

堤防と道路構造物を一体構造とするための 検討手法（中間報告）

小西 康之¹

¹近畿地方整備局 河川部 河川管理課（〒540-8586大阪府大阪市中央区大手前1-5-44）。

河川管理施設等構造令に準拠しているか判断し難い構造物に対して、どのような切り口で安全性を評価すべきか。河川堤防と道路構造物が一体となる施設を例にとり、洪水時、地震時、及び経年変化などの現象に対して想定される被害シナリオから、河川管理施設及び道路施設各々が確保すべき機能を導き、安全性を照査するための検討手法について中間報告する。

キーワード 堤防と道路構造物の一体構造物、要求性能

1. はじめに

現在、大阪市此花区高見から北区豊崎までの約4.3km区間において、広域幹線道路ネットワークの形成や大阪市北部中心地域の交通混雑緩和などを目的として、自動車専用道路（淀川左岸線2期）の計画が大阪市により進められている。淀川左岸線（2期）は、現在事業中の淀川左岸線（1期）や大和川線とあわせて「大阪都市再生環状道路」の一部を形成し、地域の環境保全への配慮の必要性から、構造形式を堤防に近接したトンネル構造を主体として計画が進められている。そのため、淀川左岸堤防の定規断面内に道路構造物であるボックスカルバートを設置する必要が生じている。そこで、平成23年5月に淀川左岸線（2期）事業に関する技術検討委員会を設立し、河川堤防の治水機能を維持するための技術的な指標を明確にし、安全性を検証するための検討を進めて

いるところである。今回は、当委員会における中間報告として、河川管理施設及び道路施設の各々が確保すべき要求性能を導き、安全性を照査するための検討手法について報告する。

2. 課題・問題点

河川管理施設等構造令（以下、「構造令」という。）第19条では、「堤防は、盛土により築造するものとする」とある。これは河川堤防の「土堤原則」を規程したものである。河川堤防が土堤を原則としている理由は、工事の費用が比較的低廉であること、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、修復が容易であること等があげられる。このような中で、淀川左岸堤防の定規断面内に道路構造物であるボックスカルバートを設置しようとした場合、堤防内に止水性のある構造物を設置することによる洪水時の堤防の浸潤面の上昇が助長されること、あるいは道路底版と基礎底面とのあいだに水みちが発生すること等の堤防の安定を損なうおそれと考えられる。

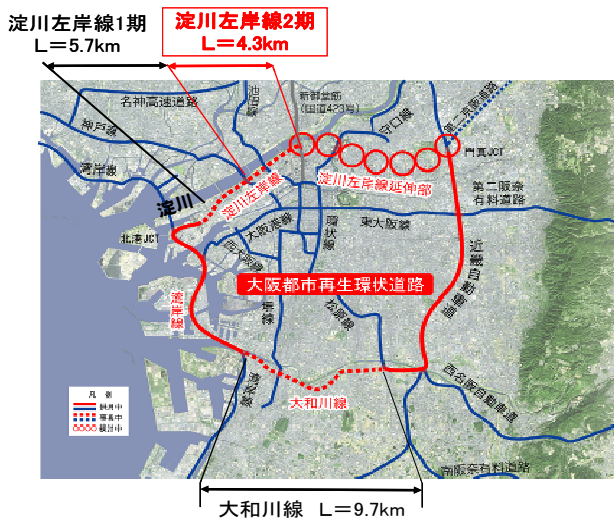


図-1 淀川左岸線（2期）位置図

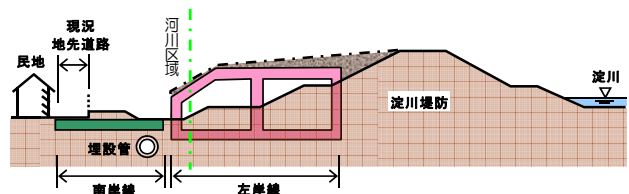


図-2 淀川左岸線と河川堤防 断面イメージ

3. 課題・問題点に対する検討方針

こうした課題に対して、河川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を確認しなければならない。さらに、施工に際しては、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も求められる。しかし、淀川左岸線（2期）のように計画堤防断面にコンクリート構造物が入り込む構造に対しては、定められた基準や安全性の照査手法がない。そこで、洪水・豪雨や地震時などの非常時、あるいは地下水変動、経年変化などの平常時において、機能低下にともなって一体構造物に起こりうる被害を想定し、想定される被害から確保すべき要求性能を設定することで安全性の照査手法を検討した。以下に全体の検討フローを示す。

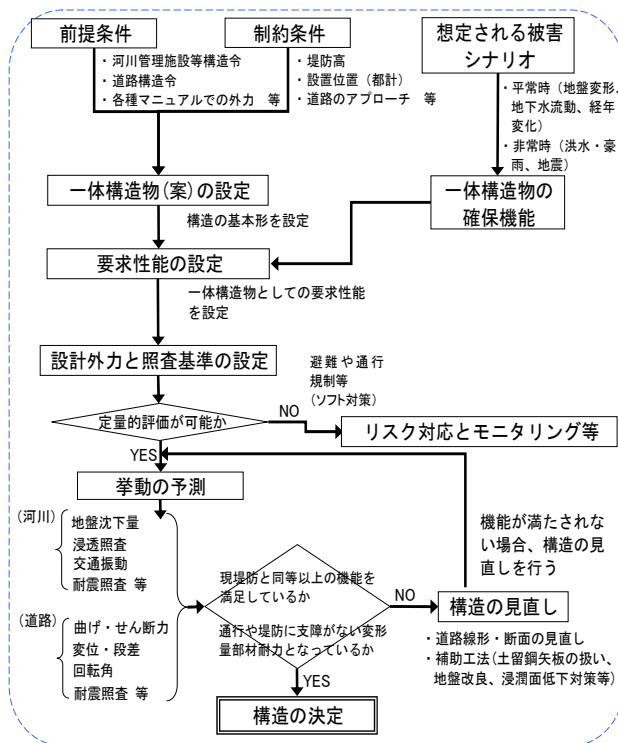


図-3 一体構造物の安全性照査手法フロー図

4. 一体構造物の安全性照査手法

ここでは、図-3で示した一体構造物の安全性の照査手法に基づき、河川や道路における前提条件と当該箇所における制約条件、さらには想定される被害シナリオ及び想定される被害シナリオから導かれる一体構造物に求められる確保機能について整理する。

(1) 前提条件の整理

a) 河川の前提条件

河川の前提条件としては、構造令を満たすこと及び堤防の機能を満たすことが条件となる。つまり、構造令に対しては、計画高水位（高潮区間では、計画高潮位）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こと等の構造令の規定を満たさなければならない。また、

河川堤防設計指針（H9.3.23）に示されている、堤防の機能である耐浸透機能、耐侵食機能、耐震機能、河川の維持管理ができること等の堤防の機能を満足しなければならない。

b) 道路の前提条件

道路の前提条件としては、道路区分や計画交通量などの道路諸元あるいは曲線半径、縦断・横断勾配等の道路線形等を規定する道路構造令を満足しなければならない。また、道路構造物の安全性、通行機能を確保するために、耐震機能、構造物の安定性等を確保しなければならない。

(2) 制約条件の整理

制約条件については、河川側、道路側それぞれ次のような条件を満たす必要がある。

a) 河川の制約条件

堤防への影響が極力でないよう道路構造物が計画堤防断面にできるだけ入り込まないこと、淀川の左右岸バランスに配慮して、計画堤防高から極力突出しないことが河川の制約条件となる。

b) 道路の制約条件

当該区間は、国道2号、阪神高速池田線などの道路橋やJR東海道本線、阪急電鉄などの鉄道橋が交差する区間であるが、道路高や鉄道軌道高を変更しないよう縦断的な制約があること、また、平成8年に都市計画決定なされているため都市計画で定められた範囲内で道路を設置する必要があるなどの平面的な制約もある。さらに、生活道路へのアプローチを確保することなどが道路の制約条件となる。

(3) 一体構造物（案）の設定

4.(1)、(2)で整理した河川や道路の前提条件並びに制約条件を踏まえ、一体構造物の基本形を図-4のように設定した。即ち、道路の2連ボックスを階段状にして堤防への抵触する範囲を極力減らす構造を一体構造物の基本形として設定した。この基本形を踏まえ、一体構造物に求められる要求性能を導き、定量的な評価に基づいて最終的な構造の決定を行っていくこととなる。

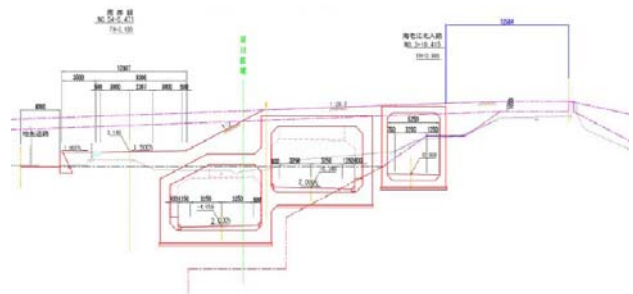


図-4 制約条件による基本形

(4) 外的要因に対して想定される被害

次に、一体構造物に起こりうる被害を想定し、機能低

下に関わる被害想定から確保すべき要求性能を設定するため、平常時においては、地盤変形、地下水変動、経年変化、といった外的要因に対しどのような被害が想定されるかを検討した。さらに、非常時においては、洪水・豪雨あるいは地震といった外的要因に対し、どのような被害が想定されるかについて検討を行った。

a) 地盤変形による被害想定 (完成時及び施工時)

当該区間の地層構成は、おおむね堤防直下の基礎地盤に液状化しやすい砂質土があり、その下位に軟弱粘土の圧密対象層が分布している構造となっている。このような地盤の中で、盛土あるいは道路構造物と地盤の圧密沈下差による地盤変形によって、堤体の沈下・変形、地表面の段差・ひび割れ、ゆるみの発生や道路底版と基盤底面の間隔による水みちの発生が想定される。さらに、道路構造物においては、函体の移動、継手の段差も想定される(図-5)。また、掘削、土留矢板設置による施工時の地盤変形によっては、矢板の変形さらには背面地盤の陥没や掘削部の地下水排水によって周辺地盤の沈下といったことが想定される(図-6)。

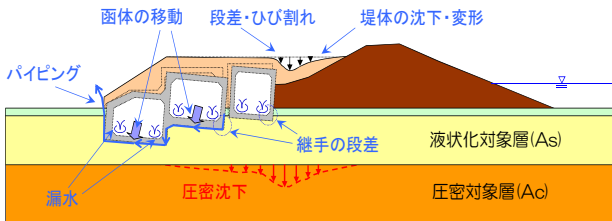


図-5 地盤変形に伴う被害想定イメージ図 (完成時)

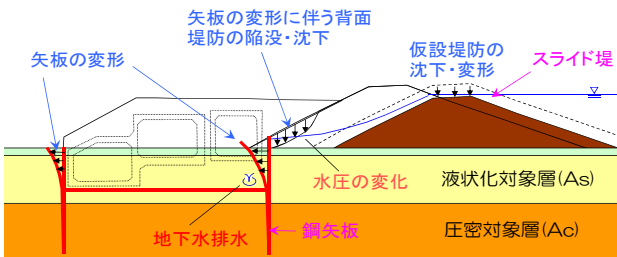


図-6 地盤変形に伴う被害想定イメージ図 (施工時)

b) 地下水変動による被害想定 (完成時及び施工時)

構造物の設置による地下水変動に対しては、地下水流動阻害による堤体内浸潤面上昇による水みちの発生あるいは構造物に沿った縦断方向の水みちの発達、空洞化が想定される。さらに、道路構造物については、水位上昇によるボックスの浮き上がりの段差発生や継手部からの漏水・土砂流入が想定される。また、堤内側の地下水水位低下によっては、圧密沈下が促進されて、躯体周辺が沈むことも考えられる(図-7)。施工時については、水圧変化による土留矢板の変形等が想定される。

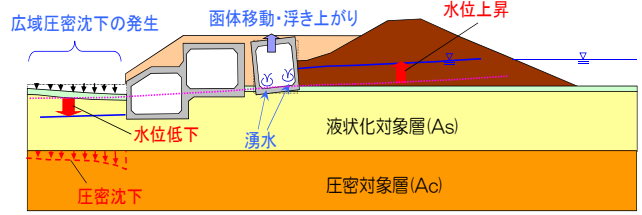


図-7 地下水変動に伴う被害想定イメージ図 (完成時)

c) 経年変化による被害想定 (完成時)

老朽化あるいは交通振動による経年変化に対しては、堤防天端面の陥没等の堤防の変形や道路構造物の部材の耐力低下による破壊、継手部損傷などの被害が想定される(図-8)。

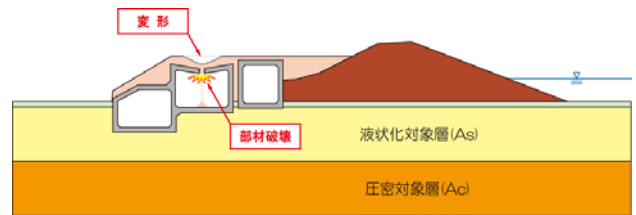


図-8 経年変化に伴う被害想定イメージ図 (完成時)

d) 洪水・豪雨による被害想定

洪水・豪雨時においては、堤体内の水位上昇に伴って堤体がゆるむことによるすべり破壊の発生あるいは基礎地盤のパイピング破壊の発生、流水の侵食作用による堤防の不安定化といった被害が想定される(図-9)。さらに、道路構造物においては、越水により土砂が流出した際の躯体移動や浮き上がり、堤防変形に伴う構造物の変形、継手部の損傷、段差・離れ等の被害が想定される(図-10)。また、施工時については、矢板の変形や矢板変形に伴う背面堤防の陥没・沈下、さらには浸透水による継目等からの土留め内の浸水といった被害が想定される。

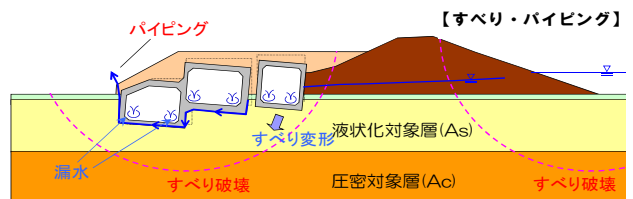


図-9 すべり・パイピング 被害想定イメージ図 (完成時)

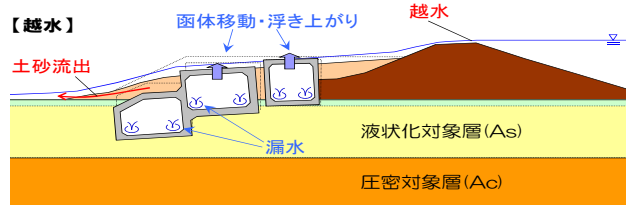


図-10 越水による被害想定イメージ図 (完成時)

e) 地震時における被害想定

当該区間の地層構成は上述した通り堤体直下に液状化しやすい砂質土があるため、地震時においては、液状化による流動変形に伴う堤体の沈下や応答の相違による地盤と道路構造物の剥離による水みちの発生、さらには地震後の津波等による越水による浸水被害が想定される。道路構造物においては、段差・ひび割れ・陥没、函体の移動等の被害が想定される(図-11)。また、施工時においては、土留矢板の変形に伴う堤体の段差・ひび割れ等の発生が懸念される。

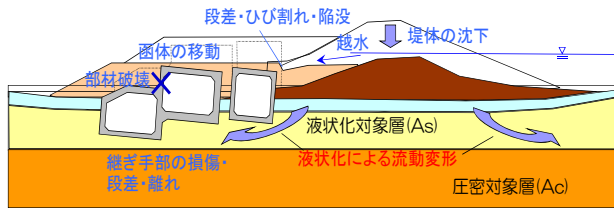


図-11 地震時の被害想定イメージ図(完成時)

(5) 想定される被害シナリオから導いた確保機能

前項で検討した様々な外的要因に対して想定される被害から、一体構造物として確保すべき機能を設定した。これらの確保機能については、堤防の機能を満たす項目として、耐浸透機能、耐侵食機能、耐震機能等の定量的な評価が可能な項目と、河川の維持管理、災害復旧等の定量的評価が困難な項目とに分類した(表-1)。同様に、道路構造物の安全性、通行機能を確保する項目として、耐震機能、構造の安定性、周辺影響への抑制・低減(圧密沈下)等の定量的な評価が可能な項目と、道路の維持管理、災害復旧等といった定量的評価が困難な項目に分類した(表-2)。これにより、定量的評価が可能な項目については、設計外力と照査基準を明確にし、一体構造

表-1 堤防[完成時] 一体構造物の確保機能一覧

項目	想定される被害シナリオ(現象)	想定される被害シナリオから導いた一体構造物の確保機能	
		[完成時]	
定量的評価項目	①耐浸透機能 地下水変動 洪水・豪雨	●地下水流動阻害(堤体内浸潤層の上昇)により水みち発生を起こさないこと	●地下水流動阻害により、構造物に沿った縦断方向の水みち発生を起こさないこと
	②耐侵食機能 洪水・豪雨	●基礎地盤のハビタゲ破壊に対する安全性を確保すること	●すべり破壊に対する安全性を確保すること
	③耐震機能 地震	●土と構造物が洪水・降雨時の浸透や変形により、堤体の固体化や水みち発生を起こさないこと	●直接侵食に対する安全性を確保すること
	④堤体本体の点検と強化 地盤変形 経年変化	●主流路(低水路等)からの側方侵食、洗掘に対する安全性を確保すること	●道路からの雨水排水による堤防侵食を起こさないこと
	⑤構造物周辺の堤防の点検と強化 地盤変形 経年変化	●地震後の河川外への越流を防止すること	●圧密沈下による堤防高の不足を起こさないこと
定量的評価が困難な項目	⑤河川の維持管理 地盤変形 地下水変動 経年変化 洪水・豪雨 地震	●定期的な測量成果により堤防沈下量の把握	●定期的な構造物点検(目視点検、沈下計測)により構造物の変形やクラックなどの把握
	⑥災害復旧 地盤変形 地下水変動 経年変化 洪水・豪雨 地震	●出水期前、台風期、出水後において、目視点検を実施	●継続監視、点検強化ができること
	⑦材質及び構造	●継続監視、点検強化ができること	●地震後において、構造物点検が実施できること
		●短期間(14日)で隙間の復旧を行えること	●グラウトホールを設置し隙間の補修を行えること
		●津波予警発令時には二次被害防止のための施設操作を行うこと	●津波予警発令時には二次被害防止のための施設操作を行うこと

物の安全性の照査を行なうことで構造の検討が可能となった。一方、定量的評価が困難な項目については、確保すべき機能への対策として、維持管理及びモニタリング手法あるいは復旧方法を含めて検討することとなった。

表-2 道路[完成時] 一体構造物の確保機能一覧

項目	想定される被害シナリオ(現象)	想定される被害シナリオから導いた一体構造物の確保機能	
		[完成時]	
定量的評価項目	①耐震機能 地震	●地震に対するボックスの安全性、供用性を確保すること	●備土圧下での地盤変形(液状化)に対する道路ボックスの安全性、供用性を確保すること
	②構造的安全性 地盤変形 地下水変動 経年変化 洪水・豪雨 地震	●補助工法(液状化対策)を実施すること	●道路躯体の沈下に対する安全性、供用性を確保すること
	③周辺影響の抑制・低減 地盤変形 地下水変動	●道路躯体の浮き上がりに対する安全性、供用性を確保すること	●洪水、大雨などによるボックスの安全性、供用性を確保すること
	④構造物の止水性 地盤変形 地下水変動 経年変化 洪水・豪雨 地震	●圧密沈下による周辺影響を防止すること	●周辺地盤沈下計測
	⑤道路の維持管理 地盤変形	●堤内地の地下水変動を抑制すること	●補修、補強ができること
	⑥災害復旧 地盤変形 地下水変動 経年変化 洪水・豪雨 地震	●道路躯体の本体・継手部の止水性を確保すること	●補修、補強ができること
定量的評価が困難な項目	⑦材質及び構造 地盤変形 地下水変動 経年変化 洪水・豪雨 地震	●継続監視、点検強化ができること	●老朽化による構造物の損傷の拡大を防ぐこと

5.おわりに

淀川左岸線(2期)事業は、道路構造物が堤防と近接するわが国でも初めての形式となるため定められた基準や照査手法がない。本稿では、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、現況と同等以上の機能を確保すること、並びに、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踏まえ、洪水、地下水、地震時等の想定される被害から一体構造物として確保すべき機能を設定し、安全性の照査手法を確立した。これにより、一体構造物の安全性照査手法に基づき、道路ボックス形状による影響検討を踏まえ、縦断的な評価による全線の安全度評価を行っていくことが可能となった。また、堤防としての特性を如何に確保、維持できるかが重要な課題であり、技術的な指標だけにとどまらず、災害復旧や維持管理などのメンテナンスも含めて検討する必要があると考えている。

参考文献

- 1)第1回淀川左岸線(2期)期事業に関する技術検討委員会
- 2)第2回淀川左岸線(2期)期事業に関する技術検討委員会