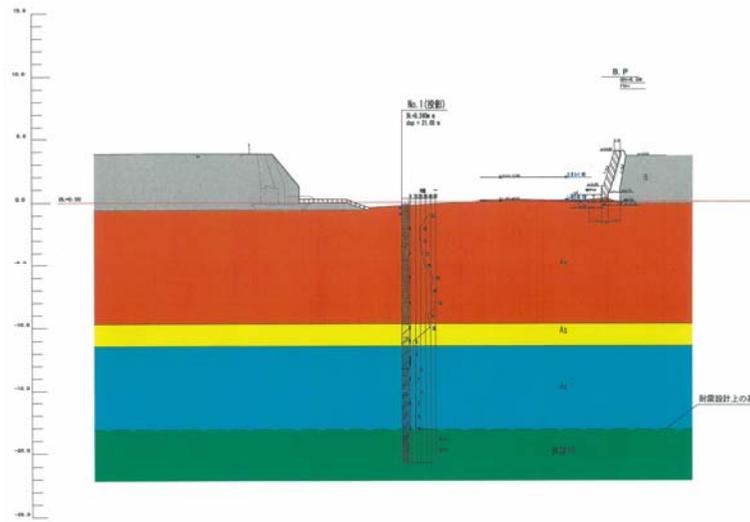
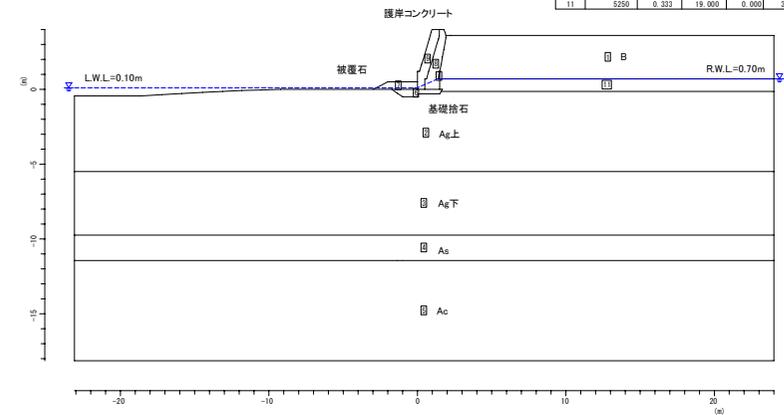


I. モデルの詳細

図-I.1 解析断面



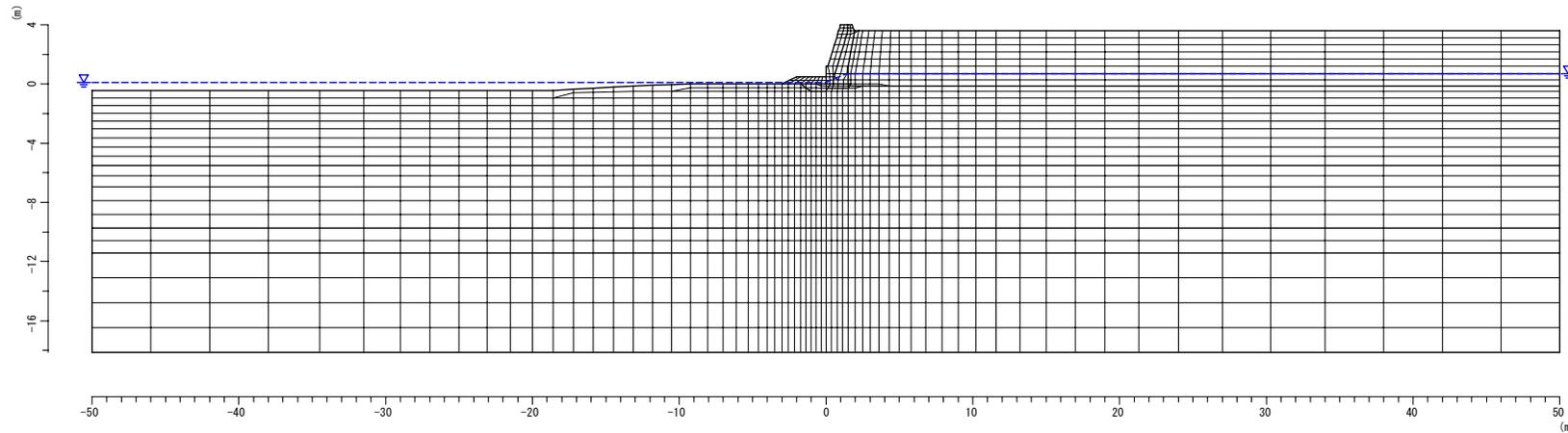
〇〇港護岸 残留変形解析  
土質ブロック図

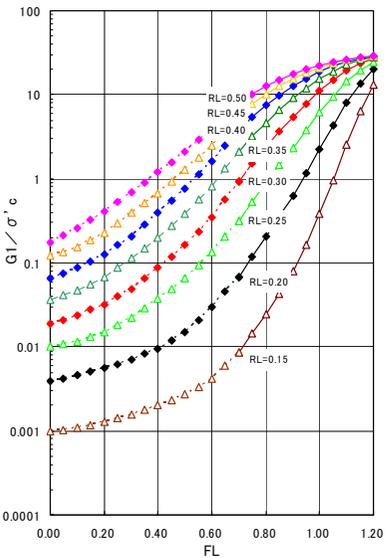
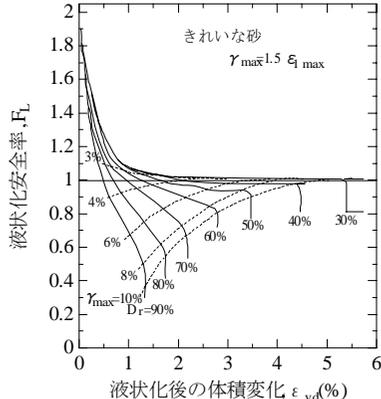
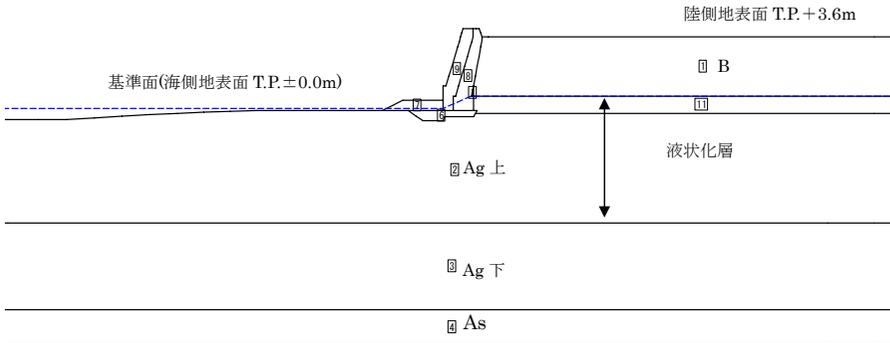


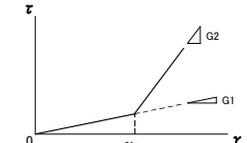
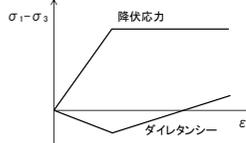
土質番号	せん断剛性係数 (kN/m <sup>2</sup> )	ポアソン比	単位重量 (kN/m <sup>3</sup> )	粘着力 (kN/m <sup>2</sup> )	せん断摩擦角 (度)
1	5250	0.333	19.000	0.000	30.0
2	24610	0.333	20.000	0.000	39.0
3	41690	0.333	20.000	0.000	39.0
4	17120	0.333	19.000	0.000	34.0
5	15380	0.333	19.400	71.500	0.0
6	36710	0.333	20.000	0.000	40.0
7	35040	0.333	18.000	0.000	40.0
8	10710000	0.167	24.000	0.000	0.0
9	10710000	0.167	24.000	0.000	0.0
11	5250	0.333	19.000	0.000	30.0

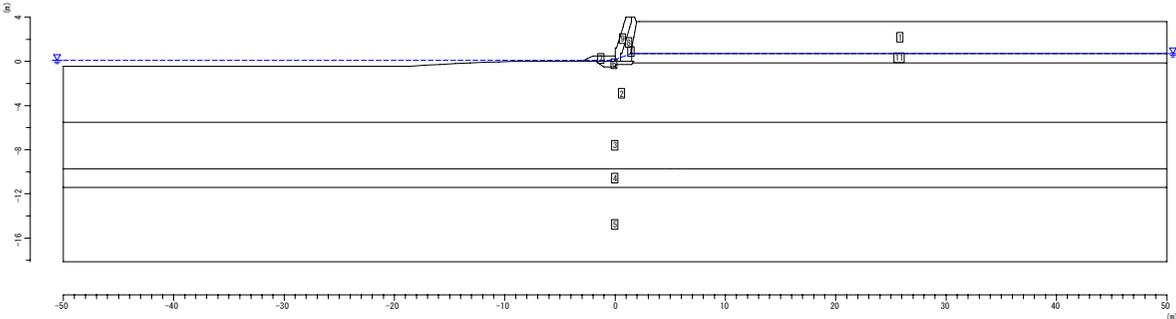
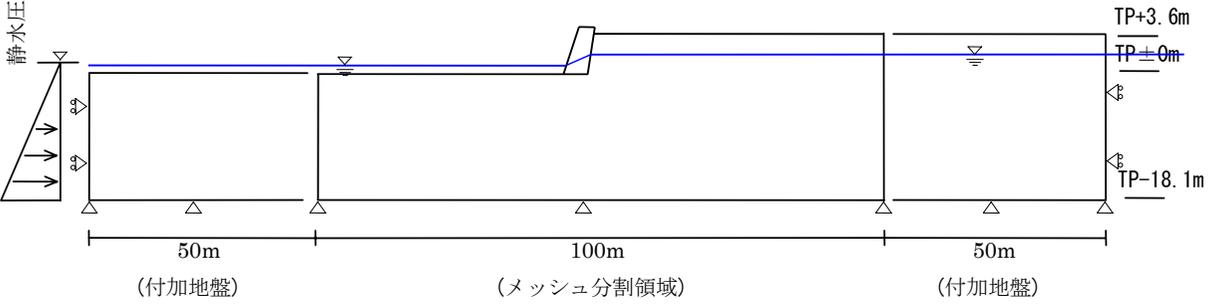
縮尺：1/200 工事番号：5

図-I.2 FEM解析メッシュ

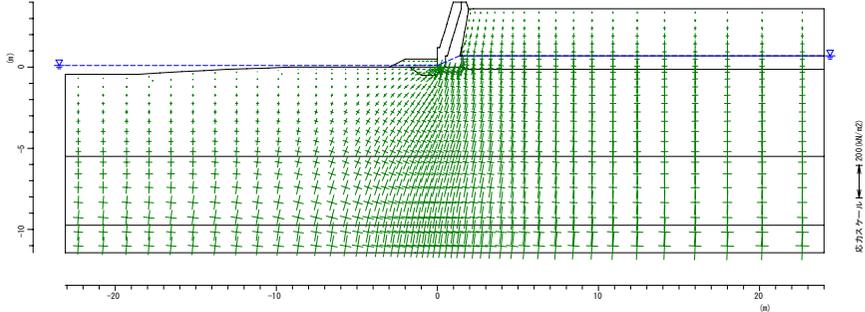
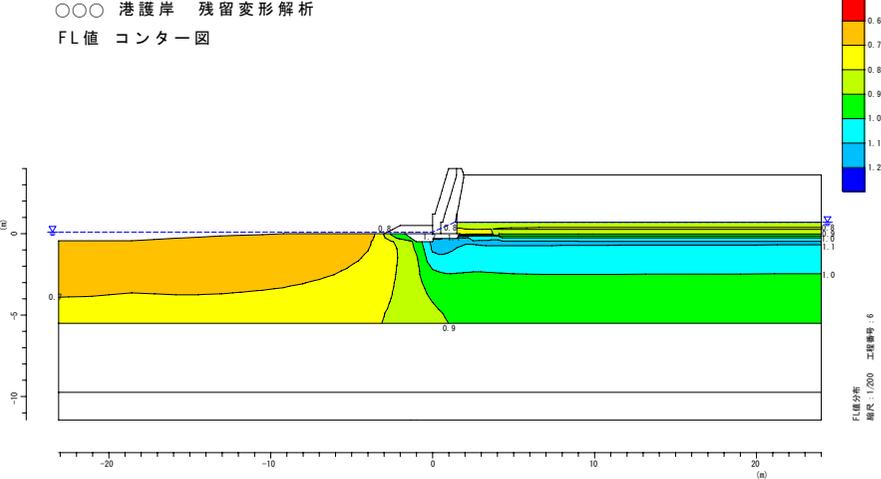


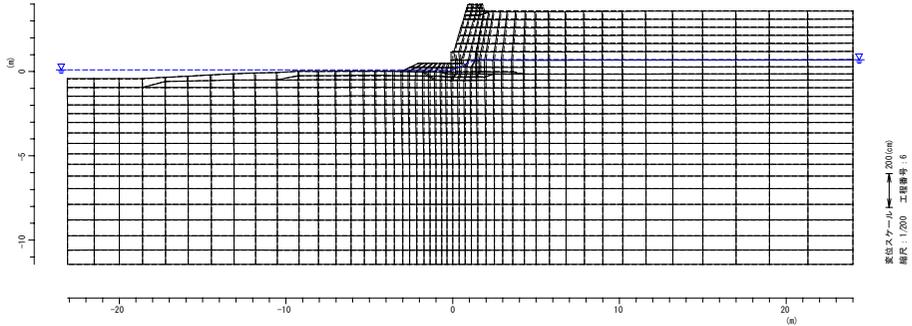
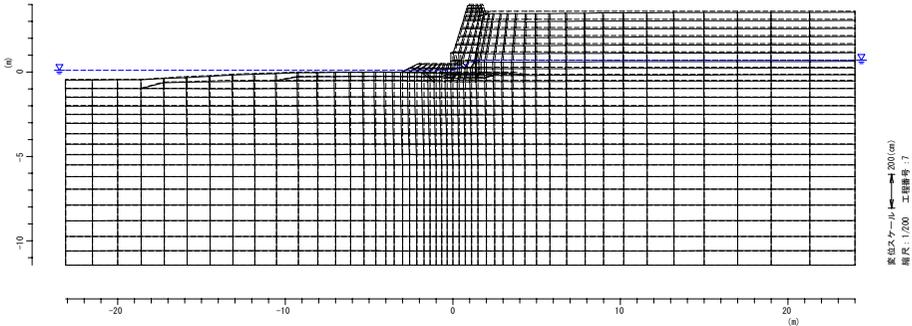
解析手法	<p>①液状化時の流動変形解析</p>	<p>液状化によって低下した剛性を用い、応力解放法(静的FEM)によって流動・沈下変形量を求める手法である。 液状化による低下剛性は安田・稲垣の関係図(図-I.3)により設定し、解析は非排水条件で行う。 液状化層の繰返し三軸強度比<math>RL_{20}</math>は、層別の平均値を設定する。</p>	  <p>図-I.3 安田・稲垣による低下せん断剛性 図-I.4 過剰間隙水圧消散後の体積ひずみとFL、Drの関係</p>
	<p>②液状化後の過剰水圧消散による沈下解析</p>	<p>過剰間隙水圧の消散に伴って生じる沈下量の算定には、石原・吉嶺による実験関係図(図-I.4)を用いる。 同図は、過剰間隙水圧の消散に伴う体積ひずみに関する実験結果を整理したものであり、FLおよび相対密度<math>Dr</math>から体積ひずみを求めることができる。</p>	
	<p>残留変位量</p>	<p>残留変位量は①と②を合算して求める。</p>	
<p>液状化の判定</p>	<p>液状化の判定は、『道路橋示方書・耐震編』P00より算定した。  地震時せん断応力比<math>L</math>の深さ方向の低減に際しては、海側地盤面(T.P. ±0.0m)を基準面として深度方向に低減させた。ただし、地盤面が基準面より低い場合(海側)には地盤面を基準面とし、地盤面が基準面より高い場合(陸側)は基準面より上位の土層内では一定であると仮定した。  液状化対象層はT.P. -5.5mより上位のAg層(Ag上)および地下水面以下の埋土層(B)である。  Ag層は液状化特性(RL)の分布に基づきT.P. -5.5mで上下2層に細分した。</p>	 <p>図-I.5 液状化判定時の地震時せん断応力比低減の基準面</p>	

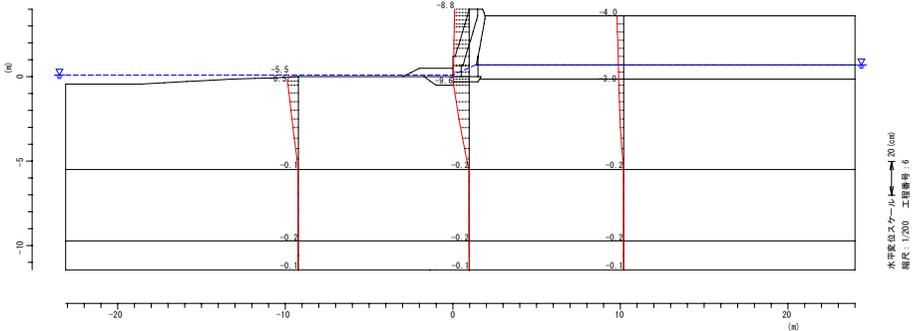
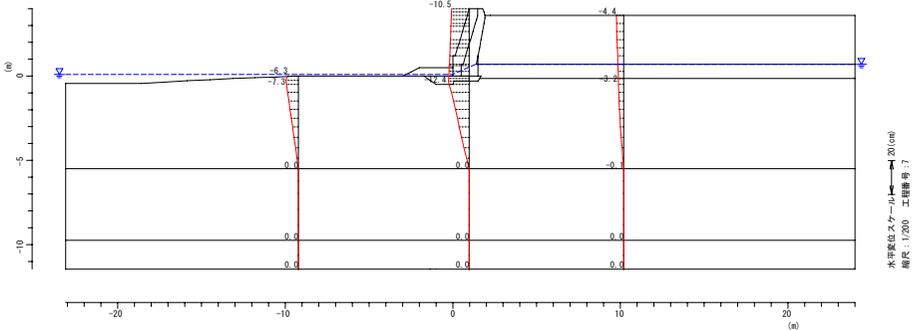
検 討 条 件  適用モデルと 地盤定数	地盤種別	地盤種別は『道路橋示方書・耐震編』P25より算出した。 右記に示すとおり $T_G=0.186$ となり I 種地盤に区分される。	表-I.1 耐震性能照査上の地盤種別	表-I.2 地盤特性値算定																																																																																																																																																																																																																										
	水平震度	中央防災会議の想定東南海南海地震動を用いた1次元地震応答解析により設定した。(レベル2相当)  水平加速度：海側地表面(T.P. ±0.0m)で338gal	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <th>地盤種別</th> <th>地盤の特性値 <math>T_G</math> (s)</th> </tr> <tr> <td>I 種</td> <td><math>T_G &lt; 0.2</math></td> </tr> <tr> <td>II 種</td> <td><math>0.2 \leq T_G &lt; 0.6</math></td> </tr> <tr> <td>III 種</td> <td><math>0.6 \leq T_G</math></td> </tr> </table>	地盤種別	地盤の特性値 $T_G$ (s)	I 種	$T_G < 0.2$	II 種	$0.2 \leq T_G < 0.6$	III 種	$0.6 \leq T_G$	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <th>層番号</th> <th>土層名</th> <th>層厚H(m)</th> <th>N値</th> <th>Vs(m/s)</th> <th>Hi/Vsi</th> </tr> <tr> <td>1</td> <td>Ag上</td> <td>5.07</td> <td>22.3</td> <td>225</td> <td>0.023</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Ag下</td> <td>4.23</td> <td>39.7</td> <td>273</td> <td>0.016</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>As</td> <td>1.70</td> <td>16.3</td> <td>203</td> <td>0.008</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Ac</td> <td>6.71</td> <td>8.3</td> <td>202</td> <td>0.033</td> </tr> <tr> <td colspan="5" style="text-align: right;"><math>T_G =</math></td> <td>0.186</td> </tr> </table>	層番号	土層名	層厚H(m)	N値	Vs(m/s)	Hi/Vsi	1	Ag上	5.07	22.3	225	0.023	2	Ag下	4.23	39.7	273	0.016	3	As	1.70	16.3	203	0.008	4	Ac	6.71	8.3	202	0.033	$T_G =$					0.186																																																																																																																																																																														
	地盤種別	地盤の特性値 $T_G$ (s)																																																																																																																																																																																																																												
I 種	$T_G < 0.2$																																																																																																																																																																																																																													
II 種	$0.2 \leq T_G < 0.6$																																																																																																																																																																																																																													
III 種	$0.6 \leq T_G$																																																																																																																																																																																																																													
層番号	土層名	層厚H(m)	N値	Vs(m/s)	Hi/Vsi																																																																																																																																																																																																																									
1	Ag上	5.07	22.3	225	0.023																																																																																																																																																																																																																									
2	Ag下	4.23	39.7	273	0.016																																																																																																																																																																																																																									
3	As	1.70	16.3	203	0.008																																																																																																																																																																																																																									
4	Ac	6.71	8.3	202	0.033																																																																																																																																																																																																																									
$T_G =$					0.186																																																																																																																																																																																																																									
液状化層のモデル 液状化時の低下剛性 G1 と回復剛性 G2 を考慮したバイリニア型非線形弾性モデル(図-I.6)を用いた。  非液状化層のモデル 液状化層の液状化に伴い変形が大きくなること、さらにその剛性が液状化層の変形を拘束して影響を及ぼさないように配慮して、簡易弾塑性モデル(図-I.7)を用いた。ただし、Ac層に関しては液状化の影響を受けずほとんど変形しないと考えられるため、線形弾性体を設定した。  表-I.3 に設定した地盤定数の一覧を示す。	地震応答解析結果 地表面加速度：前面(海側、T.P. ±0.0m) 338gal 背面(陸側、T.P. +3.6m) 584gal  陸側地表面での加速度が海側に比較して約150gal大きい結果となったが、埋土層の試験データが少ないため信頼性に劣る。そこで、本検討では海側地表面を耐震性能照査上の地盤面(基準面)に設定した。	 <p style="text-align: center;">図-I.6 液状化層のモデル</p>  <p style="text-align: center;">図-I.7 MC/DP 弾塑性モデル</p>	表-I.3 地盤定数																																																																																																																																																																																																																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">番号</th> <th rowspan="2">土層記号</th> <th rowspan="2">液状化対象層</th> <th colspan="11">地震前</th> <th rowspan="2">液状化時 変更条件 物性モデル</th> <th rowspan="2">液状化後 変更条件 物性モデル</th> </tr> <tr> <th>N 値</th> <th><math>\gamma_t</math> (<math>\text{kN/m}^3</math>)</th> <th>E (<math>\text{kN/m}^2</math>)</th> <th><math>\nu'</math></th> <th>C (<math>\text{kN/m}^2</math>)</th> <th><math>\phi</math> (<math>^\circ</math>)</th> <th colspan="2">応力依存パラメータ</th> <th>ダイレタンシー <math>\phi</math> (<math>^\circ</math>)</th> <th>FC (%)</th> <th>RL20</th> <th>Dr (%)</th> <th>物性モデル</th> </tr> <tr> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th>k</th> <th>n</th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>①</td> <td>B(uns.)</td> <td></td> <td>5.0</td> <td>19.0</td> <td>14,000</td> <td>0.33</td> <td>0.0</td> <td>30.0</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>5.0</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>MC/DP弾・塑性</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>①</td> <td>B</td> <td>○</td> <td>5.0</td> <td>20.0</td> <td>14,000</td> <td>0.33</td> <td>0.0</td> <td>30.0</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>5.0</td> <td>43.0</td> <td>0.292</td> <td>41.1</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>MC/DP弾・塑性</td> <td>(※1)</td> </tr> <tr> <td>②</td> <td>Ag上</td> <td>○</td> <td>22.3</td> <td>20.0</td> <td>62,440</td> <td>0.33</td> <td>0.0</td> <td>39.0</td> <td>150,400</td> <td>0.5</td> <td>14.0</td> <td>14.0</td> <td>0.450</td> <td>94.7</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>MC/DP弾・塑性</td> <td>(※1)</td> </tr> <tr> <td>③</td> <td>Ag下</td> <td></td> <td>39.7</td> <td>20.0</td> <td>111,160</td> <td>0.33</td> <td>0.0</td> <td>39.0</td> <td>159,000</td> <td>0.5</td> <td>14.0</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>MC/DP弾・塑性</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>④</td> <td>As</td> <td></td> <td>16.3</td> <td>19.0</td> <td>45,640</td> <td>0.33</td> <td>0.0</td> <td>34.0</td> <td>55,100</td> <td>0.5</td> <td>9.0</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>MC/DP弾・塑性</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>⑤</td> <td>Ac</td> <td></td> <td>8.3</td> <td>18.4</td> <td>41,010</td> <td>0.33</td> <td>73.5</td> <td>0.0</td> <td>44,200</td> <td>1.0</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>線形弾性</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>⑥</td> <td>基礎捨石</td> <td></td> <td>-</td> <td>20.0</td> <td>97,890</td> <td>0.33</td> <td>0.0</td> <td>40.0</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>15.0</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>MC/DP弾・塑性</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>⑦</td> <td>被覆石</td> <td></td> <td>-</td> <td>18.0</td> <td>88,110</td> <td>0.33</td> <td>0.0</td> <td>40.0</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>15.0</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>MC/DP弾・塑性</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>⑧</td> <td>コンクリート</td> <td></td> <td>-</td> <td>24.0</td> <td>25,000,000</td> <td>0.17</td> <td>-</td> <td>線形弾性</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table> <p>(※1) 低下剛性G1と回復剛性G2を考慮した下に凸のバイリニア弾性モデル                  液状化層は非排水(非体積圧縮を付加)とするため、事実上ポアソン比 <math>\nu=0.5</math> となる                  (※2) 石原による相対密度Dr、液状化抵抗率FLから得られる体積ひずみの関係から体積剛性を求める。                  液状化後はポアソン比 <math>\nu=0.333</math> がとられる</p>					番号	土層記号	液状化対象層	地震前											液状化時 変更条件 物性モデル	液状化後 変更条件 物性モデル	N 値	$\gamma_t$ ( $\text{kN/m}^3$ )	E ( $\text{kN/m}^2$ )	$\nu'$	C ( $\text{kN/m}^2$ )	$\phi$ ( $^\circ$ )	応力依存パラメータ		ダイレタンシー $\phi$ ( $^\circ$ )	FC (%)	RL20	Dr (%)	物性モデル									k	n									①	B(uns.)		5.0	19.0	14,000	0.33	0.0	30.0	-	-	5.0	-	-	-	-	-	MC/DP弾・塑性	-	①	B	○	5.0	20.0	14,000	0.33	0.0	30.0	-	-	5.0	43.0	0.292	41.1	-	-	MC/DP弾・塑性	(※1)	②	Ag上	○	22.3	20.0	62,440	0.33	0.0	39.0	150,400	0.5	14.0	14.0	0.450	94.7	-	-	MC/DP弾・塑性	(※1)	③	Ag下		39.7	20.0	111,160	0.33	0.0	39.0	159,000	0.5	14.0	-	-	-	-	-	MC/DP弾・塑性	-	④	As		16.3	19.0	45,640	0.33	0.0	34.0	55,100	0.5	9.0	-	-	-	-	-	MC/DP弾・塑性	-	⑤	Ac		8.3	18.4	41,010	0.33	73.5	0.0	44,200	1.0	-	-	-	-	-	-	線形弾性	-	⑥	基礎捨石		-	20.0	97,890	0.33	0.0	40.0	-	-	15.0	-	-	-	-	-	MC/DP弾・塑性	-	⑦	被覆石		-	18.0	88,110	0.33	0.0	40.0	-	-	15.0	-	-	-	-	-	MC/DP弾・塑性	-	⑧	コンクリート		-	24.0	25,000,000	0.17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	線形弾性	-
番号	土層記号	液状化対象層	地震前											液状化時 変更条件 物性モデル	液状化後 変更条件 物性モデル																																																																																																																																																																																																															
			N 値	$\gamma_t$ ( $\text{kN/m}^3$ )	E ( $\text{kN/m}^2$ )	$\nu'$	C ( $\text{kN/m}^2$ )	$\phi$ ( $^\circ$ )	応力依存パラメータ		ダイレタンシー $\phi$ ( $^\circ$ )	FC (%)	RL20			Dr (%)	物性モデル																																																																																																																																																																																																													
								k	n																																																																																																																																																																																																																					
①	B(uns.)		5.0	19.0	14,000	0.33	0.0	30.0	-	-	5.0	-	-	-	-	-	MC/DP弾・塑性	-																																																																																																																																																																																																												
①	B	○	5.0	20.0	14,000	0.33	0.0	30.0	-	-	5.0	43.0	0.292	41.1	-	-	MC/DP弾・塑性	(※1)																																																																																																																																																																																																												
②	Ag上	○	22.3	20.0	62,440	0.33	0.0	39.0	150,400	0.5	14.0	14.0	0.450	94.7	-	-	MC/DP弾・塑性	(※1)																																																																																																																																																																																																												
③	Ag下		39.7	20.0	111,160	0.33	0.0	39.0	159,000	0.5	14.0	-	-	-	-	-	MC/DP弾・塑性	-																																																																																																																																																																																																												
④	As		16.3	19.0	45,640	0.33	0.0	34.0	55,100	0.5	9.0	-	-	-	-	-	MC/DP弾・塑性	-																																																																																																																																																																																																												
⑤	Ac		8.3	18.4	41,010	0.33	73.5	0.0	44,200	1.0	-	-	-	-	-	-	線形弾性	-																																																																																																																																																																																																												
⑥	基礎捨石		-	20.0	97,890	0.33	0.0	40.0	-	-	15.0	-	-	-	-	-	MC/DP弾・塑性	-																																																																																																																																																																																																												
⑦	被覆石		-	18.0	88,110	0.33	0.0	40.0	-	-	15.0	-	-	-	-	-	MC/DP弾・塑性	-																																																																																																																																																																																																												
⑧	コンクリート		-	24.0	25,000,000	0.17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	線形弾性	-																																																																																																																																																																																																												

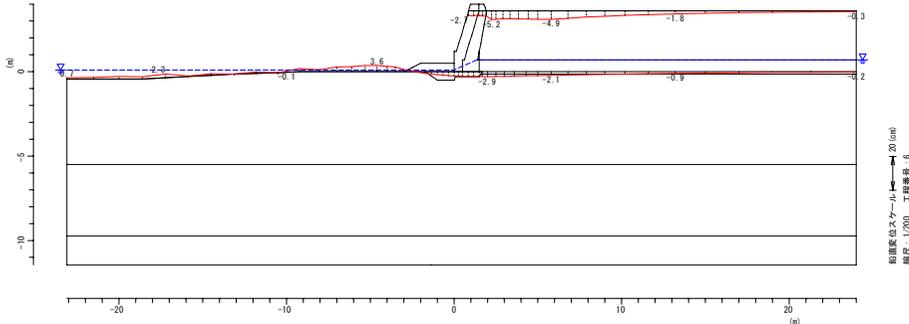
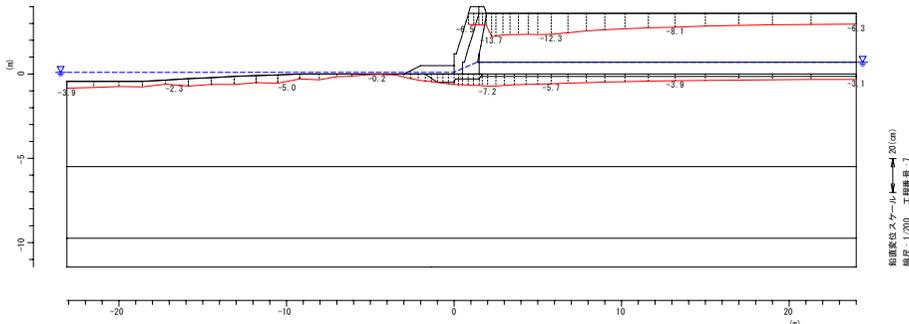
<p style="writing-mode: vertical-rl; text-orientation: upright;">検討条件</p>	<p>解析範囲</p>	<p>鉛直方向に基盤面(T.P. -18.0m)まで、水平方向は護岸部を中心に左右 50m(モデル幅 100m)の範囲をモデル化対象とした。ただし、液状化時の影響範囲を考慮して側方境界に幅 50m の付加地盤を付与したため、実質的なモデル幅は 200m となっている。</p>	 <p style="text-align: center;">図-I.8 解析モデル(全体)</p>
	<p>境界条件</p>	<p>側方境界 幅 50m の付加地盤付与 水平変位固定境界 水位固定境界</p> <p>底面境界 変位固定境界 不透水境界</p>	 <p style="text-align: center;">図-I.9 境界条件(模式図)</p>
	<p>水理条件</p>	<p>海水位(L.W.L.) : T.P. +0.10m 地下水位(R.W.L.) : T.P. +0.70m</p> <p>コンクリート護岸前面～背面までは線形補間した。</p>	

II. 結果の詳細

検討項目	検討結果	摘 要																		
地震前応力分布	<p>地震前の地盤応力状況が精度良く得られるよう配慮し、表-II.1 に示すように全5工程でモデル化した。</p> <p>表-II.1 地震前応力の解析工程モデル</p> <table border="1" data-bbox="385 443 1003 667"> <thead> <tr> <th>番号</th> <th>工程名</th> <th>摘 要</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>①</td> <td>自然堆積地盤</td> <td>Ag層(T.P. ±0.0m)以下を自然堆積地盤として生成</td> </tr> <tr> <td>②</td> <td>護岸基礎部の掘削</td> <td>基礎捨石置換部分の掘削除去</td> </tr> <tr> <td>③</td> <td>護岸基礎部の埋戻し</td> <td>基礎捨石部分の施工(捨石)</td> </tr> <tr> <td>④</td> <td>護岸・埋立て工①</td> <td>護岸と背面埋立て工(T.P. +0.7mまで)</td> </tr> <tr> <td>⑤</td> <td>護岸・埋立て工②</td> <td>護岸と背面埋立て工(T.P. +3.6mまで) 被覆石設置、残留水位設定</td> </tr> </tbody> </table> <p>右記に示すように妥当な応力分布が得られている。</p>	番号	工程名	摘 要	①	自然堆積地盤	Ag層(T.P. ±0.0m)以下を自然堆積地盤として生成	②	護岸基礎部の掘削	基礎捨石置換部分の掘削除去	③	護岸基礎部の埋戻し	基礎捨石部分の施工(捨石)	④	護岸・埋立て工①	護岸と背面埋立て工(T.P. +0.7mまで)	⑤	護岸・埋立て工②	護岸と背面埋立て工(T.P. +3.6mまで) 被覆石設置、残留水位設定	<p>〇〇港護岸 残留変形解析 地震前(常時)主応力図</p>  <p>図-II.1 地震前主応力分布</p>
番号	工程名	摘 要																		
①	自然堆積地盤	Ag層(T.P. ±0.0m)以下を自然堆積地盤として生成																		
②	護岸基礎部の掘削	基礎捨石置換部分の掘削除去																		
③	護岸基礎部の埋戻し	基礎捨石部分の施工(捨石)																		
④	護岸・埋立て工①	護岸と背面埋立て工(T.P. +0.7mまで)																		
⑤	護岸・埋立て工②	護岸と背面埋立て工(T.P. +3.6mまで) 被覆石設置、残留水位設定																		
液状化抵抗率 (FL分布)	<p>FLは海側で0.6~0.9、陸側で概ね0.8以上となった。 陸側はRLの小さい埋土層とT.P. -2.5m以深のAg層が液状化する。 陸側のFLが比較的大きいのは有効上載圧が大きいためである。</p>	<p>〇〇港護岸 残留変形解析 FL値 コンター図</p>  <p>図-II.2 液状化抵抗率FL分布</p>																		

検討項目	検討結果	摘 要
液状化流動		<p data-bbox="1128 272 1400 325">〇〇 港護岸 残留変形解析 液状化流動時変形図</p>  <p data-bbox="1406 783 1637 804">図-Ⅱ.3 液状化時の変形</p>
残留変形 (過剰水圧消散後)		<p data-bbox="1128 887 1400 940">〇〇 港護岸 残留変形解析 過剰水圧消散後変形図</p>  <p data-bbox="1435 1398 1608 1418">図-Ⅱ.4 残留変形</p>

検討項目	検討結果	摘 要
液状化流動時 水平変位		<p>〇〇 港護岸 残留変形解析                      液状化流動時                      水平変位 線分布図</p>  <p>図-Ⅱ.3 液状化時の変形</p>
残留水平変位		<p>〇〇 港護岸 残留変形解析                      過剰水圧消散後                      水平変位 線分布図</p>  <p>図-Ⅱ.4 残留変形</p>

検討項目	検討結果	摘 要
液状化流動時 沈下		<p>〇〇 港護岸 残留変形解析 液状化流動時 鉛直変位 線分布図</p>  <p>図-II.3 液状化時の変形</p>
残留沈下		<p>〇〇 港護岸 残留変形解析 過剰水圧消散後 鉛直変位 線分布図</p>  <p>図-II.4 残留変形</p>