

176号名塩道路 武庫川張り出し橋の橋種選定について (張り出し橋の中間支間に架け替える西宝橋が接続)

樽井 美奈実

近畿地方整備局 兵庫国道事務所 計画課 (〒650-0042兵庫県神戸市中央区波止場町3番11号) .

国道176号名塩道路事業は、現道2車線から4車線に道路拡幅を行う事業である。一部区間に、武庫川へ縦断的に張り出しする区間があり、張り出し区間において、既設西宝橋(市道)が接続する。西宝橋は、武庫川河川整備計画により架け替えが必要であり、武庫川張り出し橋と合わせて西宝橋架け替えの検討を行った。今回は、西宝橋と接続する武庫川張り出し橋の橋種選定について報告するものである。

キーワード 河川上の張り出し橋、河川整備計画、PC中空床版橋、プレビーム橋、平面交差(橋梁上)

1. はじめに

国道176号名塩道路事業の生瀬地区(本設計箇所)は図-1に示す生瀬変電所がコントロールポイントとなっているため、道路拡幅を実施するには武庫川へ縦断的に張り出す橋梁を設置する必要がある。武庫川水系河川整備計画で定められる計画高水位を満足させるためには、現道の嵩上げが必要となる。本橋梁は上記の名塩道路事業と武庫川水系河川整備計画の両計画を満足させた橋梁計画とする必要がある。両計画の概要は表-1に示す。

(1) 名塩道路事業

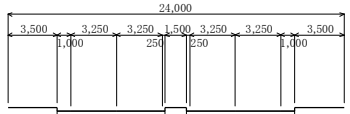
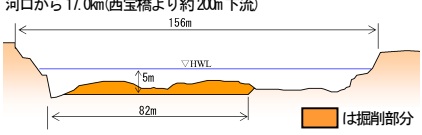
国道176号は、京都府宮津市から大阪府大阪市に至る延長178.3kmの主要幹線道路である。このうち名塩道路は、西宮市山口町から土塚市栄町間の延長10.6kmで現道拡幅を主体とした道路事業である。この区間の現状は、①カーブが多く1日当たり2.7万台の交通量があり、朝夕に渋滞が生じていること、②歩道が狭く人がすれ違ふことができない区間があること、③異常気象時には通行規制が行われる区間もあり、交通渋滞の緩和ならびに交通安全の確保を目的として事業化されている。

(2) 武庫川水系河川整備計画

武庫川水系武庫川は、その源を兵庫県篠山市の丹波山地に発し、阪神地域を貫流して大阪湾にそそぐ、幹線流路延長65.7km、流域面積約500km²の二級河川である。

「武庫川水系河川整備計画」は2011年8月に策定され、本設計箇所を掘込区間であり、河床掘削対策により2700m³/sを流す計画としている。また、計画高水位を満たすためには現状の西宝橋では桁下高が不足しており、架け替えによる西宝橋嵩上げが必要である。

表-1 計画概要

項目	内容
名塩道路事業	道路規格 第3種第2級(設計速度60km/h)
	道路幅員構成 
河川整備計画 武庫川水系	計画高水流量・水位 計画高水流量 Q=2,700m ³ /s 計画高水位 T.P+52.433m(西宝橋位置)
	河川断面 河口から17.0km(西宝橋より約200m下流)  は掘削部分

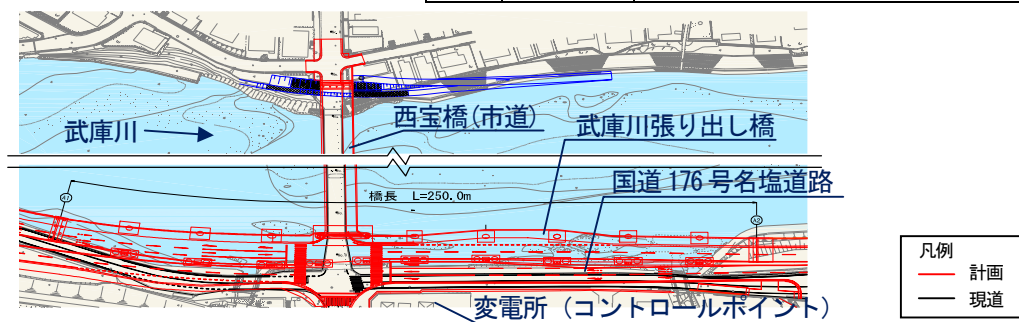


図-1 平面図

(3) 本事業における課題

武庫川張り出し橋の横断面を図-2、西宝橋接続部の横断面図を図-3に示す。橋種選定を行うにあたっては、①嵩上げによる現道への影響を抑える、②現道交通に配慮した施工、③西宝橋と武庫川張り出し橋接続部の構造、④巨大地震に対する安全性の確保（設計で想定以上の地震力が作用した場合等）の4点について、如何に計画するかが課題となった。橋種選定フローと各段階における課題を図-4に示す。

2. 現道の嵩上げ対応

(1) 基本条件

本設計箇所は、生瀬変電所がコントロールポイントとなっているため、4車線化にあたり川側に拡幅せざるをえず、河川内に橋脚を設置する必要がある。西宝橋から生瀬駅に向かう市道とJR交差点の函渠において、路面の嵩上げが困難なことから、武庫川張り出し橋の嵩上げ可能量は2.2mである。

(2) 武庫川張り出し橋の橋脚形式

一般的な橋梁の橋脚は図-5に示す「張り出し式橋脚」となる。この場合、河川横断方向に梁を設置する橋脚となり、HWL+余裕高を考慮した梁にすると、現道の嵩上げ高さが3mを越え、2.(1)で述べた最大嵩上げ量以上となるため構造が成立しない。そこで、図-2、図-3で示すように下部工に梁がない「2柱式橋脚」を採用した。

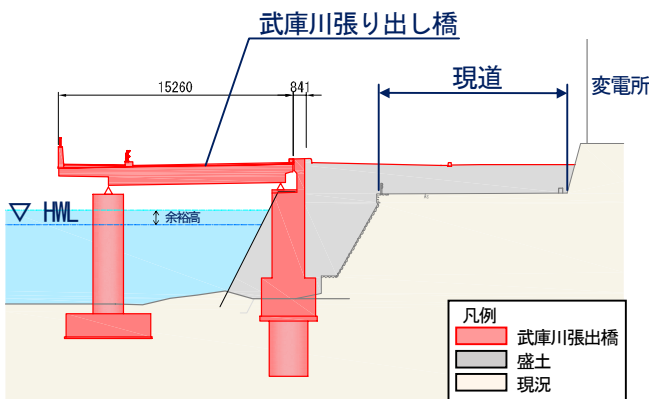


図-2 武庫川張り出し橋横断面図

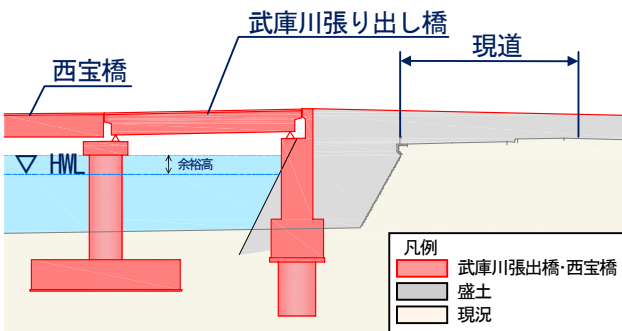


図-3 武庫川張り出し橋横断面図（西宝橋接続部）

(3) 武庫川張り出し橋の橋梁上部工形式

a) 基本方針

橋長は図-1に示す250mとなる。橋種選定にあたっては、西宝橋交差点部と起点側区間、終点側区間の3区間に分けて計画した。このうち西宝橋交差点部は橋梁の耐震性を高める観点から3径間で計画した。また、西宝橋交差点部は車両の荷重荷重方向が橋軸方向だけでなく、直角方向にも載荷されることとなる。

b) 支間割計画

西宝橋交差点部の橋梁は、交差点の隅切形状に配慮し支間長をL=17mとし、景観性に配慮して3径間を等間隔に配置することで17m@3=51mとした。起点側ならびに終点側の橋梁は、河川縦断方向の洗堀深を抑える観点から橋軸方向の橋脚躯体幅と支間長を検討し、支間長L=25m程度として計画した。

c) 上部工形式の抽出

河川条件から決定される桁下高を確保したうえで現道嵩上げ量が2.2m以下となる橋梁形式としては、鋼床版桁橋、鋼床版箱桁橋、プレビーム桁橋、PC中空床版橋が考えられる。

下部構造は図-2、図-3に示す2柱式の分離構造であることからプレビーム桁橋は中桁部に支点が無いため構造的に成立せず、形式選定の対象外とした。

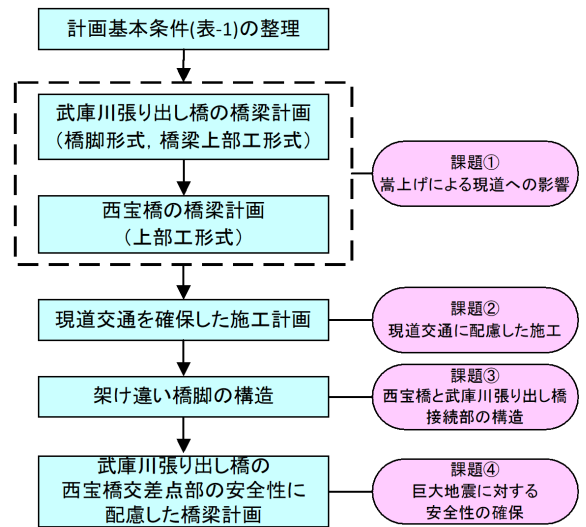


図-4 橋種選定フローと各段階における課題

梁を設けることにより嵩上げが3.0mを超える

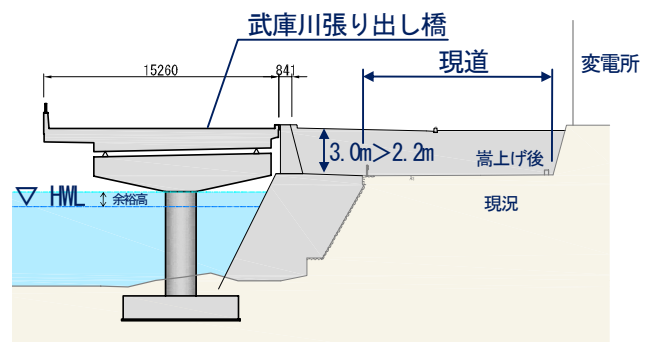


図-5 武庫川張り出し橋横断面図（一般的な橋梁の場合）

鋼床版鈹桁及び鋼床版箱桁橋は、支点上横桁を図-6に示す剛性を確保したボックス構造とすることにより構造上は成立する。PC中空床版橋は、支点を橋脚上のみとし、主桁直角方向にはPC鋼材を配置した構造を成立させる計画とした。

d) 橋梁上部工形式選定

表-2に示す鋼床版鈹桁橋、鋼床版箱桁橋、PC中空床版橋の3案の比較を行い、河川内工事における現場工期の短縮や経済性の観点から第1案：鋼床版鈹桁橋を選定した。この案においては、現道の嵩上げ高さは約2.0mとなる。

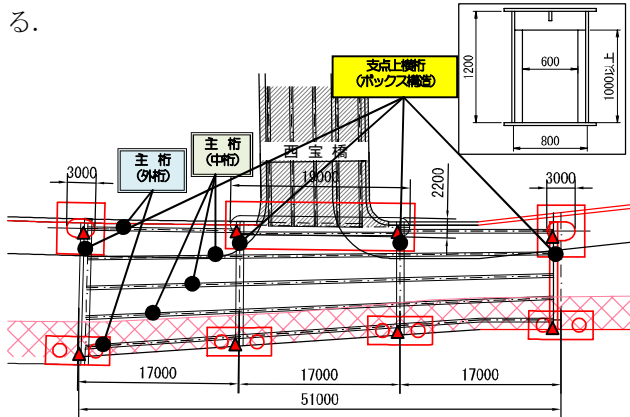


図-6 鋼床版鈹桁橋支点上横桁計画

表-2 武庫川張り出し橋(西宝橋接続部)上部工形式一覧表

案	断面図
第1案： 鋼床版鈹桁橋 選定	<p>工費：232 百万円, 現道嵩上げ：2.0m</p>
第2案： 鋼床版箱桁橋	<p>工費：286 百万円, 現道嵩上げ：2.0m</p>
第3案： PC 中空床版橋	<p>工費：214 百万円, 現道嵩上げ：2.0m</p>

(4) 西宝橋の橋梁上部工形式

a) 基本方針

西宝橋は、橋長127mの橋梁である。図-3に示すとおり、武庫川張り出し橋と路面高さを併せる必要がある。

b) 支間割計画

河川構造令第63条より基準径間長 $L=33.5m$ ($20+0.005 \times Q$ (Q : 計画高水流量: 2700 m^3/s)) 以上確保する必要があることから、 $127m/33.5m=3.7$ より3径間とする。

c) 上部工形式の抽出

3径間の場合の平均支間長は $127m/3=42.3m$ となる。上部工形式としては、本支間で一般的に採用されている鋼非合成鈹桁橋に加え、桁高を低くすることが可能な鋼床版鈹桁橋とプレビーム桁橋を抽出した。

d) 橋梁上部工形式選定

表-3に示す3案の比較を行い、現道嵩上げ量が武庫川張り出し橋の嵩上げ高と同等以下で、経済性に優れる第3案：プレビーム桁橋を選定した。

(5) 結論

現道の嵩上げ量を、コントロールとなる2.2mより低い2.0mとして武庫川張り出し橋ならびに西宝橋の橋梁上部工形式を決定した。

表-3 西宝橋上部工形式一覧表

案	断面図
第1案： 鋼非合成鈹桁橋	<p>工費：984 百万円, 現道嵩上げ：2.6m</p>
第2案： 鋼床版鈹桁橋	<p>工費：1,186 百万円, 現道嵩上げ：2.0m</p>
第3案： プレビーム合成桁橋 選定	<p>工費：986 百万円, 現道嵩上げ：2.0m</p>

3. 現道交通に配慮した施工

(1) 基本方針

国道176号と西宝橋の交差点は主要渋滞箇所となっていることから、現況の2車線を確保した状態で施工する方針とする。

(2) 施工方法

図-7の横断面図に示すように、国道176号沿いからの施工はできないため、橋梁工事は全て河川内からの施工とすることが必要。したがって、非出水期（11月1日～5月31日）での施工となる。

4. 西宝橋と武庫川張り出し橋の接続部の構造

(1) 基本方針

現計画は、図-6に示すとおり西宝橋と武庫川張り出し橋の掛け違い橋脚上で上部工が平面的に直角に接続する構造となっている。河川条件である河積阻害率5%以下を満足させるためには橋脚幅2.2m以下とすることが必要であることから、①「掛け違い橋脚をなくした接続構造の検証」、②「①を踏まえて西宝橋と武庫川張り出し橋の両計画が成立する構造計画」を行うという2段階で計画した。

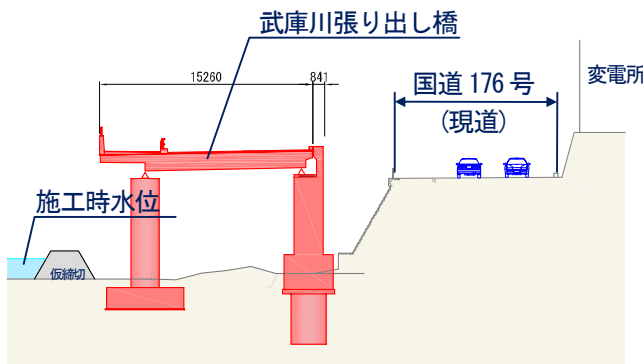


図-7 武庫川張り出し橋横断面図

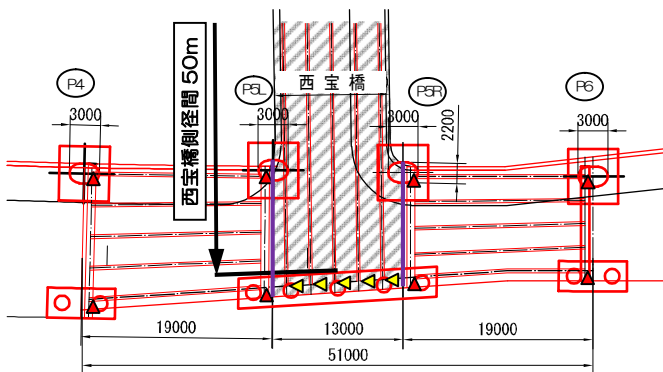


図-8 接続部代替案平面図

(2) 掛け違い橋脚をなくした接続構造の検証

図-8に平面図を示すように、西宝橋を土工区間まで延長すれば掛け違い橋脚をなくすことが可能である。

ただし、この場合、以下の2点の課題があることから、現計画どおり西宝橋と武庫川掛け違い橋脚は設けたうえで成立する構造を計画することとした。

- ・主交通となる国道176号（設計交通量 27,000台/日）を横断するように伸縮継手が交差点内に2箇所生じ、維持管理性に劣る。なお、従交通となる西宝橋の設計交通量は4,000台/日未満である。
- ・西宝橋側の側径間の支間長L=50mは、拡幅橋L=17mと比較して長く、たわみ量が大きく段差が生じやすく走行性に劣る。

(3) 掛け違い橋脚の構造

西宝橋と武庫川張り出し橋との衝突を避けることを前提に掛け違い橋脚上の支承条件として西宝橋と武庫川張り出し橋の橋軸方向ならびに橋軸直角方向を固定として計画する方針としたが、武庫川張り出し橋の橋軸方向を固定とすると掛け違い橋脚の構造が成立しなかったため、図-9に示すとおり、武庫川張り出し橋の橋軸方向のみ弾性固定支承として、その他の支承条件は固定とした。

さらに武庫川張り出し橋は橋脚上に1支しかないので横変位拘束構造が必要となるが、横変位拘束構造は河川流下を阻害する箇所に設置できないことから図-10に示すとおり武庫川張り出し橋の橋軸方向にセットした。以上より、河川条件を満足したうえで西宝橋と武庫川張り出し橋の接続部の構造を成立させることができた。

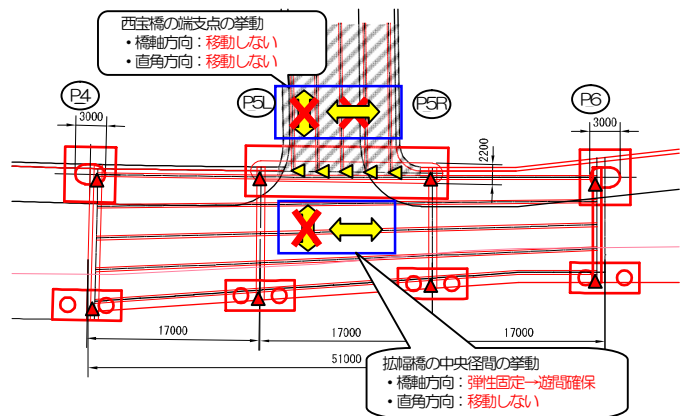


図-9 接続部支承計画図

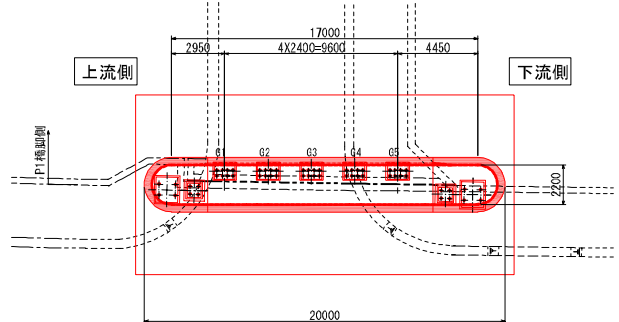


図-10 掛け違い橋脚平面図

5. 巨大地震に対する安全性の確保

(1) 基本方針

西宝橋交差部の構造について、設計想定以上の荷重が作用し支承破壊後に桁通しが衝突した場合、張り出し橋で採用している鋼床版桁橋の側面に西宝橋の桁が衝突することになり、主桁の座屈・落橋の恐れがある。したがって、不測の事態に対する安全性を担保するため、表-4に示す2案を検討した。

第1案：橋脚上に設置したパラペットで接続する案：

想定以上の地震が作用して支承が破壊しても橋脚上にパラペットを設けることにより、桁同士が衝突しないようにした案。

第2案：西宝橋交差部の桁形式をコンクリート構造とする案：橋梁上部工形式選定時に抽出していたPC中空床版橋を採用することにより桁同士が衝突したとしても主桁の座屈による落橋の恐れを防ぐ案

表-4 安全対策一覧表

案	概要図
第1案： 橋脚上に設置したパラペットで接続する案	
第2案： 西宝橋交差部の桁形式をコンクリート構造とする案	

(2) 第1案構造細目の検討

パラペットの設計荷重として、落橋防止構造を上部工とパラペットで接続する際の設計荷重 $P=1.5Rd$ (Rd : 死荷重)を採用して、構造を成立させた。

(3) 第2案構造細目の検討

a) 概要

- ①非出水期間内に施工する必要がある。
- ②河川条件、横梁を設けることができない構造特性を満足する橋梁計画（桁下高、HWL、橋脚幅等）とする必要がある。

b) PC鋼材緊張方法

橋軸方向のPC鋼材緊張方法について、第1案：両引き案、第2案：左片引案（起点側より）、第3案：右片引案（終点側より）の3案が考えられるが、片引き案だと端部の緊張力が不足し、曲げ応力度が許容値を超過するため、構造的に成立する第1案：両引き案を採用した。

また、橋脚が2柱式橋脚であることから、橋軸直角方向にもPC鋼材を配置する必要がある。橋軸直角方向の鋼材は、護岸側に緊張スペースが無いため、図-11に示す通り、護岸側を固定端とした片引きにて計画した。

c) 活荷重載荷方法

交差点に位置するため、通常は図-12上段のとおり活荷重載荷方向は一方だけであるが、西宝橋からの交通を考慮して図-12下段に示す荷重載荷状態も考慮し、鉄筋ならびにPC鋼材を決定した。

d) 結論

上記の検討を行い、構造成立性の確認ならびに非出水期内の施工ができることを確認した。

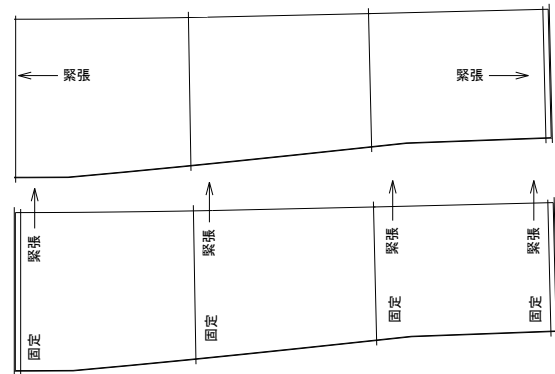


図-11 PC鋼材緊張イメージ図

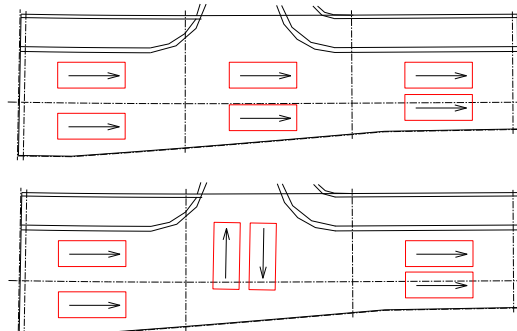


図-12 活荷重載荷イメージ

(4) 土研・国総研協議

河川縦断方向に張り出し橋を計画し、かつその橋梁の中間支間に別橋が平面的に直交する形で接続することについて前例がないことから、表-4に示す2案について、土木研究所ならびに国土技術政策総合研究所に技術相談を行い、以下の助言を頂いた。

プレベーム桁である西宝橋が武庫川張り出し橋との掛け違い橋脚上で落橋しない対策が重要である。

第1案の橋脚上に設けたパラペットでは、背面土の効果もないため、パラペットが損傷して、西宝橋が武庫川張り出し橋に衝突し多大な衝撃を与える恐れがある。

第2案は、武庫川張り出し橋の上部工がコンクリート桁（中空床版橋）であることから、重量および剛性があるため、プレベーム桁の衝突に対して掛け違い橋脚での落橋の恐れはないと考える。

以上より、第2案を採用し西宝橋と接続する武庫川張り出し橋の上部工形式はPC中空床版橋とした。また、両橋梁が接続する掛け違い橋脚は、レベル2地震時においても弾性設計とし、耐震性の向上を図るとともに、落橋のリスクを低減する設計思想とした。

6. おわりに

近年では、毎年のように地震や津波、台風等による水害・土砂災害等の自然災害が発生しており、気候変動による水害・土砂災害の頻発化・激甚化、南海トラフ巨大地震等の巨大地震の発生等も懸念されていることから、安全で信頼性の高い、災害に強い道路ネットワークを確保することが求められている。

武庫川張り出し橋の橋種選定について、張り出し橋の中間支間に西宝橋が接続するという特殊な条件のもと、西宝橋、武庫川張り出し橋ともに、1.(3)に示す4点の課題を解決し、大規模災害時の設計基準以上の不足の事態にも耐えうる橋梁計画を立案することができた（図-13、図-14に完成パースを示す）。

謝辞：本橋梁選定にあたり、ご指導を賜り適切な助言をいただきました土木研究所及び国土技術政策総合研究所に心から御礼申し上げます。



図-13 完成パース（国道176号から西宝橋方向）

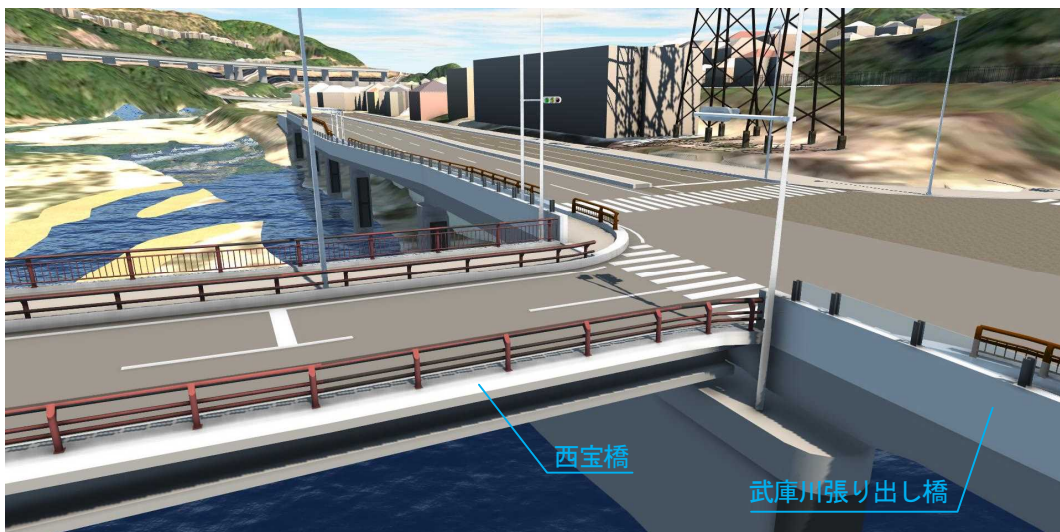


図-14 完成パース（武庫川左岸上流から国道176号ならびに西宝橋接続部方向）