道路橋石橋の定期点検に関する技術図書策定について

竹山　真平[1]・佐藤　博信[1]・梶尾　辰史[2]

[1]九州地方整備局　九州道路ﾒﾝﾃﾅﾝｽｾﾝﾀｰ　技術第二課　（〒812-0013 福岡県福岡市博多区博多駅東2-11-1）

[2]九州地方整備局　九州道路ﾒﾝﾃﾅﾝｽｾﾝﾀｰ　技術第一課　（〒812-0013 福岡県福岡市博多区博多駅東2-11-1）

全国の道路橋石橋（以下，「石橋」という）は約2，400橋あり，その半数以上の約1，300橋が九州にある．地方公共団体からの「石橋の健全性の診断に関する技術資料等がない」との声があり，九州道路メンテナンスセンターでは「道路橋石橋の定期点検に関する参考資料（令和5年3月（令和8年3月改定））」，「道路橋石橋の損傷事例集［石造アーチ橋・石桁橋］（令和8年3月）」の策定に向けて，事務局として運営等を実施してきており，技術図書策定の面からの地方公共団体への支援をしてきた．

キーワード　道路橋石橋，橋梁定期点検，メンテナンス，健全性の診断

1. はじめに

(1) 背景・目的

我が国では，高度経済成長期以降に整備された道路橋の老朽化が進行しており，効率的かつ確実な維持管理の重要性が高まっている．これを受け，平成 26 年には道路橋の定期点検が法定化され，5 年に 1 度の近接目視点検が義務付けられた．その後の運用を踏まえ，令和 6 年 3 月には「道路橋定期点検要領」[1]（以下，「点検要領」という）が改定され，点検の質の確保や記録の合理化，点検者の判断の明確化が一層求められるようになった．一方で，石橋（**写真-1**，**2**）はコンクリート橋や鋼橋とは異なる構造・材料特性を有しており，従来の点検要領のみではその健全性の区分を決定することが困難な場合があり，また，地方公共団体からの声もあり，石橋の構造・材料特性を踏まえた技術図書の整備が必要とされてきた．そこで，令和 2 年度に「道路橋石橋維持管理委員会」を発足後，令和 7 年度まで審議を重ね，「道路橋石橋の定期点検に関する参考資料［石造アーチ橋］」（以下，「参考資料」という），「道路橋石橋の損傷事例集［石造アーチ橋・石桁橋］」（以下，「事例集」という）の 2 つの技術図書の策定，および改定を行ってきた．本稿では，石橋に特化した技術図書の策定の背景および意義，内容について紹介する．

(2) 石橋の技術図書の策定

石橋は「石造アーチ橋」と「石桁橋」に分類され，全国で約 2，400 橋あり，九州に約 5 割，うち約 700 橋が石造アーチ橋，約 600 橋が石桁橋であり，管理者の 9 割は市町村である．県市町村アンケートでは「体系的な知見をまとめた資料が少ない」，「石橋の健全性の診断に関する技術資料等がない」との意見があり，定期点検や修繕に参考となる技術図書の必要性が挙げられていた．



写真-1　石橋（石造アーチ橋）



写真-2　石橋（石桁橋）

点検要領では，橋梁を上部構造，上下部接続部，下部構造などの構造単位ごとに区分し，損傷や変状の有無を確認することで健全性の診断を行う．診断結果から健全性の区分の決定がなされ，維持管理計画の基礎資料として活用される．特に令和 6 年 3 月の改定では，点検の質の確保や記録の合理化が重視され，点検者の判断がより明確に求められるようになっている．しかしながら，石橋の場合は，一般橋とは異なる構造特性を有しており，具体的な評価方法や着眼点については十分に整理されていないため，実務上の課題となっていた．

そこで，九州地方整備局において地方公共団体支援の一環として「道路橋石橋維持管理委員会（委員長：山尾敏孝　熊本大学名誉教授）」を令和 2 年度に設置し，学識者，道路管理者に加え，国土交通省道路局や国土技術政策総合研究所も参画して技術図書の策定に着手した．

令和 2 年度に石橋の維持管理委員会が設置されて以来，計 8 回の委員会を通じて議論を深めてきた．令和 6 年の点検要領の改定が予定されていたため，その内容を踏まえて審議しており，最新の点検制度の考え方を反映する形で令和 5 年 3 月に参考資料を策定し，令和 8 年に参考資料の改定と，事例集の策定を行い，国土交通省ホームページ [2]に公表されている．これにより，最新の知見を反映した体系的な維持管理資料が整備され，現場での点検の質の向上が期待されている．

なお，道路橋石橋の健全性の診断の区分等については「道路橋定期点検要領（技術的助言）」および「技術的助言の解説・運用標準（令和 6 年 3 月）」が基本であり，参考資料はこれらの要領を踏襲している内容となっている．

2. 石橋の特長

(1) 石造アーチ橋

石造アーチ橋の基本的な構造特性は上路式アーチ橋と同様であり，壁石と中詰がアーチ橋の支柱，輪石がアーチリブの役割を果たすことでアーチ構造が成立している（**図-1**）．一方で，石材を組み合わせた構造であり，連結されていない離散構造という特徴を有している．壁石および中詰を通して輪石に荷重が伝達し，輪石同士は主として圧縮力が作用する状態となって耐荷機構を維持し，アーチ軸線に沿って橋台を介して地盤に荷重を伝達している．これらの荷重伝達の仕組みをアーチ機構と定義しており，定期点検ではこのアーチ機構の成立性に直結する形状変化を継続的に捉えることが重要である．輪石や壁石面，基礎周り，路面の凹凸などは，変状が連動して現れることがあり，外観上の変化が内部の状態や荷重伝達の乱れを示唆する場合がある．そのため，点検時は，単に損傷を列挙するのではなく，輪石，壁石面，輪石基礎の形状変化が荷重伝達経路にどう影響しているかという観点で記録と評価を行う必要がある．特に，路面に沈下等の変状がある場合には基礎部の形状の変化が原因となっている可能性があるので，基礎部の洗掘等の有無も確認することが重要である．

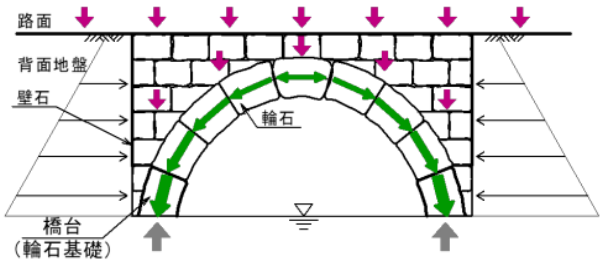


図-1　石造アーチ橋の荷重伝達経路の概念図

(2) 石桁橋

石桁橋は，上部構造が梁として上載荷重を支持する桁構造（**図-2**）であり，基本的な構造特性は一般橋の単純桁と同様の構造であると考えてよい．一方で，橋台は石積橋台，橋脚は石柱であることが多く，上下部接続部は上下部構造の石材面が接する面となっていることが一般的である．石桁橋の点検では，石桁の破断や上下部接続部の局所的な損傷や桁かかり部分や橋座部分の石材面の状態把握が重要になる．なお，上下部接続部に小石等の石材を挟んでいる事例もあるため，石橋の各々の構造に応じた現地での状況の把握が重要である．また，石桁は引張補強材（鉄筋）が設置されておらず，石材の材料強度に依存した構造のため，衝撃等により一気に破断（脆性破壊）に至る場合があるため，注意が必要である．

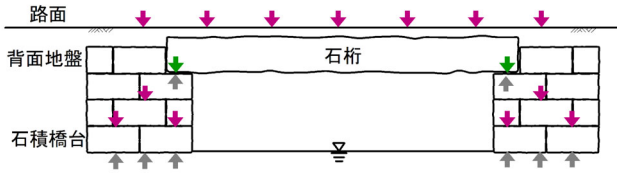


図-2　石桁橋の荷重伝達経路の概念図

3. 石橋の技術図書の内容

今回策定した参考資料の位置づけは，技術的基準に基づく定期点検要領を補完する技術資料であり，事例集は，技術的助言の運用を支援し，点検とデータの質を担保するための参考資料として，道路橋の損傷事例集等と同様に現地での状態把握と所見作成等を助ける役割であるものとして策定したものである．これらの内容を以下に示す．

(1) 参考資料の内容

石造アーチ橋は離散構造であり，個々の石の損傷だけを調査しても橋全体の耐荷性能は評価できないため，輪石同士が「圧縮力」で荷重を伝達し，アーチ機構として成立しているかを確認することが重要である．しかし，

点検要領には，石橋特有の形状保持や石組の安定についてどのように状態把握を行い，健全性の診断の区分を決定するか示されていない．そのため，点検の着眼点，計測手法，記録様式等を具体化した参考資料を策定した．具体的には，石造アーチ橋の構造特性を踏まえ，適用範囲，状態の把握における留意点，健全性の診断の区分の決定における留意点，記録様式の手引きを掲載している．記録様式では，アーチ機構の成立性に関わる形状変化を把握するため，計測と写真記録を組み合わせ，次回以降の点検で経年変化を追跡できるようにすることを重視している．別紙や付録では，実務で役立つ技術情報やデジタル計測の活用方法もまとめている．

まず，石造アーチ橋特有の構造特性を整理している．壁石・中詰・輪石がどのように荷重を伝達し，アーチ機構がどのように成立しているのか，図解を使って解説し，状態把握の留意点を記載している．石造アーチ橋は，圧縮力を期待した離散構造であり，リダンダンシーが低いため，一つの石材の動きが橋全体の挙動に連動する可能性が高い．そのため，他の部位に変状の影響を及ぼす可能性のある部位から状態を把握するために，**表-1** に示す 1)～4)の順で状態の把握をするとよいとされている．また，全体形状を記録することも重要であるため，計測方法の選定や活用事例を紹介している(**表-2**)．

続いて，石造アーチ橋特有の変状について解説している．例えば，アーチ軸線の変化，壁石のはらみ出し，輪石の抜け出し・ずれなどについて説明している．こうした変状は単独で発生するだけでなく，アーチ機構の乱れにより，別の変状を誘発する「連鎖的な変状」が生じやすいという特徴がある．また，点検要領で求められる健全性の診断の区分を適切に判断するため，構造要素や特定事象の定義，技術的評価の際に留意すべき事項を具体的にまとめている(**図-3**，4)．

別紙では，**表-3** のとおり石造アーチ橋における技術的な評価をする際に現地で確認すべき事項や記録すべき事項についてまとめている．併せて，変状の内容を理解できるよう石橋で使用される部材名称や典型的な変状の種類を整理し，掲載している．さらに付録では，石材の種類の紹介や，新技術の活用を検討する場合の参考となるようにデジタル計測を用いた三次元点群取得の活用事例を掲載している．

表-1　状態の把握の手順

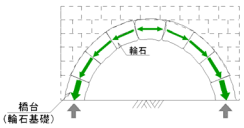
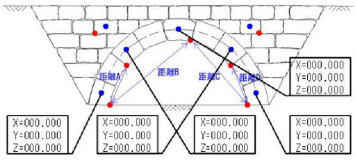
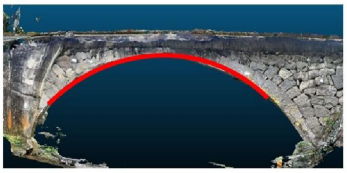
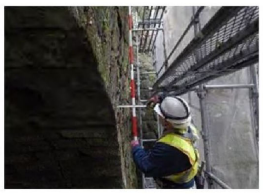
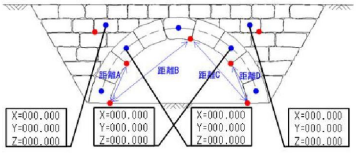
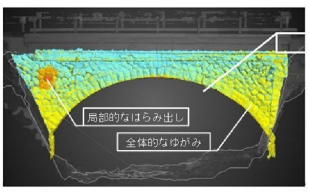
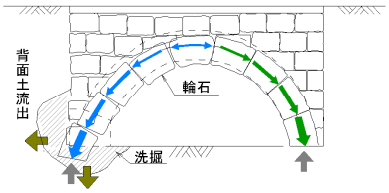
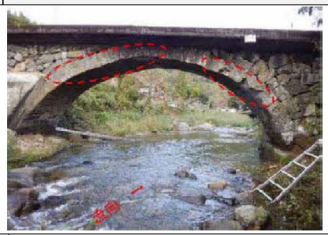
	部位・部材	概念図
1)	橋台・橋脚・基礎 輪石	
2)	壁石・中詰	
3)	路面・背面地盤	
4)	その他部材	適宜

表-2　計測方法ごとに得られるデータのイメージと活用事例

	人計測	トータルステーション	デジタル計測
計測方法	コンベックス・メジャー・レーザーポインタ等での距離計測	トータルステーションによる座標取得	レーザースキャナ、デジタルカメラ等による３次元的な形状取得
アーチリブ軸線の偏心の有無や程度	現場写真  現場での目視や写真判読によりアーチリブ軸線の偏心の有無を判断する。	代表点の座標値  代表点の座標値から並びを確認する。前回の計測値があれば比較が可能である。	オルソ画像（キャプチャ画像）  真円との対比や左右の対称性の確認等、詳細な形状確認が可能である。
壁石のはらみ出しの有無と程度（※）	現場写真  鉛直に設置したポール等を用いてはらみ出し量を計測する。計測誤差が大きいため前回計測との正確な対比は困難である。	代表点の座標値  代表点の座標値から、代表点のはらみ出し量を算出することが可能である。前回の計測値があれば比較が可能である。	差分解析結果（キャプチャ画像）  鉛直面との差分解析を実施すれば、はらみ出し量を詳細に把握することが可能である。前回の計測値があれば比較が可能である。

※）路面の形状の変化の有無と程度を計測する際も同様のイメージである

表-3　技術的評価時の考慮すべき事項の例

例 1　〔アーチ形状の変化〕	
	＜現場で確認できる状態＞ ・前回の点検までは健全なアーチ形状であったものが、アーチ形状に新たな形状の変化が見られるケース。 ＜状態把握における留意点＞ ・洗掘等によりアーチ形状の変状が進行すると、アーチ機構が成立しなくなり、輪石軸線の圧縮力が作用しなくなる可能性があるので、形状の変化が進行している箇所の荷重伝達経路の確認が重要である。
例 2　〔アーチ形状の変化〕	
	＜現場で確認できる状態＞ ・アーチ形状の変化の進行が見られるケース。 ＜状態把握における留意点＞ ・アーチ形状の変状が進行すると、アーチ機構が成立しなくなり、輪石軸線の圧縮力が作用しなくなる可能性がある。そのため、形状変化が進行している箇所の荷重伝達経路の確認が重要である。
例 3　〔壁石面の変化・はらみ出し〕	
	＜現場で確認できる状態＞ ・壁石の通り（壁石面）の悪化、および壁石面にはらみ出しの形状変化が見られるケース。 ＜状態把握における留意点＞ ・壁石面に異常がある場合は、中詰材の沈下や、中詰材が砂礫の場合揺らされることによる押し出しの発生、空洞発生の有無、壁石を支持している輪石の形状変化等の確認が重要である。

なお，**表-5** に示す記録様式は，様式 1～3 については**表-4** の「道路橋定期点検要領（令和 6 年 3 月）」の様式を踏襲して，そのまま用いることとしている．一方，石造アーチ橋の独自の様式として， 様式 4 は橋梁の概況と近接手法を残すための様式として，様式 5 は形状計測結果等を残すための様式としている．

(2) 損傷事例集の内容

石橋はコンクリート橋・鋼橋の一般的な橋梁のような損傷事例集や点検必携がなく，損傷事例に触れる機会が少ないため，石橋の損傷事例と点検時の留意点等を記載した事例集を策定した．石橋の損傷事例に触れる機会および性能の見立てや特定事象の影響の評価等の参考となる資料を提供することで，適切な定期点検が実施され，適切な維持管理につながることを目的とした内容にしている．

石造アーチ橋の損傷の特徴として，変状が連鎖的に発生する点がある．例えば，下部構造に沈下が発生すると，アーチ軸線が乱れ，輪石のずれや壁石のはらみ出しにつながる．このような連鎖的な関係についても示しており（**図-5**），「どの変状がどの部位に影響しやすいのか」をわかりやすくまとめている．石桁橋は一般橋の単純桁と同様の構造特性のため，点検要領を参考に点検が可能であるが，石桁橋の構造的な特徴や点検等における留意点についても記載をしている．

具体的な損傷事例の掲載箇所では，耐荷性能がどうなのかを評価するために，変状が生じた場合の耐荷性能上懸念される状態も整理しており，部位・部材ごとに外観に現れる異常，想定要因，把握の留意点，性能推定の留意点を整理しており，同じ損傷でも，発生要因や進展，構造への影響が部位により異なることなどをまとめている．

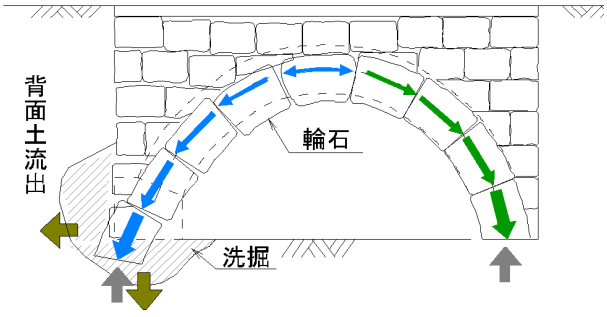


図-3　変状の事例（イメージ）

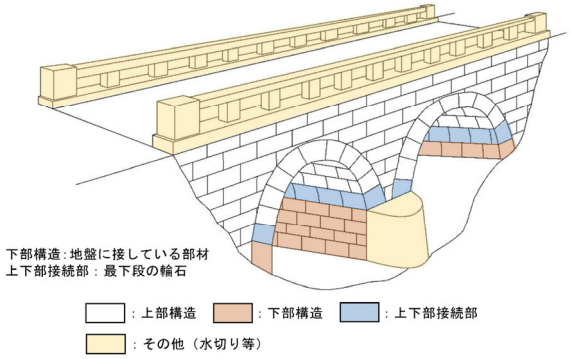


図-4　構成要素の例

表-4　道路橋定期点検要領の記録様式

	主な記載事項
様式1	橋梁名、所在地、管理者名等 道路橋毎の健全性の診断結果 橋梁諸元、技術的な評価結果 全景写真
様式2	・状況写真（様式1に対応する状態の記録） ・上部構造、下部構造、上下部接続部、その他について技術的な評価の根拠となる写真を添付する。
様式3	・特定事象の有無の記録 ・健全性の診断区分の決定に関する所見

表-5　道路橋石橋の定期点検に関する参考資料［石造アーチ橋］の記録様式

	主な記載事項	備考
様式1	橋梁名、所在地、管理者名 道路橋毎の健全性の診断結果 橋梁諸元、技術的な評価結果 全景写真 文化財指定の有無、石橋以外の構造 石材の種類、ライズ量	道路橋定期点検要領の様式1と全く同様式【法定義務】 ＋石橋独自の情報
様式2	・状況写真（様式1に対応する状態の記録） ・上部構造、下部構造、上下部接続部、その他について技術的な評価の根拠となる写真を添付する。	道路橋定期点検要領の様式2と全く同様式【法定義務】
様式3	・特定事象の有無の記録 ・健全性の診断の区分の決定に関する所見	道路橋定期点検要領の様式3と全く同様式【法定義務】
様式4	橋梁一般図・点検方法の記録 【橋梁の概況と近接手法を記録として残す】	【任意記録】
様式5	形状に関わる計測と写真 【形状把握が重要であるため形状計測結果の記録を残す】	【任意記録】

さらに，補修・補強が実施された場合のその目的と内容の推定，および評価の留意点も示している．補修・補強が新たな損傷要因となる可能性もあるため，境界部の劣化，排水経路の変化，補修材の健全性など，点検時に特に見るべきポイントを明示している．

以上の内容を示すことで多くの事例に触れることが可能となり，点検等で重大損傷の見落としが減り，点検の質の向上に役立つことや現状の性能評価，再劣化の兆候の把握などに役立つことを期待している．

4. おわりに

本稿では石橋の定期点検に関する技術図書の策定について報告した．石橋はコンクリート橋や鋼橋の一般橋とは異なり，圧縮力による荷重伝達や離散構造といった特有の構造特性を有しており，一般橋の点検とは異なる視点や留意が必要である．また，変状が連鎖的に発生するため，個別の損傷だけでなく橋梁全体の挙動を把握することが重要である．

本稿で紹介した技術図書は，これらの課題に対応するために策定されたものであり，点検の質の向上および適切な健全性評価の実現に寄与し，石橋の長寿命化や安全性の確保が図られることを期待している．併せて，地方公共団体における維持管理業務の支援の一助となれば幸いである．

謝辞：本稿の作成にあたり，データの提供等について多大にご尽力いただいた株式会社エイト日本技術開発に心より感謝申し上げます．

参考文献

1) 国土交通省道路局：道路橋定期点検要領，令和6年3月
2) 国土交通省道路局ホームページ：https://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/yobohozen.html（令和8年6月29日閲覧）

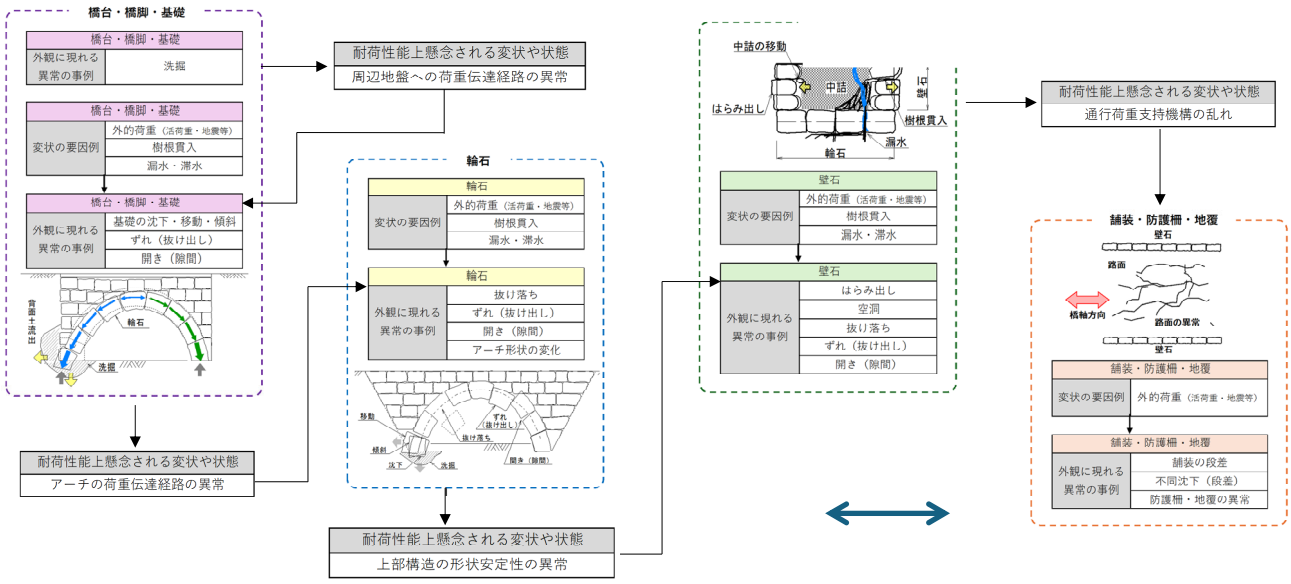


図-5　石造アーチ橋の形状変化に関する損傷とその関連性

福岡国道事務所における「橋梁メンテナンス」の取組について

福田　琉心[1]・古賀　健作[2]

[1・2]九州地方整備局　福岡国道事務所　管理第二課　（〒813-0043 福岡県福岡市東区名島3丁目24-10）

福岡国道事務所の管理する橋梁は、建設から50年以上経過したものが約5割を占め、平均年齢は53歳と高齢化が進んでいる状況にあり、老朽化した橋梁の維持管理は喫緊の課題となっている。このような現状を踏まえ、老朽化の進む橋梁については、更に日常からチェック体制を強化していくことが重要と考えているため、福岡国道事務所における「橋梁メンテナンス」の取り組みについて、紹介する。

キーワード　メンテナンス，橋梁の老朽化対策，予防保全，若手職員の技術力向上

1. はじめに

福岡国道事務所が管理する橋梁のうち、建設から50年以上経過した橋梁の割合は、2024年度末時点で53%を占め、平均年齢は53歳と高齢化が進んでおり、10年後の2034年度には68%と橋梁の高齢化が深刻である。(図-1)(写真-1)

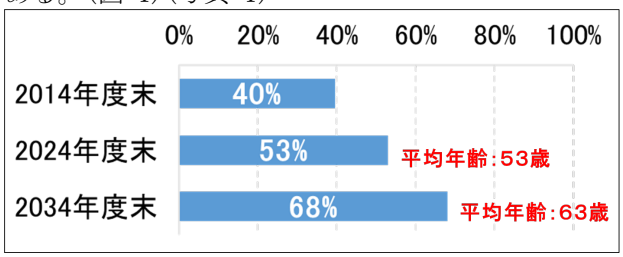


図-1 建設から50年以上経過した橋梁の割合



写真-1　老朽化による橋梁の損傷状況

2013年の道路法改正等を受け、2014年7月より5年に1回の頻度で近接目視による点検を実施した結果、福岡国道事務所が管理する橋梁573橋のうち、早期措置段階（判定区分：Ⅲ）が44橋（8%）、予防保全段階（判定区分：Ⅱ）が164 橋（29%）と、措置を講ずべき橋梁や措置を講ずることが望ましい橋梁が208橋（37%）を占めている。(図-2)(図-3)

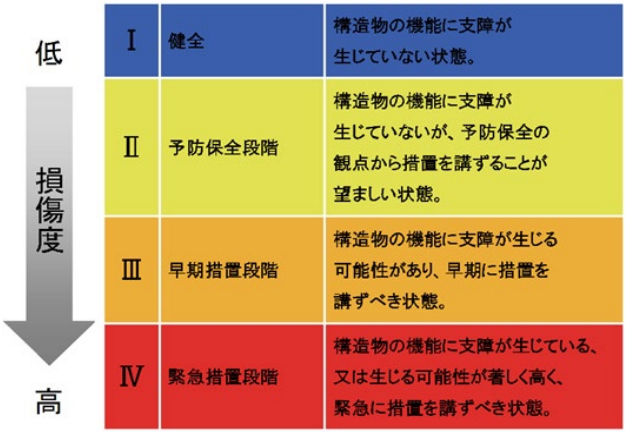
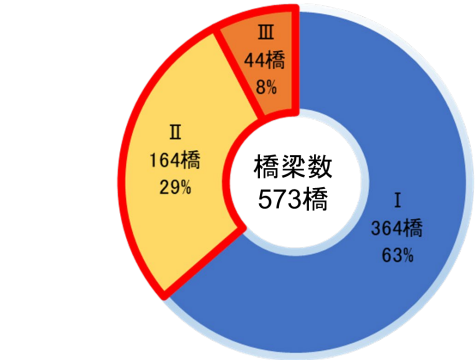


図-2　損傷度の判定区分



令和6年度時点　※橋長2.0m以上
(R6供用の橋梁(未点検橋梁)1橋あり、溝橋(ボックスカルバート)を除く)

図-3　補修が必要な橋梁の割合

このような現状を踏まえ、老朽化の進む橋梁を長く大事に保全するためには、早期損傷の発見が必要であり、5年に1回の近接目視による点検に加え、高齢化が進む橋梁については、更に日常からのチェック体制を強化していくことが重要と考えている。

本稿では、福岡国道事務所における「橋梁のメンテナンス」の取り組みについて紹介する。

2. 取組内容

(1)橋梁の里親活動

平成26年から若手職員のメンテナンス技術力向上のため、係長以下で40歳未満の職員を対象に、現地での点検から対策区分判定会議までを行い、橋梁定期点検の講習会（座学）への参加などを通して、職員自らが現場で体感し、メンテナンス意識と技術力向上を目指して、若手職員の１人ひとりが老朽化した橋梁の里親となる「橋梁の里親活動」を実施している。(図-4)

	習　得　内　容	福国に着任した新入職員	
		1年目	2年目以降
座学	・橋梁の基礎知識 ・点検に関する法令と基準 ・橋梁の管理と点検 ・橋梁定期点検要領 ・橋梁補修工事に関する知識　等	○	○
里親	○点検実習（鋼橋） ・橋梁点検業務を受注した業者に同行して、現地で点検実習。 ・福国橋守マイスター会との協働点検	○	○
	○点検実習（コンクリート橋） ・橋梁点検業務を受注した業者に同行して、現地で点検実習。 ・福国橋守マイスター会との協働点検	○	○
	○里親橋梁の補修工事 ・補修工事又は補修後橋梁の点検	○	○
	○模擬判定会議への参加	○	○
		ジュニアマイスター	マイスター

図-4　里親活動の取組プラン

橋梁の里親活動は維持管理業務を担当する技術職員に限らず、改築事業や交通安全事業などに従事する職員も参加し、里親となった担当者は、点検結果や維持管理の方策を決めるためのプロセスに関与し、事務所に在籍していれば、部署を異動しても同じ橋の維持管理に携われ、点検、診断、補修設計、工事の一連の流れを習得しやすくしている。定期点検の概要の講習会・点検・判定会議までを全て1回ずつ経験すると［ジュニアマイスター］、2回経験すると［マイスター］の称号を授与し、事務所全体でメンテナンス意識と技術力の向上を図っている。

座学は、橋梁定期点検の概要や、損傷箇所の原因把握のための点検時のチェックポイント(図-5)や、状態の把握における着眼点(図-6)など、具体的な事例を交えた講習会にしている。（写真-2）

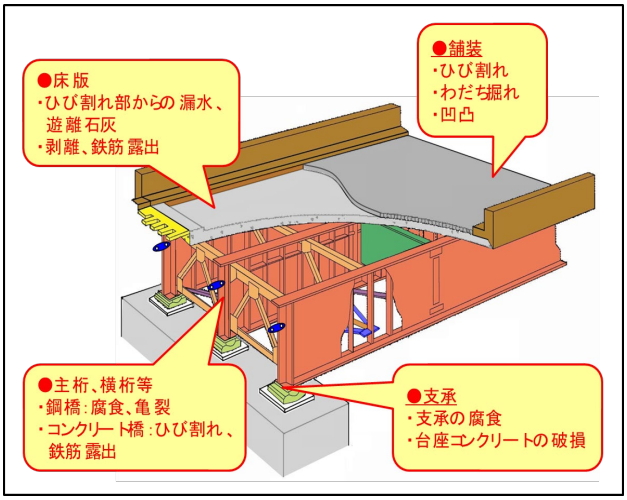


図-5　点検時のチェックポイント

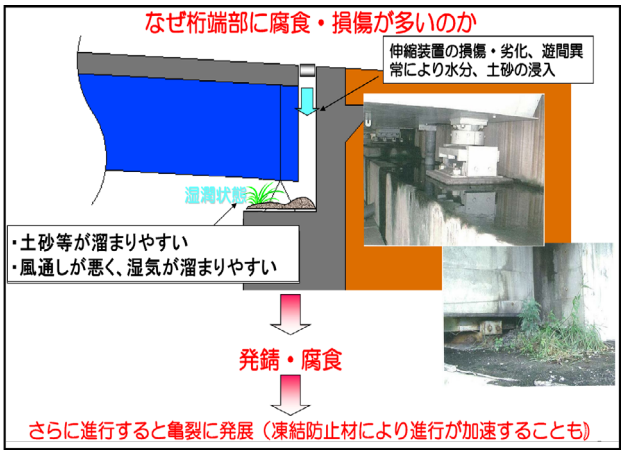


図-6　橋梁の状態把握における着眼点



写真-2　講習会の状況

点検実習では、座学で学んだチェックポイントや状態把握における着眼点を意識しながら点検を実施している。(写真-3)



写真-3　点検実習状況

橋梁を適切に管理するために、道路管理者と点検診断業者が、点検及び診断結果等により、損傷原因の分析を実施することを目的とした「模擬判定会議」に開催し、判定区分の決定に関する討議を実施している。(写真-4)



写真-4　模擬判定会議の状況

(2)福国橋守マイスター会

全国で導入されている「防災エキスパート」の制度を参考に、福岡国道事務所管内の道路の整備や管理に長年携わり、メンテナンスの分野においても、豊富な経験を生かして、日常的な監視活動を行い、損傷等を発見し、道路管理者へ通報するとともに、会員相互の技術研鑽と技術の伝承を図る事を目的とするボランティアグループ「福国橋守マイスター会」として、九州地方整備局で長年活躍された福岡国道事務所OBの方々をメンバーとして、平成26年に設立した。(図-7) (写真-5)

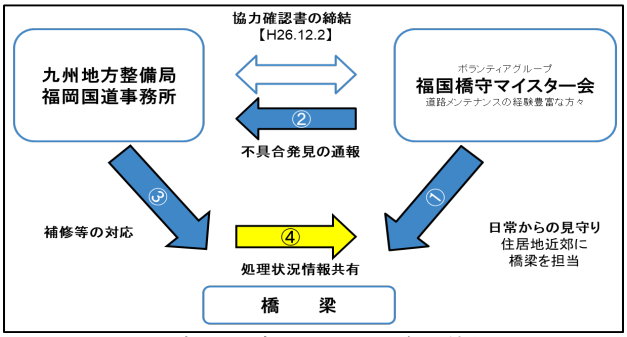


図-7　福国橋守マイスター会の枠組み



写真－5　福国橋守マイスターによる自主点検状況

現在は57名の方に居住地近郊で見守りが可能な橋梁を担当していただき、目視可能な範囲で、橋梁の老朽化、舗装の凹凸・クラック、段差、ジョイントの損傷、高欄の異常等を速やかに通報頂いている。令和7年度には、実点検数22橋の点検を実施して頂き、「主桁端部付近に鉄筋露出やうきが生じており水供給の影響で、今後進行する可能性が高い」、「背面土流出の痕跡はないが、橋台前面の石積みブロックに隙間やズレが生じていることから、石積ブロック崩壊による基礎の安定性低下が懸念される」などの報告をいただいている。(表-1)

点検日	橋梁名	診断区分
令和7年10月4日	1. 唐原川橋 2. 松葉谷跨道橋	令和3年点検　Ⅲ判定 令和6年点検　Ⅰ判定
令和7年10月10日	3. 栄橋 4. 御島橋	令和6年点検　Ⅰ判定 令和6年点検　Ⅰ判定
令和7年10月12日	5. 第400号橋 6. 干渡橋橋側歩道橋(上り) 7. 久々原橋 8. 出島橋	令和2年点検　Ⅲ判定 令和2年点検　Ⅲ判定 令和6年点検　Ⅲ判定 令和6年点検　Ⅲ判定
令和7年10月22日	9. 水城高架橋(上り) 10. 水城高架橋(下り) 11. 太宰府高架橋(上り) 12. 太宰府高架橋(下り)	令和6年点検　Ⅰ判定 令和6年点検　Ⅰ判定 令和6年点検　Ⅲ判定 令和6年点検　Ⅲ判定
令和7年10月23日	13. 針摺高架橋(上り) 14. 針摺高架橋(下り) 15. 永岡川橋	令和3年点検　Ⅲ判定 令和3年点検　Ⅲ判定 令和3年点検　Ⅰ判定
令和7年10月29日	16. 花宗大橋 17. 宮橋	令和6年点検　Ⅲ判定 令和2年点検　Ⅲ判定
令和7年11月6日	19. 今瀬橋	令和2年点検　Ⅰ判定
令和7年11月7日	20. 片平橋	令和6年点検　Ⅲ判定
令和8年2月18日	21. 高田橋 22. 第3号橋	令和3年点検　Ⅱ判定 令和2年点検　Ⅲ判定

※橋梁名：赤字は建設後50年以上経過した橋梁

表-1　橋守マイスターによる自主点検橋梁(R7)

3. 里親活動と福国橋守マイスター会の連携

「里親活動」と「福国橋守マイスター会」で連携を図り、九州地方整備局退職者の経験や知識を若手技術職員への伝承・指導を行う機会を増やし、技術力の向上を目指している。特に、「里親活動」と「福国橋守マイスター会」との取り組みは共に平成26年度より長年に亘って継続しているところであり、職員も参加し先輩職員が経験したことを直接伝承（点検、判定、補修）することから、若手職員へのメンテナンス理念の普及、技術者育成、技術力の向上に大きく寄与しているものと考えている。（写真-6）（図-8）



写真-6　橋守マイスター会と里親活動による合同点検

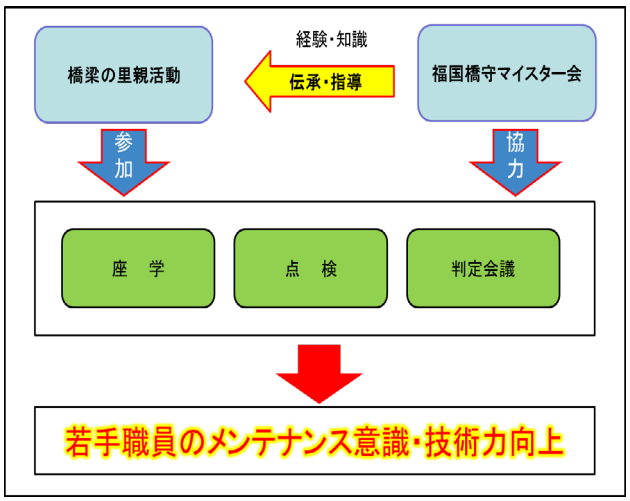


図-8　里親活動と橋守マイスター会の連携のイメージ

こうした「福国橋守マイスター会」による日常の橋梁点検などの取組が、維持管理の質の向上に寄与したことや、職員による基礎知識の習得や点検作業を行う「橋梁の里親活動」との連携を図ることにより技術者育成に貢献したことを評価され、土木学会が実施するインフラメンテナンス分野に特化し、インフラメンテナンスに関連する優れたプロジェクト（事業）、人・団体（技術者、オペレーター、管理者等）、個別要素技術（点検・診断、施工方法、材料等）および論文（実践的研究）を評価する「土木学会インフラメンテナンスチャレンジ賞」を2024年年度に受賞した。（写真-7）



写真-7　表彰状

4. おわりに

福岡国道事務所が実施する「橋梁のメンテナンス」の取り組みに参加することで、橋梁メンテナンス業務に必要な知識や技術だけではなく、多様な関係者と連携しながら課題を解決していくことの重要性を学んだ。

橋梁の高齢化が進む中、適切な点検・診断・補修を継続的に実施していくことは、安全な道路交通を確保するうえで重要であると考えるため、福岡国道事務所が行う［橋梁の里親活動］や［福国橋守マイスター会］によるボランティアなど、年に１回「橋梁メンテナンス」の取り組みを維持していくことが重要であると考える。

これまで、長年に渡って活動を続けられた皆様に、この場を借りて改めて感謝申し上げる。今後も橋梁の構造物としての安全性の向上や維持管理の質の向上に向け、引き続き、橋梁のメンテナンスに取り組んでいきたい。

参考文献

1) 国土交通省道路局：道路メンテナンス年報（2025 年 8 月）

保有船舶が支える開発保全航路
―関門航路における実務と将来展望―

岩切　あすか[1]・梅山　崇[2]

[1,2]九州地方整備局　関門航路事務所　海洋環境・防災課（〒802-0001 北九州市小倉北区浅野3丁目7－38）

関門航路は，瀬戸内海と日本海を結ぶ我が国屈指の重要海上交通路であり，日本の産業・物流を支える国家的インフラである．その安全性と機能を維持し，海上輸送の効率化に資するため，関門航路事務所は浚渫，測量，監視，清掃，防災等の多様な業務を担っている．これらの業務を支えるのが，浚渫兼油回収船「海翔丸」，測量船「海燕」，航路調査船「鎮西」，そして清掃兼油回収船「がんりゅう」である．

本論文では，各船舶の役割と実務を紹介するとともに，老朽化や担い手確保，自然災害の激甚化等の課題を整理する．さらに，DXや自動化技術の活用，多様な主体との連携強化を通じた将来展望を示し，国土交通行政を支える現場力の重要性について考察する．

キーワード　関門航路，開発保全航路，保有船舶，港湾行政，海上防災

1. はじめに

我が国は四方を海に囲まれた海洋国家であり，国民生活や産業活動の大部分を海上輸送に支えられている．中でも関門航路（**写真-1**）は，本州と九州を隔てる地理的要衝であり，日本海と瀬戸内海，そして東アジアと日本の主要港湾を結ぶ重要な海上交通路として，人流・物流の大動脈の役割を担っている．

一方で，関門航路はS字型に屈曲し，航路幅が狭いといった地理的特徴に加え，日本海側と瀬戸内海側の潮位差により水深変化が大きく， 1日に4回流れの向きが変わり，潮の流れも速いといった複雑な自然条件を有している．また，年間約6万隻の船舶が通航し，世界の船舶も大型化の趨勢にあることから，海上輸送の効率化による国際競争力の向上，航行安全性の確保は国家的な課題である．

このため国土交通省は，開発保全航路として関門航路を管理し，国際競争力の向上並びに通航船舶の安全性向上を図るため，航路浚渫，水深確認，航路監視，漂流物回収，あるいは油流出事故対応等，多岐にわたる業務を実施している．

こうした業務の最前線にあるのが関門航路事務所であり，その活動を支えているのが各種保有船舶である．これらの船舶は単なる作業船ではなく，航路の安全・防災・環境保全を担う「海のインフラマネジメント部隊」とも言える存在である．

本論文では，関門航路事務所が保有する船舶の役割や実務を紹介しながら，我が国の港湾・航路行政を支える現場力の価値を再確認するとともに，今後の課題と将来展望について考察する．



写真-1　関門航路位置図

2. 関門航路事務所の役割

関門航路事務所は，関門航路の開発・保全，管理業務を担う専門事務所である．その使命は，航路浚渫による海上輸送の効率化と，船舶が安全かつ円滑に航行できる環境を維持し続けることである．

先にも述べたとおり，関門航路では年間を通じて多数の船舶が航行し，コンテナ船，貨物船，タンカー，自動車運搬船等多種多様な船舶が利用している．また，大型船舶の割合も増加傾向にある．こうした船舶交通を支え，社会情勢の変化に対応するためには，航路の計画水深の確保に加え，増深・拡幅，航路状況の把握，障害物の除去等，継続的な取り組みが欠かせない．

特に関門航路は潮流が速く，土砂の移動も活発であることから，浚渫による水深確保が重要である．また，航路の状態を正確に把握するための測量業務や，沈船・漂

流物・異常事象への迅速な対応も必要となる．

さらに近年では，自然災害の激甚化や海洋環境保全への社会的関心の高まりを背景に，災害時の緊急対応や油流出事故対策の重要性も増している．関門航路事務所は平常時の開発・保全，管理だけでなく，緊急時には海上防災の中核的役割も果たしている．

これらの業務は一つの船舶だけで完結するものではない．浚渫船，測量船，調査船，清掃船がそれぞれの専門機能を発揮し，相互に補完しながら関門航路の安全と信頼性を支えているといえる．

3. 保有船舶の紹介

(1) 浚渫兼油回収船「海翔丸」

海翔丸（**写真-2**）は，関門航路事務所の業務を支える中核的な船舶である．その最大の使命は，関門航路の増深・拡幅による船舶大型化への対応並びに通航船舶の安全性向上を図ることである．



写真-2　浚渫兼油回収船「海翔丸」

通常は，年間を通じ（7～9月の定期修理期間を除く）月曜から金曜までの24時間3交代制で浚渫作業を実施している．船体の最後部中央に取り付けられたドラグラダーを海底まで下ろし，先端部のドラグヘッドと呼ばれる吸い込み口を海底に着底させ，約3～4ノットで自走しながら，1時間で約550m^3（ダンプトラック約100台分）の海底土砂を吸い上げ，船体内の泥倉（容量2,000m^3）へ貯留する．泥倉が満杯になると，土砂処分先へ移動し，船上の土砂排砂管を用いて土砂の排出を行う．

関門航路では，強い潮流により粘土やシルト等の微細な底質が巻き上げられ，航路内に堆積するシルテーションと呼ばれる埋没現象も発生する．そうした中，海翔丸は着実に浚渫作業を実施し，国際物流を支える大型船舶の安全航行の確保に寄与するとともに，国内物流の円滑化に寄与している．

また，海翔丸は油回収機能も備えている．我が国では，沿岸域の油防除体制として大型浚渫兼油回収船を3隻配備（新潟港：白山，名古屋港：清龍丸，北九州港：海翔丸）しており，油流出事故発生の際には，海上保安庁からの要請に基づき，出動後概ね48時間以内で我が国周辺海域の現場へ到着し，油回収可能な体制を構築している．（**図-1**）

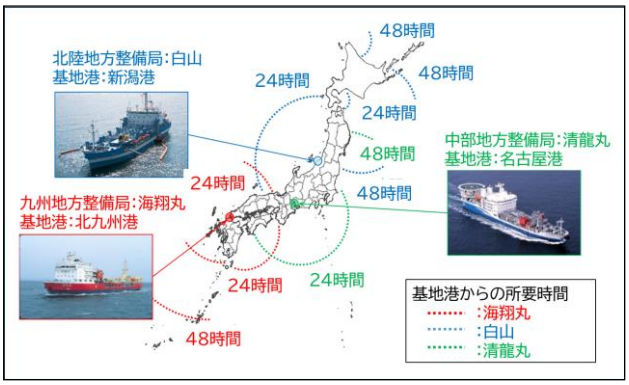


図-1　我が国の沿岸域における油防除体制

大規模地震等の災害時は，支援物資の輸送や入浴支援等の被災地支援も実施している，令和6年1月1日に発生した能登半島地震では，飲料水や食料品，衛生用品等の支援物資を被災地へ届けた（**写真-3**）．



写真-3　能登半島地震における被災地への物資支援

海翔丸には，平時は航路を守り，有事には海洋環境保全や被災地支援を行うという二重の役割を担っている点に大きな特徴がある．

航路浚渫と防災対応を一隻で兼ねる海翔丸は，国土交通省が有する技術力と現場対応力の象徴的存在といえる．関門航路の開発・保全はもちろん，周辺海域の環境保全や国内の安全安心にも大きな役割を担う存在である．

(2) 測量船「海燕」

海燕（**写真-4**）は，関門航路の「ドクター」として機能する測量船である．

航路の水深管理において，まず必要なのは現状を正確に把握することである．海燕は，船底に設置された2基のマルチビーム音響測深器や，衛星測位システムにより船舶の位置を高精度に捉えるRTK-GNSS装置，船体の動揺補正システムを備え，海底地形や水深の変化を日々高精度に調査し，浚渫計画や維持管理計画の基礎データを取得している（**図-2**）．



写真-4　測量船「海燕」

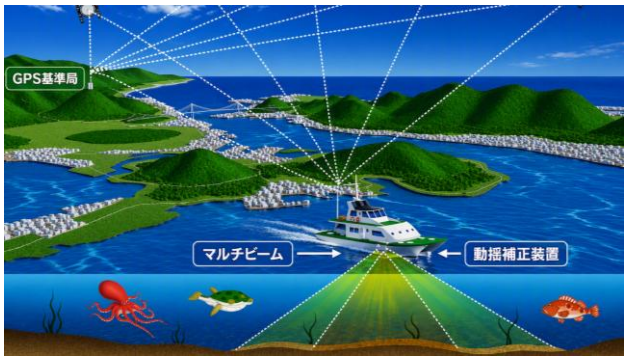


図-2　測量作業イメージ図

関門航路では潮流や土砂移動によって海底地形が変化するため，海燕による高精度な測量成果は，限られた予算や人員の中で効率的な水深管理を行う上で重要な役割を果たしている．

さらに災害発生後には緊急測量を実施し，航路利用者に対して迅速に安全情報を提供する．地震や台風，豪雨等による海底変状を早期に把握し，船舶交通への影響を最小限に抑えることは行政の重要な責務である．

目に見えない海底の状況を可視化し，科学的根拠に基づく航路管理を支える海燕は，関門航路の安全性を陰で支える不可欠な存在である．

(3) 航路調査船「鎮西」

鎮西（**写真-5**）は，関門航路を監視する「目」として機能する調査船である．



写真-5　航路調査船「鎮西」

航路内では日々多くの船舶が航行しており，漂流物や流木，沈船，異常事象等が発生する可能性がある．鎮西は定期的な巡視を通じて航路状況を把握し，航行安全の確保に努めている．

異常を発見した場合には，関係機関と連携し迅速な対応を実施する．災害時には被災状況の調査や初動対応にも従事し，現場からの情報収集拠点として機能する．

近年は社会インフラの老朽化対策や国土強靭化の重要性が増しているが，その前提となるのが現場状況の継続的な把握である．鎮西はまさに「海上のパトロール部隊」として，関門航路の安全と信頼を支えている．

目立つ存在ではないが，日々の監視活動の積み重ねが事故防止に繋がっており，その価値は計り知れない．

(5) 清掃兼油回収船「がんりゅう」

がんりゅう（**写真-6**）は，海洋環境保全を担う清掃兼油回収船である．



写真-6　清掃兼油回収船「がんりゅう」

がんりゅうの活動範囲は，関門航路に留まらない．関門海峡を挟んで東は周防灘，西は響灘の約3,500km^{2}を担務海域として，浮遊するごみや流木等の回収作業を実施している．双胴構造の船体中央部に設置されたスキッパーにより，流れ込むごみをすくい上げ回収する．スキッパーで回収不可能な長尺の流木等は，搭載されたチェーンソーで切断，小分けにして回収する（**写真-7**）．



写真-7　がんりゅうが回収し陸揚げされた漂流ごみ

漂流ごみや流木は，景観を損ね，漁場を荒らすだけでなく，船舶航行の安全を脅かす要因にもなる．がんりゅ

うは海面清掃活動を通じて，海洋環境の維持と航行安全確保の両立に貢献している．

また，がんりゅうは油回収機能も備えており，油流出事故が発生した場合は，海上保安庁の要請に基づき現場へ急行し，海洋汚染の拡大防止に対応する．海洋汚染は漁業や観光，地域経済にも大きな影響を与えるため，迅速な初動対応が極めて重要である．

近年は海洋汚染問題への関心も高まっており，海域清掃活動の社会的意義はますます大きくなっている．安全な航路と美しい海を次世代へ引き継ぐため，がんりゅうは重要な役割を担い続けている．

4. 関門航路の課題

関門航路を取り巻く環境は大きく変化しており，今後の開発・保全，管理の取り組みを持続的に進める上では様々な課題が存在する。

第一に，船舶の老朽化である（**表-1**）．行政船舶は長期間運用されるため，安全かつ安定した業務遂行のためには，定期的な点検や補修に加え，継続的な更新が必要となる．一方で，厳しい財政状況の下では限られた予算を有効活用しながら，ライフサイクルコストを考慮した計画的な更新を進める必要がある．

表-1　保有船舶の船齢と耐用年数

船名	建造年月	船齢	耐用年数	状況
海翔丸	H12.11	25年	20年	超過5年
海燕	H28.3	10年	15年	残5年
鎮西	H18.3	20年	15年	超過5年
がんりゅう	H12.3	26年	20年	超過6年

第二に，技術者や船員の確保・育成である．少子高齢化が進展する中，高度な海事技術や測量技術，防災対応能力を有する人材の育成が重要な課題となっている．

第三に，自然災害の激甚化である．気候変動の影響による台風の大型化や集中豪雨の頻発により，災害対応能力の一層の強化が求められている．

さらに，脱炭素社会への移行も重要な課題である．行政船舶においても，省エネルギー化や環境負荷の低減を図るとともに，新たな環境対応技術の導入を検討していく必要がある．これらの課題に適切に対応するためには，従来の管理手法に加え，ICTやDX等の新技術の積極的な活用，関係機関との組織横断的な連携強化を進めることが不可欠である．これにより，関門航路の安全性・効性・持続可能性のさらなる向上が期待される．

5. 将来展望

今後の関門航路の開発・保全，管理においては，DXと現場力の融合が重要な鍵になると考えられる．

測量分野では，デジタル技術の活用により，より効率的で高度な海底地形管理が可能となる．さらに，AIによるデータ分析や予測技術を活用することで，航路管理の高度化も期待される．

監視業務では，ドローンや遠隔監視技術との連携により，広範囲かつ迅速な状況把握が可能になるだろう．一方で，最終的な判断や緊急対応には現場経験を有する職員の知見が欠かせない．

防災分野では，海上保安庁や自治体，民間企業とのさらなる連携強化が重要となる．平時からの訓練や情報共有を通じて，災害対応能力を高めていく必要がある．

また，行政船舶は単なる業務手段ではなく，国民の安全安心を支える国家資産である．その価値を社会へ積極的に発信し，次世代を担う人材の確保や育成にもつなげていくべきである．

関門航路事務所の保有船舶は，これからも技術革新とともに進化しながら，日本の海上物流と地域社会を支える重要な役割を果たしていくと考えられる．

6. おわりに

私たち国土交通省職員の仕事は，多くの場合，その成果が当たり前の日常として社会に溶け込んでいる．船が安全に航行できること，物流が滞りなく機能すること，海が美しく保たれることは，その背後にある不断の努力があるからこそ，当たり前に感じられるのである．

関門航路事務所の保有船舶は，それぞれ異なる役割を持ちながら，一体となって物流の基盤を支えている．浚渫，測量，監視，清掃，防災という一連の業務は，国民生活や経済活動の安定に直結している．

私たちの使命は，単に航路を維持することではない．海上交通の安全を守り，人々の暮らしと産業を支え，将来世代へ豊かな国土を引き継ぐことである．その最前線で活躍する保有船舶は，国土交通行政の現場力そのものと言える．

社会情勢や技術が変化しても，現場を支える人と船の価値は変わらない．関門航路事務所の取組は，国土交通省が担う公共サービスの本質を示すものであり，私たち職員一人ひとりが誇りを持つべき仕事である．

今後も現場力と技術力を磨きながら，重要な海上交通路である関門航路の開発・保全，管理にしっかり取り組み，安全で豊かな国土づくりに貢献していきたい．

排水機場点検における
ロボット現場実装試験について

境目　向日葵 [1]・森　勇樹 [1]・坂本　匡鴻 [1]・大村　健之 [1]

[1]九州地方整備局　熊本河川国道事務所　施設管理課　（〒812-0013 熊本県熊本市東区西原1-12-1）

排水機場は，洪水時の内水被害軽減を目的として設置された国民の生命，財産を守り，社会経済活動を支える重要な施設である．その目的から，大雨時の確実な機能発揮のためには専門技術者による保守点検は欠かすことができないが，今後担い手不足により持続的な維持管理が困難になると予想される．

その一助として国立研究開発法人土木研究所（以下，土木研究所）にて研究されている，人間とロボットの協働による排水機場点検について，当事務所で管理する内田川排水機場にて全国で初めて実装試験を行ったため，その内容について報告する．

キーワード　土木機械設備，排水機場，点検，フィジカルAIロボット

1. はじめに

排水機場は，洪水時の内水位上昇に伴う浸水被害の軽減を目的として，ポンプによって河川又は水路の流水を排水するなどの目的で設置されるもので，国民の生命・財産を守り，社会経済活動を支える役割を担う重要な施設である．

近年，水害の激甚化，頻発化により排水機場の重要性は増しており，より一層確実な稼働が求められている．

一方で，排水ポンプ設備市場の減少による人員削減や高齢化に伴い，排水ポンプ設備に関わる技術者は減少の一途をたどっており，維持管理水準の確保が大きな課題となっている．2022年7月に社会資本整備審議会より出された「河川機械設備のあり方　答申」においても，信頼性を確保した上での省人化が必要不可欠との提言がなされているところである．

これを受け，土木研究所では2024年から排水機場点検における人間とロボットの協働について研究されており，今回，当事務所が管理する内田川排水機場において，全国で初めて実際の点検時に合わせたロボット実装試験を行った．

2. 内田川排水機場について

内田川排水機場は，緑川の河口から 0.9km 付近に合流する内田川に建設された，内田川流域の内水被害を軽減するための排水施設である．（**図-1**）



図-1　内田川排水機場　外観

排水ポンプ設備は，主ポンプ，減速機，主原動機，その他補機類が連動して機能を発揮するプラント設備であり，内田川排水機場も同様の機器構成となっている．

以下に設備の諸元を示す．（**表-1**，**図-2**）

表-1　内田川排水機場　諸元

排水量	15m³/s（5m³/s×3 台）
口径	1,500mm
ポンプ形式	立軸斜流
主原動機	ガスタービンエンジン



図-2　内田川排水機場　内観

また，2000 年 3 月の完成から 27 年を経過し，錆やオイル漏れなどの設備の老朽化も見られる．（図-3）



図-3　設備の老朽化

3.　排水機場点検の現状とロボット導入の背景

排水ポンプ設備の点検は「河川ポンプ設備点検・整備・更新マニュアル（国土交通省）」に基づき実施しており，内田川排水機場では出水期前の年点検，管理運転点検，月点検の計3回をポンプメーカーに外注し点検を実施している．年点検では，ポンプ班，エンジン班，電気班，総勢31人で2日間を要している．

近年，日本では少子高齢化の進行に伴い，生産年齢人口の減少が続いており，様々な分野で労働力不足が深刻化している．特にインフラ維持管理分野では，高度経済成長期に整備された施設や設備の老朽化が進行している一方で，それらの点検や保守管理を担う技術者の高齢化が進んでいる．

また，長年の経験によって培われた点検技術や設備に関する知識は熟練技術者に依存する部分が大きく，退職者の増加に伴う技術継承が課題となっている．さらに，若年層の建設業や維持管理分野への就業者数は減少傾向にあり，後継者不足も深刻化している．このような状況の中で，従来と同様の人員体制を維持することは年々困難になっており，限られた人員で効率的に施設を管理することが求められている．（図-4）[1)]

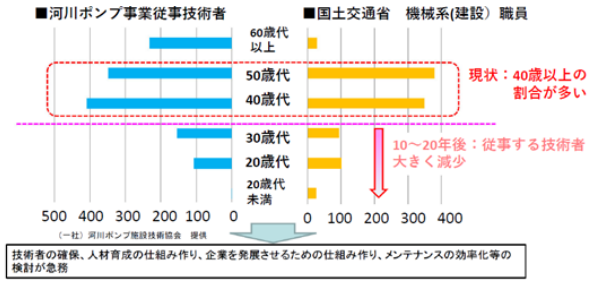


図-4　技術者の状況（河川ポンプ事業）

加えて，働き方改革の推進により労働時間の適正化や作業環境の改善が求められていることから，これまで人手に依存していた点検業務の見直しも必要となっている．

このような背景から，近年ではロボット技術やAI技術を活用した維持管理手法が注目されている．ロボットを活用することで，人が立ち入りにくい場所や危険箇所の点検が可能となるだけでなく，巡回点検や目視確認などの定型業務を効率化することが期待されている．そのため，将来的な労働力不足への対応や維持管理業務の持続可能性を確保する手段として，様々な分野でロボット導入の必要性が高まっている．

インフラ維持管理分野においては，既に道路分野でトンネルや橋梁の点検にドローンや各種点検ロボットの活用が進んでおり，カメラやレーザースキャナ等を用いて構造物の状況を把握することで，目視点検や計測作業の一部を代替している．（図-5）[2)]



図-5　インフラ維持管理分野(道路)の活躍例

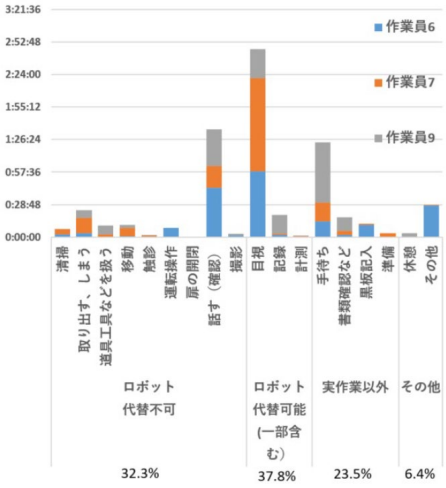
このように，ロボット技術は様々な分野で人手不足へ

の対応や業務効率化，安全性向上に貢献しており，その活用範囲は年々拡大している．

排水機場においても，巡回点検や設備外観の確認，計器の読取りなどの目視点検項目についてはロボットによる代替が可能であると考えられる．

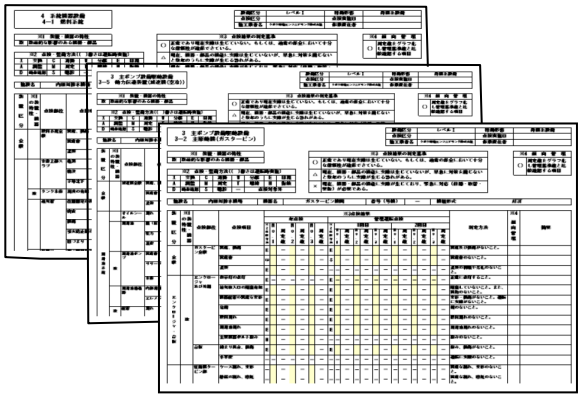
土木研究所の調査によると，内田川排水機場とは別の排水機場ではあるが，点検作業員にウェアラブルカメラを装着し作業動画を撮影し，その動画から作業分析を行った結果，目視確認項目が多いことが分かった．（**表-2**）[3)]

表-2　点検作業員の作業分析結果



また，内田川排水機場では，河川ポンプ設備・整備・更新マニュアル（案）に基づくチェックシート（**表-3**）により点検を行っているが，全 788 項目の年点検項目のうち 475 項目が目視点検項目であり，ロボットによる代替が可能と考えられる項目が多いことが想定される．

表-3　内田川排水機場点検チェックシート



この結果からもロボットの活用が有効であると考えられる．

こうした背景から，インフラ維持管理業務へのロボット活用に向けた取り組みが進められ，その一環として，2026年5月に内田川排水機場の出水期前年点検に合わせて，ロボットを活用した社会実装試験が行われた．

4.　実装試験内容とその結果

(1) ロボットの選定について

内田川排水機場の点検へのロボットの試験的導入においては，四足歩行型のフィジカルAIロボット「Spot(BostonDynamics製)」にカメラや音響マイク，サーモグラフィを搭載した機体を使用した．

フィジカルAIロボット（以下，ロボット）とは，センサーやAIを活用して周囲の環境を認識・判断し，自律的又は半自律的に物理空間で行動するロボットのことである．

Spotの全体像と仕様を下記に示す．（**表-4**）[4),5)]

表-4　Spotおよびカメラの仕様



本体外形寸法	全長	1,100㎜
	全幅	500㎜
	デフォルトの高さ（歩行時）	610㎜
	高さ（座った状態）	191㎜
	最大身長（歩行時）	700㎜
	最小身長（歩行時）	520㎜
	重量（バッテリー使用時）	32.7kg
	自由度（機械の動作）	12DoF
	最高速度	1.6m/s(5.76km/h)
カメラ寸法	寸法	334㎜(長さ)×203㎜(幅)×368㎜(高さ)
	重量	6.5kg
	パノラマカメラ解像度	10MP
その他	連続稼働時間	60分以上
	安全制御	転倒時等に自動制御する安全機構

(2) コース設定

ロボットの巡回コースは，30分程度実施する管理運転の時間内に完了することができるよう設定した．

また，ロボットの操作方法については，今回の現場実装試験ではロボットをタブレットにより手動操作して巡回コースや撮影位置を記憶させ自動巡回を行った．（**図-6，図-7**）

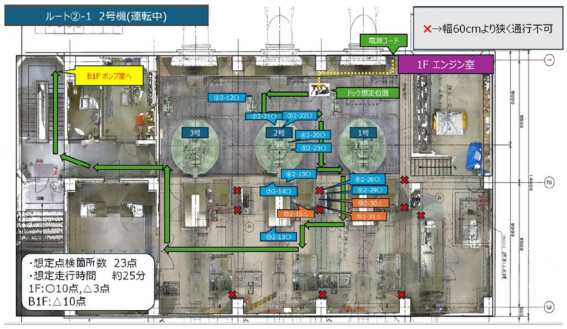


図-6　点検ルート（1Fエンジン室）

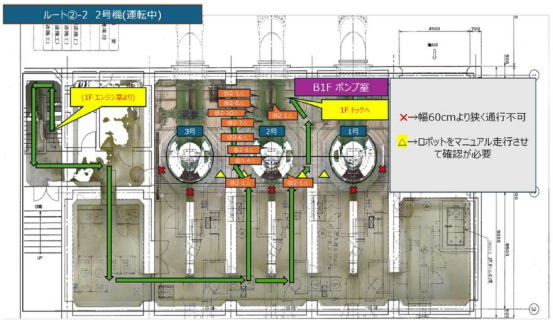


図-7　点検ルート　（B1Fポンプ室）

加えて，あらかじめフロア内の点群データを取得し，フロア内に数点設置した，基準点を示す2次元バーコードを走行中に読み込むことで，自らの位置を把握し，障害物を検知しても自動で回避・ルート復帰できるようにした．（図-8）

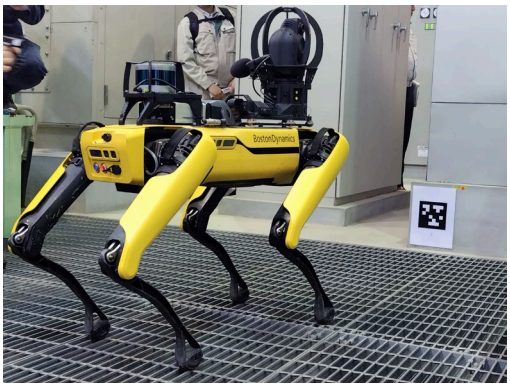


図-8　QRコードを読み込む様子

コース設定において発生した課題については，下記のとおり対応した．

課題点1：本来ロボットが進入できない走行通路幅最小600mm以下や溝がある箇所による転倒．

対策：走行通路幅最小600mm以下の箇所には仮設ステップを設置し，溝は板材を敷くことで段差を解消．（図-9）

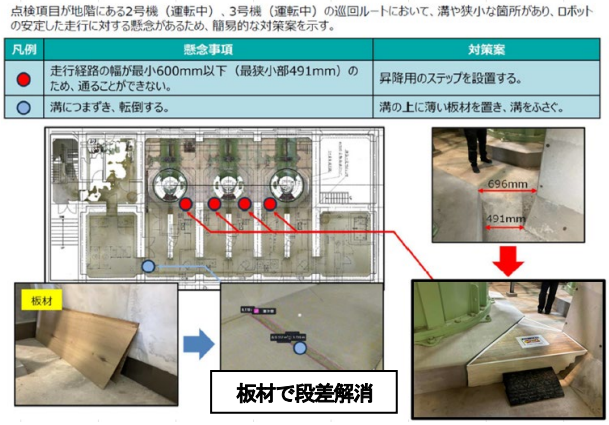


図-9　走行時の問題点と対策

課題点2：ガスタービンはパッケージ化されており，内部の確認は扉の開閉が必要であるが，ロボットでは対応不可．

対策：あらかじめ人が扉を開けておく．（図-10）



図-10　人が扉の開閉を行いロボットがガスタービン内を点検している様子

⑶ 点検内容

今回の実装試験において，以下の項目についてロボットによる点検を行った．

①各種計器計測
- 減速機/潤滑油系統/潤滑油（圧力，圧力計指示）
- 減速機/潤滑油圧力（運転中）

②塗装劣化や腐食等の外観撮影
- 主原動機/ガスタービン本体/減速機部（ケース割れ，変形）
- 減速機全般（異常，損傷・塗装）
- 減速機/減速機本体/据付部（架台）

③音響マイクによる異常音確認
- 主ポンプ全般

④サーモグラフィ（赤外線）による異常過熱確認
- 吐出弁/電動式弁/電動機

⑤ボルトの緩み確認（図-11）

ボルトと締結部にマーキングし，そのマーキングがず

れていたら緩んでいると判断するものである．

⑥油漏れの確認（図-11）

油に反応して変色するテープを配管に貼付し，変色の有無により油漏れを判断するものである．



図-11　ボルトの緩みと油漏れの確認

(4) 試験結果

点検内容①各種計器計測と②塗装劣化や錆の外観撮影計測器の目視確認による項目は，ほぼすべて問題なく確認できた．（図-12）

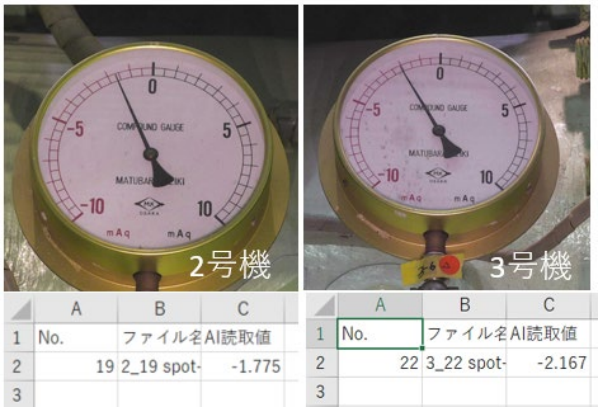


図-12　ロボットによる計器計測値読み取り

④サーモグラフィ（赤外線）による異常過熱確認（図-13）や⑤ボルトのマーキングによる緩みの確認，⑥油漏れ検知シールによる油漏れの確認についても有効であった．



図-13　異常過熱の撮影状況

③音響マイクによる異常音確認については，ロボットが録音した音を点検作業員に聞いてもらったところ，「異常音の判別は難しい」とのことであった．

そのため，異常音をロボットで点検するためには，音響マイクの性能を上げるとともに，取得した画像や音響データをAIで解析することができるようになれば，異常判定にも有効と考えられる．

その他，今回の試験によって得られた課題として，点検終了後に点検業者にヒアリングしたところ，「ロボットは音がしないので接近しているかが分からない」「ロボットは，移動→静止→撮影→移動，と動作するが，静止してから次にいつ動くかが分からない」という不安の声が聞かれたが，これについては，ロボットに回転灯や動作開始時に音が鳴るようにすることで対処可能と考える．

5. 結論および今後の展望

本試験により，四足歩行ロボットを活用した排水機場点検の有効性を確認することができた．

実際の年点検において，人とロボットが同一空間で協働しながら点検を実施できることや，音響マイク，サーモグラフィ等の技術が排水機場点検へ適用可能であることが分かった．

今後，点検結果や画像データをリアルタイムで取得・共有することで，従来のように点検後に結果を整理して報告する内業の効率化が期待できる．

また，一定のルートや視点で継続的に点検を実施できることから，過去の点検結果との比較も容易に行うことができ，設備の異常や劣化の推移および傾向をより正確に把握・分析することが可能となり，点検品質の均一化や見落とし防止にも寄与すると期待される．

加えて，年点検以外の月点検，管理運転点検や操作人による点検等の目視中心の点検についてもロボットによる代替が可能であると考えられる．

一方で，走行通路幅や設備構造による移動制約，扉開閉作業への対応，導入費用および維持管理費などの課題も残されている．今後は費用対効果を踏まえながら，排水機場の維持管理業務へ段階的に活用していくことが望まれる．

今回は目視点検項目について試験を行ったが，排水ポンプ設備には以下に示すような，ロボットにはできないものも多くある．（図-14）

- 機器操作制御盤内の電気配線関係などの絶縁抵抗測定（左上）
- ガスタービン内の点火栓や燃料ノズルの汚れや詰まりによる分解清掃（右上）
- ガスタービンのファイバースコープによる機関内部点検（左下）
- 吸水槽水位計点検（右下）



図-14　ロボットではできない点検例

そのため，ロボットを人の代替として導入するのではなく，あくまで点検作業は人が主体となりロボットは補助的な役割として位置づけ，人とロボットが協働する点検体制を構築し，点検品質を維持しながら，省人化および効率化を図ることが重要である．

これから先，ロボットを活用した点検が当たり前になることで，これまでインフラ維持管理に関心のなかった若い世代も興味を持ってもらうきっかけになるのではと考える．

参考文献

1) 国土交通省，“社会資本整備審議会河川分科会河川機械設備小委員会　第2回資料” https://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/content/001406136.pdf，2021.
2) 国土交通省，“点検支援技術性能カタログ”，2025.
3) 上野仁士，房前和朋，“歩行ロボットによる排水機場ポンプ設備点検の適用性について”，第23回建設ロボットシンポジウム，2025.
4) 東北エンタープライズ HP https://spot-teco.jp/
5) 東北エンタープライズ HP https://spot-teco.jp/spec/

石造アーチ橋の維持管理技術継承を目的とした VR研修システムの構築

東　大貴1・渡邊　裕之1・田実　良一1

1九州地方整備局　九州技術事務所　防災・技術課　（〒830-8570 福岡県久留米市高野1-3-1）

九州技術事務所では2017年度に橋梁実モデルを整備し，安全かつ効率的な研修を可能とした．また，橋梁実モデルを活用し、一連の点検作業を学習できるVR研修コンテンツを2021年度に作成し、試行的に研修で活用している。本取組では，これまでのVR研修技術を応用し，道路橋石橋の三次元モデルを構築すると共に、点検や調査、診断など一連で学習できる研修コンテンツとして整理し，石造アーチ橋特有の維持管理技術を習得できる研修ツールを開発した．本取組により，従来習得が難しかった石造アーチ橋の維持管理技術について，効率的な技術継承を可能とし，次世代技術者育成に資する新たな研修手法の構築を目指した経緯を紹介する．

キーワード　VR（仮想現実），石橋，三次元モデル，模型，研修

1. はじめに

道路橋は道路ネットワークを構成する重要なインフラ構造物であり，全国に約70万橋が供用されている．そのうち道路橋石橋は全国に約2400橋確認されており，その約半数が九州地方に現存している．道路橋石橋の構造形式にはアーチ形式と桁形式があり，特に石造アーチ橋の管理については，道路管理者の約9割を市町村が占めている．

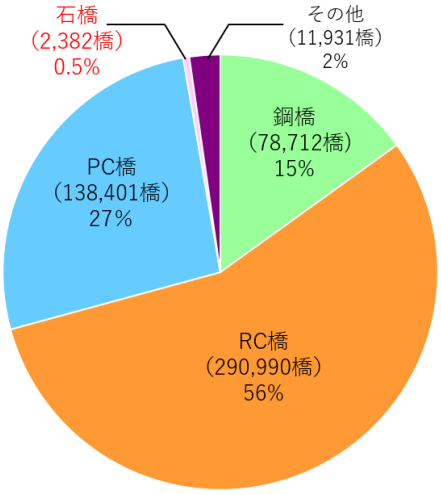


図-1 橋種の割合（全国）

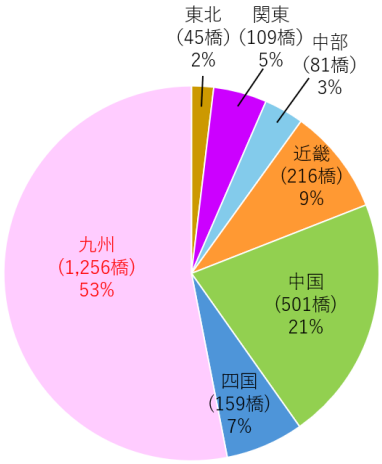


図-2 石橋の地方の割合

2013年6月の道路法改正により老朽化する道路インフラの維持管理体制を「予防保全」へと転換しており,全ての橋梁等について５年に一度の定期点検が義務化された．2014年度以降，道路橋の定期点検は道路法施行規則に基づいて実施されることとなり，国土交通省は道路管理者が遵守すべき事項を示した「道路橋定期点検要領（2019年2月）」を策定している．

道路橋石橋についても，5年に1回の近接目視による定期点検を実施し，その結果に基づき必要な措置を講じることが求められている．

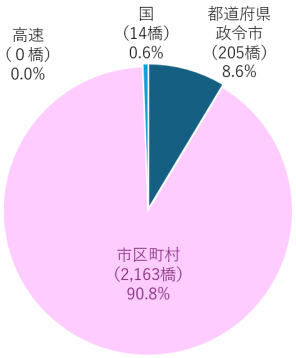


図-3　石橋の管理者の割合（全国）

特に，石造アーチ橋は古くから石工の知識や経験に基づいて構築された構造物であり，一般的なコンクリート橋や鋼橋とは異なる構造特性を有している．そのため，工学的な見地から体系的に整理された維持管理技術資料は十分に整備されておらず，一部研究者による学術的研究が進められているものの，実務に活用可能な技術体系は確立されていない．また，現行の道路橋定期点検要領においても，石造アーチ橋特有の技術的な考え方は示されていない．

こうした課題を踏まえ，九州地方整備局では 2020 年度に有識者による「道路橋石橋維持管理検討委員会」（委員長：熊本大学名誉教授　山尾敏孝）を設置し，石造アーチ橋の定期点検に関する技術資料の作成にあたり審議を重ねてきた．その結果，2021 年 3 月に「道路橋石橋の定期点検に関する参考資料［石造アーチ橋］」を中間報告として取りまとめられ，2021 年度以降，九州管内の県市町村等の道路管理者による試行運用を経て 2026 年 3 月に最終案として整備した．

一方，県市町村等の地方自治体では道路橋石橋を適切に維持管理するために必要な専門技術者の確保が課題となっている．石造アーチ橋は一般橋梁とは異なる構造特性を有するため，点検技術の習得には専門的知識と経験が必要であるが，自治体職員や若手技術者に対する現地研修は時間的制約，地理的制約，さらには安全面での課題を有しており，効率的な技術継承手法の構築が求められている．

以上の状況背景から，「道路橋石橋の定期点検に関する参考資料［石造アーチ橋］」を基礎資料として，石造アーチ橋点検技術の継承を目的に，構造特性，可視化困難な内部構造，変状発生メカニズムを仮想空間内で再現可能な VR 技術を活用した点検・診断研修教材を開発し，次世代技術者育成に資する新たな研修手法の構築を行った．

2. 石造アーチ橋の変状事例整理

石造アーチ橋とは、石材を圧縮力で荷重を支える橋であり圧縮力の流れを絶対に崩さないことが重要である。石造アーチ橋の各部位・部材の形状変化と変状の項目を表－1 に示す．圧縮力の流れを崩す要因となる変状として，沈下・移動・傾斜，洗掘，空洞，樹根貫入，抜け落ち，はらみ出し，ずれ（抜け出し），開き（隙間）が挙げられる．

部位・部材区分		アーチ・壁石面・輪石基礎・路面の形状変化	構造安全性に影響を及ぼす変状	石材単体・その他の変状
上部構造	壁石・中詰	壁石面の変化	沈下・移動・傾斜 洗掘 空洞 樹根貫入 抜け落ち はらみ出し ずれ（抜け出し） 開き（隙間）	断面欠損 破断（亀裂） 剥離 ひびわれ 変色・劣化 漏水・滞水 植生 その他
	輪石（要石）	アーチの変化 輪石基礎の変化		
下部構造	橋台・橋脚・基礎			
路上	路面	路面の変化	－	舗装の異常 不同沈下（段差）
	排水施設	－	－	漏水・滞水 その他
	周辺地盤	－	－	その他
	防護柵	－	－	防護柵・地覆の異常
その他	護岸	－	－	その他
	水切り	－	－	
	付帯施設等	－	－	

表-1　各部位・部材の対象とする形状変化と変状の項目

VR研修教材とする形状変化，変状を抽出した．定期点検において，最も重要なポイントは構造安定性に影響するアーチ・壁石面・輪石基礎・路面などの形状の変化を捉えることである．そのため，ＶＲ研修対象となる形状変化は，「アーチの変化」，「壁石面の変化」，「輪石基礎の変化」，「路面の変化」を変状が生じる前と変状が生じた状態を比較でき形状の変化を確認できる内容とした．

また，研修資料にて一般的に認識不足となっている石造アーチ橋の構造特性および変状を説明する内容を考えているため，すべての変状にについて，変状の説明および確認するポイントを説明する内容とした．そのうち，ＶＲ研修では，構造安定性に影響を及ぼす変状である，「沈下・移動・傾斜」，「洗掘」，「空洞」，「はらみ出し」，「ずれ（抜け出し）」，「開き（隙間）」に加え，空洞やはらみ出しと関連性が確認される漏水について解説する内容とした．写真-1にＶＲ研修対象事例である事例写真を示す．



写真-1 アーチ形状の変状と壁石面の変状

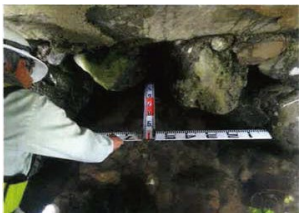



写真-2 洗掘と空洞

3. VRモデル構築用道路橋石橋の選定，画像計測の実施

ＶＲモデル構築用道路橋石橋［石造アーチ橋］を既存の石橋の中から選定することとし，研修効果が最も期待できることを基準として選定方針を整理した．

石造アーチ橋の点検・診断の研修教材ツールとして，アーチ構造の構造特性を説明した上で，アーチ機構が健全な状態であるかどうかを示す必要がある．

そのため，研修内容の充実化および効率化（作りやすさ）に着目し，以下のポイントで選定を行った．

１）補修補強設計，工事記録の有無 ： 研修の充実化

２）デジタル計測の実施の有無 ： 効率化




写真-3 補修工事前と後

補修設計報告書，補修工事記録（工事写真・施工計画書）が存在する橋梁，デジタル計測を実施している橋梁から，下町橋（熊本県球磨郡湯前町管理）を選定した．また，現況の下町橋（補修工事後）を対象にデジタルカメラによる画像計測を実施した．

4. 道路橋石橋点検VRモデルの構築

各視点場にて健全な状態と変状が生じている状態のモデルを構築し，形状の変化や変状を探し出す疑似点検ができる仕様とした．また，石造アーチ橋の構造特性および不可視部を可視化し，変状メカニズムについては，VR作成における視覚的効果が期待できるため，詳細にモデルを作成した．図-4に，それぞれのモデルの代表箇所の静止画を添付する．

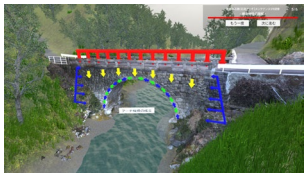
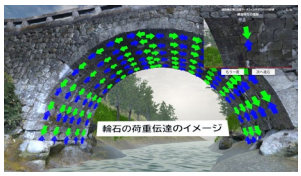



図-4 構造特性の説明




図-5 アーチ形状の変状が生じている状態と不可視部の洗掘のメカニズム

5. 研修プログラムの検討

研修は，道路橋石橋の点検業務に従事する，職員や自治体職員の技術力向上を図ることを目的としている．道路橋石橋[石造アーチ橋]の点検の一連の流れが理解できるように，「道路橋石橋の定期点検に関する参考資料[石造アーチ橋]」に示される，定期点検の手順の考え方を基本とし，学識経験者からも意見いただき，研修内容に反映した．研修プログラムは，スライド研修とVR研修を併用する以下の様な構成とした．

スライド研修（前半）で，石造アーチ橋の構造特性や使用している石材の特徴など道路橋石橋特有の留意点，変状の種類，健全性の診断，記録方法など，石造アーチ橋の点検に必要である基本事項を解説する内容とした．

ＶＲ研修（現地模擬点検）では，点検の一連の流れが理解できるコンテンツとし，石造アーチ橋の点検手順についてＶＲを用いて解説するようにした．なお，ＶＲ研修では，実際の点検の流れについてＶＲで表現するが，前段として点検の事前準備や状態の把握の流れについても解説する内容とした．また，ＶＲでの表現効果が大きいと考えられる石材アーチ橋の構造特性の解説および不可視部である中詰について，役割および変状のメカニズムを説明する内容とした．

スライド研修（後半）で，石材アーチ橋の診断および，参考資料として石材アーチ橋の耐震性能について平成28年熊本地震の被災事例を交えて説明する内容とした．

スライド研修（前半）	VR研修	スライド研修（後半）
・石橋の基礎知識	・事前準備と留意点	・診断
・形状変化と変状の種類	・構造特性の理解	・参考資料（耐震性）
・点検の手順	・不可視部の解説	
・計測の目的・方法	・状況把握の流れ	
・記録様式	・全体俯瞰	
	・アーチの形状の変化	
	・輪石の形状（近接）	
	・洗堀	
	・壁石面の変状	
	・橋面の変状	
	・確認テスト	
	・関連性解説	

図-6 研修プログラムの流れ

また，全ての内容を研修する点検コース①，VRによる現地模擬点検を実施する点検コース②，VRを一部体験する体験コース③を整理し，研修対象者に応じたコースを設定した．

項目			コース①	コース②	コース③
VR	シナリオモード	前半（事前点検の準備～全体俯瞰）	●	●	
		後半（アーチの形状の変化～関連性解説）	●	●	
	一覧モード	事前準備と留意点			○
		構造特性の理解			○
		不可視部の解説			○
		状況把握の流れ			○
		全体俯瞰			○
		アーチの形状の変化			○
		輪石の形状（近接）			○
		洗堀			○
		壁石面の変状			○
		橋面の変状			○
		確認テスト			○
		関連性解説			○
スライド研修前半	石橋の基礎知識		●	○	
	形状変化と変状の種類		●	○	
	点検の手順		●	○	
	計測の目的･方法		●	○	
	記録様式		●	○	
スライド研修後半	診断		●	○	
	参考資料（耐震性）		○	○	
研修用補足教材（模型）			●	●	●

表-2 研修カリキュラムと点検コース

6. 研修用補足教材の作成

道路橋石橋の点検・診断における研修の理解を深めるための補足教材の検討を行った．石造アーチ橋の点検を行う上で，「構造特性」の理解が重要であり，石造アーチ橋の構築手順を理解することが有効である．そこで，石造アーチ橋の施工手順の理解を深める教材として，3Dプリンターで製作できる石造アーチ橋の構築模型を作成した．3Dプリンターによる模型を活用することで，視覚と触覚の相乗効果で研修効果の向上が見込まれる．

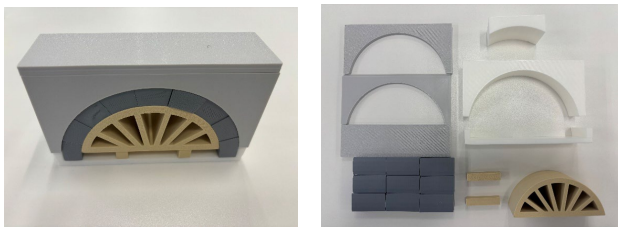


写真-4 補足教材（スパンライズ比1/2）

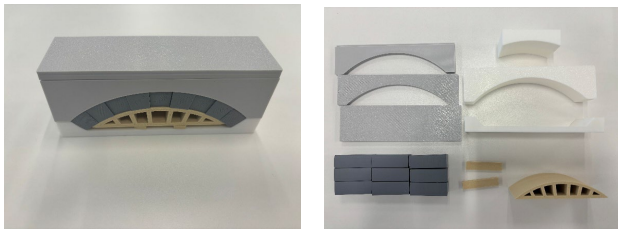


写真-5 補足教材（スパンライズ比1/5）

模型については施工手順を手元で再現でき，①基礎地盤，②輪石（9分割），④壁石（左右），⑤中詰め，⑥支保工からなり，研修者が手元で石造アーチ橋の構築を体験できる教材とした．なお，スパンライズ比による構造特性の違いを学習できるように，スパンライズ比1/2と1/5の2種類の模型を作成した．

7. 終わりに

今回開発した橋梁メンテナンスモデルでは，石造アーチ橋特有の構造特性や主要な変状を再現するとともに，VRの仮想空間内で疑似的に点検作業を体験できる研修教材として構築した．また，仮想の三次元空間において，没入感やリアリティを高めるため，VRゴーグルやVRコントローラを活用し，より実践的な研修環境を実現した．

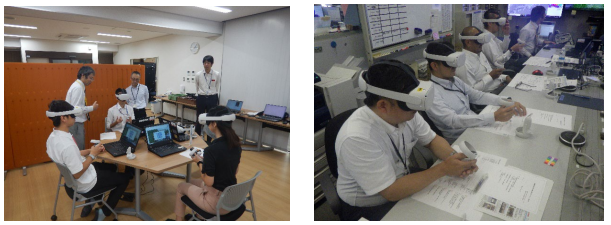


写真-6 ワーキングによるVR体験

さらに，体験型実習としての研修効果を高めるため，学識経験者から意見聴取を行うとともに，九州地方整備局道路部，九州道路メンテナンスセンター等で構成されるワーキンググループを立ち上げ，研修内容の充実化を図りながら開発を進めた．

本取組により，従来は現地研修に依存していた石造アーチ橋点検技術について，VR技術を活用した新たな技術継承手法を構築することができた．今後は九州管内自治体職員研修や道路橋メンテナンス分野における技術者育成へ展開するとともに，地方自治体支援に活用し，道路インフラメンテナンス技術の継続的な技術継承に寄与することを期待したい．

最後に，本取組の遂行にあたり，ご指導とご助言を賜りました熊本大学の山尾敏孝名誉教授並びに本取組に協力頂きました関係各位に深く感謝申し上げると共に，石橋に関する基礎データの提供にご協力いただいた湯前町関係各位に厚く御礼申し上げます．

参考文献

1) 令和５年度道路橋石橋の定期点検に関する講習会．
2) 道路橋石橋維持管理検討委員会：道路橋石橋の定期点検に関する参考資料 ［ 石造アーチ橋 ］．

大型函渠の比較検討における VFMの活用報告について

増尾　明彦[1]・田島　大輔[1]・西山　颯人[1]

[1]九州地方整備局　佐賀国道事務所　工務課　（〒849-0924 佐賀県佐賀市新中町5-10）.

近年，建設業界では省人化・働き方改革の推進が急務となっており，設計段階における工法選定の合理化が求められている．本論文では，2026年3月に策定されたVFMによるコンクリート構造物の工法比較に関する実施要領の概要を示すとともに，西九州自動車道伊万里道路14号函渠への適用事例を報告する．一次選定においてプレキャストアーチカルバートが優位と判断され，二次選定においてジオウェアカルバート工法が選定された結果，VFMの考え方が大型函渠の工法選定において有効に機能することを確認した．

キーワード　VFM，大型函渠，生産性向上，省人化

1. VFMによるコンクリート構造物の工法比較について

(1) 策定の流れ

VFMによるコンクリート構造物の工法比較に関する実施要領[1)]（以降「実施要領」と称す）については，2024年3月28日付けで試行の通知があり，その後改正を経て2026年3月27日付けで策定の通知があったところである．概要等を次節から示す．

(2) VFMの概要

VFMによるコンクリート構造物の工法比較とは，コンクリート構造物の設計段階において，プレキャスト製品と現場打ちコンクリートのどちらが優れているかを，単なるコスト比較だけでなく，Value For Money，すなわち支出に見合った価値の概念を用いて総合的に判断することである．

なお，目的は設計業務の効率化，現場での省人化，働き方改革の推進，安全性の向上であり，予備設計・詳細設計の段階で実施するものとし，プレキャスト製品の施工費が現場打ちに比べ安価となる場合はもちろん，高額になる場合でも，地域性・現場条件・安全性等の価値を加味して総合判断が必要な構造物が対象である．

適用工種については，コンクリート構造物の中で比較的採用事例の多いボックスカルバートやL型擁壁を対象としている．

(3) 工法選定フロー

プレキャスト製品または現場打ちコンクリートの選定は，**図-1**のように選定される．

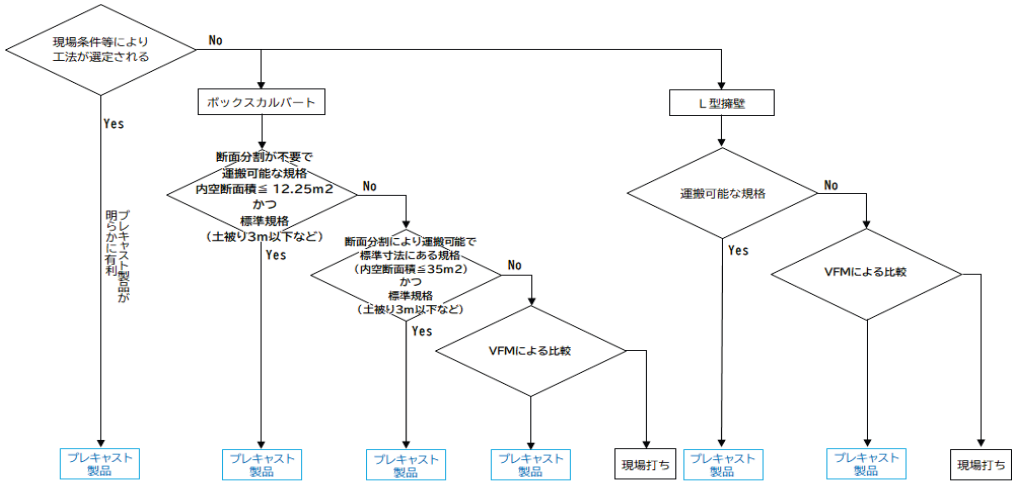


図-1　工法選定フロー

現場条件等により明らかにプレキャスト製品が有利な場合はプレキャスト製品を採用し，現場条件等により工法が限定される場合は工法選定フローに従い選定し，どちらとも言えない場合にVFMによる比較を実施する．

なお，中型以上のコンクリート構造物におけるプレキャスト製品の導入促進のため，特殊車両により運搬可能な規格かつ土被り３m以下等の標準規格については，プレキャスト製品を採用することとしている．

小型から大型の詳細については**表-2**のとおり．

表-2 ボックスカルバートにおける構造物の比較

規格	内空断面積	備考（内空の寸法）
小型	A≦4.0m2	2.0×2.0m以下程度
中型	4.0m2<A≦12.25m2	3.5×3.5m以下程度
大型	12.25m2<A	

(4) 評価項目

プレキャスト製品の導入促進に向け，設計段階でコストに加えプレキャスト製品のメリットを適切に評価するために，評価項目（定量的評価と定性的評価）とその数値化，並びに総合的に比較するための評価項目の重み付けが定められた．評価項目および評価指針を**表-3** のとおり．

表-3 評価項目および評価指標の一覧表

項目	評価項目	評価細目	評価指標
コスト	費用比較	建設費（概算工事費のみ）	概算工事費（現場条件によっては仮設工や諸経費等の縮減・削減を考慮）
		建設費（設計費，LCCのいずれかまたは両方を含む）	（詳細設計費，LCC）＋概算工事費（現場条件によっては仮設工や諸経費等の縮減・削減を考慮）
定量的評価	省人化効果	現場施工作業員の省人化	総人工数
		熟練工の省人化	熟練工（型枠工・鉄筋工・支保工）等の総人工数
		設計～施工に要する労働力の省人化	設計から施工（PCaは製作含む）に要する総人工数
	働き方改革寄与度	工期の短縮（または休日確保）	施工日数（または休日日数）
	安全性向上	労働者の災害リスク	総人工数および施工日数
	第三者への影響	道路の通行止め日数または迂回距離長さ	道路の通行止め日数または迂回距離の長さ
定性的評価	省人化・省力化	工事書類の削減・管理の効率化	認定製品対象の有無等
		技能者・技術者不足	技能者・技術者不足不足の地域での人工数の低減を評価
	働き方改革寄与度	生産性の向上による働き方改革推進への寄与	生産性向上寄与度（施工日数以外で評価、技術者の負荷軽減度等）
	安全性向上	施工時の安全性向上	総人工数や施工日数以外の高所作業の減少、施工期間の短縮等より、安全性向上を評価
		自動化施工、無人化施工	自動化施工、無人化施工による労働災害リスクの低減効果より、安全性向上を評価
	出来ばえ	コンクリートの仕上がり（美観）	損傷のしにくさや施工初期の強度確保
		コンクリートの堅実性	塩害や凍害によるコンクリートの劣化発生のしにくさ
	施工性（生産性向上）	工事工程への貢献度	通年施工のしやすさを評価
		埋設物の施工制約	仮移設する埋設物の施工性を評価
		施工ヤード（進入路）の確保	施工ヤード（進入路）の確保のしやすさを評価
	施工への影響	施工時期の制約	当初施工条件と大幅に異なる施工期間への対応のしやすさを評価
		地域特性	潮待ち、冬季の積雪影響、降雨影響
	維持・管理	維持管理	補修・修繕の頻度の高低を評価
	景観	景観デザイン	周辺環境との調和
	環境負荷低減	水質 動物・植物 騒音・振動	濁水・コンクリート流出の可能性が低い方を評価 周辺の動物・植物への影響（工事期間が長いほど不利） 騒音・振動による影響が低い方を評価

評価項目は，コスト評価，定量的評価，定性的評価の３つで構成される．詳細については次項に示す．

a)コスト評価

コスト評価とは，概算工事費による経済性の比較のことで，単純に概算工事費のみで比較を行う場合と，概算工事費に加え設計費，ライフサイクルコストを含めた費用で比較を行う場合がある．なお，現場条件によっては仮設の費用や諸経費等の縮減・削減を考慮することも必要としている．

b) 定量的評価

定量的評価とは，数値で客観的に比較できる項目である．省人化効果は，生産性の向上および働き手の減少対策のほか，熟練工の少ない地域での熟練工の省人化により，熟練作業員の不足対策として評価される．働き方改革寄与度は，コンクリート構造物の施工に要する工期の短縮やそれに伴う休日の確保のしやすさで評価される．安全性向上については，施工に必要な総人工数と施工日数が少なければ危険性も低くなるという考えをもとに評価されており，第三者への影響については現場条件によるが，施工にあたって道路の通行止めの日数や，迂回距離の長さで評価される．

c)定性的評価

定性的評価とは，数値化できないが施工中・施工後において重要な項目である．例えば，コンクリート構造物施工時の工事書類の削減や管理の効率化を省人化・省力化として評価したり，コンクリート構造物の仕上がりや密実性等から，損傷のしにくさや初期強度の強度確保，塩害や凍害によるコンクリートの劣化の発生のしにくさ等を評価している．その他の評価例は**表-3** を確認されたい．

(5) 評価方法

評価点の配分においては，コストと評価項目のバランスを考慮した検討結果より，全体を 100 点とした場合に，コストが 60 点，客観的に評価できる定量的評価を 24 点，数値化できないが地域特性や現場

条件を考慮できる定性的評価を 16 点としている．

また、それぞれの評価項目の配点は**表-4** の CASE1 を基本としているが，現場に適した評価項目が選定できるよう，CASE2 のような配点にもすることができるようになっている．

表-4 評価項目配点一覧表

項　目	評価項目	CASE1		CASE2
		基本配点		地域特性等で選択
コスト評価	費用比較	60 点	60 点	60 点
定量的評価	省人化効果	24 点	8点	「第三者への影響」を追加する場合は各項目を 6 点とする
	働き方改革寄与度		8点	
	安全性向上		8点	
	第三者への影響		－	
定性的評価	省人化・省力化	16 点	4点	左記の評価項目 より 4 項目を選択し 各項目を 4 点とする
	働き方改革寄与度		4点	
	安全性向上		4点	
	出来ばえ		4点	
	施工性（生産性向上）		－	
	施工への影響		－	
	維持・管理		－	
	景観		－	
	環境負荷低減		－	

なお，コスト評価と定量的評価の評価点の算定方法は(1a)のとおりである．

評価点＝比率（優れる数量／劣る数量）×配点　　(1a)

ただし，定性的評価においては，優れる評価指標を満点として，劣る評価指標は 0 点にすることとされている．

2. 西九州自動車道伊万里道路並びにVFMを活用した14号函渠の概要

今回，VFM によるコンクリート構造物の工法選定を行った 14 号函渠と，その事業についての概要を次節より示す．

(1) 西九州自動車道伊万里道路の概要

西九州自動車道は，高規格道路網の一環として計画された道路で，九州北西部の地域経済の活性化，高速定時性の確保に大きく寄与するものであり，福岡市を起点として，唐津市，伊万里市，松浦市，佐世保市等を経由して武雄市に至る自動車専用道路である．

その西九州自動車道の一部を構成するのが伊万里道路で，伊万里地域の幹線道路である一般国道 202 号の代替機能確保も目的とする延長約 6.6km の道路である．



図-5 伊万里道路事業区間

(2) VFMを活用した14号函渠の概要

前述した伊万里道路事業区間内で大小計 21 箇所もの函渠があり，起点の伊万里東府招 IC から起算して 15 箇所目となる，**図-5** に青丸で示しているのが 14 号函渠である．14 号函渠は脇田町に設置され，脇田川とその河川管理用通路の機能復旧が目的である．

次章より，今回実施した VFM によるコンクリート構造物の工法選定結果を示す．

3. VFMによる工法選定結果

(1) 一次選定

まず，実施要領に基づき，**図-6** に示すように VFM による比較を行うことを確認した．

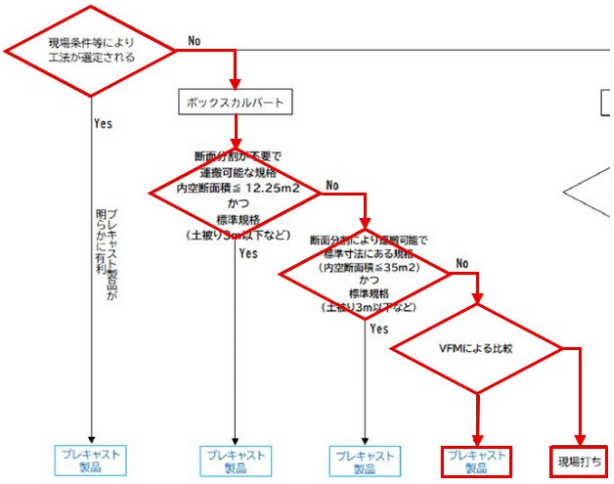


図-6 工法選定フロー[14号函渠]

a) 比較案の抽出

次に，比較案の抽出を行うが，14 号函渠は土被りが

10m 程度あるためボックスカルバートでは頂版や側壁等の部材厚が大きくなり高価となることからアーチカルバートが経済的に有利となる可能性がある．そのため，一次選定ではプレキャストアーチカルバート，現場打ちボックスカルバート，プレキャストボックスカルバートの 3 案で比較検討を行う．

b) 評価項目と配点の設定

続いて，評価項目の設定を行うが，14 号函渠は特に考慮すべき条件はないため，今回は実施要領に記載のある基本項目とし，配点は実施要領に設定されている CASE1 に準拠した．

表-7 評価項目配点一覧表[14号函渠]

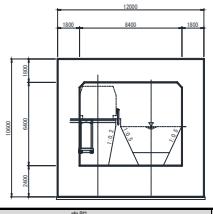
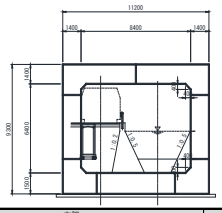
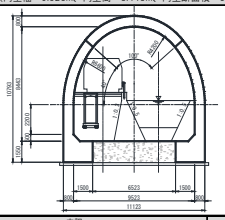
項目	評価項目	評価細目	評価指標	CASE1【基本配点】	
コスト	費用比較	建設費（概算工事費のみ）	概算工事費（現場条件によっては仮設工や諸経費等の縮減・削減を考慮）	60	—
		建設費（設計費，LCCのいずれかまたは両方を含む）	（詳細設計費，LCC）＋概算工事費（現場条件によっては仮設工や諸経費等の縮減・削減を考慮）		60
定量的評価	省人化効果	現場施工作業員の省人化	総人工数	24	8
		熟練工の省人化	熟練工（型枠工・鉄筋工・支保工）等の総人工数		
		設計～施工に要する労働力の省人化	設計から施工（PCaは製作含む）に要する総人工数		
	働き方改革寄与度	工期の短縮（または休日確保）	施工日数（または休日日数）		8
	安全性向上	労働者の災害リスク	総人工数および施工日数		8
	第三者への影響	道路の通行止め日数または迂回距離長さ	道路の通行止め日数または迂回距離の長さ		—
定性的評価	省人化・省力化	工事書類の削減・管理の効率化	認定製品対象の有無等	16	4
		技能者・技術者不足	技能者・技術者不足の地域での人工数の低減を評価		
	働き方改革寄与度	生産性の向上による働き方改革推進への寄与	生産性向上寄与度（施工日数以外で評価、技術者の負荷軽減度等）		4
	安全性向上	施工時の安全性向上	総人工数や施工日数以外の高所作業の減少、施工期間の短縮等より、安全性向上を評価		4
		自動化施工、無人化施工	自動化施工、無人化施工による労働災害リスクの低減効果より、安全性向上を評価		
	出来ばえ	コンクリートの仕上がり（美観）	損傷のしにくさや施工初期の強度確保		4
		コンクリートの堅実性	塩害や凍害によるコンクリートの劣化発生のしにくさ		
	施工性（生産性向上）	工事工程への貢献度	通年施工のしやすさを評価		—
		埋設物の施工制約	仮移設する埋設物の施工性を評価		—
		施工ヤード（進入路）の確保	施工ヤード（進入路）の確保のしやすさを評価		—
	施工への影響	施工時期の制約	当初施工条件と大幅に異なる施工期間への対応のしやすさを評価		—
		地域特性	潮待ち、冬季の積雪影響、降雨影響		—
	維持・管理	維持管理	補修・修繕の頻度の高低を評価		—
	景観	景観デザイン	周辺環境との調和		—
	環境負荷低減	水質 動物・植物 騒音・振動	濁水・コンクリート流出の可能性が低い方を評価周辺の動物・植物への影響（工事期間が長いほど不利）騒音・振動による影響が低い方を評価		—

c) VFM比較検討

前項で設定した評価項目および評価項目に対する配点をもとに，抽出したプレキャストアーチカルバート，現場打ちボックスカルバート，プレキャストボックスカルバートの 3 案で VFM 比較を行った．

表-8 一次選定比較表[14号函渠]

14号函渠　一次選定（VFM）

比較案			【第１案】現場打ちボックスカルバート	【第２案】プレキャストボックスカルバート	【第３案】プレキャストアーチカルバート
寸　法			延長：31.4m （内空幅：8.4m、内空高：6.4m、内空断面積：53.6m2）	延長：31.4m （内空幅：8.4m、内空高：6.4m、内空断面積：53.4m2）	延長：31.4m （内空幅：9.523m、内空高：8.443m、内空断面積：68.4m2）
断面図					
コスト評価	費用比較	60.0	内訳 工種 / 単位 / 金額(千円) 純工事費 直工 本体工 千円 89,715 鉄筋工 千円 44,961 交通管理費 千円 10,265 仮設 共通仮設費 千円 15,654 現場管理費 千円 51,230 一般管理費 千円 31,774 維持管理費（4回/100年） 千円 53,974 合計 千円 297,571 比率：1.000 評価点：60.0（1位）	内訳 工種 / 単位 / 金額 純工事費 直工 制作・運搬工 千円 378,658 据付工 千円 50,778 防水工 千円 8,890 基礎工 千円 3,638 仮設 仮設工 千円 17,429 交通管理費 千円 9,537 仮設 共通仮設費 千円 10,833 現場管理費 千円 142,489 一般管理費 千円 80,893 維持管理費（2回/100年） 千円 26,987 合計 千円 730,131 比率：0.408 評価点：24.5（3位）	内訳 工種 / 単位 / 金額 純工事費 直工 制作・運搬工 千円 178,504 据付工 千円 11,650 防水工 千円 7,236 底版工 千円 30,340 基礎工 千円 2,852 仮設工 千円 3,539 仮設 交通管理費 千円 6,261 仮設 共通仮設費 千円 7,425 現場管理費 千円 76,325 一般管理費 千円 48,620 維持管理費（2回/100年） 千円 33,862 合計 千円 406,617 比率：0.732 評価点：43.9（2位）
	省人化効果	8.0	内訳 工種 / 単位 / 人工数 本体工 人 2,041 交通誘導員 人 564 （1日あたり） 人 3 合計 人 2,605 比率：0.348 評価点：2.8（3位）	内訳 工種 / 単位 / 人工数 本体工 据付工 人 332 接合工 人 158 防水工 人 139 基礎工 人 44 仮設 仮設工 人 238 交通誘導員 人 524 （1日あたり） 人 4 合計 人 1,435 比率：0.632 評価点：5.1（2位）	内訳 工種 / 単位 / 人工数 本体工 据付工 人 114 接合工 人 39 底版工 人 179 防水工 人 112 基礎工 人 30 仮設 仮設工 人 89 交通誘導員 人 344 （1日あたり） 人 4 合計 人 907 比率：1.000 評価点：8.0（1位）

			内訳			比率	内訳			比率	内訳			比率
			工種	単位	施工日数		工種	単位	施工日数		工種	単位	施工日数	
定量的評価	働き方改革寄与度	8.0	本体工	日	188	0.457	本体工 部材据付工	日	82	0.656	本体工 部材据付工	日	31	1.000
							本体工 防水工	日	22		本体工 防水工	日	19	
						評価点	本体工 基礎工	日	6	評価点	本体工 底版工	日	18	評価点
							仮設 仮設工	日	21		本体工 基礎工	日	5	
						3.7				5.3	仮設 仮設工	日	13	8.0
			合計	日	188	(3位)	合計	日	131	(2位)	合計	日	86	(1位)
			内訳			比率	内訳			比率	内訳			比率
			工種	単位	人工数		工種	単位	人工数		工種	単位	人工数	
	安全性向上	4.0	人工数 本体工	人	2,041	0.348	人工数 本体工	人	672	0.632	人工数 本体工	人	474	1.000
			人工数 交通誘導員	人	564		人工数 仮設	人	238		人工数 仮設	人	89	
						評価点	人工数 交通誘導員	人	524	評価点	人工数 交通誘導員	人	344	評価点
						1.4				2.5				4.0
			合計（総人工数）	人	2,605	(3位)	合計（総人工数）	人	1,435	(2位)	合計（総人工数）	人	907	(1位)
			施工日数 本体工	日	188	比率	施工日数 本体工	日	110	比率	施工日数 本体工	日	73	比率
							施工日数 仮設	日	21		施工日数 仮設	日	13	
		4.0				0.457				0.656				1.000
						評価点				評価点				評価点
						1.8				2.6				4.0
			合計（施工日数）	日	188	(3位)	合計（施工日数）	日	131	(2位)	合計（施工日数）	日	86	(1位)
定性的評価	省人化・省力化	4.0	技能者・技術者不足の地域での人工数の低減を評価			0.0	技能者・技術者不足の地域での人工数の低減を評価			4.0	技能者・技術者不足の地域での人工数の低減を評価			4.0
	働き方改革寄与度	4.0	生産性向上寄与度（施工日数以外で評価、技術者の負荷軽減度等）			0.0	生産性向上寄与度（施工日数以外で評価、技術者の負荷軽減度等）			4.0	生産性向上寄与度（施工日数以外で評価、技術者の負荷軽減度等）			4.0
	安全性向上	4.0	総人工数や施工日数以外の高所作業の減少、施工期間の短縮等より、安全性向上を評価			0.0	総人工数や施工日数以外の高所作業の減少、施工期間の短縮等より、安全性向上を評価			4.0	総人工数や施工日数以外の高所作業の減少、施工期間の短縮等より、安全性向上を評価			4.0
	出来ばえ	4.0	損傷のしにくさや施工初期の強度確保			0.0	損傷のしにくさや施工初期の強度確保			4.0	損傷のしにくさや施工初期の強度確保			4.0
総合評価		100.0				69.7 (2位)				56.0 (3位)				83.9 (1位)

その結果，コスト評価では現場打ちボックスカルバートが最も高評価となったが，定量的評価と定性的評価で，総合的にも最も評価が高かったプレキャストアーチカルバートを選定した．

今回は土被りが一律 10m 程度あり，内空高より内空幅が大きいため，部材が厚くなる．したがって，プレキャストボックスカルバートは製造や運搬，据付に長く期間を要すること，工事費が高価となることから，プレキャストアーチカルバートが優位となった．

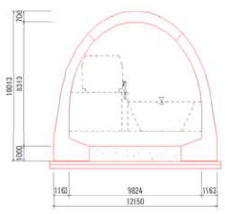
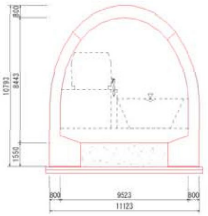
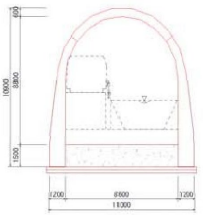
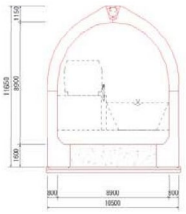
表-8 に一次選定比較表を示す．

(2) 二次選定

一次選定において選定したプレキャストアーチカルバートについて，二次選定の工法比較を行う．なお，二次選定は経済性や施工性において，4 案で工法比較を行う．

表-9　二次選定比較表[14号函渠]

14号函渠　二次選定（プレキャストアーチカルバート）

比較案		【第１案】モジュラーチ工法		【第２案】ジオウェアカルバート工法		【第３案】マックスアーチ工法		【第４案】ループアーチ工法	
寸法（m）		9.824×8.313		9.523×8.443		8.600×8.800		8.900×8.900	
延長（m）		49.0m		31.0m		31.0m		31.0m	
土被り		9.2m		9.0m		8.8m		8.2m	
構造形式		ヒンジ構造		剛性構造		剛性構造		剛性構造	
断面図									
施工図									
構造性		・道路土工-カルバート工指針に示す従来型カルバートの適用範囲外であるため、地震動を考慮した設計計算により断面形状を決定する。 ・頂版部材と側壁部材をヒンジ式継手にて結合し、高力曲りボルトによりヒンジ接点部を連結する構造である。 ・モジュラーチ技術マニュアルにより、坑口面積の高さが5.0m以下と規定されているため、函渠延長は他案より長くなる。		・道路土工-カルバート工指針に示す従来型カルバートの適用範囲外であるため、地震動を考慮した設計計算により断面形状を決定する。 ・頂版部材と側壁部材を機械式継手にて剛結合する連結構造である。		・道路土工-カルバート工指針に示す従来型カルバートの適用範囲外であるため、地震動を考慮した設計計算により断面形状を決定する。 ・頂版部材と側壁部材をPC圧着にて剛結合する連結構造である。		・道路土工-カルバート工指針に示す従来型カルバートの適用範囲外であるため、地震動を考慮した設計計算により断面形状を決定する。 ・頂版部材をループ継手にて剛結合する連結構造である。	
施工性		・二次製品であるため養生期間が短く、施工期間が短縮できる。 ・構造物を構築するまでの施工工種が少ない。 ・函渠延長が他案より長いため、施工期間も長くなる。 概略施工工期：4.2ヶ月	△	・二次製品であるため養生期間が短く、施工期間が短縮できる。 ・構造物を構築するまでの施工工種が少ない。 ・概略施工工期は2番目に短い。 概略施工工期：3.2ヶ月	◎	・二次製品であるため養生期間が短く、施工期間が短縮できる。 ・構造物を構築するまでの施工工種が少ない。 ・概略施工工期は最も短い 概略施工工期：3.1ヶ月	◎	・二次製品であるため養生期間が短く、施工期間が短縮できる。 ・構造物を構築するまでの施工工種が少ない。 ・概略施工工期は2番目に長い 概略施工工期：3.8ヶ月	○
経済性（概算）	函渠工	322,450（千円）	△	231,145（千円）	◎	253,583（千円）	○	320,242（千円）	△
	交通管理工	8,090（千円）		6,261（千円）		6,084（千円）		7,379（千円）	
	直接工事費合計	330,541（千円）		237,406（千円）		259,667（千円）		327,621（千円）	
	比率	1.39		1.00		1.09		1.38	
総合評価		・施工性、経済性において最も劣る。	△	・施工性においては3案目と大差なく、経済性において最も優れるため、当案を選定する。	◎	・施工性においては最も優れる。	○	・施工性、経済性において他案より劣る。	△

比較検討の結果，施工性においてはマックスアーチ工法と大差なかったが，経済性で最も優れるジオウェアカルバート工法を選定した．**表-9** に二次選定比較表を示す．

4. まとめ

今回の 14 号函渠での VFM 工法検討では，2026 年当初での発注で，2026 年 3 月に実施要領が策定されたこともあり，工事の公告前に VFM による工法比較を行ったが，工事契約までに工法が決定でき，過年度選定した工法から変わらないことを確認した.

従来の比較方法にはなかった，建設地の地域性や個々の現場条件の違い等の施工費以外の効果や価値を，施工費に加えて総合的に判断するという方法で比較を行ったため，現場での省人化や働き方改革の推進，さらには安全性の向上を図っている建設業界にとって最先端といえる設計ができたと考えている.

今後も，このような建設業界に求められている思想を十分に反映させた設計を進めて参りたい.

謝辞：最後に，多大なご支援，ご協力いただきました関係者の皆様に深く感謝の意を申し上げます.

参考文献

1) 国土交通省：VFM によるコンクリート構造物の工法比較に関する実施要領（2026.3）

川下トンネル新設工事ＩＣＴ活用について

松木　智裕[1]・吉開　亮介[2]・平川範貴[3]

[1]九州地方整備局　大分河川国道事務所　工務第二課　（〒870-0820 大分県大分市西大道1丁目1番71号）
[2]九州地方整備局　大分河川国道事務所　建設監督官　（〒870-0820 大分県大分市西大道1丁目1番71号）
[3]九州地方整備局　大分河川国道事務所　工務第二課長　（〒870-0820 大分県大分市西大道1丁目1番71号）

昨今の建設業は効率化や生産性向上を目指してICT化を推進している。トンネル工事においても自動化や省人化の技術を積極的に活用、普及させて建設業全体でのICT化を進めていくことが望まれている。本論文は、川下トンネル新設工事で活用したICT技術について報告する。

キーワード 川下改良事業，ICT，トンネル，NATM

1. はじめに

一般国道210号は、福岡県久留米市を起点として大分市に至る延長約150kmの九州を東西に結ぶ主要幹線道路であり、九州北部の生活・産業・経済に欠かせない道路である。また、並行する大分道が豪雨や霧、積雪等で通行止めとなった際の代替路としての機能も有している。

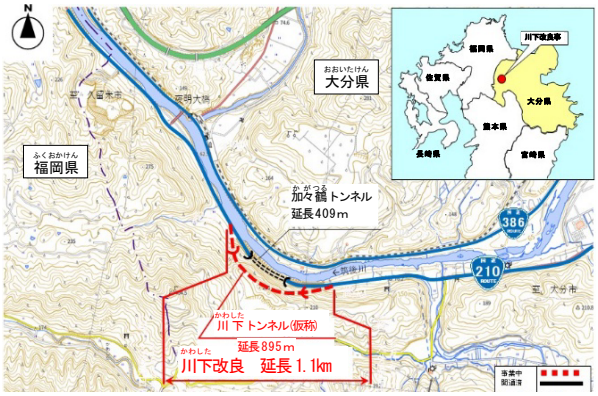


図-1　川下改良事業位置図

川下改良事業区間は、筑後川と崩落の危険性が高い急峻な斜面に挟まれており、平成28年4月の熊本地震では大きな落石、表層崩壊が発生している。また、現況の加々鶴トンネルは、高さ制限もあり走行空間が狭く大型車両のすれ違いが困難であり、トンネル内に視距不足箇所もあるため安全性に課題がある状況である。

川下改良事業により、トンネル新設等を行うことで、老朽化が進む加々鶴トンネルや落石・崩壊のおそれが高い区間を迂回し、災害時においても信頼性の高く、道路利用者の安全・安心を確保した道路空間の形成を進めているところである。

2. 工事概要

川下トンネル（仮称）は、一般国道 210 号川下改良事業の一環として 2024 年 1 月 4 日に工事に着手し、トンネル延長 895m、内空断面 71.4m２をＮＡＴＭ工法により施工中である。ＮＡＴＭ工法は昨今のトンネル工事の主流となっており、掘削直後に吹付コンクリートで掘削面を覆い地山と密着させ、ロックボルトを打ち込むことで地山と一体化した支保構造を作ることにより、地山が本来持っている保持能力を積極的に利用する工法で、安全にかつ高品質な施工を可能とするものである。

施工手順としては図-2 で示すように掘削直後に一次吹付コンクリート、ロックボルト打設、防水シート取付、二次覆工コンクリート打設という流れで行われている。

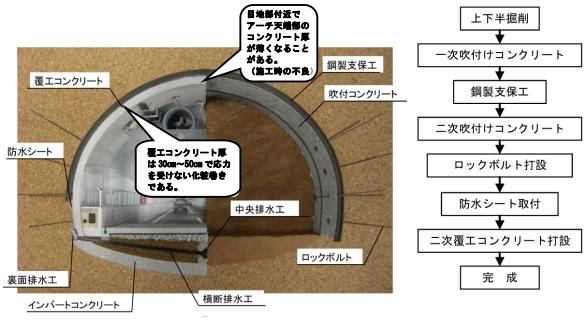


図-2　NATM工法の施工手順

3.　トンネル工事のICT活用に向けて

昨今の建設業は就業労者人口の減少や熟練技術者の高齢化などによって、担い手不足が大きな課題となっている（図-3）。ICT技術は省人化、生産性・安全性を向上させるためにトンネル工事においても積極的に導入する事が望まれている。

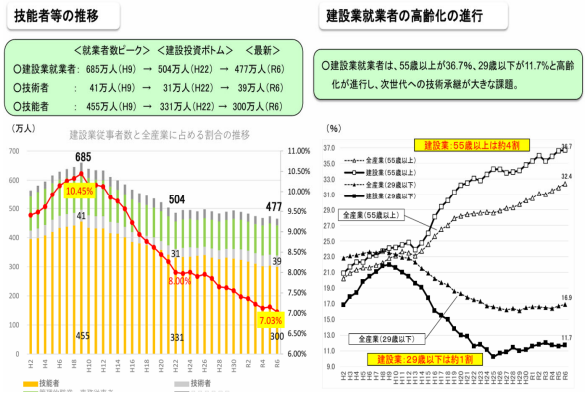


図-3　　建設業就業労者数推移

今回の発表は、川下トンネル新設工事において省人化・生産性・安全性の向上の実現を期待して活用したICT技術について報告するものである。

4.　施工における自動化・省人化・安全性

（1）　穿孔誘導システム

今回、川下トンネルでは主に爆薬を使った発破工法で掘削を行っている。この工法では、切羽に爆薬を詰める穴を削孔する作業が必要であり、作業員がスケール等を用いて距離を測定し、マーキングを行っていた（写真-1）。その為、間違いのリスクや肌落ち等の、危険を伴う作業が課題となっていた。



写真-1　作業員による測定状況

本工事では、間違いリスクを減らし正確な位置での施工、切羽での位置出し作業を減らして安全面の向上を図るため、穿孔誘導システムを採用した（図-4）。本システムでは、あらかじめ切羽No.や測点、支保パターンをシステムに登録し、専用のガイダンスカメラにトータルステーションで座標を付与しカメラ映像に映るターゲットを識別することで詳細な位置を取得させることが出来る。あとはドリルジャンボの運転席にあるモニターに表示される切羽No.を選択すると穿孔位置ガイダンスが表示され、それに合わせて穿孔するという流れになる。現実の環境にデジタル情報を重ね合わせて表示する技術を活用した穿孔誘導システムを使用することにより、穿孔位置のマーキング作業を省力化、角度も含め正確な位置での施工、切羽近傍での位置出し作業を減らす事で品質面・安全面の向上も期待できる。

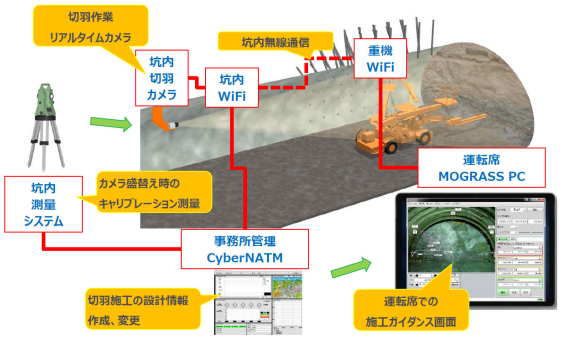


図-4　穿孔誘導システム構成図

（2）　AI切羽画像評価システム

従来、切羽近傍で目視等により切羽状態を観察、スケッチし、事務所に戻った後改めて評価シートを作成する必要があった。この方法は現場と事務所を往復する手間や、掘削直後の切羽近傍で目視判定作業を行うため安全確保に留意する必要があった。

そこで、本工事ではAI切羽画像評価システムの導入を行った（図-5）。

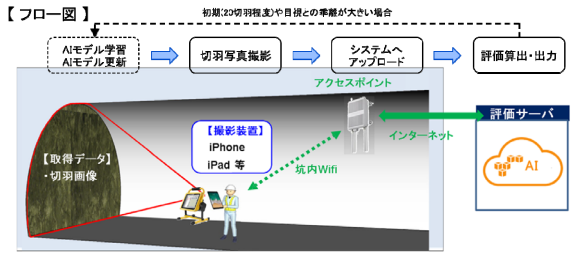


図-5　AI切羽画像評価システム

まず、タブレットやスマホで切羽写真を撮影し切羽の範囲と測点の入力を行う。

これらの情報を入力する事で自動的にAIサーバーへ情報がアップロードされAIが切羽の評価を行う。アップロードから1～2分が経つと、評価結果が表示され、各評価項目の区分が切羽上の評価分布がヒートマップとして表示される（図-6）。

今回の川下トンネルでは従来の判定工法に加えてこのAI切羽画像評価を取り入れた。学習データが必要などの課題があるため、従来の評価を行った後、バックデータの役割として使用した（図-7）。今後データが蓄積されることで、より正確な評価ができるものと期待する。

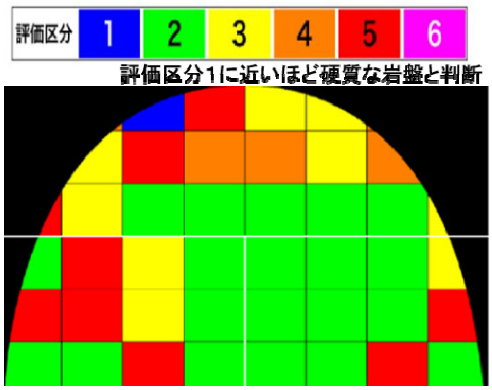


図-6　評価分布を表したヒートマップ

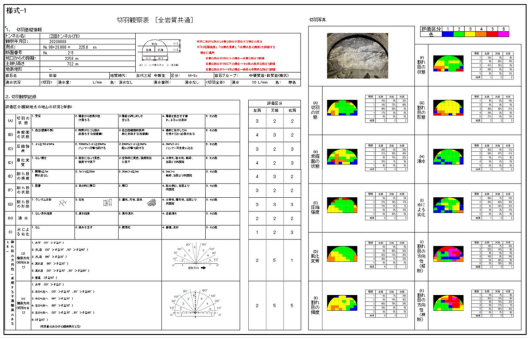


図-7　切羽観察表

（3）自動溶着器での防水シート溶着作業の省力化

従来の防水シート溶着作業は、手動での施工が一般的であった（写真-2）。台車上を昇り降りしながらの高所作業となることから一人で施工はできず溶着作業時は3人程度の人員が必要となっていた。



写真-2 手動による溶着作業

そこで、本工事では手動の溶着に代わる方法として自走式溶着器（写真-3）を活用した。作業台車端部周状にガイドレールを設置し自走させることで溶着作業を自動で行うことができる。溶着器は自走するため受渡しや電源コードの介錯などが不要となり、溶着はじめのセットと自走時の監視のみとなるため従来3人程度で行っていた溶着作業を1人で行えて、作業員人員の省人化につながった。

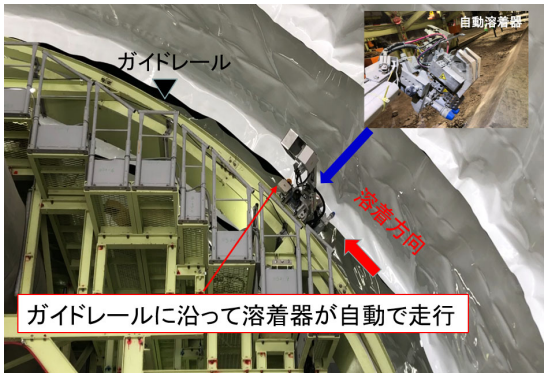


写真-3　自走式溶着器

（4）セントルの自動覆工作業

覆工コンクリート打設の際にスライドセントルと呼ばれる移動式の鋼製型枠（写真-4）を使用する。セントルセット作業は位置を測量し、幅員や下げ振りにあわせて走行装置や横送り装置、上下左右の伸縮などジャッキを手動で操作し、打設作業では棒状バイブレータを使用して人力で締固めを行う（写真-5）必要があるため、通常5人程度の作業員が必要となる。「ジャッキ張りをはじめ人力作業が多い」、「狭いセントル内を頻繁に移動」が要求されるため、作業員に極めて大きな負担がかかり身体的にも疲労度の高い作業が課題となっていた。



写真-4　移動式の鋼製型枠（スライドセントル）



写真-5　人力での打設作業

本工事では、その課題を解決すべくセントルセット作業および、コンクリート打設作業の自動化の活用を行った（写真－10）。覆工セントルセット作業の自動化は、セントルの移動・設置・コンクリート打設・解体（脱型）という一連の作業を、機械やセンサーの力で無人化・省人化した技術である(図-8)。



写真-10　移動式自動型枠

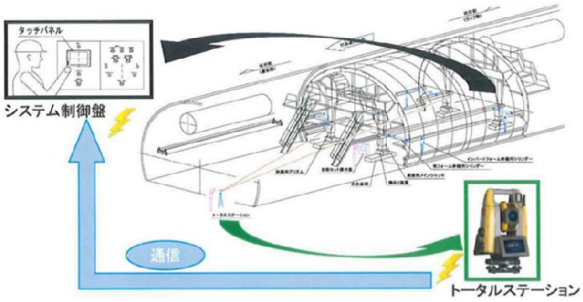


図-8　セントル自動化概要図

トータルステーションにより、セントルの位置、座標を測定し、制御盤（写真－11）によりセントル操作を統合管理し作業を自動化することで、これまでの5人程度必要だった作業員を2～3人程度に省人化でき、ジャッキ操作等の作業員の身体的負荷が軽減された。



写真-11　制御盤（タッチパネル部）

5.　3次元モデルの活用

3次元モデルに切羽状況や計測結果等を統合し一元化する（図-9）ことで、設計時に想定された地質境や断層等と実績との相関性を比較しやすくし、リスクを検討する際の検討資料として効果を発揮した（図-10）。

施工ステップや完成イメージを視覚的に把握できることで、図面理解・施工計画の効率化を図ることができたとともに現場作業員が作業内容や危険性を想像しやすく施工性・安全性の向上につながった。施工時情報は蓄積して引き継ぐことで今後の維持管理に活用できると考える。

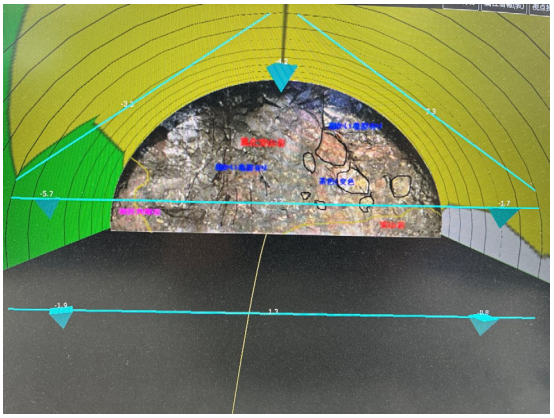


図-9　切羽状況・計測結果を統合

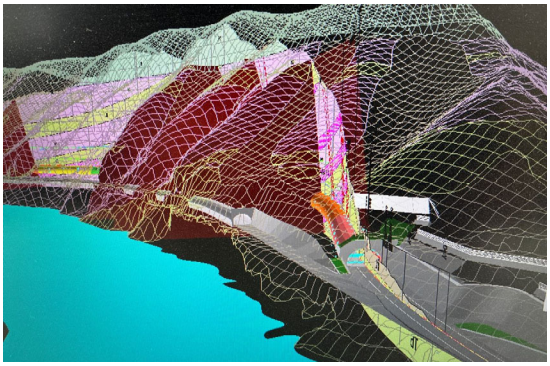


図-10　地質情報を統合

6.　まとめ

トンネル現場においてもICT技術を活用する事で生産性・省人化・安全性を高めることができる。現在普及しているICT技術は省人化を期待するものが多くより生産性・安全性を向上させるためにも今後は無人化の実現に取り組むとともに専門知識を有する現場の技術者や作業員の育成にも取り組むことが重要であると考える。

湿潤式散布車の試行的活用について

岩佐　怜志[1]・平野　篤[1]・甲斐　猛[2]

[1]九州地方整備局　佐賀国道事務所　唐津維持出張所　（〒847-0002 佐賀県唐津市山本字中園1437）

[2]九州地方整備局　佐賀国道事務所　（〒849-0924 佐賀市新中町5－１０）.

寒冷地における雪寒対応技術は年々進歩しており，凍結防止剤の散布手法についても，より効率的かつ効果的なものへと高度化している．一方で，九州地域は積雪頻度が比較的低いことから，寒冷地で確立されたような散布車の運用手法の整備が十分に進んでいないのが現状である．

本報告では，このような課題を踏まえ，九州地域において新たに導入した湿潤式散布車の試行的運用の結果について紹介し，今後の雪寒対応の高度化に向けた一助とするものである．

キーワード　雪寒対応，湿潤式散布車，凍結防止剤，

1. はじめに

唐津維持出張所は，西九州自動車道（二丈鹿家ＩＣ～伊万里東府招ＩＣ）ならびに一般国道202号および203号を管理区域としている（図１）．当管内は沿岸部に位置しつつ橋梁区間や山間部を含む地形を有していることから，冬期においては路面の凍結による事故発生しているほか，スタック車両に起因する交通障害の発生リスクも高い状況にある．

このような背景を踏まえ，従来の塩水散布手法からさらなる効率化を図るため，北陸地方整備局において開発・運用されている湿潤式散布車を新たに導入し，円滑な雪寒対応の実現に向けた試行および検証を実施した．



図－１唐津管内図

2. 課題と現状

九州地域は，他の地域と比較して降雪が少なく，雪寒対策に関する知識・経験および設備の整備が十分とは言えないことが大きな課題である．このため，凍結防止剤散布設備の整備が遅れており，散布作業において効率的な対応が困難となる場合がある．

一方，当該管内は海沿い特有の気象条件や橋梁区間の存在により路面凍結が発生しやすく，特に凍結に起因する交通事故のリスクが高い状況にある．さらに，道路利用者における冬期装備への意識は低く，冬用タイヤやチェーンの装着率も極めて低いことから，わずかな降雪であっても重大な交通障害が発生しやすい特性を有している．

従来，九州管内においては主に乾式散布および塩水散布により対応してきたが，乾式散布では薬剤の飛散や定着性の低さ，塩水散布では効果の持続性の低さや塩水生成設備に起因する設置場所の制約といった課題を抱えていた．

これに対し、九州地方整備局においては，令和３年度に各出張所へ湿潤式散布車が配備されているものの，その運用方法の確立が十分ではなく，湿潤式散布車を効果的に活用できている事例は限られているのが現状である．

本取組では，これらの課題を踏まえ，湿潤式散布車の活用を試行し，効率的かつ生産性の高い雪寒対応の確立を目指した．

3. 散布方式ごとの特徴

凍結防止剤の散布方式は乾式散布，塩水散布，湿式散布，湿潤式散布の４種類に分類される．（表２）

	乾式散布車	(塩水)散水車	湿式散布車	湿潤式散布車
散布剤	原塩	塩水	原塩＋塩水 （混合のみ）	原塩＋塩水 （撹拌した湿潤塩）
散布方式	原塩を 直接散布	塩水を散水	原塩と塩水を同時散布	原塩と塩水を撹拌して 湿潤塩として散布
持続性	良い	劣る	良い	良い
定着性	乾燥路面 では劣る	良い	良い	良い
飛散性	飛散 しやすい	飛散 しにくい	飛散 しにくい	飛散 しにくい
備考	-	塩水の生成 が必要	塩水の生成 が必要	車内で塩水を自動生成 するので真水でよい

表－２　散布車比較

(1) 乾式散布

乾式散布は，凍結防止剤（粒状）を専用の散布車（写真３）によりそのまま路面へ散布する方式であり，システムが単純であることから，九州地域においても従来より広く用いられてきた．しかし，粒状であるため飛散しやすく，路面への定着性が低いという課題がある．



写真－３　乾式散布車の散布状況

(2)塩水散布

塩水散布は，凍結防止剤を水に溶解して塩水とし，散水車（写真４）により散布する方式である．液状であることから飛散しにくく，路面への定着性に優れており，九州においても一部の出張所で用いられている．しかし，塩水を生成する設備（写真５）が必要であるため設置場所に制約があるほか，大量の水を必要とすることから河川水を使用し，散水車への土砂混入による故障等の課題がある．さらに，液体であるため効果の持続性に劣る点も課題である．



写真－４　散水車の塩水散布



写真－５　塩水生成設備による給水状況

(3) 湿式散布

湿式散布は，粒状の凍結防止剤と塩水を専用の散布車により同時に散布する方式であり，高い定着性と飛散抑制効果を有し，持続性にも優れている．一方で，塩水生成設備を必要とするため，導入に際しては設置場所等の制約が生じる．

(4) 湿潤式散布

湿潤式散布は，凍結防止剤と真水を専用の散布車に積載し，車両内で塩水を生成するとともに，これを凍結防止剤と混合・撹拌させた高濃度の湿潤塩として散布する方式である．北陸地方整備局が開発した最新型の散布車を使用し，高い定着性と飛散抑制効果を有し，持続性にも優れているほか，塩水生成設備を別途必要としないため，場所的制約がないという特徴を有する．

4. 湿潤式散布車の試行的活用

唐津維持管内においては，これまで主に前述の3-(1)および3-(2)の方式が用いられてきたが，それぞれに課題があり，効率的な事前散布の実施が困難な状況であった．そこで，本取組では，新たに配備された3-(4)湿潤式散布（図６）を試行的に活用し，事前散布作業における効率性および効果の向上について検証を行った．

試行に先立ち，湿潤式散布車の実用的な運用方法を把握するため，関係機関等への聞き取り調査を実施した．具体的には，散布車製造メーカーへのヒアリングにより，基本的な操作方法および機構について把握した．さらに，北陸地方整備局北陸雪害対策技術センターへ照会し，降雪地域における実運用の知見を収集した．加えて，先行的に技術習得を進めていた筑豊維持出張所の維持業者と情報交換会を行い，現場に即した実用的な運用方法について理解を深めた．これらの知見を踏まえ，試行運用を実施した．

散布にあたっては，まず凍結防止剤をホッパーに投入し，真水を車両タンクに注入する．なお，塩水散布のように河川水を使用すると機器故障の原因となるため，水道水を使用した．塩水の生成については，ホッパー内の凍結防止剤が十分にある場合は自動的に供給される仕組みであるが，当管内においては使用量が比較的少ないため，ショベル等により手動でタンクへ投入した．投入された薬剤は撹拌を行わなくても自然に溶解するため，これにより散布準備が完了する．

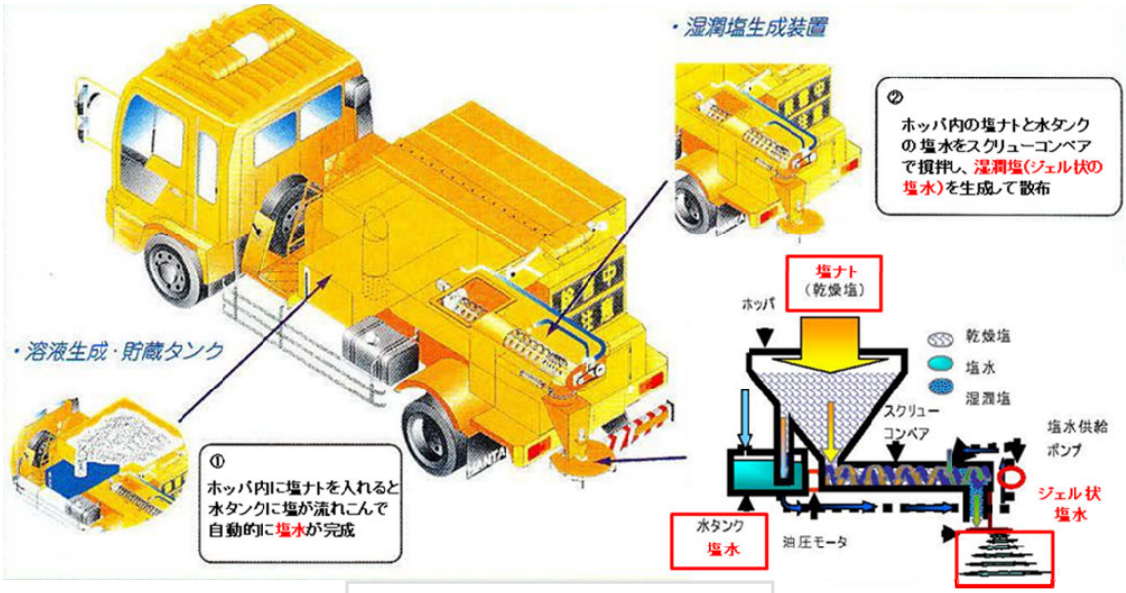


写真－７　ホッパーへの投入状況

散布時は，運転席より自動散布と手動散布の切替が可能であり，基本的には走行速度に応じて所定量を散布する自動モードを用いることとした．なお，橋梁部等の重点対策箇所においては，手動操作により散布量を増加させる対応も可能である．散布幅は3～7mの範囲で調整可能であり，道路条件に応じた設定を行った．散布後は車両腐食防止の観点から，下部洗浄機能を用いて散水洗浄を確実に実施した．



写真－８　湿潤式散布車の散布



図－６　湿潤式散布車概要

本試行により得られた主な知見は以下のとおりである．

(1) 湿潤塩として散布するため，飛散が抑制され，乾式散布と比較して高い定着性を確認した．
(2) 塩水散布に比べて薬剤濃度が高く，持続性に優れており，散布後数日間にわたり効果の持続が確認された．
(3) 塩水生成設備を別途必要としないため，各路線の薬剤保管拠点から直接出動が可能となり，機動性が向上した．
(4) 水道水を使用することで，塩水散布のような河川水利用時に懸念される機器の目詰まりや故障リスクの低減が図られた．

6. 総合的な効果および今後の展開

本報告では，降雪量が少ない九州地域における雪寒対応の課題に着目し，湿潤式散布車の試行的導入について検討を行った．湿潤式散布車の試行においては，飛散抑制性および路面への定着性に優れるとともに，高濃度散布による持続性の向上が確認された．また，塩水生成設備を必要としないことから機動性が高く，各路線からの迅速な出動が可能であることが明らかとなった．

さらに，水道水の使用により，従来の塩水散布で課題であった機器トラブルの低減にも寄与する結果が得られた．これらの結果から，整備された湿潤式散布車の特性を正しく理解し，適切に活用していくことの有効性が示された．

以上より，本取組は九州地域における効率的かつ効果的な雪寒対応の一つのモデルケースとして位置付けることができる．今後は，本事例で得られた知見を基に，九州管内全体への水平展開を図ることで，地域全体の雪寒対応能力の底上げにつなげていくことが重要である．さらに，将来的な取組として，寒冷地域で実施されている融雪効果が高い塩化カルシウム溶液と凍結防止効果が高い塩化ナトリウム（粒状）を組み合わせたハイブリッド散布についても試行を行い，より高度で効果的な散布手法の確立を目指していきたい．

スリットケーソン式係船岸の老朽化対策について

鴨川　陸斗[1]・吉富　健[1]・西坂　剛[1]

[1]九州地方整備局　唐津港湾事務所　工務課　（〒847-0861 佐賀県唐津市二タ子3丁目214番地6）

唐津港(妙見地区)岸壁(-7.5m)は，整備後40年以上が経過し老朽化が進行している．老朽化の影響で岸壁の利用制限などが発生している深刻な状況であることから，2021年度より，岸壁改良の予防保全事業が進められ，2027年度に事業完了予定である．

当該施設は，反射波を低減させるスリットケーソン構造が採用されており，スリットケーソン式係船岸の改良事業は，直轄港湾施設として九州管内で初となる．本稿では，スリットケーソン式係船岸予防保全事業の調査，設計から施工までの内容と，施工時の問題解決策や，工夫点について報告する．

キーワード　岸壁改良，健全度評価，スリットケーソン，直立消波ブロック，コスト縮減

１．はじめに

(1)唐津港の概要

唐津港は，佐賀県の北部に位置し，玄界灘を経て日本海に面する港であり，港の前面に点在する大島，高島等により，静穏な水域をもつ天然の良港である．

現在では，ＬＰＧや建設資材及びバイオマス発電燃料であるヤシ殻(PKS)などを取り扱う物流基地であり，さらに水産加工などの工場が立地する水産基地や，観光港，海洋性スポーツ・レクリエーションの場として，「みなと」がもつ多様な機能を有する多機能型の港として重要な役割を果たしている．



図-1　位置図（唐津港）

(2)妙見地区の概要

妙見地区は，約 28ha の工業用地を有し，港運業や建設資材等多数の企業が立地している．

予防保全事業の対象である岸壁(-7.5m)については，主に船の材料となる鋼材，中古自動車，スクラップ，セメントなどが取り扱われている．

供用後約 40 年以上経過していることから老朽化が進行しており，岸壁のエプロン上を一部利用制限の措置を行っていた．

岸壁(-7.5m)の構造形式は，前面にある水産ふ頭地区等の港内静穏度を確保するため，低反射機能が必要であり，そのためケーソンの波が当たる部分に開口部（スリット）を設け，反射波を低減させるスリットケーソン構造が採用されている．

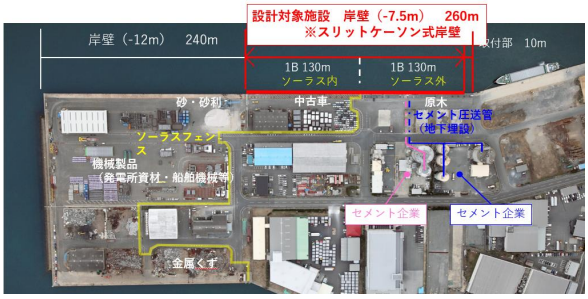


図-2　平面図（妙見地区岸壁(-7.5m)L=260m）



写真-1　改良前



写真-2　利用制限

２．老朽化状況（調査）

(1)目視調査

潜水士，調査船による海上目視，橋梁点検車，写真撮影等を使用して，函体内外部の点検診断を実施し，スリット部は鉄筋が露出していて，錆汁を伴う幅 3㎜ 以上のひびわれや，剥落箇所が散見された．堤体内部の梁および頂版（RC 床版）において，かぶりの剥落による鉄筋の露出やコンクリートの浮きが発生していた状況である．評価上は大半のブロックで，部材の性能が低下している状態が確認された．



写真-3 状況写真（スリット部，梁，壁，頂部）

(2)塩分含有量試験

各部材のコンクリート劣化状況を調べるため，塩分含有量試験を実施したところ，ほとんどの部材で鉄筋より奥の位置まで，塩化物イオン濃度が港湾構造物の鉄筋腐食発生限界である2.0kg/m3 を超過していた．コンクリート部材の劣化は，塩害の進行が主要因であり，補修対策の適用限界を超過していると判断され，抜本的な対策が必要な状況と分かった．

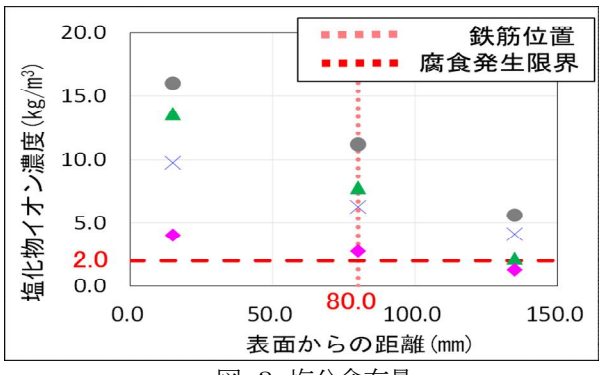


図-３ 塩分含有量

(3)現況調査（水中部調査）

水中部のコンクリート圧縮強度を確認するため，水中部シュミットハンマー試験・はつり調査を実施した．結果として，鉄筋の腐食状況はわずかな錆がみられる程度であり，鉄筋径は十分にあるので，健全であると判断された．また，コンクリートの圧縮強度は設計基準強度の24N/㎜2を上回る結果が得られた．さらに，採取コアのアルカリシリカ反応に起因する変状はないことから，コンクリートの強度に関しては問題ないと判断できた．また，圧縮強度試験結果等の調査結果を用いて照査を行ったところ，部材の性能が確保できる（構造物として安定する）ことを確認した．よって，水中部の部材については流用が可能であると判断した．

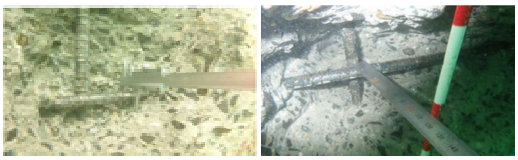


写真-4　はつり調査

３．調査結果と改良指針

本体工の各部材の性能低下度（健全度評価結果）は，表－1のとおりとなった．本体工の各部材健全度評価結果は，本体工（スリット部）「A」，本体工（梁部）「A」，本体工（壁部）「B」，本体工（頂版）「A」となり，スリット部等の遊水部の劣化が著しく抜本的な対策が必要なこと，一方で，水中部は劣化が確認されず流用が可能と判断された．よって劣化損傷が著しい既設遊水部を撤去し，新規製作の消波機能を有しているスリットブロックを設置する断面を改良方針とした．

判定	評価基準
A	施設の性能が著しく低下している状態
B	施設の性能が低下している状態
C	変状はあるが，施設の性能の低下がほとんど認められない
D	変状は認められず，施設の性能が十分保たれている状態

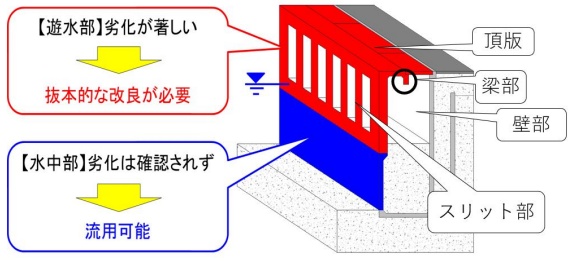


図-4　改良方針イメージ図

表－１　健全度評価結果

点検項目		点検項目の分類	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	評価個数 a	b	c	d	性能低下度	評　価
本体工（スリット部）	コンクリートの劣化、損傷	Ⅰ類	a	b	a	a	a	a	a	b	b	b	a	a	a	a	a	a	a	b	a	a	a	a	a	35	7	0	1	A	部材の性能が著しく低下している
本体工（梁部）	コンクリートの劣化、損傷	Ⅰ類	a	b	a	b	a	b	a	－	－	－	a	a	a	a	a	a	a	b	a	a	a	a	a	30	6	0	1	A	部材の性能が著しく低下している
本体工（壁部）	コンクリートの劣化、損傷	Ⅰ類	d	c	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	b	c	d	c	c	d	d	c	d	d	d	1	1	5	35	B	部材の性能が低下している
本体工（頂版）	コンクリートの劣化、損傷	Ⅰ類	c	c	c	c	b	c	a	d	c	c	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	14	16	10	1	A	部材の性能が著しく低下している

４．改良断面の検討(設計)

(1) ３案比較

改良断面の比較案は，改良後も低反射機能が必要であることを踏まえて，スリットケーソン一部取替案，全面改良案，直立消波ブロック案の３案を抽出した．

a)スリットケーソン一部取替案は，劣化損傷が著しい既設遊水部に対して，プレキャストの新規製作スリットブロックを設置する．

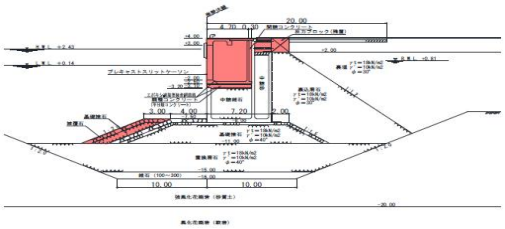


図-5　a)スリットケーソン一部取替案

b)全面改良案は，劣化損傷が著しい既設スリットケーソンを全て撤去し，新規製作のスリットケーソンを設置する．

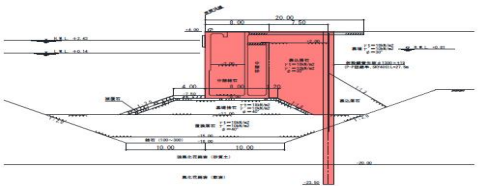


図-6 b)全面改良案

c)直立消波ブロック案は，劣化損傷が著しい既設遊水部に対して，消波機能を有する直立消波ブロックを設置する．なお，重量増に伴い底面反力が増加するため，グラウンドアンカーで補強し，既設底版部材の性能規定を満たす構造とする．グラウンドアンカーは，基盤層である風化花崗岩で定着を行う．

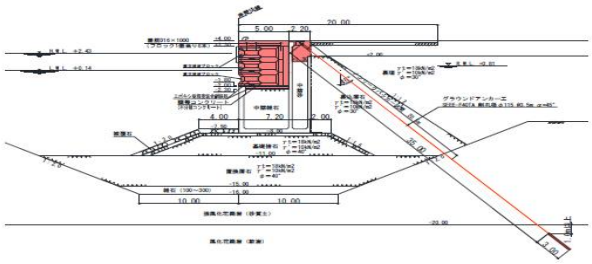


図-7　c)直立消波ブロック案

(2)検討結果

比較検討した結果，海上施工も少なく，陸上掘削も最小限であり，経済性，施工性を考慮して，総合的に優位となる直立消波ブロック案を改良断面とした．

５．改良工事について（施工）

改良工事の作業手順については，準備工，舗装版・路盤材等撤去，グランドアンカー工，既設部材の撤去，調整コンクリート打設，直立消波ブロック据付，上部工・舗装工・付属工，片付けの順に行った．

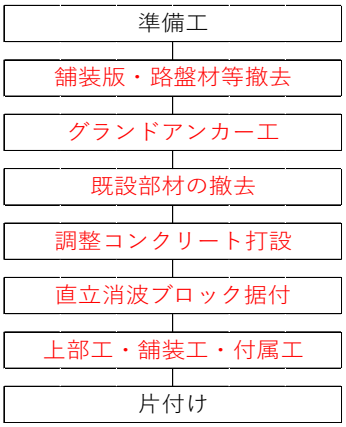


図-8 施工フロー

(1)舗装版・路盤材等撤去

既設アスファルト舗装版等の撤去を行う．

(2)グランドアンカー工

既設地盤と既存ケーソンを一体化させるために，グランドアンカーを設置する．



写真-5 グランドアンカー工

(3)既設部材の撤去

既設部材の撤去は，先行して吊り孔並びワイヤーソー挿入孔を，陸上及び水中にてコア削孔する．コア削孔後，分割切断計画に基づきワイヤーソーにて切断する．

切断後，陸上クレーンにより撤去する．

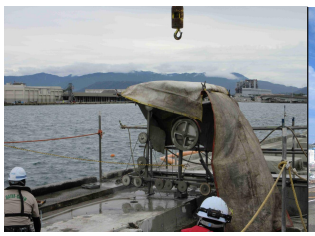


写真-6　ワイヤーソー切断

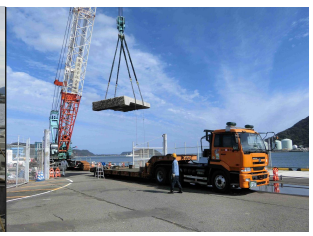


写真-7　既設部材撤去

(4)調整コンクリート打設

既設部材撤去後，目潰し砕石等にて，基面を均し，漏洩防止シートを敷設する．その後潜水士にて型枠を組立て，水中不分離コンクリートを打設する．

(5)直立消波ブロック据付

調整コンクリート完了後，陸上クレーンにて，直立消波ブロックを調整コンクリート上に，三段積にて据付る．



写真-8　直立消波ブロック据付

(6)プレキャスト版設置

陸上にて製作したプレキャスト版を，陸上クレーンにて所定の位置に設置する．



写真-9　プレキャスト版設置

(7)上部工・付属工

作業足場を設置後，係船柱や縁金物等の付属物を所定の位置に取り付け，鉄筋，型枠を組立後，コンクリートポンプ車にて上部コンクリートを打設する．



写真-10　上部工

６．施工上の課題と対策

(1)セメント圧送管の干渉

当該岸壁の第１バース直背後にセメントサイロがあり，サイロより岸壁方向へセメント圧送管が埋設配管されており，定期的にセメント船が接岸して，供給している現状である．当該事業の岸壁改良と既設配管が干渉することが分かり，対策が必要となった．計画段階で，対策案を比較検討し，第２バースまで，仮設の露出配管を設置することで，第１バース施工時に，岸壁を供用しながらの作業が可能となり，工事を計画通りに進捗できた．

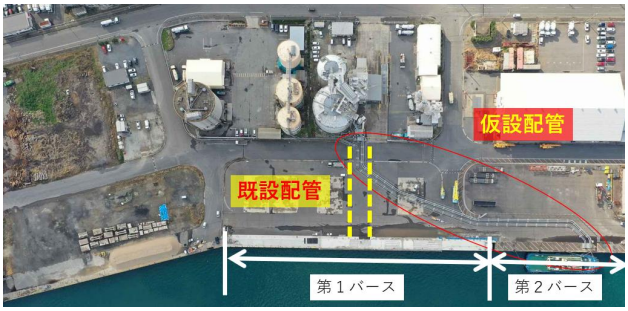


写真-11仮設配管



写真-12 既設配管（埋設）　写真-13 仮設配管（露出）

(2)ソーラスフェンスの暫定措置について

上記6.(1)のセメント圧送管の仮設配管を設置するにあたり，第2バースはソーラスエリア(制限区域)でエリア内の配管ができないため，配管できるようにソーラスエリアの一部を縮小する暫定措置を講じた．

仮設圧送管設置場所については，ソーラスフェンスの復旧が最小限であることや，仮設配管延長が短い事など総合的に検討したことで，経済的な対策を講じることができた．

結果、各段階の工事範囲に合わせて，ソーラスエリアの暫定措置を講じたことで，工事進捗及び荷役作業に影響を与えることなく事業を進めることができた．





写真-14 改良前利用状況　写真-15 改良中利用状況

７．施工上の工夫

(1)撤去材の有効活用

既設岸壁の撤去材について地元から漁場拡大の目的で要望があったことや，ブルーインフラの観点により，魚礁として有効活用を行った．撤去材が海洋投入可能かをコンクリート分析試験にて確認し，環境面へ影響がないことを確認できた．また，撤去材の魚礁への有効活用と陸上処分を経済比較し，魚礁への有効活用が経済性であることも確認できた．

魚礁設置場所については，地元漁協や自治体等と調整し，2022年と2024年に据付を行った．その後、据付後のモニタリング調査を実施し，魚類の生息や藻類等の付着が確認され，撤去材を魚礁として有効活用することで，豊な漁場づくりへつながっていることを確認できた．



写真-16　撤去材仮置き



写真-17　魚礁据付



図-9　魚礁据付場所

(2)現場打コンクリート残存型枠の活用

本体工(取付部)における現場打ちコンクリート施工において，施工性及び安全性を目的とし残存型枠を使用した．使用した型枠はコンクリート製であり，設計強度と同様の強度を満足し港湾工事の施工実績も有するコンクリートパネルである．

型枠固定に有する支保工が必要なく，プレートを使用し内部より固定するため，枠の変形や潮位の影響も低減でき，施工性が向上した．また，潜水作業が減少したことで，安全面についてもリスクを排除できた．

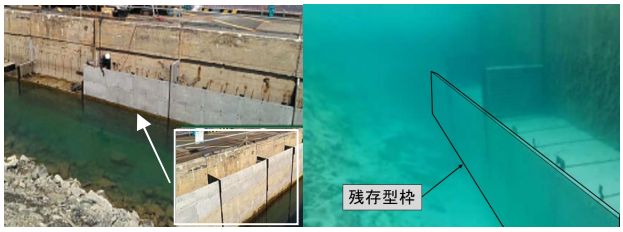


写真-18　残存型枠

８．まとめ

今回は，全国的に増加傾向にある整備後長らく経っている施設の老朽化対策について，調査設計から施工まで述べた．現況調査を的確に行ったことで遊水部については，劣化が激しく，スリット部の抜本的な補修が必要で，水中部については，健全度で流用可能であることを確認できた．その結果，補修を最小限にすることが可能となり，周辺施設への影響も少なく，コスト縮減を図る経済的な補修断面とすることができた．

施工時の課題と対策では事前検討を行ったことで，セメント圧送管についても，セメント圧送船の荷役に影響を与えず、供用しながらの工事ができ，事業のスムースな進捗につながった．また，撤去材を魚礁として，有効活用できたことは豊かな漁場づくりの一翼を担えた．

今回のスリット式係船岸の予防保全改良事業は，九州管内で初であったため，今回の事例が今後の老朽化対策の役に立てればと思う．

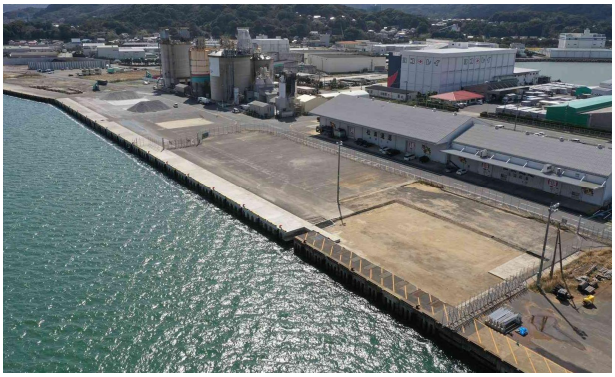




写真-19　妙見地区３号岸壁(-7,5m)　2026 年 4 月時点

謝辞：岸壁の改良事業並びに，撤去材を魚礁材へ有効活用するにあたり，唐津港(妙見地区)岸壁(-7.5m)利用者，佐賀玄海漁業協同組合をはじめ，協力していただいた地元関係各位の皆様に感謝申し上げます．

大分川ダムの試験湛水方法の変更について

三森　結貴[1]・橋本　裕也[1]・中島　清文[1]

[1]九州地方整備局　大分河川国道事務所　ダム管理課　（〒870-1213 大分県大分市大字下原1546-4）

大分川ダムは九州において直轄の本体工事で初のロックフィル型式で建設されたダムであり，岩石と土から造られている．2017年5月に本体盛立を完了し2018年2月より7回にわたり試験湛水を実施している．2026年4月時点，大分川ダムはサーチャージ水位には未到達であるが，試験湛水の長期化により課題が顕在化していたため，試験湛水の方法を変更し，実管理を行いながら試験湛水を継続する方針となった．また，2026年4月に完了告示を打ち，名称をななせダムに変更している．（以下，「ななせダム」とする．）本稿では，ななせダムにおいて試験湛水の方法を変更したことについて報告する．

キーワード　ななせダム，試験湛水，ロックフィルダム，安全性評価

1. ななせダムの概要及び試験湛水の状況

(1) ななせダムの概要

ななせダムは，大分県由布市，別府市，大分市を流れる大分川の支川である七瀬川に建設された多目的ダムであり，自然調節方式を採用しているゲートのないダムである．概要及び位置については，**図-1**，**図-2**のとおりである．

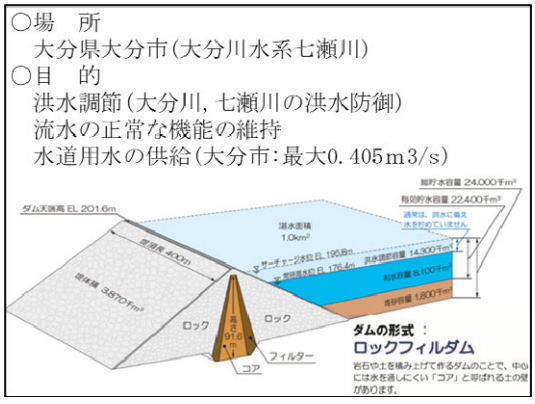


図-1 ななせダムの概要

(2) 試験湛水の状況について

ななせダムでは2018年より，試験湛水実施要領（案）（以下，「要領（案）」という．）に基づき大分川ダム試験湛水実施計画書を作成し，これまでに7回試験湛水を実施してきた．2020年7月に常時満水位 NWL EL.176.4m に到達，2022年5月にEL 186.73mから最低水位まで水位を低下させ経験水位範囲の安全性を確認した．経験最高水位は2025年5月20日のEL.189.08mとなっており，サーチャージ水位（以下，「SWL」という．） EL 195.8mよりも6.72m低い．（**図-3**）この間，5回に渡る洪水調節による下流河川の浸水被害の軽減，2021年1月には，利水容量範囲（常時満水位以下）の安全性の確認ができたことにより，共同事業者である大分市上水道へ水道水を補給できる体制を確保できており，治水・利水面の機能は発揮できる状態である．また，ダム地点では震度4を記録した2022年1月の日向灘地震など複数の地震を観測したほか，降雨については時間雨量の既往最大で61mm，3時間雨量の既往最大で134mm，連続雨量の既往最大で506mmの降雨を経験している．連続雨量については大分地点の過去10年間における年平均雨量の30%もの値である．



図-2 ななせダム流域図

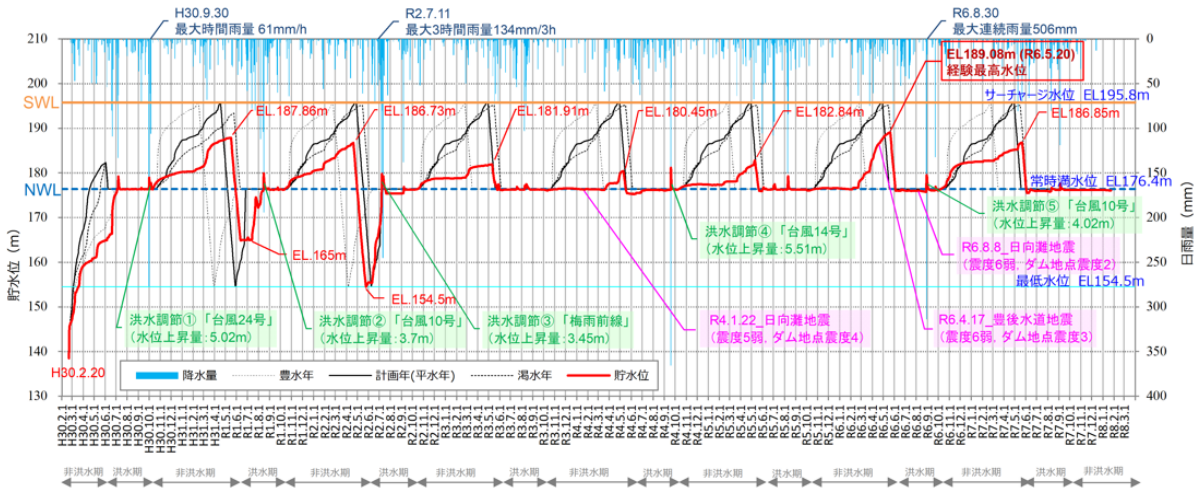


図-3 試験湛水経過図

2. 試験湛水計画の課題と対応

(1) 試験湛水長期化による課題

試験湛水の長期化による課題として，湖面利用の制限，試験湛水ゲート設置・撤去に要する費用などがある．また，試験湛水中であることから，事前放流ができていない状況であった．以上の課題があったことや，今後同様に試験湛水を行ってもSWLに到達する可能性は低かったことから，試験湛水の長期化要因について調査した．

(2) 試験湛水の長期化要因

試験湛水が長期化している要因を調べるため，近年の雨量と流況，ダム地点の流出率，貯水池から地山への貯留水の浸透について調査を行った（**表-1**）．

調査の結果，試験湛水期以降の非出水期が少雨傾向にあったことが分かった．また，少雨の場合は地質の影響によりダム地点の流出率が小さくなることが推察された．

(3) 貯留促進のための対応

以上のとおり，気候変動等により貯留がしにくくなっていたため本来非出水期に行う湛水開始（閉塞ゲート設置）を10～18日前倒しで行ってきた．なお，ななせダムは，試験湛水時は常用洪水吐を閉塞すること，貯水位操作を行う利水放流設備は常時満水位で14m3/sの放流能力しかないことから，閉塞時に洪水を貯留した際のリスクが他ダムと比較して大きい．そのため既往最大の洪水貯留分は容量を確保しリスクを排除して実施している．

表-1 長期化要因調査

項目	調査の目的	調査結果
近年の雨量と流況	試験湛水計画時と比べて非出水期の実績の降雨量が減少していたため．	試験湛水期以降の非出水期（10月～5月）の各年の実績降雨量は，計画期間を含めた36年間のうち12位～31位と雨量が少ない傾向にあった．
ダム地点の流出率	試験湛水計画時と比べて試験湛水実施期間のダム地点の流入量が減少していたため（計画時はダム建設地下流の流量をダム地点流量としていた）	ななせダム地点の通年の流出率は，57%程度と九州管内の他ダムの事例と比較して小さい．ダム地点の通年の流出率が小さい要因としては，大分川上流域では花崗岩等の基盤岩を阿蘇火砕流堆積物等の火山噴出物が広く覆い，ダム下流まで続いているため少雨の場合は，地下深くまで浸透して下流に流出するのではないかと推察している．
貯水池から地山への貯留水の浸透		貯水池上流の流入河川での流量観測結果とダムコン算出の流入量を比較した．概ね整合していたことから貯水池から地山へ浸透している影響は小さい．

3. ななせダムの安全性評価

以下，ななせダムの現状の安全性評価を示す．

(1) 堤体・基礎地盤の安全性評価

基準により計測が義務づけられている漏水量（フィルダムについては浸透量という），変形の評価項目について経験最高貯水位EL 189.08mまでの計測結果に基づき評価を行った．（**表-2**）（**図-4**）

また，SWL未到達の中で，安全性確認ができていない内容及びSWL時の安全性を想定するにあたって，経験水位範囲における，SWL時の水圧による負荷がかかった状態を確認できていないというリスクについては，経験範囲の計測結果等により異常がなく，SWL想定においても

懸念がないことを確認し評価することとした．

未経験水位範囲における，堤体・基礎地盤の初期湛水時に異常が生じるか分からないというリスクについては，未経験範囲の各種データより経験範囲と比較して特異な課題がないことを確認し評価することとした．

表-2　計測項目・頻度

評価項目（目的）	計測項目	計測機器	計測方法	設置数	計測・確認頻度	
					経験水位以下	試験湛水中
堤体・基礎地盤浸透量	浸透量	三角堰	自動	5箇所（図-6）	1回/週	1回/日
基礎地盤浸透量	浸透量 浸透圧	計測孔	一部自動	堤体14孔（図-7）	1回/週	1回/日
堤体変形	変位量	外部標的	自動	堤体22箇所（図-9）	1回/月	1回/日

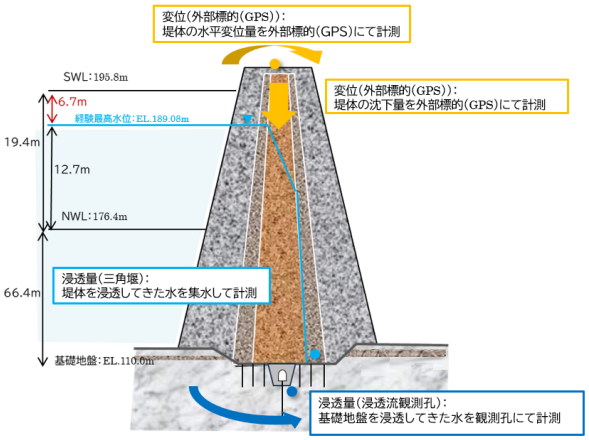


図-4 堤体・基礎地盤における計測項目

a) 浸透量（三角堰）

ななせダムでは，貯水池から堤体及び基礎地盤内を浸透してきた浸透量を止水ライン下流側のフィルター敷（三角堰）で5ブロックに分けて計測している．（**図-5**），（**図-6**）ななせダムにおける管理基準値は，計画時の堤体・基礎の浸透量と，湛水前の，降雨のない期間の平均的な流量の合計で計測ブロック毎に定められている．経験最高水位時の浸透量について，降雨により地下水位が上昇し，止水壁を超えることにより増加する量を控除して評価した場合，浸透量は，50L/min程度と評価される．

SWL時の想定では，これまでの計測値より外挿すると60L/min程度と予測される．それぞれ，各ブロック毎に設定した管理基準値の合計（経験最高水位時:600㎜，SWL時:660㎜）よりも十分に小さく，堤体の安全性に問題はないと評価している．

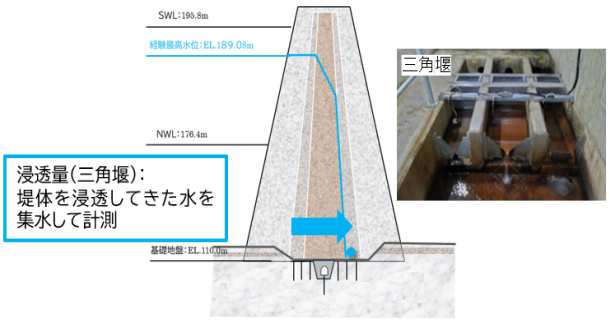


図-5　浸透量計測イメージ図（三角堰）

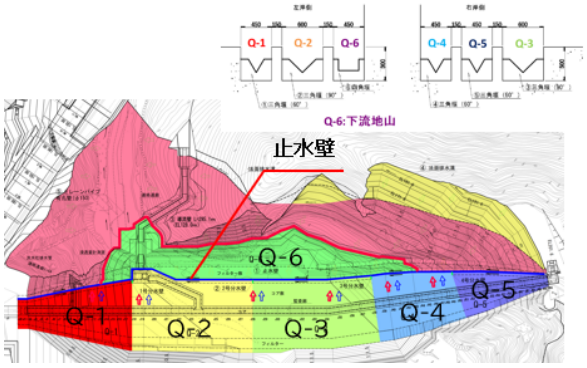


図-6　浸透量計測施設（止水壁，分水壁）配置系統図

b) 浸透量（浸透流観測孔）

基礎地盤の浸透量について，貯水池の水が堤体基礎部を浸透して下流に浸潤しないよう，基礎処理で遮水をおこなっており，浸透量を確認するため，基礎地盤に計器を設置し（浸透流観測孔），浸透圧及び浸透量を計測している．経験最高水位時の浸透量について，計測の結果，孔別浸透量は最多孔（No.9）（**図-7**）で 4L/min 程度であり，ダム規模（水圧）に対して十分に小さいと評価している．

SWL 時の想定では，最大 8～9L/min 程度と予測される．一般的なダム基礎の異常とされる管理基準値（「ダム管理の実務」より（SWL 時:20L/min））と比較しても十分に小さいと予測され，基礎地盤の遮水性に問題はないと評価している．（**図-8**）

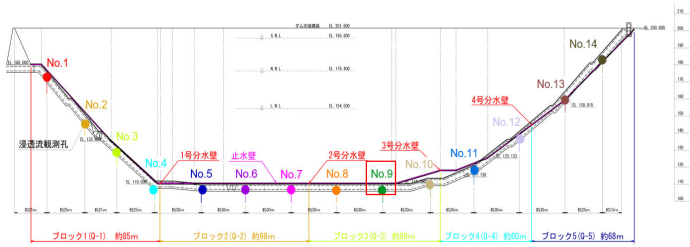


図-7　浸透流観測孔位置図

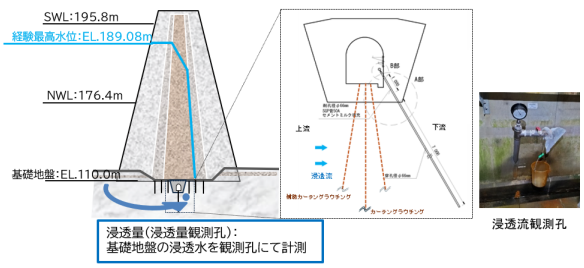


図-8　浸透量計測イメージ図（浸透流観測孔）

c) 水平方向の変位量

フィルダムは，貯水位が上昇すると水圧により下流側へ変位し，貯水位が低下すると上流方向へ若干戻る挙動を示す．試験湛水時には，その変位量が許容の範囲内かを確認した．現在までの計測の結果，下流方向の変位量については，経験最高水位時で最大12.9㎜（D-2地点）であり，既設同等規模ダムにおける天端水平変位量の回帰式をもとに，各々のダム高貯水率におけるダム高変位率の値を平均した回帰式を用いて設定した管理基準値17.8㎜に十分収まっている．SWL時の想定では，既往変位の外挿による場合，16㎜程度と予測され，管理基準値25.1㎜に十分収まり堤体の安全性は確保されると評価している（図-9）．

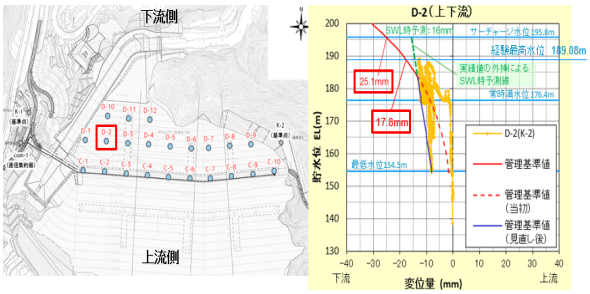


図-9　水平変位量グラフ（D-2地点）

d) 鉛直方向の変位量（沈下量）

フィルダムの沈下量は，主として圧密沈下の進行によって貯水位変動には寄らずに堤高に応じた比率で増加し，経年的に収束する．　試験湛水時には，その変位量が許容の範囲内かを確認した．現在までの計測の結果，沈下量は，137㎜程度であり，「ダム管理の実務」に示される予測式に基づき，盛立完了時からの天端沈下量の予測値を算定して設定した管理基準値373㎜（2025.11.15時点）に十分収まっている．経時変化をみると既に収束傾向は認められており，将来的に沈下量が問題となることはないと評価している．

(2) 貯水池周辺斜面の安全性評価

貯水池周辺斜面については，貯水位の上昇・下降により斜面の安全性に影響を与えないか技術指針に基づき調査を行っている．また，ダム上流域よりダム下流まで広く分布している花崗岩斜面，阿蘇火砕流堆積物斜面において，地下水位が貯水位に追随しているかについても調査している．

貯水池周辺斜面の安全性評価については，下記①～⑥の各項目を行った．

a) 貯水池全体斜面の確認ならびに個別斜面の平面形状の確認

①貯水池全体斜面の確認ならびに個別斜面の平面形状の確認については，空中写真判読や，LP図判読で再確認した結果，湛水の影響を受ける地すべりの見落としや見誤りがないことを確認した．

b) 現状の確認

②現状の確認では，経験水位と未経験水位で地形，地質の急激な変化がないこと，変状並びに変状の前兆現象がないこと，水際斜面で浸食がないことを確認した．

c) 設計条件の確認（平面，断面形状）

③設計条件の確認（平面，断面形状）では，既往ボーリング，既往断面の再確認を行い，地すべり等の平面形状，断面形状などの設計条件に見誤りがないことを確認した．

d) 設計条件の確認（物性値などの確認）

④設計条件の確認（物性値などの確認）では，ボーリングコアの再確認を行い，地すべり等の粘着力ｃ，内部摩擦角φなどの設計条件が妥当であることを確認した．

e) 残留間隙水圧の残留率の感度分析

⑤残留間隙水圧の残留率の感度分析では，残留率100％（水位上昇後，地下水位が貯水位低下に追随せず全て残っている最も危険側の設計条件）で斜面安定性の感度分析を行った結果，全ての斜面で安全率が1.0を下回らないことを確認した．

f) 孔内水位検討

⑥孔内水位検討では，孔内水位計測を実施した花崗岩斜面，阿蘇火砕流堆積物斜面において貯水位の変動と孔内水位の変動が追随していることを確認した．

(3) 安全性評価のまとめ

以上のことから，試験湛水中の計測・巡視・点検の結果，2026年2月時点で異常は確認されておらず，現状において安全性に問題はないと評価している．また，地すべり斜面においての貯水位の変動と孔内水位の変動の追随性などから，未経験水位範囲に特異な課題はなく，貯水位がSWLに到達した場合でも，得られたデータの傾向から想定すると，ダム堤体・基礎地盤，貯水池周辺斜面の安全性は問題ないと評価している．

しかし，要領（案）に定められたSWLへの到達はできていないことから，試験湛水は継続となる．そのため，長期化による課題に対応することも含めて，堤体・基礎地盤，貯水池周辺斜面の安全性評価，今後の計測，監視方法について，試験湛水検討委員会にて意見を頂き，今後の試験湛水に反映することとした．検討委員会の結果，

試験湛水の方法を変更することとなり，変更に伴う課題（計測監視体制・安全性評価・危機管理対応）に対して，**図-11** ①～⑥の対応を行うことで試験湛水方法の変更について了解を得た．



写真-1 試験湛水検討委員会

項 目	今後の試験湛水における課題と対応
計測監視体制	洪水による急激な貯水位変化（最大13m／日）における計測・監視体制の構築が必要。 ①計測機器の自動化（1回／時間）による計測頻度の確保 ②CCTVカメラによる巡視点検体制の確保と臨時点検の実施
安全性評価	洪水波形によるが、SWL水位以上となる時間は極めて短くなることが想定されるため、得られたデータで安全性評価を行える体制構築が必要。 ③客観的に安全性評価を実施できる体制構築
危機管理対応	自然調節方式であるため、万が一異常が生じても貯水位操作を行うことはできないことを前提に危機管理体制の構築が必要。 ④試験湛水時のデータを反映した管理基準の設定 ⑤未経験水位到達時は、ダム周辺周回道路の立入禁止措置を実施 ⑥データ共有システム構築による関係機関へのデータ同期化

図-11 今後の試験湛水における課題及び対応

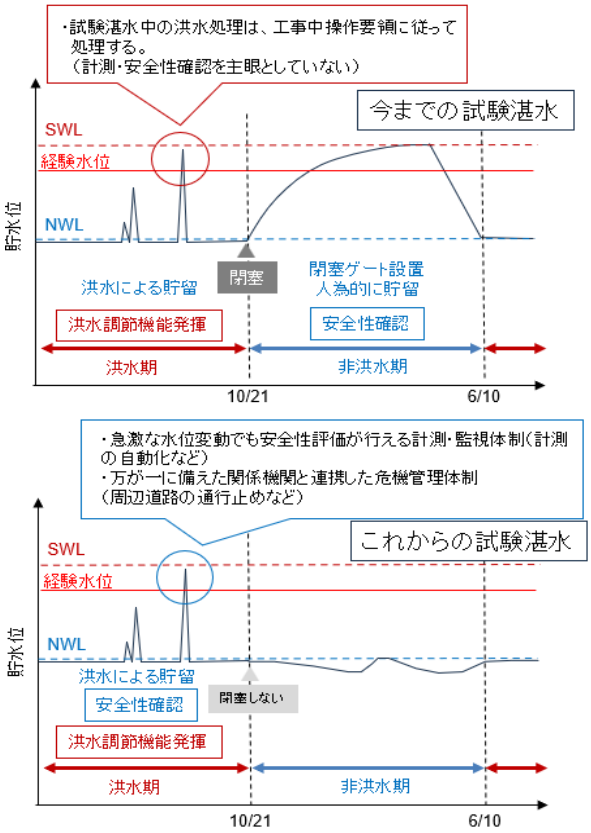


図-12 いままでとこれからの試験湛水

4. 今後の試験湛水計画

(1) 今後の試験湛水方針

今後は，従来の非出水期に閉塞ゲートを設置して湛水を行う方法から，洪水期の実洪水時に貯留することにより安全性確認を行う方法に方法を変更し試験湛水（安全性確認）を継続する（**図-12**）．

(2) 災害時等における体制

ななせダムは，大雨時には流入量が洪水量（70m3/s）に到達する予測の場合，警戒体制をとり，警報・巡視・関係機関通知を実施している．現在は試験湛水中であるため，一部計測や監視もあわせて実施している．また，地震時には，ダム堤体基礎部に設置した地震計で25galが観測された場合には注意体制をとり，点検を行うこととしている． 今後は，堤体・基礎地盤，貯水池周辺斜面についても，管理基準の超過や，異常があった場合には，それぞれの監視体制に基づいて事象に応じた体制を構築する．

(3) 洪水貯留による計測・危機管理体制

図-11の課題に対する①～⑥の対応について，具体的に下記を行う．

a) ①計測頻度の確保

洪水貯留による試験湛水では，13m/日の水位低下となるが， 約0.6m/時の水位低下となるため，1回/時間程度の計測頻度を確保することで，1m/日以下で水位低下を行う従来の試験湛水と同等のデータが得られる．そのため，他ダムの事例を参考とし，主要計測項目の自動計測を前提とした計測体制とする．

b) ②外観監視及び臨時点検

洪水時の急激な貯水位変動下での安全性確認となるため，主要構造物と対策工実施斜面は，CCTVカメラによる外観監視・浸透水のにごりの確認を行うことを基本とする．また，細部の確認ができないことから，別途臨時点検を行う体制構築を行う．

c) ③安全性評価体制の確保

2026年4月以降は九州地方整備局ダム等管理フォローアップ委員会の計測モニタリング部会として安全性確認を継続する．今後生じた事象により客観的安全性評価が必要な場合は，再度試験湛水検討委員会を開催し，客観的・多面的な安全性評価体制を確保する． （**図-13**）

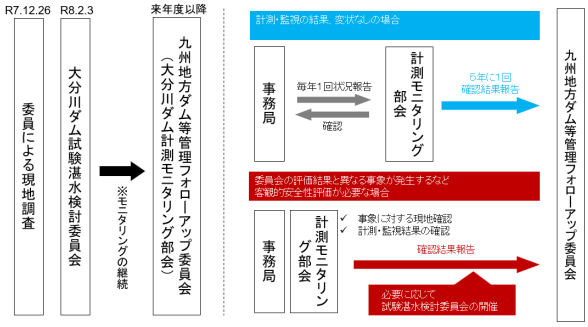


図-13　安全性確認体制図

d) ④試験湛水実績を反映した管理基準の設定

7回にわたる試験湛水時の実績データの蓄積により，各貯水位毎の堤体・基礎地盤・貯水池周辺斜面のデータの傾向が把握できているため，今後の試験湛水では，実績データに基づいた管理基準値を設定し，注意体制移行の判断基準とする．また，今までの管理基準値を超過した場合は警戒体制へ移行し，臨時点検等を実施する．（図-14）

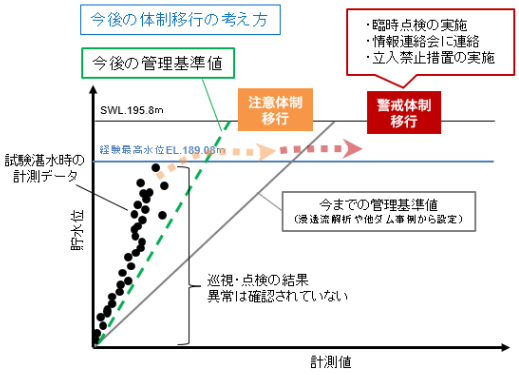


図-14　今後の管理基準のイメージ

e) ⑤未経験水位到達時の危機管理対応

貯水池周辺斜面及び堤体基礎地盤に万が一異常が生じた場合には，社会的影響を最小限とするため，未経験水位に到達する恐れのある大雨時は関係機関に連絡，周辺への立入禁止措置を講じる（図-15）．また，計測値が管理基準を超過した場合も同様の対応を行う．



図-15　通行止め実施区間図

f) ⑥関係機関とのデータ共有

平常時における試験湛水定期報告の省力化や，洪水時の急激な貯水位変動下でも遅延なくデータ共有を行うことを目的とし，Web（クラウド）サービスを利用したシステムを用い，リアルタイムでデータを共有できる体制を構築している．

以上のことから，計測，危機管理体制を確保することができる．

5.　最後に

ななせダムでは，7回にわたる試験湛水の実績により堤体・基礎地盤，貯水池周辺斜面の安全性は問題ないと評価している．しかし，要領（案）に定めているSWLに未到達であることから，試験湛水は継続することとなった．

他ダムの試験湛水とは違い，通常の管理と，洪水貯留による試験湛水を並行して行うこととなり，このようなダムは国土交通省所管のダムとしては初のケースである．

なお，実洪水による未経験水位到達については1/40の確率規模となっており，SWL到達は厳しい状況で試験湛水は長期化すると予想される．

今後も気候変動により非出水期の少雨傾向が増加する一方で，出水期については洪水が増加すると言われており，出水期の降雨量増加を考慮した治水計画へ全国的にも見直しがされている．　その中で治水容量が大きく，試験湛水が長期化するダムが増加するものと思われる．

ななせダムが試験湛水方法の変更に至るまでの経緯を踏まえ，今後建設されるダムの試験湛水手法の参考となり，ひいては試験湛水の在り方に対する議論の足掛けとなれば幸いである．

菊池川における不法係留船対策について

藤武　敏弘[1]・木村　純史[1]・谷口　正浩[1]

[1]九州地方整備局　菊池川河川事務所　管理課　（〒861-0501 熊本県山鹿市山鹿178）

菊池川における不法係留船の現状や特徴を紹介し、不法係留船対策の必要性を論じています。また、令和 7 年度に行った菊池川における不法係留船対応を紹介します。

さらに、令和 7 年度の対応およびそれ以前の対応から明らかとなった課題と、その対応を含めた今後の方策について論じています。

キーワード　菊池川，不法係留船，漂流船，所有者探査

1. はじめに

菊池川は、その源を熊本県阿蘇市深葉に発し、菊鹿盆地を貫流し狭窄部に入り、玉名平野に出て木葉川および繁根木川等を合わせ有明海に注ぐ、流域面積 996 ㎢、幹川流路延長 71 ㎞を有する県最北端の一級河川です。（図-1）

また菊池川は、アユやヤマメ、フナ等の淡水魚が棲息しており、豊かな漁場としての役割を持ち、ＳＵＰやサッカー大会といった、河川内ならびに河川敷を利用したスポーツやイベント等、住民の憩いの場となっています。（写真-1，2）

このように住民の暮らしと密接な関わりを持つ菊池川において、豊かな暮らしの阻害となり得る不法係留船について、これから課題と対応を論じます。



流域面積	996km²(山間部79% 平地部21%)
全長	約71㎞(九州の1級河川20河川のうち10番目の長さ)
流域市町	熊本市、玉名市、山鹿市、菊池市、阿蘇市、 合志市、玉東町、和水町、南関町、大津町、 菊陽町、日田市の7市5町(うち1市は大分県を含む)

図-1　菊池川流域概要図



写真-1　ＳＵＰ体験（玉名市）



写真-2　河川敷にてサッカー大会（山鹿市）

2. 菊池川の不法係留船の現状について

菊池川の不法係留船は、令和 8 年 5 月 30 日現在、河口から菊池川 18 k 000 付近までに、87 隻存在しています。このように菊池川の下流域に存在している中でも河口から菊池川 2 k 800 付近までの区間に、87 隻のうち 62 隻と全体の約 7 割が集中している特徴を持っています。（図-2、図-3 、表-1）

特に、菊池川右岸 2 k 800 付近にある船溜まりには 36 隻存在し、図-3 に存在する不法係留船の約 6 割を占めています。（図-3、表-1）

また、菊池川の不法係留船は、使用可能と見られる船が約 3 割、沈船ならびに廃船（以下、沈廃船）が約 7 割となっており、不法係留船の多くが沈廃船となっています。（図-4）

さらに、菊池川左岸 1 k 600 付近には泊地が存在しています。（図-3 ①）

この泊地の所有者である玉名市と協議し、令和 5 年よりこの場所へ係留されている船について玉名市が管理し、玉名市へ届け出て名簿上管理されている船は、不法係留扱いとしないこととといたしました。

上記の泊地での取扱い等の整理により菊池川の不法係留船隻数は、令和 3 年の 144 隻から 87 隻まで減少しておりますが、今後も不法係留船への対策が必要となっています。

（図-5）

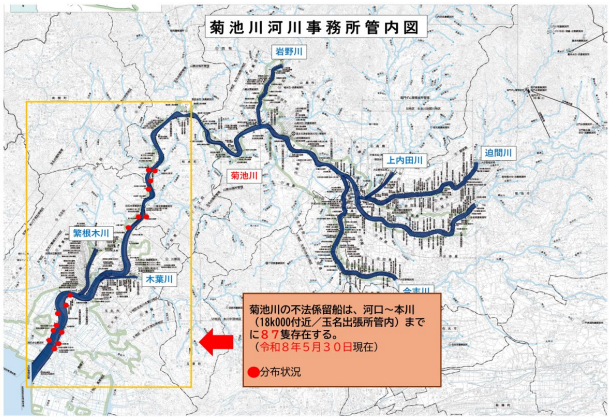


図-2 菊池川における不法係留船の分布

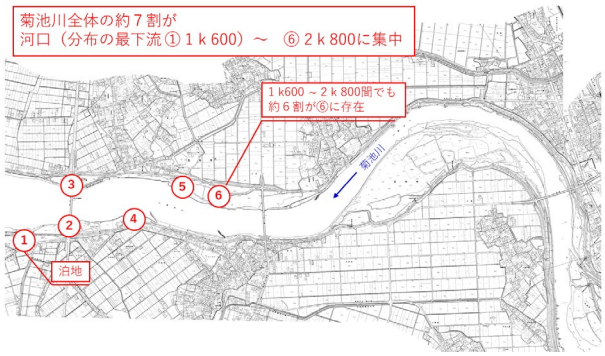


図-3 菊池川河口 ～ 2 k 800 における不法係留船の分布

箇所番号	①	②	③	④	⑤	⑥	計
距離標	左岸 1k600	左岸 1k800	右岸 1k800	左岸 2k300	右岸 2k600	右岸 2k800	
隻数	11	10	1	2	2	36	62

表-1 図-3における各箇所の不法係留船隻数

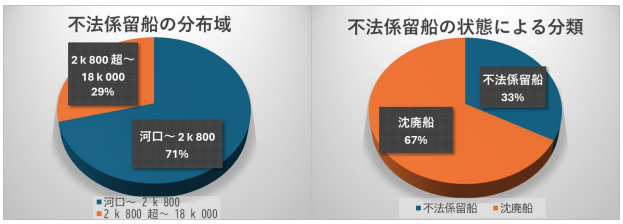


図-4 不法係留船の分布域ならびに状態による分類

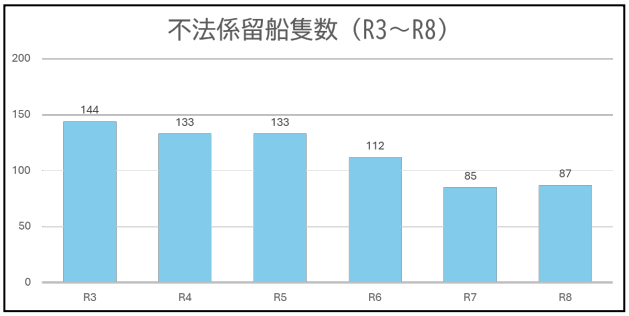


図-5 不法係留船の推移

3. 不法係留船対策の必要性

それでは、なぜ不法係留船が問題なのか、対策の必要性を述べます。

平成初頭のバブル期における、マリンレジャーやプレジャーボート等を利用したレクリエーション活動の隆盛に伴い、各地の港湾・河川・漁港等で、水域管理者により認められた施設や区域以外の場所に正当な権原に基づかずに不法に係留・保管されている船舶、または水域管理者の認めた施設や区域に係留されているが、施設使用

許可等の手続きを経ずに不正に係留し放置されている船舶、いわゆる放置艇が多数見られるようになりました。

このような船舶は、河川管理を行ううえで、洪水時の流下阻害や河川管理施設の損傷、円滑な河川改修への妨げとなるおそれを生じます。また、地震・津波・高潮等の災害時には、転覆等による船舶の航行障害、油の流出、港湾や漁港の背後への流出による二次被害の発生、さらには景観の悪化等、国民の暮らしや経済活動に様々な問題を引き起こすおそれを生じます。

そのため、不法係留船対策には高い必要性があります。

4. 不法係留船対応のながれ

不法係留船については、以下のながれにて対応します。

まず、不法係留船を発見したら船体番号を確認します。船体番号が確認できる場合は、日本小型船舶機構（以下、ＪＣＩ）や管轄都道府県水産部局、漁協等へ照会を実施します。船体番号が確認できない場合は、看板設置による呼びかけや地元や漁協等の関係者への聞き取りを実施して所有者探査を行います。

所有者探査実施の結果、所有者が判明した場合は、所有者へ口頭ならびに指示書や警告書といった文書にて指導を行います。

所有者不明の場合は、財産価値の有無を判断します。判断の方法として、専門業者による船価鑑定があります。船価鑑定の結果、財産価値がある船については、犯罪に関する物件ではないか警察へ照会し、河川法に基づく簡易代執行を行う必要が生じます。財産価値がない船については、廃棄物として河川管理者で撤去・処分する旨を現地看板に一定期間掲示した後に、処分するながれとなります。

5. 令和 7 年度に行った不法係留船対応について

3 項では、不法係留船対策の必要性について述べましたが、当項では、菊池川において令和 7 年度に行った対応について紹介いたします。

令和 7 年度は、2 隻の漂流船への対応を行い、菊池川右岸 2 k 800 付近の船溜まりにある不法係留船の対応として船価鑑定を行いました。

内容については、以下となります。

5-1. 漂流船対応について

(1) 漂流船 2 隻の発生

熊本県では令和 7 年 8 月豪雨により各地で被害が発生し、菊池川水系においても支川合志川でHWLを超える出水となりました。出水後、菊池川から流出したとみられる船が 2 隻漂流していると地元漁協より情報提供がありました。地元漁協の協力により、河口付近の漁港に一時的に係留していただくことになりましたが、この漂流船 2 隻について、速やかな対応が必要となりました。（写真-3）



写真-3　漂流船の状況

(2) 漂流船の所有者探査

漂流船 2 隻の対応として、所有者探査を行いました。（写真-4）

漂流船Aは、所有者を特定する船体番号がありませんでしたので、外水面および内水面の漁協への聞き取りや看板設置による呼びかけでの探査を行いましたが、所有者は判明しませんでした。

漂流船Bは、船体番号が確認されたため、ＪＣＩへ照会しました。ＪＣＩへの照会の結果、この船の登録事項証明書を取得しましたが、抹消登録されており、所有者の確定には至りませんでした。抹消前つまり登録時の所有者へコンタクトを取り、聞き取りを行いました。抹消後に譲渡され、登録事項証明書の内容と譲渡の時期等聞き取り内容とで整合性があり、登録時の所有者を所有者とみなすことができないと判断しました。また、譲渡先についても情報がなかったことから所有者不明として取り扱うこととしました。



写真-4　所有者探査実施の漂流船 2 隻



写真-6　処分した漂流船 2 隻

(3) 漂流船の船価鑑定

所有者探査の結果として、所有者不明とすることを決定しましたので、次に、漂流船 2 隻の財産価値の有無を判断するために、専門業者による船価鑑定を実施しました。（写真-5）

船価鑑定の結果、漂流船 2 隻についてはいずれも「価値なし」と評価され、その旨の鑑定書を取得しました。



写真-5　船価鑑定を行った漂流船 2 隻

(4) 漂流船の処分

船価鑑定により「価値なし」の結果を受け、漂流船 2 隻について、令和 8 年 1 月に廃棄物として処分しました。（写真-6）

5-2. 菊池川右岸 2 k 800 付近船溜まりへの対応について

(1) 菊池川右岸 2 k 800 付近船溜まりにある船の船価鑑定

菊池川の中で不法係留船が最も多い箇所となっている菊池川右岸 2 k 800 付近の船溜まりについても、「5-1.（3）漂流船の船価鑑定」と同時に、船価鑑定を実施しました。（写真-7）

船価鑑定の結果、当箇所にある不法係留船の全てが「価値なし」との評価を受けました。その旨の鑑定書を取得しましたので、廃棄物として取扱うこととしました。



写真-7　船溜まりにある船の船価鑑定の状況

(2) 今後の対応について

河川巡視時に利用者の確認や漁協への聞き取り、看板設置等により、所有者探査を継続し、所有者不明の船については、船価鑑定で廃棄物として取り扱うこととしましたので、今後は当箇所について計画的に処分していくことを予定しています。（写真-8）

処分する際に、重機や車両の搬入経路がないので、搬入経路の確保が課題となりますが、具体的な検討を行い対応してまいります。



写真-8　菊池川右岸 2 k 800 付近船溜まりの状況

6. まとめ

(1) これまでの取組

これまで菊池川河川事務所では、菊池川の不法係留船対応として以下の取り組みを行ってまいりました。

一つは、河川工事に影響がある箇所の不法係留船に対する自主撤去への指導です。また、菊池川左岸 1 k 600 付近の泊地にある係留船について、玉名市へ届け出がある船を不法係留扱いとしないこととしました。

さらに、漂流船を処分し、沈廃船が多い菊池川右岸 2 k 800 付近の船溜まりにある船について、船価鑑定の結果、廃棄物として取り扱うことから、まとまった隻数の不法係留船の解消が見込めるようになりました。

(2) 現状の課題

一方で、これらの取組を進めるなかで、いくつかの課題も生じています。

まず不法係留船対策において、菊池川では不法係留船を一隻ごとに管理できておらず、過年度との整合が取りにくい状況となっています。

また、一隻ごとの管理ができていないことから、不法係留船が係留箇所を移動したら移動前後での管理が困難となっています。

さらに今後において、菊池川右岸 2 k 800 付近の船溜まりのように乗り捨てられているような箇所を河川管理者にて処分した場合、同じ箇所が船の不法な廃棄場所とならないかといった懸念も生じてきます。

(3) 今後の対応

そこで、これらの課題への対応策として次のようなことが挙げられます。不法係留船一隻ごとの管理ができていないことから、一隻ごとの外観や位置等を表記した管理台帳を作成し、不法係留船が移動しても後追いできるような管理を行うといったことが考えられます。

また、漁港管理者や地元漁協の関係機関と協力し、船の不法な投棄の防止に努めます。

最後に、現段階では具体性のない夢物語なのですが、関係機関と連携・分担しつつ、例えば泊地のような場所の構築といった、不法係留船の受け皿となる適切な係留環境の構築を図ることが必要だと考えられます。

加えて、船舶を購入後に登録する際、自動車の車庫証明のように保管場所を届け出る制度が構築されれば、不法係留船の抑制につながる可能性があると考えられます。

これらの工夫を行いながら計画的に不法係留船対策を推進し、地域の安全・安心へつなげていきたいと考えております。

河川協力団体とセブンーイレブン記念財団との連携協定の取組

辻　健介[1]・細山田　美佐貴[1]・荒牧　年彦[1]

[1]九州地方整備局　宮崎河川国道事務所　河川管理課　（〒880-8523 宮崎県宮崎市大工2丁目39番地）

大淀川下流部では流下能力向上のため河道掘削を実施している．一方で、当該エリアには環境省及び宮崎県内の準絶滅危惧種に指定されている「タコノアシ」が自生しており、保全が重要なエリアとなっている．これまでは、河川協力団体であるNPO法人 大淀川流域ネットワークが主体的に保全活動に取り組まれてきたが、「セブンの森事業」を推進するセブン-イレブン記念財団が賛同され、今後10年間の保全活動における人的及び資金的な支援をしていくことについて、産官学民の5者により協定を締結した．河川事業では全国2例目、河川協力団体は全国初の事例であり、河川環境の保全の継続とともに、地域社会の交流促進・発展を目指していく．

キーワード　保全活動，河川協力団体，セブン-イレブン記念財団，連携協定，タコノアシ

1. 大淀川流域の概要

大淀川は、その源を鹿児島県曽於市中岳に発し、北流して都城盆地に出て、霧島山系等から湧き出る豊富な地下水を水源とした数多くの支川を合わせ、山間狭窄部を流下後、宮崎市で最大の支川本庄川と合流し宮崎平野を貫流しながら日向灘に注ぐ、流域面積2,230㎢、幹線流路延長107㎞に及ぶ九州屈指の一級河川である．（図-1）

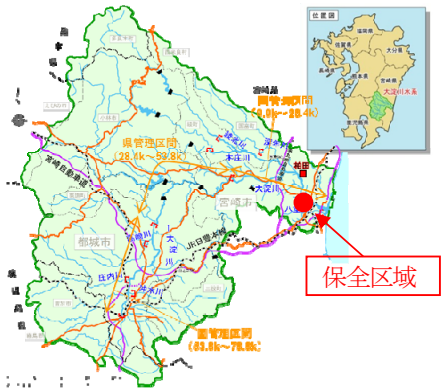


図-1　大淀川水系流域図

2. 保全活動区域の位置付け

大淀川下流部においては、流下能力向上のため大淀川水系河川整備計画（2018.6策定）に基づき河道掘削を実施している．

一方で、改修範囲と重なる大淀川左岸4k200～5k800付近は、準絶滅危惧種であるタコノアシが自生している他、ミゾコウジュ、タケノコカワニナ等の約11種類の絶滅危惧種が確認されている．

多くの重要種が生息、生育しているエリアにおいて、後述する連携協定に伴い、約8.8haの範囲を河川環境の保全活動区域として設定された．（写真-1，写真-2）

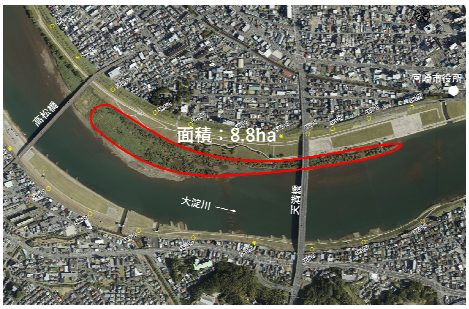


写真-1　保全活動区域



写真-2　タコノアシ

3. 連携に至る背景

(1) 連携に至る背景

a) 河川改修及びNPO法人による保全活動

河道掘削に伴い、絶滅危惧種の生育場の消滅、消失を防ぐため、以下のとおり保全を実施している.

(1) 河川改修における保全

・段階的な掘削

生物の移動（避難）や再生の期間を確保するため、段階的な掘削を実施.

・移植

掘削に伴い生育場の消失を防ぐため、ワンドを整備し移植を行って重要種の保全に努めている.

(2) NPO法人 大淀川流域ネットワークの保全活動

掘削予定箇所に自生しているタコノアシ等を安全な場所へ移植したり、絶滅危惧種の生育に必要な日当たりを良くするため、支障となるヨシの刈取り等を行い、生育環境の改善・維持に取り組まれている団体.

2016年度より、地域住民等と共同した「タコノアシの保全活動」を実施されており、地域の環境学習・環境保全の場になるとともに、川に人が集うことで水辺の賑わい創出にも貢献されている. (図-2)



図-2 募集チラシ（大淀川流域ネットワーク）

b) 環境保全の重要性の高まり

1997年の河川法改正により、治水・利水に加え、河川環境の整備と保全が目的に位置付けられた. これを機に河川行政においては、治水だけでなく、多自然川づくりなど様々な河川環境施策が重要視されている.

また近年では、気候変動やネイチャーポジティブ等の河川を取り巻く社会経済情勢の変化を踏まえ、2024年度に「生物の生息・生育・繁殖の場としてもふさわしい河川整備及び流域全体としての生態系ネットワークのあり方」が提言された.

流域における取組のうち、流域のあらゆる関係者が参画したくなる仕組みづくりの1つとして「官民協働に向けた支援や仕組みの充実」が求められており、今後の河川整備を行う上での重要なポイントとなっている. (図-3)

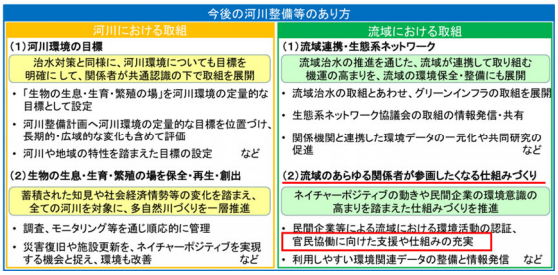


図-3 生物の生息・生育・繁殖の場としてもふさわしい河川整備及び流域全体としての生態系ネットワークのあり方（概要抜粋）

4. 課題及び連携の必要性

(1) 保全活動における課題

大淀川流域ネットワークが保全活動を継続する一方で、以下の2つの課題も見えてきた.

①地域住民の方へ保全すべき環境が身近にあることや保全活動を広く多くの方に認知してもらう.

②自ら保全に協力していただく人を増やす.

上記の課題に加えて、河川行政における環境保全への高まり等の背景のもと、環境保全を推進するセブン-イレブン記念財団から宮崎で一緒に環境保全活動に取り組みを行いたいとのお話があった.

(2) セブン-イレブン記念財団

セブン-イレブン加盟店とセブン-イレブン本部が一体となって「環境」をテーマに社会貢献活動に取り組むことを目的として、1993年に設立された団体.

セブン-イレブン記念財団が掲げる取組方針には、大淀川流域ネットワークが行っている重要種の保全活動への「自然環境保護・保全事業」に対する支援制度が確立されている.

その取組の1つとして、貴重な生態系を次世代に引き継ぐために、産官学民が連携した地域一体型の森づくり「セブンの森」活動を通して、地域に愛される豊かな自然を保護・保全していく活動を推進されている.

こうした取り組みを推進されている財団と連携を行うことができれば、先ほどの課題であった活動の幅広い周知や支援の拡大にも繋がることが期待できることから関係機関による協議に至った.

連携協定締結までの経緯を以下に示す.

5. 連携協定締結までの経緯

(1) 本取組の趣旨

河川活動へセブン-イレブン記念財団が参画し、河川協力団体及び国土交通省と連携・協働することで、河川協力団体の活動の充実・発展・継続へ繋がるとともに、自然環境の保護・保全の推進や地域活性化等にも寄与することを目指す.

(2) セブン-イレブン記念財団の「セブンの森」支援制度

全国のセブン-イレブン店頭に寄せられた募金と（株）セブン-イレブン・ジャパンからの寄付金を資金源に、環境市民団体への支援活動や自然環境保護・保全、災害復興支援、広報活動などを実施.

セブン-イレブン記念財団の事業（セブンの森）では、森作りだけではなく、地球温暖化対策、自然環境の保全・創出を行うことを目的として、さまざまな団体とともに、森から海まで全都道府県での「セブンの森活動」実施を目指している.

長期的な関わりの中で、自然環境の保全や創出を推進している地域の取組が継続できるよう人的協力及び資金的な援助を実施.

(3) 協定締結における条件

財団から事業内容及びコンセプト等の説明を受け、連携希望の意向がある団体と面談を実施.

その後、財団が連携希望団体の活動内容について現地訪問・確認を経て、以下の条件に合致した団体を財団が選定.

【条件】

- 10年、20年一緒に継続して活動していける「地域に根ざした市民団体」であること.
- 環境保全や生物多様性に繋がる活動を実施（予定）している.
- 活動地域周辺にセブン-イレブン店舗がある.

【連携・助成内容】

- 期間：10年
- 連携頻度：年2回（財団と共に活動）
- 助成内容：費用（年2回活動時の実費精算）
  人的作業支援（財団、地域のセブン-イレブン加盟店、社員）

(4) 「宮崎セブンの水辺の森」における各機関の位置付け・役割

【NPO法人 大淀川流域ネットワーク】

- 住民参加のもと自然環境の保護・保全等に関わる取組を実施.

【セブン-イレブン記念財団】

- 店頭募金を活用しての資金援助、従業員のボランティア参加による人的サポートを実施.

【宮崎大学】

- 河川整備に伴い移植を予定している希少植物群落の生息に適した環境を研究.

【宮崎市役所】

- 活動場所となる大淀川市民緑地の活動許可や広報などを実施.

【宮崎河川国道事務所】

- 河川管理者のパートナーである河川協力団体の活動の充実・発展・継続へ繋がる取組を推進.
- 直轄河川の環境の保護・保全や生態系ネットワーク形成の推進.
- 保全活動範囲における河道掘削工事について、絶滅危惧種の生息に適した形で実施.

6. 5者による連携協定締結式

本取組は、取組に関わる5者（大淀川流域ネットワーク、セブン-イレブン記念財団、宮崎市、宮崎大学、宮崎河川国道事務所）で2025.10.3に協定締結式を実施.
河川事業での本協定締結は全国2例目、河川協力団体は全国初であり、河川環境の保全の継続とともに、地域社会の交流促進・発展を目指していく. （写真-3）

当日は、協定締結の内容や今後の展望等について、テレビ局2社・新聞社2社からマスコミ報道され、多くの方の目に留まる機会となった.



写真-3 協定締結式

協定締結式後は、保全活動区域（現地）に設置した「地域住民の皆さんと一緒に、大淀川の水辺の自然環境を保全・再生・維持管理し、生物多様性に豊んだ、誰もが憩える水辺空間を未来へ引き継ぐ」ことを目的に掲げた看板の除幕式を実施した. （写真-4, 写真-5）



写真-4　除幕式



写真-5　「宮崎セブンの水辺の森」看板

7.　締結後の活動状況

(1)　第1回 宮崎セブンの水辺の森 活動

連携協定締結の翌日、2025.10.4（土）に「第1回宮崎セブンの水辺の森活動」が実施された．協定後、初の開催となった活動では、地域住民やセブン-イレブン関係者など約200名と多くの方が参加した。（写真-6）



写真-6　集合写真

タコノアシの生存に欠かせない日当たり確保のため、支障となるヤナギの伐採、湿地水辺のヨシ等の刈取りを実施した．また、絶滅危惧種の採取と移植、外来種と雑草の駆除、散策路の整備等を実施した．（写真-7）



写真-7　活動状況

(2)　第2回 宮崎セブンの水辺の森 活動

2026.4.18（土）に「第2回宮崎セブンの水辺の森活動」が実施され、地域住民やセブンイレブン関係者など約330名が参加した．

第1回目から継続して、ヤナギの伐採とヨシの刈取り、絶滅危惧種の採取と移植、外来種と雑草駆除、防草シート埋設、水際の整備、散策路の整備等を実施した．（写真-8）



写真-8　散策路の整備

8.　今後の展望

年2回（春季、秋季）の保全活動を継続して実施していき、絶滅危惧種の移植等保全活動に努めていく．

また、河川管理者の立場としても、河川協力団体の活動の充実・発展・継続へ繋がりを持続させるとともに、絶滅危惧種の生育場に配慮しながら河川改修の実現を目指していく．

加えて、河川整備においては、治水と環境の両立が求められるため、今回の先進的な取り組みを他河川にも幅広く展開していけるようなきっかけとなれるよう活動を進めていく．

次回の活動は、2026.10.24（秋季）に実施予定．

鶴田ダム壁面補修工事の現状と課題

長友　幸一[1]・高橋　天新[1]・下橋　拳喜[1]

[1]国土交通省　九州地方整備局　鶴田ダム管理所　（〒895-2102 鹿児島県薩摩郡さつま町神子 3988-2）

鶴田ダムでは，竣工後堤体コンクリートの表面劣化が確認されており，堤体下流面の壁面補修が進められている．本稿では，非越流部における壁面補修工事を対象に，これまでの施工の経緯として，膨張材の添加・流水養生の継続・打込み温度の管理といったひび割れ抑制対策の実施について報告する．あわせて，以降において実施する，越流部補修で求められるコンクリート仕様や施工時期の制約等の技術的・経済的課題，増設減勢工の損傷部対策，および今後の詳細設計・工事に向けた課題を整理する．

キーワード　鶴田ダム，壁面補修，ひび割れ抑制，膨張材，ダム再開発

1. はじめに

近年，高度経済成長期に整備された社会インフラの老朽化が進行しており，建設後 50 年以上を経過する施設の割合は今後急速に増加する．ダムは洪水調節・利水などの多面的な機能を担う重要な社会基盤であり，その機能を長期に維持するには，適切な維持管理と計画的な補修が不可欠である．

特に既設ダムでは，環境負荷や事業費を抑えつつ既存ストックを最大限に活用できることから，再開発や補修によるダム機能の維持・向上の重要性が増している．補修にあたっては，作業スペースが限られている現場条件や供用中の制約という条件下で，求められている品質を確保しつつ、確実かつ経済的に施工することが求められる．

鶴田ダムは 1966 年（昭和 41 年）の竣工から約 60 年が経過し，近年完了した再開発事業によって洪水調節機能が強化された．一方で，堤体下流壁面の劣化が課題となっている．本稿では，この壁面補修工事を対象に，その経緯，施工方法，施工上の問題点と課題，補修後の壁面の状況，および今後の課題を報告する．

2. 鶴田ダムの概要

(1) 鶴田ダムの諸元と歴史

鶴田ダムは，川内川の治水計画の一環として建設された洪水調節・発電を目的とする多目的ダムである．1959 年（昭和 34 年）に実施計画調査に着手し，1966 年（昭和 41 年）3 月に竣工した．河口から約 51km 地点に位置し，集水面積は川内川流域全体の約 50%を占める．堤高は 117.5m で，重力式コンクリートダムとしては九州で最も高い．発電は電源開発株式会社が担い，ダム直下の川内川第一発電所で約 12 万 kW，第二発電所で約 1 万 5 千 kW の発電を実施している．

(2) 鶴田ダム再開発事業

2006 年（平成 18 年）7 月洪水による大災害を契機に，河川激甚災害対策特別緊急事業（激特事業）とあわせ，川内川流域の洪水被害軽減を目的として鶴田ダム再開発事業が実施された．本事業では，発電容量を買い取って洪水調節容量に振り替えるとともに，低水位からの放流を可能とする増設放流設備を新設した（図-1）．

これにより，洪水調節容量は図-2 に示すとおり約 1.3 倍に増強され，再開発計画では 9,800 万 m³ となった．洪水調節機能の強化により，異常洪水時防災操作（緊急放流）に至るリスクの低減が期待されるとともに，下流の宮之城地区では激特事業後からさらに約 1.0m の水位低下が見込まれている．



図-1 鶴田ダム再開発工事の概要

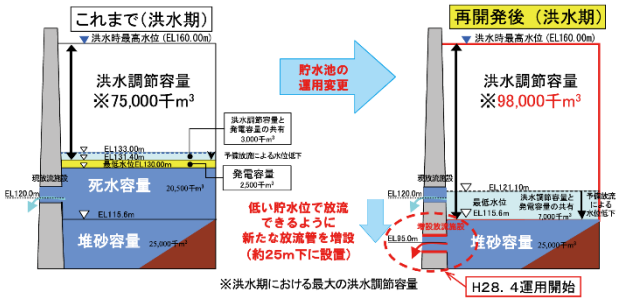


図-2 鶴田ダム再開発事業による容量配分見直し

3. 壁面補修工事の概要

(1)　壁面の劣化と原因

鶴田ダム堤体下流面のコンクリートは，1966 年（昭和 41 年）の竣工の数年後から表面のモルタル分が剥離して骨材が露出する劣化が確認されており，経年的に部分的な進行が認められている．劣化の主たる要因としては，コンクリートの骨材中に含まれるローモンタイトの影響が挙げられている．なお，コンクリートの劣化は深部には見られず，構造物本体は健全である．

ローモンタイトは沸石の一種であり，岩石中の割れ目を脈状に充填しているが，乾湿の繰り返しを受けると粉状化して体積変化を生じ，骨材を崩壊させる．その結果，コンクリートは表面から劣化が進行する．堤体下流面は，天候に伴う乾湿の繰り返しを受けやすく，こうしたローモンタイトの変質に起因する劣化が，壁面補修を必要とする背景となっている．

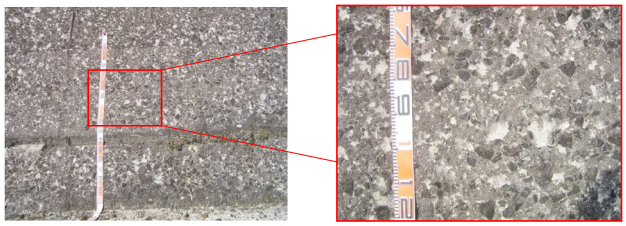


図-3 鶴田ダム堤体下流面の状況

(2)　壁面補修の目的

鶴田ダム壁面補修の目的は以下のとおりである．

①現堤体表面の乾湿繰り返しを防止することにあり，これを達成するため，現堤体における水の出入りを防止する表面被覆工を計画する．

②耐用年数については，鶴田ダム本体の耐用期間における補修対策工の大規模な補修や再施工を不要とすること，及びダム本体竣工後 50 年以上が経過していることを考慮して 50～100 年程度を目標に対策工を検討する．

(3)　補修の対象範囲と実施状況

堤体壁面の劣化状況から，対策工の要否を判定して，補修対象範囲を設定した（**図-4**）．補修対象範囲は堤体下流面（越流部含む）およびフーチング部である．なお，堤体上流面は，乾湿繰返しの影響が少なく，顕著な劣化が認められなかったため，補修対象外とした．

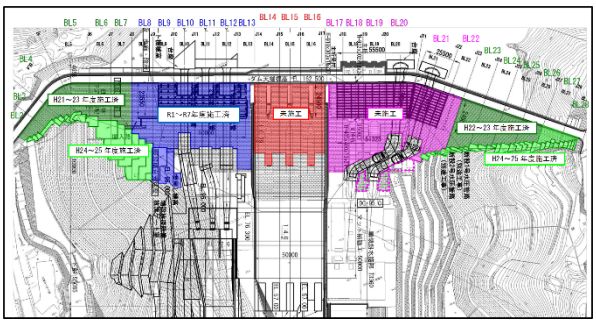


図-4　補修対象範囲と補修実施状況

(4)　補修工法の概要

壁面補修工事は，劣化した堤体下流面のコンクリート表層をはつり取り，その上に補修コンクリートを打設するものである．非越流部では，劣化した表層を厚さ 3cm 程度はつり取ったうえで，厚さ 30cm 程度の補修コンクリートを打設する計画とした．

はつり厚について，堤体コンクリートの中性化試験，ハンマー打撃によるはつり厚試験，新旧コンクリート打継目部の曲げ強度試験の結果より，非越流部のはつり厚さを 3cm と設定した．補修コンクリート厚さについては，補修コンクリートは厚くなるほど水和熱に伴う温度応力の影響が大きく，薄くなるほど乾燥収縮の影響が大きくなり，ひび割れが生じやすくなることから，所要の耐久性を確保しつつひび割れを抑制できる厚さとして，施工性，経済性も踏まえて補修コンクリート厚さ 30cm を設定した．

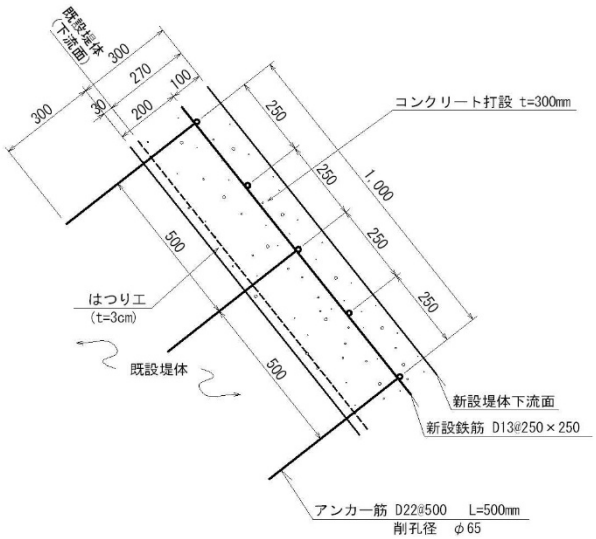


図-5　壁面補修工の基本仕様（非越流部断面）

4. 施工方法

(1) 足場工

壁面補修工の主要工種は，足場工，はつり工およびコンクリート打設工で構成される．堤体下流面は1:0.79の急勾配を有するため，補修作業の足場には，堤体下流面の全面を覆う全足場を設置する（図-6）．全足場により，はつりから配筋・型枠・コンクリート打設までの一連の作業を行う．コンクリート打設はポンプ打設とし，再開発工事後に配置が可能となった堤体下流側にポンプ車を配置する．



図-6 全足場の状況

(2) はつり

既設堤体コンクリートのはつりは，人力ブレーカーにより実施した．



図-7 はつり作業の状況

(3) 補修コンクリートの打設

はつり後の壁面には，乾燥収縮ひび割れの抑制に効果がある収縮補償コンクリートを打設する．最大粗骨材寸法は20mm，スランプは12cmとした．また，セメントは普通ポルトランドセメントを使用するものとした．

(4) 締固め（長尺バイブレーター）

補修コンクリートは厚さ30cm，リフト高2.0mの打設となり，狭隘な条件下での確実な締固めが求められる．このため，型枠面に沿って深部まで挿入できる長尺の棒状バイブレーター（長尺バイブレーター）等を用いて締固めを行う工夫がなされている（**図-8**）．



図-8 締固めに使用される長尺バイブレーター

5. 施工時に確認された問題点

既に施工された壁面補修コンクリートにおいては，補修後の壁面にひび割れが確認された（**図-9**）．しかし，これらのほとんどが0.2mm以下の微細なひび割れであり構造上問題となるような損傷ではない．一方で，コンクリート構造物の施工において，ひび割れの発生は避けられないが，今後の補修や耐用年数を考慮すると，可能な限り抑制することが望ましい．これらの状況から，今後も壁面補修工事が継続して行われることを踏まえ，コンクリート品質の改善を目的とした解決が必要と判断した．

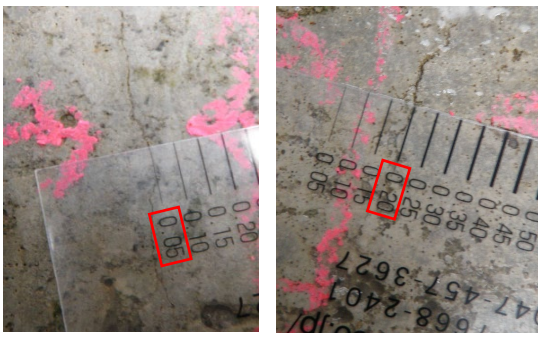


図-9 ひび割れの発生状況写真

6. 対応策の検討

(1)　ひび割れ発生原因と対策効果の整理

ひび割れの発生原因と，想定される対策効果の因果関係を整理すると施工、温度、乾燥の３つがひび割れの主な要因になっていることが想定された．コンクリートのひび割れは，材料や施工条件によって大きく影響を受けるため，これに基づき図-10 に示すとおり整理し，検証を行った．

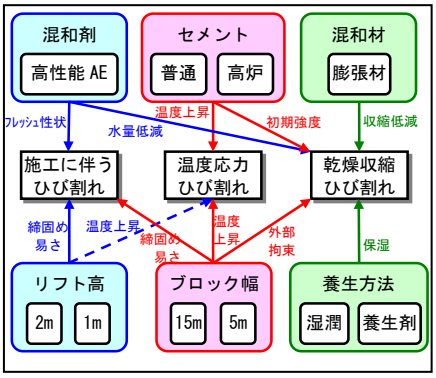


図-10　ひび割れ発生原因と対策効果の因果関係

(2)　温度応力解析による検証

コンクリート打設の実条件に基づく温度応力解析を行い，実施工で確認されたひび割れ延長と解析結果（最小ひび割れ指数）を対比し，一定の相関があることを確認した．なお，ひび割れ指数とは，「材齢 t 日における引張強度／材齢 t 日における最大引張応力」で示される指標であり，ひび割れ指数が小さいほど，ひび割れ発生確率が高いことを示す．

その上で，ひび割れ抑制対策の効果を検証するために，セメントの種類や混和剤，養生方法等の影響について，温度応力解析による検証を行った．

その結果，膨張材を添加したコンクリートが一定のひび割れ抑制効果が期待できることを確認した（図-11）．

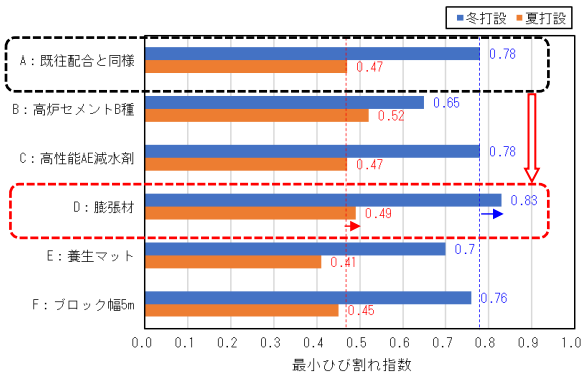


図-11　温度応力解析結果

(3)　試験施工に基づいた基本仕様の見直し

これらの検討結果を踏まえ，令和元年度壁面補修工事の本施工と同時に，膨張材の添加や養生方法，コンクリート打込み温度に関する試験施工を行い，効果が期待された対策については，を基本仕様として追加するものとした．

a)　膨張材の添加

壁面補修コンクリートに膨張材の添加を行った結果，膨張材ありのブロックは，既打設ブロック（膨張材なし）に比べ，ひび割れ発生本数が 50～60%低減しており，ひび割れ抑制に効果があることが確認された（図-12）．そのため，令和 2 年度以降の壁面補修工事では，膨張材の添加を基本仕様とした．

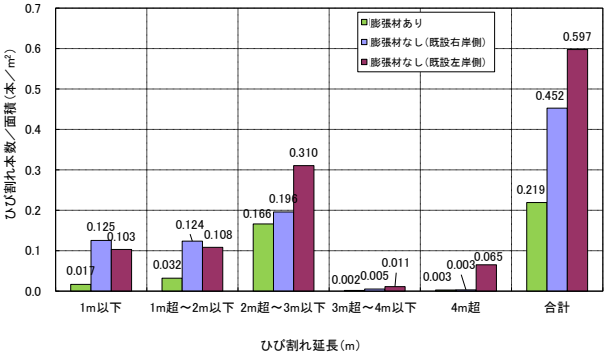


図-12　ひび割れ延長（膨張材の有無による影響）

b)　養生方法

壁面補修コンクリートの養生方法について，当初仕様では，流水養生を打設後 2 週間までの期間に限定していたが，試験施工では，ひび割れの抑制を目的として，工事期間中，流水養生を継続して実施した．その結果，ひび割れの発生量は，打設時期（季節）により異なることが想定されるため断定することは難しいが，流水養生の期間によりひび割れの本数は異なり，流水養生の実施期間を延長することで，ひび割れの抑制効果が期待された（図-13）．そのため，工事期間中の流水養生の継続を令和 2 年度以降の壁面補修工の基本仕様とした．

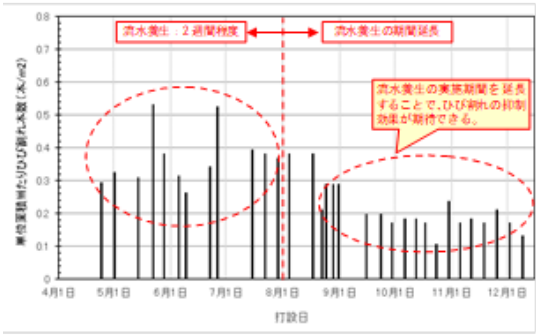


図-13　流水養生の期間延長の効果

c)　コンクリート打込み温度の制限

ひび割れの最大延長とコンクリートの打込み温度および外気温との関係を以下に示す．ひび割れの最大延長は，コンクリートの打込み温度に相関しており，30℃を超えると延長の長いひび割れが発生する傾向が認められ，コンクリート打込み温度との相関性が高い（図-14）．

このことから，延長の長いひび割れ（水平クラック）を抑制させることを目的とし，コンクリート打込み温度は 30℃以下とすることを基本仕様に追加するものとした．

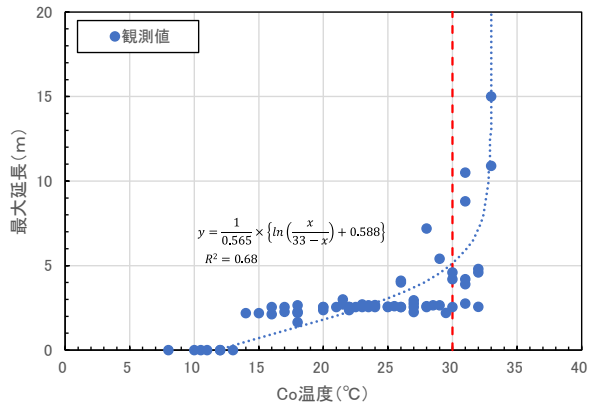


図-14　コンクリート打込み温度とひび割れの関係

7. 今後の課題

(1)　左岸側非越流部の壁面補修工

左岸側非越流部の工事にあたっては，電源開発株式会社の敷地内から施工することを前提としていたが，協議の結果，工事が重複する可能性があり，敷地外からの施工を見直す必要がある．そのため，足場の組み方や，機材の配置場所など様々な問題が発生するため，施工方法に関して改めて詳細設計を 2027 年度（令和 9 年度）に行う予定である．

(2)　越流部の壁面補修工

今後，越流部（BL14～16）の壁面補修を実施する必要があるが，越流部は高速流が流下することを踏まえ，越流部としての要求性能を満足させるためのコンクリートの仕様（例えば Gmax，スランプ，補修厚等）を決定する．特に越流部では，本稿での非越流部と同様の施工を行った場合，水理的要求を満足できなくなる恐れがある．工事条件を踏まえ，現況の水理特性を維持するために，補修後も現堤体状況を保持するために，堤体の一部として堤体構造線の内側への施工を行う，もしくは水理実験を行い，現況の機能を維持できる状態にしなければならない．また，ダム機能を維持しながらの施工となるため，壁面補修工事が非出水期に限定されることにより，施工可能期間が制約されるとともに，低温による強度発現の遅れや凍害リスク等も踏まえた施工工法の検討が必要となる．

8. まとめ

本稿では，鶴田ダムの堤体下流壁面補修工事について，その経緯，施工方法，施工上の問題点と対応策，および今後の課題を報告した．

既往の壁面補修工事では，施工後のモニタリングの結果，微細なひび割れが発生したが，膨張材の添加，流水養生の継続，打込み温度の管理を基本仕様とすることで，ひび割れの抑制に一定の効果が得られることが確認された．ひび割れに対する対策を行った壁面については，引き続き状態の監視を行い，変状の有無や進展状況を把握するとともに，得られた知見を今後の施工に反映させることが重要となる．一方で，越流部の補修は，非越流部とは異なる施工が必要となり，技術的・経済的な課題が残されている．

左岸側非越流部の壁面補修工事は，2027 年度（令和 9 年度）に詳細設計を行い，2028 年度（令和 10 年度）の工事着手を目指して，電源開発株式会社との調整を進めながら検討を深めていく予定である．

参考文献

1)　日本コンクリート工学会：コンクリートのひび割れ調査，補修・補強指針．

一般国道220号 南郷奈留道路における着工前重点準備の取組み

黒木　悠生[1]

[1]九州地方整備局　宮崎河川国道事務所　計画課（〒880-8523 宮崎県宮崎市大工2丁目39）

近年，地質リスクの顕在化により道路事業において事業費増加や工程遅延が課題となっている.このため国土交通省は令和6年度より「着工前重点準備」を試行している.本稿では着工前重点準備の概要を整理するとともに，一般国道220号（東九州自動車道）南郷奈留道路を対象にその適用事例を示す.南郷奈留道路は，日南層群に起因する地質リスクを有し，過去の類似事例における事業費増加等を背景に，本制度の対象事業として位置付けられた.

本事業では，文献調査や地形判読，現地踏査，ボーリング等により地質リスクの抽出・評価を行い，設計段階への反映を進めている.さらに，リスク評価結果に基づき後続調査計画を立案し，不確実性の低減と事業計画の最適化を図っている.

以上より，着工前段階におけるリスクマネジメントの有効性と実務への適用可能性について整理した.

キーワード　着工前重点準備，地質リスク，リスクマネジメント，東九州自動車道

1. はじめに

近年，道路事業において地質・地盤に起因するリスクが詳細設計・施工段階で顕在化し，事業費増加や工程遅延を招く事例が報告されている. 国土交通省は令和６年度より，大規模直轄道路事業を対象に「着工前重点準備」を試行し，事業化前における調査・リスク分析の強化による事業費管理の徹底と透明性向上を図っている.

従来の道路事業では予備設計（B）段階以降で地質調査（リスク対応）を行うことが多かったが，本制度では事業初期段階において地質リスクを体系的に把握し，設計条件へ反映する（**図-1**）. 本稿では，一般国道 220 号（東九州自動車道）南郷奈留道路を対象に，着工前重点準備の考え方と実務適用について整理する.

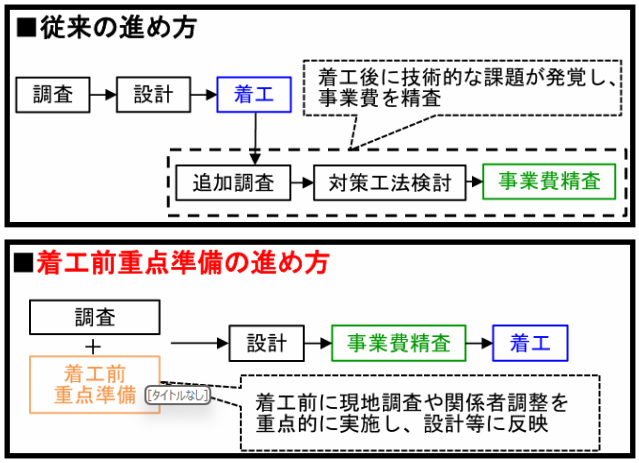


図-1　着工前重点準備の流れ[1)]

2. 着工前重点準備事業

令和6年4月時点事業中の直轄改築事業（428事業）のうち50%以上の事業費増を行った事業は2割（99事業）を超えており、事業費管理において課題となっている. 事業費の増加要因に着目すると地質・土質条件に起因する内容が多いことが分かっており（図-2）、事業費に影響を与えうる要因や技術的課題を着工前段階から把握することが必要となってきている. このような背景のもと、国土交通省では道路事業のうち特に大規模工事が予定される直轄道路事業を対象に令和6年度より着工前重点準備の実施を試行している. 令和6年度時点では対象事業として事前調査において軟弱地盤、断層など事業執行に影響のある周辺環境が確認されている事業等となっており、選定時に各地方整備局において重点準備の実施内容

項目	件数	変動額（億円）	変動率
地質・土質条件	280	40	11%
自然条件（環境保全、災害等）	53	14	3%
設計熟度（施工計画等）	27	25	5%
関係機関・地元協議	139	23	4%
関連計画の変更	62	27	5%
法律・基準等の改正	87	23	3%
単価・税率の変更	26	52	4%

図-2　事業費の増加要因内訳[1)]

を定め、着工にあたって実施した内容を有識者委員会（事業評価監視委員会）に報告し進めることとしている．上記のように着工前の調査を実施し有識者の意見を踏まえながら設計に進むことで、より一層の事業費管理の徹底と透明性の向上を図ることを目的としている．

3. 南郷奈留道路

令和6年度に新規事業化された東九州自動車道の南郷奈留道路は，延長13.3㎞の高規格道路であり，宮崎県日南市～串間市間の広域交通機能の強化や防災・医療アクセス向上を目的としている（図-3）．

本路線は，地質的に不均質な日南層群が広く分布する地域に位置し，混在岩，地すべり，湧水，重金属，スレーキング等の地質リスクが顕在化しやすい条件を有している．



図-3　芳ノ元トンネルと南郷奈留道路の位置図

日南層群の地質リスクが顕在化した一例として，同様の地質条件下で施工された東九州道（清武JCT～日南北郷）に位置する芳ノ元トンネル（平成30年6月本体完成）の施工事例を紹介する．南郷奈留道路と芳ノ元トンネルとの位置関係は図-2で示すとおりである．芳ノ元トンネルでは，平成20年4月に掘削を開始したものの翌21年6月には地すべりに起因する変状により掘削を中止することとなった（図-4）．変状発生後にトンネル全区間の地すべり調査を行った結果、起点側坑口に長さ460m、幅350m、深さ70mに達する地すべりの存在が明らかとなり、トンネル中央部や終点側坑口部においても地すべりが３ブロック確認される結果となった。その後、施工検討会を設置し掘削を再開するに至るまで、大幅な事業費の増加及び事業期間の延伸が必要となった．

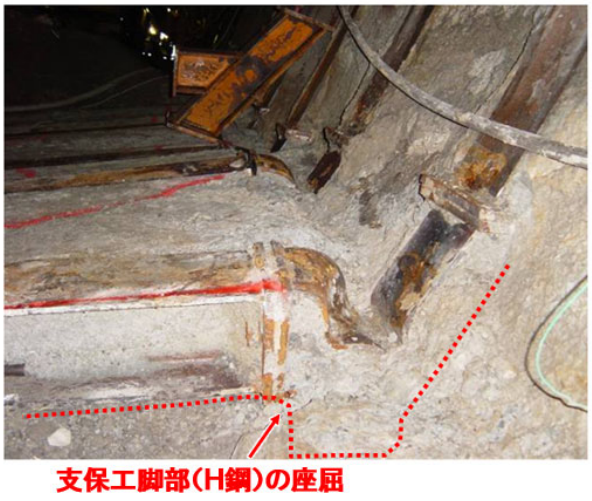


図-4　芳ノ元トンネルと南郷奈留道路の位置図

このように、従来の事業の進め方では，施工段階において地質リスクが顕在化し，設計変更や対策工の追加に伴うコスト増や工程遅延が生じるという課題が存在する．

これらを踏まえ，本路線では事業初期段階において地質調査や地形測量等を重点的に実施することで，地質リスクを把握した上で設計に反映する必要性が高いことから，「着工前重点準備」の対象事業として位置付けられた．

4. 着工前重点準備の実施内容

地質リスクは，事業初期段階において不確実性が大きく，調査および設計の進展に伴い段階的に低減される．従来は詳細設計段階や施工段階においてリスクが顕在化し対応することが多かったのに対し，着工前重点準備では予備設計段階において地質リスクを抽出・評価し，設計条件へ反映することによりリスクの顕在化を未然に防ぐことが期待される．また，各事業段階においてリスク評価を継続し，設計・施工・維持管理へと引き継ぐことにより，事業全体を通じた地質リスクの低減が図られる．

南郷奈留道路の着工前重点準備にあたっては、文献調査、現地踏査、現地調査を実施し各調査結果より地質リスクを評価し後続調査計画を立案し必要に応じて再度調査を行いリスク評価の更新を行う流れを想定している．特に設計前においては上記によりリスク抽出を行いリスク措置計画といった設計対応策まで策定した状態で設計に臨む計画としている．以下には令和6年度の事業採択以降から実施した内容を示す．

(1) 令和6年度の実施内容

着工前重点準備の初年度として，文献調査，現地踏査，簡易な現地調査を行い，次年度以降の後続調査立案までを行うこととした．

a) 文献・既往資料調査

既往の各種資料を収集・整理し，広域的な地質構造および災害履歴の把握を行った.地すべり分布，断層・破砕帯，軟弱地盤分布等のリスク要因を抽出した．具体には宮崎県土砂災害マップ，重ねるハザードマップなどの一般公開されている情報や，串間市・日南市に協力を要請し各市における災害履歴等の既往報告書を収集した．既往の調査結果としては，芳ノ元トンネルの調査結果を含む東九州自動車道の関連事業における地質、設計業務の業務成果より地すべり，法面崩壊等のリスク項目の要因を抽出、室内試験の結果等からスレーキングや重金属の有無などを検討した.

b) 地形判読・解析

空中写真や過年度の測量成果である航空レーザー測量図から作成したCS立体図を用いた微地形を判読し，潜在的リスクを面的に抽出した．既往資料では顕在化していない，潜在リスクとして，地すべり分布，リニアメント（断層・破砕帯などの弱線）を抽出した．これらa)b)の結果より机上におけるリスク箇所の抽出を行った.

c) 地表地質踏査

机上抽出結果の箇所を踏まえ，現地における地表地質踏査を実施した.

主な確認項目は以下のとおりである.

- 岩相（風化, スレーキング特性）
- 地質構造（層理，節理，断層等の不連続面）
- 地すべり，崩壊地の分布
- 土石流の痕跡や発生の恐れのある渓流
- 水文特性（湧水, 地下水, 井戸利用）

地表踏査により現地を確認した結果より，地すべりや法面崩壊などのリスクが想定される箇所の選定を行った.調査の結果、芳ノ元トンネルのような大規模地すべりは確認されなかったものの、道路計画に影響のあると考えられる地すべりの痕跡が見られた．また日南層群に多くみられるスレーキング（乾湿繰返しにより，岩石が急速に崩壊・軟質化する現象）要因と思われる岩相（泥岩）も確認された.

d) ボーリング，岩石試験

既往（芳ノ元トンネル）の調査結果において，スレーキング箇所の法面勾配や対策工法など，設計に有用な情報が得られているため，南郷奈留道路においても試験的に代表１箇所においてボーリング調査および室内試験を実施した．調査内容は下記に示すとおり.

- ボーリングコア観察（岩級区分, 風化状況）
- 標準貫入試験（N値）
- 岩石試験（スレーキング試験, 鏡下観察）

調査の結果、既往（芳ノ元トンネル）の調査結果と類似することから，同種の地質リスクを有することが分かった.

e) 地質リスク図の作成

前述のa～dの調査結果より，南郷奈留道路におけるリスク要因の把握を行うことができた．これらの結果を元にリスクの強弱を相対的に把握するため，影響度と発生確率の２つの指標からランクを設定し整理を行った.

整理の結果，現時点ではAAランクに相当する事象はなく大きなルート変更が必要ないことが分かった．ただしAランクに該当するブロックが13箇所存在することが分かり，これらの箇所については対策工法の検討に必要な情報を集めるため、地質調査や観測調査を行うこととした（図-5）.

(2) 令和7年度の実施内容

令和6年度までに整理されたリスク評価結果を元に後続調査計画の作成を行った．リスク要因が確認された箇所を一覧表にまとめ，対応する調査内容を記載し調査の進展に合わせて更新できるよう整理した.

令和7年度はリスクランクの高いAランク箇所を対象に調査を行うこととした．Aランクに該当する箇所は, 地すべり箇所や切り土箇所が対象となっており，下記の調査を実施することとした.

・ボーリングコア観察（すべり面の判定）
・室内試験（スレーキングや重金属の把握）
・動態観測（地すべりの移動量、移動方向を確認）

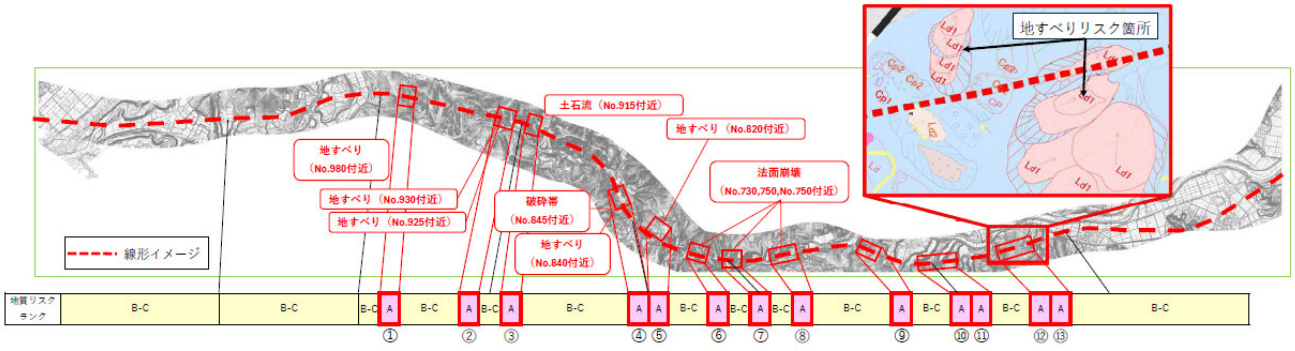


図-5 地質リスク図



a)ボーリングコア観察

ボーリング調査は地すべりの規模により１から２箇所で調査を行った．今回はすべり面の把握を目的としているため，不動層と考えられる良質岩盤（CL級以上）を5m以上確認することを掘止め目標とし調査を行った．調査の結果，複数の箇所で上層（GL-20m程度）に移動土塊（岩塊と土砂が混在する層）が確認され、その下層（GL-30m程度）には泥岩等の破砕部が確認された．上層の移動土塊は地すべり滑動による結果，下層の破砕部は過去に大きな（海底地すべり発生時の）力が働いた結果と思われ、コア観察からのすべり面は移動土塊の下面付近と想定される。今後、動態観測により検証が必要である。

b)室内試験

令和6年度の調査では代表1箇所におけるスレーキング試験を行ったが，令和7年度は切土箇所を中心に室内試験を実施している．また掘削土に重金属が含有される場合に盛土への適用が困難となることから、短期溶出試験や酸性化可能性試験などを実施し，対策の必要性を確認中である．執筆時点ではいずれの試験も試料作成の段階であり結果は出ていない．

c)動態観測

ボーリング調査によりすべり面が確認された箇所については，地すべりの移動量や移動方向を確認するため動態観測を実施している､調査にはボーリングの調査孔を利用してパイプ歪み計と自記水位計の2種類の計測器を設置し，観測することとした．なお計測は雨季と乾季など通年をとおした変化を捉えるため，最低でも1年間はデータ蓄積を行う必要があり，執筆時点では計測を開始した直後であるため，結果の取りまとめには至っていない．

5. 今後の予定

令和7年度までにリスク要因の整理,調査を行ってきており、令和8年度以降は設計に向けて設計対応策の選定や後続調査計画の更新を行う．設計対応策においてており,令和8年度以降は設計に向けて設計対応策の選は,動態観測より地すべりの規模を解析しアンカー工や集水井工など適した工法の選定を行う．後続調査計画の更新においては，調査結果を元にリスクランクの更新を行い施工段階における必要な調査を策定する．

設計にあたっては，構造物毎に実施されるボーリング調査や軟弱地盤解析などを行いつつ，上記の地質リスク評価結果を用いることで，従来に比べより安定した施工計画が策定できると考えている．

6. まとめ

本事業では、着工前に文献調査，現地踏査,ボーリング調査,動態観測といった段階的な調査を実施することで,地すべりやスレーキングなどの地質リスクを事前に把握し,リスクの可視化および対策の優先順位付けが可能となった．また,着工前に詳細な調査を行うことにより,初期コストの増加や着工までの期間の長期化といった課題があるものの,施工後の事業費増加リスクの抑制および工程の安定化に寄与することができると考える．

本事業を通して,軟弱地盤等の地質リスクを事前に把握することの重要性と難しさを学びました．今後は、調査の結果の理解，設計や施工にどのように反映されるかを意識して業務に取り組んでいきたい．

参考文献

1)令和 6 年度 南郷奈留道路地質リスク検討（その 1）業務 （宮崎河川国道事務所,令和７年５月）.
2)令和 6 年度 南郷奈留道路地質リスク検討（その 2）業務 （宮崎河川国道事務所,令和７年５月）.
3)土木事業における地質・地盤リスクマネジメントのガイドライン（国土交通省土木研究所,令和２年３月）.
4)地質リスク低減のための調査・設計マニュアル（案）（近畿地方整備局, 令和３年３月）.
5)着工前重点準備について（九州地方整備局）.
6)令和６年度 新規事業候補箇所説明資料 一般国道 220 号（東九州自動車道） 南郷奈留道路（九州地方整備局）.