

淀川左岸線延伸部における 道路・堤防一体構造物の安全性検証

阪神高速道路(株)建設事業本部大阪建設部設計課	村瀬 春祐
(一財)阪神高速先進技術研究所調査研究部橋梁・構造研究室	平野 翔也
阪神高速道路(株)建設事業本部大阪建設部設計課	佐藤 彰紀
阪神高速道路(株)建設事業本部大阪建設部設計課	林 訓裕

要 旨

淀川左岸線延伸部では、沿道地域への影響を最小限とするため、可能な限り公共空間を活用するルートを選定した結果、一部区間において堤防定規断面内に RC 構造の道路ボックスやランプ擁壁等を設置する必要が生じた。この構造は河川管理施設等構造令（平成 25 年 7 月 5 日最終改正 政令第二百十四号）（以下、「河川構造令」という。）第 19 条の規定（いわゆる「土堤原則」）に対して適合しないため、河川構造令第 73 条第 4 号に定める特殊な構造の河川管理施設（河川堤防と道路構造物の一体構造物、以下「一体構造物」という。）として河川構造令第 3 章で規定される河川堤防と同等以上の効力があることを評価しなければならない。本稿は、河川構造令の規定をふまえ、一体構造物が堤防機能を確保するために想定される被害シナリオを設定するとともに、その主な要因である侵食作用・浸透作用・地震作用・不同沈下に係る技術的な照査指標を明確にし、数値解析等を用いた安全性検証の検討成果について述べる。

キーワード:河川堤防, 道路構造物, 河川構造令, 一体構造物

はじめに

淀川左岸線延伸部（以下、「延伸部」という。）は、大阪都市再生環状道路の一部を構成する全長 8.7 km の自動車専用道路で、門真 JCT で第二京阪、豊崎 IC で淀川左岸線（2 期）（以下、「2 期」という。）と接続することにより、大阪ベイエリア（阪神港・夢洲・咲洲地区）と名神高速道路等の主要高速を結び、物流効率化や周辺地域連絡強化による大阪・関西の経済活性化、競争力強化、災害時の避難・救助を支える重要路線である（図-1.1）。延伸部の全体計画 8.7 km のうち大阪府大

阪市北区豊崎 6 丁目から大阪市北区本庄東 3 丁目までの約 1 km については一級河川である淀川の河川堤防と併設する区間であり、延伸部のルート選定において、沿道地域への影響に配慮して公共



図-1.1 淀川左岸線延伸部の路線全体図

空間をできるだけ活用するルートを選定した結果、堤防内に道路構造物を構築することとなった。そのため、堤防との一体構造物としての安全性について技術的な確認及び検討が必要になる。そこで、学識経験者や関係機関からなる「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」（以下、「委員会」という。）を設立し、堤防の治水機能を維持するための技術的な照査指標を明確にし、安全性を検証するとともに、施工方法や維持管理手法等についても技術的な確認及び検討を行い、その成果を「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書」としてとりまとめた。本稿では、これらの河川構造令の規定をふまえた技術的検討のうち、主な道路構造物及び堤体の被害要因である侵食作用・浸透作用・地震作用・不同沈下に係る安全性検証の検討成果について述べる。

1. 一体構造物の安全性検証について

1-1 検討条件

延伸部のうち淀川河川堤防と併設する約 1 km の区間は、図-1.2 に示すように、本線は西から東に進むにつれてボックスカルバートから立坑を経由し、シールドトンネルとなる。また、国道

423 号線から分岐したオンランプが構造を変えながら合流する。

地盤特性として、当該地区は 28 m 程度の沖積層が堆積し、その中には厚い粘土層が挟まれている。当該区間の基礎地盤の地層構成は、西から東に進むと No.24～No.28 を境に粘性土主体から砂質土主体に遷移することがわかっているが、遷移状況は不明確のため、本検討では砂質土層及び粘土層の両方を想定した安全性検証を行う。

延伸部区間の河川堤防設計にあたっては、縦断計画及び横断形状を「直轄河川淀川水系淀川管理基図（縦断図：平成 19 年 3 月測量，堤防定規断面図：平成 20 年 3 月測量）」に基づき設定した。原則として盛土により築造が必要な堤防定規断面を図-1.3 に示す。また、堤防のり面は緩傾斜 1:5.0 の一枚のりを基本とし、河川の湾曲部で水の流れが強く当たる水衝部に該当する一部区間では保護工の設置により 1:5.0 を確保できないため、1:4.0 ののり勾配とした。護岸形状は河川堤防の機能を確保する形状とした。

一体構造物の安全性検証にあたっては図-1.4 に示すような、道路構造物が完成した状態の「完成時」だけでなく、土堤仮締切を施工し、川裏側の土留工を施工した状態の「施工時」についても安全性を検討した。加えて、延伸部区間の河川堤

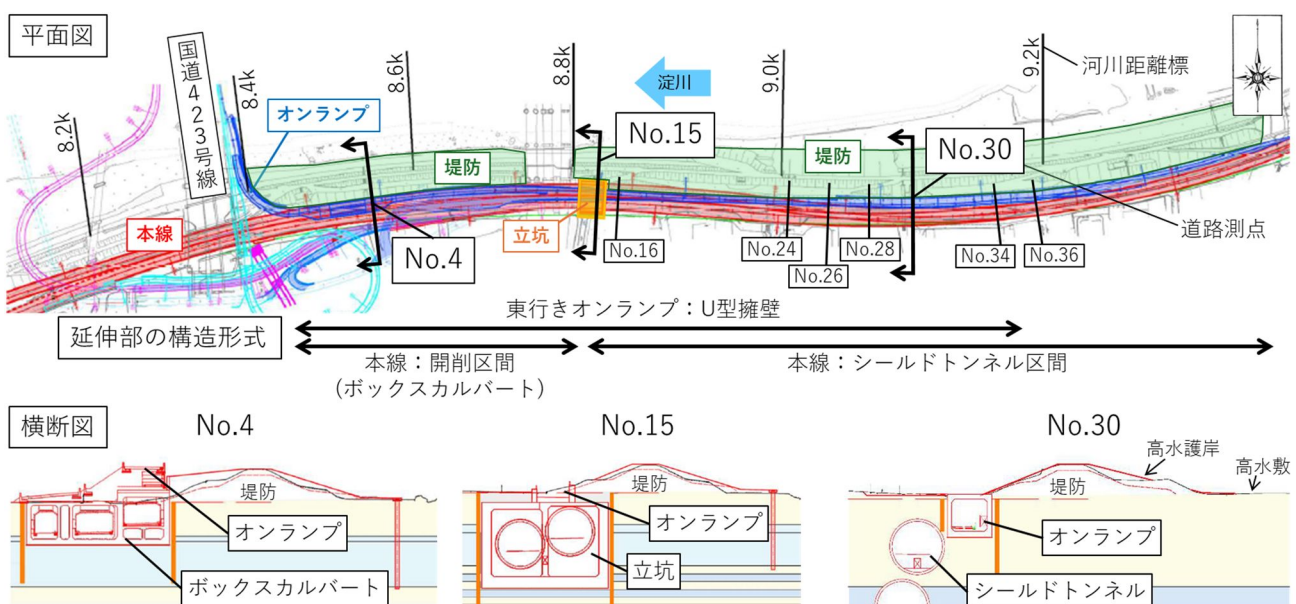


図-1.2 淀川左岸線延伸部の構造形式及び横断図

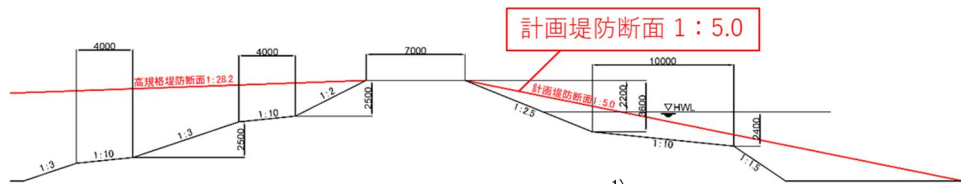


図-1.3 堤防定規断面¹⁾

防は高規格堤防整備区間と位置づけられており²⁾、将来的に整備された際に手戻りを避けるため、また、土堤原則の「嵩上げ拡幅の容易性」を確保するため、高規格堤防を考慮した状態の「高規格堤防整備時」についても検討を行った。

1-2 技術的検討の方針

一体構造物に対して、河川構造令第3章の規定によるものと同様以上の効力を有することが求められる。そのため、河川構造令第18条第1項（構造の原則）、第19条（材質及び構造）を始めとする全11条項で定められる一般的な堤防が有している性能について確認し、それに加えて水みちの発生等、一体構造物特有の課題について検討が必要となる。一体構造物は淀川左岸線（2期）に続く2例目であるため、委員会では、「淀川左岸線（2期）事業に関する技術検討委員会」³⁾（以下、「2期委員会」という。）における「淀川左岸線（2期）事業に関する技術検討報告書」⁴⁾もふまえ、検討方針を定めた。

(1) 河川構造令第18条第1項に関する検討方針

一体構造物が河川構造令第18条第1項の「堤防は、護岸、水制その他これらに類する施設と一体として、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とするものとする。」という規定を満足するかについて技術的検討、評価を行う。

技術的評価を行う際の技術基準類は「河川砂防技術基準」（以下、「河砂技術基準」という。）⁵⁾及び「河川構造物の耐震性能照査指針」（以下、「河川耐震指針」という。）⁶⁾を参照した。また、補足する技術基準類として「河川砂防技術基準設計編」（以下、「河砂技術基準設計編」という。）⁷⁾を参照した。

本検討では、延伸部の一体構造物がこれらの技

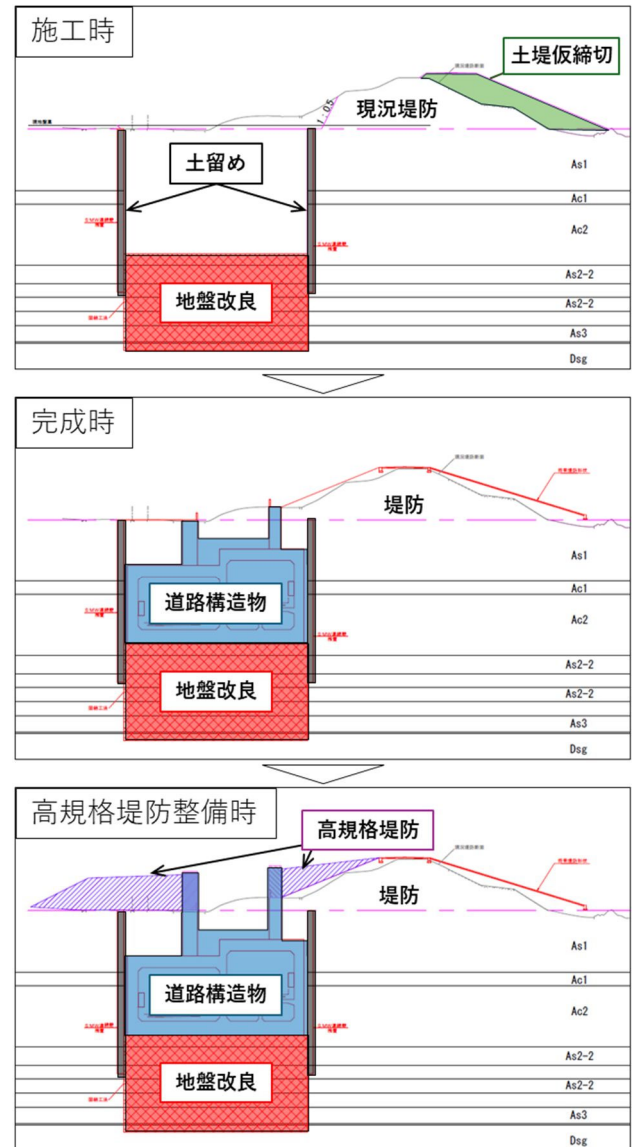


図-1.4 安全性検証の対象段階

術基準類に示される照査を満足し、現況の淀川河川堤防と同等以上の安全性が確保されていることを検証する方針とした。

(2) 河川構造令第19条に関する検討方針

河川構造令第19条では「堤防は、盛土により築造するものとする。」とあり、一体構造物はこれに適合しない。よって、その効力を治水上の観点から解釈し、一体構造物がそれと同等以上の効力を有するか技術的に検討が必要になる。

検討項目の設定は、2期委員会の考え方に準拠するとともに、河川構造令及び「改訂 解説・河川管理施設等構造令」⁸⁾等を参照し、具体的な土堤の利点を表-1.1の7項目と整理し、評価項目は表-1.2とした。本検討では、これらの評価項目を満足しているか、検証する方針とした。

(3) その他の河川構造令への対応方針

河川構造令第18条第1項及び第19条以外の各条については、2期委員会での整理方針を参考に対応方針を整理した。その結果、堤防の高さ、天端幅、のり勾配等、護岸、管理用通路、津波または波浪への対応についても検討する方針とした。

(4) 一体構造物としての課題整理と検討方針

一体構造物としての課題を整理するため、洪水・豪雨や地震等の現象による被害シナリオ（図-1.5）を設定したところ、本節(1)～(3)で示した河川構造令に基づき検証可能な課題と、一体構造物特有の課題である、道路構造物と堤防の界面の剥離に伴う水みちの発生や、道路構造物が排水経路にあることで堤体内水位が上がる可能性が確認された。被害シナリオごとに想定される堤防、道路、周辺環境への被害（表-1.3）と、これらの課題に対する検討項目を以下の通り整理した。

- ・ 侵食作用に対する安全性照査
- ・ 浸透作用に対する安全性の照査
- ・ 地震作用に対する安全性の照査

- ・ 常時の健全性照査
- ・ 波浪等の作用に対する安全性
- ・ 高潮時及び風浪時の作用に対する安全性照査
- ・ 安全な構造の維持の容易性・確実性の検討
- ・ 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
- ・ 不同沈下に対する修復の容易性に関する検討
- ・ 基礎地盤と一体としてなじむこと
- ・ 嵩上げ、拡幅等が容易であることに関する検討
- ・ 地震時及び洪水時に被災した場合の復旧に関する検討

表-1.1 土堤の利点

① 工事の費用が比較的低廉であること
② 材料の取得が容易であり、構造物としての劣化現象が起きにくいこと
③ 堤防は連続した長大構造物であり不同沈下が起きやすいが、この修復が容易であること
④ 基礎地盤と一体としてなじむこと
⑤ 嵩上げ、拡幅等が容易であること
⑥ 地震時において被災した場合の復旧の容易さ、所要工期の短さ
⑦ 計画高水位以下の水位の流水の通常の作用(浸透、侵食、地震)に対する安全性の確保

表-1.2 土堤と同等以上の効力を有することの評価項目

構造面
1) 基礎地盤とのなじみ(土堤の利点④に対応)
2) 沈下後の復旧性(土堤の利点③⑥に対応)
3) 嵩上げ、拡幅等が容易性(土堤の利点⑤に対応)
4) 道路構造物の耐久性(土堤の利点②に対応)
5) 侵食・浸透・耐震機能の確保(構造令第18条(構造の原則))(土堤の利点⑦に対応)
管理面
1) 維持管理(修復等)が容易(土堤の利点③に対応)
2) 災害復旧が容易(土堤の利点⑥に対応)

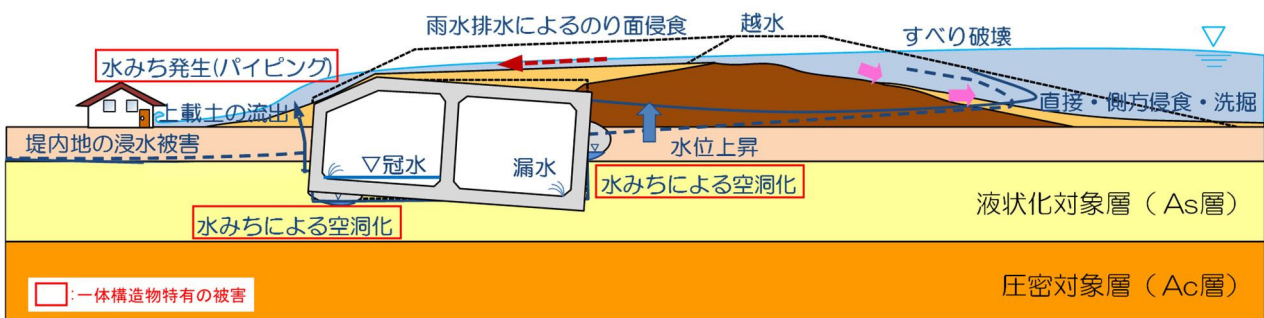


図-1.5 被害シナリオの例(洪水(高潮)・豪雨による被害想定)¹⁾

表-1.3 被害シナリオ一覧と想定される被害

被害シナリオ	堤防の被害					道路の被害					周辺環境への被害		
	水みちパイピング	侵食・洗掘	すべり液状化	堤体の変形 不同沈下	堤体土流出	浸水被害	漏水 土砂流入	浮き上がり 移動・変形	不同沈下	部材損傷	浸水被害	圧密沈下	家屋振動
洪水(高潮)・豪雨	○	○	○			○	○				○		
地下水変動	○						○	○		○		○	
地震	○		○	○	○		○	○	○	○	○		
地盤変形	○			○			○	○	○	○		○	
交通振動	○												○
老朽化					○		○			○			

これらの検討項目の中で解析的な検討が必要な内容については図-1.6 の検討フローの通り、照査を実施した。まずは堤防と道路構造物についてそれぞれ単体の設計を実施し、その後一体構造物に対してさまざまな観点の照査を実施する必要がある。一体構造物への解析の結果、照査 NG となった場合には基本的には対策工の検討を行うが、堤防や道路構造物単体の設計条件を見直すことが合理的である場合は単体の設計に立ち戻る可能性があることに留意が必要となる。なお、技術的検討は点検やモニタリング計画等の解析を用いない検討についても実施しており、それらは方針を示す等の整理をしている。本稿では、被害シナリオの主要な要因である侵食作用・浸透作用・地震作用・不同沈下に係る検討について述べる。

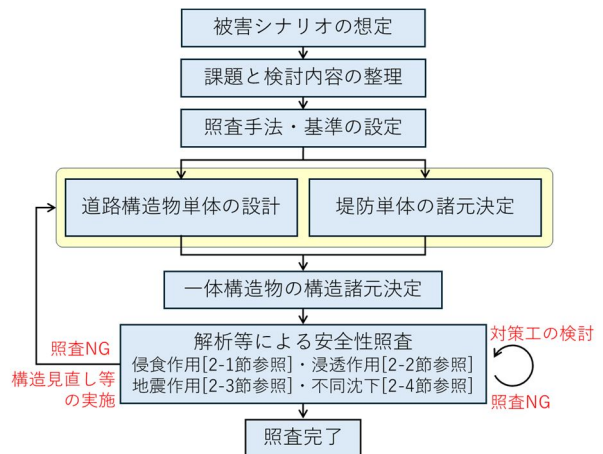


図-1.6 検討フロー

行い、根固めブロックの追加敷設によって堤体に対する安全性が確保されることを確認した。

2. 安全性照査

2-1 侵食作用に対する安全性照査

耐侵食性能の照査は、河道の平面及び縦横断面形状を考慮した洪水時の作用による流速または侵食量等を算出し、許容値等を満足するかの照査を行った。

照査方法は、河砂技術基準設計編、「河川堤防の構造検討の手引き（改訂版）」⁹⁾（以下、「手引き」という。）及び「護岸の力学設計法（改訂版）」¹⁰⁾（以下、「護岸の力学設計法」という。）等に準拠し、水位検討では、淀川水系河川整備計画¹¹⁾に基づく整備計画流量 $10,800 \text{ m}^3/\text{s}$ を用いた。侵食作用に対する安全性照査項目、照査基準、照査指標及び照査結果は表-2.1 に示す通りである。「堤防・護岸（含む根固め工）の直接侵食」、「堤防の側方侵食」、「低水護岸（含む根固め工）の洗掘」、「雨水による堤体の侵食」の4点について評価を

2-2 浸透作用に対する安全性照査

浸透作用による被害シナリオとして、図-1.5 に示すような、洪水・豪雨時の堤体内水位上昇による、堤体での水みちの発生、パイピング破壊、すべり破壊、道路構造物における変形・移動、継手部の損傷・段差・離れの発生、継手損傷部からの漏水・土砂流入等による被害や、地下水流動阻害による水みちの発生、構造物に沿った縦断方向の水みちの発生、道路構造物の浮き上がりといった被害が想定される。

これらの被害想定をふまえ、浸透作用に対する安全性は「浸透作用に対する道路構造物の安全性」、「浸透作用に対する基礎地盤（堤体の下部にあって堤体を支える地盤のこと）の安全性」の2点に区分して照査を行った。延伸部区間では、本線の道路形式が変化し、土留め壁の種類及び条件等が区間によって異なることから、各照査における解析断面の選定は、堤防形式、道路形式（開削トンネル、シールドトンネル、U型擁壁等）、堤防と道路等の遮水物の近接度、基礎地盤の透水層

表-2.1 侵食作用に対する安全性照査項目一覧

侵食作用に対する安全性照査	照査基準	照査指標	照査結果
堤防・護岸（含む根固め工）の直接侵食（流速）に対する安全性	・河砂技術基準設計編 ・護岸の力学設計法	・高水護岸前面の流速 ・高水敷前面の流速 ・矢板前面の流速 ・根固めブロック前面の流速	OK
堤防の側方侵食に対する安全性	・手引き	・高水敷幅	OK
低水護岸（含む根固め工）の洗掘に対する安全性	・災害復旧工事の設計要領 ¹²⁾ ・護岸の力学設計法	・矢板の曲げ応力度 ・矢板頭部の変位量 ・矢板の必要根入れ長 ・根固めブロックの敷設幅	対策実施によりOK
雨水による堤体の侵食に対する安全性	・2期委員会の考え方を踏襲	・適切な排水施設の敷設	OK

厚及び土留め壁や地盤改良との近接度の5項目の指標でグルーピングし、2期委員会と同様に通水層等の排水に係る幅や堤防と通水層との距離の観点から一体構造物に対して最も厳しい断面を代表として設定した。

浸透作用に対する安全性照査項目、照査基準、照査指標及び照査結果は表-2.2に示す通りである。本稿では、これらの照査項目のうち、一体構造物特有の課題である水みちの発生要因「地下水流動阻害による堤体内浸潤面の変化」について述べる。

「地下水流動阻害による堤体内浸潤面の変化」に関する安全性照査では、鉛直二次元の飽和-不飽和浸透流解析で時刻歴の地下水位分布を求め、完成時における道路構造物前面（河川側）及び堤防天端中心位置の堤体内水位が、現況堤防の堤体内水位を上回らないことを確認する。解析モデルを図-2.1に示す。

解析に用いるパラメータとして、地盤の透水係

数は検討対象区間の基礎地盤の堆積順序、淀川の改修履歴及び地盤調査結果等を基に設定した。また、解析に必要となる不飽和浸透特性や比貯留係数は手引きに基づき設定した。外力条件は時間ごとの河川水位を与える。河川水位は手引き、淀川水系河川整備基本方針¹⁸⁾等に従い、降雨量を設定し、初期水位に対して降雨条件から決定する水位の変化速度、継続時間等から決定した。

検討の結果、No.15, No.28（粘性土）、No.34及びNo.36断面を除くすべての代表断面において堤体内水位が現況を上回り、照査基準に満足しない結果となったため、図-2.2に示す浸透対策工の検討フローに基づき浸透対策工の検討を行った。

その結果、図-2.3に示すような砕石置換、道路横断排水工、表のり面遮水シートあるいは止水矢板のうち、単独または複数工法の組み合わせにより堤体内水位が現況より下回ることが確認できた。例えば、検討断面のうちNo.26（砂質土）、No.28（砂質土）及びNo.30では、「砕石置換のみ」

表-2.2 浸透作用に対する安全性照査項目一覧

浸透作用に対する道路構造物の安全性照査	照査基準	照査指標	照査結果
堤体内浸潤面上昇に伴うすべり破壊に対する安全性	・手引き	・すべり破壊に対する安全率	OK
水位上昇による道路構造物の浮き上がりに対する安全性	・開削トンネル設計指針 ¹³⁾	・浮き上がりに対する安全率	OK
水位上昇による道路構造物の滑動・転倒・地盤支持力の安全性	・道路土工 擁壁工指針 ¹⁴⁾ ・道路土工 カルバート工指針 ¹⁵⁾	・滑動に対する安全率 ・転倒に対する安全率 ・地盤の支持力照査に対する安全率	OK
水位上昇による道路構造物の部材の安全性	・開削トンネル設計指針 ・シールドトンネル設計マニュアル ¹⁶⁾	・コンクリート圧縮応力 ・鉄筋引張応力 ・部材に作用するせん断応力	OK
道路構造物周りの水みちの発生に対する安全性照査	・河川管理施設等構造令及び同令施行規則の運用について ¹⁷⁾	・レーンの加重クリープ比	OK
継手部から漏水・土砂が流入することに対する安全性照査	・開削トンネル設計指針 ・シールドトンネル設計マニュアル	・構造継手部の目開き量	OK
平均動水勾配が現況より低減することの確認	・2期委員会の考え方を踏襲	・平均動水勾配	OK
地下水流動阻害による堤体内浸潤面の変化	・2期委員会の考え方を踏襲	・堤体内水位	対策実施によりOK
浸透作用に対する基礎地盤の安全性照査		照査基準	照査指標
基礎地盤のバイピング破壊に対する安全性照査	・手引き	・局所動水勾配	対策実施によりOK
立坑周辺部、地質遷移部及び土留の引抜・残置の変化部における安全性照査	・手引き ・河川管理施設等構造令及び同令施行規則の運用について ・2期委員会の考え方を踏襲	・堤体内水位 ・流速ベクトル ・局所動水勾配 ・平均動水勾配 ・レーンの加重クリープ比	対策実施によりOK

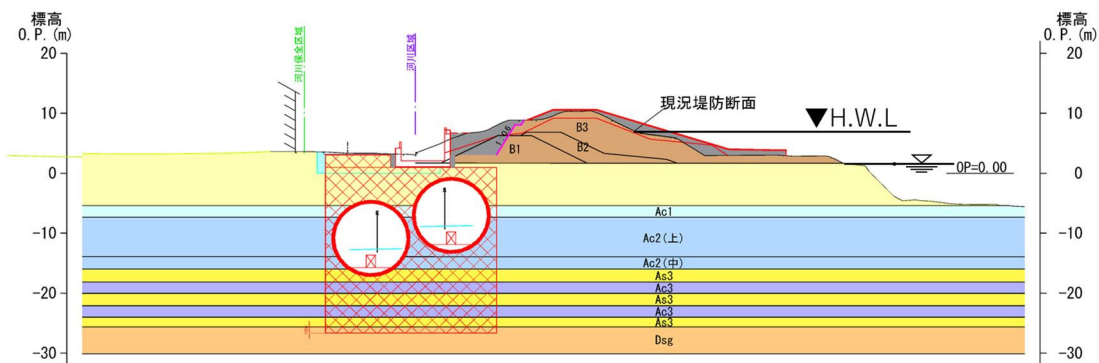


図-2.1 解析モデル (No. 16)¹⁾

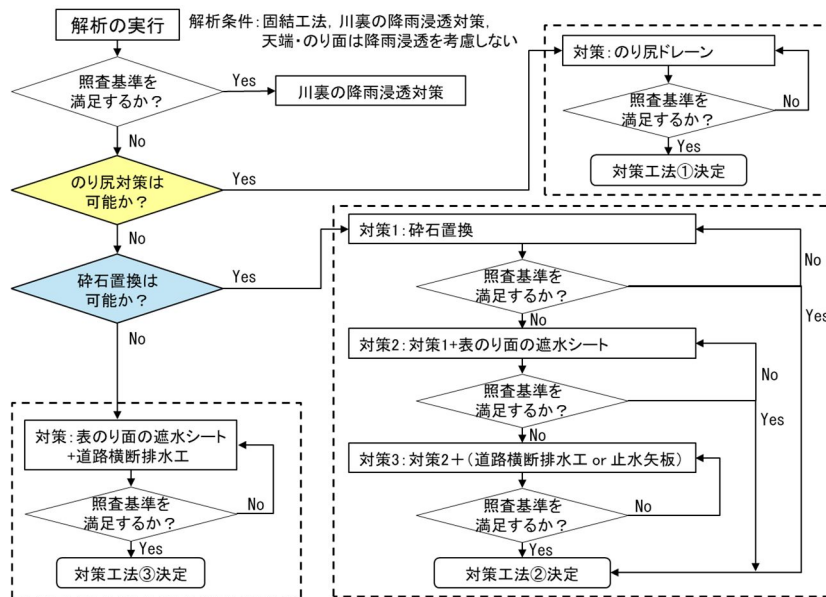


図-2.2 浸透対策工の検討フロー

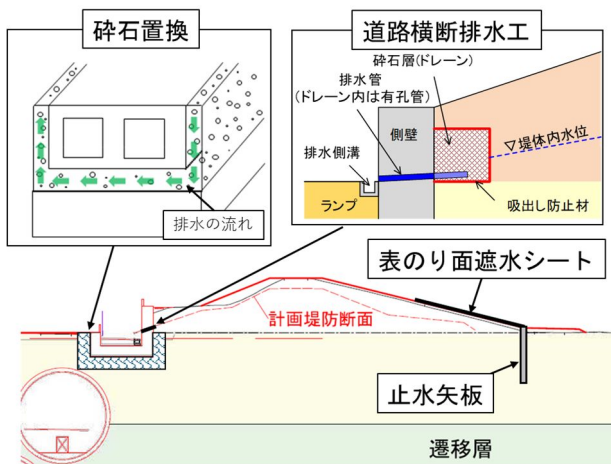


図-2.3 浸透対策工の例

または「砕石置換+表のり面遮水シート」の対策では照査基準を満足せず、「砕石置換+表のり面遮水シート+止水矢板」の対策を講じることで照査基準を満足した。なお、高規格堤防整備時についても同様に、浸透対策工を行うことで堤体内水位が現況より下回ることを確認した。

2-3 地震作用に対する安全性照査

延伸部区間では、表-1.3 に示す被害シナリオにあるように、完成時において地震による被害が生じることが想定されている。被害想定をふまえ、地震作用に対する安全性を照査するべく、「地震後の道路構造物及び堤体の変形に対する安全性」並びに「地震後の道路構造物及び堤体に対する修

復性」について検討を行う。一体構造物の照査であるため、一般的な堤防に求められる河川耐震指針に基づく照査（地震後の堤防の沈下量）に加えて、開削トンネル設計指針¹³⁾、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¹⁹⁾に示す照査基準や照査手法に従い、安全性の照査を行う。地震作用に対する安全性照査項目、照査基準、照査指標及び照査結果は表-2.3 に示す通りである。本稿では、これらの照査項目のうち、偏土圧下での地盤変形（液状化）に対する道路構造物の安全性及び供用性並びに道路構造物及び堤体の修復性に関する、「地震時の道路構造物の回転に対する安定性」について述べる。

地震時の地盤変形に対する道路構造物の安全性、供用性の確保や、一体構造物及び堤体の修復が大規模なものとならないかという観点で評価項目を設定しており、「地震時の道路構造物の回転に対する安定性」に関する安全性照査では、地震時の液状化による道路構造物の移動に対する安全性を照査する。基準は上記の観点より、道路構造物の舗装面に設定される排水勾配を参考に、地震後の底面回転角が2%を超えないこととした。

解析手法は、一体構造物としての動的相互作用を評価でき、液状化現象を表現できる2次元動的解析手法 LIQCA を採用し、入力地震動は河川耐震指針で規定されているレベル 2-1 地震動、レベ

ル 2-2 地震動に加えて道路構造物に対する検討のために作成したシナリオ地震動（タイプ I：南海・東南海地震想定，タイプ II：上町断層帯想定）（図-2.4）の加速度時刻歴波形を用いる。なお，河川耐震指針には加速度応答スペクトルのみが示されているため，入力地震動は，同指針と同じ加速度応答スペクトルを有する「道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編」²¹⁾ に示される時刻歴波形を用いた。

照査の結果，無対策では一部断面で許容値を超過したが，図-2.5 に示すようなシールドトンネルへの浮き上がり対策，圧密沈下対策及びランプ構造物直下への液状化対策を考慮すると全断面で許容値を満足し，安定性を確認した。

2-4 不同沈下に対する修復の容易性に関する検討

不同沈下に対する安全性の確認は，不同沈下が生じても修復の容易性を確保できているか，という観点で照査する。

不同沈下に対する安全性照査項目，照査基準，照査指標及び照査結果は表-2.4 に示す通り。また，不同沈下に対する検討フローを図-2.6 に示す。最初に圧密沈下対策の要否設定を行うため，基礎地盤が無対策の状態では解析を実施し，安全性照査の基準を満たさない場合には，圧密沈下対策工の実施を前提条件として後の項目を照査する。本稿ではこれらの照査項目のうち，道路構造物と堤防の界面で水みちの発生原因となり得る「道路

表-2.3 地震作用に対する安全性照査項目一覧

地震後の道路構造物及び堤体の変形に対する安全性照査	照査基準	照査指標	照査結果
地震後の堤防の変形（沈下）に対する安全性	・河川耐震指針	・地震後の残留堤防高	OK
レベル2地震の横断方向の作用に対する道路構造物の構造部材の安全性	・開削トンネル指針 ・シールドトンネル設計マニュアル	・地震時の部材の最大曲率応答塑性率 ・地震時のせん断力 ・地震時の層間回転角	OK
レベル2地震の縦断方向の作用に対する道路構造物の構造部材の安全性	・開削トンネル指針 ・シールドトンネル設計マニュアル ・コンクリート標準示方書 ²¹⁾	・地震時の構造部材の縦断方向の軸圧縮力 ・地震時の構造部材の縦断方向の軸引張力 ・地震時の構造継手の目開き量 ・地震時の構造継手のせん断力	OK
レベル2地震における水みち発生に対する安全性	・2期委員会の考え方を踏襲	・地震時の道路構造物と周辺地盤の接触面での剥離状態	OK
地震後の道路構造物及び堤体に対する修復性の照査	照査基準	照査指標	照査結果
地震時の道路構造物の回転に対する安定性	・2期委員会の考え方を踏襲	・地震時の道路構造物の底面回転角	対策実施によりOK
レベル2地震動の作用に対する道路構造物の安定性	・道路土工 擁壁工指針 ・道路土工 カルバート工指針	・地震時の滑动に対する安全率 ・地震時の転倒に対する安全率 ・地震時の地盤の支持力照査に対する安全率	OK
レベル1地震動の横断方向作用に対する道路構造物の構造部材の安全性	・開削トンネル指針	・地震時の部材の最大曲率応答塑性率 ・地震時のせん断力 ・地震時の層間回転角	OK

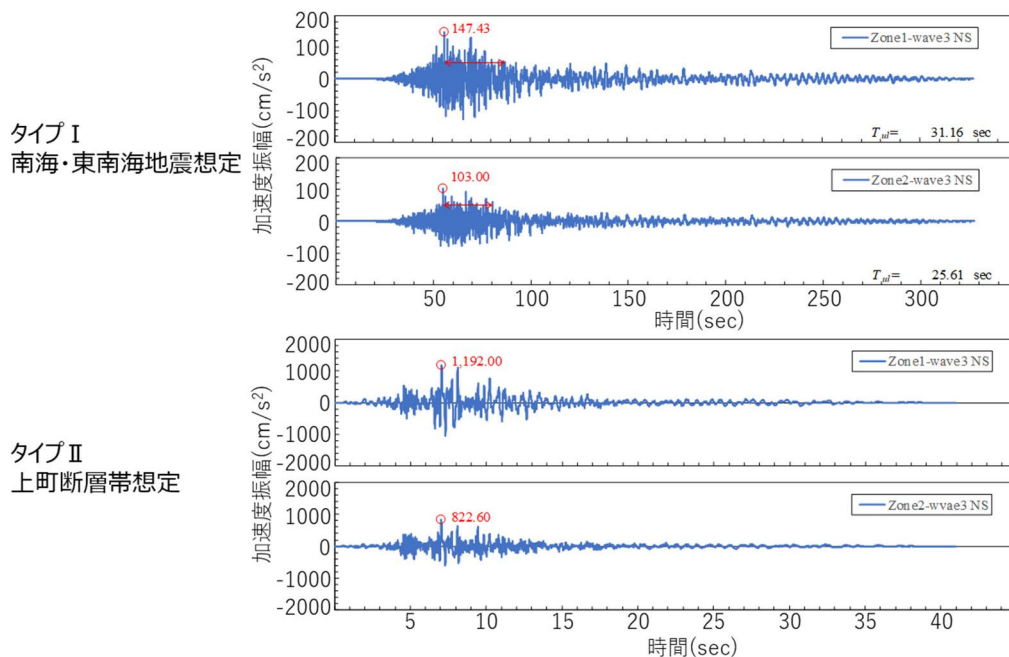


図-2.4 シナリオ地震動の加速時刻歴波形

構造物と堤防の圧密沈下差による地表面の段差の発生」について以下に述べる。

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の照査では、堤防機能に影響するほどの不同沈下が生じない設計、または不同沈下が生じても容易に修復できる範囲に収まる設計であることを照査する。道路土工 軟弱地盤対策工指針²²⁾では、道路機能として許容できる残留沈下量は10 cm～30 cmとされているため、設計上安全側の設定として照査基準は道路躯体の残留沈下量が10 cm以下となることとした。解析手法及び条件は、土—水連成2次元弾塑性解析により地盤変状を評価した。この解析では、施工ステップを考慮した評価ができるため、本検討では土堤仮締切の構築から道路構造物の構築、高規格堤防の完成までを解析ステップとして整理し、解析を実施した。

照査の結果、無対策では立坑を除くすべての代表断面で残留沈下量が許容値を超過し圧密沈下対策が必要となった。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の経時変化を図-2.7に示す。対策を講じた解析では残留沈下が概ね1 cm未満に低減し傾斜も0.1%程

度と小さい結果となり、不同沈下が生じても補修が容易な範囲であることを確認した。

3. まとめ

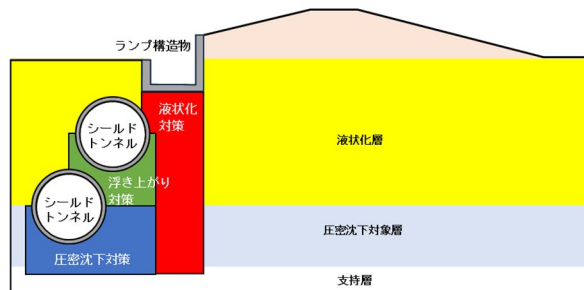


図-2.5 対策目的に応じた地盤改良の配置イメージ¹⁾

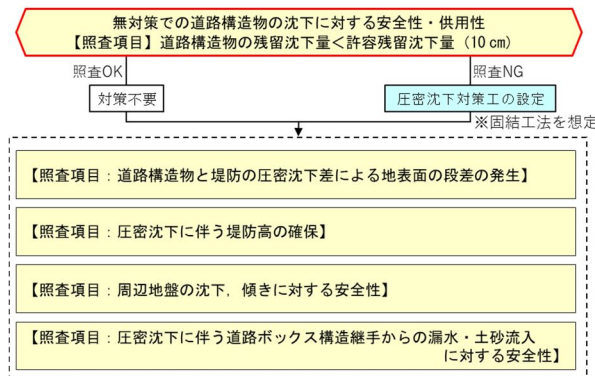


図-2.6 不同沈下に対する検討フロー

表-2.4 不同沈下に対する安全性照査項目一覧

不同沈下に対する修復の容易性の照査	照査基準	照査指標	照査結果
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	・道路土工 軟弱地盤対策工指針 ²²⁾	・道路躯体の残留沈下量	対策実施によりOK
圧密沈下に伴う堤防高の確保	・2期委員会の考え方を踏襲	・堤防天端位置の最終沈下量	対策実施によりOK
周辺地盤の沈下、傾きに対する安全性	・小規模建築物基礎設計指針 ²³⁾	・近接家屋位置の傾斜角	対策実施によりOK
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	・2期委員会の考え方を踏襲	・躯体沈下量の相対変位	対策実施によりOK
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	-	・維持管理手法の検討 ・変状検知モニタリング	OK
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	-	・修復作業が行いやすい構造設計	OK

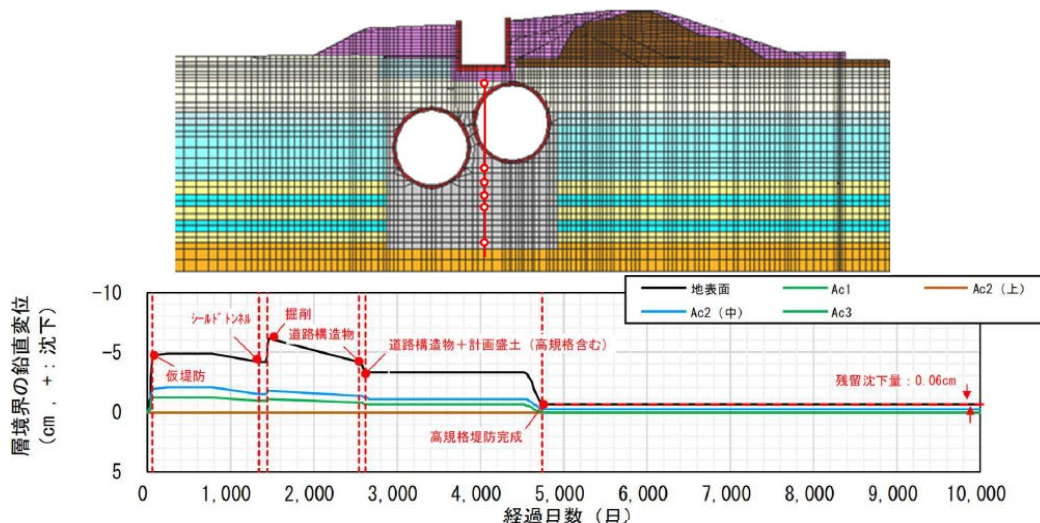


図-2.7 道路構造物中央部における地盤変状挙動の経時変化 (No. 16)¹⁾

本稿では、延伸部において、一体構造物を対象に侵食作用・浸透作用・地震作用・不同沈下に係る技術的照査指標の設定及び解析等の検討により安全性を確認した。その結果、以下の知見が得られた。

- ①一体構造物における被害シナリオを設定し、各検討における技術的な照査指標を明確にした。
- ②侵食作用については直接侵食、洗掘等による堤体の侵食について検討し、根固めブロックの追加敷設により、安全性が確保されることを確認した。
- ③浸透作用についてはすべり破壊や堤体内水位の変化等について検討し、構造物周辺の碎石置換や表のり面遮水シートの敷設といった浸透対策工により、安全性が確保されることを確認した。
- ④地震作用については堤防沈下量、道路構造物周りの水みち発生、道路構造物の回転等について検討し、地盤改良による対策により、安全性が確保されることを確認した。
- ⑤不同沈下については堤防の沈下量や周辺の段差、傾き等について検討し、地盤改良実施後に安全性が確保されることを確認した。

上記技術的検討のほか、施工方法や維持管理手法に関する検討等の評価もふまえ、延伸部における一体構造物は安全性が確保されており、かつ、整備が可能であることが委員会で評価された。

謝辞：本検討にあたっては、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（委員長：大西有三 京都大学名誉教授）の委員各位、並びに河川管理者各位及び共同事業者各位から貴重なご意見をいただいた。また、本稿の検討にあたっては株式会社オリエンタルコンサルタンツ、応用地質株式会社、パンフィックコンサルタンツ株式会社に尽力いただいた。ここに記して感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 阪神高速道路株式会社：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書，<https://www.hanshin-exp.co.jp/company/torikumi/useful/yodogawaenshin/iinkai.html>（2026年4月3日閲覧）。
- 2) 国土交通省：高規格堤防の整備区間について（国水治第71号 2012年9月3日 国土交通省 水管理国土保全局 治水課長），2012。
- 3) 大阪市：淀川左岸線（2期）事業に関する技術検討委員会について，<https://www.city.osaka.lg.jp/kensetsu/page/0000160698.html>（2026年4月3日閲覧）。
- 4) 大阪市：淀川左岸線（2期）事業に関する技術検討報告書，<https://www.city.osaka.lg.jp/kensetsu/page/0000160698.html>（2026年4月3日閲覧）。
- 5) 国土交通省：河川砂防技術基準，https://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/gijutsu/gijutsukijunn/index2.html（2026年4月3日閲覧）。
- 6) 国土交通省：河川構造物の耐震性能照査指針，https://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/bousai/wf_environment/structure/index3.html（2026年4月3日閲覧）。
- 7) 国土交通省：河川砂防技術基準 設計編，https://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/gijutsu/gijutsukijunn/sekkei/index.html（2026年4月3日閲覧）。
- 8) （一財）国土技術研究センター：改定 解説・河川管理施設等構造令，2000。
- 9) （一財）国土技術研究センター：河川堤防の構造検討の手引き（改訂版），2012。
- 10) （一財）国土技術研究センター：護岸の力学設計法（改訂版），2023。
- 11) 国土交通省：淀川水系河川整備計画，https://www.kkr.mlit.go.jp/river/iinkaikatsudou/yodo_sui/index090331.html（2026年4月3日閲覧）。
- 12) （公社）全国防災協会：令和5年度版災害復旧工事の設計要領，2023。
- 13) 阪神高速道路株式会社：開削トンネル設計指針，2008。
- 14) （公社）日本道路協会：道路土工 擁壁工指針，2012。
- 15) （公社）日本道路協会：道路土工 カルバート工指針，2010。
- 16) 阪神高速道路株式会社：シールドトンネル設計マニュアル，2017。
- 17) 建設省河川局水政課長，治水課長通達：河川管理施設等構造令及び同令施行規則の運用について（1977年2月1日，建設省河政発第5号，建設省河治発第6号），1997。
- 18) 国土交通省：淀川水系河川整備基本方針，https://www.mlit.go.jp/river/basic_info/jigyo_keikaku/gaiyou/seibi/yodo_index.html（2026年4月3日閲覧）。
- 19) 阪神高速道路株式会社：設計基準 第3部 構造物設計（土構造物編）第8編シールドトンネル，2017。
- 20) 土木学会：コンクリート標準示方書，2022。
- 21) （公社）日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編，2017。
- 22) （公社）日本道路協会：道路土工 軟弱地盤対策工指針，2012。
- 23) （一社）日本建築学会：小規模建築物基礎設計指針，2008。

SAFETY EVALUATION OF THE ROAD-LEVEE INTEGRATED STRUCTURE IN THE YODOGAWA-SAGAN ROUTE EXTENDED SECTION

Shunsuke MURASE, Shoya HIRANO, Akinori SATO and Kunihiro HAYASHI

The Yodogawa-Sagan Route extended section was planned to partly include a road-levee integrated structure in which reinforced concrete road box culverts and ramp retaining walls were to be constructed within the cross-section of river levees. Since this integrated structure does not comply with the conventional “earthen embankment principle” prescribed in the Japanese Cabinet Order on Structural Standards for River Management Facilities, the authors evaluate whether the structure provides levee functions equivalent to or greater than those of a conventional levee by developing damage scenarios, establishing verification criteria for the primary causes of damage—namely erosion resistance, seepage flow in embankment, seismic performance and consolidation settlement—, and conducting numerical analyses.

村瀬 春祐



阪神高速道路株式会社

建設事業本部
大阪建設部 設計課
Shunsuke MURASE

平野 翔也



(一財) 阪神高速先進技術
研究所

調査研究部
橋梁・構造研究室
Shoya HIRANO

佐藤 彰紀



阪神高速道路株式会社

建設事業本部
大阪建設部 設計課
Akinori SATO

林 訓裕



阪神高速道路株式会社

建設事業本部
大阪建設部 設計課
Kunihiro HAYASHI