

都市部の多車線主要幹線道路における 自転車通行空間整備計画

○片野颯¹・立松秀樹²・吉田賢史³・水野耕治⁴

- 1 (株) オリエンタルコンサルタンツ中部支社 (〒450-0003 愛知県名古屋市中村区名駅南2-14-19)
- 2 (株) オリエンタルコンサルタンツ中部支社 (〒450-0003 愛知県名古屋市中村区名駅南2-14-19)
- 3 (株) オリエンタルコンサルタンツ中部支社 (〒450-0003 愛知県名古屋市中村区名駅南2-14-19)
- 4 (株) オリエンタルコンサルタンツ中部支社 (〒450-0003 愛知県名古屋市中村区名駅南2-14-19)

本稿は、都市部の多車線主要幹線道路において検討した事例について報告するものである。本検討では、多車線主要幹線道路における自転車通行空間の確保や左折専用車線のある交差点における自転車滞留スペースの確保、交差点部や取付部における歩行者の安全確保の考え方など、既往の自転車ガイドラインでは網羅できていない内容について検討し、具体計画として整理した。本稿が今後も全国的に展開が期待される自転車通行空間整備の一助となれば幸いである。

Key Words : 自転車通行空間整備, 多車線主要幹線道路, 幅員再配分, 車線削減, 自転車滞留スペース, 追越スペース, 歩行者の安全確保, 自転車横断帯の撤去

1. はじめに

わが国では、持続可能な社会の実現、ウィズコロナの新しい生活様式において、自転車の利用が推奨されている。これまでも安全で快適な自転車利用環境創出ガイドライン¹⁾や改正した道路構造令²⁾に基づき、全国の自治体において、歩行者と分離された自転車通行空間の整備が進められてきた。しかしながら、整備が追いついておらず、自転車が歩道を走行し、歩行者と交錯する状況も散見される。交通事故死者数は近年減少傾向である一方、自転車乗車中の死者数の占める割合は増加傾向にある。交通事故件数や自転車関連事故件数は平成21年から令和元年にかけて約5割程度減少しているのに対し、自転車対歩行者の事故件数は約1割程度の減少に留まっている³⁾。また、自転車乗車中における人口10万人当たりの交通事故死傷者数は、全年齢平均に対し、中学生が約3倍、高校生が約5倍と非常に高く、そのうち、約半数以上を通学中の事故が占めている。このような状況から、安全・安心な自転車通行空間の創出が急務となっている。

本稿では、都市部の多車線主要幹線道路における自転車通行空間の確保や左折専用車線のある交差点における自転車滞留スペースの確保、交差点部や取

付部における歩行者の安全確保の考え方を整理したものであり、今後も全国的に展開が期待される自転車通行空間整備に関する技術的知見の共有を図るものである。

2. 検討方針および検討概要

本章では、対象区間における現地状況および設計条件について、詳述する。

(1) 現地状況

対象区間は、都市部の多車線幹線道路で、そのうちの一部区間には地下鉄の出入口があり、地下鉄利用者による自転車の歩道内の駐輪により、歩道空間が狭くなっている箇所がある。また、一部区間は小学生や中学生の通学路にも指定されており、通勤通学時間帯には、歩道内を多くの歩行者や自転車が通行するため、交錯する状況が確認された。

(2) 設計条件

対象区間は、交通量約30,000台/日、設計速度60km/hの片側2車線、3車線もしくは5車線で第4種第1級の道路である。

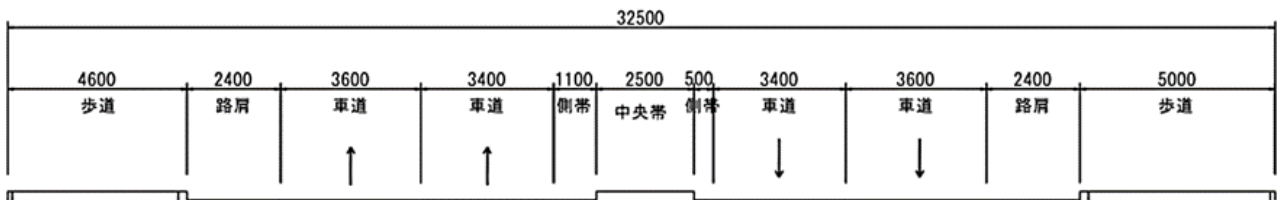


図-1 4車線区間における標準幅員構成

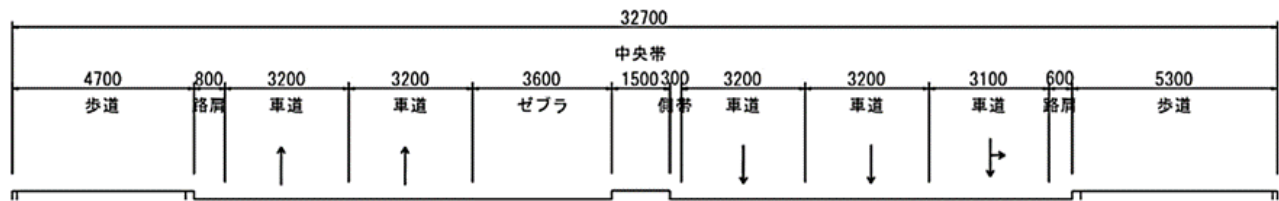


図-2 5車線区間における標準幅員構成



図-3 10車線区間における標準幅員構成

3. 課題と対応策

対象区間における自転車通行空間の整備計画を立案するにあたり、以下が課題であった。

(1) 多車線主要幹線道路における自転車通行空間の確保

対象区間の単路部においては、1.5mの自転車通行空間を生み出すことが可能であったが、交差点部においては、右折や左折の付加車線が設置されており、現況車道幅員が限られた中、新たな自転車通行空間を確保するためには、幅員再配分や車線削減をする必要があった。

上述の課題に対し、車線削減による自転車通行空間を確保するために、以下の手順で検討した。

①現況路肩幅員の確認

対象区間の現況の路肩幅員を確認し、現況の路面標示で自転車通行空間幅員を確保できる区間があるか確認。

②ゼブラ帯の活用

対象区間の現況はゼブラ帯がある。ゼブラ帯を縮小し、車線を再配分して自転車通行空間幅員を確保できる区間があるか確認。

③中央分離帯の縮小

②の検討結果を受け、自転車通行帯が確保できていない区間の中央分離帯の幅員や支障物等を確認し、車線を再配分して自転車通行空間幅員を確保できる区間があるか確認。

④歩道の縮小

③の検討結果を受け、自転車通行帯が確保できていない区間の歩道の幅員や支障物等を確認し、車線を再配分して自転車通行空間幅員を確保できる区間があるか確認。

⑤車線削減の検証

④の検討結果を受け、自転車通行帯が確保できていない区間かつ付加車線含めて片側3車線以上の区間について、交通量等を確認して車線削減の可否を検証し、自転車通行空間幅員を確保できる区間があるか確認。

車線削減が可能な交差点の車線運用は、現況「左・直・直・右」を将来「左直・直・右」や現況「左直・直・直・右」を将来「左直・直・右」とした。(図-4)また、現況の交通量では車線削減ができない交差点においては、将来交通量が減少することが想定されるため、交通量が何台減少すれば車線削減が可能なのかを各方向別に算出した。(図-5)

(2) 左折専用車線のある交差点における自転車滞留スペースの確保

対象区間における交差点では、直進と左折の信号現示があり、自転車も軽車両であることから、左折自転車と直進自転車は時間差で発進することとなる。そのため、自転車の滞留があるときに、その滞留自転車の追越しが発生する。そのため、左折自転車の停止による直進自転車の阻害等から自転車の安全性を確保するため、交差点付近では自転車滞留スペースの確保が必要であった。

上述の課題に対し、左折専用車線のある交差点における自転車通行空間を整備するうえで、基本となる考え方を図-6に整理した。整備計画の策定フローとしては、まず、自転車専用通行帯の幅員が2.0m以上確保可能か確認する。これは、左折自転車の停止による直進自転車の単独の信号現示であるかを確認する。左折単独の信号現示がある場合には、左折単独現示が表示されると、第一走行車線を走行する左

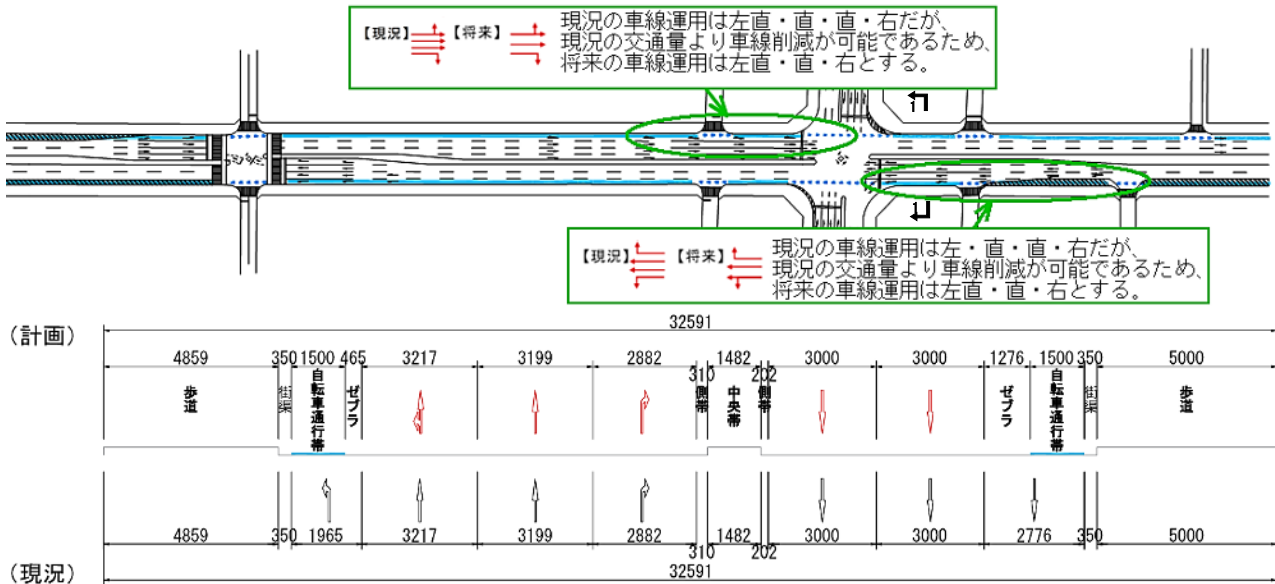


図-4 車線削減可能な交差点の車線運用

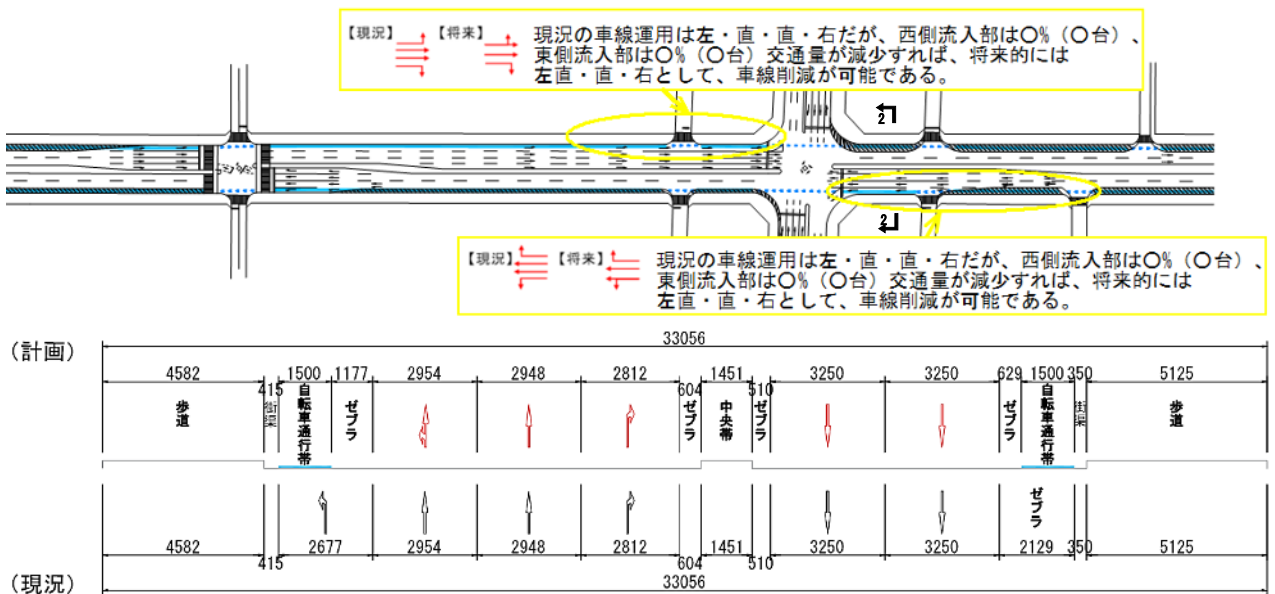


図-5 将来交通量が減少すれば車線削減可能な交差点の車線運用

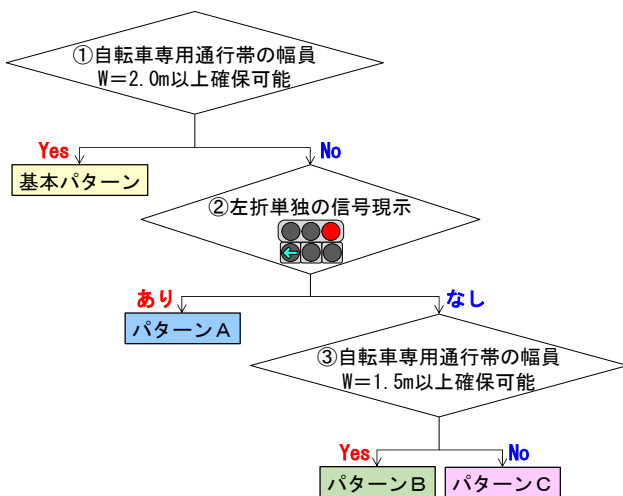


図-6 左折専用車線のある交差点における交差点部の整備計画選定フロー

折車両も発進することとなり、滞留自転車を追い越そうとする左折自転車と左折自動車が接触する可能性があるため、自転車は歩道部に誘導させる必要がある。左折単独の信号現示がない場合には、次に、自転車専用通行帯の幅員が1.5m以上確保可能かを確認する。自転車専用通行帯の幅員が1.5m以上確保可能な場合は、自転車専用通行帯を1.5m以上確保し、矢羽根で交差点を通過させる。自転車専用通行帯の幅員が1.5m以上確保できない場合は、交差点部は車道混在とし、矢羽根で交差点を通過させる。各パターンの概要は以下の通りである。

基本パターン：交差点部において自転車通行空間を2.0m以上確保するパターン。

パターンA：極力交差点付近まで自転車が車道を通行し、交差点部で自転車を歩道へ誘導するパターン。

パターンB：自転車通行空間を1.5m以上確保し、矢

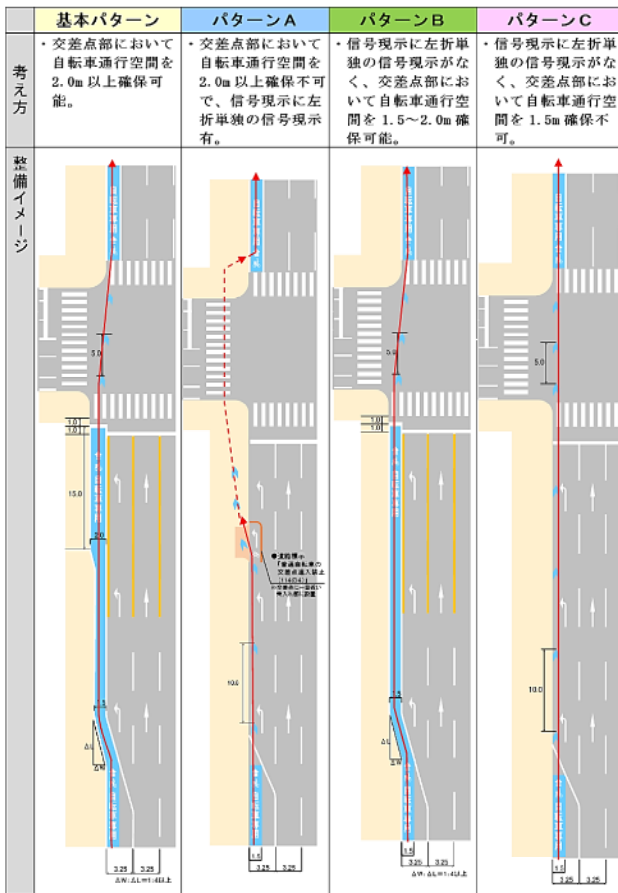


図-7 各整備計画の整備イメージ

羽根で交差点を通過させる案。
 パターンC：交差点部は車道混在として、矢羽根で交差点を通過させる案。
 各パターンの整備イメージ図は図-7の通りである。

(3) 交差点部や取付部における歩行者の安全確保

自転車専用通行帯の整備により、現況の自転車横断帯の撤去が生じた。歩行者の安全を確保するために自転車横断帯を撤去したスペースの処理を検討する必要があった。

上述の課題に対し、自転車通行空間と接続する自転車横断帯がある箇所は撤去したうえで、横断歩道の対応方針を図-8に整理した。横断歩道の対応方針フローとしては、まず、交差点の横断歩道幅員が4.0mであるかそうでないかを確認する。交差点の横断歩道幅員が4.0mである場合は、次に、横断歩行者数の大小を確認する。歩行者数が多ければ、横断歩道幅員を6.0mに拡幅する。歩行者数が少なければ、次に、横断歩道の前出しの検討をする。横断歩道の前出しが可能であれば前出しをし、前出しが不可であれば、自転車横断帯撤去箇所に防護柵を設置する。最後に、交差点の横断歩道幅員が4.0mでない場合は、4.0m拡幅時での歩行者灯器の視認性向上による移設可能性を検証し、移設が可能であれば、横断歩道幅員を4.0mに拡幅し、移設不可であれば個別検討が必

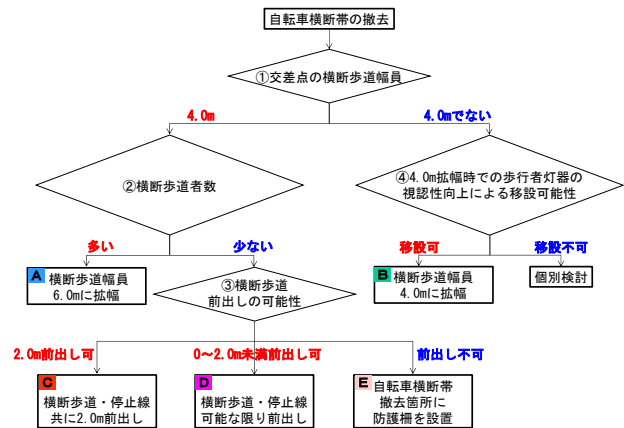
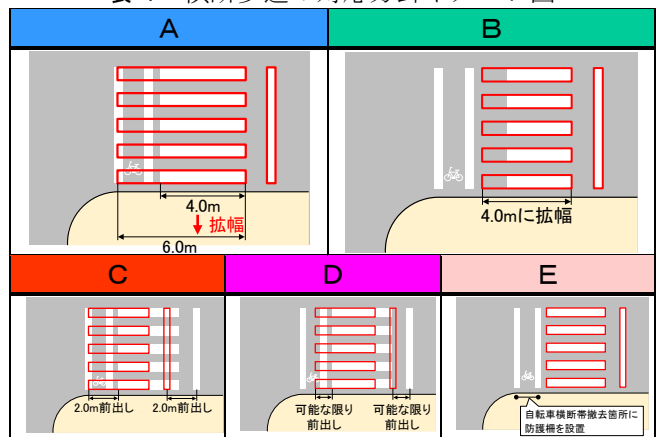


図-8 横断歩道の対応方針フロー

表-1 横断歩道の対応方針イメージ図



要になってくる。各案の横断歩道の対応方針イメージ図は表-1の通りである。

4. おわりに

本稿では、多車線主要幹線道路における自転車通行空間の確保や左折専用車線のある交差点における自転車滞留スペースの確保、交差点部や取付部における歩行者の安全確保の考え方を検討した。安全で快適な自転車利用環境創出ガイドライン¹⁾をはじめとする既往の基準では、自転車通行空間整備に対する基本的な整備方針しか整理されていないものに対し、具体計画として整理した事例となる。今後は、警察や地元等の意見を聞きながら設計・計画を行っていく必要がある。

参考文献

- 1) 国土交通省, 安全で快適な自転車利用環境創出ガイドライン, 2016.
- 2) (公社) 日本道路協会, 道路構造令の解説と運用, 2021.
- 3) 国土交通省, 自転車活用推進本部, <https://www.mlit.go.jp/road/road/bicycle/index.html>

道路事業で整備したビオトープにおける 地域連携活動の有効性

○遠藤慎一¹・竹田智晴¹・白井峻太¹・杉浦岳¹・井川裕介²

¹ (株) 建設技術研究所 中部支社 (〒460-0003 名古屋市中区錦1-5-13)

² (株) 建設技術研究所 東京本社 (〒330-6030 埼玉県さいたま市中央区新都心11-2)

中部縦貫自動車道高山清見道路の高山西 I C 内に整備されたビオトープにおいて、10年以上に亘って地元高校との連携により、維持管理活動及びモニタリングが行われている。自然環境を対象とした地域連携活動においては、活動を継続的かつ安全に行うこと、有効な活動成果を挙げること等が課題として挙げられる。本事例では、連携するうえでの協定を締結したこと、予め定めた基本的な活動内容に沿って調査等を進めたこと、専門業者による地域連携活動のサポート等により課題に対処し、地域連携活動の有効性を確認することができた。

Key Words : 道路事業, ビオトープ, 地域連携, モニタリング, 維持管理

1. はじめに

環境保全の取り組みとして、道路用地内におけるビオトープの整備事例は全国に存在するが、地域連携によるモニタリングや維持管理活動を長期に亘って継続実施している事例は限られる。中部縦貫自動車道高山清見道路の高山西 I C 内に整備されたビオトープ（以下、「ビオトープ」という）で行っている維持管理活動・環境学習は、以下の特徴を有する稀有な事例であるため、その活動成果を報告する。

- ・ 高山国道事務所と地元高校が「維持管理に関する協定」を締結している。
- ・ 維持管理・モニタリングの活動内容が定められ、10年以上に亘って実施されている。
- ・ 専門業者（建設コンサルタント）が加わり、相互に協力して活動することによって、維持管理やモニタリングとしての有効な成果を挙げている。

2. ビオトープの概要と経緯

(1) ビオトープの概要

中部縦貫自動車道高山清見道路（飛驒清見 I C～高山西 I C）の建設により、従来の自然環境が影響を受ける可能性があった。そのため、環境保全対策の一環として、飛驒地域エコロード検討委員会の助言に基づき、高山西 I C 内を「飛驒の森再生」として位置付けたビオトープの整備が進められ、平成16年11月に高山清見道路の供用と同時に完成した。



図-1 完成時（平成16年11月）の状況



図-2 完成後18年（令和4年5月）の状況

(2) 地元高校との「維持管理に関する協定」

ビオトープでは、高山国道事務所と地元高校が、ビオトープの良好な維持管理に資することを目的とし、活動内容、実施時期及び方法、立会の有無、事故があった場合の対応等を定めた「維持管理に関する協定」を平成22年7月に締結している。

なお、協定を締結した地元高校は、環境を専門とする学科を有する高校である。

(3) 地域連携による維持管理活動等の進め方

ビオトープでは、「高山西IC飛驒の森ビオトープ管理マニュアル（案）」がまとめられ、樹林ゾーン（落葉広葉樹二次林，自然遷移），草地ゾーン（低茎草地，高茎草地），水辺ゾーンごとに管理方法，モニタリング計画が定められている。

維持管理及びモニタリングは，高山国道事務所，協定を結んだ地元高校，高山国道事務所から委託された専門業者（建設コンサルタント）の三者によって進められている。この三者による合同打合せを年度当初に行い，活動内容・活動スケジュールに関する連携を計画段階から行っている。

3. 維持管理活動

(1) 維持管理活動の分担

ビオトープは，ゾーン区分（樹林・草地・水辺）に基づき整備されているが，年数の経過とともに，つる植物の巻き付きによる樹木の枯死，草地での植生遷移，植物の繁茂による水面の縮小等の課題が顕在化してきた。その対策の内容（難易度・労力等）を勘案し，専門業者が行うもの，高校生との協働により行うものを整理した上で，維持管理活動メニューを検討し，以下を行うものとした。

表-1 専門業者が行う維持管理活動

維持管理活動	実施者の判断理由
大型水生植物の間引き・水際植物の抜き取り	難易度からすると，水面での繁茂が進行する前の春季に高校との協働による実施が考えられたが，春季は環境学習と時期が重複したため，専門業者が行うものとした。
草地での草刈り	広範囲に及ぶ草地ゾーンで草刈りを実行するには，草刈り機を使用する必要があり，危険を伴うため専門業者が行うものとした。

表-2 高校生との協働により行う維持管理活動

維持管理活動	実施者の判断理由
侵略的外来種（オオハンゴンソウ）の駆除	オオハンゴンソウの駆除は，根系から抜き取る必要があり，人力での実施が効果的と考えられた。また，種の識別を専門業者が現地を確認することにより技術的にも問題ないと考え，高校性との協働により行うものとした。
ツル切り	根株移植木に巻きついたフジ，アケビ等のつる植物の除去を行うものである。剪定ばさみやナタを使うことから，作業に危険を伴うが，少人数での班分けによる作業スペースの確保により，安全な作業が可能と判断し，高校性との協働により行うものとした。

(2) 協働作業実施時の留意事項

高校生との協働作業を，以下の点に留意して実施した。

a) 安全を第一に考えた工程計画

オオハンゴンソウの駆除は，種の識別を確実にを行うため，開花時期である7月に行うこととした。7月は熱中症のリスクが考えられたため，できるだけ涼しい時間帯に作業を開始し，また，できるだけ短時間に作業を終えるものとし，10時～11時15分の中で，作業説明・駆除作業を行う作業工程を組み立てた。

また，駆除当日は，オオハンゴンソウの完全駆除を目指すのではなく，安全第一として1時間内での作業終了を前提に作業時間の調整を行った。

b) 専門業者の窓口の一本化

地域連携活動においては，連携対象との信頼関係の構築が重要と考え，活動をサポートする専門業者の窓口を一本化した。具体的には，維持管理活動・モニタリング調査の連携メニューごとに異なる専門性を必要としたが，窓口として毎回参加するものを固定した上で，活動内容の専門性に応じて参加するものを追加する事により，一貫性をもった対応が可能となり，信頼関係の構築に繋がった。

c) 作業内容と留意事項の確認

オオハンゴンソウの駆除の際，ビオトープの中に生育する他の重要な植物を誤って駆除しないよう，種の識別ポイントを簡潔にまとめた資料を専門業者が作成し，作業開始前に確認した。

ツル切りについては，作業対象を確認するため，現場において，専門業者がつかう植物が巻き付いた状態の樹木を説明した。

オオハンゴンソウ

■特徴
高さ1～3mになるキタ科の多年草。開花期は7-10月で，茎の先端に直径6～10cm程の黄色の花をつける。寒冷地に強い。



オオハンゴンソウの花
花の直径は6cm程となる。

オオハンゴンソウの上部の葉
葉に柄はない。

オオハンゴンソウの下部の葉
葉に柄があり，深く切れこむ。

図-3 オオハンゴンソウに関する説明資料（抜粋）

d) 安全性を考慮した作業グループ分け

ツル切りは，剪定ばさみやナタを使うため，狭い範囲で密集して作業すると，ケガをするおそれと考えられた。そこで，高校からの参加者16人を4つのグループに分け，グループ間で干渉せず，かつツル切り作業量が均等に確保できるように，適度な間隔を空けて各グループを樹林ゾーン内に配置した。



図-4 ツル切り作業状況

(3) 協働による維持管理の有効性

オオハンゴンソウについては、熱中症リスクを考慮して約1時間限定の作業としたが、約40kgの駆除を行うことができた。ビオトープ内において、オオハンゴンソウの駆除活動を15年以上継続しているが、完全な駆除には至らず、毎年確認されている。しかし、オオハンゴンソウの生育箇所は部分的であり、他の植物を駆逐するような拡大が見られていない。

ツル切りについては、各グループの配置箇所に見られたつる植物を除去することができた。これまでもつる植物の除去を行っており、除去を行った地区での樹木の成長が確認されていることから一定の効果があったと考えられる。

以上から、地域連携による維持活動は、ビオトープの環境を良好な状態に維持するという目的に対しても有効であることが確認された。

4. モニタリング

(1) モニタリングの分担

整備した環境の状態を把握するモニタリングを、その専門性に応じて、専門業者が数年に1回行うものと、高校生の環境学習を兼ねて行うものに分け、以下のように行うこととした。

表-3 専門業者が行うモニタリング

実施頻度	調査内容
10年に1回	ビオトープにおける動物相の把握、アカマツの毎木調査
5年に1回	植物相・植生の把握、移植木の成長量の把握、水面における底泥の堆積状況
毎年	移植した重要種の確認、水質

表-4 環境学習を兼ねて毎年行うモニタリング

調査項目	調査内容
樹木生長量	根株移植した樹木の生長量の把握
水生生物	水面におけるトンボ類等の水生生物の生息状況の把握
水質	池の水質（凍結防止剤の影響等）
チョウ類	チョウ類、トンボ類、バッタ類の生息環境としてのビオトープの状態
トンボ類	
バッタ類	

※調査項目は、調査年によって異なる。

(2) 環境学習実施時の留意事項

高校生との環境学習を、以下の点に留意して実施した。

a) 学習内容に興味をもってもらうための工夫

学習内容に興味をもってもらうため、単なる自然観察ではなく、関連する多面的な情報の説明を行った。例えば、多くの動植物の生息・生育の場としてのビオトープの機能評価を行うモニタリングであることを理解してもらうため、バッタ類の調査開始前の説明時に、食物連鎖の関係を構成する第一次消費者としてのバッタ類を調査することを説明した。

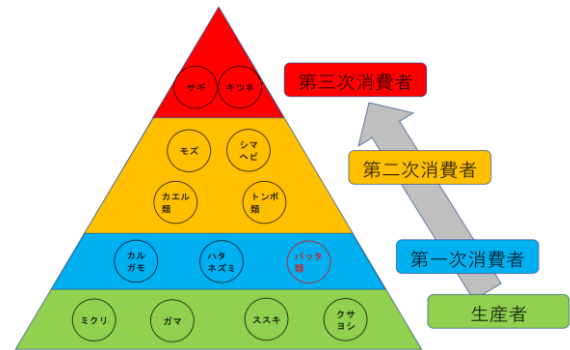


図-5 バッタ類調査に関する説明資料（抜粋）

b) 現場で成果を実感できるための工夫

何のために調査を行い、その目的を達成できたかどうかを現場で実感できる工夫を取り入れた。例えば、樹木生長量調査においては、移植樹木の過去の樹高をグラフ上にプロットした記録用紙を事前に整理し、調査結果をもとに、同一の樹木ごとに過去の樹高と調査時の樹高を結ぶことにより、経年的な成長量を視覚的に現場で把握できるものとした。

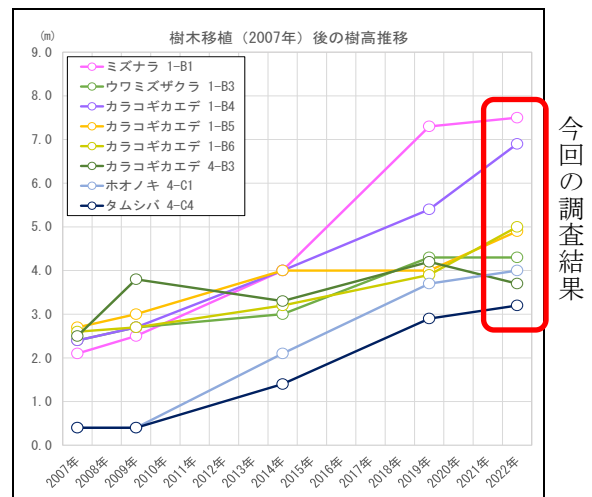


図-6 樹木生長量の調査の結果

c) 調査結果の理解を深めるための工夫

今回の昆虫類を対象とした環境学習では、採集した昆虫類を持ち寄り、採集した昆虫の種類を専門家が講評することを基本とした。ここで単に種類の確

認にとどまるのではなく、昆虫類の調査結果を使って定量的な環境評価の方法があることを講評に追加し、より一層関心を持ってもらえるものとした。

具体的には、トンボの種ごとに定められた環境指数の合計により環境指数 (EI) を算出し、環境を評価する方法を紹介するとともに、実際にEI値を算出した。その結果、自然度の高い池でのEI値が90~110程度とされているのに対し、ビオトープ内の池でのEI値は60以下で推移していたことから、自然度の高い池のような環境には未だ至っていないことがわかった。

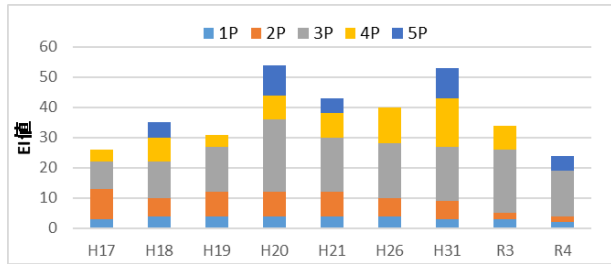


図-7 トンボ類の環境指数 (EI) の推移

d) 次の参加意欲向上に繋げるための工夫

地元高校からの参加者は毎年変わるため、地域連携による活動を継続的に実施するためには、初めての参加者が意欲をもって取りくむための工夫が重要と考えられた。そこで、その年の行った地域連携の活動の成果を、翌年以降の参加者に引き継げるよう、全ての環境学習が終了した後、令和4年度までの環境学習、さらに前述の維持管理活動を「高山西ICビオトープの活動報告」という冊子にまとめ、協働作業を行った地元高校に配布した。



図-8 環境学習・維持管理活動をまとめた冊子

(3) 協働によるモニタリングの有効性

今回行ったモニタリングは、専門業者が行うモニタリングとは異なり、高校生の環境学習を兼ねたモニタリングとして行ったものである。動植物の専門知識を有しない高校生による調査であったが、採捕を高校生に委ね、種の同定のみ専門家が対応すること、調査回ごとにテーマ・対象とする生物を絞り込むことによって、経年的な比較による環境評価に活用できることが確認できた。

ただし、環境学習だけでモニタリングが成立するものではなく、毎年行う環境学習を兼ねたモニタリングが、専門業者が数年に1回行うモニタリングによって補われることによって、信頼性の高い調査結果になっていると考えられた。

5. おわりに

高山西ICビオトープでの活動を通じ、地域連携が、ビオトープの環境を良好な状態に保つための維持管理、さらにビオトープの状態を確認するためのモニタリングとして有効であることが確認できた。

また、地元高校との連携活動は、新聞や高山国道事務所のホームページで紹介されている。特に新聞での紹介は、専門業者だけで行う調査だけでは取り上げられることが難しく、国土交通省が行う活動内容を広く一般に広報する絶好の機会になっていると言える。

このような地域連携活動を持続的に行う事は、高山西ICでの事例に限らず、多くの現場で共通した課題である。この課題を対処するには、同じ事をやり続けるのではなく、以下のような新たな展開を模索することも一案である。

- 定期的な維持・モニタリング活動とは別に、一般の人が参加できる仕組み・企画を、連携対象とともに検討し、社会貢献としての活動の幅を広げる。
- 周辺の自然環境や関連施設に連携の活動範囲を広げ、新たな活動メニューを企画する。
- 活動の成果を、連携対象の組織の中でクローズするのではなく、学会等で発表を行い、社会的な活動意義を実感する。

参考文献

- 1) 中村太一・橋詰良太・石坂健彦・大磯毅晃：道路ビオトープの整備効果と継続的育成管理の意義、日本緑化工学会誌、44巻2号、323-329, 2018

焼津市における集客施設アクセスとしての グリーンスローモビリティの活用効果について

とみたひろふみ うえのすみお きたがわたくひろ ほり まさし
○富田洋史¹・上野純男²・北川剛弘²・堀 将誌²

¹大日本ダイヤコンサルタント（株）インフラ技術研究所（〒102-0075 東京都千代田区三番町6-3）

²大日本ダイヤコンサルタント（株）中部支社（〒451-0045 愛知県名古屋市中区西区名駅2-27-8）

焼津市の中心市街地来訪者の多くは、自家用車で来て用事を済ませ、次の目的地へ移動しており、中心市街地及び周辺部を回遊する人が少ない状況にあった。そのような背景のもと、中心市街地に新たな交流施設としてターントクルこども館がオープンしたことをきっかけに、中心市街地縁辺部に臨時駐車場を設け、臨時駐車場とこども館をつなぐシャトルバスとしてグリーンスローモビリティを導入し、中心市街地部へ自家用車でアクセスさせない環境を創出し、回遊行動のきっかけをつくる実証事業を実施し、その効果を検証した。

Key Words : グリーンスローモビリティ, 実証事業, 観光, 回遊行動, にぎわい創出, 効果検証,

1. 背景と目的

令和3年7月に焼津市にオープンした集客施設「ターントクルこども館（以下、こども館という。）」は、おもちゃと絵本をテーマにした子育て支援の拠点施設であるとともに、子供を中心とした保護者や幅広い世代の人たちが気軽に集まれる交流の場を目的に整備された。

こども館は、焼津駅前通り商店街の一角に立地している。また、中心市街地の一体的なまちづくりの基本方針を示す「焼津海道 港・まち磨き構想」において、地区内の6つのエリア内にあるコア施設のひとつにこども館が位置づけられており、こども館のオープンに伴い、来館者を周辺エリアへの回遊につなげ、中心市街地のにぎわい創出が期待されていた。

一方、オープン前の当該地域への来訪者の多くは自家用車を利用しており、目的地で用事を済ませた後は、中心市街地内へ足を運ぶことなく、次の目的地等へ移動してしまうため、中心市街地での回遊につなげられていない状況にあった。

そこで、中心市街地の縁辺部（焼津新港エリア）にこども館の臨時駐車場を設け、グリーンスローモビリティ（低速電動バス）を臨時駐車場とこども館を結ぶシャトルバスとして導入し、中心市街地に直接自家用車で入ることができない環境をつくり、こども館来館者が周辺施設へ足を運びやすくなる環境

を創出する実証事業を実施した。

これらを通じて、市内外からの家族連れをこども館へ呼び込むとともに、焼津駅前商店街を含むこども館周辺におけるにぎわい創出に向けたグリーンスローモビリティの活用効果の検証を目的とした。

2. 回遊につなげるルート・集客を高める車両の設定

(1) ルートの設定

こども館は中心市街地となる焼津駅前通り商店街に位置しており、周辺には焼津港で水揚げされた海鮮丼、焼津おでん、和菓子・洋菓子店などもあり、食を楽しむことができる環境を有している。また、焼津新港エリアの臨時駐車場周辺は新たな交流拠点となる親水公園をはじめとした各種集客施設が立地しており、中心市街地、縁辺部とも集客環境としては一定程度の施設が立地している。さらに、中心市街地と焼津新港エリアの間には、伝統的家屋や小路、信仰の場所など、焼津市の水産業の歴史と文化を象徴する浜通りも存在している。

このような施設環境にあるものの、来街者の多くは目的地で用事を済ませた後、回遊行動を起こしていないことから、中心市街地と焼津新港エリアの臨時駐車場を結ぶ低速電動バスの走行ルートとして、利用客が焼津漁港の雰囲気を感じてもらえるよう浜通りを設定した。加えて、低速電動バス車内では走行

ルート上の浜通りをはじめとする周辺施設の紹介等の観光音声ガイドを流すことで、こども館来館者の回遊行動の誘発につなげる取り組みも行った。

なお、運行時間・便数は、こども館の開館時間に合わせ、9時～17時の間で32便（16往復）の運行を行った。



図-1 低速電動バス走行ルートと施設等立地

(2) 車両の設定

実証事業として走行させる低速電動バスの選定に際しては、多くの子供が集う「こども館」へのシャトルバスという役割を担うことから、外観が目立つ

ものや可愛らしい印象を受けてもらえるデザインであることに留意した。また、浜通りなど、当地域の状況を直接肌で感じ、回遊行動につなげられるよう、窓ガラスがなく開放的な車両であることが望ましいと考えた。

そこで、上記を満足する車両として、株式会社シンクトゥギャザー製のeCOM-8を採用し、地域にも愛着を持ってもらえるよう、「ぴよぴよバス」と命名し、周知も図った。



図-2 使用車両

3. 低速電動バス活用による回遊促進効果検証

本実証事業において低速電動バスを導入したことによる直接的な効果として、利用者数（低速電動バス乗車人数）を把握するとともに、低速電動バスで来館された方がどのように感じたのか、来館後の行動変容はあったのか等を確認し、今後の事業展開の基礎資料とした。

(1) 利用実態の把握

実証事業の効果検証として実施する「低速電動バスの利用者数の把握」では、運行するすべての日を対象に各便の乗車人数を目視カウントした。

日別の乗車人数は、実証事業開始直後の10日間は利用者数が多く、8/10には最も多い95名の利用となった。但し、8/12PM, 8/14, 15, 17は悪天候の影響により運休が発生したため、お盆期間中は全体を通じて利用者数は少なくなったが、8月後半は1日あたり30名前後の利用者となった（図-3）。

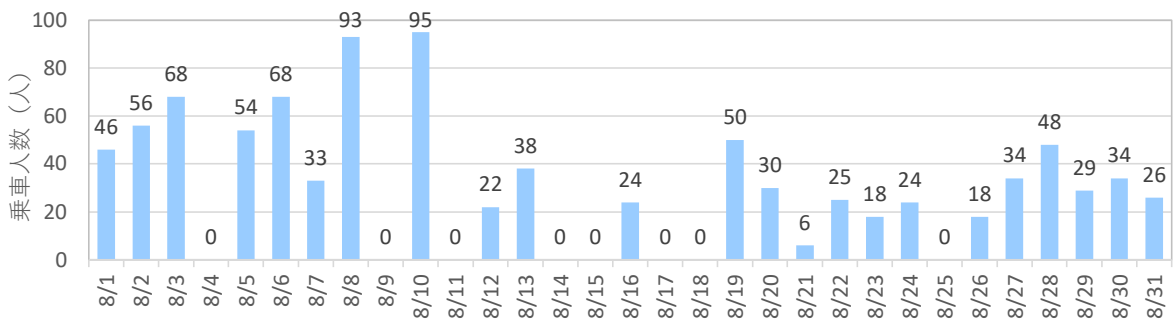


図-3 日別利用者数の推移

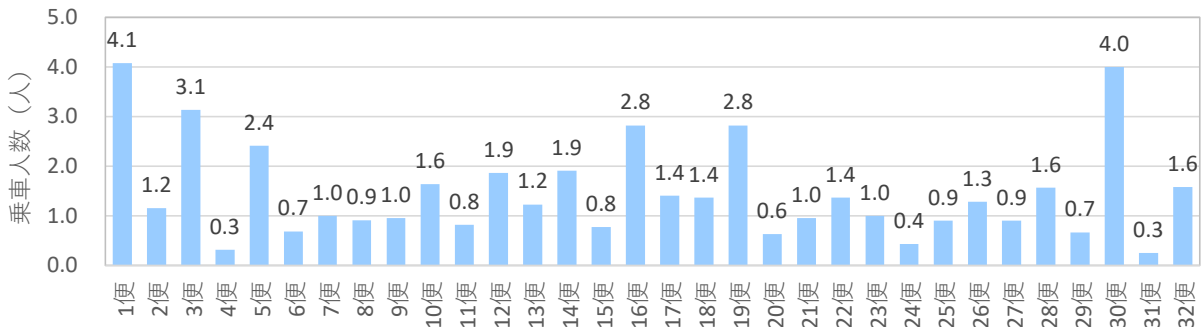


図-4 便別利用者数の推移

また、便別の利用状況をみると、午前中の利用が比較的多く、夕方の利用は比較的少なくなる結果となった（図-4）。

(2) 低速電動バス導入効果の把握

実証事業期間中に低速電動バスに乗りいただいた方へアンケートを実施し、低速電動バスの導入に対して、利用者の満足度、今後の利用意向等を把握し、実証事業の評価、ならびに本格導入に向けた基礎資料とした。主な設問事項は下表のとおり。

表-1 低速電動バス実証事業に係るアンケート設問

属性	・居住地、性別、年齢、同行者
低速電動バス 利用状況	・EVバスの利用予定 ・臨時駐車場に自家用車を駐車した理由 ・EVバス運行情報の入手方法 ・EVバス利用のきっかけ ・こども館以外の焼津市内の立寄り場所（予定を含む）
低速電動バス 利用の感想	・EVバス利用の満足度（安全性、利便性、快適性など） ・EVバス利用の感想
低速電動バス 利用意向	・今後希望するEVバスの利用目的 ・EVバス利用の際の乗車運賃の許容範囲

a) 回答者属性

回答者の属性は80%以上が焼津市、15%が焼津市以外の静岡県内となっており、県外からの利用者はほとんど見られなかった（図-5）。また、基本的には同行者がおり、ほとんどの人が10歳未満の子供との同行（こども館へ向かう家族連れ）となっている（図-6）。

b) 低速電動バス利用状況

今回の実証事業では、中心市街地への自動車流入抑制を1つの目的としていたため、何故臨時駐車場に自家用車を停めてこども館へ向かったのかを確認した。その結果、「EVバスに乗るため」という回答が8割を超えており、低速電動バスの乗車目的で臨時駐車場を利用している人が多くみられた（図-7）。

また、低速電動バスに関する情報の入手先としては、「広報やいづ」や「市ホームページ」が多くを占めており、PRの取り組み成果が一定程度確認された（図-8）。

低速電動バスの利用のきっかけは、「楽しそうだから」という声が多く、「興味があった」、「無料だから」という声も多かった。また、その他意見で「子どもが乗りたがったから」といった意見も多くみられ、車両選定の際のコンセプトにマッチした結果を得ることができた（図-9）。

こども館立ち寄り後の回遊行動への誘発に対しては、こども館以外の焼津市内の立ち寄り場所として、「立ち寄る予定はない」が最も多くなっている。立

ち寄り先がある人では、「うみえーる焼津」、「焼津駅・駅前通り商店街周辺」、「深層水ミュージアム」への立ち寄りが多くなっているが、今回のルート上、起点・終点でしか乗降できないこともあり、こども館周辺、臨時駐車場周辺の施設への立ち寄りが多くなる結果となった（図-10）。

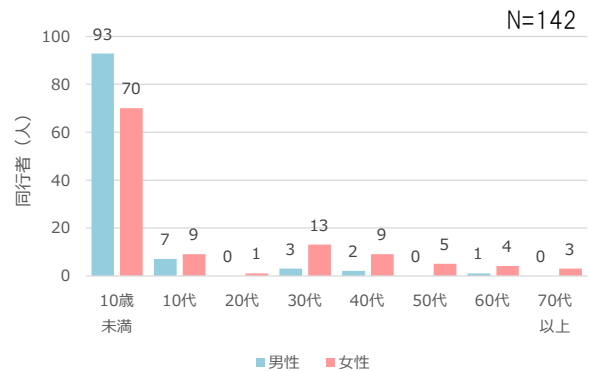
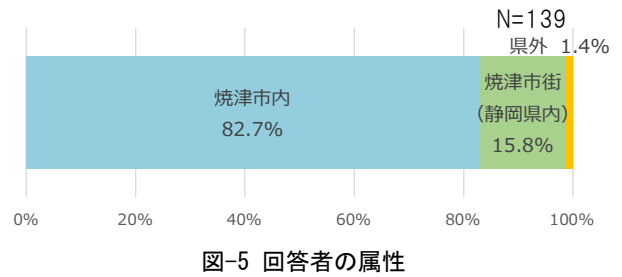


図-6 同行者の年齢

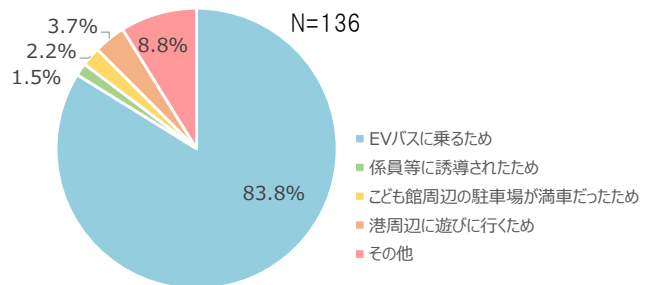
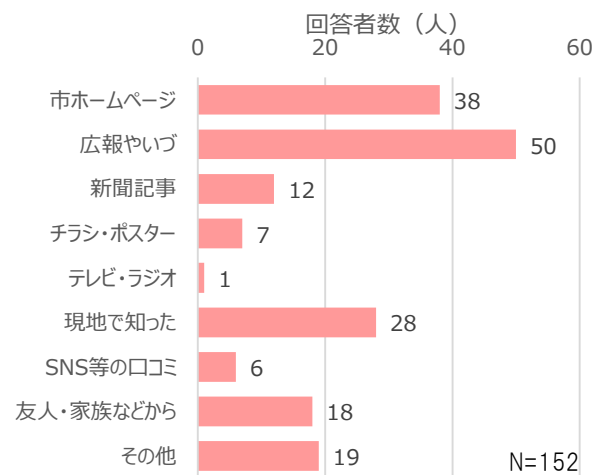


図-7 臨時駐車場への駐車理由



※複数回答

図-8 運行に関する情報の入手先

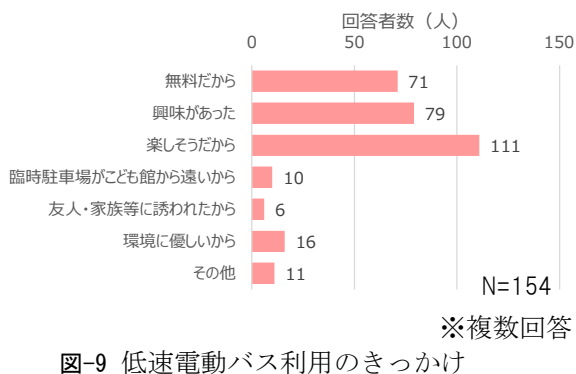


図-9 低速電動バス利用のきっかけ

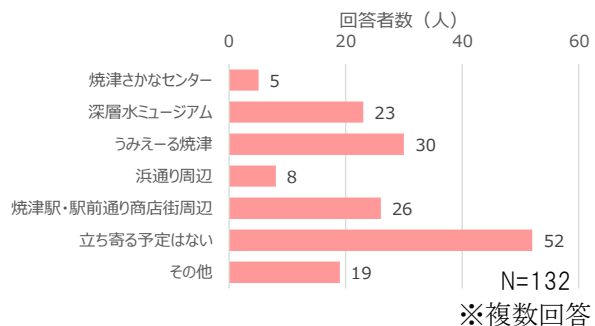


図-10 こども館以外の焼津市内での立ち寄り先

c) 低速電動バス利用の感想

低速電動バスの利用に対し、安全性、利便性、快適性の観点から、5点満点で利用者に評価をもらったところ、安全性に関しては、「並走する自動車」「歩行者や自転車との距離感」「車両の走行速度」いずれの項目も満足度が高い結果となった。

一方「運行本数（間隔）」「車内の環境（暑さ・風通し等）」「乗り心地（揺れ・座席間隔等）」の項目について3点以下の評価をした人が2割程度存在し、利便性、快適性に対する満足度はやや低い結果となった（図-11）。

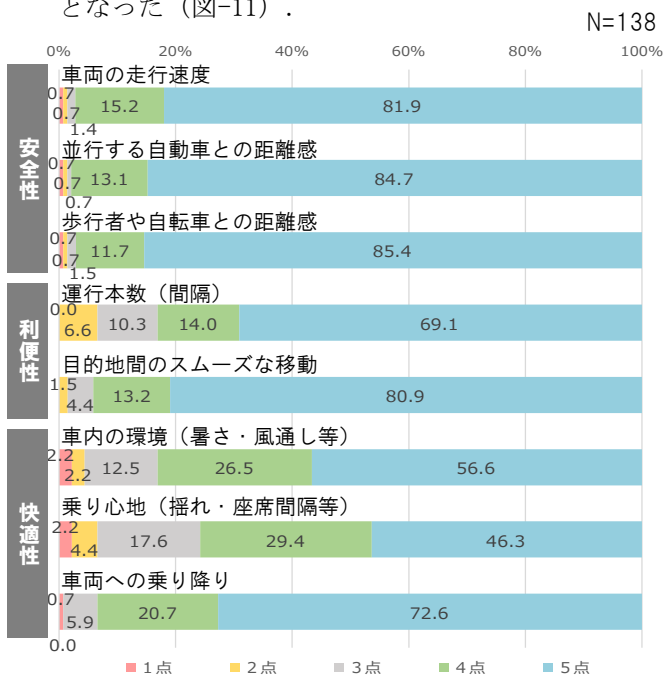


図-11 低速電動バス利用の満足度

d) 低速電動バス今後の利用意向

低速電動バス利用者の今後の利用に関する意向としては「市内の観光周遊で利用したい」が7割以上を占め、「日常の移動で利用したい」は3割程度となった（図-12）。

なお、観光周遊で利用したいと答えた方がアクセスしたい施設として、商店街や焼津駅といった回答もあり、周遊のための移動の足として活用したいと考えていることがうかがえた。一方、日常の移動で利用したいと答えた方のアクセスしたい施設では、市役所や病院、買い物利用となっており、都市サービスを楽しむための移動手段としての活用を考えていることが確認できた。

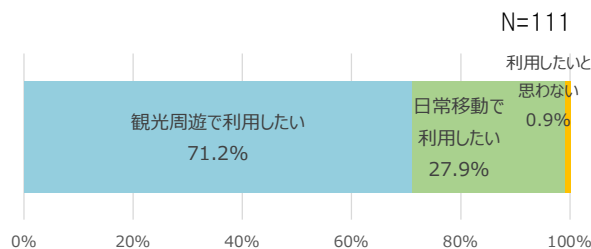


図-12 今後の低速電動バスに対するニーズ

4. まとめと今後の課題

(1) 低速電動バスの導入による回遊行動への影響

本実証事業では、低速電動バスの導入を通じ、こども館周辺でのにぎわい創出を狙った。本事業の検証結果をまとめると以下のとおりである。

- ・低速電動バスを導入したことで、乗り物自体に興味を持ってくれた方も多く、こども館への来館誘発にはつなげることができた。
- ・一方で、こども館・臨時駐車場での乗降しかできなかったため、周辺の施設（浜通り等）への回遊行動につなげることができなかった。
- ・但し、低速電動バスを利用した観光周遊での利用に対するニーズは高く、低速電動バス導入による周遊行動誘発の可能性を有することは確認できた。

(2) 今後の課題

回遊行動を支援するためには、こども館・臨時駐車場だけの乗降とするのではなく、走行ルート上の観光資源・商業施設周辺での乗降を可能とすることで、目的に応じた利用が見込まれると考えられる。また、こども館周辺のにぎわい創出に向け、ニーズの高いルート・乗降箇所を選定するなど、実証事業を繰り返すことで、より効果的な回遊支援に努めることが重要である。

謝辞：本稿は『令和3年度 こども館開館に伴う低速電動コミュニティビークルによるシャトルバス運行実証事業』において実施したものである。関係者にはこの場を借りて謝意を表したい。

インフラ構造物点検における 点検支援技術の効果検証

みずきりょうた きたほりひろたか かわぐちただし てびらたつや
○水木亮太¹・北堀裕隆¹・川口正¹・手平辰哉¹

¹ (株) 東京建設コンサルタント中部支社 (〒460-0003 愛知県名古屋市中区錦2-5-5)

道路メンテナンスへの新技術導入促進として、「点検支援技術 性能カタログ」が制定されている中で、インフラ構造物点検の現場にて3つの支援技術の試行を行い、効果検証を行った事例について述べる。ひびみつけ及びトンネルトレーサーは、撮影画像を自動処理することで、損傷図を作成する技術であり、作業の自動化による効率化が図れるものの、誤検出や未検出が見られた。小型ドローンは、撮影した写真から近接目視と同等の損傷把握が可能であり、現場作業の効率化も図ることができた。それぞれ、近接目視の代替とするには課題が多いものの、効率化を目的とした支援技術として活用に向けた検証が行えたことは有意義であったと考える。

Key Words : 構造物点検, 点検支援技術, AI画像解析

1. 概要

近年、道路施設等のインフラにおける老朽化が進むなか、インフラメンテナンスを適切に実施することが求められている。道路施設では、2013年の道路法改正を受け、メンテナンスサイクル(点検・診断・措置・記録)を確実に実施することが義務付けられた。橋梁・トンネル等の重要構造物では、近接目視を基本とした点検を5年に1回の頻度で行うことが規定された。

一方、点検対象の増加や土木技術者不足、自治体の技術職員不足等による影響から、従来通りの近接目視点検や健全性診断が難しい状況となっている。その対策として、近接目視に変わる新技術を用いた点検の効率化、高度化が求められている。国土交通省では、構造物点検での新技術の積極的な活用を図るため、点検に活用可能な技術の性能値等を取りまとめた「点検支援技術 性能カタログ」²⁾ (以下、性能カタログ)を平成31年2月に策定し、掲載技術の拡充等を毎年度行っている。また、直轄の点検業務では、性能カタログ掲載技術の活用を原則化しており、試行による効果検証を積極的に行っている。

本論文では、実際のインフラ構造物点検において、点検調査作成時の現場作業及び内業の短縮を図ることができる性能カタログ掲載技術の選定を行い、現地での試行結果を元に、効果検証を行った事例について述べる。

2. 業務における新技術活用プロセス

直轄業務において、新技術を活用する場合のプロセスを図-1に示す。受注者は、性能カタログ等を参考に、活用技術の選定を行い、活用の程度、選定理由、精度管理計画等を記載した「点検支援技術使用計画」を作成し、発注者と協議の上活用を行う。また、活用結果は、定期点検結果と併せて「点検支援技術使用計画」に基づき発注者へ報告する。

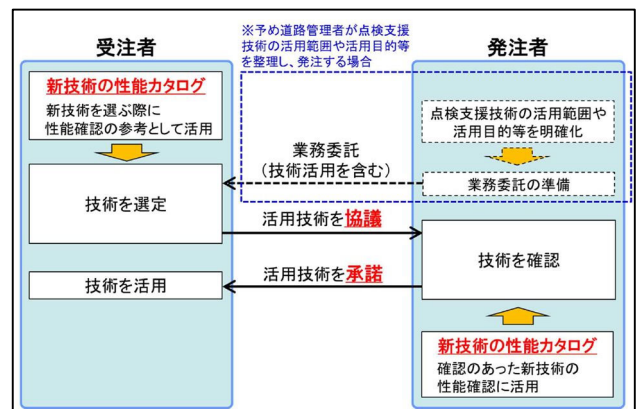


図-1 点検支援技術活用の流れ¹⁾

3. 試行技術の概要及び活用効果検証

(1) ひびみつけ

(a) 技術概要

技術名：社会インフラ画像診断サービス「ひびみつけ」技術番号BR010024-V0323²⁾

技術概要：コンクリート構造物をデジタル一眼レフカメラにて撮影した写真から画像解析技術を用いてひびわれの自動検出及び計測(幅, 長さ)を行う。画像アップロード以降は, AIによる自動処理により損傷の抽出及び損傷図作成を行うため, 従来技術と比べて, 調書(損傷図)作成作業が削減される。

(b) 試行概要

大型ボックスカルバート(延長25.0m内空6.0m×4.7m)の頂版を対象として, デジカメ撮影画像から, ひびわれの自動検出を行った。なお, 通常の見接目視点検を同時に実施しており, 見接目視結果と対比することで効果検証を行った。(写真-1)



写真-1 対象施設及び作業状況

(c) 活用結果

画像解析により得られたひびわれに対して, 自動検出の精度, ひびわれ幅計測値の精度に着目して効果検証を行った。

画像解析によるひびわれ検出は, 見接目視で確認したひびわれ(0.2m以上)と比べて広い範囲を一度に検出可能であり, ひびわれ幅の小さい損傷も検出可能であった。(図-2)

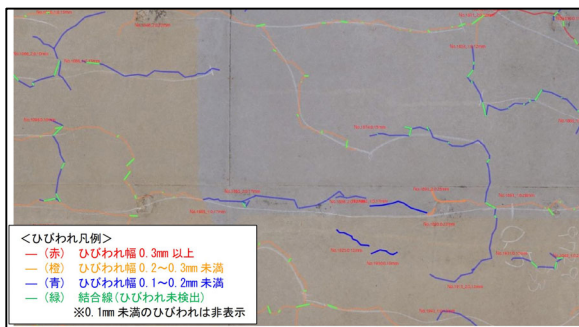


図-2 ひびわれ検出状況

一方で, クモの巣等, ひびわれとは異なるものの誤検出も見られた。この様な誤検出は, 画面上で作業員が目視確認にてチェックする必要がある。編集操作にて削除修正が可能である。また, クモの巣すべてが誤検出されるわけではなく, ある程度は AIにて正しく判別されている。なお, 一般的な直線の型枠跡は, ひびわれとは検出されず正しく判別された。(図-3)

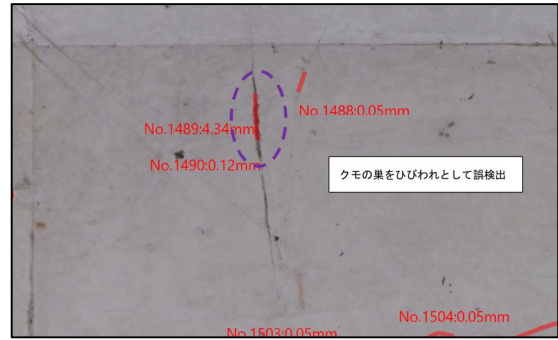


図-3 ひびわれ誤検出事例

ひびわれは, 幅 0.1mm 以上のひびわれを計測可能であった。しかし, 見接目視にて確認したひびわれ幅とは異なる値で検出される箇所が見られ, 実測で最大幅 0.5mm であったひびわれは, 自動計測では 0.3mm と表記される等, 診断結果にも影響するような差異も見られた。(図-4)

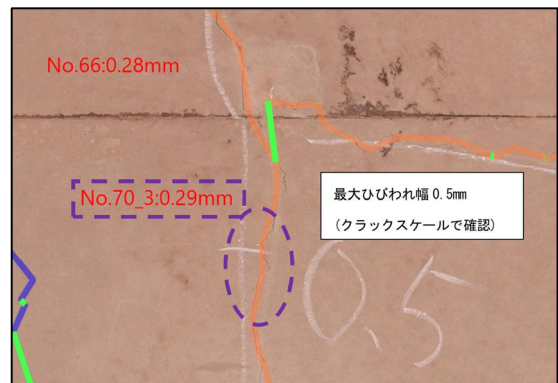


図-4 実測ひびわれ幅との差異

(2) トンネルトレーサー

(a) 技術概要

技術名：走行型高精細画像計測システム(トンネルトレーサー)技術番号TN010003-V0423²⁾

技術概要：高画質ビデオカメラとラインセンサカメラを搭載した車両にて, 交通規制なしで高解像度の覆工面画像を撮影する技術である。撮影画像を合成, 画像解析処理することでひびわれ等の変状を検出し, 展開画像や損傷図を作成する。

(b) 試行概要

山岳トンネル(延長79m+78m内空断面積94.4m²)の覆工面を対象として, カメラ撮影および損傷図の自動作成を行った。なお, 通常の見接目視点検を同時に実施しており, 見接目視結果と対比することで効果検証を行った。(写真-2)



写真-2 対象施設及び作業状況

(c) 活用結果

通常走行(40km/h 程度)に撮影された画像は、専用ソフトにて画像解析を行い、トンネル覆工面の展開画像を作成する。展開した画像を基に損傷検出ソフトのAIによる損傷抽出を行う。

抽出の結果、前回点検(H30)及び今回点検(R4)と比べて、支援技術(トンネルレーザー)により確認出来た損傷はひびわれのみであり、支援技術では頂板の検出対象外となる「うき」の他、はく落、豆板は検出することが出来なかった。(表-1)

表-1 検出損傷一覧

損傷の種類	前回点検(H30)	今回点検(R4)	支援技術	備考
① ひび割れ	○	○	△	
②-1 うき	○	○	対応外	
②-2 はく落	○	○	X	
②-3 豆板	-	○	X	
③ 変形	-	-	-	
④ 鋼材腐食	-	-	-	
⑤ 背面空洞	-	-	対応外	
⑥ 漏水等	-	-	-	

凡例：○全て損傷検出、△一部未検出有り、X未検出、-損傷無し

ひびわれは、0.3~0.1mm までのひびわれが画像解析により検出された。(写真-3)一方で、坑口部付近では、ひびわれが検出できない箇所が見られた。(写真-4)これは、AIがひびわれ線を黒いものと学習しており、ラインセンサの光がひびわれ内部まで届かずに白色となること、坑口付近の画像が内部と比べて明るい色となることや、漏水跡によりAIがひびわれと判定出来なかったと推測される。

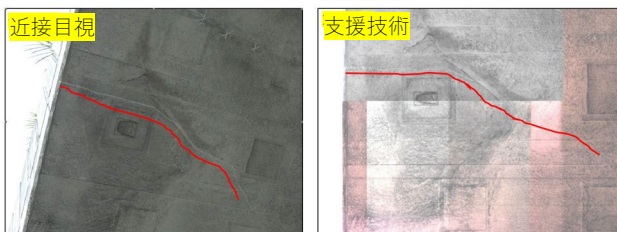


写真-3 ひびわれ検出状況



写真-4 ひびわれ未検出箇所

はく落、豆板は、前回点検時から覆工板の継手目地付近に見られていたが、支援技術では検出(画像からの判定)は出来なかった。これは、今回対象トンネルが2016年供用の比較的新しいトンネルであり、はく離は目地部かつ鉄筋が露出していない軽微なものであったため、損傷部の処理後の画像がぼやけてしまい、AIが損傷と認識しなかったと推測される。(写真-5)

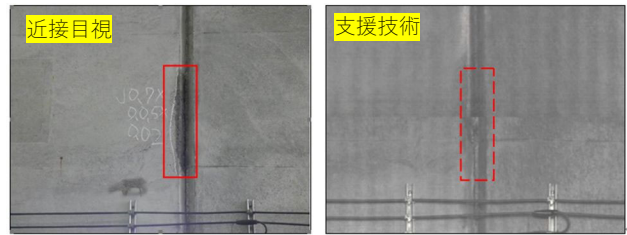


写真-5 はく落未検出箇所

支援技術により検出された損傷は、点検調書に用いる損傷図として出力される。(図-5)なお、支援技術による損傷図はソフトを用いて追記、修正が可能であるが、今回の試行では近接目視の対比を行うため、自動作成された損傷図を使用している。自動作成された損傷図は、近接目視と比べると、全体的に検出されていない損傷があることがわかる。

効率化の面においては、点検対象面積200m²(3車線トンネル L=79m+78m)に要した現場作業時間は3時間程度であった。定期点検(近接目視)における現場作業は約12時間程度であり、現場作業時間は1/4に短縮された。

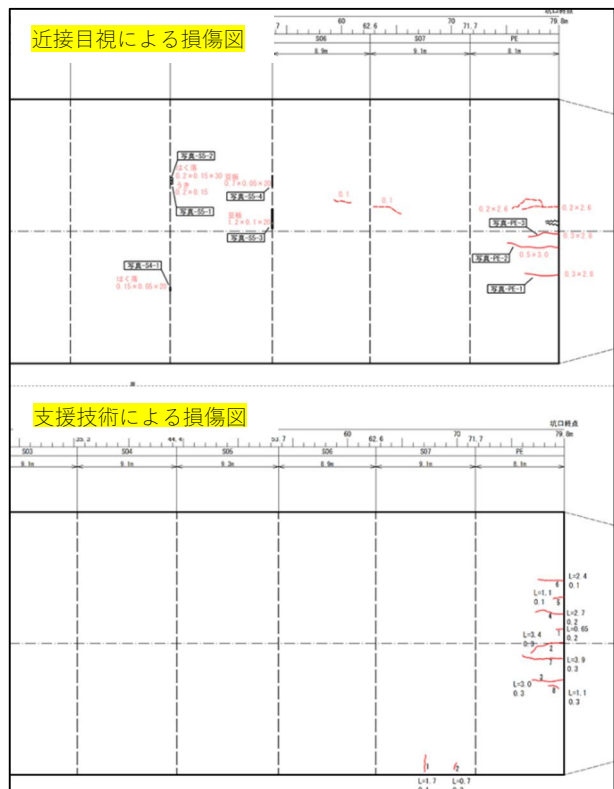


図-5 覆工面展開図(上:近接目視 下:支援技術)

今回のトンネルでは、損傷の未検出箇所が多く見られ、近接目視の代替とするには、至っていない。一方、交通規制を必要とせず、撮影も短時間で可能であることから、事前調査等に用いることで、定期点検時の作業効率化を図ることができる。

また、覆工面画像として記録することが出来るため、次回点検時の進行確認に活用できる他、附属物等の状態を確認・記録することで、維持管理に活用することができる。

(3) 小型ドローン

(a) 技術概要

技術名：全方向衝突回避センサーを有する小型ドローン技術 技術番号BR010009-V0323²⁾

技術概要：狭小部に進入可能な小型ドローンを用いて、橋梁の損傷(ひびわれ、腐食等)を撮影する技術である。衝突回避センサーにより非GPS環境下、目視外飛行、狭小部への進入を可能としている。

(b) 試行概要

一般的な点検方法(梯子、高所作業車、点検車)にて点検が出来ない橋脚に対して小型ドローンによる損傷撮影および損傷図の作成を行った。小型ドローンは、たたき調査が必要な変状を確認できないため、適用箇所は①第三者予防措置範囲では無い。②前回点検にて、ドローンで確認できない変状(うき等)が無い。③過去点検で重大な損傷(健全度Ⅱ以上)となる損傷が無い。の3つの条件より選定した。

小型ドローンは、手の平から離着陸が可能であるため、検査路上よりドローンの離着陸・操作を行った。(写真-6)ドローンによる損傷確認は、対象物から一定間隔(1.0m)を維持しながら飛行させ、損傷を撮影した。



写真-6 ドローン撮影状況

(c) 活用結果

ドローンによる損傷確認は、現地でのドローンカメラによる目視確認と、PC等撮影した写真(写真-7、写真-8)を点検員が確認することで損傷図を作成する。変状の寸法やひびわれ幅等は、撮影画像に対して縮尺を持ったスケールを表示させて計測する。

撮影画像により、ひびわれの検知、計測、遊離石灰等の確認が可能であり、新規損傷も確認できたことから、近接目視と同等の効果が見込める。(表-2)

また、前回点検にて特殊高所技術で実施された損傷に対しても同等以上の損傷状況が確認できた。一方、当然ながら打音検査等、うきの有無を把握する機能は無いため、そちらを必要とするには他の支援技術(赤外線カメラ等)との併用は必須となり、第三者に重大な被害を及ぼす箇所での適用は難しい。

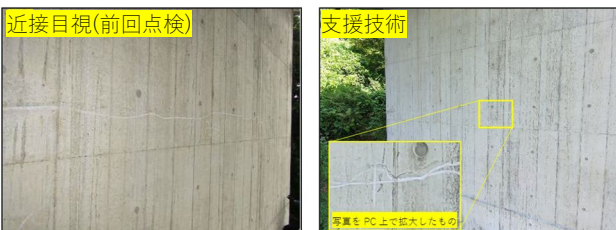


写真-7 ひびわれ状況



写真-8 はく離・鉄筋露出状況

表-2 検出損傷一覧

損傷の種類	前回点検(H29)	今回点検	備考
⑥ ひびわれ	○	○	新規損傷あり
⑦ 剥離・鉄筋露出	○	○	〃
⑧ 漏水・遊離石灰	○	○	〃
⑫ うき	-	X	対応外
⑩ 補修・補強材の損傷	○	○	新規損傷あり
⑰ その他	-	-	
⑳ 漏水・滞水	○	○	〃
㉓ 変形・欠損	-	-	

凡例 ○：損傷有り、-：損傷無し、X：検出対応外

作業効率化の面では、橋脚4基(点検面積約1700m²)に対して、現場作業は1.5日であった。特殊高所技術の場合で約2.0日(1班3人体制)であり、従来方法と比べて現場作業が短縮される。

4. まとめ

今回の試行では、3つの支援技術の点検現場における効果検証を行った。ひびみつけやトンネルトレーサーで用いられているAIによる画像診断、損傷検出技術は、調書作成作業の効率化が期待されるものの、近接目視と比べて未検出、誤検出が目立ち、代替方法とするには課題が残る結果となった。小型ドローン点検は、損傷の把握自体は従来通り点検員が行うことに加えて、写真画像によるチェックも容易であることから、他の技術と比べると誤検出等のリスクは少なく、近接目視の代替としては有効であった。

一方、実務面においては、いずれの技術も、近接目視と比べて調査費用が高い傾向にあり、効率化に期待して採用するには、コスト面が課題となった。

それぞれの支援技術、近接目視の代替とするには課題があるものの、効率化を目的とした支援技術として活用に向けた検証が行えたことは有意義であったと考える。今後も効率化や品質向上に向けて、支援技術新技術の活用等、新たな技術の研鑽を続けていきたい。

謝辞：最後に、本橋の計画、本論の執筆に対してご指導・ご助言をいただきました関係者各位に深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 新技術利用のガイドライン(案)国土交通省、平成31年2月
- 2) 点検支援技術 性能カタログ 国土交通省、令和5年3月

幹線用水近接部における経済性及び施工安全性に 配慮した現道切り回し計画

○小玉由人・上原将人・佐藤和輝・佐羽尾真依・中村治

中日本建設コンサルタント株式会社 (〒460-0003 愛知県名古屋市中区錦一丁目8番6号)

本稿は、主要地方道に都市計画道路が新たに接続する平面交差点において、現道嵩上げや路側擁壁等の施工に必要な切り回し道路と仮設構造物の設計内容を報告するものである。本設計では、切り回し道路の平面線形に加え、現道と並走する広域幹線用水の防護に必要な仮設構造物を既存計画から見直すことで、用水管への荷重影響範囲を縮小しつつ、仮設構造物施工時の現道規制を回避し、経済性と安全性の向上並びに工期短縮に資する施工計画を立案した。

Key Words: 切り回し道路, 用水管, セパレート, 鋼矢板, 現道嵩上げ

1. はじめに

都市計画道路 安城高浜線（以下、(都) 安城高浜線とする。）は、安城市街地や西三河内陸工業地帯と衣浦臨海工業地帯を結ぶ産業・経済上において重要な役割を持つ新規整備路線である。主要地方道 豊田安城線（以下、(主) 豊田安城線とする。）は、安城市池浦町で(都) 安城高浜線と平面交差する既存路線であり、平面交差点構築において、現道交通を確保した交差点付近の現道嵩上げ工事が必要であった。



図-1 位置図

本設計は、嵩上げ工事期間中の切り回し道路を対象とした詳細設計である。(主) 豊田安城線の切り回し時には、近接する広域幹線用水管に対して輪荷重影響が現況より大きくなり、用水管の防護が必要となる。

本稿では、切り回し道路の平面線形及び、用水管の防護を目的とした仮設構造物を既存計画から見直すことで、経済性及び安全性に配慮した現道切り回し計画について述べる。

2. 基本条件の整理

(1) 検討フロー

本検討の主なフローを図-2に示す。

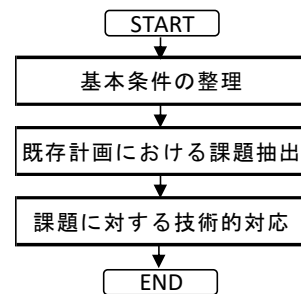


図-2 検討フロー

(2) 現地状況

(主) 豊田安城線に対して、一般県道 豊田安城自転車道線（以下、(一) 自転車道線とする。）と安城市道池浦新田2号線（以下、(市) 池浦新田2号線とする。）が西側で並走しており、(一) 自転車道線の下部に広域幹線用水管(φ2400)が埋設されている。(図-3参照)

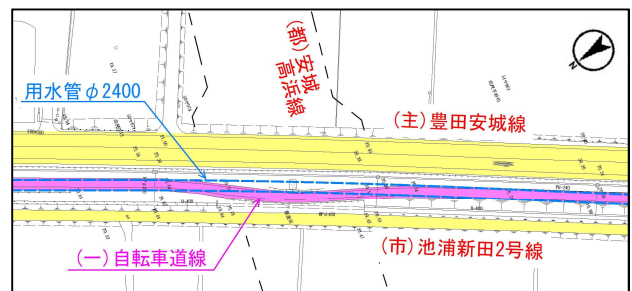


図-3 現況平面図

(3) 完成形に向けた嵩上げ工事

(主) 豊田安城線は、(都) 安城高浜線との交差点化に当たり、完成形では交差点付近の現道嵩上げ（最大嵩上げ高 50cm 程度）が必要となる。嵩上げ工事の際、

(主) 豊田安城線の通行止めが困難であることから、現道交通を確保した切り回し道路を整備する必要がある。（図-4、図-5 参照）

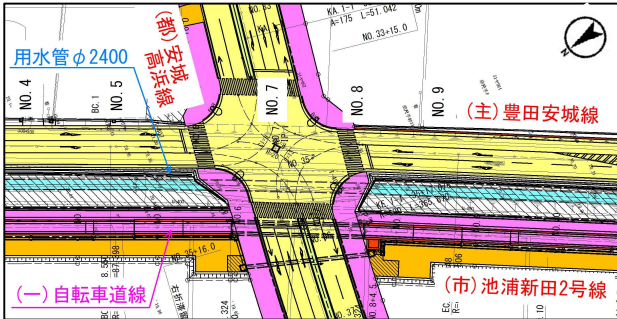


図-4 完成形平面図

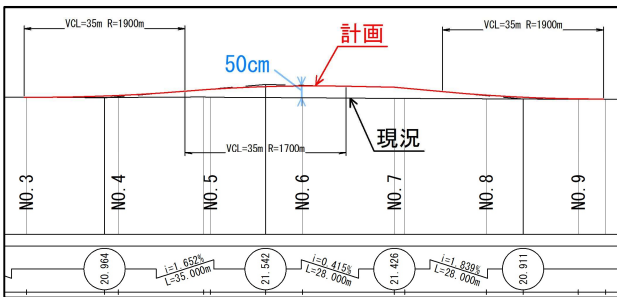


図-5 完成形縦断面図

(4) 用地制約条件

完成形では (一) 自転車道線と (市) 池浦新田 2 号線を現況より西側に移設する計画であり、移設後の (一) 自転車道線の西側端部までの用地を取得済みであるため、当用地を切り回し道路として利用可能である。（図-6 参照）

現道に対しては、西側（用水管側）に取得した用地があることから、切り回し道路は、現道の西側を利用して整備する。

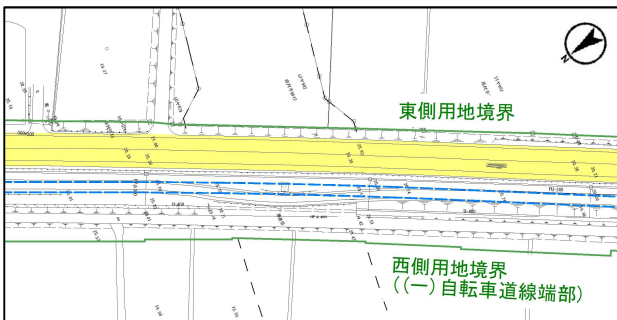


図-6 完成形の用地境界

(5) 用水管の防護

切り回し道路を現道の西側に整備するため、用水管

への輪荷重影響が懸念された。当事項については、用水管理者と協議を実施した結果、用水管に対して輪荷重影響が現況より大きくなる範囲（以下、荷重影響範囲とする。）には、管の防護を施すよう意見をえた。

なお、(都) 安城高浜線と用水管が直接交差する範囲については、用水管理者が管の補強を実施するため、今回の防護範囲から除外する。

(6) 設計条件

以下に、(主) 豊田安城線の切り回し道路の計画諸元を示す。

- ・現道交通量：8,655 台/日
- ・種級区分：第 3 種第 3 級
- ・設計速度：V=30km/h
- ・車線数：2 車線
- ・幅員構成：W=7.0m (0.5+3.0@2+0.5)
- ・供用期間：8 ヶ月間程度

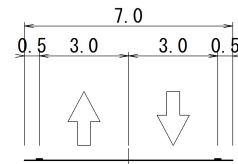


図-7 幅員構成

3. 既存計画における課題

(1) 長大な荷重影響範囲

既存計画の切り回し道路は、下記のコントロールポイントを遵守した上で、現道の 2 車線に対して S 字の平面曲線（半径 R=165m、曲線長 CL≥50m）を設けて、用水管を横断し、西側に切り回す計画としていた。（図-8 参照）

CP1：西側の用地境界

（完成形の (一) 自転車道線の端部）

CP2：東側端部に整備予定の L 型擁壁の施工ヤード

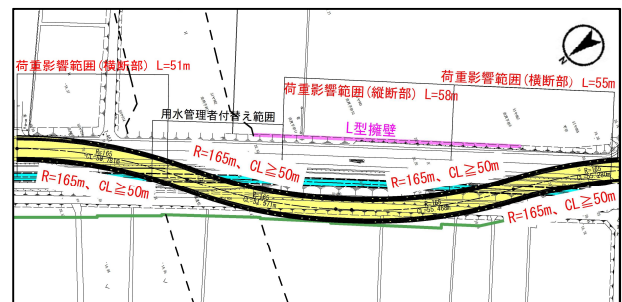


図-8 既存計画における切り回し道路

上記の切り回し道路は、並走する用水管と約 60m に亘って近接し、縦断的に輪荷重影響が及ぶことで、用水管防護の範囲が L=164m で長大となり、仮設費の増大が懸念されていた。

本設計では、仮設費の削減を図るため、限られた用

地の中で、用水管に対する荷重影響範囲の縮小が課題であった。

(2) 仮設構造物施工時における現道交通への影響

既存計画では、用水管の上部を切り回し道路が通過するため、仮橋による用水管の防護が計画されていた。(図-9 参照)

当構造では、中層地盤改良が必要な直接基礎が採用されており、地盤改良の位置は、用水管理者との協議で提示された用水管からの必要離隔を確保した位置としていた。必要離隔を確保した結果、地盤改良施工時において、現道の片側通行規制が必要となり、現道上での交通安全性が懸念されていた。

本設計では、現道交通への影響低減が課題であった。

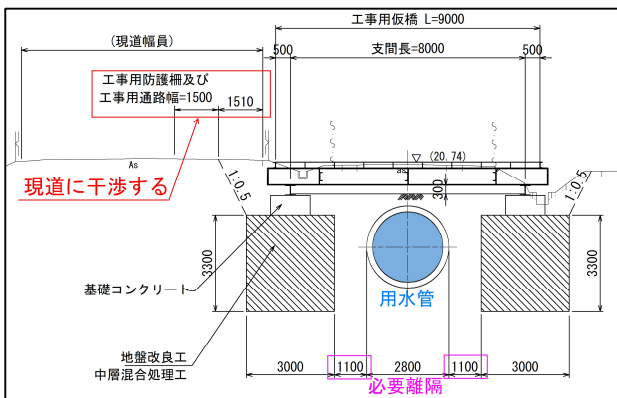


図-9 仮設構造物断面図 (直接基礎案)

4. 課題への技術的な対応策

(1) 道路の平面線形による対応

a) 最小曲線半径を用いた荷重影響範囲の縮小

はじめに、用水管の横断面付近での荷重影響範囲の縮小を目的に、設計速度 $V=30\text{km/h}$ の最小曲線半径 ($R=30\text{m}$) を用いた平面線形の採用を考えた。しかし、当線形では、以下の 2 点の理由より、交通安全性に問題があると考え、不採用とした。

- ・前後の比較的長い直線区間 (北側約 400m, 南側約 500m) に対し、小さい曲線半径が設置されること。
- ・設計速度 $V=30\text{km/h}$ の最小曲線長 ($L=50\text{m}$) を確保できないこと。

b) 対面セパレートによる荷重影響範囲の縮小

次に、用水管と並走し、縦断的に荷重影響が及ぶ範囲の縮小を目的に、平面線形を対面セパレートとする切り回し道路を提案した。

具体的には、現道の 2 車線の内、北行き車線のみ用水管を横断して西側に切り回し、南行き車線は、現道路路面内を利用する計画とした。(図-10 参照)

当線形では、北行き車線において、設計速度 $V=30\text{km/h}$ の最小曲線長 ($L=50\text{m}$) を確保した曲線半

径 ($R=160\text{m}$) を採用している。

その結果、用水管の横断面付近は、既存計画と同様に防護が必要となるが、用水管と並走する区間は、用水管へ荷重影響が及ばなくなり、荷重影響範囲の縮小 ($L=164\text{m} \rightarrow L=101\text{m}$) が可能となった。

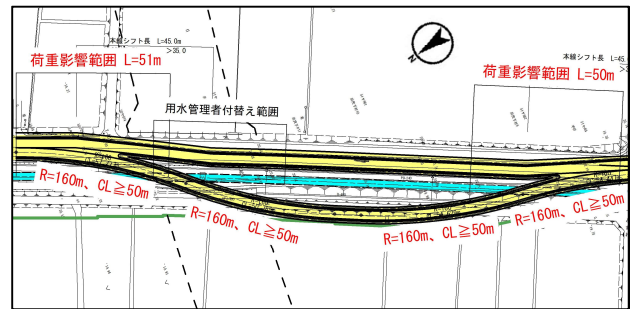


図-10 対面セパレートの切り回し道路

c) 安全施設の設置

対面セパレート区間の起終点には、線形誘導標やクッションドラム等の安全施設を設置し、交通安全性の確保に配慮した。

d) 施工ステップの立案

対面セパレートの南行き車線は、現道路路面内で整備することとなるが、切り回し道路の供用期間中は、現道上で嵩上げ工事が必要となる。

本設計では、走行車線の嵩上げ工事に対し、現道の交通を常時確保した以下の施工ステップを立案した。

- ・ステップ 1: 南行き車線を西側にシフトし、東側で工事を実施する。(図-11 参照)
- ・ステップ 2: 南行き車線を東側にシフトし、西側で工事を実施する。(図-12 参照)

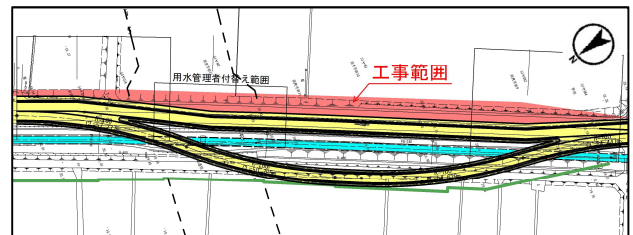


図-11 施工ステップ図 1

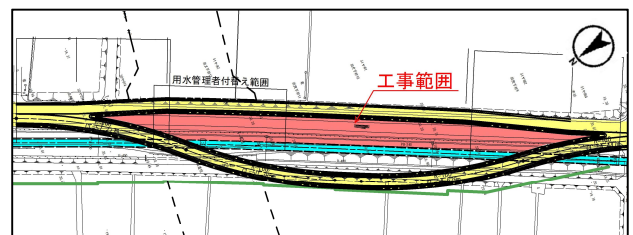


図-12 施工ステップ図 2

(2) 仮設構造物計画による対応

a) 鋼矢板基礎を用いた仮設構造物

既存計画において直接基礎が採用されていた仮設構造物計画に対し、用水管理者から求められる必要離隔を確保した鋼矢板基礎を提案した。(図-13 参照)

その結果、仮設構造物施工時における現道の片側通行規制が回避され、現道交通への影響低減を実現するとともに、施工期間が短縮された。

加えて、仮橋の幅員を縮小すること(W=9.0m→W=6.0m)ができ、防護範囲が縮小され、既存計画の直接基礎案に対し、仮設費が安価となった。

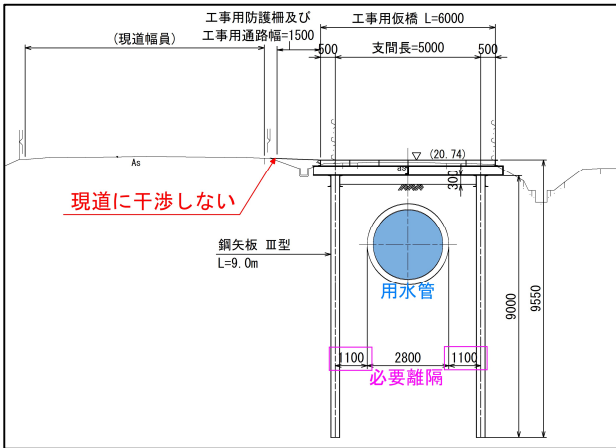


図-13 仮設構造物断面図(鋼矢板基礎案)

b) 鋼矢板の施工方法

鋼矢板の採用に当たっては、鋼矢板の引抜き後の空隙から発生する地盤沈下等が、用水管へ影響を及ぼす恐れがあった。

当問題に対しては、周辺地盤の変異を抑制するため、引き抜き後の空隙に充填材を圧送する「土留部材引抜同時充填工法」を採用することで対応した。(図-14 参照)

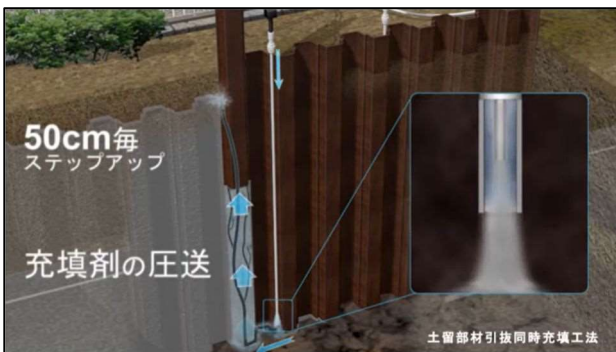


図-14 土留部材引抜同時充填工法のイメージ¹⁾

また、鋼矢板は周辺地盤との摩擦により支持力を確保するため、打ち込み時の工法については、パイブロハンマ工法等の振動が発生するものではなく、圧入工法を採用した。

c) 路面覆工の一部削除

用水管の防護範囲の内、仮橋の幅員が縮小となったことから、切り回し道路が仮橋の上部を通過せず、路面覆工を必要としない範囲が生じた。(図-15 参照)

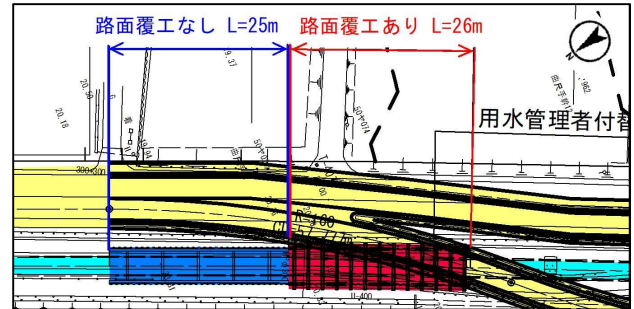


図-15 路面覆工の設置範囲

当範囲については、路面覆工を用いた仮橋とする必要がないため、切梁を用いて鋼矢板を接続する構造に切り替えることとした。(図-16 参照)

その結果、鉛直方向の荷重が減少し、鋼矢板の長さを短くすること(L=9.0m→L=7.5m)ができ、更なる仮設費の削減を可能とした。

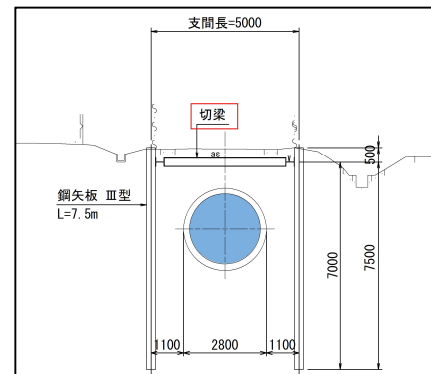


図-16 仮設構造物断面図(路面覆工なし)

5. おわりに

本設計では、既存の現道切り回し計画の課題に対して、切り回し道路の平面線形及び仮設構造物計画の2つの観点から技術的な対応策を提案した。

その結果、6千万円程度の仮設費の削減及び、仮設構造物施工時における現道交通への影響低減を実現し、経済性及び安全性の向上に配慮することができた。加えて、鋼矢板基礎の仮設構造物を採用することで、施工期間の短縮を可能とした。

また、提案した現道切り回し計画で、関係機関との協議を実施し、完了している。

参考文献

1) GEOTETS工法研究会：<https://www.hikinuki.jp/>

車両が衝突したPCT桁の復旧方法の検討

○池田翔平¹・小澤貴生¹・内山真人¹・林克弘¹・服部紗矢子¹

¹ (株) オリエンタルコンサルタンツ中部支社 (〒450-0003 愛知県名古屋市中村区名駅南2-14-19)

本稿は、車両の衝突により損傷した跨道橋（PCT桁）に対する復旧対策検討として、PC桁部材の有効プレストレスを把握することを目的に現地詳細調査（残存プレストレス調査など）を実施し、損傷したPCT桁の現有耐力を判定した上で、桁の補強補修対策を検討、設計した事例を報告するものである。桁の補強は、桁下高への影響を最小限にした炭素繊維シート接着工法とし、ひび割れ補修、断面修復および剥落防止工による補修を設計した。工事は、桁下道路を供用しながらの施工となるため、道路管理者と協議して吊り足場による施工とし、施工時の安全対策および施工計画を策定した。

Key Words : ポストテンションT桁, 残存プレストレス調査, 補修設計, 炭素繊維シート接着工法, 施工計画

1. 橋梁の概要

図-1に橋梁一般図の側面図および断面図、写真-1、2に橋梁架設状況を示す。本橋梁は国道23号（豊橋東バイパス）を跨ぐ、2005年に建設された単純PCポストテンションT桁橋（A活荷重）である。橋梁の構造は橋長27.5m、桁高1.6m、4主桁となる。また、桁下クリアは最小部で4.7mに対して余裕がない。国道23号は交通量の多い国道であり橋梁の西側にランプが近接する。（図-2）

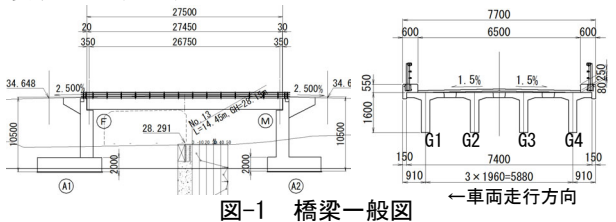


図-1 橋梁一般図



写真1 名古屋側から橋梁を望む 写真2 浜松側から望む

2. 損傷の状況

(1) 損傷調査概要

国道23号上り線を走行する車両に積載した重機が本橋に接触し、主桁の一部が損傷した。接触により広範囲のコンクリートひびわれや剥離・剥落が生じ、シース管が露出した。PCT桁の損傷状況を確認し、桁の補強検討時の基礎資料を得ることを目的とし、近接目視による詳細調査を実施した。

(2) 損傷調査結果

損傷状況については、図-3、4、写真-3のようにG1、G3桁で主桁の断面欠損（最大約14%欠損）が確認された。G2、G4桁の損傷は微小で、かぶりコンクリートの一部が欠けた程度であった。損傷状態から車両に積載した重機がG3桁に衝突、バウンドしG2桁下を通過して桁下が最も低いG1桁に衝突したものと想定される。

損傷が大きいG1、G3桁ではシース管の露出が見られた。車両衝突直後の調査にてシースをはがしPC鋼材自体に損傷が見られないことを確認した。一部の鉄筋の破断と変形が見られた。（写真-3）損傷部以外は、構造上影響のある損傷が見られず、異常なたわみや沈下はないことを確認した。

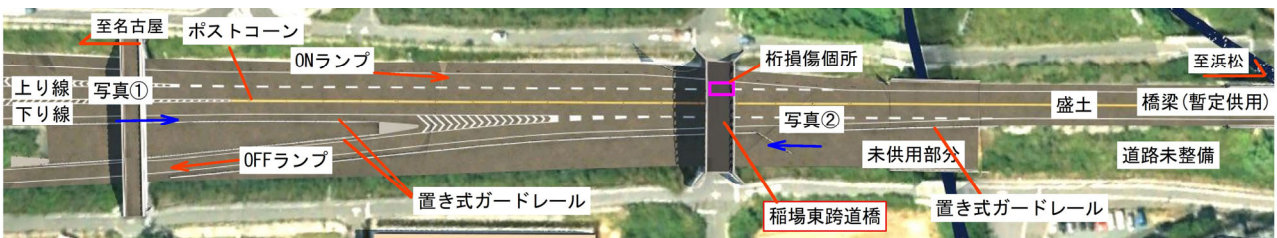


図-2 周辺状況図

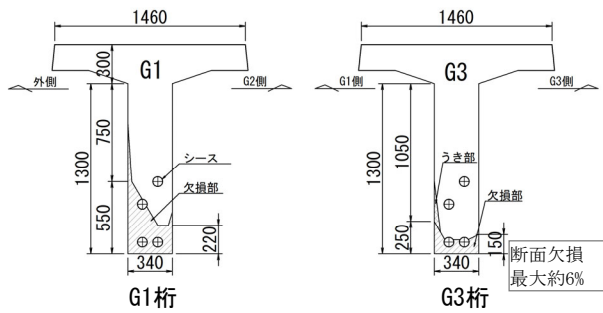


図-3 主桁欠損部断面図(最大欠損断面)



図-4 G1桁(桁側面・下面)

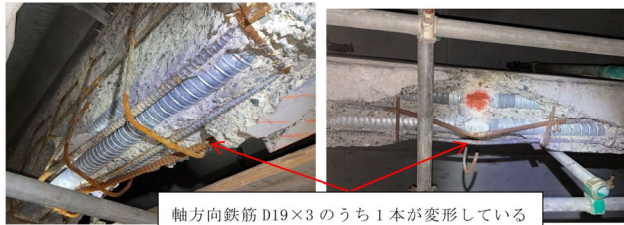


写真-3 断面欠損部の鉄筋の損傷状況

3. 残存プレストレス量調査

(1) 調査目的

PC桁が衝突を受けたことにより、プレストレス量が低下し、主桁耐力が不足している可能性があった。補強・補修設計の検討にあたり、残存プレストレス量を調査し、桁の現状の保有耐力を確認することとした。

(2) 調査方法

調査方法として主に以下の3つ方法があげられる。

- ・「スリット応力解放法」(NETIS:CG-160009-A)
- ・「コア応力解放法」(特許第5095258号)
- ・「スロットストレス法」

主桁への損傷を重要視し施工性、経済性に優れる「スリット応力解放法」を適用した。

(3) 調査位置の選定

調査位置は下記の通り設定する。

- ・調査位置は、部材計算で応力算出している支間中央部、G1桁は損傷部を挟んで始点側に1/8L(L:支間長)地点を追加で実施した。
- ・中間横桁部分は応力が分散する可能性があるため、横桁より0.5~1.0m程度離れた。
- ・計測精度により桁の損傷やひび割れが発生した部分では調査ができないため、主桁にひび割れや損傷が無い部分とした。

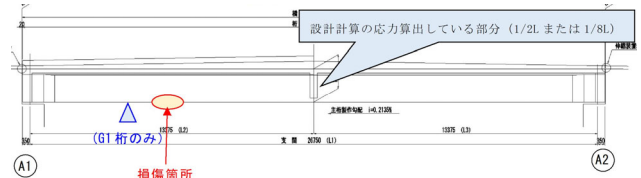


図-5 調査位置(側面図)

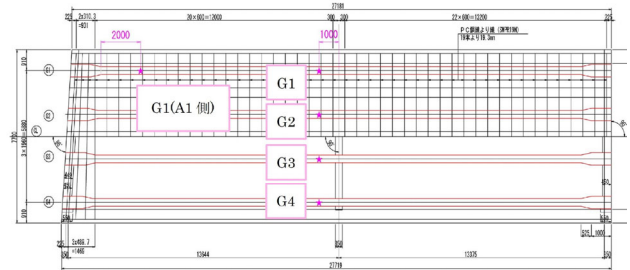


図-6 調査位置全体平面図

(4) 残存プレストレス量調査結果

残存プレストレス量の調査結果概要を以下に示す。

- ・G1, G3桁は調査値と設計値の比率が約7割であり、プレストレス量の減少が考えられる。
- ・死荷重時には、4主桁とも残存プレストレス量調査値は、死荷重時の主桁下縁圧縮応力度の設計許容値内であるため、死荷重時の耐力は確保されていると判断される。
- ・G2桁の残存プレストレス量調査値は設計値を満足している。
- ・G4桁(支間中央)の残存プレストレス調査値が設計値に比べ低用量が微小であるが、計測誤差範囲内と判断する。(計測・解析誤差4~8%)²⁾

表-1 残存プレストレス調査結果と設計値との比較結果

主桁	測点	死荷重時下縁 曲げ応力度(N/mm ²)			耐力への 影響
		調査値	設計値	調査値/ 設計値	
G1	支間中央	3.48	4.773	0.729	耐力低下
G1	支間1/8	8.41	6.260	1.343	なし
G2	支間中央	5.57	4.327	1.287	なし
G3	支間中央	3.48	4.327	0.804	耐力低下
G4	支間中央	4.70	4.773	0.985	なし

表-2 調査計測値+活荷重の合成応力度(G1, G3桁)

主桁	測点	調査計測値+活荷重の 下縁合成曲げ応力度(N/mm ²)				
		荷重	調査値	許容値	許容値との差	判定
G1	支間中央	死荷重	3.48	0.00 σ_c <math><14.00</math>	3.48	OK
		活荷重	-6.29	-	-	-
		合成応力度	-2.81	-1.50 σ_c <math><14.00</math>	-1.31	NG
G3	支間中央	死荷重	3.48	0.00 σ_c <math><14.00</math>	6.48	OK
		活荷重	-5.64	-	-	-
		合成応力度	-2.16	-1.50 σ_c <math><14.00</math>	-0.66	NG

(5) 現況照査結果と判定

現況耐力照査結果を以下に示す。

有効プレストレスが低下したG1, G3桁は、死荷重

に対しては耐力を満足するが、設計荷重時において支間中央の曲げ応力度、及び欠損断面の曲げ・せん断応力が許容値を超過する結果となった。

G1桁の軸方向鉄筋破断(1本/3本)は最小鉄筋量1本以上が健全であるため、せん断耐力に影響はない。ただしスターラップの破断が見られるため破断した鉄筋分の補強(復旧)が必要であった。

表-3 現況照査結果(G1, G3桁)

	照査項目	死荷重	設計荷重時	適用
支間中央	曲げ引張応力度	○	NG	①曲げ補強
	曲げ終局耐力	○	○	
	曲げ圧縮応力度	○	○	
	斜引張応力度	○	○	
	せん断破壊	○	○	
欠損断面	曲げ引張応力度	○	NG	②曲げ補強
	曲げ終局耐力	○	○	
	曲げ圧縮	○	○	
	斜引張応力度	○	NG	③せん断補強
	せん断破壊	○	NG	

4. 復旧方法対策検討

(1) 本復旧方法の検討概要

現況照査結果をもとに補強対策箇所を図-7に示す。曲げ耐力が不足するため曲げ補強を検討した。曲げ補強範囲については、既設断面と補強断面で剛性を変化させないため、部分的でなく全長補強をする。

せん断補強については、欠損部から有効高分の範囲に補強を行う。なお欠損部にスターラップの破断や変形がみられるので、補強するせん断力は斜引張鉄筋が負担する全せん断力とした。

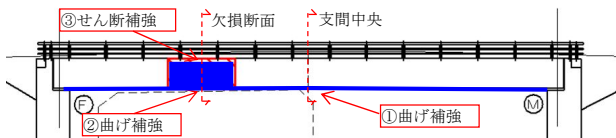


図-7 主桁補強概要

(2) 主桁復旧方法の検討

主桁の耐力復旧方法として、表-4に示す案にて比較検討した。現状の路面～桁下高は4.79mであり、余裕高が90mmと小さい。建築限界をクリアし、下部工への影響が小さく、維持管理性・経済性に優れた「第2案：炭素繊維補強案」を採用した。

炭素繊維シートの補強量は、曲げ補強(桁下面)として高弾性型(目付量900g/m²)×4層、せん断補強として高強度型(目付量200g/m²)×1層とした。

外ケーブル補強については、オーバープレストレスの可能性が懸念されるため採用不可とした。

表-4 主桁の耐力復旧方法比較

	第1案 鋼板接着案	第2案 炭素繊維補強案	第3案 RC増厚案
概要			
桁下高	鋼板接着工法の厚みは50mm程度、残りの余裕高40mm	炭素繊維補強の厚みは20mm程度、残りの余裕高70mm	RC増厚は厚は200mm以上、桁下高4.7m以上確保できない
維持管理性	定期的な塗り替えが必要	剥落防止対策により劣化防止が可能	剥落防止対策により劣化防止が可能
下部工への影響	1主桁あたり5.4t増加	1主桁あたり0.1t増加	1主桁あたり4.8t増加
経済性	(1.42)	(1.00)	—
評価	○	○	○

(3) 断面修復工法

断面修復工の施工法については、補修面積が大きいこと、また充填工法は、既設のヤング係数と同等かつコンクリート強度40N/mm²の確保が困難であることから、左官工法と吹き付け工法による対応とする。

(4) 断面修復工法、ひび割れ注入

損傷を受けたG1, G3桁の補修は、断面修復後にひび割れ注入を行う。断面修復材と既設コンクリート界面にIPH工法による注入(IPH工法「内圧充填接合補強」)を行う。

桁内部には微細なひび割れが生じていることが想定され、内部に生じた微細な空隙を充填し、また断面復旧部を確実に接合することが重要である。IPH工法は微細なひび割れ・深部まで充填が可能で復旧断面との海面の付着にも有効である。

本橋の復旧工のフローを図-8に示す。

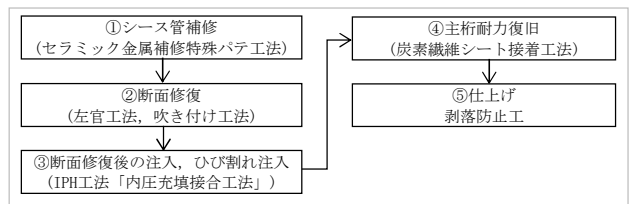


図-8 復旧工フロー

5. 施工計画

(1) 枠組み足場による施工検討(車線シフト)

本橋梁の施工時において桁下作業する場合、建築限界に制約を受ける。本橋梁の近辺には国道23号を通行する大型車両が迂回できる代替路がないことから、国道23号を通行止めしないで施工する必要があった。本復旧工事は断面修復、ひび割れ注入工、炭素繊維シート接着であり、1夜間施工(実作業時間:3時間)は困難である。炭素繊維シート施工では橋軸方向に施工ヤードが必要であるため、枠組み足場にて施工する場合は複数車線の規制が必要となる。以上のことから、車線シフトによる施工方法を検討した。

車線をシフトする場合は、図-9に示すように本線盛土に加え道路標識の移設が必要である。標識基礎は路面高と同じ高さであり、アンカーボルト分の路面高を上げる盛土が必要になる。よって全線通行止めが必要となるため、施工時に車線シフトする案は採用不可とした。

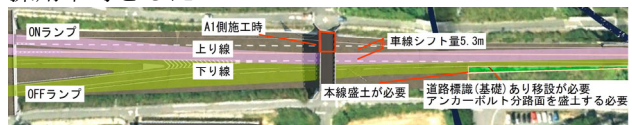


図-9 A1側施工時車線シフト平面図(V=40km/h)

(2) 吊り足場による施工検討

施工概要図を図-10~12に示す。吊り足場は、桁下の建築限界に対して余裕高が少ないため、最低限必要な作業スペース(ひび割れ注入工の注入器)を確

保した足場を提案した。

足場は桁下より作業スペース300mmを確保した作業床高で桁下道路管理者と協議し、桁下道路との桁下高4.2m（高さ制限4.1m+0.1余裕高）を確保することとした。これにより日中でも桁下道路の制約を受けず、足場上で連続した施工が可能となった。また、施工性向上の観点から、各桁間への移動をするため両端の橋台堅壁の前面には枠組み足場を計画した。

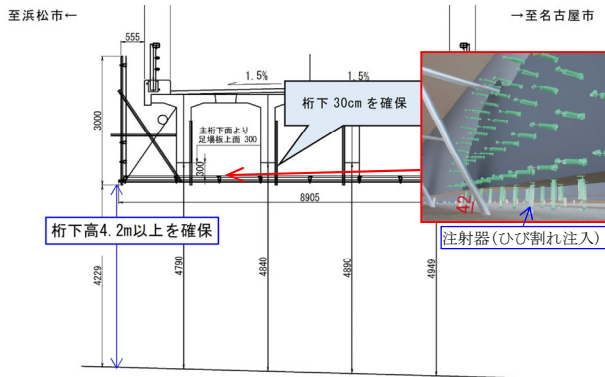


図-10 吊り足場設置断面図

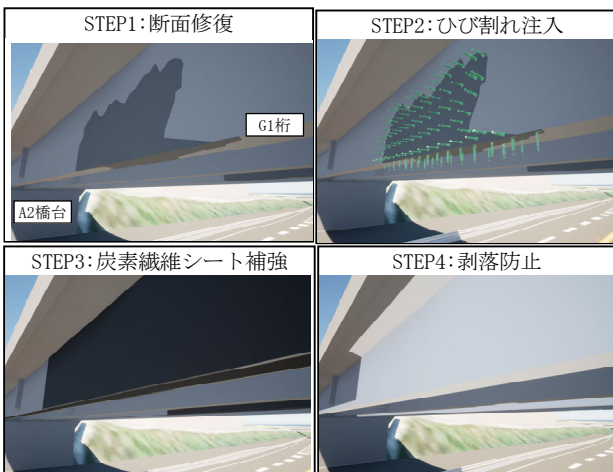


図-11 主桁補強概要図

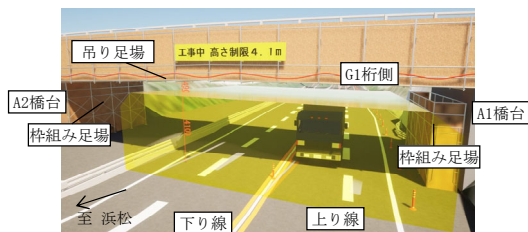


図-12 CIMによる施工状況確認

(3) 施工検討と施工時の安全対策

本工事の施工フロー図を図-13に示す。

着色の工種は片側車線規制が必要になるため、夜間作業とする。

国道23号は大型車両の交通量が多く、足場設置により桁下の高さが減少するため、万が一特殊車両が通行する際は、吊り足場に衝突するリスクが増加することが問題であった。これに対して工事期間中は、

表-4に示すような安全対策を提案し採用された。

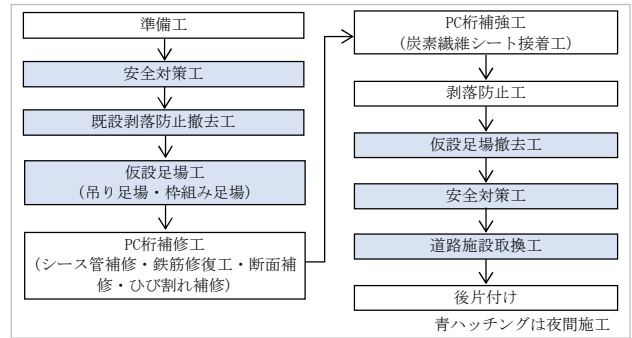


図-13 全体施工フロー図

表-4 施工時安全対策

安全対策	場所
①高さ制限の注意喚起	工事箇所
②走行車両への事前通知と退避	上り線：野依I.C.、七根I.C. 下り線：細谷I.C.、豊橋東I.C.、小松原I.C.
③走行車両への高さ制限の広域周知	工事箇所から7km程度先
④吊り足場上の作業員の事前退避	工事箇所付近
⑤作業時の交通規制 (夜間片側通行規制)	工事箇所※やむを得ず道路を占有して作業する場合で短期的な作業

6. まとめ

PCT桁が衝突を受け損傷したことにより、プレストレス量が設計値よりも低下した橋梁の復旧検討を実施した。現有耐力の評価のため、残存プレストレス量を調査し、必要な補強量を算出し、現地条件に対して実現可能な補強方法及び施工方法を計画することができた。

今後、同様な損傷に対する補修設計を実施する際に、参考になれば幸いです。

謝辞：本業務実施にあたり、施設管理者である豊橋市役所をはじめ、PC建設業協会中部支部、国土交通省防災ドクター 名古屋大学大学院 中村光教授の指導と、国土交通省名古屋国道事務所 東三河維持出張所の施工計画に関する助言等、関係者の皆様にご協力をいただき感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 笹田航平: 重機を積載したトレーラーの接触により損傷したPC橋りょうの復旧事例, 令和2年度土木学会全国大会 [I-393], 2020.9
- 2) 肥田研一: 塩害損傷を受けたプレテンションPCT桁の残存プレストレス調査と補強設計報告, プレストレストコンクリート工学会 第24回シンポジウム論文集, 2015.10
- 3) 建設省土木研究所構造橋梁部橋梁研究室 炭素繊維補修・補強工法技術研究会: コンクリート部材の補修・補強に関する共同研究報告書(Ⅲ), 炭素繊維シート接着工法による部材の補修・補強に関する設計・施工指針(案), 1999

本線への圧密沈下影響の低減に配慮した 新設ランプ構造の検討

○山田悠暉・関口貴志・中村治・山本高由・水谷和真

中日本建設コンサルタント株式会社（〒460-0003 愛知県名古屋市中区錦1-8-6）

本業務は、暫定2車線で供用中の自動車専用道路における完成4車線化に向けた本線及びインターチェンジ（IC）の詳細設計である。当該箇所の地盤は、超軟弱層が厚く堆積しており、対策済みであるI期線盛土の外側での道路構築に当たっては、圧密沈下の懸念があった。本稿では、新設ランプ構築による本線への圧密沈下影響の低減等に配慮した合理的な道路構造の検討を行った内容について述べる。

Key Words : 軟弱地盤, 圧密沈下, 軽量盛土, 長期安定性,

1. はじめに

(1) 業務概要

一般国道1号藤枝バイパスは、静岡県藤枝市仮宿から島田市野田に至る延長L=10.7kmの自動車専用道路であり、国道1号の交通渋滞の改善による企業活動の支援および市街地の交通安全の確保等の役割を担う路線である。本業務の対象である広幡ICは、日本道路公団が管理する有料区間の一部として昭和56年に暫定2車線供用が開始された後、平成17年3月に国土交通省へ移管されると同時に全線無料化となったため、交通量が増大しており、現在では日本の大動脈の役割を担っている。このような交通量の多い主要幹線の一般道では、長期安定性と維持管理の容易性を兼ね備えた道路構造が求められる。

本業務は、一般国道1号藤枝バイパスの広幡IC区間の本線およびICを対象に、完成4車線化と新東名高速道路の藤枝岡部IC方面との直結化に必要な各種詳細設計を実施したものである（図-1）。



図-1 業務位置図

本報告では、軟弱地盤上に位置する広幡ICにおいて、供用中の本線の盛土法面上に新設するCランプを対象に、道路構造の検討を行った内容について述べる（図-2）。

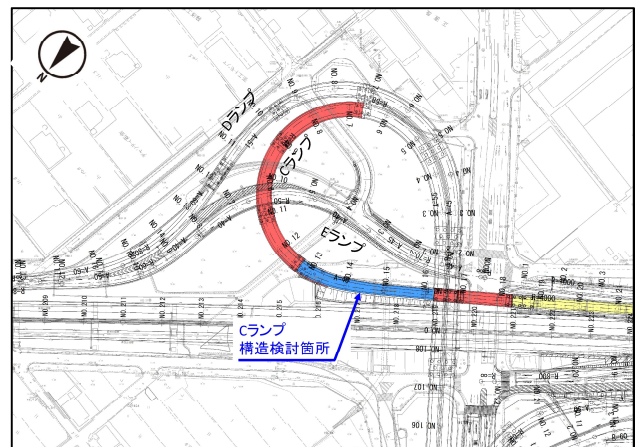


図-2 Cランプ構造検討箇所位置図

2. 基本条件の整理

(1) 設計条件

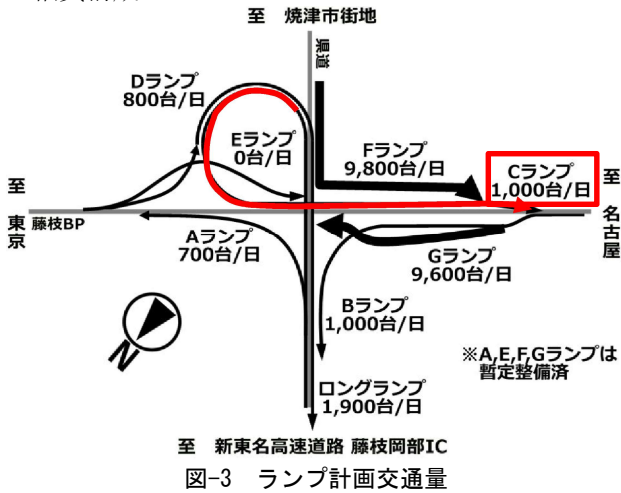
以下に、一般国道1号藤枝バイパス本線および広幡ICの計画諸元を示す。

《一般国道1号藤枝バイパス》

- ・計画交通量 : 68,500台/日 (R12推計値)
- ・種級区分 : 第1種第3級
- ・設計速度 : V=80km/h
- ・車線数 : 完成4車線
- ・幅員構成 : W=20.0m

《Cランプ》

- ・計画交通量 : 1,000台/日 (R12推計値) (図-3)
- ・ランプ種別 : B規格
- ・設計速度 : V=40km/h
- ・幅員構成 : W=5.5m



(2) 検討フロー

本検討の主なフローを図-4に示す。

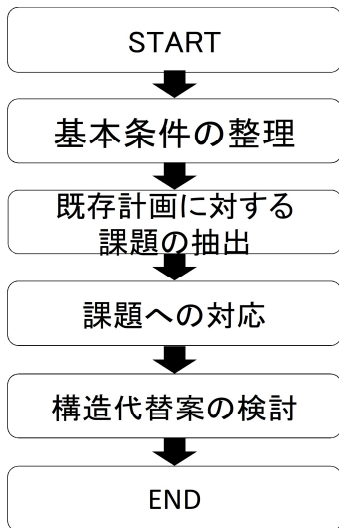


図-4 検討フロー

3. 既存計画に対する課題の抽出

本業務では、詳細設計着手に先立って既存計画の精査を行った。なお、過年度では図-5に示すとおり、本線に対する腹付け盛土でCランプを構築し、本線盛土法尻付近で補強土壁による土留めを計画していた。

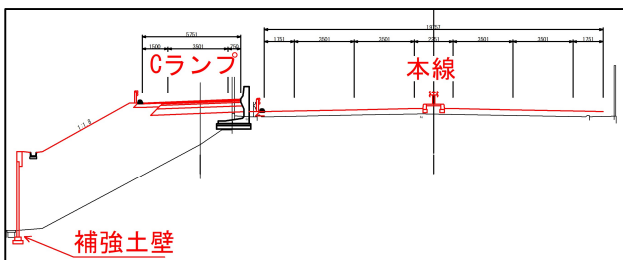


図-5 既存計画横断面図

a) 軟弱な地盤条件

Cランプの構造検討箇所付近の地盤は、図-6に示すように擁壁の支持層として期待できるAg層がGL-39m程度と深く、当該層の上には圧密沈下の原因となる超軟弱層 (Ac,Apt) が厚く堆積している。そのため、ランプ盛土を行った場合、供用中の本線盛土の連れ込み沈下が懸念された。

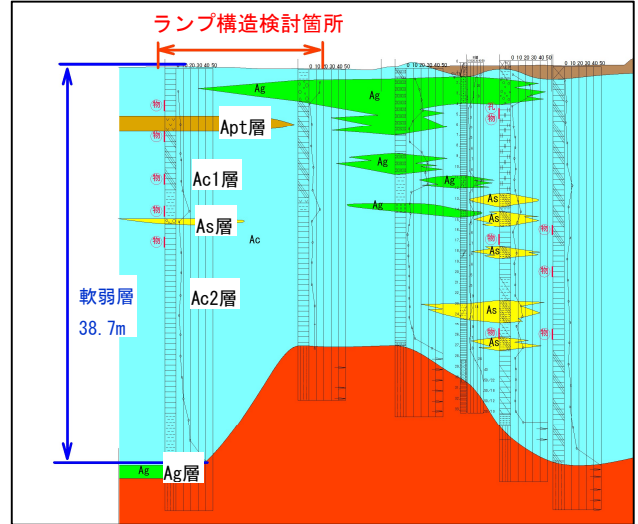


図-6 推定地質縦断面図

b) 地盤改良済みの地盤の評価

当該箇所付近の本線下部には、I期線建設当時(昭和52年)に軟弱地盤対策として、サンドコンパクションパイル工およびサンドドレーン工が行われている(図-7)。ただし、構造検討にあたっては、圧密促進工法が実施されている盛土下の地盤の強度増加を正しく評価する必要がある。

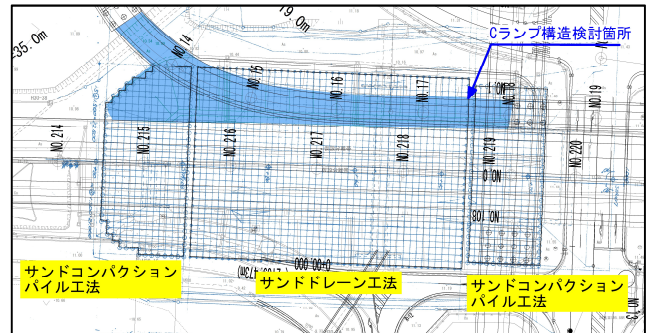


図-7 I期線施工時の竣工図

c) 既存計画での試算

既存計画に対し、本線の圧密沈下量をやや近傍の地質調査結果(表-1)を用いて試算したところ、本線法肩部で22.4cm程度沈下することが分かった(図-8、図-9)。

表-1 近傍の地質調査箇所での土質定数

地層名称	γt (km/m ²)	圧縮指数Cc
Bg	18.2	0.0000
Ac1	17.2	0.6500
As	18.2	0.0000
Ac2	18.2	0.5500

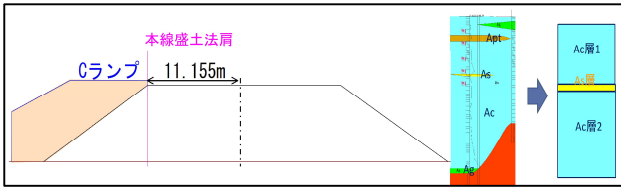


図-8 試算時の計算モデル

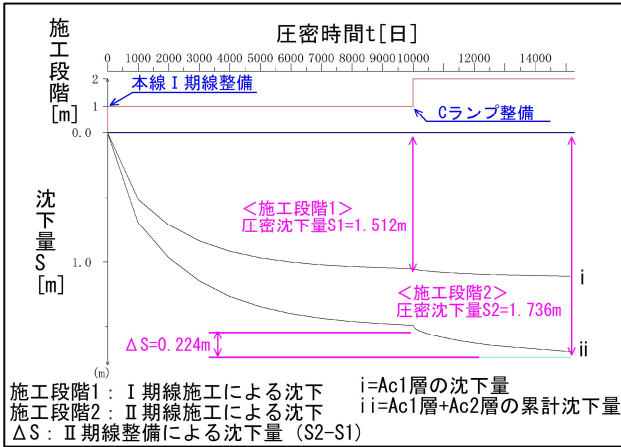


図-9 残留沈下量の試算結果

以上より、改良済み地盤を適切に評価しつつ、本線への圧密沈下影響の低減を考慮した合理的なランプ構造の立案が課題となった。

4. 課題への対応

(1) 改良地盤に対する地質調査の提案

ランプの構造検討に先立ち、既存の本線盛土周辺の現地調査を行い、橋台巻込み部のブロック積や本線横断BOX等に目立った損傷や変化がなく、本線直下の圧密沈下が収束していることを確認した。その上で改良済み地盤の強度増加後の土質定数を把握するため、本線盛土上での地質調査を提案した。

実施された地質調査位置を図-10に、室内試験で得られた土質定数及び圧密試験結果を表-2に示す。

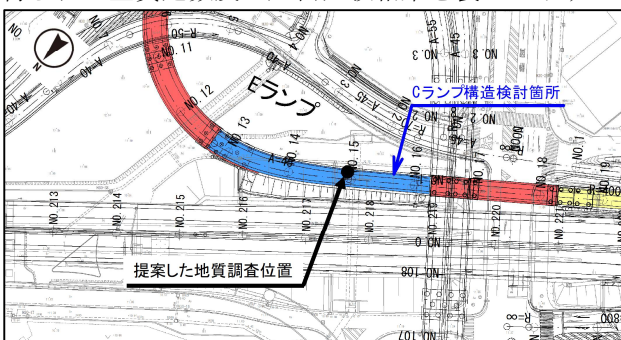


図-10 地質調査位置図

表-2 土質定数

地層名称	γt (km/m ²)	圧縮指数Cc
Bg	19.0	0.0000
Apt	15.0	0.7910
Ac1	18.0	0.4090
Ac2	18.0	0.4190

※ (Ac1, Ac2層の強度増加を確認)

(2) 道路構造の検討

新設するCランプの構造については、比較代替案として地盤改良+擁壁案、軽量盛土案(EPS工法)、橋梁案の3案を検討した。ここで、本線に対する許容沈下量の目安値としては、交通量の少ないCランプは一般的な30cmとし、本線については路線の機能上、長期間の交通規制が難しいと判断し、オーバーレイ程度の補修対応を念頭に10cm程度とした。

a) 第1案：地盤改良+擁壁案

当案は本線盛土下以外の範囲を地盤改良することで、Cランプ整備による圧密沈下を低減するランプ構造である。

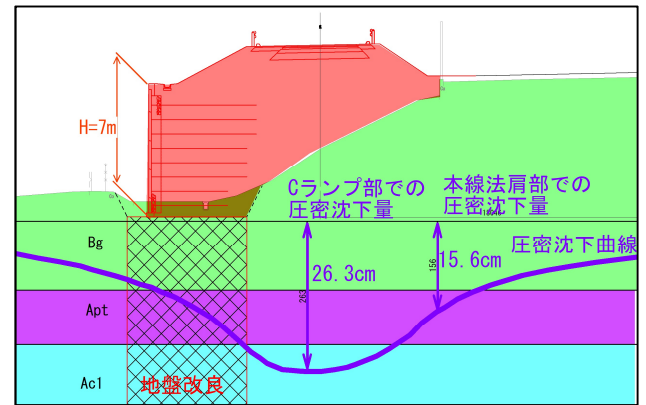


図-11 地盤改良+擁壁案

地盤改良+擁壁案は土工主体であるため、維持管理が容易であるものの、Cランプに対する圧密沈下量は $H=26.3\text{cm}$ と許容値に収まらなかったが、本線法肩部の圧密沈下量は $H=15.6\text{cm}$ となり、本業務で設定した目安値を満足することができなかった(図-12)。

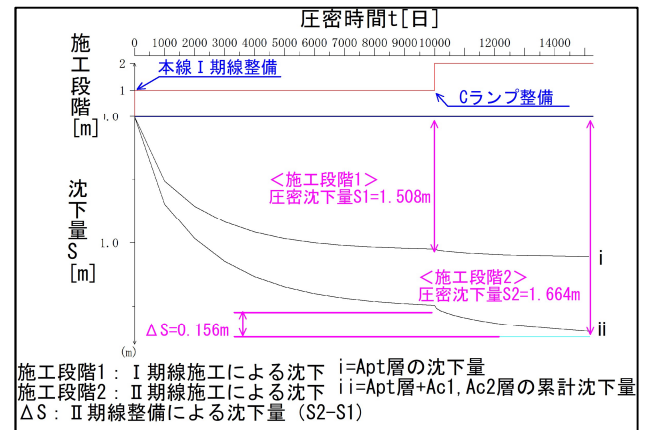


図-12 圧密沈下量の算定結果

b) 第2案：軽量盛土案(EPS工法)

当案は第1案に対して、本線法肩部の圧密沈下量の低減を目的として、EPSブロックを用いて盛土を構築する案である。

軽量盛土工法の範囲の設定にあたっては、ランプ構築による荷重増加分を相殺するため、現況法面を一部撤去することで、本線への圧密沈下の影響を抑える構造とした。その結果、本線の残留沈下量は $H=2.3\text{cm}$ 、Cランプに対する沈下量は $H=3.6\text{cm}$ となり、本業務で設定した目安値を満足した(図-13)。

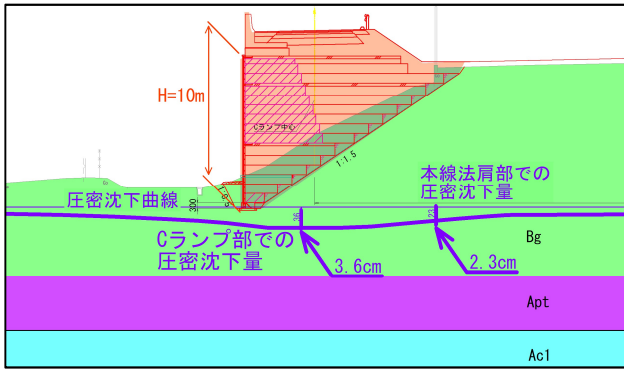


図-13 軽量盛土案

C) 第3案：橋梁案

当案は交通量の多い本線への圧密沈下影響を回避するため、Cランプを前後の橋梁区間と連続させた橋梁構造とする案である。

(3) 比較検討

a) 評価項目

本検討の選定要件は、以下の通りとする。

- ・本線への影響：当該ランプ構築による本線の圧密沈下量が小さく、維持管理が容易で長期安定性が確保しやすいこと
- ・経済性：より安価であること

b) 比較結果

上記の選定要件にて比較検討した結果、本線への沈下影響が小さく、かつ経済性で最も優れる第2案（軽量盛土案）を採用することとした（表-3）。

(4) 斜面安定検討

採用した構造は、既存本線盛土への新設擁壁であるため、常時および地震時（レベル2地震動）の2ケースで斜面安定計算を実施し、全体安定性に問題がないことを確認した（図-14）。結果を以下に示す。

ケース① 常時（緑）： $F_s = 1.63 (\geq 1.2)$

ケース② 地震時（青）： $F_s = 1.10 (\geq 1.0)$

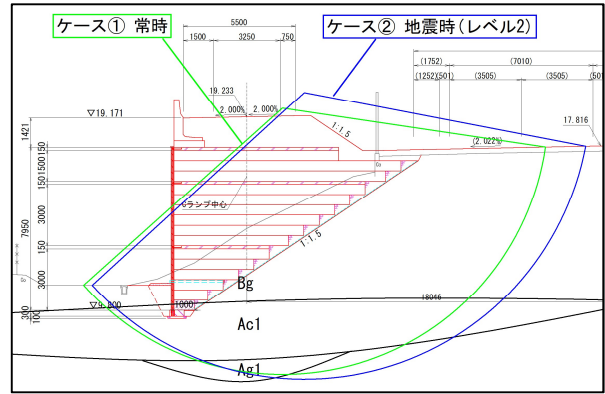


図-14 斜面安定検討図

5. おわりに

本稿で提示した圧密沈下量は机上の計算値であるため、実際の施工にあたっては、動態観測により本線への沈下影響を把握する必要がある。また、軽量盛土の採用に関して、Cランプの大型車交通量が300台/日程度と少なく、かつ万一維持補修が必要となった場合でも図-15に示す迂回が可能であるため、維持管理上の問題は小さいと判断した。

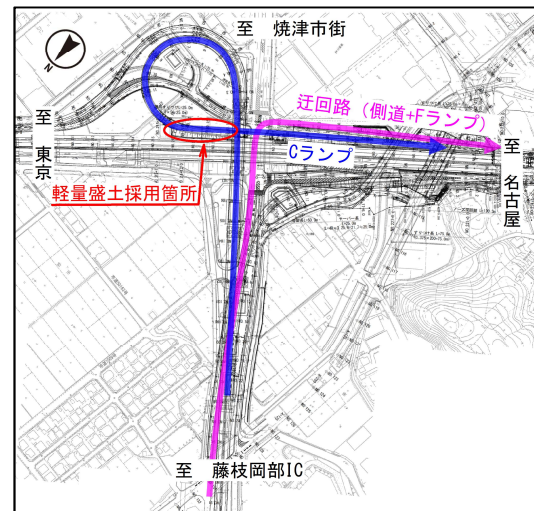


図-15 Cランプ通行止時の迂回路

表-3 道路構造比較表

	第1案：地盤改良+擁壁案	第2案：軽量盛土案(EPS工法)	第3案：橋梁案
模式図			
本線への影響 (維持管理性・長期安定性)	・残留沈下量： $H_{max} = 15.6\text{cm} (> 10\text{cm})$ △	・残留沈下量： $H_{max} = 2.3\text{cm} (\leq 10\text{cm})$ ○	・残留沈下量： $H = 0\text{cm}$ ○
経済性(概算工事費)	1m当たり単価 4,309 千円 (1.36) △	1m当たり単価 3,176 千円 (1.00) ○	1m当たり単価 4,457 千円 (1.40) △
総合評価	△	○	△

軟弱地盤及び林道等の交差条件を踏まえた 鋼少数主桁橋の詳細設計

○荒木麻里¹・成川幸宏¹・成田将典²・伊澤公太郎¹

¹協和設計（株）名古屋支店（〒460-0002 愛知県名古屋市中区丸の内1-10-29）

²協和設計（株）本社（〒567-0877 大阪府茨木市丑寅2-1-34）

本業務は、高低差が約30mの急峻な山岳地に架かる鋼3径間連続非合成少数主桁橋（L=140m）の詳細設計業務である。追加地質調査の結果、架橋地全域に地表から深度10mほどの軟弱層が堆積することが判明した。そこで、架設方法や進入方法に着目し、橋梁形式を見直した。施工性やコストを含めた橋梁形式選定を実施することで、各種課題を解消することができた。

Key Words : 鋼少数主桁橋, 軟弱地盤, 側方流動, 施工計画

1. 橋梁概要

架橋地は、急峻なV字谷に位置し、主な交差物件は、林道2本と普通河川である。林道は、A1～P1橋脚間及びP1～P2橋脚間で交差する、幅員の狭い未舗装道路である。普通河川は、市管理の河川で砂防指定地内に流れる、河道幅の狭い河川である。架橋位置付近は流向屈曲部である。

道路整備計画において完成形は4車線整備であるが、本橋は暫定2車線整備計画のⅠ期線（下り線）橋梁として計画する（図-1）。

橋梁一般図を図-2に示す。

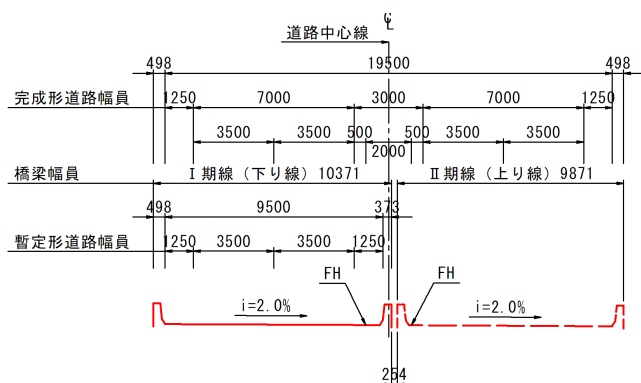


図-1 橋梁幅員構成

橋梁諸元を表-1に示す。

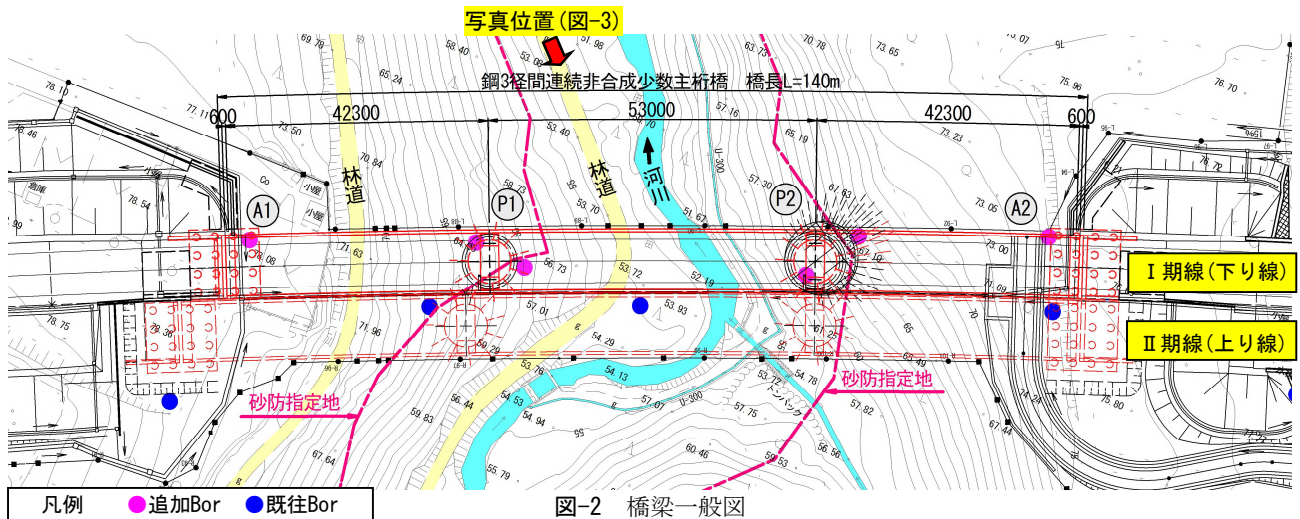
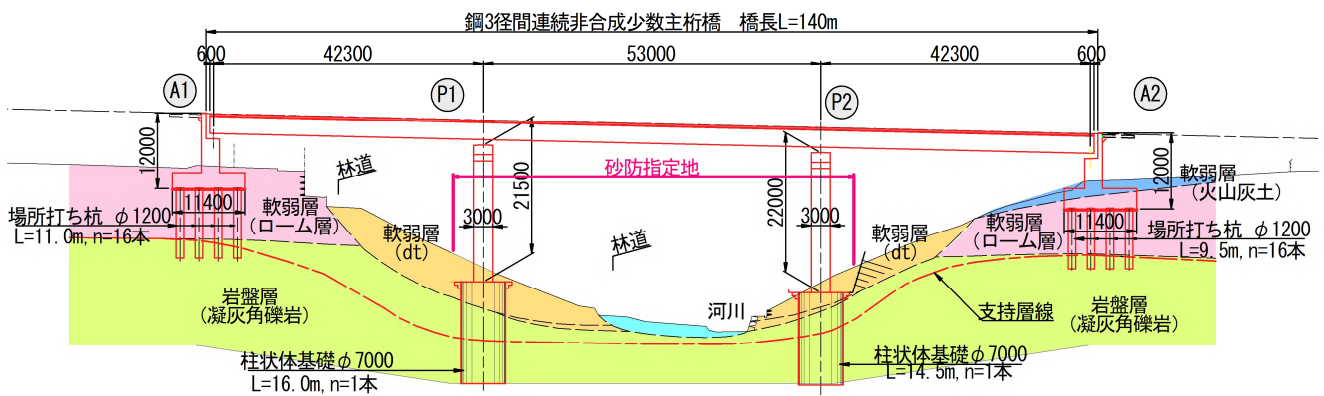
表-1 橋梁諸元

道路規格		第1種第3級
橋梁形式	上部工	鋼3径間連続非合成少数主桁橋
	下部工	橋台：逆T式橋台 橋脚：張出式橋脚
	基礎工	A1, A2橋台：場所打ち杭φ1200 P1, P2橋脚 柱状体基礎φ7000
橋長		140m
支間長		42.3m+53.0m+42.3m
幅員	全幅員	10.371mm
	有効幅員	9.5m（暫定供用時）
架設工法		トラッククレーンベント架設
平面線形		R=2250m
縦断勾配		i=2.280%（∨）
横断勾配		i=2.000%（∨）
斜角		90°
重要度		B種
支持層		凝灰角礫岩（N値≥50）
地盤種別		I種・II種混合地盤

2. 橋梁計画における課題の整理

(1) 予備設計

予備設計では、橋梁形式はPC3径間箱桁橋、上部工架設方法は支保工架設、進入方法は林道を拡幅整備し桁下から進入する方法が提案されていた。



(2) 地質調査結果

橋梁詳細設計に先立ち、追加地質調査を実施したところ、架橋地周辺の表層は、深度10m程度の軟弱層（N値1～3程度）に覆われていることが判明した。

(3) 既往計画における設計上の課題

地質条件及び現地状況を踏まえた上で、予備設計の結果を踏襲する場合、以下の課題が生じる。

- ・架設方法—支保工基礎の大規模化
- ・進入方法—林道の大規模な拡幅、現況復旧困難

架橋地全域に地表から軟弱層が10m程度堆積していることにより、支持層位置が深くなる。よって、架設時に支保工の杭を当初想定していたよりも伸ばす必要がある。

進入方法について、現地を確認したところ林道は狭く、河川が近接する（図-3）。桁下から上部工を施工する場合、渡河部の仮橋が必要であるが、現状の林道に仮橋設置のためのクローラークレーンが進入することは困難である。よって、作業ヤードを確保するために林道の拡幅が必要である。また、クローラークレーン組立のためのヤードも確保する必要がある。したがって、必要なヤード範囲が広いため、仮設費の増大や施工期間が延長することが懸念された。さらに、現況復旧は困難となる。

軟弱層の発現により、下部構造及び基礎工についても構造検討を行う必要があった。



図-3 P1～P2間に位置する林道

3. 課題解決に向けた技術的対応

(1) 上部構造の計画・検討

a) 橋梁形式選定・施工方針検討

地質条件や現地条件を踏まえ、上部工形式だけでなく施工方法や進入方法によって、トータルのコストや施工性が変化することに着目した。上部工施工方法について精査し、仮設工費や進入路整備費を仮設費として計上したうえで、橋梁形式を見直すこととした。施工方法、進入方法別の上部工形式を抽出し、表-2の全6案を比較検討した。

検討の結果、コストや施工性を考慮し第2案（図-4、5）を採用した。橋梁形式は、鋼3径間連続少数主桁橋、工法はトラッククレーンベント架設、進入方法は橋台背面からII期線ヤードに橋梁と並走する仮橋上からの進入とした。橋梁施工のための工事用道路整備は不要であり、進入路の確実性を担保した計画である。

表-2 橋梁形式比較

	橋梁形式	工法	進入方法	採用案
第1案	鋼3径間連続少数主桁橋	クレーン+ベント架設	林道整備・桁下仮橋施工	
第2案	鋼3径間連続少数主桁橋	クレーン+ベント架設	Ⅱ期線ヤード仮橋施工	○
第3案	鋼3径間連続少数主桁橋	送出し架設	A2背面に架設ヤード構築	
第4案	PC3径間連続箱桁橋 (支保工架設)	支柱+支保工による 現場打ち	林道を拡幅	
第5案	PC3径間連続箱桁橋 (支保工架設)	支柱+支保工による 現場打ち	Ⅱ期線ヤード仮橋施工	
第6案	PC2径間連続ラーメン箱桁橋 (片持架設)	仮栈橋上+橋脚部から 片持架設	A1付近から仮橋	

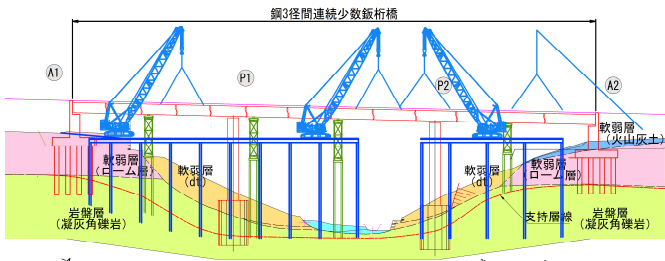


図-4 第2案 側面図 (工法：クレーン+ベント架設，
進入方法：Ⅱ期線ヤード仮橋施工)

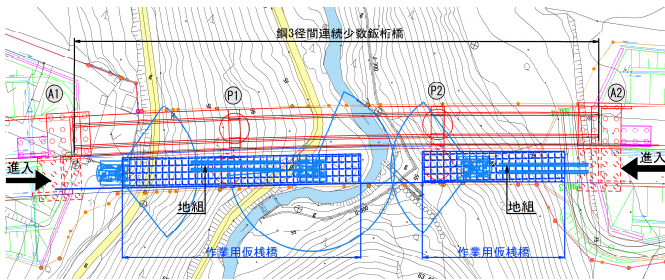


図-5 第2案 平面図

b) 上部構造細部検討

少数桁の採用¹⁾について、本橋は迂回路があるため、経済比較を実施した上で採用した。桁配置について、合成床版の構成バランスや上部工の経済性を踏まえ決定した。

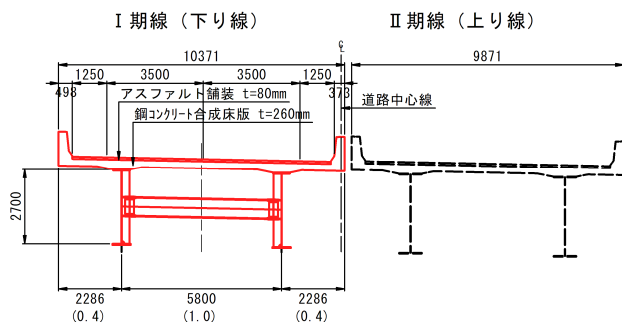


図-6 上部工断面図

(2) 下部構造及び基礎工の計画・設計

a) 橋台位置・支間割検討

橋台位置設定において、橋台高は最大15mとし、必要な土被りを確保すること、及びⅡ期線の橋台は後施工を基本とすることを条件として設定した。橋

台形式は、標準的な逆T式橋台を採用した。支間割は、2つの林道と河川及び並走する水路との施工時隔離を確保することを条件として計画した。

b) 基礎工形式選定

橋台基礎工は、場所打ち杭と組杭深礎を比較した。組杭深礎は軟弱層の影響から杭長が長くなるため、場所打ち杭と比較して不経済である。よって、経済性の観点から場所打ち杭φ1200を採用した。

橋脚基礎工は、場所打ち杭と柱状体基礎を比較した。場所打ち杭を採用した場合、斜面上の施工となり作業スペースの確保が困難であることから採用しないものとし、柱状体基礎を採用した。

c) 場所打ち杭の細りの検討

本橋の橋台基礎工は場所打ち杭を検討したが、N値が1以下の軟弱な地盤では、杭周囲の孔壁崩壊によりコンクリートの細りが生じる恐れがある²⁾。よって、杭頭細りの評価式³⁾により安全率を算出し、杭頭細りの評価を行った。その結果、杭体側面に働く圧力差、ヒービングに関する検証ともに安全率を満足する結果となった。したがって、場所打ち杭を採用可能とした。

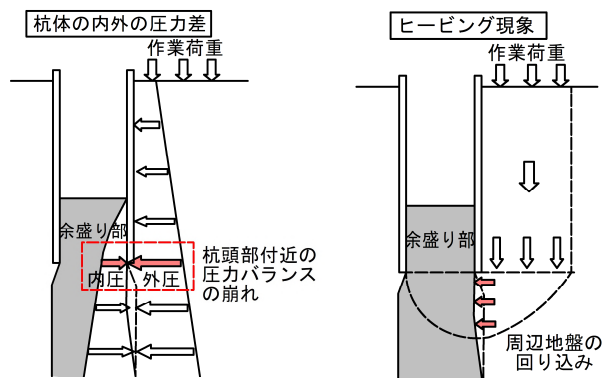


図-7 場所打ち杭の細り

d) 橋台の側方流動

橋台は軟弱層の上に設置されるため、道示IV²⁾ 8.6に準じ、側方流動判定値により側方流動の検討を行った。橋台が側方流動を起こす原因としては、土質、背面盛土の形状や寸法、地盤と基礎との相互作用、盛土の施工条件等の多くの因子があるため、定量的に把握することは困難である。しかし、側方流動を起こす基礎と起こさない基礎は、側方移動判定

値により概ね区分することができる。側方移動判定値が1.2以上の場合には側方移動が生じると考える。

検討の結果、側方流動判定値は、A1橋台が3.52、A2橋台が3.00となり、ともに1.2以上であるため、側方流動が生じる可能性がある結果となった。よって、次に側方流動対策工⁴⁾を検討した。

対策工の選定にあたって、本橋に適用可能な工法として、深層混合処理工法と軽量材料を用いた荷重軽減工法の2工法を経済比較した。深層混合処理工法は、改良材と軟弱土を原位置で攪拌・混合し、降下作用により地盤を改良する工法である。荷重軽減工法は、橋台背面に軽量材料を用いることにより偏載荷重の低減を図る工法である。他に対策工の候補として挙げられる基礎体抵抗法は、杭基礎設計便覧に側方流動圧の評価式が記載されているものの、その挙動は多くの要因に影響されるため設計段階において的確に予測することが困難である⁵⁾。よって、適用しないものとした。

以上を踏まえ、深層混合処理工法と荷重軽減工法の2工法について比較検討した結果、経済性に優れた深層混合処理工法を採用とした。

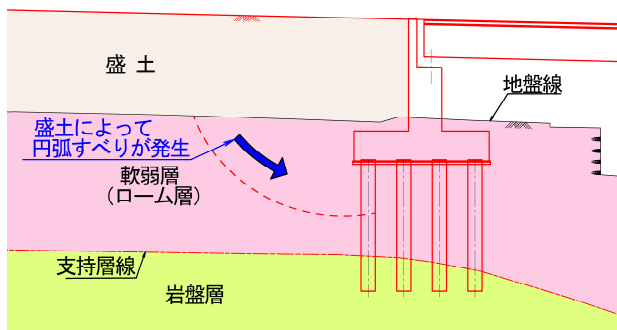


図-8 側方流動対策を未実施の場合

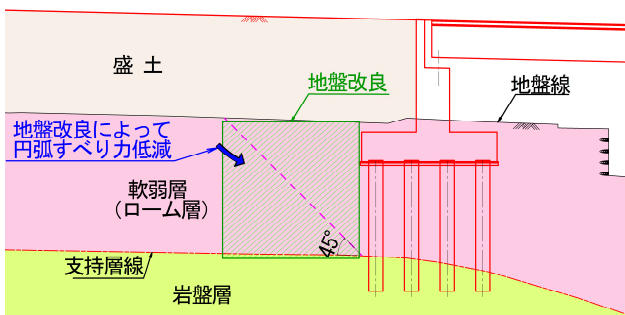


図-9 採用案：地盤改良法（深層混合処理工法）を実施した場合

(3) 施工計画

a) 架設方法・進入方法

Ⅱ期線ヤードに設置した仮橋上からのトラッククレーンベント架設とした。工事車両は橋台背面から進入することとした。施工期間に地元住民の林道利用を妨げることができないため、林道を拡幅しないことを前提とした計画が求められた。上記計画にて、

林道管理者からの了承を得ることができた。また、仮橋からの施工とすることで、施工期間の短縮にもつながった。交差する砂防指定河川について、河川協議を実施し、施工時の仮橋やベント設置について、河川に影響しない計画であることを示した。橋梁計画及び施工計画について河川管理者の了承を得た。

b) CIMモデルの活用

急峻な地形かつ作業スペースが限られることから、施工各段階における本体構造物と仮設構造物や支障物との干渉や、資機材等の搬入出に無理がない計画であるか、懸念された。また、仮橋の杭を撤去する際に仮橋の杭と上部工が近接することも懸念された。よって、平面的な図面だけでなく3次元での視覚的な確認が必要であった。そこで、3次元モデルで施工ステップを作成し、取り合いの確認を行い、問題がないことを確認した。



図-10 施工モデルイメージ

4. まとめ

地質調査結果を踏まえ、橋梁計画を見直したことにより、当初の計画よりコストを約30%低減、施工日数を3か月短縮することができた。橋台基礎工について、場所打ち杭の細りや、側方流動対策などを検討したことで、橋台の構造安定性を確保できた。また、急峻な地形かつ林道等の交差条件を踏まえ、CIMモデルを活用することで、施工時の必要離隔を確保し、施工確実性を担保した計画を立案できた。

謝辞：本稿は、国土交通省 中部地方整備局 沼津河川事務所より受託した業務成果の一部を活用したものである。本稿を発表することを承諾いただきました同事務所の関係者の皆様方に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 国土交通省中部地方整備局道路部：道路設計要領—設計編—第5章橋梁編，pp.5-6，2023.
- 2) 日本道路協会：道路橋示方書Ⅳ下部工編，pp179，190，374-375，2017
- 3) 土木研究所：第4098号 オールケーシング工法を用いた場所打ち杭の出来形に対する調査，pp.22，25，2008
- 4) 土木研究所：第4174号 橋台の側方移動対策ガイドライン策定に関する検討（その2），2019
- 5) 日本道路協会：杭基礎設計便覧，pp.484，495，2020

ランプ橋の3分割施工による床版取替基本設計

あだちひろし こざわ たかお しのはら かずき いかい とよき うちやま まさと
 ○安立 寛¹・小澤 貴生¹・篠原 一輝¹・猪飼 豊樹¹・内山 正人¹

¹ (株) オリエンタルコンサルタンツ中部支社 (〒450-0003 愛知県名古屋市中村区名駅南2-14-19)

本稿は、高速道路の本線を跨ぐ狭隘なランプ橋において、施工時も対面通行させながら床版取替が可能となるように3分割施工を前提として床版取替設計及び施工計画の立案を行った事例を報告するものである。本橋梁はランプ橋であり、ONランプとOFFランプを2車線対面通行により供用する3径間連続非合成鋼桁橋である。床版取替施工時も2車線を供用しながらの施工となるため、3分割で床版を取り替える計画とした。当初計画では、中央部分から取り替える計画となっていたが、既設床版と取替床版の継ぎ目部を車両が跨いで走行する状態が発生し新旧床版の継手構造が課題となるため、OFFランプ側から中央部分、ONランプ側と片側から順番に取り替える計画に変更することで、新旧床版を跨いだ走行状態が発生しないように床版取替及び交通規制順序を変更し、新旧床版の継手構造を不要とした。

Key Words : 床版取替, プレキャストPC床版, 分割施工

1. 橋梁の概要

図-1及び図-2に対象橋梁の断面図及び側面図を示す。本橋梁は、名神高速道路を跨ぐ、1983年に建設された鋼3径間連続鋼桁橋である。橋梁の構造は、橋長120m、桁高2.1m、6主桁となる。また、桁下高は最低部で4.7mに対して余裕が無い。名神高速道路は交通量の多い路線であり、橋梁の手にランプが近接する。

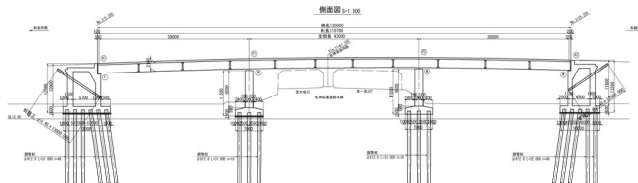


図-1 橋梁一般図

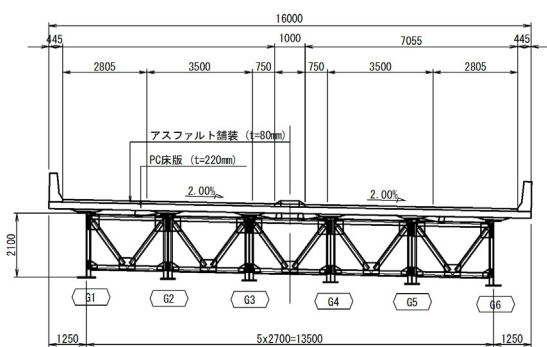


図-2 上部工断面図

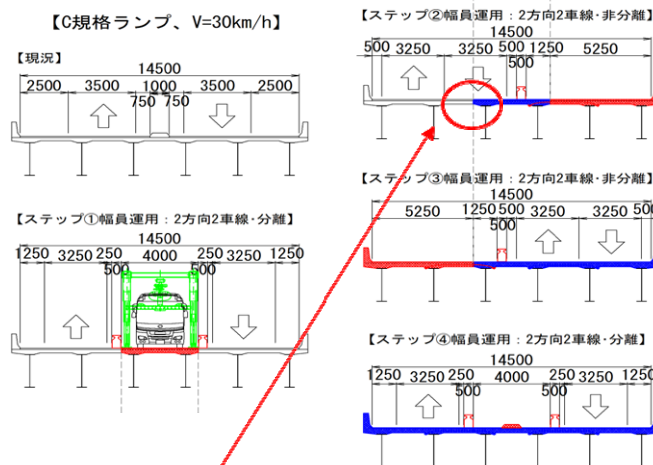
2. 基本条件の見直し

(1) 床版取替順序の見直し

床版取替施工時においてもONランプ・OFFランプを供用しながらの施工となるため、3分割にて床版を取り替える計画とした。

当初計画では、中央部分から取り替える計画となっていたが、既設床版と取替床版の継ぎ目部を車両が跨いで走行する状態が発生するため、新旧床版の高低差や新旧床版の継手構造が課題となった。

OFFランプ側から中央部分、ONランプ側と順番に取り替える計画に変更することで、新旧床版を跨いだ走行状態が発生しないように床版取替及び交通規制順序を変更し、新旧床版の継手構造を不要とした。



新旧床版を走行車線が跨ぐため
高低差や継手構造が課題

図-3 当初計画の施工順序

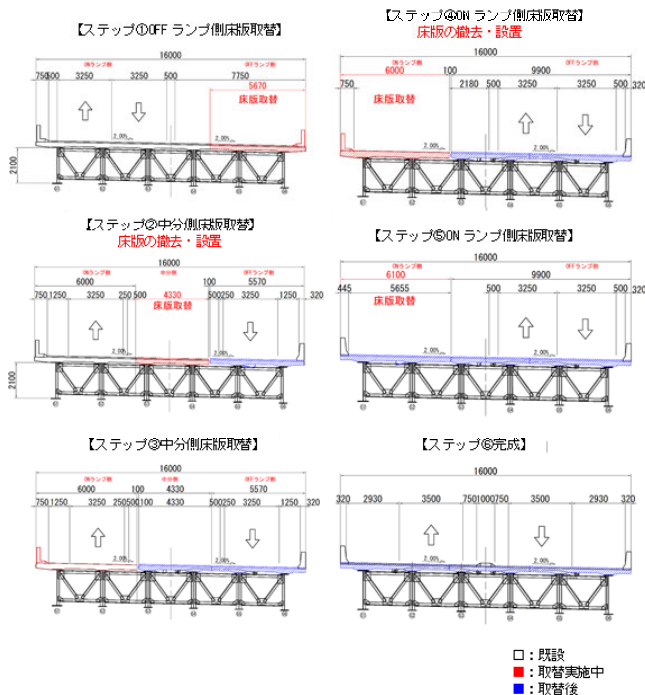


図-4 施工順序の見直し案

(2) プレキャスト床版の継ぎ手構造の見直し

本業務は基本設計であることから、床版の橋軸方向継手をループ継手として検討を進めていた。しかし、3分割施工+ループ継手とした場合は隣接する床版や走行車線に干渉するため、ループ筋の内側に橋軸直角方向の鉄筋を挿入できない。エンドバンド継手¹⁾を採用することで、橋軸直角方向鉄筋の挿入作業が不要となり、隣接床版や走行車線に干渉することなく床版取替が可能となった。

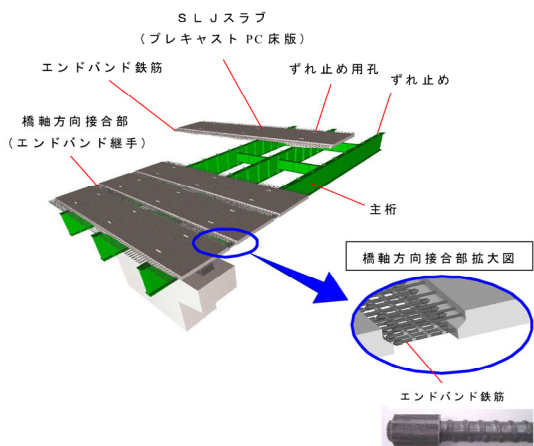


図-5 エンドバンド継ぎ手のイメージ図¹⁾

3. 主桁照査

(1) 概要

本橋梁は建設当時、活荷重はTT-43荷重にて設計されており、床版取替後はB活荷重にて供用される。加えて、床版取替に伴い死荷重が増加するため、施工時及び床版取替後について、主桁の耐荷力照査を行った。既設主桁の照査は、「既設鋼橋の床版取替えに関する設計方針(案)」²⁾に準拠して実施した。

本橋は既設床版が230mmに対して、新設床版は220mmであり死荷重が減少することが想定されること、竣工時の設計活荷重がTT-43であることから、床版取替後も非合成桁として照査を実施した。許容値に対して120%を超過する応力度が発生した場合にかぎり、補強を行う方針とした。また、床版取替後はB活フル載荷を基本とするが、施工中においてはB活車線載荷を採用するものとした。なお、中央分離帯によって分離されている場合、中央分離帯範囲には活荷重を載荷しないこととした。

表-1 竣工時と床版取替後の死荷重の増加率。

	竣工時 (kN)	床版取替後 (kN)	増加率
A1	2675.6	2935.4	110%
P1	8231.9	8703.4	106%
P2	8230.8	8701.6	106%
A2	2676.2	2933.6	110%
合計	21814.5	23273.9	107%

(2) 施工時における耐荷力照査結果

ONランプ床版取替時の主桁の応力度照査を実施した結果、G5桁で応力度が最大で2%程度許容値を超過することを確認した。一方OFFランプ床版取替時ではすべての主桁で応力度が満足していた。活荷重の載荷方法などは同一であるが、ONランプ床版取替時に応力度超過した理由としては定着突起やハンチ重量が増加したことが考えられる。実際に死荷重断面力を比較した結果、ONランプ床版取替時はOFFランプ時と比較して-200kN・m程度多いことを確認した。

(3) 完成時における耐荷力照査結果

床版取替後に対して主桁の応力度照査を実施した結果、発生応力度はすべての主桁で許容値の120%未満に収まっていることから、補強は実施しないものとした。

表-2 主桁照査結果

		第1径間最大		中間支点①		第2径間最大		中間支点②		第3径間最大	
		σ	σ/σ_a	σ	σ/σ_a	σ	σ/σ_a	σ	σ/σ_a	σ	σ/σ_a
①OFFランプ側 床版取替時	上フランジ	σ	-191	201	-178	205	-197				
		σ_a	210	210	210	210	210				
		σ/σ_a	91.0%	95.7%	84.8%	97.6%	93.8%				
	下フランジ	σ	191	-182	178	-185	197				
		σ_a	210	189	210	189	210				
		σ/σ_a	91.0%	96.3%	84.8%	97.9%	93.8%				
腹板	t	9	63	7	64	9					
	t/σ_a	120	120	120	120	120					
	合成	0.79	1.14	0.69	1.18	0.84					
②中分側 床版取替時	上フランジ	σ	-170	184	-141	182	-168				
		σ_a	210	210	210	210	210				
		σ/σ_a	81.0%	87.6%	67.1%	86.7%	80.0%				
	下フランジ	σ	170	-166	141	-165	168				
		σ_a	210	189	210	189	210				
		σ/σ_a	81.0%	87.8%	67.1%	87.3%	80.0%				
腹板	t	6	56	5	55	6					
	t/σ_a	120	120	120	120	120					
	合成	0.62	0.94	0.43	0.92	0.61					
③ONランプ側 床版取替時	上フランジ	σ	-133	138	-78	128	-111				
		σ_a	210	210	210	210	210				
		σ/σ_a	63.3%	65.7%	37.1%	61.0%	52.9%				
	下フランジ	σ	133	-125	78	-116	111				
		σ_a	210	189	210	189	210				
		σ/σ_a	63.3%	66.1%	37.1%	61.4%	52.9%				
腹板	t	2	41	1	38	2					
	t/σ_a	120	120	120	120	120					
	合成	0.38	0.52	0.13	0.45	0.27					
④完成時	上フランジ	σ	-216	211	-204	213	-219				
		σ_a	210	210	210	210	210				
		σ/σ_a	102.9%	100.5%	97.1%	101.4%	104.3%				
	下フランジ	σ	216	-191	204	-192	219				
		σ_a	210	189	210	189	210				
		σ/σ_a	102.9%	101.1%	97.1%	101.6%	104.3%				
腹板	t	13	67	10	67	13					
	t/σ_a	12	120	120	120	120					
	合成	1.02	1.26	0.91	1.28	1.05					

4. 床版設計

(1) 概要

床版取替中も現況と同様の2車線を確保する必要があることから、3分割施工を基本として床版取替に伴う設計計算を表-1に示す11ケースとし実施した。なお、標準版で施工ステップ4と6では決まらないことを確認したため、調整版の照査は省略した。

(2) 床版照査実施ステップ

本橋の床版取替は3分割施工により行うため、それぞれの暫定供用時に床版として成立するような鋼材配置とすることが必要である。鋼材配置は以下のフローのように決定した。

表-3 床版設計実施ステップ

		施工ステップ2	施工ステップ4	施工ステップ6
桁端部版	新設床版	○	○	○
	目地部		○	○
標準版	新設床版	○	○	○
	目地部		○	○
調整版	新設床版	○		
	目地部			

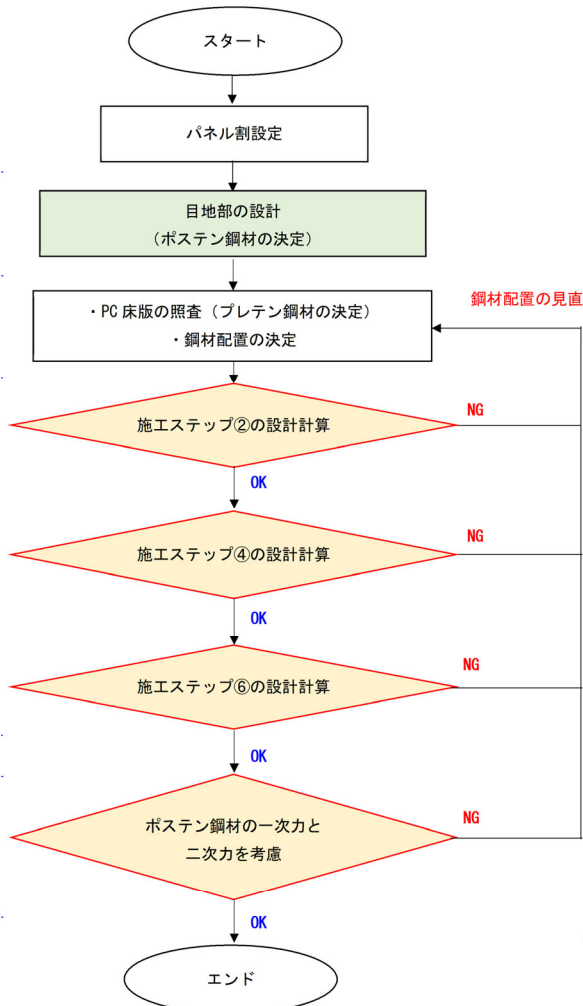


図-6 床版設計フロー

(3) 縦目地部の設計

1) 検討方針

床版の分割施工にあたり、直角方向の継手（縦目地部）はプレキャストセグメントキー（せん断キー）により行うものとし、道路橋示方書Ⅲ³⁾17.3.2の“桁”に準拠して設計した。また、桁端部版はプレキャスト床版としたため、端対傾構に床版が直接支持されないことから、活荷重断面力を2倍とした場合と2倍しない場合の2ケースにより照査した。

2) 検討結果

横締めポステンケーブルは1S28.6を4本配置し、活荷重断面力を2倍とすると許容値を大幅に超過する結果となった（表-4）。一方、活荷重を等倍としたケースでは許容値に収まっていることから、端対傾構の上弦材にモルタル打設を行うことで、床版取替後は床版が対傾構に直接支持される構造とした（図-8）。

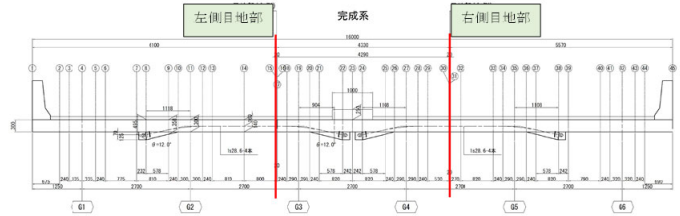


図-7 縦目地部の設計箇所

表-4 縦目地部の計算結果

端部版	ピンモデル				完全固定モデル				
	設計荷重時		満載荷時(活荷重1倍)		設計荷重時		満載荷時(活荷重1倍)		
	上縁σ _{cu}	下縁σ _{cl}	上縁σ _{cu}	下縁σ _{cl}	上縁σ _{cu}	下縁σ _{cl}	上縁σ _{cu}	下縁σ _{cl}	
	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	
各応力度	1 自重	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	2 橋脚活重	-0.04	-0.04	-0.07	-0.07	0.00	0.00	0.00	
	10 活荷重Max	-3.7	-3.7	-3.7	-3.7	-3.7	-3.7	-3.7	
	10' 活荷重Max(2倍)	-3.02	-3.02	-3.3	-3.3	-3.02	-3.02	-3.3	
	20 活荷重Min	0.83	0.83	0.7	0.7	0.83	0.83	0.7	
	20' 活荷重Min(2倍)	-2.26	-2.26	-2.4	-2.4	-2.26	-2.26	-2.4	
	30 有プレ(応線材1)	2.73	4.08	2.73	4.08	2.73	4.08	2.73	
合成応力度	設計荷重時最大	5.88	0.84	9.91	-0.12	5.10	1.72	6.16	
	設計荷重時最大(2倍)	7.38	-0.57	8.46	-2.88	6.61	0.21	6.72	
	許容値	(0<σ<16)		(-3<σ<16.0)		(0<σ<16)		(-3<σ<16.0)	
	設計荷重時最小	3.74	3.08	3.27	3.82	2.86	3.28	3.52	
各応力度	1 自重	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	2 橋脚活重	-0.04	-0.04	-0.07	-0.07	0.00	0.00	0.00	
	10 活荷重Max	-4.00	-4.00	-4.00	-4.00	-4.00	-4.00	-4.00	
	10' 活荷重Max(2倍)	-2.88	-2.88	-3.02	-3.02	-2.88	-2.88	-3.02	
20 活荷重Min	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83		
20' 活荷重Min(2倍)	-2.70	-2.70	-2.70	-2.70	-2.70	-2.70	-2.70		
30 有プレ(応線材1)	2.73	4.08	2.73	4.08	2.73	4.08	2.73		
合成応力度	設計荷重時最大	8.40	0.42	7.80	-0.38	5.55	1.23	6.88	
	設計荷重時最大(2倍)	8.40	-1.58	11.20	-4.38	7.58	-0.77	10.38	
	許容値	(0<σ<16)		(-3<σ<16.0)		(0<σ<16)		(-3<σ<16.0)	
	設計荷重時最小	4.14	2.68	3.96	2.48	3.42	3.40	3.30	
各応力度	1 自重	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	2 橋脚活重	-0.04	-0.04	-0.07	-0.07	0.00	0.00	0.00	
	10 活荷重Max	-3.7	-3.7	-3.7	-3.7	-3.7	-3.7	-3.7	
	10' 活荷重Max(2倍)	-3.02	-3.02	-3.3	-3.3	-3.02	-3.02	-3.3	
20 活荷重Min	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83		
20' 活荷重Min(2倍)	-2.26	-2.26	-2.4	-2.4	-2.26	-2.26	-2.4		
30 有プレ(応線材1)	2.73	4.08	2.73	4.08	2.73	4.08	2.73		
合成応力度	設計荷重時最大	8.40	0.42	7.80	-0.38	5.55	1.23	6.88	
	設計荷重時最大(2倍)	8.40	-1.58	11.20	-4.38	7.58	-0.77	10.38	
	許容値	(0<σ<16)		(-3<σ<16.0)		(0<σ<16)		(-3<σ<16.0)	
	設計荷重時最小	3.88	2.84	3.32	3.30	3.25	3.57	3.01	

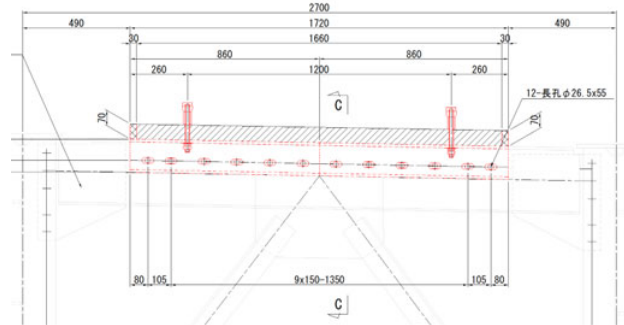


図-8 床版端部における対傾構の改造イメージ

5. 施工計画の検討

(1) 門型クレーンによる床版取替の検討

一般的に、床版取替はオールテレーンクレーン等が利用されることが多いが、本橋梁の床版取替にお

いては、以下のデメリットがあげられる。

- ・ONランプ、OFFランプ側の床版取替においてP1-P2径間施工時をクレーンで実施する場合、旋回範囲に桁下の本線の交通規制が必要となる。
- ・中分側床版の撤去・架設は、門型クレーンの使用が必須となるが、オールテレーンクレーンの損料が追加で発生するため、高額になる。

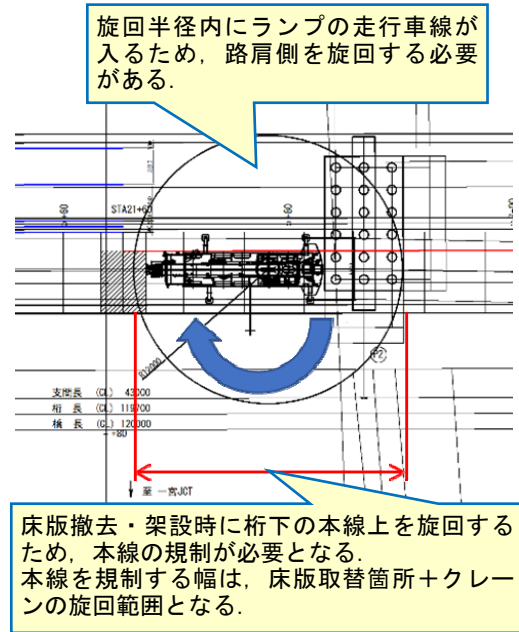
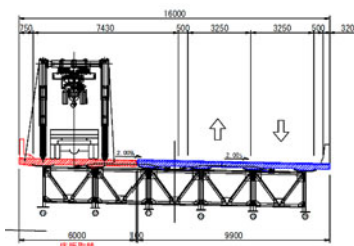


図-9 オールテレーンクレーン使用時の課題

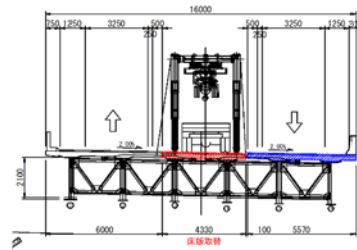
一方、近年、床版取替工事において、門型クレーンのような床版架設機を適用する事例が増えてきており、本橋梁も同様に、床版架設機による床版撤去・架設が望ましいと考えられる。床版架設機を採用した場合のメリットとして、次のものが挙げられる。

- ①オールテレーンクレーンのアウトリガーが走行車線に干渉せずに施工可能である。
- ②クレーンのように旋回しないため、走行車線や桁下の本線への影響を最小化できる。
- ③P1-P2径間施工時には、桁下の本線の規制範囲を最小化できる。

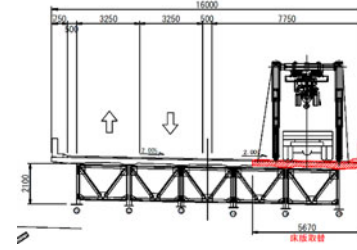
なお、ON・OFFランプ側の床版取替について、120tよりも大型のクレーンにより旋回せずに床版取替が可能となることに加え、側径間(A1-P1・P2-A2径間)においては、桁下の制約が少ないため、ON・OFFランプ側の床版取替は、120tクレーンでも可能と考えられるが、中分側の床版取替において床版架設機の使用が必須と考えられるため、本橋梁においてはすべて床版架設機による施工が望ましいと考えられる。



(a) ONランプ側施工時



(b) 中央部施工時



(c) OFFランプ側施工時

図-10 門型クレーン使用イメージ

6. まとめ

本業務は基本設計であるが、供用させながらの床版取替設計を実施した。

建設後50年以上が経過した橋梁が多くなり、高速道路だけでなく、国土交通省や地方自治体などが管理する橋梁も、今後、床版取替の需要が増加するものと思われる。床版取替設計を実施する際に、参考になれば幸いである。

参考文献

- 1) SLJスラブ設計・施工マニュアル, オリエンタル白石(株), 2020.8
- 2) 「既設鋼橋の床版取替えに関する設計方針(案)」, 中日本高速道路(株), 2017.4
- 3) 「道路橋示方書・同解説 III コンクリート橋編」, (社)日本道路協会, 2012.3

峡谷に計画された橋梁詳細設計における留意点

○河村太紀¹・竹内克幸²・安藤弘章²・湯川圭悟²・松原瑞希²

¹日本工営株式会社（〒102-8539 東京都千代田区麹町5-4）

²日本工営株式会社名古屋支店（〒460-0006 愛知県名古屋市中区葵1-20-22）

本報告は、峡谷を跨ぐ橋梁の詳細設計を行うにあたり生じた峡谷特有の課題に対し、本業務で実施した解決策を示し、今後の設計の留意点の1例を示すものである。本報告で着目した課題は、A2側に大型車両が進入できない施工条件、および、橋台周辺に落石・地すべりが懸念されることであった。このような峡谷特有の条件に対し、架設工法を踏まえた橋種選定と斜面の安全性確保のための対策工を検討し、課題の解決を行った。

Key Words : 峡谷, 急傾斜地, 鋼単純箱桁橋, 送り出し架設, 鉄筋挿入工, グラウンドアンカー工, 落石対策工

1. 業務概要および橋梁諸元

本業務は、山間部の集落にアクセスする唯一の一般県道の内、一級河川渡河部に位置する橋梁の詳細設計である。現況は既設橋梁がその役目を果たしているが、車両総重量14t以下の通行規制がなされており、幅員も3.5mと狭隘で、円滑な交通確保のためには、新橋への付け替えが急務である。

本橋梁は橋長66.5mの鋼単純合成箱桁橋であり、橋梁計画上の特徴は図-1と右に示すとおりである。

- 計画路面高から河床までは高低差が20m以上の峡谷であり、河床へのアクセスが困難である。
- 大型車両がアクセスできるA1橋台側から、対岸のA2橋台側にアクセスするには、前述の幅員3.5m、車両総重量14t以下の通行規制がなされている既設橋梁を利用する必要がある。
- A1側は平地地形であるが、A2側は急傾斜地である。
- A2側は地すべりが懸念される土塊が存在し、土塊端部に掘削を影響させてはならない。

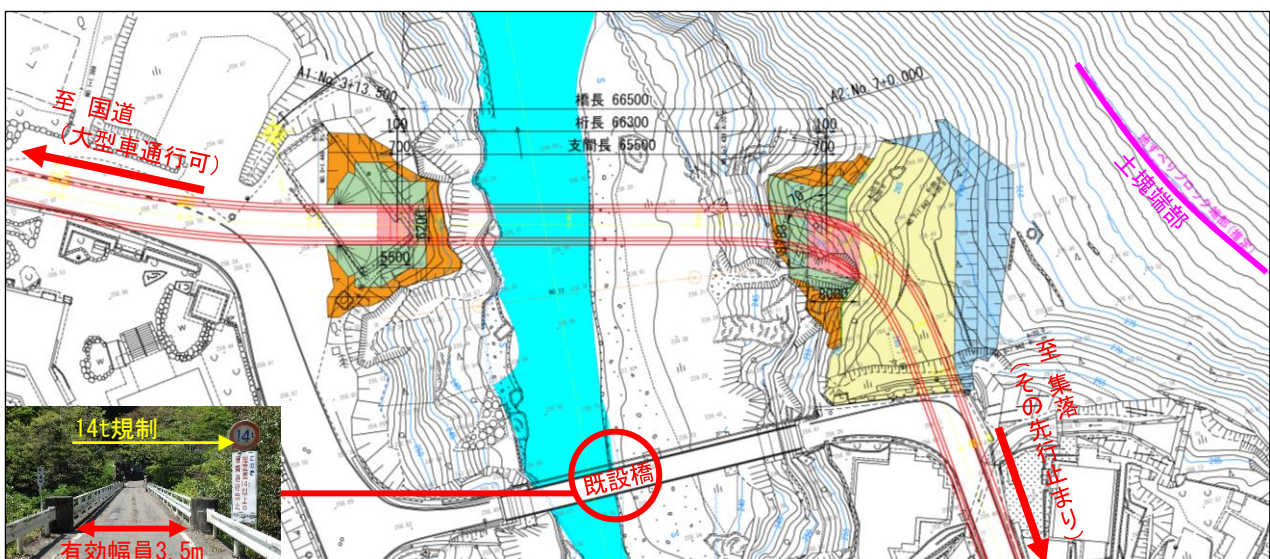


図-1 平面図

2. 橋梁計画

(1) 課題

施工時の大型車両のアクセスは、A1側から14t規制かつ幅員の狭隘な既設橋梁を利用し、対岸のA2側に渡河する必要があった。このような施工条件でいかに橋梁を計画するかが課題であった。

(2) 施工条件を踏まえた橋梁計画の立案

この課題について以下の解決策の検討を行った。

- ① 架設工法を送出し架設とすることで、A2側への大型車両のアクセスを不要とする案（図-2）
⇒【第1案】鋼単純箱桁橋（送出し架設）
- ② 架設工法をケーブルエレクション直吊り架設とすることで、A2側への大型車両のアクセスを不要とする案
⇒【第2案】鋼単純箱桁橋（ケーブルエレクション直吊り架設）
- ③ 架設工法を仮栈橋を用いたクローラーベント工法とすることで、A2側への大型車両のアクセスを可能とする案（図-3）
⇒【第3案】鋼単純箱桁橋（仮栈橋+クローラークレーンベント架設）
- ④ 上部工形式をPC箱桁とし、河川上に支保工を設置し架設を行うことで、A2側への大型車両のアクセスを不要とする案（図-4）
⇒【第4案】PC単純箱桁橋（支保工架設）

なお、①～③の上部工形式は、過年度予備設計で最も経済的であるとして採用されている鋼単純箱桁橋形式とした。

第1案と第2案を比較すると、第1案の方が架設設備費において若干経済的であり、全体工費としては8%程度経済的であった。第3案は第1案に比べ架設工費では経済的であるが、仮栈橋費およびベント費により費用がかさみ、全体工費としては57%ほど第1案より不経済であった。この原因は、河床から計画路面高までの高さが20m以上であるため延長1m当たりの仮栈橋費が増加すること、河川内にベント及び仮栈橋に対する保護盛土を設置する必要があること、河床が岩盤であるためベント基礎を大口径ボーリングマシン工法による杭構造とする必要があることにより、仮設工費が増加したことが挙げられる。第4案については、上部工費では第1～3案の鋼単純箱桁橋より7%程度経済的であるが、第3案のベント及び仮栈橋と同様に、高さのある支保工を設置する必要があり全体工費では経済性に劣る結果となった。

これらの検討結果より、最も経済性に優れる第1案鋼単純箱桁橋（送出し架設）を採用した。なお、これにより河川内に仮設構造物を設置しないため、河川環境への影響を零とすることに寄与できた。

(3) 配慮事項

送出し架設工法は、手延べ機を解体するために、A2橋台背面に平場が必要となる。通常は斜面を掘削し平場を造成して解体を行うが、1章で示す通り、A2側には地すべりが懸念される土塊が存在し、土塊端部に掘削を影響させてはならないという制約があった。

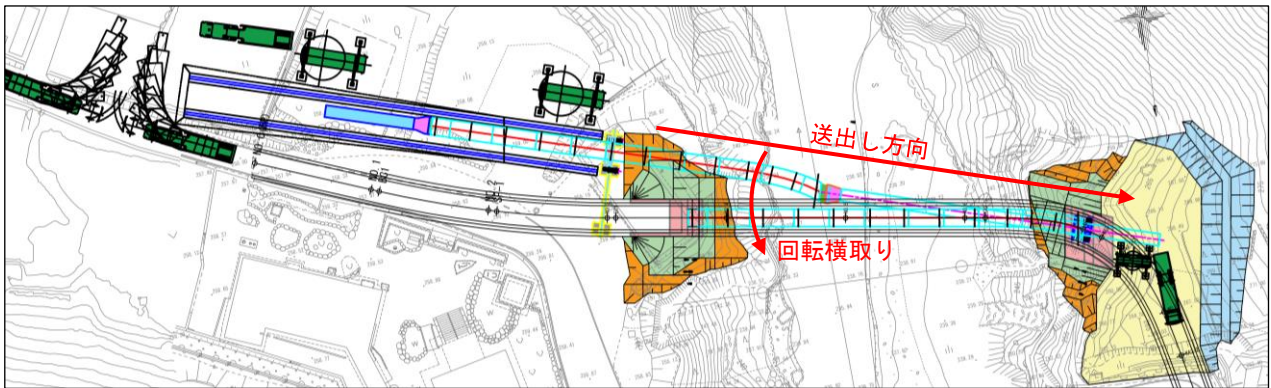


図-2 第1案概要図

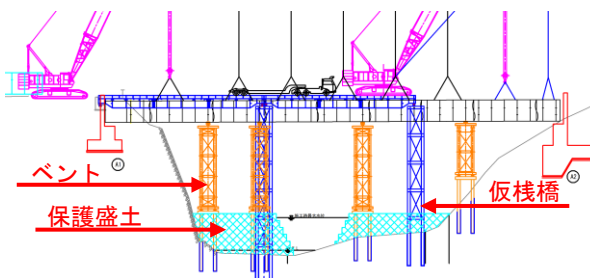


図-3 第3案概要図

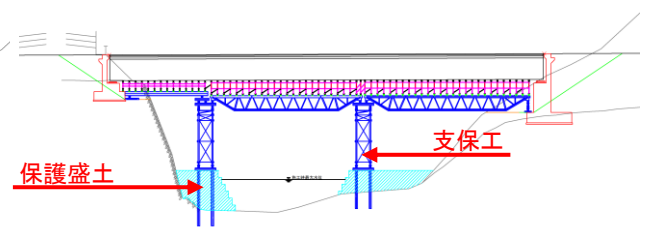


図-4 第4案概要図

3. 斜面の安全対策

(1) 課題

A2側には地すべりが懸念される土塊が存在しており、J-SHIS Mapによると、地すべりブロックとは断定されていないが、「基岩から分離していないとしても不安定域、移動域と推定される範囲」と分類されていた。そのため、詳細な状況を確認するために別業務にて観測を行い、地すべりブロックである可能性は低いと判断されたが、土塊端部を掘削すると不安定化する恐れがあるため、土塊端部に掘削を影響させてはならないと評価された。ただし、本橋は、道路幅員および下部工構築のための掘削に加え、手延べ機解体ヤードを整備するための掘削が必要となり土塊端部に掘削を影響させない対策が必要であった。また、A2側斜面には落石の恐れがある浮石・転石が存在し、施工時および供用後の落石に対する安全対策が課題であった。

(2) 土塊への対策

橋台構築のための床掘範囲および路面高より上方の切土範囲を確認すると、現地地形が急勾配であるため、無対策の永久勾配では現地地形に擦り付けることが不可能であった。よって、法面対策工を実施し、現地地形に擦り付けるとともに、土塊端部に影響しない範囲に収めることとした。検討の結果、経済性に優れ、土塊端部にも影響を与えない対策方法を採用した。これを図-5、図-6に示す。

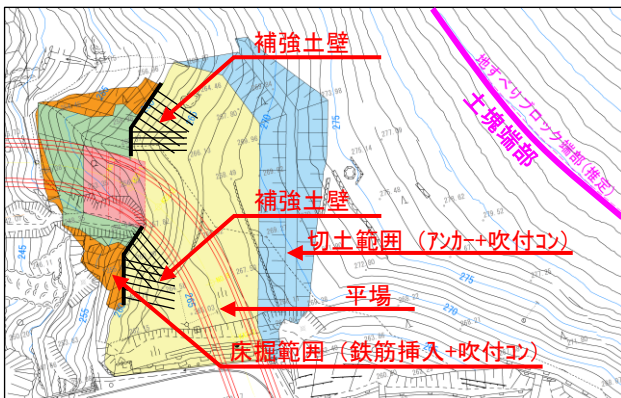


図-5 A2側平面図

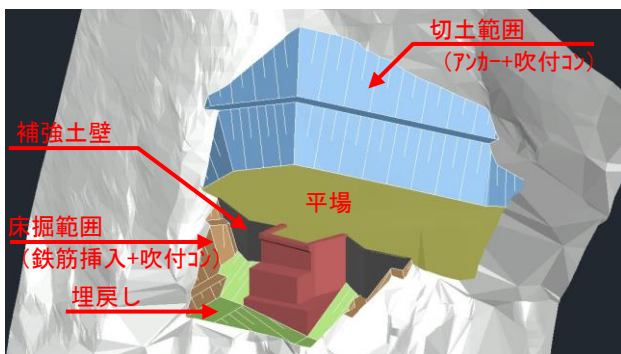


図-6 A2側鳥瞰図

■対策工法一覧

- ① 切土範囲 (路面高より上方)
勾配：1：0.5，グラウンドアンカー+独立受圧板+コンクリート吹付
 - ② 橋台床掘範囲
勾配：1：0.6，鉄筋挿入工+コンクリート吹付
- なお、図-5、6に示すとおり、橋台背面には平場を設けた。これは橋台背面を擁壁構造とすると、埋戻しを現地地形に擦り付けることが困難であることから、補強土壁を採用し、補強土背面材が橋台アプローチ部及び道路幅員内に入らないようにしたためである。

(3) 手延べ機解体ヤードの確認

補強土により構築された平場について、手延べ機解体ヤードとして十分な広さが確保あるか確認を行い、十分な広さがあることを確認した (図-7)。

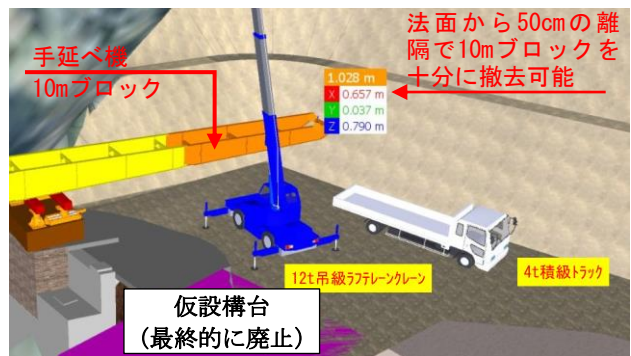


図-7 解体ヤードの確認図

(2) 落石対策

落石対策を講じるにあたり現地調査を行った。その結果を以下に示す。

- ① 斜面は谷筋斜面となっており、斜面上部には落石発生源となる転石および風化する露岩が多く点在する。露岩付近は斜面勾配がきつく(30°~45°)、急崖をなしている。
- ② 落石調査の結果、落下する場合道路に至る可能性のある浮石・転石は29個である。

この現地調査結果を基に転石・浮石の安定状態をランク1~5に分類し、ランク1~3の比較的滑落する可能性が大きい転石・浮石に対し対策工を行う方針とした (図-8)。

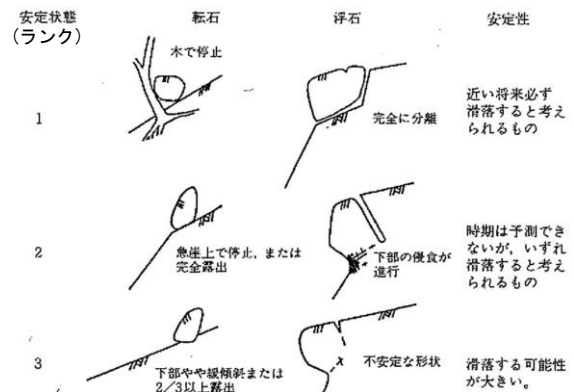


図-8 安定度評価の例¹⁾

対策工法は、落石予防工として発生源対策、落石防護工として待受け対策の2種類に分類され、それぞれの対策工について、落石エネルギーや現地状況を踏まえ、表-1に示す検討案の比較を行った。

表-1 対策工法の比較表

検討案	第1案	第2案	第3案
待受け対策	従来型防護柵+ボケット式防護柵	高エネルギー防護柵+ボケット式防護柵	高エネルギー防護柵+ボケット式防護柵
	E=50kJ	E=100kJ	E=600kJ
発生源対策	ロープ伏：7個 小割除去：9個	ロープ伏：5個 小割除去：6個	小割除去：2個
評価			◎

施工性では発生源対策工の数量が少ない第3案が優位であった。維持管理性についても、ロープ伏はアンカーの抜けやロープの緩みを定期的に管理する必要があり、小割除去のみでよい第3案が優位であった。経済性については、待受け対策工ではE=600kJを用いる第3案が若干経済性に劣るが、発生源対策工の数量が少なく小割除去のみであるため、全体工事費では第3案が優位であった。よって第3案を選定した(図-9)。

なお、これにより斜面にロープ伏等の管理が必要な構造物が残置されないため、不必要な用地取得の回避や維持管理コスト・手間の削減に寄与できた。

(3) 配慮事項

小割除去は、施工時に不安定な転石・浮石上に作業員が乗りハンドハンマー等で小割を行うため、作業員の安全性および斜面下部への小割片の落下につ

いて配慮が必要である。そこで本業務では、小割除去を行う転石・浮石に対し図-10に示す仮設ネットおよび足場を計画することで安全性の確保および小割片の落下対策を講じた。

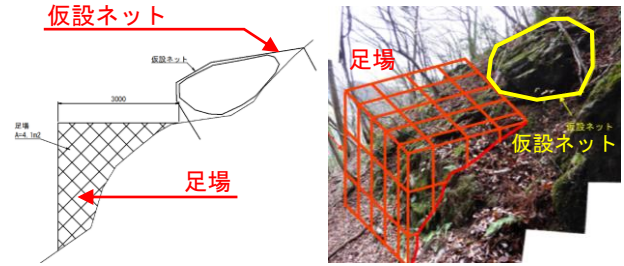


図-10 安全対策の概要

4. まとめ

本業務では、峡谷特有の限られた施工条件下に適する橋梁計画の立案、および、他分野技術者と連携し斜面安全性の確保を行った。本業務の事例がこれからの峡谷に架かる橋の設計に役立てられれば幸いである。この技術的成果を生かし、今後も施工条件を考慮した橋梁計画の立案やチーム一丸となった業務遂行を実施したい。

謝辞：本論文を作成するにあたり、岐阜県郡上土木事務所より受注する業務成果の一部を活用させていただきました。ご協力いただいた発注者様には心より感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 日本道路協会：落石対策便覧，2018.1

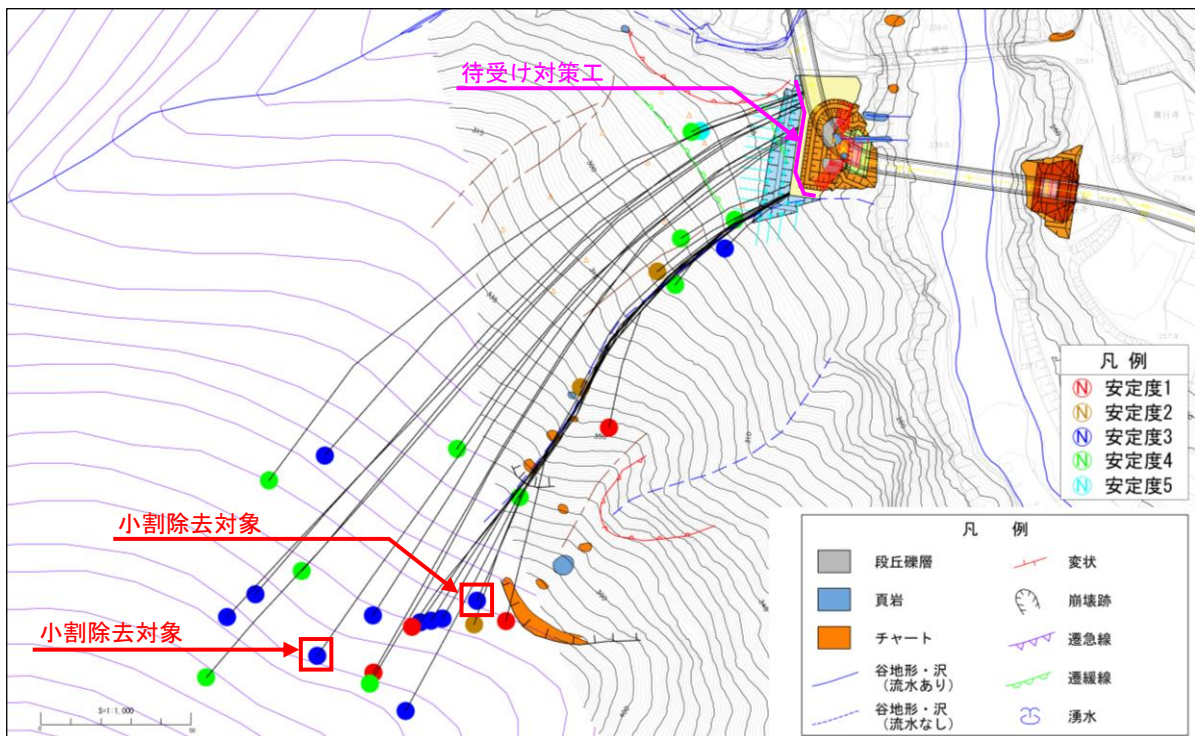


図-9 対策工と転石・浮石の分布

河川環境整備の検討における環境DNAの活用事例

いこま あゆむ いのくち けん かがわ やすよし のぞえ けんじ かがわ まき
○生駒 歩¹・井口 謙¹・賀川 泰棋¹・野副 健司¹・賀川 真樹¹

¹いであ(株) 名古屋支店(〒455-0032 愛知県名古屋市港区入船1-7-15)

本業務では、揖斐川と長良川において環境DNAを用いた魚類調査を実施し、その有用性について検討した。揖斐川のワンド群において、環境DNA調査と採捕調査を実施したところ、各ワンドで採捕された魚種の内、平均90%を環境DNAにより検出できた。長良川では、河川整備に伴う重要種イトモロコの移植候補地を検討するため、事前に環境DNA調査を行うことにより、広範囲かつ多様な環境から生息環境を抽出し、採捕調査と合わせて移植後も再生産が可能と考えられる地点を選定した。これらの結果から、ワンド等の緩流域における魚類調査手法として環境DNAは有用であり、採捕調査との組み合わせで効率的に魚類の生息状況を把握できると考えられた。

Key Words : 環境DNA, 魚類調査, 重要種, ワンド, 緩流域, 河川環境整備

1. はじめに

国土交通省木曾川上流河川事務所管内では、水辺の湿地再生や緩流域再生などの河川環境整備事業が多く実施されている。これらの事業効果を把握するためには、整備前後の生物の生息状況を比較する必要があり、魚類調査をはじめとした各種生物調査が実施されている。

魚類調査において、最も一般的に行われている方法は、漁具を用いて魚類を採捕する手法である(以下、採捕調査とする)。本手法は、実際に現地にて生物を採集することで、確実な魚種の確認を行うことができる一方で、調査には時間と労力を要することから、広範囲において調査を行う場合には、限られた期間やコストの中で生物の生息状況を把握するために、調査地点の抽出や、地点あたりの調査労力を軽減することが課題となっている。

こうした課題を解決する手法の1つとして、環境DNAを用いた調査が挙げられる。本調査法は、近年普及しつつある手法で、環境中に存在する生物の微量なDNA(環境DNA)を検出することで、その環境に生息する生物を推定する技術である。分析には特殊な機器や試薬等が必要となるが、調査地点での作業としては、一定量(1L程度)の水を汲むだけであり、簡便で調査労力の削減につながるため、特に水域の生物調査において幅広く活用され始めている。

一方で、本手法には課題も存在する。分析精度について、偽陽性(本来は生息していないが生息していると評価)や偽陰性(本来は生息しているが生息していないと評価)といった誤った解釈を招く現象が起こりうる。そのため、こうしたエラーを可能な限り排除するためには、従来の採捕

調査と環境DNA調査の結果を十分に比較・検討をする必要があるが、採捕調査と環境DNA調査の結果を比較した事例は少なく、十分に検証がなされているとは言い難いのが現状である^{1)・2)}。

こうした現状を踏まえ、本業務において河川環境整備や保全対策の検討に伴う魚類調査において、従来の採捕調査に環境DNA調査を加えた調査を実施したことから、両手法の結果の比較や河川環境における環境DNA調査の有用性について検討を行った。

2. ワンドにおける魚類採捕調査と環境DNA調査の比較

(1) 調査の背景

揖斐川では、「木曾川上流自然再生計画書」³⁾に基づき、ワンド等湿地環境の再生が検討されている。ワンド周辺の樹林化の進行や、一部ワンドでの底泥の堆積等の課題が確認されたことから、タナゴ類をはじめとする在来魚類や二枚貝の生息・繁殖環境を再生・保全することを目標としている。検討にあたっては、タナゴ類や二枚貝類の過年度の生息状況に基づき、優先的に再生すべき箇所をワンド再生候補エリアとし、エリア周辺のワンドにおいて、対策を検討するための現況把握調査が行われている。また、当該区間では近年、ワンド周辺の広範囲な樹木伐開が行われていることから、それらの効果や影響等も踏まえ、対策が検討されているところである。

本調査では、ワンドに生息するタナゴ類を中心とした魚類の生息状況を把握するため、環境DNA調査と採捕調査を実施することとした。

(2) 調査地点

揖斐川のワンド再生候補エリアを中心に、ワンドの面積や本川との接続状況、樹林化の程度、現地踏査の結果に基づき、左右岸10地点を選定して実施した(表-1)。

(3) 調査手法

a) 環境DNA調査

環境DNA分析用サンプルとして、令和4年6月29日に調査地点ごとに河川水を1,000mL採水し、MiFishプライマーを用いたメタバーコーディング解析を行った。

採水及び分析の手順については、環境DNA学会から公開されている「環境DNA調査・実験マニュアル ver. 2.2⁴⁾」および先行研究⁵⁾に準拠し実施した。なお、マグロ類やアジ類といった淡水域には生息していない種が検出された場合は、リストから除外した。

b) 採捕調査

採捕調査は令和4年6月28日から7月1日にかけて実施し、投網、タモ網、サデ網、定置網(定置網は設置するのではなく魚類追い込みに使用)、セルビンによる採捕を行った。採捕した魚類は種の同定、計数、標準体長の計測(最大、最小個体)を行った。

(4) 調査結果の比較

環境DNAの検出結果を表-1に、採捕調査と環境DNA調査の比較結果を図-1に示す。

採捕調査で確認された、各地点7~18種の魚類のうち、73~100%の魚種を環境DNA調査で検出することができた。環境DNAの検出率が低かったワンドについて、ワンドの形状(開放・閉鎖、面積等)との関連性は見出すことができなかったが、採捕調査で確認された魚種について、概ね環境DNAでも確認できることが分かった。特にSt.Cにおいて採捕調査で1個体のみ捕獲されたカワバタモロコ(環境省レッドリスト2020:絶滅危惧IB類)が環境DNAでも検出された。採捕調査の結果や周辺での本種の生息情報から、St.Cに生息する本種の個体数は非常に少ないと想定されるが、採捕のみならず環境DNAでも検出できたことから、魚種によっては本手法の精度は高いことが分かった。

環境DNAは検出されず、採捕調査のみで確認された種(偽陰性)は各地点で0~20%あり(表-2)、地点によって魚種は異なっていたが、ヌマムツとコクチバスは採捕された全地点で偽陰性であった。ヌマムツは止水域を好む魚種であるが、揖斐川中流部のような平野部を流れる大規模な河川ではなく、山地から平野に移行するあたりの泥っぽい小河川が主な生息地であるとされている⁶⁾。コクチバスは比較的流水環境に適応した魚種であり⁶⁾、ワンドは主な生息環境ではないと考えられる。その他の偽陰性についても、遊泳性の魚種が多いことから、避難場や休息場として一時的

にワンドを利用していた個体が偶発的に採捕されたと考えられ、ワンドを主な生息場としている魚種と比較して、排出されたDNA量が相対的に少なく、環境DNAが検出されなかった可能性が考えられる。

一方、環境DNAのみで検出した種(偽陽性の可能性がある種)は、各地点で25~50%あった。これらには、コイ科やドジョウ科、ナマズ科等のワンド環境を主な生息場や繁殖場としている種が多く含まれているが、採捕調査では確認されなかったことから、ワンド内における生息数が少ないために採捕調査では確認されなかった可能性が考えられるが、詳細な原因については不明であり、今後の課題である。

本調査の結果、採捕された魚種の内、平均90%の魚種を環境DNAにおいて検出できたことから、ワンド等の緩流域においては、環境DNA調査が非常に有用なツールであることを示していると考えられる。

表-1 調査ワンドの特性と環境DNAの検出結果

調査地点	ワンドの形状	面積(m ²)	水深(cm)	水温(°C)	環境DNA検出率 ^{注)}	備考
右岸	A 閉鎖	693	16	36.3	90.9	
	B 開放	1,446	34	34.2	83.3	
	C 閉鎖	699	20	28.1	92.9	
	D 閉鎖	1,273	42	25.7	85.7	樹木繁茂
左岸	E 閉鎖	874	11	37.7	100.0	
	F 閉鎖	1,092	16	38.1	73.3	
	G 閉鎖	4,488	24	35.7	80.0	
	H 開放	4,461	23	36.1	100.0	
	I 閉鎖	927	25	34.3	100.0	
	J 閉鎖	409	48	27.6	77.8	湧水有

注) 環境DNA検出率: 採捕調査で確認された魚種の内、環境DNAで確認された魚種の割合

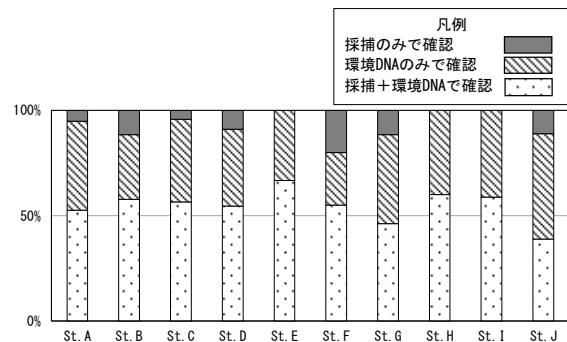


図-1 採捕調査と環境DNA調査の種数比較

表-2 採捕調査のみで確認された種(偽陰性)

No.	目名	科名	和名/地点名
1	コイ目	コイ科	ヌマムツ
2			カマツカ
3			ニゴイ / コウライニゴイ
4	ボラ目	ボラ科	ボラ
5	カダヤシ目	カダヤシ科	カダヤシ
6	ダツ目	メダカ科	ミナミメダカ(ヒメダカを含む)
7	スズキ目	サンフィッシュ科	オオクチバス
8			コクチバス
9		ハゼ科	マハゼ
10			ウキゴリ
11			ゴクラクハゼ
12			ヨシノボリ類 ^{注2)}

注1) 1地点以上で偽陰性であった種を示す。


注2) ヨシノボリ類には、複数種が含まれる可能性がある。

3. 環境DNAを活用した移植候補地の検討

(1) 検討の背景と方針

長良川中流域では遊水地整備が計画されているが、本流域においては、重要種のアトモロコ（岐阜県レッドデータブック2010：準絶滅危惧）が確認されている^{6)・7)}（表-3）。

表-3 イトモロコの生態情報

イトモロコ <i>Squalidus gracilis gracilis</i>	
	<ul style="list-style-type: none"> 河川の中下流域や、用水路の流れの緩やかな砂底、砂礫底に生息する。 主として底層を遊泳する。 砂または砂泥底で産卵する。

整備内容を検討するにあたり、本種への影響が懸念されたことから、整備区域内における本種の生息状況の把握、整備区域外における移植候補地の検討が喫緊の課題となり、魚類調査を実施することとなった。しかしながら、検討にあたっては、広範囲な流域から短期間で候補地を抽出する必要があり、効率の良い調査が求められた。このため、採捕調査の事前に環境DNA調査を実施し、イトモロコの生息可能性が高いと判断された地点で採捕調査を実施する方針とした（図-2）。

調査地点の抽出にあたっては、航空写真を用いて対象範囲約20kmからイトモロコの生息に適したワンド、副流路等の緩流域を抽出し、現地踏査によって環境DNA調査を行う10地点を選定した。

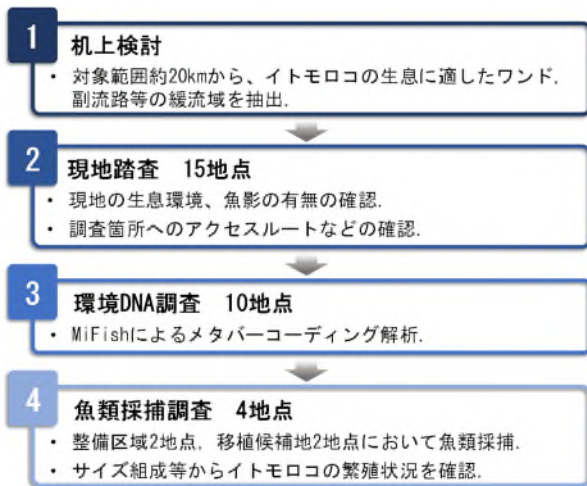


図-2 調査依頼から候補地の提案までのフロー

(2) 環境DNA調査による採捕調査地点の抽出

環境DNA調査は、令和4年7月5日に移植候補地7地点と整備区間3地点の計10地点で行った。なお、環境DNAの採水及び解析手法については、「2. 緩流域における魚類採捕調査と環境DNAの比較」と同様とした。

解析の結果、イトモロコのDNAは移植候補地の3地点と、整備区間の3地点で検出された（表-4）。

移植候補地のうち1地点（St.1）は、流速が速く本種の移植候補地として適していないと考えられたため、採捕調査地点からは除外した。整備区間については3地点（St.5~7）全てで環境DNAが検出されたことから、整備区間の副流路全域に本種が生息していると考え、本区間における生息状況を把握するため、整備予定地にSt.11、St.12を新たに設置し、計4地点で採捕調査を実施することとした。

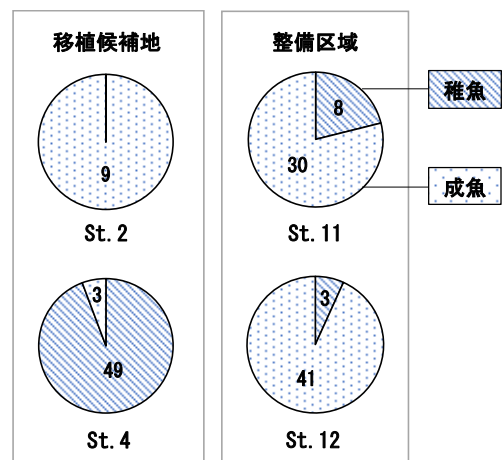
表-4 各地点におけるイトモロコの環境DNAの検出状況

地点	地点区分	地点の概要	環境DNA
St.1	本川	調査対象範囲の最上流部	○
St.2	副流路A	移植候補地 排水樋管から続く副流路、砂泥底で実際に植生が多い	○
St.3	副流路B		-
St.4			○
St.5	副流路C		整備区間 既往調査でイトモロコの生息確認
St.6		○	
St.7		○	
St.8	支川	移植候補地 整備区間近傍の支川 整備区間下流の支川 合流部がワンド形状 調査対象範囲の最下流に合流する支川 既往調査でイトモロコの生息確認	-
St.9			-
St.10			-

注) 環境DNA:「○」は調査地点においてイトモロコが検出されたことを、「-」は検出されなかったことを示す。

(3) 採捕調査による移植候補地の選定

採捕調査は令和4年8月8日から9日にかけて実施し、その結果を図-3に示す。地点によって採捕された個体のサイズや個体数は異なっていたものの、DNAが検出された全地点において、イトモロコが確認された。また、St.2、11、12については流水環境であるにもかかわらず、環境DNA調査・採捕調査の両方においてイトモロコを検出・確認されたことから、環境DNA調査は流水環境でも有用な手法である可能性が示された。



注) グラフ中の数字は採捕された個体数を示す。

図-3 イトモロコの成長段階ごとの個体数

地点ごとの成長段階をみると、移植候補地の St. 2 では、成魚のみしか確認されなかったが、St. 4 と整備区域である St. 11, 12 では、稚魚も複数個体確認された。

イトモロコは流れの緩やかな砂泥底で産卵することが知られている⁷⁾。稚魚が確認された3地点では、流れの緩やかな砂礫や砂泥環境が地点内に存在しており、繁殖に適した環境であると考えられる。特に、移植候補地の一つである St. 4 は、地点全域が流れの緩やかな砂泥底であることに加え、岸際は稚魚の隠れ場所となる植生が豊富で、本川からも隔離された環境であることから、本川から稚魚が流下してきた可能性は低く、本地点内で繁殖していると考えられた。このことから、St. 4 は移植に適した地点であると評価した(表-5)。

一方、St. 2 は、流れの緩やかな砂泥環境が地点内に点在するものの、St. 4 と比較してその面積は小さく、稚魚も確認されていないことから、本地点は繁殖場としては機能しておらず、一時的な生息場である可能性が高いと考えられた。但し、移植後のリスク分散という観点から、生息地を複数箇所に設けることは重要であり、成魚の生息地として機能している St. 2 も、移植候補地の候補に含めて問題無いと評価した。

表-5 移植候補地点の適性評価

	St. 2	St. 4
繁殖状況	稚魚未確認	稚魚を多数確認
緩流域の有無	地点の一部が緩流域	地点全域が緩流域
避難場の有無	水際植生が少ない	水際植生が多い
総合判定	△ 生息地としては適しているが、繁殖地としては不適	○ 生息地としても、繁殖地としても適している

4. まとめ・今後の展望

本調査では、環境DNA調査と採捕調査の結果を比較することで、環境DNA調査の有用性について検討した。

揖斐川の事例においては、環境DNA調査でワンドに生息する魚種の平均90%を確認できたことに加え、生息個体数が少ない重要種も検出できた。今後の河川環境整備において、広範囲の流域や多数の調査地点で魚類の生息状況を把握する際の調査手法の一つとして、環境DNA調査の活用が期待される。

長良川の事例においては、広範囲の流域から短期間で重要種の生息状況を把握するため、採捕調査の事前に環境DNA調査を行い、調査地点を抽出することによって効率的に移植候補地を選定することができた。イトモロコの環境DNAが検出された全ての地点で本種が採捕されたことから、環境DNA調査の精度の高さが示された。また、本調

査では緩流域だけでなく、流水域でも環境DNA調査を実施したが、どちらの環境でも環境DNAにより対象種を検出できる可能性が示され、汎用性の高さが示唆された。これらのことから、ワンド等の止水域、緩流域のみならず、河川等の流水域における環境整備においても、保全対象種の生息状況の把握等に、応用できるものであると考えられる。

一方で、採捕調査では確認されたものの、環境DNAでは検出されない偽陰性や、環境DNAのみが検出される偽陽性の可能性も示唆された。また、流水域においては、上流側の本川等から流下してきた環境DNAを検出している可能性も考えられるため、流水域における対象種と環境DNAで確認するための採水方法については、今後の課題である。これらのことから、魚類の生息状況の把握には、従来の採捕調査と組み合わせた形で環境DNA調査を利用することが望ましく、目的や状況に応じた柔軟な利用を実施していくことが重要であると考えられる。

謝辞：本業務の実施にあたり、国土交通省木曾川上流河川事務所の関係者の皆様にはご指導、ご協力を頂きました。感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 福岡有紗, 高原輝彦, 松本 宗弘, 兵庫県立農業高校生物部, 丑丸敦史, 源 利文: 在来希少種カワバタモロコの環境DNAによる検出系の確立, 日本生態学会誌, 66, pp.613-620, 2016.
- 2) 丹羽英之, 坂田雅之, 源利文, 清野未恵子: 河川における流れ500m間隔での環境DNA分析と現地採集調査による魚類検出結果の比較, 保全生態学研究, 23, pp.257-264, 2018.
- 3) 国土交通省 中部地方整備局 木曾川上流河川事務所: 木曾川上流自然再生計画書, 2011.
- 4) 環境DNA学会編: 最新版マニュアル 環境DNA調査・実験マニュアル (ver. 2.2), 2020.
- 5) M. Miya, Y. Sato, T. Fukunaga, T. Sado, J. Y. Poulsen, K. Sato, T. Minamoto, S. Yamamoto, H. Yamanaka, H. Araki, M. Kondoh and W. Iwasaki: MiFish, a set of universal PCR primers for metabarcoding environmental DNA from fishes: detection of more than 230 subtropical marine species, *R. Soc. Open sci.*, 2: 150088, 2015.
- 6) 岐阜県編: 岐阜県の絶滅のおそれのある野生生物(動物編)改訂版-岐阜県レッドデータブック(動物編)改訂版- 5. 魚類 イトモロコ, 2010.
- 7) 向井貴彦: 岐阜県の魚類, 2017, p. 58, p. 86, p. 156.

二級河川逢初川災害復旧計画検討業務

○工藤真¹・平生昭二¹・氷見啓樹¹・川村設雄¹・海津利幸¹

¹株式会社建設技術研究所中部支社河川部（〒474-0062 名古屋市中区錦1-5-13オリックス名古屋錦ビル）

令和3年7月3日に静岡県熱海市伊豆山地区の逢初川で発生した大規模な土砂災害は、死者数が28名に上ることに加え、上流山間部の違法盛土の崩壊が大規模災害の原因となったこともあり、その後、全国的に違法盛土の調査が行われるなど、社会的関心が高い災害であった。

本業務は、土砂災害により決壊した逢初川及びその周辺道路の早期の復旧・復興を図るため、災害復旧計画の立案と法定計画の策定を行ったものであり、本稿では、その検討内容について紹介する。

Key Words：熱海市伊豆山地区土石流災害，災害復旧計画，急勾配河川，高速流対策，暗渠河川，河川整備基本方針，河川整備計画

1. 令和3年7月3日洪水の概要

(1) 逢初川流域の概要

逢初川水系は、図-1に示すように、静岡県熱海市北部に位置する岩戸山南麓に源を発し、熱海市伊豆山地区を貫流して相模灘に注ぐ、流域面積1.9km²、幹川流路延長1.3kmの二級水系である。

逢初川の河道状況は、全川にわたって河床勾配1/3～1/11程度と非常に急勾配であり、平常時の水の流れも速いため、上流部の天然河岸を除き、開水路部はコンクリート三面張り構造であった。また、周囲に住宅のある中下流区間では、生活道路の下を流れる暗渠構造の河川となっており、JR東海道新幹線やJR東海道本線と交差するとともに、一部開水路区間となる国道135号（逢初橋）付近では、落差10mほどの河床急変部があった。

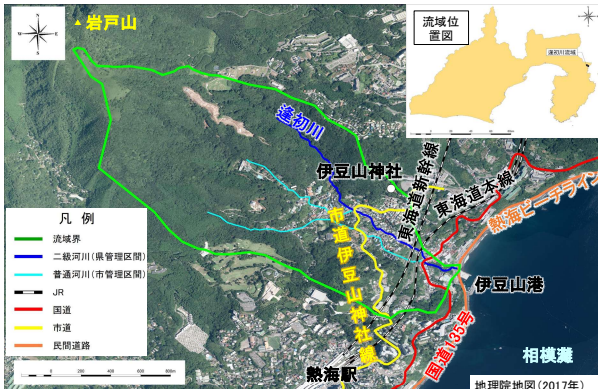


図-1 逢初川流域の概要

(2) 令和3年7月3日洪水の概要

熱海市伊豆山地区に甚大な被害をもたらした令和3年7月3日降雨は、梅雨前線が停滞し、東海から関

東地方にかけて記録的な大雨となった。逢初川流域近傍の熱海雨量観測所の総雨量は、図-2に示すように、既往第1位となる495mmを記録した。7月3日10時30分頃には逢初川上流部で土砂崩れが発生し、写真-1に示すように、中下流域で家屋流失を伴う甚大な土砂災害が発生した。

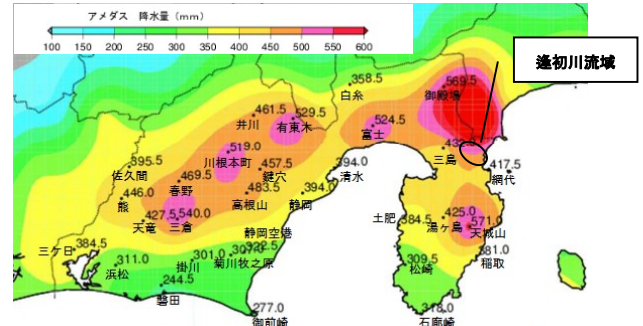


図-2 令和3年7月降雨の総雨量¹⁾



写真-1 洪水後の現地の様子（令和3年7月19日撮影）

(3) 降雨規模の検証

熱海雨量観測所の観測雨量を用いて、令和3年7月降雨の規模を検証した結果を表-1、表-2に示す。

時間雨量のピーク雨量は24mm/hr、10分～60分の短時間降雨強度の確率規模（網代観測所の降雨強度式評価）は、いずれも1/2以下と推定された。一方、降雨継続時間は3日以上と長く、総雨量は既往第1位であった。これより、短時間の降雨強度は小さかったが、降雨継続時間が長く、総雨量が多かったことにより、土砂災害が発生したと推察される。

表-1 令和3年7月降雨の雨量諸元

項目	R3.7降雨	備考(H20以降)
ピーク雨量	24mm/hr	既往14位
降雨継続時間	82hr	
総雨量	495mm	既往1位

表-2 令和3年7月降雨の短時間降雨強度の規模

項目	熱海（県）観測所 R3.7降雨データ	確率規模*
10分降雨強度	42mm/hr	1/2以下
30分降雨強度	36mm/hr	1/2以下
60分降雨強度	24mm/hr	1/2以下

※確率規模は網代観測所の降雨強度式で評価

2. 逢初川災害復旧計画の検討

(1) 計画規模の設定

a) 計画規模の設定

逢初川では法定計画が策定されていなかったことから、河川の改修目標となる計画規模を設定する必要があった。そのため、計画規模は静岡県管理河川における計画規模設定の考え方に準拠し、流域特性や周辺河川の状況等から「1/30確率」を設定した。

上記を踏まえ、災害復旧計画の対象規模は、暗渠区間の段階整備の実現性（コストや施工性）等を総合的に判断し、「1/30確率」を採用することとした。

b) 砂防計画との整合（流量）

河川計画の計画規模は、前述の通り1/30確率となるが、土砂災害を踏まえ、谷出口に新規砂防堰堤（溪流保全工：1/50確率）が建設されることから、河川計画と砂防計画の目標流量の整合が必要であった。そのため、溪流保全工の対象流量（土砂混入考

慮）との比較を行い、表-3に示すとおり、砂防計画の流量が河道計画の流量の内数となることを確認した。なお、流出解析は流域面積2km²未満であるため、合理式を採用し、流出量を算定している。

表-3 河川計画と砂防計画の流量比較

地点	流量 (m ³ /s)	
	砂防計画 (1/50) 土砂混入率5%考慮	河川計画 (1/30)
上流端	5	5
計画基準点	10	10
逢初川2号 合流後	20	25
河口	35	40

(2) 河道計画の立案

急勾配河川で土石流警戒区域に指定されている逢初川は、射流状態で流下する洪水流のうねりや衝撃波への対応、及び超過洪水、土砂・流木等を含む異常出水時の被害最少を図る必要があった。そのため、現況河道と同じ掘り込み河道を採用し、以下の考えで河道計画を立案した。

a) 河道計画の制約条件

逢初川では、下記に示す河道計画を行う上で非常に厳しい制約条件があったため、これらの制約条件を踏まえ、河道法線・縦横断形状・構造を立案した。

- ◆ 中下流部では、生活道路の下を流れる暗渠構造の河川であるため、改修後河道では、道路計画も踏まえた平面計画が必要
- ◆ 中下流区間でも河床勾配が1/5～1/10程度と非常に急勾配のため、流速を低減させるための縦断計画が必要
- ◆ 狭小部で交差するJR東海道本線とJR東海道新幹線区間では、大きな河道改変は困難のため、現況形状を踏まえた横断計画が必要

b) 平面計画

図-3に示す計画河道法線は、周辺地形より低い現況河道法線を基本とするが、衝撃波等によるうねりや湾曲水位上昇が大きいため、極力滑らかな河道法線に是正（開水路区間は湾曲の水位上昇量を見込まない曲率R/川幅B>10以上を目標）する方針とした。

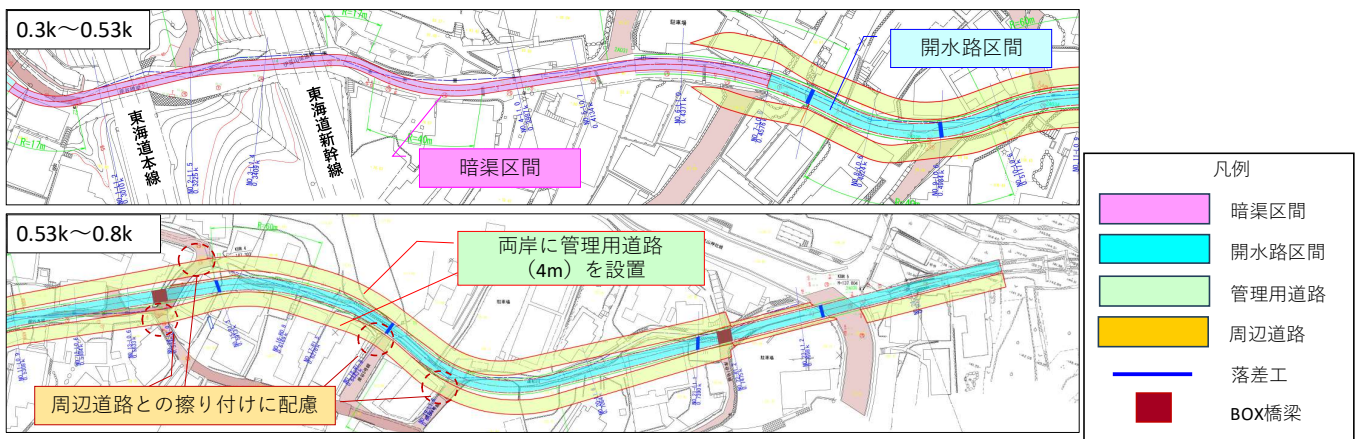


図-3 逢初川の平面計画

また、川幅に制約があるJR東海道本線，JR東海道新幹線区間を除き，土砂堆積や流木による河道閉塞や維持管理等に有利とするため，開水路を基本とし，市道兼管理用道路として，左右岸に幅員4mの道路を確保する案とした。

c) 縦断計画

縦断計画を図-4，図-5に示す。縦断形は，洪水時の高速流を少しでも抑制するため，現況よりやや緩勾配の1/7.5の河床勾配を基本とし，計画天端高が現況の堤内地盤高相当となるように設定した。

その際，河床と堤内地盤高との差が大きい箇所には落差工（最大1.2m）を設定し，過度な掘り込みを抑制した。落差工の設置位置は，流木や不安定流況への対応として，橋梁直上流や湾曲部には配置せず，十分離隔をとる縦断計画とした。

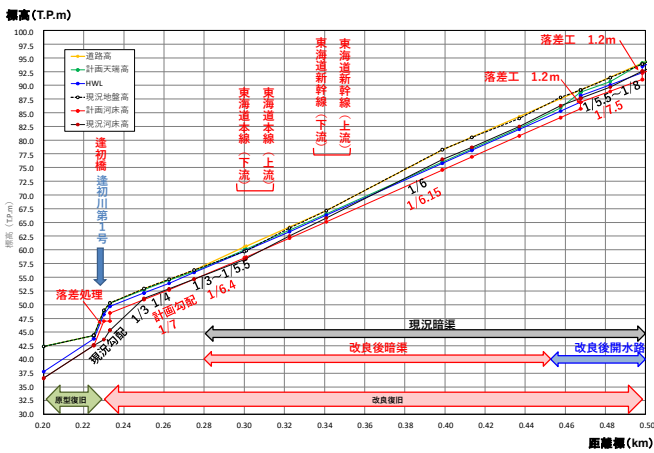


図-4 逢初川の縦断諸元 (0.20k~0.50k)

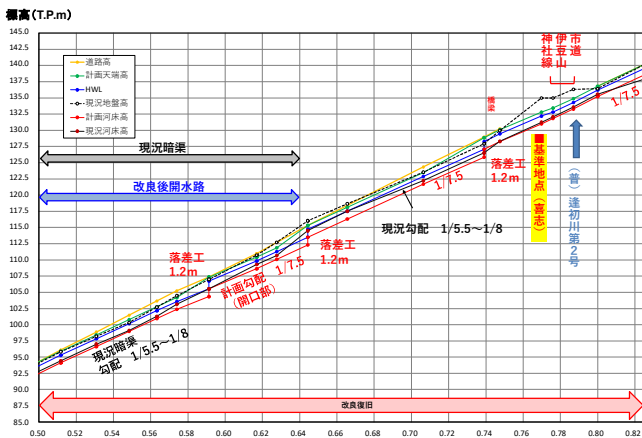


図-5 逢初川の縦断諸元 (0.50k~0.82k)

河川に並行して設置する管理用道路の縦断勾配は，落差工設置部分で道路高と河道の計画天端高を一致させる計画とした。また，管理用道路と周辺道路との取付については，図-6に示すとおり，現況道路高よりも高くなる箇所を埋め戻し，現況の取付勾配と同程度となるような工夫を行った。

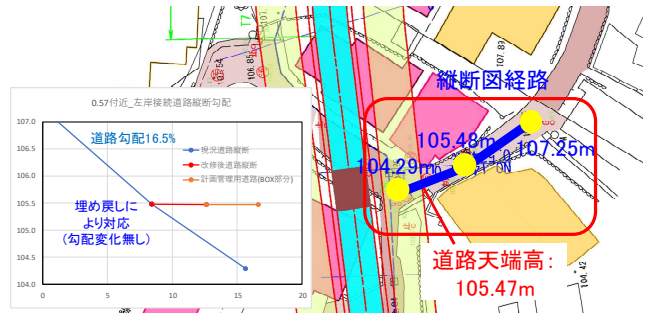


図-6 管理用道路と周辺道路との取付確認

JR東海道本線およびJR東海道新幹線が交差する区間では，図-7のとおり道路幅員が5m程度のため，現況と同様に暗渠構造とし，暗渠の上流端と下流端は市道兼管理用道路との擦り付けを考慮して設定した。

当該区間の暗渠は，建築限界高さの確保と鉄道橋台への影響を極力低減するため，暗渠の中心を橋台間中心とし，計画河床高は現況河床高より掘り下げることによる橋台への影響を避けるため，計画施工基面>既設アバット基礎下面となるように設定した。なお，当該区間は河床勾配が急であり，プレキャスト構造の設置が困難と考えられたため，現場打ちを想定して計画施工基面を設定した。

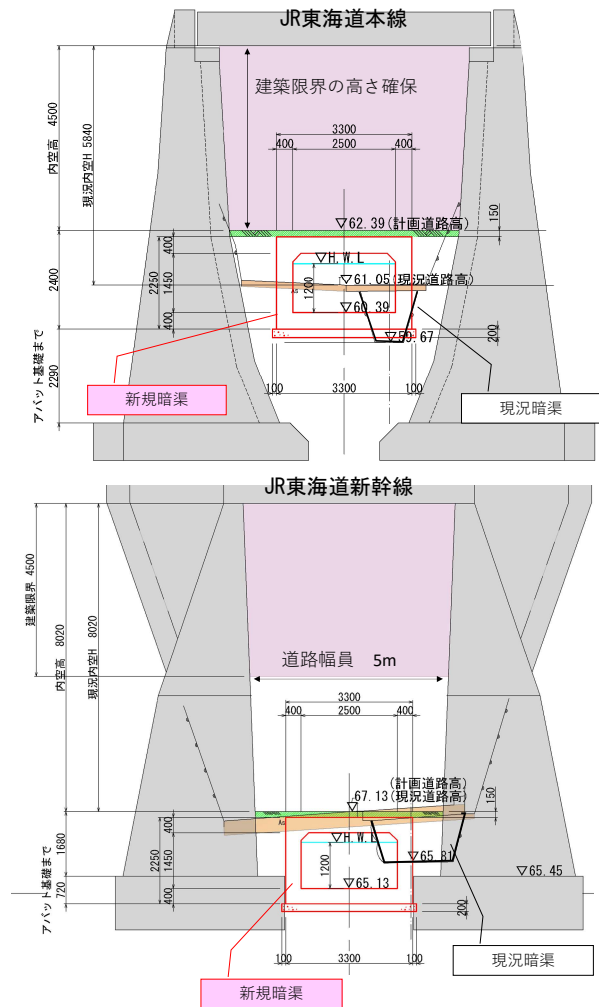


図-7 暗渠区間の断面図
(上段：JR東海道本線、下段：JR東海道新幹線)

d) 横断計画

開水路区間の標準横断図を図-8に示す。計画高水位は超過洪水や流木等の影響を考慮し、天端から余裕高0.6m(200m³/s未満)を確保した高さとした。また、静岡県砂防設計の手引き²⁾では、河床勾配I=1/10以上の区間において、余裕高 ΔH /水深H=0.5とされていることを踏まえ、計画河床高から計画高水位までの水深は1.2mとした(余裕高0.6mに整合)。

護岸法勾配は、河道沿いに家屋が密集していることから5分勾配とした。護岸形状は、流速10m/s以上の射流に耐えるよう、裏込めコンクリートを用いた練積みブロック(控え35cm)を採用した。なお、既往洪水検証から、現状の練積みブロック護岸でも、流速11m/s程度まで耐力があることを確認している。

河床形状は、計画高水流量流下時の移動限界粒径を確認した結果、約85cm以上の巨石をかみ合わせないと、河床が洗掘する可能性が高かったことから、自然河床では維持困難と判断し、コンクリートの三面張り構造を採用した。また、河床面に植石を埋め込むことで単調な平常時流れに変化を持たせ、かつ洪水時の流速を10m/s程度以下に極力抑えることとした。

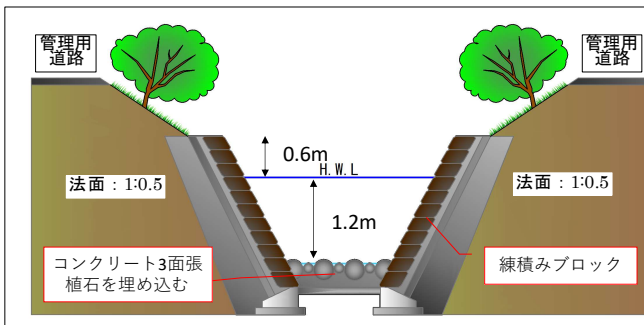


図-8 逢初川の標準断面図(開水路区間)

暗渠区間の標準横断図を図-9に示す。暗渠区間では、落差工を設置しない他、法勾配を直壁として断面最小化を図るものとし、トンネル河川の基準(設計流量=1/100確率流量 $\times 1.3$, 15%の空河積確保)を準拠した断面形状とした。また、暗渠区間内の流速が10m/s以上となるため、開水路区間との接続部に落差工を配置し、流速を極力減勢するように工夫した。

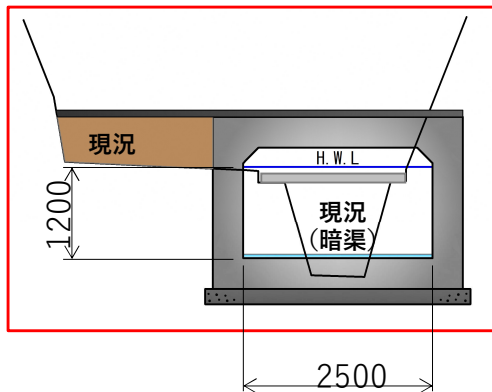


図-9 逢初川の標準断面図(暗渠区間)

3. 法定計画の立案

災害復旧・復興にあたっては「まちづくり計画」と連携しながら河川整備を進めるため、河川法に則った「河川整備基本方針」と「河川整備計画」が必要であった。しかし、逢初川では法定計画が策定されていなかったことから、早期に河川整備基本方針、河川整備計画の策定を行った。

(1) 河川整備基本方針の策定

河川整備基本方針を策定するため、災害復旧計画で検討した治水計画の内容に加え、以下に示す正常流量の検討、河川環境検討シートの作成、河川整備基本方針本文の作成を行い、河川審議会の審議を経て河川整備基本方針を令和4年4月に策定された。

a) 正常流量の検討

逢初川では地域住民や観光客等の沿川通行があり、良好な河川景観を保持する必要があることから、「景観からの必要流量」を検討した。その結果、見かけの川幅Bと水面幅Wの割合W/Bが20%確保可能な流量は0.005m³/sと算定された。ただし、逢初川ではこれまでに濁水による被害報告がないこと、今後、河川の流況把握に努める必要があることから、現段階で正常流量の設定は行わず、本検討で算出した値は参考値として扱うものとした。

b) 河川環境検討シートの作成

逢初川の河川改修にあたっての河川環境保全のための留意事項を検討し、「河川環境検討シートの概要書」を作成した。

(2) 河川整備計画の策定

上記の逢初川水系河川整備基本方針、災害復旧計画を踏まえ、逢初川水系河川整備計画(案)及び河川整備計画で位置付けた整備箇所、内容を示すことを目的とした附図を作成し、流域委員会の審議を経て河川整備計画を令和4年12月に策定された。

4. おわりに

本論文では、逢初川土石流災害に対する災害復旧計画について、砂防計画との連携や急勾配河川に対する河道計画の配慮事項等について紹介した。

災害のあった熱海市伊豆山地区では、現在、本検討に基づく復旧工事が進み、令和5年9月1日に2年2ヶ月ぶりに同地区への立ち入り規制が解除された。しかし、復旧工事はまだまだ整備途中であることから、地域の住民が早期に安心して暮らせる日が来ることを切に願う。

なお、本論文は河川整備計画策定当時の条件に基づく検討結果を報告したものである。今後、河川工事の進捗に応じて調査・測量等を実施して計画が変更される場合がある。

参考文献

- 1) 静岡地方気象台「令和3年6月30日～7月4日の大雨に関する静岡県気象速報」
- 2) 砂防設計の手引き：平成29年9月静岡県交通基盤部河川砂防局砂防課

馬込川河口部導流堤の災害復旧

駒田 燎亮¹・長縄 清貴¹・立松 敦史¹・近藤 繁¹・福田 達樹²

¹中日本建設コンサルタント（株） 水工技術本部第3部（〒460-0003 名古屋市中区錦1丁目8-6）

²静岡県交通基盤部河川砂防局河川海岸整備課海岸整備班（〒426-8601静岡県静岡市葵区追手町9-6）

令和4年9月23日～24日に発生した台風15号により、静岡県浜松市内を流れる二級河川馬込川で既往最大規模の洪水が発生し、河口部導流堤が被災した。本報告は、災害復旧として、被災メカニズムの推定、復旧設計（護岸詳細設計）を迅速に行った事例である。被災時カメラ画像は一部あったが、被災に至った経緯が明確ではなく、かつ、被災箇所は流速が大きく、濁りもあり、潜水調査が困難で、被災メカニズムを把握することが課題であった。また、河口閉塞防止の観点から、現況の導流堤形状を維持する必要があるため、川幅は現位置で変更できない。さらに、過年度災害復旧時に、コンクリート殻が障害物となり、通常のパイプロ工法では、施工困難な課題があった。

被災メカニズムの推定では、点群データを活用し、シミュレーションモデル構築の効率化（時間短縮）を図り、かつ詳細な河道形状を表現した精度の高い流況解析を実施した。復旧設計では、地中障害物の撤去と現位置での施工可否より工法を選出し、全周回転掘削機での施工では、コンクリート殻撤去に大規模な仮設が必要であり、費用が増大することが課題となった。よって、コンクリート殻を壊しながら、鋼管杭を打設することができるジャイロプレス工法を用いることで川幅を変更することなく、仮設レスとなり経済性でも優位な復旧設計を実施した。

Key Words : 災害復旧, 被災メカニズム, 平面二次元不定流解析, 洗掘, ジャイロプレス工法

1. はじめに

令和4年9月23日～24日に発生した台風15号により、静岡県浜松市の馬込川で既往最大規模の洪水が発生し、河口部導流堤が被災した。本事例は、災害復旧に係る資料整理として、被災メカニズムの推定、復旧設計を迅速に行うことを目的とした。

被災状況は、現況のコンクリート矢板倒壊、中詰め材が流出、床板コンクリートまで崩落していることを確認した。しかし、被災に至った経緯が不明であった。さらに、パラペットにはクラックが入っており、今後、被災範囲が広がる可能性から、早急に対策する必要がある。



図-1 被災位置

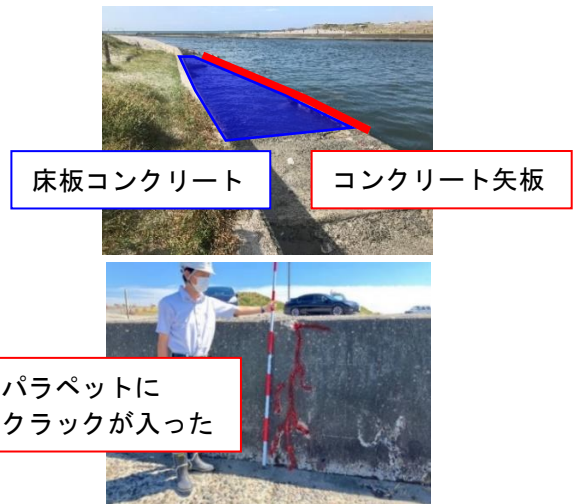


図-2 被災状況

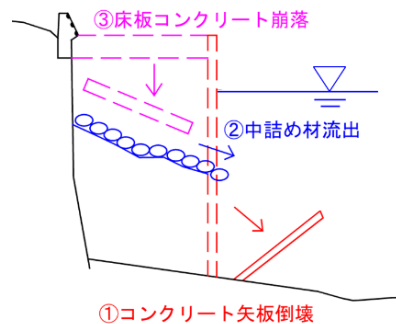


図-3 被災推定図

2. 被災メカニズムの推定

復旧設計を行うにあたり、再度災害を防止するため、被災メカニズムの推定を実施した。

まず、河口部における被災時の流況（流速等）が観測されていないことから、カメラ画像・動画以上の情報を得られない。さらに、被災箇所は流速が大きく、濁りもあり、潜水調査が困難で被災メカニズムを把握することが困難であった。そのため、シミュレーションモデルを構築し、当時の状況を再現し、被災時の情報を整理した。

(1) シミュレーションモデルの選定・構築

馬込川河口部は、横断的に河道が大きく変化する区間である。特に、河口部導流堤は流下方向に対し、横断的变化が大きいため、横断方向の洪水流の動向を追跡する必要があった。

そのため、流向・流速の横断変化が解析可能な一般座標系の平面二次元不定流計算モデル（iRIC）を採用した。

モデル化範囲は、馬込川河口部導流堤の上流に、馬込川の支川である芳川が流入していることと、馬込川としては大きく湾曲する形状となっているため、湾曲及び芳川の流入を表現できる範囲をモデル化範囲として設定した。

また、災害復旧を目的としており、早急に復旧設計に取り掛かるため、迅速に被災メカニズムを明らかにする必要があった。そのため、点群データを活用して、モデル構築の効率化を図ることを提案した。

その結果、点群データを用いることで時間短縮を図ることができた。加えて、従来の横断測量データでは表現が難しい測線間の地形形状を詳細に表現することができ、高精度なモデルを構築することが可能となった。

メッシュ分割

標高データ

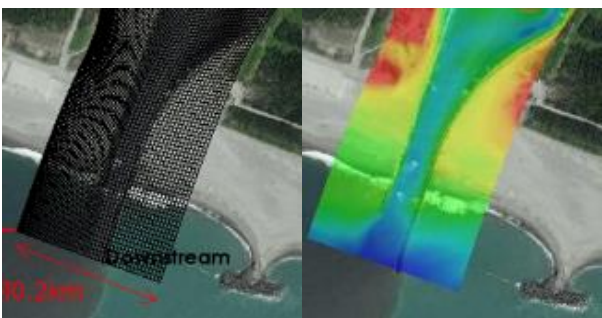


図-4 メッシュ分割と標高データ（導流堤部）

(2) 水理解析

図-5に、被災時のシミュレーション結果を示す。

流速分布図より、導流堤入口にかけ、左岸側に流心があることが分かった。

0.3k+75左岸付近では、最大流速3.2m/sとなった。

その後、左岸側の導流堤に沿うように流れ、0.3k地点付近から流心が右岸側へ移動する。洗掘深が大きい0.2k付近右岸でも最大流速3.2m/sとなっている。

被災して洗掘深が大きい「0.3k+75左岸付近」と「0.2k右岸付近」の流速の時間変化（時系列流速変化図）を図-6及び図-7に示す。また、洪水の流速が長時間続いていることが分かった。

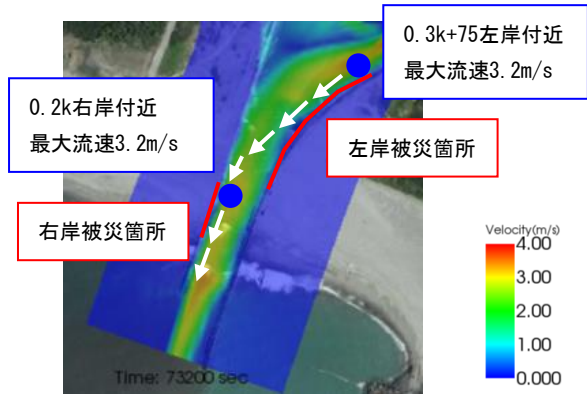


図-5 流速分布図（導流堤部）

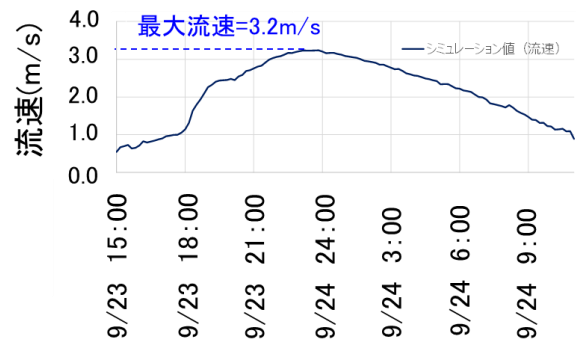


図-6 シミュレーション結果
（時系列流速変化図，0.3k+75付近左岸）

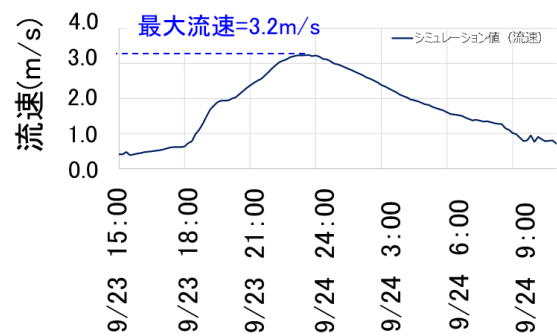


図-7 シミュレーション結果
（時系列流速変化図，0.2k付近右岸）

(3) 被災原因の推定

河床材料は砂であり、砂の移動限界速度となる「限界摩擦速度 u^*c 」を岩垣の公式¹⁾より算定した。限界摩擦速度は「 $u^*c=1.75\text{cm/s}(0.0175\text{m/s})$ 」となった。

図-8. 図-9の摩擦速度と限界摩擦速度の比較をすると、摩擦速度が、限界摩擦速度を上回る時間が長時間（20時間以上）継続していたと考えられた。土砂が海域へ流出する時間が長時間継続し、河床が低下したと考えられる。

さらに、被災箇所では、部分的に高流速が発生したことで、洗掘が進行しやすい状況であったと考えられる。また、左岸側では反転流による局所的な渦が発生し、複雑な流れによる局所的な洗掘も発生したと考えられる。

よって、被災原因は洗掘が発生したことで、建設当時より60年程度経過し、老朽化していたコンクリート矢板が転倒し、中詰め材が流出、床板コンクリート崩落が発生したと考えられた。

復旧設計では、被災原因を踏まえて、洗掘が起きにくい構造とする必要が生じた。

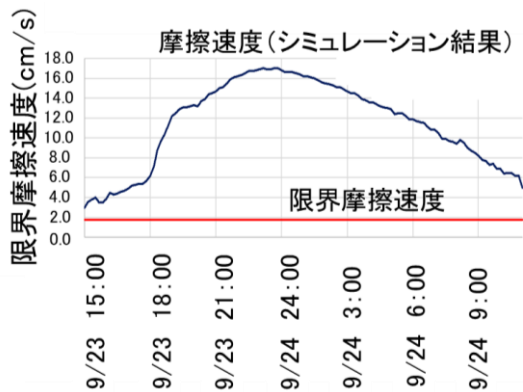


図-8 導流堤被災部左岸 時系列摩擦速度図

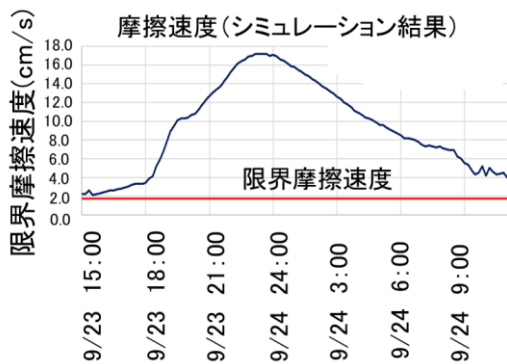


図-9 導流堤被災部右岸 時系列摩擦速度図

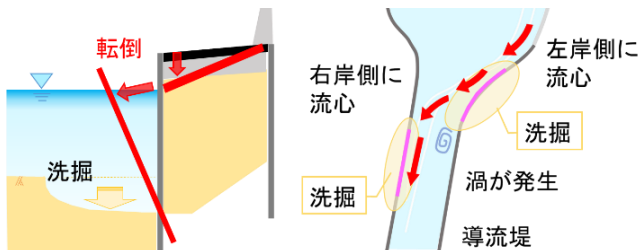


図-10 被災メカニズム (まとめ)

3. 復旧設計

(1) 前提条件

復旧設計にあたって、2点の前提条件があった。

前提条件1点目は、河口閉塞防止の観点から、現況の導流堤形状を維持する必要がある、川幅は現位置で変更できないことであった。

図-11より、平成18年～平成26年の期間における導流堤部分の最深河床の状況から、T.P. -2.0～-3.0 mくらいの間で、堆積と洗掘を繰り返して平衡を保っており、現状の河口部の形状（＝導流堤部の線形、河道断面形状）で河口閉塞は起こっていないことが確認できた。このため、川幅は現況川幅のままとする。

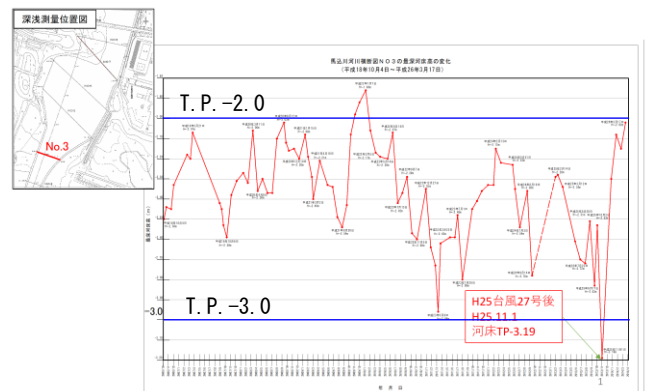


図-11 平成18年から平成26年の最深河床の状況

前提条件2点目は、通常のパイプロハンマ工法では、平成18年の災害復旧施工時に、地中（河床）に消波ブロックの残骸が大量に埋まっており、打設矢板先端部が欠損し、施工困難な実績があった。

そのため、地中障害物の撤去を踏まえた工法を選定することが前提条件であった。

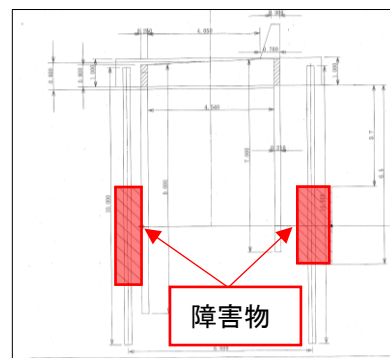


図-12 平成18年災の施工時の障害物（横断位置）



図-13 平成18年災の施工時の矢板打設困難な状況

(2) 復旧工法

前提条件を踏まえて、復旧工法を選定した。以下のステップを踏んで検討を行った。

表-1の復旧工法比較表(1)に示す第1ステップでは、現位置施工可否と地中障害物の撤去を比較項目とした。

結果、現位置施工可能であり、地中障害物の撤去が可能な工法の3案を選定した。

- 案1：全周回転掘削機（鋼矢板）+パイプロハンマ
- 案2：全周回転掘削機（鋼管杭）
- 案3：ジャイロプレス工法

表-1 復旧工法比較表(1)

工法	現位置施工可否	地中障害物の撤去	評価	
鋼矢板	パイプロハンマ	×撤去工法の併用必須	×不可能	×
	硬質地盤クリア工法	×撤去工法の併用必須	×不可能	×
案1	全周回転掘削機+パイプロハンマ	△現位置の場合は掘削孔の埋戻しが必要	○可能 鉄筋可	○
	ダウンザホールハンマ+硬質地盤クリア工法	○	×破碎のみ可 ※水中や斜面不可	△
鋼管杭	打込み杭	×撤去工法の併用必須	×不可能	×
	中掘工法	×撤去工法の併用必須	×不可能 全周回転掘削機により除去後、施工	×
	回転杭	×撤去工法の併用必須	×不可能 同上の理由	×
案2	全周回転掘削機	○ 1本/日	○可能 鉄筋可	○
案3	ジャイロプレス工法	○ 1本/日	○可能 鉄筋可	○

表-2の復旧工法比較表(2)に示す第2ステップでは、仮設工、経済性や復旧工事の期間を比較項目とした。

表-2 復旧工法比較表(2)

案	全周回転掘削機+パイプロハンマ(鋼矢板)	全周回転掘削機(鋼管杭)	ジャイロプレス工法(鋼管杭)
施工概要	先行して地中障害物を破壊した後、埋戻し、同じ位置に鋼矢板を打込む。	杭先端に刃先を取付け、既設を破壊しながら同時に杭を圧入する。	杭先端に刃先を取付け、既設を破壊しながら同時に杭を圧入する。
仮設工	△ 工事用道路 仮設構台及び覆工板作業床(大規模な仮設)	△ 工事用道路 仮設構台及び覆工板作業床(大規模な仮設)	○ 工事用道路
経済性	△21億円 全周回転掘削機とパイプロの施工機械が異なり、施工機械や輸送費2倍	△23億円 案1に鋼矢板と鋼管杭の差額が加わる。	○19億円 仮設構台及び覆工板作業床の費用が必要ない。
復旧工事の期間	△全周回転掘削機での掘削、埋戻し後、地盤の支持力が戻り待ちがあり、施工期間が長い。	△施工機械の移動と設置に時間を要するため、案3より若干劣る。	○最も早く復旧できる
総合評価	×	△	○

案1と案2の全周回転掘削機案であると、現況の二重鋼矢板を覆うように大規模な仮設工が必要となり、経済的に劣ることが課題となった。

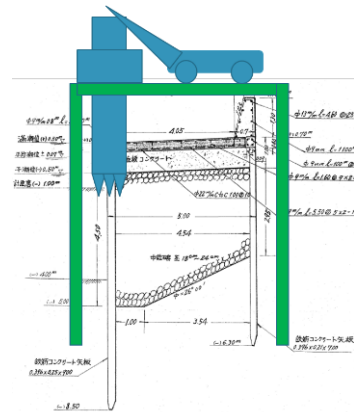


図-14 仮設図(案1と案2)

そのため、杭先端に刃先を取付けており、コンクリート殻を撤去せず、現位置に鋼管杭が打設可能な工法であり、鋼管杭の上部に施工に必要な機械を据えることができるため、大規模な仮設工が必要なく、経済性に優位であり、復旧工事の期間も最も早くなるジャイロプレス工法を選定した。

(3) 再度災害防止

シミュレーション結果より、砂の流出により洗掘が生じ、コンクリート矢板が倒壊、中詰め材が流出、床板コンが崩落したと推定した。

再度災害防止のため、鋼管杭の前面に根固めブロックを置き、洗掘防止対策を施す設計とした。重量は、今回災害時の最大流速3.2m/sに耐えうる自重(2t)を選定した。²⁾

4. おわりに

本論文は、災害復旧対応であり、限られた時間で被災メカニズムの推定、再度災害防止の観点を踏まえた復旧設計について、迅速に実施することができた。

ただし、施工までの期間に河道形状や既設護岸の崩壊状況は日々変化するため、継続的にモニタリングし、設計にフィードバックするように留意する必要がある。

謝辞：本論文の執筆にあたりご協力いただきました静岡県交通基盤部河川砂防局河川海岸整備課海岸整備班の福田達樹様にお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 河川砂防技術基準 調査編 国土交通省水管理・国土保全局 令和4年6月部分改定 第4章第6節-34
- 2) 河川構造物設計要領 国土交通省中部地方整備局 平成30年5月改定 第2編河川編 第3章護岸 P101

長良川中流部礫河原再生箇所における ヤナギ類の抑制条件の検討

のぞえ けんじ きたおか ひろなお やまもと こういち かがわ まき かがわ やすよし
野副 健司¹・北岡 洋尚¹・山本 晃一¹・賀川 真樹¹・賀川 泰棋¹

¹いであ(株) 名古屋支店(〒455-0032 愛知県名古屋市港区入船1-7-15)

本業務では、長良川の52.8～54.8kの礫河原再生箇所でのモニタリング結果を基に、事業の効果を把握するとともに工事の課題について検討した。平成30年7月豪雨に伴う大規模出水により、対象区間では礫河原が大幅に拡大したが、一部の施工箇所ではヤナギ類が生育し、大規模出水でも流出しなかったため、礫河原が維持されなかった。そこで、平面二次元河床変動計算を用いて大規模出水を再現し、それらの条件の違いを検討した。その結果、出水ピーク時の無次元掃流力が0.05を超過しない箇所ではヤナギ類が生育し、拡大していた。新たな場所で礫河原再生を検討する場合、当該区間の地形や水理特性などを考慮し具体的な対策を講じていく必要がある。

Key Words : 礫河原固有の植物の生息場再生, 礫河原再生工事, モニタリング, 大規模出水, ヤナギ類の生育, 平面二次元河床変動計算

1. はじめに

長良川は、岐阜県郡上市より南東に流下し、濃尾平野に入った後は岐阜市内を貫流し、三重県桑名市の東部で揖斐川に合流して伊勢湾に注ぐ幹川流路延長166km、流域面積は1,985km²の一級河川である¹⁾。

長良川では、これまで洪水に伴う甚大な被害に、度々見舞われてきたため、堤防整備、河道掘削などの河川改修が段階的に進められ、洪水に対する安全性の向上が図られてきた²⁾。一方、長年にわたる河川改修に伴い、濬筋での深掘れに加え、植生の繁茂や砂州への細粒土砂の堆積が進行し、砂州と濬筋の河床の比高差が過度に大きくなる「二極化」が進行してきた²⁾。

二極化が進行すると、砂州上の冠水頻度、洪水時の流速が低下するため、砂州が攪乱されにくくなり、砂礫河原の環境が維持されにくくなると考えられている²⁾³⁾⁴⁾。

長良川では、昭和30年代から昭和40年代まで河川内に広大な砂礫河原が広がっていたが、その後、草地化・樹林化が進行し、礫河原や礫河原固有の植物であるカワラヨモギやカワラハハコが優占する群落の面積が減少している(図-1)⁵⁾⁶⁾。このため、木曾川水系総合環境整備事業の一環として長良川中流部における礫河原再生事業が実施され、その事業効果を把握するため、モニタリングが実施されてきた⁵⁾。

本業務では、長良川の52.8～54.8kの礫河原再生事業箇所において実施されたモニタリング結果を分析して、事業効果を把握するとともに、今後の礫河原再生事業につながる改善策の検討を行った。

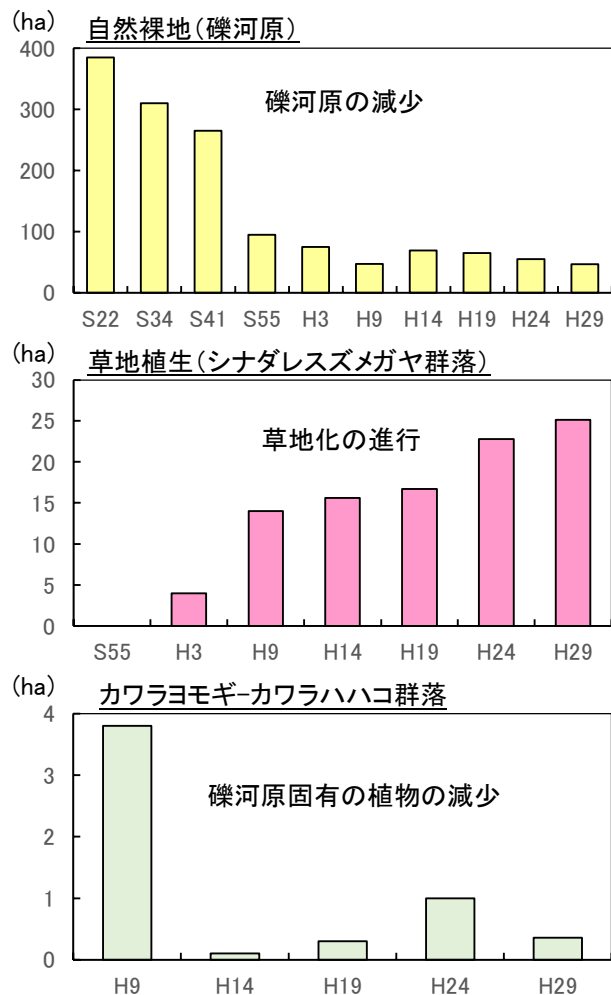


図-1 長良川中流部における河原や植生の変遷⁵⁾

2. 礫河原再生工事の実施状況

長良川52.8～54.8kでは、礫河原再生事業の一環として、平成21年度から平成28年度にかけて、表土剥ぎ・掘削等の礫河原再生工事が実施された(図-2、図-3)。

当該工事は、かつて礫河原であったが、土砂堆積が進行し、草地化・樹林化した箇所を対象として実施され、表土剥ぎ・掘削等の施工を行うことで、出水時に砂州が攪乱しやすくなる条件を整え、礫河原を創出することを目指している⁵⁾。

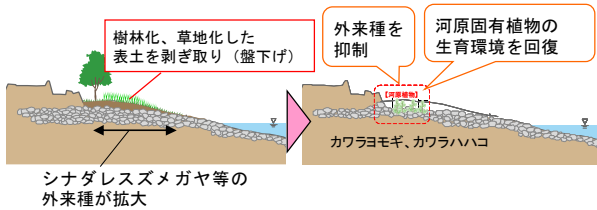


図-2 長良川中流部での礫河原の再生イメージ⁵⁾



図-3 長良川中流部の礫河原再生工事の実施状況⁵⁾

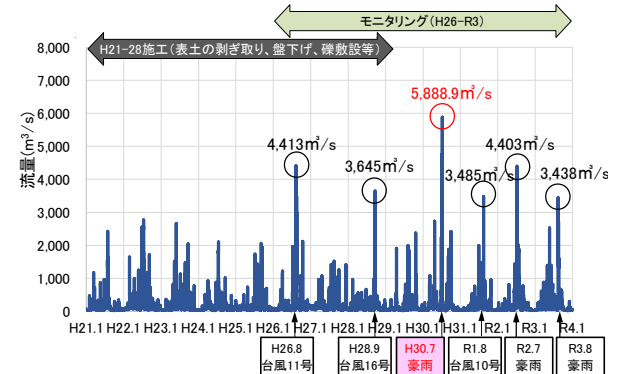
3. モニタリングによる礫河原再生の効果の把握

長良川52.8～54.8kの礫河原再生の効果を把握するため、平成26年度から令和3年度にかけて継続的なモニタリングが行われた。

モニタリングの結果、平成28年度に工事が完了した後、平成30年7月豪雨に伴って大規模な出水(図-4)が発生したことで、対象区間の礫河原が大幅に拡大した(図-5(a)、図-6)。また、礫河原の周辺には、大規模出水後に一時的に減少したものの、礫河原固有の植物であるカワラヨモギの個体が維持されていた(図-5(b)、図-6)。これらの結果は、再生工事によって砂州が攪乱される条件が整えられ、礫河原の形成・維持が促進されたことを示していると考えられる。

一方、平成26-27施工箇所などの一部の区間で

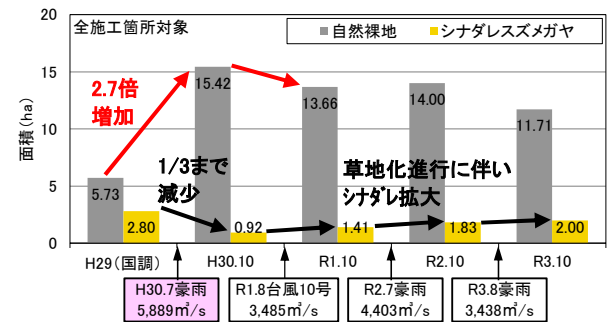
は、工事を行っても時間の経過に従い草地化するもにヤナギ類が定着・拡大し、大規模な出水が発生しても定着したヤナギ類が流出しなかった(図-5(c)、図-6)。これは、この場所が出水による攪乱が起きにくい条件となっているためと想定された。



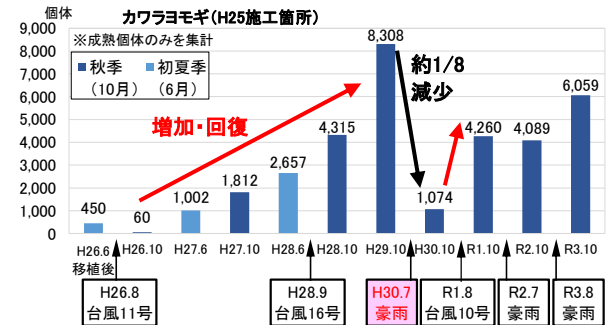
注) 出水状況は忠節観測所(河口から50.2km左岸)の水文水質データベースの流量データを基に作図した。

図-4 長良川での近年の出水状況

(a) 自然裸地・シナダレスズメガヤ群落 面積



(b) カワラヨモギ 個体数



(c) ヤナギ類(コゴメヤナギ) 個体数

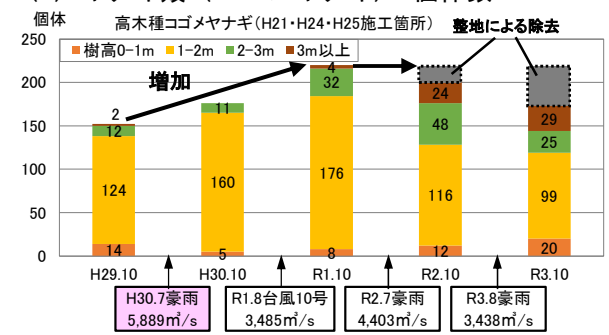


図-5 モニタリング調査結果

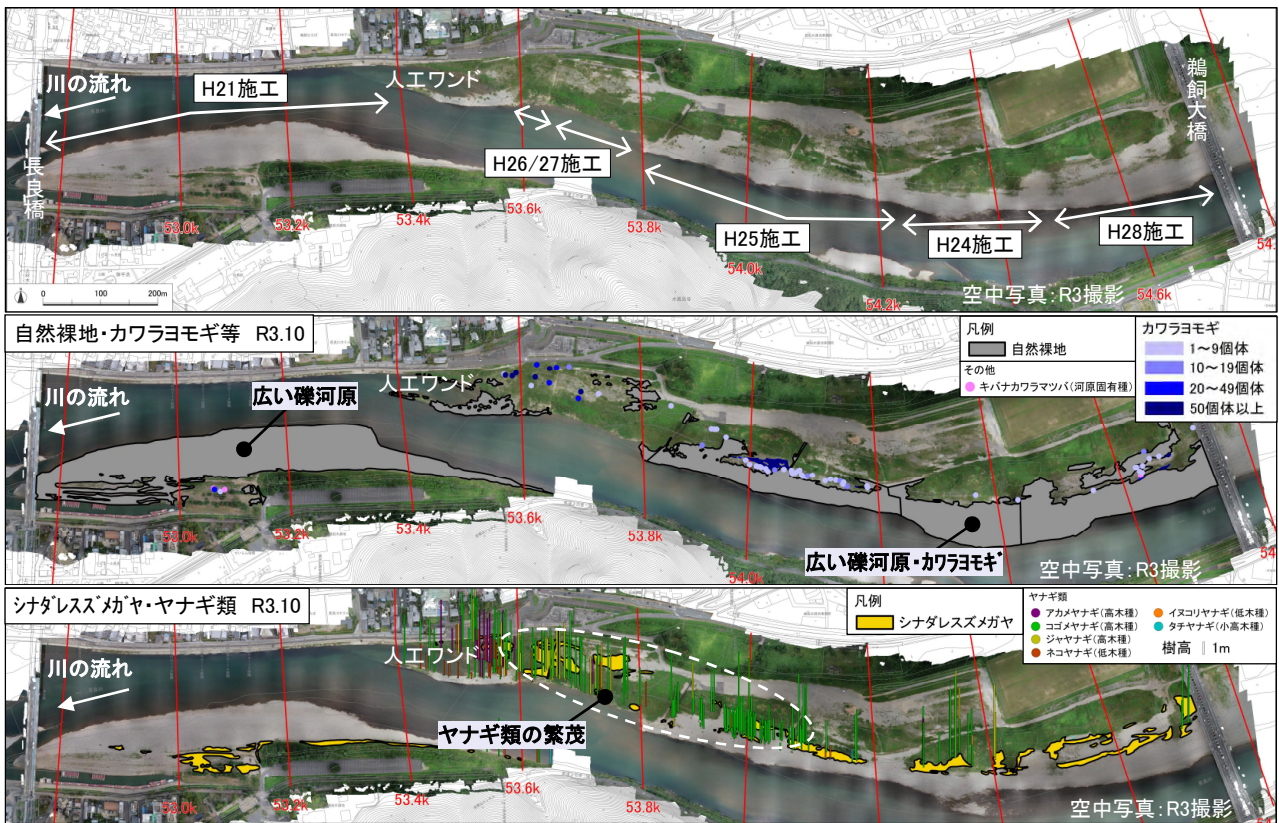


図-6 モニタリング指標の分布状況（令和3年度モニタリング調査結果）

4. 解決策

施工箇所毎に出水後の植生状況が異なる理由を検討するため、平面二次元河床変動計算で平成30年7月豪雨の大規模な出水を再現し、ヤナギ類の分布状況と重ね合わせ、礫河原が維持される条件、ヤナギ類が流出又は維持される条件を検討した。

平面二次元河床変動計算にあたっては、フリーソフトウェアのiRIC version3 Nays2DHを用いた。計算にあたっての設定条件は、表-1に示すとおりとした。

なお、52.8～54.8kの河道の特徴としては、上流部の54.2～54.8kで河道幅が広く、左岸側に湾曲し、その内湾に砂州が形成されている（図-6）。河道は下流にかけて狭くなり、右岸側に湾曲し、その内湾に砂州が形成されている（図-6）。

表-1 平面二次元河床変動解析の設定条件

項目	条件
再現出水	H30.7.8豪雨に伴う出水（期間：7/4～7/12）
地形条件	平成27年度 定期横断測量結果
粗度係数	N=0.030 ^{注1)}
河床材料粒径	出水前の調査結果の混合粒径 ^{注2)}

注1)「平成19年度木曾川上流内整備計画河道検討」で設定された粗度係数を適用した。

注2)H30.6に実施された事業内のモニタリングで取得された河床材料調査結果（6地点）を平均して用いた。

5. 成果

河道幅が広い上流部の54.2～54.8kでは、湾曲部内湾で広い礫河原が形成されている（図-6）。この区間における平成30年7月豪雨の出水ピーク時の掃流力の平面的な分布をみると、横断方向の掃流力の偏りは少なく、礫河原の範囲での掃流力は、60N以上であった（図-7）。また、無次元掃流力は、礫床の土砂移動の目安となる0.05を超過していた（図-8）。

53.4～54.0kは、湾曲部の下流に位置し、右岸側の砂州上でヤナギ類が繁茂している（図-6）。この区間では、出水ピーク時の掃流力が左岸側に集中しており、ヤナギ類が繁茂している右岸側の砂州上の掃流力は、30～50Nであった（図-7）。また、無次元掃流力は、0.05を超過していなかった（図-8）。大規模出水前後のヤナギ類の分布状況と、出水ピーク時の無次元掃流力の関係性を分析したところ、出水後もヤナギ類が維持されているメッシュは、無次元掃流力が0.05を超過しておらず、ヤナギ類が流出しているメッシュは、0.05を超過していた（図-9）。

ヤナギ類が繁茂した施工箇所について、横断方向の経年的な地形変化をみると、昭和50～60年代は滞筋と砂州の比高差が少ないが、その後、継続的に滞筋が低下し、比高差が拡大していた（図-10）。このことから、かつては出水時に砂州が攪乱されることで礫河原が維持されやすい環境であったが、次第に出水時に砂州が攪乱されにくい条件となったと考えられる。

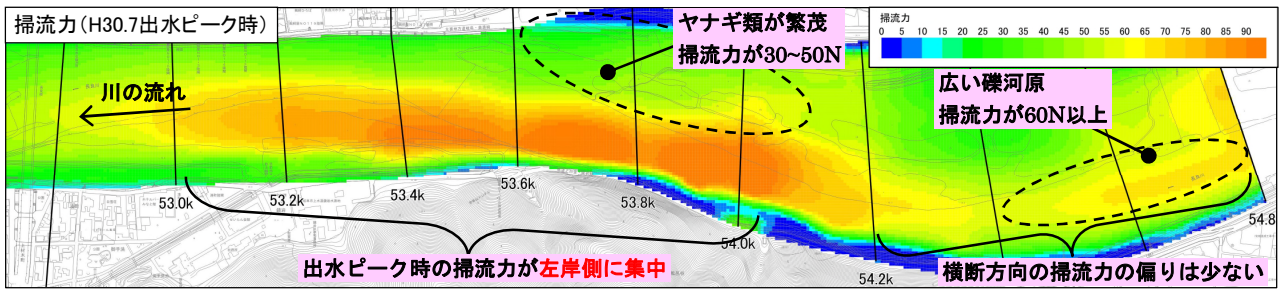
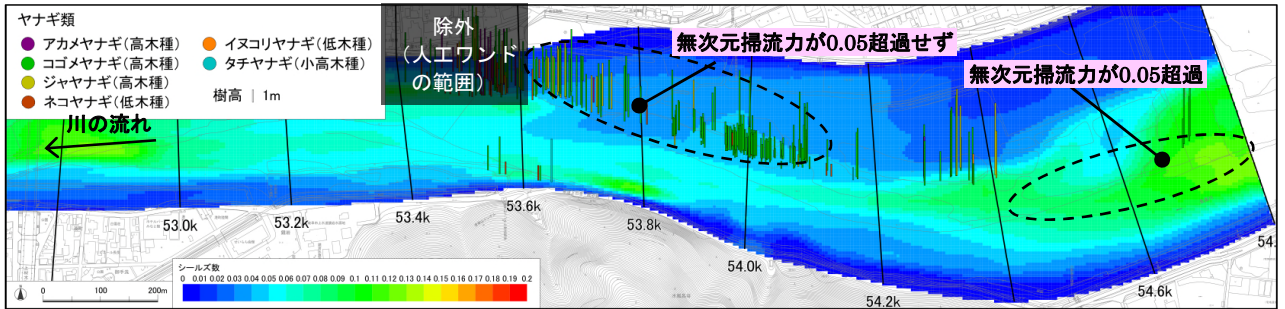
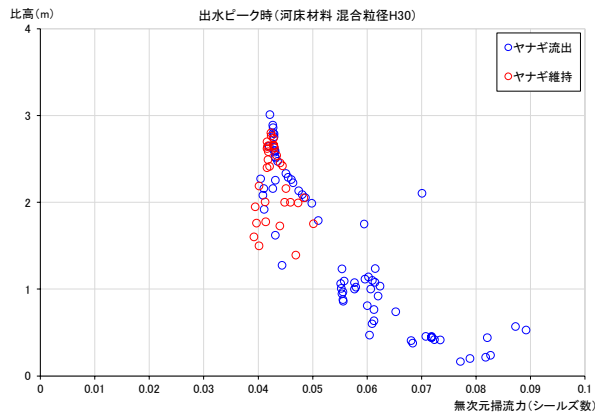


図-7 平成30年7月の大規模出水ピーク時の掃流力（平面二次元河床変動計算結果）



注) 図面上のヤナギ類は、令和3年10月のモニタリング結果（平成30年7月の大規模出水後）を示す。

図-8 平成30年7月の大規模出水ピーク時の無次元掃流力とヤナギ類の分布状況（平面二次元河床変動計算結果）



注) GIS上で作成した5m×5mメッシュ内の分布の有無によって、対象種の流出、維持を評価し、出水時の物理条件の関係を検討した。ヤナギ類の分布情報は、平成29年度及び平成30年度業務成果（平成29年10月及び平成30年10月）を用いた。

図-9 出水前後の対象種の分布状況と出水ピーク時の物理条件の関係

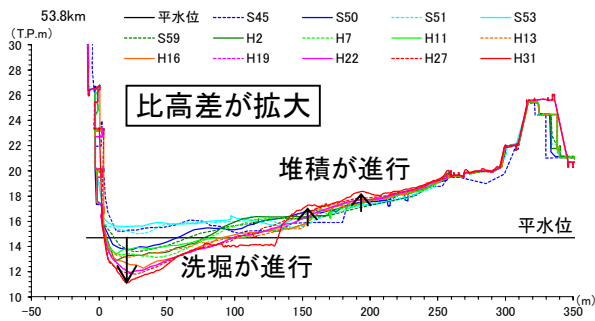


図-10 横断の重ね合わせ図（定期横断測量成果）

6. 今後の展望

本事業では、礫河原再生工事により礫河原固有の植物が生育する礫河原を再生し、その効果をモ

ニタリング結果から捉えることができた。一方、本業務の検討の結果から、かつて礫河原が形成されていた場所であったとしても、長期に渡る地形の変化により、表土剥ぎ・掘削等を行っても出水時に攪乱されにくい条件となっている場合があることが分かった。

今後、新たな場所で礫河原再生を検討する場合、かつて礫河原が維持されていた範囲であったとしても、該当区間の横断地形の変遷を確認し、各区間の地形や水理特性などを考慮して具体的な対策を講じていく必要がある。

謝辞：本業務の実施にあたり、国土交通省木曾川上流河川事務所の関係者の皆様にはご指導、ご協力を頂きました感謝申し上げます。

引用文献：

- 1) 木曾川水系河川整備計画（変更（案））（平成20年3月、令和2年2月変更、中部地方整備局）
- 2) 木曾三川における河道の二極化対策（試行）（令和5年3月、木曾川上流河川事務所）
- 3) 星野・清水（2005）河川における自然的攪乱・人為的インパクトと河川固有植物・外来植物のハビタット、自然的攪乱・人為的インパクトと河川生態系、小倉・山本編、技報堂出版株式会社
- 4) 李・藤田・山本（1999）礫床河道における安定植生域拡大のシナリオ—多摩川上流部を対象にした事例分析より—水工論文集、42巻、pp977-982
- 5) 木曾川総合水系環境整備事業 説明資料（令和3年10月、木曾川上流河川事務所・木曾川下流河川事務所）
- 6) 木曾川上流自然再生計画書（平成23年8月、木曾川上流河川事務所）

流下能力を確保する河道掘削計画における 希少種タコノアシ保全への取り組み

たけわきあかね うかいけんご ながやひではる よしだじゅんこ にしひろき
○竹脇朱音¹・鵜飼賢吾¹・長谷英治¹・吉田純子¹・西浩輝¹

¹大同コンサルタント株式会社（〒500-8288 岐阜県岐阜市中鶉2丁目11番地）

一級河川木曾川水系揖斐川においてはワンドや河畔林などの多様な自然環境が残されている。一方で、木曾川水系河川整備計画（以下、「河川整備計画」という。）で目標とする河道整備流量に向けて、流下能力向上のため河道掘削等を行う必要がある。特に近年では、全国各地で気候変動の影響により水災害が頻発化・激甚化していることから、その対策は急務である。

本稿は河道掘削による流下能力の向上、及び、業務区間内で確認された希少種・タコノアシの生息生育環境の保全・創出を目的とした業務の中で、タコノアシの生息環境調査、調査結果を踏まえ立案した保全計画について報告するものである。

Key Words : 流下能力, 河道掘削, 希少種, タコノアシ, 生育生息環境, 水位変動, ワンド, たまり

1. はじめに

近年、全国各地で気候変動の影響により水災害が頻発化・激甚化しており、揖斐川においても流下能力向上を図ることは治水上の急務である。

しかし、当該河川は、ワンドや河畔林などの多様な自然環境が残されており、生物の生息生育環境への影響が懸念された。

したがって、流下能力の確保と共に、生物の生息生育環境の保全・創出を図るための提案を行った。

2. 事業箇所および事業概要

(1) 事業箇所

本事業箇所は、岐阜県西濃地区を流れる一級河川木曾川水系揖斐川であり、河床勾配は、1/4300とセグメント2-2の区間である。



写真-1 岐阜県西濃地区、一級河川木曾川水系揖斐川、河床勾配1/4300、セグメント2-2（令和3年7月撮影）

(2) 事業概要

当該区間は、高水敷幅が広く牧草地として占用・利用されている一方で、流下能力向上のため河道掘削を行う区間でもある（写真-1）。

しかし、令和3年11月の調査時において、当該区間で希少種であるタコノアシ（写真-2）の生息が確認されたため、河道掘削を立案する中でこれらの生息生育環境の保全・創出が必要となった。

3. タコノアシ生息環境調査

(1) タコノアシの概要

a) 概要

タコノアシは、環境省レッドデータブックでは準絶滅危惧(NT)、岐阜県レッドデータブックでは絶滅危惧Ⅱ類(VU)に該当する植物である。

茎の高さは30-80cm。葉は互生し、両端がとがった披針形でほとんど無柄、やや薄く、緑に細かい鋸歯があり、長さは6-11cm、幅は0.5-1.2cm。開花期は8-9月。茎の先に特徴的なタコの足状の集散花序があり、黄緑色の花が花序の枝の上側に並ぶ。萼片は5個で花弁はなく、雄蕊は10個、花柱は5-7個が離生する植物である。

b) 分布状況

岐阜県内では美濃地方の羽島市、輪之内町、海津町など木曾三川下流部などで確認される。

c) 生息環境

丘陵帯の低地～丘陵の湿地に生育し、河川下流部の低湿地や農業用水池、泥湿地などに見られ、増水時に水没するような水位変動がある場所に繁殖する(図-1)。

d) 減少原因

本種は、湿地の中でも水位変動が大きい場所ではなければ持続的な生育はできず、やや特殊な環境に生育する植物といえる。このような環境のある場所としては農業用水池や河川のワンドなどが挙げられるが、改修などにより減少している。

また、セイタカワダチソウなどの外来種の進入によっても、生息範囲が減少している。

e) 保全対策(重要な生息環境)

保全対策は、河川のワンドや池沼の水際の植生帯の保全・創出に配慮が望まれる。特に本種の生育場は増水時だけ水没するような場所に限られるため、水際を緩傾斜とし、多様な冠水頻度が形成されるよう起伏に富んだ湿地を形成するなどの配慮が必要である。

(2) タコノアシ生息環境調査

a) 調査期間

調査日は、以下の条件から設定した。

- ① タコノアシの調査は目視となり確実に判別ができるよう、赤くなる秋季(11月)に設定。
- ② 上弦の月、下弦の月の前後で潮位の満潮・干潮の差が小さくなる日とし、水位の上昇により見失うことがない日を設定。

b) 調査方法

調査方法は、目視調査とした。

c) 調査結果

調査結果は、調査区間のワンド内にて生息を確認した(写真-2)。



写真-2 セグメント2-2において生息を確認したタコノアシ(令和3年11月撮影)

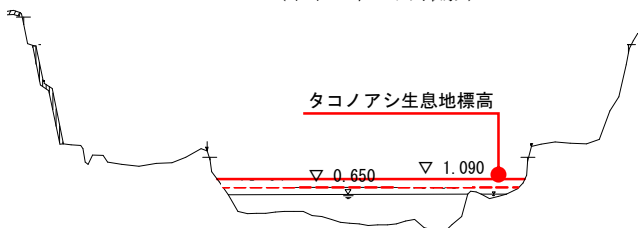


図-1 セグメント2-2におけるタコノアシ生息確認位置付近河川横断面図の生息環境調査時水位と生息地標高の関係(赤実線: タコノアシ生息地標高, 赤波線: 生息環境調査時水位)

4. タコノアシ生息環境

(1) 生息環境

確認したタコノアシの生息環境を以下に示す。

a) 日当たり

日当たりは、前面に立木がなく良好な環境である(写真-3)。

b) 水の流れ

生息を確認した場所は、ワンド内で平常時の水の流れが極めて緩やかな環境である(写真-4)。

c) 水位

確認時における水位は、TP=0.65mである。

d) 河岸状況

確認場所は、河岸勾配が1:2.0程度の緩やかな勾配である(写真-5)。

e) 底質

底質は、砂泥質であり、歩行が困難なほどぬかるんだ状態の環境である(写真-6)。



写真-3 セグメント2-2におけるタコノアシ生息環境の良好な日当たり(令和3年11月撮影)



写真-4 セグメント2-2におけるタコノアシ生息環境の緩やかな水の流れ(令和3年11月撮影)



写真-5 セグメント2-2におけるタコノアシ生息環境の河岸勾配(令和3年11月撮影)



写真-6 セグメント2-2におけるタコノアシ生息環境の底質（令和3年11月撮影）

(2) タコノアシ生息環境と水位の関係

タコノアシは湿地を好む植物であること、また、当該区間は、潮位の影響を受ける区間であることから、生息地点と水位の関係に着目し環境状況の把握を実施した。

a) 365日の水位変化（日平均水位）

タコノアシを確認した地点の水位は、過去5年における日平均水位を把握した結果、タコノアシ生息地点T.P.+1.09mまでに水位が達する日は、一年間のうち4月から10月の7か月間で15日であった。

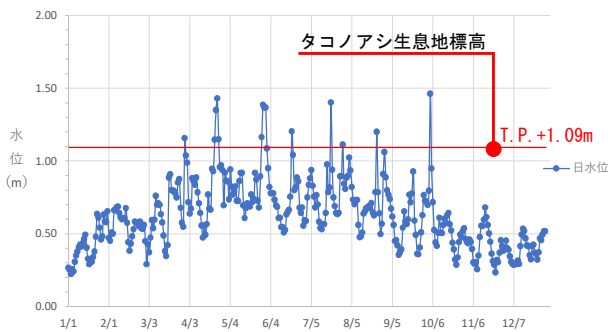


図-2 セグメント2-2における過去5年の日平均水位変化とタコノアシ生息地標高の関係

b) 一日の時間水位変化

一日の水位変化についても把握した結果、新月（大潮）の前後数日間は一日に数回タコノアシ生息地点まで水位が上昇することを確認した。

また、平均最高水位は、T.P.+0.90m 平均最低水位は、T.P.+0.00mとなり90cmの水位変動を1日（24時間）に約4回程度繰り返していることも確認した。

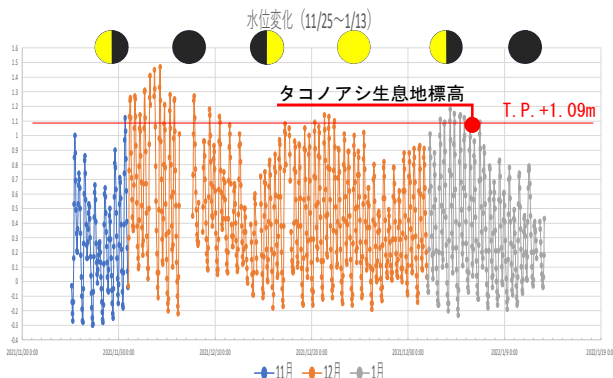


図-3 セグメント2-2における一日の時間水位変化とタコノアシ生息地標高の関係

5. タコノアシ保全を図る河道掘削計画

(1) タコノアシ保全方針

当該区間沿川でタコノアシの生息が確認されている他空間の生息環境についても確認・把握し、保全計画の立案を行った。



写真-7 当該区間セグメント2-2における沿川のタコノアシ生息環境（令和3年12月撮影）
（左・右：タコノアシ生息水域状況）

現地調査の結果、“ワンド”や“たまり”といった止水域が多く存在していることを確認したため、当該区間の流下能力を確保する河道掘削を立案する中でタコノアシの保全計画は、下記の通りとした。

a) 掘削高

川側の掘削高は、平水位（FH=0.52）程度、低水護岸付近の掘削高は、豊水位（FH=0.71）とする。（掘削横断勾配I=1/300程度）

b) 低水護岸

護岸は、覆土をするなどし、露出させない隠し護岸とする。

c) 水際部

水際部は、水位の変動による土砂の流出防止を図るため、既設水制などの玉石を活用し、寄せ石を行うことで水際土砂の流出を防止する。

d) 護岸前面テラス

護岸前面のテラスには“ワンド”や“たまり”を形成するため、凹凸部を設ける。

凹部は、潮位による水位変動を考慮し、多様な冠水頻度が形成されるように、平水位（FH=0.52）より-35cmとした。

また、凸部も、潮位による水位変動を考慮し、多様な冠水頻度が形成されるように、平水位（FH=0.52）より+75cmとした。

なお、テラスは表土などの現地発生土を用いて形成することで、底質を維持し既往生物の生息生育環境の保持を図ることとした。

(2) タコノアシ保全計画

タコノアシの保全計画は、岐阜大学教育学部理科教育講座（生物）須山知香准教授（以下、「学識経験者」という。）に助言を頂きながら計画の立案を行った。

a) 平面計画

平面計画では、タコノアシの生育環境となる“ワンド”や“たまり”の創出を図った。

ただし、計画区間には河畔林などの多様な自然環境が残されているため、計画ワンド形状は、現況ワ

ンド形状を踏襲する計画とし、多様性の保持を図った。

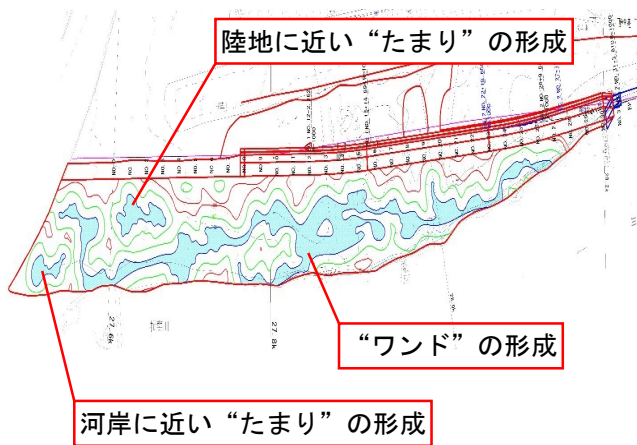


図-4 タコノアシ保全計画平面図

※タコノアシが好む環境は、図中に示す緑線～赤線の標高の範囲である。

b) 横断計画

流下能力を確保するタコノアシの生育環境となる平水位高～豊水位高の河岸高の創出を図った。

なお、掘削した際に底質が異なる場合は、表土により既往の底質を保持する計画とした。

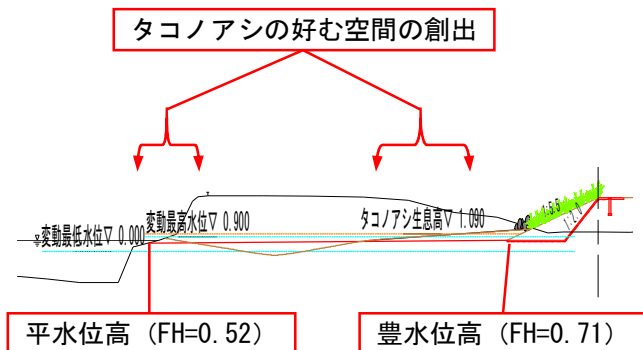


図-5 タコノアシ保全計画標準横断面図

6. 成果と今後の課題

(1) 成果

流下能力を確保する河道掘削を立案する中で、平面計画は“ワンド”や“たまり”を多く確保し、横断計画は、タコノアシが好む標高を連続的に確保することが可能となった。

そのため、矯正、代償によりタコノアシの生息生育環境の保全・創出を図ることができたと考える。

(2) 今後の課題

施工後のタコノアシの定着について学識経験者に助言を頂き課題を取りまとめた。

施工後タコノアシの定着が見られない場合は、近隣の自生個体群から種の取りまきを実施するなどの方法によりタコノアシの保全を図ることも視野に入れる。ただし、種子の取りまきにより危惧種の絶滅を加速させる場合もあるため、以下の点に留意する必要がある。

自生個体群から種子を採取する際は、同一種内でも大きい個体、成長の早い個体、病気に強い個体等多様性があるため、採取時期を変えることや、茎の太い個体細い個体等様々なものから種子を採取することが望ましい。

また、種の保全を図るためにも、種子の取りまきを行う集団と計画地の集団について遺伝的多様性に関しての配慮を行う必要がある。

計画箇所付近で見受けられた個体と取りまきを行う自生個体群の個体が、同一あるいはごく近縁であることを確認できれば、その個体群から種子を採取して取りまきを行うことが可能であろう。

謝辞：本稿を作成するにあたり、国土交通省中部地方整備局木曾川上流河川事務所より受注した業務成果の一部を活用させて頂きました。

関係者の皆様に多大なるご指導、ご協力を頂き感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 木曾川水系河川整備計画（附図等）木曾川水系河川整備計画 - 国土交通省中部地方整備局
<https://www.cbr.mlit.go.jp/kisokaryu/kisosansen-plan/>（2023.09.19 閲覧）
- 2) 環境省レッドデータブック
別添資料3 環境省レッドリスト2020
<https://www.env.go.jp/content/900515981.pdf>（2023.09.19 閲覧）
- 3) 岐阜県レッドデータブック（植物編）改訂版2類- 岐阜県公式ホームページ（環境生活政策課）
<https://www.pref.gifu.lg.jp/page/11424.html>（2023.09.19 閲覧）
- 4) 岐阜県植物誌 Flora of Gifu, Japan 岐阜県植物誌調査改 文一総合出版 P388
- 5) 国土交通省HP：水文水質データベース
<http://www1.river.go.jp/>（2023.09.19 閲覧）
- 6) 月の満ち欠け
国立天文台 天文情報センター 暦計算室
<https://eco.mtk.nao.ac.jp/koyomi/>（2023.09.19 閲覧）

4. 非浸水化の検討

(1) 水平ラック

無線鉄塔から庁舎別棟3階フロアまでの導波管ルートは、水路や埋設物などの周辺状況より、水平ラックを新設するものとした。

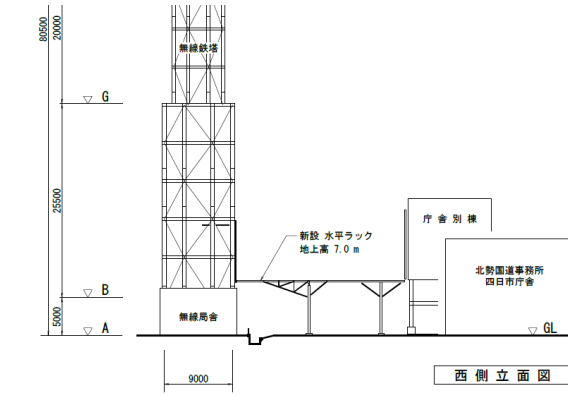


図-8 新設水平ラック 立面図

(2) 液面計

液面計は地下タンク内の液面センサからの信号を受けて、タンク内貯油量を表示する電子機器であり、一般的に給油口ボックスに設置される液面計は、水没により機能を喪失する可能性が高い。

本業務では、発電機室内に燃料ポンプを制御するポンプ制御盤を設置し、これに液面計を設置して地下タンク液面センサからの信号を受信する構成とするとともに、ポンプ制御盤側の液面計から給油口ボックス内の液面計に指示情報を送信する構成とした。これにより、給油口ボックスが水没して液面計が機能しなくなった場合においても、ポンプ制御盤側での油量確認が可能となる。

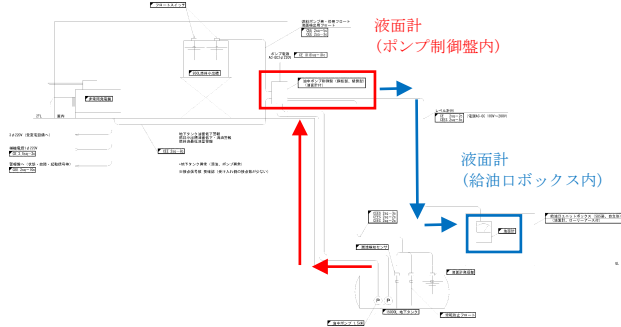


図-9 液面計システム構成図

(3) 通気口

通気口は地下タンク内の温度変化による内圧を補償するとともに、引火性蒸気を排出するためのものである。水没した場合はタンク内に水が侵入してしまうため、これを防止する必要がある。

本業務では、建築設計と調整を行い、通気用配管を庁舎別棟建屋沿いに立ち上げ、通気口を浸水深より高い、地表面から6.5mに設けるものとした。

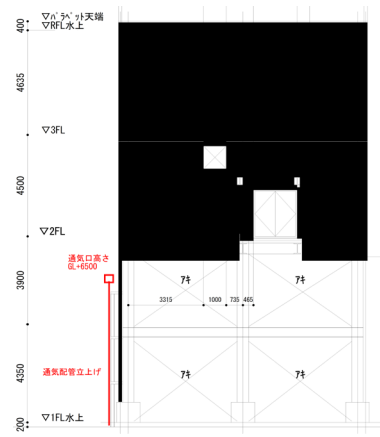


図-10 通気管立上げイメージ図

5. 耐水化の検討

(1) 燃料移送ポンプ

燃料移送ポンプの水没対策として、燃料移送ポンプを水没防止シェルターに収める方法と、燃料タンク内に収める油中ポンプ方式とが挙げられる。

水没防止シェルター方式では地上階の設置スペースが必要となるとともに、浸水時の漂流物による衝突の気密性確保のための対策が別途必要となることから、これらの問題が生じない油中ポンプ方式を採用するものとした。

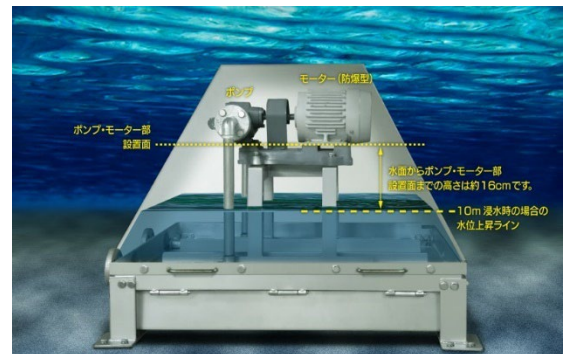


図-11 水没防止シェルター イメージ図

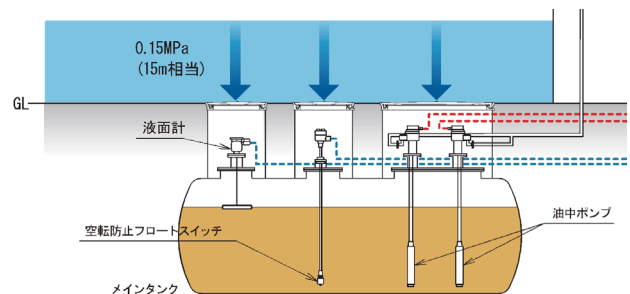


図-12 油中ポンプ 取付概要図

(2) 配線路

建屋引込部からの浸水対策として、開口部浸水対策工法や管路口防水材料のような浸水対策製品が発売されている。本業務では、ケーブルを引込部等の浸水が想定される箇所において、防水処理を実施することで浸水対策を実施するものとした。



図-13 管路止水防水システム (メーカー資料より)

(3) タンク室

本業務では、地下タンクの設置方法について、プレキャスト工法では浸水対策できることが確認できないため、タンク室構造により設置するものとした。

a) 消防法への対応

地下タンク貯蔵所は危険物施設に該当するため、浸水による加圧を考慮した構造検討の必要性について、所轄消防へ問い合わせを行った。所轄消防の回答として、「平成17年消防危55号」に従えば足りるものであり、浸水による加圧に耐える構造は特に求めるものではない、との回答であった。

b) タンク室の構造検討

本業務では、想定される最大浸水深5.7mが発生した場合にタンク室の強度を担保できるものとするため、浸水と地震が同時に生じた場合を想定したパターンが最も条件が厳しいものを、本設計における浸水による水圧対策条件として設定した。

前述の「平成17年消防危55号」の強度検討項目(CASE1~3)に、浸水及び地震による躯体への加荷重に耐えうる、タンク室の強度検討による構造検討を行った。

表-2 タンク室 強度計算検討パターン一覧

荷重種類	CASE 1	CASE 2	CASE 3	CASE 4	CASE 5	CASE 6	CASE 7
2-1 タンク室自重	○	○	○	○	○	○	○
2-2 タンク室内収容物荷重	○	○	○	○	○	○	○
2-3 土圧・水圧(常時)	○	○		○	○	○	○
2-4 土圧・水圧(地震時)			○		○		
2-5 タンク上部に線荷重考慮		○					
2-6 浸水 6m				○	○		○
マンホール部を開口欠損と仮定した場合の検討						○	○
断面検定時の許容応力度	長期	短期	短期	短期	短期	長期	短期

(4) 水圧による浸水が想定される箇所

その他、水圧による浸水が想定される箇所として、燃料配管、給油口、マンホール、タンク室が挙げられる。

a) 燃料配管

燃料配管として一般的に使用される配管材料はSGP管(黒)であり、その最高使用圧力は約1MPaである。配管を地表面に設置した場合の浸水による水圧は0.06MPaであるため、水圧に十分耐えることができるものとして、対策は不要とした。

b) 給油口

給油口の耐水圧について、メーカーヒアリングを行ったところ、給油口の一般的なねじ込みにおいて、0.15MPaの耐水圧に耐えるものであるため、給油口は浸水深5.7mに対する水圧対策は不要とした。

c) マンホール

マンホールについて、0.15MPaの耐水圧を有するマンホールが販売されており、これを使用することで浸水時の水圧対策するものとした。



図-14 0.15MPa耐水マンホール

6. おわりに

本業務では、想定される最大浸水深5.7mが発生した場合の浸水対策として、水没する主要設備を移設により嵩上げを行い、水没箇所の設備は耐水化することで、最大浸水時に主要設備が浸水被害を受けないものとした。

本業務の地下タンク構造検討については、消防法における所轄消防の判断としては不要ではあるものの、浸水による加圧に耐えうる構造検討を実施した。浸水時の強度を担保できる地下タンク構造を検討する方法の参考事例として、一助になると考える。

浸水対策は、浸水条件や敷地条件などの様々な条件により、多岐にわたる方法があり、本業務で実施したような嵩上げによる対策のほか、シャッターなどで建屋内への浸水防止をするような方法も考えられる。嵩上げの方法においても、建屋屋上への移設や基礎による嵩上げ、架台製作による方法など複数の方法が考えられる。

本論文は浸水対策の一例として作成したものであるが、浸水対策の設計は、条件に応じた多種多様な浸水対策の検討を行っていくことが必要であると考えられる。これらの知見も活かすことで、より良い浸水対策検討を実施するたもの一助となると考える。

謝辞: 本論文の内容は、国土交通省中部地方整備局北勢国道事務所より受託した業務成果に基づくものであり、ご指導、ご協力を頂いた、管理課、計画課、総務課、愛知国道工務課の方々および関係各位に対して、ここに謝意を表します。

参考文献

- 1) 電気通信施設維持管理計画作成の手引き(案), 令和4年3月, 国土交通省大臣官房技術調査課電気通信室
- 2) 電気通信施設設計要領・同解説(電気編), 平成29年版, 一般社団法人建設電気技術協会
- 3) 電気通信施設設計要領・同解説(通信編), 平成29年版, 一般社団法人建設電気技術協会
- 4) 電気通信施設設計要領・同解説(情報システム編), 平成29年版, 一般社団法人建設電気技術協会

新しい市民参加手法による公園づくり構想 ～市民意見の代表性・中立性を求めた市民参加プログラムの実践～

○堀田旭宏¹・丸山昇¹・小林高浩¹

¹株式会社オオパ 名古屋支店 (〒464-0003 愛知県名古屋市中区錦1-19-24 名古屋第一ビル7階)

本稿は、愛知県刈谷市を代表する大規模な5つの公園を対象として策定した「魅力あふれる公園づくり構想」において行った市民意見の代表性・中立性を求めた新しい市民参加の取り組みを報告するものである。今回の構想の策定にあたっては、『市民の求める公園とするために、いかに「市民の意見」を公園の将来構想に反映できるか』に着目し、その実現手法として、市民意見の代表性・中立性が確保されるワークショップ・プログラムを企画立案して実践した。

Key Words : 代表性・中立性, 市民参加, ワークショップ, 市民主体の公園づくり

1. はじめに

「市民の意見を取り入れた公園をつくることで、もっと公園を使いこなし、生活を豊かにすることができる。」今回の公園づくり構想のアドバイザーである瀬口教授(名古屋市立大学名誉教授)の言葉である。本稿では、刈谷市を代表する5つの公園を対象に策定した「魅力あふれる公園づくり構想」(以下、「公園づくり構想」という)において実践した市民意見の代表性・中立性を求めた新しい市民参加手法について報告するものである。

2. 業務の概要

刈谷市は、愛知県のほぼ中央に位置し、市域は南北13.2km、東西5.8kmと南北に細長く、面積は50.39km²、人口は約15.3万人を有している。

本業務では「第3次刈谷市緑の基本計画」の「地域の特性をいかす緑の拠点」に位置づけられた北部地域(①洲原公園, ②岩ヶ池公園), 中部地域(③刈谷市総合運動公園, ④亀城公園), 南部地域(⑤フローラルガーデンよさみ)の5つの公園を対象として、その公園の将来構想を策定することを目的とする。これらの5つの公園は未開設区域や拡張整備の余地があり、各地域を代表する大規模な公園として各公園の特色をいかした再整備が期待される(図-1参照)。

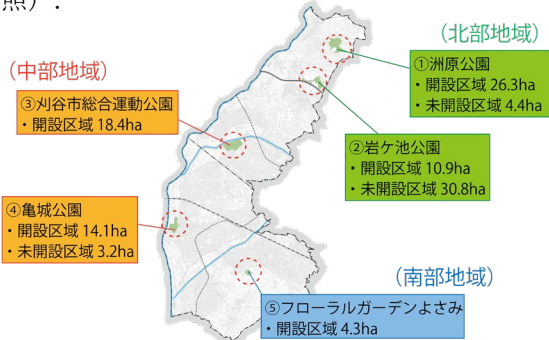


図-1 対象となる5つの公園

構想の策定体制として、学識経験者、各種団体、事業者の代表、関係機関の行政職員等で構成する『魅力あふれる公園づくり構想策定委員会』と北部・中部・南部の3つの地域の中学校区で区分した地域住民らで構成する『市民公園づくり会議』(ワークショップ)を設置した。オオパは、市民意見を取り入れた構想策定を行うための市民参加プログラムの企画立案とそのプログラムの活動支援を担当した(図-2, 3参照)。

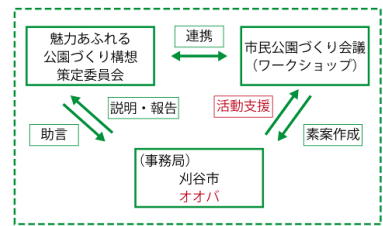


図-2 構想の策定体制

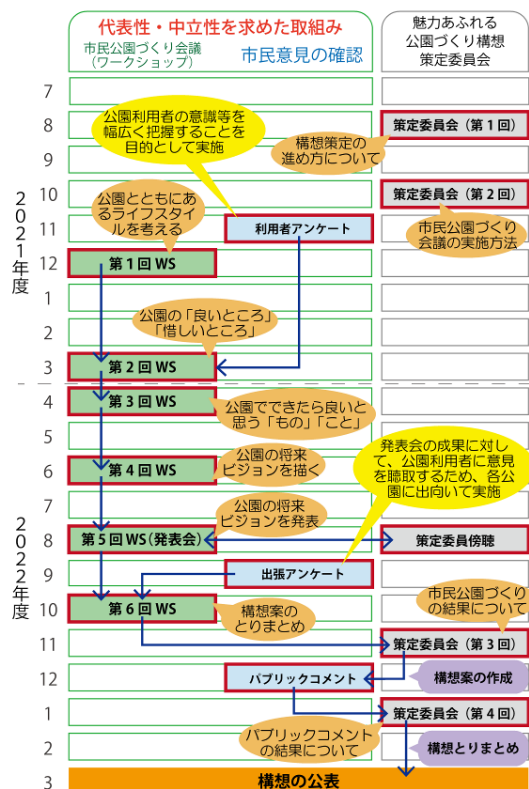


図-3 全体のスケジュール

3. 公園づくり構想の課題

今回の公園づくり構想では、『市民が求める公園とするために、いかに「市民の意見」を公園の将来構想に反映できるか』が重要であった。そのため、市民参加プログラムの企画立案において、以下の3つの課題への対応が求められた。

- | |
|--|
| 市民参加プログラムの企画立案における課題
1) 参加者の人選
2) 「市民の意見」をカタチにする成果
3) 市民のアイデアを引き出すプログラム |
|--|

図-4 市民参加プログラムの企画立案における課題

【課題①】参加者の人選

公園の利用ニーズが多様化する中、市民意見の代表性・中立性を確保するため、『市民公園づくり会議』メンバー（参加者）の幅広い世代からの人選と、十分に議論できるグループ編成が課題となった。

【課題②】「市民の意見」をカタチにする成果

ワークショップの成果である将来構想のとりまとめを行政・コンサルタントが行うと、行政側の意向が色濃く反映されてしまう傾向がある。市民がつくった構想とするため、市民の主体的な意見を表現する成果のカタチ（将来構想のアウトプット）が求められた。

【課題③】市民のアイデアを引き出すプログラム

各公園の具体的な施策や事業イメージに結びつく、市民のアイデアを引き出すために、市民自らが公園のことを学び、市民一人ひとりが地域全体の視点に立った意見を出せるようなワークショップ・プログラムの提案が求められた。

4. 『市民公園づくり会議』の構成【課題①への対応】

(1) 幅広い世代による会議の構成メンバー

代表性・中立性を確保するため、『市民公園づくり会議』の構成メンバーは、北部・中部・南部の3つの中学校区の地域住民を中心に、中学生、大学生、福祉団体、子育て団体、一般公募による市民とし、車椅子利用の障がい者などを含めた幅広い世代から人選を行い、意見を求めることとした。

(2) 総勢72名の『市民公園づくり会議』

参加者が責任をもって議論ができるように、参加者は一人ひとつの公園を専任し、公園ごとに2~3のグループ(1グループ:5~7人)を作り、合計で12グループの編成とし、参加者は総勢72名となった。

公園ごとに複数のグループで議論し、その結果をグループ間で協議し意見をまとめることで、より市民意見の代表性・中立性を確保できるようにした。

5. 市民の求める成果のカタチ【課題②への対応】

(1) 公園プラン(平面図)を描かない構想策定

公園づくり構想の成果については、市民の意見を

そのままカタチとして表現できるよう、具体的な公園プラン(平面図)を描くのではなく、市民が求める公園の「将来像と利活用イメージ」を言葉で表現し、文章を主としてとりまとめを行うこととした(図-5参照)。

市民公園づくり会議でどんなことをするの?

公園での思い出や未来への思いを話し、皆さんと一緒に、5つの公園でできたら良いと思う「もの・こと」を出し合い、「あんな公園がいいな」、「こんな公園に行きたいな」などと思えるような公園の将来イメージをつくります。



図-5 市民に求める成果イメージ

(2) 公園の未来イメージとエリア別の利活用イメージ

公園の未来イメージは、市民が理想とする公園の未来のイメージを文章で表現した(図-6参照)。

公園の将来像

自然とともに遊んで学べる! SUHARAアウトドア・パーク

公園の未来

- 1) 自然の中で遊びを創造し、人とつながり心と体の成長が促されます。
- 2) 豊かな自然に囲まれてゆったり向き合える時間を過ごせます。
- 3) 大学や地域とのコラボにより、楽しみながら学べる機会が得られます。

図-6 市民の思い描く公園の未来(洲原公園)

利活用イメージは、公園をエリアごとに分け、市民の思い描く公園を利用している姿で表現した。また、市民にわかりやすく伝えられ、利活用イメージを可視化できるよう、イラスト化を行った(図-7参照)。

【将来構想図】



●学びの森・エリア

【利活用イメージ】

- 大学生と子どもたちが木の実や葉などを使って遊びながら、お互いに学んでいます。
- カフェテラスでは、公園内で加工した物を販売したり、公園利用者や大学生などが、水辺の景色を楽しみながらくつろいでいます。
- 自然体験学習施設では、採集や野鳥観察などのフィールドワークが開かれており、自然をいかした遊具や遊びを通して、子どもたちの好奇心を育てています。



図-7 将来構想図と利活用のイメージ図(洲原公園)

6. ワークショップ・プログラムの提案【課題③への対応】

(1) 自ら学び考えるプログラムの設定

前項の「市民の求める成果のカタチ」を前提として、様々な視点で公園を考えるテーマを設定し、自ら学びながら考えるプログラムを設定した。また、「ひとりよがり」の考えにならないように利用者アンケート、出張アンケートを実施し、公園を利用する多くの市民らの意見を取り入れられるようにした(表-1参照)。

表-1 ワークショップのプログラム

項目	テーマ
第1回WS (合同開催)	PARK × LIFE ～公園とともにある ライフスタイルを考える～
利用者 アンケート	★公園に対する意識や利用実態等を幅広く把握できるよう、公園ごとに利用者アンケートを実施
第2回WS (地域別)	公園の“今”を考える ～公園の「良いところ」と 「惜しいところ」～
第3回WS (地域別)	公園の“未来”を考える ～公園でできたら良いと思う 「もの・こと」～
第4回WS (地域別)	公園の“未来”をカタチに ～公園の将来ビジョンを描こう～
第5回WS (合同開催)	PARK × Vision (発表会) ～5つの公園の将来ビジョンを発表する～
出張 アンケート	★作成した将来構想を公園ごとにパネル展示し、幅広く市民からアンケート調査により意見聴取
第6回WS (合同開催)	PARK × Concept ～5つの公園の構想(案)のとりまとめ～

(2) 「ライフスタイルを考える」(第1回WS)

第1回ワークショップでは、幅広い世代が議論できるように「ライフサイクル×公園」年表を作成した。自分がこれまでに体験した『公園での思い出』をグループ内で共有し、その後、自分がこれから経験したい公園との関わり方について語り合った。このプログラムを通して、参加者の年代や所属を超えた活発な意見交換ができ、参加者相互に公園に対する思いや考えを理解することができた。個人の「過去と未来」を「ライフサイクル×公園」年表に整理し共有することで、あらゆる世代にとって理想的な『公園とともにあるライフスタイル』を考える機会とした。



写真-1 「ライフサイクル×公園」年表の作成の様子

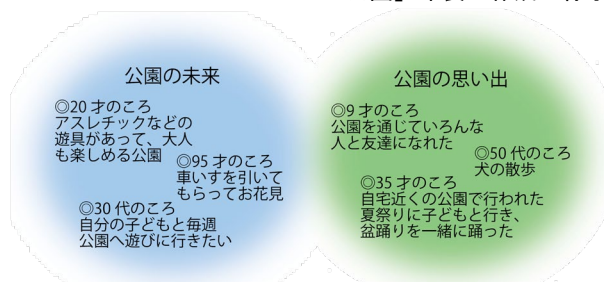


図-8 「ライフサイクル×公園」年表の意見

(3) 公園の“今”から“未来”へ(第2～4回WS)

第2回ワークショップでは、公園の“今(現状)”を考え、公園の「良いところ」を伸ばし、「惜しいところ」を改善するアイデアを提案するプログラムとした。そのために、各公園の利用実態を調査する「利用者アンケート」を事前に実施し、結果を参加者と共有することで、各公園の特性や評価を把握した(表-2参照)。

表-2 利用者アンケートの結果

公園名	主な利用者アンケートの結果
洲原公園	・年齢層が高く、市外からの利用者が多い。 ・平日は「休憩・散歩」のリピーター利用が多く、休日は「子どもを遊ばせる」家族利用が多い。
岩ヶ池公園	・平日・休日とも家族での利用が多く、市外からの利用者が8割以上を占める。 ・平日・休日とも「子どもを遊ばせる」「飲食」目的が多い。
刈谷市 総合運動公園	・利用者層に偏りが無く、地元市内の利用率が高い。 ・利用目的はスポーツ・健康づくりが多く、休日には子どもを遊ばせる利用が多い。
亀城公園	・若者(10代～20代)の利用者が少ない。 ・平日・休日とも徒歩利用が多く、リピートが少ない。
フローラル ガーデンよさみ	・平日は高齢者、休日は家族での利用が多く、近隣の中学校区の利用が多い ・平日は「休憩・散歩」が多く、休日は「子どもを遊ばせる」目的の利用が多い。

第3・4回ワークショップでは、さらに公園の“未来”をカタチにするために、公園でできたら良いと思う「もの・こと」を考え、公園の将来ビジョンとして「公園の未来イメージ」と「エリア別の利活用イメージ」をとりまとめた。

(4) 将来ビジョンの発表(第5回WS)

第5回ワークショップでは、地域別(第2～4回)で議論した結果を参加者全員で確認する発表会を実施した。発表会では、中学生が自ら実施した公園に関するアンケート調査結果を踏まえた提案や、現地で撮影した動画を用いて車椅子利用者が公園を利用する際の課題の説明など創意工夫のある発表が行われた。参加者自らが発表することで「公園づくり」を自分ごととして捉えることができ、さらに「各地域の公園の未来」を共有することで地域全体の広い視野に立った考え方を学ぶことができた。



写真-2 発表会の様子

(5) 出張アンケート

『市民公園づくり会議』で提案した公園の将来ビジョンが、他の多くの市民にどう評価されるかを確認するため、参加者自らが各公園に向いてアンケート調査を実施した。

その結果、多くの公園利用者から賛同を得ることができ、その結果も踏まえて成果をとりまとめることができた。



写真-3 出張アンケートの様子

7. 業務成果と得られた評価

(1) ドイツの市民参加手法との比較

近年、「市民討議会」として各地で開催されている市民意見の代表性・中立性を確保する市民参加手法「プラーヌクスツェレ」⁽¹⁾との比較により評価した。¹⁾

「プラーヌクスツェレ」の長所
1) 意見の代表性・中立性
2) より主体的に成果を求める討議姿勢
3) 地域全体の視点にたった意見

図-9 「プラーヌクスツェレ」の長所

1) 意見の代表性・中立性

当初より「策定委員会」において参加者の代表性・中立性が議論された。そのため、参加者は実際に公園を利用する地域住民を主体とした人選としている。さらに、多くの市民や公園利用者の声や意見を聴くために、利用者アンケート、出張アンケートを併用している。こうしたプロセスを経ていることで、最終的な成果（公園づくり構想）についても、市民意見の代表性・中立性が確保されたものとして、「策定委員会」でも承認された。

2) より主体的に成果を求める討議姿勢

本業務では、市民が主体的に議論できるように、事務局（オオバ）がグループワークの進行や補助、構想策定に必要な知識や技術の専門的なアシストを務めた。

これにより、市民自ら公園に関する知識を学び責任を持って取り組むという意識が芽生え、参加者間の合意形成を図り成果をつくるという姿勢で議論ができた。

3) 地域全体の視点にたった意見

各回の議論、発表会を通して、自分の担当する公園だけではなく、他の公園の検討プロセスの共有化を図ることで、参加者一人ひとりが幅広い視点から地域連携による公園づくりを考え、成果に反映されている。

(2) 新たな市民参加手法の試み

刈谷市では、「第3次刈谷市緑の基本計画」の施策として「多様な主体の参画による緑のまちづくり」を推進している。今回の公園づくり構想では、市民公園づくり会議(72名)、利用者アンケート(1,827名)、出張アンケート(560名)、合計(2,459名)の多くの市民らの参画を得て、市民意見としての代表性・中立性が確保された新たな市民参加手法の試みが実現できた。

8. 今後の展望

(1) 構想実現に向けた官民連携手法の検討

今回の公園づくり構想の中では、市民からの意見として「公園の整備を官民連携により取り組む」アイデアが出されている。また、行政として、「官民連携

による公園づくり構想の実現」を推進するために、民間事業者の参入意欲を確認するサウンディング調査の実施を予定している。

今後は各公園で最適な官民連携手法を検討し、いかに市民の思い描く構想を実現していくかが重要である。

(2) 市民主体の緑のまちづくりに向けて

今回の公園づくり構想をきっかけとし、市民主体の公園づくりの機運が醸成されることが期待される。これからの時代、公園緑地は地域・市民で育てていき、より柔軟に使いこなすことが求められる。そして、市内の多くの公園の利活用や維持管理、公園を通じた健康づくりや地域のにぎわいづくりの創出など、市民主体の緑のまちづくりにつながることに期待したい。

(3) 映像化による情報発信

出来上がった構想をより身近なものとし、認知され共感を得ることを目的として、刈谷市では構想を映像化し、YouTubeやSNSなど各種のWEB媒体での発信を予定している。映像には市民公園づくり会議メンバーも参加しており、自らが担当した公園で撮影を行い制作が進められている。動画では、構想への期待や思い、構想づくりに参加した感想などを語っており、構想実現化への次のステップにも市民の関わりが続いている。

9. おわりに

瀬口教授はワークショップの最後に「大きな夢を持ち続けてほしい。夢は粘り強く取り組むと実現できる」と講評している。この夢の実現に向けて、今後も継続的に市民の主体的な取り組みが必要であり、その取り組みを支えることもコンサルタントの役割である。今回の経験をいかし、公共事業の様々な場面においても、新しい市民参加手法に取り組んでいきたい。



写真-4 参加者の集合写真（第6回WSより）

脚注

- (1) プラーヌクスツェレ：ドイツの社会学者 Peter C. Diebel氏が考案した住民参加手法で、無作為抽出により選出された住民が、行政からの十分な情報提供を受けた上で討議を行い、短時間で合意形成を図るという手法。国内では「市民討議会」と呼ばれ、青年会議所（JC）を中心に開催されている。

参考文献

- 1) 「総合計画策定プロセスへの住民参加の効果と課題～無作為抽出による直接参加型住民参加手法の可能性～」, 大塚敬, 季刊政策・経営研究2010 Vol. 4

地域資源の維持・向上を目的とした再整備計画 及び樹木の伐採計画の立案

かたぎりたつと きむらひかる あさのせいいち みうらとしお たなかじゅんき
○片桐達斗¹・木村 光¹・浅野誠一¹・三浦利夫¹・田中 順己²

¹中央コンサルタンツ株式会社 本店（〒460-0002 愛知県名古屋市中区丸の内三丁目22番1号）
²中央コンサルタンツ株式会社 大阪支店（〒541-0042 大阪府大阪市中央区今橋四丁目1番1号）

本業務は、まちの魅力づくりや地域の発展等の取組みを行う「100年プロジェクト」が進められている豊田市足助町の香嵐溪において、自然資源、観光資源等の地域資源であるモミジ林を維持・向上していくことを目的とした再整備計画及びスギ・ヒノキの伐採計画を立案したものである。

再整備計画は、住民が主体となったソフト施策の取組みに向け、地元関係者と意見交換を行い、樹木を含む施設整備に向けたハード施策や住民と一体的に行うメンテナンス施策を取り纏めた。

また、モミジや林床への日照確保の他、景観の維持・向上を図るためにスギ・ヒノキの伐採スケジュール計画を立案した。

Key Words：自然景観，市民連携，樹林地管理，景観植生計画，樹木管理

1. はじめに

香嵐溪飯盛山は、豊田市街地から約20km離れた市の中央に位置している。約400年前の香積寺の三栄和尚によるモミジやスギの植樹が起源となり、地域が一丸となって整備することで日本有数の紅葉の名所として発展してきた。更に林床のカタクリ等の山野草が、新たな自然資源・観光資源となっている。

一方で、人口減少・少子高齢化が社会問題となる中で、足助の町においても事業の担い手の不足や後継者不足が深刻化しており、結果として商業・観光が衰退していく負のスパイラルに陥ることが懸念されている。

香嵐溪飯盛山においても、観光資源の目玉であるモミジやその他樹木の老木化と樹勢の衰えによる、観光客の衰退等の問題を抱えている。

そんな中、地域と自治体が一体となった取組みの推進により、今後も香嵐溪飯盛山を足助のシンボルとして未来に受け継ぐことが求められている。

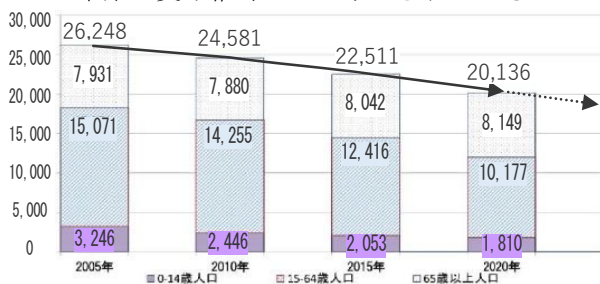


図-1 足助町の年齢別人口推移

2. 現状と課題

(1) 樹木の状況と問題

香嵐溪飯盛山の樹勢や樹木密度、自然環境等の把握を目的とした毎木調査が、平成29年度（北西斜面ゾーン）と平成30年度（巴川左岸ゾーン、巴川右岸ゾーン、香積寺ゾーン）に実施している。

調査手法は、表-1に示す評価項目を樹木毎に実施し、樹勢の判定を行うものであり、各項目の評価点が高く倒木の恐れがある樹木を優先的に伐採の必要がある「危険木」と位置づけている。

表-1 調査項目（一部抜粋）

樹冠被圧割合	枝伸張量 (数年間の生長量)	枝先端枯れ	葉の密度	幹・太枝被害度	根の健康度	樹皮被害度
1 0%	1 良	1 なし	1 良	1 正常	1 良好	1 なし
2 30%未満	2 やや少	2 少し	2 やや少	2 幅・幹 1/10未満	2 一部に 被害有り	2 一部 枯れ
3 80%未満	3 短い	3 多い	3 疎	3 幅・幹 1/3未満	3 半分以上 被害有り	3 枯れ 1/2
4 80%以上	4 極短	4 著多	4 著疎	4 幅・幹 1/3未満	4 著劣	4 枯れ 3/4

調査の結果から、香嵐溪飯盛山には、1,671本のモミジ類が確認された。そのうち、63本が危険木として判断されており、樹勢の衰えや腐朽による問題が確認された。モミジ1本当たりに対する占有面積は、代表的な香嵐溪の景観を構成している北西斜面ゾーンが36.0㎡と最も過密であり、平成29年度の調査でモデルに設定した区域の占有面積55.0㎡を大幅に下回っ

ていることから、樹木同士の競合によって生育環境が悪化しつつある。

スギ・ヒノキ類は、危険木は少ないものの高木化によって、スギ等が目立ってしまうことによる紅葉の景観の阻害やモミジ類の日照条件が悪化している。

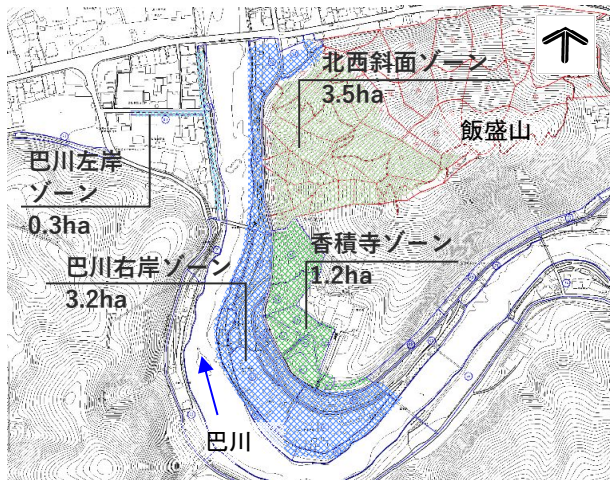


図-2 樹木調査の対象範囲

表-2 樹木及び危険木の本数

樹木本数				
ゾーン	モミジ類	スギ・ヒノキ	その他樹種	モミジ本当りの占有面積
北西斜面ゾーン	971本	108本	312本	36.0㎡
巴川右岸ゾーン	504本	85本	95本	63.5㎡
巴川左岸ゾーン	18本	0本	14本	166.7㎡
香積寺ゾーン	178本	260本	10本	67.4㎡
計	1,671本	453本	431本	49.1㎡
割合	65%	18%	17%	—

危険木本数

ゾーン	モミジ類	スギ・ヒノキ	その他樹種
北西斜面ゾーン	49本	2本	76本
巴川右岸ゾーン	2本	5本	5本
巴川左岸ゾーン	3本	0本	1本
香積寺ゾーン	9本	16本	0本
計	63本	23本	82本

(2) 香嵐溪飯盛山の現況と問題点

香嵐溪飯盛山は、2001年まで観光客数が徐々に増加し、約154万人もの観光客数を記録しているものの、2001年以降をピークに減少傾向にある。近年では、ピーク時の6割以下まで減少しており、モミジの魅力低下が推察される。

また、香嵐溪飯盛山の秋以外は、観光客が少ないため、カタクリやモミジの新緑(青モミジ)等の紅葉以外の自然資源の活用が望まれる。

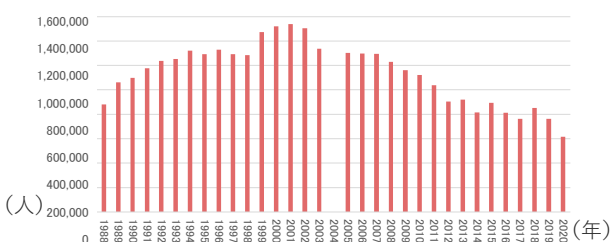


図-3 香嵐溪飯盛山の観光客の推移

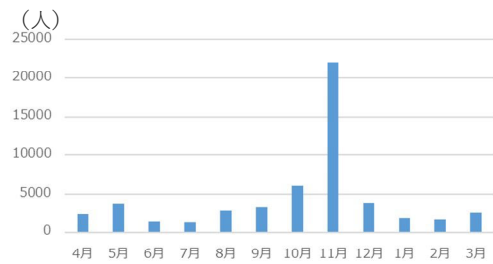


図-4 香嵐溪施設(足助屋敷)の月別入館者数(H30年度)

(3) 課題

前項で整理した問題点から、香嵐溪飯盛山の魅力を向上するために、下記の課題を設定した。

a) 自然資源の有効活用による魅力の向上

紅葉景観の更なる魅力の向上を図るために、モミジの施肥や剪定作業、競合を解消するための徐間伐の他、スギ・ヒノキの間伐による景観や自然、生育環境の改善が必要である。

また、秋以外の季節の魅力を向上させるために、山野草を活用する必要がある。

b) 施設整備による快適性の確保及び魅力度の向上

利用者が快適に観光できる空間を確保するために、飯盛山の登山道に休憩施設や眺望施設の整備が必要である。

また、自然資源等の更なる魅力度を高めるために、ライトアップ施設の更新や範囲の拡充が必要である。

c) 継続的な樹木の維持管理の実現

維持管理の推進のための資金調達の仕事づくりや市民参画の体制づくりを確立させ、モミジ林の継続的な管理を実現させることが求められる。

3. 基本方針の設定

課題への解決に向け、多様な資源や地域住民との連携を活かした基本方針を設定した。

(1) 観光資源として魅力を高める再整備計画の立案

カタクリを始めとする山野草等の既存の自然資源を有効活用した、年間を通して楽しめる樹木整備と施設整備における散策路等の快適性を高めることで、更なる集客を図る。

(2) 美しいモミジの景観を守り・育てる、市民協働を含めた維持管理計画の立案

a) 短期的、長期的な視点での維持管理作業

施肥や剪定作業等の短期的な取組み、計画的な間伐による生育環境の改善等の長期的な取組みの推進により、良好な紅葉の景観を維持する。更に、スギ・ヒノキの間伐に加え、紅葉の景観を創出するための新たな樹種の導入によって景観の魅力向上を図る。

b) 維持管理の体制、仕組みの構築

維持管理の推進に向け、市民が参画するための体制の構築及び、維持管理に要する費用を継続的に確保するため、市内外から資金を調達する仕組みを構築する。

4. 香嵐溪再整備計画の立案

(1) 施設整備計画(ハード施策)

a) 樹木整備

整備目標として、「迫力ある遠景の紅葉景観と彩豊かな近景の紅葉景観の創出」及び「春から夏にかけて移り変わる多様な景観の創出」を掲げ、モミジの紅葉、青モミジを中心とした景観の創出に向け、園路沿いや散策路沿い、遠景の景観の支障となるスギ・ヒノキの間伐を行う。更に、急激な林床環境の変化、景観の変化を避けるために、モミジの寿命に合わせた更新に、遠景における迫力ある紅葉の景観は活かしつつ、モミジの補植を行い、色彩の移り変わりが感じられる景観の創出を目指す。

それぞれの取組みについては、ゾーン毎で実施する内容の設定を行った。その際にフォトモンタージュを用いて、整備後のイメージを比較することで、取組みの成果を想像しやすくさせた。



図-5 樹木整備イメージ

b) 施設整備

利用者の増加に向けて、ライトアップ施設の再整備やフォトスポット、休憩施設等の整備を推進する。

ライトアップ施設は、モミジを対象としたライトアップのみの運用となっており、休憩施設等と連動した演出がされていない。このため、新設する休憩施設を活かしたライトアップを行い、フォトスポットとしても機能させるとともに、ライトアップ範囲を拡充させ、利用者を香嵐溪飯盛山全体に促す整備を行う。

休憩施設の整備は、飯盛山の登山道に休憩施設が無く、気軽に登れる形態となっていないことから、平場が確保できる箇所デッキやベンチの整備を行い、より多くの人々が利用しやすい登山道を目指す。



図-6 休憩施設のイメージ

(2) 維持管理計画(メンテナンス施策)

a) 意見交換による施策内容の検討

魅力ある香嵐溪飯盛山の未来の創出に向け、メンテナンス施策を地域と連携しながら実現していく。地域住民と意見交換を行い、現状の把握を行うとと

もに短期的な取組みの検討を行った。

意見交換の結果、清掃を行っている巴川漁業協同組合や地域住民等の各種団体に散策路や登山道の保全活動への協力を仰ぐ、地元学生の教育の一環として保全活動を取り入れる、観光客や来訪者にゴミ拾いを手伝ってもらい、報酬として駐車料金のサービスや特産品のプレゼントを行うといった意見が挙げられた。

b) 維持管理活動

意見交換の結果をもとに維持管理活動を整理した。維持管理活動は、管理の目的を安全管理、美観管理、生育管理の視点で分担し、「清掃」、「保全」、「監視」の3つ視点で活動を進め、景観、健全な利活用を図る。

表-3 維持管理活動の一覧表

	安全管理	美観管理	生育管理
清掃	—	<ul style="list-style-type: none"> ・ゴミ拾い等の日常清掃 ・観光客が集中する時期の清掃 	—
保全	<ul style="list-style-type: none"> ・散策の支障となる支障枝の剪定 ・倒木の恐れのある危険木の伐採 	<ul style="list-style-type: none"> ・景観を保全するための下草刈り ・カタクリの周囲の枯れ枝除去 ・モミジの補植 	<ul style="list-style-type: none"> ・樹木の健全な生育のための施肥
監視	<ul style="list-style-type: none"> ・安全管理を目的とした巡視 ・施設関連の巡視 	—	<ul style="list-style-type: none"> ・生育管理を目的とした巡視

c) 維持管理体制・仕組みづくり

維持管理活動は、現状、足助公社(指定管理者)が主に実施しており、清掃活動のうち、不定期の清掃を小・中学校、高校の課外活動及び巴川漁協同組合等が、もみじ祭り時の清掃を観光協会が行っている。保全活動については、カタクリの美観のための枯れ枝拾い等の局所随時の活動を、商工会青年部等の地元団体の有志によって行われている。

現状では、目標とする維持管理活動が困難であるため新たな人材を確保する必要があり、地域住民や観光客の維持管理活動への参加が望まれる。

維持管理活動への参加は、参加者が楽しく活動できることが、取組みを継続することに求められる。通常の維持管理を市民協働で行おうとすると、単なる維持管理作業を任せられるだけでは参加者が楽しく活動できないため、活動の継続・発展が困難であることが懸念される。

そのため、足助公社や各種関係団体から構成される香嵐溪100年プロジェクトメンバーを中心に、イベント形式での参加から始め、少しずつ活動を発展させていく等、香嵐溪飯盛山への愛着と維持管理への参加の機運の醸成を図る。

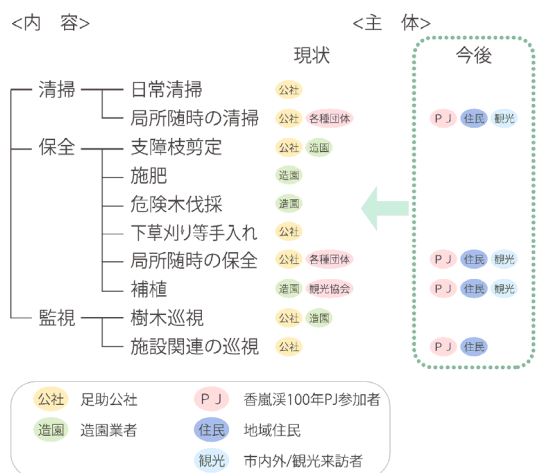


図-7 維持管理の役割分担

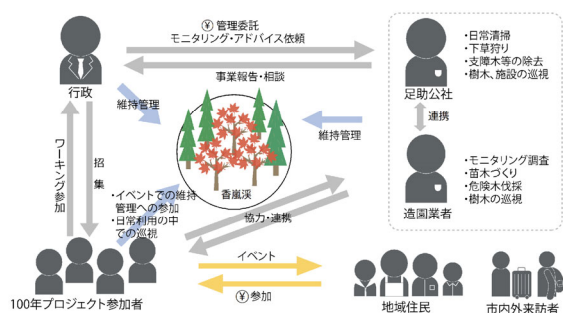


図-8 維持管理体制図

5. 伐採計画の立案

スギ・ヒノキを伐採することでモミジや林床への日照確保の他、景観の維持・向上を図るために伐採計画を立案する。

(1) 評価項目の設定と伐採対象木の抽出

伐採対象木を抽出するために、樹木の健全度、樹冠占有率、景観への影響、モミジへの影響の4項目を評価の項目とし対象木の抽出を行った。中でも、樹冠占有率については、樹木の密度を示す指標であり、競合による生育不良や林床への日照阻害に影響する重要な項目だと考え、樹冠の投影面積ではなく、重複面積をもとに算出を行った。

評価項目から優先的に伐採する樹木(28本)の抽出を行い、抽出した対象木は、過去に香嵐渓飯盛山でスギの伐採実績のある造園業者に合同現地調査を依頼し、現場で伐採の是非の判断を行った。調査の結果、伐採ではなく枝払いするだけで、モミジの生育環境や林床環境に効果が発揮される樹木や対応が不要な樹木が確認でき、伐採対象木は19本とした。

表-4 評価項目(一部抜粋)

エリア内の樹冠占有率	評価
200%未満	1
300%未満	2
400%未満	3
500%未満	4

19本の伐採対象木に対して、効率的な施工を優先する案と林床環境の変化に留意する案の2案を比較検討し、伐採スケジュールの設定を行った。

効率的な施工を優先する案は、まとまった範囲の樹木を伐採するスケジュール案であり、これまでの危険木伐採等に充てられる予算から、1年間で約10本の伐採が可能である。林床環境の変化に留意する案は、単年度当りの伐採本数を5本までとし、伐採対象木をまばらに選定したスケジュール案である。

2つの案を安全性、施工性、経済性、林床環境への影響の4項目で比較検討した結果、効率的な施工を優先する案は施工性が高く2年間で全て伐採できるため、各年に係る諸経費を最小限に抑えられることから、経済性に優れる。ただし、林床環境への急激な変化が予想され、モミジ等の既存樹や山野草への影響が懸念されることから、自然環境や生育環境、景観の維持・保全に支障を与えるため、林床環境の変化に留意してスケジュールを組む案を採用とする。

表-5 伐採スケジュール比較表

	効率的な施工を優先する案	林床環境の変化に留意する案
安全性	○2年で全ての伐採対象木を伐採できる。	○すべての伐採対象木の伐採まで4年掛かるが、倒木の恐れのある樹木は2年で伐採できる。
施工性	○まとまった範囲の樹木を伐採するため、施工の効率が最も良い。	×1年で伐採する本数が少なく、工事期間が長期にわたる。また、対象樹木をまばらに設定しているため、施工の効率が悪い。
経済性	○施工性が高く、工事期間が短いことから工事費を抑えられる。	×施工性が悪く、工事期間が長いことから、諸経費が多く掛かることから、経済性は優れない。
林床環境への影響	×林床環境の急激な変化が予想されるため、モミジやカタクリ等の山野草への影響が非常に大きい。	○1年当りの伐採本数が少なく、対象木が密集している箇所は、伐採する年を1年以上、期間を設けることで、急激な林床環境の変化を避けることができる。
評価	○	◎

6. おわりに

本業務では、香嵐渓飯盛山の問題や課題を解決するための取組み内容を香嵐渓再整備計画及び伐採計画として整理した。

現在は、地域資源を活かしたイベントやスギ・ヒノキの伐採、モミジの樹勢回復を目指した維持管理手法の試験施工を行う等、設定した取組み内容が実施されている状況である。

今後は、実施した取組みにどれほどの効果があったのか検証する必要がある。特に樹木に関する取組みはすぐに効果が確認できるものでないため、長期間でモニタリングを実施していきたいと考える。

参考文献

- 1) 香嵐渓飯盛山樹木診断調査業務委託報告書(H30.3)
- 2) 香嵐渓樹木診断調査・整備構想立案業務委託報告書(H31.3)

業務代行者として、地元権利者、行政、 進出企業との協調を意識したまちづくり

しまづまさのり
○嶋津徳将¹

¹日本工営都市空間棟（〒461-0005 名古屋市東区東桜二丁目17番14号）

昨今、組合施行による土地区画整理事業においては、土地利用意向を集約し、共同化を推進する申出、集約換地が一般化している。その効果は土地利用計画の実現と土地区画整理事業の合意形成、事業経営の円滑化が挙げられる。一方で目指すべき将来像に対するアプローチとして確立した手法、手順はなく、利害関係者の多い土地区画整理事業におけるまちづくりを如何にして進めていくかという課題を孕んでいる。

本論文では、東海太田川駅西土地区画整理事業を拠点形成型の面整備事例として取り上げ、広域的かつ持続的なまちづくりに向けた取り組みについて考察を行う。

Key Words : 拠点形成型区画整理, 業務代行方式, まちづくり検討組織

1. はじめに

土地区画整理法によると、土地区画整理事業は「公共施設の整備改善」及び「宅地の利用増進」を図るためとされ、照応の原則に則り現位置付近への換地が基本とされている。

昨今においては、社会情勢の変化もあり、組合施行による土地区画整理事業においては、「公共施設の整備改善」及び「宅地の利用増進」の考えに留まらず、目指すべき将来像を実現させるため、地権者の土地利用意向を集約し、共同化を推進する申出や集約換地が一般化している。その効果は土地利用計画の実現と土地区画整理事業の合意形成、事業経営の円滑化が挙げられるといえる。

一方で、目指すべき将来像に対するアプローチとして確立した手法、手順はなく、利害関係者の多い土地区画整理事業におけるまちづくりを如何にして進めていくかという課題を孕んでいる。

本論文では、東海太田川駅西土地区画整理事業を拠点形成型の面整備事例として取り上げ、多様な利害関係者と協働で進める広域的かつ持続的なまちづくりに向けた取り組みについて考察を行う。

2. 地区の現状

(1) 基本情報

東海太田川駅西地区（以下、本地区）は、愛知県東海市の主要駅である名鉄常滑線太田川駅1 km圏内

に位置し、名古屋駅まで約20分の近距離にある。自動車交通では伊勢湾岸自動車道や名古屋高速4号線が開通しており、高速道路ネットワークが形成されている。さらに(都)西知多道路の整備や隣接地に大田IC（仮称）が新設されるなど、広域交通ネットワークの結節点となっている。

また、愛知県の主要な工業地域である名古屋港の港湾区域であり、中部国際空港から20 km圏内であることから、陸・海・空の交通の要衝となっている。（図-1）。



図-1 位置

事業名称：知多都市計画事業
 東海太田川駅西土地地区画整理事業
 施行者：東海太田川駅西土地地区画整理組合
 地区面積：約34.4ha
 総事業費：約131.7億円
 施行期間：令和2年11月～令和12年3月31日

(2) コンセプト

本地区では、平成29年度に太田川駅西新田地区土地利用検討委員会で計画された「テクテクTokai (TTT)」をコンセプトとし、東海市が培ってきたモノづくりの伝統を活かしつつ多様な都市機能を配置し、歩いて楽しいまち、にぎわい溢れるまちの形成を目指している。(図-2)

「テクテクTokai (TTT)」構想

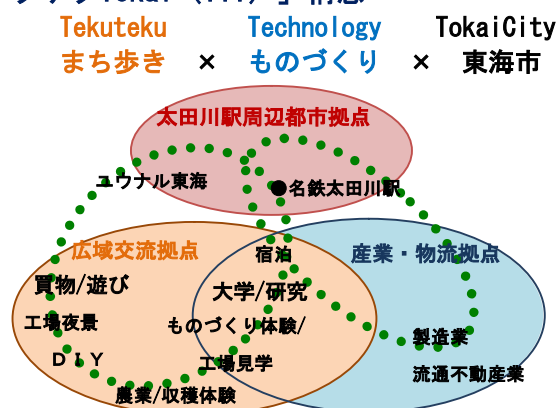


図-2 コンセプト概念

(3) 土地利用構想の概要

本地区では、土地地区画整理事業による都市基盤整備を実施し、安心・安全な市街地の形成を図り、産業物流機能、広域交流機能、学術文化機能、高次都市機能、住宅機能の導入及び減災・防災対策に配慮した計画的かつ総合的なまちづくりを目指している。本地区を構成する土地利用としては以下である。(図-3)



図-3 土地利用構想

(a) 産業物流地区

広域交通体系による利便性を生かし、本市の都市活力を創出するための新たな工業、研究開発及び物流機能の集積を図る地区

(b) 広域交流地区

交流人口の拡大に向け、市民や来訪者が余暇を楽しみ、様々な催しを通じて本市の魅力向上やにぎわい創出に寄与する施設を誘導し、観光交流拠点の形成を図る地区

(c) 学術文化地区

市民や来訪者の学びの場、交流の場の創出及び中心市街地に隣接した立地特性を生かした魅力的な学術文化機能の形成を図る地区

(d) 住宅地区

都市拠点である太田川駅周辺として、駅近の利便性の高い住宅市街地の形成を図る地区

3. 地区の課題

(1) 本地区の抱える課題

本地区は、市街化区域編入を伴う新市街地型の土地地区画整理事業であった。土地利用構想を満足する用途地域として、商業系、工業系、住居系をそれぞれ将来用途として想定していたが、市街化区域の編入協議にあたっては、商業系の用途地域の設定に対して「観光交流拠点」の配置が求められた。観光交流拠点の定義としては以下となる。

(a) 観光交流拠点の定義

- ・非日常利用が多い（月1回以上の頻度で訪問する人数の割合が半分未満）と判断される施設
- ・観光入込客数が年間1万人以上見込まれる施設
- ・観光入込客数が適切に把握できる施設

東海市都市計画マスタープランにおいても、本地区は「広域交流拠点」として位置付けられており、都市全体の活力・にぎわいの向上に資する多様な施設の立地誘導を図る地区となっている。

そのため、観光交流拠点を面的に配置し、本市の玄関口にふさわしいにぎわいと魅力の創出を目指すことが求められてはいたが、土地地区画整理組合のみでは観光交流施設の誘致及びその実現は困難であった。

また、先行する太田川駅周辺の市施行土地地区画整理地区に隣接することや新設されるICによる広域交通アクセスといった地区ポテンシャルを活かすことも同時に求められ、観光交流拠点の実現とともに、地区内の複合的な土地利用や隣接市街地との連携を高めることによる付加価値の向上策が必須であった。

地権者合意形成についても、目指すべき将来像を実現するため、地権者の賃貸、売却、自己利用意向に合わせた換地の申出、集約を行い、さらに進出する各企業との意向とのマッチングを調整する必要があることも、同時に課題であった。



図-6 第1回変更認可設計図

(2) まちづくりに関する検討

観光交流施設についての議論と共に本地区のコンセプトから3つのテーマを設定し、それぞれのテーマごとの目標に向けて議論を進めている。3つのテーマを以下に示す。

(a) メインストリートの設え

- ・歩きたくなる仕掛けづくり（ストリートファニチャー等）
- ・隣接施設の設え（建物のファサード、壁面緑化、植栽等）
- ・道路空間を活用したイベント（プロジェクションマッピング、歩行者天国等）

(b) 各公園のつくりこみ

- ・各公園の位置づけ、テーマの深堀
- ・各公園での常設と仮設コンテンツの棲み分け等

(c) TekuTeku軸に人を呼び込むモビリティ

- ・回遊させるための仕組み
- ・サイクルステーションの設置
- ・コミュニティバスのルート
- ・バスベイの設置位置

上記の3つのテーマは本地区内で観光交流機能を実現するためのコンテンツとして検討しており、施設に導入する機能と合わせて面的な観光交流拠点の形成を目指し、活動を継続している。

また、それらのコンテンツを具体化するため、まずは段階的なまちびらきの時期に併せて社会実験を行う準備を進めている。さらに段階的なまちびらき以降についても継続的な活動が行えるような仕組み作りについても現在まちづくり協議会の中で検討を進めている。

6. 得られた成果

(1) 目標の共有

設計図の変更やまちづくりに関する検討を進めていく中で関係各者と協議を重ね、議論を深めてきた。まだまだ目指すべき将来像に対しては程遠いが、少しずつコンテンツの実現性を積み重ねている。

まちづくり協議会を組成したことによって、組合、

進出企業、行政を巻き込んだ意識醸成、まちづくりの目的の共有としては一定の効果がみえた。

(2) まちづくりの仕掛け検討

観光交流拠点という前例のない機能を土地区画整理事業地内への配置を求められた事によって、結果的に多様なコンテンツを地区に導入するための方法を模索することになった。

現時点でコンテンツが実現しているわけではないが、観光交流拠点をきっかけに今までの土地区画整理事業にはなかった議論、検討を進めることが出来たことは非常に大きな成果であると言える。

7. 今後の課題と展望

(1) 今後の課題

今後の課題としては、事業施行後の継続性が挙げられる。

土地区画整理組合が解散した後、組合役員や業務代行者は地区から離れていく事になる。まちづくり協議会における主要な人員が地区から離れることになるため、以下の3点の懸念が発生する。

- ・土地区画整理事業の中で創出する公共施設（緑道、公園等々）の適切な維持管理の担保
- ・土地区画整理事業終了後の継続的な活動（観光交流機能等々）の担保
- ・民間事業者と行政の役割分担等の明確化

現在、まちづくり協議会で検討している多くのコンテンツは組織としての維持管理運営が必要不可欠なものとなる。良好な都市環境の形成・維持には、行政、民間事業者、地権者が、適切な役割分担のもと、まちづくりに積極的に関わる仕組みが必要であるため、エリアマネジメントの観点を有する組織をいかに組成するかが大きな課題である。

(2) 今後の展望

本地区事業を進めていく中で、市街地形成誘導や付加価値向上策について、土地区画整理事業の初動機から事業完了後を見据えた中長期的な検討が求められることを強く認識した。

今回の事例を通して、まちづくりの仕掛けを事業施行中に検討し、事業完了後の将来維持管理も含めた新しいスタイルの土地区画整理事業の確立の可能性を見出すことが出来た。

今後は、本地区において、事業完了後も継続的なまちづくり活動を推進できる仕組みを整え、成功事例となるよう一技術者として尽力していきたい。

木曾三川流域における地域関係者を主体とした生態系ネットワーク形成を 活用した地域づくり

○近藤紘生¹・武山直史¹・阿部直己¹・長崎哲新¹・吉永順基²

¹ (株) 建設環境研究所 中部支社 (〒460-0003 愛知県名古屋市中区錦3-20-27 御幸ビル5F)

² (株) 建設環境研究所 本社 (〒170-0013 東京都豊島区東池袋2-23-2)

木曾三川流域では、流域周辺に多様な生態系が形成され、様々な生物が生息・生育するとともに、多くの人々がその恵みを受けて暮らし、川と繋がり深い文化が受け継がれている。このような地域特性を踏まえ、魅力的な地域づくりに寄与するため、流域の研究者・市民団体・自治体・河川管理者等によって、木曾三川流域生態系ネットワーク推進協議会が設立された。本推進協議会では、地域活動の連携・交流を図るため、全国的に見ても特徴的な取り組みである、流域のさまざまな団体等が参加する「木曾三川流域エコネット応援団」を結成し、生態系ネットワークの形成を行いながら、魅力的な地域づくりを推進中である。

Key Words : 木曾三川流域, 生態系ネットワーク, 人と地域の連携促進, 協働, エコネット応援団, 地域の活動支援, 地域還元

1. 生態系ネットワークとは

生態系ネットワークとは、生物多様性が保たれた国土を実現するために、保全すべき自然環境や優れた自然条件を有している地域を核として、これらを有機的につなぐ取組である。¹⁾

生態系ネットワークの形成により、生物多様性の確保を図り、人と自然とのふれあいの場を提供することで、地域に社会面・経済面においても様々な効果をもたらすことが期待される。¹⁾

2. 木曾三川流域生態系ネットワークについて

(1) これまでの経緯

木曾三川は、中部地方で最も広大な流域面積を有しており、中下流部には肥沃な濃尾平野を形成し、中部地方一の流域人口を支えている。流域には多様な生態系が形成され、さまざまな生物が生息・生育するとともに、多くの人々がその恵みを受けて暮らし、川と繋がり深い文化が今も受け継がれている。愛知県・岐阜県・沿川各市においては、さまざまな地域関係者により、この豊かな自然環境の保全・再生・活用に関する取り組みが盛んにみられる。こうした地域特性を踏まえ、地域の人々の取り組みをつなぎ・発展させることで流域生態系ネットワークの形成を推進し、魅力的な地域づくりに寄与するため、流域の研究者や市民団体等が中心となり、「木曾三川流域生態系ネットワーク推進協議会（以下、推進協議会）」を平成26年（2014年）に設立した。現在、

研究者・市民団体・民間企業、流域14自治体、環境省・農林水産省・国土交通省の地域関係者が協議会に参加し、取り組みの推進を図っている。

推進協議会においては、全国的に見ても特徴的な取り組みである「協働による木曾三川流域生態系ネットワーク推進の取り組み」を展開しており、地域活動の連携・交流を図るため、流域のさまざまな団体等が参加する「木曾三川流域エコネット応援団（以下、エコネット応援団）」を結成した。

エコネット応援団は、生き物の生息場所を保全・再生・創出してつなげる「生態系ネットワーク（エコネット）」の形成に取り組む団体や、取り組みに賛同する団体に参加するもので、各団体の活動やイベントなどの情報を共有するとともに、団体間の交流や協働を促進し、木曾三川流域における生態系ネットワークの形成を推進することを目的としている。エコネット応援団を中心に第2期推進計画の以下の施策（交流イベントの開催、情報マップ作成、エコツーリズムの検討等）を推進中である。

施策1：人と地域の連携促進（情報の共有・発信、団体間交流の促進）

施策2：地域の活動支援（技術的な支援、情報の収集・整理）

施策3：取り組みの広報・啓発（自然保護に関する啓発、取り組みの広報）

施策4：成果の地域還元（学術振興、経済振興、文化振興に関する検討）



図-1 木曾三川流域エコネット応援団のロゴ

3. 施策1：人と地域の連携促進

人と地域の連携促進のため、エコネット応援団を対象に、流域のイベント情報や参加団体の活動情報の共有・発信、団体間交流の促進を行っている。

(1) 情報の共有・発信

情報の共有・発信として、事務局ではイベント情報の概要やチラシ等を推進協議会及びエコネット応援団参加団体等に向けてメール、郵送、SNS等で発信し、イベント等への参加を促している。



図-2 岐阜県山県市 ハリヨ勉強会

また、エコネット応援団や参加団体の活動状況、イベントの開催状況や参加団体からのコメント等を収集したニュースレター『ECONET NEWS』を発刊している。ニュースレターは、推進協議会関連団体やエコネット応援団参加団体に配布するほか、資料館、水族館等の公共施設の来場者に配布している。



図-3 発刊したニュースレター17号

年間4回発刊しており、2023年8月末時点では第20号まで発刊した。記事の内容には、イベント等に携わった団体からの寄稿記事や、当日に活動団体のメンバーにインタビューした内容を盛り込み、より親しみやすく、活動やイベントの雰囲気をイメージできるように工夫している。

さらに、事務局ではFacebookを運用し、木曾三川流域における活動・イベント情報について随時情報発信することで、インターネット上でも木曾三川流域での活動を見ることが出来るようにした。

(2) 団体間交流の促進

エコネット応援団では、年に一度意見交換会（エコネットカフェ）を開催し、応援団参加団体同士の交流を深めている。コロナ禍の期間は、感染防止に配慮し、WEB会議システムを用いたオンライン開催や、主な保全活動エリアである氾濫原と湧水帯の拠点を現地中継したWEB交流会等を実施した。



図-4 第1回エコネットカフェ 意見交換

4. 施策2：地域の活動支援

(1) 技術的な支援

生態系ネットワーク形成推進の取り組みに関する科学的な知見（効果的な対策手法等）や人材を必要とする団体・地域関係者へ情報の提供、人材の紹介等を行っている。

平成30年度は、ハリヨの保全地域において、地域関係者へのヒアリング及びオオフサモ分布状況調査結果等をふまえ、「オオフサモ除去の手引き」を作成した。作成した手引きは、養老町役場へ30部、鷺巣地区へ10部、南小倉地区へ10部ずつ配布した。

令和4年度は、推進協議会及びエコネット応援団の関係者からの依頼を受け、「岐阜県自然共生工法研究会 女性優先現地見学会」において、講師としてハリヨの生態等を解説し、参加者にエコネット応援団の取り組み等を紹介した。また、活動団体の要請で現地での水中映像撮影方法の実演解説などの技術的支援を行った。



図-5 水中映像の撮影方法の説明



図-8 イタセンパラの3Dモデル

(2) 支援情報の収集・整理

エコネット応援団参加団体に向けて、令和4年度、活動に役立つ補助金・助成金制度36件、顕彰制度16件、人材育成・紹介制度6件を紹介した。また、参加団体からの紹介依頼に応じて7件の助成金制度を個別に紹介した結果、そのうちの一つに採択された。



図-6 助成金を活用し豊田市でミュージカルを公演 (NPO法人 緑の森のシンデレラ)

さらに、木曾三川流域や指標種について普及・啓発する映像コンテンツとして、木曾三川の指標種であるイタセンパラとハリヨを紹介する内容の広報用動画を作成した。広報用動画には、ハリヨが保全される池で撮影したハリヨの水中生態映像や、ゲームエンジンを用いて作成したイタセンパラとワンドの3D動画を素材として用いた。



図-9 ゲームエンジンを用いた3D動画

5. 施策3：取り組みの広報・啓発

(1) 自然保護に関する啓発

地域住民が木曾三川の治水や環境、氾濫原環境の指標種（保全対象種）であるイタセンパラ、湧水環境の指標種であるハリヨの保全の取組についての理解を深め、保全の活動に関わることを促すため、広報及び啓発と教育の充実を図っている。

普及啓発のためのツールとして、これまでに木曾三川の治水と環境、イタセンパラの保全の取組に関する啓発パネルや指標種の生態解説用ポスター等を作成している。

令和4年度は、参加団体の取り組みの啓発促進のため、SNSで活用可能なオリジナルスタンプとして、誰でも無料で使用可能なInstagramのGIFスタンプを24種類作成した。

また、イタセンパラ及びハリヨについて、生態写真を基に3Dモデル化し、イベント等での活用を想定した3Dフィギュアを作成した。



図-7 Instagramのオリジナルスタンプ

(2) 取り組みの広報

広報・啓発ツールとして作成した啓発パネル及び指標種の生態解説用ポスター、木曾三川生態系ネットワークや指標種に関する資料等について、環境関連イベントでの展示や、関係団体のイベント等への貸し出し・展示、協力いただける施設や店舗等への展示といった取り組みの広報活動を行っている。また、イベントにおいては、配布用の指標種缶バッジやクリアファイル等も作成し提供したほか、支援ツールとしての幟旗や指標種イラストの入った腕章等の貸出も行った。



図-10 のぼり旗の活用事例

6. 施策4：成果の地域還元

生態系ネットワーク推進の第2期計画における新たな取り組みとした「成果の地域還元」として、学術振興、経済振興、文化振興について検討した。検討成果はWEB上で誰でもアクセスできる「木曾三川流域情報マップ」に集約し、情報共有・地域振興の推進を図るものとした。掲載する情報としては、環境学習等に利用できる拠点、地域産業や地元食材の販売拠点、文化的価値を持つ地域資源等である。

(1) 学術振興に関する検討

学術振興に関わる取り組みとして、学校や地域を対象に生態系ネットワークに関する新たな学習機会を提供するため、木曾三川流域の環境や指標種の生態等を学習できる教材及び学習プログラムを作成し、関係者に配布することを検討中である。

学習教材・プログラムの作成にあたっては、地域の教育関係者や保全活動団体等にヒアリングを行い、学習現場でのニーズを確認した。その結果、近年のコロナ禍情勢に伴い教育現場では授業のオンライン化やタブレット端末の普及が進んでおり、デジタル教材（動画、音声など）へのニーズが高まっているとともに、教えることができる人材の不足も指摘された。以上の状況を踏まえ、自宅等でも自発的に学習でき、教える側の負担も少ない学習教材として、指標種とその生息環境を題材とした映像教材（小学生向け）を作成した。また、小学生からの質疑に対する受け答え等を想定して解説書を作成した。

加えて、現地での環境学習の機会を増やすきっかけとして、屋外での学習の際に利用できる拠点（ビオトープや資料館等の学習施設）を「木曾三川流域情報マップ」に集約した。



図-11 映像教材

(2) 経済振興に関する検討

生態系ネットワーク形成の取り組みを経済活性化につなげることを目的に、木曾三川の営みに生まれた「自然の恵み」を活かしたエコツーリズムや特産品に関する情報の収集・整理・提供、関係者との意見交換を通じ、流域の既存のイベントや施設を活用した生態系保全につながる企画について検討した。

企画にあたっては、既往の取り組みを実施している自治体を対象にヒアリングを行い、その結果を踏まえ、既往イベントとの連携、ハリヨが生息する湧水池と地域産業・文化を知ることができるスポット、

地元食材を使った昼食や地元名産を販売する直売所を巡って経済効果の創出を図るハリヨツーリズム、ゲーム感覚でイタセンパラ保全の取り組みや豊かな自然の恵みについて学ぶスタンプラリー等を検討した。

(3) 文化振興に関する検討

食・農業に関する文化資源として、木曾川水系中下流域の川魚食文化や、氾濫原の自然環境によって育まれた農産物等の木曾三川流域全体の文化に関連する既存の地域資源の情報を収集・整理した。

また、推進協議会やエコネット応援団に関連する団体の知名度を上げ、取り組みが広まるよう、顕彰制度等へのエントリーを支援している。令和4年度は、関係団体である尾西信用金庫及び三井住友信託銀行一宮支店が、「あいち生物多様性企業認証制度（愛知県環境局）」に申請し、認証されている。こういった先行事例（モデルケース）を他の応援団参加団体等に紹介することで、団体の知名度の向上や活動へのモチベーション向上を推進している。



図-12 あいち生物多様性企業 認証式
(三井住友信託銀行 一宮支店)

7. おわりに

本業務では、木曾三川流域における生態系ネットワーク形成への取り組みとして、人と地域の連携促進、地域の活動支援、活動の広報・啓発、教育・経済・文化振興を進めることで、成果の地域還元に取り組み、流域で活動する組織・団体間の連携強化と魅力的な地域づくりを推進してきた。

今後も、エコネット応援団を中心に推進計画の施策を進め、令和7年度に予定する第2期の総括に向けて、さらなる生態系ネットワークの拡大、流域への成果の還元を目指していく。

謝辞：本論文の作成に当たり、国土交通省木曾川上流河川事務所、木曾三川流域生態系ネットワーク推進協議会、木曾三川流域エコネット応援団の皆様にご助力いただいたことを心よりお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 川からはじまる川から広がる魅力ある地域づくりー河川を基軸とした生態系ネットワークの形成ー、国土交通省 水管理・国土保全局 河川環境課、2020.8