

5 章 河川構造令第 19 条に関する検討

5.1 構造物としての劣化現象が生じにくい構造とするための検討

5.1.1 構造物としての劣化現象が生じにくい構造であることを照査するための基本的考え方

(1) 評価項目の設定

道路構造物及び堤体の一体構造物において劣化現象が生じにくくなっていることを照査するべく、下記に示す項目について、河砂技術基準等の基準類に示す照査基準や照査手法に従うなど、適切な照査方針に従い照査を行う。

項目① 構造物の劣化が生じにくい設計、施工がなされること

項目② 劣化が生じた場合にそれを確認できる構造であること

項目③ 劣化が生じた場合に補修が可能な構造であること

各項目の安全性を評価するために、最低 1 つ以上の検討を行うものとする。5.1.2 以降に各項目に対する安全性の評価の結果を示す。

5.1.2 構造物の劣化が生じにくい設計、施工がなされること

5.1.2.1 道路構造物の設計基準の遵守

延伸部区間の道路ボックスは 2 期と同様に、阪神高速が定めた開削トンネル指針に基づき道路ボックスに要求される性能を満足するためのコンクリートや鉄筋に対する基準を遵守するとともに、構造細目についても遵守することで、構造物として劣化現象が起きにくいなど、構造物としての機能低下を招くことのない構造設計を行っている。道路構造物を構成する材料は主にコンクリート及び鉄筋となるが、その各材料に対して仕様を厳しく設定すること、劣化や損傷状態を把握することが可能となる。同指針は日本道路協会発刊の道路橋示方書に示す知見も大幅に取り入れているため、コンクリート構造物の劣化損傷等の膨大な知見が取り込まれていることになり、信頼性も高いと言える。

一方、シールドトンネルは、阪神高速が定めた「設計基準 第 3 部 構造物設計（土構造物編）第 8 編シールドトンネル、阪神高速道路株式会社」に基づき、道路ボックスと同様、構造物としての機能低下を招くことのない構造設計を行っている。加えて、シールドトンネルは、①安定した円形の構造物、②セグメントが工場製作であり、材質のムラがなく高品質、③高強度で緻密なコンクリートであることから、より躯体に劣化が生じにくい特徴を有している。

なお、同指針・設計基準を用いて設計を行った阪神高速道路の神戸山手線、淀川左岸線（1 期）、大和川線といった既供用路線の道路ボックスやシールドトンネルにおいて、機能低下に関する報告もないことから、同指針・設計基準を用いた設計を行うことが適切である。

5.1.3 劣化が生じた場合にそれを確認できる構造であること

5.1.3.1 劣化の検知を可能とする構造検討の実施

4.7.2.1の中で述べたように、内部空間から劣化損傷を検知することができる点検手法が確立されていることから、道路構造物やシールドトンネルにおいて劣化損傷が生じて、その状態を早い段階で把握することができる。また、4.7.2.2及び4.7.2.3に示すように、平常時、地震後といったあらゆる段階でも、劣化損傷や損傷といった問題が生じた道路構造物やシールドトンネルに迅速にかけつけることのできる管理体制が確保されていることにより、補修や修復作業の確実性が確保できていると考える。

効率的な維持管理として、劣化損傷現象が顕著に現れる前の未然の予防として、4.7.2.4の中で述べた堤防・道路構造物を一体的に把握するモニタリングシステムが導入していくことが課題である。一体的に状況を把握することで、より正確に適切な状況把握が可能となるため、早期の段階から異常を検知し、最小限で最大の効果を発揮する補修対策などを効率的に立案するという理想的な維持管理を実現させることができる。また、4.7.2.5に示す維持管理体制を整備することにより、運用面での障害も取り除き、望ましい維持管理を永続的に行うことを可能とする。

5.1.4 劣化が生じた場合に補修が可能な構造であること

5.1.4.1 劣化が生じた場合の補修等の対応に関する検討

劣化損傷を検知した場合、4.7.2.6の中で述べたように内部からその劣化損傷を補修する手法が確立されていることから、道路ボックスやシールドトンネルの機能低下を生じさせることはない。また、前項でも述べたように、4.7.2.2及び4.7.2.3に示すように、平常時、地震後といったあらゆる段階でも、劣化損傷や損傷といった問題が生じた道路ボックス、シールドトンネルに迅速にかけつけることのできる管理体制が確保されていることにより、補修や修復作業の確実性が確保されている。

5.2 不同沈下に対する修復の容易性に関する検討

5.2.1 不同沈下に対する修復の容易性を確保できているかを照査するための基本的考え方

(1) 評価項目の設定

道路構造物及び堤体の一体構造物において、たとえ不同沈下が生じてもそれに対する修復が容易であるかを照査するべく、下記に示す項目について、河砂技術基準等の基準類に示す照査基準や照査手法に従うなど、適切な照査方針に従い照査を行う。

項目① …… 堤防機能に影響するほどの不同沈下が生じない設計であること、あるいは不同沈下が生じても容易に修復できる範囲に収まるよう設計されていること構造物の劣化が生じにくい設計、施工がなされること

項目② …… 不同沈下が生じた場合にそれを確認できる構造であること

項目③ …… 不同沈下が生じた場合は迅速な修復が可能な構造であること

各項目の安全性に対する安全性を評価するために、最低 1 つ以上の検討を行うものとする。5.2.2 以降に各項目に対する安全性の評価の結果を示す。

5.2.2 堤防機能に影響するほどの不同沈下が生じない設計であること、あるいは不同沈下が生じても容易に修復できる範囲に収まるよう設計されていること構造物の劣化が生じにくい設計、施工がなされること

5.2.2.1 道路構造物と堤防の圧密沈下差による地表面の段差の発生

(1) 照査基準

残留沈下量が不同沈下に対する補修が容易な範囲であることが、堤防としての修復の容易性に直結すると考え、道路構造物における残留沈下量の照査を行う。照査基準となる許容残留沈下量は、道路土工 軟弱地盤対策工指針（公益社団法人日本道路協会、平成 24 年）（以下、軟弱地盤工指針という）の許容残留沈下量に照らして、10cm と設定する。照査は式（5.2.2-1）による評価式により照査を行う。

$$\text{圧密沈下対策工を考慮した解析における道路躯体の残留沈下量} \\ < \text{許容残留沈下量 (10cm)} \quad \cdots \quad \text{式 (5.2.2-1)}$$

(2) 照査手法

照査手法は、2 期委員会で審議され承認された、圧密沈下対策工や施工ステップを考慮した土－水連成 2 次元弾塑性解析を用いて地盤変状挙動を評価する。

まず、圧密沈下対策の要否判定を行うことを目的に、基礎地盤が無対策の状態で、解析が最も厳しい条件である道路構造物構築後に盛土が瞬時に構築されることを想定した土－水連成 2 次元弾塑性解析を行い、道路構造物中央部の残留沈下量の照査を行う。安全性照査の基準を満たさない場合には、以降の検討では、第 3 章で述べたように、延伸部区間の道路構造物の基礎地盤は固結工法による地盤改良を実施することから、その状態を解析検討の前提条件とする。後述する解析モデルについては、対策工を実施した状態である完成断面を対象に、堤防、道路構造物の確保機能の照査及び周辺環境への影響についても検証を行う。

土－水連成 2 次元弾塑性解析に用いる解析モデルの考え方について示す。解析モデル下端は、原則として、洪積礫質土層（Dsg 層）上端を設定する。モデル化する範囲は、盛土・構造物設置により地盤変状に影響を及ぼさない十分な距離として、モデル高さの 5 倍程度に設定する。解析モデルの底面境界は固定し、側方境界には鉛直ローラーを設ける。上載荷重は、次項に示すように、盛土上部におけるオンランプや南岸線の道路利用を想定した 2 期と同じ上載荷重を考慮する。

土-水連成 2 次元弾塑性解析にあたり、排水条件としてモデル下端及び左右端の水頭を固定する。地盤変状挙動の評価位置は、淀川左岸線の西行き端部、中壁位置、東行き端部、堤防間盛土、堤防天端両肩、川表側盛土端部とする。同位置の粘性土層（Ac1 層、Ac2 層、Ac3 層）中心において過剰間隙水圧の経時変化を把握し、解析中に圧密現象が収束していることを確認する。

最初に現況堤防形状の自重解析（全土層に接線剛性 E_0 を設定）を実施し、地盤の初期応力状態を把握する。この応力状態を引き継ぎ、粘性土層を弾塑性体（修正カム・クレイモデル）、その他の土層を弾性体として解析を実施する。弾塑性体には圧密特性を、弾性体には変形係数として割線剛性 E_m を設定する。弾塑性解析では、作成した解析ステップに沿って順次、応力状態を更新しながら地盤変状の経時変化を評価する。

解析の際、圧密による地盤変状解析で重要となるパラメータは、粘性土層の圧縮指数 C_c と過圧密比 OCR であり、表 5.2.2-1 に No.16 の例を示すように解析断面近傍の土質試験から得られた値を用いる。

表 5.2.2-1 解析に用いる土質パラメータ（解析断面：No.16）

設定土質	単位体積重量 γ_t (kN/m ³)	変形係数	圧密特性		
		E_m (kN/m ²)	圧縮指数 C_c	膨潤指数 C_s	過圧密比 OCR
B（改修・修補）	18.2	12,600			
B（改良）	20.0	12,600			
B（運河埋立）	20.0	9,100			
As1	19.2	9,585			
Ac1	17.8		0.270	0.027	2.91
Ac2（上）	16.8		0.682	0.068	1.30
Ac2（中）	17.1		0.386	0.039	1.63
As3	19.5	14,700			
Ac3	18.1		0.410	0.041	1.38
Dsg	20.0	48,700			

(3) 照査外力

土-水連成 2 次元弾塑性解析における外力条件は、延伸部区間においては堤防裏のりから道路構造物上面を含め道路管理空間となり上面利用はないと考え、図 5.2.2-1 に示すように盛土上部におけるオンランプや南岸線の道路利用を想定した 2 期と同じ上載荷重を採用した。

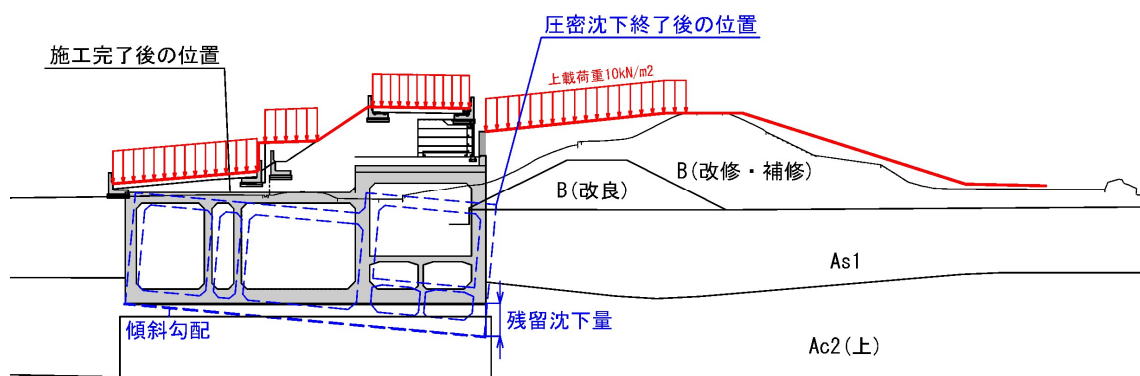


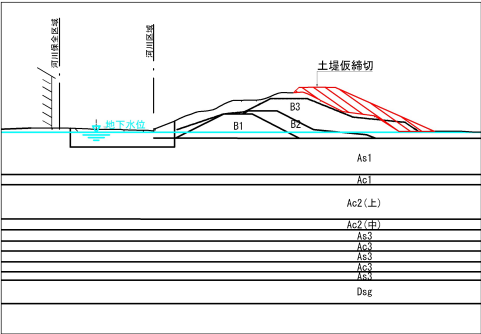
図 5.2.2-1 圧密沈下に伴う堤防高の確保の照査方法

本検討では施工計画を加味した評価が実施可能な２次元土-水連成弾塑性解析を使用する。圧密沈下解析においては初期応力設定が重要となるため、地中内の応力履歴を適切に評価する必要がある。このため、解析を実施するにあたり道路構造物の断面形状や地盤条件を反映した施工計画を解析ステップ図として整理する。施工計画から必要となる各解析ステップの施工日数を表 5.2.2-2 に、解析ステップ図を図 5.2.2-2～図 5.2.2-4 に示す。なお、施工日数における最小単位は１か月として設定する。

表 5.2.2-2 各解析ステップの日数(シールドトンネル部：No. 16)

STEP	内 容	期 間
1	土堤仮締切（堤外側）	1 か月
2	堤防掘削・整地（堤内側）	1 か月
3	軟弱地盤対策工法（固結工法を想定）	6 か月
4	シールド掘削	3 年
5	鋼矢板打設	3 か月
6	掘削	1 か月
7	道路構造物構築	3 年
8	埋戻し・鋼矢板撤去	6 か月
	放置	5 年
9	盛土（高規格堤防）	6 か月
10	完成（上載荷重載荷）	1 か月
	合 計	13 年 1 か月

・ STEP1：土堤仮締切（堤外側）



・ STEP2：堤防掘削・整地（堤内側）

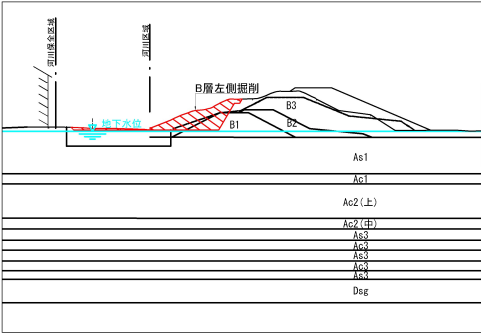
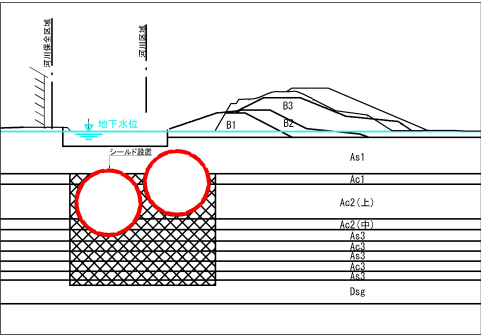
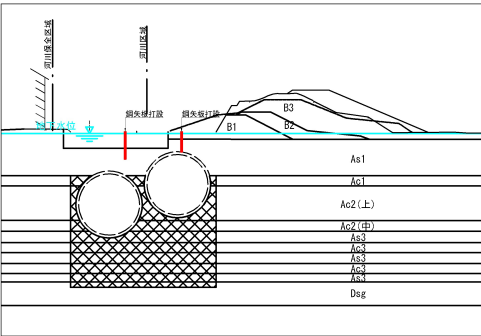


図 5.2.2-2 解析ステップ（1）

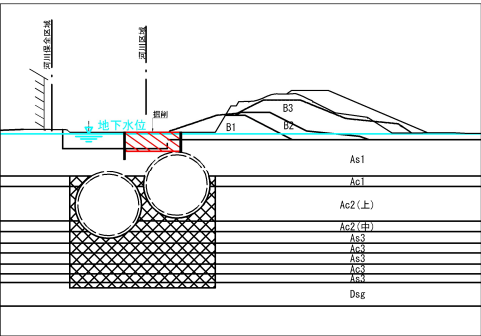
STEP3・4：軟弱地盤対策工法・シールド施工



STEP5：鋼矢板打設



STEP6：掘削



STEP7：道路構造物構築

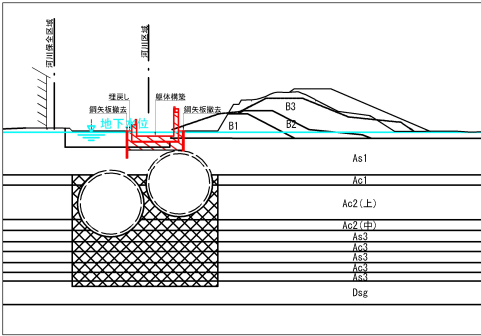
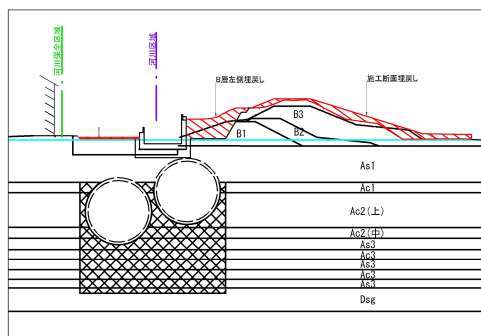


図 5. 2. 2-3 解析ステップ (2)

STEP8：仮設堤撤去・埋戻し・鋼矢板撤去



STEP9：高規格堤防・完成（上載荷重載荷）

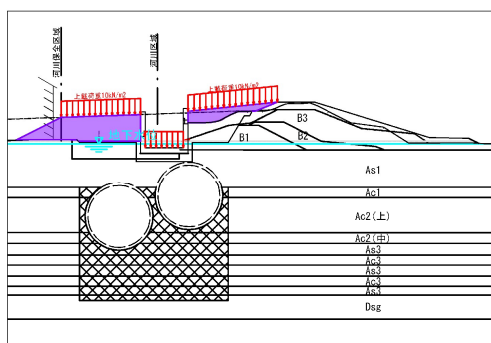


図 5.2.2-4 解析ステップ (3)

(4) 対象断面の設定

解析の検討断面については、2 期における解析断面の選定方法と同じ考え方にに基づき、①増加荷重、②圧密層厚の 2 つの指標から解析検討断面を決定する。

延伸部区間においては、本線の道路構造が道路ボックスから立坑、シールドトンネルに変わり、ランプが合流する。また、土留め壁についても、鋼矢板や地中連続壁など複数の種類があり、撤去または残置など条件が異なる。以上の条件に加え、地層の変化も考慮した上で、区間を細分した。

圧密沈下解析では、同じ荷重状況のもとでは、圧密沈下量の大きさは圧密層の厚みに比例して大きくなるため、圧密層厚が大きいほど堤防の安全性を低下させることになる。解析による検証は、堤防の安全性が最も厳しい状況で行うことが必要であることから、圧密層厚が最も大きい断面を選定することとする。つぎに、同じ圧密層の場合、荷重が大きいほど圧密沈下量が大きくなることから、荷重の大きいものほど堤防に悪影響を及ぼすと考えられる。現況からの荷重の増加量、つまり増加荷重が大きいとその圧密沈下量も大きくなると言える。上述のように、解析検証は堤防の安全性が最も厳しい状況で行うため、重量が最も大きい断面で解析検証を行う必要がある。よって、最も厳しい状況とは圧密層厚及び増加荷重が共に大きい状態であり、それに該当する断面を解析断面として選定することが必要となる。圧密層厚と増加荷重に着目して選定した結果を図 5.2.2-5 に示す。

また、解析モデル図の一例を図 5.2.2-6 に示す。

測点No.		4		10		15		20		25		30		35		40		45		46			
道路構造	本線	開削ボックス						立坑	シールドトンネル														
	ランブ	擁壁・掘削										開削ボックス (地上突出)		開削ボックス (地下埋設)		本線シールド切掛け							
土留め壁	構造	地中連続壁						鋼矢板 (完成時撤去)				鋼矢板		地中連続壁									
	長さ	20m		>20m	20m	58m	H≦10m				15m<H≦20m		>20	20m<H≦30m		H>30m							
地盤		粘性土層が厚く分布						遷移区間 粘性土層が厚く分布		砂質土層が厚く分布 (深部に薄い粘性土層が存在)		砂質土層が厚く分布											
川表の状況(水平部地盤長)		L<1.5×軟弱地盤層厚										L≧1.5×軟弱地盤層厚											
Step2 カテゴリー	Step1カテゴリー	1-①		1-②		1-③		1-④		1-⑤		1-⑥		1-⑦		1-⑧		1-⑨		1-⑩			
	完成時	2-①																					
	完成時(高規格堤防考慮)	2-①		2-②						2-③				2-④		2-⑤							
	施工時																						

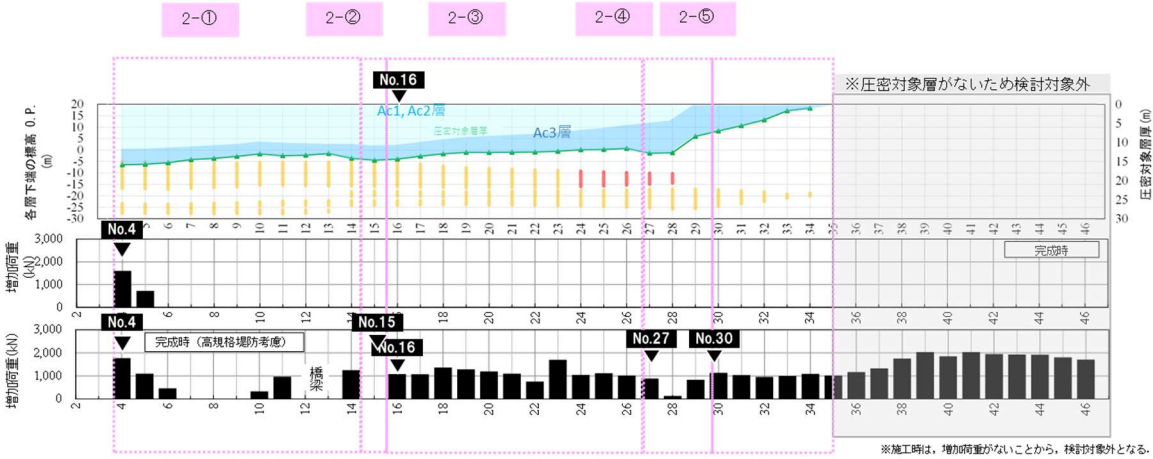
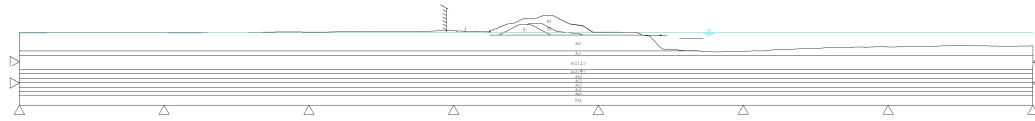


図 5.2.2-5 検討断面選定結果

横断図
東-NO.16+00
(8.8K+45m付近)

■境界条件図



■解析モデル図

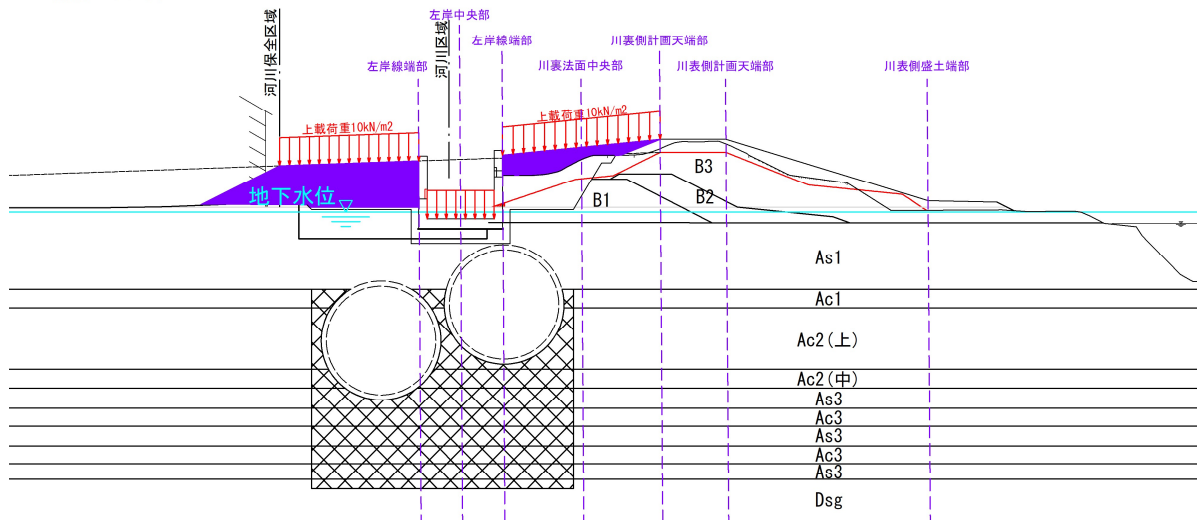


図 5.2.2-6 解析モデル図 (No. 16)

(5) 照査結果

基礎地盤が無対策の状態における堤防定規に抵触する道路構造物の残留沈下量を、表 5.2.2-3 に示す。道路構造物の残留沈下量は、No.15 を除く 4 断面において、許容残留沈下量（10cm）を満足しない。立坑位置である No.15 の残留沈下量は 10cm 未満で照査基準を満足し、対策工は不要である。よって立坑を除き、圧密対象層が確認されている No.4～No.34 までの区間は圧密沈下対策が必要となる。

表 5.2.2-3 道路ボックス中央の残留沈下量（基礎地盤：無対策条件）

解析断面			地盤条件	道路構造物中央 残留沈下 (cm)	許容値 (cm)	判定	対策工 要否
完成	No.4	矢板なし	無対策	27.5	10	NG	必要
		矢板あり	無対策	27.5	10	NG	必要
高規格	No.4	矢板なし	無対策	28.4	10	NG	必要
		矢板あり	無対策	28.4	10	NG	必要
	No.15（立坑）		無対策	0.4	10	OK	不要
	No.16		無対策	12.7	10	NG	必要
	No.27※	粘性土	無対策	23.9	10	NG	必要
		砂質土	無対策	10.5	10	NG	必要
	No.30		無対策	15.8	10	NG	必要

圧密沈下対策工を考慮した場合の道路構造物中央部における地盤変状挙動、応力状態の経時変化を図 5.2.2-7 に示す。地盤変状挙動として、層境の鉛直変位、各粘性土層の鉛直方向の変形量を示す。また、表 5.2.2-4 に道路構造物の残留沈下量について示す。

表 5.2.2-4 に示すように、道路構造物における残留沈下量は 1cm を下回る非常に小さい値となり、許容値 10cm を満足することを確認した。傾斜勾配についても 0.1 % と非常に小さな値であり、許容値の 2% を満足することを確認した。一方、表 5.2.2-5 には、道路構造物右端とデルタ部の残留沈下差を整理した結果を示す。残留沈下量の差は、最大で 1.6cm 程度と微小であるため、残留変形による水みちは発生しないと考えられる。

◆総括

地盤変状予測を用いて施工計画を考慮した状態での道路構造物における残留沈下量を解析し、許容値を満足することを確認した。不同沈下が生じて、その補修が容易な範囲であると考えられる。

■土－水連成弾塑性解析結果

解析断面	No. 16	評価位置	道路構造物（中央）	評価項目	地盤変状・応力
------	--------	------	-----------	------	---------

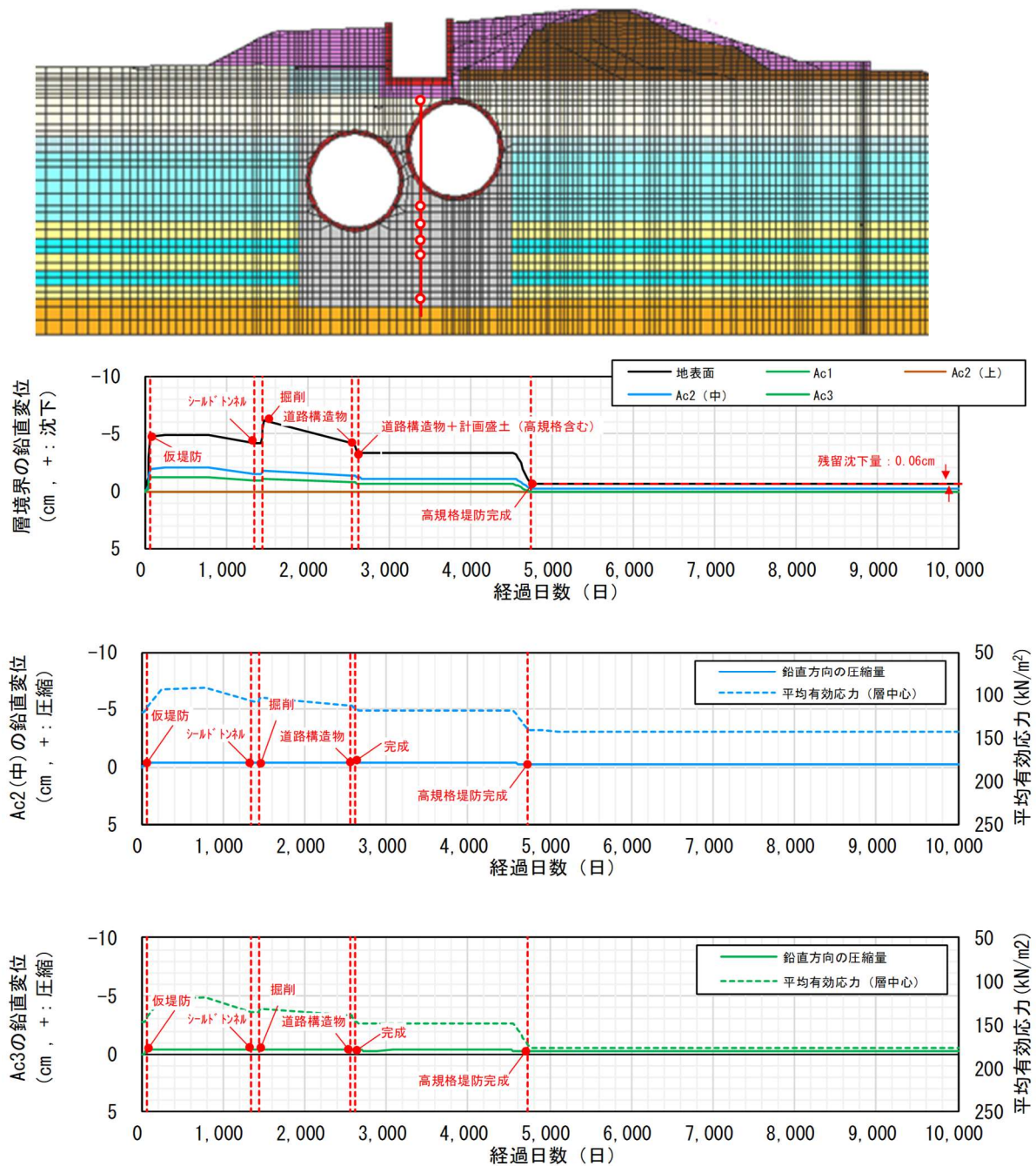


図 5.2.2-7 道路ボックス中央部における地盤変状挙動，応力状態の経時変化

表 5. 2. 2-4 道路躯体の地盤変状結果一覧

		解析 断面	地盤 条件	道路構造物の安全性, 供用性						継手部の安全性, 供用性		
				残留 沈下量 (cm)	許容値 (cm)	判定	傾斜 勾配 (%)	許容値 (%)	判定	躯体沈下量の 相対変位 (cm)	許容値 (cm)	判定
延伸部 区間	完成	No.4	矢板なし	対策工	0.1	10	OK	0.1	2	OK		
			矢板あり	対策工	0.1	10	OK	0.1	2	OK		
	高規格	No.4	矢板なし	対策工	0.1	10	OK	0.1	2	OK		
			矢板あり	対策工	0.1	10	OK	0.1	2	OK	矢板なし : 0.0 矢板あり : 0.0	5 OK
		No.15 (立坑)		無対策	0.1	10	OK	0.1	2	OK	0.0	5 OK
		No.16		対策工	0.1	10	OK	0.1	2	OK	粘性土 : 0.2 砂質土 : 0.1	5 OK
		No.27※	粘性土	対策工	0.3	10	OK	0.4	2	OK	粘性土 : 0.2 砂質土 : 0.1	5 OK
			砂質土	対策工	0.0	10	OK	0.3	2	OK		
		No.30		対策工	0.1	10	OK	0.2	2	OK		

表 5. 2. 2-5 道路構造物とデルタ部の残留沈下差

		解析 断面	地盤 条件	残留沈下量				道路構造物右端と デルタ部の残留 沈下差 (cm)	許容残留 沈下量 (cm)	判定
				道路構造物 左端 (cm)	道路構造物 中央 (cm)	道路構造物 右端 (cm)	デルタ部 (cm)			
延伸部 区間	完成	No.4	矢板なし	対策工	0.1	0.1	0.2	1.8	1.6	10 OK
			矢板あり	対策工	0.1	0.1	0.3	2.0	1.7	10 OK
	高規格	No.4	矢板なし	対策工	0.1	0.1	0.1	0.4	0.3	10 OK
			矢板あり	対策工	0.1	0.1	0.1	0.6	0.5	10 OK
		No.15 (立坑)		無対策	0.1	0.1	0.1	1.7	1.6	10 OK
		No.16		対策工	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	10 OK
		No.27※	粘性土	対策工	0.2	0.3	0.4	1.1	0.7	10 OK
			砂質土	対策工	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	10 OK
		No.30		対策工	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	10 OK

5.2.2.2 圧密沈下に伴う堤防高の確保

(1) 照査基準

2期と同様に、圧密沈下による堤防の変形及び変形による道路構造物の損傷はもとより、道路構造物を取り囲む地盤部での水みちの発生や周辺地盤の引き込み沈下が生じると考え、数値解析による検証を実施する。

検証については、施工ステップを考慮した地盤挙動を精緻に評価することのできる土—水連成2次元弾塑性解析により図 5.2.2-8 に示す堤防の最終沈下量を求める。算定される圧密沈下量から、図 5.2.2-1 に示す天端高の不足を補うための余盛高を設定することを考慮して照査を行う。

- ・余盛高を考慮した解析における堤防天端位置の最終沈下量

＜地盤変状予測により設定した余盛高

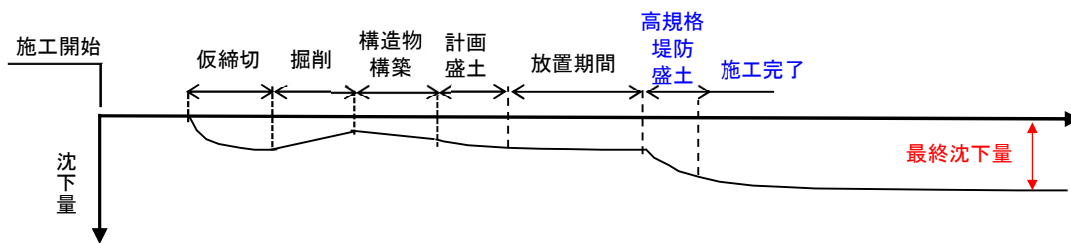


図 5.2.2-8 最終沈下量の考え方

(2) 照査手法

5.2.2.1 と同じ土—水連成2次元弾塑性解析により解析を実施する。

(3) 照査外力

5.2.2.1 と同じ照査外力を用いることとし、延伸部区間においては堤防裏のり面から道路構造物上面を含めオンランプや南岸線の道路利用が想定されることから、2期と同様に上載荷重 10kN/m^2 を盛土上部に与える。

(4) 対象断面の設定

5.2.2.1 と同じ No.4, No.15, No.16, No.27, No.30 の5断面を解析対象断面として選定する。5.2.2.1 と同様に、基礎地盤を固結工法による地盤改良を考慮したモデル化において解析を実施する。

(5) 照査結果

表 5.2.2-6 に示すように、時刻歴の土－水連成 2 次元弾塑性解析により設定余盛高（堤防天端位置の余盛高）を考慮した堤防天端位置の最終沈下量（即時沈下も含めた総沈下量）が設定余盛高を満足するかどうかを照査した。

堤防天端及び川裏盛土端部における地盤変状挙動、応力状態の経時変化を図 5.2.2-10 に示す。地盤変状挙動として、層境の鉛直変位、粘性土層の鉛直方向の変形量を示す。また、表 5.2.2-6 には設定余盛高と最終沈下量の関係を示す。No.15 はシールドトンネル立坑位置で、施工時に堤防を大きく掘削する。そのため、No.15 では仮堤防の盛土量が他の断面より多く、堤防天端付近で 28cm 程度の圧密沈下が発生している。

設定余盛高分の増荷重を考慮した最終沈下量は最大で 28cm 程度となり、最終沈下量が設定余盛高を満足することを確認した。

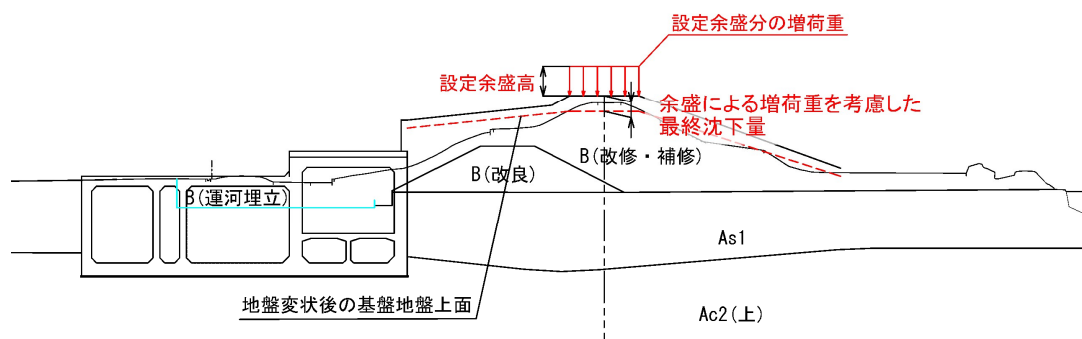


図 5.2.2-9 圧密沈下に伴う堤防高の確保の照査方法

表 5.2.2-6 堤防天端位置の設定余盛高と最終沈下量の関係

解析断面			地盤 条件	堤防天端の 最終沈下（cm）	設定余盛高 （cm）	判定
完成	No.4	矢板なし	対策工	11.6	30	OK
		矢板あり	対策工	12.2	30	OK
高規格	No.4	矢板なし	対策工	11.6	30	OK
		矢板あり	対策工	12.3	30	OK
	No.15（立坑）		無対策	27.7	30	OK
	No.16		対策工	3.4	30	OK
	No.27※	粘性土	対策工	9.7	30	OK
		砂質土	対策工	8.5	30	OK
	No.30		対策工	9.4	30	OK

◆総括

地盤変状予測を用いて施工計画を考慮した状態での堤防天端の最終沈下量を想定し、設定余盛高を設定した。照査の結果、高規格堤防盛土を考慮した施工完了後の最終沈下量が、設定余盛高を満足した。よって、堤防機能に影響するほどの大きな不同沈下が生じず、不同沈下が生じたとしても容易に修復できる範囲に収まると考えられる。

■土一水連成弾塑性解析結果

解析断面	No. 16	評価位置	川裏側法肩	評価項目	地盤変状・応力
------	--------	------	-------	------	---------

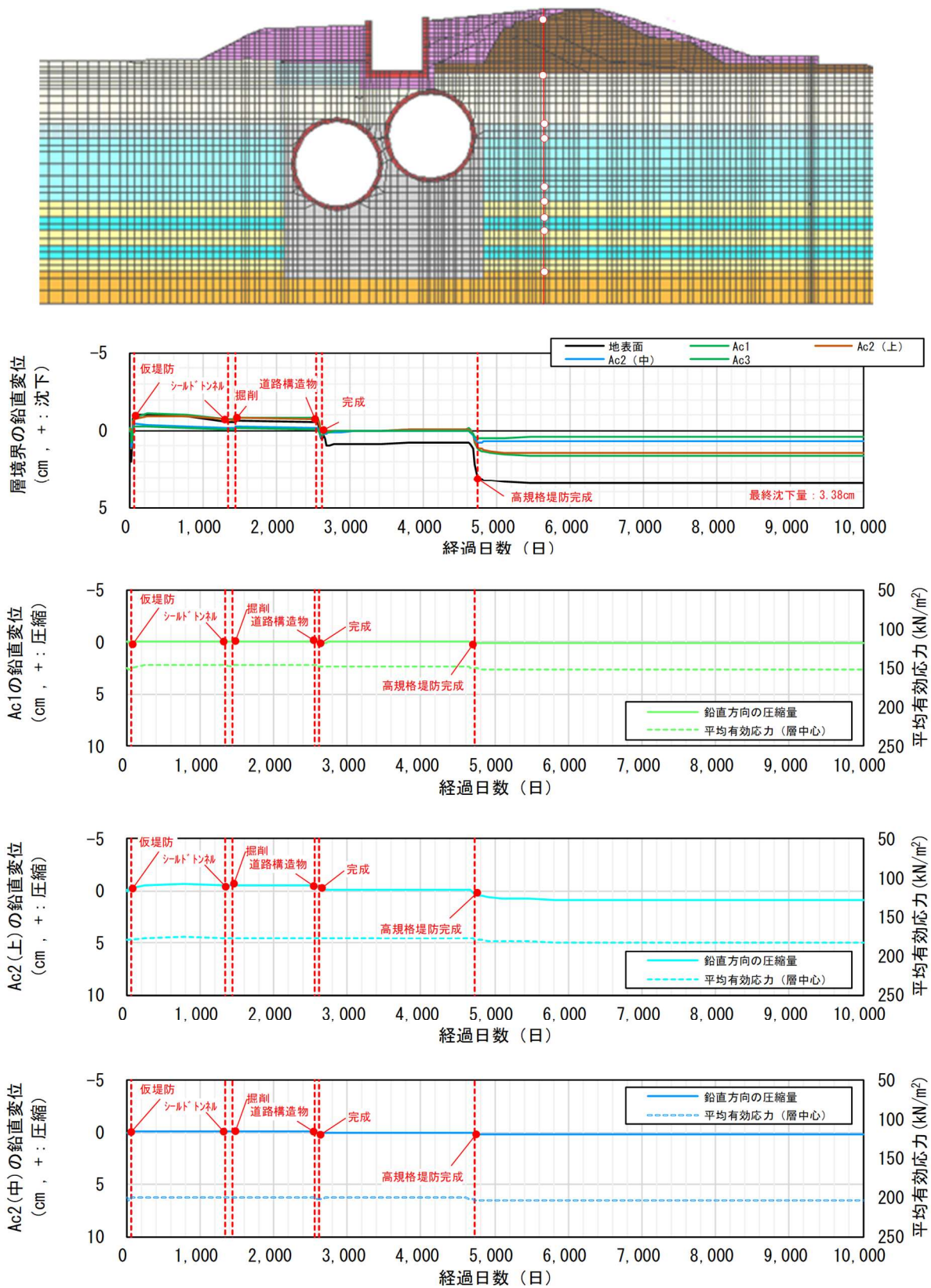


図 5.2.2-10 堤防天端位置における地盤変状挙動，応力状態の経時変化

5.2.2.3 周辺地盤の沈下、傾きに対する安全性

(1) 照査基準

地盤変状による周辺環境への影響に焦点を当て、施工開始直後から発生する近接家屋位置の傾斜角を評価する。照査は基準、小規模建築物基礎設計指針（平成 20 年度（社）日本建築学会）より、許容値 3/1000 を下回ることとし、式（5.2.2-2）による評価式により照査を行う。着目する時間は、最大傾斜角発生時および圧密沈下終了時とする。なお、本検討では、最も危険な状態である高規格堤防のり尻に家屋端部があることを想定する。

$$\text{最大傾斜角発生時及び圧密沈下終了時の傾斜角} < 3/1000 \quad \cdots \quad \text{式 (5.2.2-2)}$$

(2) 照査手法

5.2.2.1 と同じ土一水連成 2 次元弾塑性解析により解析を実施する。

(3) 照査外力

5.2.2.1 と同じ照査外力を用いることとし、延伸部区間においては堤防裏のり面から道路構造物上面を含めオンランプや南岸線の道路利用が想定されることから、2 期と同様に上載荷重 10kN/m² を盛土上部に与える。

(4) 対象断面の設定

5.2.2.1 と同じ No.4, No.15, No.16, No.27, No.30 の 5 断面を解析対象断面として選定する。5.2.2.1 と同様に、基礎地盤を固結工法による地盤改良を考慮したモデル化において解析を実施する。

(5) 照査結果

近接家屋位置における影響検討結果一覧を表 5.2.2-7 に示し、傾斜角の経時変化を図 5.2.2-11 に示す。

表 5.2.2-7 に示すように、近接家屋位置における傾斜角は、施工中および圧密完了後までの期間で 3/1000 を下回る値となり、許容値 3/1000 を満足することを確認した。

◆総括

家屋の傾斜角は、いずれの断面も許容値（3/1000）を満足する。よって、施工開始から高規格堤防による圧密完了までの期間において、圧密沈下で周辺環境を悪化させる可能性は低いものと判断する。

表 5.2.2-7 近接家屋への影響検討結果一覧

解析断面			地盤 条件	家屋の傾斜角 X / 1000		許容値 Xa / 1000	判定
				最大傾斜角発生時	圧密沈下終了		
完成	No.4	矢板なし	対策工	0.26	0.25	3	OK
		矢板あり	対策工	0.26	0.25	3	OK
高規格	No.4	矢板なし	対策工	0.26	0.24	3	OK
		矢板あり	対策工	0.26	0.25	3	OK
	No.15（立坑）		無対策	1.22	1.18	3	OK
	No.16		対策工	0.42	0.42	3	OK
	No.27※	粘性土	対策工	0.24	0.24	3	OK
		砂質土	対策工	0.25	0.25	3	OK
	No.30		対策工	0.34	0.34	3	OK

■ 土-水連成弾塑性解析結果

解析断面 No. 16 評価位置 近接家屋 評価項目 沈下量・傾斜角

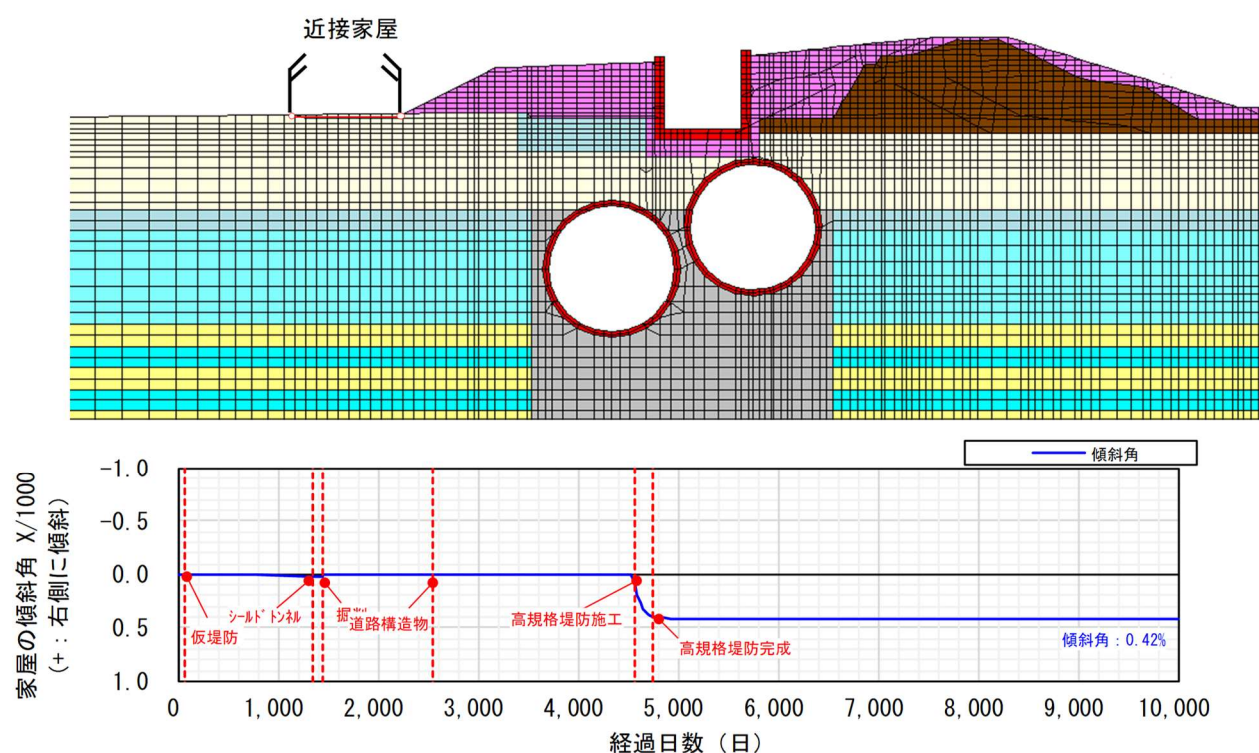


図 5.2.2-11 近接家屋位置における傾斜角の経時変化

5.2.2.4 圧密沈下に伴う道路ボックス構造継手からの漏水・土砂流入に対する安全性

表 5.2.2-4 に示すように、圧密沈下に対する相対変位は許容値である 5cm を満足するとともに、4.2.2.6 で示したように、変形性能が高い仕様の構造継手を採用することで変形に対する対応が可能である。以上により、圧密沈下に伴う変形に対する継手部からの漏水・土砂が流入する可能性は低いと考えられ、漏水・土砂の流入に対する安全性が確保できるものとする。

5.2.3 不同沈下が生じた場合にそれを確認できる構造であること

道路構造物及び堤体において変状が生じた場合、その状況を検知するための 4.7.2.4 (図 4.7.2-12) に示すような維持管理の方法を行い(詳細は第 7 章参照)、モニタリングをどのように判断し、どのように対応していくかなどの維持管理する上での重要となる体制についても 4.7.2.5 に示すように構築している。地震時と同様、不同沈下といった常時に生じる可能性のある損傷を把握する手法は構築できると考える。

5.2.4 不同沈下が生じた場合は迅速な修復が可能な構造であること

4.7.2.3 の中で示したように、不同沈下が生じた場合、迅速に修復・修繕作業を実施するため、道路構造物及び堤防に速やかにアプローチすることができる河川管理用通路を確保する。修復作業については 4.7.2.6 に示すように、比較的修復作業が行いやすい道路構造物内部やシールドトンネル内部からの補修作業が確立されている。このため、地震時と同様、不同沈下といった常時において、生じる可能性のある損傷に対する迅速な修復が可能であるとする。

5.3 基礎地盤と一体としてなじむこと

5.3.1 道路構造物が基礎地盤と一体としてなじむことの検証のための基本的考え方

(1) 評価項目の設定

道路構造物（ボックス、シールドトンネル、U型擁壁）が堤防と一体構造として挙動するためには、基礎地盤と一体としてなじむことが必要となる。この道路構造物の基礎地盤とのなじみを照査するべく、下記に示す項目について、基準類に示す照査基準や照査手法に従うなど、適切な照査方針に従い照査を行う。

項目① 道路構造物が存在することに起因して堤防機能に影響するほどの水みちが生じない設計であること

項目② 不同沈下に起因して堤防機能に影響するほどの水みちが生じない設計であること

項目③ 水みちが生じた場合にそれを確認できる構造であること

項目④ 水みちが生じた場合に補修が可能な構造であること

各項目の安全性に対する安全性を評価するために、最低1つ以上の検討を行うものとする。5.3.2以降に各項目に対する安全性の評価の結果を示す。

5.3.2 道路構造物が存在することに起因して堤防機能に影響するほどの水みちが生じない設計であること

5.3.2.1 地震時における道路構造物と堤体間での水みち発生

4.3.2.4の中で示すように、レベル2地震動に対して道路ボックスやシールドトンネル及びU型擁壁と堤体や基礎地盤の間で剥離が発生し、水みちの発生要因になるかどうかの照査を実施した結果、水みち発生の原因となる剥離状態が生じる可能性が低いことが確認できた。このため、レベル2地震後における水みち発生に対する安全性は確保できているものと評価する。ただし、剥離量の評価手法については確立されたものではない。地震発生後には道路構造物周辺の亀裂・陥没の発生に留意した点検を速やかに実施し、亀裂・陥没といった損傷が生じた際には、速やかに機能回復に必要な対策を講じるものとする。

5.3.3 不同沈下に起因して堤防機能に影響するほどの水みちが生じない設計であること

5.2.2の中で示すように、不同沈下に対して道路構造物はもとより堤防が所要の安全性を確保している。このため、不同沈下に起因して堤防機能を低下させるような水みちの発生といった不具合現象は生じないものと考えられる。

5.3.4 水みちが生じた場合にそれを確認できる構造であること

堤体に水みちが生じた場合、その状況を検知するための4.7.2.4（図4.7.2-12）に示すような計測機器を設置しており（詳細は第7章参照）、また、計測結果をどのように判断し、どのように対応していくかなどの維持管理をする上での重要な体制についても4.7.2.5に示すように構築している。水みちが生じた場合はそれを把握する手法は構築できていると考える。

5.3.5 水みちが生じた場合に補修が可能な構造であること

5.2.4 の中で示すように、損傷状態が検知された場合に、迅速に修復・修繕作業を実施するため、道路構造物及び堤防に速やかにアプローチすることができる河川管理用通路が確保されている。水みちに対しても同様にその現象が現れた場合、河川管理用通路を用いて水みち発生現場に管理者が急行することができる。また、修復作業は 4.7.2.6 に示すような道路ボックス内部からの補修作業が確立されていることから水みち発生時における迅速な修復が可能となる。

5.4 嵩上げ、拡幅等が容易であることに関する検討

5.4.1 嵩上げ、拡張等の容易性を照査するための基本的考え方

延伸部区間において、高規格堤防の計画があることから、高規格堤防相当の盛土の嵩上げ・拡幅への対応が容易であるかどうかの評価を行う。評価内容として以下の項目を設定し照査を行う。

項目① 嵩上げ、拡張等について土堤と同等以上の容易さを有することの確認検討

項目①の評価結果を 5.4.2 以降に示す。

5.4.2 拡幅について土堤と同等以上の容易さを有することの確認検討

一体構造として整備する範囲において 2 期における高規格堤防の検討に準じた検討を実施する。検討条件は、以下の項目の検討を実施する。図 5.4.2-1 に高規格堤防のイメージを示す。

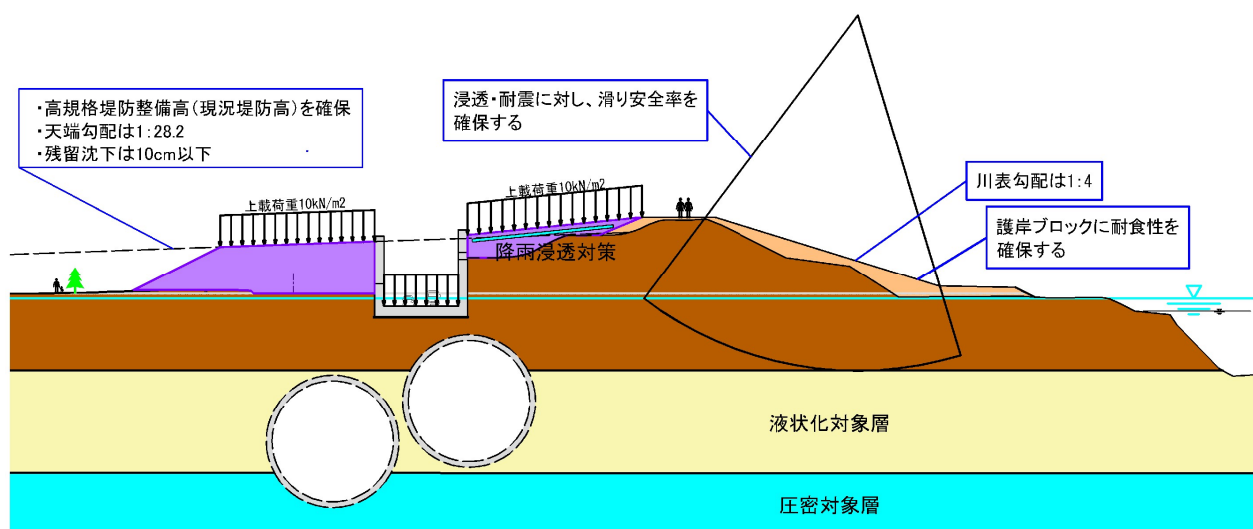


図 5.4.2-1 高規格堤防のイメージ

5.4.2.1 耐浸透性に関する検討

(1) 照査基準

高規格堤防盛土設計・施工マニュアル（以降、高規格堤防マニュアルという）に示す高規格堤防盛土のすべり破壊に対する照査基準に基づき評価を行う。すべり破壊に対する安全性は式(5.4.2-1)を用いて照査を行うものとする。

$$\text{すべり破壊に対する安全率} \geq 1.2 \quad \cdots \quad \text{式(5.4.2-1)}$$

(2) 照査手法

高規格堤防マニュアルに示す浸透によるすべり破壊に対する安定性に示す円弧すべり法の計算によりすべり破壊安全率を求める。浸透流解析により得られた浸潤面を入力した状態で、式(5.4.2-2)により照査を行う。

$$F_s = \frac{\sum \{cl + (W - u \cdot b) \cdot \cos \alpha \cdot \tan \varphi\}}{W \cdot \sin \alpha} \quad \cdots \quad \text{式(5.4.2-2)}$$

ここに、 F_s ：安全率、 u ：すべり面の間隙水圧、 W ：分割片の重量、 c ：すべり面に沿う土の粘着力、 l ：円弧の長さ、 φ ：すべり面に沿う土の内部摩擦角、 b ：分割片の幅、とする。

解析に用いる各地盤の透水係数は4.2の中で示す表4.2.2-1のとおりとする。

(3) 照査外力

高規格堤防設計水位に対応した外水波形は、計画高水波形を用いて下記に示す方法により設定する。

- ① 計画高水位の外水波形を設定する。
- ② ピーク水位の継続時間と水位上昇、下降勾配が同じになるように計画高水位の外水波形を高規格堤防設計水位までスライドさせる（図5.4.2-2参照）。
- ③ スライドさせたものを高規格堤防設計水位の外水波形とする。

高規格堤防設計水位に対する降雨の設定方法は、基本的には計画高水位に対する降雨の設定と同様であるが、総降雨量については、DAD解析の結果を用いて設定する。淀川本川では枚方地点（26.0k）が基準点となっており、この地点のDAD解析結果は493mmである。そこで、検討にあたっては、降雨強度10mm/hr程度で総降雨量が493mmとなるよう降雨条件を設定した。

高規格堤防マニュアルに従い、河川水位は計画高水位（HWL）が平水位まで急激に低下したケースと高規格堤防水位（SPHWL）が平水位まで急激に低下した2ケースを検討することとし、前者のケースでは地震力として設計水平震度（kh）が0.075を、後者のケースでは地震力を見込まない状態での検討を行う。

ケース1：HWLが平水位まで急激に低下、地震力としてkh=0.075を考慮

ケース2：SPHWLが平水位まで急激に低下、地震力は考慮しない

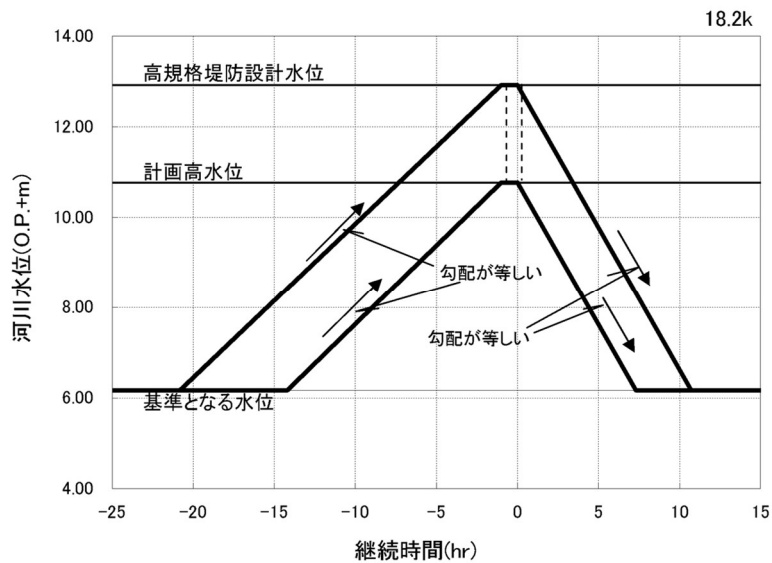


図 5.4.2-2 高規格堤防設計水位に対応した外水波形

(4) 対象断面の設定

4.2.2 における浸透作用に対する道路ボックスの安全性照査の際の対象断面の設定に関する考え方を踏襲し、完成時（高規格堤防考慮）断面である No.15, No.15（矢板），No.16, No.16（矢板），No.23, No.26（砂質土），No.26（粘性土），No.28（砂質土），No.28（粘性土），No.30, No.34, No.36 を本耐浸透性の検討における検討断面とした。

(5) 照査結果

表 5.4.2-1 にケース 1 及びケース 2 の照査結果を示す。表中に示すように、両ケースとも照査基準を上回る安全率が確保されていることから、高規格堤防における耐浸透性に対する安全性は確保できているものと評価する。

表 5.4.2-1 耐浸透に対するすべり安全率

ケース1 HWL

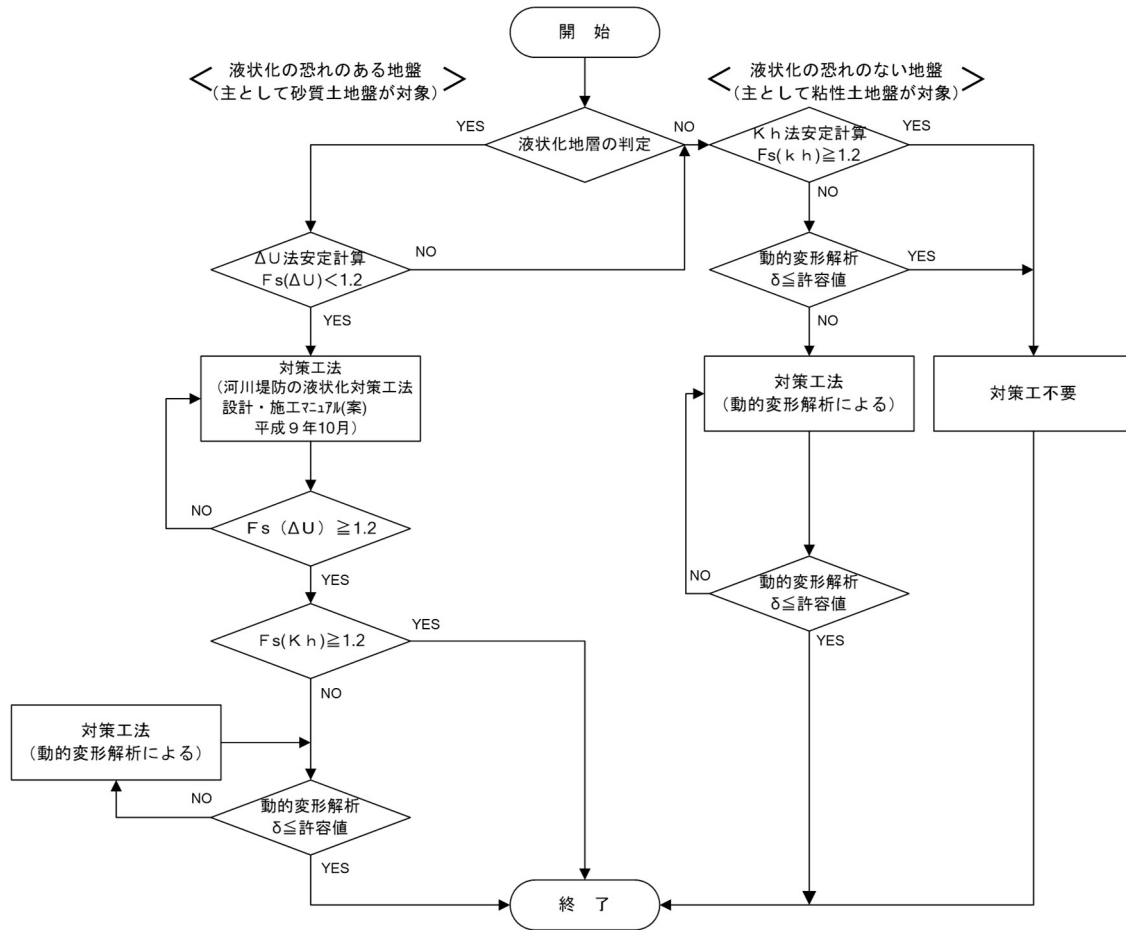
検討断面		川裏		川表	
		照査対象	【照査基準】	照査対象	【照査基準】
		高規格時の 最小安全率	高規格堤防盛土 設計マニュアル	高規格時の 最小安全率	高規格堤防盛土 設計マニュアル
No. 15	No. 15	4.433	1.2	1.540	1.2
	No. 15 (矢板)	4.438		1.538	
No. 16	No. 16	4.201		1.535	
	No. 16 (矢板)	4.188		1.537	
No. 23		4.117		1.559	
No. 26	No. 26 (砂質土)	4.446		1.562	
	No. 26 (粘性土)	4.427		1.582	
No. 28	No. 28 (砂質土)	4.393		1.532	
	No. 28 (粘性土)	4.393		1.575	
No. 30		4.914		1.743	
No. 34		4.972		1.896	
No. 36		4.946		1.796	

ケース2 SPHWL

検討断面		川裏		川表	
		照査対象	【照査基準】	照査対象	【照査基準】
		高規格時の 最小安全率	高規格堤防盛土 設計マニュアル	高規格時の 最小安全率	高規格堤防盛土 設計マニュアル
No. 15	No. 15	11.866	1.2	1.674	1.2
	No. 15 (矢板)	11.864		1.672	
No. 16	No. 16	9.864		1.661	
	No. 16 (矢板)	9.864		1.660	
No. 23		7.170		1.788	
No. 26	No. 26 (砂質土)	7.251		1.891	
	No. 26 (粘性土)	8.906		1.918	
No. 28	No. 28 (砂質土)	10.380		1.756	
	No. 28 (粘性土)	10.370		1.784	
No. 30		9.676		2.116	
No. 34		9.255		2.288	
No. 36		9.056		2.254	

5.4.2.2 耐震性に関する検討

高規格堤防マニュアルに準拠して、地震時のすべり破壊に対する安定性検討を行う。図 5.4.2-3 に検討の流れをフロー図で示す。



(注1) Δu 法によるすべり安全率が $F_s(\Delta U) < 1.2$ の地盤は液状化の恐れのある地盤として検討を行う。

(注2) 上記(注1)以外の地盤は液状化の恐れのない地盤として検討を行う。

図 5.4.2-3 地震時すべり安定性の照査フロー

(1) 照査基準

高規格堤防マニュアルに従い、地震時のすべり破壊に対する安定性の評価を行う。地震時すべり破壊に対する安全性は式 (5.4.2-3) を用いて照査を行うものとする。

$$\text{地震時すべり破壊に対する安全率} \geq 1.2 \quad \cdots \quad \text{式 (5.4.2-3)}$$

(2) 照査手法

高規格堤防マニュアルに従い、図 5.4.2-3 のフローに示す検討を実施する。図中に示すように、地震時安定性計算は円弧すべりによる計算を実施するものとし、液状化層と判定されれば Δu 法による計算を行う。 Δu 法の計算結果が照査基準を満足しない場合は対策工の検討を行い、 Δu 法で照査基準を満足する断面に対して Kh 法による照査を実施する。Kh 法の計算結果が照査基準を満足しない場合は動的変形解析によって照査基準を満足することを確認する。なお、動的変形解析には 4.3 地震作用に対する安全性の照査と同様に LIQCA を用いる。

(3) 照査外力

高規格堤防マニュアルに従い、地震時すべり安定計算における地震外力は、 Δu 法の場合、強震帯である $K_h=0.18$ を、Kh 法の場合、強震帯である $K_h=0.15$ を用いる。

(4) 対象断面

4.3.2 に示すとおり No.4, No.14, No.15, No.23, No.26 (砂質土地盤), No.26 (粘性土地盤), No.27 (砂質土地盤), No.27 (粘性土地盤), No.35, No.41 を解析対象断面として選定する。

(5) 照査結果

円弧すべりを用いた地震時すべり破壊の安全性の照査は、表 5.4.2-2 に示すように No.26 (砂質土地盤), No.35 及び No.41 以外の断面においては安全率が照査基準を下回る結果となった。ただし、照査基準を下回った断面に対して動的変形解析 LIQCA によって沈下量を算定した結果、No.14 以外の断面は許容沈下量を満足する結果となった。また、No.14 も裏のり尻に地盤改良を配置することで許容沈下量を満足する結果となった。

表 5.4.2-2 地震時のすべりに対する安全性の照査結果

解析断面	解析手法	川裏すべり			川表すべり		
		すべり安全率	照査基準	照査結果	すべり安全率	照査基準	照査結果
No.4	ΔU法	2.953	1.2	OK	1.891	1.2	OK
	Kh法	1.192	1.2	NG	0.980	1.2	NG
No.14	ΔU法	1.554	1.2	OK	1.877	1.2	OK
	Kh法	1.210	1.2	OK	1.031	1.2	NG
No.15	ΔU法	1.555	1.2	OK	1.924	1.2	OK
	Kh法	1.210	1.2	OK	1.034	1.2	NG
No.23	ΔU法	1.561	1.2	OK	1.892	1.2	OK
	Kh法	1.210	1.2	OK	1.020	1.2	NG
No.26 (砂質土地盤)	ΔU法	1.597	1.2	OK	2.983	1.2	OK
	Kh法	1.245	1.2	OK	1.820	1.2	OK
No.26 (粘性土地盤)	ΔU法	1.597	1.2	OK	2.086	1.2	OK
	Kh法	1.245	1.2	OK	1.050	1.2	NG
No.27 (砂質土地盤)	ΔU法	1.611	1.2	OK	2.897	1.2	OK
	Kh法	1.259	1.2	OK	1.815	1.2	OK
No.27 (粘性土地盤)	ΔU法	1.611	1.2	OK	2.099	1.2	OK
	Kh法	1.259	1.2	OK	1.020	1.2	NG
No.35	ΔU法	1.601	1.2	OK	1.772	1.2	OK
	Kh法	1.254	1.2	OK	1.929	1.2	OK
No.41	ΔU法	1.613	1.2	OK	5.067	1.2	OK
	Kh法	1.260	1.2	OK	1.975	1.2	OK

表 5.4.2-3 動的変形解析による照査結果

解析断面	堤防天端, 堤外川表法面および既設堤防裏法部			高規格堤防特別区域		
	沈下量(m)	許容沈下量(m)	照査結果	沈下量(m)	許容沈下量(m)	照査結果
No.4	0.21	0.50	OK	0.09	0.20	OK
No.14 裏法尻側に地盤改良	0.26	0.50	OK	0.05	0.20	OK
No.15	0.16	0.50	OK	0.09	0.20	OK
No.23	0.17	0.50	OK	0.15	0.20	OK
No.26 (粘性土地盤)	0.16	0.50	OK	0.10	0.20	OK
No.27 (粘性土地盤)	0.16	0.50	OK	0.10	0.20	OK

5.4.2.3 自重による堤体の安定性

(1) 照査基準

圧密沈下対策工，施工ステップを考慮した弾塑性解析を実施し，堤防間盛土の残留沈下量を評価する。高規格堤防マニュアルに従い，堤防間盛土の残留沈下量が 10cm 以内に収まるかどうかを照査する。

(2) 照査手法

5.2.2.1 と同じ土一水連成 2 次元弾塑性解析により解析を実施する。

(3) 照査外力

5.2.2.1 と同じ照査外力を用いることとし，延伸部区間においては堤防裏のり面から道路構造物上面を含め南岸線の道路利用が想定されることから，2 期と同様に上載荷重 10kN/m² を盛土上部に与える。

(4) 対象断面

5.2.2.1 と同じ No.4，No.15，No.16，No.27，No.30 の 5 断面を解析対象断面として選定する。5.2.2.1 と同様に，基礎地盤を固結工法による地盤改良を考慮したモデル化において解析を実施する。

(5) 照査結果

表 5.4.2-4 に示すように堤防間盛土（デルタ部）の残留沈下量は 10cm 以下となり，許容残留沈下量の目標値を満足する結果となった。

表 5.4.2-4 道路ボックス堤外端部とデルタ部の残留沈下差

		解析 断面		地盤 条件	残留沈下量				道路構造物右端と デルタ部の残留 沈下差(cm)	許容値 (cm)	判定
					道路構造物 左端 (cm)	道路構造物 中央 (cm)	道路構造物 右端 (cm)	デルタ部 (cm)			
延伸部区間	完成時	No.4	矢板なし	対策工	0.1	0.1	0.2	1.8	1.6	10	OK
			矢板あり	対策工	0.1	0.1	0.3	2.0	1.7	10	OK
	完成時 高規格堤防考慮	No.4	矢板なし	対策工	0.1	0.1	0.1	0.4	0.3	10	OK
			矢板あり	対策工	0.1	0.1	0.1	0.6	0.5	10	OK
		No.15（立坑）		無対策	0.1	0.1	0.1	1.7	1.6	10	OK
		No.16		対策工	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	10	OK
		No.27	粘性土	対策工	0.2	0.3	0.4	1.1	0.7	10	OK
			砂質土	対策工	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	10	OK
		No.30		対策工	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	10	OK

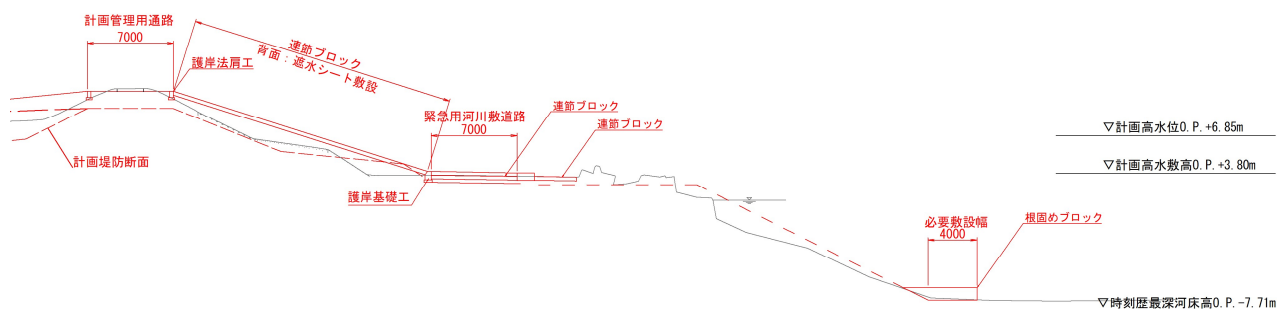


図 5. 4. 2-5 堤防護岸部の標準断面図(河川距離標 : 8.4k+197m 道路測点 : No. 6)

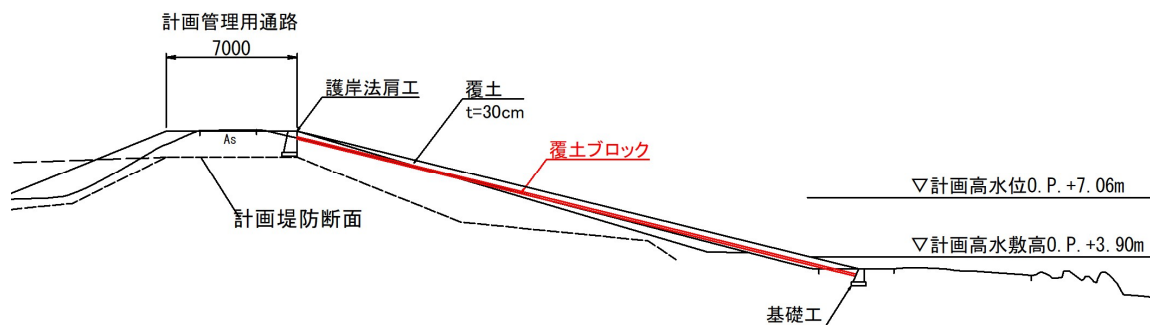


図 5. 4. 2-6 高水護岸部の標準断面図(河川距離標 : 9.0k+4 道路測点 No.24)

表 5. 4. 2-5 不等流計算結果と河道諸元

測点	不等流計算結果			河道諸元等							
	計算水位 (O.P.m)	エネルギー 勾配	エネルギー勾配 (区間平均)	堤防天端高 (O.P.m)	高水敷幅 b(m)	堤防法尻 高さ (O.P.m)	平均河床高 (O.P.m)	低水路部 水深 H _{mc} (m)	高水敷部 水深 H _d =H _{fp} (m)	低水路 粗度係数 n _{fp}	高水敷 粗度係数 n _{mc}
	Q=20,000m ³ /s (堤防天端高相当)										
8.6k	9.64	0.00028	0.00027	9.05	0.00	3.80	-4.35	13.40	5.25	0.015	0.020
8.8k	10.47	0.00022	0.00017	9.16	0.00	3.85	-3.23	12.39	5.31	0.015	0.020
9.0k	10.60	0.00018	0.00017	9.26	17.20	3.90	-2.86	12.12	5.37	0.015	0.020
9.2k	10.64	0.00014	0.00017	9.37	74.30	3.95	-2.23	11.60	5.42	0.015	0.020
9.4k	10.76	0.00013	0.00017	9.48	185.50	4.00	-2.83	12.31	5.48	0.015	0.020

参考) エネルギー勾配の設定方法

エネルギー勾配は、河床変動解析の傾向を参考に下図のとおり区間の平均とした。

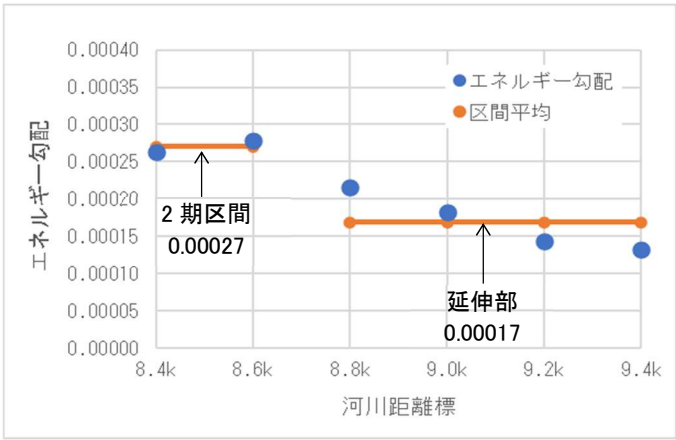


図 5.4.2-7 エネルギー勾配の設定

表 5.4.2-6 堤防天端高相当水位の代表流速算出結果（堤防護岸部）

測点	代表流速の算定						
	平均流速 Vm(m/s)	洗掘深 ΔZ(m)	設計水深 Hd(m)	川幅 B(m)	曲率半径 r(m)	補正係数 α	護岸近傍の 代表流速 Vo(m/s)
8.6k	6.19	3.35	13.40	260	700	1.31	8.11
8.8k	4.64	5.44	12.39	260	700	1.41	6.52

表 5.4.2-7 堤防天端高相当水位の代表流速算出結果（高水護岸部）

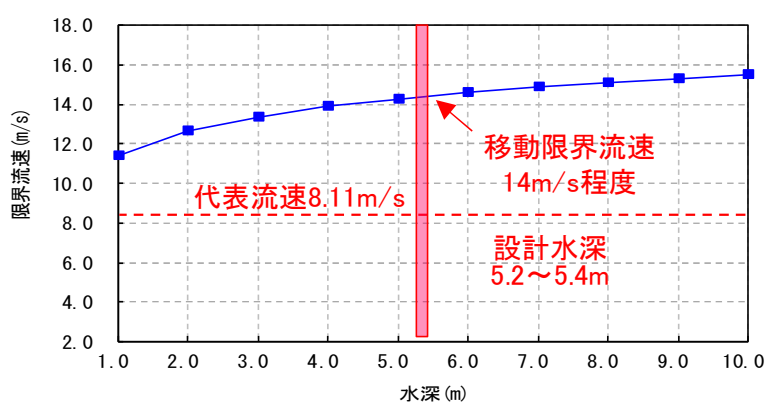
測点	代表流速の算定											
	平均流速 Vm(m/s)	湾曲による補正			低水路流れの干渉による補正							護岸近傍の 代表流速 Vo(m/s)
		川幅 B(m)	曲率半径 r(m)	補正係数 α	高水敷部 摩擦損失 係数Fw	低水路部 摩擦損失 係数Fm	低水路 流速 uwo(m/s)	高水敷 流速 um0(m/s)	境界部の 流速 ub(m/s)	水平滑動 粘性係数 ε(m²/s)	補正係数 α	
9.0k	1.99	670	700	1.48	0.0025	0.0015	4.57	1.99	3.70	43.41	1.33	3.92
9.2k	2.01	670	700	1.48	0.0025	0.0016	4.44	2.01	3.59	37.54	1.21	3.58
9.4k	2.02	-	-	1.00	0.0025	0.0015	4.62	2.02	3.74	44.49	1.10	2.23

2) 照査結果

・堤防護岸部

高水敷幅が狭く堤防護岸として評価される 8.6k～8.8k 付近（道路測点 No.4～22）については、前述の算出結果より区間内で最も早い流速である 8.11m/s を代表流速として照査を行う。

図 5.4.2-8 に示す水深と限界流速の関係より、仮定した大型連節ブロックの移動限界流速は代表流速より大きくなっており、安全性を確保できる。



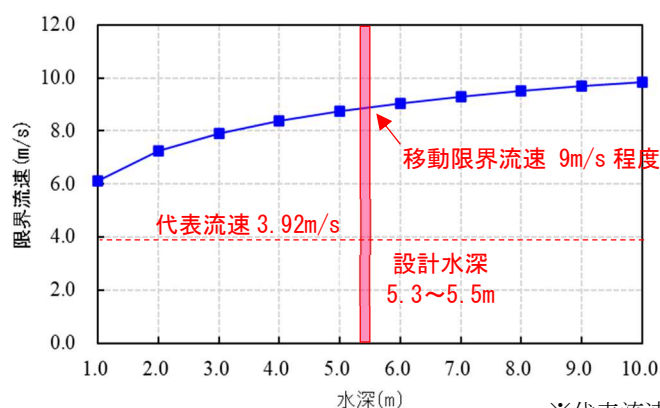
※代表流速は堤防護岸部の最大流速

図 5.4.2-8 水深と限界流速の関係（堤防護岸における大型連節ブロック）

・高水護岸部

高水敷幅が広い 9.0k～9.4k 付近（道路測点 No.23～46）は、前述の算出結果より区間内で最も早い流速である 3.92m/s を代表流速として照査を行う。

図 5.4.2-9 に示す水深と限界流速の関係より、仮定した覆土ブロックの移動限界流速は代表流速より大きくなっており、安全性を確保できる。なお、ブロックタイプは詳細設計により精査する必要がある。



※代表流速は高水護岸部の最大流速

図 5.4.2-9 水深と限界流速の関係（高水護岸における覆土ブロック）

・根固めブロック

堤防護岸部（河川距離標：8.4k～8.8k 付近，道路測点 No.4～22）において，基礎工（ここでは矢板）前面の河床の洗掘を防止し，基礎工の安定を図るため設置されている根固めブロック（捨石被覆）の移動限界流速についても，護岸の力学設計法に示す照査手法の「滑動，転動－層積み」モデルを用いて算出された図 5.4.2-10 に示す限界流速と重量の関係より照査を行った。

照査外力である根固めブロック（捨石被覆）前面での流速 8.11m/s は，図中に示すように，長方形型，三点支持型の場合，2t 以上の重量を使用すれば安全性が確保される。

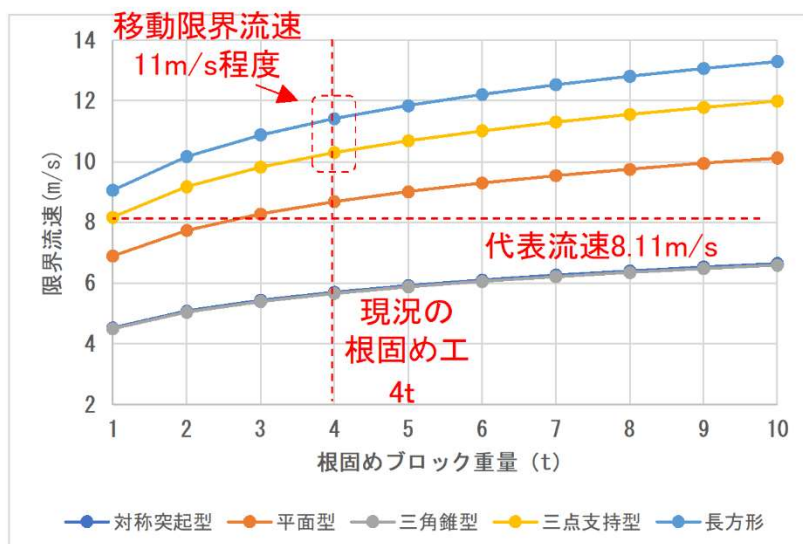


図 5.4.2-10 限界流速と根固めブロック重量の関係

◆総括

上述のように，堤防天端高相当の水位における堤防の直接侵食の安全性は満足すると考えられる。

5.4.2.5 耐越水性に対する検討

高規格堤防表面のせん断力は「高規格堤防（スーパー堤防）整備事業の手引き 平成10年 リバーフロント整備センター P108」により、以下のように示されている。

4.7 高規格堤防の構造設計

4.7.1 越流水による洗掘破壊に対する安定性

越流水によって堤防に作用するせん断力が堤防表面のせん断抵抗力以下となるように、堤防形状を設計する。

（解説）

堤防に作用するせん断力 τ は次式で表わされる。

$$\tau = W_o \cdot h_s \cdot I_e$$

ここに、 τ ；越流水によるせん断力 (tf/m²)

W_o ；水の単位体積重量 (tf/m³)

h_s ；高規格堤防の表面における越流水の水深 (m)

I_e ；越流水のエネルギー勾配

この τ については次式が成立するように堤防形状を設計しなければならない。

$$\tau \leq \tau_a$$

ここに τ_a ；堤防表面の許容せん断力 (tf/m²)

上式の τ と τ_a は高規格堤防上の土地利用状況によって大きく変化するので、設計においてはそれらの想定とそれに応じた τ と τ_a の算定が最も重要である。高規格堤防の設計においては、堤防の破壊にとって設計項目ごとに予想される最も厳しい土地利用状況を想定しなければならない。越流水による洗掘破壊を考える場合、一般に、越流水が道路部に集中する状況が最も厳しいので、この状況において上式が成立することが必要である。道路面に作用するせん断力は、道路上の流れについて等流条件を

仮定して求めた下式より求める。

$$\text{道路に作用するせん断力 } \tau = W_o \cdot n^{3/5} \cdot (q \cdot Rr)^{3/5} \cdot I^{7/10}$$

ここで、 $q \cdot Rr$ は単位幅あたりの道路流量（＝道路流量/道路幅）である。 q は単位幅越水量 (m³/s/m) である。

$$q = C \cdot h_k^{3/2}$$

h_k ；計画堤防天端高を基準とする高規格堤防設計水位 (m)

C ；流量係数 (m^{1/2}/s)

I ；堤防の川裏側の勾配（＝堤防法線と直角に走る裏法道路の勾配）

Rr ；堤防法線と直角に走る裏法道路一本の幅に対する、その道路が越流水に関して受け持つ堤防法線長の比

n ；道路表面のマニングの粗度係数

上式より求めた τ が τ_a より小さいという条件から、堤防裏法勾配 I を定めることができる。 n の値については、0.016 を目安とする。種々の検討の結果（参考文献：土研資料「高規格堤防上の越流水の挙動」）、一般的には、 $C = 1.6$ を用い、

$$\tau = 0.3446 \cdot q^{3/5} \cdot I^{7/10}$$

として設計するものとする。また、 τ_a の値については、一般に、

$$\tau_a = 0.008$$

を用いるものとする（参照 [参考] 高規格堤防上の道路の耐侵食力）。

この式は、建ぺい率 80%の密集市街地に存在する道路に越流水が集中した場合に道路に作用するせん断力と、道路（アスファルト等）のせん断耐力を評価する式となっている。

延伸部区間では、主として張芝として整備されることから、以下の条件で流速を算出し、張芝の侵食耐力の評価を実施した。

堤防の川表側の勾配 I は、延伸部区間の最急勾配箇所である No.11 の 1:8.0 を用いる。No.11 の断面を図 5.4.2-11 に示す。

・堤防を越流する流量 q : $q = c \cdot h^{(3/2)} = 0.093 \text{m}^3/\text{s/m}$ (淀川における越流水深(15cm)として 2 期と同様に算定)

・勾配 I , 粗度係数 n , 径深 R , 水深 h でのり面を流下する際の流量 q は,

$$q = h \cdot (1/n) \cdot R^{(2/3)} \cdot I^{(1/2)}$$

ここで、水深 h は越流幅に対して十分小さいとし、径深 $R \approx h$ とすると

$$q = h \cdot (1/n) \cdot h^{(2/3)} \cdot I^{(1/2)}$$

$$h^{(5/3)} = q \cdot n / I^{(1/2)}$$

$$h = [q \cdot n / I^{(1/2)}]^{(3/5)}$$

$n = 0.04$ (芝), $I = 1 : 8.0$ (延伸部区間の最急勾配 No.11 8.6k+128m 付近) より

$$h = 0.055 \text{m}$$

流速 $v = (1/n) \cdot R^{(2/3)} \cdot I^{(1/2)}$ 径深 $R \approx h$ として,

$$v = 1.70 \text{m/s} \text{ となる。}$$

手引き p.92 によれば、芝の耐侵食性について、川表を対象としているものの、「代表流速 2m/s を目安とし、これ以下であれば堤防の表のり面及びのり尻表面の耐侵食性は一応確保されている」と記載されている。

このことより、越流水の流速が 1.70m/s であることから、張芝を設置することで、耐侵食性は確保されと考えられる。

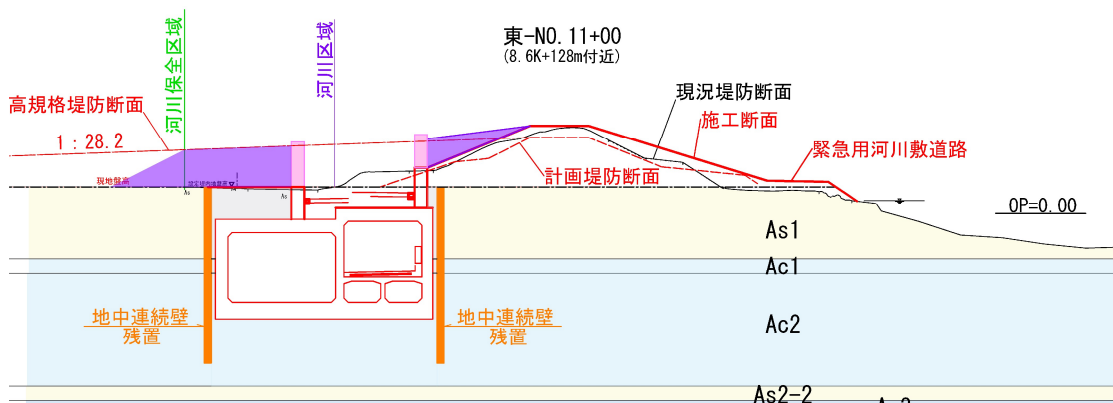


図 5.4.2-11 耐越水性検討断面 (No. 11 8.6k+128m 付近)

5.5 地震時及び洪水時に被災した場合の復旧に関する検討

5.5.1 地震時及び洪水時に被災した場合の復旧の容易性を照査するための基本的考え方

2 期委員会では地震時に被災した場合の復旧の容易性に関する議論が行われており、この復旧の容易性を満足するために評価する内容として以下の 3 項目（①～③）を設定した。また、洪水時における被災した場合の復旧の容易性も重要な観点での検討であると考え、2 項目（④、⑤）を設定し、下記に示す合計 5 項目について照査を行う。

項目① 地震時に損傷が発生しにくい構造の設計、損傷に対する容易な修復性を確保すること

項目② 地震時に損傷が発生した場合の確認が可能であること

項目③ 地震時に損傷が発生した場合の迅速な補修が可能な構造であること

項目④ 洪水による損傷が生じた場合の確認が可能であること

項目⑤ 洪水による損傷が発生した場合の迅速な補修が可能な構造であること

各項目の評価結果を 5.5.2 以降に示す。

5.5.2 地震時に損傷が発生しにくい構造の設計、損傷に対する容易な修復性を確保すること

4.3 で述べたように、レベル 2 地震という巨大地震が生じても各部材の安全性は確保されているのと同時に、たとえ損傷が生じてもその損傷は限定的で、かつ、修復も速やかにできる状態になる構造となっている。

これらの検討結果を踏まえて、地震時に構造物が損傷しない設計であること、又は地震が生じた場合でも損傷が修復性を有する範囲に収まる設計がなされているものと評価する。

5.5.3 地震時に損傷が発生した場合の確認が可能であること

4.7.2.4 で述べたように、延伸部区間でも 2 期の考え（解析結果の妥当性を検証するため等）を踏襲し、道路ボックスやシールドトンネルの変位に対しては、各構造物の変位の計測、道路ボックスやシールドトンネル継手の目開き・損傷に対しては、各構造物の構造継目の異常を目視点検、相対変位の計測、構造物地表面の横断亀裂・陥没の目視点検、道路ボックスやシールドトンネルの損傷に対しては、加速度計による地震応答の計測、各構造物部材の損傷の目視点検の実施を行う。また、堤防の沈下に対しては、目視点検はもとより、堤防位置での地盤変位の計測、加速度計による地震応答等の計測による点検を実施する。

また、4.7.2.1 で述べたように、道路ボックス内側やシールドトンネルの内側からの点検手法は確立されており、地震後速やかに損傷状態の把握を行うことが可能となる。なお、4.7.2.3 等の中で述べてきたように、延伸部区間においても 2 期と同様に、河川管理用通路を確保していることから、地震後に作業員が現場に急行し点検を行うことができる状態となっている。

これらの検討結果を踏まえて、地震により道路ボックスやシールドトンネルに損傷が生じた場合でも、それを適切に確認できる構造であるものと評価する。

5.5.4 地震時に損傷が発生した場合の迅速な補修が可能な構造であること

4.7.2 の中で述べてきたように、延伸部においても 2 期と同様に、河川管理用通路を確保しており、地震後における損傷の検知や修復活動の復旧作業を行う際に必要となる動線の確保が行われている。また、たとえ地震により損傷が生じた場合でも、4.7.2.6 に示すように、道路ボックスやシールドトンネル内側から補修・補

強を速やかに行うことができる。また、4.3.2.2、4.3.2.3の中で述べたように、レベル2地震動クラスの巨大地震が生じても部材における損傷は限定的で、かつ、損傷の発見が可能な状況にある。

これらの検討結果を踏まえて、地震により道路ボックスやシールドトンネルに損傷が生じた場合でも、適切な補修が行えるものと評価する。

5.5.5 洪水による損傷が生じた場合の確認が可能であること

5.5.3の中でも述べたように、4.7.2の中で、道路ボックス内側やシールドトンネル内側からの点検手法が確立していること、河川管理用通路の確保による洪水による損傷が生じた後の臨時点検を行うことができる状態となっていること、さらには、道路構造物のみならず堤体も含めた一体構造物として変状を把握する点検手法や点検体制が構築されていることなどから、地震時と同様に洪水発生後において道路ボックスやシールドトンネルに損傷が生じた場合でも、それを適切に確認できる構造であると評価する。

5.5.6 洪水による損傷が発生した場合の迅速な補修が可能な構造であること

5.5.4で述べたように、4.7.2に示すように河川管理用通路を確保していること、たとえ洪水により損傷が生じた場合でも、道路ボックス内側やシールドトンネル内側から補修・補強を速やかに行うことなどから、地震時と同様に洪水発生後において道路ボックスやシールドトンネルに損傷が生じた場合でも、適切な補修が行えるものと評価する。

5.6 まとめ

第2章で述べたように、構造令第19条の規定によるものと同等以上の効力を有するか確認するための技術的検討を行った。図 5.6-1 に示すように、構造令第19条の規定に対する検討項目を5項目設定し、各項目に対しての様々な検討を実施した。検討の結果、上記規定によるものと同等の効力を有することができたものと評価する。

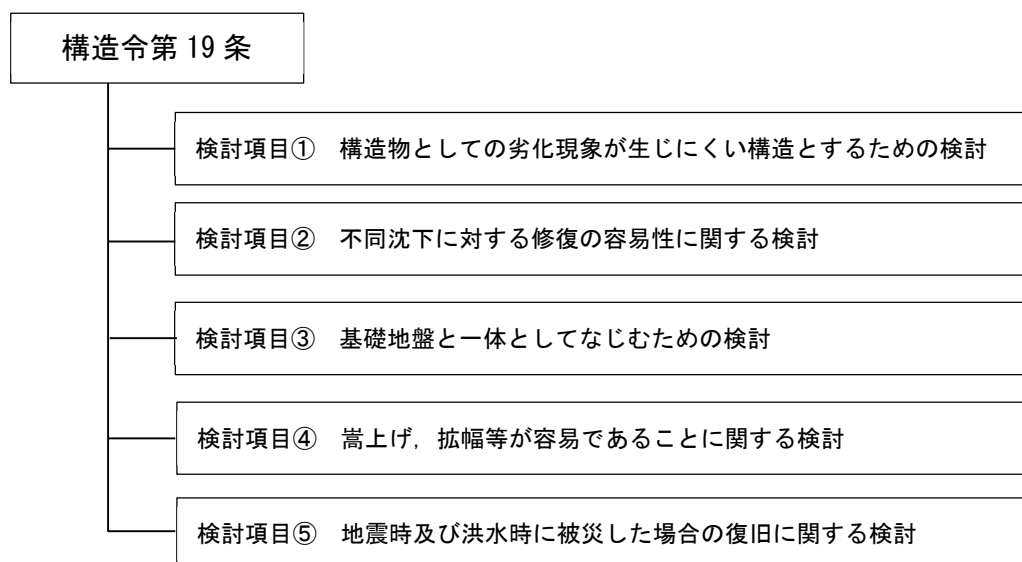


図 5.6-1 構造令第19条に関する検討項目

6章 施工方法に関する検討

6.1 検討方針

施工方法に関する検討について、各被害シナリオに対する確保機能と検討方針を以下に示す。

内閣府で想定されている南海トラフ地震は、地震規模 M8～M9 クラスの地震発生確率が 30 年以内に 70%～80%程度とされている。延伸部区間では 2 期と同様に、巨大地震等により止水機能が損なわれた場合を想定し、現場内での土砂確保を念頭に、復旧用土砂も兼ねた土堤による仮締切堤を併設することとし、緊急復旧計画を検討する。仮締切堤の構造、安全性については、長期にわたり設置されることから、本設と同等の治水機能（耐浸透機能、耐侵食機能、耐震機能）を設定することとする。

(1) 豪雨・洪水などによる仮設構造物に対する機能

豪雨・洪水などに対して、仮締切堤等の仮設構造物が確保すべき機能、配慮すべき事項は以下のとおりである。

- ・洪水時の浸透水による仮締切堤の機能低下や土留めの崩壊を防ぐ必要がある。
- ・仮締切堤に対する侵食被害を防ぐ必要がある。

(2) 地震による仮設構造物に対する機能

地震に対して、仮締切堤等の仮設構造物が確保すべき機能、配慮すべき事項は以下のとおりである。

- ・地震時の仮締切堤の沈下や変形による堤防機能の低下を防止する必要がある。
- ・地震の影響による土留め変形が仮締切堤の機能低下に繋がらないようにする必要がある。

(3) 地盤変形による仮設構造物に対する機能

地盤変形に対して、仮締切堤等の仮設構造物が確保すべき機能、配慮すべき事項は以下のとおりである。

- ・地盤の掘削や盛土により、土留め矢板の変形を抑制する必要がある。
- ・土留めの地盤変形や地下水の汲み上げによる周辺地盤への影響についても配慮する必要がある。

6.2 施工概要

施工概要については、3.3 施工時（仮締切）の基本設計条件に示す。延伸部区間は堤防が土堤形式であるため、仮締切工法として土堤仮締切を採用する。土堤仮締切の状況を図 6.2-1 に示す。

なお、川裏側の切土勾配や安全対策等の詳細な条件は、別途詳細設計で検討を行う。

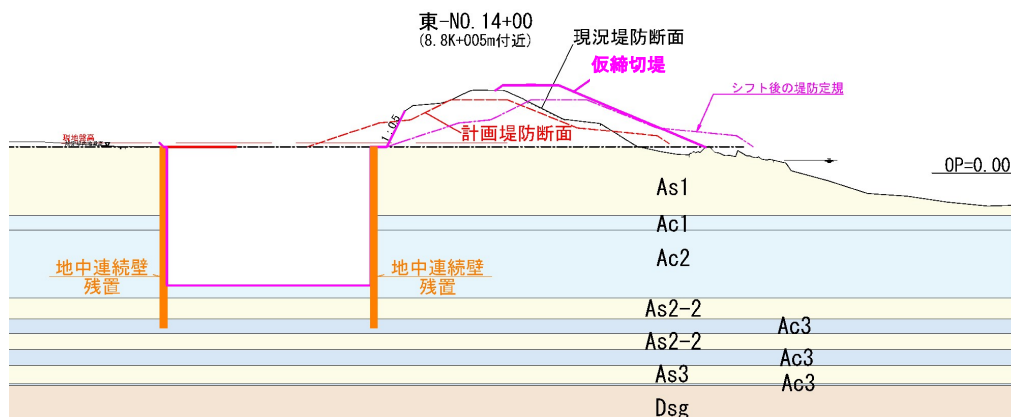


図 6.2-1 延伸部区間における土堤仮締切状況

6.3 侵食作用に対する安全性検証（施工時）

6.3.1 侵食作用に対する安全性照査（施工時）

仮締切堤設置時の整備計画流量時における直接侵食に対する安全性、側方侵食に対する安全性、低水護岸（含む根固め工）の洗掘に対する安全性を検討する。

(1) 照査方法

施工時の侵食に対する検討は、完成時の侵食作用による安全性の検討に準じて行う。

(2) 代表流速

代表流速は、完成時の検討で平面 2 次元流況解析に比べて大きな流速が得られている護岸の力学設計法を用いて算出した。

護岸の力学設計法を用いた代表流速は、式（6.3.1-1）により算定する。

$$V_0 = \alpha \cdot V_m \quad \cdots \quad \text{式（6.3.1-1）}$$

ここに、 V_0 ：代表流速（m/s）、 α ：補正係数、 V_m ：平均流速（m/s）

平均流速の算出式は護岸の力学設計法に示す式（6.3.1-2）を用いるものとする。

$$V_m = \frac{1}{n} \cdot H_d^{2/3} \cdot I_e^{1/2} \quad \cdots \quad \text{式（6.3.1-2）}$$

ここに、 V_m ：平均流速（m/s）、 n ：マンニングの粗度係数、 H_d ：設計水深（m）、 I_e ：エネルギー勾配とする。

高水護岸部は、対象区間での高水敷幅が狭いため、湾曲による式（6.3.1-3）及び低水路流れの干渉による式（6.3.1-4）による補正を行い高水護岸部の代表流速を算出する。

$$\text{湾曲による補正係数} \quad \alpha = 1 + \frac{B}{2r} \quad \cdots \quad \text{式（6.3.1-3）}$$

ここに、 B ：川幅（m）、 r ：曲率半径（m）

$$\text{低水路流れの干渉による補正係数} \quad \alpha = 1 + \frac{(u_b - u_{w0})}{u_{w0}} \exp \left[-\sqrt{\frac{F_w \cdot u_{w0}}{H_{fp} \cdot \varepsilon}} \cdot y \right] \quad \cdots \quad \text{式（6.3.1-4）}$$

ここに、 u_b ：境界部の流速（m/s）

u_{w0} ：高水敷部と低水路部それぞれの緩衝効果の影響範囲外での流速（m/s）

（それぞれの水深，粗度，エネルギー勾配を用いて，マンニング式で求めることができる）

F_w ：高水敷部での摩擦損失係数， H_{fp} ：高水敷部水深（m）

ε ：横断方向の干渉効果の大きさを表す水平渦動粘性係数（m²/s）

y ： b_{fp} （高水敷幅）（m）

堤防護岸部での代表流速も高水護岸部と同様に代表流速は式（6.3.1-1）を用いることとし、河道湾曲部の外岸側下流部として式（6.3.1-5）により補正を行うことで代表流速を算出する。

$$\text{河道湾曲部の外岸側下流部としての補正係数} \quad \alpha = 1 + \frac{\Delta z}{2H_d} + \frac{B}{2r} \quad \cdots \quad \text{式（6.3.1-5）}$$

ここに、 Δz ：洗掘深（m）、 H_d ：設計水深（m）、 B ：川幅（m）、 r ：曲率半径（m）

不等流計算結果と河道諸元を表 6.3.1-1 に、不等流計算結果より算出した堤防護岸部の代表流速を表 6.3.1-2、高水護岸部の代表流速を表 6.3.1-3 に示す。また、各測点の河道諸元の値を図 6.3.1-2 に示す。

表 6.3.1-1 不等流計算結果と河道諸元

測点	不等流計算結果			河道諸元等							
	計算水位 (O.P.m)	エネルギー 勾配	エネルギー 勾配 (区間平均)	HWL (O.P.m)	高水敷幅 b _{fp} (m)	堤防法尻 高さ (O.P.m)	平均河床高 (O.P.m)	低水路部 水深 H _{mc} (m)	高水敷部 水深 H _d =H _{fp} (m)	低水路 粗度係数 n _{fp}	高水敷 粗度係数 n _{mc}
	Q=10800m ³ /s (整備計画流量)										
8.6k	5.55	0.00021	0.00019	6.85	0.00	3.80	-4.14	10.99	3.05	0.015	0.020
8.8k	5.77	0.00020	0.00016	6.96	0.00	3.85	-3.03	9.99	3.11	0.015	0.020
9.0k	5.87	0.00017	0.00016	7.06	17.20	3.90	-2.80	9.86	3.17	0.015	0.020
9.2k	5.98	0.00013	0.00016	7.17	74.30	3.95	-2.26	9.43	3.22	0.015	0.020
9.4k	6.09	0.00014	0.00016	7.28	185.50	4.00	-2.81	10.09	3.28	0.015	0.020

参考）エネルギー勾配の設定方法

エネルギー勾配は、河床変動解析の傾向を参考に下図のとおり区間の平均とした。

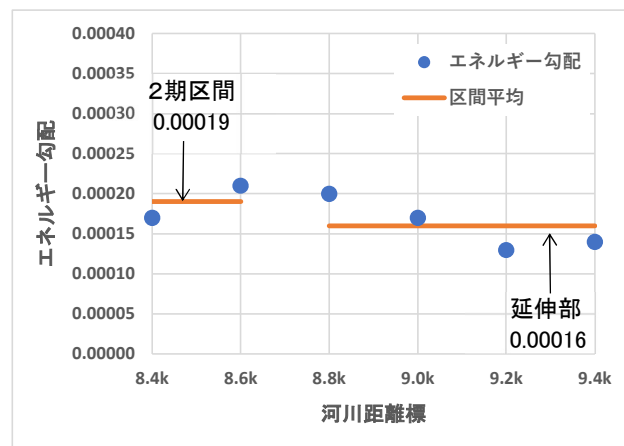


図 6.3.1-1 エネルギー勾配の設定

表 6.3.1-2 施工時の代表流速算出結果（堤防護岸部）

測点	代表流速の算定						
	平均流速 V_m (m/s)	洗掘深 ΔZ (m)	設計水深 H_d (m)	川幅 B (m)	曲率半径 r (m)	補正係数 α	護岸近傍の 代表流速 V_0 (m/s)
8.6k	4.54	3.77	10.99	260	700	1.357	6.17
8.8k	3.91	5.45	9.99	260	700	1.46	5.70

表 6.3.1-3 施工時の代表流速算出結果（高水護岸部）

測点	代表流速の算定											
	平均流速 V_m (m/s)	湾曲による補正			低水路流れの干渉による補正							護岸近傍 の代表流 速 V_0 (m/s)
		川幅 B (m)	曲率半径 r (m)	補正係数 α	高水敷部 摩擦損失 係数 F_w	低水路部 摩擦損失 係数 F_m	低水路 流速 u_{w0} (m/s)	高水敷 流速 u_{m0} (m/s)	境界部の 流速 u_b (m/s)	水平渦動 粘性係数 ε (m ² /s)	補正係数 α	
9.0k	1.37	670	700	1.48	0.0030	0.0012	3.90	1.37	3.22	37.77	1.40	2.84
9.2k	1.39	670	700	1.48	0.0030	0.0013	3.79	1.39	3.11	32.76	1.21	2.49
9.4k	1.40	-	-	1.00	0.0030	0.0012	3.96	1.40	3.26	39.18	1.08	1.52

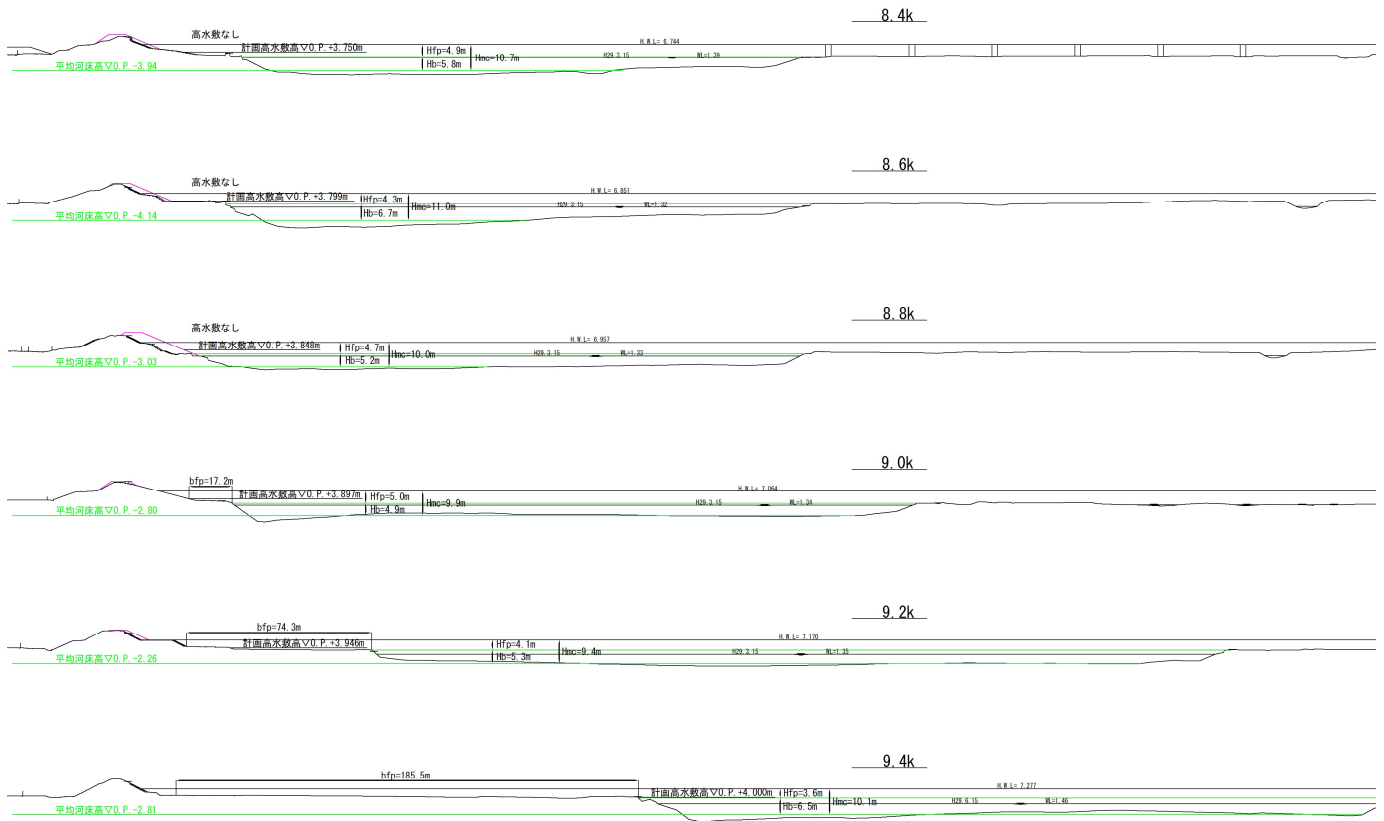


図 6.3.1-2 施工時の河道横断図

(3) 照査結果

1) 直接侵食に対する安全性

・堤防護岸部

高水敷幅が狭く堤防護岸として評価される 8.6k～8.8k 付近（道路測点 No.4～22）については、前述の算出結果より区間内で最も早い流速である 6.17m/s を代表流速として照査を行う。

図 6.3.1-3 に示す水深と限界流速の関係より、仮定した大型連節ブロックの移動限界流速は代表流速より大きくなっており、安全性を確保できる。

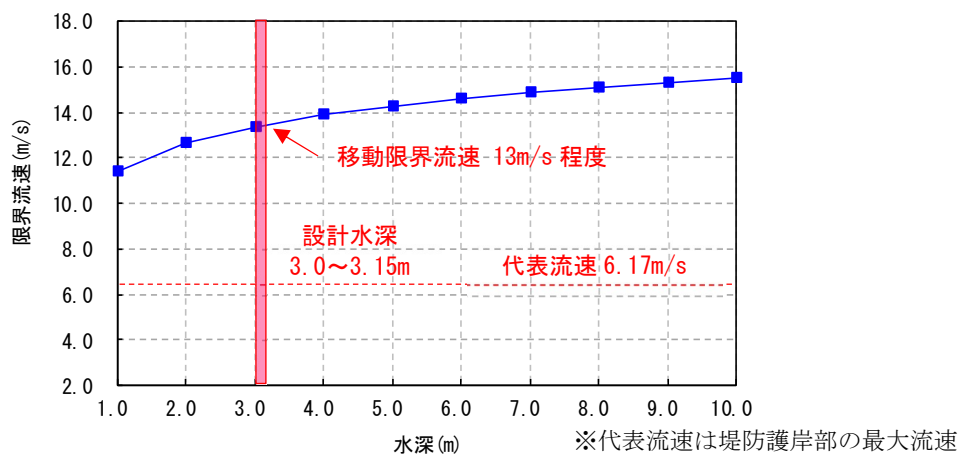


図 6.3.1-3 水深と限界流速の関係（堤防護岸における大型連節ブロック）

・高水護岸部

高水敷幅が広く、高水護岸部として評価される 9.0k～9.4k 付近（道路測点 No.23～46）は、前述の算出結果より区間内で最も早い流速である 2.84m/s を代表流速として照査を行う。

図 6.3.1-4 に示す水深と限界流速の関係より、仮定した覆土ブロックの移動限界流速は代表流速より大きくなっており、安全性を確保できる。なお、ブロックタイプは詳細設計により精査する必要がある。

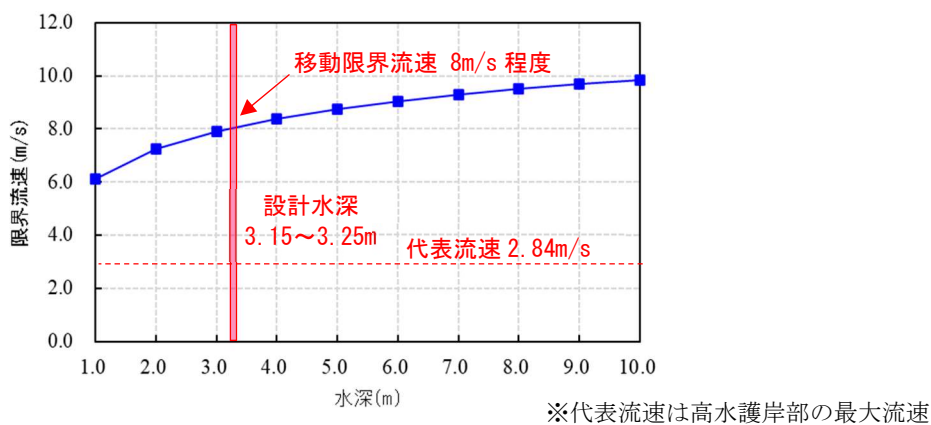


図 6.3.1-4 水深と限界流速の関係（高水護岸における覆土ブロック）

- ・根固めブロック

堤防護岸部（河川距離標：8.6k～8.8k 付近，道路測点 No.4～22）において，基礎工（ここでは矢板）前面の河床の洗掘を防止し，基礎工の安定を図るため設置されている根固めブロック（捨石被覆）の移動限界流速についても，護岸の力学設計法に示す照査手法の「滑動，転動－層積み」モデルを用いて算出された図 6.3.1-5 に示す限界流速と重量の関係より照査を行った。

照査の結果，現況に設置されている 4t 型の場合，長方形型，三点支持型もしくは平面型で安全性が確保される。

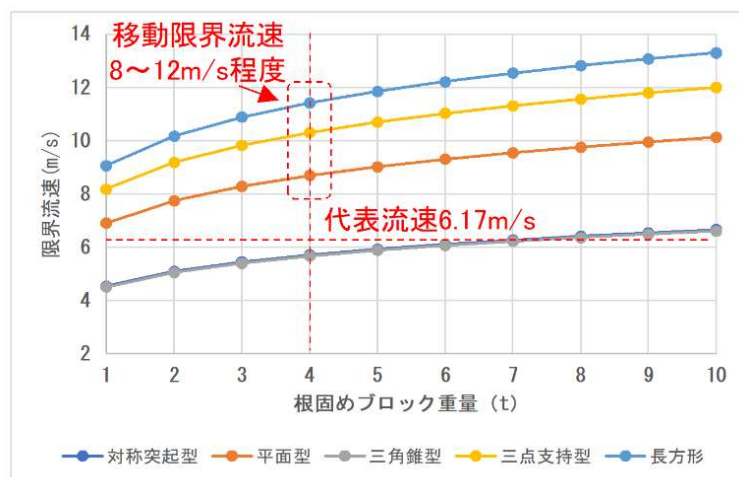


図 6.3.1-5 限界流速と根固めブロック重量の関係

2) 側方侵食に対する安全性

・照査基準

側方侵食に対する安全性については、手引きに準拠して、図 6.3.1-6 に示すように、1回の洪水で侵食される高水敷幅を用いて照査を行う。したがって、図 6.3.1-7 に示すフローを踏まえ、高水敷幅、高水敷水深に応じた照査を行うこととする。

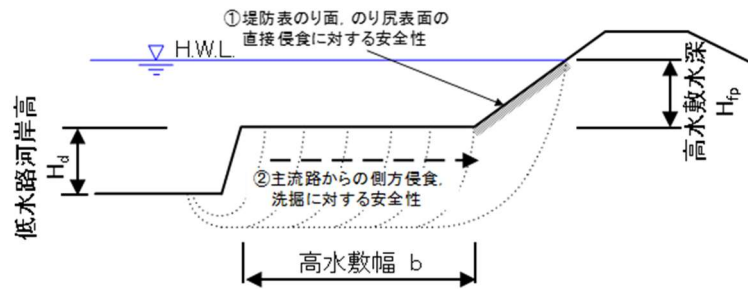


図 6.3.1-6 護岸がない場合の堤防崩壊メカニズム

(出典：手引き, p. 89 に加筆)

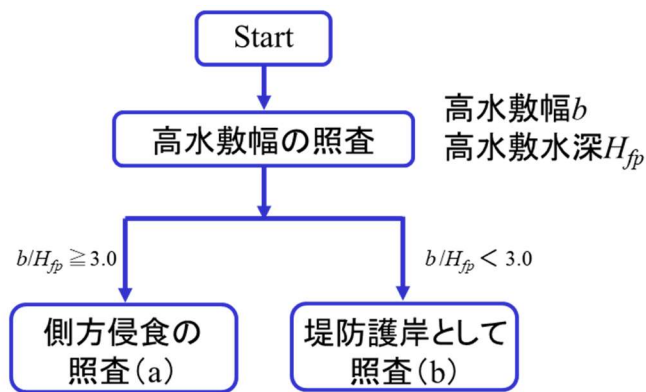


図 6.3.1-7 高水敷幅の照査

高水敷幅が十分にあると評価される場合（図 4.1.3-2 に示す(a)）は、高水敷幅 b / 低水路河岸高 H_d が判定基準となる $b/H_d > 2 \sim 3$ を満足しているかの照査を行う。

表 6.3.1-4 表のり尻部の洗掘に対する安全性の照査基準

河道のセグメント分類	照査基準（一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 $b >$ 低水路河岸高 H_d の5倍
2-2及び3	高水敷幅 $b >$ 低水路河岸高 H_d の2～3倍

(出典：手引き, p. 92 に加筆)

高水敷幅が十分になく堤防護岸として評価される区間（図 6.3.1-7 に示す(b)）については、低水護岸を矢板や根固めブロック等で保護する必要がある。また、保護を行った護岸に対し、「18-① 矢板護岸，根固めブロックが直接侵食に対する安全性」を有していること，後述する「18-③ 堤防の洗掘に対する安全性」を有していることを確認することで、「18-② 側方侵食に対する安全性」を満足することができる。

・ 照査結果

照査の結果を表 6.3.1-5 に示す。

高水敷幅が十分にあると評価される 9.0k～9.2k 付近（道路測点 No.23～46）は、側方侵食に対する安全性を有している。

8.6k～8.8k 付近（道路測点 No.4～22）は、高水敷幅の照査の結果、堤防護岸として評価されるため、低水護岸部を保護する必要がある。低水護岸部の安全性として、直接侵食と洗掘に対する安全性を別途照査する。

表 6.3.1-5 側方侵食に対する安全性照査結果

距離標	道路測点	セグメント	高水敷幅 b (m)	高水敷水深 H_{fp} (m)	低水河岸高 H_d (m)	b/H_{fp}	照査方法	b/H_d	側方侵食の判定 ($b/H_d > 2 \sim 3$)
8.6K	No.4～13	3	0	4.3	6.7	0.0	(b)	-	18-①, 18-③における照査に移行する
8.8K	No.14～22	3	0	4.7	5.2	0.0	(b)	-	
9.0K	No.23～36	3	17.2	5.0	4.9	3.4	(a)	3.5	OK
9.2K	No.37～46	3	74.3	4.1	5.3	18.1	(a)	14.0	OK
9.4K	参考	3	185.5	3.4	6.5	54.6	(a)	28.5	OK

3) 低水護岸（含む根固め工）の洗掘に対する安全性

低水護岸の洗掘に対する安全性の照査は、対策工の一例として、根固めブロックを対象とする。

・根固めブロック

根固めブロックの照査は、根固め工の敷設高と最深河床評価高により実施する。最深河床評価高は、下図に示す河床変動解析の予測値より、時刻歴変化で最も低い値である O.P.-7.71m とした。完成時と同じ条件であることから、完成時と同等の対応を実施することで安全性が確保できる。

参考として、図 6.3.1-9 に完成時の照査結果を示す。

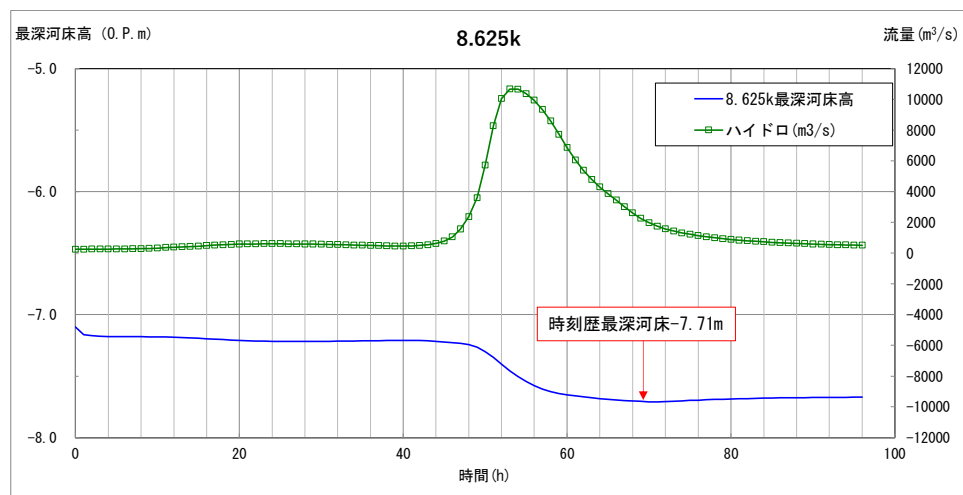


図 6.3.1-8 河床変動解析に基づく最深河床高縦断面図

(参考：完成時の照査結果)

護岸の力学設計法に示す根固めブロックの敷設幅の照査結果を示す。

$$B_c = L_n + \Delta Z / \sin \theta \quad \cdots \quad \text{式 (6.3.1-6)}$$

ここに、 B_c ：根固め工の必要敷設幅 (m)

L_n ：護岸前面の平坦幅 (ブロック 1 列もしくは 2m 程度以上) (m)

θ ：河川洗掘時の斜面勾配

(斜面勾配 θ は、河床材料の水中安息角程度となるが、安全を考えると一般に 30° とする。)

ΔZ ：根固め工敷設高から最深河床高 (標高) までの高低差 (m)

$$B_c = L_n + \Delta Z / \sin \theta = 2 + 0.97 / \sin 30^\circ = 3.94 \div 4.0 \text{ m}$$

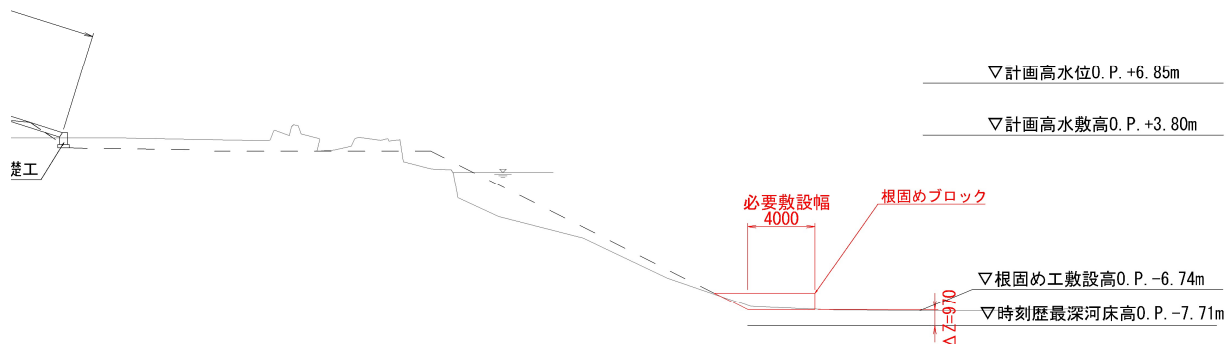


図 6.3.1-9 根固め工敷設幅の検証 (河川距離標：8.4k+197m 道路測点：No.6)

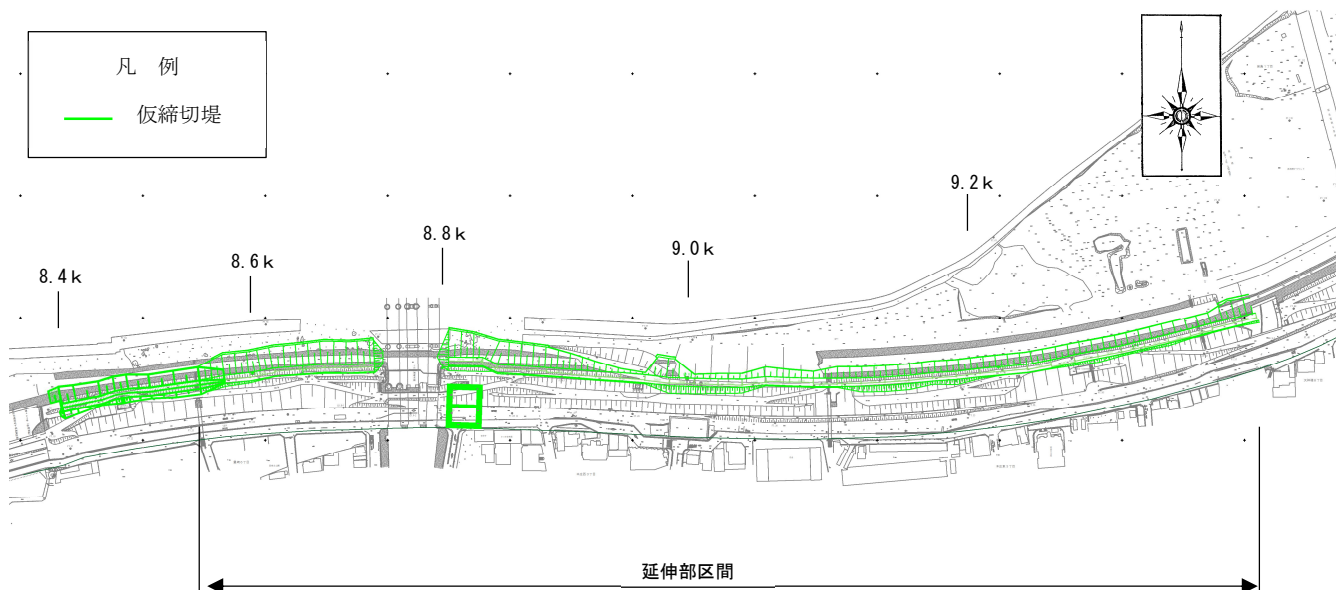
現況の根固めブロックでは必要敷設長が確保できていないため、根固めブロックを新たに設置することが必要となる。

6.3.2 洪水時の河道内水位に対する検討

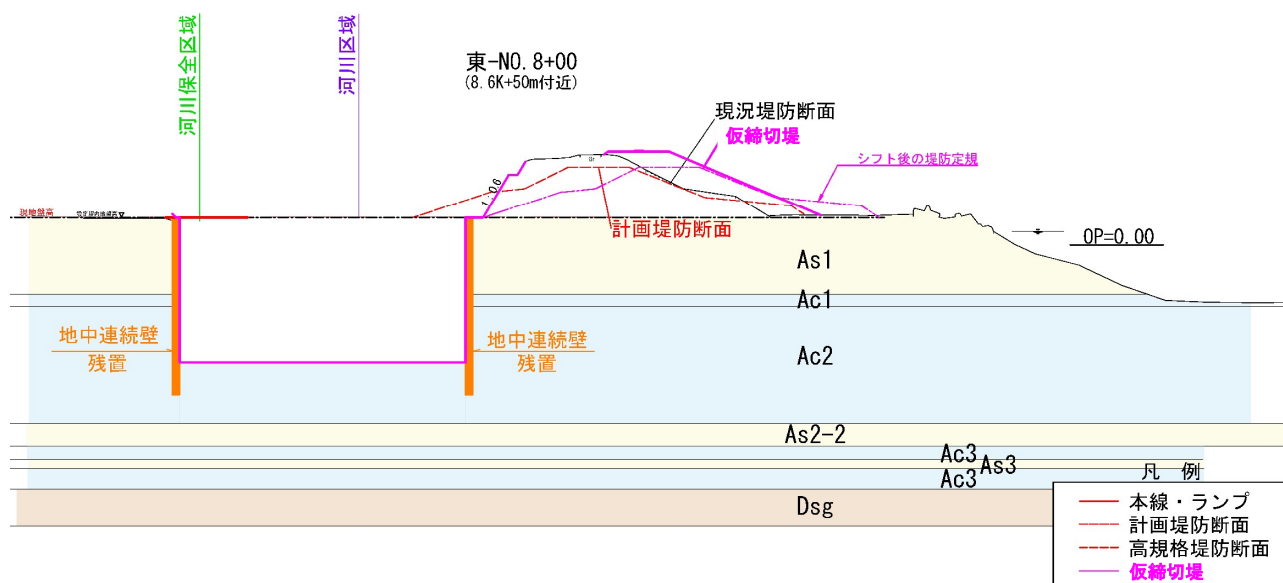
施工時に設置される仮締切堤は現況河道断面を阻害することとなり、その影響により洪水時の河道内水位が現況よりも上昇することが考えられる。そこで、仮締切堤等を考慮した施工時河道断面を用いて、整備計画流量 (10,800m³/sec) での不等流計算を実施し、現況河道に対する施工時河道の水位上昇量を把握する。

(1) 設定断面

現況河道は、平成 28 年度淀川本川定期横断測量断面を用いる。延伸部区間の下流域に当たる 2 期も取り込んだ計算を行う。仮締切堤とキャンセル掘削の概要を図 6.3.2-1、図 6.3.2-2 に示し、各計算断面を図 6.3.2-3 に示す。



仮締切堤平面図



仮締切堤横断面

図 6.3.2-1 2期～延伸部の仮締切堤横断面図

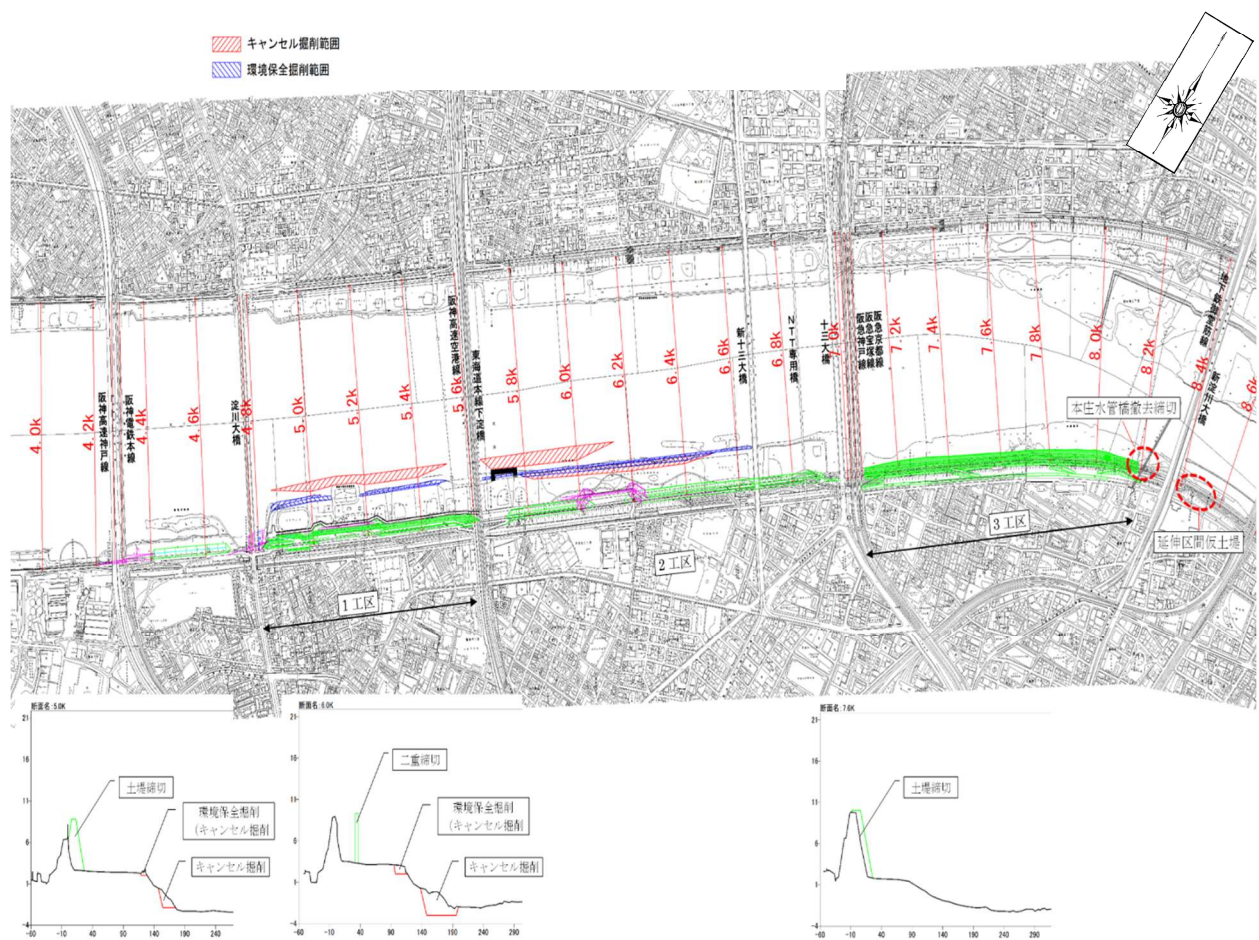


図 6.3.2-2 2 期の仮締切堤とキャンセル掘削の概要

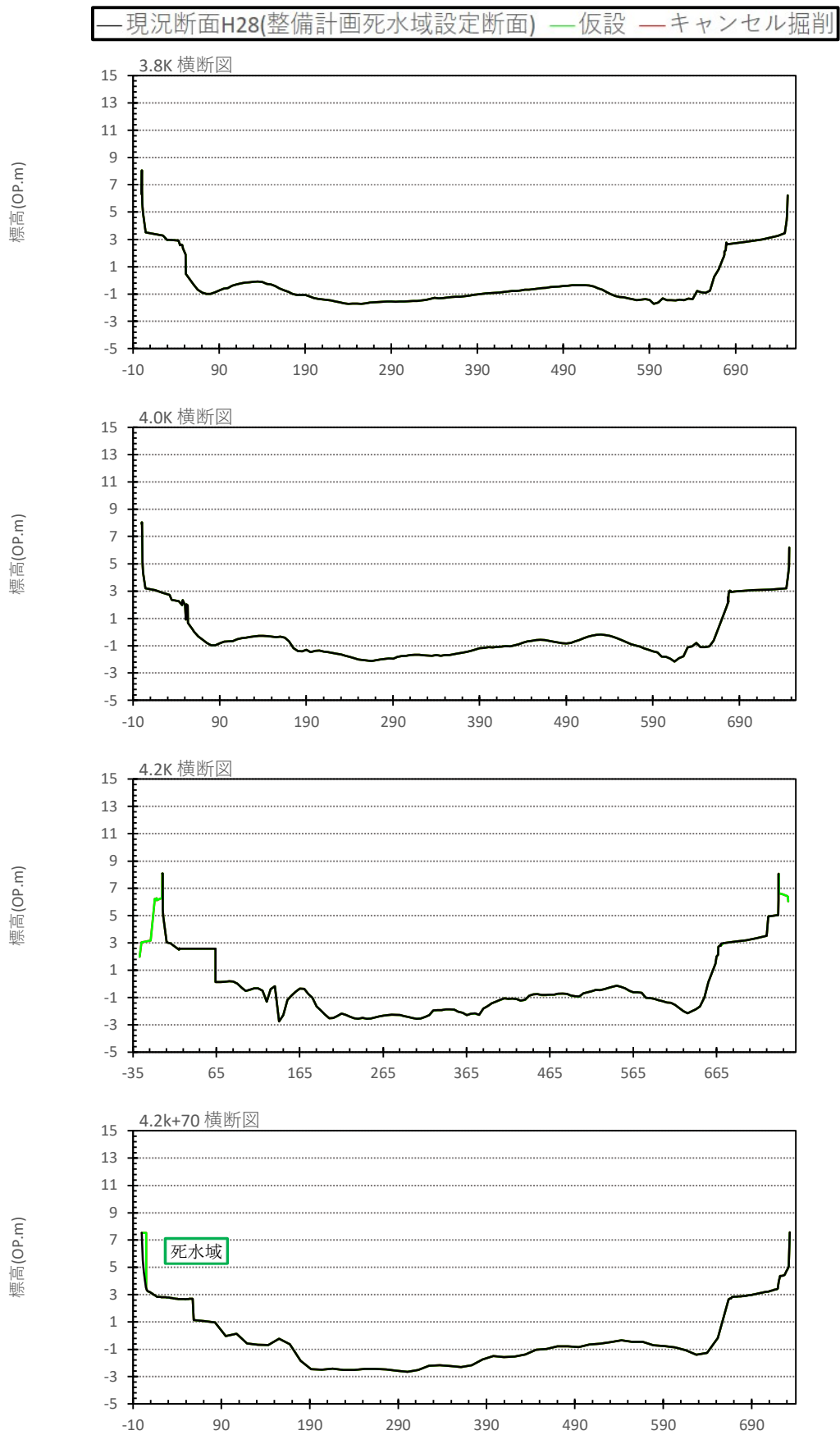


図 6.3.2-3(1) 不等流計算横断(3.8k~9.2k)

— 現況断面H28(整備計画死水域設定断面) — 仮設 — キャンセル掘削

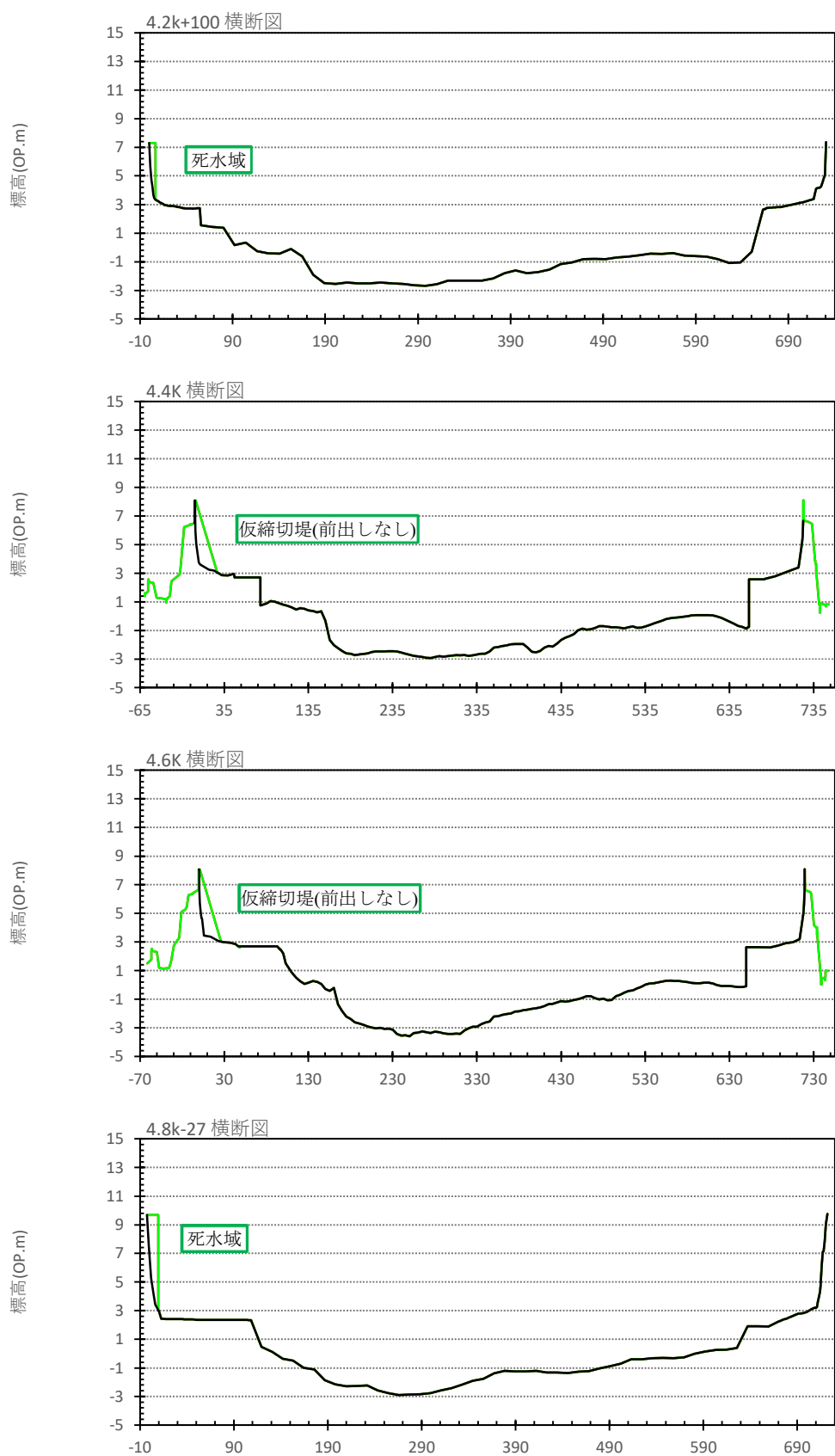


図 6.3.2-3 (2) 不等流計算横断(3.8k~9.2k)

— 現況断面H28(整備計画死水域設定断面) — 仮設 — キャンセル掘削

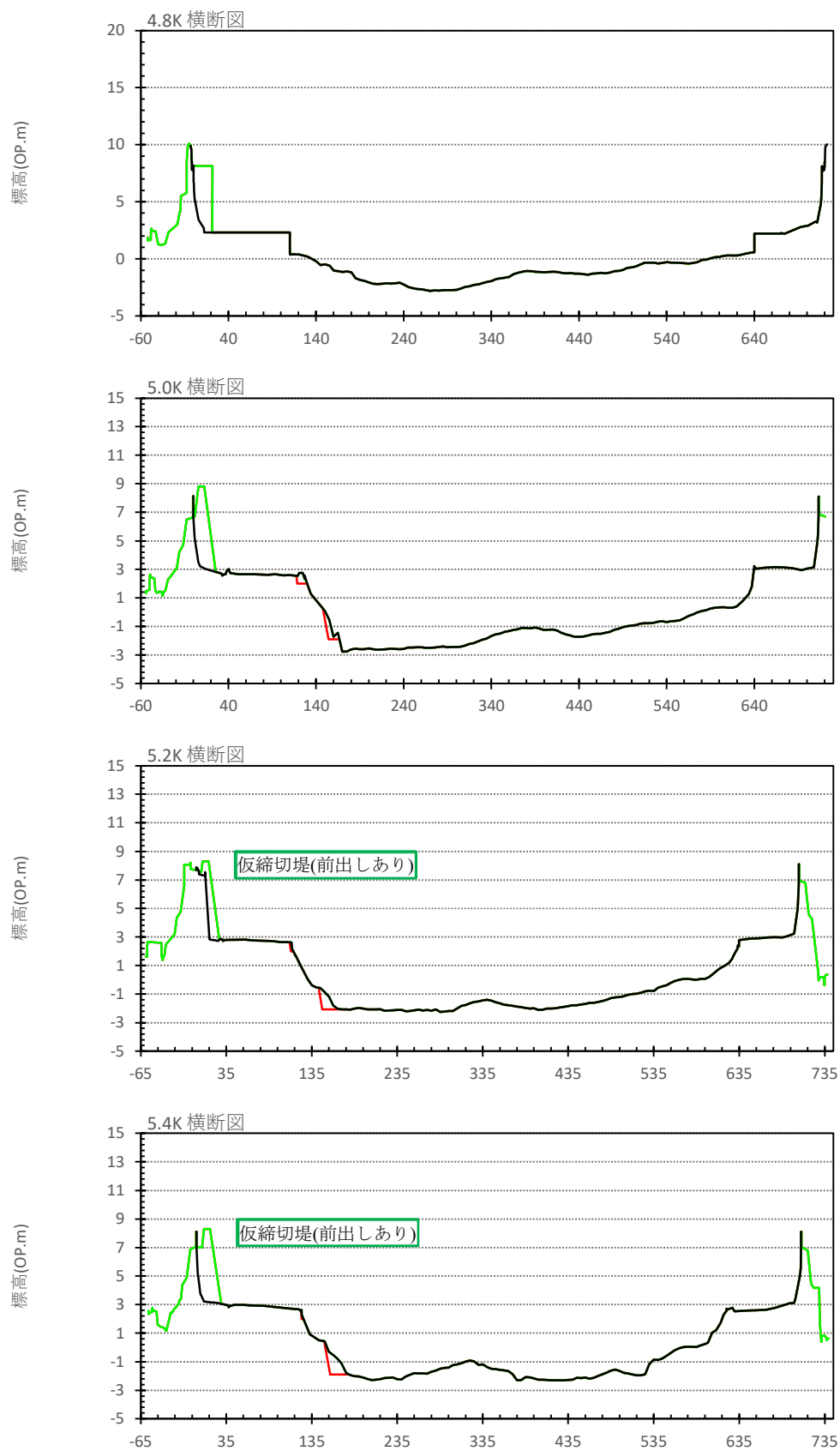


図 6.3.2-3(3) 不等流計算横断(3.8k~9.2k)

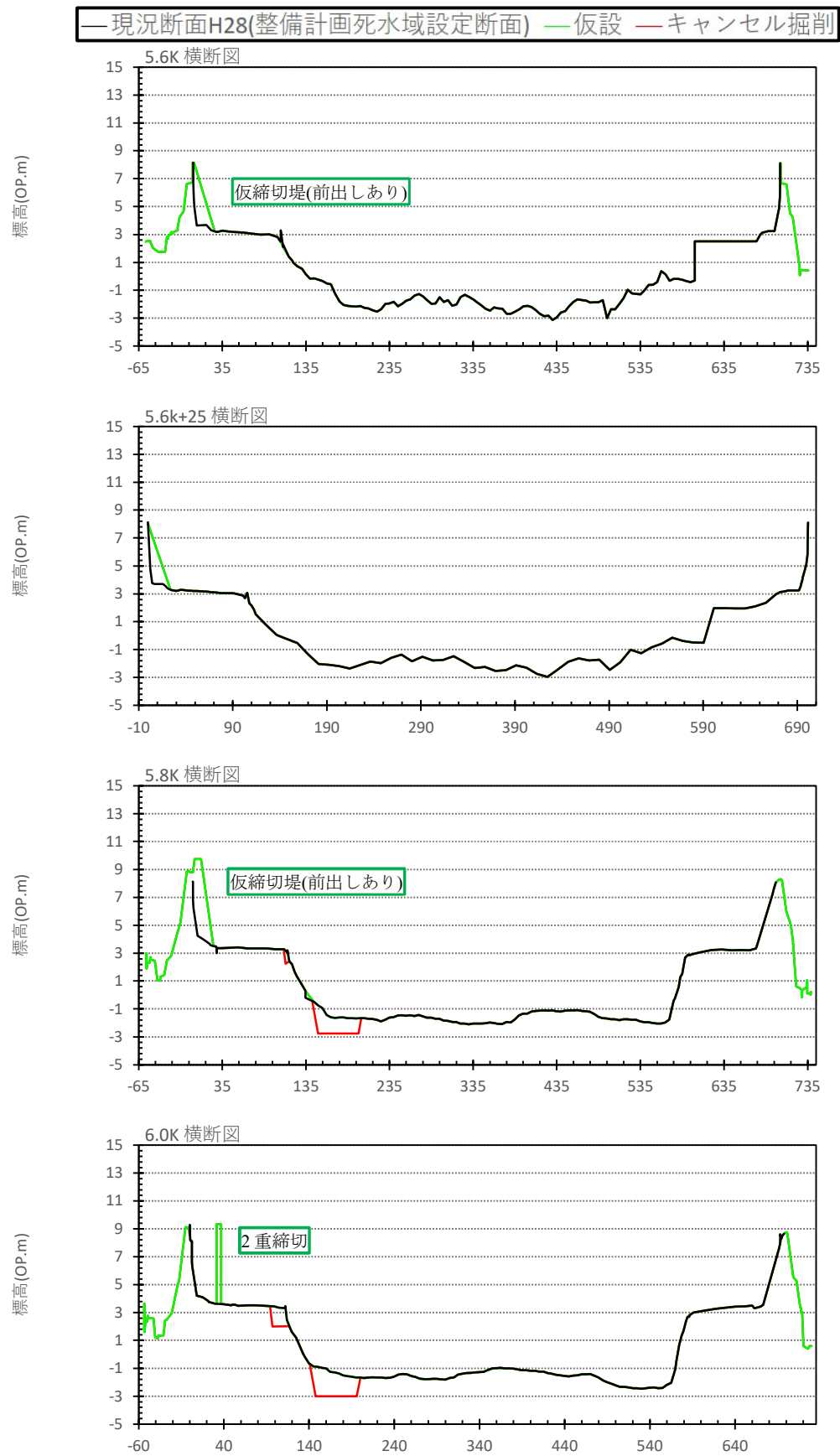


図 6.3.2-3 (4) 不等流計算横断(3.8k~9.2k)

— 現況断面H28(整備計画死水域設定断面) — 仮設 — キャンセル掘削

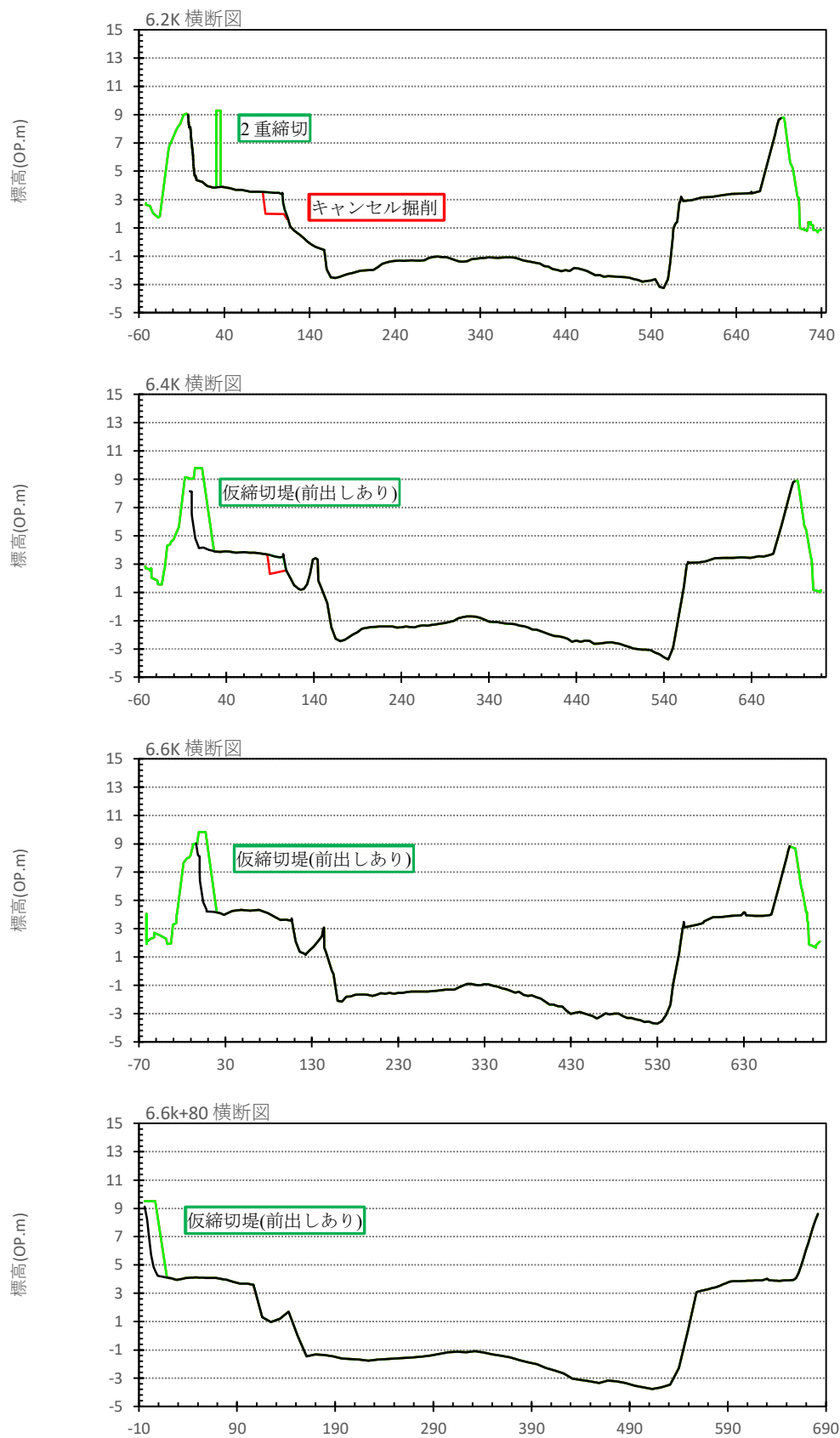


図 6.3.2-3 (5) 不等流計算横断(3.8k~9.2k)

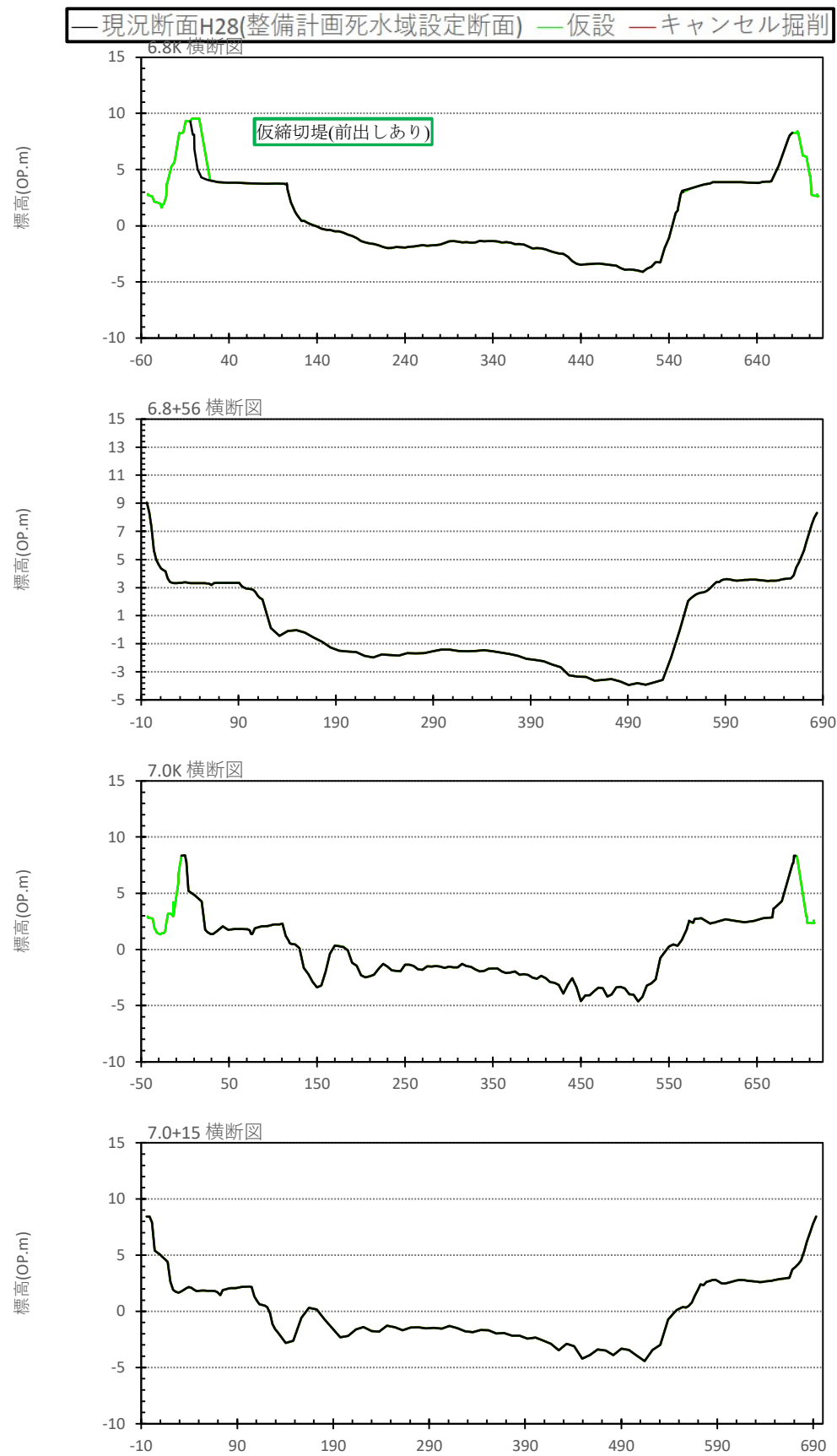


図 6.3.2-3 (6) 不等流計算横断(3.8k~9.2k)

— 現況断面H28(整備計画死水域設定断面) — 仮設 — キャンセル掘削

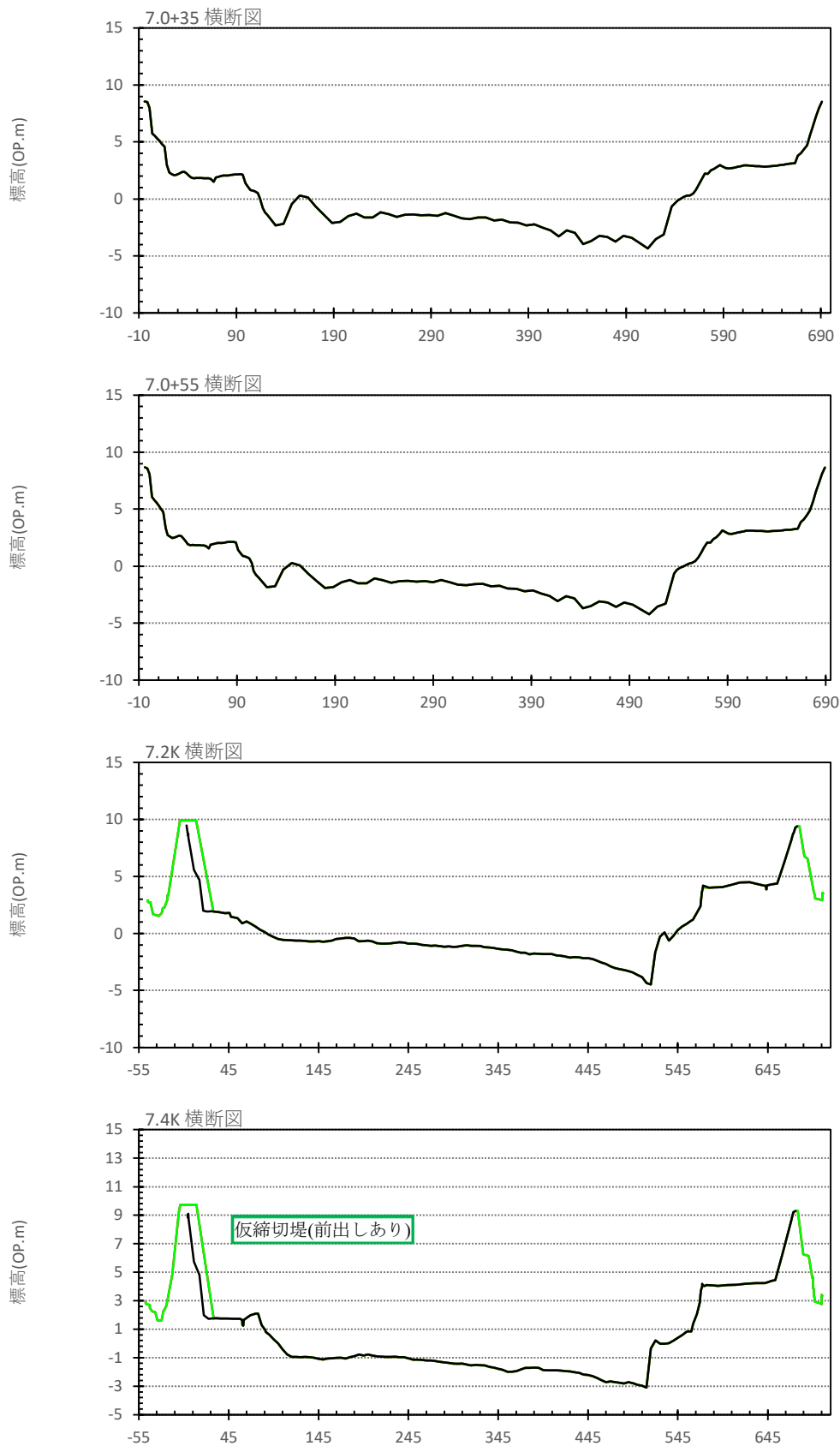


図 6.3.2-3 (7) 不等流計算横断(3.8k~9.2k)

— 現況断面H28(整備計画死水域設定断面) — 仮設 — キャンセル掘削

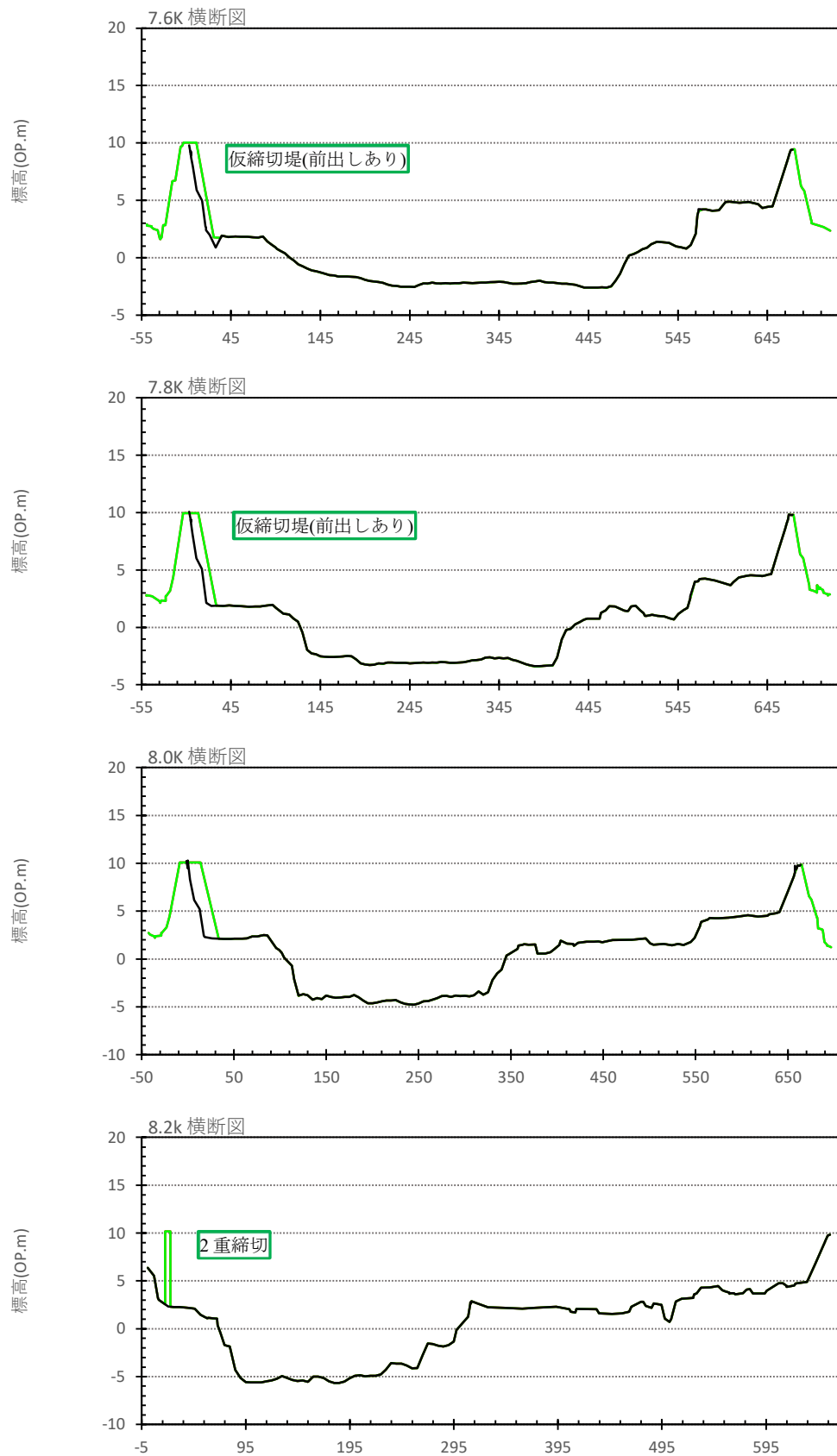


図 6.3.2-3 (8) 不等流計算横断(3.8k~9.2k)

— 現況断面H28(整備計画死水域設定断面) — 仮設 — キャンセル掘削

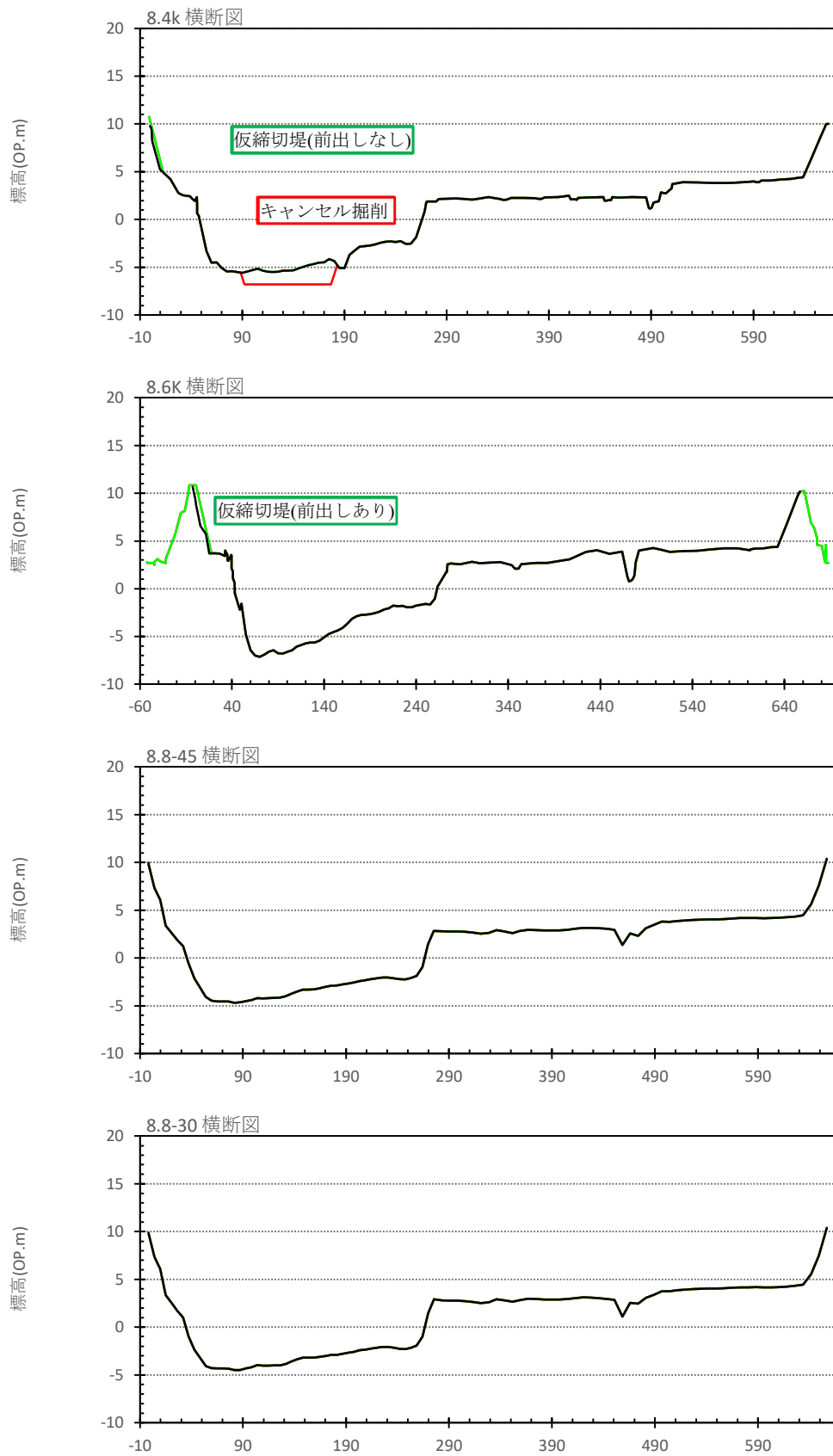


図 6.3.2-3 (9) 不等流計算横断(3.8k~9.2k)

— 現況断面H28(整備計画死水域設定断面) — 仮設 — キャンセル掘削

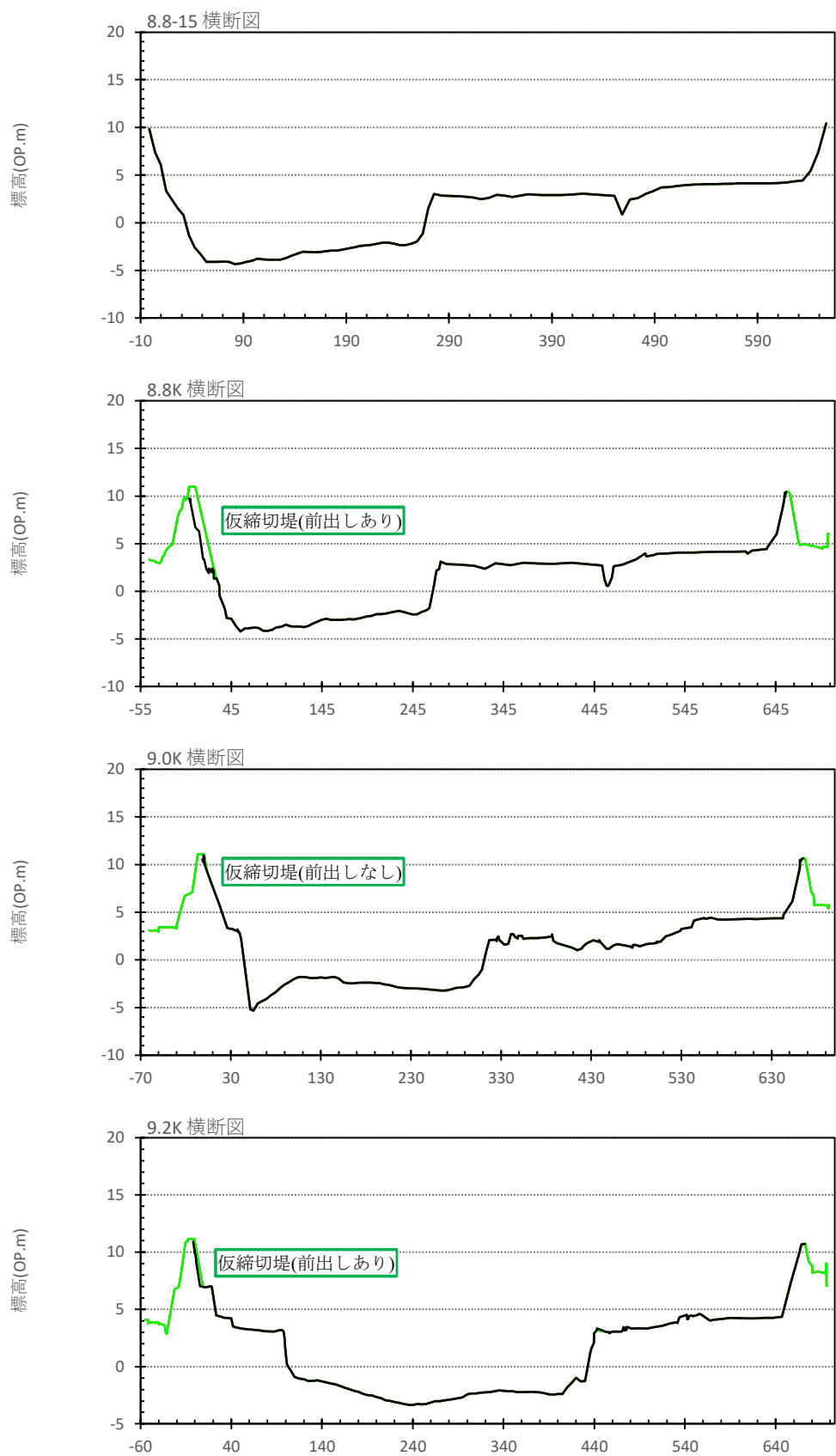


図 6.3.2-3 (10) 不等流計算横断(3.8k~9.2k)

(2) 不等流計算条件

1) 検討方針

不等流計算に用いる諸定数は、完成時の侵食作用による安全性の検討で設定された値を用いる。

検討ケースとして、現況河道に対する水位上昇量を把握するため、仮締切堤が設置された場合、及びその水位上昇を現況河道における水位まで低減させるために行うキャンセル掘削を行った場合の検討を行う。

2) 計算条件

不等流計算条件を以下に示す。

- 対象流量：10,800 m³/s（整備計画流量）
- 出発水位：O.P.+2.29m（0.0k 地点）
- 断面：H28 測量断面
- 低水路粗度係数：

区間	低水路粗度係数
0.0km～9.8km	0.015
9.8km～22.8km	0.022
22.8km～35.0km	0.025

- 高水敷粗度係数：

高水敷(左岸)		高水敷(右岸)	
0.0k～7.0k	0.020	0.0k～7.6k	0.020
7.2k～8.4k	0.055	7.8k～9.4k	0.055
8.6k～9.8k	0.020	9.6k～9.8k	0.020

※鋼矢板二重式仮締切区間の高水敷粗度係数は、整備計画検討時と同様に上記の粗度係数と同じ値を用いる。

- 不等流計算断面は整備計画検討時と同様に、河川距離標（約 200m ピッチ）と橋梁位置とする。
- 橋梁位置は仮締切堤の設置により死水域が発生する（急拡 5°，急縮 26°）箇所において、図 6.3.2-4 のように橋脚による堰上げ高の算出における水面幅も死水域分を減少させる。

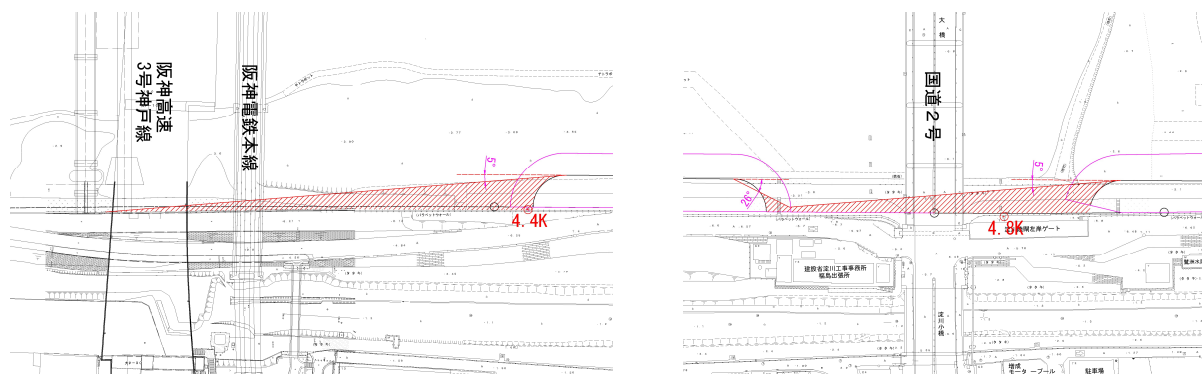


図 6.3.2-4 死水域の設定

・橋脚による堰上げ高

橋脚による堰上げ高は図 6.3.2-5 に示すドビュッソン公式により算定する。仮締切堤により水面幅が狭くなる箇所は、水面幅の減少を考慮するものとする。計算に使用している橋梁データを表 6.3.2-1 に示す。

$$\Delta h = \frac{Q^2}{2g} \left\{ \frac{1}{C^2 b_2^2 (H_1 - \Delta h)^2} - \frac{1}{b_1^2 H_1^2} \right\}$$

Δh ：橋脚による堰上げ高

Q ：流 量

C ：ピアの平面形状によって定まる定数

b_1 ：ピア上流側の水路幅

b_2 ：($b_2 = b_1 - \sum t$) 全水路幅から、ピア幅の総計を控除した幅

t ：ピア 1 基の幅

H_1 ：ピア上流側の水深

数式 3-1 ドビュッソンによる堰上げ公式

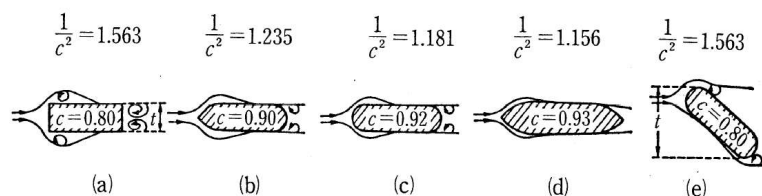


図 3-3 橋脚の形状と C の値 (参考値)

図 6.3.2-5 ドビュッソンによる堰上げ公式と橋脚の形状に応じた C 値

(出典：河川を横過する橋梁に関する計画の手引き(案), P. 82 (財団法人国土技術研究センター))

表 6.3.2-1 橋梁データ

測点	現況			仮締切堤設置			名称
	川幅 (m)	ピア幅を控除した川幅 (m)	ピア幅 (m)	川幅 (m)	ピア幅を控除した川幅 (m)	ピア幅 (m)	
4.2+70	725.39	691.39	34.0	723.17	689.17	34.0	阪神高速3号神戸線
4.2+100	724.87	702.87	22.0	720.41	698.41	22.0	阪神電鉄本線
4.8-27	712.66	646.26	66.4	705.88	639.48	66.4	国道2号
5.6k	699.94	673.54	26.4	685.21	658.81	26.4	阪神高速11号池田線
5.6+25	698.09	665.09	33.0	686.29	653.29	33.0	JR神戸線
6.6+80	664.05	641.25	22.8	651.71	628.91	22.8	国道176号バイパス (十三バイパス)
6.8+56	667.05	649.05	18.0	667.18	649.18	18.0	NTT十三専用橋
7.0k	680.59	631.79	48.8	680.65	631.85	48.8	国道176号線
7.0+15	678.94	619.44	59.5	679.00	619.50	59.5	阪急神戸線
7.0+35	677.14	623.14	54.0	677.20	623.20	54.0	阪急宝塚線
7.0+55	675.33	620.13	55.2	675.39	620.19	55.2	阪急京都線
8.4k+10	639.58	601.78	37.8	637.78	582.08	55.7	新淀川大橋

(3) 不等流計算結果

不等流計算結果を示した水位縦断面図を図 6.3.2-6 に示す。仮締切堤を設置した場合、現況よりも最大 3cm の水位上昇が発生し、水位上昇の影響が 35.0k まで及ぶ結果となった。2 期で計画されているキャンセル掘削を考慮した結果、施工区間上流まで及ぶ水位上昇は解消された。2 期と同様に、キャンセル掘削により現況水位を若干上回る水位が発生しているが、局所的なため影響はほとんどないと考えられる。

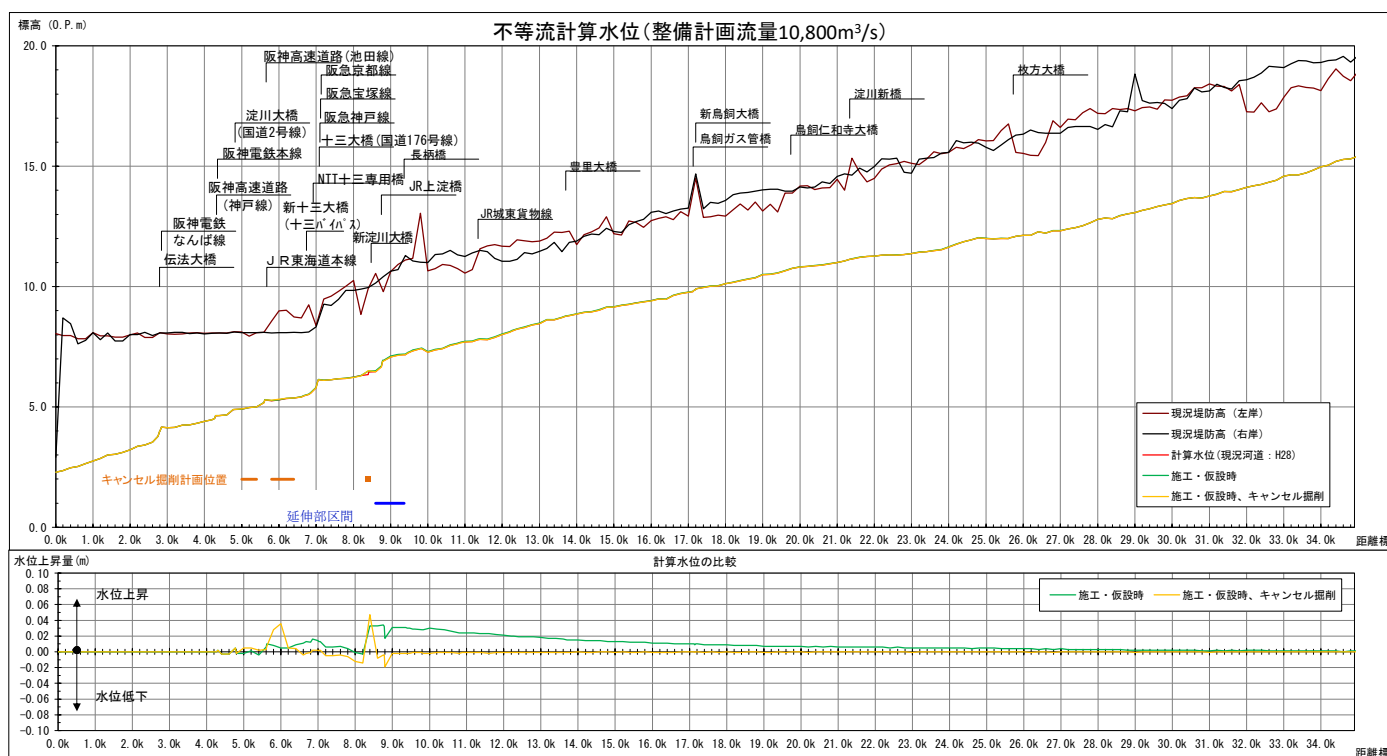


図 6.3.2-6 水位縦断面図 (2 期～延伸部の仮締切堤設置)

6.3.3 浸透作用に対する安全性検討

6.3.3.1 堤体内浸潤面の上昇に伴うすべり破壊に対する安全性

(1) 照査基準

手引きを参考に、式 (6.3.3-1)によりすべり破壊に対する安全性を照査する。

$$\text{川表側及び川裏側のすべり破壊に対する安全率} \geq 1.44 \quad \cdots \quad \text{式 (6.3.3-1)}$$

照査基準となる 1.44 は 4.2.2 で示す考え方にに基づき設定を行う。

(2) 照査手法

4.2.2 で用いた照査手法と同じ手法を用いる。

(3) 照査外力

4.2.2 での検討で用いた照査外力と同じ外力を採用する。

(4) 対象断面の設定

4.2.2 での検討で設定した No.15, No.15 (矢板), No.16, No.16 (矢板), No.23, No.24 (砂質土), No.24 (粘性土), No.28 (砂質土), No.28 (粘性土), No.30, No.34, No.36 断面を対象断面とする。

(5) 照査結果

表 6.3.3-1 に各断面の照査結果一覧表を示す。図 6.3.3-1 に No.30 断面の浸潤面の経時変化を示す。図中には着目位置として、堤内側土留壁前面位置と堤防天端中心位置の変化を示す。土留壁前面位置と天端中心位置のいずれにおいても、現況に対し施工時の方がピーク水位は低下する結果となる。

図 6.3.3-2 に安全率の経時変化図を、図 6.3.3-3 に円弧すべり形状を示す。最小安全率は水位低下時に現れている。照査の結果、川表、川裏でともに照査値である 1.44 を満足することがわかる。

表 6.3.3-1 すべり破壊に対する安全性の検討結果一覧（施工時）

検討断面		川裏		川表	
		照査対象	【照査基準】	照査対象	【照査基準】
		施工時 最小安全率	手引き	施工時 最小安全率	手引き
No. 15	No. 15	1.707	1.44	1.452	1.44
	No. 15 (矢板)	1.708		1.604	
No. 16	No. 16	1.569		1.451	
	No. 16 (矢板)	1.569		1.536	
No. 23		1.667		1.506	
No. 26	No. 26 (砂質土)	1.559		2.204	
	No. 26 (粘性土)	1.579		2.206	
No. 28	No. 28 (砂質土)	1.521		1.862	
	No. 28 (粘性土)	1.528		1.858	
No. 30		1.511		2.192	
No. 34		1.579		2.359	
No. 36		1.454		2.230	

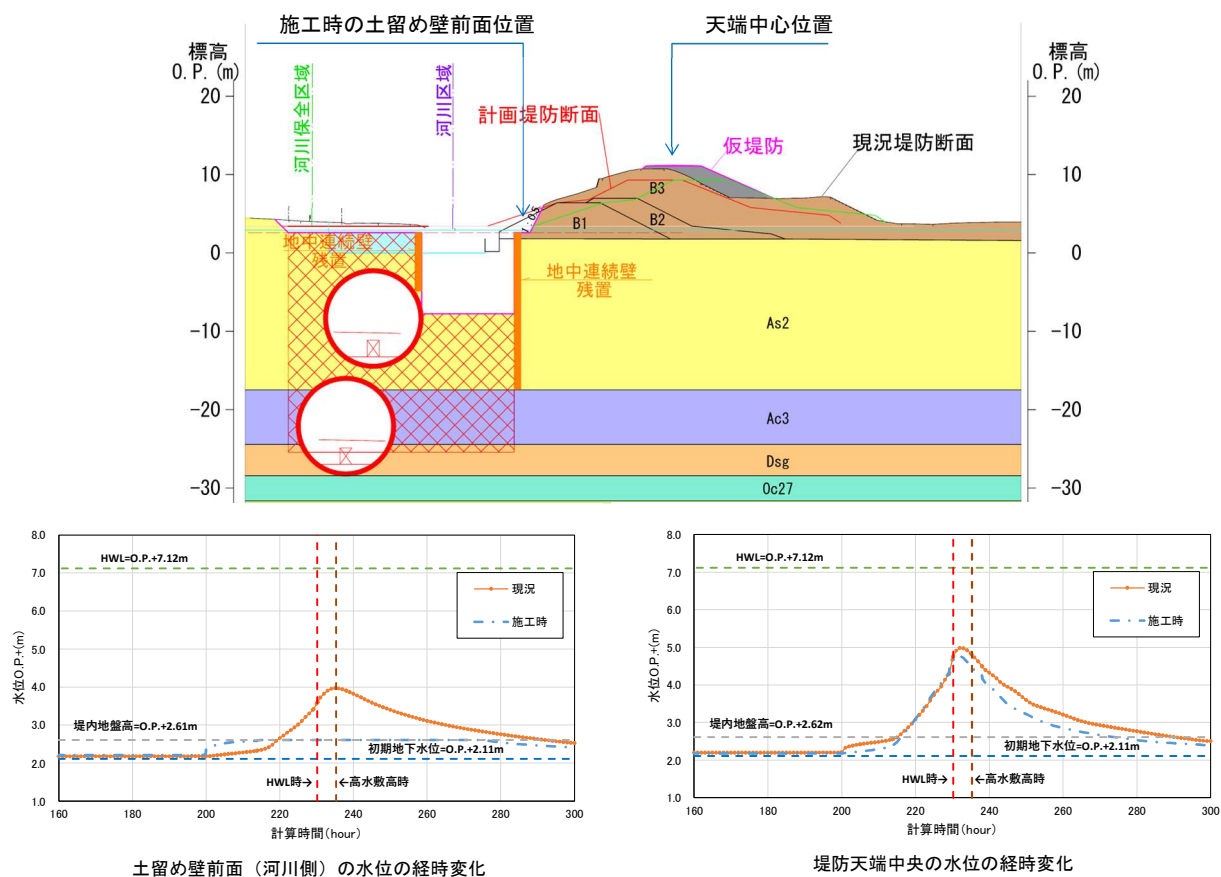


図 6.3.3-1 堤体内水位の経時変化の比較 (No. 30)

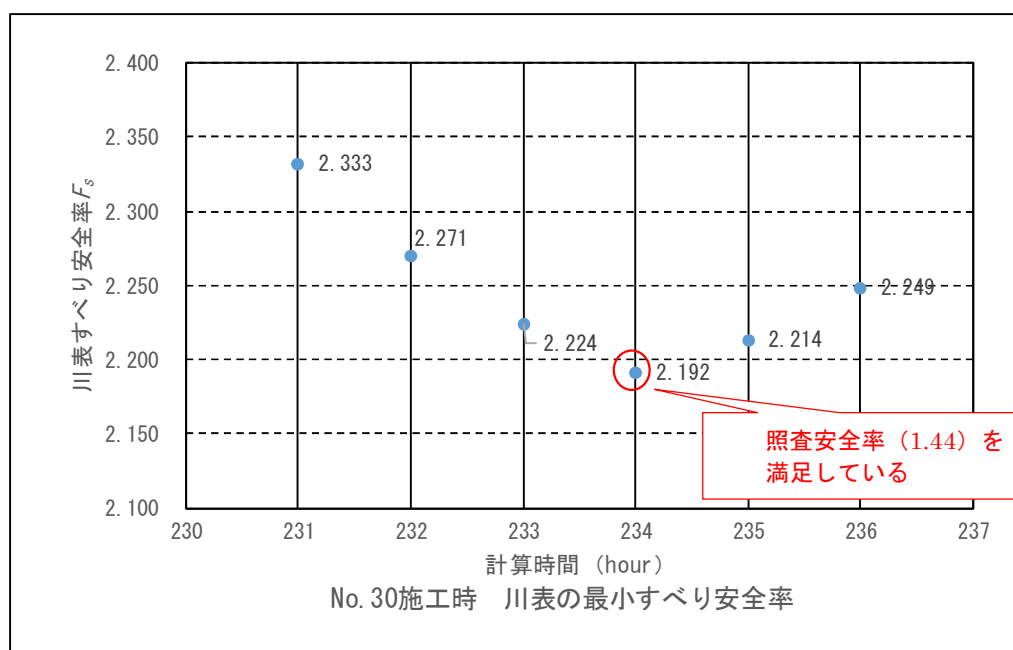


図 6.3.3-2 川表のすべり安全率の経時変化 (No. 30)

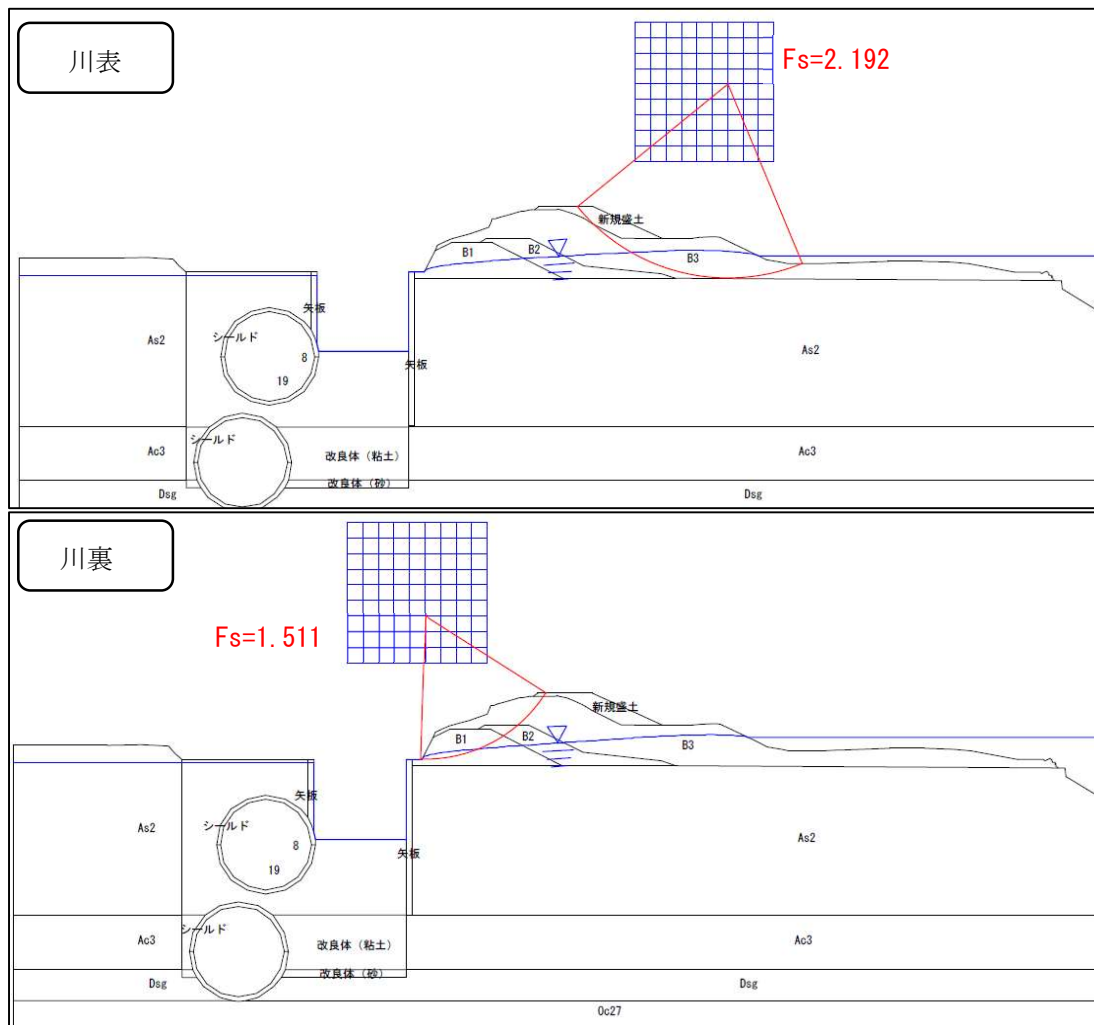


図 6.3.3-3 すべり安全率結果 (No. 30) (上：川表，下：川裏)

◆総括

上述のように，川表及び川裏の円弧すべりによる最小すべり安全率は 1.44 以上であることから，すべり破壊に対する安全性は満足すると評価する。

6.3.3.2 地下水流動阻害による堤体内浸潤面の変化

(1) 照査基準

完成時において道路ボックス川表側及び天端中心位置における堤体内水位が、現況堤防の水位より上回ることがないことを確認する。

(2) 照査手法

4.2.2 で用いた照査手法と同じ手法を用いる。

(3) 照査外力

4.2.2 での検討で用いた照査外力と同じ外力を採用する。

(4) 対象断面の設定

4.2.2 での検討で設定した No.15, No.15 (矢板), No.16, No.16 (矢板), No.23, No.24 (砂質土), No.24 (粘性土), No.28 (砂質土), No.28 (粘性土), No.30, No.34, No.36 断面を対象断面とする。

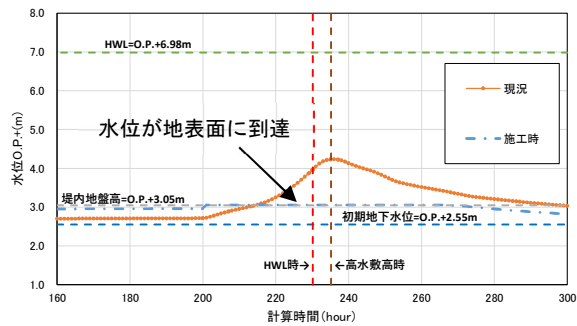
(5) 照査結果

各断面における検討結果を表 6.3.3-2 に示す。全ての照査断面で道路構造物前面（河川側）水位と堤防天端中央は、照査基準を満足する結果となった。

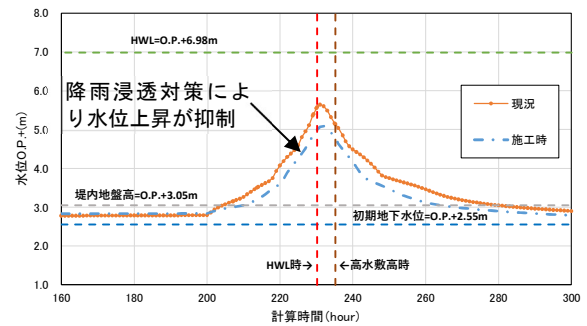
検討対象のうち、No.16 施工時における現況と施工時の堤体内水位の経時変化比較を図 6.3.3-4 に示す。図中に示すように、施工時の土留め壁前面の水位は、堤防の切土のり尻部により地表面に到達しているため、堤体内の水位上昇が抑制されている。堤防天端中央の水位は、降雨浸透対策により堤体内の水位上昇が抑制されている。

表 6.3.3-2 堤体内浸潤面の評価結果（施工時）

検討断面		土留め壁前面			堤防天端中央		
		施工時における 堤体内水位の最 高値(m)	【照査基準】 現況水位(m)	判定	施工時における 堤体内水位の最 高値(m)	【照査基準】 現況水位(m)	判定
No. 15	No. 15	3.119	5.067	OK	4.962	5.558	OK
	No. 15 (矢板)	3.119	5.067	OK	4.926	5.558	OK
No. 16	No. 16	3.055	4.234	OK	5.087	5.645	OK
	No. 16 (矢板)	3.055	4.234	OK	5.083	5.645	OK
No. 23		2.874	4.170	OK	5.213	5.637	OK
No. 24	No. 24 (砂質土)	2.365	4.126	OK	4.620	5.370	OK
	No. 24 (粘性土)	2.365	4.116	OK	4.437	5.362	OK
No. 28	No. 28 (砂質土)	2.582	4.167	OK	4.967	5.057	OK
	No. 28 (粘性土)	2.582	4.048	OK	4.569	4.953	OK
No. 30		2.609	3.970	OK	4.780	4.984	OK
No. 34		2.673	4.356	OK	4.872	5.388	OK
No. 36		2.735	4.594	OK	5.294	5.415	OK



土留め壁前面（河川側）の水位の経時変化



堤防天端中央の水位の経時変化

図 6.3.3-4 No.16 施工時における洪水中の堤体内水位

◆総括

上述のように、施工時の堤体内水位は現況堤防より低下することから、地下水流動阻害による堤防への影響はないと評価する。

6.3.3.3 基礎地盤のパイピング破壊に対する安全性照査

(1) 照査基準

手引きに示す局所動水勾配が許容値以内であることを照査する。局所動水勾配については水平方向を式 (6.3.3-2)、鉛直方向を式 (6.3.3-3)、を用いて照査を行うものとする。水平方向 i_h については、既往研究成果（赤井の式、久保田の式）により許容値 0.3、鉛直方向 i_v は手引きに示す許容値 0.5 を用いて照査を行う。

$$\text{水平方向の局所動水勾配 } i_h < 0.3 \quad \cdots \quad \text{式 (6.3.3-2)}$$

$$\text{鉛直方向の局所動水勾配 } i_v < 0.5 \quad \cdots \quad \text{式 (6.3.3-3)}$$

また、完成形の局所動水勾配は鉛直、水平方向でともに現況堤防より大きくならないことを確認する。

(2) 照査手法

4.2.2 で用いた照査手法と同じ手法を用いる。

(3) 照査外力

4.2.2 での検討で用いた照査外力と同じ外力を採用する。

(4) 対象断面の設定

4.2.2 での検討で設定した No.15, No.15 (矢板), No.16, No.16 (矢板), No.23, No.24 (砂質土), No.24 (粘性土), No.28 (砂質土), No.28 (粘性土), No.30, No.34, No.36 断面を対象断面とする。

(5) 照査結果

各断面における検討結果を表 6.3.3-3 に示す。この結果、全ての断面において、照査基準を満足しない結果となった。ここで、図 6.3.3-5 に示す浸透対策工の検討フローに則り、浸透対策工の検討を行った。浸透対策工の検討により、全ての断面において、ドレーン工法を適用することにより照査基準を満足することを確認できた。

照査断面のうち、断面 No.16 施工時における堤防の水平方向・鉛直方向の局所動水勾配のコンター図を図 6.3.3-6 に示し、ドレーン工法による対策を実施した場合の局所動水勾配のコンター図を図 6.3.3-7 に示す。図中に示すように、ドレーン工法により浸潤面が堤体のり面と交わらないため評価は行わない結果となる。

◆総括

上述のように、ドレーン工法を適用することで局所動水勾配は許容値を満足することから、基礎地盤のパイピング破壊に対する安全性は確保されていると評価する。

表 6.3.3-3 局所動水勾配の評価結果（施工時）

検討断面		局所動水勾配 対策	評価 位置	局所動水勾配（最大値） 水平 i_h		局所動水勾配（最大値） 鉛直 i_v		判定
				施工時	【照査基準】	施工時	【照査基準】	
					赤井の 式ほか		赤井の 式ほか	
No. 15	No. 15	—※	堤防	0.990	0.3	0.614	0.5	NG
	No. 15	ドレーン	堤防	評価なし	0.3	評価なし	0.5	OK
	No. 15（矢板）	—※	堤防	1.008	0.3	0.674	0.5	NG
	No. 15（矢板）	ドレーン	堤防	評価なし	0.3	評価なし	0.5	OK
No. 16	No. 16	—※	堤防	0.433	0.3	0.262	0.5	NG
	No. 16	ドレーン	堤防	評価なし	0.3	評価なし	0.5	OK
	No. 16（矢板）	—※	堤防	0.433	0.3	0.263	0.5	NG
	No. 16（矢板）	ドレーン	堤防	評価なし	0.3	評価なし	0.5	OK
No. 23	No. 23	—※	堤防	0.870	0.3	1.202	0.5	NG
	No. 23	ドレーン	堤防	評価なし	0.3	評価なし	0.5	OK
No. 24	No. 24（砂質土）	—※	堤防	0.915	0.3	0.840	0.5	NG
	No. 24（砂質土）	ドレーン	堤防	評価なし	0.3	評価なし	0.5	OK
	No. 24（粘性土）	—※	堤防	0.817	0.3	0.700	0.5	NG
	No. 24（粘性土）	ドレーン	堤防	評価なし	0.3	評価なし	0.5	OK
No. 28	No. 28（砂質土）	—※	堤防	0.768	0.3	0.489	0.5	NG
	No. 28（砂質土）	ドレーン	堤防	評価なし	0.3	評価なし	0.5	OK
	No. 28（粘性土）	—※	堤防	0.268	0.3	0.198	0.5	OK
No. 30	No. 30	—※	堤防	0.755	0.3	0.692	0.5	NG
	No. 30	ドレーン	堤防	評価なし	0.3	評価なし	0.5	OK
No. 34	No. 34	—※	堤防	0.507	0.3	0.487	0.5	NG
	No. 34	ドレーン	堤防	評価なし	0.3	評価なし	0.5	OK
No. 36	No. 36	—※	堤防	1.125	0.3	0.899	0.5	NG
	No. 36	ドレーン	堤防	評価なし	0.3	評価なし	0.5	OK

※：川裏の降雨浸透対策

☐：局所動水勾配対策（ドレーン復旧）を実施した場合の照査結果

■局所動水勾配対策

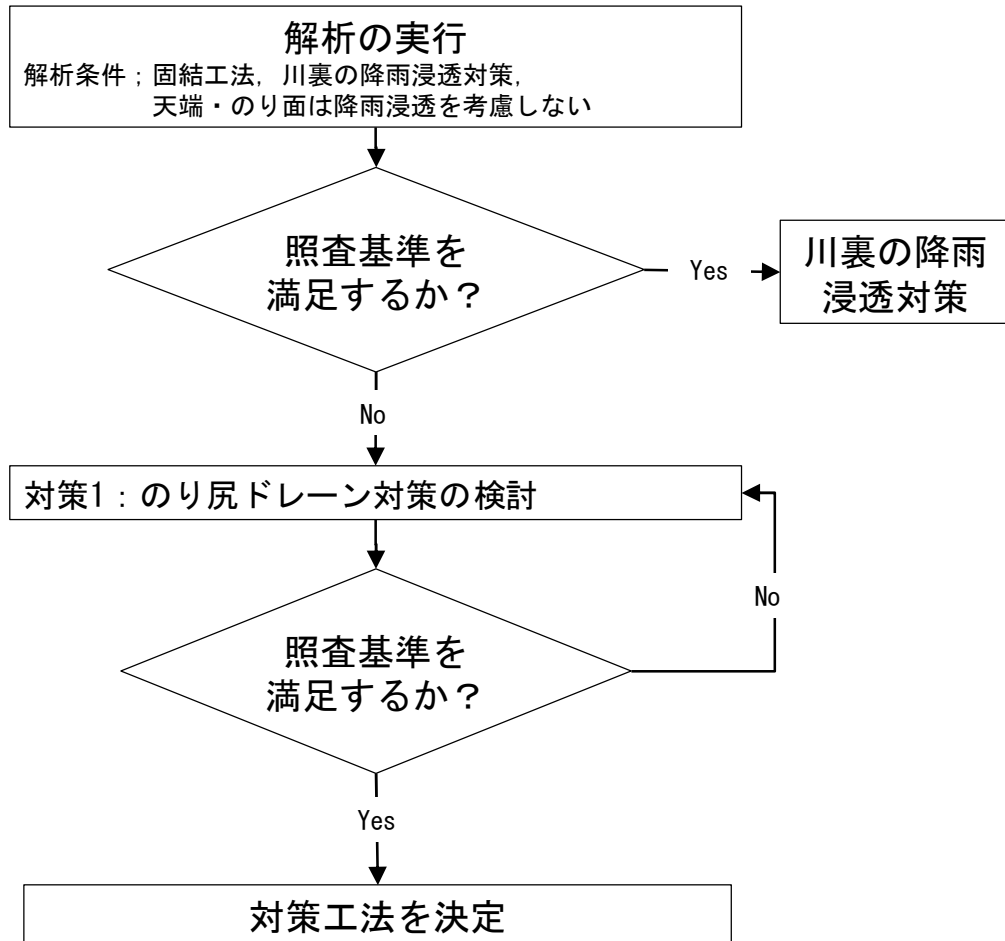


図 6.3.3-5 浸透対策工（局所動水勾配対策）の検討フロー

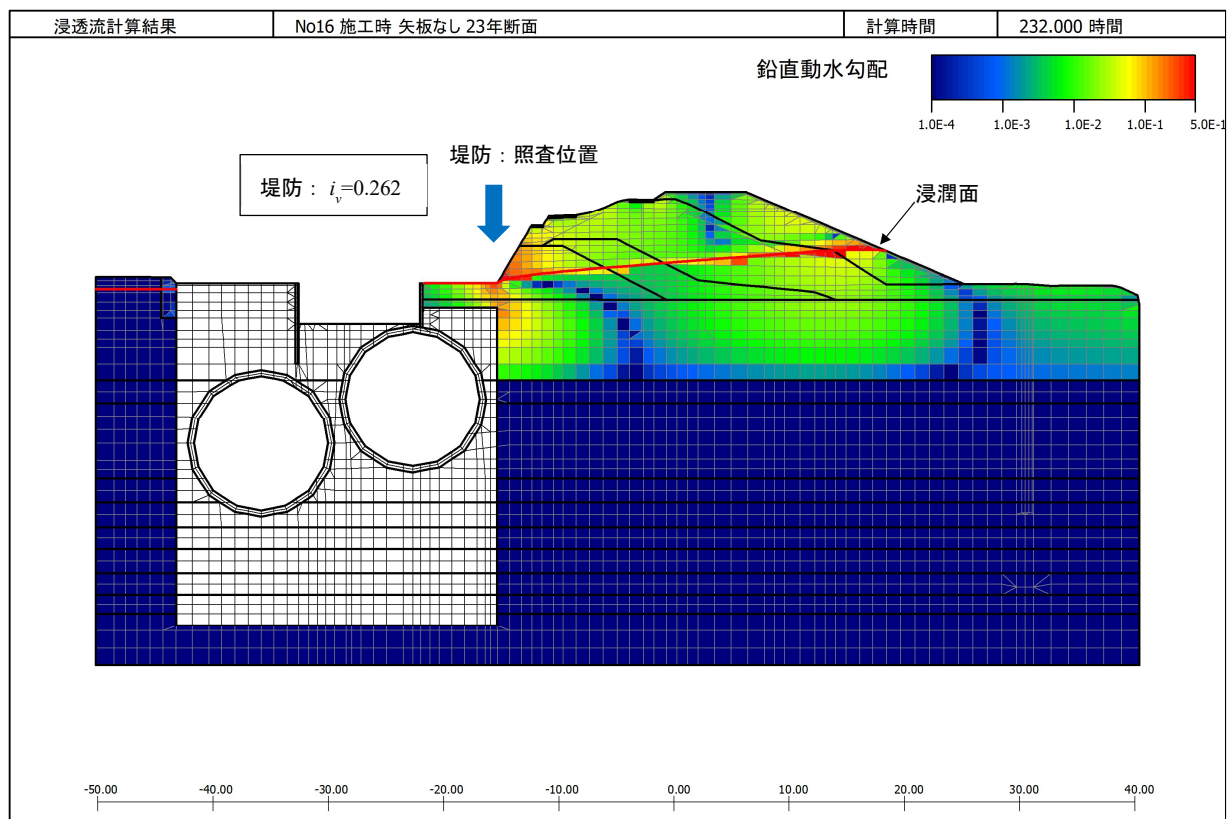
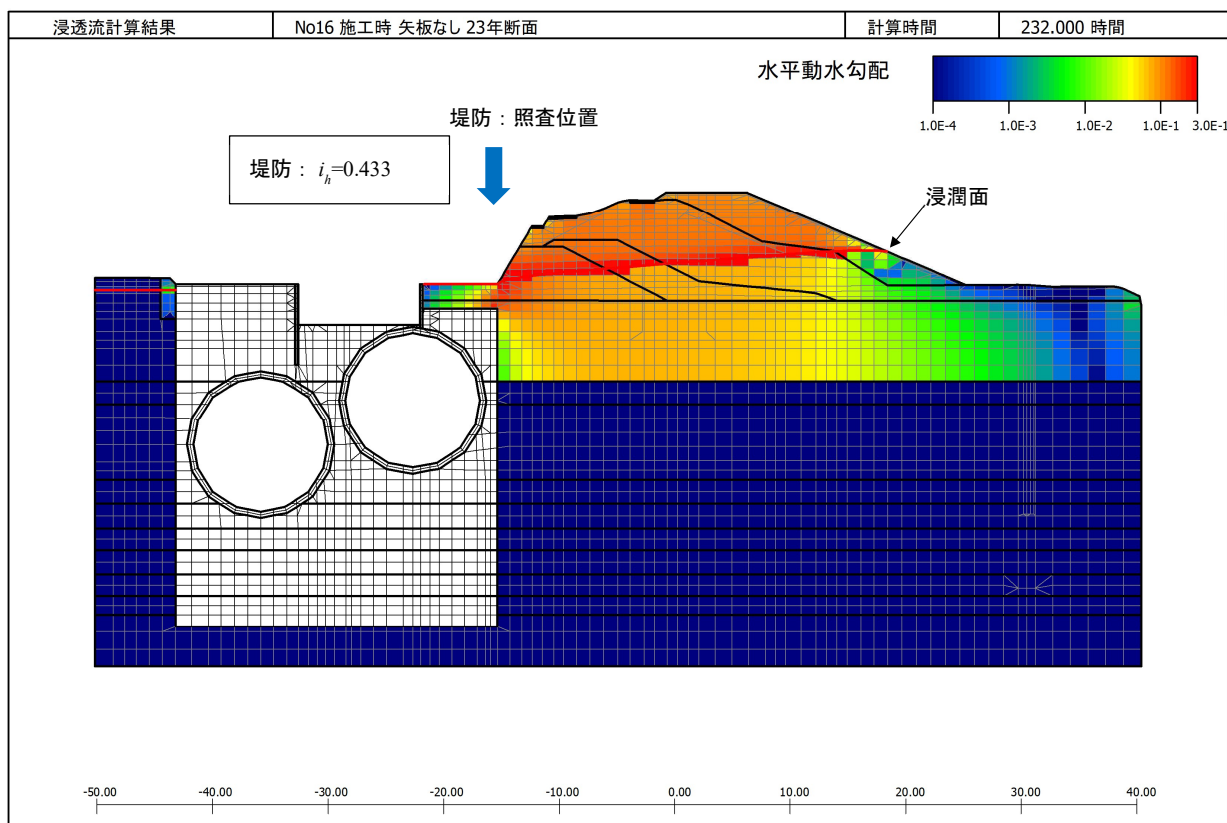


図 6.3.3-6 堤体内水位ピーク時の局所動水勾配コンター (No. 16 施工時)

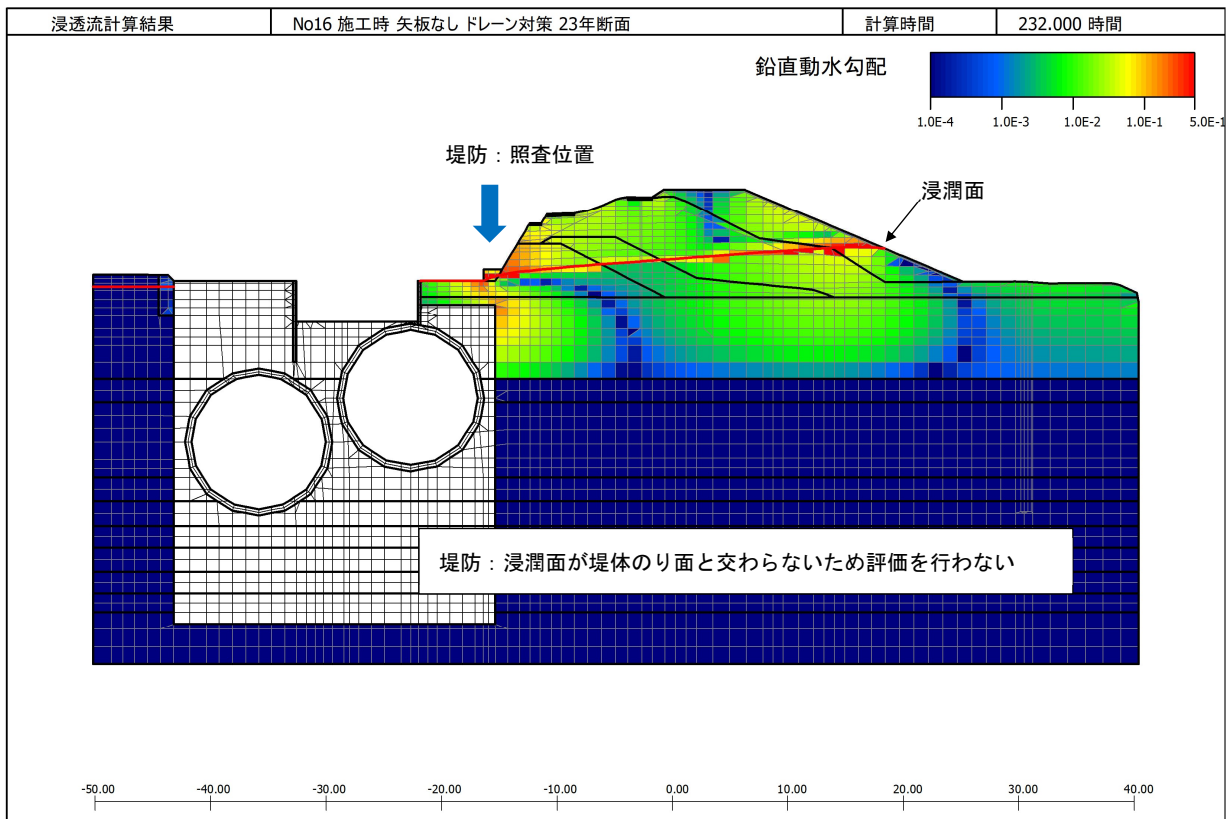
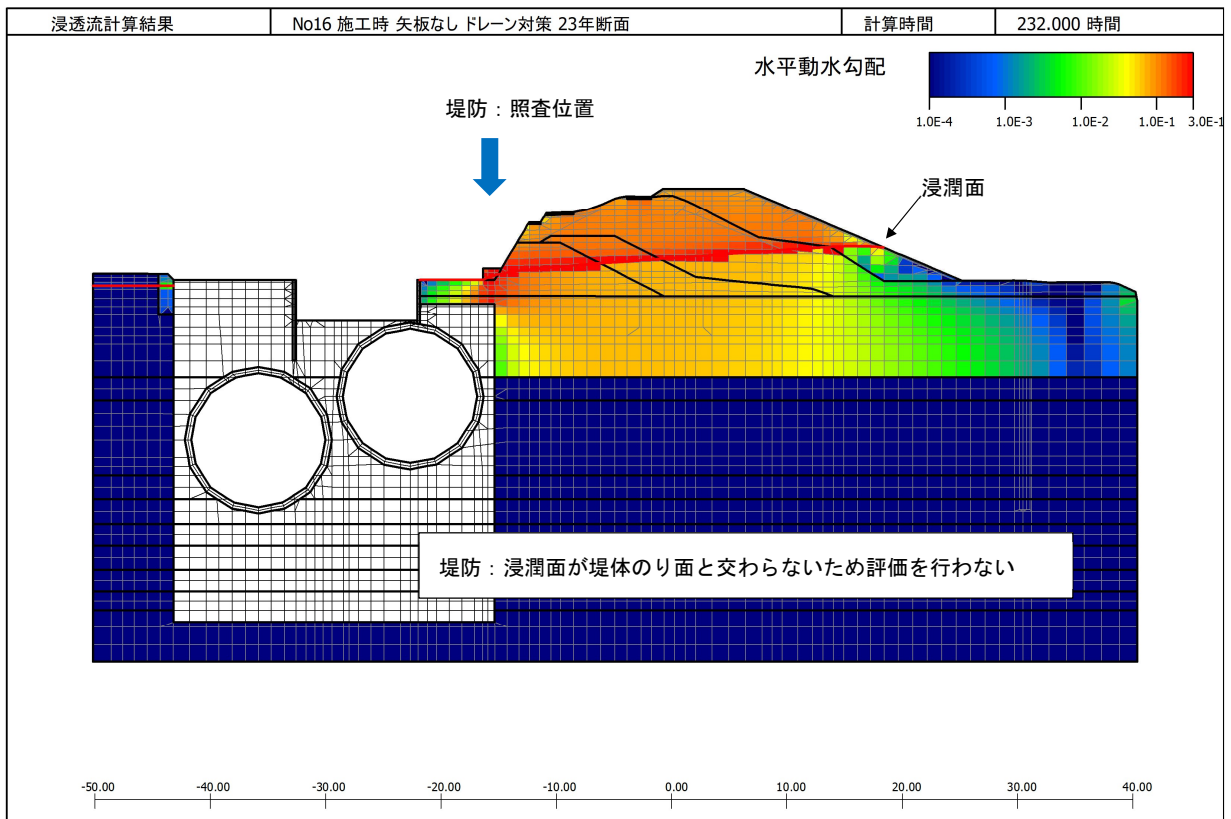


図 6.3.3-7 堤体内水位ピーク時の局所動水勾配コンター (No. 16 施工時 ドレーン工)

6.3.4 耐震性に関する検討

(1) 照査基準

4.3.2 の中で述べた完成形における地震作用に対する安全性照査と同様に、地震により堤防に変形、沈下等が生じた場合においても、その変形量が耐震性能照査上の堤防としての機能を保持できる範囲内になるかを照査する。想定する地震動は海溝型となるレベル 2-1 地震動、内陸直下型となるレベル 2-2 地震動とし、それぞれの地震動に対して式(6.3.4-1)、式(6.3.4-2)による照査を行う。

$$\begin{aligned} & \text{プレート境界型の大規模な地震を想定したレベル 2-1 地震動に対する残留堤防高} \\ & \quad > \text{昭和南海トラフ地震時の津波を想定した水位} \quad \cdots \quad \text{式(6.3.4-1)} \\ & \text{内陸直下型地震を想定したレベル 2-2 地震動に対する残留堤防高} \\ & \quad > \text{淀川の朔望平均満潮位及び波浪の影響を考慮した 14 日間 1/10 水位} \quad \cdots \quad \text{式(6.3.4-2)} \end{aligned}$$

(2) 照査手法

4.3.2 で用いた照査手法と同じ手法を用いる。

(3) 照査外力

4.3.2 での検討で用いた照査外力と同じ外力を採用する。

(4) 対象断面の設定

4.3.2 に示すとおり、No.4, No.14, No.15, No.22, No.26 (砂質土地盤), No.26 (粘性土地盤), No.29, No.35, No.46 とする。施工時のモデル化設定は、数ある施工ステップの中で地震時応答が最も大きくなると考えられる施工ステップとなる掘削量が最大となる掘削時とした。

(5) 照査結果

表 6.3.4-1 に示すように、いずれの断面においても残留堤防高が照査外水位を大きく上回っていることがわかる。これらの結果より、施工時においても完成時と同様に、河川耐震指針の地震外力に対して、越流防止機能を確保していると判断する。

表 6.3.4-1 残留堤防高の照査結果

解析断面	完成堤防高 (O.P.m)	レベル2-1地震動							レベル2-2地震動						
		堤防天端沈下量 (m)				堤防残留高 (O.P.m)	照査外水位 (O.P.m)	判定	堤防天端沈下量 (m)				堤防残留高 (O.P.m)	照査外水位 (O.P.m)	判定
		川裏	中央	川表	平均値				川裏	中央	川表	平均値			
No.4	10.421	1.814	1.755	1.704	1.758	8.663	4.58	OK	0.378	0.385	0.384	0.382	10.039	2.27	OK
No.14	10.560	1.652	1.635	1.617	1.635	8.925	4.58	OK	0.374	0.387	0.391	0.384	10.176	2.29	OK
No.15	10.570	1.107	1.144	1.164	1.138	9.432	4.58	OK	0.270	0.287	0.295	0.284	10.286	2.29	OK
No.22	10.646	1.384	1.391	1.387	1.387	9.259	4.58	OK	0.318	0.338	0.346	0.334	10.312	2.29	OK
No.26 (砂質土地盤)	10.683	1.590	1.603	1.630	1.608	9.075	4.58	OK	0.254	0.274	0.287	0.272	10.411	2.30	OK
No.26 (粘性土地盤)	10.683	1.376	1.346	1.314	1.345	9.338	4.58	OK	0.233	0.247	0.253	0.244	10.439	2.30	OK
No.29	11.104	1.632	1.759	1.847	1.746	9.358	4.58	OK	0.267	0.292	0.311	0.290	10.814	2.30	OK
No.35	10.755	2.169	2.335	2.440	2.315	8.440	4.58	OK	0.443	0.487	0.519	0.483	10.272	2.30	OK
No.46	11.225	2.293	2.670	2.554	2.506	8.719	4.59	OK	0.548	0.581	0.526	0.552	10.673	2.31	OK

◆総括

上述のように、河川耐震指針に規定する地震外力に対して、照査外水位を満足する残留堤防高を確保できることから、地震後の堤防変形に対する安全性を確保しているものと判断する。

6.4 施工時モニタリングに関する検討

一体構造物の施工時に確保すべき機能には、土留め支保工の安定性や周辺環境への影響抑制（地下水変動や土留めの変形、圧密沈下）、仮締切堤防として洪水防御があり、設計手法の確認や定量的評価、復旧シナリオの設定により、これら機能を確保するための検討を実施している。また、完成時の機能として、圧密沈下の抑制に伴う堤防高の確保についても設定されており、施工段階の荷重増減を考慮した圧密解析に基づく評価により、完成後に必要とされる堤防高の確保についても検証している。

施工時のモニタリングは、施工に係る検討の不確実性を補完し、施工時に要求される機能の維持監視を目的に実施する。項目として、土留支保工の変形や応力、周辺地盤の圧密沈下の累積、洪水・降雨に対する地下水位変動が挙げられる。

モニタリング結果は、適切に設定した管理値と比較することで、施工時の安全性や周辺環境への影響の評価に活用する。管理値の指標として、土留めについては構造計算に用いた部材の許容値などが、また、圧密沈下については、解析による沈下予測との整合性や必要天端高などが考えられる。地下水変動については、土留め設計時の設定水位や、現況の堤体内水位などが考えられる。

施工時モニタリングの流れを図 6.4-1 に示す。

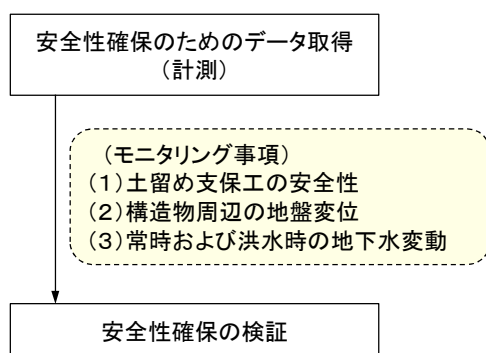
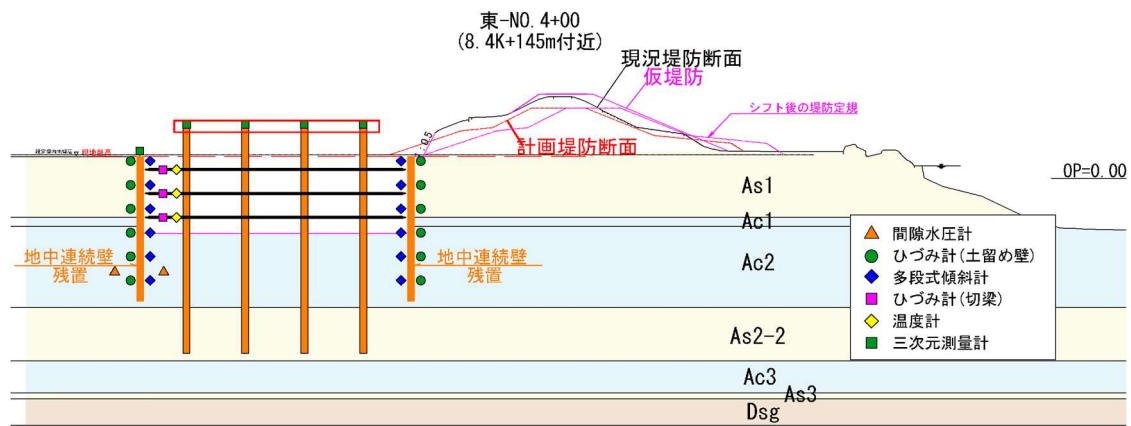


図 6.4-1 施工時モニタリングの流れ

6.4.1 土留め壁に対するモニタリング

土留め壁のモニタリングは、施工時の土留め壁や切梁の応力状態、周辺地盤の状況や地下水位をモニタリングしながら施工することにより、施工時の安全性を確保し、周辺地盤や既設構造物への影響を極力抑えることを目的とする。図 6.4.1-1 には阪神高速大和川線での実施例を参考とした開削ボックス区間とシールド区間の計測例を示す。延伸部区間についてもこれを参考にモニタリングを計画する。

【開削ボックス区間】



【シールドトンネル区間】

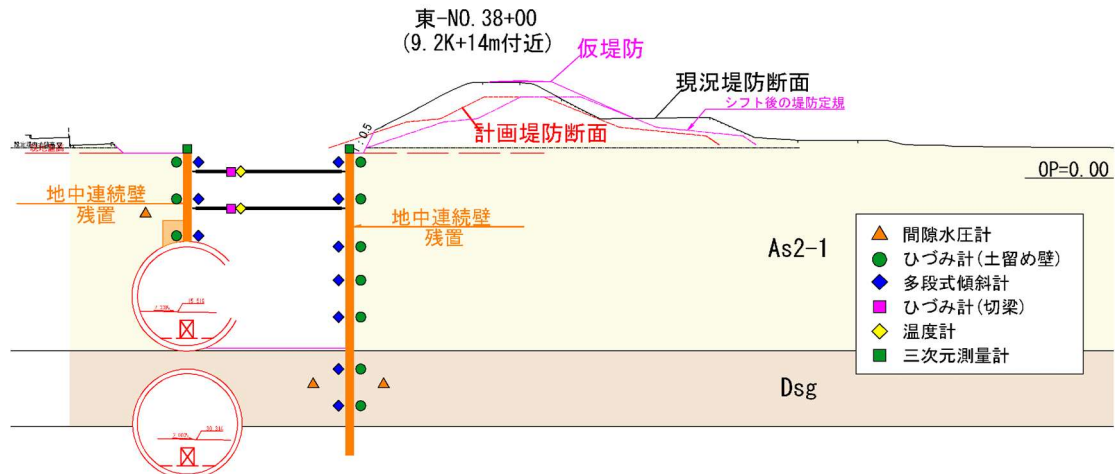


図 6.4.1-1 土留め壁に対する計測の例

(参考：阪神高速大和川線・松原ジャンクションテクニカルガイド)

6.4.2 地盤変位に対するモニタリング

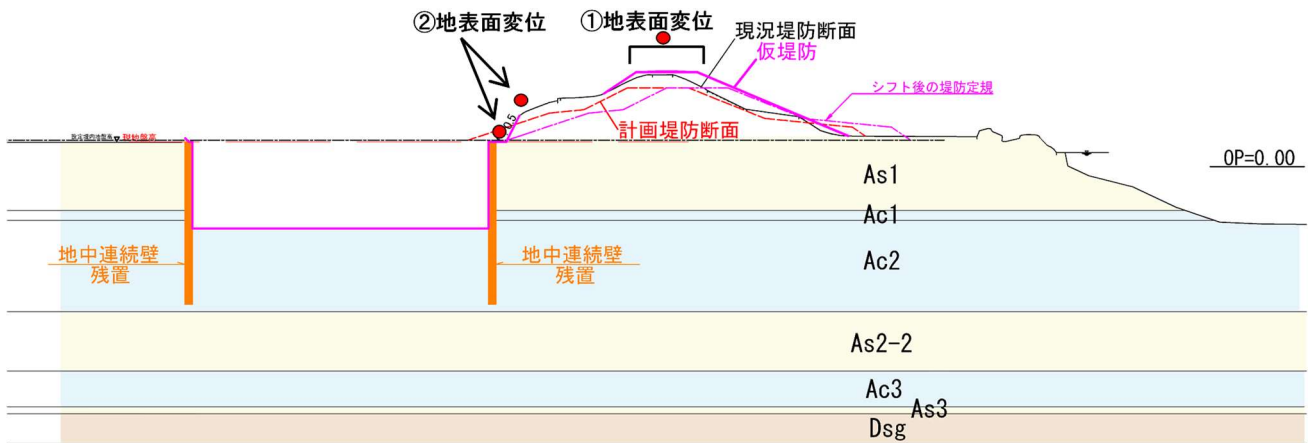
地盤変位に対するモニタリングは、施工時における地盤変位を対象に、調査・設計時に予測した現象が実際に生じているか、対策工の効果が予測通りであるかを照合し、予期しない挙動が生じたときの原因の追究、その対処のために実施する。

仮堤防やデルタ部の盛土荷重による地盤変位、堤防掘削後の堤体変位を把握するため、表 6.4.2-1 及び図 6.4.2-1 の例に示すような、地表面変位（堤防天端、堤内地盤）、堤防掘削のり面の変位の観測が考えられる。

表 6.4.2-1 地盤変位に対する計測内容

項目	使用機器	測定内容	目的	横断計測位置
地表面変位①	地表面変位杭 測量器具	仮堤防盛土の沈下量, 水平変位	仮堤防の必要高さの確 保, 安定性確保	仮堤防天端
地表面変位②	地表面変位杭 測量器具	堤内側の沈下量, 水平 変位	周辺地盤の変状の有無, 周辺影響の把握	堤内側土留め壁から官民境 界
地表面変位③	地表面変位杭 測量器具	堤防掘削のり面の沈 下量, 水平変位	堤防掘削のり面の安定性 確保	掘削のり面の法肩と法尻

【開削ボックス区間】



【シールドトンネル区間】

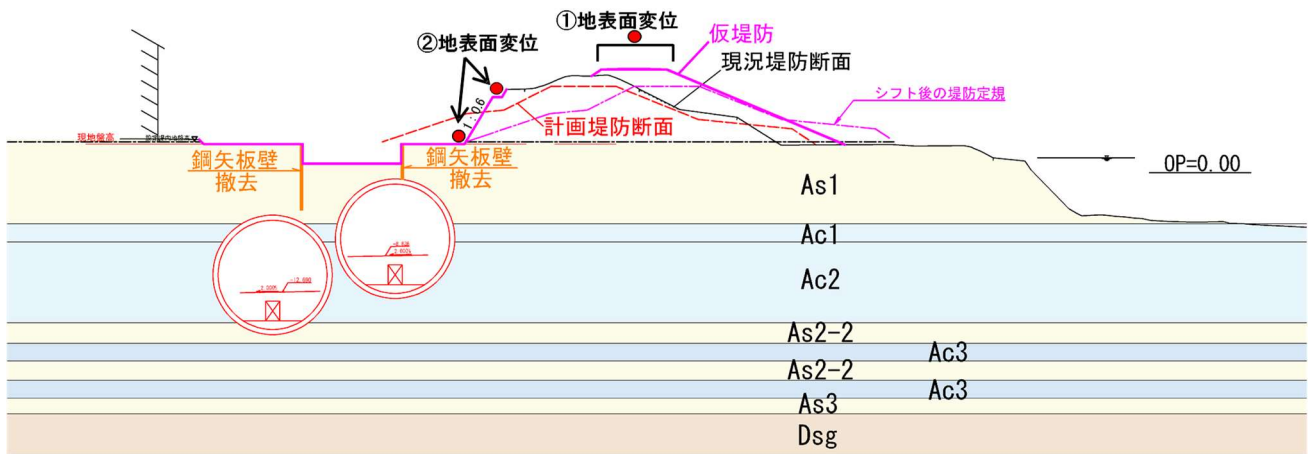


図 6.4.2-1 施工時の地盤変位計測例

6.4.3 地下水変動に対するモニタリング

地下水変動に対するモニタリングは、施工時の土留め壁周辺の水地下水位を対象に、調査・設計時に予測した現象が実際に生じているか、対策工の効果が予測通りであるかを照合し、予期しない挙動が生じたときの原因の追究、その対処のために実施する。

土留め壁等構造物設置に伴う流動阻害の有無、洪水・降雨による堤体内水位状況を把握するため、表 6.4.3-1 及び図 6.4.3-1 の例に示すような水位計測が考えられる。

表 6.4.3-1 地下水変動に対する計測内容

項目	使用機器	測定内容	目的	横断計測位置
水位計①	自記水位計	堤内地の水位	土留め壁等構造物設置に伴う水位変化の把握	土留め壁の堤内側
水位計②	自記水位計	堤体内の水位	土留め壁等構造物設置に伴う水位変化の把握、洪水時の解析結果との比較	堤防の裏のり肩付近
水位計③	自記水位計	ドレーン内の水位	施工時の浸透対策工として設置したドレーンの効果の把握	ドレーン内

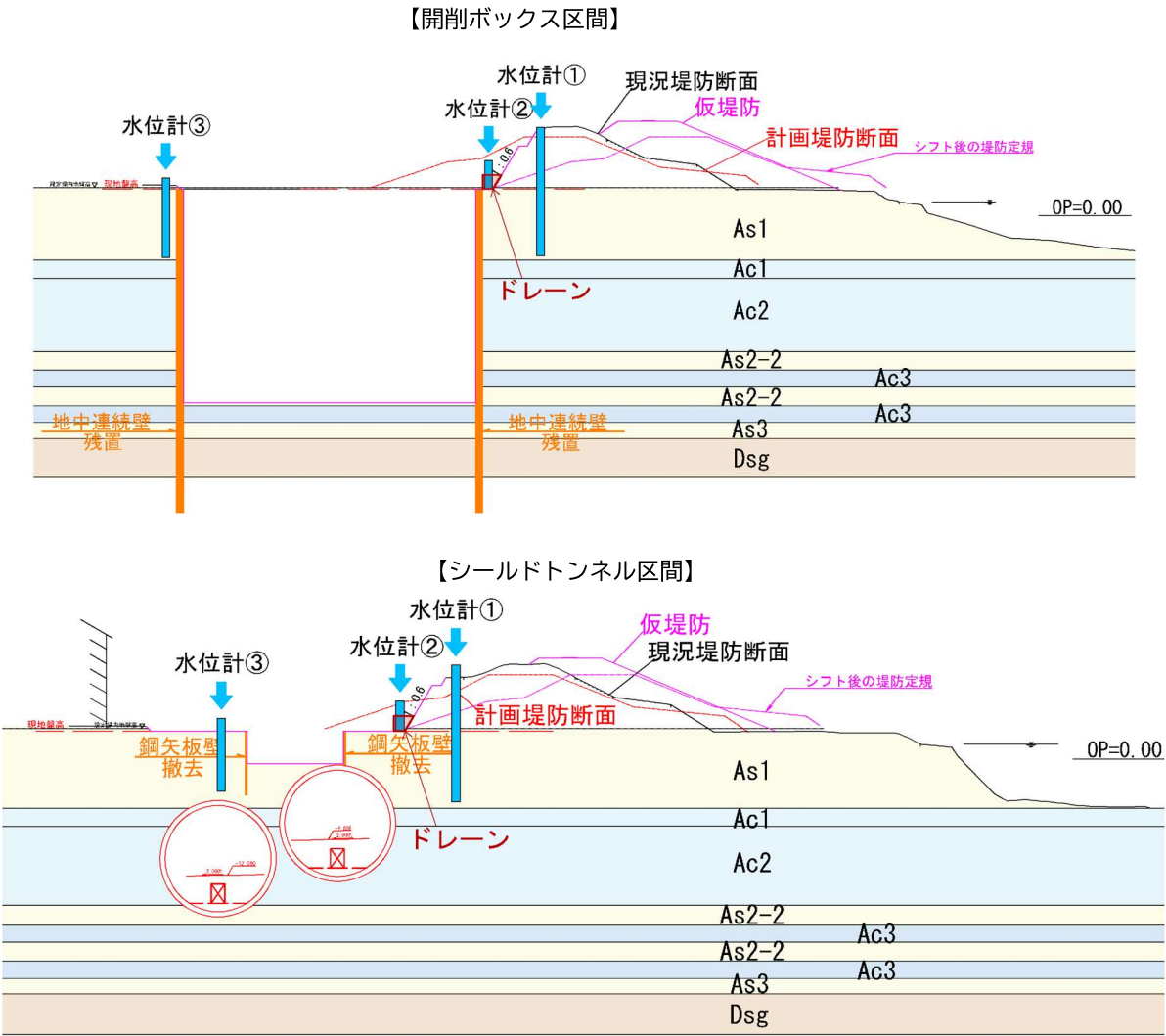


図 6.4.3-1 施工時の水位計測例

6.5 まとめ

施工時における浸透に対する安定性検討は、手引きを基本として、洪水・降雨に対する影響検討を行った。飽和－不飽和浸透流解析を用いて、手引きで示されている外力条件を適用し、仮締切工構造形式に着目し検討対象断面の抽出を行い、鉛直二次元断面モデルにより堤体内の浸潤挙動を予想した。洪水時の堤防への浸透水を考慮したすべり破壊に対する安全率は照査基準値を満足していることを確認し、施工時のすべり破壊に対する安全性は確保できていることを確認した。

延伸部区間の土堤仮締切の設置形状を考慮した不等流計算を実施し、現況河道に対する水位上昇量を把握した。2期で検討され、既に実施されているキャンセル掘削を考慮した検討により、H.W.L.を超えるような水位を示さないことを確認し、延伸部区間による土堤仮締切が河川堤防に影響を及ぼさないことを確認した。

直接侵食等に対しては、完成時の考え方をもとに設計流速を設定し、その流速に対する法覆工の安定性を検証した。検証の結果、設計流速に対して安定性を確保できることを確認した。

土堤仮締切の地震に対する安全性の照査は、完成時の検討をもとに、延伸部区間の地震時応答を推定し、レベル2地震時においても残留堤防高が照査外水位より高くなり、地震後に越水する可能性がないことを確認し、施工時におけるレベル2地震動に対する治水安全性は確保することができる。

一方、一体構造物の施工時の確保機能を検証しているものの、実際の施工時には、地盤条件や地下水状況、施工精度等によってばらつきが生じるものである。このような施工時に係る検討の不確実性を補完し、施工時の確保機能の維持を目的に、施工時のモニタリングを計画する必要がある。

モニタリング項目としては、道路構造物設置時の土留め支保工の安全性に関する計測、構造物建設時や盛土荷重の作用に伴う地盤変位に対する計測、地下水位変動・洪水・降雨に対する地下水位に関するモニタリングの事例を示した。今後、モニタリング計画を策定していく必要がある。

7章 維持管理手法に関する検討

7.1 検討方針

7.1.1 維持管理に関する確保機能と検討方針

延伸部区間におけるモニタリングは、2期と同様に、完成後の安全性確保のため実施してきた解析等による定量的評価の妥当性を検証するためのモニタリングと、変状が生じた場合に、補修等を行う等の施設の維持管理を目的としたモニタリングの2種類に分けて整理を行う。

定量的評価の妥当性検証モニタリングは、定量的評価で実施した「洪水時の地下水位の状況」、「圧密沈下の進行の状況」、「地震時の一体構造物の挙動」について、解析による推定値と、実際に事象が生じた場合の現象を比較し、解析により実施した定量的評価の妥当性の検証を行うためのモニタリング手法について検討する。

施設の維持管理を目的としたモニタリングは、以下の手順で検討する。

1. 維持管理に必要となるモニタリング項目は、技術委員会で設定した被害シナリオから、一体構造物に発生する可能性のある変状、確保すべき機能を整理し、その機能を確保するためのモニタリング項目として抽出する。
2. 抽出したモニタリング項目について、既存のマニュアル等を基に、点検及び点検結果の評価の実施時期、モニタリング事項について整理し、一体構造物として必要となるモニタリングについて、手法（案）を示す。

また、点検結果の評価について、既存のマニュアル等を基本に、一体構造物として特別に必要となるモニタリング結果について、評価方法（案）を検討する。

一体構造物は、河川堤防と道路構造物の兼用工作物となり、双方の機能を維持していく必要があり、維持管理を進めるうえでは、管理者間の情報伝達や体制の整備が重要であるため、維持管理段階における留意すべき内容について述べる。

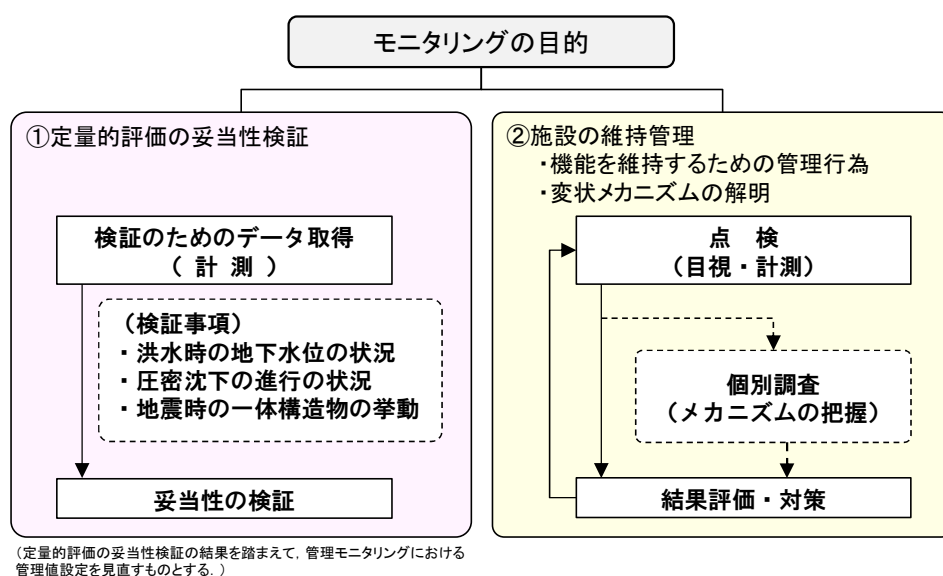


図 7.1.1-1 モニタリングの目的

7.1.2 モニタリングの目的

モニタリングは、図 7.1.1-1 に示すとおり、技術委員会で実施した解析による定量的評価の妥当性検証を目的として行うものと、施設の維持管理を目的として行うものとして整理した。

7.1.3 モニタリング項目の抽出

第 2 章で示した想定した被害シナリオにおける外力と被害リスクの要因，着目した事項を整理し，モニタリング項目として整理する。

技術委員会で考慮した被害シナリオにおける外力は，①地下水変動 ②洪水・豪雨 ③盛土荷重 ④地震 ⑤経年変化であるが，①地下水変動と②洪水・豪雨は，それぞれ作用する外力が浸透水で類似していることから，同一グループとしてとりまとめる。次に，各被害シナリオに対する定量的評価の概要を記す。

洪水・降雨，地下水変動による被害シナリオに関して一体構造物に関連して発生する現象として，堤体の侵食，堤体のすべり破壊，水みちの発生・パイピング現象，道路構造物の浮き上がり，堤内地盤地下水位の変動を技術委員会での確保機能として考慮している。

堤体の侵食は，川表の張芝や護岸ブロックの表面侵食耐力により侵食による被害を防ぐことができた。堤体のすべり破壊，水みちの発生・パイピング現象，道路構造物の浮き上がり現象の主要因を堤体内水位の上昇として捉え，対策工として堤体内水位上昇抑制対策（降雨浸透対策，河川水浸透対策，浸透水排水対策）を実施することにより現況堤防に対する洪水時の堤体内水位以下となり，確保機能を満足すると評価した。堤内地盤地下水位の変動は，定量的評価の結果，道路構造物（ボックス，シールドトンネル，U 型擁壁）設置後も大きな変動は発生しないと評価している。

盛土荷重による被害シナリオに関して一体構造物に関連する現象として，道路構造物の変位，道路構造物継手の目開き・損傷，堤防の沈下，堤内側民地などの周辺地盤への影響，道路構造物と地盤の隙間発生による水みちの誘発が想定されている。これらの要因は，基礎地盤の粘性土が受ける増加荷重に伴う圧密沈下として捉え，対策工として固結工法を実施することにより確保機能を満足すると評価されている。

地震による被害シナリオに関して一体構造物に関連する現象として，道路構造物の変位・損傷，道路構造物継手の目開き・損傷，堤防の沈下，繰り返し荷重に伴う剥離による水みちの誘発が想定されている。これらの現象の要因は，地震による慣性力による液状化現象が考えられる。そこで，対策工として固結工法を実施することにより確保機能を満足すると評価されている。

上記の被害要因から想定される被害に対して確保機能で着目した事項と，その機能を確保するためのモニタリング項目として抽出したものを図 7.1.3-1 に示す。それらの項目を表に整理したものを表 7.1.3-1，表 7.1.3-2，図 7.1.3-2，図 7.1.3-3 に示す。

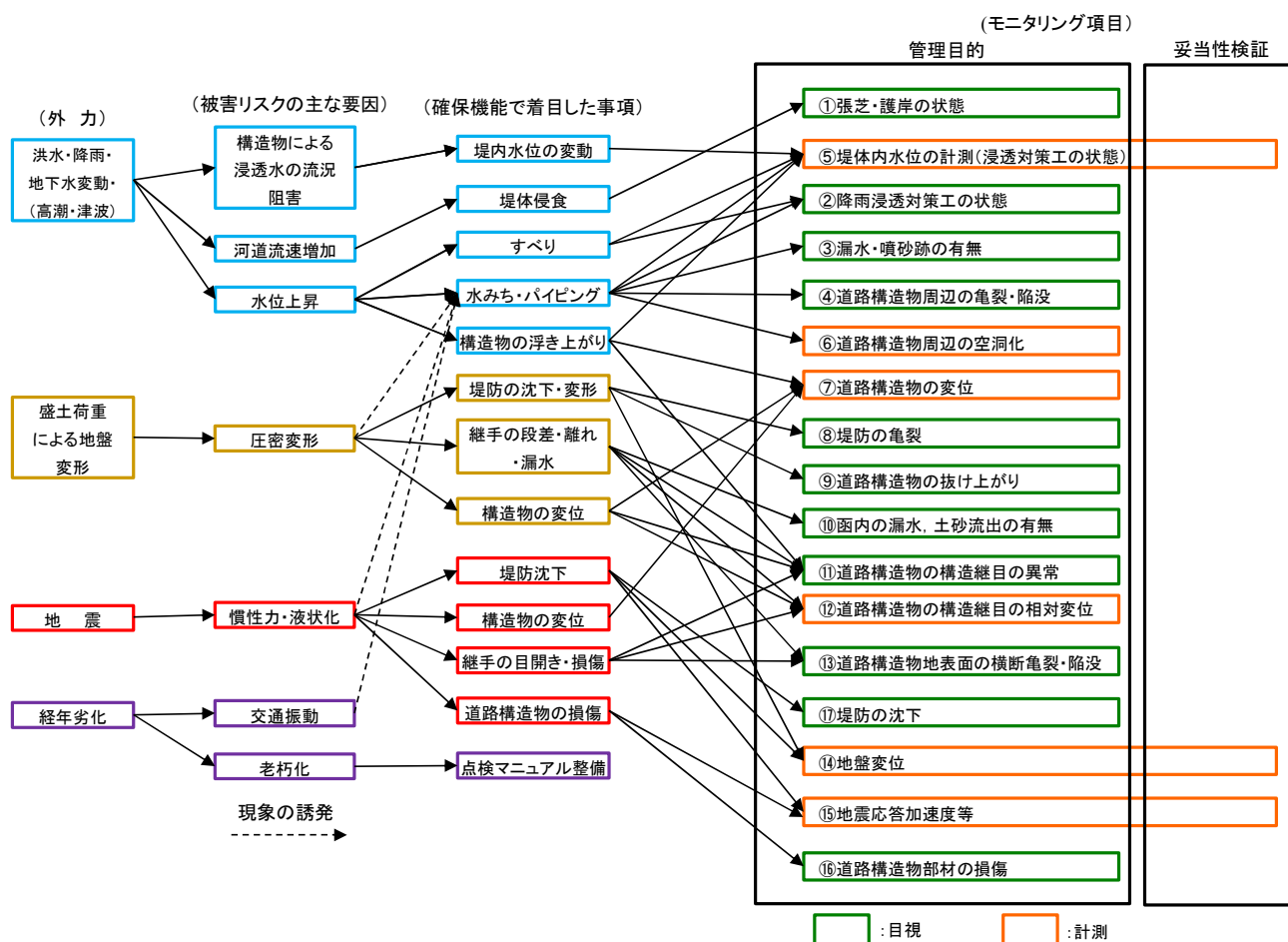


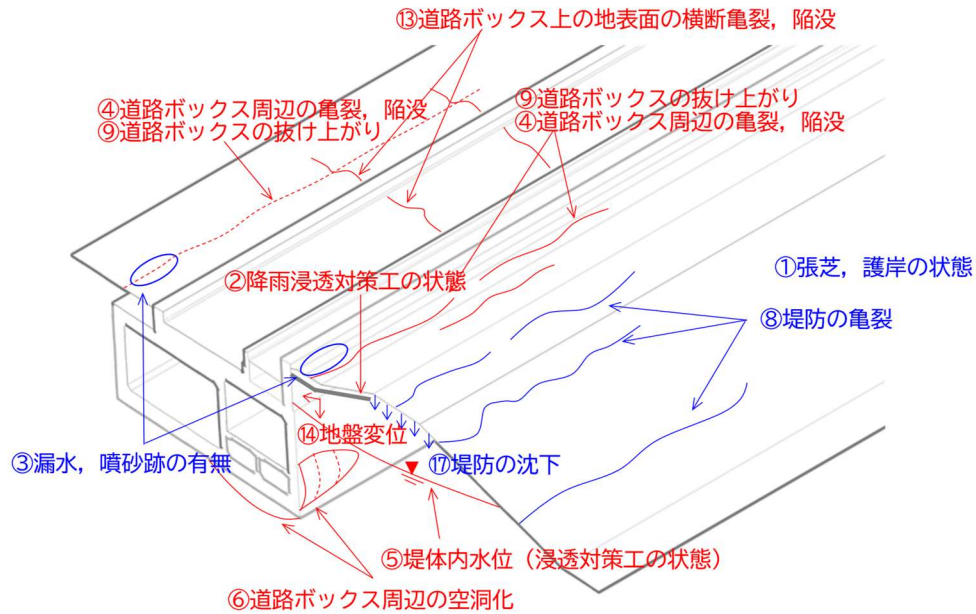
図 7.1.3-1 モニタリング項目の整理

表 7.1.3-1 定量的評価の妥当性検証目的のモニタリング項目

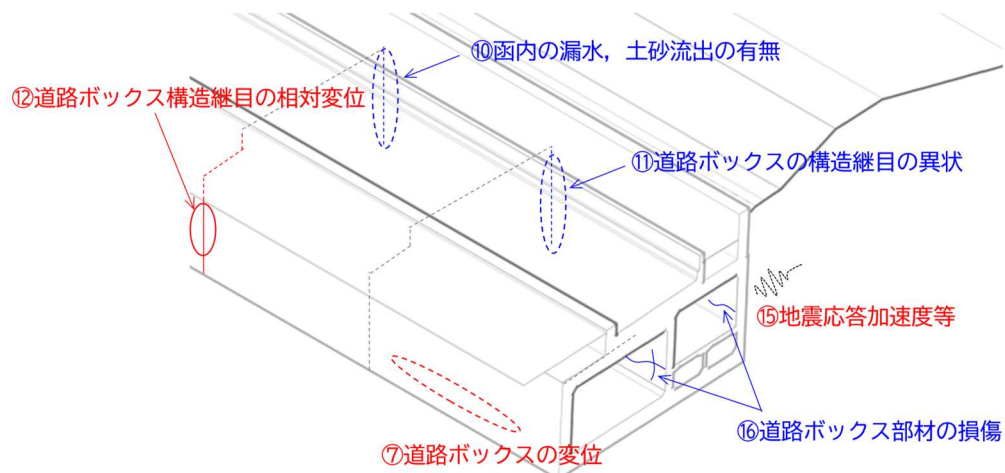
番号	モニタリング項目	方法
⑤	堤体内水位・堤内水位	計測
⑭	地盤変位	計測
⑮	地震応答加速度等	計測

表 7.1.3-2 管理目的のモニタリング項目

番号	モニタリング項目	方法
①	張芝・護岸の状態	目視
②	降雨浸透対策工の状態	目視
③	漏水・噴砂跡の有無	目視
④	道路構造物周辺の亀裂・陥没	目視
⑤	堤体内水位	計測
⑥	道路構造物周辺の空洞化	計測
⑦	道路構造物の変位	計測
⑧	堤防の亀裂	目視
⑨	道路構造物の抜け上がり	目視
⑩	函内の漏水・土砂流出の有無	目視
⑪	道路構造物の構造継目の異常	目視
⑫	道路構造物の構造継目の相対変位	計測
⑬	道路構造物上の地表面の横断亀裂，陥没	目視
⑭	地盤変位	計測
⑮	地震応答加速度等	計測
⑯	道路構造物部材の損傷	目視
⑰	堤防の沈下	目視



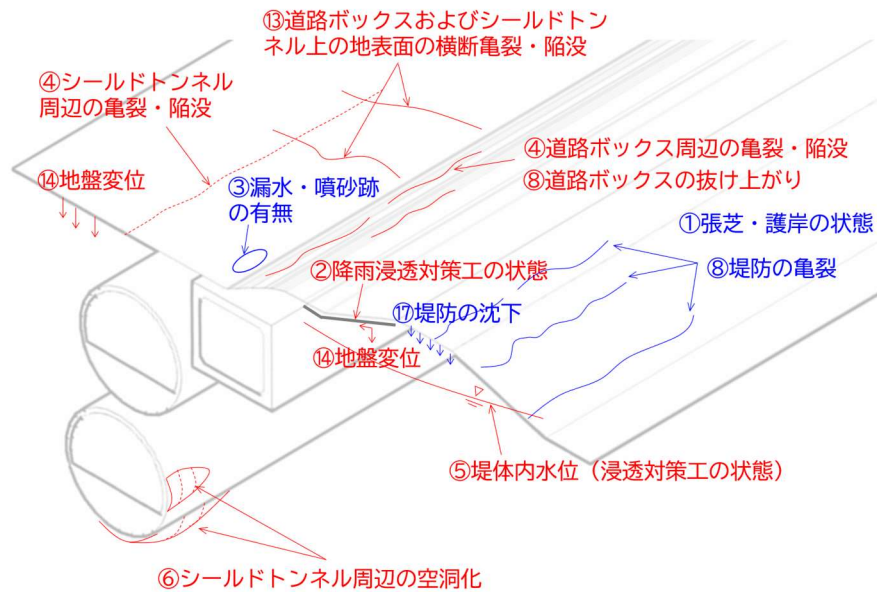
(a) 河川堤防の状態把握



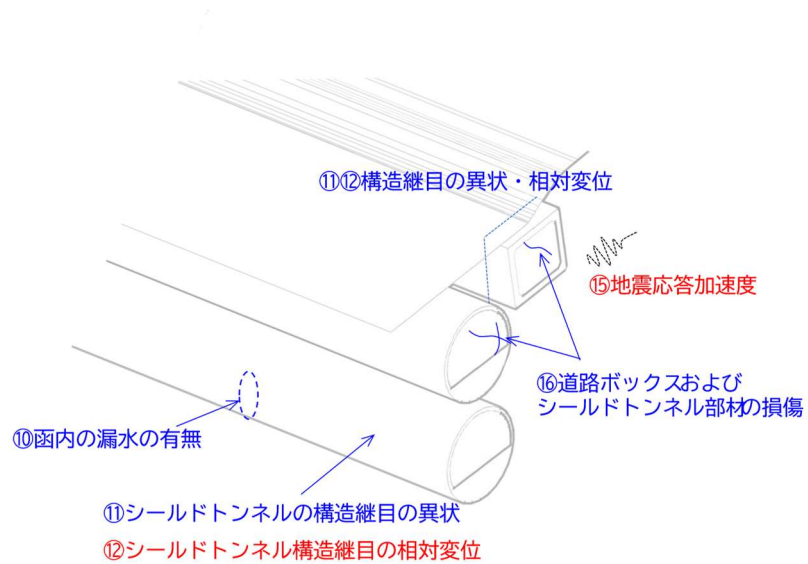
(b) 道路施設の状態把握

赤字：一体構造物特有の事項 青字：既往基準類で想定している事項

図 7.1.3-2 管理目的のモニタリング項目（開削ボックス区間）



(a) 河川堤防の状態把握



(b) 道路施設の状態把握

赤字：一体構造物特有の事項 青字：既往基準類で想定している事項

図 7.1.3-3 管理目的のモニタリング項目（シールドトンネル区間）

7.2 定量的評価の妥当性検証モニタリング

定量的評価の妥当性検証を目的としたモニタリング項目の内容と実施方法を整理する。なお、維持管理上、即時の対応が求められる項目に対してはリアルタイム計測についても河川管理者とともに検討を実施する。

7.2.1 堤体内水位及び堤内水位

【目的】

浸透流解析による定量的評価の結果、遮水シートや止水矢板による浸透対策工，砕石置換やドレーン，道路横断排水工による浸透水排除工の効果で堤体内水位が低く抑えられ，その水位条件ですべり破壊，パイピング破壊に対する安全性を確保できると判断した。また，堤防内の道路ボックスやU型擁壁の影響で堤内側の地下水位が変動する可能性が懸念されたが，定量的評価結果では，堤内水位に大きな変動はないと推測した。そのため，洪水時の地下水位の状況把握を行うことから，堤体内水位及び堤内水位の計測を行う。

【検証方法】

堤体内水位・堤内水位のモニタリングを行い，解析結果と比較を行う。

【計測方法】

観測井戸内に設置した自記水位計による水位の連続計測

【モニタリング期間】

大規模な出水等により解析結果の妥当性が検証できるまで（連続計測）

※整備前の状況を把握するため，現況，工事中の水位を測定する。

※計測期間についての詳細は河川管理者と申請後に協議して決定する。

【計測箇所】

○開削ボックス区間：

計測箇所は，解析による定量的評価結果との比較検討を行うことから No.15 付近，および，地震後における水みち発生の検知に水位計データを用いることから地震応答加速度を計測する No.4 付近が考えられる。

計測機器の配置は，図 7.2.1-1 に示すとおり①川表側（河川水位の影響を受けやすく水位変動が顕著と推定），②道路構造物と堤防法線の間点付近（堤防を代表する位置），③川表側道路構造物近傍（道路横断排水工による浸透対策の効果の把握），④川裏側道路構造物近傍（堤内の地下水計測）の計 4 箇所とする。

また，検証にあたっては，降水量，河川水位データも近傍の観測所からデータを入手する。

【道路横断排水工付近概要図】

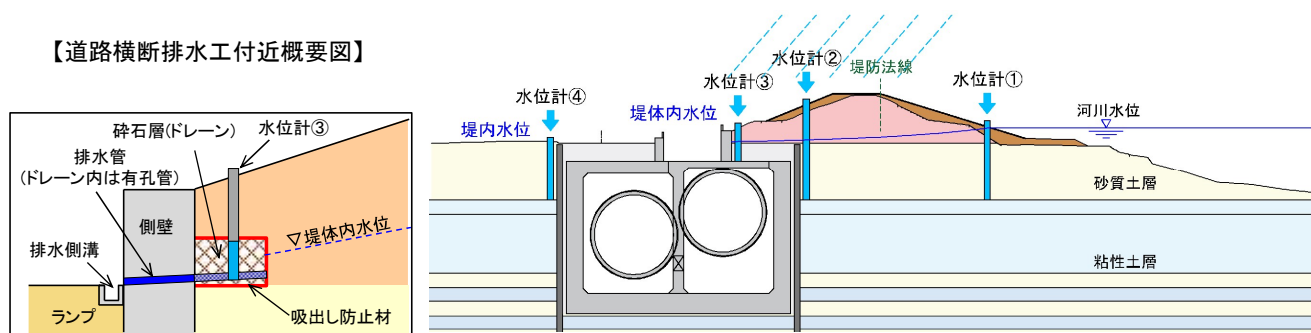


図 7.2.1-1 解析の妥当性検証に用いる水位計測箇所（開削ボックス区間）

○シールドトンネル区間：

計測箇所は、解析による定量的評価結果との比較検討を行うことから、表 7.2.1-1 に示す完成時における解析断面の中より、土留め壁の有無や川裏の浸透対策の種別及び道路構造物前面の解析水位を基に以下の 3 断面が考えられる。

- ・No.26：土留め壁を撤去する解析断面（No.16, No.23, No.26）の内、3 次元浸透流解析より堤体内水位が上昇する傾向を示し道路横断排水工を追加した No.25～No.27 区間の中から選定した断面
- ・No.28：川裏の浸透対策として碎石置換を適用する解析断面（No.23, No.28, No.30）の内、道路構造物前面の水位が最も高い断面
- ・No.36：川裏の浸透対策に裏のり尻ドレーン工が適用される解析断面（No.34, No.36）の内、道路構造物前面の水位が高い断面

表 7.2.1-1 各解析断面の完成時の構造および解析結果の比較

区間	解析断面	ランプ構造	土留壁	川裏の浸透対策	完成時における道路構造物前面の最高水位 (O. P. +m)
開削ボックス	No. 15	U 型擁壁	地中連続壁残置	道路横断排水工	3.868（矢板あり）
シールドトンネル	No. 16	U 型擁壁	鋼矢板壁撤去	道路横断排水工	3.996（矢板あり）
	No. 23	U 型擁壁	鋼矢板壁撤去	碎石置換	4.083
	No. 26	U 型擁壁	鋼矢板壁撤去	碎石置換＋道路横断排水工	4.080（遷移層：砂質土）
	No. 28	ボックス	鋼矢板壁撤去	碎石置換	4.125（遷移層：砂質土）
	No. 30	ボックス	地中連続壁残置	碎石置換	3.934
	No. 34	ボックス	地中連続壁残置	のり尻ドレーン	4.073
	No. 36	シールド切掘げ	地中連続壁残置	のり尻ドレーン	4.420

計測機器の配置の例を、図 7.2.1-2 に示す。

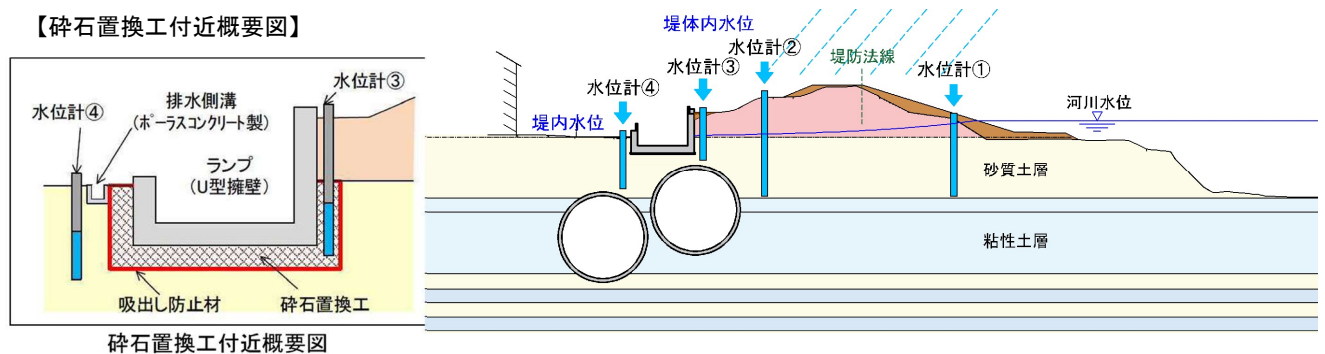


図 7.2.1-2 解析の妥当性検証に用いる水位計測箇所（シールドトンネル区間）

7.2.2 地盤変位

【目的】

圧密解析により推定した圧密沈下の進行の状況を把握するために、地盤変位（地表面変位量、層別沈下量、地中内水平変位量）のモニタリングを行う。

【検証方法】

地盤変位のモニタリングを行い、解析結果と比較を行う。

【計測方法】

計測方法として、以下の方法が考えられる。

- ① 地表面変位量：地表面沈下計測は測量鈎を設置し、測量により変位を計測
- ② 層別沈下量：層別沈下計による計測
- ③ 地中水平変位：挿入式傾斜計による計測

【モニタリング期間】

工事完了後（圧密度 90%程度）から、年 1 回程度とし、圧密沈下傾向が概ね落ち着いたと判断できるまでの期間とする。（引き渡し後の長期圧密沈下の把握を対象としているため、最低年 1 回程度を想定するが、施工時の状況に応じて設定）工事中は、施工段階に応じて随時計測を実施することを想定している。

【計測箇所】

○開削ボックス区間：

解析による定量的評価結果との比較検討を行うことから No.4 の他、堤防縦断方向の沈下傾向を把握するため No.9（開削ボックス区間の中央付近）、No.14（開削ボックス区間終点付近）等が考えられる。

断面上の位置は、図 7.2.2-1 に示すとおり、盛土による沈下の影響が大きいデルタ部（堤防天端と道路構造物の間）が考えられる。必要に応じて、施工時に設置するモニタリング機器を完成後も存置し、堤内側の変位を計測する。

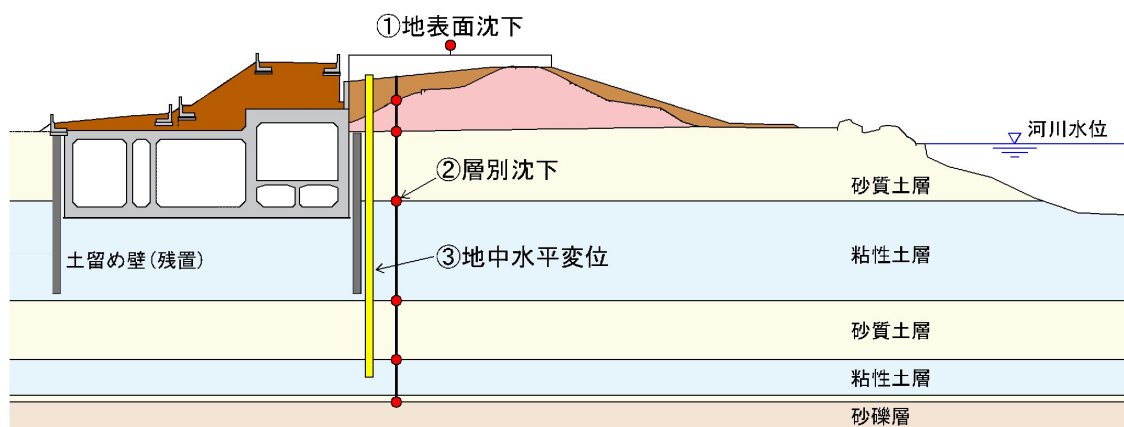


図 7.2.2-1 解析の妥当性検証に用いる地盤変位計測箇所（開削ボックス区間）

○シールドトンネル区間：

解析による定量的評価結果との比較検討を行うことから、完成時（高規格堤防考慮）における解析断面から選定する。モニタリング箇所は、シールドトンネル区間において堤防天端の最終沈下量やデルタ部の残留沈下量が最も大きい No.27 の他、堤防縦断方向の沈下傾向を把握するため、No.16（解析箇所）、No.19 と No.23（No.16～No.27 の区間を補完する箇所）、No.30（解析箇所）及び No.34（地盤変形（圧密）解析区間の終点付近）などが考えられる。

断面上の位置は、図 7.2.2-2 に示すとおり、開削ボックス区間（No.4）と同様、デルタ部を主体とすることが考えられる。

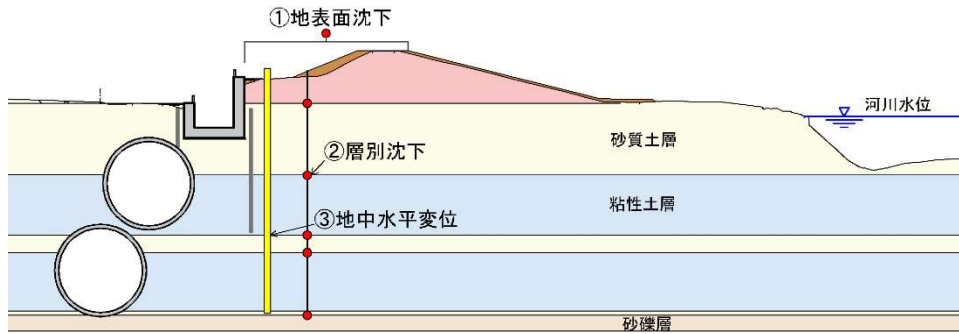


図 7.2.2-2 解析の妥当性検証に用いる地盤変位計測箇所（シールドトンネル区間）

7.2.3 地震応答加速度等の計測

【目的】

地震時の一体構造物の挙動の把握を目的として、地震応答加速度、間隙水圧を計測する。

【検証方法】

大規模地震時の一体構造物の応答と、解析による応答値の比較を行う。

【計測方法】

- ・地震応答加速度：地震計により計測
- ・間隙水圧：間隙水圧計により計測

【モニタリング期間】

大阪北部地震程度以上の規模が大きな地震による一体構造物の応答と解析の妥当性検証ができることを期待し、設定する。

【計測箇所】

○開削ボックス区間：

モニタリング箇所は、解析による定量的評価結果との比較検討を行うことから、開削ボックス区間の完成時における解析断面の内、道路ボックスの回転角が大きい No.4 で行うことが考えられる。

断面上の位置は、図 7.2.3-1 に示すとおり、地震計を道路ボックス内、堤内側地表面、堤防天端、堤防部地中（液状化層中、工学的基盤面）に配置し、間隙水圧計を堤防部地中（液状化層中）が考えられる。

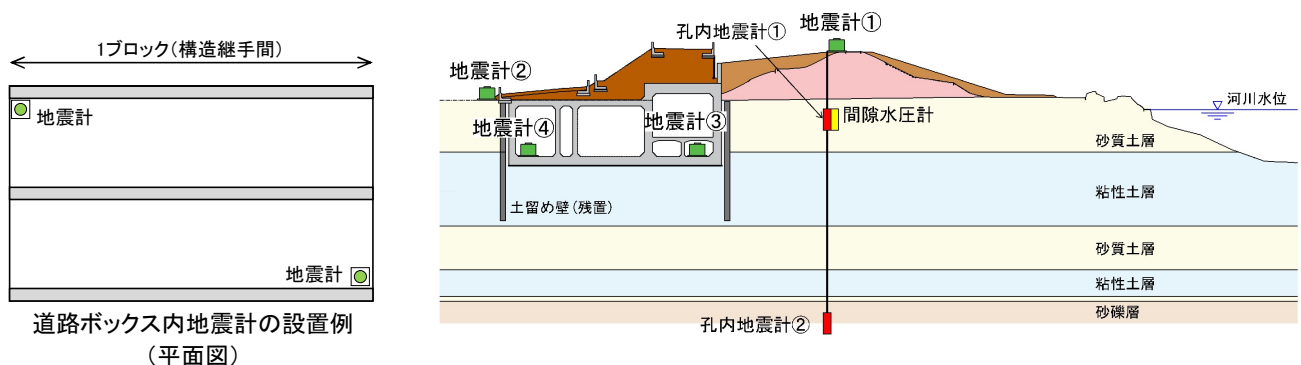


図 7.2.3-1 地震計と間隙水圧計の設置例（開削ボックス区間）

○シールドトンネル区間：

モニタリング箇所は、解析による定量的評価結果との比較検討を行うことから、シールドトンネル区間の完成時における解析断面の内、液状化対策後の道路構造物（U型擁壁）の回転角が最も大きい No.26 が考えられる。No.26 付近は、3次元縦断耐震解析においても、軸方向加振時におけるランプ部の継手目開き量がシールドトンネル区間の中でも大きな値を示す位置である。

断面上の位置は、図 7.2.3-2 に示すとおり、地震計をシールドトンネル内、ランプ（U型擁壁又はボックス）内、堤内側地表面、堤防天端、堤防部地中（液状化層中、工学的基盤面）に配置し、間隙水圧計を堤防部地中（液状化層中）等が考えられる。

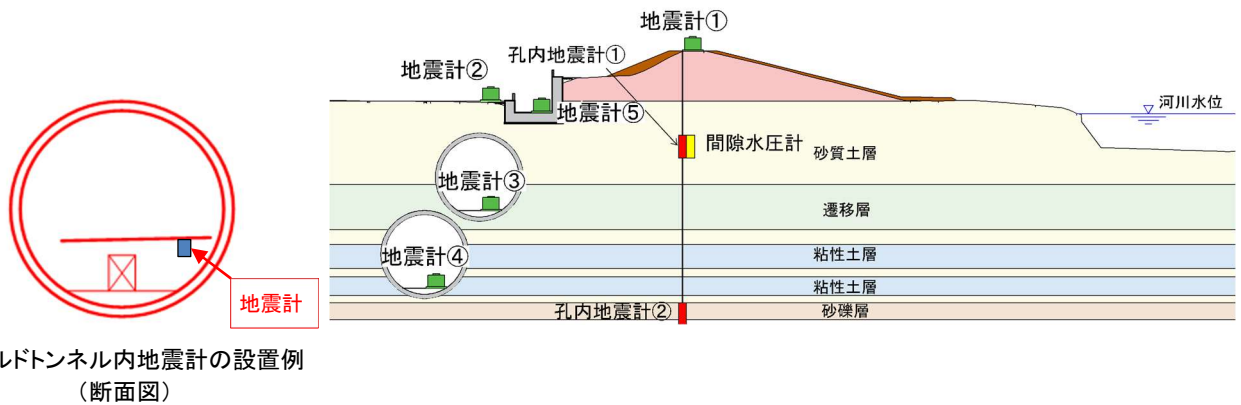


図 7.2.3-2 地震計と間隙水圧計の設置例（シールドトンネル区間）

以上に示した定量的評価の妥当性検証モニタリングをまとめ表 7.2.3-1 に示す。また、解析断面とモニタリング箇所の位置関係を図 7.2.3-3 に示した。

表 7.2.3-1 定量的評価の妥当性検証モニタリングのまとめ

モニタリング項目	(1)洪水時の地下水位の状況 (堤体内水位・堤内水位)	(2)圧密沈下の進行状況 (地盤変位)	(3)地震時の一体構造物の挙動 (地震応答加速度等)
目的	洪水時の地下水位の状況把握	圧密沈下の進行の状況把握	地震時の一体構造物の挙動の把握
検証方法	堤体内水位・堤内水位の計測を行い、解析結果と比較	地盤変位の計測を行い、解析結果と比較	大規模地震時の一体構造物の応答と、解析による応答値の比較
計測方法	水位計	地表面変位量：測量 層別沈下量：層別沈下計 地中水平変位量：挿入式傾斜計	地震応答加速度：地震計 間隙水圧：間隙水圧計
計測期間	大規模な出水等により解析結果の妥当性が検証できるまで(連続計測)	工事完了後(圧密度90%程度)から年1回程度とし、圧密沈下が概ね収束したと判断できるまで(年1回程度～収束)	大阪北部地震程度以上の規模が大きな地震による一体構造物の応答と、解析の妥当性検証ができるまで(連続計測)
計測箇所	・ボックス区間：2箇所(No.4, No.15) ・シールド区間：3箇所(No.26, No.28, No.36)	・ボックス区間：1箇所(No.4) ・シールド区間：1箇所(No.27) ※地表面変位は、解析箇所(No.4, 16, 27, 30)の他、3～5箇所程度	・ボックス区間：1箇所(No.4) ・シールド区間：1箇所(No.26)
計測機器配置	①川表側 ②道路構造物と堤防法線の間付近 ③道路構造物近傍 ④堤内側の道路構造物近傍	盛土による沈下の影響が大きいデルタ部を主体に配置し、地表面変位は堤防天端から道路構造物周辺にわたる数地点で計測	地震計(道路構造物内、堤内側地表面、堤防天端、堤防部地中) 間隙水圧計(堤防部地中)

7.3 一体構造物の維持管理手法に関する検討

7.3.1 管理モニタリング

(1) 管理モニタリングの流れ

管理モニタリングは，図 7.3.1-1 に示すとおり，目視を主体とした点検を行い，点検結果の評価を行い必要に応じて対策を行う。

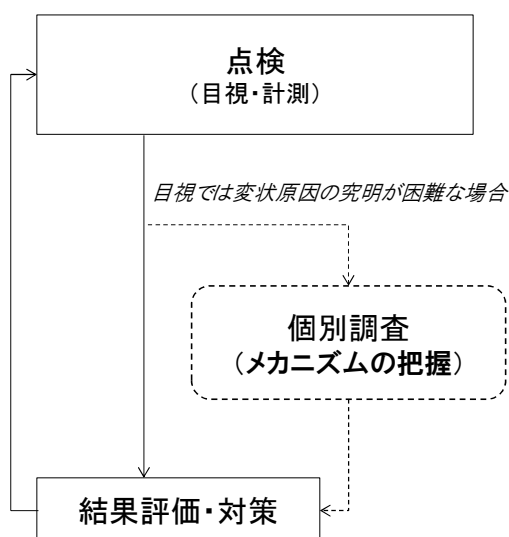


図 7.3.1-1 管理モニタリングの流れ

(2) 管理モニタリング項目一覧

一体構造物として河川堤防の機能確保上懸念されることは，道路構造物周辺に水みちが発生し，それが堤体の内部侵食を助長し，堤防破壊の危険性が高まることである。

表 7.3.1-1 にモニタリング項目を示す。堤防や道路構造物において単独で実施されるモニタリング項目に加えて，構造物周辺に現れる変状や，堤体内水位の上昇を抑制するために敷設する降雨浸透対策工の状態，道路横断排水工や砕石置換工の状態など，変状の進行が水みち発生や堤体内水位の上昇につながると考えられる項目を新たにモニタリング項目として設定した。

延伸部区間の道路構造形式は 2 期と異なり，ボックスだけでなくシールドトンネルが適用される。シールドトンネルは，安定した円形構造物であり，構成するセグメント等はプレキャスト製で高品質である。また，高強度の緻密なコンクリートで構成されることから，ボックス等の RC 構造物に比べて損傷や劣化は生じにくい特徴がある。ただし，弱点部となる可能性がある立坑や切り上げ区間などの構造継目は，ボックスに準じたモニタリングを実施する。

表 7.3.1-1 管理目的のモニタリング項目（再掲）

番号	モニタリング項目	方法
①	張芝・護岸の状態	目視
②	降雨浸透対策工の状態	目視
③	漏水・噴砂跡の有無	目視
④	道路構造物周辺の亀裂・陥没	目視
⑤	堤体内水位	計測
⑥	道路構造物周辺の空洞化	計測
⑦	道路構造物の変位	計測
⑧	堤防の亀裂	目視
⑨	道路構造物の抜け上がり	目視
⑩	函内の漏水・土砂流出の有無	目視
⑪	道路構造物の構造継目の異常	目視
⑫	道路構造物の構造継目の相対変位	計測
⑬	道路構造物上の地表面の横断亀裂、陥没	目視
⑭	地盤変位	計測
⑮	地震応答加速度等	計測
⑯	道路構造物部材の損傷	目視
⑰	堤防の沈下	目視

赤字：一体構造物特有の事項 青字：既往基準類で想定している事項

(3) 管理モニタリングの基本方針

延伸部区間の河川堤防と道路構造物との一体構造物のモニタリング（点検・点検結果の評価）は、2期と同様に既往の河川施設、道路施設の点検体系・点検要領・評価要領を基本とする。なお、「道路構造物の点検要領」に基づき、RC セグメント構造のシールドトンネルの点検は、「開削トンネル・カルバート」の点検を準用するため、開削ボックスとシールドトンネルは同じ点検手法が考えられる。

ただし、点検要領に記載のない項目については、既往要領を参考に追加して設定する（以下、追加設定と表現する）。延伸部区間における点検要領区分を図 7.3.1-2 に示す。

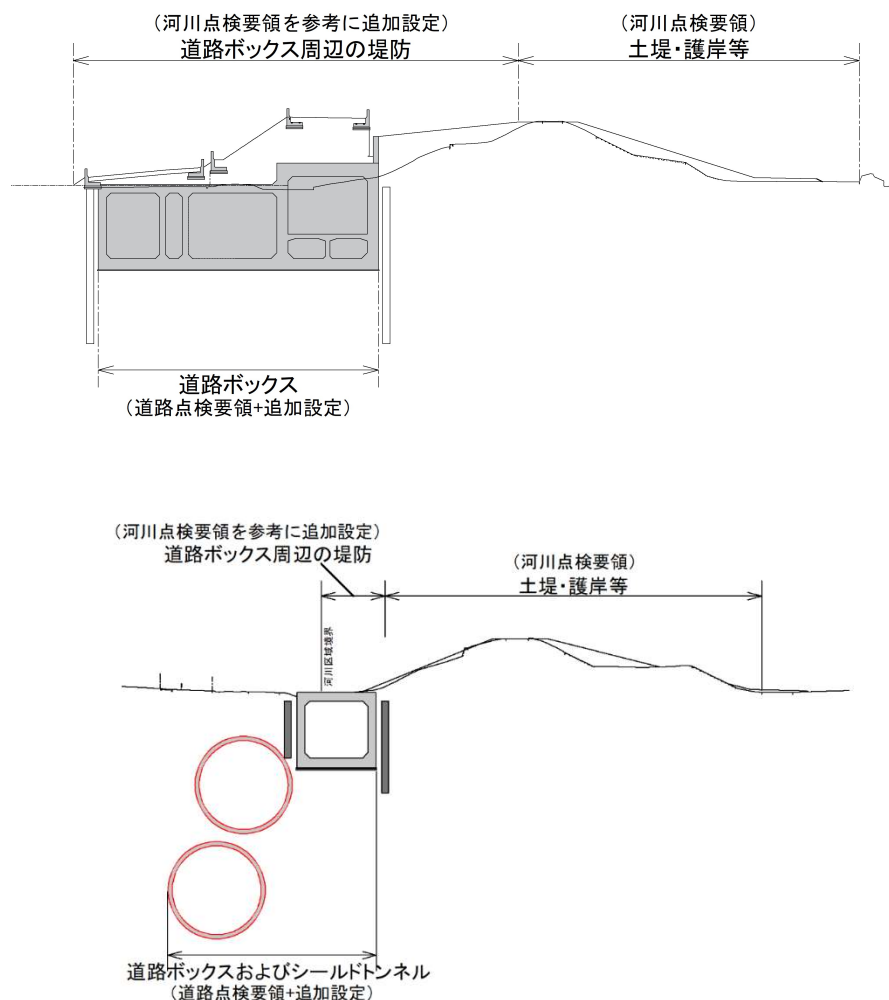


図 7.3.1-2 点検要領の適用区分

【既往の点検要領】

- ・堤防等河川管理施設及び河道の点検・評価要領，令和 5 年 3 月，国土交通省水管理・国土保全局 河川環境課
- ・堤防等河川管理施設及び河道の点検・評価要領 参考資料，平成 31 年 4 月，国土交通省水管理・国土保全局 河川環境課
- ・道路構造物の点検要領，平成 30 年 10 月，阪神高速道路（株）

(4) 点検及び点検結果の評価の実施時期

点検の実施時期は、「堤防等河川管理施設及び河道の点検・評価要領，令和 5 年 3 月，国土交通省水管理・国土保全局 河川環境課」を基本とし，表 7.3.1-2 に示すとおり，常時（出水期前，台風期），非常時（出水後，地震後）とする。

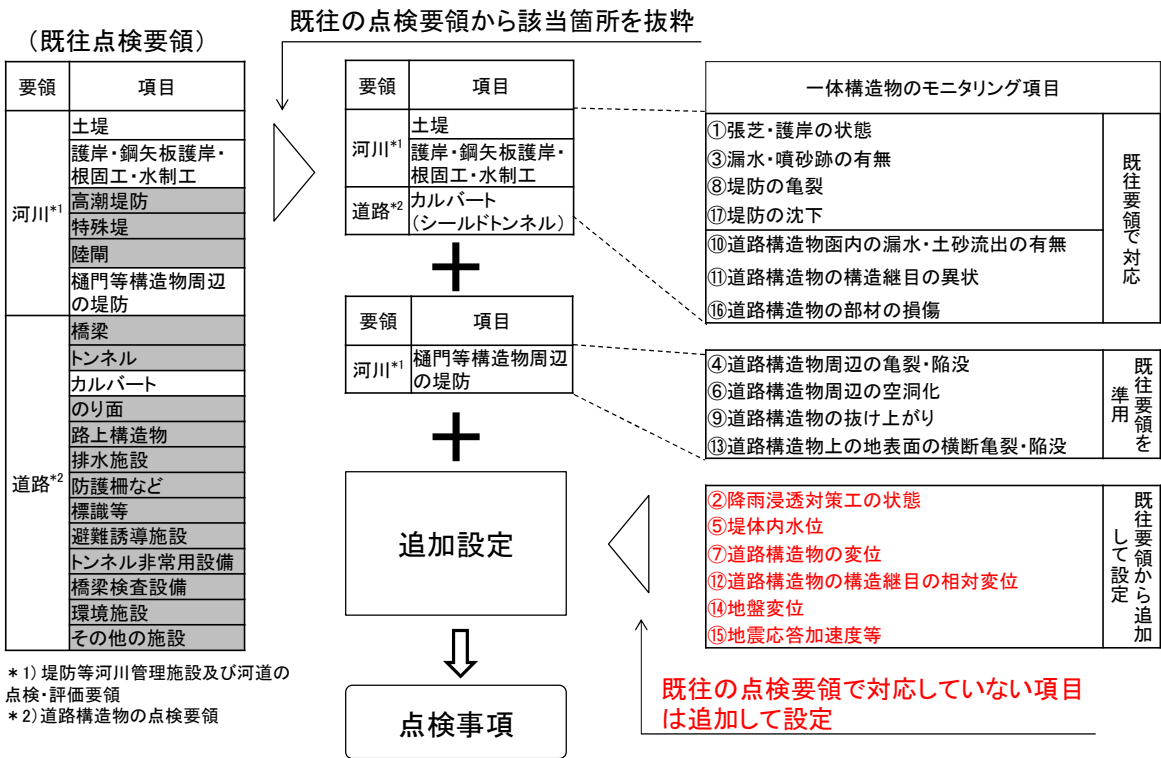
表 7.3.1-2 目視点検を行う時期の一覧

点検対象		常時		非常時		備考
		出水期前	台風期	出水後	地震後	
堤防	土堤	○	○※	○	○	
	護岸・鋼矢板護岸・根固工・水制工	○		○	○	
	道路構造物周辺堤防	○	○※	○	○	・年1回以上の定点の計測を必要に応じて実施 ・詳細点検は10年に1回以上実施
道路	道路ボックス シールドトンネル	○	○※	○	○	

※ 出水後の点検と時期が重なる場合には両者を併せて実施できる

(5) 点検事項の整理

一体構造物の点検項目は，図 7.3.1-3 に示す。



(6) 点検事項の総覧

点検事項の総覧については、4.7.2.4 で述べたため、記載は省略する。

(7) 管理モニタリングのまとめ

以上で示した管理モニタリングについて一覧表にまとめたものを表 7.3.1-3 に示す。

表 7.3.1-3 維持管理モニタリングのまとめ

番号	モニタリング項目	方法	要領	実施時期						
				常時		非常時			個別調査時	連続計測
				出水期前	台風期	出水後	豪雨後	地震後		
①	張芝、護岸の状態	目視	河川点検要領	○	○	○	○	○		
②	降雨浸透対策工の状態	目視	追加設定	○	○	○	○	○		
③	漏水、噴砂跡の有無	目視	河川点検要領	○	○	○				
④	道路構造物周辺の亀裂、陥没	目視	河川点検要領	○	○	○		○		
⑤	堤体内水位	計測	追加設定	○	○	○	○			○
⑥	道路構造物周辺の空洞化	計測	河川点検要領						○	
⑦	道路構造物の変位	計測	追加設定						○	
⑧	堤防の亀裂	目視	河川点検要領	○	○	○		○		
⑨	道路構造物の抜け上がり	目視	河川点検要領	○	○	○		○		
⑩	函内の漏水、土砂流出の有無	目視	道路点検要領	○	○	○	○	○		
⑪	道路構造物の構造継目の異状	目視	道路点検要領	○	○	○		○		
⑫	道路構造物の構造継目の相対変位	計測	追加設定	○	○	○		○		
⑬	道路構造物上の地表面の横断亀裂、陥没	目視	河川点検要領	○	○	○		○		
⑭	地盤変位	計測	追加設定	○				○		
⑮	地震応答加速度等	計測	追加設定					○		○
⑯	道路構造物部材の損傷	目視	道路点検要領	○	○	○		○		
⑰	堤防の沈下	目視	河川点検要領					○		

7.3.2 モニタリング結果の評価

管理モニタリング結果をもとに施設の状態を把握し、その施設に講じるべき措置を評価するために、施設の機能の状態を評価する必要がある。延伸部区間の構造物は、堤防、道路構造物、基礎地盤等と一体で機能を発揮する構造物であるため、機能維持状態を把握するのは容易ではない。管理（常時・非常時）モニタリング結果より判定が困難な場合には、複合的な評価や個別調査を実施して二次診断を行い、判定を行う。図 7.3.2-1 に点検結果の評価の流れを示す。

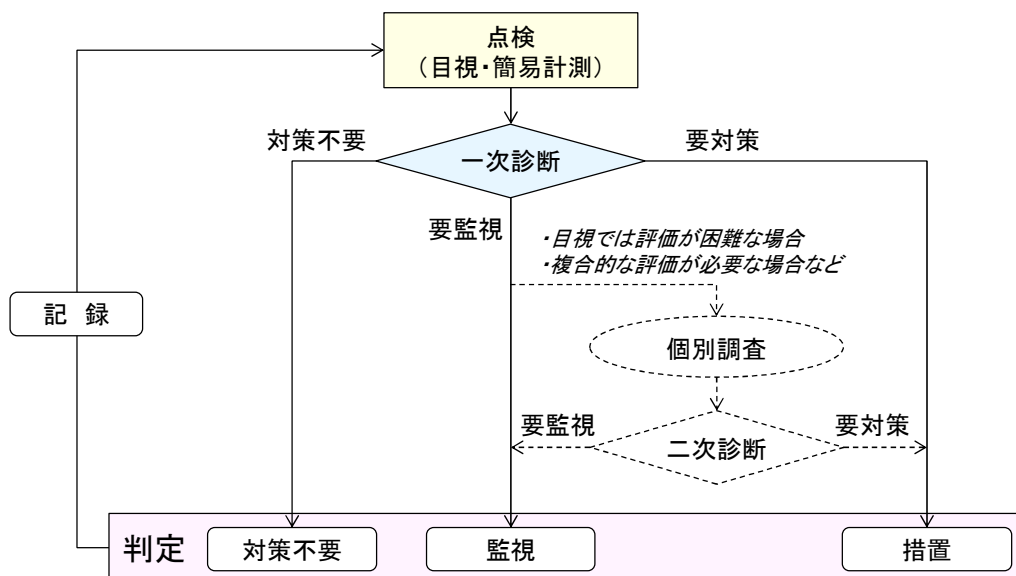


図 7.3.2-1 点検結果の評価の流れ

7.3.3 一次診断

(1) 診断の基本方針

一次診断は、一体構造物（堤防及び道路構造物）の目視主体の点検結果を評価し、施設の状態に応じた対応について判断することを目的とする。

(2) 点検結果の評価方法

点検結果の評価は、対象とする堤防や構造物等の点検結果に基づき、表 7.3.3-1 に示す変状種別毎の評価を行う。

表 7.3.3-1 堤防及び構造物等の変状種別

工種	機能	機能低下の状態	変状種別	点検項目	摘要
土堤	・越水防止機能 ・耐浸透機能 ・耐侵食機能	・沈下 ・すべり破壊 ・パイピングの発生 ・侵食 等	1)亀裂	④⑧	既往基準 (河川) に準拠
			2)陥没や不陸	④	
			3)法崩れ	①	
			4)沈下	⑭⑰	
			5)堤脚保護工の変形	①	
			6)はらみ出し	①	
			7)寺勾配	①	
			8)モグラ等小動物の穴	①	
			9)排水不良	①⑤⑭	
			10)樹木の侵入	①	
			11)侵食(ガリ)・植生異状	①	
			12)漏水・噴砂	③⑤	
護岸 (堤防護岸, 高水護岸, 低水護岸)	・耐侵食機能 ・耐浸透機能	・護岸の損壊 ・漏水の発生 等	13)護岸・被覆工の破損	①	
			14)はらみ出し	①	
			15)基礎部の洗掘	①	
			16)端部の侵食	①	
鋼矢板護岸	・耐侵食機能 ・土留め機能	・鋼矢板および笠コンクリート等の傾倒 ・鋼矢板護岸からの吸出し(漏水) 等	17)鋼矢板の変形, はらみ出し, 破損	①	
			18)鋼矢板の腐食(サビ, 孔, 肉厚の減少)	①	
			19)鋼矢板継手部の開き, 欠損	①	
			20)背後地盤の沈下, 陥没	①	
			21)笠コンクリートの変形, 破損	①	

工種	機能	機能低下の状態	変状種別	点検項目	摘要
道路構造物 周辺の堤防	・耐浸透機能	・沈下 ・パイピングの発生 ・内部侵食	1)降雨浸透対策の状態	②	淀川左岸線 (2期)を参考 に設定
			2)道路構造物周辺の亀裂, 陥没	④⑥	
			3)道路構造物の抜け上がり	⑥⑨⑭	
			4)道路構造物上の地表面の横断亀裂, 陥没	⑥⑬	

工種	対象構造物	変状種別	点検項目	摘要
道路ボックス シールドトンネル U型擁壁	ボックスカルバート シールドトンネル U型擁壁	1)ひび割れ	⑩	既往基準 (道路) に準拠
		2)はく離, 欠落, 鉄筋の露出, 腐食, 空洞, 豆板	⑩	
		3)目地の異常	⑦⑪	
		4)沈下, 洗掘	⑦⑩	
		5)泥水, 漏水, 遊離石灰	⑩	
		6)道路構造物の構造継目の異状	⑦⑪	淀川左岸線(2期) を参考に設定
		7)道路構造物の構造継目の相対変位	⑦⑫	

工種	機能	機能低下の状態	変状種別	点検項目	摘要
堤防	越流防止機能 耐浸透機能	沈下, すべり, パイピング	1)堤体内水位	⑤	淀川左岸線(2期) を参考に設定
			2)地盤変位	⑭	

※) 赤字は追加設項目, また, 定点検項目の番号は, 表 7.3.1-3 に示すモニタリング項目の番号に対応

堤防(土堤, 道路構造物周辺の堤防含む)及び護岸の変状毎の点検結果の評価は, 次の表 7.3.3-2 に示す点検結果評価区分の区分により行うことを基本とする。

表 7.3.3-2 堤防及び護岸の変状毎の点検結果評価区分

(「堤防等河川管理施設及び河道の点検・評価要領 令和5年3月」に準拠)

区分		状態	変状 確認	機能 支障	措置
a	異状なし	・目視できる変状がない, または目視できる軽微な変状が確認されるが, 堤防等河川管理施設の機能に支障が生じていない健全な状態	なし	なし	
b	要監視 段階	・堤防等河川管理施設の機能に支障が生じていないが, 進行する可能性のある変状が確認され, 経過を監視する必要がある状態(軽微な補修を必要とする場合を含む)	あり	なし	
c	予防保全 段階	・堤防等河川管理施設の機能に支障が生じていないが, 進行性があり予防保全の観点から, 対策を実施することが望ましい状態 ・詳細点検(調査を含む)によって, 堤防等河川管理施設の機能低下状態を再評価する必要がある状態	あり	なし	○
d	措置段階	・堤防等河川管理施設の機能に支障が生じており, 補修または更新等の対策が必要な状態 ・詳細点検(調査を含む)によって機能に支障が生じていると判断され, 対策が必要な状態	あり	あり	○

【補足】

- ・「要監視段階」では, 必要に応じて, 軽微な補修を実施する。
- ・「予防保全段階」では, 変状の進行状況, 損傷規模・経済性等を総合的に判断し, 適切な対策を計画的に実施する。変状の発生原因が不明な場合や, 目視点検の結果だけでは評価が困難な場合は, 必要に応じて, 学識経験者, 専門家等の助言や詳細点検(調査を含む)の実施により, 対策工法の検討や各変状の再評価を実施する。
- ・「措置段階」では, 評価結果から堤防等河川管理施設の機能に支障が生じていると判断される場合であるため, 速やかに補修等の対策を実施するものとするが, 次期出水期までに補修等の対策が間に合わないなどの場合には, 応急的な対策(暫定対策を含む)を実施する。

道路ボックスの点検結果の評価は, 次の表 7.3.3-3 に示す点検結果評価区分により行うことを基本とする。

表 7.3.3-3 道路構造物の点検結果評価区分

(「道路構造物の点検要領:平成30年10月 阪神高速道路株式会社」に準拠)

判定区分		損傷状況	適用
S	S1	機能低下が著しく, 道路構造物の安全性から緊急に対策の必要がある場合	緊急に対策を実施すべきである。それが出来ない場合は, 少なくとも応急的な措置を行い当面の安全策を講ずる必要がある。
	S2	第三者への影響があると考えられ, 緊急に対策の必要がある場合	
A		機能低下があり, 対策の必要がある場合	実務的に可能な限り早急に対策を講ずる必要がある。
B		損傷の状態を観察する必要がある場合	原則として次回点検までに対策を実施する必要はないが, 他の補修計画を考慮したうえで計画的に補修するのが良い。
C		損傷が軽微である場合	
OK		上記以外の場合	

なお, 計測機器等によるモニタリング結果に対しては, 計測された数値に応じて, 個別に評価するものとする。

【参考】

「堤防及び護岸の変状毎の点検結果評価区分（河川点検評価要領要領）」と「道路構造物の点検結果評価区分（道路点検要領）」の対応は、概ね次の表 7.3.3-4 のとおりである。

表 7.3.3-4 河川点検評価要領要領と道路点検要領の評価区分の対応表

堤防及び護岸等(河川評価要領)			道路構造物(道路点検要領)		
a	異状なし	軽微な変状が確認されるが、施設の機能に支障が生じていない健全な状態	OK	対策不要	下記以外
			C		損傷が軽微である
b	要監視段階	施設の機能に支障が生じていないが、進行する可能性のある変状が確認され、経過を監視する必要がある状態	B	経過観察	損傷の状態を観察する必要がある 次回点検までに対策を実施する必要はないが、計画的に補修するのが良い
c	予防保全段階	施設の機能に支障が生じていないが、進行性があり予防保全の観点から対策を実施することが望ましい状態 詳細点検によって、施設の機能低下を再評価する必要がある状態			
d	措置段階	施設の機能に支障が生じており、補修または更新等の対策が必要な状態 詳細点検によって機能に支障が生じていると判断され、対策が必要な状態	A	対策必要	機能低下があり対策の必要がある
			S	緊急対策	機能低下が著しく、安全性や第三者への影響から、緊急に対策の必要がある

(3) 追加設定項目の判定基準

【道路構造物周辺の堤防】

1) 降雨浸透対策の状態

堤防の降雨浸透対策（アスファルト舗装、遮水シート等）の判定基準は、「堤防等河川管理施設及び河道の点検・評価要領 参考資料、平成30年10月」（以下、河川点検評価要領という）の護岸を参考に、表7.3.3-5に示す外観上に大きな変化がない状態を「a：異常なし」、軽微な損傷がある状態を「b：経過観察段階」、部分的に機能に問題がある状態を「c：予防保全段階」、機能に問題がある状態を「d：措置段階」とする。

表 7.3.3-5 降雨浸透対策の判定基準

判定区分		判定基準	
		難透水性材料	遮水シート系材料
a	異常なし	地表面の植生状態が概ね良好な状態であり、轍やクラック等がない状態	地表面の植生状態が概ね良好な状態であり、轍やクラック等がない状態
b	要監視段階	地表面の植生に一部裸地が確認でき、軽微な轍やクラックが確認できる状態	地表面の植生に一部裸地が確認でき、軽微な轍やクラックが確認できる状態
c	予防保全段階	地表面にクラックが確認でき、降雨後の堤内側の排水が少ない状態	地表面の覆土がすべり、シートが露出している状態
d	措置段階	地表面にクラックが生じ、段差が生じている状態	シートが露出し、欠損している状態

表 7.3.3-6 【参考：護岸の判定基準（河川点検評価要領）】

評価区分	参考事例	状況と評価理由	評価区分	参考事例	状況と評価理由
b 要監視 段階		○変状の状況 ・護岸に亀裂が見られる。 ・打音検査においては空洞化が懸念される電った音は発しない。 ○評価 ・過年度の変状状況から進行性はなく、今後もモニタリングを継続する。	b 要監視 段階		○変状の状況 ・部分的なブロックの陥没が見られる。 ・陥没量はブロック厚の1/2以下の5cm程度である。 ○評価 ・過年度の変状状況から進行性はなく、今後もモニタリングを継続する。
c 予防保全 段階		○変状の状況 ・部分的な欠損が生じている。 ・護岸背面には空洞化は見られない。 ○評価 ・洪水等の外力による部分的な欠損であり、今後の洪水によって拡大する恐れがある。 ・進行性があるため、予防保全段階とする。	c 予防保全 段階		○変状の状況 ・広範囲な陥没が見られる。 ○評価 ・護岸背面の空洞化が疑われることから、変状範囲の特定のための詳細点検を行う必要がある。
d 措置 段階		○変状の状況 ・部分的に護岸が流出している。 ○評価 ・護岸の機能が失われた状態であるため、措置段階とする。	d 措置 段階		○変状の状況 ・部分的な陥没が見られ、陥没箇所から護岸背面の空洞化状況が確認できる。 ○評価 ・護岸の機能を失っており、洪水によって変状範囲が拡大する恐れがあることから、措置段階とする。

【道路構造物周辺の堤防】

2) 道路構造物周辺の亀裂・陥没

道路構造物周辺の亀裂や陥没の判定基準は、河川点検評価要領の樋門・樋管「堤防のクラック、ゆるみ 取付護岸のクラック」を参考に、表 7.3.3-7 に示す。

漏水が発生した場合には「d：措置段階」、亀裂や陥没が確認された時点で「c：予防保全段階」とする。

表 7.3.3-7 道路構造物周辺の判断基準

判定区分		変状種別
a	異状なし	・亀裂(クラック), 陥没なし
b	要監視段階	・不陸が生じている
c	予防保全段階	・目視で確認できる亀裂(クラック)が発生している
d	措置段階	・堤体からの漏水 ・陥没が発生している

表 7.3.3-8 【参考：樋門・樋管の判定基準（河川点検評価要領）】

評価区分	参考事例	状況と評価理由
b 要監視 段階		○変状の状況 取付護岸にクラックが生じている。 ○評価 過年度の変状状況から進行性はなく、今後もモニタリングを継続する。
c 予防保全 段階		○変状の状況 取付護岸にクラックが生じ、ゆるみが発生している。 ○評価 進行性があり、目視点検結果からだけではゆるみの発生原因推定が困難である。詳細調査を行い原因を特定したうえで対応を検討する必要がある。
d 措置 段階		○変状の状況 ・堤体からの漏水が発生している。 ○評価 堤防の機能に支障が生じているため措置段階とする。

【道路構造物周辺の堤防】

3) 道路構造物の抜け上がり

道路構造物の抜け上がりの判定基準は、河川点検評価要領の樋門・樋管「函体底版下等の空洞化」を参考に、表 7.3.3-9 に示す。

漏水やパイピングが発生し場合には「d：措置段階」、抜け上がり量が 10cm 以上 30cm 未満の場合には、「c：予防保全段階」とする。

表 7.3.3-9 道路構造物の抜け上がりの判定基準

判定区分		変状種別
a	異状なし	・亀裂(クラック), 陥没なし
b	要監視段階	・抜け上がり10cm未満
c	予防保全段階	・抜け上がり10cm以上30cm未満
d	措置段階	・抜け上がり30cm以上 ・堤体からの漏水, パイピングの発生

表 7.3.3-10 【参考：樋門・樋管の判定基準（河川点検評価要領）】

評価区分	参考事例	状況と評価理由
b 要監視 段階		○変状の状況 函体の抜け上がり(10cm未満)が発生している。 ○評価 過年度の変状状況から進行性はなく、今後もモニタリングを継続する。
c 予防保全 段階		○変状の状況 ・函体の抜け上がり(10cm以上30cm未満)が発生している。 ○評価 抜け上がりの可能性が高いため、詳細調査を行い、空洞化の有無や原因を推定したうえで、対応を検討する必要がある。
d 措置 段階		○変状の状況 ・函体の抜け上がり(30cm以上)が発生している。 ○評価 抜け上がりの発生により機能に支障が生じており、早急な対応が必要であることから措置段階とする。

【道路構造物周辺の堤防】

4) 道路構造物上の地表面の横断亀裂，陥没

道路構造物の抜け上がりの判定基準は，河川点検評価要領の樋門・樋管「堤防のクラック，ゆるみ 取付護岸のクラック」，「函体等の破損」を参考に，表 7.3.3-11 に示す。

地表面に横断亀裂や陥没が発生している箇所や，その近傍の構造継目から漏水が発生している場合には，土砂の流出を伴っている可能性が高いため，「d：措置段階」とする。

表 7.3.3-11 道路構造物上の地表面の判定基準

判定区分		変状種別
a	異状なし	・亀裂(クラック)，陥没なし
b	要監視段階	・不陸が発生している
c	予防保全段階	・目視で確認できる亀裂(クラック)，不陸が発生しているがボックス内に変状・漏水がない
d	措置段階	・目視で確認できる亀裂，陥没が発生しており，ボックス内に変状・漏水が発生している

表 7.3.3-12 【参考：樋門・樋管の判定基準（河川点検評価要領）】

評価区分	参考事例	状況と評価理由	評価区分	参考事例	状況と評価理由
b 要監視 段階		○変状の状況 取付護岸にクラックが生じている。 ○評価 過年度の変状状況から進行性はなく，今後もモニタリングを継続する。	b 要監視 段階		○変状の状況 ・クラックとさび汁が発生している。 ○評価 過年度の変状状況から進行性はなく，周辺堤防の変状も発生していないため，今後もモニタリングを継続する。
c 予防保全 段階		○変状の状況 取付護岸にクラックが生じ，ゆるみが発生している。 ○評価 進行性があり，目視点検結果からだけではゆるみの発生原因推定が困難である。詳細調査を行い原因を特定したうえで対応を検討する必要がある。	c 予防保全 段階		○変状の状況 鉄筋が露出するなど断面の欠損が発生しており鉄筋も腐食している。 ○評価 放置しておくと鉄筋の腐食が進行し断面性能の低減が発生するため，予防保全を実施する。
d 措置 段階		○変状の状況 ・堤体からの漏水が発生している。 ○評価 堤防の機能に支障が生じているため措置段階とする。	d 措置 段階		○変状の状況 構造耐力に影響する断面欠損が生じている。 ○評価 函体の構造上の健全度が失われており，早急な対応が必要であることから，措置段階とする。

【道路構造物】

1) 道路構造物の構造継目の異常

「道路構造物の点検要領 平成 30 年 10 月 阪神高速道路（株）」では、目地の異常と漏水に対して点検を行うことになっているが、段差、漏水の有無とその度合いでの評価になっている。

河川堤防との一体構造では、漏水に加えて土砂の流入の有無が重要と捉え、表 7.3.3-13 に示すように、漏水、段差、土砂の流入の有無を判定基準とする。なお、土砂流出を伴わない漏水であっても、洪水時の水位上昇により、土砂流入に発展する可能性があるため、対策が必要とする。

表 7.3.3-13 道路構造物の構造継目の判定基準

判定区分		判定基準	(堤防)
OK		・目地のずれ、開き、段差がなく、漏水もない	(a)
C		・軽微な目地のずれ、開き、段差があるが、漏水を伴わない	
B	経過観察	・目地のずれ、開き、段差などがある ・滴水またはにじみによる漏水がある	(b),(c)
A	対策必要	・著しい目地ずれ、開き、段差などがある ・土砂を含まない漏水が発生している ・漏水してさびの流出がある	(d)
S	緊急対策	・土砂流出を伴う著しい漏水が発生している ・目地に異状があり、止水板などの落下の恐れがある ・つららが落下し、走行車両に影響がある	

表 7.3.3-14 【参考：カルバートの判定基準（道路構造物の点検要領）】

Sランク	①コンクリート片や目地止水板などの落下の恐れがあり、通行車両への影響が予想される		
	②第三者に障害を招く恐れがある		
	③不良音があり、欠落が予想される		
判定区分 点検項目	A	B	C
ひび割れ	①ひび割れ幅0.3mm以上を含む連続したひび割れで、ひび割れ間隔が密である	①ひび割れ幅0.3mm以上を含む連続したひび割れで、ひび割れ間隔が広い	
	②外部作用（偏土圧、埋め戻し土の沈下など）による進展性のひび割れがある	③ひび割れ幅0.2mm程度を含む連続したひび割れが最小間隔50cm未満である	④ひび割れ幅0.2mm程度を含む連続したひび割れが最小間隔50cm以上である
はく離 欠落 鉄筋の露出 腐食 空洞 豆板	①広範囲で鉄筋が露出している	①部分的に鉄筋が露出している	
	②鉄筋が腐食している ③広範囲にはく離、欠落、空洞、豆板がある	③部分的にはく離、欠落、空洞、豆板がある ④不良音があるが、欠落の恐れはない	③はく離、欠落、空洞、豆板がある
泥水 漏水 遊離石灰	①土砂の流出を伴う漏水もしくは漏水跡がある		
	②漏水してさびの流出がある ③遊離石灰がつらら状、または広範囲にある ④漏水の流下がある	②漏水し、ひび割れ部に遊離石灰が付着している ③滴水またはにじみによる漏水がある	
沈下、洗掘	①著しい沈下があり、内部水路、またはカルバート内が滞水している	①沈下により内部水路の機能がかなり低下している	
	②著しい沈下があり、取付け道路との接続部の路面に、大きな段差が生じている		
目地の異常	③ウイング周辺などが著しく洗掘され、上部のり面に悪影響をおよぼしている	③ウイング周辺などが、かなり洗掘されている	
	著しい目地のずれ、開き、または段差がある	目地のずれ、開き、または段差などがある	

【道路構造物】

2) 道路構造物の構造継目の相対変位

構造継目には止水ゴムやシール材が設置されており、これらが損傷すると漏水の発生に繋がることから、止水材の状態把握を適切に行うことができる管理値を設定する。

判定基準は、河川点検評価要領の樋門・樋管「継手の変形・破断」を参考にして、表 7.3.3-15 に示すように、止水板の開き考慮して設定した。

表 7.3.3-15 道路構造物の構造継目の相対変位の判定基準

判定区分		判定基準	(堤防)
OK		・継手開きなし	(a)
C		・軽微な継手の開き	
B	経過観察	・変位が止水ゴムやシール材の設計許容値未満	(b),(c)
A	対策必要	・変位が止水ゴムやシール材の設計許容値以上	(d)
S	緊急対策	・継手の止水ゴムやシール材の破断	

表 7.3.3-16 【参考：樋門・樋管の判定基準（河川点検評価要領）】

評価区分	参考事例	状況と評価理由
b 要監視 段階		○変状の状況 ・継手(止水版)に開き(2cm未満)が発生している。 ○評価 過年度の変状状況からの進行性はなく、止水板の変形量の所定の性能内であるため、今後もモニタリングを継続する。
c 予防保全 段階	該当事例写真なし 事例が集まった段階で更新する	○変状の状況 ・継手(止水版)に開き(2cm以上)が発生している。 ○評価 止水板の性能以上の開きが発生しており、止水機能の低下が生じているため、詳細調査による原因を推定したうえで対応を検討する必要がある。 等
d 措置 段階		○変状の状況 継手の水密ゴム、止水板が破断している。 ○評価 機能に支障が生じているため、早急な対応が必要であることから措置段階とする。

【計測機器等】

1) 堤体内水位

〔管理値の設定〕

- ・技術委員会検討時点での現況堤防と同等の安全率を満足する水位を管理値とする。
- ・図 7.3.3-1 に示す位置の堤体内計測水位が、浸透流解析により推定した構造物前面水位以下であるかを確認する。各計測箇所の構造物前面位置における堤体内水位の管理値の例を表 7.3.3-17 に示す。

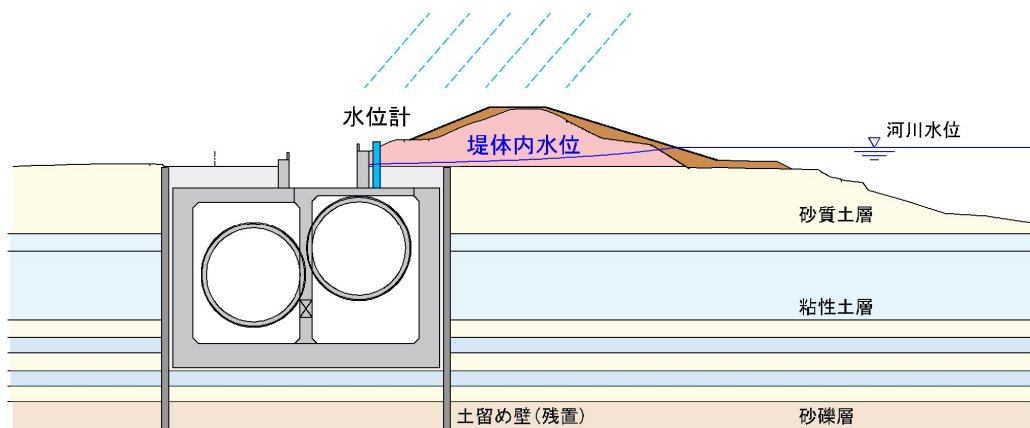


図 7.3.3-1 管理値に関わる堤体内水位の計測位置

表 7.3.3-17 各計測箇所の堤体内水位の管理値

計測箇所 (道路測点)	解析値 (O.P.+)	円弧すべり安全率		管理値* (O.P.+)	計測方法
		川裏	川表		
No.4	—	—	—	—	連続計測
No.15	3.868	2.460	1.884	3.48	連続計測
No.26	4.080	2.517	2.400	3.67	連続計測
No.28	4.125	3.210	2.536	3.71	連続計測
No.36	4.420	2.273	2.514	3.98	連続計測

*管理値は、現況堤防の安全率を確保する水位の値であり、すべり破壊や道路構造物の浮き上がりを生じる限界の水位ではない（実施段階を考慮し、例として解析値の90%の値を示した）。

（堤体内の水位が解析で推定した範囲内に収まっているかを把握する目的であり、管理値を上回っても直ちに危険な状態ではない。ただし管理値を超過した場合は、弱点部の可能性があることから、個別調査により要因究明を行うものとする。）

なお、管理値については、工事中、供用後のデータの蓄積・定量的評価の検証等により設定・見直すことが考えられる。

2) 地表面の沈下量

〔管理値の設定〕 (図 7.3.3-2)

- ・横断方向の計測位置は、堤防天端とする。
- ・縦断方向の計測箇所は、8～10箇所程度が考えられる。
- ・地表面の沈下量計測の評価における管理値は、計画堤防高に余盛を加えた高さ（堤防施工高）の間で設定する（引き渡し時に適切に設定）。

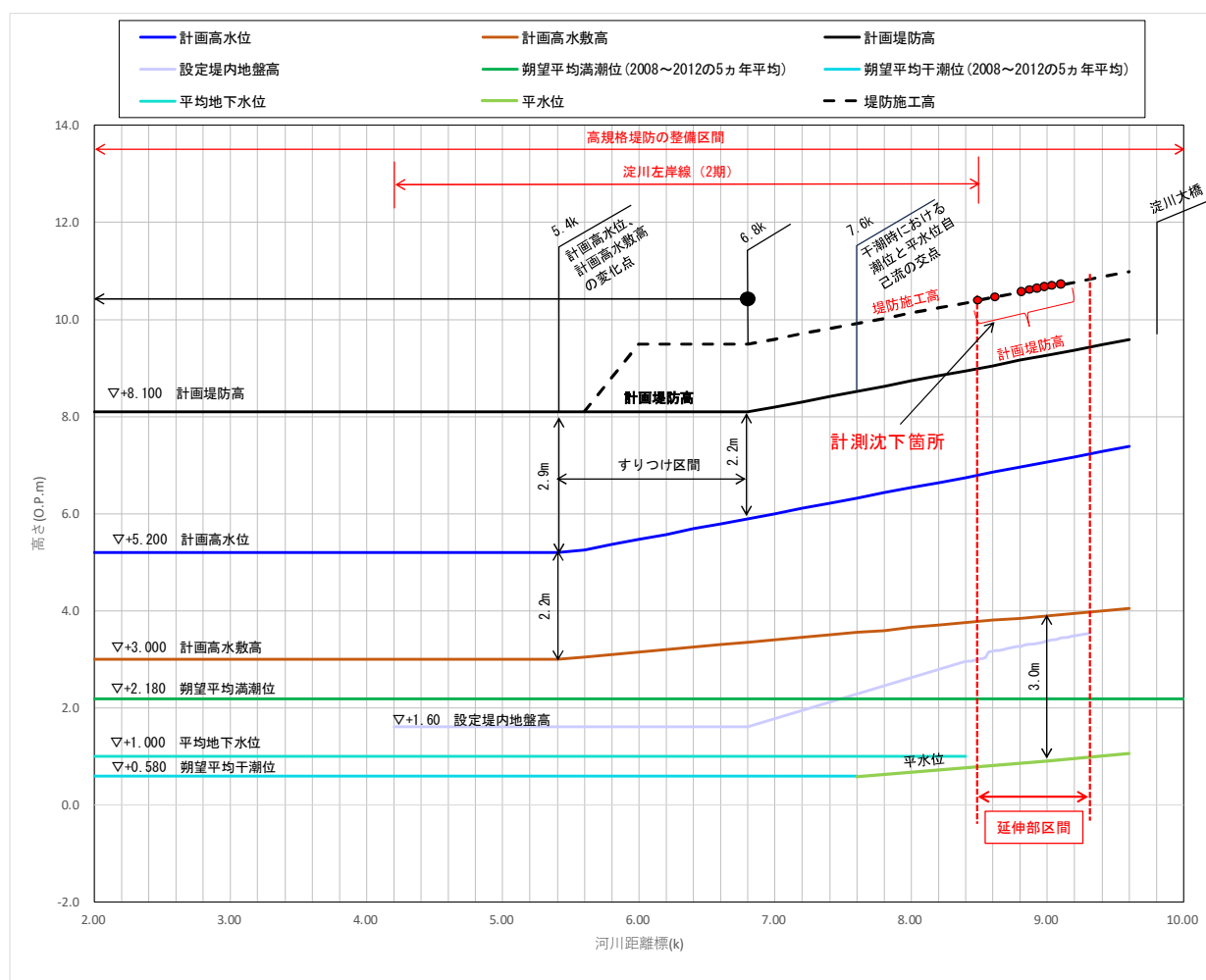


図 7.3.3-2 地表面沈下の管理値の設定例

7.3.4 二次診断

(1) 二次診断の位置づけ

目視・簡易計測では措置の必要性判断を含めた評価が困難であり、詳細調査等を必要とする場合は、図 7.3.4-1 に示す評価の流れに沿い、個別調査を行い対策の要否を判定する。

例) 道路構造物周辺の空洞化の観測、道路構造物の変位計測、土質調査など

(具体的な方法は、変状が生じた時点で個別に検討)

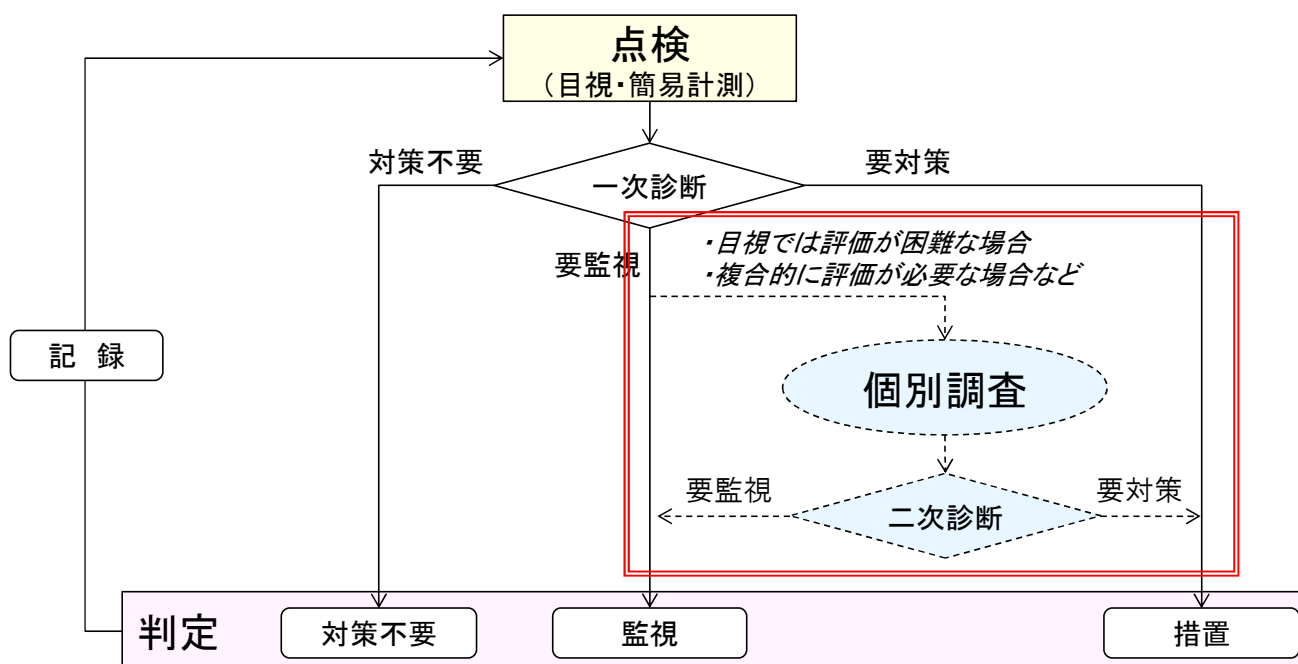


図 7.3.4-1 点検結果の評価の流れ

(2) 複合的に評価が必要な場合の対応

一次診断において、一つのモニタリング項目について変状が見られない場合でも、関連性が大きい他の項目に変状が見られた場合、二次診断として、変状の周辺について再度調査を行う方針とする。

【関連するモニタリング項目】

① 浸透・パイピングに関する関連項目

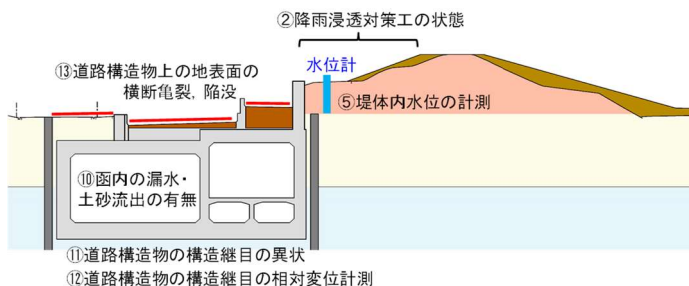
浸透・パイピングに関連するモニタリング項目の例を図 7.3.4-2 に示す。目視によるモニタリング項目に異常があった場合あるいは、堤体内水位や構造継目の相対変位が異常値を示している場合、道路構造物内部と地表面との双方を確認し、場合によっては個別調査（開削調査等）を実施する。

【開削ボックス区間】

【浸透・パイピングに関する関連項目】

②	降雨浸透対策工の状態
⑤	堤体内水位
⑩	函内の漏水・土砂流出の有無
⑪	道路構造物の構造継目の異状
⑫	道路構造物の構造継目の相対変位
⑬	道路構造物上の地表面の横断亀裂、陥没

□ : 道路構造物内部の項目
太字 : 機器等による計測項目



【シールドトンネル区間】

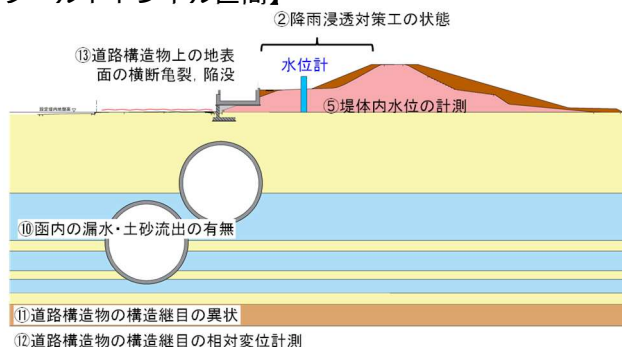
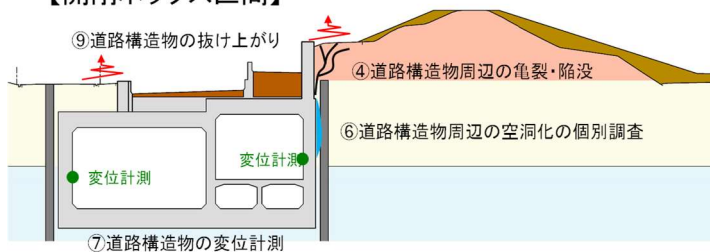


図 7.3.4-2 浸透・パイピングに関連するモニタリング項目

② 堤防と道路構造物の境界に関する関連項目

堤防と道路構造物の境界に関するモニタリング項目の例を図 7.3.4-3 に示す。目視によるモニタリング項目に異常があった場合あるいは、道路構造物の変位が異常値を示している場合、空洞化の有無を個別調査（開削調査、物理探査、ボーリング調査等）で把握し、対策の要否を判定する。

【開削ボックス区間】



【堤防と道路構造物の境界に関する関連項目】

④	道路構造物周辺の亀裂・陥没
⑥	道路構造物周辺の空洞化
⑦	道路構造物の変位
⑨	道路構造物の抜け上がり

□ : 道路構造物内部の項目
太字 : 機器等による計測項目

【シールドトンネル区間】

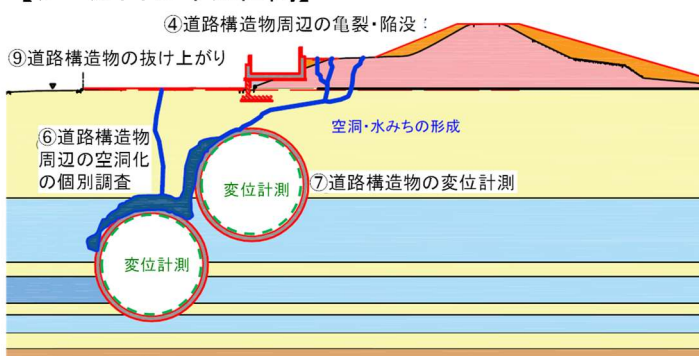


図 7.3.4-3 堤防と道路構造物の境界に関するモニタリング項目

③ 道路構造物上部の横断方向の段差に関する関連項目

道路構造物上部の横断方向の段差に関連するモニタリング項目の例を図 7.3.4-4、シールドトンネル内のセグメント目地部の計測機設置事例を図 7.3.4-5 に示す。道路構造物の構造継目の相対変位計測値に増加が確認されるなど変化が見られた場合、地表面の横断亀裂、陥没についても点検を実施する。

【道路構造物上部の横断方向の段差に関する関連項目】

⑫	道路構造物の構造継目の相対変位
⑥	道路構造物上の地表面の横断亀裂、陥没

□ : 道路構造物内部の項目
太字 : 機器等による計測項目

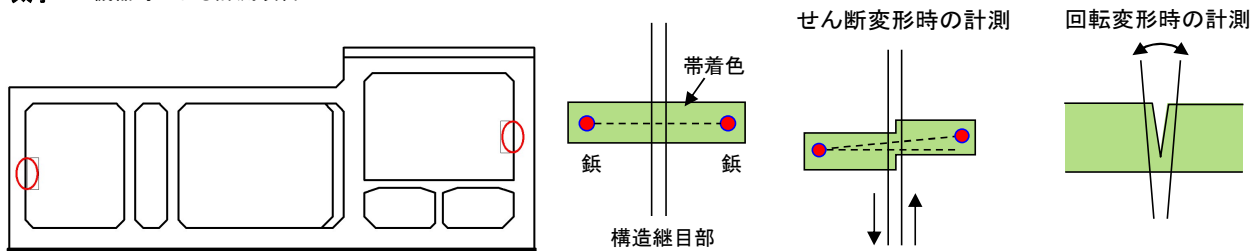


図 7.3.4-4 道路構造物上部の横断方向の段差に関するモニタリング項目

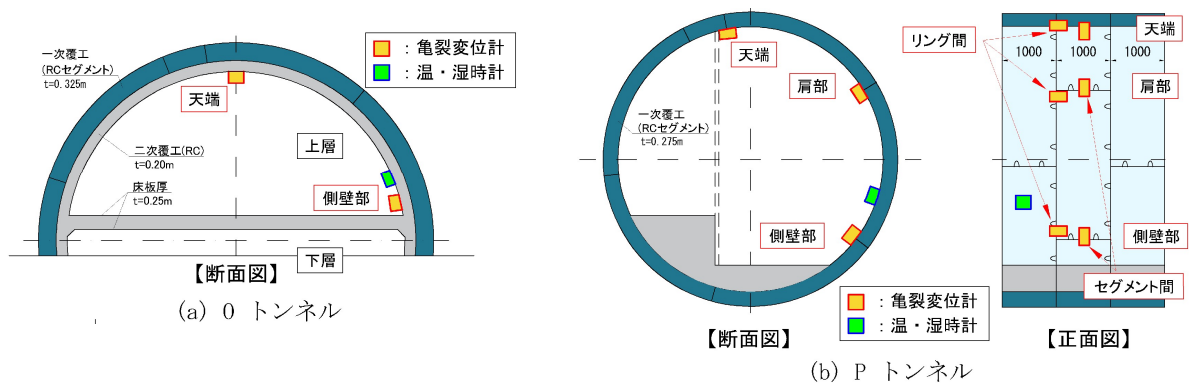


図 7.3.4-5 シールドトンネル内のセグメント目地部の計測機設置事例

(出典:シールドトンネルの維持管理手法に関する研究, 土木研究所成果報告書, 2016, No6-2, 2017.3)

7.3.5 想定される課題への対応案

(1) 不同沈下による堤防表面の排水不良対策

【課題】道路構造物及び堤体の一体構造において、地表面に不同沈下による段差等が形成された場合には、雨水の排水不良により水溜まりが生じやすくなる。特に、道路構造物と堤体との接合部は、川裏のり面内に位置することもあり、のり面を流下する雨水が溜まりやすい形状となっている。

【対応案】堤防表面の排水不良は、堤体内水位の上昇や水みち形成を助長する要因となるため、①定期的な点検・補修を行うとともに、②雨水が溜まりやすい箇所への排水処理を施すことで、排水不良を予防する。

①定期的な点検・補修による対応

前述の維持管理モニタリングに基づいた定期点検（図 7.3.5-1）や地盤変位計測（図 7.2.2-1，図 7.2.2-2）を実施することで、沈下や陥没、抜け上がりに伴う段差等の発生箇所を早期に発見し、適切な予防・措置を講じる。

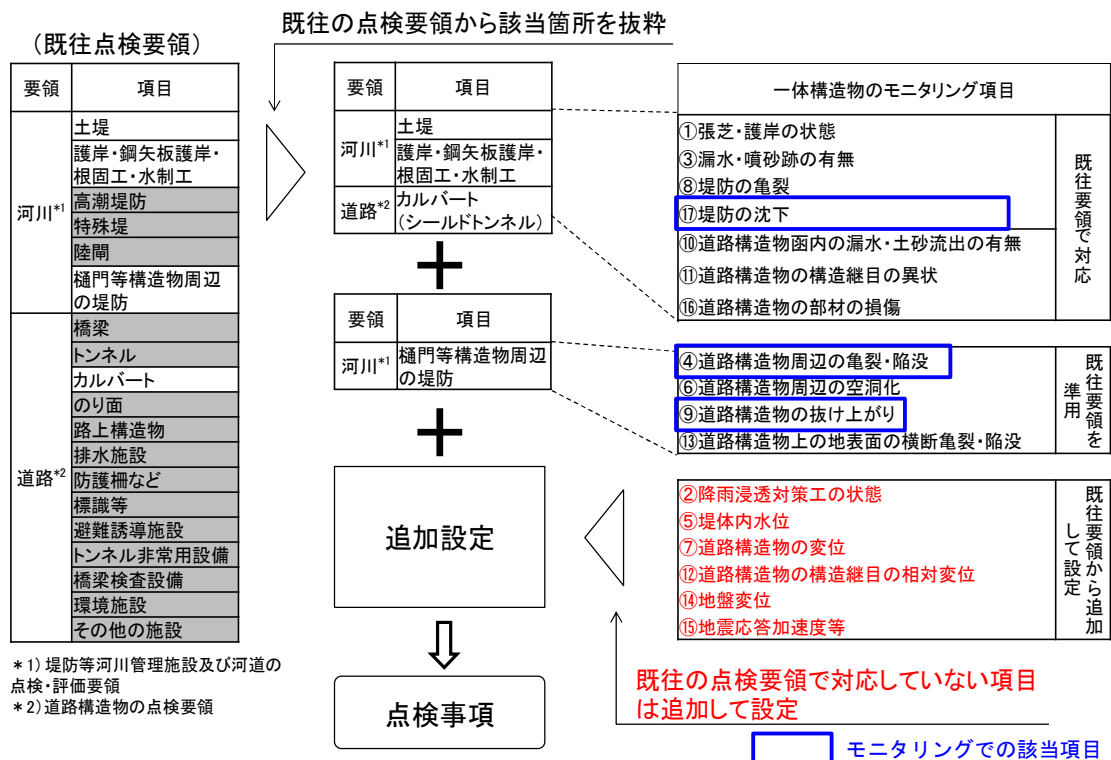


図 7.3.5-1 管理モニタリングにおける不同沈下の該当項目（表 7.3.1-2 再掲, 加筆）

②雨水排水施設の設置

一体構造物の形状上、不同沈下が生じた場合に、雨水が溜まりやすい道路構造物と堤体との接合部に排水施設を設置する。ランプU型擁壁やボックスに沿って自由勾配側溝等を設置し、適切な排水計画のもと堤内の下水函渠に排水する。また、圧密対象層が変化するような箇所には、損傷防止のため可とう継手等の設置を検討する（図 7.3.5-2）。

なお、具体的な排水計画は、堤防定規断面を抵触しないよう留意し、詳細設計時に検討を行うものとする。

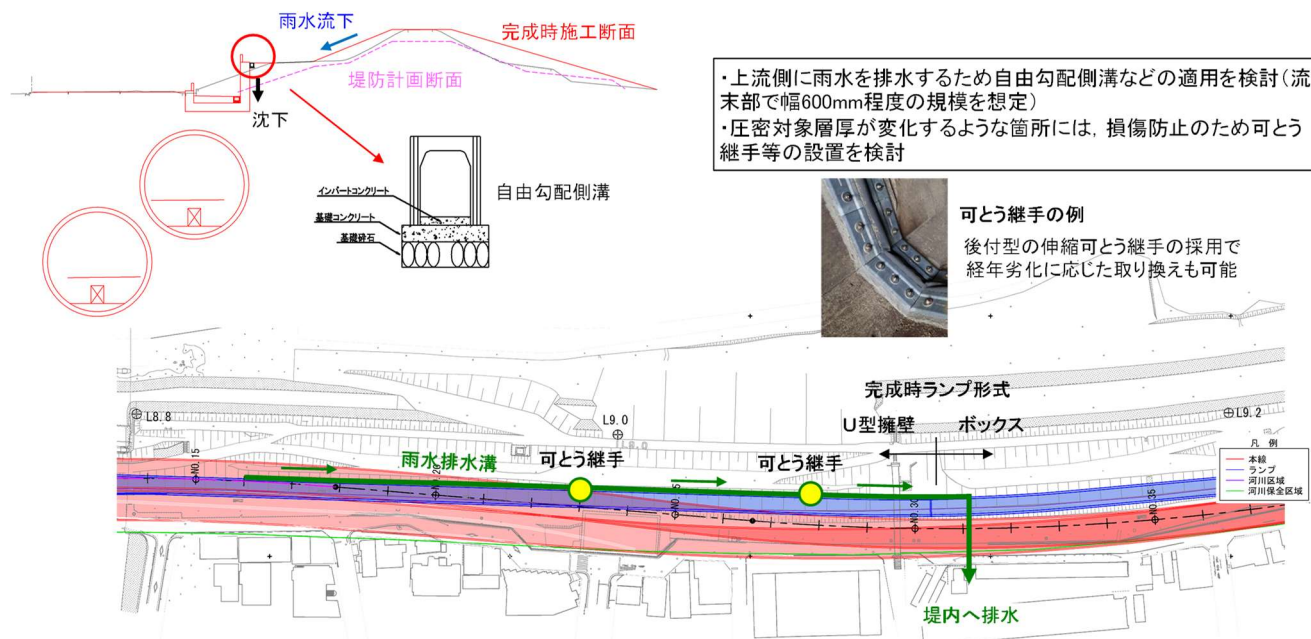


図 7.3.5-2 堤防表面の雨水排水対策例

(2) 不同沈下によるゆるみ・空洞・水みち対策

【課題】道路構造物及び堤体の一体構造において、不同沈下が大きく生じた場合には、構造物と基礎地盤の間での隙間形成による水みちの発生や、地表面の段差、ひび割れ、ゆるみ、空洞の発生が懸念される。

【対応案】①定量的評価の妥当性検証モニタリングによる地盤変位計測や定期的な点検により、不同沈下の発生状況を監視する。②状況に応じて個別調査を行い、構造物まわりのゆるみ、空洞、水みちの形成状況を把握し、③適切な措置方法を実施する。

①地盤変位のモニタリング及び定期的な点検

維持管理モニタリングに基づいた定期点検（図 7.3.5-3）や、代表断面での地盤変位計測（図 7.2.1-2，図 7.2.2-2），道路構造物の変位計測（図 7.3.4-3，図 7.3.4-4，図 7.3.4-5）により、不同沈下の発生状況を監視する。

②個別調査

不同沈下が大きく発生し、図 7.3.5-3 のモニタリング項目に示す変状が明瞭な場合には、個別調査を実施することで、ゆるみや空洞、水みちの形成状況を確認し、対策の要否を検討する。

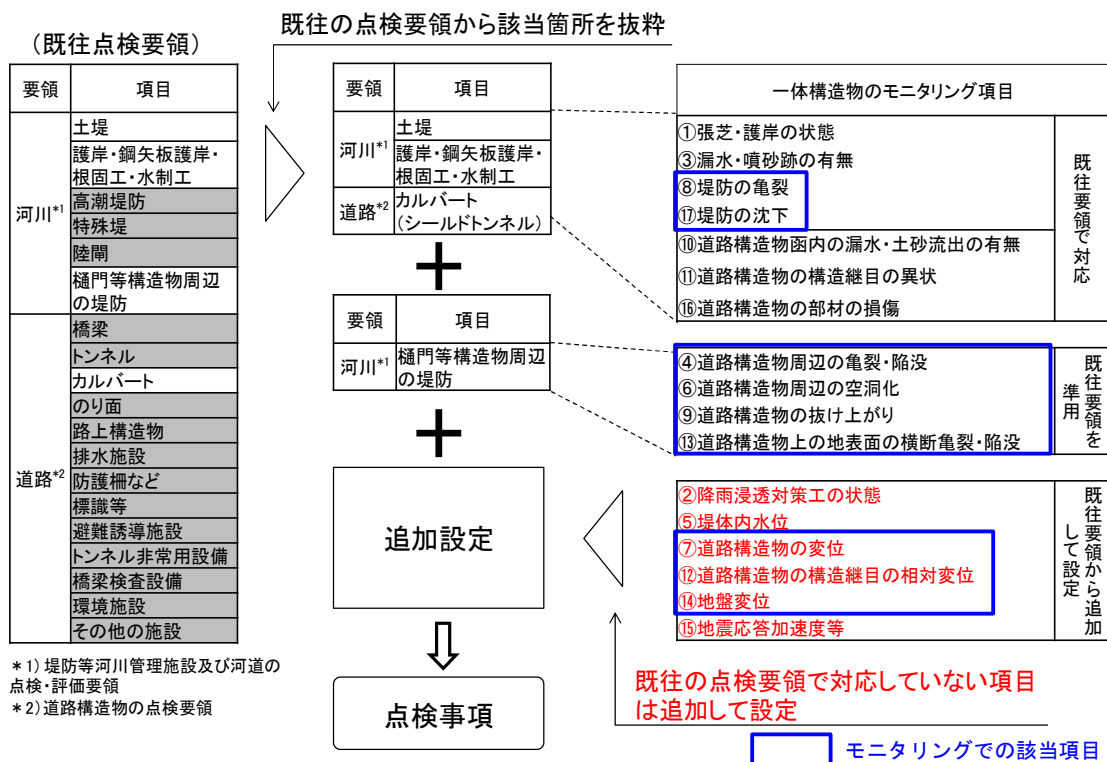


図 7.3.5-3 管理モニタリングにおけるゆるみ・空洞・水みち等の該当項目 (図 7.3.1-2 再掲, 加筆)

空洞化調査の一つとして非破壊での調査が可能な物理探査の適用が挙げられる。現在の探査技術では、規模の大きな鉄筋コンクリート構造（ボックス、U型擁壁、セグメント）が障害となり、一種類の物理探査手法だけでは水みちや空洞発生の判断が難しい。しかし、次に示す手法を複数組み合わせ、多角的に評価することで精度を高められる可能性がある。

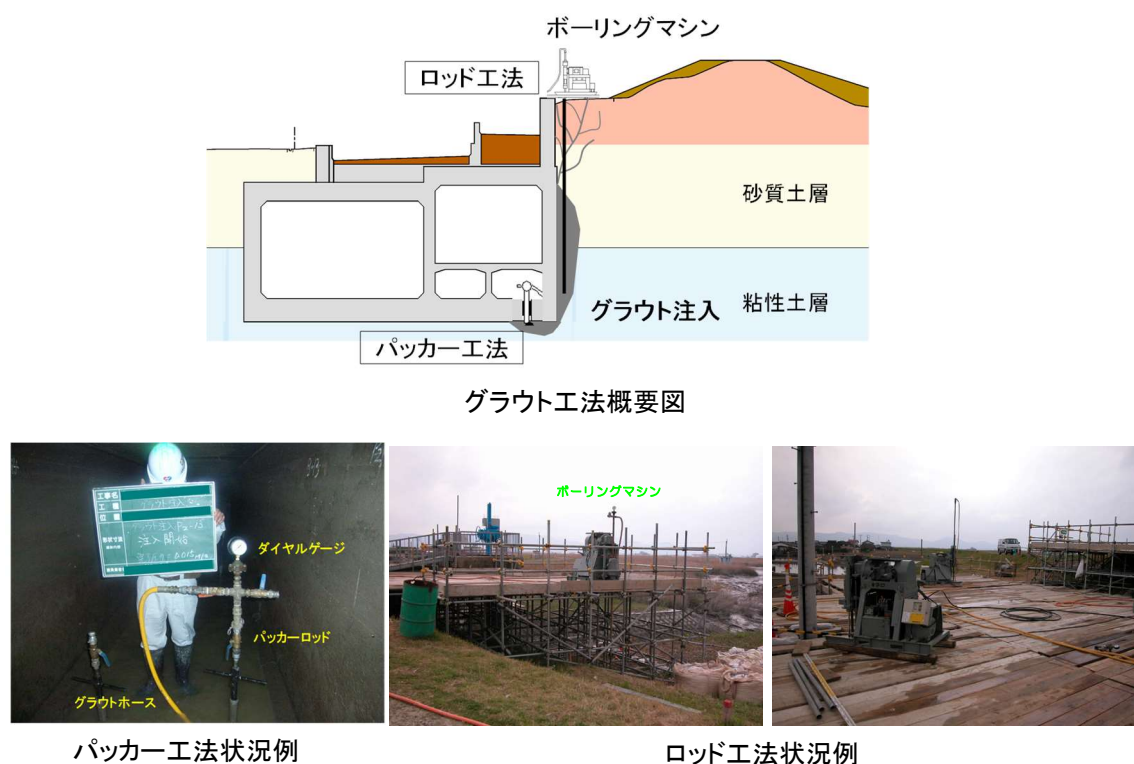
- ・表面波探査：人工的に発生させたレイリー波の位相を観測し、地中のレイリー波速度構造を求め、S波速度構造を推定する方法である。探査深度は一般的には20～30mであり、手軽に測定が可能である。
- ・電気探査：地盤に直流電流を通じた際に地表に生じる電位応答から地下の比抵抗分布を求める手法である。探査測線に沿った地下構造の把握が目的で、探査断面の直行方向に地下構造が大きく変化しない二次元構造が期待される場合に用いられる手法である。探査深度は一般的には100m程度である。
- ・地中レーダ探査：高周波の電磁波を地中に向けて放出することで、地下物体からの電磁波の反射を利用した探査手法であり、地下の状況を高速かつ高精度に可視化できることが特長である。探査深度は一般に2m程度であるが、地下浅部を対象とした物理探査手法の中では最も分解能が高い。
- ・微動アレイ探査：自然に存在する微動（交通振動、工場振動、波浪、風など）を利用し、複数の地震計で同時観測（アレイ観測）を行うことにより、地下構造を推定する方法である。観測が簡単で、都市域での適用が効果的であり、探査深度も表層から深部まで対応可能である。

空洞化の発生状態を定量的に評価することは困難であることから、施工直後の初期状態の計測結果と、施工数年後に実施した計測結果を比較することにより、空洞化の発生の有無、進展を評価できる。目視点検等で空洞化が懸念される場合、物理探査等による空洞調査が考えられる。

③対策工法（例）

個別調査により異状が確認された場合は、ゆるみや空洞などの形成範囲を調査し、具体的な対策工法を検討する。適用可能な対策工法として、樋門等構造物周辺の空洞化対策として実績のあるグラウト工法による充填材（ベントナイトセメントや可塑性材等）の注入や、掘削再転圧が挙げられる。

グラウト工法の概要を図 7.3.5-4 に示す。なお、砕石置換が適用される区間では排水機能の低下を招くこととなり、また、近隣で地下水利用が行われている箇所では水質に影響を及ぼす可能性があるため、グラウト工法の適用にあたってはこれらの点に配慮が必要である。



(3) 置換砕石層の目詰まりを想定した維持管理

【課題】 浸透対策のひとつとして、道路構造物周辺地盤の通水性を確保するため、図 7.3.5-5 に示す構造物底板下や側壁背面の砕石置換を検討しているが、時間の経過とともに目詰まりが進行することで、通水機能の低下が懸念される。

【対応案】 通水機能を長期的に確保するためには、適切な維持管理が必要となる。そのため、類似する工種での目詰まり対策の実施事例を収集し、それらを参考に詳細設計時に検討を進めることで、機能の保全を図ることとする。

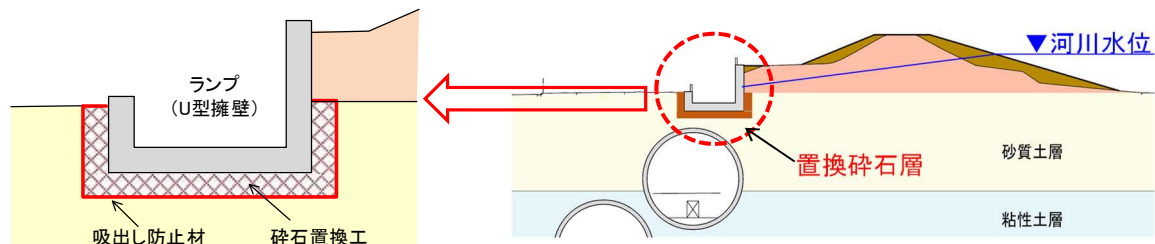


図 7.3.5-5 砕石置換工概要図

事例などから考えられる対策案

類似の事例であるが表 7.3.5-1 に、地下水涵養対策での通水管周辺の目詰まり対策事例を示す

目詰まりの原因としては、周辺地盤からの細粒土の流入や、微生物の繁殖が考えられる。類似工種の事例においても、原因を抑制もしくは除去するため、下記の対応が行われている。

- ・置換砕石層に通水暗渠を挿入することで、通水性の向上を図る。
- ・フィルター材で被覆することで、堤体からの細粒土の流入を抑制する。
- ・空気や日照の影響を受けにくくすることで、微生物の繁殖や酸化鉄の生成を抑制する。
- ・洗浄可能な構造とし、定期的もしくは目詰まりが生じた際には洗浄を行う。

表 7.3.5-1 地下水涵養工法における目詰まり対策事例^{※2}

名称	⑧阪和道堺地区工事	⑨横井戸使用による地下水位保全例	⑩首都高速中央環状新宿線
分類区分	開削工法による深部での対応→外部への取水井戸の設置→通水管方式	シールド工法への対応→壁の削孔(パイプ設置)→通水管方式	開削工法による深部での対応→壁への取水機能の付加→通水管方式
施工事例名	・工事名称：阪和道堺地区工事 ・工期：1991年4月～1993年9月 ・発注者：日本道路公団大阪建設局	・工事名称：横井戸使用による地下水位保全例(Duisburg)	・工事名称：首都高速中央環状新宿線 ・施工場所：東京都目黒区、渋谷区、新宿区、中野区、板橋区 ・工期：平成11年11月現在施工中 ・発注者：首都高速道路公団
対策の概要	逆サイホン方式、ポンプによる強制送水、既設の跨道橋を利用した自然流下方式について比較検討を行い、施工性、信頼性、経済性の観点から、逆サイホン形式を採用した。 逆サイホン形式は送水状況を確認できず涵養水量を定期的に把握できないが、自然流下化させるため維持管理が不要である。2本の井戸と連通管を1.2kmの掘削区間に9セツト設置した。 施工期間を12ブロックに分割して各ブロックの施工時期をずらし、工事中の地下水流を遮断しないようにした。	スリット付きフィルター管をスライド挿入しながら、管の安定化とフィルター効果を目的としたフィルターバックを形成する工法(Ranny-Fally技術)を使用して横井戸を形成し、それを構造物の下のサイフォン管と繋ぐことによって、地下水流阻害を緩和する方法。	RC連壁施工時に溝型通水枠、スクリーン(取水・涵養井)を設け、通水枠の躯体側にバルブを設置し施工時の止水性を確保する。また、躯体上下部に通水管を敷設し、上下流側の接続部とする。躯体完成後、バルブを開き通水性を確保する。 取水・涵養井の設置ピッチは30m～50mである。
概略構造図			
迂回経路の構築方法	地下水脈の上流側と下流側に井戸を設置して両井戸を連通管で結ぶ。 井戸の周囲を砕石で埋めフィルターゾーンとした。 ・井戸直径2m、有孔管(開口率7.5%) ・連絡管 直径1m程度	サイフォン管	バルブ付き通水管。設置間隔は30m～50m。
取水・涵養方法	地盤の均一性を考慮し、集水面積を広くするために井戸の前後に1にレンチ状のドレーンとグラベルドレーンを設置した。	Ranny-Fally技術を使用した延長4m程度の横井戸により、取水・涵養を行う。横井戸の影響圏は1.5m程度。	連壁躯体内に設置した溝型通水枠、スクリーン(取水・涵養井)を設けている。
目詰まり対策	通水施設の選定に当たっては、通水機能を永久的に維持できるかどうかを重視した。 掘削道路の下部に連通管を設置することにより空気や日光の影響を受けないので、目詰まりの原因となる微生物やさびの発生を防止できる。	3ヶ月周期の横井戸の洗浄	維持管理方法の検討中。泥膜の除去は、V型ワイヤーを通してジェット洗浄する。
効果	対策工事完成後3年経過時点の観測データによれば地下水位は安定しており、通水施設の目詰まりもほとんど発生していない。	---	---

※1 永井・西垣・宇野・柳田「恒久的な地下水流動保全工法の設計・施工および維持管理手法の検討」土木学会講演集、2005より抜粋

※2 (財)エンジニアリング振興協会 地下開発利用研究センター「地下構造物と地下水環境」より抜粋

(4) のり尻ドレーン工のモニタリング

【課題】浸透対策として必要となる「のり尻ドレーン工」の継続的な効果確認や、定量的評価の妥当性を検証するためには、ドレーン及びその周辺の目詰まり状況を監視する必要がある。

【対応案】ドレーン工設計・施工に関する参考資料（技術資料）（平成 25 年 7 月 （一財）国土技術研究センター）を参考に、水位計測を主体としたモニタリングを実施する。

計測機器によるモニタリング手法案

「ドレーン工設計・施工に関する参考資料（技術資料）」によるドレーン工の効果を把握するための観測施設の配置及び水位観測孔の構造を図 7.3.5-6 に示す。延伸部区間ののり尻ドレーン設置区間は、この資料に準拠し、ドレーン内、堤体内、基礎地盤に水位観測孔を設置して水位計による連続計測を行うものとする。水位観測孔の配置例を図 7.3.5-7 に示す。計測箇所は、浸透流解析断面である No.36 を代表断面とし、その他 50m 程度の間隔でドレーン内水位とドレーン背面の堤体内水位（堤体内水位③）を計測する。

なお、ドレーン工の目詰まりの可能性は低いと考えられるが、モニタリングにより目詰まりが疑われる場合には、開削調査にてその状態を確認し、必要に応じてドレーン工の入れ替え等の措置について検討する。

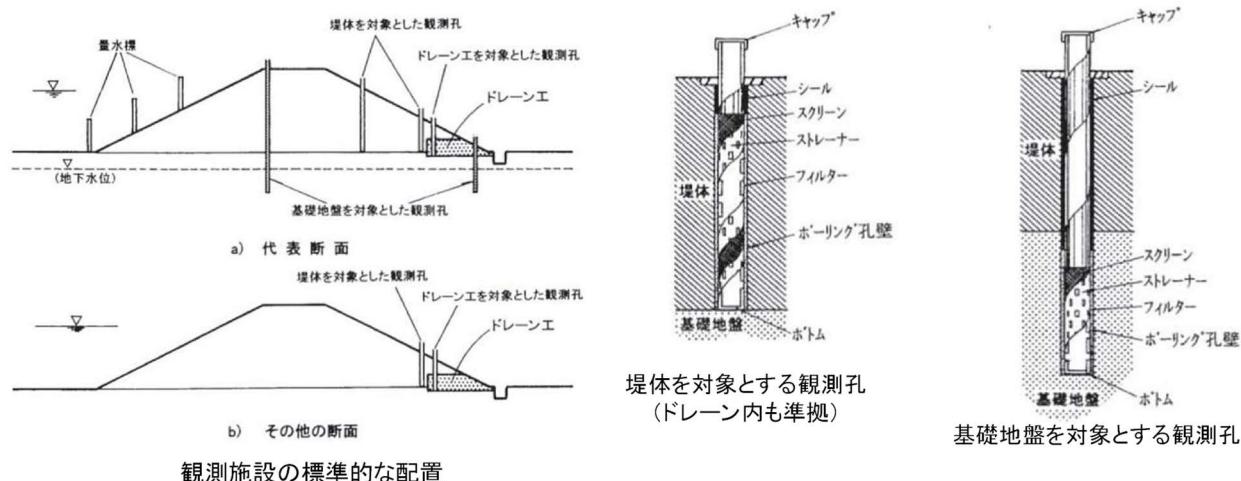


図 7.3.5-6 水位観測施設の標準的な配置と水位観測孔の標準的な構造

（ドレーン工設計・施工に関する参考資料（技術資料）より引用）

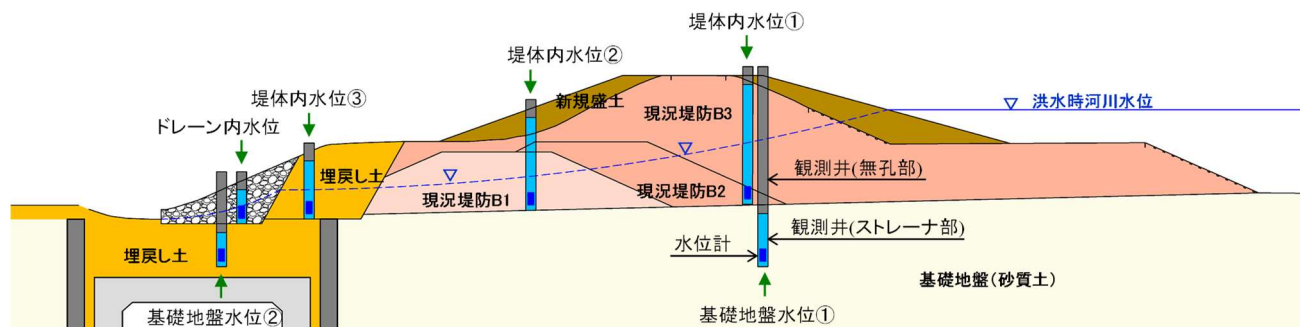
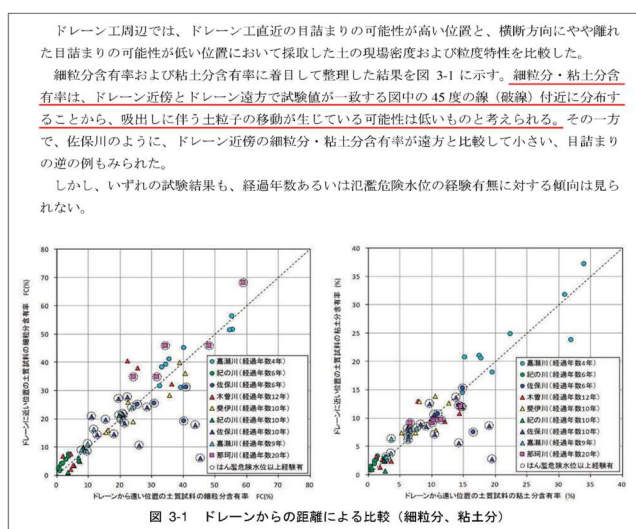


図 7.3.5-7 のり尻ドレーン設置区間の水位観測孔配置例

2016～2017年度にかけて、地方整備局・事務所、土木研究所が協力し、河川堤防のドレーン工や川表遮水工の長期安全性に係る開削調査が全国 15 箇所で行われている（河川堤防の浸透対策工の長期安全性に係る開削調査（2019年9月 土木研究所資料））。

この開削調査では、長期の安全性が懸念されるドレーン工を巻き込むフィルター材（吸出し防止シート）の目詰まりや劣化、ドレーン周辺堤体土の物性変化（主に粒度組成）、のり面に設置された遮水シートの劣化等について調べられており、その結果、調査した範囲においては「対策工の機能に影響を及ぼすような変化は確認できなかった」とされている。また、ドレーン工設計マニュアル（平成25年6月 国土交通省 水管理・国土保全局治水課）にも、フィルター材の透水係数の経年変化に関する調査結果が示されており、10～30年以上経過したものでも規格値が確保されていることが記載されている。

これらのことから、ドレーン工の目詰まりによる機能低下は低い状況にあると推測される。



ドレーン工周辺の堤体土の粒度組成変化について
(「河川堤防の浸透対策工の長期安全性に係る開削調査」より抜粋)

ここで、フィルター材の透水係数の経年変化について、現地事例を基に整理した結果を図 2.3 に示す。設置から 10 年から 30 年以上経過したフィルター材でも、規格値である 1×10^{-3} (cm/sec) が確保されていることが確認できている。また、室内実験より、フィルター材と直近の土粒子部分を含めたドレーン工全体の透水係数についても、長期的な機能保持が確認できている。

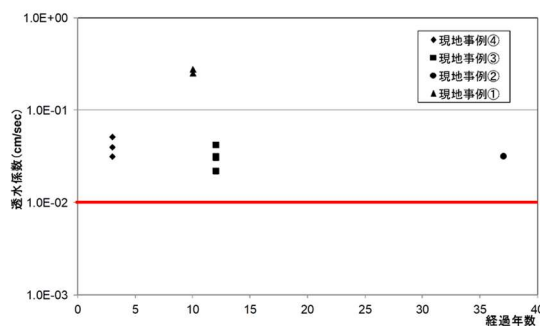


図 2.3 現地事例におけるフィルター材の透水係数の経年変化

フィルター材の透水係数の経年変化について
(「ドレーン工設計マニュアル」より抜粋)

図 7.3.5-8 ドレーン工における経年変化

7.3.6 管理者間の体制等について

■点検実施時期の連絡体制

一体構造物は、堤防と道路の兼用工作物となることから、常時（出水期前・台風期）の点検の実施にあたっては、河川管理者と道路管理者で調整が必要となる。

上記のほか、非常時（出水・地震等）に緊急的に点検を実施する場合の連絡・出動体制が必要となる。

■点検・計測結果の共有・利用方法

計測したデータの利用方法（妥当性検証目的・管理目的）を管理者間で十分に共有することが必要となる。将来的には、計測データを異常時の通行規制や広域避難勧告等に活用するなど有効な利用方法についても検討することが望ましいと考える。データ公開の方法論についても今後、協議等により検討を深める。



なお、阪神高速道路では維持管理の分野でも BIM/CIM の活用を推進しており、妥当性検証モニタリングを含め、導入を検討する。

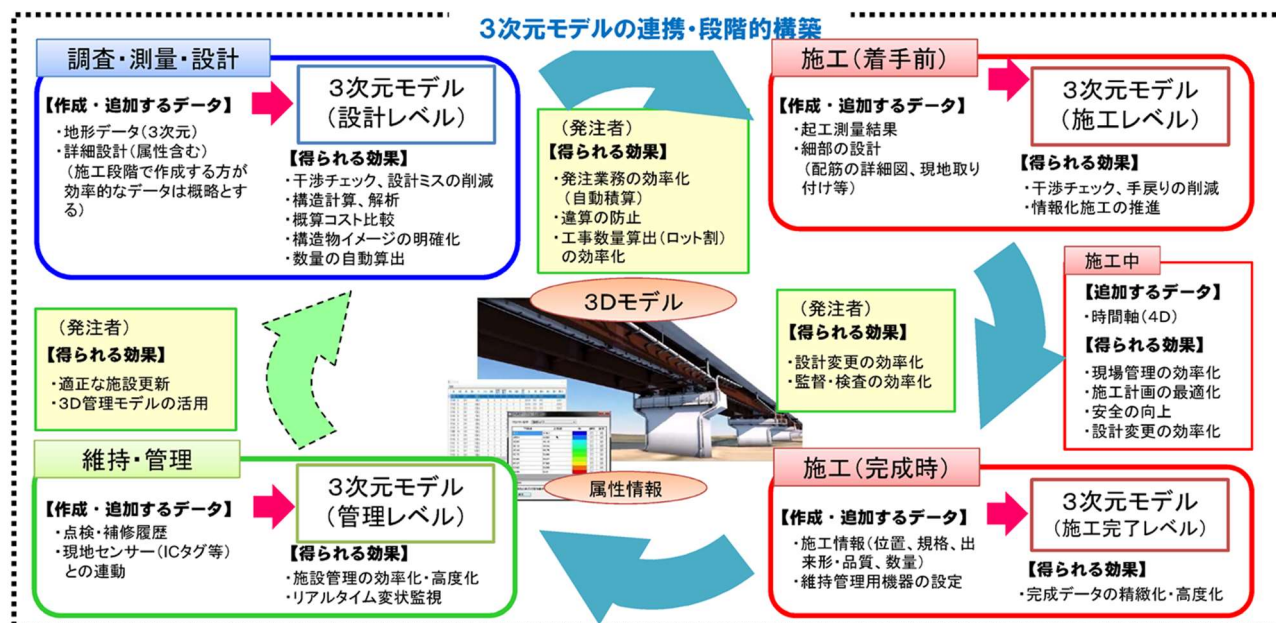


図 7.3.6-1 維持管理を含めた 3 次元モデルの連携・段階的構築の例

(出典：第 3 回 BIM/CIM 推進委員会資料（令和 2 年 2 月，国土交通省））

7.4 まとめ

延伸部区間のモニタリングは、2期と同様に、完成後の安全性確保のため実施してきた解析等による「定量的評価の妥当性を検証するため」のモニタリングと、変状が生じた場合に、補修等を行う等の「施設の維持管理を目的」としたモニタリングの2種類に分けて整理を行った。

定量的評価の妥当性検証モニタリングは、定量的評価で実施した「洪水時の地下水位の状況」、「圧密沈下の進行の状況」、「地震時の一体構造物の挙動」について、解析による推定値と、実際に事象が生じた場合の現象を比較し、解析により実施した定量的評価の妥当性の検証を行うためのモニタリング手法について検討した。モニタリング項目としては、1.堤体内水位・堤内水位、2.地盤変位、3.地震応答加速度等を抽出した。モニタリング箇所は、項目に応じて定量的評価の結果との対比ができるよう堤防横断方向、縦断方向に設置例を示した。

延伸部区間の供用開始後、1.堤体内水位・堤内水位、3.地震応答加速度等については、定量的評価の妥当性が確認できる程度の外力が作用した場合に、モニタリング結果から、解析の妥当性検証を行うことが考えられる。2.地盤変位については、施工時から供用後にわたって地盤変位を計測し、解析の妥当性検証を行うことが考えられる。

施設の維持管理を目的としたモニタリングは、まず、2章で述べた被害シナリオから、一体構造物に発生する可能性のある変状、確保すべき機能を整理し、その機能を確保するためのモニタリング項目を抽出した。次に、抽出したモニタリング項目について、既存のマニュアル等を基に、点検及び点検結果の評価の実施時期、モニタリング事項について整理し、一体構造物として特別に必要となるモニタリングについて、手法（案）を示した。さらに、点検結果の評価について、既存のマニュアル等を基本に、一体構造物として特別に必要となるモニタリング結果について、評価方法（案）を検討した。

モニタリング項目としては、想定した被害シナリオにおける外力に対して着目した一体構造物に生じる破壊・損傷等の現象から、管理が必要な項目を7.1.3に示す17項目抽出した。

一体構造物のモニタリング（点検・点検結果の評価）は、既往の河川施設、道路施設の点検体系・点検要領・評価要領を基本として定めるとともに、要領等に記載のない項目については、新たに点検項目、点検結果の評価基準を示した。

延伸部区間の一体構造物は2期と同様に堤防と道路の兼用工作物となることから、具体的な点検の実施体制、計測したデータの利用方法（妥当性検証目的・管理目的）の共有方法など、今後、詳細に管理体制等について、別途協議する必要がある。

8 章 淀川左岸線延伸部の淀川左岸堤防区間に関する技術検討委員会

8.1 淀川左岸線延伸部の淀川左岸堤防区間に関する技術検討委員会の位置づけ

延伸部は、大深度地下領域を活用した道路トンネルで、大深度領域を含むシールドトンネルの構造や施工技術等については、平成 31 年 1 月に「淀川左岸線延伸部技術検討委員会」を設立し、技術的な確認、検討を進めている。また、当路線は 2 期と同様に淀川堤防に近接する区間が存在し、堤防と道路構造物を一体とした場合の安全性についても技術的な確認、検討が必要である。これらを踏まえ、堤防の治水機能を維持するための技術的な指標（堤防と道路構造物を一体とした場合に堤防として要求される機能を満足すること等）を明確にし、安全性を検証するとともに、施工方法やモニタリング手法等についても技術的な確認、検討を行う目的として、学識経験者、関係機関により技術委員会を設置した。2 期委員会の委員長であり、技術委員会の委員長でもある大西有三京都大学名誉教授をはじめとする有識者を含め、全 5 回に渡って技術的な確認、検討を実施した。本章ではこの技術委員会の結果を示す。

■ 有識者名簿（2024 年 3 月現在）

（50 音順、敬称略）

	氏 名	所属・役職
委員長	大西 有三	京都大学 名誉教授
委員	清野 純史	京都大学 名誉教授
委員	佐々木 哲也	土木研究所 地質・地盤研究グループ 土質・振動チーム 上席研究員
委員	瀬崎 智之	国土技術政策総合研究所 河川研究室長
委員	建山 和由	立命館大学 総合科学技術研究機構 教授
委員	中川 一	京都大学 名誉教授

8.2 技術委員会の経緯

8.2.1 第 1 回技術委員会

■ 開催日時：2020 年 9 月 8 日 10：00～12：00

〈技術委員会の結果〉

以下の項目について、説明を行い、承認を得た。

- ・審議対象、検討方針について
- ・2 期との共通点・相違点
- ・2 期を踏襲できる対策の方向性、断面選定の考え方
- ・河川堤防としての安全性に関する事項、施工時・完成後に関する事項についての今後の審議内容について

8.2.2 第 2 回技術委員会

■ 開催日時：2021 年 1 月 18 日 15：00～17：00

〈技術委員会の結果〉

以下の項目について、説明を行い、承認を得た。

- ・検討項目及び検討手法について
- ・数値解析による各検討項目についての照査基準、照査項目、照査手法
- ・数値解析を伴わない検討項目と検討方法
- ・数値解析における計算断面の選定について

- ・解析上の不確定条件に対する対応

8.2.3 第3回技術委員会

■ 開催日時：2021年6月30日 15:00～16:40

〈技術委員会の結果〉

以下の項目について、説明を行い、承認を得た。

- ・一体構造物の安全性の照査結果について
 - ・堤防の侵食に対する安全性：直接侵食、側方侵食については照査基準を満足し、洗堀について適切な対策を行うことで、照査基準を満足する。
 - ・堤防の浸透に対する安全性：適切な対策工（道路構造物周辺の碎石敷設等）を実施することで照査基準を満足する。
 - ・堤防の地震に対する安全性：地震後の河川外への越流、津波による越波に対する安全性については照査基準を満足する。
 - ・堤防の変形（圧密）に対する安全性：対策を実施しない場合、照査基準を満足しなかったため、対策工を検討する必要があることが分かった。
- ・高規格堤防の照査方法について
- ・3次元浸透流解析、3次元的地盤耐震解析の照査解析範囲について

8.2.4 第4回技術委員会

■ 開催日時：2022年3月18日 10:00～11:00

〈技術委員会の結果〉

以下の項目について、説明を行い、承認を得た。

- ・検討断面の形状等の変更と、それに伴う断面選定について
- ・一体構造物の安全性の照査結果【完成時】【施工時】が堤防の安全性に及ぼす影響に関する検討について
 - ・道路設計が進み、構造物の形状等を変更して検討を実施した。
 - ・堤防の侵食に対する安全性：一部区間について、適切な対策工（根固め工等）を行うことで、照査基準を満足する。
 - ・堤防の浸透に対する安全性：一部の断面について、適切な対策工（道路構造物周辺の碎石敷設等）を実施することで照査基準を満足する。
 - ・堤防の地震に対する安全性：一部の断面について、適切な対策工（地盤改良（固結工法）等）を実施することで照査基準を満足する。
 - ・堤防の変形（圧密）に対する安全性：一部の断面について、適切な対策工（地盤改良（固結工法）等）を実施することで照査基準を満足する。
- ・完成時における一体構造物のモニタリングに関する検討（案）（開削ボックス区間）について

8.2.5 第5回技術委員会

■ 開催日時：2024年5月20日 15:00～16:30

〈技術委員会の結果〉

以下の項目について，説明を行い，承認を得た。

- ・ 一体構造物の安全性の照査結果について
- ・ 一体構造物のモニタリングに関する検討について
- ・ 委員会とりまとめについて

8.3 技術委員会の総括

道路構造物及び堤体の一体構造物の安全性を確保できるという申請者側の考えに対して，技術委員会の観点で評価して頂いた。評価の結果，2 期と同様に，延伸部区間での安全性は確保できているという評価を頂いた。

9 章 その他

9.1 その他配慮すべき事項

技術検討書は、第 1 章で述べたように技術委員会で審議された技術的知見を用いて、道路構造物、河川堤防の一体構造物の安全性を評価するために実施した技術的検討内容を取りまとめた資料である。以下に 2 期でまとめられたその他配慮すべき事項を基本に、延伸部区間での配慮事項を追記して示す。

(1) 土留め鋼矢板の取り扱い

河川堤防側の鋼矢板の取り扱い

道路構造物構築時に、河川堤防側に打設される土留め鋼矢板は、完成形において、河川堤防定規内にある場合は仮設物であるため撤去することが原則となる。

しかし、引抜時に堤体へ悪影響を及ぼすことが懸念されることから、土留め鋼矢板の取り扱いについて検討した。

【課題】

- ① 2H ルールに基づく河川管理区域における矢板の撤去
- ② 透水層（地下水帯水層）の遮断による現況地下水流況への影響
- ③ 矢板撤去時の基礎地盤のとも上がりによる既設堤防盛土への影響

【河川堤防側の鋼矢板の取り扱い方針】

河川堤防定規に重複する土留め鋼矢板は、これまでの河川管理における取り扱いに準拠し、撤去を行うことを基本とする。しかし、鋼矢板引き抜きによって水みち発生要因となるなど堤体への悪影響が懸念されるため、2 期での試験施工、本施工の結果及び対策をフィードバックする。

継手部の仮設鋼矢板の取り扱い

(1) により、堤外側の仮設鋼矢板は、撤去を基本とする。一方、2 期委員会では、「大規模地震により継手部に隙間が発生した場合、継手部付近の鋼矢板を存置することで、堤体盛土の道路ボックス内への流入の抑制等に寄与する可能性がある」という意見をいただいている。

【継手部の仮設鋼矢板の取り扱い方針】

試験施工による引き抜きの影響や、仮設時の鋼矢板の設置状況（矢板長、矢板頭部の高さ等）を踏まえるとともに、継手部の矢板を存置するメリット・デメリットを見極めたうえで、取り扱いについて決定する。（施工時の対応）

(2) 景観・自然環境に対する基本的な配慮事項、利用形態

延伸部区間の完成堤防高が約 7m 程度で計画しており、現況では堤防と地先道路の間に道路構造物を設置することから、南岸線や周辺民家からの景観性、自然環境、堤防上面への利用者のアクセスについて懸念される。そこで、南岸線や周辺民家からの堤防方向への景観への配慮、堤防周辺の自然環境、堤防上面の利用者に配慮事項に対する基本方針を整理する。

堤内側からの景観への配慮事項

【課題】

延伸部区間の建設により、住居地や南岸線から淀川方向に対し、現況の緑の斜面（土手）から、コンクリートの壁が連続する景観へと変わる。特に、堤内側の道路を通行する歩行者や、ドライバーへの圧迫感や威圧感の低減が必要である。

【堤内側からの景観に対する基本方針（案）】

「道路利用者にとって大規模構造物の圧迫感を低減させるとともに、生活者からは生活環境が向上したと感じていただける道路の景観形成をめざす」ことを基本方針とする。

今後、詳細検討段階では、基本方針を満足する計画について、構造形式及び区間に応じた検討を行う。

堤内地から堤防へのアプローチ

- ・ 堤内地から河川堤防へのアクセス路を確保するため、南岸線から延伸部区間上部にアクセスするアプローチ施設（階段・スロープ）を設置
- ・ アプローチの構造は、「道路の移動等円滑化に関するガイドライン」（令和 6 年 1 月 国土交通省道路局）に準拠したバリアフリー構造とする。

(3) 堤内側から河川への避難ルートの確保

内水氾濫が生じた場合、堤防上が避難場所となる。延伸部区間では、堤内側から堤防上にアクセスできるアプローチ施設を計画している。

【現在】

現在は、堤内側から河川へのアクセスは工事中のため制限されている。

【完成後】

完成後の堤内側から河川へのアクセスは以下の様に計画する。

- ・ 府道 14 号（長柄橋）は現在同様に、平面交差となる。
- ・ 国道 423 号～JR 京都線，JR 京都線～長柄橋の間にある 2 か所の避難橋は、現在工事中のため撤去となっているが、機能復旧の方針で検討を進める。

(4) 緊急時連絡体制と規制計画の方針

緊急時連絡体制として、以下のリスクに対応した検討を行う。

- ・ 洪水リスク：洪水時の水防活動，自治体への避難情報の提供を行う。
- ・ 津波リスク：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。
- ・ 共通リスク：非常時に交通規制を行う。

【検討内容】

現段階で定められている緊急時の連絡体制や施設の操作規則を整理して、一体構造物として今後詳細検討し

ていくために必要な連絡体制や操作規則に対する提案を行う。

●緊急時の連絡体制

淀川河川事務所では、「風水害対策部運営計画」を作成しており、洪水予報の伝達については、2期同様に、今後、阪神高速道路株式会社を加える方向で調整する。

●洪水予報の伝達

- 洪水予報の伝達先及び伝達系統については、「風水害対策部運営計画」において、情報伝達の種類と内容が示されており、これによることとする。
- 現時点の淀川洪水予報通信連絡系統図には、将来的に延伸部区間の管理者となる阪神高速道路株式会社が記載されていない。今後、連絡系統に阪神高速道路株式会社を入れる方向で調整する。

●非常時交通規制

阪神高速道路株式会社では、「風水害対策マニュアル」、「震災対策マニュアル」の中に通行規制等に関する基準が示されている。

前者の風水害対策マニュアルでは、強風と大雨時における通行規制について示されており、後者の震災対策マニュアルには、震度に応じた通行規制について示されている。

延伸部区間は、河川堤防と一体として配置されるため、今後、洪水を対象とした災害時の通行規制に関して検討する必要がある。

●津波警報発令時の二次被害防止のための施設操作

【道路情報提供装置】

延伸部区間では、トンネル内に設置する道路情報提供装置により、必要な情報を提供する。

津波警報発令時は、減速しながらトンネル内から出てもらうことを基本とし、到達時間、津波規模に応じて対応を行う。

道路ボックス内に残っている人については、非常用出口から出てもらい、所定の避難場所へ移動してもらうよう非常口の出口付近に周辺マップを設置するなどの検討を行っていく。

(5) 詳細設計及び施工段階における配慮事項

技術検討書は、堤防と道路構造物の一体構造物が堤防として要求される機能を満足すること、かつ現況堤防と同等以上の機能を有すること、また、施工に際して仮設構造物が堤防として要求される機能を確保することを目的に行った技術委員会における技術的見解を示したものである。ここでは、実施にあたっての各留意事項について整理する。

各留意事項は詳細設計時、施工時、維持管理時に分類し、箇条書きは以下の視点で整理した。

- 技術委員会の留意事項・配慮事項
- 管理者（事務局）の留意事項・配慮事項

詳細設計時における配慮事項

延伸部区間は、各種基準に準じて設計を行うが、基準に記載していない事項、本線特有の課題に着目し以下に整理した。

(河川へのアクセス)

- 淀川左岸堤防では道路橋、鉄道橋などが交差しているため、堤防天端道路が連続しておらず、交差物件に対して堤防裏法、裏小段等を使用して河川管理用通路を設置・利用している。延伸部区間を設置することにより、現況河川管理用通路の使用が困難になることから、道路ボックスを横断する新たな管理用通路の確保が必要となる。河川管理用通路の設置にあたっては、実際の運用に配慮して検討する必要がある。
- 延伸部区間整備後、従来の堤内地から河川への河川管理用通路以外のアクセスが難しくなるが、その機能を確保することも必要である。堤内側からのアクセスルートについては、階段やバリアフリーに対応したスロープ、横断歩道橋のいずれかのアクセス構造を提案し、必要なアクセスルートを確保するよう今後の詳細設計時に検討する必要がある。

(排水溝の構造)

- 4.1.5.1 に示すように、雨水による侵食対策として排水溝を設置する。排水溝の機能維持の目的で、経年劣化、目地開き等による水漏れ発生の防止や、排水溝内の清掃等のメンテナンスが必要になるため、詳細設計時には維持管理の観点にも配慮しつつ検討する必要がある。

(降雨浸透対策)

- 降雨浸透対策として、堤防天端から堤内側の上面に対して難透水性材料を設置する必要があるが、圧密沈下の検討結果より、完成後も残留沈下が継続する可能性がある。そのため、特に堤防天端と道路構造物の間のデルタ部において難透水性材が沈下によって破壊、破断等が発生しないように構造的な工夫が必要である。また、覆土のすべり対応型のブロックの使用やのり尻部に碎石ドレーンを設置した降雨による覆土内の水位上昇抑制等の実施を想定しているが、難透水性材料の性能（耐久性、施工性）考慮したコスト比較や、降雨による覆土のすべり対応方法、維持管理の判定方法については、詳細設計時に引き続き検討する。

(土質定数等の適用性)

- 解析で用いた土質定数について、現地地盤の局所的な土質条件の違いにより解析結果が危険側の予測となる可能性が考えられるので、詳細設計段階で追加土質調査を実施した上で、土質定数の適用性について確認する必要がある。

(堤防の支持力確認)

- 施工時期までに、一体構造物の施工に伴う新たな盛土に対して、粘性土の一軸圧縮強度試験データの収集と沈下～支持力の関係の把握を行い、今後の詳細設計時に堤防基礎地盤の支持力を評価することで、淀川堤防の安全性を確保する必要がある。

(解析断面からの形状変更)

- 詳細設計時に協議等により堤防形状の変更や道路構造物、地盤改良範囲の変更が生じる可能性がある。変更が生じた際には技術委員会で審議した照査項目と照査基準に基づき安全性の確認を行う必要がある。安全性の確認は基本的には表 9.1 の整理に基づき確認を実施する。安全性の確認については、委員会の審議結果等から定性的に判断もしくは定性的に判断できない場合は解析による確認を行う。加えて、複数の断面で変更が生じた場合には各解析で整理した断面選定の考え方を適用し、最も厳しい設計条件で安全性を確認した上で、確認結果を他断面にも適用できるものとする。なお、安全性の確認の結果、技術委員会で想定していない対策工等を実施する場合や表 9.1 の適用が困難な場合は適宜有識者委員への確認を行う。

侵食・・・・・・川表側の堤防形状が変更となった場合には照査外力への影響が想定されるため確認が必要となる。

浸透流・・・・・・道路構造物と堤防法線との距離が近くなるような変更や道路構造物間の距離が近くなる場合は透水機能が低下すると考えられるため、確認が必要となる。また、堤防形状について盛土量が増える方向の変更については 4.2.2.8 の結果から安全性が向上するが、盛土量が減少する変更の場合には安全性の確認が必要となる。

耐震・・・・・・堤防形状の変更が生じた際には、液状化への影響が大きい盛土量が減少する場合に確認を実施する。また、地盤改良範囲が拡大する場合には安全性が向上すると判断する。

圧密沈下・・・・上載荷重が増える方向の変更については安全性が低下する可能性があるため、確認が必要となる。

表 9.1 設計条件の変更時に追加で安全性の確認が必要な項目

対象構造物	増 or 減	安全性確認の要否			
		侵食	浸透流	耐震	圧密沈下
堤防形状 (盛土量)	増加時	必要(河道内流量に影響を与えない変更の場合は不要)	不要	不要	必要
	減少時	不要	必要	必要	不要
道路構造物形状 (横断方向の幅)	拡大時	不要(堤防形状が変更になる場合は必要)	必要(堤防法線と道路構造物が離れる場合や通水層の幅が小さくならない場合は不要)	必要	不要(変更前より上載荷重が増えた場合は必要)
	縮小時	不要	不要	不要(道路構造物の照査は必要)	不要
地盤改良範囲 (横断方向の幅、鉛直方向の深度)	拡大時	不要(堤防形状が変更になる場合は必要)	必要(浸透流解析で見込んでいた範囲から拡大しない場合は不要)	不要	不要
	縮小時	不要	不要	必要	必要

(計測器を使用するモニタリング)

- モニタリングに使用する計測器、設置方法、設置個所、観測システム（データ収録・転送方法など）を 2

期の知見を踏まえて検討するとともに、長期間の計測となるため、計測器が故障した場合の対応や異常値が確認された場合の取り扱いについても配慮したモニタリング計画を検討する。

- 堤体内水位や地震応答加速度等の妥当性検証モニタリングは、定量的評価の妥当性が確認できる程度の外力が作用した場合に、その外力を用いた解析結果とモニタリング結果から、解析の妥当性検証を行うが、妥当性検証後の計測継続の要否と期間については維持管理上の観点から管理者間で協議の上決定する。

施工段階における配慮事項

延伸部区間は、各種基準に順じて施工を行うが、特に留意して実施すべき事項について以下整理する。

（品質管理）

- 淀川左岸堤防は堤防高が高いことから、築堤盛土時の締固めの品質管理が重要となる。盛土の品質管理については基準等を参考に設定する必要があるが軟弱地盤上での施工であることから、盛土速度についても管理基準を設定しておく必要がある。盛土速度は河川土工マニュアル等を参考にできる。
- 仮締切堤は土堤による仮締切も採用するため、本堤施工時のみにかかわらず施工時の土堤に対しても軟弱地盤上の盛土に配慮する必要がある。
- 本工事は延長約 1km を対象とする工事であることから、使用するコンクリート量が多い。そのため、施工時のコンクリート強度等の品質管理について留意する必要がある。
- 道路構造物周辺は水みちの発生が懸念されるため、施工時の締固め管理は適切に実施すること。

（仮設構造物）

- 施工時は土留め鋼矢板の変位を抑制するために必要な切梁を設置する。土留め、切梁、支保工等の仮設構造物の設計においては、想定される最大の地下水位について確認する必要がある。道路構造物浮き上がりの検討でも実施した通り、飽和－不飽和浸透流解析結果より確認する土留め矢板前面位置での堤体内水位を条件とし、洪水時の浸透水にも対応できる構造にする必要がある。

（施工時の周辺への影響）

- 盛土工事に際しては、側方流動に伴う周辺建物への影響に留意した計測を実施する必要がある。周辺への影響については、施工前家屋調査を行っておき、施工時のモニタリングと合わせて確認する。

（施工時の河道内水位）

- 施工時の河道内水位の確認においては、検討している手法以外（例えば仮設の構造物等を配置した場での平面二次元不定流解析など）での確認も、検討結果の精度を高めるために考える必要があることから、詳細設計時にモデル化を含めて検討する。

（設計、施工、維持管理の連携）

- 設計、施工、維持管理を連携して行う必要があることから、CIM 等の今後の新技術の動向も踏まえ、実施段階において検討する必要がある。

(6) 供用時における配慮事項

第7章で整理した維持管理・モニタリングに加え、定めなければならない管理者の運用ルール等、今後協議が必要な事項について、以下に整理する。

(点検実施時期の連絡体制)

- 延伸部区間の一体構造物は、堤防と道路の兼用工作物となることから、常時（出水期前・台風期）の点検の実施時期は、河川管理者と道路管理者で時期の調整が必要。
- 上記のほか、非常時（出水・地震等）に緊急的に点検を実施する場合の連絡・出動体制が必要。

(点検・計測結果の共有)

- 実施した点検・計測結果について相互の情報共有、伝達方法の検討が必要である。
- 点検・計測結果の評価は、河川管理者と道路管理者双方の視点から評価を行う体制が必要である。

(点検・計測結果の利用方法)

- 計測したデータの利用方法（妥当性検証目的・管理目的）を管理者間で十分に共有するとともに、モニタリング観測データは確実に蓄積していくこと。
- 将来的には、計測データを異常時の通行規制や広域避難勧告等に活用するなど有効な利用方法についても検討することが望ましい。
- データの相互利用の方法論についても今後検討を深めることとする。

10 章 まとめ

本技技術検討書は、技術委員会での検討を取りまとめたものである。延伸部区間は、淀川左岸堤防定規断面内に道路ボックスやU型擁壁が設置され、河川堤防と一体構造物となる。そのため、河川構造令第 19 条で規定される土堤原則に適合しないと判定される。そこで、一体構造物が堤防の治水機能を維持するために必要な技術的指標を明確にし、安全性を検証した。さらに、一体構造物の施工方法やモニタリング手法等についても技術的な確認、検討を行った。

延伸部区間の河川概要と道路構造物の概要を第 1 章に示している。次に、想定される被害シナリオと検討方針を第 2 章に示している。検討には先行事例である 2 期で得られた知見を踏襲することを基本としている。延伸部区間の基本設計条件の整理が、第 3 章に示されている。

河川構造令第 18 条第 1 項の「計画高水位以下の水位の流水の通常的作用に対して安全な構造であること」という規定を満足するかについて、第 4 章で技術的検討が行われている。検討対象は侵食、浸透、地震、常時、波浪・高潮時の 5 つの作用項目とした。侵食作用には、直接侵食と側方侵食に対する安全性と低水護岸の洗堀、雨水による堤体の侵食に対する安全性を照査した。侵食には護岸被覆ブロックを設置し、洗堀には根固めブロックと矢板、雨水による侵食には縦断的な排水溝で対策する。また、高規格堤防の越流水の侵食に対しては張芝施工で対応可能である。浸透作用には、浸潤面上昇に伴うすべり破壊、道路ボックスの浮き上がり、滑動・転倒・地盤支持力、道路構造物の部材、道路ボックス周りの水みち、継手からの漏水、土砂流入、平均動水勾配、地下水流動阻害による浸潤面への影響の安全性が照査された。加えて、基礎地盤のパイピング破壊、立坑周辺部等の土留め工変化部の安全性も照査した。対策工は、川裏の降雨浸透対策、のり尻ドレーン、碎石置換、表のり面の遮水シート、道路横断排水工等を組み合わせることにより照査基準を満足する。また、浸透流解析には、3 次元浸透流解析を行い、2 次元では考慮できない局所的な地下水流動阻害や堤体内水位上昇等について確認し、いずれも発生しない結果が得られている。地震作用には、レベル 2 地震動の地震後の道路構造物と堤体の残留変形、構造部材、水みち発生に対して安全性を照査した。なお、ランプ部の底面回転角の照査は、レベル 2 地震動に加えてシナリオ地震動も用いている。対策は、液状化対策工である地盤改良とし、その範囲は一体構造物の機能を満たすための必要最小限の範囲を定めた。さらに、3 次元耐震解析により、部材発生応力及び継手の目開き量も確認した。修復性についても、レベル 1、2 地震動の作用に対して、道路ボックスの安定性と構造部材の安全性を照査した。また、交通振動に関しても水みち発生に対して、照査された。常時作用には、液状化対策工を考慮したすべり破壊と沈下に対する安全性を照査した。波浪・高潮等の作用として、波浪には地震後の津波外力と高潮による直接侵食、越波に対する安全性を照査した。維持管理の容易性には、堤防の安全性に係る性能の維持の観点から、堤体及び道路構造物の点検、復旧作業のためのアクセスの確保や体制の整備についての確認がなされている。

河川構造令第 19 条の規定によるもの（土堤原則）と同等以上の効力を有するかの確認を第 5 章で行っている。照査項目として、劣化現象が生じにくいこと、不同沈下に対する復旧が容易であること、基礎地盤と堤体が一体としてなじむこと、嵩上げ、拡幅等が容易であること、地震時及び洪水時に被災した場合の復旧が容易であること、の 5 項目を設定している。それらを満足することにより、土堤と同等以上の効力を有することが確認された。

施工方法に関する技術的検討が第 6 章で行われている。施工時には、仮締切堤が設置される。仮締切堤は長期にわたり設置されることから、本設と同等の治水機能を有しているかを確認するため、侵食作用に対する

検証が行われた。その結果、安全性を確保していることが確認された。また、施工時の不確実性を補完するためモニタリングに関する検討も行われた。

維持管理手法に関する検討が**第 7 章**で行われている。技術委員会で実施した解析による定量的評価の妥当性検証と施設の管理を目的として行うモニタリング内容に取りまとめられている。妥当性検証のためのモニタリングは、堤体内水位、地盤変位、地震応答加速度を計測し、想定した現象に近い外力が生じた場合に活用される。施設管理の目的の点検項目は、河川施設に関するものと道路施設に関するものがある。結果の共有や利用方法について、河川管理者と道路管理者間の体制構築の必要性も述べられている。

学識者を含めた技術委員会の経緯と総括を**第 8 章**で示している。その他留意すべき事項を**第 9 章**で示している。最後に、まとめを**第 10 章**で示している。

上記のとおり、技術検討書では技術委員会での一体構造物としての安全性の技術的検討の結果をまとめた。評価の結果、延伸部区間は一体構造物として要求される機能を満足し、かつ、整備することが可能であるものと評価する。