

敷地内樹木の循環利用について ～京都御苑中立売休憩所の事例を通して～

美好 優¹・若林 知生²

¹近畿地方整備局 営繕部 整備課 (〒540-8586大阪府大阪市中央区大手前3-1-41)

²近畿地方整備局 企画部 企画課 (〒540-8586大阪府大阪市中央区大手前3-1-41)

昨今、工事や災害に伴って発生した樹木を廃棄物として扱わず、有効活用する動向が見受けられる。このような動向に関する事例として「京都御苑中立売休憩所」が挙げられる。本施設の整備にあたり、工事で発生した伐採木や敷地内の倒木などの樹木を、廃棄物として扱わず、家具や建物の腰壁として活用した。その結果、地域の方々に親しまれると共に、多くの観光客に利用されるなど、資源の有効的な循環利用が実現できた。よって、それらの樹木の活用に至った経緯や使用箇所への選定方法、またその効果などについて報告する。

キーワード 循環利用, 環境, 景観

1. はじめに

近年、工事や災害に伴って発生した樹木を、廃棄物として処理せず有効活用する動向が見受けられる。

現在、伐根・伐採材は法律上木くずとして産業廃棄物として扱われるが、国としては製材用材等として利用する場合は廃棄物に該当しないことを明確化している²。加えて民間においても、敷地内や近隣の森林の伐採木を製材として建築物や家具などに活用する事例も窺える。

同様に、災害に伴う倒木などの災害廃棄物は一般廃棄物として扱われるが、東日本大震災の経験から、国の方針として災害時には、再資源化可能なものについては分別し再資源化することとなった³。

本編では、このような伐採木・倒木の有効活用の動向に関する事例として、「京都御苑中立売休憩所」の取組みを報告する。

貴重な自然環境を有する国民公園となった。

(2) 施設整備の背景

前述のような歴史的背景で成立した京都御苑は、現在国内外から多くの観光客が訪れる観光拠点となっている。併せて、その豊かな自然環境から周辺住民が散歩に訪れたり、子どもの遊び場となるなど、地域の方々の休息の場としても利用されている。このように多くの利用者が訪れる京都御苑は、地域社会において重要な位置づけとなっている。中でも烏丸通りに面する中立売地区は駐車場や2棟の休憩所、トイレ等が整備され、京都御苑の中心となるゾーンとなっている。しかし、中立売地区はこれらの施設の老朽化などの問題点を抱えていた。

このような問題点の解消を目的として、中立売地区の一体的な整備計画を実施することとなった(図-1)。

2. 京都御苑中立売休憩所等の整備について

(1) 京都御苑の歴史

現在の京都御苑の場所は1331年から明治維新まで天皇の住まいである御所であった。明治時代以降、東京遷都により荒廃していったが、明治天皇の発意により御苑として植樹等の整備が行われた。以後100年余りの年月をかけて樹木が育ち、今日のような京都の市街地の中心で

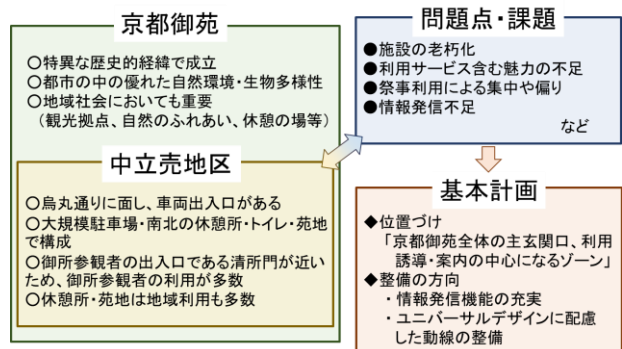


図-1 中立売地区の整備計画の背景と位置づけ

(3) 整備概要

前述の背景のもと中立売地区の一体的な整備計画による主な施設として、2018年11月に中立売休憩所が完成した。



図2 京都御苑中立売休憩所の外観

- ・構造：木造（東側）一部鉄筋コンクリート造（西側）
- ・規模：平屋建て
- ・面積：建築面積654㎡・延床面積606㎡

京都御所参観者の出入口である清所門を拝める東面は連続した大型木製窓とし、その中に喫茶室や売店を配置した。その外側に深い軒に覆われたテラスを設け、内外の中間的領域を形成することで、建物に京都御苑の豊かな緑を取込み、京都御苑との調和を図っている（図-2）。

また、渡り廊下と中立売北便所、中立売駐車場管理棟、駐車場料金所も併せて整備を行った（図-3）。

3. 敷地内樹木の有効活用

(1) 敷地内樹木の使用の経緯

中立売地区の整備は、元あった南北の2棟の休憩所を北側に移転・集約・拡張させ、駐車場を利用しやすいように動線を整理するという計画であった。計画にあたり、できるだけ樹木を伐採しないような配置としたものの、低木を含め36本の樹木を伐採する計画となった。

工事が始まると、樹木に伐採する目印であるピンクの紐が巻かれ、中には直径89cm、樹高21.5mの大木も見られた（図-4）。その状況を目の当たりにし、京都御苑内で長年育ってきた樹木が今回の工事で伐採の上、廃棄されるのは「もったいない」と感じた。

また計画当時、家具は京都御苑にふさわしいものを選定することとしていたが、京都御苑の苑地に調和する、屋外テラスのテーブルや椅子の選定に苦慮していた。

このような背景から、伐採樹木を新築される休憩所の家具として有効活用することを提案した。

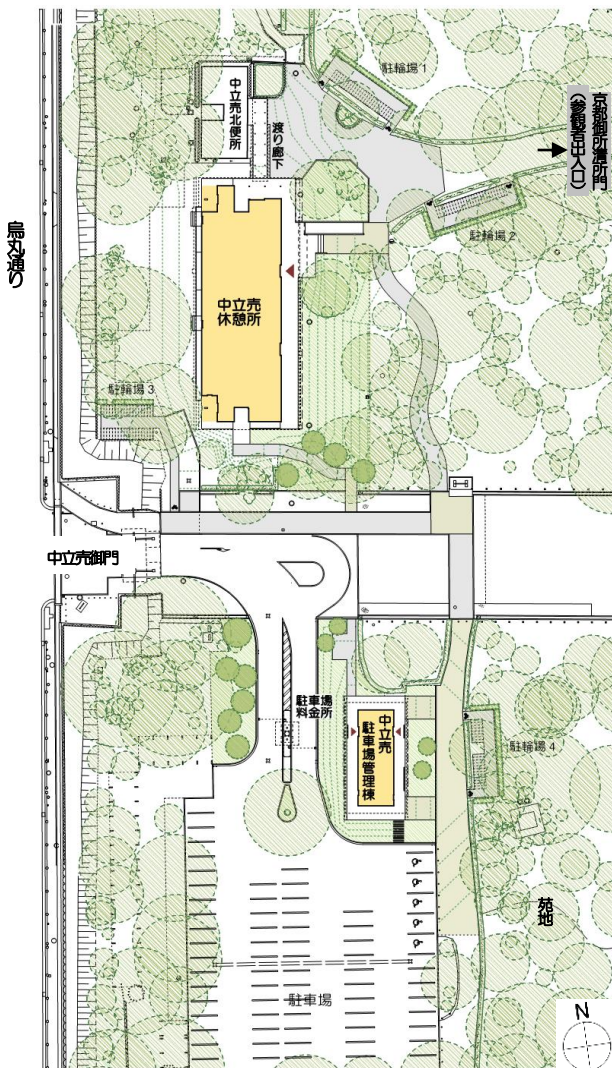


図3 中立売地区の配置図



図4 敷地内の伐採予定樹木（ケヤキ）

(2) 使用箇所の選定

a) 合意形成

敷地内樹木を有効活用するという取組を実施する上で、関係各所からの同意が必要であった。そのため、整備局内や施設管理者である環境省、また設計者・工事監理者・工事施工者へ主旨説明を行った。敷地内樹木の活用という点から、全関係者と滞りなく合意形成を図ることができた。

b) 使用樹木の検討

家具を、伐採樹木から製作するのは前例が少なかったことから、その手順や手法などについて、専門知識のあるメーカーにヒアリングを行った。ヒアリングにより、伐採樹木の樹種は様々であったが、中でも製材として利用可能な樹種はケヤキとクロマツであることが判明した。その理由として、以下の様な特徴がある。

- ・ケヤキ : 高い強度から加工性には劣るが、その美しい木目から、日本では伝統的に建材や高級家具として利用されている。
- ・クロマツ : 主に建築材として利用され、腐りにくく丈夫であるため外部への使用に適している。

これらの特徴を踏まえ、ケヤキを中立売休憩所の家具に、クロマツを中立売北便所の外壁の腰壁に採用することを決めた。次に、①製材できる大きさに成長していること②良好な状態であること③量が比較的多いこと、以上の3つの点から、伐採した樹木のうち、ケヤキを6本、クロマツを1本選定した。

(3) 使用方法

a) 乾燥方法

伐採直後の木材は多くの水分を含有しており、環境に馴染むまで水分を放出し続ける。そのため、水分の減少に伴い、木材に曲がりや割れなどの損傷が生じることがある。よって、木材使用時には予め適度に乾燥の上、一定の含水率にすることが必要となる。

木材の乾燥方法は天然乾燥と人工乾燥の2種類がある。

天然乾燥は木材の色や艶などを保持したまま乾燥ができ、また適度に水分を含んでいるため、強度が高く反りや狂いが生じにくい。一方短所として、長期間の乾燥期間を要し、適度な含水率にまで乾燥させることが難しい。

人工乾燥は、乾燥装置を利用して天然乾燥では到達できない含水率まで短期間で達することができる。一方短所として、木材の色や艶を維持することが難しく、また強制的に乾燥させるために反りや狂いが生じやすい。

通常家具として用いる場合は、反り、狂い防止のため、含水率を15%程度まで低下させることが必要であるが、自然乾燥のみではその含水率に到達させるためには十数年かかる。そのため、現在流通している製材の多くは短期間で適度な含水率にまで乾燥させられるメリットから、人工乾燥のみが用いられることが多い。しかし、今回は原木材料が豊富でないため、反りや狂い等の欠陥の発生

を極力抑える必要があった。そこで、決められた工程の中で品質をある程度保持しながら一定の含水率まで達するようにするため、工事施工者や専門業者と調整の上、天然乾燥と人工乾燥を併用して乾燥を実施することとした。結果、木材の品質を保持しつつ、工程内に一定の含水率まで到達することが出来た。

b) 使用可能数量

製作する家具や腰壁は、休憩所の規模から表-1のとおり数量にて計画していた。しかし、自然木であるが故に、虫食いや腐食、収縮や割れ等により使用可能な数量が減少するため、整備にあたって伐採した樹木だけでは家具の数量が大幅に不足することが問題となった。

工事初期段階に、台風が京都御苑を襲い、多くの倒木が発生した。それらは公園の管理上、京都御苑内に保管されることとなった。また、環境省は京都御苑内の枯損木を伐採し、それらの樹木についても保管していた。

このことから、保管していた樹木のうち、状態が良好であったケヤキ5本とクロマツ1本を利用できるよう、環境省と調整を行った。その中でもクロマツは、前述した台風による倒木でもあり、整備に伴い伐採したクロマツ1本と共に腰壁へ採用することとした。

最終的な数量としては図-5のような結果となり、ケヤ

表-1 製品リスト

設置場所	名称	樹種	規格	単位	数量
休憩所	テーブルA	ケヤキ	2,200×1,100×H720	台	2
	テーブルB	ケヤキ	850×700×H720	台	5
	テーブルC	ケヤキ	1,400×850×H720	台	12
	テーブルD	ケヤキ	700×600×H720	台	18
	椅子①	ケヤキ	432×430×H755 (SH420)	脚	70
	椅子②	ケヤキ	470×435×H950 (SH630)	脚	6
テラス	カウンター	ケヤキ	5,100×450×H900	台	1
	テーブルE	ケヤキ	1,200×720×H650	台	9
	ベンチ③	ケヤキ	1,220×466.5×H365	脚	18
便所	ベンチ④	ケヤキ	1,830×466.5×H365	脚	5
	腰壁	クロマツ	900×100×t12	枚	546

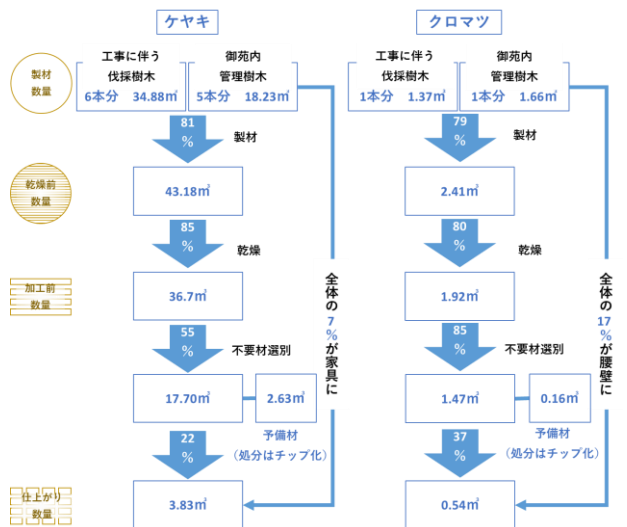


図-5 樹木の数量の減少率

キ・クロマツ共に家具や腰壁に使用予定の数量を達成することができた。自然木を活用したため、割れや腐食などがあり、結果的にケヤキは全体数量の7%、クロマツは全体数量の17%と少ない還元率となったが、使用できなかった部分については適切に処理（チップ化等）することにより、無駄なく還元するに至った。

(4) 結果

整備局と環境省、設計者、工事監理者、工事施工者間で調整を重ねた結果、図-6のように京都御苑の自然環境と調和する家具や腰壁を設置することができた。

近畿地方整備局営繕部では新築の施設について、利用者に対するアンケートを実施している。完成後4年が経

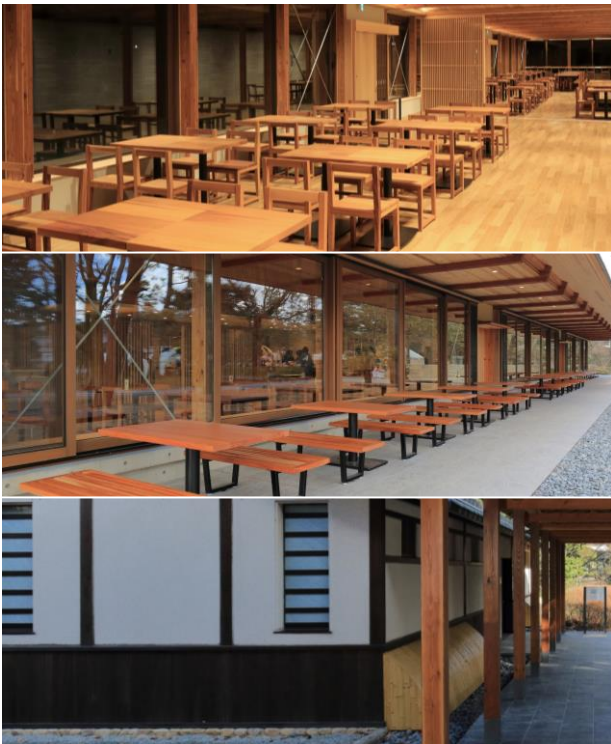


図-6 上から休憩室の家具・テラスの家具・便所の腰壁

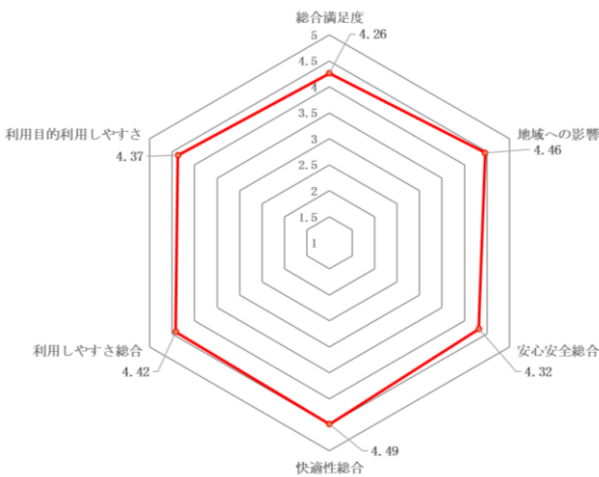


図-7 京都市立売休憩所 一般利用者アンケート

過した2022年に実施した一般利用者に対するアンケートの自由記述欄によると、木材利用により、「あたたかみを感じる」「明るい雰囲気」「落ち着く」などの良好なイメージを持たれた方が多かった。また、「自然との一体感を感じる」という意見もあり、計画時に目指していた、施設と京都御苑の自然環境との調和が実現できているといえる。特に家具に対し、「心地よい」等の好意的意見があった一方、「かたい」という意見もあった。これは、ケヤキ特有の堅さが影響していると考えられ、座り心地に対する配慮を今後検討する必要があると感じた。

また建物全体の評価としては、5段階評価にて回答頂いたところ、図-7のように「利用しやすさ」「快適性」「地域への影響」などの点において満足度の高い結果であった。またこの高評価は、自由記述から、家具などの木材が身近に感じられたことも影響していると思慮する。

4. まとめ

(1) 活用の効果と今後の課題

本整備では当初、整備にあたり発生する伐採木や敷地内で伐採し保管されていた枯損木、そして台風による倒木は、廃棄またはパルプやチップ化される予定だった。

しかしながら関係者の創意工夫や熱意により、それらを製材として活用することができた。つまり「使えない」と認識されることで廃棄物として扱われたり、パルプやチップとして安価に取引されることなく、家具や腰壁の製材といった資源として活用することで、樹木の価値を新たに生み出す結果となった。さらに、敷地内で育った樹木を活用したことで、その土地の環境を反映させた施設となり、地域の人々に親しみを与えた点、また枯損木を伐採し今後植樹されていくことで京都御苑の豊かな自然を育て続ける循環利用を行った点において、京都御苑の環境に新たな価値を付与しているといえる。

これらが実現できた背景には施設整備を行う立場としての柔軟で粘り強い対応があった。「使えない」と決めつけず、「もったいない」という精神から、自然木の特性に対して、各工程毎に順次対応していく計画を立てたことで成立した。このことから、多様な特性を持つ資源を、施設整備を行う側がその多様性を受け入れながらも、利用する人々がより安心して親しみを持って使用できる品質の製品などに活かすことが重要であることが分かった。

本整備では自然木特有の腐食や割れ等によるロス率や含水率等の問題から、どのようなデザイン、また、どれだけ数量の家具を製作することが可能なのかを専門業者のノウハウを頼りに進めていく必要があった。その点において、関係者と調整しながら物事を決断していくことの難しさを実感した。そのため、自然木の活用についての知見を蓄積し、共有化する必要があると感じた。

(2) おわりに

有効に活用できる可能性のある資源を、廃棄物として扱うか、資源とするかは、施設整備を行う立場の対応によるところが大きい。これからは、計画している敷地において発生した資源を、柔軟な計画を立て、その多様性を受け入れつつ、きめ細やかに扱っていくという対応が必要ではないだろうか。このような対応により、その土地固有の施設となり、落ち着いた環境や心地よい居場所を地域に与えることができると同時に、自然の循環に貢献することができるのではないかと考える。

謝辞：本稿の作成にあたり、ご助言頂いた皆様にこの場をお借りして深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 『廃物の処理及び清掃に関する法律』，環境省，1970
- 2) 『工作物の新築、改築又は除去に伴って生じた根株、伐採木及び末木枝条の取扱について』，環境省，1999
- 3) 『平成 27 年廃棄物処理法及び災害対策基本法の一部を改正する法律』，環境省，2015

平城宮跡歴史公園第一次大極殿院復原整備事業 における素屋根のスライド工事について

大東 悠樹

¹近畿地方整備局 営繕部 整備課 (〒540-8586大阪府大阪市中央区大手前3-1-41)

平城宮跡歴史公園第一次大極殿院復原整備事業で大極門（南門）の復原整備工事を行い2022年（令和4年）3月に完成した。その工事で使用した素屋根を、大極門の東側で復原整備工事を行う東楼においても活用するため曳家（スライド工事）を行ったので報告する。

キーワード 施工技術

1. はじめに

平城宮跡は1952年（昭和27年）に特別史跡に指定され、1998年（平成10年）8つの資産で構成される「古都奈良の文化財」のひとつとして世界遺産に登録、1998年（平成10年）に朱雀門、2010年（平成22年）に第一次大極殿が文化庁により復原された。その後、2008年度（平成20年度）から国営公園として国土交通省が、平城宮跡の歴史や文化を分かりやすく体感・体験できる復原整備工事を行っており、2022年（令和4年）に大極門を復原した。

復原整備は大極門、東楼、西楼等と続く計画になっていることを踏まえ、工事で使用する素屋根は、大極門復原整備工事後にスライドさせ東楼、西楼の復原でも使用する計画とした。本稿では、大極門で建築された素屋根を、東楼建設予定地までスライドさせた工事の概要について報告するものである。

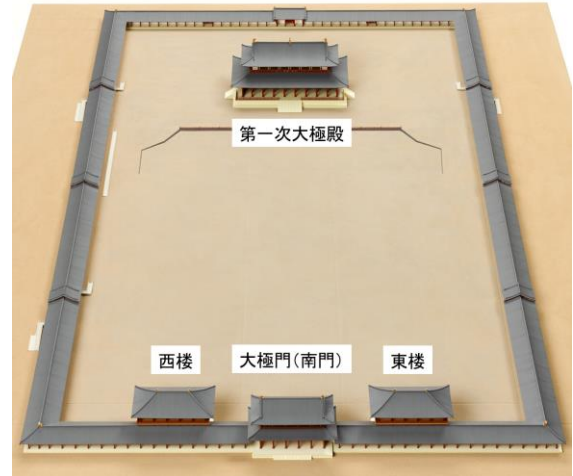


図-2 第一次大極殿院 配置



図-3 大極門と東楼・西楼の関係

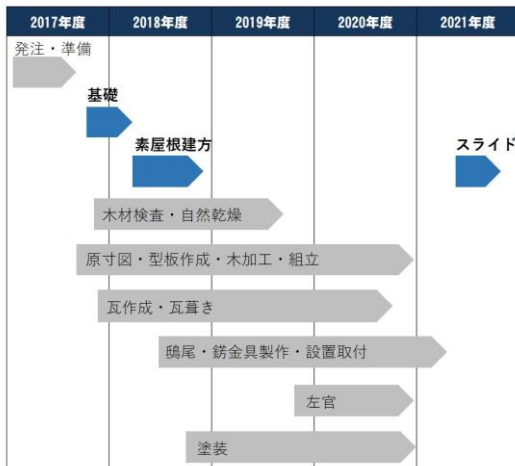


図-1 大極門復原整備 工程



図-4 大極門 写真

2. 素屋根の概要

「素屋根」とは建築途中の建物全体を覆う仮設物で文化財建造物の修繕で設置されることが多く、木造や鉄骨造で作られる。屋根を有するため、天候に左右されずに作業を行うことができる。

本事業の素屋根は、鉄骨造で最高高さは30.02m。南北に43.4m、東西に49.4mの辺の長さ（建築面積及び床面積は2,143.96㎡）であり、重量は665 t（スライド時）である。

鉄筋コンクリートの基礎の上にH型鋼（以下、軌条桁という。）を設置し、その上に柱をボルトで緊結している。

素屋根の内部には、天井にクレーンが設置されており材料の荷揚げや柱の建て方に使用した。復原整備工事の進捗に伴い棚足場が設置され、安全に作業できるスペースを確保している。



図-5 復原中の大極門 素屋根 外観写真

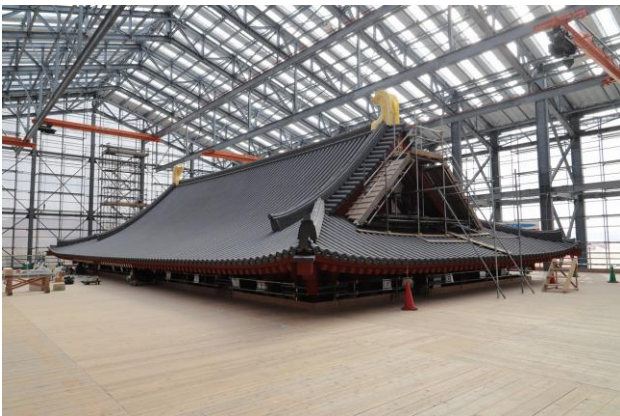
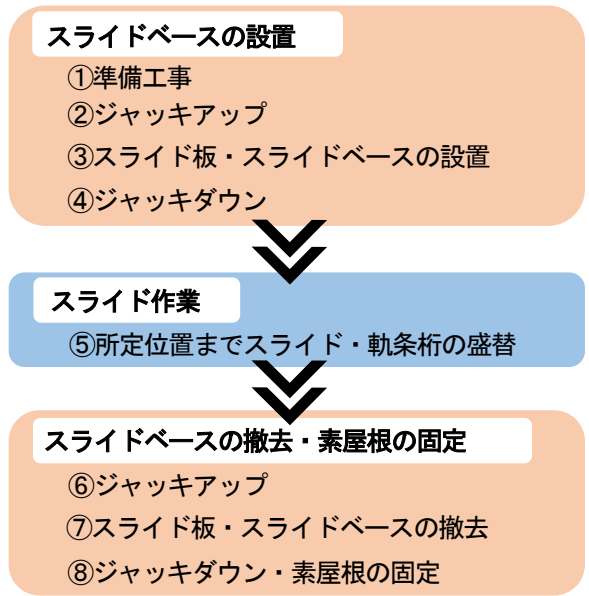


図-6 復原中の大極門 素屋根 内部写真

3. スライド工事の手順

(1)スライド工事の主な手順を次に示す。



(2)次に各手順の工程について説明する。

a) ①準備工事

素屋根をスライドさせるための軌条桁を移動先まで設置した。

b) ②ジャッキアップ

素屋根全体を垂直にジャッキアップするため、油圧ジャッキを各柱の左右に1台ずつ（1柱に対し2台使用）設置し、素屋根本体に72台、素屋根に取り付いている登り桟橋に16台の合計88台用いた。柱脚の底面に摩擦抵抗を低減するスライドベースを取り付けるため垂直に57mmを12STEPの工程でジャッキアップした。荷重と変位をモニタリングし、表-1の管理値内におさまっていること確認しながら油圧ジャッキに圧力をかけ、荷重と変位量を確認し荷重が大きいかかかっているものや、変位量が上がっていないものがないかリアルタイムで確認しながら工程を進めた。

ジャッキアップ中の地震対策として、軌条桁と柱脚を4本のPC鋼棒で繋ぎ、ズレを防止した。

表-1 ジャッキアップ管理（隣り合う柱間における）

管理項目	1次管理値	2次管理値
変位管理値 (鉛直方向)	L=5600mm 1/750 (7.5mm)	L=5600mm 1/500 (11.2mm)
アップ管理量	±5mm (全体アップ 目標 57mm)	

c) ③スライド板・スライドベースの設置

軌条桁の上面にスライド板（片面鏡面仕上げをしたステンレス板）を、素屋根本体の柱脚底面にスライドベース（低摩擦ナイロン樹脂板を取り付けた鋼板）を設置した。地震対策として左右のズレ、浮き上がりの防止のため、鋼板を軌条桁の上フランジを挟み込むように設置し、PC鋼棒で柱脚とスライドベースと共に緊結した。

表-2 各種部材の仕様

	規格	数量
スライドベース	MC ナイロン 901	t = 12mm 36 枚
スライド板	SUS304 鏡面仕上げ	t = 2mm 185 枚
モリブデン ペーストスプレー	二硫化 モリブデン	—
PC 鋼棒 C 種 1 号	φ21 L=250mm 1 本あたり 298kN	216 本

d) ④ジャッキダウン

油圧配管、計測機器、スライドベース、スライド板、移動用路盤など不具合がないか点検を行った。

1STEP5mmでスライドベースが着床するまでジャッキダウンする。ジャッキアップ同様、全体を水平に保つよう油圧ジャッキの変位制御をおこない、変位を一定に保持しながらジャッキダウンした。

表-3 ジャッキダウン管理（隣り合う柱間における）

管理項目	1次管理値	2次管理値
変位管理値 (鉛直方向)	L=5600mm 1/750 (7.5mm)	L=5600mm 1/500 (11.2mm)
ダウン管理量 (スライド時)	±5mm (全体ダウン 目標 52.5mm)	



図-7 モニタリング状況写真

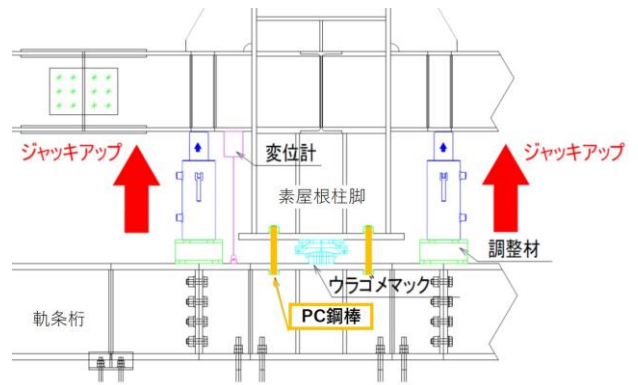


図-8 ジャッキアップ状況図



図-9 ジャッキアップ状況写真

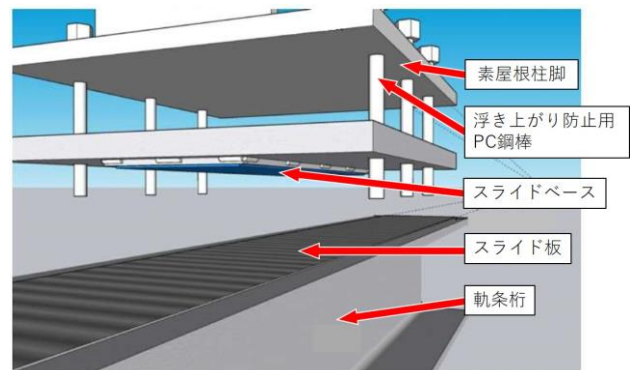


図-10 スライドベース取り付け図



図-11 スライドベース写真

e) ⑤所定の位置までスライド・軌条桁の盛替え
 30tの能力（押す力）を持つ水平油圧ジャッキを6台使用し、素屋根の柱脚と軌条桁に固定した。

表-4の管理値内に収まっていることを確認しながら移動距離の測定と推進荷重測定を行い、鉄骨材の健全性と安全性を確保した。

表-4 スライド移動管理

管理項目	1次管理値	2次管理値
変位管理値 (進行方向に対する)	左右のずれ ±5mm	左右のずれ ±10mm
1ストローク スライド量	0.9m	
確認方法	目視による確認	

水平油圧ジャッキのストローク制御を行いながら、スライドの量（距離）の管理を行い、STEPごとに定めた回数スライドを行った。全長41.5mのスライド作業を、7STEPの合計44回（調整を除く）、約1か月の工程で行った。

STEPごとのスライド回数と長さ

1STEP	1ストローク0.9m × 8回+調整	7.9m
2STEP	1ストローク0.9m × 6回+調整	5.6m
3STEP	1ストローク0.9m × 6回+調整	5.6m
4STEP	1ストローク0.9m × 6回+調整	5.6m
5STEP	1ストローク0.9m × 6回+調整	5.6m
6STEP	1ストローク0.9m × 6回+調整	5.6m
7STEP	1ストローク0.9m × 6回+調整	5.6m

< 水平油圧ジャッキ設置詳細図 >



図-12 水平油圧ジャッキ取り付け



図-13 スライド状況写真

3STEP完了後、既存で使用していた軌条桁を再利用するため、スライドを終えた部分の軌条桁を次のSTEP部分へ再度取り付けする盛替え作業を行った。盛替え作業は各STEPごと合計4回行い、ジョイント部分のスライド板の取り外し・再取り付けを行った。

f) スライド作業後

スライド作業がおわるとスライドベース、スライド板を撤去するため素屋根のジャッキアップ、ジャッキダウンを行い、柱脚部分を軌条桁に緊結した。

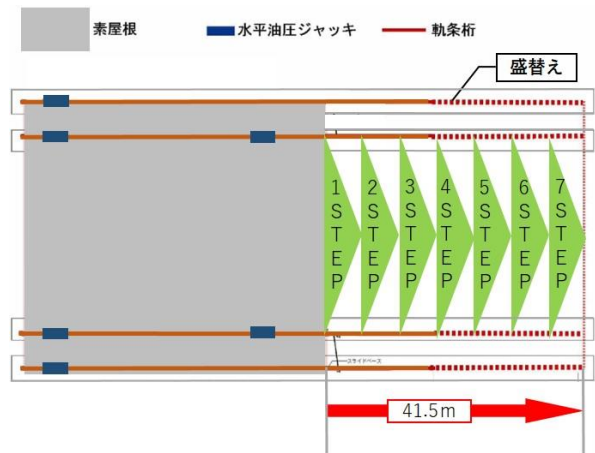


図-15 スライドSTEP図



図-16 素屋根スライド前



図-17 素屋根スライド完了

		素屋根スライド作業工程表																													
9月		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
		水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木	金	土	日	月	火	水	木
スライド作業	ステップ1																														
軌条桁盛替え																															
10月		1	2	3	4	5	6																								
スライド作業	ステップ7																														
軌条桁盛替え																															

図-14 スライド作業 工程表

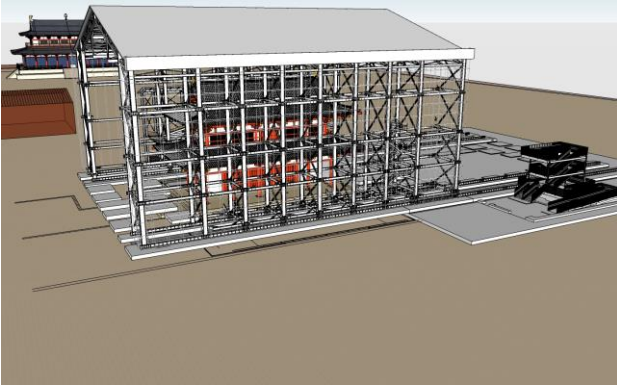


図-18 スライド開始前

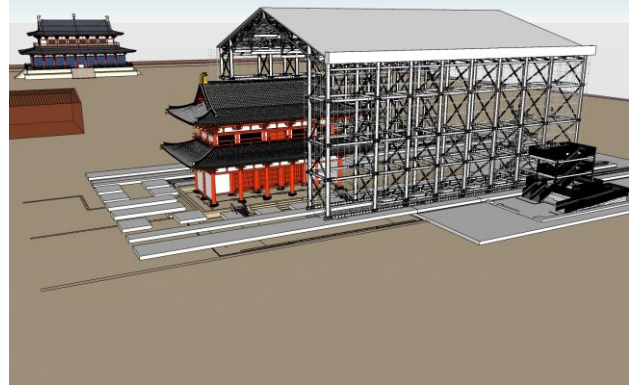


図-22 4STEP

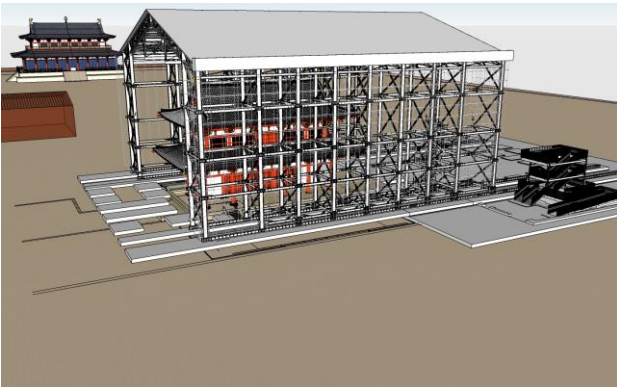


図-19 1STEP

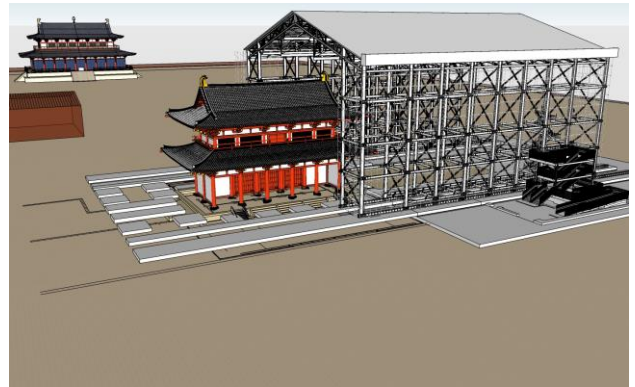


図-23 5STEP

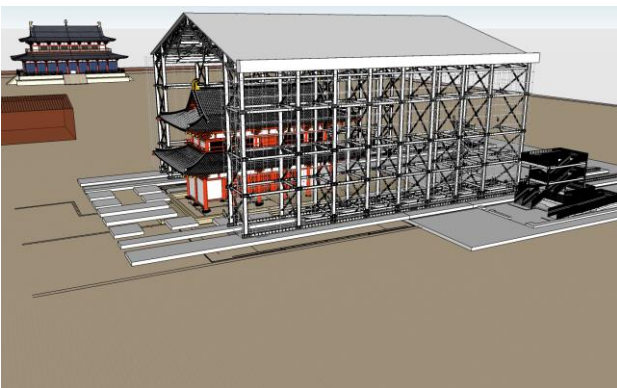


図-20 2STEP

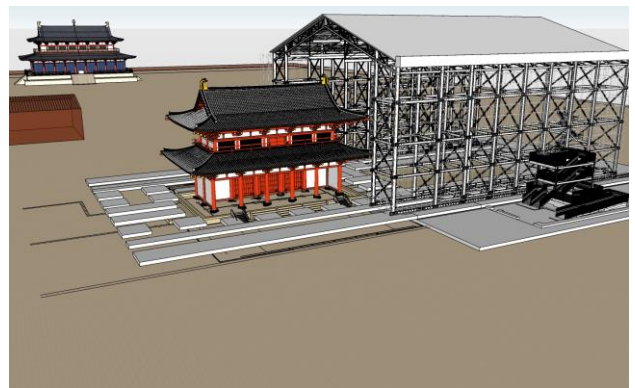


図-24 6STEP

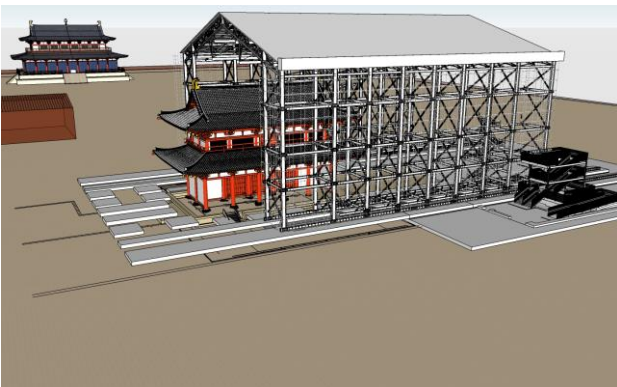


図-21 3STEP

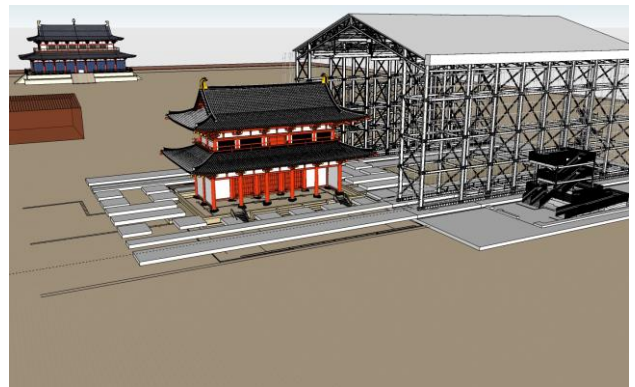


図-25 7STEP スライド完了

4. まとめと今後の展開

大型の素屋根のスライドは事例が少なく安全上の管理や対策を施工計画を基に慎重に行った。工事中の地震対策も各工程でとられ、鉄骨造の健全性・安全性を担保しながら円滑に工事が行われた。

国営公園として平城宮跡の歴史や文化を分かりやすく体感・体験できる復原整備工事とするため近畿地方整備局国営飛鳥歴史公園事務所が現場見学会を企画し実施してきた。スライド工事においても現場見学会を開催した。見学者へ作業内容の解説を行い復原事業全体の魅力を伝える機会となった。

素屋根の壁面には原寸大の工事中の復原図が描かれている。その姿は、平城宮跡へ来た人だけではなく、平城宮跡を横断する近畿日本鉄道の車窓からも望むことができる。より多くの人に平城宮跡の歴史へ関心を持ってもらうとともに、復原事業の期待感を高める工夫がされている。

東楼が完成後は西楼等、大極殿院の残る部分の復原が予定されており、素屋根の引き続きの活用についても検討を行っていく。



図-28 東楼復原図



図-29 東楼復原整備工事完成時のパース



図-26 見学説明の状況写真



図-27 見学の様子

二相ステンレス鋼を用いたゲート設計について ～淀川大堰閘門ゲート設備～

田頭 聖和¹・迫 芳将²

¹近畿地方整備局 企画部 技術管理課 (〒540-8586大阪府大阪府中央区大手前3-1-41)

²近畿地方整備局 大阪国道事務所 施設管理課 (〒536-0004大阪市城東区今福西2-12-35)

現在施工が進む淀川大堰閘門ゲート設備において、ライフサイクルコストだけでなく、設置環境や維持管理等を見据えた諸条件を考慮した結果、扉体の材質は従前の普通鋼やステンレス鋼と異なる近年JISに登録された二相ステンレス鋼を採用した。

本稿では、この二相ステンレス鋼の特徴および採用に至った検討内容と共に、二相ステンレス鋼を用いた設計について報告する。

キーワード 淀川大堰閘門、汽水域、ライフサイクルコスト、二相ステンレス

1. 淀川大堰について

近畿圏の中心を貫いている淀川水系は、滋賀県の琵琶湖に始まり京都府、大阪府を流れる一級河川であり、関西地方の社会、経済、文化の基盤をなしており、古くから舟運をはじめとする様々な文化を育んできた。

淀川大堰は河口から約10km上流の汽水域に位置し、平常時の利水および洪水時の流水の安全な流下の確保や塩水の遡上を防ぐことを目的として昭和58年に設置された。

淀川大堰の上下流で最大2.5mの水位差が生じているため、船舶の往来ができない状況にある。

淀川大堰は淀川から派生する大川との接続部付近に設置されており、隣接する大川との接続部には毛馬排水機場、毛馬水門および毛馬閘門が設置されている。

毛馬閘門は淀川と大川で生じている水位差を船舶が往来できるように設置されている。毛馬閘門を利用した大川河口から淀川上流への航路はあるが、淀川下流から上流への航路は淀川大堰により遮断されている。

淀川大堰閘門は淀川上下流の船舶の往来の可能とし、大阪湾から淀川上流までの船舶の航路の確保を目的として淀川大堰の左岸側にある固定堰部に設置される。

淀川大堰閘門のゲート設備である閘門ゲートおよびバイパスゲートの設計には淀川大堰下流が汽水域であること等の設置環境や扉体の錆への対策を含めた維持管理およびライフサイクルコスト等を見据えた諸条件での検討が必要となった。



図-1 淀川大堰位置図



図-2 淀川大堰閘門設置箇所

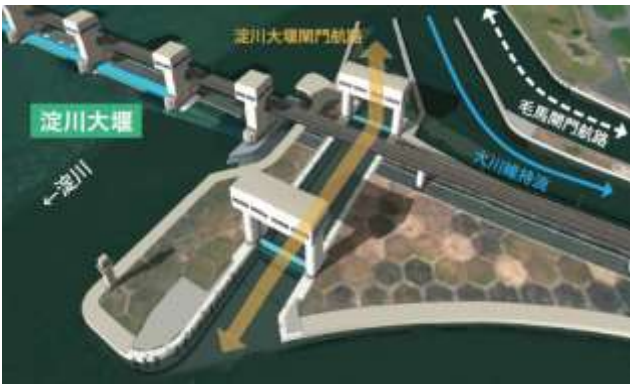


図-3 淀川大堰閘門設置による航路イメージ

2. 淀川大堰閘門ゲート設備の設計上の課題と対策

(1) 設計上の課題

淀川大堰閘門ゲート設備の設計において留意しなければならない課題として、塩水による腐食がある。

淀川大堰は汽水域に設置されており、塩止めの機能があるが、淡水域に設置されるものに比べ塩による腐食の進行が早く、防食にかかるコストが大きい。

(2) 代表的な対策

代表的な腐食を防ぐ方法としては、被覆防食、電気防食および耐食材料の使用が挙げられる。

a) 被覆防食

被覆防食は、鋼材を腐食に強い皮膜で覆い、腐食因子から遮断する方法で、主に防食材の塗装や溶融亜鉛めっき等がある。

b) 電気防食

電気防食は、鋼材に電流を流すことで金属材料を腐食しない電位にまで変化させる方法で、外部電源より電流を流す方法や金属材料の電位差を利用して電流を流す方法がある。

淀川大堰ゲート設備もこの方法を用いており、扉体に亜鉛陽極棒を設置している。

c) 耐食材料の使用

耐食材料の代表的な鋼材であるステンレス鋼等を用いて設備を製作し、腐食から防ぐ方法である。

3. ステンレス鋼について

(1) ステンレス鋼の概要

ステンレス鋼はCr含有率10.5%以上、炭素含有率1.2%以下の耐食性を向上させた合金鋼であり、常温における組織によってマルテンサイト系、フェライト系、オーステナイト系、オーステナイト・フェライト系及び析出硬化系の5種類に分類される。1)

(2) オーステナイト・フェライト系ステンレス鋼の特徴

オーステナイト・フェライト系は、2015年にJISに登録されたステンレス鋼で、二相ステンレス鋼とも呼ばれ、フェライト相とオーステナイト相がおよそ1:1で混在するステンレス鋼である。

ステンレス鋼の特徴である高耐食性に加え、靱性が低く溶接が難しいが低コストのフェライト系と溶接しやすいが高コストのオーステナイト系の両系統の特徴を併せ持ち、Crの含有率が増え高強度である。

二相ステンレス鋼には汎用ステンレス鋼であるSUS329J4Lなどが挙げられるが、価格変動の大きいNiや高価なMoなどの合金元素の割合が多く、高価である。

今回採用した省合金二相ステンレス鋼（SUS323L）は、NiやMoなどの割合が少ないため価格変動の影響を受けづらく価格が安定しておりオーステナイト系ステンレスと比較しても同等の材料単価である。

表-1 ステンレス鋼の主な化学成分

分類	規格名	主な化学成分
フェライト系ステンレス	SUS430	18Cr
オーステナイト系ステンレス鋼	SUS316L	18Cr-12Ni-2Mo-LC
汎用二相ステンレス鋼	SUS329J4L	25Cr-6Ni-3Mo-0.15N
省合金二相ステンレス鋼	SUS323L	23Cr-4Ni-0.15N

(3) 二相ステンレス鋼の力学的性質

ゲート設備の素材として代表的な鋼材である溶接構造用圧延鋼（SM490）およびオーステナイト系ステンレス鋼（SUS316L）と省合金二相ステンレス鋼（SUS323L）の力学的性質を以下に示す。

表-2 鋼材の力学的性質^{2),3)}

	比重 (kg/cm ³)	引張 強さ (N/mm ²)	降伏点 耐力 (N/mm ²)	ヤング 率 (N/mm ²)	伸び (%)
SM490	7.85 × 10 ⁻³	490 ~610	325 以上	2.1 × 10 ⁵	17 以上
SUS316L	7.93 × 10 ⁻³	480 以上	175 以上	1.93 × 10 ⁵	40 以上
SUS323L	7.8 × 10 ⁻³	600 以上	400 以上	2.0 × 10 ⁵	20 以上

表-2より省合金二相ステンレス鋼（SUS323L）は従来の普通鋼であるSM材と比較しても同等以上の耐力があるため高強度であり、比重が小さい鋼材であるとわかる。

4. 淀川大堰ゲート設備の設計

淀川大堰閘門ではゲート設備として閘門ゲートおよびバイパスゲートを設置する。閘門ゲートは閘室の上流側および下流側にそれぞれ1門設置し、バイパスゲートは上流側および下流側にそれぞれ2門の計4門を設置する。

これらのゲート設備の設計について、従前よりゲート設備で使用されている普通鋼 (SM490) およびステンレス鋼 (SUS316L) の他、近年JISに登録された省合金二相ステンレス鋼 (SUS323L) について、施工費および防食等のライフサイクルコストの観点より検討を行った。

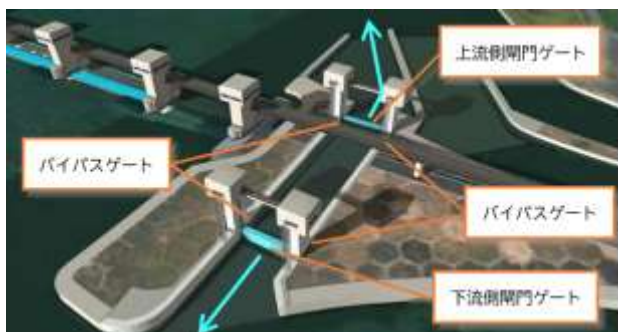


図4 淀川大堰閘門ゲート設備

(1) 閘門ゲートの設計

a) 施工費についての検討

閘門ゲートの設計にあたり、SUS323Lは強度の指標である降伏点耐力がSUS316Lの2倍以上であり、SM490よりも高いため、ゲートの軽量化を図ることができるが、一般的なゲートのたわみ度は1/800⁴⁾と定義されているとおりひずみについても重要である。

たわみ度によって主桁の断面積や間隔等のゲート構造は設計され、主桁の間隔が狭くなるほど使用部材数は多くなり、鋼材の比重との関係によりゲートの重量は増大する。

たわみ度はヤング率に依存し、SM490、SUS323L、SUS316Lの順にたわみにくいため、SM490を使用することで他の鋼材より少ない部材数で設計ができる。

一方、比重はSUS323L、SM490、SM316Lの順に小さいため、使用部材数も勘案した際にSUS323Lを使用することで他の鋼材より軽量で設計ができる。

軽量のゲートであるほど、開閉荷重が減少するため、開閉装置および電源設備等の付属設備や閘門躯体の施工に係る費用を削減することができる。

b) 防食についての検討

防食については、SM490は被覆防食または電気防食を必要とし定期的な塗装の塗替えまたは電気防食材の交換等の維持管理費が必要だが、SUS316LおよびSUS323Lは高い耐食性を有しているため、防食のための維持管理費が不要なためライフサイクルコストが低い。

(1)a)およびb)についての比較を以下の表に示す。

表-3 閘門ゲート (1門) の比較 (概算)

	SM490	SUS316L	SUS323L
重量(t)	115	117.5	87
施工費	低	高	中
維持管理費	高	低	低
ライフサイクルコスト	中	高	低

表-3より閘門ゲートで使用する鋼材はSUS323Lが優位となった。

(2) バイパスゲートの設計

a) 施工費についての検討

バイパスゲートの設計についても閘門ゲートの設計と同様に使用する鋼材について検討を行う。

しかしながら、ゲート設備の板厚は、設計基準により主要部材は必要な板厚を確保する⁵⁾こととされているため、検討を行う鋼材でゲートの重量に差はほとんど生まれなかった。

表-4 最小板厚⁶⁾

	鋼板	形鋼
扉体	8	8
戸当たり・固定部	8	6
放流管の管鋼本体	8	-

一方で、ゲートを製作する際の加工費では、SM490と異なりSUS316LおよびSUS323Lは酸洗いによる不動態被膜の生成を行う過程が必要である。また、SUS323LはSUS316Lより伸びにくいいため加工には熟練を要する。

そのため、加工費で比較すると、SM490、SUS316L、SUS323Lの順に安く、施工費も同様となる。

b) 防食についての検討

防食については閘門ゲートと同様に、定期的な塗装の塗替えや防食材の交換等が不要なため、SUS316LおよびSUS323LはSM490に比べライフサイクルコストが低い。

(2)a)およびb)についての比較を以下の表に示す。

表-5 バイパスゲート (1門) の比較 (概算)

	SM490	SUS316L	SUS323L
重量(t)	1.1	1.2	1.2
施工費	低	中	高
維持管理費	高	低	低
ライフサイクルコスト	高	低	中

表-5より、バイパスゲートで使用する鋼材はSUS316Lが優位となった。

5. まとめ

淀川大堰閘門ゲート設備は、塩水による腐食への対策に係るライフサイクルコストおよびゲート設備、付属設備、閘門躯体の施工費の観点から比較すると、閘門ゲートでは省合金二相ステンレス鋼であるSUS323Lが優位となり、バイパスゲートではオーステナイト系ステンレス鋼であるSUS316Lが優位となった。

省合金二相ステンレス鋼は従来の二相ステンレス鋼に比べ鋼材価格が高くなく、ライフサイクルコストも低いため、非常に優れた素材である。

バイパスゲートのような小型ゲートでは従来のオーステナイト系ステンレスの方が優位になる場合もあるが、ゲート設備で省合金二相ステンレス鋼が使用される範囲は拡大されていくと期待される。

以前より、国土交通省ではライフサイクルコストの削減を中心に据えて設備の設計に取り組んでおり、新技術や新素材が活用できるよう時代の変化に合わせて技術基準の改定を行ってきた。

今後、最小板厚等の技術基準の改定により、省合金二相ステンレス鋼の使用範囲が拡大し流通量が増加することで、価格の更なる低減や加工技術の普及による製作費の低減や、小型ゲートでの使用も期待される。

6. その他

本稿は1および2が近畿地方整備局 淀川河川事務所 施設管理課（〒573-1191大阪府枚方市新町2丁目2-10）所属時の業務である。

謝辞：本論文の執筆にあたり、参考資料の提供及び助言等いただきました関係者の皆様に感謝の意をここに述べさせていただきます。

参考文献

- 1) JIS G0203:2009「鉄鋼用語（製品及び品質）」
- 2) JIS G3106:2015「溶接構造用圧延鋼材」
- 3) JIS G4304:2015「熱間圧延ステンレス鋼板及び鋼帯」
- 4) 一般社団法人ダム・堰施設技術協会：『ダム・堰施設技術基準（案）』2016年10月 P.110
- 5) 一般社団法人ダム・堰施設技術協会：『ダム・堰施設技術基準（案）』2016年10月 P.114
- 6) 同上

大和川遊水地におけるセメント改良土を用いた築堤施工について

川崎 海輝¹

¹近畿地方整備局 大和川河川事務所 工務課 (〒582-0009大阪府柏原市大正2-10-8)

大和川河川事務所では治水対策として遊水地整備を計画しているが、遊水地整備では貯水量確保のために行う遊水地内掘削により大量の粘性土が発生する一方で、周囲堤の整備等で多くの築堤材料が必要となる。そのため、土砂の有効利用の観点から、粘性土を築堤材料として利用出来ないかの検討を行い、セメント改良して再利用する計画を立案したので報告する。

キーワード 遊水地, 築堤材料, リサイクル

1. 大和川流域の概要

大和川は、その源を奈良県桜井市の笠置山地に発し、低平地である奈良盆地を放射線状に広がる佐保川、曾我川等の支川を合わせ、亀の瀬狭窄部を経て河内平野に入り、石川と合流して浅香山の狭窄部を通過し大阪湾に注ぐ。その流域と周辺地域には、近畿の行政・産業の中心地である大阪市、堺市をはじめ、柏原市、奈良市、橿原市などの主要都市が存在し、JR大和路線や近畿自動車道、西名阪自動車道等の重要な交通網や、大阪港や堺泉北港等の阪神工業地帯の中枢港湾を含んでいる。また、世界遺産でもある法隆寺や平城京に代表される数多くの寺社仏閣、史跡、名勝が存在し、数多くの観光客が集まる。

(以下、河床勾配や河道形態を踏まえ、山地から奈良盆地に至るまでを「上流部」、奈良盆地から亀の瀬狭窄部までを「中流部」、大阪平野から河口までを「下流部」という。)



図-1 大和川流域図

2. 大和川流域の特徴

奈良盆地では上流部から放射線状に広がる多くの支川が本川に集中して合流するため、河川のはん濫や内水被害が発生しやすい地形となっている。さらに、昭和30年代後半から流域の都市化が急速に進み、水田・ため池等の保水機能が減少している。また、亀の瀬狭窄部の上流付近は、勾配の緩い地形特性と狭窄部の堰上げにより、洪水時に本川水位が上昇し、洪水はん濫や内水浸水等の水害を受けやすい地形的特性を有している。下流部は、柏原地点から北上し淀川と合流していたが、江戸時代に淀川と分離され流路を西向きに付け替えられた人工河川となっており、大阪平野の高い位置を流れている。

大和川の中流部はその災害の発生しやすい特性上、過去に度々浸水被害を伴う災害が発生しており、特に1982(昭和57)年8月洪水では奈良県域で甚大な浸水被害を受け、浸水家屋数が1万戸を超える戦後最大の洪水被害となった。

また、近年においても2007(平成19)年、2017(平成29)年の洪水等で、100戸を超える浸水被害が発生しており、特に亀の瀬狭窄部上流や奈良盆地の地盤が低い地域での浸水を繰り返している。

3. 大和川の整備予定

大和川水系河川整備計画(2003年11月)においては、上下流及び本支川の調整を図り、治水安全度のバランスを確保しつつ段階的かつ着実に整備を進め、戦後最大となる1982(昭和57)年8月と同規模の洪水が発生しても、洪水氾濫による浸水被害を防止し、内水による浸水被害を軽減させる事を目標としている。

大和川の中流部に関してはというと、当面亀の瀬狭窄部の開削は行えない状況であることを踏まえ、下流部への負荷を増大させずに河川改修を進める必要があることから、築堤や河道掘削等とあわせて、大和川遊水地の整備や流域全体での雨水貯留浸透施設の整備などの「貯める対策」を進めている。

大和川遊水地（保田、窪田）整備や藤井・立野南地区の河道掘削は令和7年度の完成を目指しているが、整備期間内に約70万m³の土砂が発生する。これらの土砂をいかにうまく利用したり、搬出するかマネジメントが非常に重要であり、周囲堤の築堤材に利用するほか、三郷町広域防災拠点整備箇所への搬出調整等を行っている。

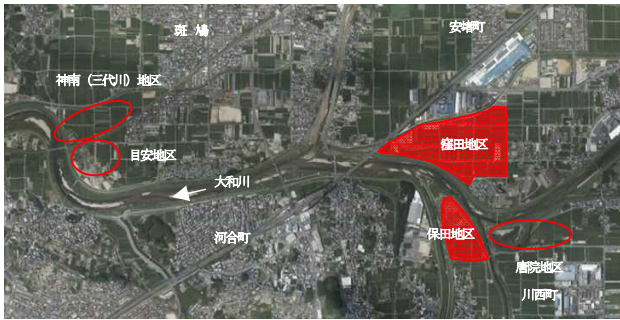


図2 遊水地位置図



図3 保田遊水地



図4 窪田遊水地

4. 土砂の性状及び課題

掘削土砂の再利用にあたって、掘削土砂の性状確認を

行った。要求性能は表の基準書等に準拠される。

要求性能と調査結果は以下のとおりとなった。

大和川中流域で発生する土砂について、河床掘削材料の一部はブルドーザーに必要なコーン指数が確保できないものもあるが、含水比や粒度など概ねそのまま使用できるものであり、第1種建設発生土に該当する。

しかし、遊水地内から発生する池底掘削材料は、粒度分布が悪く、確保されるコーン指数も低い、さらに含水比が高いため、単体で使用できない第4種建設発生土に該当する。

築堤材や防災拠点盛土材にはそのまま利用できない結果が得られた。

表-1 基準書等

項目	基準書名・協定署名	発行元
河川堤防の築堤材料の品質	河川土工マニュアル	(財) 国土技術研究センター
造成盛土材料の品質	公共建設発生土受入要領	三郷町役場
造成盛土材料の品質	公共住宅建設工事共通仕様書	公共住宅事業者等連絡協議会
造成盛土材料の品質	宅地土工指針(案)	(独) 都市再生機構
建設機械の走行	道路土工要綱	(社) 日本道路協会
有害物質の含有量	土壌汚染対策法	-
質的安全性	河川堤防の構造検討の手引き(改訂版)	(財) 国土技術研究センター
斜面安定性	宅地防災マニュアルの解説	ぎょうせい

表-2 土質調査結果

項目	最大粒径	要求性能				土質特性	化学性状	建設発生土の区分	発生土の品質の等級	計画上の利用		
		粒度分布	腐乱入率(%)	コーン指数(kN/m ²)	含水比(%)							
要求性能値	100mm以上	矯正粒度分布以内	21.5mm以上の割合40%以下	500kN/m ²	40%程度以下	有機質土、ベントナイト、多数の粘土、シルト等を用いない	特定有害物質の含有量が規定以下	-	-	-		
地区名	発生土の経緯	要求性能に対する判定										
土質試験の概要	藤井・立野南地区	河床掘削土	21.5	矯正範囲内	0.0	919	17.0	含まない	第4種建設発生土	土質改良土(石灰改良)	のどが村(土質改良)	
	窪田地区	遊水地内	試験値	19.0	範囲外	0.0	208	54.9	粘性土が主体	含まない	第4種建設発生土	土質改良土(石灰改良)
		池底掘削	判定	OK	NG	OK	NG	NG	NG	OK	第4種建設発生土	土質改良土(石灰改良)
	保田地区	遊水地内	試験値	4.73	範囲外	0.0	380	52.1	粘性土が主体	含まない	第4種建設発生土	土質改良土(石灰改良)
池底掘削		判定	OK	NG	OK	NG	NG	NG	OK	第4種建設発生土	土質改良土(石灰改良)	

5. 建設発生土改良方法の検討(1)

これらの土砂を全て処分して購入土を使用すると莫大なコストがかかり、リサイクルの観点からもこのましくないため、この土砂を何とか使えないかと検討を行った。

土砂改良方法として大きくは、「水切り」、「天日乾燥」、「良質土混合」、「安定処理等」の4工法が考えられるが、水切り、天日乾燥による工法は、長期間の仮置きヤード確保が必要となるうえ、改良後の強度発現や改良期間の不確実性が高いことから、良質土混合法及び安定処理等(セメント系改良)に着目して検討を行った。

改良材は、高含水比の粘性土であれば、改良方法として石灰も考えられるが、石灰系固化材は、その特徴である化学反応(ポゾラン反応)に長時間を要するため、短期施策事業には不向きであることから不採用とした。

計画地点で盛土するにあたり、改良工法も含めて考えられる案は購入土と現地発生土の改良、セメント系材料と現地発生土の改良、現地発生土は使用せず全て購入土とする案となる。これらの3案について施工性や経済性などの視点から評価した。比較検討した結果、セメント系材料と現地発生土の改良が経済的に優れる結果であり、且、施工性及び環境性も購入土と現地発生土の改良に比べて有利であること。また、周囲堤や広域防災拠点整備（造成盛土）といった常に流水にさらされない利用場所が限定的であり、全国的にも事例がいくつかあるのでセメント系材料との改良（案2）を採用することで方針決定した。

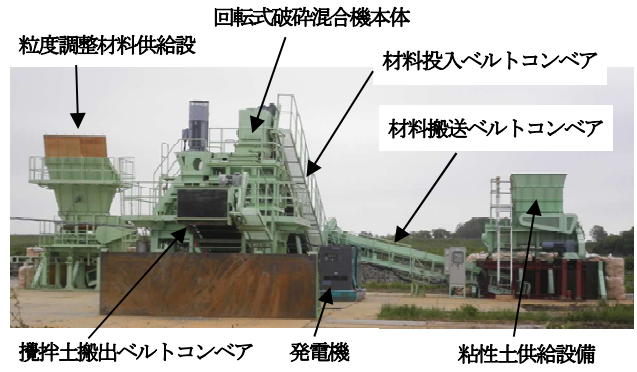


図-6 回転式破碎混合工法プラント設備¹⁾

表-3 改良工法の比較表

評価項目	案1		案2		案3	
	購入土と現地発生土の改良		セメント系材料と現地発生土の改良		現地発生土は使用せず全て購入土	
	工法の特長	評価	工法の特長	評価	工法の特長	評価
施工性	所定の比率で混合するため、ヤード内の土砂量の適切な管理が必要となる。混合土砂の強度が不足する場合は、混合比率の見直しや追加で固材添加等の処置が必要となる。追加の添加が必要となる場合は、固材貯蔵設備や供給設備などを新たに設置する必要があり、工程遅延となる。	△	物性値を管理する材料が1材のみであり、施工管理が比較的容易である。改良後に強度発現のための養生（5日間）が必要となる。	◎	遠方からの運搬が想定されるため、運搬距離の増大に伴い、多くのダンプトラックが必要であり、工程遅延につながる。	△
環境性	混合改良をしない粘性土が土配計面上の余剰分になるため、残土処分が必要となる。	○	粘性土を余剰することなく利用できるため、残土処分は不要である。	◎	運搬距離が長い場合、土砂運搬トラックのCO2排出量が多い。また、粘性土は全て残土処分となる。	△
改良度の品質	改良土に改良材が含まれないため、通常の堤防と同等の品質となる。	◎	改良土のpHは塩基性となるため、植物の生育速度が遅い。塩基度も固材反応が確認しないことを確認するため、モニタリングが必要となる。	△	築機材料に改良材が含まれないため、通常の堤防と同等の品質となる。	◎
経済性 ^{※1}	5,794百万円	△	2,950百万円	◎	5,311百万円	△
結果	-		採用		-	

※1 経済性は残土処分や改良機搬送費、中流部の土砂運搬計画等を考慮

表-4 回転式破碎混合工法の特徴

項目	工法の特徴
適用土砂材料	<ul style="list-style-type: none"> ・粒径 200mm 以下の材料 ・一般的な砂質土・粘性土に加えて、高含水比粘性土、軟岩、風化岩、泥土
全国の施工実績	国土交通省河川分野の実績は約 70 件である。うち、高含水比粘性土をセメント系固材により改良した事例は、以下の 4 件である。 【河川堤防】 江別太築堤他工事 【遊水地周囲堤】 江別太遊水地攪拌土造成工事 【遊水地周囲堤】 北村遊水地周囲堤試験盛土他工事 【遊水地周囲堤】 晩翠遊水地西 15 号線周囲堤工事

6. 建設発生土改良方法の検討（2）

セメント系改良工法は、万能改良機による建設発生土再利用システム工法と回転式破碎混合処理工法が考えられる。今回発生する土砂性状は、高含水比であること、さらに、施工機械の汎用性が求められることから、回転式破碎混合工法を採用する。

回転式破碎混合工法の方が経済面で劣るものの、高含水比粘性土に対応可能であり、インパクトチェーンにより均一に攪拌が可能。また、工事の手戻り防止ができ、工程遅延回避にもなる。

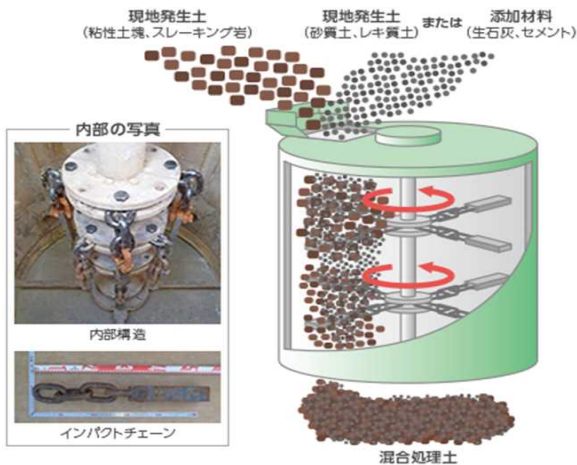


図-5 回転式破碎混合工法

7. 土木研究所へのヒアリング

セメント系改良工法を使用するにあたり、土木研究所に留意すべき手法等のヒアリングを実施した。ヒアリング結果は以下のとおり。

- ・河川堤防として利用する場合は改良強度をあげすぎないよう現地材料を利用した配合試験をして添加量を決定すべき。
- ・砂系の建設発生材は、改良すれば固まりすぎるため、ユーン指数が所定の値を満足していなくてもそのまま流用するのがよい。
- ・周囲堤の直下に砂質土層が分布する場合は、基礎地盤の漏水が懸念されるため、堤体直下の砂質土を掘削し除去する。

8. 配合添加量の設定

(1) 配合試験

土研へのヒアリング結果を踏まえて、改良材添加量を決定するために、室内試験を下記のとおり行った。

セメント改良土の配合試験は、「解砕前の養生期間」及び「改良材の添加量」の条件が異なる改良土を複数作成し、それぞれに対して各種室内試験を実施した。

改良土の作成条件は、「改良材の添加量」が 6 通り

(50, 60, 70, 80, 90, 100kg/m³), 「解砕前の養生期間」が4通り(7, 14, 21, 28日)とし、合計で24通りとした。

配合試験の項目は、「物理試験」、「締固め試験」、「コーン指数試験」、「三軸圧縮試験」、「透水試験」、「六価クロム溶出試験」とする。このうち、六価クロム溶出試験は、室内試験の供試体を流用した。

「物理試験(粒度試験)」、「締固め試験」及び「コーン指数試験」は、供試体作成後速やかに試験を行う。「物理試験(含水比試験)」、「三軸圧縮試験」及び「透水試験」は、供試体を作成してから28日間養生し、その後試験を行う。

三軸圧縮試験は、細粒分含有率が15%以上の場合はCU試験、15%未満の場合はCD試験を実施する。

透水試験は、一般に、透水係数が比較的小さい場合(10⁻³~10⁻⁷cm/s)であれば変水位、比較的大きい場合(10⁻¹~10⁻³cm/s)は定水位の試験となる。透水試験の方法は、粒度試験から得られた特性値(D10)により Hazen 式等から透水係数を推定し、定水位・変水位のいずれかを選択する。また、透水試験は、止水材等を使用し供試体の外周から漏水が発生しない方法とした。

(2) 試験結果及び配合添加量の決定

室内試験を行った結果、セメント系改良材が最小添加量(50kg/m³)の条件で、各種要求性能を満足する結果となった。

六価クロム溶出量は、養生期間の増加に伴い減少傾向となるが、最短の7日養生でも規定を満足する。したがって、配合添加量は、経済性・環境性をふまえて最小の50kg/m³とし、養生期間は仮置きヤード確保の観点から最短の7日とした。

表-5 改良土に対する室内試験結果表

供試体作製条件		室内試験結果							評価
改良材添加量(kg/m ³)	材齢(日)	最大粒径(mm)	有機入率(%)	含水比(%)	コーン指数(kN/m ²)	六価クロム溶出量(mg/L)	三軸圧縮試験(CUbar) 粘着力(kN/m ²) 内部摩擦角(°)	透水係数(cm/s)	
改良前		4.75	0	42.1	380	—	38 (IU試験) 0 (IU試験)	—	含水比・コーン指数が不測
50	7	9.5	0	35.3	2701	0.04	0.2 28.8	5.51×10 ⁻⁶	使用可能
	14	19	0	33.2	2802	0.04	3.1 27	1.82×10 ⁻⁶	使用可能
	21	19	0	34.2	3086	0.04	3 27.5	3.59×10 ⁻⁶	
	28	—	—	31.5	3086	—	—	—	
60	7	9.5	0	35.3	3086	0.04	0.3 29	1.17×10 ⁻⁶	使用可能
	14	19	0	34.1	3086	0.03	3.3 27	8.92×10 ⁻⁶	使用可能
	21	19	0	35.5	3086	0.05	3 27	1.26×10 ⁻⁶	
	28	—	—	30.9	3086	—	—	—	
70	7	19	0	36.6	3086	0.05	0.7 29.2	1.54×10 ⁻⁵	使用可能
	14	19	0	35	3086	0.05	3 27.2	4.35×10 ⁻⁶	使用可能
	21	9.5	0	33.1	3086	0.02	3.5 27.5	1.31×10 ⁻⁵	
	28	—	—	30.6	3086	—	—	—	
80	7	9.5	0	34.1	3086	0.05	1.4 26.3	1.12×10 ⁻⁵	使用可能
	14	19	0	33.6	3086	0.04	3.1 27.4	1.44×10 ⁻⁶	使用可能
	21	19	0	32.8	3086	0.05	4.4 27.6	7.48×10 ⁻⁶	
	28	—	—	31.4	3086	—	—	—	
90	7	19	0	31.9	3086	0.05	1.2 27.8	1.09×10 ⁻⁶	使用可能
	14	19	0	30.9	3086	0.04	3.9 27.2	2.90×10 ⁻⁵	使用可能
	21	19	0	30.5	3086	0.04	4.7 27.7	2.81×10 ⁻⁵	
	28	—	—	29.9	3086	—	—	—	
100	7	19	0	29.6	3086	0.06	1.8 28	1.91×10 ⁻⁵	六価クロム溶出量が規定値以上となるため使用不可
	14	19	0	30.1	3086	0.05	4 27.2	7.14×10 ⁻⁶	使用可能
	21	19	0	30	3086	0.1	4.5 27.3	8.51×10 ⁻⁶	
	28	—	—	28.5	3086	—	—	—	
要求性能値	100mm以下	粒径37.5mm以上の礫が40%以下	40%以下	500kN/m ² 以上	0.05mg/L以下	設計業務において、各盛土法面の斜面安定解析を実施し評価する。			

赤：品質規定に適合しない 青：品質規定に適合

9. 現場での施工管理

(1) 改良料の締固め特性

改良材料は、盛土施工後に管理規定に基づく締固めを実施する。設計段階では、室内試験での締固め特性から、所定の管理規定を満たす締固めが可能か判断した。締固めの可否は、品質規定方式(締固め度、または空気間隙率)に基づき評価する。品質規定方式は、締固め度での管理実績が多いが、自然含水比が高い粘性土などは、空気間隙率により管理される場合もある。

改良材料の評価は、締固め度及び空気間隙率で評価する。規定値は、使用用途(河川堤防・宅地盛土)により異なるため、いずれにも使用可能か確認する必要がある。

表-6 改良材料の締固め管理基準

締固め度	: 92% (土木工事施工管理基準及び規格値(案))
空気間隙率	: 10% (宅地土工指針(案))

(2) 工事管理項目

配合添加量が決めれば、工事実施に必要な情報は使用する重機による締固め回数になる。なお、締固め回数は、試験施工により設定することになる。

以下に RI 計器を用いた場合の締固め回数設定事例を紹介する。

表-7 RI計器を用いた場合の締固め回数設定事例

手順1	締固め回数は一層の仕上り厚が30cm以下となるまき出し厚さで材料をまき出し、締固めを行う。
手順2	次に様々な締固め回数のもとでRI計器により乾燥密度を測定し、締固め度を算出する。
手順3	最後に締固め度が管理基準値以上確保されている締固め回数を確認し、その回数を施工時の締固め回数として管理する。

10. モニタリング計画

セメント改良土についてモニタリング方法を以下に整理した。

表-8 モニタリング計画表

番号	モニタリング項目	確認方法	モニタリング頻度
1	・改良材のアルカリ溶出の有無	・水質調査により確認	盛土工施工前後
2	・植生の生育状況	・目視確認	日常巡視や維持工事における養生工事実施時
3	・堤体の硬化状況	・ポータブルコーン貫入試験（現地試験）により確認	施工後、0～1ヶ月間に4回、1～2ヶ月間に2回、2～15ヶ月間に2回
4	・堤体表面上のクラックの状態	・目視確認	日常巡視や維持工事における養生工事実施時
設定根拠	<ul style="list-style-type: none"> ・項目は、事例No.1, 2, 3を包括する内容を想定する。 ・ただし、堤体内部のクラックは、No.3の事例で発生が確認されていないため、調査不要と考える。 	<ul style="list-style-type: none"> ・確認方法、頻度は、事例No.1（アルカリ溶出は事例No.2）を参考とする。 ・ただし、堤体の硬化状況は、クラックの原因となる硬化の進行を確認するため、コーン試験により評価する。 	

なお、改良材の粒度分布は、改良前よりも細粒分が減少し、適正分布側に改善する傾向がある。改良後であっても所定の粒度分布（赤ライン上限値）からはみ出ているため、整備完成後にクラックが生じやすい可能性を秘めている。よって、整備後において非定常浸透流解析を実施し、安全率の数値を確認する必要があると考える。また、あわせて周囲堤も河川巡視対象とし形状を点検する必要があると考える。

11. 今後の課題

セメント改良における土砂の有効利用について問題なく築堤盛土に使用できることが確認された。しかし、大和川遊水地では、限られた施工ヤード内で複数の工事が煩雑する。その中で、改良場所、養生場所などが必要になる。特にセメント改良では養生期間が長い仮置き場所が必要になってくる。また、限られた中での養生では改良できる量も決まってくるため、改良の施工効率が落ち、工程にも影響してくると思われる。

これらの施工時における制約についての問題点があるため、今後、これらを解消するために継続して、新技術などの材料も視野に検討していく必要がある。

参考文献

- 1)土木学会第68回年次学術講演会(2013年9月)回転式破砕混合工法による高含水比粘性土を築堤土に改良する現地試験施工について(施工時期による曝気乾燥効果と施工性の検証等)

マシプロダクツを活用した排水ポンプ設備の 現場実証について

大西 幸彦¹・大倉 啓介²

¹近畿地方整備局 淀川河川事務所 毛馬出張所（〒531-0063 大阪府大阪市北区長柄東3丁目3-25）

²近畿地方整備局 施工企画課 機械設備係（〒540-8586 大阪府大阪市中央区大手前3-1-41号）

河川機械設備は設置後40年以上の施設が急増することによる大更新時代の到来に対応すべく、機械設備のマシプロダクツ化（汎用性・量産性）が注目されている。河川ポンプ設備は一品・特注生産であったものを小口・規格化することにより、故障時のリスク分散、復旧の迅速化、部品調達性の保全性向上といった効果が見込まれている。

その効果検証の具体化として、これまで特注であるポンプ駆動用エンジンを車両用エンジンに置き換え、現場適用性（耐久・操作・維持管理等）を2023年度以降、実際の現場で出水時の稼働を通じ、検証する現場実証試験を福知山市と協力して実施する取組内容について報告する。

キーワード マシプロダクツ、排水ポンプ設備、汎用性、量産性、現場適用性、維持管理性

1. はじめに

国土交通省は今後、老朽化する河川ポンプ施設の一斉更新が必要となる大更新時代の到来を見据え、汎用性のある量産型の自動車エンジンを活用するマシプロダクツ型の開発に着手し、2021年1月に技術を公募、同年4月にポンプメーカー2社およびエンジンメーカー3社と国土交通省にて「基本協定」を締結した（写真-1）。

2022年2月には、国立研究開発法人 土木研究所（以下、「土木研究所」という）の試験水槽にて基本協定参加のすべてのポンプ、エンジンの組み合わせにおいてポンプ始動、排水量、揚程の機能、連続運転性を確認した。

以降、現場での実証試験を行うべく全国の地方公共団体に公募を行った結果、10市町からの応募があり、京都府福知山市を含めた6市町で現場実証試験を行うことが2022年3月に決定した。

系の由良川 54.1km, 土師川 2.3 km を直轄で管理している（図-1）。



図-1 由良川流域図

由良川の上流部は河床勾配が約 1/200~1/300 と急であり、川の流れが速くなる地形となっている。福知山市や綾部市の市街地を擁する中流部の福知山盆地では、河床勾配が約 1/500~1/1,500 と緩やかになっているため、洪水が溜まりやすい地形となっている。下流部では、河床勾配が約 1/8,000 と更に緩やかになり、かつ兩岸に山が迫った狭長な谷底平野となっている（図-2）。



写真-1 マシプロダクツ型排水ポンプ実証試験の共同実施に関する基本協定

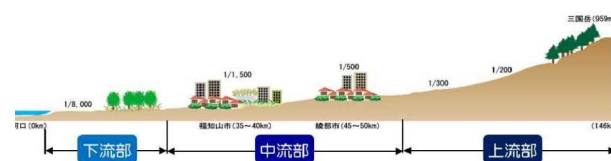


図-2 由良川の地形

2. 現場実証試験箇所の決定

今回、現場実証試験を行う由良川は、幹川流路延長146km、流域面積 1880 km² の一級河川であり京都府福知山市を流れており、福知山河川国道事務所は、由良川水

今回の現場実証試験箇所付近では 2013 年（平成 25 年）、2017 年（平成 29 年）および 2018 年（平成 30

年) 内水被害が発生しており(写真-2), 排水ポンプ車の稼働による内水被害への対応も行った(写真-3)。

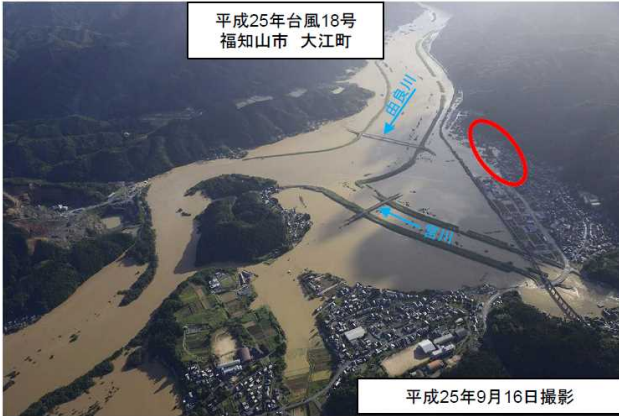


写真-2 2013年(平成25年)台風18号による内水被害



写真-3 2018年(平成30年)台風24号による内水被害への対応

上記の内水被害を踏まえ、国土交通省、京都府および福知山市では2018年9月に、「由良川大規模内水対策部会」を発足した。内水対策事業として、排水ポンプ車および救急排水ポンプ設備を配置・設置することにより $13.5\text{m}^3/\text{s}$ の排水を段階的に実施することを決定。床上浸水の解消を目指している。

内水対策事業の施策として、福知山市では排水ポンプ車を稼働させるために必要な調整池を京都福知山市大江町蓼原地先にて施工することとした。今回のマスプロダクツ型排水ポンプの現場実証試験は、その調整池に付随する形で据付を行う。そのため、マスプロダクツ型排水ポンプ設備の現場実証試験は上記の内水対策事業の一助としての役割も担っている。



写真-4 現場実証試験箇所

3. マスプロダクツ型排水ポンプとは

これまでの河川ポンプ施設は必要排水量に対して「大規模・小台数」の配置を行っている。これは激甚化・頻発化する昨今の水災害において、故障によるリスクの大きさが懸念されている。河川ポンプ施設の機械設備は、一品・特注生産であることから、維持管理および整備を行うことのできる技術者が限定されることや、部品調達性によるメンテナンスの確保および復旧の迅速化も問題となっている。また、排水ポンプ設備の故障理由の約5割はエンジンの故障によるものである。このような背景から、国土交通省は、これまでの特注であった大型の産業用エンジンから量産型である小型の車両用エンジンを使用する排水ポンプ設備の開発に着手した。汎用性・量産性があるものを「マスプロダクツ」と呼び、マスプロダクツ型排水ポンプ設備は、「小容量・多台数」とすることによって、故障リスクの分散、メンテナンス体制の拡充、部品調達性の確保ができることを期待されている。また、リタナダンシー(冗長性)を確保することでポンプ故障により排水施設としての致命的な機能損失に至る確率は低くなり総合的な信頼性は向上する(例:計画排水量 $10\text{m}^3/\text{s}$ の場合、排水能力 $1\text{m}^3/\text{s}$ のポンプを10台+1台(冗長)とする(図-3))。

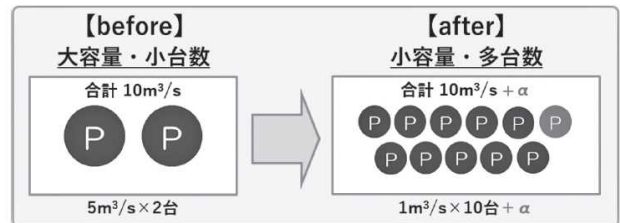


図-3 これからの排水ポンプ施設の目標(イメージ)

また、排水ポンプ車と比較した場合の特徴として、マスプロダクツ型排水ポンプ設備は出動要請から稼働開始までにかかる時間が短いことや、排水操作に必要な人数が少ないことがあげられ、排水ポンプ車に代わる内水対策の選択肢としても検討されている。

4. 基盤整備

当初、マスプロダクツ型の排水ポンプ設備の据付は、福知山市の設置要望位置である堤防の裏法尻への据付計画が行われていた(図-4)。しかし、排水ポンプ設備の稼働による振動が、堤防へ影響を及ぼすおそれがあることから、据付位置の変更・検討を行った。その結果、堤防への腹付けを行わず、調整池近傍で平地となる場所を選定した。当初の計画より鉄道盛土へ近くなってしまったことから京都丹後鉄道との協議を行った。その結果、2022年10月、鋼製架台・坂路などの荷重増となるすべての設備を無制限範囲に収める検討案を提示することで、京都丹後鉄道は近接工事外となり、鉄道盛土付近で重機

を使用する場合には再度協議を行うことを条件として現在の据付箇所となった。

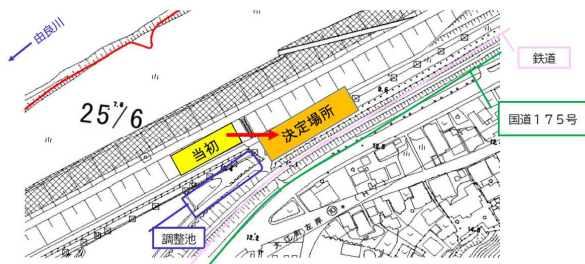


図-4 据付変更箇所

5. 現場実証試験装置の製作

今回、開発目標となっている仕様は、土木研究所での実証試験と同様の仕様となっている(表-1)。

表-1 ポンプ計画仕様

項目	横軸斜流ポンプ
形式	横軸斜流
吸込方法	横方向
計画吐出量	1m ³ /s
計画全揚程	6m
口径	600mm (吸込口700mm)
原動機出力	100kW

横軸は羽根車が地上にあり、ポンプを引き上げることなく上部ケーシングを外して内部点検を行うことが可能であり、維持管理の容易性の他、図-5のように、エンジン・減速機・ポンプの主軸が1軸で配置できることから精度確保も立軸型より容易である。



図-5 マスプロダクツ型排水ポンプ機器構成イメージ

また、エンジン交換の容易性を確保するためにエンジンと減速機をフレキシブルジョイントとユニバーサルジョイントで連結することとしている。フレキシブルジョイントとユニバーサルジョイントは、回転軸が一直線上ではなくとも動力を伝達することが出来るため、今回のような、エンジンの交換を行うことが考えられる場合に行われる、シビアな芯出し作業が不要となり、効率的・確実かつ迅速な復旧作業が可能となる。更にエンジンとそのほかの機械設備とで架台を分けること、エンジンのパッケージ化を行うことにより、エンジンの交換の容易

性を更に高めている(図-6)。

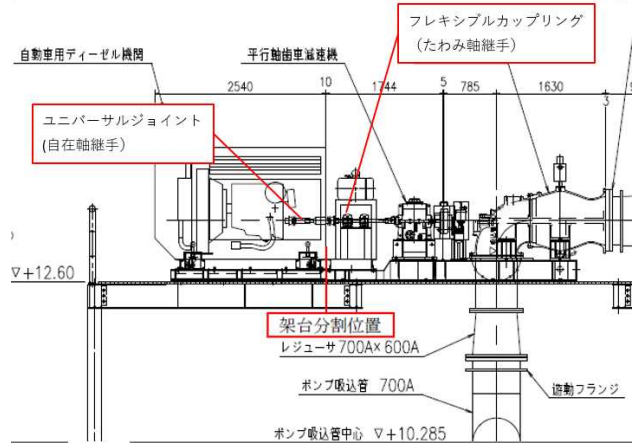


図-6 継手構造設計図面

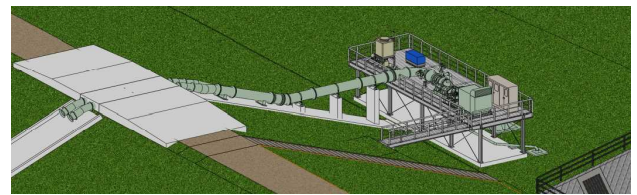


図-7 実証試験設備完成予想図

6. 現場実証試験の概要

1. で述べたとおり、土木研究所における実証試験ではマスプロダクツ型排水ポンプの実用性が確認された。しかし、マスプロダクツ型排水ポンプを実現場へ導入・普及拡大させるためには実使用環境下において出水時に稼働させ実用的であるか検証を行う必要がある。

今回の現場実証試験は、マスプロダクツ型排水ポンプ設備の耐久性、操作性、現場適用性、維持管理性等の検証を目的としている。マスプロダクツ型排水ポンプ設備は、出水時に福知山市にて操作を実施する。よって、操作前・操作中および操作後の各機器の異常や損傷の有無確認を目的とした設備点検、河川水位、各機器の異常や損傷の確認および報告は、福知山市が実施し、現場実証試験期間中の排水ポンプ設備の維持管理(故障対応を含む)、データ計測・記録および活用は国土交通省で行う予定である。計測に関し、排水運転時の機器に関するデータは自動計測装置により計測を行うことで容易化をしている。

自動計測装置による計測項目は次のとおりである。

1. ポンプ回転数(回転パルス計)
2. 流量(差圧計)
3. エンジン制御用サブシステム監視項目(ポンプ操作盤)

また、実証試験の期間は2~3年を予定している。

7. 今後について

現場実証試験の期間は、2～3 年を予定しているのは先に述べたとおりであるが、出水時における内水対策事業に対する実用性が認められるなどして、現場実証試験が終了したあとも引き続き運用を行いたい場合には、

国土交通省と福知山市で協議を行い、福知山市が維持管理し運用することができる。

さらに、現場実証試験でマスプロダクツ型排水ポンプ設備が実用的であると認められた場合には、吐出量を大きくすることができる立軸型の排水ポンプ設備でも実用的であるか検討していくことで、内水対策事業の対応範囲の拡大も期待できる。

木津川上流域におけるコクチバスの効率的な好適産卵環境の調査・把握手法について

佐治 有基¹・出口 義治²

¹近畿地方整備局 木津川上流河川事務所 伊賀上野出張所 (〒518-0825三重県伊賀市小田町242)

²近畿地方整備局 木津川上流河川事務所 流域治水課長 (〒518-0723三重県名張市木屋町812-1)

近年、木津川上流域では外来種であるコクチバスが水辺の国勢調査(魚類)において確認されていることから、コクチバスの生息状況について把握を行った。その結果、拡大傾向にあることが示唆され、特に、コクチバスの産卵床が多く確認されたコアエリア(木津川上流河川環境研究会にて、コクチバスの産卵床が多く確認された場所として定義)を見つけることができた。また、コアエリアの状況や知見を踏まえ、好適産卵環境についてポテンシャルマップ(仮称)としてとりまとめた。

本稿は、木津川上流域におけるコクチバスの生息域の拡大状況、並びにポテンシャルマップ(仮称)など、これまでの取り組みとこれからの展望について報告するものである。

キーワード 木津川上流、コクチバス、外来魚対策

1. 木津川沿岸におけるコクチバスの現状

コクチバスは北アメリカ大陸東部原産の肉食性淡水魚であり、水生昆虫や甲殻類などを捕食する。在来生物の生態系に大きな悪影響をもたらすだけでなく、鮎の稚魚を捕食するため、地域の水産業にとっても脅威であり、特定外来生物に指定されている。

コクチバスは平成2年ごろに長野県野尻湖で初確認されてから令和2年までの間に東北地方から近畿地方までの広範囲に分布を広げている。木津川上流域においては、2013年に木津川と宇陀川で河川水辺の国勢調査により初確認されてから2019年にいたるまで縦断連続性調査(魚道調査)等で継続的に確認されたことから、木津川上流の河川環境に係わる諸課題について、河川環境の整備と保全の面から、学識経験者が技術的な指導・助言を行う「木津川上流河川環境研究会」(2004年3月設立)から「全域での実態把握」等に関する意見が出された。これらを踏まえ、2019年、2020年には産卵床を対象とした目視調査等が実施され、「宇陀川赤目口橋周辺」と「木津川服部川合流点付近」にて産卵床や成魚が確認された。(写真1)

しかし、コクチバスがどのような環境を好んで産卵するのか、現在も木津川上流域で繁殖は続いているのか不明であるため、コクチバスの詳細な生息状況を再度調査する必要がある。また、昨年度の調査結果を考慮すると、木津川上流域の生態系や漁業等への悪影響が懸念されるため、早急に対策を実施する必要がある。そのためには、流域



写真1 稚魚と産卵床を守るコクチバスの成魚

単位での広域な取り組みが必要である。今後は地域連携のために効率的で低コストな駆除方法について調査することも必要である。

2. コクチバスの生息状況調査

今回は過年度に実施された目視調査を踏まえ、木津川上流域におけるコクチバスの生息状況の詳細について調査を実施した。本調査では環境DNA調査、目視調査による生息状況の把握に加え、最新の事例をもとに省力化のためにドローンを用いた産卵床調査を試行的に実施した。また、効率的で低コストな駆除方法として、コアエリアで

の産卵床破壊を試行的に実施した。

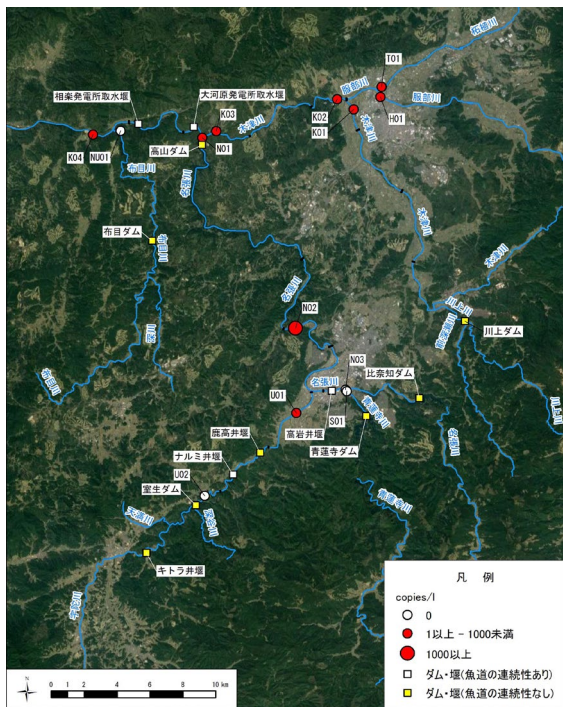


図1 環境DNA調査範囲

(1) 調査概要

a) 環境DNA調査

環境DNAの調査時期はコクチバスの孵化最低水温である16℃を超え、なおかつ周辺の水田からの濁水が流入しない時期を選定し、令和4年4月19日に環境DNAのためのサンプルの採水を行った。環境DNAの調査箇所は木津川4箇所 (K-1~K-4)、名張川3箇所 (N-1 ~N-3)、宇陀川2箇所 (U-1~U-2)、布目川1箇所 (NU-1)、青蓮寺川1箇所 (S-1)、服部川1箇所 (H-1)、柘植川1箇所 (T-1) の計13箇所で行った。(図1)

b) 産卵床目視調査

産卵床目視調査についても水温と周辺環境の制約より、令和4年4月25日~28日に徒歩による調査を実施した。調査箇所は木津川上流域の木津川、名張川、宇陀川、天満川、深谷川、布目川、長谷川、服部川、前深瀬川、川上川の10河川全域で実施した。(図2)



図2 産卵床目視調査範囲



写真2. ドローン空撮で撮影された産卵床



写真3 産卵床破壊の様子

c) ドローンによる目視調査

ドローン空撮の試行については宇陀川にて実施した。4月21日と5月16日の2日間で実施され、1日目は一定高度で飛行し、潜水目視による結果との比較を行った。2日目は高度を変更し、濁度と高度による確認何度を検証した。(写真2)

d) 産卵床破壊

宇陀川の赤目口橋周辺にて、試行的にコクチバスの産卵床破壊を行った。破壊方法は直接産卵床まで近接し、足やスコップを用いて産卵床をかき回すようにするもので、専門的な知識や技術がない一般市民でも可能である。(写真3)

(2) 調査の結果

a) 環境DNA調査

調査の結果、K-1~K-4 (木津川)、T-1 (柘植川)、H-1 (服部川)、N-1、N-2 (名張川)、U-1 (宇陀川) の計9地点で検出された。一方、N-3 (名張川)、NU-1 (布目川)、S-1 (青蓮寺川)、U-2 (宇陀川) では検出されなかった。

項目	単位	採水地点						
		木津川			布目川	柘植川	服部川	
★検体名	-	K-1	K-2	K-3	K-4	NU-1	T-1	H-1
分析結果	copies/l	610	670	570	690	-	190	310
		名張川			宇陀川		青蓮寺川	
★検体名	-	N-1	N-2	N-3	U-1	U-2	S-1	
分析結果	copies/l	410	3360	-	130	-	-	

表1 環境DNA調査結果

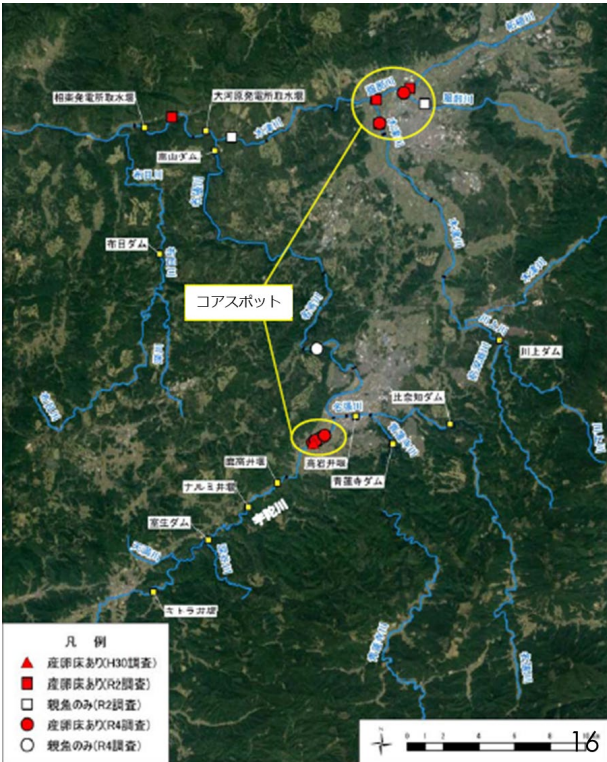


図3 コアエリア

b) 産卵床目視調査

産卵床は、木津川55.0～60.0k 区間で1 地点、服部川0.0～5.0k 区間で1 地点、宇陀川0.0～5.0k 区間で8 地点の計10 地点確認された。過年度調査において産卵床や成魚が確認されていた「宇陀川赤目口橋周辺」と「木津川服部川合流点付近」では産卵床が高密度で確認できた。このことから、コクチバスは木津川上流域において現在においても繁殖しており、中でも上述の2箇所については繁殖のコアエリアとなっていることが示唆された。(図3)

c) ドローンによる目視調査

空撮試行では、濁りが見られない状態であれば、飛行高度15m からでも水深100cm の箇所産卵床を確認できた。また、弱い濁りが見られる場合、水深80cm 程度の産卵床を確認できる飛行高度は10m であった。(表2 高度および水深による産卵床の確認難度 **コアエリア**)、ドローン空撮の飛行高度は10m を基本とすると良いと考えた。ただし、濁りが見られない場合は、飛行高度15mから撮影し、効率化することも可能であると考えた。

No.	ドローン高度	水深(推測)	確認の難度
1	15m	50cm	○
2	15m	50cm	○
3	15m	90cm	○
4	15m	90cm	○
5	15m	80cm	○
6	15m	100cm	△
7	15m	100cm	△
8	15m	60cm	○

○：通常速度の再生で確認すれば誰でも認識可能

△：スロー再生で複数回確認すれば認識可能

表2. 高度および水深による産卵床の確認難度

d) 産卵床破壊

産卵床破壊の試行については、破壊後には稚魚や卵が確認できなかったことから、下流に流されたものと推測できる。このことから、今回の試行は効果的であると確認できた。

(3) 考察・課題

各調査の結果から、木津川上流域では現在もコクチバスの繁殖が継続して行われていることが示唆された。そこで、産卵床破壊など、地域と連携した対応が必要である。しかし、国管理河川だけで駆除を行っても上流部の自治体が管理する河川やため池からコクチバスが流入する可能性がある。しかし、自治体で国のような調査を実施するのは難しいため、負担軽減策が必要である。

3. コクチバスポテンシャルマップ

(1) ポテンシャルマップの必要性

コクチバス対策のためには自治体や地域住民との連携が必要不可欠であるが、自治体で河川全体の調査を実施することは難しい。そこで、どのような場所でコクチバスが繁殖しやすいのかを視覚的に示した繁殖ポテンシャルマップ(仮称)(以下ポテンシャルマップ)を国が作成し、自治体に提供する案が考えられた。これにより、自治体の負担軽減につながるだけでなく、コクチバスが繁殖しやすい区域が把握できるため、今後の国の調査でも省コスト化が期待できる。

(2) ポテンシャルマップの作成

令和2年度から今回までの生息域調査結果からコクチバスは木津川上流域のほぼ全域にわたり生息し、現在においても繁殖が続いていることが示唆された。特に「宇陀川赤目口橋周辺」と「木津川服部川合流点付近」では産卵床を高密度で確認した。上述の産卵床確認区域をコアエリアとし、確認されなかった区域を対照区として周辺環境の水深、流速、河床材料等を比較、整理した。(図

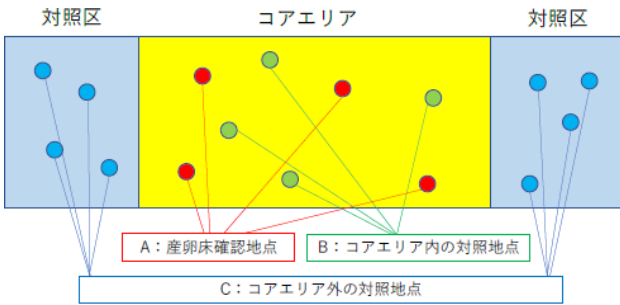


図4 調査地点設定イメージ

4) 産卵床確認地点8地点,コアエリア内の未確認地点で12地点,コアエリア外の対照区域で20地点とした。なお,河床材料はすべての地点で表層を記録し,表層が細礫より細かい場合は5cm程度掘り返し,下層を記録した。

(3) 好適産卵環境の分析

a) 水深

産卵床確認地点の水深は50 cm以上の地点が多い(図5)(図6)。

b) 流速

流速は10 cm/s以下に限定されていた(図5)(図6)。

c) 河床材料

産卵床確認地点の表層の河床材料は主に細礫が占めており(図5),下層(砂・細礫の下)は中礫で占められていた(図6)。コアエリアの表層の河床材料は砂礫(砂,細礫,中礫,粗礫)が大半を占めており,対照区(その他の上下流地点)の表層の河床材料は石が大半を占めていた(図5)。

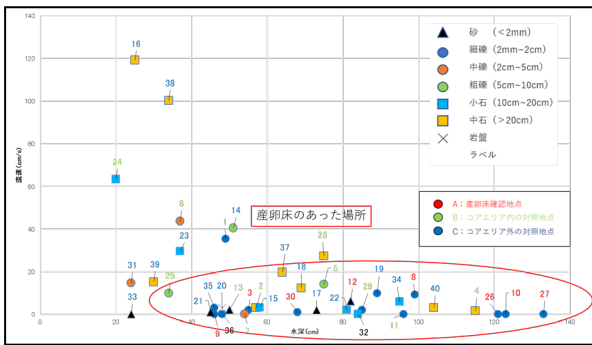


図5 各調査地点での流速・水深と河床材料(表層)

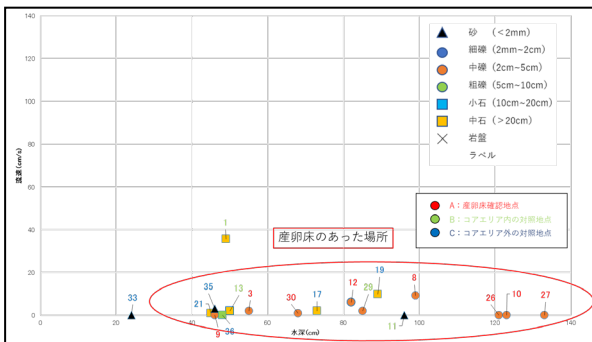


図6 各調査地点での流速・水深と河床材料(下層)

項目	文献	R4 宇陀川 現地調査 (産卵床確認地点)
水深	50.4±18.5cm ¹⁾	85.3±35.3cm (46~133cm)
流速	4.2±32.7cm/s ¹⁾	1.1±2.1cm/s (0~6.1cm/s)
河床材	小石 (17- 64 mm) ¹⁾ , 礫 ²⁾	表層: 砂~細礫, 下層: 中礫 (表層は主に細礫)
水際からの距離	459.3 ± 18.5 cm ¹⁾	7.0±5.0m (1.3~14.1m)
人工物(プロック・橋桁等)の有無	有り ²⁾	有り (25%, N=2/8)

表3 コクチバスの産卵床形成に関わる要因(産卵場環境)

文献¹⁾²⁾において,産卵床は水深約50 cm,流速約4cm/s,河床材料が礫~小石,水際からの距離が約4.5mの環境で確認されていた。

宇陀川での現地調査において,産卵床は水深約85cm,流速約1cm/s,河床材料の表層が主に細礫,河床材料の下層が中礫,水際からの距離が約7mの環境で確認された。

文献と調査結果の比較で特に大きな差が見られたのは河床材料(表層)であり,コクチバスの繁殖環境の物理環境特性として重要であると考えられる。次に大きな差が見られたのは水深で,宇陀川での現地調査の結果,文献よりコクチバスが繁殖環境として幅広い水深を利用していることが示された。

(4) ポテンシャルマップの表現方法

コクチバスの生息状況調査と結果の分析から,繁殖に適した環境条件について,概ね,整理することができた。また,これらの整理結果を用いることで,広域を対象としたコクチバスの繁殖場所の把握を効率的に行える可能性が考えられた。そこで,航空写真から木津川上流直轄管理区間の200mピッチで色分けした繁殖ポテンシャルマップを作成した。(図9)

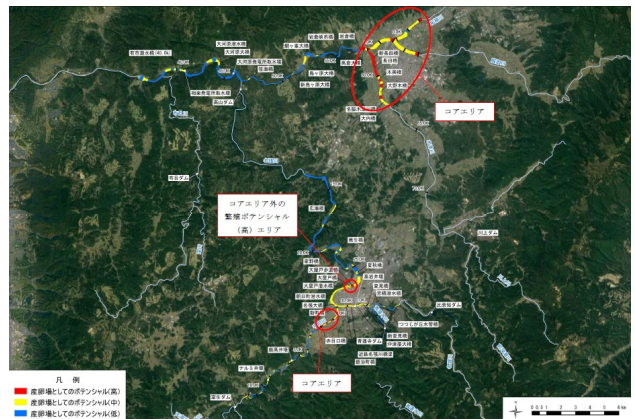


図9 木津川上流域のコクチバス繁殖ポテンシャルマップ

宇陀川距離	0	200	400	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2600	2800	3000
水深	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
瀬	○	×	○	×	×	○	○	○	×	○	○	○	×	×	○	○
州	×	×	○	○	○	○	×	○	×	○	○	○	×	×	×	×
河床材	○	○	○	○	○	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	×	×	◎	×
人口物	○	○	×	×	○	○	×	×	○	○	×	×	○	○	×	○
合計（最大7）低：0~2、中：3~5、高：6~7 （◎：3、○：1、×：0）	4	3	4	3	4	7	5	6	3	7	6	6	2	2	5	3
○：産卵床確認区間						○	○		○	○	○					

表4 ポテンシャルマップの配点例

- (5) ポテンシャルマップの点数按分の検討
 コクチバス生息状況調査の結果をもとに水深、流速、河床材料、河岸構造物、人工物の有無によって区間ごとに配点（表4）し、点数ごとに色分けした。
- (6) ポテンシャルマップの評価
 調査結果をもとに作成したポテンシャルマップについては、実際に産卵床が確認された箇所（コアエリア）がすべて繁殖ポテンシャルが高い区域に分類されたため、妥当性があると考えられる。ただし、コアエリア以外でも、名張川の26km 付近は繁殖ポテンシャルが高いエリアであることが推察されたことから、今後の調査では留意して調査を行う必要があると考えられる。

- (7) ポテンシャルマップの課題と改善案
 ポテンシャルマップを作成するにあたり、以下のような課題が確認され、対応する改善案を検討した。
- 作成者により、環境項目の配点が異なる可能性がある。
 - 判読する航空写真の時期により、環境項目の配点が異なる可能性がある。
 - 画像から砂などの下層の河床材料がわからないため、本検討では、河岸構造物を用いたが、実際の現地での検証は一部にとどまり、十分な確認はできてはいない。

3つの課題のうち、a)については、誰が作成しても同様の基準で配点可能となるよう、航空写真を用いて具体的な判読例を多く入れた手引きを作成する。b)については、どのような時期、状態の航空写真を使用するとよいか（避けたほうがよいか）を整理し、手引きを作成する。c)については、ポテンシャルの高い地点の下層の河床材料を現地踏査で確認し、精度向上を図ることとなった。

4. 今後の展望

今回調査を踏まえ、今後はコアエリアとポテンシャルマップで確認された「繁殖のポテンシャルが高いエリア」におけるドローンによる調査等で状態把握を継続する。また、木津川水系で外来魚調査を実施している機関等から調査結果や今後の調査予定に関する情報収集を行うことで、ポテンシャルマップの精度向上を図る。ポテンシャルマップの活用として、自治体や漁業協同組合などへ配布することで情報共有するとともに、得られた知見を踏まえた取り組みについて川の利用者との協力などを模索していく。（図8）

参考文献

¹Peterson et al., 2020, Spawning season and nesting habitat of invasive smallmouth bass *Micropterus dolomieu* in the Chikuma River, Japan. Ichthyological Research 67:1-6

²コクチバスによる産卵場と生育場としてのワンドの利用, 茨城内水研報41:1-8, 荒山ほか, (2008)

³木津川上流河川事務所：Webページ
 近畿地方整備局 木津川上流河川事務所 調査課 佐治有基は令和5年4月1日付けで近畿地方整備局 木津川上流河川事務所 伊賀上野出張所に異動しました。

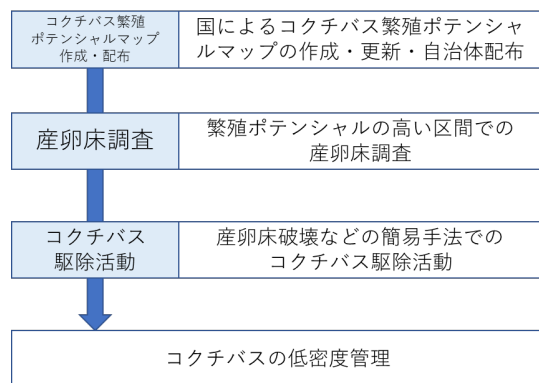


図8 今後の展望

国道9号京都西共同溝アーバンリング立坑と 共同溝シールドの地中高水圧下での凍結工法 による接続

高田 信夫¹

¹近畿地方整備局 京都国道事務所 (〒600-8234京都市下京区西洞院通塩小路下る南不動堂町808)

国道9号京都西共同溝は、災害時重要インフラを信頼性高い地下トンネルに収容し安全・安心に繋げる施設。「七本松通」から「桂川」の下くぐり「桂川街道」まで延長約3.3km(シールド区間約2.7km)の事業。

桂川左岸の葛野西通交差点の立坑設置は、夜間でも4車線のうち2車線通行確保必要で、通常のRC立坑構築できない。オープンケーソン工法の「鋼製アーバンリング制御圧入工法」で最小クラスかつ小判型の断面(内径約2.8m×4.2m)を採用し、制御圧入と水中掘削、水中不分離コンクリート打設の後、地中の共同溝シールドに深さ約24mで約20t/m²高水圧下での凍結工法での接続を行ったもの。

凍結工法は、地中固める工法では信頼性高く、凍結工法の特徴と留意事項など、貴重な施工状況報告を行うもの。「最小クラス小判型アーバンリングのシールド直上接続」の厳しい条件に加え、桂川氾濫原の沖積層玉石の先行掘削破砕と、鋼製アーバンリング初の工場コンクリート充填で自重増大での圧入。特別製作の上向施工可能な小型回転打撃式の凍結管削孔など、数々の対応を紹介。今後の、施工条件厳しい都市部の施工などで貴重な参考になるとと思われる。

キーワード 共同溝シールド, 共同溝立坑, アーバンリング立坑, 凍結工法, 水中不分離コンクリート, 沖積層玉石, 都市部施工

1. 国道9号京都西共同溝の位置図



図-1 位置図 桂川左岸[中間シャフト立坑]

2. 共同溝シールド工事と地下の地質状況

地下の地質は、深さ14.8m(中間シャフト立坑付近)より上層(Dg1)が沖積層玉石で、下層(Dg2)が洪積層シルト混じり砂礫となっている。発進立坑からの共同溝シールド掘進は、下層(Dg2)を順調に進み、シールド機の全断面が(Dg1)玉石層に進入した到達立坑から約80m手前で泥水の逸泥が増加して20m手前で停止した。

残り20mは薬液注入で地山を固めてシールド機を撤去したと聞いている。(図-2)

共同溝シールドの内径はφ4.7mで、リニア地下鉄と同等の内径である。

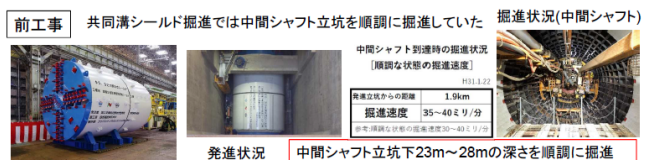
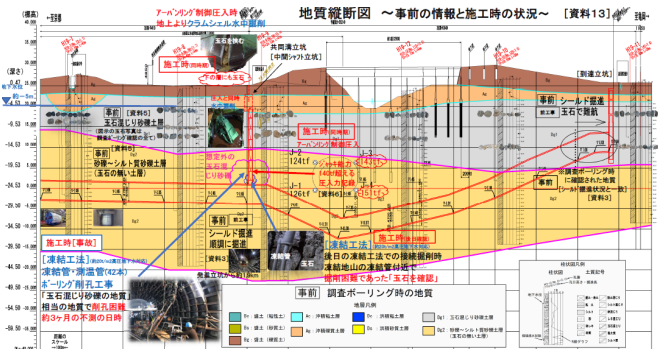


図-2 地質縦断面図とシールド工事 [前工事]

2. アーバンリング立坑の施工 (中間シャフト立坑)

(1) 施工手順の概要

- 車線切替→覆工板設置 (以降ほとんど夜間施工)
- 仮設土留め矢板打設 (ロックカット先行掘削) →掘削及び山留支保工 (地下1階に施工用機械室)
- アーバンリング先行掘削 (ロックカット工法)
- アーバンリング制御圧入と水中掘削 (小型クラムシェル)

- ー最小クラス小判型 (内径2.8m×4.2m)
- ーアーバンリングのシールド直上接続 [珍しい]
- ー鋼製アーバンリング初の工場でのコンクリート充填 (玉石層のなか自重増大で確実な高精度制御圧入)
- ーアーバンリング制御圧入と凍結管・測温管設置の削孔を同時施工 [珍しい]
- ーシールド坑内から凍結管・測温管設置
- ・水中不分離コンクリート打設 (オープンケーソンでは必須)
- ・アーバンリング内の水を汲み上げドライアップ
- ・シールド坑内からアーバンリング内に削孔連結管設置
- ・アーバンリング内側に凍結管・測温管貼付け
- ・凍結工法での凍結機運転→地山凍結
- ・水中不分離コンクリートを乾式コアドリリング削孔して撤去
- ・凍土掘削しながら接続部6リングを設置 (リング設置作業のためシールド坑内側鋼製セグメント一部切断)
- ・接続部6リングの背面にモルタル充填
- ・凍結機運転停止→解凍
- ・接続箇所シールド坑内側の鋼製セグメント切断
- ・接続箇所アーバンリング側の二時覆工コンクリート打設
- ・接続箇所シールド坑内側の鋼製セグメント二次覆工コンクリート打設

(2) 仮設土留め矢板を打設 (ロックカット先行掘削)

掘削及び山留支保工を設置して、覆工板下の地下一階にアーバンリングを施工するための機械室を設置。大量の玉石で、破碎した状態でも約20cmの大きさがあるものまであった。(図-3)

夜間深夜の施工であったが、玉石を割りながら、低騒音・低振動で施工完了でき、通行車両の音にかき消される程度の低騒音だった。



図-3 現地で大量の玉石が出ている地質状況

(3) アーバンリング制御圧入及び水中掘削の施工

土留矢板打設で大量の玉石が存在し周囲玉石のはみ出しで圧入力不足になるケースがあり、アーバンリング圧入が停止しない様に以下の2つの対策を行った。

- ① アーバンリング制御圧入の前にDg1層にロックカット先行掘削を行い確実な施工を目指した
- ② 鋼製アーバンリング初の工場コンクリート充填で自重増大 (約49 t 増) での制御圧入

(a) アーバンリング制御圧入

4箇所ジャッキ (定格能力各140 t) にアンカーを設置してアーバンリング制御圧入を行った。高さ1mの6分割の1リングを、一晩で組み立て、一晩で水中掘削と制御圧入を実施する二晩サイクル。(分割位置は1リングずつずらせた設計)

傾斜センサー設置、ジャッキ4箇所圧入力と傾斜の画面表示を見ながら、制御圧入を行った。(図-4)



図-4 アーバンリング制御圧入の状況

(b) アーバンリング内水中掘削 (小型クラムシェル)

小型クラムシェルでの水中掘削は、仮設材を跨いでの水中掘削のため、特別製作の薄型バケット使用。クレーンの先のカメラの映像を見て操作し、ここでも玉石があり、玉石を噛むとバケットが締まらず水と土砂が漏れることも。(図-5)

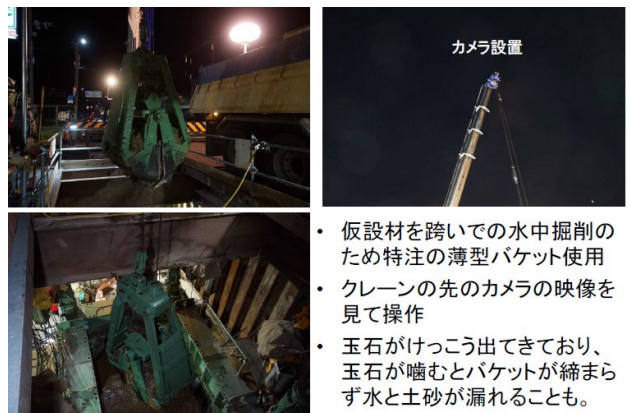


図-5 小型クラムシェルでの水中掘削の状況

(c) 鋼製アーバンリング制御圧入での工場コンクリート充填の自重増大の効果 (確実な施工)

アーバンリング制御圧入においては、深さ16.4mからジャッキ圧入力が各々の能力の80%を超える様になり、深さ18.4mから20.3mでは定格能力の140 tを少し超え151 t~143 tとなった。(図-6)

ジャッキの能力を少し超えることはあったが、工場でのコンクリート充填で自重を49 t 増大させていた事が功を奏し無事圧入完了することができた。

自重49 t 増大がなければ、圧入に最大200 t のジャッキ圧入力が必要となり、圧入できなかったと考える。

地下約18.4m~20.3mの深さでジャッキ能力を超える圧入力を記録[ボーリング削孔工事深さ18.8m~24.9m]
アーバンリング制御圧入時のジャッキ荷重の変動とボーリング削孔工事深さの関係

ボーリング機	種別	名称	掘削深さ(m)	掘削速度(m/min)	掘削時間(h)	掘削圧力(kN)	掘削圧力(MPa)	ジャッキ荷重 (T) 140Tジャッキ×4=560T				掘削圧力(MPa)	掘削圧力(kN)	掘削圧力(MPa)		
								J-1	J-2	J-3	J-4					
コンクリート 完成	①	対面ボーリング	001	1.5	5.4	5.4	0.6	GL-6.405m	7/11	101	110	119	110	440	445	アーバンリング ロックアウト ロック
		対面ボーリング	002	1.0	4.2	5.6	1.6	GL-7.905m	7/15	57	52	50	54	213	223	
		対面ボーリング	003	1.0	3.7	13.3	2.6	GL-8.481m	7/18	54	77	77	53	261	274	
		対面ボーリング	004	1.0	3.7	17.1	3.5	GL-9.490m	7/20	74	52	63	88	277	294	
		対面ボーリング	003	1.0	9.9	27.0	4.5	GL-10.518m	7/22	64	81	76	67	288	315	
		対面ボーリング	004	1.0	9.9	38.9	5.5	GL-11.426m	7/25	101	84	85	101	371	408	
		対面ボーリング	003	1.0	9.9	48.9	6.5	GL-12.422m	7/28	80	67	68	84	299	346	
		対面ボーリング	004	1.0	9.9	58.8	7.5	GL-13.426m	7/30	81	68	67	81	297	354	
		対面ボーリング	003	1.0	9.9	68.8	8.5	GL-14.432m	8/2	109	106	111	111	437	504	
		対面ボーリング	004	1.0	9.9	78.7	9.5	GL-15.428m	8/4	94	87	87	100	368	445	
工場 コンクリート 先行完成 約4.9mの 掘削区間の 現場打コン リート掘削	②	対面ボーリング	005	1.0	8.4	85.1	10.5	GL-16.431m	8/6	99	102	102	130	433	518	ロックアウト 解除 掘削開始 掘削完了 掘削深さ14.8mまで
		対面ボーリング	006	1.0	9.4	94.5	11.4	GL-17.424m	8/9	92	92	137	136	457	552	
		対面ボーリング	007	1.0	9.4	103.9	12.4	GL-18.431m	8/10	126	124	143	151	544	648	
		対面ボーリング	008	1.0	9.4	113.3	13.4	GL-19.318m	8/20	117	118	126	150	511	624	
		対面ボーリング	009	1.0	9.4	122.8	14.4	GL-20.267m	8/23	118	119	119	119	475	598	
		対面ボーリング	008	1.0	3.2	128.0	16.0	GL-21.297m	8/25	107	135	136	102	480	606	
		対面ボーリング	007	1.0	3.2	128.0	16.0	GL-22.297m							129	
		対面ボーリング	008	1.0	3.5	132.8		18.8m~24.9m							133	
		対面ボーリング	009	1.0												
		対面ボーリング	008	1.0												

図-6 定格能力の140 tを少し超え151 t~143 tの圧入力

(4) 凍結工法の選定と凍土造成範囲について

(a) 凍結工法の選定理由

アーバンリング立坑を共同溝シールドに地中約24mの深さで接続する際に、高圧の地下水と土砂の噴出による地山崩壊を防止する工法を選定する必要がある。「凍結工法」「高圧噴射攪拌工法」「薬液注入工法」が考えられるが、「薬液注入工法」は改良強度が小さく高水圧下で止水性確保の信頼性が確保できない。「高圧噴射攪拌工法」の検討では、交差点のため範囲限定される地上からの施工では、噴射の陰で、未改良部ができ、止水性の確保が困難であった。

これら検討の結果、「凍結工法」が確実な止水効果と地盤強度が得られ、同様条件での施工実績も多く、今回のアーバンリング立坑で適用されることとなった。

(b) 必要凍土厚の算定

必要凍土厚の算定はアーバンリング下端と鋼製シールドセグメント上端の両端に支持された中間1支点梁の地山開放時の区間の長さの梁として算定する。

共同溝シールドに対し北側に偏心のため、この長さは北側でL=4.15m、南側でL=3.5mとなる。

凍土壁の曲げ強度2,850KN/m²(砂質土:凍土温度マイナス11℃、塩分濃度0%)で凍土厚を算定すると北側T=1.4m、南側T=1.2mとなった。

(c) 凍土造成のための凍結管の配置

余掘を含む掘削断面から0.4m離れた位置に、鋼製シールドトンネルから地山の中に上向きに凍結管を約0.8m間隔1列を削孔して埋設し、凍結管から片側に0.8m厚さの凍土でT=1.2mの凍土造成を基本に、施工スペース小さいところは片側0.95m厚さの凍土造成、北側のT=1.4mの凍土厚が必要な箇所は凍結管を1列追加した。

(5) 凍結工法の準備工

(a) シールド坑内から凍結管・測温管設置

アーバンリング外側の地山の凍結管・測温管設置で、シールド坑内から上向きにボーリング削孔を42本行った。ジャッキのアンカー設置後、アーバンリングに凍結管・測温管が接近する所を除き、アーバンリング制御圧入と並行で削孔作業実施した。

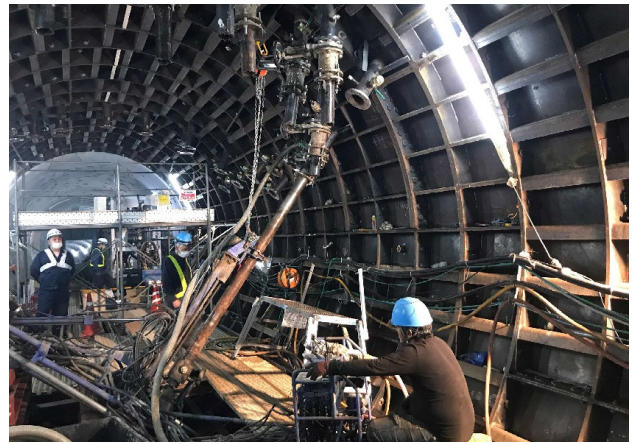


図-7 凍結管・測温管設置のための上向き削孔ボーリング(小型22kw転打撃式で上向き施工可能な特別製作のボーリング機械)

事前ボーリング調査やシールド掘進記録で想定できない深さ(Dg2)で玉石が存在(接続時の地山開放時に確認)し、この深さはアーバンリング制御圧入力がジャッキ能力を超えていた深さと一致した。

削孔ボーリング機械においても、Dg2の当初想定は洪積層シルト混じり砂礫層であったが、工期短縮を目的に、より削孔能力の高い機械を使用。(図-7)

シールド坑内に持ち込める大きさの制約から、小型22kwだが回転打撃式で上向き施工可能な特別製作のボーリング機械を使用した。

当初想定されない玉石が出てきて、削孔に時間がかかったが、小型だが特別製作の回転打撃式ボーリング機械を使用したことで、無事、削孔を終えた。

(b) 水中不分離コンクリート打設

オープンケーソン工法(アーバンリングはオープンケーソン工法の1種)では、地中高水圧のため、そのまま坑内の水を抜いてドライアップすると、底面の土砂が地下水と一緒に吹き出す「ボイリング現象」が発生する。この力は、地下水の深さに比例するため、今回では約20 t/m²(約200kN/m²)もの力になる。この力に対抗するため、あらかじめ底版を固めておいてから坑内の水を抜く必要があり、水中不分離コンクリートを打設して底版を固めている。

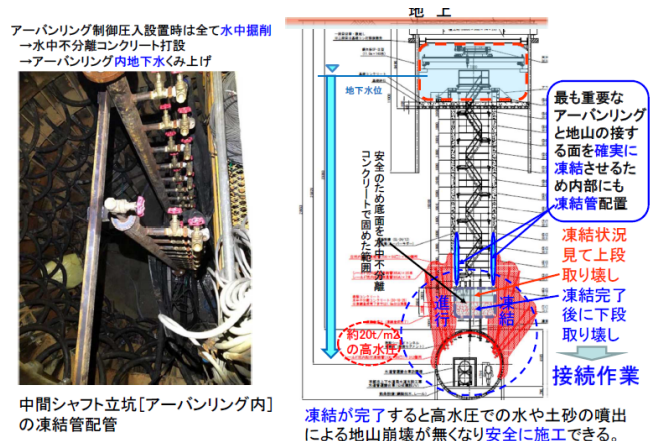


図-8 凍結造成範囲と凍結管の配置

オープンケーソン工法の立坑等では、底版を固めるのに水中不分離コンクリートの使用が必須であり、水中不分離コンクリートが開発されたためオープンケーソン工法が可能になったとも言われる。(図-8)

(c)アーバンリング内の水を汲み上げドライアップシールド坑内からアーバンリング内に削孔し連絡管設置
共同溝シールド坑内からアーバンリング立坑内へ上下の連絡管を設置。アーバンリング立坑内に、シールド坑内凍結機からの凍結管・測温管の配置を可能とし、連絡管より接続リング製作のための測量を行う。

(d)アーバンリング内部に凍結管・測温管貼付け
最も重要な、アーバンリングと地山の接する面を確実に凍結させるため、アーバンリング立坑内にも凍結管・測温管を設置するもの。(図-8)(図-9)



図-9 ドライアップが完了した状態

(6)凍結工法の実施

(a)凍結工法での凍結機運転→地山凍結して凍土造成
約-30℃のブライン液（塩化カルシウム30%水溶液）をアーバンリング内外の凍結管に循環させ地盤を約-20℃まで冷却して地山を凍結させた。(図-9)



図-10 冷凍機運転しての凍結工法実施状況

(b)水中不分離コンクリートを乾式コアドリリング削孔して撤去

アーバンリング内底部は、狭隘かつ連絡管と干渉のため機械施工（小型バックホウ）での取壊しが不可能なのとあわせ、厚生労働省の「ずい道等建設工事における粉じん対策に関するガイドライン」では、

湿式またはこれと同等以上の粉塵対策を行うことになっている。

凍結工法下では散水しても凍結し湿潤状態にならず人力施工（手持ち式ブレイカ）も不可能。このため、同等以上の粉塵対策が可能な集塵機付きの乾式コアドリリングで削孔して撤去した。

なお、水中不分離コンクリートの厚さ2mのうち、上半分の1mについては、凍土造成が進み水圧がかからない状態（凍結管と凍結管の間の凍結範囲がつながる）になれば、応力解析を行い安全を確認した上で、乾式コアドリリングでの削孔による撤去を行い、全ての範囲の凍土造成が完了した段階で、下半分1mの削孔による撤去を行った。(図-11)

(c)凍土掘削しながら刃口リングを解体して撤去

凍土造成完了後、凍土掘削しながら刃口リング（高さ1.5m）を解体して撤去した。(図-11)

(d)凍土掘削しながら接続部6リングを設置して接続

鋼製の接続部6リングの工場製作にあたっては、連絡管よりの現地測量を3DCAD化して製作を行い、1/10鋼製模型を製作して本製作の確認を行ったほか、狭小空間での施工のため1/1鋼製模型を製作して、工場で現地組立設置の確認を行った。

接続部6リングの設置には、刃口リングが設置されていた背面の地山の凍土を約5cm程度掘削してから、接続リングを組み立てて接続を行った。

接続上部4リングについては、順次、1リングずつ凍土掘削しながら組み立てを行った。(図-12)

次に、鋼製シールドセグメントを切断してシールド坑内の足場から作業ができる様にしてから、接続下部リングの組み立てを行い、取り付け位置にセット（仮設置）した。

その次に接続中間部リングの組み立てを行った。（下端には工場で溶接プレートが設置）

接続中間部リングの溶接プレート背面に止水シールを貼付け漏水対策を行った。

その次に接続中間リングの溶接プレートと接続下部リングの溶接を行った。

最後に、接続下部リングと鋼製シールドセグメントとの接続部分の切断成型を行ってから、最後に接続部分の溶接を行い接続完了となった。

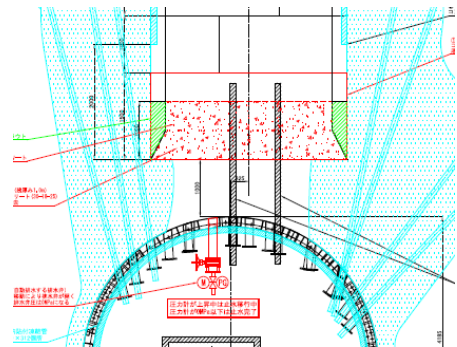
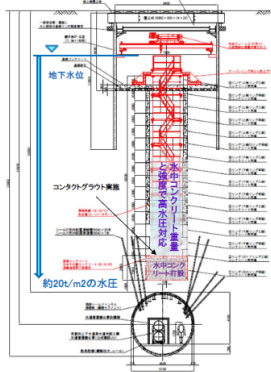


図-11 凍土掘削しながら刃口リング撤去

水中コンクリートの強度と重量で高水圧に対応安全にドライアップを実施



凍結完了後、刃口リングH=1.5mを撤去し、地山むき出しの状態で上下6段の接続リング(各リングH=0.5mと、接続下部リング)を設置。鋼製セグメントの接続部撤去。
凍結後、地山むき出しの状態接続リング設置

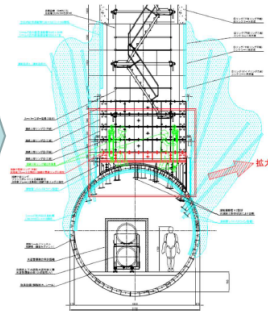


図-1.2 凍土掘削しながら接続部6リング設置して接続

(e) 接続部6リングの背面にモルタル充填

解凍時の周辺地山への影響を防止するため、接続部6リング背面に凍結時に使用可能な耐凍害性(アイスレンズの発生しない)モルタルをグラウト充填して、地山との隙間を無くした。

なお、この上のアーバンリング制御圧入の区間でも地山との隙間を無くすため、順次上に向けて地山との背面にコンタクトグラウトを行った。

(f) 凍結運転停止→解凍

地山凍結下での全ての施工工程完了を確認し、安全を十分確認した上で、凍結機の運転を停止し自然解凍した。

(g) 接続箇所鋼製シールドセグメント切断

地山の凍土解凍後、鋼製シールドセグメントの残りの部分(周囲の部分)の仕上げ切断を行い、鋼製シールドセグメントの切断を完了した。

(h) 接続箇所鋼製アーバンリング側の二次覆工コンクリート打設

接続箇所の鋼製アーバンリング側にひび割れ防止鉄筋φ10mmを組み立て、工場製作の型枠を設置し、高流動コンクリート(自己充填性ランク2)で二次覆工コンクリートを打設した。

鋼製アーバンリング形状から、充填不足やエアが溜まり易く、この防止のため、ジューテングーや吸気ホースを使用し、バイブレーターの効果を含めた充填状況確認、エア抜きを行っている。(接続箇所以外は工場で充填済み)

(i) 接続箇所鋼製シールドセグメントの二次覆工コンクリートとモルタルの打設

鋼製シールドセグメントの下半鉄筋を組み立て、インバートコンクリートを打設してから、上半鉄筋を組み立て、工場製作の下半型枠を組み立て、下半の二次覆工コンクリートを高流動コンクリート(自己充填性ランク2)で打設した。

その次に、工場製作の上半型枠を組み立て、上半の二次覆工と接続下部リングを高流動モルタルで打設一体化させた。

なお、上半の二次覆工では、鋼製セグメントの形状から最も充填不足やエアが溜まり易く、これを防止するため、高流動モルタルとしている。

なお、上半二次覆工では、長期の耐久性確保のため、塗布型高性能収縮低減材で養生を行ったうえ、比較的塗膜の厚い剥落防止材を塗布している。

(7) 凍結工法実施の留意点とその対応

(a) 凍結管列の凍結結合に対する地下水流の影響

凍結管の配置計画上の留意点としては、地下水流による影響を考慮する必要があり、地下水流の速いところでは、凍結造成が進まない。

凍結可能な地下水流の限界流速は1m/日程度と大変遅い流速が目安とされる。

地下水が①均一に流れる状態から、凍土造成進行につれ、凍結管と凍結管の間の地下水流れる断面が狭くなり、②凍土と凍土の隙間の地下水流速が早まる。③凍土が一体化されダムアップで周囲の地下水流速が早まる。

今回の鋼製アーバンリング中間シャフト立坑の凍結工法の実施では、③の地下水流速が早まる位置がアーバンリングと地山の接触面になる可能性があるため、アーバンリングの内側と外側の両側に凍結管を配置して確実に凍結させる様にしているもの。凍結し難いところから先に凍結させるのが確実な方法である。

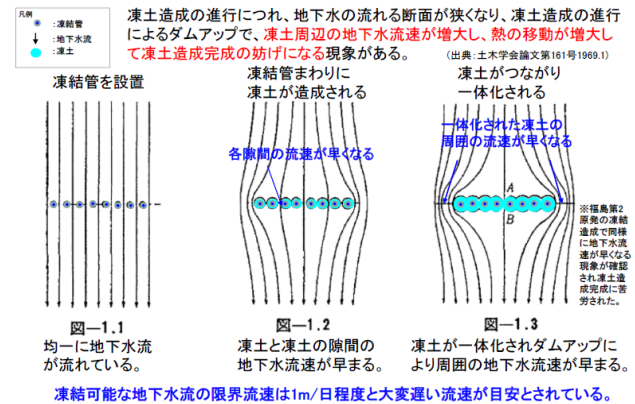


図-1.3 凍結管列の凍結結合に対する地下水流の影響

(b) 凍土造成の状況把握と凍結機の24時間維持管理

凍土造成の状況把握は、測温データからの凍土予想図コンターで確認した。

地山開放の工事実施の際には、西松建設の社内で「凍結工法の委員会」を開催し、予定通りの凍土造成の完了の安全確認を行った。

事前に予想していた凍土造成完了に必要な日数は42日間で、予定通りの日数で凍土造成完了した。

また、凍結機の運転停止は、凍土が溶けて危険な状態となるため、24時間維持管理を行った。

(8) アーバンリングの施工精度と品質について (大変良好な施工精度で施工完了)

大量の玉石層を始めとした、非常に厳しい施工条件のなか、安全確実に施工できるための各種工法を組み合わせることで施工を行った結果、施工精度及び品質とも大変良好な結果となった。(図-14)

特に、アーバンリング制御圧入の施工精度については、「アーバンリング最高水準の精度」であった。

圧入深さ：設計との差0mm（刃口リングで確認）

鉛直軸：傾斜0°

平面位置：D=48mm（南に18mm、東に45mm）

ローリング：反時計方向1.0°

（規格値：D=300mm D=48mmは規格値の16%）

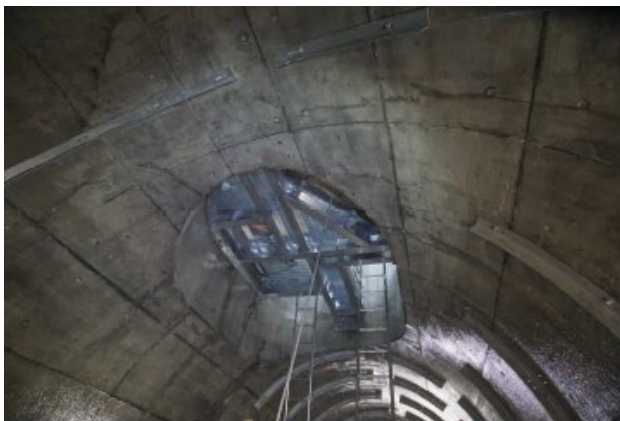


図-14 アーバンリング立坑と共同溝シールドの接続箇所

3. 地下防水扉の設置と施工上の課題

(1) 地下防水扉の必要性～桂川の地下を横断～

河川管理施設等構造令第71条に関し、河川地下を横断するトンネルに関する規定で、工作物設置許可基準の第18章「河底横過トンネル」第36の1の③に「兩岸の堤内地側に制水ゲートを設置するものとする」とされる。

桂川の河川水が大規模地震等による共同溝の崩壊により、共同溝シールド坑内に流入した場合、地下防水扉により堤内地（市街地）への河川水の流入を防止するもの。

共同溝シールドトンネルは、開削トンネルと比較して地震等には比較的強い構造だが、工作物設置許可基準の解説にシールドトンネルが対象になると明記され、桂川兩岸の地下防水扉は、万が一の大規模災害の発生の際に必要な施設で、防水扉は地下の堤防の様なもの。

(2) 地下防水扉の機能と構造

地下防水扉は、桂川兩岸地下の堤内地側にそれぞれ設置され、桂川がHWLに達した際に、河川水が大規模地震等による共同溝シールド損壊により坑内流入の場合の水圧に耐える構造で、水圧は到達立坑側17 t/m²、中間シャフト立坑側30 t/m²。長期耐久性考慮し材質SUS304、板厚は到達立坑側30mm、中間シャフト側40mmとなる。

防水扉には、維持管理用の人が入れる60cm幅の扉が各々2枚設けられ、水圧で閉まる方向に扉が設置されている。設備の完成時には自動開閉装置を整備予定。

また、それぞれの参画企業者の施設を通せる構造にな

っており、参画企業者の施設が整備されるまでは、堤外側からの水圧に耐えられる蓋が設置されている。(図-15)



図-15 中間シャフト側地下防水扉（右に水道管Φ600mm）

4. アーバンリング立坑の凍結工法での接続の感想

(1) 凍結工法の歴史

「凍結工法」は、海外では鉱山の立坑の補助工法に使用され始めたが、日本では都市部のシールドトンネル工事の立坑で使用される国内開発技術で発展し、東京湾横断道路での使用はじめ、500件以上の施工事例。

(2) 地山強度確保と高い信頼性での凍結工法の適用性

「凍結工法」は、凍結状態管理を適切に行えば、確実な強度の凍土造成が行える工法で、高い地山強度確保や深い施工深さなどで他工法で対応できない場合に有効な工法で今後も使用されると思われる。地中深くで地山開放して作業を行う必要がある場合、地山強度だけでなく信頼性の面からも唯一の工法であると考えられる。

(3) 今回の凍結工法を実施しての感想

地中深くでは、深さに比例し高圧の地下水と土砂の噴出が課題となる点を、改めて認識した。アーバンリング坑内水中掘削の時点では水圧でバランスされるが、水中不分離コンクリートを坑内底盤に打設し抵抗させ、水を抜きドライアップしたところからは、高水圧など自然の力を安易に考えてはいけない事を痛感した。

謝辞：今回の鋼製アーバンリング制御圧入や凍結工法での接続や地下防水扉の設置で、同一坑内での水道本管工事と輻輳するなか、数々の技術的な提案と対応で安全確実に工事を完了させた西松建設（株）と、アーバンリング制御圧入の加藤工業（株）、凍結工法を開発され多数の施工実績を持つ（株）精研と、地下防水扉ではステンレス加工技術の愛知製鋼（株）など、各専門業者の一体的な協力で、安全確実に素晴らしい施工精度と品質で工事が完成したことに感謝します。

参考文献

土木学会：土木学会論文集第161号1969.1凍結管列の凍結結合に対する地下水流の影響について

大戸川ダム放流設備の配置見直しについて

畑 忠実¹・山下 貴裕²

¹近畿地方整備局 大戸川ダム工事事務所 調査設計課(〒520-2144滋賀県大津市大萱1-19-32)

²株式会社ニュージェック ダムグループ 設計チーム(〒531-0074大阪市北区本庄東2-3-20)

大戸川ダムは、多目的ダムから洪水調節専用ダムへ計画変更したことに伴い、非常用洪水吐きに2門のクレストゲートを有した流水型ダムとして概略検討が進められてきたが、コスト縮減・洪水調節時の操作等の効率化、維持管理の効率化等を念頭に、放流設備の配置見直しを行った結果、非常用洪水吐きの鋼製ゲートを廃して自由越流式とし、河床部に鋼製ゲートを有した常用洪水吐きと、土砂吐きを設けた基本配置案に見直しを行った。その際の着眼点や留意点、今後の更なる合理化に向けた発展案の検討などについて時点報告を行う。

キーワード 流水型ダム、洪水吐き設計、ダム維持管理、排砂設備

1. はじめに

大戸川ダムは、大戸川・宇治川・淀川の洪水防御を目的とし、淀川水系瀬田川支川大戸川（滋賀県大津市上田上桐生町及び牧町地先）に建設する洪水調節専用（流水型）ダムである。現在、堤高67.5m、堤頂長200.0m、洪水調節容量約21,900千 m^3 の重力式コンクリートダム（図-1、図-2）として概略設計を実施している。



図-1 大戸川ダム位置図

当初、大戸川ダムは多目的（貯留型）ダムとして計画されていたが、2008年度に策定された淀川水系河川整備計画では、「利水の撤退等に伴い、洪水調節目的専用の流水型ダムとするが、ダム本体工事については、中・上流部の河川改修の進捗状況とその影響を検証しながら実施時期を検討する。また、これまで進捗してきた準備工事である県道大津信楽線の付替工事については、交通機能を確保できる必要最小限のルートとなるよう見直しを行うなど徹底的にコストを縮減した上で継続して実施する。」と位置付けられ、付替県道工事のみを継続し（2023年3月完成）、ダム本体工事の実施に向けた調査設計等を実施することはできなかったが、2021年度に変更された淀川水系河川整備計画では、「環境影響をできる限り回避・低減するための環境調査を含め、必要な調査等を行ったうえで本体工事を実施する。事業の実施にあたっては、コスト縮減や負担の平準化に努める。」と位置付けられ、2022年度よりダム本体工事の実施に向け、本格的な調査設計等を開始したところである。

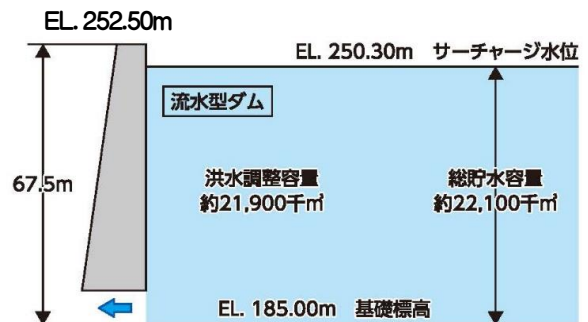


図-2 大戸川ダム貯水池容量配分図

2. 当初計画における放流設備配置

(1) 施設配置概要

当初計画における洪水吐きはそれぞれ以下の配置としていた。

a) 排砂設備

流水型ダムである大戸川ダムでは、排砂設備を設けることで、貯水池内へ流入する土砂を下流に排砂し、土砂の上下流の連続性を確保することとしている。排砂設備の敷高は河床標高相当とし、常用洪水吐きのメンテナンスをドライ状態で行うことができるように規模を決定している。また、ゲートの操作は、常時は全開とし、洪水調節開始前に全閉することを想定している。

b) 常用洪水吐き

常用洪水吐きの敷高については、摩耗に影響する掃流砂の流入が生じないよう排砂設備より3m高い位置に1門配置している。3m高標高部に配置することで、常用洪水吐き敷高時の排砂設備の放流量は約25m³/sとなり、これは流況でみると年間上位20位程度までの洪水をカバーでき、常用洪水吐きのメンテナンスをドライで行うことが可能な敷高としている。

また、大戸川ダムの洪水調節方式は280m³/s一定放流であることから流量制御が必要となり、常用洪水吐きもゲート設備を設けることとなる。

c) 非常用洪水吐き

越流部の形状は、減勢工と等幅型の導流壁を前提として、設計洪水位 (HWL.250.9m) 時にダム設計洪水流量 2,100m³/sを常用洪水吐きと合わせて放流可能となるように、非常用洪水吐きの敷高はEL.241.4mとしている。また、サーチャージ水位がSWL.250.3m(当初) であることから、クレストゲートを2門配置している。

表-1 当初計画における洪水吐き諸元

	常用洪水吐き	非常用洪水吐き	排砂設備
幅 B(m)×高さ H(m)	4.0m×4.0m	15.0m×10.35m	2.0m×2.0m
敷高 (EL.m)	EL.194.0m	EL.241.4m	EL.191.0m
門数	1門	2門	1門
ゲート有無	有り	有り	有り

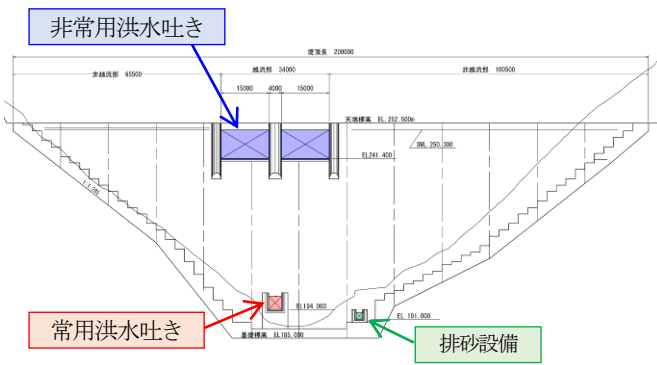


図-3 当初計画における洪水吐き配置(上流面図)

(2) 当初計画における課題と配置見直し検討方針

当初計画における洪水吐き配置に対しては、以下の課題や改善点の余地が考えられた。

a) 課題1：無効貯留による影響

大戸川ダムの洪水調節方式は 280m³/s 一定放流、洪水調節容量 21,900 千 m³ となっている。しかし、大戸川ダムは流水型ダムであり、常時満水位は河床部付近となることから、貯水位が低い洪水初期においては、洪水調節開始流量である 280m³/s に到達するまでの間(最大で洪水吐きの放流能力が 280m³/s とする水位まで) 無効貯留が生じることとなる(図-4、図-5 参照)。そのため、実際には無効貯留を考慮したサーチャージ水位の設定を行う必要があるが、初期放流能力を増加させておくことで、無効貯留量を小さく抑えることができる。

b) 課題2：非常用洪水吐きのゲートレス化

当初計画における非常用洪水吐きは、B15.0m×H9.5mのクレストゲートを2門有しているが、通常の洪水調節は河床部付近に設けられた常用洪水吐きにより行われる。そのため、クレストゲートは扉体面積が大きく設備費が高価であるにも関わらず、使用するのは異常洪水時防災操作時のみであり、使用頻度を考慮すると建設費・維持管理費あるいは操作面において非常用洪水吐きをゲートレス構造とする方が有利である。

c) 洪水吐き配置の検討方針

上記課題を踏まえ、洪水吐き配置を複数ケース検討し、非常用洪水吐きのゲートレス化の可能性について検討するとともに、非常用洪水吐きをゲート構造とした場合(当初計画)とゲートレス構造とした場合の比較検討により、より適した洪水吐き配置を決定することとした。

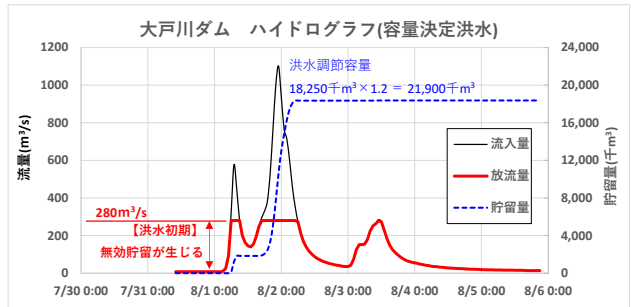


図-4 大戸川ダム洪水調節計画図(容量決定洪水)

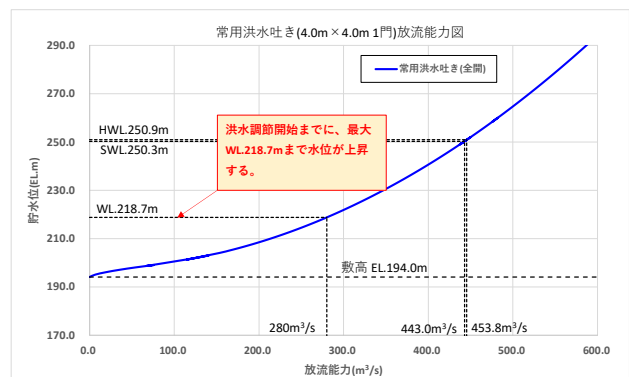


図-5 大戸川ダム洪水調節計画図(容量決定洪水)

3. 洪水吐き配置・構造の見直し

(1) 検討概要

図-6に検討フローと検討結果の概要を示す。本検討では、まず当初計画をベースに、常用洪水吐きの規模・門数を変更させながら、非常用洪水吐きをゲートレス構造とするために必要な常用洪水吐き規模を検討した。検討の結果、非常用洪水吐きをゲートレス化するためには常用洪水吐き規模を5.0m×5.0m×2門とする必要があることが明らかとなった(ケース4)。

また、上記検討結果より当初計画とケース4の比較検討を行った結果、経済性や操作性・安全性等の観点よりケース4を採用した。次節以降に各検討結果を示す。

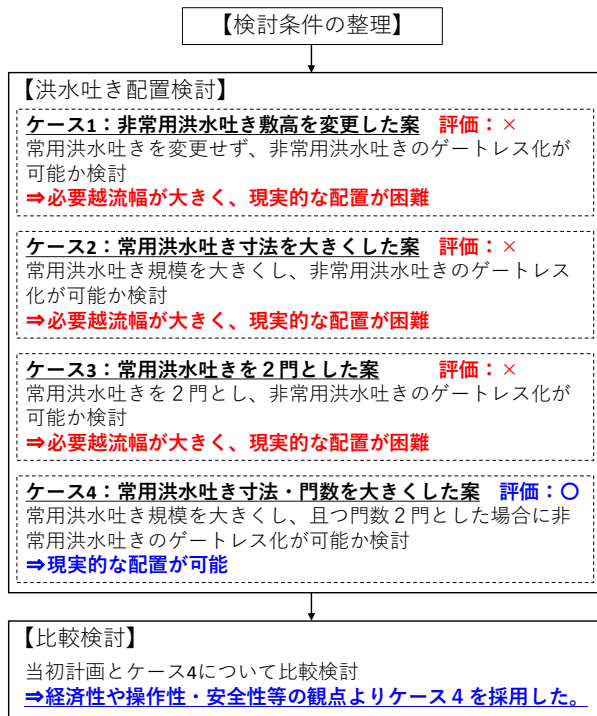


図-6 洪水吐き配置・構造の見直し検討フロー及び結果の概要

(2) 検討条件

洪水吐きの配置・構造の見直しにあたっては、以下の条件を考慮して検討した。

a) 排砂設備のゲート操作

河川砂防技術基準より、排砂設備は土砂によるゲート等の損傷が考えられるため、ゲート操作は全閉・全開操作を基本とした。一定量放流方式を採用する大戸川ダムではゲート開度調節が必要となることから、当初計画と同様に、土砂流下専用の排砂設備を河床付近に設け、土砂の影響のない位置に常用洪水吐きと機能分担させることとした。

b) ダム天端標高

大戸川ダムでは、当初計画に基づき付替道路を先行施工し、2023年3月に大津信楽線が開通した。そのため、ダム天端標高は当初計画である EL.252.5m より高く変更することが出来ず、河川管理施設等構造令に基づく非越

流部高さより設計洪水水位に関しても HWL.250.9m より高標高側に変更することはできない。

(3) 非常用洪水吐きゲートレス案(ケース4)の概要

非常用洪水吐きのゲートレス化を目的として洪水吐き配置を複数ケース検討した。ここでは、後述する比較検討対象として採用したケース4の概要を示す。

a) 常用洪水吐き配置

ケース4では、常用洪水吐きの規模を B5.0m×H5.0m とし、且つ門数を2門とした。図-7に常用洪水吐き放流能力図を示す。常用洪水吐きの放流能力はダム設計洪水水位 HWL.250.9m 時において約 1,400m³/s 有している。また、常用洪水吐きの放流能力が大きくなったことにより、無効貯留が生じ得る水位は WL.198.8m と当初計画と比べて小さくなり、それに伴い、洪水調節容量 21,900 千 m³ 確保可能な水位として定まるサーチャージ水位も SWL.249.2m と低くなる。

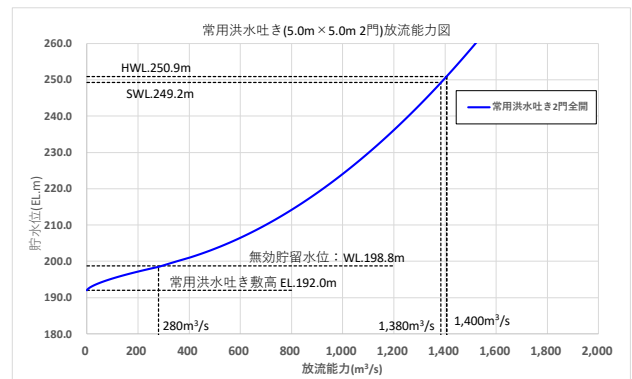


図-7 常用洪水吐き放流能力図(B5.0m×H5.0m×2門)

b) 非常用洪水吐き配置

非常用洪水吐きの対象流量は、設計洪水流量 2,100m³/s から、HWL.250.9m 時の常用洪水吐きの放流能力を引いた約 700m³/s となる。水理計算の結果、非常用洪水吐き敷高をサーチャージ水位とし、自由越流形式を採用した場合の必要越流幅は約 145m となった。図-8に常用洪水吐きの規模を B5.0m×H5.0m、門数を2門とした場合の洪水吐き配置図を示す。非常用洪水吐きは全面越流に近い状態となるが、クレストゲートは不要となる。

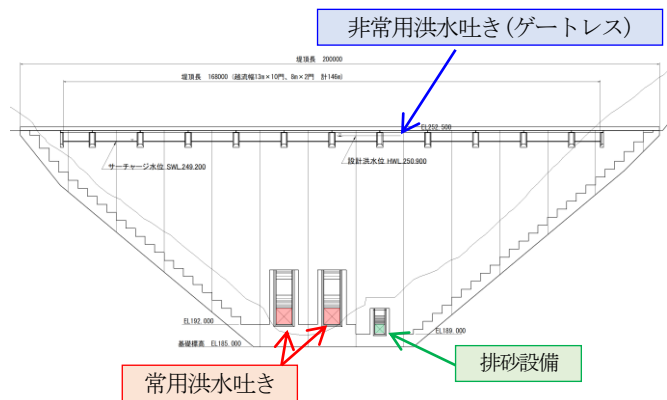


図-8 常用洪水吐き放流能力図(B5.0m×H5.0m×2門)

(4) 比較検討

当初計画と非常用洪水吐きをゲートレス化した案(ケース4)について比較検討を行い、より有益と考えられる洪水吐き配置を選定した。表-2に洪水吐き配置の比較表を示す。検討の結果、経済性においては大きな差はないが若干ケース4の方が有利となる結果となった。また、操作面・維持管理面においても非常用洪水吐きをゲートレス化することで簡素化することができるため優位であることが整理できた。

以上より、本検討では、ケース4の洪水吐き配置を採用することとした。

表-2 洪水吐き配置比較表

	当初計画	検討ケース4
概要	常用洪水吐き：1門 非常用洪水吐き：ゲート2門 排砂設備：1門	常用洪水吐き：2門 非常用洪水吐き：ゲートレス 排砂設備：1門
操作性	洪水時：常用1門操作 異常洪水時：常用洪水吐きに加えて非常用洪水吐きを操作する必要がある。	洪水時：常用2門操作 ※初期に1門を閉じることで大部分は1門操作 異常洪水時：常用2門操作
維持管理性	ゲート門数が多く(維持管理性において不利である。	ゲート門数は3門(常用洪水吐き2門、排砂設備1門)であり、扉面積が小規模で済む。
異常洪水時防災操作に対する評価	非常用洪水吐きの操作が必要となる。また、設計洪水水位とサーチャージ水位の水位差が0.6mしかなく、ゲート操作遅れによる水位上昇や過放流等の操作リスクがある。	常用洪水吐きの操作のみであり、操作が比較的容易である。また、サーチャージ水位時には常用洪水吐きは全開放流となっており、ゲート操作遅れによる水位上昇リスクは小さい。
流木に対する評価	非常用洪水吐き：貯水位上昇時にはゲート前面に流木が流れ込み、 ゲート操作に支障を及ぼす恐れがある。	非常用洪水吐き：貯水位上昇時にはゲート前面に流木が流れ込むが、ゲートレス構造であるため、 ゲート操作に対するリスクはない。
経済性	・管理橋延長が短い ・常用洪水吐きゲートが小さい ・総額は同等かやや劣る	・クレストゲートが不要 ・減勢工規模が小さく済む ・総額はやや有利
評価		○【採用】



※各種形状は暫定形状であるため留意されたい。

図-9 見直し後の大戸川ダム洪水吐き配置(CIMモデル)

4. 今後の展望

(1) 今後の検討課題

本検討では、経済性に加えて、流水型ダム特有の土砂連続性や流木の堆積・除去方法、大戸川ダム特有の制約条件などに着目して洪水吐きの配置見直しを行った。

今後、以下の検討や配慮を行い、最終的な構造を検討する必要がある。

- ・試験湛水時維持放流設備検討
- ・流木対策工検討(流木捕捉、スクリーン設計等)
- ・摩耗対策検討
- ・魚類の遡上に対する配慮
- ・水理模型実験による土砂挙動・水理状況の確認
- ・放流設備開口部周辺の詳細な構造検討、温度ひび割れ対策
- ・更なる最適化に向けた配置検討(次節参照)

(2) 更なる最適化に向けた配置検討

前節で整理した課題に加え、本検討で採用した洪水吐き配置に対して、今後以下の改善を図り、さらなる合理化・最適化を目指すことを考えている。

a) 景観に配慮した河川の連続性確保

本検討で採用した配置は通常時は排砂設備から水が流れることとなるが、現時点では、排砂設備と減勢工は別系統の水路を想定しており、通常時は減勢工内に水は流れていない状態となる。上記に対して、排砂設備を放流設備の中央部に配置することで、通常時は河川中心部を水が流れるようにし、河川の連続性が確保された印象を確保することが考えられる。

b) 排砂設備の兼用化

国内の流水型ダム事例では、自然調節方式による計画とし、常用洪水吐きはゲートレス構造としている事例が多い(表-3参照)。また、その場合、常用洪水吐き敷高を河床部付近とし排砂機能を兼用化させている。

一方、ゲート操作を伴う流水型ダムの先行事例である足羽川ダムの事例では、常用洪水吐きへの土砂流入が生じ、ゲート戸溝部の目詰まり等により正常に洪水調節が行えないリスクを避けるため、別途、排砂設備(河床部放流設備)を設けている。

また、一定量放流方式である大戸川ダムにおいても、本検討段階では、常用洪水吐きはゲート構造となり、別途、排砂設備(高さ2.0m×幅2.0m(ゲート構造))を設けることとした。(洪水時は排砂設備を全閉とし、常用洪水吐き1門で280m³/s一定放流となるゲート操作を行う。)

上記状況に対し、常用洪水吐きの一部を下段常用洪水吐き・上段常用洪水吐きと敷高を分け、下段常用洪水吐きをゲートレス構造とすることで排砂設備と兼用することが考えられる。ただしこの場合、280m³/s一定放流が行えるよう、下段常用洪水吐きの最大放流量は280m³/s以下とする必要がある。

表-3 流水型ダムの調節方式の事例

ダム名※	事業者	洪水調節方式
益田川ダム	島根県	自然調節方式
辰巳ダム	石川県	自然調節方式
西之谷ダム	鹿児島県	自然調節方式
最上小国ダム	山形県	自然調節方式
浅川ダム	長野県	自然調節方式
玉来ダム	大分県	自然調節方式
立野ダム	九州地方整備局	自然調節方式
三笠ぼんべつダム	北海道開発局	自然調節方式
足羽川ダム	近畿地方整備局	バケットカット方式
大戸川ダム	近畿地方整備局	一定量放流方式

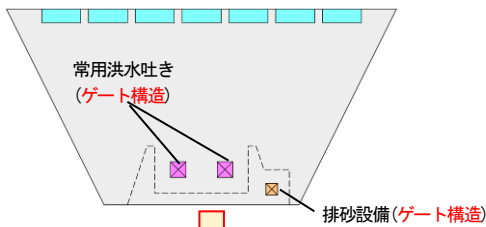
表-4 排砂設備・常用洪水吐き配置比較表

	現案	改善案
概要	常用洪水吐き：2門 排砂設備：1門	常用洪水吐き：3門 (うち、下段1門ゲートレス)
ゲート操作	排砂設備、常用洪水吐きの計 3門のゲート操作を伴う。	計2門のゲート操作となり、 簡素化される。
維持管理性	排砂設備・常用洪水吐き 3門のゲートメンテナンスが 必要となる。	上段常用洪水吐き 2門のゲート メンテナンスのみとなり、 簡略化を図ることが出来る。
景観(河川の連続性確保)に与える影響	通常時は排砂設備から放流されている状態となり、河川の連続性が保たれている印象を与えづらい。	通常時も中央の下段常用洪水吐きから放流されている状態となり、河川の連続性が保たれた印象を与えやすい。
常用洪水吐きへの土砂流入の可能性	洪水時は土砂吐きを全閉する必要があることから洪水時に常用洪水吐き内に摩耗に影響を与える土砂の流入のリスクがある。	洪水時も下段常用洪水吐きから土砂が放流されるため、ゲート操作を伴う上段常用洪水吐きへの土砂流入リスクが少ない。
経済性	下記理由により経済性において不利となる。 ・土砂吐きゲートが必要 ・土砂吐き水路及び減勢工のコンクリート量が多い。	下記理由により経済性において有利となる。 ・土砂吐きゲートが不要 ・減勢工のコンクリート量が相対的に少なく済む
評価	△	○

c) 洪水吐き配置の変更・比較検討の実施

今後、上記改善点に着目し、常用洪水吐き配置を更に見直すことで、経済性や維持管理性だけでなく、流水型ダム特有の河川の連続性や景観にも配慮した構造とすることを目指して検討予定である。

【現案】



【改善案】

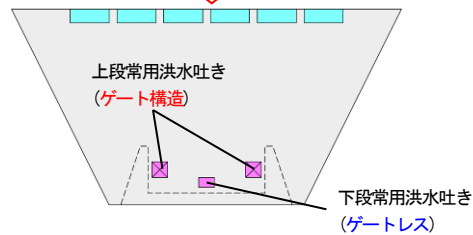


図-10 更なる洪水吐き配置変更イメージ

5. おわりに

大戸川ダムでは、これまで付替道路の施工を進めていたが、2022年度より本格的にダムの構造検討を再開したところである。また、国内でも前例の少ないゲート操作を伴う流水型ダムである。施設配置を検討する現段階においては先行事例に捉われず、柔軟に検討を進めることで、経済性や合理化と同時に周辺環境や地域振興にも配慮することを目指し、本事業の検討成果が今後の後発事業の参考となるよう継続して検討を進めていきたい。

謝辞：本検討では、国土技術政策総合研究所や国立研究開発法人 土木研究所との技術相談を行い検討を実施しました。上記機関をはじめとする、ご指導・ご協力いただいた全ての方にこの場をお借りして深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 技報堂出版：流水型ダム ―防災と環境の調査に向けて―、池田駿介・小松利光・角哲也

難工事指定工事における取組

ぎおいがわ (妓王井川)

奥田 大祐

南部土木事務所 河川砂防課

野洲駅前市街地の人家連坦地、かつ各種地下埋設管が輻輳する狭隘道路沿いの、妓王井川を函渠化する工事における仮設工法（オープンシールド工法）が、滋賀県下では施工実績が少なく技術的に困難なものであった。そのため、当河川工事については、滋賀県初の「難工事指定」を受けた。

本稿では、当該工事における「オープンシールド工法の採用」、「関係機関および地元との調整」および「長期にわたる通行規制」の3つの視点から課題解決に向けた取組について報告するものである。

キーワード 難工事指定、関係機関協議、地元調整、オープンシールド工法、通行規制

1. はじめに

妓王井川は、図-1のように野洲市の中心市街地を北東に向かって流れる川で、中ノ池川、童子川、家棟川に合流して琵琶湖に流入している。流域面積約3.9km²、延長約2.1kmの一級河川である。

流下能力が著しく低いため、頻繁に浸水被害が起きているが、市街地であることやJR琵琶湖線を横過しているため、JR協議や用地買収には相当の時間を要し、また、莫大な費用が掛かることから、事業化が進んでいなかった。そのような中、2013年の台風18号により、野洲駅前で50cm以上の床上浸水する被害が発生し（写真-1）、野洲市および地元自治会から、浸水対策を実施するよう強い要望があった。

そこで、現況のJR横過部の最大流量を目標とした暫定的な改修計画を検討した。野洲市とも協議し、特に流下能力が低い区間については、2014年から「緊急的な対策」として、5年かけて河床掘削工事を実施した。

また、「当面できる最大の対策」として、2020年より特に狭隘な野洲駅前交差点部から改良工事に着手した。

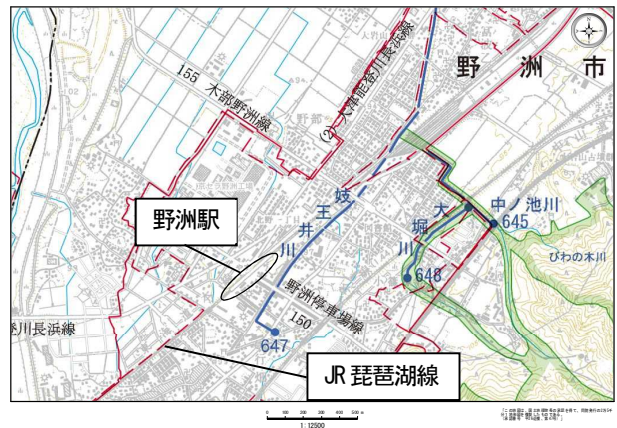


図-1 妓王井川位置図



写真-1 2013年台風18号による駅前交差点の浸水状況

2. 妓王井川河川改良工事の概要

妓王井川河川改良工事は、2013年の台風18号のような甚大な浸水被害を軽減すべく、河積を拡大し、流下能力を向上させる工事である。市街地の中、既設の橋梁や護岸を取壊し、ボックスカルバートに置き換えた。施工範囲は、野洲駅前交差点部（約23m）であるⅠ期工事とその下流約70m区間のⅡ期工事に分割発注し、2年で施工した（図-2）。交差点部や狭隘地において工事を行うため、交通渋滞の発生を抑制する対策を実施した。

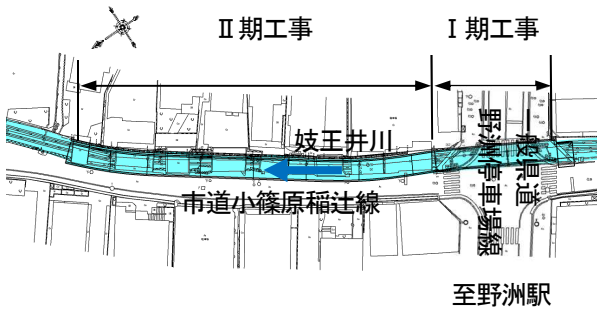


図-2 施工範囲平面図

(1) Ⅰ期工事：野洲駅前交差点部（写真-2）

野洲駅前交差点部のみを施工。施工延長約23m。

Ⅰ期工事の特徴として、通行車両が集中する野洲駅前交差点部において、施工に支障となる交差点信号を移設し、終日片側交互通行規制を行いながら仮設鋼矢板による開削工法を用いてボックスカルバートを敷設した。

ボックスカルバートを設置する交差点部は道路が橋梁構造となっていたため、橋梁を撤去しなければならなかった。現場は市街地であることから橋梁撤去時の騒音・振動を軽減しながらの施工が必要となった。

また、野洲駅前の市有地に仮設ロータリーを設置し、バスを含めた一般交通が工事箇所を迂回するよう、交通渋滞の発生抑制対策を講じた。



写真-2 Ⅰ期工事施工状況

(2) Ⅱ期工事：駅前交差点下流部（写真-3）

Ⅰ期工事より下流部を施工。施工延長約70m。

Ⅱ期工事の特徴は、河川右岸側に人家が連坦し、左岸側に市道が並走する狭隘な現場であった。また、市道を

通行止めにはできないことから最小限の幅員による施工を余儀なくされた。

そのため、鋼矢板による仮設工としていた当初詳細設計を大幅に見直すことにより、工事を実施した。



写真-3 Ⅱ期工事施工状況

3. 難工事指定

滋賀県では、「滋賀県難工事指定制度」が2021年2月24日に創設された。これは、交通量が非常に多く、かつ作業ヤードが狭隘であるなど、「社会条件」または「マネジメント特性」等において、厳しい制約を受ける工事を難工事として指定するものである。そして、当該工事を一定の条件で完了した実績を、以降の総合評価方式により発注する工事において評価することで、工事施工者の入札参加意欲を高めることを目的としている。

Ⅱ期工事の現場状況は前述のとおり、妓王井川の右岸側は河川際を人家が連坦しており、左岸側は河川際を市道小篠原稲辻線が並走している（写真-4）。その市道下には上下水道管やガス管などの埋設物が密集して配置されており、兩岸共に施工余裕幅が確保できない厳しい現場条件下での施工であった。

この河川改修を行うため市道に複数配置された電気、ガス、上下水道、通信等、人家への引込みも含めたライフラインを移設しなければならず、各管理者との設計・施工に関する協議および移設期間の調整を綿密に行う必要があった。

さらには、当該地の市道は駅前へ至る抜け道であるため、一般車両が離合できないほど、幅員が狭小であるにも関わらず、交通量が多く、工事の実施には終日通行規制が必要であった。

これらのことから、Ⅱ期工事は総合評価方式の工事難易度がⅣとなり、県下初の難工事指定工事に指定された。



写真4 II期工事の現場状況

打込みや引抜きが周辺の状況から物理的に困難と言った3つの施工条件から、今回は最も厳しい現場条件の場合に用いる「NOS I型」を採用した。



写真5 オープンシールド機 概要

4. 発注にあたっての課題と対応策

(1) 工法および構造等の検討

a) オープンシールド工法の採用

オープンシールド工法とは、市街地の狭隘箇所や軟弱地盤などの厳しい施工条件下で、オープンシールド機（写真-5）を用いて土留めをしながら函渠や開渠を地中に埋設する特許工法である。

オープンシールド機が移動する土留の役割となり、土留の中に函体を据付け、それに推進反力をとりシールド機が掘進していく。（図-3）

当工事におけるオープンシールド工法の採用理由は、①設計業務では函渠工を施工するための仮設工法として、妓王井川右岸側における人家連坦部において仮設鋼矢板を残置する計画としていたが、近隣地権者の同意が得られない状況が工事発注前に想定されたこと ②妓王井川左岸側に位置する市道では、沿道に店舗や多くの駐車場があり、工事のための通行止めは、地元の理解を得られず通行規制を見直す必要が生じることが想定されたことから通行規制を見直し、類似工法と比較検討した結果、厳しい条件の中、確実に施工できる工法であると判断したからである。

オープンシールド工法には4つのタイプ（表-1）があるが、①住宅に近接している箇所での函体敷設 ②既設護岸を取壊しながらの函体敷設 ③開削による土留めの

表-1 オープンシールド工法

タイプ		特徴
NOS I型	函体反力型（裏込注入タイプ）	・ 函体と地山の空隙部に裏込注入材を充填しながら掘進 ・ 近接構造物や埋設物に接近している箇所でも適応可能
NOS II型	函体反力型（裏込注入なしタイプ）	・ 函体と地山の空隙部に土砂等で埋戻しを行いながら掘進 ・ 近接構造物や埋設物のない箇所でも適応可能
NOS III型	元押し推進型（推進タイプ）	・ 掘進部に函体を据付け、元押し設備にて推進 ・ 超低空頭部での施工に適している ・ 推進線形は原則として直線
NOS IV型	函体非反力型（自走タイプ）	・ 地山との周辺摩擦を反力として推進 ・ 近接構造物や埋設物のない箇所でも適応可能 ・ 4つのタイプで最も安価

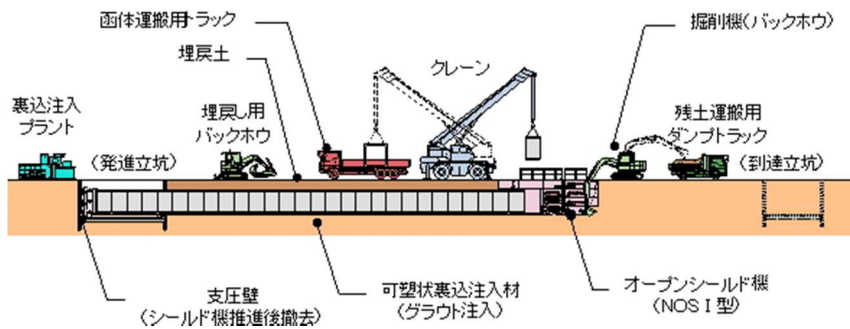


図-3 オープンシールド工法 配列図

b) 発進・到達立坑についての検討

施工にあたっては事前にオープンシールド機を地下に埋設し、掘進後は撤去する必要がある。そのため、マシンを投入する発進立坑および解体・撤去し引き上げるための到達立坑が必要になる。

このことについて、オープンシールド協会に相談しながら検討を行った。

c) ボックスカルバート構造についての検討

当初設計では、地下水位による函体の浮き上がり防止を目的とした現場打ちによる張り出し部を設けた構造としていた。

しかし、現地が狭隘地であり張り出すことができないため、ボックスカルバート側面に浮き上がり対策としてウィープホールを設ける構造（図-4,5）へと見直した。また、オープンシールド工法による施工時にはボックス背面への裏込め材のグラウト孔をウィープホールの設置位置として利用可能となるよう再考した。

さらには周辺への影響を考慮し、最小掘削幅にて施工するため、掘削幅と躯体との間に転圧機が入らない狭小部については、流動性に優れている豊浦標準砂を用いた水締めにより埋戻しを実施することとした。

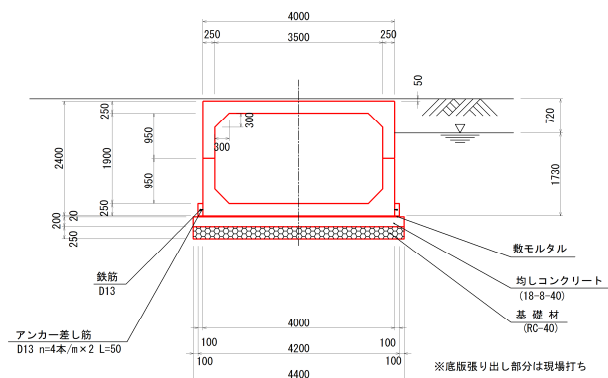


図4 ウィープホール設置検討前

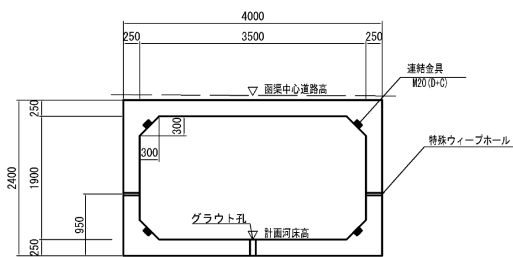


図5 ウィープホール設置検討後

(2) 関係機関および地元との調整

a) 支障電柱の移設

関西電力送配電株式会社（以下「関電」という。）ならびに日本電信電話株式会社（以下「NTT」という。）所有の電柱が工事に支障となるため、関係機関と協議し

た結果、NTT柱は単独柱から既設の共架柱への変更で調整できた。一方、関電柱については、構造的に共架できないことから、近隣住民に対して民地への建立を打診したが、協力を得られず、関係機関と再協議し、移設位置についても再検討することとなった。

5. 工事施工時における課題と対応策

(1) 関係機関および地元との調整

発注前はもちろんのこと、施工中においても適宜、多岐に渡る関係機関（表-2）と協議や調整をしながら、工事を進めた。

表-2 関係機関一覧表（※は連絡調整会議に出席）

関係機関	主な協議内容
野洲市道路河川課※	道路拡幅計画
野洲市環境課	妓王井川の環境保全
野洲市上下水道課※	上下水道の移設
関西電力送配電(株)※	電柱、連系管路、架空線の移設
NTT※	架空線の移設
ZTV※	架空線の移設
オペテージ※	架空線、連系管路の移設
大阪ガスネットワーク(株)※	ガス管の移設
守山警察署	信号移設、交通規制等
県警本部	交通規制方法
文化財保護課	文化財調査
タイムズ24(株)	駐車場の一時閉鎖
野洲川土地改良区	水替工
環境団体	妓王井川の環境保全
駅前自治会	地元調整
大篠原自治会	上流の水門管理

a) 連絡調整会議の開催

工事の工程の「見える化」を行うため、月1回程度の連絡調整会議を実施することにより、埋設物管理者と常に最新の情報共有を行うとともに、課題等の早期発見と解決に努めた。

関係機関との協議内容を地元の説明し一定の理解は示してもらえたが、時には厳しい意見をいただくこともあり、再度、関係機関との工程や工法の再検討が必要な場合も多々あった。

b) 流量調整に伴う協議

工事区間上流には小篠原水門があり（図-6, 写真-6）、普段は大篠原自治会で管理されている。

工事期間中は米井井川を經由し当該現場の下流において妓王井川に流入するよう、野洲川土地改良区と協議し小篠原水門で調整していた。ところが、妓王井川に生息している鯉やスッポンを保護している環境団体から、下流域で生息する生物への影響が大きいため、水門から妓

王井川方面にも水を流すよう要望があった。

いち早く野洲駅前の浸水被害を軽減することが最重要であることを説明したうえで、野洲市環境課も交えて協議し、工事に支障のない範囲で、水門から妓王井川方面の河川内をドライにする範囲および時期を最小化することにより、最大限配慮することで理解を得た。

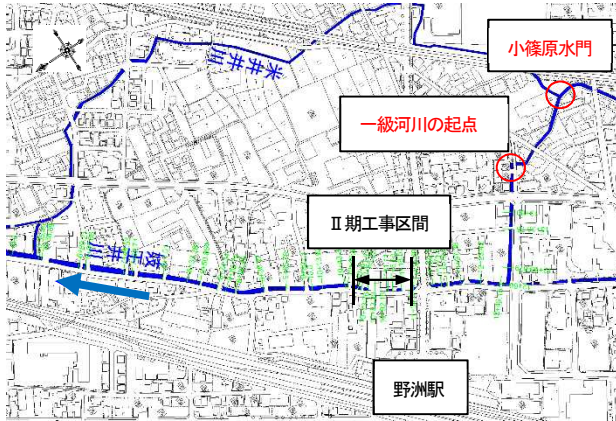


図-6 小篠原水門位置図



写真-6 小篠原水門

c) 仮設配水管ルートの見直し

発注当初の水替えは最下流端に仮設調整池を設置し、ポンプ排水により対応する計画であった。工事に着手すると、河川の流量がかなり多く、また、耕作期には更なる増水が見込まれることが判明した。このままでは掘進することが困難であることから、φ200mmの仮設配水管を4本設置し、流水を常時迂回させる方法（写真-7）に変更した。

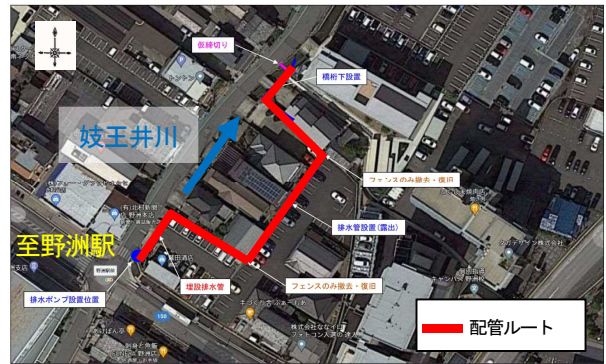


写真-7 排水ポンプ配管計画

d) 仮設駐車場の設置

沿川には店舗や住宅に付随する駐車場が多くあり、施工時には利用できなくなることから、仮設駐車場が必要となった。そのため、野洲駅東口ロータリー横に設置した仮設駐車場（写真-8）を使用してもらうよう、近隣の方々に協力いただいた。



写真-8 仮設駐車場

(2) 長期にわたる通行規制

a) 通行規制に伴う対策

オープンシールド工法の発進・到達立坑箇所は現況幅員が狭いため、公安委員会との協議の結果、市道に終日一方通行規制をかけることとなった。そのため、守山警察署と協議し標識の追加設置、補助標識のマスキング等の対策を講じたうえで地元回覧板、市の広報誌および地元説明会を通じて、通行規制について周知徹底したが、逆走車が絶えなかった。そのため、追加の対策として、市道入口部において県道の右折レーンをクッションドラムにより塞ぐ対策（写真-9）、そして交通誘導員を終日配置し、道路幅員を減少させることで逆走防止措置を図った。



写真-9 クッションドラム設置状況

b) 通行規制等に対するの地元の理解

通行規制の対象範囲には、歯科医院や薬局などの店舗もあり、当初は通行規制を伴う事業に反対されていたが、浸水被害軽減のための工事であることを地元説明会にて丁寧に説明し、どうにか理解いただけた。

6. おわりに

Ⅱ期工事が県下初の難工事指定工事に指定されたことから、工事発注ならびに施工にあたっての課題や対応策について論文にまとめた。

これまで県が発注主体となる河川工事において、施工

場所が十分に確保できていたり、車道などが近接していなかったりする事例は数多く存在しているが、本工事のように人家が連坦する狭隘地、かつ一般車両を通しながらの状態で行う事例は少ない状況にある。

今後、本工事と同様の難工事指定工事が増えていく中で、本論文がその一助となれば幸いである。



写真-10 施工状況

謝辞：本論文の作成において、オープンシールド工法に関して御指導いただいたオープンシールド協会様に御礼申し上げます。また、地元調整および事業推進に御尽力いただいた野洲市ならびに駅前自治会の役員の皆様にごの場を借りて感謝申し上げます。

跨線橋上部工における 桁架設工法の検討について

橋本 拓也

兵庫県 土木部 交通政策課 (〒650-8567兵庫県神戸市中央区下山手通5-10-1)

道路のバイパス整備事業において、JR交差部の跨線橋上部工にプレビーム合成桁を採用したが、プレビーム合成桁橋設計施工指針の改訂(H30.8)に伴い、主桁の品質(プレストレス)を確保するには主桁の架設期間を大幅に短縮する必要が生じた。

本論文では、主桁の架設工法を検討し、工期短縮を図るまでの過程と跨線橋でプレビーム合成桁を採用する場合についての考察を論ずる。

キーワード プレビーム合成桁, 跨線橋, 工期短縮, 施工実績

1. はじめに

兵庫県揖保郡太子町に位置する(主)太子御津線は、1日約1万台の自動車交通があり、JR山陽本線との交差部の茶ノ木踏切では、特に朝夕の通勤・通学時間帯に慢性的な踏切渋滞が発生していることから、踏切道改良促進法より、改良が必要な「法指定踏切」(自動車ボトルネック)に指定されている。

そのため、本県では踏切事故の防止や交通の円滑化対策として、道路とJR山陽本線を立体交差させる跨線橋の整備(バイパス)を進めている。

跨線橋の整備箇所は、JR網干駅に近接する市街地にあり、橋梁の予備・詳細設計において、橋梁の起終点部にある交差点が縦断線形のコントロールポイントとなったことから、図-1のとおり、橋長224mのうちJR跨線部の130mの上部工については、主桁に桁高さを抑えられるプレビーム合成桁を採用した。

2. 橋梁上部工について

(1) プレビーム合成桁の特性

プレビーム合成桁はPC桁の1種であり、鋼桁と床版コンクリート及び下フランジコンクリートで構成され、全国で1,126橋の施工実績がある(R4.10時点)。

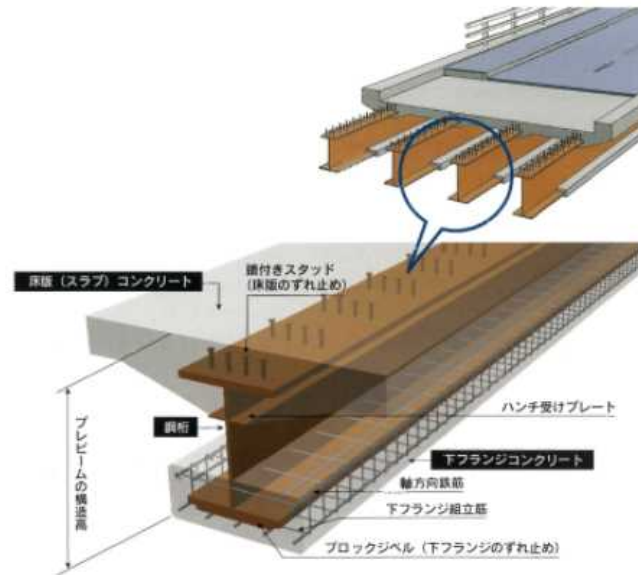


図-2 プレビーム合成桁の構成部材¹⁾

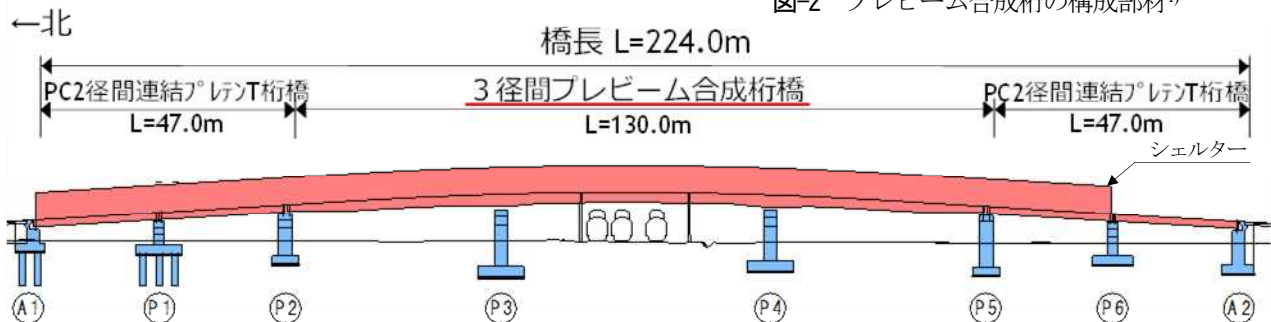


図-1 橋梁側面図

施工手順は、工場にて鋼桁に曲げ変形を与えた状態で下フランジコンクリートを打設し、硬化後に曲げ変形を解放することで下フランジコンクリートにプレストレス（圧縮力）を与える。その後、現場搬入・架設を行い、横桁、床版コンクリートを打設・合成することで死荷重が作用し、プレストレスを保持させるというものである。



図-3 プレストレスの導入

このことから、工場製作から現場での床版コンクリート打設までの工程は、下フランジコンクリートのプレストレスを保持できる期間に施工しなければならないが、徐々に減少していくプレストレスを計算するためのクリープ係数について、プレビーム合成桁橋設計施工指針の改定により、以下のように変更された。

a) 床版打設時

【第3版 (H9.7)】

クリープ係数	0.5
--------	-----

【第4版 (H30.8)】

プレストレス载荷から 床版打設までの日数	25	60	130	230	365
クリープ係数	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0

b) クリープ終了時

【第3版 (H9.7)】 【第4版 (H30.8)】

クリープ係数	2.0
--------	-----

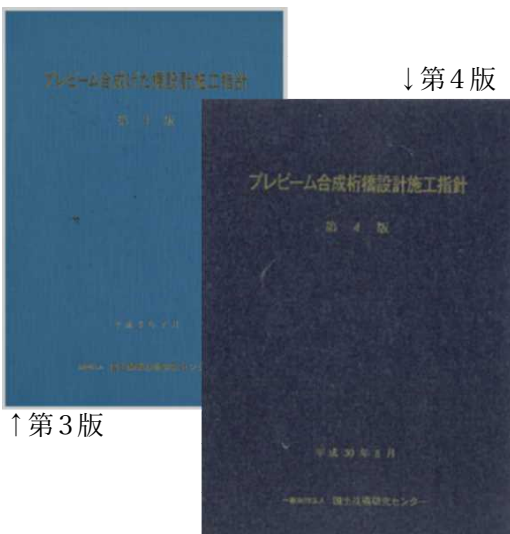


写真-1 プレビーム合成桁設計施工指針

上述のように第4版への改定に伴い、床版コンクリート打設時において、これまでの一律のクリープ係数から、プレストレス载荷からの施工日数に応じたクリープ係数が設定されたことで、新たに“時間軸”という条件が発生し、最大でも365日となっている。

クリープ係数が日数毎に設定されたのは、工場での桁製作は、現場でのベント等の架設設備の完成時期を見越す等、現場への搬入予定日を設定した上で、製作日数を逆算して開始することから、桁製作から床版打設までの工程がある程度フィックスされているためと考えられる。

また、プレストレスを与えてから床版コンクリートを打設するまでの期間が365日までしか設定されていないことから、プレビーム合成桁は架設期間が長期間になることをそもそも想定していないと推察される。

なお、第3版では解説において、床版打設までの日数が大幅に延びる場合はクリープの進行度に合わせて変更するのがよいと記載されているが具体的日数は示されていない。

(2) 跨線橋での架設方法と問題点

架設方法については、当初は最も施工実績数の多いクレーン架設で検討していたが、JR跨線部であるP3-P4間は、支間長が50mと長く、架設には650t吊クローラークレーンを必要とした。

しかし、現場は市街地であり施工ヤードの確保が困難であったことから、施工ヤードが狭くても架設が可能な架設桁架設を採用している。

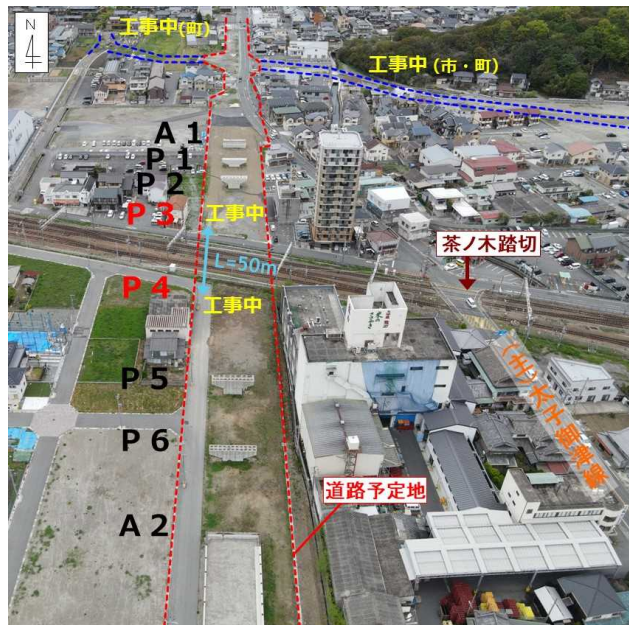


写真-2 施工箇所

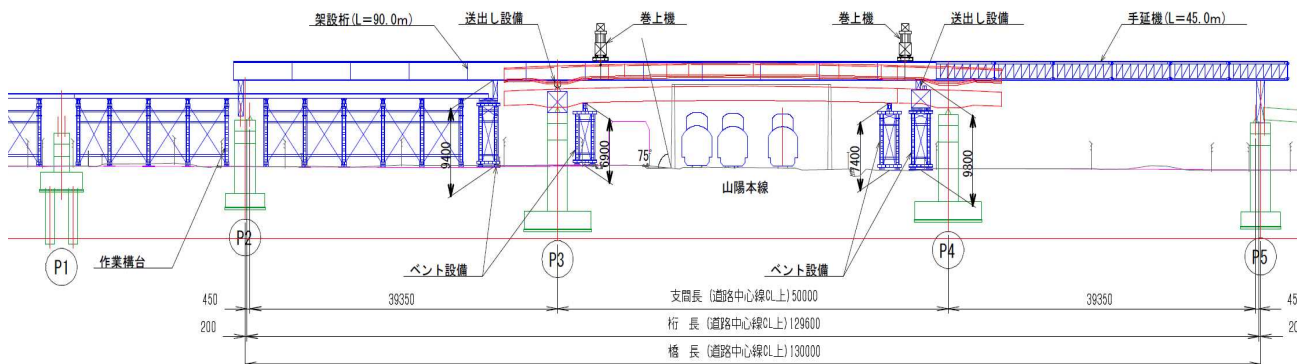


図-4 架設方法

ここで、跨線橋は鉄道を跨ぐ橋梁であることから、施工の際には鉄道事業者の運行に支障が生じないように調整を行う必要があり、運行の安全性確保の観点から鉄道上空での作業は、列車運行が終了する終電から始発までの夜間にしか作業時間の確保ができない。

さらに、JR山陽本線は夜間においても貨物列車が運行していることから、列車間合いを調整した上で通常1回の作業時間は30分～40分程度であった。

架設桁架設では、プレビーム合成桁の主桁4本の架設に対し、架設桁の送出し4回、主桁の送出し4回、架設桁の引戻し4回の計12回の作業が必要である。これら1回に必要な時間は約1時間と鉄道上空で通常確保できる作業時間を大きく越えていた。

これを解決するため鉄道事業者と協議を重ね、貨物列車の運行本数が少ない休日にダイヤ調整を行うことで、架設桁架設に必要な通常よりも長い作業時間を確保することができたが、そのダイヤ調整の困難さから、架設開始から床版コンクリート打設までに約18ヶ月間を必要とした。

しかし、前述のとおりプレビーム合成桁の品質確保の観点からは、プレストレス載荷から床版コンクリート打設までを12ヶ月以内に施工しなければならず、主桁の架設期間を短縮する必要が生じ、架設工法の検討を余儀なくされた。

1回あたりの作業時間は限られているため、架設桁架設の施工方法を工夫する必要がある。

施工方法の工夫にあたっては、架設桁等の送出しの速度を上げて架設時間を短くするといった方法では、単純に施工の危険性が増すことからこれを除外し、工期長期化の根本的な原因となっている鉄道上空での作業回数を減らすことで工期短縮を図ることとした。

本事業では4本ある主桁を2本毎に連結させ、「2主桁での送出し架設」を採用した。

これは、通常の架設桁架設であれば、主桁1本毎に送出し架設するところ、主桁2本を仮設部材で連結し、主桁2本を同時に送出して架設・据付けするものである。

連結の仕方については、図-5、図-6 のとおり、P3-P4間の主桁2本を横倒れ防止鋼材15本で接続した上で、横倒れ防止鋼材間に上横構14本を接続することで一体化させることにした（これを2セット製作する）。

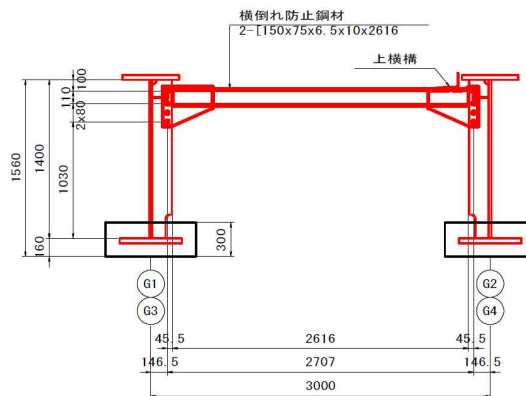


図-5 断面図

3. 工期短縮の検討

このように本工事では工期の短縮が課題となったが、

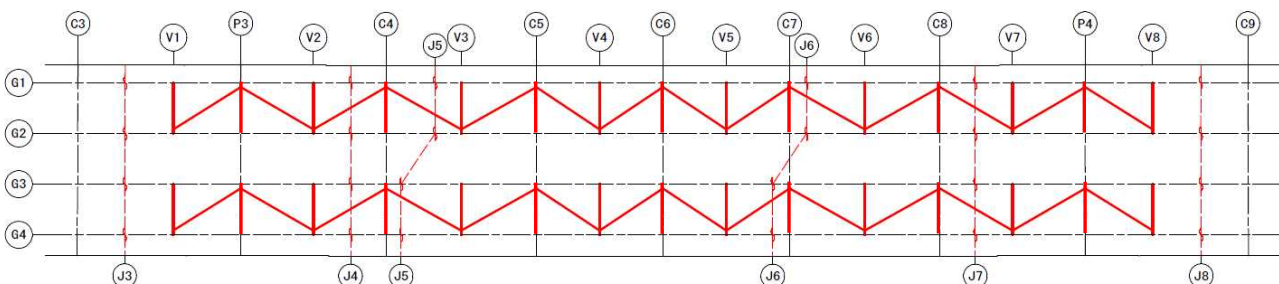


図-6 仮設部材の配置図

これにより、架設時において桁の重量は大きくなり、架設設備が大型化するものの、架設に必要な12回の作業回数を7回に減らすことができ、当初18ヶ月必要だった工程が11ヶ月に大幅に短縮され、設計上の基準を満足することができた。

また、プレビーム合成桁は支間長 l が20~40mが施工実績の約80%を占めているが、本工事の支間長 l は50mと長スパンであり、主桁1本で架設する場合は、フランジ幅 b が0.5mであることから、支点間距離フランジ幅比(l/b)の値が大きくなり、回転(そりねじれ)による倒れこみに不安があることから、「2主桁での送出し架設」は、施工上の安全性の確保の面からも合理的といえる。

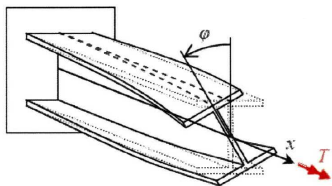


図-7 倒れこみのイメージ

さらに、この2主桁連結は、本論文のような跨線橋で工期短縮が必要になった場合や、高規格道路の上空での作業等、作業回数を減らすことが条件になった場合には、桁同士の連結が可能であれば、プレビーム合成桁以外の橋種においても適用できる可能性が高く、汎用性は高いのではないかと考える。

特に、PC橋のT桁やI桁は、他橋種に比べてフランジ幅が狭く1本あたりの重量も軽いことから、比較的一体化し易く、架設設備の大型化への影響も抑えられると想定される。

4. プレビーム合成桁の採用に関する考察

本論文では、プレビーム合成桁の架設工法を検討し工期短縮を図った。プレビーム合成桁の採用にあたっては、橋梁予備・詳細設計の際に桁高さを抑えられる橋種のうち、施工性や経済性等の観点から決定しているが、“跨線橋という施工上の大きな制約”を重視できていなかった。そこで、プレビーム合成桁の跨線橋での施工実績数という視点で全国の採用状況を調べた。

これまで全国で施工してきたプレビーム合成桁の全1,126橋(R4.10時点)のうち、跨線橋の実績を調べたところ84件(約7%)が採用されており、跨線橋での採用事例自体は全数に比べると少ない。

このうち跨線橋において架設桁架設で施工した実績は、表-1のとおり5件あり、本工事のような支間長が50mの長スパンの実績はないことが判明した。

また、跨線橋の5件の施工実績のうち、「2主桁での送出し架設」で実施したものはなく、跨線橋での全国初の

採用事例であることも分かった。

表-1 跨線橋での架設桁架設の実績

No.	橋名	都道府県	桁下	最大支間長
1	花堂跨線橋	福井県	JR北陸本線	44.1m
2	関ヶ原跨線橋	岐阜県	JR東海道本線	39.7m
3	野村跨線橋	富山県	JR北陸本線	33.0m
4	清水橋	静岡県	JR東海道本線	31.0m
5	蟹田跨線橋	青森県	JR津軽線	40.0m

5. まとめ

これまでの考察より、プレビーム合成桁の施工実績数は全国的にみて十分にあり、今日までに54年の十分な歴史があるものの、本工事のような跨線橋で架設桁架設を採用した実績は非常に少ない。

跨線橋の整備は鉄道事業者に施行委託することが一般的であることから、架設に必要な期間を把握することが難しいという問題点がある。プレビーム合成桁は他のPC橋に比べ、桁高さを抑えられるメリットから、特に都市部等の施工空間が限られた現場においては、比較検討する上で優位になることが多い。

一方で指針の改定により、設計条件に架設期間が加わったことから橋種選定を誤ると致命的な手戻りに繋がる危険性も秘めており、橋梁予備・詳細設計の際の橋種比較や施工計画の検討時において、全体の施工実績数だけで判断することは危険である。

本県では、橋種比較を行う際、経済性や構造的、施工性等で評価し、順位付けして決定していることが多く、本論文のような現場の施工条件が反映しきれていない場合も散見される。

表-2 橋種比較時の評価項目の一例
(現場の施工条件が入っていない)

項目	内容	評価	評価点
① 経済性	・経済性は比較案中、第1位である	◎	点
② 構造的	・桁高制限区間では採用実績の多い形式である	○	
③ 施工性	・工場製品であるため、現場作業の省力化、工期短縮に優れる	○	
④ 維持管理性	・鋼材部を耐候性鋼材とすることでメンテナンスフリーである	○	
⑤ 景観及び環境性	・振動による低周波騒音は発生しにくい	◎	

そのため、“施工条件を良く考慮した上での施工計画であるか”という基本に立ち返って橋種を選定することが、設計の手戻り等を防止し、その後の円滑な事業進捗に繋がるものと考えられる。

参考文献

- 1) プレビーム振興会：PREBEAM vol.32

積算システムへの違算防止機能 導入成果について

船越 寿明¹

¹公益財団法人兵庫県まちづくり技術センター 情報政策課 (〒650-0023 神戸市中央区栄町通6-1-21)

兵庫県まちづくり技術センターは、兵庫県及び県下47団体が利用する積算共同利用システムを運営している。各利用団体では違算による入札中止が頻発しており、違算の防止が喫緊の課題となっている。そこで、当センターではこれまで蓄積した違算事例を基に、汎用性の高い違算防止機能を開発した。その結果、運用を開始した令和3年度から令和4年度の2年間で約4,000件の違算を解消することができた。違算の解消件数も1年間で約3割減を達成できたことから、今後の違算防止に大いに役立つものと考えられる。

キーワード 工事積算, 積算システム, 違算防止

1. はじめに

当センターは、兵庫県及び県下47団体が利用する積算共同利用システム（以下、「積算システム」という。）を運営している。近年、各利用団体では違算による入札中止が頻発し、問題となっている。

違算の発生には、①積算基準に対する理解不足、②積算・精算にかける時間の減少（住民対応業務等の増加）、③積算基準の複雑化といった背景がある。

このような背景から、違算による入札中止を防ぐために令和3年3月の積算システム更新に合わせ、「違算防止機能」を導入し、約2年間運用してきた。本論文では「違算防止機能」の仕組みを説明するとともに、運用成果をとりまとめ、今後の展望について述べる。

2. 違算防止機能の特徴

違算防止機能は、積算システムの内部に搭載されており、設計書を作成する際、積算内容が予め積算システム内に定義した違算パターンに合致すると積算者に確認の通知（検知）を行うものである。検知後に積算者が修正することで解消されたかを記録するまでの一連の流れを違算防止機能として開発を行った。

(1) 高い汎用性

開発に先立ち、兵庫県が過去の違算事例を収集し、傾向ごとに4つのパターンに分類（図-1）を行った。（各パターンの説明は後述）

パターン① 歩掛の組合せ判定	パターン② 施工規模判定	パターン③ 単価の単位判定	パターン④ 計上位置等の判定
SPKG1000 & SPKG2000 SPKG1100 & SPKG2100 . . .	SPKG1000 (100<V<5,000) SPKG1200 (500<V<1,000) . .	SPKG1000 (0条件の単位) SPKG1200 (0条件の単位) . . .	SPKG1000 (直接工事費) SPKG1100 (間接工事費) . . .

図-1 違算事例の分類イメージ

これにより、それぞれのパターンに合致する違算事例を汎用的に追加することができるようにした。また、一般的な表計算ソフトなどを使用することで柔軟にデータを編集できる仕様とした。

(2) 統計処理

違算防止機能の精度を確認し、検知方法の更なる改善を図るため、違算の検知結果をユーザーがどのように利用したかをログとして保存している。

具体的には、積算システムによる違算検知後、ユーザーにより積算内容が修正されたかどうかを集計することができ、一定数のログが貯まれば統計処理を行うことが可能である。これにより違算防止機能の精度を確認することができ、検知方法の修正検討の材料とする。

（違算検知ログの統計処理イメージ）

- ・ 検知した違算を積算者が修正した
⇒ 違算状態の解消としてカウント
- ・ 検知した違算を積算者が修正しなかった
⇒ 違算状態に該当しなかったとカウント

3. 違算の検知方法

次に、積算システムで違算をどのように検知するかを具体的に示す。違算の検知は、以下のa)～d)のパターンに分類した違算事例が設計書内に存在するかを判定することにより行っている。現在、本機能には約800件の違算事例が登録されている。

(1) 4種の判定方法

a) 歩掛の組合せ判定 (パターン①)

「歩掛Aが入力されていれば、歩掛Bが必要」もしくは「歩掛Aが入力されていれば、歩掛Bは不要」といった組み合わせを判定する機能 (図-2)

(例) 「路面切削」の施工には、歩掛では路面切削機を使用し、20 t以上の建設機械に該当することから「建設機械運搬(車載)」の計上が必要となる。そのため、計上されていない場合は計上の要否確認を通知する。

b) 施工規模判定 (パターン②)

施工規模(延長や体積など)の条件と、入力された数量との整合性をチェックする機能 (図-3)

(例) 「掘削」の歩掛には施工規模条件があるため、5,100m³を計上する場合、範囲外の5,000m³未満を選択すると条件の確認を通知する。

c) 単価の単位判定 (パターン③)

歩掛に見積単価を使用する際、歩掛に設定した単価と見積単価の単位の整合性をチェックする機能 (図-4)

(例) 施工パッケージ型積算歩掛の「大型ブロック積み」は、東京単価として大型積ブロックの材料をm²あたり単価で計上している。積算システムでは大型積ブロックなどの見積単価は手入力するため、入力時の単位と東京単価の単位が不一致であると単位の確認を通知する。

d) 計上位置等の判定 (パターン④)

直接工事費内に計上すべきでない歩掛や注意が必要な歩掛(計上数量にロス率を別途計算する必要があるなど)が計上された場合に確認を促す機能 (図-5)

(例1) 共通仮設費(積み上げ)として計上すべきCBR試験費などの技術管理費を直接工事費に計上した場合に確認を通知する。

(例2) 計上数量に補正を行う必要があるひび割れ防止シートの計上があれば、必ず数量補正の有無確認を通知する。

(2) 違算検知結果の出力

前述の違算パターンが検知された場合、設計書を印刷する際に、図-6のような違算チェックシートが出力

本工事			
道路維持			
舗装工			
路面切削工			
路面切削	全面切削6cm以下(4000m ² 以下) 段差すりつけの撤去作業無し	3,000	m ²
般処分			
般運搬(路面切削)	: DID区間→無し L=2.5km以下	90	m ³
オーバーレイ工			
表層(車道・路肩部)			
表層(車道・路肩部)	t=30mm 密粒度7x3x[再](13):(2.35)	3,000	m ²
運搬費			
建設機械運搬費			
建設機械運搬 [車載]	路面切削機(麻材積込装置付切削幅2.0m) : 運搬距離30km	1	式

「路面切削」は、路面切削機(20 t以上)を使用するため、「建設機械運搬(車載)」の計上が必要

「建設機械運搬(車載)」の計上確認を通知

計上されていない場合は

図-2 歩掛の組合せ判定イメージ (パターン①)

本工事			
美堤・護岸			
河川土工			
掘削工			
掘削	土砂 片切掘削 5000m ³ 未満	5,100	m ³
土砂等運搬			
土砂等運搬	土質→土砂(岩塊・玉石混り土含む) : DID区間→無し L=1.5km以下	5,100	m ³
法面整形工			
法面整形(切土部)			
法面整形	整形箇所(法面締固の有無) 土質→砂及び砂質土、粘性土	30	m ²
仮設工			
交通管理工			
交通誘導警備員			
交通誘導警備員		30	人日

条件が不整合の場合

積算条件と計上数量をチェック 条件選択の確認を通知

図-3 施工規模判定イメージ (パターン②)

	歩掛				県単価			
	代表機材規格	単位	構成比	基準単価	積算規格	単位	単価	補正構成比
機械								
	ラフレックレン 25 t吊	日	***	40,000	ラフレックレン 25 t吊	日	41,000	***
労務								
	普通作業員	人	***	20,000	普通作業員	人	19,000	***
	ブロック工	人	***	25,000	ブロック工	人	24,000	***
	土木一般世話役	人	***	25,000	土木一般世話役	人	24,000	***
	特殊作業員	人	***	25,000	特殊作業員	人	24,000	***
材料								
	大型積ブロック	m ²	***	15,000	大型積ブロック	m ²	16,000	***
					計			***

東京単価の単位と県単価の単位の整合性をチェック

図-4 単価の単位判定イメージ (パターン③)

本工事			
舗装			
道路土工			
路床盛土工			
路床盛土	施工幅員=2.5m以上4.0m未満	500	m ³
舗装工			
下層路盤(車道・路肩部)			
下層路盤(車道・路肩部)	全仕上り厚→100mm 1層施工 再生クマツラン RC-30, RC-40	1,000	m ²
共通仮設費			
技術管理費			
土質等試験費			
CBR試験		1	式

直接工事費

計上位置をチェック

計上位置が不適なら

直接工事費 or 間接工事費
のどちらに計上すべきチェック 計上位置の確認を通知

図-5 計上位置等の判定イメージ (パターン④)

される。

チェックシートには積算者が検知結果を確認し、自ら違算の修正を行ったり、違算に該当しない場合などは積算者から精算者へ積算意図を伝えることができるように確認欄およびメモ欄を設けている。

4. 違算防止機能の運用効果

違算防止機能をこれまで運用した実績について分析する。分析対象の期間及び設計書は以下のとおりで、本機能が検知した項目と、そのうち修正された項目を集計し、傾向をまとめる。(表-1)

(分析対象)

- ① 対象期間：令和3～4年度（2年間）
- ② 対象設計書：兵庫県職員作成の設計書

(1) 検知精度

対象期間に検知した違算は12,104件、そのうち積算者により修正された件数は4,151件（検知精度34%）であった。（ただし、現在、パターン②③は統計処理用のログを取得できていないため、対象外）

検知精度が低くなっているのは、疑わしきものを積極的に検知し、積算者に確認を促すものも含まれていることが原因の一つである。本機能は注意喚起を促す一面もあるため、妥当な結果であると考えている。

(2) 検知された違算の傾向

実際に検知された違算の内容を検証したところ、検知・解消件数は、二重計上に関するもの（パターン①）が最も高く、解消件数全体の4割を占めていた。さらに二重計上の内容を詳細に見てみると、共通仮設費に含まれる伐採費用を計上するケースが約5割と非常に高くなっている。

二重計上に次いで検知・解消されているのは、重建設機械分解・建設機械運搬の未計上（パターン①）となっており、検知精度が高く、二重計上と同規模の解消件数である。

一方、検知精度が最も高い結果となったのが、ICT施工導入に伴う新たな必要経費の計上漏れである。これは令和元年以降に新設されたこれらの歩掛に積算者が対応できていないことが一因と考えられる。

検知結果全体では、以前から積算する上で注意喚起されている違算が未だに発生している傾向が見られる。

検知結果の傾向を年度別に見てみると、検知件数・解消件数とも概ね減少傾向にあり、とくに解消件数については約3割減少している。本機能により精算前に積算者自身で違算の客観的なチェックが可能となっただけでなく、職員への違算事例の周知が図られた結果と考えられる。今後は、本機能を活用することで、精算の負担を軽減し、精算者は工事内容や人でしか判断できない違算などの精査に注力できるため、積算精度向上につながると考えられる。

確認欄	No	コード	コード名	チェック内容	メモ
□	1	M1108231	路面切削機	M1108231（路面切削機：【ホイール式・廃材積込装置付・排出ガス(3次)】；2.0m×23cm）について、S2102（建設機械運搬[車載]）が入力されていません。入力を確認してください。【費目1の8行目】	パターン① 歩掛の組合せ判定
□	2	SPKG1302	大型ﾌﾞﾛｯｸ積	FP0001の単位が不整合です。確認してください。【費目1の7行目】	パターン③ 単価の単位判定

図-6 違算チェックシートの出力結果

表-1 違算防止機能の運用結果（R3～R4）

検知項目	総計			R3⇒R4年度				
	検知件数	解消件数	精度	検知件数		解消件数		差分
				前年度	当年度	前年度	当年度	
二重計上	5,299	1,285	24.2%	3,085 ⇒	2,214	778 ⇒	507	-271
（共通仮設費に含まれる伐採費）	(2,631)	(721)	(27.4%)	(1,559) ⇒	(1,072)	(442) ⇒	(279)	(-163)
計上漏れ	3,463	1,554	44.9%	1,541 ⇒	1,922	832 ⇒	722	-110
（重建設機械分解・建設機械運搬の計上漏れ）	(2,891)	(1,243)	(43.0%)	(1,374) ⇒	(1,517)	(724) ⇒	(519)	(-205)
（ICT必要経費の計上漏れ）	(309)	(183)	(59.2%)	(135) ⇒	(174)	(100) ⇒	(83)	(-17)
スクラップ控除の計上位置	812	293	36.1%	482 ⇒	330	224 ⇒	69	-155
再生材使用の原則確認	525	298	56.8%	300 ⇒	225	150 ⇒	148	-2
諸経費体系が異なる歩掛使用	751	241	32.1%	353 ⇒	398	144 ⇒	97	-47
裏込碎石の計上方法間違い	517	199	38.5%	119 ⇒	398	57 ⇒	142	85
その他	737	281	38.1%	464 ⇒	273	212 ⇒	69	-143
合計	12,104	4,151	34.3%	6,344 ⇒	5,760	2,397 ⇒	1,754	-643

() 内の数値は内数

5. 今後の課題

(1) 検知精度の向上

本機能の実装により、先に述べたパターンに該当する違算の防止が可能となったが、検知精度にはまだまだ改善の余地がある。精度向上のためには、検知ログの蓄積と分析が必要であるが、膨大なデータ量であることから相当な人手と時間を要する。

膨大なログデータを処理するためには、AIを活用することが重要となると考えており、効率的かつ正確な分析を行うことによって検知精度向上につながるような改良を検討ができるものと考えている。

(2) パターン化の難しい違算への対応

現在防止できる違算は先に述べた4つのパターンに該当する場合のみであり、このほかにも違算の事例は多くあり、すべてをカバーできていないのが現状である。

例えば、数量計算書や単価根拠表から積算システムへ数量や単価の転記ミスといった単純なヒューマンエラーがあげられる。

こういったミスに対応するためには、積算システムだけで対応することは難しく、積算システムと連携できるツールを活用して、書き写しの手間・ミスを減らしていくことが重要である。

現在、当センターが開発したツールによる取り組みを以下に紹介する。(図-7)

a) 設計書作成支援ツール

数量総括表の作成とあわせて、積算条件を入力することにより、積算システムに取り込み可能なデータを作成するシステム。

数量総括表から積算システムへの転記ミスを減らすことができる。

b) 単価根拠表活用ツール

物価資料や単価見積結果などから、積算に利用する単価を自動計算(端数処理含む)し、積算システムに取り込み可能なデータを作成するシステム。

単価決定時の平均値計算処理のミス及び決定した単価の積算システムへの転記ミスを減らすことができる。

(3) 積算基準の複雑化等への対応

積算基準は様々な現場状況や社会情勢に対応するため、週休二日制対応、真夏日補正、施工箇所所在型など改訂の度に複雑化している。また、近年は物価上昇が著しく、スライド条項の適用件数も増加するなど、違算となる要因が増えている。

現状、これらの積算は手計算が必要なものが多く、積算システムに対応させることができれば違算を減らす

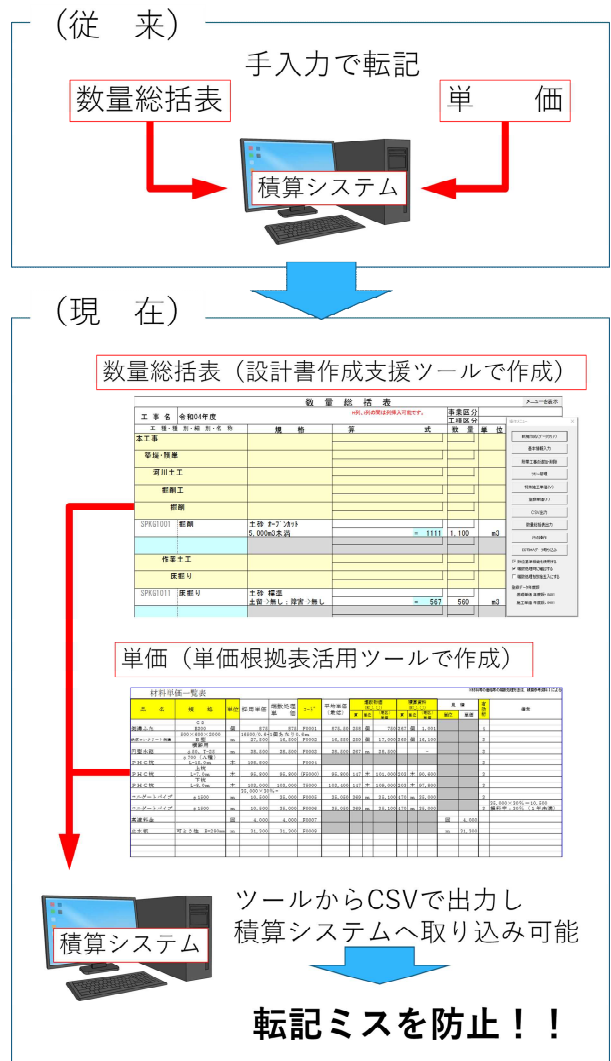


図-7 パターン化の難しい違算への対応

ことができるため、積算者のニーズを把握しながら積算システムの機能追加を検討していきたい。

6. まとめ

当センターで導入した違算防止機能について、機能の概要や導入実績をまとめ、本機能の将来の展望を述べた。現在の機能は、積算者(ユーザー)による違算情報を共有し積み重ねることで実現したものであり、さらなる機能充実のため、引き続き情報の収集やユーザーからの要望への対応に努めていきたい。さらに、本機能を充実させることで、これまでベテラン職員の経験・知識に基づいて行ってきた精算の情報を積算システム内にデータベース化することができ、新たな形での技術の継承に寄与できるものと期待している。

新行政棟・文化庁移転施設整備工事における 歴史的建築物の保存及び活用について

小西 由紀¹・久居 肖子²

¹京都府建設交通部営繕課（〒602-8570 京都市上京区下立売通新町西入藪ノ内町）

²京都府建設交通部営繕課（〒602-8570 京都市上京区下立売通新町西入藪ノ内町）

本報告は、昭和天皇「即位の礼」に合わせて竣工し、その歴史的価値の高さが評価され、明治維新以来初の中央省庁の地方移転となる文化庁の移転先となった旧京都府警察本部本館の改修及び増築における取り組み内容である。

工事においては、旧京都府警察本部本館の歴史的価値を損なわないよう保存するとともに、文化庁新庁舎の執務空間として機能的に活用するための改修が求められた。

これらを実現するために行った具体的な手法と保存改修における改修方法について発表する。

キーワード 改修、歴史的建築物、保存、活用

1. はじめに

2016年3月、「政府関係機関移転基本方針」において文化庁の京都移転が決定し、2017年7月その移転先が旧京都府警察本部本館（以下、「本館」とする。）に決定した。移転先には、「新・文化庁」にふさわしいものであることが必要であり、諸外国からの来訪者をはじめ、京都以外の地方公共団体や全国の文化芸術団体等の関係者から見ても共感を得られる場所を選定すべきとされ、文化的な環境、交通の便、適正な規模、ICT環境、耐震性といった条件に工期や費用等を含めて総合的に検討された。また、本館の

建物は京都で行われた昭和天皇の「即位の礼」に合わせて建設された京都の近代化遺産であり、その保存・継承の文化的価値の高さも評価された理由となった。しかし、文化庁が必要とする床面積約6,700㎡に対し、本館は約4,300㎡であり、不足分を増築する必要があった。一方で、同じく京都府庁敷地内にあった京都府庁第3号館は耐震基準を満たさず、補強又は建替の必要があったため、本館に入りきらない文化庁の機能と京都府庁第3号館の機能を整備するため、本館北側に新行政棟を増築することとなった。



図-1 1928（昭和3）年竣工当時の本館

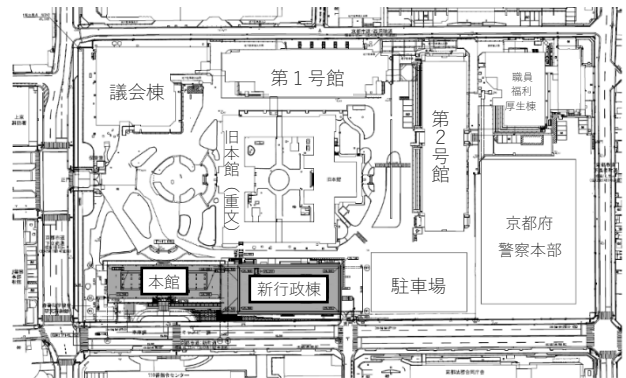


図-2 京都府庁敷地建物配置図（図右が北）

2. 報告内容について

計画地は、京都御苑西側に位置する京都府庁敷地内に所在している。

敷地中央には、1904（明治 37）年に竣工した京都府庁旧本館があり、現在も現役庁舎として使用されている。敷地南東角に位置する本館は、2020 年に京都府警察本部が新庁舎（敷地北東角）へ移転するまでは、日本最古の警察本部庁舎であった。

今回の新行政棟・文化庁移転施設整備工事の概要を表-1 に示す。本館には、主に文化庁の執務室等を配置し、新行政棟の文化庁エリアには、執務室と共に受付や文化情報発信室を配置、京都府エリアには、執務室、会議室、エネルギーセンターを配置した。

本報告では、歴史的建築物である本館の保存及び活用を目的とした改修工事の内容と、施工段階において設計内容から見直す必要が発生した内容とその方法について報告する。

表-1 工事概要

建築場所	京都市上京区下立売通新町西入藪ノ内町	
建 物	本館（改修）	新行政棟（新築）
床 面 積	4,391.53 m ²	9,277.37 m ²
建築面積	1,093.95 m ²	1,618.90 m ²
規 模	地上 3 階地下 1 階	地上 6 階地下 1 階
構 造	RC 造	S 造（一部 SRC・RC 造）
用 途	事務所	事務所
建 築 主	京都府	
設 計 工 事 監 理	株式会社 日本設計 関西支社	
施 工	<建築工事> 清水・岡野・公成特定建設工事共同企業体 <電気設備工事> 光星・富士・中島特定建設工事共同企業体 <機械設備工事> 中川・橋本・京栄特定建設工事共同企業体 <昇降機設備工事> フジテック株式会社	
工 期	2020 年 5 月～2022 年 12 月	

注 1：その他、キャノピー、自動車置場、外構工事あり
 注 2：各面積及び用途については建築基準法に基づく



図-3 本館(左手前)と新行政棟(右奥)

2. リビングヘリテージ

(1) 保存改修計画

本館改修に係る方針は、歴史的景観を形成してきた外観意匠は保存し、内部の特徴的な空間構成や意匠は大幅な改変は避け、保存することとした。

しかし、本館は建築基準法上の現行規定には適合しない既存不適格建築物であり、新行政棟は本館への増築となるため、通常であれば遡及適用され不適格部分の是正が必要となる。是正が難しいものや是正によって歴史的価値の高い意匠が失われることから、是正が困難な部分（構造、2 以上の直通階段の設置等）については、安全性確保のための代替措置

（例えば、耐震改修、2 方向避難経路及び補助避難経路の確保、避難誘導体制の整備等）を講じることとし、今回計画においては【京都市歴史的建築物の保存及び活用に関する条例(以下、「条例」とする。)]を適用して、建築基準法の適用の除外を受けている。

条例の適用にあたって、【保存活用計画】を作成した。保存活用計画における基本理念として、建物の歴史的価値を踏まえ、正しいプロセスのもと方針を決定し、その本質的な価値を損なうことなく、現代の庁舎建築としての機能性・安全性に十分配慮した、全体が統合されバランスのとれた“生きた文化遺産”（リビングヘリテージ）を目指すこととした。

具体的には、保存ランクの設定、保存・活用の両面において改修及び撤去範囲は最小限に抑える（ミニマムインターベンション）、既存部分に手を加える際には、新旧が調和しつつ区別できるようにする、推測による復原を行わない、後世の改修部分で創建時に比肩できるデザインがなされている部分は基本的に保存する、機能性・安全性のため創建時の部材を撤去する際には、将来の必要機能の変化や技術の進歩による再改修に備え、創建時に戻すことができるよう「可逆性」に配慮、活用に伴い創建時の部材を撤去する場合は、記録の保存とともに、移設や別の用途での再利用も考慮するなどである。

既存建物の各部において、保存のランクを設定し、各々における活用のために改修設計方針を設定した。

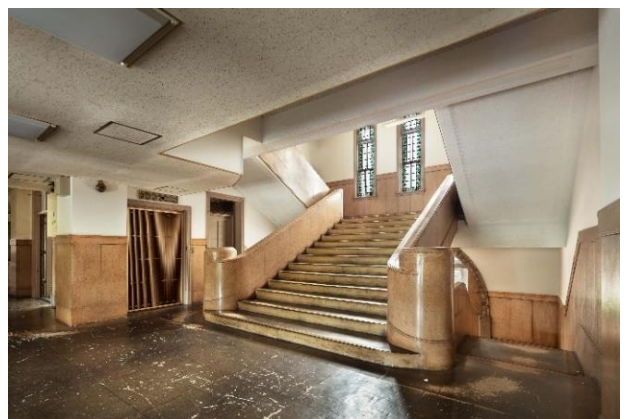


図-4 本館中央にある唯一の階段(写真は改修前)

表-2 保存のランク

部分	ランク設定	保存活用の設計方針
保存部分	<ul style="list-style-type: none"> ・創建時の優れた空間¹⁾、材料・ディテール²⁾が維持保全されており、全体としての保存を行う部分 ・後世の改修部分で創建時に比肩できるデザインがなされており、全体としての保存を行う部分 ・主要構造部及び通常望見できる部分 	<ul style="list-style-type: none"> ・変更を極力避ける
保全部分	<ul style="list-style-type: none"> ・創建時の空間、材料・ディテールが残されているが、活用上必要な場合、変更を可とする部分 ・後世の改修部分で優れたデザインがなされているが、活用上必要な場合、変更を可とする部分 	<ul style="list-style-type: none"> ・できる限り残し活用する。 ・変更する場合は、可逆性に考慮し、既存のデザインに配慮する。 ・稀少な部分が変更される場合、記録保存、断片等の保管を行う。
その他部分	<ul style="list-style-type: none"> ・安全性、機能性、快適性実現のため、積極的な変更を可とする部分 	<ul style="list-style-type: none"> ・撤去、変更を可とする。 ・ただし、創建時の空間、材料・ディテールが残されている場合、活用し支障のない範囲で残して活用する。

注 ¹⁾空間：意匠・寸法等の基本的な構成
²⁾ディテール：装飾も含む細部のデザイン

表-3 保存の基準

基準	部位の基準設定	【参考】具体例	設計方針
基準1 材料自体の保存を行う部位	材料自体の保存を行う部位	石・テラゾー、外壁タイル等	材料を含め変更を極力避けて保存し、補修の際は極力同じ素材を使用する。
基準2 材料の形状・材質・仕上げ・色彩の保存を行う部位	材料の形状・材質・仕上げ・色彩の保存を行う部位	ドロマイト、擬石仕上等	意匠上の変更を避ける。補修の際は近似の代替素材の仕様を可とする。
基準3 主たる形状及び色彩を保存する部位	活用上必要な場合、材料の変更を可とするが、主たる形状及び色彩を保存する部位	スチールで更新するサッシ、GRGで代替する場合の中心飾等	意匠上の変更を極力避け、オリジナルを近似寸法になるように努める。
基準4 意匠上の配慮を必要とする部位	活用上必要な場合変更を可とするが、創建時のものと想定されるなど、意匠上の配慮を要する部位	建具(内外とも)廻りの標準の木製枠、蛇腹装飾ではない梁部のくり型等	不要な変更を避け、複数あるものはどこか一箇所を残すように努める。全数が撤去の場合は記録保存を行う。
基準5 所有者等の自由裁量に委ねられる部位	積極的な変更を可とする部位	後年変更された乾式壁、内装仕上	撤去、変更を可とする。

下段：【参考】文化庁の重文保活計画作成要領より

外観は現状保存を基本とし、本建築物を特徴付ける意匠(西側玄関部のアーチ状の縁飾や塔屋階の装飾、東西の連窓など)はそのまま保存とした。外壁は一次調査においては保存状態が良好であり、現状保存を基本としたが、一部修復が必要な箇所については既存意匠を踏襲して復原することとした。東側玄関部については、後年の変更によりアーチ装飾を隠すように風除室が設けられていたため、除却し、創建当初の外観を復原するとともに新たにアーチに納まる風除室を設けた。サッシについては可能な限り既存スチールサッシを保存したが、非常用代替進入口等のため更新する部分については、可能な限り枠寸法などの既存意匠を踏襲するよう努めた。また、スチールサッシを保存する箇所については、執務環境の向上を図るため、特に意匠性の高い部屋以外はインナーサッシを取り付けることとした。

内部の平面構成は中央の階段を軸に左右対称型で、両翼は中廊下形式(廊下を軸に左右に部屋が並ぶ形式)である。玄関周りには内壁に大理石を多用した柔らかな印象の意匠とし、外部の豪快なアーチと対比的な表情を作っている。階段室も曲線をモチーフとし、上階の窓にはステンドグラスを配置するなど柔らかな意匠としている。多くの室で梁のハンチ下の装飾や小梁廻りの蛇腹(図5)が施されており、装飾パ

ターンは外観同様中世的なモチーフが多い。主要な室には、天井の中心飾、木製の腰板張りのほか、半円形のカーテンボックスを設けるなど、特に意匠的密度が高く、建具も当初のものがよく残存しており、保存状態も良かった。そのため、特に意匠性の高い室や階段室、廊下、ホールは、本建築物を特徴付ける空間であるため、ステンドグラスや中心飾を含め、現状保存を基本とし、後年に設置された天井は撤去し、創建時の姿に復原することとした。一般室については、可逆性に配慮しつつ、機能上必要な整備(乾式間仕切り壁、OAフロアなど)を行うこととした。



図-5 梁ハンチ下の装飾と蛇腹

(2) 保存改修方法の見直し

a) 外壁天然石（北木石）の補修

本館の東西外壁中央部にそれぞれある入口の周囲及びその上部2・3階の窓周囲の装飾部分に『北木石』という天然石が使用されている。旧府警本部本館時代、本館西側にはこの石面に「京都府警察本部」と「京都府公安委員会」の看板が、東側には外部に風除室が設けられており、それらのアンカーや金物の取付跡があった。経年による汚れや欠け、劣化による表面剥離等も発生しており、美観を損ねることからこれらについて補修を行った。

汚れの除去については、試験施工を行った上で、温水高圧洗浄を基本とし、金物跡等のサビやエフロ、シミについては、石用の洗浄剤を用いて洗浄を行った。今回は、石そのものが大きく落下するような危険箇所は無く、50mm以下程度の欠けや、アンカー跡・金物跡等の補修であったため、部分補修にはポリエステル系接着剤である石材接着補修材を使用した。



洗浄・補修前



洗浄・補修後

図-6 東側入口部分の補修前及び補修後

b) 天井中心飾の補修・補強

本館建物内には、11種類19箇所の石膏製の天井中心飾が設置されていた。それぞれ、欠けや割れ、欠損、経年による表面剥離等があった。

既存の天井を撤去する際に、スラブ底に施工されていた漆喰が振動で剥落したことから、漆喰は安全面を考慮し全面撤去とした。それに伴い、天井中心飾も全て生かし取りし、専門工事業者で調査及び補修方法を検討し、劣化状況に応じて補修を行うこととなった。比較的劣化進行が軽微な5種類6箇所については、破損部分は漆喰による復元を行い、ガラスクロスによる補強を行った上で、再取付としたが、その内3箇所については、改修後天井及び空調機が設置される位置であったため、新行政棟の文化庁エリア各階のエレベーターホールに移設とした。

劣化が進行しており、再取付を行うと後年落下等の不具合が起こる可能性が高い6種類13箇所については、シリコンで型取りを行い、レプリカによる再製作で意匠を保存することとした。

また、3階南側の室について、中央部分のみ中心飾が現存していなかったが、取付跡が残っていたため復元を行っている。



図-7 天井中心飾（左：補修・再設置後、右：補修前）



図-8 天井中心飾（左：補修・移設後、右：補修前）

c) 蛇腹（モールディング）の補修・補強

蛇腹とは、モールディングとも言い天井廻り縁の装飾を指す。本館建物内には、保存室や階段室を中心に17種類の石膏製の蛇腹が設置されていた。それぞれ、経年劣化による欠けや後年の改修による欠損があった。今回工事では、欠損部の復元及び取付部のビス打ち補強を行い、改修後も創建時の意匠を保存することとした。

欠損部においては、同形状の場所から型取りを行い、石膏にて再制作したものを取り付けた。また、既存蛇腹について、経年劣化により構造体梁との石膏による接着力が低下し、剥落・落下の可能性があることから、今回工事においては、ビス増し打ちを行い、蛇腹装飾の剥落・落下を防止する処置を施している。

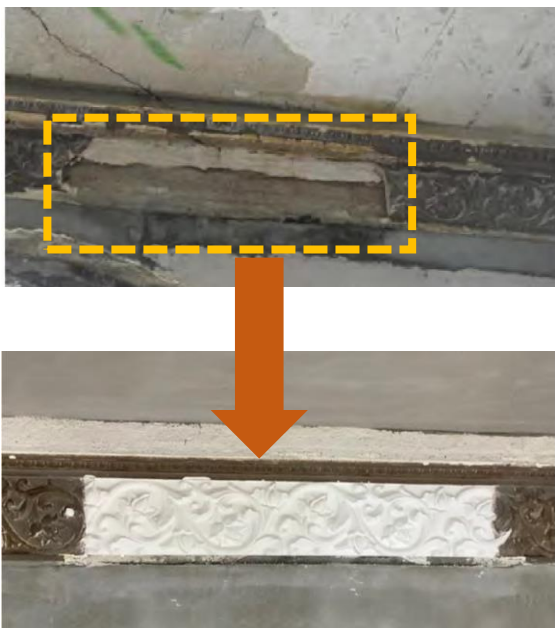
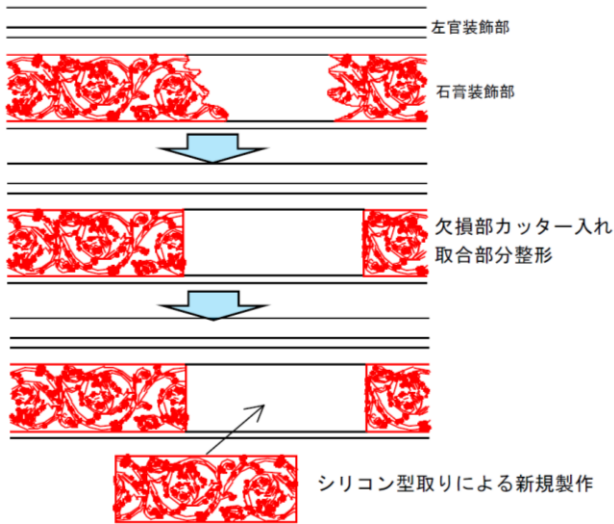


図-9 蛇腹（モールディング）の補修

3. 構造計画

(1) 耐震性能

今回の計画においては、「国家機関の建築物及びその付帯施設の位置、規模及び構造に関する基準」に定められた耐震基準を目標としている。

本館においては、大地震後、構造体に修繕を必要とする損傷が生じず、建物としての機能が確保されることを目標としている。耐震補強設計においては、 $I_s \geq 0.9$ 、 $CTUSD \geq 0.45$ を目標として設計している。

本館の耐震改修においては、歴史的建築物の保存・活用に配慮して、歴史的価値が損なわれない補強計画としている。2016年度に実施した耐震診断において、現況 I_s の最小値が 0.524 となっており、X 方向、Y 方向ともに B1F、1F、2F で補強が必要となった。耐震補強については、外観意匠を保存するため内部での補強とし、X 方向は廊下からの出入りが出来る開口付の RC 造耐震壁。Y 方向は RC 造耐震壁を基本とし、室の用途上一体として利用したい部分については開放性を考慮して鉄骨ブレースによる耐震補強としている。これにより、補強後 I_s の最小値は 0.906 となる設計となっている。

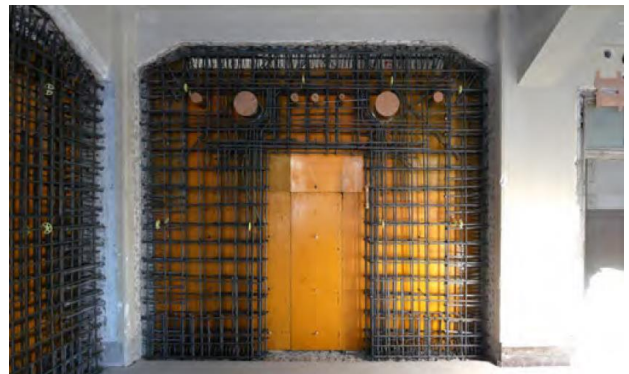


図-10 開口付き RC 耐震壁の新設（32 箇所）



図-11 鉄骨ブレースの新設（3 箇所）

(2) 構造改修方法の見直し

本館は、1928年の建物であることから既存図面があまり残っておらず、構造については2016年の耐震診断の際の図面を頼りにするしかない状態だった。また、設計中は現役の府警本部本館であったことから、詳細な調査を行うことは難しく、特に隠蔽部については、不明点が多いままであった。着工後、内装解体を行い、現況確認をしたところ相違部分が多数確認された。

隠蔽部分において、耐震診断時の図面と梁断面形状が異なる箇所を確認したため、意図伝達業務の中で、設計者において、再度検討を行い、構造に影響がないことを確認している。また、既存の梁や壁に対して、空調などの設備改修等によって多数開口が設けられており、中には主筋を切断しているものがあることが確認された。このような部分については、切断された鉄筋の周囲をはつりだし、同径鉄筋をフレア溶接して補強した上でグラウト充填を行った。耐震補強のため鉄骨ブレースを設置する部分においても、ハンチ付きの梁とされていた箇所がハンチ無しであることが判明し、設計者による構造再検討を行い、ブレース形状を変更して対応した。

耐震壁の構築にあたり、保存部分への配慮として、既存仕上材である大連ドロマイトの剥落を防止するため、カッターによる目荒らしや、耐震補強アンカーの打設に低振動ドリルを用いる等の工夫を行った。あと施工アンカーの打設に先立ち鉄筋探査を行ったところ、既存柱主筋について、φ25mm丸鋼が用いら

れ、重ね継手であることが確認された。既存主筋間にアンカー打設可能な隙間が確保されていなかったため、耐震補強壁全体であと施工アンカーの本数を確保することで、耐震性能を確保した。

また、今回改修工事において廊下部分にDS、PS及びEPSを設置するにあたり、既存スラブに開口部を設ける必要があった。既存スラブ鉄筋の切断、開口補強筋を入れる必要があり、定着長確保のため開口部よりひとまわり大きく解体する必要があったが、開口部が保存部位である人研ぎ仕上の腰壁に近接することから、スラブの解体によりそれらを大きく解体する必要があるため、腰壁と取り合う部分は開口補強筋ではなく、あと施工アンカーによる補強として構造性能を確保した。

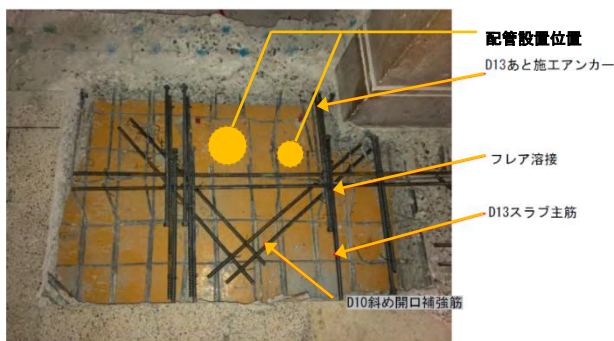


図-14 既存スラブの開口補強状況

4. おわりに

明治維新以来初めてとなる中央省庁の地方移転である文化庁の京都移転。注目を集める事業であり、文化庁、京都府それぞれの考えを踏まえてひとつにまとめていくことが求められた。

本館の保存・活用については、“どこまでやるのか”の判断が難しく、通常の改修工事であれば、誰が見ても綺麗になるところまでするものを、“歴史の痕跡を残す”という意味で、劣化や破損により使用に支障を来すものや危険性があるものを除き、存置する箇所も多かった。何をどこまでやるかの判断を求められる箇所が、通常の営繕工事と比較して多く、また、判断基準がないため、その検討・検証に時間を要するものも多々あった。設計者、工事監理者及び各工事の受注者には、工期に追われる中、通常の工事よりも多くの手間をかけ、御協力いただき竣工に至ることができた。

謝辞：本稿の執筆及び本工事の完成にあたり、多大なる御協力・御尽力をいただきました関係各位に感謝申し上げます。



図-12 耐震補強部分のあと施工アンカー打設状況



図-13 配管貫通のため切断された鉄筋の補修

炭素繊維を用いたロードヒーティング工法の研究開発

奥田 広行¹ 久保 光²

¹福井県工業技術センター 建設技術研究部 (〒910-0102 福井県福井市河合鷲塚町61字北稲田10)

²福井県嶺南振興局小浜土木事務所 (〒917-0241 福井県小浜市遠敷1丁目101)

道路の雪対策において、路面の融雪や凍結防止にはロードヒーティング工法が有効とされている。そこで本研究では、福井県の産業技術である繊維を活用した融雪・凍結防止技術として、炭素繊維シートを用いたロードヒーティング工法の開発を行った。面状発熱体の実用的な性能として、交流200Vでの発熱量 $250\text{W}/\text{m}^2$ 以上を満足するか否かを室内試験にて確認した。その結果、炭素繊維シート(混綿不織布)のほとんどで、発熱量 $250\text{W}/\text{m}^2$ 以上が得られることを確認した。また、炭素繊維を用いたロードヒーティング工法の施工性と効果を確認する現場試験を行った結果、舗設施工性を満足していることや交流200Vにて発熱量 $250\text{W}/\text{m}^2$ 以上得られること等を確認した。

キーワード 炭素繊維シート ロードヒーティング 凍結防止

1. はじめに

道路の雪対策は、除雪対策、凍結防止対策、防雪対策および情報対策に大別される。このうち、消・融雪施設は、除雪対策および凍結防止対策として運用されており、機械除雪や散布車による凍結防止剤散布など移動作業による対策手法とは異なり、流雪溝と同様に固定施設による対策手法に分類される。

ロードヒーティング工法は、無散水融雪施設の一つであり、「道路の融雪及び凍結防止のため路面に熱供給を行う施設」のことである。無散水融雪施設は、路面に散水することなく融雪・凍結防止対策を図れることから、歩行者の利便性や快適性を確保できる冬期バリアフリー対策として適用されるようになってきている。従来の電熱方式によるロードヒーティング工法は、特殊な舗装材の下部に放熱管を埋設し、線状発熱体によって路面の融雪・凍結防止を図るため、路面まで熱が伝わりにくいことや路面均一に熱が伝わりにくいなどの課題がある。

そこで本研究では、炭素繊維シートを通常の舗装材の内部に敷設することにより、路面まで熱を伝わりやすくすることや、面状に発熱させることで路面均一に熱が伝わり溶けむらが無くなることにより省力化も期待できる融雪・凍結防止技術の開発を目的とした。

2. 室内試験¹⁾²⁾

2.1 炭素繊維材料

工場で、生産可能な最低目付量を想定し炭素繊維80%・ポリアミド20%・目付量 $80\text{g}/\text{m}^2$ の炭素繊維シート(混綿不織布)を選定した。

2.2 引張接着試験

引張接着試験は、炭素繊維シートと舗装の密着性を評価するため行った。試験方法は道路橋床版防水便覧³⁾に準拠した。供試体作製は、マーシャル安定度試験に使用する内径101.6mm円筒形で高さ63.5mmの供試体を締固めることのできるモールドを使用した。引張接着強度は次式により算出した。

引張接着強度(N/mm^2)=最大荷重(N)/接着面積(mm^2)

引張接着強度の合否判定は、道路橋床版防水便覧¹⁾を参考に $1.0\text{N}/\text{mm}^2$ とした。

図-1は、引張接着試験結果を示す。いずれの供試体の引張接着強度も合否判定値の $1.0\text{N}/\text{mm}^2$ より大きかった。このことから、あらかじめ炭素繊維シートに乳剤を塗布することにより、アスファルト混合物と炭素繊維シートの密着性が確保できることが分かった。

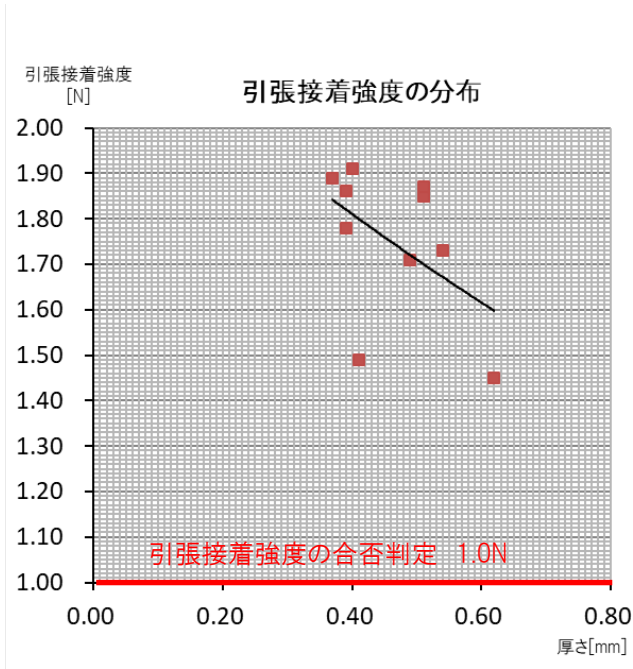


図-1 引張接着試験結果

2. 3 導電加熱試験

北陸地方では、融雪に必要とされる発熱量の目安として、 $250\text{W}/\text{m}^2$ 以上が採用されている。また、福井県内のロードヒーティング工法の多くは、商用電力として供給されている交流 200V の電圧にて運用されている。

そこで本研究では、面状発熱体の性能として、交流 200V での発熱量 $250\text{W}/\text{m}^2$ 以上が得られるかを、複数の炭素繊維シートを対象に室内試験にて確認することとした。

図-2は、目標抵抗値と測定抵抗値の関係を示す。炭素繊維とポリアミドの混合割合（重量比）によって発熱量に変化が見られたが、ほとんどで目標抵抗値を下回る結果が得られ、発熱量 $250\text{W}/\text{m}^2$ 以上が得られることを確認できた。

この結果を基に、実用的観点から、工場での生産可能な最低目付量を想定し、炭素繊維 80% ・ポリアミド 20% ・目付量 $80\text{g}/\text{m}^2$ の混綿不織布を選定した。

写真-1は、伝熱状況を示す。導電（加熱）を開始して約5分後にシートが発熱を開始した。導電（加熱）を開始して約15分後に路面が均一に発熱した。導電（加熱）を開始して約30分後に供試体全体が発熱することを確認できた。

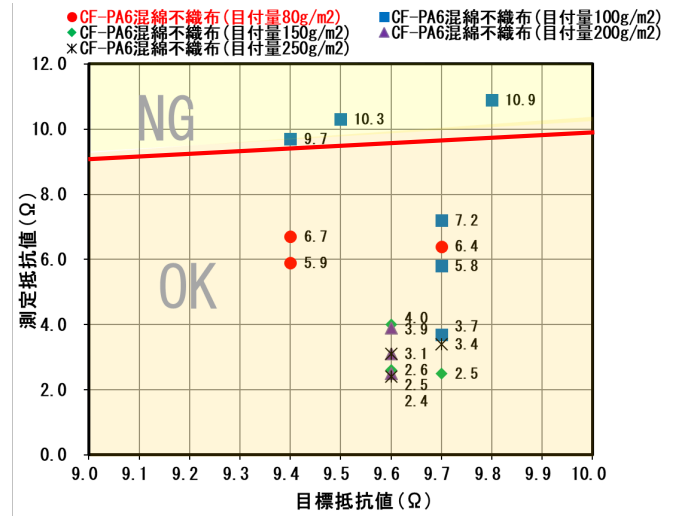


図-2 目標抵抗値と測定抵抗値との関係

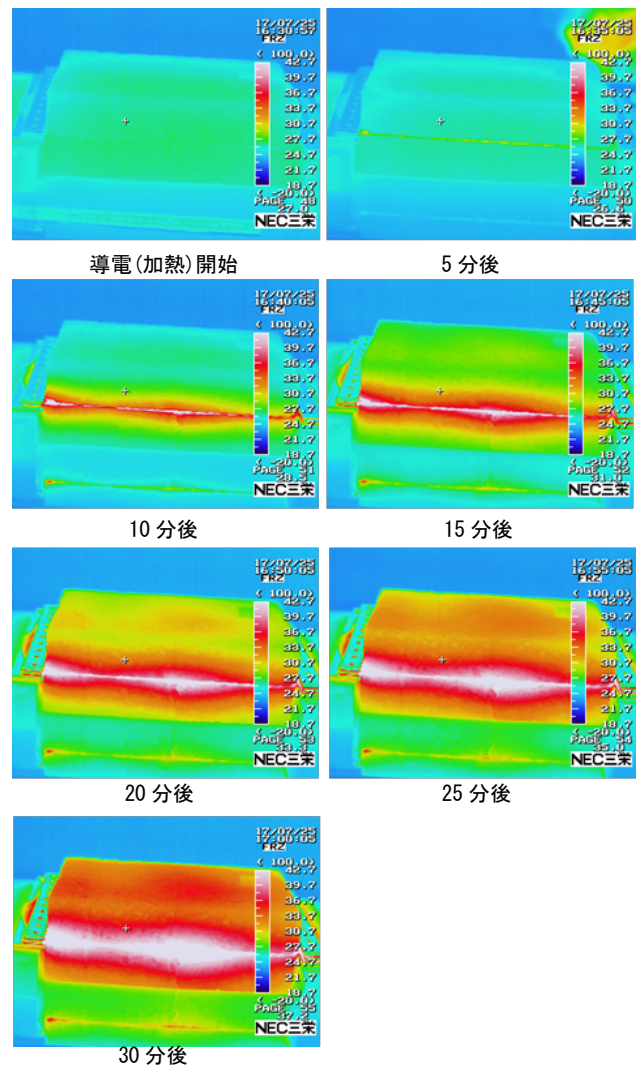


写真-1 伝熱状況

3. 現場試験⁴⁾

3. 1 施工試験概要

図-3は、試験区の舗装構成を示す。アスファルト舗装である基層と表層の間に炭素繊維シートを挟み込んで施工するサンドイッチ工法とした。また、基層と路盤の間にシート防水を行い雨水等の浸透による対地絶縁抵抗の低下を防ぐようにした。試験区の大きさは3.5m×5.5mとした。炭素繊維シートは、炭素繊維80%・ポリアミド20%・目付量80g/m²の混綿不織布を使用した。発電機は、45KVA(電圧200/220V 定格電流118A 出力36Kw)を用いた。バインダは、接着強度を高めるためと均一な接着を得るために軟化点の高い特殊乳剤を用いた。電極(銅バー)の間隔は5.2mとし、長さは3.3mとした。また、表層工事等により電極(銅バー)と炭素繊維の接触不良を防ぐため炭素繊維に巻付けることとした(写真-2)。

ロードヒーティングの効果を確認するため対照区を設け、熱画像診断装置(NEC三栄株式会社製:TH9100PMW)により伝熱効果を確認した。

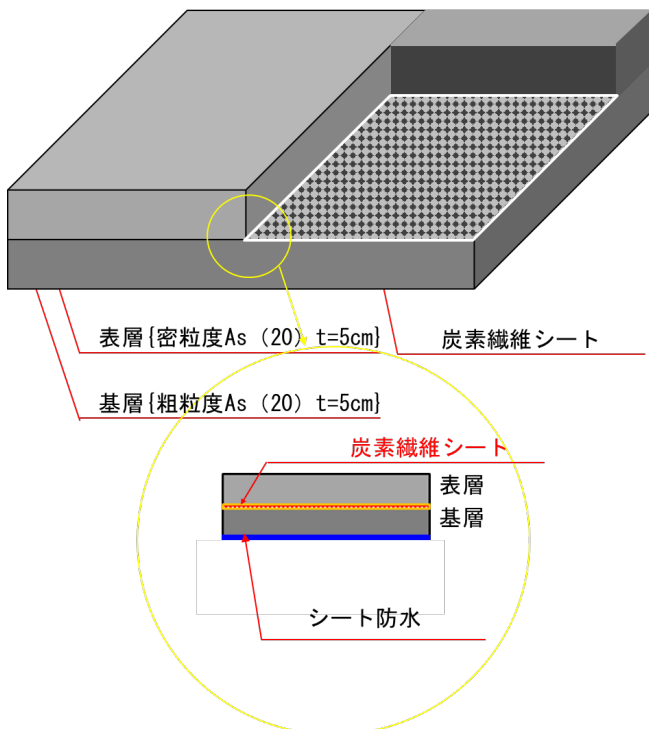


図-3 試験区の舗装構成



写真-2 電極(銅バー)の巻付け状況

3. 2 試験結果及び考察

写真-3は、試験施工箇所完成状況を示す。写真-4は、熱画像診断装置による伝熱効果を示す。対照区と炭素繊維区を比較すると炭素繊維区の方が温度が面的に10°C程度高くなっていることがわかる。このことから、炭素繊維シートに巻き込んで設置した電極(銅バー)から炭素繊維シートに通電し面的に温度が上昇したと考えられる。また、正常な温度上昇が確認されたことから表層の締固めによる接触不良はなかったと考えられる。バインダの施工については、炭素繊維シートにも浸透していたことから接着力に問題ないと考えられるが、外気温にも影響されるため施工条件に注意する必要がある。試験区の抵抗測定および通電加熱試験の結果、発熱量は567W/m²であったことから目標とする250W/m²以上を大きく上回った。しかしながら、電気代コストを考慮すると300W/m²程度が望ましいことから実用化に向けて、電極(銅バー)の設置間隔を広くすることや炭素繊維シートに炭素繊維とポリアミドの割合を変えるなど検討する余地がある。



写真-3 試験施工箇所完成状況

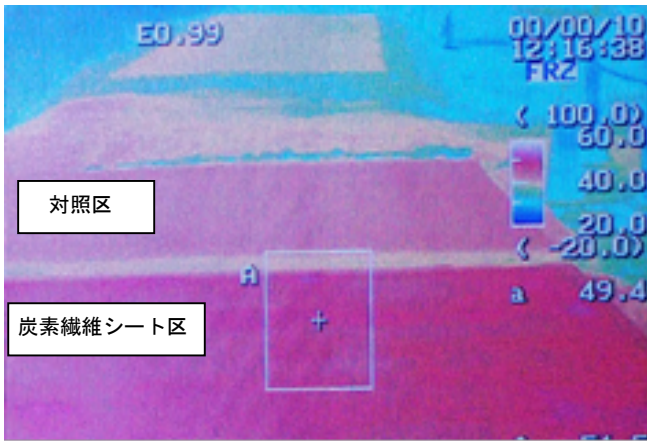


写真-4 熱画像診断装置による伝熱効果

4. 追跡調査

2021（令和3）年2月1日～2日に屋外融雪試験を行った。写真-5に試験開始前の状況を示す。炭素繊維シート区および対照区に対して、残雪を約5cmの厚さで人力により敷き均した。写真-6は、試験終了後の状況を示す。降雨により、対照区と炭素繊維シート区と比較するとあまり融雪効果の差がでなかったが、対照区の方が残雪があったことから炭素繊維シート区の方が融雪効果が高かったと考えられる。

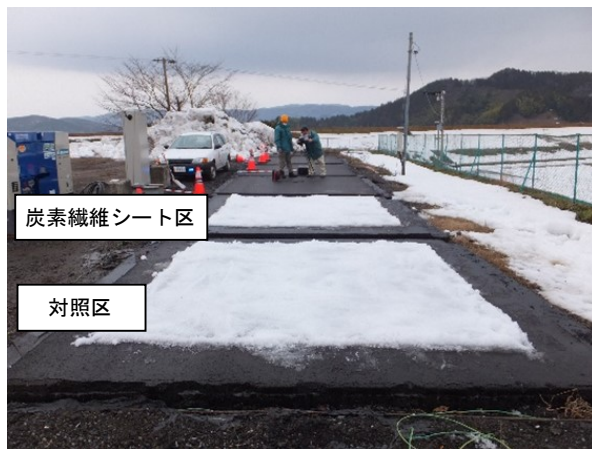


写真-5 試験開始前の状況

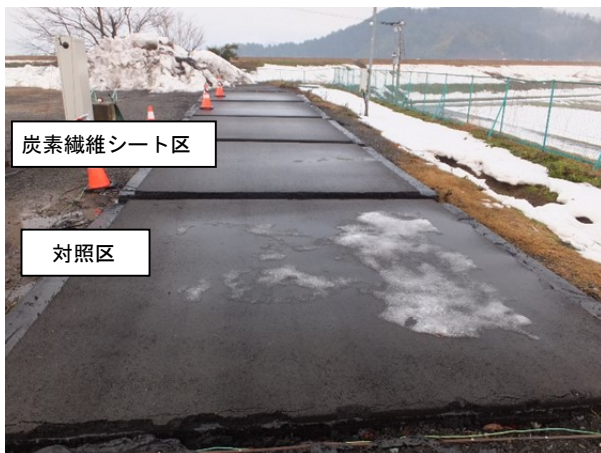


写真-6 試験終了後の状況

5. まとめ

炭素繊維シートを用いたロードヒーティング工法の施工性に関する屋外試験を行った結果、以下の知見を得た。

- (1) 舗設施工性を満足した。
- (2) 交流200Vにて発熱量 250W/m^2 以上得られることを確認した。
- (3) 熱画像診断装置により面状に発熱していることを確認した。

今後、冬期におけるデータ計測の蓄積を行い、当研究の妥当性を検証する必要がある。

謝辞：本研究の実施にあたり、金井重要工業株式会社、株式会社辻広組、日広開発株式会社、株式会社スカルトにご協力いただいた。ここに記し、感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 近藤泰光、林泰正、奥田広行、三田村文寛：「炭素繊維を用いたロードヒーティング工法の研究開発」，福井県工業技術センター研究報告書，No.34(2018),67-68
- 2) 近藤泰光、林泰正、奥田広行、三田村文寛：「炭素繊維を用いたロードヒーティング工法の研究開発（第2報）」，福井県工業技術センター研究報告書，No.35(2019),57-58
- 3) 日道路協会：道路橋床版防水便覧，2007.
- 4) 近藤泰光、林泰正、奥田広行：「炭素繊維を用いたロードヒーティング工法の研究開発（第3報）」，福井県工業技術センター研究報告書，No.36(2020),80-81

地すべり変位の新たな観測手法の導入について ～紀伊田辺地区民有林直轄治山事業 (上秋津区域)～

久積 将史¹・小澤 和也²

¹近畿中国森林管理局 計画保全部 治山課 (〒530-0042大阪府大阪市北区天満橋1-8-75)

²滋賀森林管理署 治山グループ (〒520-2134滋賀県大津市瀬田3-40-18) .

和歌山県田辺市上秋津の民有林直轄治山事業地では、地すべりの変位速度が比較的大きいことから、設置から短期間で変形し観測不能となる観測孔が多く、地中変位の観測データを長期間連続してできるだけ多く取得できる観測体制の整備が課題となっている。この課題解決に向けた観測手法として、水平ボーリング後、ワイヤーに接続させたアンカーを不動地盤に定着させて設置し土塊の挙動を計測する水平型孔内伸縮計を導入し、連続したデータを取得するとともに伸縮変動を捕捉することができ、変位量等のデータと他の地中変位等のデータを比較分析して、地すべりブロック間における変位の連動性を明らかにすることが可能となった。

キーワード 地すべり変位, 新たな観測手法, 水平型孔内伸縮計, 治山事業, 上秋津区域

1. 事業地の概要

(1) 民有林直轄治山事業の実施

紀伊田辺地区民有林直轄治山事業は、2011（平成23）年9月の台風第12号による紀伊半島大水害で、激甚な被害を受けた和歌山県田辺市の民有林（図-1）において、和歌山県の要請を受け2013（平成25）年度から実施している。2027年（令和9）年度まで実施する計画で、2022（令和4）年度末の進捗率は81%である。

2017（平成29）年度からは、和歌山県の要請を受け、上秋津区域を追加し事業を継続している。区域面積は22.5haである（図-2）。

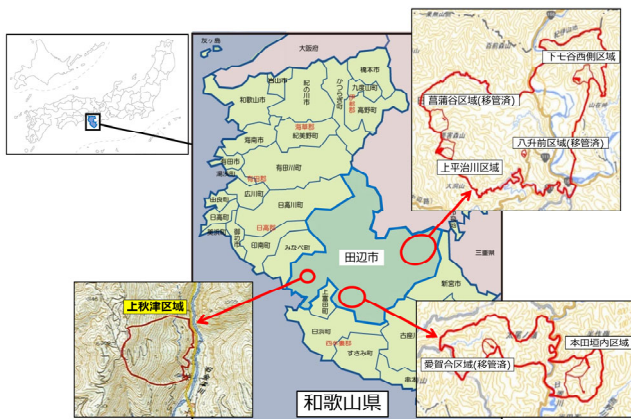


図-1 事業地の位置

(2) 地すべりブロックとその変位

上秋津区域は、地すべり活動の影響を大きく受けた崩壊地であり、地すべりブロックは全体を包括するAブロックと、その中にA0ブロック、A1ブロックなど、移動特性に応じて区分された小ブロックがある（図-3）。

地すべり活動の様子を表す一例として、Aブロック頭部の地表伸縮計S-1を設置した箇所の付近では、隣接する既設の道路擁壁に大きな亀裂が生じており、これは経年のAブロックの動きに伴って生じたものと推測される（図-4）。



図-2 上秋津区域の遠景

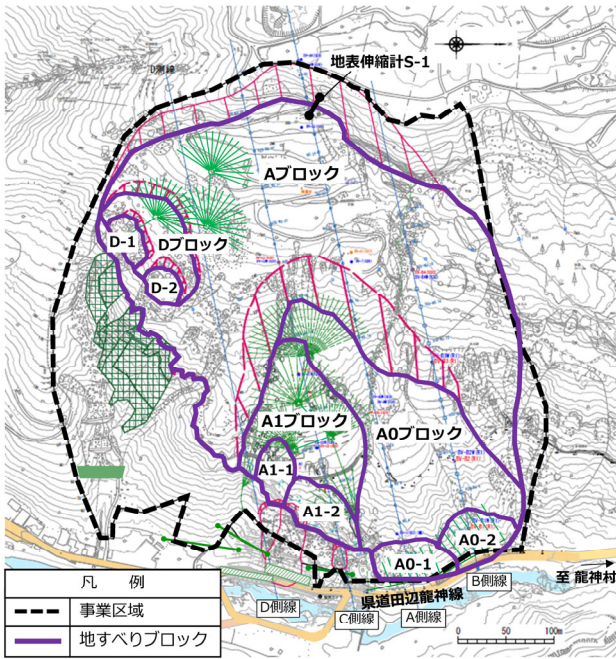


図-3 地すべりブロック



図-4 道路擁壁に生じた亀裂の様子

地表伸縮計S-1の2022（令和4）年度における1年間の変位量は8cm（82.79mm）と観測され（図-5），2018（平成30）年度から2022（令和4）年度までの5か年平均の変位量は13cmとなっており，地すべりブロックの変位速度が比較的大きいことを示している。

(3) 地すべりブロック末端部で発生したトップリング

2019（令和元）年7月には，A1-1，A1-2ブロック付近の地すべりブロック末端部において大規模な崩壊が発生した（図-6）。

左側の写真の点線で囲まれた部分が発生源となり，崩落した土石が落石防護柵を乗り越えて，直下の県道田辺龍神線まで及んだ。幸い通行中の車両はなく，人的被害は免れたものの，約8か月もの間，通行止めを余儀なくされた。

この大規模な崩壊はトップリングによるもので，主に

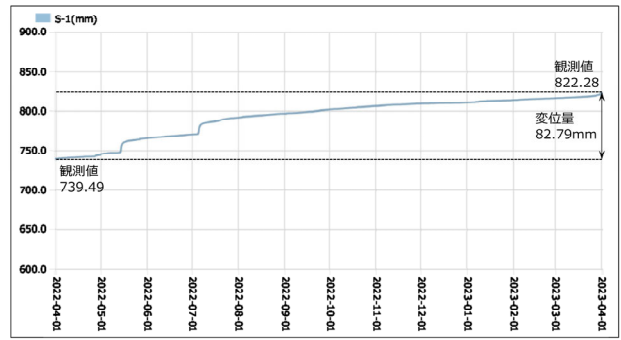


図-5 1年間の地表伸縮計S-1の変位量

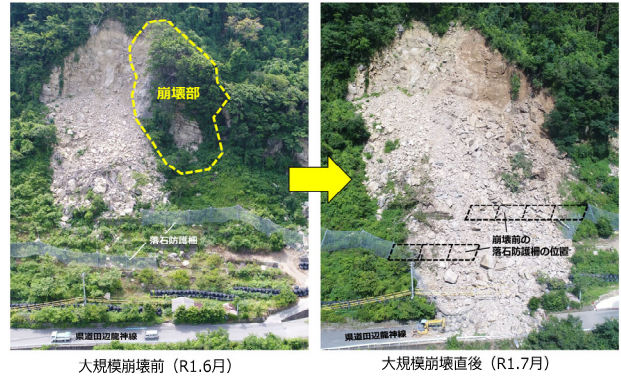


図-6 地すべりブロック末端部で発生した大規模崩壊

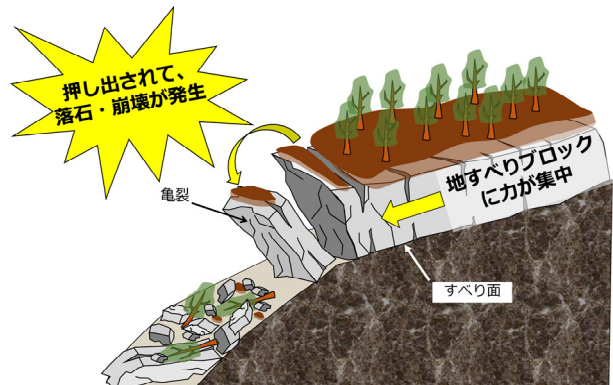


図-7 トップリングの発生イメージ

節理や亀裂を生じている岩塊が重力の作用により回転を伴って崩壊する現象である（図-7）。

上秋津区域では，地すべりブロック末端部に力が集中し，亀裂が入った岩盤が押し出しに耐えきれなくなって，一気に崩壊に至ったものと考えられる。現地に設置された監視カメラにより撮影された映像では，大きな岩塊が屏風のように倒れ込み，直下の落石防護柵に覆い被さる形で崩壊した様子が確認できた。

(4) 地すべりの変動形態

上秋津区域における地すべりの変動形態は2つに分類でき，一つは，ほぼ単一のせん断面からなり，すべり面がほぼ固定されている「せん断面型」，もう一つは，複数のせん断面を有し，幅を持ったせん断帯からなる「せ

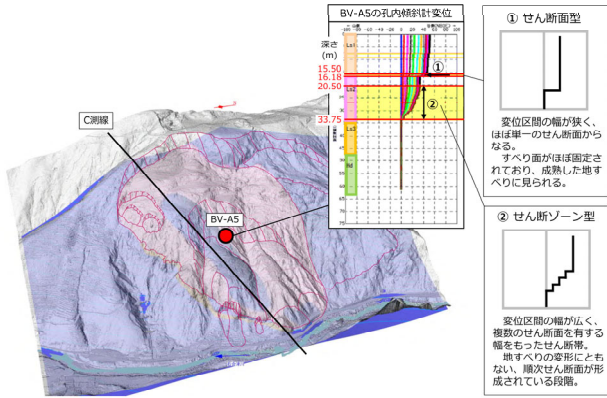


図-8 地すべりの変動形態の分類

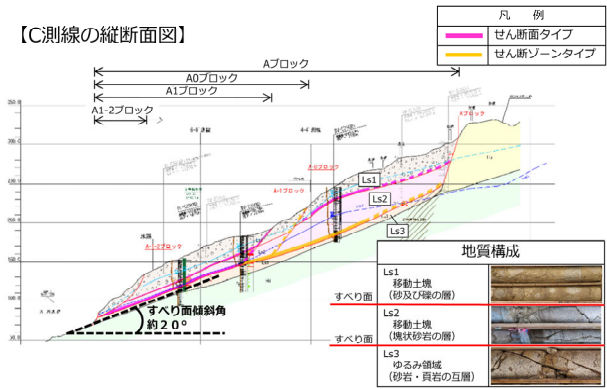


図-9 縦断面図で示す地すべりの変動形態

「せん断ゾーン型」である(図-8)。地すべりの活動に伴い、せん断ゾーン型の変動形態から、次第にせん断面型に移行していくものと考えられる。

地すべりの変動形態を縦断面図で示すと図-9のようになり、濃い太線がせん断面型のすべり面、薄い太線がせん断ゾーン型のすべり面を表している。

地質構成で見ると、せん断面型は、砂及び礫の層のLs1と、塊状の砂岩の層のLs2の境界付近に多く見られる。また、せん断ゾーン型は、Ls2と、砂岩・頁岩の互層のLs3の境界付近に多く見られ、それぞれ長年の地すべり活動によって形成されたものと考えられる。

(5) 対策工の実施状況

対策工の実施状況(2023(令和5)年3月末時点)は、地下水排除工を中心に進めており、ボーリング暗きょ工4基、集水井工7基が完了し、集水井工8基目を施工中となっている。また、末端部の崩壊による県道への被害を防止するため、同時並行して待受け対策となる落石防護柵、斜面を直接保護する斜面補強ネット工を施工している(図-10)。

なお、アンカー工等の抑止工は、地下水排除工の効果を踏まえて実施する予定である。



図-10 対策工の実施状況(2023年3月末時点)

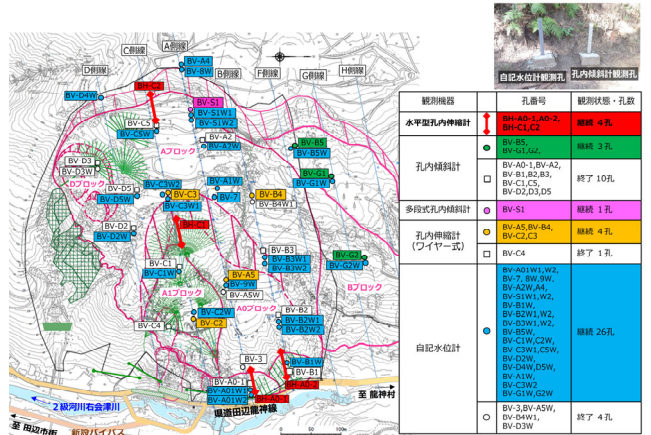


図-11 地すべり観測孔設置状況(2023年3月末時点)

2. 課題を取り上げた背景

地下水位や地中変位等の観測を目的として、調査孔を2023(令和5)年3月末までに計53孔を設置している(図-11)。これらは、地すべり発生機構を解明し、効果的な対策工計画を立案するために不可欠なものである。

孔内傾斜計観測孔は計19孔設置してきたが、そのうち15孔ではケーシングパイプの変形により観測不能な状態となっている(図-12)。これは、年平均変位量が13cmと地すべりブロックの変位速度が比較的大きいことが要因と考えられる。

このような状況から、地すべりブロック間における変位の連動性を明らかにするため、地中変位の観測データを長期間連続した形でできるだけ多く取得することが課題となっている。

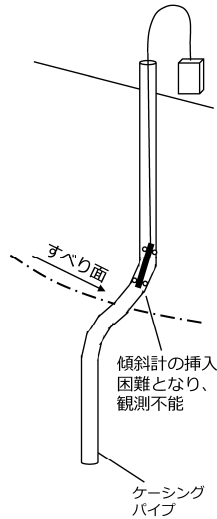


図-12 観測孔変形のイメージ

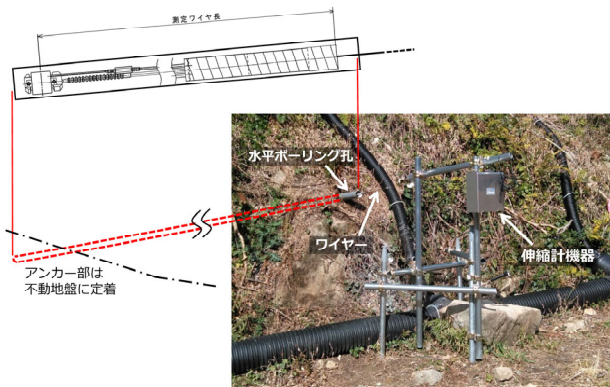


図-13 水平型孔内伸縮計の構造概念図

3. 新たな観測手法の導入

(1) 水平型孔内伸縮計の導入

この課題解決に向けた観測手法として、新たに水平型孔内伸縮計を導入することとし、2022（令和4）年3月にA0ブロック末端のA0-1、A0-2ブロックにそれぞれ1基、11月にA0ブロックの頭部に1基、12月にAブロックの頭部に1基の合計4基を設置して、変位観測に取り組んでいる（図-11）。

(2) 水平型孔内伸縮計の構造

水平型孔内伸縮計の構造は、水平ボーリングをすべり面より深いところの不動地盤まで掘進した後、ワイヤーに接続させたアンカーを不動地盤に定着させて設置するものとなっており、土塊の挙動をワイヤーの伸縮により計測する（図-13）。

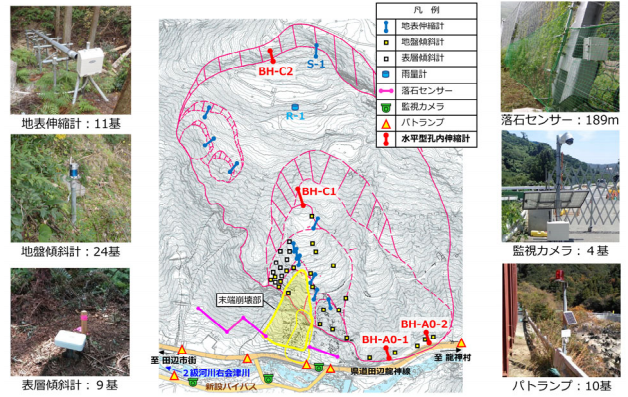


図-14 警戒監視体制位置図

観測点名	計器名	1時間変位	24時間変位	最新値	更新日時
上牧津地区S-1	S-1	-0.010mm	0.220mm	517.870mm	2020-08-19 15:30:00
上牧津地区S-2	S-2	0.030mm	0.070mm	-4.020mm	2020-08-19 15:30:00
上牧津地区S-3	S-3	0.050mm	0.030mm	18.010mm	2020-08-19 15:30:00
上牧津地区S-4	S-4	0.000mm	0.040mm	229.030mm	2020-08-19 15:30:00
上牧津地区S-7	S-7	-0.020mm	-0.090mm	-17.370mm	2020-08-19 15:30:00
上牧津地区S-8	S-8	-0.010mm	-0.040mm	-6.040mm	2020-08-19 15:30:00
上牧津地区S-9	S-9	-0.010mm	-0.010mm	5.660mm	2020-08-19 15:30:00
上牧津地区S-10	S-10	-0.010mm	-0.010mm	3.160mm	2020-08-19 15:30:00
上牧津地区S-11	S-11	0.000mm	0.320mm	29.020mm	2020-08-19 15:30:00
上牧津地区S-12	S-12	-0.010mm	-0.020mm	-137.470mm	2020-08-19 15:30:00

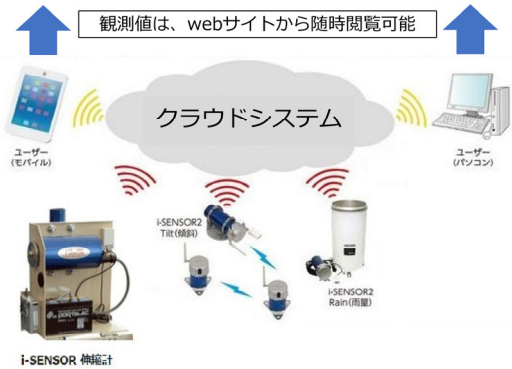


図-15 webシステムによるモニタリングの概念図

(3) 警戒監視体制の整備への活用

水平型孔内伸縮計は、設置済の地表伸縮計や地盤傾斜計などと同様に、警戒監視体制の整備にも活用している（図-14）。

具体的には、構築済のwebシステムに接続して設置済の観測機器とともに常時モニタリングし、閾値（2mm/h以上）を超える変位があった場合は関係者へ警報メールを自動配信している（図-15）。警報メールは和歌山県や田辺市等の関係機関担当者へも配信され、共有された情報は県道等の安全確保を図るための参考資料として活用されている。

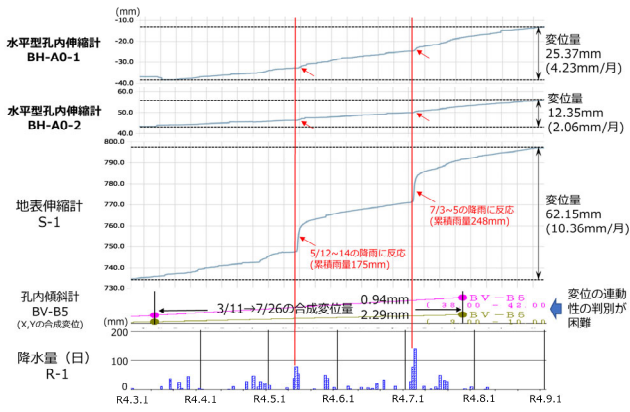


図-16 水平型孔内伸縮計と他機器の観測データ比較

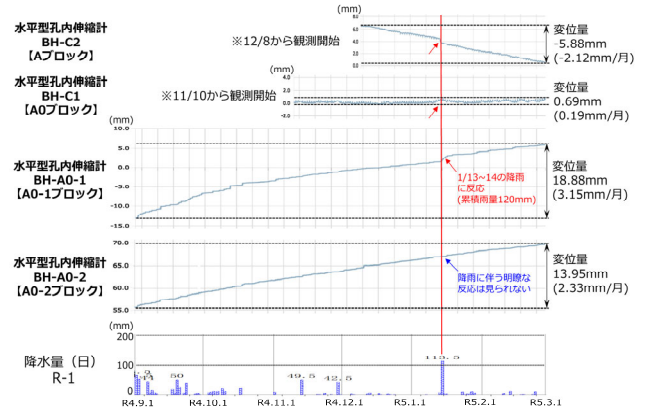


図-17 地すべりブロック間の変位の連動性

4. 取組状況と考察

(1) 観測データの分析

a) 水平型孔内伸縮計と他機器の観測データの比較分析

水平型孔内伸縮計と設置済の他機器による観測データをグラフに表し比較分析した(図-16)。

上の2つが水平型孔内伸縮計のグラフである。

水平型孔内伸縮計を設置した2022(令和4)年3月以降、一番下の日降水量のグラフによると5月中旬と7月上旬にまとまった雨が降っている。

この降雨のタイミングで、水平型孔内伸縮計2基とも、平常時よりも早い伸張反応が見られるとともに、真ん中の地表伸縮計のグラフのタイミングに呼応するように、若干遅れて反応していることが確認できる。

一方、従来の孔内傾斜計は、下から2つ目のグラフのとおり、手動計測のため常時記録されるデータではないことから、変位の連動性を判別することが困難である。

b) 地すべりブロック間の変位の連動性に係る分析

2022(令和4)年12月に4基目の水平型孔内伸縮計を設置して以降の地すべりブロック間の変位の連動性についても分析を行った(図-17)。

2023(令和5)年1月中旬に累積120mmの雨が降った際には、まずAブロック頭部の伸縮計に圧縮反応が、A0ブロック頭部の伸縮計に伸張反応が、それぞれ平常時よりもわずかに早い形で表れた。

圧縮反応は、地すべりブロック頭部の変動により、伸縮計機器設置部の地盤が沈下したことにより生じたものと考えられる。

その後、若干遅れて、A0-1ブロックの伸縮計に平常時よりも早い伸張反応が確認できた。なお、A0-2ブロックの伸縮計では明瞭な伸縮反応が確認できなかった。

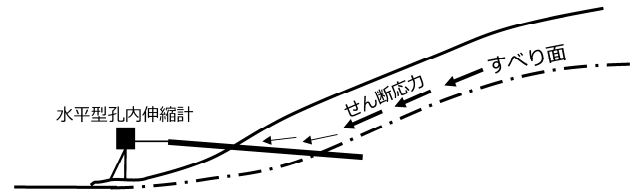


図-18 水平型孔内伸縮計にかかる応力のイメージ

(2) 考察

水平型孔内伸縮計では、連続したデータを取得するとともに、伸縮変動を捕捉することができた。

また、水平型孔内伸縮計の変位量やタイミング等のデータと他機器の観測データを比較分析して、区分した地すべりブロック間における変位の連動性を明らかにすることが可能となった。

さらに、すべり面傾斜角が約20°と比較的緩傾斜である上秋津区域では、水平方向に孔を設置することで地中変位による応力が逃げ、長期間観測可能な状態を保持することが可能となるものと考えている(図-18)。

5. まとめ

従来の孔内傾斜計による観測では、長期間連続した地中変位の観測データを取得することが困難であるが、地すべり調査初期に必要な地質構造、地中変位が起こった深度や移動方向等の地盤情報の取得に有効である。

一方、水平型孔内伸縮計による観測では、地質構造、地中変位が起こった深度や移動方向等の地盤情報の取得が困難であるが、長期間連続した地中変位の観測データの取得に有効である。

このように、地すべり調査を行う段階や目的に応じて、適切な観測手法を使い分けることが必要であることが分かった。

引き続き、地すべり発生機構の解明に向け、事業地の

特徴を踏まえた適切な観測手法を検討した上で、調査分析を重ね、効果的な対策の実施に結びつけていきたいと考えている。

巻末：小澤和也は、前所属の和歌山森林管理署紀伊田辺治山事業所における所掌内容を論文としている。

謝辞：本研究に係る観測データ整理及び資料取りまとめに御尽力いただいた応用地質株式会社の皆様の御尽力に深く感謝する。

参考文献

1) 日本地すべり学会：地すべり 地形地質的認識と用語

新粗石コンクリート工法による 水叩き部の施工について

山下 祥平¹

¹独立行政法人水資源機構 琵琶湖開発総合管理所 環境課 (〒520-0243滋賀県大津市堅田2-1-10)

川上ダム流入水バイパスの取水堰では、水叩き部に高流動コンクリートおよび現地で発生した岩を用いた新粗石コンクリート工法を採用している。従来の粗石コンクリートは締固めが不十分な場合、打設層下部や粗石周囲で空隙ができ脆弱となることがあった。一方、新粗石コンクリートは締固めが不要であり、現地発生材を用いるといった特徴から耐摩耗性や経済性に優れた施工方法であるが、施工実績が少なく、高流動コンクリートの配合や品質管理が確立されていないといった課題がある。本稿では、新粗石コンクリート工法の実施工に至るまでの試験練りおよび試験施工による検討結果や、施工性の利点および課題点について紹介する。

キーワード 新粗石コンクリート、高流動コンクリート、有効利用

1. はじめに

(1) 流入水バイパス取水堰について

川上ダム流入水バイパスは、上流の水を取るための取水堰（堤高:8m、堤頂長:56m）とダム下流へ水を引くための水路（バイパス管：約2.2km）から構成されており（図-1）、バイパス管の敷設および取水堰の構築が完了している。

流入水バイパスとは、ダム上流の水を貯水池に貯めずに直接ダム下流へ放流するための施設である。川上ダムでは、秋から冬にかけてダムから放流水温が河川水温よりも高くなることを見込まれているため、流入水バイパスを設置して、上流の河川水を直接下流に放流することで下流に生息する生物への影響を低減させることが本施設の目的である。

川上ダム流入水バイパス取水堰の水叩き部は幅26.2m、奥行き12.3mの大きさである（図-2）。水叩きは堰堤水通しからの落水、落砂等による基礎地盤の洗掘および下流の河床低下の防止を目的として設けている。

水叩きには前述のような性能が要求されるが、川上ダム流入水バイパス取水堰の水叩きでは、現地で発生した岩と高流動コンクリートを用いた新粗石コンクリートを採用している（図-2, 3）。一般に、岩石はコンクリートよりも圧縮強度が高く（岩石の強いものでは250N/mm²、コンクリートは20～100N/mm²）¹、摩耗量は高強度コンクリートよりも少ないため²、粗石コンクリートは耐摩耗性があるとされている。また、新粗石コンクリート工

法では比較的粒径の大きい粗石を用いることからコンクリート量を約43%にまで抑えることができ（試験施工の結果より）、省資源化の面でも優れている。さらには、粗石+高流動コンクリート（24-65-20BB）の施工費は、本取水堰の越流部で用いた高強度コンクリート（50-8-40BB）で行った場合の施工費の約75%で施工できるため、経済性にも優れている。



図-1 流入水バイパス建設工事位置図

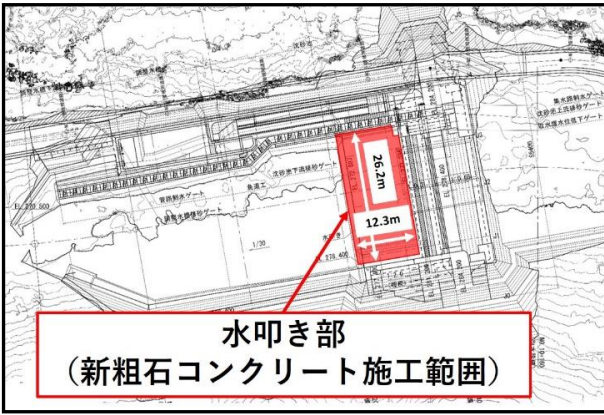


図-2 取水堰平面図

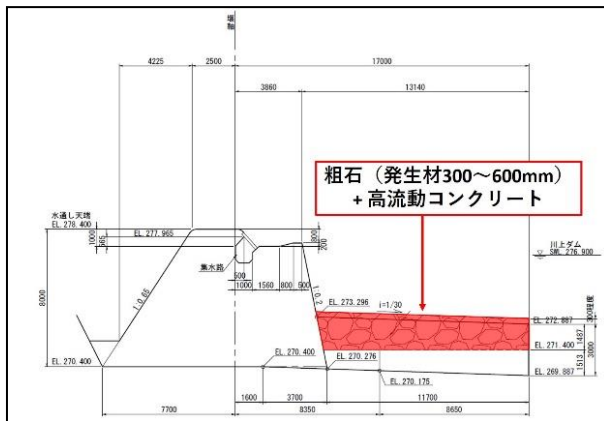


図-3 取水堰断面図

(2) 新粗石コンクリート工法について

従来の粗石コンクリートは1960年代頃まで全国の砂防堰堤で用いられていた。従来の練石積による粗石コンクリートは表面石材を1段積み上げてから1層打設を行うので、厚さ30cm程度ずつしか打設を行うことができなかった。また、1950年代前半頃まではパイプレータが普及していなかったため、突き棒を使用した人力での締固めが必要であった³⁾。このため、従来の粗石コンクリートによる施工では、相当の時間と労力を要しただけでなく、締固めが不十分な場合は打設層下部や粗石周囲で空隙ができ脆弱となる場合があった⁴⁾。

それに対して本工事で採用した新粗石コンクリート工法は、粗石間の充填に高流動コンクリートを使用するため、締固めが不要であり、尚且つ一層あたりの打設高さを高くすることが可能である⁵⁾ (本工事で約1.5mの高さを打設) (表-1)。

新粗石コンクリート工法には上述した利点があるものの、近年開発された工法であるため施工実績が少なく、高流動コンクリートの配合や品質管理が確立されていないといった課題がある。

表-1 粗石コンクリートと新粗石コンクリートの比較

	粗石コンクリート	新粗石コンクリート
施工性	締固めが必要。1層の打設厚さは30cm程度まで	締固め不要。1層の打設厚さが1.5m程度でも打設可能
耐久性	締固め不足による脆弱部発生の可能性有り	流動性の高いコンクリート使用のため脆弱部が発生しづらい

2. 試験施工による材料規格の選定

前章で挙げた課題を解決するため、本工事では実施工に先立って、以下の手順で確認した。

- ①試験練り：高流動コンクリート配合の決定
- ②試験施工：粗石の粒径範囲と使用コンクリートの決定および充填性の確認

(1) 試験練り

新粗石コンクリート工法にも使用される高流動コンクリートの特有の性能はフレッシュコンクリートの自己充填性である。土木工学会の「高流動コンクリートの配合設計・施工指針」では、高流動コンクリートを自己充填性に応じて3つのランクに分類される (表-2)⁶⁾。自己充填性のランクが上がる (数字が小さくなる) につれて自己充填性が高く、より高価になる。

試験練りでは以下の2つの検討を行った。

- 検討①：自己充填ランク1配合とランク2配合を作成
- 検討②：当初設計では骨材最大径は20mmだが、プラント利用可能骨材から、25mmにて検討し、充填性を確保できない場合には13mm配合も作成した。

表-2 高流動コンクリートの自己充填性のランク(土木工学会高流動コンクリート配合設計・施工指針より)

自己充填性のランク	1	2	3
鋼材の最小あき (mm)	35~60程度	60~200程度	200程度以上
主な対象構造物	高密度配筋部材、複雑・異形型枠を使用した構造物	通常のRC構造物や複合構造物	配筋量の少ないマスコンクリート構造物や無筋構造物

試験練りにおける使用材料と配合条件は以下の表-3, 4の通りである。

表-3 使用材料

材料名		種類	比重
セメント (C)		高炉セメント B種	3.04
細骨材 (S)	S1	川砂	2.60
粗骨材 (G)	G1	川砂利	2.65
	G2		
水 (W)		地下水	1.00
混和剤 (Ad)		高性能 AE 減水剤	—

表-4 配合条件

水セメント比	54%以下※1
スランプフロー	65±10cm※2
骨材最大径	25mm or 13mm
空気量	4.5%
単位水量	175kg/m ³
粗骨材絶対容積	ランク 1:280L/m ³
	ランク 2:300L/m ³

※1 大栄工業標準配合、呼び強度24N/mm²水セメント比より

※2 ランク1配合はフロー値70cmを目標とした。

試験配合検討は以下の手順で進めた。

- 既往実績からランク2は単位セメント量375kg/m³、ランク1は450kg/m³から開始
- 開始配合で試験合格した場合、さらにセメント量を下げて検討
- 試験不合格となった場合、セメント量を増加させて検討。ただし、不合格試験がU型充填試験のみの場合は同一セメント量で骨材最大径を変更した配合でも検討

上記の手順で進め、以下の表-5のNo.1からNo.7までの配合を作成し試験を実施した。

表-5 試験配合

No.	検討	配合名	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)					
					C	W	S	G1	G2	Ad
1	①	C375-65-25BB (ランク2)	46.7	54.3	375	175	926	合計795		C×1.80%
2	①	C350-65-25BB (ランク2)	50.0	54.9	350	175	949	合計795		C×2.00%
3	①	C450-70-25BB (ランク1)	38.9	55.6	450	175	913	合計742		C×1.30%
4	①	C500-70-25BB (ランク1)	35.0	54.5	500	175	872	合計742		C×1.30%
5	②	C500-70-13BB (ランク1)	35.0	54.5	500	175	872	—	742	C×1.60%
6	①	C550-70-25BB (ランク1)	31.8	53.2	550	175	829	合計742		C×1.65%
7	②	C550-70-13BB (ランク1)	31.8	53.2	550	175	829	—	742	C×2.00%

試験内容はコンクリート標準示方書（施工編 2017年制定）に基づき以下の表-6の内容を実施した。

表-6 試験内容

試験項目	試験方法	規格値	備考
試験温度	JIS A 1156	—	練り直後、5、13、30分後
スランプフロー	JSCE-F 503-1999	65±10cm	
500mmフロー到達時間		ランク 1: 5~20sec ランク 2: 3~15sec	
空気量	JIS A 1128	4.5±1.5%	5分後
圧縮強度試験 (kN/mm ²)	JIS A 1108	—	TP:6本 2水準 (σ7,σ28)
U型充填試験	JSCE-F 511-2011	300mm以上	5分後

スランプフローおよび500mmフロー到達時間は粘性・流動性の確認のため実施した。スランプフローと500mmフロー到達時間の試験については、それぞれ5、13、30分後でも試験を行い、各時間経過後でも規格値を満たす配合を採用した（20℃環境では、静置時間の2倍が運搬時間に換算されるため、静置時間13分後は工場から現場までの運搬時間約25分後）。

U型充填試験では自己充填性の確認のため実施した。U型充填試験とは、写真-1のようにU型のボックスの片方に高流動コンクリートを入れ、U型下部の仕切りを抜き流入させた側の高さを計測し自己充填性を確認する試験である（両側の高さが一致する場合355mm）。



写真-1 U型充填試験の様子

(2) 試験練り結果

試験練りの結果、ランク2は表-5のNo.1、ランク1はNo.7の配合が規格値を満たした。その他の配合では、粘性が低いことによりフロー試験の規格値を満たさないものや、骨材が分離気味になりU型充填試験の規格値を満たさないものがあった。このことから、ランク2では

単位セメント量 375kg/m³以上が必要で、ランク 1 では単位セメント量 550kg/m³ 以上および粗骨材最大寸法を 13mm にする必要があったことが判明した。No.1 と No.7 の配合については後日、同試験を再度行い確認した。その結果を表-7, 8 に示した。その結果においても規格値を満たしていたため、試験施工では表-5 における No.1 (ランク 2) および No. 7 (ランク 1) の配合の高流動コンクリートを使用し、充填性や施工性を確認した。

表-7 試験結果 ランク1

試験項目	試験結果		規格値	備考
試験温度	23°C		—	練り直後
スランプフロー	73cm		65±10cm	
500mmフロー到達時間	5.4sec		ランク 1: 5~20sec	
空気量	4.2%		4.5±1.5%	5分後
圧縮強度試験 (kN/mm ²)	σ7	40.9	—	TP:6本 2水準 (σ7,σ28)
	σ28	60.9	—	
U型充填試験	352mm		300mm以上	5分後

表-8 試験結果 ランク2

試験項目	試験結果		規格値	備考
試験温度	23°C		—	練り直後
スランプフロー	64.5cm		65±10cm	
500mmフロー到達時間	3.4sec		ランク 2: 3~15sec	
空気量	4.3%		4.5±1.5%	5分後
圧縮強度試験 (kN/mm ²)	σ7	21.0	—	TP:6本 2水準 (σ7,σ28)
	σ28	36.3	—	
U型充填試験	350mm		300mm以上	5分後

(3) 試験施工

試験施工では試験練りにより選定した2種類の高流動コンクリート配合と2種類の粗石の粒径を組み合わせた条件下で実施した。粗石の粒径については、施工範囲に存在した粒径と実際の施工性を考慮し以下の2種類の粒径範囲を用いて試験施工を行った。

- 粒径範囲150mm～600mm
- 粒径範囲300mm～600mm

以上より、2種類のコンクリートと2種類の粒径範囲を

用いた表-9に示す計4種類の条件で試験を実施した。

表-9 試験条件の組み合わせ

試験条件	高流動コンクリート配合	粗石粒径範囲
1	ランク 2	150mm～600mm
2	ランク 2	300mm～600mm
3	ランク 1	150mm～600mm
4	ランク 1	300mm～600mm

一般的に、高流動コンクリートのランクが上位（数字が小さい）であると流動性がより高く、経済性が落ち、尚且つ粗石の粒径が大きくなると空隙体積が増加し、コンクリート量も増加し経済性が落ちる。これらの経済的観点より試験条件1→2→3→4の優先順位に基づき試験を実施した。なお、良好な試験結果が得られた段階でその条件を採用とし、試験施工を終了した。

試験施工では幅1.8m、長さ4.5m、高さ1.8mの型枠内（対角延長4.8m）に粗石の粒径範囲を調整した粗石を詰め、端部1か所から筒先を挿入し、高流動コンクリートを流し込み充填性および施工性を確認した。

(4) 試験施工の結果

試験条件1で実施した結果、コンクリートが天端まで到達した範囲が打設位置から約2.5m程度であり反対側までコンクリートが到達しなかったため、追加で反対側に筒先を移動させ打設した。打設後、脱型し側面より充填性を確認したが、粒径が小さな粗石が集まっている箇所では未充填な箇所が確認された（写真-2）。

試験条件2で実施した結果、コンクリート天端が1/15の勾配が生じたが、一箇所からの充填で全体の天端までコンクリートが充填された。脱型後に側面および取壊し時に粗石周囲が空隙無く充填されていることを確認した（写真-2）。このことから、試験条件3, 4は実施せず試験条件2を実施施工で採用した。

(5) 試験施工の考察

試験施工の結果から、粗石の粒度が小さくなると未充填な箇所が発生することが確認された。試験条件2においては高い充填性が確認されたため、ランク2の高流動コンクリートの場合、300mm以上の粒径の粗石であれば、高い充填性が保たれることが確認された。また、長さ4.5mの型枠内を充填することができたので、ランク2の高流動コンクリートの流動可能距離が少なくとも4.5mはあることが分かった。



写真2 試験条件1（上）と試験条件2（下）の結果の様子



写真3 粗石洗浄の様子



写真4 粗石敷設の様子

3. 実施工について

試験施工の結果を考慮し、流入バイパスの取水堰の水叩き部で新粗石コンクリート工法を用いた打設を行った。新粗石コンクリート工法の施工手順については、打設面清掃→型枠組立→粗石敷設→高流動コンクリート打設→仕上げの順である。打設面清掃および型枠組立について通常の施工と同様であるため、それらの説明については割愛する。

(1)粗石敷設

粒径300mm～600mmの粗石を投入する前に、粗石に付着した粘土等を入念に水で洗い流した（写真-3）。その後、グラップルを用いて型枠やセパに接触させないように慎重に粗石を設置した。設置の際はコンクリート打設面から約30cm程度粗石が露出するように敷き並べた。また、試験施工と同様、高流動コンクリートが充填されているか目視できるように隙間を設けて敷き並べた（写真-4）。

(2)高流動コンクリート打設

コンクリート打設前に打設面及び粗石に散水し湿潤状態にした。その後、試験施工により決定した24-65-25BB（ランク2）の高流動コンクリートをポンプ車を用いて打設した。打設時は材料分離が起きないように筒先と打設面をできるだけ近づけ打設した。また、試験施工の結果よりコンクリートの流動可能距離が4.5mであったので、それ以上の間隔にならないようホースを挿入した（写真-5）。



写真5 高流動コンクリート打設の様子

(3)仕上げ

打設完了後、粗石が打設面から300mm程度露出するよう粗石表面をブラシで磨き、付着したコンクリートを落とし、粗石の間隙はコテを用いて平滑に仕上げた（写真-6）。



写真-6 新粗石コンクリート打設後の仕上げの様子

4. おわりに

新粗石コンクリート工法のメリットとしては以下が挙げられる。

- 自己充填性のある高流動コンクリート使用により締め固めが不要、尚且つ空隙および脆弱部ができにくい
- 一層で1.5m程度の打設が可能
- 施工費は高強度コンクリートの約75%で経済的
- 現地で発生する比較的粒径の大きい粗石を使用するため省資源化

また、実施工に先立ち、試験練りおよび試験施工を行うことで以下のことを知ることができた。

- 試験練り：現場着時の性状が規格値内に収まるための工場出荷時の性状決定
- 試験施工：粗石と高流動コンクリートとの相性や充填性、コンクリートの流動距離

一方で、本工法の施工実績が少ないため知見は少なく、実施工前に試験練りや試験施工による検討が必要であったり、現地で発生した粗石を使用する場合は、施工場所周辺に適合する粗石が存在する必要がある、施工場所が限られるなどの課題点も感じられた。これらの課題の解決のためには、さらなる知見の蓄積が重要となるであろう。

※著者が川上ダム建設所所属であった2022年度に本論文を執筆しました。

参考文献

- 1) 技術者に必要な岩盤の知識 日比野敏 P35
- 2) 多目的ダムの建設 第5巻 設計II編：平成17年度版・ダム技術センター P212
- 3) 練石積砂防堰堤(粗石コンクリート構造)の特性と重点的な管理・補修施設の選定の考え方 砂防学会研究発表会概要集 2010 206-207
- 4) 粗石コンクリート構造の砂防施設の内部特性と健全性評価 砂防学会研究発表会概要集 2016 230-231
- 5) 建設コスト縮減を目的とした新粗石コンクリートによる砂防堰堤の構築 土地改良 293号 2016.4
- 6) 土木工学会「高流動コンクリートの配合設計・施工指針」の改訂について J-STAGE 2012年50巻6号 p.515

日吉ダムにおける流木の有価物処理について ～ダムの維持管理費用低減に向けた試行的取組～

松野 優希¹・桜庭 博司²

¹独立行政法人 水資源機構 日吉ダム管理所（〒629-0335 京都府南丹市日吉町中神子ヶ谷 68）

²独立行政法人 水資源機構 日吉ダム管理所所長代理（〒629-0335 京都府南丹市日吉町中神子ヶ谷 68）

ダム湖に漂着した流木の引揚げ、加工及び処分等に関する費用は維持管理費における大きな負担となる。ダム流木は一般廃棄物として処分されることが多いため、受け入れ先に苦慮することも多い。

日吉ダムについても、流木の集積量の増加に伴う処分費等の増加や、仮置き場の圧迫が課題となっている。そのため、日吉ダム管理所では流木を有価物として有償譲渡し、維持管理費用の低減及び資源としての有効活用に取り組んだ。

本稿は、流木の有償譲渡による維持管理費の低減や、資源のリサイクル化等について報告するものである。

キーワード 有価物、処分コストの低減、木質ペレット、バイオマス、カーボンニュートラル

1. はじめに

(1) 日吉ダム貯水池に漂着した流木の概要

日吉ダムは貯水池内に漂着した流木及び塵芥の収集を行っている。収集・陸揚げの後は流木と塵芥を分別する。日吉ダムでは、1m以上のものを流木、それ以外を塵芥として区分している。日吉ダムにおける1998年から2020年の流木及び塵芥の引揚げ量について、表-1に示す。

なお、流木の引揚げ量が一番多い2013年は、日吉ダム管理以来最大の流入量(1,694m³/s)を記録した年である。

(2) 日吉ダムにおける流木に関する課題

日吉ダムには現在約2,000空m³の流木が利用されずに集積されており、仮置き場を圧迫している。

日吉ダムの位置する南丹市では、流木は一般廃棄物として処分される。一般廃棄物として流木を処分する場合、焼却場に入る大きさに流木を処理する必要がある。一日の受入れ量に上限がある処分場も存在する。

日吉ダムにおいて、貯水池内に漂着した流木及び塵芥を引揚げた際にかかる費用は約2,000万円となり、引揚げた全量を一般廃棄物処理場において処分すると、加工及び処分等に関する費用は約2,100万円となる。これらの費用は

維持管理費における大きな負担になってしまう。

これらのことから、集積している流木を処分する場合、膨大な費用と、加工に要する時間が必要となることがわかる。

表-1 日吉ダム流木等引揚げ量

	引揚げ量 (単位：m ³)		
	流木	塵芥等	
1998年	954	770	184
1999年	333	305	28
2000年	141	115	26
2001年	73	73	0
2002年	254	80	174
2003年	278	123	155
2004年	1,079	259	820
2005年	550	534	16
2006年	765	457	308
2007年	270	130	140
2008年	0	0	0
2009年	135	42	93
2010年	300	167	133
2011年	788	312	476
2012年	354	141	213
2013年	2,609	2,475	134
2014年	1,922	1,046	876
2015年	2,120	1,180	940
2016年	677	20	657
2017年	570	0	570
2018年	955	358	597
2019年	875	401	474
2020年	0	0	0
合計	16,002	8,988	7,014

日吉ダムでは、集積している流木の一部を非営利の個人に無償配布しており、1年間の配布量は約40空m³から50空m³未満である。しかし、無償配布する流木は、後に利用しやすいように玉切り加工をしているため、処理費用がかかっている。

そのため、日吉ダムでは流木を処分及び処理に関する費用がかからず、なおかつ大きい規模で処理する方法を模索することとした。

(3) ダム流木への需要調査

日吉ダムの位置する南丹市の森林率（総土地面積における森林面積）は87.9%で、京都府内において森林率が一番高く、林業の盛んな地域でもあるため、市内には森林組合や木材加工業者等が多数存在する。そのため、日吉ダムでは自治体や森林組合等に対して、ダム流木への需要調査を行った。

ダム流木については砂が付着しており、石等が噛み込んでいる部分等が存在することを説明した上で、バイオマス等への有効活用の観点から、利用が可能であれば譲渡したい旨を伝えた。

結果として、日吉ダム周辺の企業において、複数社、ダム流木への関心と需要の可能性があることが分かった。

2. 流木の有価物処理について

(1) 流木の有価物処理

需要調査の結果、今回はダム流木を有価物として取扱い、有償譲渡を行うこととした。

有価物とは、他人に有償で売却出来るものである。今回、ダム流木を有価物として取扱うこととした理由は、下記に示す2点のとおりである。

- ・ダム流木の状態について説明されたうえで、使用が可能だと回答した者がいたこと。
- ・有償譲渡について可能だと答えた者がいたこと。

(2) 流木の有償引取者募集

有償引取者の公募については、ホームページで行うこととした。

ホームページに掲載した資料については、「募集要領」、「有償引取希望者の聴取」、「流木の再資源利用計画書」、「有償引取希望書」及び「参考図（原石山跡地における流木仮置き場の現況写真、位置図）」である。これらの資料について詳しく説明する。

a) 募集要領

引渡し条件として、下記に示す2点を記載した。

- ・1者当たり流木が50空m³以上であること。（無償配布よりも大きな規模で流木の処理を行いたかったため）
- ・現地（原石山跡地の流木仮置き場）にて引渡しに際する作業（切断、積込及び運搬）を自己負担で行えること。

また、現況写真だけでは流木の状態や大きさ、形状の確認が難しいため、現物の確認期間を約2週間設けるものとした。

b) 有償引取希望者の聴取

有償引取希望者の聴取については、「流木の再資源利用計画書」及び「有償引取希望書」の提出によるものとし、不法投棄防止の観点から、引き渡し後の流木の利用計画を明らかにするものとした。

有償引取希望者が複数の場合、最も高い引取額を提示した者から優先して引取者を決定し、同額の場合はくじ引きで決定するものとした。引取者が決定し、当該引取者による作業終了後、流木仮置き場に流木が残留している場合には次点の提示者へ残数量での引渡しの可否について協議するものとした。

c) 流木の再資源利用計画書の提出依頼

流木の有償引取者の募集に際し、一番に留意すべき点は、不法投棄防止である。流木の引取者が不法投棄を行った場合、廃棄物処理法違反により引渡者も罰せられる可能性がある。そのため、引取希望者の提出書類として、引き渡し後の流木の再資源利用計画書の提出を依頼し、引取後の利用方法について明らかにするものとした。

記入欄の内容について、以下に示す。

- ・事業者名（住所・代表者・電話番号）
- ・主な利用目的
- ・具体的な事業内容

d) 有償引取希望書

流木の有償引取希望者には、希望数量と引取単価を希望者により記入して貰うこととした。

日吉ダムでは、流木に対する引取価格を引取者自身に提示して貰うことで、流木の引取価格の経済合理性を得られるものと考えた。

記入欄の内容について、以下に示す。

- ・希望数量（空m³）
- ・引取単価（1空m³当りの単価（税込み））

e) 参考図（原石山跡地における流木仮置き場の現況写真、位置図）

参考図として、位置図及び原石山跡地の仮置き場における現況の写真を提示した。



写真-1 仮置き場における現況

(3) 流木の有償譲渡

応募があった有償引取希望者の提出書類の内容の妥当性を確認し、決定通知書を送付のうえ、流木の譲渡を行うこととなった。今回決定した引取者の希望数量は500 空 m³ で、引取単価は1 空 m³ 当り 1,000 円であった。

決定通知書は、現地の引渡しにあたっての数量の確認方法を譲渡前の打合せにて協議、決定することを明記した。

a) 数量の確認について

数量の確認は搬出車両の数量にて行うこととした。搬出車両の荷台寸法を積載可能量（空 m³）として、その台数から搬出量を確認した。

(4) 有償譲渡を終えて

有償譲渡を終えて、流木仮置き場から約 110 空 m³ の流木が搬出された。

流木は、ゲートの損傷の可能性を防ぐため出水期毎に漂着した量を引揚げる必要がある。大規模な出水の後には大規模な量が漂着することもあり、仮置き場を満杯にせず、定期的に処分及び処理することが重要だが、流木を 110 空 m³ 処分する場合、約 330 万円の費用がかかる。今回は有償物として処分したため、仮置き場での加工、搬出及び処分に係る費用は一切かからなかった。日吉ダムには大量の流木が集積してあるため、流木を有償物として処理することは、維持管理費の年間コスト縮減に大きく貢献すると感じた。

また、一般の方からも流木を引取りたい旨のお問い合わせを頂き、昨今の流木への関心を感じた。今回は 50 空 m³ 以上を引取ることが条件であったため、一般の方の参加は困難であったが、流木への需要も感じる事が出来た。

3. 資源のリサイクル等

(1) 流木のリサイクルについて（エネルギー利用）

水資源機構の定める環境方針の下、各事務所で行うこと

としている環境行動計画がある。この中には流木・刈草のバイオマス有効活用が取組事項として挙げられており、これはSDGsにおける7番「エネルギーをみんなにそしてクリーンに」に該当する。

今回決定した引取者は南丹市に隣接する京都市内に所在する間伐材を原料とした木質ペレットを製造している業者であった。

貯水池内に漂着した流木を有償物として有償譲渡し、木質バイオマス等の資源として活用することは、カーボンニュートラルの一助となり、環境負荷の低減に寄与すると考えられる。



図-1 SDGs（外務省）

(2) 流木のリサイクルについて（その他）

日吉ダム管理所では、流木の無償配布も行っている。無償配布では資源のリサイクルを目的として、薪として利用しやすいように丸太状に加工した流木を配布しているが、今年は日吉ダム近傍の中学校から流木の提供の依頼を受けた。近年の中学美術の教科書には、流木アートに関する記載があるため、授業の教材として利用するとのことであった。ダムに流入する流木の中には大小様々な、変わった形状のものも多い。実際に、担当教員の方が選んだのは湾曲した形状や根株が多く、生徒が加工する関係上、取り扱いやすい小径木等であった。

これらの流木は有償引取者が希望する規模が大きくある程度の均一性がある流木とは形状が異なるため、小径木等については学校教育と連携し、今後も教材として提供していくことが出来るのではないかと感じた。



写真-2 無償配布用の流木



写真-3 流木の無償提供

4. まとめ

日吉ダム周辺に、ダム湖に漂着した流木への需要がある

ことを調査によって把握することが出来た。調査した者の中には有償譲渡を可能だと答えた者がいたため、今回はダム流木を有価物として取扱い、有償譲渡を試行的に行うこととなった。結果として、流木を約 110 空 m³ 有償譲渡し、処分する際に必要となる約 330 万円の費用を削減することが出来た。今回の取組は処分コストの低減に貢献し、維持管理費の削減に繋がった。

また、譲渡した流木はダム周辺の企業により木質ペレットに加工され、バイオマスとして有効活用され、環境負荷低減に寄与した。このため、結果的にカーボンニュートラルに貢献することができ、SDGs に沿った取組成果となった。

昨今の激甚化する豪雨や台風による災害の中、大規模な出水が増えていくと、流木の引揚げ量についても今までに無く増加することが考えられる。その際には仮置き場の確保や処分費等、様々な問題が浮上するが、今回取り組んだ流木の有価物処理は、ダム管理における維持管理費のコスト縮減及び環境負荷の低減に繋がるため、他方面の現場においてもこの方法を推奨していきたい。

参考文献

- 1) 行政処分の指針について（通知），2021年4月14日，環境相環境再生・資源循環局廃棄物規制課長
- 2) 河道内樹木採取民間活用ガイドライン（案），令和4年3月，水管理・国土保全局 河川環境課 河川保全局
- 3) 廃棄物の処理及び清掃に関する法律
- 4) 廃棄物の処理及び清掃に関する法施行令
- 5) 京都府の森林・林業の現状（令和3年版），京都府農林水産部

瀬田川鹿跳区間における試験施工の分析結果について

三原 辰太

近畿地方整備局 琵琶湖河川事務所 流域治水課 (〒520-2279滋賀県大津市黒津4-5-1)

淀川水系の上流部に位置する瀬田川景勝地である鹿跳溪谷において、淀川水系河川整備計画に基づく瀬田川の流下能力1,500m³/sを確保するため、景観、自然環境の保全及び親水性の確保などの観点に配慮した河川整備を検討している。前述の3つの観点に配慮するため、岩掘削の各掘削工法における施工性や正確性及び作業時の騒音・振動についての検証と、各掘削工法による仕上がり状態及び修景工の実用性についての検証、を行うため、鹿跳溪谷と同等の岩質が確認されている鹿跳溪谷の上流付近にて試験施工を行った。本稿では試験施工にて行った、掘削工法と景観の観点における検証の分析結果について示す。

キーワード 淀川水系河川整備計画、流下能力1,500m³/s、甌穴、景観

1. 試験施工に至った経緯

平成21年に策定された淀川水系河川整備計画（以下「河川整備計画」という）において『瀬田川では、琵琶湖の後期放流に対応するため、大戸川合流点より下流において1,500m³/sの流下能力を確保する。』、『優れた景観を形成している鹿跳溪谷については、学識経験者の助言を得て、景観、自然環境の保全や親水性の確保などの観点（以下「3つの観点」という）や早期効果発現を重視した河川整備について検討して実施する。』としている。

流)の河川改修が完了している。

また、令和4年に天ヶ瀬ダム再開発事業が完了（R4出水期より運用開始）したことにより、瀬田川鹿跳区間の改修に着手することが可能となった。

鹿跳溪谷の河川整備を検討するにあたっては3つの観点に配慮するため、学識者の意見を得ることを目的とした『瀬田川整備検討委員会』を令和4年3月に設立し、河床掘削による河川整備を行うため、3つの観点に配慮するため、岩掘削の各掘削工法における施工性や正確性及び作業時の騒音・振動についての検証と、各掘削工法による仕上がり状態及び修景工の実用性についての検証、を行う必要性が生じたため、鹿跳溪谷と同等の岩質が確認されている鹿跳溪谷の上流にて試験施工を行った。



図-1 淀川水系河川整備計画(変更) (令和3年8月6日, 近畿地方整備局) 抜粋

瀬田川洗堰より下流区間(宇治川, 天ヶ瀬ダム)の改修について、平成30年に宇治川の塔ノ島地区, 令和3年には瀬田川上流(鹿跳溪谷上流~瀬田川洗堰下

2. 淀川水系の特徴

(1) 淀川流域の概要

淀川は、その源を滋賀県山間部に発し、琵琶湖から流れ出る瀬田川が宇治川となり、途中、木津川、桂川と合流し大阪湾に注ぐ、流域面積 8,240km²、幹線流路延長 75km、流域内人口約 1,248 万人の一級河川である。

流域は、大阪府、兵庫県、京都府、滋賀県、奈良県、三重県の2府4県に跨がり、近畿地方の社会、経済、文化の基盤を成し、沿川には大阪市、京都市等の大都市を擁している。

琵琶湖から流出する一級河川は唯一、瀬田川のみであり、瀬田川洗堰によって琵琶湖から洗堰下

流に流れる流量をコントロールしている。琵琶湖は面積が 670km² と日本最大の湖であり、その流域面積は 3,848km² と淀川流域の約 47%を占めている。瀬田川の河道整備は、宇治川の、計画流量 1500m³/s (宇治地点) に合わせて整備を進めている (図-2)。

淀川水系河川整備基本方針 (平成 19 年 8 月)



図-2 瀬田川流量配分図

(2) 淀川水系の治水システム

淀川の治水計画では、木津川、桂川等の流量が先に増大し、続いて淀川本川のピークを迎え、その後ある時間差をもって琵琶湖水位がピークを迎えるという特性を活かし、下流部が危険な時は、下流の洪水防御のために、瀬田川洗堰は放流制限もしくは全閉操作を行うこととしている。その後、下流部の洪水ピークを過ぎた後、上昇した琵琶湖水位を速やかに低下させるために瀬田川洗堰を全開して琵琶湖からの後期放流を行うこととしている。

木津川、宇治川、桂川の 3 川および淀川の水位を低減させる上で、三川合流点の水位低下が重要となる。そのため、各支川の流出については貯留施設で調節し、琵琶湖流域の流出については瀬田川洗堰と天ヶ瀬ダムで調節している。

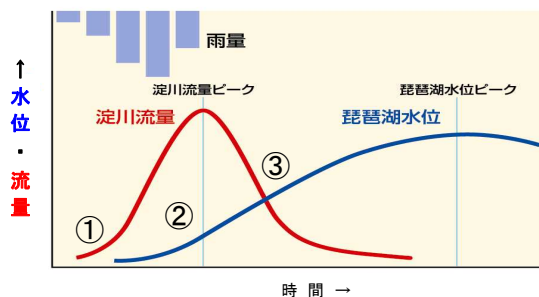


図-3 琵琶湖水位と淀川流量の関係

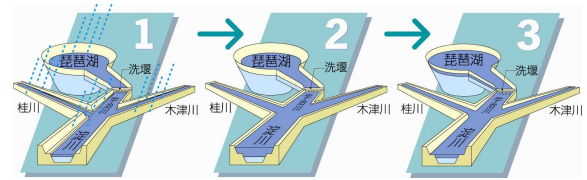


図-4 洪水時の琵琶湖からの放流イメージ

平成 25 年 9 月には、台風 18 号の影響により、41 年ぶりに瀬田川洗堰の全閉操作 (写真-2) を実施し、天ヶ瀬ダムの洪水調節を行っている。



写真-1 瀬田川洗堰の全閉操作 (平成 25 年 9 月 16 日)

(3) 瀬田川改修の経緯

明治33年~42年まで行われた、淀川改良工事では、明治38年に旧瀬田川洗堰 (南郷洗堰) が設置された。その後も瀬田川の疎通能力は向上してきたが上下流バランスを確保する観点から、瀬田川の狭窄部である鹿跳溪谷はこれまで実施されなかった。

計画名・期間	瀬田川の河川改修・疎通能力
改良工事実施前	疎通能力 50m ³ /s
淀川改良工事 明治33(1900)年 ~明治42(1909)年	・河床掘削 (疎通能力 50m ³ /sから200m ³ /sに増大) ※琵琶湖水位0m時の疎通能力 ・瀬田川洗堰の設置 (水通し32門、人力で角材を入れて流出量を調節)
淀川第一期河水統制事業 昭和18(1943)年 ~昭和27(1962)年	・河床掘削 (疎通能力 200m ³ /sから400m ³ /sに増大) ※琵琶湖水位0m時の疎通能力
淀川水系改修基本計画 昭和32(1943)年 ~42(1967)年	・河床掘削 (疎通能力 400m ³ /sから600m ³ /sに増大) ※琵琶湖水位0m時の疎通能力 ・瀬田川洗堰の改築 (ゲート10門、2段ゲートで流出量を調節)
淀川水系工事实施基本計画 昭和46(1971)年~	・河床掘削 (疎通能力 600m ³ /sから800m ³ /sに増大) ※琵琶湖水位0m時の疎通能力
淀川水系河川整備計画 平成21(2009)年~	・河床掘削(疎通能力 1500m ³ /s) ※琵琶湖水位1.4m時の疎通能力

表-1 瀬田川改修 年表

3. 鹿跳改修事業の概要

瀬田川洗堰上流では、平成4年までに琵琶湖総合開発事業により河川改修が完了している。

瀬田川洗堰下流では、宇治川の塔ノ島地区の河川改修や天ヶ瀬ダム再開発事業が完了したことから流下能力1500m³/sを確保することが可能となっている。河川整備計画に基づき大戸川合流後、1500m³/sの流下能力を確保するためには鹿跳溪谷の河川改修が必要となる。

(1) 鹿跳溪谷の現状

鹿跳溪谷における、平常時と洪水時（瀬田川洗堰全開）の現況は（写真-2）のとおりである。

瀬田川では、鹿跳溪谷あたりから急激に河道断面が狭くなっており洪水時には水位が上がり、上流までその影響が生じている。



写真-2 平常時と洪水時の鹿跳区間の現況

また、河道断面の小さい箇所が2箇所（66.8k~67.0k, 67.4k~67.7k）存在しており、鹿跳溪谷の入口となっている緩勾配（1/4,440）から急勾配（1/350）に変化する68.0k付近の河床が高くなっている。

地質区分について、67.2k付近から下流は、硬岩から中硬岩が分布しており、67.2k付近から上流は比較的軟岩が多く分布して上流側を掘削する方が施工性に優れる。

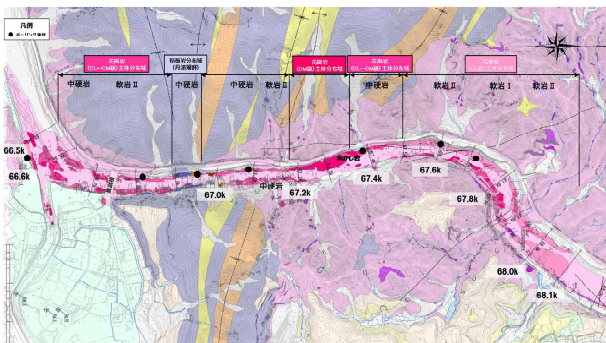


図-5 鹿跳区間の地質区分図

瀬田川67.3k付近の河床には古くから「米かし岩」として親しまれている甌穴が存在する。

この岩は、流水の中程にある独立した岩石であ

り、周囲の甌穴群の中でも特に顕著に甌穴が発達し、岩全体の形状も特異なものとなっていることから滋賀県の自然記念物に指定されている。（写真-3参照）

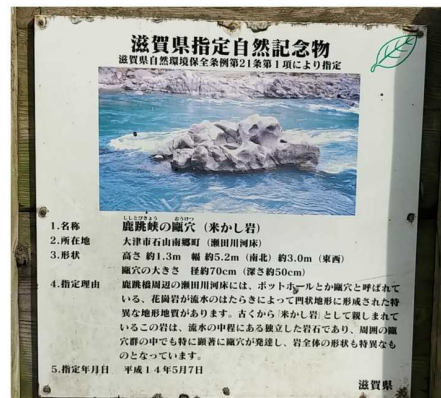


写真-3 米かし岩

(2) 河床掘削の範囲

景観の保全、自然環境・親水性・環境の変化を小さくするには以下の理由より67.2k付近から上流側を掘削することが望ましいとしている。

- ① 軟岩主体である67.2k付近から上流側を掘削する方が施工性に優れる。
- ② 1,500m³/sの流下能力を確保するには、河道断面の小さい（67.4k~67.7k）範囲を含む平均河床高が高い上流側を掘削する必要がある。

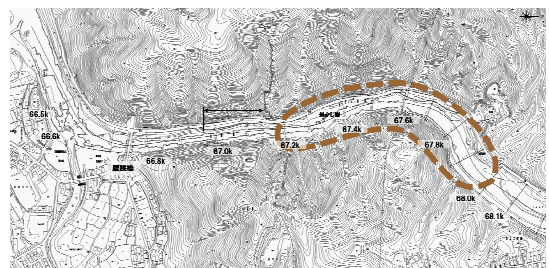


図-6 鹿跳溪谷 掘削範囲

(3) 景観保全の考え方

景観保全に考慮した掘削方法の検討として、景観に配慮した岩掘削の施工によりグッドデザイン賞を受賞している「曾木の滝分水路」の管理者へのヒアリング結果を踏まえ、「景観に配慮した岩表面仕上げ」として、岩の節理が顕著に現れたギザギザ感がある部分や、侵食によって丸みを帯びた部分があるなど、岩肌の表情は異なる。そのため、掘削においては、岩の表情に応じた仕上げにより、変化を持たせることを企図した河床掘削を実施する（表-2参照）。

表-2 河川掘削の留意事項

<p>配慮事項1：岩の節理に従った掘削</p>	
<p>曾木の滝分水路では、掘削面を整形せず、岩の節理に従った法面掘削の方法（景観専門家が掘削状況を確認し、施工方法を現地指導）で施工している。</p>	<p>曾木の滝分水路</p>
<p>鹿跳溪谷においても岩の節理が顕著に現れているため、曾木の滝分水路工事を参考に、整形したような様な掘削面は避け、節理に従った自然な仕上げとすることを企図する。</p>	<p>鹿跳溪谷</p>
<p>配慮事項2：自然な丸みを創出した岩の仕上げ</p>	
<p>曾木の滝分水路では、バケットにワイヤーを溶接し、タワシのように掘削面を加工した仕上げ（施工業者による工夫）を実施している。</p>	<p>曾木の滝分水路</p>
<p>鹿跳溪谷においても罅穴が多くみられ、侵食による丸みをおびた岩肌が特徴的であるため、曾木の滝分水路工事を参考に、角が落ちた丸みのある仕上げ（時間が作り出した自然な風景）とすることを企図する。</p>	<p>鹿跳溪谷</p>

ブレイカー工法（標準工法）、静的破碎剤工法及び油圧くさび削岩工法を用いた試験掘削施工を行い、施工性や正確性の検証及び作業時の騒音・振動について確認を行う。

・景観の検証

各掘削工法による仕上がりの状態及び修理工の実用性について確認、検証を行う。

(3) 実施項目と調査項目

なお、試験施工の実施項目及び調査項目については下記（表-3）のとおりである。

表-3 試験施工の実施項目及び調査項目

実施項目	調査項目
<p>●掘削工（中硬岩、本川水位以上）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・大型ブレイカー工法 ・油圧くさび削岩工法 ・静的破碎剤工法 	<p>●簡易地質調査</p> <ul style="list-style-type: none"> ・シュミットハンマー調査 ・簡易弾性波調査
<p>●掘削工（中硬岩、本川水位以下）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・静的破碎剤工法 <p>※周辺状況（民家・道路等）、環境への負荷（振動や騒音等）軽減の観点から発破は使用しない。</p>	<p>●測量</p> <ul style="list-style-type: none"> ・3次元点群測量
<p>●修景工（中硬岩、本川水位以上）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・人力ブレイカー工法 ・バックホウ削岩機アタッチメント ・バケット改造工法（ワイヤブラシ） 	<p>●騒音振動調査</p>

(4) 掘削工法の検証

①油圧クサビ削岩工法

クローラードリル（φ102mm）を使い、0.95m間隔で深さ1.0mの削孔を行う。削孔した箇所にくさびを入れて、テコの原理で岩盤に引っ張りを与えて削岩する。

※試験施工の前後に岩盤面の強度がシュミットハンマー反発度35以上、簡易弾性波1400m/sec以上を有し、中硬岩であることを確認した。



写真-4 油圧クサビ削岩 掘削前後

②静的破碎剤工法

クローラードリル（φ102mm）を使い、0.95m間隔で深さ1.0mの削孔を行う。削孔した孔に、地下水が影響しないようにビニール袋を設置し、膨

4. 試験掘削施工の概要

(1) 河床掘削試験施工の試験箇所

試験施工の実施箇所は、鹿跳区間における河床掘削箇所と同等の岩質が確認されている鹿跳区間より上流の68.2k付近で行った。



図-7 試験掘削施工実施 箇所

(2) 試験掘削施工の目的

- ・掘削工法の検証

張 剤を人力で補填後に大型ブレイカー（平水位以下では油圧ブレイカー）を使用して削岩する。

※試験施工の前後に岩盤面の強度がシュミットハンマー反発度35以上、簡易弾性波1400m/sec以上を有し、中硬岩であることを確認した。

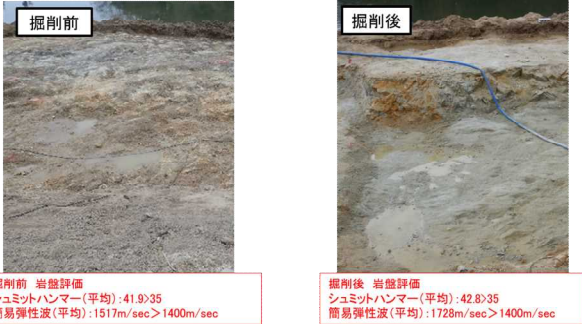


写真-5 静的破碎剤工法 掘削前後

③大型ブレイカー工法

油圧ブレイカーによる岩盤の破碎を行う。

※試験施工の前後に岩盤面の強度がシュミットハンマー反発度35以上、簡易弾性波1400m/sec以上を有し、中硬岩であることを確認した。



写真-6 大型ブレイカー工法 掘削前後

5. 試験掘削施工の結果

(1) 掘削工法毎の掘削面評価の岩盤状況

各掘削工法とも岩盤の切れやすい箇所では削岩されガタガタ面が形成され、岩の節理にしたがった掘削となった。詳細は表-4のとおり。

表-4 各工法の掘削評価

掘削工法		①油圧クサビ割岩工法	
日当たり施工量	削岩までの日当たり施工量	9.2 m ³ /日	
	クリティカル工程の日施工量	クローラードリル削孔作業 13.1 m ³ /日	
景観面（表面仕上げ）		・掘削後の法面部では、岩盤面の節理等に沿って活岩されている。 ・削孔跡が掘削面・河床面に残ることはない。 ・最も凹凸のある仕上がりになっている	
騒音振動	計測点は重機から30m	平均値	最大値

騒音 (dB)	削孔時	77.4	81.8
	割岩時	74.8	83.5
振動 (dB)	削孔時	54.6	58.4
	割岩時	67.0	71.8
掘削工法		②静的破碎剤工法	
日当たり施工量	削岩までの日当たり施工量	3.0 m ³ /日	
	クリティカル工程の日施工量	クローラードリル削孔作業 8.0 m ³ /日	
景観面（表面仕上げ）		・掘削後の法面部では、岩盤面の節理等に沿って活岩されている。 ・膨張剤充填時のビニール袋がそのまま掘削面に残ることがある。 ・河床面に削孔跡は残らずに仕上がっている。 ・最も平坦な仕上がりになっている。	
騒音振動	計測点は重機から30m	平均値	最大値
	騒音 (dB)	削孔時 84.8 割岩時 72.2	削孔時 90.6 割岩時 86.4
振動 (dB)	削孔時	45.5	67.0
	割岩時	66.2	77.4
掘削工法		③大型ブレイカー工法	
日当たり施工量	削岩までの日当たり施工量	2.8 m ³ /日	
	クリティカル工程の日施工量	クローラードリル削孔作業 同上 (2.8 m ³ /日)	
景観面（表面仕上げ）		・掘削後の法面部では、岩盤面の節理等に沿って活岩されている。 ・平坦な仕上がりになっているが、人為的な凹凸面の形成は可能である。	
騒音振動	計測点は重機から30m	平均値	最大値
	騒音 (dB)	削孔時 70.0 割岩時	削孔時 81.4
振動 (dB)	削孔時	67.0	71.8
	割岩時		

(2) 修景工法の修景面評価

1次掘削後の河床面はブレイカーによる割岩・小割作業である程度掘削面の角がとれた状態となっている。修景作業ではスポット的に点在する凸部分を修景作業で修景した。

表-5 各修景工法の掘削評価

掘削工法		① バックホウアタッチメント	
施工状況		削岩できるため比較的施工性も良く、スポット的な硬い凸面の除去を容易に行うことが可能である	
景観面		・削岩機の爪痕が掘削面に残る。 ・丸みを帯びた仕上げにするためには、さらなる表面仕上げが必要となる	
騒音振動	計測点は重機から30m地点	平均値	最大値
	騒音 (dB)	72.7	82.0
振動 (dB)	振動 (dB)	50.8	59.0
	掘削工法	② 人力ブレイカー工法	

施工状況		人力での施工であり、施工性は劣るがスポット的な硬い凸面は容易に除去できる。	
景観面		<ul style="list-style-type: none"> ・仕上がり面はガタガタ面となる（岩の節理に沿って除去される） ・丸みを帯びた仕上げにするためには、さらなる表面仕上げが必要となる 	
騒音振動	計測点は重機から30m地点	平均値	最大値
	騒音 (dB)	77.0	82.2
	振動 (dB)	46.1	50.1
掘削工法		③ バックホウバケット改造	
施工状況		<ul style="list-style-type: none"> ・今回のワイヤーブラシでは浮石等の除去はできるが、スポット的な硬い凸面の除去はできない。 ・使用ワイヤーブラシの耐久性にも課題が見られた。 	
景観面		<ul style="list-style-type: none"> ・岩盤表面の浮石や尖った各面の除去は可能である。 ・曾木の滝の施工実績もあるため、ワイヤーブラシの形状を工夫することで丸みのある表面仕上げができる可能性がある。 	
騒音振動	計測点は重機から30m地点	平均値	最大値
	騒音 (dB)	65.4	79.9
	振動 (dB)	34.3	47.7

(3) 試験掘削施工の施工性と景観に関する考察

【施工性について】

- ・施工速度（掘削量/掘削作業時間）が最も速く施工性の良い工法は、油圧クサビ割岩工法であった。
- ・施工上の留意点として、3工法ともドリル坑口部が水没すると削孔した粉塵をバキュームできないため、坑口はドライにしておく必要がある。

【景観について】

- ・各工法とも側面部の仕上がりを観察すると岩盤の節理面や亀裂等、弱部で割岩されており、角のある凹凸が形成されている。
- ・河床部の仕上がりは、ブレイカー破碎時やバックホウによる掘削ズリ搬出の作業により岩盤の角がとれた状態で仕上がっている。
- ・油圧クサビ割岩工法は岩の状態により凹凸形状が決まり、静的破碎剤工法は削孔部の膨張作用により割岩されるため人為的に凹凸をつけることはできない
- ・大型ブレイカー工法は重機オペレーターの操作により、人為的な作業を行うことで河床面に凹凸形状を形成することが可能である
- ・計画掘削ライン面からの高低差は①油圧くさび割岩工法が最も大きくなっており、凹凸を大

きくです場合有利となる。

6. 試験掘削施工結果のまとめ

【掘削工法について】

- ・3工法で比較を行った結果、施工速度や騒音・振動レベルの違いはあるが掘削断面の出来形については大きな違いは見られなかったため、今後掘削工法を選定するうえではコストや施工中の環境や周囲への影響を考慮して検討する必要がある。

【修景工法について】

- ・各工法で良い点や課題となる部分があり、凹凸のある断面ではなく平らな断面で修景したためこれといった工法を選定することは出来なかった。
- ・1つの工法にこだわらず、部分的に工法を変えるなど工夫すると不連続性のある凹凸になるかも知れない。
- ・今後、工法を選定するに当たっては重機を使用した工法のみならず他の道具等を使用した工法での検討をしても良いと思われる（具体的には、ヤスリや熱を活用した工法など）。

7. 試験掘削施工を踏まえた今後の展開

●景観・親水性について

河床掘削による河川整備の計画検討の中で「米かし岩」保存の要望がある。米かし岩は滋賀県指定自然記念物に登録されており、周囲の甌穴群と比べて、特異な形状となっていることから景観・親水性確保にあたりキーポイントになると考えられるため出来る限り自然の姿を残すよう進める必要がある。

●修景工法について

試験施工では良い結果が得られなかった修景工法があるため、施工の工夫を模索する必要がある。

今回修景工法で試したバックホウバケット改造は参考にして「曾木の滝分水路」での実績があるが、具体的にどのような地形において使われたのか、バックホウバケット改造以外の工法を活用している地形はどのようになっているのか等を確認するためにも「曾木の滝分水路」に足を運び、実施工の現場を把握する必要がある。

参考文献

- ・淀川水系河川整備計画（変更）（令和3年8月6日）
- ・淀川水系河川整備基本方針（平成19年8月）

河川計画分野災害に関する調査及びアフターコロナの変化する働き方，変化する業務への対応に関する研究

西岡 昌秋¹

¹一般社団法人 建設コンサルタント協会 近畿支部 河川研究委員会
(〒540-0021大阪府大阪市中央区大手通1-4-10)

一般社団法人 建設コンサルタント協会 近畿支部では、支部活動の一環として、2020年（令和2年）4月から「河川研究委員会」の活動を続けている。本論文では、委員会の2つのテーマである「テーマ1：大規模災害発生後の各種調査方法に関する研究」と「テーマ2：河川計画分野での人材育成について（環境整備，効率化，技術力向上等）」について活動成果を示す。テーマ1については、災害発生後の浸水範囲を速やかにかつ的確に把握するための方法を検討した。テーマ2については、WEB会議システムを用いた意見交換会を通じて、河川計画分野の変化する働き方や変化する業務に関する課題や方向性を把握した。

キーワード 浸水状況把握，ICT，WEB会議，ワールドカフェ，意見交換，働き方改革

1. はじめに

一般社団法人 建設コンサルタント協会 近畿支部では、支部活動の一環として、2020年（令和2年）4月に「河川研究委員会」（以後、「委員会」と称す）を設立した。

委員会の目的は、豪雨災害の頻発，維持管理の効率化・高度化，気候変動の影響，技術継承や技術の高度化など，河川に関わる建設コンサルタントの各種の課題や要望に迅速かつ的確に対応する必要があるとの認識のもと，短期的・長期的な将来を見据えた河川のあり方について，調査，研究することとしている。

このような中で，委員会では，「テーマ1：大規模災害発生後の各種調査方法に関する研究」と「テーマ2：河川計画分野での人材育成について（環境整備，効率化，技術力向上等）」の2つのテーマを掲げ，これまで研究活動を行ってきた。

「テーマ1」では，洪水浸水による災害の発生後の災害対応に対しての河川管理者のニーズを踏まえ，主に浸水範囲や規模を効率的，効果的に把握することを目的として，浸水発生後の時系列において適用できる各種技術を整理して，モデル河川への適用を行った。さらに，これらの整理結果をもとに，河川・水防管理者（自治体）へのヒアリングを行って，運用面・制度面での課題を把握した。

「テーマ2」では，新型コロナウイルス感染拡大を契機として，近年定着したWEB会議システムを活用し，

従来のワールドカフェ方式での意見交換を行う方法を検討した。さらに，受発注者間の意見交換会を企画し，近年の働き方や河川計画分野の新技术への取り組みに対する現状や課題を把握した。

2. 大規模災害発生後の各種調査方法に関する研究

(1) 研究の背景・目的

2018年（平成30年）7月豪雨では西日本を中心として広範囲な浸水被害が発生し，2019年（令和元年）台風19号では東日本を中心として広範囲な浸水被害が発生した。今後，地球温暖化の影響も加わり，近畿地整管内においても甚大な浸水被害が頻発する可能性が考えられる。

浸水被害が発生した場合，実態把握等のための各種調査が実施される。しかし，発災後調査を行った経験者が少ないこと，確立された調査方法が少ない等の理由により，調査の迅速性・確実性・精度等の面で問題が生じる可能性がある。

調査人員が不足し，被災地以外の遠方の業者への支援要請の可能性，各河川事務所において調査方法等が異なる可能性があることを考えあわせれば，近畿地整管内において災害発生後の調査内容・方法等を整理・体系化しておくことが望まれる。

そこで，本研究では，発災後の各種調査方法を検討す

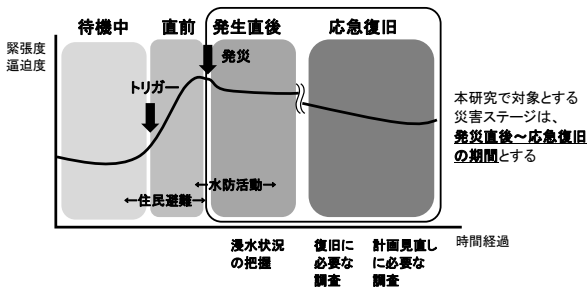


図-1 対象とする災害ステージ

ることを目的として実施した。なお、本研究では、発災直後～応急復旧の期間を対象として災害ステージを設定し(図-1), その期間において浸水被害を把握できる技術を整理するとともに、河川・水防管理者(自治体)へのヒアリングを実施した。

(2) 近年の大規模災害発生後の実態調査

災害調査時の現状と課題、災害後の振り返りなどで得られた反省点・要望などを抽出するため、実務担当者(国交省職員)へヒアリングを実施した。(調査対象:平成30年7月豪雨の円山川浸水被害,平成29年10月台風21号の由良川浸水被害)

ヒアリングの主な結果を以下に示す。

- ・ 夜間に発生した場合の浸水被害状況の把握が難しい。
- ・ 堤内側の浸水範囲は非常に対象が広範囲となるため、多くの人員が必要となる。
- ・ 工事用車両が通れる道路幅が確保されているか、浸水時に通行できるか、ルート上にアンダーパスはないか等の情報が必要である。
- ・ 国から自治体へポンプ車を手配する場合、取り決めはなく、状況に応じ臨機の対応となっている。

(3) 既存技術の事例収集・分類

大規模水災害発生後の浸水被害調査への活用が考えられる既存技術について、浸水センサー(17事例)、監視カメラ(8事例)、画像解析(12事例)、データ配信システム(12事例)を対象に適用事例を整理した(表-1)。

(4) ニーズの設定と適用性の検討

整備局との意見交換を踏まえて、発災時に特に必要な情報・ニーズとして、「①浸水範囲を把握できるか」、「②緊急対応可能なルートを把握できるか」、「③夜間でも浸水範囲などを把握できるか」を設定した。また、各技術の適用性の分析をさらに進めるため、浸水発生形態ごとにモード1~4に分類し(図-2)、各モードにおけるニーズに対する調査技術の適用性を検討した(表-2)。

表-1 浸水状況把握のリアルタイム化

種別	調査技術名	概要説明	イメージ	実施機関名
センサー	浸水状況共有システムの現場実証	伊勢市内を流れる宮川と勢田川流域に設置した簡易浸水センサーなどをを用いた浸水状況共有システムの現場実証を開始。 国と県、市の3者がリアルタイムで浸水状況や排水施設の稼働状況を確認。 複数の水位計等のデータも合わせ、地図や一覧表で表示。		国土交通省中部地方整備局 三重河川国道事務所
衛星画像	災害時の人工衛星活用ガイドブック(水害版・浸水編)	衛星SAR画像の浸水対応への活用できる。 大規模災害が想定され、かつ他の手法が困難な場合に、浸水状況の把握・推定に有効である。		JAXA 衛星利用運用センター、国土交通省 水管理・国土保全局 河川計画課
SNS画像	SNS情報から推定した浸水範囲と浸水深の地図化	一般住民がTwitter等のSNS上に投稿した被災状況の画像(以下「SNS画像」という。)と、既存の航空レーザー測量による高精度な5mメッシュ標高データ(以下「5mDEM」という。)を用いて、浸水範囲と浸水深を推定し「浸水推定投影図(速報版)」として作成する。		SATテクノロジーショーケース2020
センサーシステム	浸水・水害に備えるセンサーネットワークシステム	・広範囲の浸水センサをLPWAでリアルタイムに無線で集約する。 クラウドで情報を共有し、浸水・水害のアラートを配信できる。 ・内水はん濫や大規模な外水はん濫の状況を面的にリアルタイムに把握できる。 ・中小河川の水位計測し、地域の出水状況を広域的に把握できる。 ・本センサを応用して樋門・樋管や施設等の状態監視に適用可能。		国土交通省、建設電気技術協会、東京電機大学等が開発

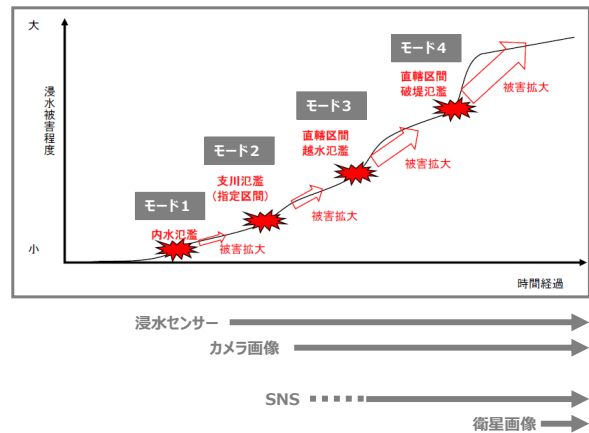


図-2 浸水モードの設定

表-2 ニーズの設定と適用性

種別	備考
【発災直後】 浸水発生のタイミング, 浸水深	
センサー	道路冠水, アンダーパスでの冠水に実績が多い。
カメラ	時系列データの保存ができ, 全体把握に活用できる。画像解析技術の活用でデジタル処理が可能となる。
【浸水拡大時】 浸水範囲の全体像把握	
センサー	広域の浸水範囲把握には, 多くの地点にセンサーを設定する必要あり。
カメラ	時系列データの保存ができ, 全体把握に活用できる。
衛星	昼夜・天候にかかわらず広範囲での情報を把握可能。判読に専門技術が必要。
SNS	SNS のログ時刻から浸水過程を解明することも可。ただし, SNS の情報量に精度が依存。

(5) モデル河川の選定とケーススタディ

氾濫形態が外水・内水と多様であり、近年も複数回の浸水被害が発生している、加古川をモデル河川に選定し、災害ステージごとに調査技術（カメラ、センサー等）の適用性を検討した（表-3）。

(6) 河川・水防管理者（自治体）へのヒアリング

河川管理者（指定区間含む）および水防管理者（自治体）を対象にヒアリングを行い（表-4、表-5）、「浸水被害把握における現状と課題」、「浸水被害情報等の共有に関する実態・要望」、「ワンコインセンサー・街中の防犯カメラの活用」等に関する意見聴取を行った。

表-3 加古川ケーススタディによる調査技術の適用性

浸水の経過		発生 → 浸水拡大 → 最大氾濫時			
		内水氾濫 (モード1)	支川氾濫 (モード2)	外水氾濫(越水) (モード3)	外水氾濫(越流) (モード4)
調査技術	直接観測	河川水位観測	●	●	●
		観門水位(外水、内水)		●	
		マンホール・ポンプ場水位	●		
		浸水センサー	●	●	●
	画像	CCTVカメラ	●	●	●
		衛星画像			
		防災ヘリ画像			●
		UAV観測		●	●
	一般情報	ウェアラブルカメラ		●	●
		SNS情報		●	●
防犯カメラ		●			
その他情報	報道			●	
	X-RAIN	●			
	既往浸水実績	●			
	浸水ナビ			●	
	リスクライン			●	
	メッシュ地盤高	●			
加古川ケーススタディでの評価	把握できること	・道路冠水は地形を判断し、浸水常態箇所水位センサーを設置することで把握可能。	・支川合流部はCCTVが設置済みのため把握可能。CCTVは浸水の広がり確認可能。	・浸水常態箇所はCCTVが設置済みのため、浸水状況(フルタイムで把握可能(視認範囲))。	・氾濫域が広範囲の場合は、衛星写真、防災ヘリ、UAV等で把握可能。
	把握できないこと	・浸水箇所が本川から離れた、既存機器でカバーできる範囲外である。	・水位計未設置支川(小川、東条川など)の浸水開始タイム。	・水位計、CCTV未設置箇所の浸水状況把握。 ・CCTV視認範囲外の浸水状況。	・局所的な氾濫源流の拡散状況(道路土BOX)。 ・浸水継続時間が長期間化する地域の道路通行状況。

表-4 河川・水防管理者（自治体）へのヒアリング

項目	ヒアリング結果
①浸水被害把握の現状と課題	<ul style="list-style-type: none"> ● 浸水被害の把握は国としてどこまでやるべきなの悩ましい。 ● 自治体は罹災者対応で復興活動などを行っているため余裕はない。
②浸水被害の情報共有	<ul style="list-style-type: none"> ● 流域の浸水被害は、自治体が把握した情報をあとから国へ提供している。 ● 内水氾濫は自治体の上下水道担当が対応しており、河川管理者は河川水位情報の把握・共有が役割だと思う。
③防犯カメラの活用	<ul style="list-style-type: none"> ● 防犯カメラの画像を活用する場合、プライバシーに留意する必要がある。 ● カメラの難点として、視界が遮れるような強雨が降ると日中でもカメラに映らないことが懸念される。
④ワンコインセンサーの拡充	<ul style="list-style-type: none"> ● 街なかのフリーWi-Fi を通信手段に活用するには、動作環境の確認方法など、管理面で問題が残る。 ● 自治体ごとにデータシステムが異なるため、国のサーバと連携して情報を発信する仕組みがない。

表-5 令和4年度ヒアリング概要

実施日	対象者
7月28日	近畿地方整備局 地域河川課
8月8日	近畿地方整備局 和歌山河川国道事務所
8月10日	近畿地方整備局 姫路河川国道事務所
9月7日	兵庫県 河川整備課
9月12日	加古川市 政策企画課

(7) まとめ

令和4年度の活動では、研究目的である「発災時の浸水状況を効率的かつできるだけ精度良く把握できる体系づくり」、「各種調査方法・適用性を把握」を取りまとめることはできたと考えている。また、研究の過程において、以下に示す運用面・制度面の課題が明らかとなった。

- ・ カメラ画像には個人のプライバシー情報が含まれているため、浸水状況の把握目的で使用するには十分な配慮が必要となる。
 - ・ ワンコインセンサーは複数の機関でデータフォーマット・システムが異なり、複数の機関でデータを共有することができない。
 - ・ 行政区分を超えて流域治水に取り組むことはメリットが大きいが、行政区分があるが故の予算措置の問題があるのも事実である。
- 今後の“流域治水”の展開の中で課題解決の方向性が示されると良いと考えている。

3. 河川計画分野での人材育成について

(1) 研究の背景・目的

河川計画分野に携わる技術者にとって、今後の本分野を担う若手技術者の人材育成が重要な課題である。さらに、今次の新型コロナウイルス感染症対策のため、建設コンサルタントにおいても、業務一時中止・テレワーク・WEB会議、移動の制限もあり、働き方が一変した。現在、平時に戻る過渡期であるが、再び同様の事態となる可能性も考えられ、また、アフターコロナにおいても、これまでと同様の働き方や人材育成が困難と想定される時代において、その働き方等の方法を考えることは重要である。

本研究は、働き方、人材育成に資する環境整備、業務効率化等の取り組みを行うための基礎資料として、WEB会議・テレワークの取組状況を調査し、その課題の把握を目的とした。

令和3年度ではWEB会議・テレワークに関するアンケート、WEB会議システムを用いた意見交換会（以後、「WEB意見交換会」と称す）の試行を実施した¹⁾。これらの結果を受けて、令和4年度に近畿地方整備局の職員と建設コンサルタントの技術者を交えたWEB意見交換

会を実施した。

(2)WEB意見交換会の計画・準備

a) WEB意見交換会の実施目的

近畿地方整備局との意見交換において、近年の感染症対策により対面での打合せが減少し、受発注者間での意思疎通が適切に取れていないとの課題が挙げられた。また、WEB会議システムは、業務打合せ以外での活用を広げることで、さらなる業務の効率化に繋がること可能なツールであると考えた。

上記を踏まえ、WEB意見交換会の実施を計画した。

b) WEB会議システムの選定

令和3年度に実施したWEB意見交換会の試行結果より、WEB会議システムを用いたワールドカフェ形式での意見交換会の実施は可能であることが確認できた¹⁾。

その結果を踏まえて、WEB会議システムは、ワールドカフェ形式として参加者を小グループに分けるブレイクアウトルーム機能を有し、委員会で実施したアンケート調査結果等による使用実績(図-3)から、ZOOMを選定した。

c) テーマ設定

意見交換テーマは、河川計画分野において近年の情勢(感染症対策、長時間労働の抑制、新技術の導入、流域治水の推進等)より働き方や業務内容の変化が求められていることを踏まえて、「河川計画分野における働き方・業務内容の変化」とした。具体的なテーマは、近畿地方整備局との協議を行い、次のテーマとした。

- ①変化する働き方 (WEB会議, テレワーク)
- ②変化する業務 (技術継承, DXの推進, 流域治水)

d) 参加者の選定

参加人数は、近畿地方整備局の職員10名、建設コンサルタントの技術者10名及び委員会メンバー5名(カフェマスターとして参加)の計25名とした。

参加者は、近畿地方整備局との協議を行い、若手である25~35歳の年代を対象に、近畿地方整備局及び委員会所属各社からの推薦者とした。

e) 意見交換形式の設定

意見交換は、ワールドカフェ形式の考え方と同様として、5人1組の小グループを作り、各ラウンド毎に参加者が別の小グループに移動(図-4)し、その小グループ内での討論を行う形式とした(表-6)。

f) 下地作成

WEB意見交換では、令和3年度の試行結果を踏まえて、活発な意見交換の遂行を目的に下地を作成した。

下地は、参加者に対する事前の意見交換の目的、内容の意識付けも兼ねた参加者への事前アンケートでの調査結果を基に作成した。その一例を図-5に示す。

事前アンケートは、参加者の事前の意見検出も兼ねるとして記述式(表-7, 図-6)とした。

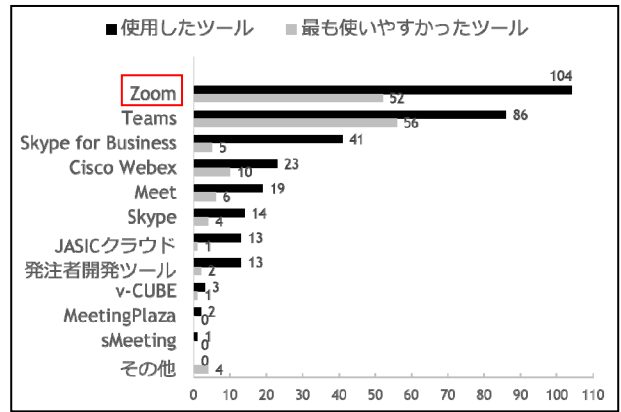


図-3 WEB会議システムの使用に関するアンケート調査結果 (実施年：令和2年度、対象者：建設コンサルタント)

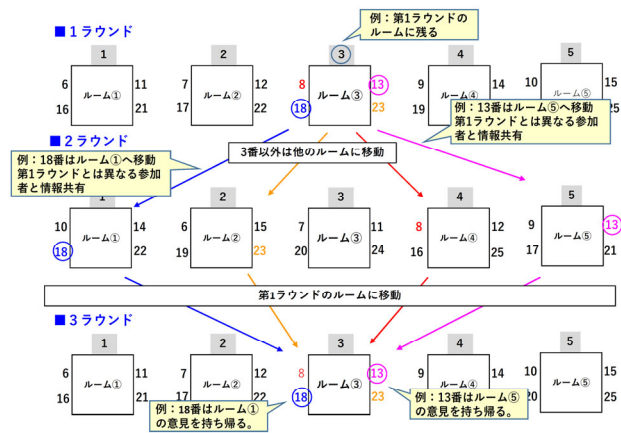


図-4 各ラウンドでの小グループ間の参加者の移動イメージ

表-6 各ラウンドでの討論概要

ラウンド (30分)
①自己紹介 (氏名, 所属, 専門分野等) ②事前アンケート結果から作成した下地を用いて、各意見に対して共感できるコメントに「共感スタンプ」を添付 ③共感スタンプに対する各自の意見を紹介 ④各自の意見を踏まえて特に強調すべきコメントに「強調スタンプ ☆」を添付
①自己紹介 (氏名, 所属, 専門分野等) ②カフェマスターから、そのルーム内の1ラウンドで出た意見や情報を紹介 ③各自から1ラウンドで出た意見の紹介
①2ラウンドで出た意見や情報を紹介 ②追加で共感できるコメントに対して「追加スタンプ ➡」を添付

①変化する働き方 ■ Web会議のメリット ・移動時間の短縮により経費削減・作業効率の向上・残業時間削減・成果の品質向上した(16名) ・全員同じ資料をみるため議題が発散しにくくなり、協議内容の質が向上した(10名) ・資料を複数人で簡単に共有できるなど、電話より伝わりやすい(3名) ・会議に参加しやすくなった。会議を開催しやすくなった(3名)、ペーパーレス化が進む(2名) ・録画機能を活用して議事録作成の効率化が図れる(2名)、災害時の緊急対応時にも有効である(1名)	
■ Web会議のデメリット・解決策	
デメリット 相手の表情が分かりにくいため、意思疎通が難しい。場の雰囲気等が読み取りにくく、発言しにくい(15名)	解決策 Web会議では原則全員カメラをONにするなどのルール設定、表情がみえる位置にカメラを設置するなどの工夫、会議の目的に応じて対面式とWeb会議の使い分け(9名)
通信環境・会議環境の整備不足や不慣れにより会議が中断する(6名)	通信環境のさらなる改善、互いに通信機器を充実させる、ツールやソフト・アプリの活用(7名)
会議数が増えたり、遠方から参加可能になったため、逆に拘束時間が増えた(3名)	会議の論点を限定、会議前の資料共有、協議の最後に要点をまとめるなど、会議方法を工夫する(6名)
■ 理想的な働き方 ・Web会議・テレワーク・フレックスタイム制を活用した、時間や住む場所に制限されない働き方(19名)	

図5 事前アンケートを基に作成した下地の一例

表7 主な事前アンケート内容

①変化する働き方 ・WEB会議、テレワークを実施する（実際に実施した）うえでの感じたメリット・デメリットは。 ・働き方の多様性が認められる中で、どのような働き方が理想か。
②変化する業務 ・河川分野（特に計画系）における新技術・DXを推進するうえで課題と解決策は。 ・技術力向上、技術継承に関する課題と解決策は。

①変化する働き方に関するアンケート	
Q4：Web会議、テレワークを実施する（実際に実施した）うえでの感じたメリット・デメリットは？	
(メリット) ・例) ●●により職員間のコミュニケーションがよくなった。 ・例) ●●により業務効率がよくなった。 回答欄	(デメリット) ・例) ●●により職員間のコミュニケーションが悪くなった。 ・例) ●●により業務効率が悪くなった。 回答欄
(メリット) ・例) ●●により職員間のコミュニケーションがよくなった。 ・例) ●●により業務効率がよくなった。 回答欄	(デメリット) ・例) ●●により職員間のコミュニケーションが悪くなった。 ・例) ●●により業務効率が悪くなった。 回答欄

図6 事前アンケート様式

表8 WEB意見交換会の実施概要

実施日時	2022年10月27日(木) 13時30～15時30分(約2時間)
参加者	近畿地方整備局の職員 : 10名 建設コンサルタントの技術者 : 10名 委員会メンバー : 5名 計 : 25名
時間割	①開会の挨拶, 説明 : 約15分 ②意見交換会(1ラウンド) : 約30分 ③意見交換会(2ラウンド) : 約30分 ④意見交換会(3ラウンド) : 約30分 ⑤閉会の挨拶, アンケート : 約15分

(3) WEB会議システムを用いた意見交換会の実施

a) 実施概要

WEB意見交換会の実施概要を表-8に示す。

WEB意見交換会後に、WEB意見交換会実施に対する記述式のアンケートを実施した。

b) 意見交換会結果

WEB意見交換会での意見の一部を表-9に示す。

①WEB会議、②テレワークに関しては、移動時間の短縮・会議の日程調整の容易さ等のメリットやWEB会議時の発言の難しさ・テレワークによるコミュニケーションの難しさ等のデメリットの意見が出た。

③新技術・流域治水、④技術継承に関しては、新技術や流域治水の導入の難しさや新しい技術継承方法の必要性等の意見が出た。

(4) WEB意見交換会の実施結果

計画・準備段階での検討やWEB意見交換会後のアンケート結果から、意見交換会へのWEB会議システムの活用は、進行・討論方法に対する課題はあるが、時間・場所の制約に対する効果が高いことから、効果的であることが確認できた。

また、意見交換会後のアンケートにおいて、「受発注者間で意見交換ができる場が少なく、意見交換ができて良かった。」との回答が多かったことから、受発注者ともに意見交換の場を求めていることが確認できた。

表-9 意見交換会での意見の一部

①WEB会議について ・移動時間の削減、ペーパーレス化、会議室の準備や日程調整が容易等のメリットがある。 ・場の雰囲気が分かりにくく、発言がしにくい。
②テレワークについて ・通勤時間の短縮によるプライベート時間の確保ができる。 ・ソフトウェアのリモート操作やコミュニケーションが難しいため、テレワークは非効率である。
③新技術・流域治水について ・新技術の推進・普及促進においては、必要に迫られた場合、意識が高い人が存在する等の理由が多い。 ・流域治水については、会議への参加率が低いため、WEB会議の活用が期待される。
④技術継承について ・最終判断が必要となる場における知識不足が懸念される。シニア技術者の判断力を継承する仕組みが必要である。 ・WEB会議システムを活用した技術継承の方法を検討する必要がある。

(5) まとめ

本研究では、河川計画分野に携わる技術者の働き方、業務効率化に向けた受発注者間の意見交換の場として、WEB意見交換会を実施し、その効果・課題等を取りまとめた。

今後の課題として、受発注者間でWEB会議の取り組み方や意識が異なっており、WEB会議を効率良く実施するためのルール作りが必要であることが確認できた。そのため、受発注者双方にとって望ましいWEB会議あり方を検討する。また、WEB会議システムの活用は、打合せ以外の現地調査や遠隔臨場等も考えられることから、打合せ以外への活用方法も検討する。

さらに、WEB意見交換会において、受発注者間での自由な意見交換の場が求められていることが確認されたことを踏まえて、令和5年度においても意見交換会（WEBもしくは対面）の実施を検討する。

4. おわりに

委員会は設立当初のコロナ禍におけるWEB会議やテレワークの推進といった働き方の変化や流域治水計画の策定をはじめとする河川計画分野での新たな業務に着目しながら活動を行ってきた。

委員会は2023年（令和5年）9月で一旦活動を終了する予定であるが、以降についても、新たに委員を公募して体制を変更した上で、河川計画分野における様々な課題に対して継続的な研究に取り組んでいく予定である。

謝辞：委員会の活動にあたっては、近畿地方整備局 河川部の矢野 則弘 河川調査官、田中 徹 前河川情報管理官、三輪 真揮 前河川計画課長、寒川 雄作 前河川工事課長、木村 佳則 前河川管理課長に貴重なご示唆、ご教示を頂きました。ここに深甚な謝意を申し上げます。

また、委員会の研究活動を支えていただいた委員11名の方にも謝意を申し上げます。

（2021年度（令和3年度）委員）

池羽 邦佳（いであ（株））、井上 靖生（（株）エイト日本技術開発）、内山 雄介（日本工営（株））、小笠原 豊（パシフィックコンサルタンツ（株））、河野 博（中央コンサルタンツ（株））、武田 弘道（（株）ニュージェック）、東出 唯（（株）日本インシーク）、山下 健作（八千代エンジニアリング（株））、山口 功人（（株）オリエンタルコンサルタンツ）、吉田 和也（中央復建コンサルタンツ（株））

（2022年度（令和4年度）委員）（追加委員のみ示す）

秋田 善弘（国際航業（株））
（敬称略、五十音順）

関連論文

- 1) 一般社団法人 建設コンサルタンツ協会 近畿支部 河川研究委員会：河川計画分野における災害に関する調査及びウィズコロナ・アフターコロナを見据えた新しい働き方のあり方に関する研究，令和4年度近畿地方整備局研究発表会，2022.6