

地域と連携した保田遊水地の整備について

福島 将太¹

¹近畿地方整備局 大和川河川事務所 流域治水課 (〒582-0009 大阪府柏原市大正2丁目10番8号)

大和川は昭和57年の水害による被害を受け、全国に先駆けて「貯める対策」を進めてきた。この「貯める対策」は後の流域治水の考え方とも合致する部分が多く、流域治水関連法案が令和3年に施行された後、大和川は法改正後全国初の特定都市河川として指定された。大和川の地形上、河道内のみの対策では流下能力を十分に確保できないため、流域全体で貯める対策として、複数箇所の遊水地を整備中である。過去から内水被害が頻発してきた地域であることを加味し、内水取込型の遊水地として整備を進めている。令和7年度の出水期より一つ目となる保田遊水地が運用を開始したことから、整備や上面利用における地域との連携についてまとめる。

キーワード 流域治水、内外水対応型遊水地、上面利用、ローラースポーツ

1. はじめに

大和川は、その源を奈良県桜井市の笠置山地に発し、奈良盆地、亀の瀬狭窄部、河内平野を経て大阪湾に注ぐ幹線延長68km、流域面積1,070km²の一級河川である。大和川中上流域では、亀の瀬狭窄部に向けて156本の支川が放射状に1本に集まる。中上流域では、勾配の緩さと狭窄部の存在によって堰上げが生じ、内水氾濫が発生しやすい特性を有している(図-1)。この、亀の瀬狭窄部では、過去に大規模な地すべり被害が発生しており、昭和37年より現在まで国直轄施工による地すべり対策事業を実施している。地すべり地帯の亀の瀬では河道改修を行うことが難しく、現行の河川整備計画においても、亀の瀬狭窄部の開削は整備計画に含まれていない。亀の瀬の疎通能力向上が難しい中で、奈良県では、昔から雨を貯留することによって、河川へ流れる水の量を減らす取り

組みを全国に先駆けて行ってきた。そんな中、国土交通省では大和川の河川改修事業一つとして、大和川本川の30k~36kで総洪水調節容量が概ね100万m³の遊水地整備を行っている(図-2)。この遊水地整備では、5つの遊水地が整備される予定であり、本年6月より第一号となる保田遊水地の運用を開始した。本稿では、運用を開始した保田遊水地についてその貯留機能の説明や平常時の遊水地の利用や運用開始後の課題についてまとめた。

2. 流域における治水連携

(1) 過去の災害について

大和川では過去に浸水被害が発生しており、特に昭和57年の8月洪水では柏原上流域の12時間雨量が146mmを記録し、浸水家屋数が1万戸を超える戦後最大の洪水被害となった(図-3)。現行の河川整備計画においてはこの洪水と同規模の洪水を安全に流下させることを目的としている。近年においても浸水被害を伴う災害が発生し



図-1 大和川流域図

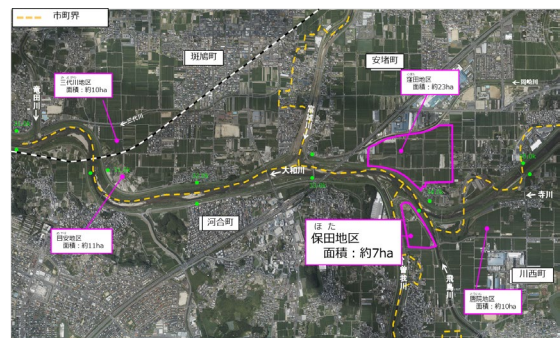


図-2 遊水地の整備箇所

ており、平成29年には昭和57年の洪水を超える大雨が発生し、王寺等の水位観測所で計画高水位を超過した。令和5年においては三郷駅付近の線路が浸水している。

(2) 流域で取り組んできた大和川の水害対策について

昭和57年に大和川流域の北部の河川が総合治水特定河川の指定を受け、また昭和58年に流域内の25市町村（当時）を中心とする大和川流域総合治水対策協議会を発足し、同協議会は昭和60年7月に総合治水対策の基本方針を定めた「大和川流域整備計画」を策定した。流域全体で対策を進める中で、社会経済情勢の変化に伴う小規模開発の増加及びため池の減少、流域対策の取組の停滞、浸水区域の市街化等の総合治水に関する新たな課題が発生した。このことから、総合治水の取組を一層強化するとともに、総合治水の取組を体系的に実施するため奈良県においては、平成29年に大和川流域における総合治水の推進に関する条例を策定した。この条例では、河川整備等を推進し流量を増やす「ながす」対策、開発行為に対して調整池等の設置を義務化し流域で貯留する「ためる」対策、浸水のおそれがある区域は市街化を抑制するなど土地利用により浸水被害を軽減する「ひかえる」対策を定めている。さらに、奈良県は平成29年10月の台風21号により奈良県域で内水被害が発生したことを受け、「奈良県平成緊急内水対策事業」に着手し、内水被害の解消に向けて総合治水対策に取り組んできた。

そんな中、流域対策をより一層加速させるための法的枠組みである特定都市河川浸水被害対策法等の一部改正により、大和川においても特定都市河川としての指定が可能となった。

大和川流域(奈良県域)では、亀の瀬狭窄部における河川改修が難しく、近年においても内水氾濫等による浸水被害が頻発している状況にあることから、大和川においては、令和3年12月末に特定都市河川浸水被害対策法等の一部改正後、全国初となる「特定都市河川」の指定がなされた。これを受け国と奈良県、流域自治体25市町村などで組織する「大和川流域水害対策協議会」を令和4年1月に設立し、5月末に、流域のあらゆる関係者が協働して治水対策を推進するため、ハード・ソフト一体の総合的な水災害対策を位置づけた「大和川流域水害対策計

画」を新たに策定した。整備計画に基づいて河川整備を加速するとともに、雨水貯留浸透施設の整備やため池の治水利用などの流域対策を継続的に進めつつ、貯留機能保全区域や浸水被害防止区域の指定を行うなど、本流域水害対策計画に基づき、流域のあらゆる関係者が協働し、流域一体で総合的かつ多層的な浸水被害対策を講じることとしている。

3. 地域と連携した保田遊水地の整備

(1) 保田遊水地の諸元について

保田遊水地の諸元を下記に示す。また、保田遊水地の写真を図4に示す。

諸元

貯留量	23万m ³
面積	7ha
周囲堤	740m
囲ぎょう堤	全長300m
越流堤	100m
樋門	3基
保田川水路	380m
遊水地内掘削	48,000m ³
コンクリート張工	約35,000m ²

(2) 災害時における運用

近年の内水被害の頻発化を踏まえ、国も含めた流域全体で流出抑制・被害軽減対策を進めていくことが重要であることから、大和川遊水地においても、流域水害対策

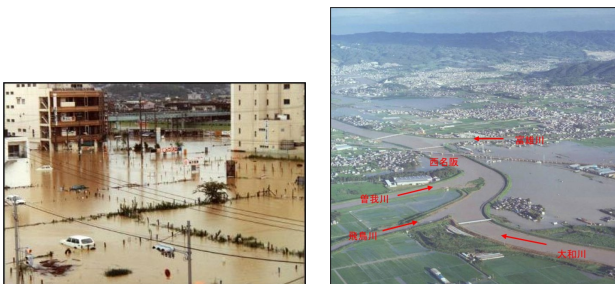
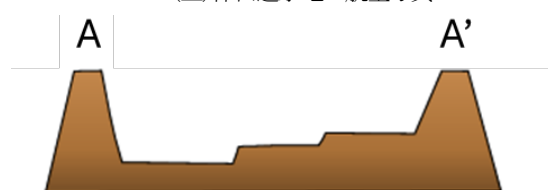


図-3 昭和57年に発生した災害の様子



(上) 保田遊水地の航空写真



(下) 底面縦断面図

図-4 保田遊水地の航空写真と底面の縦断面図

計画では、内水取り込みを行う遊水地として、必要な外水取込容量は確保したうえで、中小規模洪水（整備計画規模洪水も含む）に対して内水被害軽減効果を併せ持った遊水地(図-5)として建設された。保田遊水地の洪水調整の仕組みは平常時を含め4段階(平常時・内水取込時・外水取込時・排水時)で構成されている。(図-6)

1.平常時

遊水地内を流れる保田川水路を通じて、保田川の水を曾我川へ流している。

2.内水取込時

曾我川の水位が上昇した際は、保田樋門を閉門し、遊水地内に保田川の水を貯留する。

3.外水取込時

大和川の水位が保田遊水地の越流堤より上昇した際に大和川の水を遊水地で貯留する。その際に、内水取込樋門から保田川へ逆流することを防ぐため、内水取込樋門を閉門する。

4.排水時

排水時には、内水取込樋門を閉門した状態で、保田樋門及び保田第二樋門を開門し、遊水地内で貯留していた水を排水する。

保田遊水地では、内水を取り込む都合上、土砂が流入する頻度が高い状況となる。そこで、遊水地底面に勾配を付けるとともに、図4下図の縦断面図イメージのように遊水地底面を一律の地盤高にするのではなく、必要な治水容量を確保したうえで、段差をつけることにより、遊水地内における浸水頻度の差別化を図り、効率的な遊水地内の維持管理できるよう工夫がされている。なお浸水

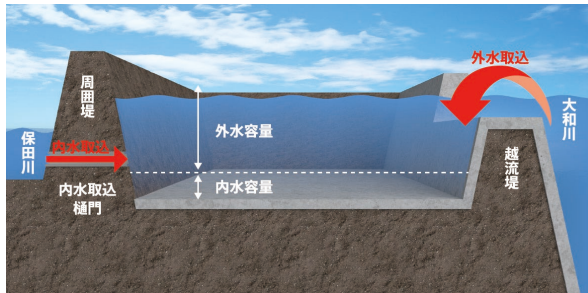


図-5 内外水対応型遊水地

頻度は底面が最も低い地点が1年に1回以上、真ん中が3年に1回程度、最も高い地点が10年に1回程度の頻度である。これにより後述する上面利用においても効率的な施設の配置が可能となる。

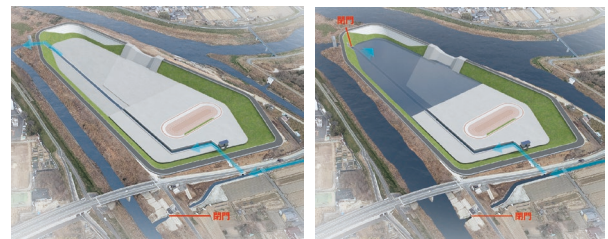
保田遊水地の周辺では保田川・曾我川といった大和川の支川が流れている。この地域では、大和川の外水氾濫よりも周辺を流れる支川による内水氾濫に悩まされており、保田遊水地が内外水対応の遊水地であることで、内水による被害の軽減にも大きな効果を発揮する。

図-7は、整備計画対象降雨時(昭和57年8月洪水)の保田遊水地における浸水範囲および浸水差分のシミュレーション結果を示したものである。内水取込施設の整備により、浸水範囲面積が6ha減少していることが分かる。

(3) 平常時における地域との連携

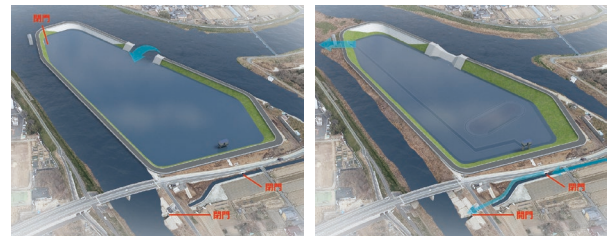
保田遊水地は、奈良県の川西町に建設された。川西町では、地域活性化に向けた課題として、主に以下の2つが考えられる。

- 1) 6km²の小さな町であるため、活用可能な土地が非常に少ない



1) 平常時

2) 内水取込時



3) 外水取込時

4) 排水時

図-6 保田遊水地の洪水調節の仕組み

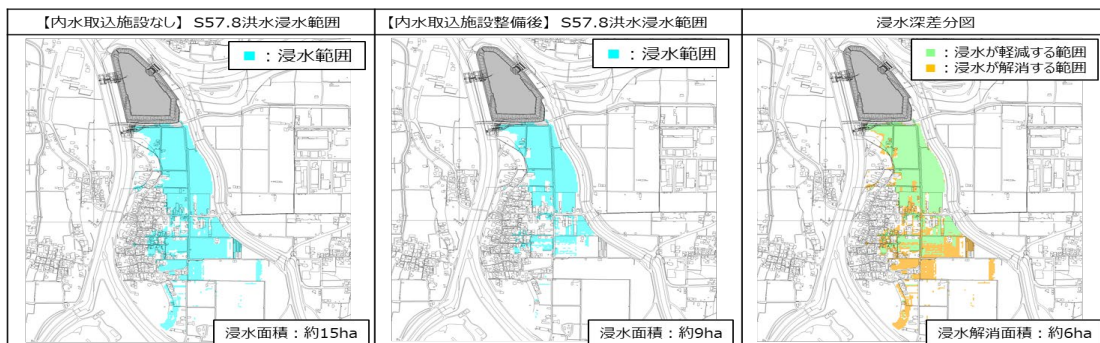


図-7 保田遊水地整備の有無による昭和57年洪水における浸水範囲

2) 若者の人口流出が進んでおり、若者にとって魅力あるまちづくりが必要

遊水地は、災害時に水を貯めて地域を守る治水施設として非常に重要な役割を果たす一方で、平常には水を貯めず、治水目的として利用することはない。

そこで、川西町では治水目的として利用しない平常時に着目し、遊水地内部の上面を平常時に利用することの検討を行った。その際に課題2として挙げた若者にとって魅力ある街づくりになるような施設としての利用について模索し、保田遊水地では日本で初の国際基準に準拠したオーバルトラックを整備し、インラインスピードスケートをはじめとしたローラースポーツ等を楽しめる場として利用することに決定した。川西町は令和6年12月16日、ローラースポーツの普及と地域活性化を図るため、ワールドスケートジャパンおよび奈良県ローラースポーツ連盟と保田の上面利用について連携協定を締結している。

本年4月には、保田遊水地が運用開始される前に、実際に上面利用を行うにあたっての事前の社会実験として上面利用の主体である川西町と、川西町が提携を結んでいるワールドスケートジャパンが連携し、第70回全日本トラックレーススピード選手権大会を保田遊水地で開催した。(図-8、図-9、図-10)

また、上面利用においてはローラースポーツだけでなく、3×3のバスケットボールコートや芝生広場など多様な活動を楽しめ、町内外の方々が集う町のシンボルとなるような場「オーバルパークかわにし」としても活用していく予定である。

4 連携にあたっての課題と対策方針



図-8 オーバルトラックセレモニーの様子



図-9 全国大会の様子

現在運用を開始している保田遊水地については、大和川流域で初の遊水地であり、今後運用していくにあたり課題が考えられる。本稿では、保田遊水地の運用にあたり、現状想定される2つの課題について述べる。

まず、上面利用時の緊急避難の基準についてである。近年、極端な気象現象が起きており、短時間で記録的な大雨が発生することがしばしば見られる。台風等の事前には大雨が予想される際は、平常時の利用を前もって中止にすることが出来るが、線状降水帯やゲリラ豪雨などの場合は、雨が降る直前までに遊水地内で平常利用、例えばインラインスピードスケートの大会等が開催されている可能性が考えられる。こういった状況において利用者への避難誘導についてどの程度河川の水位が上がったら、平常利用を中止させるかを検討する必要がある。避難や平常利用していた際に使用した道具の撤去等で避難に時間がかかることも想定される。この課題に対しては、国土交通省と川西町で緊急時利用者等避難・施設撤去計画書の策定に向けて協議しており、緊急時の連絡体制、利用者の避難や施設の撤去にかかる時間を考慮した作業計画等について調整を行っている。

もう一つの課題は、保田遊水地で水を貯留した後に生じる土砂の撤去についてである。川西町と遊水地の維持管理においては、川西町が占用許可を受け、平常時に利用することから、小規模な出水で水を貯めた場合に生じる土砂の撤去等については、占有者である川西町で対応することが基本となる。しかし、一年に何度も洪水が発生し、そのたびに川西町で土砂を撤去することは町の負担も大きくなる。また、大規模な出水により遊水地に外水を貯留した場合は、堆積した土砂を災害復旧の事業費を活用することで、撤去することが可能と考えられることから可能な範囲で町の負担軽減も図っていききたい。

上記で述べたように利用者を作る避難等の計画について調整を進めているところであるが、今後保田遊水地を運用しながら課題が生じた際には川西町と連携して対応していきたい。



図-10 全国大会の表彰式の様子

5 まとめ

大和川ではこれまで多くの水災害に悩まされており、全国に先駆けて流域治水の考えである流域で貯める対策を進めてきた。保田遊水地は貯める対策の一つであり、保田遊水地は大和川で初の内水・外水の双方に対応する遊水地として建設された。

上面利用においても保田遊水地が運用されたばかりであることもあり、今後運用していく中で課題が生じる可能性がある。その都度、関係自治体と連携し、課題に対

応を行うことで、保田遊水地が治水対策としての貯留施設だけでなく、地域活性化の役割を担い、地域の人々に愛着を持ってもらえるような施設になることを期待する。

また、大和川では、保田遊水地の他に4つの遊水地が今後建設される予定である。これらの遊水地においても保田遊水地同様に平常時の利用方法について検討する必要がある。上面利用においては、遊水地設置の本来の目的である治水対策として必要な貯留機能を損なわない形で利用が検討される。保田遊水地同様に各遊水地においては建設場所の自治体と協力していく必要があり、保田遊水地と同様に遊水地が地域活性化の施設として地域の人々に愛着をもってもらえるよう平常時の運用について、関係自治体と連携して平常時の運用方法を検討していきたい。

低土被り区間を有し、複数トンネルと 近接するNATMトンネルの施工について ～主要地方道小倉西舞鶴線 白鳥トンネル～

駿河 輝行¹

¹京都府 建設交通部 都市計画課 (〒602-8570京都府京都市上京区下立売通新町西入藪ノ内町)

主要地方道小倉西舞鶴線の4車線化事業において、既設トンネルの北側に近接し新たなトンネルの掘削を行った。新たなトンネルは、既設道路トンネルだけでなく運用中の鉄道トンネルとも近接しており、また、一部区間においてトンネル天端部より地山が低くなる低土被り区間を有している。このような特殊な条件下にあるトンネルの設計段階、施工段階の検討内容やの工事中に発生した課題について紹介する。

キーワード NATMトンネル、機械掘削、近接施工、低土被り、4車線化

1. 事業概要

主要地方道小倉西舞鶴線は、舞鶴市字小倉の国道27号を起点とし、舞鶴市字引土で国道27号に接続する約11kmの道路で、複眼都市である舞鶴市の東西市街地を最短距離で結ぶ道路です。第二次緊急輸送道路に指定されているとともに、生活道路としての側面ももった道路で2万台/日近い交通量を抱えています。

本事業は、老朽化の進む幅員狭小で大型車の離合が困難な白鳥隧道(写真-1)を中心に東西約1.4kmを4車線化(図-2)するとともに、歩道を築造するもので、安全かつ円滑な通行環境を確保し、地域間の交流・連携を推進するものです。

トンネル部の4車線化においては、新トンネルを現トンネル(白鳥隧道)の北側に新たに掘削し、両トンネルを上り線・下り線とし運用するものです。



図-1 広域図



写真-1 既設トンネル及び付近の状況

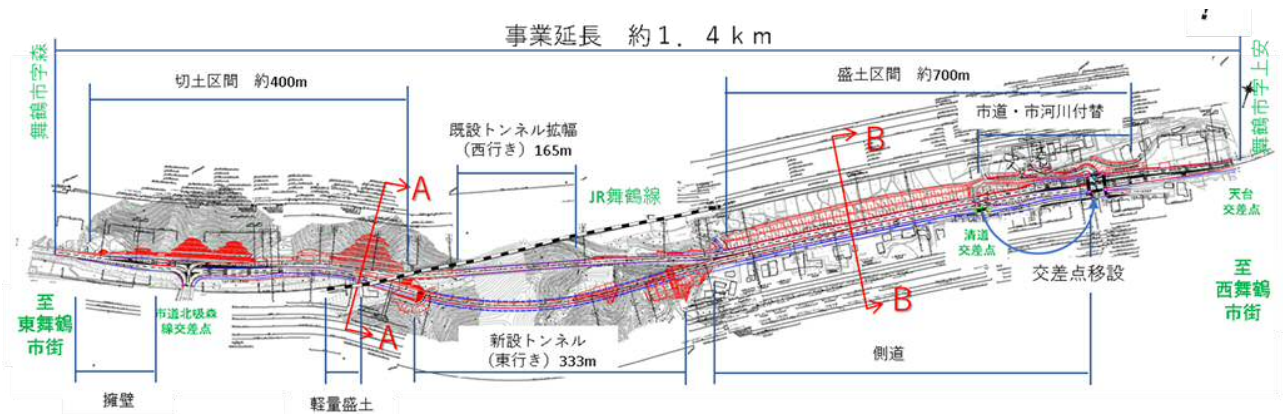
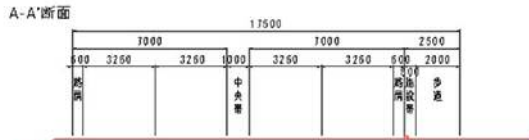


図-2 平面図

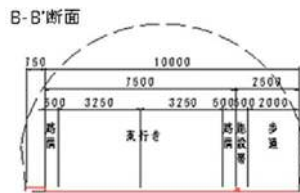
2. 白鳥トンネルの概要について

(1) 事業計画

路線名：主要地方道 小倉西舞鶴線
 延長：L=約1.4km（うち、新トンネルL=0.333km）
 幅員：
 <一般部>W=17.5m



<新トンネル部>W=10.0m



道路等級：第4種1級
 計画交通量：19,600台/日
 設計速度：60km/h
 トンネル等級：C等級

(2) 新トンネル部の地質概要・掘削方法・支保構造

本トンネルは中生代～古生代の頁岩・砂岩を基盤岩とする。基盤岩の健岩は硬質であるが、亀裂帯、低土被り断層破碎帯、礫混じり土砂の崖錐・段丘堆積物区間がある。

掘削方法は、住宅地と近接する他、鉄道トンネルにも近接するため、爆破による影響、また、掘削箇所の地山強度を検査し自由断面掘削機による「機械掘削方式」による施工とした。

また、本トンネルに用いる支保構造の組み合わせは、「道路トンネル技術基準（構造編）・同解説平成15年2月日本道路協会」に従った組み合わせとし、必要に応じ、補助工法の検討を行った。

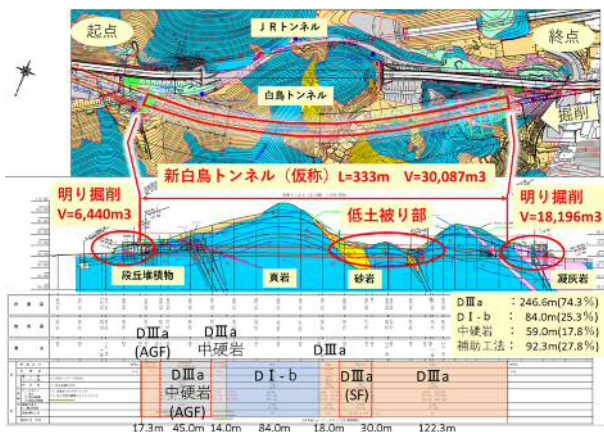


図-3 地質平面図・地質縦断図

3. 特殊な施工条件

(1) 既設トンネルとの近接施工

新トンネルの近傍には府道トンネル（S25供用）と鉄道トンネル（M37竣工）の2本が供用されており、近接施工となることから設計時にFEM解析（表-4）による、新トンネル掘削の影響有無を検討した。解析結果は、影響は非常に小さく既設トンネルの対策は不要との結果を得た。

この結果に基づき、鉄道事業者と協議のうえ、施工前・施工中・施工後の3回にわたり既設鉄道トンネルの観測を鉄道事業者に委託することとなった。観測結果は、鉄道事業者が定めた管理基準値以下でFEM解析の結果とも相違が見られなかった。

また、府道トンネルにおいても、計測工Aに準じたトータルステーションによる定点観測を行い、結果として顕著な変状は確認されなかった。



写真-2 新トンネルと既設トンネルの近接状況



表-4 FEM解析結果

(2) 低土被り下での施工

新トンネルの掘削箇所の一部が、谷地形を縦断するためトンネル天端部より地山が低い低土被り部（図-4）が発生する。切羽となる谷部の未固結な堆積土はセメント改良を行い、また、トンネルのグラウンドアーチ形成のため、土被り3mの範囲もセメント改良土で盛土を行ったうえで、トンネル掘削を行う。

地山のセメント改良箇所の切羽状況を図-5に示す。セメント改良により切羽の肌落ちもなく安全に施工が可能となった。

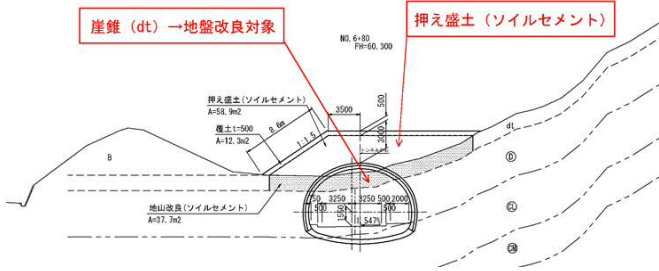


図4 低土被り部横断面図



図5 低土被り部切羽状況

4. 工事中に発生した課題

(1) 機械掘削不能な硬岩の出現による施工方法の見直し

一日当たりの進行長が4 m程度で推移していたが、全体延長の2/3程度掘削した周辺から1～3 m程度に鈍化した(図-6)こと、現地ポイントロード試験により機械掘削の適応範囲を超える地山の強度(一軸圧縮強度49N/mm²以上)が確認されたこと、DRISSによる先方探査(図-7)及び水平Brの結果、硬岩区間が当面続くことが確認されたため、効率的な掘削方法への見直しを検討することとなった。

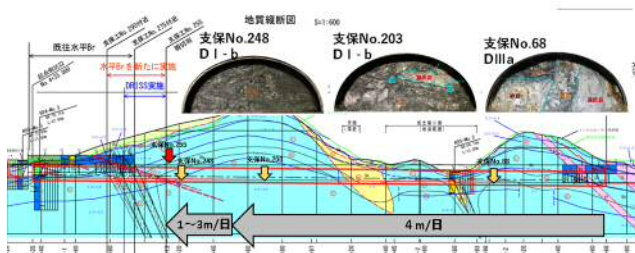


図6 硬岩出現箇所とこれまでの切羽状況

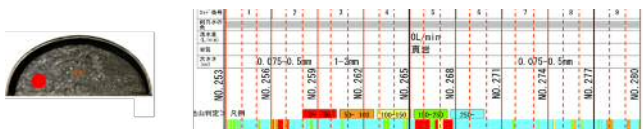


図7 硬岩区間のDRISS結果の比較

施工方法の見直しにおいては、以下を検討した。

案1) 施工能力の高い自由断面掘削機に入れ替え

標準機械(240kW級)からより能力の高い機械(330kW級)へ入れ替えを検討したが、機械の入れ替えに相当の時間を要すること、機械損料が標準機械の17倍程度

と高額であること、掘削地山の強度が入れ替えた機械の能力を超える可能性も排除出来ないこと、以上から棄却する。



図8 自由断面掘削機(240KW級)

案2) その他工法の検討(ブレイカー掘削、割岩工法)

自由断面掘削機ではなく、ブレイカーによる掘削を検討した。現地に下半掘削の標準機械であるブレイカー

(1, 300kg級)が常駐しており、掘削を試みたが良好な結果が得られなかったため、より能力の高い大型ブレイカー(2, 200kg級)を検討。また、対象地山である頁岩の走行が立っており(切羽に亀裂が見られない)、打撃を加えてもブレイカーのみ先が滑り効果的に切羽に衝撃を伝えられていないことが掘削を困難にしていると考えられることから、切羽面に複数の穴を窄孔し、のみ先のかかりとする割岩工法(ボアホール窄孔併用大型ブレイカー掘削)を選定する。



【ボアホール窄孔併用大型ブレイカー掘削】

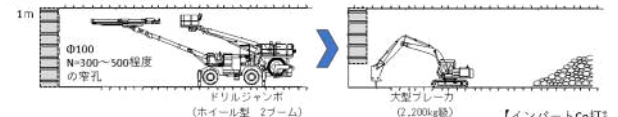


図9 ボアホール窄孔併用大型ブレイカー掘削

(2) 覆工コンクリートの充填不具合が発生したことによるコンクリート配合設計の見直し

NATM工法における覆工コンクリートの機能は、地山の荷重が作用するものではないが、供用開始後の外力の変化や地山、支保工材料の劣化に対し構造物としての耐久

性を向上させること、湧水の坑内への進入防止、照明などの施設を保持することされている。また、供用後において抜本的な改修が困難なため施工時には充填不良や空洞は発生させないよう十分品質に注意を払う必要があるが、特に天端部は狭隘なため施工が困難な箇所である。

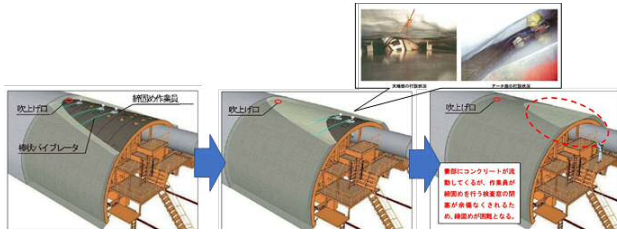


図-10 覆工コンクリート（天端部）の施工手順

本トンネル工事において、覆工コンクリートの打設後に充填不良・空隙が確認されたことから、原因の究明と施工方法の見直しを行った。

2BLの脱型後に1BLとの目地部に隙間が目視で確認された（図-11）ため、コア採取および非破壊検査（レーダー探査）により空隙の位置・範囲を特定した（図-12）。空隙はコンクリート吹上口の背面のみ確認された。

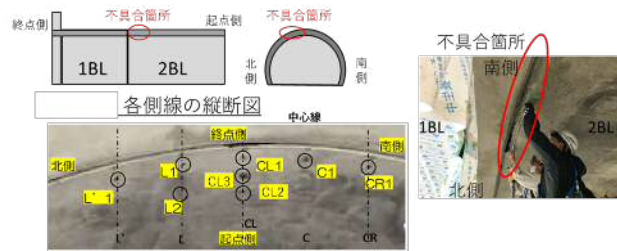


図-11 覆工コンクリートの不具合箇所

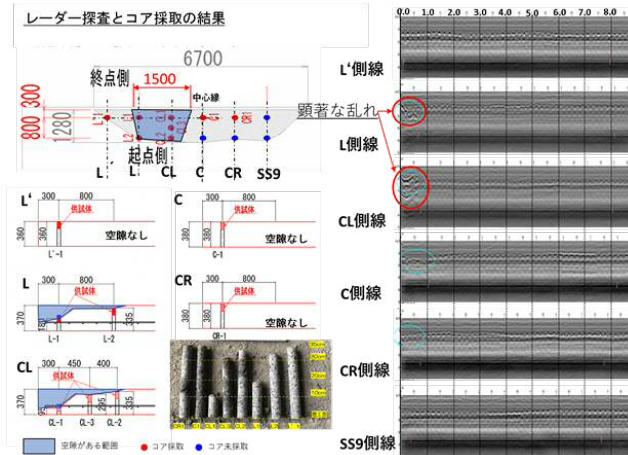


図-12 不具合箇所のコア、レーダー探査状況

吹上り（コンクリートの打設口）付近でコンクリートが詰まり壁となったため背面に充填されなかったものと考えられる。詰まった原因は、補強筋による流動性の阻害のほか、使用する骨材などコンクリートの流動性に起因するものとする。

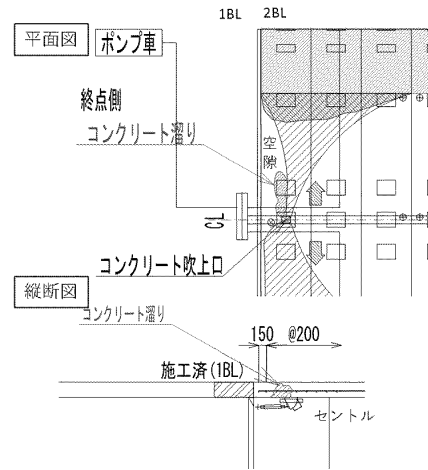


図-13 不具合発生箇所の模式図

以上からコンクリートのワーカビリティ（流動性、材料分離抵抗性、ポンプ圧送性）の向上を目的にコンクリートの配合設計の見直しを検討した。検討においては、流動化材の有無・混和剤の種類・セメント量を調整した4つの案を試験練りしスランプ試験、スランプフロー試験、簡易ブリージング試験の結果を比較検討のうえ、最も優れた配合③を選定した。

表-5 覆工コンクリート配合の比較

	①	②	③	④
配合	21-15(18)-20BB	24-15-20BB	24-18-20BB	24-18-20BB
混和剤	AE減水剤・流動化材	AE減水剤	高性能AE減水剤	AE減水剤

5. 終わりに

本トンネルは、令和4年2月より本格的な掘削を開始し令和5年1月23日に貫通、9月に覆工コンクリートが完成し令和7年5月24日に供用を開始している。

地元 舞鶴市の主催によるプレイベントや府主催の開通式典など多くの方々に見守られ供用させていただいた。貫通の瞬間や式典の様子など、思いのあふれる動画を是非ご覧いただきたい。

小倉西舞鶴線の4車線化事業としては、半分程度の進捗で、今後も縦断修正を含む現道拡幅、既設トンネルの拡幅など難易度の高い工事が残っている。これからも安全第一に早期の全線供用が出来るよう、慎重に工事に取り組んで参りたい。

舞鶴市公式ムービーチャンネル (YouTube)



【祝】白鳥トンネル 5月24日開通（記念動画）

上の川周辺まちづくり（阪急豊津駅（上ノ川橋）から垂水上池公園（蓮華寺橋）までの遊歩道整備）について

本浪 隆之¹・杉澤 秀幸²

¹大阪府 都市整備部 茨木土木事務所 (〒567-0034大阪府茨木市中穂積一丁目3-43)

²吹田市 十木部 地域整備推進室 (〒565-0855大阪府吹田市佐竹台一丁目6-3) .

吹田市の上の川周辺地域は、大正末期から郊外住宅地として発展してきた地域であり、阪急豊津駅から関大前駅までの区間は、阪急電鉄、上の川、一般府道吹田箕面線が並走している。なかでも豊津駅から蓮華寺橋においては歩道が無いことから、歩道設置の要望があるも、市街化の進展で用地確保が困難となっていた。そのような状況のなか、平成27年度には、吹田市、大阪府、阪急電鉄（株）、学校法人関西大学の4者によるまちづくりに関する勉強会が発足、地域課題の解決に向けた機運が高まり、府市共同で歩道を含む高質空間整備を行うこととなった。今回は、実施に至った経過と、暗渠化することとなった河川構造物の設計について報告する。

キーワード まちづくり、高質空間整備、歩行空間、河川改修

1. 地域の現状と課題

吹田市は、大阪市に隣接して国土軸上に位置するという恵まれた立地条件に加え、市内全域が市街化区域かつDIDに指定されている。

上の川周辺地域は、大正末期の北大阪電気鉄道（現在の阪急電鉄（株））の開通に伴い、郊外住宅地として開発され、閑静な住宅街として発展してきた。豊津駅から関大前駅までの区間は、阪急電鉄（株）千里線、一級河川上の川、一般府道吹田箕面線が並走している。

吹田市が実施した吹田市都市計画マスタープランのアンケート結果では、「歩行者や自転車が快適に利用できる道が整備されている」という設問に対し満足度が低い。当地域では、上の川に並走する吹田箕面線に歩道がなく、安全な歩行空間確保が過去からの懸案となっているが、市街化の進展により用地確保が困難となっている。

一方、当地域には関西大学千里山キャンパスがあり、吹田市地域防災計画で一時避難地、災害時用臨時ヘリポートに位置付けられている。吹田市と関西大学は「災害に強いまちづくりにおける連携協定」を結んでおり、防災面での機能強化が期待されているが、吹田箕面線と関西大学を結ぶ市道が狭隘で物資輸送の支障となっている。

さらに、阪急電鉄（株）の関大前駅では、乗降客の増加によりホーム拡張の必要性が検討されていた。

このような地域の諸課題の解決に向け、平成27年、
関係する4者（吹田市、大阪府、阪急電鉄（株）、学校

法人関西大学) による勉強会が発足、各種事業の方向性や推進体制が検討されていた。

本稿では、豊津駅から北側300mで実施した上の川河川空間を活用する遊歩道整備について、実施に至る経過と暗渠化した河川構造物の設計について報告する。



図-1 事業箇所

2. 実施に至る経過

遊歩道整備にあたっては、一級河川上の川の河川空間を有効活用する方針がとられた。



図-2 工事着手前の上の川

当初、当該区間の歩行空間の確保のため、上の川のブロック積護岸の前面に鋼管矢板護岸を設置し、護岸更新と併せて歩行空間確保をする案等が検討された（図-3）が、歩行空間として必要とされる幅員2.5mが確保できないことが判明し実現には至らなかった。

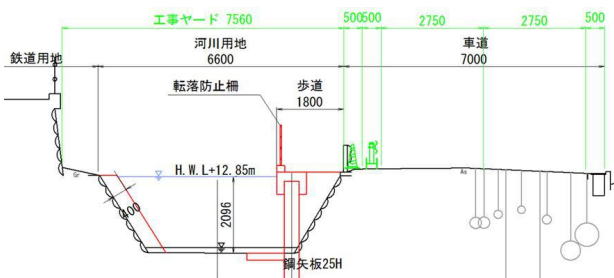


図-3 鋼管矢板護岸による張出し歩道案

検討結果を踏まえ、吹田市は、吹田箕面線の歩道確保だけでなく、高質空間整備として遊歩道もあわせて整備すること、そのために河川を暗渠化し上部空間を創出する計画を立案、府に提案し、まちづくりとして都市再生整備計画に位置づけ事業実施することとなった。

なお、この都市再生整備計画には、遊歩道整備だけでなく、一時避難地等に位置付けられている関西大学へのアクセス道路改善なども含まれている。

協議・検討の結果、上の川を暗渠化することで生み出された空間を活用した、高質空間整備、歩行空間確保を府市共同で実施することとなり、事業主体は吹田市、上の川に関する設計施工は河川管理者である大阪府が行うこととなった。

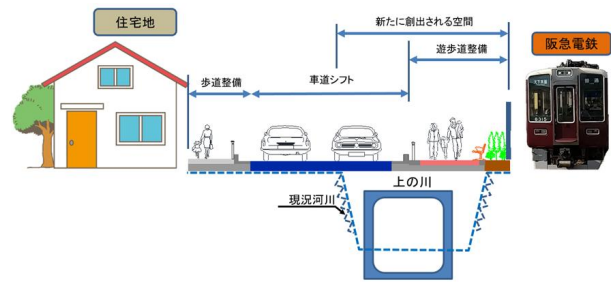


図4 整備イメージ図

3. 上の川の暗渠化検討

上の川は一級河川であり、河川法の適用を受けるが、河川区域に縦断的な工作物を設けることについては、以下の基準が示されている。

河川工作物設置許可基準 (第4第6号)

「河川の縦断方向に上空又は地下に設ける工作物は、設置がやむを得ないもので治水支障のないものを除き設けないものとする」と

また、河川を暗渠化することについては、技術基準などからいわゆるトンネル河川は原則的に選択しないこととなっているが、高質空間整備、歩行空間確保が「設置がやむを得ないもの」、暗渠化が「治水上支障のないもの」という2点について以下のとおり検証し、河川暗渠化の実施に至っている。

(1) 設置がやむを得ないもの

高質空間整備，歩行空間確保が，公共性の極めて高いものであることを確認し「設置がやむを得ないもの」として整理している．具体的には以下のとおりとなる．

- ・吹田箕面線における歩行空間確保は、高齢者、障害者等の移動等の円滑化の促進に関する法律に基づく特定道路及び生活関連経路に位置付けられている。
- ・高質空間整備として実施する遊歩道整備は吹田市のまちづくり計画において「歩行者ネットワーク」に位置付けられている。
- ・用地買収等による敷地確保や別ルートの設定が極めて困難で、代替手段がない。
- ・吹田箕面線の歩道が未整備である。

以上をもって、公共性が高い＝設置がやむを得ないものと判断している。

なお、工作物を河川の縦断方向に設置することは、河川敷地占用許可準則でも原則として設けないものとして規定されているが、上記のとおり公共性の極めて高い整

備であることから、特例として取り扱っている。

(2) 治水・上支障のないもの

上の川の当面の治水目標は、神崎川ブロック河川整備計画（平成30年7月19日改訂）で、時間雨量50ミリ程度対策の治水手法案を想定し、対策完了後での時間雨量65ミリ程度、80ミリ程度の洪水による床上浸水被害が発生しないことを確認したうえで、以下のとおり定められている。

「時間雨量50ミリ程度の降雨による洪水に対応した整備を行うことで、時間雨量80ミリ程度の降雨による洪水でも床上浸水被害は発生しないと想定されることから、時間雨量50ミリ程度の降雨による洪水で床下浸水を防ぐことを当面の目標とします。」

しかし、暗渠化を行うことで、今後の気象条件の変化に河道拡幅などで対応することは実質不可能となることから、1/100年確率降雨強度である時間雨量80ミリ程度の降雨から算出される計画流量に対応した断面を確保することとし、具体的にはボックスカルバートで施工することとなった。

また、上の川流域は都市化が進み流木の発生源がないことから、河道閉塞要因が極端に少ないことも、暗渠化を進めていくうえで重要な判断要因となっている。

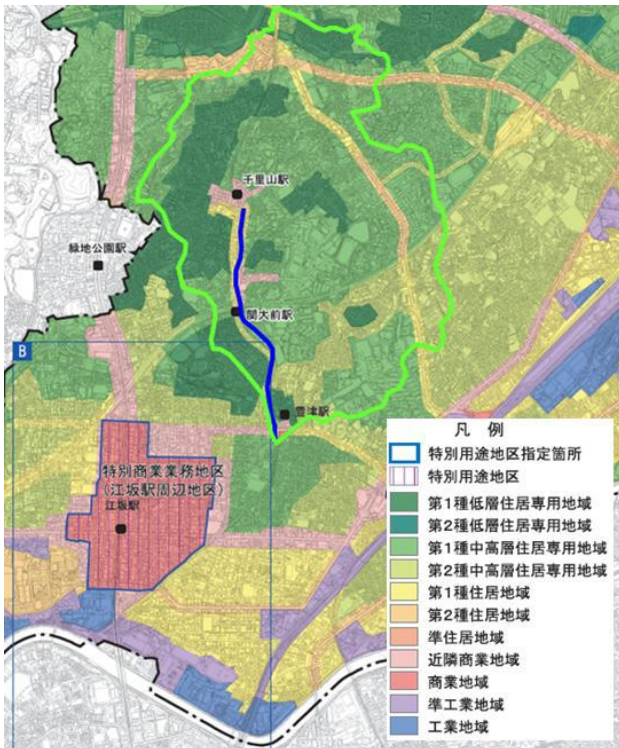


図-5 流域の状況（平成20年度）

出典：吹田市都市計画図、国土地理院「電子国土Web.NEXT」

4. ボックスカルバートの設計

ボックスカルバートの諸元は以下のとおりとなった。

(1) 計画流量

1/100確率降雨強度に対応する計画高水流量として、 $Q=50\text{m}^3/\text{s}$ とした。

(2) 縦断勾配

「河川砂防技術基準（案）同解説設計編Ⅰ」より流速7m/s以下となる縦断勾配とする必要がある。

また「河川砂防技術基準（案）同解説設計編Ⅰ」では、河道の縦断形は一般に現況河道の縦断形を重視して定めることとなっている。

よって、流速が7m/s以下となることを確認したうえで、縦断勾配は現況河道の縦断勾配とほぼ同じとなる1/120とした。

(3) 粗度係数

「河川砂防技術基準（案）同解説設計編Ⅰ」では、コンクリート人工水路の粗度係数は $n=0.014\sim0.020$ となっており、そのうえで“維持管理が良好にできる場合については $n=0.015$ を採用している事例が多い」と記載がある。

上の川においても、良好に維持管理を行うこととして $n=0.015$ とした。

(4) 設計流量の割り増し

「河川砂防技術基準（案）同解説設計編Ⅰ」では、原則として計画で配分される計画高水流量の130%流量以上とするものとされている。これは、流下能力増大の対応が極めて困難であることや、流下物による閉塞の危険性が高い等不利な点が考えられるためである。

上の川では、流下能力を増大させることで下流河川への悪影響があること、流域が都市部であり流木等の流下がほぼ無いことから、設計流量の割り増しは行わないこととした。

(5) 空面積の確保

「河川砂防技術基準（案）同解説計画編」では、トンネルの断面には十分な空面積を確保するものとして、設計流量の流下に必要な断面積の15%程度を下回らない値を標準として空面積を確保するものとなっている。

そこで、上の川においても、空面積を15%程度確保することとした。

以上から、決定されたボックスカルバートの断面は以下のとおりとなった。

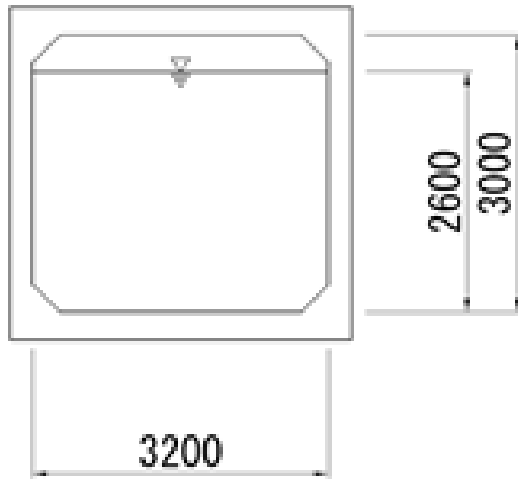


図-6 ボックスカルバート

(諸元)

寸法 $h=3.00\text{ m}$, $B=3.20\text{ m}$, 水位 $=2.60\text{ m}$

河床勾配 $i=1/120$

粗度係数 $N=0.015$

断面積 $=9.42\text{ m}^2$

空面積率 $=14.5\%$

通水断面積 $A=8.23\text{ m}^2$

潤辺 $P=8.05\text{ m}$

径深 $R=A/P=1.022\text{ m}$

流速 $V=1/N \times R^{(2/3)} \times I^{(1/2)} = 6.175\text{ m/s}$

流量 $Q=V \times A = 50.82\text{ m}^3/\text{s}$

5. 施工方法の検討

ボックスカルバートの施工方法については、以下の方針で検討を行った。

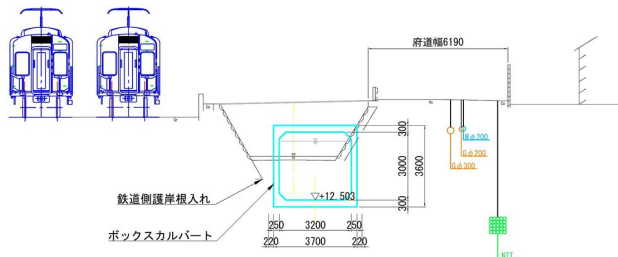


図-7 横断面図

(1) 平面線形

当該区間は、護岸背後すぐに一般府道吹田箕面線と阪急電鉄(株)軌道敷が平行に隣接している。

それぞれの管理者との協議では、施工時においても通行や運行の支障となることは避けることとされている。

また、道路地下には、水道、ガス、下水道、NTTの埋設管があり、これらへの影響も最小限とする必要がある。

よって、道路及び軌道敷への影響が少なくなる現況河道法線を踏襲した平面線形を基本とした。

(2) 工法の選定

先述のとおり、道路と軌道敷に近接していることから、変位などの影響を抑えるために掘削深さを最小限に抑えられ、なおかつボックスカルバート施工時に道路占用を最小限にできる施工方法を検討する必要がある。

現況河道法線にボックスカルバートを据え付けた後、敷設済みのボックスカルバート上に重機を配置することで道路占用を極力少なくできる工法として「開放型シーールド工法」の中から、施工確実性等を考慮しオープンシーールド工法を採用することとした。

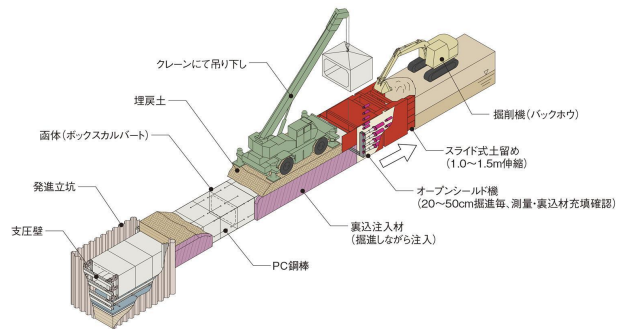


図-8 概要図(オープンシーールド工法協会HPから)

本工事では現況河床を切り下げていく必要があるが、現況河道断面を確保するため、発進立坑を施工範囲の下流側に設定し、河床を切り下げながら上流側に向け掘進を進めることとした。

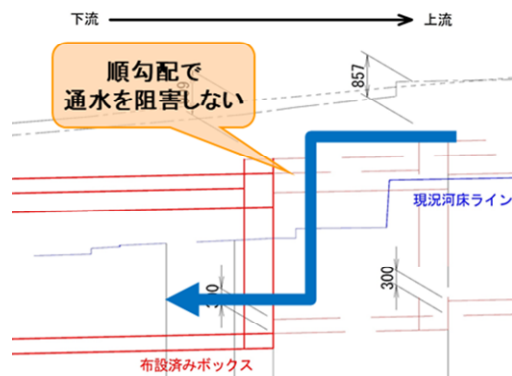


図-9 ボックスカルバート敷設時

(4) 施工時の府道幅員確保

道路管理者及び所轄警察署との協議により、「昼間施工時には現況の交通形態を確保すること」「片側交互通行は夜間のみとすること」となったことから、オープンシーールド工法を昼間施工できることを確認した。

(5) 軌道敷への影響

左岸側護岸が損傷することで背後にある軌道敷に大きな影響が発生する可能性がある。そこで、施工時のコントロールポイントとして、左岸側護岸の基礎から15cmの離隔を確保することとした。

軌道との近接施工にあたっては、「都市部鉄道構造物の近接施工対策マニュアル」（財団法人鉄道総合技術研究所）に基づき近接程度を判定、FEM解析によって軌道への影響評価を行い、変位が許容範囲内であることを確認している。

また、施工時には鉄道監視員を常時配備することとなった。

以上の検討結果から、施工断面は以下の通りとなった

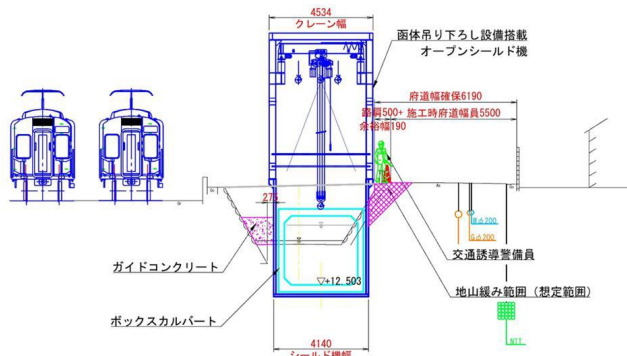


図-10 施工時断面図

6. 工事施工時の状況

オープンシールド工法の工事状況写真を以下に示す。

ボックスカルバートは上下2分割で搬入し、所轄警察署と協議の結果、ボックスカルバートの据え付け作業時に片側交互通行を行うこととした。

工事は2021年10月から2025年2月のおよそ3年半にかけて行われ、現在は吹田市による上面整備工事が施工中。

2026年3月末には高質空間が完成し、同4月に供用開始予定である。



図-11 オープンシールド機仮組立



図-12 発進部



図-13 発進部 (オープンシールド機据付)



図-14 掘削作業



図-15 ボックスカルバート横取り

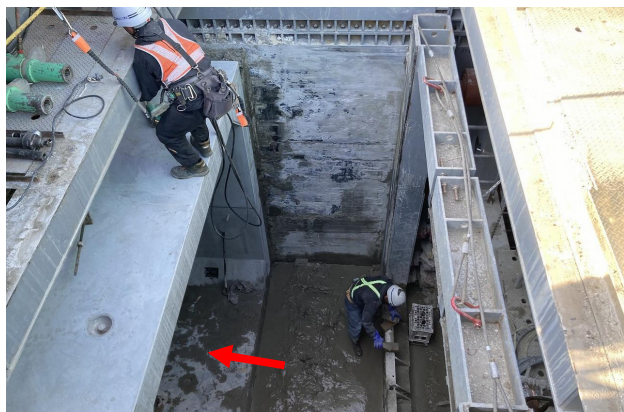


図-16 ボックスカルバートとシールド機

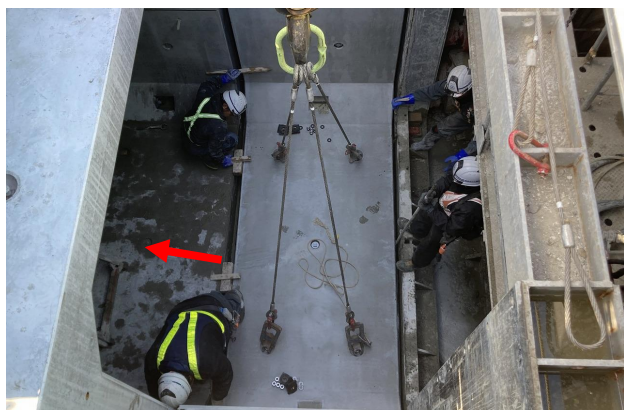


図-17 ボックスカルバート据付（下部）

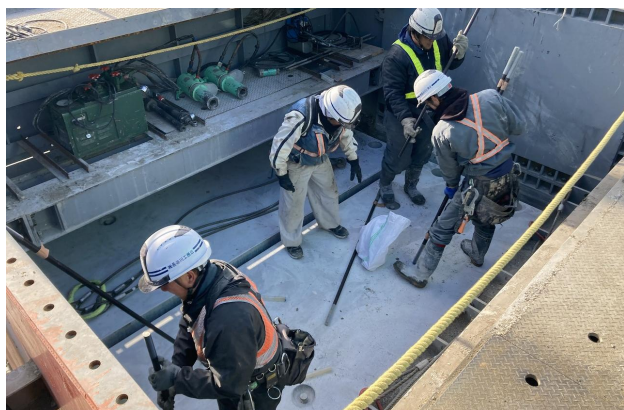


図-18 ボックスカルバート据付（上部）



図-19 仮設ヤード整備時

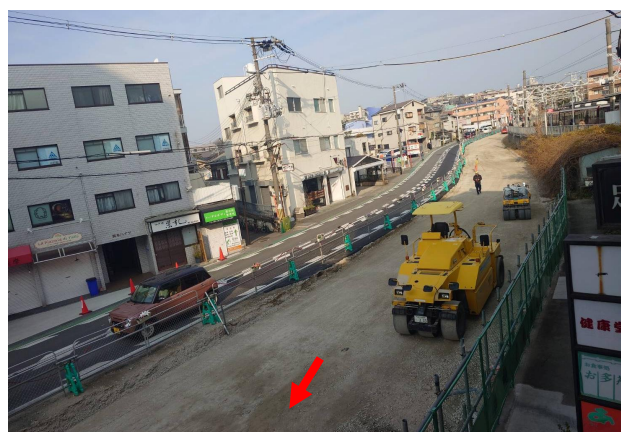


図-20 工事完成時

7. おわりに

一級河川を暗渠化することで生み出された空間に歩道を含む高質空間整備を行う本事業であるが、既にある河川を暗渠化することには、河川管理上多くの問題がある。それらについては、今後も関係者で協議調整を行う必要があると考えている。

地域にとって長年の課題であった歩行空間の確保を実現できたのは、府市が緊密に連携してきたからである。引き続き地域のために協力体制を継続していきたい。

大型ドローンによる資材運搬の 土木工事への活用に向けた効果と課題の整理

小西 琢也¹

¹奈良県 県土マネジメント部 道路建設課 (〒630-8501奈良県奈良市登大路町30)

2023年4月、一般国道168号の吉野郡十津川村長殿地内において落石が発生した。2024年度に落石防止網工などを用いて対策工事を行った。対策箇所と道路面の高低差が最大で150m程度となっており、施工箇所へのアクセスが課題となる工事であった。これに対し、資材はモノレールによって運搬することを標準としていたが、工法選定の幅が広がり、工期などの短縮や安全性の向上も期待できることを受け、奈良県では大型ドローンによる資材運搬を試行的に実施した。本研究では土木工事において大型ドローンによる資材運搬の事例を通して、その活用による効果と課題を整理し、考察を行うとともに、ドローンに関する法規関係を整理した。

キーワード 大型ドローン、資材等運搬、工期短縮、安全

1. はじめに

近年、AI技術などの新技術が多くの場面で活用されるようになってきている。土木建設業界においてもICT施工活用等、新技術を活用する動きが活発となっており、その中にドローンを活用した技術がある。

ドローン技術は土木建設分野のみならず、農業、医療や物流など様々な分野で注目され、その活用方法について多くの議論がなされ、実用に向けた試行錯誤が行われているところである。

土木建設分野においてドローン技術は、河川、砂防や橋梁等の点検業務、及び測量業務などに広く使われつつあり、本研究ではドローンの物資輸送能力に着目し、土木建設工事への活用について検討する。

2. 既往研究

ドローンの物資輸送能力に着目したとき、土木建設分野以外においては、「ドローンを活用した荷物等配送のガイドライン」が策定され、物流サービスへの活用の他、災害時の物資運搬への展開に向けた取り組みが行われている。

土木建設分野におけるドローンによる資材等運搬の事例は2020年に山梨県において仮設資材の運搬¹⁾、2021年にポータブル貫入試験機の運搬²⁾、2023年新潟県において大型運搬用ドローンによる地質調査資材の運搬実証実

験³⁾等が実施されている。

しかし、実証実験段階のものも全国的に事例が少なく、事例紹介や記事などにとどまっているものがほとんどである。

3. 課題と目的

土木建設分野においては、ドローンの活用が進んでいるものの、土木工事におけるドローンによる資材等運搬に関して知見が少なく、効果や課題について整理されていない状況である。また、発注者、受注者によらずドローンの活用には新たに航空法等の一定の知識を必要とするため、運用に向けての知識習得や情報収集に苦慮することが多い。

今回は、土木工事において試行的に大型ドローンを実施することで、その効果と課題の整理を行うことを目的とする。また、あわせてドローンに関する法規関係を整理する。

4. 方法

土木工事において、資材運搬に大型ドローンを使用した後、施工業者へのヒアリングを実施し、従来の施工方法との比較を行うことにより効果と課題を整理した。

(1) 諸条件の整理

十津川村長殿地内において発生した落石の対策工事のうち、覆式落石防護網工の資材運搬について、大型ドローンを用いた実証実験を実施した。工事の諸元を表-1に、工事における横断面図を図-1に示す。また、使用する大型ドローンの諸元⁴⁾を表-2に、大型ドローンの写真を写真-1に示し、大型ドローンを用いた資材運搬の状況を表-3に示す。

(2) 施工業者へのヒアリングの方法

大型ドローンによる資材運搬を行った後日、「施工性」、「施工日数」、「安全性」、「経済性」、「使用して良かった点」、「苦労した点」、「今後も活用したいか」の項目について、施工業者に対面でのヒアリングを行った。

(3) 従来の施工方法との比較の方法

従来の法面上への資材運搬方法としては「モノレール」、「索道」、「ヘリコプター」等が想定されるが、今回は発注当初に想定していた「モノレール」による施工を対象に比較検討を行った。比較項目は「施工性」、「運搬日数」、「安全性」、「経済性」とし、比較にあたっては施工業者へのヒアリング結果を参考にした。「運搬日数」の比較は、敷設工を除く計算値として日あたり作業量から算出した。

(4) ドローンに関する法規関係の整理方法

ドローン運航に関わる主な法規である航空法と重要施設の周辺地域の上空における小型無人機等の飛行の禁止に関する法律（以下、小型無人機等飛行禁止法）について、資材運搬に関わる部分について国土交通省HP⁹⁾を参考に整理する。

表-1 工事の諸元

工事場所	奈良県吉野郡十津川村長殿
工期	2024年3月8日～2025年3月21日
工事概要	工事延長 L=80m 1号高エネルギー吸収型落石防護柵工 L=50m 2号高エネルギー吸収型落石防護柵工 L=27m モルタル吹付工 A=2,500m ² 覆式落石防護網工 A=3,440m ² ロープ伏工 A=360m ²
受注者	檜尾・光和JV

表-2 大型ドローンの機体諸元⁴⁾

機体	DJI FlyCart 30
重量	約 54kg(バッテリー1個の場合)
機体サイズ	2800×3085×947 mm
最大積載重量	40kg
最大飛行時間	9分(最大積載時)
最大航続距離	8km(最大積載時)
水平速度	約 15km/h

表-3 大型ドローンを用いた資材運搬の状況

飛行日	2024年8月5日 ～2024年8月7日
飛行時間	9時～17時 (8/7のみ9時～12時)
飛行距離	水平 L= 150m, 鉛直 H= 20～80m
1運搬あたりの積載重量	約 40kg
運搬回数	158回
総運搬重量	約 6320kg

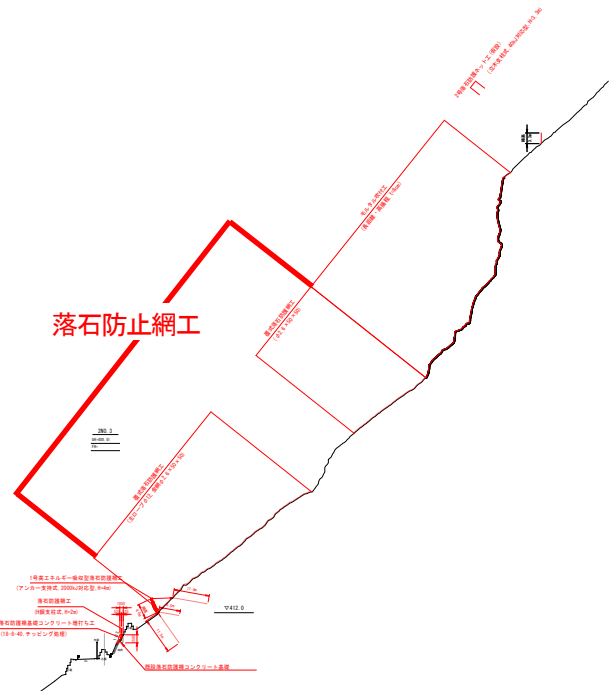


図-1 横断面図

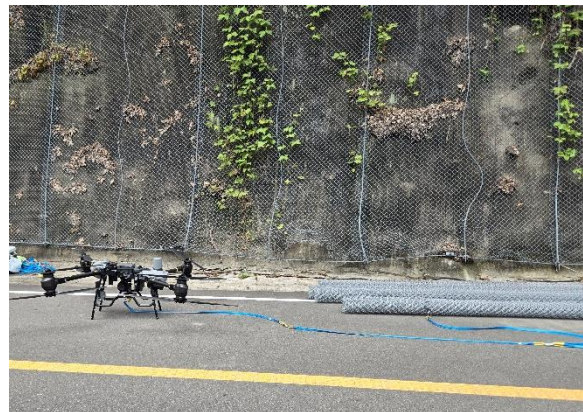


写真-1 使用した大型ドローン

5. 結果

(1) 施工業者へのヒアリング

施工業者へのヒアリングを行ったところ、施工性が向上し、工程短縮にもつながり、法面作業における安全性の向上も期待できるという回答があった。モノレールによる資材運搬では敷設完了まで施工日数は30日程度を予定していたが、大型ドローンでは運搬と敷設を同時並行で行うことから、敷設まで6日で完了した。一方、架空線や立木といった支障物への配慮や経済性の点で活用しづらさもあるとの回答があった。ヒアリング結果を表-4に示す。

(2) 従来の施工方法との比較

大型ドローンによる運搬は従来のモノレールによる運搬と比べて、大幅な省力化及び工期短縮が可能であった。また、安全性については、大型ドローンには墜落の危険性は伴うものの、法面作業としては作業時間の短縮、及

び上下左右移動回数及び距離の低減により、作業員の安全性が向上すると考えられる。ただし、経済性については大型ドローンがモノレールに劣る結果となった。従来の施工方法との比較結果を表-5に示す。

(3) ドローンに関する法規関係の整理

ドローン運航に関する法規関係について整理する。

航空法はドローンに限らず航空機全般を対象としており、航空機の航行の安全を確保し、航空機の航行に起因する障害の防止を図るための法律である。航空法では、ドローン（法上は、無人航空機）については主に機体登録、操縦者の技能証明、飛行方法などが定められている。

一方、小型無人機等飛行禁止法は国の重要施設や外国公館などの周辺地域上空での小型無人機（ドローンなど）の飛行を禁止する法律であり、100g未満のトイドローンも対象となる。対象施設は警察庁のHPにより公開され、外国要人の来日等に伴い、一時的に対象施設が追加されることがあるため注意が必要である。

このうち、航空法に関する機体登録、操縦者の技能証

表-4 ヒアリング結果

施工性	ピンポイントに資材を運搬できるので、モノレール設置箇所からの運搬作業が削減でき、非常に良い。
施工日数	30日程度（モノレール）を予定→6日（大型ドローン）で完了。 （覆式落石防護網工 A=3440m ² について資材運搬から施工完了まで）
安全性	法面上での作業を削減でき親網の切り替えがなくなる。 作業時の熱中症のリスクを低減できる。墜落事故の懸念がある。
経済性	施工単価が高価であるとともに、天候による不稼働リスク（保障等）が高い。
良かった点	工期短縮となった。運搬に係る作業員を削減できた。
苦労した点	一般車両や架空線、立木との離隔に配慮が必要であった。
今後も活用したいか	現場条件、予算が合えば使いたい。 縦断方向に広い現場であればより有効であると思う。

表-5 大型ドローンとモノレールの比較結果

比較項目	大型ドローン		モノレール（500kg 級）	
写真				
施工性	○	目的箇所へ直接運搬可能	△	モノレールルート上へ運搬後 人力による横移動が必要
運搬日数 （計算値）	○	2.0日（運搬のみ） （3,440m ² あたり、敷設工を除く）	△	4.3日（設置～運搬～撤去） （3,440m ² あたり、敷設工を除く）
安全性	○	法面作業の減少 ドローンが落下する危険	○	法面作業時の危険 その他大きな危険は少ない
経済性 （直接工事費）	△	約100万円/日×2日 （※本現場の場合）	○	約20万円/日×4.3日 （※本現場の場合）

表-6 航空法における飛行方法等の分類

カテゴリー分類		内容	機体認証・資格	国土交通大臣による 許可・承認
カテゴリーⅢ		立入管理措置を 講じないで行う特定飛行	第一種機体認証 一等無人航空機操縦士	③運航管理の方法
カ テ ゴ リ ー Ⅱ	ⅡA	立入管理措置を 講じて行う特定飛行のうち リスクの高いもの	第二種機体認証 二等無人航空機操縦士	③運行管理の方法
			機体認証なし 資格なし	①使用する機体 ②操縦する者の技能 ③運行管理の方法
	ⅡB	立入管理措置を 講じて行う特定飛行のうち カテゴリーⅡA以外のもの	第二種機体認証 二等無人航空機操縦士	不要（※飛行マニュアルの 作成等は必要）
			機体認証なし 資格なし	①使用する機体 ②操縦する者の技能 ③運行管理の方法
カテゴリーⅠ		特定飛行に該当しない	機体認証なし 資格なし	不要（※飛行マニュアルの 作成等は必要）

※特定飛行のうちリスクの高いもの

空港周辺、高度150m以上、催し場所上空、危険物輸送、物件投下、最大離陸重量25kg以上

(DID上空、夜間、目視外、人又は物件から30mの距離を取らない飛行であって総重量25kg未満の場合は除く)

明、飛行方法について特に煩雑であるため整理し、表-6に示す。ここで、今回の試行的運用は最大離陸重量が25kg以上であり、立入管理措置を講じているため、カテゴリーⅡAに分類される。

6. 考察

ドローンを用いた資材運搬は資材を目的の箇所へ直接運搬でき、モノレールでは別途必要となる人力運搬が削減できること、及びモノレールの設置・撤去の日数も削減できることにより、工程短縮が図られたと考えられる。安全性と経済性については、未だ課題が残されているものの、ドローン技術の進歩と活用の拡大によって改善されるものであると考えられる。また、ドローンに関する法規に関する知識不足により大型ドローンの活用の妨げの一因になっていると考えられる。

これらのことより、大型ドローンによる資材運搬は積極的に活用され、経験値が蓄積されることで課題整理が進み、課題が解消されることによって、土木建設分野での大型ドローンの活用がますます有効となると期待される。

7. おわりに

今回の実証実験により土木建設工事における大型ドロー

ンによる資材運搬の活用に向けた効果と課題の整理を行った。また、あわせてドローンに関する法規関係の整理を行った。

本成果が今後の土木工事における大型ドローンの活用の参考とされ、現在土木建設分野が抱える人手不足等の課題が改善されることで、土木建設分野の発展に寄与することを願う。

また本研究は2025年4月人事異動に伴い従前所属である五條土木事務所の所掌内容について発表する。

謝辞：本研究に携わって頂いたすべての方に感謝の意を表する。

参考文献

- 1) ドローンジャーナルニュース：2025. 7. 30 閲覧
(<https://drone-journal.impress.co.jp/docs/news/1185647.html>)
- 2) クリーク&リバー社HP：2025. 7. 30 閲覧
(<https://www.cri.co.jp/news/002985?cs>)
- 3) ドローンジャーナルニュース：2025. 7. 30 閲覧
(<https://drone-journal.impress.co.jp/docs/news/1183504.html>)
- 4) DJI 社HP：2025. 7. 30 閲覧
(<https://www.dji.com/jp/flycart-30/specs>)
- 5) 国土交通省HP：2025. 7. 30 閲覧
(<https://www.mlit.go.jp/common/001579420.pdf>)

荒島第2トンネルの水噴霧設備における 施工・維持管理について

末崎 拓人¹・伊藤 亘佑²

¹近畿地方整備局 福井河川国道事務所 施設管理課 (〒918-8015福井県福井市花堂南2-14-7)

²近畿地方整備局 近畿技術事務所 技術活用・人材育成課 (〒573-0166大阪府枚方市山田池北町11-1) .

本報告は、大野油坂道路荒島第2トンネル消火設備新設工事において施工した水噴霧設備についての施工事例及びその後の維持管理についての概要を報告するものである。この水噴霧設備は近畿地整管内においては国道2号城山トンネルと国道158号荒島第2トンネルにしか設置されておらず、また、先述の2トンネルでは環境も大きく異なるため、今後の参考事例になり得ると考え報告する。

キーワード 水噴霧設備，改築，維持管理

1. はじめに

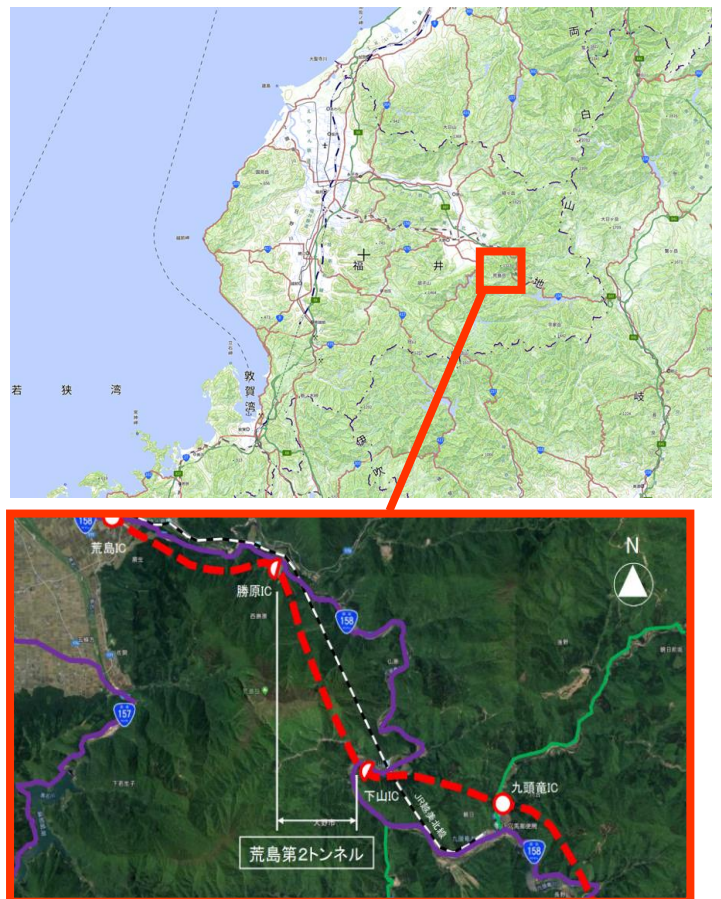
福井河川国道事務所では、国道158号中部縦貫自動車道（総延長61.4 km）の改築事業を推進しており、その一区間として大野油坂道路（延長35 km）の大野IC～九頭竜IC間（延長19.5 km）が2022年度から2023年度にかけて開通した。本報告の対象である荒島第2トンネルは同区間に位置（図－1）し、延長4,988 mと大野油坂道路を構成する10本のトンネルの中で最長である。表－1にトンネル諸元を示す。

本トンネルは「道路トンネル非常用施設設置基準」においてトンネル等級がAAとされ、水噴霧設備の設置が原則となっていることから、同設備を導入した。この水噴霧設備は、近畿地方整備局管内では国道2号城山トンネルに次ぐ2例目であるが、先行事例とは交通量や道路構造等の条件が異なる。

そのため、本トンネルでの維持管理に関する考察は、今後の重要な参考事例になり得ると考え、ここに報告するものである。

表－1 トンネル諸元

延長[m]	4,988
全幅員[m]	13.5
通行方式	対面通行（剛性中分）
車線数[車線]	2
設計交通量[台/日]	9,400
設計速度[km/h]	60
トンネル防災等級	AA
非常駐車帯	有り



図－1 位置図

2. 荒島第2トンネルにおける水噴霧設備概要

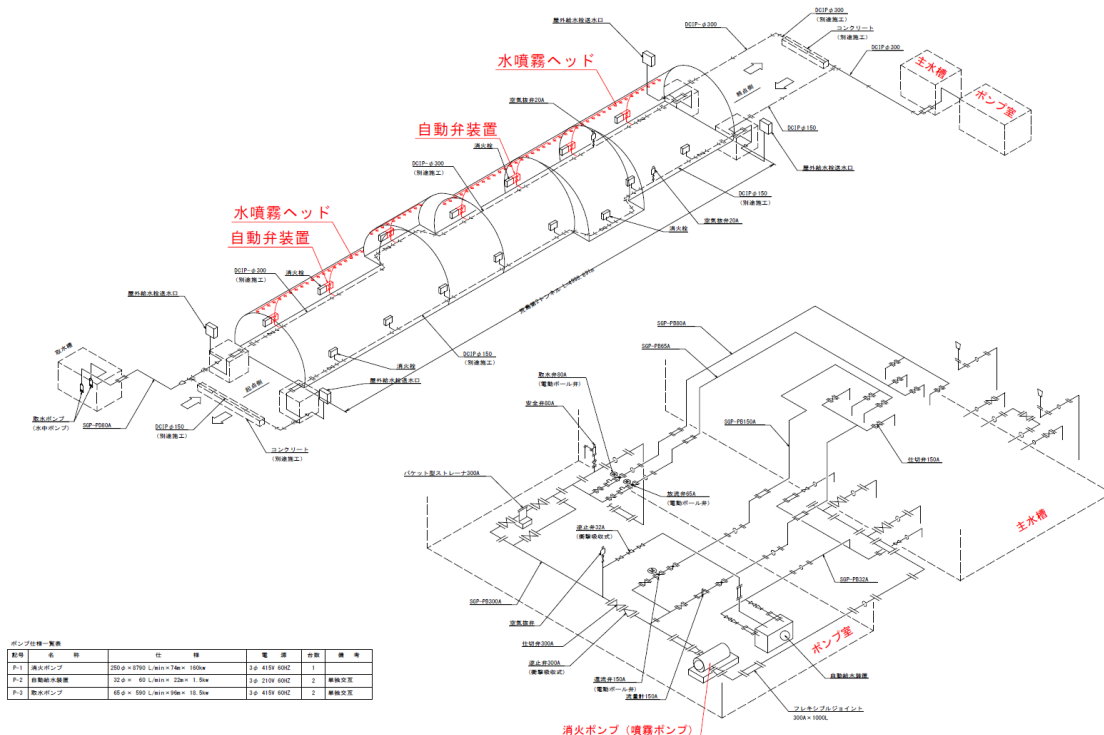
(1) 設備概要

水噴霧設備は、火災時に水噴霧ヘッドより微細な粒子状の水を放水して、その冷却作用、水蒸気による窒息作用等の相乗的効果を利用して火勢を抑制するとともに、火災時に発生する熱でトンネル施設が損傷しないよう冷却保護、ふく射熱をしゃ断して消火活動を容易にし、あわせて車両の延焼を防止するための設備である。水噴霧設備は、自動弁装置、水噴霧ヘッド、水噴霧ポンプ、ポンプ制御盤、貯水槽、配水管等から構成され、防災受信盤によって制御される※1)。図－3に設備概要図を示す。



図－2 水噴霧設備の操作画面

荒島第2トンネル配水系統図



図－3 設備概要図

本トンネルでは、1区画50 mとして、合計100区画をトンネル内に設定しており、1区画あたり自動弁装置は1台、水噴霧ヘッドは10個取り付けられている。一度に放水可能な区画は2区画、合計100 mである。

a) 自動弁装置

火災感知装置の動作信号又は放水区画選択押ボタン操作などの遠隔操作により、トンネル内水噴霧の放水区間を自動で制御する弁装置である。

水噴霧ヘッドから放水することなく自動弁の開閉試験が出来る試験用の弁と配管を有している。図－4に自動弁装置構造を示す。



図－4 自動弁装置構造

b) 水噴霧ヘッド

トンネル内で発生した火災に対し微細な粒子状の水を噴出するためのノズルである。トンネルの断面形状や車線幅によって放水水量や放水形状が変化するため、適切なヘッドを設置する必要がある。本トンネルにおいては近投・遠投・超遠投を組合わせた3種組合せヘッド(図-5)を採用し、監視員通路～監視員通路までの路面幅に放水できるようにしている。また、平常時は粉塵等の流入によるノズルの目詰まりを防止するため、防塵用キャップが取り付けられている。このキャップは放水圧力で外れるように設計されている。

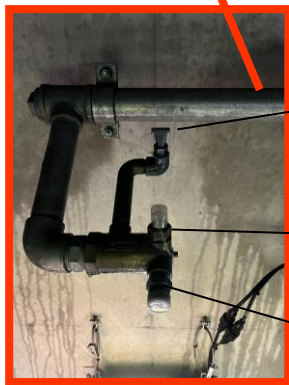


図-5 水噴霧ヘッド

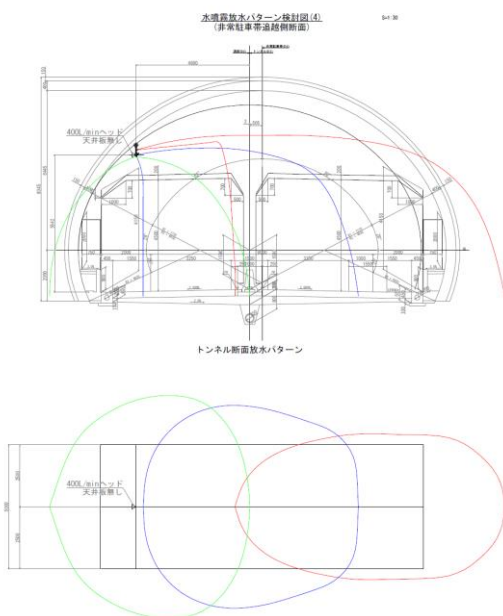


図-6 水噴霧放水パターン

凡例 赤線：超遠投放水範囲

青線：遠投放水範囲

緑線：近投放水範囲

3. 水噴霧設備の維持管理について

道路機械設備の維持管理は、道路法に「予防保全の観点も踏まえた点検を含む維持・修繕の実施」が明記されており、「道路管理施設等点検整備標準要領(案)」※2)に基づき実施する。水噴霧設備に関する同要領の点検項目を表-4に示す。

表-4 水噴霧設備の点検項目及び頻度

項目	内容	月点検	年点検
水噴霧装置	配線	E	E, T
	自動弁動作確認	-	D
	放水ヘッド	-	E, M
	配管, ストレーナ	-	E, C, X

凡例 E: 目視

T: 増締

D: 動作確認

M: 測定

C: 清掃

X: 取替

火災が発生した場合に機能が正常に作動することを満足するため、予防保全の観点からもこの基準に基づき点検を実施することが望ましいことは明らかである。しかし、この基準を荒島第2トンネルにそのまま適用するには、費用面に加え、複数の課題が存在した。

(1) 点検に伴う課題

a) 時間的制約

点検にて、自動弁及び放水ヘッドの動作確認のためには実放水テストが不可欠であるが、1放水区画のトンネル内空間に微細な水の粒子を均一に放射するため、交通規制等を行わないと実施できない。また、放水に伴い、粉塵等の流入を防止する水噴霧ヘッドの防塵用キャップが外れてしまうため、再度それを取り付ける作業も発生する。これら一連の点検作業を100区画全てで行おうとすると相応の期間交通規制を行う必要がある。また、先述したとおり、建築限界内に一様に放水されるため、全面通行止めになってしまう。しかし、本トンネルにおいて全面通行止めは年間の維持作業のために設定される約10日間の夜間通行止め期間(リフレッシュ工事)に限られる。当然、この期間中は他の多様な点検・作業も並行して行われるため、水噴霧設備の点検に割り当てられる時間は極めて限定的であった。特に実放水を伴う点検は、当該区画で他作業を不可能にすることから、緻密な工程調整が求められる。これらに加え、供用開始後初

の点検であるため作業の所要時間が見通しにくい点も影響した。

b) 貯水量の問題

本トンネルでは消火設備及び水噴霧設備の水源をトンネル湧水としている。主水槽の容量は消火栓、給水栓及び水噴霧器において所定の送水量を40分送水可能な容量(424 m³)、取水槽の容量は揚水する2時間程度の量(71 m³)に設定されている。ノズル1個あたりの基本放水量は360～390 L/minであり、ノズルは1放水区画あたり10個設置されているため実放水テストの際に多量の水量を消費する。このことから、連続して行うことができる実放水テストの回数には限りがあった。また、交通解放時には規定の貯水量を満足する必要があるため、再度貯水が完了する時間も考慮する必要があった。夜間通行止め中の作業時間は8時間程度であり、上記から貯水量という観点からも課題が存在した。

(2) 課題解決に向けた対応

先の課題を踏まえ、城山トンネルにおける点検手法・頻度について調査を実施した。その結果、複数年に分けて全区画の実噴霧点検を行っていることが判明した。

調査結果と本トンネルの制約条件を勘案し、荒島第2トンネルにおける点検方針を以下の通り定めた。まず、目視・触診・打音等の簡易点検は毎年全区画で実施する。一方、実噴霧を伴う機能点検は、全100区画を5年で1周する計画とし、年間20区画ずつ実施することとした。この年20区画という設定は、所要時間が見通しにくい初回点検において、限られた作業時間内で確実に完了できる規模として暫定的に定めたものである。

実際に令和6年度の点検では実放水テストを2日、10区画ずつに分けて行った。実際の作業時間は放水開始から放水終了後まで、1区画あたり15分程度であった。また、10区画の点検が終了した後の主水槽の水位を計測したところ、約70 cm降下していた。主水槽の底面積は115 m²であるから10区画の放水に伴って減少した水量は80.2 m³であると推定できる。トンネル湧水からの取水量は7.18 m³/minであるから、約12分で放水以前の水量に戻ると考えられる。

上記のとおり作業効率は想定を上回り、理論上はこの実績に基づき、点検準備・片付けに1時間ずつかかるとすると実際の作業可能時間は6時間程度と見積もられ、1日に点検可能な区画は24区画と考えられる。この放水に伴う放水量は192 m³であり、再度この水量が貯水されるまでに掛かる時間は30分程度であるから、交通解放時までに規定の水量を満たすことについても問題ないと考えられる。

この令和6年の点検実績を踏まえ令和7年度は点検区画を30区画程度に拡大する予定であり、将来的には全区画の点検周期をさらに短縮していく計画である。



図ー7 実噴霧点検の様子

(3) 自動弁装置の分解整備について

自動弁装置の分解整備は10年周期とされているが、当然分解整備期間中には当該区画は使用不能になってしまう。しかし、トンネル非常用施設の特性上、使用不能な期間が存在することは許されない。また、分解整備を行わずにいることも、予防保全の観点から望ましいことではない。

このような状況下で非常用施設としての機能を損なわず、適切な維持管理を行うための手法として予備品を用意しておくことが考えられる。しかし、100台全てに予備品を用意して同時に分解整備するというのはコスト面から考えると現実的ではない。

この課題の解決案として、10台分の予備品を用意することを検討中である。1年目は1～10区画の自動弁装置を予備品と入れ替えて、既設品を分解整備する。次年度は11～20区画の自動弁装置を前年度分解整備した自動弁装置と入れ替る、というように点検と同様区画を限定して分解整備することを計画中である。

5. まとめ

本報告では、大野油坂道路の荒島第2トンネルに導入された水噴霧設備の概要、供用開始後の維持管理において、実放水を伴う点検作業が大きな課題となることを示した。具体的には、全面通行止めが可能な時間は極めて限定的であるという「時間的制約」、そして、水源であるトンネル湧水の貯水能力に起因する「貯水量の問題」である。

これらの課題を克服するため、先行事例を参考に複数年にわたって全区画の点検を完了させる計画を立案した。そして、初年度の点検作業を通じて、実際の作業効率や放水に伴う貯水量の変化に関するデータを収集・分析した。

初年度の点検実績を分析した結果、当初の想定を上回る効率で作業を進められることが確認され、時間的制約および貯水量に関する課題は、工夫次第で解決可能であるという見通しを得た。

この実績に基づき、次年度以降は点検計画をさらに最適化し、より短い期間で全区画の機能点検を完了させるこ

とを目指す。

近畿地方整備局管内において導入事例が少ない水噴霧設備について、特有の制約条件下で効率的な維持管理手法の確立に向けた具体的な道筋を示した本報告が、今後の同種設備の維持管理計画を策定する上で、有益な参考資料となれば幸いである。

6.参考文献

- ※1) 公益社団法人 日本道路協会：道路トンネル維持管理便覧【付属施設編】
- ※2) 国土交通省：道路管理施設等点検整備標準要領（案）

地質リスクを考慮した 道路災害復旧案の検討について

冷水 孝太郎¹・中西 誠彦²

¹近畿地方整備局 奈良国道事務所 奈良南部災害復旧対策出張所 (〒638-0821奈良県吉野郡大淀町下淵1000)

²近畿地方整備局 奈良国道事務所 奈良南部災害復旧対策出張所 (〒638-0821奈良県吉野郡大淀町下淵1000)

2023年12月23日、奈良県の管理する国道16号吉野郡下北山村上池原地先において、崩土被害が発生した。崩落原因を調査した結果、深層崩壊の可能性が高く、本復旧にあたっては、高度な技術力が必要であることから、国の権限代行による道路災害復旧事業となった。本論文では、被災箇所の早期復旧に向けて、被災地域及びその周辺の地質調査結果を念頭に、地質リスクの回避・低減の検討に加え、経済性、安全性、維持管理性等を考慮した道路災害復旧案を検討した経緯について報告するものである。

キーワード 道路災害復旧、地質リスク、深層崩壊

1. 概要

(1) 国道169号下北山村（前鬼～上池原）の概要

国道169号は、紀伊半島アンカールートの一部を形成するとともに、第二次緊急輸送路に指定されており、隣接県との連携強化を図り、観光、緊急医療、地域活性化の支援や大規模災害時の緊急輸送路として重要な役割を担う「命の道」となっている。現道の前鬼～上池原間は、池原貯水沿いに整備されており、崩落箇所の北側には、前鬼橋、南側には上池原交差点と、地域の観光拠点のひとつである下北山村スポーツ公園が位置する（図-1）。

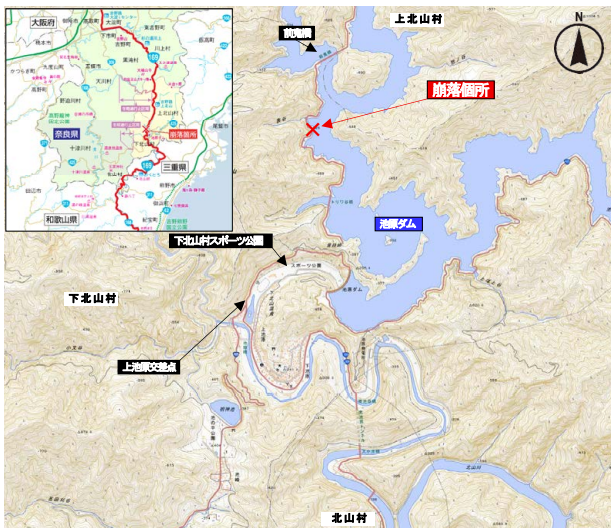


図-1 前鬼～上池原付近の状況

(2) 事故の概要

2023年12月23日、奈良県吉野郡下北山村前鬼～上池原間の国道169号沿いの吹付コンクリートで保護された尾根部の斜面が、幅約20m、長さ約40mにわたり崩壊し、車両2台が巻き込まれ、1名が死亡、1名が重傷を負う事故

となった。被災箇所の状況図を示す（図-2）。



図-2 2023年12月 被災箇所の状況

(3) 事故後の通行規制

一般車両の全面通行止め期間は、6ヶ月以上に及び、地域の生活、経済、観光に多大な影響を与えた。なお、現在は、道路管理者である奈良県が崩落箇所に仮設栈橋を設けて迂回を行い、約160mの信号制御による片側交互通行を行っている。事故発生から現在における通行規制の変遷を以下に示す。

a) 2023年12月23日[事故発生]～

- ・一般車両全面通行止め

- ・緊急対策 2023年12月 崩落直後着工 崩土除去等実施
- ・応急対策 2024年 1月 着工
仮設栈橋[約160m], モルタル吹付け工[t=8cm], 高エネルギー吸収型防護工[L=43m], 鉄筋挿入工[D19, L=5.0m 290本]

b) 2024年4月2日～

- ・消防, 救急等の緊急車両限定での通行可 (臨時措置)

c) 2024年6月28日～

- ・仮設栈橋による一般車両の片側交互通行を開始
※通行止め規制基準値
雨量規制: 時間雨量 25mm/hr, 連続雨量 70 mm以上
斜面の異常検知: 地盤伸縮計 2mm/hr以上 (図-3)



図-3 仮橋による片側交互通行の状況と計測器

d) 2024年11月22日～

- ※通行止め規制基準値
- ・雨量規制: 連続雨量 110mm以上に緩和

(4) 崩土の原因

a) 国道169号の過去の被災履歴

国道169号, 及びその周辺での主な道路災害の事例を表-1に示す。落石, 斜面, 法面崩壊, 崩土, 地すべり等により, 人命に関わる重大事故も度々発生している。

表-1 過去25年間の国道169号, および周辺での道路災害事例

発生年月日	発生場所	被害概要
2000年6月	国道169号	落石により通行中の車が衝突, 負傷者1名
2006年12月	国道425号	乗用車が川に転落して1人死亡
2007年1月	国道169号	通行中の車両が崩壊に巻き込まれ3名死亡
2011年9月	国道169号 川上村迫	台風12号紀伊半島豪雨 国道169号を横断して土砂が流下し, 国道が分断
2018年12月	国道169号 川上村迫	高原トンネル南坑口付近の覆工に地すべりに起因する亀裂が発生
2020年4月	国道169号 下北山村上池原	法面の大規模崩壊が発生, 全面通行止め
2023年12月 ※本報告	国道169号 下北山村上池原	同地点で再発 1名死亡, 1名重傷 現在も復旧工事継続
2024年4月	国道169号 下北山村西原	崩土を確認し, 通行止
2024年4月	国道425号 下北山村大瀬	崩土を確認し, 通行止

b) 地形・地質

周辺地域では, 尾根が鋭く深い谷地形が特徴である。深い谷は, 紀伊半島の隆起運動と多量の降雨の影響で, 侵食作用が強く作用するために生じる地形である。南東方向から次々に岩が付け足される形で形成した地層であり「付加体」と呼ばれる複雑な地質構造が特徴で, 砂岩, 泥岩, チャートなどが不規則に分布する。岩自体は硬いが, 亀裂が発達しており脆い部分がある (図-4)。

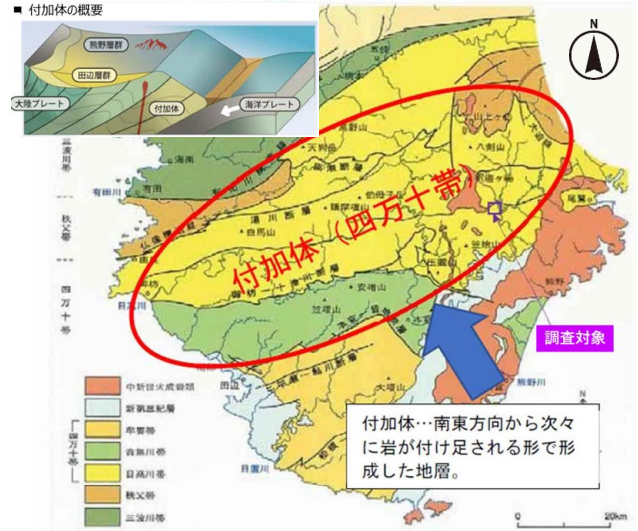


図-4 被災箇所の地質

c) 外的要因

当該箇所は, 岩盤分類が確立されていなかった1970年代にダムの付替え道路として, 発破などの旧来工法で構築された。そのため, 現行の標準勾配の基準が施行される以前に施工された法面であり, 非常に急勾配となっている。建設当初, 法面は安定していたが, その後経年的に地山の風化と岩盤の緩みが進行し, 最終的に凍結融解等をトリガーとして安定性が失われたと考えられる。

d) 地形, 地質的要因

崩壊面に露出した岩盤の地質構造を調査した結果, 当現象は3つの節理面に規制されたくさび状の岩盤崩壊 (岩盤すべり) と考えられる。また, 斜面に認められる層理面は高角度の受け盤構造を成しており, 重力変形により岩盤に緩みが生じやすい地質構造であったと推察される (図-5, 図-6)。

【崩壊面に見られる地質構造から推定した崩壊発生機構の推察】

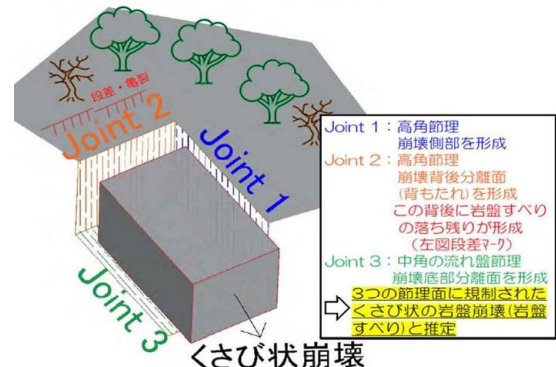


図-5 崩壊のメカニズム (模式図)

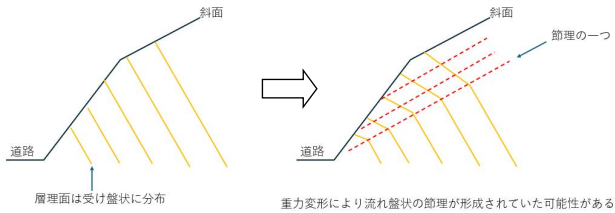


図-6 崩壊イメージ

本格復旧を検討するにあたり、奈良県により被災箇所周辺のボーリング調査が実施された。その結果、地表付近から深度30m付近までの間に、開口亀裂が発達していたり、風化が進行して緩んだ岩盤や、地下水の存在等の特徴が確認された。

一方、既往文献・調査結果レビューでは、2023年12月の崩壊箇所を包括する流域は、深層崩壊危険渓流として抽出されていることが確認された。加えて、奈良県実施のボーリング調査結果から、深層崩壊の発生に寄与する可能性のある特徴が複数確認された。そのため、当該地域では今後、大雨や地震時に深層崩壊が発生し、甚大な被害が引き起こされる可能性が極めて高いと判断した。

(5) 直轄権限代行による事業化

現道復旧を行った場合、深層崩壊危険渓流の地形を改変するため、応力解放等により深層崩壊を誘発する可能性が避けられないと判断された。そのため、本格復旧には高度な技術力を要すると考えられることから、2024年3月27日に道路法 第13条第3項の規定に基づき、直轄権限代行により国土交通省が調査、設計、工事を進めることとなった。

2. 本格復旧に向けた地質調査

(1) 調査箇所の選定

被災箇所を包括する流域は、過去に深層崩壊危険渓流として抽出されており、付近にも同様な地形が認められる。そこで、周辺地域における、深層崩壊をはじめとした地質リスクの広域的な抽出を試みた。概略地形判読を行い、図-7 に示す青破線エリアを調査箇所として選定した。選定の根拠を以下に示す。

a) 崩壊が密集するエリア

- 崩壊跡やガリーなどの地形が密集しており、周囲と比べて脆弱な地質工学的性質を有する可能性が高いと考えられる。

b) 半島状の尾根地形を呈するエリア

- 尾根地形は元々硬質な岩盤から形成されていたと考えられるが、ダム建設時の切土以降、経年的な風化が進んだことから、次第に尾根全体が緩み、地盤の強度が低下している可能性があると考えられる。

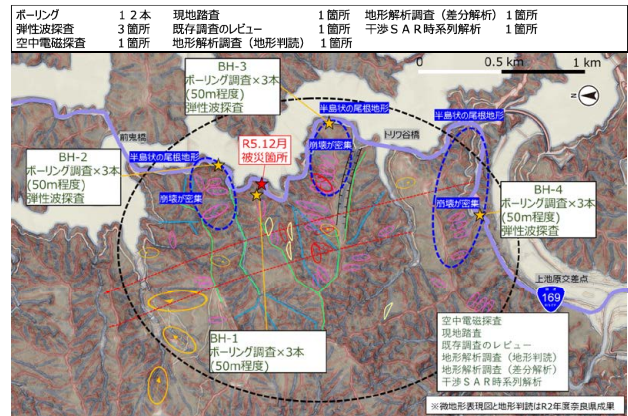


図-7 調査箇所と調査数量

(2) 調査概要

a) 地形解析調査（地形判読）

微地形判読図と現地踏査結果をもとに、地すべり、重力変形斜面等により地山が緩んだ地形（緩み地形）を抽出した。図-8、9に示すように緩み地形が多数抽出された。

b) 地形解析調査（航空レーザ測量データ差分解析）

2013年度と2020年度の航空レーザ測量データを用いて地上標高データの差分をとり、m単位で地形の変化状況を確認し、斜面が変動している可能性のある範囲を抽出した。図-8、9に示すように変動している可能性のある斜面が多数抽出された。

c) 干渉SAR時系列解析

過去と約10年間のSAR衛星データを分析し、mm単位で地形の変化を確認した。図-8、9に示すように変動している可能性のある斜面が多数抽出された。

被災箇所周辺（BH-1）の平均年変動量は、他の調査箇所と比べて2mm/年と大きく、累積性が明瞭であった。また、調査箇所（BH-2～3）の平均年変動量は1mm/年であり、BH-1と同様に累積性が確認された（図-10）。

d) ボーリング調査（ポアホールカメラ撮影）

2-(1)で選定した調査箇所においてボーリングを実施した。コアやポアホールカメラ撮影結果をもとに、岩相や亀裂・風化度合等の状況から、「風化帯」や岩盤に亀裂が多数発達している「緩み域」を推定した。調査箇所BH-1は浅層15mに強風化帯、層厚30m程度の深層に緩み域が確認された。また、調査箇所BH-2では25m、BH-3で層厚40mの緩み域が確認された。

e) 弾性波探査

弾性波探査は、人工震源から弾性波を発生させ、地中を伝播するP波速度を計測し、地盤の強度を推定した。ボーリング結果とキャリブレーションを行い、BH-1～4の緩み域を把握した。

f) 空中電磁波探査

空中電磁探査は、比抵抗値分布を基に、広域的な地質状況や地下水等の分布状況を推定できる可能性がある。そこで、BH-1～4の調査結果の妥当性を含めた総合的な

検証を行った。平面的な比抵抗分布値を確認した結果、BH-1周辺では、周囲と比較して比抵抗値が著しく低いことを確認した。BH-1孔では、地下水が確認されていないことを踏まえると、周辺よりも岩盤の風化が進行している可能性が考えられる。また、BH-1～4の各縦断方向の比抵抗分布を確認した結果、地質調査結果（ボーリング調査・弾性波探査）による緩み域の下端深度とおおよそ同じ深度に比抵抗値が急激に変化する領域が認められた。比抵抗値の変化には様々な要因が考えられるが、岩盤状態の変化として考えた場合、ボーリング調査結果と概ね整合する（図-11）。

(3) 被災箇所周辺の地質リスク

a) BH-1（被災箇所）

地表から深度15mまでの区間に強風化帯が存在していることに加え、干渉SAR時系列解析では平均年変動量が2mm/年と周囲よりも大きな変動傾向が示された。

また、地表から深度30m程度までの比較的深い区間において、深層崩壊の危険性がある緩み域を推定した。

これらを踏まえると、重力変形等による岩盤の緩みが進行している可能性があり、調査箇所の中では崩壊危険度が最も高い斜面と考えられる。崩壊を抑止するためには、浅層の強風化帯の対策が必要であり、浅層部と深層部の対策を併せて検討する必要がある。

一方で、BH-1周辺に着目すると、BH-1箇所地質調査および地形判読により推定された緩み地形と、隣接する斜面において干渉SAR時系列解析で抽出された斜面変動の範囲が重複している状況を確認した。総合的な斜面对策を行うためには、一体の土塊として取り扱う必要があると判断した（図-8、図-11、図-12）。

b) BH-2～4（被災箇所外）

ボーリング調査により、BH-2～4 においても緩み域（層厚 25m～40m）が判明した。

干渉 SAR 時系列解析により、BH-2～3 では平均年変動量が 1mm/年を確認した。差分解析では、BH-4 周辺で変動傾向を確認した。これら調査結果を総合的に検討した結果、深層崩壊の危険性があると判断した。

一方で、各調査結果を踏まえると、BH-1 と比べて直ちに崩壊する可能性は低く、早急な対策の必要性はないと考えられるが、変動が進行すれば BH-1 同様に崩落の危険性が高まるため、継続的な監視を行っていく必要があると判断した（図-8、図-9）。

c) 地質調査結果のまとめ

今回実施した現地踏査、地形判読、地形差分解析、干渉 SAR 時系列解析及び過去の被災履歴の確認の結果、前鬼橋から上池原交差点までの区間における国道 169 号の全線にわたり地すべりや重力性変形に伴う緩み地形が存在することが判明した。

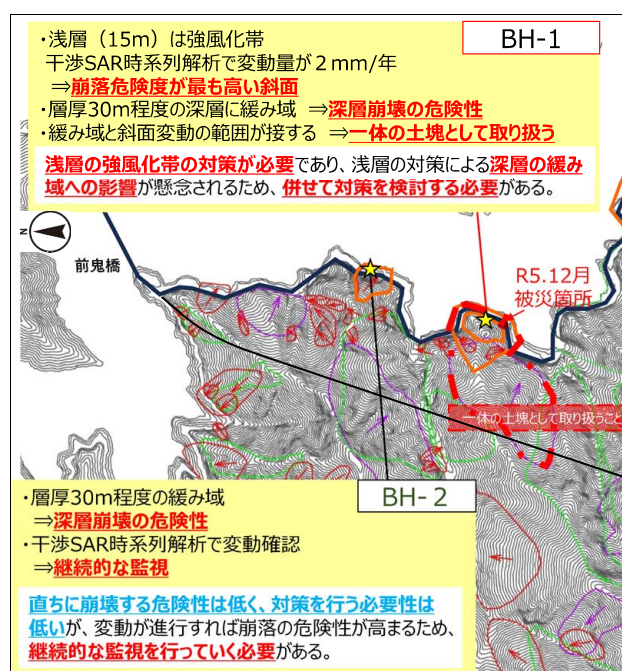


図-8 調査結果概要図 (1/2)

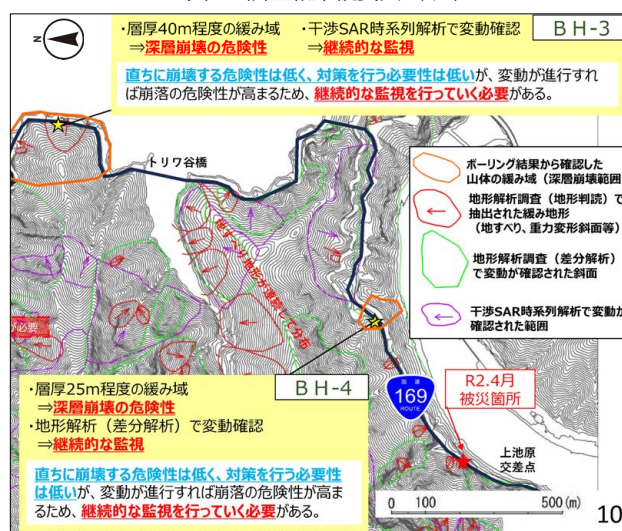


図-9 調査結果概要図 (2/2)

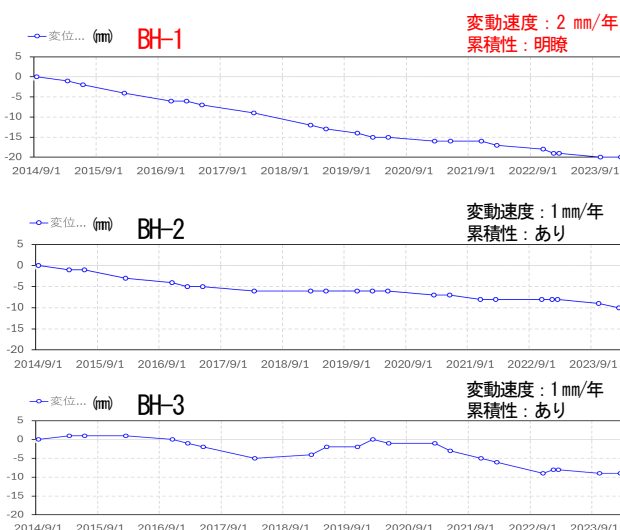


図-10 干渉SAR時系列解析
(BH-1～3) ※BH-4は南向き斜面で解析困難

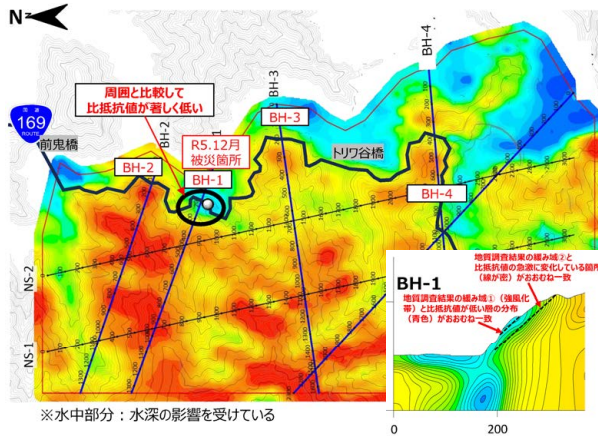


図-11 空中電磁波探査結果 平面図及びBH-1断面の例

【弾性波探査】

【横断面】

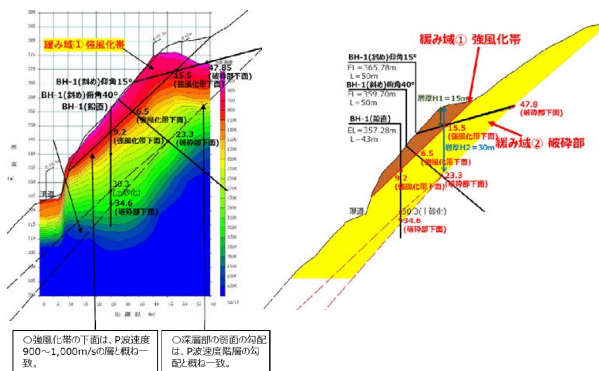


図-12 調査結果の概要(BH-1の例)

3. 本格復旧案の検討

(1) 検討方針及び配慮事項

比較案は、図-13 に示す崩壊箇所を対象とし、斜面崩壊を「抑止」、「回避」の2つの視点から立案した。

具体的には、図-13 に示す原位置復旧（アンカー工）、別線（ダム湖側）橋梁、別線（山側）トンネルを立案した。



図-13 比較案ルート図

a) 原位置復旧（アンカー）

深層崩壊の危険性を有するブロックに対して、地山の切り取りによる応力解放を生じさせず、施工振動を最小限に抑制するためアンカー工により原位置復旧を行う案。アンカー施工面積：約33,000m²（図-14）

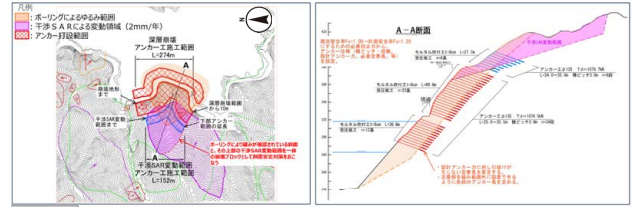


図-14 原位置復旧（アンカー）

b) 別線（ダム湖側）橋梁

深層崩壊が発生しても崩壊ブロックの土砂・岩塊が到達しない範囲を設定し、その範囲を避けた位置（崩壊ブロック下端から最小 50m 離れた位置）に橋梁を設置する案。橋梁延長約 0.5km（図-15）

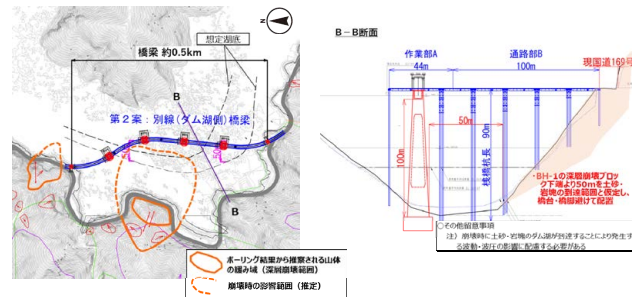


図-15 別線（ダム湖側）橋梁

c) 別線（山側）トンネル

斜面の危険性がないトンネル坑口位置で、深層崩壊が発生しても影響が及ばない離隔距離 2D（D：掘削径）以上を確保した位置（山側）をトンネルで通過する案。トンネル延長約 2.7km（図-16）

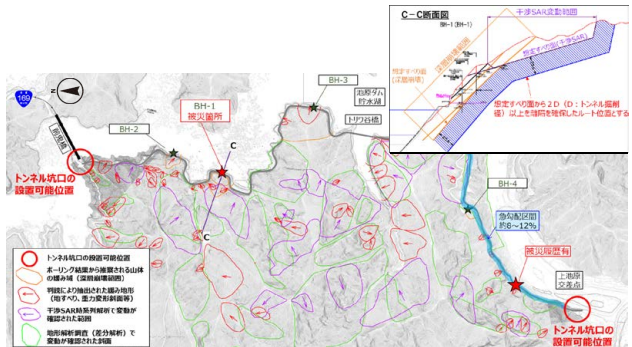


図-16 別線（山側）トンネル

(2) 比較検討

以上の比較3案に対して、施工の難易度、施工安全性、維持管理、工期、経済性の観点から比較、評価をおこなった。

a) 施工の難易度

アンカー工の場合、抑止力が大きくなるため、アンカー配置が密集するとともに、常時満水位以下での施工では、受圧板の品質管理が高度となる。橋梁案では、ダム湖内での施工により仮締切（ケーソン等）の規模が大きく高度な管理が必要となる。トンネルについては、標準的な山岳トンネル工法（NATM）での施工が可能である。

b) 施工安全性

アンカー工の場合、大型の削孔機により打撃振動を与

えるため、崩落を誘発する。直高 50m 超で急斜面に設置される足場が強風時、地震時に安定性を損なう。橋梁、トンネルは、規模は大きくなるが、既往の施工事例等を元に管理することで対応は可能である。

c) 維持管理

アンカー工の場合、ダム湖の常時満水位以下の施工も含まれるため、点検が容易ではない。再緊張の必要性が生じた場合、工事費が高価となる。橋梁は、ダム湖内となり、橋梁の点検知識を有する潜水士が必要となる。一方トンネルは、一般的なトンネル点検で対応が可能である。

d) 工期、経済性

災害復旧事業のため、工期は最短が望ましい。アンカーは打設規模が大きく、橋梁、トンネル案に比べて工期が長い。橋梁は、ダム湖の中央付近を通過し、橋脚高が 100m を超えるため、トンネル案に対して高価となる。

e) 検討結果

以上の比較結果より、施工の難易度、施工安全性、維持管理に問題が無く、工期、工費に優れるトンネル案を選定した。また、結果的に、トンネル案とすることで、地質調査結果で、将来的に崩壊の危険性が残るBH-2～4の半島状尾根付近を回避できる。

4. まとめ

(1) 本格復旧案検討の流れ

地質リスク把握を目的とした地質調査を早期に実施するとともに、その結果を反映した比較案の検討や防災検討会での助言の反映し、設計精度（構造信頼性、概算費用、概算工程）を逐次更新を行い、委員会での合意形成を経て、3 ヶ月の短期間で本格復旧案を確定させることができた（図-17）。

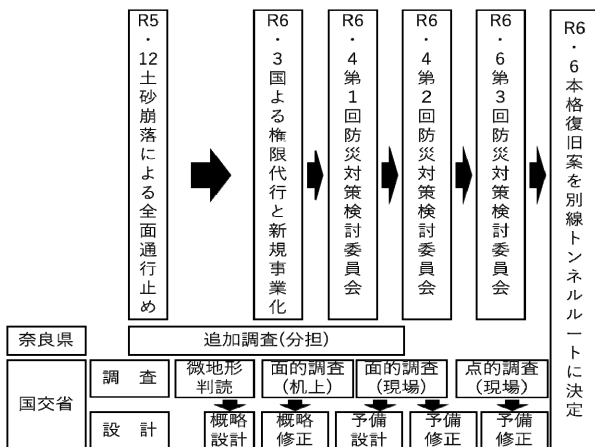


図-17 本格復旧案検討の流れ

(2) 道路早期災害復旧に向けて得た知見

早期に道路災害復旧案を確定するに至った調査、比較検討、及び工程管理で得た知見を以下に示す。

a) 地質調査段階

机上調査の面的、現地調査の面的、現地調査の点的の

順で調査を実施することで、効率的に崩壊地、及びその周辺における地質リスクの内在範囲と影響度を効率的に把握することができる（表-2）。

表-2 実施した調査とその目的

机上調査	調査名	目的	対象	地質リスク 範囲の絞り込み
	① 既存調査のレビュー	過去に調査された広域的な地形地質リスク分析を確認する。	面的	○
	② 地形解析調査 (航空測量データ差分解析)	過去と現在の航空写真測量データから等高線を対比してm単位で地形の変化量、変化状況を確認する。	面的	○
	③ 干渉SAR時系列解析	過去と現在の衛星から地上との距離データを解析してmm単位で地形の変化量を確認する。	面的	○
危険度の高い地形を把握し、詳細調査の範囲を絞る				
現地調査	調査名	目的	対象	地質リスク 危険度
	④ ボーリング調査 (ボアホールカメラ)	地盤や亀裂・風化度合によりすべり面を確認し、土塊の厚さを把握する。	点的	○
	⑤ 弾性波探査	地盤から反射される弾性波を確認し、地質の成層状況や地盤の強度を把握する。	点的	○
	⑥ 空中電磁探査	地盤の含水量を3次元で確認し、風化度合や地下水分布状況を把握する。	面的	△ (⑤を補完)
	⑦ 現地踏査	地表に現れる岩盤の走向傾斜を確認し、受け皿が流れ皿かを把握する。	面的	△ (⑤⑥を補完)

b) 比較検討段階

比較案抽出にあたっては、対策の信頼性を踏まえて、比較案を抽出することが重要である。本事業の別線（山側）トンネルのように構造物規模は大きくなるが、斜面崩壊のリスクを回避することで経済性、工期短縮が図れ、かつ、維持管理性においても優位となり、当該地域の抱える地質リスクを回避することができた。

他方、推奨案の選定にあたっては、比較案に対して実現性が担保される必要がある。類似事例、簡易構造計算をもとに、必要な補強構造、ルート、工期などの信頼性を向上させることに留意の必要がある。

(3) 今後の展望

本路線と同様に 1965 年代にダムの工事用道路で建設され、その後国道、県道として利用されている道路や、法面に対する安全基準が十分に整備されていなかった時代に建設された道路については、本路線と同様に斜面の経年劣化が進行しているものと思われる。今回の調査、あるいは復旧対策で得られた知見を基に、災害復旧の迅速化を図るとともに、予防保全の考えも踏まえ、引き続き、安全な道路の整備、管理に繋げていきたい。

謝辞：本論文の執筆にあたり、国道169号下北山村上池原地区防災対策検討委員会の京都大学 大西有三名誉教授、関西大学 社会安全学部 小山倫史教授をはじめ、各委員の皆様、並びに奈良県、下北山村の関係者、業務関係者の皆様にお礼申し上げます。

参考文献

1) 土木学会：岩盤斜面の調査と対策，1

関連資料

- 1) 国道16 号下北山村上池原地区防災対策検討委員会 会議資料 第1～3回、臨時開催 奈良県
- 2) 国道16 号下北山村上池原地区防災対策検討委員会 会議資料 第1～3回 国土交通省

浮孔西小学校通学路安全対策における ハンプの設置について

森井 大貴¹

¹大和高田市 環境建設部 土木管理課 (〒635-8511奈良県大和高田市大字大中98-4)

大和高田市では2014年に策定した「大和高田市通学路交通安全プログラム」¹⁾に基づき、関係機関の連携のもとソフト・ハード対策を組み合わせた通学路の安全確保に関する取組みを行っている。その一環として浮孔西小学校に面する市道 高227号線 の安全対策事業を行った。本稿では浮孔西小学校の通学路安全対策についての一連の取り組みについて報告する。また本市で5箇所目となる道路ハンプについて設計及び施工で工夫した点について報告する。

キーワード 生活道路、通学路、交通安全対策、物理的デバイス、ハンプ、合意形成

1. はじめに

(1) 大和高田市の通学路対策について

大和高田市には現在8校の小学校があり、その全てで児童の集団登校が主な通学手段となっている。通学に使用される道路は歩車道が分離された道路や車両交通量が少ない道路が極力選ばれ、一部鉄道及び国道等を横断する必要がある箇所については横断歩道橋や地下道が設置されている箇所もある。通学路安全対策は継続的に実施されており、特に2014年からは通学路交通安全プログラムに基づいた合同点検、対策、効果把握、改善の継続的取組を実施している。本市は県内で最大の人口密度を有し、狹隘道路も多いことから、歩車混在の道路において児童の安全に関する地元要望が多い現状にある。

(2) 浮孔西小学校について

浮孔西小学校は大和高田市曾大根1丁目にあり、1982年開校の市内で最も新しい小学校である。西に300m行くと国道166号、南に200m行くと国道24号大和高田バイパスという本市における主要な幹線道路から近い場所にあたる。国道166号東中南交差点から浮孔西小学校を経由し、大和高田バイパス側道に至る大和高田市道 高227号線は幅員4m前後の生活道路であり、歩車分離された歩行スペースも無いが、国道同士の交差点をショートカットする目的と思われる通過交通が多く、道路線形が直線で見通しを確保できることからか速度も高い車両が多い。また沿線には大型車両が出入りする工場等もあり歩車分離及び車両の速度抑制対策に関する要望が多い路線となっていた。また浮孔西小学校北東角の交差点につい

ては小学校北側から通学する児童が多いものの交差点の見通しが悪いことから、南に位置するJR横断の跨線人道橋に続く単路横断の横断歩道部については長い直線の途中に位置しており車両速度が高く一時停止しない車両が度々見られたことから横断時の危険が指摘されていた。

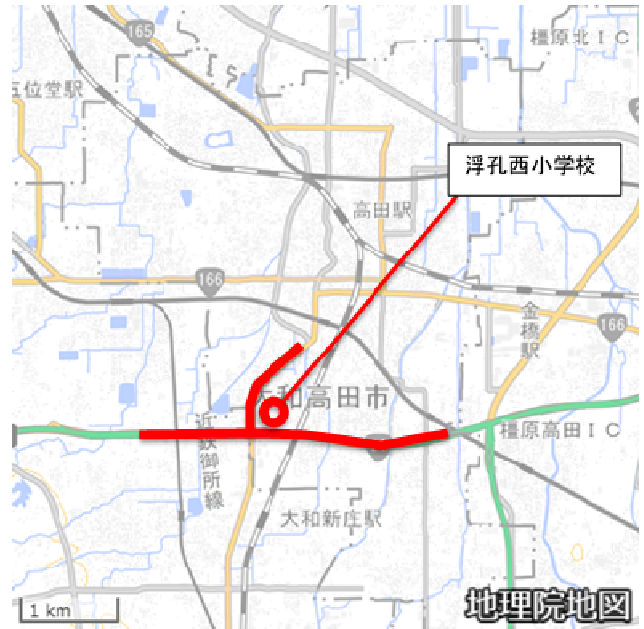


図-1 広域の浮孔西小学校位置図（地理院地図に加筆して作成）

2. 高227号線の安全対策

(1) これまでに実施した対策

上述した課題は通学路交通安全プログラム策定当初か

ら認識されていた。浮孔西小学校の東側は全面水路に面しており、小学校に面する部分の延長は約160m程度、幅80cm程度である。この区間については水路蓋掛けによる歩行者空間の確保を実施した。またそれ以外の区間については車道と物理的に分離した歩道を確保することが難しかったため、外側線外側に幅60cmで緑色の溶融式ラインを設置し、路肩部分を歩行者優先の空間として視覚的に認識できるような構造とした。また交差点部分は赤色のすべり止め舗装と交差点中央部に丁字の路面標示を設置し、交差点通行時の注意喚起をした。これらの対策は道路管理者の実施するハード対策として2016年度までには完了した。また学校による取り組みとして登校時のみ裏門を開放し、極力交差点部分を横断する児童数を減らす取り組みも行われていた。

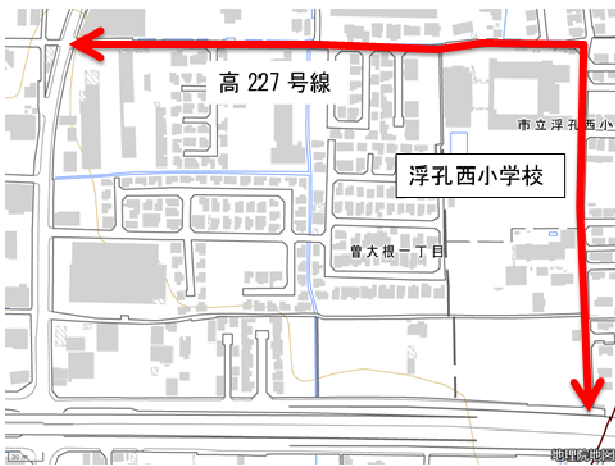


図-2 高227号線と周辺との位置関係（地理院地図に加筆して作成）

(2) その後の安全対策に関する取り組みについて

その後も通学路交通安全プログラムに基づいた通学路合同点検等において、地元住民や学校関係者からさらなる安全対策の要望があり、検討を続けた。特に高227号線は毎日の登校時に危険箇所にて立哨のボランティアを続けてくださっている地域の方々とのコミュニケーションを取ることで現状の課題について具体的に認識することができた。合同点検においてはPTA等から要望のあった箇所について、道路管理者、交通管理者及び学校関係者と共に現地を確認し、現状の認識を行った。認識した課題について必要な対策について、本市生活安全課が主体となり安全対策の概略計画を行った。

(3) 交通管理者が実施するソフト対策について

まずソフト対策として高227号線の速度規制について奈良県警察本部との協議を行い、2022年に最高速度30キロメートル毎時の速度規制が行われることとなった。同時に面的な速度規制を行うゾーン30の検討も行ったが、対象となる区域における高227号線以外の路線は通過交

通が発生しない袋路状の道路であったため、面的規制ではなく路線単体の速度規制が望ましいという協議結果となった。なお『「凸部、狭窄部及び屈曲部の設置に関する技術基準」に関する技術資料』²⁾において凸部等は最高速度30キロメートル毎時に規制されている箇所を設置するものとされており、将来的にハンプを設置することを念頭に置いて規制が実施されたものである。

さらなるソフト対策として児童の横断が多い交差点部に新たに横断歩道を設置することについても奈良県警察本部と協議を行い、2024年度末に横断歩道が新設された。同時に交差点部分をハンプ形状とすることで通過車両の速度抑制を実施することの検討も行ったが、当該交差点の車両交通の多くの部分を右左折する車両が占めており減速している車両が多いこと、さらには道路線形上見通しが悪いことから直進時においても交差点進入時には十分に速度を落とした車両が多いこと、交差点内に斜路部を設けることが望ましくないため本交差点において交差点ハンプを設置しようとするかなり広いハンプ形状になってしまうことなどからハンプ設置による効果は薄いと判断し、交差点ハンプの設置は行わないものとした。

以上の奈良県警察本部との協議はコンサル委託等行わず、直接職員で実施した。奈良県警察本部とは通学路安全対策の必要性について共通の認識を持ちながら、協力のもと協議を進めることができたと感じており、特に交差点協議においては区画線や路側帯、横断歩道の設置の考え方について、丁寧に説明いただいたことで迅速かつ円滑な協議ができた。

(4) 道路管理者が実施するハード対策について

ハード対策として水路蓋掛けによる歩道の設置を南側に延伸することとした。延伸区間は民家に面しており、沿線住民からは自宅駐車場前を多くの児童が歩くことになることについての心配の声も聞かれたが、事業の必要性の説明及び道路反射鏡の調整により歩行者の確認ができるようにするなどの工夫をすることで理解を得ることができた。水路蓋掛けの詳細設計についてはコンサル委託とした。

さらに特に車両の速度が高くなると考えられる箇所についてハンプの設置を検討した。ただし対象となる高227号線は沿線に民家が立ち並ぶ生活道路であり、道路高さを変えづらい物理的制約を受けながら速度抑制効果の高い箇所でのハンプの設置をする必要がある。実際に車両が速度を上げることが多い区間については立哨ボランティアの方々をはじめとする地元住民の意見を参考に候補箇所を選定し、その中でハンプが車両の出入り等の支障になりづらい箇所をハンプ設置箇所候補として提示することとした。具体的にはまず職員により現地踏査して概略の計画を立案した段階で地元説明会の開催をビラ及び学校からの周知により関係者に伝え、説明会にて計画に関する意見を求める。いただいた意見をもとに修正

計画を立て再度地元説明会を開催し、ハンプの必要箇所について大まかな位置についての合意形成ができた時点でハンプに直接隣接する地権者に対して改めて同意をいただくという手順を踏み、最終的に3箇所のハンプ設置計画が完成した。

ハンプの設置にあたってはハンプに対する注意喚起を行い、歩行者中心の地区であることをドライバーに伝えるため、注意喚起看板や路面標示を設置することが望ましい。今回の注意喚起として、電柱添架式の注意喚起看板、電柱巻き付け式の注意喚起電柱幕、「段差注意」の路面標示、ハンプ手前及び横断歩道手前にはゼブラ状の赤色薄層カラー舗装、オーダーメイドのデザインが可能で路面にシートを溶融して接着する屋外路面シート、ハンプ上には赤色薄層カラー舗装とハンプの路面標示による視覚的注意喚起を実施した。これらの協議及び詳細設計においてはコンサル委託等を行わず、直接職員で実施した。

3. 大和高田市におけるハンプの設置

大和高田市では高227号線のハンプ設置以前に4地区、8箇所のハンプを設置した実績がある。そのうち2地区、4箇所については凸部、狭窄部及び屈曲部の設置に関する技術基準の制定前に設置しており、凸部の高さは12cmもしくは8cmとしていた。実際に運用していく中で12cmは車両底部との接触等の物理的な問題は確認されていないものの、速度が低い車でも不快感が大きいという意見があった。8cmの場合は速度が高い車両でも不快感小さく速度抑制効果が低いことが指摘されていた。これは技術基準の記載内容にも一致しており、凸部高さは標準の10cmが望ましいことを経験的に確認していた。またこれまでのハンプでは舗装打ち替えと同時にハンプ設置をしていたこともあり、ハンプ部以外の舗装と合わせて同時施工としたこともあったが、ハンプ横断端部の壁部分にマーキングを施して高さを合わせようとしても施工が難しく、計画通りの形状とならないことがあった。

4. ハンプの施工

(1) ハンプの施工方法参考資料について

今回の施工においてはハンプの施工に関する参考資料(案)³⁾に準拠した方法で施工を行うこととした。参考資料に記載の施工方法の工夫としては形状を示す型枠の使用、すりつけ部分の舗装厚確保のための溝切り、平坦部と傾斜部の分離施工、平坦部の余長部分の設定が挙げられており、これら全てを今回の施工においても採用するものとした。型枠は舗装厚に合わせてサイン曲線形状に加工した型枠を用いた。施工業者のヒアリングによる

と型枠の加工は普段から取引のある材木業者に依頼したため、型枠作成のために特別に業者を選定する等の必要はないとのことであった。

ハンプの形状は凸部の高さ10cm、傾斜部の形状は参考資料に示された通りのサイン曲線形状、平坦部の長さは2mから4mで設定した。



写真-1 形状を示す型枠と溝切り



写真-2 平坦部の施工



写真-3 傾斜部の施工

(2) 施工歩掛等について

施工に要した人員については舗装打ち替え時とほとんど変わらなかった。施工業者はハンプの施工が初めてとのことであり、1箇所目については8人体制で昼休憩を除いて7時間程度で溝切りの施工からハンプの完成までが完了したが、3箇所目には施工に慣れてきたこともあり、施工規模はほとんど同じであったが6人体制で6時間弱程度で一連の作業を完了した。以上のことより幅員4mから5m程度の道路で標準的な形状のハンプの施工をする場合は1日1箇所、作業員は世話役、資機材運搬の運転手等も含めて6人程度での作業となることが分かった。使用した主な機材は合材運搬用の10tダンプトラックまたは4tダンプトラック1台、機材等を積載した4tトラック1台、小型バックホウ0.09m³、コンバインド式振動ローラ1台、振動コンパクタ1台である。材料は密粒度アスコン及び乳剤である。



写真4 使用機材 小型バックホウ0.09m³



写真5 使用機材 コンバインド式振動ローラ

(3) 実施に際して留意した点等

施工業者にヒアリングしたところ、ハンプ施工の難し

い点は曲線部分の施工とのであった。今回施工時はサイン曲線形状を正確に再現するため、型枠を横断端部だけではなく中心部分にも設置して傾斜部の形状を再現し、転圧前に中心部分の型枠を外す等の工夫を行った。また合材の敷均しに時間を要するため、合材の運搬を小分けにし温度が下がりすぎないようにするよう工夫した。



写真6 施工時の工夫 中心部に型枠設置

(4) 今後の課題

今回施工時は出来形の計測方法について、事前に施工者との打ち合わせができておらず、施工計画段階で出来形計測の方法について協議が十分でなかった。そのため出来形の計測ができなかった。今後は出来形計測を確実にし、施工品質や精度について確認できるようにしたい。



写真7 ハンプ完成の遠景

参考文献

- 1) 大和高田市：大和高田市通学路交通安全プログラム
- 2) 国土交通省：「凸部、狭窄部及び屈曲部の設置に関する技術基準」に関する技術資料
- 3) 国土交通省：ハンプの施工に関する参考資料(案)

高山ダムにおけるカビ臭物質発生への対応状況 ～水質異常対応の一事例～

加村 拓也¹・米澤 喜弥²

¹独立行政法人水資源機構 木津川ダム総合管理所 高山ダム管理所
(〒619-1421京都府相楽郡南山城村田山ツルギ43)

²独立行政法人水資源機構 木津川ダム総合管理所 高山ダム管理所
(〒619-1421京都府相楽郡南山城村田山ツルギ43)

2024年5月中旬から6月中旬にかけて、高山ダム貯水池においてカビ臭物質を放出する植物プランクトン（*Pseudanabaena*※旧称*Phormidium*以下「スードアナベナ」）が急激に増殖し、2-MIB値が高濃度で確認された。ダム放流水の2-MIB値の上昇に伴い、ダム下流河川でも2-MIB値の上昇が確認され、沿川の浄水場では原水の2-MIB値に応じて浄水処理等を変更する対応がなされたが、ピーク時には水道水質基準を超え水道事業者が記者発表する事態に至った。本稿では水道事業者との水質調査の連携・情報共有、ダム運用の対応状況など事態収束までの経過と、異臭味等の発生を想定した平時からの連携のあり方について報告を行うものである。

キーワード 2-MIB, *Pseudanabaena*, カビ臭, リスクコントロール, 利水者との連携

1. はじめに

高山ダムは堤高67.0m、堤頂長208.7m、堤体積約214千m³、総貯水容量56,800千m³のアーチ重力式コンクリートダムである。木津川支川の名張川の最下流に位置し、上流にある3ダムと合わせ木津川全体の約40%にあたる流域からの流水をコントロールし、洪水調節、既得用水・水道用水の補給、発電、河川環境の保全等を事業目的とする多目的ダムである。1969年8月1日より管理を開始し、2025年8月に57年目を迎える。

高山ダム貯水池では、管理開始後15年が経過した1984年頃から、栄養塩の流入負荷量の増加に伴い、藍藻類の*Microcystis*（以下「ミクロキスティス」）を優占種とするアオコの発生が確認されており、毎年夏期には低層の溶存酸素(DO)の低下も見られていた。また、選択取水設備が無いため常に低層のEL.95.0m、99.0m（湖底標高概ねEL.90m程度）から放流をしているため、4～5月頃には流入水温に比べ低い温度の冷水を放流することがあった。そこで、2000年～2002年に、浅層曝気循環設備4基（コンプレッサー4台）を設置し、その後2012年に散気管のみを4基増設し、主に4月から11月の期間の貯水池表層の水温に応じて運転するコンプレッサー台数を調整し、アオコの発生抑制と共に低層DOの低下対策と冷水放流対策を図っている。（図-1）

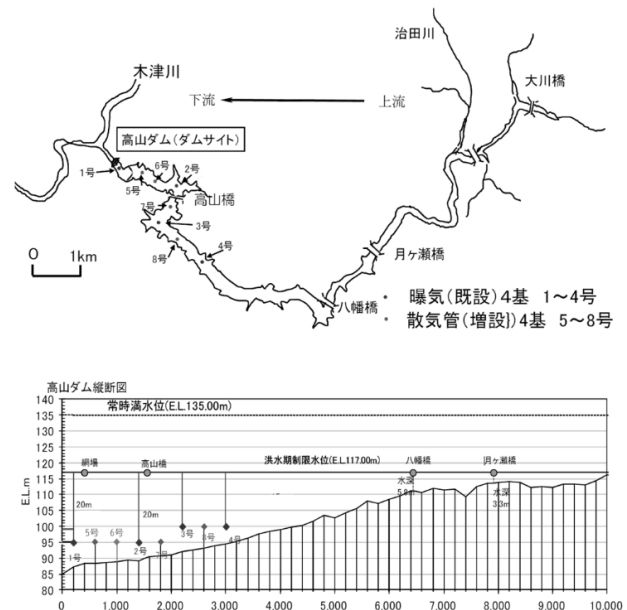


図-1 浅層曝気循環設備の設置位置

2. カビ臭物質の発生状況

2.1 カビ臭物質2-MIBの上昇確認と監視強化の経緯

2024年5月22日に下流河川で取水する水道事業者のもとに水道水からのカビ臭に関する苦情があり、水道事業者による追跡調査の結果、高山ダム貯水池内で2-MIBの値が211ng/Lと高くなっていることを確認され、5月24日に高山ダム管理所に連絡があった。

高山ダムでは毎月1回の定期水質調査において、4月から11月の間はカビ臭物質濃度の監視も行っており、直近の5月8日の調査結果においては、貯水池内は網場地点(表層)で8.4ng/L、ダム直下放流水は発電放流口で1.5ng/Lと低い値であった。

5月8日から24日までの短期間で値が大きく変化しており、水道事業への影響も拡大する可能性があることから、水道事業者と高山ダム管理所が連携して水質調査頻度を増やし、監視を強化、情報連絡を密に対応することとした。

2.2 調査地点・頻度の設定と採水・分析の分担連携

水道事業者から高山ダムに連絡があった5月24日時点では、ダム直下放流水の値が判明していなかったことから、高山ダム管理所が貯水池の鉛直方向の複数サンプル、ダム直下放流水のサンプルを水道事業者の水質管理センターに持ち込み分析を依頼し、翌25日に結果値を共有、監視に有効な調査地点・頻度と分担について打ち合わせで決定した。(図-2、表-1)。

調査頻度は概ね週1回とし、貯水池の調査では高山ダム管理所と水道事業者で調査日の重複を避けることとした。分析は迅速性の観点から、急を要する場合は、高山ダムが採水し、水道事業者の水質管理センターに持ち込むこととした。

(1)-1 貯水池内上流地点

(高山ダム管理所・水道事業者)

貯水池内の上流地点のカビ臭物質、生物相の変化を把握し貯水池内での遷移(流下)状況を監視する。

(1)-2 貯水池内網場地点(高山ダム管理所)

貯水池内鉛直方向のカビ臭物質変化を把握し、放流設備及び曝気循環設備の運用方法の変更の有効性を確認する。

(2) ダム直下放流水(高山ダム管理所)

放流設備の出口毎のカビ臭物質変化、下流河川への影響度を確認する。

(3) 下流河川・浄水場(水道事業者)

本川との合流前後と水道取水位置までのカビ臭物質変化、ダム放流の水質と水量、本川流量の関係からダム放流による影響を監視する。

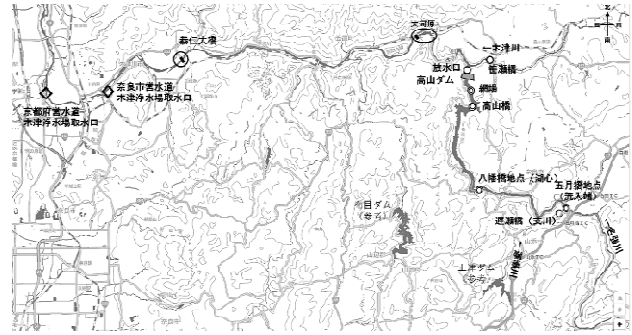


図-2 調査地点図

表-1 採水箇所の概要と採水分析頻度・分担

地点属性・地点名			頻度		採水者	目的
			通常時	今回		
(1)-1	貯水池内 上流地点	五月橋(表層)	—	状況変化時	機構	本川流入水の監視
		八幡橋(表層)	—	週1回	機構	貯水池湖心部の監視
		高山橋(表層)※1)	—	週1回	水道	貯水池屈曲部の監視
(1)-2	貯水池内 網場地点	網場(表層)	月1回	週1回	機構	ダム水質管理の基準地点
		網場(EL. 99m)	—	週1回	機構	発電・洪水吐の取水谷口標高
		網場(EL. 95m)	—	週1回	機構	利水放流設備の取水谷口標高
(2)	ダム直下 放流水	発電放水口	月1回	週1回	機構	発電放流水の出口
		減勢池※2)	—	週1回	機構	利水放流設備・洪水吐ゲート放流水の出口
(3)	合流前本川	笹瀬橋	—	週1回	水道	木津川本川の水質把握
	合流後本川	大河原	月1回	週1回	水道	合流後の水質把握
		森仁大橋	月1回	週1回	水道	流下過程での把握
		浄水場 原水・浄水	月1回	週1回	水道	ピーク時は3回/日まで頻度増加

※1) 貯水池内の監視頻度を増やすため水道事業者が高山ダムの調査日以外に採水分析

※2) 利水放流設備・常用洪水吐ゲートから放流中のみ実施

2.3 2-MIB 値の推移と原因種細胞数の変化

今回のカビ臭発生から収束までの貯水池における 2-MIB 値の推移と貯水池表層の水温の変化、原因と見られる植物プランクトンの採水サンプル中の細胞数の変化を合わせて整理した。(図-3、図-4)。

カビ臭物質である2-MIBを放出する植物プランクトンとして知られる藍藻類のスードアナバナが、貯水池の水温の上昇に伴い5月中旬から下旬にかけて急激に増殖し、同種の増殖に適した水温(15℃~20℃)よりも高温となった時期から衰退し、原因種の盛衰に前後して2-MIB値も推移していたことが確認できる。

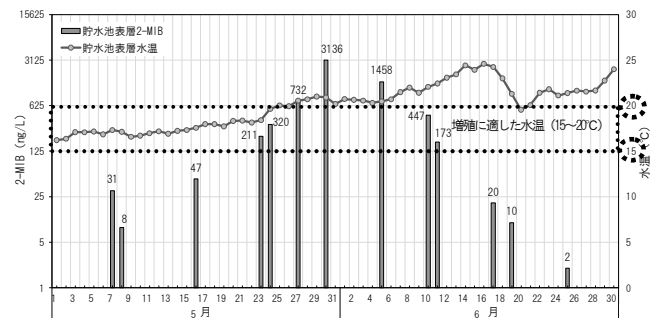


図-3 貯水池表層の2-MIB値と水温の推移

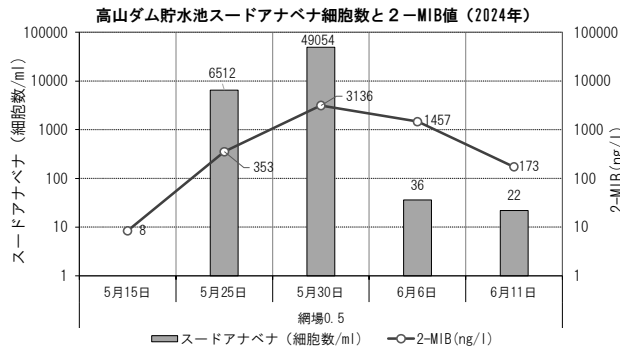


図-4 スードアナベナ細胞数と2-MIB値

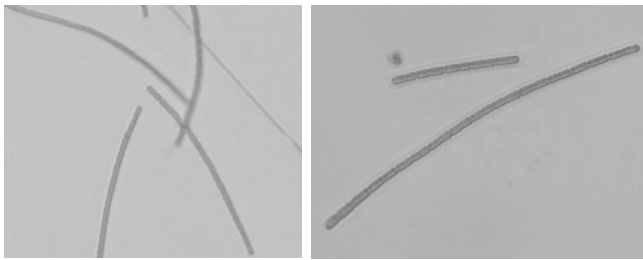


写真-1 確認されたスードアナベナの糸状体

2.4 原因種の異常増殖の要因に関する考察

今回の高山ダムでのカビ臭発生は、曝気循環設備の導入以降では例を見ない事象であり、総合技術センター及び関西支社・淀川本部等の協力を得て、気象、水象、流入負荷などの観点からデータを整理し、有識者への相談を踏まえ以下のとおり要因を考察する。

- ① 高山ダムは元々リン濃度の高い富栄養湖であるが、2024年は、過去5カ年と比較し、4月頃から流入量が多く、さらに5月19日の出水で、貯水池のリン濃度が高い状況であった。(図-5)

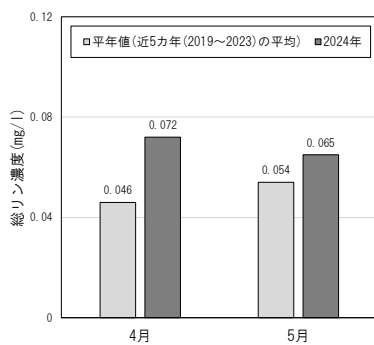


図-5 貯水池表層の総リン濃度の近5年5年比較

- ② 2024年は水温が、4月中旬以降から5月中旬は、スードアナベナの増殖する適温である15℃～20℃程度となっていた。(図-3)
- ③ 5月15日～5月25日の間に優占種が、スードアナベナに変わっており、この間に急激に増殖したと考えられる。(表-2)

表-2 カビ臭前後のプランクトン優占種の変遷

網場地点		カビ臭発生時期							
第一便占				第二便占				第三便占	
月日	網名	種名	cells/ml	網名	種名	cells/ml	網名	種名	cells/ml
04月17日	クリプト藻綱	ディモナス	656	クリプト藻綱	クリプトモナス	518	藍藻綱	アファノゾン	308
05月15日	クリプト藻綱	ディモナス	512	藍藻綱	スクリプトモナス	348	クリプト藻綱	クリプトモナス	278
05月25日	藍藻綱	スードアナベナ	6,512	藍藻綱	ウルナリア	340	藍藻綱	セキテスミス	100
05月30日	藍藻綱	スードアナベナ	49,054	クリプト藻綱	ディモナス	490	藍藻綱	アファノゾン	440
06月06日	藍藻綱	シロキスチス	1,400	クリプト藻綱	ディモナス	330	クリプト藻綱	クリプトモナス	224
06月11日	藍藻綱	シロキスチス	8,320	藍藻綱	ディモナス	112	藍藻綱	アファノゾン	74

- ④ 曝気循環の運転により、循環効果は見られていたが、スードアナベナに対する曝気循環設備の効果は限定的であった。
- ⑤ 曝気循環設備の効果が及びにくい、中流部の八幡橋付近で滞留・増殖し、増殖しながら下流の高山橋～網場へ流下していったことが考えられる。(図-6)

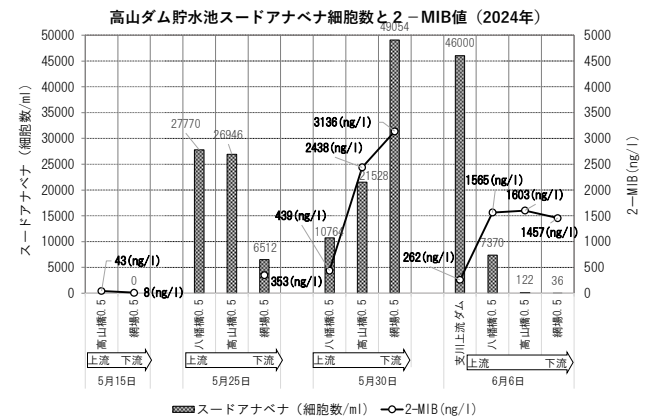


図-6 各地点のスードアナベナ細胞数と2-MIB値

- ⑥ スードアナベナは、曝気循環設備運転後の2004年以降は大幅に減少しており(図-7)、今年度の増殖は外部要因の影響も考えられた。支川上流ダムの協力を得て調査した結果スードアナベナの細胞数と2-MIBが高値であった(図-6)。流入支川のため池や貯水池からの流入も高山ダムでの増殖要因の一つと考えられるため、今後も継続して調査し把握が必要と考えられる。

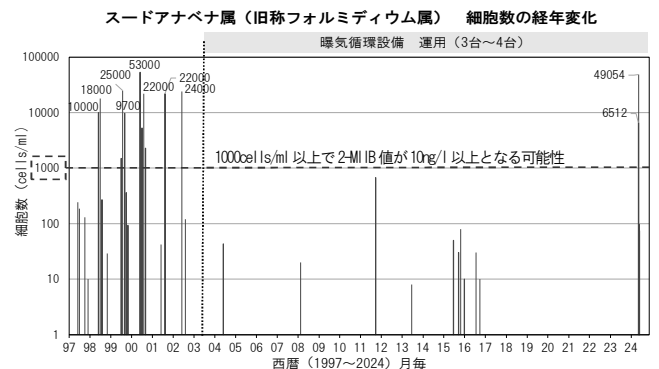


図-7 スードアナベナ属の細胞数の経年変化

3. 放流水の2-MIBを低減するための対応

下流河川での水道事業等への影響を極力低減するため、高山ダムでは放流量の調整、放流設備及び曝気循環設備の運用変更について可能な範囲で調整しつつ、運用状況について水道事業者への情報発信に努めた。

3.1 放流量の調整

高山ダムからの放流水は、ダム直下で合流する木津川本川と混合されるため、木津川本川とダム放流水の各々の流量と水質から水道用水への影響を推定した。具体的には、木津川本川の2-MIB値を1ng/L未満としたときに、直近の高山ダム放水口の2-MIB値より、本川流量と放流水量の加重平均により合流後の2-MIB濃度を推定し、水道事業者の浄水処理状況を聞き取りしながら、浄水処理でのカビ臭除去が可能なレベルとなるように放流量の調整に努めた。

また、6月16日からの洪水期に向け貯水位低下中であつたことから、期間を通じ総流入量より多く放流する必要がある、水量による希釈を図るため、出水後に本川流量が多く、ダム放流の影響が比較的小さくなるときに水位低下を進めるように運用した。(図-8、図-9)

なお、水量による希釈という観点では、ごく短期間ではあるが、布目ダム、川上ダムと連携し両ダムの水位低下放流量も調整し下流河川の2-MIB値の低減を図った。

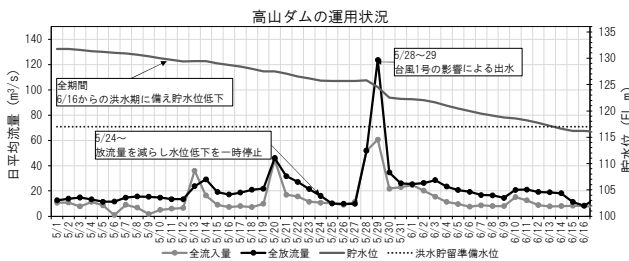


図-8 高山ダムの運用状況

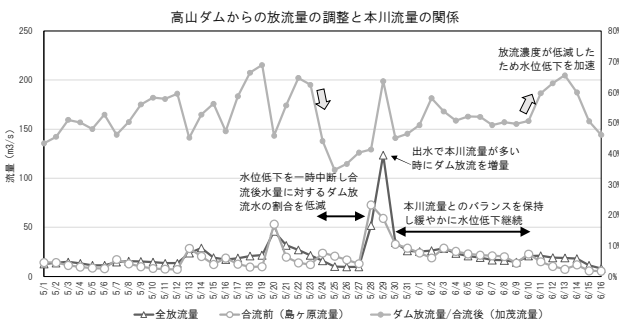


図-9 本川流量を考慮したダム放流量の調整状況

3.2 曝気循環設備の運用方法の変更

曝気循環設備はミクロシスティス等の藍藻類による

アオコ発生を抑制するため、有光層以下の極力深い循環流を発生させ、光合成の阻害、表層付近の水温上昇を抑制する運用を基本としている。一方で、今回のカビ臭対応中は、2-MIB値が表層で高く、取水深付近(EL. 99～95m)で低い状況であつたため、鉛直方向への2-MIB拡散を回避するため、底層付近に固定された5号から8号の散気管の運用を停止し、ダム湖面から吊り下げ式で、散気標高を調整できる1号から4号の散気管のみを運用した。

(図-10)

なお、常用洪水吐きゲート放流(概ね毎秒 40m³ 以上の放流)を要する出水時には、ダム湖内の上下流方向の流れが卓越し、曝気循環効果が得られにくいので、曝気の運用を停止することとしているが、今回のカビ臭対応中は散気による2-MIBの蒸散作用を期待し、放流量毎秒100m³程度を運転・停止の閾値として運用した。

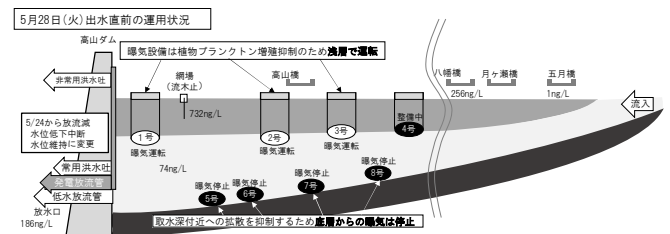


図-10 2-MIB 拡散防止を考慮した曝気循環設備運用

3.3 放流設備の運用変更

5月29日の出水後は、低水温、高濁度の流入水が曝気運用標高の下層に潜り込む様相となった。放流水を目視すると利水放流設備の放流水の濁りが顕著であった。ダム上下流の水質自動観測では、ダム上流で発電設備取水口 EL. 99mと利水放流設備取水口 EL. 95mで水温、濁度に差がないが、ダム下流の発電放流口では取水口標高に比べ水温は高く、濁度は低いことを確認した。このことから、発電設備の取水は平常値最高貯水位付近まで設置された取水スクリーンの影響を受け表層付近までの温かく濁りの少ない水を引き込んでいるものと推定した。

実際に利水放流設備の放流水を採水分析した結果、発電放流水よりも2-MIB濃度が低かったため、発電事業者への説明後に協力を得て発電放流を段階的に減量、停止し、利水放流設備からの放流に切り替えて放流濃度の低減を図った。(図-11、図-12)

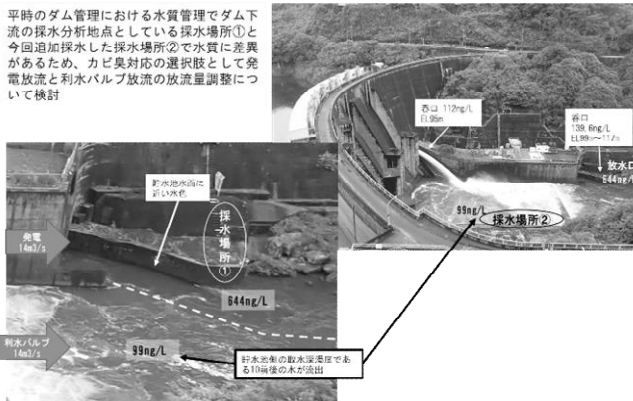


図-11 放流設備毎の放流濃度の確認

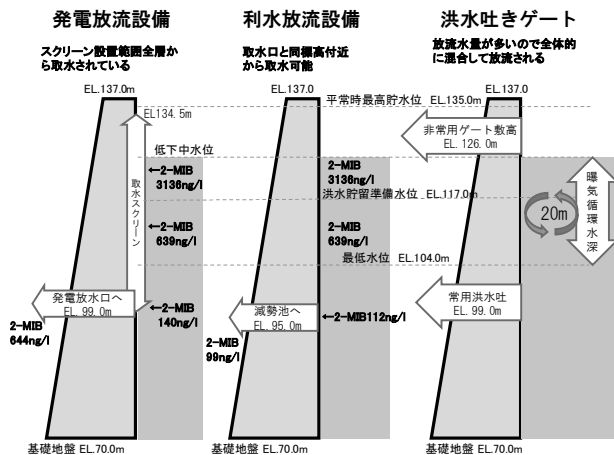


図-12 放流設備の配置と取水範囲

4. 水道事業者との情報連携と意見交換

4.1 情報連携の重要性

浄水場では原水の採水から分析までの数時間も取水、浄水処理を続けており、原水 2-MIB が高値と判明する前に上流河川の水質変化を早期に察知し、浄水処理過程でカビ臭除去のための粉末活性炭投入を先回りして措置する必要がある。

採水から分析完了までの時間差を埋めるためには、ダム放流の判断、操作、取水地点までの到達時間を猶予時間とし、粉末活性炭投入の措置を先回りすることが重要であることを確認した。

このため、原水 2-MIB 値を上昇させる可能性がある、出水時のダム放流量の増量操作、放流設備（取水深）の変更を伴う操作について、高山ダム管理所が判断時点で情報発信することとし、双方で 24 時間対応可能な連絡窓口を設定した。

平時の運用においては、水質・植物プランクトン調査結果や湖面の目視確認の状況など適時の連絡を密に実施した。下流河川での 2-MIB 値の変化については水道事業者から情報提供を参考に、3.1 放流量の調整や 3.3 放

流設備の運用変更を判断した。実運用では下流河川の調査結果、浄水場での原水と浄水の 2-MIB 検査値の実績から、浄水処理の限界濃度を 100ng/1 程度と推定し、出水時を除き、本川合流による混合を考慮した 2-MIB の推定濃度がこの値を超過しないように放流量を調整した。

4.2 水道事業者との意見交換・連携の継続

一連の対応を通じて、また、事象の再発に向けた取り組みとして、水道事業者とは以下のように連携の継続を確認した。

(1) 調査監視の協力継続

原因種の増殖要因を把握するため、双方協力して流域全体の状況について広域的・継続的に調査を行うことを確認した。

高山ダムではカビ臭項目について特に水温 15° から 20° となる時期（図-13）に着目して監視を強化し、毎月の速報を水道事業者への情報共有を行うこととした。カビ臭物質の濃度上昇が確認された際は、今回の対応のように水道事業者に分析を依頼し迅速に詳細な情報を掴み迅速な初動対応を可能とする。

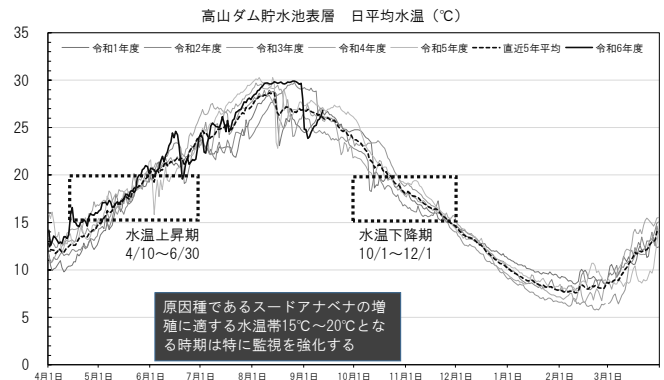


図-13 貯水池水温指標による監視強化時期の目安

(2) 定期的な意見交換会の実施

調査結果の共有や監視、連絡方法等について確認するため、最低でも 1 年に 1 回程度、定期的な意見交換の場を設けることとした。

(3) 双方の施設理解度の向上

ダム管理所の職員は、浄水処理によるカビ臭除去の仕組みを理解し、除去能力に限界はあるが、早めに対応することで限界に至る前に対応出来る可能性を理解する。

貯水池でのカビ臭発生を防止することは困難であるが、一方で水道事業者の協力を得ながら、運用を工夫することで放流濃度を低減出来る可能性があることについては、相互に理解を深める。

このために、双方の施設見学を継続的に実施するなど理解を深める機会を設ける。（写真-2、写真-3）



写真-2 8月24日の浄水場見学の様子



写真-3 9月5日の水道事業者によるダム視察の様子

(4) カビ臭対応のマニュアル化

(水質管理計画への追記)

双方の組織とも人事異動があるため、今回の対応について記録、整理しマニュアル化することにより事象の再発に備えること。前述の調査・監視の結果から意見交換を通じて見直しを行っていく。

高山ダムでは、カビ臭対応について水道事業者の動きを含め事象の深刻化度合いを時系列に整理しタイムラインを作成した。

5. おわりに

高山ダムは木津川流域の約 40%を集水域としており、ダム貯留水に影響を及ぼす流入支川も多数あることから、リアルタイムで流入水、貯留水の水質を把握することは困難を極める。一方で、高山ダムの放流はダム下流の木津川を流下し、阪神地域の利水に供されている。ダムの放流水質の影響度が非常に大きく、広範囲に及ぶことから、ダム管理者としてのリスクコントロールの重要性を痛感した。

今回のカビ臭対応から今後のリスクコントロールに活かすための要点を整理した。

- カビ臭を放出する植物プランクトン増殖は10日間程度の非常に短期間で起こり、貯水池のカビ臭濃度を急激に上昇させる
- 毎月1回の定期採水では原因種の増殖、カビ臭濃度上昇の兆候を捉えきれない可能性がある
- 自動観測で常時監視可能な水温指標をトリガーとする採水頻度変更と、直営採水による検鏡・臭気試験で定期採水の間隔を補う必要がある
- 気象水象などの自然条件で原因種の増殖しやすい環境が続くと、ダム運用、曝気循環設備での抑制は難しく、カビ臭濃度の低減までに時間を要する
- 浄水場でのカビ臭除去にも限界はあるが、早期対応で限界を回避出来る場合がある
- ダムから水道事業者への早期の情報共有は、原水から浄水になる時間差、採水から分析までのタイムラグに対し、浄水処理の猶予時間を延ばす
- 流域面積比のとおり、下流河川では高山ダム放流水の閉める影響が大きい。出水時を除き、本川流量との混合割合で2-MIB値を一定程度に出来る
- 発電放流設備と利水放流設備の取水口標高は、ほぼ中層に位置するが、実際の取水範囲には差があり、水質を選択的に放流可能な場合がある
- 自動観測によるダム上下流の連続データや鉛直観測データを注視することにより、貯水池内の水質変化を推定することが出来る
- 流入河川等から供給された種が高山ダムで環境に適合し増殖する可能性があるため、支川上流のダムやため池などの水質にも注意が必要
- 支川上流ダムからの流入水の影響が懸念される場合は取水深変更などの協力を協議調整した

2025 年も同時期に事象再発の懸念があることから、水道事業者との密な水質調査の実施・情報共有を行った。

幸いにもカビ臭障害が発生することはなかったが、昨年の発生状況とその対応を踏まえ、連携強化を図ることができた。今後も対応全般の記録・整理、有識者・水道事業者の意見を踏まえ作成したタイムラインに沿って対応し、監視体制、水運用・設備運用等について関係者と協力して検討と取り組みを継続する。

謝辞

京都府営水道事務所には、カビ臭物質発生時の対応として、迅速な水質分析にご協力頂きました。この場を借りて深く御礼申し上げます。

関連論文

高山ダムにおけるカビ臭物質発生への対応状況
～水質異常対応の一事例～

2024 年

タイムラプス動画を活用した 斜面对策工における施工管理効率化と 技術力向上の取組み

金山 和樹¹・竹内 信²

¹滋賀県長浜土木事務所木之本支所 道路計画課 (〒529-0426 滋賀県長浜市木之本町黒田1234)

²(公財)滋賀県建設技術センター 技術課 (〒525-0059 滋賀県草津市野路6丁目9-23)

近年、豪雨災害や法面老朽化により土砂災害リスクが高まっているが、特に地方では建設業の担い手不足が深刻化しており、斜面对策工を推進出来ない状態に陥ることが懸念される。

これに対応するため、インフラ分野における生産性向上や技術伝承を目指した「インフラDX」が推進されているが、地方自治体や中小施工者向けには、手軽で安価なICT技術の導入が求められる。本研究では、斜面对策工におけるカメラを活用したDXとして、一定間隔で撮影した写真をコマ送り動画に編集した「タイムラプス」に着目し、施工管理の効率化・安全性向上と、施工解説動画による技術力向上の効果を検討した。本稿では、その結果を報告する。

キーワード タイムラプス、施工管理、技術力向上、グラウンドアンカー、斜面对策工

1. はじめに

(1) 研究の背景

近年、気候変動が進行しており、これに伴い我が国では豪雨災害が激甚化・頻発化している。特に、土砂災害の年平均発生件数は2003年からの10年間に比べ約1.2倍に増加し、死者・行方不明者数も約2倍に増えていることから、土砂災害防止を目的とした斜面对策工の重要性が一層高まっている。

その一方で、斜面对策工を実施するために必要な建設業の担い手の不足は年々深刻化している。特に地方においては、建設業の担い手不足が顕著で、熟練技術者の高齢化や若手技術者の確保・育成が課題となっている。また、滋賀県職員採用試験においても、総合土木職への応募人数の減少傾向が続いている。このような人材不足に対応するには、担い手確保に向けた取り組みに加え、施工の生産性向上・安全性向上や技術伝承に寄与する新たな取り組みが求められる。

(2) インフラ分野におけるDXの推進と重要性

(1)に述べた課題に対処するため、国土交通省では建設現場の生産性向上や業務、組織、プロセス、文化・風土や働き方の変革を目的として、平成28年度より「i-Construction」及び「インフラ分野のDX」を推進している。令和6年4月には、新たな建設現場の生産性向上の取組として「i-Construction 2.0²⁾」が策定されたところである。

「i-Construction 2.0」は、「施工のオートメーション化」、「データ連携のオートメーション化」、「施工管理のオートメーション化」を3本の柱とした指針である。ただし、斜面对策工においては、高所かつ急傾斜地での配筋作業、吹付作業、削孔作業が主となることから、土工のようにICT建設機械を活用して施工をオートメーション化するのは難易度が高い。そのため、斜面对策工では出来形管理など施工管理におけるICT技術の活用が先行しており、令和2年度には3次元計測技術を用いた出来形算出要領が策定され、吹付法枠工がi-Construction適用工種に追加されるなど、施工管理分野でのDXの導入が進んでいる状況にある。

しかしながら、地域に根付いた中小規模施工者・地方自治体がDXを導入するにあたり、高価なICT機器および高度なデジタル技術を当初から活用するのはハードルが高い。例えば、3Dレーザスキャナやドローンの導入には高額な設備投資が必要であることに加え、機器操作や新たな管理手法の学習も求められるため、全ての施工者が容易に取り入れることは難しい。

こうした状況の中、比較的低コストかつ操作が容易であると同時に、施工の生産性向上・安全性向上や技術伝承に貢献できる技術として、例えば「工事記録映像活用試行要領・同解説³⁾（以下、「映像要領」という）」などにより、ビデオカメラ等で施工状況を記録した映像の施工管理への活用が検討されている。滋賀県においても、カメラを活用したDXの取り組みとして、遠隔臨場など

あらゆる業務場面における360°カメラ・ウェアラブルカメラの導入⁴⁾や、一定間隔で撮影した写真をコマ送り動画に編集した「タイムラプス」により記録した施工動画の公開⁵⁾などを進めてきた。

さらに本研究では、斜面对策工における施工管理の効率化・安全性向上や技術伝承を目的として、タイムラプスで撮影した施工記録映像による施工管理手法の提案や、タイムラプス映像と施工上重要なポイントを組み合わせた「施工解説動画」の作成・活用について検討を行った。本稿では、その結果を報告する。

2. タイムラプスとその活用

タイムラプスとは、一定の時間間隔において撮影された静止画像を連続的に結合することで、時間の経過を視覚的に表現する手法である（図-1参照）。長期間にわたるプロジェクトの進捗状況を短時間で示すことができるため、特に建設現場においては、工事の全体像把握、進捗管理、透明性確保などの観点から有効である。



図-1 タイムラプスのイメージ図

タイムラプスによって生成された映像データは、メールやクラウドサービスを介して共有可能であり、遠隔地からも施工状況や進捗を直ちに確認できる。これにより、監督員が現場に足を運ばなくても工事の進捗を確認でき、監督業務の効率化が図られる。また、受注者と監督員のみならず、上司、本社、設計者、メーカー等、関係者間の情報共有も容易となる。

また、タイムラプス映像は、技術教育や訓練にも役立つ。実際の施工プロセスを映像化することで、新しい技術や手法を学ぶための教材として活用でき、若手技術者の育成にも寄与する。滋賀県と（公財）滋賀県建設技術センター（以下、「センター」という）では、令和2年度から滋賀県発注現場でのタイムラプス動画の収集・公開を連携して進めている。令和6年11月時点で、工事全体に関する動画が12本、工種別の動画が29本の計41本がセンターのホームページやYouTubeチャンネルで公開されており、「職員の技術力の向上」と「土木の魅力アップ」を主たる目的として利用されている⁵⁾。

本研究では、これらのタイムラプスの特徴を活かし、施工履歴の証明や現地立会の時間削減を目的とした施工管理、および技術力向上への適用性を検討した。

3. タイムラプスを用いた施工管理の効率化

(1) 検討方法

タイムラプス映像を活用した施工管理を導入するにあたっては、前述の映像要領⁶⁾を参考とした。また、タイムラプスカメラの設定には、センターのタイムラプス動画収集を通じて得られた撮影ノウハウを活用した⁷⁾。

さらに、筆者の所属する滋賀県長浜土木事務所木之本支所では、近接箇所複数発注していた斜面对策工事の施工者間調整会議の中で勉強会を立ち上げることとし、この勉強会の中で本研究に関する検討を行った。検討にあたっては、当該現場を撮影対象に選定するとともに、発注者と複数の施工者がこの勉強会を通じ意見交換を行った。

(2) 対象工種

本研究の対象工種は、グラウンドアンカー工である。

グラウンドアンカー工の施工現場環境の特徴に、斜面对策工として実施する場合は急傾斜地かつ高所での施工となり、現地で直接立ち合っただけの確認が困難であることや、現場が山間部であり発注者の事務所や受注者の営業所からの距離が遠く、立会や技術支援を行う場合にも移動に時間を要することが挙げられる。また、削孔やアンカー体の構築は施工後に不可視となるため、厳密な施工管理が求められるとともに、施工履歴の適切な記録・保存も重要となる。

上記の理由から、グラウンドアンカー工の施工管理を映像で実施できる手法を確立することは、効率性のみならず安全面や品質面からもメリットが大きいと考え、グラウンドアンカー工を本研究の対象工種に選定した。

(3) 対象項目

今回タイムラプスの活用を検討した施工管理項目は、グラウンドアンカー工の削孔作業および適性試験である。

a) 削孔作業

削孔作業における確認項目の一部を以下に示す。

- ・削孔状況
- ・削孔長
- ・削孔角度
- ・グラウト注入状況

各確認項目のイメージは図-2に示すとおりである。

上記作業を現地で立会確認する場合、削孔の開始から完了まで現地に滞在する必要がある。しかし、削孔部の地質条件によって削孔にかかる時間は大きく変動することから、想定より削孔に時間を要した場合は立会者に現地での待ち時間が発生し、逆に削孔が想定より短時間で完了した場合は立会者が現場に到着するまでの間、施工者に待ち時間が発生する。このような時間のロスを解消するため、効率的な確認手法の導入が有効となる。

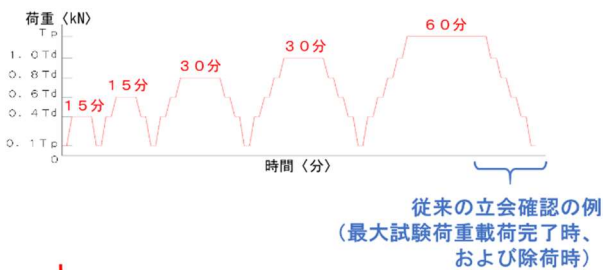


タイムラプスによる遠隔確認の実施

図2 削孔作業の立会確認イメージ

b) 適性試験

適性試験は、施工したアンカーに緊張力を試験的に与え、品質を確認する試験である(図-3参照)。試験は段階的に载荷を行うことから数時間以上も時間を要することから、現場での立会は最大荷重载荷時などを代表で確認することも多い。この場合、载荷過程での段階的な荷重設定や、荷重保持時間の設定が適切であるかは立会で確認できないことから、効率的にかつ信頼性を確保した形で試験結果を確認できる手法の導入が有効となる。



タイムラプスによる遠隔確認の実施

図3 適正試験の立会確認イメージ

(3) タイムラプス撮影時の設定

使用したカメラは、センターのタイムラプス動画収集でも活用しているBrinno (TLC2000) である⁹⁾。

フレームレート (fps) については、センターでのタイムラプス撮影の標準設定として30fpsが採用されていたことから⁹⁾、本研究においても30fpsを標準設定とした。

撮影インターバルについては、複数条件 (10秒に1枚、5秒に1枚、3秒に1枚、2秒に1枚) でテスト撮影を行い、作業内容を把握可能な値を事前に確認した。その結果、削孔作業、適性試験ともに5秒に1枚の撮影間隔であれば対象項目の作業内容を確認することが可能であったため、5秒に1枚を基本設定とした。

なお、上記のとおり5秒に1枚で撮影した動画を30fpsのタイムラプス動画とした場合、実際の2分30秒を1秒の動画に短縮でき、1時間の施工を24秒に短縮して作業状況を確認することが可能となる。

撮影位置については、削孔作業では全体像が把握できるよう削孔機周辺を俯瞰できる場所にカメラを設置し、作業の全体的な流れと各工程の詳細内容が一目で確認できるように工夫した。適性試験では、荷重計の数値が読み取れるようにも留意して撮影位置を設定した。

(4) タイムラプスを活用した施工管理

図4～図7は、各施工段階のタイムラプス映像の切り抜き画像に、確認時のポイントをタグ付けしたものである。タイムラプス映像は早送りで再生されるため、事前に確認時のポイントを理解しているか否かで、得られる情報量に大きな差が生じる。このため、事前にタグ付けを行ったサンプル動画を作成し、そのタグに基づいて再生停止やスロー再生も併用しながら映像を確認できるようにしたことで、適切な施工が行われているかをタイムラプス映像で確認することが容易となった。

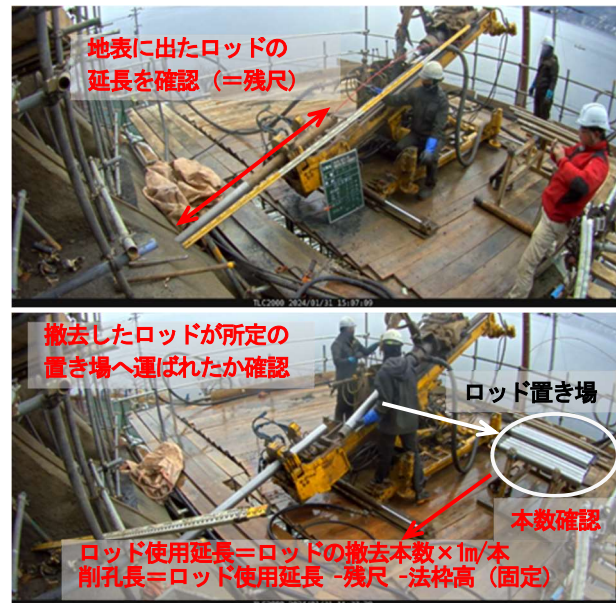


図4 タイムラプス映像による削孔長確認



図5 タイムラプス映像による削孔角度確認



図6 タイムラプス映像によるグラウト注入完了確認



図-7 タイムラプス映像による載荷荷重確認

削孔作業に関して、まず削孔長については、残尺の計測値や使用したロッドの本数をタイムラプス映像から確認可能であった。削孔角度は、今回のタイムラプス映像の解像度では正確な数値までは読み取れなかったものの、計測・記録行為が適切に実施されているかについては視覚的に確認できた。グラウトの注入完了確認においても、削孔穴の底から注入したグラウトが削孔穴上端で溢れる様子（リバーシ）を映像で確認できた。

適性試験については、荷重計の値を映像で読み取れたことから、試験計画書に沿って試験が行われていることが確認できた。荷重保持時間についても、タイムラプスでは撮影時刻が明示されるため映像での確認が可能となり、試験結果の信頼性も向上した。

また、直接立ち合わなくても施工状況の詳細が確認可能となったため、施工管理の安全性向上にもつながった。

なお、本研究での対象工事において、タイムラプス映像での現場確認を導入した場合の立会確認効率化効果の試算結果は表-1のとおりである。削孔作業の進行状況を現地で確認するためには、1本あたり約1時間程度現場に拘束され、移動時間を含めると削孔作業の立会には100分程度を要する。一方、本研究におけるタイムラプスの設定では、1時間当たりの作業を約1分で確認でき、立会に要する時間を大幅に削減可能との試算結果が得られた。

表-1 タイムラプスによる施工管理の効果（試算）

項目	従来立会	タイムラプスでの立会	削減時間	削減時間 (全数立会)
削孔状況	100分/本 移動50分 立会50分	1分/本 動画20秒	99分/本	99分×61本＝ 計6,039分
適性試験	105分/本 移動50分 立会55分	1分/本 動画22秒	104分/本	104分×4本＝ 計416分

(5) AIによる画像認識を活用した施工管理

タイムラプスは連続した画像（フレーム）で構成されるため、(4)で述べたような映像でのチェック作業においてAIによる画像認識が適用可能であると考え、さらな

る施工管理の効率化に向け検討を行った。

今回検討した手法は、削孔に使用したケーシングの円形断面を画像認識で自動検出することによる、削孔長の自動確認である。画像認識の教師データには、図-8に示すようなテンプレート画像を用意した。画像認識AIのコーディングにあたっては、生成AI（ChatGPT）を活用することで、プログラミングの専門知識が無くとも短時間でコードの作成が可能であった。

画像認識AIによるケーシング検出結果の一例は図-9に示すとおりで、タイムラプス動画の各フレームから、ケーシングを自動抽出できた。さらに、経過時間とケーシング抽出数の関係を表したグラフの自動出力も可能で（図-10参照）、タイムラプス映像とグラフを照らし合わせながら検出結果の妥当性を確認することも可能であった。



図-8 画像認識AIの学習に用いた教師データの一例



図-9 画像認識AIによるケーシング検出結果の一例

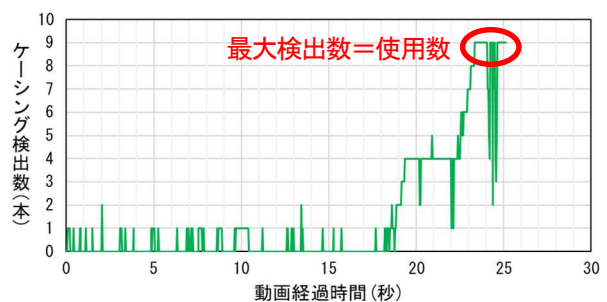


図-10 AIで作成した経過時間とケーシング抽出数の関係

4. タイムラプスを用いた技術力向上への取組

(1) グラウンドアンカー工に関する技術伝承

前述した施工者間調整会議勉強会の中で、グラウンドアンカー工の施工技術を学んだ方法について施工者へのヒアリングを行った結果、現場での実務を通じて学ぶことが多いことが確認された。実作業を通じた教育は、現場に密着しており実践的である一方、技術者不足や限られた工事機会の中で、若手技術者が今後も同様に経験を積むことは難しくなっている。さらに、技術者個人の技

能、知識、また教え方に内容が依存するため、その内容、レベルにばらつきが発生しやすい。

こうした課題に対し、映像による学習は、次のような点で教育効果を高めることができる。

a) 施工プロセス全体の把握

作業工程の全体像が一目で分かるため、通常の現場教育では断片的にしか把握できない作業の流れを、体系的かつ順を追って理解できる。

b) 学習の効率化

実際に現場へ行かずとも、繰り返し視聴できるため、現場での実作業に依存せず、何度も確認しながら学習することが可能である。現場の施工がない期間でも、技術の学習を継続できる機会を与えられる。

c) 技術の標準化

基準書に基づいた解説を加えることで、現場毎の作業のばらつきを排除し、標準化された施工手順を確認するための教材となる。

上記のうち、タイムラプスは施工プロセス全体の把握および学習の効率化に長けていることから、施工管理での活用を目的に取得したグラウンドアンカー工のタイムラプス映像をベースに、拡大写真や設計基準・施工管理基準など技術の標準化につながる情報を加えることで、技術伝承効果の高い「施工解説動画」の作成を試みた。

(2) 施工解説動画の作成

動画制作にあたっては、施工プロセス全体を可視化することを目指した。特に、作業工程を正確に記録し、視聴者にとって視聴しやすいよう動画時間に留意し、概ね10分程度を目安とした。

続いて、動画作成のプロセスを以下に示す。

a) 対象者の設定

施工解説動画を作成するにあたっては、視聴対象者を以下のとおり設定し、初学者でも理解できる基礎的な内容を主軸に、技術的な解説を含めた構成とした。

①発注者側の若手監督員

グラウンドアンカー施工の全体管理や品質管理の視点を強化するため、施工管理のポイントや、工法上のリスクとその対策についての知識の習得を目標とする。

②施工者側の若手技術者・技能者

グラウンドアンカーの出来形・品質・工程等の施工管理や安全対策を適切に行えるよう、グラウンドアンカー工の基本的な内容に加え、作業全体の流れや現場条件を踏まえた対応を講じるための知識の習得を目標とする。

b) 内容の計画

動画制作に先立ち、構成案（シナリオ）の作成と技術的情報の整理を行った。

①シナリオの作成

グラウンドアンカー施工の全工程を段階的に解説する構成とした。まず初めに、グラウンドアンカー工の構造

や用語の説明を行い、次に施工の各プロセスを順に解説する。準備工、削孔、グラウト注入打設、品質保証試験・定着緊張、頭部処理の各段階について、それぞれの施工方法と留意点を解説する構成とした。

②技術的情報の整理

シナリオの案が完成した段階で、前述した施工者間調整会議勉強会を開催して施工者にヒアリングを行い、現場でのノウハウや経験を抽出した。ヒアリングの結果から、参考図書⁹⁾に記載されている技術的内容に加え、クレーンの作業半径や使用する足場の構造といった現場条件を踏まえた留意点なども追加することとした。

c) 撮影

施工プロセスの録画は主に施工管理に使用したタイムラプス映像を用いたが、各工程における特に注意すべきポイントや作業上のコツ、品質管理のための要点といった重点的に撮影する必要があるものについては、別途通常動画や拡大動画の撮影を行った。また、視聴者が見逃しやすい箇所については、映像内で強調表示を行った。

d) 編集

撮影した映像を整理し、次の手順で編集を行った。

①映像の整理

各ステップの映像を整理し、適宜セクションを設定することで、全体の流れが理解できるように調整した。

②ナレーションの追加

施工の重要なポイントをわかりやすく伝えるため、ナレーションを追加し、技術的な解説だけでなく、施工中のリスクや注意点についても言及するようにした。また視聴条件に左右されないよう、字幕を常に表示した。

③グラフィックやテキスト、アニメーションの挿入

作業内容を補完するために、グラフィックやテキストを挿入し、視覚的に理解しやすくした。

④参考図書の紹介

より深く学習する際の参考として、関係図書(グラウンドアンカー設計・施工基準、同解説【公共社団法人地盤工学会】⁶⁾など)の紹介も動画の最後に加えた。

なお、編集作業の様子は図-11に示すとおりである。編集作業には市販の動画編集ソフトを使用しており、収集・整理した動画や技術的情報を組み合わせ、一本の動画に取りまとめた。



図-11 動画の編集作業の様子

作成した動画のイメージは図-12 に示すとおりである。
作成した動画の本編は、下記 web ページで公開している。



図-12 作成した動画のイメージ

(3) 施工解説動画の効果

作成した動画について、関係者に視聴を依頼した結果、「学習素材として効果的」との意見が多く得られた。今後、施工解説動画の公開や研修資料としての利用を進め若手技術者の技術力向上につなげるとともに、熟練者による技術指導の支援ツールとしても役立てたい。

【視聴者からの意見】

a) 施工者の声

- ・施工手順が一目で理解でき、分かりやすい。
- ・映像であることから学習までのハードルが低く、土木未経験者でも興味を持って視聴できた。
- ・今後の社内教育にも積極的に活用したい。

b) 発注者の声

- ・グラウンドアンカーの監督経験が無くとも大まかな内容を把握でき、映像の持つ伝達力を確認できた。
- ・注意すべきポイントが理解しやすく、施工プロセスを把握する上で発注者の業務の一環として有益であった。

5. 今後に向けて

(1) タイムラプス映像による施工管理の普及

タイムラプス映像による施工管理の普及に向けては、まずその有用性の認知が不可欠であり、今後も現場で積極的に取り組みたい。加えて、映像活用に伴う既存書類の削減や、映像データの受け渡し方法の効率化も普及に向け有効と考えられることから、今後検討していきたい。

一方、タイムラプス映像で施工プロセスが可視化されると、施工者は「発注者に監視されている」と感じる可能性もある。撮影は監視目的ではなく、受発注者間の早期情報共有によるミス防止や協議の迅速化、受発注者双方の技術力向上が目的である点の強調も必要と考える。

(2) 施工解説動画の他工種への応用

タイムラプス映像を用いた施工解説動画の作成は、他工種でも有効と考える。また、作成作業を通じて筆者自

身のグラウンドアンカー工の知識の習得にもつながったことから、作成者自身の技術力向上の観点からも有意義である。しかし、施工解説動画の作成には、撮影の手間に加え、シナリオ作成、情報収集、撮影許諾や基準書使用申請など、多くの労力を必要とする。(公財)兵庫県まちづくり技術センターなど他府県のセンターにおいても施工解説動画の作成・公開に取り組まれていることから⁷⁾、作成・公開を効率的に進めるべく連携を深めたい。

(3) 画像認識AIによる施工管理の汎用化

画像認識AIによる施工管理を様々な現場で汎用的に活用するには、映像から情報を得やすくするための対象物の配置の工夫が有効であることに加え、大量の教師データによる学習が不可欠となる。教師データとなる映像の収集に向けては、本研究で提案した動画による施工管理の普及や、産学官の枠組みによる動画活用の推進により、施工映像が自動で収集される仕組みの構築が求められる。

6. まとめ

本研究では、比較的安価で取り扱いが容易なタイムラプス映像を活用した斜面对策工施工管理の効率化について検討を行い、その有用性が確認できた。また、取得したタイムラプス映像に解説を加えて作成した施工解説動画が、技術伝承に効果的であることも確認できた。

タイムラプス映像は、汎用的なカメラでも撮影でき、地方自治体や中小規模施工者にとっても手軽に導入可能で魅力的な選択肢となり得る。本研究での開発技術が、地方の建設現場へのDXの導入を加速させる一助となり、施工管理の負担軽減や精度向上に寄与することを期待し、引き続き技術の開発と普及に取り組んでいきたい。

謝辞：本稿執筆にあたり、ご協力頂いた長浜土木事務所 木之本支所、(公財)滋賀県建設技術センター、および各受注者の皆様に厚くお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 気候変動を踏まえた砂防技術検討会：気候変動を踏まえた砂防技術検討会令和5年度版とりまとめ, p.1, 2024.
- 2) 国土交通省：i-Construction2.0～建設現場のオートメーション化～, pp.6-16, 2024.
- 3) 工事記録映像活用研究会：工事記録映像活用試行要領・同解説 [改訂版], 2018.
- 4) 曾我愛実, 竹内信：令和6年度近畿地方整備局研究発表会論文集, イノベーション部門 I : No.5, 2024.
- 5) 一色一平, 尾井純奈：令和5年度(第55回)滋賀県土木技術研究発表会論文集, pp.108-113, 2023.
- 6) 公共社団法人地盤工学会：グラウンドアンカー設計・施工基準, 同解説, 2012.
- 7) 公益財団法人兵庫県まちづくり技術センターHP：
[https://www.hyogo-ctc.or.jp/ctc/training/webken/explanation_site/\(2024.11.1閲覧\)](https://www.hyogo-ctc.or.jp/ctc/training/webken/explanation_site/(2024.11.1閲覧))

市長出演！自転車利用ルールの周知徹底を目指した地域連携による広報活動の報告

中原 圭太¹・田村 香音²

¹株式会社建設技術研究所 九州支社 道路・交通部（〒810-0041 福岡市中央区大名2-4-12CTI福岡ビル）

²株式会社建設技術研究所 大阪本社 道路・交通部（〒541-0045 大阪市中央区道修町1-6-7）

自転車は、生活の身近な移動手段やレジャーの手段として広く利用されている一方で、安全性やマナーの問題による課題も大きな社会問題となっている。2024年に改定された「安全で快適な自転車利用環境創出ガイドライン」でも「利用ルールの徹底」の重要性が強調されており、全国的に早急な対応が求められている。本論文では、芦屋市内の青矢羽根整備区間を対象に、兵庫国道事務所が実施した自転車利用ルールの広報活動を報告する。地域との連携を図るため、兵庫県警や芦屋市と協力し、オリジナルキャラクター制作や芦屋市長出演動画のYoutube配信等、新たな手法で周知を実施した結果、自転車のルールの認知率やマナーの向上に寄与した。

キーワード 交通安全教育，自治体連携，意見交換，広報，情報発信

1. はじめに

自転車は、買物や通勤、通学、子供の送迎等の日常生活における身近な移動手段や、サイクリング等のレジャーの手段として、多くの人々に利用されている。近年では、環境負荷の少ない移動手段としても注目され、健康増進や脱炭素社会、地域活性化や交通混雑の緩和等といった観点から、国としてもその活用を推進している。

しかしながら、道路における自転車走行の安全性については、依然として多くの課題が残存していることが現状である。自転車が安全に走行するための十分な専用通行空間が不足していることや、青矢羽根などの路面表示の不整備・劣化など、ハード面の課題は多岐にわたる。

一方で、歩道上の高速走行や逆走、夜間のライト無点灯等の無秩序な利用も多く見られ、ルールやマナーの理解不足といったソフト面での課題も大きな社会問題として取り上げられている。

こういった背景のもと、令和6年6月に改定された「安全で快適な自転車利用環境創出ガイドライン」では「質の高い自転車通行空間の整備促進」とともに「利用ルールの徹底」の重要性が強く謳われており、全国的に早急な対応が求められている。自転車利用の利便性を損なうことなく安全で快適な走行環境を整えるためには、ハード面・ソフト面の両方からのアプローチが不可欠となる。

2. 芦屋市の青矢羽根整備の概要

当該箇所は、国道2号 芦屋市上宮川町西～楠町（約

0.7km）、芦屋市道2箇所では、2022年度に車道混在が整備された。（図-1、2）当該箇所は、JR芦屋駅に近いことから朝夕ピークに100台/hを超える自転車交通量（図-3）があり、「芦屋市自転車ネットワーク計画」にて、ガイドラインの選定項目に基づき抽出される「自転車ネットワーク路線」として選定されており、将来的に国道2号は自転車道に、市道2箇所は自転車専用通行帯に整備予定となっている。



出典：国土地理院地図を基に作成

図-1 車道混在整備箇所位置図



図-2 青矢羽根整備状況

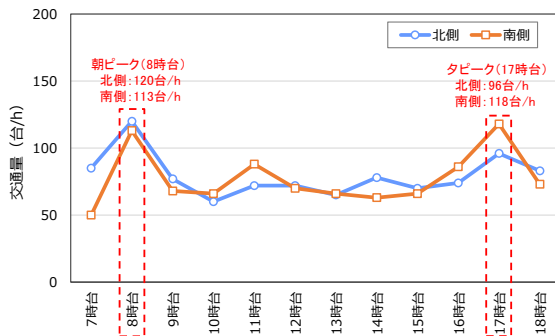
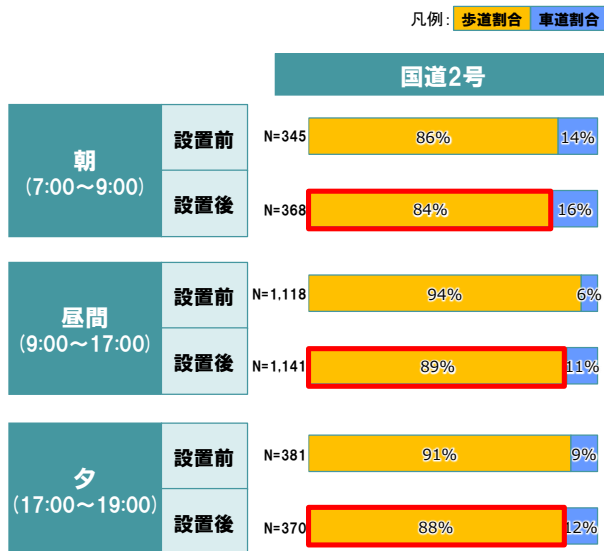


図-3 国道2号における自転車交通量

3. 整備後に明らかになった課題

(1) 車道への転換不足

自転車通行空間明示効果として、車道と自歩道の通行割合をビデオ観測により計測した。その結果、整備前後で大きく変わらずどの時間帯も8割以上の自転車が自歩道を通行している状況であった。（図-4）

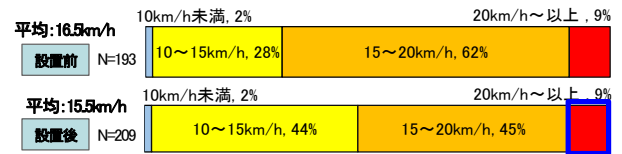


出典：交通量調査日時（整備前：2020年12月15日（火）、整備後：2022年11月17日（木）7時～19時）

図-4 車道と歩道の通行割合（断面合計）

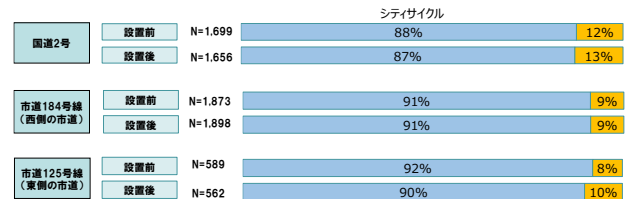
(2) 自歩道上での高速走行

自歩道上を走行する自転車の平均速度は、歩道通行時のルールに概ね沿った10km/h未満の低速車は、依然2%程度と設置前から増加してしておらず（図-5）、20km/h以上の自転車が約1割を占める状況であった。また、歩道通行に占めるスポーツ車の割合も約1割（図-6）と変化なく、青矢羽根設置後も歩行者と自転車が交錯する事故のリスクが残存する状況であった。



出典：交通量調査日時（整備前：2020年12月15日（火）、整備後：2022年11月17日（木）7時～19時）

図-5 歩道を通行する自転車の走行速度（7:50～8:50）



出典：交通量調査日時（整備前：2020年12月15日（火）、整備後：2022年11月17日（木）7時～19時）

図-6 歩道を通行する自転車の走行速度（7:50～8:50）

(3) 自転車利用マナーの悪さ

バス事業者2社を対象に、芦屋市に整備された青矢羽根路面表示の印象等をヒアリングしたところ、どちらの事業者も車道上で自転車と混在して走行することにストレスを感じている部分も多いとのことがあった。

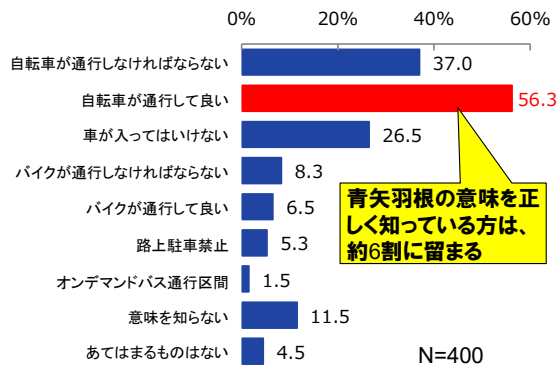
【バス事業者の主な意見】

- 車道を走行する学生やスポーツバイクが非常に多く、自動車側からはなかなか追い抜きにくい。
- 左折時の幅寄せ時に巻き込み確認を徹底している。少しでも幅を空けると自転車がすり抜けてくる。
- 自転車側からすれば、青矢羽根の整備は走行位置の選択肢が増えたという印象なのではないか。そもそも青矢羽根上での走行ルール等をしっかりと認知できていないと思う。
- 自転車側にも道路交通法を学んでもらうことが必要であり、交通ルールを把握していない状態で車道を走行させるのは危険である。
- 自転車が車道を走行することで、ドライバーの方が気を遣うことが多い。自転車との事故が発生した場合、過失割合では必ずバスが不利である。バスは自家用車程すぐに急減速できないので、自転車側にも当事者の意識をしっかりと持って、注意をしてほしい。

(4) 自転車利用ルールの認知不足

当該区間を日常的に自転車で通行する方を対象にアンケート調査を実施したところ、青矢羽根の意味を理解している方は約6割に留まっていた。また、車道が怖いから歩道を通行する方が多く、その他、路上駐車や車との並走に危険を感じていることが分かった。自転車ルールの理解にバラツキがあり、十分浸透していない実態が明

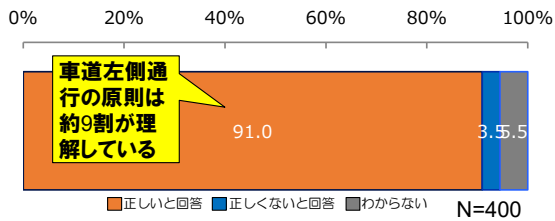
らかになった。(図-7、8)



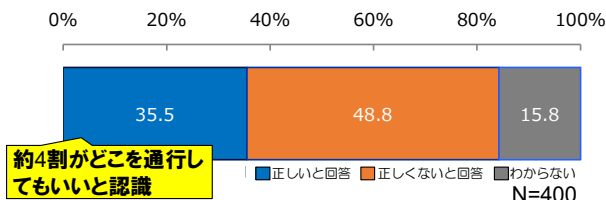
出典 ; WEB アンケート調査 (芦屋市、神戸市、尼崎市、西宮市内在住で、週1回以上当該区間を通過する自転車利用者)

図-7 青矢羽根の意味の認知状況

①自転車は、車道の左端通行が原則である。



②普通自転車歩道通行可の標識がある歩道を自転車で通行する際は、歩行者に気をつけていれば、どこを通行してもよい。



③矢羽根のマーク上を自動車は通行することができない。

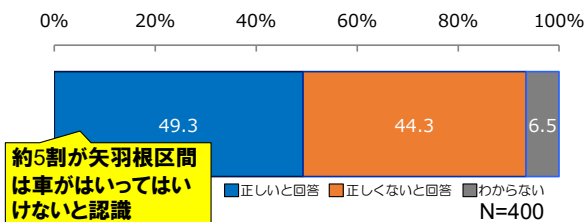


図-8 一般的な自転車通行ルールの認知度

4 周知徹底に向けた広報施策

(1) 広報施策の方針

これまでの効果検証結果を踏まえ、自転車ルールに関する更なる浸透が必要であることから、今年度は整備概要、自転車利用ルールの周知を目的とした広報活動を検討した。(表-1)

表-1 広報ターゲットとポイント

ターゲット	課題	周知すべきポイント
自転車利用者	- 青矢羽根設置後に歩道から車道に転換した自転車はわずか - 歩道で徐行しない - 車道通行時の逆走 - 自転車が停車車両を追い越す際に後続車両を確認しない	- 自転車ルールの浸透 ①自転車は原則車道 ②歩道走行時歩行者優先・徐行義務 ③車道逆走禁止 ④後方確認の習慣付け ⑤交差点通過時は左折車に気を付ける
自動車ドライバー	- 自転車を追い越す時や左折時の後方確認をしない - 自転車がストレス	- 左折時に後続する自転車の有無を確認してから左折する - 駐停車車両を回避する自転車の気を付けながら運転する

なお、広報施策の方針を検討するにあたって兵庫国道事務所を中心に芦屋市および兵庫県警と連携し、関係機関による勉強会を計3回実施した。各回では、整備状況や実態調査結果を共有した上で、ターゲット層の整理、伝えるべき情報や媒体ごとの訴求力について議論を実施した。これらの勉強会を通じ、関係機関との合意形成を経て、最終的な広報施策の内容を決定した。(図-9)

関係者会議実施日		(関係者会議の様子)	参加者
第1回	6.4(火)		・芦屋市 ・兵庫県警察本部 ・芦屋警察署 ・兵庫国道事務所
第2回	7.2(火)		
第3回	7.30(火)		
			撮影日:7月30日(火)
ターゲット	細分化	広報媒体や場所	
自転車ユーザー 【芦屋市民】	子供を乗せた電動アシスト自転車	➢ 下記施設でのチラシ配布・ポスター掲示 幼稚園・保育園・こども園等の児童福祉施設、 買い物店舗、子供向けの娯楽施設	
	駅ユーザー (通勤通学)	➢ 下記施設でのチラシ配布・ポスター掲示 小中学校・駅周辺の駐輪場 ➢ 駅構内デジタルサイネージ	
	その他	➢ 公共施設のチラシ配布・ポスター掲示 ➢ X(兵庫国道公式アカウント) ➢ Youtube(兵庫国道公式チャンネル、芦屋市広報番組【公式】、兵庫県警察公式等)	
自動車ドライバー 【芦屋市民+α】		➢ 下記施設でのチラシ配布・ポスター掲示 市役所、警察署、教習所・運転免許センター ➢ 市役所でのデジタルサイネージ ➢ X(兵庫国道公式アカウント)、Youtube(兵庫国道公式チャンネル、芦屋市広報番組【公式】、兵庫県警察公式等)	

図-9 勉強会における決定事項

(2) 広報手法の検討

利用者の行動変容と理解促進を図るため、単なる注意喚起にとどまらず視認性や親しみやすさを重視し、「基本的な自転車利用ルールの正確な伝達」とともに「共感を生むコンテンツづくり」を重視した。その一環として、オリジナルキャラクターを作成し、広報物に登場させることで視覚的な印象が強まるよう工夫した。

a) チラシ・ポスター

チラシ・ポスターは、自転車利用者やドライバーがそれぞれ当事者意識を持てただけよう、自転車版、クルマ版の2種デザインを作成した。(図10、11)



図-10 自転車版チラシ



図-11 クルマ版チラシ

自転車版チラシは、手に取っていただくためポップなデザインを意識し、内容に親しみを持っていただくためキャラクターを作成した。内容は車道左側通行を強調し、自分事として見ていただくためルールを守らなかった場合に発生する罰金の紹介なども行った。クルマ版チラシは、ルールを守る重要性を理解いただけるよう兵庫県内の自転車事故についてを表記した。クルマユーザーにも自転車の基本的なルールを知っていただくため、既存情報にアクセス可能なQRコードを掲載し詳細を案内した。

チラシ・ポスターは、芦屋市内の児童福祉施設や学校、買い物施設や駐輪場等に配布・掲載した。自転車版とクルマ版を合わせ、約15,000枚ほど配布した。(表-2)

表-2 配布先

チラシ・ポスター配布施設	配布数		ポスター設置	
	自転車	クルマ	自転車	クルマ
児童福祉施設	芦屋市立 岩園幼稚園 ほか30施設	2,441枚	各1枚	—
小学校	芦屋市立 浜風小学校 ほか7施設	4,910枚	各1枚	—
中学・高等学校	芦屋市立 山手中学校 ほか8施設	3,155枚	各1枚	—
買い物店舗	コープ浜芦屋店 ほか3店舗	各30枚	各1枚	各1枚
娯楽施設	シンコースポーツ体育館 ほか1店舗	—	—	—
公共施設	芦屋市立 潮芦屋交流センターほか5施設 (自治会は13箇所に配布)	240枚	240枚	各1枚
駐輪場	阪神打出駅前自転車駐輪場ほか9駐輪場	300枚	—	—
市役所	芦屋市役所 市民サービスコーナー	30枚	—	1枚
警察署	兵庫県 芦屋警察署	30枚	30枚	1枚
教習所	県警より配布	—	2,900枚	各1枚
計	11,560枚	3,570枚	197枚	209枚

b) 広報動画の作成・配信

住民へのメッセージとしての説得力を高めるため、動画広報では芦屋市長の出演を提案した。関係者会議を経て決定した動画内容について、芦屋市との協議を実施し、芦屋市長の出演依頼や詳細な動画内容を議論した。視聴者への親近感や注目度・説得力の向上を図るため、芦屋市長にヘルメットを着用していただき青矢羽根整備箇所を走行いただいた。動画は、兵庫国道事務所や芦屋市、兵庫県警察公式のSNS等で配信した。(図-12)



図-12 広報動画シーン抜粋

5. 効果検証

(1) 効果検証結果の概要

チラシ・ポスターの配布後(動画配信前)の青矢羽根の整備状況や自転車五原則等のルールの広報による効果検証結果を表-3に示す。

整備箇所の交通状況は、車道への転換も一定数みられたが、車道上の逆走車の割合にほとんど変化は見られず、歩道を通行する自転車の速度についても効果は限定的であった。また、バス事業者へのヒアリングでは、市道184号線は以前に比べて逆走車は減ったものの、逆走車

についての課題はまだ残るとの意見を頂いた。
道路利用者の意識は、自転車五原則等の規則の理解度は向上しており、「チラシを見て行動が変わった点または行動を変えようと思った点」として「左側通行を守る」といった意見が多くあがっていることから、自転車通行時の規則に対する意識は向上したことが分かった。また、バス事業者へのヒアリングでは、自転車利用者のマナーは向上したと感じ、バスドライバーから自転車への苦情が少なくなったと意見を頂いた。

ただし、車道を通行する自転車利用者からは「車の近くを走るので基本危ない」という意見が6割、歩道を通行する自転車利用者からは「車道を走るのが怖い」という意見が9割と多くなっている。よって、車道における安全性には引き続き課題が残っていると推測される。

広報状況については、チラシを「見かけた」と回答した人が全体の4割を占め、そのうち「中身を確認した」と回答した人は6割となった。また、チラシを見かけた場所としては市役所が最も多く、チラシの良かったところとして「青矢羽根の意味が役に立った」という意見が4割となっていた。

表-3 検証結果まとめ

検証の視点	検証結果
整備箇所の交通状況	・車道の通行割合は各路線とも増加しており、車道への転換が見られた ・車道での逆走は国道2号、市道184号では大きな変化はなく、市道125号では増加していた。 ・ヒヤリハットは市道184号で多く見られた。 ・バス事業者へのヒアリングでは、市道184号線は以前に比べて逆走車は減ったものの、逆走車についての課題はまだ残るとの意見を頂いた。 →車道への転換が見られる一方で、逆走車やヒヤリハットが発生していることから、引き続き課題が残っていると考えられる。
道路利用者の意識	・自転車に関する規則の理解度は昨年度と比較して向上していた。 ・チラシを見て行動が変わった点または行動を変えようと思った点として「左側通行を守る」といった意見が多くあがった。 ・バス事業者へのヒアリングでは、自転車利用者のマナーは向上したと感じ、バスドライバーから自転車への苦情が少なくなったと意見を頂いた。 →自転車通行時の規則に対する意識は向上していると考えられる。
広報状況	・チラシを見かけた人が4割、見かけた人のうち中身を確認した人は6割となっており、一定の認知が確認できた。 ・チラシを見かけた場所としては市役所が4割、チラシの良かったところとして「青矢羽根の意味が役に立った」という意見が4割と最も多くなっていた。 →一定の認知が確認されており、チラシの主題であった青矢羽根の意味についての広報が役に立ったという意見がみられた。 また、市役所でのチラシ配布が効果的であったことから、今後の広報においても留意するとよい。

表-4 自転車利用規則の認知率向上状況

設問	答え	正答率	
		過年度	今年度
普通自転車歩道通行可の標識(図1)がある道では、自転車は歩道を通行しなければならない。	必ず歩道でなくても良い	39.8%	55.4%
普通自転車歩道通行可の標識(図1)がある歩道を自転車で行く際は、歩行者に気をつけていけば、どこを通行してもよい。	歩道の車道寄りを行きなければならない	48.8%	61.9%
自転車は車道通行が原則ではあるが、13歳未満の子どもや70歳以上の高齢者等については、歩道を通行することができる。	○	43.5%	55.9%
自転車では歩道を通行する際には、歩行者がいなければ自分が安全と思う速度まで出してもよい。	徐行しなければならない	82.3%	90.6%
車道を通行している場合、自転車利用者が見るべき信号(図2)はどちらでしょうか。	②	65.8%	77.2%
歩道を通行している場合、自転車利用者が見るべき信号(図2)はどちらでしょうか。	①	63.0%	86.1%
信号のある交差点を自転車で行く場合、二段階右折をする必要がある。	二段階右折をする必要がある	78.5%	86.6%

※WEBアンケート調査(過年度:令和5年2月実施(n=400) 今年度:令和6年11月実施(n=222))



＜青矢羽根整備区間＞



＜車道通行割合の変化＞

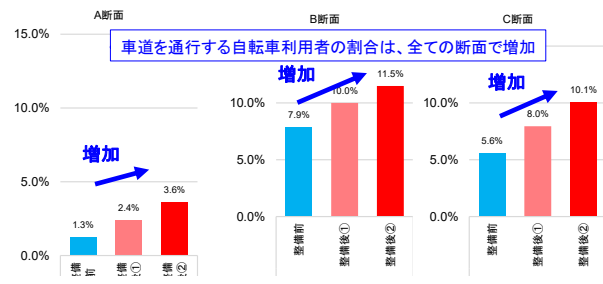


図-13 車道通行割合の増加状況

(2) バス事業者からの声

バス事業者へのヒアリングの結果、国道2号の青矢羽根上での逆走は減った。ただし、逆走を含め自転車走行車のマナーは車と比較するとまだまだであり、今後もマナー向上の取り組みを進めて頂きたい、とのご意見をいただいた。

6. 今後の展望

今回の効果検証結果は、チラシポスターのみを対象相としているため、動画配信後の効果検証を今後実施予定である。一定の効果が見られたことから、他地域への水平展開を検討する予定である。