

# 一体構造物の安全性の照査結果 (補足資料)

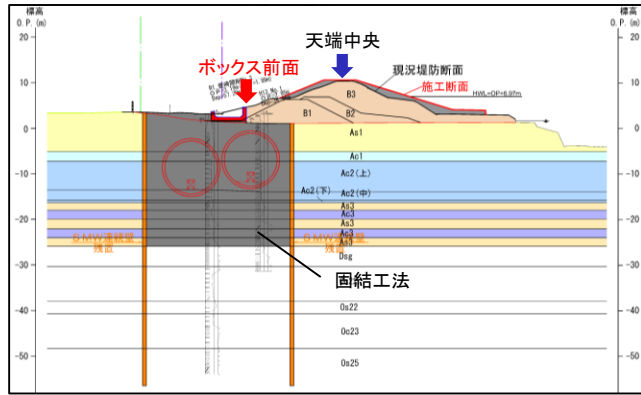
令和 3年 6月 30日

# 浸透作用に対する安全性検証

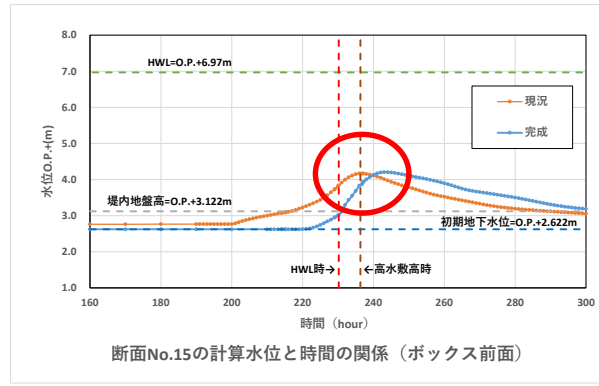
【照査結果】 18-⑤, 19-⑮

① 堤体内の浸潤面位置

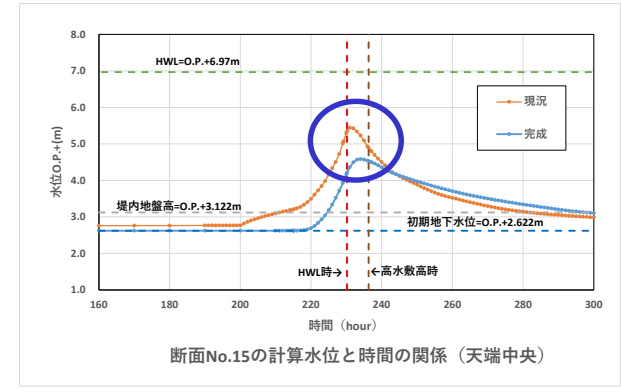
・No.15の完成時のボックス前面(河川側)水位は、照査基準を満足しないため、対策工の検討が必要となる。



No.15完成時の着目水位位置

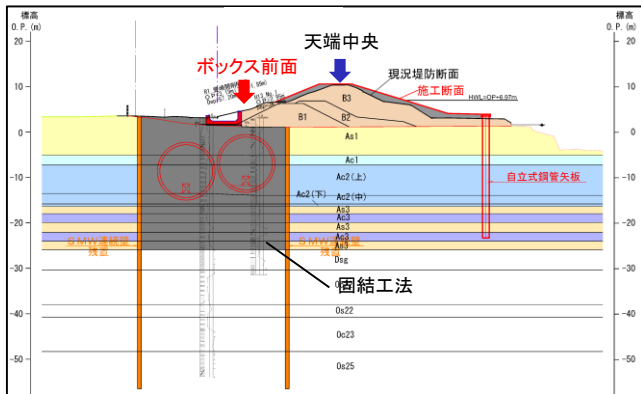


No.15ボックス前面(河川側)の水位と時間の関係図

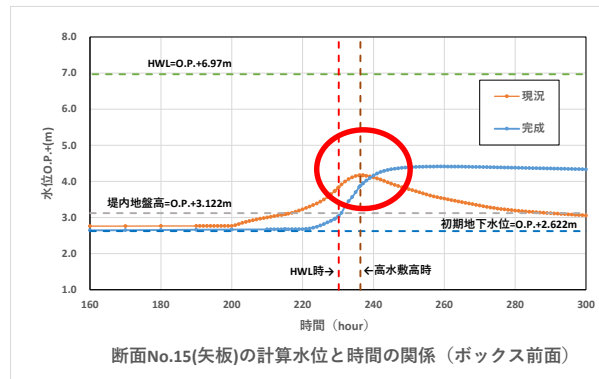


No.15天端中央部の水位と時間の関係図

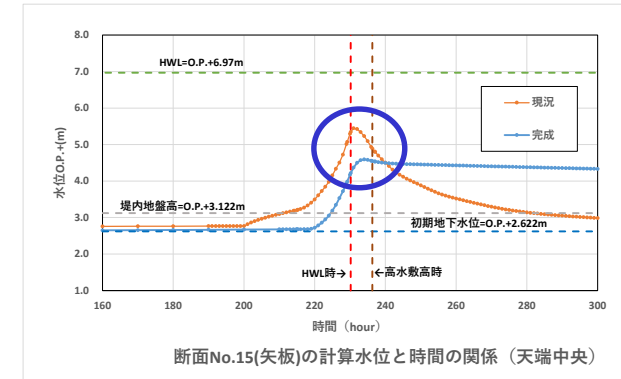
・No.15の完成時(自立式鋼管矢板あり)のボックス前面(河川側)水位は、照査基準を満足しないため、対策工の検討が必要となる。



No.15完成時(自立式鋼管矢板あり)の着目水位位置



No.15ボックス前面(河川側)の水位と時間の関係図



No.15天端中央部の水位と時間の関係図

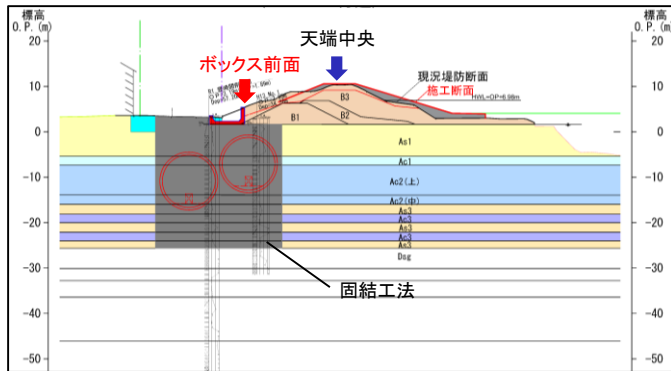
【考察】

- ・No.15の完成時では、ボックスと固結工の遮水効果により、基礎地盤である砂質土層からの堤防への水の流入が増加し、ボックス前面の水位は現況より高くなる。
- ・No.15(自立式鋼管矢板あり)の完成時では、河川水位低下時に川表への排水が遅れて、ボックス前面と天端中央において高い水位が長時間継続する。

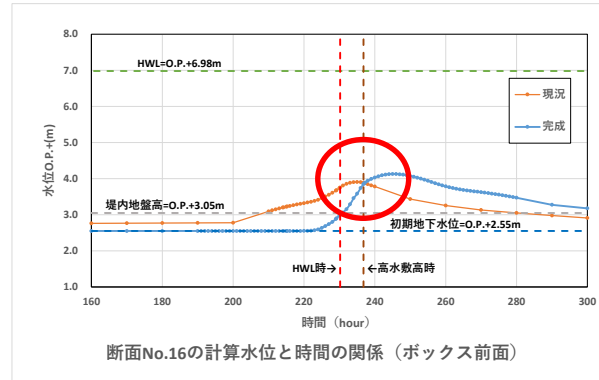
【照査結果】 18-⑤, 19-⑮

①堤体内の浸潤面位置

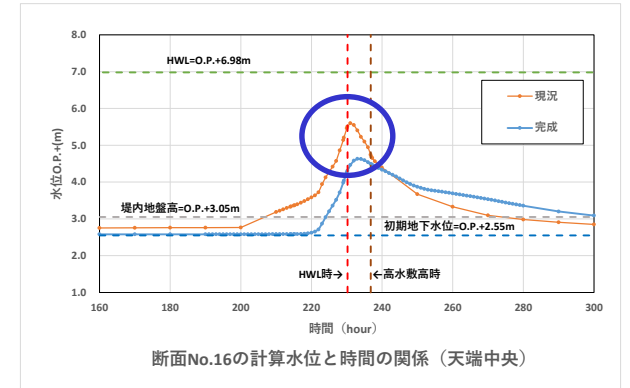
・No.16の完成時のボックス前面(河川側)水位は、照査基準を満足しないため、対策工の検討が必要となる。



No.16完成時の着目水位位置

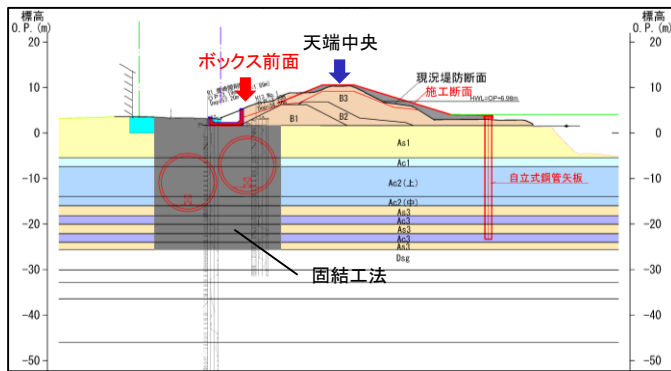


No.16ボックス前面(河川側)の水位と時間の関係図

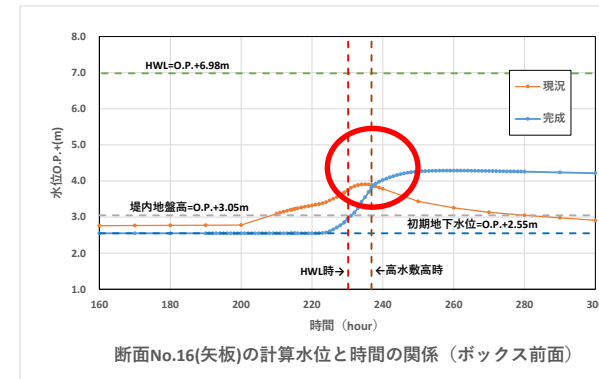


No.16天端中央部の水位と時間の関係図

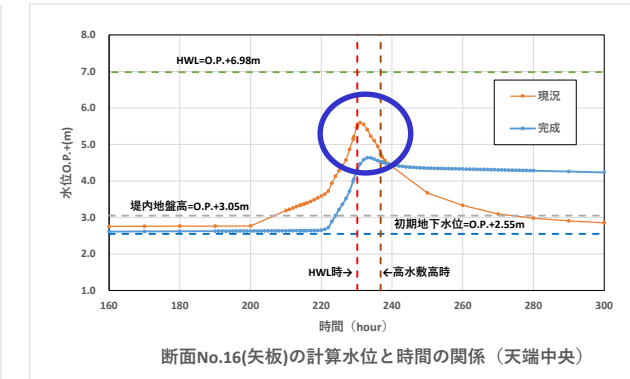
・No.16の完成時(自立式鋼管矢板あり)のボックス前面(河川側)水位は、照査基準を満足しないため、対策工の検討が必要となる。



No.16完成時(自立式鋼管矢板あり)の着目水位位置



No.16ボックス前面(河川側)の水位と時間の関係図



No.16天端中央部の水位と時間の関係図

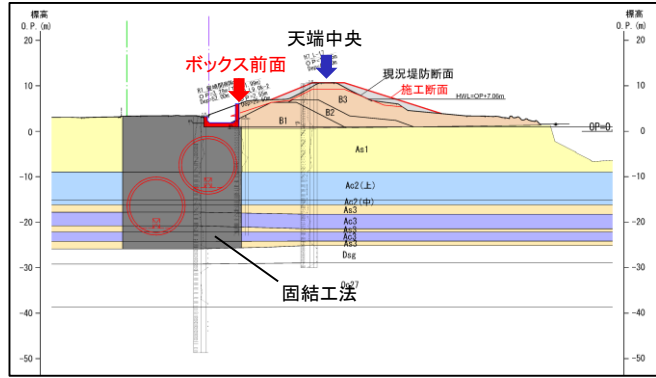
【考察】

- ・No.16の完成時では、ボックスと固結工の遮水効果により、基礎地盤である砂質土層からの堤防への水の流入が増加し、ボックス前面の水位は現況より高くなる。
- ・No.16(自立式鋼管矢板あり)の完成時では、河川水位低下時に川表への排水が遅れることで、ボックス前面と天端中央において高い水位が長時間継続する。

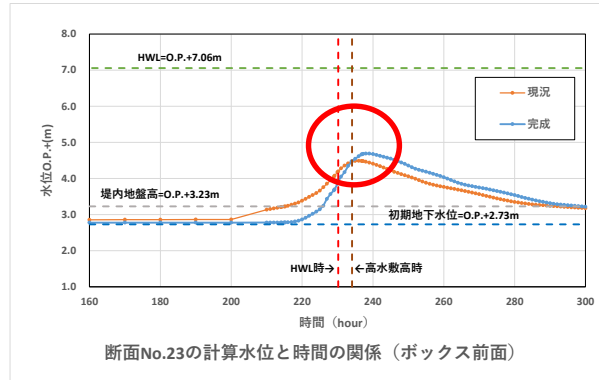
【照査結果】 18-⑤, 19-⑮

①堤体内の浸潤面位置

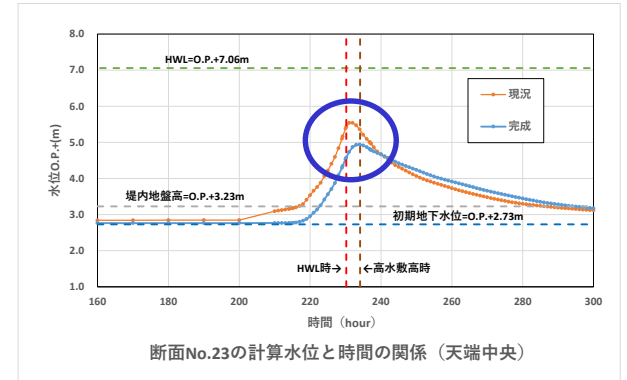
・No.23の完成時のボックス前面(河川側)水位は、照査基準を満足しないため、対策工の検討が必要となる。



No.23完成時の着目水位位置



No.23ボックス前面(河川側)の水位と時間の関係図



No.23天端中央部の水位と時間の関係図

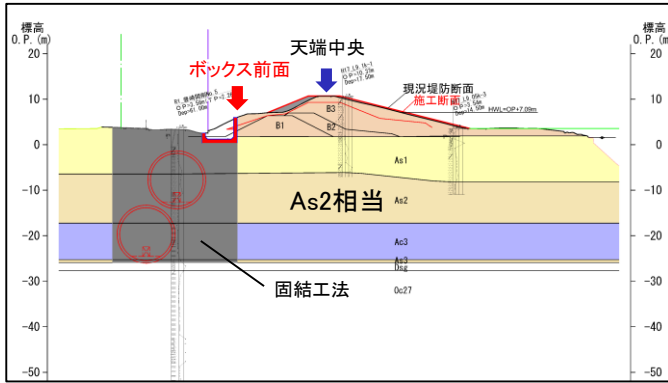
【考察】

・No.23の完成時では、ボックスと固結工の遮水効果により、基礎地盤である砂質土層からの堤防への水の流入が増加し、ボックス前面の水位は現況より高くなる。

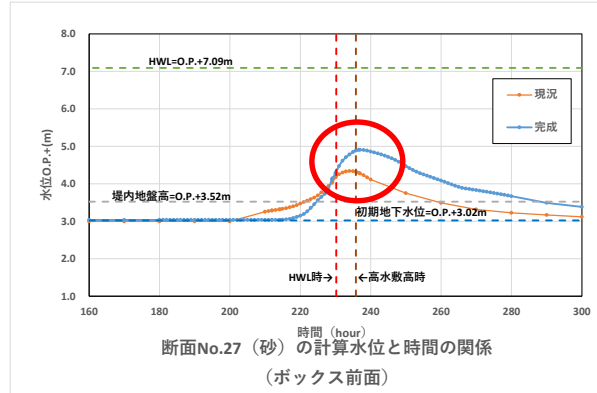
【照査結果】 18-⑤, 19-⑮

① 堤体内の浸潤面位置

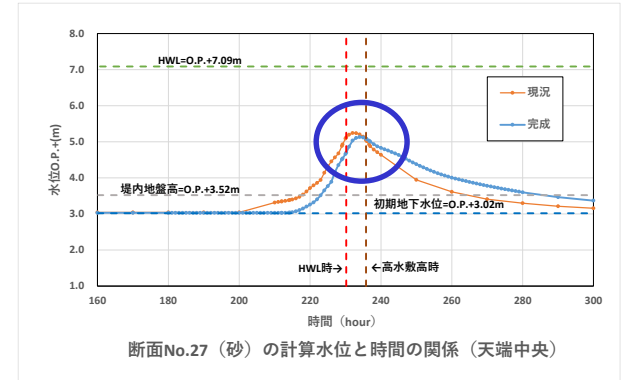
・No.27(砂質土)の完成時のボックス前面(河川側)水位は、照査基準を満足しないため、対策工の検討が必要となる。



No.27完成時(砂質土)の着目水位位置

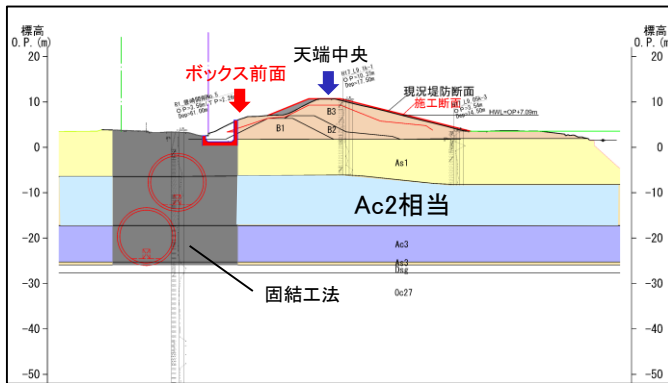


No.27ボックス前面(河川側)の水位と時間の関係図

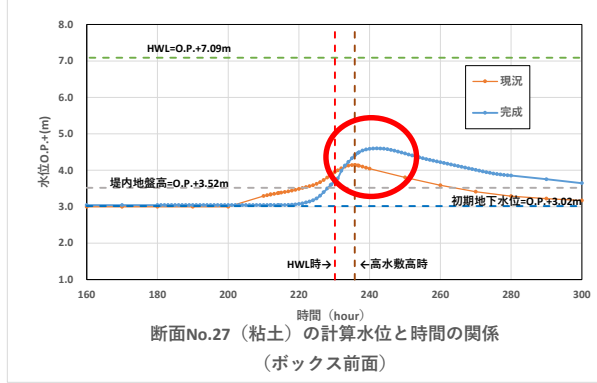


No.27天端中央部の水位と時間の関係図

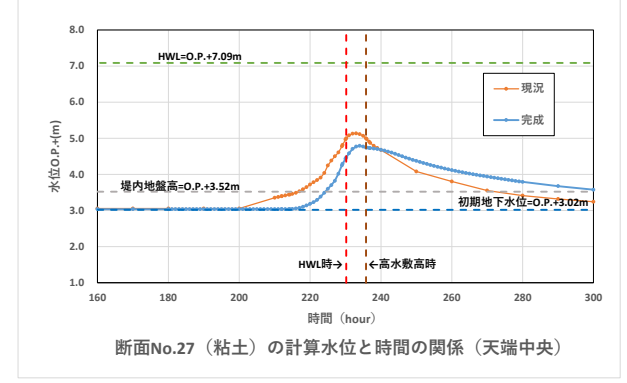
・No.27の完成時(粘性土)のボックス前面(河川側)水位は、照査基準を満足しないため、対策工の検討が必要となる。



No.27完成時(粘性土)の着目水位位置



No.27ボックス前面(河川側)の水位と時間の関係図



No.27天端中央部の水位と時間の関係図

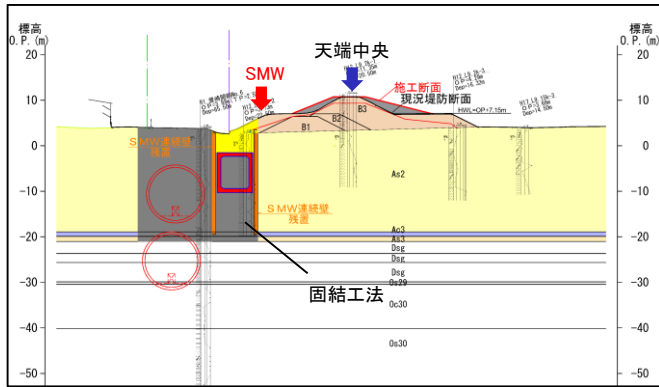
【考察】

・No.27の完成時では、基礎地盤の砂質土層厚が厚いケースにおいて、基礎地盤から堤体への浸透水が多くなるため、堤体内の浸潤面が高くなる。

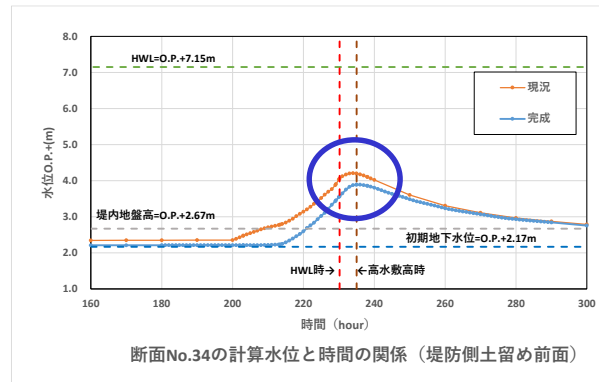
【照査結果】 18-⑤, 19-⑮

① 堤体内の浸潤面位置

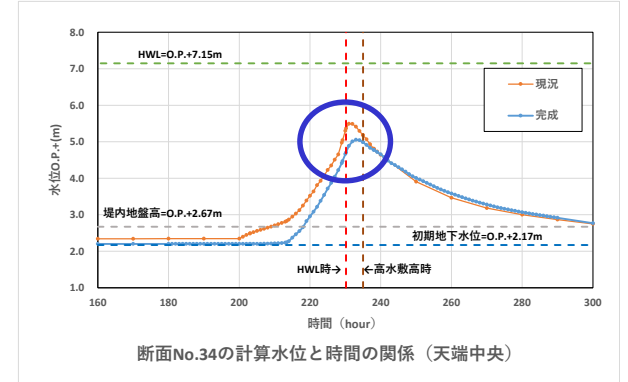
・No.34の完成時の水位は、SMW前面と堤防天端中央において照査基準を満足する。



No.34完成時の着目水位位置

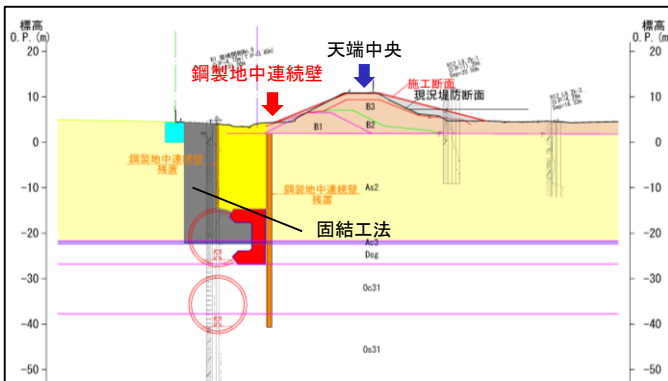


No.34SMW前面(河川側)の水位と時間の関係図

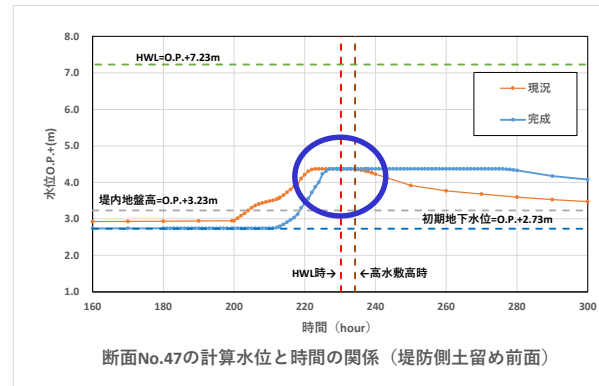


No.34天端中央部の水位と時間の関係図

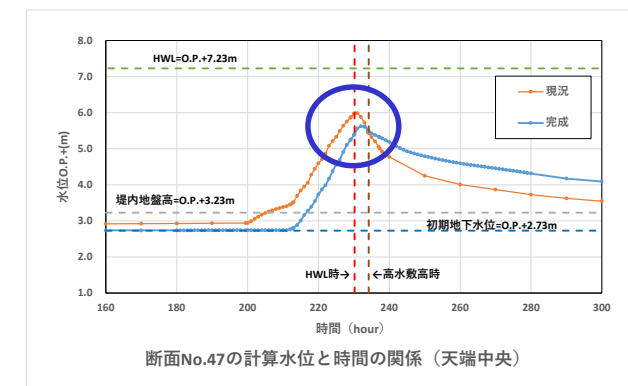
・No.47の完成時の水位は、鋼製地中連続壁前面と堤防天端中央において照査基準を満足する。



No.47完成時の着目水位位置



No.47鋼製地中連続壁前面(河川側)の水位と時間の関係図



No.47天端中央部の水位と時間の関係図

【考察】

- ・No.34の完成時では、堤防法尻部に道路構造物がないため、堤防内への水位上昇の影響は少ない。
- ・No.47の完成時では、鋼製地中連続壁の遮水効果により堤内側への通水が行われないため、鋼製地中連続壁前面の水位上昇が長時間続く状態となる。

前述のとおり、浸透作用に対する安全性検証のうち、「①堤体内の浸潤面位置」については照査基準を満足しない結果となった。延伸部の現況堤防はのり尻ドレーンが整備されているため、現況の堤体内水位は淀川左岸線(2期)区間と比べて低くなり、照査基準がより厳しくなったと考えられる。以上を踏まえて、堤体内の浸潤面の上昇を抑制するための対策工法の検討フローを以下に示す。

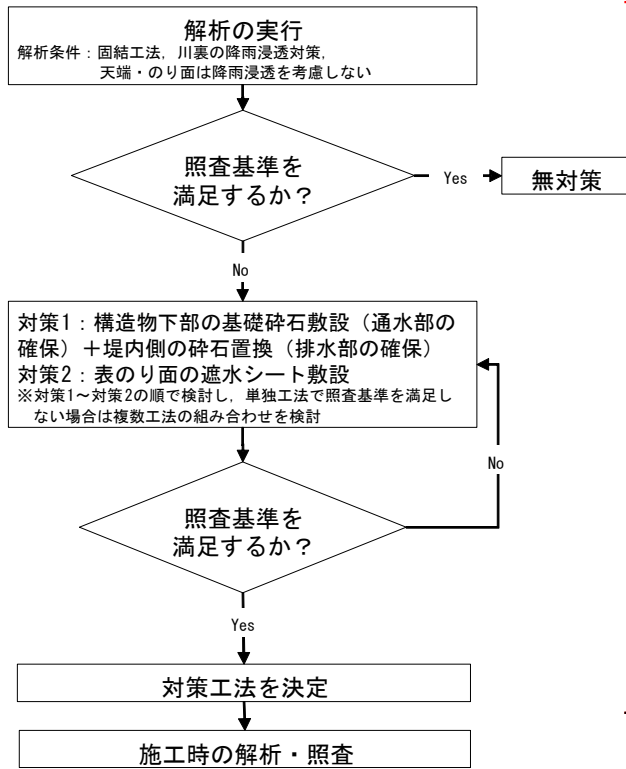
● 検討事項

地下水流動阻害(堤体内浸潤面の上昇)による水みち発生 (18-⑤, 19-⑮)

● 照査基準

ボックス前面位置および堤防天端中央位置での水位について

完成時の水位 ≤ 現況の水位

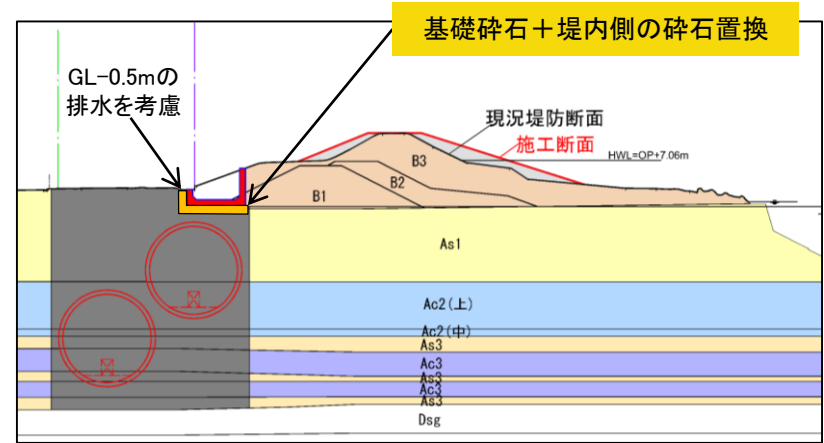


第3回報告  
(現況・完成時)

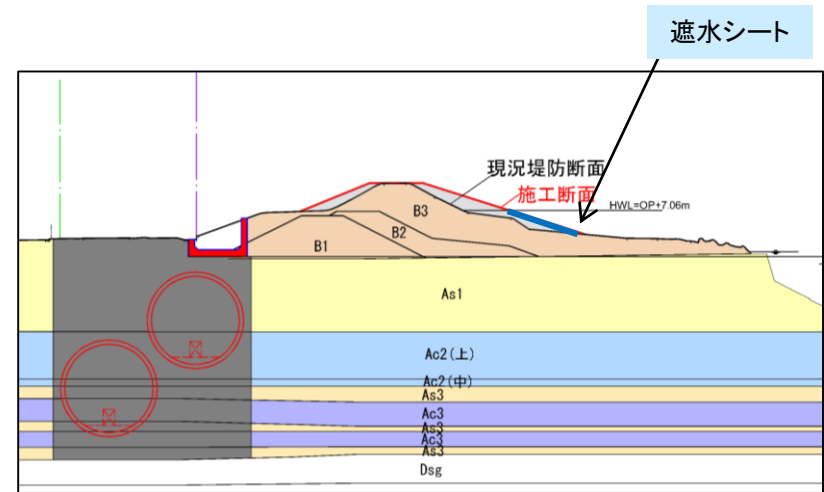
第4回報告  
(施工時)

※無対策は、淀川左岸線(2期)区間で行った対策を前提として解析を実施(天端舗装, 川裏の降雨浸透対策)

対策工法の検討フロー



対策1 構造物下部の基礎砕石敷設+堤内側の砕石置換



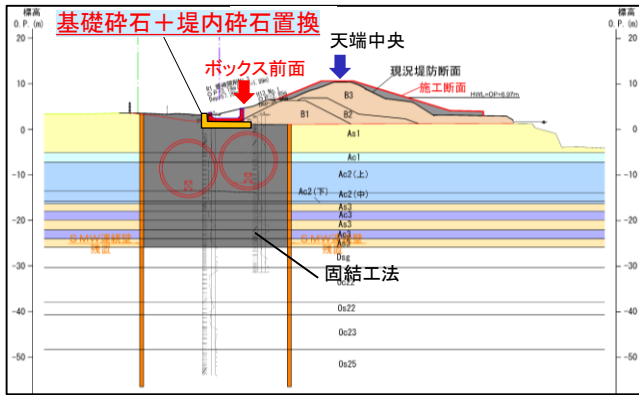
対策2 表のり面の遮水シート敷設



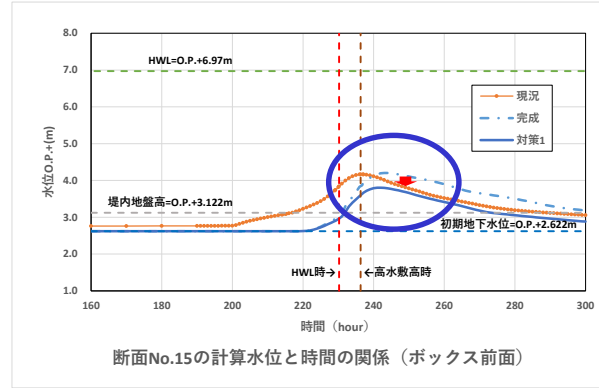
【照査結果】 18-⑤、19-⑮

①堤体内の浸潤面位置

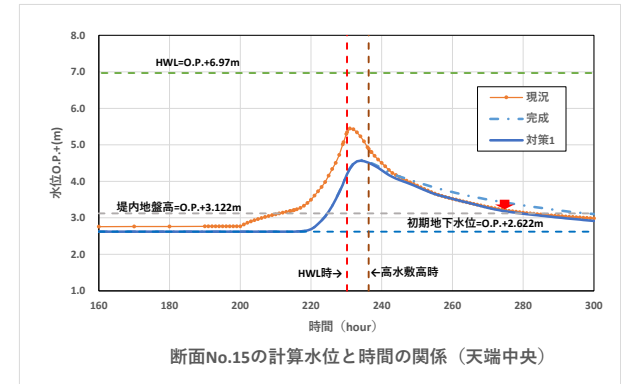
・No.15完成時に対策1(基礎砕石+堤内側の砕石置換)を行った場合、ボックス前面の水位は照査基準を満足する。



No.15完成時の着目水位位置

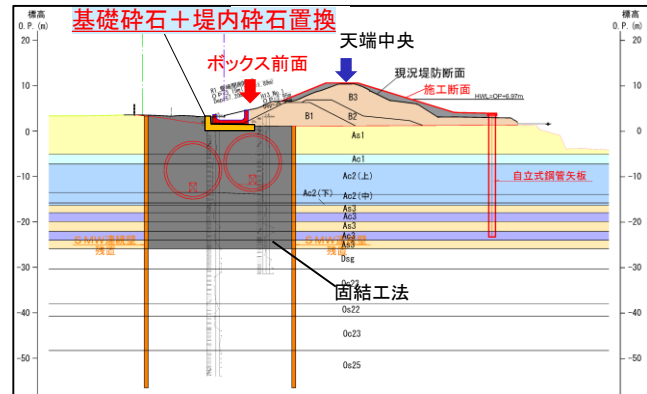


No.15ボックス前面(河川側)の水位と時間の関係図

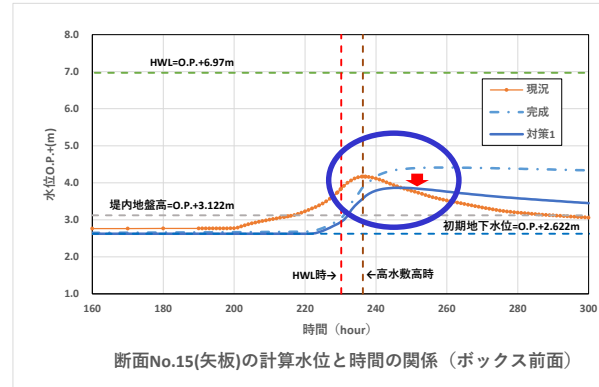


No.15天端中央部の水位と時間の関係図

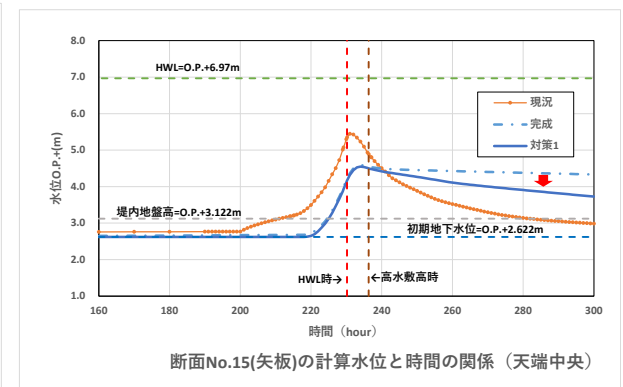
・No.15完成時(自立式鋼管矢板あり)に対策1(基礎砕石+堤内側の砕石置換)を行った場合、ボックス前面の水位は照査基準を満足する。



No.15完成時(自立式鋼管矢板あり)の着目水位位置



No.15ボックス前面(河川側)の水位と時間の関係図



No.15天端中央部の水位と時間の関係図

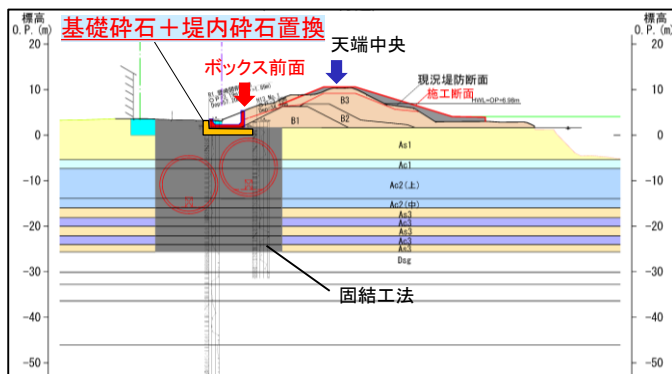
【考察】

- ・ No.15完成時と完成時(自立式鋼管矢板あり)では、「対策1」によりボックス前面の水位上昇は改善される。
- ・ No.15完成時と完成時(自立式鋼管矢板あり)では、「対策1」により天端中央のピーク水位の高さは変わらないが、河川水位の低下に伴う天端中央の水位低下の遅れは改善される。

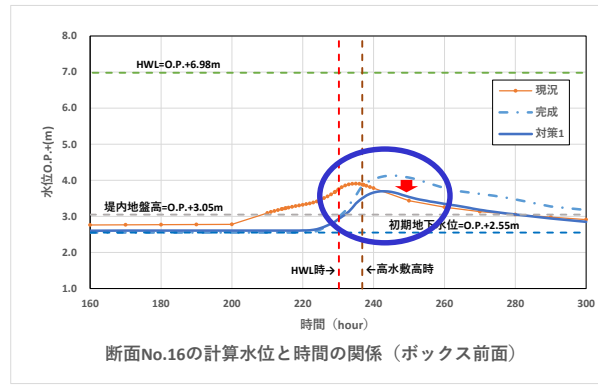
【照査結果】 18-⑤, 19-⑮

①堤体内の浸潤面位置

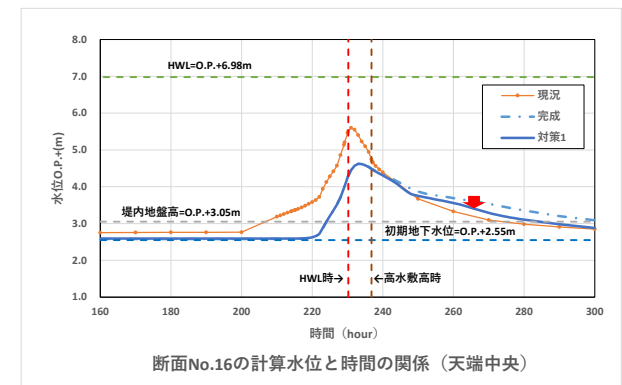
・No.16完成時に対策1(基礎砕石+堤内側の砕石置換)を行った場合、ボックス前面の水位は照査基準を満足する。



No.16完成時の着目水位位置

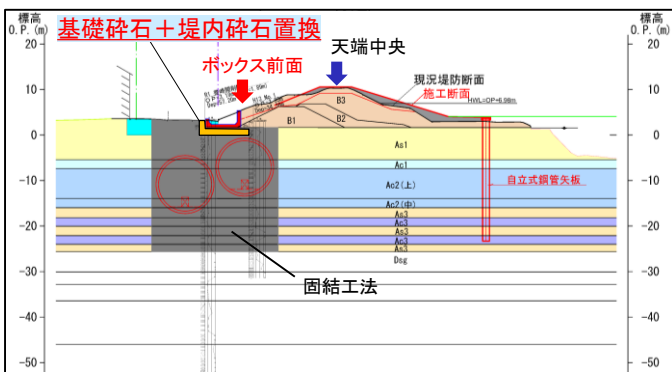


No.16ボックス前面(河川側)の水位と時間の関係図

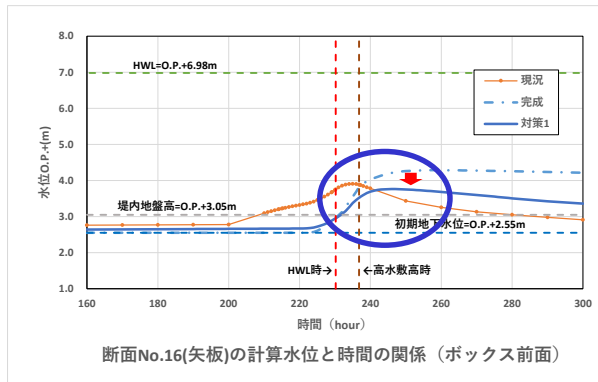


No.16天端中央部の水位と時間の関係図

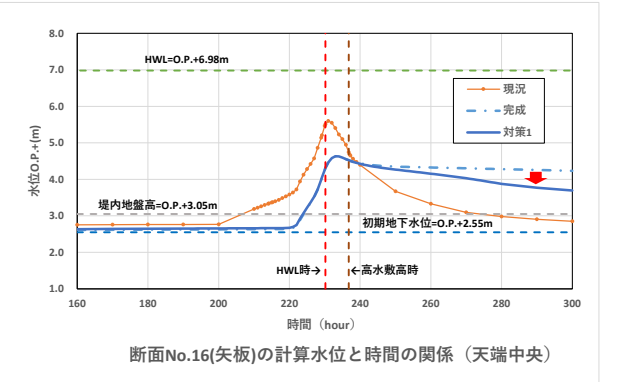
・No.16完成時(自立式鋼管矢板あり)に対策1(基礎砕石+堤内側の砕石置換)を行った場合、ボックス前面の水位は照査基準を満足する。



No.16完成時(矢板あり)の着目水位位置



No.16ボックス前面(河川側)の水位と時間の関係図



No.16天端中央部の水位と時間の関係図

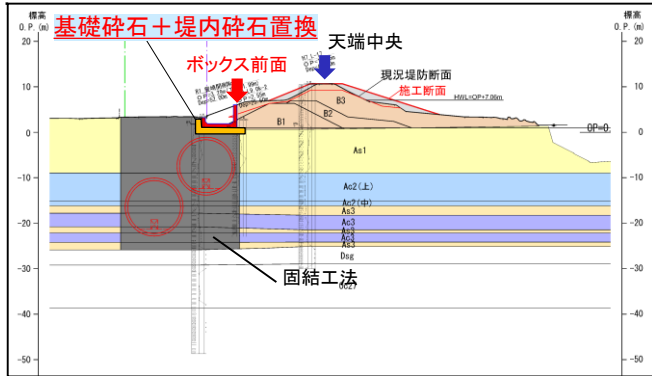
【考察】

- ・No.16完成時と完成時(自立式鋼管矢板あり)では、「対策1」によりボックス前面の水位上昇は改善される。
- ・No.16完成時と完成時(自立式鋼管矢板あり)では、「対策1」により天端中央のピーク水位の高さは変わらないが、河川水位の低下に伴う天端中央の水位低下の遅れは改善される。

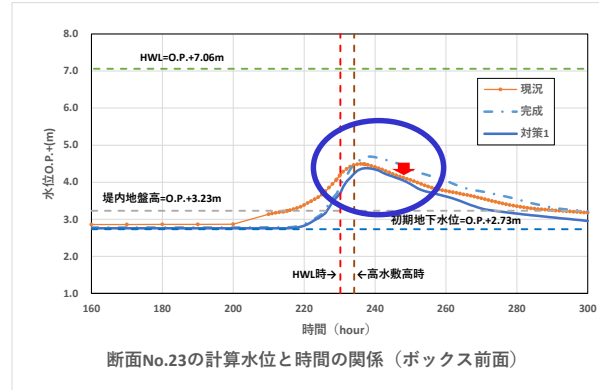
【照査結果】 18-⑤, 19-⑮

①堤体内の浸潤面位置

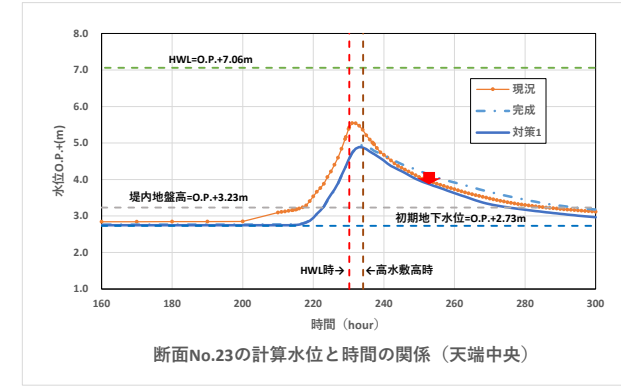
・No.23完成時に対策1(基礎砕石+堤内側の砕石置換)を行った場合, ボックス前面の水位は照査基準を満足する.



No.23完成時の着目水位位置



No.23ボックス前面(河川側)の水位と時間の関係図



No.23天端中央部の水位と時間の関係図

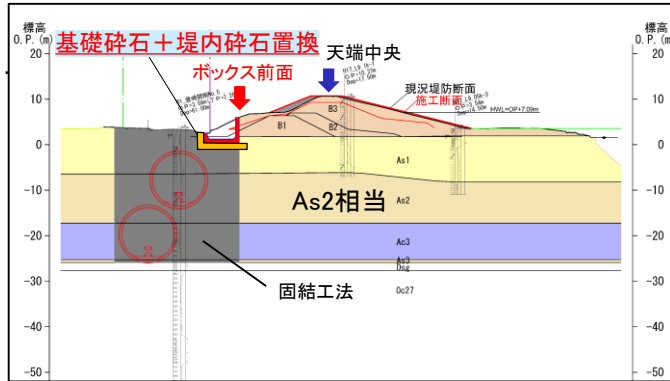
【考察】

- ・No.23完成時では, 「対策1」により完成時のボックス前面の水位上昇は改善される.
- ・No.23完成時では, 「対策1」による天端中央のピーク水位の低下はわずかである. さらに, 天端中央の水位低下は速くなる.

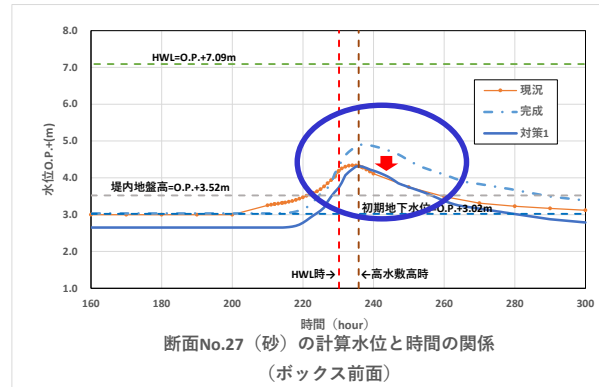
【照査結果】 18-⑤, 19-⑮

①堤体内の浸潤面位置

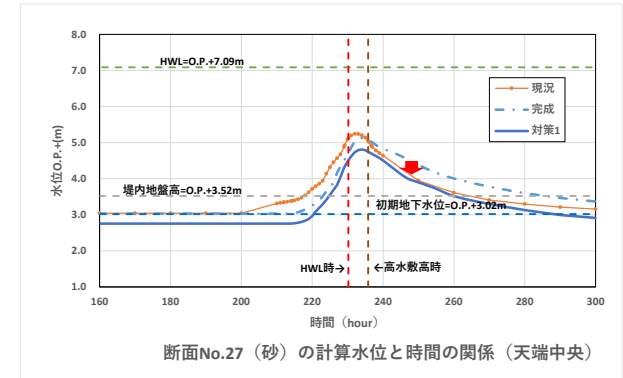
・No.27完成時(砂質土)に対策1(基礎砕石+堤内側の砕石置換)を行った場合、ボックス前面の水位は照査基準を満足する。



No.27完成時(砂質土)の着目水位位置

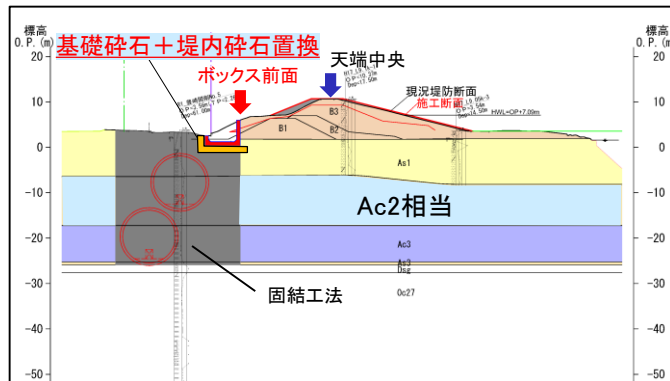


No.27ボックス前面(河川側)の水位と時間の関係図

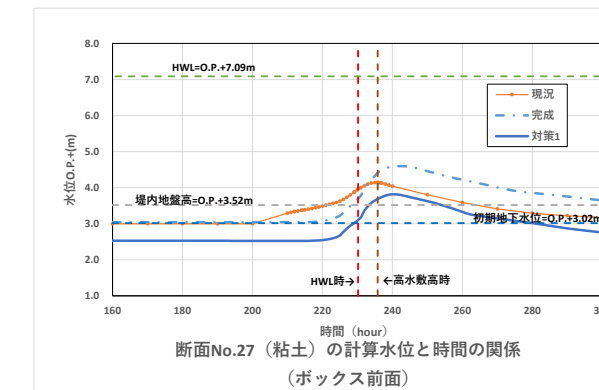


No.27天端中央部の水位と時間の関係図

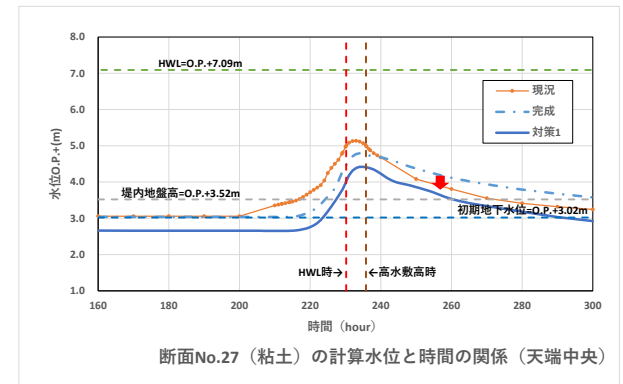
・No.27完成時(粘性土)に対策1(基礎砕石+堤内側の砕石置換)を行った場合、ボックス前面の水位は照査基準を満足する。



No.27完成時(粘性土)の着目水位位置



No.27ボックス前面(河川側)の水位と時間の関係図



No.27天端中央部の水位と時間の関係図

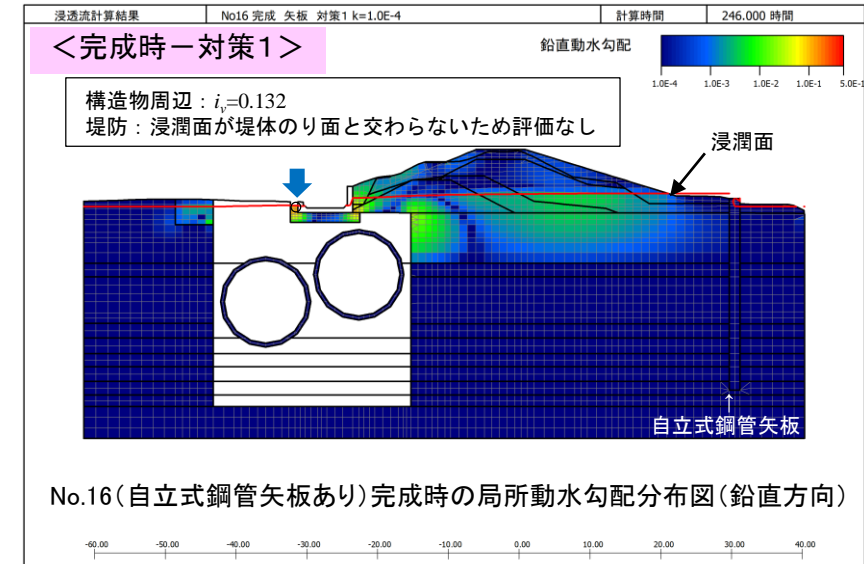
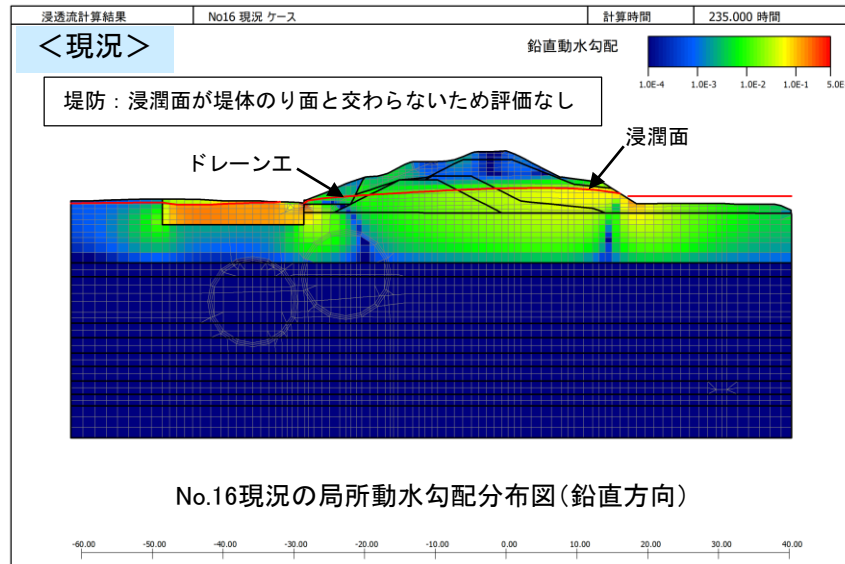
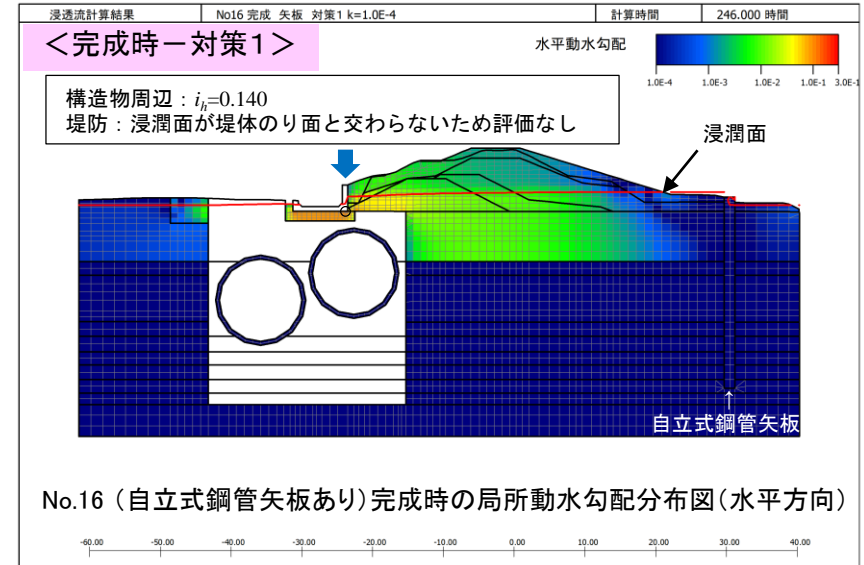
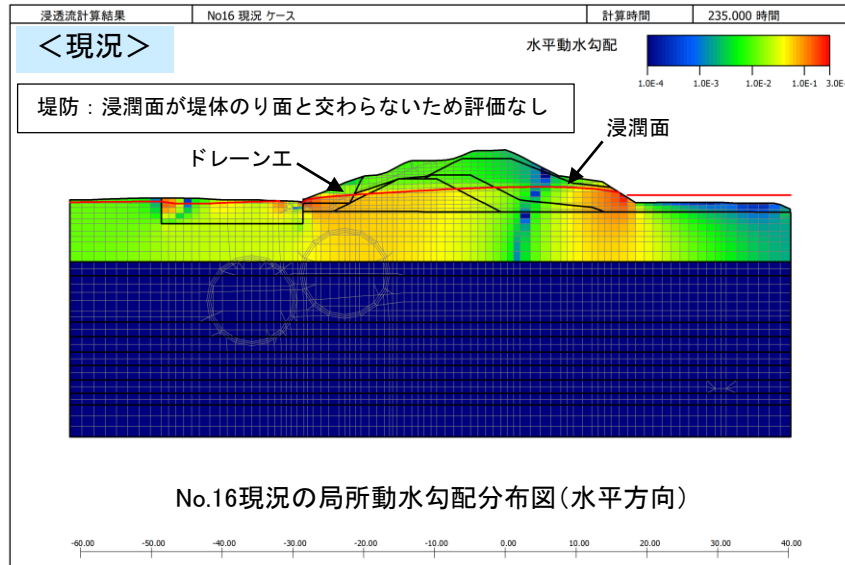
【考察】

- ・No.27完成時(砂質土)と(粘性土)では、「対策1」により完成時のボックス前面の水位上昇は改善される。
- ・No.27完成時(砂質土)と(粘性土)では、「対策1」により天端中央のピーク水位が低くなる。さらに、河川水位の低下に伴う天端中央の水位低下は速くなる。

【照査結果】 18-⑧, 19-⑰

④水平・鉛直方向の局所動水勾配

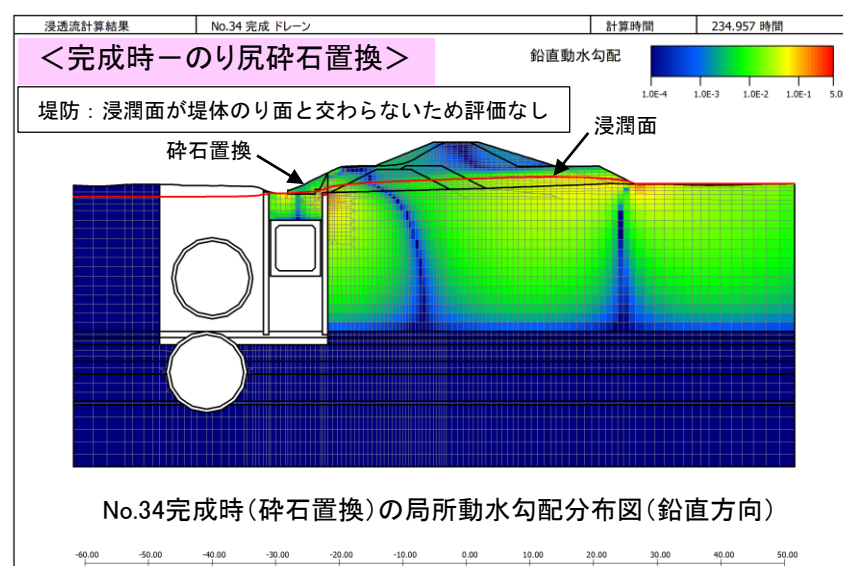
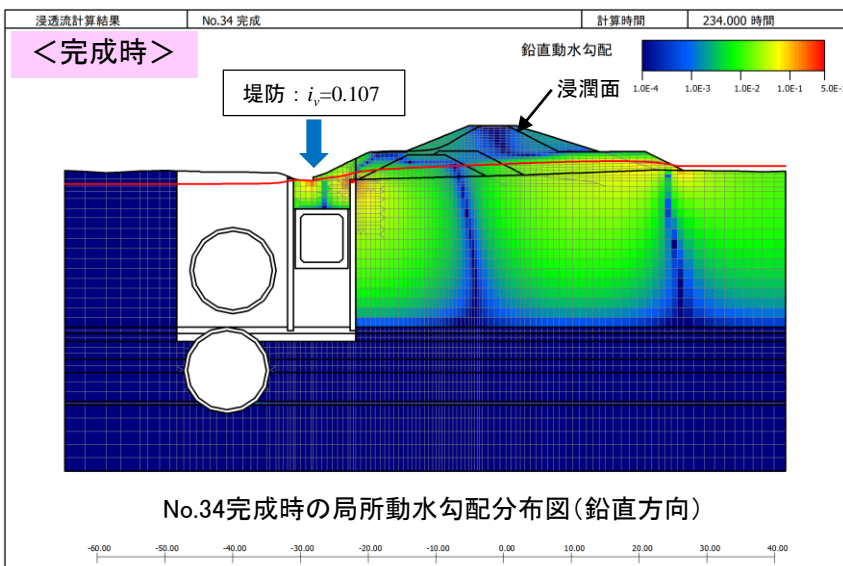
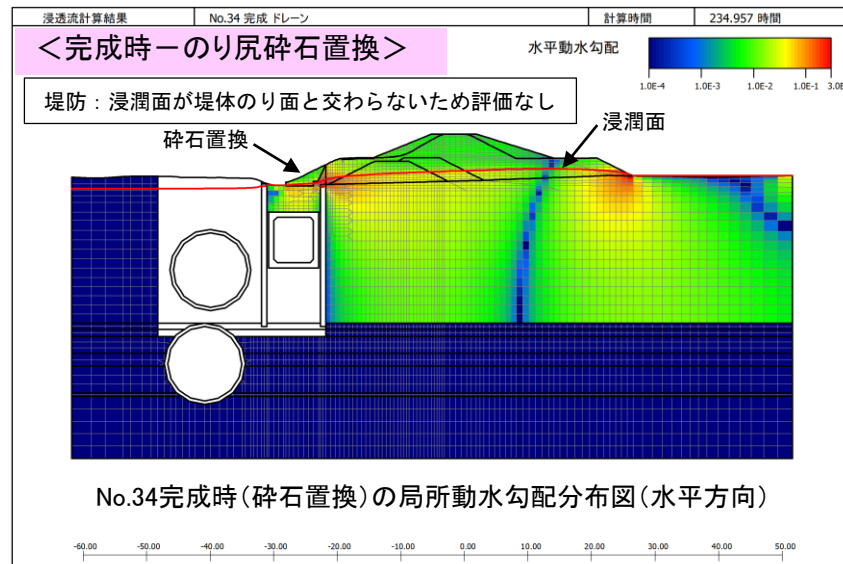
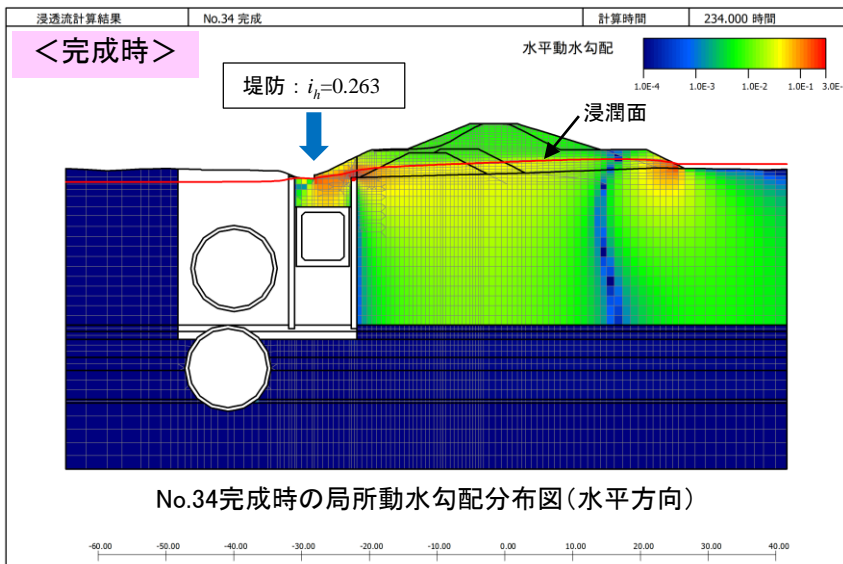
No.16現況と(自立式鋼管矢板あり)完成時の浸潤面は、照査位置に到達していないことから、水平と鉛直方向の局所動水勾配はいずれも照査基準を満足する。



【照査結果】 18-⑧, 19-⑰

④水平・鉛直方向の局所動水勾配

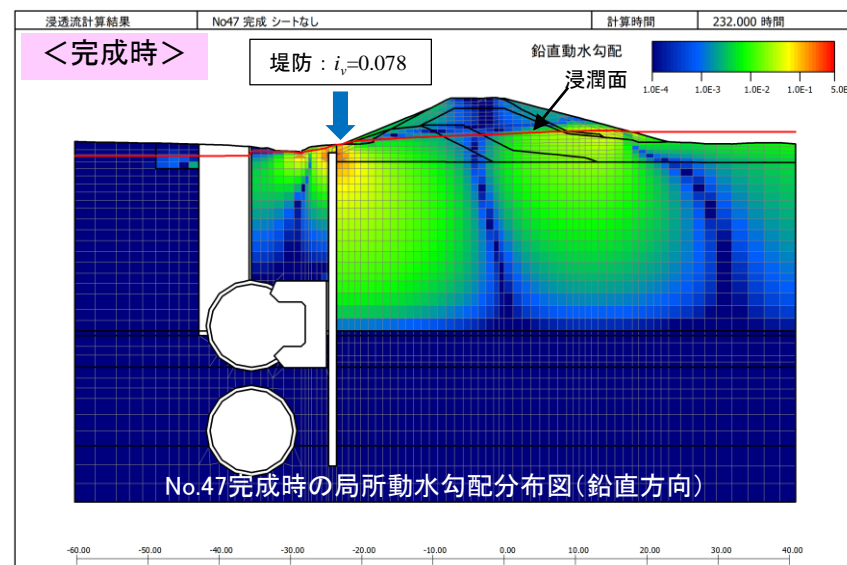
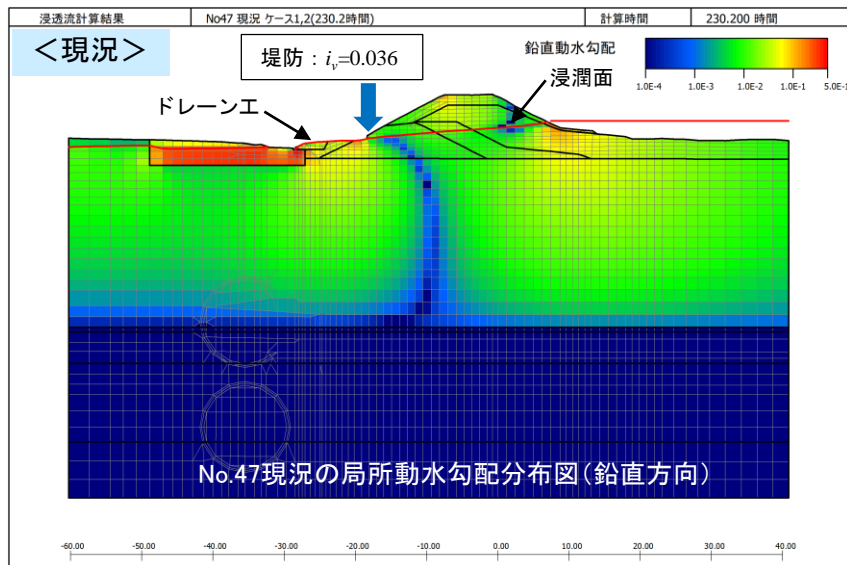
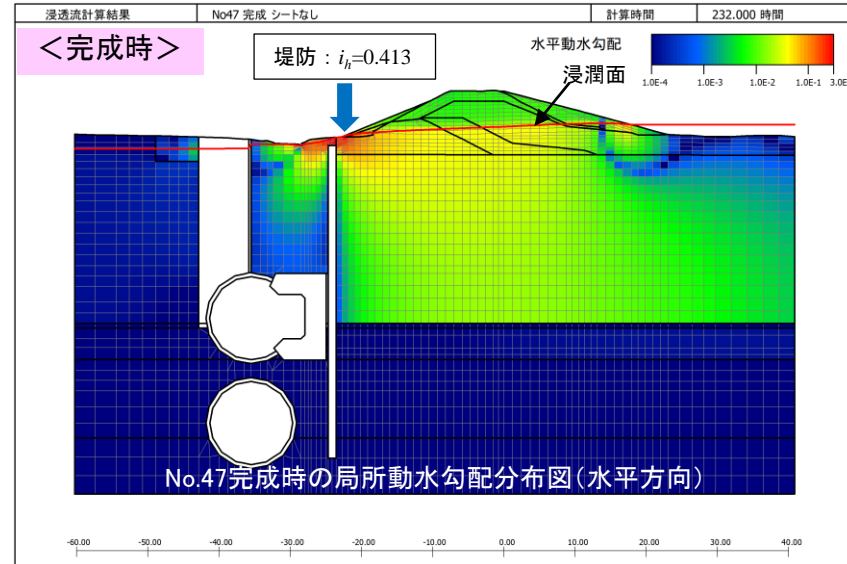
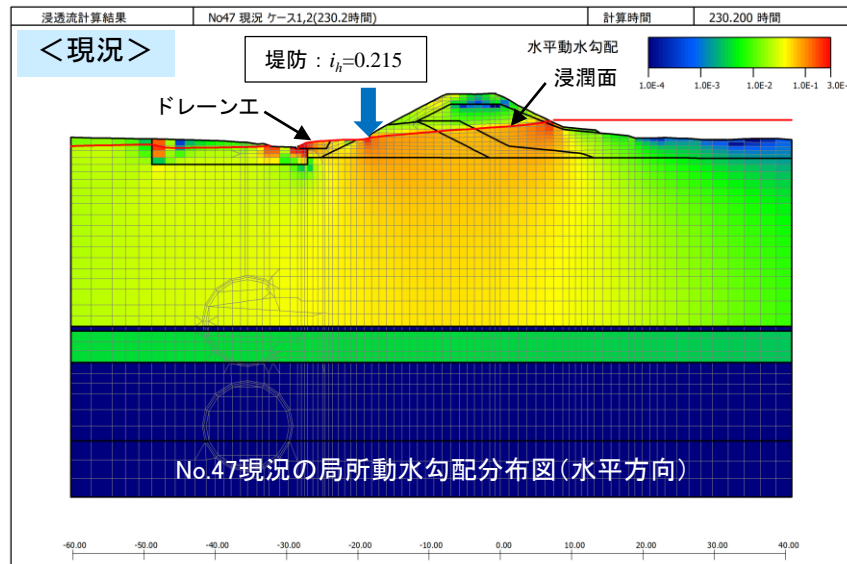
No.34完成時では、水平と鉛直方向の局所動水勾配はいずれも照査基準を満足しない。  
 ただし、のり尻に「砕石置換」を行うことで浸潤面は地表面と交わらないため、「評価なし」となる。



【照査結果】 18-⑧, 19-⑰

④水平・鉛直方向の局所動水勾配

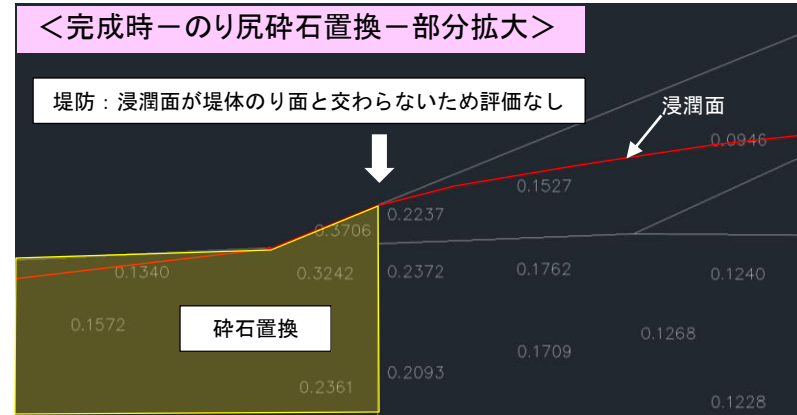
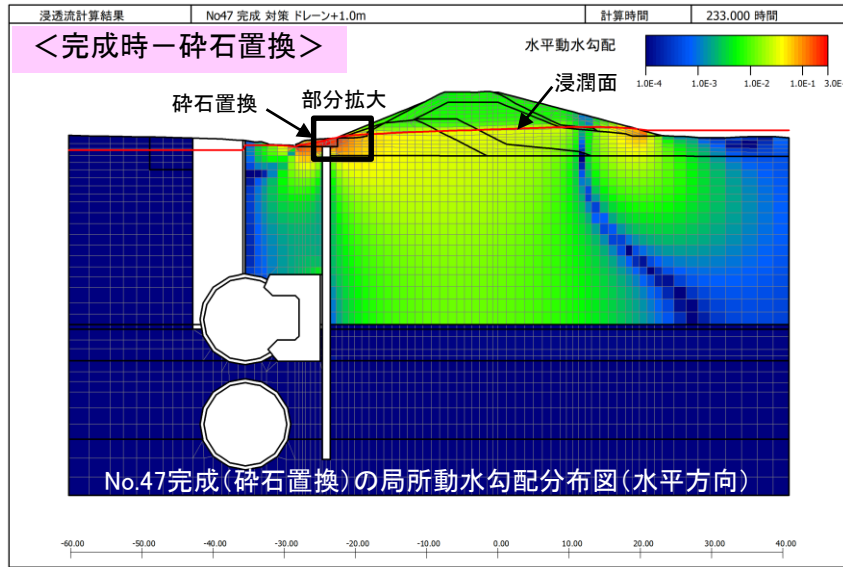
No.47完成時では、水平と鉛直方向の局所動水勾配はいずれも照査基準を満足しない。対策工の検討が必要である。



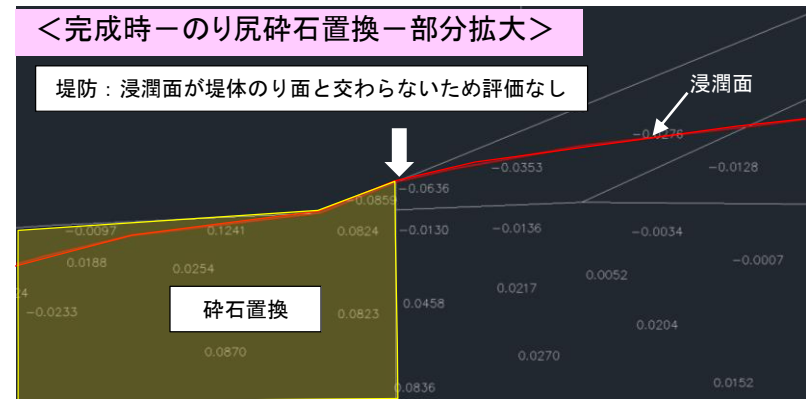
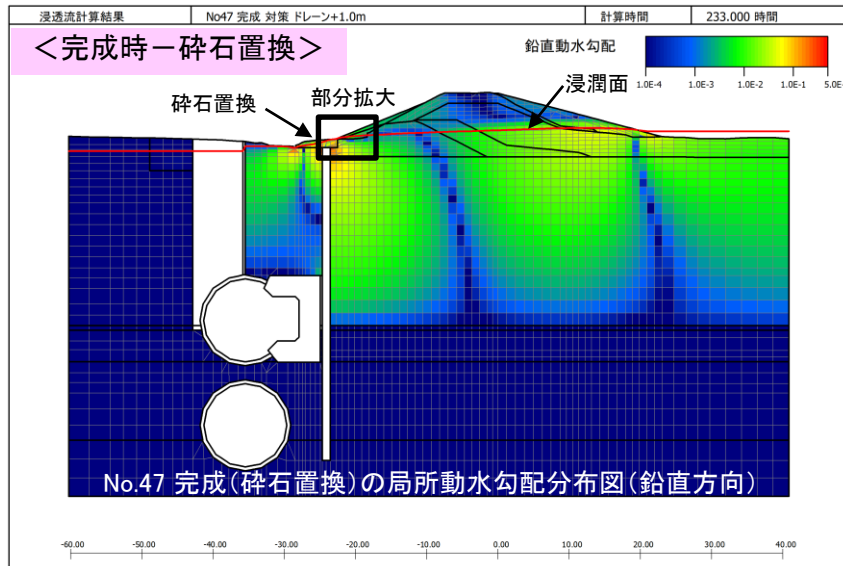
【照査結果】 18-⑧, 19-⑰

④水平・鉛直方向の局所動水勾配

No.47完成時では、のり尻に「砕石置換」を行うことで浸潤面は地表面と交わらないため、「評価なし」となる。



No.47完成(砕石置換)の局所動水勾配(水平方向)算出結果【部分拡大図】

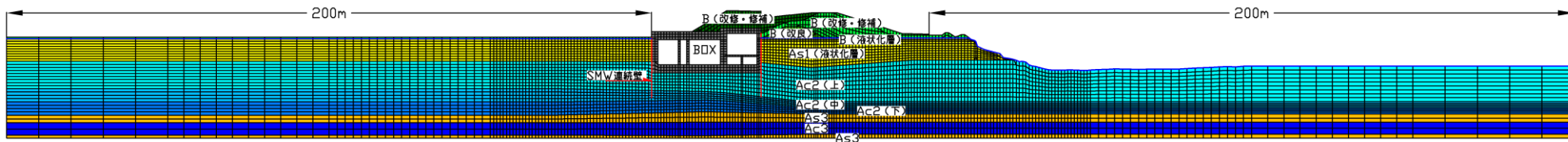


No.47完成(砕石置換)の局所動水勾配(鉛直方向)算出結果【部分拡大図】

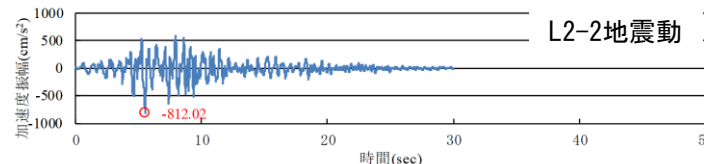
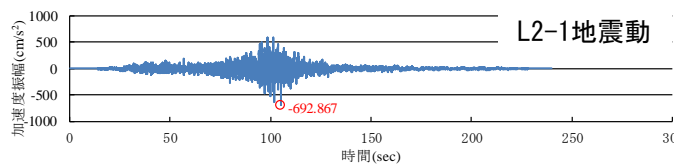


# 地震動作用に対する安全性検証

【解析入力条件 18-⑩, 18-⑱】  
解析メッシュ (No. 4完成時)



入力地震動 (道路橋示方書)



境界条件

- ・底面：粘性境界
- ・側方：疑似自由地盤境界
- ・水位境界：地下水位面は水頭固定境界，構造物境界，底面境界および側方境界は非排水境界
- ・地盤と構造物の接触面：ジョイント要素

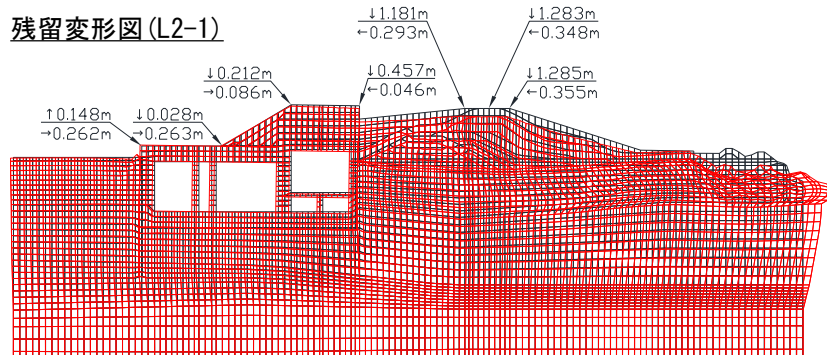
【解析結果および照査結果】 (No. 4完成時) 18-⑩：地震後の河川外への越流，18-⑱：津波による越波に対する安全性

解析断面	完成堤防高 (O.P.m)	レベル2-1地震動						レベル2-2地震動							
		堤防天端沈下量 (m)				堤防残留高 (O.P.m)	照査外水位 (O.P.m)	判定	堤防天端沈下量 (m)				堤防残留高 (O.P.m)	照査外水位 (O.P.m)	判定
		川裏	中央	川表	平均値				川裏	中央	川表	平均値			
No.4	10.421	1.181	1.283	1.285	1.250	9.171	4.58	OK	0.277	0.292	0.296	0.288	10.133	2.27	OK

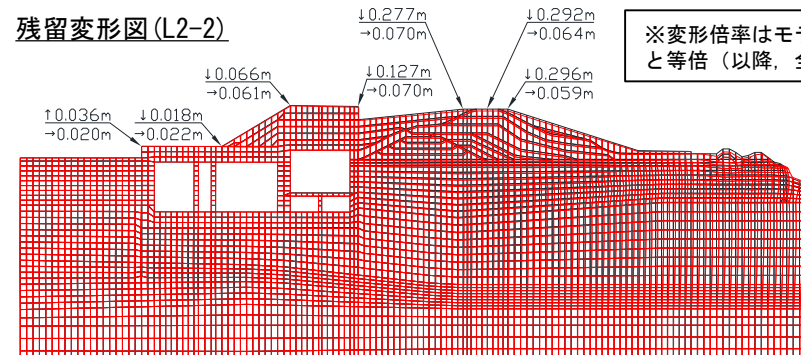
解析結果に対する考察

- ・液状化の影響で堤防が沈下するとともに，川裏側の道路構造物の影響により液状化層は川表側へ流動するモードが主体となる。
- ・沈下後残留堤防高は照査外水位よりも高くなり，河川堤防は完成時において耐震性能を満足すると評価する。

残留変形図 (L2-1)

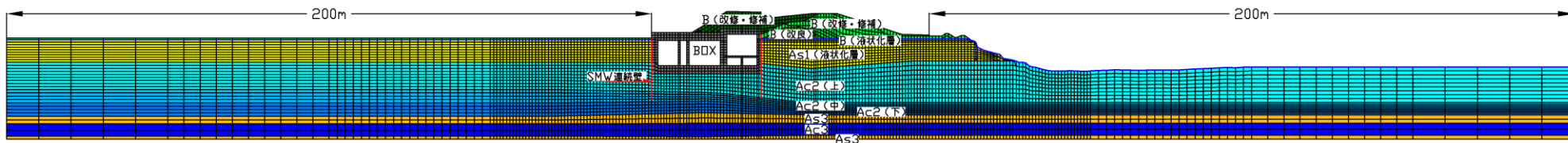


残留変形図 (L2-2)

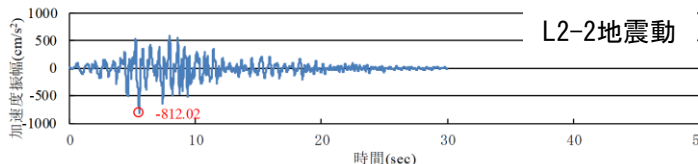
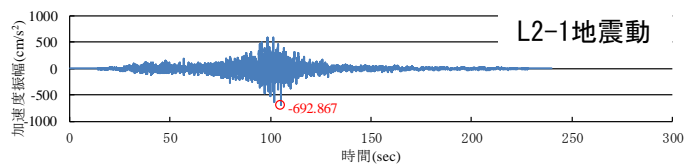


※変形倍率はモデルサイズと等倍 (以降，全て同じ)

【解析入力条件 18-⑪, 19-⑭】  
解析メッシュ (No. 4完成時)



入力地震動 (道路橋示方書)



境界条件

- ・底面：粘性境界
- ・側方：疑似自由地盤境界
- ・水位境界：地下水位面は水頭固定境界，構造物境界，底面境界および側方境界は非排水境界
- ・地盤と構造物の接触面：ジョイント要素

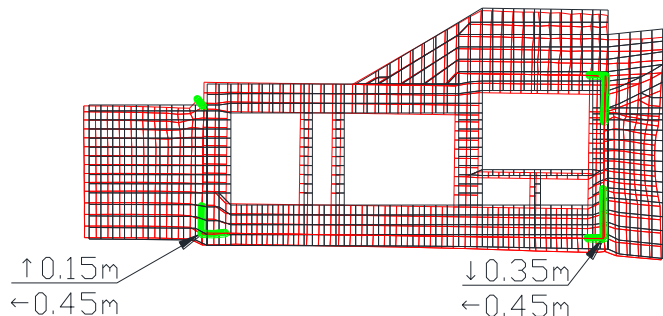
【解析結果および照査結果】 (No. 4完成時) 18-⑪, 19-⑭：土と構造物間の地震時の変形や剥離（液状化）による水みち発生

断面	レベル2-1地震動						レベル2-2地震動					
	剥離状況					判定	剥離状況				判定	
	掘割部およびボックス				シールド		掘割部およびボックス					シールド
	左側壁横	右側壁横	頂版上	底版下		左側壁横	右側壁横	頂版上	底版下			
No.4	一部発生	一部発生	一部発生	一部発生	—	OK	一部発生	一部発生	一部発生	一部発生	—	OK

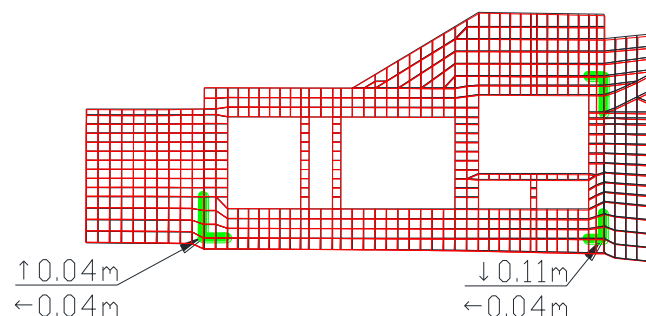
解析結果に対する考察

- ・レベル2地震動に対して道路構造物全周にわたって剥離が生じない。
- ・地震直後に水みち発生の原因となる剥離状態が生じる可能性は低いと評価する。

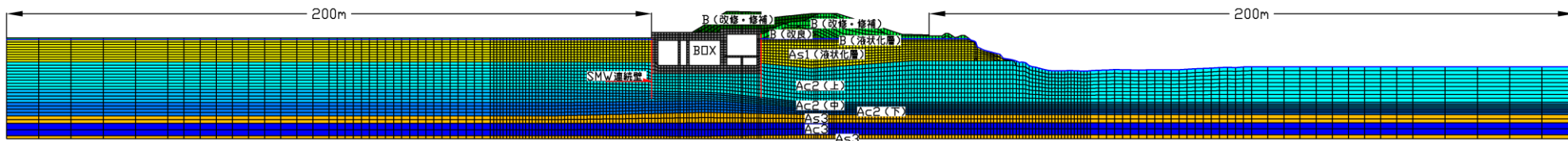
残留変形図 (L2-1)



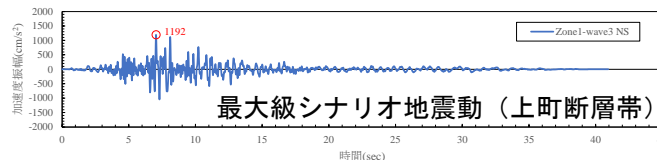
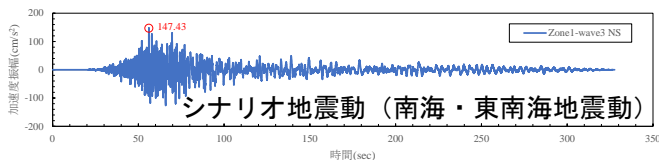
残留変形図 (L2-2)



【解析入力条件 U-②, U-③】  
解析メッシュ (No. 4完成時)



入力地震動 (開削トンネル耐震設計指針)



境界条件

- ・底面：固定境界
- ・側方：疑似自由地盤境界
- ・水位境界：地下水位面は水頭固定境界，構造物境界，底面境界および側方境界は非排水境界
- ・地盤と構造物の接触面：ジョイント要素

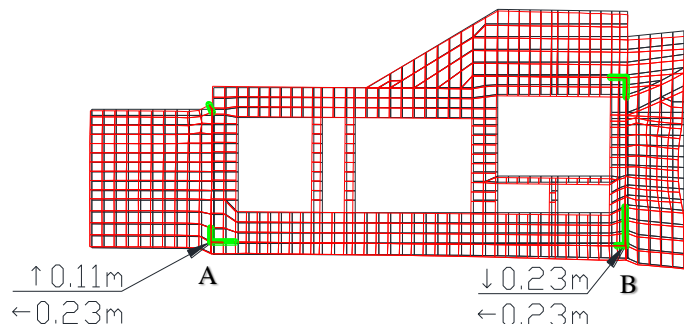
【解析結果および照査結果】 (No. 4完成時) U-②：偏土圧下での地盤変形 (液状化) に対する安全性および供用性, U-③：地震時の液状化による修復性

断面	シナリオ地震動 (南海・東南海地震動)						最大級シナリオ地震動 (上町断層帯)					
	鉛直変位(m) +:隆起 -:沈下		距離 (m)	回転角 (%)	許容値 (%)	判定	鉛直変位(m) +:隆起 -:沈下		距離 (m)	回転角 (%)	許容値 (%)	判定
	A点	B点					A点	B点				
No.4	0.11	-0.23	33.94	1.01	2.00	OK	0.04	-0.14	33.94	0.54	2.00	OK

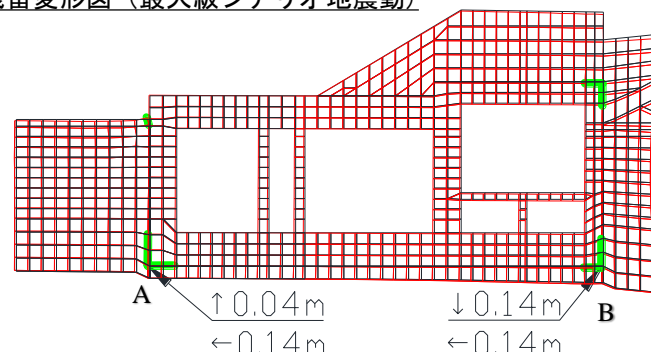
解析結果に対する考察

- ・道路構造物の回転角は，レベル2地震動に対して照査基準の2%を満足する。
- ・偏土圧下での地盤変形 (液状化) に対する安全性および供用性や，地震時の液状化による修復性は確保されていると評価する。

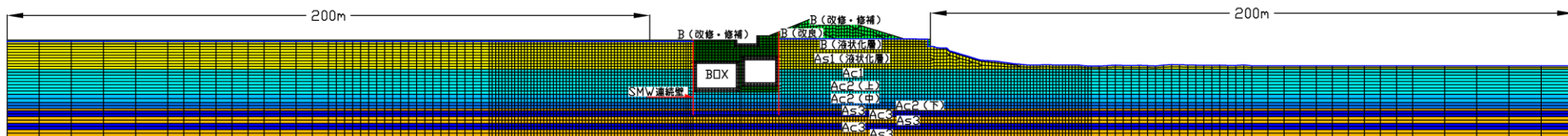
残留変形図 (シナリオ地震動)



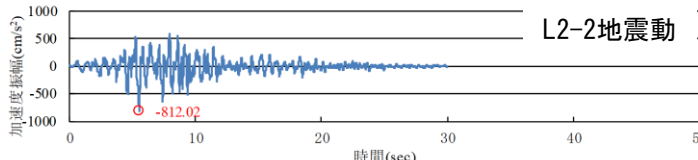
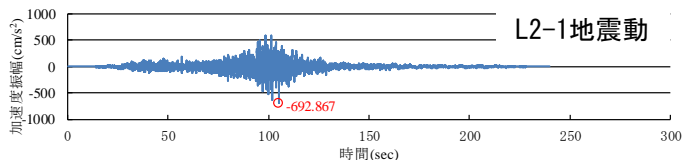
残留変形図 (最大級シナリオ地震動)



【解析入力条件 18-⑩, 18-⑱】  
解析メッシュ (No. 14完成時)



入力地震動 (道路橋示方書)



境界条件

- ・底面：粘性境界
- ・側方：疑似自由地盤境界
- ・水位境界：地下水位面は水頭固定境界，構造物境界，底面境界および側方境界は非排水境界
- ・地盤と構造物の接触面：ジョイント要素

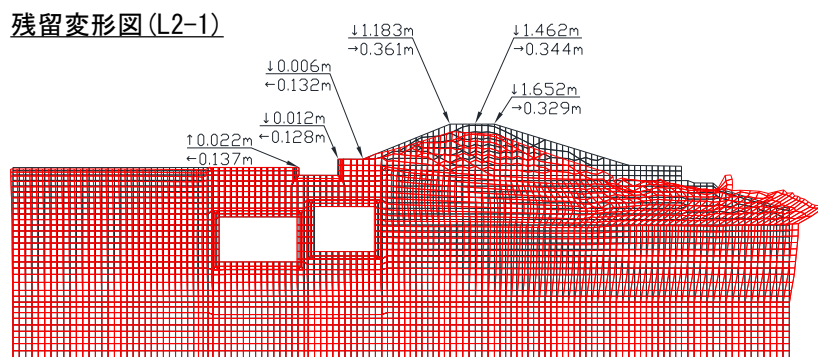
【解析結果および照査結果】 (No. 14完成時) 18-⑩：地震後の河川外への越流，18-⑱：津波による越波に対する安全性

解析断面	完成堤防高 (O.P.m)	レベル2-1地震動						レベル2-2地震動							
		堤防天端沈下量 (m)				堤防残留高 (O.P.m)	照査外水位 (O.P.m)	判定	堤防天端沈下量 (m)				堤防残留高 (O.P.m)	照査外水位 (O.P.m)	判定
		川裏	中央	川表	平均値				川裏	中央	川表	平均値			
No.14	10.560	1.183	1.462	1.652	1.432	9.128	4.58	OK	0.392	0.450	0.478	0.440	10.120	2.29	OK

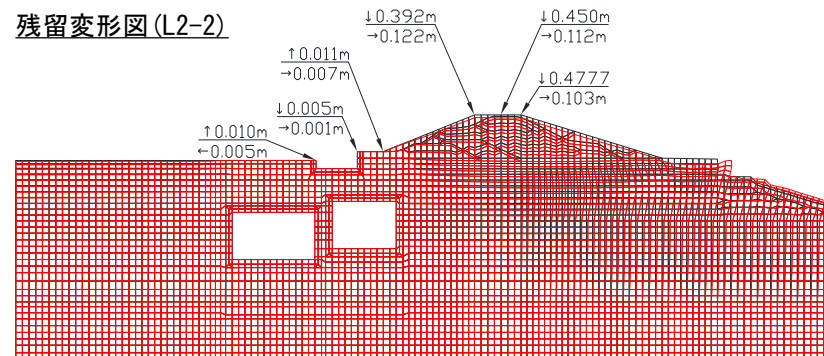
解析結果に対する考察

- ・液状化の影響で堤防が沈下するとともに，川裏側の道路構造物の影響により液状化層は川表側へ流動するモードが主体となる。
- ・沈下後残留堤防高は照査外水位よりも高くなり，河川堤防は完成時において耐震性能を満足すると評価する。

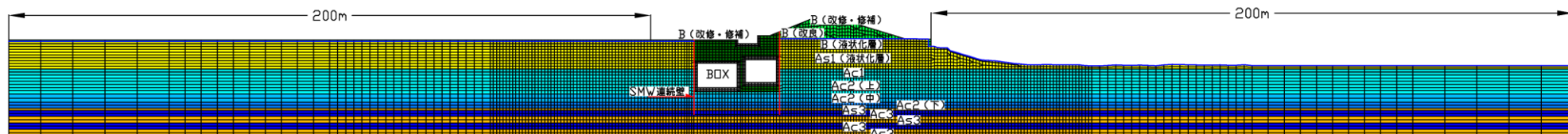
残留変形図 (L2-1)



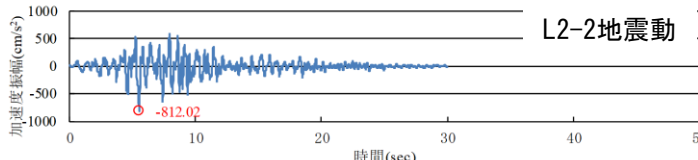
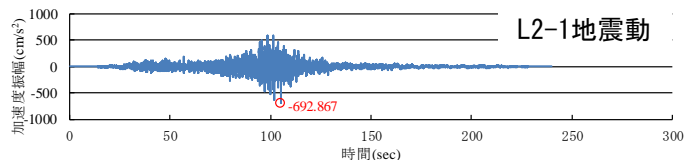
残留変形図 (L2-2)



【解析入力条件 18-⑪, 19-⑭】  
解析メッシュ (No. 14完成時)



入力地震動 (道路橋示方書)



境界条件

- ・底面：粘性境界
- ・側方：疑似自由地盤境界
- ・水位境界：地下水位面は水頭固定境界，構造物境界，底面境界および側方境界は非排水境界
- ・地盤と構造物の接触面：ジョイント要素

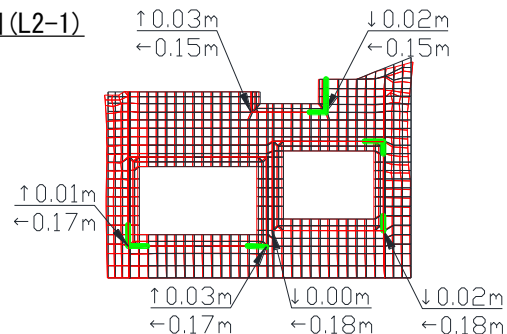
【解析結果および照査結果】 (No. 14完成時) 18-⑪, 19-⑭：土と構造物間の地震時の変形や剥離（液状化）による水みち発生

断面	レベル2-1地震動							レベル2-2地震動						
	剥離状況						判定	剥離状況						判定
	掘割部およびボックス					シールド		掘割部およびボックス					シールド	
	左側壁横	右側壁横	頂版上	底版下	左側壁横			右側壁横	頂版上	底版下				
No.14	掘割部	発生無し	発生	—	一部発生	—	OK	発生無し	発生無し	—	発生無し	—	OK	
	ボックス左	一部発生	発生無し	発生無し	一部発生	—	OK	発生無し	一部発生	発生無し	一部発生	—	OK	
	ボックス右	発生無し	一部発生	一部発生	発生無し	—	OK	発生無し	一部発生	発生無し	一部発生	—	OK	

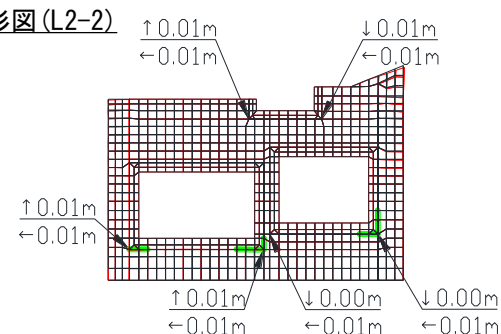
解析結果に対する考察

- ・レベル2地震動に対して道路構造物全周にわたって剥離が生じない。
- ・地震直後に水みち発生の原因となる剥離状態が生じる可能性は低いと評価する。

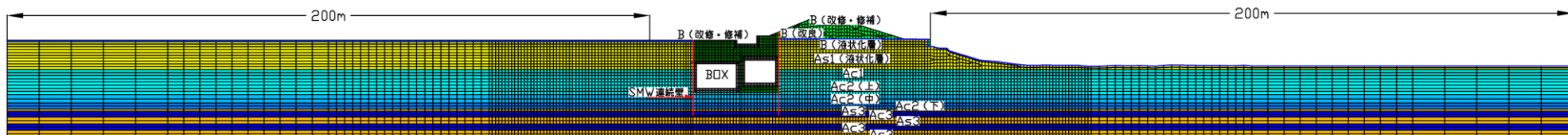
残留変形図 (L2-1)



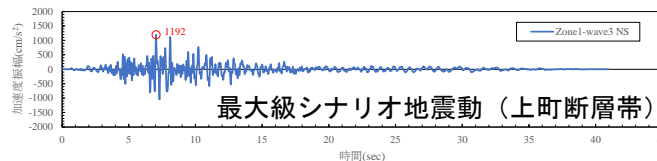
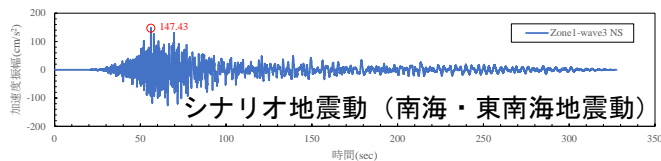
残留変形図 (L2-2)



【解析入力条件 U-②, U-③】  
解析メッシュ (No. 14完成時)



入力地震動 (開削トンネル耐震設計指針)



境界条件

- ・底面：固定境界
- ・側方：疑似自由地盤境界
- ・水位境界：地下水位面は水頭固定境界，構造物境界，底面境界および側方境界は非排水境界
- ・地盤と構造物の接触面：ジョイント要素

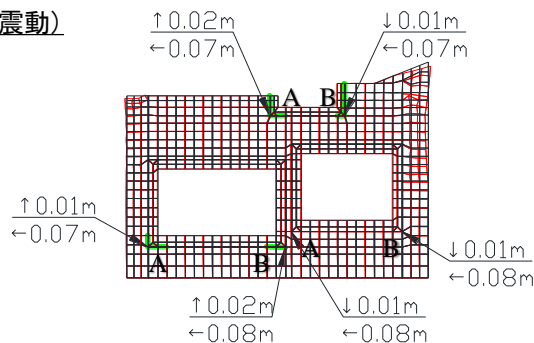
【解析結果および照査結果】 (No. 14完成時) U-②：偏土圧下での地盤変形 (液状化) に対する安全性および供用性, U-③：地震時の液状化による修復性

断面	シナリオ地震動 (南海・東南海地震動)						最大級シナリオ地震動 (上町断層帯)						
	鉛直変位(m) +:隆起 -:沈下		距離 (m)	回転角 (%)	許容値 (%)	判定	鉛直変位(m) +:隆起 -:沈下		距離 (m)	回転角 (%)	許容値 (%)	判定	
	A点	B点					A点	B点					
No.14	掘削部	0.02	-0.01	7.80	0.39	2.00	OK	0.02	-0.02	7.80	0.52	2.00	OK
	ボックス左	0.01	0.02	14.41	0.07	2.00	OK	0.01	0.02	14.41	0.07	2.00	OK
	ボックス右	-0.01	-0.01	11.60	0.00	2.00	OK	-0.01	-0.02	11.60	0.09	2.00	OK

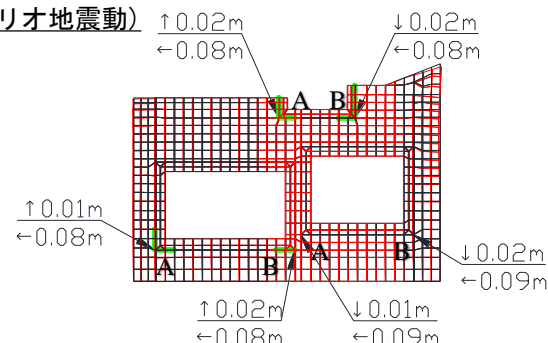
解析結果に対する考察

- ・道路構造物の回転角は，レベル2地震動に対して照査基準の2%を満足する。
- ・偏土圧下での地盤変形 (液状化) に対する安全性および供用性や，地震時の液状化による修復性は確保されていると評価する。

残留変形図 (シナリオ地震動)

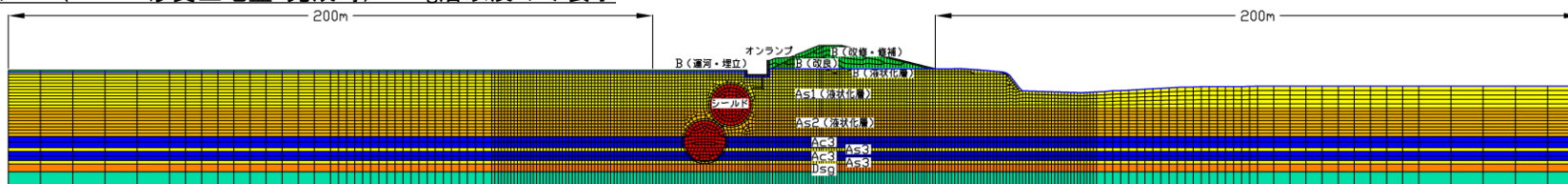


残留変形図 (最大級シナリオ地震動)

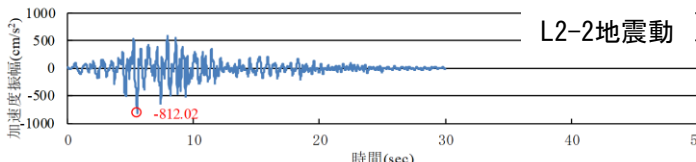
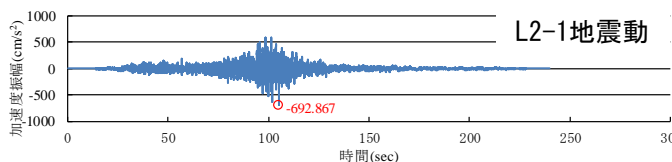


【解析入力条件 18-⑩, 18-⑱】

解析メッシュ (No. 26 砂質土地盤 完成時) Dsg層以浅のみ表示



入力地震動 (道路橋示方書)



境界条件

- ・底面：粘性境界
- ・側方：疑似自由地盤境界
- ・水位境界：地下水位面は水頭固定境界，構造物境界，底面境界および側方境界は非排水境界
- ・地盤と構造物の接触面：ジョイント要素

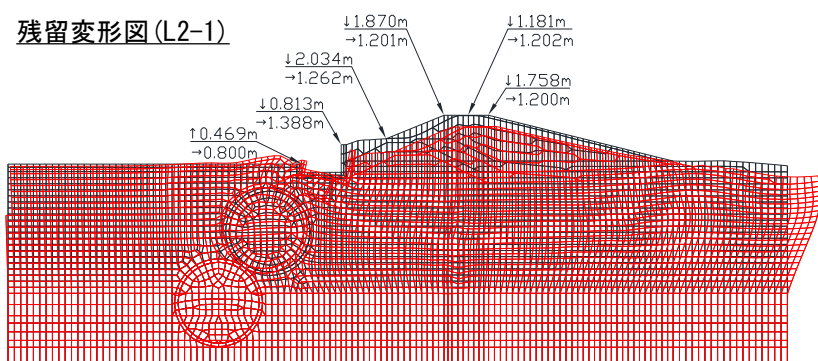
【解析結果および照査結果】 (No. 26 砂質土地盤 完成時) 18-⑩：地震後の河川外への越流，18-⑱：津波による越波に対する安全性

解析断面	完成堤防高 (O.P.m)	レベル2-1地震動							レベル2-2地震動						
		堤防天端沈下量 (m)				堤防残留高 (O.P.m)	照査外水位 (O.P.m)	判定	堤防天端沈下量 (m)				堤防残留高 (O.P.m)	照査外水位 (O.P.m)	判定
		川裏	中央	川表	平均値				川裏	中央	川表	平均値			
No.26 (砂質土地盤)	10.683	1.870	1.181	1.758	1.603	9.080	4.58	OK	0.281	0.289	0.294	0.288	10.395	2.30	OK

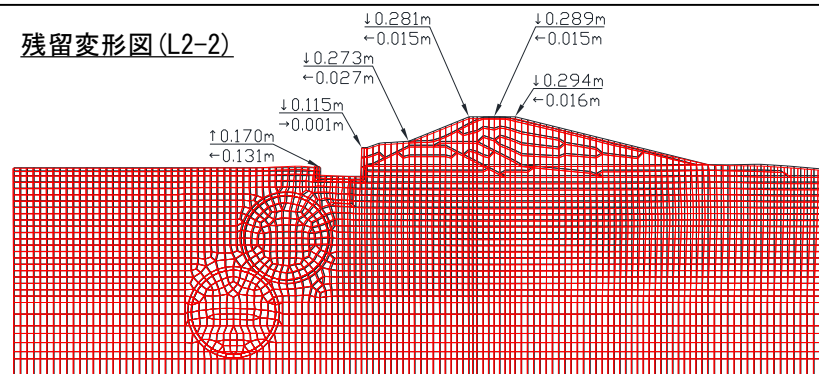
解析結果に対する考察

- ・液状化層中の道路構造物が川裏側へ変位しながら押し上げられる変形モードとなる。全体としては堤防が川表側へ流動するモードが主体となる。
- ・沈下後残留堤防高は照査外水位よりも高くなり，河川堤防は完成時において耐震性能を満足すると評価する。

残留変形図 (L2-1)



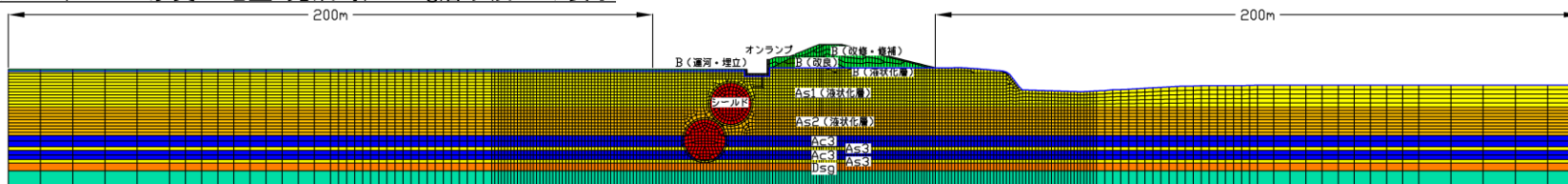
残留変形図 (L2-2)



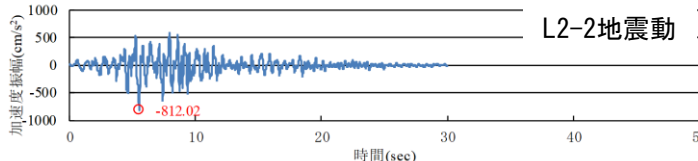
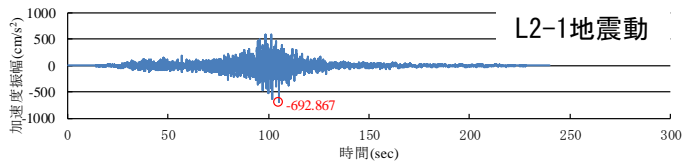


【解析入力条件 18-⑪, 19-⑭】

解析メッシュ (No. 26 砂質土地盤 完成時) Dsg層以浅のみ表示



入力地震動 (道路橋示方書)



境界条件

- ・底面：粘性境界
- ・側方：疑似自由地盤境界
- ・水位境界：地下水水位面は水頭固定境界，構造物境界，底面境界および側方境界は非排水境界
- ・地盤と構造物の接触面：ジョイント要素

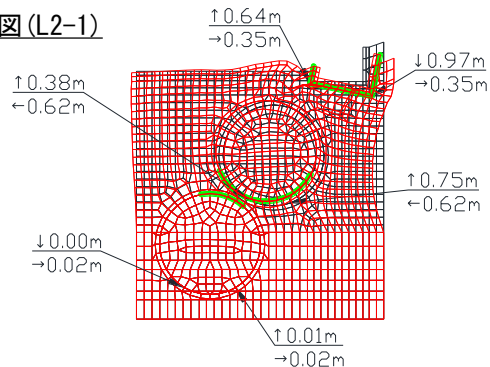
【解析結果および照査結果】 (No. 26 砂質土地盤 完成時) 18-⑪, 19-⑭：土と構造物間の地震時の変形や剥離 (液状化) による水みち発生

断面		レベル2-1地震動						レベル2-2地震動						
		剥離状況					判定	剥離状況					判定	
		掘割部およびボックス						シールド	掘割部およびボックス					
		左側壁横	右側壁横	頂版上	底版下	シールド			左側壁横	右側壁横	頂版上	底版下		シールド
No.26 (砂質土地盤)	掘割部	発生	発生	—	発生	—	NG	発生	発生	—	一部発生	—	OK	
	シールド上	—	—	—	—	一部発生	OK	—	—	—	—	発生無し	OK	
	シールド下	—	—	—	—	一部発生	OK	—	—	—	—	一部発生	OK	

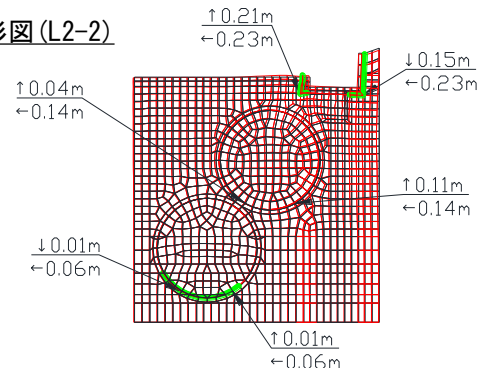
解析結果に対する考察

- ・レベル2-1地震動に対して，掘割部全周にわたって剥離が発生する。
- ・掘割部は地震直後に水みちが形成される可能性が高いため，液状化対策が必要であると評価する。

残留変形図 (L2-1)

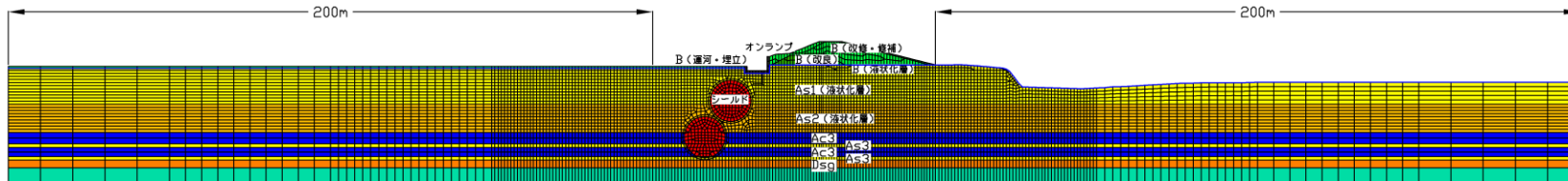


残留変形図 (L2-2)

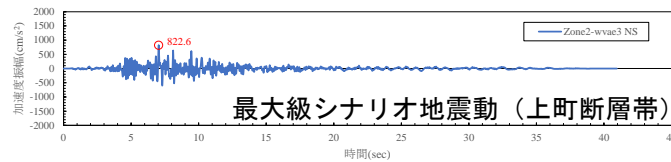
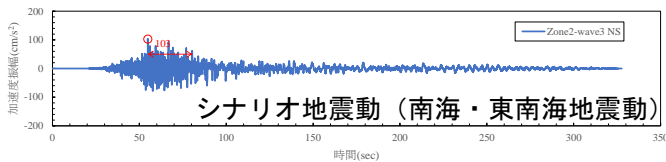


【解析入力条件 U-②, U-③】

解析メッシュ (No. 26 砂質土地盤 完成時) Dsg層以浅のみ表示



入力地震動 (開削トンネル耐震設計指針)



境界条件

- ・底面：固定境界
- ・側方：疑似自由地盤境界
- ・水位境界：地下水位面は水頭固定境界、構造物境界、底面境界および側方境界は非排水境界
- ・地盤と構造物の接触面：ジョイント要素

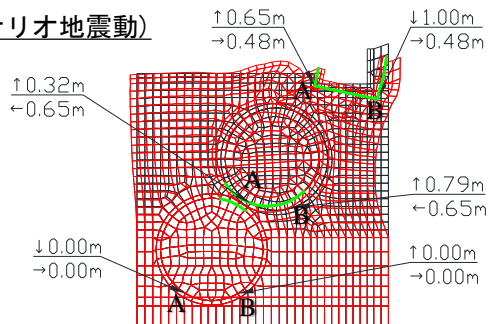
【解析結果および照査結果】 (No. 26 砂質土地盤 完成時) U-②：偏土圧下での地盤変形 (液状化) に対する安全性および供用性, U-③：地震時の液状化による修復性

断面	シナリオ地震動 (南海・東南海地震動)						最大級シナリオ地震動 (上町断層帯)						
	鉛直変位(m) +: 隆起 -: 沈下		距離 (m)	回転角 (%)	許容値 (%)	判定	鉛直変位(m) +: 隆起 -: 沈下		距離 (m)	回転角 (%)	許容値 (%)	判定	
	A点	B点					A点	B点					
No. 26 (砂質土地盤)	掘割部	0.65	-1.00	7.80	21.16	2.00	NG	0.62	-0.57	7.80	15.26	2.00	NG
	シールド上	0.32	0.79	6.38	7.37	2.00	NG	0.15	0.34	6.38	2.98	2.00	NG
	シールド下	0.00	0.00	4.61	0.00	2.00	OK	0.00	0.00	4.61	0.00	2.00	OK

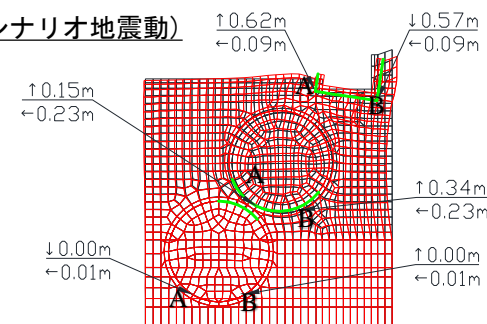
解析結果に対する考察

- ・掘割部および上部シールドの回転角は、レベル2地震動に対して照査基準を満足しない。また、上部シールドに浮き上がりが生じる。
- ・偏土圧下での地盤変形 (液状化) に対する安全性および供用性や、地震時の液状化による修復性が確保できないため、液状化対策が必要であると評価する。

残留変形図 (シナリオ地震動)

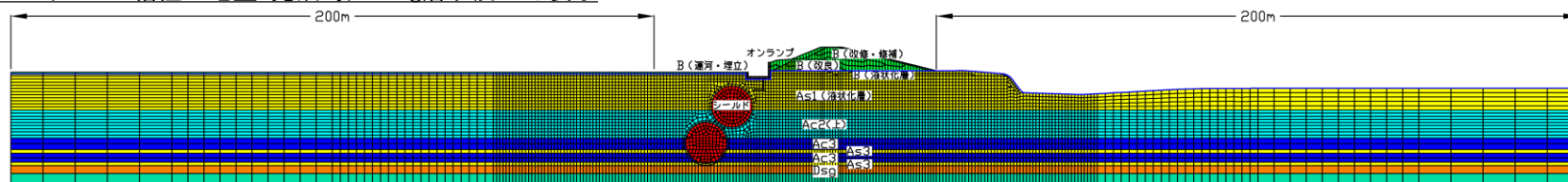


残留変形図 (最大級シナリオ地震動)

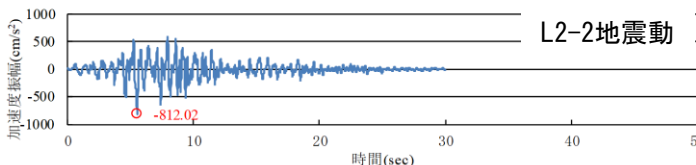
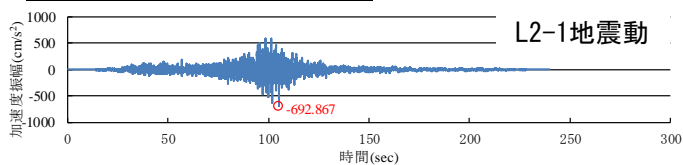


【解析入力条件 18-⑩, 18-⑱】

解析メッシュ (No. 26 粘性土地盤 完成時) Dsg層以浅のみ表示



入力地震動 (道路橋示方書)



境界条件

- ・底面：粘性境界
- ・側方：疑似自由地盤境界
- ・水位境界：地下水位面は水頭固定境界、構造物境界、底面境界および側方境界は非排水境界
- ・地盤と構造物の接触面：ジョイント要素

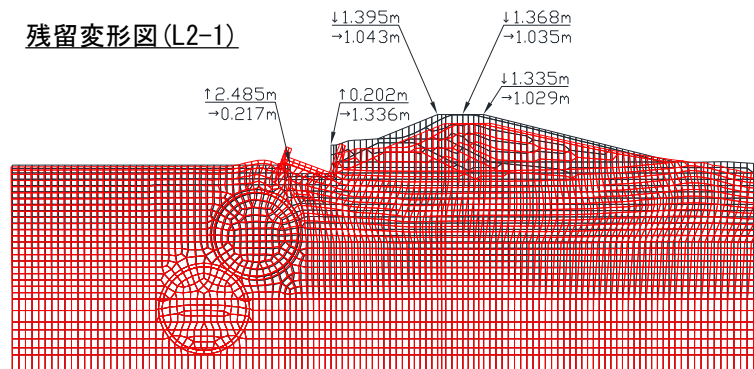
【解析結果および照査結果】 (No. 26 粘性土地盤 完成時) 18-⑩：地震後の河川外への越流, 18-⑱：津波による越波に対する安全性

解析断面	完成堤防高 (O.P.m)	レベル2-1地震動							レベル2-2地震動						
		堤防天端沈下量 (m)				堤防残留高 (O.P.m)	照査外水位 (O.P.m)	判定	堤防天端沈下量 (m)				堤防残留高 (O.P.m)	照査外水位 (O.P.m)	判定
		川裏	中央	川表	平均値				川裏	中央	川表	平均値			
No.26 (粘性土地盤)	10.683	1.395	1.368	1.335	1.366	9.317	4.58	OK	0.268	0.273	0.272	0.271	10.412	2.30	OK

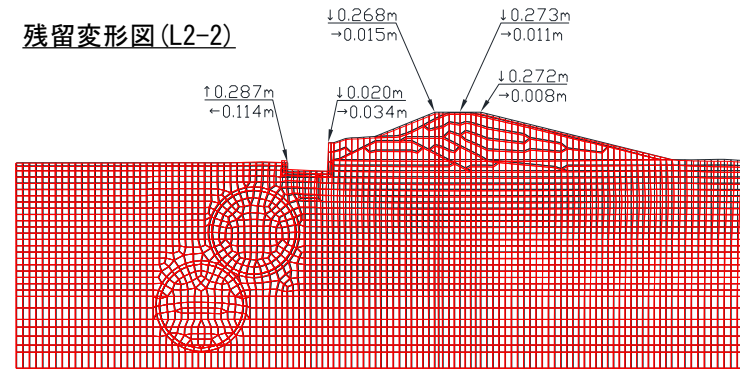
解析結果に対する考察

- ・液状化層中の道路構造物が川裏側へ変位しながら押し上げられる変形モードとなる。全体としては堤防が川表側へ流動するモードが主体となる。
- ・沈下後残留堤防高は照査外水位よりも高くなり、河川堤防は完成時において耐震性能を満足すると評価する。

残留変形図 (L2-1)

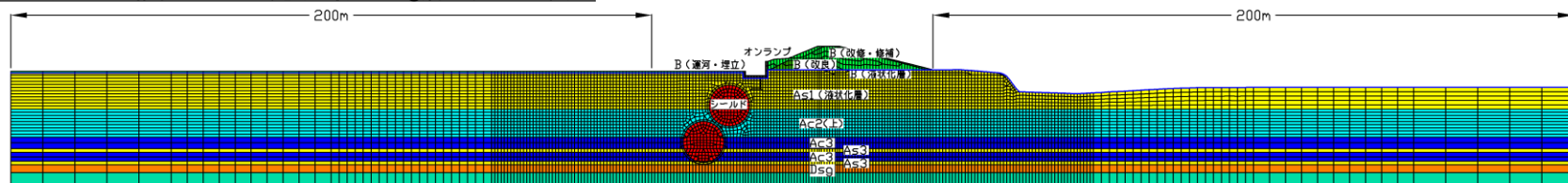


残留変形図 (L2-2)

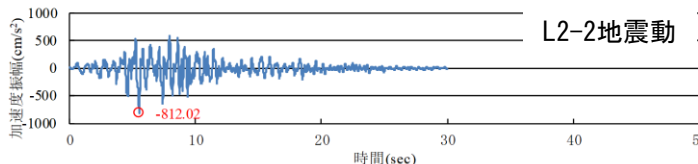
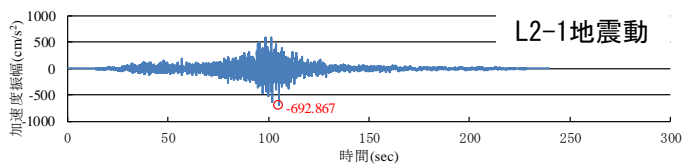


【解析入力条件 18-⑪, 19-⑭】

解析メッシュ (No. 26 粘性土地盤 完成時) Dsg層以浅のみ表示



入力地震動 (道路橋示方書)



境界条件

- ・底面：粘性境界
- ・側方：疑似自由地盤境界
- ・水位境界：地下水位面は水頭固定境界、構造物境界、底面境界および側方境界は非排水境界
- ・地盤と構造物の接触面：ジョイント要素

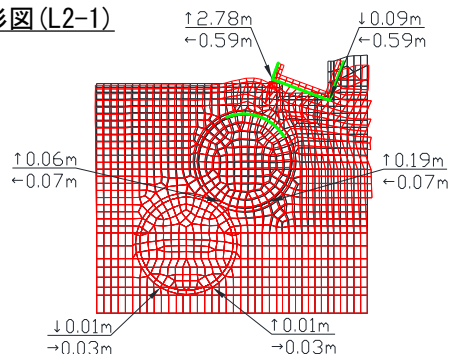
【解析結果および照査結果】 (No. 26 粘性土地盤 完成時) 18-⑪, 19-⑭：土と構造物間の地震時の変形や剥離 (液状化) による水みち発生

断面		レベル2-1地震動						レベル2-2地震動					
		剥離状況					判定	剥離状況					判定
		掘割部およびボックス				シールド		掘割部およびボックス				シールド	
左側壁横	右側壁横	頂版上	底版下	掘割部	左側壁横		右側壁横	頂版上	底版下	掘割部			
No.26 (粘性土地盤)	掘割部	発生	発生	—	発生	—	NG	発生	発生	—	一部発生	—	OK
	シールド上	—	—	—	—	一部発生	OK	—	—	—	—	発生無し	OK
	シールド下	—	—	—	—	発生無し	OK	—	—	—	—	一部発生	OK

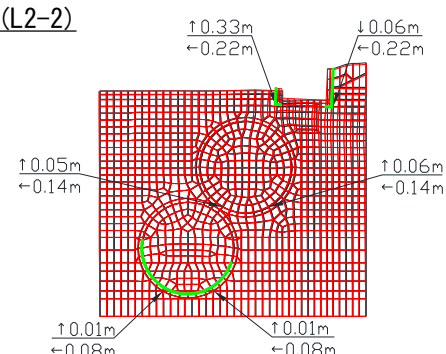
解析結果に対する考察

- ・レベル2-1地震動に対して、掘割部全周にわたって剥離が発生する。
- ・掘割部は地震直後に水みちが形成される可能性が高いため、液状化対策が必要であると評価する。

残留変形図 (L2-1)

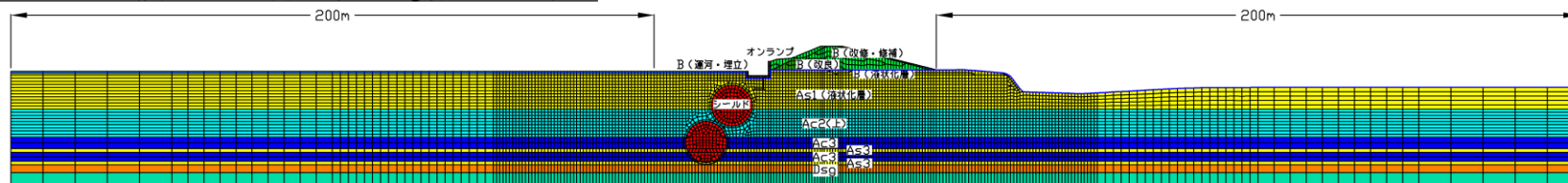


残留変形図 (L2-2)

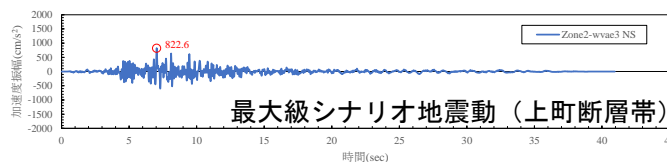
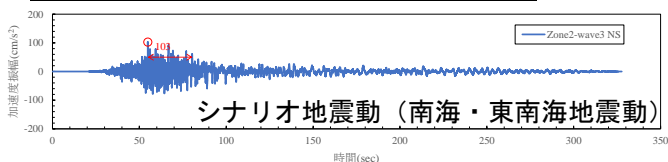


【解析入力条件 U-②, U-③】

解析メッシュ (No. 26 粘性土地盤 完成時) Dsg層以浅のみ表示



入力地震動 (開削トンネル耐震設計指針)



境界条件

- ・底面：固定境界
- ・側方：疑似自由地盤境界
- ・水位境界：地下水位面は水頭固定境界，構造物境界，底面境界および側方境界は非排水境界
- ・地盤と構造物の接触面：ジョイント要素

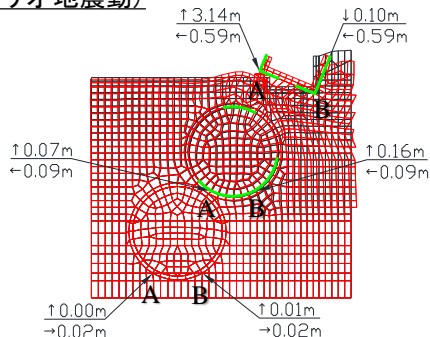
【解析結果および照査結果】 (No. 26 粘性土地盤 完成時) U-②：偏土圧下での地盤変形 (液状化) に対する安全性および供用性, U-③：地震時の液状化による修復性

断面	シナリオ地震動 (南海・東南海地震動)						最大級シナリオ地震動 (上町断層帯)						
	鉛直変位(m) +: 隆起 -: 沈下		距離 (m)	回転角 (%)	許容値 (%)	判定	鉛直変位(m) +: 隆起 -: 沈下		距離 (m)	回転角 (%)	許容値 (%)	判定	
	A点	B点					A点	B点					
No.26 (粘性土地盤)	掘割部	3.14	-0.10	7.80	41.54	2.00	NG	1.45	0.00	7.80	18.59	2.00	NG
	シールド上	0.07	0.16	6.38	1.42	2.00	OK	0.05	0.08	6.38	0.48	2.00	OK
	シールド下	0.00	0.01	4.61	0.22	2.00	OK	-0.01	0.00	4.61	0.22	2.00	OK

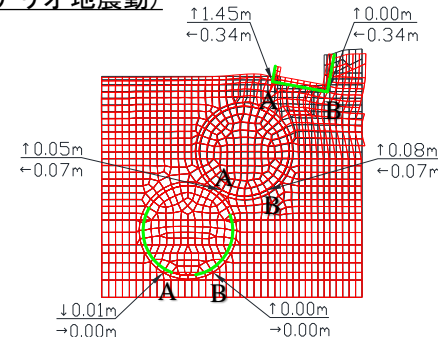
解析結果に対する考察

- ・掘割部の回転角は，レベル2地震動に対して照査基準を満足しない。また，上部シールドに0.1m~0.2m程度ではあるが浮き上がりが生じる。
- ・偏土圧下での地盤変形 (液状化) に対する安全性および供用性や，地震時の液状化による修復性が確保できないため，液状化対策が必要であると評価する。

残留変形図 (シナリオ地震動)

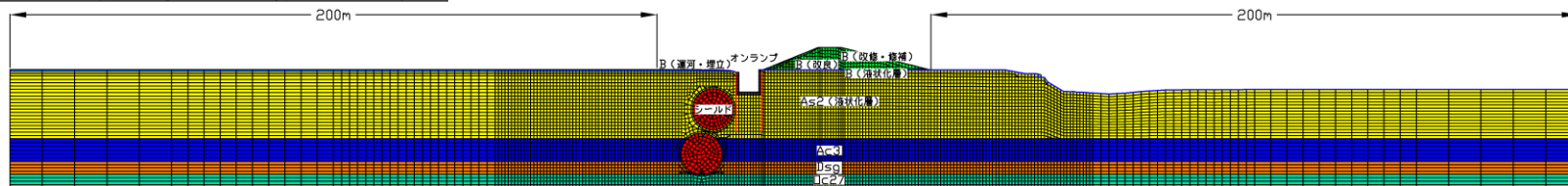


残留変形図 (最大級シナリオ地震動)

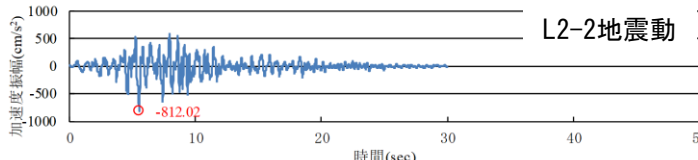
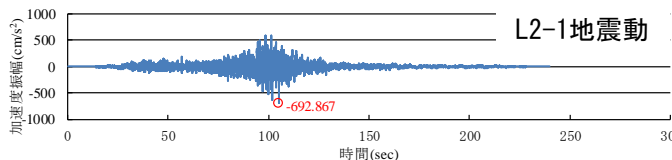


【解析入力条件 18-⑩, 18-⑱】

解析メッシュ (No. 30完成時) 0c27層以浅のみ表示



入力地震動 (道路橋示方書)



境界条件

- ・底面：粘性境界
- ・側方：疑似自由地盤境界
- ・水位境界：地下水位面は水頭固定境界、構造物境界、底面境界および側方境界は非排水境界
- ・地盤と構造物の接触面：ジョイント要素

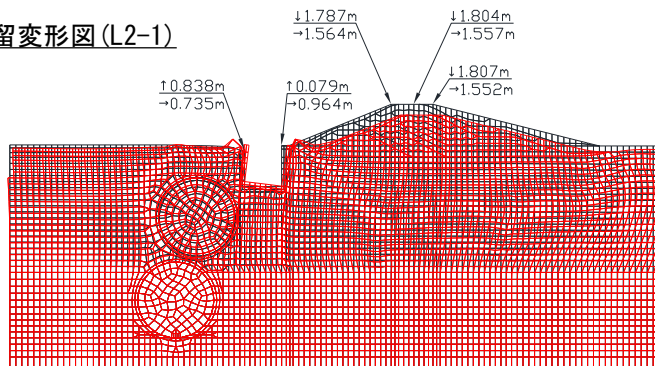
【解析結果および照査結果】 (No. 30完成時) 18-⑩：地震後の河川外への越流, 18-⑱：津波による越波に対する安全性

解析断面	完成堤防高 (O.P.m)	レベル2-1地震動						レベル2-2地震動							
		堤防天端沈下量 (m)				堤防残留高 (O.P.m)	照査外水位 (O.P.m)	判定	堤防天端沈下量 (m)				堤防残留高 (O.P.m)	照査外水位 (O.P.m)	判定
		川裏	中央	川表	平均値				川裏	中央	川表	平均値			
No.30	10.715	1.787	1.804	1.807	1.799	8.916	4.58	OK	0.337	0.354	0.368	0.353	10.362	2.30	OK

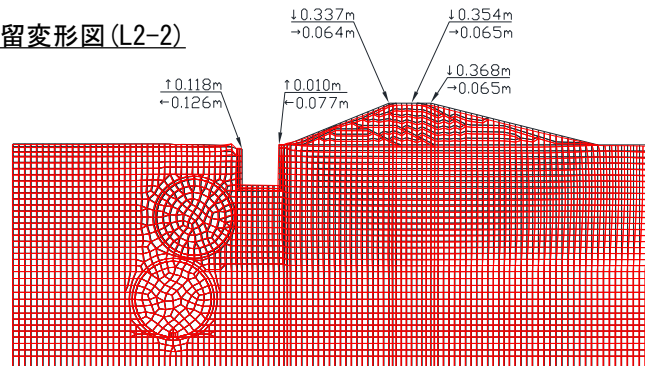
解析結果に対する考察

- ・液状化層中の道路構造物が土留め壁とともに川裏側へ変位しながら押し上げられる変形モードとなる。堤防は川表側へ流動しながら沈下する傾向となる。
- ・沈下後残留堤防高は照査外水位よりも高くなり、河川堤防は完成時において耐震性能を満足すると評価する。

残留変形図 (L2-1)

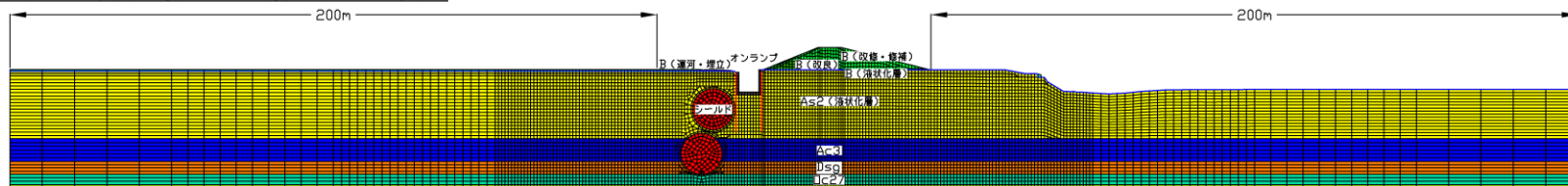


残留変形図 (L2-2)

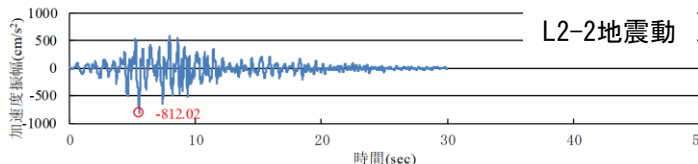
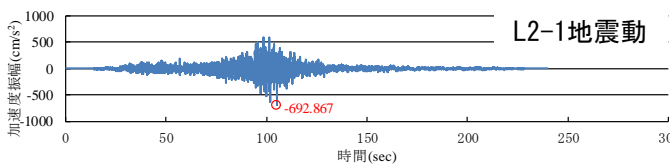


【解析入力条件 18-⑪, 19-⑭】

解析メッシュ (No. 30完成時) 0c27層以浅のみ表示



入力地震動 (道路橋示方書)



境界条件

- ・底面：粘性境界
- ・側方：疑似自由地盤境界
- ・水位境界：地下水位面は水頭固定境界、構造物境界、底面境界および側方境界は非排水境界
- ・地盤と構造物の接触面：ジョイント要素

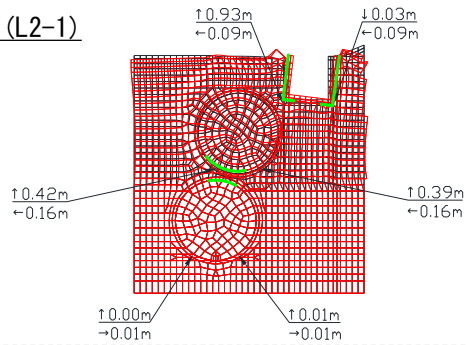
【解析結果および照査結果】 (No. 30完成時) 18-⑪, 19-⑭ : 土と構造物間の地震時の変形や剥離 (液状化) による水みち発生

断面		レベル2-1地震動					判定	レベル2-2地震動					判定
		剥離状況						剥離状況					
		掘割部およびボックス				シールド		掘割部およびボックス				シールド	
左側壁横	右側壁横	頂版上	底版下	左側壁横	右側壁横		頂版上	底版下					
No.30	掘割部	発生	発生	—	一部発生	—	OK	一部発生	一部発生	—	一部発生	—	OK
	シールド上	—	—	—	—	一部発生	OK	—	—	—	—	発生無し	OK
	シールド下	—	—	—	—	一部発生	OK	—	—	—	—	発生無し	OK

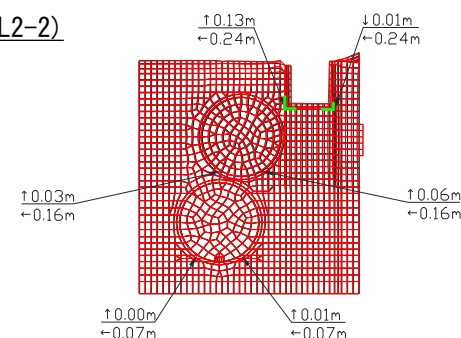
解析結果に対する考察

- ・レベル2地震動に対して、道路構造物全周にわたって剥離が生じない。
- ・地震直後に水みち発生の原因となる剥離状態が生じる可能性は低いと評価する。

残留変形図 (L2-1)

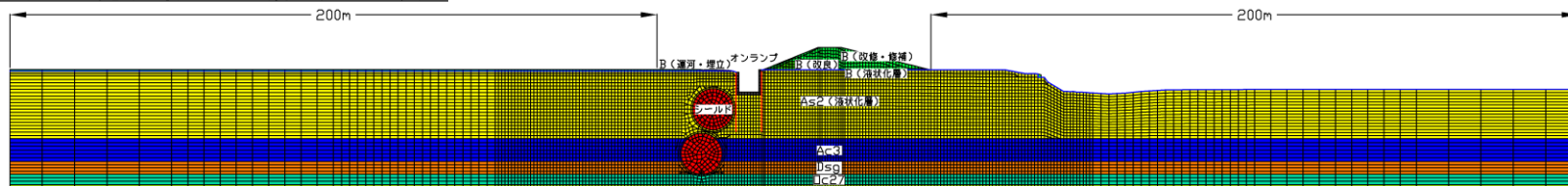


残留変形図 (L2-2)

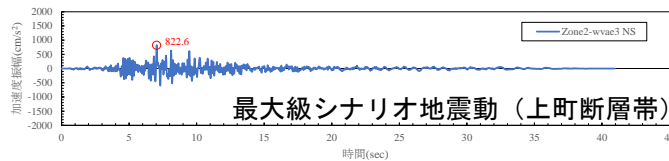
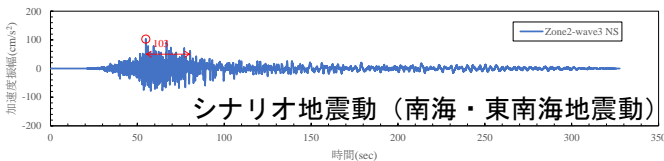


【解析入力条件 U-②, U-③】

解析メッシュ (No. 30完成時) 0c27層以浅のみ表示



入力地震動 (開削トンネル耐震設計指針)



境界条件

- ・底面：固定境界
- ・側方：疑似自由地盤境界
- ・水位境界：地下水位面は水頭固定境界、構造物境界、底面境界および側方境界は非排水境界
- ・地盤と構造物の接触面：ジョイント要素

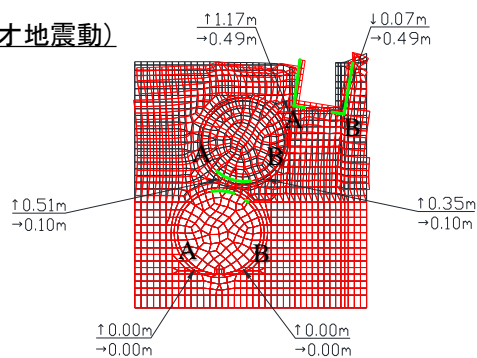
【解析結果および照査結果】 (No. 30完成時) U-②：偏土圧下での地盤変形 (液状化) に対する安全性および供用性, U-③：地震時の液状化による修復性

断面	シナリオ地震動 (南海・東南海地震動)						最大級シナリオ地震動 (上町断層帯)						
	鉛直変位(m) +:隆起 -:沈下		距離 (m)	回転角 (%)	許容値 (%)	判定	鉛直変位(m) +:隆起 -:沈下		距離 (m)	回転角 (%)	許容値 (%)	判定	
	A点	B点					A点	B点					
No.30	掘割部	1.17	-0.07	7.80	15.90	2.00	NG	0.50	-0.04	7.80	6.93	2.00	NG
	シールド上	0.51	0.35	6.37	2.52	2.00	NG	0.18	0.25	6.37	1.10	2.00	OK
	シールド下	0.00	0.00	6.97	0.00	2.00	OK	0.00	0.00	6.97	0.00	2.00	OK

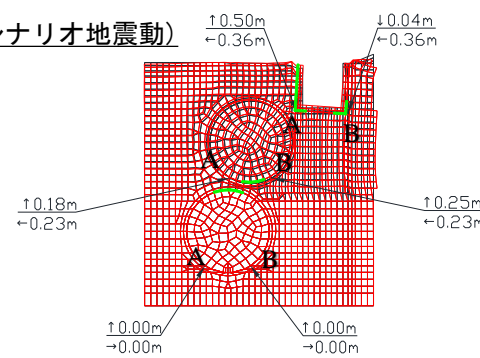
解析結果に対する考察

- ・掘割部および上部シールドの回転角は、レベル2地震動に対して照査基準を満足しない。また、上部シールドに浮き上がりが生じる。
- ・偏土圧下での地盤変形 (液状化) に対する安全性および供用性や、地震時の液状化による修復性が確保できないため、液状化対策が必要と評価する。

残留変形図 (シナリオ地震動)



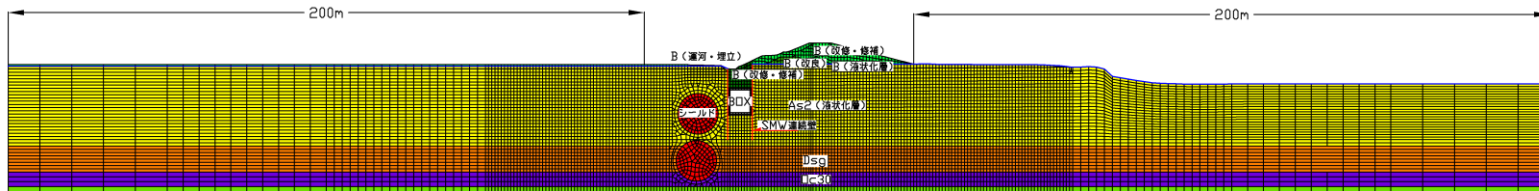
残留変形図 (最大級シナリオ地震動)



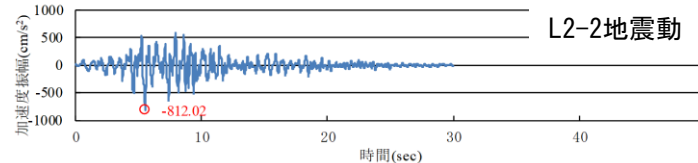
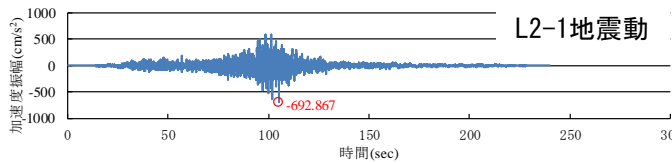


【解析入力条件 18-⑩, 18-⑱】

解析メッシュ (No. 35完成時) 0c30層以浅のみ表示



入力地震動 (道路橋示方書)



境界条件

- ・底面：粘性境界
- ・側方：疑似自由地盤境界
- ・水位境界：地下水位面は水頭固定境界、構造物境界、底面境界および側方境界は非排水境界
- ・地盤と構造物の接触面：ジョイント要素

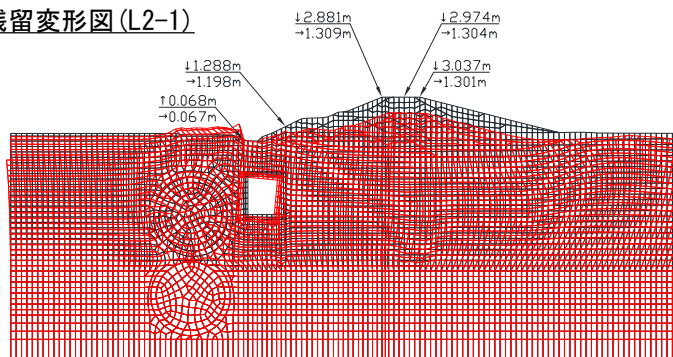
【解析結果および照査結果】 (No. 35完成時) 18-⑩：地震後の河川外への越流, 18-⑱：津波による越波に対する安全性

解析断面	完成堤防高 (O.P.m)	レベル2-1地震動						レベル2-2地震動							
		堤防天端沈下量 (m)				堤防残留高 (O.P.m)	照査外水位 (O.P.m)	判定	堤防天端沈下量 (m)				堤防残留高 (O.P.m)	照査外水位 (O.P.m)	判定
		川裏	中央	川表	平均値				川裏	中央	川表	平均値			
No.35	10.755	2.881	2.974	3.037	2.964	7.791	4.58	OK	0.632	0.650	0.664	0.649	10.106	2.30	OK

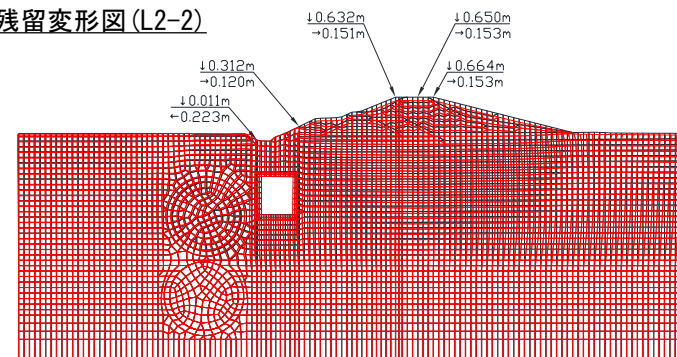
解析結果に対する考察

- ・液状化層中の道路構造物が土留め壁とともに川裏側へ変位しながら押し上げられる変形モードとなる。堤防は川表側へ流動しながら沈下する傾向となる。
- ・沈下後残留堤防高は照査外水位よりも高くなり、河川堤防は完成時において耐震性能を満足すると評価する。

残留変形図 (L2-1)

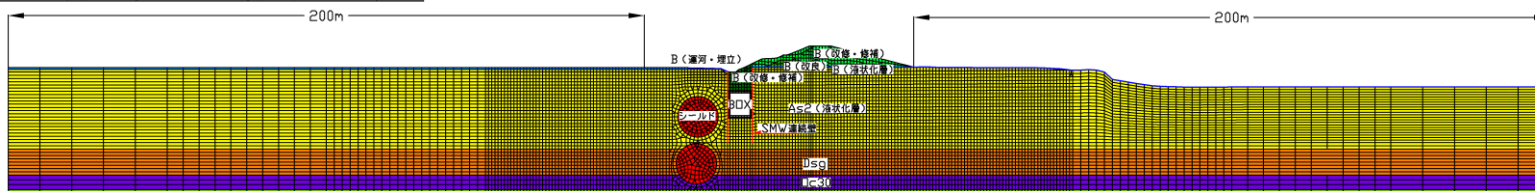


残留変形図 (L2-2)

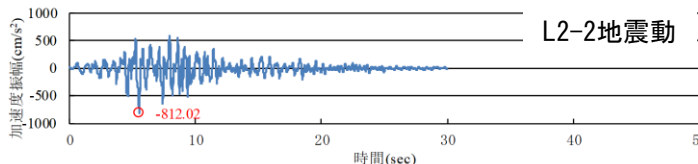
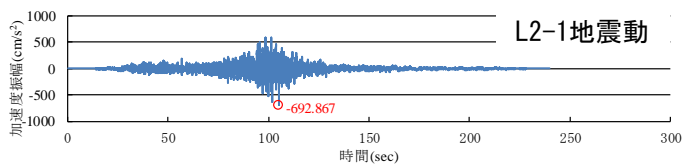


【解析入力条件 18-⑪, 19-⑭】

解析メッシュ (No. 35完成時) 0c30層以浅のみ表示



入力地震動 (道路橋示方書)



境界条件

- ・底面：粘性境界
- ・側方：疑似自由地盤境界
- ・水位境界：地下水位面は水頭固定境界、構造物境界、底面境界および側方境界は非排水境界
- ・地盤と構造物の接触面：ジョイント要素

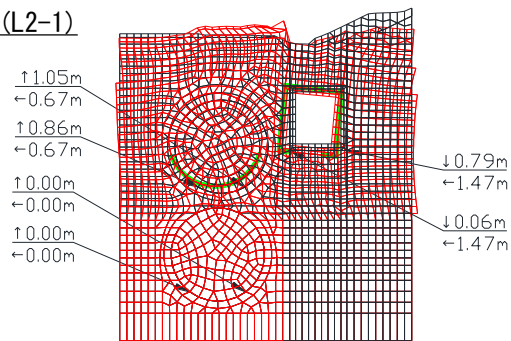
【解析結果および照査結果】 (No. 35完成時) 18-⑪, 19-⑭ : 土と構造物間の地震時の変形や剥離 (液状化) による水みち発生

断面		レベル2-1地震動						レベル2-2地震動							
		剥離状況					シールド	判定	剥離状況					シールド	判定
		掘割部およびボックス							掘割部およびボックス						
		左側壁横	右側壁横	頂版上	底版下				左側壁横	右側壁横	頂版上	底版下			
No.35	ボックス	発生	発生	一部発生	一部発生	—	OK	発生	発生	一部発生	一部発生	—	OK		
	シールド上	—	—	—	—	一部発生	OK	—	—	—	—	一部発生	OK		
	シールド下	—	—	—	—	発生無し	OK	—	—	—	—	発生無し	OK		

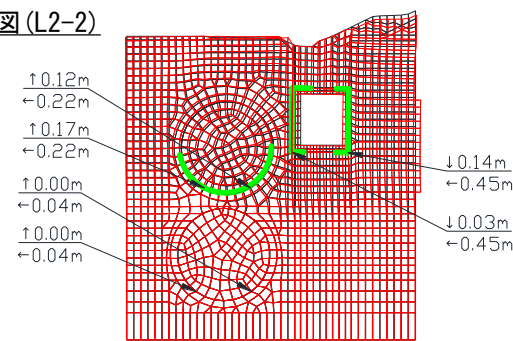
解析結果に対する考察

- ・レベル2地震動に対して、道路構造物全周にわたって剥離が生じない。
- ・地震直後に水みち発生の原因となる剥離状態が生じる可能性は低いと評価する。

残留変形図 (L2-1)

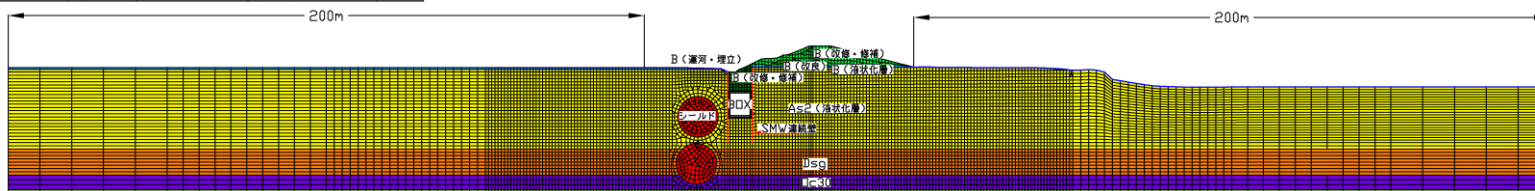


残留変形図 (L2-2)

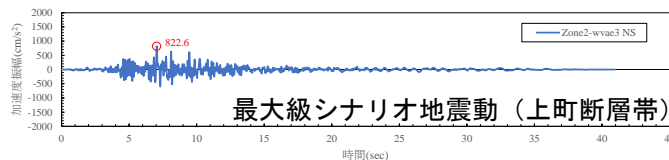
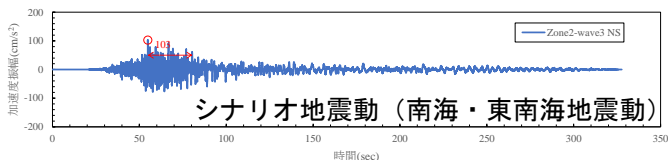


【解析入力条件 U-②, U-③】

解析メッシュ (No. 35完成時) 0c30層以浅のみ表示



入力地震動 (開削トンネル耐震設計指針)



境界条件

- ・底面：固定境界
- ・側方：疑似自由地盤境界
- ・水位境界：地下水位面は水頭固定境界、構造物境界、底面境界および側方境界は非排水境界
- ・地盤と構造物の接触面：ジョイント要素

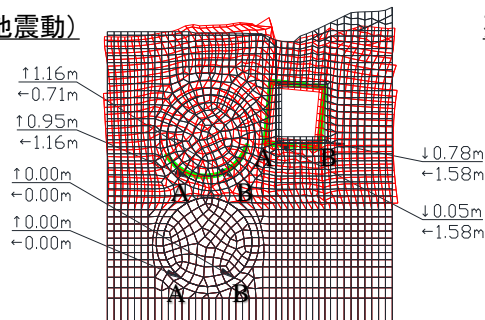
【解析結果および照査結果】 (No. 35完成時) U-②：偏土圧下での地盤変形（液状化）に対する安全性および供用性, U-③：地震時の液状化による修復性

断面	シナリオ地震動 (南海・東南海地震動)						最大級シナリオ地震動 (上町断層帯)						
	鉛直変位(m) +: 隆起 -: 沈下		距離 (m)	回転角 (%)	許容値 (%)	判定	鉛直変位(m) +: 隆起 -: 沈下		距離 (m)	回転角 (%)	許容値 (%)	判定	
	A点	B点					A点	B点					
No.35	ボックス	-0.05	-0.78	7.80	9.36	2.00	NG	-0.06	-0.34	7.80	3.59	2.00	NG
	シールド上	0.95	1.16	6.37	3.30	2.00	NG	0.31	0.39	6.37	1.26	2.00	OK
	シールド下	0.00	0.00	6.46	0.00	2.00	OK	0.00	0.00	6.46	0.00	2.00	OK

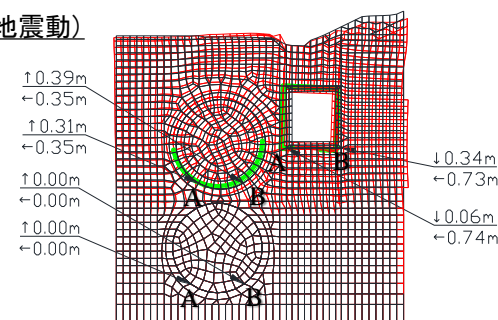
解析結果に対する考察

- ・ボックスおよび上部シールドの回転角は、レベル2地震動に対して照査基準を満足しない。また、上部シールドに浮き上がりが生じる。
- ・偏土圧下での地盤変形（液状化）に対する安全性および供用性や、地震時の液状化による修復性が確保できないため、液状化対策が必要であると評価する。

残留変形図 (シナリオ地震動)

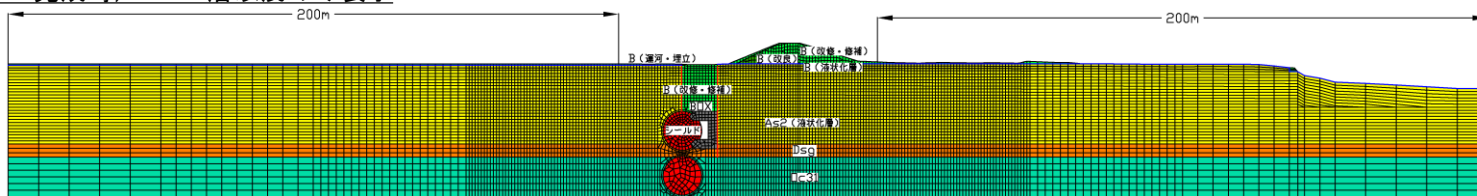


残留変形図 (最大級シナリオ地震動)

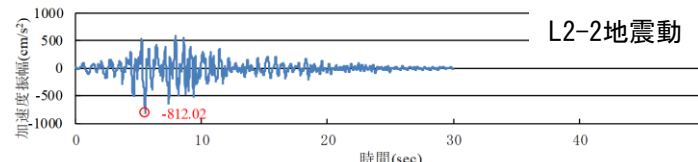
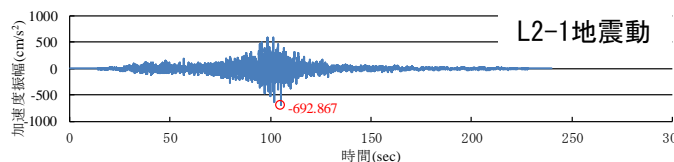


【解析入力条件 18-⑩, 18-⑱】

解析メッシュ (No. 43完成時) 0c31層以浅のみ表示



入力地震動 (道路橋示方書)



境界条件

- ・底面：粘性境界
- ・側方：疑似自由地盤境界
- ・水位境界：地下水位面は水頭固定境界、構造物境界、底面境界および側方境界は非排水境界
- ・地盤と構造物の接触面：ジョイント要素

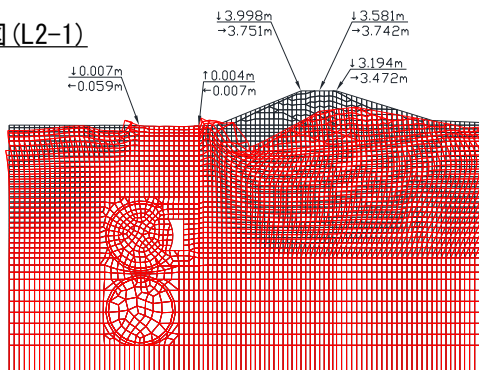
【解析結果および照査結果】 (No. 43完成時) 18-⑩：地震後の河川外への越流, 18-⑱：津波による越波に対する安全性

解析断面	完成堤防高 (O.P.m)	レベル2-1地震動							レベル2-2地震動						
		堤防天端沈下量 (m)				堤防残留高 (O.P.m)	照査外水位 (O.P.m)	判定	堤防天端沈下量 (m)				堤防残留高 (O.P.m)	照査外水位 (O.P.m)	判定
		川裏	中央	川表	平均値				川裏	中央	川表	平均値			
No.43	10.808	3.998	3.581	3.194	3.591	7.217	4.59	OK	0.688	0.682	0.671	0.680	10.128	2.31	OK

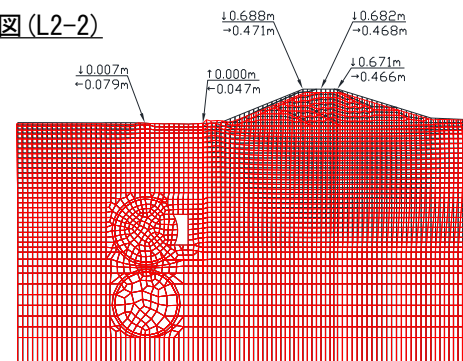
解析結果に対する考察

- ・道路構造物が非液状化層に着底するとともに、土留め壁が残置されている影響で液状化層の川裏側への流動が抑制され、堤防は川表側へ流動する傾向となる。
- ・沈下後残留堤防高は照査外水位よりも高くなり、河川堤防は完成時において耐震性能を満足すると評価する。

残留変形図 (L2-1)

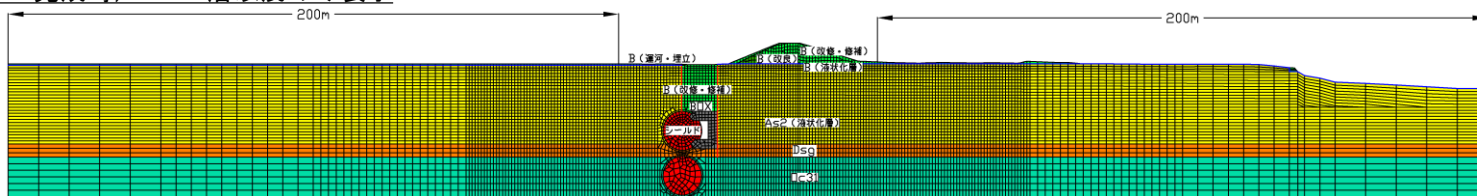


残留変形図 (L2-2)

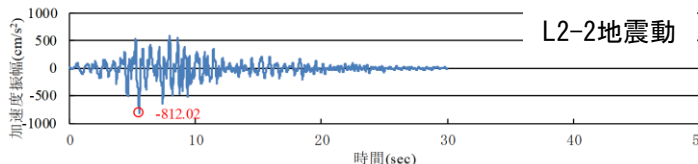
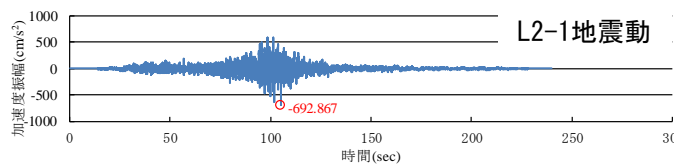


【解析入力条件 18-⑪, 19-⑭】

解析メッシュ (No. 43完成時) 0c31層以浅のみ表示



入力地震動 (道路橋示方書)



境界条件

- ・底面：粘性境界
- ・側方：疑似自由地盤境界
- ・水位境界：地下水位面は水頭固定境界、構造物境界、底面境界および側方境界は非排水境界
- ・地盤と構造物の接触面：ジョイント要素

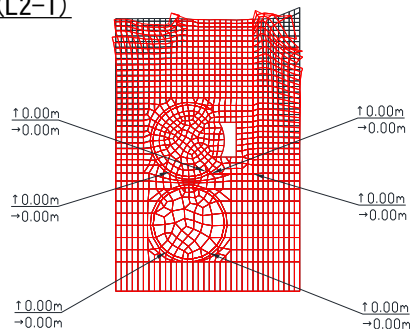
【解析結果および照査結果】 (No. 43完成時) 18-⑪, 19-⑭：土と構造物間の地震時の変形や剥離 (液状化) による水みち発生

断面		レベル2-1地震動						レベル2-2地震動					
		剥離状況					判定	剥離状況					判定
		掘割部およびボックス						掘割部およびボックス					
		左側壁横	右側壁横	頂版上	底版下	シールド		左側壁横	右側壁横	頂版上	底版下	シールド	
No.43	ボックス	—	発生無し	発生無し	発生無し	—	OK	—	発生無し	発生無し	発生無し	—	OK
	シールド上	—	—	—	—	発生無し	OK	—	—	—	—	発生無し	OK
	シールド下	—	—	—	—	発生無し	OK	—	—	—	—	発生無し	OK

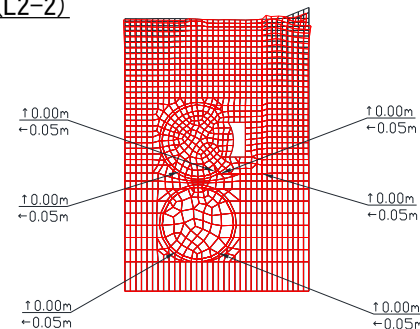
解析結果に対する考察

- ・レベル2地震動に対して、道路構造物全周にわたって剥離が生じない。
- ・地震直後に水みち発生の原因となる剥離状態が生じる可能性は低いと評価する。

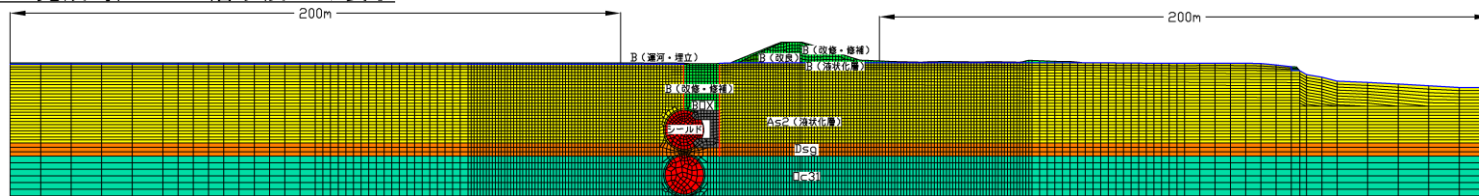
残留変形図 (L2-1)



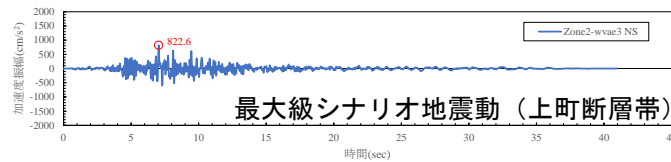
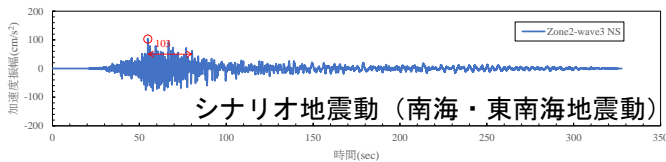
残留変形図 (L2-2)



【解析入力条件 U-②, U-③】  
 解析メッシュ (No. 43完成時) 0c31層以浅のみ表示



入力地震動 (開削トンネル耐震設計指針)



境界条件

- ・底面：固定境界
- ・側方：疑似自由地盤境界
- ・水位境界：地下水位面は水頭固定境界，構造物境界，底面境界および側方境界は非排水境界
- ・地盤と構造物の接触面：ジョイント要素

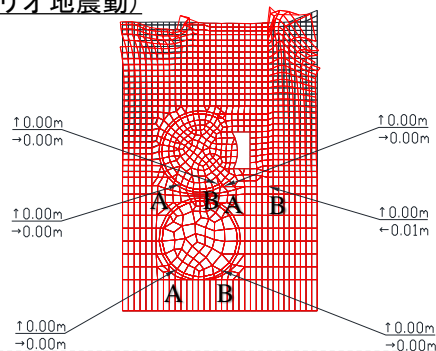
【解析結果および照査結果】 (No. 43完成時) U-②：偏土圧下での地盤変形 (液状化) に対する安全性および供用性, U-③：地震時の液状化による修復性

断面		シナリオ地震動 (南海・東南海地震動)						最大級シナリオ地震動 (上町断層帯)					
		鉛直変位(m) +: 隆起 -: 沈下		距離 (m)	回転角 (%)	許容値 (%)	判定	鉛直変位(m) +: 隆起 -: 沈下		距離 (m)	回転角 (%)	許容値 (%)	判定
		A点	B点					A点	B点				
No.43	ボックス	0.00	0.00	7.47	0.00	2.00	OK	0.00	0.00	7.47	0.00	2.00	OK
	シールド上	0.00	0.00	6.37	0.00	2.00	OK	0.00	0.00	6.37	0.00	2.00	OK
	シールド下	0.00	0.00	7.38	0.00	2.00	OK	0.00	0.00	7.38	0.00	2.00	OK

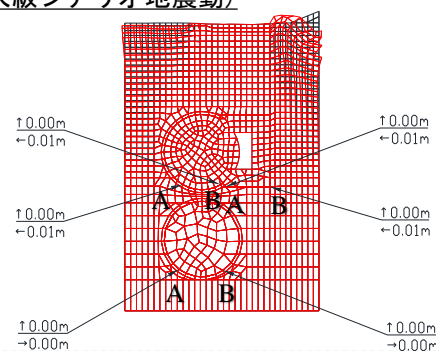
解析結果に対する考察

- ・道路構造物の回転角は，レベル2地震動に対して照査基準の2%を満足する。
- ・偏土圧下での地盤変形 (液状化) に対する安全性および供用性や，地震時の液状化による修復性は確保されていると評価する。

残留変形図 (シナリオ地震動)



残留変形図 (最大級シナリオ地震動)



# 不同沈下に対する修復の容易性検証

# 不同沈下に対する修復の容易性検証

無対策の検討対象断面において、計画盛土・構造物を同時に載荷した場合の土一水連成2次元弾塑性解析を実施し、躯体の残留沈下量（粘性土層の圧密沈下量）が許容残留沈下量を満足することを照査する。

### 【照査基準（既往の基準）】

- 道路土工軟弱地盤対策工指針（平成24年度（公社）日本道路協会）
- 開削トンネル設計指針（平成20年10月一部改訂阪神高速道路株式会社）
- 設計基準第3部構造物設計（土構造物編）第8編シールドトンネル（平成29年4月 阪神高速道路株式会社）

### 【照査項目】

- ・ 残留沈下量  
道路躯体の残留沈下量 < 許容残留沈下量（10cm）

⇒対策工の要否を検討（第3回）

### 【残留沈下量の考え方（淀川左岸線（2期）の照査基準と同様）】

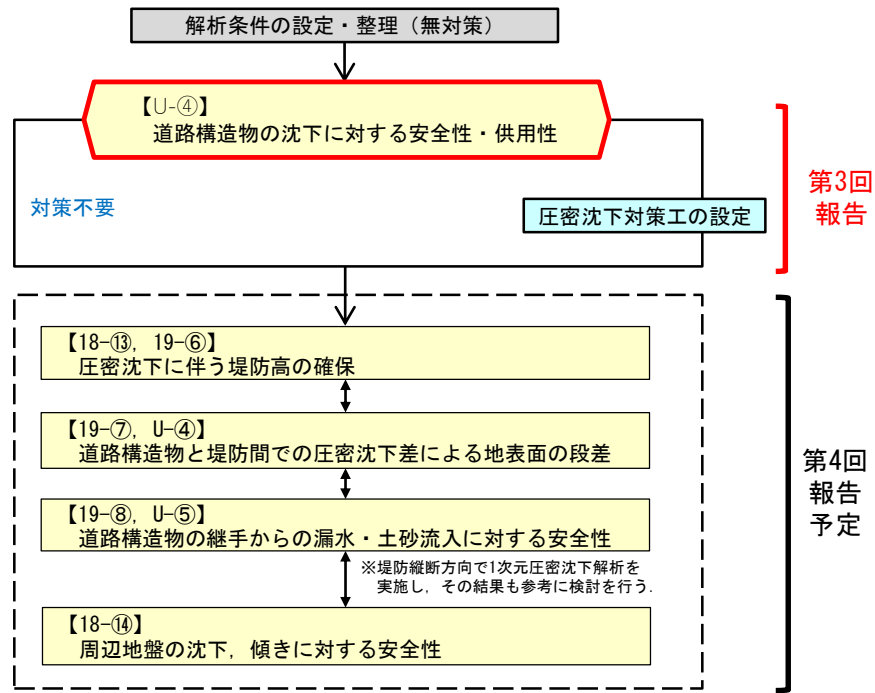
対策工要否検討時には、完成形状全荷重が作用した際の道路構造物の沈下量を評価する。（道路構造物構築と同時に計画盛土が完成した条件で照査）

### 【照査手法の検討】

解析にあたっては、施工時から完成時の時間変化を考慮した堤防高を把握する必要があることから、施工ステップに応じた荷重増減と変位の時系列を考慮できる土一水連成2次元弾塑性解析、または、弾粘塑性解析を用いる。

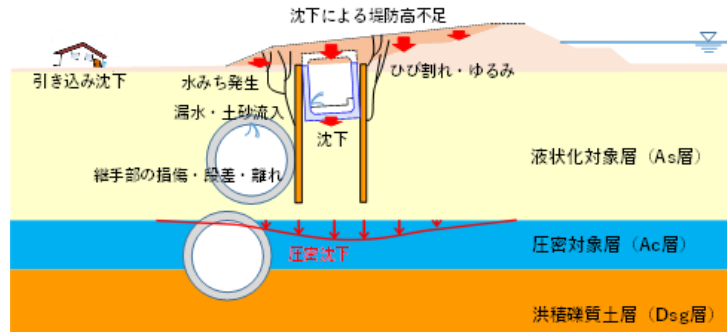
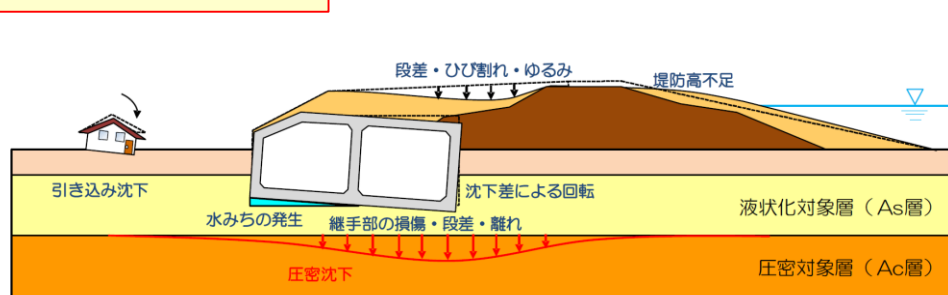
- ・ 弾塑性解析：一次圧密を考慮した変形解析手法
- ・ 弾粘塑性解析：一次圧密＋二次圧密を考慮した変形解析手法

### 【検討フロー図】



※高規格堤防の施工はシールドトンネルの施工後と想定して、シールドトンネルは既設構造物（初期条件）としたうえで不同沈下を検討する。

### 被害シナリオごとの被害想定





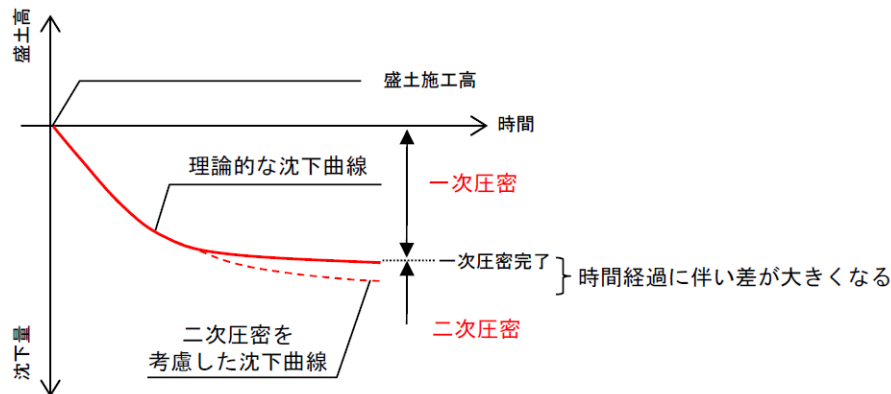
# 不同沈下に対する修復の容易性検証

## 【照査手法の検討】

解析にあたっては、施工時から完成時の時間変化を考慮した堤防高を把握する必要があることから、施工ステップに応じた荷重増減と変位の時系列を考慮できる土一水連成2次元弾塑性解析を用いる。また、二次圧密による評価の必要性を検討するために、弾塑性解析と弾粘塑性解析の比較を実施した。

## ■二次圧密とは

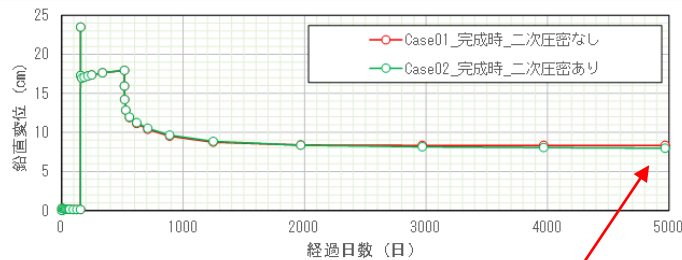
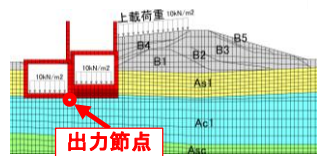
二次圧密とは、過剰間隙水圧の消散後（圧密沈下完了後）において、一定の荷重条件下で土が変形する現象である。



## 【解析結果】

圧密沈下が終了する時刻（過剰間隙水圧が完全に消散する時刻）の鉛直変位の差異が0.4cm程度（淀川左岸線（2期）区間：1cm程度）であり、二次圧密による鉛直変位に比べて、一次圧密の鉛直変位が卓越している。

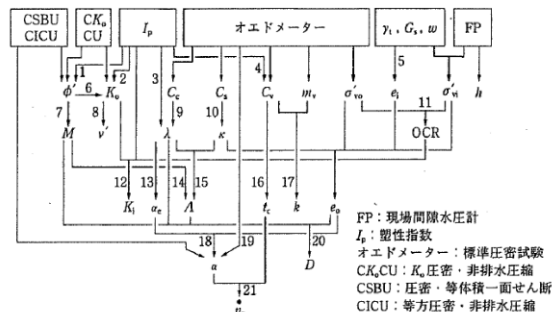
淀川左岸線（2期）区間の検討結果と同様に、弾塑性、弾粘塑性解析による鉛直変位量に顕著な差が見られないことから、主体となる変形要因は一次圧密による鉛直変位（≒圧密沈下）によるものと判断し、延伸部では『土一水連成2次元弾塑性解析』による検討を行う。



経過日数5000日時点の鉛直変位の差異：0.4cm

## 【二次圧密に関するパラメータ決定】

- ① 過去の応力履歴： $\sigma'_{v0} \cdot K_0$
- ② 現在の初期応力： $\sigma'_v \cdot K_0 \cdot h$
- ③ 土質定数：圧縮・せん断  $A \cdot M \cdot D \cdot v'$ 、時間依存性  $a \cdot v_0$ 、透水性



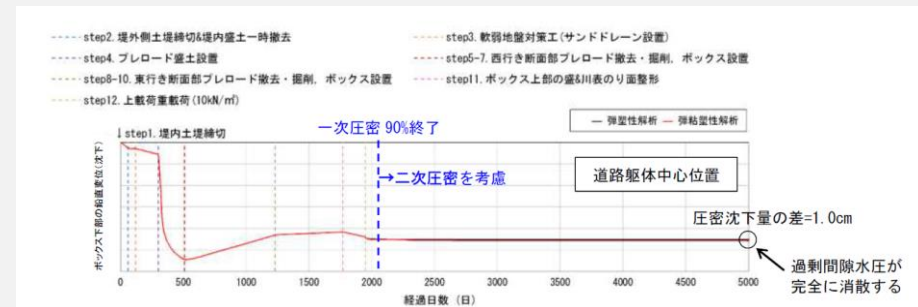
- $\sin \phi' = 0.81 - 0.233 \log I_p$  Kenney (1959)
- $K_0 = 0.44 + 0.42 I_p \times 10^{-2}$  Massarsch (1979)
- $\lambda = 0.015 + 0.007 I_p$  Iizuka & Ohta (1987)
- $\log c_v = -0.025 I_p - 0.25 \pm 1$  (cm<sup>2</sup>/min) Iizuka & Ohta (1987)
- $e_0 = w C_u$
- $K_0 = 1 - \sin \phi'$  Jaky (1944)
- $M = 6 \sin \phi' / (3 - \sin \phi')$
- $v' = K_0 / (1 + K_0)$
- $10. \lambda = 0.434 C_c, \epsilon = 0.434 C_u$
- $OCR = \sigma'_{v0} / \sigma'_v$
- $K_r = K_0(OCR)^{0.54 \exp(-I_p/122)}$  Alpan (1967)
- $\alpha_e / \lambda = 0.05 \pm 0.02$  (clay) Mesri and Godlewski = 0.07  $\pm$  0.02 (peat) (1977)
- $A = M / 1.75$  軽部 (1975)
- $A = 1 - \epsilon / I_p$
- $f_c = H^2 T_d (90\%) / c_v$  Sekiguchi
- $k = m_v c_v \gamma_w$
- $a = \alpha_e / (1 + e_0)$
- $a = d \sigma'_v / d(\ln t)$  Sekiguchi (1977)
- $D = d \sigma'_v / d(q/p)$  野田 (1963)  $D = \lambda A / [M(1 + e_0)]$  Ohta (1971)
- $\dot{v}_0 = a / t$  Sekiguchi (1977)

二次圧密に関するパラメータ

塑性指数Ipを中心としたパラメータ決定法（太田 1989による）

## 【参考資料：淀川左岸線（淀川左岸線（2期））事業に関する技術検討報告書：p4-127】

道路ボックス箇所で、圧密沈下が終了する時刻（過剰間隙水圧が完全に消散する時刻）において差異が1cm程度となり、二次圧密による変形量に比べ一次圧密沈下量が卓越し、弾塑性、弾粘塑性解析による圧密沈下量に顕著な差が見られない。

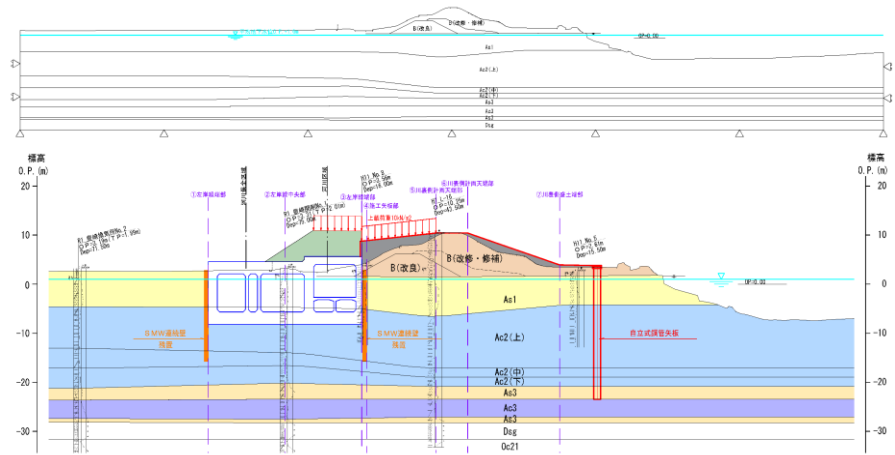


不同沈下に対する修復の容易性検証

■解析断面：No. 4 (道路本線：開削ボックス区間)

【境界条件図・解析モデル図】

- ・解析モデル下端：洪積礫質土 (Dsg層) 上端
- ・モデル化範囲：モデル高さの5倍程度に設定
- ・境界条件：底面境界は固定し、側方境界には鉛直ローラー
- ・上 載 荷 重：南岸線の道路利用を想定した荷重 (淀川左岸線 (2期) と同等の上載荷重)
- ・排 水 条 件：モデル下端および左右端の水頭を固定



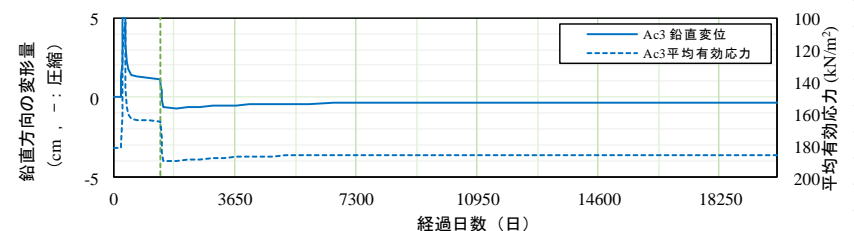
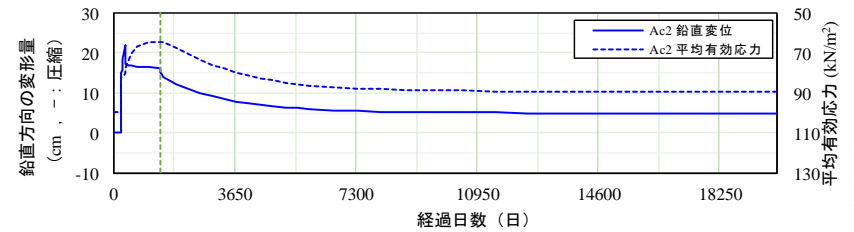
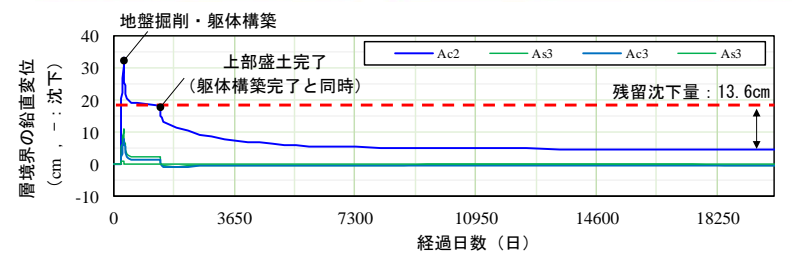
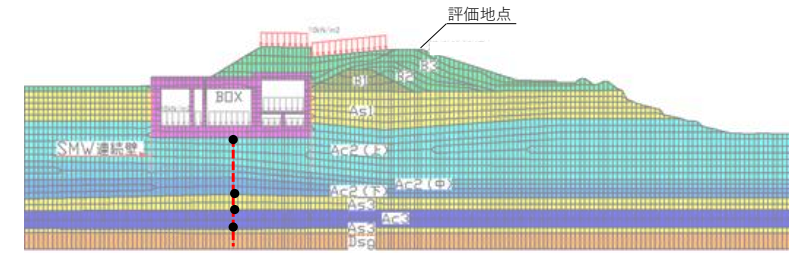
【解析に用いる土質パラメータ】

設定土質	単位体積重量 $\gamma_t$ (kN/m <sup>3</sup> )	変形係数 $E_m$ (kN/m <sup>2</sup> )	圧密特性		
			圧縮指数 $C_c$	膨潤指数 $C_s$	過圧密比 $OCR$
B (改修・修補)	18.2	4,200	---	---	---
B (改良)	20.0	4,200	---	---	---
B (運河埋立)	20.0	1,400	---	---	---
As1	19.2	15,000	---	---	---
Ac2 (上)	16.8	---	0.508	0.051	1.08
Ac2 (中)	17.1	---	0.565	0.057	1.91
Ac2 (下)	18.2	---	0.270	0.027	1.97
Ac3	18.1	---	0.394	0.039	2.37
As3	19.5	16,100	---	---	---
Dsg	(20.0)	94,800	---	---	---

【解析結果】

■土-水連成弾塑性解析結果

解析断面 No. 4 評価位置 左岸線躯体中心 評価項目 地盤変状・応力



【考 察】

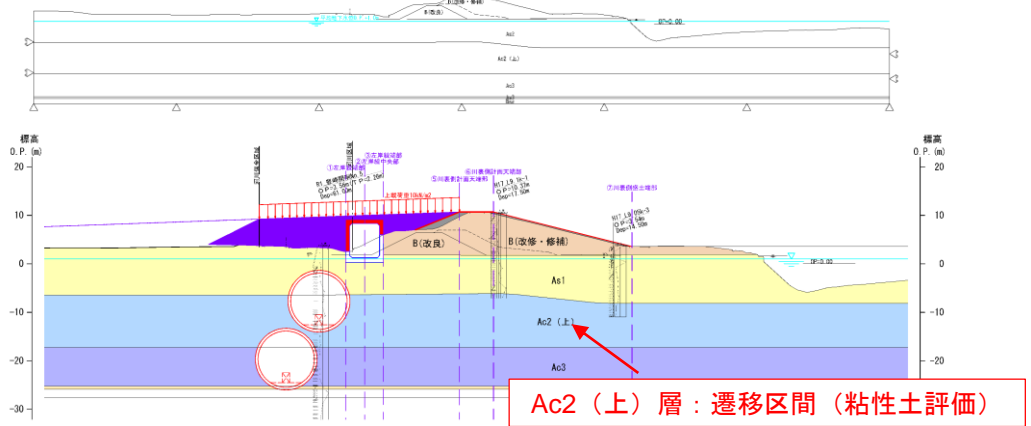
No. 4は、延伸部区間で軟弱層が最も厚く、かつ増加荷重が大きく、圧密沈下が発生しやすい条件の断面である。No. 4の道路躯体中央部での残留沈下量は13.6cmである。また、道路躯体の右端部では、上部盛土による増加荷重が大きいため、道路躯体中央部よりも大きい23.0cmの残留沈下量が発生する。

不同沈下に対する修復の容易性検証

■解析断面：No. 27（道路本線：シールドトンネル区間）

【境界条件図・解析モデル図】

- ・解析モデル下端：洪積礫質土（Dsg層）上端
- ・モデル化範囲：モデル高さの5倍程度に設定
- ・境界条件：底面境界は固定し、側方境界には鉛直ローラー
- ・上 載 荷 重：南岸線の道路利用を想定した荷重（淀川左岸線（2期）と同等の上載荷重）
- ・排 水 条 件：モデル下端および左右端の水頭を固定

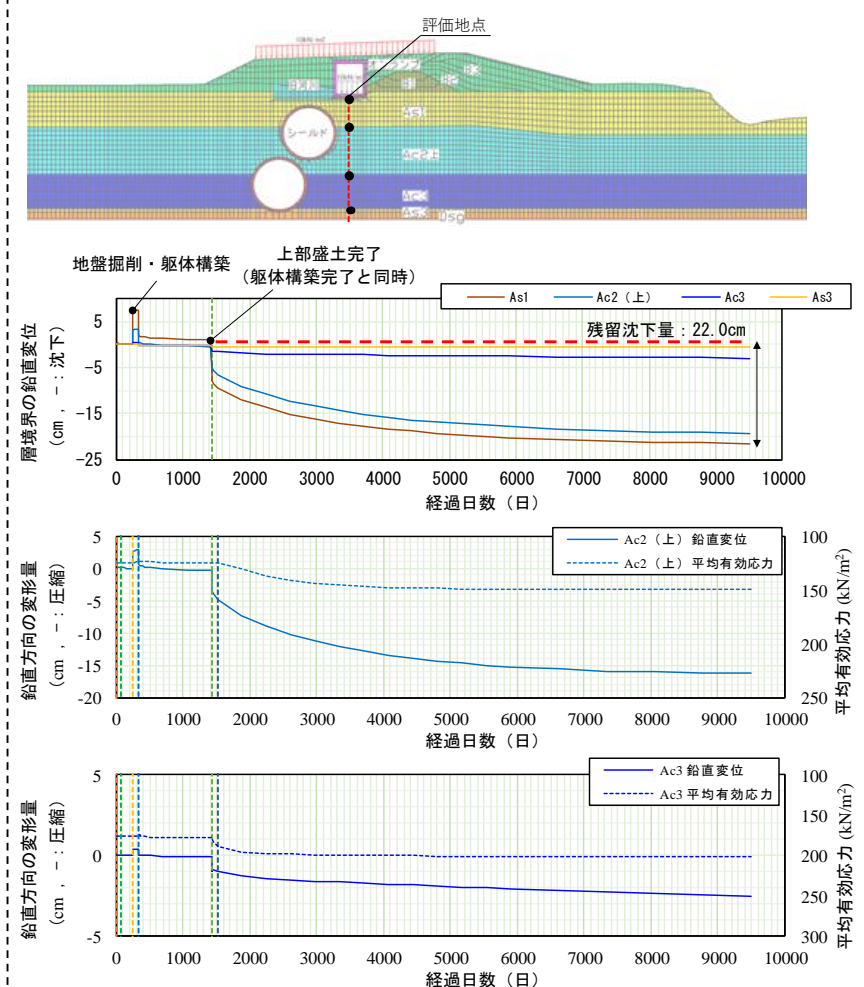


【解析に用いる土質パラメータ】

設定土質	単位体積重量 $\gamma_t$ (kN/m <sup>3</sup> )	変形係数 $E_m$ (kN/m <sup>2</sup> )	圧密特性		
			圧縮指数 $C_c$	膨潤指数 $C_s$	過圧密比 $OCR$
B（改修・修補）	18.2	4,200	---	---	---
B（改良）	20.0	7,000	---	---	---
B（運河埋立）	20.0	4,200	---	---	---
As1	19.2	7,291	---	---	---
Ac2（上）	16.8	---	0.660	0.066	1.19
As3	19.5	15,400	---	---	---
Ac3	18.1	---	0.310	0.031	2.62
Dsg	20.0	20,300	---	---	---

【解析結果】

■土-水連成弾塑性解析結果  
 解析断面 No. 27 評価位置 左岸線躯体中心 評価項目 地盤変位・応力



【考 察】

No. 27は、圧密対象層であるAc2層が粘性土から砂質土へ遷移する区間であり、圧密沈下が発生しやすい条件である粘性土と評価して解析を実施した。解析の結果、他の断面に比べて、道路躯体の残留沈下量が22.0cmと大きい。

# 照查結果一覽

照査結果一覧

侵食作用に対する安全性検証結果一覧

分類番号	被害シナリオから導いた一体構造物の課題	照査対象	照査結果
18-①	堤防の直接侵食に対する安全性	法覆工（堤防護岸部）	ブロックの移動限界流速 > 代表流速 13m/s程度 6.95m/s 照査基準を満足する
		法覆工（高水護岸部）	ブロックの移動限界流速 > 代表流速 8m/s程度 2.89m/s 照査基準を満足する
		根固め工	ブロックの移動限界流速 > 代表流速 8～10m/s程度（4tの場合） 6.95m/s 照査基準を満足する
18-②	堤防の側方侵食に対する安全性	9.0k～9.4k	いずれも $b/H_d > 3$ 照査基準を満足する
18-③	堤防の洗掘に対する安全性	根固め工	現況構造では不十分であるため、必要敷設長を確保した根固めブロックの設置が必要
		自立式鋼管矢板護岸	鋼管矢板φ900, t=16mm, L=20.5mで照査基準を満足する

照査結果一覧

浸透作用に対する安全性検証結果一覧

分類番号	被害シナリオから導いた一体構造物の課題	照査対象	照査結果
18-⑤ 19-⑮	地下水流動阻害（堤体内浸潤面上昇）による水みち発生	堤体内の浸潤面位置	No.34, No.47 : 照査基準を満足する No.15, No.16, No.23, No.27 : 照査基準を満足しない ※浸潤面对策（基礎砕石＋堤内側砕石置換）で照査基準を満足する
		平均動水勾配	照査基準を満足する
18-⑦ 19-⑯	土と構造物間の洪水・降雨時の浸透や変形による堤体の弱体化や水みち発生	レーンの加重クリープ比	照査基準を満足する
18-⑧ 19-⑰	基礎地盤のパイピング破壊に対する安全性	水平・鉛直方向の局所動水勾配	No.15, No.16, No.23, No.27 : 照査基準を満足する No.34, No.47 : 照査基準を満足しない ※局所動水勾配対策（のり尻砕石置換）で照査基準を満足する
18-⑨	すべり破壊に対する安全性	円弧すべり安全率	No.16, No.23, No.27, No.34, No.47 : 照査基準を満足する No.15 : 照査基準を満足しない ※浸潤面对策（基礎砕石＋堤内側砕石置換）で照査基準を満足する
U-⑥	道路構造物の浮き上がりに対する安全性, 供用性	揚圧力に対する安全率	No.15, No.16, No.23, No.34, No.47 : 照査基準を満足する No.27 : 照査基準を満足しない ※浸潤面对策（基礎砕石＋堤内側砕石置換）で照査基準を満足する

## 照査結果一覧

## 地震動作用に対する安全性検証結果一覧

分類番号	被害シナリオから導いた一体構造物の課題	照査対象	照査結果
18-⑩	地震後の河川外への越流	地震後残留堤防高	照査基準を満足する
18-⑱	津波による越波に対する安全性	地震後残留堤防高	照査基準を満足する
18-⑪ 19-⑭	土と構造物間の地震時の変形や剥離（液状化）による堤防沈下や水みち発生	地盤—道路構造物間の剥離	No.4, No.14, No.30, No.35, No.43 : 照査基準を満足する No.26 : 照査基準を満足しないため、第4回委員会に液状化対策を考慮した解析結果を示す
U-② U-③	偏土圧下での地盤変形（液状化）に対する安全性、供用性 地震時の液状化に対する修復性	地震時における底面回転角	No.4, No.14, No.43 : 照査基準を満足する No.26, No.30, No.35 : 照査基準を満足しないため、第4回委員会に液状化対策を考慮した解析結果を示す

## 不同沈下に対する修復の容易性検証

## 照査結果一覧

## 不同沈下に対する修復の容易性検証結果一覧

分類番号	被害シナリオから導いた一体構造物の課題	照査対象	照査結果
U-④	道路構造物の沈下に対する安全性, 供用性	残留沈下量 (道路構造物)	無対策時 No15, No30 : 照査基準を満足する No4, No16, No27 : 照査基準を満足しないため, 第4回委員会に軟弱地盤対策を 考慮した解析結果を示す
18-⑬ 19-⑥	自重による沈下に対する安全性 圧密沈下に伴う堤防高の確保	残留沈下量 (堤防天端)	第4回委員会にて報告予定 軟弱地盤対策工を考慮して解析
19-⑦	道路構造物と堤防間での圧密沈下による段差	道路構造物の傾斜角 残留沈下量 (デルタ部, 道路構造物)	第4回委員会にて報告予定 軟弱地盤対策工を考慮して解析
19-⑧ U-⑤	継手部からの漏水・土砂流入に対する安全性 道路構造物の継手部の段差・離れに対する安全性, 供用性	躯体沈下量の相対変位 (道路構造物)	第4回委員会にて報告予定 軟弱地盤対策工を考慮して解析
18-⑭	周辺地盤の沈下, 傾きに対する安全性	地盤傾斜角 (近接家屋)	第4回委員会にて報告予定 軟弱地盤対策工を考慮して解析