

資料 6-2
第 6 回
淀川左岸線（2期）事業 に関する技術検討委員会

第 7 章

施工時における一体構造物に対する影響検討

平成 27 年 1 月 29 日

第7章 施工時における一体構造物に対する影響検討

淀川左岸線（2期）においては、河川堤防を部分開削する区間があることから、施工時においては、治水安全性の確保を目的として仮締切堤を設置しなければならず、この仮締切堤は「仮締切堤設置基準（案）の一部改定について（通知）」（平成二十六年十二月十一日 国河治第九十二号 国土交通省水管理・国土保全局治水課長，通称「締切堤基準」）による。

本土工の施工計画は、「道路土工 仮設構造物施工指針」平成11年3月社団法人日本道路協会による。施工計画にあたっては、長期間の通年施工となり、治水安全性、河川環境、周辺環境にくわえ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クラスで地震発生確率が30年以内に70%程度とされていることから、この巨大地震についても配慮するものとする。

本章ではこれらを考慮した検討として、施工概要、浸透に対する安定性検討、侵食に対する検討、地震に対する検討、施工時の一体構造物のモニタリングに関する検討を行う。

7.1 検討概要

仮締切堤は、堤防定規断面を部分開削する場合は「鋼矢板二重式仮締切」を基本とするが、堤防開削区間は一体構造物として川表のり勾配1:4の1枚のりの土堤となり、現行の特殊堤防表のりに腹付けするような形状となることから、効率的な施工の観点より土堤仮締切も適用する。本計画上流区間（淀川左岸7.0k付近～8.2k付近）はヨシ原区間となることから、河川環境に配慮して鋼矢板二重式仮締切とする。しかしながら、この鋼矢板二重式仮締切を連続して設置する範囲において土堤仮締切の適用が可能な区間では土堤仮締切とする。土堤仮締切区間は、堤防開削期間を少しでも短くする目的から西行き（堤内側）を先行施工する。

この土堤仮締切の盛土は、大規模地震時における仮締切堤の緊急復旧の資材として活用する。

海老江北入路、大淀出路は、特殊堤防で堤防開削部分が約50%以上となることから、堤防を全面開削とし堤体中央基礎地盤に軟弱地盤対策を施すものとする。

なお、海老江地区高規格堤防区間では、淀川左岸線（2期）計画において堤防定規断面の開削は必要ないが、上下流における川表護岸の一体構造物としての1枚化に対する連続性に配慮する。

- ・ A1：部分開削 鋼矢板二重式仮締切 L≒1,150m
- ・ A2：全開削 鋼矢板二重式仮締切 海老江北入路(100m程度)、大淀出路(100m程度)
- ・ B1：狭域部分開削 土堤仮締切 L≒1,690m
- ・ B2：開削無 土堤による1枚のり護岸 海老江高規格堤防付近、阪高池田線・JR神戸線

・ C : 開削無

仮締切不要

阪神電鉄, 国道 2 号, 国道 176 号, 阪急電鉄

施工時の洪水・降雨による影響検討では、土堤仮締切区間を対象として、完成時の検討箇所において実施する。鋼矢板二重式仮締切の場合、鋼矢板の根入れが第一帯水層を遮水し、堤防天端付近は施工ヤードとしており降雨が浸透し難いことから検討から除外する。施工段階としては、堤防開削もしくは堤内基礎地盤が最も掘削される施工段階を対象に鉛直二次元断面モデルで飽和－不飽和浸透流解析を行い、川表側すべり破壊には堤体残留水による最小すべり安全率を算出し、河川堤防の浸透に対する安全性の照査基準値 ($F_s=1.2 \times \alpha_1 \times \alpha_2=1.2 \times 1.2 \times 1.0=1.44$) を満足していることを確認する。あわせて、堤体中央付近における浸潤域が現況堤防と比較して顕著に増加していないかを確認する。

検討箇所	一体整備特性	現況堤防	施工時	完成時
□ No.53 (4.4k+191m)	パラペット堤,高規格堤防	$F_s=2.057$	$F_s=2.564$	$F_s=2.570$
□ No.94 (5.2k+188m)	パラペット堤,一般部	$F_s=1.990$	$F_s=2.033$	$F_s=3.297$
□ No.117 (5.8k+38m)	特殊堤,一般部	$F_s=2.346$	$F_s=2.456$	$F_s=3.342$
□ No.152 (6.4k+139m)	特殊堤,一般部	$F_s=2.098$	$F_s=2.356$	$F_s=2.907$
□ No.206 (7.6k+29m)	土堤,一般部	$F_s=1.670$	$F_s=1.479$	

上記に示す川表側最小すべり安全率、堤体中央付近における水位の経時変化の結果より、施工時における浸透に対する安定性は確保されていると考える。

洪水時の河道内水位と侵食に対する検討では、平成 25 年度淀川本川定期横断測量断面を用いて前述の仮締切形式を考慮した施工時河道断面を作成し整備計画流量 ($10,700\text{m}^3/\text{sec}$) に対する不等流計算を実施する。不等流計算に用いる諸定数は、淀川水系河川整備計画で設定された値を用いる。なお、鋼矢板二重式仮締切の粗度係数は既往文献より 0.025 とするが、高水敷を含む合成粗度は 0.0201 となり、整備計画で設定している高水敷粗度係数 0.020 と同程度であることから、この整備計画における高水敷粗度係数を適用する。不等流計算の結果、現況堤防と施工時堤防との水位差は阪急交差部付近で最大数 cm の水位上昇となる。淀川左岸線 (2 期) は通年施工であるため、出水期の対策として「仮締切堤設置基準 (案)」に示されている通り、河道掘削等の対策を実施するものとする。施工時堤防における不等流計算で得られたエネルギー勾配より護岸付近の代表流速を算出した結果、淀川左岸線 (2 期) では概ね $2\text{m}/\text{sec}$ 以下となり、洪水時では張芝、シート等を施すことで直接侵食に対する安定性は確保することができる。高水敷に対する側方侵食は、高水敷幅が低水路高の 2 倍以上確保できていることから安全性は満足している。

施工時の地震に対する安定性検討では、完成時における地震による影響検討で検討対象地点の土堤仮締切箇所を対象に完成時と同様に、河川構造物の耐震性能照査指針に示されている標準加速度応答スペクトルに適合したレベル 2-1 地震動、レベル 2-2 地震動に対する河川堤防の応答性状を時刻歴有効応力地震応答解析により照査する。照査基準は淀川本川耐震性能照査で設定されている照査外水位と応答解析における残留堤防高とを比較し残留堤防高が照査外水位を上回っていることを確認する。

■ レベル 2-1

検討箇所	一体整備特性	照査外水位	残留堤防高	沈下量
□ No.90 (5.2k+107m) パラペット堤, 一般部		O.P.+4.55m	O.P.+7.17m	0.93m
□ No.121 (5.8k+120m) 特殊堤, 一般部		O.P.+4.55m	O.P.+8.20m	0.83m
□ No.208 (7.6k+69m) 土堤, 一般部		O.P.+4.57m	O.P.+9.26m	0.67m

■ レベル 2-2

検討箇所	一体整備特性	照査外水位	残留堤防高	沈下量
□ No.90 (5.2k+107m) パラペット堤, 一般部		O.P.+2.17m	O.P.+7.22m	0.88m
□ No.121 (5.8k+120m) 特殊堤, 一般部		O.P.+2.19m	O.P.+8.28m	0.75m
□ No.208 (7.6k+69m) 土堤, 一般部		O.P.+2.25m	O.P.+9.20m	0.73m

上記に示す, 解析結果より残留堤防高は照査外水位を上回っていることから, 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。

南海トラフ地震規模の巨大地震時における緊急復旧として大規模地震に対するリスク対応が必要と考えられる。鋼矢板二重式仮締切のこれら地震時の振動挙動は, 横断方向のみならず縦断方向においても不明確なモードが考えられ, 解析的検討において各鋼材, 鋼材と地盤とのジョイントなどモデル化が困難と判断する。そこで, 大規模地震時における仮締切堤の緊急復旧を考えると, 資材, 機材の調達のし易さから土堤による締切堤の緊急復旧をリスク対応として計画する。阪急交差部から下流では, 土堤仮締切に用いる盛土量で緊急復旧堤防に必要な盛土量が確保することができる。この上流にあたるヨシ原区間では, 余盛を有する土堤となっており, 現況堤防天端幅は約 3m となっているため, 施工時には天端を拡幅し施工ヤードとして利用する腹付け盛土を施す計画とし, この腹付け盛土で緊急復旧堤防に必要な盛土量が確保することができる。

施工時の一体構造物のモニタリングに関する検討では, 掘削工事に伴う仮設工の安全性を確認する目的から, 仮設部材の変位, 応力, 軸力, 掘削底面下方の液状化対策工を施工した地盤の間隙水圧の計測を行う。近接する周辺地盤への影響を把握する目的から, 堤内地盤の鉛直変位, 地盤中の水平変位を計測する。現況堤防天端高を確認する目的から天端高の計測を行う。堤防間盛土による圧密沈下を把握する目的から層別沈下計による計測を行う。堤内土留工による現況地下水によるダムアップ高を照査する目的から地下水位を計測する。降雨・洪水による堤体内浸潤挙動を照査する目的から河川側土留壁近傍において地下水位計測を実施する。これら施工時のモニタリングは仮設部材の変位や応力など部材設計における許容値内となるものは, 管理目的として実施し, 地盤中の変位, 地下水位などはメカニズムの解明を目的として行う。

7.2 施工概要

淀川左岸線（2期）の施工を行うには築堤、堤防1枚のり化に伴う河川護岸、本体構造物（本線ボックスカルバート、ランプ）、耐震・圧密変状に対する軟弱地盤対策工、淀川南岸線の道路工事、道路構造物に関する仮設構造物、堤防開削に伴う締切工が必要となる。前述の様に、本事業においては河川堤防を部分開削する区間があることから、施工時においても一体構造物として耐浸透、耐侵食、耐震機能を有する構造とする必要がある。ここでは、施工時の各機能確保に対し重要な仮締切堤、堤防開削、軟弱地盤対策工に着目し、仮締切堤構造形式・設置範囲、施工手順について示す。

7.2.1 仮締切堤

淀川左岸線（2期）における仮締切堤は、基本となる鋼矢板二重式仮締切と効率的な施工の観点より土堤仮締切を用いる。これら仮締切堤の適用にあたっては、改修計画断面へのボックスカルバート、ランプ部擁壁工（以下、本体構造物）の河川堤防への抵触度合い、堤防形式（パラペット式特殊堤、特殊堤、土堤）の特性に着目し、仮締切堤の形状、範囲を設定する。仮締切堤のタイプは二重仮締切堤（施工タイプA）、土堤仮締切（施工タイプB）、仮締切不要（施工タイプC）に分類する。

鋼矢板二重式仮締切の形状は「鋼矢板二重式仮締切設計マニュアル」（平成13年5月 財団法人国土技術研究センター）に準ずる。土堤仮締切は改修計画断面に対する抵触幅を改修計画断面形状で前出し、その形状に対して完成時と同様に耐浸透、耐侵食、耐震に対して機能を確保する。仮締切堤設置基準では通年施工で堤防開削を行う場合、締切高は既設堤防高以上とされているが、本施工区間のうち特殊堤区間（5.6k）から土堤区間（8.2k）において、現況堤防高は計画堤防高に対して余盛を設置している。淀川左岸線（2期）では、締切高は治水安全性の確保が可能な計画堤防高とする。

上記の方針を元に設定する仮締切堤形状・範囲を以下に示す。

改修計画断面に本体構造物が抵触しない場合、現況と同様に施工時において堤防機能を確保できると判断し仮締切堤を設置せず、仮締切不要区間とし施工タイプCと分類する。本区間に該当する箇所は、阪神電鉄本線・国道2号・国道176号・阪急電鉄（神戸線、宝塚線、京都線）の交差部とする。

堤防定規断面に本体構造物が抵触し、現況小段以上を切り込む程の堤防開削が必要な場合、鋼矢板二重式仮締切による仮締切堤を採用し、施工タイプAと分類する。施工タイプAのうち、ランプ並行区間で本体構造物の抵触範囲が堤防定規断面の50%程度以上と大きくなる場合は、施工時に堤防断面を全開削し、堤体中央基礎地盤に軟弱地盤対策を施すものとして、施工タイプA2と分類した。本区間に該当する箇所は海老江北入路、大淀出路とする。施工タイプA2以外については施工タイプA1と分類する。

施工タイプAの仮締切堤設置位置は、施工スペースを考慮して堤防定規断面のり尻位置から5mを基本とするが、阪急電鉄交差部より上流（ヨシ原区間）についてはヨシ原の喪失、および1:4.0の完成堤防形状に配慮し現況堤防川表のり尻位置から10m程度の範囲までを施工範囲とし、仮締切堤位置を設定した。また、ヨシ原区間は二重矢板、護岸を堤防天端から施工する必要があるが現況天端幅が約3.0m程度であることから、施工ヤードを確保するために腹付け盛土により天端幅を拡幅する。この施工ヤードの盛土は緊急復旧時の復旧土砂への利用が可能である。

堤防定規断面に本体構造物が抵触するが、現況小段程度までの堤防開削となる場合、川表のり勾配 1:4.0 の 1 枚のり化の断面に腹付けするような形状となることから、土堤仮締切として施工タイプ B1 に分類する。一方、本体構造物の抵触、堤防開削は無いが、連続性を考慮して設置される川表護岸 1 枚のり化の施工に伴い、パラペット堤・特殊堤を撤去・設置する区間を施工タイプ B2 と分類する。本区間に該当する箇所は海老江高規格堤防付近と特殊堤の阪神高速 11 号 池田線・JR 神戸線交差部付近とする。

土堤仮締切は堤防定規断面抵触範囲（RC 構造物+土留め鋼矢板離隔分 800mm）を堤防法線より前出した位置に土堤定規断面を確保することとし、最大 10m 程度の前出しとなる。なお、阪急電鉄交差部より上流区間は、鋼矢板二重式工法による締切と同様に、現況堤防川表のり尻から 10m 程度の範囲までの施工とする。土堤仮締切の断面形状は、必要前出し位置において堤防定規断面を確保するものとし施工時の安定を確認する。また、施工時においても川表前面には侵食防止のための法覆工を設置するが、高潮堤区間は完成時と同様に三面張構造を基本とし、河川堤防区間は計画高水位以下の被覆を施すものとする。

土堤仮締切の法覆構造は、7.4 に示す侵食に対する検討結果より護岸付近の平均流速は概ね 2.0m/sec 以下となっていることから、三面張構造ではブロック、河川堤防区間は張芝やシート等の法覆工により対応可能である。

表 7.2.1 施工タイプ

施工タイプ	締切工法	堤防開削	延長	備考
A1	鋼矢板二重式仮締切	部分開削	L=1,150m	海老江北入路部前後 大淀出路部前後
A2	鋼矢板二重式仮締切	全開削	L=200m	海老江北入路部 大淀出路部
B1	土堤仮締切	狭域部分開削 (裏のり小段まで)	L=1,690m	
B2	土堤による川表護岸 1 枚のり化	開削なし	L=560m	海老江高規格堤防付近 阪高池田線, JR 京都線
C	仮締切不要	開削なし	—	阪神電鉄本線・国道 2 号 国道 176 号・阪急電鉄

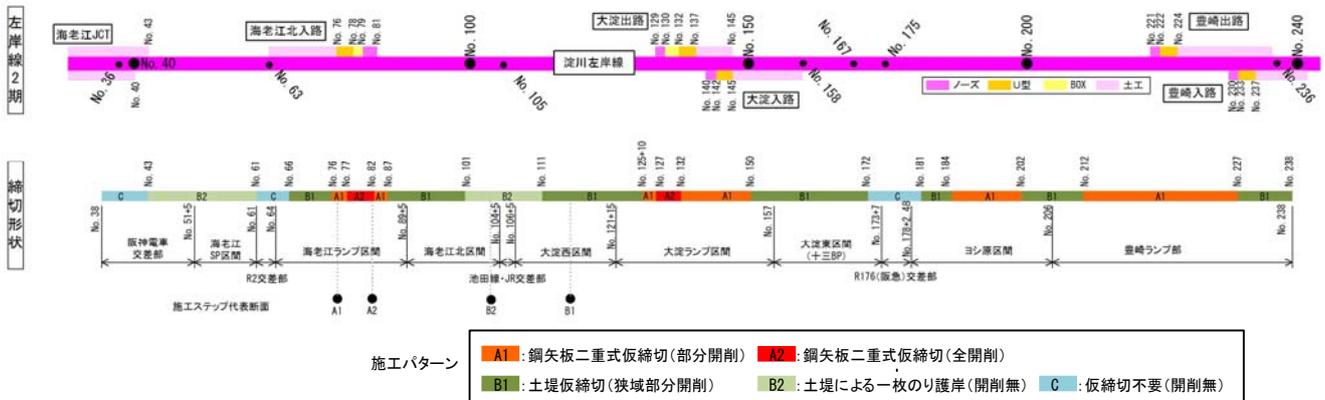
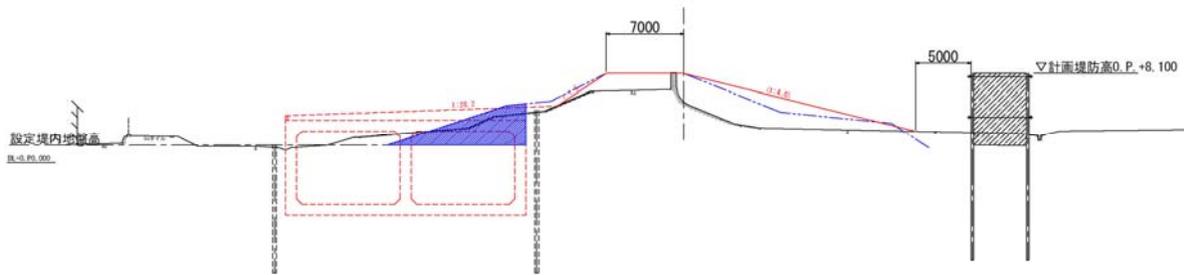


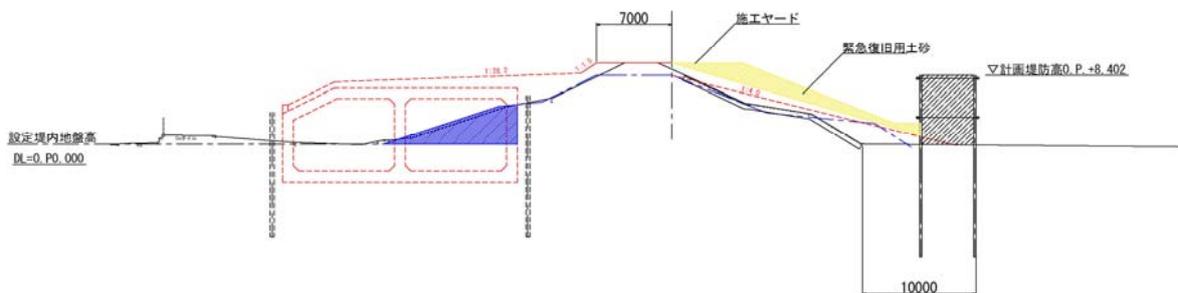
図 7.2.1 施工タイプ区分

以下に各施工タイプの標準断面図を示す。施工タイプ A は鋼矢板二重式仮締切であり、ヨシ原区間のみ施工ヤードの確保として締切内に堤防天端を拡幅し土砂を確保する。施工タイプ B は抵触分を改修計画断面により前出しするが、小段高と高水敷高の高低差が低いため小段までの勾配 1:2.5 の 1 枚のりにより前出しするものとする。

■ 施工タイプ A1 (阪急交差部下流)



■ 施工タイプ A1 (阪急交差部上流 ヨシ原区間)



■ 施工タイプ A2

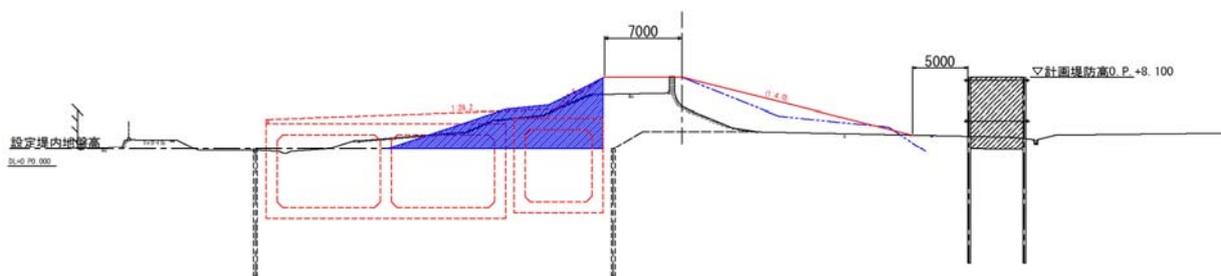
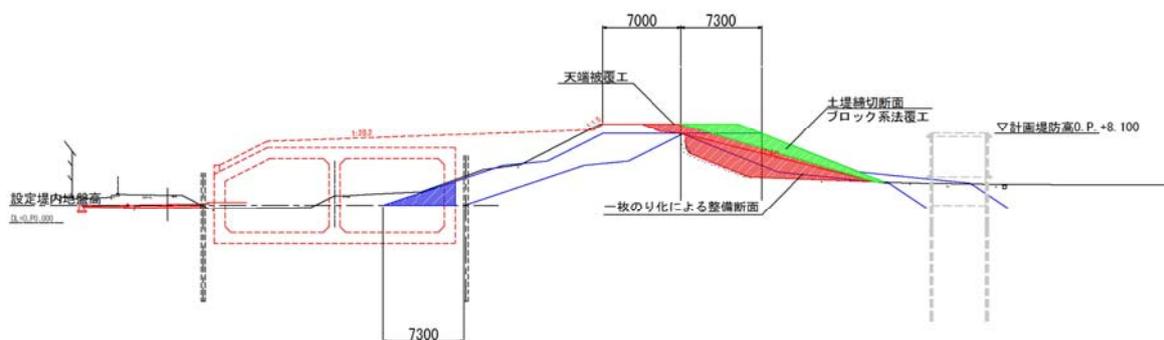


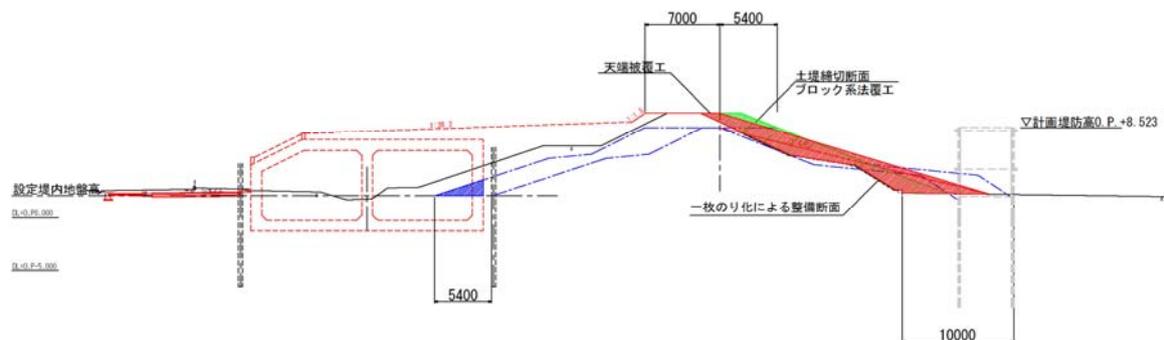
図 7.2.2 標準断面図 (施工タイプ A)

法覆工は高潮堤区間は三面張構造のためブロック，河川堤防区間（ヨシ原）は流速 2.0m/sec であることを勘案し，張芝，シート等により対応する。

■ 施工タイプ B1（阪急交差部下流）



■ 施工タイプ B1（阪急交差部上流 ヨシ原区間）



■ 施工タイプ B2

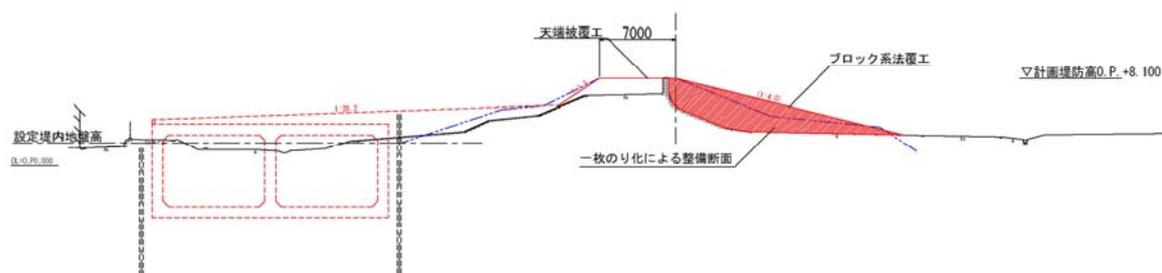
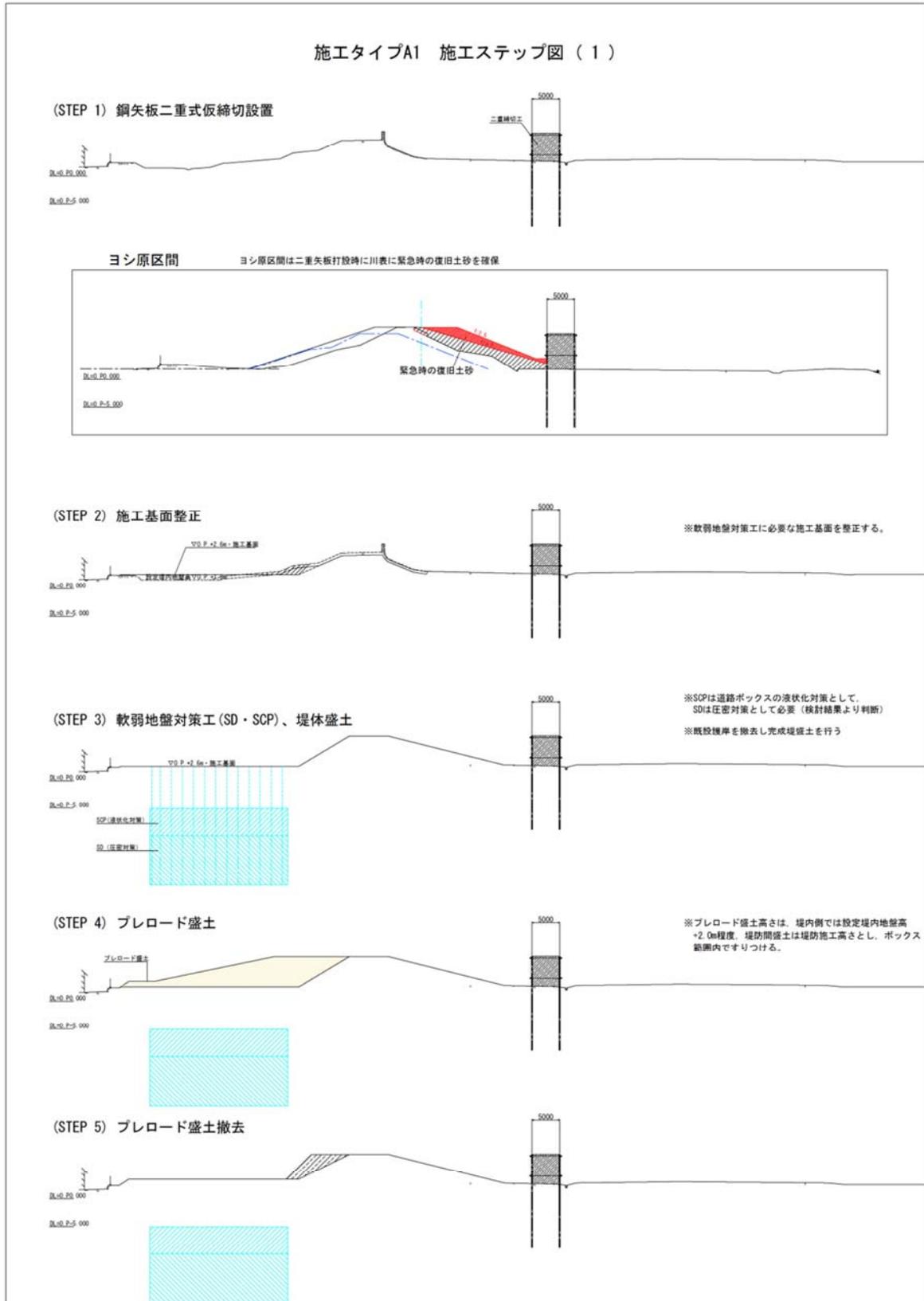


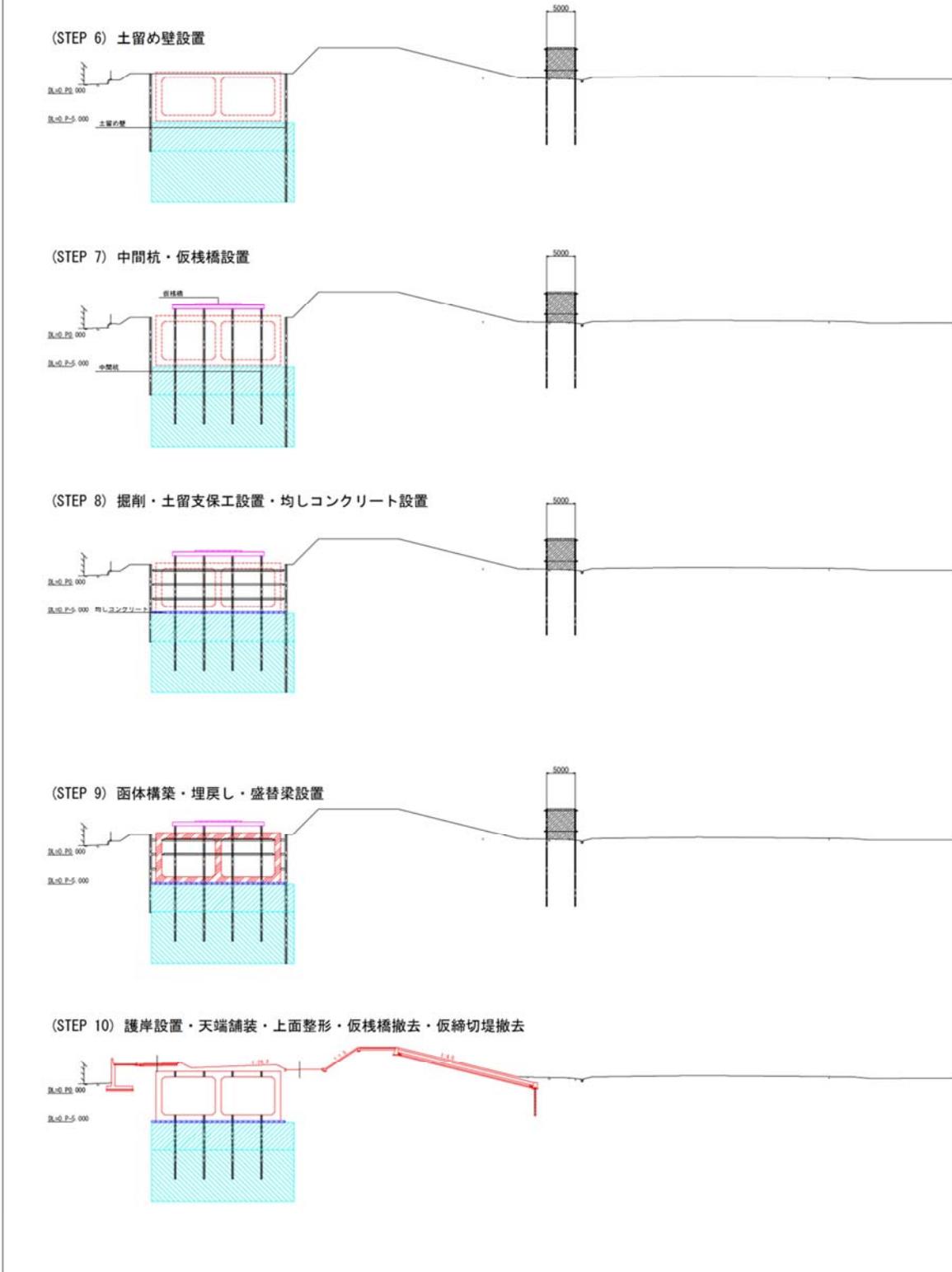
図 7.2.3 標準断面図（施工タイプ B）

7.2.2 施工手順

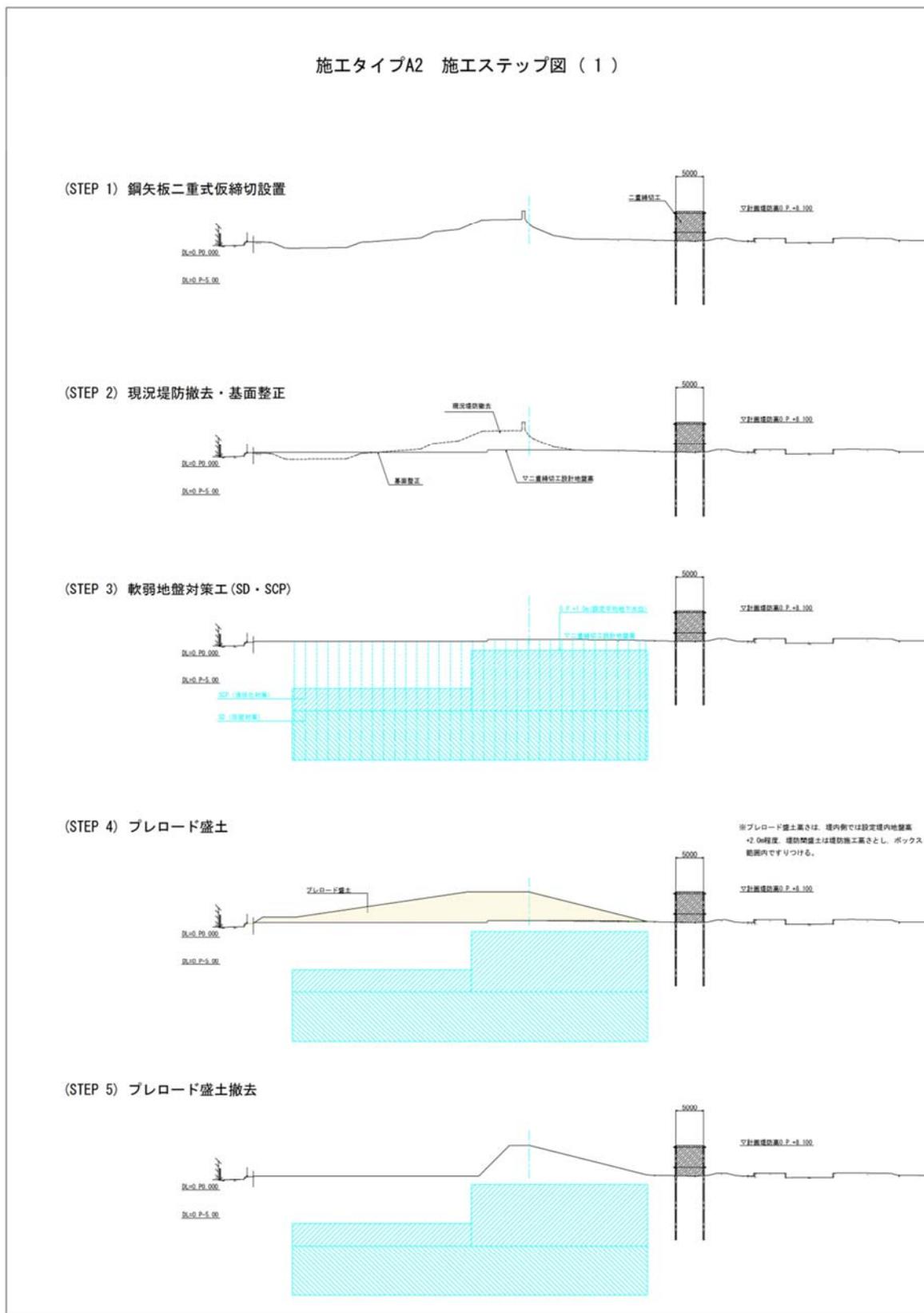
(1) 施工タイプA1



施工タイプA1 施工ステップ図 (2)

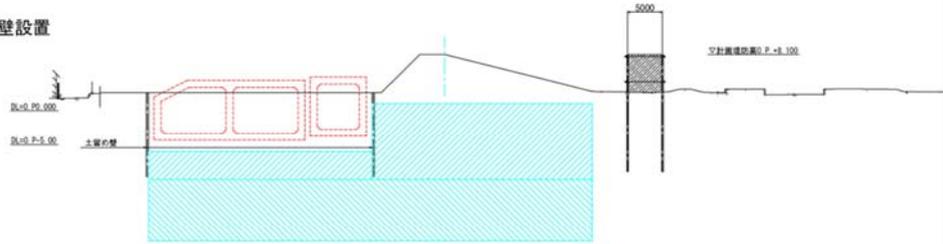


(2) 施工タイプ A2

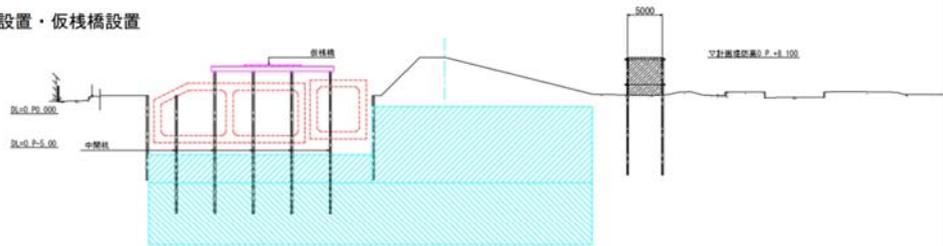


施エタイプA2 施エステップ図 (2)

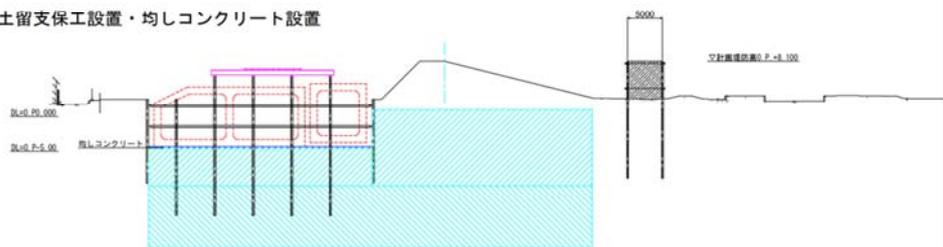
(STEP 6) 土留め壁設置



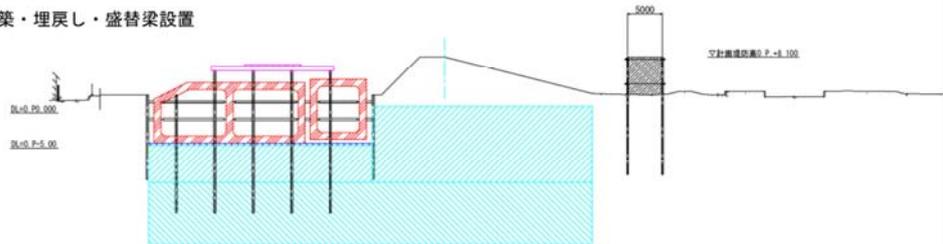
(STEP 7) 中間杭設置・仮栈橋設置



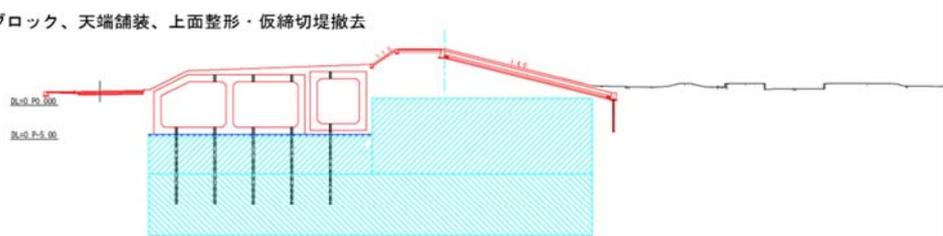
(STEP 8) 掘削・土留支保工設置・均しコンクリート設置



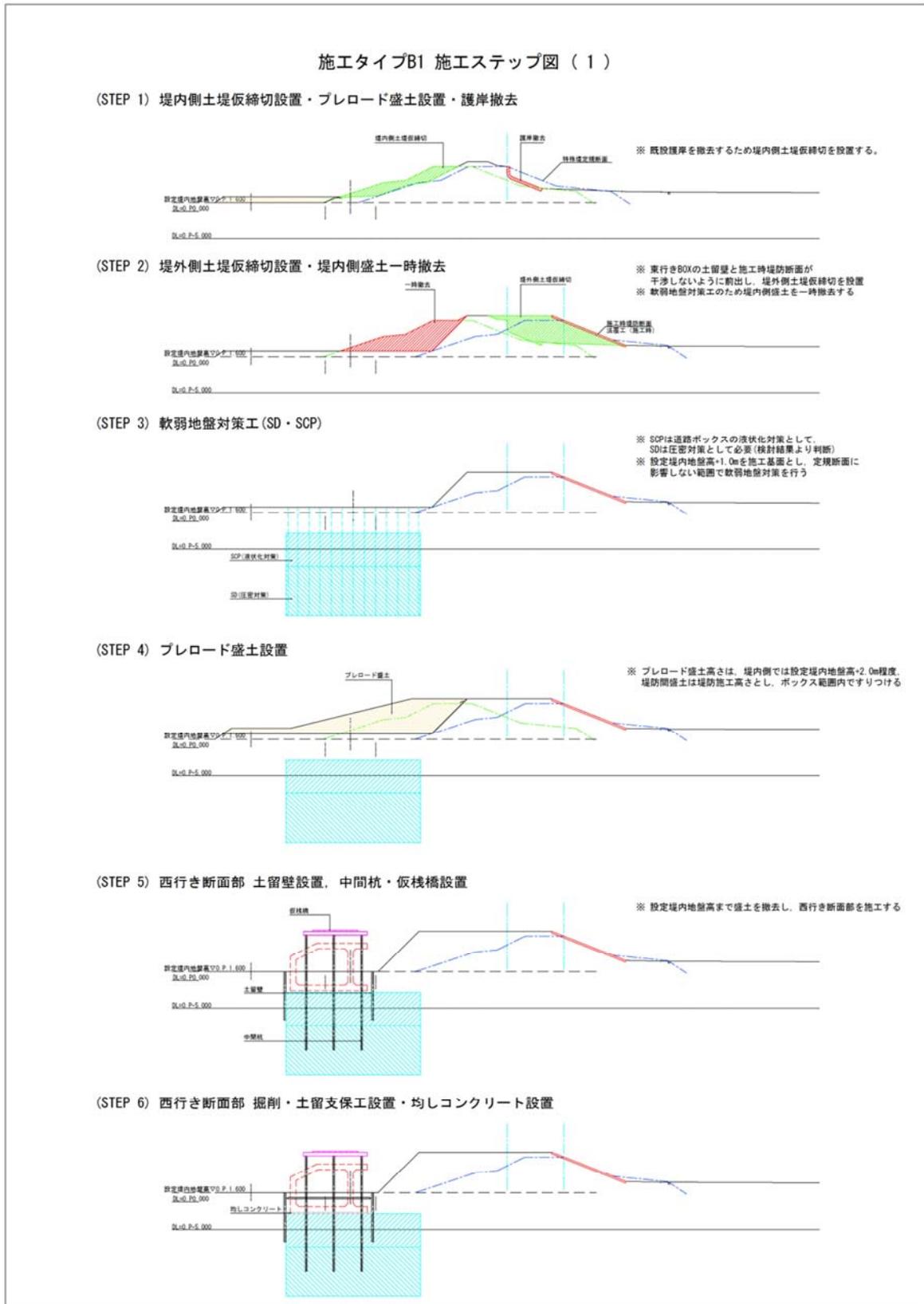
(STEP 9) 函体構築・埋戻し・盛替梁設置



(STEP 10) 護岸ブロック、天端舗装、上面整形・仮締切堤撤去

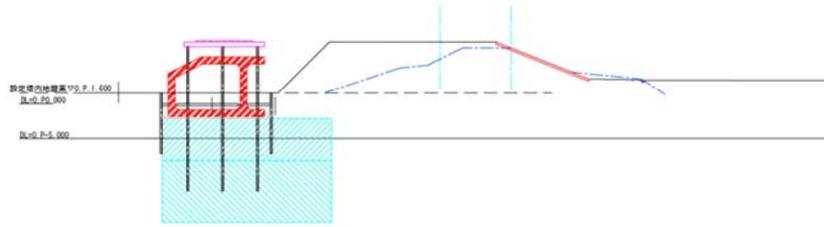


(3) 施工タイプ B1

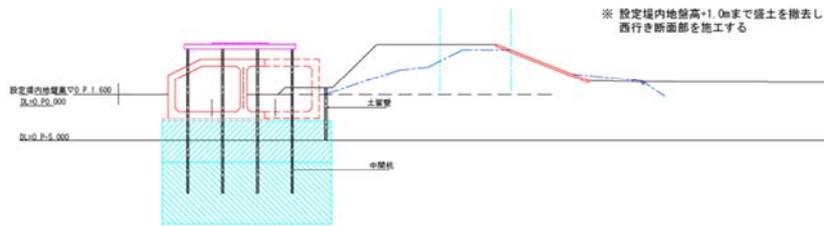


施エタイプB1区間 施エステップ図 (2)

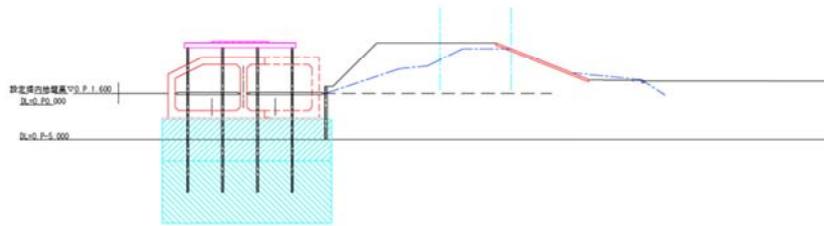
(STEP 7) 西行き断面部 函体構築・埋戻し・盛替梁設置



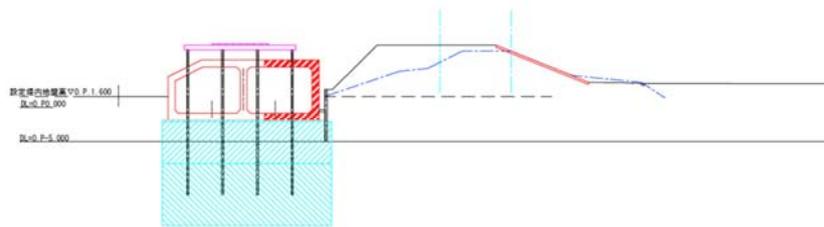
(STEP 8) 西行き断面部土留壁撤去、東行き断面部土留め壁設置・中間杭設置



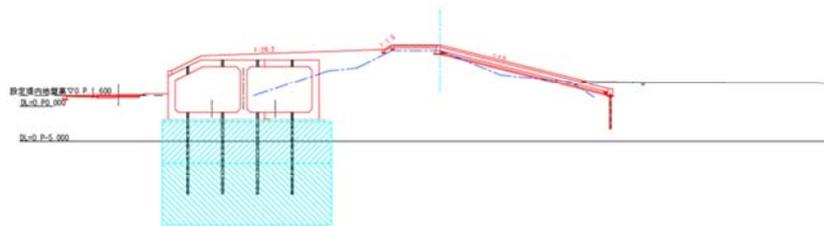
(STEP 9) 東行き断面部 掘削・土留支保工設置・均しコンクリート設置



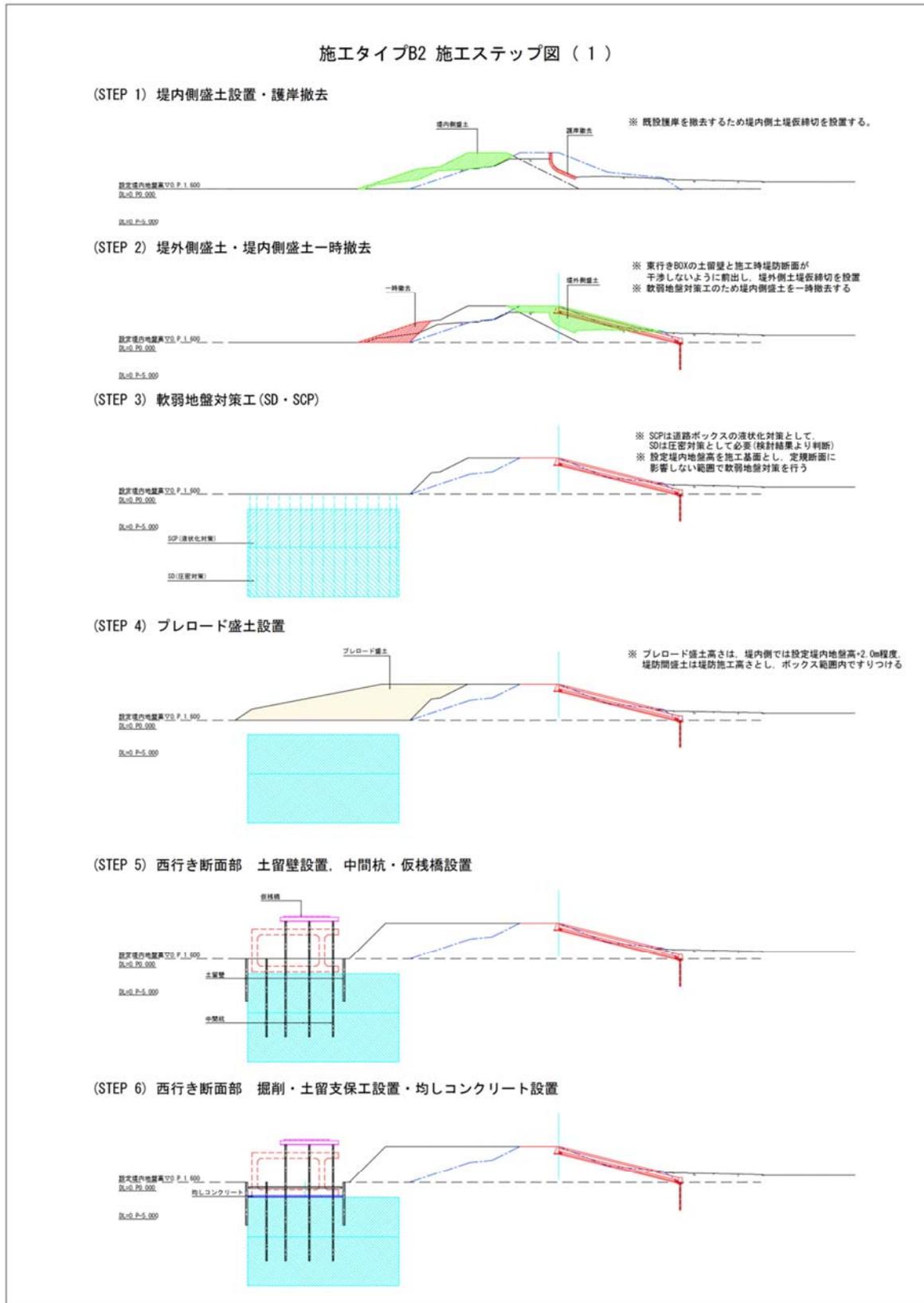
(STEP 10) 東行き断面部 函体構築・埋戻し・盛替梁設置



(STEP 11) 護岸設置・上面整形・仮橋撤去

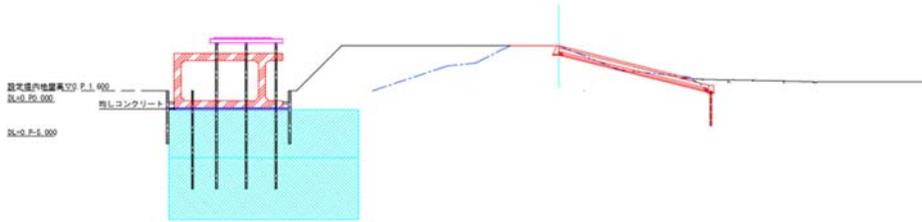


(4) 施工タイプ B2

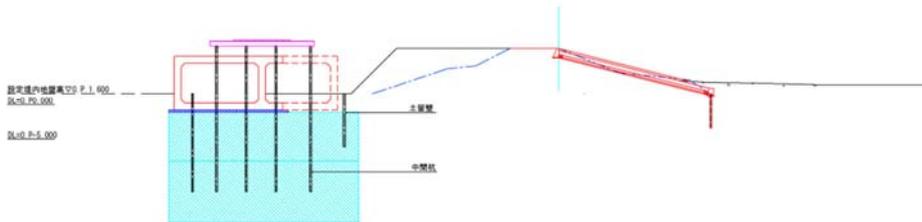


施工タイプB2 施工ステップ図 (2)

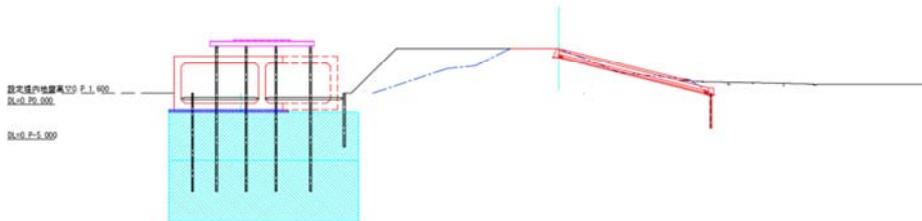
(STEP 7) 西行き断面部 管体構築・埋戻し・盛替梁設置



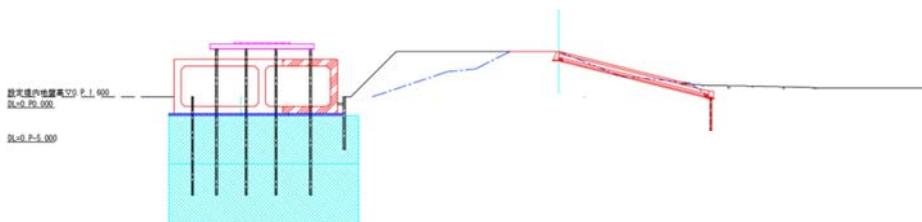
(STEP 8) 西行き断面部 土留壁撤去, 東行き断面部 土留壁設置・中間杭設置



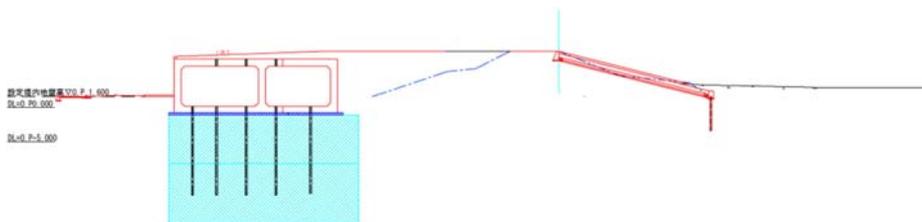
(STEP 9) 東行き断面部 掘削・土留支保工設置・均しコンクリート設置



(STEP 10) 東行き断面 函体構築・埋戻し・盛替梁設置



(STEP 11) 上面整形・仮棧橋撤去



7.3 土堤仮締切における浸透に対する安定性検討

淀川左岸線（2期）施工時における浸透に対する安定性検討は、「河川堤防の構造検討の手引き（改訂版）」平成24年2月財団法人国土技術センター（以降、「構造検討の手引き」とする。）を基本として、洪水・降雨に対する影響検討を行う。

このため、飽和－不飽和浸透流解析を用いて、構造検討の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シミュレートする。洪水時の浸透水による確保機能の照査として、施工時に河川堤防の浸透に対する安全性の照査基準値を満足していることを確認する。堤体残留水による照査は、堤体中央付近における浸潤域が現況堤防と比較して顕著に増加していないかを確認する。

7.3.1 検討対象箇所と検討断面

(1) 検討対象箇所の選定

耐浸透検討断面は、完成形に対する耐浸透性照査対象断面のうち、施工時に土堤仮締切を実施する断面とする。以下、完成形に対する照査対象断面の抽出を示す。

検討対象断面の抽出にあたっては、堤防形式（パラペット形式特殊堤，特殊堤，土堤），道路形式（一般部，ランプ部），堤防と道路との近接度（道路計画平面線形），基礎地盤の透水層厚に着目する。

表 7.3.1 完成時における検討対象断面

堤防形式	一般部	ON ランプ部	OFF ランプ部	高規格堤防
パラペット形式特殊堤	No.94	No.79	—	No.53
特殊堤	No.117, No.152	No.142	No.130	—
土堤	No.190	No.233	No.221+15	—

- ・ No.53 は海老江高規格堤防区間で透水層となる Asc 層下面は O.P.-6m 程度となる。
- ・ No.94 はパラペット形式特殊堤区間において、道路平面線形において西行非常駐車帯がコントロールとなり堤防に近接しており、透水層となる Asc 層下面は O.P.-5.7m 程度でもっとも透水層が小さいことから検討断面とする。
- ・ No.117 は特殊堤区間において、道路平面線形において西行非常駐車帯がコントロールとなり堤防に近接していることから検討断面とする。
- ・ No.152 は特殊堤区間において No.117 と同程度の堤防と近接しており、透水層となる Asc 層下面は O.P.-4m 程度でもっとも透水層が小さいことから検討断面とする。
- ・ No.190 は土堤区間において、道路平面線形において西行非常駐車帯がコントロールとなり堤防に近接しており、透水層となる Asc 層下面は O.P.-3.0m 程度でもっとも透水層が小さいことから検討断面とする。

- No.79 は海老江北入路となるランプ区間でランプ構造が単独ボックスと本線ボックス一体との境界付近となり、道路平面線形において堤防に近接し透水層の障害が大きいことから検討断面とする。
- No.130 は大淀出路となるランプ区間で、No.79 同様の理由より検討断面とする。
- No.142 は大淀入路となるランプ区間で、堤防との近接は一般部と変わらないが、堤内地の透水層が一般部と比較して障害が大きいことから検討断面とする。
- No.221+15 は豊崎出路となるランプ区間で、No.79 同様の理由より検討断面とする。なお、この区間は道路縦断線形が東西分離となっている。
- No.233 は豊崎入路となるランプ区間で、西行きボックスが透水層を大きく障害することから検討断面とする。

なお、現況堤防が土堤である区間は、土堤仮締切区間に完成時検討断面が該当しないため No.206 断面を追加する。No.206 の選定理由を以下に示す。

- No.206 は現況堤防が土堤構造である土堤仮締切区間となる。この区間は、側帯部等を除きほぼ同様の堤防形状となることから、標準的な断面形状であり、区間中央付近である No.206 を検討断面とする。

以上より、土堤仮締切の耐浸透検討断面は、No.53, No.94, No.117, No.152, No.206 の 5 断面とする。

- B1：狭域部分開削 土堤仮締切
- B2：開削無 土堤による 1 枚のり護岸 海老江スーパー堤付近、阪高池田線・JR 東海道本線

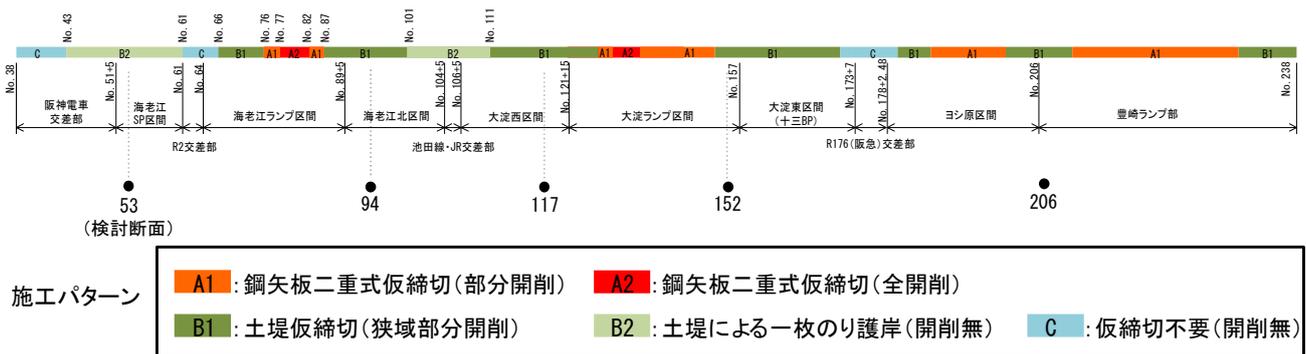


図 7.3.1 施工時における検討対象箇所

(2) 検討断面

施工手順としては、堤内側における道路構造物設置に先立ち、堤外側の土堤仮締切を実施する。その後、土留矢板打設、掘削を行い、道路構造物を施工する。さらに、道路構造物設置後、土留矢板を撤去する。施工時における一体構造物の確保機能に対する影響を確認することを目的とするため、土留矢板による堤体内水位の堰上げ効果により堤体中央付近における浸潤域が大きくなり、これに伴い堤体残留水が高くなる施工段階に着目する。このため、土留矢板が川表側に最も近接する下図のような施工段階を、浸透検討時の断面形状とする。

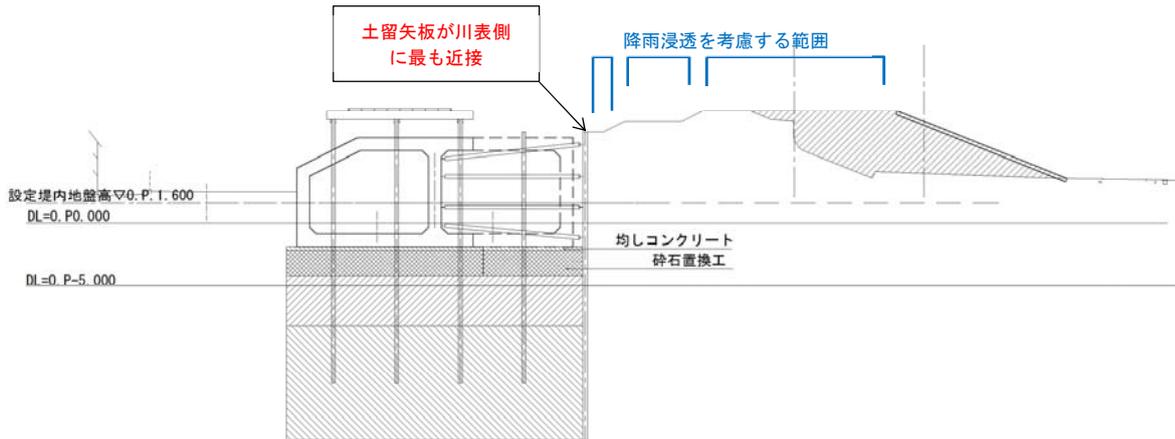


図 7.3.2 施工時における浸透検討時の断面形状のイメージ

検討ケースとして、降雨浸透対策の必要性を照査するため、降雨浸透対策の有無による照査もあわせて実施する。降雨浸透を考慮する範囲については図 7.3.2 に示す。

7.3.2 外力条件と照査基準

(1) 外力条件

検討対象とする外力条件は、降雨と河川水位とし、その設定にあたっては、構造検討の手引きに準拠する。堤防への降雨の浸透は、河川水位と同様に堤体内の浸潤面を上昇させる要因となることから対象外力とされている。降雨量は、次の手順で設定している。

- ① 原則として当該河川の計画降雨量を用いる
- ② 降雨強度は 10mm/hr を目安とする
- ③ ①で設定した総降雨量と②で設定した降雨強度をもとに長方形の降雨波形を設定する

淀川本川では、枚方地点 (26.0k) が基準点となっており、この地点の計画降雨量は 302mm である。そこで、この降雨条件の設定は、降雨強度 10mm/hr を 30.2 時間作用させる。なお、この設定条件は、淀川本川における河川堤防の浸透に対する安全性照査で用いられており、計画降雨量は河川整備基本方針で定められたものである。

河川水位の設定は、河川堤防の浸透に対する安全性の照査において重要な・波形面積（基準となる波形で囲まれる面積）、・高水位の継続時間、・洪水末期の水位低下速度（波形の勾配）により設定する。河川水位波形は、河川の流域特性などにより異なり、また同一河川においても上下流で差異がある。このことから、計画降雨にもとづいて基準地点ごとに算定した複数の水位波形（ダムなどの治水施設が配置されることを条件とした計画高水波形など）、または当面の整備目標として設定する洪水時の降雨にもとづいて基準地点ごとに算定した複数の水位波形をもとに、安全性の照査に用いる河川水位波形（これを基本水位波形と呼ぶ）を設定する。河川水位波形の水位低下勾配は、淀川本川では、昭和 35 年 8 月 30 日台風 16 号（6016）における水位低下速度が最大となり、0.63m/hr である。

地下水位は、「平成 15 年度地下水情報に関する報告書、地下水地盤環境に関する研究協議会,H16.6」をもとに整理する。淀川左岸線（2 期）区間の最も近傍にある観測点として、高見小学校観測井、対象区間の上流には大東小学校観測井がある（対象区間下流の西島小学校観測井は欠測）。これら観測結果より堤内側の初期地下水位については、以下の理由により O.P.+1.0m とする。

- ・ 近傍の高見小学校観測井の地下水位は O.P.+0.0m～1.0m 程度の範囲で変化している。
- ・ 区間上流に位置している大東小学校観測井の地下水位は O.P.+1.0m～1.5m 程度の範囲で変化している。
- ・ 淀川左岸線区間の地下水位は高見小学校観測井よりも高く、大東小学校観測井よりも低いと考えられる。設定値としては高見小学校観測井の最大値程度が妥当と考えられる。

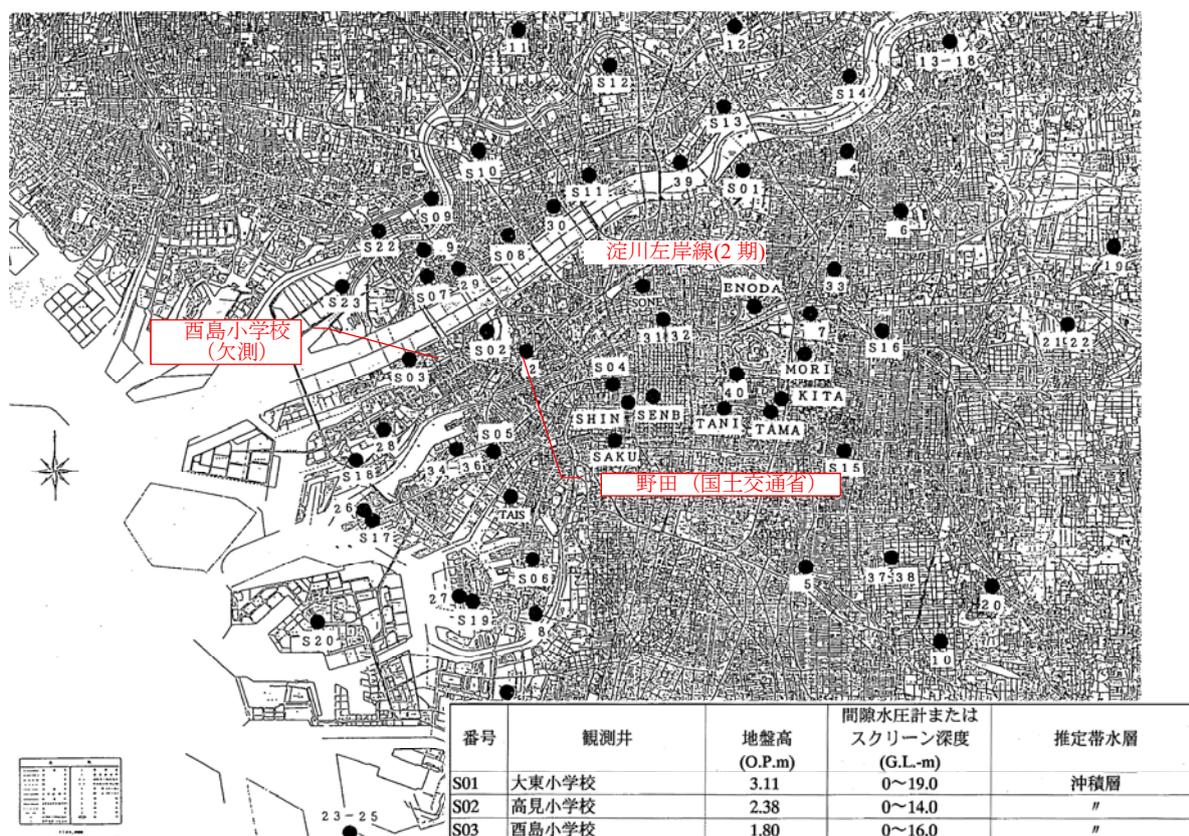


図 7.3.3 地下水位観測井位置図(出典：「平成 15 年度 地下水情報に関する報告書」)

これより設定した外力条件として、降雨波形と水位波形の設定例を以下に示す。

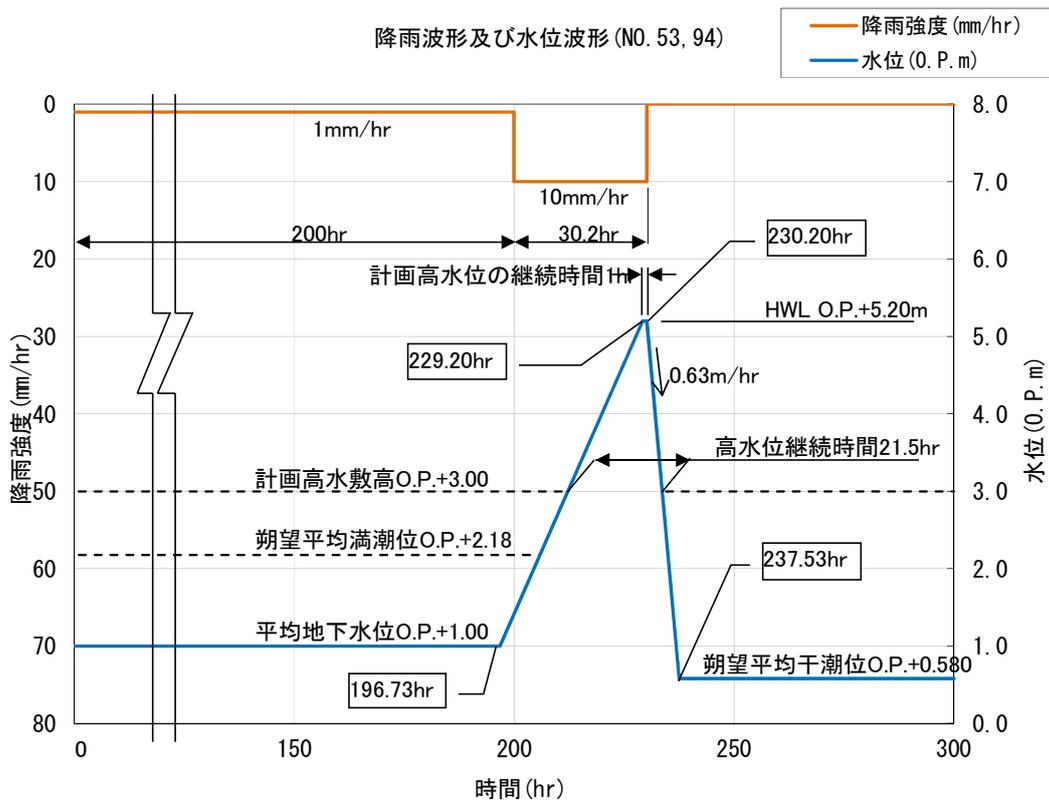


図 7.3.4 外力条件の設定例

(2) 照査基準

照査基準値は、河川堤防の照査基準である構造検討の手引きを参考に設定する。淀川左岸線（2期）区間では、経年的に複雑な築堤履歴を重ねていること、要注意地形はみられないことから、堤内、堤外とも安全側の基準となる $\alpha_1=1.2$ 、 $\alpha_2=1.0$ を用い、照査基準は、 $Fs=1.2 \times \alpha_1 \times \alpha_2=1.2 \times 1.2 \times 1.0=1.44$ とする。

$$Fs \geq 1.2 \times \alpha_1 \times \alpha_2$$

Fs : すべり破壊に対する安全率

α_1 : 築堤履歴の複雑さに対する割増係数

築堤履歴が複雑な場合 $\alpha_1=1.2$

築堤履歴が単純な場合 $\alpha_1=1.1$

新設堤防の場合 $\alpha_1=1.0$

α_2 : 基礎地盤の複雑さに対する割増係数

被災履歴あるいは要注意地形がある場合 $\alpha_2=1.1$

被災履歴あるいは要注意地形がない場合 $\alpha_2=1.0$

7.3.3 飽和-不飽和浸透流解析結果

堤体内浸潤面は、堤内側土留矢板前面位置と堤防天端中心位置に着目する。堤体部の浸潤挙動として次頁に No.94 の浸潤面の経時変化を示す。上段に STAGE0(降雨のみ), 中断に STAGE1(水位上昇), 下段に STAGE2(水位低下)における浸潤面を示す。さらに着目地点における水位変化を下図に示す。矢板前面位置では鋼矢板による堰上げにより若干水位が上昇するケースが確認出来るが、堤体の安定性に重要となる天端中心位置では、被覆を行い堤体への降雨流入を抑制すれば、全検討断面において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。降雨浸透対策工の有無による堤体内浸潤面の影響に着目すると、降雨を考慮した場合、現況を大きく超える浸潤域が発生することが確認できた。

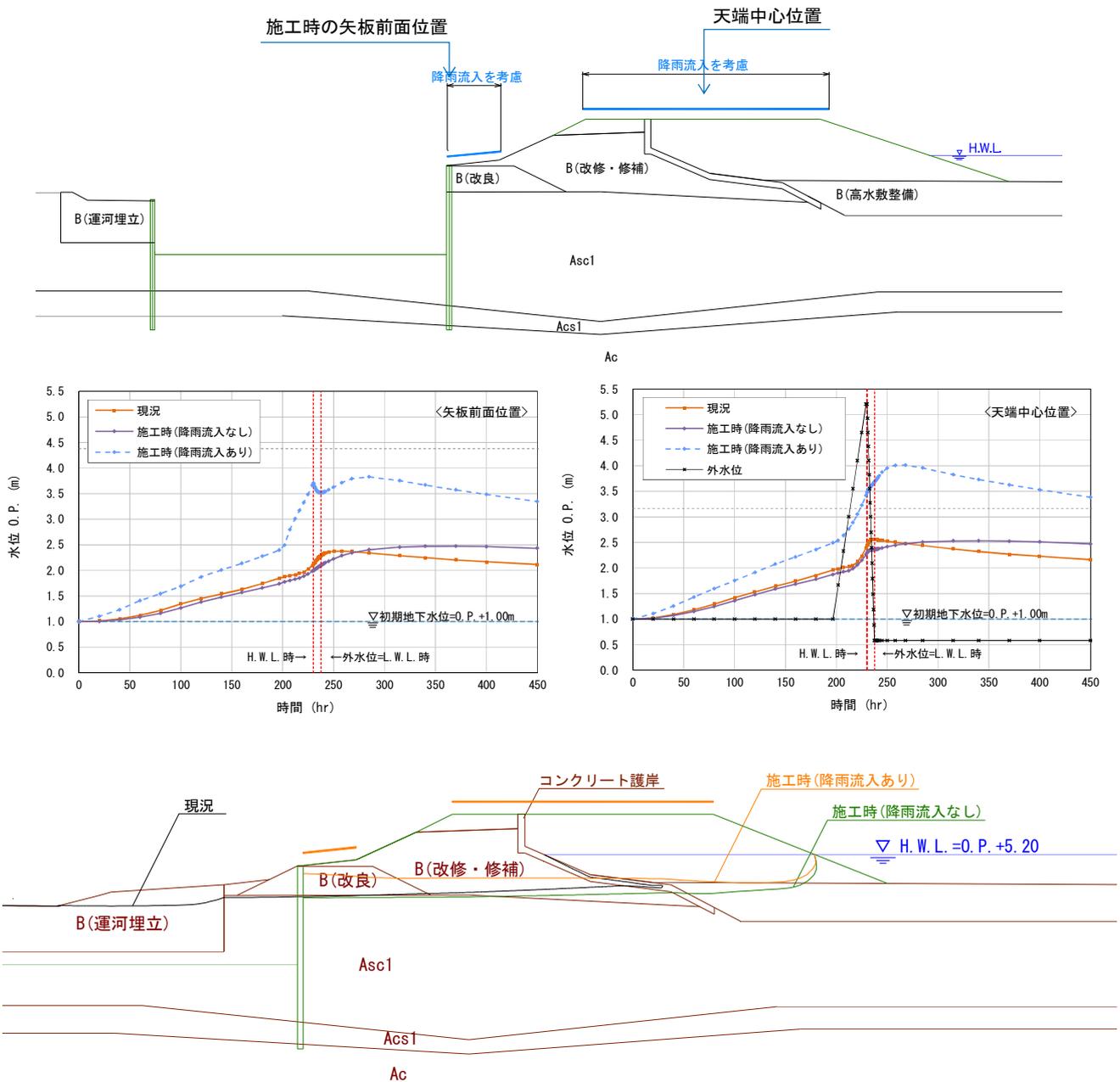
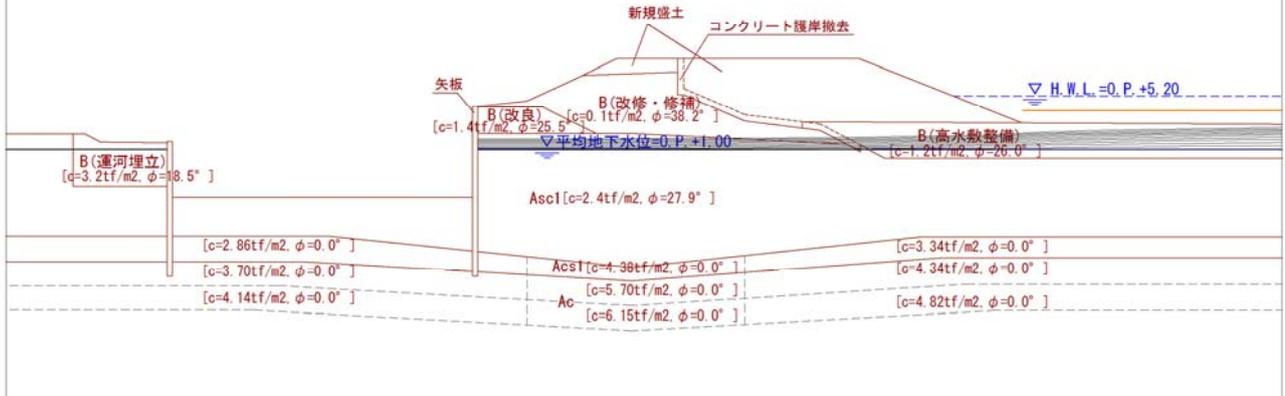


図 7.3.5 No.94 における現況堤防と施工時の堤体内水位比較

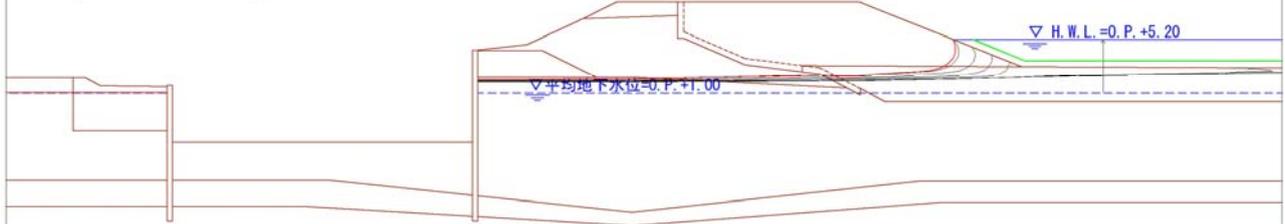
検討位置：淀川左岸線 (No94) 施工時-盛土部に降雨流入させない

— 降雨流入境界
— 水位変動境界

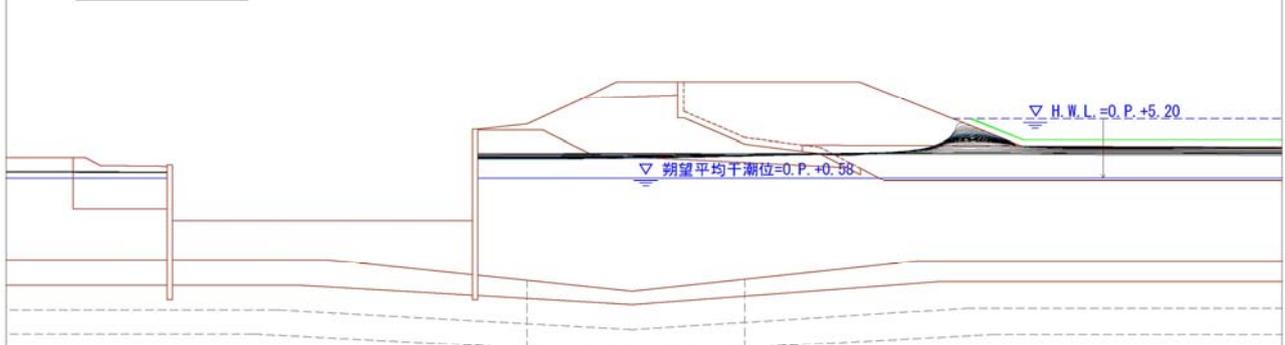
STAGE0 (降雨のみ：初期定常時～水位上昇開始)



STAGE1 (水位上昇時)



STAGE2 (水位低下時)



各土層の透水系数

B(改修・修補)	: 3.12E-02 cm/sec
B(改良)	: 1.56E-03 cm/sec
B(高水敷整備)	: 4.42E-04 cm/sec
B(運河埋立)	: 2.53E-05 cm/sec
Asc1	: 4.36E-03 cm/sec
Acs1	: 7.84E-05 cm/sec
Ac	: 1.00E-06 cm/sec

降雨波形及び水位波形 (No. 53, 79, 94)

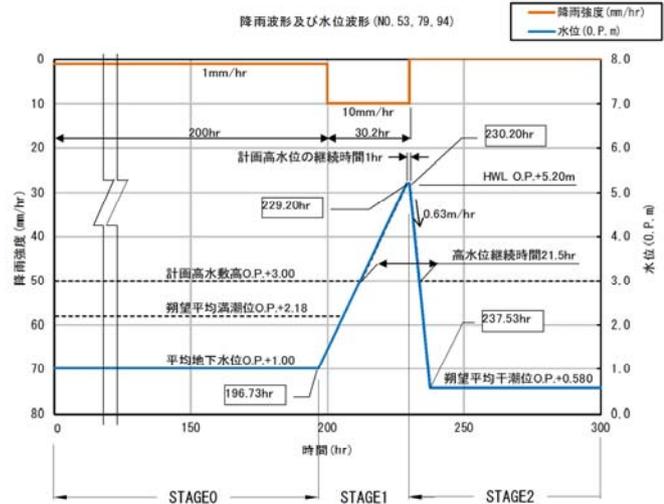


図 7.3.6 浸潤面の経時変化図(No.94)

7.3.4 浸透に対する洪水時のすべり破震に対する安全性

円弧すべり計算結果を以下に示す。最小安全率は水位低下時において安全率が最小となるステップにおける値とする。これより、全検討断面において、最小すべり安全率は照査基準値を満足する結果となる。さらに、施工時の最小すべり安全率は、ほぼ現況以上の安全率となることを確認した。これは、現況堤防と比較すると施工断面において、堤脚幅が広がるため堤防の安定性が向上すると考える。土堤部（No.206）においては施工時が現況を下回るものの、所要の安全率は確保できており、下図のとおり堤体内浸潤面は現況を顕著に上回ることはないため、浸透に対する安定性は確保できると判断する。なお、各検討断面の浸透流解析結果については別途資料編に整理する。

表 7.3.2 施工時における最小すべり安全率の結果一覧

		断面No	距離標	現況	施工	照査基準
パラペット形式 特殊堤	一般部	53	4.4k+191	2.057	2.564	1.440
	一般部	94	L5.2k+188m	1.990	2.033	
特殊堤	一般部	117	5.8k+38m	2.346	2.456	
	一般部	152	L6.4k+139m	2.098	2.356	
土堤	一般部	206	L7.6+29m	1.670	1.479	

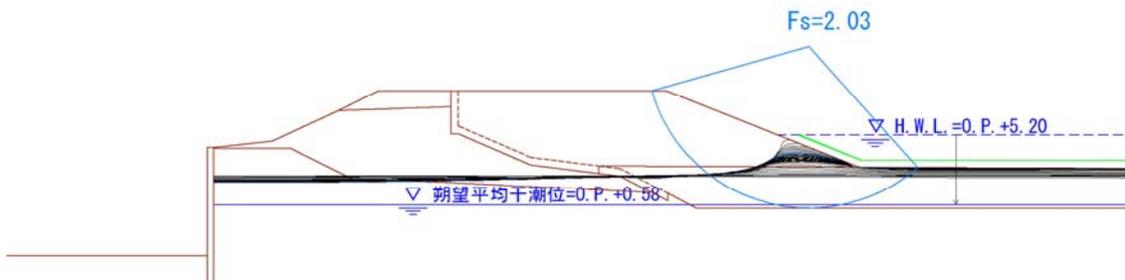
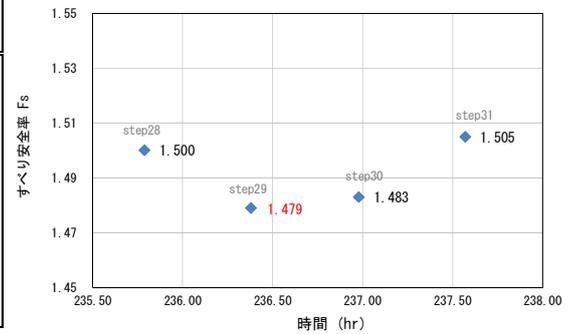


図 7.3.7 No.94 におけるすべり安全率計算結果

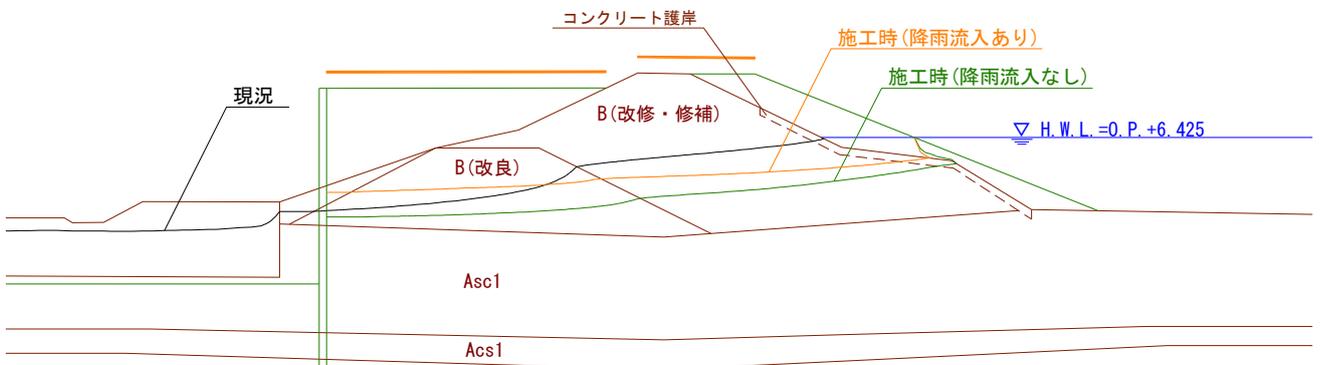


図 7.3.8 No.206 における現況堤防と施工時の堤体内水位比較

7.4 洪水時の河道内水位と侵食に対する検討

仮締切堤の設置は現況河道断面を阻害することとなり、この河積阻害が河川水位を上昇させると考えられる。そこで、仮締切堤形式を考慮した施工時河道断面による、整備計画流量（10,700m³/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。仮締切堤は土堤仮締切の区間もあり、整備計画流量時の直接侵食に対する安全性、側方侵食に対する安全性を検討する。

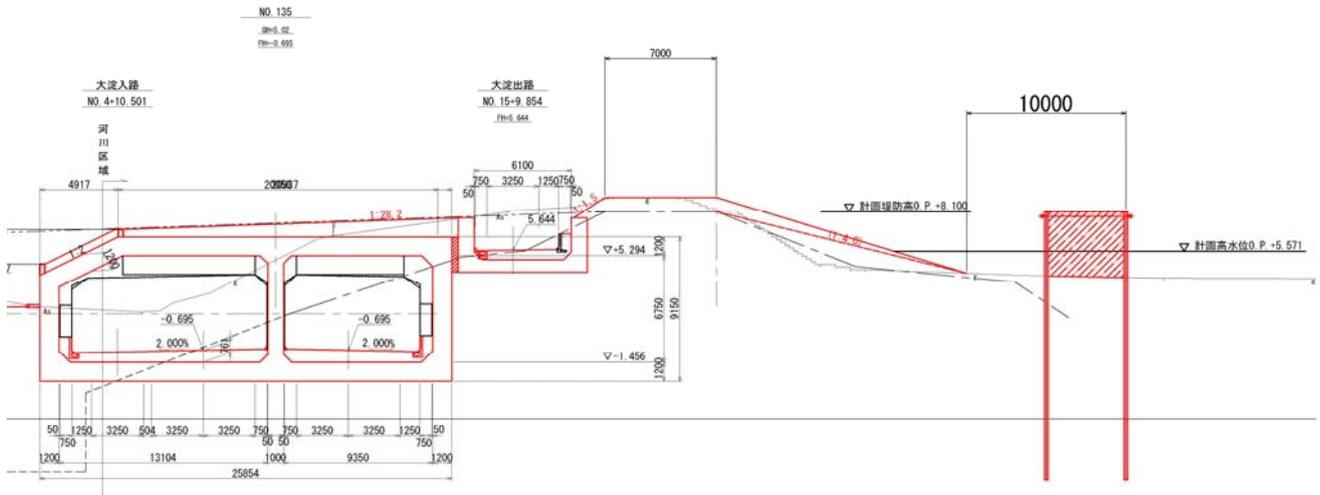
7.4.1 設定断面

現況河道は、平成25年度淀川本川定期横断測量断面を用いる。淀川左岸線（2期）に関しては「7.2 施工概要」で示した締切形式より、各測点で表7.4.1に示す仮締切堤形式を反映した断面を設定する。仮締切堤は、大別して以下のタイプに分類している。

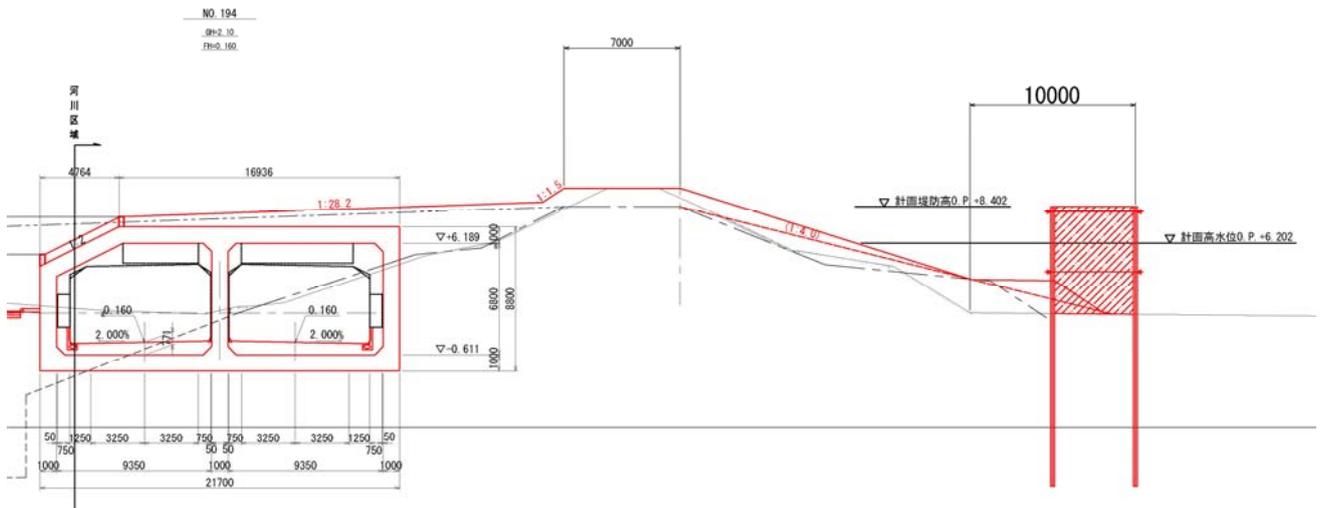
- ・ 鋼矢板二重式仮締切（仮締切前面の位置が完成堤のり尻から10m）：一般区間（施工タイプ A1）
- ・ 鋼矢板二重式仮締切（仮締切前面の位置が現堤防のり尻から10m）：ヨシ原区間（施工タイプ A2）
- ・ 土堤仮締切（前出し有り）：完成堤防形状よりも仮締切堤を前出しする区間（施工タイプ B1）
- ・ 土堤仮締切（前出し無し）：仮締切堤を完成堤防形状で施工する区間（施工タイプ B2）
- ・ 仮締切堤不要：仮締切堤が必要のない区間（堤防定規断面に抵触せず）（施工タイプ C）

表 7.4.1 各測点の仮締切堤形式

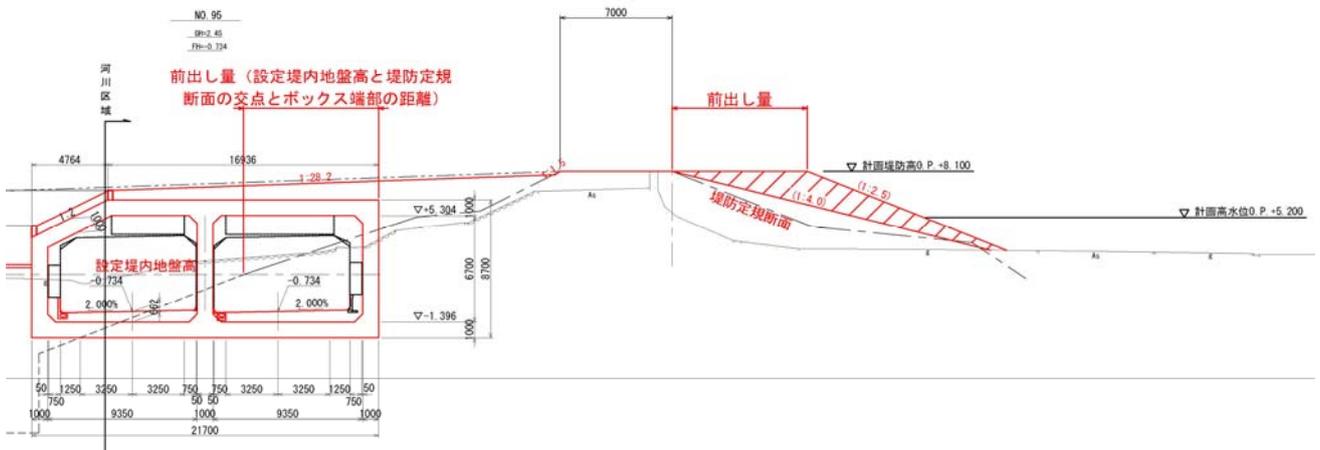
河川測点	道路測点	橋梁	締切形式		土堤仮締切前出し量(m)	鋼矢板二重式仮締切の位置
4.2+70	No. 36+11.5	阪神高速 3号 神戸線	仮締切堤不要	交差部	-	-
4.2+100	No. 38+5.5	阪神電鉄本線			-	-
4.4k	No. 43		土堤仮締切（前出し無し）		-	-
4.6k	No. 53				-	-
4.8-27	No. 63	国道2号	仮締切堤不要	交差部	-	-
4.8k	No. 64				-	-
5.0k	No. 74		土堤仮締切（前出し有り）		6.01	-
5.2k	No. 85		鋼矢板二重式仮締切		-	完成堤のり尻から10m
5.4k	No. 95		土堤仮締切（前出し有り）		8.45	-
5.6k	No. 104+16	阪神高速 11号 池田線	仮締切堤不要	交差部	-	-
5.6+25	No. 105+10.8	J R 神戸線			-	-
5.8k	No. 115		土堤仮締切（前出し有り）		7.40	-
6.0k	No. 125				9.44	-
6.2k	No. 135		鋼矢板二重式仮締切		-	完成堤のり尻から10m
6.4k	No. 145				-	
6.6k	No. 155		土堤仮締切（前出し有り）		7.00	-
6.6+80	No. 158+6.8	国道176号バイパス(十三バイパス)			5.03	-
6.8k	No. 165				4.75	-
6.8+56	No. 167+9.7	N T T 十三専用橋			3.75	-
7.0k	No. 174+10	国道176号	仮締切堤不要	交差部	-	-
7.0+15	No. 176	阪急神戸線			-	-
7.0+35	No. 177	阪急宝塚線			-	-
7.0+55	No. 178	阪急京都線			-	-
7.2k	No. 185		鋼矢板二重式仮締切		-	完成堤のり尻から10m
7.4k	No. 195				-	
7.6k	No. 205		土堤仮締切（前出し有り）		4.56	-
7.8k	No. 214		鋼矢板二重式仮締切		-	完成堤のり尻から10m
8.0k	No. 222				-	
8.2k	No. 231		土堤仮締切（前出し有り）		1.11	-



鋼矢板二重式仮締切（完成堤のり尻から10m）__一般区間



鋼矢板二重式仮締切（現堤防のり尻から10m）__ヨシ原区間



土堤仮締切（前出し有り）

※ “土堤（前出し無し）” は完成堤防形状
 “仮締切不要” は現況堤防断面

図 7.4.1 設定断面の概要

7.4.2 不等流計算条件

不等流計算に用いる諸定数は、淀川水系河川整備計画で設定された値を用いる。

検討ケースとして、現況河道および、現況河道からの水位上昇量を把握するため、仮締切堤が設置された場合の検討を行う。

(1) 計算条件

不等流計算条件を以下に示す。

- 対象流量：10,700 m³/s（整備計画流量）
- 出発水位：O.P.+2.29m（0.0k 地点）
- 低水路粗度係数：整備計画検討時と同様

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：

計画流量時の水深として HWL 水深を用いた h/h_v から推定（整備計画検討時と同様）

区間	左岸高水敷粗度係数	区間	右岸高水敷粗度係数
0.0km～7.0km	0.020	0.0km～7.6km	0.020
7.2km～8.4km	0.055	7.8km～9.4km	0.055

- 鋼矢板二重式仮締切区間の高水敷粗度係数：整備計画検討時の粗度係数と同値を用いる。

鋼矢板の粗度係数は、現況の高水敷粗度係数と鋼矢板の粗度係数の合成粗度より設定する。鋼矢板の粗度係数に関しては、基準等には記述はないが、「狭小水路における鋼矢板護岸の粗度係数について 神戸大学都市安全研究センター研究報告第10号 平成18年3月」を参考とし、ここでは最も大きいと考えられる $n=0.025$ を採用する。

（図 7.4.2 参照）

例として、6.2k 地点の左岸高水敷における合成粗度を算定する。

HWL 時の合成粗度

$$\begin{aligned} & (83.48 \times 0.020 + 1.72 \times 0.025) / (83.48 + 1.72) \\ & = 0.0201 \\ & \approx 0.020 \end{aligned}$$

したがって、鋼矢板を考慮した場合でも、現況高水敷粗度係数と変化はない。

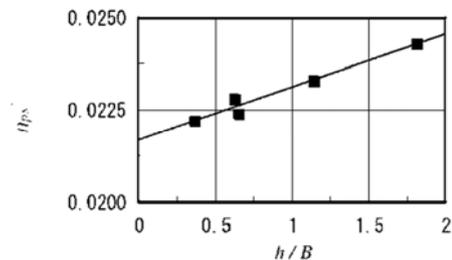


図 7.4.2 鋼矢板の粗度係数

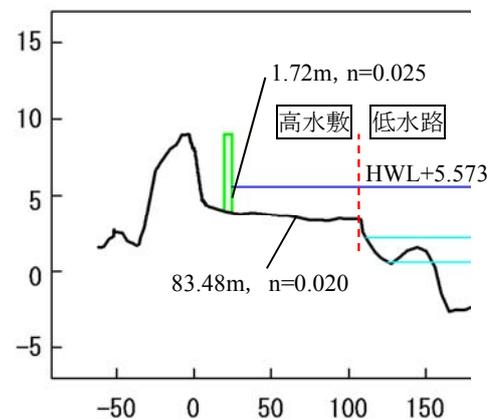


図 7.4.3 6.2k 地点の合成粗度

- 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、図 7.4.4 のように死水域が発生する（急拡 5°，急縮 26°）。この死水域の発生により流下に寄与する河道幅が減少するため、橋脚堰上げ量の算出における水面幅も死水域分を減少させる。

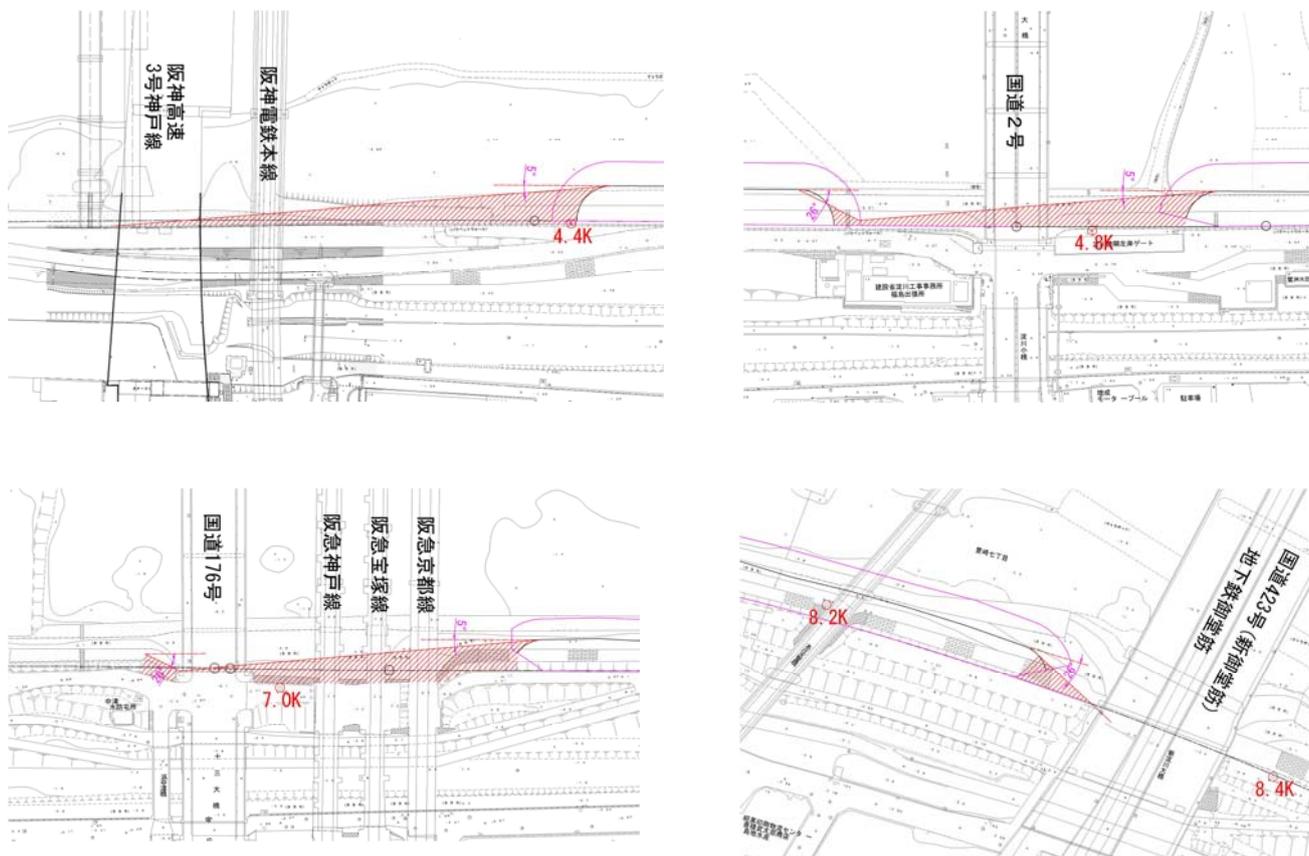


図 7.4.4 死水域の設定

注) 阪神高速 11 号池田線，JR 神戸線，国道 176 号バイパス（十三バイパス），NTT 十三専用橋位置は完成時に緩傾斜堤防とする箇所であり，仮締切堤設置時に施工を行う。このため，死水域は設定しない。

(2) 橋脚堰上げ量

橋脚の堰上げ量はドビッソン公式により算定する。緩傾斜堤防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 7.4.2 に示す。

表 7.4.2 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	733.379	699.379	34.000	732.791	698.791	34.000	阪神高速3号神戸線
4.2+100	730.837	708.837	22.000	728.108	706.108	22.000	阪神電鉄本線
4.8-27	723.831	657.431	66.400	714.600	648.200	66.400	国道2号
5.6K	702.310	675.910	26.400	694.981	668.581	26.400	阪神高速11号池田線
5.6+25	701.696	668.696	33.000	692.980	659.980	33.000	J R 神戸線
6.6+80	684.875	662.075	22.800	674.603	651.803	22.800	国道176号バイパス(十三バイパス)
6.8+56	684.018	666.018	18.000	674.201	656.201	18.000	N T T 十三専用橋
7.0K	697.180	648.380	48.800	695.842	647.042	48.800	国道176号線
7.0+15	695.706	636.206	59.500	693.296	633.796	59.500	阪急神戸線
7.0+35	693.741	639.741	54.000	691.333	637.333	54.000	阪急宝塚線
7.0+55	691.775	636.575	55.200	689.370	634.170	55.200	阪急京都線

7.4.3 不等流計算結果

不等流計算結果を示した水位縦断図を図 7.4.5 に示す。仮締切堤を設置した場合、計算水位が HWL と比較して最も厳しくなる阪急京都線地点 (7.0k+55) において、0.013m の水位上昇が発生する。水位上昇は上流 35.0km 付近まで及び 12.0km 付近までは 0.005m 程度の上昇となる。

7.4.4 水位低下対策

上述したように、仮締切堤を設置した場合、阪急宝塚線地点において 0.013m の水位上昇が発生する。これは仮締切堤設置後の流下能力が現況流下能力と比較して不足していることを意味している。淀川左岸線 (2 期) は通年施工であるため、出水期の対策として「仮締切堤設置基準 (案)」に示されている通り、河道掘削等の対策を実施するものとする。

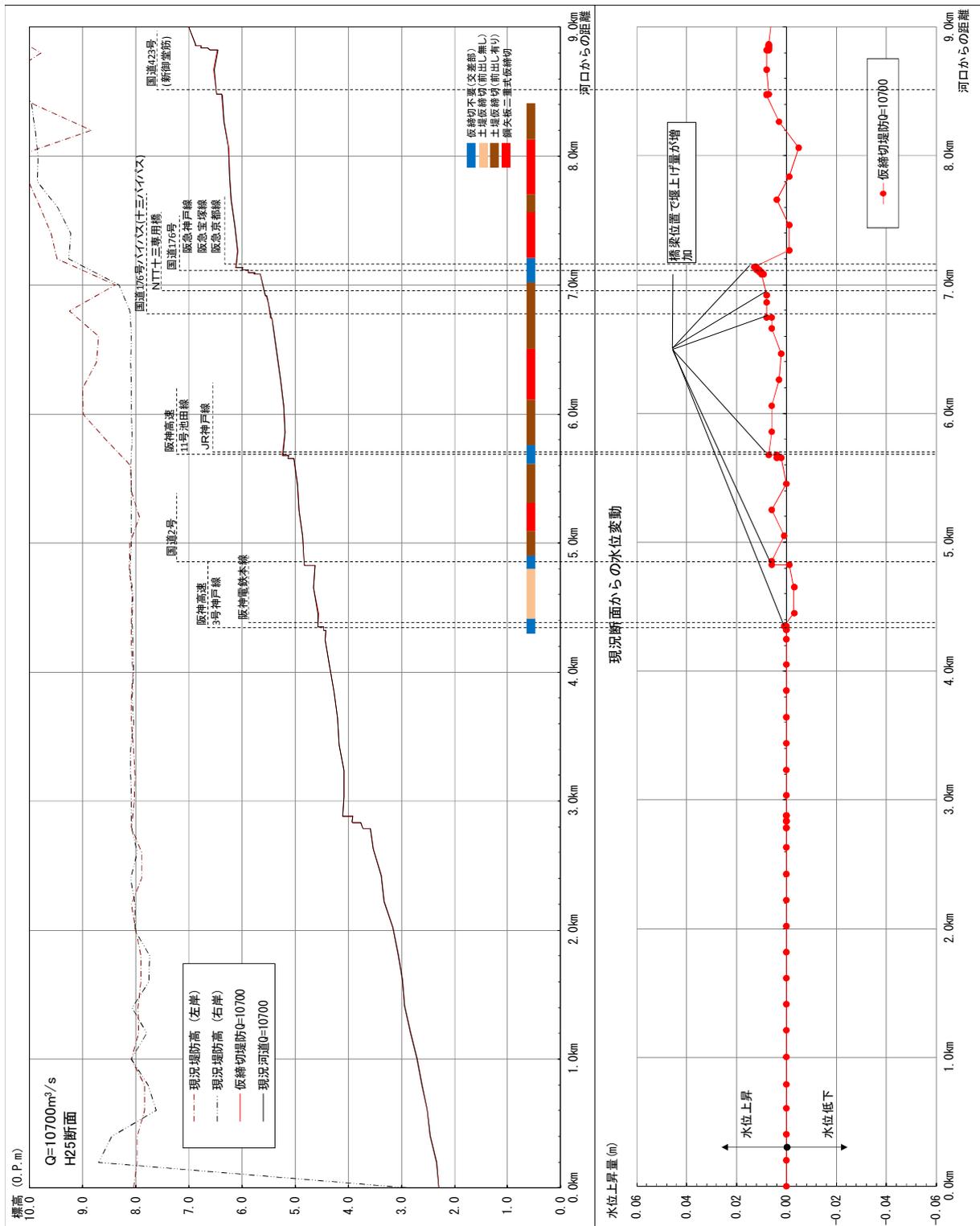


図 7.4.5 水位縦断面図 (仮締切堤設置)

7.4.5 侵食に対する検討

ここでは、直接侵食に対する安全性、高水敷に対する側方侵食に対する安全性を検証する。

(1) 検討課題と照査方法

仮設時の侵食に対する検討は、「河川堤防の構造検討の手引き（改訂版）平成 24 年 2 月」に準じて行う。ここでの検討は淀川左岸線完成時の堤防侵食に対する安全性であるため、整備計画流量での検討を行う。

侵食による堤防の破壊のメカニズムは、護岸がない場合には図 7.4.6 に示すとおりで、堤防表のり面やのり尻付近に流水が直接作用して表面を被覆する植生が削剥し、堤体を構成する土砂が流失して破壊に至るものと、低水路等の主流路からの側方侵食、洗掘により破壊にいたるものとに大別できる。このことから、侵食に対する堤体の安全性照査の項目を次のように規定している。

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

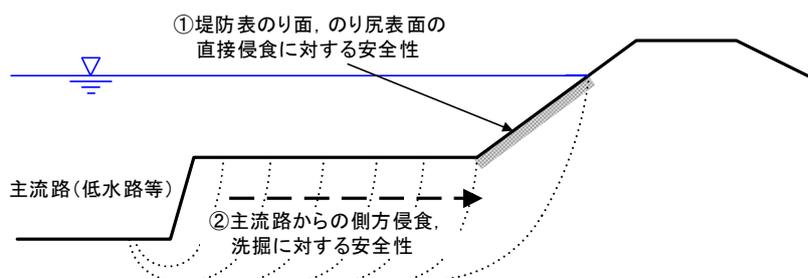


図 7.4.6 侵食による堤防崩壊メカニズム

出典：「河川堤防の構造検討の手引き（改訂版）平成 24 年 2 月」

侵食に対する照査基準は表 7.4.5 のとおりである。同表における①直接侵食の照査に関しては代表流速が 2.0m/s 以下であれば、耐侵食性は確保されているものと考えられる（手引き p.92）。また、②側方侵食の照査は表 7.4.6 に示す様に高水敷幅により照査する。ここで、淀川 0.0km～9.8km 区間はセグメント 3 である。

表 7.4.3 侵食に対する堤防の安全性の照査基準

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

出典：「河川堤防の構造検討の手引き（改訂版）平成 24 年 2 月」

表 7.4.4 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（1 洪水で侵食される高水敷幅の目安）
1	40m 程度
2-1	高水敷幅 $b >$ 低水路河岸高 H の 5 倍
2-2 および 3	高水敷幅 $b >$ 低水路河岸高 H の 2～3 倍

出典：「河川堤防の構造検討の手引き（改訂版）平成 24 年 2 月」

(2) 代表流速

堤防の侵食に対する安全性照査の外力として代表流速 V_0 を設定する。代表流速 V_0 は計画高水位以下の水位時において、最も速い平均流速 V_m に高水敷と低水路の流れの干渉による補正係数を乗じて算出する。

- 平均流速 V_m : 下式により求める。(護岸の力学設計法 平成 19 年 11 月 p.36)

$$V_m = \frac{1}{n} \cdot H_d^{2/3} \cdot I_e^{1/2} \quad (7.1)$$

ここに、 n : マニングの粗度係数、 H_d : 設計水深(m)、 I_e : エネルギー勾配である。

- エネルギー勾配 I_e : 4.4k~8.2k の平均値を採用する。($I_e=0.000186$)

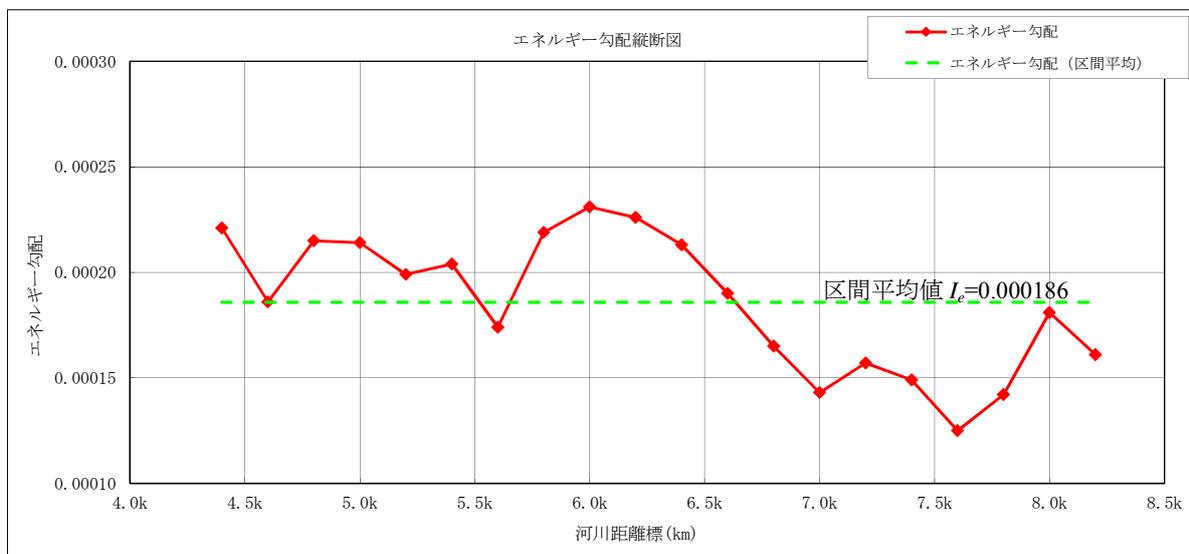


図 7.4.7 エネルギー勾配縦断面図

- 設計水深 H_d : HWL と高水敷高の差とする。
- 補正係数 α : 淀川左岸線 (2 期) では高水敷と低水路の流れの干渉による補正係数を乗じるものとする。高水敷幅が狭い場合、低水路の流れの影響を受けるため高水敷の流速が大きくなるための補正である。なお、当区間は直線区間とみなされ、湾曲による補正は行わない。

- 代表流速 V_0 : 算定結果を表 7.4.7 に示す。

表 7.4.5 代表流速 V_0 の算定

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)	低水路部 高さ (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=10700m ³ /s (整備計画流量)										
4.4k	4.536	0.000221	0.000186	5.200	21.6	2.89	-3.56	8.76	2.310	0.015	0.020
4.6k	4.622	0.000186	0.000186	5.200	23.2	3.09	-3.53	8.73	2.110	0.015	0.020
4.8k	4.809	0.000215	0.000186	5.200	80.6	2.30	-3.52	8.72	2.900	0.015	0.020
5.0k	4.835	0.000214	0.000186	5.200	100.8	2.73	-3.50	8.70	2.470	0.015	0.020
5.2k	4.906	0.000199	0.000186	5.200	97.0	2.75	-3.48	8.68	2.450	0.015	0.020
5.4k	4.937	0.000204	0.000186	5.200	98.2	3.08	-3.46	8.66	2.120	0.015	0.020
5.6k	5.118	0.000174	0.000186	5.250	80.7	3.18	-3.44	8.69	2.070	0.015	0.020
5.8k	5.174	0.000219	0.000186	5.360	90.6	3.40	-3.42	8.78	1.960	0.015	0.020
6.0k	5.202	0.000231	0.000186	5.470	88.1	3.69	-3.40	8.87	1.780	0.015	0.020
6.2k	5.260	0.000226	0.000186	5.570	87.5	3.85	-3.38	8.95	1.720	0.015	0.020
6.4k	5.323	0.000213	0.000186	5.680	84.9	3.90	-3.36	9.04	1.780	0.015	0.020
6.6k	5.391	0.000190	0.000186	5.790	87.5	4.17	-3.34	9.13	1.620	0.015	0.020
6.8k	5.495	0.000165	0.000186	5.890	85.7	4.07	-3.32	9.21	1.820	0.015	0.020
7.0k	5.762	0.000143	0.000186	6.000	94.0	1.47	-3.30	9.30	4.530	0.015	0.020
7.2k	6.071	0.000157	0.000186	6.110	18.0	1.82	-3.28	9.39	4.290	0.015	0.055
7.4k	6.127	0.000149	0.000186	6.210	49.1	1.70	-3.26	9.47	4.510	0.015	0.055
7.6k	6.196	0.000125	0.000186	6.320	47.9	1.78	-3.24	9.56	4.540	0.015	0.055
7.8k	6.218	0.000142	0.000186	6.430	57.5	1.90	-3.22	9.65	4.530	0.015	0.055
8.0k	6.241	0.000181	0.000186	6.530	56.4	1.99	-4.05	10.58	4.540	0.015	0.055
8.2k	6.334	0.000161	0.000186	6.640	46.4	2.21	-5.16	11.80	4.430	0.015	0.055

測点	代表流速の算定								
	平均流速 V_m (m/s)	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_{a0} (m/s)	高水敷流 速 u_{a0} (m/s)	境界部の 流速 u_b (m/s)	水平渦動 粘性係数 ϵ	補正係数 α	護岸近傍の 代表流速 V_0 (m/s)
4.4k	1.191	0.003	0.001	3.861	1.191	3.238	37.540	1.407	1.676
4.6k	1.121	0.003	0.001	3.852	1.121	3.256	39.937	1.415	1.586
4.8k	1.386	0.003	0.001	3.849	1.386	3.166	30.717	1.182	1.638
5.0k	1.245	0.003	0.001	3.843	1.245	3.202	34.896	1.151	1.433
5.2k	1.238	0.003	0.001	3.837	1.238	3.198	34.900	1.158	1.434
5.4k	1.125	0.003	0.001	3.832	1.125	3.235	38.910	1.159	1.304
5.6k	1.107	0.003	0.001	3.840	1.107	3.251	40.022	1.201	1.329
5.8k	1.067	0.004	0.001	3.867	1.067	3.293	42.935	1.182	1.261
6.0k	1.001	0.004	0.001	3.893	1.001	3.349	47.520	1.193	1.194
6.2k	0.978	0.004	0.001	3.916	0.978	3.383	49.961	1.198	1.172
6.4k	1.001	0.004	0.001	3.943	1.001	3.398	50.068	1.207	1.208
6.6k	0.940	0.004	0.001	3.969	0.940	3.454	55.187	1.205	1.132
6.8k	1.016	0.004	0.001	3.992	1.016	3.439	51.829	1.210	1.229
7.0k	1.866	0.003	0.002	4.018	1.866	3.243	24.182	1.135	2.118
7.2k	0.654	0.003	0.013	4.044	0.654	2.462	33.004	1.382	0.904
7.4k	0.676	0.003	0.013	4.067	0.676	2.450	33.597	1.288	0.871
7.6k	0.679	0.003	0.013	4.093	0.679	2.467	34.236	1.292	0.878
7.8k	0.678	0.003	0.013	4.119	0.678	2.491	34.891	1.272	0.863
8.0k	0.679	0.003	0.012	4.379	0.679	2.710	41.899	1.298	0.882
8.2k	0.668	0.003	0.010	4.709	0.668	3.019	52.328	1.354	0.905

ヨシ原区間は粗度係数が大きく、流速が小さくなる。

(3) 検討結果

耐侵食機能の検討結果を表 7.4.8 に示す。結果の概要を以下に示す。

- 直接侵食に対しては、仮締切堤不要個所以外の高水護岸近傍の代表流速が 2.0m/s を下回る流速となっている。鋼矢板二重式仮締切区間は耐侵食性に対して問題がなく、土堤区間においても張芝を施すことにより直接侵食に対する安全性を満足できると判断できる。ただし、高潮堤区間は波浪に対する耐侵食性が必要であること、一般河川区間では現況で護岸が設置されていることに考慮して護岸工設置の必要性を判断するものとする。
- 側方侵食に対しては、低水護岸の設置されていない箇所は、高水敷幅 b /低水河岸高 H が判定基準となる $b/H > 2 \sim 3$ を満足していることから、安全性が確保されていると判断できる。4.4k 地点は $b/H < 2$ となっているが、低水護岸（鋼矢板）が設置されているため、側方侵食に対して安全である。

表 7.4.6 耐侵食機能検討結果

距離標	堤防の諸条件			侵食における照査項目(検討条件:仮締切堤設置,整備計画流量 $Q=10700\text{m}^3/\text{s}$ 流下時)				備考
	セグメント	高水敷幅 b (m)	低水河岸高 Hd (m)	②側方侵食の照査		①直接侵食の照査		
				高水敷幅 b /低水河岸高 H	判定($b/H > 2 \sim 3$)	高水敷代表流速 V_0 (m/s)	判定($V_0 < 2.0$)	
4.4	3	11.6	8.76	-	-	1.676	○	既設低水護岸(矢板)あり
4.6	3	23.2	8.73	-	-	1.586	○	既設低水護岸(消波ブロック)あり
4.8	3	-	-	-	-	1.638	-	国道2号交差部の仮締切堤不要区間
5.0	3	100.8	8.70	11.59	○	1.433	○	
5.2	3	97.0	8.68	11.18	○	1.434	○	
5.4	3	98.2	8.66	11.34	○	1.304	○	
5.6	3	80.7	8.69	9.28	○	1.329	-	阪神高速11号池田線, JR神戸線の仮締切堤不要区間
5.8	3	90.6	8.78	10.32	○	1.261	○	
6.0	3	88.1	8.87	9.93	○	1.194	○	
6.2	3	87.5	8.95	9.78	○	1.172	○	
6.4	3	84.9	9.04	9.39	○	1.208	○	
6.6	3	87.5	9.13	9.58	○	1.132	○	
6.8	3	85.7	9.21	9.31	○	1.229	○	
7.0	3	-	-	-	-	2.118	-	国道176号交差部の仮締切堤不要区間
7.2	3	-	-	-	-	0.904	○	ヨシ原区間
7.4	3	-	-	-	-	0.871	○	ヨシ原区間
7.6	3	-	-	-	-	0.878	○	ヨシ原区間
7.8	3	-	-	-	-	0.863	○	ヨシ原区間
8.0	3	-	-	-	-	0.882	○	ヨシ原区間
8.2	3	-	-	-	-	0.905	○	ヨシ原区間

高水敷なし低水護岸有

7.5 土堤仮締切における地震に対する安定性検討

施工時における現況堤防の耐震性能照査として、既往の淀川本川河川堤防耐震性能照査における外力条件、照査基準により、時刻歴有効応力地震応答解析を用いて解析的検討を行う。この外力条件は、河川構造物の耐震性能照査指針（以降、耐震性能照査指針とする。）に示されている標準加速度応答スペクトルに適合したレベル 2-1 地震動、レベル 2-2 地震動として道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編 平成 14 年 3 月を用いる。この照査基準は、淀川本川で設定されている照査外水位を適用し、地震応答解析における残留堤防高により行う。なお、対象とする施工タイプは、土堤仮締切を対象とする。鋼矢板二重式仮締切における施工タイプは、後述する、巨大地震時における緊急復旧シナリオにより耐震性能を確保する。

7.5.1 検討条件

(1) 検討対象断面の抽出

土堤仮締切の耐震検討断面は、完成形に対する耐震性照査対象断面のうち、施工時に土堤仮締切を実施する断面とする。以下、完成形に対する照査対象断面の抽出を示す。

地震による一体構造物の応答性状は、液状化層を含む軟弱地盤層厚などの基礎地盤特性、堤防盛土形状、道路構造物形状・深さにより異なると考えられる。

本検討では、堤内側盛土形状、液状化対象層厚に着目して検討対象断面を抽出する。なお、川表護岸は、概ね 1:4 の 1 枚のりで計画されることから着目項目としない。

堤内側盛土形状の区分として堤内側盛土荷重を用いる。堤内側盛土荷重は、ランプ部を含む既設堤防と道路ボックス間の盛土（堤防間盛土）、道路ボックス縦断線形、高規格堤防盛土により異なる。この荷重の違いによる区分を行うにあたり、堤内側の掘削、道路ボックス、盛土の単位奥行き当たりの総荷重を増加荷重とし、断面変化位置で算出する。あわせて、河川法線と道路計画中心線の離れ、縦断線形を考慮する。

- ・ 荷重区分① ～No.62 付近（4.8k 付近） 海老江地区高規格堤防
- ・ 荷重区分② No.62 付近～No.98 付近（5.4k+100m 付近） 国道 2 号～阪神高速 11 号池田線下流
- ・ 荷重区分③ No.98 付近～No.110 付近（5.8k 付近） ～JR 神戸線上流
- ・ 荷重区分④ No.110 付近～No.222 付近（8.0k 付近） ～豊崎出入口、国道 423 号新御堂筋下流
- ・ 荷重区分⑤ No.222 付近～

なお、上記は道路計画中心線で区分していることから、海老江北入路（No.80 付近,5.0k+115m）、大淀出路（No.129 付近,6.0k+80m）、大淀入路（No.142 付近,6.2k+139m）は考慮していない。

液状化対象層厚は、河川距離標毎に堤内側で実施されたボーリング調査結果より、本検討で設定した地下水位 O.P.+1.0m と沖積粘性土層上面間の沖積砂質土層厚により次の 3 区分とする。

- ・ 地層区分① 7.0m 程度 ～5.6k (No.105 付近)
- ・ 地層区分② 6.0m 程度 5.6k～7.0k (No.175 付近)
- ・ 地層区分③ 4.0m 程度 7.0k～

これら特性を図 7.5.2, 表 7.5.1 に示す。完成形に対する耐震性能照査断面は 10 断面とする。

表 7.5.1 完成時における検討対象断面

荷重区分	地層区分	道路構造	検討対象断面
① 海老江高規格堤防	①	ランプ部 (海老江 JCT)	No.45 (4.4k+31m)
		一般部	No.53 (4.4k+191m)
②	液状化層厚 7m	ランプ部 (海老江北入路)	No.80 (5.0k+115m)
		一般部	No.90 (5.2k+107m)
③		一般部 (堤防掘削無)	No.103 (5.4k+166m)
④	② 6m	一般部	No.121 (5.8k+120m)
		ランプ部 (大淀出路)	No.129 (6.0k+80m)
		ランプ部 (大淀入路)	No.142 (6.2k+139m)
⑤	③ 4m	一般部	No.208 (7.6k+69m)
		ランプ部 (豊崎出路)	No.228 (8.0k+116m)

淀川左岸線 (2 期) 区間における仮締切形状を以下に整理する。検討対象とする区間は、土堤により施工時の堤体の安定を確保することが必要な区間 (B1) とする。鋼矢板二重式仮締切区間の定量的評価は「鋼矢板二重式仮締切設計マニュアル (案)」に準拠しレベル 1 地震動による設計を実施している。鋼矢板二重式仮締切のレベル 2 地震動に対する照査・設計法は確立されていないことから、鋼矢板二重式仮締切区間については緊急復旧シナリオを考慮するとし、ここでは検討区間から除外する。以上より、土堤仮締切の耐震検断断面は、No.90, No.121, No.208 の 3 断面とする。

- ・ B1 : 狭域部分開削 土堤仮締切

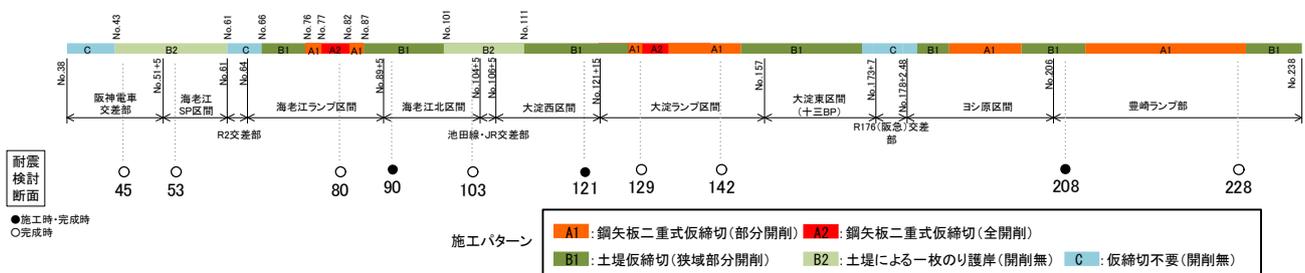


図 7.5.1 施工時における検討対象断面

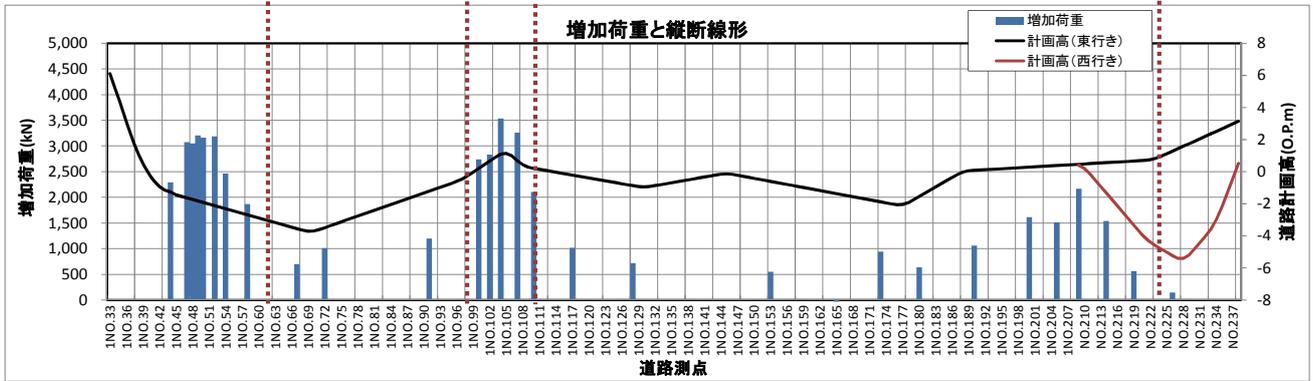
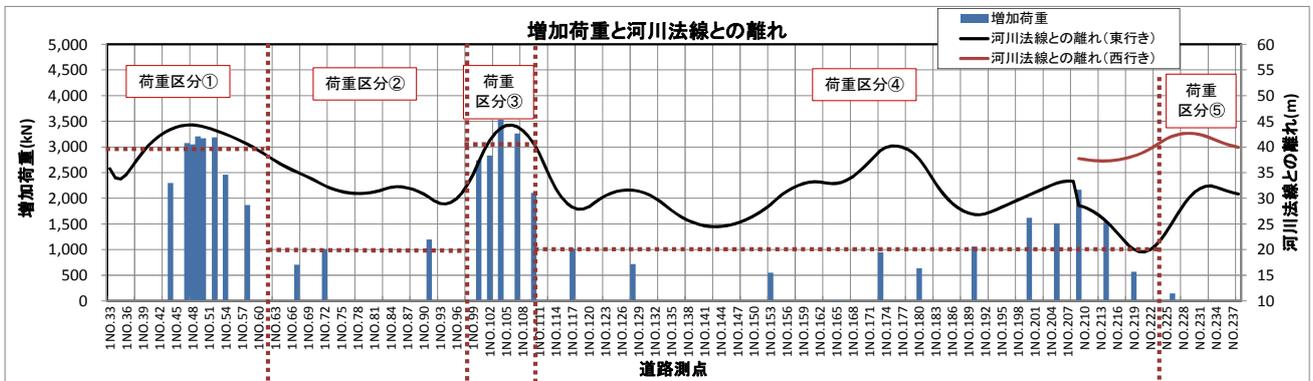
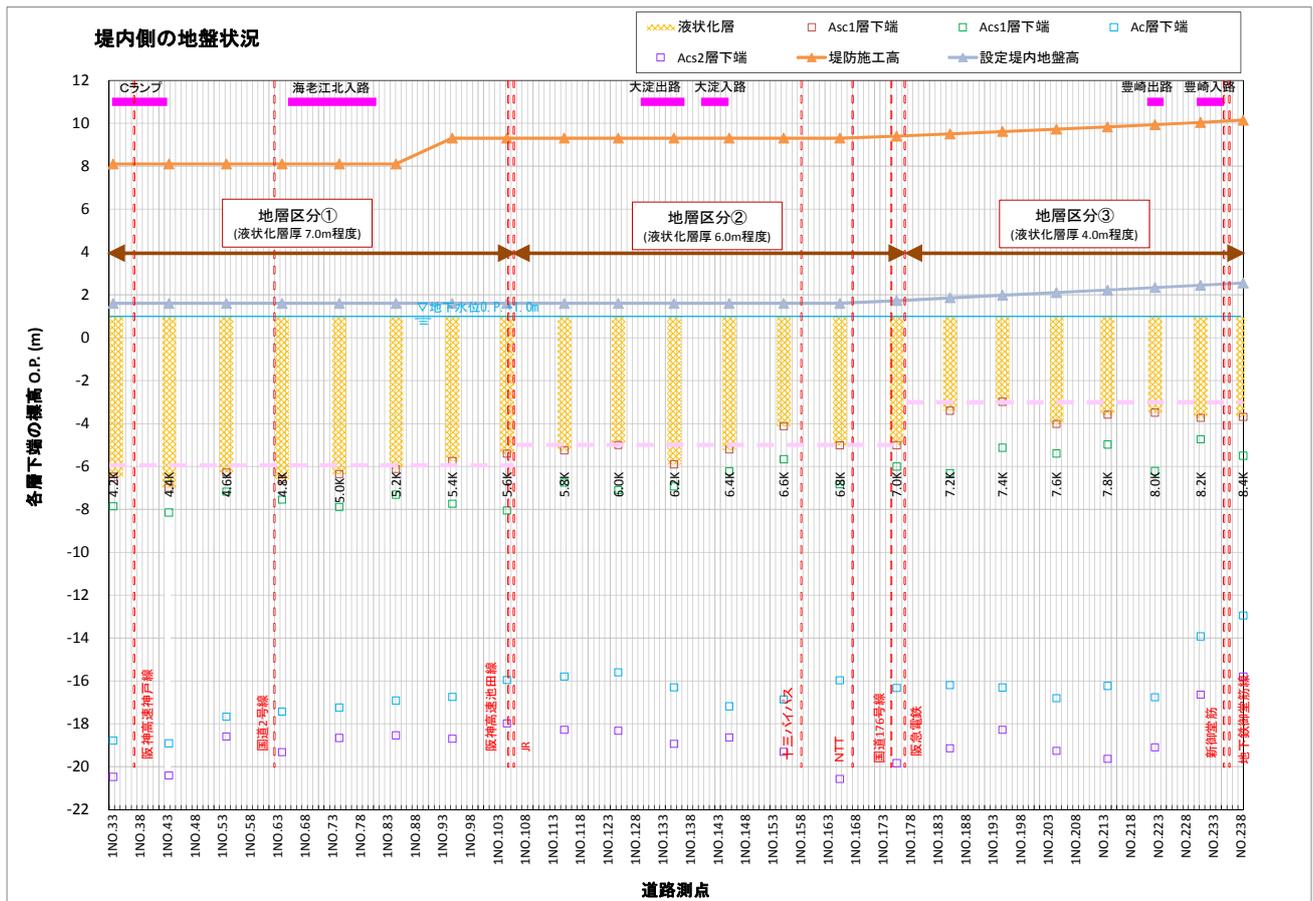


図 7.5.2 地盤条件と荷重特性

(2) 地震外力

解析に用いる地震外力は、耐震性能照査指針に示された標準加速度応答スペクトルに適合した時刻歴応答波形を用いる。耐震性能照査指針には時刻歴応答波形の記載がないため、道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編 平成 14 年 3 月（以下、道示）に掲載されている動的解析に用いる地震動を用いる。

道示に掲載のレベル 2 地震動の時刻歴波形は、地震動のタイプ別 (L2-1, L2-2)、地盤種別 (I, II, III) に対して位相の異なる 3 波形の合計 18 波形である。これら波形は、地表面での波形として定義されていることから、本検討では良好な洪積地盤及び岩盤上の入力地震動に対応する I 種地盤波形を用いる。地震後の堤防変形量に与える影響を考慮して、L2-1 地震動に対する解析に用いる地震動は、I 種地盤波形の 3 波の中で、継続時間が最も長いものを選定し、L2-2 地震動に対する解析に用いる地震動は最大加速度が最も大きい波形を選定する。

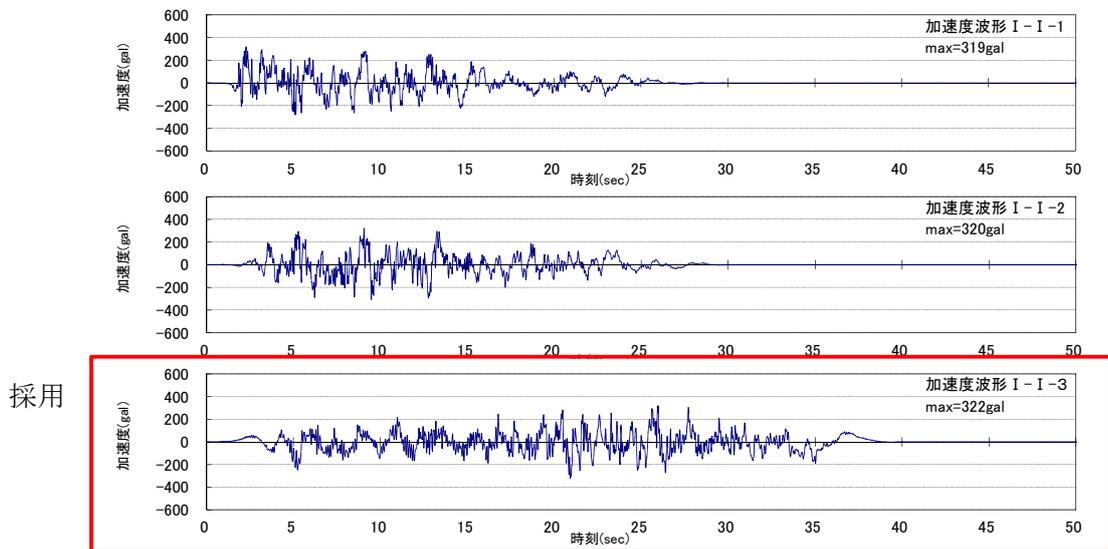


図 7.5.3 L2-1 I 種地盤の入力地震波形（「道示」）

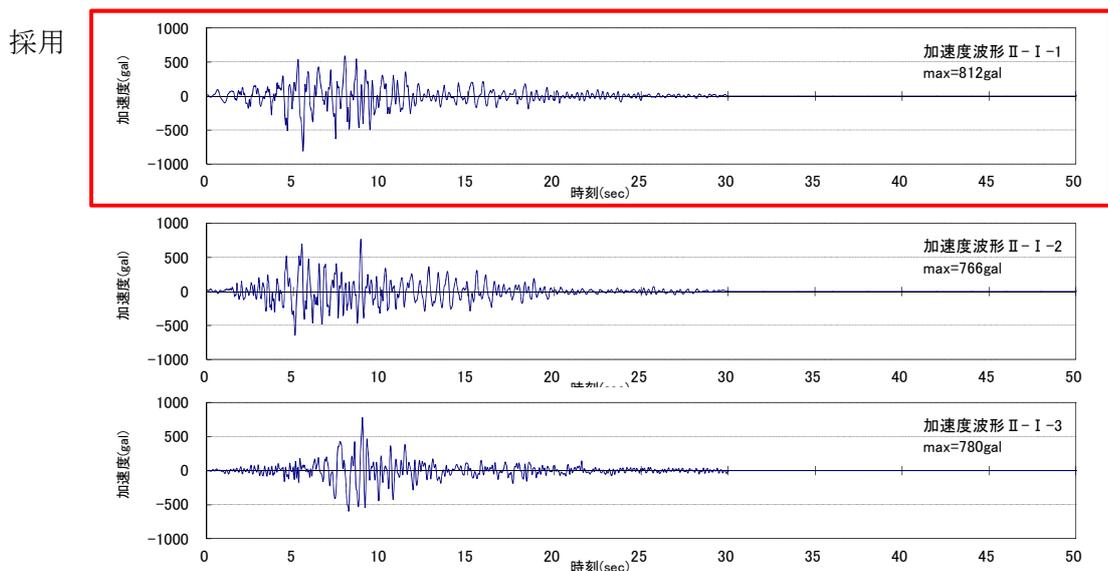


図 7.5.4 L2-2 I 種地盤の入力地震波形（「道示」）

(3) 検討ケース

土堤仮締切区間は、堤内側における道路構造物設置に先立ち、堤外側の土堤仮締切を実施する。その後、土留矢板打設後に掘削を行い、道路構造物を施工する。さらに、道路構造物設置後、土留矢板を撤去する。このため、施工時における断面が現況断面と比較して、土留矢板が最も近接し、掘削量が最も大きくなる施工段階を検討ケースとする。

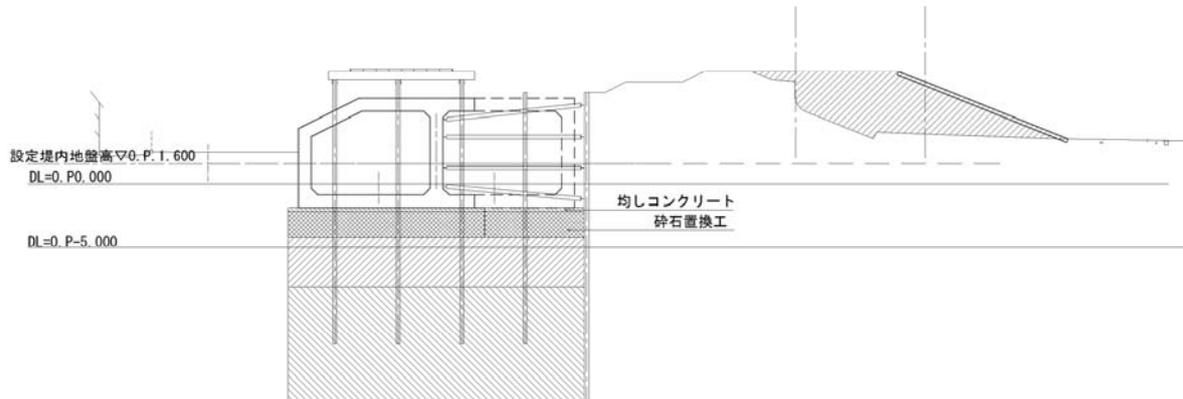


図 7.5.5 施工時における耐震検討ケースのイメージ

土留矢板，切梁のモデル化は弾性梁部材とし，土留が崩壊しない状態での土留と土堤での動的相互作用が堤防変形に及ぼす影響を解析的に検証する。土留矢板，切梁の設計はレベル 1 地震動に対応した耐震設計であるため，大規模地震時には，「7.6 巨大地震における緊急復旧シナリオ」にて対応することとする。

(4) 解析パラメータの設定

時刻歴有効応力地震応答解析に用いる地盤パラメータのうち、密度、透水係数、せん断波速度、粘着力、内部摩擦角、圧縮指数、膨潤指数は、本委員会を対象とした既往地質調査結果より設定する。

B層（改修・修補，改良，高水敷整備），新規盛土層，Asc2層の非線形特性はR-Oモデルを適用する。このR-Oモデルに適用するパラメータ（ α ， r ）は、堤体の主体となるB層（改修・修補）で行われた動的変形試験結果へのフィッティングにより設定する。

沖積粘性土層であるAcs1層，Ac層，Asc2層は繰返し弾塑性モデルを適用し，この弾塑性モデルに用いるパラメータは，「スーパー堤防の変形防止技術に関する研究」平成22年度国土交通省近畿地方整備局新技術研究開発成果報告書に示されている，西島粘土層Ac2層の材料パラメータを適用する。

液状化対象層であるAsc1層の繰返し弾塑性パラメータは，当該地盤で実施された非排水三軸繰返し試験（液状化試験）結果へのフィッティングにより決定されたパラメータを用いる。

なお，旧中津川埋立部のB層は，透水試験結果より透水性が比較的lowく，粒度特性はAcs1層に近いことから，Acs1層と同様の繰返し弾塑性モデルパラメータを適用する。

表7.5.1に解析パラメータ表を示す。なお，断面毎に初期平均有効応力が異なるため，No90を代表としたものを示す。

表 7.5.2 解析パラメータ表

	新規盛土	B (改修・修補)	B (改良工事)	B (高水敷整備)	B (中津埋立)	Asc1	Asc1 (改良部)	Acs1	Ac	Acs2	Asc2
初期間隙比	e_0	0.831				0.801		1.250	1.650	1.250	0.800
透水係数(m/sec)	k	-	1.56E-05	3.12E-04	4.42E-06	2.53E-07	4.36E-05	7.84E-07	1.06E-09	1.82E-09	1.00E-06
重力加速度(m/sec ²)	g	9.8									
密度(t/m ³)	ρ	1.73				1.89		1.72	1.65	1.74	1.84
せん断波速度(m/sec)	V_s	168.0				151.0		147.8	155.4	209.7	212.2
初期せん断弾性係数(kN/m ²)	G_0	48,744				43,043		37,674	39,944	76,747	82,723
水の体積圧縮係数	K_f	0									
繰返し弾塑性モデル											
圧縮指数	λ				0.187	0.025	0.187	0.334	0.265		
膨潤指数	κ				0.019	0.003	0.019	0.033	0.026		
無次元化初期せん断係数	G_0/σ'_{m0}				543	872	543	402	501		
変相応力比	M^*_m				1.24	0.909	1.24	1.18	1.24		
破壊応力比	M^*_r				1.24	1.201	1.24	1.18	1.24		
硬化関数中のパラメータ	B^*_0				1,850	2,500	1,850	1,800	1,850		
硬化関数中のパラメータ	B^*_1				40	50	40	3	40		
硬化関数中のパラメータ	C_f				10	0	10	0	10		
異方消失のパラメータ	C_d				2,000	2,000	2,000	2,000	2,000		
擬似過圧密比	OCR				1	1	1	1	1		
ダイレイタンス係数	D^*_0				-	1	-	-	-		
ダイレイタンス係数	n				-	9	-	-	-		
規準ひずみ（塑性剛性）	γ^{ps}_r				-	0.015	-	-	-		
規準ひずみ（弾性剛性）	γ^{es}_r				-	0.1	-	-	-		
R-Oモデル											
ポアソン比	ν	0.333									0.333
粘着力(kN/m ²)	c	1.0									66.1
内部摩擦角(°)	ϕ	30									11
せん断弾性係数のパラメータ	a	11,693									7,445
せん断弾性係数のパラメータ	b	0.5									0.5
R-0パラメータ	α	3.02									3.02
R-0パラメータ	r	2.29									2.29

(5) 照査基準

地震時の土堤仮締切の照査は、河川構造物の耐震性能照査指針・解説 I 共通編、II 堤防編より、地震による堤防の残留高が、照査外水位を下回らないことを確認する。照査外水位は、平常時の最高水位とし、朔望平均満潮位及び波浪、施設画面上の津波高、広域地盤沈降を考慮したものとする。表 7.5.2 に検討断面の照査外水位を示す。表 7.5.3 淀川下流部における照査外水位を示す。

L2-1 地震に対する照査外水位は、大阪府想定 of 昭和南海トラフ地震 (M8.4 : 施設画面上の津波) の検討結果に基づき設定している。なお、最大クラスの津波としては、平成 25 年 8 月大阪府公表の「津波浸水想定について」に記されている南海トラフの巨大地震 (M9.1) を対象として算出している淀川河口の津波水位 (T.P.+3.9m) より、約 O.P.+5.2m と算定されている。L2-2 地震に対する照査外水位は、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 水位としている。

表 7.5.3 検討対象断面における照査外水位

検討断面	河川距離標	参照距離標	照査外水位 (O. P. +m)	
			L2-1	L2-2
No. 90	L 5. 2+107	L5. 4	4.55	2.17
No. 121	L5. 8k+120	L6. 0	4.55	2.19
No. 208	L7. 6k+69	L7. 8	4.57	2.25

表 7.5.4 淀川における耐震性能照査上の照査外水位 (0.0k~9.8k) : 赤枠は左岸線 (2 期) 区間

河川距離標		0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4
照査外水位 (O. P. +)	L2-1	4.50	4.50	4.50	4.50	4.51	4.51	4.51	4.51	4.51	4.52	4.52	4.52	4.52
	L2-2	3.63	3.63	3.63	3.63	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.56	2.11	2.11
河川距離標		2.6	2.8	3.0	3.2	3.4	3.6	3.8	4.0	4.2	4.4	4.6	4.8	5.0
照査外水位 (O. P. +)	L2-1	4.52	4.52	4.53	4.53	4.53	4.53	4.53	4.54	4.54	4.54	4.54	4.54	4.55
	L2-2	2.11	2.13	2.13	2.13	2.14	2.14	2.14	2.15	2.15	2.16	2.16	2.16	2.16
河川距離標		5.2	5.4	5.6	5.8	6.0	6.2	6.4	6.6	6.8	7.0	7.2	7.4	7.6
照査外水位 (O. P. +)	L2-1	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.56	4.56	4.56	4.56	4.56	4.57	4.57	4.57
	L2-2	2.17	2.17	2.19	2.19	2.19	2.19	2.20	2.20	2.21	2.23	2.24	2.24	2.25
河川距離標		7.8	8.0	8.2	8.4	8.6	8.8	9.0	9.2	9.4	9.6	9.8		
照査外水位 (O. P. +)	L2-1	4.57	4.57	4.58	4.58	4.58	4.58	4.58	4.58	4.59	4.58	4.58		
	L2-2	2.25	2.26	2.26	2.27	2.27	2.28	2.29	2.30	2.31	2.34	3.00		

(6) 時刻歴応答解析の結果と照査

時刻歴応答解析による堤防沈下量より算定した残留堤防高と照査外水位を比較した結果、解析を実施した全ての断面において耐震性能を満足する結果となった。表 7.5.4 に土堤仮締切の耐震性能照査結果を示す。荷重区分、地層を考慮して選定した代表 3 断面の結果、堤防の沈下量は最大で 1m 程度で、照査外水位に対して 2.5m 程度の余裕があることから、左岸線（2 期）区間の土堤仮締切は、河川指針の地震外力に対して、安全性を確保していると判断する。なお、南海トラフの巨大地震（M9.1）を対象として算出している淀川河口の津波水位(約 O.P.+5.2m)に対しても耐震性能を満足する結果となっている。

表 7.5.5 施工時の土堤仮締切の耐震性能照査結果

レベル2_タイプ I 地震動（海溝型）

解析断面	堤防高 (O.P. +m)	堤防沈下量 (m)	残留堤防高 (O.P. +m) ①	照査外水位 (O.P. +m) ②	判定 ①>②	参考： 現況堤防沈下量 (m)
No. 90	8.10	0.93	7.17	4.55	O.K.	0.73
No. 121	9.03	0.83	8.20	4.55	O.K.	0.56
No. 208	9.93	0.67	9.26	4.57	O.K.	0.60

レベル2_タイプ II 地震動（直下型）

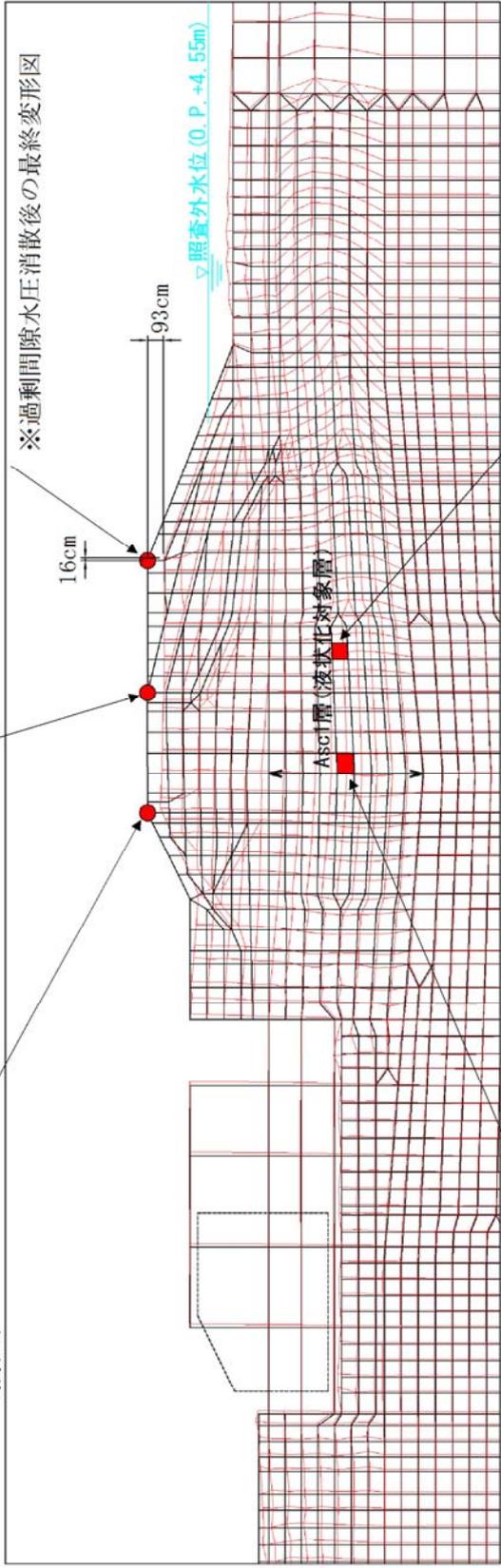
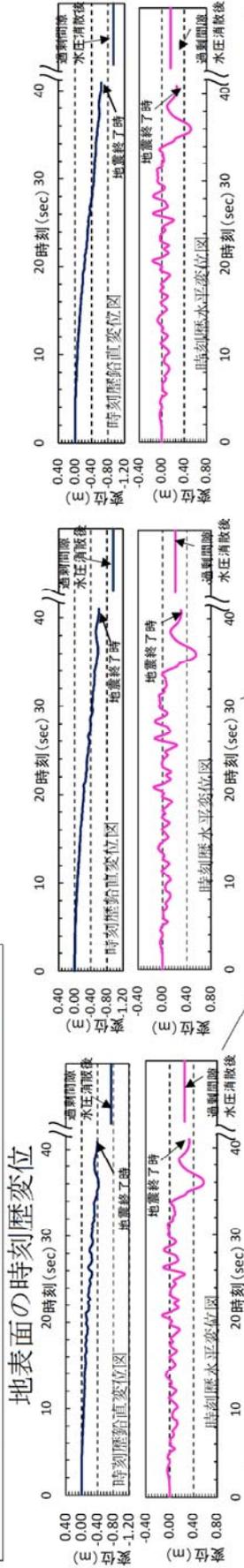
解析断面	現況堤防高 (O.P. +m)	堤防沈下量 (m)	残留堤防高 (O.P. +m) ①	照査外水位 (O.P. +m) ②	判定 ①>②	参考： 現況堤防沈下量 (m)
No. 90	8.10	0.88	7.22	2.17	O.K.	0.72
No. 121	9.03	0.75	8.28	2.19	O.K.	0.62
No. 208	9.93	0.73	9.20	2.25	O.K.	0.67

次項に、堤防沈下量が最大となる No.90 に対する L2-1 地震動の結果図を示す。加振直後から液状化層の過剰間隙水圧比が上昇し、ピークに達する地震開始 10 秒後付近から天端の鉛直変位の増加が顕著となっている。加振中の川表側天端の最大沈下量は 64cm 程度であり、過剰間隙水圧の消散過程で 29cm の沈下が発生し、最終沈下量は 93cm となっている。液状化層厚が 7m であるため、約 4%の体積圧縮率となっている。変形モードは、堤外側への水平変位（最終で 16cm）を伴って沈下しており、これは堤内側への変形が土留により拘束されていることと、締切盛土が腹付けされている影響と考えられる。

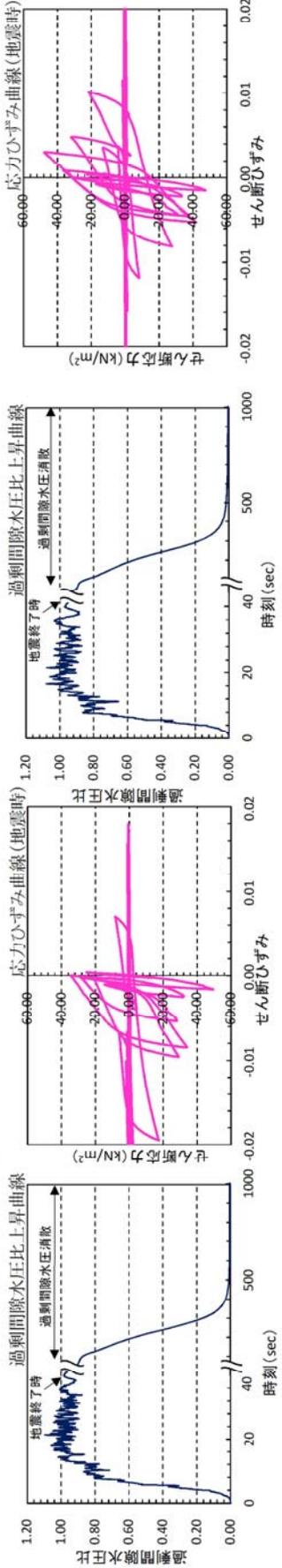
現況に対する結果では、最終沈下量は 73cm、水平変位は堤外側へ 2cm となっている。

施工時断面では、堤防形状の違いと土留の設置の影響により、現況堤防と比べて地震時の応答がやや変化し、鉛直変位、水平変位とも増加傾向を示す結果となっているが、その量は 20cm 程度とわずかである。このことより、想定地震に対して施工時断面は、現況堤防とほぼ同等の耐震性を有していると推察する。

耐震検討結果【No90】施工時タイプI地震動

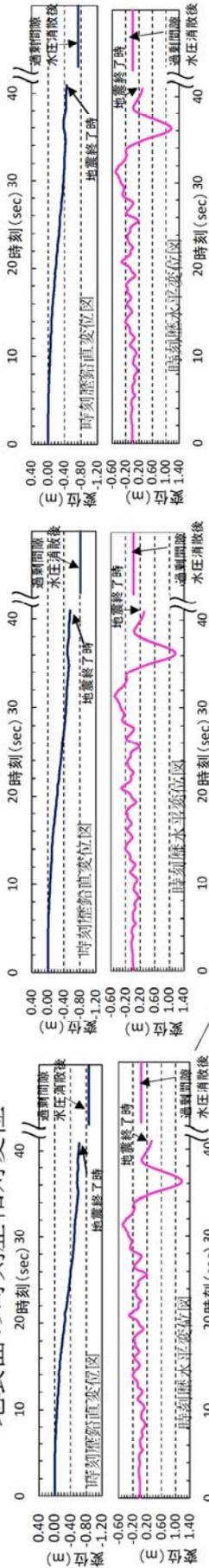


液状化層の応力ひずみ曲線, 過剰間隙水圧上昇曲線

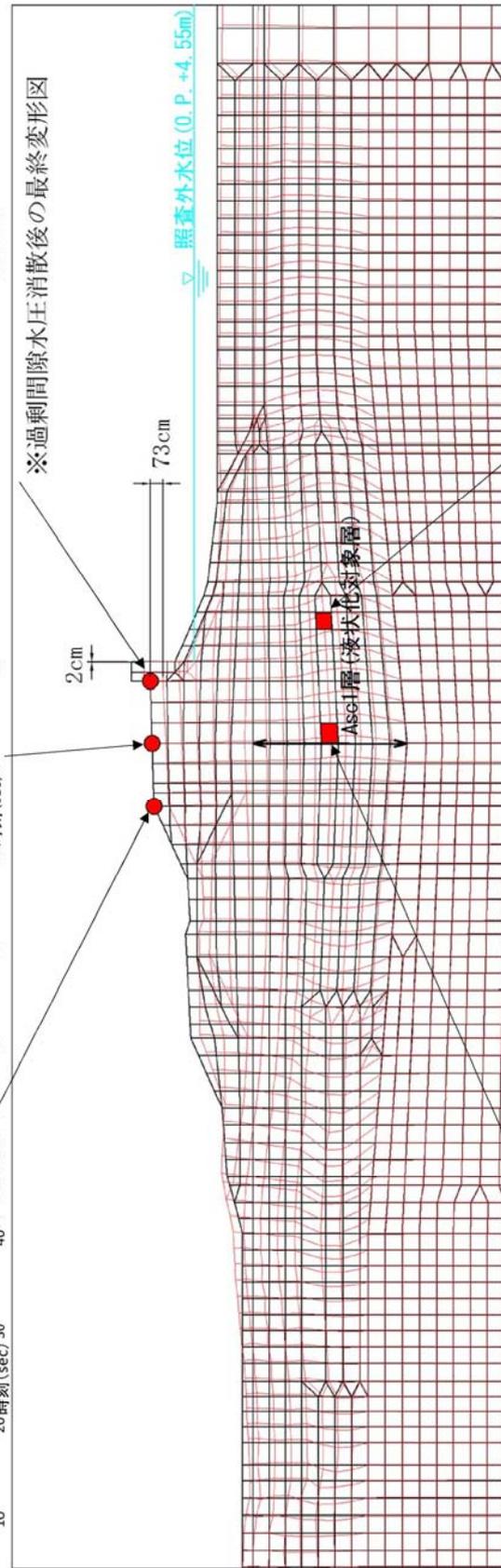


耐震検討結果【No90】現況タイプI地震動

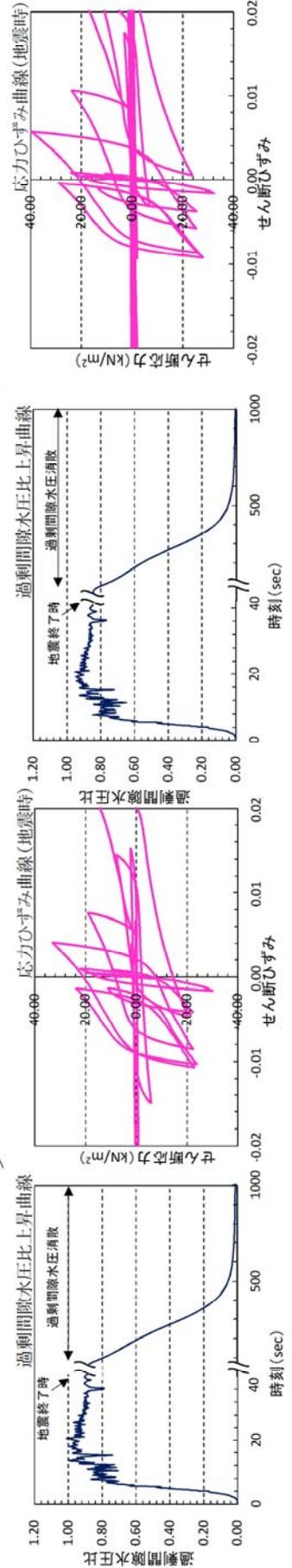
地表面の時刻歴相対変位



※過剰間隙水圧消散後の最終変形図



液化化層の心力ひずみ曲線、過剰間隙水圧上昇曲線



7.6 巨大地震時における緊急復旧シナリオ

施工時の仮締切堤は、既設堤防と同等の安全度を有する構造を基本とするが、設計外力を超過するような巨大地震が生じた場合に止水機能を損なうおそれがあることから、万が一仮締切堤の止水機能が失われた場合の緊急復旧シナリオを検討するとともに、緊急復旧に必要な対策工を検討し施工計画における条件を整理するものとする。ここで設計外力は、鋼矢板二重式仮締切はレベル 1 地震動、土堤仮締切はレベル 2 地震動を対象としており、これ以上の地震が発生した場合を想定し検討する。

緊急復旧シナリオは、地震後に想定される仮締切堤の状況、緊急復旧方針、緊急復旧構および必要復旧土量を検討する。

7.6.1 巨大地震後に想定される仮締切の状況

仮設時の地震に対する確保機能である、「LP-16:二重締切が外水位に対して安定であること」、「LP-7:地震後の土堤による仮締切や土留の変形による現況機能の低下」について想定地震動に対しては機能が確保されている。しかしながら、鋼矢板二重式仮締切はレベル 1 地震動相当を考慮した設計のため、レベル 2 地震動以上の外力が作用した場合、土堤仮締切では施工時の定量的評価より、レベル 1 地震動、レベル 2 地震動に対しては止水機能を確保できるが、南海トラフ等の大規模地震が生じた場合、止水機能を損なう恐れがある。

ここでは、復旧方針の設定を目的として各仮締切堤の地震後に想定される状況について整理する。

(1) 鋼矢板二重式仮締切

鋼矢板二重式仮締切は、「鋼矢板二重式仮締切設計マニュアル」（財団法人国土技術研究センター，平成13年5月，以下「マニュアル」と示す）に準じて設計している。

耐震設計では供用期間中に発生する確率が高い中規模地震動に対して行う場合と，供用期間中に発生する確率が低い大規模地震動に対して行う場合がある。鋼矢板二重式仮締切の供用期間は長くても5年程度であるため，マニュアルでは中規模地震動（レベル1地震動）に対する耐震設計を行うこととしており，淀川左岸線（2期）の仮締切施工においてもレベル1地震動を対象に設定する。

鋼矢板二重式仮締切の巨大地震後の状況を下図に示す。前述したようにレベル1地震動を対象に設計しているため，レベル2地震動，大規模地震動には対応しておらず，これら地震時には鋼矢板二重式仮締切が塑性変形し，締切天端が照査外水位を下回り止水機能を確保出来ない可能性がある。

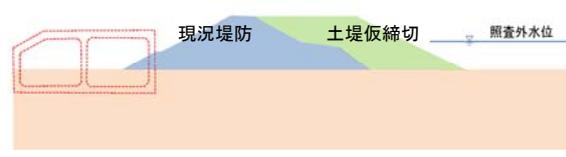
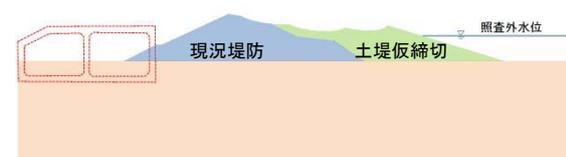
表 7.6.1 鋼矢板二重式締切に想定される状況

地震外力	地震後の状況（イメージ）	備考
レベル1地震動		鋼矢板二重式仮締切設計マニュアルにおいてレベル1地震動を考慮しているため，止水機能を確保出来る。
レベル2地震動 （河川基準）		設計で想定している以上の外力のため，地震による慣性力，液状化による地盤変状により，止水機能を損なう可能性がある。
大規模地震 （南海トラフ等）		同上

(2) 土堤仮締切

土堤仮締切は、レベル1、レベル2地震動に対する定量的評価より止水機能を確保しているが、大規模地震（南海トラフ等）に対しては慣性力、液状化による変形より、照査外水位を下回り止水機能を確保出来ない可能性がある。

表 7.6.2 土堤仮締切に想定される状況

地震外力	地震後の状況（イメージ）	備考
レベル1地震動	<div style="border: 2px solid blue; padding: 5px; display: inline-block; margin-bottom: 10px;">止水機能を確保</div> 	レベル1地震動に対する定量的評価は実施していないが、レベル2地震動に対する定量的評価結果より、止水機能を確保していると判断する。
レベル2地震動 （河川基準）	<div style="border: 2px solid blue; padding: 5px; display: inline-block; margin-bottom: 10px;">止水機能を確保</div> 	レベル2地震動に対する定量的評価より、止水機能を確保していると判断する。
大規模地震 （南海トラフ等）	<div style="border: 2px solid red; padding: 5px; display: inline-block; margin-bottom: 10px;">浸水のリスク</div> 	設計で想定している以上の外力のため、地震による慣性力、液状化により、止水機能を損なう可能性がある。

7.6.2 仮締切堤の緊急復旧方針

巨大地震後に仮締切堤が変状し止水機能を確保出来ない場合、緊急的に止水機能を確保する必要がある。緊急時は周辺道路が閉塞され鋼矢板等の資材やクレーン等の復旧に必要な機材を現地へ運搬出来ない可能性が考えられる。そのため、仮締切変状後の止水機能の確保は現地で確保、施工出来る材料として土堤により復旧するものとする。緊急復旧時の土堤に使用する土は、現況堤防、土堤仮締切、プレロード盛土、工事用道路の土量が確保できると考えられるが、本検討では安全側を考慮し、土堤仮締切の土量のみで復旧を行う方針とする。なお、現況堤防は地震前堤防高の 25%の高さ（残留堤防高）の場合を想定する。

■ 残留堤防高の取り扱いについて

「レベル 2 地震動に対する河川堤防の耐震点検マニュアル」（平成 24 年 2 月，国土交通省水管理・国土保全局治水課）では、既往の地震において堤防天端に堤防高さの 75%以上の沈下が生じた事例はなく、地震前の堤防高さの 25%は最低でも残存していたことが明らかにされている。本検討においてもこの考え方を参考に、残留堤防高は地震前堤防高の 25%残留するものとして考える。なお、実際には土堤が液状化して沈下した場合でも側方流動等により堤防側面に土が残る。

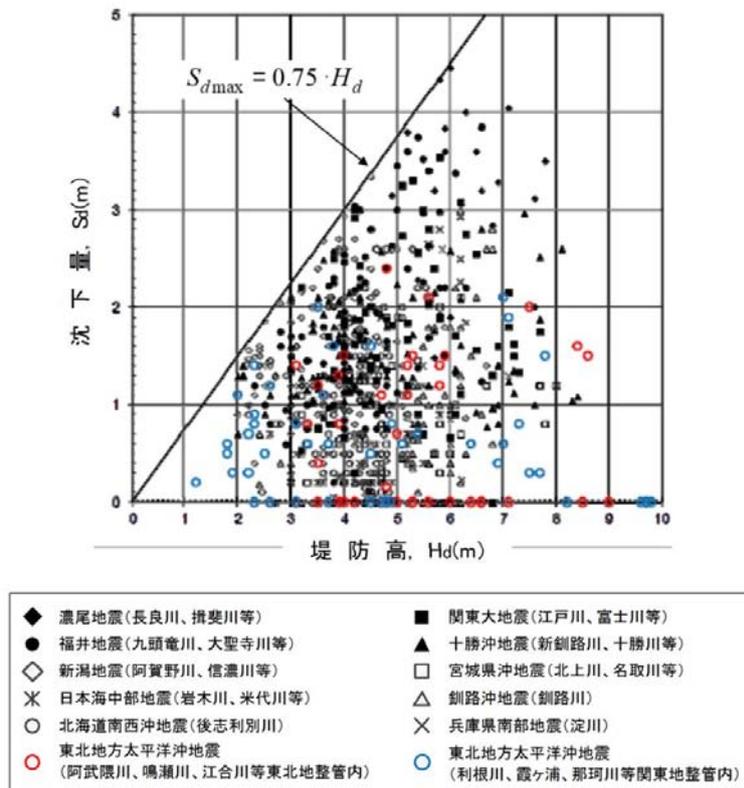


図- 3.2 既往の地震における堤防高さと沈下量の関係

引用：「レベル 2 地震動に対する河川堤防の耐震点検マニュアル」（平成 24 年 2 月，国土交通省水管理・国土保全局治水課）， p.7

(1) 緊急復旧堤防の構造

緊急復旧堤防の構造は止水機能を満足出来る最小限の構造とし、「河川管理施設等構造令」（平成二十五年七月五日最終改正 政令第二百十四号 以下、「河川構造令」）を参考に設定する。

締切高は仮締切堤と同様に計画堤防高とする。天端幅は緊急復旧であるため構造令の最小値として3.0mとする。のり勾配は土堤の最小のり勾配1:2.0とする。本工事中では全区間で同時期に仮締切堤を設置しないため、現況堤防の箇所と仮締切堤を設置している箇所が発生する。そのため、緊急復旧堤防は連続性を考慮し現況堤防位置での復旧を基本とする。

- ・ 締切高：計画堤防高
- ・ 天端幅：3.0m（河川管理施設等構造令，最小天端幅）
- ・ のり勾配：1:2.0（河川管理施設等構造令，土堤の最小のり勾配）
- ・ 設置位置：現堤位置での復旧を基本とする

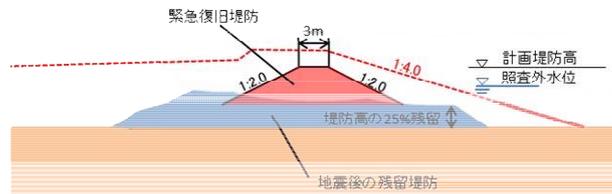


図 7.6.1 緊急復旧堤防の構造

(2) 復旧範囲

淀川左岸線（2期）計画区間では、国道2号、国道176号・阪急電車（神戸線，宝塚線，神戸線）交差点において堤防と平面交差している。これらの交差箇所は、緊急時を含む主要交通路となっていることから、巨大地震時には人や物資の移動等に使用されるものと想定され、緊急復旧堤防の工事用道路としては使用が困難であると考えられる。そのため、交差箇所で分断されることを想定し、国道2号交差点下流区間，国道2号～阪急電車交差点区間，阪急電車交差点上流区間に区間分けをして復旧を行うものとする。なお，施工時は各区間において資機材運搬に必要な工事用道路を堤内側に設けるものとする。

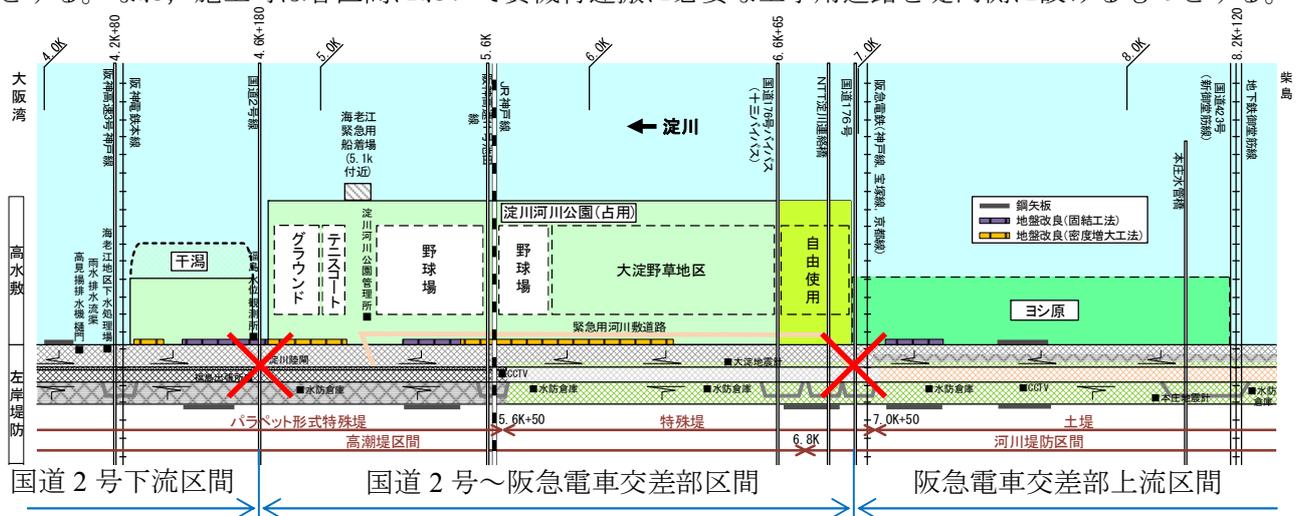


図 7.6.2 復旧範囲の区分

7.6.3 緊急復旧のシナリオ

緊急復旧堤防の構造は前項に示したが、本区間の仮締切堤形状は土堤仮締切、鋼矢板二重式仮締切を用いていることから、仮締切堤形状によって土量の確保が異なる。ここでは各仮締切堤形状における緊急復旧シナリオを整理する。なお、シナリオは「7.2 施工概要」に示す仮締切堤形状を基本とし、土堤仮締切（施工タイプ B1, B2）、鋼矢板二重式仮締切（施工タイプ A1, A2）とするが、阪急電鉄交差部上流（ヨシ原区間）の鋼矢板二重式仮締切においては土量確保が困難であることから、あわせて整理する。

仮締切の機能が失われた場合、14日以内に1次緊急復旧として緊急復旧堤防を築堤し、計画堤防高までの止水機能を確保する。

(1) 土堤仮締切

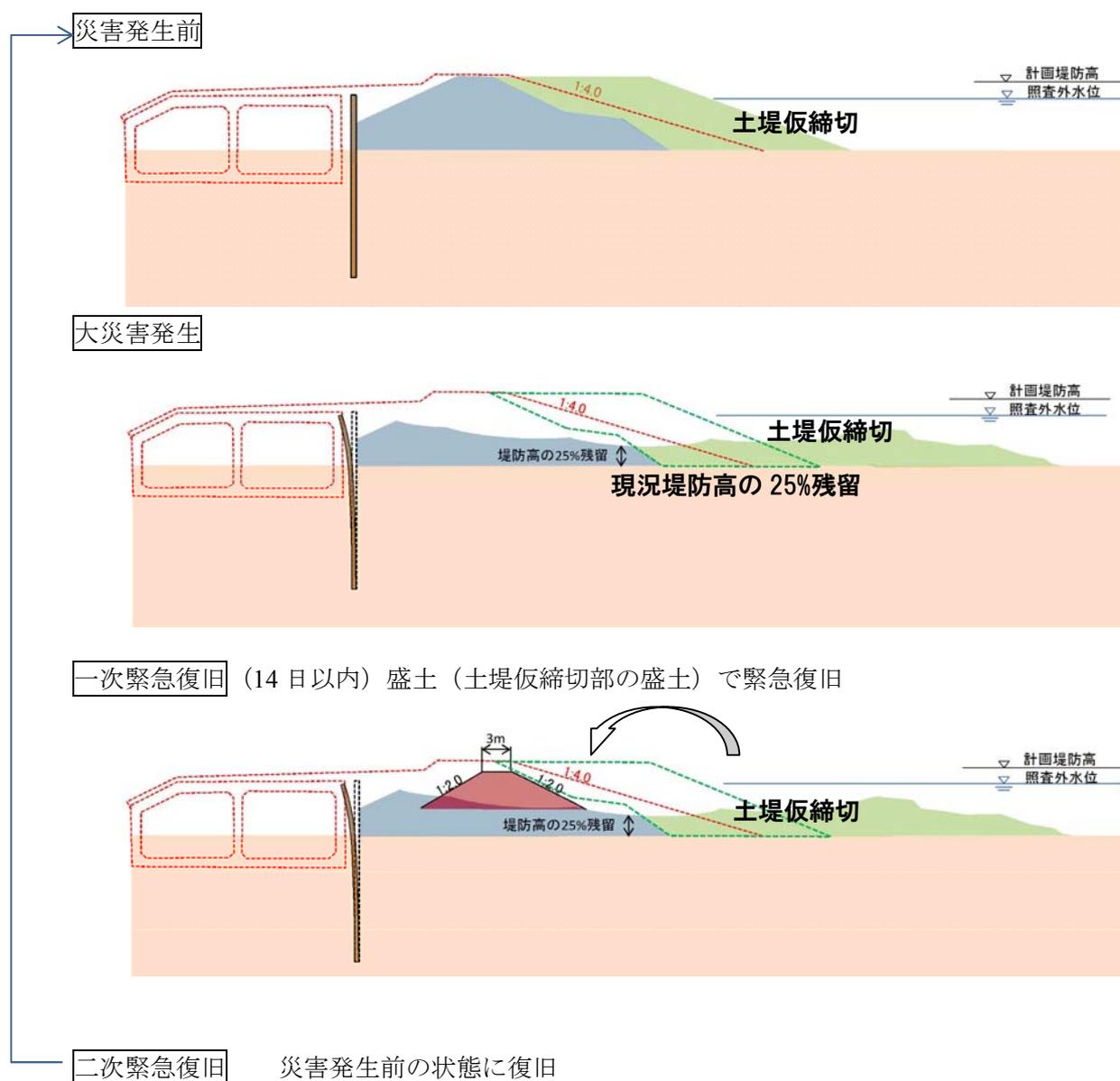


図 7.6.3 緊急復旧シナリオ（土堤仮締切）

(2) 鋼矢板二重式仮締切

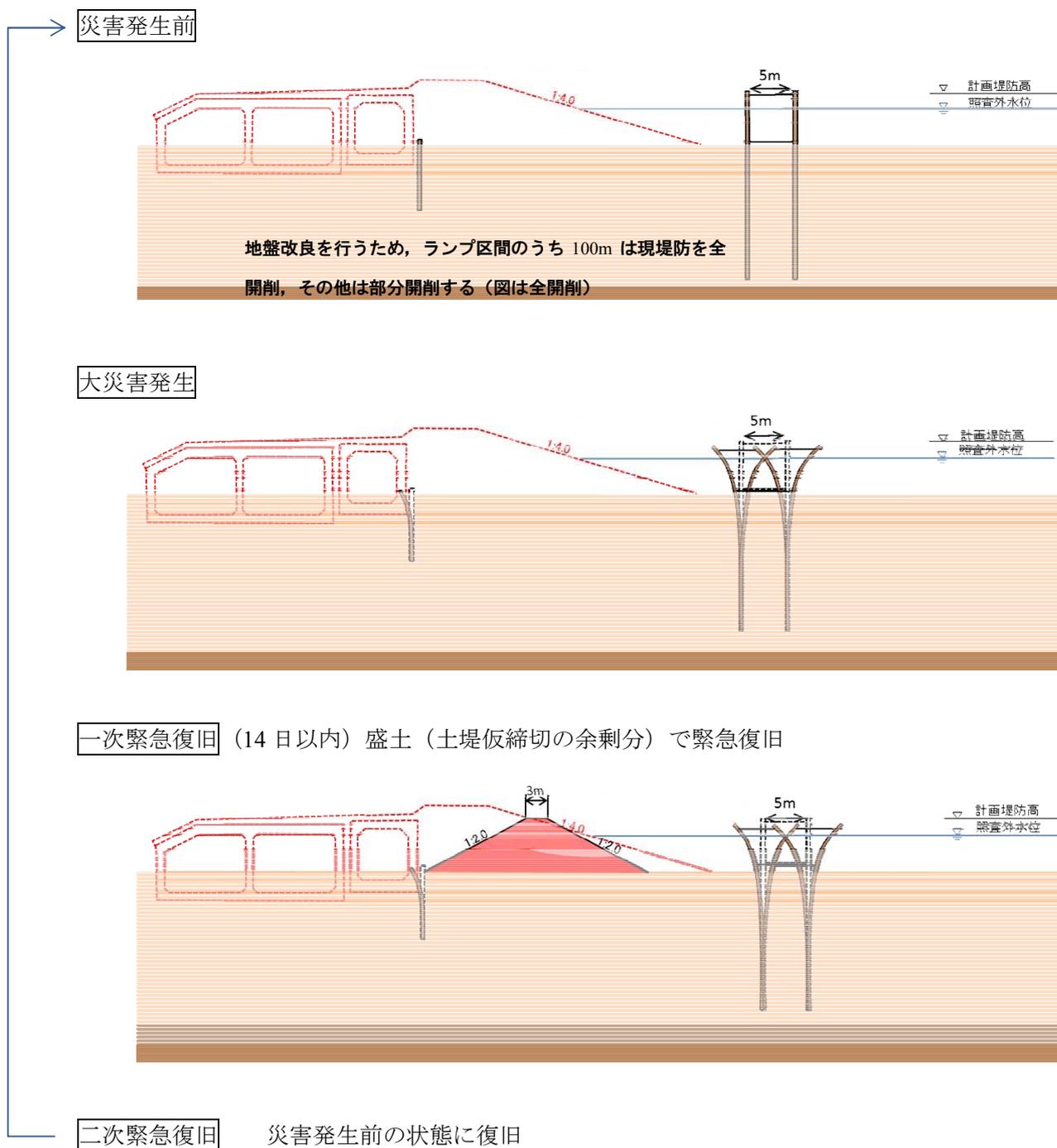


図 7.6.4 緊急復旧シナリオ (鋼矢板二重式仮締切)

(3) 鋼矢板二重式仮締切（ヨシ原）

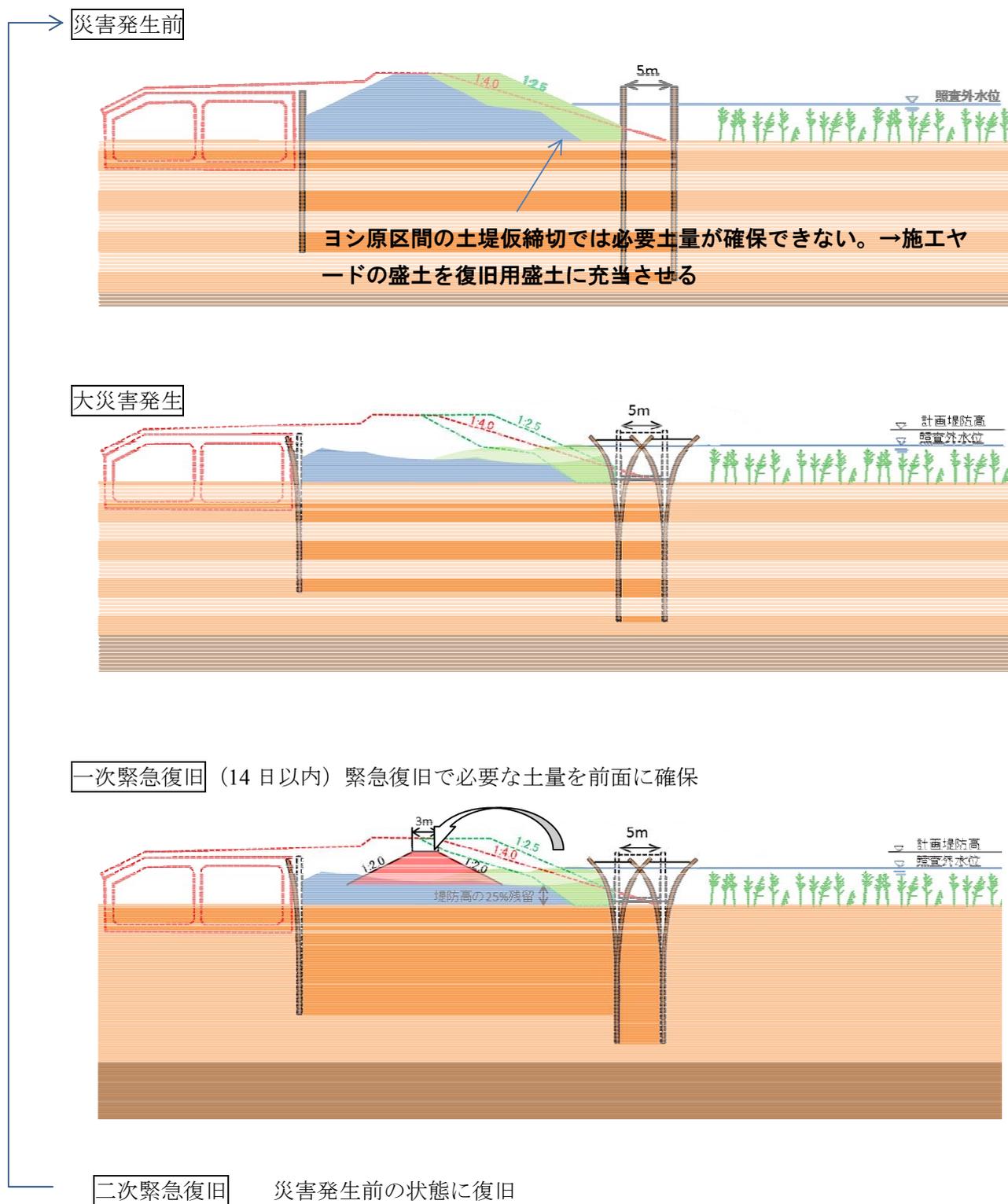


図 7.6.5 緊急復旧シナリオ（鋼矢板二重式仮締切 ヨシ原区間）

7.6.4 復旧土量の確保

復旧方針で示した断面による復旧に必要な土量ならびに確保出来る土量を試算する。

土量は「7.2 施工概要」で示す施工タイプ毎に代表断面に締切延長を乗じたものとして算出する。国道2号下流区間は施工タイプ B2 となり復旧必要土量を土堤仮締切拡幅部で充当できる。国道2号から阪急電鉄間は鋼矢板二重式仮締切を採用するが、隣接施工区の土堤仮締切拡幅部の土を転用し緊急復旧土堤を形成する。阪急電鉄交差部上流区間の土堤仮締切は拡幅量が小さいため、鋼矢板二重式仮締切区間の土量確保は出来ないことから、施工ヤードに必要な拡幅部により土量を確保する。

土量収支の整理より、国道2号～阪急電鉄間のランプ部の鋼矢板二重式仮締切を設置する際の必要土量（土堤仮締切延長）は以下の通りとなる。その他の区間は区間内で必要土量が確保でき、不足土量が発生しないことから、設定した締切断面により施工する。詳細設計時の施工計画では、土堤仮締切と鋼矢板二重式仮締切の同時設置延長は、下記の点に留意することとする。また、緊急時にさらに土量が必要となる場合は、舟運により5.1k付近に位置する海老江緊急用船着場を利用して必要土を搬入する。

海老江北入路 L=220m : B1 土堤仮締切 L=285m 以上 必要

$$\left[\begin{array}{l} \text{必要土量：(全開削) } 5,700\text{m}^3 + \text{(部分開削) } 3,720\text{m}^3 = 9,420\text{m}^3 \\ \text{土堤仮締切必要延長：} 9,420\text{m}^3 \div \text{B1 土堤仮締切部の残土 (33m}^3/\text{m)} = 285\text{m} \end{array} \right]$$

大淀出路 L=490m : B1 土堤仮締切 L=540m 以上 必要

$$\left[\begin{array}{l} \text{必要土量：(全開削) } 5,700\text{m}^3 + \text{(部分開削) } 12,090\text{m}^3 = 17,790\text{m}^3 \\ \text{土堤仮締切必要延長：} 17,790\text{m}^3 \div \text{B1 土堤仮締切部の残土 (33m}^3/\text{m)} = 540\text{m} \end{array} \right]$$

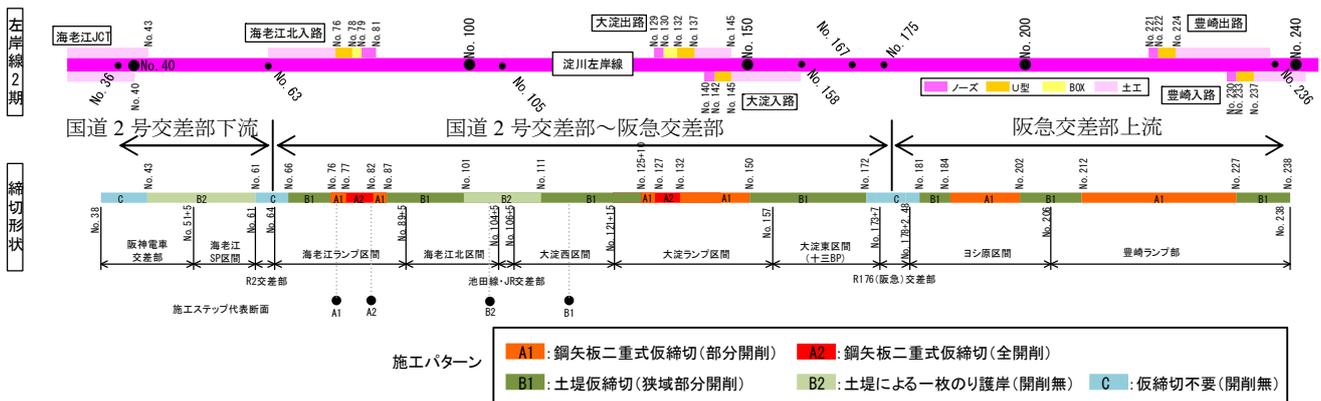


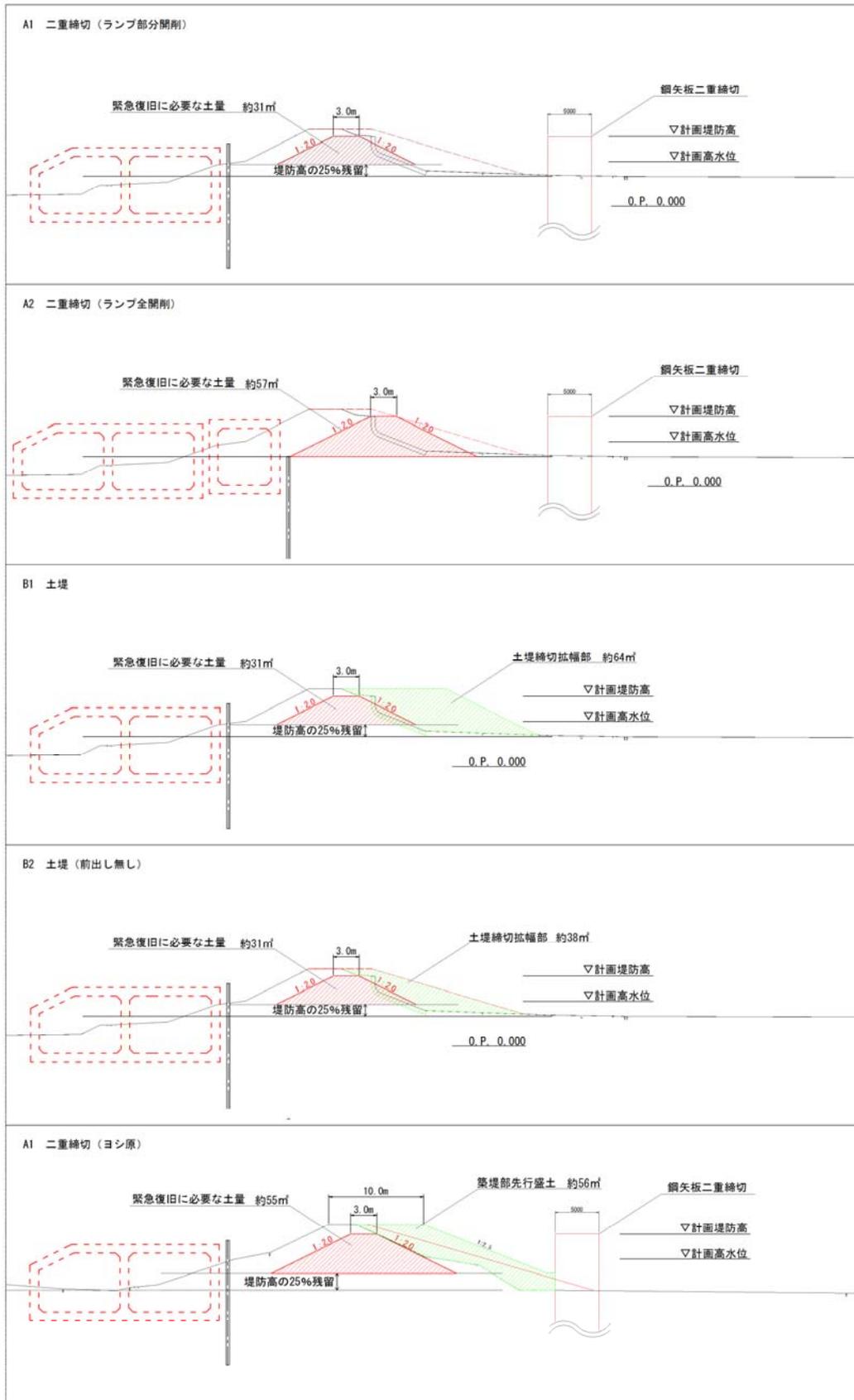
図 7.6.6 仮締切堤形状平面図

表 7.6.3 緊急復旧時の土量収支

対象区間					確保土量	緊急復旧に必要な土量	残土	延長	土量収支	
区間	締切タイプ	対象範囲	道路測点			m ² /m	m ² /m	m ² /m	m	m ³
国道2号下流	B2	阪神～R2	43	～	61	38	31	7	360	2,520
		計 (土量収支)							360	2,520
国道2号～阪急	B1	R2～海老江北入路	66	～	76	64	31	33	200	6,600
	B1	海老江北入路～阪高池田線	87	～	101	64	31	33	280	9,240
	B2	阪高池田線～No. 111	101	～	111	38	31	7	200	1,400
	B1	大淀出路～R176	150	～	172	64	31	33	440	14,520
	A2	海老江北入路(全開削)	77	～	82	—	57	—	100	5,700
	A1	海老江北入路(部分開削)	76	～	87	—	31	—	120	3,720
	A2	大淀出路(全開削)	127	～	132	—	57	—	100	5,700
	A1	大淀出路(部分開削)	126	～	150	—	31	—	390	12,090
		計 (土量収支)							1,830	4,550
阪急上流	B1	No. 181～184	181	～	184	58	55	3	60	180
	A1	No. 184～202	184	～	202	56	55	1	360	360
	B1	No. 202～212	202	～	212	58	55	3	200	600
	A1	No. 212～227	212	～	227	56	55	1	300	300
	B1	No. 227～238	227	～	238	58	55	3	220	660
		計 (土量収支)							1,140	2,100

青字：確保土量，赤字：不足土量

 区間収支



赤：必要土量 緑：使用できる土量（拡幅部）

図 7.6.7 仮締切形状断面図

7.6.5 復旧土の運搬計画

復旧範囲で整理した各区分において、それぞれ復旧し、各区分の復旧方針を以下に示す。

- 国道 2 号交差部下流区分は堤内側工事用道路を用いて区分内を復旧する。
- 国道 2 号～阪急電車交差部区分は堤内側工事用道路、河川時期を利用して復旧する。なお、鋼矢板二重仮締切設置時は上記に示す通り必要な土堤仮締切を同時に設置し、復旧土を確保する。
- 阪急電車交差部上流区分は堤内側工事用道路を用いて区分内を復旧する。

復旧用土砂の運搬計画

- ・ランプ部の鋼矢板二重式仮締切で施工する箇所は下記の延長の延長の土堤仮締切を設置
- ・ヨシ原部の鋼矢板二重式仮締切には川表側に復旧用土砂を確保

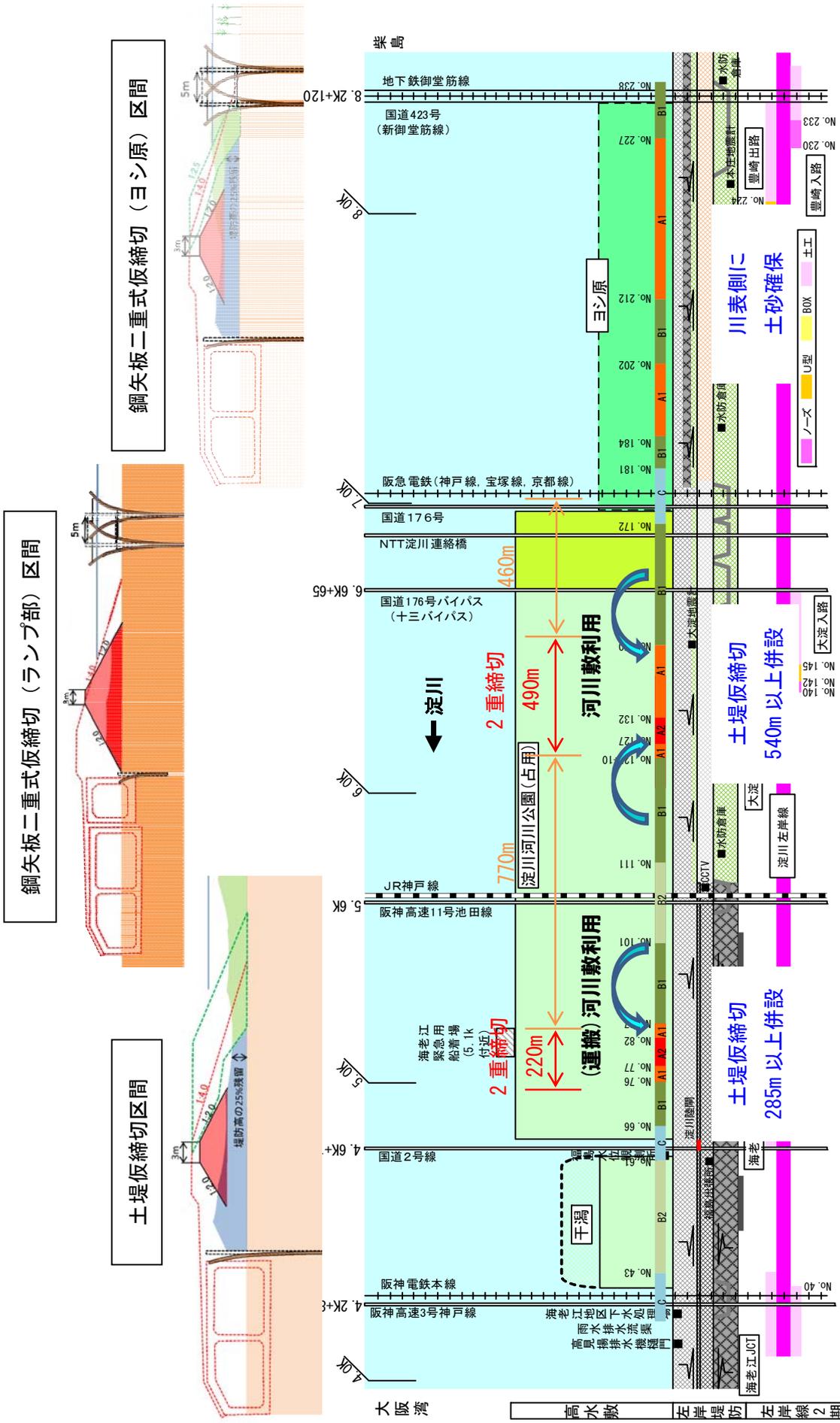


図 7.6.8 運搬計画

7.7 一体構造物のモニタリングに関する検討

一体構造物の施工時の確保機能として、土留支保工の機能確保、周辺影響（地下水変動や土留の変形、圧密沈下）、仮締切堤防の機能確保に対する確保機能が設定され、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、これらの確保機能に対する検討を実施している。また、完成時の確保機能に圧密沈下の抑制、堤防高の確保が設定されており、施工時段階の荷重の増減を考慮した圧密解析に基づく定量的評価により、完成後の沈下や堤防高に対する確保機能を検証している。

施工時のモニタリングは、施工時に係る検討の不確実性を担保し、施工時の確保機能の維持を目的に実施する。モニタリング項目として、土留支保工の安全性に関する計測、圧密沈下に対する計測、地下水位変動・洪水・降雨に対する地下水位の計測を行う。モニタリングは、各施工区で実施するとし、計測箇所の設定の際は、定量的実施箇所を考慮して設定する。

モニタリング結果は常に最新のデータを取得し、適切に設定した管理値に対する比較を常に実施することにより、施工時の安全性確保に努める。管理値として、土留については詳細設計における計算結果、部材の許容値などが考えられる。圧密沈下については、解析結果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、土留設計時の設計水位や、現況の堤内水位などが考えられる。

7.7.1 土留壁に対するモニタリング

土留壁のモニタリングは、施工時の土留矢板や切梁の応力状態、周辺地盤の状況や地下水位を計測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して実施する。図 7.7.1 には阪神高速大和川線で実施された計測例を示す。淀川左岸線（2期）においても土留に対して同程度の計測を実施する。

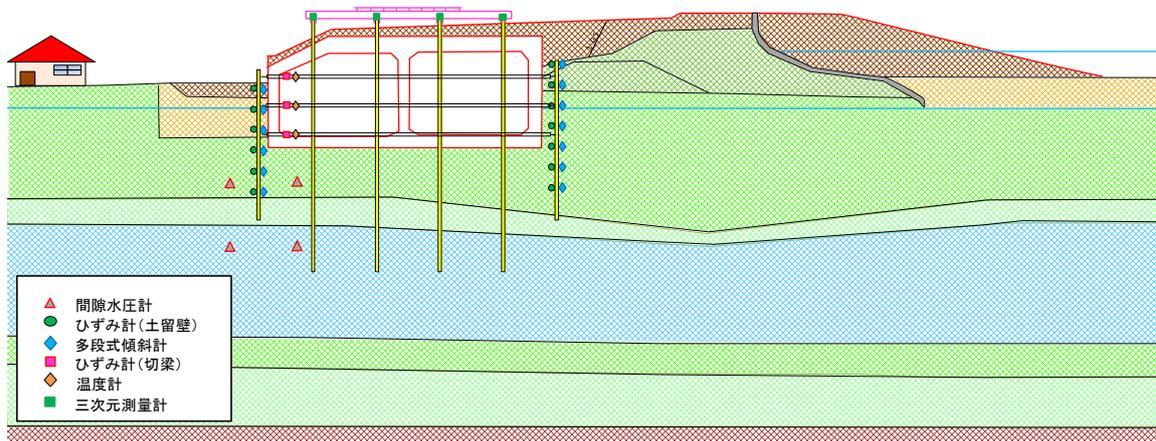


図 7.7.1 土留壁に対する計測の例（参考：阪神高速大和川線・松原ジャンクションテクニカルガイド）

7.7.2 圧密沈下に対するモニタリング

(1) 目的と実施概要

施工時の圧密沈下を対象に、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。

盛土荷重による地盤変位を対象に、地表面変位（堤防天端、堤内地盤）、層別沈下、地中内水平変位、ボックス変位を観測する。

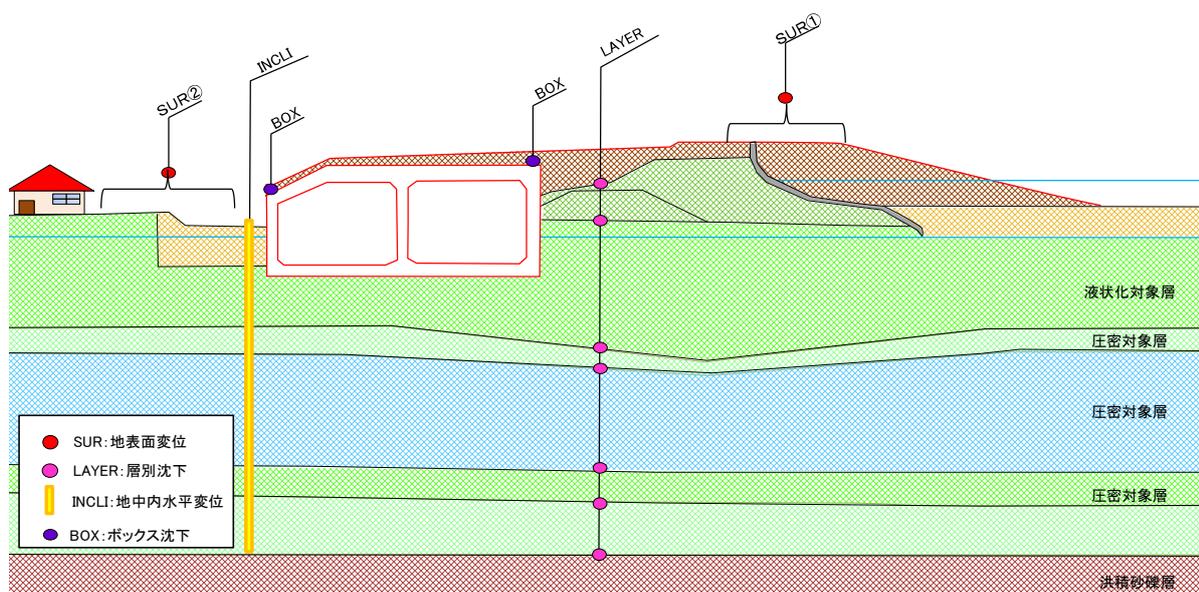


図 7.7.2 圧密沈下に対する計測

表 7.7.1 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	仮堤防盛土の沈下量, 水平変位	仮堤防の必要高さ確保, 安定性確保	仮堤防天端
地表面変位②	地表面変位杭	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	堤内ボックス側から, 官民境界
層別沈下量	層別沈下計	土層別の沈下量	各層の沈下量の検証に用いる	盛土荷重が大きく, 沈下量が多い箇所 (デルタ部)
地中内水平変位	挿入式傾斜計	地中内水平変位	周辺地盤の変状の有無, 周辺影響の把握	堤内ボックス付近
ボックス沈下	沈下ポール	ボックスの沈下	ボックスの変位, 傾きを把握	ボックス天端の左右

7.7.3 地下水変動に対するモニタリング

施工時の土留矢板設置に伴う地下水流況阻害の有無を確認するため、堤内地盤に水位観測孔を設置するとともに、洪水・降雨による堤体内水位状況を把握するため、堤防側土留壁近傍にも水位観測孔を設置し、定期的に水位計測を実施する。

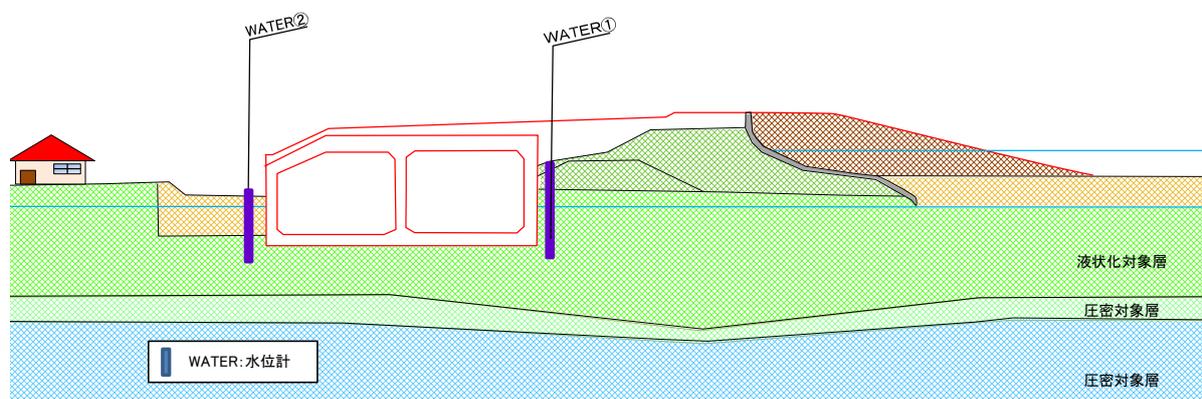


図 7.7.3 施工時の水位計測