

増加し続ける所有者不明土地とその対策について

稲塚 昂・馬場 常次郎・田中 美穂・西川 要介・江畑 圭祐

九州地方整備局 用地部 用地企画課 (〒812-0013 福岡県福岡市博多区博多駅東2-10-7)

近年、日本では大規模な自然災害が頻発しており、その都度、迅速な復旧・復興や的確な防災対策が求められてきた。地震・津波・豪雨・土砂災害など、多様な災害が全国各地で発生する中、被災地域の復旧・復興の円滑な実施には、土地の適正な管理が不可欠である。にもかかわらず、近年、復興の現場で重大な障壁となっているのが「所有者不明土地」の存在である。今回はその所有者不明土地の現状と、解消に向けた取り組みについて説明する。

キーワード 土地政策、所有者不明土地、復旧・復興事業、土地の利活用

1. はじめに

所有者不明土地とは、不動産登記簿上の所有者が判明しないか、判明しても連絡がつかない土地のことを指す。災害時にはインフラの再建や仮設住宅の整備、避難路の確保など迅速な対応が求められるが、所有者の所在が不明な土地では行政による使用や取得が困難となり、復興事業の遅延を引き起こす要因となっている。

特に、2011年に発生した東日本大震災以降、所有者不明土地が復興事業の妨げとなったケースが注目を集めたことを契機に政策的対応が本格化した。

このように、所有者不明土地問題は、単なる土地の登記・相続上の課題にとどまらず、防災・復興の観点からも極めて深刻な社会問題となっている。

2. 所有者不明土地の概要

法律上、所有者不明土地という用語は長らく明確に定義されてこなかったが、2018年に施行された「所有者不明土地の利用の円滑化等に関する特別措置法」（以下、所有者不明土地法）において初めて制度的に位置づけられた。

(1) 所有者不明土地の定義

所有者不明土地法第二条において、所有者不明土地とは「相当な努力が払われたと認められるものとして、政令で定める方法により探索を行ってもなお、その所有者の全部又は一部を確知することができない一筆の土地」と定義されている。

この政令で定められている探索方法とは、登記事項証明書や戸籍簿等による調査に加えて、固定資産課税台帳、地籍調査票などによる調査を行い、訪問又は書面の送付をした上で、これらを確認しても所有者が判明しない場合や、所有者が判明していても連絡が取れない場合などが所有者不明土地に該当する。

このような土地は、相続登記の未了や所有者の死亡・転居などが背景となって発生する。

近年は、少子高齢化の進行等により相続人が全国に分散していたり、相続登記そのものが放棄されていたりするケースが増加し、問題はますます深刻化している。

(2) 所有者不明土地の実態

2017年の所有者不明土地問題研究会による推計によれば、日本全国の所有者不明土地は2016年時点で約410万ヘクタールに及ぶとされ、これは国土の約20%、九州本島の面積（約367万ヘクタール）に匹敵する規模である。

また、同研究会によると、今後増加防止対策が進まない場合、2040年には約720万ヘクタールまで増加するとされており、これは北海道本島の面積（約780万ヘクタール）に匹敵する。

(3) 発生・拡大の要因

今後ますます深刻化することが考えられる所有者不明土地だが、拡大には以下の要因があると考えられる。

a) 不動産登記制度の問題

2024年の不動産登記法の改正により不動産の相続登記の義務化、2026年より住所等変更登記の義務化がされるが、それまでは相続登記や住所等の変更登記の申請は任意であり、申請をしなくても直ちに大きな問題が起きなかったことが不動産登記制度の問題であった。

そのため、遺産の相続や所有者の住所変更等があった

場合でも、登記情報が更新されず、登記簿上の所有者が何世代も前の人物のまま放置される例や、明治期から昭和初期にかけての登記情報が曖昧なまま残存している例があり、所有者の特定が極めて困難な場合もある。

b) 土地の経済的価値の低下

地方を中心に、土地の資産価値や実用価値が低下しており、維持管理コスト>利用価値という構図が顕在化している。

また、都市部への人口流出も相まって、地方では所有意識の希薄化・土地利用のニーズ低下が進行しており、地方の土地が放置されるケースが増加している。

特に、原野や山林では、固定資産税が安かったり、免除対象であることも手伝い、相続登記等の放置が常態化している。

c) 人口の減少（少子高齢化）

死亡者数は1980年より増加傾向で2003年には100万人を超えている。

2024年では年間出世者数70万人に対し、死亡者数が150万人を上回り80万人もの人口が減っている状況である。

この人口減少の波を止めることは難しく、2024年の人口戦略会議では消滅可能性自治体として744市町村が計上されている。

人口減少と少子高齢化は表裏一体であり、更なる土地所有意識の希薄や管理を行う者の絶対数の減少が考えられ、所有者不明土地の増加に繋がる恐れがある。

(4) 所有者不明土地による影響

所有者不明土地が社会に及ぼす影響は多岐にわたるが、特に、以下の3つの側面で顕著である。

a) 土地利用の阻害

公共事業や再開発の際、土地所有者の同意が得られず、計画の大幅な遅延や中止に追い込まれるケースがある。

特に、災害復興や防災施設（堤防・避難路・調整池など）の建設において深刻である。

b) 周辺環境への影響

所有者不明土地では、土地の適正な管理がなされずに荒廃することで、崖崩れ・雑草繁茂・不法投棄などの二次的な災害リスクが高まる。

c) 行政コストの増大

所有者探索、通知手続、裁判所の関与など、公共事業における手続きが複雑化し、事務コストや人件費が大幅に増大している。

さらに、所有者探索に要する時間が行政の即応性を低下させる。

3. 所有者不明土地の影響事例

復旧・復興事業、インフラの整備事業等を実施するうえでしばしば立ちはだかるのが「土地の所有者不明」という障害である。

特に、災害は物理的な破壊をもたらすと同時に、土地の権利関係を複雑化させる。

例えば、登記が長年更新されていない場合、災害によって現地の建物や目印が失われ、地番と現地との対応関係が分からなくなる。

これにより、行政や復興機関が土地の取得・使用を進めようとしても、所有者の探索や合意形成に膨大な時間とコストがかかり、復興のスピードを著しく阻害する。

以下は、所有者不明土地が与えた具体的な影響事例である。

(1) 復旧・復興事業の遅延

2011年3月11日に発生した東日本大震災は、地震と津波により東北沿岸地域に甚大な被害をもたらした。

特に、岩手・宮城・福島 の3県では、津波によって多数の住宅地が流失し、街そのものの再建が必要となった。

このような復興事業においては、防潮堤の建設、区画整理、災害公営住宅の整備など早急な対応が求められるが、その過程で所有者不明土地が大きな障害となった。

復興事業の用地取得のための契約予定件数4,759件のうち、相続登記未処理や多数共有などにより、権利関係の調整が必要な事案が約3割にあたる1,501件あった¹⁾。

また、抵当権が登記簿上そのままになり抹消登記を行わなければ権利移転が出来ない土地など、調整が難航するケースも多数見つかった。

(2) 公共事業の遅延

一般国道新設事業のために取得しようとする用地について、登記情報が明治時代のままで相続登記がされておらず、相続人多数となり、かつ、一部相続人が特定できなかったため、用地の取得に多大な時間と労力を要した。

約130名に対する面会、郵送による協議を行ったが、全ての法定相続人を特定することが出来ず、土地収用法に基づく手続きにより解決するしかなく、約3年の期間を要した。

(3) 周辺環境の悪化

所有者による適正な管理がなされていない土地に家電製品等が大量に投棄されているが、土地所有者の現在の住所が不明であり、土地所有者が保管しているものか、不法投棄されたものか確認できず、景観を損ねる等の状態であるものの、道路へ越境して一般通行の妨げになる等差し迫った危険があるわけではないため、市町村等による直接的な対応が困難で、管理不全状態の解消に相当

の期間を要した。

4. 所有者不明土地法の制定

所有者不明土地法は、地域社会にとって必要不可欠なインフラ整備や防災対策のために、「地域福利増進事業の実施のための措置」、「所有者不明土地の収用又は使用に関する土地収用法の特例」、「土地の所有者等に関する情報の利用及び提供その他の特別の措置」を3本の柱とし、国土の適正かつ合理的な利用に寄与することを目的に2018年に制定された。

さらに、2022年の所有者不明土地法改正の他、不動産登記法・民法の改正、相続登記義務化、国庫帰属制度の導入など、近年の所有者不明土地対策に関する法制度の整備は著しい。

(1) 所有者不明土地法の3本の柱

a) 地域福利増進事業

地域福利増進事業とは、所有者不明土地を地域住民などの共同の福祉又は利便の増進を図るため、道路、教育施設、公民館、公園、被災者のための住宅などの事業で利用することを可能とする制度である。

また、地域福利増進事業を行う者は限定されておらず、地方公共団体の他に、民間企業やNPO、自治会、町内会でも可能となっている。

本制度により土地の活用を行いたいというニーズに対し、所有者不明土地の有効活用が期待される。

(活用事例)：新潟県粟島浦村

防災空地の整備時に所有者の相続人の所在が不明だったため、地域福利増進事業を活用し、所有者不明土地法に基づく新潟県知事裁定により、粟島浦村が当該所有者不明土地の使用権（10年間）を取得し、防災空地（広場）の整備を行った。

b) 土地収用法の特例

土地収用法の事業の認定を受けた収用適格事業について、その起業地内にある所有者不明土地を収用等しようとするときに、都道府県知事に対し、特定所有者不明土地の収用等についての裁定を申請することができる制度である。

通常、収用委員会による権利取得裁決・明渡裁決の手続きが必要となるが、所有者不明土地法を使用することで、裁決の手続きを都道府県による裁定に一本化することが可能となり、収用にかかる期間の大幅な短縮が期待できる。

(活用事例)：九州地方整備局 宮崎河川国道事務所

国道改築事業の用地取得の際に、登記簿に氏名のみが記録され住所が不明の土地であったため、所有者不明土地法に基づく土地収用法の特例を活用し、宮崎県知事の

裁定により土地を収用した。

通常の裁決手続きと比較し、約6ヶ月の事業期間の短縮となった。（図-1）

図-1 住所がない登記簿

c) 災害等防止措置

災害防止措置とは、所有者不明土地のうち、所有者による管理が実施されておらず、引き続き管理が実施されないことが確実である土地について、土砂の流出や崩壊、周辺土地に対し著しい環境の悪化の可能性がある場合、市町村長が所有者に対し、期限を定めて、当該事態の発生の防止のために必要な措置を講ずるように勧告・命令・代執行することができる制度である。

がれきの放置などにより二次災害が予測される土地に対して、早急かつ適切な対処が期待される。

(2) 補助金制度

国の施策として、実施者である市町村や民間事業者等に対して、所有者不明土地対策にかかる費用を補助する制度がある。

本制度は、所有者不明土地の利用の円滑化及び管理の適正化並びに土地の所有者の効果的な探索を図るため、所有者不明土地等に関する対策を総合的かつ計画的に実施する市町村等に対し、国が必要な助成を行う制度を確立し、もって国土の適正かつ合理的な利用に寄与することを目的としている。

補助対象は所有者不明土地対策計画に基づく取り組みであり、具体的には、所有者不明土地等の実態把握・土地利活用のための手法検討・対策計画の作成・土地の管理不全状態の解消・不在者財産管理人等の選任申し立て及びその予納金・土地所有者の探索などにかかる経費が補助の対象となる。

補助金制度を活用することで、土地の所有者探索等にかかる費用を抑えることができるため、実務上のネックである財政的な負担を軽減することができる。

5. 所有者不明土地対策の推進における課題

2018 年から始まった所有者不明土地対策だが、制度の浸透の指標となるのが、所有者不明土地対策計画の策定である。

全国 1,718 市町村のうち計画を策定しているのは現時点で 50 市町村、九州においては 233 市町村のうち 7 市町村に留まっている。

また、2022 年より各市町村の担当者へ所有者不明土地制度の普及・推進活動を行っている。

現時点で九州管内 233 市町村のうち、93 市町村へ個別の制度説明を行っている。

しかし、管内市町村にアンケートを行った結果、「所有者不明土地法についてある程度理解している」と回答した市町村がほとんどを占めていたにも関わらず、「所有者不明土地に対して対策を講じず、様子見する可能性が高い」と回答した市町村が半分以上を占めていた。

制度の説明を主に行っているが、現状、所有者不明土地に対して困っていないという意見が多く、制度説明のみでは制度の活用や対策計画の策定に直結しづらいという課題を感じた。

6. 九州地方整備局での取り組み

所有者不明土地の解消、前述の課題を解決するために、九州地方整備局では以下の取り組みを行っている。

(1) 九州地区土地政策推進連携協議会による市町村支援

所有者不明土地法の円滑な施行、関係諸制度の周知や活用の支援、用地業務のノウハウの提供・共有、地籍調査の推進といった土地に関するテーマを広く取り扱いながら、所有者不明土地問題を始めた土地に関する課題解決や地域づくりに取り組む市町村等への支援を行っている。

具体的には、所有者不明土地に関する制度の周知、各機関の実例紹介等を行う講習会や、対策計画策定市町村の意見等を記載した機関誌の発行を行っており、所有者不明土地を含む土地政策の推進を図っている。

(2) 市町村への制度説明手法の刷新

今年度より市町村への説明資料を刷新した。

九州では 2016 年の熊本地震や 2017 年の九州北部豪雨、2024 年の日向灘地震など大規模災害が頻発している。

また、内閣府の調査によると、南海トラフ地震による被害は九州のみで、死者約 6 万人、家屋の全壊又は焼失が約 12 万棟と甚大な被害が予測されている²⁾。

所有者不明土地法及び補助金制度を活用するためには一定の期間を要するため、災害が起きてからでは遅く、有事の際に迅速な対応が出来るよう、「備える」という観点から資料を作成し、説明を行っている。

また、アンケート結果により、「所有者不明土地法に基づき対策を講じる可能性がある」と回答した市町村については、既に問題を抱えている可能性が高いため、優先

的に訪問し、所有者不明土地法を活用した早期解決を目指したい。

(3) 地籍整備の推進

地籍整備には市町村等が主体となって実施する地籍調査や、民間測量等を活用した国土調査法第 19 条 5 項指定制度があるが、これらは所有者不明土地対策と併せて実施することで、土地取引の円滑化はもとより、災害発生時における早期の復旧・復興、社会資本整備・まちづくりの効率化など最大の効果を発揮する。

国土強靱化年次計画 2025 においても、所有者不明土地対策と併せて、災害後の円滑な復旧・復興を確保するための地籍調査が、取り組むべき主要施策として位置づけられていることから、市町村訪問時に所有者不明土地対策と併せて推進を行っている。

7. おわりに

所有者不明土地問題は東日本大震災の復興事業の遅れにより大きくクローズアップされたが、その後の熊本地震や能登半島地震でも復興の大きな妨げとなった。

九州は南海トラフ地震の影響を大きく受けるとされている地域であるため、これまでの所有者不明土地問題を繰り返さないことが重要であり、大規模自然災害等に強い国土づくり及び地域を守る基盤となるべく、所有者不明土地制度の更なる普及・推進に尽力していきたい。

謝辞：最後に、本論文の執筆にあたって、機会をくださった皆様、資料提供いただいた皆様へここに感謝の意を表す。

参考文献

1) 「事業用地の確保に係る特例制度の創設に関する要望書」（岩手県ホームページ）

<https://www.pref.iwate.jp/shinsai/fukkou/fukkounougoki/1017171/1017707.html>

2) 「南海トラフ巨大地震最大クラス地震における被害想定について」（内閣府ホームページ 南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループ）

https://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/taisaku_wg_02/index.html

名前：とちーた
名前の由来：土地+ディーター
誕生日：10月1日
性格：がんばり屋さん
好物：ジビエ
特技：草“狩り”
特徴：管理されていない土地を駆け回り管理する。



土地政策のイメージキャラクター
とちーた

「道路切土のり面における調査・設計・施工・維持管理技術指針―西九州道自動車道編―」の運用について

福岡 大和¹・中野 将¹・横町 将司¹

¹九州地方整備局佐賀国道事務所 計画課 (〒849-0924 佐賀県佐賀市新中町5-10)

西九州自動車道の伊万里市周辺においては地すべり地形が多く見られ、工事施工中にも局所的な地すべり・のり面崩壊がしばしば発生しており、2018年10月には供用中區間において大規模な のり面崩壊が発生した。このため、2019年に九州地方整備局佐賀国道事務所内に「西九州自動車道道路法面施工技術検討委員会」が設置され、西九州自動車道における切土のり面を安定的に建設し、維持管理するための技術指針のあり様とその内容について検討が重ねられた。その成果が「道路のり面における調査・設計・施工・維持管理技術指針―西九州自動車道編―」である。その成果の本指針と策定後の運用状況について報告する。

キーワード のり面、崩壊、委員会、技術指針、運用

1. はじめに

唐津伊万里道路は、福岡市から唐津市・伊万里市・佐世保市を経て武雄市に至る延長約140kmの自動車専用道路である西九州自動車道の一部を構成する路線であり、佐賀県北西部に位置し、九州西北部～福岡都市圏における相互交通の利便性の向上、高速定時制の確保により輸送時間が短縮され、地域経済の活性化に大きく寄与する道路である。

2018年（平成30年）3月に供用開始した南波多谷口IC～伊万里東府招ICの伊万里東府招IC近く57キロポスト付近（図-1）において、2018年（平成30年）10月に大規模な切土のり面の崩壊が発生した（写真-1）。崩落土砂は道路本線2車線を塞いだ。幸い人的被害はなかった。こののり面は工事施工時には安定していたにもかかわらず、道路が供用されて約半年でのり面の崩壊が発生したものであった。



図-1 被災箇所位置図



写真-1 切土のり面の崩壊状況

崩壊直後に設立された「唐津伊万里道路法面对策検討委員会」において、のり面崩壊の要因の究明と対策工法の検討が行われた。その結果、のり面崩壊の原因は素因・誘因に関わる様々な不確定要因が複合的に重なって起きたと考えられ、対策工法としては地山を面的に押さえ一体化する工法（法枠工・地山補強土工）とし、崩壊から5ヶ月後の2019年（平成31年）3月に対策工が完成し、通行止めが解除された。（写真-2）



写真-2 対策工の完成状況

2. 本指針の策定経緯

当該地域の周辺では「地すべり地形」や地すべりにより生じた「ため池」が多く見られ、周辺に広く分布する地質と地下水の特性にも起因して、切土箇所では施工中や供用後にのり面の変状や局所的な地すべり・のり面崩壊がしばしば発生している。このような状況および自然条件を背景として、橋梁やトンネルと同様に重要なインフラ構造物である道路切土のり面の長期的な安定性を維持するための当該地域に応じた技術指針類の整備の必要性は高いと考えられる。

2019年（令和元年）に九州地方整備局佐賀国道事務所内に「西九州自動車道道路路面施工技術検討委員会」（以下、「検討委員会」）（表-1）（写真-3）を設置し、上位基準である「道路土工構造物技術基準・同解説」¹⁾（以下、「技術基準」）、および「道路土工一切土工・斜面安定工指針」²⁾（以下、「切土工・斜面安定工指針」）を前提として、西九州自動車道における切土のり面を安定的に建設し、調査・設計・施工より維持管理するための技術指針のあり様とその内容を検討することを目的とした。5回の検討委員会が重ねられ（図-2）、2024年（令和6年）3月に「道路のり面における調査・設計・施工・維持管理技術指針―西九州自動車道編―」（以下、「本指針」）」（写真-4）を発刊した。

表-1 検討委員会の構成

委員長	安福 規之	九州大学 教授
委員	池見 洋明	日本文理大学 教授
委員	石蔵 良平	九州大学 准教授
委員	落合 英俊	九州大学 名誉教授
委員	佐藤 研一	福岡大学 教授
委員	日野 剛徳	佐賀大学 教授
委員	矢ヶ部 秀美	NPO 法人研究機構ジオセーフ理事
委員	甲斐 靖志 (松尾 誠二) (横山 浩)	国土交通省九州地方整備局 道路部 地域道路調整官
委員	大榎 謙 (杵掛 孝) (小串 俊幸)	国土交通省九州地方整備局 佐賀国道事務所長

注：（）書きは委員会設立から本指針発刊まで関わられた委員



写真-3 検討委員会の実施状況（第4回）

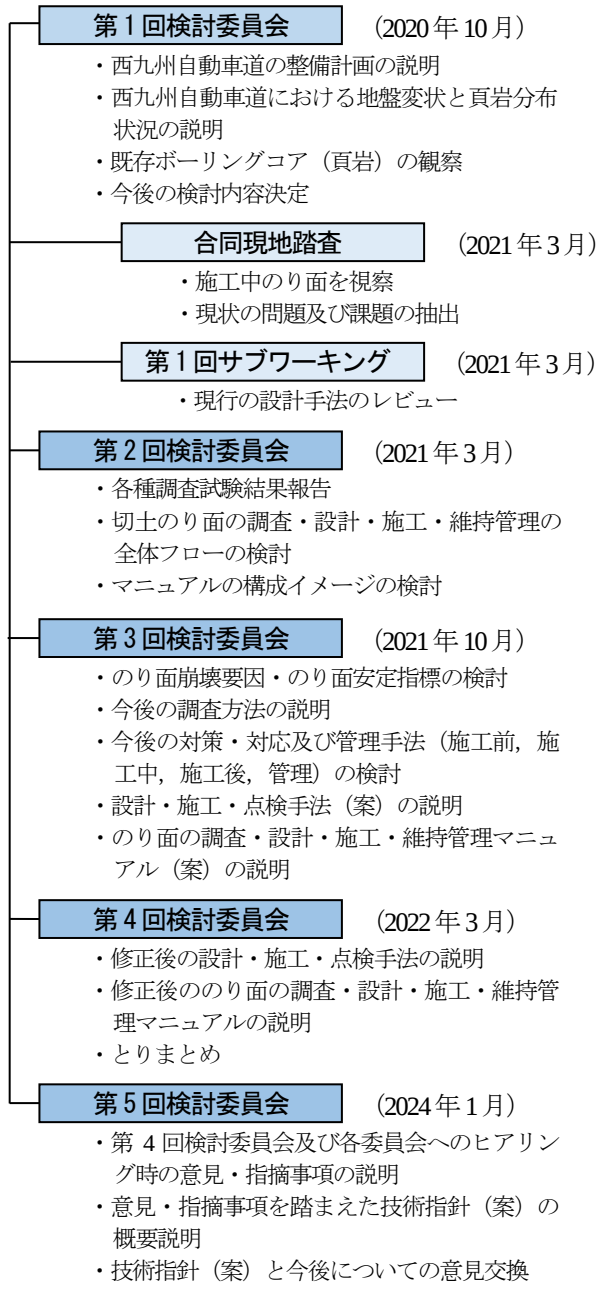


図-2 検討会フロー



写真-4 発刊した本指針（左：本編、右：手引書）

3. 本指針の方向性、考え方

本指針は次のような基本的な考え方を反映させた内容となっている。

- (1) 本指針の目的と適用路線ならびに対象とする切土のり面の定義を明確にする。また、作用・要求性能については上位基準である「技術基準」による。
- (2) 切土のり面の調査・設計・施工の各事業段階での変状要因を記録できる「確認シート」を新たに導入し、それを通して、抽出された「不安定要因」がのり面の安定性に与える影響を、各事業段階で関係者が協議しながら判断できる仕組みを構築する。
- (3) 周辺地域における切土のり面の変状事例を検証し、上位基準で示されている「標準のり面勾配が適用できないことがある条件」に加えて、当該地域での地域性を反映する。
- (4) 「確認シート」で蓄積した情報のほか、既往の斜面・切土のり面における変状・崩壊履歴や要因に関する情報も、一元的に共有できる仕組みを目指す。

4. 本指針の概要

本指針は本編と手引きの2編で構成されている。本指針本編の目次構成は表-2のとおりである。

表-2 目次構成

章	目次
1	概要 ・目的 ・適用範囲 ・切土のり面の定義と作用・要求性能 ・用語の説明
2	基本方針
3	確認シートを活用した性能照査
4	切土のり面の調査・設計 ・基本的な考え方 ・道路予備設計A、文献調査・地質調査および性能設計 ・地質・地盤調査（予備） ・道路予備修正設計Bおよび性能照査 ・地質・地盤調査（詳細）及び道路詳細設計
5	切土のり面の施工 ・基本的な考え方 ・施工 ・地質・地盤調査（追加）及び道路詳細設計 ・設計（のり面对策工設計） ・施工（追加対策）
6	切土のり面の維持管理 ・基本的な考え方 ・維持管理 ・新たな技術の維持管理への適用
7	情報共有の仕組み（プラットフォーム）

(1)概要

適用範囲として、佐賀国道事務所の施工または管理を行う西九州自動車道と明記している。

切土のり面は、人工的に形成した切土のり面だけでなく、それに付随したのり面保護施設から構成される1つの構造体と定義している。

切土のり面で対象とする作用と荷重は、上位基準である「技術基準」を基本とし、これに加えて地域特性を踏まえた項目の影響を考慮することとしている。

また、本指針にてよく用いる用語および業務用語の説明を掲載することで、正しい理解を深め、信頼性・専門性を向上させている。主な用語は以下のとおりである。

a) 不安定要因

標準のり面勾配では切土のり面が不安定化し、のり面に変状を発生させる恐れがある地形、地質・地盤、地下水、気象等の要因をいう。

b) 不確定要因

不安定要因ののり面の安定性に与える影響の大きさを想定し、対策の必要性等を判断するための具体的な要因をいう。

c) 確認シート

各事業段階における現状の切土のり面を対象とした不安定要因と不確定要因の有無を、作成者および各事業段階での関係者による協議にて不安定要因を判断・共有できるシートのこと。

d) 性能照査

切土のり面の長期的な安定を確保するにあたり、「確認シート」を活用して判断の妥当性について関係者間で協議を行うこと。

5. 基本方針の規定

本指針における基本方針は、下記のとおり内容が示されている。

(1)同一視点による一体性の確保

調査・設計、施工及び維持管理の各段階で知り得た情報を引き継ぐ仕組みをつくることで、事業全体で一体性を持った考え方で切土のり面の不確実性に対応することとしている。

事業全体が長期間におよび、多数の作成者による評価のばらつきを無くすため、各事業段階で引き継ぐべき情報を抽出しチェックリストとして整理した「確認シート」を、各事業段階で作成することとしている。

この「確認シート」を後工程に引き継ぐことにより、各段階で担当者等が代わったとしても一つののり面に関する認識や理解の連続性を確保し、事業全体で一体的に管理ができるような枠組みを提示している。

(2) フィードバックの仕組みの導入

のり面の有する不安要因への対応を決定する際に性能照査を実施し、必要であれば不足する調査や検討内容を追加して、再度、設計や施工を見直しフィードバックのできる体系となっている。また、施工時に変状などの異常が発生した場合にも、追加調査や追加対策工の検討を行うことのできる流れにしている。

(3) 地域性を考慮した変状要因の抽出

対応が必要な不安定要因として、技術基準に示された「標準のり面勾配が適用できない条件」と「西九州自動車道で特に確認すべき地域性を考慮した条件」を表-3のとおり列挙している。

標準のり面勾配が適用できないことがある条件
①地すべり地の場合 ②崖錐、崩積土、強風化斜面の場合 ③特に浸食に弱い土質の場合 ④風化が早い岩の場合 ⑤割れ目の多い岩の場合 ⑥割れ目が流れ盤となる場合 ⑦地下水が多い場合 ⑧地震の被害を受けやすい地盤の場合 ⑨既往の経験・実績の範囲を超える長大のり面となる場合
西九州自動車道の地域性を考慮した条件
①近接斜面に崩壊履歴がある場合 ②土石流危険箇所の場合 ③北松型地すべり地の場合 ④玄武岩の岩盤崩壊地の場合

表-3 列挙している不安定要因

(4) 段階的に変状要因を記録する確認シートの活用

本指針では、不安定要因の影響を統一的に評価できるように、不安定要因ごとに確認すべき不確定要因を規定している。各段階において不確定要因を徐々に確定させ、対応しながら、残存する不確定要因の情報に基づいて「確認シート」を用いて切土のり面の安定性があるかないか評価し、次の段階へ引き継ぐことで調査・設計・施工から維持管理まで一体性を持って不確実性に対応する工夫がなされている。

作成する「確認シート」においては、性能照査の質の向上を図るために不安定要因を一覧にし、その一覧表に事業各段階で分かることに丸印を付けて星取り形式で「分かること・分からないこと」を明確にするとともに、「確認シート」に以下の工夫がなされている。

a) 確認シート1

調査者が、文献調査および地質踏査による情報を踏まえて、可能性のある不安定要因を幅広く抽出できるように工夫している。例えば、地すべり分布の可能性があるかを確認できるようにしている。

b) 確認シート2

設計者が、地質・地盤調査（予備）、地質・地盤調査（追加）による情報を踏まえて、可能性のある不安定要因の具体的な情報を抽出できるように工夫がなされている。例えば、地下水と切土のり面の位置関係から切土後の地下水の流向変化の可能性があるかを確認できるようにしている。

c) 確認シート3

施工者が、施工時の切土のり面観察による情報を踏まえて、実際の掘削面に発現する不安定要因を抽出できるように工夫がなされている。例えば、はらみ出し・岩塊の抜け落ちなどの変状、湧水などを確認することや、具体的な現象で不安定要因の項目出しがスムーズに行えるように、参考資料として代表的な変状の写真を掲載し、写真と現地を対比しながら確認ができるようにしている。

(5) 確認シートを活用した性能照査

本指針では、のり面の安定性に対する判断の妥当性を担保するために、各段階でのり面安定性について検討した内容を性能検証するものとしている。

各段階において地質・地盤など関係者の専門性を活かして、作成された「確認シート」を用いて切土のり面が有する不安定要因への対応が適切に行われているかを総合的に評価・分析する場を設けていることを規定している。

(6) 一元的な管理体制の導入

調査・設計・施工および維持管理の各事業段階を経て、一体性をもって不安定要因を低減していくためには、受注者・発注者を問わず各段階に携わる技術者が、容易にすべての情報を確認できるようにする。

西九州自動車道における切土のり面に関するデータだけではなく、過去より蓄積されて近隣斜面・のり面における崩壊履歴やその要因に関するデータ等も共有し、不安定要因の把握の参考になるようにしている。

6. 確認シートの記載方法

「確認シート」は、標準切土のり面勾配では切土のり面が不安定化し、変状を発生させる恐れのある地形、地質・地盤、地下水、気象などに起因する不安定要因が、

のり面の安定性に与える影響の大きさを評価し記録するシートである。確認シートの構成は、調査・設計段階では「確認シート1」と「確認シート2」で1セット、施工段階では「確認シート3」と「写真等記録シート」で1セットとした。表-4に確認シートの概要を示す。

「各確認シート」には、最終的な判断を記録する欄

として総合評価欄を設けている。さらに引き継ぎ事項欄、所見・留意事項欄が設けられており、分かりやすく次の段階へ情報を共有できるようにしている。

なお「確認シート」は対象路線の全ての切土のり面を対象として、切土のり面毎に作成することとしている。

表-4 各確認シートの作成時期と作成者

段階	シート名	作成（更新）時期	関係者		備考
			作成	協議	
調査設計	確認シート1	・文献調査，地質踏査の実施後 ・地質・地盤調査（予備）及び予備設計Bの実施前	調査者	発注者 調査者 設計者	・シート作成に伴い，後続設計に資する地質・地盤調査（予備）を計画立案
	確認シート2	・地質・地盤調査（予備）の実施後 ・予備設計Bにおける切土のり面設計時 ・地質・地盤調査（追加）の実施後	設計者	発注者 調査者 設計者	・既作成の「確認シート」の内容を踏まえ作成（更新） ・地質・地盤調査など追加情報の発生に応じて，「確認シート」を更新
工事	確認シート3	・施工時における切土のり面掘削中及び掘削後（掘削後に行う場合は，吹付け等のり面保護施工の実施前）	施工者	発注者 施工者 設計者 調査者	・既作成の「確認シート」の内容を踏まえ作成（更新） ・施工進捗に伴う追加情報に応じて，確認シートを更新

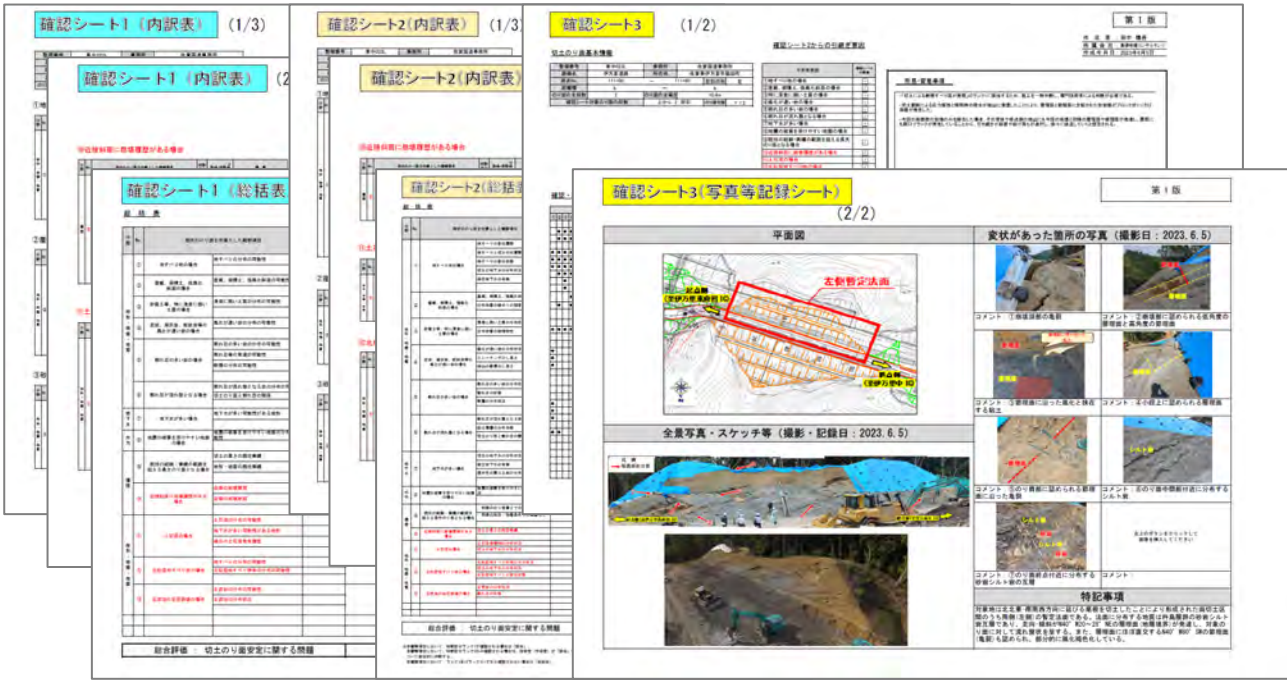


図-4 確認シート1, 2, 3

7. 本指針の運用

検討委員会によって本指針が策定された後、佐賀国道事務所管内における切土のり面の長期安定性の確保及び本指針の質的向上を図ることを目的とし、九州地方整備局佐賀国道事務所に「佐賀国道事務所道路路面評価委員会」（以下、「評価委員会」）（表-5）を2024年に設置した。次に具体的な取り組みを紹介する。

表-5 評価委員会の構成

委員長	技術副所長（改築）
委員	技術副所長（管理）
委員	工事品質管理官
委員	計画課長
委員	工務課長
委員	管理第二課長
オブザーバー	学識経験者

(1) 事務所内への周知

毎年度当初に事務所職員向けの業務説明会などの場において取り組みを周知，工事・業務の発注時には図-5のように確認シートの作成提出を行うことを特記仕様書に記載することを説明し，作成する場合は本指針及び確認シートを事務局より貸与している。

また本指針および評価委員会の規約・構成表は，事務所内イントラネットに構築されている所内掲示板に掲示し，職員の誰もが閲覧できるようにしている。当論文のほか説明資料についても掲示することで，地質に精通していない職員でも理解しやすいよう工夫している。

特記仕様書

第〇条

受注者は、「道路切土法面における調査・設計・施工と維持管理技術指針—西九州自動車道編—」および「同手引書」に基づき、確認シートを作成し提出するものとする。

なお、確認シートについては発注者より貸与するものとする。

図-5 特記仕様書への記載

(2) 事務局によるサポート

地質に精通していない主任監督員等でも「確認シート」の作成（更新）ができるように，確認シートの使用手順書を配布，事務局にて記載方法のアドバイスを実施している。

また主任監督員等と事務局が合同で現地確認を行い，不安定要因の正しい記載や変状の記録ができるようサポートを行っている。（写真-4）

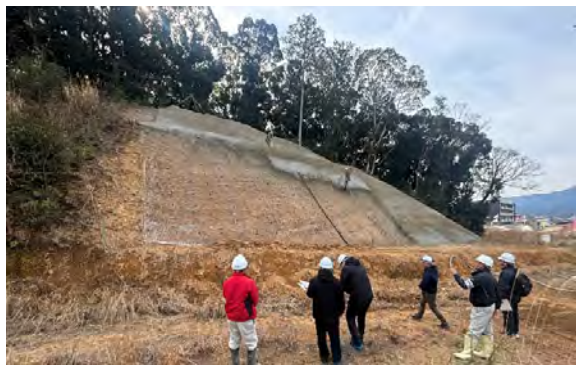


写真-4 合同現地確認の状況

(3) 性能照査の実施

判断の妥当性を担保する性能照査として，作成された「確認シート」を用いて切土のり面が有する不安定要因への対応が適切に行われているかを評価・分析する場として，評価委員会を年1回以上開催することとしている。（写真-5）

また評価委員会において，運用中に得られた改善点を

フィードバックできるよう，本指針等の改定も行うことを評価委員会の規約に規定している。



写真-5 委員会の開催状況

8. おわりに

今回，本指針の実際の運用として伊万里道路の切土工事において「確認シート」を初めて作成していただいた。作成者が地質に精通していなくとも「確認シート」を作成することができることが確認でき，本指針の目的どおりに機能していることが分かった。評価委員会としても，委員長を含め現場での検証を行い，状況確認することで「確認シート」の評価についても確認も行った。

現時点では運用開始から間もない状況であり，対象となる切土工事も少なく，また維持管理段階での使用実績も無いが，今後も粘り強く運用を行いながら情報を蓄積，指針なども適宜改善することで，実務でも広く活用されるようになることを期待したい。

謝辞：

本指針の作成にあたっては新型コロナウイルス感染症による影響を受け長期間にわたり検討が行われた。本指針及び確認シートの作成に携わった皆様のご努力があってこそその成果であり，「西九州自動車道道路法面施工技術検討委員会」の安福委員長ほか委員，関係者各位に心から厚くお礼を申し上げます。

参考文献：

- 1) 日本道路協会：道路土工構造物技術基準・同解説，2017.
- 2) 日本道路協会：道路土工一切土工・斜面安定工指針 平成 21 年度版，2009.
- 3) 九州地方整備局佐賀国道事務所：道路切土のり面における調査・設計・施工・維持管理技術指針—西九州自動車道編一，2024.
- 4) 石橋佑介ほか：西九州自動車道における切土法面設計・施工の取り組み. 令和 3 年度九州国土交通研究会，2021.
- 5) 安福規之：道路切土のり面の減災・防災にむけて—西九州自動車道を対象とした新たな技術指針（案）とその可能性—。軟弱地盤，2025，No.22，p.74-82.

災害リスク情報を企業活用へ～白川水害リスクマップ公表の取り組みと活用事例～

齊木 愛菜¹・河東 立¹・宮崎 純志¹

¹九州地方整備局 熊本河川国道事務所 流域治水課 (〒861-8029熊本県熊本市東区西原1丁目12-1)

近年の頻発・激甚化する水害に対し、流域全体で水害リスクに備える「流域治水」の取り組みが進められている。熊本河川国道事務所では、白川流域において全国初となる内外水統合型の水害リスクマップを作成・公表し、これを企業の事業継続計画（BCP）に活用する取り組みを開始した。本稿では、先行事例である緑川流域でのコストコとのBCP策定支援の成果を踏まえつつ、白川流域における鶴屋百貨店との連携事例を紹介し、流域治水の推進に資する災害リスク情報の活用可能性とBCP策定支援の今後の展望について考察する。

キーワード BCP、事業継続計画、水害リスクマップ

1. はじめに

白川は、図-1に示すように熊本県阿蘇郡高森町根子岳（標高1,443m）に源を発し、阿蘇外輪山の切れ目である立野火口瀬で黒川と合流した後、中流部の豊かな穀倉地帯を流れ、下流域では熊本市を貫流し、有明海に注ぐ、幹線流路延長74km、流域面積480km²の一級河川である。

その下流域には、平成24年4月に全国で20番目（九州で3番目）に政令指定都市に指定された熊本市が位置し、令和7年3月現在で約74万人が暮らす九州第三の都市圏を形成している。

白川の上流域は急勾配であるのに対し、下流域が緩勾配であり、さらに有明海の干満の影響を受けるため、洪水が滞留しやすく、特に下流域で氾濫のリスクが高いという特性を持つ。加えて、熊本市街地においては、堤内地盤高が低いため、一度氾濫すると甚大な浸水被害が発生する恐れがある。昭和28年6月26日には戦後最大規模の洪水が発生し死者・行方不明者422名、熊本市街部では2.3～3.4m浸水するなど甚大な被害が発生した。（図-2）近年では、平成24年7月に、九州北部に停滞した梅雨前線の影響により記録的豪雨が発生した。白川の代継橋水位観測所では観測史上第1位となる6.32mを観測し、熊本市内を中心に床上浸水2011戸、床下浸水789戸などの被害が発生した。

昨今、気候変動に伴い、線状降水帯の形成や短時間強雨の発生頻度が増加し、全国的に水害が頻発・激甚化している。このような状態を踏まえ国土交通省では、行政だけでなく、地域住民・企業・教育機関なども含めた



図-1 白川流域図

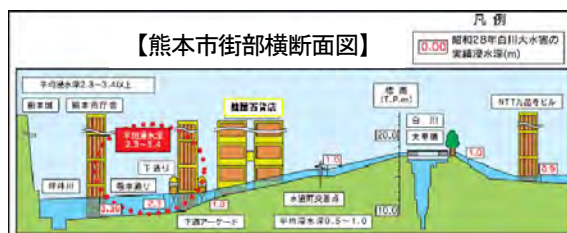


図-2 熊本市街部と白川の関係

流域全体で水害に備える「流域治水」への転換を推進し、防災・減災が主流となる社会を目指している。

2. 背景と課題

国土交通省は令和2年7月に「流域治水プロジェクト～気候変動を踏まえた治水対策の強化に向けて～」を策定し、流域全体で多様な主体が連携して水害リスクを低減する総合的な取り組みを提唱している。このプロジェクトでは、行政による施設整備に加え、企業が自らの被災リスクを把握し、適切な対応策を講じるための情報提供と支援の重要性が強調されている。

さらに、令和5年には、将来の気候変動の影響を見据えた「流域治水プロジェクト2.0」が策定され、2℃の気温上昇シナリオに基づき、降雨量の1.1倍化・流量1.2倍化・洪水頻度2倍化といった影響が想定されている。これにより、従来の治水計画の前提では対応が困難となる可能性が指摘され、河川流域における対策の強化と関係者の協働が一層求められている。

こうした背景のもと、災害リスク情報を「見える化」するだけではなく、それを具体的な行動や計画に結びつける「使える化」が喫緊の課題となっている。特に企業においては、災害発生時に人命を守り、事業を早期に再開させるための事業継続計画(Business Continuity Plan : BCP)の策定が有効な手段とされている。

しかしながら、従来のBCPは主に地震リスクを中心とした計画が多く、水害リスクについては十分な配慮がなされていないケースも多かった。

また、一般的なハザードマップでは主に外水(河川氾濫)による浸水を想定して作成されてきたが、都市部では排水能力を超える降雨による内水氾濫の影響も深刻化している。

浸水の要因が多様化する中で、より包括的かつ実践的なリスク情報を提供し、企業による自律的な防災行動につなげることが求められている。

このような課題に対応するため、熊本河川国道事務所では、企業が自らのリスクを把握し、BCPに反映できるよう、災害リスク情報の高度化と利活用促進を目的とした取り組みを進めている。

3. 先行事例(緑川流域)

熊本河川国道事務所では、白川流域での取組に先立ち、緑川流域において先行的なモデル事業として企業のBCP策定支援を実施した。対象としたのは、御船町と熊本河川国道事務所の流域治水の取り組みに対して利害が一致した、緑川水系御船川の近くに位置するコストコホールセールジャパン(株)熊本御船倉庫店であり、御船



図-3 タイムラインのイメージ



図-4 ARで浸水被害状況を確認している様子

町も含めた三者による連携により実施された。

本取り組みでは、従来の多段階浸水想定図(外水氾濫のみ)および水害リスクマップを活用し、企業との協議により、1/30確率降雨(外水による約0.4m浸水)を対象外力として設定し、水害版企業BCPを策定した。

取り組みの流れとしては、まず御船町における過去の水害事例や地理的な水害リスクについて関係者間で学習会を行い、災害リスクに対する共通認識の形成を図った後、「いつ」「だれが」「何をするか」を明確化することを目的に、タイムライン形式(図-3)による行程表を作成の上、対応行動を可視化し、参加者が主体的にリスクと向き合いながら3回にわたるワークショップを行うことで、水害版企業BCPを策定した。ワークショップ

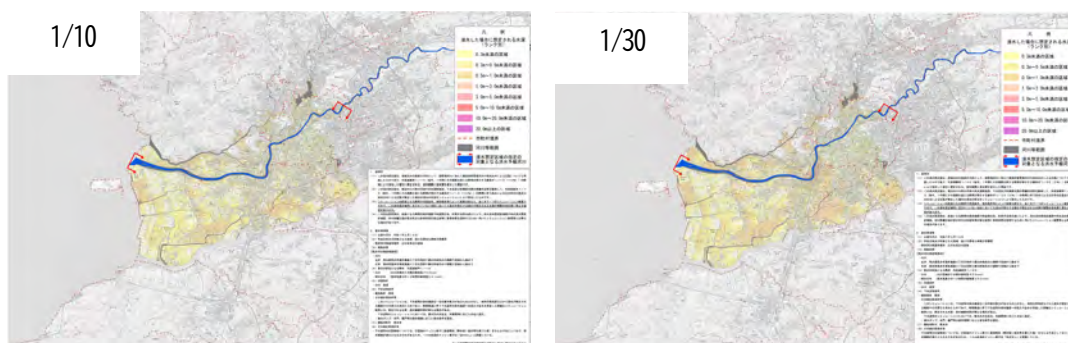


図5 白川水系内外水統合の多段階浸水想定図の一部

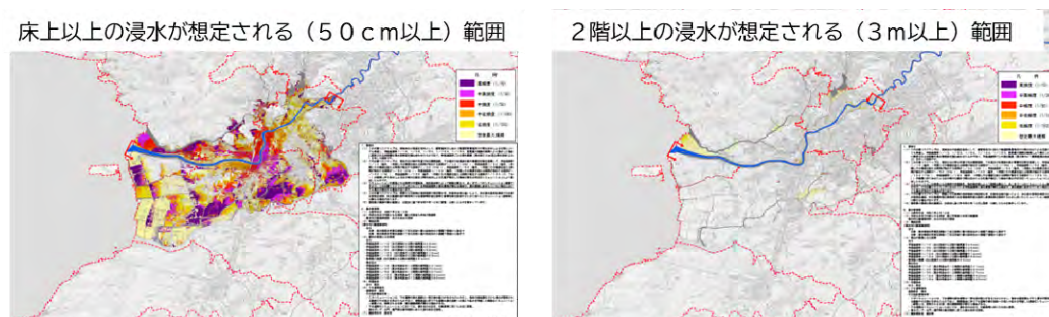


図6 白川水系内外水統合の水害リスクマップの一部

の中では、AR（拡張現実）技術を用いて浸水被害を視覚的に体験する仕組みを取り入れ、実際の災害発生時を想定した具体的な行動計画の策定に活用した。（図-4）

取り組みを終え、参加企業からは「これまで想像で対策していた部分もあったが、今回の取組を通して水位など数字を基にした計画へ見直すことができた」との意見が寄せられた。このことは、リスク情報が単なる「参考資料」ではなく、行動計画に結び付く「意思決定の根拠」として機能する可能性が示された。加えて、行政と企業の対話を通じてリスクを共有することで、情報提供の在り方自体が洗練されていくという相乗効果も確認できたと考える。

4. 白川リスクマップの公表と活用

国土交通省では、土地利用や住まい方の工夫の検討及び水災害リスクを踏まえた防災まちづくりの検討など、流域治水の取組を推進することを目的として、発生頻度が高い降雨規模の場合に想定される浸水範囲や浸水深を明らかにするため、「多段階の浸水想定図」及び「水害リスクマップ」を作成・公表している。

(1) 多段階の浸水想定図とは

多段階の浸水想定図とは、従来の洪水浸水想定区域図

が最大規模の浸水を前提とするのに対し、年超過確率（1/10, 1/30, 1/50, 1/100, 1/150（計画規模））により想定される浸水範囲・浸水深を示すものである。これにより頻度の高い浸水リスクを把握することができ、避難計画や土地利用、企業のBCP策定に活用されることが想定される。

(2) 水害リスクマップとは

水害リスクマップは、前掲の多段階浸水想定図を重ね合わせ、浸水「頻度」や「深さ」を色分けして一図上に可視化したものである。例えば、浸水0cm以上、50cm, 3m以上などの複数の段階を、年超過確率に応じて色分けし表示することで、視覚的に直感的な把握が可能となる。多段階の浸水想定図及び水害リスクマップの検討・作成に関するガイドラインでは企業の立地判断、防災まちづくり、BCP策定の基盤資料として活用が推奨されている。

また、将来的には洪水（外水）に加え、下水道や側溝などの内水も統合した、「内外水統合型リスクマップ」の整備が求められている。

(3) 全国初！白川水系内外水統合型の

多段階浸水想定図・水害リスクマップの公表

これを受けて白川では、全国に先駆けて、国管理区間からの外水氾濫に加え、下水道由来の内水氾濫を統合し

た「内外水統合型」の多段階の浸水想定図および水害リスクマップを、令和7年2月12日に公表した。（図-5、図-6）これにより、浸水リスクを頻度別・深さ別に包括的に把握できる図面として整備された。

(4) 鶴屋百貨店との連携事例

公表を行った多段階の浸水想定図・水害リスクマップの活用事例として、白川流域の中心市街地に本社を構える株式会社鶴屋百貨店、熊本市を含めた三者による連携のもとBCP策定支援が進行中である。（図-7）きっかけは株式会社鶴屋百貨店から白川上流に位置する阿蘇立野ダムが完成したことにより洪水の発生頻度がどう変わるか、洪水浸水想定区域図の浸水深の変化について問い合わせがあったことである。これを契機に、熊本市経済政策課をはじめとする行政間連携のもと、企業の関心と行政の支援を接続する形で水害版BCP策定支援がスタートした。令和7年4月にはキックオフミーティングを実施し、令和7年6月にはオリエンテーションとして災害リスクに関する勉強会を実施し、企業と行政との間で白川流域におけるリスク認識の共有を図った。（図-8）

今後、具体的な浸水地点での浸水深や浸水頻度、物流寸断の可能性などをもとに、リスクシナリオを共有し、それに対応する業務継続策を企業と協働で検討していく予定である。

この取り組みでは、緑川流域の先行事例を踏まえつつ、AR等の技術活用を含めたワークショップ形式での支援を予定しており、内外水統合型の多段階浸水想定図・水害リスクマップも用いたBCP策定支援を促進することで、企業の自助・共助を促進し、地域全体の防災力向上を図ることが期待される。

5. 今後の展望

本稿では、緑川流域の先行的な企業支援事例と、白川流域において全国発となる公表を行った「内外水統合型・多段階浸水想定図および水害リスクマップ」を用いた企業BCP策定支援の取り組みについて紹介した。この取り組みは、災害リスク情報の「見える化」から「使える化」へとつなげるものであり、流域治水の実行性を高めるうえで重要なステップである。

今後は、BCP策定支援の進捗に応じて、他企業への水平展開を図るとともに、リスク情報の更新やより使いやすい形式での提供もあわせて進めていく。

災害リスク情報を行政内にとどめず、企業や住民と共有し、具体的な行動につなげていくことは流域治水の本質であり、今後の地域防災力の底上げに資するものであると考える。

加えて今後は、熊本市の経済政策課と連携し、商工会



図-7 株式会社鶴屋百貨店 位置図



図-8 株式会社鶴屋百貨店とのオリエンテーションの様子

議所をはじめとする各種経済団体や幅広い業種の企業に対して、BCP策定支援の展開を本格化させていく考えである。またこうした取り組みを広げていくうえでは、国・県・市といった官公庁間の横断的な連携強化も今後ますます重要であり、関係機関との情報共有や共同支援体制の構築を進めていきたい。

今回のBCP策定によって得た知見や作成手順については、「水害版BCP策定マニュアル」としてとりまとめ、熊本市等と連携ながら、多くの企業の集まる場での紹介や策定支援について周知し、流域各企業への展開を図っていきたい。これにより、水害版企業BCPを策定するだけでなく、流域における企業の防災意識と対応力の向上を図るとともに、策定にかかわった企業担当者の意識が家庭、さらには地域社会へと波及し、流域治水の理念が社会全体で実践されるような循環の形成を目指している。

私自身としても、流域に暮らす一人として、企業が守るのは命であり、地域の経済・生活でもあるという思いを持って、本取り組みに取り組んでいるところである。行政の立場として、情報と行動をつなぐ橋渡し役として精一杯務めていきたい。

隈之城川流域における特定都市河川の取り組み

宮崎 萌¹・永谷 恵一²

¹九州地方整備局 川内川河川事務所 流域治水課 (〒895-0075 鹿児島県薩摩川内市東大小路町20番2号)

²九州地方整備局 川内川河川事務所 流域治水課 (〒895-0075 鹿児島県薩摩川内市東大小路町20番2号) .

近年、地球温暖化等の影響による気候変動によって、短時間強雨発生回数の増加や台風の激甚化が問題視されている。一級河川川内川の支川である隈之城川においては、市街化傾向にあることに加え令和2年7月の浸水被害を受け、令和6年11月に特定都市河川の指定を行った。令和7年6月には隈之城川流域水害対策協議会の設置を行い、流域水害対策計画の策定に向けて検討を開始した。本稿では、隈之城川流域一体となって流域治水に取り組むことを目的に、隈之城川流域水害対策協議会の設置及び地元への理解度向上への取り組みについて報告を行う。

キーワード 特定都市河川、気候変動、流域治水、流域水害対策協議会、川内川

1. はじめに

(1) 川内川流域の概要

川内川は熊本県の白髪岳(標高1,417m)を源とし、羽月川や隈之城川などの支川を合わせながら、熊本県・宮崎県・鹿児島県の3県を貫流して薩摩灘に注ぐ一級河川である。中流狭窄部に構える鶴田ダムを境に上流と下流に分かれ、流域内には6市4町をもつ、延長約137km(九州第2位)、流域面積約1,600km²(九州第5位)、流域内人口約20万人の一級河川である。(図-1)

上流部はクルソン挟や京町温泉など豊かな観光資源や史跡、神社・仏閣等の歴史的資源に恵まれ、中流部は稲作等の農業や温泉等の観光産業が盛んであり、下流部では製紙業や電子部品製造業などの二次産業の集積が見られるなど社会・経済・文化の基盤となっている。さらに豊かな自然環境にも恵まれていることから、川内川流域での治水・利水・環境の意義は極めて大きい。



図-1 川内川流域

そのような中で、川内川流域は狭窄部を挟み複数の盆地がひょうたん型に連なる特異な地形であり、洪水流がはげにくい盆地・平地に人口や資産(想定氾濫区域内資産額7,900億円)が集中しているため、ひとたび氾濫すると甚大な被害が発生する可能性がある。

(2) 隈之城川流域の概要

川内川の支川である隈之城川は、百次川・勝目川などと合流しつつ川内川本川へ流れ込む延長10.3km、流域面積65.4km²の河川であり、周囲を山地に囲まれ、百次川・勝目川合流点を境に勾配が急激に変化する地形が特徴的である(図-2)。また流路延長が短く、山間部から急激に流下するため到達時間も短い。その流域は薩摩川内市といちき串木野市の2市であり、川内川流域で最も人口資産が集中する薩摩川内市中心部を流れるため、ひとたび氾濫すると甚大な被害が発生する可能性があり、今後、新たに大型商業施設の建設や道路の開通により更に宅地開発等が進むことで、雨水貯留や浸透効果が減少し、水災害のリスクが増大が予想される地域でもある。



図-2 隈之城川流域

隈之城川流域では平成5年8月（写真-1）、令和2年7月（写真-2）等で浸水被害が発生している。

令和2年7月洪水では、南の山間部で時間雨量89mmの猛烈な雨を観測し、支川である勝目川と百次川の2か所で堤防決壊による浸水被害が発生した。これにより勝目町・矢倉町で約11.5ha、宮崎町で約6haが浸水し、浸水の深さは最大1.6mであった。当日の避難救助では逃げ遅れた住民ら53名が消防のボートにより救出され、応急復旧後の再決壊時には9名が救出される事態となった。浸水被害は住宅のほか、大型店舗や要配慮者利用施設等にも及んだ。

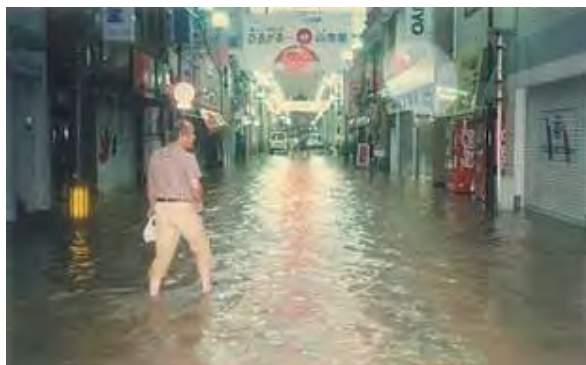


写真-1 平成5年8月洪水



写真-2 令和2年7月洪水

2. 近年の気候変動と流域治水について

(1) 近年の気候変動

近年、地球温暖化による気候変動が危険視されており、政府間パネル（IPCC）第6次評価報告書（AR6）では、「人間の影響が大气、海洋、及び陸域を温暖化させてきたことには疑い余地がない。大气、海洋、雪氷圏、及び生活圏において、広範かつ急速な変化が表れている。」とされている。人為起源の気候変動は世界各地で多くの極端な気象と気候に影響を及ぼしており、熱波、大雨、干ばつ、熱帯低気圧など極端現象が観測されている。

それらを受け、2025年3月26日に文部科学省と気象庁は「日本の気候変動2025」を発表している。ここには平均気温が上がるにつれて極端な大雨の発生頻度が増加するほか、海面水温の上昇により台風の発生・発達が増えることが記載されている。

実際に近年の鹿児島県の年平均気温は右肩上がりであり、短時間強雨発生回数も増加傾向にある（図-3）。下記の棒グラフ（緑）は各年の1地点あたりの値、直線（赤）は長期変化傾向（信頼水準90%以上のみ）を示しており、各年で観測のある地点の値を1地点あたりに換算している。

政府間パネル（IPCC）第6次評価報告書（AR6）には、少なくとも今世紀半ばまでは気温上昇が続き、向こう数十年の間に二酸化炭素及びその他の温室効果ガスの排出が大幅に減少しない限り、1.5℃から2℃の上昇があるとの記載がある。また国土交通省では、仮に平均気温が2℃上昇した場合、降雨量変化倍率は約1.1倍、洪水発生頻度は約2倍とされている（図-4）。

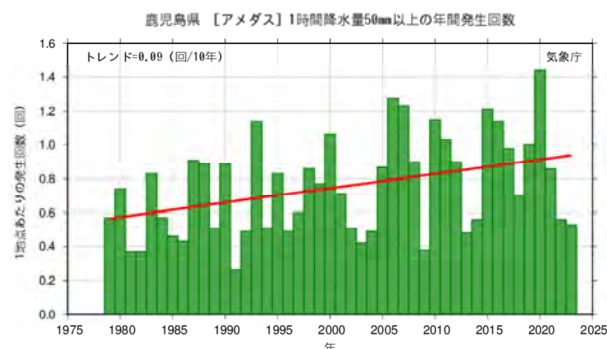


図-3 鹿児島県1時間降水量50mm以上の年間発生回数
出典:福岡管区気象台ホームページ



図-4 気候変動に伴う降雨量や洪水発生頻度の変化

(2) 流域治水について

流域治水とは「気候変動の影響による水災害の激甚化・頻発化等を踏まえ、堤防の整備、ダムの建設・再生などの対策をより一層加速するとともに、集水域（雨水が河川に流入する地域）から氾濫域（河川等の氾濫による浸水が想定される地域）にわたる流域に関わるあらゆる

る関係者が協働して水災害対策を行う考え方」である。
その手段の1つとして「特定都市河川」がある(図-5)。特定都市河川は、都市化の進む地域を流れる河川の浸水被害が深刻化しており、河川整備だけでは被害の防止が困難な場合に、流域内の各関係者が協働して流域治水に取り組むことを指定した河川のことをいう。

平成16年5月に施工された特定都市河川浸水被害対策法は、東京都や大阪府など人口や産業、商業が集中している大都市を対象としたものであったが、令和3年に特定都市河川浸水被害対策法の一部が改正され指定条件が緩和された。現在は①都市部を流れる河川であり、②流域において著しい浸水被害の発生またはそのおそれがあり、③河道又は洪水調節ダムの整備による浸水被害の防止が市街化の進展又は当該河川が接続する河川の状況若しくは当該都市部を流れる河川の周辺の地形その他の自然条件と特殊性により困難な場合に特定都市河川として指定することが可能となっている。

隈之城川は「流域内の可住地において市街化率が概ね5割以上であり市街化が著しく進展している河川」として、令和6年11月に鹿児島県内の一級河川として初の指定を受けた。また流域水害対策協議会の大任指定河川の設置は九州地方整備局管内で六角川に次いで2番目の事例である。



図-5 特定都市河川について

3. 隈之城川の特定都市河川の指定について

(1) 特定都市河川の指定に向けた取り組み

はじめに、川内川流域のあらゆる関係者が協働して、流域全体で水害を軽減させる取り組みをまとめた「川内川流域治水プロジェクト2.0」に特定都市河川の指定に向けた検討を行っていく河川として隈之城川を位置づけた。指定に向けて行った取り組みとして、鹿児島県や薩摩川内市、いちき串木野市との4者で議論検討を重ね合意形成を図り、その後開発関係団体、地元住民の方を対象に説明会を開催した。

まずは鹿児島県及び薩摩川内市等へ向けて、仕組みや

制度の説明を行った。理由としては特定都市河川に指定することで市街化が停滞する懸念が存在したからである。宅地等以外の土地で行う1,000㎡以上の雨水浸透阻害行為は公共・民間どちらも許可制となり雨水貯留浸透施設の整備が義務付けられるなど、開発費用が増加し、新たな店舗展開されにくくなると感じる方は少なくない。また浸水被害リスクのある地域であると周知されるため、不動産価値の下落の可能性も存在する。ほかにも流域水害対策計画によっては別途届け出が必要になるなど、開発許可における申請手続きの煩雑化することで、市街化停滞の懸念があった。しかし現在浸水リスクのある土地で何も対策をせず無秩序に市街化を進めた場合と対策をした場合では、ひとたび浸水被害が発生した際の被災規模に大きな差があるため長期的に見ると市街化の発展につながる。また特定都市河川に指定することで流域水害対策計画に位置付けられたメニューについてハード整備の加速化が可能となることなど、指定後の利点を理解していただくことで、今回の特定都市河川指定へ踏み切ることができた。

次に地元住民や開発関係団体への説明会として、令和6年8月20日にいちき串木野市、令和6年9月1日に薩摩川内市にて説明会を開催した。ここでは地元暮らしの方ならではの視点からご意見をいただきつつ、特定都市河川について理解をいただくことができた。また、パンフレットを作成し薩摩川内市役所等に設置をするなど地元への周知活動を行った。

特定都市河川は流域全体の様々な関係者が協働して流域治水を行うため、このように各関係機関や地元への合意形成を図ることを重視した。

(2) 隈之城川流域水害対策協議会の設置

特定都市河川の指定後は「隈之城流域水害対策協議会」を設置し、流域水害対策計画の策定を目指している。流域水害対策計画とは、大雨や洪水により想定される浸水被害に対し、概ね20年から30年の間に実施する取り組みを決めるものであり、各関係機関の協働により、計画に基づき流域治水が本格的に実践されるものである。

隈之城川流域水害対策協議会は令和7年6月25日に第1回協議会を開催した(写真-3)。

今回の第1回協議会を開催するにあたり、川内川河川事務所ではそれぞれの関係機関へ訪問し、特定都市河川の概要や隈之城川流域の現状、流域水害対策協議会の意義を説明し、メンバーとして参加していただけるよう尽力した。その結果、学識経験者の方2名のほか、鹿児島県や薩摩川内市、いちき串木野市、鹿児島地方気象台、北薩森林管理署など様々な関係機関の方にご出席いただいた。学識経験者の方としては河川工学の先生のほか、薩摩川内市の都市計画マスタープラン策定委員会の委員である先生へ参加を依頼した。隈之城川はその他の特定都市河川の事例に比べて市街化が途上であるため、都市

計画と流域水害対策計画を併せて街づくりを行うことが可能であると考えたためである。さらに、流域水害対策協議会での協議内容をより詳しく検討するために検討部会も同時に設置した。これには各機関の課長や副所長などを据えたほか、地元コミュニティ協議会会長をメンバーとして加え、流域水害対策計画の策定を目指す。



写真-3 第1回限之城川流域水害対策協議会

(3) 地元の理解度向上のための取り組み

特定都市河川の指定前に行った地元への周知だけでは不十分であるため、限之城川流域全体が特定都市河川について深い理解を得られるように活動を行った。

a) 総合水防演習

令和7年5月11日に行われた総合水防演習ではパネル展示のほか、特定都市河川模型による実演を行った(写真-4)。田畑による雨水浸透のしやすい土地と、土地開発による雨水浸透阻害のされている土地、そして雨水貯留浸透施設の整備がされた土地を用意してそれぞれを入れ替えることで、河川に流れ込む雨水の量を比較し、大人も子供も視覚的に理解が出来るものとなっている(写真-5)。総合水防演習での実演により、シャワーを使用して雨を作り出す方法では左右で同量の水量を与えることが難しい点や風による影響を受ける点、実演者や観客が濡れてしまう点などの問題点が発見された。またユニット交換をしてもすでに濡れている状態では効果が見えづらいことなども確認できた。後日の反省会では①雨水の浸透しやすい土地、雨水浸透阻害がされている土地、雨水貯留浸透施設が整備されている土地の3列を予め作成しておき、②ガラス壁で囲い、③降雨体験のように天井の穴の開いた管から水を降らせる、などによる対照実験を行う方がよいのではないかとの意見が出た。今回の総合水防演習では特定都市河川模型の改善点が確認できたため、より多くの方へ伝えられるものとなるように今後改良を行う。



写真-4 総合水防演習

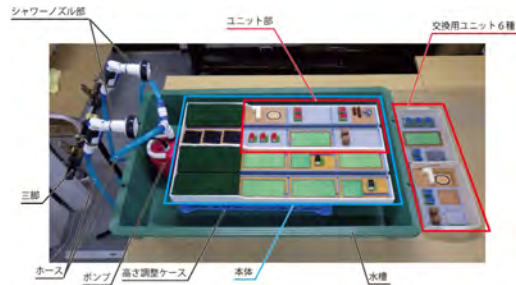


写真-5 特定都市河川模型

b) FMラジオ

令和7年6月25日には水防災に関する内容として、コミュニティ放送局「FMさつまさんだい」のラジオ放送にて、特定都市河川の概要や限之城川流域の浸水被害の歴史、限之城流域水害対策協議会の第1回が開催されたことなどを盛り込んだ内容を放送した(写真-6)。川内川河川事務所では毎月第4水曜日午前10時から11時の1時間に「さんだい川のほとりから」という枠をもっており、年間を通して川内川についての魅力や水防災、流域治水について情報発信をしている。FMさつまさんだいの放送エリアは薩摩川内市及びさつま町を中心に伊佐市大口付近まで受信が可能で、FMプラプラというアプリを使用すると全国どこでも視聴が可能であるため、地元説明会に参加できなかった地元の方や薩摩川内市で仕事をされている他の市町の方への情報発信ができたといえる。

FMさつまさんだいとは令和4年2月に防災情報の提供及び活用に関する協定を締結しており、リアルタイムで防災情報の取得や発信が可能となっている。特定都市河川での街づくりによる流域治水はもちろんのこと、令和2年7月洪水のような状況で逃げ遅れる方をひとりでも減らすことができるよう尽力していく。



写真-6 FMさつまさんだい

4. おわりに

近年、地球温暖化等の影響による気候変動は浸水被害など大きな問題となっている中で、河川管理者のみで行う流域治水には限界がある。そのため流域内の各関係機関及び地元住民などが一体となり流域治水に取り組む必要がある。本稿では、そのような状況下で隈之城川を特定都市河川として指定し、流域水害対策協議会の設置や地元の理解度向上に対する取り組みを報告した。今後ますます深刻化する気候変動に対し、これからも協議会等を重ねつつ流域治水に取り組んでいきたい。

参考文献

- 1) 気候変動に関する政府間パネル（IPCC）第6次評価報告書（AR6）サイクル
(<https://www.env.go.jp/earth/ipcc/6th/index.html>)
- 2) 福岡管区気象台ホームページ
(<https://www.data.jma.go.jp/fukuoka/kaiyo/chikyu/report/observation.html>)
- 3) 国土交通省ホームページ
(<https://www.mlit.go.jp/river/kasen/tokuteitoshikasein/portal.html>)

能登半島地震を踏まえた事務所管内における 緊急盛土点検（中間報告）

栗幡 千博¹・林 和邦¹

¹九州地方整備局 八代河川国道事務所 道路管理課 （〒866-0831 熊本県八代市萩原町1-708-2）。

令和6年能登半島地震では、谷埋め高盛土を中心に多くの盛土が被災し、道路交通機能の途絶が多数発生して復興の妨げとなった。そのため、盛土本体のすべりや流動による大規模崩壊に伴う道路機能喪失防止のため、地山の地形、地下水や盛土材料の物性などの盛土性状の把握を目的に「令和6年能登半島地震を踏まえた盛土のり面の点検要領（以下、点検要領とする）」に基づいた緊急点検を管内南九州西回り自動車道で実施した。さらに、緊急点検の結果、湧水など水の影響を受けている箇所について、対策工検討のための詳細調査で盛土性状を把握し、地下水位観測を行い対策工の必要性を検討しているところである。本論文は、点検要領より一歩踏み込み、三軸圧縮試験と地震動を考慮した安定解析を行った結果を報告するものである。

キーワード 能登半島地震、盛土点検、詳細調査、安定解析

1. 緊急点検

(1) 点検区間

点検区間は、八代河川国道事務所管理の南九州西回り自動車道 日奈久IC～水俣IC間である。



図-1 緊急点検区間

(2) 点検対象

点検対象は、①盛土法尻から概ね10m以上の盛土かつ、②地山傾斜地等の水の集まりやすい地形条件に造成された盛土である。

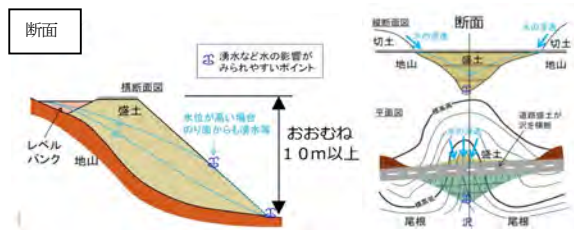


図-2 対象箇所イメージ

(3) 点検の手順と簡易現地調査箇所の絞り込み

点検要領に示される図-3に基づいて点検を行った。

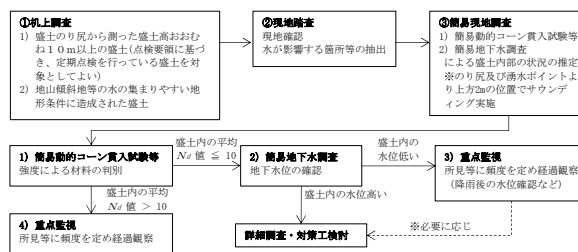


図-3 緊急点検の流れ

机上調査では上記点検対象の中から点検要領に基づきA)～C)の3条件のものを除外した。

- A) 特定土工構造物点検など定期点検で、「湧水」「湿地化」など水の影響に関する点検記録・所見がない盛土
- B) 平成21年緊急点検等の結果、のり尻補強対策が実施済あるいは予定の盛土
- C) 平成22年改定の「道路土工盛土工指針」に基づいて基盤排水層、水平排水層を設置し、平成25以降の「土木工事施工管理基準及び規格値」に基づき締固め管理を行ったことが確認できる盛土または同等以上の設計・施工と確認できる盛土

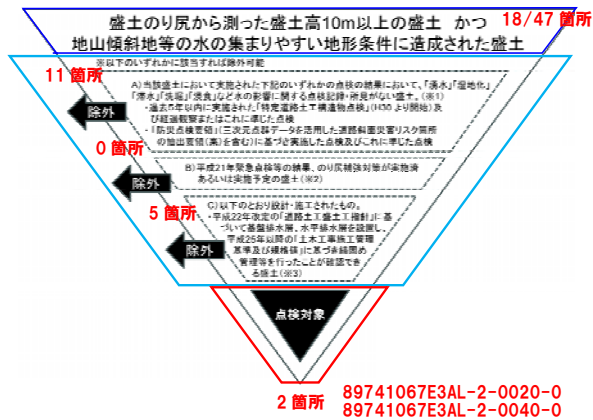


図4 机上調査での点検箇所の絞り込み図

特定土工構造物点検結果から、対象路線には10m以上の盛土47箇所が存在し、その中で水の集まりやすい地形上に造成された箇所は18箇所であった。そこから除外条件A)～C)を考慮して、緊急点検箇所の2箇所が抽出された。

(4) 現地踏査

緊急点検箇所として抽出された2箇所「89741067E3AL-2-0020-0」「89741067E3AL-2-0040-0」（以下、AL-2-0020とAL-2-0040とする）に対して現地踏査を行った。

雨量に伴う現地踏査時期は緊急性に鑑み指定はないが、平成21年の緊急点検時には「連続雨量あるいは24時間累積雨量30mm程度以上の降雨時の2日間以内に踏査する」があったため、これを参考に連続降雨後の2024年7月4日に実施した。6月20日～7月3日までの連続雨量は、383.5mmで十分と考える。

表-1 踏査日までの雨量

年	2024													
月	6							7						
日付	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	1	2	3
日雨量	114	26.5	13	9.5	56	13.5	4.5	71.5	13	6	4	36	14	2
時間最大雨量	13.5	23.5	6	3.5	27	9.5	1	18	2.5	5	4	12	6.5	2

踏査は点検要領に示されている以下の項目の点検を行った。

- (i) 水の影響の確認
(ii) 路面のクラック、沈下

- (iii) のり面状況
(iv) 排水設備の機能の低下
(v) 道路区域外ののり面の状況

現地踏査の結果は、点検項目「(i) 水の影響の確認」の程度によって3段階で評価され、①あるいは②と判断された場合、簡易現地調査を実施した。

①水の影響が著しい

盛土のり面の1箇所以上で湧水、湿地化、滞水、洗堀、浸食等の水の影響が認められる場合。のり面、のり尻における水の流れやその痕跡、水たまり、土の泥濘化などが確認される場合。

②水の影響が軽微

盛土のり面、盛土が設置されている地盤が濡れているが、①に満たない少ない水量。親水性植物の繁茂などが確認される場合。

③水の影響がない

現地踏査を行った結果、AL-2-0020は水による影響がなく③と判断し、AL-2-0040は明瞭な湧水などの水の影響が著しかったため①と判断して簡易現地調査を実施した。

(5) AL-2-0040現地踏査結果

AL-2-0040は、15k 600にある延長約300mの長大盛土で、最大4段で比高差約20mの高盛土である。

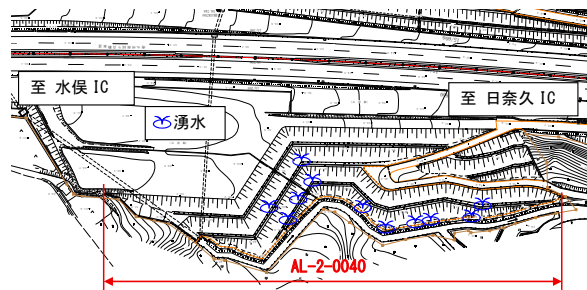


図5 現地踏査範囲と湧水箇所



写真1 AL-2-0040の湧水状況

踏査写真を写真-1に示すが、盛土区間全体でのり尻や1段目小段、高いところでは2段目小段でも湧水が確認され、全体的に地下水位が高いことが想定される。

のり面内に小規模な肌落ちや土砂流出が一部見られるが、路面の沈下や排水機能の低下は見られなかった。

(6) 簡易現地調査

地盤の強度と地下水位から詳細調査の必要性を判断するために簡易現地調査を実施した。

調査は、簡易動的コーン貫入試験を実施して盛土材料の強度を把握するとともに、試験孔にVP13を挿入して地下水位観測孔とし、電極による触針式水位計（手計り水位計）で地下水位を確認した。

簡易貫入試験は、のり尻または湧水箇所から2m上方で行い最大打撃回数Nd=30、打撃深度最大2mとして8箇所で行った。

以下に試験結果の抜粋を示す。

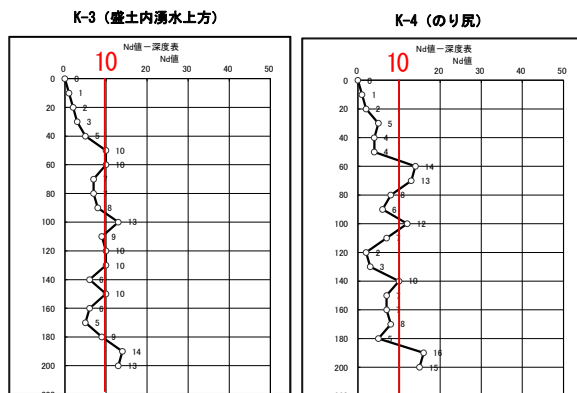


図-6 簡易貫入試験結果図（抜粋）

地下水位観測は、簡易貫入試験時（平常時）と連続雨量30mm程度以上となった7月17日（累積雨量312.0mm）に行った。

観測までの雨量と観測結果は以下のとおりである。

表-2 地下水位観測日までの雨量

月	7							
日付	10	11	12	13	14	15	16	17
日雨量	9.5	53	48	42	108	51	0.5	0
時間最大雨量	9	16.5	27.5	22.5	23	15	0.5	0

表-3 観測結果一覧表

地点 No.	位置	平均 Nd	試験長 (GL-m)	電ビバイブ 挿入長 (m)	地下水位 (GL-m)		備考
					平常時	降雨後	
K-1	盛土内湧水上方	9.4	1.83	1.70	1.55	1.22	
K-2	盛土内湧水上方	5.8	1.63	1.50	-	1.46	
K-3	盛土内湧水上方	7.9	2.00	1.70	1.50	1.25	
K-4	のり尻	7.5	2.00	1.65	0.90	0.42	
K-5	のり尻	9.0	2.00	1.35	1.00	0.77	
K-6	のり尻	4.5	1.60	1.70	1.35	1.21	
K-7	盛土内湧水上方	8.2	2.00	1.70	1.00	0.64	
K-8	のり尻	8.5	1.70	-	-	-	測定箇所不可 上方2mのK-7参照

簡易貫入試験結果からは、平均Nd値<10で地下水位はGL-0.5~1.5m間の浅層に分布することが判明した。

調査の結果について、点検要領の「盛土材料の性状確認における判断の目安」を参考にすると、「②砂質土等」として評価された。

＜盛土材料の性状確認における判断の目安＞

- ① 盛土内の平均Nd 値 ≤ 4 である場合：軟弱な粘土質
1~4回の打撃で10cm以上貫入する層が多く存在
- ② 盛土内の平均Nd 値 ≤ 10 である場合：砂質土等
一般に4~10回程度で10cm以上貫入する層が多く存在
- ③ 盛土内の平均Nd 値 > 10 である場合：礫質土・岩塊等

簡易現地調査の結果に以下の地下水位の要素を加えた評価は a) となり、「詳細調査・対策工の検討の必要性があり」となる。

- 地下水位が高い場合(Nd 値 ≤ 10 の層で水位を確認できる場合)は、盛土材料の強度が低下している可能性があることから、対策工の必要性等について検討するため、詳細調査を実施する必要がある。
- 地下水位が低い場合(Nd 値 ≤ 10 の層で水位を確認できない場合)は、盛土材料の強度が低下している可能性は低いが、水の影響を受けやすい盛土であることから、重点監視として所見等に頻度を定め経過観察を行う。

2. 対策工検討のための 詳細調査

(1) 詳細調査の基本方針

詳細調査は、令和6年7月3日に出された「対策工検討のための詳細調査、対策の進め方」に基づいて行った。

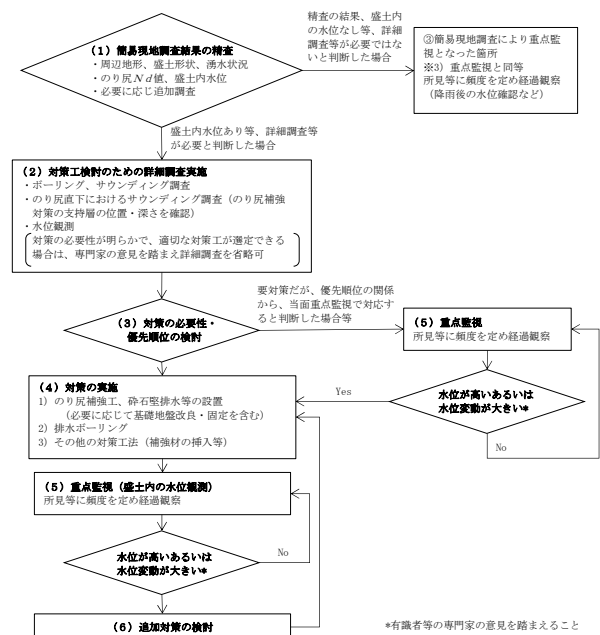


図-7 詳細調査、対策の進め方フロー（抜粋）

対策工検討のための調査では、以下に示す①被災規模と②被災の影響の観点から優先度を考慮して詳細調査を実施することとなっている。

①想定される被災規模

【大規模崩壊に至る可能性が高い】

- ・湧水量の多い箇所（常時湧水が見られ簡易現地調査により盛土内に水位が観測された箇所、簡易現地調査による盛土のり尻部の水位が特に高い（GL-1.0m 程度以上）箇所等）
- ・のり面のはらみだしや路面損傷等の変状が進行している箇所

②被災による影響

【被災による影響が大きくなる可能性が高い】

- ・盛土のり尻近傍に民家や避難施設等が存在する箇所等（隣接する施設に及ぼす影響が大きい）
- ・万一損傷した場合に路面への影響が大きい箇所、応急復旧による迂回路の設置が困難な箇所（盛土が損傷した場合の道路の交通機能への影響が大きい）

当該盛土は、①地下水位が高くのり面の小規模な肌落ちが見られ、②盛土高20m以上と被災した時の影響が大きいと、専門家を交えた防災検討会で審議し、調査内容や調査箇所を決定した。

(2) 調査位置の選定

調査位置の選定は地下水位が重要であるため、地下水が流入しやすい谷埋部を念頭に、盛土高が高く本線に近接した断面を主断面として、地下水位の面的広がりを把握するために、山側盛土部に1本ボーリングを追加した。

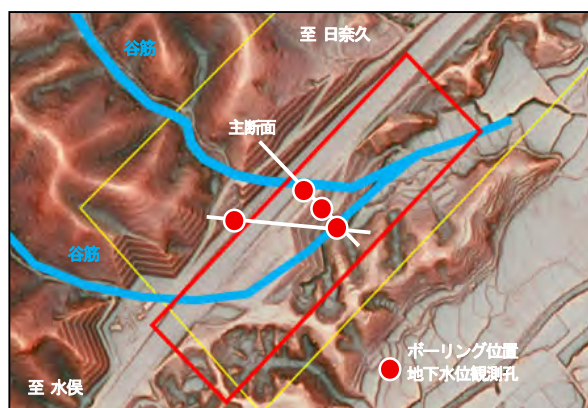


図-8 盛土周辺の地形と調査位置

(3) 調査結果

調査結果より地層構成は、ひん岩を基盤岩として2層の段丘堆積物が基礎地盤として分布し、その上位に盛土が造成されており、礫を主体とした下層と粘土分の混入率が高い上層の2層に分けることができる。ボーリング調査時の地下水位は、調査時期が2月の渇水期であった

ため、概ね基礎地盤と盛土との境界付近まで低下していることが確認された。

地下水位観測孔は、盛土内の水位だけを計測する目的で、段丘堆積物以深の在来地盤はボーリング孔内を埋め戻し、盛土内だけに有孔管を設置した。今後は、豊水期を含めて地下水変動を把握することが、対策の必要性や対策工を検討する上で重要となる。

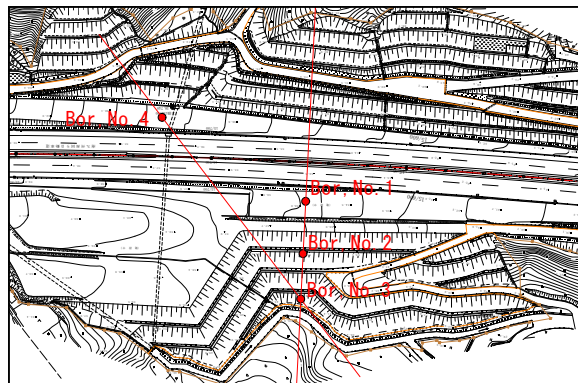


図-9 調査位置平面図

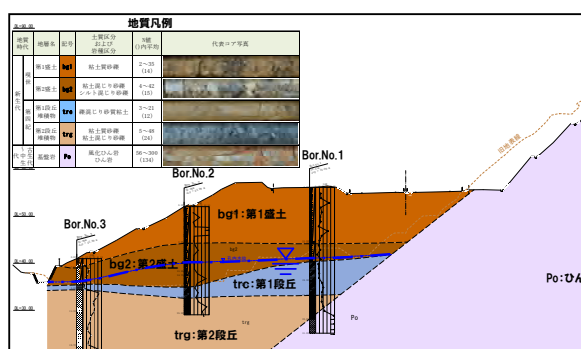


図-10 地盤想定断面図

3. 地震時の盛土安定解析

(1) 安定解析実施の意義

点検要領に基づく業務で、力学試験結果を用いて解析した事例は少ないと考えられる。本点検において、三軸圧縮試験結果を用いて地震時の安定解析を実施した。調査～解析にあたっては時間的制約があり、精度の高い検討結果とは言い難いが、得られた知見を示す。

(2) 室内土質試験結果

力学試験は乱れの少ない試料を用いて実施することが一般的であるが、当該盛土材は礫を多く含んで乱れの少ない試料採取が難しい土質であった。しかし採取精度は良好であったため、ボーリングコアの形状を計測して乾燥密度を求め、貫入試験試料から求められた含水比から湿潤密度を計算し、これに合わせてコア試料を突き固めて再構成し三軸圧縮試験の試料とした。

試験は、将来的に解析が必要となった場合においても

対応できるように、汎用性が高いCU（圧密非排水条件）試験を実施した。

試験結果は、細粒分を多く含む土の性状ではあるが、粘着力CやC'が低い値であった。

表-4 盛土の室内土質試験結果一覧表

地層名	土質	湿潤密度	乾燥密度	全応力		有効応力	
		ρ_t (g/cm ³)	ρ_d (g/cm ³)	C (kN/m ²)	Φ (°)	C' (kN/m ²)	Φ' (°)
第1盛土 (bg1)	粘土質砂礫	2.055	1.731	22.1	21.1	5.7	34.3
第2盛土 (bg2)	粘土混じり砂礫 シルト混じり砂礫	2.072	1.810	3.1	21.9	1.6	37.2

(3) 解析のための定数の設定

a) 土質定数

解析で用いる土質定数は、盛土は試験結果を採用し、段丘堆積物以深の基礎地盤は、「道路土工 盛土工指針、軟弱対策工指針」や「NEXCO設計要領第二集」などを参考に設定した。

表-5 盛土の室内土質試験結果一覧表

地層名	記号	土質・岩種	N値 (平均値)	固さ 密度	単位体積重量 γ t(kN/m ³)	粘着力 C(kN/m ²)	内部摩擦角 Φ (°)
第1盛土	bg1	粘土質砂礫	2~35 (14)	—	20.2 試験値	22 試験値	21 試験値
第2盛土	bg2	粘土混じり砂礫 シルト混じり砂礫	4~42 (15)	—	20.3 試験値	3 試験値	21 試験値
第1 段丘堆積物	trc	礫混じり砂質粘土	3~21 (12)	固い もの	18 盛土工指針	80 軟弱地盤対策工指針	0
第2 段丘堆積物	trg	粘土質砂礫 粘土混じり砂礫	5~48 (24)	密実 でない	19 盛土工指針	0	35 盛土工指針
基礎岩	Po	風化ひん岩 ひん岩	56~300 (134)	—	20 NEXCO 設計要領第二集	75 NEXCO 設計要領第二集	40 NEXCO 設計要領第二集

b) 水平震度

水平震度khは、盛土工指針P125の以下の式に準じて算出した。

$$k_h = c_2 \cdot k_{h0}$$

ここに、 k_h ：設計水平震度（小数点以下2桁に丸める）
 k_{h0} ：設計水平震度の標準値で、表6 による。
 c_2 ：地域別補正係数

水平震度の標準値Kh0は、道路土工要綱P353に基づき調査結果から算出した地盤種別から「レベル2 地盤種別Ⅱ：0.20」を採用し、地域別補正係数は要綱P349から「八代・葦北：Cz=0.7」を採用した。

表-6 設計水平震度の標準値(kh0)

	地盤種別		
	I種	Ⅱ種	Ⅲ種
レベル1地震動	0.08	0.10	0.12
レベル2地震動	0.16	0.20	0.24

水平震度khは、以下のとおりである。
 $kh=0.7 \times 0.20=0.14$

(4)安定解析式

安定解析で用いる解析式は、盛土工指針に準じて常時と地震時それぞれ以下のとおりとした。

a) 常時（盛土工指針P149）

$$F_s = \frac{\sum \{cl + (W - u_0b) \cos \alpha \tan \phi\}}{\sum (W \sin \alpha)}$$

ここに、
 F_s ：安全率
 c ：土の粘着力（kN/m²）
 ϕ ：土のせん断抵抗角（°）
 l ：細片で切られたすべり面の長さ（m）
 W ：細片の全重量、載荷重を含む（kN/m）
 u_0 ：静水位時における間隙水圧（kN/m²）
 b ：細片の幅（m）
 α ：細片のすべり面平均傾斜角（°）

b) 地震時（盛土工指針P170）

$$F_s = \frac{\sum [c + l + \{(W - u_0b) \cdot \cos \alpha - k_h \cdot W \cdot \sin \alpha\} \cdot \tan \phi]}{\sum (W \cdot \sin \alpha + (h/r) \cdot k_h \cdot W)}$$

ここに、
 c, ϕ ：土の粘着力（kN/m²）及びせん断抵抗角（°）
 W ：分割細片の全重量（kN/m）
 l ：細片底面の長さ（m）
 b ：細片の幅（m）
 u_0 ：常時地下水位による間隙水圧（kN/m²）
 k_h ：設計水平震度
 r ：すべり円の半径（m）
 h ：分割片の重心位置からすべり円の中心までの鉛直距離（m）
 α ：分割細片底面の接線方向と水平面のなす角（°）

(5)安定解析結果

地下水位は、LWLはボーリング時の湧水期の水位を採用し、HWLは豊水期に実施した現地踏査時に2段目小段からの湧水していたため、2段目小段から水平に水位が分布していると想定した。

安定解析結果は、以下のとおりである。

表-7 安定解析結果一覧表

水位種別	常時（Fs>1.25）	地震時（Fs>1.00）
LWL（湧水期）	1.095	0.782
HWL（豊水期）	0.787	0.581

安定解析結果は、すべての結果が設計時の安全率Fsp=1.25以下の計算結果となっている。

豊水期の地下水位HWLの結果が、崩壊していることを意味するFs=0.787<1.0となっており、現地状況と合っていない。原因としては以下のようなことが考えられる。

- ① 解析で使用した地下水位HWLが、観測等で確認できていないため設定が正確ではない。（現地踏査で確認した湧水は、盛土表層の宙水の可能性もある）
- ② 試験試料が一度乱した試料を再構成したものであり、供試体作成時に大きな礫は取り除くなど、原位置の性状より強度が低下していること（強度の過小評価）が考えられる。粘着力Cが小さいことも粒度の偏りなどの影響を受けている可能性がある。

常時・LWL

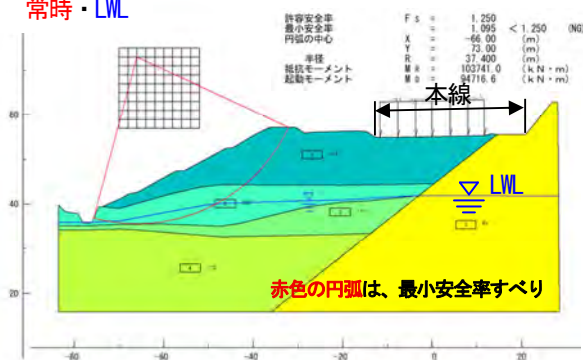


図-11 安定解析断面図 (常時・LWL)

地震時・LWL

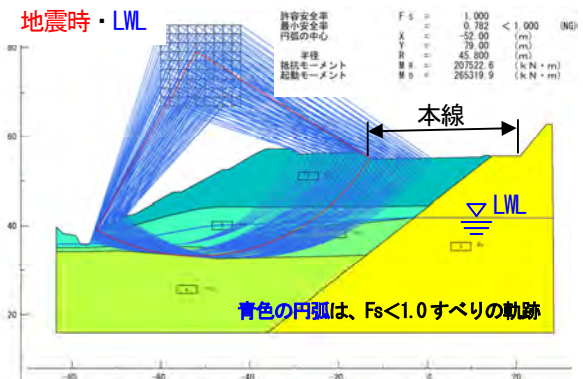


図-12 安定解析断面図 (地震時・LWL)

常時・HWL

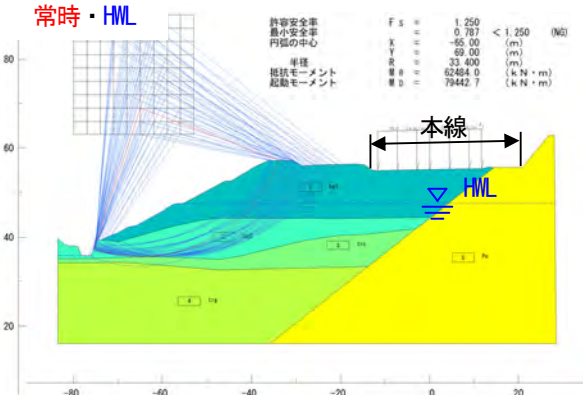


図-13 安定解析断面図 (常時・HWL)

地震時・HWL

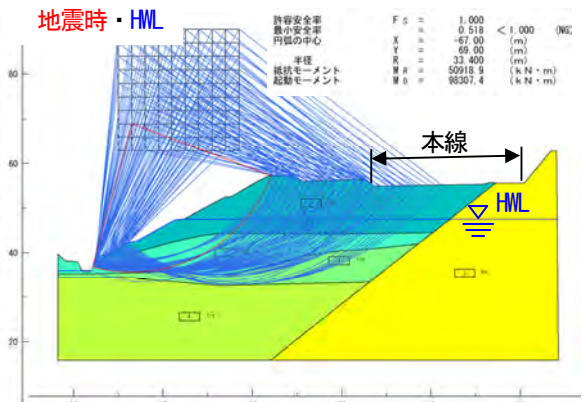


図-14 安定解析断面図 (地震時・HWL)

(6)解析結果の考察

LWL⇒HWLの時の安全率に着目し比較すると、常時で約30%、地震時で約20%の低下となる。

地震時と常時を比較すると、LWL時で30%、HWL時で20%の低下となる。盛土の設計安全率が常時で $F_{sp}=1.25$ であるため、安全率の低下率が20~30%と考えると、水位に対しても地震動に対しても安全率が $F_s=1.0$ 付近まで低下し不安定化の境界付近に位置する。

また、水位がLWLからHWLに上昇し、地震動を受けた場合は50%の安全率の低下が試算され、不安定となる可能性が高い。

表-8 安全率の差

水位種別	常時 ($F_s > 1.25$)	地震時 ($F_s > 1.00$)	安全率差(地震時-常時)
LWL (満水期)	1.095	0.782	-0.313
HWL (豊水期)	0.787	0.581	-0.206
安全率差(LWL-HWL)	-0.308	-0.201	※ -0.514

※地震時HWL-常時LWL

すべり面の形状について着目すると、常時でLWLとHWLを比較すると、法肩からの尻へ抜ける円弧すべりで、災害で発生しやすい一般的な崩壊形態である。

一方、地震時は $F_s < 1.0$ のすべり線 (図中の青色の円弧) が盛土の奥深くまで及んでおり、能登半島地震で確認された盛土の大規模崩壊形態に類似している。

これらの解析結果から、地下水位上昇と地震動の組み合わせが最も不安定であり、対応可能な対策は地下水位を上昇させない対策が重要である。

対策工として、横ボーリング工などの地下水排除工の検討が必要であることが分かる。また、法面保護工の修繕 (植生工の復旧、土砂流出部の良質材による置換え) も現地の状況から必要であると考えられる。

本報告では、安定解析の前提条件である土質試験結果や地下水位設定に不確実性があり、精度の高い解析結果ではないが、盛土内の地下水を低下させることの有効性などを示すことができたと考えられる。

今後、豊水期を含む通年の地下水位観測を行い、当該盛土の地下水位特性を評価することで、当該地に最適な対策工法の立案に努めていく予定である。

寺内ダム再生事業 非常用洪水吐きゲート設備の改造

梶島 篤訓¹・徳田 克也²・今村 利博³

¹独立行政法人水資源機構 筑後川上流総合管理所 設備課（〒838-0012 福岡県朝倉市江川1660-67）

²独立行政法人水資源機構 筑後川上流総合管理所 寺内ダム管理所（〒838-0012 福岡県朝倉市荷原1516-6）

³独立行政法人水資源機構 渡良瀬川ダム総合管理所 思川開発建設所 設備課
（〒322-0346 群馬県鹿沼市上南摩町字神谷2958番地4）

寺内ダム再生事業は既存施設を有効活用して治水機能の強化を目的とし、洪水時最高水位の引上げに伴う非常用洪水吐きゲート設備の改造を行うものである。改造にあたっては、ゲート部における既存不適格の解消、既設構造物への影響を考慮するとともに、維持管理性の向上、施工性の向上及びコスト縮減を図るため、設備全般にわたり構造、配置の見直しを行った。本稿では改造設計の概要、技術上の特徴及び創意工夫について報告するものである。

キーワード ダム再生事業、改造、維持管理性の向上、施工性の向上、コスト縮減

1. はじめに

寺内ダムは、筑後川水系佐田川に設置された洪水調節、流水の正常な機能の維持、かんがい用水及び水道用水の確保を目的とする多目的ダムで、1978年6月から管理を開始している。近年、当該地域では洪水被害が頻発しており、平成29年7月九州北部豪雨（以下「H29豪雨」という。）に代表されるような大きな出水も経験している。

H29豪雨において、寺内ダムでは既往最大となる流入量（約888m³/s：計画規模の約3倍に相当）を記録した。洪水前までは少雨傾向であったため、寺内ダムの貯水位は大幅に低下しており、洪水調節容量に加えて利水容量内にも貯留できる状態であったため、洪水のほぼすべてを貯留する防災操作を行うことで、下流への放流量を低減（最大放流量120m³/s）させ、ダム下流の被害軽減に寄与した。

寺内ダム洪水吐き部（洪水放流設備）の上流面を写真-1に示す。

一方で、貯水位が平常時最高貯水位の状態でH29豪雨が発生した場合を検証したところ、緊急放流に移行し、ダムからの放流量は最大485m³/sに到達し、下流域に甚大な被害が発生した可能性が想定された。

これらを踏まえ、2022年9月に筑後川水系河川整備計画の変更において、河川管理者が実施する河川改修とあわせて行う寺内ダム再生事業により、佐田川の治水安全度の向上を図ることが位置付けられた。これにより、寺

内ダムが平常時最高貯水位の状態でH29豪雨相当の洪水が発生しても緊急放流に移行することなく対応ができる計画となった。寺内ダム再生事業では、洪水時最高水位の引上げと利水容量の一部を洪水調節容量へ振替えることにより、洪水調節容量の増大(700万m³⇒880万m³)を図るものである。

事業により行う整備は、非常用洪水吐きゲート設備（以下「クレストゲート」という。）の改造であり、洪水時最高水位を1m引上げることに応じて扉体天端高を1.4m（風波浪高0.4mを考慮）引上げる改造を行う。



写真-1 寺内ダム洪水吐き部

2025年4月には、利水容量の一部を洪水調節容量へ振替えることにより洪水調節容量を増大していることで、事業効果の早期発現が期待できる。

事業前後の寺内ダム貯水容量を図-1に、非常用洪水き

ゲート設備主要仕様を表-1に示す。

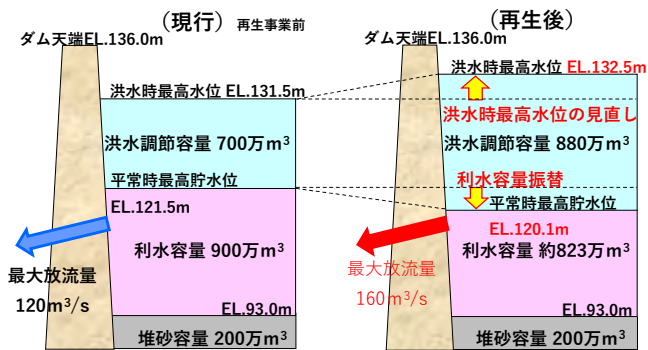


図-1 寺内ダム貯水容量比較図

表-1 非常用洪水吐きゲート設備主要仕様

	現行	再生事業後
完成年月日	昭和52年3月	—
準拠基準	ダム設計基準(S46.7) 水門鉄管技術基準(S48.3)	河川管理施設等構造令(S51.7制定) ダム・堰施設技術基準(H28.3版)
ゲート形式	鋼製溢流型ローラゲート	鋼製ローラゲート
純径間×有効高	7.0m×10.0m	7.0m×11.4m (+1.4m)
設置門数	2門	2門
洪水時最高水位	131.5m	132.5m (+1.0m)
平常時最高貯水位	121.5m	120.1m (-1.4m)
ゲート敷高	121.5m	121.5m
揚程	11.0m	11.0m

2. 改造設計

(1) 設計上の課題

設計及び施工計画上の課題について以下に示す。

a) 既存不適格項目

既設クレストゲートについて、現行のダム・堰施設技術基準等（以下「技術基準」という）に対する適応状況を確認した結果、扉体（スキンプレート強度、主ローラ接触応力）、戸当り（底面フランジ曲げ応力）、開閉装置（開放歯車面圧、ドラム板厚）に強度不足が確認されたため、改造に合わせて技術基準に適合した設計を行う。

b) 既設構造物への影響

扉体高の引上げに伴う門柱の嵩上げ方法について、概略検討ではコンクリート打ち増しにて計画しているが、門柱耐震性能の低下や施工期間増加の課題があり、門柱の嵩上げ高さ及び扉体の構造について見直しを検討する。

c) 工程制限

寺内ダムは運用中のため、洪水調節に影響を及ぼさないように、貯水池内での工事及びクレストゲートが使用できなくなる作業は非洪水期（10/1～6/10）に施工するように制限を設ける。

なお、非洪水期中の施工についても季節外れの洪水に対応できるように、施工は1門毎とし、仮締切を設けて施工を行う。

d) 水位制限

工事中の貯水位については、寺内ダムの利水運用に影響を及ぼすことの無いように、工事に伴う水位制限は設けない施工計画とする。

e) 施工ヤード

洪水吐き周辺で、既施設を改変なく工事の施工ヤードとして使用できるのは堤頂道路に限られる。堤頂道路へのクレーン配置計画は、天端橋梁に支障のないクレーン規格及び配置とするほか、道路の一般利用に配慮し通行規制が必要最小限となるように検討する。

(2) 改造設計

改造設計では、課題への対応に加え、維持管理の負担軽減、コスト縮減及び施工性の向上にも配慮した検討を行った。

a) 開閉装置の配置見直し

概略検討では、扉体高引上げに伴う扉体と操作橋の干渉を避けるため、門柱の嵩上げをコンクリート打ち増しにより計画していたが、重量増加による門柱耐震性能の低下や、施工期間の増加が課題となっていた。

一方で、既設開閉装置は、開閉装置側シーブが床下に設けられている（図-3参照）ため点検が容易に行えないなど、維持管理面での課題があった。

改造設計では、開閉装置の配置を見直すことで門柱の嵩上げ高の省略と維持管理の負担軽減の観点から、開閉装置側のシーブを操作橋床下から開閉装置上に移動するとともに、休止装置は設備管理に支障がないことを確認した上で省略し、扉体側シーブを扉体の有効高に収まるように扉体の上部から扉体内に変更した。

これらにより、扉体と操作橋の間に扉体の引上げ高さ1.4m分のスペースが確保可能となり、門柱の嵩上げを必要とすることなく、さらに、開閉装置の施工期間を約2.6ヶ月/門短縮することが可能となった。図-2に門柱の嵩上げ省略概要、図-3に開閉装置の配置変更概要を示す。

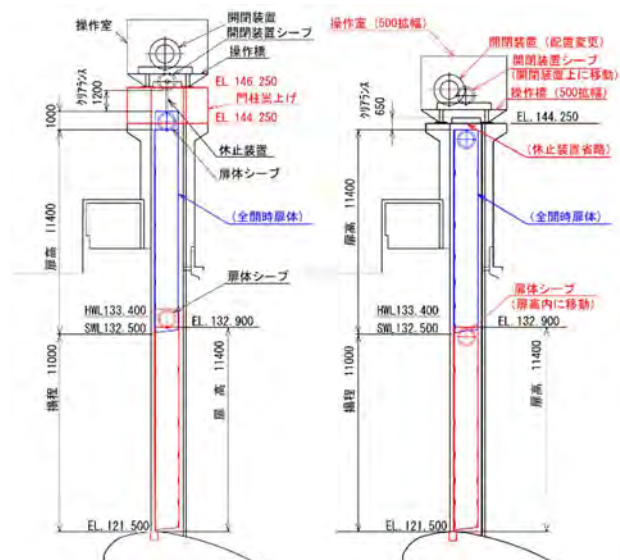


図-2 門柱嵩上げ省略概要図

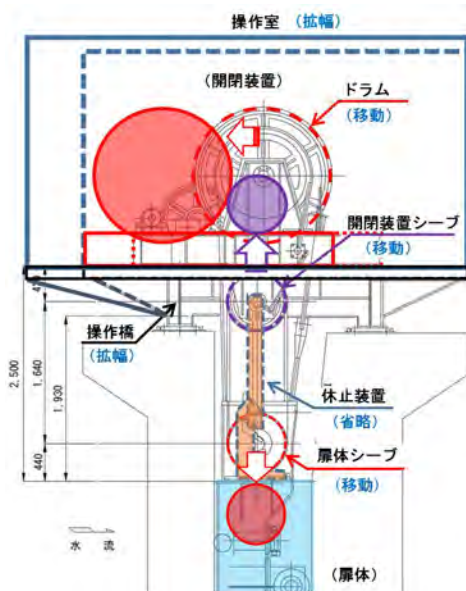


図-3 開閉装置配置変更概要図

一方で、開閉装置側シーブの配置変更によって開閉装置を全体的に上流側へ移動させる必要が生じたため、操作橋や上屋を拡張（0.5m）する必要性が生じた。これにより、門柱に作用する重量及び作用点も変わることから、配置変更後の荷重条件で門柱の耐震性能照査を行った。照査の結果は既設と同じ「ひび割れ」の範囲であったものの、門柱の嵩上げを行った場合の照査結果では「曲げ降伏」の範囲であったことから、配置変更により既設よりも耐震性能が向上する効果が得られた。

b) 扉体の3葉分割

既設扉体は水圧荷重を分散して戸当りに伝えるため片側に6個のサドル式主ローラを設けている。荷重を設計どおりに分散するには全主ローラが戸当りと密着する必要があるが、中間開度では戸当りの製作誤差（戸当り真直度許容値1mm/m）を吸収することが難しく、密着性の確保に課題があった。図-4に既設の扉体構造を示す。

改造設計では、主ローラと戸当りの密着性、施工性、維持管理性を考慮した比較検討を行い、扉体を3葉に分割する構造とした。扉体は主ローラ片側2個毎に分割、各段をピンによる連結構造とすることで、戸当りとの密着性を確保し、各段間の隙間は水密ゴムにて止水することとした。また、扉体同士をピン連結とすることで現地での溶接作業が減り、扉体の施工期間を約1.3ヶ月/門短縮する効果が得られた。図-5に改造後の扉体構造を示す。

c) 扉体等材質変更

概略検討では、既設と同じ普通鋼（SS400）製で塗装を施す仕様としていたが、改造設計では、扉体及び操作橋の主要構造部材に、近年JIS規格化され採用事例も増えてきた二相系ステンレス鋼（SUS821L1）を採用した。

二相系ステンレス鋼（SUS821L1）は、普通鋼に対して約1.7倍の強度を持ちながら、ステンレス鋼（SUS304）

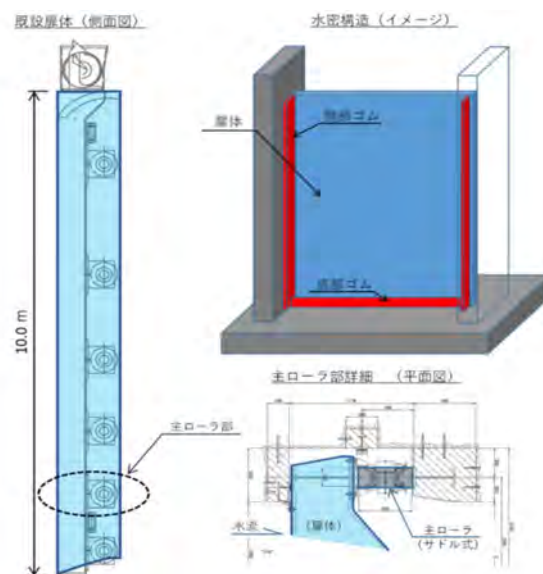


図-4 扉体構造（既設）

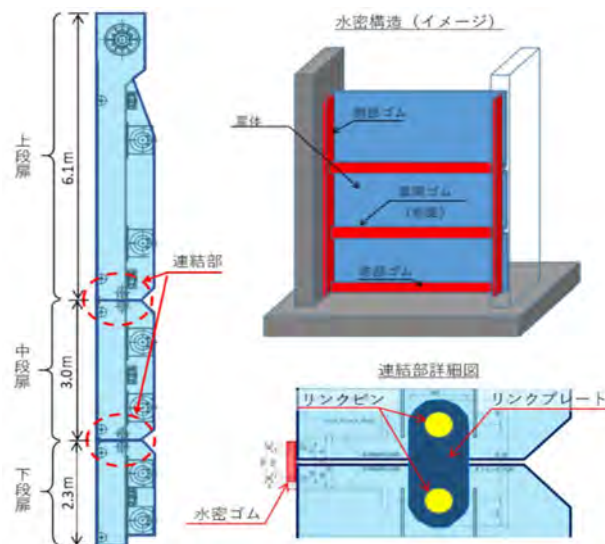


図-5 扉体構造（改造設計）

と同等の耐食性があるため、軽量化（普通鋼を主要構造部材にした場合との質量比率：約75%）による開閉荷重の低減と、塗装を省略することによる維持管理性の向上及びLCC（ライフサイクルコスト）の縮減を図った。

d) 予備動力の電動化

既設開閉装置には電源喪失時に備え、予備動力としてディーゼルエンジンを設けている。エンジンによるゲート操作は、エンジン始動、動力源及び開閉方向の切替え等を全て機側手動操作にて行うもので、操作者が注意点を含めて習熟する必要があり操作性の面で課題があった。

改造設計では、予備動力をエンジンから予備電動機に変更することで、機側での作業は主・予備電動機の切替えのみとし、予備動力使用時にも遠方操作を可能にした。

また、電源については、オリフィスゲート用の既設予備発電機からクレストゲートへも給電できるように改造を行い、バックアップ機能を強化した。これにより電動機の故障、電源の喪失どちらにも対応可能な設備構成と

し、操作性及び信頼性の向上を図った。
改造の概要について図-6に示す。

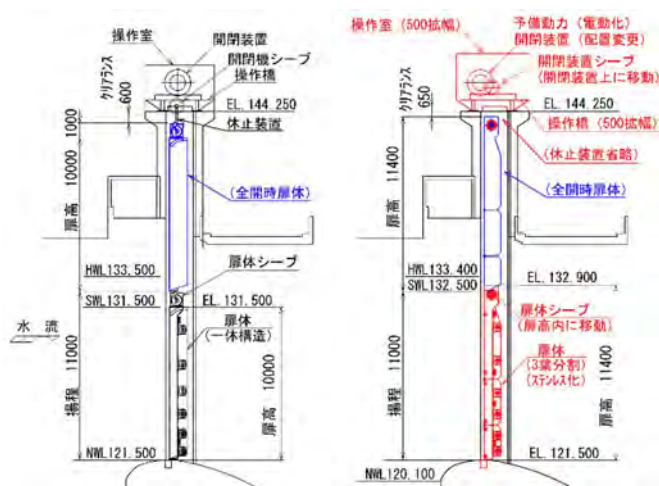


図-6 改造概要図

め、洪水期中でも残せるように放流に支障のない配置とした。図-7に仮締切計画図を示す。

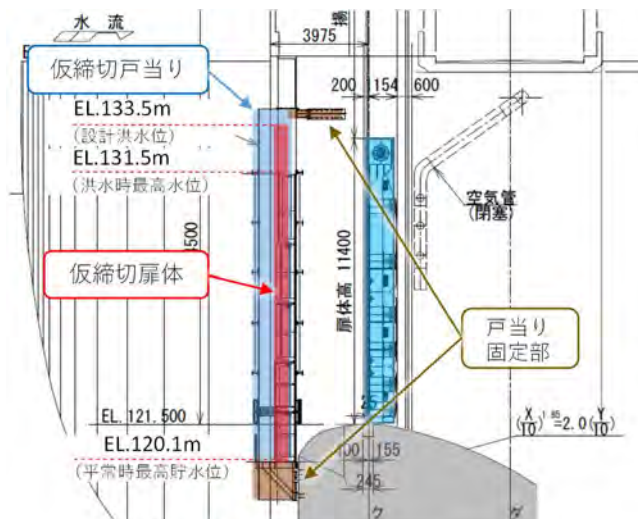


図-7 仮締切計画図

3. 施工計画

(1) 施工手順及び工期短縮

概略検討では、扉体と開閉装置を同時に施工した場合は非洪水期内（8.3ヶ月）に余裕がなかったため、1年目に門柱の嵩上げ、開閉装置更新（約6.9ヶ月）、2年目に扉体、戸当り更新（約7.7ヶ月）を施工する手順としていた。開閉装置更新を先行する手順では、翌年の扉体更新まで、既設の扉体を操作させるための開閉能力が必要となる課題があった。

改造設計では、門柱の嵩上げを省略(2.6ヶ月/門短縮)することが可能となり、扉体の3葉分割（1.3ヶ月/門短縮）によって、1年目に戸当り（約6.1ヶ月/門）、2年目に扉体と開閉装置を同時施工（約5.9ヶ月/門）することで、非洪水期内に約2ヶ月の余裕を生み出し、工程上のバッファを確保することができた。

(2) 仮締切

管理業務における従来のゲート整備工事では、クレストゲート敷高が平常時最高貯水位より高い位置にあるため、貯水位の影響を受けずに施工可能であること、施工期間が1～2ヶ月と短期間であることから、仮締切を設けての施工は行っていなかった。

本工事の実施にあたっては、扉体、戸当りの更新を行うため、ゲート機能を維持できない状態が長期間に渡る。また、異常気象が常態化する中で非洪水期に限定しての工事であっても洪水発生リスクを伴うことから、仮締切を設けて施工を行う計画とした。

仮締切の上端標高は、施設管理規程に基づく操作を可能とするため設計洪水位（EL.133.50m）とした。

また、仮締切は洪水期に一旦撤去するが、戸当り固定用のアンカーは、同じ場所に打ち直すことが出来ない

(3) クレーン配置計画

本工事で使用する主要なクレーンは、天端橋梁への影響を考慮して橋梁を跨いで配置可能な規格を選定するとともに、道路の一般利用に配慮し休日及び早朝夜間は通行止めを解除できるように、自走可能な70tラフテレーンクレーンによる計画とした。

4. コスト縮減

改造設計では、ゲート部における既存不適格の解消、既設構造物への影響を考慮するとともに、維持管理の負担軽減及び施工性の向上を図るため、設備全般にわたり見直しを行った。

その結果、門柱の嵩上げを省略することによる工事費の縮減、扉体等のステンレス化による開閉能力の最適化及び塗替塗装の省略によるLCCの縮減を行い、約2.7億円のコスト縮減を図った。

5. まとめ

寺内ダム再生事業は既存施設を有効利用し治水機能を向上することを目的としており、そのためにクレストゲートの改造を行うものである。改造設計では、設備全般にわたり構造及び配置の見直しを行い、既設構造物への影響軽減、維持管理の負担軽減、コスト縮減を図るとともに、確実な施工計画を策定した。

今後各現場で行われるゲート改造においても、本稿が参考となり、既設の設計思想を踏襲しつつも、積極的な構造の見直しを行ない、より良い再生事業となることを期待するものである。

「開通後10年を経過した東九州自動車道等のメンテナンスから見る現状と課題」

原 悠大¹ 今村直人²

¹九州地方整備局 延岡河川国道事務所 道路管理課 (〒882-0803 宮崎県延岡市大貫町1丁目2889)

²九州地方整備局 延岡河川国道事務所 道路管理課 (〒882-0803 宮崎県延岡市大貫町1丁目2889)

開通後10年を経過した東九州自動車道等の道路施設（橋梁・トンネル・附属物）について、点検2巡目を経て見えてきた各道路施設の損傷等の現状、維持管理や施工時留意点等の課題を本論文で抽出する。定期点検結果を基に各道路施設の代表的な損傷を挙げて進行性の有無や損傷原因の推定を行い、道路施設をいかに長寿命化させて円滑な交通を確保するかについて、メンテナンス手法や建設時留意点の観点から現状と課題を記述するものである。

キーワード：東九州自動車道，道路施設（橋梁・トンネル等），損傷，メンテナンス，長寿命化

1. はじめに

東九州自動車道は、北九州市を起点とし、鹿児島市に至る全長436kmの自動車専用道路です。延岡河川国道事務所で管理する東九州自動車道は、佐伯IC～延岡南IC間66km。開通により陸上交通及び海上交通拠点として高速交通ネットワークの形成，延岡市街地の交通混雑緩和，被災時の代替ルート機能，産業や観光の発展，緊急輸送道路としての位置づけなど重要な役割を担う路線である。



図-1 東九州自動車道位置図

東九州自動車道および九州中央自動車道（以下、東九州道等）の路線中に橋梁は92橋、トンネルは43箇所、附属物は約11,600基建設されており、開通後10年が経過して各構造物の2巡目の定期点検を経て見えてきた損傷の特徴や進行等の現状、その原因をとりまとめ、構造物をいかに長寿命化させて円滑な交通を確保するかについて

維持管理手法や建設時留意点，維持管理費用等の面から現状と課題を記述する。平成24年の笹子トンネル天井板落下事故以降、道路法の改正・点検基準の法定化があり定期点検が5年を1度実施している。延岡河川国道事務所では、各構造物の点検計画一覧表を作成して管理を行っている。2巡目の点検結果から各構造物の損傷状況及び健全度を分析し、構造特性に伴う損傷の発生原因と環境による進行状況、施工時条件による初期損傷の発生原因等を具体的に考察する。

2. 橋梁における損傷特性と維持管理

(1) 橋梁における損傷の特徴

東九州道等の橋梁点検で確認される代表的な損傷はコンクリートの「ひびわれ」・「うき」，鋼桁端部の「腐食」，舗装の「路面の凹凸」，伸縮装置からの「漏水」である。コンクリートのひびわれは，建設当初に乾燥収縮・温度変化により発生したものが進展しているものも確認されている。

「うき」は鉄筋の被り不足やひびわれからの水分浸透等によって発生することが多いが，東九州道等では鋼床板箱桁のコンクリート壁高欄目地帯で見られたうきが特徴的であった。この損傷は，鋼桁とコンクリート部材の線膨張係数の違いによる伸縮差の影響や，壁高欄内に埋設されている添架施設変形の影響等で発生したうきであると推測され，第三者被害が想定される箇所でのうきも

見られた。他にはコンクリート打設時のPコン後埋め部のうきや剥離が多く見られた。



写真-1 特徴的な鋼床版箱桁壁高欄のうき

鋼桁端部の「腐食」は、伸縮装置の止水機能劣化による漏水や、滞水しやすい箇所や部材で多く見られる。

「路面の凹凸」は、伸縮装置（橋台背面）で見られることが多い。伸縮装置通過時の車両の衝撃による舗装の劣化、背面土砂の沈下等が原因と考えられる。ポータルラーメンの橋台背面（踏み掛け版境界部）で舗装ひびわれが見られる橋梁もあり、背面盛土沈下や車両通行時振動、ラーメン構造の伸縮が舗装のひびわれに影響しているものと推測する。



写真-2 橋台背面の舗装ひびわれ（ポータルラーメン）

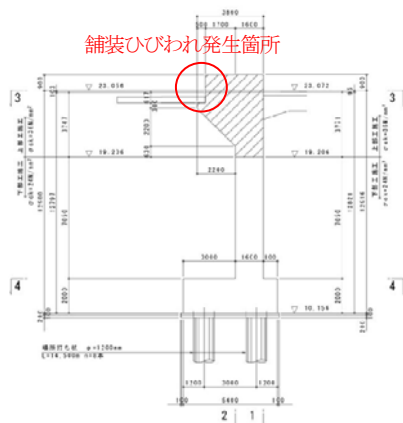


図-2 損傷部（舗装ひびわれ）構造

(2) 橋梁における健全度分析

東九州道の橋梁は令和6年度現在で健全度「Ⅰ」が

78%（73橋）、「Ⅱ」が22%（21橋）であり、現段階では「Ⅲ」の橋梁は見られない。

表-1 橋梁の健全度分類

健全度		I	II	III	IV	橋梁数計
橋梁数	R5	20	5	0	0	25
	R4	12	3	0	0	15
	R3	20	8	0	0	28
	R2	13	5	0	0	18
	R1	6	0	0	0	6
合計		71	21	0	0	92
割合		77.2%	22.8%	0.0%	0.0%	

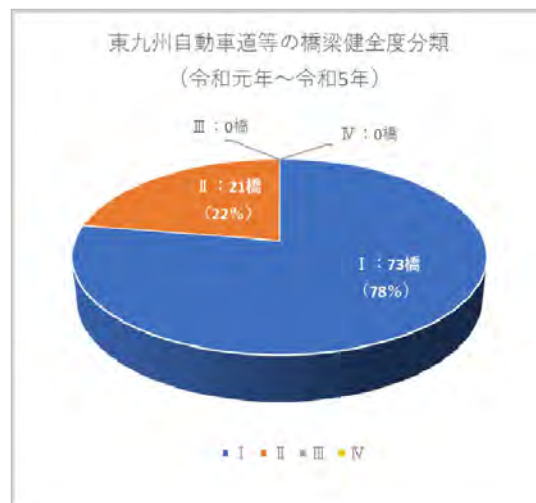


図-3 橋梁健全度分類

(3) 橋梁における維持管理の課題と想定される対策

東九州道等の橋梁は比較的健全であると言えるが、漏水によって「ひびわれ」からの浸水による内部鉄筋腐食や、鋼材の「腐食」が急激に進行する可能性は十分に考えられる。

これらの橋梁の損傷が進行するとⅢ判定以上が急激に増加することが考えられ、これらをいかに分散させて橋梁を保守するかが維持管理上の課題である。補修工事が集中しないよう「Ⅱ判定」の段階から第三者被害や劣化予測等を適切に考慮した計画的な補修計画策定を行うことが必要である。東九州道等の橋梁ではⅡ判定の大規模橋梁4橋で塗装やひびわれ補修等の補修工事が実施されており、前回点検の健全度「Ⅱ」が「Ⅰ」となっている。想定される損傷毎の対策を次に示す。

- ・ひびわれ：劣化因子遮断の為のひびわれ注入
- ・うき：断面修復、剥落防止対策
- ・鋼材腐食：伸縮装置の二次止水メンテナンス
- ・路面凹凸：定期的な舗装修繕、ひびわれ抑制シーートの施工等

また、近年多発している豪雨災害等に対して東九州道等の橋梁は河川を跨ぐ橋梁も多数あり、5年に1度の定期点検で実施している洗掘調査に加え、出水後の洗掘調査実施等、適切な時期に調査実施することも必要と考える。下部工の移動を点検支援技術のモニタリング技術併用なども洗掘被害を防止するためには有用な手段である。

3. トンネルにおける損傷特性と維持管理

(1) トンネルにおける損傷の特徴

東九州道等のトンネル点検で確認される代表的な損傷は「ひびわれ」である。東九州道等で多く施工されているNATM工法のトンネルでは、施工（養生）時の気温条件や乾燥収縮等によりひびわれが発生することがある。施工管理基準上は問題ないものの、経年の寒暖繰り返しによる構造伸縮によりひびわれ沿いのうきが発生し、損傷が進行するとコンクリート片落下による第三者被害が懸念される。

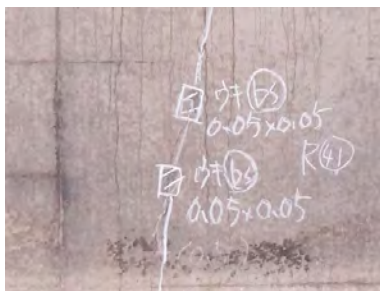


写真-3 トンネル覆工のひびわれ，うき

(2) トンネルにおける健全度分析

東九州道等のトンネルは令和6年度現在で健全度「Ⅱ」が95.4%（41箇所）、「Ⅰ」が2.3%（1箇所）であり、現段階では「Ⅲ」が2.3%（1箇所）である。令和元年にⅢ判定となっていたトンネルではコンクリート片の剥落に対して恒久対策（FRPメッシュシート）が施工され、令和6年度に「Ⅱ」判定に変更されている。

※Ⅲ判定となった部分のみ補修し、Ⅱ判定となった部分は未補修である。

表-2 トンネルの健全度分類（R2～R6）

健全度		I	II	III	IV	トンネル数計
トンネル数	R6	0	14	0	0	14
	R5	0	7	0	0	7
	R4	0	11	0	0	11
	R3	1	5	0	0	6
	R2	0	4	1	0	5
	合計	1	41	1	0	43
割合		2.3%	95.4%	2.3%	0.0%	



図-4 トンネル健全度分類（R2～R6）

(3) トンネルにおける維持管理の課題と想定される対策

東九州道等のトンネルでは、ひびわれ沿いのうきや横断目地部のうきで「Ⅱ」の健全度評価となっているものがほとんどである。今後、ひびわれ沿いや目地部のうきが経年劣化により増えてきたときに、Ⅲ判定以上が急激に増加することが考えられ、それをいかに分散させてトンネルを保守していくかが維持管理の課題である。

ひびわれが多いトンネルと少ないトンネルの施工時条件について比較したところ、養生時期や養生方法に違いがあり外気とコンクリートの接触が少くなる養生方法（急激な温度変化が少ない工法）においてひびわれが少なくなる傾向であることが判明した。アーチ天端やアーチ肩部に見られるトンネル軸方向のひびわれは養生時の温度変化によって発生したものと推測される。



【参考】養生台車による密閉養生

写真-4 【参考】トンネル養生方法の例

トンネル建設時の留意点としては、初期ひびわれ発生に関してコンクリート打設時の急激な温度変化が影響する可能性が高く、養生方法等の工夫を講じて初期ひびわ

れをいかに抑制することができるかが挙げられる。初期ひびわれの発生を抑制することも、ひびわれ沿いのうきの増加を想定したときに、トンネルの長寿命化対策として有効な方法である。

東九州道等のトンネルでは、Ⅱ判定のうちほとんどで「Ⅱa」（重点的な監視および予防保全の観点から計画的な対策を必要とする状態）となっており、2～3年の頻度で重点監視を実施して損傷の進行を確認し、適切な対策を計画する必要がある。

今後の補修は、増加していくひびわれ沿いのうきに対する落下防止の恒久対策（FRPメッシュシート等）の実施を計画的に行うことが必要となってくる。また、覆工背面の防水シート不具合による漏水については、豪雨による地下水位上昇時に稀に確認されているため、導水工の設置等で路面への滞水防止対策が必要となる。

4. 道路附属物における損傷特性と維持管理

(1) 道路附属物における損傷の特徴

東九州道等の道路附属物点検では軽微な腐食は見られるものの、ほとんどの施設が健全な状態である。一般的な道路附属物では、鋼材の腐食やボルトの緩み、基部コンクリートのひびわれ等が多く見られる損傷である。

滞水しやすいボルト部や引き込み線バンド部、支柱内滞水による柱内部の腐食などは、今後損傷が進行する可能性は十分に考えられる。また、ボルトの緩みは会いマークが施工され、緩みが無い状態であることが確認されているが、通行車両や風による振動によりボルトの緩みが発生する可能性も考えられる。

(2) 道路附属物維持管理の課題と対策

道路附属物の損傷は、定期的な点検を行い適切な管理を行うことに加え、柱基部の滞水を防ぐために基礎部に勾配を設ける等、損傷を進行させないための工夫も施設の長寿命化対策として重要となってくる。東九州道等では沿岸部に位置する施設も見られ、凍結防止剤の散布区間もあることから、通常の定期点検に加えて塩分量測定等による腐食環境把握も維持管理を行う上で有効な手段であると考ええる。

また、維持管理という面においては、山間部を通過する東九州道等はトンネル区間が多く、トンネル等照明の電気代等の維持管理費の問題も継続的に発生する課題である。国土交通省が推進する「再生可能エネルギーの利

活用（太陽光・風力・バイオマス等）」を取り入れてコスト削減を図ることも効率的な維持管理を行う上で有効な対策である。ただし、それを活用するために必要な費用が新たに発生するため、今後イニシャルコスト・ランニングコストを考慮して将来的なコスト削減を達成する計画を立案していくことも課題解決対策として有効と考える。

5. 今後のメンテナンスに対する課題

東九州道等構造物の現状は、国道10号等の比較的古い施設と比べて健全な状態ではあるが、開通後10年が経過した現在で鋼材の腐食や、コンクリートのひびわれが進行している施設も見受けられる。早期対策が必要な「Ⅲ」を急激に増やさないための適切な補修工事を実施していくには、将来的な損傷進行を見据えたメンテナンスサイクルを回していくことが必要となる。部材の構造特性や耐荷・耐久性能を把握したうえで、損傷の要因排除対策や損傷進行の抑制対策を部材に応じて選定し、予防保全的な措置を実施していくことが長寿命化に繋がると考える。

また、東九州道等は自動車専用道路であり、頻繁に交通規制を行うことは困難であるため、施設の機能を確保するために補修工事や維持工事を年1～2回のリフレッシュ工事期間で計画的に実施していくこともメンテナンスを行っていく上で重要である。

①予防保全型補修設計及び工事の予算確保、②電気代等のランニングコストの削減、③計画的なメンテナンス時期確保のための関係機関調整をいかに行っていくかが継続的な課題である。

6. 参考文献の引用とリスト

参考文献

- 1) 「東九州自動車道「佐伯-延岡」間の整備と地域の乗組み」佐伯河川国道事務所 2014.3
- 2) 「東九州道 佐伯-延岡南」リーフレット
延岡河川国道事務所 2017年
- 3) 「東九州道・九州中央道の開通効果について」
延岡河川国道事務所 2018年頃
- 4) 業務成果品（2020年～2024年）

大野川大津留地区における 河床低下対策について

我部 琉政¹・一二三 諒²・高瀬 智³

^{1,3}九州地方整備局 大分河川国道事務所 工務第一課 (〒870-0820 大分県大分市西大道1丁目1-71)

²九州地方整備局 大分河川国道事務所 流域治水課 (〒870-0820 大分県大分市西大道1丁目1-71) .

大野川の大津留地区は、湾曲外岸側の局所洗掘浸食や河岸侵食の拡大を抑制するため、ベーン工による対策を実施していた。基準地点白滝橋において観測史上最大流量を観測した平成28年9月洪水後の調査において、河床低下の進行および一部ベーン工の損壊が確認された。

ベーン工設置以降の経年的な効果等を検証するため、一般座標系準三次元解析を実施して分析・評価した結果、設置当時と比較して低水路変化や外力の増大等の要因でベーン工の洗掘抑制効果が低下していることが分かった。気候変動による外力の増大・頻発化が懸念される状況下において、大津留地区の河床低下を抑制する抜本的な対策実施が急務である。本論文では、ベーン工に変わる河床低下対策の内容とその効果検証結果、および現在の対応状況について報告する。

キーワード 大野川、気候変動、河床低下対策、ベーン工、河床変動解析

1. はじめに

大野川は、大分県南西部を流下し、県都大分市を貫流した後、別府湾に注ぐ一級河川である。令和5年12月に、気候変動による降雨量の増加を踏まえた河川整備基本方針の見直しを行い、基準地点白滝橋の計画高水流量をこれまでの $9,500\text{m}^3/\text{s}$ から $11,100\text{m}^3/\text{s}$ と変更し、下流で本川 $9,700\text{m}^3/\text{s}$ 、派川乙津川 $1,500\text{m}^3/\text{s}$ とした。

本論で対象とする大津留地区は、図-1に示すように直角に湾曲する法線形状となっており、昭和18年に決壊した箇所でもある。河道管理を行っていたものの、河床低下が著しく進行したため、平成5、6年に局所洗掘対策として35基のベーン工を設置した。その後、平成29年9月台風18号出水により白滝橋地点で当時の計画高水流量を超過する観測史上最大の $9,981\text{m}^3/\text{s}$ を記録する出水が発生し、当該地区の水衝部では、河床低下の進行およびベーン工の一部破損が確認された。

ベーン工は、河道の変化や複数の流量規模を考慮した数値解析で効果を検証して学識者へ報告・確認し、現時点も一定の効果が発現されているが、相次ぐ洪水により河道形状が変化し、建設当初に期待した効果が減少していることを確認した。本論では、ベーン工に変わる局所洗掘対策の内容とその効果検証結果、および現在の対応状況について報告するものである。

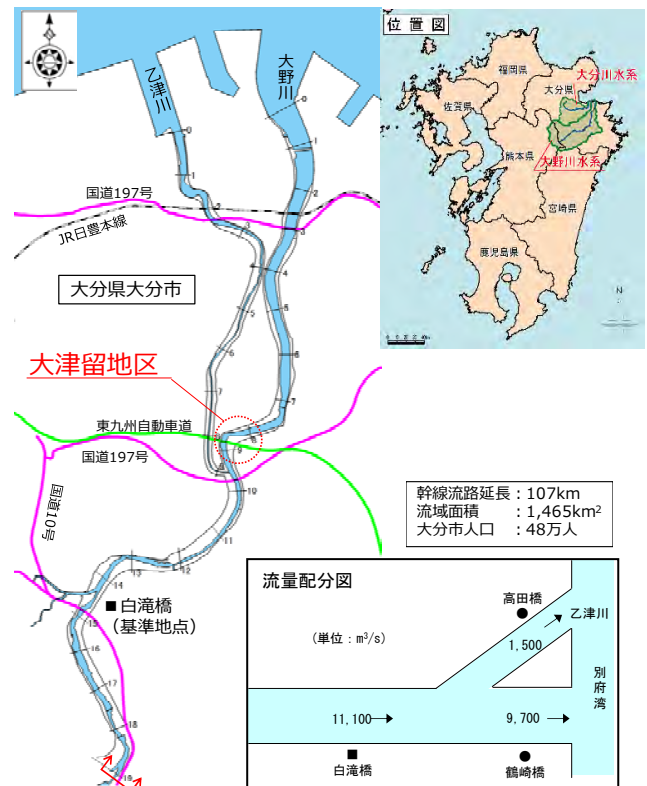


図-1 大野川の概要

2. 大津留地区のベーン工設計の概要

河道湾曲部では、主に遠心力に起因する二次流によって外岸側で河床洗掘が生じる。ベーン工は、大規模な二次流の生成を弱めることで、外岸側の河床洗掘および河岸侵食の抑制効果を期待する翼板状の構造物である。

当該地区のベーン工は、図-2に示すように湾曲部の水衝部となる8k400～8k600左岸の局所洗掘を軽減することを目的に設置されている。上流区間のベーン工は水衝部区間のベーン工が有効に機能するように主流線を誘導するガイドベーンの役割を持たせ、下流区間のベーン工はベーン工の設置によって新たな水衝部が生じるのを防ぐ目的で施工されている（図-3）。

平成29年9月出水後に実施した潜水調査では、深掘れが進行している箇所（No.15, No.16）は図-4のように破損している状況であった。

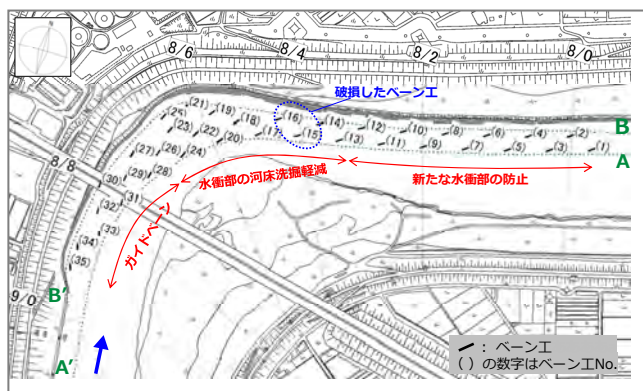


図-2 ベーン工配置図

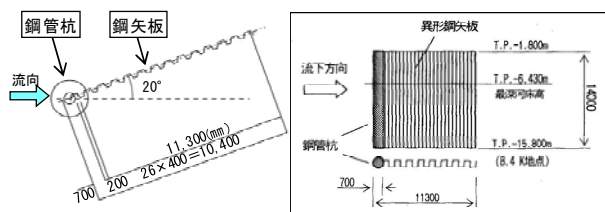


図-3 ベーン工の諸元

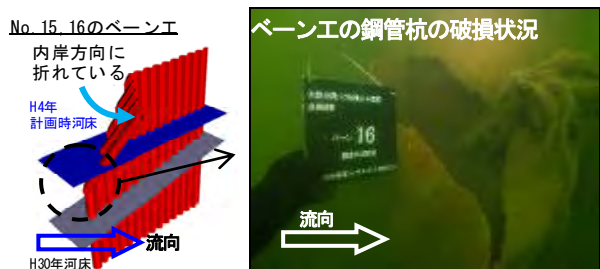


図-4 ベーン工の潜水調査結果（H29.9出水後）

3. 大津留地区の経年変化の分析

(1) 河床形状の変化

図-5に平成4年から平成30年までの経年的な河床高の

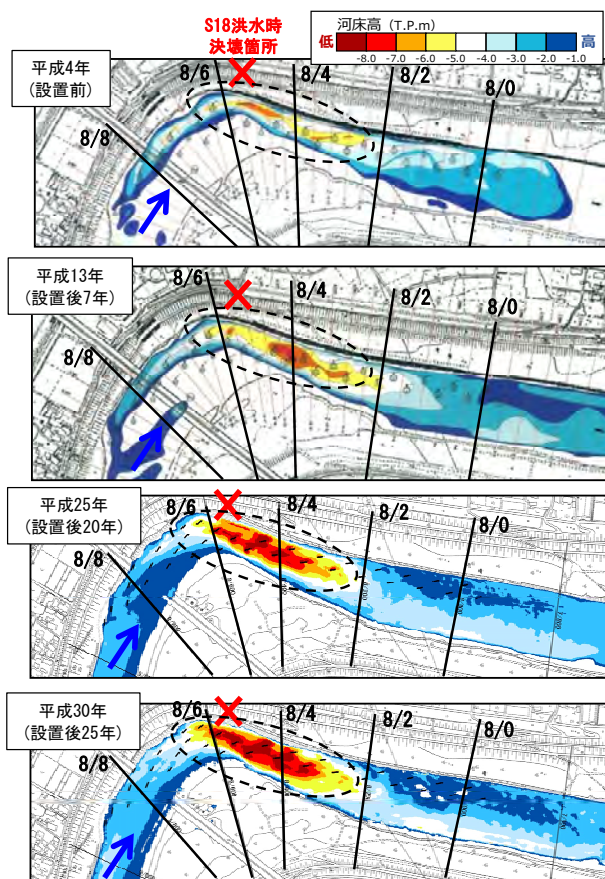


図-5 大津留地区の河床高の変遷

変化を示す。平成4年から平成13年には、8k400付近で洗掘が進行しているが、その上下流の河岸際は洗掘が軽減されている。その後の平成25年、平成30年では8k400から上流方向に洗掘が進行、拡大しており、現在では昭和18年出水時の堤防決壊箇所付近まで深掘れが進行している状況である。このため、設計時は約1,800m³/sであった低水路満杯相当流量が、現況では約3,000m³/sへと増加している。このことから、経年的に低水路の深掘れが進行、拡大し、ベーン工の洗掘抑制効果は徐々に低減している状況であると考えられる。

(2) 低水路満杯流量時の流況の変化

大津留地区を対象とした準三次元解析を実施し、平成6年ベーン工施工時河道と平成30年現況河道を対象とした流況より、ベーン工の効果を検証した。

検証流量は、設計時（SG3河道）の低水路満杯流量（1,800m³/s）とH30河道の低水路満杯流量（3,000m³/s）とした（図-6）。

深掘れ箇所はT.P.-10.6m程度まで局所洗掘が進行しており、ベーン工設計時の予想局所洗掘深のT.P.-8.8m以上となっている。最深河床高は設計時から約4m低下し、予想局所洗掘深を下回る。

図-7、図-8に各時点における低水路満杯流量が流下した場合の底面流速コンター図を示す。H30現況河道では、H6施工時河道と比較して外岸部の流速が増加しており、

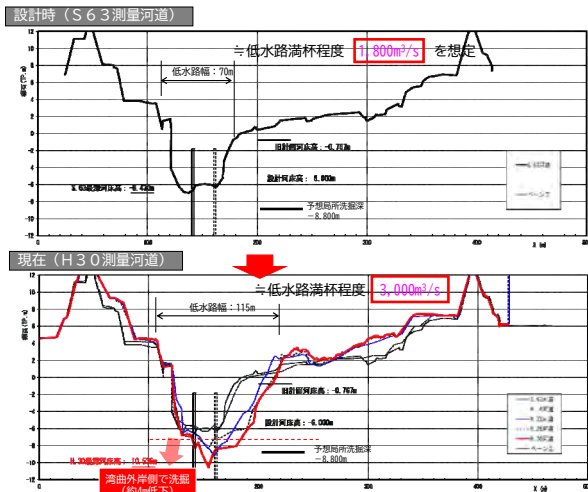


図-6 8k600横断形状の経年変化

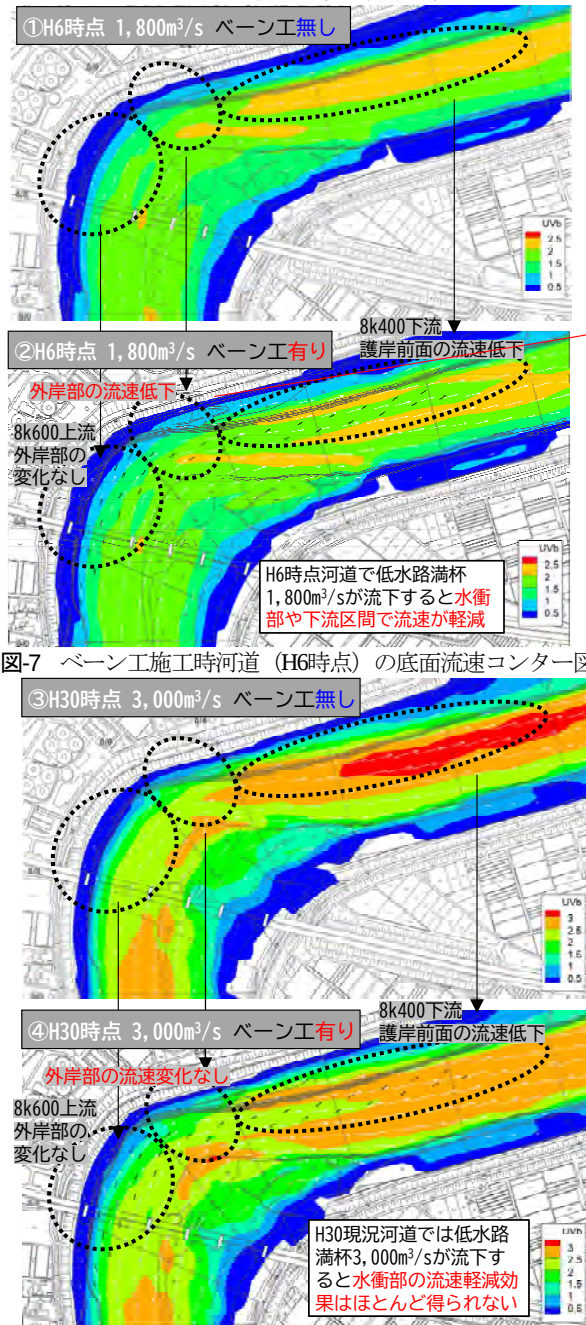


図-8 現況河道河道 (H30時点) の底面流速コンター図

現状では、ベーン工の効果が限定的となっている状況が確認された。

4. 大津留地区の対策内容

河床低下要因の推定結果より、大津留地区の河道安定化対策として下記の2ケースを比較し、総合的に高水敷造成案が有効と判断した。

- ① 高水敷造成案：左岸側の法線是正（高水敷前出し）、局所洗掘範囲の河床埋戻しおよび右岸側の砂州掘削により流況を是正する
- ② ベーン工再配置案：ベーン工の設置数はH5設置当初14m×35基であったが、現状の断面が当時と変化しており低水路満杯流量が約1,800m³/sから約3,000m³/sに増加したため、現況河道に対して再配置を検討すると、24m×50基が必要（現状のベーンは長さが不足するため、撤去後、新設）

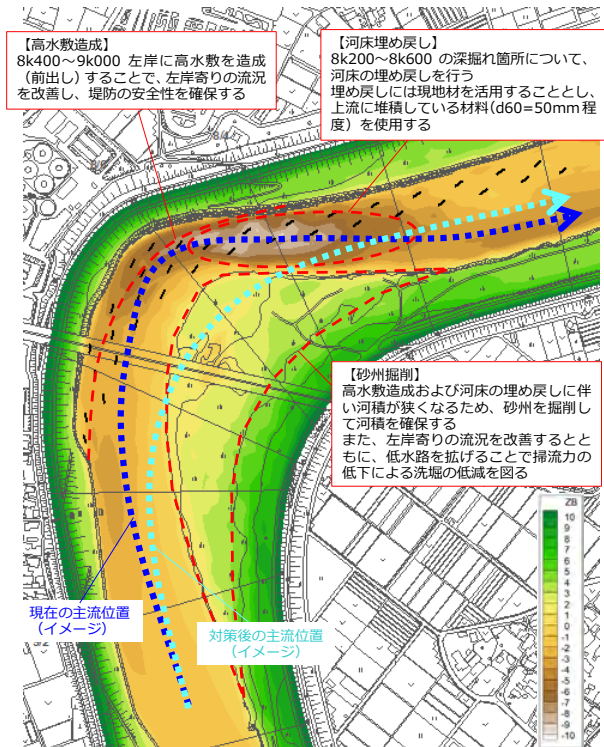


図-9 高水敷造成案のイメージ

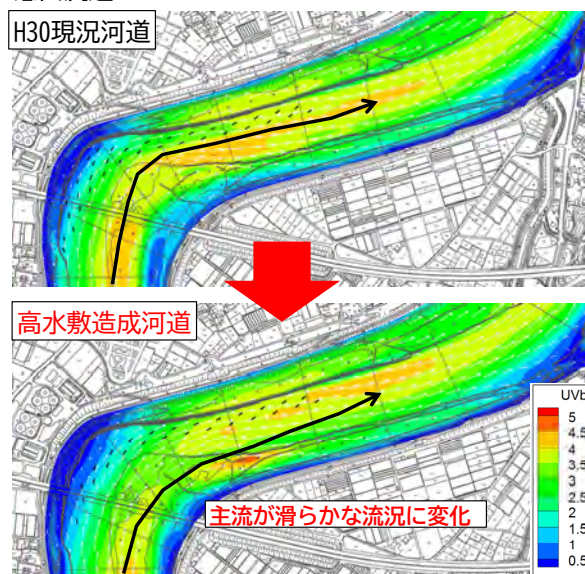
高水敷造成案は、単断面～複断面の遷移区間で発生する偏流を解消するため、左岸に高水敷を造成し、一連で複断面化を図るものである。また、主流が外岸部に寄っているため、内岸部の砂州を掘削する。

対策案の効果を検証するため、計画高水流量を対象とした流況および河床変動解析を実施した。図-10の解析結果より、以下のとおり対策効果が確認できた。

- ・主流が滑らかな流況に変化し、湾曲外岸部の高流速発生が抑制される

- ・湾曲部の強い洗掘傾向が軽減し、外岸際の局所洗掘が解消する

《底面流速》



《河床変動量》

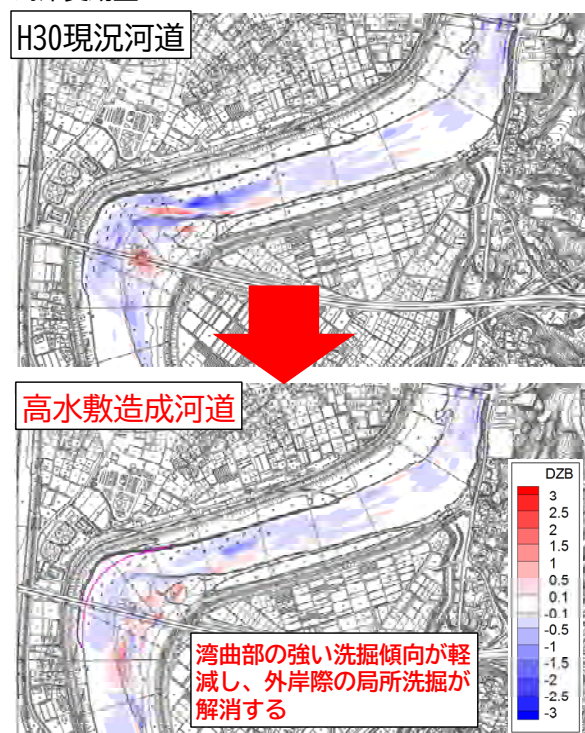


図-10 高水敷造成案の効果

5. 大津留地区の現状

令和2年度より洪水時の偏流を抑制し、河床低下を防止するための対策として左岸側の高水敷造成および右岸側の砂州掘削を実施している。なお、掘削においては、水際で確認されていたウミホソチビゴミムシ等の重要種を保全するため、有識者の助言のもと段階施工を実施している。これは、内側を先行して掘削し、保全対象種の移動を確認後、外側の掘削を実施するものである



図-11 重要種を保全するための段階的な施工

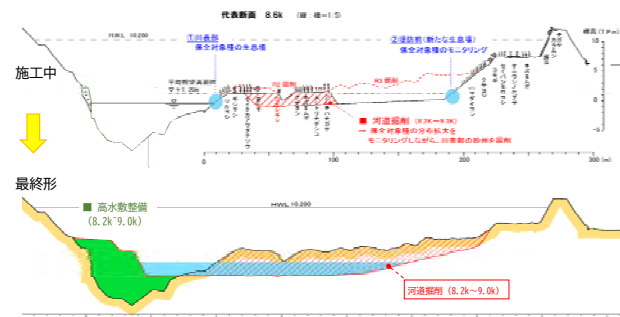


図-12 環境に配慮した施工断面

6. まとめ

大野川大津留地区では、これまで種々の対策を実施していたにもかかわらず、経年的に河床低下が進行し、管理施設の損壊や堤防決壊のリスクが高まっていた。

本報では、観測史上最大流量となった平成29年9月出水を契機に実施した現地調査や洪水時の流況・河床変動解析等の調査・検討で、既往対策の効果や洗掘要因を明らかにし、その要因を踏まえた抜本的な対応策を立案して施工に至った過程、および施工状況について報告した。

今後も、施工にあたっては、重要種の保全等に留意して事業を実施するとともに、持続可能な河道管理につながるモニタリング計画を立案・実施に努めていきたい。

流域治水の自分事化 「防災まち歩き地域ワーキング」の取り組みについて

星子 智明¹・古賀 智裕¹・諸藤 明子¹

¹九州地方整備局 菊池川河川事務所 流域治水課 (〒861-0501 熊本県山鹿市山鹿178)

菊池川水系菊池川における流域治水の自分事化の取り組みの一環として2024年に実施した「防災まち歩き地域ワーキング」について、その成果、今後の展望について報告する。

キーワード 菊池川, 防災, 流域治水, 自分事化

1. はじめに

近年、豪雨や台風等により日本全国各地において浸水被害が多発している。1時間降水量50mm以上の大雨の頻度は、約40年前と比較し約1.5倍に増加しており、今後も地球規模での気候変動により平均気温が2℃上昇した場合、洪水発生頻度は約2倍になると想定されている。

頻発する洪水への備えとして、河川管理者による河川区域の整備だけでなく、森林や山間部の集水域や、都市部等の氾濫域も含め一つの流域として捉え、国や県・市町村、企業、住民等流域に関わるあらゆる関係者が協働して水災害への対策を行う流域治水が求められている。そのためには、一人ひとりが日頃から防災・減災の観点を組み込んだ意識・行動をとる必要がある。

今回取り上げる「防災まち歩き地域ワーキング」は、水災害が自分に関係ある課題であると認知し、水災害と自分との関わり、対策に関する理解を深め、実際の取り組みに繋げ、それを他者へ波及させていくという『流域治水の自分事化』の実践である(図-1)。



図-1 流域治水の自分事化

2. 菊池川流域における流域治水の自分事化について

菊池川流域の河川管理者、自治体及び関係する機関で

構成している菊池川流域治水協議会では、「水災害の自分事化」と流域に視野を広げることを目標に、毎年度様々な取り組み計画を掲げており、今回取り上げる「防災まち歩き地域ワーキング」は、自分だけでなくみんなのためにも水災害を自分事と捉えることを促し、水災害対策のための行動を誘発させるために、避難の重要性や避難時の注意点等の啓発活動として実施した(図-2)。



図-2 菊池川流域における自分事化の取り組み計画

3. 菊池川およびその流域について

菊池川は、その源を熊本県阿蘇市深葉(標高1,041m)に発し、阿蘇外輪山の溪流を集めて流下し、迫間川、合志川、岩野川等の支川と合流した後、菊鹿盆地を貫流し山間部を流下し、玉名平野に出て木葉川及び繁根木川等を合わせ有明海に注ぐ流域面積996km²、幹川流路延長71kmを有する熊本県最北端の一級河川である。

流域には上流部に菊池市、中流部に山鹿市、下流部に玉名市という主要都市を有しており、流域の約70%が山地、約26%が水田や畑地等の農地、約4%が宅地等の市

街地となっている。沿川には、九州縦貫自動車道、国道3号、国道208号、JR鹿児島本線、九州新幹線が通っている。菊鹿盆地や玉名平野では昔から米どころとして栄え、スイカやメロンは国内有数の産地としても有名である。植木温泉や平山温泉、玉名温泉などは温泉地としても名高く、観光資源に恵まれた地域でもある（図-3）。



図-3 菊池川水系流域図

4. 菊池川流域の浸水リスクとその対策について

菊池川流域では、菊池市や山鹿市、玉名市の各市街部が沿川に位置しており（図-4）、過去幾度もの浸水被害が発生し、順次河川改修事業を進めてきているが、今後の気候変動による大雨に備えたハード整備を行うには多額の予算と時間が必要となる。したがってハード整備だけでは防ぎきれない浸水被害から沿川住民が自ら身を守るための避難行動といったソフト対策の取り組みが必要である。



図-4 菊池川水系浸水想定区域図

5. 山鹿市について

菊池川の中流部に位置する山鹿市は、「豊前街道」が

通っており温泉も湧出するため、昔から「湯のまち山鹿」と称され宿場町として栄えてきた。また米文化が代々受け継がれ酒蔵や麴屋が現在も商いを営んでおり、観光地としても人気のある街並みが残されつつ、九州を縦断する主要国道3号が付近を通っている。しかしながら山鹿市は菊鹿盆地内に位置し、複数の支川が合流する箇所でもあることから市街部が3.0m～5.0mの浸水想定区域となっている（図-5）。

そのような状況から山鹿市を流域治水モデル地区に指定し、2022年より流域治水に関する課題の共有や対策案等の議論など取り組みを推進してきた。「防災まち歩き地域ワーキング」はその取り組みのひとつであり、市街部から徒歩圏内である山鹿市宗方地区で開催した。



図-5 山鹿市周辺の浸水想定区域図

6. 実施概要

本取り組みを実施するにあたり、山鹿市での勉強会、当該地区長への事前相談や調整を重ね、当該地区から市の指定避難所への避難経路となるまち歩きのルートを決めた（図-6）。まち歩きだけでなく、その振り返りや意見交換、水害に関する講話を地区の公民館で行う時間も含めて約1時間半程度で終了する内容とした。

当日は、2歳の子どもから80代の高齢の方まで幅広い年代の20名以上の住民の方々をはじめ、山鹿市、熊本県、警察や消防、報道関係者も含め多数の参加があり2班編成で同じルートを時間差を設けて歩いた。



図-6 実施位置図

7. 実施の様子

(1) 浸水想定高さの確認

スタート地点は、当該地区の緊急避難場所になっている温泉旅館を設定し、そこでの浸水想定高さを標尺にて当該地区の浸水想定高さである3.0mから5.0mを示し（図-7）、建物の2階付近まで浸水する高さであることを実感してもらい、まち歩きがスタートした。



図-7 浸水想定高さの確認

(2) まち歩き中の雰囲気

まち歩き中は参加者全員が話しやすい雰囲気となるようスタッフが適宜声掛けや聴き取りを行いながら、避難経路を一緒に歩いた（図-8）。地域住民と寄り添いながら歩くことにより、各参加者が普段の生活では気づかないような防災に関する意見交換を自由に行うことができる雰囲気となっていた。



図-8 まち歩き中の様子

(3) まち歩き中の危険箇所

避難経路沿いに歩道との落差のある土地があり、草で覆われていた（図-9）。大雨で浸水しているときにはその境がわからず歩道から足を踏み外す危険が潜んでいた。

また、別の箇所では避難経路の傍を水路が通っており、その上部に大きな空洞があり、背丈の小さい子どもは水路に飲み込まれてしまう可能性のある危険な場所となっ

ていた（図-10）。ここには開催後、山鹿市によって転落防止対策が施されている（図-11）。

これらの危険は日常では見過ごすようなところに存在しているが、参加者各自が自分の足で歩き、自分の目で確認することで、自分事と捉え、その場で皆の認識により対策の行動へと繋がったといえる。



図-9 まち歩き中の危険箇所①



図-10 まち歩き中の危険箇所②



図-11 まち歩き中の危険箇所② 対策後

(4) まち歩き後の振り返り

まち歩きの後、ゴール地点である地区の公民館にて水害の話について説明を行い、当該地区にはポンプ場も設

置されているが、地形的特徴により浸水リスクが高い地区であることについて触れた（図-12）。

また、振り返りとしてまち歩きでの気づきや意見、過去の洪水時の記憶等を話し合った（図-13）。住民の方からは、昭和57年の洪水時にマンホールの隙間から水が溢れていた話や、救助艇で避難した話、よく浸水するスポット等が話題に上げられた。また地区内に最近完成した高層マンションを緊急避難場所として活用できないかといった具体的な意見も出ていた。

地区における過去の浸水時の経験を活かし、行政に頼るだけでなく、自分たちにできる対策を自ら考えての避難行動が、より主体的で実現可能な具体策へと進化していく過程が垣間見えた。

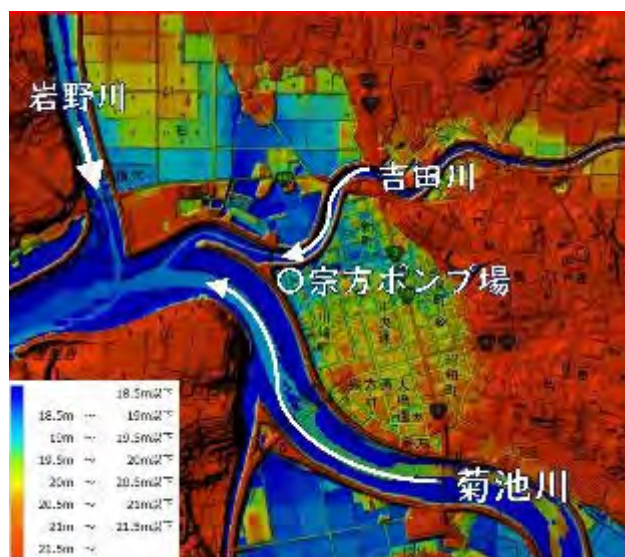


図-12 地区の地形的特徴による浸水リスク



図-13 まち歩き後の意見交換

8. 実施後のまとめ

まち歩き実施後、取り組みをまとめたニュースレター（図-14）を作成し、区長を通じて各戸に配布していた

だいた。また、参加者皆の気づきや意見を盛り込んで完成した地区オリジナルの防災マップ（図-15）は、地区の公民館に掲示していただいている。なお、当日の様子は後日県内のニュース番組内でテレビ放映された。



図-14 配布されたニュースレター



図-15 完成したオリジナル防災マップ

9. 今後の展望

この取り組みでは、ひとりひとりが「早め早めに自ら避難しよう」という主体的な行動や、地区として「何もなくよかった」といえるような防災活動へと繋がっていくことが期待される。今回のような「防災まち歩き地域ワーキング」を下流の市街地玉名市松木地区においても開催し、「まち歩きを他の地区にも広めてほしい」といった意見も出された。

今後もこのような取り組みが、流域の関係機関や地域住民と協働での開催、また防災教育での展開等により、流域全域かつ流域のあらゆる関係者の取り組みへと広がり、各地区における主体的な防災活動として発展し、流域治水の自分事化の進展に寄与するものと確信している。

大規模災害を想定した関係機関との合同訓練

西 晃希¹

¹九州地方整備局 宮崎河川国道事務所 防災課 (〒880-8523 宮崎市大工2丁目39番地)

本取り組みは近年激甚化・頻発化している災害に対し、災害時は関係機関が連携して対応することが求められている中、よりスムーズに連携して行動できるように国交省、地方自治体、民間企業の関係機関合同で防災訓練を行ったものである。

本取り組みを開催するにあたって、令和6年1月の能登半島沖地震で被災者の方々に給水活動を行った散水車に着目し、宮崎市上下水道局、西都市消防本部、小林市役所、西都児湯生コン事業協同組合、WASH株式会社にお声かけをして、散水車を使用した防災訓練を開催した。

キーワード 関係機関合同、散水車、防災訓練、

1. はじめに

令和6年1月の能登半島地震や同年9月の能登半島豪雨、令和7年2月の岩手県大船渡市大規模山林火災など近年水災害を初めあらゆる災害が激甚化・頻発化しており、今後は南海トラフ巨大地震や首都直下型地震などの大規模災害も懸念されている。

このような状況の中、災害時は関係機関が協力して災害対応に従事することが望まれる為、災害時にスムーズに連携して対応を行えるように、従来の単独の組織での防災訓練ではなく、関係機関合同での訓練を行った。

本論文では、関係機関合同での防災訓練の様子及び効果について報告するものである。

その後給水車から避難所等に設置されている組立式給水タンクに給水し、給水タンク及び散水車から給水袋を用いて、被災地での配布を想定した応急給水訓練を行った。訓練の流れを図一、写真一、写真二、写真三に示す。



図一 訓練図

2. 宮崎市上下水道局との合同訓練

関係機関合同訓練の第一歩として、まず宮崎市上下水道局との合同訓練を計画した。上下水道局の選定理由としては、お互いに能登半島地震への被災地支援として出動した経験があること、その経験から給水車単独で被災者の方等に給水すると時間がかかりすぎるという課題を感じ、給水活動の効率化に散水車を活用できないかと考えたことなどが挙げられる。

(1) 訓練内容

訓練内容は、まず宮崎市浄水場内の給水栓から当事務所所有散水車へ水道水の給水を行い、散水車から宮崎市上下水道局が保有する給水車へ給水した。



写真一 散水車への給水



写真二 給水車への給水



写真三 給水袋への給水

(2) 反省点及び工夫した点

本訓練での反省点として、給水栓から散水車に給水する際のホースの口が合わないことが判明し（散水車はネジ式、ホースは町野式）本番直前に接続金具を調達したことが挙げられる。調達した接続金具はその後予備品として散水車に搭載しているが、今後も様々な接続を考慮し、接続金具の種類を増やしていくなど対応を考慮していきたい。

また、本訓練の工夫点として、訓練中の職員同士の連絡手段にK-1を活用した。これにより連絡を密に取ることで、スムーズに訓練を進行することができた。

3. 西都市消防本部との合同訓練

関係機関合同訓練の二歩目として、西都市消防本部との合同訓練を企画した。本訓練では訓練の参加者として民間の西都児湯生コン事業協同組合にもお声かけをして

ご協力頂いた。選定理由として、大規模な山火事が発生し水利の確保が難しい場所での消火活動が求められた際、迅速且つ効果的な消火活動に当事務所の散水車が役に立てるのではないかと考えたこと、また、過去に西都市消防本部と西都児湯生コン事業協同組合の間で継続的な消火活動を行う為の訓練が行われた実績があり、散水車を使うことで「より」継続的な消火活動を行えるように消防車と散水車の連携を図る訓練を企画した為である。

(1) 訓練内容

訓練内容は、まず当事務所の散水車に給水した後、散水車から放水中の水槽付消防ポンプ自動車へ給水し、同時に簡易水槽を組み立てそこへ生コンクリート車が給水。その簡易水槽から消防ポンプ自動車へ給水し消火活動が続けるというものだった。

訓練の流れを図一2、写真一4、写真一5、写真一6に示す。



図一2 訓練図



写真一4 散水車への補水



写真一5 消防ポンプ車への補水



写真一6 簡易水槽への補水

(2) 反省点及び工夫した点

本訓練での工夫した点として、消防官の方から「できるだけ消火活動を給水の為に途切れさせたくない」との要望があったので、消火活動をしながら散水車から消防ポンプ車への給水活動を実現させたことが挙げられる。消防官の方と綿密にコミュニケーションを取り、水压を適宜調整することで切れ目のない消火活動を実現することができた。

4. 小林市役所との合同訓練

令和6年度最後の関係機関合同訓練として小林市役所との合同訓練を計画した。本訓練では災害時に被災者の方の洗濯を手がけておられるWASH株式会社さんにも協力して頂いた。選定理由としては能登半島地震などの災害現場のトイレ事情を鑑みた際、水道管が破裂等で使えなくなった時に散水車を使ってマンホールトイレの水を流すなど、上下水道の役割を補えないかと考え小林市の方にご相談した結果、長期避難生活を想定した訓練を開催することになった為、WASH株式会社

さんの洗濯車やマンホールトイレと散水車を使用した訓練を開催した。

(1) 訓練内容

訓練内容は、まず当事務所の散水車に小林市上下水道局湾津倉庫から給水を行い、小林市役所のマンホールトイレへ給水する。その後現場付近の消火栓から散水車に給水を行い、災害時用WASHハウス移動式ランドリー車へ給水し、洗濯までを行うというものだった。

訓練の流れを図一3、写真一7、写真一8に示す。



図一3 訓練図



写真一7 簡易水槽への補水



写真一8 災害時用WASHハウス移動式ランドリー車

(2) 反省点及び工夫した点

本訓練での反省点として、災害時用WASHハウス移動式ランドリー車へ給水する際にポリタンクへの給水という形だったので水圧が強めに設定してあって最初は給水しづらかったことが挙げられる。(写真-9)その後すぐに水圧を弱めることでスムーズに給水を行った。



写真-9 給水タンクへの補水

5. 今後の展望

今後の訓練の展望について、TKB⁹⁾を意識した訓練を行っていききたい。TKBとは、トイレ・キッチン・ベッドのことで災害関連死を防ぐ為の長期避難生活を考えると必要不可欠なもののことである。昨年度の訓練ではトイレや洗濯について訓練を行えたため、今後の訓練ではキッチンやベッドについて関係機関との訓練を企画等していきたい。

6. まとめ

合同訓練を実施したことにより、防災対応という観点から、自治体の防災担当者との顔の見える関係を構築できたという点、また、災害対策用機械である散水車の取り

扱いに習熟した点において一定以上の効果があったといえる。

また、広報活動という観点から見ても「初の官民合同防災訓練」と銘打って記者発表を行ったことでマスコミの方の注目を集め、大々的に報道していただいたため、地域住民の皆様をはじめ沢山の方により広く地方整備局の役割や活動について知って頂くことができたことは、大きな効果があったものと感じている。

総合して、今回の関係機関合同訓練は、実際の災害現場で連携した対応をより円滑に行えるようにすること、また、メディアに取り上げてもらうことで、より多くの方の防災意識向上に繋がる可能性も広がったので地方整備局の防災官庁としての役割を果たしたものと考えます。

今後も継続して訓練を行い、より幅広く災害に対応できるよう、関係機関や民間企業とも連携を図るとともに、多くの方に地方整備局の活動を知って頂くこと、また、地域住民の方々の防災意識の向上に繋がるよう、広報活動としても力を入れ、激甚化・頻発化する災害への備えを充実させていきたい。

謝辞：国土交通省宮崎河川国道事務所総括地域防災調整官堤氏（当時）、防災課地域支援係長後藤氏には企画立案、参加者取りまとめ、開催準備、関係者打合せ等多大な業務を中心となってお対応いただいた。併せて、当事務所との訓練にご参加頂いた関係団体の皆様及び本論文の執筆にあたりご指導頂いた皆様に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 東京都防災ホームページ：防災ブック「東京防災」

令和6年8月震度6弱を記録した日向灘沖地震に伴う落石災害からの復旧について

小藺 蒼空¹・入江 友和¹

¹九州地方整備局 宮崎河川国道事務所 日南国道維持出張所
(〒887-0022 宮崎県日南市上平野町3丁目8-1)

令和6年8月8日（木）16時42分頃、日向灘を震源とする地震が発生し、日南市で震度6弱を観測。この地震により、宮崎県日南市大字宮浦地区の国道220号で、斜面から落石が発生し全面通行止めを実施した。本稿では、地震発生から災害復旧までの一連の流れや今後の課題、反省点等について報告を行う。

キーワード 日向灘沖地震、落石、国道220号、南海トラフ地震臨時情報

1. はじめに

国道220号は、宮崎市を起点として、日南市、串間市を経て鹿児島県霧島市に至る延長約190kmの東九州南部における主要幹線道路である。国道220号の宮崎市折生迫から日南市風田間（延長32km）は、落石や土砂流出などの土砂災害が多発する区間となっており、降雨等で災害の恐れがある場合に、安全確保を図るため規制を随時実施してきた。その後、法面の防災対策やバイパス等の抜本対策の実施により、一部区間の指定解除や規制基準の緩和を行い、現在、宮崎市小内海～伊比井間（延長2.7km）、日南市宮浦～風田間（延長11.2km）の合計13.9kmを異常気象時事前通行規制区間に指定し、連続雨量170mmを超えた場合、通行止めを行っている。（図-1）

2. 落石災害の概要

(1) 地震発生時の状況

地震が発生したのは令和6年8月8日16時42分頃、震央地は日向灘、深さ30km、マグニチュード7.1最大震度6弱であった。

同日16時52分に津波注意報が発表され、19時15分に南海トラフ地震臨時情報が発表された。



図1 事前通行規制区間位置図

(2) 落石発生状況

落石の規模はH=2.5m、W=4.0mとなっており、高差約100mを跳躍しながら、海側の歩道部に落石した。落石経路上の吹付法砕工も鉄筋が露出する等、落石防護網工も含めて損傷した。また、法面の途中には巨石22個（約84t）が堆積した。（写真-1）

17時40分より宮浦～風田間（延長11.2km）の全面通行止めを開始した。

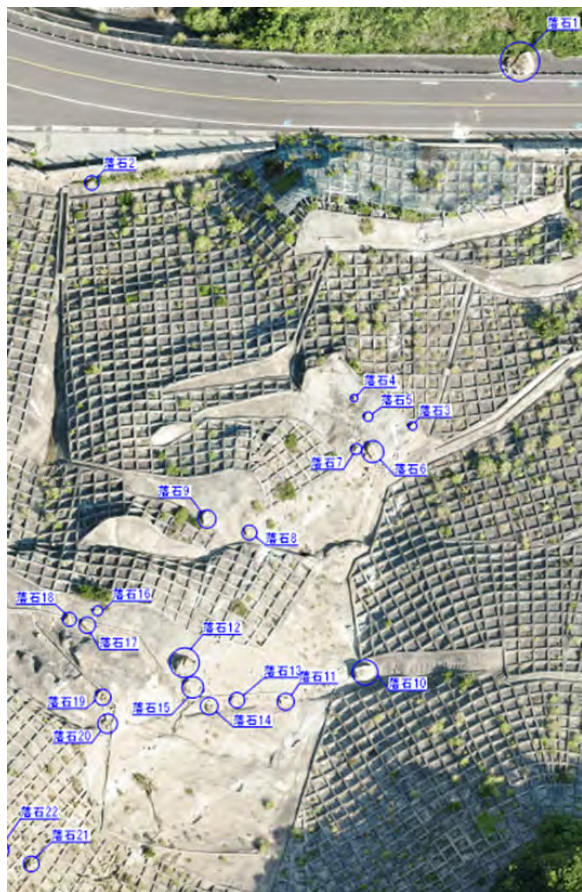


写真1 落石状況

3. 応急復旧対策

(1) 道路上の落石撤去作業（8月10日～11日）

落下した巨石の小割、積入を実施した。法面直下での作業は、余震による追加落石が懸念されたので無人操作が可能なバックホウを使用した。（写真-2、写真-3）



写真2 ロボQS



写真3 ロボQSによる小割作業状況

(2) テックドクターによる現地調査（8月15日）

テックドクターから落石箇所の地盤状況や応急復旧方法について助言をいただいた。（写真-4）

（助言内容）

落石した凹部にはブロック状の岩や亀裂が存在しており、表面に見られる亀裂面で分断される岩塊は、現在は安定しているが、落石発生箇所に残る岩を無理に落とすと周りが緩んでしまうため、法面清掃による浮石の除去にとどめ、落石箇所の凹部はモルタル吹付によりブロックや亀裂の充填・一体化を図る。



写真4 テックドクターによる現地調査状況

(3) 仮設防護柵取付（8月15日～21日）

車両通行の際の安全性を確保するため、仮設防護柵（L=120m、H=30m）を設置した。ダウンザホールハンマーによる削孔作業ののち、仮設防護柵矢板取付を行った。（写真-5、写真-6、写真-7）



写真5 ダウンザホールハンマーによる削孔（親杭）



写真6 仮設防護柵矢板取付作業



写真7 仮設防護柵設置完了

(4) モルタル吹付工

仮設防護柵設置作業と並行して、落石崩壊箇所の浮石除去、法面清掃、岩塊の亀裂部のモルタル充填、モルタル吹付（約200㎡）により、地震の揺れに対して一体化して不安定化しないよう対策を実施した。（写真-8）



写真8 モルタル吹付工施工状況（落石の剥落部）

(5) ワイヤセンサー設置(写真-9)

落石発生源とその周辺には、落石が発生した際に警報を発する落石ワイヤセンサーを設置した。

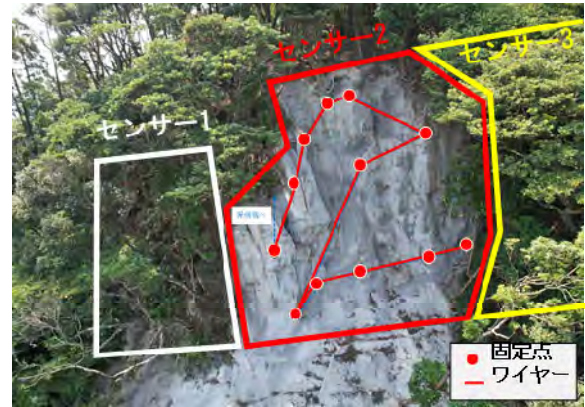


写真9 ワイヤセンサー設置状況

(6) 法面上の落石除去（8月21日以降）

昼間施工にて、法面上に残っている落石を人力にて小割し除去した。崖面の小割作業はロープアクセスで上方から下方へ実施した。（写真-10、写真-11）



写真10 小割施工状況



写真11 小割施工状況

その後車道・歩道の舗装補修作業・清掃が完了し、被災箇所の応急復旧が完了したため、令和6年8月24日18時00分頃より、全面通行止めを解除し、片側交互通行規制へと移行した。

4. 本復旧対策工法

今回の被災により落石発生源と同様の隣接急崖箇所を確認し、宮崎側では1.5m程度の大きさの不安定な岩塊が複数あり、また日南側にも急崖からの1.0m程度の落石が確認された。砂岩急崖直下では、今回の災害と同様の落石が発生する可能性があるため、対策区間として検討を実施した。（右につづく）

対策工法を検討した結果、法面上部においては、ロープ伏工、ロープ掛工とし、当該法面以外でも施工しており、地震でも落石の発生がないことから、採用工法とした。また、今回の落石により損傷した落石防止網及び吹付法枠工について、補修を行うものとした。

（写真-12）



写真12 本復旧対策工法計画

5. 落石災害対応の振り返り

(1) 良かった点

○パソコンのVPN設定が完了していたため現場でのWEB会議の対応が可能となった。Wifiは受信が弱かったがVPN、ウェアラブルライブについて接続はできた。
○作業員の二次災害、開通後の管理瑕疵が絶対ないことが第一優先、その中で、早期解放の目標に向け、最大限の人員を投入した。また、近隣の小中学校では始業式も控えており、早期の交通解放が求められるなか、発災から17日間で片側交互通行により、交通解放することができた。

(2) 反省点

○地震発生直後に東九州道の通行規制を行うべく災害時協力会社へ連絡したが、家族の安否や自宅の状況確認で人員が確保できず、規制開始に時間を要した。
○現場の施工に一定の余裕期間を見込んだうえで「〇月〇旬を通行止め解除目標に復旧作業中」と早期に情報発信すべきと考える。

6. 終わりに

今回の地震災害を振り返る中で、安全かつ早期に交通解放できたのは、災害時応急協力企業をはじめとした、数多くの関係各所の協力があったからこそと改めて実感した。

本稿をかりて、迅速なご協力に対して改めて感謝を申し上げる。

一般国道251号「赤間権田区間」の通行規制解除基準の変更による効果検証

寺尾 健太郎¹

¹長崎県庁 島原振興局 建設部 道路第一課 (〒855-8501 長崎県島原市内1-1205)

一般国道251号の赤間権田区間は、急崖・急斜面が連続する地形であり、雨量に応じた通行規制が実施されている。近年、ハード・ソフト両面での対策により区間の耐力は向上しているが、異常気象の影響により通行規制時間の長期化が課題となっている。本稿では、土壌雨量指数を用いて通行規制解除基準の変更を実施し、その効果を検証する。

キーワード 赤間権田、斜面監視、通行規制区間、通行規制解除基準、土壌雨量指数

1. はじめに

一般国道251号の雲仙市南串山町赤間～南島原市加津佐町権田（以下、赤間権田区間）は、島原半島及び熊本天草地域と諫早長崎地域を結ぶ主要な道路であるが、急崖・急斜面が連続し土砂災害多発区間として昭和46年に事前通行規制区間に指定され、昭和57年、平成5年には大規模な法面崩壊が発生し、死傷者を伴う災害が発生した区間である。その対策として、昭和57年よりロックシェッド工法、平成8年より法枠、アンカー工法をハード対策として実施している。また、平成22年より大規模な法面崩壊を予見するため地盤傾斜計やGPS等を用いた斜面監視システムによるソフト対策を実施している。ハード・ソフト対策により赤間権田区間での災害発生回数は

減少しているものの、近年の多発する降雨により通行規制時間は増加していることから、令和2年度に通行規制基準の検討を行った。その結果、令和4年度に通行規制解除基準の変更を実施した。本稿では、その変更の経緯、効果、および課題について考察する。

2. 旧規制解除基準の課題

旧規制解除基準は①大雨警報解除②3時間無降雨③現地異常なし（現地パトロール）であった。変更時に着目したのが、②3時間無降雨であり、この基準により小雨でも規制の長期化があった。図-2に示すように、大雨警報が解除された後も少雨が継続する場合、規制解除ができず、さらに3時間無降雨を確認後のパトロールが夜間となる場合、法面や路面の安全確認が困難となるため、翌朝まで規制が延長される事例も発生していた。



図-1 位置図

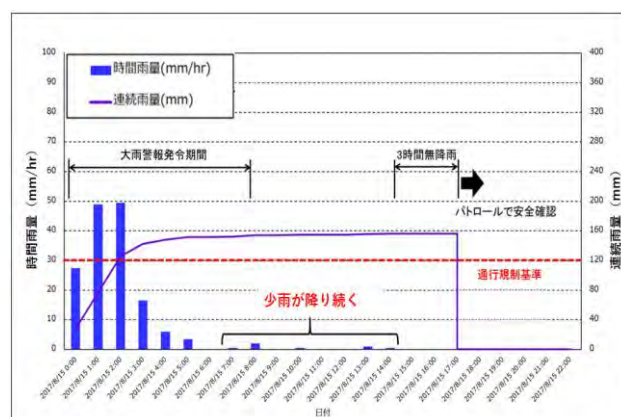


図-2 少雨での規制長期化例

3. 規制解除基準の変更

旧規制解除基準は降雨と災害の関連を経験則で判断し決定していた。そのため、科学的根拠に基づいて判断出来るよう、降雨と法面崩壊の相関関係をより適確に捉えることが出来る土壌雨量指数を規制解除指標に取り入れた。また、過去の雨量データや被災回数、規制回数を評価し土壌雨量指数の基準雨量の設定を行い、安全性を確保しつつ規制時間の短縮を図れないか検討した。

(1) 土壌雨量指数

土壌雨量指数²⁾とは、降った雨による土砂災害危険度の高まりを把握する指標であり、降った雨が土壌中に水分量としてどれほど溜まっているかを、タンクモデルを用いて数値化したものとなる。降雨が弱まると、タンク内の貯留量よりも流出・浸透量が上回り、土壌雨量指数は時間とともに減少する特性を持つ。

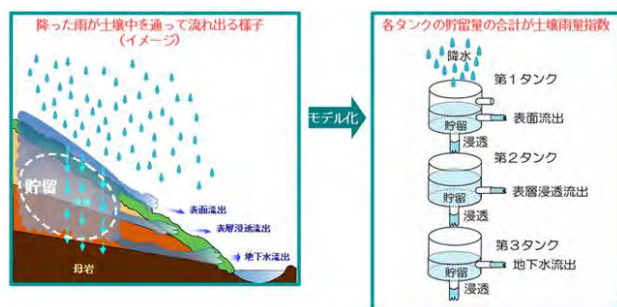


図-3 土壌雨量指数のタンクモデル

(2) 土壌雨量指数を用いた基準雨量の設定

砂防分野において土砂災害警戒情報の発令基準となっている土砂災害発生危険基準線（Critical Line：以下「CL」という。）の設定を実施し、赤間権田区間の規制解除基準へ適用した。このCLの設定手法は、砂防のソフト対策として開発された技術で気象庁でも運用実績があり、RBFネットワークという数学的手法を用いており、客観性が高く、説明性が優れる。

RBFネットワーク²⁾はデータ補間手法の一つで、有限個のデータから確率分布を求める手法であり、入力層、中間層、出力層の3層からなる階層構造をなすものである。入力層となる降雨データを、中間層の基底関数により処理し、重み付けと重ね付けによって得られた出力をz軸にとり、x軸を長期降雨指標として土壌雨量指数、y軸を短期降雨指標として時間雨量として図示したものが図-4のように3次元表示される面となる。この3次元出力は、山の高い部分は災害の起きにくい安全な領域を表し、高さが低い部分は災害発生の恐れのある危険な領域を表す。

3次元出力を2次元表示したのが図-5である。ここに示される等高線がそのまま非線形の「土砂災害の警戒避難基準線（CL）」として使用される。複数ある等高線のそ

れぞれについて、防災的観点から最も妥当と判断されるものをCLとして採用する。

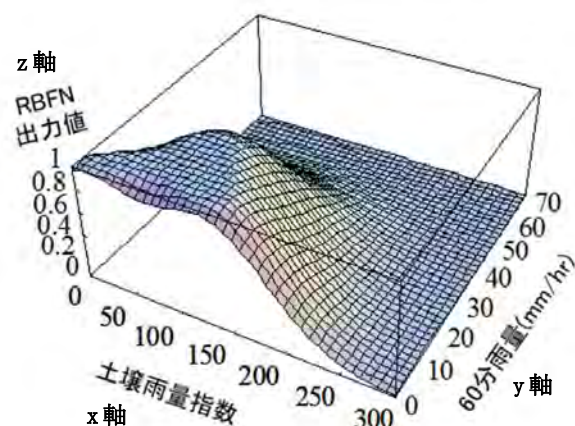


図-4 RBFネットワークによる出力図

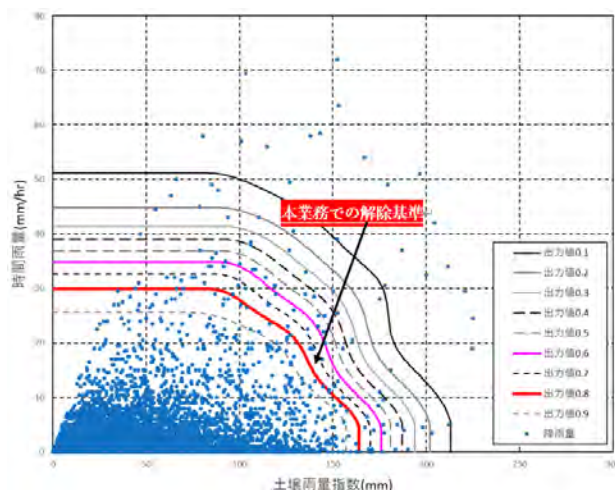


図-5 RBFネットワーク出力図の2次元化

4. 効果

(1) 過去11年間の雨での規制時間について検証

規制解除基準の変更にあたり、過去11年間で大雨警報の記録がある平成22年～令和2年の降雨で新旧規制解除基準の解除時刻を比較した。その結果、11年間で規制となった36回の降雨のうち14回の降雨で規制時間が短縮となった。規制時間で検証すると、旧規制解除基準では631時間だったが、新規制解除基準では516時間となり、115時間の短縮が確認され、1回あたりの平均規制時間は17.5時間から14.3時間へと約3時間の短縮が確認された。さらに図-6のように、旧規制解除基準の課題であった少雨による規制時間が延長する場合も、新規制解除基準で検証すると5回改善され、1回あたり平均15時間の短縮となった。

これにより、安全性を確保したこれまで同様の規制をかけつつ、大雨警報が解除された後も少雨が降り続く場合の規制長期化を減少させることで、早期の通行規制の解除が期待される。

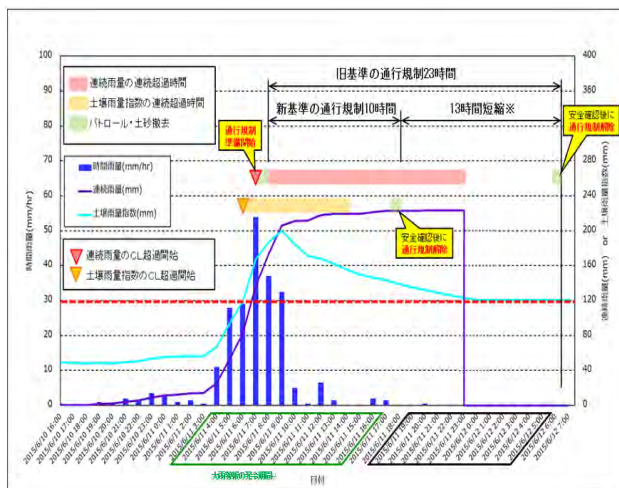


図-6 新規規制解除基準で規制時間が短縮された事例

(2) 新規規制解除基準の検証

令和4年度から現在（令和7年度6月末）までの運用実績は表-1のとおりである。

表-1 運用実績（令和4年～令和7年6月末）

	旧規制解除基準での 通行規制期間	新規規制解除基準での 通行規制期間	短縮時間
	時間	時間	
R4	14:45	14:45	0:00
	8:40	4:40	4:00
	13:30	13:30	0:00
R5	21:00	7:30	13:30
	25:20	11:20	14:00
R6	7:00	6:00	1:00
	6:50	6:50	0:00
	10:00		
	8:30	8:30	0:00
	11:50	9:50	2:00
	10:10	6:25	3:45

令和4年度に3回、令和5年度に2回、令和6年度に6回、令和7年度6月末時点で0回と計11回の規制を行った。短縮効果があったのが6回であり、最も効果があったのが令和5年の大雨で、14時間の短縮であった。

これは前章で確認した少雨による規制長期化を避けられた場合である。旧規制解除基準の場合は解除基準を満たすのが夜間の21時となり、早朝のパトロール後に解除となるが、新規規制解除基準の場合は当日中の規制解除が出来た。この時、法面からの土砂が道路へ流出したが、早期にパトロールを実施したため撤去作業含めても夜間を跨ぐことは無かった。

このことから、土壌雨量指数により法面の安全性を確認しながら現地パトロール及び現地作業の時間を確保した上で規制を早期解除でき、通行規制による経済的損失や道路利用者への負担を軽減出来た。

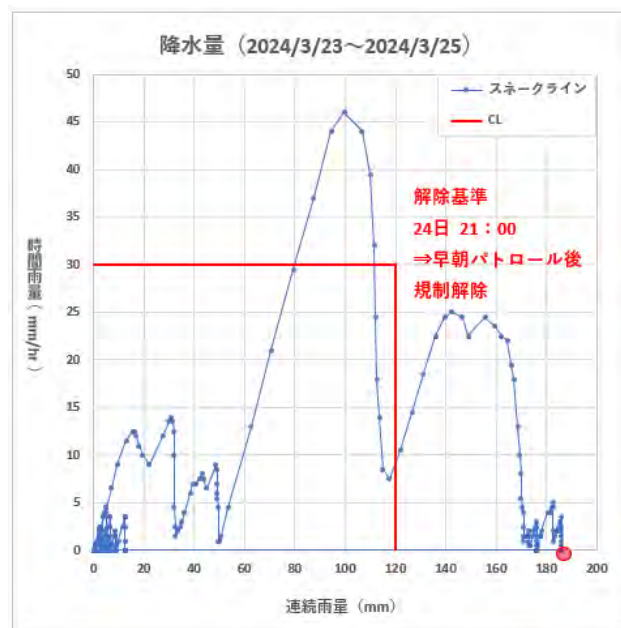


図-7 旧規制解除基準のスネークライン

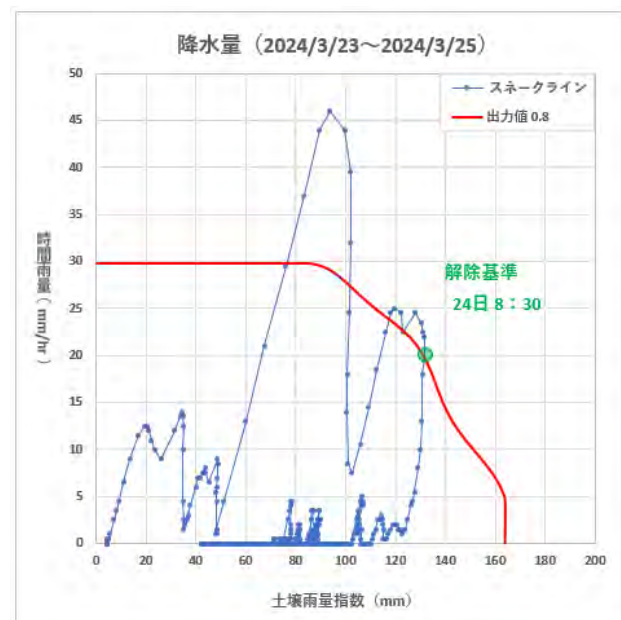


図-8 新規規制解除基準のスネークライン

(3) 監視システムのWeb化

土壌雨量指数を導入するにあたり監視システムの改良を行った。新規規制解除基準の運用前は、雨量計は雨量監視システム、斜面計、GPS、伸縮計は斜面監視システムと別回路でデータを収集していたが、赤間権田区間のソフト対策を一括化するため、雨量データを斜面監視システムに統合した。その際に、これまでは職場PCからしか確認できなかった斜面監視システムを、職場外でもアクセスできるよう外部閲覧へ向けたネットワーク設定を行った。Webページ上で閲覧可能となったことから、時間外や休日でも班員全員が職場用携帯電話で土壌雨量を

共有できるようになり、突発的な荒雨による規制の見落とし防止や規制状況の共有が行えるようになった。また、従来の斜面監視システムで確認していた、傾斜計、GPS、伸縮計の変動図も職場用携帯電話から確認できるようになった。

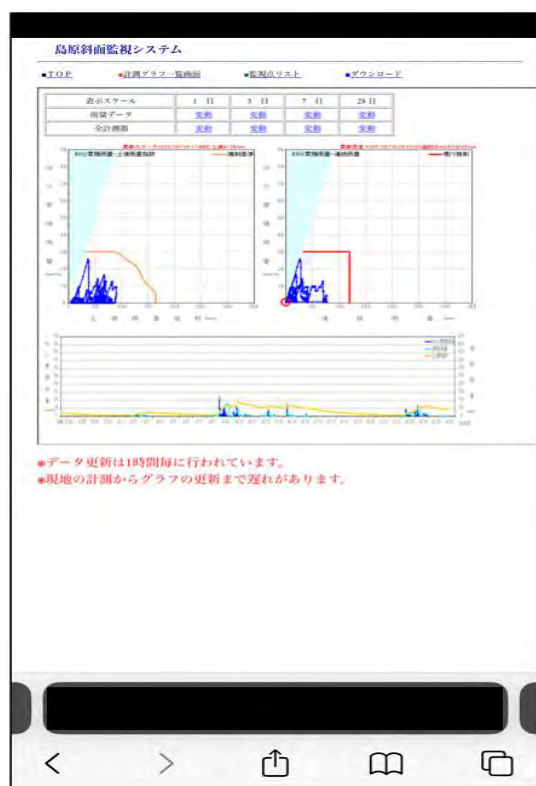


写真-1 携帯電話から見る斜面監視システム

5. 課題

(1) 運用上の課題

運用する中で課題もあった。それが、昨年度の令和6年7月15日の規制である。規制基準の連続雨量120mmを超えたため規制を開始したが、開始時点ですでに土壌雨量指数は解除基準を満たしており、CLを超えることは無かった。これは規制開始基準に連続雨量という常に単調増加する値を採用しているのに対して、規制解除基準は土壌雨量指数という時間経過で増減する値を用いていることが起因する。そのため、今後も土壌の貯留量が流出量未満の少雨が長期間続く場合は、同様の事象が発生すると想定される。

また、同様の令和6年7月15日の雨により南串山赤間第1ロックシェッド付近で写真-2のように表層崩壊（高さ20m、幅10m程度）がパトロールの際に発見された。被災箇所は平成5年にも小規模な表層崩壊があった。この時は待受け擁壁のポケット4mのうち3mほど土砂が堆積したが、現道への土砂流出を防げた。しかし、降雨のみであれば過去にも多数の事例が確認されており、今回の崩壊

には表面風化など、他の被災誘因が関与している可能性がある。そのため、赤間権田区間の早期のハード対策完了が求められる。



写真-2 南串山赤間第1ロックシェッド付近の表層崩壊

(2) 今後の課題

長期的な課題として規制基準の検討がある。現在の規制基準は平成5年度から運用される①時間雨量30mm以上もしくは②連続雨量120mm以上であるが、近年の気象変動の影響により当時と現在では雨の降り方が大きく変化している。今後のハード対策による耐久性の向上、異常気象に伴う降雨強度の増加や線状降水帯の多発、それに起因する災害発生件数の変化を検証し、定量的な規制基準を策定することで、規制の空振り（規制を実施したにもかかわらず災害が発生しなかった事例）を最小限に抑える必要がある。

6. おわりに

今回は赤間権田区間の規制解除基準に土壌雨量指数及びCLを設定することで、規制時間の軽減という効果を確認し、運用上と今後の課題について考察した。今後も通行規制基準及び規制解除基準の見直しをしていく必要があるが、その際に大事なのがデータの蓄積である。見直しには数年単位でのデータでは無く、十数年単位でのデータで検討が必要である。今後のハード対策完了を一つのゴールとするのであれば、そのタイミングまでにデータは確実に整理しておくことが重要である。そのためには、計測器のメンテナンスはもちろん、防災強化へ向けた意識付けが大事と感じる。

参考文献

- 1) 気象庁：土壌雨量指数
- 2) 国土交通省：国土交通省河川局砂防部と気象庁予報部の連携による土砂災害警戒避難基準雨量の設定手法

「みんなに知って欲しい流域治水」のこと ～山国川圏域における流域治水の取り組み～

福島 寛大¹・西 奈美¹・山本 貴之¹・石原 貴士¹

¹九州地方整備局 山国川河川事務所 流域治水課 (〒871-0026 大分県中津市大字高瀬1851-2)

気候変動による水害の激甚化・頻発化に備えるため「流域治水」の取り組みが各地で推進されており、山国川においても「山国川流域治水プロジェクト2.0」を関係機関と策定して推進している。今回、「流域治水」に関する流域住民へのアンケートで明らかになった課題に対して事務所職員が実施している取り組みについて紹介するものである。

キーワード 流域治水, 住民アンケート, 認知度向上, 広報グッズ製作, 手づくり

1. 流域の概要

山国川は、その源を英彦山に発する幹川流路延長56km、流域面積540km²の一級河川で、下流域は大分・福岡両県境に位置している(図-1)。

流域内にある「耶馬溪」は、文化庁より1923年に文化財保護法で名勝に指定、環境省より1950年に自然保護法で耶馬日田英彦山国定公園に指定されており、急峻かつ急流といった地形特性や前述した文化財保護等の観点から今後の気候変動に対して河道整備や洪水調節などの従来の対策だけでは治水対策が難しい流域である。(図-2)



図-1 山国川流域図



図-2 青の洞門・競秀峰

2. 山国川圏域における「流域治水」の取り組み

(1) 山国川圏域流域治水協議会について

近年の激甚な水害や気候変動による水害の激甚化・頻発化に備え、山国川圏域においてあらゆる関係者が協働して圏域全体で水害を軽減させるため、「山国川圏域流域治水協議会」*1を2020年8月に設置してハード、ソフト両面の取り組みを推進している。(図-3)

*1組織体制としては協議会のもとに幹事会を置き、更に活発な議論、意見交換を行うために実務担当者会議(通称「コアメンバー会議」)を組織して取り組みをおこなっている。



図-3 流域治水協議会(ロゴマーク制定)

(2) 山国川流域治水プロジェクト2.0について

気候変動の影響により当面の目標としている治水安全度が目減りすることを踏まえ、流域治水の取り組みを加速化・深化させるため、「山国川流域治水プロジェクト2.0」を2024年2月に策定し、「氾濫をできるだけ防ぐ・減らすための対策」などの3つの対策方針のもと、関係機関との協働により着実に取り組みを推進している。(図-4.5)



図-4 氾濫をできるだけ防ぐ対策（下流河川改修）

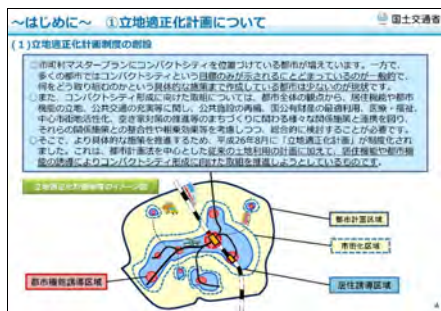


図-5 被害対象を減少させる対策（立地適正化計画）

(3) 治水推進における「自分事化」の取り組み

激甚化、頻発化する水災害から命を守り、被害を最小限にするためには、住民や企業等が自ら水害リスクを認識し自分事として捉え主体的に行動するとともに、流域全体の被害や水害対策の全体像を認識して自らの行動を深化させる必要がある。そこで「山国川圏域流域治水における自分事化」として流域治水の広報活動やツールの開発、教育活動やリスク情報の見える化、避難訓練活動や災害対策支援などを行っている。(図-6,7,8)



図-6 流域治水パンフレット



図-7 流域内小学生の防災教育



図-8 河川内での遊泳体験

3. 住民アンケートから見た山国川圏域における「流域治水」の課題

(1) 住民アンケートの概要

「流域治水の自分事化」を推進し住民自らの行動を促すため、「流域治水」に関する認知度の把握を目的として住民アンケートを実施した。アンケートの対象は協議会参加自治体である中津市、吉富町、上毛町の地域住民等とし、アンケート方法としては①WEBアンケートサービスの活用、②アンケート調査票の配布とし、自治体広報誌等での呼びかけや学校や役場での配布などにより実施した。

回答としては総数168名からの回答が得られ、流域内でも大きな面積を占める中津市からの回答が約9割を占めた。回答者の職業は製造業、鉱業が約4割を占める結果となった。

(2) 住民アンケートの結果概要

アンケートの設問として「あなたは「流域治水」という言葉を知っていましたか？」との設問に「知っていた」という回答は15%程度にとどまり、まだまだ住民の流域治水の認知度は低く浸透はできていないことが明らかになった。(図-9)

また、「流域治水について何で知りましたか？」という設問には「自治体広報誌(33%)」、「ニュース(15%)」が多く、地道ではあるが誰もが目にする媒体が認知度向上に効果があることがわかった。(図-10)

また、「流域治水の取り組みに参加していきたいですか？」という設問には「積極的に参加していきたい」、

「できる範囲で参加したい」とする回答が65%を占め、住民の流域治水への参画が可能であることも判明した。(図-11)

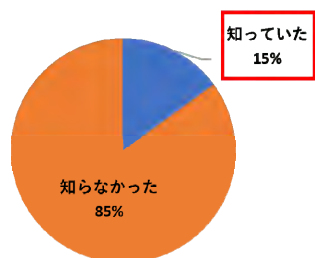


図-9 流域治水の認知度

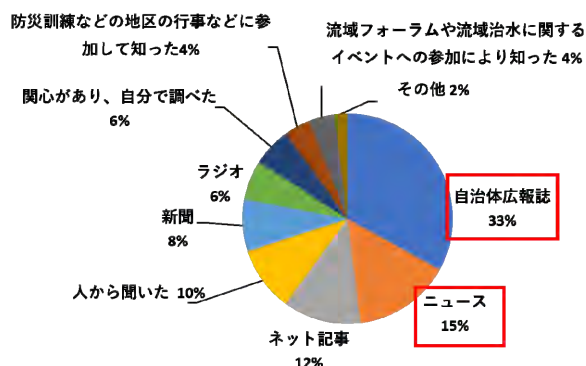


図-10 取り組みを認知した媒体

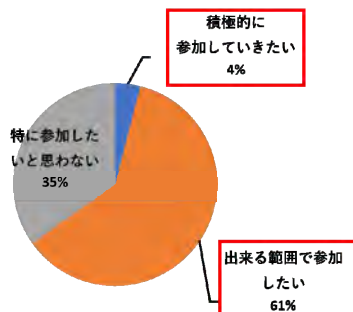


図-11 取り組みへの参加意欲

4. 「流域治水」の認知度向上のための事務所職員による取り組み

(1) 流域治水ハウス

流域治水の取り組みの1つである雨水浸透の促進や水路流量の調節、雨水貯留などによる効果を「見える化」するために職員自らの手で「流域治水ハウス」として模型を製作した。(図-12)

模型製作にあたっては市販の材料で製作を行った。雨を降らせる装置については灯油ポンプを使用し水を汲み上げ、パイプにシリコン製の水切りを取り付けたもので雨を降らせている。

製作の段階から使用を見すえて大きさやポンプ規模などを検討し、破損しても職員で容易に修復できるように

した。

製作後は商業施設での防災展や学園祭、水防演習などの一般住民の参加が多い場で展示、説明を行い流域治水への関心を高めた。(図-13)



(流域治水の取り組みなし：1基)

(流域治水の取り組みあり：1基)

図-12 流域治水ハウス



図-13 イベントでの模型展示(大分県立工科短期大学学校学園祭)

(2) ロゴマーク制定

山国川の流域治水のシンボルとして協議会でロゴマークの募集、制定を行った。応募は流域内での一般公募とし、公募自体が地域住民の「流域治水」の認知度や関心を高める効果もねらった。チラシや各機関の広報誌、ラジオなどでロゴマークを募集した結果、小学生から年配の方まで幅広い世代から13作品の応募があり、協議会での審査により決定した。(図-14,15)

決定したロゴマークは、各機関に設置しているのぼり旗や公用車のマグネットステッカーとして活用すると共に民間の協力団体にも活用していただくなど地域住民への浸透を図っている。(図-16)



図-14 FMでのロゴマーク公募放送



図-15 ロゴマーク誕生



図-16 ロゴマーク活用例 (のぼり旗・マグネットステッカー)

(3) 缶バッジ製作

流域治水の広報用として缶バッジマシンを購入し、事務所にロゴマーク缶バッジを1個ずつ手づくりしている。製作にあたっては、A3用紙にロゴマークを複数印刷し、専用のカッターで丸く切り抜き、カバーフィルムや安全ピン付きのパーツと一緒にプレスすることで簡単に作ることができる。(図-17)

製作した缶バッジは他の広報ツール同様に、施設見学や各種イベント等で「流域治水」を知るきっかけづくりとして配布している。(図-18)

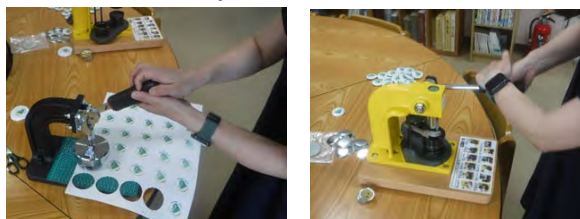


図-17 缶バッジ作成（切り抜き・マシンによるプレス）



図-18 缶バッジ完成品・イベントでの配布

(4) カメラマップ製作

洪水時の避難行動の情報として流域内にある各機関の監視カメラを1枚のマップとして整理、公開している。製作は事務所の非常勤職員で行い、国、県、市などの複数機関の情報が1枚のマップからQRコードで読み取れるようにしている。また事務所ホームページに掲載したWEB版ではQRコードや地点名をクリックするとサイトへ移動するように工夫をほどこしており、国、県、市が同じ資料により情報発信している。(図-19,20)



図-19 ライブリバーマップ（表）



図-20 ライブリバーマップ（裏）

5. 「流域治水」の認知度向上に向けた課題と今後の取り組み

住民アンケートにより明らかになった「流域治水」の認知度向上に向けて協議会での関係機関が連携して取り組みを行ってきたが、さらなる向上を目指して民間企業との連携による広報活動の強化や効果のあった自治体広報誌やSNSなどによる継続的な広報の取り組みを実施する。

また、耶馬溪ダムの施設見学には毎年流域内の小学校の約7割が来所するため、小学生向けの流域治水動画を職員で作成し、「流域治水」の取り組みを紹介していく。まずは子どもたちにサポーターとなってもらい、子どもを通じて周りの大人に広がっていく活動にしたい。また、現在は施設見学に来所する小学生を対象に「流域治水」の取り組みを紹介しているが、今後は中・高生へも学校に出向き紹介していきたい。

カメラマップについては、作って終わりの自己満足にならないよう、地元の方が欲しいと思った場所にカメラが存在するのかなど調査し、行政と住民のギャップを解消するための資料としても使用してもらえると有難い。

効果検証として一定期間後に再度住民アンケートを実施することとし、アンケートも回答数が増加する更なる工夫を検討していく。

このような活動を通して「流域治水の自分事化」が深化し、住民自らが行動できるよう、今後も関係機関と連携、協力してPR活動や各種取組を推進していきたい。

そして、流域内だけでなく、流域近隣の市や町などにも我々の取組が少しでも参考になるように紹介していきたい。

令和2年7月豪雨で被災した橋梁（トラス橋・アーチ橋）の上部工架設の取組みについて

奥 陽優¹・重草 通¹

¹九州地方整備局 八代復興事務所 工務第二課 （〒866-0824熊本県八代市上日置町4478-1）

令和2年7月豪雨で被災した球磨川を渡河する橋梁10橋について、地域の重要な交通網である橋梁の創造的復興を掲げ、「球磨川橋梁復旧技術検討会」を開催し、10橋の橋梁形式及び復旧方針を決定した。現在、2橋が完成し供用を開始している。残り8橋は下部工が完了し、上部工の架設を実施している。本稿では上記橋梁2橋の坂本橋、鎌瀬橋について被災状況や被災メカニズム、上部工施工について報告する。

キーワード 令和2年7月豪雨、球磨川、災害復旧、上部工、施工状況

1. はじめに

令和2年7月豪雨は梅雨前線が熊本県南部に停滞し、猛烈な雨を記録し、球磨川の河川施設の被災、渡河する橋梁の流失や国道219号の路体流失など甚大な被害をもたらした。本稿では、被災した橋梁10橋（うち部分被災2橋）の橋梁について被災状況や被災メカニズム、復旧方針の設定、架橋位置、橋梁形式の選定に至るまで「球磨川橋梁復旧技術検討会」で検討した。

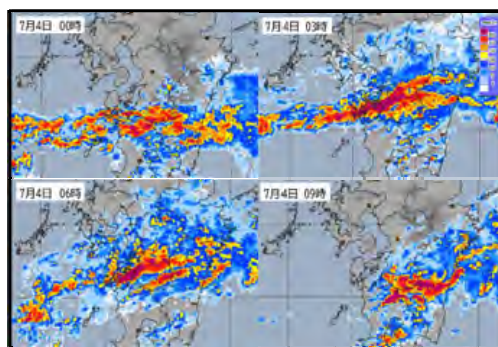


図-1 レーダー雨量 (R2.7.4 0時～9時)

2. 球磨川水系の流域及び橋梁概要

(1) 球磨川水系について

一級河川球磨川は、熊本県球磨郡水上村の銚子笠（標高 1,489m）に発し、川辺川など多くの支川と合流しながら人吉・球磨盆地を経由し、不知火海（八代海）に注ぐ、幹川流路延長 115km、流域面積 1,880km² の熊本県内最大、九州3番目の長さとなる河川である。

(2) 豪雨状況

令和2年7月3日から4日にかけて、梅雨前線が熊本県南部に停滞し、球磨川の流域では球磨川水系河川整備基本方針の計画降雨量262mm/12hを超える降雨量があり、特に人吉市を含む球磨川流域は、昭和40年7月洪水、昭和57年7月洪水を上回る雨量を観測し、観測史上最多を記録する事態となった。河口から約13kmに位置する横石観測所（八代市）から、約69kmに位置する一武観測所（錦町）に至る各観測所において計画高水位を超過する水位を記録した。（図-1,2）。

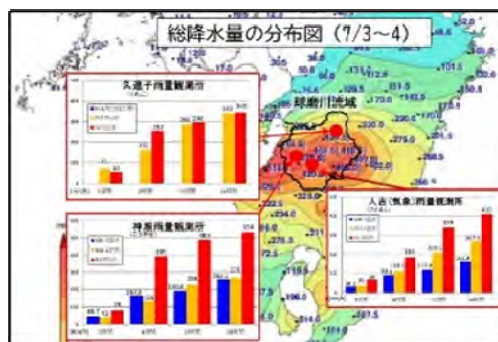


図-2 球磨川流域の降雨状況 (R2.7.3~4)

(3) 被災状況

豪雨により、氾濫の浸水被害や洪水が発生し、人吉市街地を中心として家屋の浸水被害が生じた。球磨川沿川では、路体流失や土砂流失、軌道損壊が多発し、交通ネットワークに甚大な被害を及ぼし、国道3号や国道219号においては、通行止め区間が発生した。球磨川を渡河している道路橋についても、上部工が流失するなど甚大な被害となった。

3. 坂本橋の被災概要

(1) 坂本橋の概要

坂本橋は熊本県八代市坂本町に位置する一級河川球磨川を渡河する橋長121.1m、車道有効幅員4.5 m、歩道有効幅員2.5 mの2径間連続鋼ワーレントラス橋梁であり、1954年（昭和29年）に完成し、竣工から71年が経過している（写真-1）。



写真-1 旧坂本橋

(2) 坂本橋の主たる損傷状況

坂本橋は全ての上部構造及び側道橋P1橋脚が流失した。P1橋脚の橋脚基部は、橋軸方向の鉄筋が破断し、A1側（左岸側）に転倒した。A2橋台のピン支承はアンカーボルトが引き抜けており、両端橋台のローラー支承は下流側や橋軸方向に移動をしていた（図-3）。

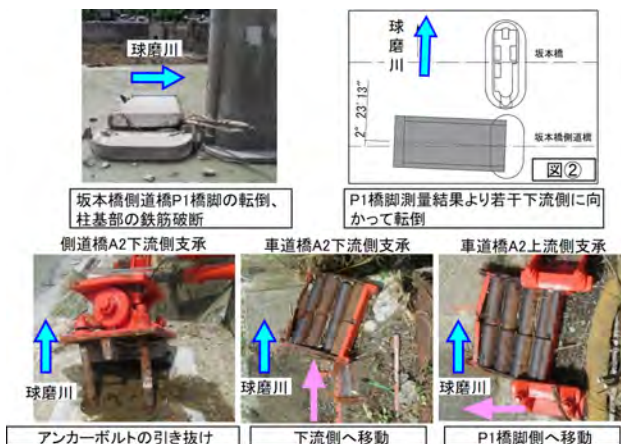


図-3 損傷状況

(3) 坂本橋の被災メカニズム

車道橋は水平力又は流失した側道橋の衝突あるいはその両方の作用力に伴う転倒モーメントが上部構造に作用し、上流側支承部に生じた上向き鉛直力により支承部が損傷し、流失したと推定される。

側道橋は水平力に伴う転倒モーメントが上部構造に作用し、P1橋脚の転倒及び上流側支承部に生じた上向き鉛直力により支承部が損傷して流失した。なお、車道橋と比べ幅員が狭く水平力による転倒モーメントが大きいので、側道橋が先に流失したと推定される（図-4）。

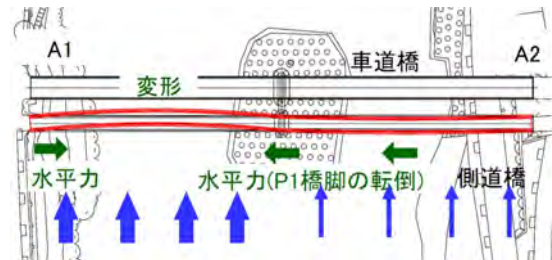
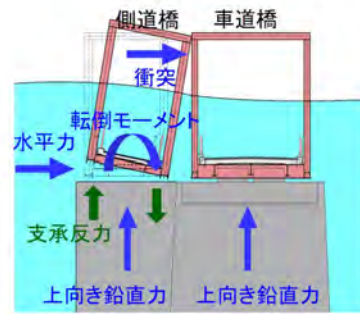


図-4 被災メカニズム状況

4. 坂本橋（トラス橋）の工事概要

坂本橋は球磨川橋梁復旧技術検討会の検討結果、現橋位置の上流側約150mに国による権限代行により新たな坂本橋の架け替えを行ったものである（図-5）。

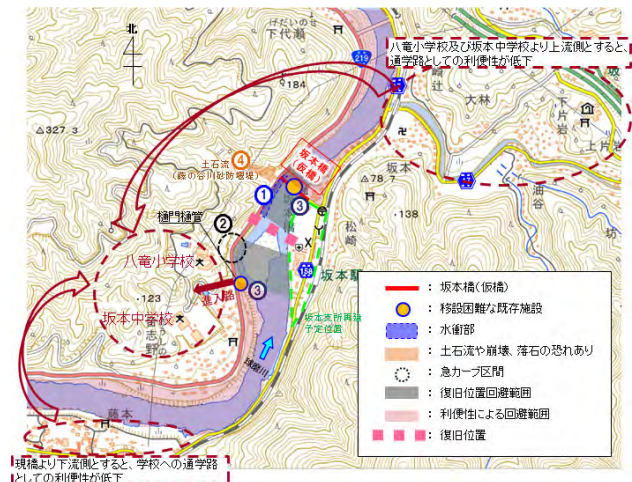


図-5 復旧位置範囲図

(1) 一期施工 750 t クレーン架設における検討事項

一期施工としてA2橋台からP1橋脚まで750 t クローラークレーンを使用したバントクレーン架設し二期施工としてP1橋脚からA1橋台まで350 t mトラベラークレーンを使用して架設を実施した。当初計画はA2橋台からバント3まではクローラークレーンによる架設を行い、バント3からP1橋脚まではトラベラークレーン架設を計画していた。しかしこの計画だとトラベラークレーン移動の為の軌道設備の組立・解体が必要かつ、トラス桁上にトラベラークレーンを設置する為のバント2の基礎は杭基礎が必要である。以上のことから1非出水期内でP1橋脚までの架設は困難だと判断した。

(2) 750 t クローラクレーンによる架設

1非出水期内でP1橋脚まで架設を完了する為に、750 t クローラクレーンを使用する事を検討した。

750 t クローラクレーンのブーム長が最大で105mで最大吊荷重が234 t となる為、近場であるA2橋台からベント3間は一括架設（110 t、30.0m）、ベント3からP1橋脚間は単材架設（鋼床版：最大重量7.5 t）を行うことで1非出水期内でP1橋脚までの施工を完了した（写真-2）（図-6）。

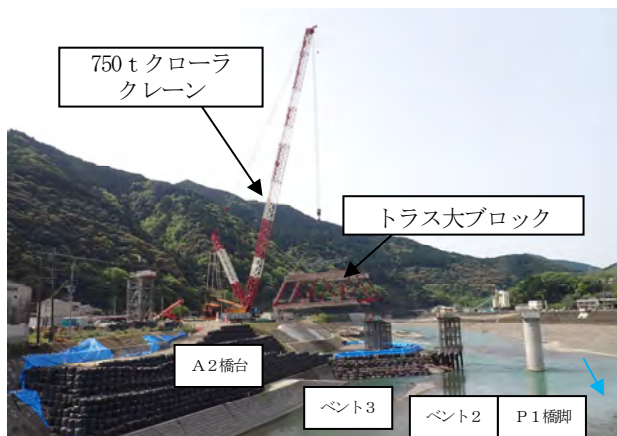


写真-2 750 t クローラクレーンによる架設状況

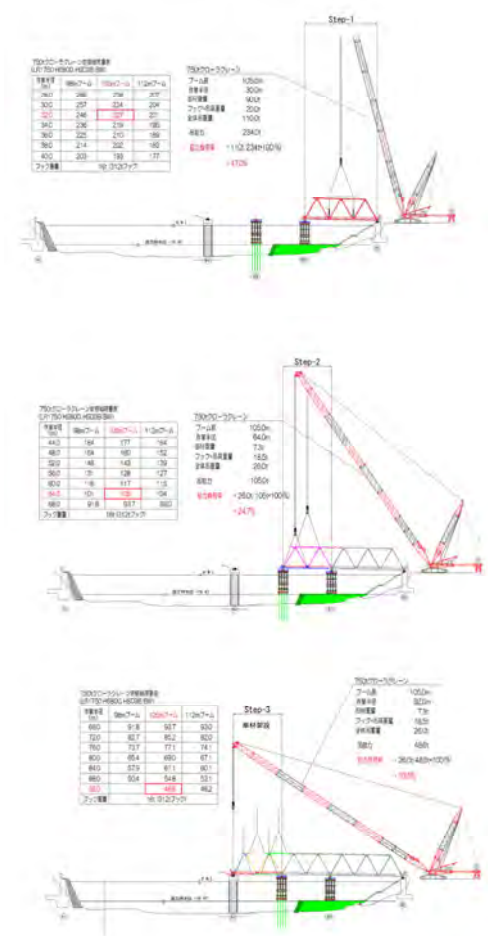


図-6 架設要領図（ステップ1, 2, 3）

(3) 二期施工のトラベラークレーンによる架設

P1橋脚からA1橋台間は350 t mトラベラークレーンと高所作業車を用いて架設を行った。まず120 t クローラクレーンを用いてA2橋台より軌条設備、350 t mトラベラークレーンを設置し、軌条設備を組立てながらトラベラークレーンを移動させ、順に架設を実施した（写真-3）。



写真-3 350 t mトラベラークレーンによる架設状況

(4) 出来形・品質管理

主部材（主構、鋼床版、縦桁、横桁、横リブ）連結時はセンターホールジャッキ（100kN）による引込み装置を用いて、全ての現場継手の隙間を規格値±5mm以下に調整した。全ての架設受点のトラス断面にボルト孔を利用したPC鋼線をタスキ掛けに仮設置し、トラスの断面形状を保持して架設時のトラス断面ねじれを防止した（写真-4, 5）。



写真-4 センターホールジャッキ使用状況



写真-5 トラス断面ねじれ防止状況

(5) 安全管理

架設中は気象情報サイト等リアルタイムの安全ツールを使い、風速の予想、現地で計測し確認を行った（写真-6）。



写真-6 安全対策

5. 鎌瀬橋の被災概要

(1) 鎌瀬橋の概要

鎌瀬橋は熊本県八代市坂本町に位置する一級河川球磨川を渡河する橋長113.2m、有効幅員5.9mの鋼単純ローゼ鋼桁と2径間連続鋼桁橋梁であり、1955年(昭和30年)に完成し、竣工から70年が経過している（写真-7）。



写真-7 旧鎌瀬橋

(2) 鎌瀬橋の主たる損傷状況

鎌瀬橋は全ての上部構造が流失した。橋座部の下流側に欠けが発生し全ての支承が損傷した（図-7）。

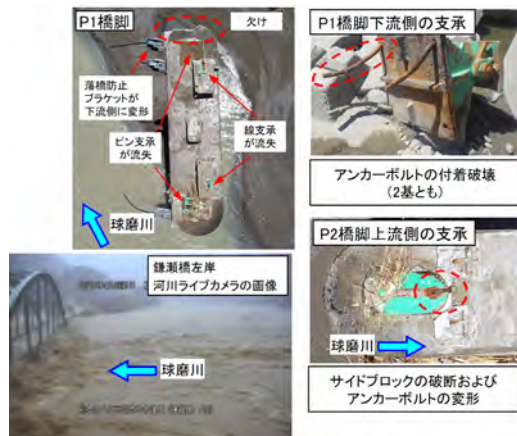


図-7 損傷状況

(3) 鎌瀬橋の被災メカニズム

上部構造A1～P1間は、水平力に伴う転倒モーメントが上部構造に作用し、上向き鉛直力により上流側支承部が損傷して流失した。また、上部構造P1～A2間は、水平力が作用したことにより支承アンカーボルトの流下方向への変形及びサイドブロックが損傷して流失したと推定される（図-8）。

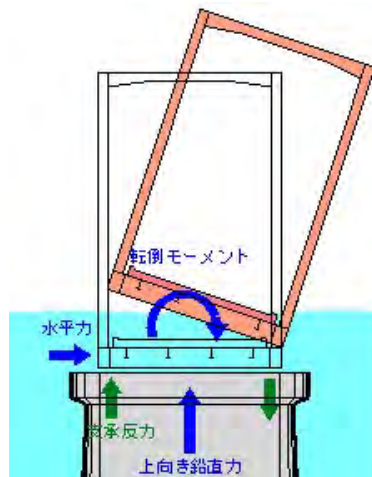


図-8 被災メカニズム状況

7. 鎌瀬橋（アーチ橋）の工事概要

鎌瀬橋は球磨川橋梁復旧技術検討会の検討結果、現橋位置の直近下流側に国による権限代行により新たな鎌瀬橋の架け替えを行ったものである（図-9）。

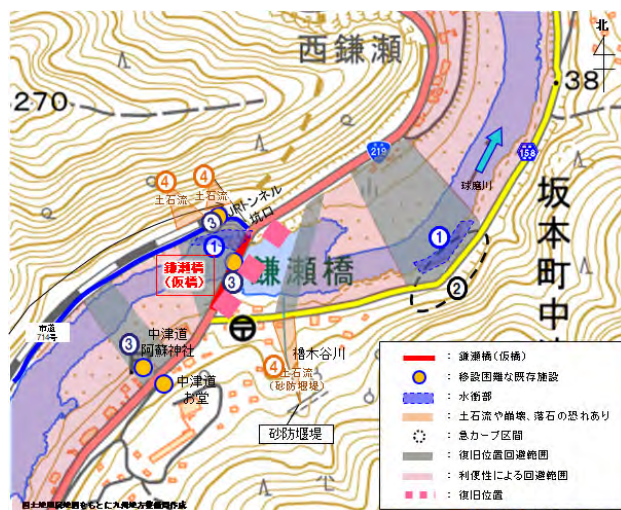


図-9 復旧位置範囲図

(1) A1 側グラウンドアンカー・鉄塔の設計検討事項

グラウンドアンカーおよびバックステイケーブルは鉄塔に対して直角に（橋軸方向に）配置するように設計をした。例えば、（図-10）のように配置すると、バックステイケーブルの鉛直方向の取り付け角度や左右の長さが異なるため、高さ60mの架設用鉄塔にねじれが作用する。鉄塔にはアーチリブの架設時に斜吊り索の張力が作用す

る為、常にねじれが作用するような構造は好ましくなく、架設時の安全性を優先して設計をした。また、A1背面の山は岩盤で形成されていたが、急斜面である為、切土をすると安定勾配で埋戻しが出来ない為、ロックボルトやコンクリート吹付工で斜面安定を図り、大きなアンカーブロックとして支持力を確保した。国道219号の通行確保する為、橋台の翼壁部分に鉄塔を乗せる構造にした。橋台にはアーチリブの斜吊り架設時に、アーチリブから支承部や桁端の水平ジャッキを介して橋台に大きな水平力が作用するため、橋台の翼壁部に補強鉄筋を配置して、架設時断面力に耐えられるよう設計した（図-11）（写真-8）。



図-10 グラウンドアンカー掘削計画図

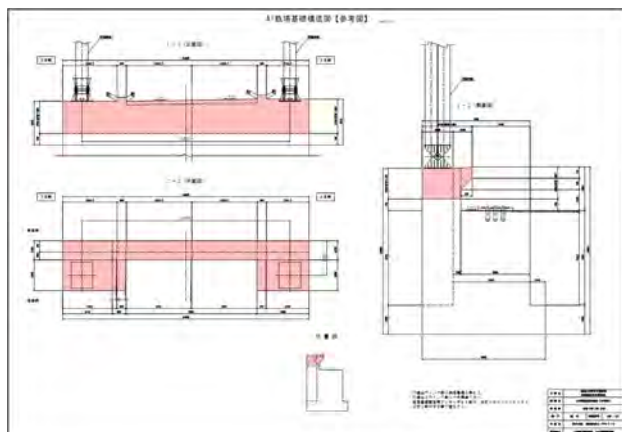


図-11 A1 鉄塔基礎構造図



写真-8 鉄塔とグラウンドアンカー設置状況

(2) ケーブルクレーン架設工法における検討事項

通常ケーブルクレーン架設において、部材搬入・荷取りヤード側にウインチ及び操作室を設置し、ケーブルクレーンの操作者が直接目で見えて施工を行うが、右岸・左岸側両ヤードとも狭隘でこれを満たすヤードの確保が困難であると判断した。そこで、荷取りヤードとウインチヤードを分割する検討を行った。特殊車両の運搬ルートが上流側からに限定されていた為、荷取りヤードをA2側右岸ヤードに設け、ウインチ及び操作室の設置ヤードをA1側左岸ヤードとした。操作者が目視できない問題は、荷取りヤードにWEBカメラを設置し、操作者がモニターにて視認する事と無線合図による対策にて解消することとした（写真-9, 10, 11）。



写真-9 A1 側左岸ヤード



写真-10 A2 側右岸ヤード



写真-11 荷取り状況

(3) 国道 219 号を供用しながらの施工

鎌瀬橋の施工位置が国道219号に隣接しており、国道219号を供用しながらの施工の検討が必要となった。通行車両への飛来落下等の万一に備え、道路防護工を設置し、片側交互通行となるものの、通行止めを行わないで施工する計画とした（写真-12）。



写真-12 道路防護工設置状況

(4) 架設手順

ケーブルクレーン斜吊り工法によるアーチ部材の架設を行った。A1, A2側より順次架設を行い、中央部材にて閉合を行った。まず起点側となるA1橋台上の桁部材及び横支材を架設した後、アーチ部材の架設を開始した。仮受けは、斜吊り索を設置しアーチを転倒しないように仮吊りした。終点側も同様にA2橋台の桁部材及び横支材を架設した後、アーチの架設を進めた。アーチ架設と斜吊り索の盛替えを繰り返し行い、中央部材にてアーチの閉合を行った（写真-13）。



写真-13 斜吊り状況

(5) 出来形管理

アーチ閉合時の施工性を考慮し、部材長を 20 mm 短く製作することで両ジョイントに 10 mm のワーキングスペースを設けた。高さ方向は斜吊り索にて調整し、部材間寸法については、A1, A2 両支点部に調整用ジャッキ（5000kN 各 4 台）を用いて、継ぎ手の隙間を設計値 $\pm 5\text{mm}$ 以下に調整した（写真-14）。



写真-14 支点部調整用ジャッキ

(6) 安全管理

グラウンドアンカーについて、施工箇所のジャストポイントにて引き抜き試験を行い、引き抜き耐力の確認を行った。球磨川の出水対策として、ワイヤーブリッジ足場をHWLより高くなるように、直吊り索にて吊り上げ、河川の氾濫時に備えた（写真-15）。



写真-15 直吊り索による吊り上げ状況

8. おわりに

令和2年7月豪雨で被災した球磨川を渡河する橋梁10橋について、橋梁復旧へ向け「検討会」において、議論を重ね、復旧設計を進めてきた。

早期復旧を目指し、令和5年2月に西瀬橋、令和7年3月に沖鶴橋を完成させた。他の橋梁も河川内での施工となることから非出水期施工など制約条件もあるが、一刻も早い復旧を目指し、工事を推進していく。

これまで、検討会に参加いただいた学識経験者、国土交通省国土技術政策総合研究所の皆様、熊本県並びに流域市町村等と連携し、設計・施工業者等の関係者の皆さまに深く感謝申し上げます。

当事務所としても、令和2年7月豪雨災害からの一日も早い復旧・復興を目指して引き続き事業の加速化を進めて参ります。

佐賀吐水槽の地震対策

伊場田 倫太郎¹

¹独立行政法人水資源機構 筑後川下流用水管理所 (〒830-0071 福岡県久留米市安武町武島23-1)

水資源機構の筑後川下流用水施設は、筑後川下流域の広大な農業地帯への用水供給の基幹施設であり、その構成施設の一つである佐賀吐水槽について耐震照査を実施した結果、佐賀平野北縁断層帯において想定される地震動により基礎杭のせん断破壊が想定された。それに対する地震対策工として、施工成立性、耐震対策としての事例の有無、構造成立性、かつ経済性の全てを満たし、また周辺施設への影響が小さい工法である高圧噴射攪拌工法による地盤改良を選択した経緯及び試験施工・本施工の結果を報告するものである。

キーワード 吐水槽、基礎杭、地震対策、地盤改良

1. はじめに

筑後川下流用水施設は、国営筑後下流土地改良事業で整備された国営水路等とともに筑後川下流域の約 31,100 ha の農業地帯への農業用水供給を行っている。佐賀吐水槽は、筑後川下流用水施設のうち佐賀東部導水路の起点となる佐賀揚水機場内にある施設であり、地上部の高さが約 30 m、内径が約 20 mになる大規模な水槽である。

本施設は、大規模な地震に襲われたとしても通水機能を維持するとともに人命や周辺の重要施設に被害を与えないよう、部分的な損傷は許容するが容易に修復が可能な状態を確保するための対策を講じることとしている。

2. 対策工の検討

(1) 耐震照査結果

大規模地震として想定する地震動は、図2に示す各種断層のうち施設に最も大きい影響を与える佐賀平野北縁断層帯によるものとし、吐水槽本体と基礎杭（場所打ち杭φ1,500 mm）に対してそれぞれ耐震照査を実施した。

吐水槽本体については、曲げ耐力及びせん断耐力ともに問題ない結果となったが、基礎杭については、図3に示すとおり一部の杭頭部にせん断耐力不足が見られた。なお、地盤が液状化する場合、基礎杭のせん断耐力不足の程度がさらに大きくなった。



図1 佐賀吐水槽の位置図、外観、構造諸元



図2 佐賀吐水槽周辺の断層

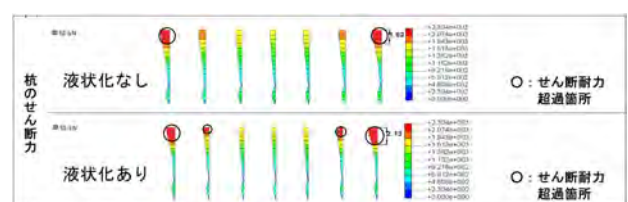


図3 耐震照査結果（佐賀吐水槽の基礎杭）

(2) 検討方法

これらの調査結果から、基礎杭に対してせん断耐力不足を解消するような対策工を検討した。対策候補の抽出に当たっては、地震力に対抗するため杭のせん断耐力を直接増加させる方法、地震によって生じる水槽の慣性力を低減させることで杭への負担を減らす方法、地震による地盤変位を低減させることで吐水槽や杭への作用を減らす方法について比較検討を行った。

一次比較では、施工成立性と構造成立性をともに満たす工法を選定した。施工成立性では、対策工が現実的であるかを視点に、重機のアクセス性や施工の確実性、吐水槽機能の代替措置の要否を検討した。また、構造成立性では、安定計算による耐震性の確保の有無を検討した。

(3) 一次比較結果

比較結果は表1に示すとおりである。対策工のうち適用可能であるものは、側面地盤を改良する2工法であった。

(4) 二次比較結果

コンクリートによる置換え工（図4左）は、吐水槽の周囲に鋼矢板を打設し地盤掘削を行った後にコンクリートを流し込むものであるが、対策効果を発揮するためには吐水槽フーチングからの離隔を15 cm以内にする必要がある。

地盤改良工（図4右）も同様に、対策効果を発揮するためには吐水槽フーチングに接して改良する必要がある。通常の機械攪拌工法ではフーチングに接した施工が出来ないため、高圧噴射攪拌工法の適用が必須である。

表1 対策工一覧表

補強目的		補強内容	検討結果	理由
基礎の増設	吐水槽外側	鋼管杭による増杭	不適	大型施工機械の搬入が出来ず、必要なせん断耐力も確保出来ない。
		マイクロパイルによる増杭	不適	必要なせん断耐力を確保出来ない。
		鋼管矢板による増杭	不適	大型施工機械の搬入が出来ない。
	吐水槽内側	マイクロパイルによる増杭	不適	吐水槽底版を打ち抜く必要があり撤去物が多く、また施工スペースが十分でない。
既設杭の補強（直接補強）	巻立工法による直接補強	不適	場所打ち杭に対しては施工難易度が高い。	
	既設杭間地盤の部分改良による杭の低スパン化	不適	施工の特性上、未改良部分が残る。せん断耐力の強化には効果が小さい。	
杭周辺地盤の支持力増加		基礎底面の地盤改良による直接基礎化（水平改良工法）	不適	水平方向の地盤改良のため、立坑の築造が必須である。また、未改良部分が残る可能性が大きい。
応力遮断壁の設置	側面地盤のコンクリートによる置換え		適	施工成立性、構造成立性を満たす。
		側面地盤の地盤改良	適	施工成立性、構造成立性を満たす。
	地中連続壁による応力遮断壁設置		不適	大型施工機械の搬入が出来ない。
		鋼材による応力遮断壁設置	不適	大型施工機械の搬入が出来ない。
吐水槽の軽量化		吐水槽外壁の軽量化	不適	更新と同等の対策案であり、施工時に代替施設が必要である。
吐水槽の免震化		免震化	不適	大規模改修となり、施工時に代替施設が必要である。

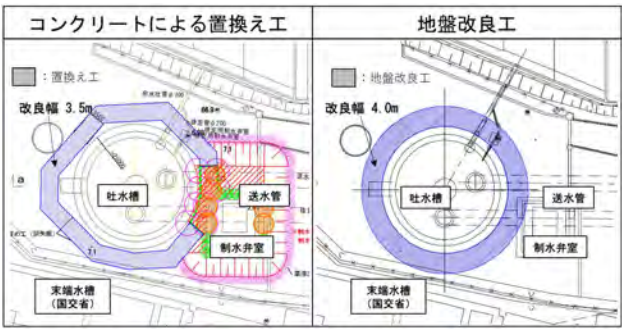


図4 対策工法案

これら2案を比較したところ、施工期間及び経済性において地盤改良工の方が優れていた。具体的には、コンクリート置換え工の概算額が1億6千万円に対して、地盤改良工の場合は1億2千万円であった。主な理由としては、コンクリート置換え工における鋼矢板土留めでの掘削に要する時間や費用が大きいためである。

また、吐水槽周辺には、図4に示すとおり直近に制水弁室や送水管等が存在し、筑後川機場（国土交通省）も隣接している。後述するように、本工事がこれらの近接構造物に与える影響についても検討した。

3. 近接構造物への影響の詳細検討

(1) コンクリート置換え工の近接構造物への影響

コンクリート置換え工は、吐水槽周囲の地盤を深さ15.5 m、幅3.5 mで掘削し、その地中へ厚さ6 mのコンクリート体を埋設するものである。一般に、鋼矢板土留めの掘削が深くなると鋼矢板がたわみ、周辺地盤に変位が生じる。鉄道総合技術研究所が作成した近接施工対策マニュアル⁹⁾によると、周辺にある末端水槽（国土交通省所管の揚水機場内の施設）や制水弁室は鋼矢板土留めの施工位置との距離が近いので、いずれも既設構造物への影響が必至とされる制限範囲となり、対策を必ず実施しなければならない。

(2) 高圧噴射攪拌工法による地盤改良の近接構造物への影響

a) 工法詳細

高圧噴射攪拌工法とは、改良箇所をボーリングマシンで掘削し、二重管ロッドを挿入しその後、ロッド先端から圧縮空気を伴ったセメント系固化材のスラリーを噴出することで、施行範囲を切削しながら地盤改良体を造成するものである（図5）。

対策効果を発揮する改良範囲は、図6に示すとおり吐水槽を囲むような幅4.0 mの円状である。現地には吐水槽に接続する流入側・流出側それぞれでφ3.0 mの埋設

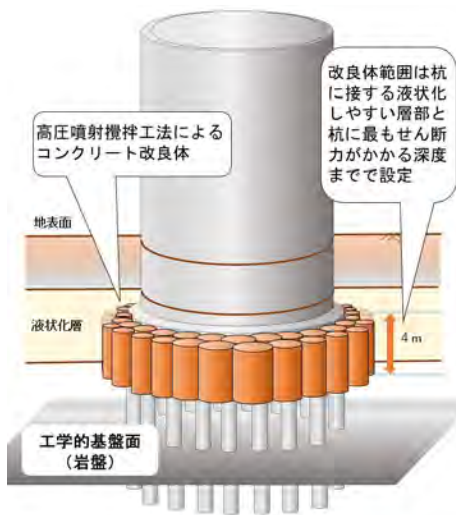


図5 施工イメージ図

管（送水管）があり、埋設管以深で改良幅4.0 mを満たしかつ未改良部が残らないように施工する必要があったため、送水管と交差する部分では改良径を $\phi 5.0$ mとした。送水管と交差しない通常部の改良径については、経済比較より $\phi 3.2$ mを選定し、全体としては $\phi 3.2$ mを59本、 $\phi 5.0$ mを8本配置する計画とした。

b) 噴流水による既設構造物への影響

高圧噴射攪拌工法は、二重管ロッドが回転しながらセメント系改良材を高圧で噴出し改良体を造成する原理であり、想定改良径における噴流水の噴射圧力は最大42 MPa、ノズル径は $\phi 5.0$ mm程度であることから、ノズル出口1つあたりの噴出力は800 N程度となる。また、噴出圧力は動的圧力でありノズル出口から離れると急激に減圧する特徴がある。

図6に示すとおり、改良体は基礎杭や制水弁室、送水管など既設構造物に接する位置に配置する計画になっているが、この程度の噴射力であれば、直接構造物に接したとしても既設コンクリートに切削や変形は生じない。

また、この工法は高速道路やモノレールの橋脚と接した施工実績を有している。

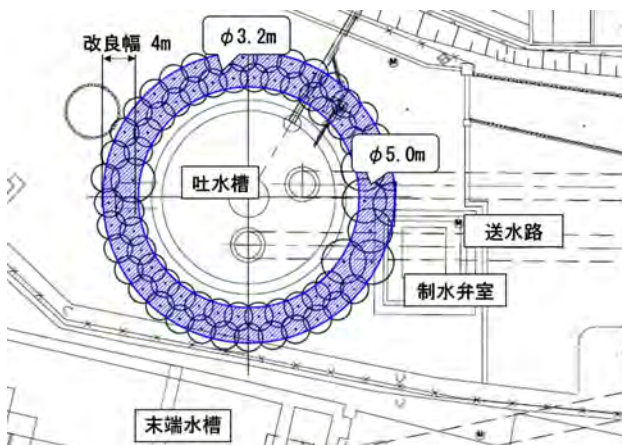


図6 改良体配置図

c) 工法の評価

高圧噴射攪拌工法は、2. (4)で述べたように経済的に有利であり、近接構造物への影響についても、コンクリート置換え工が対策必須であることに対して、この工法は対策不要であると判断した。従って、高圧噴射攪拌工法による地盤改良を最終選定した。

4. 施工不良時の末端水槽（他施設）への影響

(1) 検討の背景

高圧噴射攪拌工法は、地中内の改良対象範囲の土砂を排出してセメントスラリーに置き換えていく。何かしらの不具合によって排泥処理が不良状態の中でセメントスラリーが注入され続けるような状況が生じた場合、改良体の造成によって側圧が高まり、近接構造物へ影響を与える可能性が考えられた。

隣接する筑後川機場（国土交通省所管）の一部である末端水槽は佐賀県内の水道供給や洪水時の内水排除を行う重要施設であり、改良体が最短約3 mの距離で近接する計画であった。改良体端部から末端水槽方向へ地盤内応力が増加することによる末端水槽側壁の損傷、導水管の損傷、杭体の損傷、といった3つの観点で末端水槽への影響を検討した。

(2) 末端水槽側壁の損傷

末端水槽の側壁においては、内側に潰されるような圧力を受ける。そこで、図7に示すように側壁の骨組みモデルに、自重、静止土圧、外水圧を初期応力として作用させ、改良体の造成による増分側圧を水平に与え加重漸増解析を行った。側圧による側面の曲げ破壊・せん断破壊のそれぞれについて側面変形角を求めた結果、せん断力によって側面はひび割れ限界状態に到達し、その時の限界壁面変形角は 0.039° であり、側面変位は2.6 mm、その際の増分側圧は 35 kN/m^2 であった。なお、側壁がせん断破壊に至る際の増分側圧は 140 kN/m^2 であった。

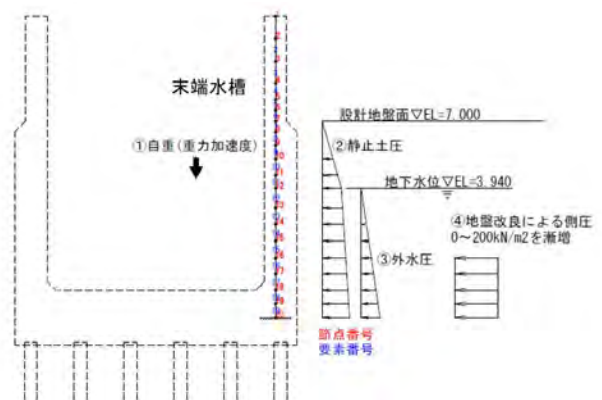


図7 末端水槽側壁の曲げ破壊・せん断破壊の検討

(3) 末端水槽の変位による導水管の損傷

末端水槽が水平方向に変位した場合に、水槽に接続する管接合部が損傷することが考えられた。この損傷は、改良体造成による側圧が末端水槽の受動土圧を超え、さらに杭の弾性限界を超える水平力が作用した場合に発生する。前節4.(2)で側壁基部が損傷する際の圧力 140 kN/m^2 は、受動土圧強度の1.4%程度と判明している。そのため、末端水槽全体は変位しないので導水管の損傷は生じないと考えられる。

(4) 杭体の損傷と支持力破壊

上述したとおり、側圧は受動土圧強度を超えないことから杭に水平力が作用することはないため、杭の水平方向の損傷は生じない。

また、側圧の増加により、杭には図8に示すように末端水槽が転倒する方向に力が作用し、杭に対して押込み力（下方向）と引抜き力（上方向）の発生が懸念される。検討の結果、杭の引抜き力に対しては末端水槽の自重が勝る結果となった。次に、押込み力に対しては満水時の水槽の最大荷重が作用しても許容支持力を下回る結果となった。このことから、杭体の損傷や支持力破壊は発生しないと考えられる。

(5) 試験施工・本施工での影響確認

実際に地震対策工を施工するにあたっては、試験施工の際に前節4.(2)～(4)で検討した末端水槽への影響度を確認した。試験施工箇所と計測箇所は図9に示すとおりであり、試験施工箇所付近で傾斜変位を計測し、末端水槽では側壁傾斜変位、天端付近変位を計測した。

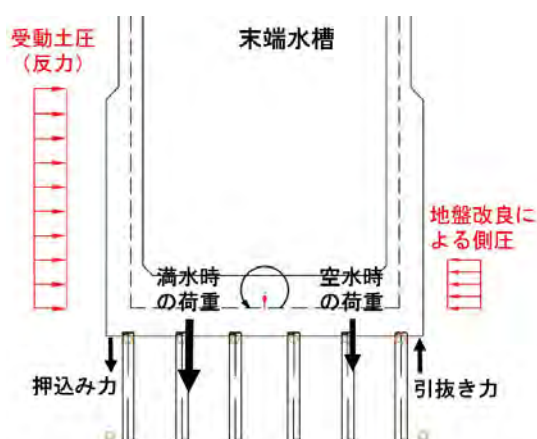


図8 杭に発生する押込み力・引抜き力

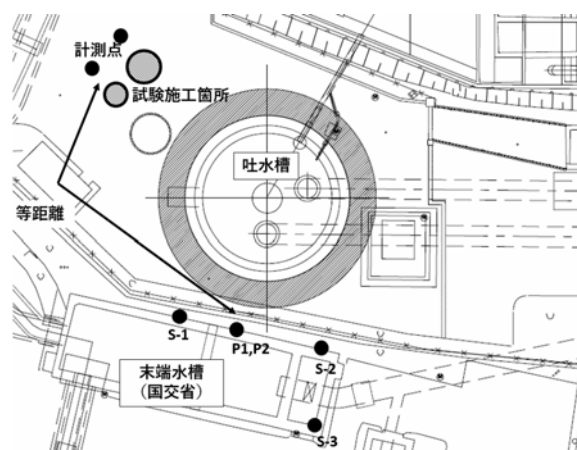


図9 試験施工箇所及び計測箇所

まず、試験施工周辺の計測点では試験施工による地盤の変位は見られなかった。次に、末端水槽でも同じく側壁傾斜変位と天端付近変位の全てで影響は見られなかった。これらのことから、本施工で末端水槽に最接近した場合であっても、高圧噴射攪拌による末端水槽への影響はないと考えられた。ただし、影響がないことを確認するため、本施工でもS-1からS-3の変位量は引き続き計測することとした。

なお、本施工においても影響は確認されなかった。

5. 結論

佐賀吐水槽の地震対策について、耐震照査結果を踏まえて対策工を検討し高圧噴射攪拌による地盤改良を採用した。この工法は、施工成立性、耐震対策としての事例の有無、構造成立性、かつ経済性の全てを満たしており、さらに近接構造物への影響が最小であると考えられた工法である。佐賀吐水槽の地震対策では、水資源機構の既設構造物の他に、国土交通省の施設に対して高圧噴射攪拌工法による影響、対策の要否、対応について検討した。

大規模地震対策が必要とされる社会状況で、本報告が、近接構造物への影響を考慮する必要があるような地震対策工の検討の参考となることが期待される。

参考文献

- 1) 都市部鉄道構造物の近接施工対策マニュアル（公益財団法人鉄道総合技術研究所、平成19年）p.24

国道224号における 遠隔式交通遮断装置について

杉原 啓太¹・桑本 真一郎・川崎 茂樹

¹九州地方整備局 大隅河川国道事務所 道路管理課 (〒893-1207 鹿児島県 肝属郡肝付町新富1013-1)

桜島は日本有数の活発な活火山であり、いつ大噴火が起こってもおかしくない状況にある。その桜島において、気象庁から噴火警戒レベル5の噴火警報が発表された場合、火口からの距離が3.0kmまたは3.5kmの範囲で立ち入り規制がなされる。その際に、大隅河川国道事務所が管理する国道224号の一部区間が規制範囲内となり通行止めを行う必要がある。このような状況になった際には安全かつ迅速に交通規制を行う必要があるため、大隅河川国道事務所では直接現場へ出向くことなく、事務所、出張所などから遠隔で交通規制を行うことのできる遠隔式交通遮断装置を導入した。本稿ではその交通遮断装置を導入した経緯や操作方法について紹介する。

キーワード 通行止め、遠隔式交通遮断装置、噴火、桜島

1. はじめに

桜島は鹿児島県の鹿児島湾北部に位置する日本有数の活発な活火山である。噴火回数は多い年では1年間で1000回を超える年もあり、直近5年においても年平均で約220回程度噴火している。かつては離島であったこの桜島は1914年に58名もの死者を出した大正大噴火で流出した溶岩によって、大隅半島と陸続きになっている。近年はこのような大噴火は起こっていないものの、現在もマグマの蓄積が続いており、その蓄積量はすでに大正噴火の前と同規模といわれているため、いつ大噴火が起きてもおかしくない状態にある。

大隅河川国道事務所が管理を行っている国道224号は、大隅半島の付け根に当たる桜島口（鹿児島県垂水市）から桜島南部を半周し桜島西部に位置する桜島港（鹿児島県鹿児島市）を結ぶ全長13.5kmにあたる区間であり、一部の区間は溶岩で形成された地面上に整備されている。（図1）



近年、桜島の噴火警戒レベルは3（入山規制）を維持しているが噴火活動の活発化や居住区域への噴石、火砕流の到達が予測される場合には警戒レベルが4（高齢者等避難）や5（避難）に引き上げられる。噴火警戒レベルが5まで引き上げられた際には火口から3kmもしくは3.5kmの範囲が立ち入り禁止になり、この範囲には大隅河川国道事務所管理の国道224号の一部が含まれているため通行規制を行う必要がある。（図2）

このようにいつ大規模な噴火が起こってもおかしくない状況にある桜島において、噴火警戒レベルが引き上げられた際に安全かつ迅速に国道224号の通行止めを実施するために、今回遠隔式交通遮断装置を設置したため、導入した経緯や操作方法についてについて取りまとめた。



図2 桜島の噴火警戒レベル5による通行規制区間

2. これまでの対応について

2022年7月24日に桜島では初めてとなる噴火警戒レベル5が発令され通行規制を行った。同日20時05分ごろの噴火により噴石が居住地域にほど近い火口から2.5kmの地点まで飛散したため気象庁は同日20時50分に噴火警戒レベルを3から5へ引き上げ、火口から3kmまでの範囲が立ち入り禁止になった。なお、これ以降現在までにおいて桜島で噴火警戒レベル5は発令されていない。

本来であれば、噴火警戒レベルが引き上げられ、立ち入り禁止区域が設定された際には即座に国道224号の通行止めを実施するべきであるが、このとき通行止めが開始されたのは同日22時00分であり、警戒レベルの引き上げから1時間10分後であった。

警戒レベルの引き上げから通行止め開始までに時間を要した原因としては、警戒レベルの引き上げが日曜日の夜間であったため、すぐに職員が現場に行くことができなかったことや災害協定業者や出張所と通行止め地点が離れていること（最も近い垂水国道維持出張所から桜島口でも約10km）、写真1のように手動で通行止めのバリケードを設置する必要があったことなどがあげられる。特に夜間に噴火が発生してしまった場合、勤務時間外に職員が通行止め地点へ向かい、作業を行うのは時間がかかるだけでなく職員の負担も非常に大きなものになってしまう。しかしながら噴火はいつ起こるかかわからないためいつでも通行止めができるように準備しておく必要がある。

このことから迅速かつ職員の負担を極力減らしたうえで通行止めを開始するために、勤務時間内外に限らず、直接現地へ出向かなくても通行規制を行うことが可能である遠隔式交通遮断装置の設置が検討された。



写真1 2022年7月24日の通行止め実施状況

3. 遠隔式交通遮断装置の設置と課題について

（1）遠隔式交通遮断装置の課題と解決策について

遠隔式交通遮断装置は迅速性と負担軽減の観点から通行止めを行うにあたり非常に有用なものであるが、現場で通行車両の有無を直接確認することができないため、遮断装置を作動させるタイミングが難しいという課題を抱えていた。

現場に直接向かい通行止めを行うのであれば車両の流れを確認して安全なタイミングで遮断することができるが、遠隔式の場合、直接現場の車両の流れを確認することが不可能である。万が一、車両接近中に遮断装置を作動させてしまうと遮断装置と車両の接触による破損や、車両に急ブレーキを踏ませることによる追突事故等の危険性がある。また、遮断装置の素材によっては、車両と遮断装置が接触した場合、車両及び遮断装置を大きく損傷させるだけでなく運転手も危険にさらしてしまう可能性がある。

これらの課題から遮断装置周辺にCCTVを新規で複数設置（写真2）し、遠方や遮断機直前、側道などからの車両の接近を監視できるようにし、安全なタイミングで遮断装置を作動させることができるような環境整備を行った。また、これらのCCTVには、桜島の火山灰がレンズに付着することで視認性が低下することに備えて、レンズに水を吹き付け洗浄する水噴霧装置を搭載している。



写真2 新たに増設したCCTVとそれをういた遮断装置周辺の監視の様子（桜島口交差点・垂水向き）

このほかにも、遮断装置の100m手前に補助情報板、直前に情報板を設置し、それぞれを遮断装置の作動状況と連動させることにより、運転者に対してもあらかじめ遮断装置の作動を知らせることで注意を促し、遮断装置周りで事故の抑止につなげている。（写真3）そのほかにも遮断装置周りにスピーカーを設置し、遮断装置を作動させる際にはサイレンや音声案内で遮断機作動を知らせることができるようにしている。



写真3 遮断装置作動中の情報板（上）と手前に設置されている補助情報板（下）

さらに、万が一遮断装置に車両が衝突してしまっても車両や運転者への損傷を極力小さくするためエア式の遮断装置を導入した。これは箱に格納された合成繊維製の円筒型バルーンに空気を供給することで膨らませ、道路を遮断するという仕組みであり、非常に柔らかい素材かつ中身が空気で満たされているため衝突時の損傷軽減が期待できる。（写真4）バルーンは赤色蛍光色で目立つ色になっており、収納箱内部に設けられているLED がバルーン内部で点滅するため夜間でも視認性に優れている。



写真4 遮断装置作動時の様子

（２）遠隔式交通遮断装置の操作方法について

遠隔式交通遮断装置はPCから遠隔式交通遮断装置の操作できるサイトにアクセスし、配布されたIDとパスワードでログインすることで操作ができるようになる。現在の運用では、主が事務所職員、副が出張所職員が操作することとしており、カチャットやVPNを用いることで勤務時間外でも自宅などからも操作が可能である。また、現地で遮断装置に併設されている操作盤を用いて遮断装置を操作することも可能である。

遮断装置の作動は、まずサイトにログインし、操作画面（図3）を表示させる。次に作動させたい遮断装置を図3の左端の黄色枠から選択し、最後に右端の赤枠内の作動ボタンを押すだけですぐに遮断機が作動開始するようになっている。作動開始から完全に遮断するまでにかかる時間はわずか20秒程度であり非常に短時間で遮断が可能である。なお、遮断する際には今回新たに増設したCCTVで通行車両が途絶えたことを確認したうえで作動ボタンを押さなければならない。先述のスピーカーや情報板、補助情報板も遮断装置と連動しているため、作動ボタンを押すと同時にこれらも動作するようになっている。もちろん個別の動作も可能であり、任意の情報板の表示や放送を流すこともできる。

このように遠隔式遮断装置の導入により、噴火警戒レベル5の発表から交通規制を行うまでに以前は1時間以上かかっていたものを、数分程度まで縮めることができる。

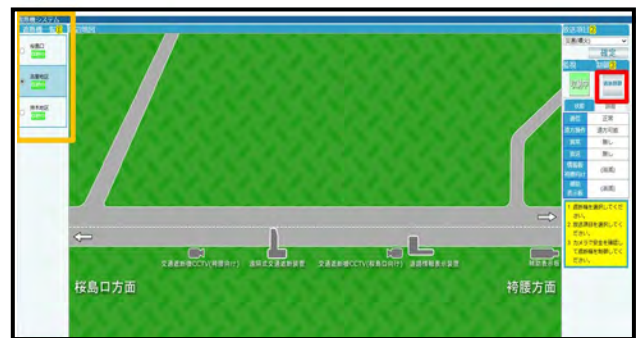


図3 遮断装置操作画面（古里地区）

遮断装置を格納する際は遠隔での操作ができないため、直接現地へ向かい手動で作業を行わなければならない。まず、遮断装置に供給されている空気を止めたうえで萎ませて遮断装置の根元にあるチャックを開けることで遮断装置内のすべての空気を抜くことができる。（写真5）そのうえで合成繊維製の遮断装置を小さくまとめ、格納されていた箱に入れることで元の状態に戻すことができる。時間にしてわずか1分程度であり1人でも片付けることができるため、負担軽減や人件費の削減にもつなげることができる。（写真6）



写真5 遠隔式遮断装置格納の様子①



写真6 遠隔式遮断装置格納の様子②

4 遠隔式遮断装置の設置場所と安全対策について

遠隔式遮断装置の設置場所は、火口からの立ち入り規制の距離が3.0km、3.5kmいずれの場合であっても通行止めの起点となる桜島口交差点（a）、3.0km通行止め終点である古里地区（b）、3.5km通行止め終点である持木地区（c）の計3か所に設置した。（図4）



図4 遠隔式遮断装置設置位置

a) 桜島口交差点

火口からの立ち入り規制が3.0km・3.5kmいずれにしても桜島港方面へ向かう車両の交通規制の起点になる場所であり、垂水方面と国分方面へ向かう国道220号と桜島港方面へ向かう224号がT字状に交差する場所である。

遮断装置は桜島港方面へ向かう国道224号の下り線側に設置し、補助情報板と情報板、スピーカーを垂水方面と霧島方面両方向から向かって来る車両に対し注意喚起ができるよう国道220号の上りと下りに1か所ずつの計2か所に設置した。（図5）



図5 桜島口交差点の模式図

また、国道220号の垂水方面と霧島方面の映像を確認しやすくするためCCTVを2か所増設し、既存のCCTVと合わせ計4機のCCTVにより両方向からの遠方と直前での車両の監視ができるようにした。（写真7）



写真7 CCTVによる監視の様子（桜島口交差点）

b) 古里地区

火口からの立ち入り規制が3.0kmの場合に交通規制を行う場所であり、この場所から桜島口交差点方面向けが通行止めとなるため遮断装置を上り線側に設置した。遮断装置手前に情報板と補助情報板、スピーカーを1基ずつ設置している。CCTVも2基増設し遠方と遮断機直前の車両の通行の様子を確認できるようにしている。また、この場所は遮断装置手前に草木の繁茂や道路が大きくカーブしているところがあり遠方監視CCTVの視認性が悪いが、既存のCCTV1基がカーブの先を監視することができるため、これら3基のCCTVによって安全性を確保している。（写真8）

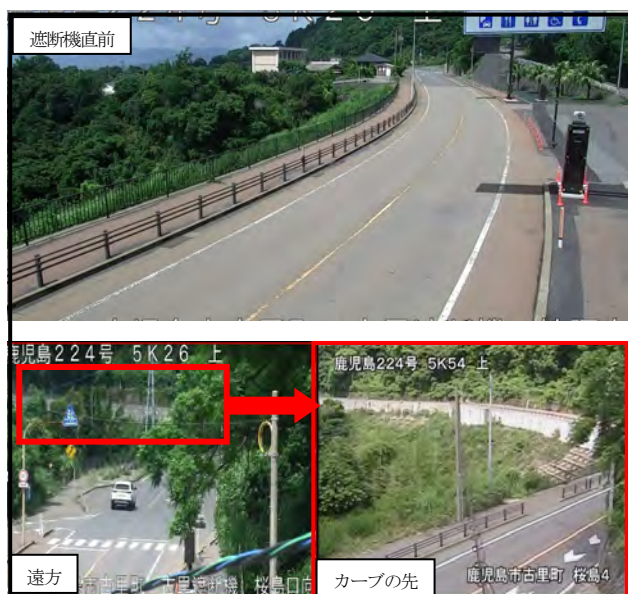


写真8 CCTVによる監視の様子（古里）

c) 持木地区

火口からの立ち入り規制が3.5kmの場合に交通規制を行う場所であり、この場所から桜島口交差点方面向けが通行止めとなるため遠隔式遮断装置を上り線側に設置した。遮断装置手前に情報板と補助情報板、スピーカーを1機ずつ設置している。またこの場所は遮断装置のほぼ真横に当たる場所から側道とT字に交わっているため、CCTVは遠方と遮断装置直前を監視するもの、側道を監視するものの計3機設置した。（写真9）

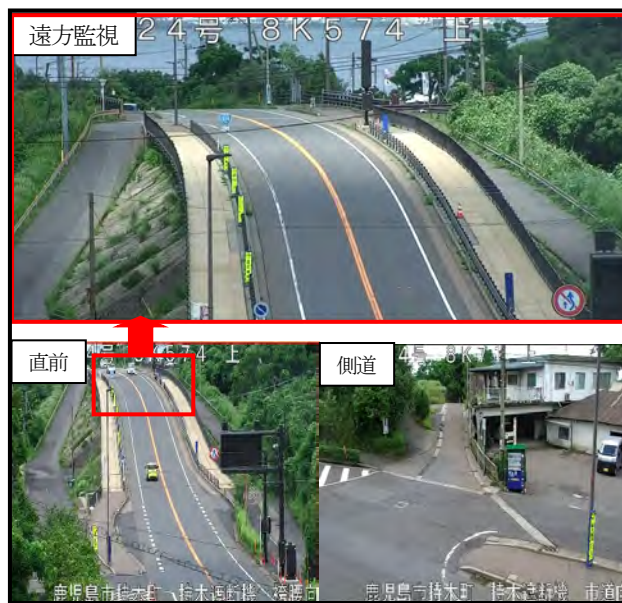


写真9 CCTVによる監視の様子（持木）

このように今回遮断装置を設置した3か所においてはいつでも車両が来る方向全てを監視できるようCCTVを整備し、遠方と遮断機直前も監視できるようにすることで車両の存在をより正確に把握できるようにし事故の軽減に努めている。

5 まとめ

今回は桜島に設置した遠隔式遮断装置について取りまとめた。遠隔式遮断機はボタン一つで速やかに作動し、交通規制を行うことができるため、CCTV等で通行する車両に対し注意を払いながら使用すれば、迅速性や職員の負担軽減等に非常に有用である。もちろん交通規制を行うような事象が発生しないことが望ましいが、もし発生した際には迅速に規制を行い、減災に貢献できると考える。

国土交通省では災害対応の迅速化、効率化に取り組んでおり、今後は大雨や凍結等で交通規制を行う東九州自動車道、また津波の発生時に通行止めを行う国道220号志布志地区などへのへの設置を検討したい。