

資料 4 - 1
第 4 回
淀川左岸線（2期）事業 に関する技術検討委員会

一体構造物の安全性に関する定量的評価について（その2）

平成 25 年 2 月 8 日

# 目 次

	頁
1. 一体構造物の検討の流れ	1
1-1 第3回委員会レビュー	1
1-2 第4回委員会以降検討の流れ	2
2. 一体構造物の確保機能	5
3. 全線評価に向けた定量的評価（完成時）	9
3-1 耐浸透機能	9
3-1-1 検討課題と照査方法	11
3-1-2 検討条件	13
3-1-3 照査断面の選定	15
3-1-4 完成時の堤防（土堤）機能の全線評価	15
3-1-4-1 浸潤面の評価	15
3-1-4-2 パイピング破壊に対する評価	17
3-1-4-3 浸透によるすべり破壊に対する評価	20
3-1-4-4 ボックスの浮上り	22
3-1-5 全線評価のまとめ（完成時）	23
3-2 耐侵食機能	25
3-2-1 検討課題と照査方法	25
3-2-2 検討断面	25
3-2-3 検討条件	25
3-2-4 完成時の堤防（土堤）機能の全線評価	26
3-2-5 全線評価のまとめ（完成時）	27
3-3 耐震機能	28
3-3-1 検討課題と照査方法	28
3-3-2 照査断面の選定	33
3-3-3 検討条件（横断方向・二次元解析）	35
3-3-4 完成時の堤防（土堤）の機能評価（横断方向）	36
3-3-4-1 地震後の堤防沈下量の評価	36
3-3-4-2 構造物と地盤の剥離の評価	41
3-3-5 完成時の道路（構造物）の安全性、通行機能の評価（横断方向）	46
3-3-5-1 道路構造物の変形性能の評価	46

3-3-5-2 道路構造物の部材耐力の評価	51
3-3-5-3 交通振動による影響検討	56
3-3-6 検討条件（縦断方向・三次元解析）	58
3-3-7 完成時の道路（構造物）の安全性、通行機能の評価（縦断方向）	59
3-3-7-1 動的応答性状	59
3-3-7-2 躯体部材耐力照査	63
3-3-7-3 継手部の変位照査	64
3-3-8 全線評価のまとめ（完成時）	65
3-4 経年変化（圧密沈下）機能	66
3-4-1 検討課題と照査方法	66
3-4-2 照査断面の選定および許容沈下量	70
3-4-3 完成時の堤防（土堤）の機能評価	72
3-4-4 完成時の道路（構造物）の機能評価	76
3-4-5 全線評価のまとめ（完成時）	79

# 1. 一体構造物の検討の流れ

淀川左岸線（2期）事業の建設にあたり、道路構造物と堤防を一体構造とした場合の安定性、施工方法及び維持管理手法等について技術的な審議を行うことを本委員会の目的としている。そこで本委員会では、図1-1に示すフローに基づき、左岸線（2期）全線の安全性評価を行う。

## ■検討すべきテーマと視点（全体像）について

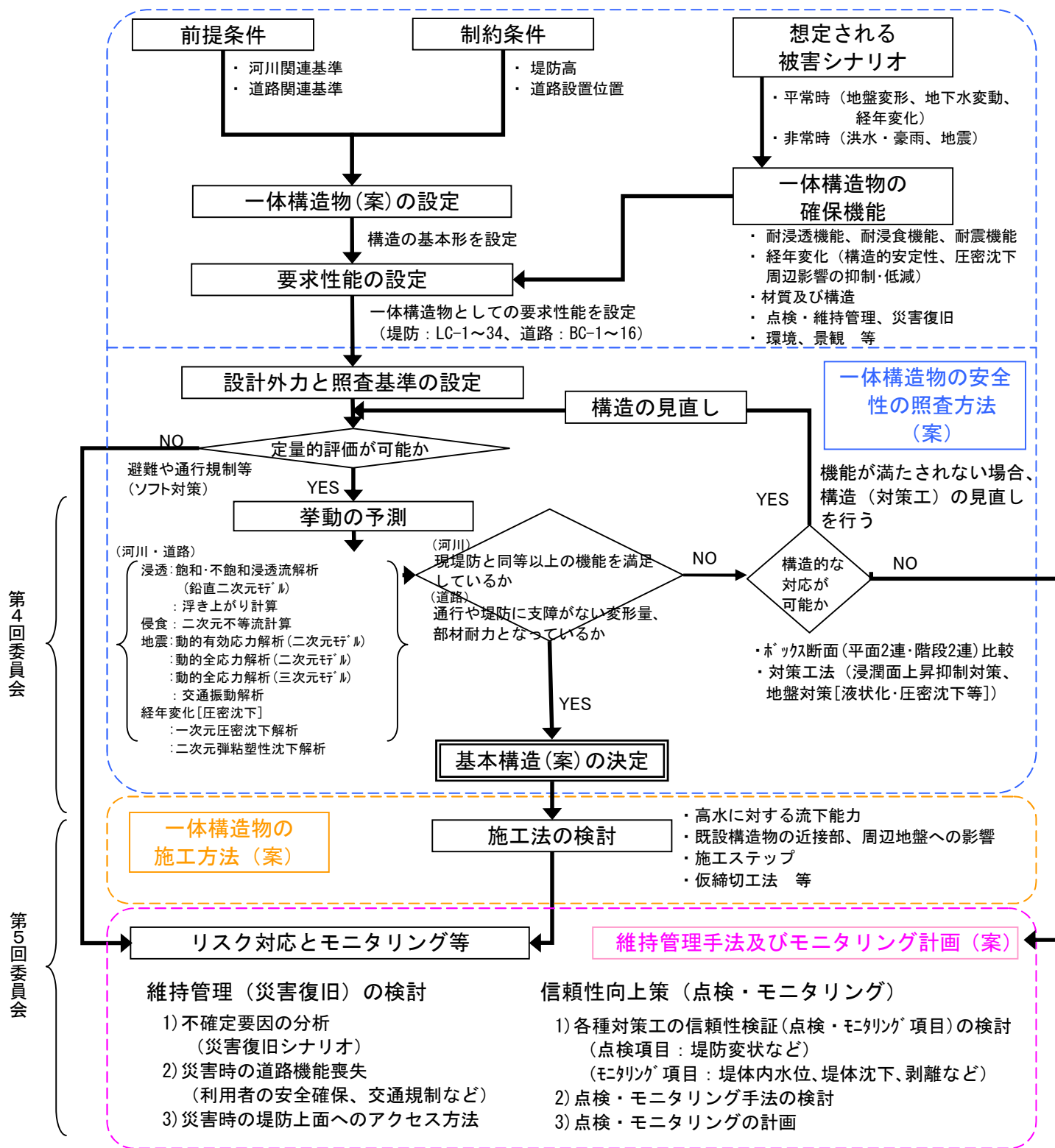


図1-1 一体構造の検討フロー

# 1-1 第3回委員会（先行2断面での検討）レビュー

第3回委員会中間とりまとめ：平面2連ボックス構造を基本形とする。

第3回委員会で課題とされた内容：

(1) 指摘事項と対応

- 耐浸透：LC-1～LC5-① 盛土物性値（透水係数）の検証  
⇒現地試験実施（MS法による現場透水試験、土の保水性試験）
- 耐震：LC-9-① 解析パラメータ（液状化強度曲線）の検証  
⇒被災事例再現解析（No.77、No204にて実施）  
LC-9-② 被災事例の再現による解析手法の検証  
⇒液状化解析コードの比較検証  
LC-9-③ 継続時間の長い地震動に対する解析手法の検証  
⇒道路基準による照査

(2) 全線評価のための課題

- 耐浸透：LC-1～LC-5-a 全線評価を行うための検討断面の選定（河川） LC-5-a 浸潤面上昇抑制  
LC-5-b ボックス周囲の剥離（水みち）
- 耐浸透：BC-6-b 水位上昇によるボックス浮上り（道路）
- 耐震：LC-9-a 全線評価を行うための検討断面の選定（河川） LC-9-b 地震後の残留堤防高  
LC-10 ボックス周囲の剥離（水みち）
- 耐震：BC-1～BC-3-a 全線評価を行うための検討断面の選定（道路） BC-4-a ボックス回転  
BC-5-a ボックス継手  
BC-6-a 液状化によるボックス浮上り
- 経年変化：LC-11, 12, 16-a 全線評価を行うための検討断面の選定（河川） LC-11, 12, 16-b 堤防の圧密沈下  
LC-13-a ボックス周囲の剥離（水みち）
- 経年変化：BC-8-a 全線評価を行うための検討断面の選定（道路） BC-8-b ボックス回転・継手  
BC-8-c 周辺部の沈下
- その他：LC-BC-a 一体構造としての設計方針  
LC-LP-a 仮設土留め鋼矢板の取り扱い  
LP-BP-a 施工法

注) LC:堤防確保機能-完成時 LP:堤防確保機能-施工時  
BC:道路確保機能-完成時 BP:道路確保機能-施工時

1-2 第4回委員会以降の検討の流れ

一体構造としての設計方針(LC-BC-a)

淀川左岸線(2期)は、一体構造物として全ての確保機能を満足する設計とする。

ただし耐震機能の検証においては、堤防と道路で要求される耐震レベルが各々異なるため、堤防は河川基準、道路は道路基準(阪神高速道路基準)をそれぞれ適用する。なお道路基準による堤防の沈下に対しては災害時の復旧についての検証を行うものとする。

第4回委員会(全線評価と基本構造(案)の決定)

全線評価のための検討条件

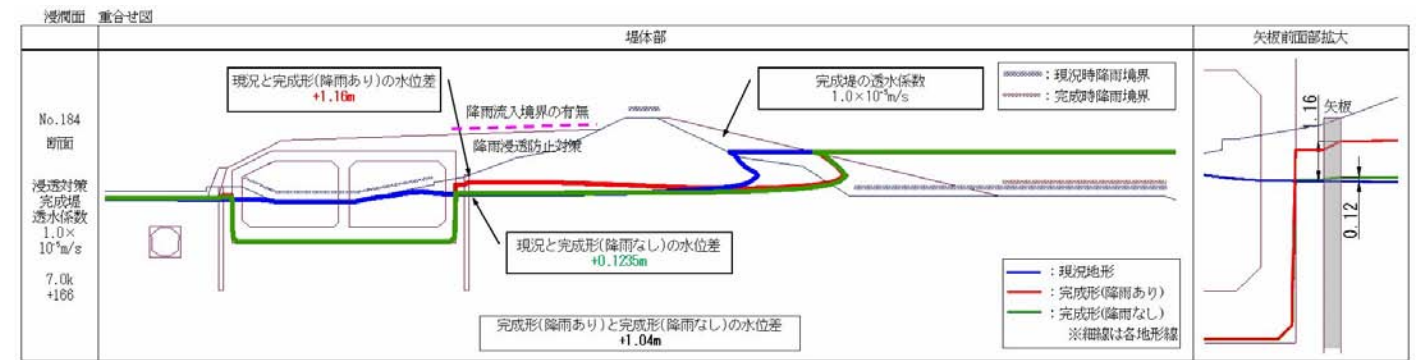
- 耐浸透：LC-1～LC-5-a 全線評価を行うための検討断面の選定(河川) ⇒横断方向：二次元浸透流解析(14断面)  
縦断方向：横断方向結果より照査
- 耐浸透：BC-6-b 水位上昇によるボックス浮上り(道路) ⇒ボックスの浮上り検討
- 耐侵食：LC-6～8 ⇒二次元不等流計算により照査
- 耐震：LC-9-a 全線評価を行うための検討断面の選定(河川) ⇒横断方向：有効応力および全応力解析(5断面)
- 耐震：BC-1～BC-3-a 全線評価を行うための検討断面の選定(道路) ⇒横断方向：有効応力および全応力解析(5断面)  
縦断方向：三次元動的応答解析による地盤応答変位の算出とそれを用いた梁ばねモデルによる応答変位法(1区間 標準部+ランプ部+交差部)
- 経年変化：LC-11, 12, 16-a 全線評価を行うための検討断面の選定(河川) ⇒一次元圧密解析(22断面)  
二次元弾粘塑性解析(対策必要箇所断面)
- 経年変化：BC-8-a 経年変化(河川)と同じ(道路)

全線の検討結果と対策工の検討

耐浸透(河川)

LC-1：道路ボックス設置により、堤体と道路ボックスの間からの浸透する降雨の影響等により土留矢板付近において0.11～1.16mの堤体内の浸潤面の変動が見られる。(P.15～P.16)

⇒堤体と道路ボックス間の降雨による浸潤面上昇を抑制するため、難透水性材料による降雨浸透防止対策。(資料4-2 P.1～P.2)



LC-3：基礎地盤及び構造物周りでの動水勾配は、何れも設定している基準(水平方向0.3以下、鉛直方向0.5以下)を満足しており、パイピング破壊となる可能性は低い。また、構造物下面位置での流速は10<sup>-7</sup>～10<sup>-8</sup>m/sであり、一般的な砂質土の限界流速(10<sup>-3</sup>～10<sup>-5</sup>m/s)に比べ小さなもので浸透破壊の可能性は低い。(P.17～P.18)

LC-4：川表、川裏の円弧すべりによる最小安全率は許容安全率(川表：1.44、川裏：1.44以上)を満足しており、すべり破壊の可能性は低い。(P.20～P.21)

LC-5：一連の対策工を考慮した断面において、浸透に対する安全性の確認を行う。なお、剥離に伴う水みちの可能性については、LC-10で示すように、局所的な剥離から水みちへの進展の可能性は低い。  
⇒現況堤防と比較して若干浸潤面は上昇するが、浸透に対する基準値は満足している。(資料4-2 P.11～P.18)

耐浸透(道路)

BC-6：非常時における水位上昇により道路ボックスが浮き上がる可能性を照査した結果、一部浮き上がる可能性がある。(P.22)

⇒ボックス天端まで水位が上昇しても浮き上がらないように盛土を高くする。

耐 侵 食

LC-6~8 : 流速が2.0m/s未満であることから、張芝により侵食に対する安全性が確保される。(P.26)

耐 震 (河川)

LC-9 : 当該区間の基礎地盤には液状化層 (As 層) が一様に分布しているが、液状化判定の結果、何れの断面も支持地盤の液状化抵抗率 FL は 1.0 以下、液状化指数 PL>15 となっているため、液状化対策が必要となる。(P.33)

⇒道路路支持地盤の液状化層におけるサンドコンパクションパイル (SCP)、礫置換による液状化対策

経済性を踏まえ、液状化対策層厚が 1.5m 程度以下の場合は非液状化土(礫質土)による置換工法とし、他はサンドコンパクション (SCP) による対策。(資料 4-2 P.4)

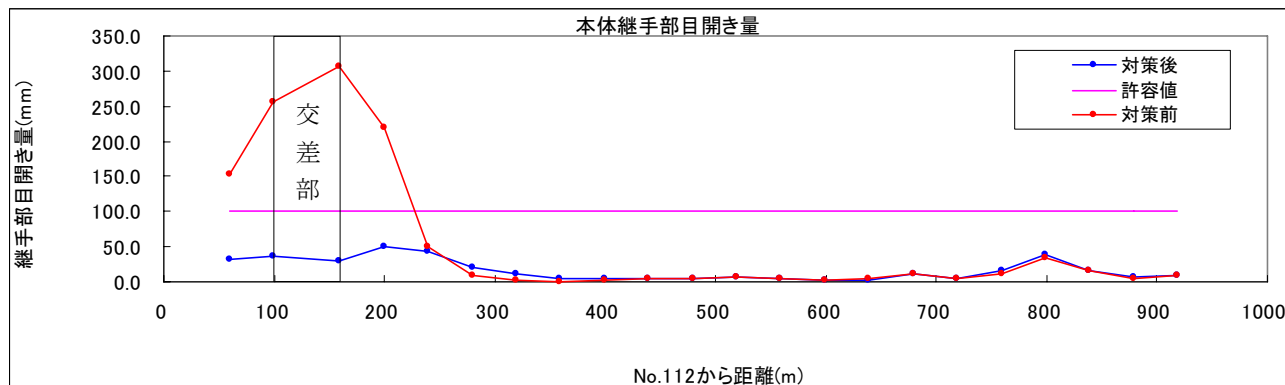
河川準拠基準の地震動においては、残留堤防高 (レベル 2 タイプ I (プレート境界型) : OP+7.54m、レベル 2 タイプ II (内陸直下型) : OP+7.39m) は照査外水位 (タイプ I : OP+4.45m、タイプ II : OP+2.16<No77 断面>) 以上が確保され、河川外への越流は生じない。

LC-10 : 地震時においては、道路ボックス側面と地盤間に剥離が生じることを確認。⇒剥離の量を把握することは困難だが、解析結果からは、剥離は側壁部に不連続で発生することから、連続した水みちの発生の可能性は低いと考えられる。(P.41~P.45)

耐 震 (道路)

BC-5 : 道路ボックスの躯体部材の耐力や継手部の変位を照査するために行う縦断方向の検討において、地盤のみを三次元でモデル化した三次元動的応答解析によって、交差部前後における継手部の目開き量が最大 300mm (許容値 100mm) 程度発生している。(P.64)

⇒交差部前後の隣接ボックス下面を変位抑制のために地盤改良 (固結工法) することにより対策。(資料 4-2 P.5~P.6)



経年変化 (河川) (道路)

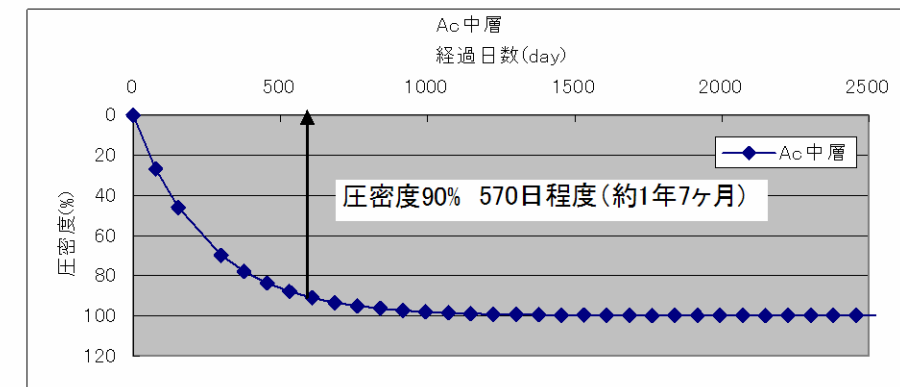
LC-11, 12, 16: 次元圧密計算では、道路構造物設置箇所において、残留沈下量 10cm を満足しない 9 断面あり、道路構造物と既設堤防間においては、この残留沈下量を上回る 14 断面となった。(P.73)

効率的かつ効果的な対策工選定にあたり、圧密沈下が及ぶ期間を計算すると約 2~3 年で圧密度が 90% となることから、施工期間、施工性を考慮した場合、複数の対策工の選定が考えられる。(P.75)

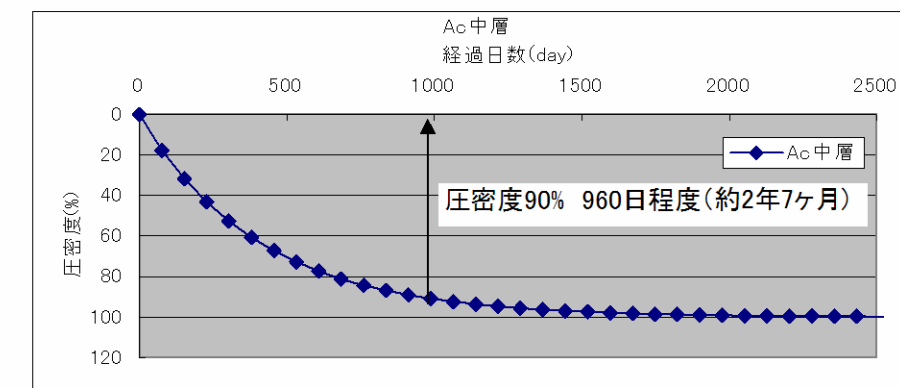
⇒河川堤防においては、施工期間中、二重締切矢板が設置されていることから、この締切堤の撤去時期までに余盛りを施すことなどを考慮することで、既設堤体部に対する圧密沈下を満足することが考えられる。なお、施工期間は長期に渡るが、モニタリング (状況監視) を施工中、施工後に継続して実施することで、堤防機能の確保を図る。(P.79)

⇒道路基礎地盤における対策にあたっては、圧密促進工法、締固め工法、固結工法などを施す計画とする。(資料 4-2 P.8~P.10)

No.89 堤体(現堤頂部左)



No.152 堤体(現堤頂部左)



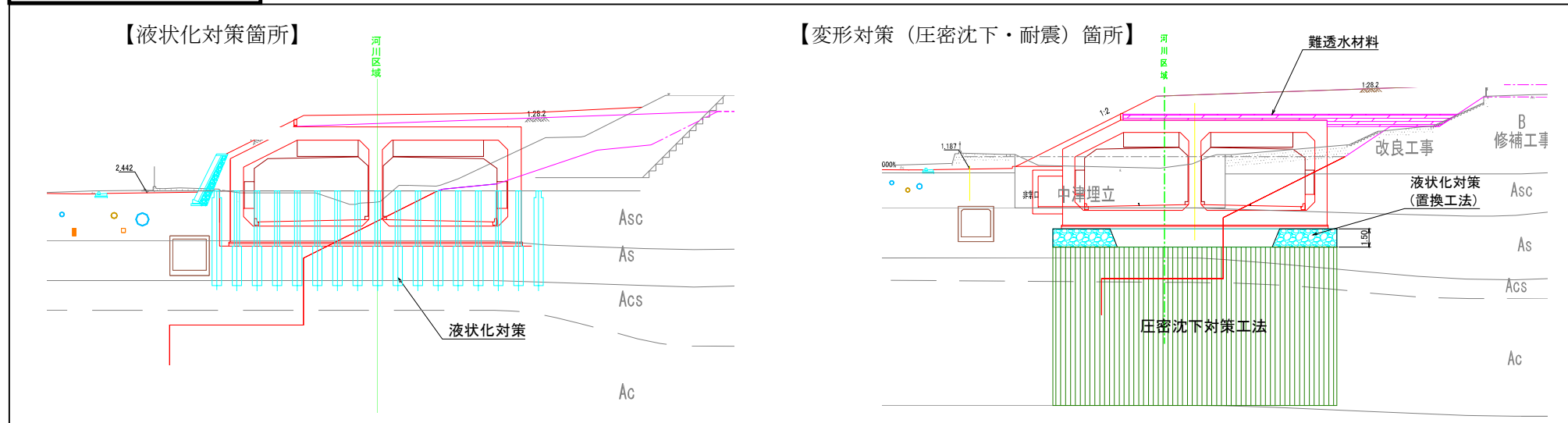


**全線の基本構造（案）の決定**

耐浸透、耐震、経年変化、道路構造物の機能確保を考慮した対策案

- ・ 浸潤面上昇抑制対策 ----- 堤体とボックス間の降雨浸透防止対策
- ・ 縦断方向の地下水流動阻害対策 ----- 道路の非常口部（ボックス拡幅部）の縦断方向の局所的地下水流動阻害対策（通水孔の設置）
- ・ 地震時の液状化対策 ----- 基礎地盤（As層）の改良（静的締固め工法[静的SCP]、置換工法[レキ材等]）
- ・ 地震及び圧密沈下による道路構造物継手部の対策 ---- 基礎地盤（As・Acs・Ac層）の改良（固結工法[DMM]）
- ・ 経年変化（圧密沈下）の対策 ----- 基礎地盤（Acs・Ac層）の圧密沈下促進（バーチカルドレーン工法[静的SD]）  
 もしくは基礎地盤（Acs・Ac層）の改良（固結工法[DMM]、静的締固め工法[静的SCP]）

**基本構造案のイメージ**



**第5回委員会（施工法、維持管理、モニタリング）**

**対策工の精査（圧密沈下の二次元弾粘塑性解析による精査）**

- ・ 経年変化（圧密沈下）の対策工法・範囲の精査

**施工法**

- ・ 鋼矢板二重締め切り堤防の施工法及び施工手順
- ・ 施工ヤード計画
- ・ 道路ボックスの施工方法及び施工手順

**維持管理・モニタリング・リスク対応**

- ・ 完成時モニタリング（計測項目及び計測方法）
- ・ 維持管理方法（堤体や周辺部の変形、浸潤面上昇）
- ・ 災害時の緊急応急復旧（搬入経路、資材など）

2. 一体構造物の確保機能

表2-1 完成時 堤防の確保機能一覧

【完成時 堤防】

対象	定量/ 非定量	項目	No.	想定される被害シナリオから導いた一体構造物の確保機能	第1～3回 委員会	第4回 委員会	第5回 委員会	第4回委員会 検討課題	検討内容
堤防（土堤）の機能を満たすこと	定量的評価項目	①耐浸透機能	LC-1	●地下水流動阻害(堤体内浸潤面上昇)により水みち発生を起こさないこと	△	○		・LC-1～5-① 盛土物性値(透水係数)の検証 ・LC-1～5-a 全線評価を行うための検討断面の選定	・現位置試験実施による見直し ・横断方向:浸透流解析(14断面)、縦断方向:横断方向結果より照査
			LC-2	●地下水流動阻害により、構造物に沿った縦断方向の水みち発生を起こさないこと		○			
			LC-3	●基礎地盤のパイピング破壊に対する安全性を確保すること	△	○			
			LC-4	●すべり破壊に対する安全性を確保すること	△	○			
			LC-5	●土と構造物間が洪水・降雨時の浸透や変形により、堤体の弱体化や水みち発生を起こさないこと	△	○			
	②耐侵食機能	LC-6	●直接侵食に対する安全性を確保すること	◎			-	・機能確保済み	
		LC-7	●主流路(低水路等)からの側方侵食、洗掘に対する安全性を確保すること	◎			-	・機能確保済み	
		LC-8	●道路からの雨水排水による堤防侵食を起こさないこと			◇	-	・道路排水の考え方を整理	
	③耐震機能	LC-9	●地震後の河川外への越流を防止すること	△	○		・LC-9-① 解析パラメータ(液化強度曲線)の検証 ・LC-9-② 被災事例の再現による解析手法の検証 ・LC-9-③ 継続時間の長い地震動に対する解析手法の検証	・被災事例再現解析 ・液化解析コードの比較検討 ・道路基準による照査	
			●土と構造物間が地震時の変形や剥離より、堤防沈下や水みち発生を起こさないこと		○		・LC-9-a 全線評価を行うための検討断面の選定 ・LC-9-b 地震後の残留堤防高	・横断方向:有効応力および全応力解析(5断面) ・河川基準により地震後の残留堤防高を確認	
	④堤体本体の点検と強化	LC-11	●圧密沈下による堤防高の不足を起こさないこと	△	○		・LC-11,12,16-a 全線評価を行うための検討断面の選定	・一次元圧密解析(22断面)および二次元弾粘塑性解析による検討	
		LC-12	●圧密変形による堤体の沈下・変形を抑制すること	△	○		・LC-11,12,16-b 堤防の圧密沈下		
	⑤構造物周辺の堤防の点検と強化	LC-16	●圧密沈下による周辺影響を防止すること	△	○		・LC-13-a ボックス周囲の剥離(水みち)		
		LC-13	●道路底版と基盤底面の間隔による水みち発生を起こさないこと	△	○				
		LC-14	●交通振動による水みち発生を起こさないこと		○		-	・交通荷重を考慮した動的応答解析を実施	
定量的評価が困難な項目	⑥河川の維持管理	LC-15	●定期的な測量成果により堤防沈下量の把握			◇	-	・点検計画の策定(サイクル型維持管理体制の構築)	
		LC-17	●堤内地の地下水低下を抑制すること			◇	-	・水位計を用いたモニタリング計画	
		LC-18	●定期的な構造物点検(目視点検, 沈下計測)により構造物の変形やクラックなどの把握			◇	-	・目視点検と沈下計を用いたモニタリング計画	
		LC-19	●出水期前, 台風期, 出水後において, 目視点検を実施			◇	-	・LC-15と同様	
		LC-20	●継続監視, 点検強化ができること			◇	-		
		LC-21	●地震後において, 構造物点検が実施できること			◇	-	・緊急時点検計画策定	
	⑦災害復旧	LC-22	●緊急復旧(14日間)を行えること			◇	-	・緊急復旧方法の検討	
		LC-25	●堤防欠損等の復旧作業ができること			◇	-		
		LC-29	●堤内側から河川への復旧作業ルートが確保されること (第2回委員会後に追加)			◇	-		
		LC-30	●堤防縦断方向の復旧作業ルートが確保されること (第2回委員会後に追加)			◇	-		
		LC-23	●隙間の補修を行えること(グラウトホールなど)			◇	-	・土圧計を用いたモニタリング計画と補修方法の検討	
		LC-24	●構造物周辺については, 連通試験, 開削調査等の個別調査を行い, 異常のレベルに応じて補修・補強を行うこと			◇	-		
		LC-26	●洪水時の水防活動, 自治体への避難情報の提供を行うこと			◇	-	・緊急時連絡体制の検討	
		LC-27	●津波予報発令時には二次被害防止のための施設操作を行うこと			◇	-		
LC-28	●堤内側から河川への避難ルートが確保されること			◇	-	・河川へのアクセスルートの検討			
⑧材質及び構造	LC-31	●堤防高不足分の盛土を行えること			◇	-	・側帯計画の検討		
⑨環境, 景観, 親水, 上部利用...	LC-32	●堤内側からの堤防方向への景観に配慮すること (第2回委員会後に追加)			◇	-	・景観, 自然環境, 利用者への配慮事項の検討		
	LC-33	●堤防上の自然環境に配慮すること (第2回委員会後に追加)			◇	-			
	LC-34	●堤防上の利用者に配慮すること (第2回委員会後に追加)			◇	-			

◎:検討済み

△:2断面による検討

○:第4回検討

◇:第5回検討

添字 -①～③ 第3回委員会で課題とされた内容

添字 -a～c 全線評価のための課題



表2-2 完成時 道路の確保機能一覧

【完成時 道路】

対象	定量/ 非定量	項目	No.	想定される被害シナリオから導いた一体構造物の確保機能	第1～3回 委員会	第4回 委員会	第5回 委員会	第4回委員会 検討課題	検討内容	
道路（構造物）の安全性、通行機能を確保すること	定量的評価項目	①耐震機能	BC-1	●地震に対するボックスの安全性、供用性を確保すること	△	○		・BC-1～3-a 全線評価を行うための検討断面の選定	・横断方向：有効応力および全応力解析（5断面）、縦断方向：梁ばねモデルによる応答変位法（1区間 標準部＋ランプ部＋交差部） ・ボックス部材の照査 ・ボックス回転の照査 ・ボックス沈下の対策 ・液状化対策の検討 ・ボックス継ぎ手部の照査	
			BC-2	●偏土圧下での地盤変形（液状化）に対する道路ボックスの安全性、供用性を確保すること	△	○				
			BC-3	●補助工法（液状化対策）を実施すること	△	○				
			BC-4	●道路躯体の沈下に対する安全性、供用性を確認すること	△	○				・BC-4-a ボックス回転
			BC-5	●道路躯体の継手部の段差・離れに対する安全性、供用性を確保すること	△	○				・BC-5-a ボックス継手
			BC-6	●道路躯体の浮き上がりに対する安全性、供用性を確保すること	△	○				・BC-6-a 液状化によるボックスの浮上り
	②構造的安全性	BC-4	●道路躯体の沈下に対する安全性、供用性を確認すること	△	○		・BC-4-a ボックス回転	・一次元圧密解析（22断面）および二次元弾粘塑性解析による検討 ・ボックス沈下の照査 ・ボックス継ぎ手部の照査		
		BC-5	●道路躯体の継手部の段差・離れに対する安全性、供用性を確保すること	△	○		・BC-5-a ボックス継手			
		BC-6	●道路躯体の浮き上がりに対する安全性、供用性を確保すること	△	○		・BC-6-b 水位上昇によるボックスの浮上り		・ボックスの浮き上がり検討	
		BC-7	●洪水、大雨などによるボックスの安全性、供用性を確保すること	△	○		-		・LC-3、LC-4と同様	
	③周辺影響の抑制・低減	BC-8	●圧密沈下による周辺影響を防止すること	△	○		・BC-8-a 全線評価を行うための検討断面の選定 ・BC-8-b ボックス回転・継手 ・BC-8-c ボックス周辺部の沈下	・二次元弾粘塑性解析（対策必要箇所断面）		
		BC-10	●堤内地の地下水変動を抑制すること		○		-		・LC-5と同様	
	定量的評価が困難な項目	③周辺影響の抑制・低減	BC-9	●周辺地盤沈下計測			◇	-	・沈下板、沈下計を用いたモニタリング、測量によるモニタリング計画	
			BC-11	●補修、補強ができること			◇	-	・既設構造物との隔離（作業スペース）の確認	
		④構造物の止水性	BC-12	●道路躯体の本体・継手部の止水性を確保すること			◇	-	・防水仕様の検討	
		⑤道路の維持管理	BC-13	●継続監視、点検強化ができること			◇	-	・道路点検計画の方針検討	
⑥災害復旧		BC-14	●損傷で段差が生じた場合に構造物・舗装の補修ができること			◇	-	・シナリオ地震に対する耐震検討 ・補修方法の検討		
		BC-15	●非常時に交通規制を行う			◇	-	・非常時交通規制計画の方針検討		
⑦材質及び構造	BC-16	●老朽化による構造物の損傷の拡大を防ぐこと			◇	-	・道路構造物維持管理の方針検討			

◎：検討済み

△：2断面による検討

○：第4回検討

◇：第5回検討

添字 -①～③ 第3回委員会で課題とされた内容

添字 -a～c 全線評価のための課題

◆施工時の仮締切堤防は、淀川左岸線(2期)の施工に伴い淀川の堤防を開削することになる。そのため、これまでは、スライド堤にすることを前提に確保機能に対する評価を設定していた。

しかし、「仮締切設置基準(案)の一部改定について(通知)」(平成22年6月30日 治水課長通達、以下「仮締切設置基準(案)の改定」)を踏まえ、施工期間中における堤防の機能、治水上の安全を確保するため、施工性、安全性、経済性、環境面を検討し、二重締切り矢板工法とした。

【施工時 堤防】

表 2-3 施工時 堤防の確保機能一覧

対象	定量/ 非定量	項目	想定される被害シナリオから導いた一体構造物の確保機能	第1~3回 委員会	第4回 委員会	第5回 委員会	対応方針(第4回委員会)	検討内容	
堤防(土堤)の機能を満たすこと	定量的評価項目	①耐浸透機能	LP-1 ●地下水変動による土留変形を起こさないこと	△		◇	・LC-1~LC-5と同様	・仮設構造設計による検討	
		①耐浸透機能	LP-2 ●洪水時の浸透水により現況堤防及び所要の堤防の機能低下を防ぐこと	△					
			LP-3 ●水圧を低減すること	△					
			LP-4 ●堤体内の水位上昇量を計測すること					-	・モニタリング計画 ・計測位置、手法、頻度の設定
		②耐侵食機能	LP-5 ●直接侵食に対する安全性を確保すること	◎				-	・機能確保済み
			LP-6 ●主流路(低水路等)からの側方侵食、洗掘に対する安全性を確保すること	◎				-	・機能確保済み
		③耐震機能	LP-7 ●地震後の仮堤防や土留の変形による現況堤防機能の低下を防ぐこと	△				-	
			●二重締切りが外水位に対して安定であること					・LP-1と同様	(追加機能)
	定量的評価が困難な項目	④構造物周辺の堤防の点検と強化	LP-8 ●地震後の堤防、土留鋼矢板等の変形量を計測すること				◇	-	・施工時の計測計画の方針検討
		⑤河川の維持管理	LP-9 ●継続監視、点検強化ができること				◇	-	・施工時点検計画の策定
			LP-10 ●堤防及び土留材の変位計測				◇	-	・LP-9と同様
		⑥災害復旧	LP-11 ●工事をストップする				◇	-	・LP-8と同様
		⑦材質及び構造	LP-12 ●土留時に鋼矢板の変形を抑制すること				◇	-	・LP-1と同様
			LP-13 ●堤防及び土留材の変位計測				◇	-	・LP-8と同様
			LP-14 ●土留に変状が生じた場合、補修・補強ができること				◇	-	・補修・補強方法の検討
LP-15 ●洪水の浸透水により土留、切梁、支保工の倒壊を防ぐこと					◇	-	・LP-1と同様		
⑧環境、景観、親水、上部利用・・・		—	-	-	-	-	-		
		●想定外の地震に対して二重締切矢板の機能を確保すること				◇		(追加機能)	

◎: 検討済み  
△: 2断面による検討  
○: 第4回検討  
◇: 第4回および第5回検討

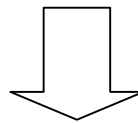
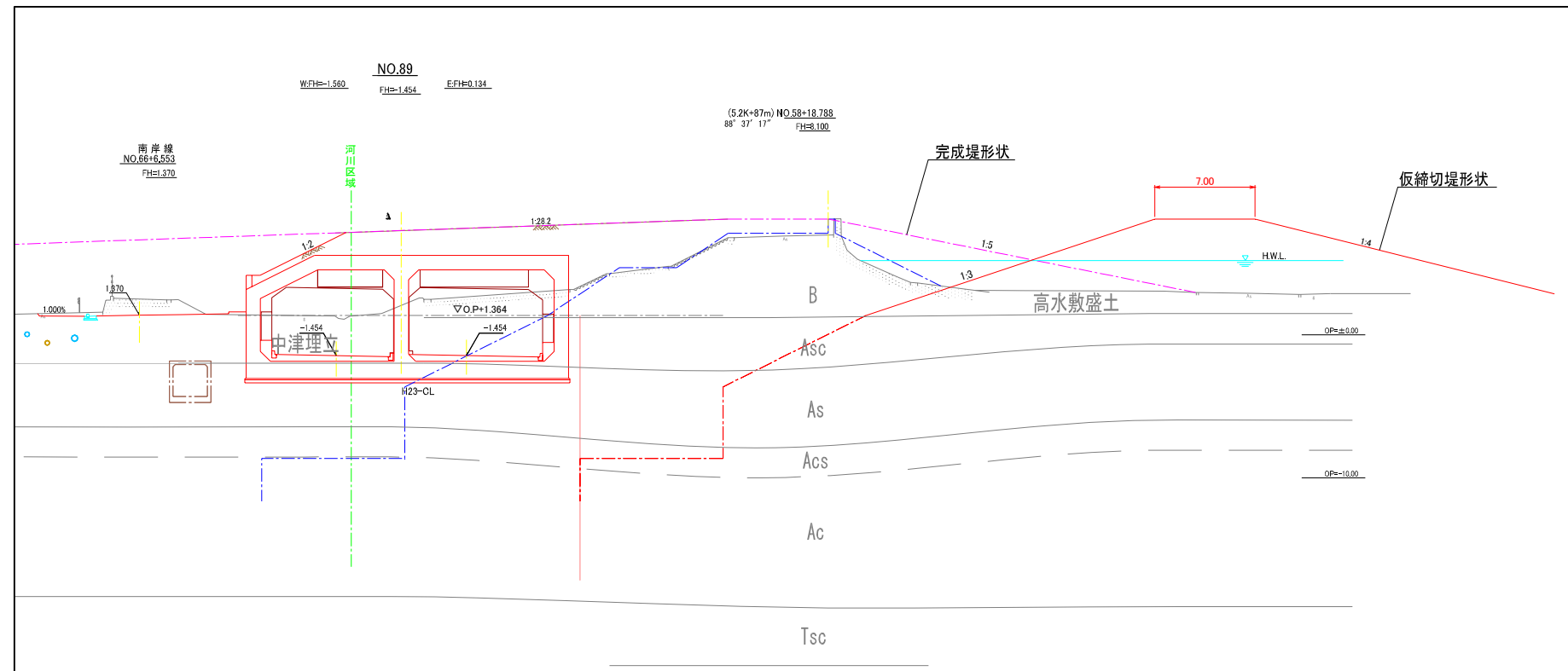
【施工時 道路】

表 2-4 施工時 道路の確保機能一覧

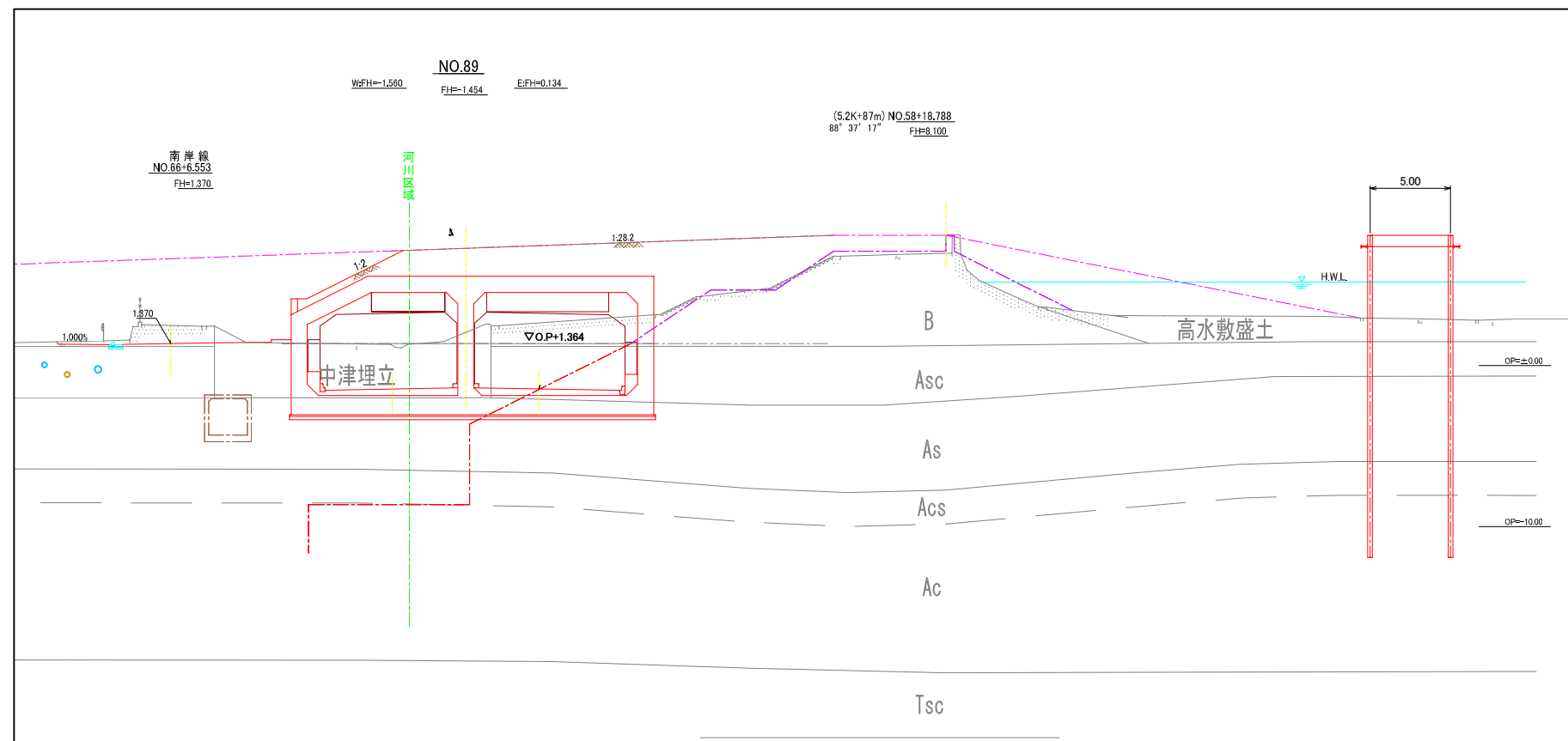
対象	定量/ 非定量	項目	想定される被害シナリオから導いた一体構造物の確保機能	第1~3回 委員会	第4回 委員会	第5回 委員会	対応方針(第4回委員会)	検討内容	
道路(構造物)の安全性、通行機能を確保すること	定量的評価項目	①耐震機能	BP-1 ●地震後に変状が生じた場合に補修、補強ができること	△		◇	・LC-9、BC-1~BC-3と同様	・LP-1と同様	
		②構造的安全性	BP-2 ●土留時に鋼矢板の変形を抑制すること	△		◇	・LC-11,12,16、BC-8と同様		
		③周辺影響の抑制・低減	BP-3 ●地下水汲み上げにより周辺地盤に影響が生じないこと				◇	—	
			BP-4 ●土留変形により周辺地盤に影響が生じないこと	△			◇	・LC-11,12,16、BC-8と同様	・LP-8と同様
			BP-5 ●周辺地下水、土留変形量の計測				◇	-	
	④構造物の止水性	-	—	-	-	-	-	-	
	⑤道路の維持管理	-	—	-	-	-	-	-	
定量的評価が困難な項目	⑥災害復旧	BP-6 ●工事をストップする				◇	-	・LP-8と同様	
	⑦材質及び構造	-	—	-	-	-	-	-	

◎: 検討済み  
△: 2断面による検討  
○: 第4回検討  
◇: 第4回および第5回検討

No. 89 スライド堤 (土堤)



No. 89 鋼矢板二重締切工法



施工時の仮締切堤形状

3. 全線評価に向けた定量的評価（完成時）

3-1 耐浸透機能

3-1-1 検討課題と照査方法

(1) 確保機能

(1) LC-1, 2 : 地下水流動阻害（堤体内浸潤面上昇）により水みちを起こさないこと

(2) LC-3 : 基礎地盤のパイピング破壊に対する安全性確保すること

(3) LC-4 : すべり破壊に対する安全性確保を確保すること

(4) LC-5 : 土と構造物間が洪水・降雨時の浸透や変形により、堤体の弱体化や水みちを起こさないこと

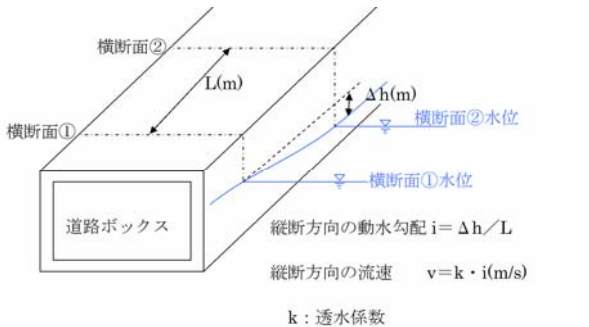
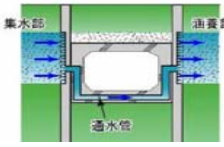
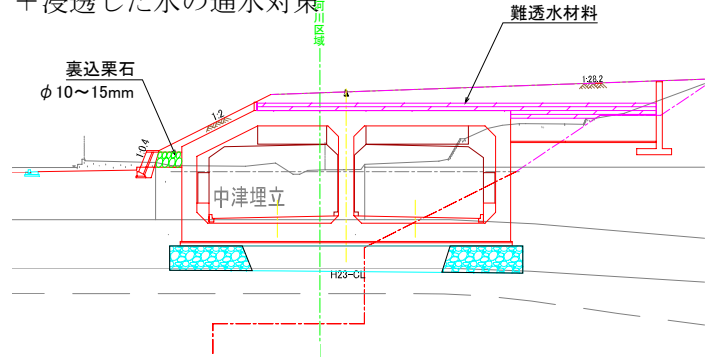
(2) 第3回委員会 照査結果（先行2断面による）

LC-1～LC-5-a 横断方向に加え、縦断方向の浸透影響の評価が必要である。

LC-5-a 道路ボックスの設置による堤体内浸潤面上昇（0.3m～1.0m）を抑制する対策工の検討が必要である。

LC-5-b 地震時および圧密沈下によりボックス周囲に剥離が発生し水みちとなる可能性があるため、その確認と対応の検討が必要である。

(3) 全線評価における検討課題と検討方針

検討課題	LC-1～LC-5-a 全線評価を行うための検討断面の選定	LC-5-a 浸潤面上昇抑制	LC-5-b ボックス周囲の剥離（水みち）
<p>全線評価のための検討 (挙動予測)</p> <p>↓</p> <p>全線における 課題抽出と対策工の検討</p> <p>↓</p> <p>全線基本構造 (案)の決定</p> <p>↓</p> <p>施工 維持管理 モニタリング</p>	<p>横断方向</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>全区間から特殊部を選定する。</li> <li>堤防形式（高潮特殊堤・高潮堤・土堤）の違いから選定する。</li> <li>堤防とボックスの離隔の小さな断面を選定する。</li> <li>As層の残層厚が小さい断面を選定する。</li> </ul> <p>（断面選定根拠は次頁参照）。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>選定した交差部(1)、ランプ部(6)、一般部(7)の計14断面に対して浸透流解析を実施し、横断方向の浸潤面や局所動水勾配、限界流速を予測し、基準値と比較することでパイピング破壊や水みちの発生について評価する。なお、浸透破壊（パイピング）に対する安定性はレーンの加重クリープ比でも評価する。</li> </ul> <p>縦断方向</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>横断方向14断面の解析結果（浸潤面上昇高さ）の縦断方向分布より、動水勾配や流速を予測し、基準値（限界動水勾配）や限界流速と比較することでパイピング破壊や水みちの発生について評価する。</li> </ul>  <p>道路ボックス</p> <p>横断面①</p> <p>横断面②</p> <p><math>L(m)</math></p> <p><math>\Delta h(m)</math></p> <p>横断面②水位</p> <p>横断面①水位</p> <p>縦断方向の動水勾配 <math>i = \Delta h / L</math></p> <p>縦断方向の流速 <math>v = k \cdot i (m/s)</math></p> <p><math>k</math> : 透水係数</p> <p>道路ボックスの設置による堤体内浸潤面上昇に対する対策が横断および縦断方向に必要となる。</p>	<p>浸潤面上昇の要因について評価する。</p> <p>要因別に適用可能な対策を選定する。</p> <p>（降雨浸透防止対策：表面被覆、難透水性材料など） （河川水浸透防止対策：遮水シート、難透水性材料など）、 （浸透した水の通水対策：通水管など）</p>  <p>通水管</p> <p>選定した対策工を考慮した横断方向の浸透流解析を実施し浸潤面上昇抑制効果を確認する。基本構造（案）を決定する。</p> <p>↓</p> <p>降雨の浸透防止対策（ボックス上面、ボックスと堤体の間） + 浸透した水の通水対策</p>  <p>裏込栗石 <math>\phi 10 \sim 15 \text{mm}</math></p> <p>難透水材料</p> <p>中津埋立</p> <p>浸潤面のモニタリングの必要性について検討する。</p>	<p>地震時および経年変化の影響により、ボックス周囲に剥離が発生する可能性がある。</p> <p>ボックス周囲に発生する剥離が連続した水みちとなるかを検討する。</p> <p>↓</p> <p>ボックス周囲の剥離：モニタリング手法の検討</p>

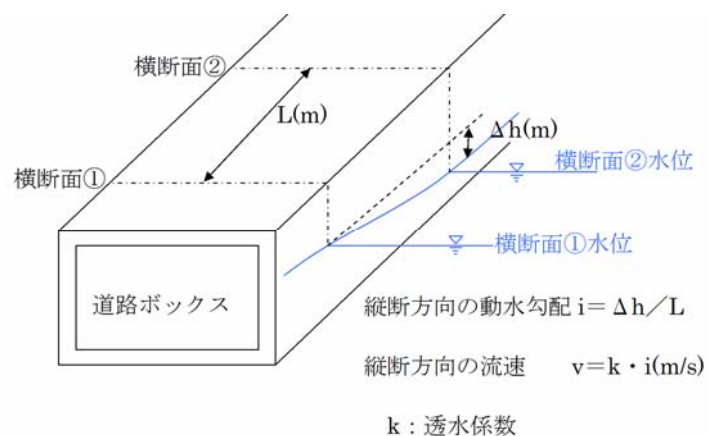
(4) 照査方法

1) 横断方向

堤防と道路構造物の一体構造物は、材料の取得の容易性、構造物としての劣化現象が起きにくいこと、災害復旧の容易性などを理由に、堤防（土堤）の機能を確保することを前提条件としている。このため、盛土により築造される本施設は、通常の土堤と同様、降雨及び河川水の上昇時の耐浸透機能を確保する必要がある。土堤の機能低下の要因として挙げられる浸潤による堤体の強度低下や浸透圧に対する構造物周辺の土粒子の移動を把握するため、「河川堤防の構造検討の手引き（改訂版）H24.2」に準じ、浸透流計算は実際に近い現象が再現できる**非定常飽和・不飽和浸透流解析**を実施する。解析結果に基づき浸潤面の時系列変化、局所動水勾配、堤体内の流速分布および円弧すべり安定計算により、確保機能に対する定量的な評価を行う。

2) 縦断方向

縦断方向の照査方法は、横断方向 14 断面の解析結果（浸潤面上昇高さ）の縦断方向分布より、動水勾配や流速を予測し、基準値（限界動水勾配）や限界流速と比較することでパイピング破壊や水みちの発生について評価する。



\* 上図のように縦断方向の動水勾配を算出する。

出典 河川堤防の構造検討の手引き（改訂版）平成 24 年 2 月 財）国土技術研究センターより抜粋より

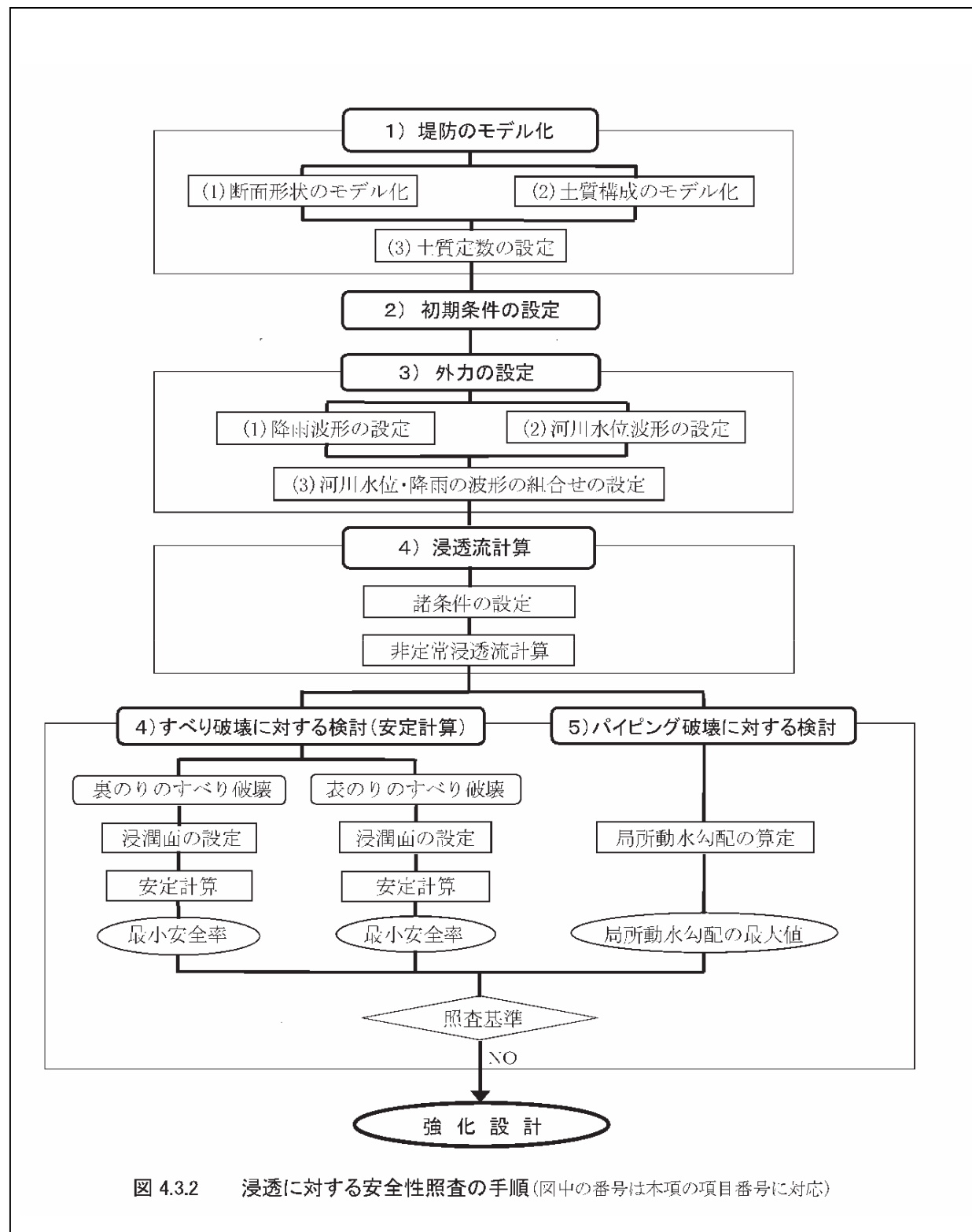


図 4.3.2 浸透に対する安全性照査の手順(図中の番号は本項の項目番号に対応)



3-1-2 検討条件（解析断面・境界条件・物性値・外力条件）

(1) 境界条件

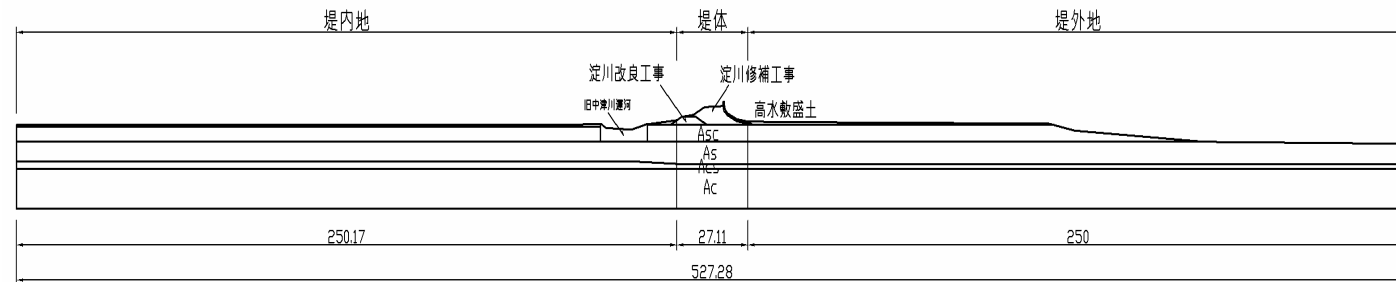
①断面形状

モデル化する範囲は、浸透流計算の適用を考えると、堤外地側は平常時に河川水が存在する箇所までとした。一方、堤内地側については、河川や水路等の水位条件が把握されている箇所(水位一定境界)までとすることが原則であるが、当地では堂島川が約2kmの位置にあり、かなり遠いことから、堤体の浸潤面の挙動に影響を及ぼさないように、裏のり尻から堤防の高さの10倍程度の範囲をモデル化した。

②土質構成

土質構成は、難透水性地盤 (Ac 層) までをモデル化した。

(No. 94 断面)



(2) 物性値

非定常飽和・不飽和浸透流解析および円弧すべり法による安定計算に必要な物性値を以下に示す。

①浸透流解析に必要な土質定数

- ・飽和透水係数  $k$
- ・不飽和浸透特性 (体積含水率  $\theta_s$ —比透水係数  $k_r$  関係、体積含水率  $\theta_s$ —負の圧力水頭  $\phi$  関係)

◆不飽和特性に関して

・手引きによる設定と VG モデルを比較したところ、初期飽和度を考慮しない VG モデルのケースで若干浸潤面上昇が抑制される結果となるものの、初期飽和度を考慮した VG モデルのケースでは、手引きの浸潤面挙動と同等となるため、「河川堤防の構造検討の手引き (H24.2)」を使用することとした。

◆比貯留係数に関して

・手引きによる設定と体積圧縮係数からの設定を比較した結果、浸潤面の挙動は同等となった。以上より、不飽和特性及び比貯留係数については、「河川堤防の構造検討の手引き (H24.2)」を使用することとした。

②安定計算に必要な土質定数

- ・湿潤密度  $\gamma_t$ 、 $\gamma_{sat}$
- ・粘着力  $c$ 、内部摩擦角  $\phi$

(例：No. 94 断面)

地層名	飽和透水係数	体積含水率	不飽和特性	湿潤密度	飽和密度	粘着力	内部摩擦角
	$k$ (m/s)	$\theta_s$	(分類特性)	$\gamma_t$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{sat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$C$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\phi$ (°)
淀川改良工事	1.10E-05	0.2	S	18.2	18.7	18.3	18.9
淀川修補工事	6.53E-05	0.2	S	15.7	18.4	1.0	39.6
淀川改修増補工事	6.53E-05	0.2	S	15.7	18.4	1.0	39.6
淀川改修基本計画	6.53E-05	0.2	S	15.7	18.4	1.0	39.6
埋立盛土	1.00E-05	0.2	S	16.8	18.4	6.4	37.3
スライド堤	1.00E-05	0.2	S	16.8	18.4	6.4	37.3
完成堤(5割堤)	1.00E-05	0.2	S	16.8	18.4	6.4	37.3
高水敷盛土	1.82E-05	0.2	S	18.3	18.6	11.8	26.0
Asc	4.42E-06	0.2	SF	17.9	18.6	2.5	34.4
As	1.62E-05	0.2	S	17.7	17.8	0.5	37.6
Acs	1.00E-07	0.1	M	17.0	17.1	42.8	-
Ac(堤内)	1.0E-07	0.1	C	16.0	16.0	-40.3+7.37・Z	-
Ac(堤体)				16.4	16.3	-5.3+5.45・Z	-
Ac(堤外)				16.3	16.3	-45.2+8.01・Z	-
Tsc	1.00E-07	0.1	C	18.5	18.6	91.8	-
中津埋立	2.01E-06	0.2	G	19.3	19.7	4.7	40.3

③構造物の物性値

「河川堤防の構造検討の手引き (改訂版)」より以下のように設定した。

- ・護岸等ののり覆工：遮水性なし (堤体と同じ)
- ・アスファルト、コンクリート：手引きにより粘性土と同等 (シルト主体  $1 \times 10^{-5}$  cm/s)
- ・矢板： $1 \times 10^{-7}$  cm/s (厚さ 10mm、モデルの厚さに応じて設定)  
\* 浸透流解析では、ボックスや矢板の設置による浸潤面上昇を検証していることから、矢板を考慮した場合の方が浸潤面上昇に対して危険側となるため矢板のモデル (Ac 層に 1m 根入れ) を行っている。

出典 「河川堤防の構造検討の手引き (改訂版)」平成 24 年 2 月 (財) 国土技術研究センターより抜粋  
人工材料に設定する透水係数の目安値

対策工種	実験等から求められた見かけの透水係数 $k_v$ (cm/sec)	モデルに設定する透水係数 $k_s$ (cm/sec)				
		モデルの厚さ $t_s$				
		10cm	20cm	30cm	40cm	50cm
遮水シート	厚さ 1 mm に対し $k_v = 1 \times 10^{-8}$	$k_s = 1 \times 10^{-6}$	$k_s = 2 \times 10^{-6}$	$k_s = 3 \times 10^{-6}$	$k_s = 4 \times 10^{-6}$	$k_s = 5 \times 10^{-6}$
止水矢板	厚さ 1 cm に対し $k_v = 1 \times 10^{-7}$	$k_s = 1 \times 10^{-6}$	$k_s = 2 \times 10^{-6}$	$k_s = 3 \times 10^{-6}$	$k_s = 4 \times 10^{-6}$	$k_s = 5 \times 10^{-6}$

注) モデルに対する透水係数は  $k_v / t = k_s / t_s$  ( $t_s$ : 実験等に用いた材料の厚さ) として求めた。

(3) 外力条件

①事前降雨

事前降雨として降雨強度 1mm/hr で 200 時間 (200mm) を作用させる。

②計画高水位に対する降雨条件

計画降雨として、降雨強度 10mm/hr で 30 時間 (300mm) を作用させ、計 230 時間 (500mm) を作用させる。

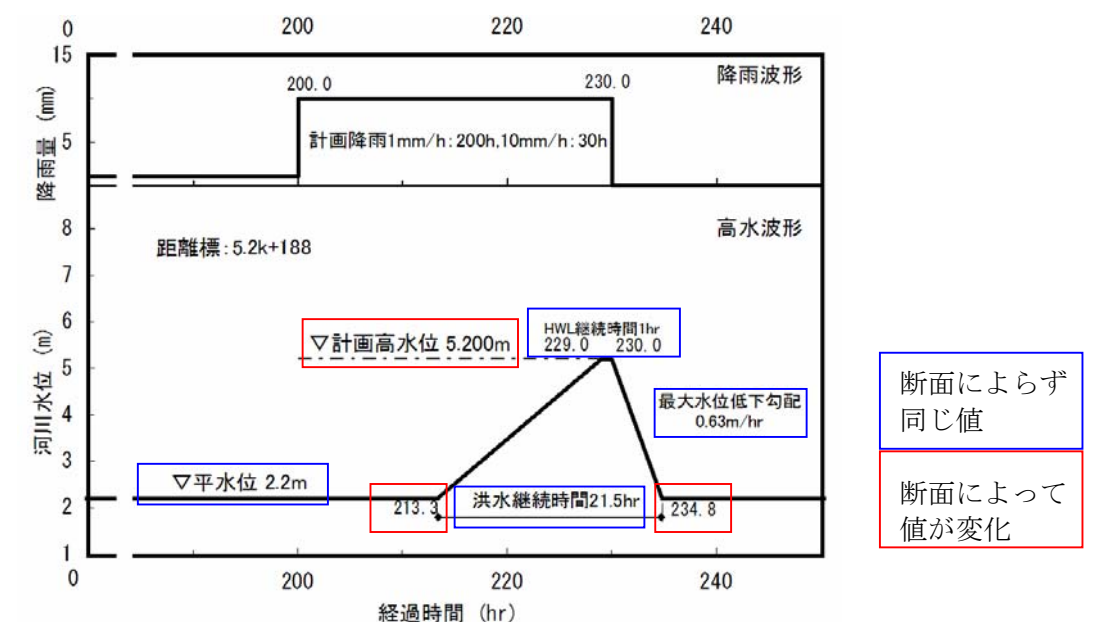
③計画高水位による外水位条件

代表地点を枚方地点 (淀川左岸 ~ 26.0K) と考え各検討断面の計画高水位に対応した外水波形を設定する。

④初期地下水位

初期地下水位については、河道内平水位は朔望平均満潮位 (OP. +2.2m) を平水位として設定する。また堤内側の初期地下水位は、解析モデル端部において OP. -1.4m (野田観測井) として設定する。

(例：No. 94 断面)



項目	採用値	単位
計画高水位	5.20	m
平水位	2.20	m
水位差	3.00	M
HWL継続時間	1.00	hr
最大水位低下勾配	0.63	m/hr
洪水継続時間	21.50	hr
水位上昇時間	15.70	hr
水位低下時間	4.80	hr

項目	採用値	単位
事前降雨	降雨強度	1 mm/hr
	降雨継続時間	200 hr
洪水降雨	降雨強度	10 mm/hr
	降雨継続時間	30 hr
	総降雨量	300 mm

断面によらず同じ値  
断面によって値が変化

(4) すべり破壊照査時の割増係数

浸透によるすべり破壊に対する安定性の評価は、「河川堤防の構造検討の手引き（改訂版）」に基づくこととするが、対象構造物は土堤ではないので、照査基準は、堤外、堤内と分けずに、堤外側、堤内側とも、 $F_s \geq 1.2 \times \alpha_1 \times \alpha_2$ とする。割増係数は淀川河川の詳細点検と合わせている。

出典 「河川堤防の構造検討の手引き（改訂版）」 平成24年2月（財）国土技術研究センターより抜粋

$\alpha_1$ ：築堤履歴の複雑さに対する割増係数	
築堤履歴が複雑な場合	$\alpha_1 = 1.2$
築堤履歴が単純な場合	$\alpha_1 = 1.1$
新設堤防の場合	$\alpha_1 = 1.0$
$\alpha_2$ ：基礎地盤の複雑さに対する割増係数	
被災履歴あるいは要注意地形がある場合	$\alpha_2 = 1.1$
被災履歴あるいは要注意地形がない場合	$\alpha_2 = 1.0$
※築堤履歴の複雑な場合：築堤開始年代が古く、かつ築堤が数度にわたり行われている場合や履歴が不明な場合	
要注意地形：旧河道、落掘跡などの堤防の不安定化につながる治水地形	

表 3-1-1 淀川左岸線(2期)のすべり破壊照査基準

堤防のり面	河川堤防の構造検討の手引き	淀川左岸線(2期)
川表	1.00	1.44
川裏	1.44	1.44

(5) 降雨境界

降雨および非降雨境界を以下に示す。

- ・降雨境界：河川、高水敷、土堤の天端や小段（未舗装）、地盤
- ・非降雨境界：コンクリート被覆、コンクリートブロック、コンクリート舗装、アスファルト被覆、斜面、宅地、左岸線ボックス上面の土羽（排水対策考慮）

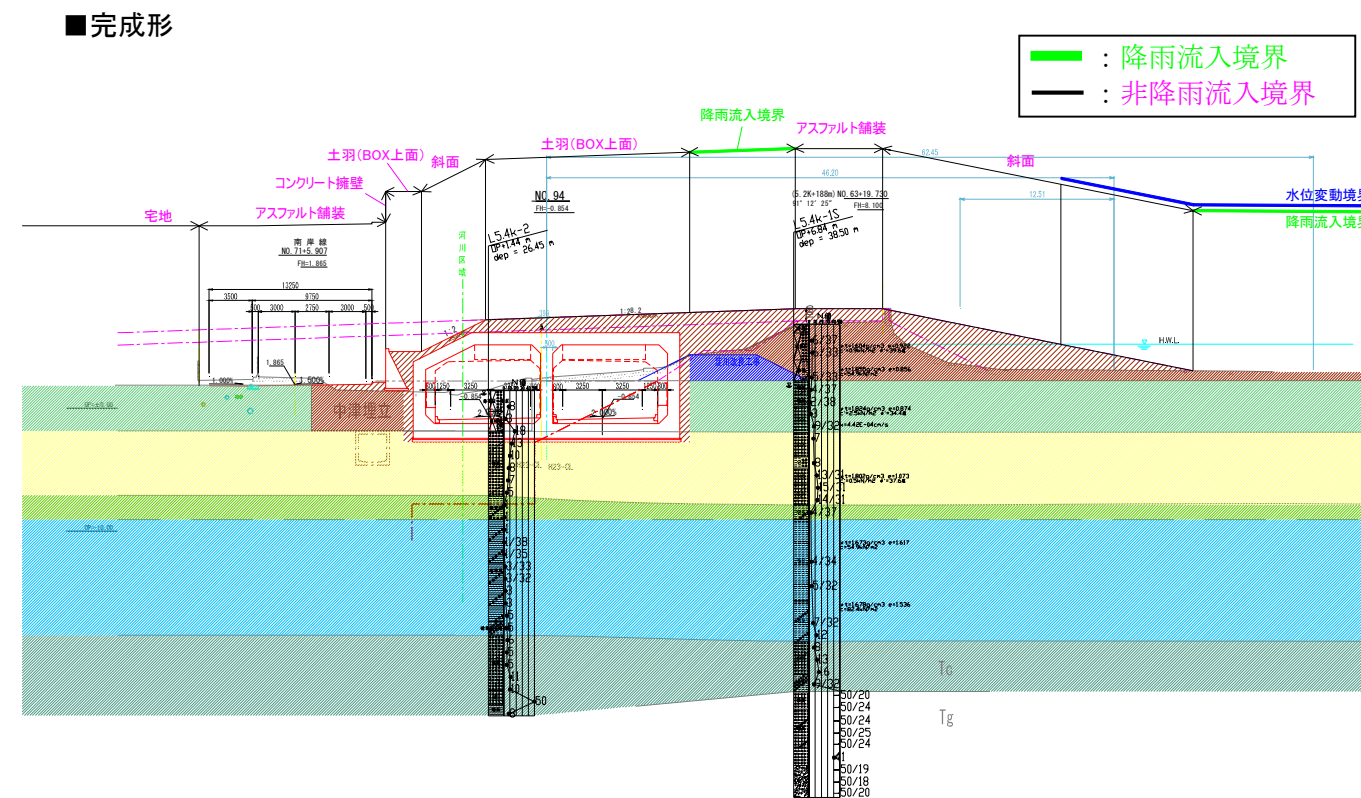
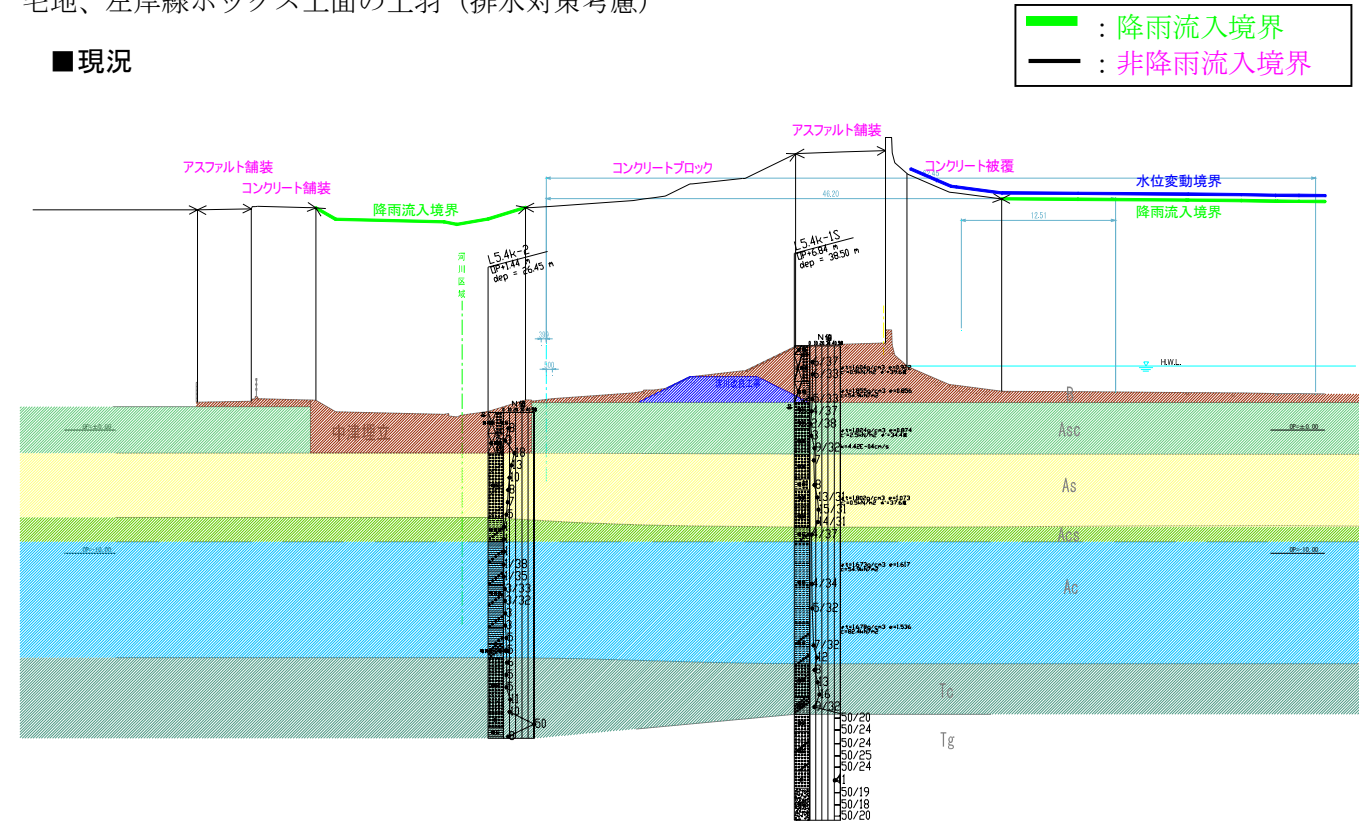


図 3-1-1 現況及び完成形の降雨境界・非降雨境界設定例





(1) 選定根拠

横断方向の検討断面選定にあたっての着目点を以下に示す。

① 特殊部を選定する。

これまで特殊部（ランプ部・交差部）では、耐浸透に関する検討が実施されていない。

ランプ部については、構造物が輻輳することから標準部（一般部）に比べて堤体内の浸潤面に影響を及ぼす可能性が考えられるため、検討断面として選定する。一方、交差部については、既設の交差構造物の影響（有無）についてボックスとの距離が最も近い箇所を代表断面として選定する。

② 堤防形式によりゾーン分けを行い、堤防形式の違いから選定する。

先行2断面の検討では、高潮特殊堤（No.77）と土堤（No.204）で検討を実施しており、土堤の方が浸潤面上昇が大きいたことが確認された。原因は、堤防形式の違い（護岸構造の被覆状況、境界条件等）が一つの要因として考えられることから、堤防形式の違いに着目して検討断面を選定する。

③ 堤防とボックスの離隔の小さな断面を選定する。

先行2断面の検討では、高潮特殊堤（No.77）の同じ堤防構造で、堤防との離隔が12.6m（階段2連）と9.9m（平面2連）の異なるケースが検討されている。

現況堤防への離隔が小さいと堤体内浸潤面上昇が考えられ、堤防安定性（すべり安全率など）の低下が懸念されるため、現況堤防とボックスの離隔に着目して検討断面を選定する。

④ As層の残層厚が小さい断面を選定する。

先行2断面の検討では、ボックス下のAs砂質土層の層厚が薄いほど、流速が大きくなることが確認された。また、同じ断面でも、階段形状や平面形状の比較検討がなされ、ボックス下のAs層の残層厚が薄いほど、流速が大きくなることが確認できた。そこで、As層の残層厚に着目して検討断面を選定する。

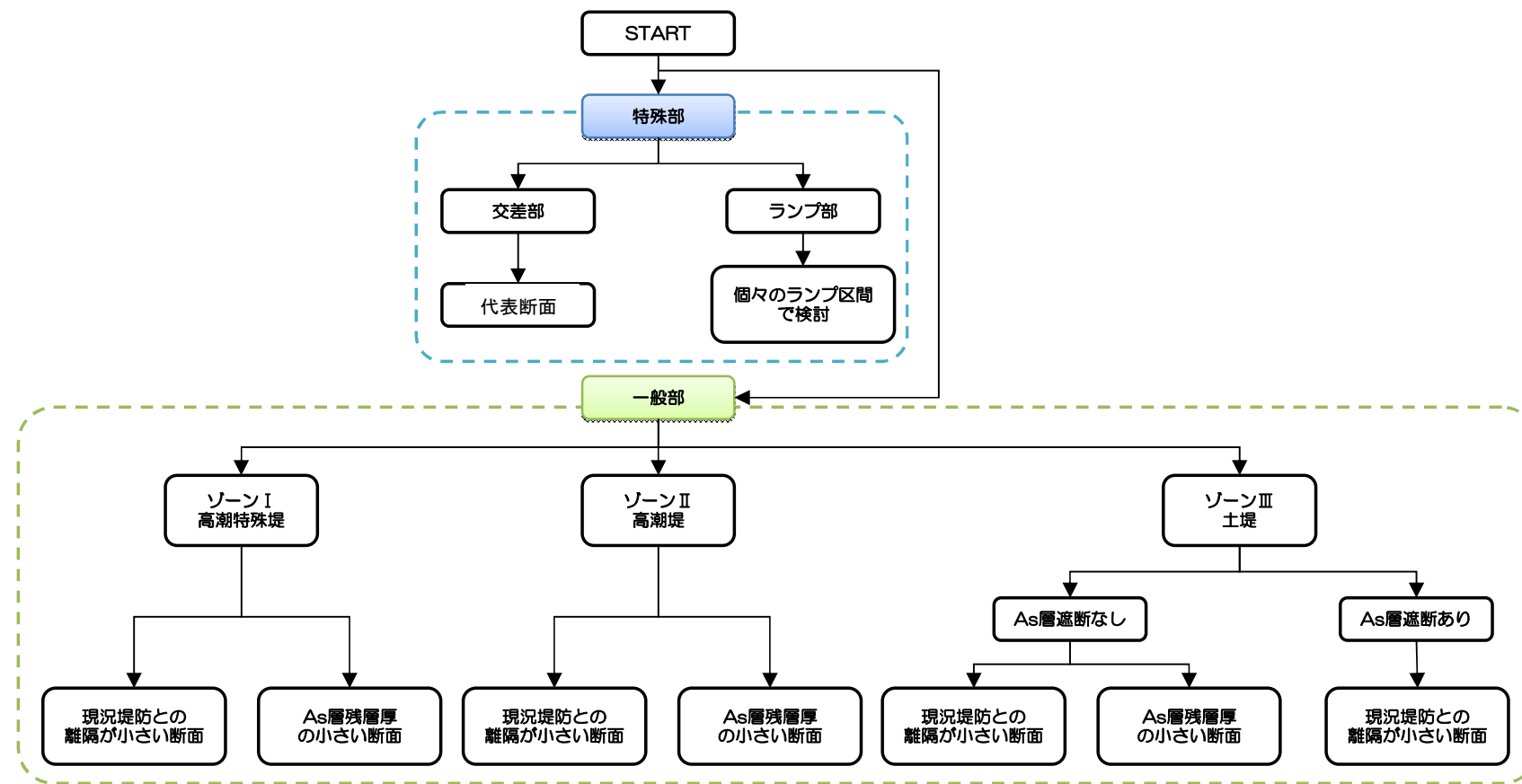


図 3-1-3 耐浸透断面選定フロー

### 3-1-4 完成時の堤防（土堤）機能の全線評価

浸潤面挙動、パイピング破壊（動水勾配、限界流速）、すべり破壊について以下に示す。なお、各諸値はH.W.L時の評価としている。

#### 3-1-4-1 浸潤面の評価

道路ボックス完成時の浸潤面の挙動および照査結果について以下に示す。

確保機能 LC-1・2	<b>●地下水流動阻害（堤体内浸潤面上昇）により水みちを起こさないこと</b>
----------------	---

表 3-1-2 完成時浸潤面変化一覧

堤防形式	距離標	断面	構造	現況浸潤面	現況堤防との離隔	ボックス下の砂質土層厚 (m)	堤体とボックス間の降雨あり		堤体とボックス間の降雨無し		浸潤面の主な変動要因
				O.P.(m)	(m)		完成時浸潤面 O.P.(m)	浸潤面変化量 (m)	完成時浸潤面 O.P.(m)	浸潤面変化量 (m)	
高潮特殊堤	L4.2k+123	39	ランブ部	1.854	15.0	5.2	1.974	0.12	1.974	0.12	a.河川水位の変動による影響
	L4.8k+102	69	一般部	1.906	21.8	0.8	2.096	0.19	2.096	0.19	
	L5k+55	77	ランブ部	1.736	11.0	1.5	2.216	0.48	<b>1.886</b>	<b>0.15</b>	b.完成時の道路ボックスと堤体間の降雨による影響
	L5.2k+188	94	一般部	1.695	16.5	4.3	2.445	0.75	<b>1.745</b>	<b>0.05</b>	
高潮堤	L5.4k+196	105	交差部	2.470	31.8	5.2	2.360	-0.11	2.360	-0.11	c.現況時の中津埋立・堤体への降雨による影響
	L5.6k+5	[105]	交差部	2.564	31.8	5.2	1.994	-0.57	1.994	-0.57	
	L6k+140	132	ランブ部	2.831	7.0	2.9	2.041	-0.79	2.041	-0.79	b.完成時の道路ボックスと堤体間の降雨による影響
	L6.4k+38	147	一般部	2.254	12.8	3.1	2.364	0.11	<b>2.054</b>	<b>-0.20</b>	
	L6.6k+20	156	ランブ部	2.662	19.0	0.6	2.852	0.19	<b>2.352</b>	<b>-0.31</b>	
	L6.6k+179	164	一般部	2.415	18.8	1.8	2.605	0.19	<b>2.405</b>	<b>-0.01</b>	
土堤	L7k+166	184	一般部	1.788	20.5	0.7	2.948	1.16	<b>1.908</b>	<b>0.12</b>	b.完成時の道路ボックスと堤体間の降雨による影響
	L7.2k+77	189	一般部	1.720	16.2	1.5	2.700	0.98	<b>1.800</b>	<b>0.08</b>	
	L7.4k+185	204	一般部	2.032	21.7	2.6	2.492	0.46	<b>1.842</b>	<b>-0.19</b>	
	L7.8k+105	219	ランブ部	2.254	13.7	2.3	2.414	0.16	<b>1.964</b>	<b>-0.29</b>	
	L8k+34	224	ランブ部	2.212	15.7	0.0	2.462	0.25	<b>1.822</b>	<b>-0.39</b>	

\*) 浸潤面については、H.W.L時の水位で評価している。  
※完成時：現地盤は、耐震対策、経年変化対策は未実施

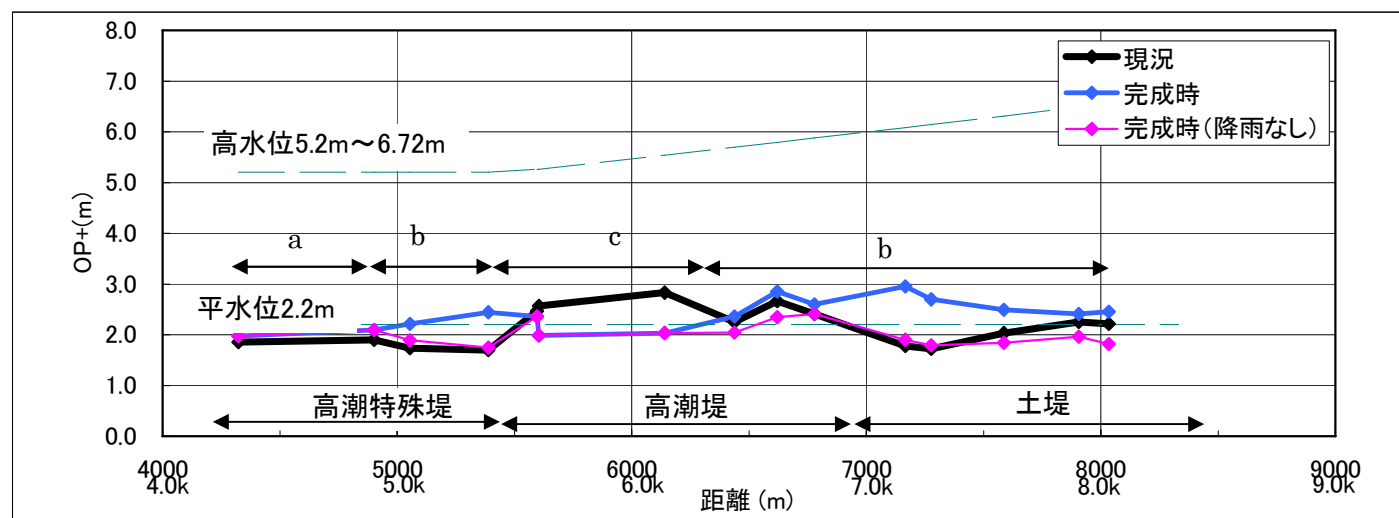
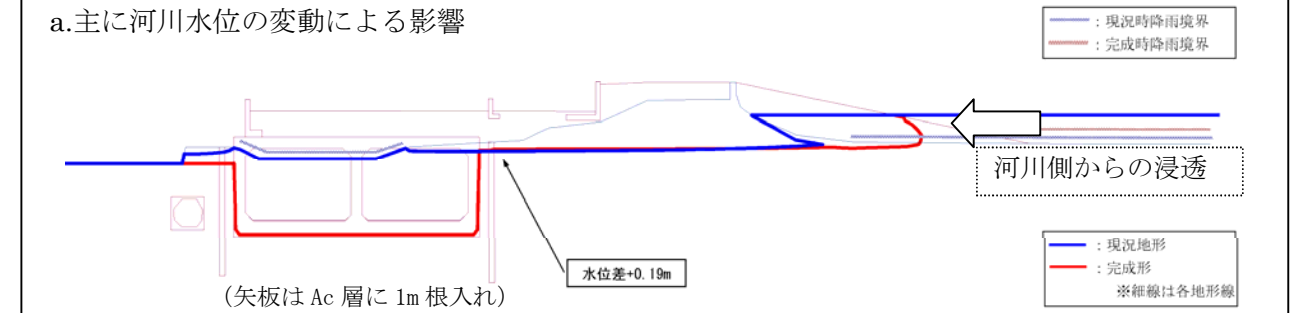


図 3-1-4 縦断方向の浸潤面分布（現況・完成時（降雨あり）・完成時（降雨なし））

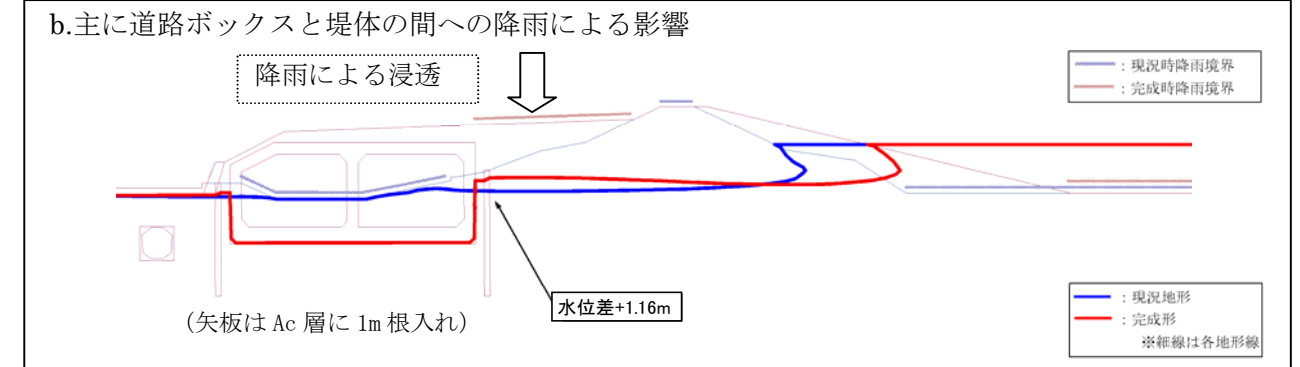
### ◆解析結果と考察

①完成時の浸潤面は、現況に対して+0.11m~+1.16mの水位変動が発生する。浸潤面上昇は最大1.16m (No.184断面：7.1k+66)で、先行2断面の検討結果(+0.93m)よりやや大きな上昇量である。  
検討結果より、淀川左岸線(2期)の浸潤面上昇状況を把握するために浸潤面の変動パターン分類を行った。ただし、浸潤面の変動に与える影響のうち主要な要因と考えられる結果を分類したものであり、他の要因の影響も含まれる。

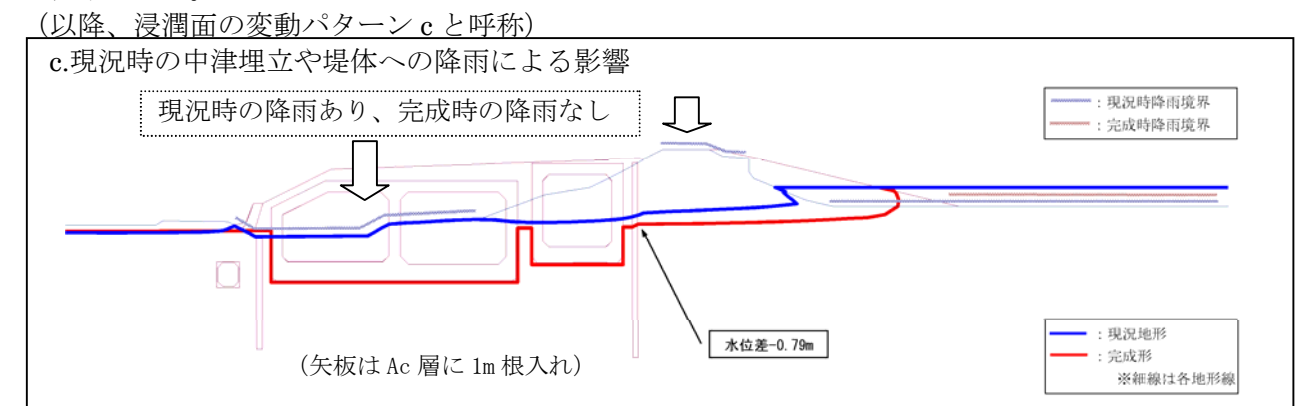
②主に河川水位の変動による影響と考えられる断面の浸潤面は0.12m~0.19mの変動である。(以降、浸潤面の変動パターンaと呼称)



③主に完成時の降雨の流入による影響と考えられる浸潤面は0.11m~1.16mの上昇である。(以降、浸潤面の変動パターンbと呼称)



④主に現況時の降雨の流入（完成時に降雨が無くなる）による影響と考えられる浸潤面は-0.57m~-0.79mの低下である。(以降、浸潤面の変動パターンcと呼称)



- ・浸潤面は、河川水位の変動(a)および堤体と道路ボックスの間に流入する降雨が影響(b)する場合に上昇する可能性がある。
- ・現況時に降雨の浸透があり、完成時に降雨の浸透がなくなる場合、浸潤面は低下する可能性がある。

### ◆確保機能に対する評価

○確保機能 LC-1, 2

浸潤面上昇を抑制する対策が必要である。



浸潤面上昇量が最も大きい No184 断面の現況と完成時浸潤面比較図および浸潤面経時変化図を以下に示す。

浸潤面 重ね合せ図

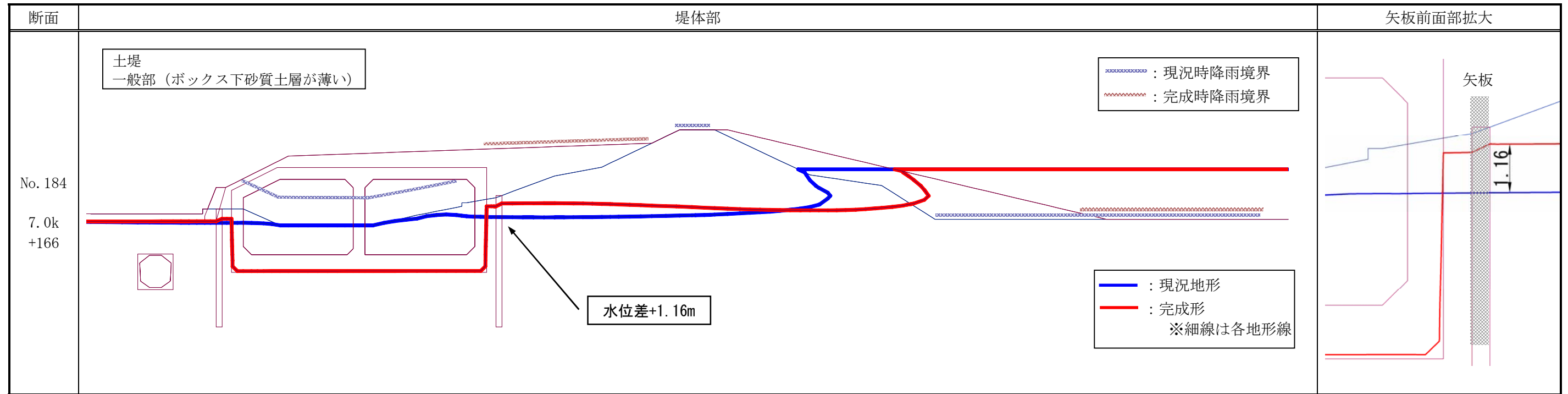


図 3-1-5 No184 断面 現況時・完成時 浸潤面重ね合わせ図

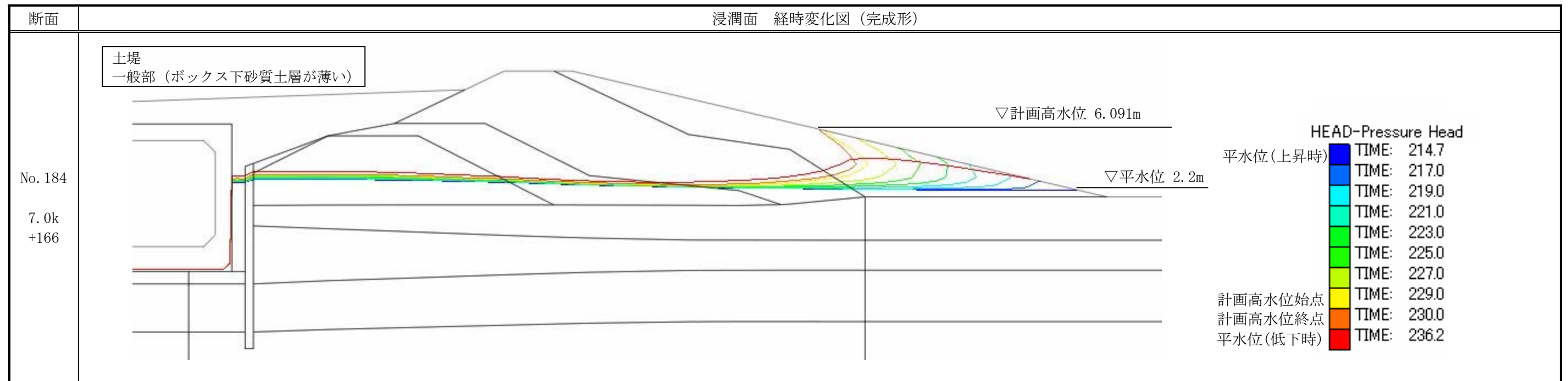


図 3-1-6 No184 断面 完成時 浸潤面経時変化図

3-1-4-2 パイピング破壊に対する評価

パイピング破壊の照査結果について以下に示す。

確保機能 LC-2	●地下水流動阻害により、構造物に沿った縦断方向の水みち発生を起こさないこと
--------------	---------------------------------------

(1) 縦断方向

① 局所動水勾配・実流速

縦断方向のパイピング破壊（局所動水勾配・流速）の照査結果について以下に示す。

表 3-1-3 縦断方向の動水勾配一覧

断面	距離標	区間長	水位 OP.(m)	水位差 (m)	動水勾配 i	透水係数 k		流速 v
		dx (m)				m/hr	m/s	
39	L4.2k+123	-	1.974	-	-	3.60E-02	1.00E-05	-
69	L4.8k+102	118	2.096	0.071	0.00061	3.60E-02	1.00E-05	6.06E-09
77	L5k+55	153	2.216	0.120	0.00078	3.60E-02	1.00E-05	7.84E-09
94	L5.2k+188	333	2.445	0.229	0.00069	3.60E-02	1.00E-05	6.89E-09
105	L5.4k+196	208	2.360	-0.085	0.00041	3.60E-02	1.00E-05	4.09E-09
【105】	L5.6k+5	9	1.994	-0.366	0.04067	3.60E-02	1.00E-05	4.07E-07
132	L6k+140	506	2.041	-0.051	0.00010	3.60E-02	1.00E-05	1.01E-09
147	L6.4k+38	298	2.364	0.323	0.00108	3.60E-02	1.00E-05	1.08E-08
156	L6.6k+20	182	2.852	0.489	0.00268	3.60E-02	1.00E-05	2.68E-08
164	L6.6k+179	159	2.605	-0.248	0.00156	3.60E-02	1.00E-05	1.56E-08
184	L7k+166	113	2.948	0.824	0.00729	3.60E-02	1.00E-05	7.29E-08
189	L7.2k+77	111	2.700	-0.248	0.00223	3.60E-02	1.00E-05	2.23E-08
204	L7.4k+185	308	2.492	-0.208	0.00068	3.60E-02	1.00E-05	6.75E-09
219	L7.8k+105	320	2.580	0.088	0.00028	3.60E-02	1.00E-05	2.75E-09
224	L8k+34	129	2.462	-0.118	0.00091	3.60E-02	1.00E-05	9.12E-09

※Box 周辺の透水係数は埋立盛土相当( $1.0 \times 10^{-5} \text{m/s}$ )としている。

※縦断方向の動水勾配は、H.W.L 時の浸潤面での評価としている。

◆解析結果と考察（縦断方向）

縦断方向の動水勾配は、 $10^{-5} \sim 10^{-2}$  となる。

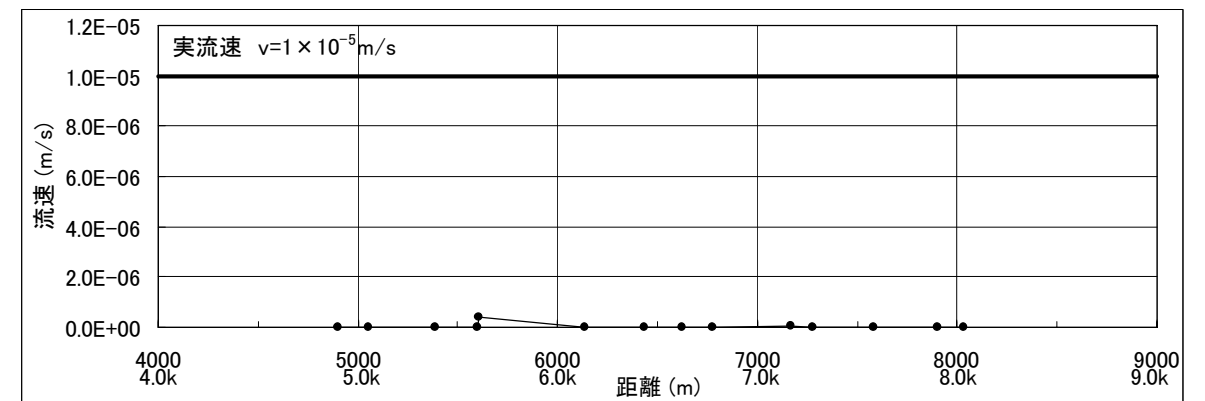
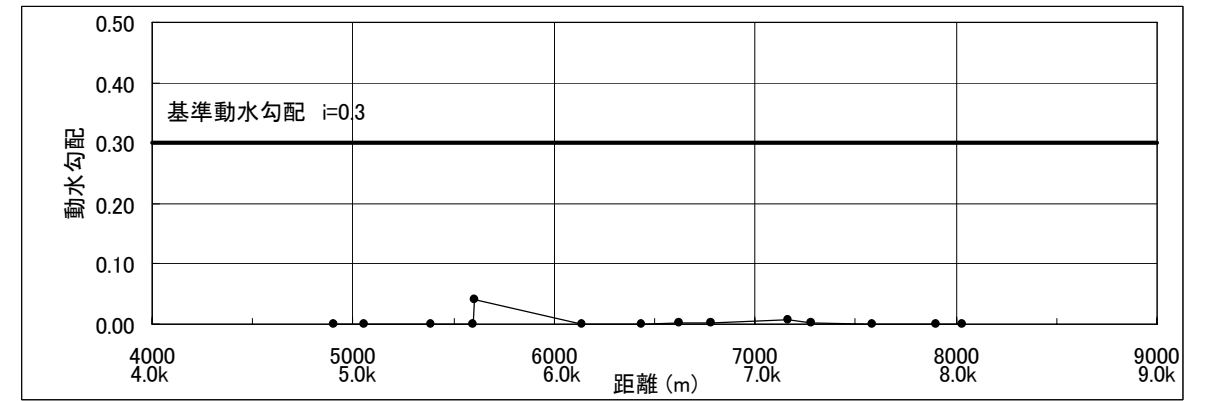
縦断方向の流速は、 $10^{-7} \sim 10^{-10}$  となる。いずれも設定している基準 ( $i=0.3$ ,  $v=10^{-5} \text{m/s}$ ) に対して小さな値である。

交差構造物を考慮した場合、その構造物により浸潤面が上昇するため、動水勾配および流速が大きくなるが、基準値に対しては小さな値である。

◆確保機能に対する評価（縦断方向）

○確保機能 LC-3

縦断方向の動水勾配は、拡大図で見ると No184 断面部で若干高くなる事が分かる。ただし、設定している基準値に対しては小さな値となることから、基礎地盤のパイピング破壊については生じる可能性は低いと考えられる。



↓ 縦軸のスケール変更

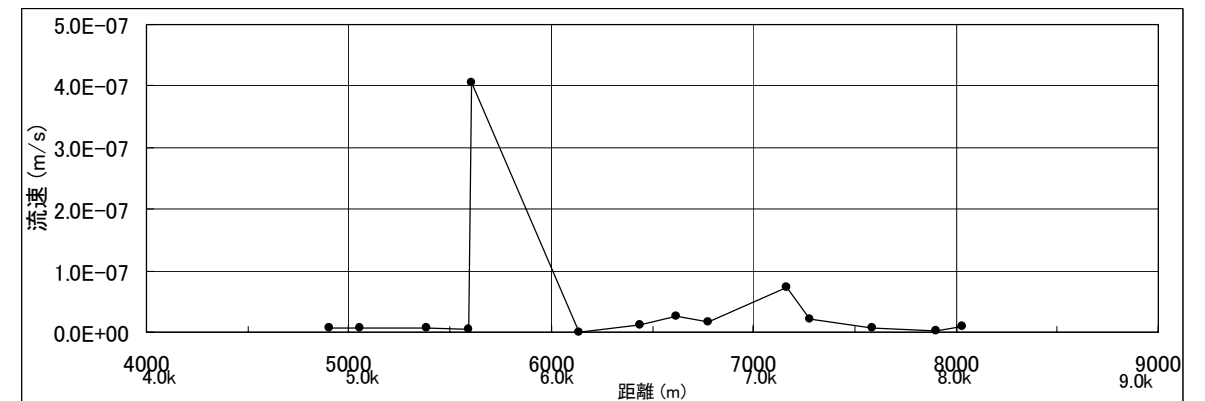
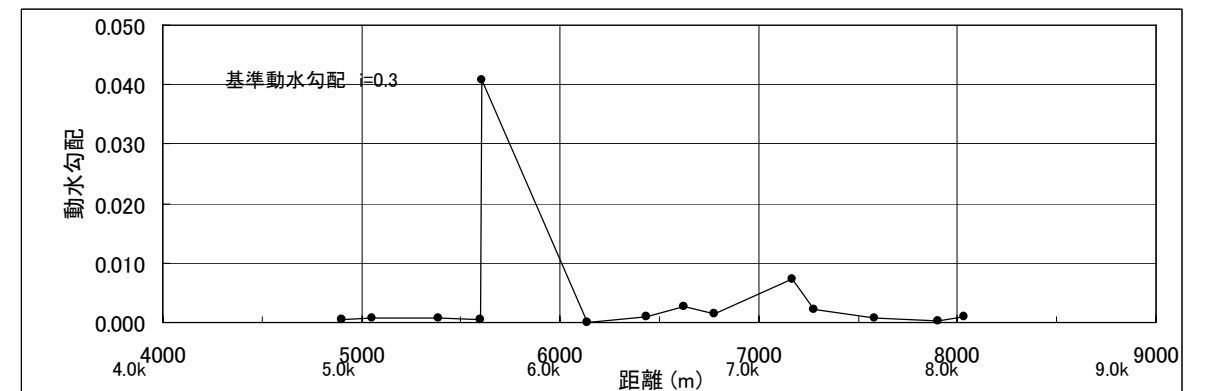


図 3-1-7 動水勾配および流速の縦断方向分布

確保機能 LC-3	●基礎地盤のパイピング破壊に対する安全性を確保すること
--------------	-----------------------------

(2) 横断方向

① 局所動水勾配

横断方向の局所動水勾配検討結果を以下に示す。

鉛直方向の動水勾配の基準値は、河川基準（手引き）に基づき  $i < 0.5$  を設定する。一方、水平方向については鉛直方向とは異なるメカニズム（せん断強度で水平流に抵抗する）のため鉛直方向よりも小さくなるとされている。しかし、定量的な基準が示されていない現状であるため、既往研究成果（赤井の式、久保田の式）を参考として、鉛直方向と同様に安全率を考慮して、本検討では  $i < 0.3$  を設定する。

表 3-1-4 局所動水勾配一覧

断面No	距離標	現況形		完成形		(参考) 完成形(矢板あり)		完成時の評価
		鉛直方向 基準値0.5	水平方向 基準値0.3	鉛直方向 基準値0.5	水平方向 基準値0.3	鉛直方向 基準値0.5	水平方向 基準値0.3	
39	4.2k+ 123	0.071	0.195	0.010	0.012	0.010	0.012	参考値 (構造物周辺の値を抽出)
69	4.8k+ 102	0.252	0.321*	0.012	0.015	0.014	0.007	
77	5.0k+ 55	0.208	0.339*	0.039	0.028	0.039	0.028	
94	5.2k+ 188	0.362	0.261	0.058	0.024	0.058	0.024	
105	5.6k+ 5	0.205	0.355*	0.037	0.040	0.037	0.040	
132	6.0k+ 140	0.329	0.616**	0.015	0.019	0.013	0.017	
147	6.4k+ 38	0.340	0.343*	0.045	0.015	0.045	0.015	
156	6.6k+ 20	0.295	0.569**	0.049	0.024	0.049	0.024	
164	6.6k+ 179	0.072	0.223	0.041	0.020	0.041	0.020	
184	7.0k+ 166	0.092	0.229	0.029	0.094	0.030	0.066	
189	7.2k+ 77	0.203	0.175	0.032	0.037	0.032	0.037	
204	7.4k+ 185	0.133	0.268	0.035	0.010	0.035	0.010	
219	7.8k+ 105	0.075	0.083	0.013	0.002	0.013	0.002	
224	8.0k+ 34	0.080	0.119	0.038	0.009	0.038	0.009	

\* : 現況で基準値を満足しない。  
\*\* : 0.5以上。ただし中津埋立部の微地形考慮のため

\*) 局所動水勾配は、H.W.L 時の浸潤面での評価としている。

◆解析結果と考察（横断方向・局所動水勾配）

完成形の局所動水勾配は、構造物周辺の値を示しており参考値となるが、全ての断面の鉛直及び水平方向で、設定した基準値を満足する。

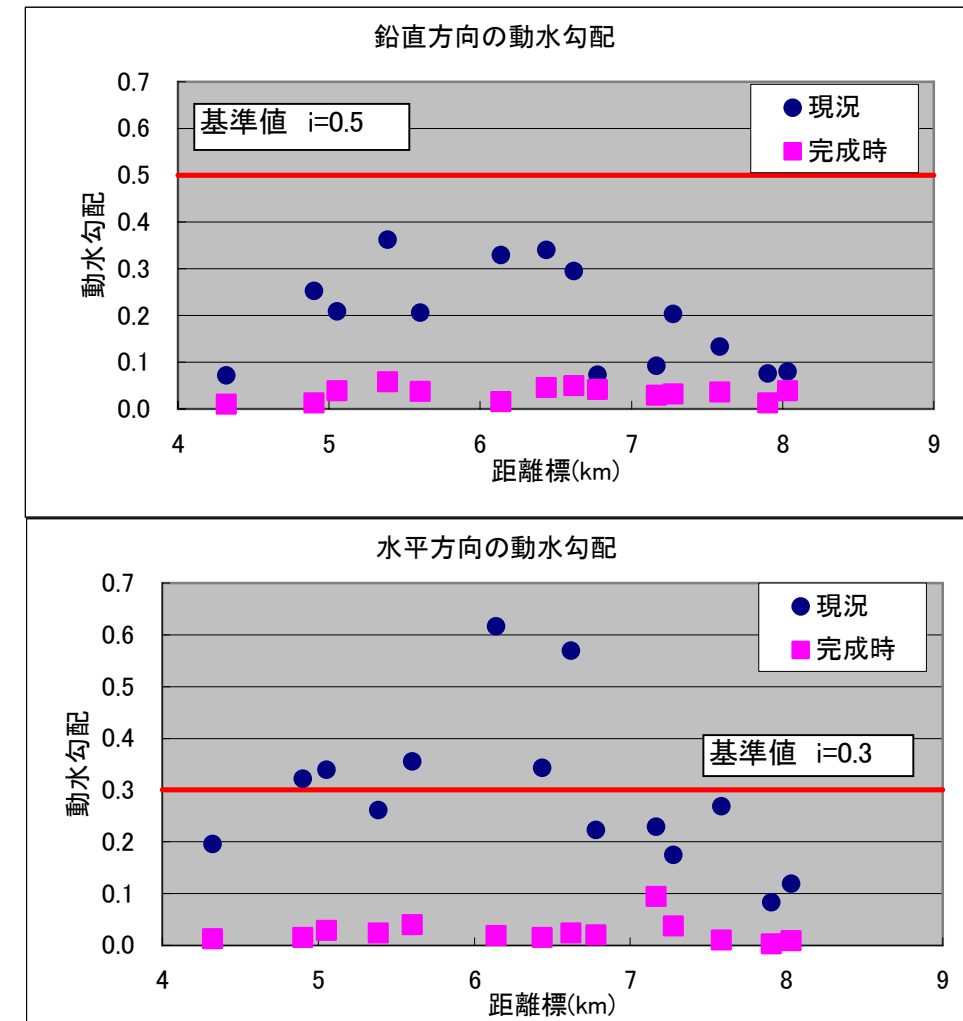
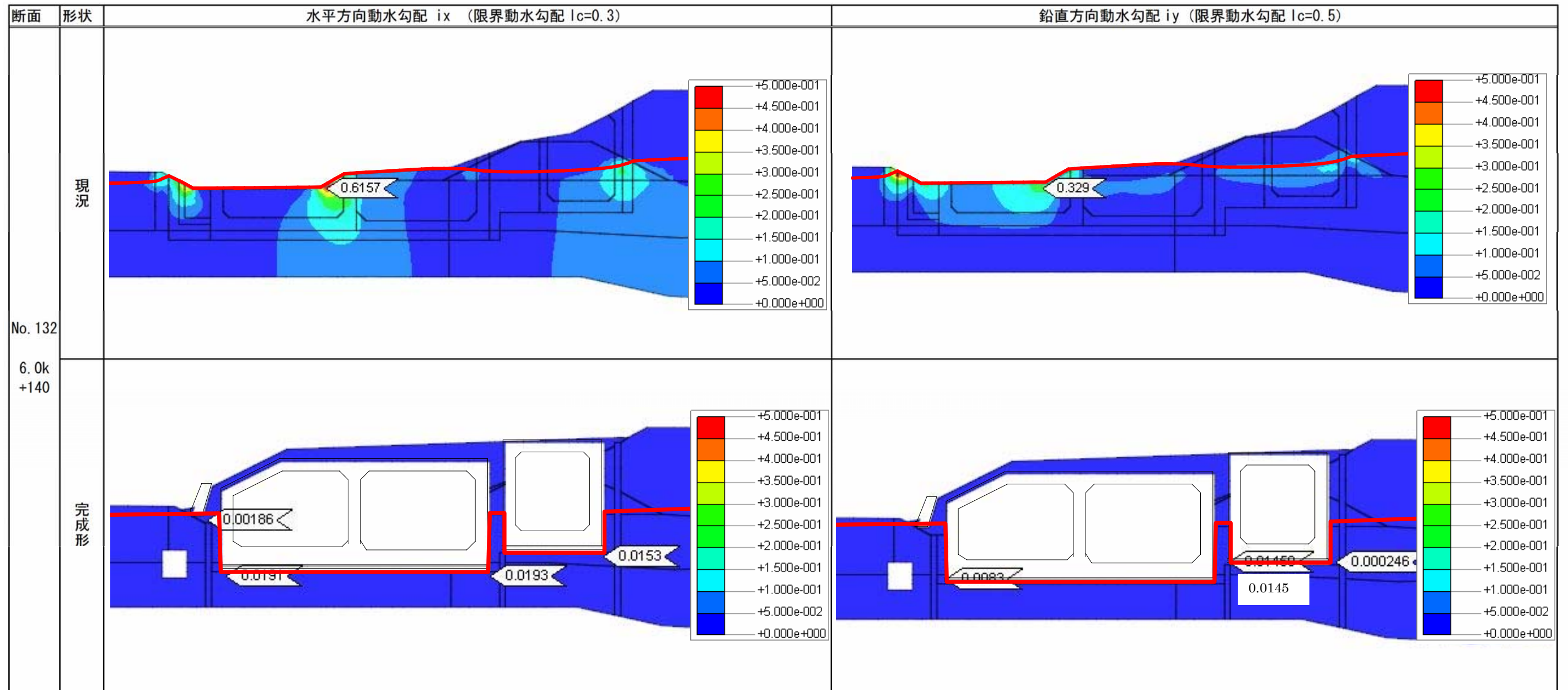


図 3-1-8 横断方向の動水勾配分布（鉛直・水平）

◆確保機能に対する評価（横断方向・局所動水勾配）

○確保機能 LC-3

現況堤防の局所動水勾配は、水平、鉛直方向とも堤内側の法尻部の値が高くなり相対的に若干大きな値となっていることが分かる。これに対し、一体構造物では道路躯体が堤体内の浸透を遮断していることから、堤内側法尻部の局所動水勾配は相対的に高くない。このことから、基礎地盤のパイピング破壊については生じる可能性は低いと考えられる。



— : 水位線

図 3-1-9 No. 132 断面 動水勾配分布 (230 時間)

3-1-4-3 浸透によるすべり破壊に対する評価

すべり破壊の照査結果について以下に示す。

確保機能 LC-4	●すべり破壊に対する安全性を確保すること
--------------	----------------------

表 3-1-5 すべり安全率一覧

断面 No	距離標	すべり安全率		基準値 (手引きより)	断面 No	距離標	すべり安全率		基準値 (手引きより)
		川表					川裏		
		現況形	完成形				現況形	完成形	
39	4.2k+ 123	2.71	3.92	1.44	39	4.2k+ 123	2.86	6.19	1.44
69	4.8k+ 102	3.18	3.72	1.44	69	4.8k+ 102	2.99	3.48	1.44
77	5.0k+ 55	3.07	3.70	1.44	77	5.0k+ 55	2.94	3.77	1.44
94	5.2k+ 188	2.40	3.72	1.44	94	5.2k+ 188	2.73	3.8	1.44
105	5.6k+ 5	2.07	3.60	1.44	105	5.6k+ 5	3.13	3.57	1.44
132	6.0k+ 140	2.71	4.47	1.44	132	6.0k+ 140	1.94	2.74	1.44
147	6.4k+ 38	3.21	3.54	1.44	147	6.4k+ 38	2.18	2.47	1.44
156	6.6k+ 20	2.93	3.75	1.44	156	6.6k+ 20	2.22	2.55	1.44
164	6.6k+ 179	2.40	3.39	1.44	164	6.6k+ 179	2.04	2.61	1.44
184	7.0k+ 166	2.70	3.25	1.44	184	7.0k+ 166	2.32	2.62	1.44
189	7.2k+ 77	2.48	2.99	1.44	189	7.2k+ 77	2.46	2.52	1.44
204	7.4k+ 185	2.85	3.27	1.44	204	7.4k+ 185	2.13	2.49	1.44
219	7.8k+ 105	2.63	3.19	1.44	219	7.8k+ 105	2.34	3.36	1.44
224	8.0k+ 34	2.61	3.18	1.44	224	8.0k+ 34	2.36	2.50	1.44

※すべり安全率は、H.W.L 時の浸潤面での評価としている。

◆解析結果と考察（横断方向）

完成時のすべり安全率は、川表及び川裏ともに  $F_s=2$  以上となる。  
淀川左岸線（2期）で設定した基準値(1.44)を満足する結果である。

◆確保機能に対する評価（横断方向）

○確保機能 LC-4

堤体の川裏側の、すべり安全率は道路ボックスや基礎地盤を包括する円弧となることから、2.01~9.05 と比較的大きい値となっている。設定したすべり安全率の許容値 1.44 より大きな値であり、すべり破壊が発生する可能性は低いと考えられる。

川表のすべり安全率は 2.99~5.65 となり、川表面を現況堤の状態よりも 5 割堤とした方がすべり安全率が高い傾向となっている。川表の場合でも、設定したすべり安全率の許容値 1.44 より大きな値であり、すべり破壊が発生する可能性は低いと考えられる。

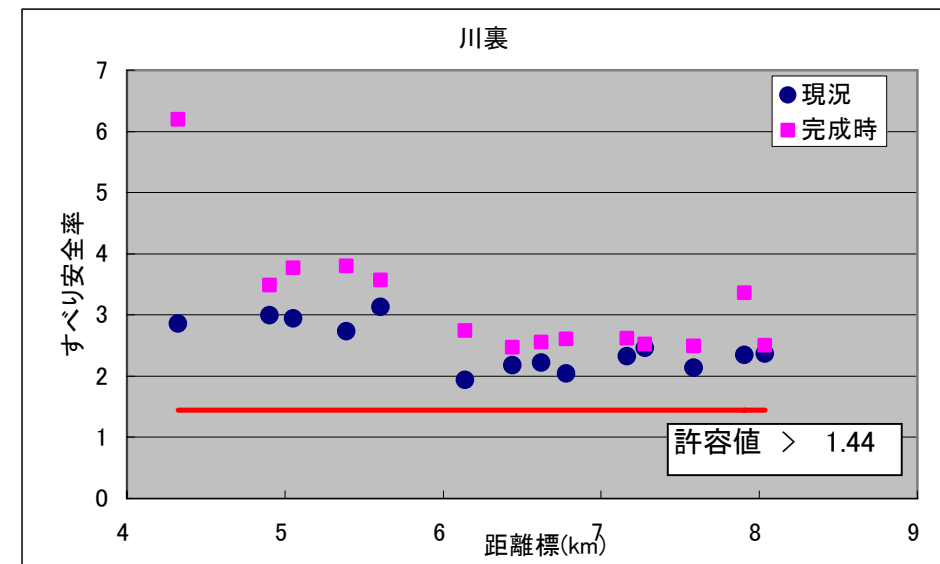
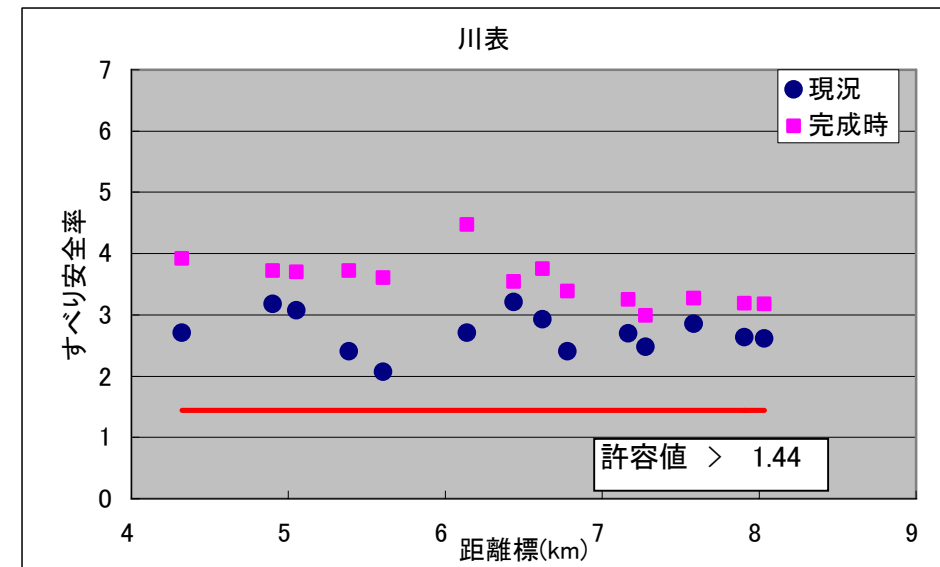


図 3-1-10 すべり安全率（川表 川裏）の縦断方向分布



堤体の安定性検討結果一覧 (No.77 断面)

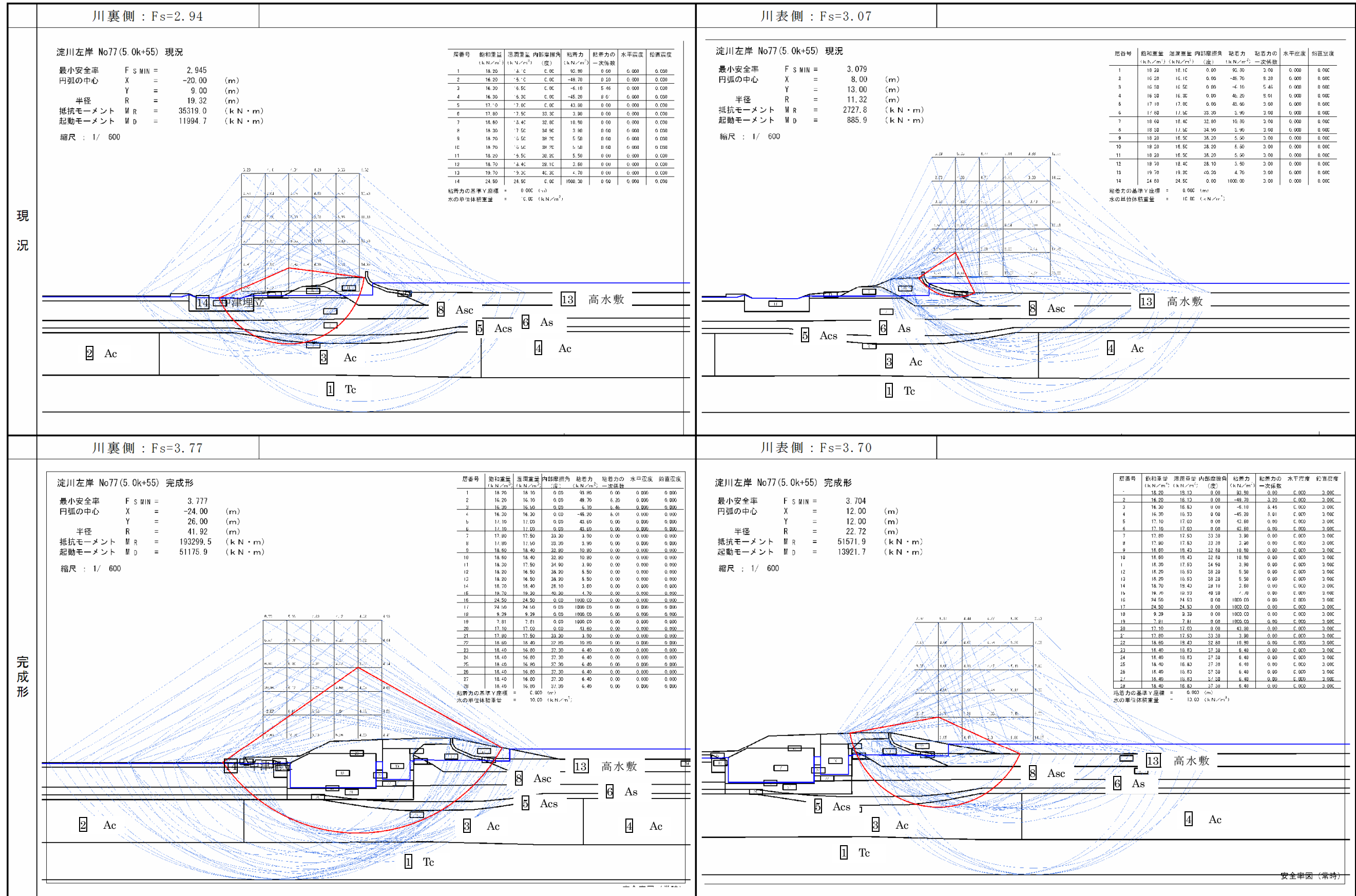


図 3-1-11 No.77 断面 堤体の安定性検討結果

3-1-4-4 ボックスの浮上り

確保機能 BC-6	●道路躯体の浮上りに対する安全性、供用性を確保すること
--------------	-----------------------------

(1) 検討条件

非常時の水位上昇（内水氾濫など）により、道路ボックスの浮き上がり危険度について照査を行った。

照査方法は、「開削トンネル設計指針」H20.10に準拠し、下式に基づいた。

6.1 浮上りに対する検討

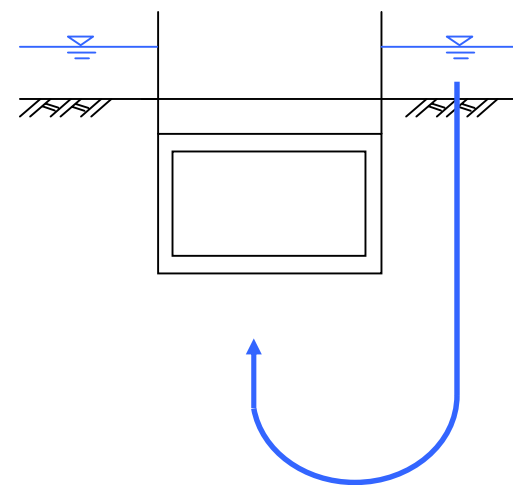
土被りが浅く、地下水位が高い場合、トンネル躯体に対しては、式(6.1.1)により浮上りに対する検討を行うものとする。

$$F_s = (W_s + W_B) / U \quad \text{..... (6.1.1)}$$

ここに、  
 $F_s$  : 安全率  
 $W_s$  : 上載土の重量 (kN)  
 $W_B$  : トンネル躯体の重量 (kN)  
 $U$  : トンネル躯体底面に作用する揚圧力 (kN)

安全率  $F_s$  は、1.1 以上とする。

- ① 安全率  $F_s=1.1$  となる限界水位を算出。
- ② 道路ボックスの完成形状と、ボックス上載土は流出した場合の2ケースについて実施。
- ③ 設備の重量およびトンネル内活荷重は含まない。
- ④ 上載土のせん断抵抗やトンネル側壁部の摩擦抵抗および地表面の荷重については、考慮しない。
- ⑤ Box 内への水の浸入はないものとする。
- ⑥ Box 天端より水位が上がった場合も、揚圧力は上昇する条件とした。



(2) 浮き上がり照査結果

表 3-1-6 に検討結果の一覧を示す。

図 3-1-12 は、縦断方向の限界水位の分布を示す。図 3-1-12 より、完成形状のボックスが浮上る恐れのある限界水位は OP+6.0m 以上であり、堤内地盤面に対して、4~5m の水深が必要となる。ボックスの浮上る可能性のある限界水位がボックス天端よりも低く計算された場合は、その水位はありえるので、浮上りの可能性があると判断する。限界水位が、ボックス天端を上回る場合は、その可能性が低いと判断する。こういう見方をすると、完成形状においてボックスの浮き上がりが発生する可能性のある範囲は 5.7~5.9KP と 7.35~7.5KP の 2 箇所である。一方、上載土が全て流出した場合、限界水位は大きく低下し、何れの場所でも浮き上がりが発生する可能性があることになる。

対策としては、ボックス上面に 20cm 程度の土を盛土することで、浮上りの可能性はなくなる。

表 3-1-6 道路ボックス浮上り限界水位一覧（完成形上載土有り）

道路測点	(単位)	No.44	No.56	No.64	No.84	No.116	No.127	No.139	No.164	No.179	No.194	No.204	No.219	No.116	No.194		
構造物重量	函体本体	頂版	部材長 (m)	34.74	25.95	21.70	25.79	21.70	29.37	25.57	23.45	25.95	21.70	21.70	29.41	21.70	
		部材厚 (m)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
	側壁1	部材長 (m)	6.40	6.40	5.20	6.40	6.40	6.40	6.40	6.40	6.40	6.40	6.40	6.40	6.40	6.40	
		部材厚 (m)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
	中壁	部材長 (m)	6.40	6.40	5.20	6.40	6.40	6.40	6.40	6.40	6.40	6.40	6.40	6.40	6.40	6.40	
		部材厚 (m)	1.00	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	
	底版	部材長 (m)	34.74	25.95	21.70	25.79	21.70	29.37	25.57	23.45	25.95	21.70	21.70	29.41	21.70	21.70	
		部材厚 (m)	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	
	舗装	舗装幅	(m)	31.74	22.45	18.70	22.79	18.70	26.37	22.57	20.45	22.45	18.70	18.70	26.41	18.70	18.70
			舗装厚1 (m)	0.37	0.38	0.40	0.41	0.398	0.40	0.36	0.40	0.38	0.398	0.40	0.37	0.398	0.398
		舗装厚2 (m)	0.30	0.40	0.40	0.36	0.408	0.32	0.40	0.40	0.40	0.397	0.40	0.34	0.408	0.397	
		平均舗装厚 (m)	0.33	0.39	0.40	0.38	0.403	0.36	0.38	0.40	0.39	0.398	0.40	0.35	0.403	0.398	
		埋戻土	幅 (m)	31.74	22.45	18.70	22.79	18.70	26.37	22.57	20.45	22.45	18.70	18.70	26.41	18.70	18.70
	土厚 (m)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
構造物重量 (W <sub>B</sub> ) 計 (kN)			2580.9	2144.3	1719.3	2056.2	1809.6	2266.9	2041.1	1917.3	2144.3	1807.3	1807.5	2266.1	1809.6	1807.3	
上載土重量	幅	計画地盤高 (m)	34.744	25.95	21.7	25.792	21.70	29.368	25.57	23.45	25.95	21.70	21.7	29.412	21.70	21.70	
		(堤外側) (O.P+ m)	7.603	7.401	7.487	7.789	7.702	7.937	7.855	7.657	7.401	8.113	8.063	8.486	7.902	8.313	
	(堤内側) (O.P+ m)	6.700	6.480	5.717	6.875	6.932	6.896	6.949	6.826	6.480	7.343	7.293	7.443	7.132	7.543		
	平均 (O.P+ m)	7.152	6.941	6.602	7.332	7.317	7.417	7.402	7.242	6.941	7.728	7.678	7.965	7.517	7.928		
上載土重量 (W <sub>S</sub> ) 計 (kN)			1059.7	1073.2	1545.6	1103.1	182.4	651.0	449.7	653.2	1073.2	196.5	309.7	800.7	260.5	274.6	
重量合計 (W <sub>B</sub> +W <sub>S</sub> ) (常時荷重) (kN)			3640.7	3217.4	3264.9	3159.3	1992.0	2917.9	2490.8	2570.5	3217.4	2003.7	2117.2	3066.8	2070.1	2081.9	
揚圧力 (浮上がり安全率F <sub>s</sub> =1.1の揚圧力) (kN)			3280.9	2921.2	2963.1	2848.5	1768.6	2647.5	2243.8	2323.0	2921.2	1817.4	1912.9	2778.8	1768.6	1817.4	
限界水位の算出	底版下端高 (O.P+ m)		-3.143	-3.957	-4.755	-3.644	-1.750	-2.415	-2.175	-2.906	-3.957	-1.375	-1.715	-2.148	-1.750	-1.375	
	①頂版上端高 (BOX天端高) (O.P+ m)		5.457	4.643	2.645	4.956	6.850	6.185	6.425	5.694	4.643	7.225	6.885	6.452	6.850	7.225	
	②限界水位 (F <sub>s</sub> >1.1となる水位) (O.P+ m)		6.300	7.300	8.900	7.400	6.500	6.600	6.600	7.000	7.300	7.000	7.100	7.300	6.850	7.225	
	[※0.1m単位で切り下げ] ②-①= (m)		0.843	2.657	6.255	2.444	-0.350	0.415	0.175	1.306	2.657	-0.225	0.215	0.848	0.000	0.000	
浮き上がりの照査			○	○	○	○	×	○	○	○	○	×	○	○	○	○	

\*浮き上がり防止（限界水位を BOX 天端にする）ために地盤高さを 20cm 嵩上げすることで安全率 1.1 を満足する。

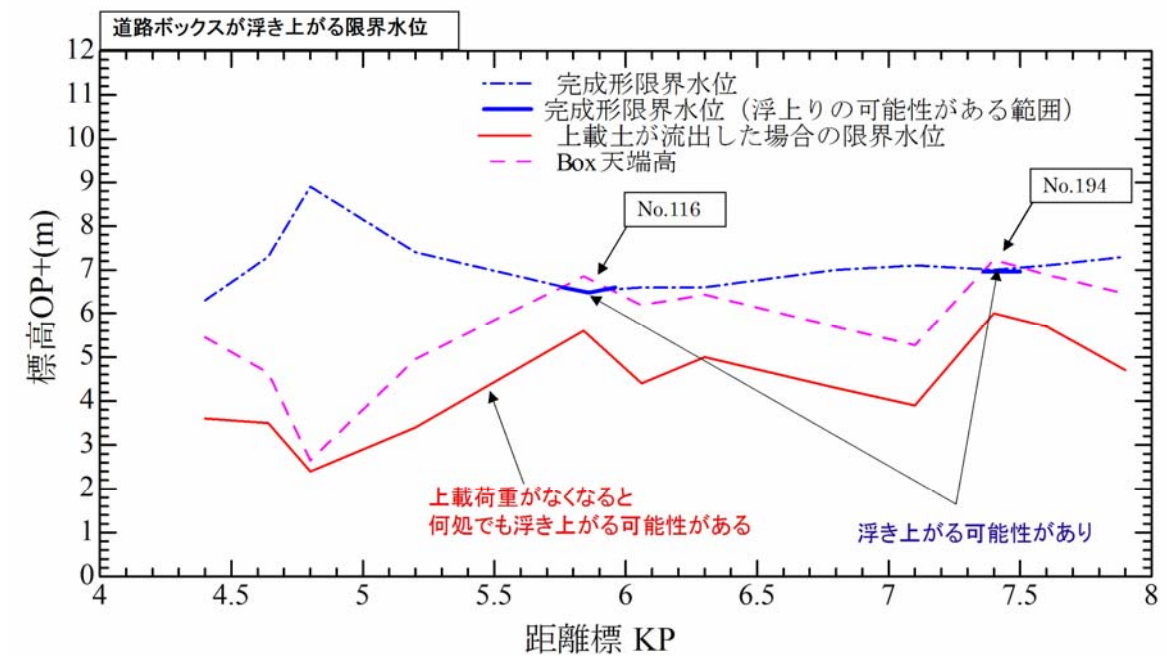


図 3-1-12 道路ボックス浮上り限界水位の縦断分布



3-1-5 全線評価のまとめ（完成時）

一体構造物とした場合に必要とされる堤防（土堤）、道路（構造物）の機能に対して、代表 14 断面で耐浸透機能の定量的評価と今後の課題を整理した。以下にその結果を示す。

（1）定量的な評価が可能か項目【完成時】

① 堤防（土堤）の機能を満たすこと

		確保機能に対する評価	確保機能に対する今後の課題
堤防(土堤) の機能を満 たすこと	耐浸透	<p>① LC-1: ●地下水流動障害(堤体内浸潤面上昇)により水みち発生を起こさないこと</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>道路ボックスの設置により、<b>+0.11m~+1.16m</b>の堤体内浸潤面の変動が見られる。特に、堤体と道路ボックスの間（盛土）から浸透する降雨の影響や河川水位の変動による影響により浸潤面が上昇する。</li> <li>矢板の残置による浸潤面上昇は最大 <b>0.10m</b> 程度である。</li> <li>道路ボックス周辺の動水勾配は、浸潤面が上昇した場合でも今回淀川左岸線（2期）で設定した基準値（水平 <math>ih &lt; 0.3</math>、鉛直 <math>iv &lt; 0.5</math>）に対して小さな値を示す。</li> </ul> <p>② LC-2: ●地下水流動障害により、構造物に沿った縦断方向の水みち発生を起こさないこと</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>浸潤面は、降雨浸透防止対策を実施することで横断方向において 20cm 程度の上昇に抑制され、縦断方向の水頭差も少なくなる。</li> <li>横断方向の動水勾配（洪水時）は <math>10^{-3} \sim 10^{-2}</math> 程度、縦断方向の動水勾配は <math>10^{-5} \sim 10^{-2}</math> 程度で、横断方向が卓越している。</li> <li>動水勾配は横断方向が支配的であるが、道路機能上約 300m ピッチで非常口が計画されており、この非常口が縦断方向の地下水流動障害に影響を与えることが懸念される。そこで、河川側の非常口計画箇所に通水孔を設置することとする。（資料 4-2 P.3 を参照）</li> </ul> <p>③ LC-3: ●基礎地盤のパイピング破壊に対する安全性を確保すること</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>基礎地盤及び構造物下面・側面位置での動水勾配は、限界動水勾配以下であり、<b>パイピング破壊に対する基準値（水平 <math>ih &lt; 0.3</math>、鉛直 <math>iv &lt; 0.5</math>）を満足する</b>。また構造物下面位置での流速は <math>10^{-7} \sim 10^{-8} \text{m/s}</math> であり、一般的な砂質土の限界流速（<math>10^{-3} \sim 10^{-5} \text{m/s}</math>）に比べ小さなものであり、浸透破壊が起こる可能性は低いと考えられる。</li> <li><b>レーンの加重クリープ比 (C&gt;6) は、10 以上</b>（ボックス周辺が水みちとなった場合でも 7 以上）となり浸透破壊(パイピング)が起こる可能性は低いと考えられる。</li> <li>堤体内の浸潤面は上昇するが、<b>浸透に伴う構造物周りの流速（当該地の限界実流速である <math>10^{-3} \sim 10^{-5} \text{m/s}</math>）に対して <math>10^{-7} \sim 10^{-8} \text{m/s}</math> であり、3~4 オーダーと小さく、基礎地盤の水みちの発生の可能性は低いと考えられる。</b></li> </ul> <p>④ LC-4: ●すべり破壊に対する安全性を確保すること</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>川表、川裏の円弧すべりによる<b>最小すべり安全率は、現行指針 (1.44) を満足する</b>。</li> </ul> <p>⑤ LC-5: ●土と構造物間が洪水・降雨時の浸透や変形により、堤体の弱体化や水みち発生を起こさないこと</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>地震や経年変化（圧密沈下）により剥離が発生し、水みちとなる可能性があるため、その確認と対応について検討が必要である。</li> <li>液状化や経年変化（圧密沈下）対策としてのボックス下面の基礎地盤改良が、透水層（砂質土層）を遮断することから、その影響を確認するために、「堤体内浸潤線の上昇」、「洪水時パイピング破壊」、「川表・川裏円弧すべり破壊」の安全性照査を行った結果、淀川左岸線（2期）で設定した許容値（<math>iv &lt; 0.5</math>、<math>ih = 0.3</math>、<math>C &gt; 6</math>）を満足することを確認した。</li> <li>構造物下方の地盤対策（地盤沈下対策、液状化対策）範囲は構造物下面のみとしているため、剥離の発生の状況が確認できるようモニタリング等の検討が必要である。</li> </ul>	<p>① LC-1 降雨浸透防止対策を実施した場合でも 20cm 程度の水位上昇が予想されることから、<b>浸潤面上昇に対するモニタリングや堤内側地下水低下に対するモニタリング等の実施検討が課題</b>である。（LC-17）</p> <p>② LC-2 縦断方向の水みちに対するモニタリングの検討が課題である。（LC-17、18） 通水孔については、フィルターが目詰まり、通水機能の確認を目的としたモニタリングが課題として残る。</p> <p>③ LC-3 —</p> <p>④ LC-4 —</p> <p>⑤ LC-5 耐震対策や経年変化対策を講じるが、これら変形により、土と構造物間の<b>水みち発生に対するモニタリングの実施検討が課題</b>である。（LC-15、LC-17、BC-10）</p>
		<p>&lt;まとめ&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>横断方向の地下水流動障害に対しては、河川水の影響よりも降雨浸透による影響が顕著であった。</li> <li>道路ボックスの設置により、多くの区間で浸潤面は上昇するが、構造物周りの動水勾配や限界流速は設定した基準値を満足し、すべり安全率についても設定した基準値を満足する結果となる。</li> <li>堤体内浸潤面上昇が 1m を超える断面で降雨浸透対策を講じると約 20cm まで浸潤面上昇を抑制できる。</li> <li>縦断方向は道路機能上必要となる非常口により局所的な水位変動が考えられるため、非常口を利用した通水孔を設ける。なお、水位計、土圧計などを用いるモニタリングエリアとして活用する。</li> <li>ボックス下の液状化対策や経年変化（圧密沈下）対策により、砂質土層が遮断されるが、淀川左岸線（2期）で設定した許容値は満足することを確認した。</li> </ul>	

青：検討でわかったこと。 赤：課題

② 道路（構造物）の安全性、供用性を確保すること

		確保機能に対する評価	確保機能に対する今後の課題
道路（構造物）の安全性・供用性を確保すること	浸透	<p>① BC-6: ●道路躯体の浮上りに対する安全性、供用性を確保すること</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・非常時の水位上昇により2箇所ほど道路ボックスの浮上りが発生する可能性のあることが分かった。</li> <li>・浮上り対策として20cm程度の盛土を行うことで浮上りが防止できることを確認した。</li> </ul>	① BC-6 —
		<p>&lt;まとめ&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・浮き上がりに対しては、一部区間で浮き上がる可能性がある結果が得られたことから、対策として20cm程度の盛土を行うことで浮き上がり防止に繋がることを確認した。</li> </ul>	

### 3-2 耐侵食機能

#### 3-2-1 検討課題と照査方法

表 3-2-1 耐侵食に対する確保機能

河川	耐侵食機能	照査方法	代表流速に基づく評価、1回洪水量の侵食量
確保機能 堤防(土堤)の機能を満たすこと	LC-6	確保機能	直接侵食に対する安全性を確保すること
		機能低下の要因	洪水時の流水によるせん断力より、堤防の表のりが侵食される
		評価ポイント	侵食外力と表面侵食耐力以下であることを確認
	LC-7	確保機能	主流路(低水路等)からの側方侵食、洗掘に対する安全性を確保すること
		機能低下の要因	洪水時の流水によるせん断力より高水敷が侵食され、表のり基部が洗掘される
		評価ポイント	高水敷幅が洪水1回で侵食される幅以上であることを確認
	LC-8	確保機能	道路からの雨水排水による堤防侵食を起こさないこと
		機能低下の要因	道路からの排水により堤防自体が侵食を受ける
		評価ポイント	雨水排水施設の適切な整備

#### (1) 護岸工がない場合における安全性評価

侵食による堤防の破壊のメカニズムは、護岸がない場合には下図に示すとおりで、堤防表のり面やのり尻付近に流水が直接作用して表面を被覆する植生が剝離し、堤体を構成する土砂が流失して破壊に至るものと、低水路等の主流路からの側方侵食、洗掘により破壊にいたるものとに大別できる。このことから、侵食に対する堤防の安全性照査の項目を次のように規定している。

- ① 堤防表のり面、のり尻の直接侵食に対する安全性
- ② 主流路(低水路等)からの側方侵食、洗掘に対する安全性

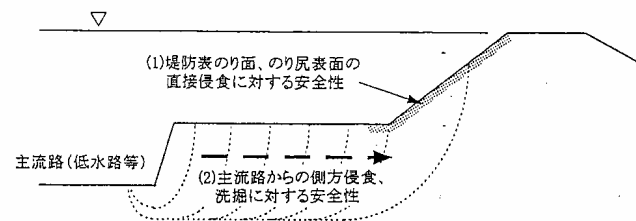


図 3-2-1 護岸がない場合の堤防崩壊メカニズム  
出典) 河川堤防の構造検討の手引き(改訂版)平成24年2月

#### (2) 護岸工がある場合における安全性評価

護岸工がある場合の安全性照査は、のり覆工、基礎工および根固工のそれぞれについて、設定した外力のもとで力学的に安定性が確保されているかを照査する。のり覆工については、工種ならびに構造、想定される破壊の要因や形態、および設置状況を考慮して構造モデルを選定し、代表流速 $V_0$ を外力として控え厚(重量)や石径等が不足していないかを照査する。基礎工については、最深河床高の評価値(推定最大洗掘深)をもとに、基礎工の天端高やその構造、あるいは根固工の構造を考慮して安定性が確保されているかを照査する。既設護岸の安全性照査にあたっては、力学的な安定性の照査の結果を踏まえた上で、設定した河道条件の妥当性、河道の形状や河床の状況、護岸の変状状況、被災履歴等を十分に考慮し、総合的に安全性を評価する必要がある。

侵食に対する堤防の安全性の照査基準

①堤防表のり面およびのり尻表面の直接侵食に対する安全性。	表面侵食耐力 $>$ 代表流速 $V_0$ から評価される侵食外力。
②主流路(低水路等)からの側方侵食、洗掘に対する安全性。	高水敷幅 $>$ 照査対象時間で侵食される高水敷の幅。

出典) 河川堤防の構造検討の手引き(改訂版)平成24年2月

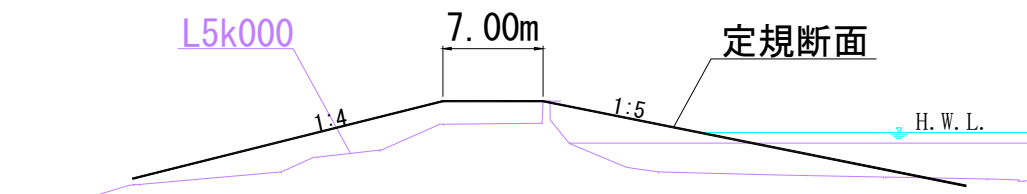
①の照査に関しては代表流速が2.0m/s以下であれば、耐侵食性は確保されているものと考えられる。(手引き p.92)

河道のセグメント分類	照査基準(1洪水で侵食される高水敷幅の目安)
1	40m程度
2-1	高水敷幅 $b >$ 低水河岸高 $H$ の5倍
2-2および3	高水敷幅 $b >$ 低水河岸高 $H$ の2~3倍

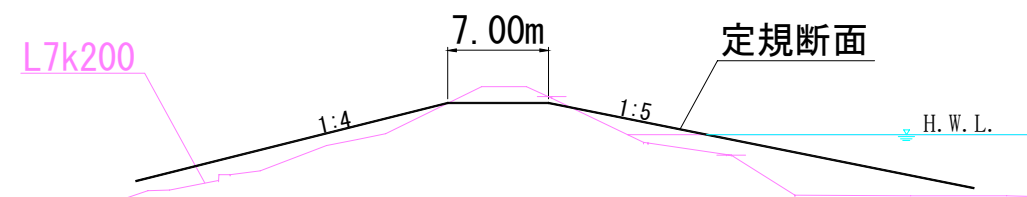
出典) 河川堤防の構造検討の手引き(改訂版)平成24年2月

#### 3-2-2 検討断面

検討断面は計画断面形状とし、川表のり勾配は1:5の緩傾斜一枚法とした。下流から7.0kまでは高潮堤防であり、7.0kより上流は一般堤防である。代表的な形状を下図に示す。



(a) 高潮堤(特殊堤)区間



(b) 一般堤防区間

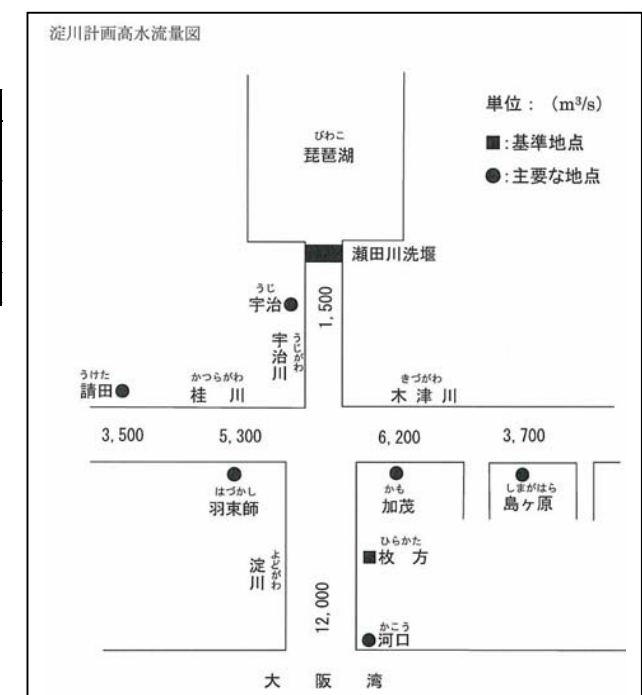
図 3-2-2 検討断面

#### 3-2-3 検討条件

堤防の侵食に対する安全性照査の外力として代表流速 $V_0$ と設定する。代表流速 $V_0$ は計画高水位以下の水位時において、最も速い平均流速 $V_m$ に湾曲等による補正係数を乗じて算出する。

淀川計画高水流量: 12000m<sup>3</sup>/s

補正項目	低水護岸		高水護岸	
	直線部	湾曲部 内岸側 外岸側	直線部	湾曲部
湾曲		○ ○		○
洗掘	○		○	
根固め	○	○ ○		
干渉			○	○



出典) 直轄河川淀川水系 淀川 改修計画書  
平成元年11月 淀川河川事務所



3-2-4 完成時の堤防（土堤）機能の全線評価

耐侵食機能の照査結果について以下に示す。

確保機能 LC-6	●直接侵食に対する安全性を確保すること
確保機能 LC-7	●主流路（低水路等）からの側方浸食、洗掘に対する安全性を確保すること

◆解析結果と考察（耐侵食機能）

側方侵食及び直接侵食に対しても安全性が確保される。

◆確保機能に対する評価

○確保機能 LC-6

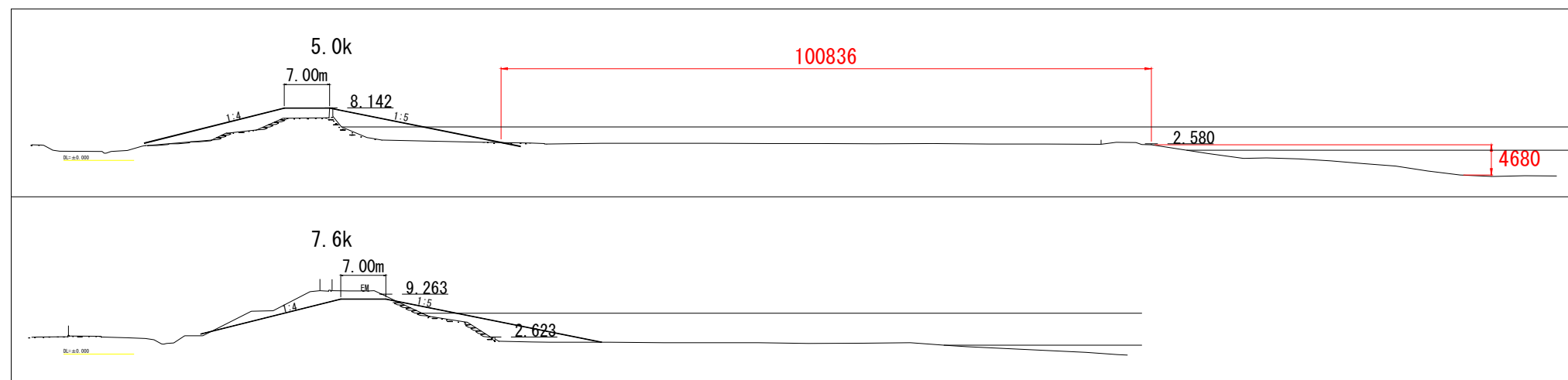
直接侵食に対しては高水護岸近傍の代表流速が 2.0m/s を下回る流速となっている。張芝を施すことにより直接侵食に対する安全性を満足できると判断できる。

○確保機能 LC-7

側方侵食に対しては高水敷を有している箇所は高水敷幅  $b$  / 低水河岸高  $H$  が判定基準となる  $b/H > 2 \sim 3$  を満足していることから安全性が確保していると判断できる。

表 3-2-2 耐侵食機能照査結果

距離標	堤防の諸条件			断面平均流速(基本方針河道, $Q=12,000\text{m}^3/\text{s}$ )		侵食における照査項目(検討条件:基本方針河道, 緩傾斜堤防, 計画高水流量 $Q=12000\text{m}^3/\text{s}$ 流下時)				備考
	セグメント	高水敷幅 $b$ (m)	低水河岸高 $H_d$ (m)	高水敷断面平均流速 (基本方針断面)	低水路断面平均流速 (基本方針断面)	低水部の照査		高水部の照査		
						側方侵食の照査		直接侵食の照査		
						高水敷幅 $b$ / 低水河岸高 $H$	判定 ( $b/H > 2 \sim 3$ )	高水敷代表流速 $V_0$ (m/s)	判定 ( $V_0 < 2.0$ )	
4.4	3	21.6	8.76	1.720	2.739	2.47	○	1.48	○	既設低水護岸(矢板)あり
4.6	3	23.2	8.73	1.725	2.828	2.65	○	1.40	○	既設低水護岸(消波ブロック)あり
4.8	3	-	-	1.803	2.829	-	-	1.45	○	淀川大橋付近の特殊部である。
5.0	3	100.8	8.70	1.868	3.139	11.59	○	1.27	○	
5.2	3	97.0	8.68	1.880	3.097	11.18	○	1.27	○	
5.4	3	98.2	8.66	1.915	3.200	11.34	○	1.15	○	
5.6	3	80.7	8.69	1.946	3.135	9.28	○	1.18	○	阪神高速池田線, JR東海道線の橋梁付近にあたるため, 護岸施工区間である。
5.8	3	90.6	8.78	1.693	2.912	10.32	○	1.12	○	
6.0	3	88.1	8.87	1.667	2.948	9.93	○	1.06	○	高潮堤防区間
6.2	3	87.5	8.95	1.631	2.913	9.78	○	1.04	○	
6.4	3	84.9	9.04	1.617	2.925	9.39	○	1.07	○	
6.6	3	87.5	9.13	1.615	3.031	9.58	○	1.00	○	
6.8	3	85.7	9.21	1.645	3.038	9.31	○	1.09	○	
7.0	3	-	-	1.964	2.768	-	-	1.89	○	阪急電鉄の橋梁付近にあたるため, 護岸施工区間である。
7.2	3	-	-	1.358	2.653	-	-	0.80	○	一般堤防区間
7.4	3	-	-	1.232	2.753	-	-	0.77	○	
7.6	3	-	-	1.308	2.897	-	-	0.78	○	
7.8	3	-	-	1.542	3.466	-	-	0.76	○	
8.0	3	-	-	1.904	4.119	-	-	0.78	○	上流の本庄水管橋, 地下鉄御堂筋線の影響を受ける区間で護岸施工区間である。
8.2	3	-	-	2.040	4.159	-	-	0.80	○	本庄水管橋付近にあたるため, 護岸施工区間である。



### 3-2-5 全線評価のまとめ（完成時）

一体構造物とした場合に必要とされる堤防（土堤）、道路（構造物）の機能に対して、耐侵食機能の定量的評価と今後の課題を整理した。以下にその結果を示す。

#### （1）定量的な評価が可能か項目【完成時】

##### ① 堤防（土堤）の機能を満たすこと

		確保機能に対する評価	確保機能に対する今後の課題
堤防(土堤) の機能を満 たすこと	耐侵食	<b>① LC-6: ●直接侵食に対する安全性を確保すること</b> ・直接侵食に対しては高水護岸近傍の代表流速が2.0m/sを下回る流速となっている。張芝を施すことにより、 <u>直接侵食に対して安全性が確保される。</u>	① LC-6 —
		<b>② LC-7: ●主流路(低水路等)からの側方侵食、洗掘に対する安全性を確保すること</b> ・高水敷高b/低水河岸高Hが判定基準となる $b/H > 2 \sim 3$ を満足することから、 <u>側方侵食に対する安全性が確保される。</u>	② LC-7 —
		<b>③ LC-8: ●道路からの雨水排水による堤防侵食を起こさないこと</b> —	③ LC-8 ・道路、堤防上面の雨水排水処理について、整理が必要である。
		<b>&lt;まとめ&gt;</b> 高水護岸近傍の代表流速が2.0m/sを下回ること、高水敷高b/低水河岸高Hが判定基準となる $b/H > 2 \sim 3$ を満足することより、側方侵食及び直接侵食に対しても安全性が確保される。	

青：検討でわかったこと。 赤：課題

### 3-3 耐震機能

#### 3-3-1 検討課題と照査方法

##### (1) 確保機能（河川）

(1) LC-9：地震後の河川外への越流を防止すること

(2) LC-10：土と構造物間が地震時の変形や剥離より、堤防沈下や水みちを起こさないこと

##### (2) 第3回委員会 照査結果（先行2断面による）

LC-9-a 地震後も横断および縦断方向に対して、全線にわたり堤防機能（河川外への越流防止、水みち発生の防止）を確保する必要がある。

LC-9-b 地震後の堤防天端高が照査外水位以上が確保され、河川外への越流が発生しないことを確認する必要がある。

LC-10-a 地震時の変形によりボックス周囲に剥離が発生し水みちとなる可能性があるため、その確認と対応の検討が必要である。

##### (3) 全線評価における検討課題と検討方針

検討課題	LC-9-a 全線評価を行うための検討断面の選定	LC-9-b 地震後の残留堤防高	LC-10 ボックス周囲の剥離（水みち）
<p data-bbox="276 709 457 842">全線評価のための検討 (挙動予測)</p> <p data-bbox="350 894 379 947">↓</p> <p data-bbox="276 999 457 1131">全線における 課題抽出と対 策工の検討</p> <p data-bbox="350 1184 379 1236">↓</p> <p data-bbox="276 1289 457 1373">全線基本構造 (案)の決定</p> <p data-bbox="350 1425 379 1478">↓</p> <p data-bbox="276 1530 457 1663">施工 維持管理 モニタリング</p>	<p data-bbox="507 709 1243 1058"> <ul style="list-style-type: none"> <li>横断方向は、全区間より堤防に対する影響が大きいと予想される断面を以下の条件を考慮し選定する。</li> <li>3箇所ランプ部の各々で最も堤防に近接する3断面 (No77、No132、No219)</li> <li>交差部は最も液状化の影響が大きい JR 神戸線の1断面 (No106)</li> <li>一般部は土堤で1断面 (No204)</li> </ul> </p>	<p data-bbox="1302 709 2015 842"> <ul style="list-style-type: none"> <li>横断方向に選定した5断面に対し、有効応力解析 (LIQCA) を実施し、残留堤防高を予測する (完成時)。なお外力は河川基準による地震力とする。</li> </ul> </p> <p data-bbox="1644 915 1673 968">↓</p> <p data-bbox="1302 1020 2015 1104"> <ul style="list-style-type: none"> <li>液状化により堤体に変形し、堤防高が外水位を下回り越流をする場合は、残留沈下を抑制する対策が必要となる。</li> </ul> </p>	<p data-bbox="2074 709 2786 842"> <ul style="list-style-type: none"> <li>横断方向に選定した5断面に対し、有効応力解析 (LIQCA) 及び全応力解析 (R-0モデル) を実施し、剥離位置を予測する (完成時)。なお外力は河川基準による地震力とする。</li> </ul> </p> <p data-bbox="2415 915 2445 968">↓</p> <p data-bbox="2074 1020 2786 1230"> <ul style="list-style-type: none"> <li>地震時及び交通振動の影響により、ボックス周囲に剥離が発生する可能性がある。</li> <li>ただし、予測された剥離位置が水みちとなるかの定量的な評価が難しいため、ボックス周囲の剥離が連続した水みちとなる可能性があるかの確認と対応を検討する</li> </ul> </p> <p data-bbox="2415 1436 2445 1488">↓</p> <p data-bbox="2074 1551 2786 1593">ボックス周囲の剥離：モニタリング手法の検討</p>

(4) 確保機能（道路）

(3) BC-1：地震に対するボックスの安全性・供用性を確保すること

(4) BC-2：偏土圧下での地盤変形（液状化）に対する道路ボックスの安全性・供用性確保を確保すること

(5) BC-3：補助工法（液状化対策）を実施すること

(6) BC-5：道路躯体の継手部の段差・離れに対する安全性・供用性を確保すること

(7) BC-6：道路躯体の浮き上がりに対する安全性・供用性を確保すること

(5) 第3回委員会 照査結果（先行2断面による）

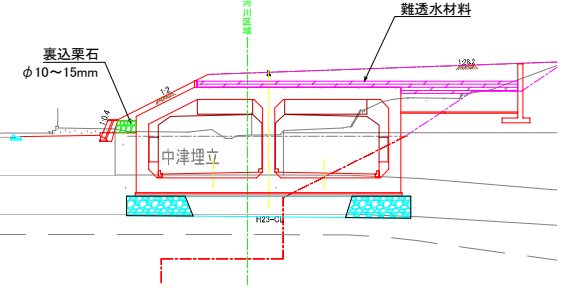
BC-1～BC-3-a 横断および縦断方向に対してボックスの安全性、供用性を確保する必要がある。

BC-4-a 対策工（液状化対策）を実施することで、道路ボックスの安全性・供用性を確保（ボックスの回転を抑制）する必要がある。

BC-5-a 縦断方向の変形についても対策を検討する必要がある。

BC-6-a 浮き上がりに対する対策（液状化対策）を検討する必要がある。

(6) 全線評価における検討課題と検討方針

検討課題	BC-1～BC-3-a 全線評価を行うための検討断面	BC-4-a ボックス回転	BC-5-a ボックス継手	BC-6-a 液状化による浮上り
<p>全線評価のための検討 (挙動予測)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>横断方向は、全区間より堤防に対する影響が大きいと予想される断面を以下の条件を考慮し選定する。</li> <li>3 箇所ランプ部の各々で最も堤防に近接するか定規断面に抵触する 3 断面 (No77、No132、No219)</li> <li>交差部は最も液状化の影響が大きい JR 神戸線の 1 断面 (No106)</li> <li>一般部は土堤で高水敷のない (ヨシ原) 1 断面 (No204)</li> <li>選定した 5 断面に対し、有効応力解析 (LIQCA) および全応力解析 (R-0 モデル) を実施し、不等沈下量を予測する (施工時・完成時)。</li> </ul>	<p>ボックス下の液状化対策の選定について、堤防安全性、施工性、経済性などから、工法を選定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. 固結工法</li> <li>b. 締固め工法 (サンドコンパクションパイル)</li> <li>c. 液状化層の置き換え (置換工法) など</li> </ul> 	<p>継手構造は地盤変形に耐えうる構造とし、縦断方向の解析及び圧密沈下解析の変形量から対応を検討する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. 標準部 ：構造継手 (スリップバー) + ゴム止水板 (伸縮可とう吸収型)</li> <li>b. 交差部など相対変形量が大きな箇所 ：地盤改良 (固結工法)</li> </ul>	<p>基礎地盤の液状化により、ボックスが浮き上がりが考えられたが、道路の安全性・供用性の確保 (ボックスの回転抑制) のために液状化対策は実施することから、観点から、液状化による浮上りは生じない。</p> <p>ただし洪水時など地下水位の上昇により、ボックスが浮き上がる可能性があるため、その限界水位を算出し、その対応を検討する。(BC-6-b での検討)</p>
<p>全線における課題抽出と対策工の検討</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>縦断方向は、全区間より、標準+ランプ部+交差部の連続する 1 区間 (4.8k~5.8k) を選定する。</li> <li>縦断方向に選定した 1 区間に対し、梁ばねモデルによる応答変位法 (解析モデルに与える変位は三次元地盤変形解析) を実施し、ボックス継手部の相対変位量を予測する (完成時)。</li> </ul>			
<p>全線基本構造 (案) の決定</p>	<p>道路ボックスの変形性能を満足する対策が必要となる。</p>			
<p>施工 維持管理 モニタリング</p>				

(7) 照査方法

1) 横断方向（二次元有効応力解析）

一体構造物としての動的挙動を照査するため、道路ボックスと堤体地盤の動的相互作用、基礎地盤の液状化、構造物と地盤間の剥離等の挙動を定量的に評価する方法が必要である。従来の河川基準で採用されている静的照査法（ALID）や、阪高耐震指針で採用されている地盤応答震度法では前述した挙動を適正に評価することが難しい。

本検討では、一体構造物としての定量的に照査が可能な方法、特に液状化に伴う地盤の地震中の変形を再現するためには、繰返し载荷中に発生するある程度のひずみレベル（せん断ひずみ 10%程度）までを再現できるモデルとして動的有効応力解析（二次元）を用いる。下表に、残留変形を求める代表的な解析手法の一覧を示す。本検討では、過去の地震被害事例から再現性があることを確認された LIQCA を解析コードとして用いた。

表 3-3-1 代表的な残留変形解析手法一覧

項目	有効応力に基づく動的有限要素法解析			静的有限要素法による自重沈下解析	エネルギー原理に基づく永久変形解析
	LIQCA	FLIP	UWL	ALID	東畑モデル
解析方法の概要	有効応力に基づく弾塑性理論による方法。地震時の過剰間隙水圧の発生、剛性の低下を考慮し、地盤の変形を時刻歴で計算することができる。地盤の透水現象も考慮されている。	任意方向の単純せん断を仮定した、せん断応力とせん断ひずみ関係のモデルに、過剰間隙水圧の発生モデルを組み合わせた方法。地震時の過剰間隙水圧の発生、剛性の低下を考慮し、地盤の変形を時刻歴で計算することができる。	有効応力に基づく弾塑性理論による方法。地震時の過剰間隙水圧の発生、剛性の低下を考慮し、地盤の変形を時刻歴で計算することができる。地盤の透水現象も考慮されている。	液状化に伴って生じる流動を、液状化後にゆっくりと生じる現象と想定し、線形の静的有限要素法により評価する方法。液状化後の剛性の低下は、液状化判定法（FL法）等により評価できる。	最小エネルギー原理に基づき液状化後の自重による変位量を計算する方法。液状化層を粘性液体とし、非液状化層を横方向の変形に抵抗する弾性体として考慮している。液状化による流動は、液状化後の地震動の継続時間中に生じるものとしている。
入力地震動	地震動を耐震設計上の基礎面より入力する。地震動の特性（振幅、周波数、継続時間等）が考慮される。			入力地震動は特に必要としない。地震動の影響は、液状化判定等から推定する剛性低下として考慮される。	地震動の継続時間の影響を考慮することができる。
地盤のモデル化	方法	地盤を数多くの要素に分割する。地震動を入力するため、耐震設計上の基礎面を設定する必要がある。			非液状化層と液状化層の2層地盤として単純にモデル化し、各層をいくつかのセグメントに分割する。
	境界条件	動的な境界条件として等変位境界（側方）、粘性境界が適用できる。	動的な境界条件として粘性境界が適用できる。	動的な境界条件として等変位境界（側方）が適用できる。	側方の境界条件は、水平変位固定（鉛直ローラ）とし、底面は固定とする。斜面下部の無限水平成層地盤として設定できる。底面は固定境界とする。
材料定数の設定	材料定数一覧	○物理特性(湿潤密度、間隙率) ○圧密特性(圧縮指数、膨張指数、過圧密比) ○透水性(透水係数) ○弾塑性変形特性(せん断弾性係数、硬化パラメータ、基準ひずみ、ダイレタンシー係数、破壊応力比、変相応力比等) ○減衰特性(レーレー減衰)	○物理特性(湿潤密度、間隙率) ○弾塑性変形特性(せん断弾性係数、体積弾性係数、せん断抵抗角、粘着力、履歴減衰の上限值) ○液状化特性(変相角等)	○物理特性(湿潤密度、間隙率) ○透水性(透水係数) ○弾塑性変形特性(せん断弾性係数、載荷側および除荷側の弾性係数、降伏面を規定する応力比、限界応力比、粘着力等) ○減衰特性(レーレー減衰)	○物理特性(湿潤密度、細粒含有率、平均粒径D50) ○標準貫入試験(N値) ○変形特性(地震前後のせん断弾性係数、ポアソン比)
	地盤調査土質試験	(○必要な調査・試験) ・標準貫入試験 ・粒度試験 ・弾性波速度検層 ・圧密排水(CD)三軸圧縮試験(砂質土) ・圧密非排水(CU)三軸圧縮試験(粘性土) ・繰返し非排水三軸試験(粘性土)  (△必要に応じて実施) ・湿潤密度試験 ・透水試験 ・繰返し非排水三軸試験(砂質土) ・繰返し変形特性試験		・湿潤密度試験 ・粒度試験 ・標準貫入試験 ・圧密非排水(CU)三軸圧縮試験(砂質土) ・繰返し非排水三軸試験→直後に非排水単調載荷試験(砂質土)  (FL値、細粒含有率から液状化後の剛性低下率を推定するための図表が提案される)	・湿潤密度試験 ・粒度試験 ・標準貫入試験  (非液状化層の変形特性、液状化層の減衰定数については、標準的な設定方法、設定値が用意されている)
地震動による粘性土の変形	考慮する	考慮する	考慮する	直接には考慮しない	直接には考慮しない

出典) 高規格堤防盛土設計・施工マニュアル (財) リバート整備センター 平成 12 年 3 月

2) 縦断方向（三次元動的応答解析・応答変位法）

駐車場設計・施工指針同解説、鋼製土留め壁を用いた半地下道路構造の設計マニュアル、大和川線開削トンネルにおける縦断耐震検討事例などを参考とし、応答変位法による構造部材の照査を実施する。但し、道路横断方向と同様に、標準的な水平地盤と比較して、動的な応答が異なることが予測される。そのため、地盤のみを三次元でモデル化した等価線形法による三次元動的応答解析による応答変位分布を求め、得られた応答変位を用いて、躯体と地盤をはり・バネモデル、継手部をバネモデルで表現した応答変位法を適用する。

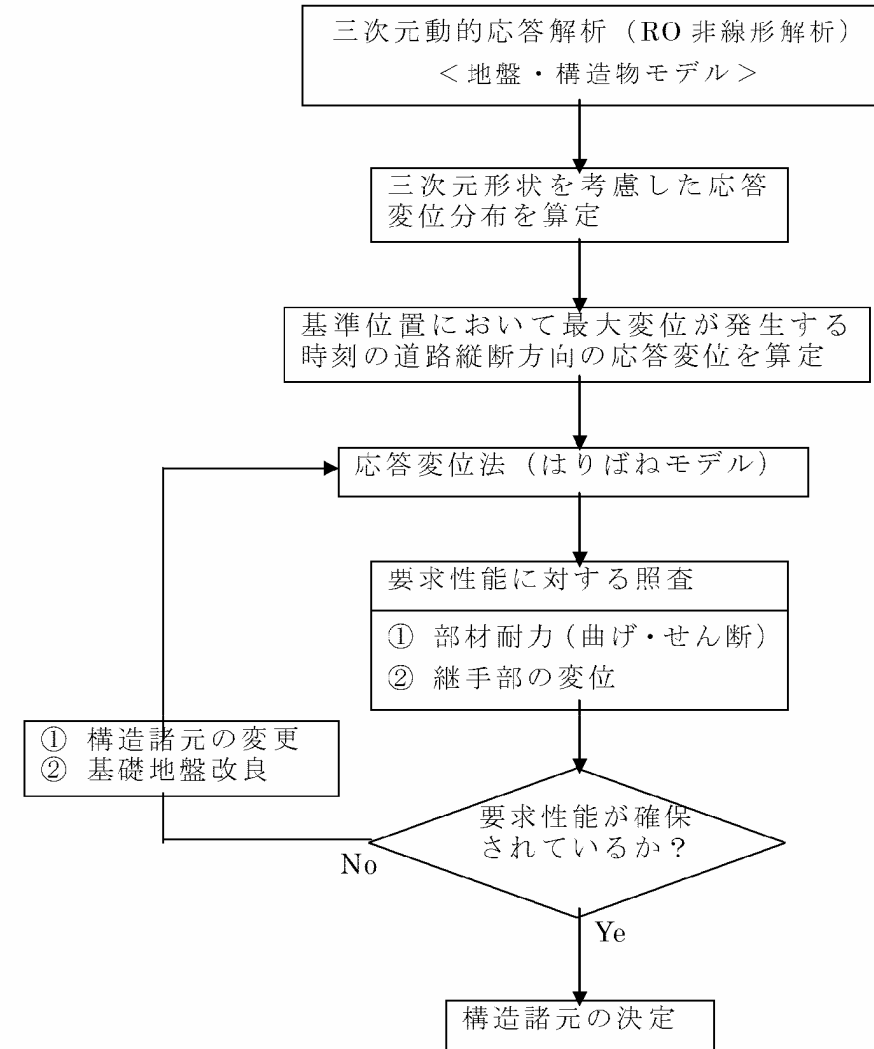


図 3-3-1 縦断耐震設計フロー



(8) 外力条件

1) 地震時の外水位条件

地震時の河川外水位条件は、河川構造物の耐震性能照査指針に準じて朔望平均満潮位を設定する。

2) 動的応答解析に用いる入力地震動（レベル2地震動）は、堤防・道路構造物にとって厳しい下記4波形を選定する。

① 「河川構造物の耐震性能照査指針（案）・同解説」H19.3

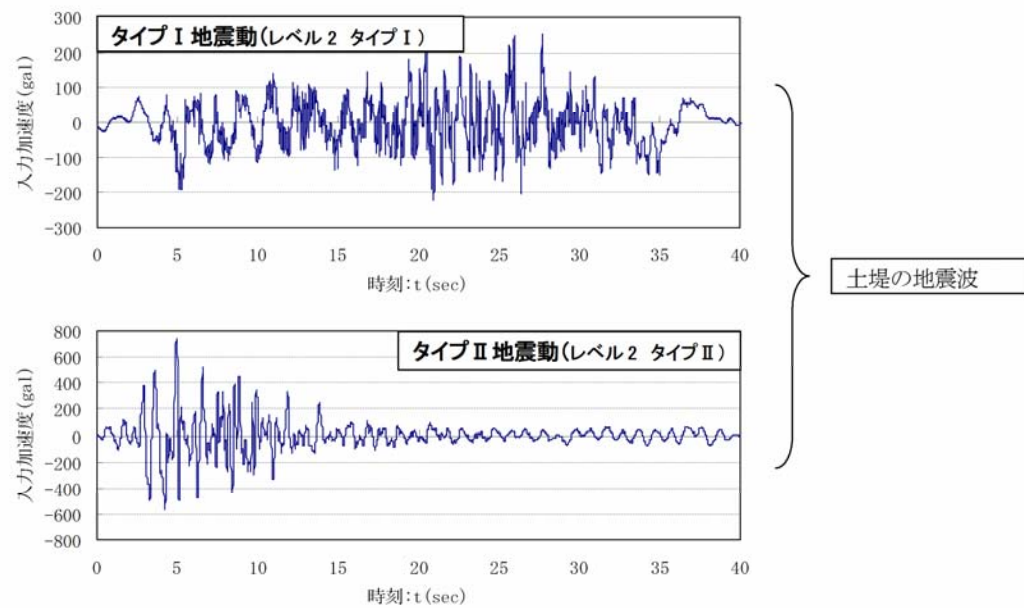
指針で示される地表面での標準加速度応答スペクトルに適合させた2波形、レベル2タイプI、IIとする。

② 開削トンネル耐震設計指針,H20.10 阪神高速

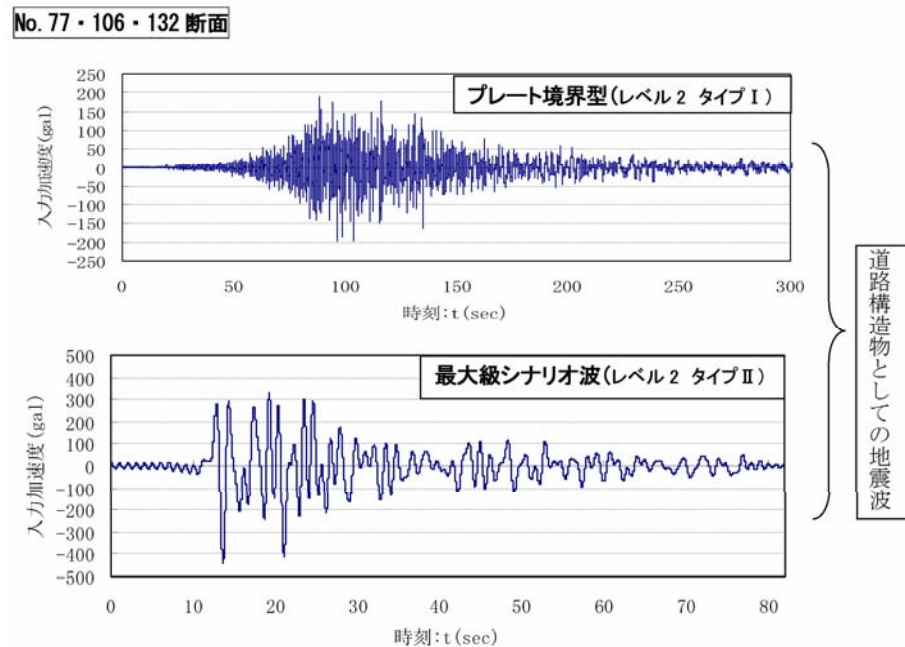
淀川左岸線の地域特性を考慮して設定された地震動を採用する。

- ・ 阪高基準 L2 波プレート境界型（レベル2タイプI）
- ・ 阪高基準 L2 波\_最大級シナリオ波（レベル2タイプII）

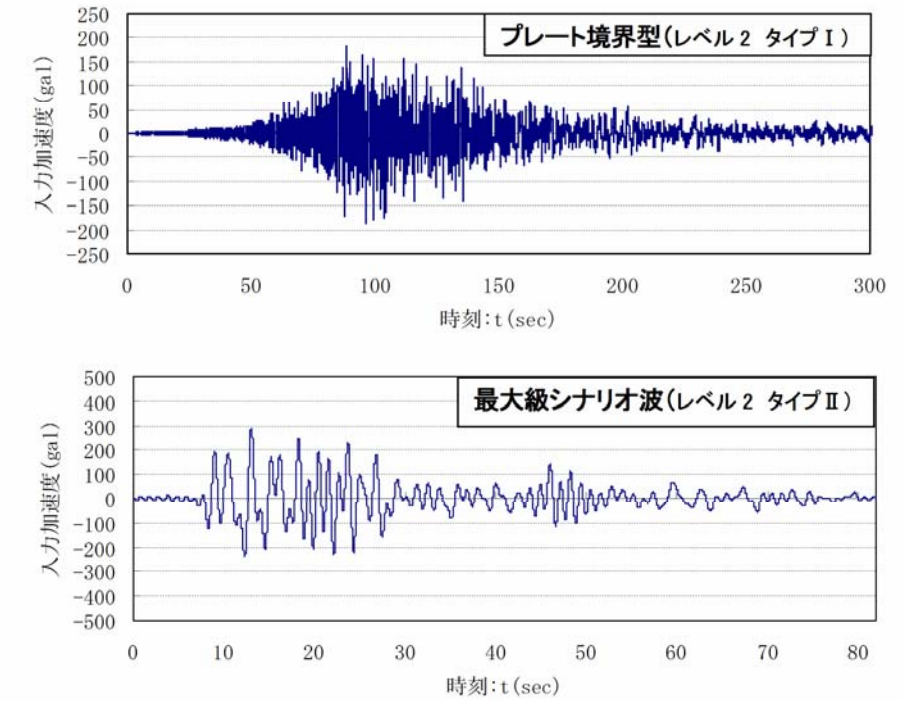
① 「河川構造物の耐震性能照査指針（案）・同解説」H19.3



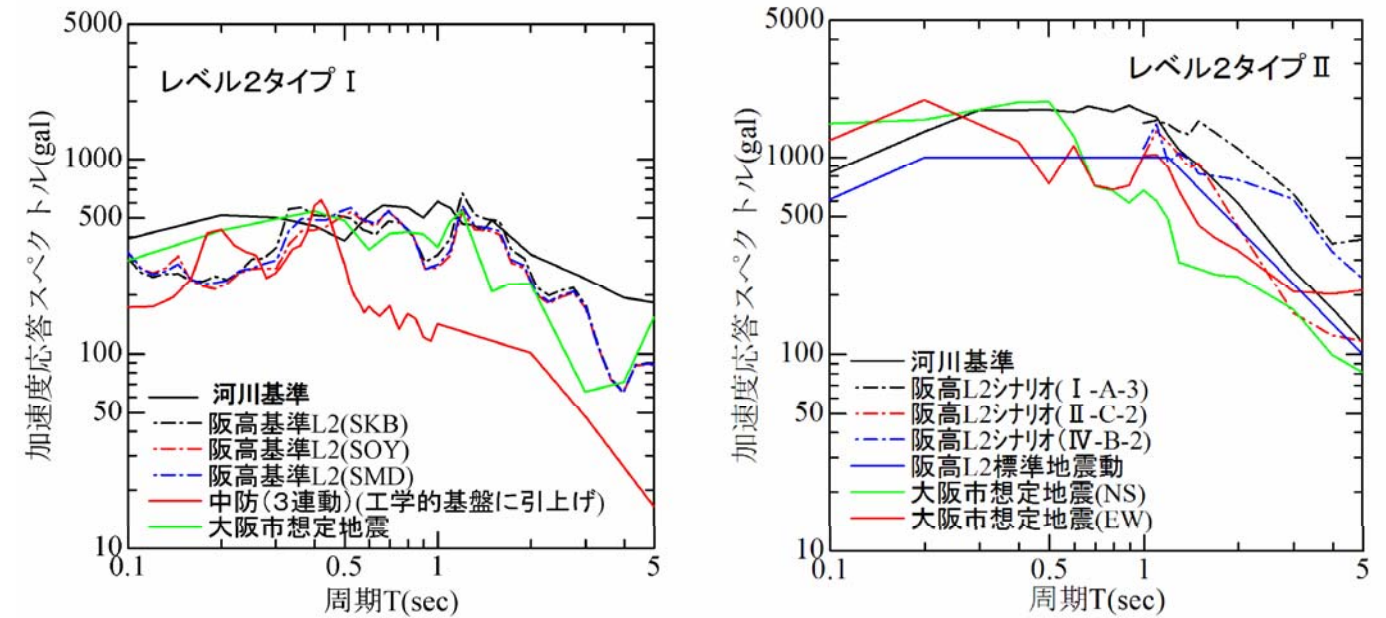
② 開削トンネル耐震設計指針,H20.10 阪神高速



No. 204・219 断面



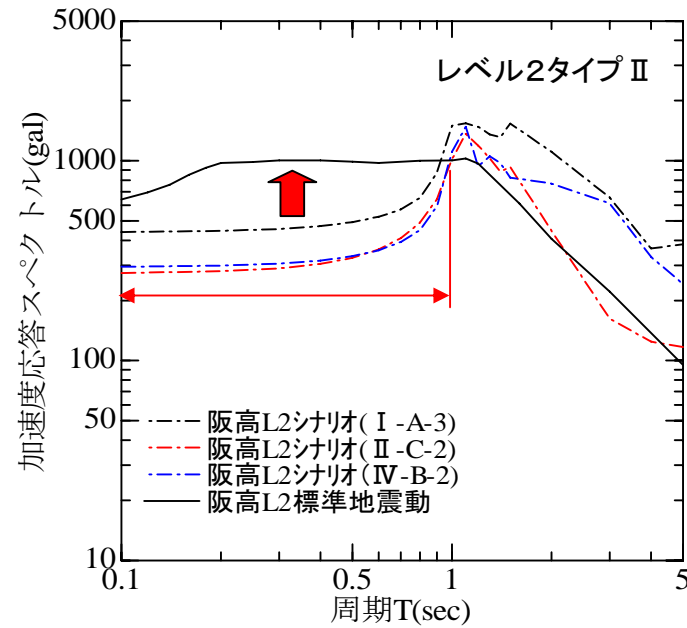
加速度応答スペクトルの比較





<阪高最大級シナリオ波について>

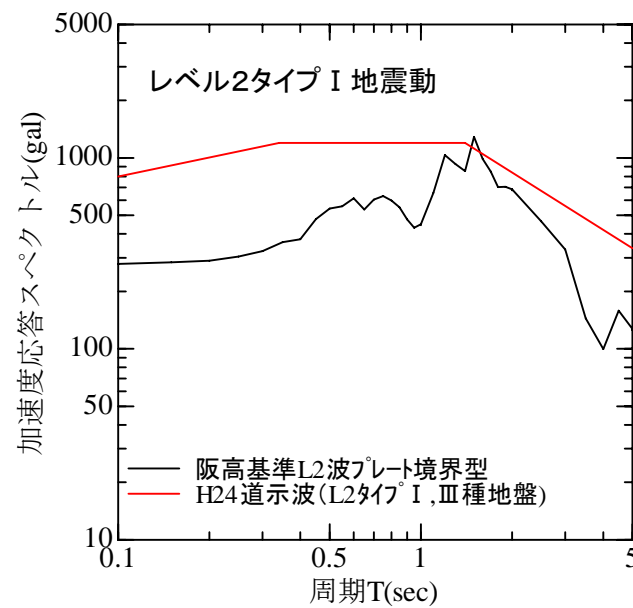
阪高最大級シナリオ波は、下図に示すように 1sec 以下の周波数成分が含まれていない波形である。ボックスなど建造物の応答に影響が懸念されたため、開削トンネル耐震設計指針に示されている、兵庫県南部地震時における強震記録より作成した波形である標準応答加速度波形（直下型）を用いてレベル 2 タイプ II 地震動の 1 秒以下の加速度応答スペクトルと同等の振動成分を持つように最大級シナリオ波のスペクトル調整を行った波形を用い、波形の違いによる影響を検討した。その結果、波形の違いによるボックス部材断面力の差は数%程度であることが確認されたため、当該検討では前述した原波形を用いることとした。



<新道示地震波の取扱いについて>

平成 24 年 3 月道路橋示方書が改定され、東北地方大震災により観測された新しい地震波形が取り入れられている。しかし新道示波形は地表面波形であり、当該構造物のような半地下構造物の入力地震動としてそのまま適用することは出来ない。また現時点で半地下構造物に適用可能な阪高基準（地震波）の改定は予定されていないことから本検討では、現阪高基準に基づき設定した地震波を用いるものとする。なお、今後、当該構造物に適用可能な関連基準の改定等があれば、詳細設計時に再度検討を行うものとする。

参考として右図に阪高基準 L2 波プレート境界型を用いた地表面の加速度応答スペクトル（当該箇所の地盤条件(No77 堤内地盤)による地震応答解析で地表面加速度波形を算定）と新道示の加速度応答スペクトル（Ⅲ種地盤）を示した。なお、地表面への引上げ方法は一次元重複反射法により、地盤のひずみ依存性を考慮して実施した。



<阪高基準 L2 波プレート境界型について>

本検討で用いた阪高基準 L2 波プレート境界型地震動の計測震度を算定した結果を以下に示す。

$$A0 \text{ (gal)} = 189.391464$$

$$\text{Shindo} = 5.50472094$$

計測震度は 5.5 となり、気象庁震度階級で 6 弱に相当する。

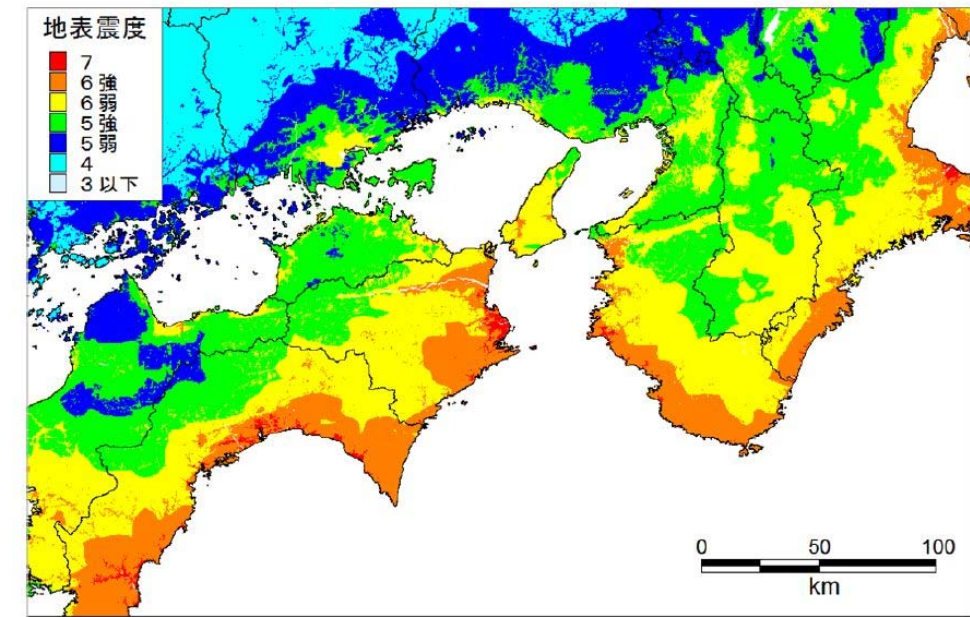
一方、下図は内閣府より公表された「南海トラフ巨大地震」の地表面震度分布である。

当該箇所である淀川左岸線付近では 5 強～ 6 弱の震度が想定されている。

現行指針である阪高基準の地震動から算定した震度と内閣府から公表されている「南海トラフ巨大地震」による震度は同程度のものである。

表1 気象庁震度階級表

震度階級	計測震度	震度階級	計測震度
0	0.5未満	5弱	4.5以上5.0未満
1	0.5以上1.5未満	5強	5.0以上5.5未満
2	1.5以上2.5未満	6弱	5.5以上6.0未満
3	2.5以上3.5未満	6強	6.0以上6.5未満
4	3.5以上4.5未満	7	6.5以上



基本ケース 地表面震度\_近畿-四国

内閣府より公表された「南海トラフ巨大地震」による震度分布

### 3-3-2 照査断面の選定

#### (1) 検討断面選定手順

検討断面選定にあたっての着目点を以下に示す。

##### ① 基礎地盤条件

当該区間の耐震性能を評価する上で最も重要な基礎地盤条件は、液状化層の評価である。図 3-3-2 は、検討対象範囲の縦断方向の液状化に関する諸値を示したものである。図には液状化強度(RL20)を距離標 200m ピッチで記載している。また当該区間で実施された液状化強度試験結果も併記した。4.3k 区間の N 値から推定した液状化強度に着目すると、Asc 層の RL20 は 0.15~0.26 に、As 層の RL20 は 0.18~0.30 の範囲にある。一方、液状化強度試験を見ると、Asc 層で 0.18~0.21 に、As 層は 0.21~0.23 であり、N 値からの値と違いは少ない。また縦断方向への変化は少なく検討範囲での液状化強度は概ね 0.2 前後の値である。また液状化の危険度として表 3-3-2 に PL 値を示した。表より対象区間全域にわたり PL 値は 15 以上（液状化対策が必要）を示しており、液状化の影響は全線に一様であると言える。

従って液状化に伴う基礎地盤条件の差はないと判断した。

##### ② 堤防形式によりゾーン分けを行い、堤防形式の違いから選定する。

当該区間は、高潮特殊堤、高潮堤、土堤の 3 つの堤防形式からなっている。堤防形式の違い（護岸構造の被覆状況、境界条件等）に着目して検討断面を選定する。

##### ③ 特殊部を選定する。

特殊部（交差部・ランプ部）については、構造物が輻輳することから標準部（一般部）に比べて堤体への影響を及ぼす可能性が考えられるため、検討断面として選定する。

##### ④ 過去の地震被害事例より、高水敷の有無に着目した検討断面を選定する。

なお国道 2 号より下流側は、高水敷を持たない区間であるが、抵触回避区間であること、また No. 39 より下流側は道路ボックスが地上部であるため検討断面の選定から外している。

#### <横断方向の検討断面選定>

横断方向は、高潮堤（特殊部）、高潮堤、土堤区間より、堤防に対する影響が大きいと予想される断面を以下の条件を考慮し選定する。図 3-3-2 に照査断面の選定位置を示す。

- ① ランプ部区間で最も堤防に近接するか定規断面に抵触する 3 断面 (No77、No132、No219)
- ② 交差部は最も液状化の影響が大きい JR 神戸線の 1 断面 (No106)
- ③ 一般部は土堤で高水敷のない（ヨシ原）1 断面 (No204)

#### <縦断方向の断面選定>

縦断方向の液状化特性を図 3-3-2 に示す。図より以下のことが整理できる。

- ① 液状化の危険度は縦断全線に渡り同じである。
- ② 詳細点検における地震後の残留沈下量から算定した、堤防の余裕高は 4.6~5.4k の区間で極めて低い。
- ③ 一次元動的応答解析（非液状化とした時の応答値）から得られる地震時応答変位は 5~5.4k の区間が他区間に比べると 10~15cm 程度大きい。また応答加速度も 5.4~5.8k の区間が他区間に比べて大きくなる。

以上の特性を踏まえ縦断方向の区間選定は、既存堤防詳細耐震点検結果から堤防の余裕度が低い区間、地震時の応答値が卓越する区間、道路構造特性（交差部、ランプ部、一般部が連続する区間で道路縦断に構造物変化が多いこと）に着目し、4.8k~5.8k 区間（交差部+ランプ部+一般部が連続する）を選定する。

表 3-3-2 液状化判定結果 PL 値一覧

距離標	堤体天端			堤内地			備考
	ボーリング名	PL値		ボーリング名	PL値		
		タイプ I	タイプ II		タイプ I	タイプ II	
L4.4k	L4.4k-1	—	—	L4.4k-2	37.96	40.24	
L4.6k	L4.6k-1	28.14	29.35	L4.6k-2	44.02	46.19	
L4.8k	L4.8k-1	28.50	30.56	L4.8k-2	31.16	31.08	
L5.0k	L5.0k-1	22.72	24.09	L5.0k-2	28.73	26.41	
L5.2k	L5.2k-1	7.35	8.13	L5.2k-2	32.24	31.52	L5.2k-1 : Asc, As層は細粒分が多い
L5.4k	L5.4k-1	26.15	27.91	L5.4k-2	33.78	30.64	
L5.6k	L5.6k-1	21.84	23.37	L5.6k-2	16.09	14.17	L5.6k-2 : 中津埋立土が良好
L5.8k	L5.8k-1	24.22	26.61	L5.8k-2	35.11	34.56	
L6.0k	L6.0k-1	25.34	26.52	L6.0k-2	38.37	36.13	
L6.2k	L6.2k-1	35.00	31.30	L6.2k-2	32.06	28.90	
L6.4k	L6.4k-1	23.17	24.15	L6.4k-2	16.76	14.62	
L6.6k	L6.6k-1	25.29	26.77	L6.6k-2	26.96	26.77	
L6.8k	L6.8k-1	38.66	39.33	L6.8k-2	19.86	20.62	
L7.0k	L7.0k-1	16.76	18.94	L7.0k-2	36.00	37.37	
L7.2k	L7.2k-1	—	—	L7.2k-2	38.29	40.42	
L7.4k	L7.4k-1	14.17	14.46	L7.4k-2	11.34	9.68	液状化判定対象層が他に比べ薄い
L7.6k	L7.6k-1	43.59	38.57	L7.6k-2	23.89	24.48	
L7.8k	L7.8k-1	15.52	17.23	L7.8k-2	24.08	22.74	
L8.0k	L8.0k-1	10.82	11.92	L8.0k-2	5.32	4.62	As層が良好
L8.2k	L8.2k-1	17.48	19.02	L8.2k-2	19.05	18.98	

※赤字はPL>15を示す

#### PL値判定基準

PL=0 : 液状化危険度はかなり低い。  
 0<PL≤5 : 液状化の危険度は低い。  
 5<PL≤15 : 液状化の危険度は高い。  
 PL>15 : 液状化対策が一般的に必要。

※ PL 値の判定基準は、

「地震時地盤液状化の程度予測について 地盤工学会 1980 4月 No.1164  
 岩崎敏男 龍岡文夫 常田賢一 安田進」による

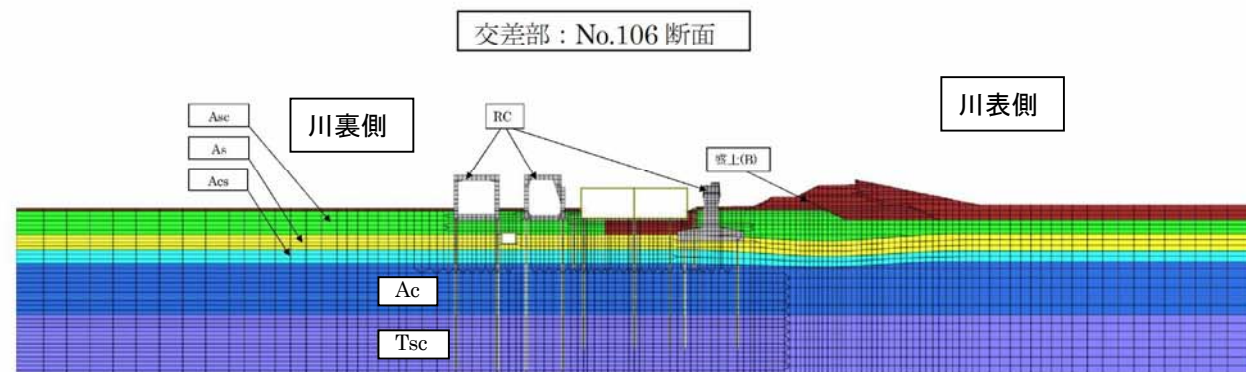
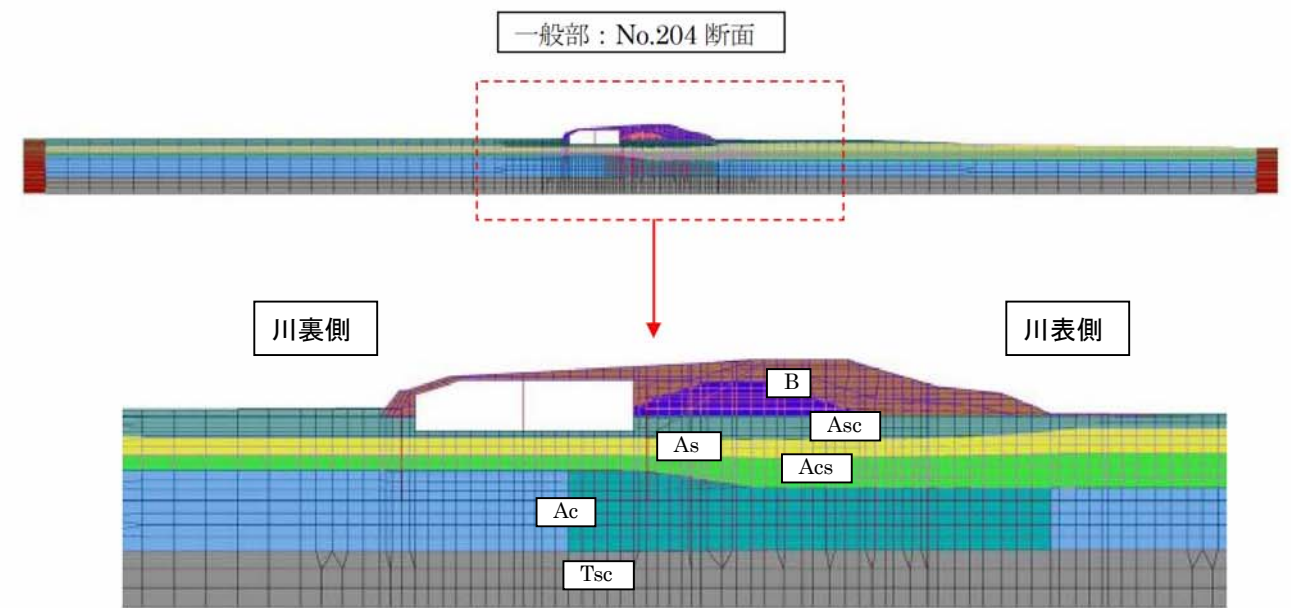
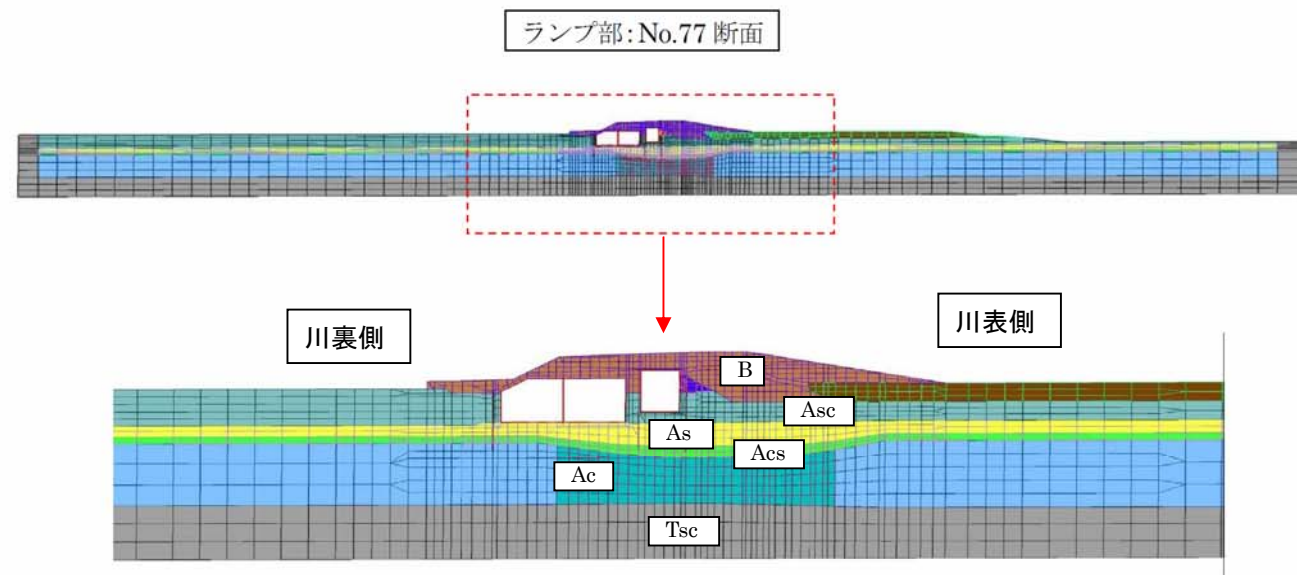




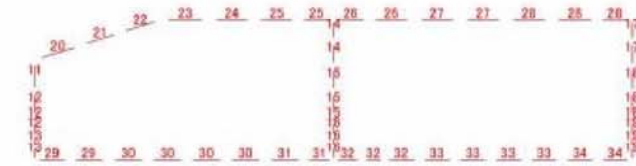
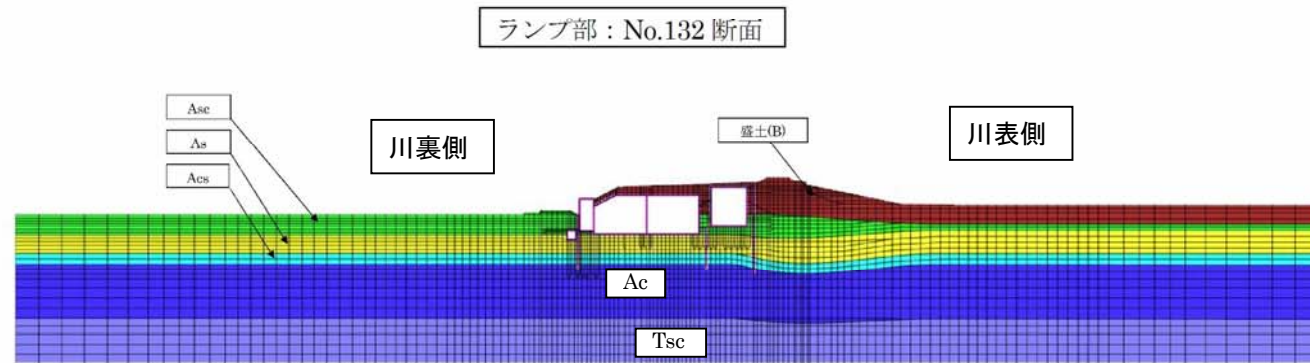
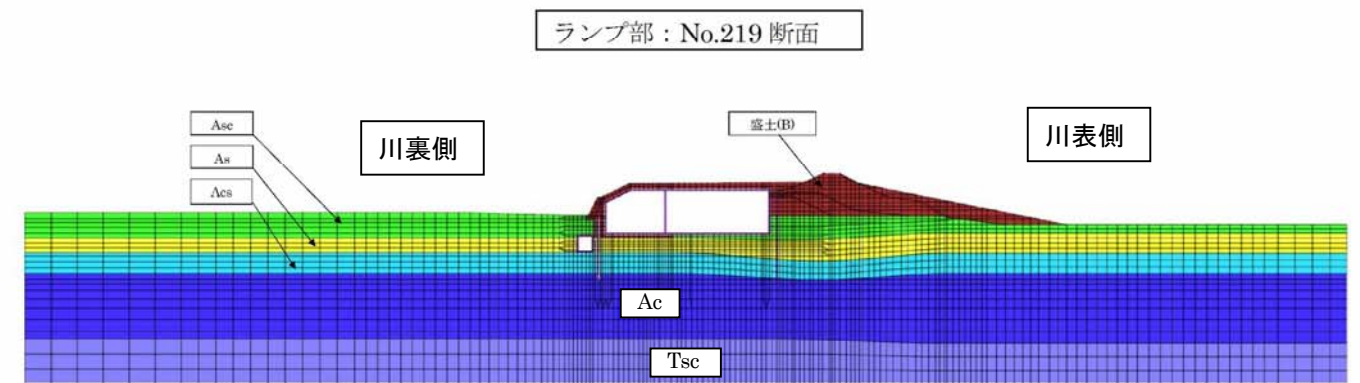
3-3-3 検討条件（横断方向・二次元解析）

(1) 解析断面（解析モデル化の範囲・要素分割図）

・横断方向



交差部 No106 断面については、部材断面照査を必要とする道路ボックスは梁要素でモデル化する。一方、既設交差構造物については部材照査を必要としないため形状による地震時応答の影響を把握できるようにソリッド要素にてモデル化、道路ボックス、既設交差構造物の杭基礎は梁要素でモデル化を行った。



構造物周りジョイント要素

道路ボックスと地盤の接触面の不連続性については、剥離やすべりが比較的容易に表現ができるジョイント要素を配置する。本解析で用いたジョイント要素は、平板状で垂直な方向の引張りには抵抗せず、せん断力にはその方向の変位に比例した抵抗を考え、圧縮に対しては高い抵抗を示し、弾性的に作用するようなモデルである。



3-3-4 完成時の堤防（土堤）の機能評価（横断方向）

3-3-4-1 地震後の堤防沈下量の評価

河川		耐震機能	照査方法	有効応力解析（2D）																																							
確保機能	堤防（土堤）の機能を満たすこと	LC-9	●地震後の河川外への越流を防止すること																																								
		LC-10	●土と構造物間が地震時の変形や剥離より、堤防沈下や水みち発生を起こさないこと																																								
解析結果と考察		<p>＜一般部：No. 204断面＞ (単位：OP+ m)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="3">No. 204断面 地震動</th> <th colspan="2">現況堤防</th> <th colspan="2">完成形</th> </tr> <tr> <th colspan="2">河川基準 地震動</th> <th colspan="2">河川基準 地震動</th> </tr> <tr> <th>L2タイプ I</th> <th>L2タイプ II</th> <th>L2タイプ I</th> <th>L2タイプ II</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>堤防天端高</td> <td colspan="2">9.81</td> <td colspan="2">9.81 (8.87)</td> </tr> <tr> <td>照査外水位</td> <td>4.50</td> <td>2.24</td> <td>4.50</td> <td>2.24</td> </tr> <tr> <td>沈下量</td> <td>(-0.67)</td> <td>(-0.79)</td> <td>(-0.69) (0.02)</td> <td>(-0.73) (-0.01)</td> </tr> <tr> <td>沈下後天端高</td> <td>9.14</td> <td>9.02</td> <td>9.12 (8.89)</td> <td>9.08 (8.86)</td> </tr> <tr> <td>判定</td> <td>OK</td> <td>OK</td> <td>OK</td> <td>OK</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: right;">※ 堤防部(ボックス部)</p>				No. 204断面 地震動	現況堤防		完成形		河川基準 地震動		河川基準 地震動		L2タイプ I	L2タイプ II	L2タイプ I	L2タイプ II	堤防天端高	9.81		9.81 (8.87)		照査外水位	4.50	2.24	4.50	2.24	沈下量	(-0.67)	(-0.79)	(-0.69) (0.02)	(-0.73) (-0.01)	沈下後天端高	9.14	9.02	9.12 (8.89)	9.08 (8.86)	判定	OK	OK	OK	OK
		No. 204断面 地震動	現況堤防		完成形																																						
河川基準 地震動			河川基準 地震動																																								
L2タイプ I	L2タイプ II		L2タイプ I	L2タイプ II																																							
堤防天端高	9.81		9.81 (8.87)																																								
照査外水位	4.50	2.24	4.50	2.24																																							
沈下量	(-0.67)	(-0.79)	(-0.69) (0.02)	(-0.73) (-0.01)																																							
沈下後天端高	9.14	9.02	9.12 (8.89)	9.08 (8.86)																																							
判定	OK	OK	OK	OK																																							
<p>*) 液状化対策は非液状化層とする</p>																																											
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p><b>現況堤防</b></p> <p>水平変位 0.60m 鉛直変位 -0.67m</p> <p>レベル2タイプ I 地震動</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p><b>完成形：矢板なし・地盤改良</b></p> <p>水平変位 -0.21m 鉛直変位 0.02m</p> <p>液状化対策</p> <p>レベル2タイプ I 地震動</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;"> <p><b>現況堤防</b></p> <p>水平変位 0.76m 鉛直変位 -0.79m</p> <p>レベル2タイプ II 地震動</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p><b>完成形：矢板なし・地盤改良</b></p> <p>水平変位 0.11m 鉛直変位 -0.01m</p> <p>液状化対策</p> <p>レベル2タイプ II 地震動</p> </div> </div>																																											
確保機能に対する評価	<p>① 確保機能 LC-9</p> <p>地震後の堤防の沈下量は、タイプ I 地震動で 0.68～0.69m、タイプ II 地震動で 0.73～0.83m であり、地震後の堤防天端高は、照査外水位(タイプ I 地震動：OP+4.50m、タイプ II 地震動：OP+2.24m)以上が確保されており、河川外への越流は生じない。</p>																																										



河川		耐震機能	照査方法	有効応力解析 (2D)																																						
確保機能	堤防 (土堤)の機能を満たすこと	LC-9	●地震後の河川外への越流を防止すること																																							
		LC-10	●土と構造物間が地震時の変形や剥離より、堤防沈下や水みち発生を起こさないこと																																							
<p>解析結果と考察</p> <p>&lt;ランプ部: No. 77断面 平面2連&gt;</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <caption>(単位: OP+ m)</caption> <thead> <tr> <th rowspan="3">No. 77断面 地震動</th> <th colspan="2">現況堤防</th> <th colspan="2">完成形</th> </tr> <tr> <th colspan="2">河川基準 地震動</th> <th colspan="2">河川基準 地震動</th> </tr> <tr> <th>L2タイプ I</th> <th>L2タイプ II</th> <th>L2タイプ I</th> <th>L2タイプ II</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>堤防天端高</td> <td colspan="2">8.10</td> <td colspan="2">8.1 (7.65)</td> </tr> <tr> <td>照査外水位</td> <td>4.45</td> <td>2.16</td> <td>4.45</td> <td>2.16</td> </tr> <tr> <td>沈下量</td> <td>(-0.89)</td> <td>(-1.16)</td> <td>(-0.56) (-0.12)</td> <td>(-0.71) (-0.12)</td> </tr> <tr> <td>沈下後天端高</td> <td>7.21</td> <td>6.94</td> <td>7.54 (7.53)</td> <td>7.39 (7.53)</td> </tr> <tr> <td>判定</td> <td>OK</td> <td>OK</td> <td>OK</td> <td>OK</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: right;">※ 堤防部(ボックス部)</p> <p style="text-align: right;">*) 液状化対策は非液状化層とする</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p><b>現況堤防</b></p> <p>水平変位 -0.08m 鉛直変位 -0.89m</p> <p>レベル2タイプ I 地震動</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p><b>完成形: 矢板なし・地盤改良</b></p> <p>水平変位 -0.34m 鉛直変位 -0.12m</p> <p>水平変位 0.23m 鉛直変位 -0.56m</p> <p>液状化対策</p> <p>レベル2タイプ I 地震動</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;"> <p><b>現況堤防</b></p> <p>水平変位 -0.04m 鉛直変位 -1.16m</p> <p>レベル2タイプ II 地震動</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p><b>完成形: 矢板なし・地盤改良</b></p> <p>水平変位 -0.24m 鉛直変位 -0.12m</p> <p>水平変位 0.49m 鉛直変位 -0.71m</p> <p>液状化対策</p> <p>レベル2タイプ II 地震動</p> </div> </div>					No. 77断面 地震動	現況堤防		完成形		河川基準 地震動		河川基準 地震動		L2タイプ I	L2タイプ II	L2タイプ I	L2タイプ II	堤防天端高	8.10		8.1 (7.65)		照査外水位	4.45	2.16	4.45	2.16	沈下量	(-0.89)	(-1.16)	(-0.56) (-0.12)	(-0.71) (-0.12)	沈下後天端高	7.21	6.94	7.54 (7.53)	7.39 (7.53)	判定	OK	OK	OK	OK
No. 77断面 地震動	現況堤防		完成形																																							
	河川基準 地震動		河川基準 地震動																																							
	L2タイプ I	L2タイプ II	L2タイプ I	L2タイプ II																																						
堤防天端高	8.10		8.1 (7.65)																																							
照査外水位	4.45	2.16	4.45	2.16																																						
沈下量	(-0.89)	(-1.16)	(-0.56) (-0.12)	(-0.71) (-0.12)																																						
沈下後天端高	7.21	6.94	7.54 (7.53)	7.39 (7.53)																																						
判定	OK	OK	OK	OK																																						
確保機能に対する評価	<p>① 確保機能 LC-9</p> <p>地震後の堤防の沈下量は、タイプ I 地震動で 0.56~0.74m、タイプ II 地震動で 0.71~0.92m であり、地震後の堤防天端高は、照査外水位(タイプ I 地震動: OP+4.45m、タイプ II 地震動: OP+2.16m)以上が確保されており、河川外への越流は生じない。</p>																																									

河川	耐震機能	照査方法	有効応力解析 (2D)
確保機能 (土堤)の機能を満たすこと	LC-9	●地震後の河川外への越流を防止すること	
	LC-10	●土と構造物間が地震時の変形や剥離より、堤防沈下や水みち発生を起こさないこと	

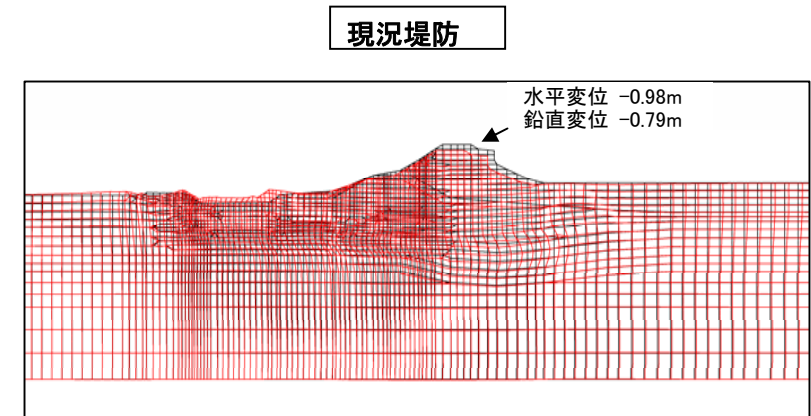
<ランプ部: No. 132断面>

(単位: OP+ m)

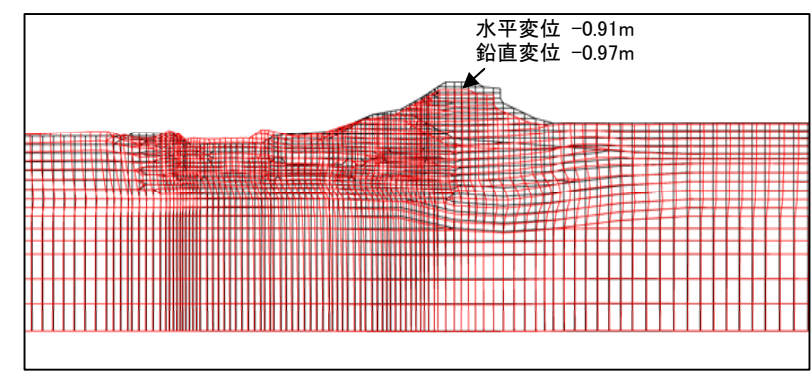
No. 132断面 地震動	現況堤防		完成形	
	河川基準 地震動		河川基準 地震動	
	L2タイプ I	L2タイプ II	L2タイプ I	L2タイプ II
堤防天端高	8.85		8.85 (7.97)	
照査外水位	4.57	2.19	4.57	2.19
沈下量	(-0.79)	(-0.97)	(-1.22) (-0.29)	(-1.15) (-0.47)
沈下後天端高	8.06	7.88	7.63 (7.68)	7.7 (7.50)
判定	OK	OK	OK	OK

※ 堤防部(ボックス部)

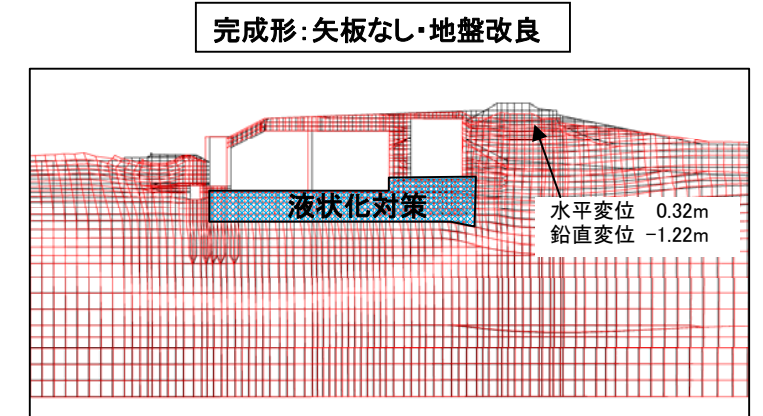
解析結果と考察



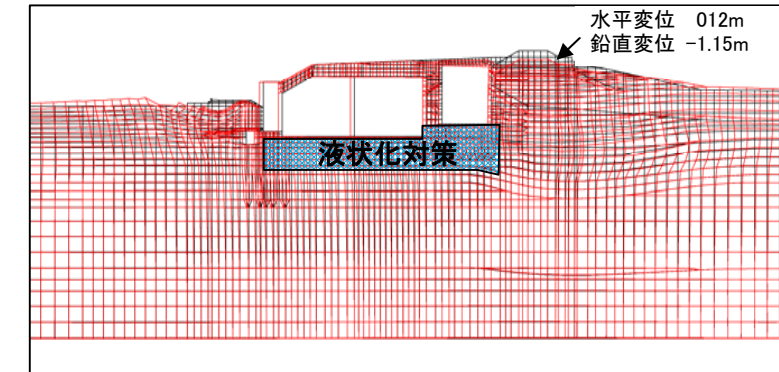
レベル2タイプ I 地震動



レベル2タイプ II 地震動



レベル2タイプ I 地震動



レベル2タイプ II 地震動

\*) 液状化対策は非液状化層とする

① 確保機能 LC-9  
地震後の堤防の沈下量は、タイプ I 地震動で 1.11~1.22m、タイプ II 地震動で 1.00~1.15m であり、地震後の堤防天端高は、照査外水位(タイプ I 地震動: OP+4.57m、タイプ II 地震動: OP+2.19m)以上が確保されており、河川外への越流は生じない。

確保機能に対する評価

河川	耐震機能	照査方法	有効応力解析 (2D)
確保機能	堤防 (土堤)の機能を満たすこと	LC-9	●地震後の河川外への越流を防止すること
		LC-10	●土と構造物間が地震時の変形や剥離より、堤防沈下や水みち発生を起こさないこと

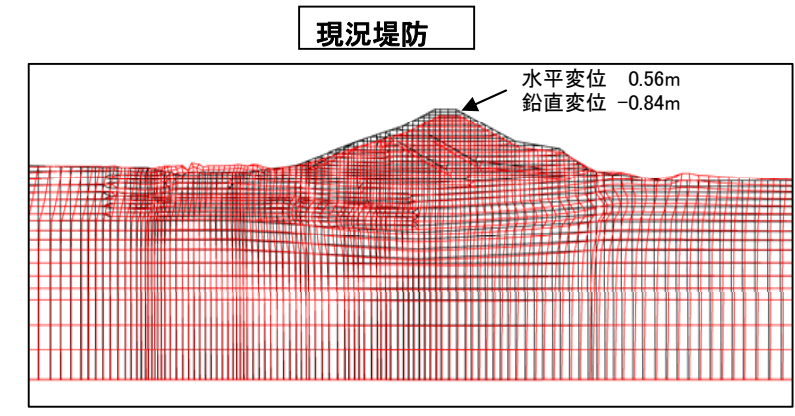
<ランプ部: No. 219断面>

(単位: OP+ m)

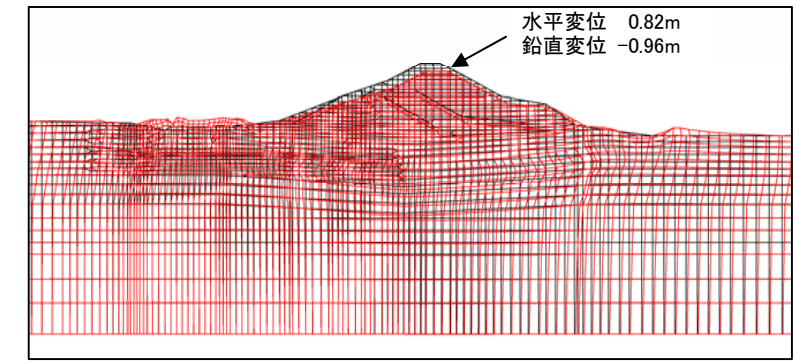
No. 219断面 地震動	現況堤防		完成形	
	河川基準 地震動		河川基準 地震動	
	L2タイプ I	L2タイプ II	L2タイプ I	L2タイプ II
堤防天端高	9.77		9.77 (8.27)	
照査外水位	4.52	2.26	4.52	2.26
沈下量	(-0.84)	(-0.96)	(-0.79) (-0.18)	(-0.97) (-0.16)
沈下後天端高	8.93	8.81	8.98 (8.09)	8.8 (8.11)
判定	OK	OK	OK	OK

※ 堤防部(ボックス部)

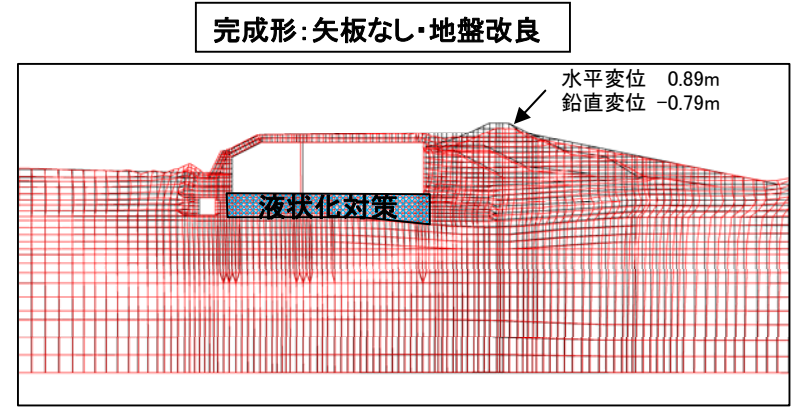
解析結果と考察



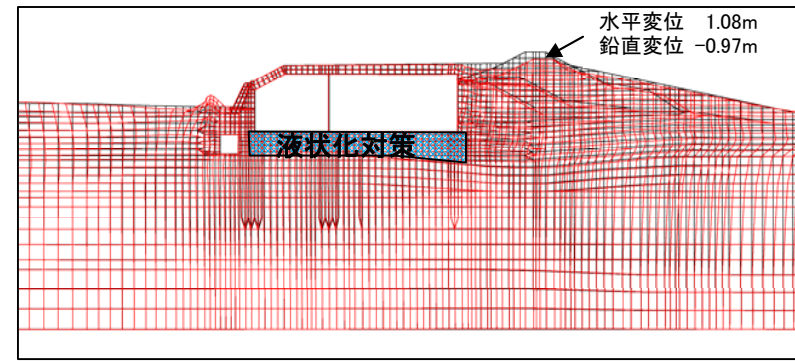
レベル2タイプ I 地震動



レベル2タイプ II 地震動



レベル2タイプ I 地震動



レベル2タイプ II 地震動

\*) 液状化対策は非液状化層とする

確保機能に対する評価

① 確保機能 LC-9  
地震後の堤防の沈下量は、タイプ I 地震動で 0.79~1.14m、タイプ II 地震動で 0.97~1.31m であり、地震後の堤防天端高は、照査外水位(タイプ I 地震動: OP+4.52m、タイプ II 地震動: OP+2.26m)以上が確保されており、河川外への越流は生じない。



河川	耐震機能	照査方法	有効応力解析 (2D)
確保機能	堤防 (土堤)の機能を満たすこと	LC-9	●地震後の河川外への越流を防止すること
		LC-10	●土と構造物間が地震時の変形や剥離より、堤防沈下や水みち発生を起こさないこと

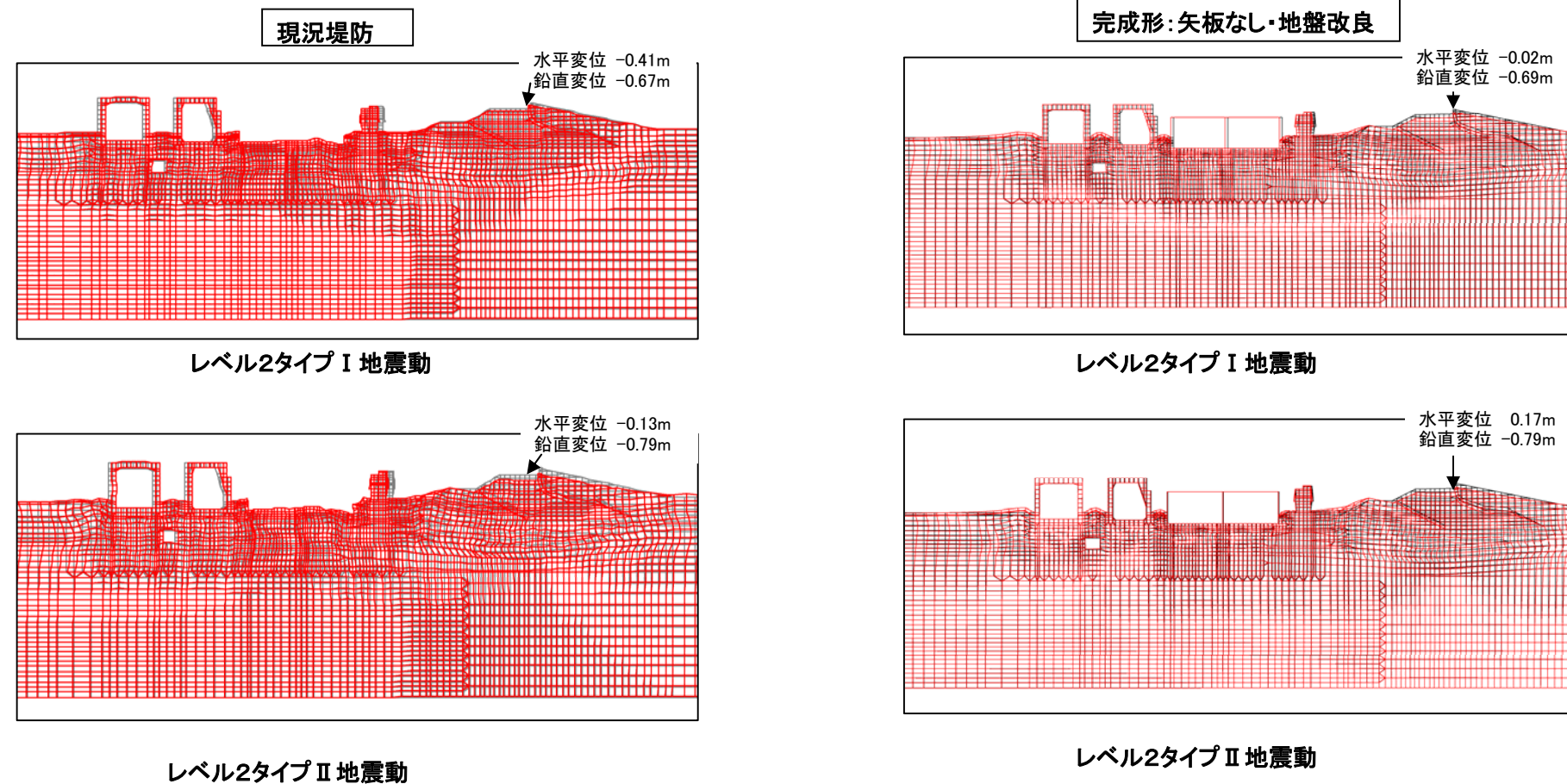
<交差部 : No. 106断面>

(単位:OP+ m)

No. 106断面 地震動	現況堤防		完成形	
	河川基準 地震動		河川基準 地震動	
	L2タイプ I	L2タイプ II	L2タイプ I	L2タイプ II
			(矢板無し・地盤改良有り)	
堤防天端高	7.04		7.04 (6.42)	
照査外水位	4.54	2.19	4.54	2.19
沈下量	(-0.67)	(-0.79)	(-0.69) (-0.002)	(-0.79) (-0.003)
沈下後天端高	6.37	6.25	6.35 ( 6.42)	6.25 ( 6.42)
判定	OK	OK	OK	OK

※ 堤防部(ボックス部)

解析結果と考察



① 確保機能LC-9

地震後の堤防の沈下量は、タイプ I 地震動で 0.67~0.69m、タイプ II 地震動で 0.79m であり、地震後の堤防天端高は、照査外水位(タイプ I 地震動 : OP+4.54m、タイプ II 地震動 : OP+2.19m)以上が確保されており、河川外への越流は生じない。

確保機能に対する評価

3-3-4-2 構造物と地盤の剥離の評価

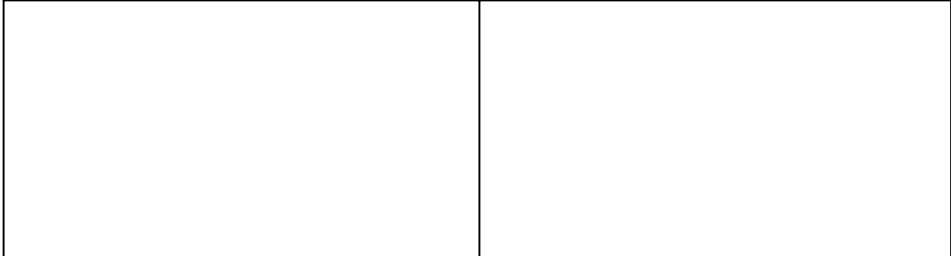
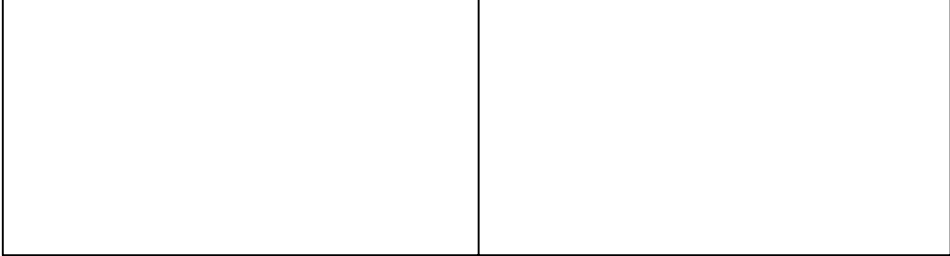
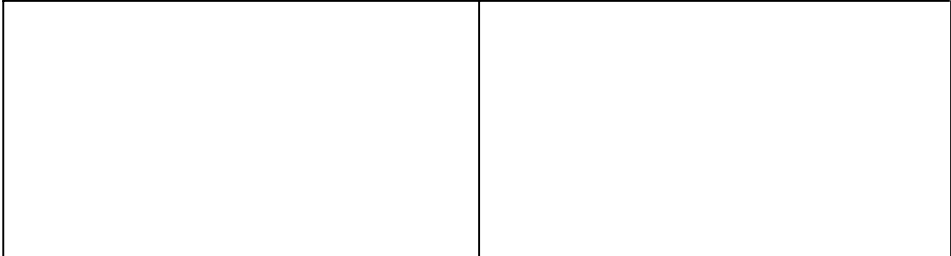
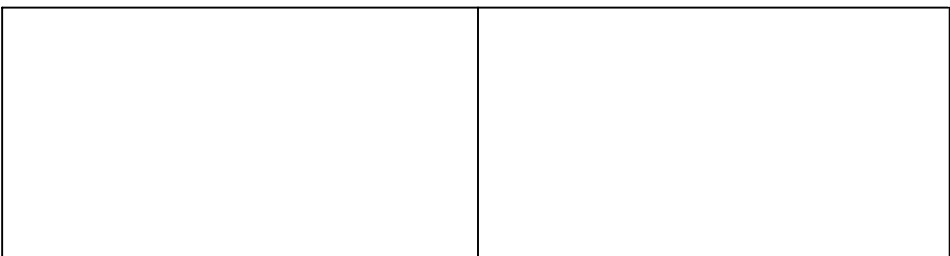
河川		耐震機能	照査方法	有効応力解析 (2D)
確保機能	堤防 (土堤)の機能を満たすこと	LC-9	●地震後の河川外への越流を防止すること	
		<b>LC-10</b>	<b>●土と構造物間地震時の変形や剥離より、堤防沈下や水みち発生を起こさないこと</b>	
解析結果と考察		<p>&lt;No. 204 断面(矢板なし、地盤改良有り)&gt;</p> <p>地盤と構造物剥離量          1mm 以上 5mm 以下          5mm 以上 10mm 以下          10mm 以上</p> <p>ボックス下部の液状化により堤体とボックスが逆方向に変位</p> <p>川側にボックス上部ほど変位が大きくなる</p> <p>構造物と地盤間の剥離量(レベル2タイプ I 地震動)</p> <p>構造物と地盤間の剥離量(レベル2タイプ II 地震動)</p> <p>(有効応力解析&lt;LIQCA&gt;)</p>		
確保機能に対する評価		<p>① 確保機能 LC-10</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 構造物と地盤間の剥離位置は、道路ボックス側面において発生する。これは基礎地盤の液状化に伴い変形に起因するものであり、側壁(川側)の剥離量が大きい原因は、堤防が川側に、道路ボックスが陸側に変形を生じるモードのためである。</li> <li>・ 一方、底版や頂版部での剥離の発生は少ない。</li> <li>・ 剥離発生位置については有効応力解析、全応力解析による違いはなく、道路ボックス側面において発生する。</li> <li>・ ボックス側壁部には剥離の発生する傾向が高いことから、地震後、ボックス回りの状況が確認できるようモニタリング等の検討が必要である。</li> </ul>		



河川		耐震機能	照査方法	有効応力解析 (2D)
確保機能	堤防 (土堤)の機能を満たすこと	LC-9	●地震後の河川外への越流を防止すること	
		<b>LC-10</b>	<b>●土と構造物間が地震時の変形や剥離より、堤防沈下や水みち発生を起こさないこと</b>	
解析結果と考察		<p>&lt;ランプ部：No. 77断面 平面2連(矢板なし、地盤改良有り)&gt;</p> <p>地盤と構造物剥離量  1mm 以上 5mm 以下  5mm 以上 10mm 以下  10mm 以上</p> <p>ボックス下部の液状化により堤体とボックスが逆方向に変位</p> <p>川側にボックス上部ほど変位が大きくなる</p> <p>構造物と地盤間の剥離量(レベル2タイプ I 地震動)  (有効応力解析&lt;LIQCA&gt;)</p> <p>構造物と地盤間の剥離量(レベル2タイプ I 地震動)  (全応力解析&lt;R-O モデル&gt;)</p> <p>構造物と地盤間の剥離量(レベル2タイプ II 地震動)  (有効応力解析&lt;LIQCA&gt;)</p> <p>構造物と地盤間の剥離量(レベル2タイプ II 地震動)  (全応力解析&lt;R-O モデル&gt;)</p>		
確保機能に対する評価		<p>① 確保機能 LC-10</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>構造物と地盤間の剥離位置は、道路ボックス側面において剥離が発生する。特に堤防に近いランプ部で剥離の発生する傾向が高いことから、地震後、ボックス回りの状況が確認できるようモニタリング等の検討が必要である。</li> <li>本線、ランプとも頂版や底版での剥離は発生しない。</li> <li>剥離発生位置については有効応力解析、全応力解析による違いはなく、道路ボックス側面において発生する。全応力解析の方が、剥離が発生する範囲が広がる傾向にある。これは全応力解析の方が躯体に発生する応答加速度が大きいためである。一方、有効応力解析では液状化による減衰効果で応答加速度が抑えられるため剥離の発生範囲が小さくなったと考えられる。</li> </ul>		

河川		耐震機能	照査方法	有効応力解析（2D）
確保機能	堤防 (土堤)の機能を満たすこと	LC-9	●地震後の河川外への越流を防止すること	
		<b>LC-10</b>	<b>●土と構造物間が地震時の変形や剥離より、堤防沈下や水みち発生を起こさないこと</b>	
解析結果と考察		<p>&lt;ランプ部：No. 132断面（矢板なし、地盤改良有り）&gt;</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>地盤と構造物剥離量</p> <p>1mm 以上 5mm 以下 5mm 以上 10mm 以下 10mm 以上</p> <p>構造物と地盤間の剥離量(レベル2タイプ I 地震動)</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>地盤と構造物剥離量</p> <p>1mm 以上 5mm 以下 5mm 以上 10mm 以下 10mm 以上</p> <p>構造物と地盤間の剥離量(レベル2タイプ I 地震動)</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;"> <p>地盤と構造物剥離量</p> <p>1mm 以上 5mm 以下 5mm 以上 10mm 以下 10mm 以上</p> <p>構造物と地盤間の剥離量(レベル2タイプ II 地震動) (有効応力解析&lt;LIQCA&gt;)</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>地盤と構造物剥離量</p> <p>1mm 以上 5mm 以下 5mm 以上 10mm 以下 10mm 以上</p> <p>構造物と地盤間の剥離量(レベル2タイプ II 地震動) (全応力解析&lt;R-O モデル&gt;)</p> </div> </div>		
確保機能に対する評価		<p>① 確保機能 LC-10</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 構造物と地盤間の剥離位置は、道路ボックス側面において剥離が発生する。特に堤防に近いランプ部で剥離の発生する傾向が高いことから、地震後、ボックス回りの状況が確認できるようモニタリング等の検討が必要である。</li> <li>・ 本線、ランプとも頂版や底版での剥離は発生しない。</li> <li>・ 剥離発生位置については有効応力解析、全応力解析による違いはなく、道路ボックス側面において発生する。全応力解析の方が、剥離が発生する範囲が広がる傾向にある。これは全応力解析の方が躯体に発生する応答加速度が大きいためである。一方、有効応力解析では液状化による減衰効果で応答加速度が抑えられるため剥離の発生範囲が小さくなったと考えられる。</li> </ul>		

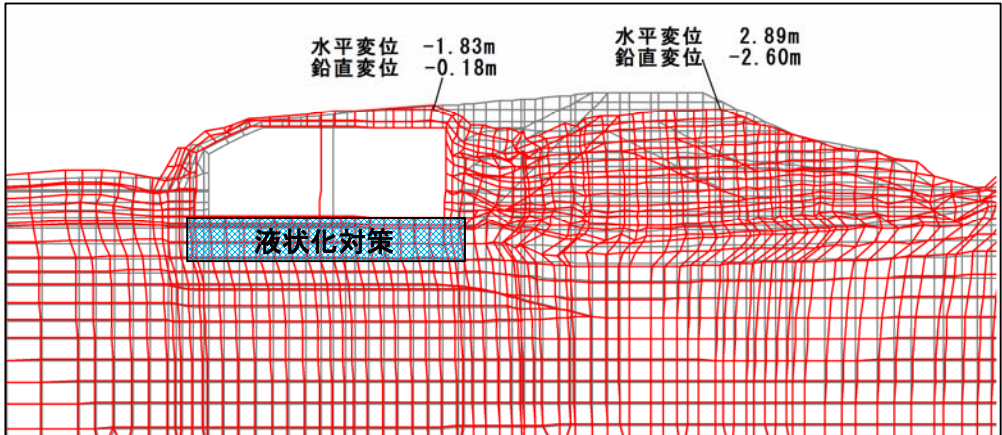
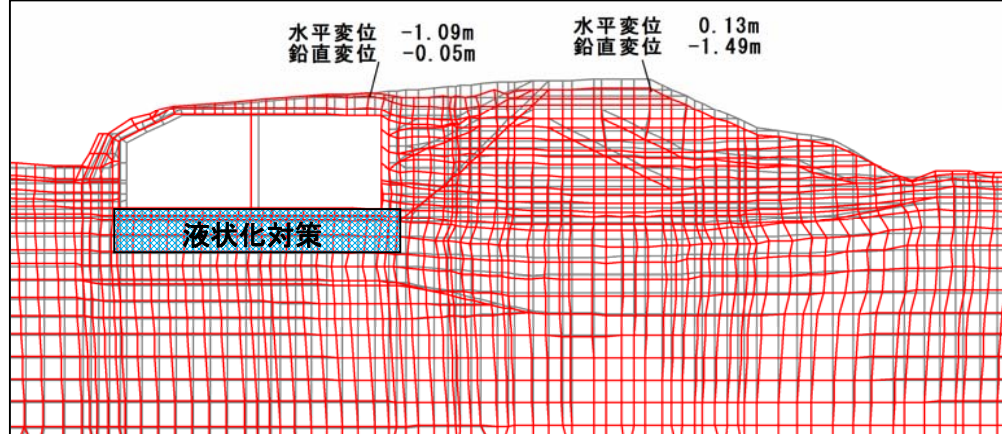
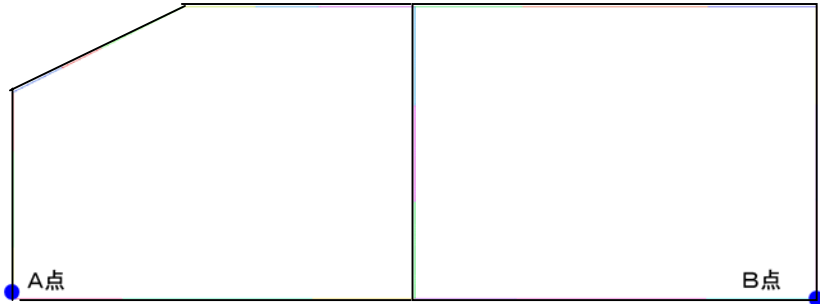
河川		耐震機能	照査方法	有効応力解析（2D）	
確保機能	堤防 (土堤)の機能を満たすこと	LC-9	●地震後の河川外への越流を防止すること		
		LC-10	●土と構造物間が地震時の変形や剥離より、堤防沈下や水みち発生を起こさないこと		
解析結果と考察	<p>&lt;ランプ部：No. 219断面（矢板なし、地盤改良有り）&gt;</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>地盤と構造物剥離量</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1mm 以上 5mm 以下</li> <li>5mm 以上 10mm 以下</li> <li>10mm 以上</li> </ul> <p>構造物と地盤間の剥離量(レベル2タイプ I 地震動)</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>地盤と構造物剥離量</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1mm 以上 5mm 以下</li> <li>5mm 以上 10mm 以下</li> <li>10mm 以上</li> </ul> <p>構造物と地盤間の剥離量(レベル2タイプ I 地震動)</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;"> <p>地盤と構造物剥離量</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1mm 以上 5mm 以下</li> <li>5mm 以上 10mm 以下</li> <li>10mm 以上</li> </ul> <p>構造物と地盤間の剥離量(レベル2タイプ II 地震動) (有効応力解析&lt;LIQCA&gt;)</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>地盤と構造物剥離量</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1mm 以上 5mm 以下</li> <li>5mm 以上 10mm 以下</li> <li>10mm 以上</li> </ul> <p>構造物と地盤間の剥離量(レベル2タイプ II 地震動) (全応力解析&lt;R-O モデル&gt;)</p> </div> </div>				
	確保機能に対する評価	<p>① 確保機能 LC-10</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 構造物と地盤間の剥離位置は、道路ボックス側面において剥離が発生する。特に堤防に近いランプ部で剥離の発生する傾向が高いことから、地震後、ボックス回りの状況が確認できるようモニタリング等の検討が必要である。</li> <li>・ 本線、ランプとも頂版や底版での剥離は発生しない。</li> <li>・ 剥離発生位置については有効応力解析、全応力解析による違いはなく、道路ボックス側面において発生する。全応力解析の方が、剥離が発生する範囲が広がる傾向にある。これは全応力解析の方が躯体に発生する応答加速度が大きいためである。一方、有効応力解析では液状化による減衰効果で応答加速度が抑えられるため剥離の発生範囲が小さくなったと考えられる。</li> </ul>			

河川		耐震機能	照査方法	有効応力解析 (2D)	
確保機能	堤防 (土堤)の機能を満たすこと	LC-9	●地震後の河川外への越流を防止すること		
		LC-10	●土と構造物間が地震時の変形や剥離より、堤防沈下や水みち発生を起こさないこと		
解析結果と考察		<交差部：No. 106断面（矢板なし、杭基礎）>			
		<p>地盤と構造物剥離量</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1mm 以上 5mm 以下</li> <li>5mm 以上 10mm 以下</li> <li>10mm 以上</li> </ul>		<p>地盤と構造物剥離量</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1mm 以上 5mm 以下</li> <li>5mm 以上 10mm 以下</li> <li>10mm 以上</li> </ul>	
		 <p>構造物と地盤間の剥離量(レベル2タイプ I 地震動)</p>		 <p>構造物と地盤間の剥離量(レベル2タイプ I 地震動)</p>	
		<p>地盤と構造物剥離量</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1mm 以上 5mm 以下</li> <li>5mm 以上 10mm 以下</li> <li>10mm 以上</li> </ul>		<p>地盤と構造物剥離量</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1mm 以上 5mm 以下</li> <li>5mm 以上 10mm 以下</li> <li>10mm 以上</li> </ul>	
 <p>構造物と地盤間の剥離量(レベル2タイプ II 地震動) (有効応力解析&lt;LIQCA&gt;)</p>		 <p>構造物と地盤間の剥離量(レベル2タイプ II 地震動) (全応力解析&lt;R-O モデル&gt;)</p>			
確保機能に対する評価	<p>① 確保機能 LC-10</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 交差部の構造物の大半が地上部となるため、構造物と地盤間の剥離は発生しない。</li> </ul>				



3-3-5 完成時の道路（構造物）の安全性、通行機能の評価（横断方向）

3-3-5-1 道路構造物の変形性能の評価

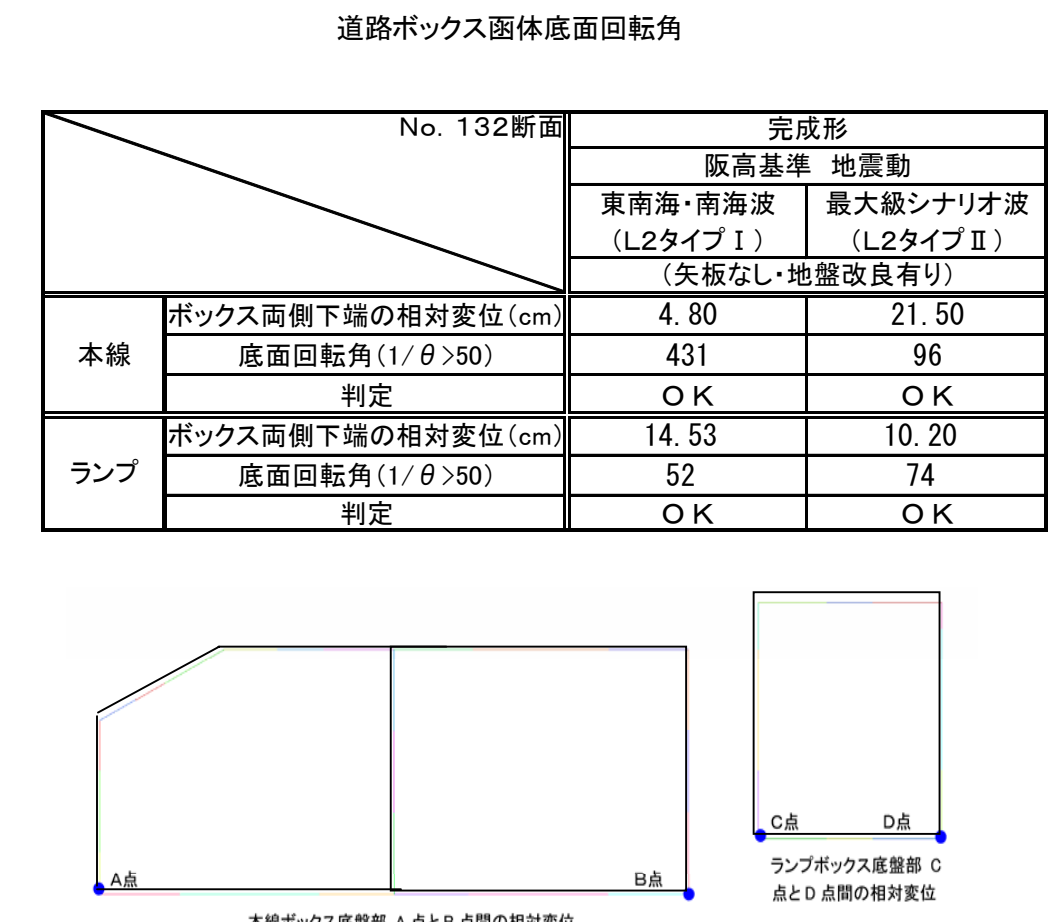
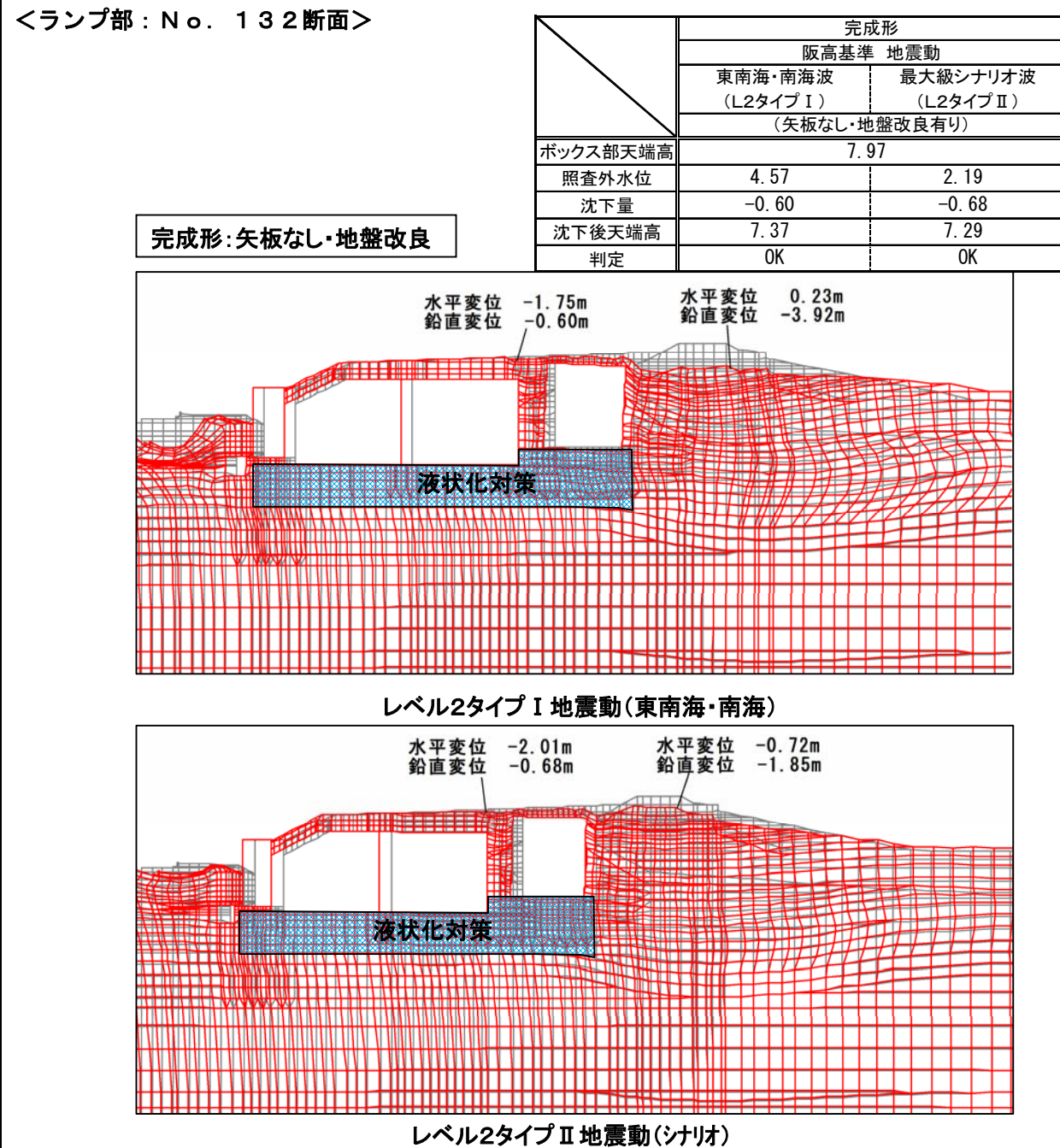
道路		耐震機能	照査方法	有効応力解析（2D）																															
確保機能	道路（構造物）の安全性、通行機能を確保すること	BC-1	●地震に対するボックスの安全性、供用性を確保すること																																
		BC-2	●偏土圧下での地盤変形（液状化）に対する道路ボックスの安全性、供用性を確保すること																																
		BC-3	●補助工法（液状化対策）を実施すること																																
		BC-6	●道路躯体の浮き上がりに対する安全性・供用性を確保すること																																
解析結果と考察	<p>＜一般部：No. 204断面＞</p> <p>完成形：（矢板なし・地盤改良）</p>  <p>液状化対策</p> <p>レベル2タイプ I 地震動（東南海・南海）</p>  <p>液状化対策</p> <p>レベル2タイプ II 地震動（シナリオ）</p>		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">完成形</th> <th colspan="2">阪高基準 地震動</th> </tr> <tr> <th colspan="2"></th> <th>東南海・南海波 (L2タイプ I)</th> <th>最大級シナリオ波 (L2タイプ II)</th> </tr> <tr> <th colspan="4">(矢板なし・地盤改良有り)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ボックス部天端高</td> <td colspan="3">8.87</td> </tr> <tr> <td>照査外水位</td> <td>4.50</td> <td colspan="2">2.24</td> </tr> <tr> <td>沈下量</td> <td>-0.18</td> <td colspan="2">-0.05</td> </tr> <tr> <td>沈下後天端高</td> <td>8.69</td> <td colspan="2">8.82</td> </tr> <tr> <td>判定</td> <td>OK</td> <td colspan="2">OK</td> </tr> </tbody> </table>	完成形		阪高基準 地震動				東南海・南海波 (L2タイプ I)	最大級シナリオ波 (L2タイプ II)	(矢板なし・地盤改良有り)				ボックス部天端高	8.87			照査外水位	4.50	2.24		沈下量	-0.18	-0.05		沈下後天端高	8.69	8.82		判定	OK	OK	
	完成形		阪高基準 地震動																																
		東南海・南海波 (L2タイプ I)	最大級シナリオ波 (L2タイプ II)																																
(矢板なし・地盤改良有り)																																			
ボックス部天端高	8.87																																		
照査外水位	4.50	2.24																																	
沈下量	-0.18	-0.05																																	
沈下後天端高	8.69	8.82																																	
判定	OK	OK																																	
確保機能に対する評価	<p>① 確保機能BC-1～2 地震後のボックスの沈下量は、タイプ I 地震動で 0.11～0.18m、タイプ II 地震動で 0.05～0.25m であり、液状化に伴う地盤変形が抑制されている。 偏土圧下での地盤変形（液状化）に対してボックス底面の鉛直変位による回転角に着目すると、ボックス下面の地盤改良により回転は抑制され、安全性、供用性を確保することができる。</p> <p>② 確保機能BC-3 : 道路ボックス直下の砂層は、液状化対策を実施する。</p> <p>③ 確保機能BC-6 : 道路ボックス直下に液状化対策を実施するため浮き上がりの発生はなく、安全性、供用性を確保することができる。</p>		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">No. 204断面</th> <th colspan="2">完成形</th> </tr> <tr> <th colspan="2"></th> <th colspan="2">阪高基準 地震動</th> </tr> <tr> <th colspan="2"></th> <th>東南海・南海波 (L2タイプ I)</th> <th>最大級シナリオ波 (L2タイプ II)</th> </tr> <tr> <th colspan="4">(矢板有り・地盤改良有り)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ボックス両側下端の相対変位 (cm)</td> <td>24.72</td> <td colspan="2">35.46</td> </tr> <tr> <td>底面回転角 (1/θ &gt; 50)</td> <td>88</td> <td colspan="2">61</td> </tr> <tr> <td>判定</td> <td>OK</td> <td colspan="2">OK</td> </tr> </tbody> </table>  <p>本線ボックス底面 A 点と B 点間の相対変位 底面回転角(1/θ) = 1 / (ボックス両側下端(A・B)の相対変位 (沈下差) / 底面幅)</p> <p>* ) 液状化対策は非液状化層とする</p>	No. 204断面		完成形				阪高基準 地震動				東南海・南海波 (L2タイプ I)	最大級シナリオ波 (L2タイプ II)	(矢板有り・地盤改良有り)				ボックス両側下端の相対変位 (cm)	24.72	35.46		底面回転角 (1/θ > 50)	88	61		判定	OK	OK					
No. 204断面		完成形																																	
		阪高基準 地震動																																	
		東南海・南海波 (L2タイプ I)	最大級シナリオ波 (L2タイプ II)																																
(矢板有り・地盤改良有り)																																			
ボックス両側下端の相対変位 (cm)	24.72	35.46																																	
底面回転角 (1/θ > 50)	88	61																																	
判定	OK	OK																																	

道路		耐震機能	照査方法	有効応力解析 (2D)																																																																	
確保機能	道路 (構造物) の安全性、通行機能を確保すること	BC-1	●地震に対するボックスの安全性、供用性を確保すること																																																																		
		BC-2	●偏土圧下での地盤変形 (液状化) に対する道路ボックスの安全性、供用性を確保すること																																																																		
		BC-3	●補助工法 (液状化対策) を実施すること																																																																		
		BC-6	●道路躯体の浮き上がりに対する安全性・供用性を確保すること																																																																		
解析結果と考察	<p>&lt;ランプ部: No. 77断面 平面2連&gt;</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="3">完成形</th> </tr> <tr> <th colspan="3">阪高基準 地震動</th> </tr> <tr> <th>東南海・南海波 (L2タイプ I)</th> <th colspan="2">最大級シナリオ波 (L2タイプ II)</th> </tr> <tr> <th colspan="3">(矢板なし・地盤改良有り)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ボックス部天端高</td> <td colspan="2">7.65</td> </tr> <tr> <td>照査外水位</td> <td>4.45</td> <td>2.16</td> </tr> <tr> <td>沈下量</td> <td>-0.10</td> <td>-0.13</td> </tr> <tr> <td>沈下後天端高</td> <td>7.55</td> <td>7.52</td> </tr> <tr> <td>判定</td> <td>OK</td> <td>OK</td> </tr> </tbody> </table> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">完成形: 矢板なし・地盤改良</div> </div> <div style="text-align: center;">道路ボックス函体底面回転角</div> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2" rowspan="2"></th> <th colspan="2">No. 77断面</th> </tr> <tr> <th colspan="2">完成形</th> </tr> <tr> <th colspan="2"></th> <th colspan="2">阪高基準 地震動</th> </tr> <tr> <th colspan="2"></th> <th>東南海・南海波 (L2タイプ I)</th> <th>最大級シナリオ波 (L2タイプ II)</th> </tr> <tr> <th colspan="2"></th> <th colspan="2">(矢板なし・地盤改良有り)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">本線</td> <td>ボックス両側下端の相対変位 (cm)</td> <td>8.62</td> <td>6.63</td> </tr> <tr> <td>底面回転角 (1/θ &gt; 50)</td> <td>252</td> <td>327</td> </tr> <tr> <td>判定</td> <td>OK</td> <td>OK</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">ランプ</td> <td>ボックス両側下端の相対変位 (cm)</td> <td>4.63</td> <td>8.62</td> </tr> <tr> <td>底面回転角 (1/θ &gt; 50)</td> <td>152</td> <td>82</td> </tr> <tr> <td>判定</td> <td>OK</td> <td>OK</td> </tr> </tbody> </table>  <p style="text-align: center;">*) 液状化対策は非液状化層とする</p>				完成形			阪高基準 地震動			東南海・南海波 (L2タイプ I)	最大級シナリオ波 (L2タイプ II)		(矢板なし・地盤改良有り)			ボックス部天端高	7.65		照査外水位	4.45	2.16	沈下量	-0.10	-0.13	沈下後天端高	7.55	7.52	判定	OK	OK			No. 77断面		完成形				阪高基準 地震動				東南海・南海波 (L2タイプ I)	最大級シナリオ波 (L2タイプ II)			(矢板なし・地盤改良有り)		本線	ボックス両側下端の相対変位 (cm)	8.62	6.63	底面回転角 (1/θ > 50)	252	327	判定	OK	OK	ランプ	ボックス両側下端の相対変位 (cm)	4.63	8.62	底面回転角 (1/θ > 50)	152	82	判定	OK	OK
	完成形																																																																				
	阪高基準 地震動																																																																				
	東南海・南海波 (L2タイプ I)	最大級シナリオ波 (L2タイプ II)																																																																			
(矢板なし・地盤改良有り)																																																																					
ボックス部天端高	7.65																																																																				
照査外水位	4.45	2.16																																																																			
沈下量	-0.10	-0.13																																																																			
沈下後天端高	7.55	7.52																																																																			
判定	OK	OK																																																																			
		No. 77断面																																																																			
		完成形																																																																			
		阪高基準 地震動																																																																			
		東南海・南海波 (L2タイプ I)	最大級シナリオ波 (L2タイプ II)																																																																		
		(矢板なし・地盤改良有り)																																																																			
本線	ボックス両側下端の相対変位 (cm)	8.62	6.63																																																																		
	底面回転角 (1/θ > 50)	252	327																																																																		
	判定	OK	OK																																																																		
ランプ	ボックス両側下端の相対変位 (cm)	4.63	8.62																																																																		
	底面回転角 (1/θ > 50)	152	82																																																																		
	判定	OK	OK																																																																		
確保機能に対する評価	<p>① 確保機能BC-1～2 地震後のボックスの沈下量は、タイプ I 地震動で 0.10～0.19m、タイプ II 地震動で 0.13～0.19m であり、液状化に伴う地盤変形が抑制されている。 偏土圧下での地盤変形 (液状化) に対してボックス底面の鉛直変位による回転角に着目すると、ボックス下面の地盤改良により回転は抑制され、安全性、供用性を確保することができる。</p> <p>② 確保機能BC-3 : 道路ボックス直下の砂層は、液状化対策を実施する。</p> <p>③ 確保機能BC-6 : 道路ボックス直下に液状化対策を実施するため浮き上がりの発生はなく、安全性、供用性を確保することができる。</p>																																																																				



道路	耐震機能	照査方法	有効応力解析 (2D)
確保機能	道路 (構造物) の安全性、通行機能を確保すること	BC-1	●地震に対するボックスの安全性、供用性を確保すること
		BC-2	●偏土圧下での地盤変形 (液状化) に対する道路ボックスの安全性、供用性を確保すること
		BC-3	●補助工法 (液状化対策) を実施すること
		BC-6	●道路躯体の浮き上がりに対する安全性・供用性を確保すること

解析結果と考察



確保機能に対する評価

① 確保機能BC-1～2  
地震後のボックスの沈下量は、タイプ I 地震動で 0.08～0.60m、タイプ II 地震動で 0.22～0.68m であり、液状化に伴う地盤変形が抑制されている。  
偏土圧下での地盤変形 (液状化) に対してボックス底面の鉛直変位による回転角に着目すると、ボックス下面の地盤改良により回転は抑制され、安全性、供用性を確保することができる。

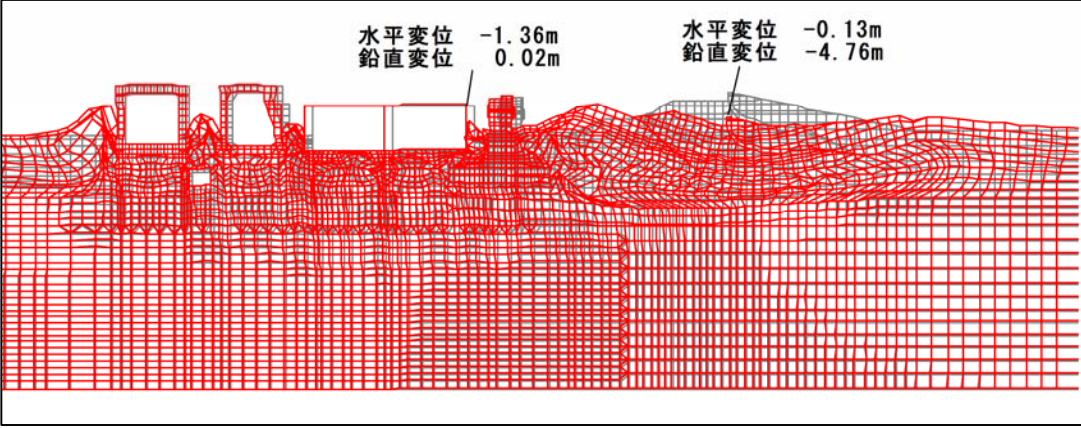
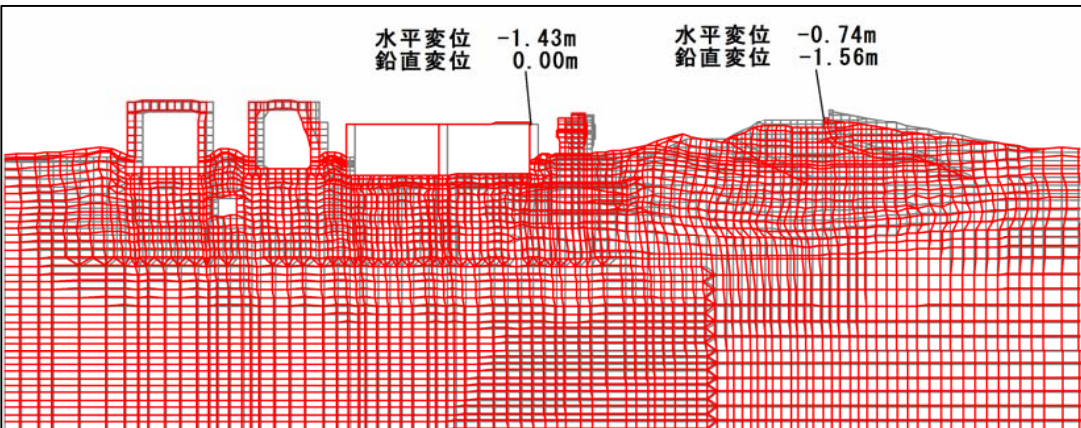
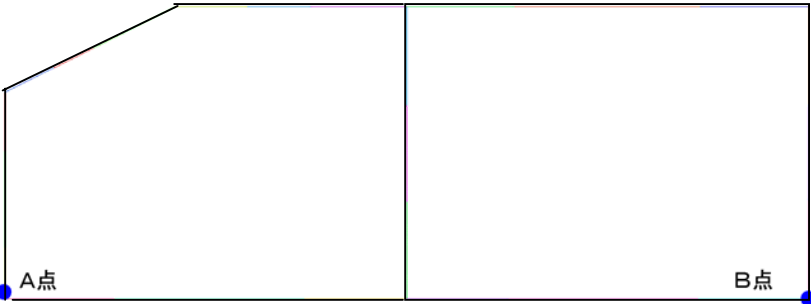
② 確保機能BC-3 : 道路ボックス直下の砂層は、液状化対策を実施する。

③ 確保機能BC-6 : 道路ボックス直下に液状化対策を実施するため浮き上がりの発生はなく、安全性、供用性を確保することができる。

道路		耐震機能	照査方法	有効応力解析 (2D)																																
確保機能	道路 (構造物) の安全性、通行機能を確保すること	BC-1	●地震に対するボックスの安全性、供用性を確保すること																																	
		BC-2	●偏土圧下での地盤変形 (液状化) に対する道路ボックスの安全性、供用性を確保すること																																	
		BC-3	●補助工法 (液状化対策) を実施すること																																	
		BC-6	●道路躯体の浮き上がりに対する安全性・供用性を確保すること																																	
解析結果と考察	<p>&lt;ランプ部: No. 219断面&gt;</p> <table border="1" style="float: right;"> <thead> <tr> <th colspan="2">完成形</th> </tr> <tr> <th colspan="2">阪高基準 地震動</th> </tr> <tr> <th>東南海・南海波 (L2タイプ I)</th> <th>最大級シナリオ波 (L2タイプ II)</th> </tr> <tr> <th colspan="2">(矢板なし・地盤改良有り)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ボックス部天端高</td> <td>8.27</td> </tr> <tr> <td>照査外水位</td> <td>4.52   2.26</td> </tr> <tr> <td>沈下量</td> <td>-0.16   -0.24</td> </tr> <tr> <td>沈下後天端高</td> <td>8.11   8.03</td> </tr> <tr> <td>判定</td> <td>OK   OK</td> </tr> </tbody> </table> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>完成形: 矢板なし・地盤改良</p> <p>レベル2タイプ I 地震動 (東南海・南海)</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>レベル2タイプ II 地震動 (シナリオ)</p> </div> </div> <div style="text-align: right;"> <p>道路ボックス函体底面回転角</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">完成形</th> </tr> <tr> <th colspan="2">阪高基準 地震動</th> </tr> <tr> <th>東南海・南海波 (L2タイプ I)</th> <th>最大級シナリオ波 (L2タイプ II)</th> </tr> <tr> <th colspan="2">(矢板なし・地盤改良有り)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ボックス両側下端の相対変位 (cm)</td> <td>56.00   8.60</td> </tr> <tr> <td>底面回転角 (1/θ &gt; 50)</td> <td>51   330</td> </tr> <tr> <td>判定</td> <td>OK   OK</td> </tr> </tbody> </table>   <p>本線ボックス底面 A 点と B 点間の相対変位  底面回転角(1/θ) = 1 / (ボックス両側下端(A・B)の相対変位 (沈下差) / 底面幅)</p> </div>				完成形		阪高基準 地震動		東南海・南海波 (L2タイプ I)	最大級シナリオ波 (L2タイプ II)	(矢板なし・地盤改良有り)		ボックス部天端高	8.27	照査外水位	4.52   2.26	沈下量	-0.16   -0.24	沈下後天端高	8.11   8.03	判定	OK   OK	完成形		阪高基準 地震動		東南海・南海波 (L2タイプ I)	最大級シナリオ波 (L2タイプ II)	(矢板なし・地盤改良有り)		ボックス両側下端の相対変位 (cm)	56.00   8.60	底面回転角 (1/θ > 50)	51   330	判定	OK   OK
	完成形																																			
阪高基準 地震動																																				
東南海・南海波 (L2タイプ I)	最大級シナリオ波 (L2タイプ II)																																			
(矢板なし・地盤改良有り)																																				
ボックス部天端高	8.27																																			
照査外水位	4.52   2.26																																			
沈下量	-0.16   -0.24																																			
沈下後天端高	8.11   8.03																																			
判定	OK   OK																																			
完成形																																				
阪高基準 地震動																																				
東南海・南海波 (L2タイプ I)	最大級シナリオ波 (L2タイプ II)																																			
(矢板なし・地盤改良有り)																																				
ボックス両側下端の相対変位 (cm)	56.00   8.60																																			
底面回転角 (1/θ > 50)	51   330																																			
判定	OK   OK																																			
確保機能に対する評価	<p>① 確保機能 BC-1～2 地震後のボックスの沈下量は、タイプ I 地震動で 0.0～0.16m、タイプ II 地震動で 0.08～0.24m であり、液状化に伴う地盤変形が抑制されている。 偏土圧下での地盤変形 (液状化) に対してボックス底面の鉛直変位による回転角に着目すると、ボックス下面の地盤改良により回転は抑制され、安全性、供用性を確保することができる。</p> <p>② 確保機能 BC-3 : 道路ボックス直下の砂層は、液状化対策を実施する。</p> <p>③ 確保機能 BC-6 : 道路ボックス直下に液状化対策を実施するため浮き上がりの発生はなく、安全性、供用性を確保することができる。</p>																																			

\*) 液状化対策は非液状化層とする

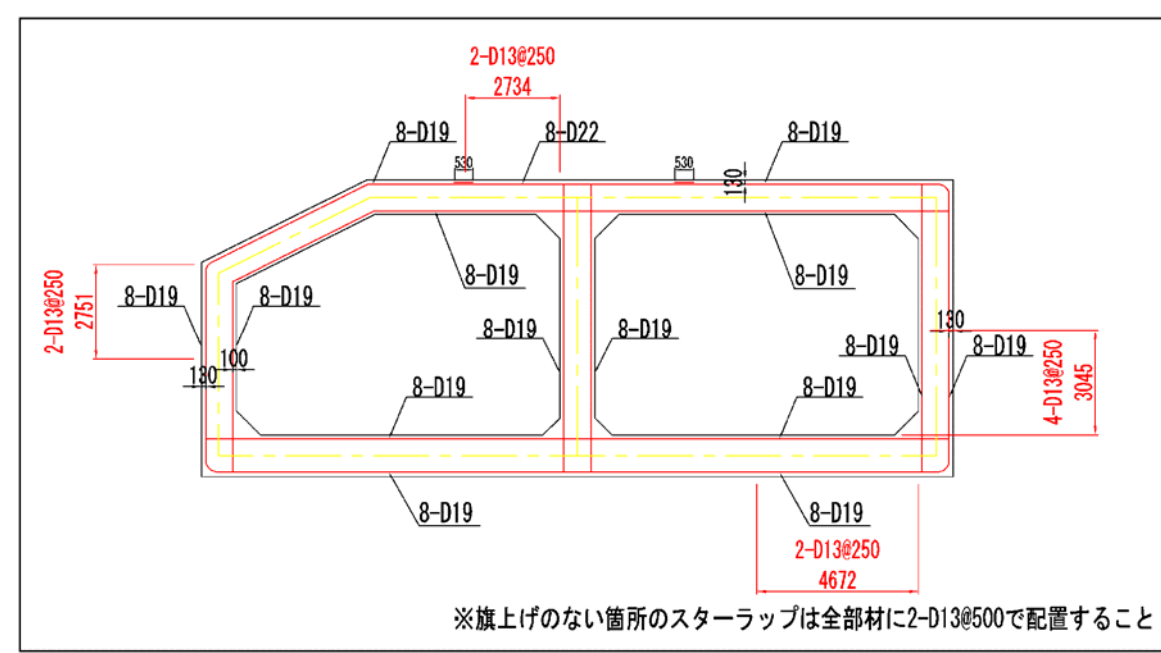


道路		耐震機能	照査方法	有効応力解析 (2D)																																												
確保機能	道路(構造物)の安全性、通行機能を確保すること	BC-1	●地震に対するボックスの安全性、供用性を確保すること																																													
		BC-2	●偏土圧下での地盤変形(液状化)に対する道路ボックスの安全性、供用性を確保すること																																													
		BC-3	●補助工法(液状化対策)を実施すること																																													
		BC-6	●道路躯体の浮き上がりに対する安全性・供用性を確保すること																																													
解析結果と考察	<p>&lt;交差点: No. 106断面&gt;</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th rowspan="3"></th> <th colspan="2">完成形</th> </tr> <tr> <th colspan="2">阪高基準 地震動</th> </tr> <tr> <th>東南海・南海波 (L2タイプ I)</th> <th>最大級シナリオ波 (L2タイプ II)</th> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="2">(矢板なし・地盤改良有り)</td> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ボックス部天端高</td> <td colspan="2">6.42</td> </tr> <tr> <td>照査外水位</td> <td>4.54</td> <td>2.19</td> </tr> <tr> <td>沈下量</td> <td>0.02</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>沈下後天端高</td> <td>6.44</td> <td>6.42</td> </tr> <tr> <td>判定</td> <td>OK</td> <td>OK</td> </tr> </tbody> </table> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>完成形: 矢板なし・地盤改良</p>  <p>レベル2タイプ I 地震動(東南海・南海)</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>レベル2タイプ II 地震動(シナリオ)</p> </div> </div> <div style="text-align: right;"> <p>道路ボックス函体底面回転角</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th rowspan="3"></th> <th colspan="2">完成形</th> </tr> <tr> <th colspan="2">阪高基準 地震動</th> </tr> <tr> <th>東南海・南海波 (L2タイプ I)</th> <th>最大級シナリオ波 (L2タイプ II)</th> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="2">(矢板なし・地盤改良有り)</td> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ボックス両側下端の相対変位 (cm)</td> <td>3.73</td> <td>1.51</td> </tr> <tr> <td>底面回転角 (1/θ &gt; 50)</td> <td>555</td> <td>1367</td> </tr> <tr> <td>判定</td> <td>OK</td> <td>OK</td> </tr> </tbody> </table>    <p style="text-align: center;">本線ボックス底盤部 A点とB点間の相対変位 本線ボックス底面 A点とB点間の相対変位 底面回転角(1/θ) = 1/(ボックス両側下端(A・B)の相対変位(沈下差)/底面幅)</p> </div>					完成形		阪高基準 地震動		東南海・南海波 (L2タイプ I)	最大級シナリオ波 (L2タイプ II)		(矢板なし・地盤改良有り)		ボックス部天端高	6.42		照査外水位	4.54	2.19	沈下量	0.02	0.00	沈下後天端高	6.44	6.42	判定	OK	OK		完成形		阪高基準 地震動		東南海・南海波 (L2タイプ I)	最大級シナリオ波 (L2タイプ II)		(矢板なし・地盤改良有り)		ボックス両側下端の相対変位 (cm)	3.73	1.51	底面回転角 (1/θ > 50)	555	1367	判定	OK	OK
		完成形																																														
		阪高基準 地震動																																														
		東南海・南海波 (L2タイプ I)	最大級シナリオ波 (L2タイプ II)																																													
	(矢板なし・地盤改良有り)																																															
ボックス部天端高	6.42																																															
照査外水位	4.54	2.19																																														
沈下量	0.02	0.00																																														
沈下後天端高	6.44	6.42																																														
判定	OK	OK																																														
	完成形																																															
	阪高基準 地震動																																															
	東南海・南海波 (L2タイプ I)	最大級シナリオ波 (L2タイプ II)																																														
	(矢板なし・地盤改良有り)																																															
ボックス両側下端の相対変位 (cm)	3.73	1.51																																														
底面回転角 (1/θ > 50)	555	1367																																														
判定	OK	OK																																														
確保機能に対する評価	<p>① 確保機能BC-1～2 交差点ボックスは杭基礎構造であるため、地震後のボックスの沈下量は、タイプ I 地震動で 0.0m、タイプ II 地震動で 0.0～0.01m となり、液状化に伴う変形は抑制されている。偏土圧下での地盤変形(液状化)に対してボックス底面の鉛直変位による回転角も許容値を満足し、安全性、供用性を確保することができる。</p> <p>② 確保機能BC-3 : 道路ボックスが杭基礎のため、液状化対策となっている。</p> <p>③ 確保機能BC-6 : 道路ボックスは杭基礎のため浮き上がりの発生はなく、安全性、供用性を確保することができる。</p>																																															

3-3-5-2 道路構造物の部材耐力の評価

道路		耐震機能	照査方法	有効応力解析 (2D) <横断方向>																																																								
確保機能	道路(構造物)の安全性、通行機能を確保すること	BC-1	●地震に対するボックスの安全性、供用性を確保すること																																																									
		BC-2	●偏土圧下での地盤変形(液状化)に対する道路ボックスの安全性、供用性を確保すること																																																									
解析結果と考察	<p>&lt;一般部：No. 204断面&gt; (完成形：矢板なし・地盤改良有り)                      以下の検討結果はLIQCAの検討結果より、整理したものである。</p> <p>道路ボックスの部材照査結果(曲げ、せん断、層間変形:各部材の最大値)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2" rowspan="3"></th> <th colspan="2">完成形 本線</th> </tr> <tr> <th colspan="2">阪高基準</th> </tr> <tr> <th>東南海・南海地震</th> <th>最大級シナリオ波</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="2">完成形(矢板なし、地盤改良有り)</td> </tr> <tr> <td rowspan="5">曲げ照査 (<math>\mu_{\phi R}/\mu_{\phi a}&lt;1.0</math>)</td> <td>左側壁</td> <td>0.178</td> <td>0.115</td> </tr> <tr> <td>右側壁</td> <td>0.517</td> <td>0.350</td> </tr> <tr> <td>頂版</td> <td>0.588</td> <td>0.184</td> </tr> <tr> <td>底版</td> <td>0.208</td> <td>0.148</td> </tr> <tr> <td>中壁</td> <td>0.209</td> <td>0.180</td> </tr> <tr> <td rowspan="5">せん断照査 (<math>V_d/V_{yd}&lt;1.0</math>)</td> <td>左側壁</td> <td>0.454</td> <td>0.572</td> </tr> <tr> <td>右側壁</td> <td>0.451</td> <td>0.389</td> </tr> <tr> <td>頂版</td> <td>0.589</td> <td>0.681</td> </tr> <tr> <td>底版</td> <td>0.609</td> <td>0.634</td> </tr> <tr> <td>中壁</td> <td>0.217</td> <td>0.412</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">層間変形角 (<math>1/\theta&gt;50</math>)</td> <td>側壁</td> <td>71</td> <td>83</td> </tr> <tr> <td>中壁</td> <td>91</td> <td>102</td> </tr> <tr> <td colspan="2">中壁の破壊モード</td> <td>曲げ先行</td> <td>曲げ先行</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>						完成形 本線		阪高基準		東南海・南海地震	最大級シナリオ波			完成形(矢板なし、地盤改良有り)		曲げ照査 ( $\mu_{\phi R}/\mu_{\phi a}<1.0$ )	左側壁	0.178	0.115	右側壁	0.517	0.350	頂版	0.588	0.184	底版	0.208	0.148	中壁	0.209	0.180	せん断照査 ( $V_d/V_{yd}<1.0$ )	左側壁	0.454	0.572	右側壁	0.451	0.389	頂版	0.589	0.681	底版	0.609	0.634	中壁	0.217	0.412	層間変形角 ( $1/\theta>50$ )	側壁	71	83	中壁	91	102	中壁の破壊モード		曲げ先行	曲げ先行	
			完成形 本線																																																									
阪高基準																																																												
東南海・南海地震			最大級シナリオ波																																																									
		完成形(矢板なし、地盤改良有り)																																																										
曲げ照査 ( $\mu_{\phi R}/\mu_{\phi a}<1.0$ )	左側壁	0.178	0.115																																																									
	右側壁	0.517	0.350																																																									
	頂版	0.588	0.184																																																									
	底版	0.208	0.148																																																									
	中壁	0.209	0.180																																																									
せん断照査 ( $V_d/V_{yd}<1.0$ )	左側壁	0.454	0.572																																																									
	右側壁	0.451	0.389																																																									
	頂版	0.589	0.681																																																									
	底版	0.609	0.634																																																									
	中壁	0.217	0.412																																																									
層間変形角 ( $1/\theta>50$ )	側壁	71	83																																																									
	中壁	91	102																																																									
中壁の破壊モード		曲げ先行	曲げ先行																																																									
確保機能に対する評価		<p>① 確保機能 BC-1~2                      道路設計で決定した構造諸元において、レベル2地震時の構造部材照査(曲げ、せん断、層間変形角)は、いずれの条件においても基準値を満足し、ボックスの安全性、供用性は確保されている。</p>																																																										

道路ボックス設計で決定した構造諸元(L2対応:阪高基準 最大級シナリオ波で決定)



道路	耐震機能	照査方法	有効応力解析（2D）＜横断方向＞
確保機能	道路（構造物）の安全性、通行機能を確保すること	BC-1	●地震に対するボックスの安全性、供用性を確保すること
		BC-2	●偏土圧下での地盤変形（液状化）に対する道路ボックスの安全性、供用性を確保すること

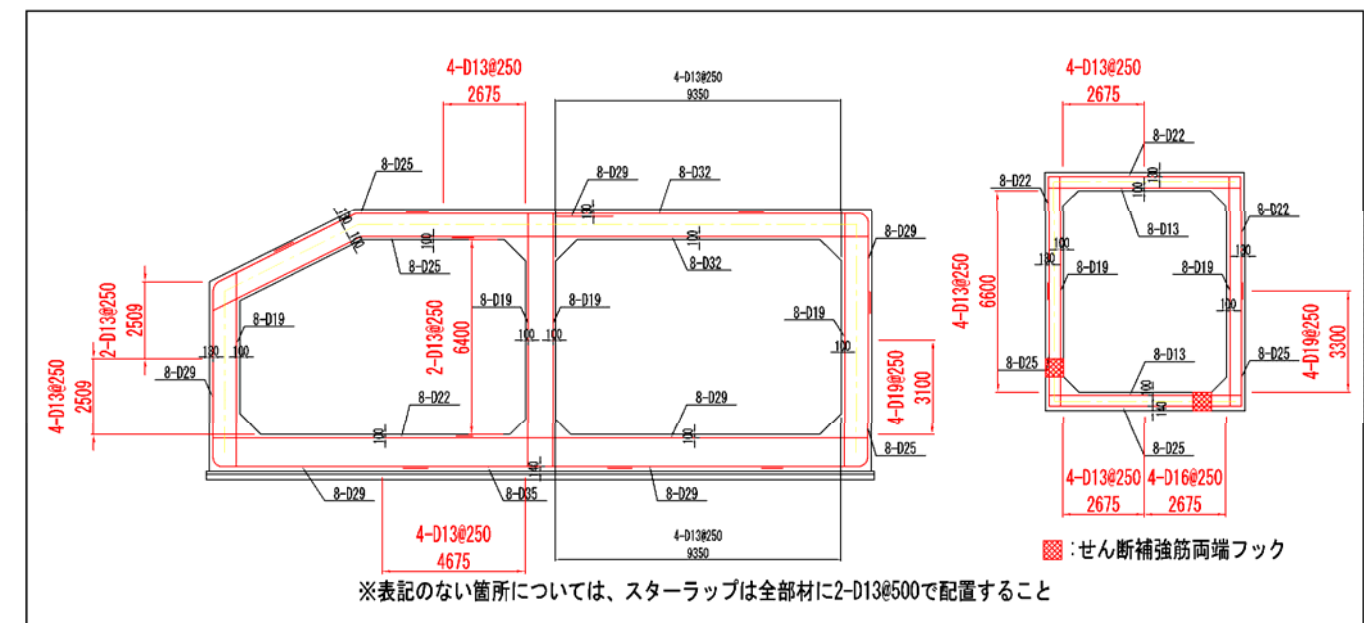
<ランプ部：No. 77断面 平面2連>（完成形：矢板なし・地盤改良有り）

道路ボックスの部材照査結果（曲げ、せん断、層間変形：各部材の最大値）

		完成形（平面2連）本線部	
		阪高基準	
		東南海・南海地震	最大級シナリオ波
完成形（矢板なし、地盤改良有り）			
曲げ照査 ( $\mu_{\phi R} / \mu_{\phi a} < 1.0$ )	左側壁	0.222	0.074
	右側壁	0.244	0.057
	頂版	0.308	0.125
	底版	0.222	0.074
	中壁	0.116	0.082
せん断照査 ( $V_d / V_{yd} < 1.0$ )	左側壁	0.539	0.552
	右側壁	0.421	0.465
	頂版	0.451	0.499
	底版	0.413	0.468
層間変形角 ( $1/\theta > 50$ )	側壁	183	373
	中壁	226	317
中壁の破壊モード		曲げ先行	曲げ先行

		完成形（平面2連）ランプ部	
		阪高基準	
		東南海・南海地震	最大級シナリオ波
完成形（矢板なし、地盤改良有り）			
曲げ照査 ( $\mu_{\phi R} / \mu_{\phi a} < 1.0$ )	側壁	0.796	0.043
	頂版	0.440	0.289
	底版	0.619	0.047
せん断照査 ( $V_d / V_{yd} < 1.0$ )	側壁	0.605	0.684
	頂版	0.717	0.737
	底版	0.574	0.673
層間変形角 ( $1/\theta > 50$ )	側壁	220	262

道路ボックス設計で決定した構造諸元（L2対応：阪高基準 最大級シナリオ波で決定）



解析結果と考察

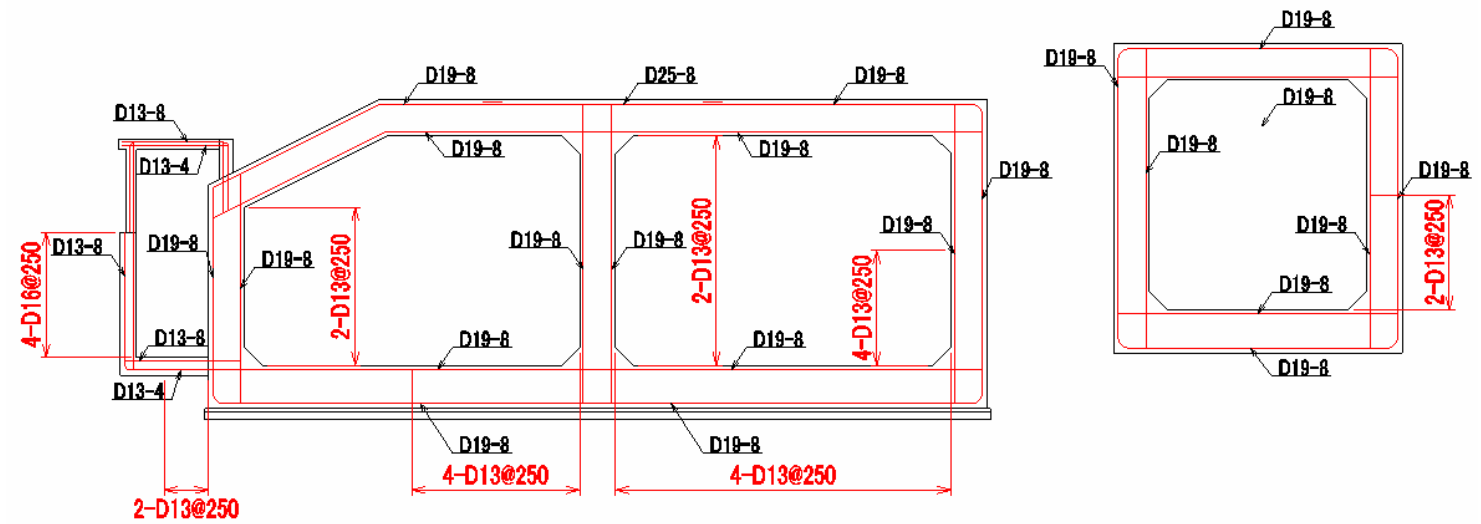
確保機能に対する評価

① 確保機能 BC-1～2

道路設計で決定した構造諸元において、レベル2地震時の構造部材照査（曲げ、せん断、層間変形角）は、いずれの条件においても基準値を満足し、ボックスの安全性、供用性は確保されている。

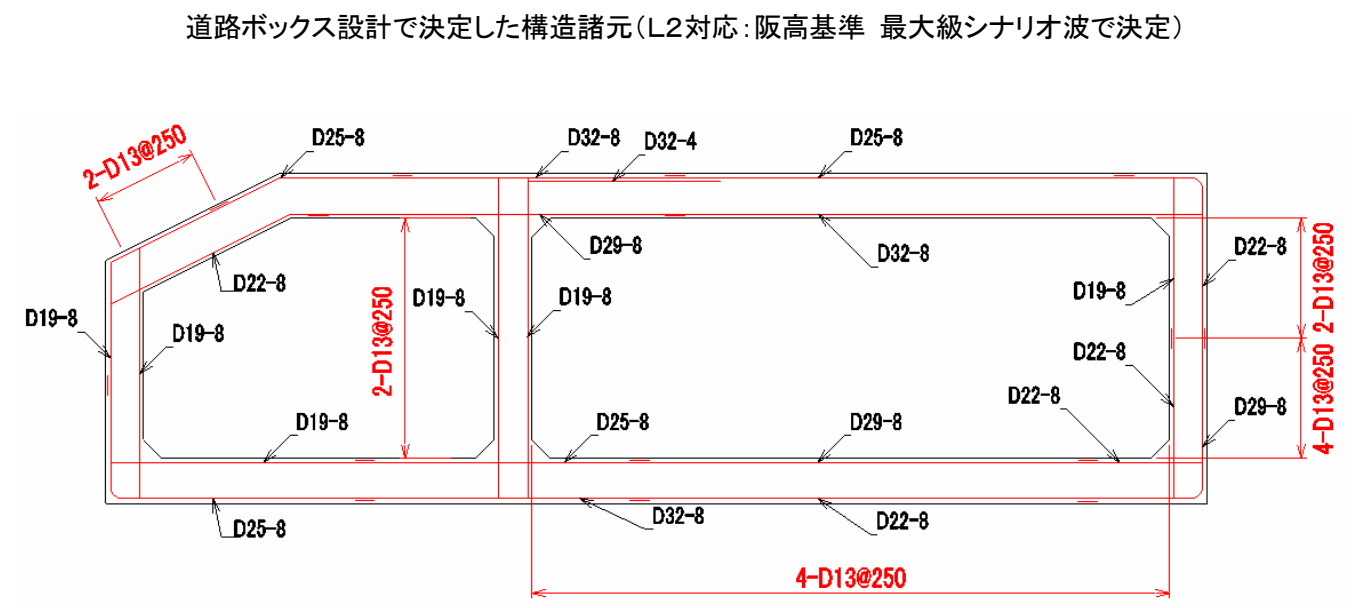
道路	耐震機能	照査方法	有効応力解析 (2D) <横断方向>																																																																																												
確保機能	道路(構造物)の安全性、通行機能を確保すること	BC-1	●地震に対するボックスの安全性、供用性を確保すること																																																																																												
		BC-2	●偏土圧下での地盤変形(液状化)に対する道路ボックスの安全性、供用性を確保すること																																																																																												
解析結果と考察	<p>&lt;ランプ部: No. 132断面 &gt; (完成形: 矢板なし・地盤改良有り)</p> <p>道路ボックスの部材照査結果(曲げ、せん断、層間変形: 各部材の最大値)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2" rowspan="2"></th> <th colspan="2">完成形 本線部</th> </tr> <tr> <th colspan="2">阪高基準</th> </tr> <tr> <th colspan="2"></th> <th>東南海・南海地震</th> <th>最大級シナリオ波</th> </tr> <tr> <th colspan="4">完成形(矢板なし、地盤改良有り)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="5">曲げ照査 (<math>\mu_{\phi R}/\mu_{\phi a}&lt;1.0</math>)</td> <td>左側壁</td> <td>0.222</td> <td>0.129</td> </tr> <tr> <td>右側壁</td> <td>0.231</td> <td>0.190</td> </tr> <tr> <td>頂版</td> <td>0.300</td> <td>0.300</td> </tr> <tr> <td>底版</td> <td>0.239</td> <td>0.386</td> </tr> <tr> <td>中壁</td> <td>0.143</td> <td>0.117</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">せん断照査 (<math>Vd/Vyd&lt;1.0</math>)</td> <td>左側壁</td> <td>0.326</td> <td>0.798</td> </tr> <tr> <td>右側壁</td> <td>0.670</td> <td>0.539</td> </tr> <tr> <td>頂版</td> <td>0.638</td> <td>0.689</td> </tr> <tr> <td>底版</td> <td>0.621</td> <td>0.699</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">層間変形角 (<math>1/\theta&gt;50</math>)</td> <td>側壁</td> <td>64</td> <td>192</td> </tr> <tr> <td>中壁</td> <td>85</td> <td>153</td> </tr> <tr> <td colspan="2">中壁の破壊モード</td> <td>曲げ先行</td> <td>曲げ先行</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2" rowspan="2"></th> <th colspan="2">完成形 ランプ部</th> </tr> <tr> <th colspan="2">阪高基準</th> </tr> <tr> <th colspan="2"></th> <th>東南海・南海地震</th> <th>最大級シナリオ波</th> </tr> <tr> <th colspan="4">完成形(矢板なし、地盤改良有り)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">曲げ照査 (<math>\mu_{\phi R}/\mu_{\phi a}&lt;1.0</math>)</td> <td>側壁</td> <td>0.005</td> <td>0.006</td> </tr> <tr> <td>頂版</td> <td>0.005</td> <td>0.009</td> </tr> <tr> <td>底版</td> <td>0.020</td> <td>0.004</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">せん断照査 (<math>Vd/Vyd&lt;1.0</math>)</td> <td>側壁</td> <td>0.685</td> <td>0.814</td> </tr> <tr> <td>頂版</td> <td>0.307</td> <td>0.367</td> </tr> <tr> <td>底版</td> <td>0.613</td> <td>0.668</td> </tr> <tr> <td>層間変形角 (<math>1/\theta&gt;50</math>)</td> <td>側壁</td> <td>63</td> <td>84</td> </tr> </tbody> </table>					完成形 本線部		阪高基準				東南海・南海地震	最大級シナリオ波	完成形(矢板なし、地盤改良有り)				曲げ照査 ( $\mu_{\phi R}/\mu_{\phi a}<1.0$ )	左側壁	0.222	0.129	右側壁	0.231	0.190	頂版	0.300	0.300	底版	0.239	0.386	中壁	0.143	0.117	せん断照査 ( $Vd/Vyd<1.0$ )	左側壁	0.326	0.798	右側壁	0.670	0.539	頂版	0.638	0.689	底版	0.621	0.699	層間変形角 ( $1/\theta>50$ )	側壁	64	192	中壁	85	153	中壁の破壊モード		曲げ先行	曲げ先行			完成形 ランプ部		阪高基準				東南海・南海地震	最大級シナリオ波	完成形(矢板なし、地盤改良有り)				曲げ照査 ( $\mu_{\phi R}/\mu_{\phi a}<1.0$ )	側壁	0.005	0.006	頂版	0.005	0.009	底版	0.020	0.004	せん断照査 ( $Vd/Vyd<1.0$ )	側壁	0.685	0.814	頂版	0.307	0.367	底版	0.613	0.668	層間変形角 ( $1/\theta>50$ )	側壁	63	84
			完成形 本線部																																																																																												
阪高基準																																																																																															
		東南海・南海地震	最大級シナリオ波																																																																																												
完成形(矢板なし、地盤改良有り)																																																																																															
曲げ照査 ( $\mu_{\phi R}/\mu_{\phi a}<1.0$ )	左側壁	0.222	0.129																																																																																												
	右側壁	0.231	0.190																																																																																												
	頂版	0.300	0.300																																																																																												
	底版	0.239	0.386																																																																																												
	中壁	0.143	0.117																																																																																												
せん断照査 ( $Vd/Vyd<1.0$ )	左側壁	0.326	0.798																																																																																												
	右側壁	0.670	0.539																																																																																												
	頂版	0.638	0.689																																																																																												
	底版	0.621	0.699																																																																																												
層間変形角 ( $1/\theta>50$ )	側壁	64	192																																																																																												
	中壁	85	153																																																																																												
中壁の破壊モード		曲げ先行	曲げ先行																																																																																												
		完成形 ランプ部																																																																																													
		阪高基準																																																																																													
		東南海・南海地震	最大級シナリオ波																																																																																												
完成形(矢板なし、地盤改良有り)																																																																																															
曲げ照査 ( $\mu_{\phi R}/\mu_{\phi a}<1.0$ )	側壁	0.005	0.006																																																																																												
	頂版	0.005	0.009																																																																																												
	底版	0.020	0.004																																																																																												
せん断照査 ( $Vd/Vyd<1.0$ )	側壁	0.685	0.814																																																																																												
	頂版	0.307	0.367																																																																																												
	底版	0.613	0.668																																																																																												
層間変形角 ( $1/\theta>50$ )	側壁	63	84																																																																																												
確保機能に対する評価	<p>① 確保機能 BC-1~2</p> <p>道路設計で決定した構造諸元において、レベル2地震時の構造部材照査(曲げ、せん断、層間変形角)は、いずれの条件においても基準値を満足し、ボックスの安全性、供用性は確保されている。</p>																																																																																														

道路ボックス設計で決定した構造諸元(L2対応: 阪高基準 最大級シナリオ波で決定)





道路		耐震機能	照査方法	有効応力解析 (2D) <横断方向>																																																				
確保機能	道路 (構造物) の安全性、通行機能を確保すること	BC-1	●地震に対するボックスの安全性, 供用性を確保すること																																																					
		BC-2	●偏土圧下での地盤変形 (液状化) に対する道路ボックスの安全性, 供用性を確保すること																																																					
解析結果と考察	<p>&lt;ランプ部: No. 219 断面 &gt; (完成形: 矢板なし・地盤改良有り)            道路ボックスの部材照査結果 (曲げ、せん断、層間変形: 各部材の最大値)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2" rowspan="3"></th> <th colspan="2">完成形</th> </tr> <tr> <th colspan="2">阪高基準</th> </tr> <tr> <th>東南海・南海地震</th> <th>最大級シナリオ波</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2" rowspan="5">曲げ照査 (<math>\mu_{\phi R} / \mu_{\phi a} &lt; 1.0</math>)</td> <td>左側壁</td> <td>0.104</td> <td>0.085</td> </tr> <tr> <td>右側壁</td> <td>0.182</td> <td>0.142</td> </tr> <tr> <td>頂版</td> <td>0.448</td> <td>0.262</td> </tr> <tr> <td>底版</td> <td>0.850</td> <td>0.454</td> </tr> <tr> <td>中壁</td> <td>0.174</td> <td>0.087</td> </tr> <tr> <td colspan="2" rowspan="4">せん断照査 (<math>V_d / V_{yd} &lt; 1.0</math>)</td> <td>左側壁</td> <td>0.380</td> <td>0.515</td> </tr> <tr> <td>右側壁</td> <td>0.805</td> <td>0.476</td> </tr> <tr> <td>頂版</td> <td>0.639</td> <td>0.658</td> </tr> <tr> <td>底版</td> <td>0.801</td> <td>0.787</td> </tr> <tr> <td colspan="2" rowspan="2">層間変形角 (<math>1/\theta &gt; 50</math>)</td> <td>側壁</td> <td>545</td> <td>380</td> </tr> <tr> <td>中壁</td> <td>253</td> <td>380</td> </tr> <tr> <td colspan="2">中壁の破壊モード</td> <td>曲げ先行</td> <td>曲げ先行</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>						完成形		阪高基準		東南海・南海地震	最大級シナリオ波	曲げ照査 ( $\mu_{\phi R} / \mu_{\phi a} < 1.0$ )		左側壁	0.104	0.085	右側壁	0.182	0.142	頂版	0.448	0.262	底版	0.850	0.454	中壁	0.174	0.087	せん断照査 ( $V_d / V_{yd} < 1.0$ )		左側壁	0.380	0.515	右側壁	0.805	0.476	頂版	0.639	0.658	底版	0.801	0.787	層間変形角 ( $1/\theta > 50$ )		側壁	545	380	中壁	253	380	中壁の破壊モード		曲げ先行	曲げ先行	
			完成形																																																					
阪高基準																																																								
東南海・南海地震			最大級シナリオ波																																																					
曲げ照査 ( $\mu_{\phi R} / \mu_{\phi a} < 1.0$ )		左側壁	0.104	0.085																																																				
		右側壁	0.182	0.142																																																				
		頂版	0.448	0.262																																																				
		底版	0.850	0.454																																																				
		中壁	0.174	0.087																																																				
せん断照査 ( $V_d / V_{yd} < 1.0$ )		左側壁	0.380	0.515																																																				
		右側壁	0.805	0.476																																																				
		頂版	0.639	0.658																																																				
		底版	0.801	0.787																																																				
層間変形角 ( $1/\theta > 50$ )		側壁	545	380																																																				
		中壁	253	380																																																				
中壁の破壊モード		曲げ先行	曲げ先行																																																					
確保機能に対する評価		<p>① 確保機能 BC-1~2            道路設計で決定した構造諸元において、レベル2地震時の構造部材照査 (曲げ、せん断、層間変形角) は、いずれの条件においても基準値を満足し、ボックスの安全性、供用性は確保されている。</p>																																																						



道路		耐震機能	照査方法	有効応力解析（2D）＜横断方向＞																																																								
確保機能	道路（構造物）の安全性、通行機能を確保すること	BC-1	●地震に対するボックスの安全性、供用性を確保すること																																																									
		BC-2	●偏土圧下での地盤変形（液状化）に対する道路ボックスの安全性、供用性を確保すること																																																									
		BC-3	●補助工法（液状化対策）を実施すること																																																									
解析結果と考察		<p>＜交差点：No. 106断面＞（完成形：矢板なし・地盤改良有り）</p> <p>道路ボックスの部材照査結果（曲げ、せん断、層間変形：各部材の最大値）</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="3"></th> <th rowspan="3"></th> <th colspan="2">完成形</th> </tr> <tr> <th colspan="2">阪高基準</th> </tr> <tr> <th>東南海・南海地震</th> <th>最大級シナリオ波</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="4">完成形（矢板なし、地盤改良有り）</td> </tr> <tr> <td rowspan="5">曲げ照査 (<math>\mu_{\phi R} / \mu_{\phi a} &lt; 1.0</math>)</td> <td>左側壁</td> <td>0.004</td> <td>0.003</td> </tr> <tr> <td>右側壁</td> <td>0.007</td> <td>0.014</td> </tr> <tr> <td>頂版</td> <td>0.070</td> <td>0.029</td> </tr> <tr> <td>底版</td> <td>0.028</td> <td>0.032</td> </tr> <tr> <td>中壁</td> <td>0.006</td> <td>0.002</td> </tr> <tr> <td rowspan="5">せん断照査 (<math>V_d / V_{yd} &lt; 1.0</math>)</td> <td>左側壁</td> <td>0.183</td> <td>0.257</td> </tr> <tr> <td>右側壁</td> <td>0.151</td> <td>0.254</td> </tr> <tr> <td>頂版</td> <td>0.261</td> <td>0.280</td> </tr> <tr> <td>底版</td> <td>0.615</td> <td>0.651</td> </tr> <tr> <td>中壁</td> <td>0.142</td> <td>0.150</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">層間変形角 (<math>1 / \theta &gt; 50</math>)</td> <td>側壁</td> <td>585</td> <td>585</td> </tr> <tr> <td>中壁</td> <td>585</td> <td>585</td> </tr> <tr> <td colspan="2">中壁の破壊モード</td> <td>曲げ先行</td> <td>曲げ先行</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>道路ボックス設計で決定した構造諸元(L2対応：阪高基準 最大級シナリオ波で決定)</p>					完成形		阪高基準		東南海・南海地震	最大級シナリオ波	完成形（矢板なし、地盤改良有り）				曲げ照査 ( $\mu_{\phi R} / \mu_{\phi a} < 1.0$ )	左側壁	0.004	0.003	右側壁	0.007	0.014	頂版	0.070	0.029	底版	0.028	0.032	中壁	0.006	0.002	せん断照査 ( $V_d / V_{yd} < 1.0$ )	左側壁	0.183	0.257	右側壁	0.151	0.254	頂版	0.261	0.280	底版	0.615	0.651	中壁	0.142	0.150	層間変形角 ( $1 / \theta > 50$ )	側壁	585	585	中壁	585	585	中壁の破壊モード		曲げ先行	曲げ先行	
		完成形																																																										
		阪高基準																																																										
		東南海・南海地震	最大級シナリオ波																																																									
完成形（矢板なし、地盤改良有り）																																																												
曲げ照査 ( $\mu_{\phi R} / \mu_{\phi a} < 1.0$ )	左側壁	0.004	0.003																																																									
	右側壁	0.007	0.014																																																									
	頂版	0.070	0.029																																																									
	底版	0.028	0.032																																																									
	中壁	0.006	0.002																																																									
せん断照査 ( $V_d / V_{yd} < 1.0$ )	左側壁	0.183	0.257																																																									
	右側壁	0.151	0.254																																																									
	頂版	0.261	0.280																																																									
	底版	0.615	0.651																																																									
	中壁	0.142	0.150																																																									
層間変形角 ( $1 / \theta > 50$ )	側壁	585	585																																																									
	中壁	585	585																																																									
中壁の破壊モード		曲げ先行	曲げ先行																																																									
確保機能に対する評価	<p>① 確保機能 BC-1～2</p> <p>道路設計で決定した構造諸元において、レベル2地震時の構造部材照査（曲げ、せん断、層間変形角）は、いずれの条件においても基準値を満足し、ボックスの安全性、供用性は確保されている。</p>																																																											

3-3-5-3. 交通振動による影響検討

確保機能 LC-14	●交通振動による水みち発生を起こさないこと
---------------	-----------------------

(1) 検討方法

道路交通荷重による繰り返し荷重に伴い、ボックスカルバートと地盤の間に剥離等が発生する可能性がある。そのため水みちが発生して堤体に影響を及ぼすことが懸念される。そこで、動的応答解析手法を用いて、その影響を評価した。

- ①解析手法：2次元 FEM 動的応答解析
- ②解析モデル：耐震検討に用いた検討モデル（一般標準断面の No. 204）  
地盤：R-O モデル  
ボックスカルバートと地盤の間：ジョイント要素

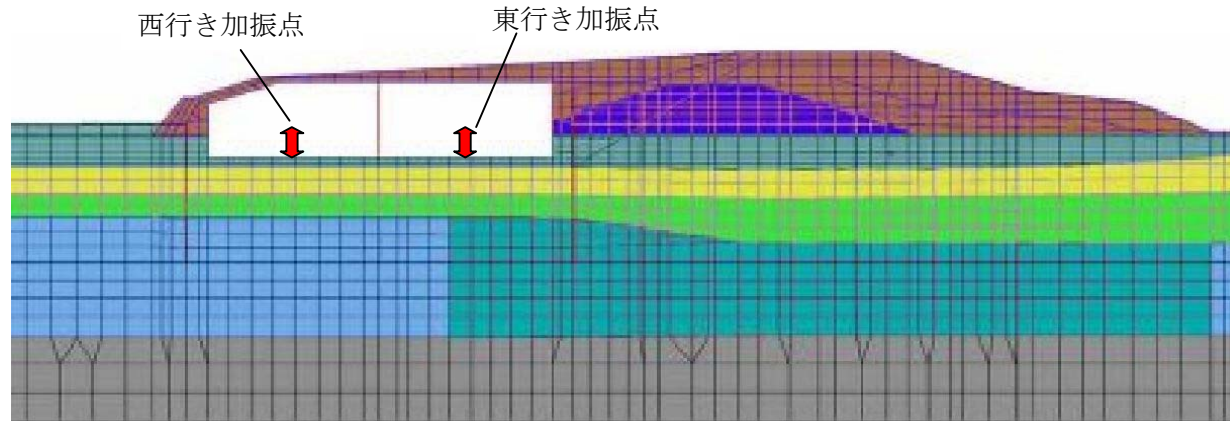


図 3-3-3 解析モデル 交通荷重の加振点位置（一般標準断面 No. 204）

③交通振動荷重

路面凹凸モデル上に 20t 相当の大型車両を走行させた動的応答解析（車両走行荷重は、車両一構造物モデルの動的応答を求める手法であるサブストラクチャー法による時刻歴応答解析）を実施し、車両接地荷重（タイヤの反力）を算出し、これを車両走行荷重とした。

図 3-3-4 に算定した交通振動荷重を示す。

ここで、車両走行速度は 60km/h とし、車両走行荷重の道路縦断方向の影響範囲は、一般的に安全な車間距離（60・15=45m）を想定し、ボックスカルバートの 1 スパン分（L=40m）とした。

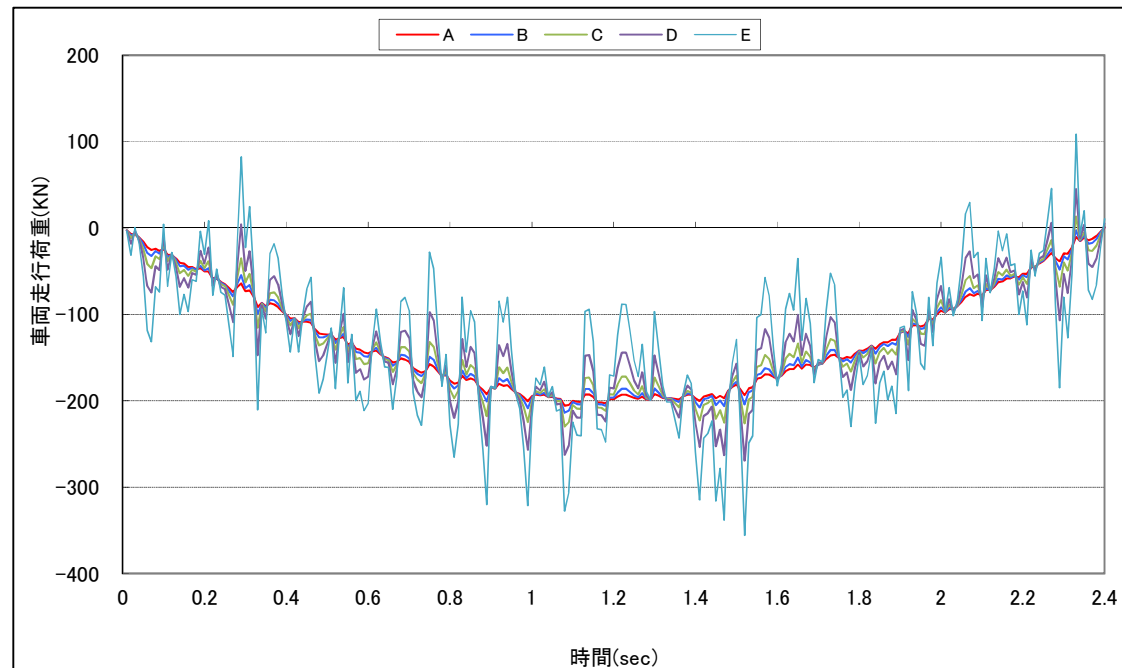


図 3-3-4 ISO で提案されている路面凹凸のパワースペクトル密度

なお、大型車および路面凹凸のモデルを以下に示す。

i) 大型車（20 tトラック）のモデル

図 3-3-5 に示すような 2 自由度系振動モデルでモデル化した。

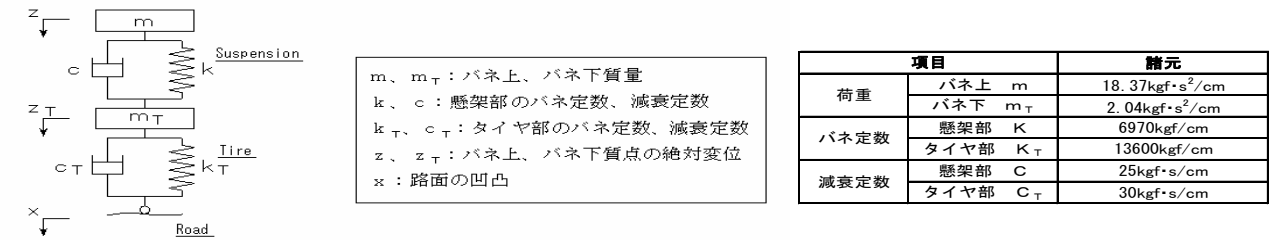


図 3-3-5 車両モデル（出典：橋梁振動の計測と解析 橋梁振動研究会編、1993 年）

ii) 路面の凹凸モデル

路面凹凸は ISO で提案されている路面凹凸のパワースペクトル密度（図 3-3-6 参照）にフィッティングするような凹凸波形とした。名神高速道路の測定例によれば、施工直後の非常に滑らかな路面凹凸は A（極良）となる。

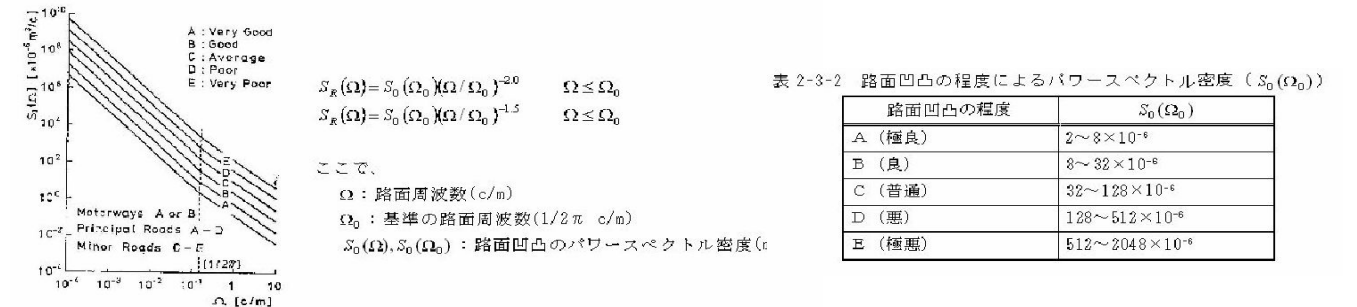


表 2-3-2 路面凹凸の程度によるパワースペクトル密度 ( $S_w(\Omega_0)$ )

路面凹凸の程度	$S_w(\Omega_0)$
A (極良)	2~8×10 <sup>-6</sup>
B (良)	8~32×10 <sup>-6</sup>
C (普通)	32~128×10 <sup>-6</sup>
D (悪)	128~512×10 <sup>-6</sup>
E (極悪)	512~2048×10 <sup>-6</sup>

図 2-3-2 路面凹凸のパワースペクトル密度 ( $S_w(\Omega)$ )

図 3-3-6 車両の動的接地荷重

iii) 交通荷重の加振方法

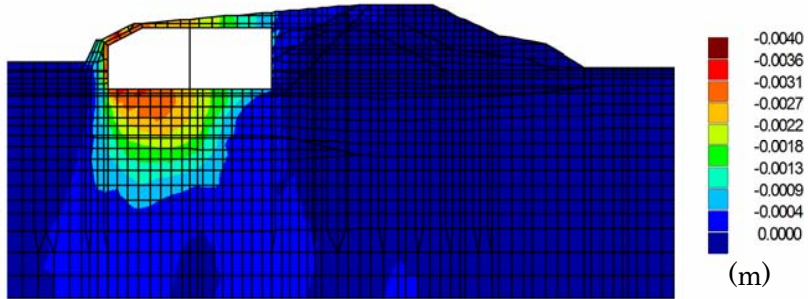
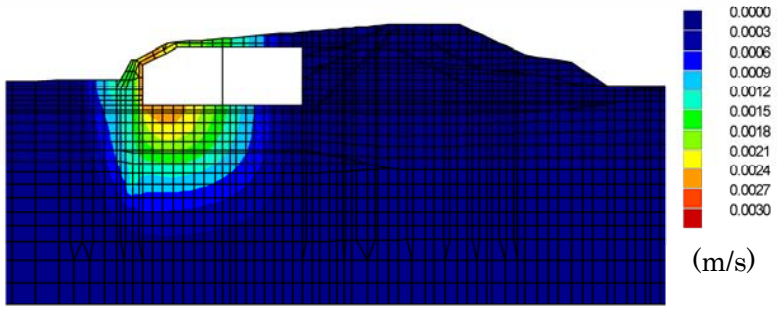
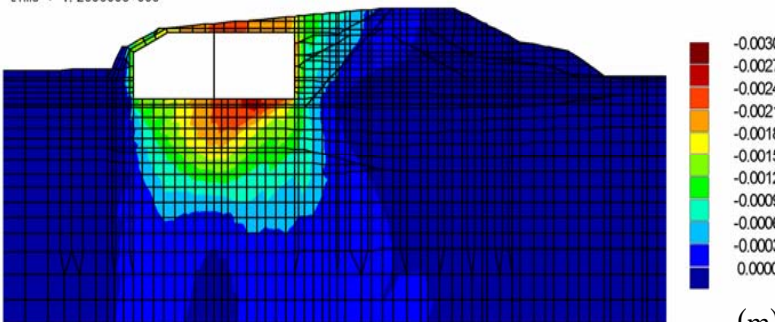
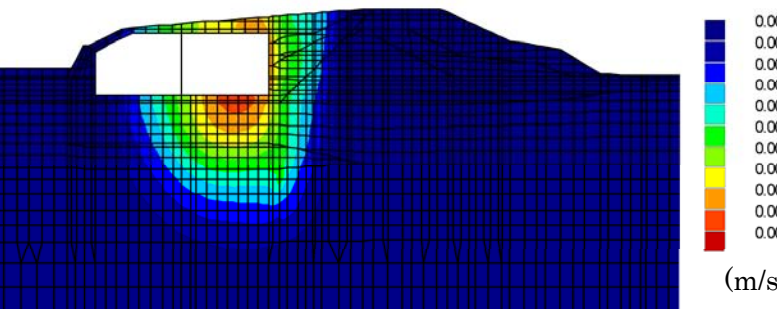
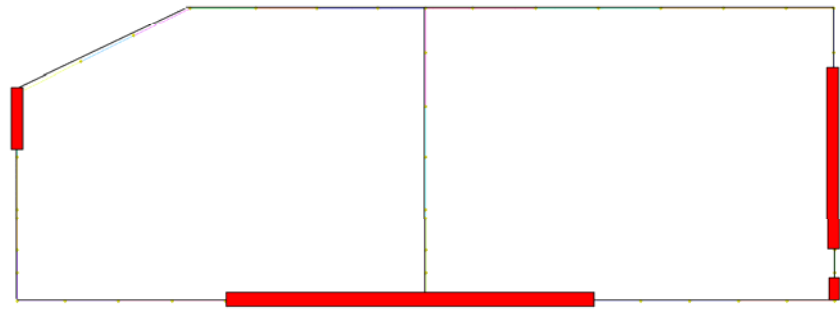
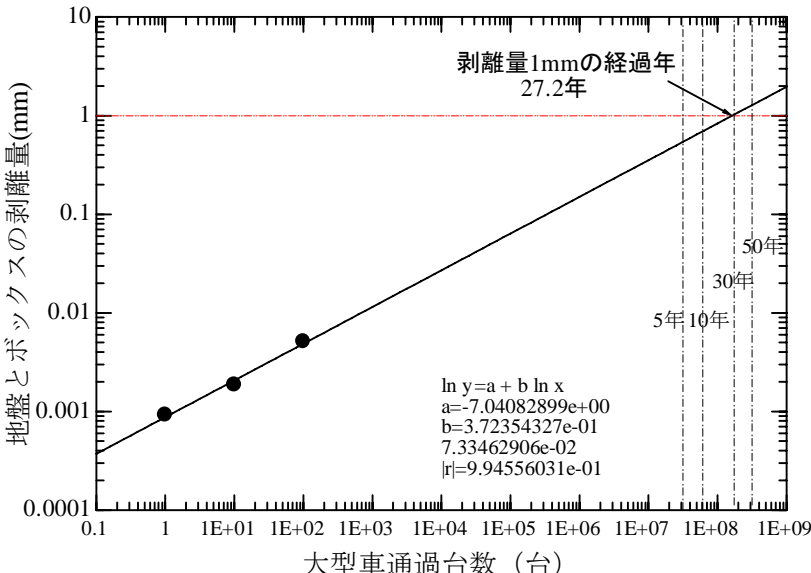
繰り返し荷重として与えることで交通荷重の繰り返し効果を考慮し、地盤とボックス間に発生する剥離の累積状態を確認し、将来交通量に対する予測を行った。

検討では、交通荷重を 1, 10, 100 回、西行き、東行きの加振点に作用させ、大型車が 1, 10, 100 台通過したことを表現した。

将来交通量に対する予測は、淀川左岸線 II 期の計画交通量 54800 台/日に対して大型車混入率を 30%に仮定(16400 台/日)し、供用以降の経過年数を算定することとした。



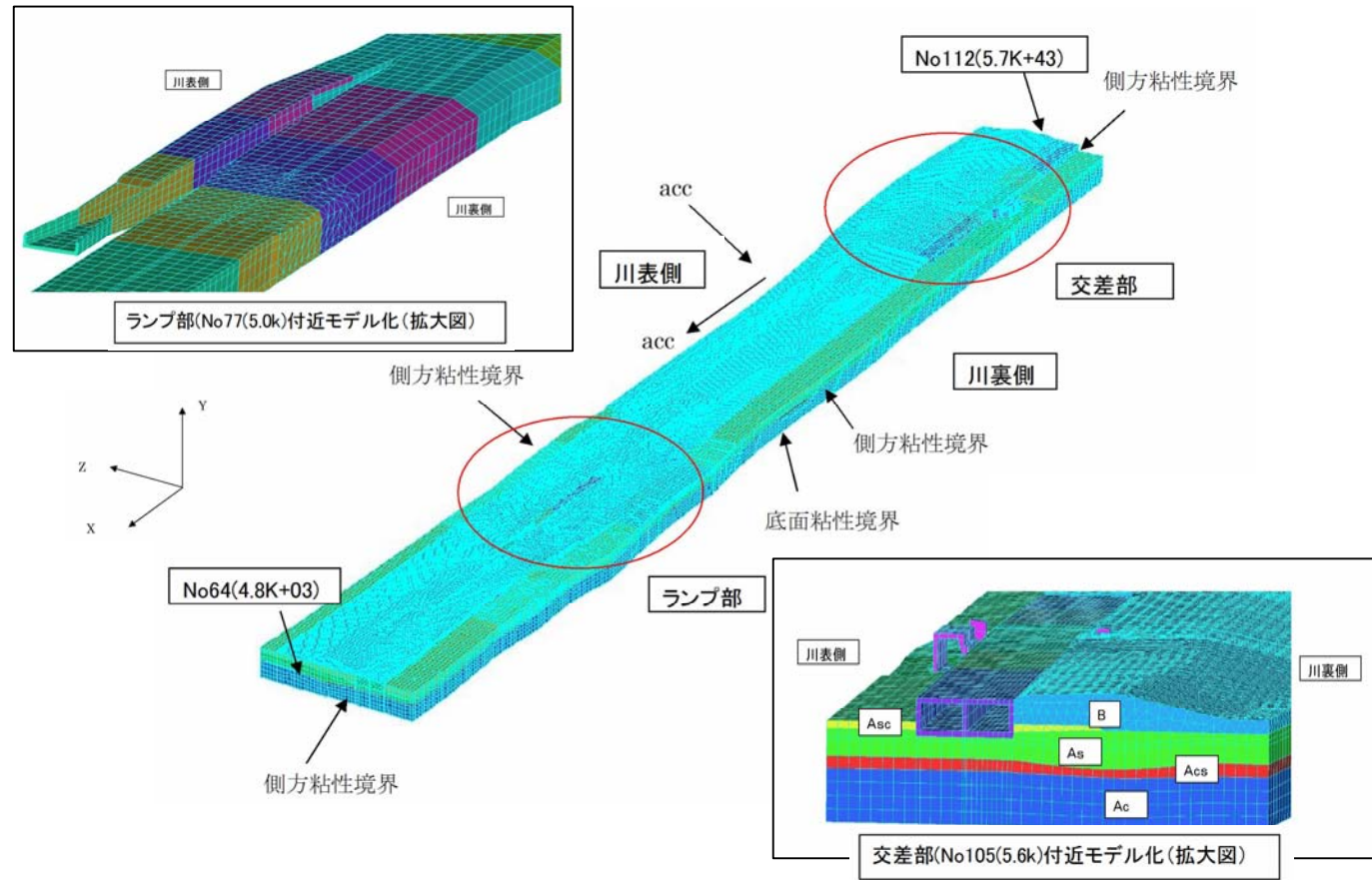
(2) 検討結果

河川		経年変化	照査方法	動的応答解析 (2D)
確保機能	構造物周辺の堤防の点検と強化	LC-14	●交通振動による水みち発生を起こさないこと	
解析結果と考察	西行き線通過時	time : 1.250000e+000		(m)
		time : 1.390000e+000		(m/s)
	東行き線通過時	time : 1.260000e+000		(m)
		time : 1.360000e+000		(m/s)
		No.204 大型車通過台数 100 台作用時 地盤と構造物剥離量 1 × 10 <sup>-3</sup> mm × 5 × 10 <sup>-3</sup> mm		(大型車通過台数 100 台時の剥離分布図)
				剥離量1mmの経過年 27.2年
確保機能に対する評価	<p>① 大型車通過時の躯体には、最大応変変位で 2~3mm、最大速度で 0.2cm/sec の応答が発生する。</p> <p>② 大型車通過時に躯体周辺の地盤に発生するせん断ひずみは、10<sup>-5</sup> オーダーの微小ひずみレベルであり、堤体に影響を与える量でない。</p> <p>③ 大型車通過台数 100 台時には、躯体底面及び側面に地盤と構造物間の剥離が発生する。剥離量は 10<sup>-3</sup>mm オーダーの微小である。</p>			



### 3-3-6 検討条件（縦断方向・三次元解析）

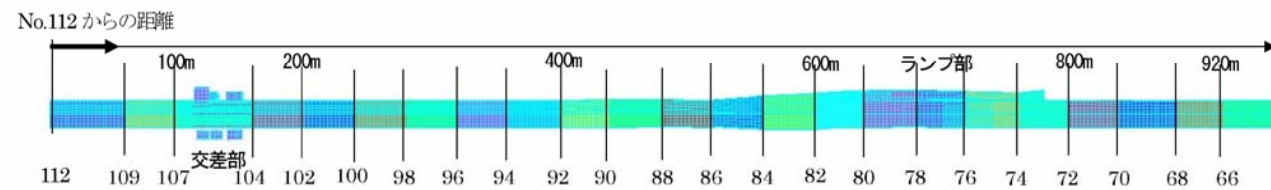
#### (1) 三次元動的解析（地盤・構造物のモデル化）



#### (2) 縦断解析（梁ばねモデル）のモデル化

##### 1) モデル化の範囲

本線および交差部、ランブ部からなる3次元梁～パネモデルとする。4.8k～5.8k区間を対象とする。また継手間隔40mを基本として下図に示す位置に構造継手を配置する。



##### 2) 梁ばねモデル化

本解析では、ボックス本体を直線の梁にモデル化し、ボックス間の継手部および地盤にバネを設置することで梁ばねモデルを作成した。継手については、ボックス軸方向、軸直角方向（せん断方向）、回転方向（水平方向の回転）、地盤については、ボックス軸方向、軸直角方向にばねを設定した。

図 1-3-7 に梁ばねモデル化の概念図を示す。

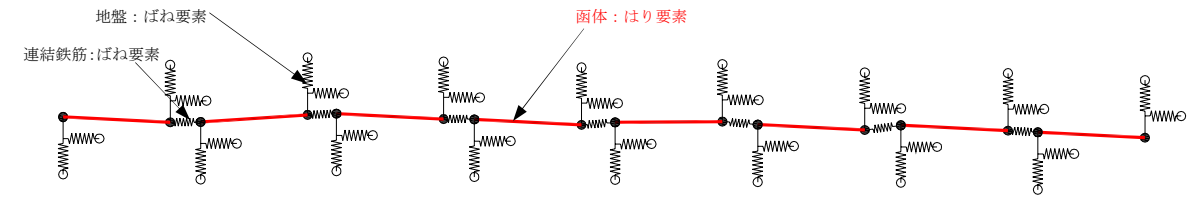


図 3-3-7 梁ばねモデルの概念図

#### ① ボックス函体のモデル化

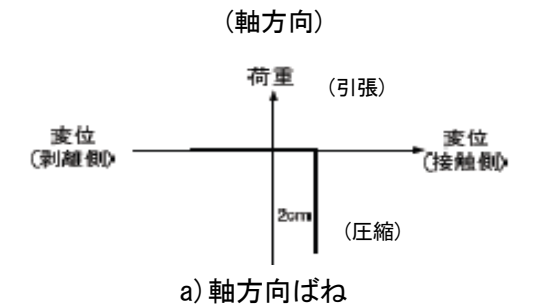
ボックス躯体にはひびわれを発生させないこととし、全断面有効の軸剛性 (EA0)、曲げ剛性 (鉛直軸回り EIy0) を有する線形の梁モデルとする。ここで、曲げ剛性は、トンネル幅の中央部を図心軸とする値とし、考慮する部材は頂版、底版、側壁のみとする。ボックス函体は3次元はり要素で、弾性体としてモデル化した。コンクリートの設計基準強度  $f_{ck}=30\text{N/mm}^2$  より解析に用いる弾性係数は  $E_c=2.8 \times 10^4\text{N/mm}^2$  とした。またランブ分岐部は、本線とランブ部を剛な梁で一体にしたモデルとした。

#### ② 継手部のモデル化

##### a) 軸方向ばね

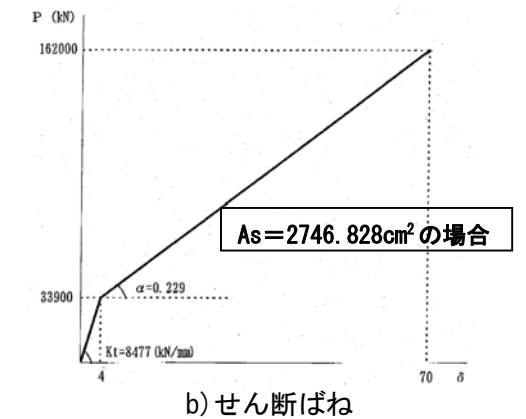
継手軸方向バネの非線形特性は、以下に従い設定する。

- ・スリッパーを配置するため、軸方向への変位はフリーとする。
- ・遊間閉合後のばね剛性は剛とする。
- 解析上は、解析が可能な範囲でできる限り大きな勾配とする。
- ・遊間 20mm ( $\phi 19$  型の許容変位から設定)



##### b) せん断ばね

継手せん断の非線形ばねは、荷重～変位関係の初期勾配および縦軸を当該断面の連結鉄筋量で換算して設定する。なお、非線形ばね特性については、連結鉄筋を用いた実験値（連結鉄筋量  $A_s=2746.828\text{cm}^2$ ）を参考値とした。（東京外環事例）



##### c) 回転ばね

鉛直軸回り回転バネは、図 3-3-8 に示すように、軸方向非線形特性を有した連結鉄筋のみを配置したモデルについて、剛梁を解して回転モーメントを与え、その回転角との関係を  $M \sim \theta$  曲線として設定した。 $M \sim \theta$  曲線は基本的に曲線となるが、バイリニアで近似できる形状のため、バイリニアモデルで設定した。

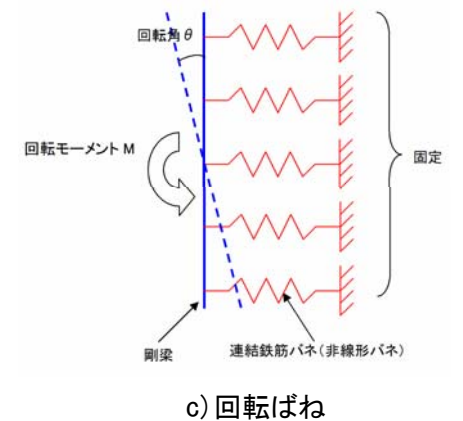


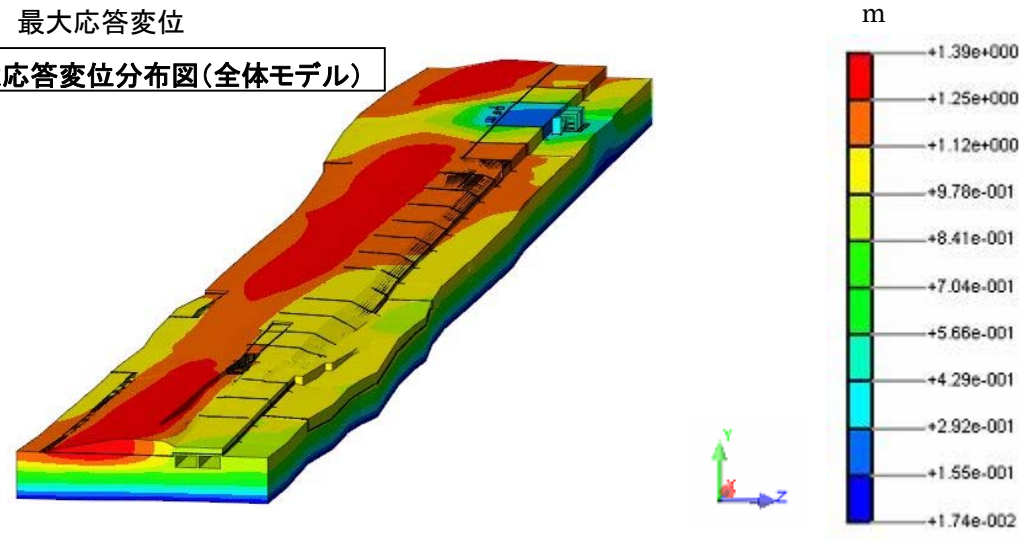
図 3-3-8 継手部モデル化概念図

3-3-7 完成時の道路（構造物）の安全性、通行機能の評価（縦断方向）

3-3-7-1 動的応答性状

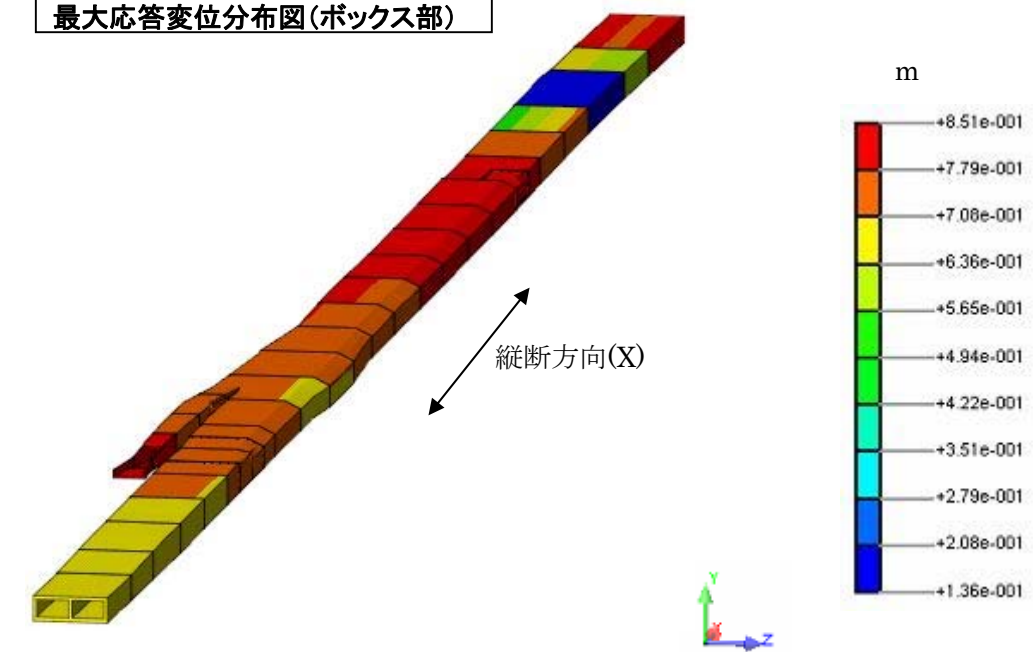
(1) 最大応答変位

最大応答変位分布図(全体モデル)

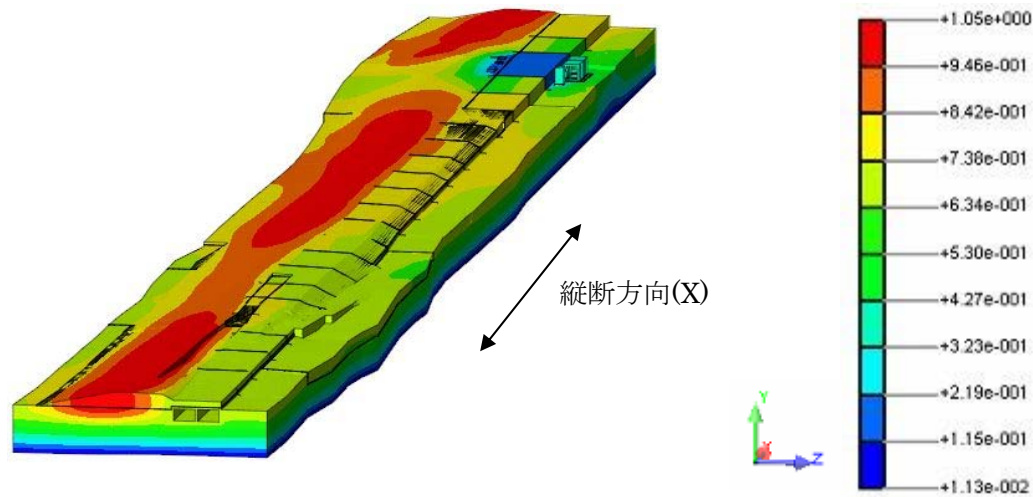


全体最大変位分布図

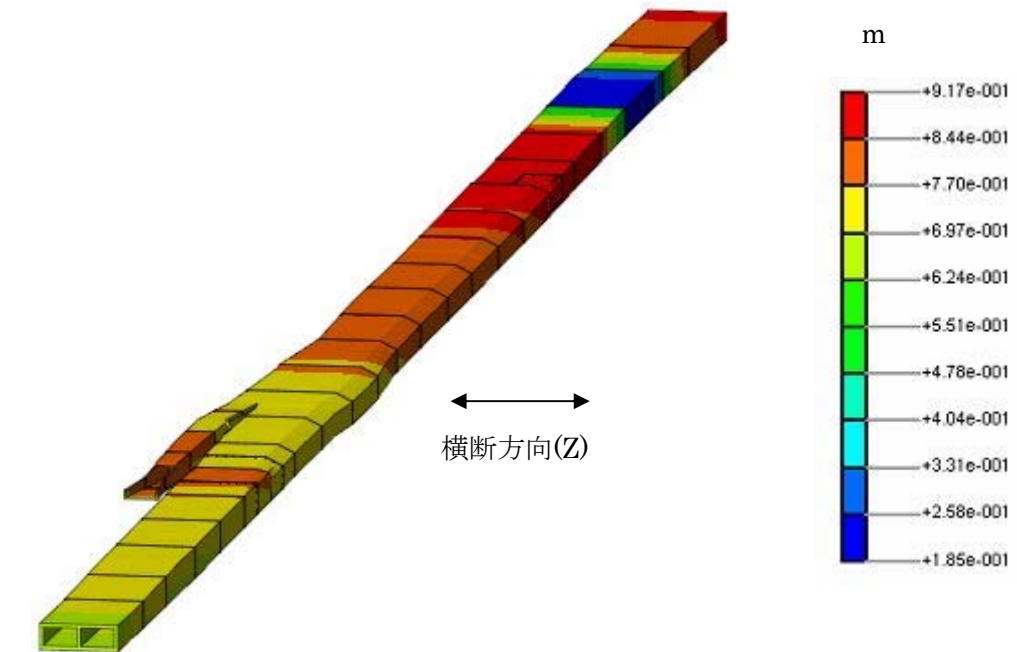
最大応答変位分布図(ボックス部)



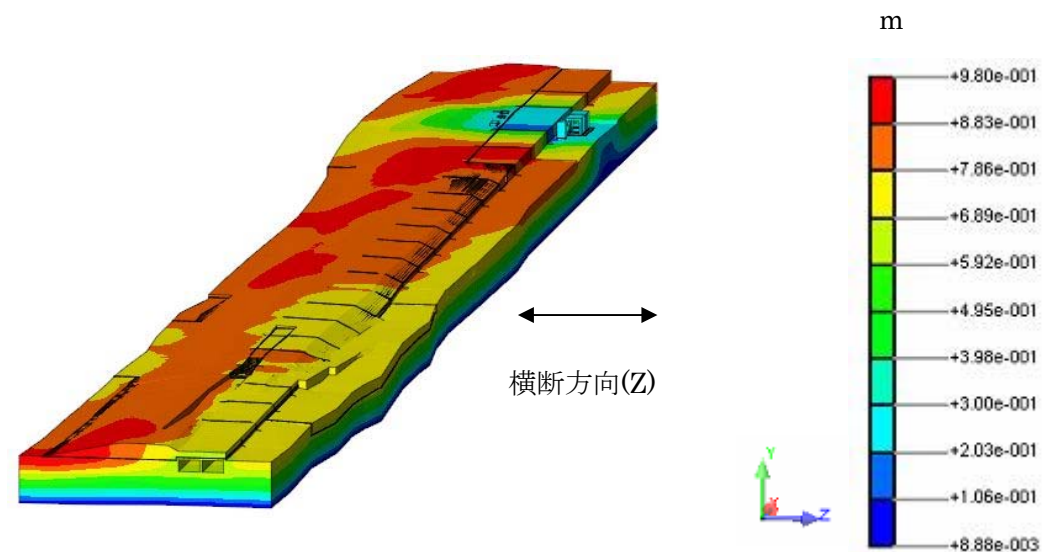
構造物縦断方向変位分布図



全体縦断方向最大変位分布図



構造物横断方向変位分布図

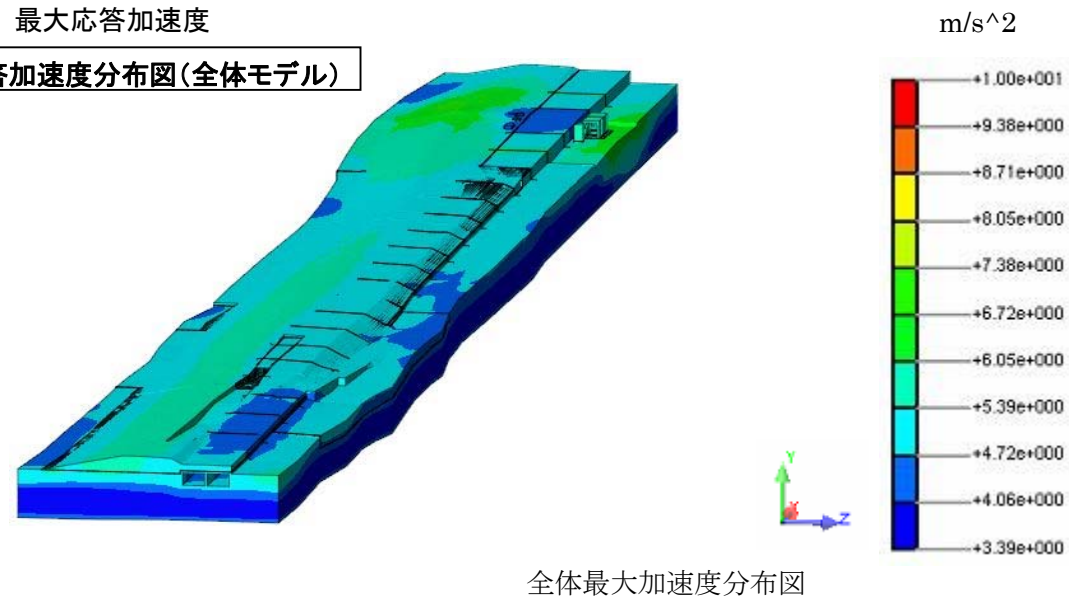


全体横断方向最大変位分布図

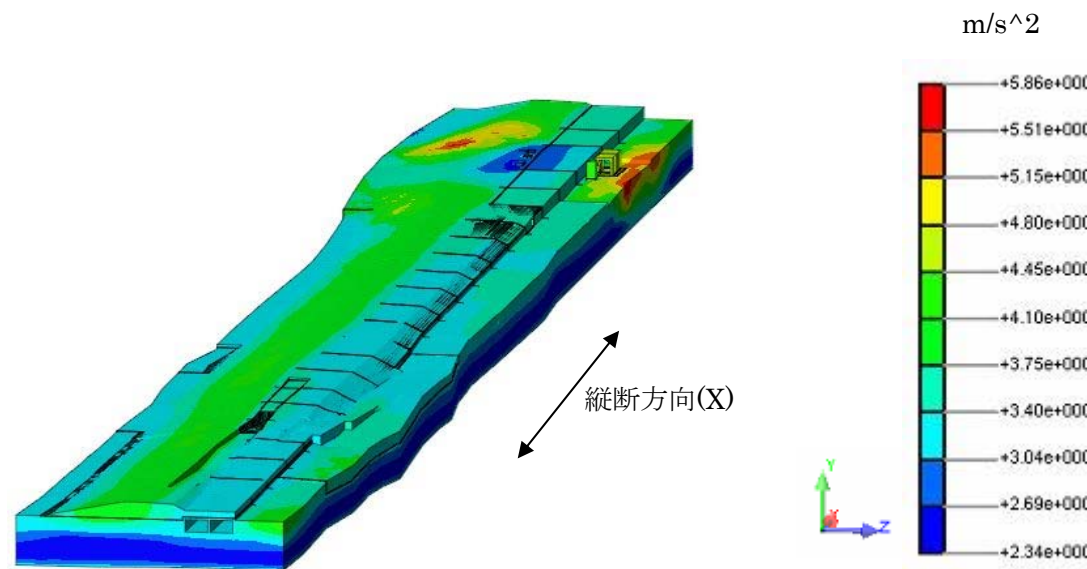


(2) 最大応答加速度

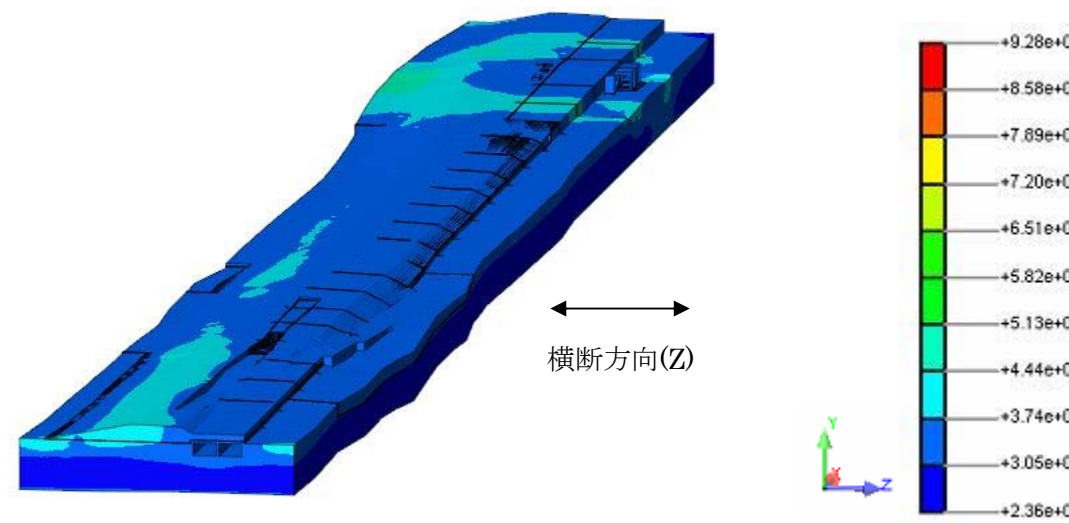
最大応答加速度分布図(全体モデル)



全体最大加速度分布図



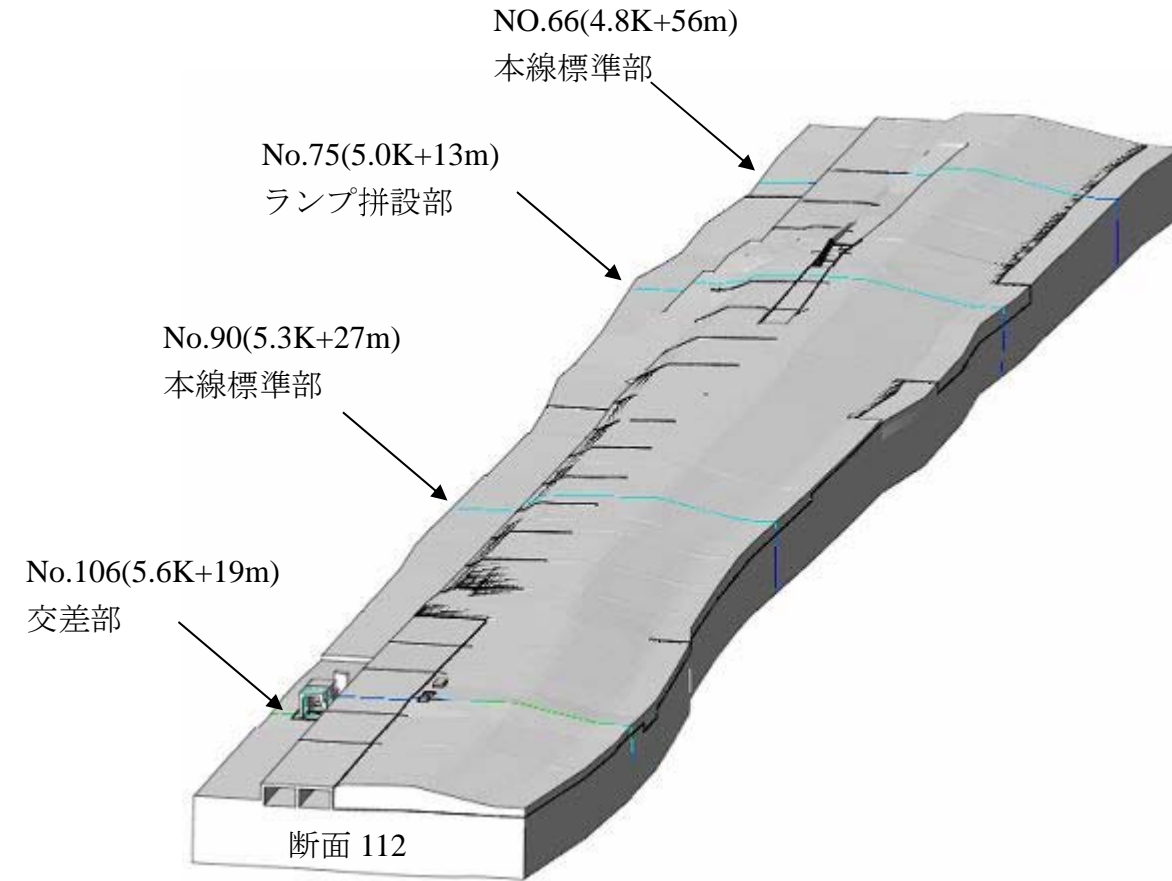
全体縦断方向最大加速度分布図



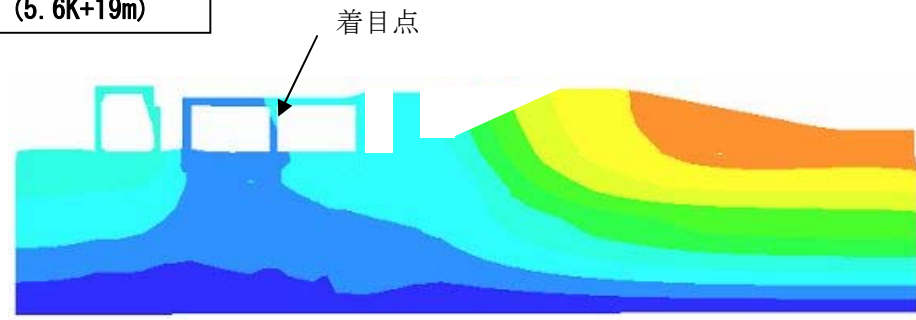
全体横断方向最大加速度分布図

(3) 横断方向の応答値分布

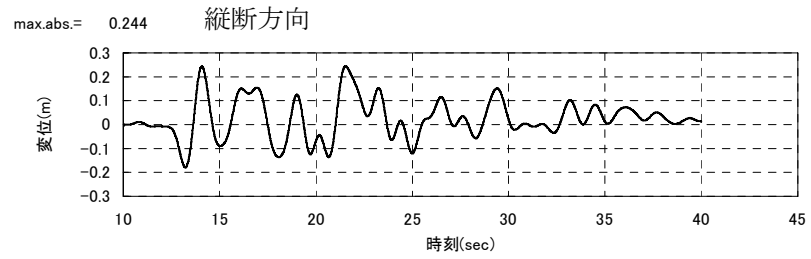
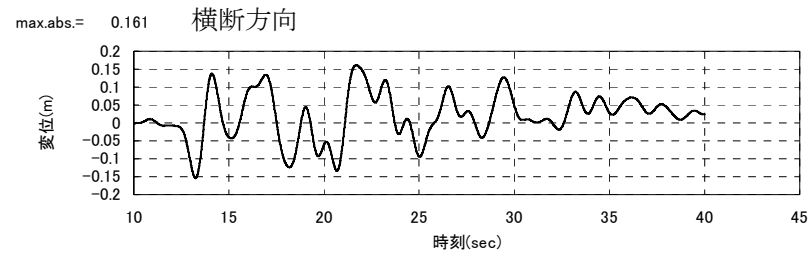
道路ボックスに着目した横断方向の代表的な位置における最大応答変位・加速度分布図及び構造物中壁位置での応答変位、応答加速度の時刻歴波形を以下に示す。なお横断方向の応答に着目したため、河川上流側からの視点でモデルを描いている。下図に着目した断面位置を示す。



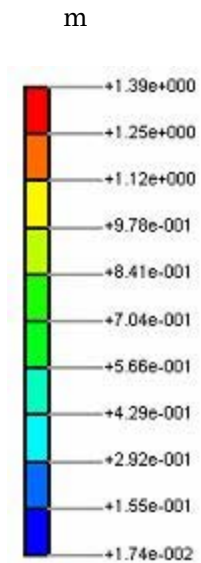
No. 106 (5.6K+19m)



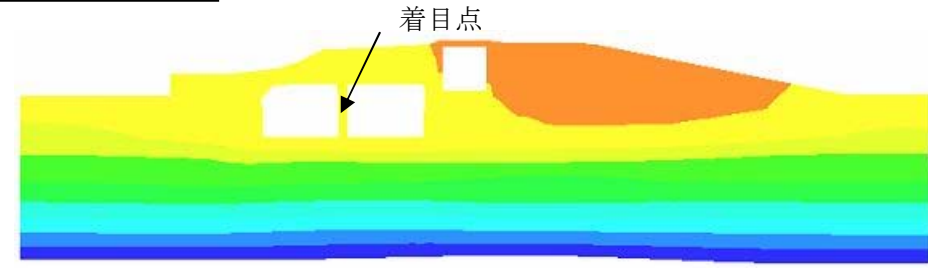
最大変位分布図



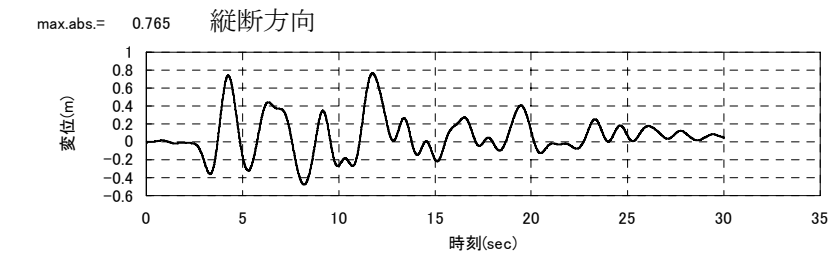
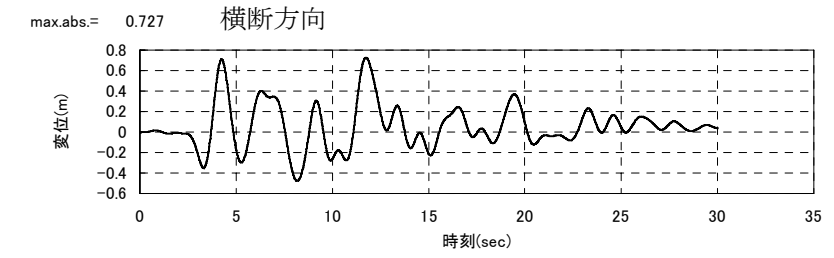
ボックス中壁位置の応答変位時刻歴



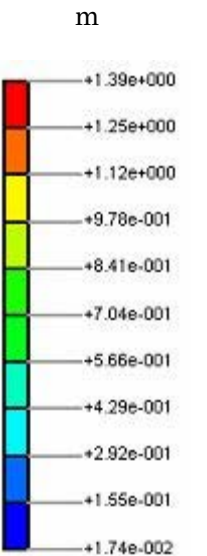
No. 75 (5.0K+13m)



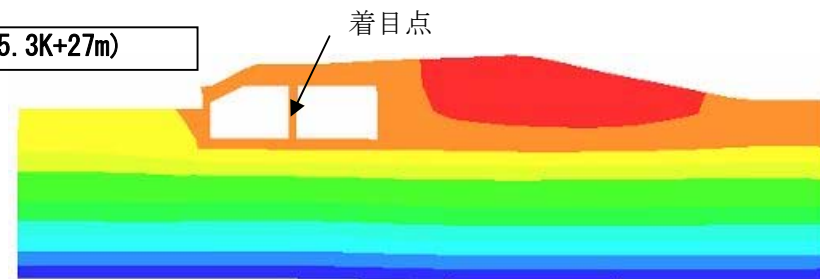
最大変位分布図



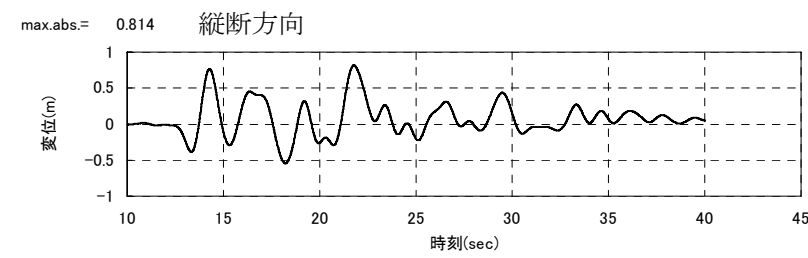
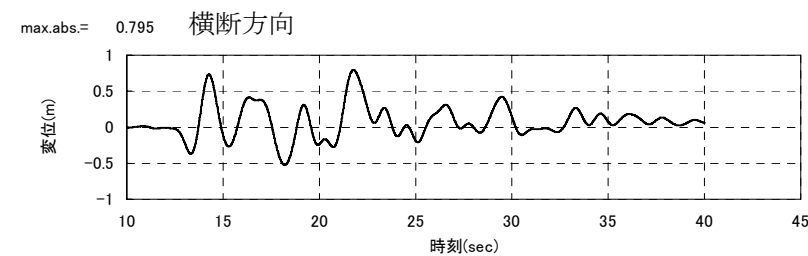
ボックス中壁位置の応答変位時刻歴



No. 90 (5.3K+27m)

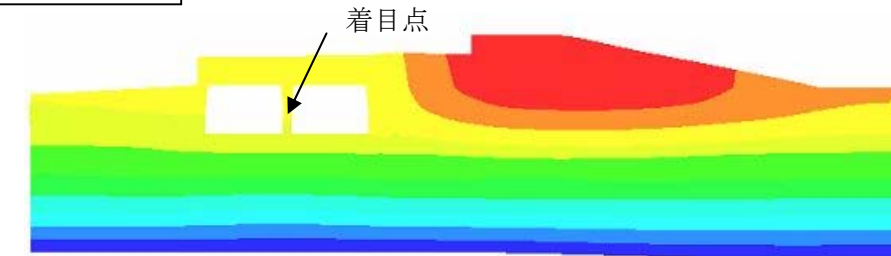


最大変位分布図

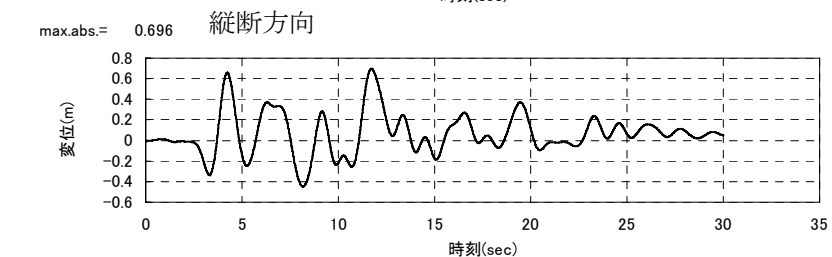
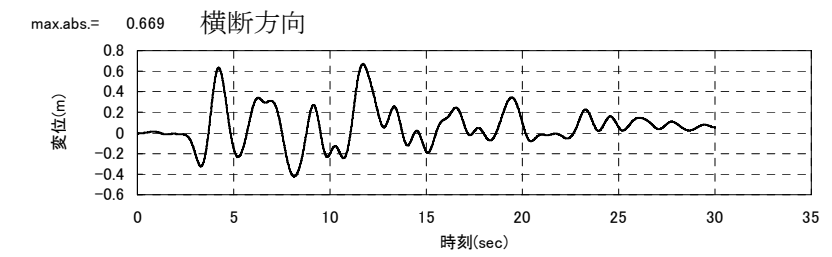


ボックス中壁位置の応答変位時刻歴

No. 66 (4.8K+56m)



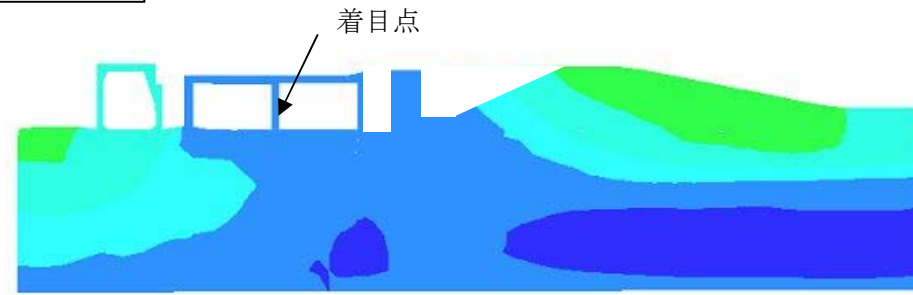
最大変位分布図



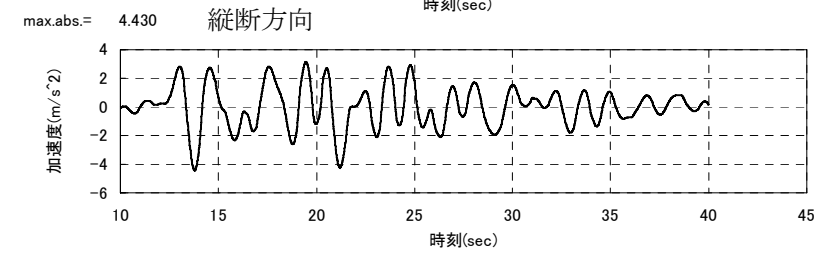
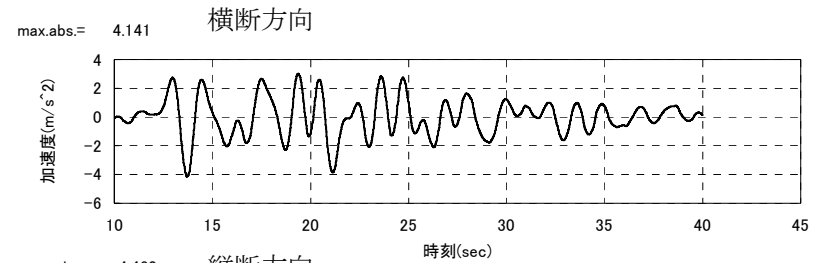
ボックス中壁位置の応答変位時刻歴



No. 106 (5.6K+19m)

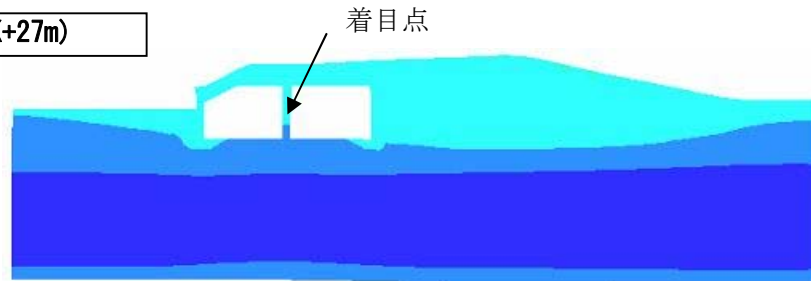


最大加速度分布図

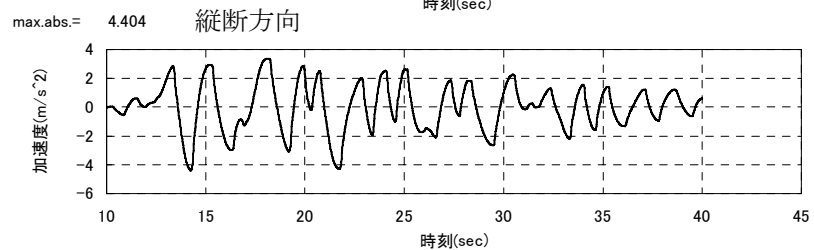
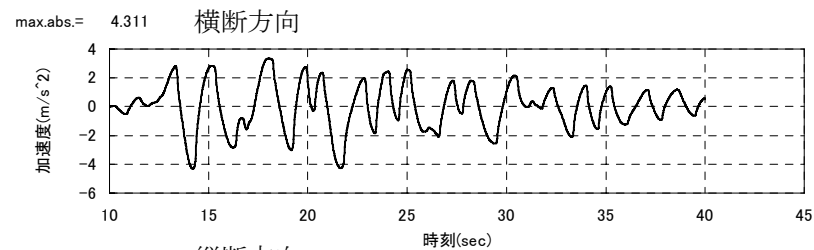


ボックス中壁位置の応答加速度時刻歴

No. 90 (5.3K+27m)

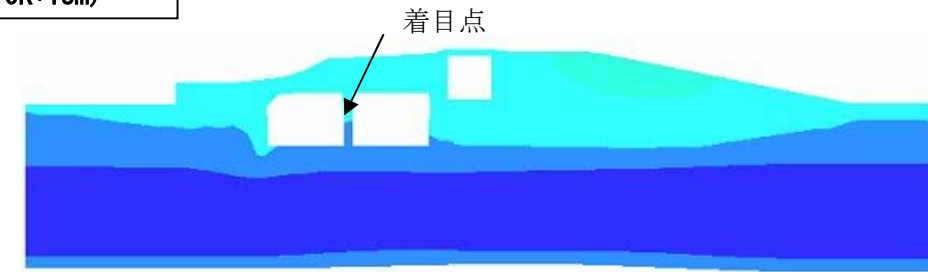


最大加速度分布図

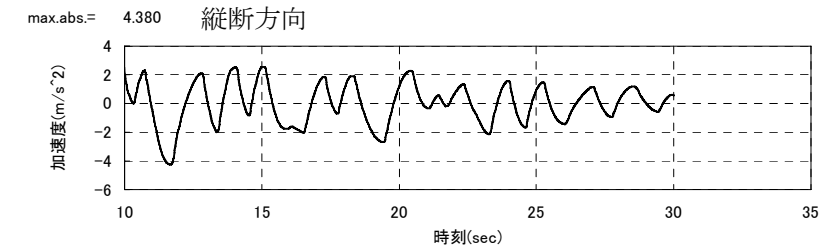
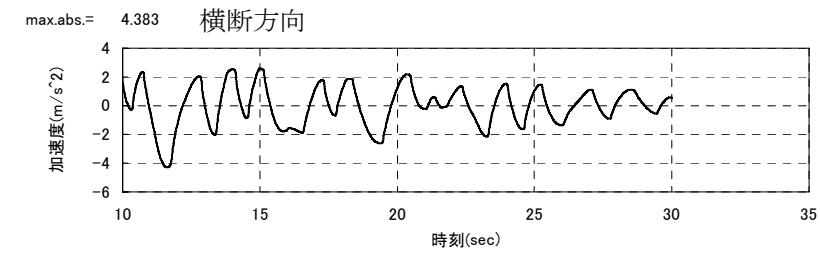


ボックス中壁位置の応答加速度時刻歴

No. 75 (5.0K+13m)

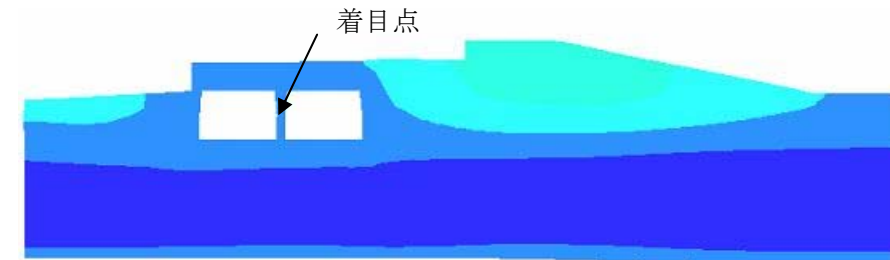


最大加速度分布図

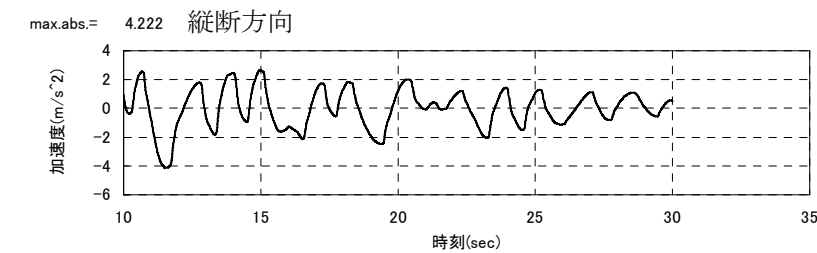
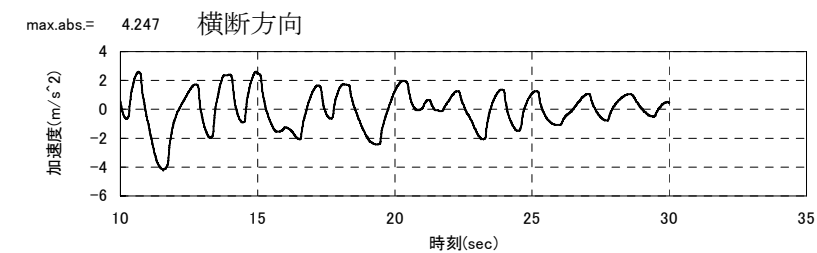


ボックス中壁位置の応答加速度時刻歴

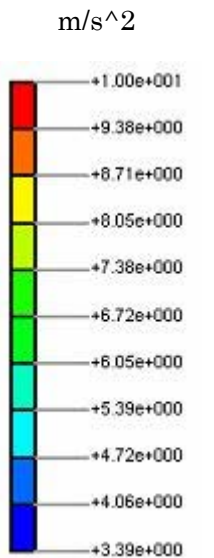
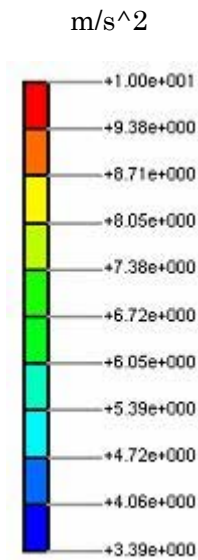
No. 66 (4.8K+56m)



最大加速度分布図



ボックス中壁位置の応答加速度時刻歴



3-3-7-2 躯体部材耐力照査

道路		耐震機能	照査方法
		BC-1	非線形全応力解析 (3D)、応答変位法 <縦断方向>
確保機能	道路 (構造物) の安全性、通行機能を確保すること	●地震に対するボックスの安全性、供用性を確保すること	
解析結果と考察	<p>No.112からの距離</p> <p>112 109 107 104 102 100 98 96 94 92 90 88 86 84 82 80 78 76 74 72 70 68 66</p> <p>100m 200m 400m 600m ランプ部 800m 920m</p> <p>交差部</p> <p>構造スケール 0. 50. m 応答値スケール 0. 2</p> <p>No.112 (5.6K+139m) No.64 (4.8K+3m)</p> <p>最大変位図 構造スケール 0. 50. kN 応答値スケール 0. 200000.</p> <p>最大軸力図 構造スケール 0. 50. kN 応答値スケール 0. 200000.</p> <p>最大せん断力図 構造スケール 0. 50. kNm 応答値スケール 0. 2000000.</p> <p>最大曲げモーメント</p>		
	<p><b>本線本体照査結果</b></p> <p>本線軸圧縮応力</p> <p>軸圧縮応力 (Mpa)</p> <p>3.5E+01 3.0E+01 2.5E+01 2.0E+01 1.5E+01 1.0E+01 5.0E+00 0.0E+00</p> <p>交差部</p> <p>40m応答値 許容値</p> <p>No.112から距離(m)</p> <p>0 100 200 300 400 500 600 700 800 900 1000</p> <p>本線軸引張応力</p> <p>軸引張応力 (Mpa)</p> <p>5.0E+00 4.5E+00 4.0E+00 3.5E+00 3.0E+00 2.5E+00 2.0E+00 1.5E+00 1.0E+00 5.0E-01 0.0E+00</p> <p>交差部</p> <p>40m応答値 許容値</p> <p>No.112から距離(m)</p> <p>0 100 200 300 400 500 600 700 800 900 1000</p> <p><b>ランプ部照査結果</b></p> <p>ランプ軸圧縮応力</p> <p>軸圧縮応力 (Mpa)</p> <p>3.5E+01 3.0E+01 2.5E+01 2.0E+01 1.5E+01 1.0E+01 5.0E+00 0.0E+00</p> <p>40m応答値 許容値</p> <p>No.112から距離(m)</p> <p>620 640 660 680 700 720 740 760 780</p> <p>ランプ軸引張応力</p> <p>軸引張応力 (Mpa)</p> <p>2.5E+00 2.0E+00 1.5E+00 1.0E+00 5.0E-01 0.0E+00</p> <p>40m応答値 許容値</p> <p>No.112から距離(m)</p> <p>620 640 660 680 700 720 740 760 780</p>		
確保機能に対する評価	<p>① 確保機能 BC-1</p> <p>道路設計で決定した構造諸元において、縦断方向のレベル2地震時の構造部材照査 (軸圧縮、引張) は許容値を満足し、ボックスの安全性、供用性は確保されている。</p> <p>なお、部材許容値はL2地震時であるため部材耐力として軸圧縮については30Mpa、引張強度は圧縮応力からコンクリート標準示方書より2.2Mpaとした。</p>		

3-3-7-3 継手部の変位照査

道路		耐震機能	照査方法
確保機能	道路（構造物）の安全性、通行機能を確保すること	BC-1	●地震に対するボックスの安全性、供用性を確保すること
		BC-5	●道路躯体の継手部の段差・離れに対する安全性、使用性を確保すること
解析結果と考察	<p>本線本体照査結果</p> <p>ランプ部照査結果</p>		
	<p>・軸方向継手部の目開きは、交差部前後の継手において最も大きくなり、最大で300mmの目開きが発生する。</p> <p>・継手部のせん断力も交差部前後の継手において最大値を示すが、連結鉄筋の降伏応力から算定したせん断耐力以下である。</p>		
確保機能に対する評価	<p>① 確保機能 BC-1 道路設計で決定した構造諸元において、縦断方向のレベル2地震時の構造部材照査（継手部）は本線部において許容値を満足せず、ボックスの安全性、供用性は確保出来ていない。なお継手部のせん断に対する許容値は、連結鉄筋の降伏応力からせん断耐力をかく継手毎に算定している。</p> <p>② 確保機能 BC-5 本線交差部ボックスと隣接ボックスの継手部において、継手の開きが許容値を満足せず、継手構造の安全性、使用性を確保出来ていない。なお継手の目開き量は、標準的な構造継手のレベル2地震時の目安値である100mmとした。（開削トンネル設計指針、阪神高速）</p> <p><b>交差部と一般部の地震時応答変形に対して、交差部隣接ボックス下面の地盤改良による変形性能の向上が必要である。</b></p>		

3-3-8 全線評価のまとめ

一体構造物とした場合に必要とされる堤防（土堤）、道路（構造物）の機能に対して、代表5断面及び縦断方向断面で耐震機能の定量的評価と今後の課題を整理した。以下にその結果を示す。

(1) 定量的な評価が可能な項目【完成時】

① 堤防（土堤）の機能を満たすこと

		確保機能に対する評価	確保機能に対する今後の課題
堤防(土堤) の機能を満 たすこと	耐震	<p>① <b>LC-9: ●地震後の河川外への越流を防止すること</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>道路機能の確保のために必要となる液状化対策（静的締固め工法、置換工法）により、<u>河川準拠基準の地震動における残留堤防高は、堤防機能としての照査外水位以上を確保しており、河川外への越流は生じない。</u></li> <li>なお、既設河川堤防における耐震対策を目的とした矢板を撤去しても、上記の液状化対策を実施するため、堤防の耐震機能は満足する。</li> </ul> <p>② <b>LC-10: ●土と構造物間が地震時の変形や剥離より、堤防沈下や水みち発生を起こさないこと</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>液状化対策（静的締固め工法、置換工法）を講じたとしても、<u>ボックス側壁部には剥離の発生する可能性がある。</u></li> <li>ジョイント要素を考慮した解析結果では、側壁部に剥離が不連続で発生することから、連続した水みちの発生の可能性は低いと考え、地震後、ボックス周りの状況が確認できるようモニタリング等を実施する必要がある。</li> </ul> <p>③ <b>LC-14: ●交通振動による水みちを発生させないこと</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><u>交通振動による剥離はほとんど発生しない</u>結果である。</li> </ul>	<p>① <b>LC-9</b></p> <p>河川基準以外である東南海・南海地震に対して、<u>堤防を二週間以内での復旧するシナリオを検討することが課題</u>である。(LC-22)</p> <p>② <b>LC-10</b></p> <p>地震による剥離の発生が予想されており、地震後、ボックス回りの状況が確認できるよう<u>モニタリング等の検討が課題</u>である。(LC-18、LC-22)</p> <p>③ <b>LC-14</b></p> <p>—</p>
		<p>&lt;まとめ&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>レベル2地震動（河川基準）において、液状化対策を講じることで、堤防天端高は照査外水位以上が確保され、河川外への越流は生じない。</li> <li>液状化対策（静的締固め工法）を講じたとしても、ボックスの側壁には剥離が生じるので、モニタリングが必要である。</li> <li>交通振動による剥離は発生しない。</li> </ul>	

青：検討でわかったこと。 赤：課題

② 道路（構造物）の安全性、供用性を確保すること

		確保機能に対する評価	確保機能に対する今後の課題
道路(構造物) の安全性・供 用性を確保す ること	耐震	<p>① <b>BC-1: ●地震に対するボックスの安全性、供用性を確保すること</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>道路設計で決定した構造諸元において、レベル2地震時の<u>構造部材照査（曲げ、せん断、層間変形角、縦断方向の軸圧縮・引張）はいずれの条件においても基準値を満足し、ボックスの安全性、供用性を確保</u>できる。</li> </ul> <p>② <b>BC-2: ●偏土圧下での地盤変形(液状化)に対する道路ボックスの安全性、供用性を確保すること</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>偏土圧下での地盤変形（液状化）に対して<u>ボックス底面の鉛直変位による回転角に着目し、底面回転角の照査を行った。一般部・ランプ部、交差部は、ボックス下面の液状化対策（静的締固め工法、置換工法）により変形は抑制され、安全性・供用性を確保出来る。</u></li> </ul> <p>③ <b>BC-3: ●補助工法(液状化対策)を実施すること</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>液状化対策（静的締固め工法、置換工法）の実施により道路ボックスの安全性、供用性を確保できる。</li> </ul> <p>④ <b>BC-5: ●道路躯体の継手部の段差・離れに対する安全性、使用性を確保すること</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><u>本線交差部ボックスと隣接ボックスの継手部において、継手の目開きが許容値（100mm）を満足せず、継手構造の安全性を確保出来ない。</u>そこで、交差部前後において、変位抑制のための地盤改良（固結工法）を採用することで、安全性を確保できる。</li> </ul> <p>※阪高基準では、最大級シナリオに対しても、道路機能は確保されている。</p>	<p>① ② <b>BC-1、2</b></p> <p>—</p> <p>③ <b>BC-3</b></p> <p>—</p> <p>④ <b>BC-5</b></p> <p>交差部前後において、地盤変位抑制のための地盤改良（固結工法）を採用することで、継手部の目開きを抑止できたが、今後、<u>道路ボックス本体継手部の止水性の確保</u>が課題である。これについては、今後、<u>モニタリングや維持管理等と止水対策の検討が課題</u>となる。(BC-12)</p>
		<p>&lt;まとめ&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>横断方向については、レベル2地震動（阪高基準）において部材照査（曲げ、せん断）、変形性能（層間変形角、底面回転角）は基準値を満足し、ボックスの安全性、供用性を確保できる。</li> <li>縦断方向については、部材照査（軸圧縮、引張）は基準値を満足するが、交差部と隣接ボックス間の継手構造が許容値を満足しない。そこで、交差部前後の隣接ボックス下面を変位抑制のために地盤改良（固結工法）することにより、安全性を確保できる。</li> </ul>	

青：検討でわかったこと。 赤：課題



絵 3-4 経年変化（圧密沈下）機能

3-4-1 検討課題と照査方法

(1) 確保機能（河川）

(1) LC-11：圧密沈下による堤防高不足をおこさない

(2) LC-12：圧密変形による堤体の沈下・変形を抑制する

(3) LC-13：道路底版と基礎底面の間隔による水みち発生を起こさないこと

(4) LC-16：圧密沈下による周辺影響を防止すること

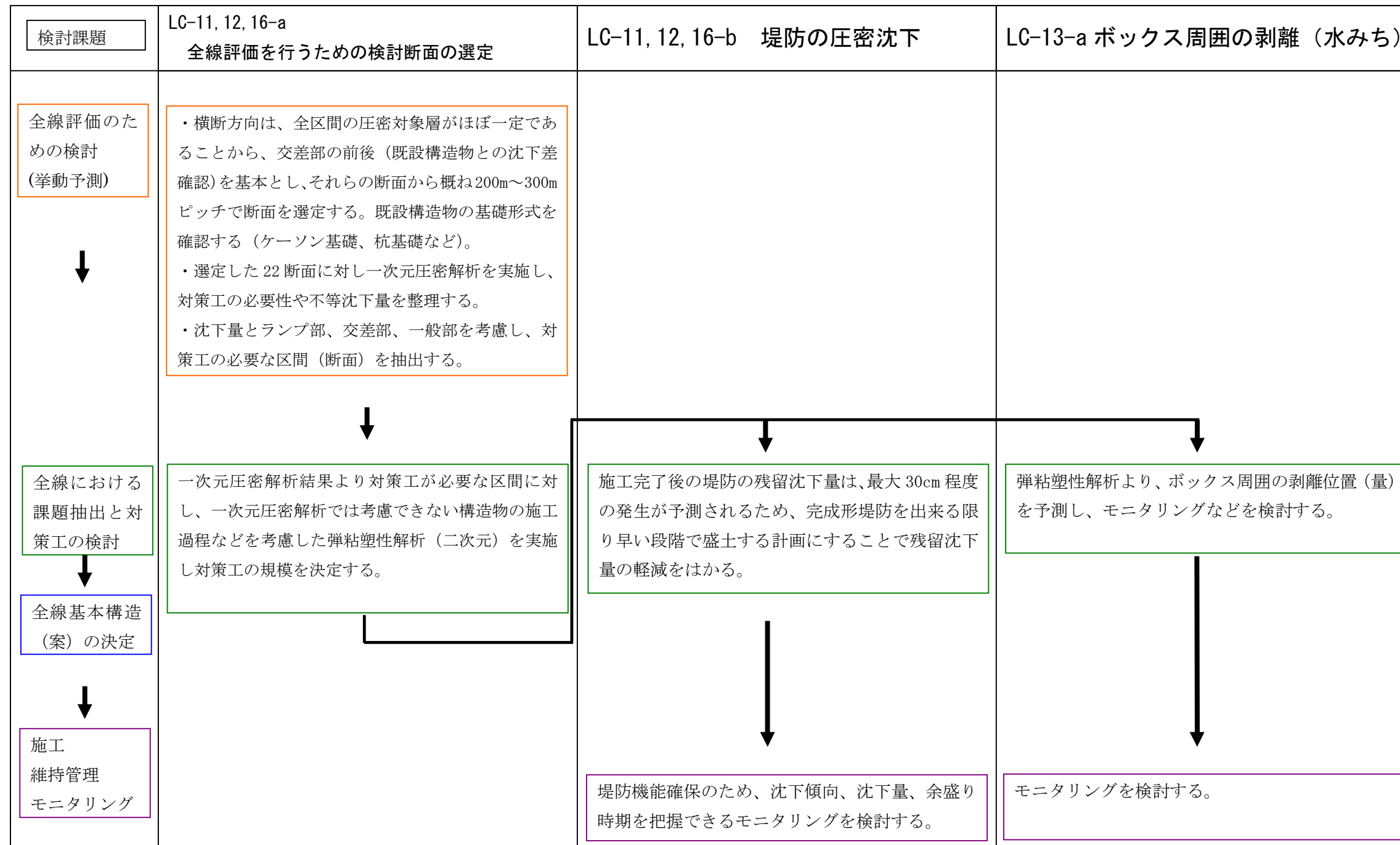
(2) 第3回委員会 照査結果（先行2断面による）

LC-11, 12, 16-a 横断および縦断方向に対し、全沈下量および残留沈下量の把握が必要であり、対策工についても検討が必要である。

LC-11, 12, 16-b 圧密沈下による堤防高さの不足が起こらないような対策が必要である。

LC-13-a 盛土完成後における構造物と地盤間の剥離・すべり量は、底版や隅角部において数mm程度の剥離が発生するため対策工の検討が必要である。

(3) 全線評価における検討課題と検討方針



(4) 確保機能 (道路)

(5) BC-4 : 道路躯体の沈下に対する安全性、供用性確認

(7) BC-8 : 圧密沈下による周辺影響を防止すること

(6) BC-5 : 道路躯体の継手部の段差・離れに対する安全性・供用性を確保すること

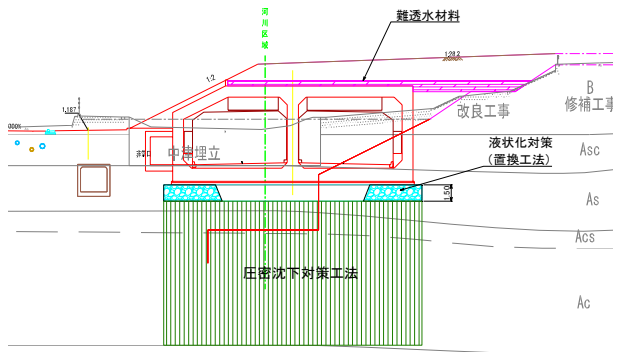
(5) 第3回委員会 照査結果 (先行2断面による)

BC-8-a 横断および縦断方向に対し、全沈下量および残留沈下量の把握が必要であり、対策工についても検討が必要である。

BC-8-b 盛土完成後の残留沈下量は、道路躯体において10cm程度の沈下が予想され、対策の検討が必要である。

BC-8-c 周辺部の圧密沈下量は数cm程度予想され、対策の検討が必要である。

(6) 全線評価における検討課題と検討方針

検討課題	BC-8-a 全線評価を行うための検討断面の選定	BC-8-b ボックス回転・継手	BC-8-c 周辺部の沈下
<p>全線評価のための検討 (挙動予測)</p> <p>↓</p> <p>全線における課題抽出と対策工の検討</p> <p>↓</p> <p>全線基本構造 (案) の決定</p> <p>↓</p> <p>施工 維持管理 モニタリング</p>	<p>・横断方向は、全区間の圧密対象層がほぼ一定であることから、交差部の前後 (既設構造物との沈下差確認) を基本とし、それらの断面から概ね200m~300mピッチで断面を選定する。既設構造物の基礎形式を確認する (ケーソン基礎、杭基礎など)。</p> <p>・選定した22断面に対し一次元圧密解析を実施し、対策工の必要性や不等沈下量を整理する。</p> <p>・沈下量とランプ部、交差部、一般部を考慮し、対策工の必要な区間を抽出する。</p> <p>・縦断方向22断面の解析結果 (沈下量) の縦断方向分布よりボックス間の相対変位を予測する。</p> <p>↓</p> <p>・対策工の必要な区間に対し、一次元圧密解析では考慮できない構造物の施工過程などを考慮した弾粘塑性解析を実施し対策工の規模を決定する。</p> <p>・継手構造の決定に必要な沈下量を整理する。</p>	<p>・横断方向の圧密沈下対策は、締め固め工法もしくは固結工法について検討する。</p>  <p>・縦断方向の圧密沈下対策は、縦断方向の耐震解析および圧密沈下解析の変形量により段階的に対応する。</p> <p>a. 標準部 : 構造継手 (スリップバー) + ゴム止水板 (伸縮可とう吸収型)</p> <p>b. 交差部など相対変形量が大きな箇所 : 地盤改良 (固結)</p>	<p>・構造物や盛土の荷重により引き込み沈下の影響評価は、弾粘塑性解析を実施し土留め鋼矢板の長さの違いによる応力遮断状況を把握する。</p> <p>・周辺部の許容傾斜角は3/1000を目標とし、許容値を満足する土留め鋼矢板の長さを決定する。</p> <p>↓</p> <p>・施工時を含め、沈下量や建屋の傾きを把握できるモニタリングを検討する。</p>

(7) 照査方法

一次元圧密沈下計算を行う場合の地中増加応力はブーシネスク (Boussinesq) の算定式により、求める。

1) 増加応力の算定

一次元圧密解析を行う場合、増加応力  $\Delta P$  が必要となる。

地盤内に生じる増加応力は、テルツァギーの一次元圧密理論が、弾性的な挙動を示すことに基づいていることから、地盤を弾性体と仮定して導かれたブーシネスク (Boussinesq) の算定式を用いる。

a) 集中荷重による鉛直方向の増加応力

地表面に集中荷重  $P$  が作用する場合、載荷点から  $r$  の距離にある深さ  $y$  の鉛直方向の増加応力  $\Delta \sigma_y$  (図 1-4-4) は次のように求められる。

$$\Delta \sigma_y = \frac{3Py^3}{2\pi R^5}$$

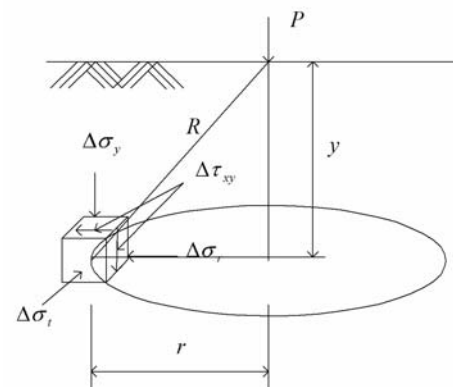


図 3-4-1 集中荷重による増加応力算定概念図

いくつかの集中荷重が同時に作用する場合において、その時の地盤内の 1 点に生じる増加応力は、個々の集中荷重によってその点に生じる増加応力の総和として求められる。

2) 検討条件

一次元圧密解析は、当該区間が全線に渡り液状化対策が必要であり  $A_s$  層については液状化対策済みとして検討した。また、一次元圧密解析の結果は、図 3-4-2 に示すように施工開始以降の沈下量について算定した。

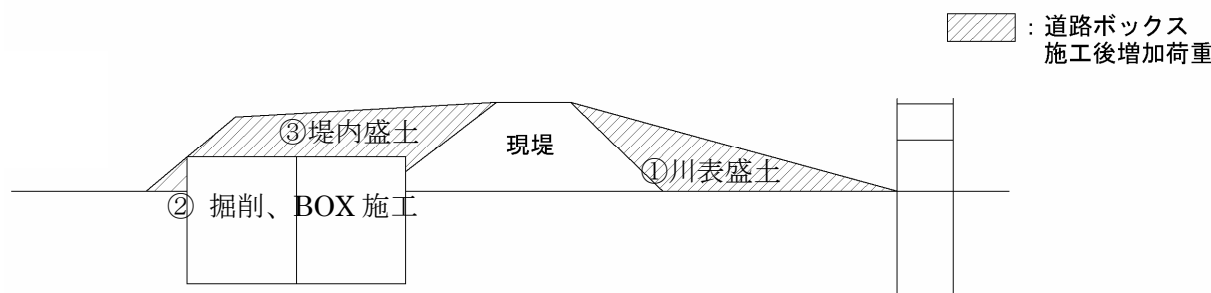


図 3-4-2 一次元圧密解析で考慮した荷重

沈下検討の手順は、以下に示す手順で検討した。

- ①川表盛土の載荷
- ②・③掘削・BOX 施工・堤内盛土による増分荷重を載荷

3) 荷重分布

一次元圧密解析に用いた荷重算定区分模式図および荷重分布模式図を図 3-4-3 に示す。荷重の算定条件は以下の通りである。

- ・ 現況から完成形になった場合の荷重の増減を算定した。
- ・ 各材料の掘削および埋め戻し等の面積を算出し、それぞれの単位体積重量を乗じたものの総和により増分荷重を算定した。
- ・ ボックス及び堤防法線までの増加応力は、等分布荷重 (施工による増加荷重) により算定した。
- ・ 川表堤防部分の増加応力は、盛土形状により載荷した。
- ・ 完成形になった方が現況より軽くなる場合は、大きめの荷重となるように載荷荷重はゼロとした。
- ・ 淀川左岸線 (2 期) 完成形後、堤防上で利用が可能な範囲に  $10\text{kN/m}^2$  の荷重を載荷した。
- ・ 地下水位は堤内側の地表面位置とした。

3) 一次元圧密沈下解析結果で対策の箇所・範囲・仕様設定

一次元圧密解析は、完成形状に対する堤体及び道路ボックスに発生する沈下量を求め、横断方向、縦断方向の残留沈下量及び相対変位量から圧密対策の箇所、範囲、仕様を決定するために実施する。

- ・ 堤体及び道路ボックスに対する沈下対策箇所の選定
- ・ 道路 (横断方向、縦断方向) 機能に対する地盤改良の基本仕様、範囲を設定

4) 二次元弾粘塑性解析による対策工の詳細範囲・仕様設定

一次元圧密解析結果を用いて対策工の仕様設定を行う。しかしながら、一次元圧密解析では、「盛土の形状効果による荷重分散」、「せん断変形」、「クリープひずみ」、「二次圧密」が考慮できない。そこで、詳細な対策箇所およびその仕様を設定するために、これらの事項を考慮できる「二次元弾粘塑性解析 (関口・太田モデル)」を実施する。

ここでは、一次元圧密解析で用いた物性値 (試験値) をもとに設定した解析パラメータを用い、代表断面における完成形状について、二次元弾粘塑性解析を実施する。

二次元弾粘塑性解析と一次元圧密解析結果とを比較し、一次元圧密解析結果の適用性を把握した上で、詳細な対策箇所およびその仕様を設定する。検討結果については、次回委員会で報告する。



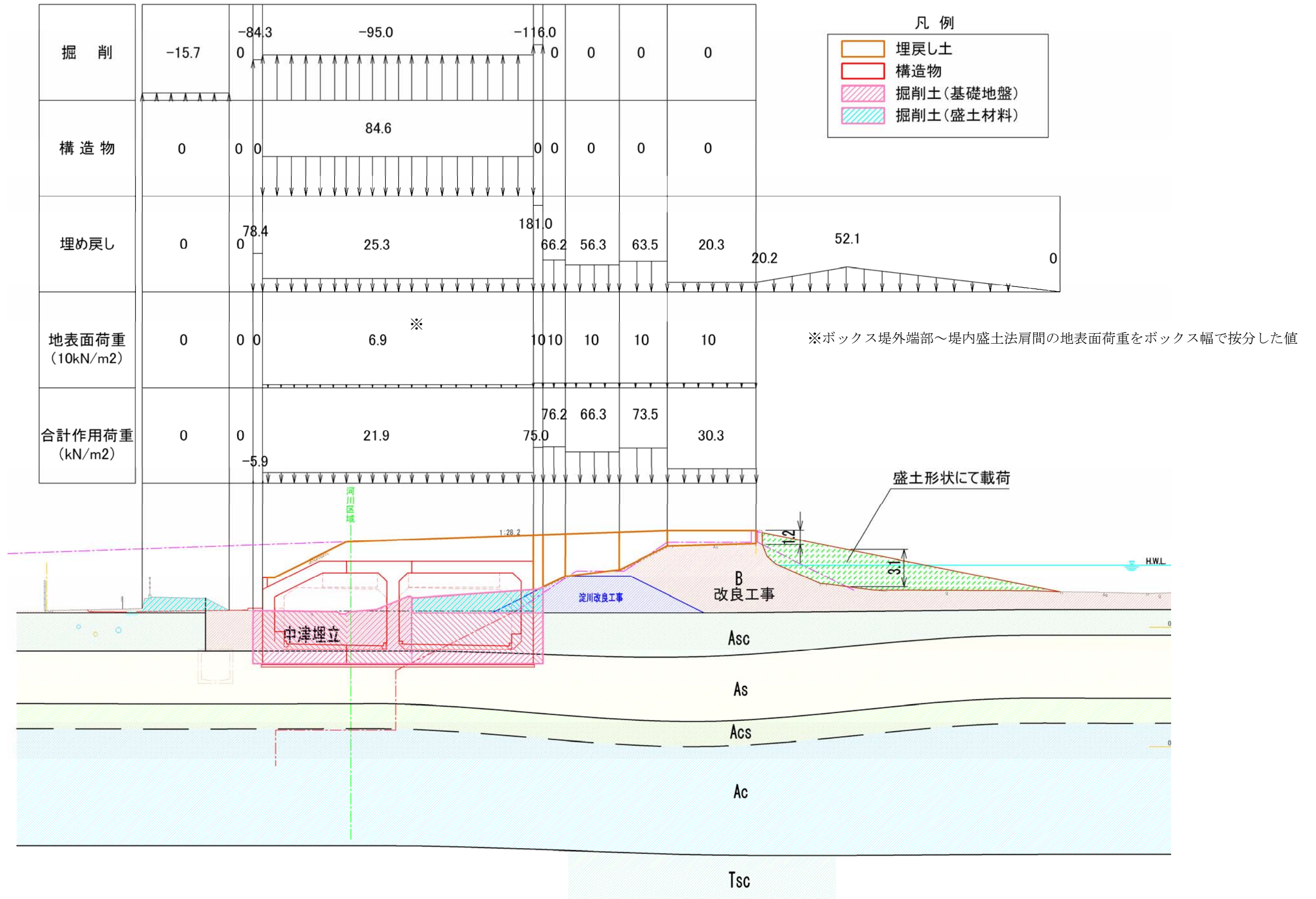


図 3-4-3 ボックス施工による増分荷重模式図

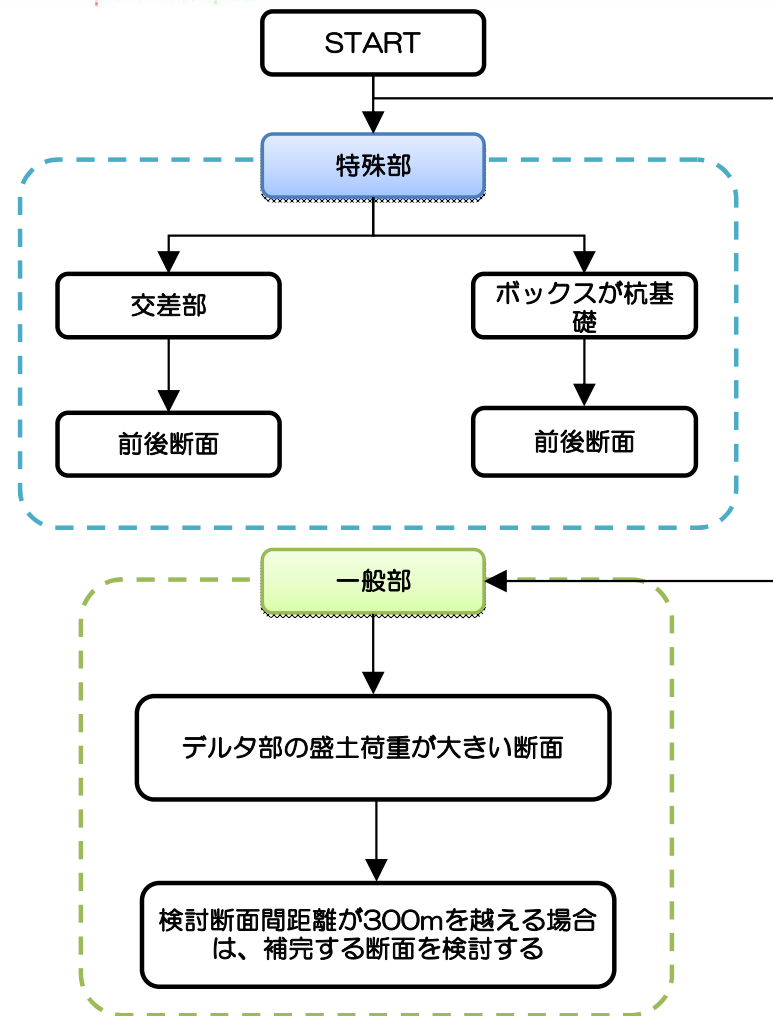
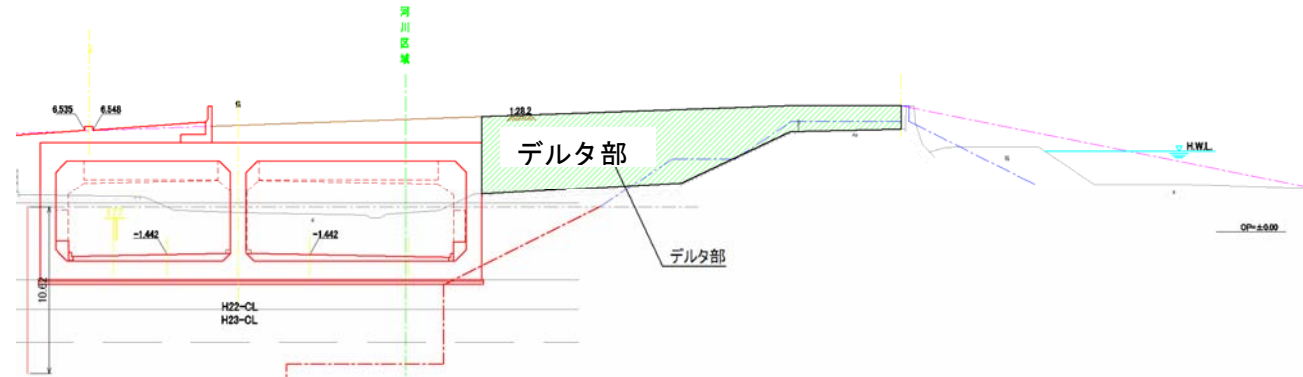


### 3-4-2 照査断面の選定および許容沈下量

#### (1) 検討断面選定手順

一次元圧密沈下検討断面は図 3-4-4 に示すフローに基づいて選定する。

- ・特殊部（交差部、ボックス基礎部）については、沈下差が大きいと考えられるので、特殊部前後の断面を選定する。
- ・一般部については、道路ボックスと堤防の間（デルタ部とよぶ。下に模式図を示す。）の盛土荷重による沈下が問題となると考えられるので、荷重が大きい断面を選定する。
- ・検討断面間の距離が、200m～300m を超える場合、全線評価をするために、概ね 200m～300m 間隔で検討断面を選定し、上記で選定した間を補完する。



※デルタ部：ボックスと堤防の間をデルタ部と呼ぶ

図 3-4-4 検討断面選定フロー



### 3-4-3 完成時の堤防（土堤）の機能評価

#### (1) ボックス施工開始以降の許容沈下量

沈下量に対する許容値は以下のように設定した。

##### ◆ボックス施工開始以降の許容残留沈下量 10cm

一体構造物として、河川堤防（土堤）及び道路構造物の機能確保の観点からボックス施工開始以降の沈下量に対する許容値を設定する。

沈下に関する河川基準として、「高規格堤防盛土設計・施工マニュアル」によると下記に示すように設計時の残留沈下量は10cmを目標とされている。

「高規格堤防特別区域の許容沈下量は20cm以下とする。ただし、設計時の残留沈下量（設計残留沈下量は10cmを目標とする。」

一方、道路機能としては「道路土工-軟弱地盤対策工指針(平成24年9月版) 5-3 常時の作用に対する沈下の照査」によると、下記のように10cm～30cmとされている。

「設計で目標とする残留沈下量の許容値としては、構造物取付部において、盛土中央部で舗装完了後あるいは供用開始後3年間で10cm～30cmとしてきた事例が多い。」

これらより、安全を考慮してボックス施工開始以降の許容残留沈下量を10cmとした。

##### ◆ボックス施工開始以降の道路ボックスの許容傾斜勾配 2%

道路ボックス内の排水機能確保のため、横断方向の傾きは道路の排水勾配（2%）以下と設定した。

##### ◆ボックス施工開始以降の道路ボックス間の許容相対変位量 5cm

道路ボックスの機能確保のために縦断方向の相対変位量を、以下の条件から設定した。

① 標準構造継手の地盤沈下に伴う許容相対変位を、図 1-4-15 継手の変形に対する照査概念図に示すように、躯体、継手、地盤を弾性床上の梁モデルとした解析から求めた。

ブロック長 40m, 80m に対して検討した結果、継手のせん断力が許容値を満足する地盤沈下量（相対変位量）は10cm程度である。

② この結果より構造継手の許容変位量は10cmと設定できる。しかし、地震時の地盤変位を別途考慮する必要があるため、圧密沈下に伴う道路ボックス間の許容相対変位量は5cmと設定した。

なお、一次元圧密沈下解析の検討断面の間隔が、約100～300mとばらつきがあり、隣接する検討断面の沈下量の差が各ボックス間（構造継手部）の相対変位量とはならず、そのまま各ボックス間の相対変位量としてしまうと過大評価となる。実際には各区間に複数のボックスが設置されるので、相対変位量は各ボックスに分散され緩和されるはずである。

今後の詳細設計においては、個々のボックスの盛土（上載荷重）に急変する箇所、交差部など基礎構造の違い等によりあるボックス間一箇所に相対変位が集中するような箇所などが無いか詳細の検討をする必

要があるが、ここでは、検討断面間の相対変位は、その間の複数のボックス間で均等に分担されると考えて、以下に示す算定式によりボックス施工開始以降のボックス間の相対変位量を算出することとした。

$$\delta' = \delta / (L/l)$$

ここで、

$\delta'$  : ボックス施工開始以降の道路ボックス間の相対変位

$\delta$  : 圧密沈下検討断面間の相対変位

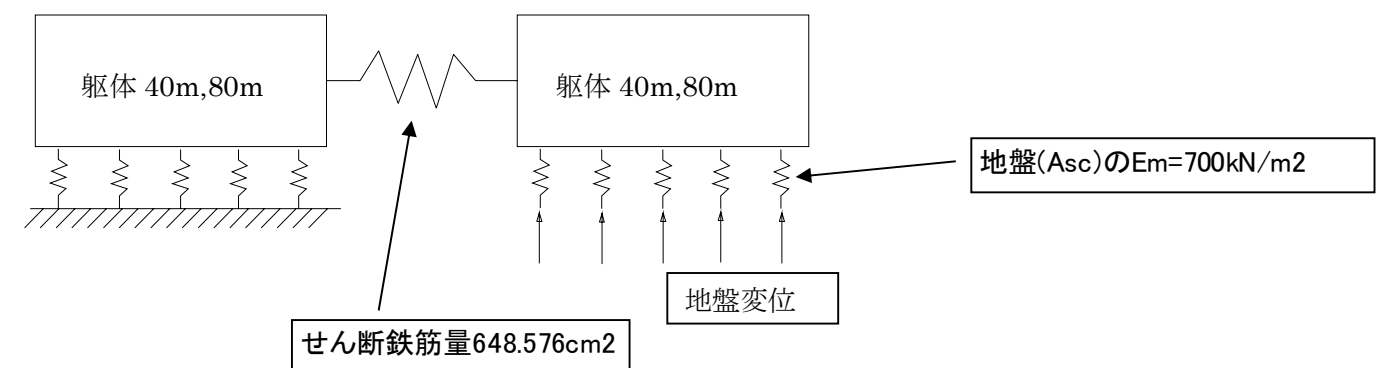
L : 圧密沈下検討断面間の延長

l : ボックスの標準長 = 80m

(耐震上、交差部前後は40mにする)

#### 地盤沈下を受ける継手構造の許容変位

##### ①解析モデル



継手の変形に対する照査概念図

- ・ 躯体を一様地盤の弾性床上的のりとする。
- ・ 地盤沈下は強制変位として、片側の躯体に作用し、その地点での地盤変位が地盤ばねを介して躯体に作用する。



・(2) 圧密沈下後の堤防沈下量の評価

道路ボックス完成時の堤防の沈下量の照査結果について以下に示す。

確保機能 LC-11	●圧密沈下による堤防高不足をおこさないこと
---------------	-----------------------

確保機能 LC-12	●圧密変形による堤体の沈下・変形を抑制すること
---------------	-------------------------

表 3-4-1 道路ボックス部の沈下計算結果（無対策（液状化対策は考慮））

No	断面	距離標	ボックスの傾斜勾配(%)	① ボックス 堤内側		② ボックス 堤外側		③ ~ ④ ボックスと堤体間
				沈下量 (cm)	相対変位量(cm/l)	沈下量 (cm)	相対変位量(cm/l)	沈下量 (cm)
1	No.36	4.2k+062	0.0	-4.8	-4.8	-4.8	-4.8	-21.0
2	No.39	4.2k+123	0.0	-7.6	-2.8	-8.3	-3.5	-14.8
3	No.50	4.4k+132	0.1	-16.5	-3.4	-18.3	-3.8	-29.5
4	No.61	4.6k+144	0.2	-0.7	6.0	-5.2	4.9	-17.6
5	No.64	4.8k+003	0.4	-1.4	-0.7	-10.6	-5.3	-16.2
6	No.77	5.0k+055	0.0	-4.7	-1.1	-5.4	1.7	-16.1
7	No.89	5.2k+087	0.9	-3.6	0.4	-23.9	-6.4	-23.9
8	No.99	5.4k+087	0.8	-5.9	-1.0	-24.2	-0.2	-24.2
—	No.105~106	5.6k+004	—	0.0	2.2	0.0	9.0	0.0
9	No.112(No.107)	5.6k+139	0.3	-8.2	-3.1	-14.4	-5.4	-21.6
10	No.122	5.8k+140	0.4	-4.9	1.5	-14.1	0.1	-14.1
11	No.127	6.0k+041	0.1	-1.4	1.2	-3.6	3.8	-7.2
12	No.132	6.0k+139	0.0	-5.5	-3.4	-5.4	-1.5	-6.6
13	No.142	6.2k+140	0.2	-2.3	1.3	-8.7	-1.3	-9.0
14	No.152	6.4k+139	0.5	-4.7	-1.0	-16.2	-3.0	-16.2
—	No.156~158	6.6k+020	—	0.0	2.4	0.0	8.0	0.0
15	No.159	6.6k+079	0.1	-2.3	-1.6	-1.2	-0.8	-4.6
16	No.170	6.8k+098	0.0	-1.2	0.4	-1.8	-0.2	-1.8
—	No.174~178	6.9k+078	—	0.0	0.6	0.0	0.9	0.0
17	No.185(No.179)	7.0k+186	0.4	-3.1	-1.5	-10.8	-5.1	-13.6
18	No.194	7.2k+178	0.6	-3.4	-0.1	-16.7	-1.5	-16.7
19	No.219	7.8k+106	0.1	-1.6	0.3	-5.3	1.7	-5.6
20	No.225	8.0k+054	0.3	-9.2	-4.1	-5.5	-0.1	-10.6
21	No.231	8.2k+008	0.0	0.0	4.8	-0.1	2.8	-5.0
22	No.238	8.2k+151	0.0	0.0	0.0	-0.3	-0.1	-8.0

\*沈下量着目箇所は以下の通りである。

- ① ボックス堤内側：図 3-4-6 に示す A の位置（ボックスの堤内側端部）
- ② ボックス堤外側：図 3-4-6 に示す B の位置（ボックスの堤外側端部）
- ③ ~ ④ ボックスと堤体間：図 3-4-6 に示す ③ ~ ④（ボックス堤外側～堤体堤外側のり肩）

\*ボックスの傾斜勾配：ボックス横断方向の傾き（ボックスの堤内側～堤外側間の勾配）

\*ボックス堤内側および堤外側の相対変位量：沈下算定断面間（約 200~300m）の沈下量の差分をボックスの標準長（l=80m）当りに換算した。

■：算定値が許容値を超える箇所

許容値：ボックスの傾斜勾配 2%

ボックスの沈下量 10cm

ボックスの相対変位量 5cm

ボックスと堤体間の沈下量 10cm

\*ボックス堤外側の沈下量については、一次元の検討であるため近接する着目点の大きな値を採用した。

\*No.112 及び No.185 は交差部前後の断面であり、計算断面はそれぞれ No.107, No.179 を適用し、盛土は一般部の形状とした。

(3) 解析結果と考察

図 3-4-6 は、No. 89 断面の川表盛土施工開始後の横断方向の沈下量分布である。表 1-4-1 は全検討断面の沈下量を示し、川表盛土施工開始後の沈下量が設定した許容値（10cm）を上回る箇所にハッチ（黄色）をいれた。その区間は、No. 36~No. 122 区間、No. 152、No. 185~No. 194 区間であり、最大 30cm 程度沈下量が発生する。

また、二重締め切り位置での沈下量が 10cm 程度予測されるため、鋼矢板の上げ越しで対応する。

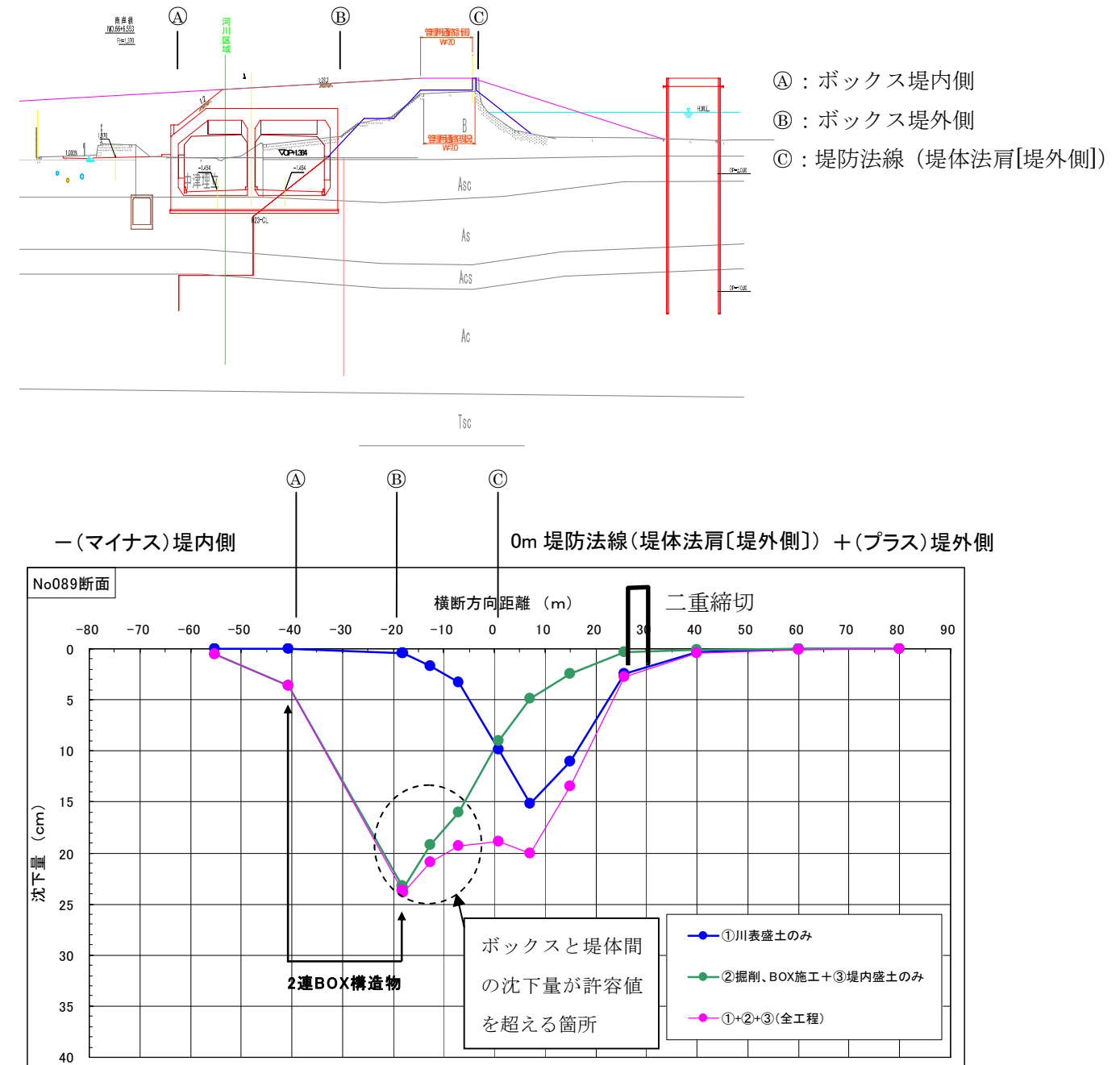


図 3-4-6 No. 89 断面 横断方向残留沈下分布（川表盛土施工開始後沈下量）（無対策（液状化対策は考慮））

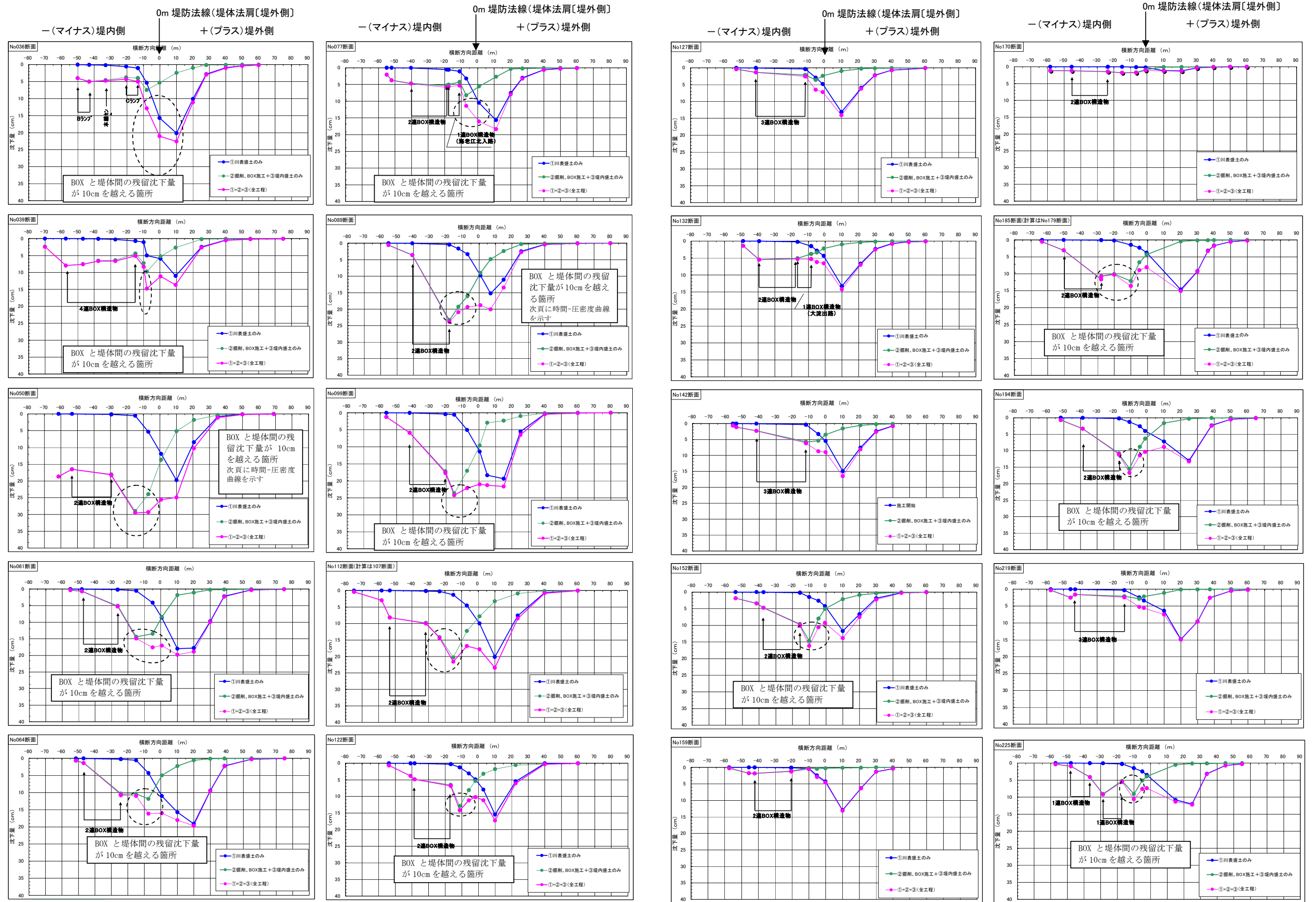


図 3-4-7(a) 残留沈下分布 (川表盛土施工後) (無対策)

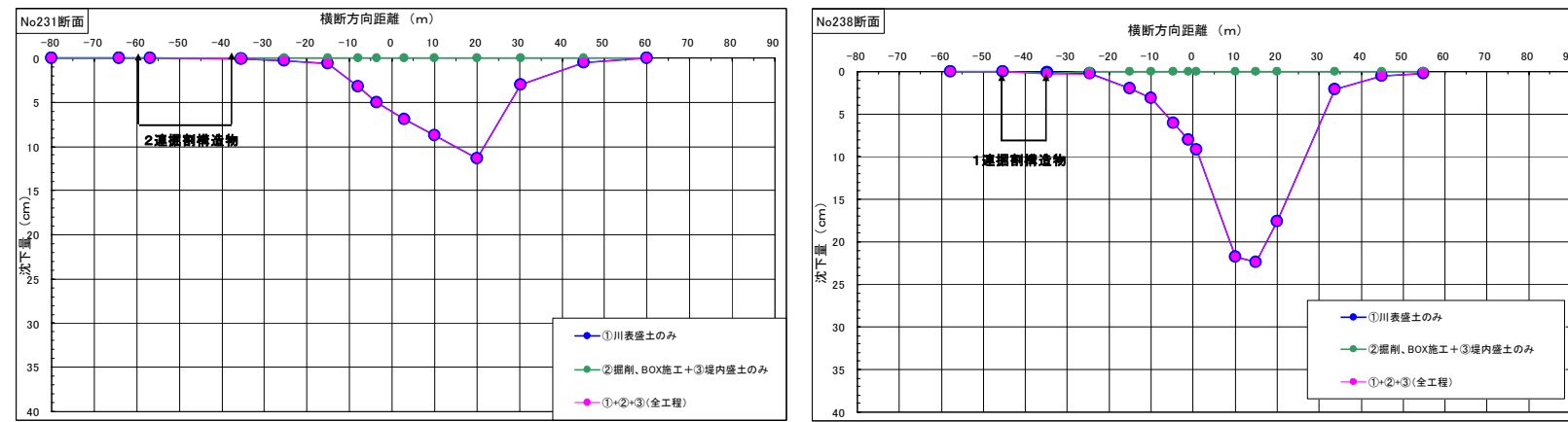


図 3-4-7(b) 残留沈下分布（川表盛土施工後）（無対策）

・川表盛土施工開始後の沈下量  
【ボックスと堤体間】

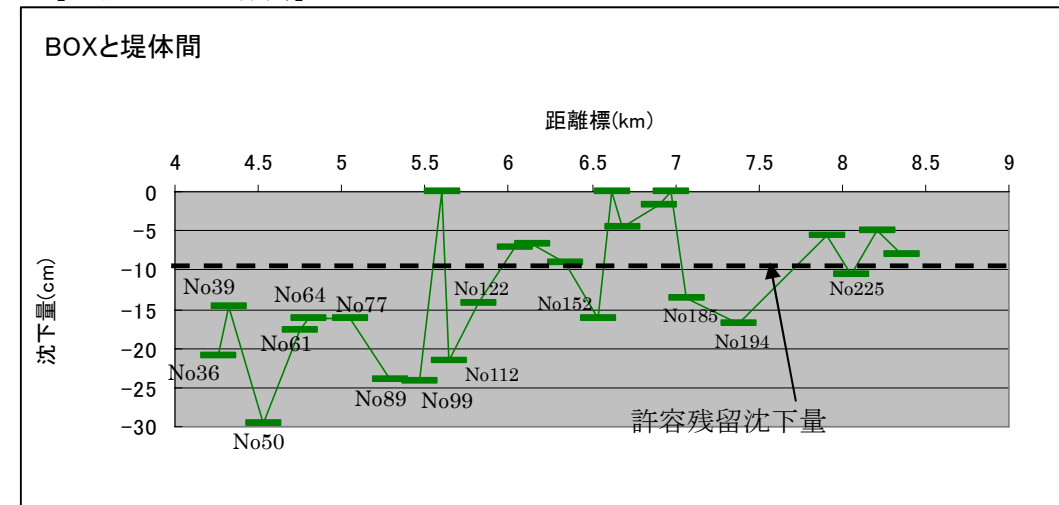


図 3-4-8 ボックス堤体間の残留沈下量の縦断方向分布  
（川表盛土施工開始後）（無対策）

(4) 圧密沈下日数について

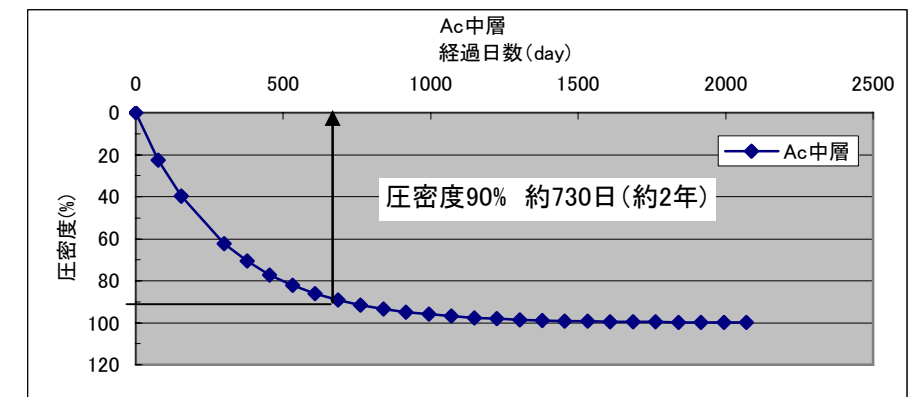
一次元圧密解析結果より、ボックスと堤体間に許容値(10cm)を越える残留沈下量が発生する結果となった。そこで、圧密沈下対策を考える上で圧密度と経過日数関係を確認した。図 3-4-9 に、高潮特殊堤区間 (No. 50、No. 89)、高潮堤防区間 (No. 152)、一般土堤区間 (No. 194) において、川表盛土施工開始後の沈下量が大きな断面の堤体とボックスの間の圧密度と経過日数関係を示す。同図より、圧密度 90% に達する年数は概ね 2~3 年であることが分かる。

(5) 確保機能に対する評価

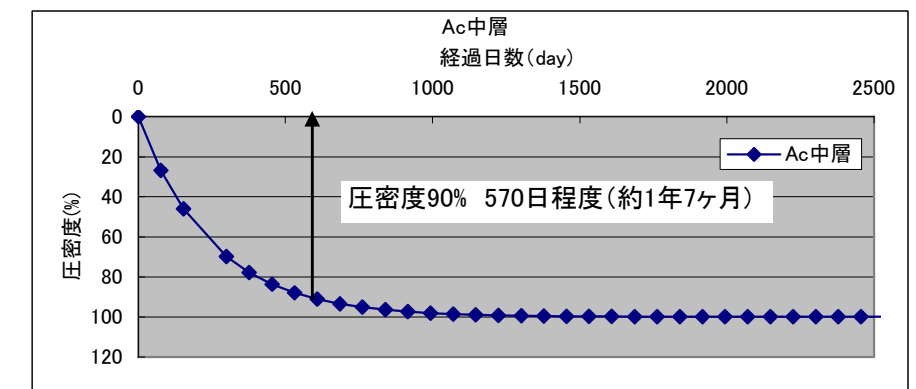
○確保機能 LC-11、12

川表盛土施工開始後の沈下量は、最大 30cm 程度発生するため計画堤防高さ不足となる。堤体とボックス間の圧密沈下対策については、圧密度 90% に達する日数が約 2~3 年であることから、平成 32 年の供用開始までの期間あるいはそれ以降についても計画堤防高さを確保する対応を実施することとした。なお、沈下量の把握のために定期的なモニタリングが必要である。

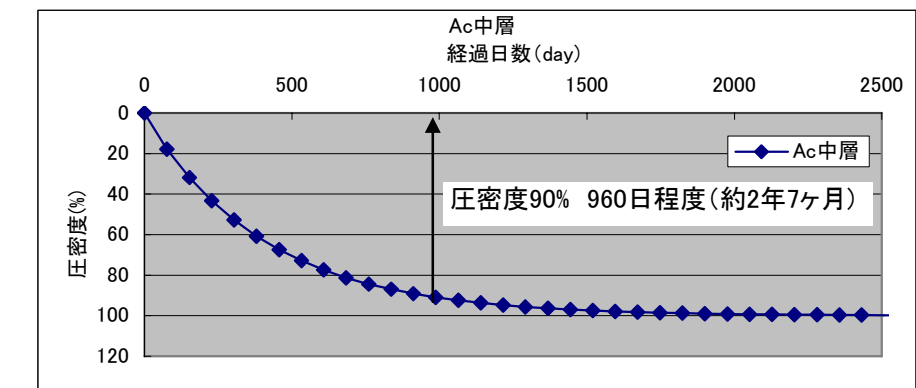
No.50 堤体（現堤頂部左）



No.89 堤体（現堤頂部左）



No.152 堤体（現堤頂部左）



No.194 堤体（現堤頂部左）

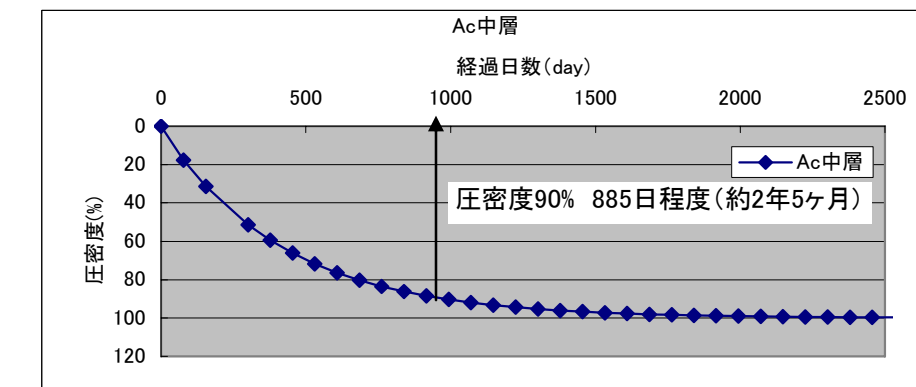


図 3-4-9 時間-圧密度曲線（川表盛土施工開始後）（無対策）



### 3-4-4 完成時の道路（構造物）の機能評価

#### ・圧密沈下後の道路ボックス沈下量の評価

道路ボックス完成時のボックスの沈下量の照査結果について以下に示す。

確保機能 BC-4	●道路躯体の沈下に対する安全性、供用性を確認すること
--------------	----------------------------

確保機能 BC-5	●道路躯体の継手部の段差・離れに対する安全性・供用性を確保すること
--------------	-----------------------------------

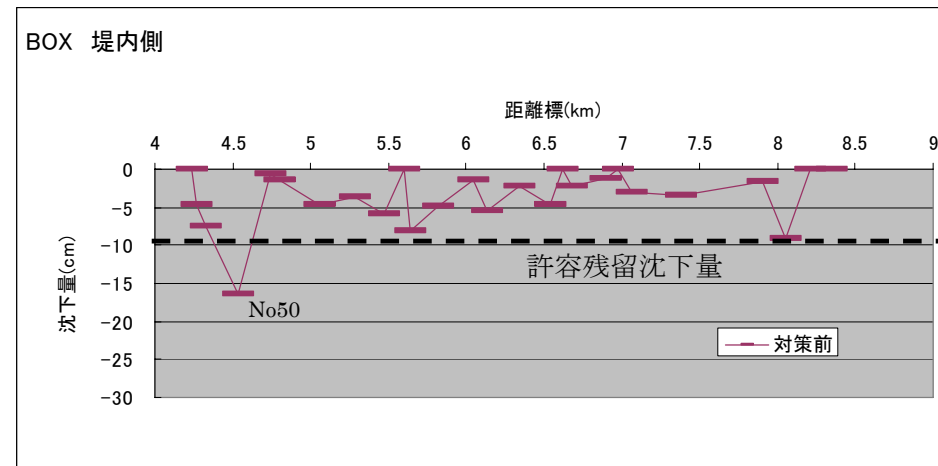
#### (1)解析結果と考察

図 3-4-10 には、BOX の左右端の川表盛土施工開始後の沈下量の縦断方向分布を示し、図 3-4-11 には、縦断方向の相対変位分布を示す。

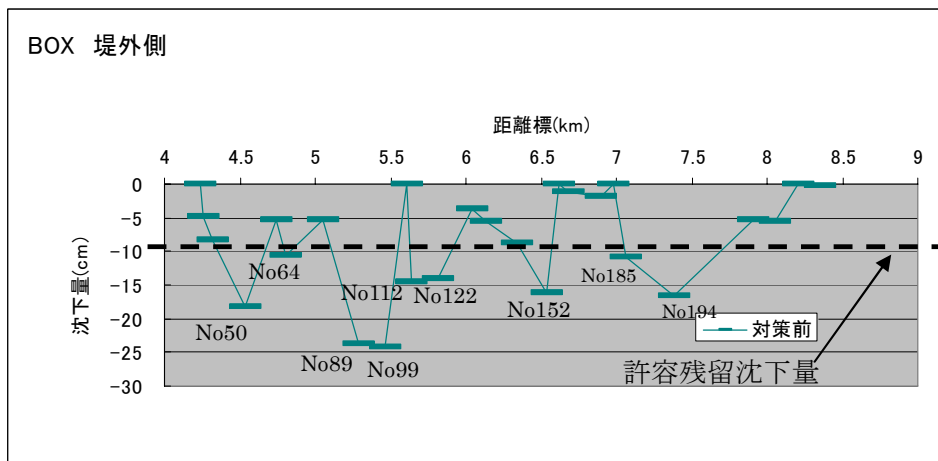
先に示した表 3-4-1 より、ボックス部での沈下量は最大 25cm 程度発生する。許容値に抵触する区間は、NO. 39～No. 122 区間、NO. 152～No158 区間、No. 185～No. 215 区間である。

#### ・残留沈下量

【ボックス端 堤内側】

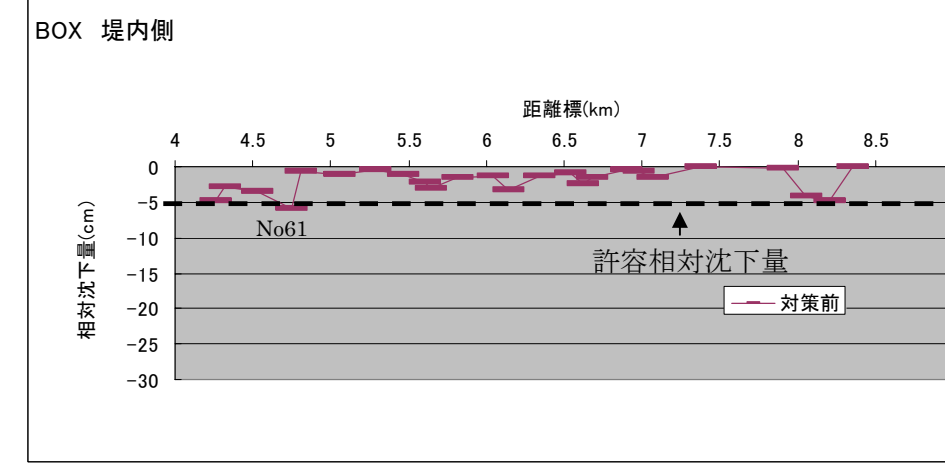


【ボックス端 堤外側】



#### ・縦断方向の相対沈下量

【ボックス端 堤内側】



【ボックス端 堤外側】

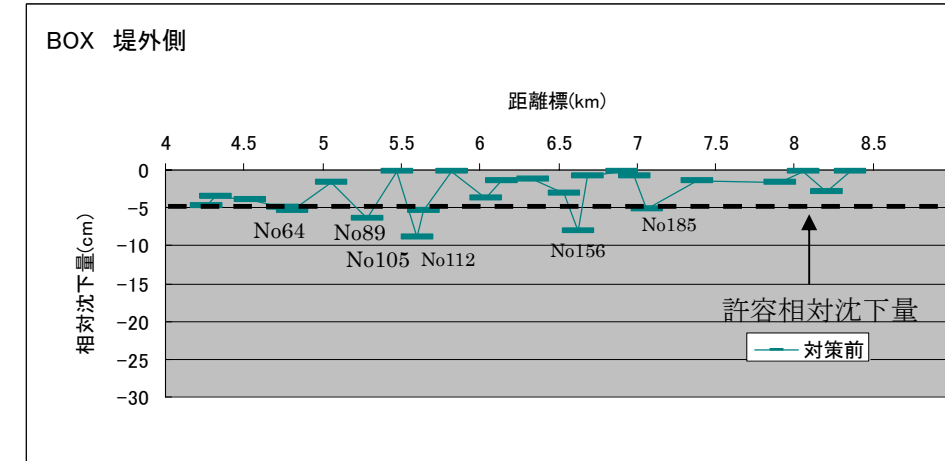


図 3-4-10 残留沈下量の縦断方向分布（川表盛土施工開始後）（無対策）

図 3-4-11 相対変位量の縦断方向分布（川表盛土施工開始後）（無対策）

(2) ボックス部の圧密沈下対策効果について

ボックス部でも許容値に抵触するため、圧密沈下対策効果についても検討した。対策工法については、沈下量を減少させる固結工法もしくは締固工法とし、Ac層下端まで対策工を実施した場合の結果を示す。

図 3-4-12 には、No89 断面の沈下分布を示す。図 3-4-13 には、BOX の左右端の川表盛土施工開始後の沈下量の縦断方向分布を示し、図 3-4-14 には、縦断方向の相対変位分布を示す。表 3-4-2 は、沈下対策後（固結工法もしくは締固め工法）の沈下量を示している。

(3) 確保機能に対する評価

○確保機能 BC-4、5

川表盛土施工開始後の沈下量は、最大25cm程度発生するため、ボックスの安全性や縦断方向の連続性を確保することができない。ボックス部の圧密沈下対策を実施することにより、設定した許容値（残留沈下量10cm、相対沈下量5cm）を満足出来ることが確認できた。

表 3-4-2 BOX 部の沈下計算結果（対策後：As 層および Ac 層）

No	断面	距離標	ボックスの傾斜勾配(%)	① ボックス 堤内側		② ボックス 堤外側		③ ~ ④ ボックスと堤体間
				沈下量 (cm)	相対変位量(cm/%)	沈下量 (cm)	相対変位量(cm/%)	沈下量 (cm)
1	No.36	4.2k+062	0.0	-4.8	-4.8	-4.8	-4.8	-21.0
2	No.39	4.2k+123	0.0	-7.6	-2.8	-8.3	-3.5	-14.8
3	No.50	4.4k+132	0.1	-5.0	1.0	-6.8	0.6	-29.5
4	No.61	4.6k+144	0.1	-0.6	1.7	-3.0	1.4	-17.6
5	No.64	4.8k+003	0.1	-0.3	0.3	-1.6	1.4	-16.2
6	No.77	5.0k+055	0.0	-3.6	-1.0	-3.5	-0.6	-16.1
7	No.89	5.2k+087	0.2	-0.6	1.0	-4.7	-0.4	-23.9
8	No.99	5.4k+087	0.1	-1.7	-0.5	-3.3	0.6	-24.2
-	No.105~106	5.6k+004	-	0.0	0.6	0.0	1.2	0.0
9	No.112(No.107)	5.6k+139	0.0	-1.5	-0.6	-2.5	-0.9	-21.6
10	No.122	5.8k+140	0.0	-1.2	0.1	-1.4	0.5	-14.1
11	No.127	6.0k+041	0.0	-1.3	0.0	-1.5	0.0	-7.2
12	No.132	6.0k+139	0.0	-5.1	-3.1	-4.7	-2.6	-6.6
13	No.142	6.2k+140	0.1	-2.2	1.2	-4.7	0.0	-9.0
14	No.152	6.4k+139	0.0	-2.1	0.0	-2.4	0.9	-16.2
-	No.156~158	6.6k+020	-	0.0	1.0	0.0	1.2	0.0
15	No.159	6.6k+079	0.0	-1.5	-1.0	-0.9	-0.6	-4.6
16	No.170	6.8k+098	0.0	-0.7	0.3	-0.8	0.0	-1.8
-	No.174~178	6.9k+078	-	0.0	0.4	0.0	0.4	0.0
17	No.185(No.179)	7.0k+186	0.1	-0.8	-0.4	-2.0	-1.0	-13.6
18	No.194	7.2k+178	0.1	-0.6	0.1	-2.5	-0.1	-16.7
19	No.219	7.8k+106	0.0	-1.5	-0.1	-1.5	0.2	-5.6
20	No.225	8.0k+054	0.1	-3.3	-1.0	-2.1	-0.3	-10.6
21	No.231	8.2k+008	0.0	0.0	1.7	-0.1	1.1	-5.0
22	No.238	8.2k+151	0.0	0.0	0.0	-0.3	-0.1	-8.0

■: 無対策時に許容値を越えた箇所

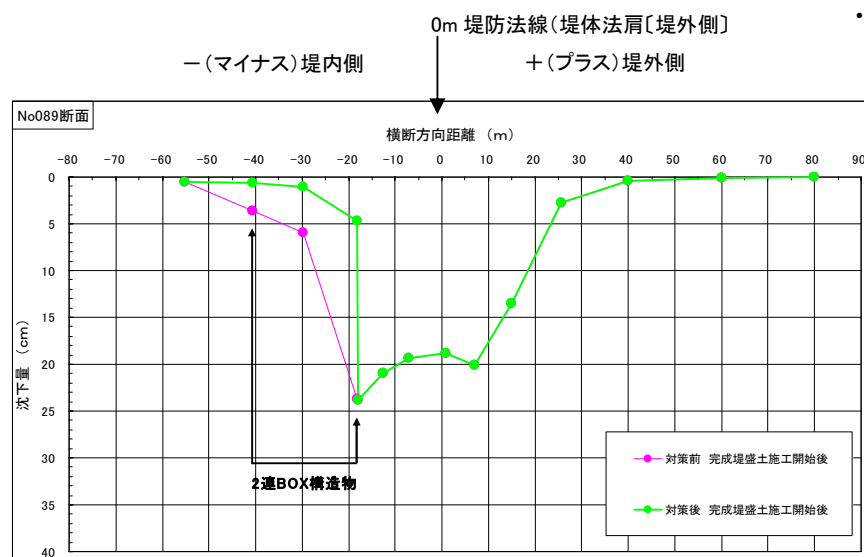
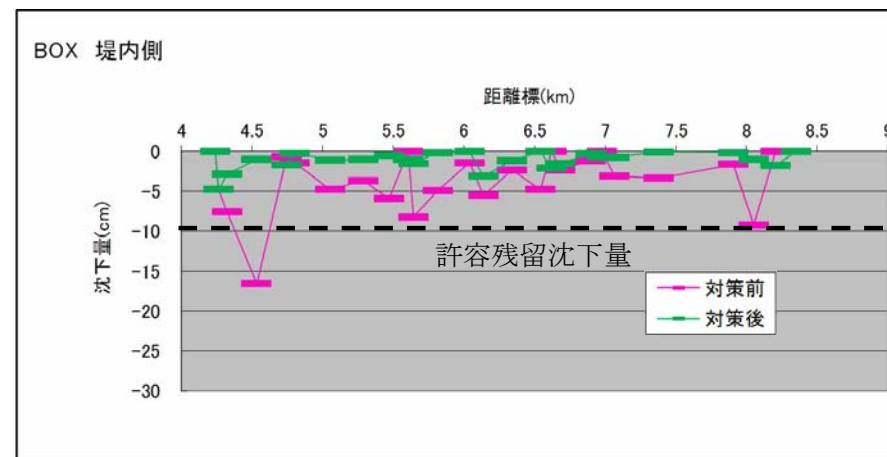


図 3-4-12 No89 断面 残留沈下分布 (川表盛土施工開始後) (対策前後)

・ a) 残留沈下量 【ボックス端 堤内側】



【ボックス端 堤外側】

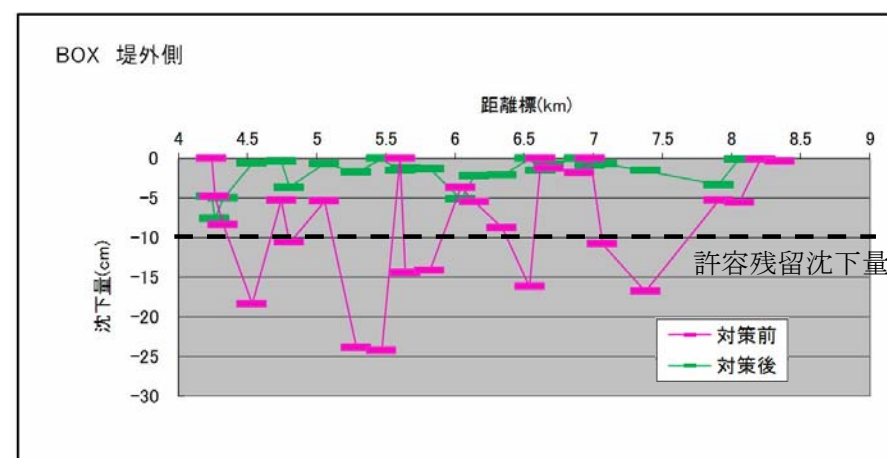
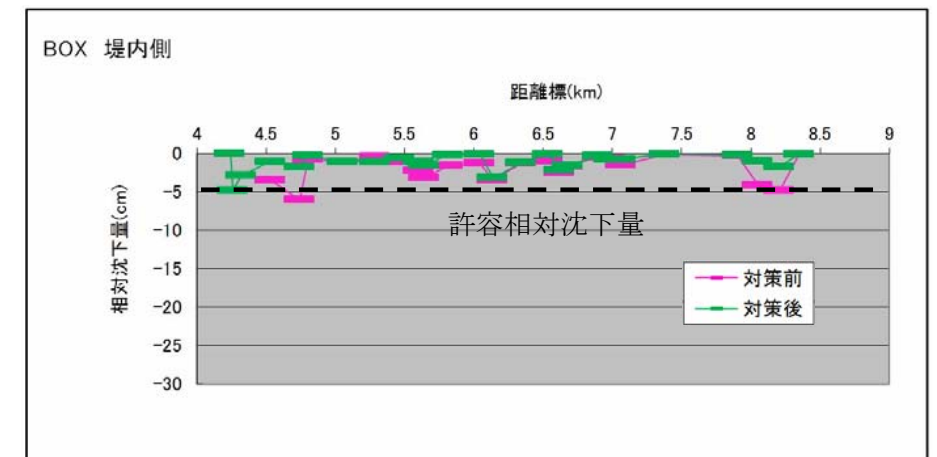


図 3-4-13 残留沈下量の縦断方向分布 (川表盛土施工開始後) (対策後)

・ b) 縦断方向の相対沈下量 【ボックス端 堤内側】



【ボックス端 堤外側】

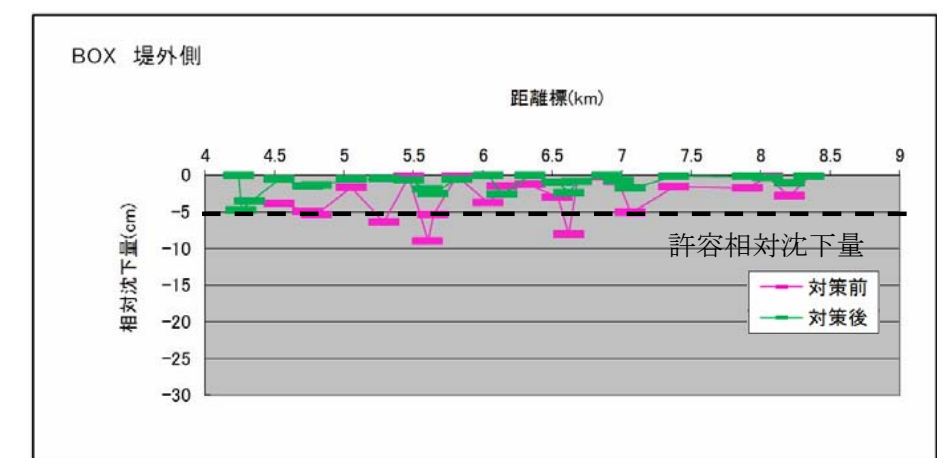


図 3-4-14 相対変位量の縦断方向分布 (川表盛土施工開始後) (対策後)

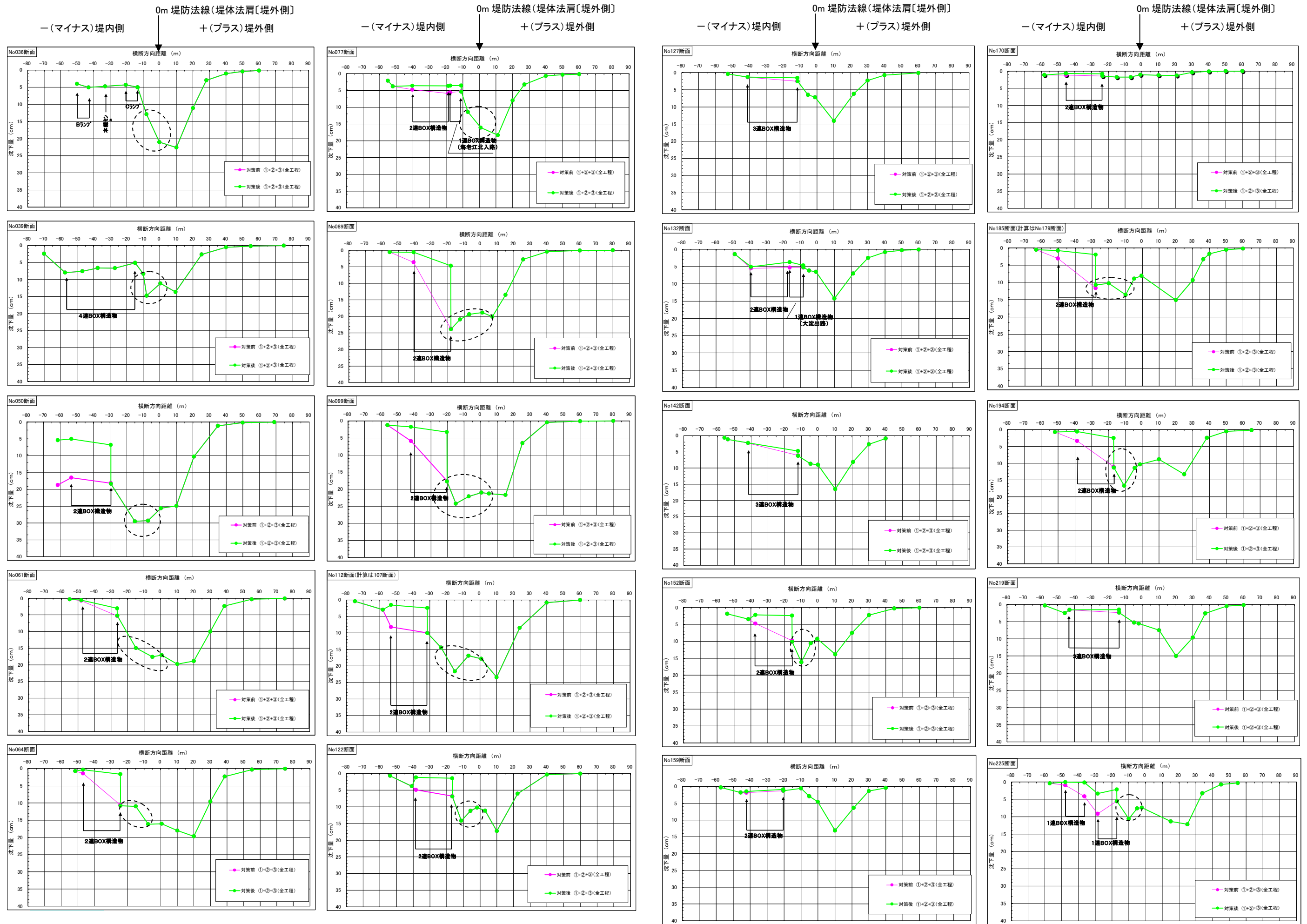


図 3-4-15(a) 残留沈下分布 (川表盛土施工開始後) (対策前後)



3-4-5 全線評価のまとめ (完成時)

一体構造物とした場合に必要とされる堤防 (土堤)、道路 (構造物) の機能に対して、一次元圧密検討代表 2 2 断面で堤体本体および構造物周辺の定量的評価と今後の課題を整理した。以下にその結果を示す。

淀川左岸線 (2 期) 区間では、縦断的な基礎地盤の変化、道路設置後の変化、既設堤防の変化等、多様な荷重形態となることから、先ず、一次元圧密計算により代表 2 2 断面で圧密沈下の定量的評価を行い、この結果から顕著な沈下モードとなる断面を抽出し、二次元弾塑性 FEM 解析により検討を行う。

(1) 定量的な評価が可能か項目【完成時】

① 堤防 (土堤) の機能を満たすこと

		確保機能に対する評価	確保機能に対する今後の課題
堤防(土堤)の機能を満たすこと	堤体本体の点検と強化	<p>① LC-11: ●<b>圧密沈下による堤防高の不足を起こさないこと</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>完成堤盛土施工開始後の<b>残留沈下量は、最大 30cm 程度発生</b>する。また、<b>本線ボックスと既設堤体の沈下差も 20cm 以上</b>となり、堤体への影響が懸念されるため、機能確保上、対策が必要である。</li> <li>当該地においては、効率的かつ効果的な対策工選定にあたり、<b>圧密沈下が及ぶ期間を計算すると約 2～3 年で圧密度が 90% となる</b>ことから、施工期間、施工性を考慮した場合、多様な対策工の選定が考えられる。</li> <li>河川堤防においては、施工期間中、二重締切り矢板が設置されていることから、この締切堤の撤去時期までに余盛を施すなど既設堤体部に対する圧密沈下対応が考えられる。なお、施工期間は長期に渡るが、モニタリングを施工中、施工後に継続して実施することで、堤防機能の確保を図る。</li> </ul> <p>② LC-12: ●<b>圧密変形による堤体の沈下・変形を抑制すること</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>LC-11 と同様である。</li> </ul>	<p>① LC-11</p> <p>施工期間内及び完成後において、堤防沈下量を把握するためのモニタリングと圧密促進期間の確保など対策の検討が課題である。(LC-15,LC-18)</p> <p>② LC-12</p> <p>LC-11 と同様である。</p>
	構造物周辺の堤防の点検と強化	<p>③ LC-13 : ●<b>道路底版と基盤底面の間隔による水みち発生を起こさないこと</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>(第 3 回委員会の先行 2 断面の結果より、わずかに剥離が生じる可能性がある)</li> </ul> <p>④ LC-16: ●<b>圧密沈下による周辺影響を防止すること</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>今回の検討では実施していない。</li> </ul> <p>&lt;まとめ&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>堤防では、最大 30cm 程度の沈下の発生が予想されるため、計画堤防高の確保と本線ボックスと堤体間の沈下差による亀裂などへの対策が必要である。</li> <li>変形挙動のモニタリングの検討が必要である。</li> </ul>	<p>③ LC-13</p> <p>液状化対策を含め<b>基礎処理 (締固め)</b> 管理方法についての検討が課題である。</p> <p>④ LC-16</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>次回の課題である。二次元弾粘塑性 FEM 解析により検討する必要がある。</li> </ul>

青 : 検討でわかったこと。 赤 : 課題

② 道路（構造物）の安定性、供用性を確保すること

		確保機能に対する評価	確保機能に対する今後の課題
堤防(土堤)の機能を満たすこと	構造的安定性	<p><b>①BC-4: ●道路躯体の沈下に対する安全性、供用性を確認すること</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>完成堤盛土施工開始後の残留沈下量は、無対策の場合、<b>22断面の検討断面のうち9断面が基準値(10cm)を上回る</b>ことから、<b>沈下対策</b>が必要である。</li> <li>当該地においては、効率的かつ効果的な対策工選定にあたり、施工期間、施工性を考慮した場合、多様な対策工の選定が考えられる。</li> <li><b>一次元圧密沈下解析の結果を用いて対策工法必要範囲を設定した。</b>なお、二次元弾粘塑性解析により精査する。</li> </ul> <p><b>②BC-5: ●道路躯体の継手部の段差、離れに対する安全性、供用性を確保すること</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>完成堤盛土施工開始後の縦断方向の相対沈下量は、無対策の場合、<b>22断面の検討断面のうち6断面が許容値(5cm)を上回る区間があり沈下対策</b>が必要である。</li> <li>当該地においては、効率的かつ効果的な対策工選定にあたり、施工期間、施工性を考慮した場合、多様な対策工の選定が考えられる。</li> <li><b>一次元圧密沈下解析の結果を用いて対策工法必要範囲を設定した。</b>なお、二次元弾粘塑性解析により精査する。</li> </ul>	<p><b>①BC-4</b></p> <p>ボックス直下の残留沈下量を抑制することで、残留沈下量の基準値(10cm)を満足することを確認した。ただし、二次元弾粘塑性解析を実施し対策範囲の絞り込みを行う必要がある。</p> <p>また、変形の挙動を把握することは重要であり、<b>モニタリング等</b>の検討が課題である。</p> <p><b>②BC-5</b></p> <p>BC-4と同様である。</p>
	周辺影響の抑制・低減	<p><b>③ BC-8 : ●圧密沈下による周辺影響を防止すること</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>本検討では実施していない。</li> </ul> <p><b>&lt;まとめ&gt;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>完成堤盛土施工開始後の残留沈下量は、無対策の場合、基準値(10cm)を上回る区間があり沈下対策が必要である。</li> <li>完成堤盛土施工開始後の縦断方向の相対沈下量は、無対策の場合、許容値(5cm)を上回る区間があり沈下対策が必要である。</li> <li>これらを満足するために、一次元圧密沈下解析の結果を用いて対策工法の抽出及び必要範囲を設定した。</li> <li>変形挙動のモニタリングの検討が必要である。</li> <li></li> </ul>	<p><b>③BC-8</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>次回の課題である。二次元弾粘塑性 FEM 解析により検討する必要がある。</li> </ul>

青：検討でわかったこと。 赤：課題