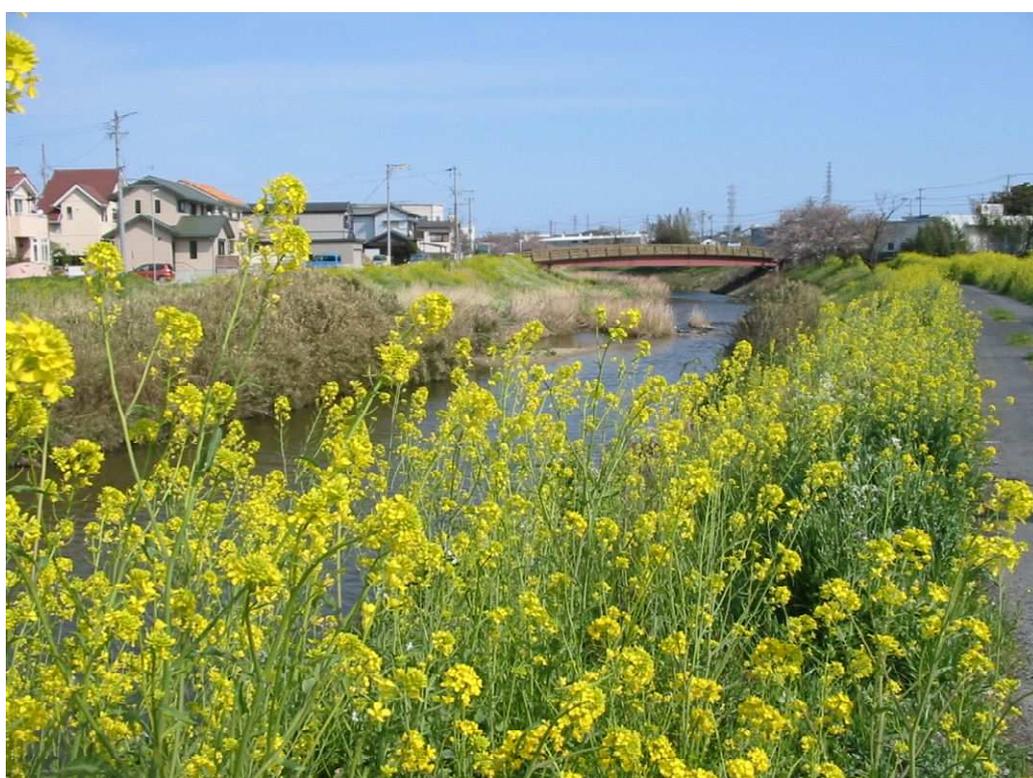


# MCC Technology Report

2021年 No.43-1



## CONTENTS

---

### 技術紹介

- 1 : 整備の実現性を考慮した都市計画道路の見直しについての取組み
- 2 : 樋管詳細設計における BIM/CIM 活用
- 3 : 景観形成モデル事業における橋梁部・アプローチ部構造の最適化
- 4 : 堤防の浸透対策における他分野技術を活用した事例

MCCは、MITSUI CONSULTANTS Co.,Ltd.の略称です  
表紙写真：梅田川（愛知県） 撮影者 山田義朗

## 巻 頭 言

我が国の戦後水害史を振り返りますと、終戦直後は猛烈な台風が来襲を繰り返し、今とは桁違いの死者・行方不明者（以下「死者等」と称す）数を出しました。以降、1980年代半ばまでは多数の死者等を出す水害が頻発していたものの、1990年代に入るとそれまでの河川・ダム整備の効果もあり大水害の発生頻度も減り、20年程平和な時代が続きました（近年頻発している直轄河川の破堤も、上記の間はH7の姫川、H16の円山川・出石川のみと記憶しています）。ところが2010年代に入ると、気候変動の影響もあり大水害が毎年の様に発生しています。

10年毎の大水害の発生状況（戦後：死者等100人以上の風水害発生回数、詳しいデータが得られる平成以降は同50人以上も掲載）を下表に示します。1990～2000年代は大水害の発生が少ないことがこの表にも表れます。

表一戦後10年毎の大水害発生状況（気象庁HPを基にMCC作成）

	100人以上	50人以上	主な風水害（カッコ内は死者等数、土砂災による死者等含む、津波は除く、Tは台風、1945～のみ6年間）
1945～	9	集計せず	S20 枕崎 T(3756)、S22 カサノ T(1930)、S23 アイワ T(838)
1951～	15		S34 伊勢湾 T(5098)、S29 洞爺丸 T(1761)、S33 狩野川 T(1269)
1961～	10		S36.6 梅雨前線豪雨(357)、S41T24T26(317)、S42.7 豪雨(256)
1971～	4		S47.7 豪雨(447)、S51T17(171)、S49T8 等(146)
1981～	2		S57 長崎豪雨(439)、S58 山陰豪雨(117)
1991～	0	2	H3T17T18T19(86)、H5.8 豪雨(79)
2001～	0	1	H16T23(98)
2011～	1	5	H30 西日本豪雨(273)、H23T12(98)、R1T19(98)

上記の平和な時代が続いた一時期、「脱ダム宣言」等の「ダム不要論」や、「一級河川は県で管理できる」等の「地方分権論」が盛り上がりました。

2009年、公約に「川辺川ダムと八ッ場ダムの中止」を掲げて政権をとった民主党は、地元もダム反対の川辺川ダムは中止とし、八ッ場ダムについては当時の大臣が「マニフェストに書いてあるから中止」と表明しました。これに対し八ッ場ダムを必要とする地元及び下流都県知事は建設継続を訴え、当ダムは検証手続きの上継続となりました。2019年10月に試験湛水を始めた当ダムは直後の台風19号来襲時に多大なる調節効果を発揮し、他ダム群と共に下流都県を水害から守ったことは周知のとおりです。

中止となっていた川辺川ダムについても、2020年の大水害を踏まえ地元知事が流水型ダムとしての建設を国に要望し、2021年度から本格的調査検討が始まります。

また、2008年に4府県知事が建設凍結を求めた淀川流域の大戸川ダムも、近年の水害発生状況に鑑み各府県とも立場を変え、2021年2月には近畿地整が「大戸川ダム建設を明記した河川整備計画変更原案」の公表・意見募集を行っています。

地方分権については「一県内の一級河川は県で管理できる」「2府4県にまたがる淀川水系は関西広域連合で管理できる」等の意見が出、2008年には「一の都道府県内で完結する一級河川は原則都道府県に移管する」旨の勧告も出ました。この議論についても2010年代以降下火となり、最近では県管理河川の工事の直轄代行制度を盛り込む河川法改正が行われる等、むしろ国の権限強化という方向に変わってきています。

「自らの経験に学ぶはあやうい」、鉄の宰相と言われた初代ドイツ帝国首相ビスマルクの名言を言い換えました。国家100年の計たる治水を司る者、肝に銘じなければいけないことと思います。

（常務執行役員 入江 靖）

# 技術紹介 1 整備の実現性を考慮した都市計画道路の見直しについての取り組み

西山 祐司  
NISHIYAMA Yuji  
道路・橋梁事業部 道路第一部



近年の都市を取り巻く環境は、人口減少に伴う市街地拡大の収束や、超高齢化社会により都市全体の都市計画道路網を再検討する必要性等に迫られている。本事例は都市計画道路の早期効果発現、周辺住民との合意形成、概算工事費について考慮し、現計画について見直しを行い最適化を行った。本稿ではその取り組みについて紹介する。

キーワード：道路構造の最適化、周辺環境、関係機関との合意形成、自転車交通

## 1.はじめに

本業務は、都市計画道路の事業化に向けて道路構造を決定するために道路予備設計を行ったものである。また、県と市が事業分担を行って整備する道路であるため、分担範囲を設定するために複数の工区に分割し、概算工事費の算出を行った。この都市計画道路は、道路延長2.38kmの市街地を通過する道路で、その大半は現況地盤高で計画され、鉄道交差する箇所のみ立体交差する道路構造となっている。また、都市計画道路は駅を中心とした環状の路線である。(図-1 参照)

本事例は都市計画道路の早期効果発現、周辺住民との合意形成、概算工事費について考慮し、現計画について見直しを行い最適化を行った。本稿ではその取り組みについて紹介する。

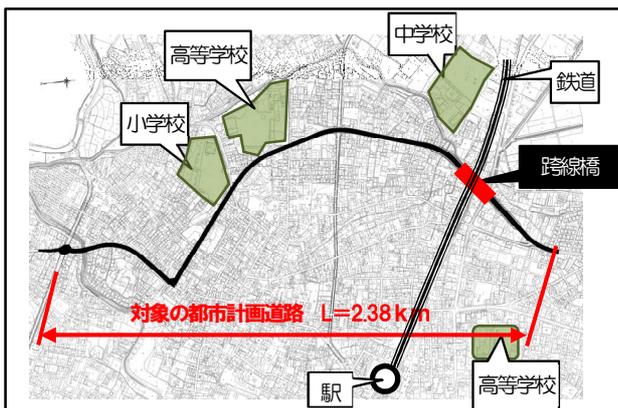


図-1 設計範囲概略図

## 2.存在した課題

### 2-1.事業の早期効果発現

設計区間は県と市の合同事業のため、路線の整備を県と市が分担して行うことになる。しかし、整備を進めていく上で、県と市の年間事業費の違いや、整備着手時期・箇所の違いで部分供用が想定される。市街地での新設道

路のため部分供用時にアクセスする道路が少なく、部分供用時の利便性向上による早期効果発現が課題であった。

### 2-2.利用者の利便性の向上

#### (1) 跨線橋周辺の生活交通における利便性の向上

現計画では跨線橋の連結側道は一方通行で計画されており、道路利用者が連結側道付近を向かうためには市街地の生活道路を利用して大きく迂回する必要がある。(図-2 参照)

都市計画道路整備への周辺住民の理解を得るため、大きな迂回を解消する必要があった。

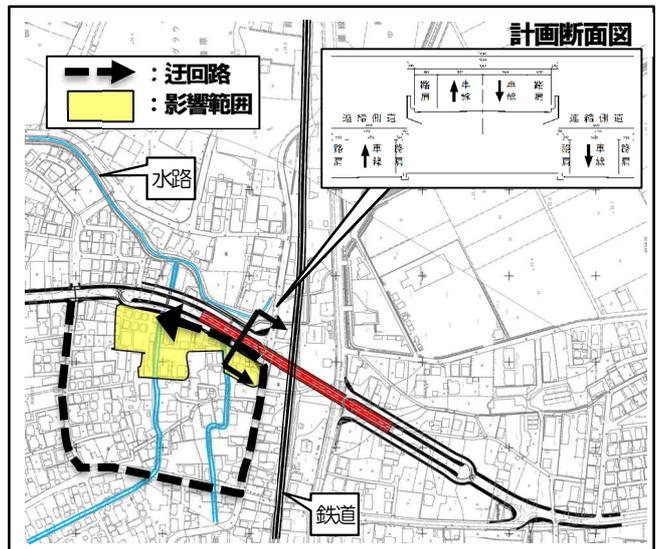


図-2 現計画で必要になる迂回

#### (2) 通学路の自転車交通への配慮

跨線橋付近に中学校があることから整備後の跨線橋が通学路となり、通学時の歩行者・自転車交通が想定された。歩行者や自転車の通行を考慮した幅員構成の確保が課題であった。(図-3 参照)

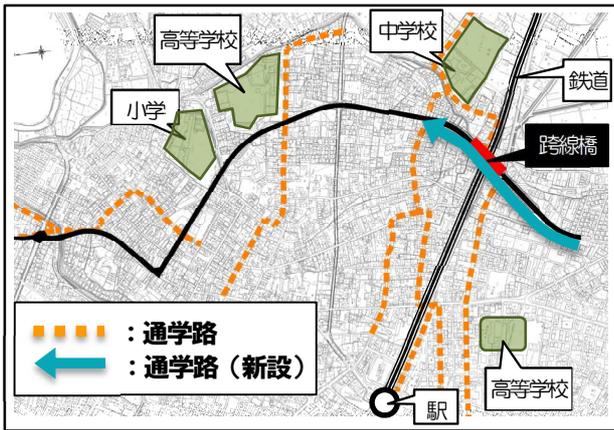


図-3 整備前後で想定される通学路の変化

### 3.解決する技術

#### 3-1. 利便性の高い工区割の設定

利便性の高い工区割を行うにあたり、都市計画道路と交差する2車線以上の現況道路の把握を行い、想定される部分供用を考慮した工区割を行った。しかし、部分供用時の都市計画道路と現況道路はアクセスする箇所が少なく部分供用時の利便性が低い。そこで、本線と交差する未整備都市計画道路に着目し、未整備都市計画道路を含めた道路ネットワークで工区割を行った。その結果、交差都市計画道路を含めた工区割で部分供用時も利便性が向上し早期効果発現が可能となった。(図-4 参照)

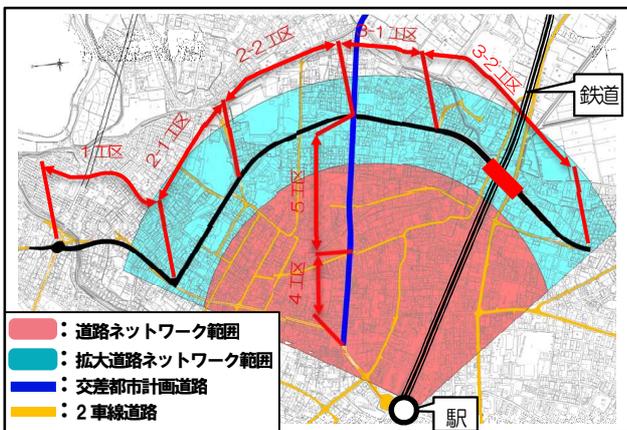


図-4 工区割結果と部分供用時の利便性向上の例

また、この都市計画道路の目的の一つに市街地中心部の既存道路ネットワークの補完がある。道路ネットワークは市内の駅を中心に形成され、駅を中心とした環状の都市計画道路が計画されていた。環状道路である対象路線と放射道路である未整備都市計画道路で市街地中心部の道路ネットワーク強化につながった。

また、提案した工区割りで事業費算出も行い、県と市の費用負担を明確にした。

### 3-2. 利用者の利便性に配慮した幅員構成設定

#### (1) 跨線橋連結側道の幅員構成見直し

迂回を解消するために現計画の一方通行に対して、対面通行を提案した。一方通行では最大600mの迂回が生じていたが、提案により迂回が解消し、利便性の向上が図られた。(図-5 参照)

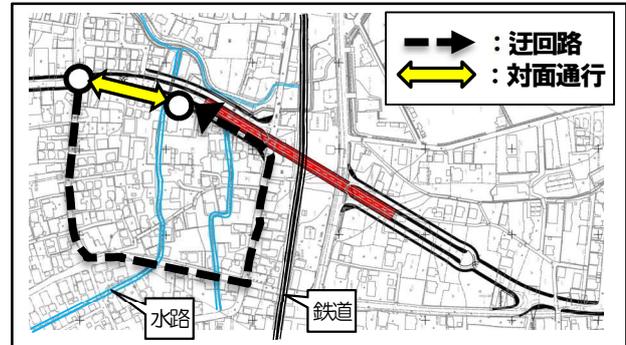


図-5 連結側道の通行方法見直しによる迂回の解消

#### (2) 自転車走行を考慮した幅員構成の見直し

都市計画道路の規格では路肩幅は0.5mで満足するが、自転車が車道を走行することから、自転車の占有幅1.0mを確保した。歩道通行も考慮して歩道を設置した。幅員を見直したことで利便性とともにも安全性も向上し、自動車、自転車双方の利用者にとってメリットになった。

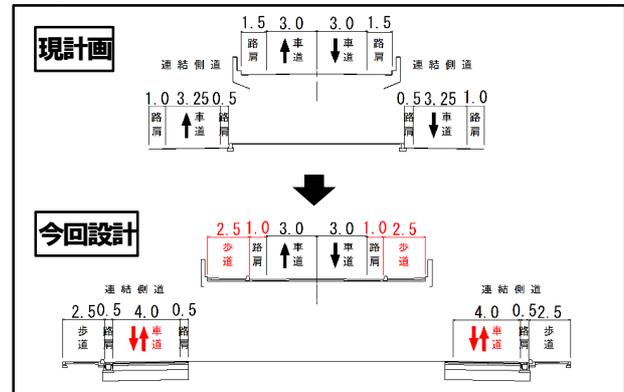


図-6 現計画と今回設計の幅員構成

### 4.まとめ

本業務は、事業の早期効果発現の課題を都市計画道路の部分供用時に、既存道路及び未整備計画道路に接続することで解決することができた。さらに、利用者の利便性向上という課題を道路構造の最適化で解決することができた。早期効果発現と利便性向上で周辺住民、道路利用者の都市計画道路整備に対する理解を得られ、整備の実現性を高めることができたと考えられる。

本業務での経験を生かし、今後は、地域の特性を踏まえた道路構造の最適化や周辺住民の利便性向上を最大限に考慮し、より一層社会資本整備に貢献していきたい。

## 技術紹介 2 樋管詳細設計における BIM/CIM 活用

桐村 忠  
KIRIMURA Tadashi  
河川・砂防事業部 構造設計部

近年、建設業の技能労働者は減少や高齢化が進み、労働力過剰時代から労働力不足時代へと変化している。このような状況のなか、公共事業の現場では、測量、設計、施工、維持管理に至る建設プロセス全体を3次元データでつなぐなど、新たな建設手法を導入することによって建設現場のプロセス全体の最適化を図る i-Construction の取組が進められている。本稿では、その一例として、一級河川烏川における樋管詳細設計において実施した BIM/CIM 活用を図った設計について内容を紹介する。

キーワード：樋管詳細設計、BIM/CIM、品質の向上

### 1.はじめに

i-Construction の取組においては、建設プロセスの初期段階である設計段階から BIM/CIM (Building/Construction Information Modeling, Management) による詳細な検討を実施することや、部材等に情報(属性情報)を結びつけ後工程までその情報を更新して利用することで、品質の向上や、プロセス全体での工期削減・コスト縮減等の効果が期待されている。

本稿では、一級河川烏川における樋管詳細設計において、樋管 BIM/CIM モデルを作成、活用しつつ設計を実施し効果を確認した。

### 2. BIM/CIM 活用上の課題

BIM/CIM により設計アウトプットが従来の2次元から3次元へと次元が上がるものの、設計対象である構造物はもとより3次元形状であり、設計検討で考えるべき対象(次元)は本質的には変わっていないといえる。このため、BIM/CIM を用いたとしても設計検討に要するコストは本質的には同等・不変であるべきともいえる。一方、設計対象を実物同等の3次元状態で視覚化して設計段階から扱えることにより、設計検討や照査の精度向上が図られることが期待できる。この視覚化のメリットや建設プロセス全体での効率化を見据えつつ、いかにBIM/CIM 技術を活用していくかが重要である。

本設計において抽出した BIM/CIM 活用上の課題と、その解決を図るために実施した具体的な活用策を示す(表-1)。

表-1 BIM/CIM 活用上の課題と樋管詳細設計における活用策

BIM/CIM 活用上の課題	樋管詳細設計における活用策
1. BIM/CIM モデルの作成精度と情報連携	BIM/CIM モデルによる詳細度と属性情報の付与
2. BIM/CIM 活用による設計プロセスの改善	数量、工事費、工期と連動した施工ステップの作成
3. BIM/CIM 活用による成果品質の向上	BIM/CIM モデルによる照査の実施

### 3. 樋管詳細設計における BIM/CIM 活用策

#### 3-1. BIM/CIM モデルによる詳細度と属性情報の付与

構造物や地形・堤防のモデル化にあたっては、ソリッドやサーフェスの組合せにより形状を再現する。

樋管の構造物モデルは、2次元設計図面を3次元化することで作成した(図-1)。地形モデルは、航空レーザによるポイントデータから TIN サーフェスに変換することで作成した。ここで、細部まで作込むとモデルの精度は向上する一方で、生産時間を要することとなる。このため、モデルの使用用途等に応じあらかじめ詳細度を定める必要があるが、ここでは数量算出が可能となる詳細度 300~400 に設定した。この作成したモデルに、構造物部材の名称や諸元等設計段階における固有の情報を示す属性情報を付与した(表-2)。

ここで付与した属性情報は、施工や維持管理といった後工程へと情報連携し更新していくことで、モデルの有効利用につながることを期待できる。

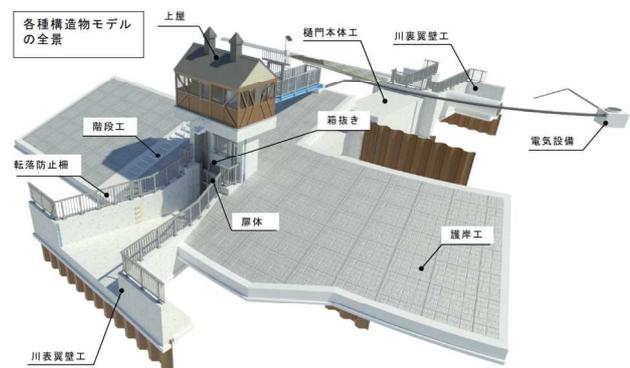


図-1 構造物モデル

表-2 BIM/CIM モデルの詳細度<sup>2)</sup>

モデル	詳細度	属性情報
構造物モデル(サーフェス)	300	堤防法線、堤防天端、法面等
構造物モデル(ソリッド)	400	鉄筋重量、コンクリート体積等

※詳細度 300：対象の外形状を正確に表現したモデル(付帯工、細部構造を除く)

〃 400：詳細度 300 に加えて、付帯工、細部構造、配筋も含めたモデル

### 3-2. 数量,工事費,工期と連動した施工ステップの作成

施工順序や区割りごとにBIM/CIMモデルを作成するとともに工事数量の自動算出を行うことにより、算出された数量に基づき概算工事費及び工期の算出を行い一連で施工計画を検討することが可能となる。

本設計では、総ステップ数30に及ぶ詳細な施工ステップまでモデル化した(図-2)。各ステップで使用可能な施工ヤードや重機配置をモデル上で検討することにより、樋管・堤外水路の同時施工が可能であることを確認でき、工期短縮・コスト削減につなげることができた。また打合せ協議では、BIM/CIMモデルをPC上で操作して意見を出し合う形式をとったが、視覚化することで支障物対応や重機配置等に対する様々な意見が出る等、多面的な視点からの議論を踏まえた施工計画とすることができた。

これらの取組により施工計画の妥当性が向上することで、後工程である施工段階での計画変更の減少につながる事が期待できる。

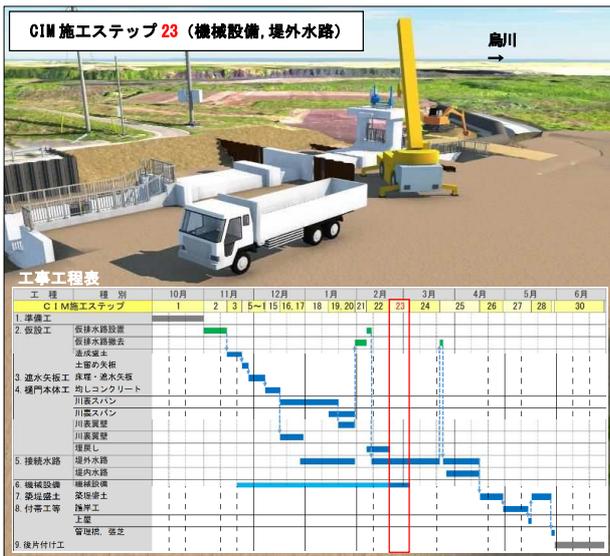


図-2 BIM/CIMモデルによる施工計画検討

### 3-3. BIM/CIMモデルによる照査の実施

BIM/CIMによるメリットとして、従来の2次元設計に比べて3次元モデルを視認できることによる形状把握の正確性・容易性が挙げられる。

本設計ではBIM/CIMによる「部材の干渉チェック」「構造物の干渉チェック」「周辺環境の照査」を実施したが、干渉状況を容易に確認することができた(図-4)。家屋や水位計用太陽光パネルへの日照検討も容易であり、合意形成等にも有効であったと考える(図-5)。

これら精度の良い設計照査により、施工段階での手戻り防止につながる事が期待できる。

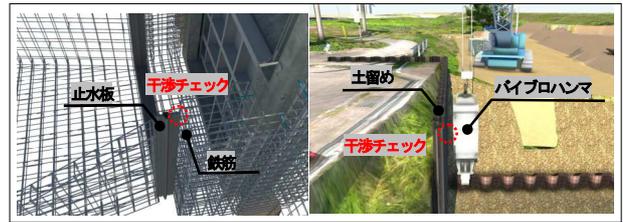


図-4 干渉チェック

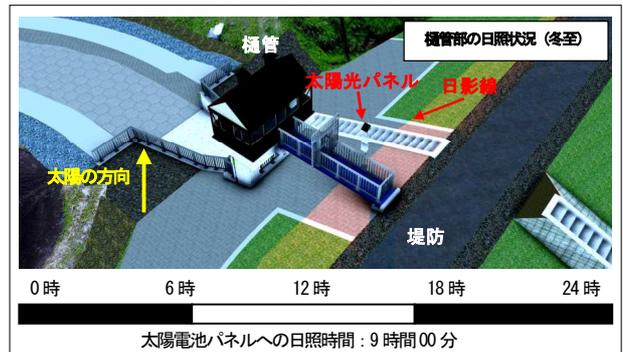


図-5 周辺環境の照査

### 4. おわりに

本稿では、樋管BIM/CIMモデルを作成し打合せ協議等に利用するとともに、BIM/CIM活用を図った設計の事例を紹介した。本業務においては、ソフト操作やモデルの表現法といった様々な試行作業を要した点、自動算出は可能なものの各情報の連携等に手動作業を要した点などから、設計工程の短縮とまではいかなかった。その一方で、3次元ならではの視認性、わかりやすさ、情報連携による全体プロセス改善といった多くのメリットを実感することができた。

デジタルトランスフォーメーションが言われている昨今、毎年のように改訂される制度(基準)に対応するため、河川構造物専用のBIM/CIMソフトも新たに開発されている。このような周辺環境の変化や技術の進展をふまえて技術研鑽を図り業務を遂行していきたい。

#### 参考文献

- 1) ICTの全面的な活用の推進に関する実施方針, H30. 3, 国土交通省
- 2) CIM導入ガイドライン(案), H30. 3, 国土交通省
- 3) 土木工事数量算出要領(案), H30. 4, 国土交通省

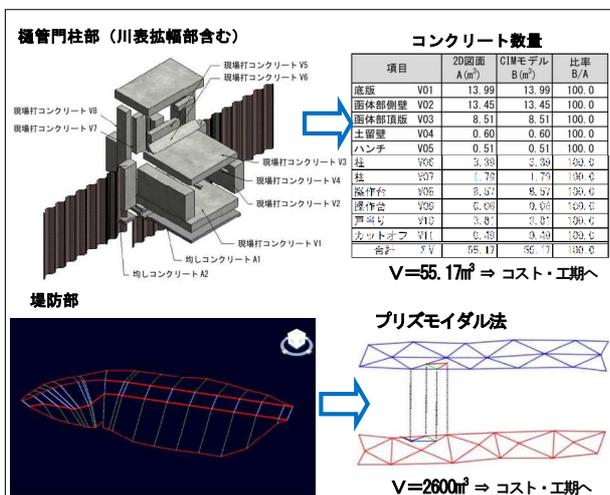


図-3 BIM/CIMモデルによる数量算出<sup>3)</sup>

## 技術紹介3 景観形成モデル事業における橋梁部・アプローチ部構造の最適化

山崎 翔平  
YAMASAKI Shohei  
道路・橋梁事業部 第五部



その土地の風土や歴史等を踏まえて道路、河川、公園、公共構造物などの公共施設の景観を美しく整えることは、美しく風格のある国土づくり、文化的で豊かな生活環境の創造を図るうえで極めて重要である。また、令和元年の訪日外国人旅行者は3,000万人を突破し、インバウンド観光の増加に伴い良好で美しい国土の景観形成への要請も高まってきている。本稿では、景観形成モデル事業において、橋梁部・アプローチ部の景観に配慮した構造形式の最適化を検討した事例を紹介する。

キーワード：景観形成、外部景観・内部景観、合理化橋梁、プレキャストアーチカルバート構造

### 1. はじめに

公共事業により整備される道路、河川、公園、公共構造物などの公共施設は地域景観の骨格的な要素として周辺環境に大きな影響を与える。このため、景観に配慮した質の高いデザインや色彩および工法や材料を採用することにより、地域の魅力ある景観形成に寄与することが求められている。

本稿では、景観形成モデル事業において、地域の周辺環境や景観資源などの地域特性を踏まえ、創意工夫により橋梁部・アプローチ部の景観に配慮した構造形式の最適化について検討した事例を紹介する。

●**計画概要**：対象は軟弱地盤上に位置する一般国道において、鉄道と交差する橋梁部（跨線橋）、橋台背面の擁壁・土工区間を含むアプローチ部である（図-1）。

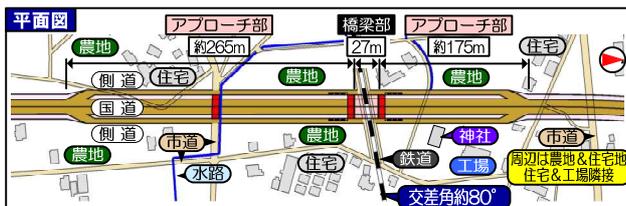


図-1 対象位置概要図（平面図）

### 2. 存在した課題

#### 2-1. 計画地周辺の風景および景観資源

計画地周辺は市街化調整区域に位置しており、農地（米と麦の二毛作）が広がる開放的な空間であり、従来の農家を主体とした集落に加えて新たな住宅地開発もみられる。また、背景に連なる山地は、借景として雄大な景観を呈している。一方、中心市街地は城とその城下町を中心に形成されており、当時の町割りや城下町の要所に配置された寺社、歴史的な建造物が数多く残されている歴史的資源を有している（図-2）。



図-2 周辺概要の景観資源および現地風景

#### 2-2. 外部景観における着眼点と課題

[着眼点①：造形イメージ] 鉄道交差部では高さ約8m、市道交差部では高さ約6mを占め、視界を遮ると共に強い圧迫感を与えることが課題であった。

[着眼点②：周辺との調和] 周辺の主体な風景である農地や宅地に対する調和が求められた。

[着眼点③：シンボル性] 周辺住民の他、鉄道の車窓からの視点など人の目に触れる機会が多いので、地域のシンボルとして親しまれることが必要であった。

[着眼点④：地域性（歴史資源）] 中心市街地に配置された寺社および数多く残されている歴史的建造物等を踏まえ、地域の歴史に対する尊重が求められた。

#### 2-2. 内部景観における着眼点と課題

[着眼点⑤：地域性（景観資源）] 景観資源である農地や背景の山地を眺望できるので、周辺景観に対する尊重が求められた。

[着眼点⑥：アメニティ] 都市計画で「緑のみち」に位置付けられ、眺望障害しない視点場づくりや利用者が散策しやすく快適な橋上空間の創造が必要であった。

### 3. 解決する技術

#### 3-1. 景観基本コンセプト

計画地周辺の地域特性を踏まえて、景観に関する着眼点と基本コンセプトを策定した(表-1)。

表-1 景観に関する基本コンセプト

着眼点	景観基本コンセプト
①造形イメージの表現	●視界を遮らない圧迫感を軽減した造形
②調和の表現	●周辺資源である農地・宅地との調和
③シンボル性の表現	●連続感のあるフォルムの形成
④&⑤地域性の表現	●歴史を感じられるテクスチャ ●山地の景観を尊重し、眺望を阻害しない視点場づくり
⑥アメニティの表現	●シーケンス(動的)景観を楽しめる開放的で快適な道づくり

#### 3-2. 外部景観に配慮した構造形式の選定

##### (1) 跨線橋の橋梁形式

跨線橋の橋梁形式は、経済性や鉄道上での架設の容易性も踏まえたうえで、鋼橋の合理化形式であるパネルブリッジを提案した(図-3)。低桁高かつ煩雑ではない形式を採用することで、①圧迫感を軽減した造形および②周辺資源である農地・宅地との調和を実現した。



図-3 橋梁部の構造形式(パネルブリッジ)

##### (2) アプローチ部の構造形式

アプローチ部の構造形式は原案の逆T式擁壁に加え、開口を設置できる連続BOX案およびプレキャストアーチカルバート案を検討案として抽出し、各視点場からのパースを用いた景観検証を実施した。景観検証を踏まえ、連続するアーチ形状の特性により、①重厚感を備えつつも圧迫感を軽減した造形、②農地や宅地を分断することのない周辺景観との調和、③連続性のあるフォルムの形成および④壁面パネルにより歴史を感じられるテクスチャによる良好な景観形成を実現可能なプレキャストアーチカルバート構造を提案した(図-4)。

なお、当構造の採用で、重量軽減による地盤改良規模の縮小や周辺地盤への変位抑制に加え、プレキャスト部材の採用による建設現場の生産性向上も実現した。

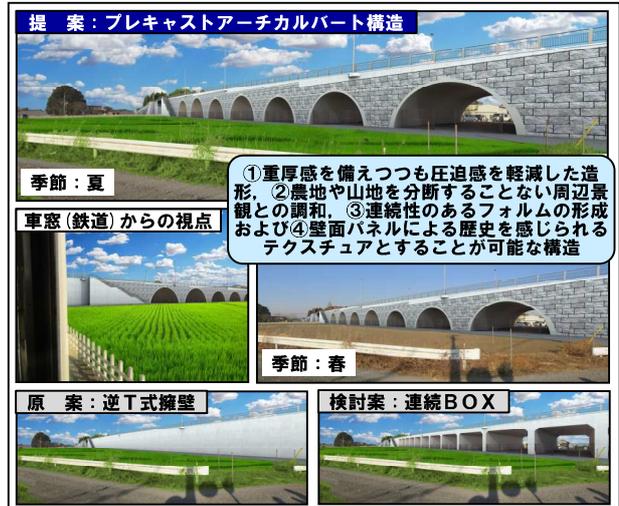


図-4 アプローチ部の構造形式

#### 3-3. 内部景観に配慮した道路付属物工の色彩検討

計画地(橋梁部)からの視点は、周辺農地や背景の山地を眺望できる新たな視点場として活用が期待されている。そのため、橋面上からのパースを活用し、道路付属物工の形式および色彩検討を実施した。検討結果を踏まえ、透過性のある鋼製高欄等を採用し、周辺環境に調和しやすい「グレーベージュ(10YR系)」に色彩を統一することで、⑤利用者からの眺望を阻害しない視点場づくりおよび⑥景観を楽しめる開放的な道づくりを実現した(図-5)。



図-5 利用者からの眺望

### 4. まとめ

本事例では、景観形成モデル事業において、地域特性を踏まえた創意工夫により、景観に対する合意形成と構造的・施工性との両立を図り、橋梁部・アプローチ部の構造形式の最適化を実現した。

今後も地域の魅力ある景観形成、交差条件等の現地状況を踏まえた橋梁構造の最適化、新技術・新工法を積極的に活用した更なる合理化や生産性向上を推進し、良質な社会資本整備に貢献していきたい。

## 技術紹介 4 堤防の浸透対策における他分野技術を活用した事例

松木 沙弥香  
MATSUGI Sayaka  
河川・砂防事業部 地盤解析部

近年の集中豪雨により、堤防の質的な整備が重要となっている。質的な整備は、「河川堤防の構造検討の手引き(改訂版、H24.2)」に示される浸透に対する堤防強化工法を採用することが基本となるが、堤防や施工条件によっては、施工性等に課題の残る対策工を選定せざるを得ない場合がある。本稿では、破壊メカニズム、施工条件に対応し、異なる分野で実績のある浸透対策工法を採用し、現場条件への適用性を高めた事例を紹介する。

キーワード：河川堤防、浸透破壊、浸透流解析、局所動水勾配、パイプドレーン

### 1.はじめに

河川堤防の整備事業は“量的”整備から“質的”整備に、段階的に事業が進められており、前者は、堤防の高さや幅の不足に対して、拡幅や嵩上げによる断面確保が、後者は、洪水時の浸透に対する安全性の確保が目的となる。近年は、想定を超えるような洪水の多発に伴い、“質的”整備の重要性が増してきている。

堤防の質的な整備は、一般的に「河川堤防の構造検討の手引き(改訂版、H24.2(以下、「手引き」))」に従い計画され、「手引き」内に示される浸透に対する堤防強化工法の中から破壊メカニズムに応じて、単独あるいは複数を組み合わせて対策工を選定している。しかし、条件によっては、工事規模が大きくなり、施工が困難となるケースがあることから、本稿では、破壊メカニズムや施工条件をふまえて河川堤防での実績の少ない技術を活用することで、適用性の高い浸透対策工法を採用したY川の事例を紹介する。

### 2.存在した課題

#### 2-1.対象区間の概要

対象区間の堤防は、堤防天端が兼用道路のため、堤防断面は定規断面より拡幅されている。また、天端道路は交通量が多く、川裏には支川が平行して流下している。既往の堤防点検では、川裏法尻の水平パイピングと盤ぶくれに対して対策工が必要とされた。本稿ではこのうち、水平パイピング対策の計画事例を紹介する。

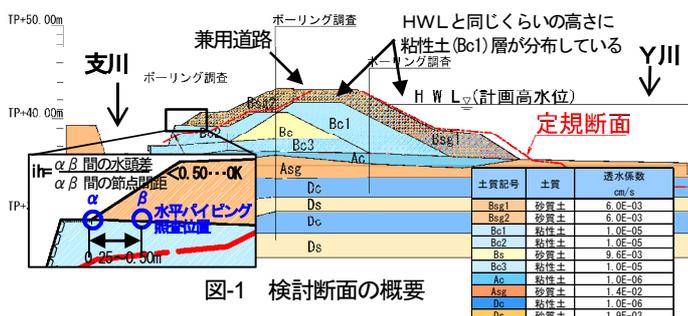


図-1 検計断面の概要

#### 2-2.堤防を不安定化させる要因の把握

浸透破壊は、一般的に、河川水位の上昇により堤体内の浸潤面が上昇することに伴い発生するが、当該堤防は嵩上げ前の旧堤防が粘性土主体で、計画高水位とほぼ同じ高さで築堤されていることから、河川水は堤体内にほとんど浸透しないと考えられた。このため、水平パイピング対策が必要となる要因を把握する必要があった。

#### 2-3.法尻付近の土質構造の確認

当該堤防は、複数回にわたり嵩上げ、築堤されており、土層構成が複雑となる特徴がある。対象となる水平パイピング破壊は、法尻付近の土粒子が移動し噴砂に至る現象である。堤体材料が砂質土や礫質土のときに発生可能性があるが、法尻部の調査が行われておらず、土質は不明確であった。このため、法尻部の土質が水平パイピング破壊の対象となるか、把握することが重要であった。

#### 2-4.河川が近接している川裏状況

対象区間は天端が兼用道路として活用されており、交通量が多く、川裏は支川が近接し並走しているため、施工スペースの確保が困難である。このため、特に小規模で可搬性に優れた設備で施工可能な対策工を選定することが求められた。

### 3.解決する技術

#### 3-1.簡易な手法による土質構造の把握

本業務では、堤防法尻部の土質を把握するため、検土杖を用いて土砂を採取し、物理試験を実施した。本手法は、人力で土を採取することができるため、比較的容易に実施することが可能となる(図-2 参照)。粒度試験の結果、法尻部の土質は、砂分 54.1%で、細粒分含有率  $F_c$  は 27.5%の砂質土であった。Bsg2 層の土質は、砂分 40~50%程度で、 $F_c$  は 20%程度である(表-1 参照)ことか



図-2 検土杖による土の採取状況

ら、照査位置の土質は、Bsg2層に相当し、水平パイピングの照査の対象となることが確認された。

表-1 採取した土の粒度試験結果

採取 試料	土質記号	土質	粒度				細粒分 含有率 Fc (%)
			礫分 (%)	砂分 (%)	シルト分 (%)	粘土分 (%)	
検杖土	Bsg2層	砂質土	18.4	54.1	19.1	8.4	27.5
既往①	Bsg1層	砂質土	20.3	56.0	14.5	9.2	23.7
既往②	Bsg1層	砂質土	0.4	41.4	33.2	25.0	58.2
既往③	Bsg2層	砂質土	31.9	47.9	11.5	8.7	20.2
既往④	Bsg2層	砂質土	46.8	38.6	7.1	7.5	14.6

### 3-2.破壊メカニズムの特定

浸透流解析に用いる外力条件は、「降雨」、「洪水水位波形」をそれぞれモデル化し与えることが「手引き」に示されているが、本業務では、破壊メカニズムを特定するため、外力条件を「Case1:河川水のみ」、「Case2:降雨のみ」と個別に与えたケーススタディーを行った。検討の結果、図-3に示すとおり、Case1(河川水のみ)では、堤体の内部に分布している粘性土(Bc1)層が、河川水の浸透を抑制し、照査位置の浸潤面は上昇しない。一方、Case2(降雨のみ)では、川裏法面から浸透する降雨の影響により、照査位置の浸潤面が上昇、許容値を満足しない結果となった。

これより、対象区間における水平パイピング破壊要因は、主に「降雨」の影響と考えられた。

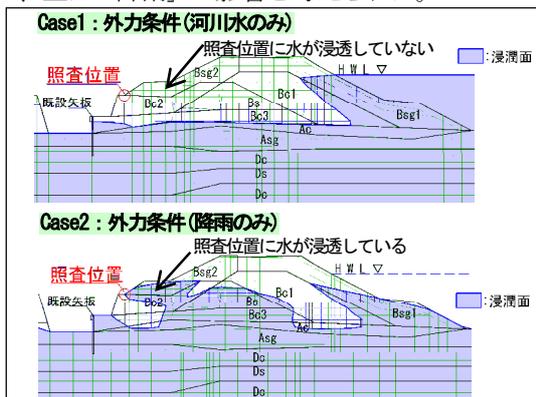


図-3 試行計算による浸潤面の違い

### 3-3.他分野で実績のある対策工の河川堤防への適用

水平パイピング破壊の対策工として、a)河川堤防における実績が多く、「手引き」に示されるドレーン工、ならびに、b)「降雨」が主要因となることから、河川堤防の浸透対策としての実績が少ないが、鉄道、道路分野で砂質盛土の安定対策(盛土内の水位抑制)を目的として実績があるパイプドレーン工法(盛土法面に直径約6cmの鋼管製の排水パイプを打設して、盛土内の浸透水を速やかに排水する工法)を選定、比較検討を行った。

パイプドレーン工法は、鉄道、道路分野の盛土安定対策工法としてNETISに登録されており、これをベースに、河川堤防の裏のり面の浸透破壊防止対策を目的とした設計マニュアルが作成されている。本工法は、堤体材料が砂～礫質土の場合に適用可能で、表-2に示すとおり、

堤体の透水係数、設置間隔に応じた排水パイプのみかけの透水係数を用い、設計を行う。フィルター交換が容易なことにより、当初の透水性を継続的に維持できる。

表-2 排水パイプの打設間隔と透水係数

設置間隔 d(m)	排水パイプの透水係数kpと 堤体基盤の透水係数kの比	堤体の透水係数 k(cm/s)	排水パイプ部の みかけの透水係数 kp(cm/s)
0.50	500	6.0E-03	3.0E+00
0.75	250		1.5E+00
1.00	100		6.0E-01
1.50	50		3.0E-01

水平パイピング破壊の対策工検討結果を表-3に示す。ドレーン工は最小断面(H=0.5m,W=1.0m)で許容値を満足する。一方、パイプドレーン工は、パイプ長L=0.6mの場合、法尻の水位が低下しきれず、許容値を満足しないが、L=0.9mとすることで許容値を満足した。

以上より、①「降雨」が主要因であること、②堤防定規断面外の対策となること、③簡易な機械で施工できること(図-4参照)、から、パイプドレーンによる対策工を最適案として選定した(図-5参照)。



図-4 排水パイプ  
施工事例

表-3 水平パイピングに対する対策工検討結果

検討 ケース	ih	浸潤面図	
		a部拡大	全体
ドレーン H=0.5m W=1.0m	0.36 OK		
パイプドレーン L=0.6m d=1.5m	0.502 NG		
パイプドレーン L=0.9m d=1.5m	0.48 OK		
照査基準値	0.5		



図-5 パイプドレーン工法の標準断面図

### 4.まとめ

本稿では、浸透に対する堤防の質的整備において、一般的な「手引き」に示された浸透対策工だけでなく、他分野で実績があるが、河川堤防に対して実績の少ない工法も検討することで、効率的に質的堤防強化工法対策の設計を行った事例を紹介した。

今後の質的対策の検討においても、技術基準に準拠した検討が基本となるが、現地の状況、破壊メカニズム、施工条件等に対応し、新工法を含め、適用性が高いと考えられる工法の提案を行いたい。

# MCC Technology Report

2021年 No.43-1

2021年4月1日発行

 三井共同建設コンサルタント株式会社 MCC 研究所  
〒141-0032 東京都品川区大崎一丁目11番1号  
TEL 03-3495-1321 (代) FAX 03-3495-1330  
<http://www.mccnet.co.jp>