

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-他-F-17-0001_改0
提出年月日	2020年12月9日

防潮堤の評価対象断面の選定について

2020年12月
東北電力株式会社

1. 方針

防潮堤の評価対象断面については、構造物の形状、配置、周辺地盤状況、地下水位、近接構造物の有無、荷重条件等を考慮し、耐震評価上又は耐津波評価上最も厳しくなると考えられる位置を評価対象断面とする。

評価対象断面の選定の流れについて図 1-1 に示す。

防潮堤は、構造が鋼管式鉛直壁（一般部）、鋼管式鉛直壁（岩盤部）及び盛土堤防に大きく分かれるため、構造ごとに、図 1-1 に示す流れに基づき評価対象断面の選定を実施する。

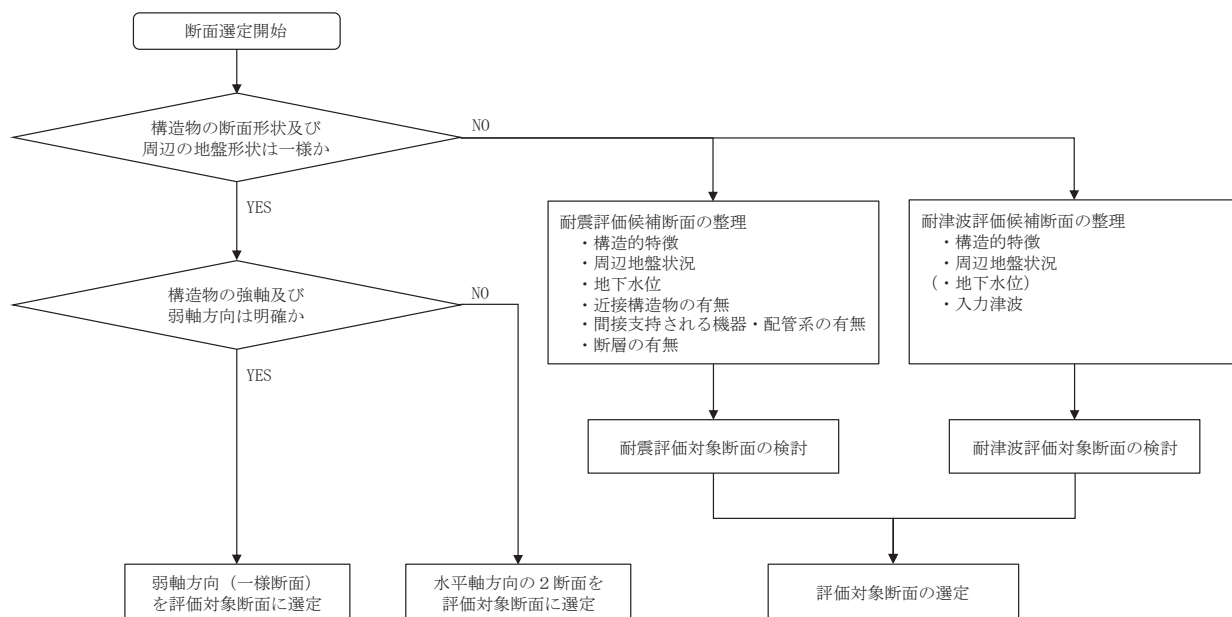


図 1-1 評価対象断面の選定フロー

1.1 耐震評価候補断面の整理

以下の観点にて、耐震評価候補断面を整理する。

- 構造的特徴（部材構成、部材厚、部材幅、断面変化部、杭長等）
- 周辺地盤状況（側方地盤、設置地盤、地盤改良体等）
- 地下水位
- 近接構造物の有無
- 間接支持される機器・配管系の有無
- 断層の有無

1.2 耐津波評価候補断面の整理

以下の観点にて、耐津波評価候補断面を整理する。

- 構造的特徴（部材構成、部材厚、部材幅、断面変化部、杭長等）

- 周辺地盤状況（側方地盤，設置地盤，地盤改良体等）
- 地下水位（余震重畳時に影響）
- 入力津波

1.3 耐震評価対象断面の選定

1.1にて整理した耐震評価候補断面に対して，構造的特徴，周辺地盤状況，地下水位，近接構造物の有無，間接支持される機器・配管系の有無及び断層の有無が耐震評価結果に及ぼす影響の観点から，耐震評価上厳しいと考えられる断面を評価対象断面として絞り込む。

なお，機器・配管系の応答加速度及び応答変位の観点から，評価対象以外の断面について地震応答解析を実施する場合がある。

1.4 耐津波評価対象断面の選定

1.2にて整理した耐津波評価候補断面に対して，構造的特徴，周辺地盤状況，地下水位及び入力津波が耐津波評価結果に及ぼす影響の観点から，耐津波評価上厳しいと考えられる断面を評価対象断面として絞り込む。

2. 防潮堤（鋼管式鉛直壁）のうち一般部の断面選定の考え方

図 2-1～図 2-11 に防潮堤（鋼管式鉛直壁）のうち一般部の平面配置図，縦断図及び断面図を示す。

防潮堤（鋼管式鉛直壁）のうち一般部は，鋼管杭，鋼製遮水壁，漂流物防護工及び背面補強工による上部構造と，鋼管杭及び置換コンクリートによる下部構造から構成され，背面補強工の下方に改良地盤を，置換コンクリートの上方にセメント改良土をそれぞれ設置する。

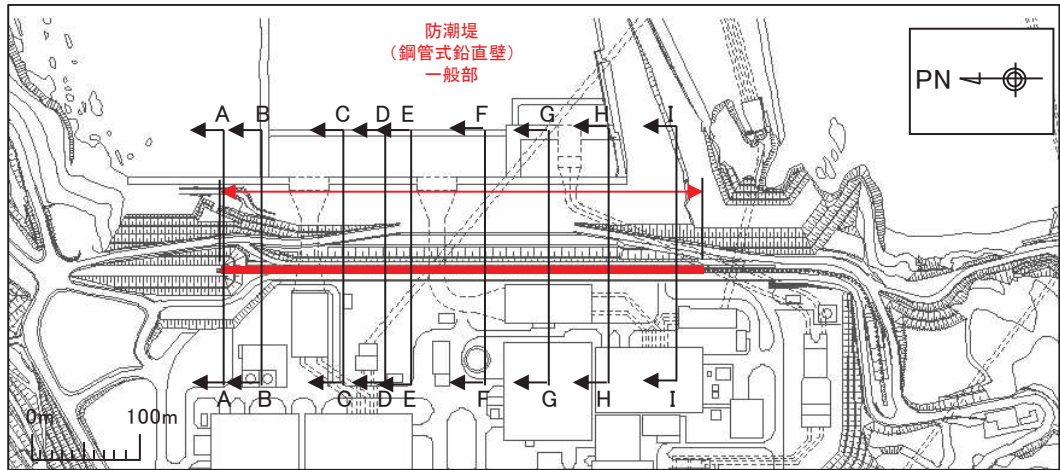


图 2-1 鋼管式鉛直壁（一般部）平面配置図

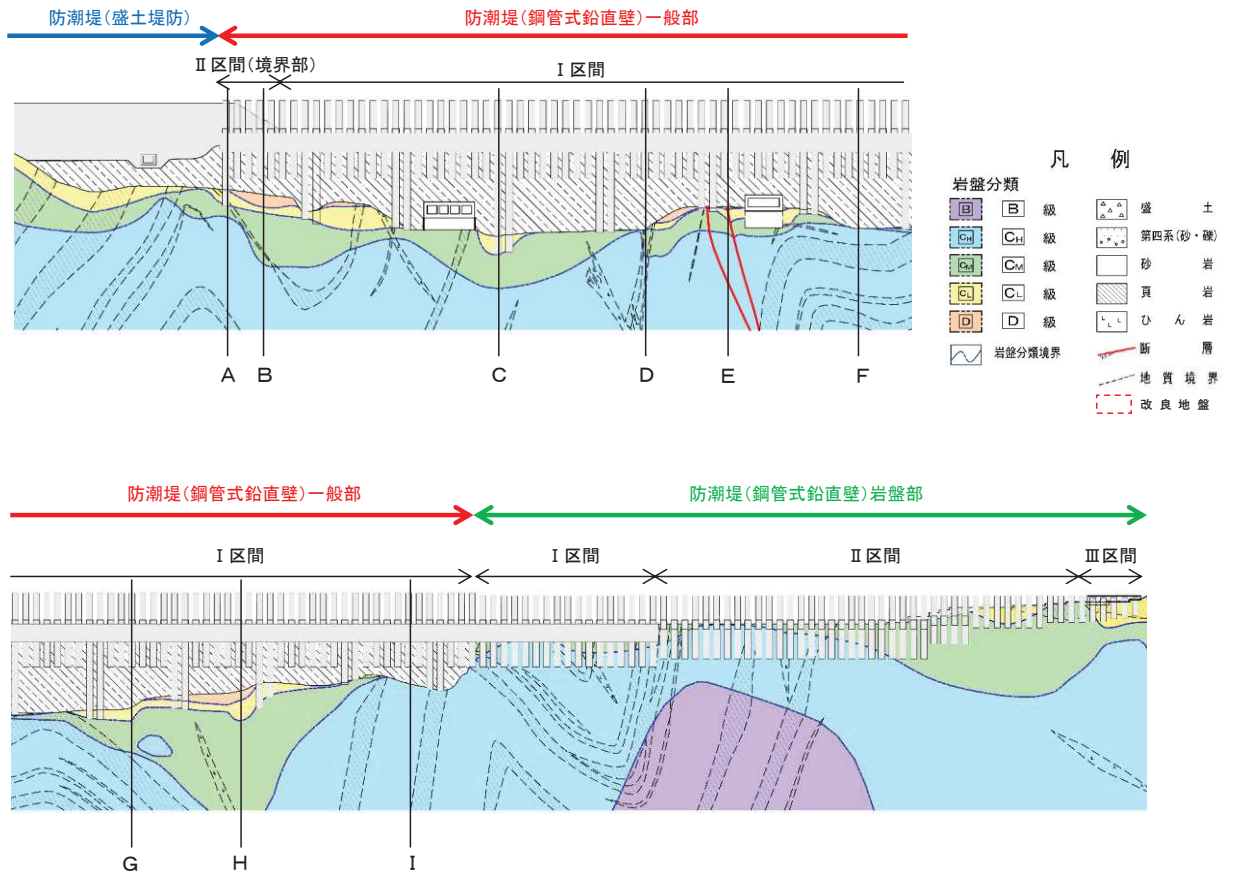


图 2-2 鋼管式鉛直壁（一般部）縦断面図

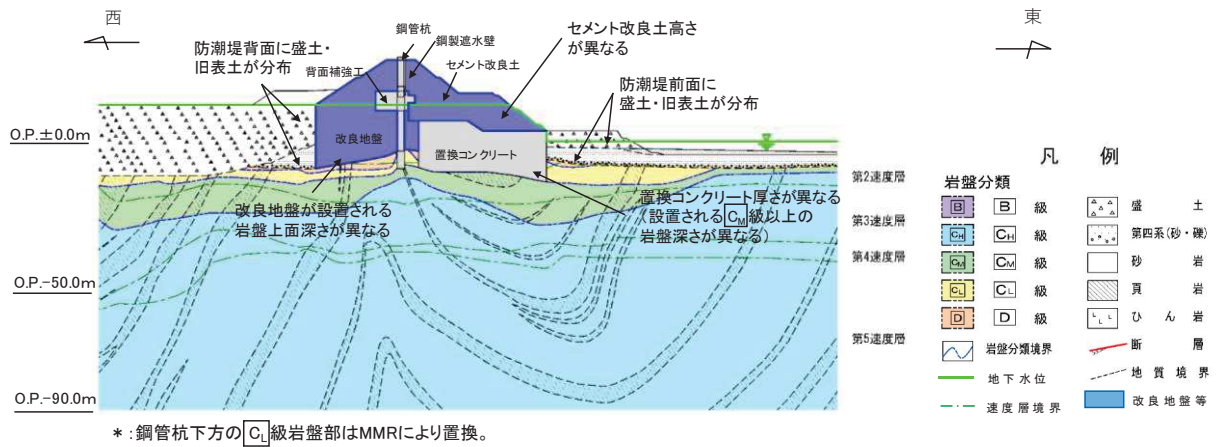


図 2-3 鋼管式鉛直壁 (一般部) A-A 断面 (II 区間)

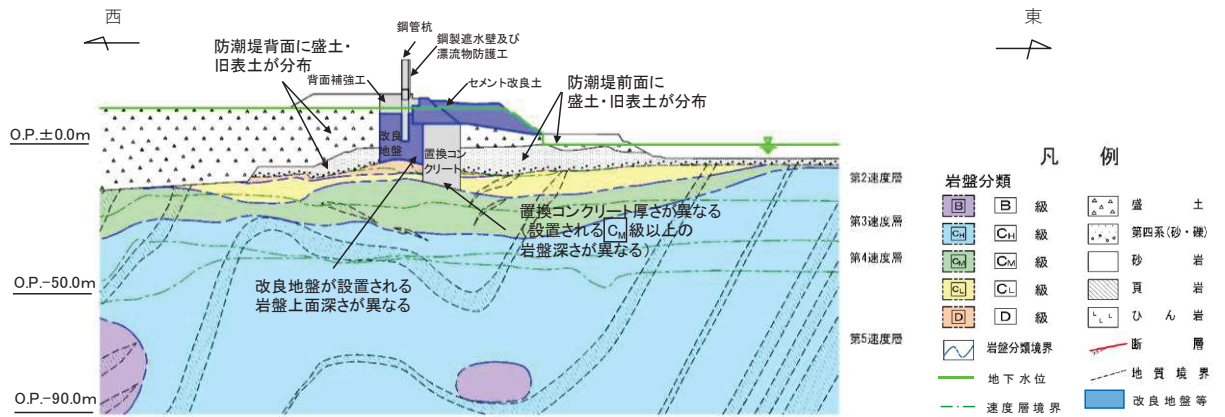


図 2-4 鋼管式鉛直壁 (一般部) B-B 断面 (I 区間)

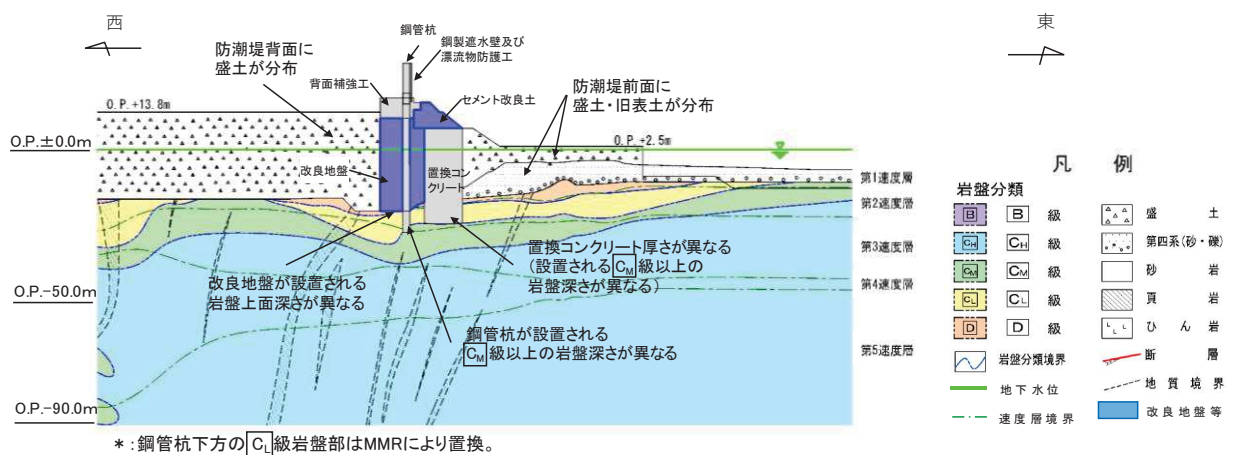


図 2-5 鋼管式鉛直壁 (一般部) C-C 断面 (I 区間)

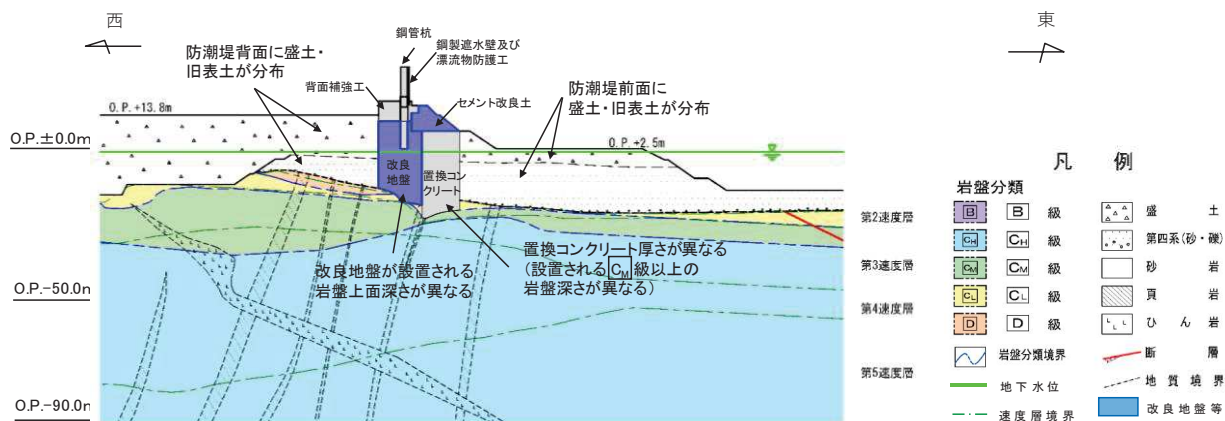


図 2-6 鋼管式鉛直壁（一般部）D-D 断面（I 区間）

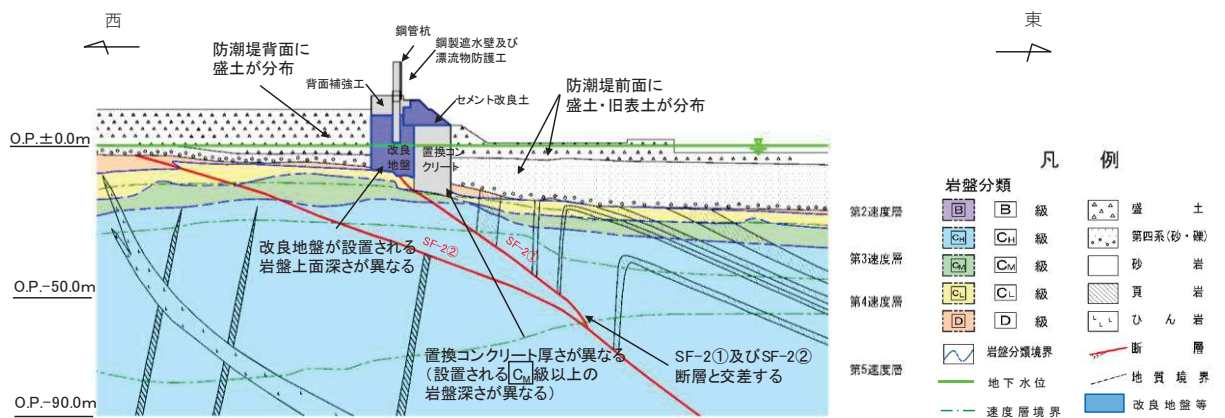


図 2-7 鋼管式鉛直壁（一般部）E-E 断面（I 区間）

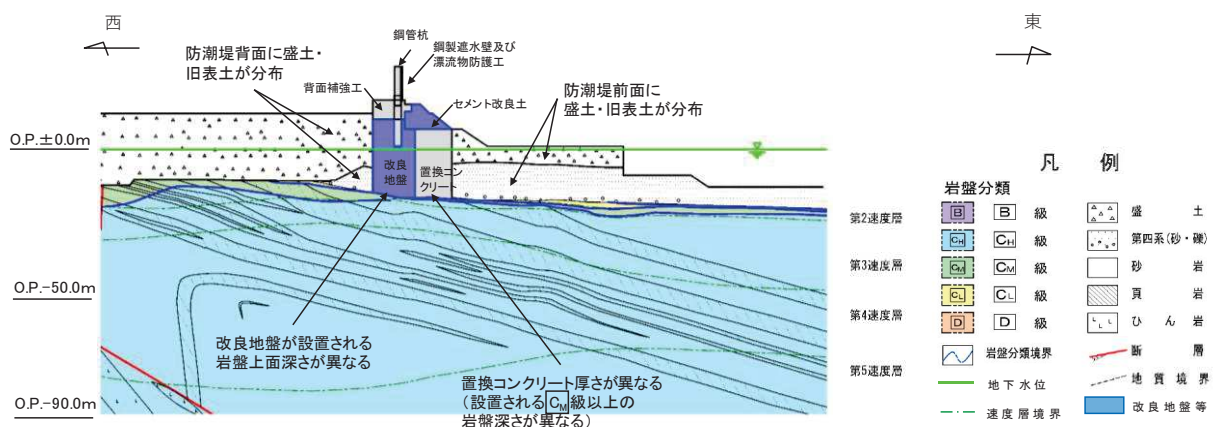


図 2-8 鋼管式鉛直壁（一般部）F-F 断面（I 区間）

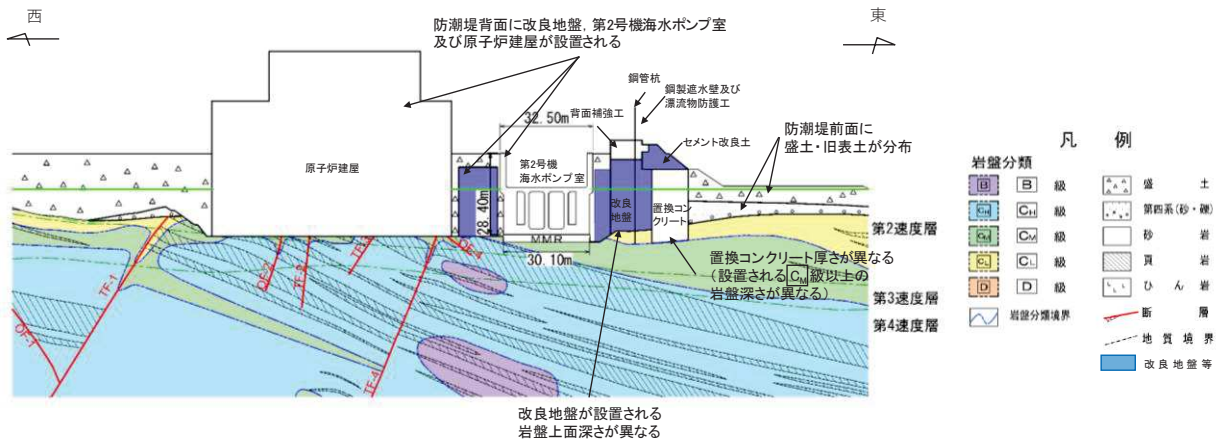


図 2-9 鋼管式鉛直壁（一般部）G-G 断面（I 区間）

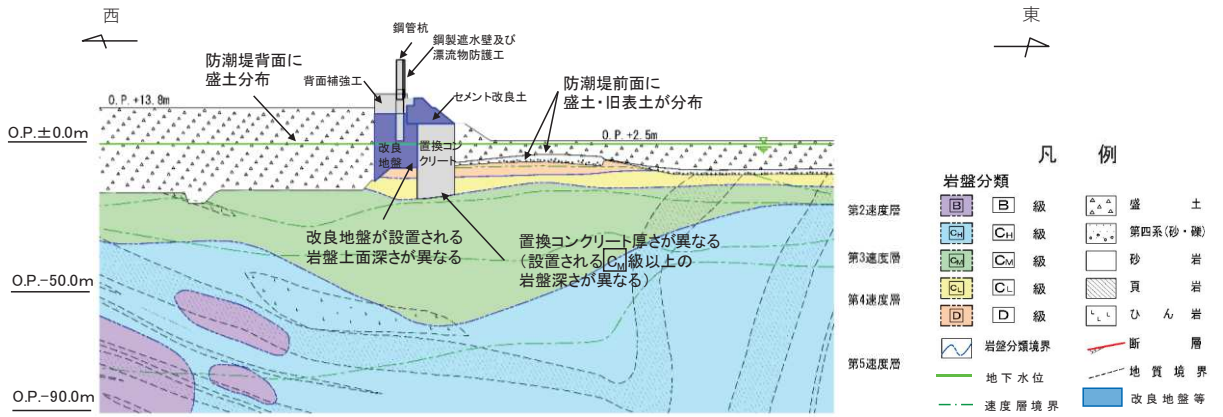


図 2-10 鋼管式鉛直壁（一般部）H-H 断面（I 区間）

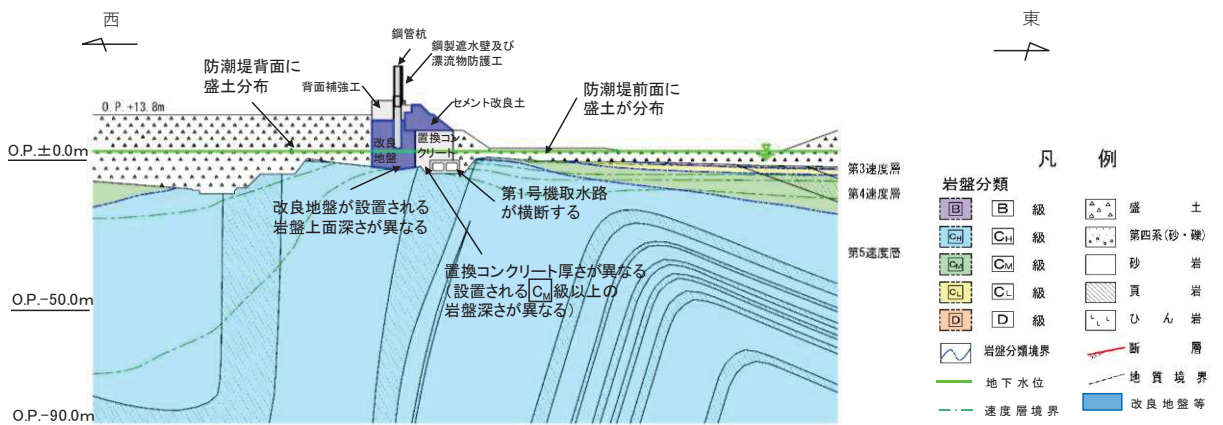


図 2-11 鋼管式鉛直壁（一般部）I-I 断面（I 区間）

2.1 評価候補断面の整理

2.1.1 区間の特徴整理

鋼管式鉛直壁（一般部）は、構造的特徴により大きく 2 区間に分類される。鋼管式鉛直壁（一般部）の大部分を占め、鋼管杭、鋼製遮水壁、背面補強工、置換コンクリート、漂流物防護工及び止水ジョイントからなる区間をⅠ区間、盛土堤防との境界部であり、盛土堤防と構造が重なる区間をⅡ区間とし、区間ごとに特徴を整理する。

各区間の構造及びその特徴並びに周辺状況を表 2-1 に示す。

(1) Ⅰ区間

[構造的特徴]

- ・ 天端高さは O.P. +29.0m で一定である。
- ・ 鋼管杭、鋼製遮水壁、背面補強工、置換コンクリート、漂流物防護工及び止水ジョイントからなる構造物であり、鋼管杭は長杭*と短杭*で構成される。
- ・ 縦断方向（延長方向）において、各断面での部材幅及び材質の変化は無いが、 C_M 級岩盤の深さに応じて置換コンクリート厚さが異なる線状構造物である。
- ・ 間接支持する耐震重要施設は無い。
- ・ 入力津波高さは、O.P. +24.4m で一定である。

*：「長杭」，「短杭」は、鋼管式鉛直壁（一般部）を構成する 2 種類の長さの鋼管杭に対して設計図書の中で付けた名称。

[周辺状況]

- ・ 横断方向に施設の前面と背面で地盤の標高が異なる斜面形状を有し、鋼管杭は長杭が C_M 級以上の岩盤、短杭が改良地盤に、鋼製遮水壁、止水ジョイント及び漂流物防護工は鋼管杭を介して C_M 級以上の岩盤又は改良地盤に、背面補強工は改良地盤に、置換コンクリートは C_M 級以上の岩盤に設置される。
- ・ 鋼管式鉛直壁（一般部）は長尺な構造物であるため、断面位置に応じて置換コンクリートが設置される C_M 級岩盤上面の深さ及び改良地盤が設置される岩盤上面の深さが異なる。
- ・ 比較的剛性の小さい D 級岩盤及び C_L 級岩盤が分布し、断面毎に厚さが異なる。
- ・ 周辺には液状化検討対象層（盛土・旧表土）が分布し、断面毎に厚さが異なる。
- ・ 設計用地下水位は O.P. +1.43m で一定とする。

- ・ 近接構造物として、第2号機海水ポンプ室、第3号機海水ポンプ室、防潮壁（第2号機海水ポンプ室）、防潮壁（第3号機海水ポンプ室）、第1号機取水路、第2号機取水路及び第3号機取水路が存在する。
- ・ SF-2①及びSF-2②断層と交差する。

(2) II 区間

[構造的特徴]

- ・ 鋼管式鉛直壁（一般部）と盛土堤防との境界部で、I区間に加えて盛土堤防の構造が重なっており、断面によって盛土堤防の高さが異なる。

[周辺状況]

- ・ 周辺状況はおおむねI区間と同様であるが、近接構造物及び断層交差部が存在しないことがI区間と異なる。

表 2-1-1 区間の特徴 (鋼管式鉛直壁 (一般部))

区間	構造的特徴										周辺状況						
	天端高さ	杭種	杭径	杭板厚	鋼種	鋼製遮水壁板厚	背面補強工幅	置換コンクリート厚さ	幅	厚さ	セメント改良土厚さ	間接支持構造物	入力津波高さ	周辺地質	地下水位	近接構造物	階層
I 区間 (一般部)	O.P. +29.0m	上杭	φ 2.2m	25mm	SKK490	25mm	11.06m	最大約33m (幅は区間内で一定)	0.5m	9mm~	-	-	O.P. +24.4m で一定	防潮堤前背面に盛土・旧表土が分布しており、背面補強工及び鋼管杭(短杭)直下は地盤改良されている。	設計用地下水位は山側でO.P.+1.43mで一定	第2号機海水ポンプ室, 第3号機海水ポンプ室, 防潮壁(第2号機海水ポンプ室), 第1号機海水ポンプ室(第3号機海水ポンプ室), 第2号機取水路, 第3号機取水路	SF-2①, SF-2②
				40mm	SM570					2.2mm							
		35mm	SM570	2.2mm													
		25mm	SKK490														
II 区間 (境界部)	O.P. +29.0m	上杭	φ 2.2m	25mm	SKK490	25mm	11.06m	約15m~約20m (幅は区間内で一定)	0.5m	9mm~	-	-	O.P. +24.4m で一定	防潮堤前背面に盛土・旧表土が分布しており、背面補強工及び鋼管杭(短杭)直下は地盤改良されている。	設計用地下水位は山側でO.P.+13.8m(地表面)で海側でO.P.+1.43mで一定	-	-
				40mm	SM570					2.2mm							
		35mm	SM570	2.2mm													
		25mm	SKK490														

2.1.2 評価候補断面の整理

鋼管式鉛直壁（一般部）は，表 2-1 に示すとおり複数の部位によって構成されているため，耐震・耐津波評価上厳しくなる断面が，それぞれの部位において異なる可能性がある。そのため，それぞれの部位において耐震・耐津波評価に影響を及ぼすことが想定される周辺状況から，評価候補断面の整理のための観点を，部位毎に整理する。

評価候補断面の整理における観点を表 2-2 に示す。

なお，地下水位及び入力津波は区間の中で一定であり，評価候補断面整理の対象外とする。

表 2-2 評価候補断面の整理における観点

部位	照査項目	評価候補断面整理上の観点	観点とする理由
鋼管杭	断面力 (曲げ, せん断)	①岩盤上面の深さ ②[D]級+[C]級岩盤の厚さ ③鋼管杭の突出長	<ul style="list-style-type: none"> 鋼管杭下端の岩盤上面の深さによって、岩盤から伝わる地震動に影響が生じて加速度応答が異なり、生じる断面力に影響するため(①)。 比較的剛性の小さい[D]級+[C]級岩盤の厚さによって、加速度応答及び変位が異なり、生じる断面力に影響するため(②)。 鋼管杭の突出長の違いによって、鋼管杭及び鋼製遮水壁に作用する津波荷重及び地震時の加速度応答が異なるが、この区間において鋼管杭の突出長は同一であるため、評価候補断面整理の対象外とする(③)。 盛土及び旧表土の厚さが、鋼管杭に生じる断面力に影響するため(⑤、⑥)。
	断面力 (曲げ, せん断)	④盛土+旧表土の厚さ ⑤旧表土の厚さ	
背面補強工	内部安定 (すべり安全率)	①岩盤上面の深さ ②[D]級+[C]級岩盤の厚さ ③鋼管杭の突出長	<ul style="list-style-type: none"> 岩盤上面の深さの差で、背面補強工に発生するせん断力が異なり、すべり安全率に影響を及ぼすため(①)。 比較的剛性の小さい[D]級+[C]級岩盤の厚さによって、加速度応答が異なり、生じる応力に影響するため(②)。 鋼管杭の突出長の違いによって、鋼管杭に作用する津波荷重及び地震時の加速度応答が異なり背面補強工に生じる応力に影響するが、この区間において鋼管杭の突出長は同一であるため、評価候補断面整理の対象外とする(③)。
		④[C]級岩盤上面の深さ (置換コンクリートの形状) ⑤盛土+旧表土の厚さ ⑥旧表土の厚さ	
置換コンクリート	内部安定 (すべり安全率)	④[C]級岩盤上面の深さ (置換コンクリートの形状) ⑤盛土+旧表土の厚さ ⑥旧表土の厚さ	<ul style="list-style-type: none"> 置換コンクリート上面レベル及び東西方向の幅は一定であるため、置換コンクリートの底面が深いほど形状が縦長となり、置換コンクリートに発生する応力に変化してすべり安全率に影響を及ぼすため(④)。 周辺の盛土及び旧表土の厚さの違いによって、地盤変位に影響し、置換コンクリートに発生する応力が変化してすべり安全率に影響を及ぼすため(⑤、⑥)。
止水ジョイント	変位	①岩盤上面の深さ ②[D]級+[C]級岩盤の厚さ ③鋼管杭の突出長 ④盛土+旧表土の厚さ ⑤旧表土の厚さ	<ul style="list-style-type: none"> 岩盤上面の深さによって、岩盤から伝わる地震動に影響し、生じる変位に影響するため(①)。 比較的剛性の小さい[D]級+[C]級岩盤の厚さによって、加速度応答が異なり、生じる変位に影響するため(②)。 鋼管杭の突出長の違いによって、鋼管杭に作用する津波荷重及び地震時の加速度応答が異なり変位に影響するが、この区間において鋼管杭の突出長は同一であるため、断面選定の対象外とする(③)。 盛土及び旧表土の厚さが、生じる変位に影響するため(⑤、⑥)。 ①、②、③、⑤、⑥については、鋼管杭における観点と同様である。
基礎地盤	支持力	③鋼管杭の突出長 ④[C]級岩盤上面の深さ (置換コンクリートの厚さ)	<ul style="list-style-type: none"> 鋼管杭の突出長の違いによって、鋼管杭に作用する津波荷重及び地震時の加速度応答が異なり支持力に影響するが、この区間において鋼管杭の突出長は同一であるため、断面選定の対象外とする(③)。 置換コンクリートが厚いほど、基礎地盤に生じる支持力が大きくなる(④)。 ④については、置換コンクリートにおける観点と同様である。

注記 *：岩盤上面が浅い断面については、岩盤部で代表させる。

(1) 鋼管杭

鋼管杭は、照査項目が断面力（曲げ，せん断）であり，以下の観点が影響する。

【耐震評価】

- ・ 鋼管杭下端の岩盤上面の深さによって，岩盤から伝わる地震動に影響が生じて加速度応答が異なり，生じる断面力に影響するため，岩盤上面深さが影響する（観点①）。
- ・ 比較的剛性の小さい D 級 + C_L 級岩盤の厚さによって，加速度応答及び変位が異なり，生じる断面力に影響するため， D 級 + C_L 級岩盤の厚さが影響する（観点②）。
- ・ 鋼管杭の突出長の違いによって，地震時の加速度応答が異なるが，この区間において鋼管杭の突出長は同一であるため，評価候補断面整理の対象外とする（観点③）。
- ・ 周辺の盛土及び旧表土の厚さの違いによって，地震時の液状化により地盤変位に影響し，鋼管杭の変位及び断面力に影響するため，盛土 + 旧表土及び旧表土の厚さが影響する（観点⑤，⑥）。

【耐津波評価】

- ・ 鋼管杭の突出長の違いによって，鋼管杭に作用する津波荷重が異なるが，この区間において鋼管杭の突出長は同一であるため，評価候補断面整理の対象外とする（観点③）。
- ・ 防潮堤背面の盛土及び旧表土の厚さの違いによって，津波荷重作用時の鋼管杭に生じる断面力に影響するため，盛土 + 旧表土及び旧表土の厚さが影響する（観点⑤，⑥）。

(2) 鋼製遮水壁（漂流物防護工含む）

鋼製遮水壁（漂流物防護工含む）は，照査項目が断面力（曲げ，せん断）であり，以下の観点が影響する。

【耐震評価】

- ・ 鋼管杭下端の岩盤上面の深さによって，岩盤から伝わる地震動に影響が生じて加速度応答が異なり，生じる断面力に影響するため，岩盤上面深さが影響する（観点①）。
- ・ 比較的剛性の小さい D 級 + C_L 級岩盤の厚さによって，加速度応答が異なり，生じる断面力に影響するため， D 級 + C_L 級岩盤の厚さが影響する（観点②）。
- ・ 鋼管杭の突出長の違いによって，地震時の加速度応答が異なるが，この区

間において鋼管杭の突出長は同一であるため、評価候補断面整理の対象外とする（観点③）。

【耐津波評価】

- ・ 鋼管杭の突出長の違いによって、作用する津波荷重が異なるが、この区間において鋼管杭の突出長は同一であるため、評価候補断面整理の対象外とする（観点③）。

(3) 背面補強工

背面補強工は、照査項目が内的安定（すべり安全率）であり、以下の観点が影響する。

【耐震評価】

- ・ 岩盤上面の深さの差で、背面補強工に発生するせん断力が異なり、すべり安全率に影響を及ぼすため、岩盤上面深さが影響する（観点①）。
- ・ 比較的剛性の小さい D 級 + C_L 級岩盤の厚さによって、加速度応答及び変位が異なり、生じる応力に影響するため、 D 級 + C_L 級岩盤の厚さが影響する（観点②）。
- ・ 鋼管杭の突出長の違いによって、地震時の加速度応答が異なり背面補強工に発生するせん断力に影響するが、この区間において鋼管杭の突出長は同一であるため、評価候補断面整理の対象外とする（観点③）。

【耐津波評価】

- ・ 鋼管杭の突出長の違いによって、作用する津波荷重が異なり背面補強工に発生するせん断力に影響するが、この区間において鋼管杭の突出長は同一であるため、評価候補断面整理の対象外とする（観点③）。

(4) 置換コンクリート

置換コンクリートは、照査項目が内的安定（すべり安全率）であり、以下の観点が影響する。

【耐震評価】

- ・ 置換コンクリート上面レベル及び東西方向の幅は一定であるため、置換コンクリートの底面が深いほど形状が縦長となり、置換コンクリートに発生する応力が変化してすべり安全率に影響を及ぼすため、 C_M 級岩盤上面深さ（置換コンクリートの形状）が影響する（観点④）。
- ・ 周辺の盛土及び旧表土が厚さの違いによって、地震時の液状化により地盤変位に影響し、置換コンクリートに発生する応力が変化してすべり安全率

に影響を及ぼすため、盛土+旧表土及び旧表土の厚さが影響する（観点⑤，⑥）。

【耐津波評価】

- ・ 置換コンクリート上面レベル及び東西方向の幅は一定であるため、置換コンクリートの底面が深いほど形状が縦長となり、置換コンクリートに発生する応力が変化してすべり安全率に影響を及ぼすため、 C_M 級岩盤上面深さ（置換コンクリートの形状）が影響する（観点④）。
- ・ 周辺の盛土及び旧表土が厚さの違いによって、津波荷重作用時の地盤変位に影響し、置換コンクリートに発生する応力が変化してすべり安全率に影響を及ぼすため、盛土+旧表土及び旧表土の厚さが影響する（観点⑤，⑥）。

(5) 止水ジョイント

止水ジョイントは、照査項目が変位であり、以下の観点が影響する。

【耐震評価】

- ・ 鋼管杭下端の岩盤上面の深さによって、岩盤から伝わる地震動に影響し鋼管杭に生じる変位に影響するため、岩盤上面深さが影響する（観点①）。
- ・ 比較的剛性の小さい D 級+ C_L 級岩盤の厚さによって、加速度応答及び変位が異なり、鋼管杭に生じる変位に影響するため、 D 級+ C_L 級岩盤の厚さが影響する（観点②）。
- ・ 鋼管杭の突出長の違いによって、鋼管杭に作用する地震時の加速度応答が異なり、生じる変位に影響するため、鋼管杭の突出長が影響するが、この区間において鋼管杭の突出長は同一であるため、評価候補断面整理の対象外とする（観点③）。
- ・ 周辺の盛土及び旧表土の厚さの違いによって、地震時の液状化により地盤変位に影響するため、盛土+旧表土及び旧表土の厚さが影響する（観点⑤，⑥）。

【耐津波評価】

- ・ 鋼管杭の突出長の違いによって、鋼管杭に作用する津波荷重が異なり、生じる変位に影響するため、鋼管杭の突出長が影響するが、この区間において鋼管杭の突出長は同一であるため、評価候補断面整理の対象外とする（観点③）。
- ・ 防潮堤背面の盛土及び旧表土の厚さの違いによって、津波荷重作用時の地盤変位に影響するため、盛土+旧表土及び旧表土の厚さが影響する（観点⑤，⑥）。

(6) 基礎地盤

基礎地盤は、照査項目が基礎地盤の支持力（基礎地盤に発生する接地圧）であり、以下の観点に影響する。

【耐震評価】

- ・ 鋼管杭の突出長の違いによって、地震時の加速度応答が異なり支持力に影響するため、鋼管杭の突出長が影響する（観点③）。
- ・ 置換コンクリートが厚いほど、置換コンクリートの直下の基礎地盤に生じる支持力が大きくなるため、 C_M 級岩盤上面の厚さ（置換コンクリートの厚さ）が影響する（観点④）。

【耐津波評価】

- ・ 鋼管杭の突出長の違いによって、鋼管杭に作用する津波荷重が異なり支持力に影響するため、鋼管杭の突出長が影響する（観点③）。
- ・ 置換コンクリートが厚いほど、置換コンクリートの直下の基礎地盤に生じる支持力が大きくなるため、 C_M 級岩盤上面の厚さ（置換コンクリートの厚さ）が影響する（観点④）。

2.2 評価対象断面の選定

2.1 で示した評価候補断面の整理を踏まえ、評価対象断面を選定する。評価対象断面の選定に当たっては、表 2-2 に示した周辺地質の観点から耐震・耐津波評価上厳しくなることが想定される断面を選定することとする。

また、防潮堤は縦断方向（延長方向）に長尺な構造物であり、縦断方向で地質状況に変化があること、図 2-3～図 2-11 に示す断面図より横断方向には地層の急変がみられないことから、区間毎に図 2-2 に示す防潮堤の縦断図に基づき選定する。

評価対象断面選定結果を表 2-3 に、評価対象断面の平面位置図を図 2-12、縦断位置図を図 2-13 に示す。

2.2.1 I 区間

a. 耐震評価

- ・ 観点①については、岩盤上面の深さでの影響を確認する必要があることから、岩盤上面深さが最も深い断面（I-①断面（C-C 断面））及び最も浅い断面を評価対象断面とする。なお、岩盤上面深さが最も浅い断面は鋼管式鉛直壁（岩盤部）に代表させる。
- ・ 観点②については、 D 級+ C_L 級の厚さの影響を確認する必要があることから、 D 級+ C_L 級の厚さが最も厚い断面（I-③断面（H-H 断面））及び鋼管杭直下に D 級+ C_L 級が分布しない断面（I-②断面（D-D 断面））を評価対象断面とする。
- ・ 観点③については、鋼管杭の突出長は全断面で同一であることから、観点③からは評価対象断面は選定されない。
- ・ 観点④については、 C_M 級岩盤上面が深い断面（置換コンクリートが厚い断面）が耐震評価上厳しくなることから、 C_M 級岩盤上面が最も深い断面（I-①断面（C-C 断面））を評価対象断面とする。
- ・ 観点⑤については、盛土+旧表土が厚い断面が耐震評価上厳しくなることから、盛土+旧表土が最も厚い断面（I-①断面（C-C 断面））を評価対象断面とする。
- ・ 観点⑥については、旧表土が厚い断面が耐震評価上厳しくなることから、旧表土が最も厚い断面（I-②断面（D-D 断面））を評価対象断面とする。

b. 耐津波評価

- ・ 観点③については、鋼管杭の突出長は全断面で同一であり、入力津波が一定であることから、鋼管杭に作用する津波荷重は一定となる。よって観点③からは評価対象断面は選定されない。
- ・ 観点④については、 C_M 級岩盤上面が深い断面（置換コンクリートが厚い断面）

が耐津波評価上厳しくなることから、 C_M 級岩盤上面が最も深い断面（I-①断面（C-C断面））を評価対象断面として選定する（地震時と同様）。

- ・ 観点⑤については、盛土+旧表土の厚さでの影響を確認することから、盛土+旧表土が最も厚い断面（I-①断面（C-C断面））を評価対象断面として選定する。
- ・ 観点⑥については、旧表土の厚さでの影響を確認することから、旧表土が最も厚い断面（I-②断面（D-D断面））を評価対象断面として選定する。

2.2.2 II 区間

II 区間は鋼管式鉛直壁（一般部）と盛土堤防との境界部であり，I 区間に加えて盛土堤防の構造が重なる区間である。

II 区間は距離が短く，縦断方向の地質状況が大きく変わらないと考えられるため，II 区間の評価候補断面選定については，II 区間の構造的特徴から選定する。

評価候補断面としては，II 区間のうち，盛土堤防（セメント改良土）厚さが最も厚く，耐震評価及び耐津波評価上影響を及ぼすことが想定されるII-①断面（A-A断面）を選定する。

表 2-3 評価対象断面選定結果

評価対象断面	①岩盤上面 深さ	②[D]級 + [C] 級岩盤厚さ	③鋼管杭 突出長	④[C] 級岩盤上 面深さ	⑤盛土 + 旧表土 厚さ	⑥旧表土 厚さ
I-①断面*1	○：岩盤上面が最も深い	—	— (鋼管杭突出長は全断面で同じ)	○：[C]級岩盤上面が最も深い	○：盛土 + 旧表土が最も厚い	—
I-②断面*2	—	○：[D]級, [C] 級岩盤が分布しない		—	—	○：旧表土が最も厚い
I-③断面	—	○：[D]級 + [C] 級岩盤が最も厚い		—	—	—
II-①断面	<ul style="list-style-type: none"> II区間は区間の長さが短く、縦断方向の地質状況が大きく変わらなると考えられるため、II区間の評価候補断面選定については、II区間の構造的特徴から選定する。 評価候補断面としては、II区間のうち、盛土堤防（セメント改良土）厚さが最も厚く、耐震評価に影響を及ぼすと考えられるII-①断面を選定する。 					
II区間						

注記 *1：設置変更許可段階における基礎地盤の安定性評価で示した断面
*2：設置変更許可段階における構造成立性評価で示した断面

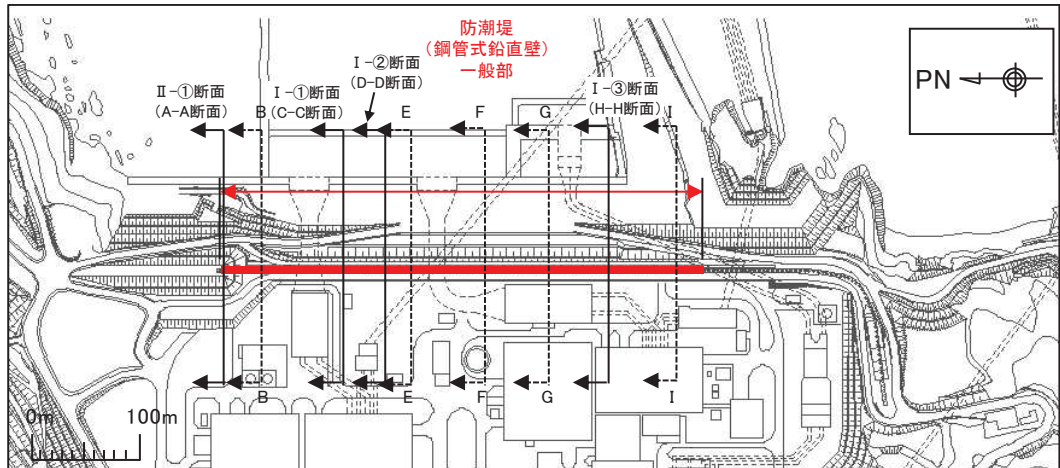


図 2-12 評価対象断面の平面配置図

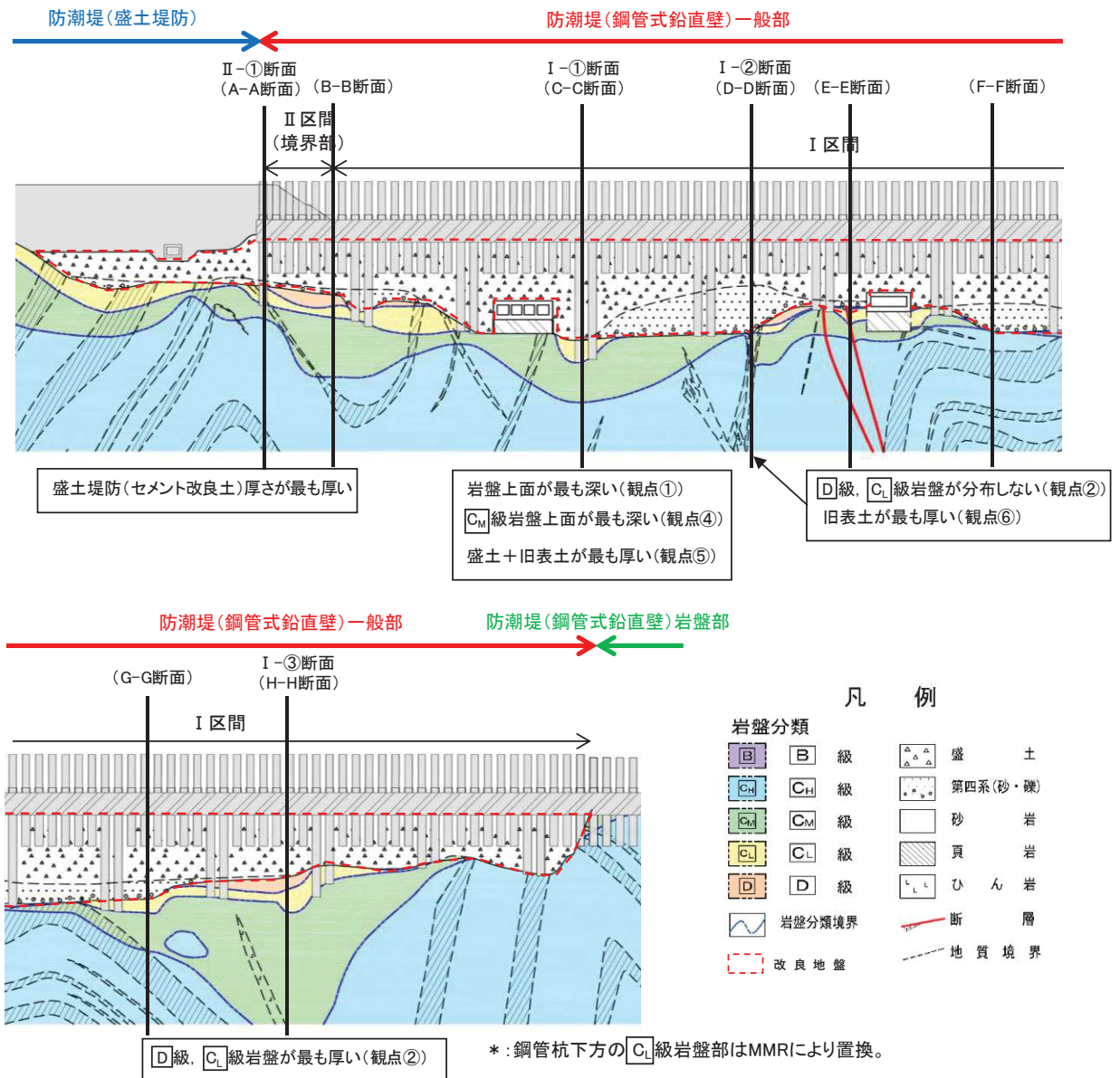


図 2-13 評価対象断面の縦断配置図

2.2.3 近接構造物による影響確認断面の選定

鋼管式鉛直壁（一般部）は、第2号機海水ポンプ室、第3号機海水ポンプ室、防潮壁（第2号機海水ポンプ室）、防潮壁（第3号機海水ポンプ室）、第1号機取水路、第2号機取水路及び第3号機取水路が近接している（図2-14）。

鋼管式鉛直壁（一般部）は、鋼管杭周辺の改良地盤及び海側の置換コンクリートの設置により地震時に変位が生じにくい構造となっている。さらに陸側に改良地盤や第2号機海水ポンプ室のように盛土より剛性の高いものをモデル化したとしても大きな影響は無いと考えられるが、念のため、第2号機海水ポンプ室及び周辺の改良地盤をモデル化した場合の影響確認を行う（図2-15）。

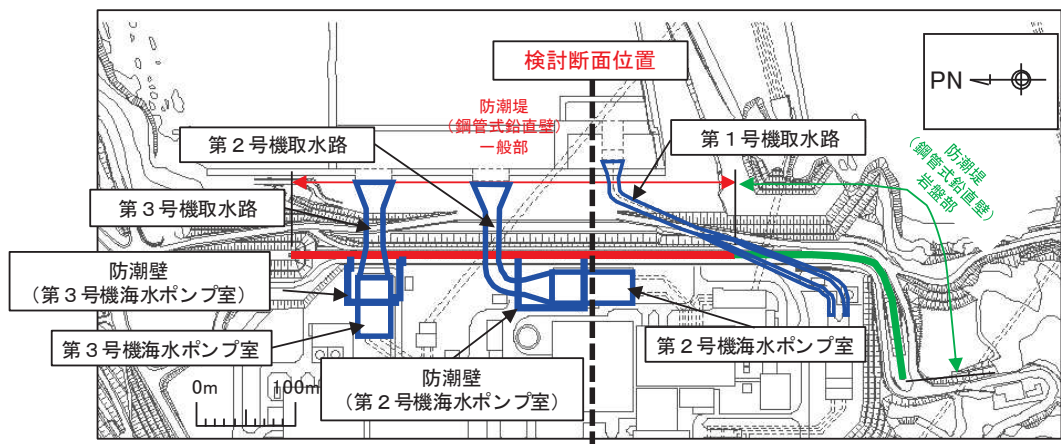


図2-14 鋼管式鉛直壁（一般部）と近接する構造物位置図

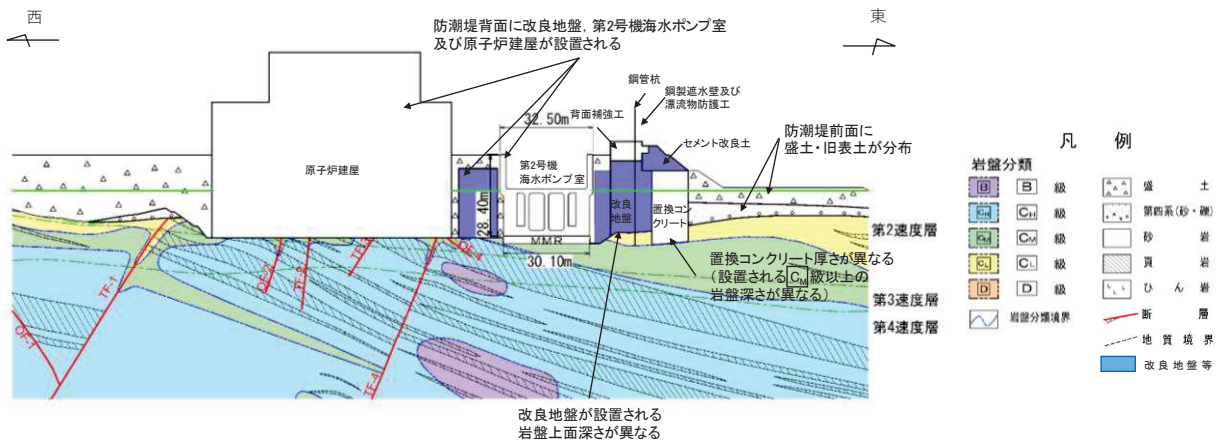


図2-15 近接構造物影響検討断面図（第2号機海水ポンプ室）

2.2.4 断層交差部による影響確認断面の選定

鋼管式鉛直壁（一般部）は、SF-2①及びSF-2②断層と交差する（図2-16）。

SF-2断層は高角度の傾斜をもち、地震時にずれることは考えにくいですが、防潮堤の直下にあることを踏まえ、念のため影響確認を行うこととする。鋼管式鉛直壁（一般部）とSF-2断層が交差する区間において、「A:背面補強工が改良地盤を介してSF-2断層と接する場合」及び「B:置換コンクリートが底面で直接SF-2断層と接する場合」の2ケースについて影響確認を行う。

防潮堤への影響が厳しくなる影響確認断面を以下の考えで選定する。

- ・ 鋼管式鉛直壁（一般部）とSF-2断層が交差する区間において、断面選定上の主な観点である「改良地盤の厚さ」及び「 C_M 級岩盤上面の深さ」から、構造物にとって厳しくなることが想定される断面を、影響確認断面として選定する（図2-17）。
- ・ 選定された断面におけるSF-2断層を、「A:背面補強工が改良地盤を介してSF-2断層と接する場合」及び「B:置換コンクリートが底面で直接SF-2断層と接する場合」に該当するように平行移動し、影響確認を行う（図2-18）。
- ・ なお、断層幅については、破碎帯の膨縮や風化によって、各断層で必ずしも一様とはならないことから、評価に用いる断層幅は、解析モデル領域で得られた試掘坑調査、底盤スケッチ、ボーリング調査の結果により得られた値を俯瞰して、平均値により設定することとする。

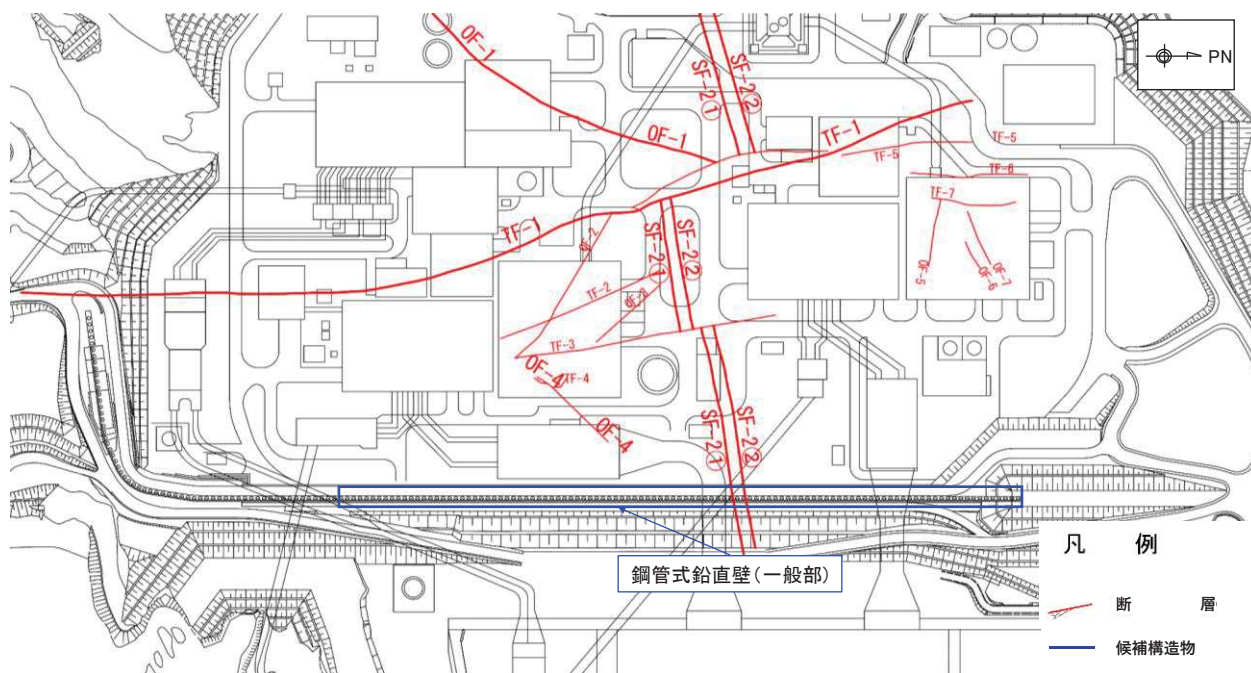


図2-16 鋼管式鉛直壁（一般部）と断層の位置関係

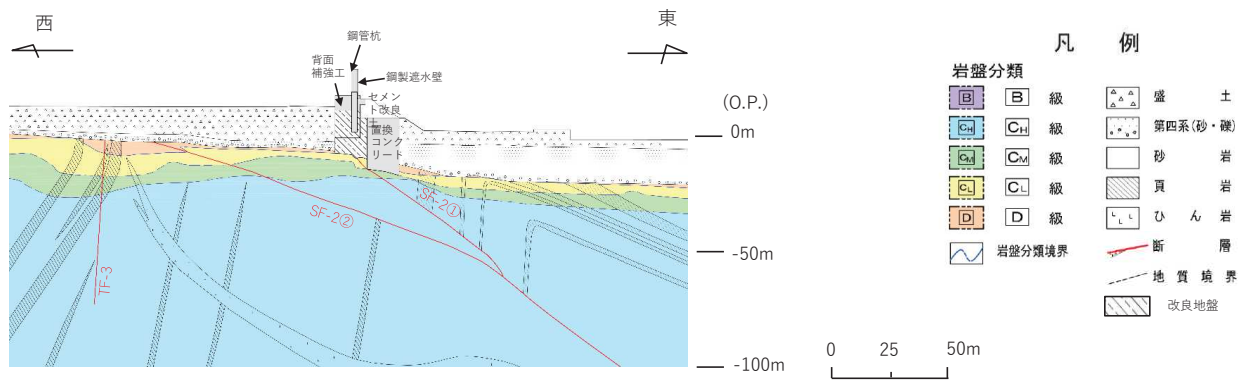


図 2-17 SF-2 断層影響確認用断面図

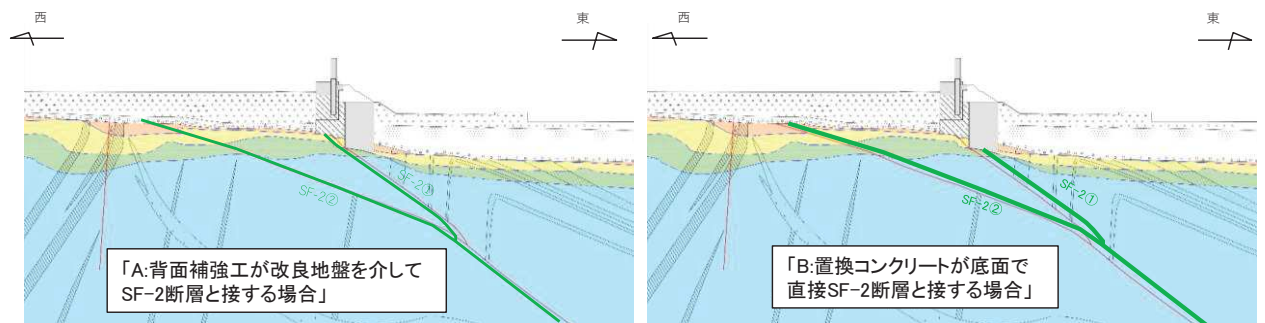


図 2-18 SF-2 断層影響確認方法

3. 防潮堤（鋼管式鉛直壁）のうち岩盤部の断面選定の考え方

図3-1～図3-5に防潮堤（鋼管式鉛直壁）のうち岩盤部の平面配置図，縦断図及び断面図を示す。

防潮堤（鋼管式鉛直壁）のうち岩盤部は，鋼管杭，鋼製遮水壁，漂流物防護工及び背面補強工による上部構造と，鋼管杭による下部構造から構成され，岩盤に設置される。

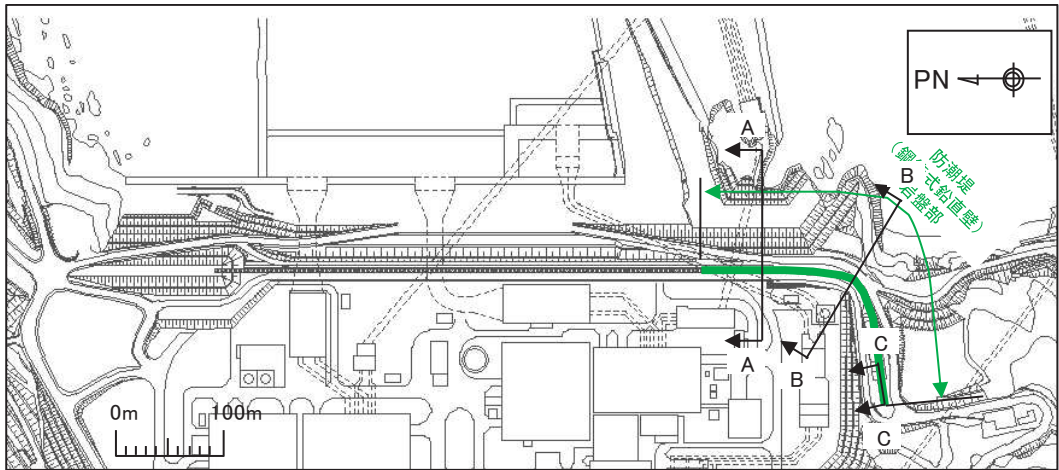


图 3-1 鋼管式鉛直壁（岩盤部）平面配置図

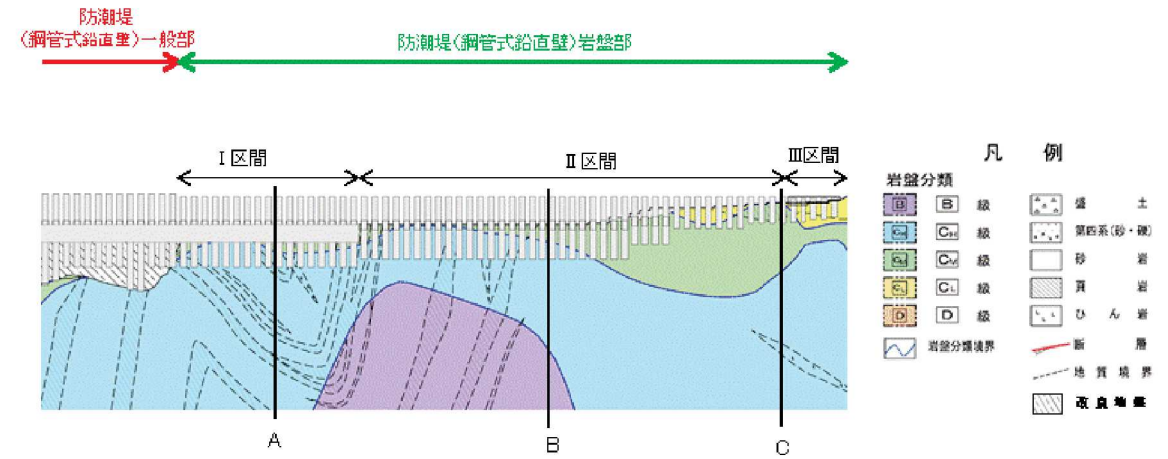


图 3-2 鋼管式鉛直壁（岩盤部）縦断面図

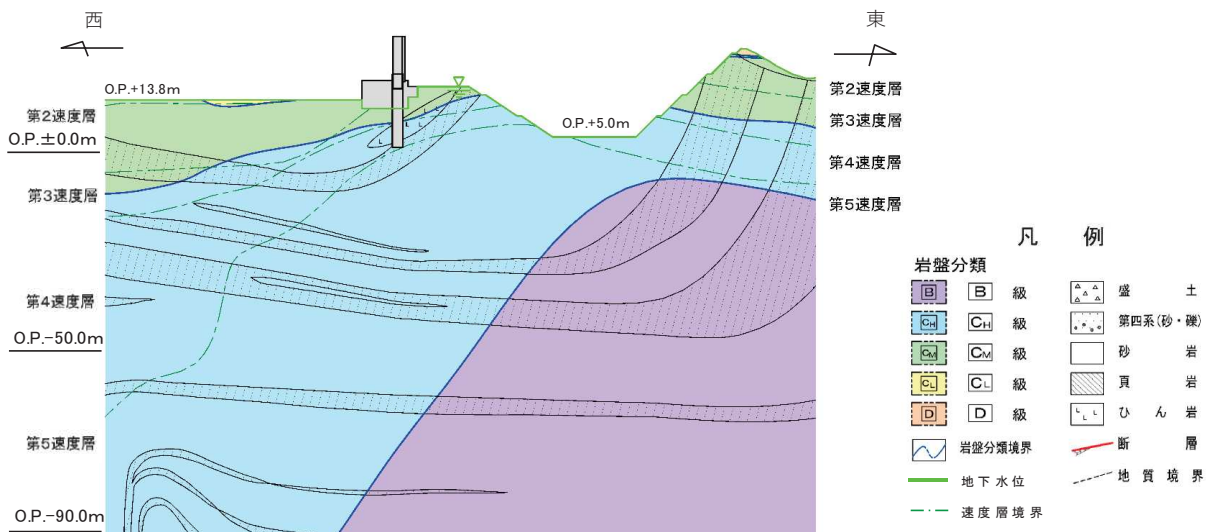


图 3-3 鋼管式鉛直壁（岩盤部）A-A 断面（I 区間）

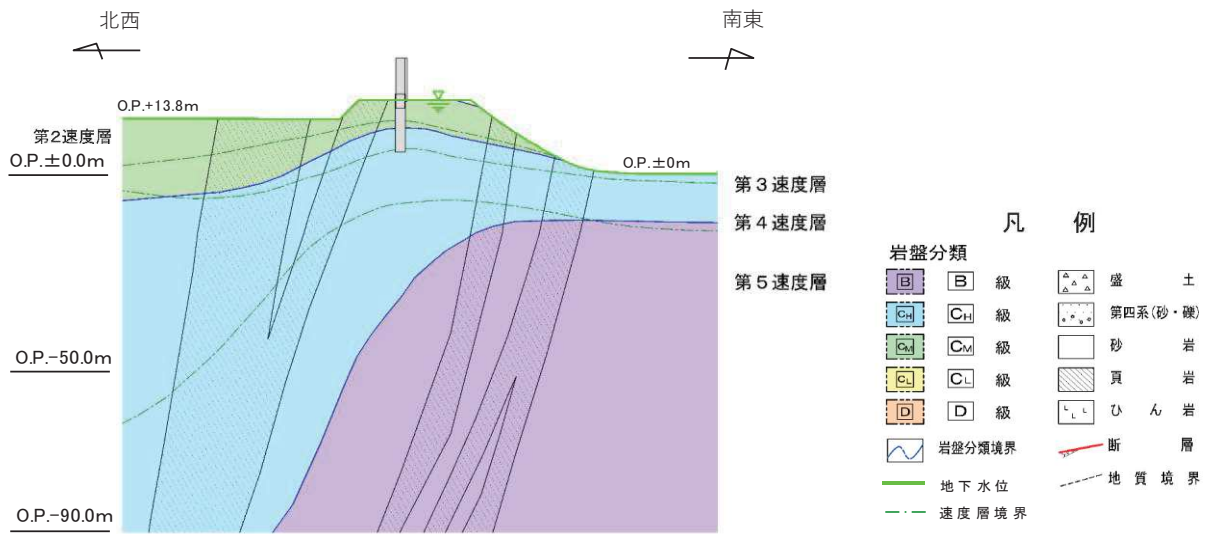


図 3-4 鋼管式鉛直壁（岩盤部）B-B 断面（Ⅱ区間）

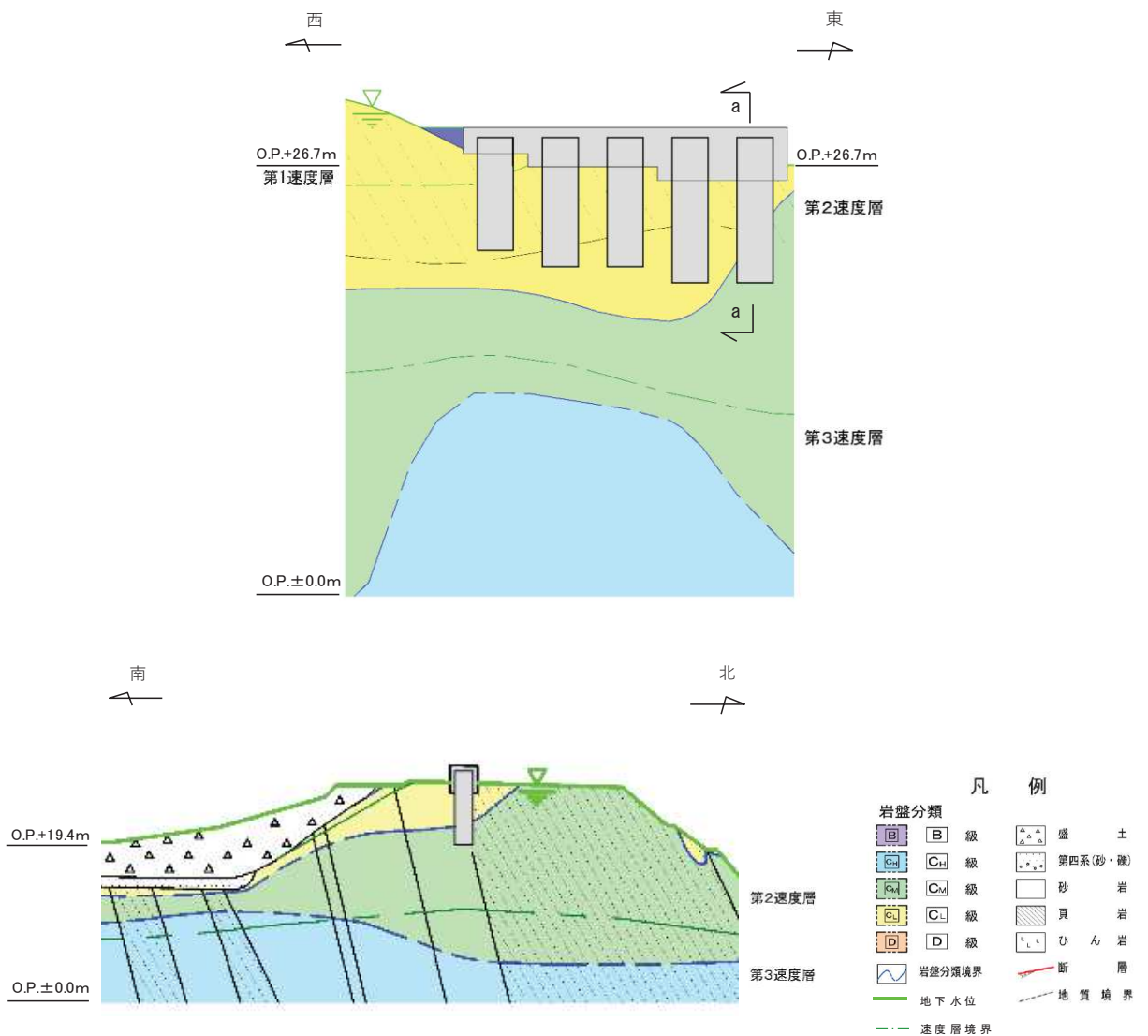


図 3-5 鋼管式鉛直壁（岩盤部）C-C 断面（Ⅲ区間）

3.1 評価候補断面の整理

3.1.1 区間の特徴整理

鋼管式鉛直壁（岩盤部）は、構造的特徴により大きく 3 区間に分類される。鋼管杭、鋼製遮水壁、背面補強工、漂流物防護工及び止水ジョイントからなり、鋼管式鉛直壁（一般部）と連続している区間をⅠ区間、鋼管杭、鋼製遮水壁、漂流物防護工及び止水ジョイントからなる区間をⅡ区間、敷地とのすり付け部であり、鋼管杭及び RC 遮水壁からなる区間をⅢ区間とする。

各区間の構造及びその特徴並びに周辺状況を表 3-1 に示す。

(1) Ⅰ区間

[構造的特徴]

- ・ 天端高さは O. P. +29. 0m で一定である。
- ・ 鋼管杭、鋼製遮水壁、背面補強工、漂流物防護工及び止水ジョイントからなる構造物である。
- ・ 縦断方向（延長方向）に断面及び材質の変化がない線状構造物である。
- ・ 間接支持する耐震重要施設は無い。
- ・ 入力津波高さは、O. P. +24. 4m で一定である。

[周辺状況]

- ・ 横断方向に施設の前面と背面で地盤の標高が異なる斜面形状を有し、鋼管杭は C_H 級以上の岩盤に、鋼製遮水壁、止水ジョイント及び漂流物防護工は鋼管杭を介して C_H 級以上の岩盤に、背面補強工は C_M 級以上の岩盤に設置される。
- ・ 縦断方向について、おおむね一定の地質状況の分布となる。
- ・ 施設周辺には岩盤が分布する（液状化検討対象層は分布しない）。
- ・ 設計用地下水位は地表面で一定とする。
- ・ 近接構造物として、防潮壁（第 2 号機放水立坑）及び屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）が存在する。
- ・ 断層交差部は存在しない。

(2) Ⅱ区間

[構造的特徴]

- ・ 天端高さは O. P. +29. 0m で一定である。
- ・ 鋼管杭、鋼製遮水壁、漂流物防護工及び止水ジョイントからなる構造物である。
- ・ 鋼管杭の突出長が、断面位置に応じて異なる。
- ・ 縦断方向（延長方向）に部材幅及び材質の変化がない線状構造物である。

- ・ 間接支持する耐震重要施設は無い。
- ・ 入力津波高さは、O.P. +24.4m で一定である。

[周辺状況]

- ・ 鋼管杭は C_M 級以上の岩盤に、鋼製遮水壁、止水ジョイント及び漂流物防護工は鋼管杭を介して C_M 級以上の岩盤に設置される。
- ・ 縦断方向において、岩盤表面深さ、 C_L 級及び C_M 級岩盤厚さが異なる。
- ・ 施設周辺には岩盤が分布する（液状化検討対象層は分布しない）。
- ・ 設計用地下水位は地表面で一定とする。
- ・ 近接構造物は存在しない。
- ・ 断層交差部は存在しない。

(3) III 区間

[構造的特徴]

- ・ 天端高さは O.P. +29.0m で一定である。
- ・ 鋼管杭，RC 遮水壁からなり，5 本の鋼管杭と RC 遮水壁が一体となった構造物である。
- ・ 鋼管杭及び RC 遮水壁の地表面からの高さが，断面位置に応じて異なる。
- ・ 縦断方向（延長方向）に部材幅及び材質の変化がない線状構造物である。
- ・ 間接支持する耐震重要施設は無い。
- ・ 入力津波高さは，O.P. +24.4m で一定であるが，地表面高さが O.P. +25.7m 以上であり，入力津波高さよりも標高が高い場所に設置される。

[周辺状況]

- ・ 鋼管杭は C_L 級以上の岩盤に，RC 遮水壁は鋼管杭を介して C_L 級以上の岩盤に設置される。
- ・ 施設周辺には岩盤が分布する（液状化検討対象層は分布しない）。
- ・ 設計用地下水位は地表面とする。
- ・ 近接構造物は存在しない。
- ・ 断層交差部は存在しない。

表 3-1 区間の特徴 (鋼管式鉛直壁 (岩盤部))

区間	構造的特徴										周辺状況					
	天端高さ	鋼管杭				鋼製遮水壁		背面補強工幅	漂流物防護工		間接支持構造物	入力津波高さ (m)	周辺地質	地下水位	近接構造物	断層
		杭種	杭径	杭板厚	鋼種	板厚	幅		厚さ							
I 区間	O.P. +29.0m	上杭	φ 2.2m	25mm	SKK490	25mm	11.06m	0.5m	9mm~ 22mm	-	O.P. +24.4m	防潮堤前背面に盛土・旧表土が分布せず、岩盤内に設置される。	設計用地下水位は地表面	防潮壁 (第2号機放水立坑) 及び屋外排水路逆流防止設備 (防潮堤南側)	-	
				40mm	SM570											
		35mm	SM570													
		25mm	SKK490													
II 区間	O.P. +29.0m	上杭	φ 2.2m	25mm	SKK490	25mm	-	0.5m	9mm~ 22mm	-	O.P. +24.4m	防潮堤前背面に盛土・旧表土が分布せず、岩盤内に設置される。	設計用地下水位は地表面	-	-	
				40mm	SM570											
		35mm	SM570													
		25mm	SKK490													
III 区間 (南側取付部)	O.P. +29.0m	φ 2.2m	25mm	SKK490	3.4m (RC遮水壁幅)	-	-	-	-	-	O.P. +24.4m	防潮堤前背面に盛土・旧表土が分布せず、岩盤内に設置される。	設計用地下水位は地表面	-	-	

3.1.2 評価候補断面の整理

鋼管式鉛直壁（岩盤部）は表 3-1 に示すとおり複数の部位によって構成されているため、耐震・耐津波評価上厳しくなる断面が、それぞれの部位において異なる可能性がある。そのため、それぞれの部位において耐震・耐津波評価に影響を及ぼすことが想定される周辺状況から、評価候補断面の整理のための観点を、部位毎に整理する。

評価候補断面の整理における観点を表 3-2 に示す。

なお、地下水位及び入力津波は区間の中で一定であり、評価候補断面整理の対象外とする。

表 3-2 評価候補断面の整理における観点

部位	照査項目	評価候補断面整理上の観点	観点とする理由
鋼管杭	断面力 (曲げ, せん断)	①鋼管杭の突出長 ②D級+Cl級岩盤の厚さ	<ul style="list-style-type: none"> 鋼管杭の突出長の差により, 鋼管杭に作用する津波荷重を受ける面積や鋼管杭に作用する加速度応答が異なり, 生じる断面力に影響するため (①)。 比較的剛性の小さいD級+Cl級岩盤の厚さにより, 加速度応答が異なり, 生じる断面力に影響するため (②)。
	断面力 (曲げ, せん断)		
鋼製遮水壁 (漂流物防護工含む)			
背面補強工	内的安定 (すべり安全率)	—	<ul style="list-style-type: none"> 背面補強工は断面によらず全てC₀級以上の岩盤に設置されるため, 断面選定の観点の対象外とする。
止水ジョイント	変位	①鋼管杭の突出長 ②D級+Cl級岩盤の厚さ	<ul style="list-style-type: none"> 鋼管杭の突出長の差で, 鋼管杭に作用する津波荷重及び加速度応答が異なり, 鋼管杭に生じる変位に影響するため (①)。 比較的剛性の小さいD級+Cl級岩盤の厚さにより, 加速度応答が異なり, 鋼管杭に生じる変位に影響するため (②)。 ①, ②については, 鋼管杭及び鋼製遮水壁における観点と同様である。
基礎地盤	支持力	①鋼管杭の突出長 ②D級+Cl級岩盤の厚さ	<ul style="list-style-type: none"> 鋼管杭の突出長の差で, 鋼管杭に作用する津波荷重及び加速度応答が異なり, 支持力に影響するため (①)。 比較的剛性の小さいD級+Cl級岩盤の厚さにより, 加速度応答が異なり, 支持力に影響するため (②)。 ①, ②については, 鋼管杭及び鋼製遮水壁における観点と同様である。

(1) 鋼管杭

鋼管杭は、照査項目が断面力（曲げ，せん断）であり，以下の観点が影響する。

【耐震評価】

- ・ 鋼管杭の突出長の違いによって，鋼管杭に作用する加速度応答が異なり，生じる断面力に影響するため，鋼管杭の突出長の違いが影響する（観点①）。
- ・ 比較的剛性の小さい D 級 + C_L 級岩盤の厚さによって，加速度応答及び変位が異なり，生じる断面力に影響するため， D 級 + C_L 級岩盤の厚さが影響する（観点②）。

【耐津波評価】

- ・ 鋼管杭の突出長の違いによって，鋼管杭に作用する津波荷重を受ける面積が異なり，鋼管杭に生じる断面力に影響するため，鋼管杭の突出長の違いが影響する（観点①）。

(2) 鋼製遮水壁（漂流物防護工含む）

- ・ 鋼製遮水壁（漂流物防護工含む）は，照査項目が断面力（曲げ，せん断）であり，以下の観点が影響する。

【耐震評価】

- ・ 鋼管杭の突出長の違いによって，鋼管杭に作用する加速度応答が異なり，生じる断面力に影響するため，鋼管杭の突出長の違いが影響する（観点①）。
- ・ 比較的剛性の小さい D 級 + C_L 級岩盤の厚さによって，加速度応答が異なり，生じる断面力に影響するため， D 級 + C_L 級岩盤の厚さが影響する（観点②）。

【耐津波評価】

- ・ 鋼管杭の突出長の違いによって，作用する津波荷重を受ける面積が異なり，生じる断面力に影響するため，鋼管杭の突出長の違いが影響する（観点①）。

(3) 背面補強工

背面補強工は，断面によらず全て C_M 級以上の岩盤に設置されるため，断面選定の観点的対象外とする。

(4) 止水ジョイント

止水ジョイントは，照査項目が変位であり，以下の観点が影響する。

【耐震評価】

- ・ 鋼管杭の突出長の違いによって、鋼管杭に作用する加速度応答が異なり、鋼管杭に生じる変位に影響するため、鋼管杭の突出長の違いが影響する（観点①）。
- ・ 比較的剛性の小さい D 級 + C_L 級岩盤の厚さによって、加速度応答が異なり、生じる変位に影響するため、 D 級 + C_L 級岩盤の厚さが影響する（観点②）。

【耐津波評価】

- ・ 鋼管杭の突出長の違いによって、鋼管杭に作用する津波荷重を受ける面積が異なり、鋼管杭に生じる変位に影響するため、鋼管杭の突出長の違いが影響する（観点①）。

(5) 基礎地盤

基礎地盤は、照査項目が基礎地盤の支持力（基礎地盤に発生する接地圧）であり、以下の観点が影響する。

【耐震評価】

- ・ 鋼管杭の突出長の違いによって鋼管杭に作用する加速度応答が異なり、支持力に影響するため、鋼管杭の突出長の違いが影響する（観点①）。
- ・ 比較的剛性の小さい D 級 + C_L 級岩盤の厚さによって加速度応答が異なり、支持力に影響するため、 D 級 + C_L 級岩盤の厚さが影響する（観点②）。

【耐津波評価】

- ・ 鋼管杭の突出長の違いによって鋼管杭に作用する津波荷重を受ける面積が異なり支持力に影響するため、鋼管杭の突出長の違いが影響する（観点①）。

3.2 評価対象断面の選定

3.1 で示した評価候補断面の整理を踏まえ、評価対象断面を選定する。評価対象断面の選定に当たっては、表 3-2 に示した周辺地質の観点から耐震・耐津波評価上厳しくなることが想定される断面を選定することとする。

また、防潮堤は縦断方向（延長方向）に長尺な構造物であり、縦断方向で地質状況に変化があること、図 3-1～図 3-5 に示す断面図より横断方向には地層の急変がみられないことから、区間毎に図 3-2 に示す防潮堤の縦断図に基づき選定する。

評価対象断面選定結果を表 3-3 に、評価対象断面の平面位置図を図 3-6、縦断位置図を図 3-7 に示す。

3.2.1 I 区間

a. 耐震評価

- 鋼管杭の長さは一定で、地質状況についても縦断方向におおむね一定の分布で鋼管杭は C_H 級以上の岩盤に着岩しており、断面位置によって構造物の加速度応答に有意な差は無く、耐震評価にも有意な差は無いと想定される。断面としては、屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）が設置される断面（I-①断面）を選定した。

b. 耐津波評価

- 鋼管杭の長さは一定で、地質状況についても縦断方向におおむね一定の分布で鋼管杭は C_H 級以上の岩盤に着岩しており、入力津波水位も一点であるため、断面位置によって耐津波評価に有意な差は無いと想定される。断面としては、屋外排水路逆流防止設備（防潮堤南側）が設置される断面を選定した。

3.2.2 II 区間

a. 耐震評価

- 観点①については、鋼管杭の突出長が最も長い断面が耐震評価上厳しくなるから、鋼管杭の突出長が最も長い断面（II-①断面（A-A 断面））を評価対象断面とする。
- 観点②については、岩盤部では地盤中に発生する地盤変位が小さく、応答加速度の観点で考えると、 D 級+ C_L 級の厚さが最も薄い断面が応答加速度が大きくなり耐震評価上厳しくなることから、 D 級+ C_L 級の厚さが最も薄い（分布しない）断面（II-①断面（A-A 断面））を評価対象断面とする。

b. 耐津波評価

- 観点①については、鋼管杭の突出長が最も長い断面が耐津波評価上厳しくな

ることから，鋼管杭の突出長が最も長い断面（Ⅱ-①断面（A-A 断面））を評価対象断面とする。

3.2.3 Ⅲ区間

Ⅲ区間は，5本の鋼管杭とRC遮水壁からなる一体構造として評価を実施する。

表 3-3 評価対象断面選定結果

I 区 間	評価対象断面	①鋼管杭の突出長	②[D]級 + [C] _L 級岩盤 厚さ	備考
	I-①断面	<ul style="list-style-type: none"> I 区間において区間内の突出長は同一であることから、I 区間の評価対象断面選定については鋼管杭の突出長を観点としない。 [D]級, [C]_L級岩盤は分布せず, 周辺地質はおおむね同一であり, 断面位置によって構造物の評価に有意な差は無い。 断面としては, 屋外排水路逆流防止設備 (防潮堤南側) が設置される I-①断面を選定した。 		
II 区 間	II-①断面	○: 鋼管杭の突出長が最も長い	○: [D]級, [C] _L 級岩盤が分布しない	<ul style="list-style-type: none"> 海側斜面の傾きが最も急勾配である。
III 区 間	—	<ul style="list-style-type: none"> III区間は, 5本の鋼管杭とRC遮水壁からなる一体構造として評価を実施する。 		

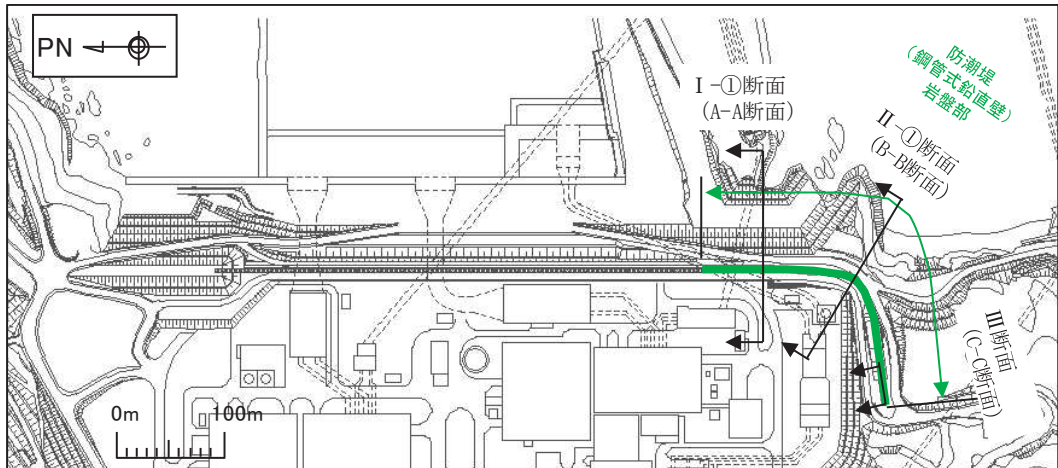


図 3-6 評価対象断面の平面配置図

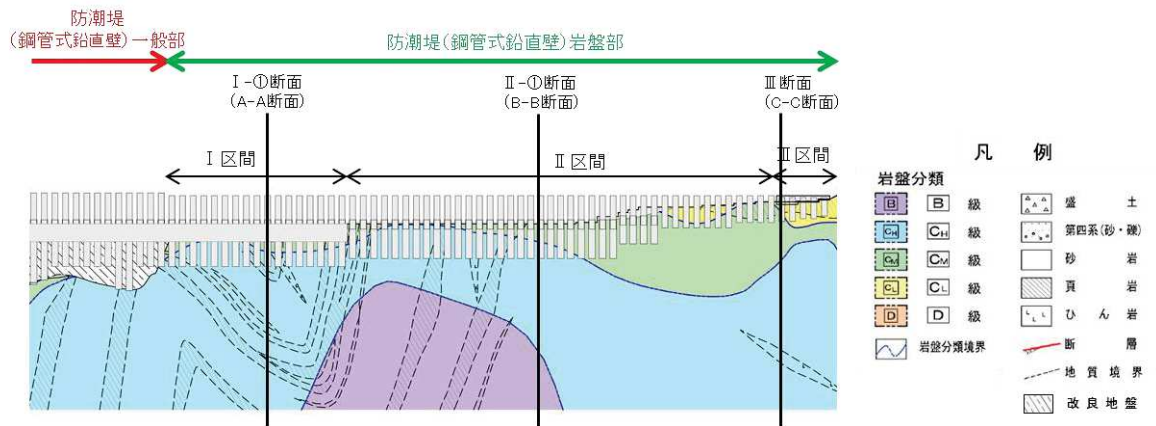


図 3-7 評価対象断面の縦断配置図

4. 防潮堤（盛土堤防）の断面選定の考え方

図 4-1～図 4-5 に防潮堤（盛土堤防）の平面配置図，縦断図及び断面図を示す。

防潮堤（盛土堤防）は，セメント改良土による上部構造と，置換コンクリートによる下部構造から構成され，セメント改良土の下方に改良地盤を設置する。

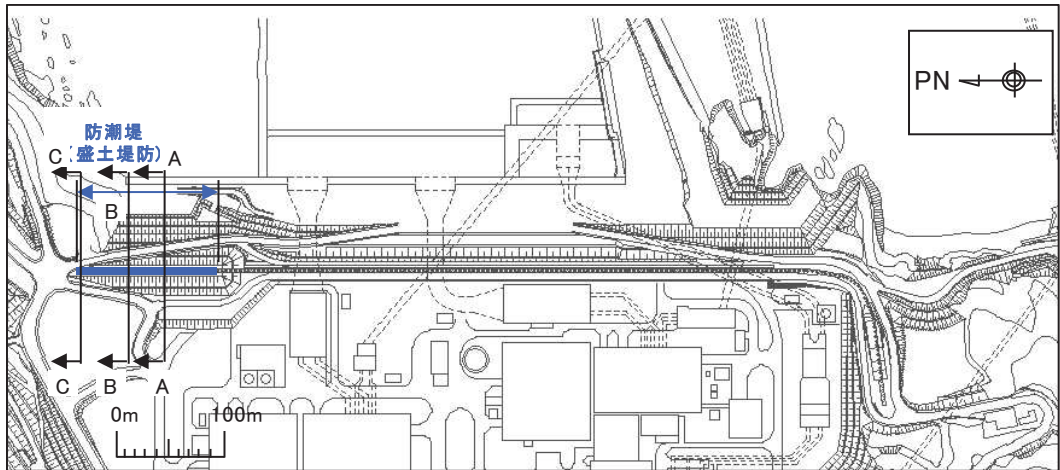


図 4-1 盛土堤防平面配置図

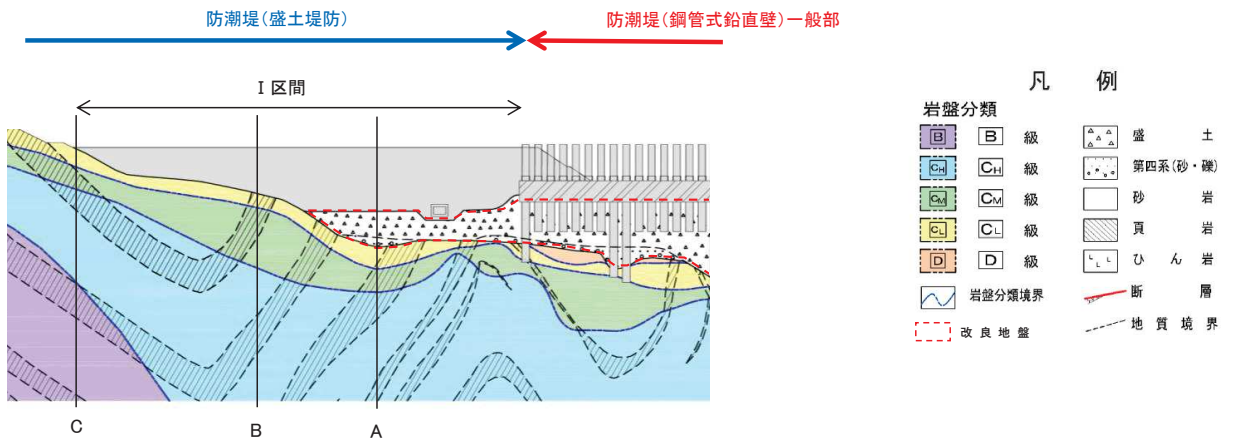


図 4-2 盛土堤防縦断面図

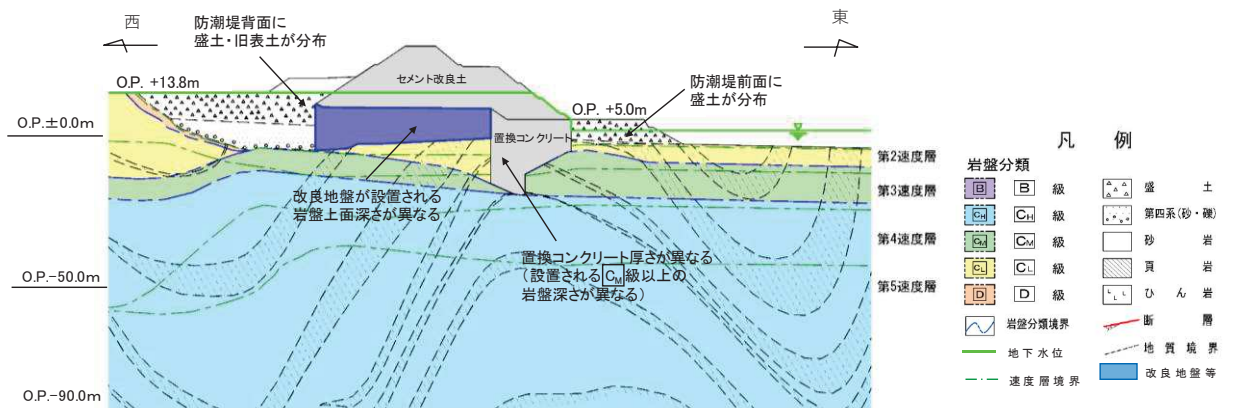


図 4-3 盛土堤防 A-A 断面 (I 区間)

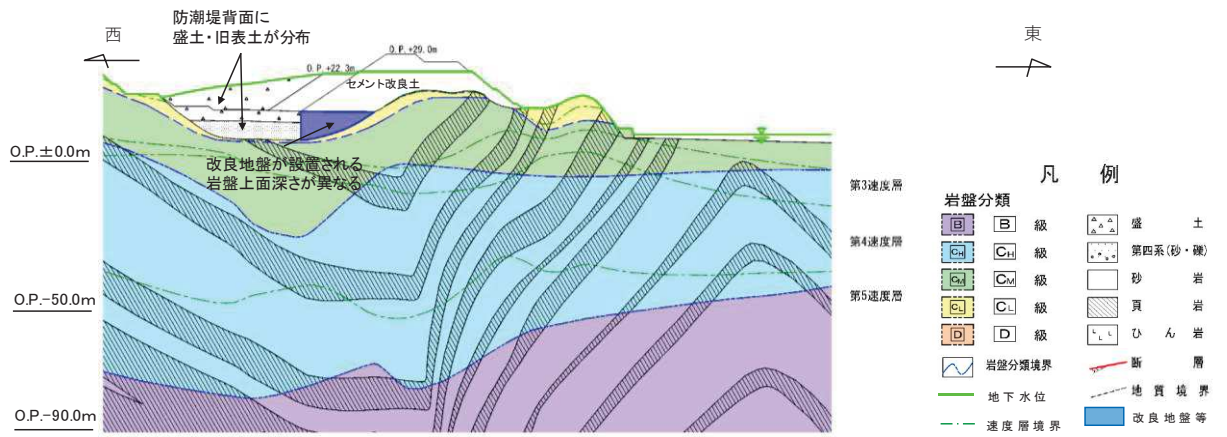


図 4-4 盛土堤防 B-B 断面 (I 区間)

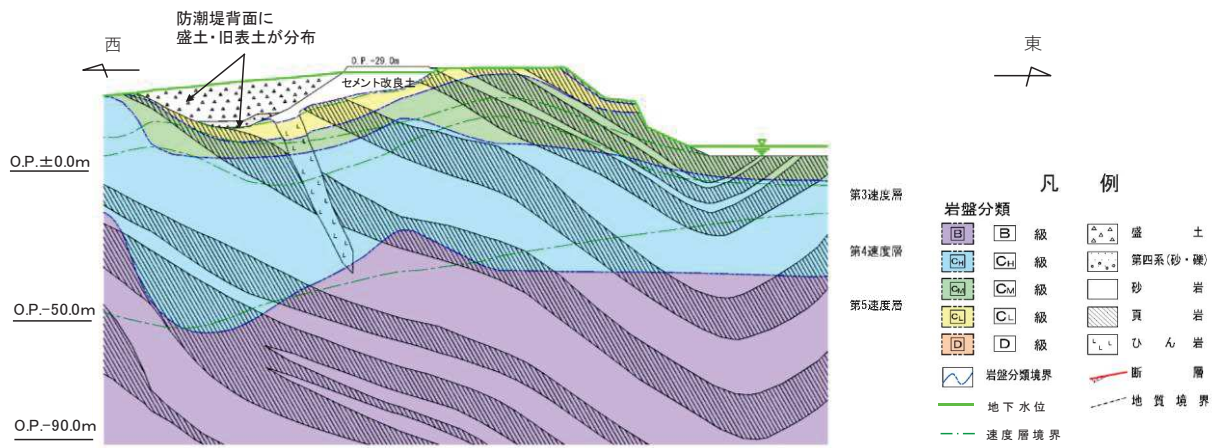


図 4-5 盛土堤防 C-C 断面 (I 区間)

4.1 評価候補断面の整理

4.1.1 区間の特徴整理

盛土堤防は、その設置される区間で構造的特徴に大きな違いはなく、堤体（セメント改良土）及び置換コンクリートからなる。

区間の構造及びその特徴並びに周辺状況を表 4-1 に示す。

(1) I 区間

[構造的特徴]

- ・ 天端高さは O. P. +29.0m で一定である。
- ・ 堤体（セメント改良土）及び置換コンクリートからなる構造物である。
- ・ 縦断方向（延長方向）に堤体（セメント改良土）の厚さ及び幅並びに置換コンクリートの厚さが変化する線状構造物である（材質は変化なし）。
- ・ 津波監視カメラを支持する。
- ・ 入力津波高さは、O. P. +24.4m で一定である。

[周辺状況]

- ・ 横断方向に施設の前面（海側）と背面（山側）で地盤の標高が異なり、堤体（セメント改良土）は岩盤又は改良地盤に、置換コンクリートは C_M 級以上の岩盤に設置される。
- ・ 断面位置に応じて置換コンクリートが設置される C_M 級岩盤上面の深さ及び改良地盤が設置される岩盤上面の深さが異なる。
- ・ 比較的剛性の小さい C_L 級岩盤が分布し、断面毎に厚さが異なる。
- ・ 周辺には液状化検討対象層（盛土・旧表土）が分布し、断面毎に厚さが異なる。
- ・ 設計用地下水位について、山側は O. P. +13.8m（地表面）で一定、海側は O. P. +1.43m で一定とする。
- ・ 近接構造物は存在しない。
- ・ 断層交差部は存在しない。

表 4-1 区間の特徴 (盛土堤防)

区間	構造的特徴					周辺状況			
	天端高さ	堤体(セメント改良土)厚さ	置換コンクリート厚さ	間接支持構造物	入力津波高さ	周辺地質	地下水位	近接構造物	断層
I 区間	0. P. +29.0m	0~約20m	最大約25m (幅は区間内で一定)	津波監視カメラ	0. P. +24.4m で一定	防潮堤前背面に盛土・旧表土が分布しており, 堤体(セメント改良土)は岩盤又は改良地盤に設置されている。	設計用地下水位は山側で0. P. +13.8m(地表面), 海側で0. P. +1.43mで一定	—	—

4.1.2 評価候補断面の整理

盛土堤防は表 4-1 に示すとおり複数の部位によって構成されているため、耐震・耐津波評価上厳しくなる断面が、それぞれの部位において異なる可能性がある。そのため、それぞれの部位において耐震・耐津波評価に影響を及ぼすことが想定される周辺状況から、評価候補断面の整理のための観点を、部位毎に整理する。

評価候補断面の整理における観点を表 4-2 に示す。

なお、地下水位及び入力津波は区間の中で一定であり、評価候補断面整理の対象外とする。

表 4-2 評価候補断面の整理における観点

部位	照査項目	評価候補断面整理上の観点	観点とする理由
施設	堤体 (セメント改良土)	①岩盤上面の深さ (セメント改良土の厚さ)	<ul style="list-style-type: none"> 岩盤上面の深さ(セメント改良土の厚さ)の違いで、地震時及び津波時にセメント改良土に発生するせん断応力が異なり、すべり安全率に影響を及ぼすため(①)。
	置換コンクリート	②C ₄ 級岩盤上面の深さ (置換コンクリートの形状) ③盛土+旧表土の厚さ ④旧表土の厚さ	<ul style="list-style-type: none"> 置換コンクリート上面レベル及び東西方向の幅は一定であるため、置換コンクリートの底面が深いほど形状が縦長となり、置換コンクリートに発生する応力が変化してすべり安全率に影響を及ぼすため(②)。 周辺の盛土及び旧表土の厚さの違いによって、地盤変位に影響し、置換コンクリートに発生する応力が変化してすべり安全率に影響を及ぼすため(③、④)。
地盤	支持力(接地圧)	①セメント改良土の厚さ (岩盤上面の深さ) ②C ₄ 級岩盤上面の深さ (置換コンクリートの厚さ)	<ul style="list-style-type: none"> セメント改良土が厚いほど、重量が大きくなり、支持力が厳しくなるため(①)。 置換コンクリートが厚いほど、重量が大きくなり、支持力が厳しくなるため(②)。 ①、②については、堤体及び置換コンクリートの観点と同様である。

(1) セメント改良土

セメント改良土は、照査項目が内的安定（すべり安全率）であり、以下の観点が影響する。

【耐震評価】

- ・ 岩盤上面の深さの差で、セメント改良土の地震時応答が異なり、すべり安全率に影響を及ぼすため、岩盤上面の深さが影響する（観点①）。

【耐津波評価】

- ・ 津波時に荷重が作用するセメント改良土の厚さの差で、荷重が作用する面積が異なり、すべり安全率に影響を及ぼすため、セメント改良土の厚さが影響する（観点①）。

(2) 置換コンクリート

置換コンクリートは、照査項目が内的安定（すべり安全率）であり、以下の観点が影響する。

【耐震評価】

- ・ 置換コンクリート上面レベル及び東西方向の幅は一定であるため、置換コンクリートの底面が深いほど形状が縦長となり、置換コンクリートに発生する応力が大きくなることですべり安全率に影響を及ぼすため、 C_M 級岩盤上面深さ（置換コンクリートの形状）が影響する（観点②）。
- ・ 周辺の盛土及び旧表土が厚さの違いによって、地震時の液状化により地盤変位に影響し、置換コンクリートに発生する曲げ応力が変化してすべり安全率に影響を及ぼすため、盛土+旧表土及び旧表土の厚さが影響する（観点③，④）。

【耐津波評価】

- ・ 置換コンクリート上面レベル及び東西方向の幅は一定であるため、置換コンクリートの底面が深いほど形状が縦長となり、置換コンクリートに発生する応力が大きくなることですべり安全率に影響を及ぼすため、 C_M 級岩盤上面深さ（置換コンクリートの形状）が影響する（観点②）。
- ・ 周辺の盛土及び旧表土が厚さの違いによって、津波時に置換コンクリートに発生する応力が変化してすべり安全率に影響を及ぼすため、盛土+旧表土及び旧表土の厚さが影響する（観点③，④）。

(3) 基礎地盤

基礎地盤は、照査項目が基礎地盤の支持力（基礎地盤に発生する接地圧）であり、以下の観点に影響する。

【耐震評価】

- ・ セメント改良土が厚いほど、重量が大きくなり、支持力が厳しくなるため、セメント改良土厚さが影響する（観点①）。
- ・ 置換コンクリートが厚いほど、置換コンクリートの直下の基礎地盤に生じる支持力が大きくなるため、 C_M 級岩盤上面の厚さ（置換コンクリートの厚さ）が影響する（観点②）。

【耐津波評価】

- ・ セメント改良土が厚いほど、重量が大きくなり、支持力が厳しくなるため、セメント改良土厚さが影響する（観点①）。
- ・ 置換コンクリートが厚いほど、置換コンクリートの直下の基礎地盤に生じる支持力が大きくなるため、 C_M 級岩盤上面の厚さ（置換コンクリートの厚さ）が影響する（観点②）。

4.2 評価対象断面の選定

4.1 で示した評価候補断面の整理を踏まえ、評価対象断面を選定する。評価対象断面の選定に当たっては、表 4-2 に示した周辺地質の観点から耐震・耐津波評価上厳しくなることが想定される断面を選定することとする。

また、縦断方向で地質状況に変化があること、図 4-3～図 4-5 に示す断面図より横断方向には地層の急変がみられないことから、区間毎に図 4-2 に示す防潮堤の縦断図に基づき選定する。

評価対象断面選定結果を表 4-3 に、評価対象断面の平面位置図を図 4-6、縦断位置図を図 4-7 に示す。

4.2.1 I 区間

a. 耐震評価

- ・ 観点①については、岩盤上面が最も深く、耐震評価上厳しくなることから、岩盤上面が最も深い断面（I-①断面（A-A 断面））を評価対象断面とする。
- ・ 観点②については、 C_M 級岩盤上面が深い断面（置換コンクリートが厚い断面）が耐震評価上厳しくなることから、 C_M 級岩盤上面が最も深い断面（I-①断面（A-A 断面））を評価対象断面とする。
- ・ 観点③については、盛土+旧表土が厚い断面が耐震評価上厳しくなることから、盛土+旧表土が最も厚い断面（I-①断面（A-A 断面））を評価対象断面とする。
- ・ 観点④については、旧表土が厚い断面が耐震評価上厳しくなることから、旧表土が最も厚い断面（I-①断面（A-A 断面））を評価対象断面とする。

b. 耐津波評価

- ・ 観点①については、セメント改良土厚さが最も厚く、作用する津波荷重が大きくなることで耐津波評価上厳しくなることから、セメント改良土厚さが最も厚い断面（I-①断面（A-A 断面））を評価対象断面とする。
- ・ 観点②については、 C_M 級岩盤上面が深い断面（置換コンクリートが厚い断面）が耐津波評価上厳しくなることから、 C_M 級岩盤上面が最も深い断面（I-①断面（A-A 断面））を評価対象断面とする。
- ・ 観点③については、盛土+旧表土が厚い断面が耐津波評価上厳しくなることから、盛土+旧表土が最も厚い断面（I-①断面（A-A 断面））を評価対象断面とする。
- ・ 観点④については、旧表土が厚い断面が耐津波評価上厳しくなることから、旧表土が最も厚い断面（I-①断面（A-A 断面））を評価対象断面とする。

表 4-3 評価対象断面選定結果

評価対象断面	①岩盤上面の深さ (セメント改良土の 厚さ)	② C _W 級岩盤上面 深さ	③盛土+旧表土 厚さ	④旧表土厚さ
I 区 間 I-①断面*	○：岩盤上面が最も 深い	○：C _W 級岩盤上面が 最も深い	○：盛土+旧表土が 最も厚い	○：旧表土が最も厚 い

注記 *：設置変更許可段階における基礎地盤の安定性評価及び構造成立性評価で示した断面

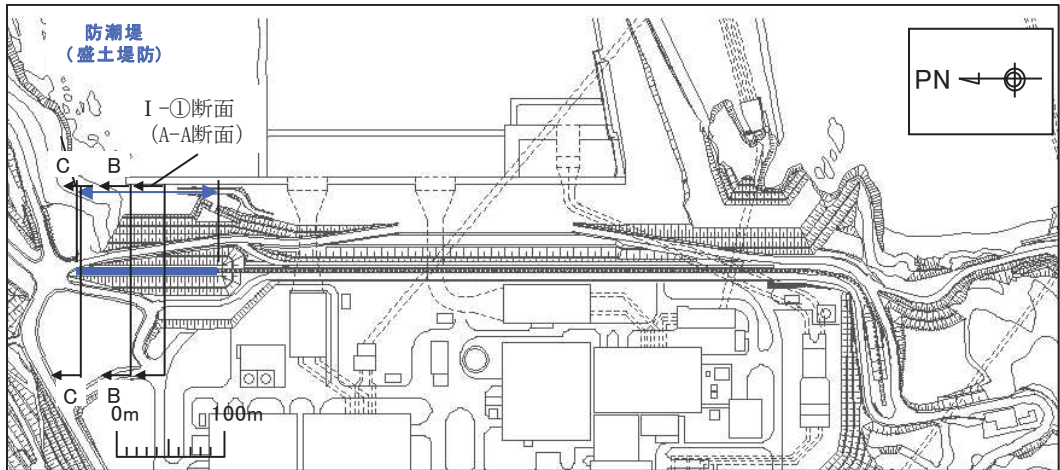


図 4-6 評価対象断面の平面配置図

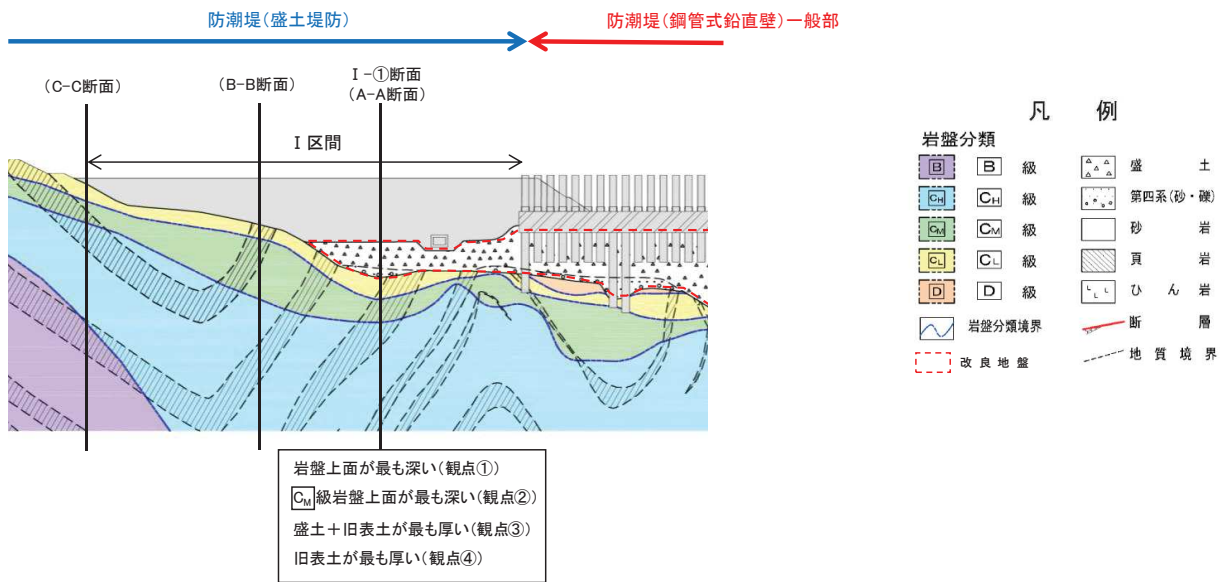


図 4-7 評価対象断面の縦断配置図

(参考資料1) 一次元地震応答解析による評価対象断面の応答確認

各評価対象断面において一次元地震応答解析を実施し、解析結果として変位、加速度及びせん断応力を確認する。

1. 鋼管式鉛直壁のうち一般部

(1) 一次元地震応答解析の概要

一次元地震応答解析は、図1-1及び図1-2に示すI区間の3断面（I-①断面、I-②断面及びI-③断面）において、図1-3に示す3地点で実施する。

地点Aは盛土・旧表土、地点Bは鋼管杭、遮水壁及び背面補強工、地点Cは置換コンクリートの耐震評価に及ぼす影響に着目する。

なお、鋼管式鉛直壁のうち一般部における一次元地震応答解析は、液状化の影響を考慮できる有効応力解析により実施する。

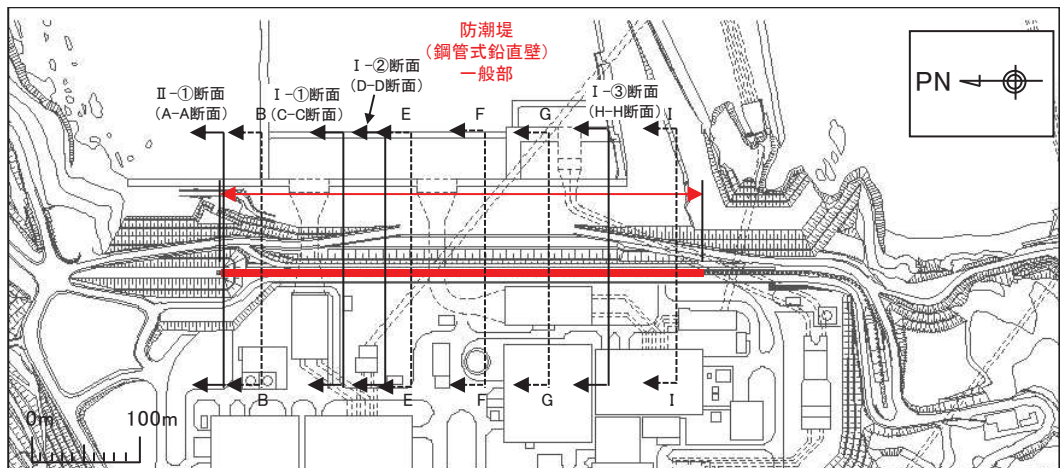


図1-1 一次元地震応答解析を実施する断面位置平面図

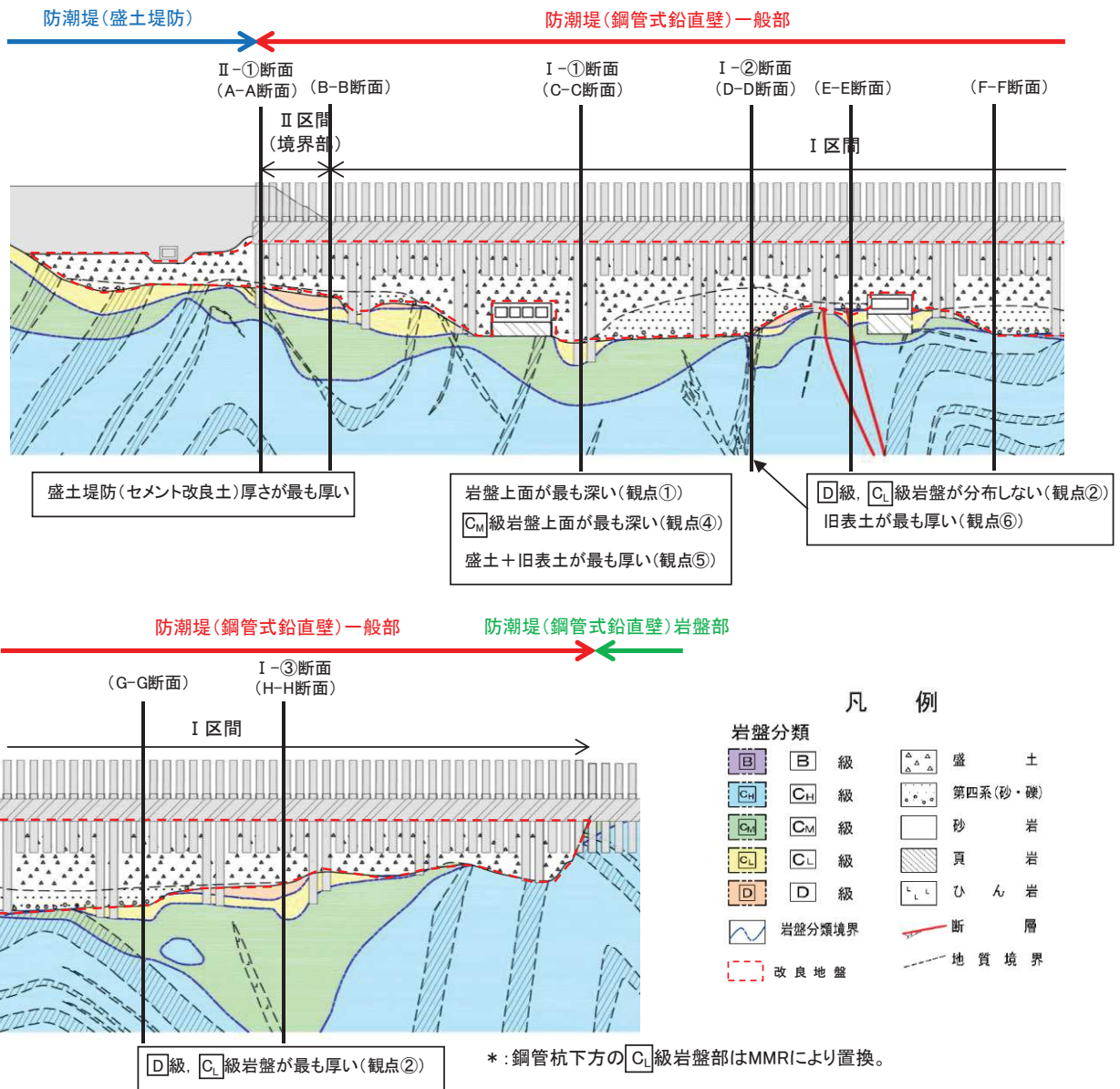


図1-2 一次元地震応答解析を実施する断面位置縦断図

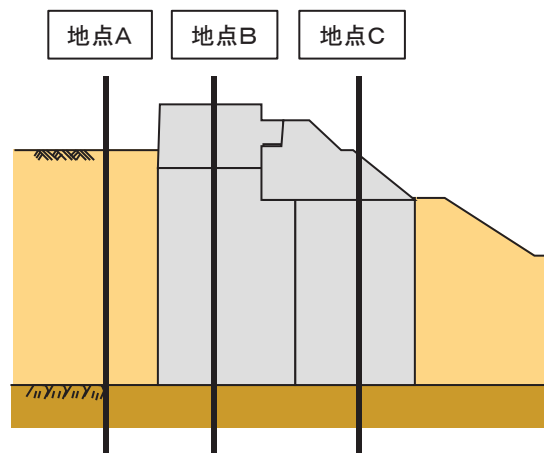


図1-3 各評価対象断面における一次元地震応答解析実施地点

(2) 解析モデル

一次元地震応答解析のモデル図を図 1-4～図 1-6 に示す。

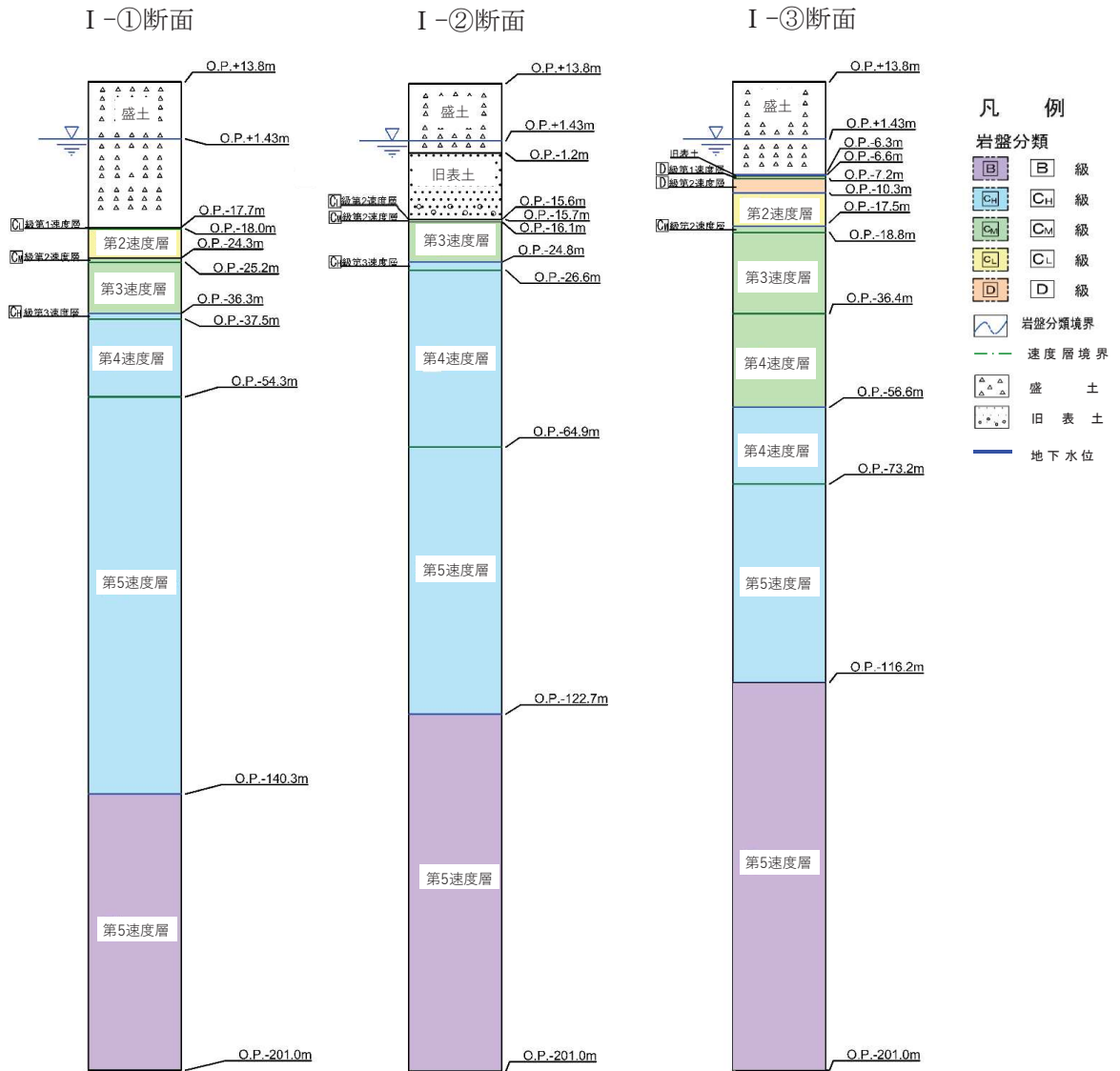


図 1-4 一次元地震応答解析モデル図 (地点 A)

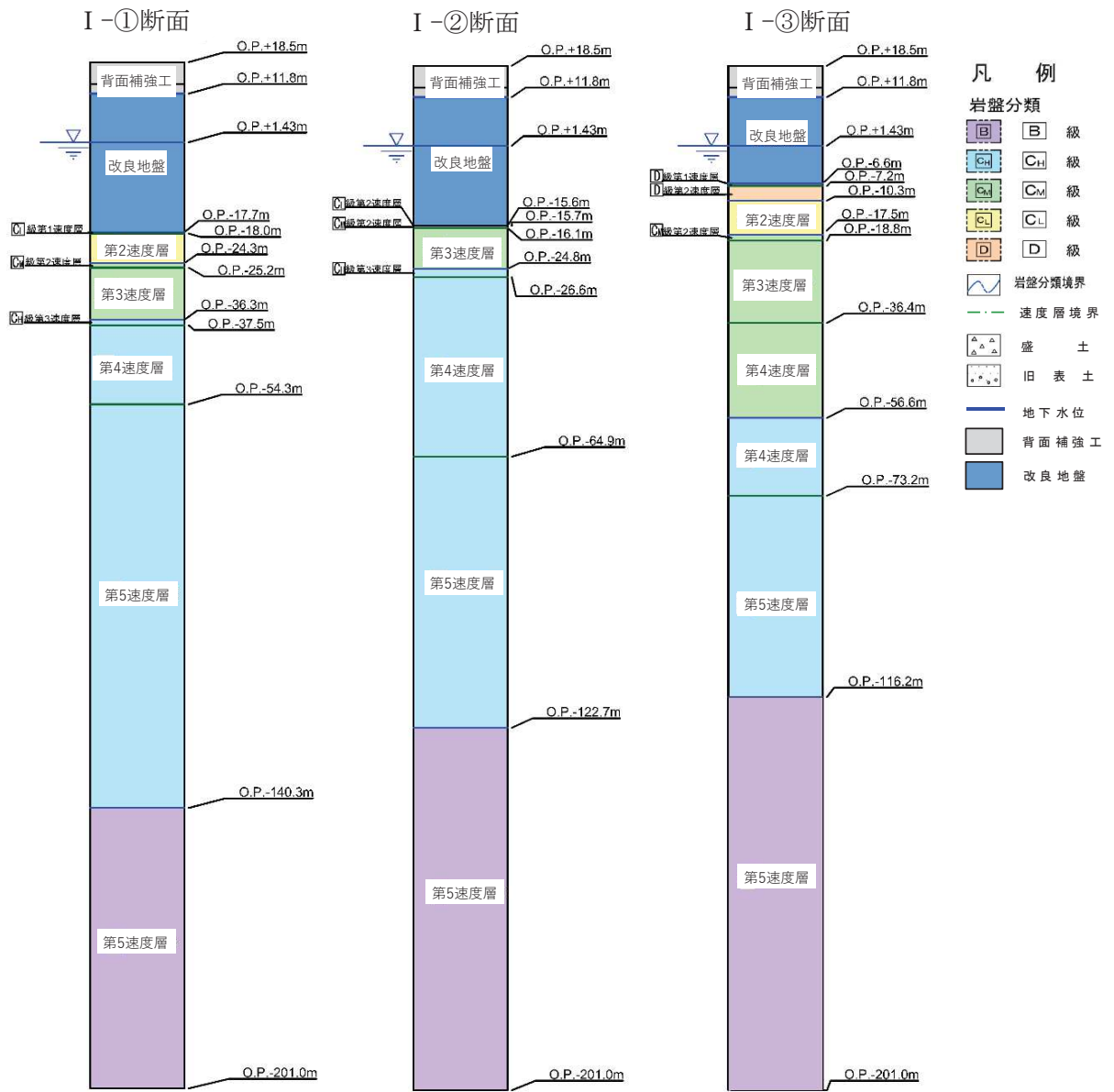


図 1-5 一次元地震応答解析モデル図 (地点B)

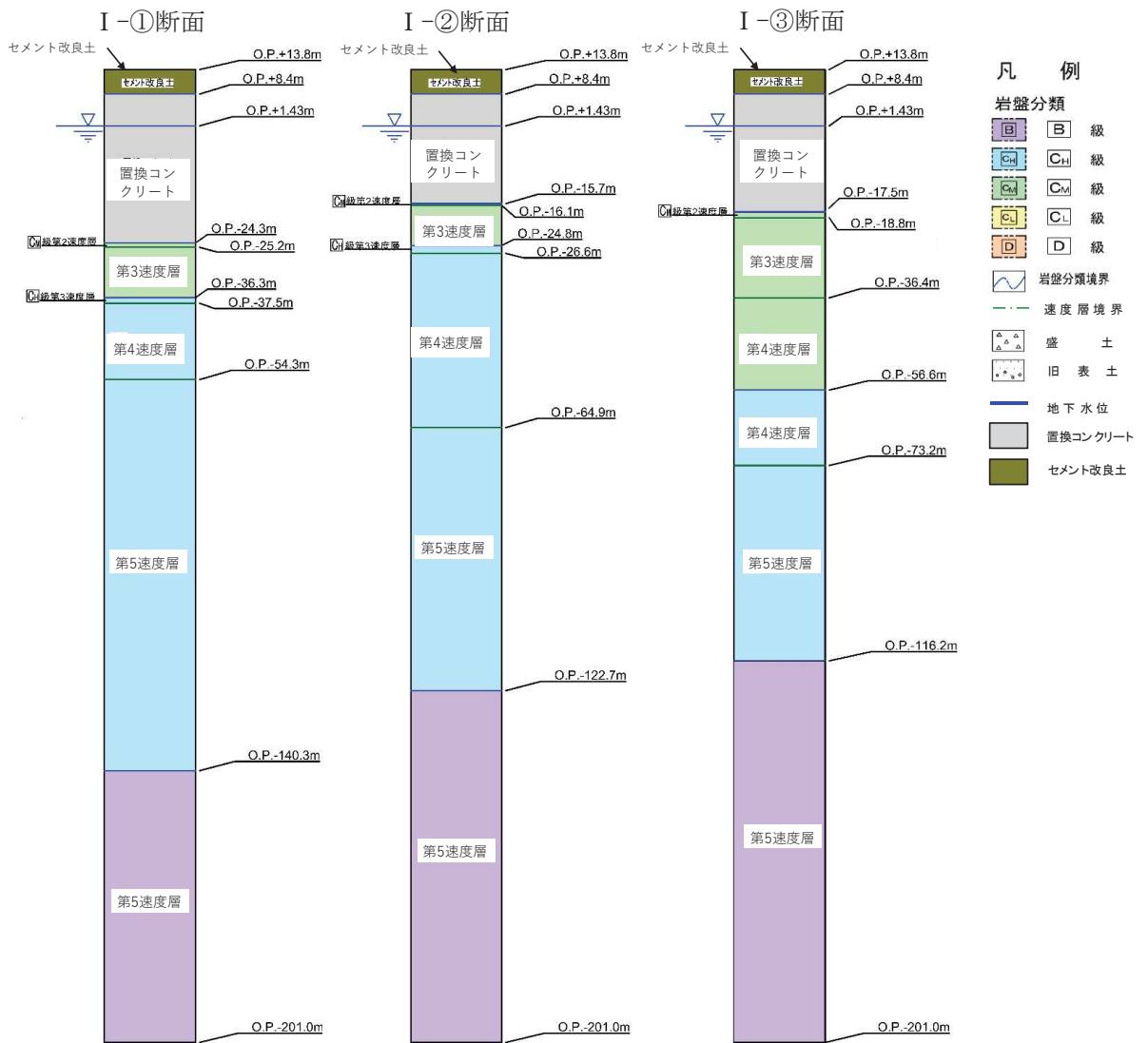


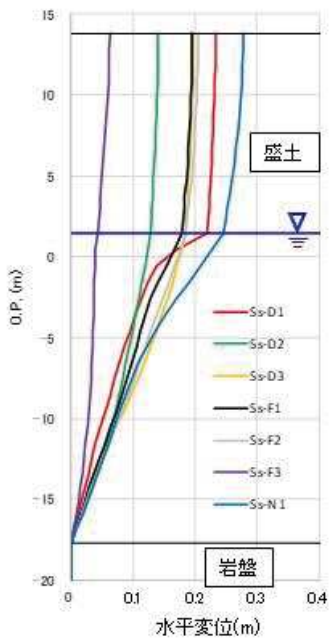
図 1-6 一次元地震応答解析モデル図 (地点 C)

(3) 地震応答解析結果

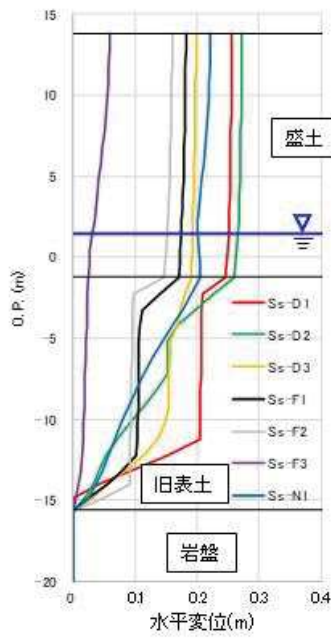
I 区間の評価対象断面における地震応答解析結果を表 1-1 に、地点 A の最大水平変位分布を図 1-7、地点 B の地表面における加速度応答スペクトルを図 1-8、地点 B の最大せん断応力分布を図 1-9、地点 B の最大水平変位分布を図 1-10、地点 C の最大せん断応力分布を図 1-11 に示す。

表 1-1 I 区間の一次元地震応答解析結果

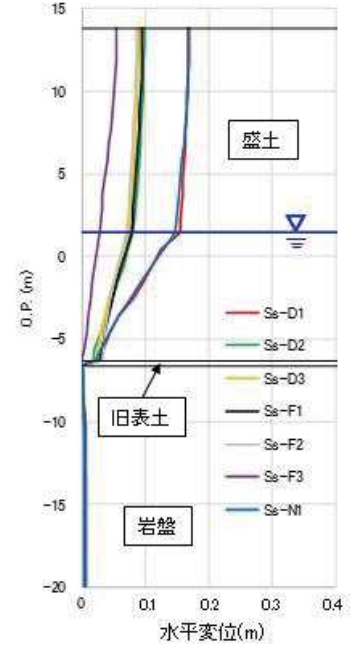
評価候補断面	地点A		地点B			地点C	
	盛土・旧表土	鋼管杭・鋼製遮水壁	背面補強工	背面補強工 (鋼管杭)	置換コンクリート	最大せん断応力 (kN/m ²)	最大せん断応力 (kN/m ²)
I-①断面	0.278 (S s - N 1)	2414 (S s - D 2)	166 (S s - N 1)	0.017 (S s - N 1)	558 (S s - N 1)		
I-②断面	0.272 (S s - D 2)	3213 (S s - D 2)	148 (S s - D 2)	0.008 (S s - N 1)	430 (S s - F 3)		
I-③断面	0.169 (S s - N 1)	1071 (S s - F 3)	91 (S s - N 1)	0.097 (S s - N 1)	460 (S s - F 3)		



I-①断面

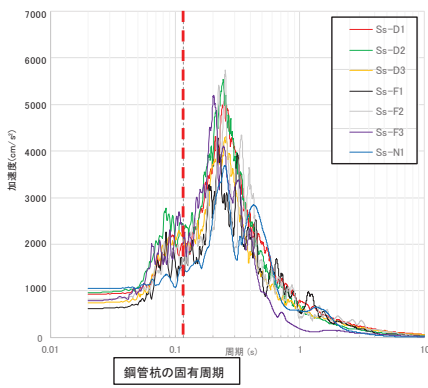


I-②断面

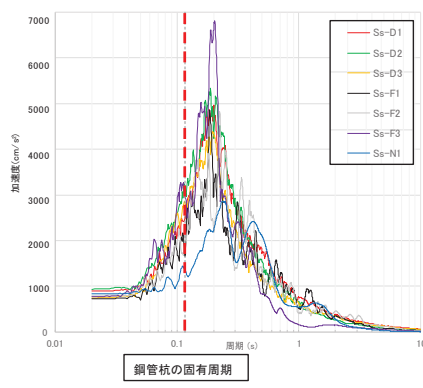


I-③断面

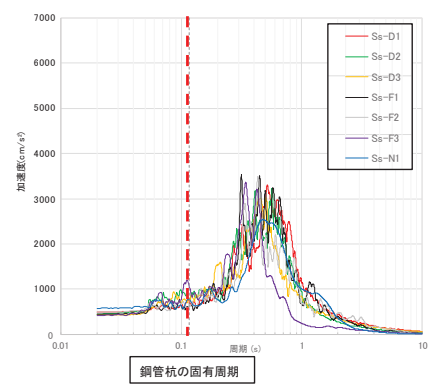
図 1-7 鋼管式鉛直壁（一般部）I 区間における最大水平変位分布（地点 A）



I-①断面

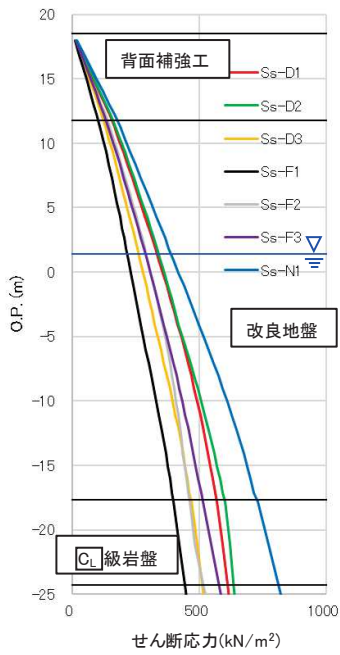


I-②断面

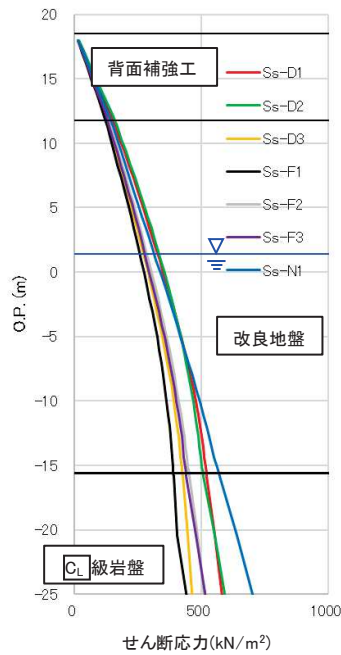


I-③断面

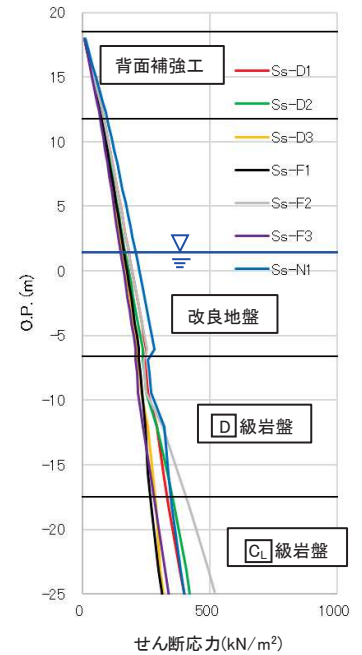
図 1-8 鋼管式鉛直壁（一般部）I 区間における地表面加速度応答スペクトル（地点 B）



I - ①断面

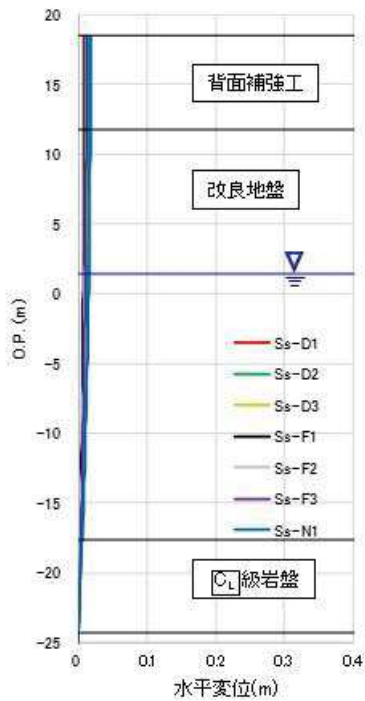


I - ②断面

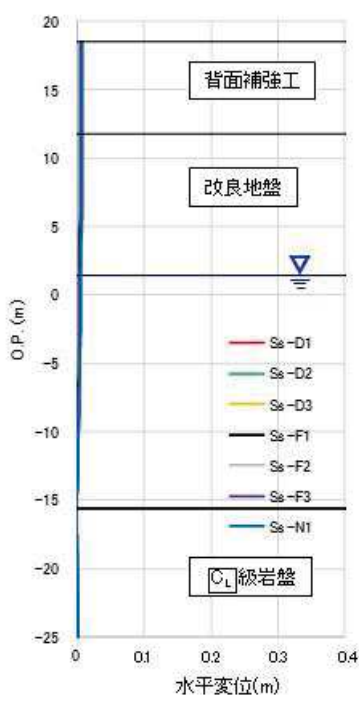


I - ③断面

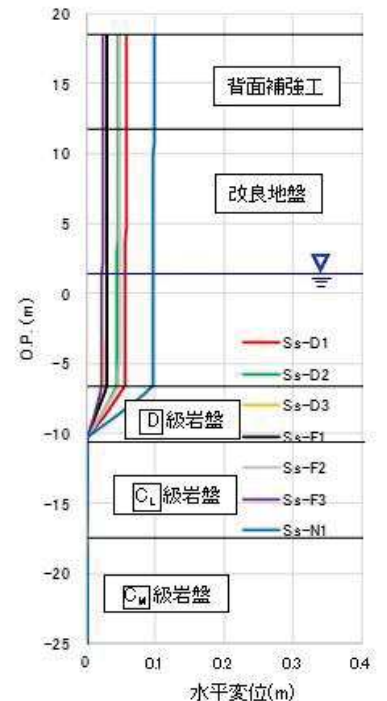
図 1-9 鋼管式鉛直壁（一般部） I 区間における最大せん断応力分布（地点 B）



I - ①断面

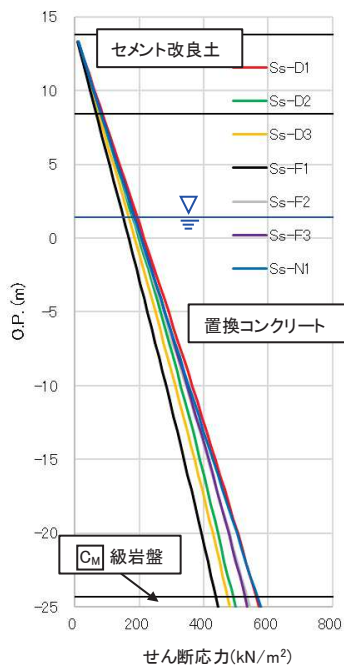


I - ②断面

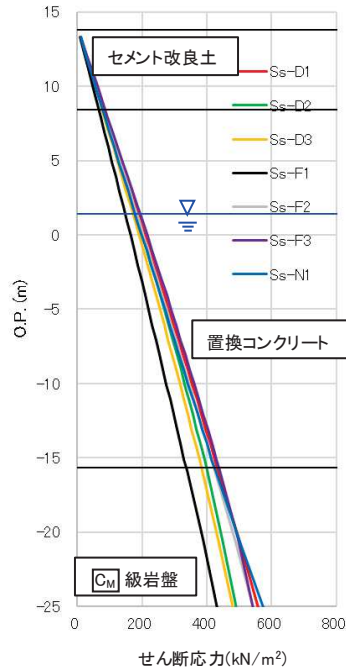


I - ③断面

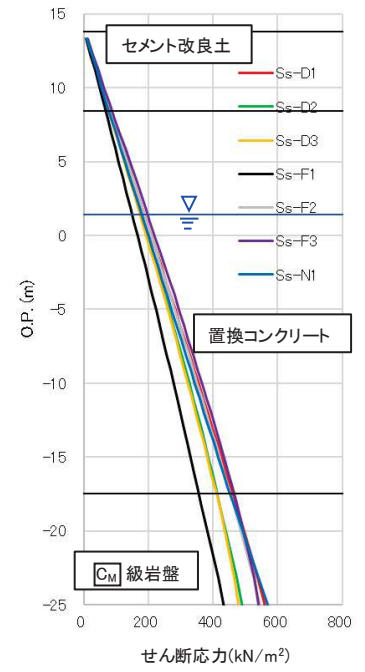
図 1-10 鋼管式鉛直壁（一般部） I 区間における最大水平変位分布（地点 B）



I-①断面



I-②断面



I-③断面

図 1-11 鋼管式鉛直壁（一般部） I 区間における最大せん断応力分布（地点 C）

2. 鋼管式鉛直壁のうち岩盤部

(1) 一次元地震応答解析の概要

一次元地震応答解析は、図 2-1 及び図 2-2 に示す II 区間の 3 断面（II-①断面、II-②断面及び II-③断面）において、図 2-3 に示す 1 地点で実施する。

なお、鋼管式鉛直壁（岩盤部）は岩盤内に設置され、液状化検討対象外の施設であることから、全応力にて一次元地震応答解析を実施する。

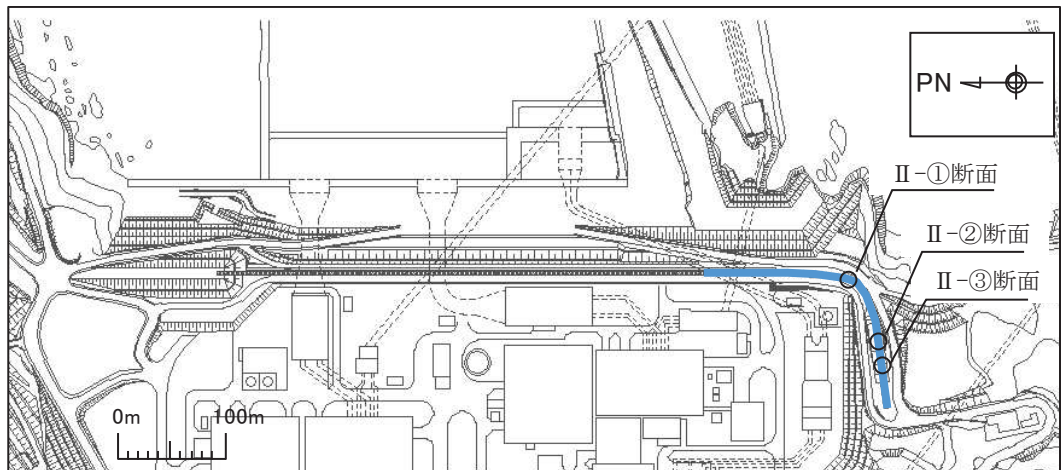


図 2-1 一次元地震応答解析を実施する断面位置平面図

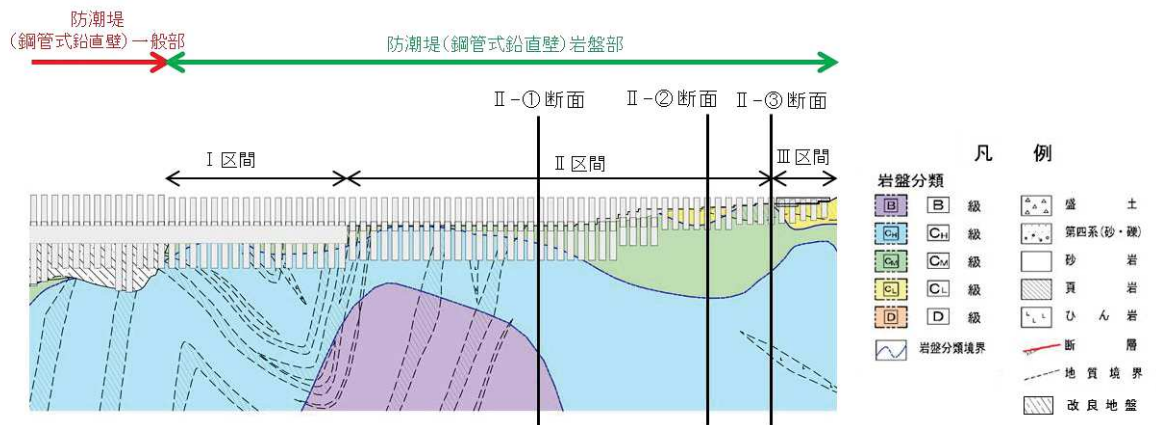


図 2-2 一次元地震応答解析を実施する断面位置縦断図

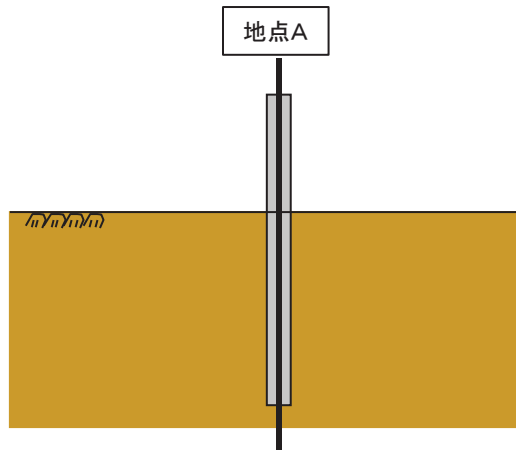


図 2-3 各評価対象断面における一次元地震応答解析実施地点

(2) 解析モデル

一次元地震応答解析のモデル図を図 2-4 に示す。

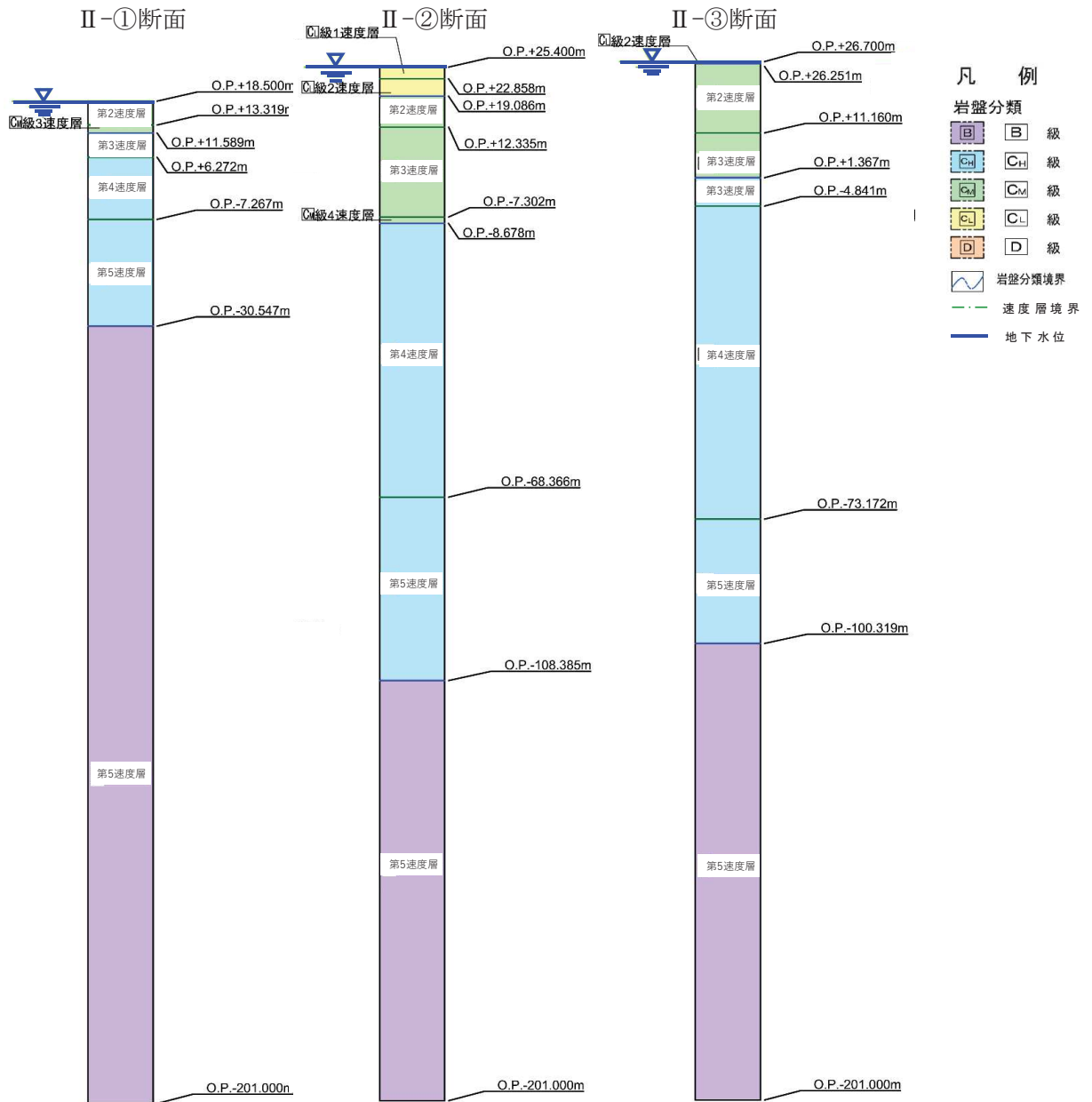


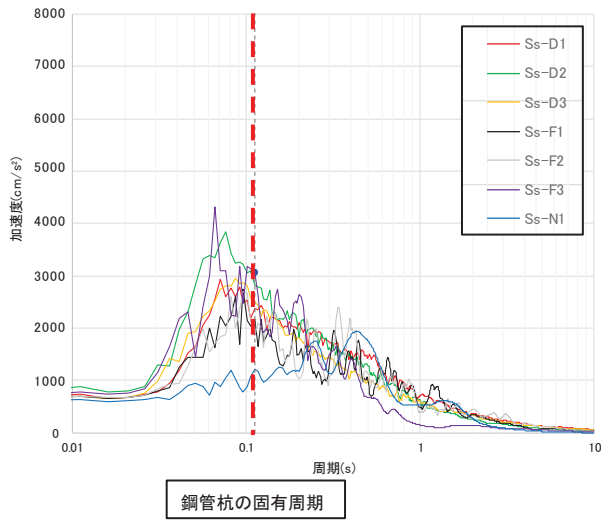
図 2-4 地点 A の一次元地震応答解析モデル図

(3) 地震応答解析結果

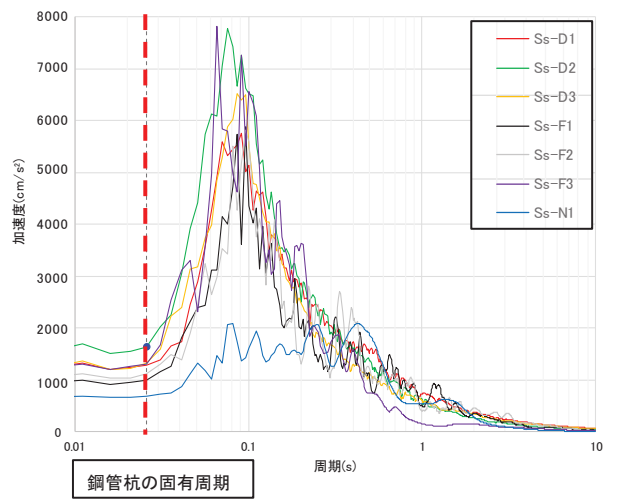
Ⅱ区間の評価対象断面における地震応答解析を表 2-2 に、地点 A の地表面における加速度応答スペクトルを図 2-5 に示す。

表 2-2 Ⅱ区間の一次元地震応答解析結果

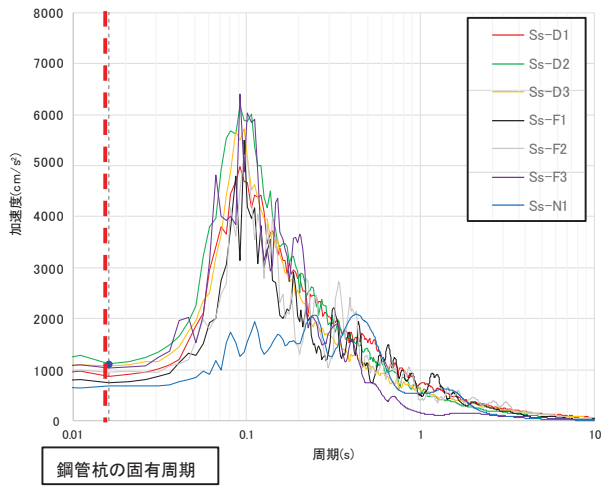
断面		加速度 (cm/s ²)
Ⅱ 区 間	Ⅱ-①断面	3054 (S _s -F3)
	Ⅱ-②断面	1631 (S _s -D2)
	Ⅱ-③断面	1105 (S _s -D2)



II-①断面



II-②断面



II-③断面

図 2-5 鋼管式鉛直壁（岩盤部）II 区間における加速度応答スペクトル（地点 A）

3. 盛土堤防

(1) 一次元地震応答解析の概要

一次元地震応答解析は、図 3-1 及び図 3-2 に示す I 区間の 3 断面（I-①断面、I-②断面及び I-③断面）において、図 3-3 に示す 3 地点で実施する。

- ・ 地点 A は、防潮堤背面の盛土・旧表土が防潮堤の耐震評価に及ぼす影響を確認する観点で選定した。
- ・ 地点 B は、堤体（セメント改良土）の耐震評価に及ぼす影響を確認する観点で選定した。
- ・ 地点 C は、堤体（セメント改良土）及び置換コンクリートの耐震評価に及ぼす影響を確認する観点で選定した。

なお、盛土堤防における一次元地震応答解析は、液状化の影響を考慮できる有効応力解析により実施する。

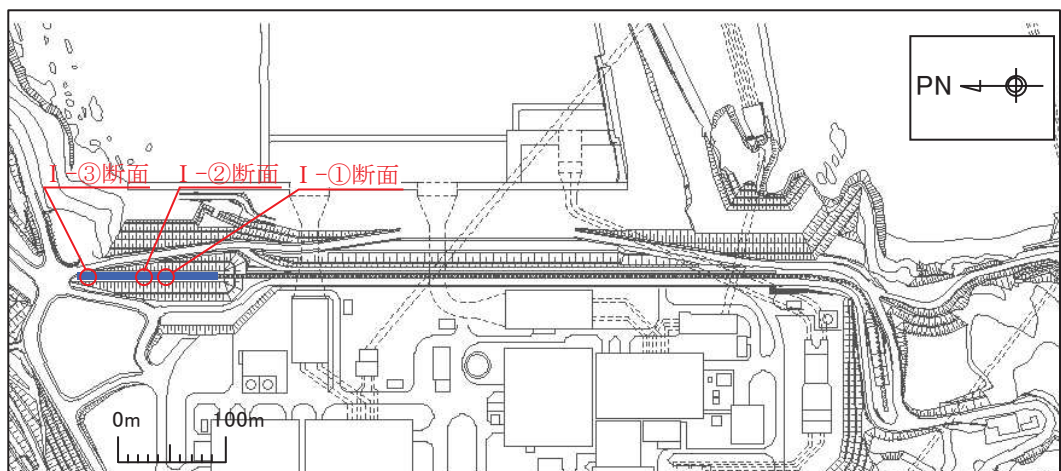


図 3-1 一次元地震応答解析を実施する断面位置平面図

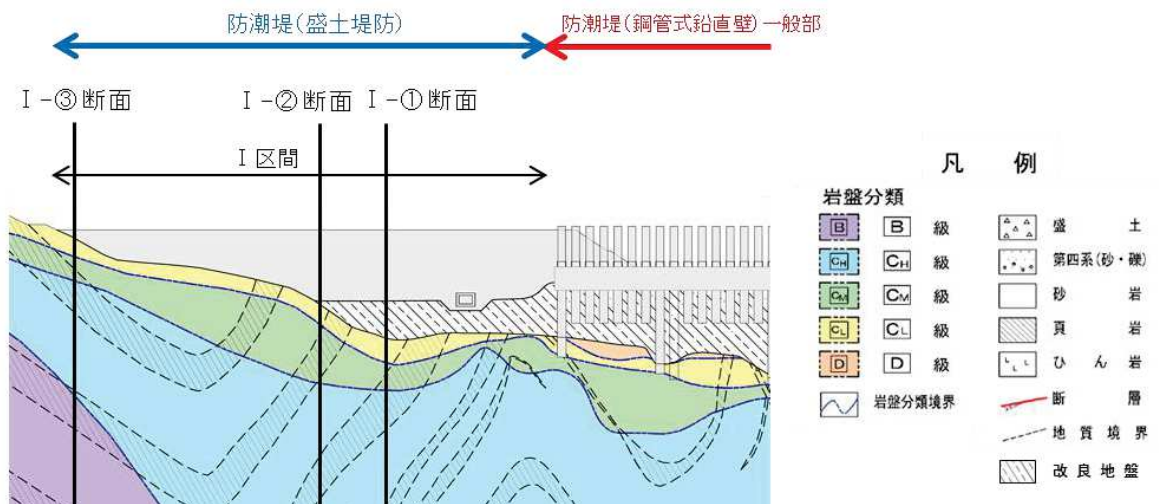


図 3-2 一次元地震応答解析を実施する断面位置縦断面図

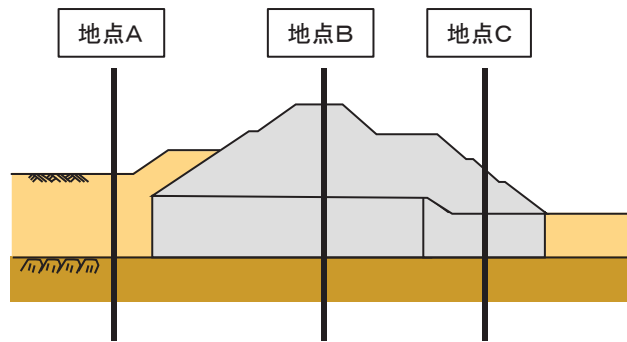


図 3-3 各評価対象断面における一次元地震応答解析実施地点

(2) 解析モデル

一次元地震応答解析のモデル図を図 3-4～図 3-6 に示す。

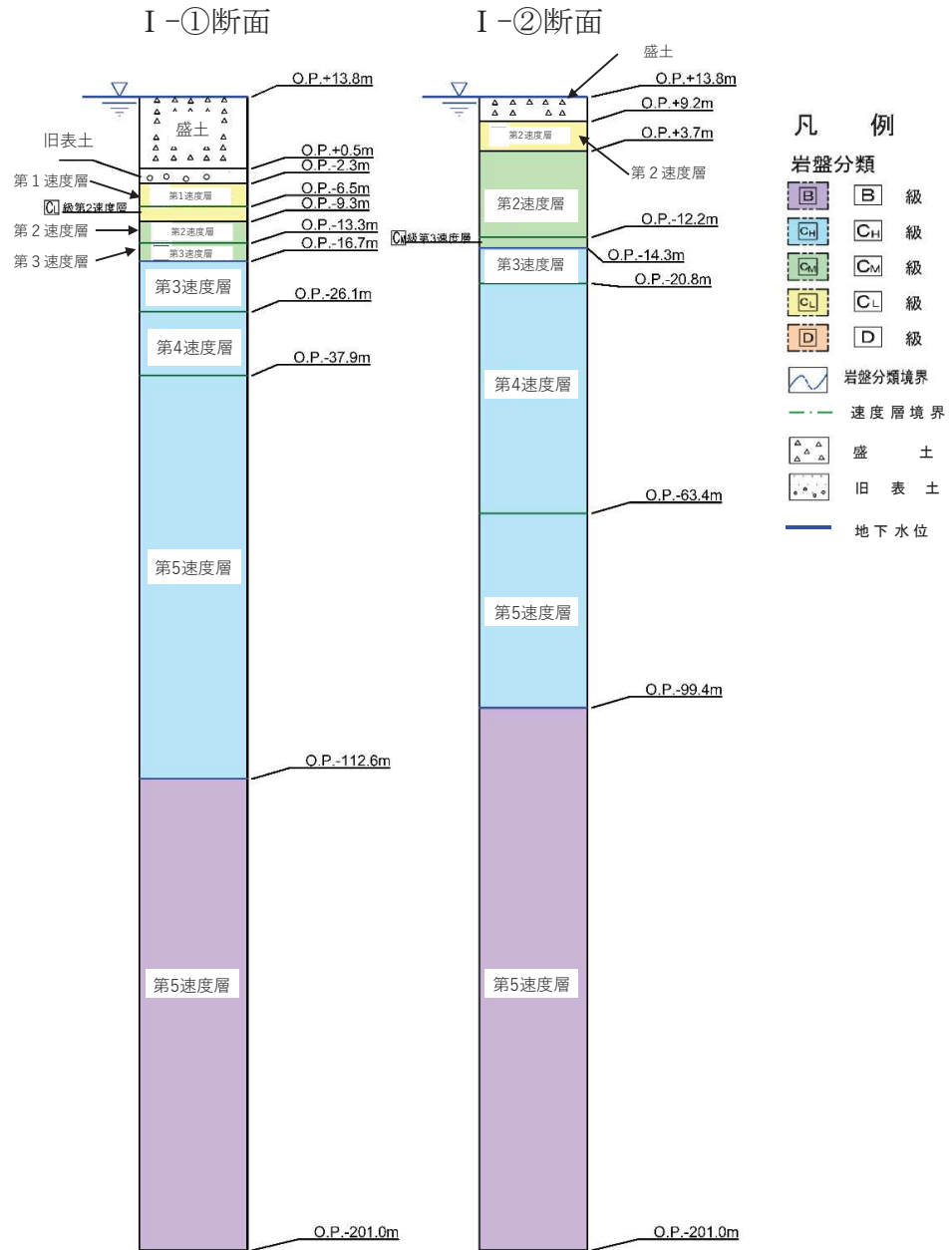


図 3-4 地点 A の一次元地震応答解析モデル図

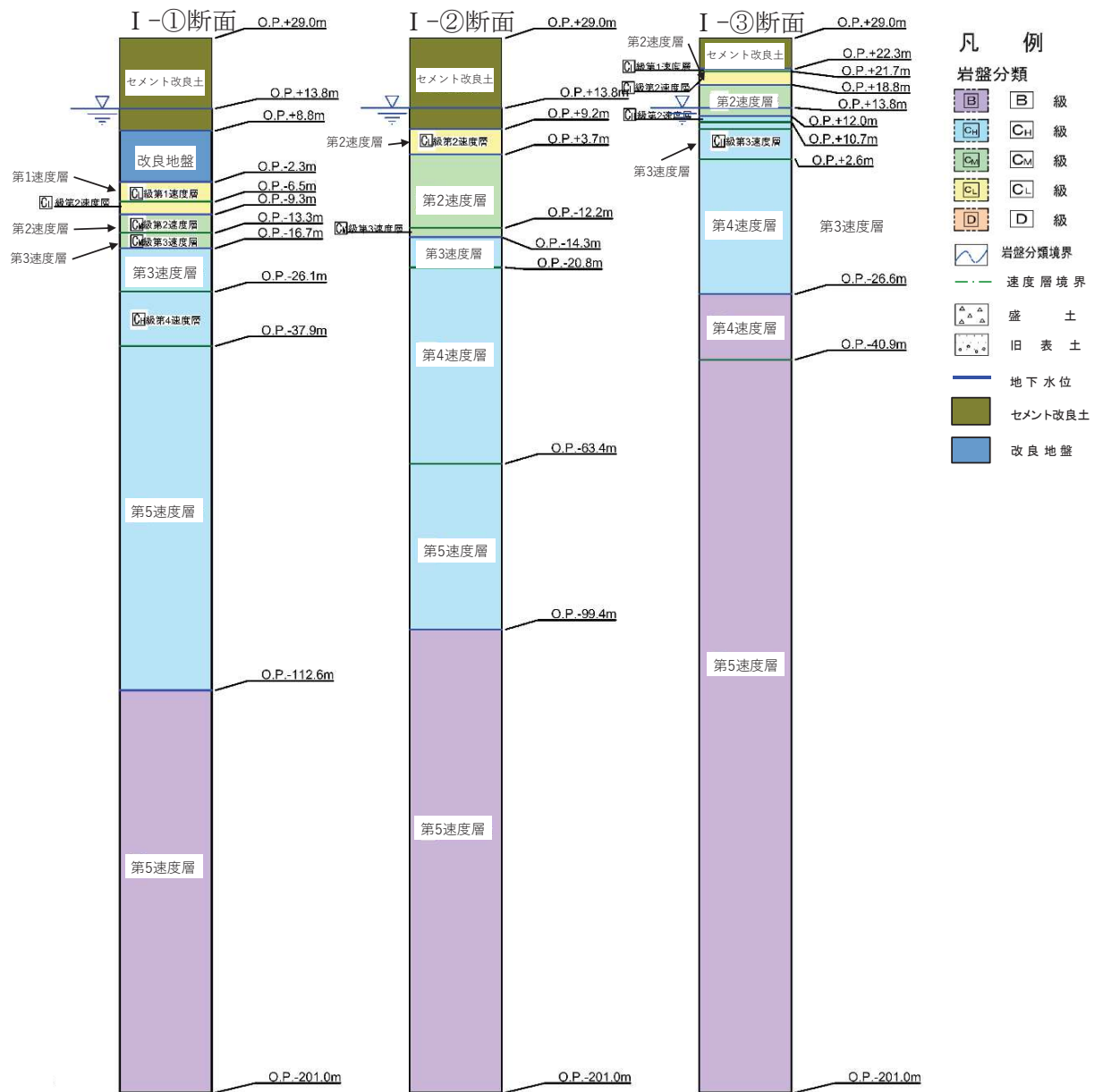


図 3-5 地点Bの一次元地震応答解析モデル図

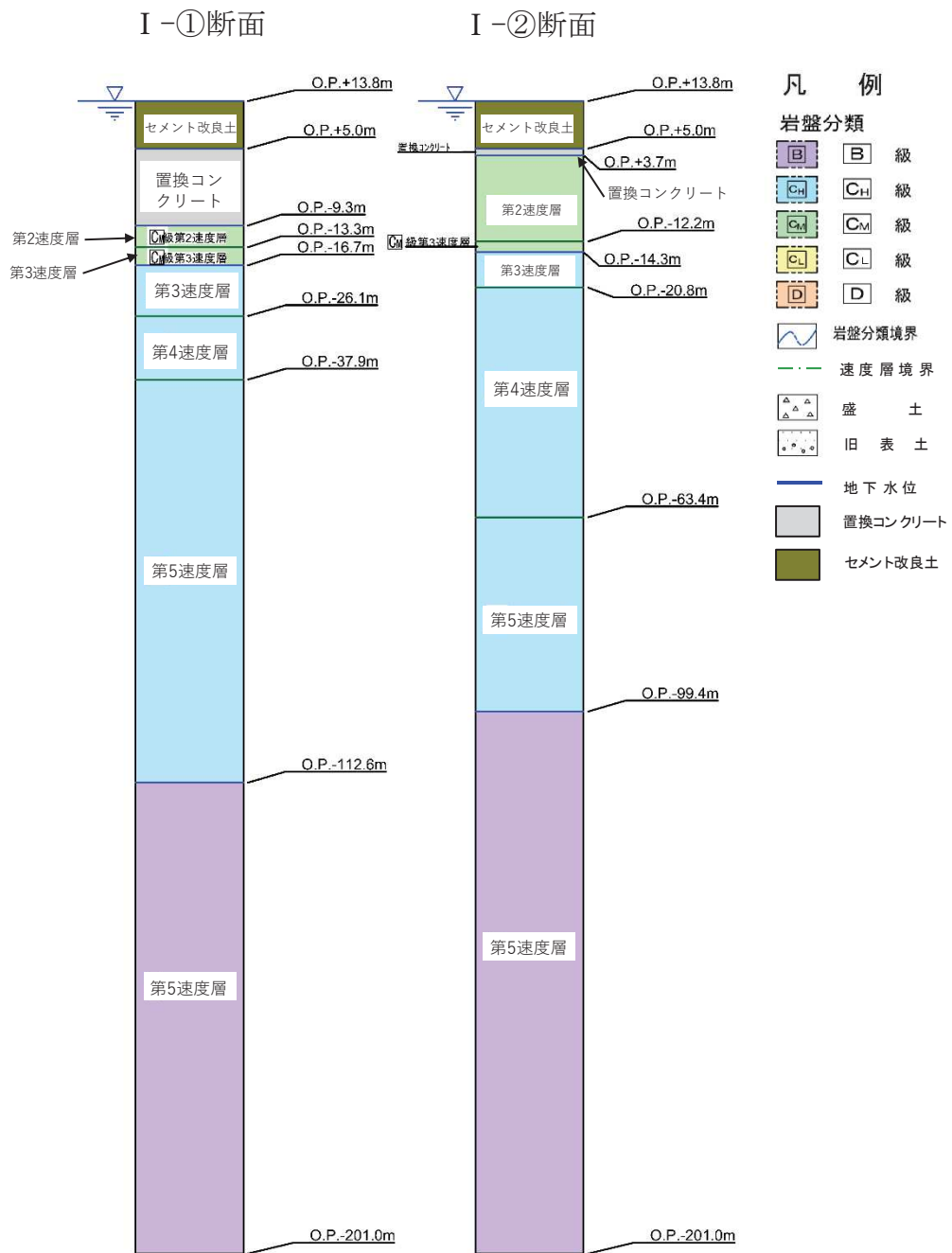


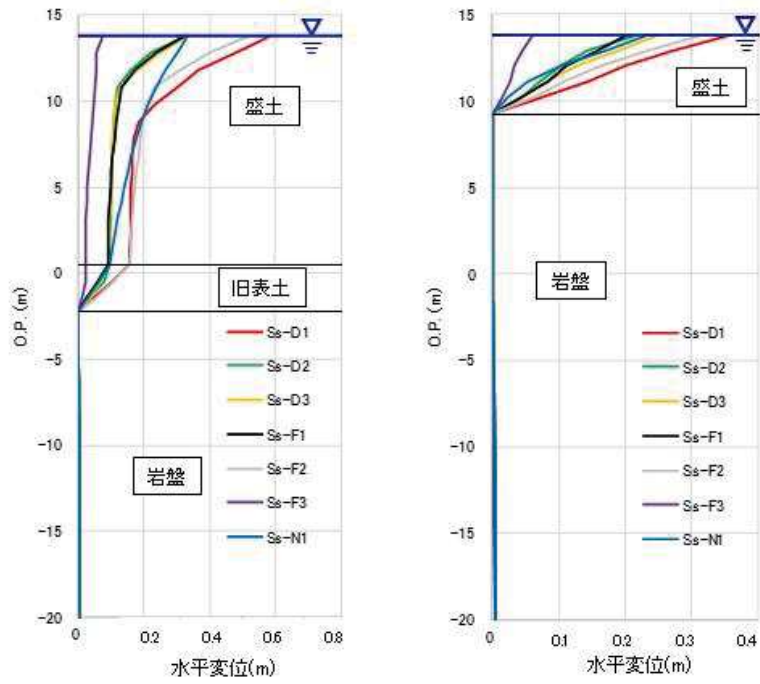
図 3-6 地点 C の一次元地震応答解析モデル図

(3) 地震応答解析結果

I 区間の評価対象断面における地震応答解析結果を表 3-1 に，地点 A の最大水平変位分布を図 3-7，地点 B の最大せん断応力分布を図 3-8，地点 C の最大せん断応力分布を図 3-9 に示す。

表 3-1 I 区間の一次元地震応答解析結果

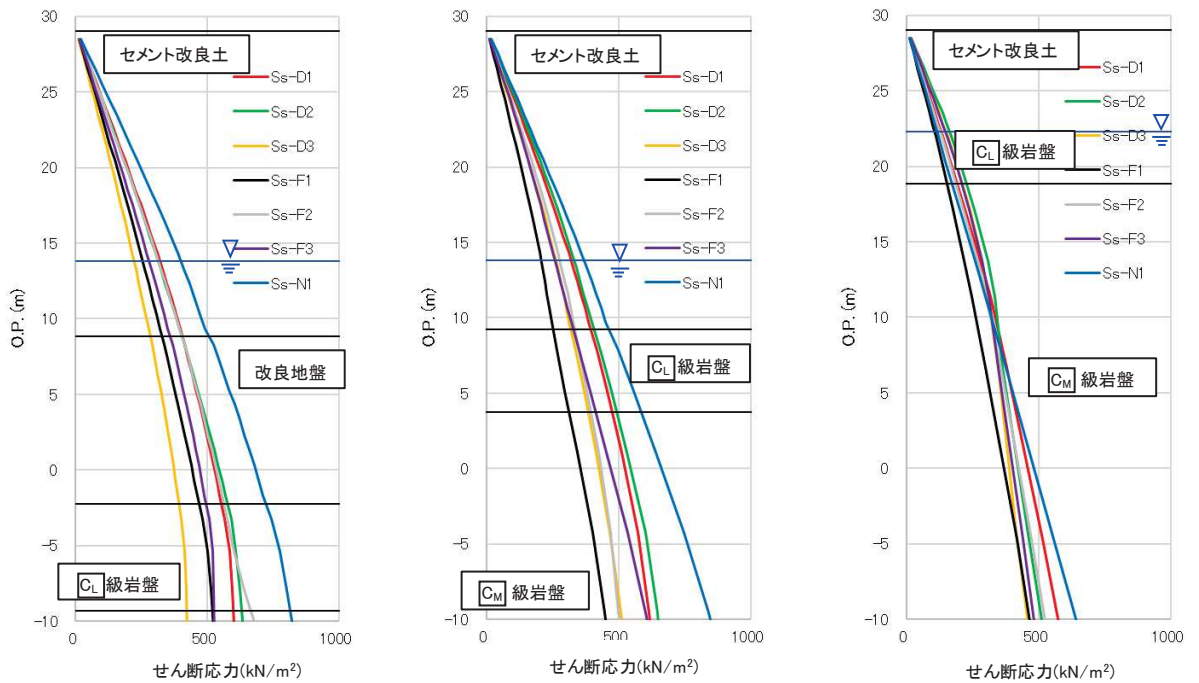
断面		地点A	地点B	地点C
		盛土・旧表土	堤体（セメント改良土）	置換コンクリート
		地表面最大水平変位(m)	最大せん断応力(kN/m ²)	最大せん断応力(kN/m ²)
I 区 間	I-①断面	0.589 (S s - D 1)	492 (S s - N 1)	375 (S s - D 2)
	I-②断面	0.360 (S s - D 1)	452 (S s - N 1)	201 (S s - D 1)
	I-③断面	—	153 (S s - D 2)	—



I-①断面

I-②断面

図 3-7 盛土堤防 I 区間における最大水平変位分布 (地点 A)

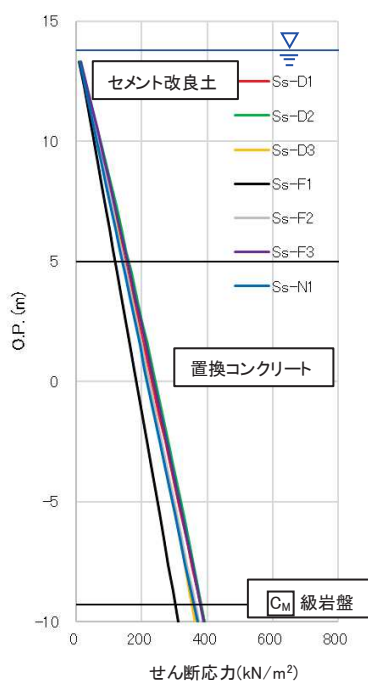


I-①断面

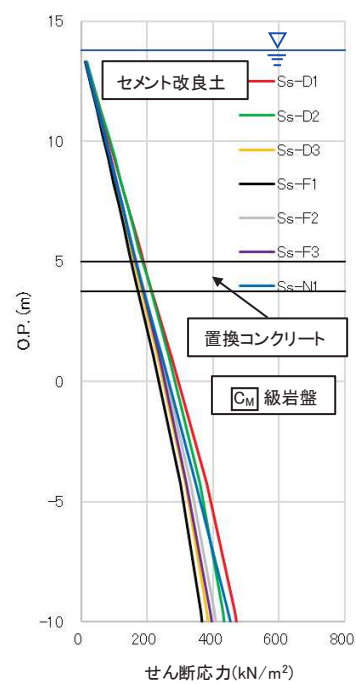
I-②断面

I-③断面

図 3-8 盛土堤防 I 区間における地点 B での最大せん断応力分布



I - ①断面



I - ②断面

図 3-9 盛土堤防の評価候補断面における地点Cでの最大せん断応力分布

(参考資料2) 防潮堤(鋼管式鉛直壁)のうち一般部の各部位の性能目標

1. 各部位の役割

防潮堤(鋼管式鉛直壁)のうち一般部の各部位の役割を表1-1に示す。

表1-1 鋼管式鉛直壁(一般部)の各部位の役割

	部位の名称	地震時の役割	津波時の役割
施設	鋼管杭(長杭)	・鋼製遮水壁を支持する。	・鋼製遮水壁を支持する。
	鋼管杭(短杭)	・鋼製遮水壁を支持する。	・鋼製遮水壁を支持する。
	鋼製遮水壁	・止水ジョイントを支持する。	・止水ジョイントを支持するとともに、遮水性を保持する。
	止水ジョイント	・鋼製遮水壁間の変位に追従する。	・鋼製遮水壁間の変位に追従し、遮水性を保持する。
	背面補強工	・長杭・短杭の変形を抑制する。	・遮水性を保持する。 ・長杭・短杭の変形を抑制する。
	置換 コンクリート	・コンクリート強度を考慮して基礎地盤のすべり安定性を確保する。 ・長杭・短杭の変形を抑制する。	・長杭・短杭の変形を抑制する。 ・地盤中からの回り込みによる浸水を防止する(難透水性を保持する)。
地盤	セメント 改良土	・長杭・短杭の変形を抑制する。	・長杭・短杭の変形を抑制する。 ・地盤中からの回り込みによる浸水を防止する(難透水性を保持する)。 ・津波荷重を置換コンクリート等を介して岩盤に伝達する。
	改良地盤	・短杭及び背面補強工を鉛直支持する(下方の岩盤に荷重を伝達する)。 ・基礎地盤のすべり安定性に寄与する。 ・長杭・短杭の変形を抑制する。	・短杭及び背面補強工を鉛直支持する(下方の岩盤に荷重を伝達する)。 ・長杭・短杭の変形を抑制する。 ・地盤中からの回り込みによる浸水を防止する(難透水性を保持する)。
	岩盤	・長杭・短杭、背面補強工及び置換コンクリートを(改良地盤を介して)鉛直支持する。 ・基礎地盤のすべり安定性に寄与する。	・長杭・短杭、背面補強工及び置換コンクリートを(改良地盤を介して)鉛直支持する。

2. 各部位の性能目標と照査項目

1. の役割に対する性能目標を表 2-1 に、性能目標に基づく照査項目を表 2-2 に示す。

表 2-1 鋼管式鉛直壁（一般部）の各部位の役割に対する性能目標

部位		性能目標			
		鉛直支持 (第3条)	すべり安定性 (第3条)	健全性 (鋼管杭の変形抑制) (第4条)	止水性 (漏水性、難透水性) (第5条)
施設	鋼管杭	-	-	構造部材の健全性を保持するために、鋼管杭がおおむね弾性状態に留まること。	構造部材の健全性を保持するために、鋼管杭がおおむね弾性状態に留まること。
	鋼製遮水壁			構造部材の健全性を保持するために、鋼製遮水壁がおおむね弾性状態に留まること。	止水目地の支持機能を喪失して鋼製遮水壁間から有意な漏えいを生じないために、鋼製遮水壁がおおむね弾性状態に留まること。
	止水目地			鋼製遮水壁間から有意な漏えいを生じないために、止水目地の変形性能を保持すること。	鋼製遮水壁間から有意な漏えいを生じないために、止水目地の変形・遮水性能を保持すること。
	背面補強工			鋼管杭の変形を抑制するため、背面補強工がすべり破壊しないこと(内的安定を保持)。	背面補強工内に鋼管杭を横断する水みちが形成されて有意な漏洩を生じないために、背面補強工がすべり破壊しないこと(内的安定を保持)。
	置換コンクリート			基礎地盤のすべり安定性を確保するため、コンクリートの強度を維持し、すべり抵抗を保持すること。	鋼管杭の変形を抑制するため、置換コンクリートがすべり破壊しないこと(内的安定を保持)。
地盤	セメント改良土	-	基礎地盤のすべり安定性を確保するため、置換コンクリートのすべり抵抗も考慮した上で、十分なすべり安定性を保持すること。	鋼管杭の変形を抑制するため、セメント改良土がすべり破壊しないこと(内的安定を保持)。	地盤中からの回り込みによる浸水を防止(難透水性を保持)するため、セメント改良土がすべり破壊しないこと(内的安定を保持)。
	改良地盤	鋼管杭及び背面補強工を鉛直支持するため、十分な支持力を保持すること。		鋼管杭の変形を抑制するため、改良地盤がすべり破壊しないこと(内的安定を保持)。	地盤中からの回り込みによる浸水を防止(難透水性を保持)するため、改良地盤がすべり破壊しないこと(内的安定を保持)。
	岩盤	鋼管杭、背面補強工及び置換コンクリートを鉛直支持するため、十分な支持力を保持すること。		-	-

表 2-2 鋼管式鉛直壁（一般部）の各部位の照査項目と許容限界
（上段：照査項目，下段：許容限界）

部位		照査項目と許容限界			
		鉛直支持 (第3条)	すべり安定性 (第3条)	健全性 (鋼管杭の変形抑制) (第4条)	止水性 ^{※1} (遮水性, 難透水性) (第5条)
施設	鋼管杭	-	-	曲げ, せん断 (短期許容応力度以下)	
	鋼製遮水壁			曲げ, せん断 (短期許容応力度以下)	
	止水目地			変形 (許容変形量以下)	変形・水圧 (許容変形量・許容水圧以下)
	背面補強工			すべり安全率 ^{※4, 5} (1.2以上)	
	置換コンクリート			- ^{※2} すべり安全率 ^{※4, 5} (1.2以上)	
地盤	セメント改良土	-	すべり安全率 ^{※3} (基礎地盤)	すべり安全率 ^{※4} (1.2以上)	
	改良地盤	支持力 (極限支持力以下)		すべり安全率 ^{※4} (1.2以上)	
		岩盤		支持力 (極限支持力以下)	-

- ※1：施設及び地盤を含む範囲の浸透流解析により，置換コンクリート，改良地盤及びセメント改良土の透水係数を保守的に考慮しても津波の滞水時間中に敷地に浸水しないことを確認する。
- ※2：置換コンクリートがすべり破壊しないことを第4・5条で確認するため，第3条においては，岩盤及び改良地盤を通るすべり線のすべり安全率を確認する。
- ※3：第3条のすべり安全率は施設の外的安定の確認を目的としており，「基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価に係る審査ガイド」に基づいて1.5以上を許容限界とする。
- ※4：第4条・第5条のすべり安全率は各部位の内的安定の確認を目的としており，「耐津波設計に係る工認審査ガイド」を準用して1.2以上を許容限界とする。
- ※5：地盤と施設を連成した2次元FEM解析により，各要素の破壊状況についても確認し，必要に応じて破壊の進展を考慮した検討（非線形解析等）を行う。