - F 2 (-+)	217	-291	1.5	16.5	0.10
	西壁	3		従方向：	-121	153	0.6	16.5	0.04
	北壁	4		S s - F 2	157	-486	1.0	16.5	0.07

表3-4-12 屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）の評価結果
（曲げ・軸力系の破壊に対する照査（鉄筋））

	評価位置		解析 ケース	地震動	曲げモー メント (kN・m/m)	軸力 (kN/m)	発生	短期許容	照査値 σ_s / σ_{sa}
							応力度 σ_s (N/mm ²)	応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	
水平1方向 及び鉛直方 向地震力の 組合せ	底版	1	③	S s - F 2 (-+)	284	-443	13.2	294	0.05
	南壁	2			-205	32	33.3	294	0.12
	西壁	3			-121	168	29.8	294	0.11
	北壁	4			①	S s - F 3 (-+)	15	81	18.5
水平2方向 及び鉛直方 向地震力の 組合せ	底版	1	③	主方向：	284	-447	13.2	294	0.05
	南壁	2		S s - F 2 (-+)	-205	34	33.4	294	0.12
	西壁	3		従方向：	-121	170	30.0	294	0.11
	北壁	4		S s - F 2	17	68	17.2	294	0.06

表3-4-13 屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）の評価結果
 （せん断破壊に対する照査（鉄筋））

	評価位置		解析 ケース	地震動	発生	短期許容	照査値 V/V_a
					せん断力 V (kN/m)	せん断力 V_a (kN/m)	
水平1方向 及び鉛直方 向地震力の 組合せ	底版	1	①	$S_s - F_3 (-+)$	215	1227	0.18
	南壁	2	③	$S_s - F_2 (-+)$	370	1563	0.24
	西壁	3	③	$S_s - F_2 (-+)$	120	1563	0.08
	北壁	4	③	$S_s - F_2 (-+)$	65	944	0.07
水平2方向 及び鉛直方 向地震力の 組合せ	底版	1	③	主方向：	212	1227	0.18
	南壁	2		$S_s - F_2 (-+)$	369	1563	0.24
	西壁	3		従方向：	120	1563	0.08
	北壁	4		$S_s - F_2$	68	944	0.08

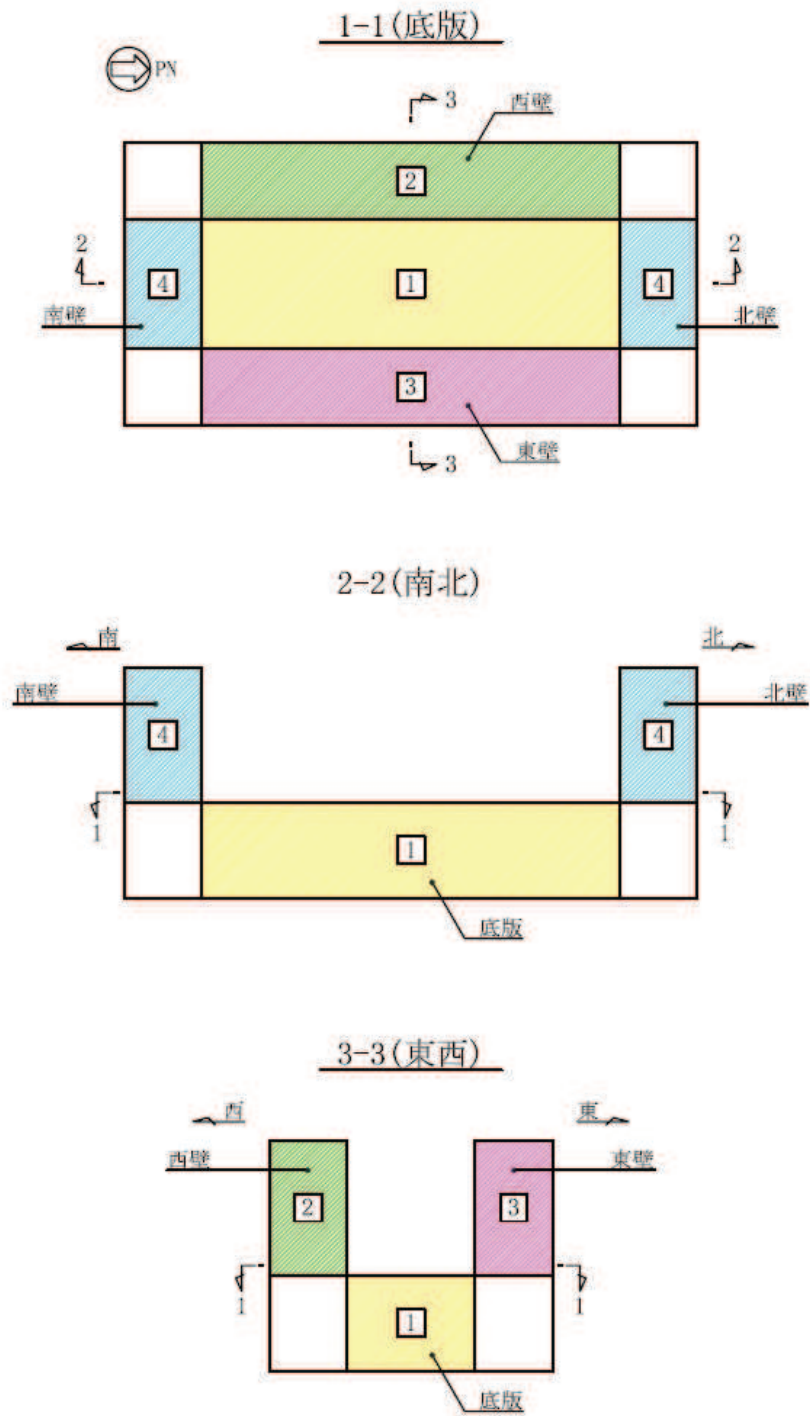


図3-4-23 評価位置図

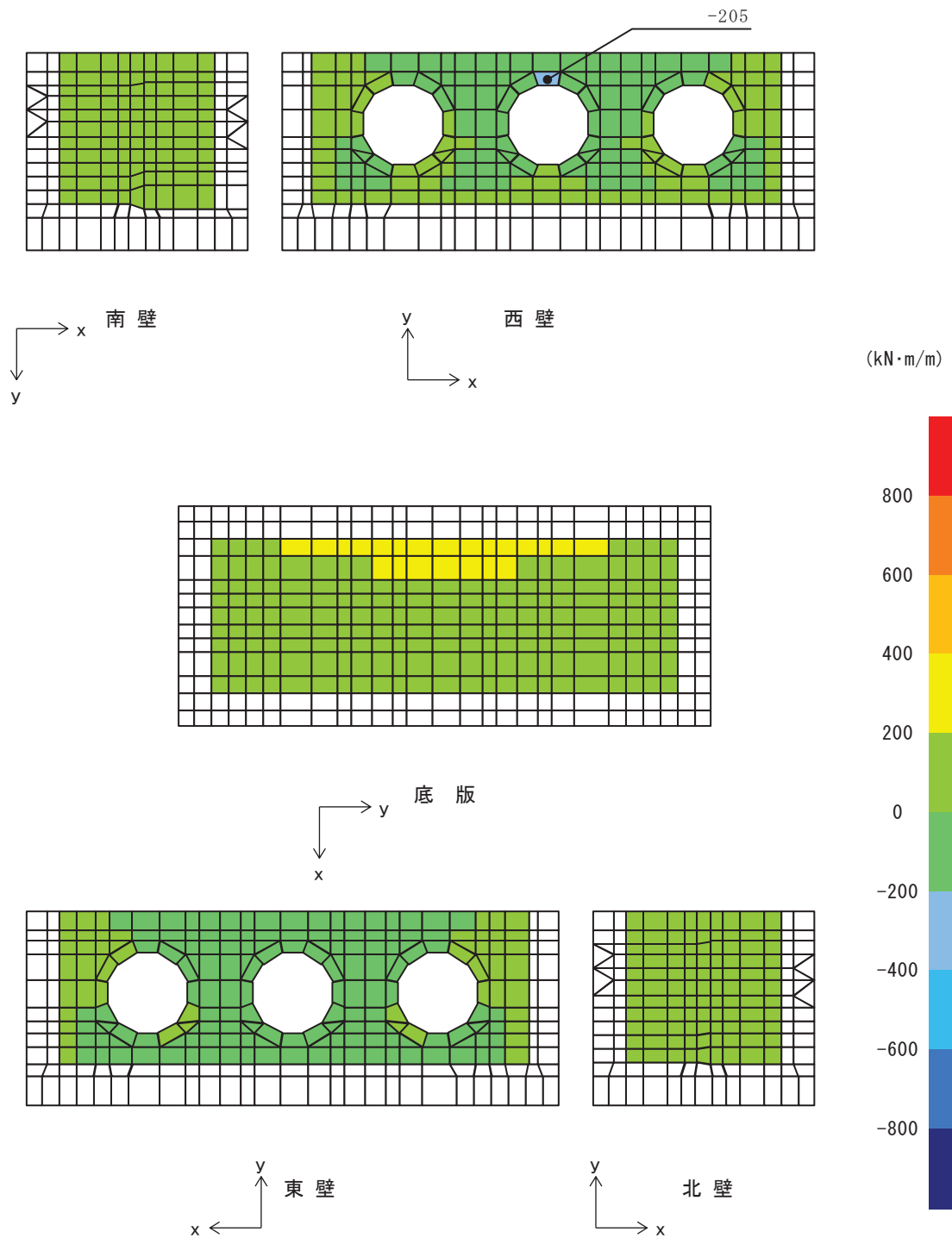


図3-4-24 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる
 曲げ・軸力系の破壊に対する照査時の断面力分布図
 (曲げモーメント ($\text{kN}\cdot\text{m}/\text{m}$) : M_x)
 (解析ケース③, $S_s - F_2$ (-+))

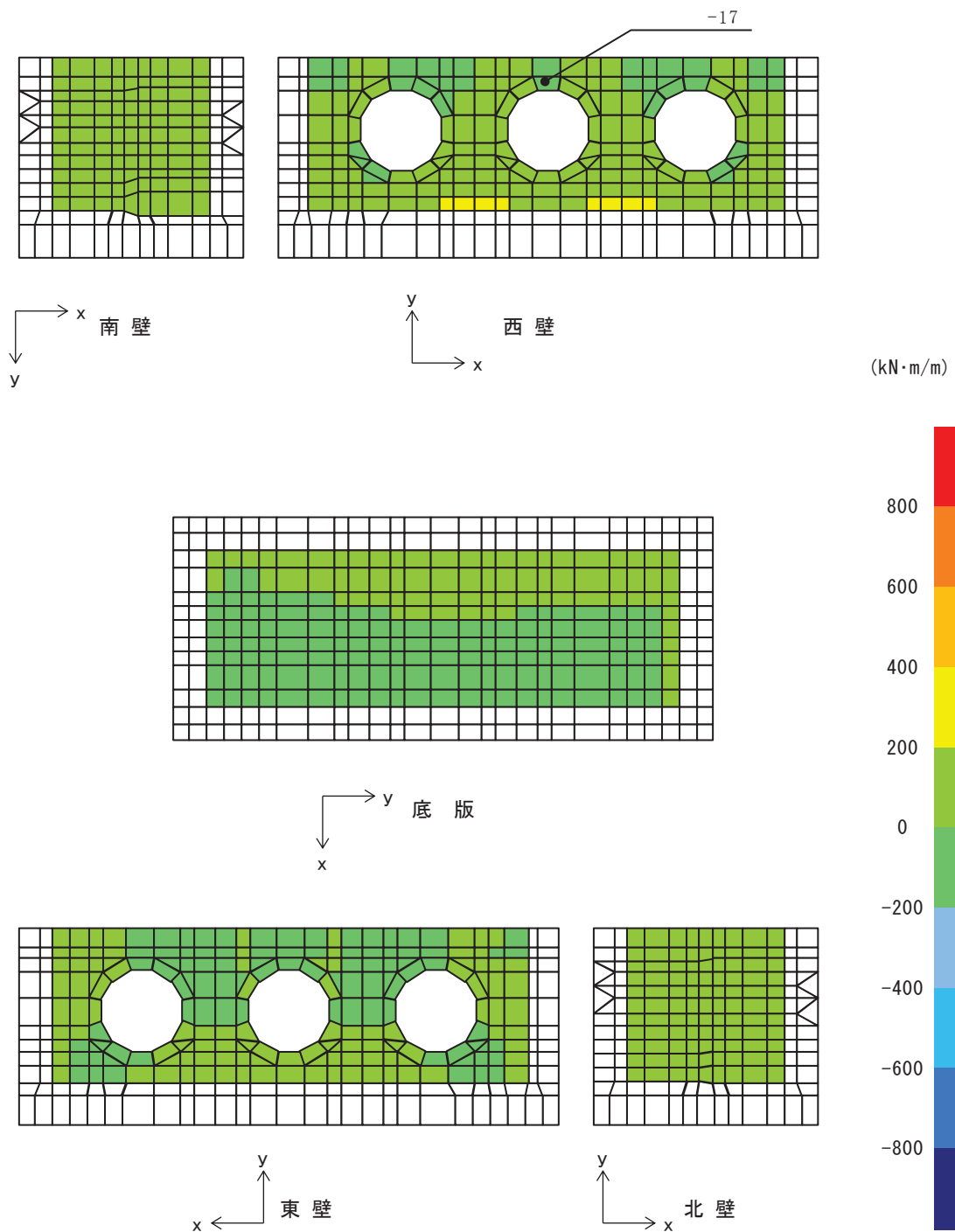


図3-4-25 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる
 曲げ・軸力系の破壊に対する照査時の断面力分布図
 (曲げモーメント (kN·m/m) : M_y)
 (解析ケース③, $S_s - F_2 (-+)$)

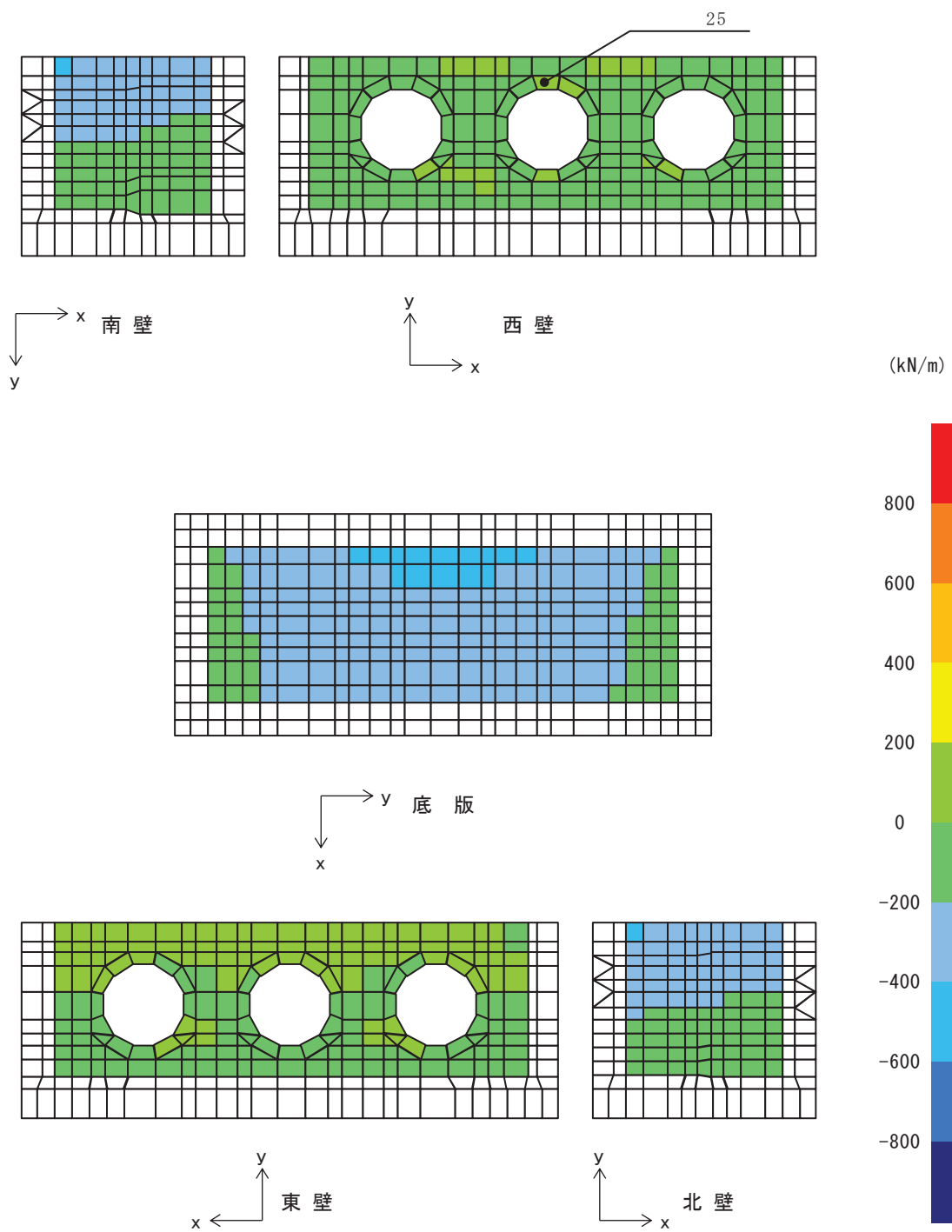


図3-4-26 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる
 曲げ・軸力系の破壊に対する照査時の断面力分布図
 (軸力 (kN/m) : N_x)
 (解析ケース③, $S_s - F_2 (-+)$)

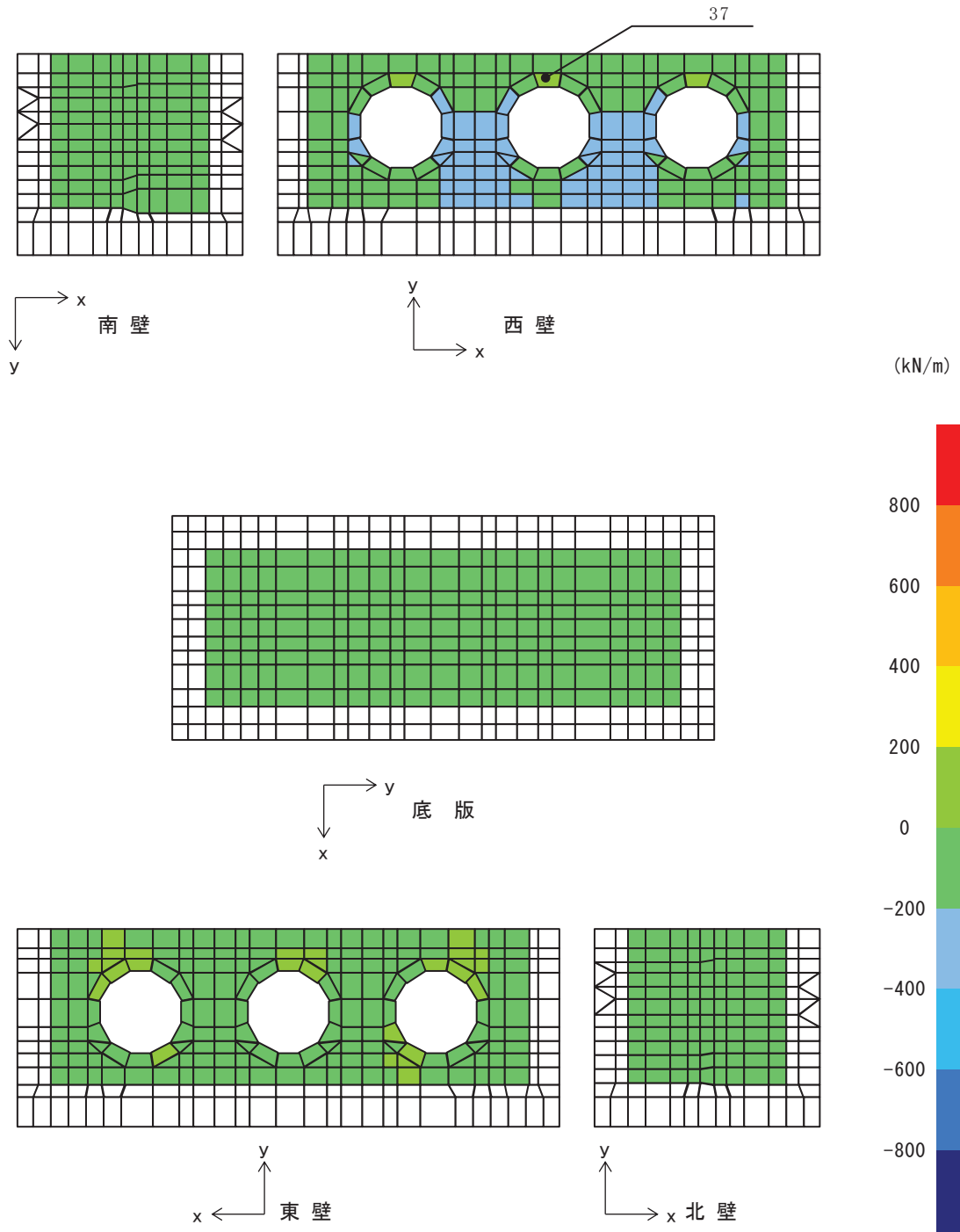


図3-4-27 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる
 曲げ・軸力系の破壊に対する照査時の断面力分布図
 (軸力 (kN/m) : N_y)
 (解析ケース③, $S_s - F_2 (-+)$)

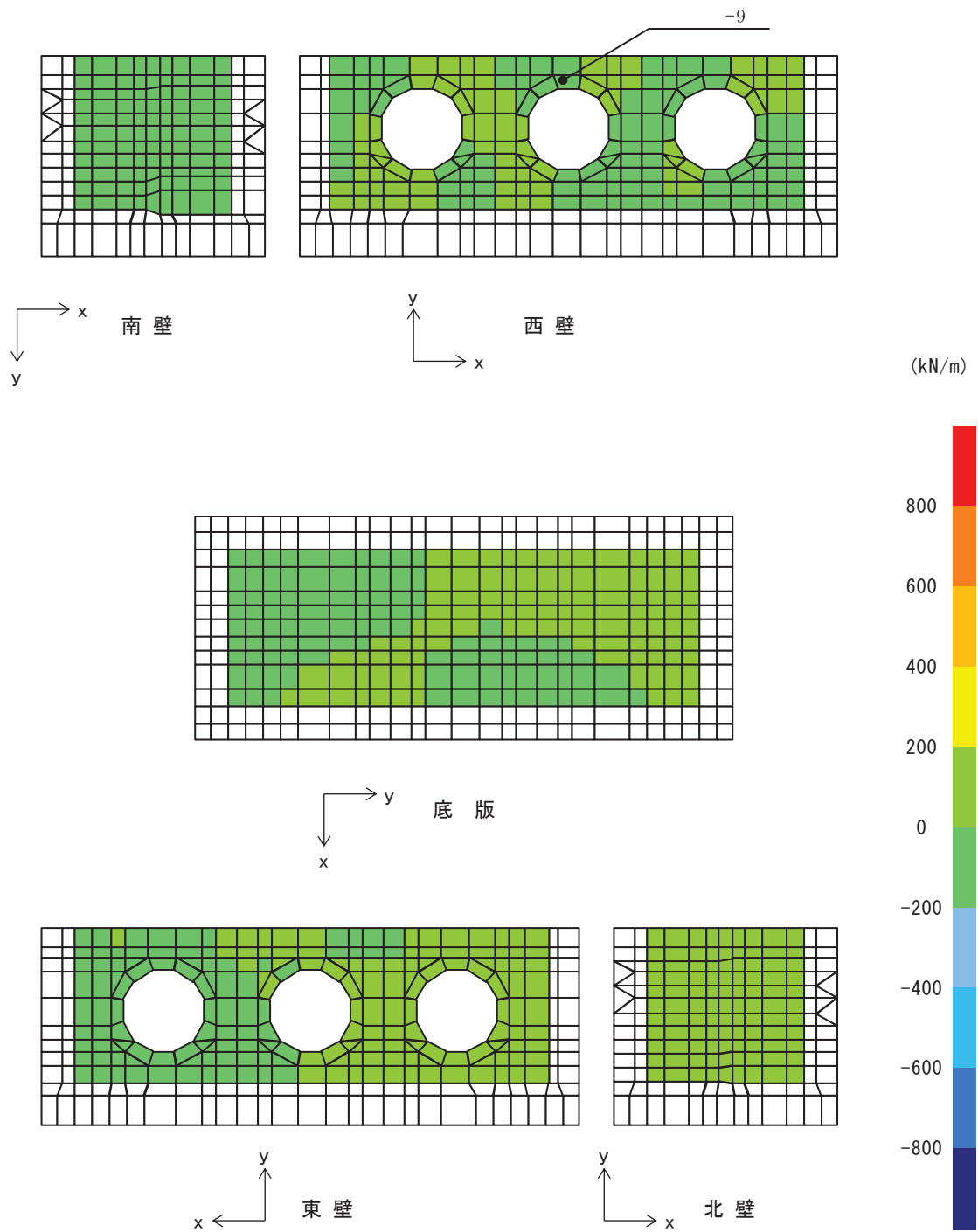


図3-4-28 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる
 曲げ・軸力系の破壊に対する照査時の断面力分布図
 (軸力 (kN/m) : N x y)
 (解析ケース③, S s - F 2 (-+))

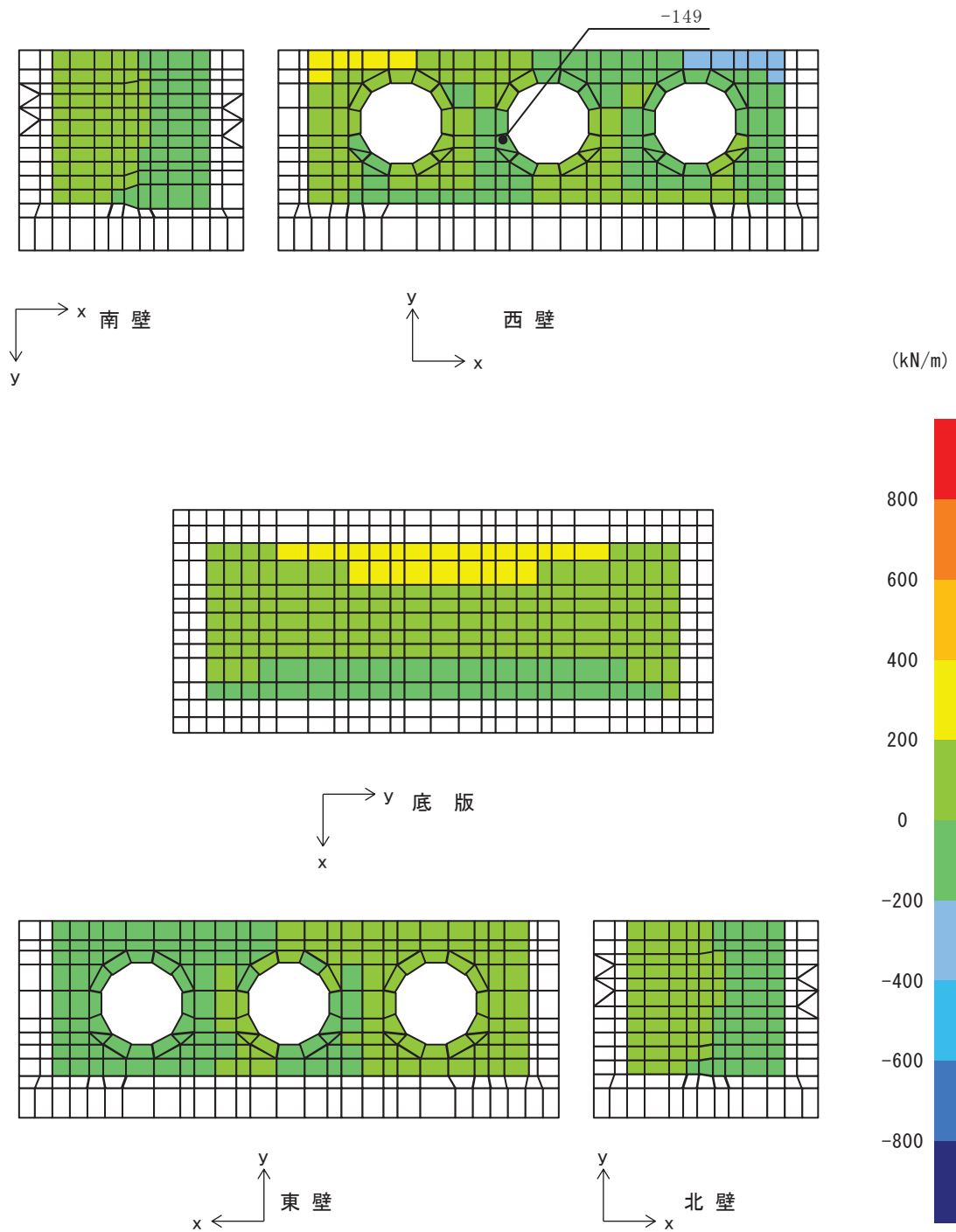


図3-4-29 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによるせん断破壊に対する照査時の断面力分布図
 (せん断力 (kN/m) : Q_x)
 (解析ケース③, $S_s - F_2 (-+)$)

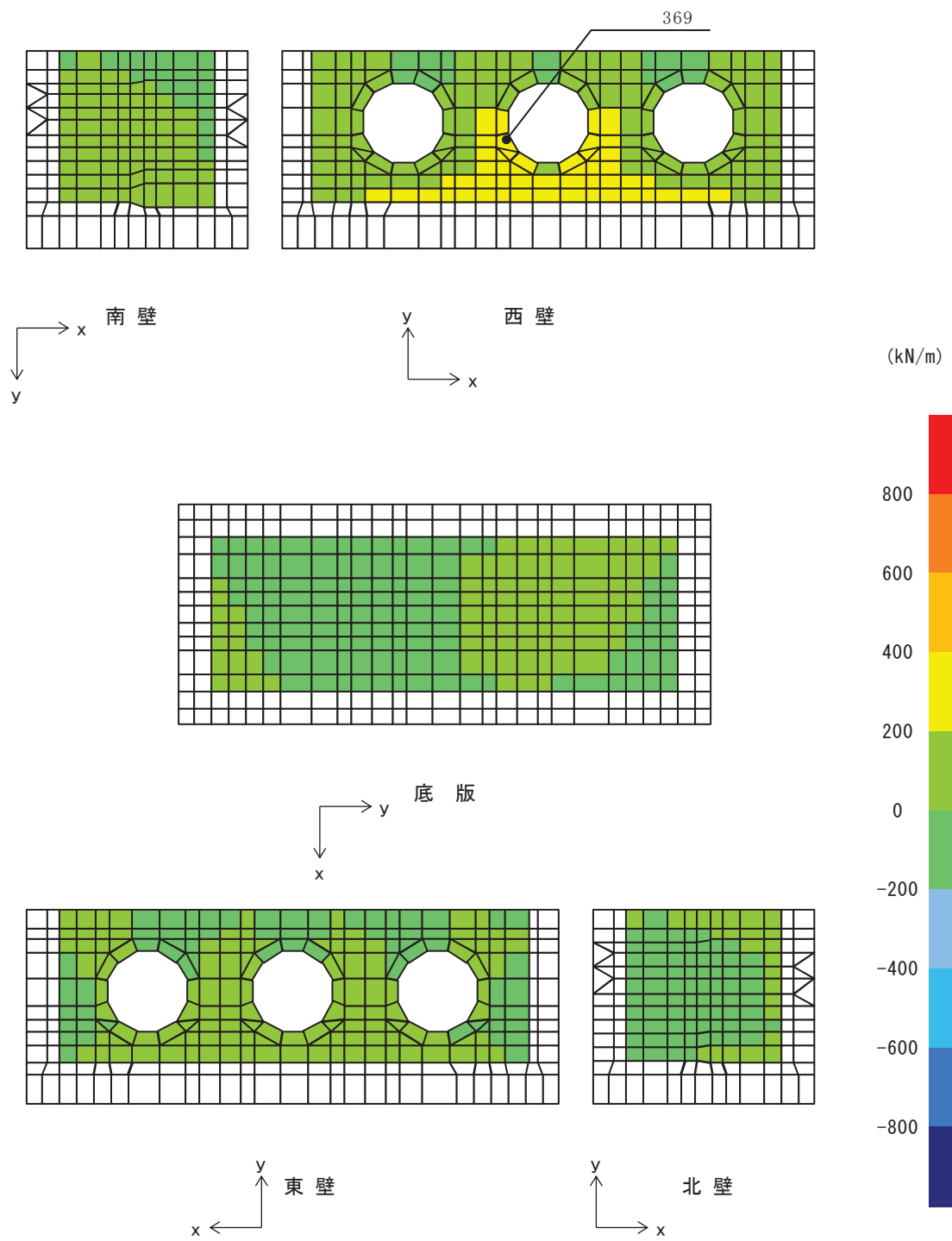


図3-4-30 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによるせん断破壊に対する照査時の断面力分布図
 (せん断力 (kN/m) : Q_y)
 (解析ケース③, $S_s - F_2 (-+)$)

b. 屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）

(a) 評価方法

屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）の出口側集水ピットの水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価については、評価対象断面（弱軸方向）の水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せに基づく耐震評価に対して、直交する方向（強軸方向）に対する地震応答解析を行い、それぞれの地震応答解析より算定した同時刻の地震時荷重を出口側集水ピットに作用させ、構造部材の発生応力を求める。

これにより算定した水平2方向及び鉛直方向地震力による応力が許容限界以下であることを確認する。

(b) 評価対象

評価対象は、添付書類「VI-2-10-2-6-1-2 屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）の耐震性についての計算書」に示す、出口側集水ピットとする。

(c) 評価条件

①地震応答解析

地震応答解析は添付書類「VI-2-10-2-6-1-2 屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）の耐震性についての計算書」に示す方法と同様とする。

直交方向（強軸方向）の断面位置を図3-4-31に、解析モデルを図3-4-32に示す。

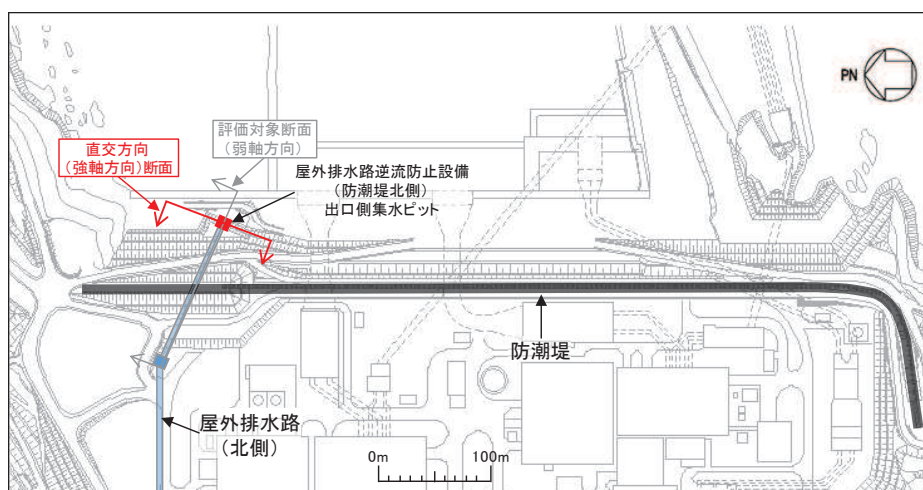


図 3-4-31 直交方向（強軸方向）断面位置

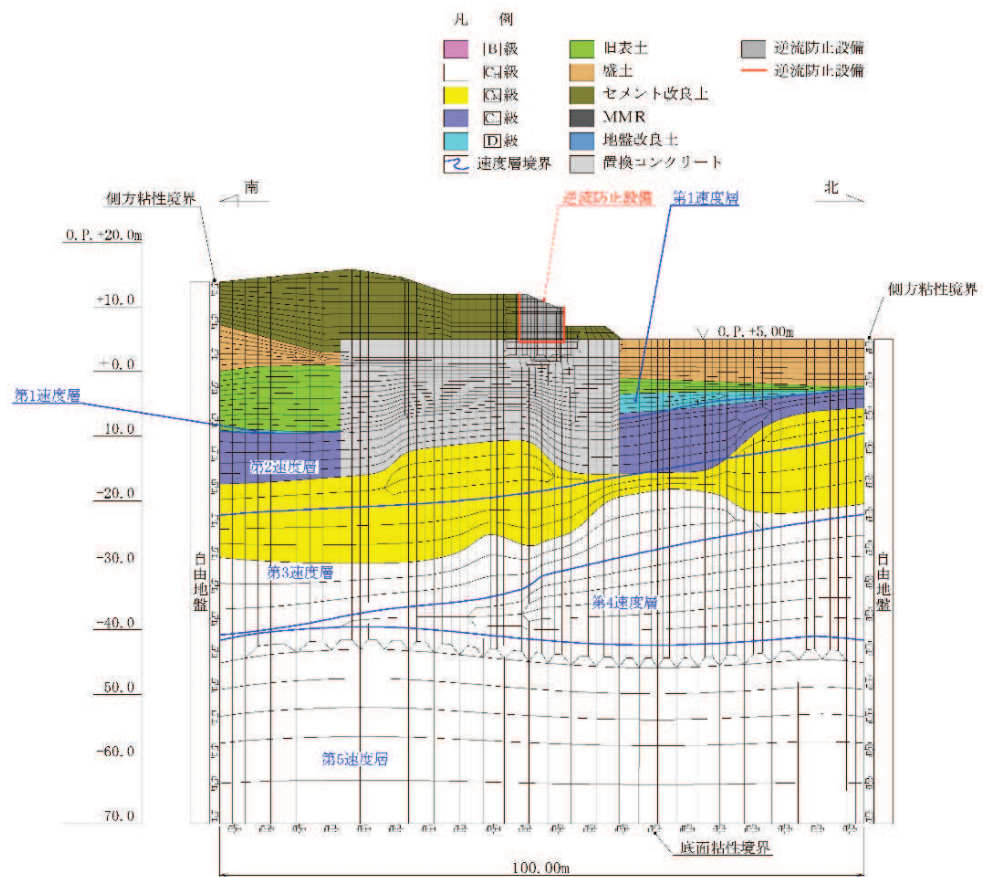


図 3-4-32 解析モデル

②模擬地震動

耐震評価における解析ケースを表3-4-14に示す。水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価では、全く同じ地震動が同時に水平2方向に発生することは現実的には考えにくいことから、水平1方向の照査において最大照査値となる断面に直交する方向には、位相の異なる模擬地震波を用いる。

③検討ケース

水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せに基づく耐震評価において、最も照査値が厳しいS s - D 2 (-+), 解析ケース③*を対象に、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する検討を行う。

注記* : 「VI-2-10-2-6-1-2 屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）の耐震性についての計算書」において実施している表3-4-11に示す解析ケースを示す。

表 3-4-14 耐震評価における解析ケース

解析ケース	材料物性 (コンクリート) (E_o : ヤング係数)	地盤物性	
		旧表土, 盛土, D級岩盤, 改良地盤 (G_o : 初期せん断弾性係数)	C _L 級岩盤, C _M 級岩盤, C _H 級岩盤, B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

④許容限界

許容限界は添付書類「VI-2-10-2-6-1-2 屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）の耐震性についての計算書」に示す値と同様とする。

曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界を表3-4-12に示す。また、せん断破壊に対する許容限界は、表3-4-15に示すコンクリートと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。

表 3-4-15 出口側集水ピットの許容限界

種別	許容応力度 (N/mm ²)		短期許容応力度* (N/mm ²)
コンクリート ($f'_{ck}=30\text{N/mm}^2$)	許容曲げ圧縮応力度 σ_{ca}	11	16.5
	許容せん断応力度 τ_{al}	0.5	0.75
鉄筋(SD345)	許容曲げ引張応力度 σ_{sa}	196	294

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

(d) 評価結果

屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）の出口側集水ピットの水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価結果を表3-4-16～表3-4-18に、出口側集水ピットの評価位置を図3-4-33に示す。また、評価時刻における断面力分布図を図3-4-34～図3-4-40に示す。

これらの結果により、水平2方向及び鉛直方向地震力を考慮した場合でも、出口側集水ピットは十分な構造強度を有していることを確認した。

表3-4-16 屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）の評価結果
（曲げ・軸力系の破壊に対する照査（コンクリート））

	評価位置		解析 ケース	地震動	曲げモー メント (kN・m/m)	軸力 (kN/m)	発生	短期許容	照査値 σ'_c / σ'_{ca}
							応力度 σ'_c (N/mm ²)	応力度 σ'_{ca} (N/mm ²)	
水平1方向 及び鉛直方 向地震力の 組合せ	底版	1	③	S s - D 2 (- +)	-1283	-1051	2.7	16.5	0.17
	南壁	2	③	S s - D 2 (- +)	1366	-4646	3.8	16.5	0.24
	西壁	3	③	S s - D 2 (- +)	-1206	-363	2.5	16.5	0.16
	北壁	4	③	S s - D 2 (- +)	667	-4029	2.7	16.5	0.17
水平2方向 及び鉛直方 向地震力の 組合せ	底版	1	③	主方向：	-1314	-1085	2.8	16.5	0.17
	南壁	2		S s - D 2 (- +)	1602	-4936	4.2	16.5	0.26
	西壁	3		従方向：	-1231	-92	2.5	16.5	0.16
	北壁	4		S s - D 2	463	-4002	2.4	16.5	0.15

表3-4-17 屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）の評価結果
（曲げ・軸力系の破壊に対する照査（鉄筋））

	評価位置		解析 ケース	地震動	曲げモー メント (kN・m/m)	軸力 (kN/m)	発生	短期許容	照査値 σ_s / σ_{sa}
							応力度 σ_s (N/mm ²)	応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	
水平1方向 及び鉛直方 向地震力の 組合せ	底版	1	③	S s - D 2 (- +)	594	824	102.1	294	0.35
	南壁	2	③	S s - D 2 (- +)	624	420	77.2	294	0.27
	西壁	3	③	S s - D 2 (- +)	-1304	740	152.2	294	0.52
	北壁	4	①	S s - N 1 (+ +)	102	803	60.8	294	0.21
水平2方向 及び鉛直方 向地震力の 組合せ	底版	1	③	主方向：	507	886	99.3	294	0.34
	南壁	2		S s - D 2 (- +)	1041	-72	79.0	294	0.27
	西壁	3		従方向：	-1300	808	156.4	294	0.54
	北壁	4		S s - D 2	405	401	58.8	294	0.20

表3-4-18 屋外排水路逆流防止設備（防潮堤北側）の評価結果
 （せん断破壊に対する照査（鉄筋））

	評価位置		解析 ケース	地震動	発生	短期許容	照査値 V/V_a		
					せん断力 V (kN/m)	せん断力 V_a (kN/m)			
水平1方向 及び鉛直方 向地震力の 組合せ	底板	1	③	S s - D 2 (-+)	2060	3495	0.59		
	南壁	2			570			0.17	
	西壁	3			1807				0.52
	北壁	4			251				
水平2方向 及び鉛直方 向地震力の 組合せ	底板	1	③	主方向：	2193	3495	0.63		
	南壁	2		S s - D 2 (-+)	724			0.21	
	西壁	3		従方向：	1868				0.54
	北壁	4		S s - D 2	268				

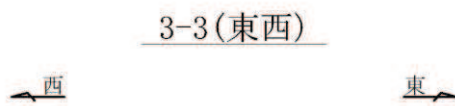
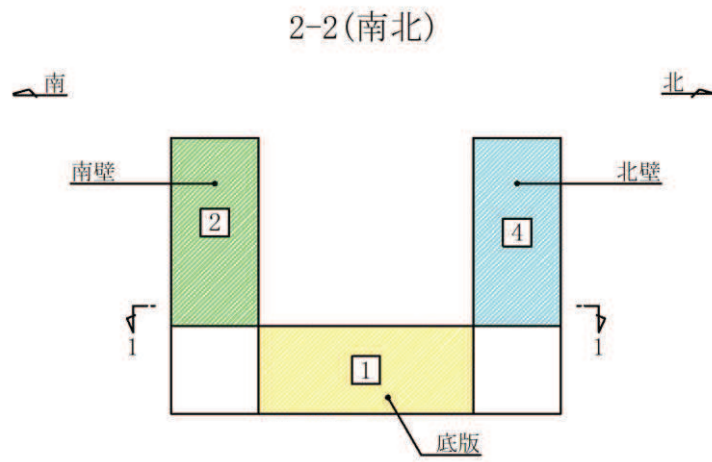
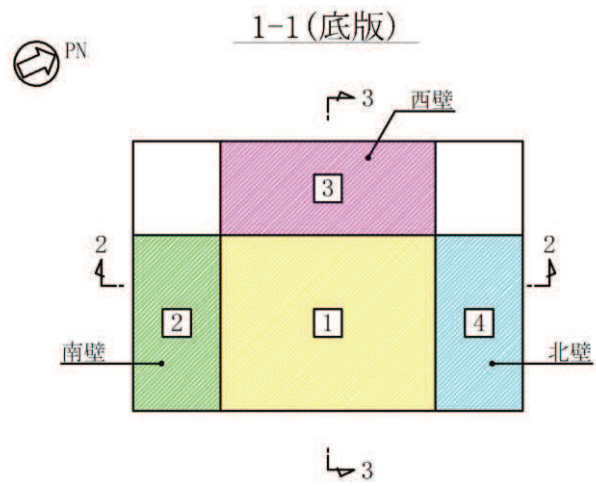


图3-4-33 評価位置図

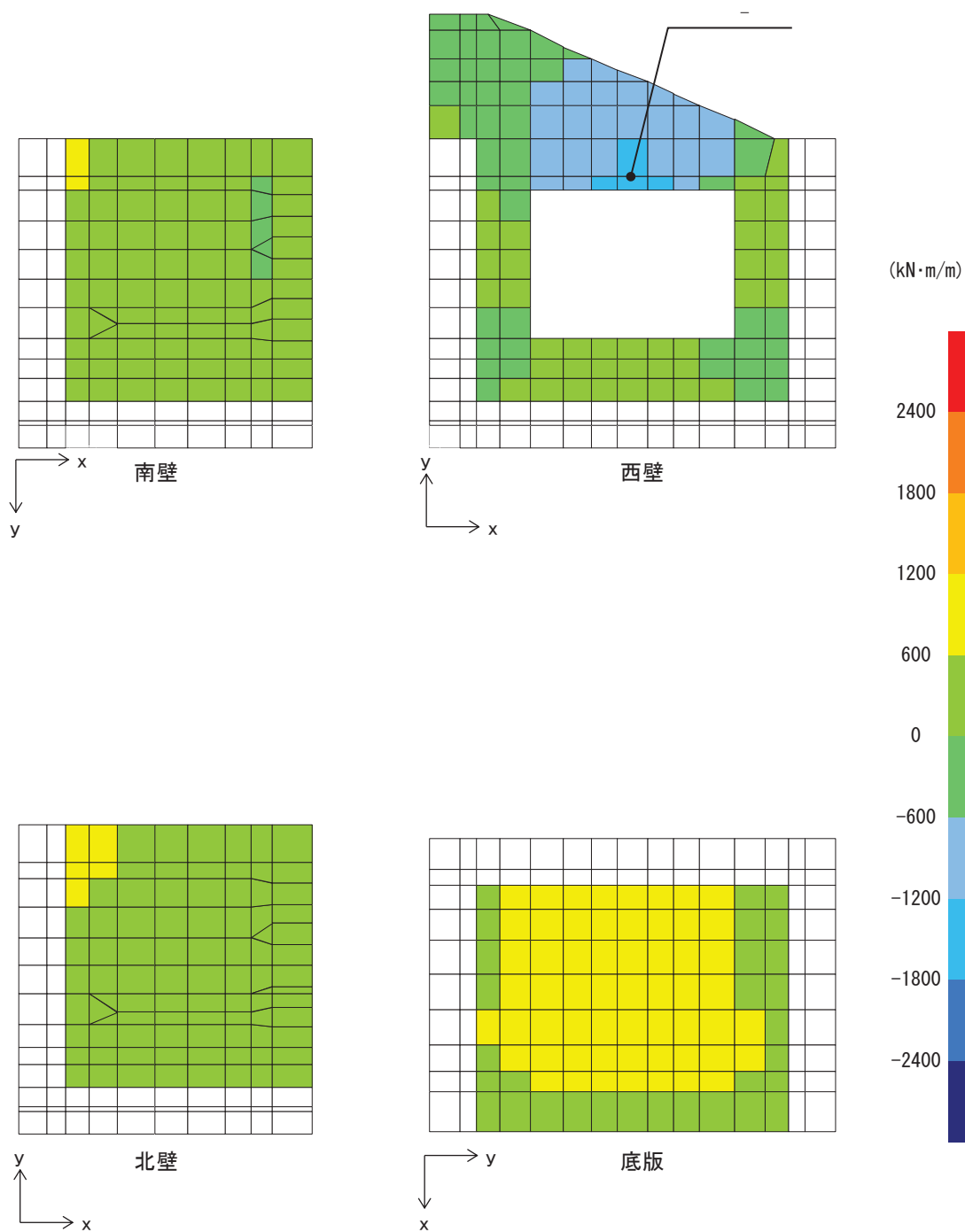


図3-4-34 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる
 曲げ・軸力系の破壊に対する照査時の断面力分布図
 (曲げモーメント ($\text{kN}\cdot\text{m}/\text{m}$) : M_x)
 (解析ケース③, $S_s - D_2 (-+)$)

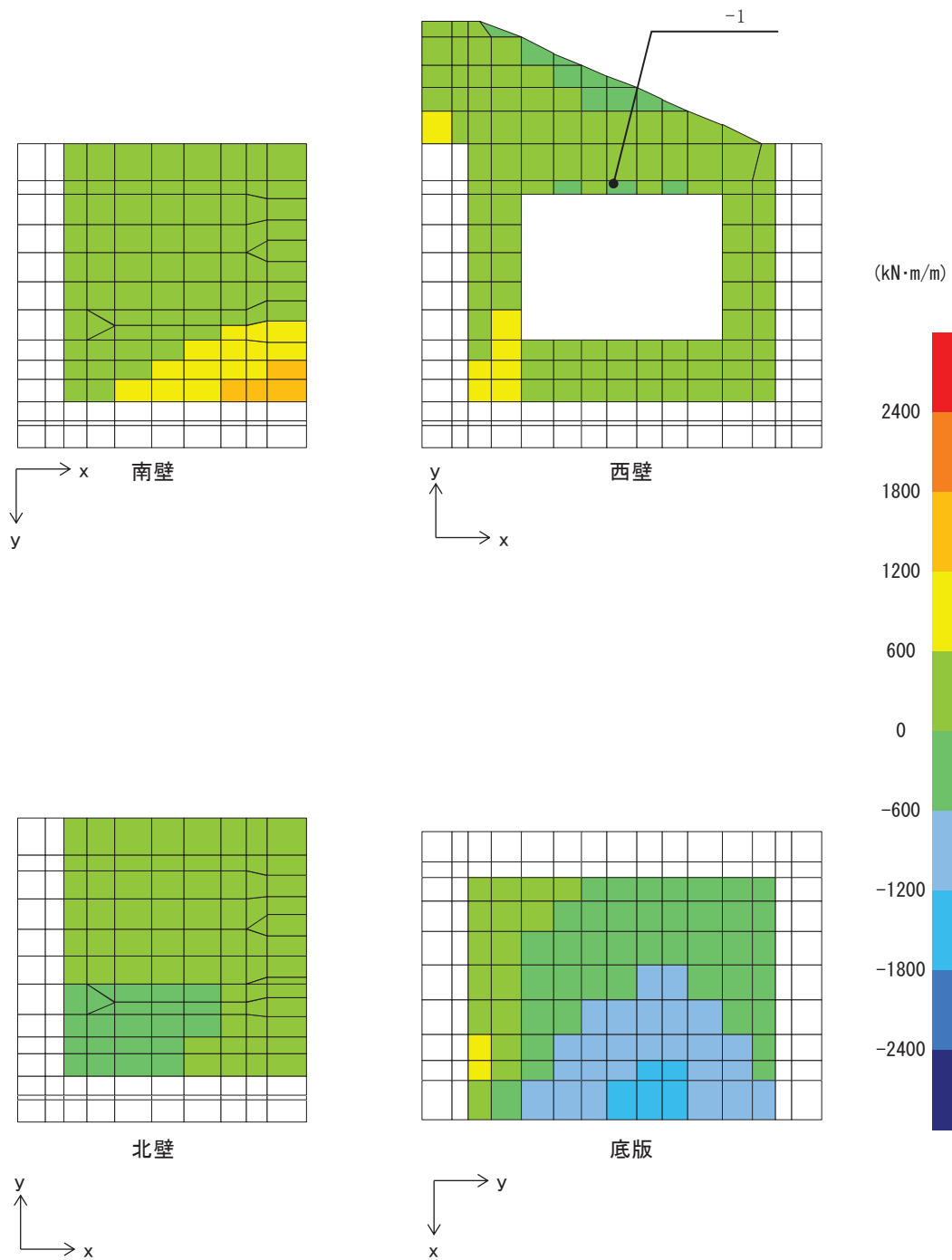


図3-4-35 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる
 曲げ・軸力系の破壊に対する照査時の断面力分布図
 (曲げモーメント ($\text{kN}\cdot\text{m}/\text{m}$) : M_y)
 (解析ケース③, $S_s - D_2 (-+)$)

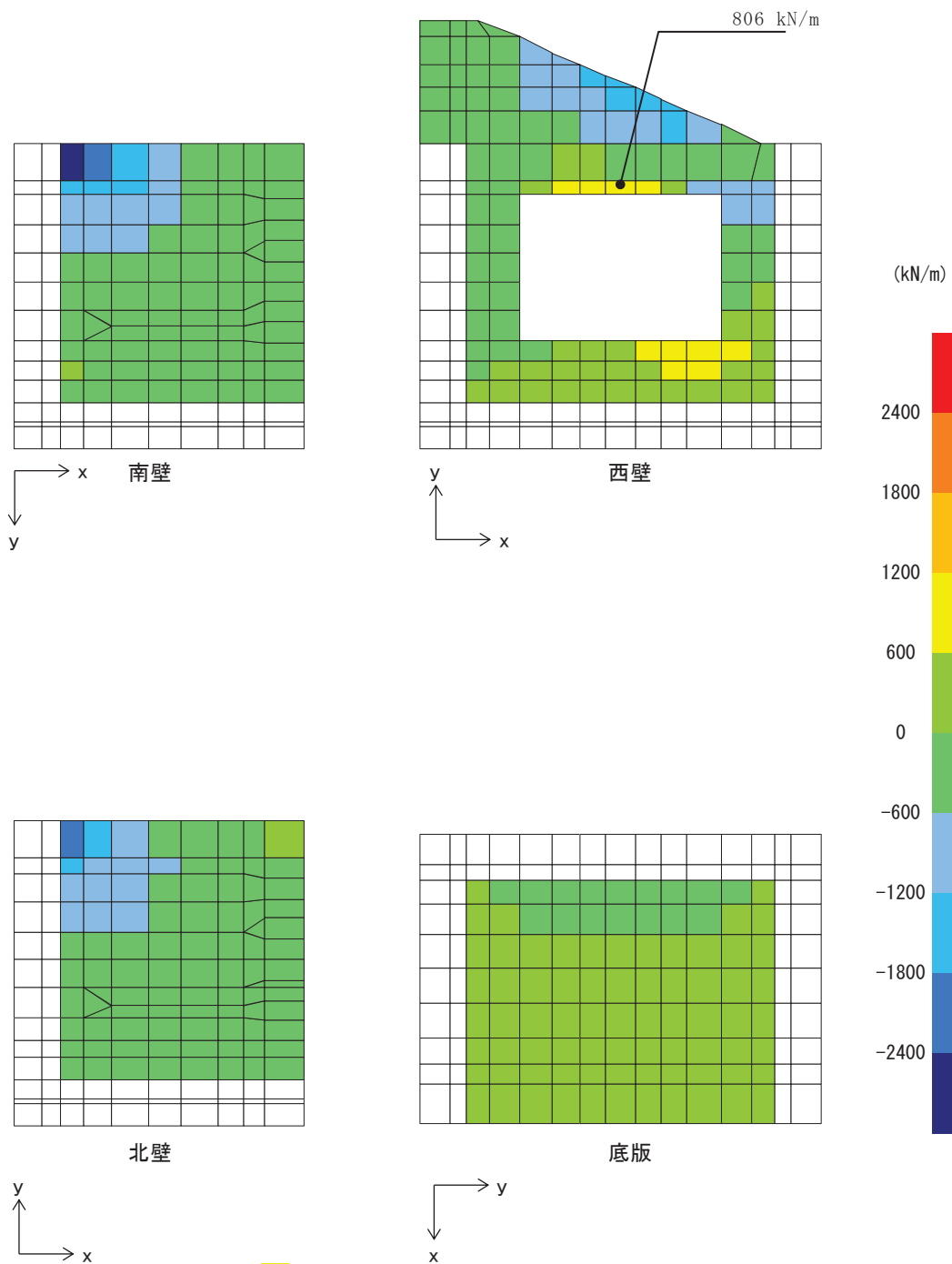


図3-4-36 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる
 曲げ・軸力系の破壊に対する照査時の断面力分布図
 (軸力 (kN/m) : N_x)
 (解析ケース③, $S_s - D_2 (-+)$)

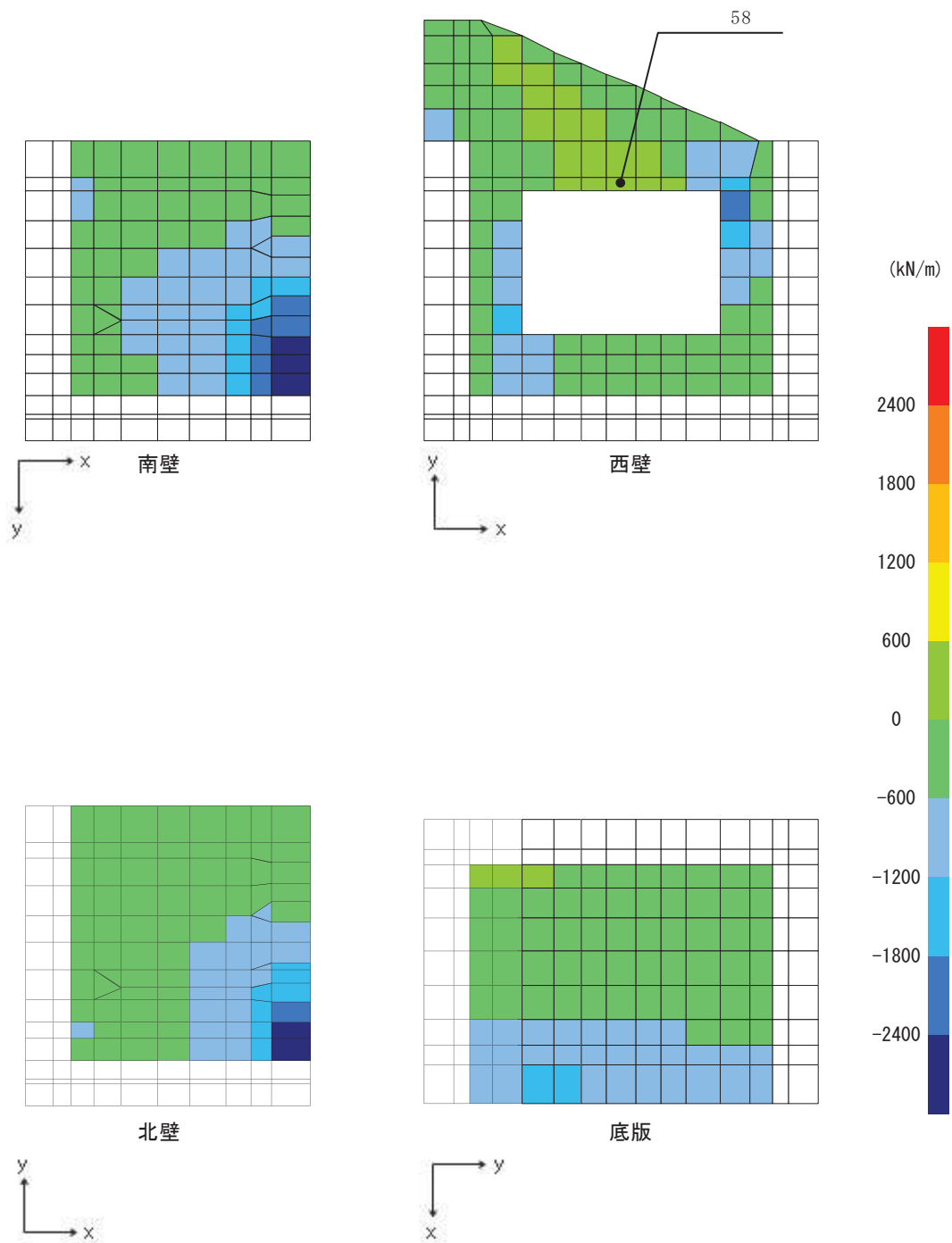


図3-4-37 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる
 曲げ・軸力系の破壊に対する照査時の断面力分布図
 (軸力 (kN/m) : N_y)
 (解析ケース③, $S_s - D2 (-+)$)

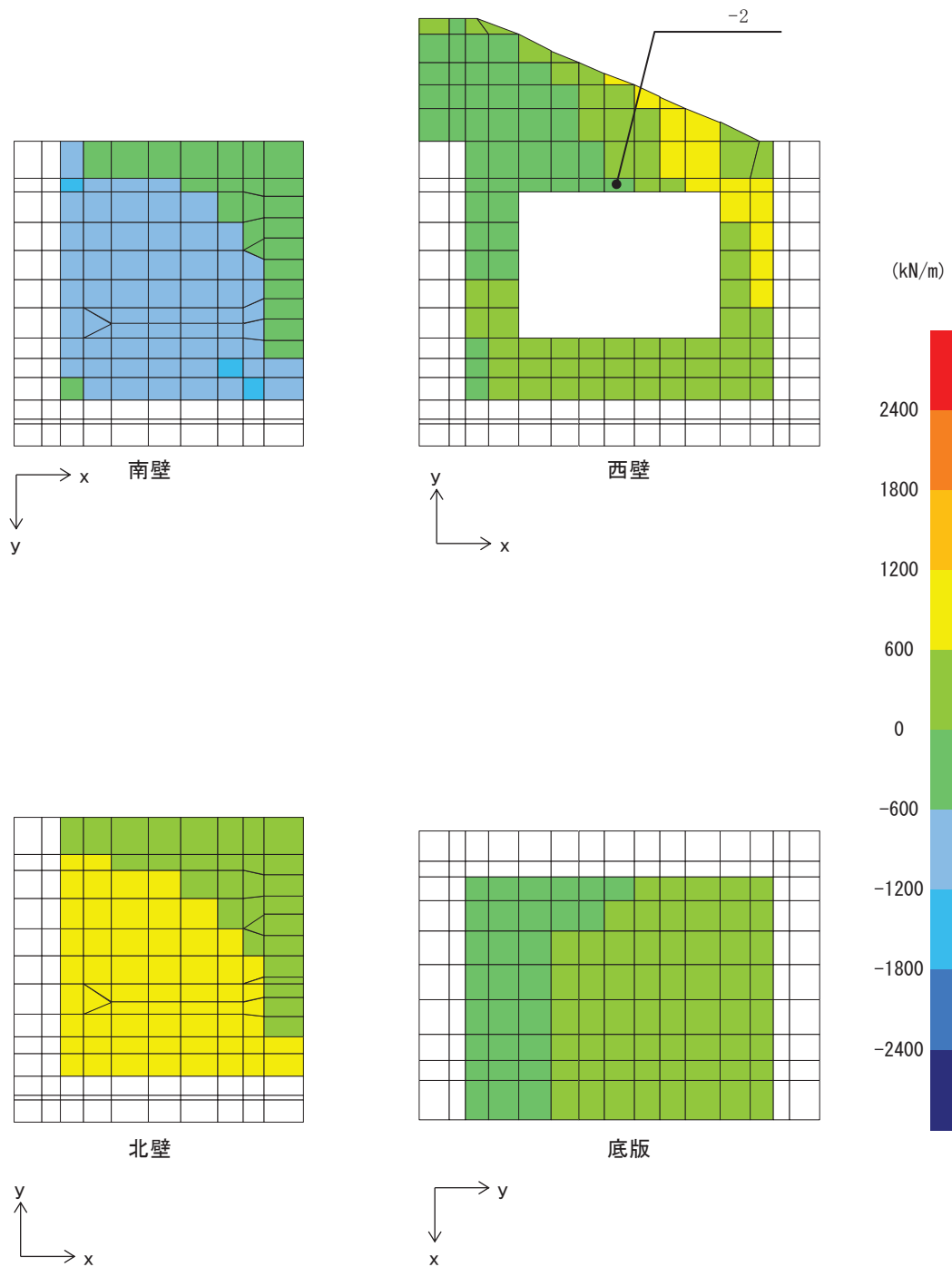


図3-4-38 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる
 曲げ・軸力系の破壊に対する照査時の断面力分布図
 (軸力 (kN/m) : N x y)
 (解析ケース③, S s - D 2 (-+))

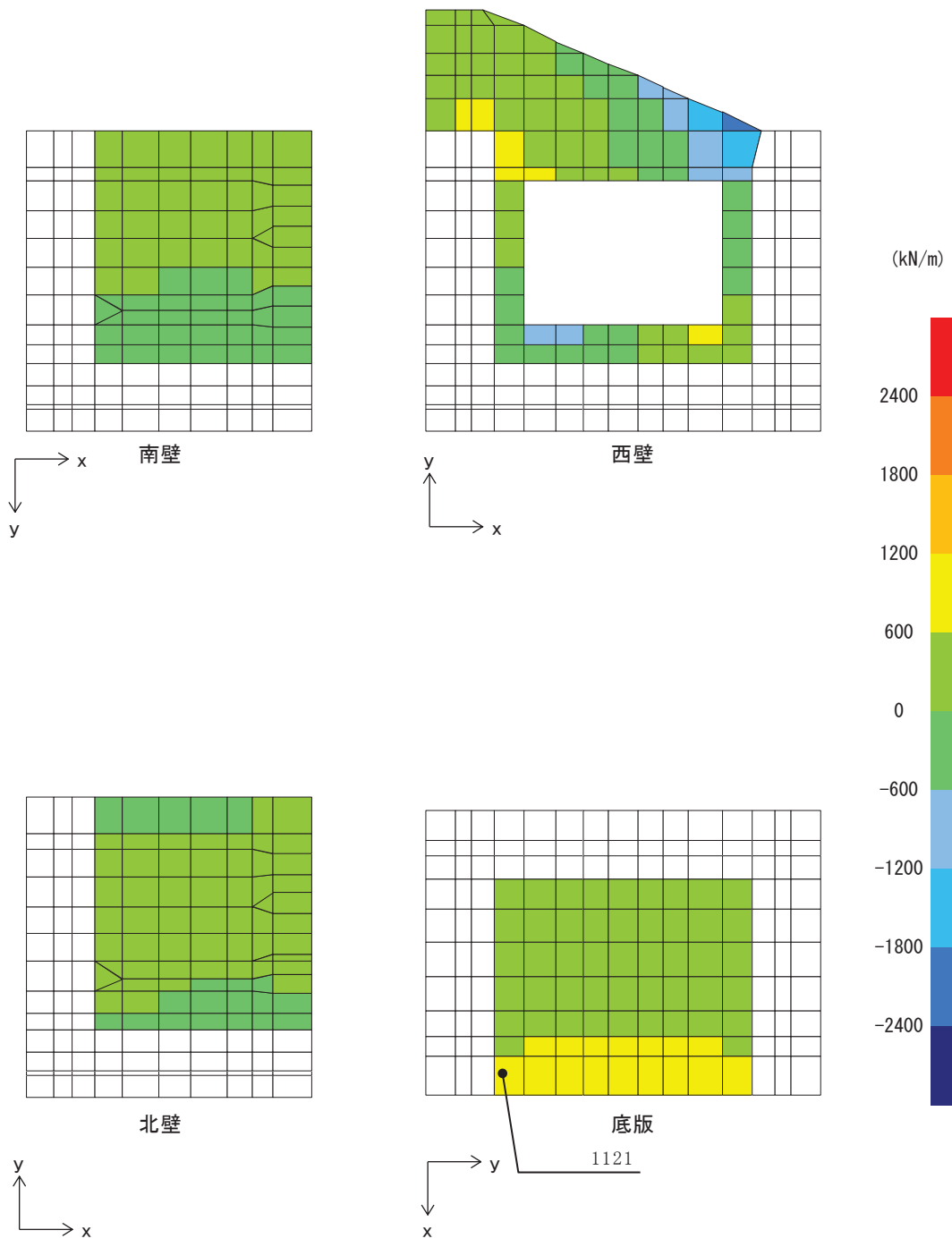


図3-4-39 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによるせん断破壊に対する照査時の断面力分布図
 (せん断力 (kN/m) : Q_x)
 (解析ケース③, $S_s - D2 (-+)$)

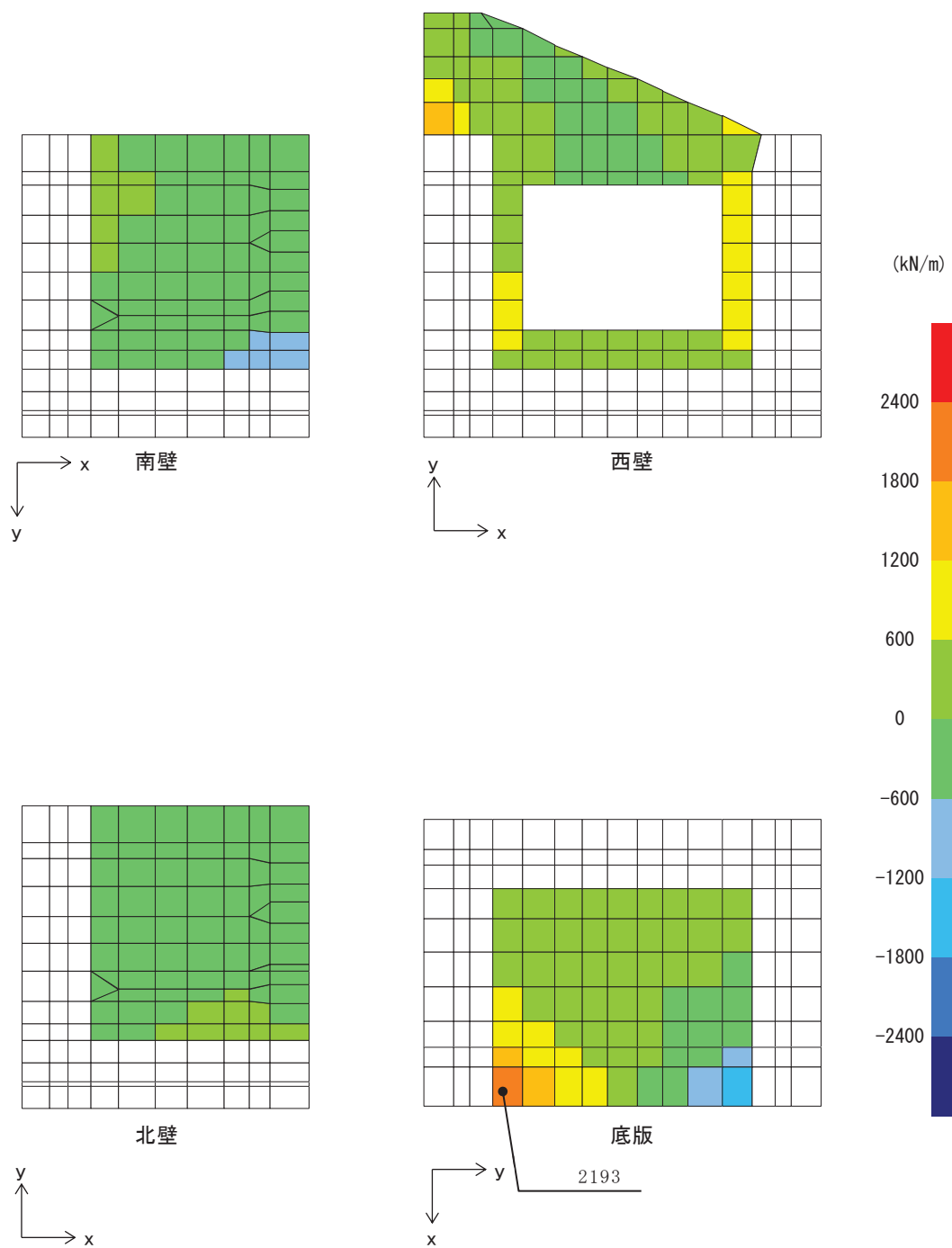


図3-4-40 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによるせん断破壊に対する照査時の断面力分布図
 (せん断力 (kN/m) : Q_y)
 (解析ケース③, $S_s - D_2 (-+)$)

(2) 門型構造物

(a) 評価方法

鋼製遮水壁（鋼桁）の水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価については、評価対象断面（弱軸方向）の水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せに基づく耐震評価に対して、直交する方向（強軸方向）に対する地震応答解析を行い、それぞれの地震応答解析より算定した断面力を合成し、構造部材の発生応力を求める。

これにより算定した水平2方向及び鉛直方向地震力による応力が許容限界以下であることを確認する。

なお、せん断力に対しては、桁軸方向加振と桁軸直角方向加振により生じるせん断力に対して、図3-4-41に示すとおり帯状に配置したせん断補強筋が負担する面が異なるため、それぞれの加振方向に対して基準地震動 S_s により生じるせん断力が許容限界以下であることを示すことで影響評価とする。

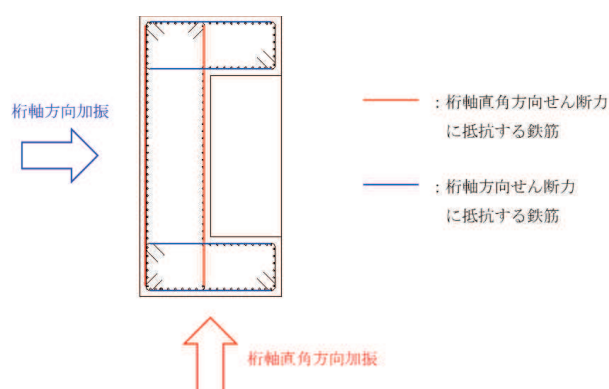


図3-4-41 RC支柱の配筋概要

(b) 評価対象

評価対象は、RC支柱の構造諸元や支持する鋼桁の構造諸元及び周辺地盤の状況が異なるため、添付書類「VI-2-10-2-3-2 杭基礎構造防潮壁 鋼製遮水壁（鋼桁）の耐震性についての計算書」に示す、RC支柱の照査値（水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せに基づく耐震評価結果）に基づき、照査値の厳しい構造物を選定し、影響評価を行う。

表3-4-19に評価対象の選定結果を示す。また、図3-4-42に、構造物の平面位置を示す。表3-4-19より、曲げ軸力照査に対しては、照査値が最も大きい鋼製遮水壁（鋼桁）のうち鋼桁3のRC支柱を代表構造物として選定する。せん断力に対しては、桁軸方向加振と桁軸直角方向加振のそれぞれにより生じるせん断力が許容限界以下であり、照査値に十分な裕度を有することを確認した。

表3-4-19 RC支柱の代表構造物選定結果

構造物名	加振方向	全地震動における最大照査値		選定結果	選定理由
		曲げ軸力照査*	せん断力照査*		
鋼桁 (鋼桁1)	桁軸	0.747 (S _s -D ₂ (++))	0.41 (S _s -D ₂ (+-))		
	桁軸直交	0.126 (S _s -D ₂ (++))	0.14 (S _s -D ₂ (--))		
鋼桁 (鋼桁2)	桁軸	0.727 (S _s -N ₁ (++))	0.43 (S _s -N ₁ (+-))		
	桁軸直交	0.117 (S _s -D ₂ (++))	0.15 (S _s -D ₂ (+-))		
鋼桁 (鋼桁3)	桁軸	0.784 (S _s -D ₂ (-+))	0.30 (S _s -D ₂ (+-))	○	曲げ軸力照査値最大
	桁軸直交	0.345 (S _s -D ₂ (++))	0.34 (S _s -D ₂ (++))		
鋼桁 (鋼桁4)	桁軸	0.420 (S _s -D ₂ (++))	0.25 (S _s -D ₁ (--))		
	桁軸直交	0.176 (S _s -F ₂ (++))	0.24 (S _s -D ₁ (--))		
鋼桁 (鋼桁5)	桁軸	0.763 (S _s -N ₁ (-+))	0.32 (S _s -N ₁ (++))		
	桁軸直交	0.187 (S _s -F ₃ (-+))	0.20 (S _s -F ₃ (-+))		
鋼桁 (鋼桁6)	桁軸	0.775 (S _s -N ₁ (++))	0.31 (S _s -N ₁ (++))		
	桁軸直交	0.188 (S _s -F ₃ (++))	0.15 (S _s -F ₃ (++))		

注記*：添付書類「VI-2-10-2-3-2 杭基礎構造防潮壁 鋼製遮水壁（鋼桁）の耐震性についての計算書」より最大照査値を抜粋して記載。

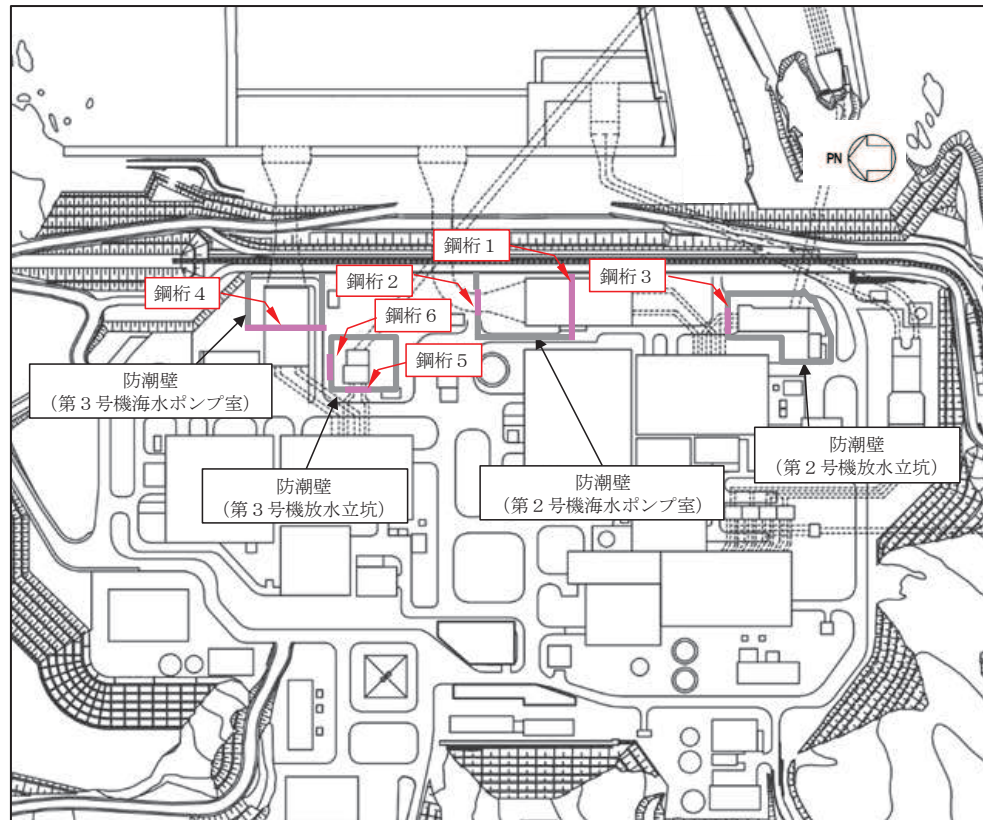


図3-4-42 鋼製遮水壁(鋼桁)の平面位置図

(c) 評価条件

①地震応答解析

地震応答解析は添付書類「VI-2-10-2-3-2 杭基礎構造防潮壁 鋼製遮水壁(鋼桁)の耐震性についての計算書」に示す方法と同様とする。

地震応答解析モデルを図3-4-43に示す。

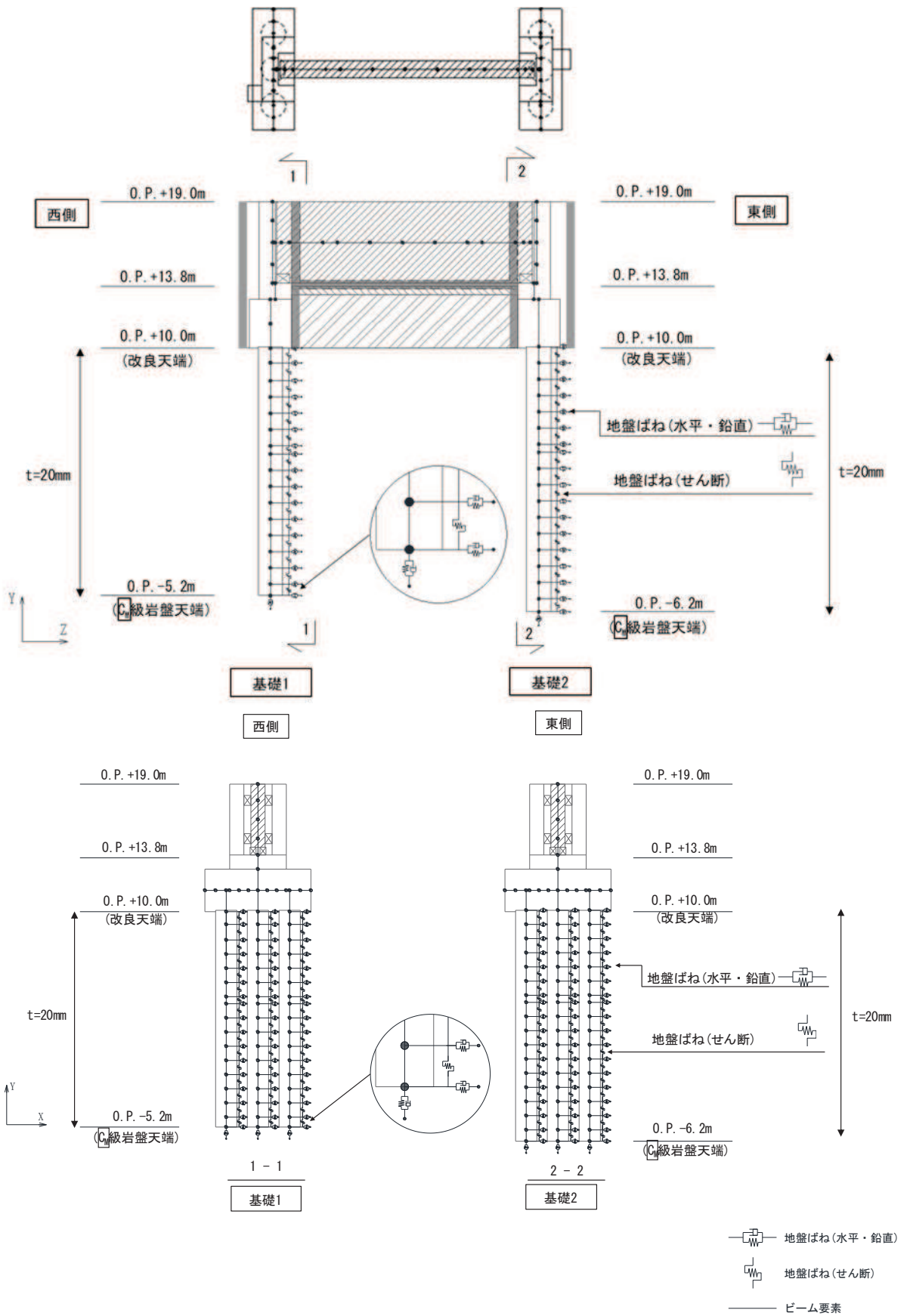


図 3-4-43 解析モデル (鋼桁 3)

②模擬地震動

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価では、全く同じ地震動が同時に水平2方向に発生することは現実的には考えにくいことから、水平1方向の照査において最大照査値となる断面に直交する方向には、位相の異なる模擬地震波を用いる。

③検討ケース

耐震評価における解析ケースを表3-4-20に示す。水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せに基づく耐震評価において、最も照査値が厳しい下記に示す構造物及び地震動を対象に、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する検討を行う。

- ・鋼桁3「加振方向（主）：桁軸， $S_s - D_2$ （-+），解析ケース①*」

注記*：「VI-2-10-2-3-2 杭基礎構造防潮壁 鋼製遮水壁（鋼桁）の耐震性についての計算書」において実施している表3-4-17に示す解析ケースを示す。

表 3-4-20 耐震評価における解析ケース

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，改良地盤 (G_0 : 初期せん断弾性係数)	C ₁ 級岩盤，C _M 級岩盤，C _H 級岩盤，B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

④許容限界

許容限界は添付書類「VI-2-10-2-3-2 杭基礎構造防潮壁 鋼製遮水壁（鋼桁）の耐震性についての計算書」に示す値と同様とする。

RC支柱の許容限界を表3-4-21に示す。

表 3-4-21 RC 支柱（鋼桁 3，鉄筋）の許容限界

種別	許容応力度 (N/mm ²)		短期許容応力度 (N/mm ²)
	許容曲げ引張応力度 σ_{sa}	196	294
鉄筋(SD345)			

(d) 評価結果

RC 支柱の水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮した曲げ・軸力系の破壊に対する照査値を表 3-4-22 に示す。また，評価時刻における断面力分布を図 3-4-44～図 3-4-46 に示す。

水平 2 方向及び鉛直方向地震力を考慮した場合でも，それぞれの照査値が許容限界以下であることを確認した。

表 3-4-22 RC 支柱の曲げ・軸力系の破壊に対する照査値（鉄筋）（鋼桁 3 基礎 2）

（加振方向（主）：桁軸， $S_s - D_2$ （-+），解析ケース①）

加振方向	発生断面力		曲げ圧縮 応力度 (N/mm ²) (a)	許容限界 (N/mm ²) (b)	照査値 (a / b)
	曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
1 方向目*1 (桁軸方向)	-12540	362	231	294	0.79
2 方向目*1 (桁軸直交方向)	-12421	439	96	294	0.33
2 方向及び鉛直方向 地震力を考慮*2	My : -12540 Mz : 3770	843	243	294	0.83

注記*1：曲げモーメントについては，全時刻の絶対値最大となる断面力を抽出し，軸力については全時刻の最小値を抽出した上で，曲げモーメントは保守的となるよう正負を入れ替えた組合せでの照査を行い，照査値が最大となった組み合わせでの断面力の値を示している。

*2：曲げモーメントについては，My：桁軸方向加振で生じる曲げモーメント，Mz：桁軸直角方向加振で生じる曲げモーメントが最大最小となる時刻及び My，Mz の合成モーメント（2乗和平方根）が最大となる時刻並びに軸力（桁軸方向）が最大最小となる時刻における断面力の組合せを抽出した上で，保守的となるよう正負を入れ替えた組合せでの照査を行い，照査値が最大となった組み合わせでの断面力の値を示している。

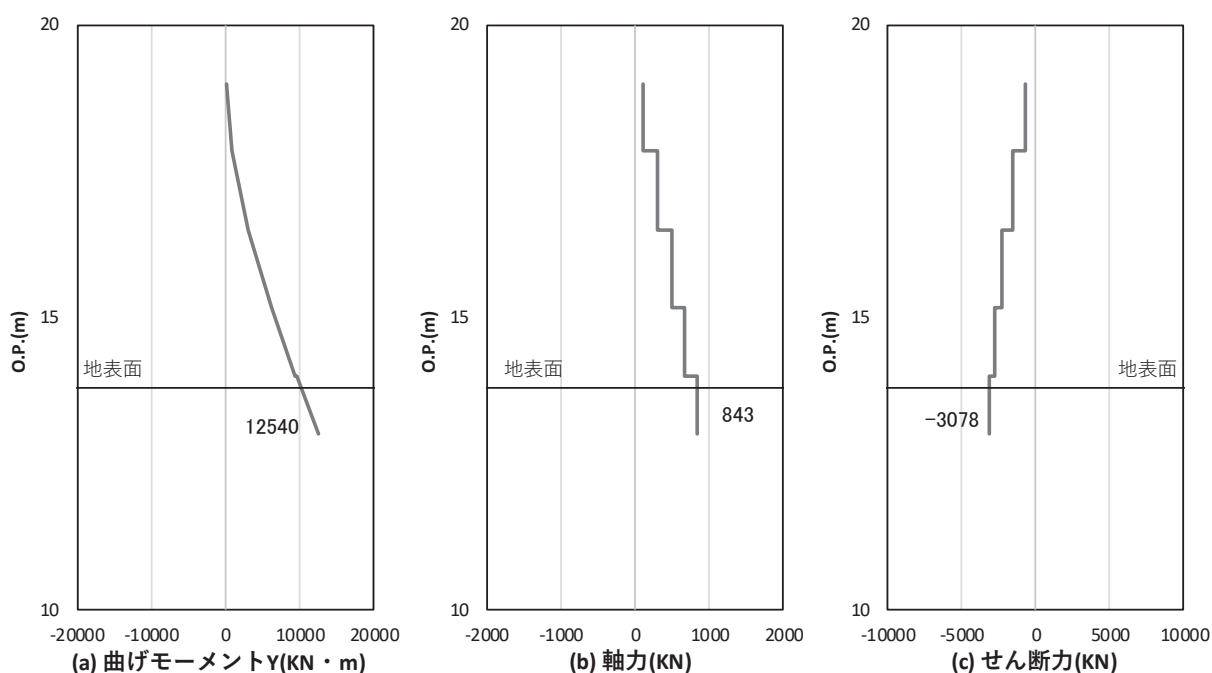


図 3-4-44 1 方向目（弱軸方向）における RC 支柱の曲げ・軸力系の破壊に対する照査時刻での断面力
 （鋼桁 3：基礎 2，桁軸方向， $t = 6.94s$ ）

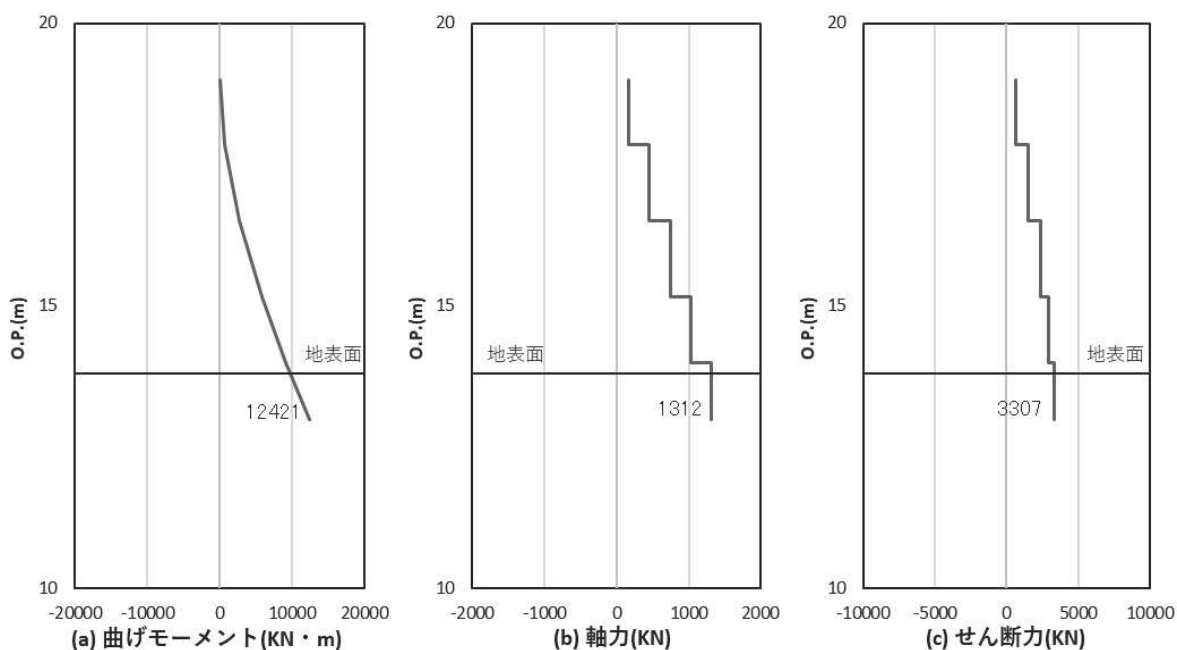


図 3-4-45 2 方向目（強軸方向）における RC 支柱の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における照査時刻での断面力
 （鋼桁 3：基礎 2，桁軸直交方向， $t = 24.73s$ ）

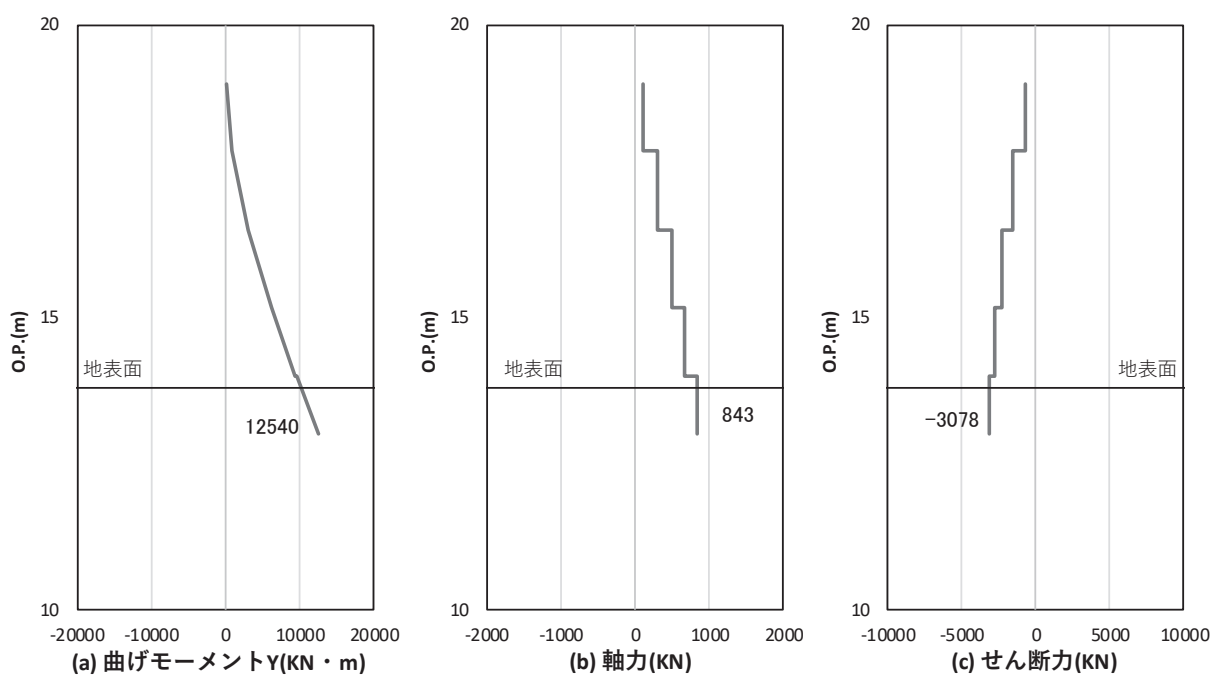


図 3-4-46 (1) 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せにおける RC 支柱の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における照査時刻での断面力 (鋼桁 3 : 基礎 2, 1 方向目 (桁軸方向), $t = 6.94s$)

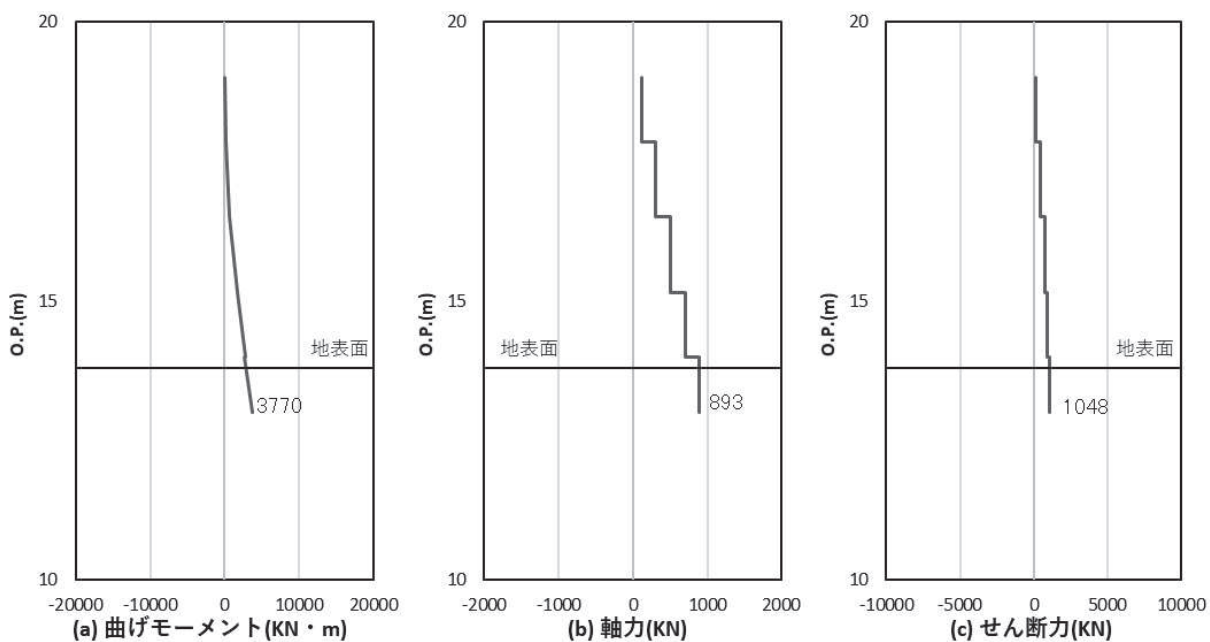


図 3-4-46 (2) 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せにおける RC 支柱の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における照査時刻での断面力 (鋼桁 3 : 基礎 2, 2 方向目 (桁軸直交方向), $t = 6.94s$)

(3) 円筒型構造物

a. 基礎杭

(a) 評価方法

基礎杭の水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価については、評価対象断面（弱軸方向）の水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せに基づく耐震評価に対して、直交する方向（強軸方向）に対する地震応答解析を行い、それぞれの地震応答解析より算定した断面力を合成し、構造部材の発生応力を求める。

これにより算定した水平2方向及び鉛直方向地震力による応力が許容限界以下であることを確認する。

(b) 評価対象

評価対象は、材質、杭径、杭間隔、長さ、上載荷重及び周辺地盤の状況が異なるため、添付書類「VI-2-10-2-3-1 杭基礎構造防潮壁 鋼製遮水壁（鋼板）の耐震性についての計算書」、「VI-2-10-2-3-2 杭基礎構造防潮壁 鋼製遮水壁（鋼桁）の耐震性についての計算書」及び「VI-2-10-2-3-3 杭基礎構造防潮壁 鋼製扉の耐震性についての計算書」に示す、各構造形式の耐震評価対象断面における鋼管杭の照査値（水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せに基づく耐震評価結果）に基づき、照査値の厳しい構造物を選定し、影響評価を行う。

表3-4-23に評価対象の選定結果を、各構造物の平面位置を図3-4-47に示す。鋼管杭の曲げ軸力及びせん断力照査のうち、照査値が最も大きい鋼桁1, 4, 5を影響評価の代表構造物として選定する。

表3-4-23 基礎杭の代表構造物選定結果(1/2)

構造形式	構造物名	最大照査値		選定結果	選定理由
		曲げ軸力照査	せん断力照査		
基礎杭	鋼板（断面①）	0.713 (S _s -N ₁ (-+))	0.434 (S _s -N ₁ (-+))		
	鋼板（断面②）	0.619 (S _s -N ₁ (++))	0.385 (S _s -N ₁ (++))		
	鋼板（断面③）	0.388 (S _s -N ₁ (-+))	0.100 (S _s -N ₁ (++))		
	鋼板（断面④）	0.266 (S _s -D ₂ (++))	0.248 (S _s -D ₃ (++))		
	鋼板（断面⑤）	0.483 (S _s -D ₃ (-+))	0.413 (S _s -D ₃ (-+))		
	鋼板（断面⑥）	0.407 (S _s -D ₂ (++))	0.626 (S _s -D ₁ (-+))		
	鋼板（断面⑦）	0.604 (S _s -D ₂ (++))	0.480 (S _s -D ₂ (++))		

表3-4-23 基礎杭の代表構造物選定結果(2/2)

構造物名	最大照査値		選定結果	選定理由
	曲げ軸力照査	せん断力照査		
鋼桁（鋼桁1）	0.739 ($S_s - D_2$) (++)	0.627 ($S_s - D_2$) (++)	○	曲げ軸力照査値 ($S_s - N_1$ を除く) 最大* せん断力照査値 ($S_s - N_1$ を除く) 最大*
鋼桁（鋼桁2）	0.854 ($S_s - N_1$) (-+)	0.412 ($S_s - N_1$) (++)		
鋼桁（鋼桁3）	0.653 ($S_s - D_2$) (++)	0.608 ($S_s - D_2$) (++)		
鋼桁（鋼桁4）	0.884 ($S_s - N_1$) (++)	0.696 ($S_s - N_1$) (++)	○	せん断力照査値最大
鋼桁（鋼桁5）	0.908 ($S_s - N_1$) (-+)	0.414 ($S_s - N_1$) (++)	○	曲げ軸力照査値最大
鋼桁（鋼桁6）	0.900 ($S_s - N_1$) (-+)	0.355 ($S_s - N_1$) (++)		
鋼製扉（扉2）	0.270 ($S_s - D_2$) (-+)	0.265 ($S_s - D_2$) (-+)		
鋼製扉（扉3）	0.898 ($S_s - N_1$) (-+)	0.496 ($S_s - N_1$) (-+)		

注記* : $S_s - N_1$ は観測波に基づいており、地震動の方向に偏りがあり、基準地震動 S_s と直交する地震動が基準地震動 S_s に比べ小さいことから、 $S_s - N_1$ 以外の2番目に照査値が厳しい地震動に対しても水平2方向評価を実施

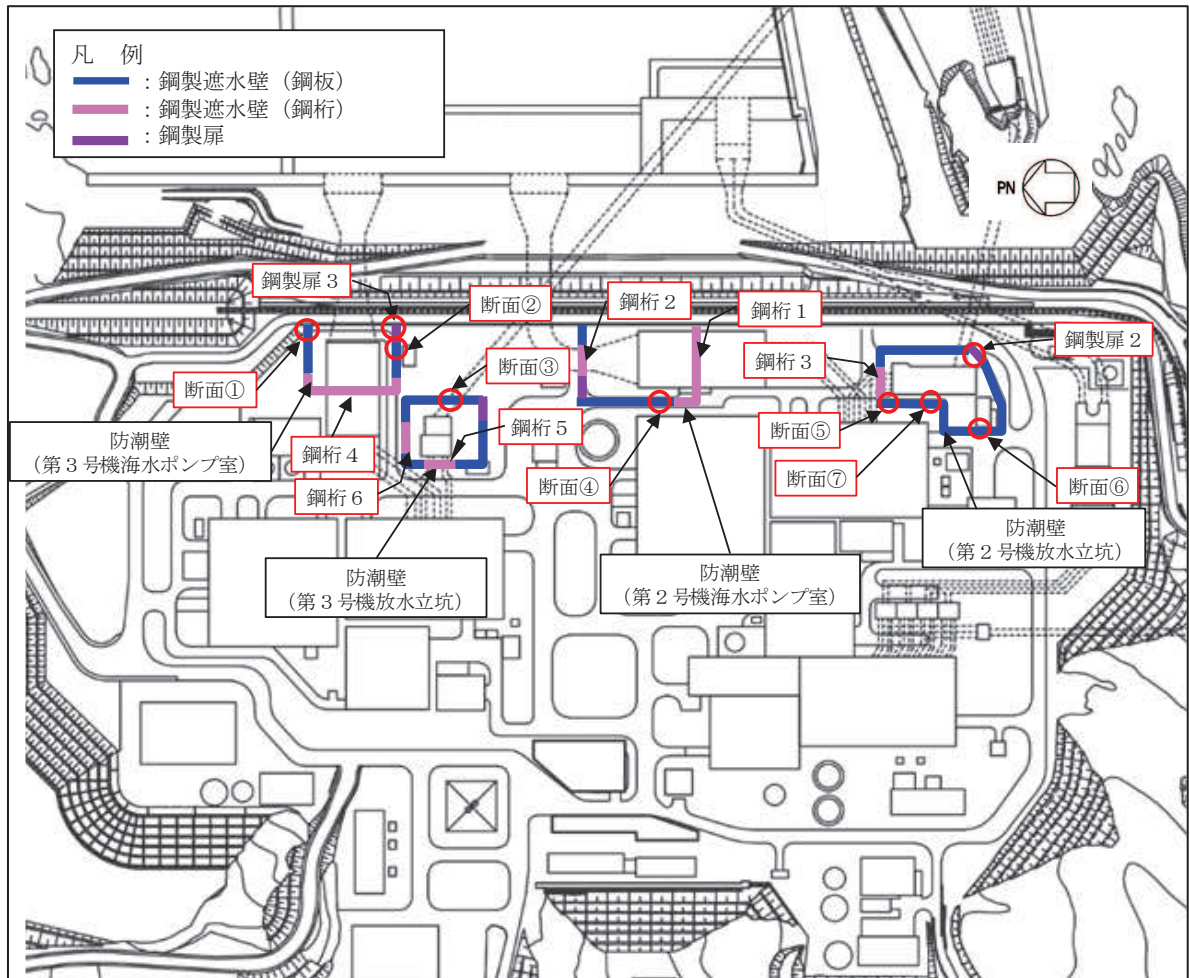


図3-4-47 防潮壁の平面位置図

(c) 水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せを考慮した照査値の算定方法

基礎杭の水平2方向及び鉛直地震力の組合せによる影響評価については、直交する水平2方向におけるそれぞれの地震応答解析にて算定した同時刻の断面力に対して以下に示す方法により照査を行う。

これにより算定した水平2方向及び鉛直方向地震力による照査値が許容限界以下であることを確認する。

① 曲げ軸力照査

曲げ軸力照査値の算定式を以下に示す。

$$M_y = \left(\sigma_y - \frac{|N_4|}{A_4} \right) \cdot Z_4$$

ここで、

M_y : 鋼管杭の降伏モーメント (kN・m)

σ_y : 鋼管杭の降伏強度 (N/mm²)

N_4 : 鋼管杭に発生する軸力 (kN)

A_4 : 鋼管杭の断面積 (m²)

Z_4 : 鋼管杭の断面係数 (m³)

② せん断力照査

せん断照査値の算定式を以下に示す。

$$\tau_1 = \kappa_1 \frac{S_1}{A_1}$$

ここで、

τ_1 : 鋼管杭のせん断力より算定されるせん断応力 (N/mm²)

S_1 : 鋼管杭に発生するせん断力 (N)

A_1 : 鋼管杭の断面積 (mm²)

κ_1 : せん断応力の分布係数 (2.0)

(d) 評価条件

① 地震応答解析

地震応答解析は添付書類「VI-2-10-2-3-2 杭基礎構造防潮壁 鋼製遮水壁（鋼桁）の耐震性についての計算書」に示す方法と同様とする。

解析モデルを図3-4-48～図3-4-50に示す。

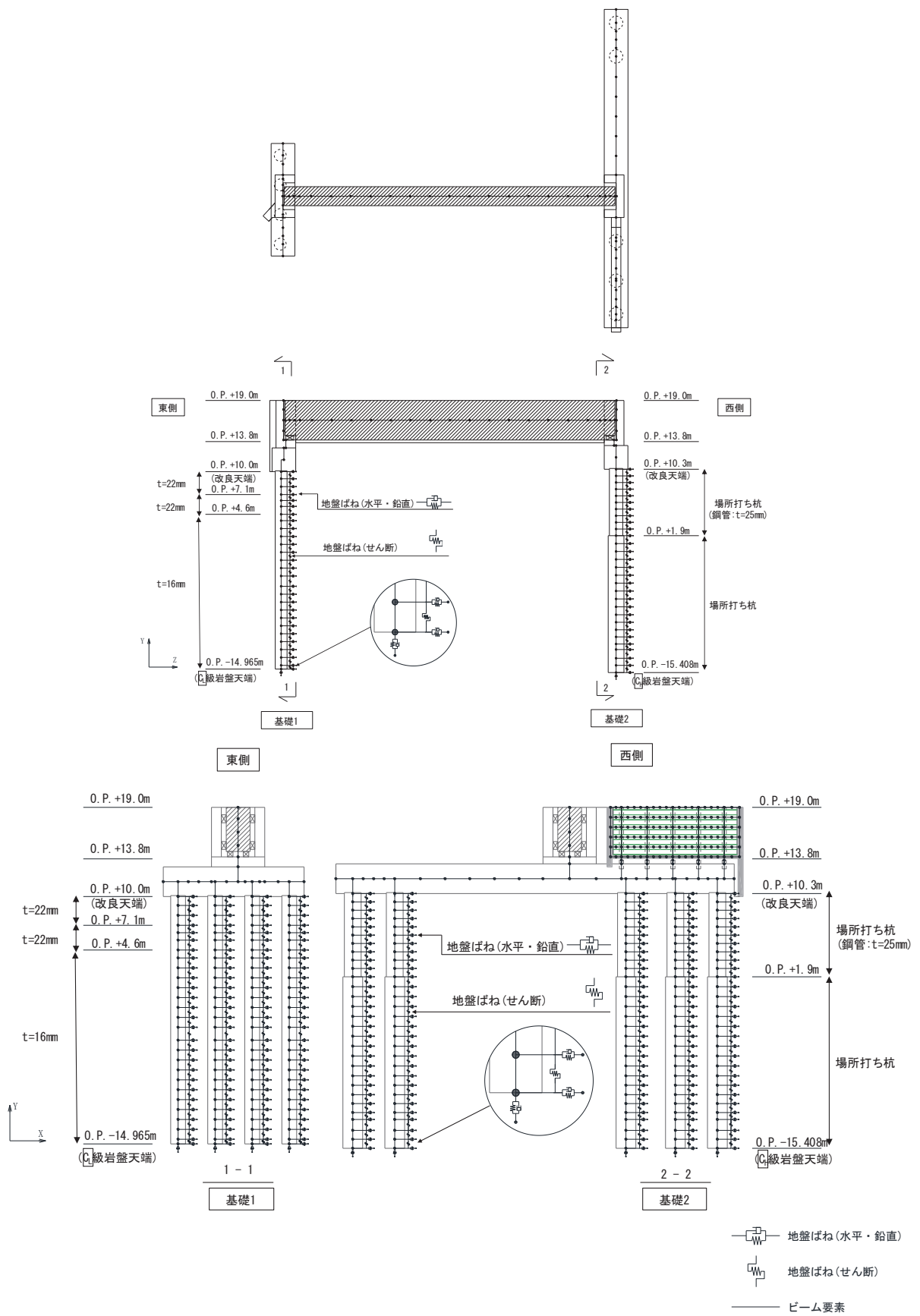


図 3-4-48 解析モデル (鋼桁 1)

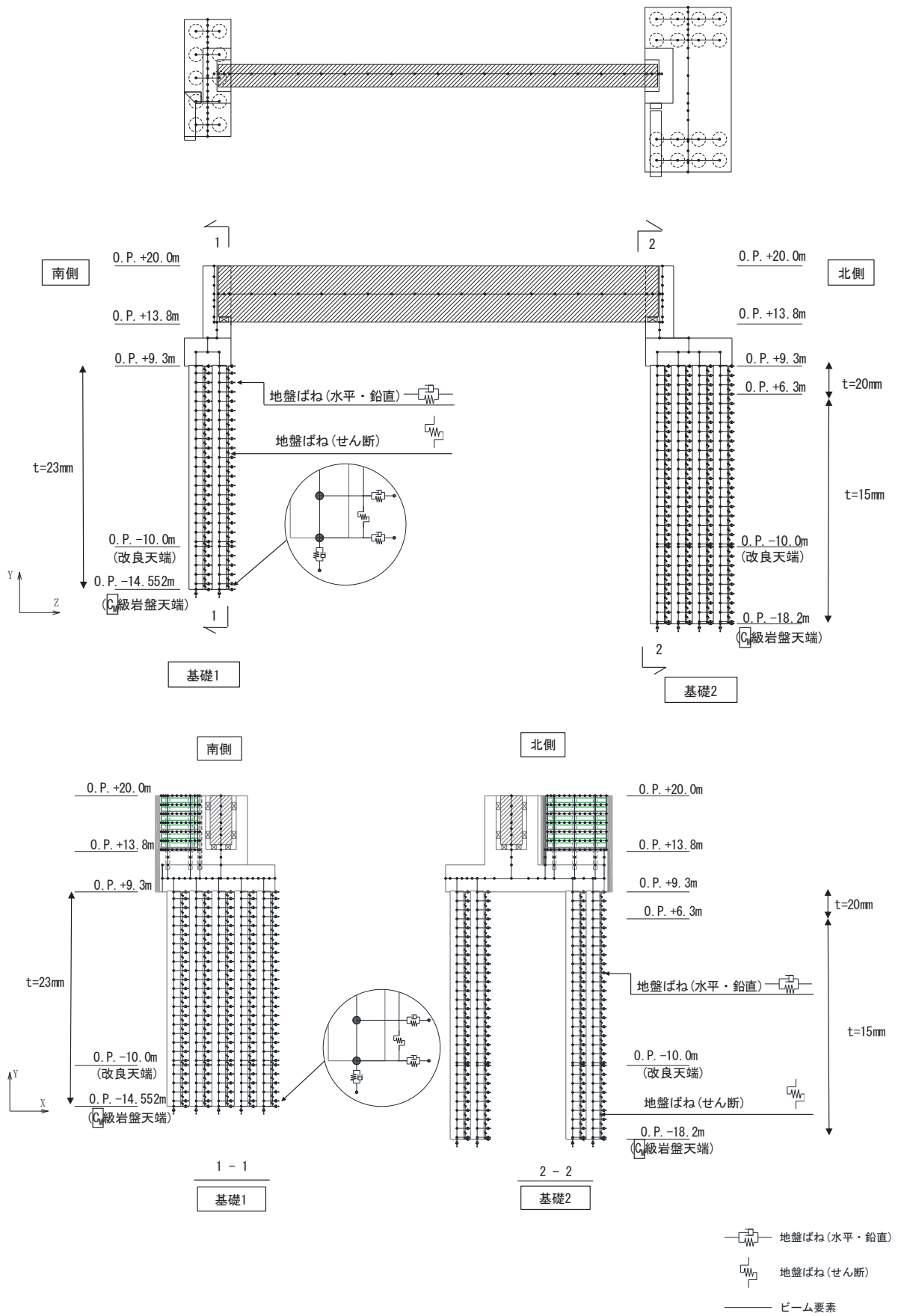


図 3-4-49 解析モデル (鋼桁 4)

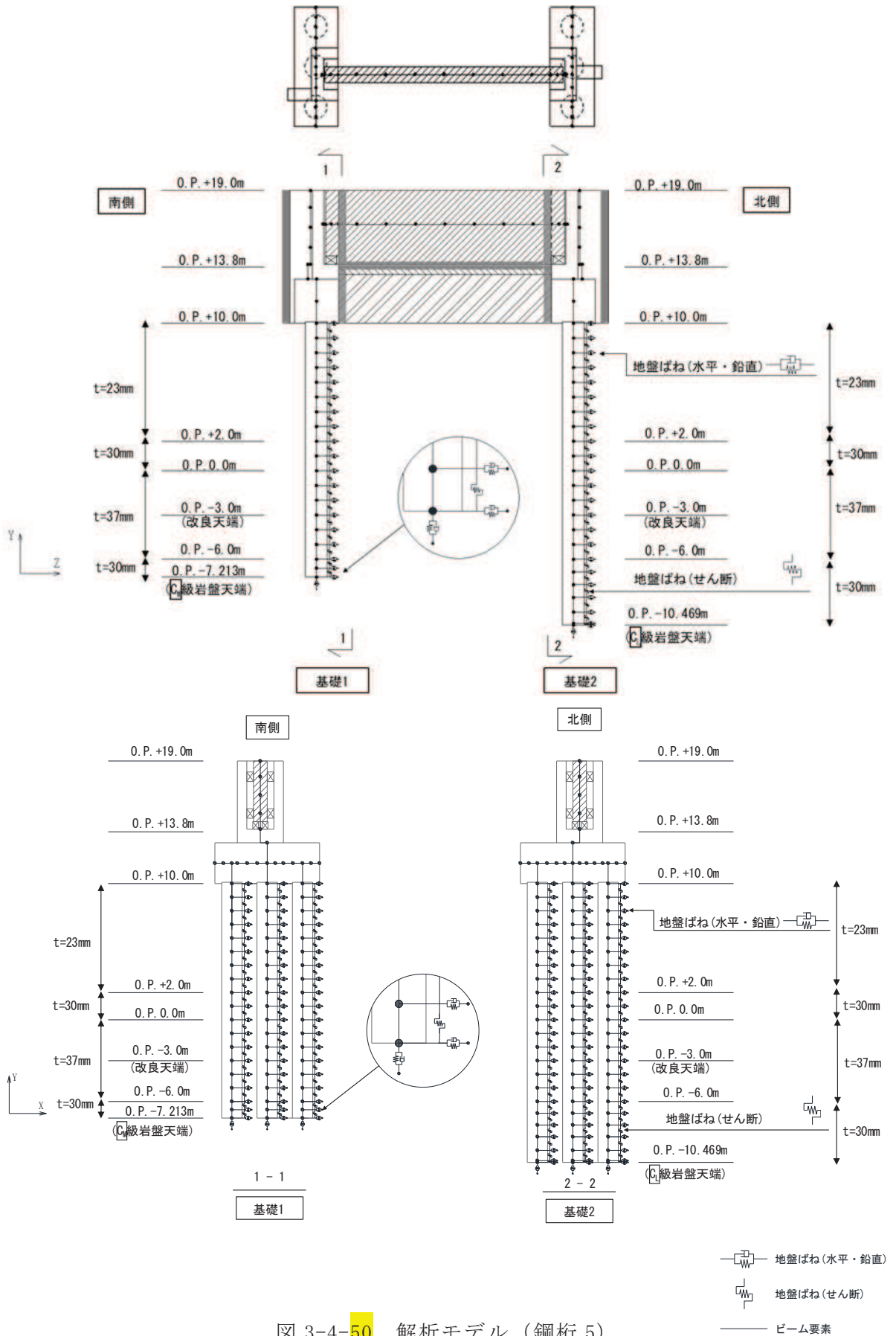


図 3-4-50 解析モデル (鋼桁 5)

② 模擬地震動

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響評価では、全く同じ地震動が同時に水平2方向に発生することは現実的には考えにくいことから、水平1方向の照査において最大照査値となる断面に直交する方向には、位相の異なる模擬地震波を用いる。

③ 検討ケース

耐震評価における解析ケースを表3-4-24に示す。水平1方向及び鉛直方向地震力の組合せに基づく耐震評価において、最も照査値が厳しい下記構造物及び地震動を対象に、水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに対する検討を行う。

曲げ軸力

- ・ 鋼桁5「加振方向（主）：桁軸直交， $S_s - N_1$ （-+），解析ケース①*」
- ・ 鋼桁1「加振方向（主）：桁軸， $S_s - D_2$ （++），解析ケース①*」

せん断力照査

- ・ 鋼桁4「加振方向（主）：桁軸直交， $S_s - N_1$ （++），解析ケース②*」
- ・ 鋼桁1「加振方向（主）：桁軸， $S_s - D_2$ （++），解析ケース①*」

注記*：「VI-2-10-2-3-2 杭基礎構造防潮壁 鋼製遮水壁（鋼桁）の耐震性についての計算書」において実施している表3-4-21に示す解析ケースを示す。

表 3-4-24 耐震評価における解析ケース

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，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，B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

④許容限界

許容限界は添付書類「VI-2-10-2-3-2 杭基礎構造防潮壁 鋼製遮水壁(鋼桁)の耐震性についての計算書」に示す値と同様とする。

基礎杭の許容限界を表3-4-25に示す。

鋼管杭及び場所打ちコンクリート杭の許容限界は、「道路橋示方書（I 共通編・II 鋼橋編・IV 下部構造編）・同解説（日本道路協会，平成24年3月）」に基づき，鋼管杭については，表3-4-25に示す降伏強度を用いた降伏モーメント及びせん断強度とする。

場所打ちコンクリート杭については，表3-4-26に示す鉄筋の降伏応力度を用いた降伏モーメント及びせん断強度とする。降伏モーメントの算定は，解析コード「RC断面計算Ver. 8.00.06」により算定する。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。せん断耐力は，建設技術審査証明報告書 内面リブ付鋼管巻き場所打ち杭「JFETB杭」に基づく式により算定する。

表 3-4-25 鋼管杭（杭体）の許容限界

杭種		降伏強度（曲げ） (N/mm ²)	せん断強度 (N/mm ²)
鋼管杭 (杭体)	SKK490 (t < 40mm)	315	160
	SM570 (t < 40mm)	450	260

表 3-4-26 場所打ちコンクリート杭の許容限界

項目	種別	降伏応力度 (N/mm ²)
場所打ち コンクリート杭	軸方向鉄筋(SD490)	490
	帯鉄筋(SD345)	345

(e) 評価結果

基礎杭の水平2方向及び鉛直方向地震力を考慮した曲げ・軸力系の破壊に対する照査値を表3-4-27，表3-4-28に，せん断破壊に対する照査値を表3-4-29，表3-4-30に示す。また，照査時刻における曲げ・軸力系の破壊に対する断面力を図3-4-51～図3-4-56に，せん断破壊に対する断面力を図3-4-57～図3-4-62に示す。

水平2方向及び鉛直方向地震力を考慮した場合でも，それぞれの照査値が許容限界以下であることを確認した。

表 3-4-27 基礎杭の曲げ・軸力系の破壊に対する照査値（鋼桁 5）
 （加振方向（主）：桁軸直交，S_s-N1（-+），解析ケース①）

加振方向	発生断面力		降伏曲げ モーメント (kN・m) (b)	照査値 (a/b)
	曲げモーメント (kN・m) (a)	軸力 (kN)		
1 方向目 (桁軸直交)	12284	8727	13522	0.91
2 方向目 (桁軸)	9206	1066	26175	0.36
2 方向及び鉛直方向 地震力を考慮	12302*	8727	13522	0.91

注記*：水平2方向及び鉛直方向地震力を考慮する曲げモーメントについては，1方向目と2方向目の等時刻の曲げモーメントの合成（2乗和平方根）が最大となる時刻の合成曲げモーメント

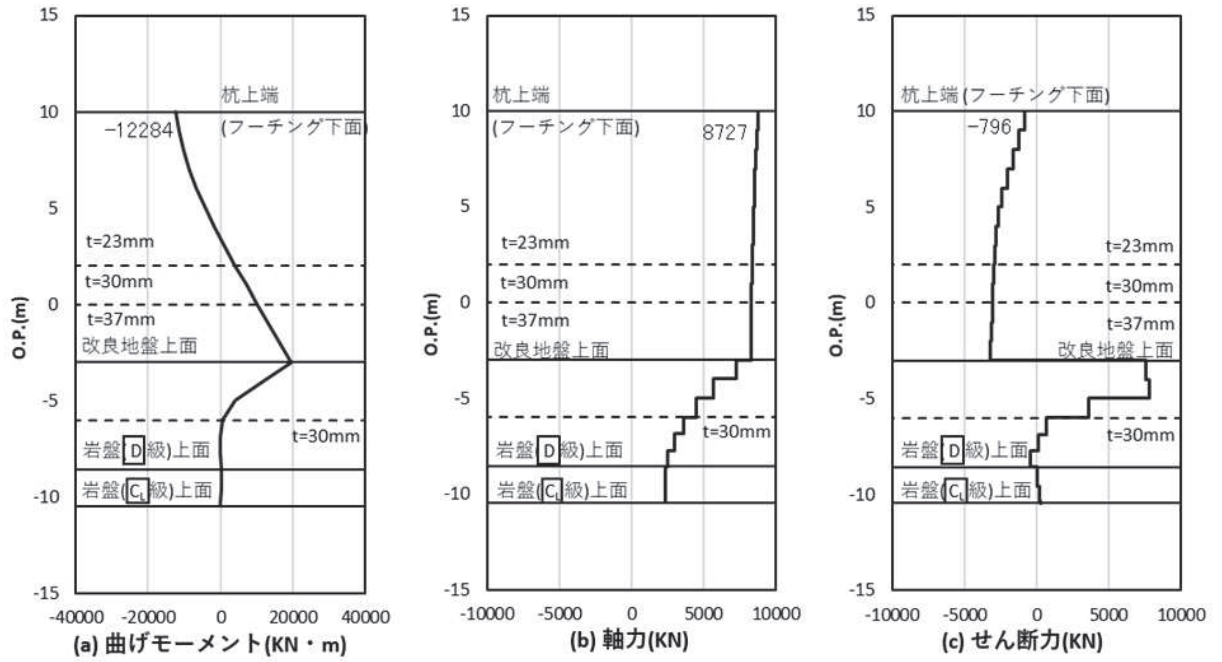


図 3-4-51 1 方向目（弱軸方向）における
基礎杭の曲げ・軸力系の破壊に対する照査時刻での断面力
(鋼桁 5, 桁軸直交方向, $t = 7.84s$)

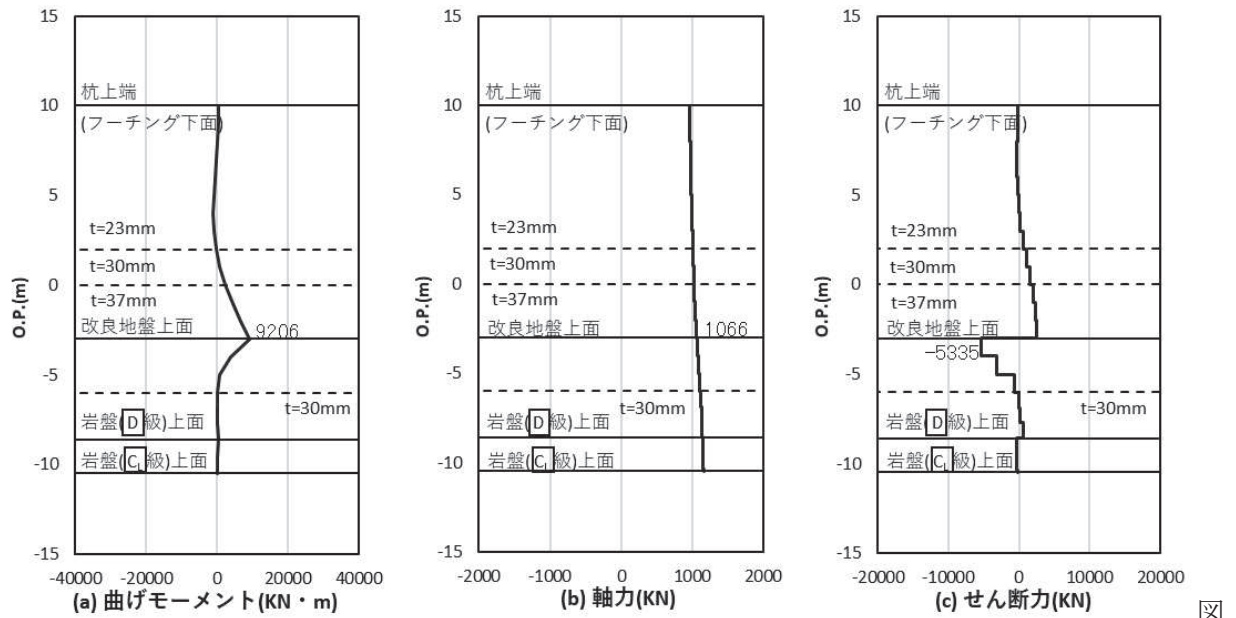


図 3-4-52 2 方向目（強軸方向）における
基礎杭の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における照査時刻での断面力
(鋼桁 5, 桁軸方向, $t = 7.01s$)

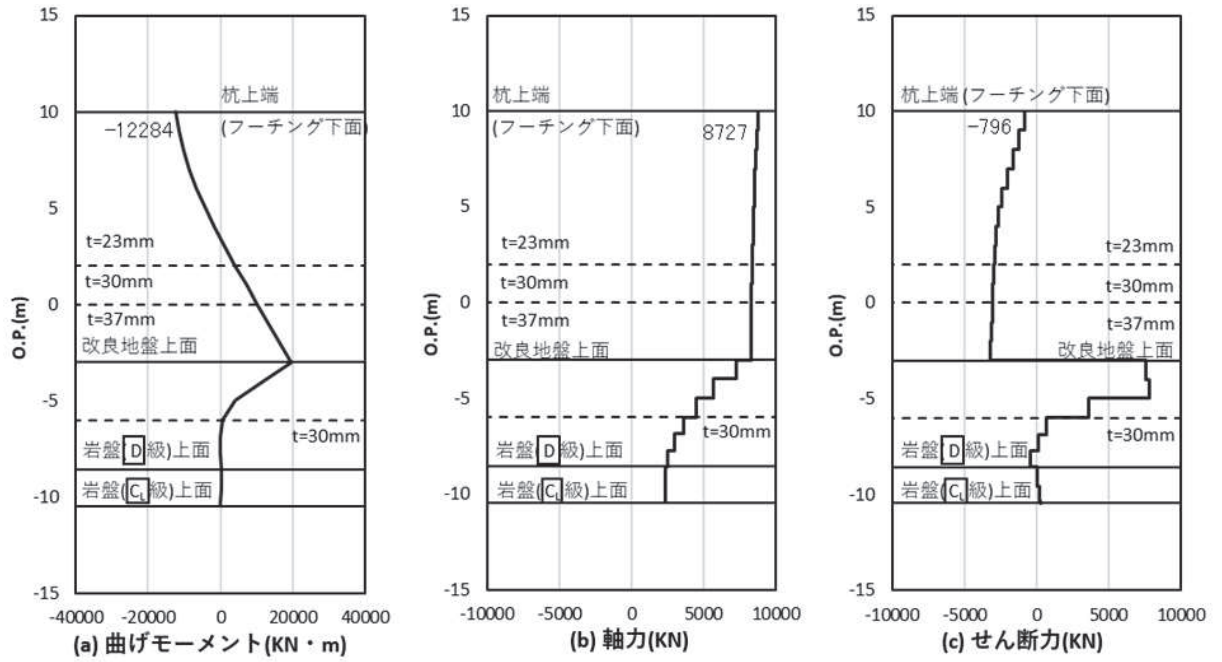


図 3-4-53 (1) 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せにおける基礎杭の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における照査時刻での断面力 (鋼桁 5, 1 方向目 (桁軸直交方向), $t = 7.84s$)

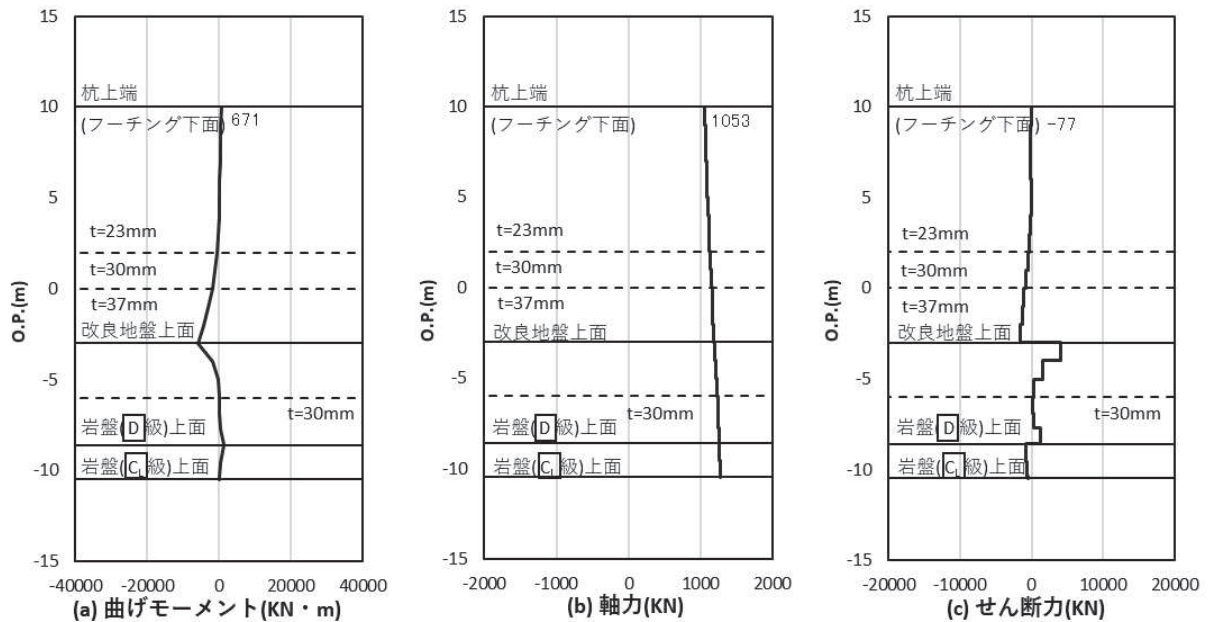


図 3-4-53 (2) 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せにおける基礎杭の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における照査時刻での断面力 (鋼桁 5, 2 方向目 (桁軸方向), $t = 7.84s$)

表 3-4-28 基礎杭の曲げ・軸力系の破壊に対する照査値（鋼桁 1）
 （加振方向（主）：桁軸， $S_s - D_2$ （++），解析ケース①）

加振方向	発生断面力		降伏曲げ モーメント (kN・m) (b)	照査値 (a/b)
	曲げモーメント (kN・m) (a)	軸力 (kN)		
1 方向目 (桁軸)	11287	1935	15264	0.74
2 方向目 (桁軸直交)	851	3152	14821	0.06
2 方向及び鉛直方向 地震力を考慮	11296*	1935	15264	0.75

注記*：水平2方向及び鉛直方向地震力を考慮する曲げモーメントについては、1方向目と2方向目の等時刻の曲げモーメントの合成（2乗和平方根）が最大となる時刻の合成曲げモーメント

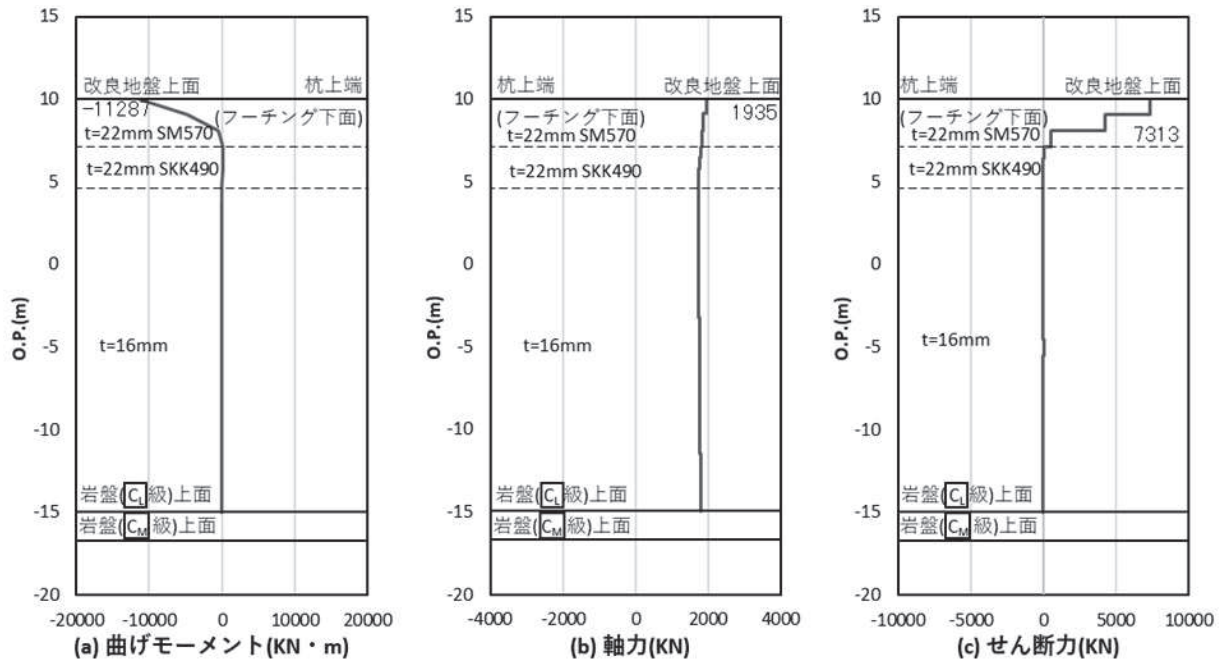


図 3-4-54 1 方向目（弱軸方向）における
基礎杭の曲げ・軸力系の破壊に対する照査時刻での断面力
（鋼桁 1，桁軸方向， $t = 24.00s$ ）

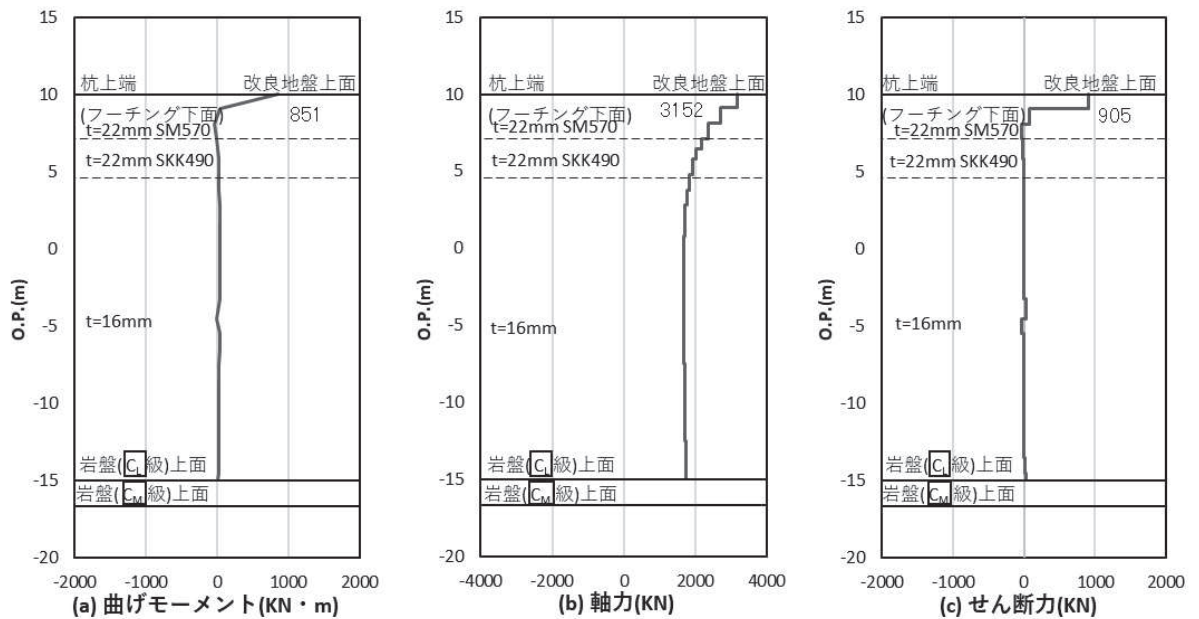


図 3-4-55 2 方向目（強軸方向）における
基礎杭の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における照査時刻での断面力
（鋼桁 1，桁軸直交方向， $t = 19.46s$ ）

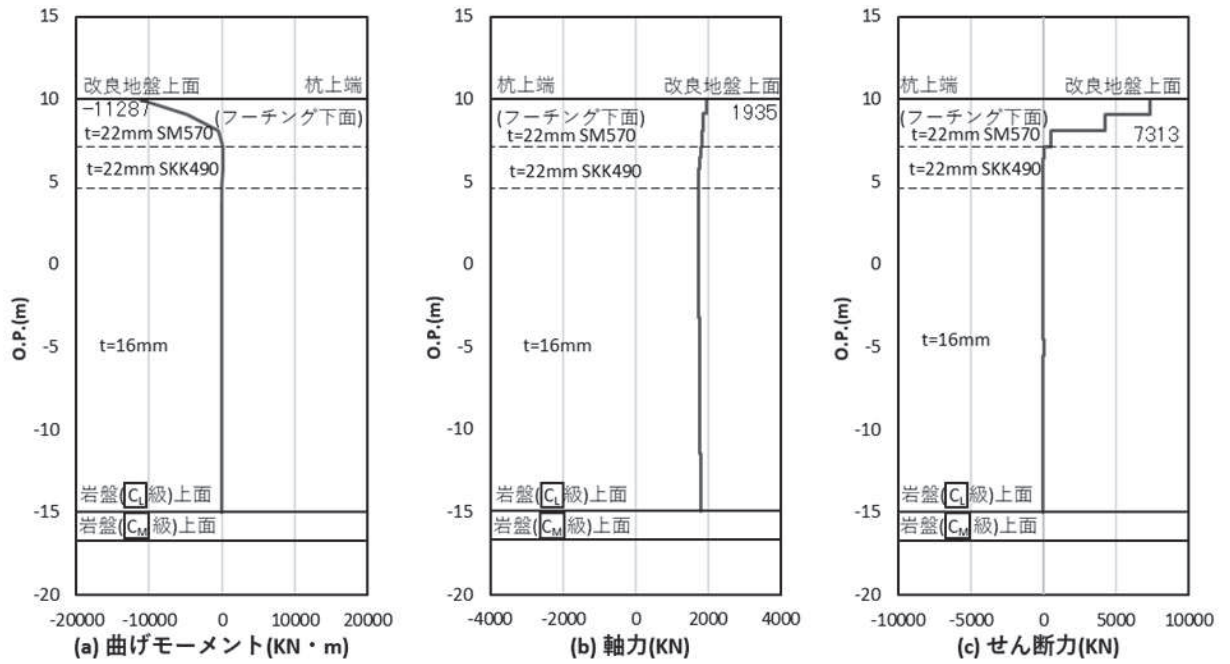


図 3-4-56 (1)

図 3-4-56 (1) 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せにおける基礎杭の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における照査時刻での断面力 (鋼桁 1, 1 方向目 (桁軸方向), $t = 24.00s$)

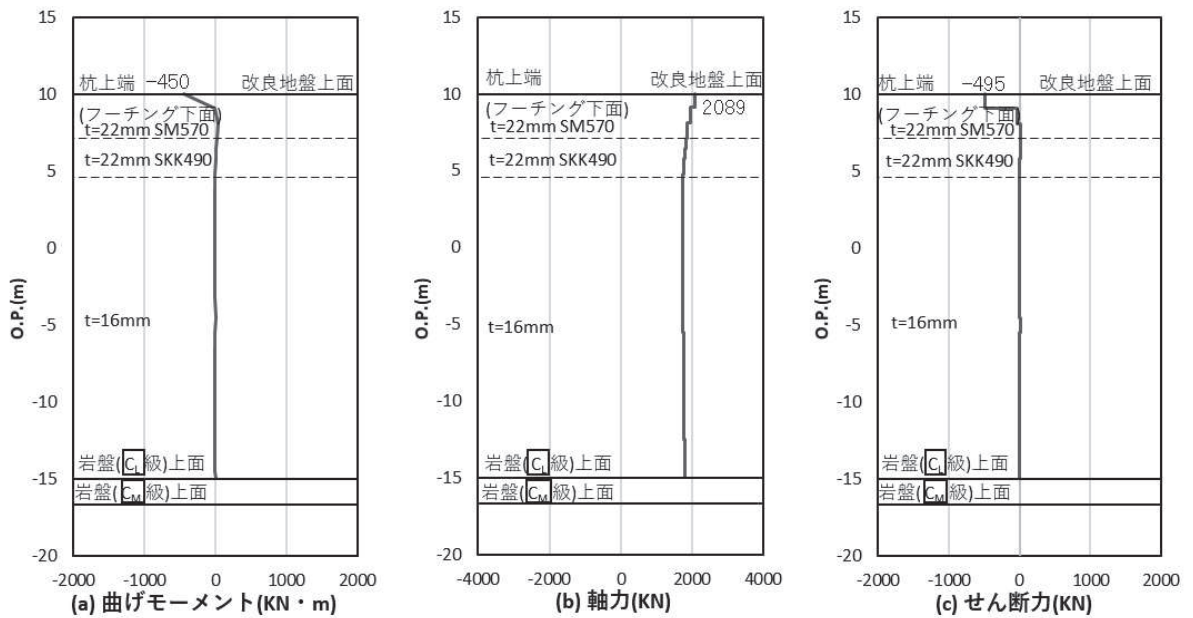


図 3-4-56 (2) 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せにおける基礎杭の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における照査時刻での断面力 (鋼桁 1, 2 方向目 (桁軸方向), $t = 24.00s$)

表 3-4-29 基礎杭のせん断破壊に対する照査値（鋼桁 4）
 （加振方向（主）：桁軸直交，S_s-N1（++），解析ケース②）

加振方向	発生断面力	せん断 応力度 (N/mm ²) (a)	許容限界 (N/mm ²) (b)	照査値 (a/b)
	せん断力 (kN)			
1 方向目 (桁軸直交)	5895	181	260	0.70
2 方向目 (桁軸)	3708	114	260	0.44
2 方向及び鉛直方向 地震力を考慮	6551*	201	260	0.78

注記*：水平2方向及び鉛直方向地震力を考慮するせん断力については，1方向目と2方向目の等時刻のせん断力の合成（2乗和平方根）が最大となる時刻の合成せん断力

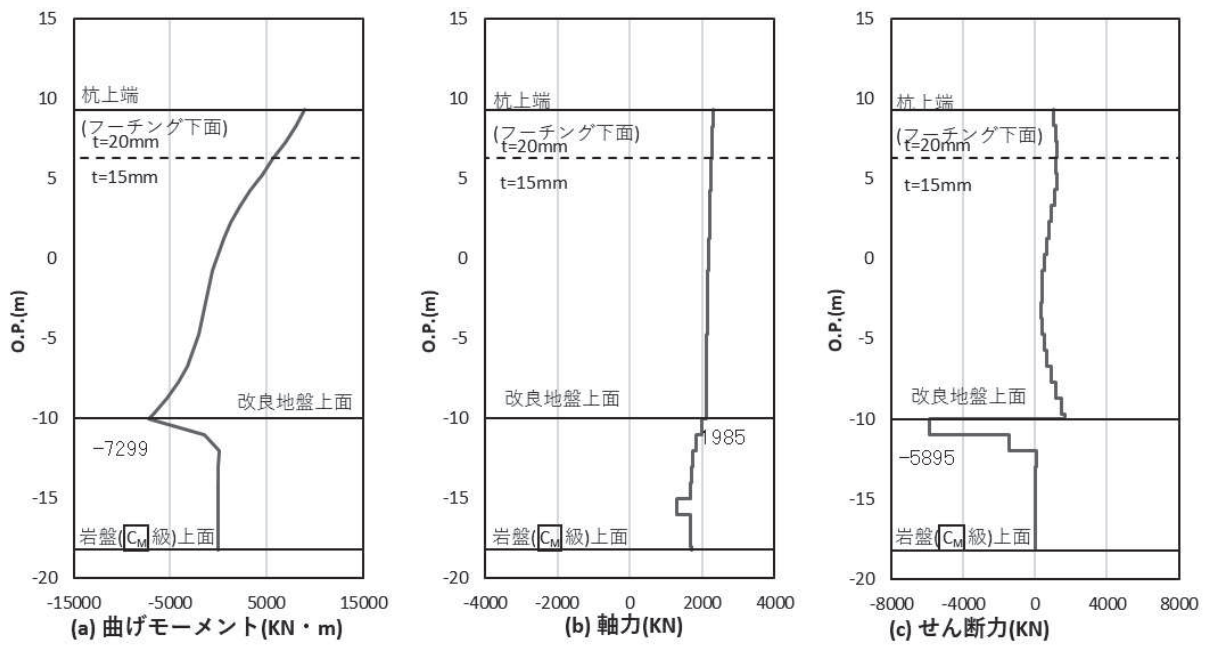


図 3-4-57 1 方向目（弱軸方向）における
基礎杭のせん断破壊に対する照査時刻での断面力
（鋼桁 4，桁軸直交方向， $t = 7.77s$ ）

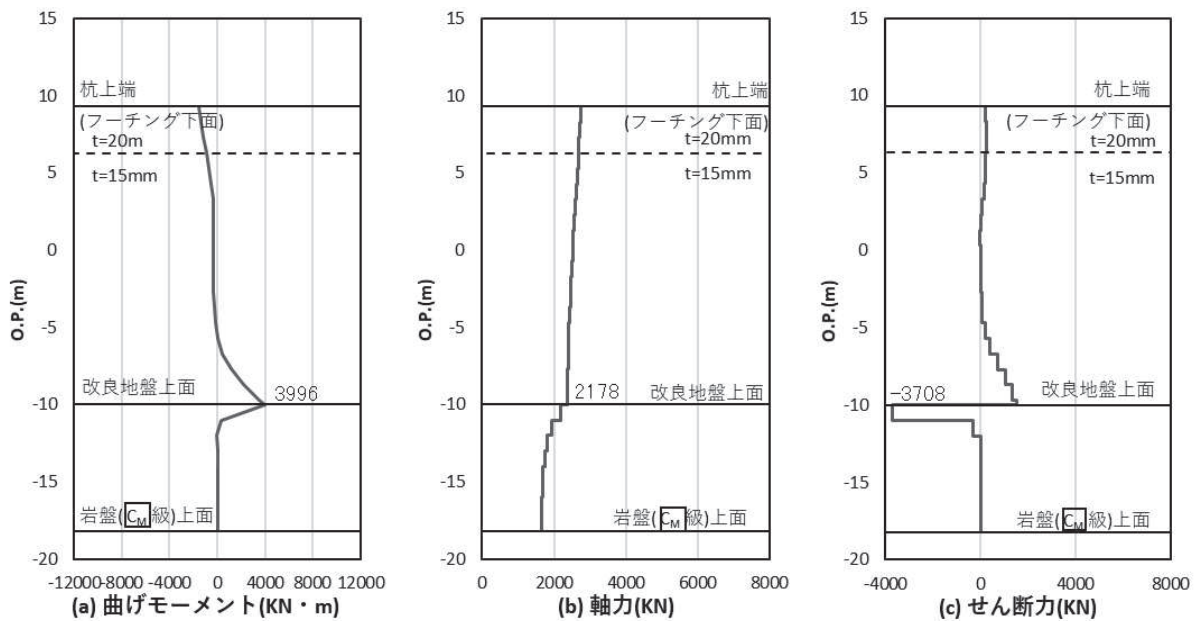


図 3-4-58 2 方向目（強軸方向）における
基礎杭のせん断破壊に対する照査における照査時刻での断面力
（鋼桁 4，桁軸方向， $t = 7.90s$ ）

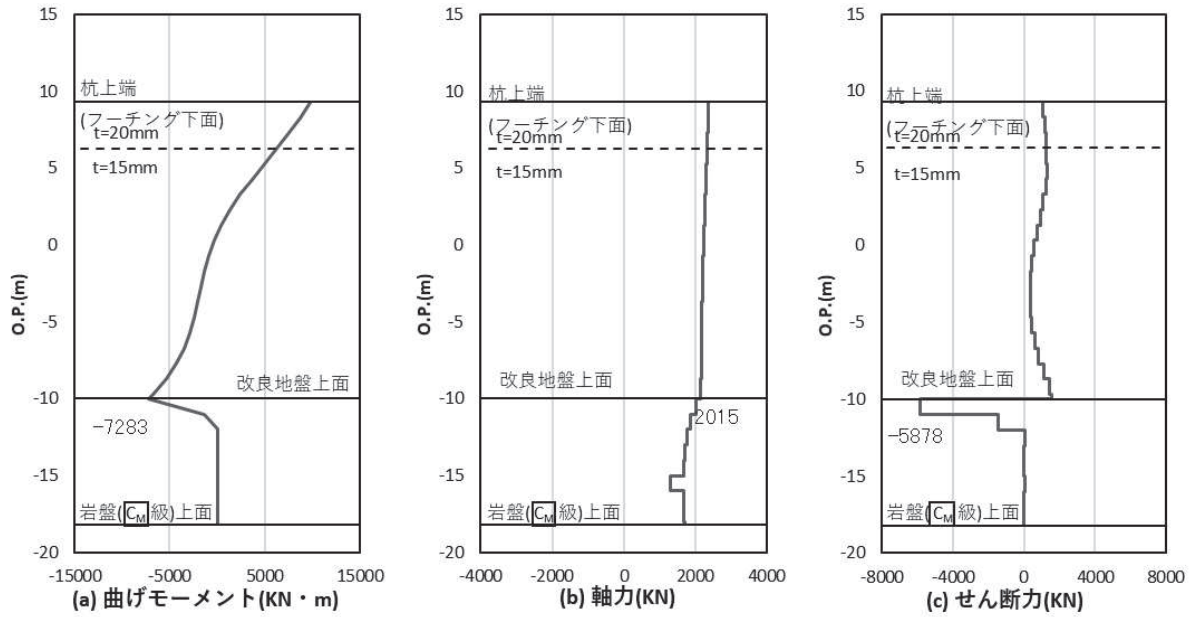


図 3-4-59 (1) 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せにおける基礎杭のせん断破壊に対する照査における照査時刻での断面力 (鋼桁 4, 1 方向目 (桁軸方向), $t = 7.79s$)

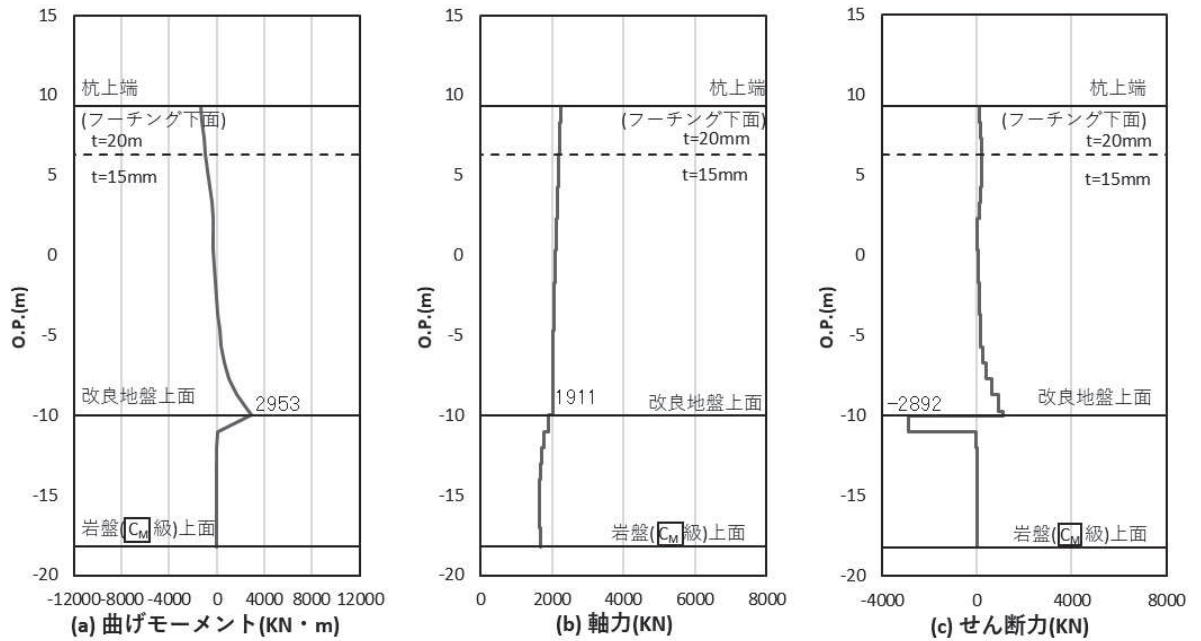


図 3-4-59 (2) 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せにおける基礎杭のせん断破壊に対する照査における照査時刻での断面力 (鋼桁 4, 2 方向目 (桁軸方向), $t = 7.79s$)

表 3-4-30 基礎杭のせん断破壊に対する照査値（鋼桁 1）
 （加振方向（主）：桁軸， $S_s - D_2$ （++），解析ケース①）

加振方向	発生断面力	許容限界（kN） （b）	照査値 （a/b）
	せん断力 （kN）（a）		
1 方向目 （桁軸）	10745	17125	0.63
2 方向目 （桁軸直交）	11171	17125	0.66
2 方向及び鉛直方向 地震力を考慮	11196*	17149	0.66

注記*：水平2方向及び鉛直方向地震力を考慮するせん断力については，1方向目と2方向目の等時刻のせん断力の合成（2乗和平方根）が最大となる時刻の合成せん断力

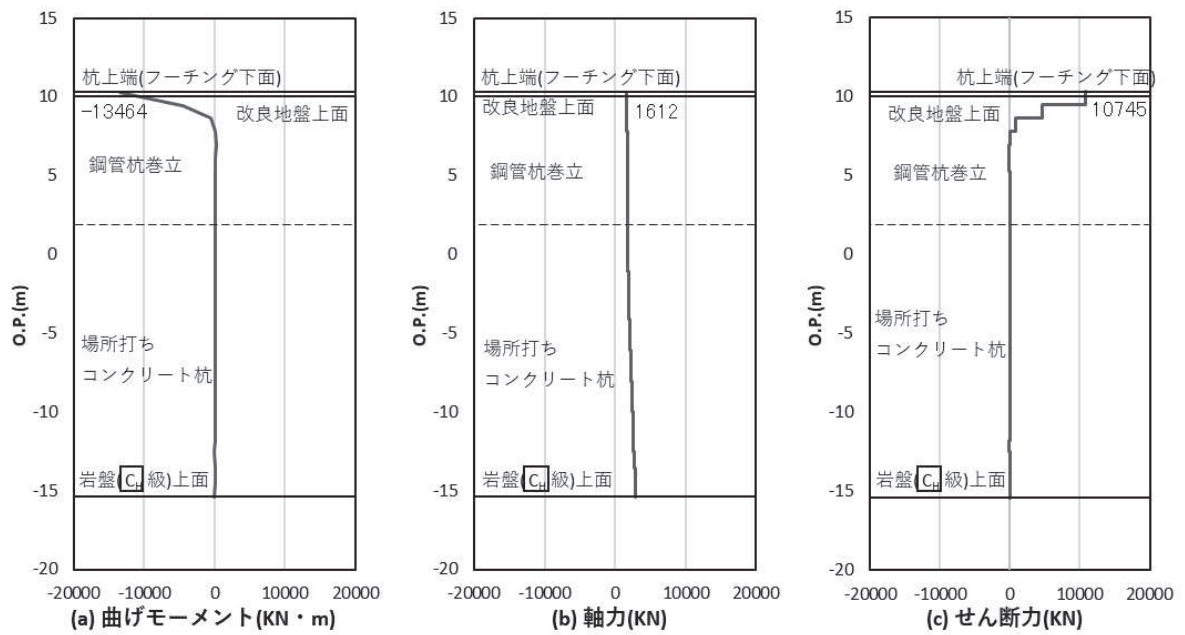


図 3-4-60 1 方向目（弱軸方向）における
基礎杭のせん断破壊に対する照査時刻での断面力
(鋼桁 1, 桁軸方向, $t = 29.99s$)

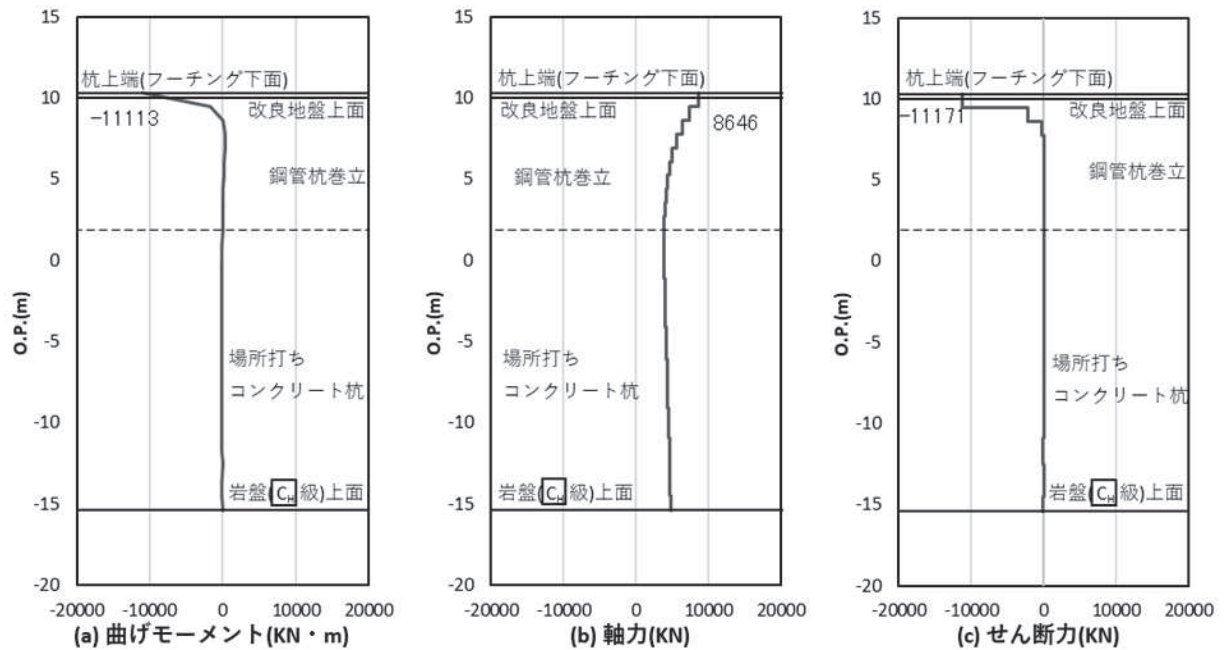


図 3-4-61 2 方向目（強軸方向）における
基礎杭のせん断破壊に対する照査における照査時刻での断面力
(鋼桁 1, 桁軸直交方向, $t = 23.66s$)

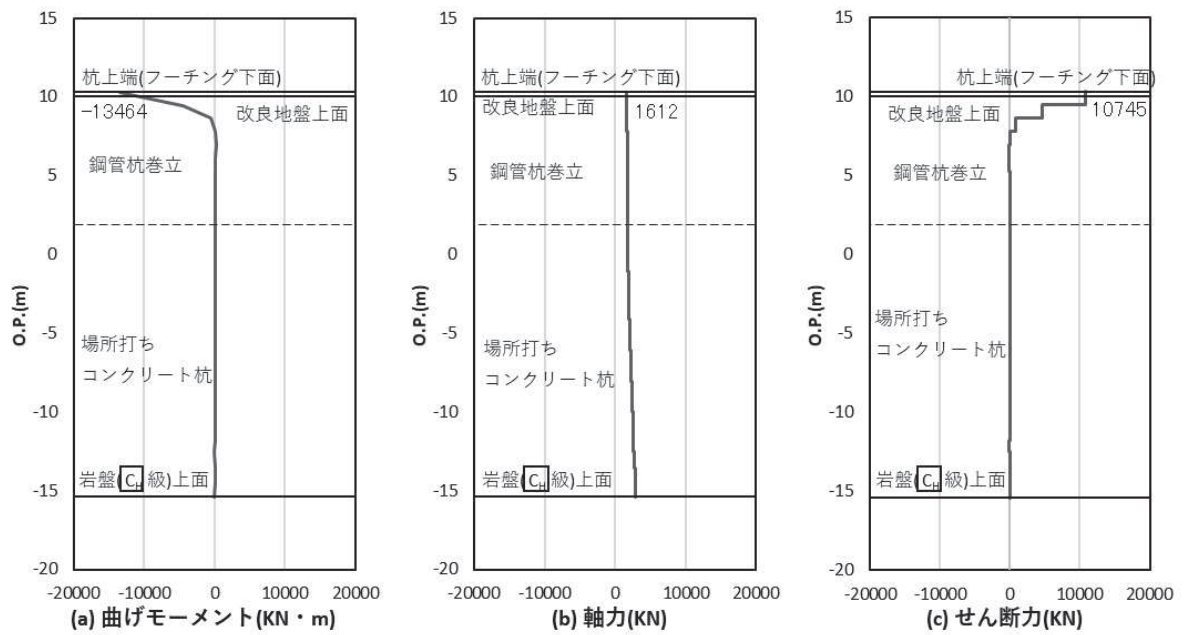


図 3-4-62 (1) 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せにおける基礎杭のせん断破壊に対する照査における照査時刻での断面力 (鋼桁 1, 1 方向目 (桁軸方向), $t = 29.99s$)

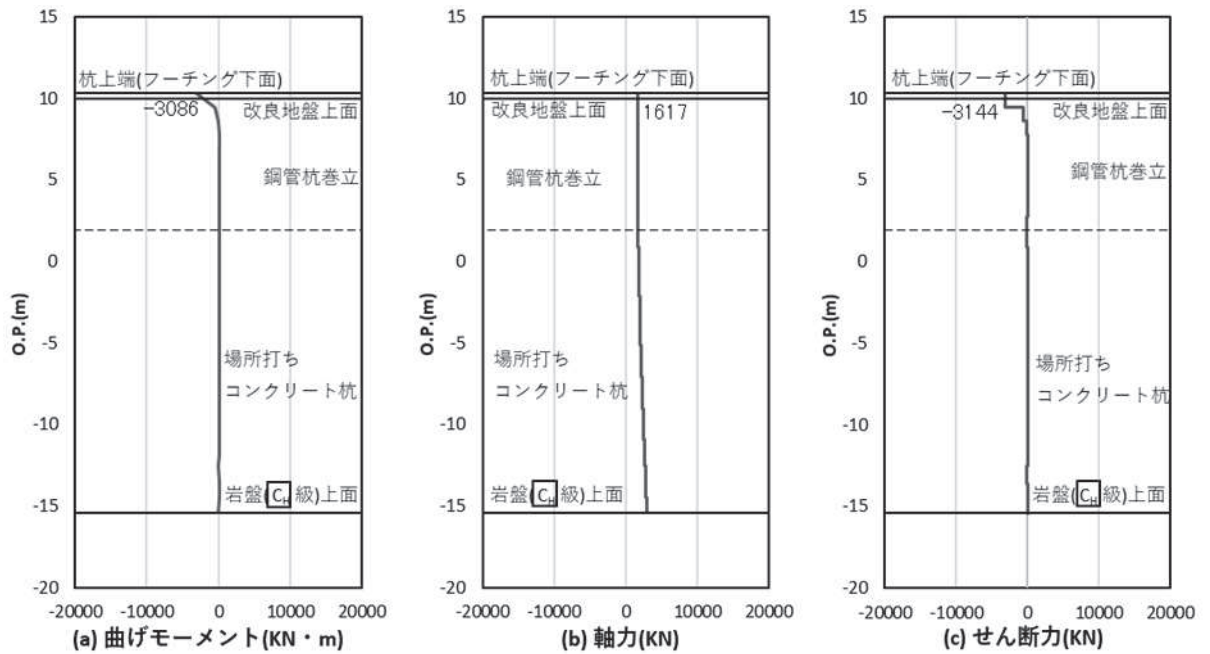


図 3-4-62 (2) 水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せにおける基礎杭のせん断破壊に対する照査における照査時刻での断面力 (鋼桁 1, 2 方向目 (桁軸直交方向), $t = 29.99s$)

b. 揚水井戸（第3号機海水ポンプ室防潮壁区画内）

揚水井戸（第3号機海水ポンプ室防潮壁区画内）について、「VI-2-10-2-8 浸水防止蓋の耐震性についての計算書」に示す鋼製シャフトにおける基準地震動 S_s に対する耐震評価結果を表3-4-31、表3-4-32に示す。

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる影響が想定されるが、照査値に十分な裕度があるため評価は省略する。

表3-4-31 鋼製シャフトの評価結果 曲げ・軸力系の破壊に対する照査

地震動	発生断面力		曲げ応力度 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)			
$S_s - N1$	11515	-292	230	382	0.61

表3-4-32 鋼製シャフトの評価結果 せん断破壊に対する照査

地震動	発生断面力	せん断応力度 τ_s (N/mm ²)	短期許容応力度 τ_{sa} (N/mm ²)	照査値 τ_s / τ_{sa}
	せん断力 (kN)			
$S_s - N1$	5120	77	217	0.36

3.4.8 機器・配管系への影響

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響に対する評価対象構造物のうち、間接支持構造物である屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側及び北側）の出口側集水ピット及び揚水井戸（第3号機海水ポンプ室防潮壁区画内）については、支持する屋外排水路逆流防止設備及び浸水防止蓋に対しても水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せによる応答値への影響が想定される。

屋外排水路逆流防止設備及び浸水防止蓋を含めた浸水防止設備の水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響評価については、「3.2 機器・配管系」にて評価結果を示すとおり、評価結果に十分な裕度を有していることを確認している。