

令和 7 年度
国土交通省 国土技術研究会

概要論文集
～一般部門＜安全・安心Ⅱ＞～

研究会 1 日目（11月27日（木））：A会場
16:00～18:15

研究会 2 日目（11月28日（金））：A会場
9:45～12:00

A会場						
部門	セッション	発表 順序	課題 区分	発表時間	課題名	発表者所属 発表者名
一般部門 (安全・安心Ⅰ)	A1	1	審査 課題	9:45～10:00	大沼トンネル避難坑の施工についてー熱水変質を受けた低強度地山と多量湧水への対応ー	北海道開発局 港湾空港部 港湾計画課 宮澤 駿
		2		10:00～10:15	流域治水認知拡大のための住民参加型出前講座の取り組みについて	東北地方整備局 仙台河川国道事務所 流域治水課 三原 魁人
		3		10:15～10:30	地質リスクを考慮した道路災害復旧案の検討について	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 冷水 孝太郎
		4		10:30～10:45	橋橋上部工点検用ROV/ASVとその運用支援技術の開発	国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所 インフラDX研究領域 メタロボティクス研究グループ 田中 敏成
	A2	5	審査 課題	11:00～11:15	メンテナンスに優れた橋梁伸縮装置の研究開発について	福井県 産業労働部 工業技術センター 建設技術研究部 林 泰正
		6		11:15～11:30	オーバーツーリズム渋滞に対する社会実験の試行及び対策工の効果	山梨県 企業局 早川水系発電管理事務所 中沢 翔太
		7		11:30～11:45	地区全体を対象とした耐震改修による復興枠組みの提案～BBBから改修中心へ～	国立研究開発法人 建築研究所 所付 片山 耕治
		8		11:45～12:00	九州地方整備局管内の道路橋定期点検結果(1・2巡目)を踏まえたメンテナンスサイクルの留意点	九州地方整備局 九州道路メンテナンスセンター 萩原 頼徳
	A3	9	審査 課題	13:00～13:15	木下川排水機場の耐震化について	東京都 建設局 江東治水事務所 特定施設建設課 福永 龍佑
		10		13:15～13:30	解釈可能AIを用いた木造建築物多目的最適設計に向けた基礎的研究	国立研究開発法人 建築研究所 材料研究グループ 難波 宗功
		11		13:30～13:45	氾濫シナリオ別水害ハザード指標分布を用いた地域の脆弱性評価に関する研究	国土技術政策総合研究所 河川研究部 水害研究室 大野 純暉
		12		13:45～14:00	無信号横断歩道における歩行者及び車両の挙動分析と対策の方向性	四国地方整備局 道路部 道路計画課 三島 晃平
		13		14:00～14:15	【SBIR建設技術研究開発助成制度成果報告】ICTによる潜水士の労働負荷の実態把握と労務最適化による生産性向上に関する実証研究	星薬科大学 児玉耕太 藤山遼行
	A4	14	審査 課題	14:30～14:45	小開口付き面材耐力壁のせん断性能に関する研究	国土技術政策総合研究所 建築研究部 材料・部材基準研究室 酒井 優太
		15		14:45～15:00	吉野川水系における流域治水の自分事化に向けた取り組み～洪水と水害の「勘どころ」作成～	四国地方整備局 徳島河川国道事務所 流域治水課 高野 稜馬
		16		15:00～15:15	恵那市街地の水害軽減に向けた取り組み ～阿木川ダム下流残流域の流出特性～	独立行政法人水資源機構 木曽川上流ダム総合管理所 管理課 向井 健朗
		17		15:15～15:30	旭川水系における既存ストックの有効活用検証	中国地方整備局 岡山河川事務所 開発調査課 福井 文菜
		18		15:30～15:45	【SBIR建設技術研究開発助成制度成果報告】液化炭酸ガスと3次元曲リポーリングを組み合わせた地盤凍結システムの高度化に関する研究	ケミカルグラウト株式会社 相馬 啓

A会場						
部門	セッション	発表 順序	課題 区分	発表時間	課題名	発表者所属 発表者名
一般部門 (安全・安心Ⅱ)	A5	1	審査 課題	16:00～16:15	弘川流域(水防災)緊急対応タイムラインの取組～水害の教訓から流域が一体となった防災対応を目指して～	四国地方整備局 大洲河川国道事務所 工務第一課 北島 瑛介
		2		16:15～16:30	寺内ダム再生事業 非常用洪水吐きゲート設備の改造	独立行政法人水資源機構 筑後川上流総合管理所 設備課 徳田 克也
		3		16:30～16:45	模型やボードゲーム活用 の体験型学習による地域防災力向上の取組について	長野県 安曇野建設事務所 整備課 手塚 凱斗
		4		16:45～17:00	大谷トンネルの被災状況と応急復旧について	北陸地方整備局 能登復興事務所 工務第三課 高井 静也
	A6	5	審査 課題	17:15～17:30	4脚4輪走行式油圧ショベルによる能登半島地震被災現場対応について	国土技術政策総合研究所 社会資本マネジメント研究センター 社会資本施工高度化研究室 矢野 祥吾
		6		17:30～17:45	室内試験と実橋応力計測に基づく床版の土砂化進展予測に関するケーススタディ	寒地土木研究所 寒地基礎技術研究グループ 寒地構造チーム 角間 恒
		7		17:45～18:00	3D都市モデル(PLATEAU)を活用した“動く”水害リスク情報による水災害の自分事化	北陸地方整備局 信濃川河川事務所 流域治水課 下村 魁晟
		8		18:00～18:15	ETC2.0を用いた渋滞情報提供の精度向上に関する取組	本州四国連絡高速道路株式会社 本州保全部 電気通信課 入江 桃子

SBIR建設技術開発助成制度とは

国や地域の諸課題(地球温暖化、社会インフラの老朽化、少子高齢化等)の解決に資するための技術開発テーマを国土交通省が示し、そのテーマに対し民間企業や大学等の先駆的な技術開発提案を公募し、優れた技術開発を選抜し助成する競争的資金制度です。
令和6年度に実施された研究開発等の成果について報告します。

B会場						
部門	セッション	発表 順序	課題 区分	発表時間	課題名	発表者所属 発表者名
イノベ ーション部門 Ⅰ	B1	1	審査 課題	9:45～10:00	除雪支援システムについて	岩手県盛岡広域振興局土木部 岩手土木センター 道路河川整備課 菊地 和久
		2		10:00～10:15	工事監督業務における生成AIの活用検討について	滋賀県 南部土木事務所 道路計画第二課 太田 宏生
		3		10:15～10:30	屋内無線LANの整備とデータ通信の高速化の検討	関東地方整備局 関東技術事務所 品質調査課 渡部 大輔
		4		10:30～10:45	SLAM技術を活用した効率的な河川管理について	中国地方整備局 岡山河川事務所 管理課 長屋 明里
	B2	5	審査 課題	11:00～11:15	CSGダムにおける規格外フライアッシュの活用について	東北地方整備局 成瀬ダム工事事務所 工事課 小田島 嵩
		6		11:15～11:30	ダム建設現場におけるi-Construction 2.0～足羽川ダムの挑戦～	近畿地方整備局 足羽川ダム工事事務所 糸 純司
		7		11:30～11:45	品川における重層的な制約条件下での国道上空の交通広場デッキの設計について	関東地方整備局 東京国道事務所 交通ターミナル整備課 岩柳 智之
		8		11:45～12:00	松沢川第2砂防堰堤におけるICT施工の取り組み	中部地方整備局 富士砂防事務所 調査課 船橋 良太
	B3	9	審査 課題	13:00～13:15	樋門改築工事におけるBIM/CIM技術の有効活用事例と課題について	北海道開発局 札幌開発建設部 千歳川河川事務所 第2工務課 大塚 康平
		10		13:15～13:30	大崎出張所管内におけるUAVを用いた河川巡視の試行について	東北地方整備局 北上川下流河川事務所 大崎出張所 太田 なお子
		11		13:30～13:45	徳島河川国道事務所における皆で早くお家に帰ろうプロジェクトの取り組み	四国地方整備局 香川河川国道事務所 工務第二課 岡井 大三郎
		12		13:45～14:00	トンネル内面調査の省人化・効率化に向けた実証試験	独立行政法人水資源機構 総合技術センター水路グループ 小林 志歩
		13		14:00～14:15	【SBIR建設技術研究開発助成制度成果報告】 長期保証を見据えた地方建設会社による効率的な路面情報管理技術の構築 —動圈を活用した路面評価手法『路面情報カルテ』の開発—	株式会社 建設IoT研究所 可児 憲生
	B4	14	審査 課題	14:30～14:45	XAI(Explainable AI)による道路附属物点検の高度化 —北大との連携協定に基づくインフラ管理のイノベーション「NORTH-AI/Eye」の推進—	北海道開発局 小樽開発建設部 小樽道路事務所 今西 将也
		15		14:45～15:00	のり面に繁茂した外来種「ヨシスキ」対策について	中部地方整備局 紀勢国道事務所 管理第二課 藤井 秀一郎
		16		15:00～15:15	水中ロボを活用した橋式岸壁における効率的な点検手法の検討	四国地方整備局 高松港湾空港技術調査事務所 調査課 中澤 祐飛
		17		15:15～15:30	長大トンネルへの坑内Wi-Fi導入による費用対効果の検証と総括	独立行政法人水資源機構 水路事業部設計課 渡辺 樹也
		18		15:30～15:45	【SBIR建設技術研究開発助成制度成果報告】 GEOTETS工法(土留材引抜同時充填工法)を活用した環境保全技術の開発	株式会社CivilAssist 西 靖彦

B会場						
部門	セッション	発表 順序	課題 区分	発表時間	課題名	発表者所属 発表者名
イノベ ーション部門 Ⅱ	B5	1	審査 課題	16:00～16:15	最先端技術を体験出来る「中国インフラDXセンター」の開設と運営	中国地方整備局 中国技術事務所 品質調査課 小柳 忠史
		2		16:15～16:30	ドローン点群データによる道路施設管理	中部地方整備局 静岡国道事務所 管理第二課 加藤 歆大
		3		16:30～16:45	梯川水系における内外水統合型水害リスクマップの検討について	北陸地方整備局 金沢河川国道事務所 流域治水課 徳坂 文音
		4		16:45～17:00	暴風雪・大雪時の災害デジタルアーカイブを用いた道路管理判断支援システムの試作	寒地土木研究所 寒地道路研究グループ 雪氷チーム 原田 裕介
	B6	5	審査 課題	17:15～17:30	徳山ダム・横山ダム連携による水位運用高度化の取組	独立行政法人水資源機構 揖斐川・長良川総合管理所 石黒 順司
		6		17:30～17:45	電子基準点リアルタイム解析システム(REGARD)の役割と発展	国土地理院 測地観測センター 電子基準点課 橋本 蘭未
		7		17:45～18:00	令和6年能登半島地震後の道路橋点検における点検支援技術の試行と検証	国立研究開発法人 土木研究所 構造物メンテナンス研究センター 小林 巧
		8		18:00～18:15	空港(土木施設)のBIM/CIMの取り組みについて	国土技術政策総合研究所 空港研究部 空港施エシステム室 久保田 卓

C会場						
部門	セッション	発表 順序	課題 区分	発表時間	課題名	発表者所属 発表者名
一般部門 (活力)	C1	1		9:45～10:00	道路空間を活用したEV路上カーシェアリング社会実験における効果検証 (中間報告)	近畿地方整備局 浪速国道事務所 計画課 中世古 蓮汰
		2	審査 課題	10:15～10:30	効果的な合意形成を目指して ～BIM活用の検証と営繕事業の円滑化～	関東地方整備局 営繕部 整備課 小野塚 裕
		3		10:30～10:45	全国都市交通特性調査データを活用したアクティビティ・ベースド・シミュ レータ(ABS)の開発と活用	国土技術政策総合研究所 都市研究部 都市施設研究室 小笠原 裕光
		4	報告 課題	10:45～11:00	【SBIR建設技術研究開発助成制度成果報告】 カーボンニュートラルに資する火山ガラス微粉末コンクリートの実用化研 究	金沢工業大学 工学部 環境土木工学科 花岡 大伸
	C2	5		11:00～11:15	歴まち都市への誘客に向けた観光連携事業～歴史と観光をつなぐ2つの 要素～	中部地方整備局 建政部 計画管理課 深谷 有沙
		6	審査 課題	11:15～11:30	縦型密閉発酵槽を用いた下水汚泥の肥料化、エネルギー化技術実証と導 入効果検討	国土技術政策総合研究所 上下水道研究部 下水処理研究室 青葉 隆仁
		7		11:30～11:45	企業のリクルート活動に着目した産官学協同の渋滞緩和プロジェクト松江 Good Morning Project!について	中国地方整備局 松江国道事務所 計画課 桃住 蓮太
		8	報告 課題	11:45～12:00	【SBIR建設技術研究開発助成制度成果報告】 非構造部材を含めたBIMからFEMへの汎用変換システムの開発と検証	東京大学 浅井 竜也
	C3	9		13:00～13:15	次世代自動車の普及を見据えた走行時の二酸化炭素排出係数の試算	国土技術政策総合研究所 道路交通研究部 道路環境研究室 根津 佳樹
		10		13:15～13:30	マンション等を対象とした外装仕上材の劣化度判定支援AIの開発	国立研究開発法人 建築研究所 材料研究グループ 中田 清史
		11	審査 課題	13:30～13:45	国道41号名濃バイパス6車線化による整備効果	中部地方整備局 愛知国道事務所 計画課 澤 圭斗
		12		13:45～14:00	九州初の「道路シールドトンネルの中間報告(市街地部を通過)」 ～鹿児島3号東西道路シールドトンネル(下り線)新設工事～	九州地方整備局 鹿児島国道事務所 工務課 樋口 昌宏
		13	報告 課題	14:00～14:15	【SBIR建設技術研究開発助成制度成果報告】 木材入りCFT部材の開発とその実用化	長崎大学 中原浩之

C会場						
部門	セッション	発表 順序	課題 区分	発表時間	課題名	発表者所属 発表者名
アカウント ビリティ部 門	C4	1		14:30～14:45	アイヌ文化振興に資する河川整備の取組～北海道特有の観光地域づくり を目指して～	北海道開発局 札幌開発建設部 夕張川ダム総合管理事務所 管理課 橋本 武幸
		2	審査 課題	14:45～15:00	地域や観光に配慮した公共工事 ～建設業における「おもてなし」の心～	山形県村山総合支庁 建設部 西村山道路計画課 小山 祐伍
		3		15:00～15:15	都市河川における不法投棄Oをめざした多面的なソフト対策について ～事務所と出張所 1年間の奮闘～	近畿地方整備局 淀川河川事務所 福島出張所 伊豆野 史皇子
		4		15:15～15:30	災害に立ち向かう「空の眼」九州地整UAV登録講習機関設立と挑戦	九州地方整備局 九州技術事務所 総務課 山本 伸也
		5	報告 課題	15:30～15:45	【SBIR建設技術研究開発助成制度成果報告】 職人と小型ロボットが協働する新しい湿式施工法の開発	京都工芸繊維大学デザイン・建築学系 村本真
	C5	6		16:00～16:15	留萌地域における「ほっかいどう学」の実践と今後の展望―留萌地域のみ ち学習―	北海道開発局 留萌開発建設部 道路計画課 堀田 孝也
		7	審査 課題	16:15～16:30	首里城正殿の「見せる復興」 ～今しか見られない復元現場のPR～	沖縄総合事務局 国営沖縄記念公園事務所 首里出張所 内間 安朗
		8		16:30～16:45	「おかくぼっけえ教え隊！」の活動報告	中国地方整備局 岡山国道事務所 交通対策課 西海 こころ
		9	報告 課題	16:45～17:00	【SBIR建設技術研究開発助成制度成果報告】 「改良前後の地盤の耐震性能評価ができる原位直繰返しプレッシャー メータ試験の実用化」	川崎地質(株) 風間 基樹
	C6	10		17:15～17:30	白川ダムのオープン化と地域の活性化	東北地方整備局 最上川ダム統合管理事務所 白川ダム管理支所 相馬 宏丞
		11	審査 課題	17:30～17:45	建設産業の魅力向上に向けたインフルエンサーとの協働 ～オフィシャル広報パートナー制度～	四国地方整備局 企画部 企画課 高橋 加奈子
		12		17:45～18:00	「苦情」から「協力」へ！～VSPを活用した地域連携～	関東地方整備局 宇都宮国道事務所 管理第一課 三野 将明
		13		18:00～18:15	3次元モデルを用いた用地境界立会いについて	長野県 建設部 河川課 諏訪 有祐

A会場							
部門	セッション	発表 順序	課題 区分	発表時間	課題名	発表者所属	発表者名
一般部門 (安全・安心Ⅱ)	A7	9		9:45～10:00	大規模災害を想定した関係機関との合同訓練	九州地方整備局 宮崎河川国道事務所 防災課	西 晃希
		10	審査 課題	10:00～10:15	山岳トンネルの変状の診断精度向上に向けた施工時情報の活用と引継ぎ	国立研究開発法人土木研究所 道路技術研究グループ(トンネル)	菊地 浩貴
		11		10:15～10:30	長時間(168時間)運転可能な簡易型非常用発電装置について	沖縄総合事務局 南部国道事務所 防災情報課	内間 航一郎
	12	報告 課題	10:30～10:45	【SBIR建設技術研究開発助成制度成果報告】 自治体間で円滑に横展開可能な共同利用型の地域デジタルツインの開発	一般社団法人 社会基盤情報流通推進協議会	関本 義秀	
	A8	13		11:00～11:15	名古屋国道管内初！スムーズ横断歩道の整備とその効果	中部地方整備局 名古屋国道事務所 交通対策課	堤 悠大
		14	審査 課題	11:15～11:30	サザンゲートブリッジRC床板における詳細調査および補修方法の検討について	沖縄総合事務局 石垣港湾事務所 工務課	後上里 友晴
		15		11:30～11:45	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～	九州地方整備局 熊本河川国道事務所 流域治水課	齊木 愛菜
		16	報告 課題	11:45～12:00	【SBIR建設技術研究開発助成制度成果報告】 建物のライフサイクルマネジメントを目的とした3次元点群データを用いたBIMデータ自動構築システムの開発	株式会社エリジオン	渡辺友彦

A会場							
部門	セッション	発表 順序	課題 区分	発表時間	課題名	発表者所属	発表者名
各局等 提案課題	A9	1		13:00～13:30	日本の現場力、世界へ。～ウクライナ復興に挑む遠隔施工～	国土交通省 大臣官房 参事官(イノベーション)グループ 国土交通省 総合政策局 海外プロジェクト推進課	中根 亨 松尾 健二
		2		13:30～14:00	PODIに基づく縮約モデルの適用とそのAIC の提案 ―重力式岸壁の2D地震応答解析への適用性評価―	港湾空港技術研究所 地震防災研究領域 地震動研究グループ	福永 勇介

B会場							
部門	セッション	発表 順序	課題 区分	発表時間	課題名	発表者所属	発表者名
イノベーション 部門Ⅱ	B7	9		9:45～10:00	ごみ処理施設(宮ノ陣・上津CC)で発電した電力の地産地消について	久留米市 環境部 施設課	鹿田 大貴
		10		10:00～10:15	地図作成における高分解能光学衛星画像の利用可能性	国土地理院 基本図情報部 地図情報技術開発室	神山 優恵
		11	審査 課題	10:15～10:30	UAV自律飛行を活用した手取川流域における砂防施設等の点検手法の構築	北陸地方整備局 金沢河川国道事務所 流域対策課	中野 光
		12		10:30～10:45	主ケーブル外装モニタリングシステムの開発	本四高速道路ブリッジエンジニア株式会社 技術事業本部 技術開発部 技術3課	大淵 慶大
	B8	13		11:00～11:15	AI技術を用いたCo吹付法面及び橋梁の健全度診断に関する技術手法について	北陸地方整備局 能登復興事務所 計画課	長谷部 佑太
		14		11:15～11:30	「だいち4号」を活用した地殻・地盤変動監視と地盤沈下調査への活用に向けた取組	国土地理院 測地部 宇宙測地課	室山 怜太郎
		15	審査 課題	11:30～11:45	沖縄管内における物流推進の検討	沖縄総合事務局 開発建設部 港湾計画課	山田 廉太郎
		16		11:45～12:00	床版コンクリート耐久性確保の取り組み～施工現場と取り組み内容の紹介～	東北地方整備局 岩手河川国道事務所 工務第二課	瀬倉 英

B会場							
部門	セッション	発表 順序	課題 区分	発表時間	課題名	発表者所属	発表者名
各局等 提案課題	B9	3		13:00～13:30	下水道等に起因する大規模な道路陥没事故を踏まえた管路マネジメントの動向や方向性等について	国土交通省（上下水道審議官グループ）大臣官房参事官（上下水道技術）付	辻 亮水
		4		13:30～14:00	群マネ、知ってる？新たなヒーローは動いている	国土交通省 総合政策局 公共事業企画調整課	伊藤 瑞基

D会場	
15:00～16:00	【特別講演】 早稲田大学教授 土木学会第112代会長 佐々木 葉 様 「インフラの広がりと風景」
16:05～16:35	【表彰式】
16:35～16:50	受賞者記念撮影

肱川流域（水防災） 緊急対応タイムラインの取組 ～水害の教訓から流域が一体となった防災対応を目指して～

北島 瑛介¹

¹四国地方整備局 大洲河川国道事務所 工務第一課 （〒795-8512 愛媛県大洲市中村210）

肱川流域では、平成 30 年 7 月豪雨における甚大な被害を受け、つなごう肱川プロジェクトのソフト対策として、気象官署、河川管理者、ダム管理者、自治体、関連団体（以下、関係機関）及び学識者が一体となって「肱川流域（水防災）緊急対応タイムライン（以下、肱川流域 TL）」を令和元年より検討に着手し試行運用してきた。本報告では、水害を教訓として、流域が一体となった防災対応を目指したタイムライン（以下、TL）の取組状況について報告する。

キーワード 流域タイムライン，つなごう肱川，危機感共有会議，情報共有サイト

1. はじめに

TL とは、災害時に「いつ」「誰が」「何を」するのか時系列にとりまとめた事前防災行動計画である。TL の効果として、災害時の役割の明確化、防災行動のチェックリストとしての活用、先を見越した早めの判断・行動による被害軽減や危険の回避、策定プロセスを通じての関係機関の「顔の見える関係」の構築、災害対応の検証や改善を容易に行えること等が挙げられる。

肱川流域 TL は、関係機関を主体として、流域自治体の意思決定支援や広域支援に関する行動がまとめられた「流域 TL」と、流域自治体を主体として、自治体の意思決定や住民の避難行動支援に関する行動がまとめられた「自治体 TL」で構成されている（図-1）。各 TL は災害への対応状況の度合いに応じて 5 段階の「TL ステージ」に分かれており、肱川流域の関係機関がそれぞれの防災対応の緊急度を共有することにより、流域が一体となった防災対応を行うこととしている（表-1）。

2. 肱川流域TLの概要

(1) 取り組みの経緯

肱川流域では甚大な被害をもたらした平成30年7月豪雨をうけて、ハード対策とソフト対策が一体となった「つなごう肱川プロジェクト」を推進し、再度災害防止に取り組んでいる。ハード対策としてはこれまでに激特事業による築堤や暫定堤防のかさ上げなどを行っ

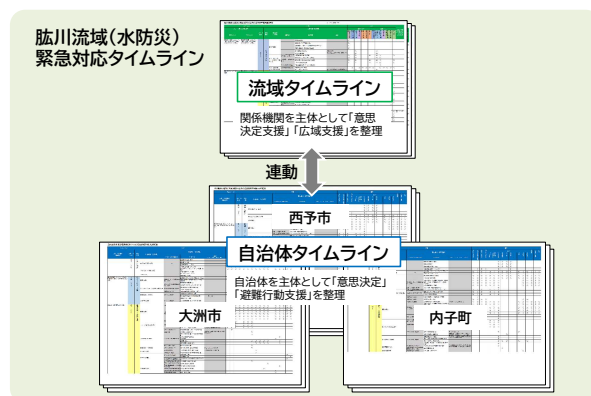


図-1 肱川流域TLの構成

表-1 肱川流域TLにおけるTLステージ区分

TLステージ	行動目標	内容
ステージ1	始動・見立て・準備	今後、状況が悪化する可能性がある状況に対し、通常モードから災害モードに切り替え、災害対応に必要な事前の調整や確認を行うステージ
ステージ2	早期警戒・人員調整	今後、状況が悪化することが予測される状況に対し、迅速に災害対応ができるよう体制強化・状況確認を行うステージ
ステージ3	高齢者等避難	災害発生の可能性が高くなる状況に対し、時間を要する行動について早期対応を行うステージ
ステージ4	避難	災害発生が見込まれる状況に対し、最大限被害の軽減を図る対応を行うステージ
ステージ5	緊急・災害発生	切迫した状況に対し、命を守るための緊急的な対応を行うステージ

てきたが、事業中は整備途上にあり、大雨に対してより一層的確な防災対応を行う必要があった。また、肱川の特性として、本川上流に2つのダムが存在し河川の水位がダム放流量に起因すること、流域の約3割を占める小田川等数多くの支川を有すること等から、関係機関が情報共有を密にとりながら防災行動に関する意思決定を行う必要があった（図-2）。こうした背景から、河川整備等の進捗に応じた治水安全度を念頭に置

き、流域自治体の意思決定支援や関係機関の連携体制の強化を図り、効率的かつ効果的な防災対応の実現に資することを目的として、令和元年8月に、肱川流域の防災に関係する20機関と4名の学識有識者（令和7年6月17日現在）から構成される「肱川流域（水防災）緊急対応タイムライン策定部会（以下、策定部会）」を設置し、肱川流域TLの検討に着手した（表-2）。

(2) 策定部会の取り組み

策定部会はこれまで13回開催されてきた。本部会では、平成30年7月豪雨のふりかえりを踏まえた今後の防災対応を検討し、肱川流域TL【暫定試行版】を作成した。その後、「TL運用→ふりかえり→TL改善→訓練」のサイクルを継続して行い、TLの改善を図るとともに、関係機関の連携強化を目指した「危機感共有会議」や「情報共有サイト」の検討・構築を行った。また、自治体対応の具体的な検討を行う自治体ワーキングを5回、担当職員の防災知識を高める勉強会を3回を開催するなど、より効率的かつ効果的な防災対応の実現に向けてTLを活用した防災文化の醸成を図ってきた。なお、本部会設置当初は平成30年7月豪雨で特に大きな被害を受けた大洲市・西予市が自治体の参加機関であったが、肱川支川の小田川の外水氾濫による深刻な被害が想定される内子町が令和3年3月に参画した（図-3）。

3. TLの策定に向けて「水害対応のふりかえり」

令和元年7月に後の部会長である東京大学大学院松尾客員教授（以下、松尾部会長）が中心となり、関係機関や自治体等（以下、各機関）へ、肱川流域TLの必要機能を考える聞き取り調査を実施した。その結果、防災対応の課題として「治水対策の現状と災害リスクを共有・把握する」「流域を見据えた自治体への意思決定支援を行う」「機関間の連携内容を再確認する」等の必要性が明らかとなった（表-3）。各課題への対応を以下に記す。

(1) 治水対策の現状と災害リスクの整理

肱川流域における災害リスクに対して的確な防災対応を行うため、第1回策定部会にて、平成30年7月豪雨における各地域の出水状況や河川の管理区間、堤防の整備状況、ダム操作の内容等を図にとりまとめ、構成機関で確認を行い、堤防整備予定箇所や地域・自治体によって避難対応を行う基準やタイミングに違いがあること等の認識を共有した（図-4）。

(2) 意思決定支援情報の精査

第2回策定部会では、意思決定に資する情報（以下、意思決定支援情報）を整理し、構成機関が関係機関の情報をどれほど判断に活用しているか確認した。各機



図-2 肱川の特徴と平成30年7月豪雨の被害状況

表-2 策定部会機関（令和7年6月現在）

部会長：松尾 一郎（東京大学大学院情報学環総合防災情報研究センター 客員教授）	
副部会長：森脇 亮（愛媛大学大学院理工学研究科 教授）	
アドバイザー：村中 明（NPO法人環境防災総合政策研究機構 理事、元気象庁予報課長）	
アドバイザー：羽鳥 剛史（愛媛大学社会共創学部環境デザイン学科 教授）	
大洲市	愛媛県 南予地方局 大洲土木事務所
大洲地区広域消防事務組合 消防本部	愛媛県 南予地方局 西予土木事務所
大洲市消防団	愛媛県警察 大洲警察署
西予市	愛媛県警察 西予警察署
西予市消防本部	気象庁 松山地方気象台
西予市消防団	四国地方整備局 大洲河川国道事務所
内子町	四国地方整備局 肱川緊急治水対策河川事務所
内子町消防団	四国地方整備局 山鳥坂ダム工事事務所
愛媛県 南予地方局 八幡浜支局	四国地方整備局 肱川ダム統合管理事務所
オブザーバー：愛媛県県民環境部防災局防災危機管理課、四国旅客鉄道株式会社工務部工事課	

R1.7	聞き取り調査	・平成30年7月豪雨のふりかえり	水害対応の ふりかえり TL運用体制の 構築
R1.8.1	第1回 TL策定部会	・被害状況や整備状況の整理・共有	
R1.8.29	第2回 TL策定部会	・意思決定支援情報の整理・検討	
	肱川流域(水防災)緊急対応TL【暫定試行版】の完成		
	令和元年 暫定試行運用		
	：		
R2.1.31	第2回 自治体WG ^{ワーキング}	・防災対応の確認と判断基準の検討	
R2.1.31	第3回 TL策定部会	・暫定試行運用のふりかえり	
R2.7.2	第4回 TL策定部会	・危機感共有会議／情報共有サイトの検討	
R3.3	—— 内子町の参画		
R3.3.2	第1回 勉強会	・防災気象情報の内容や活用方法	
	：		
R6.5.30	第11回 TL策定部会	・意思決定(RPG)訓練の実施	
	：		
R7.6.17	第13回 TL策定部会	・読み合わせ訓練の実施	

図-3 策定部会の取り組み経緯

表-3 聞き取り調査結果による現状と課題（抜粋）

課題（TLで改善すべきこと）	現状（意見）
治水対策の現状と災害リスクを共有・把握する。	県管理区間でどのくらいの水位でどこまで被害が出る情報がなかった。 ダムの放流量の数値では、どのくらいの被害が想定されるかイメージできない。 ダム下流の県管理区間の流出能力がわからない。
流域を見据えた自治体への意思決定支援を行う。	上・下流で水位やダム放流等の情報共有が十分でなかった。 県道・国道の通行止めに関する情報が十分に入っていない。
機関間の連携内容を再確認する。	自治体へのリエゾン派遣時期は、特に決まっていない。 消防や消防団だけでは通行止めの効果が弱い。警察に実施してほしい。 国・県から消防団への随時操作の連絡が十分に機能しなかった。

関が取り扱う各種情報を、判断に使う情報（○）、参考にする情報（△）、現在入手していないがほしい情

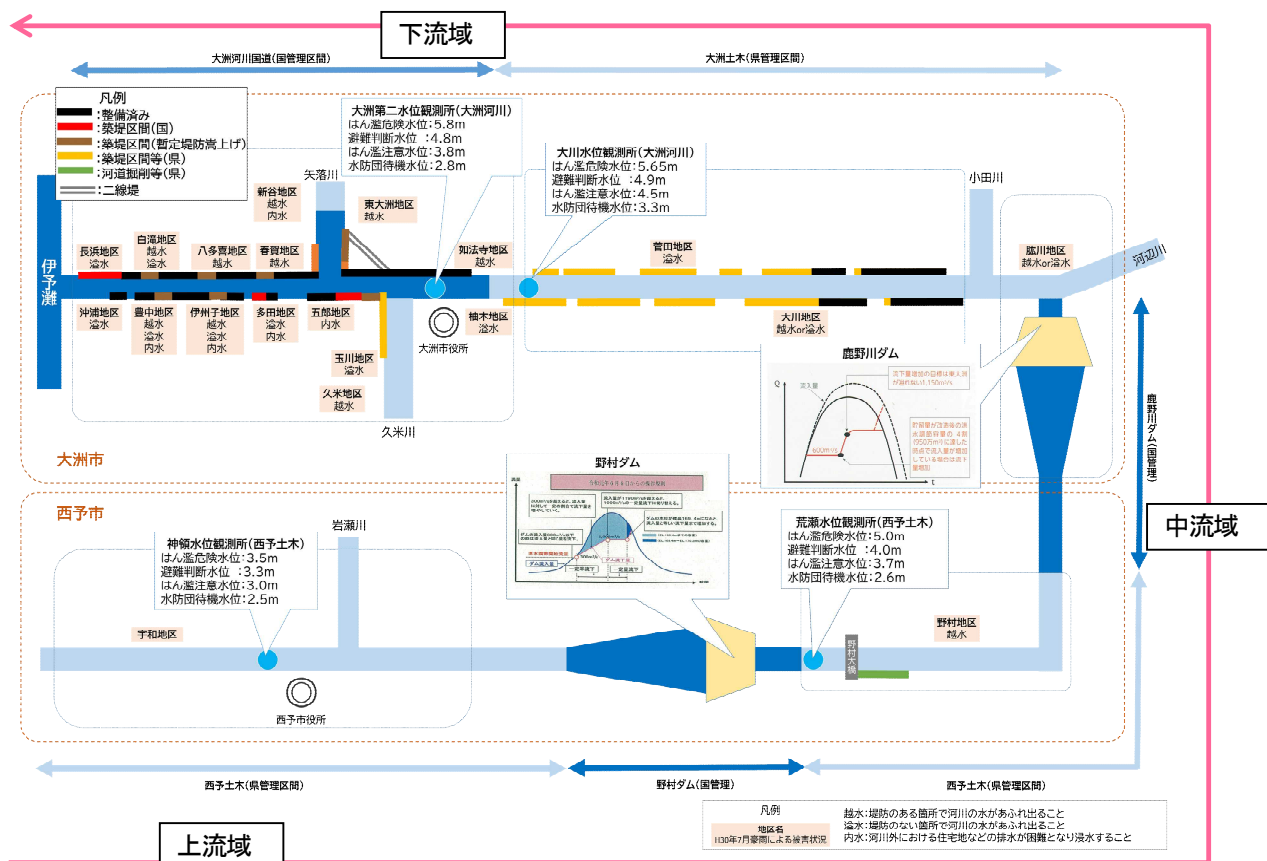


図4 肱川状況共有図（令和元年8月時点での状況を整理）

表4 意思決定支援情報の精査状況

情報		機関									
		大洲市	西予市	西予市	西予市	西予市	西予市	西予市	西予市	西予市	西予市
気象台	河川警戒情報	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△
	河川警戒情報（5日間連続予測）	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△
	河川警戒情報（72時間後までの分布予測）	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△
	河川警戒情報（72時間後までの分布予測）	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△
	河川警戒情報（72時間後までの分布予測）	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△
	河川警戒情報（72時間後までの分布予測）	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△
	河川警戒情報（72時間後までの分布予測）	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△
	河川警戒情報（72時間後までの分布予測）	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△
	河川警戒情報（72時間後までの分布予測）	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△
	河川警戒情報（72時間後までの分布予測）	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△
	河川警戒情報（72時間後までの分布予測）	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△
流域情報	河川警戒情報	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△
	河川警戒情報（5日間連続予測）	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△
	河川警戒情報（72時間後までの分布予測）	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△
	河川警戒情報（72時間後までの分布予測）	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△
	河川警戒情報（72時間後までの分布予測）	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△
	河川警戒情報（72時間後までの分布予測）	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△
	河川警戒情報（72時間後までの分布予測）	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△
	河川警戒情報（72時間後までの分布予測）	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△
	河川警戒情報（72時間後までの分布予測）	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△
	河川警戒情報（72時間後までの分布予測）	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△
	河川警戒情報（72時間後までの分布予測）	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△

報（□）に分け、重要度の高い情報と共有すべき情報を明らかにした（表4）。その結果を踏まえ、それら情報を肱川流域 TL の判断基準に組み込むとともに、TLの試行運用で積極的に共有・認識するように努めた。

(3) 機関連携の再確認

水害時に円滑で迅速に各機関が連携し、防災対応を行えるよう、各機関が連携すること・すべきことを検討した。検討にあたっては、まず各自治体における防災行動を抽出し、自治体 TL としてとりまとめた。その後、関係機関と連携すること・すべきことを選定し、関係機関から自治体への情報提供や支援行動を整理し、流域 TL としてとりまとめた（図5）。これにより、曖昧だった関係機関連携の内容や実施のタイミングが明確となり、ホットライン等のより具体的なルールを示した実施要領を作成する契機となった。



図5 流域TLの策定（連携機関の再確認）の流れ

4. TLの試行運用に向けて「運用体制等の構築」

肱川流域TLでは、流域が一体となった防災対応を目指し、円滑・迅速に危機感や情報共有できる体制やシステム等を強化・構築し、効率的かつ効果的な防災対応の実現を図った。

(1) 危機感共有会議の開催

松尾部会長から「流域が一体となった防災対応を行うためには、危険度が高まる前の早い段階から危機感を共有し、早めの準備を行うこと、危険度が高まった段階においては各機関の対応状況や現地状況を迅速に共有することが不可欠。」との助言を受け、肱川流域 TL では、あらかじめ設定した各 TL ステージの判断基準を満たした（満たす可能性がある）場合に、各機関が web 会議システム上で一堂に会し、気象状況や水位予測等について共有を行う「危機感共有会議」を令和2年7月より開催している。

危機感共有会議の開催により、顔が見える中で危機感や正確な情報を伝えやすくなり、迅速な対応が可能となり、人的ミスの予防も可能となる。また、有識者から防災気象情報等に基づいた防災対応の助言をいただいたり、防災対応において厳しい状況が予測される場合には意思決定者である首長等が参加することで、より迅速な判断・対応が可能となる（図-6）。

(2) 情報共有サイトの構築

出水時は、刻一刻と変化する状況で様々な情報を収集することが求められるが、限られた人員で点在する情報を収集することは非常に困難であった。そのため、肱川流域 TL では、流域に特化した意思決定支援情報をまとめた情報共有サイトを全国に先駆けて令和2年1月に構築し、出水時に活用している。本サイトでは、肱川流域の気象情報、雨量情報、河川情報、天気図等の情報を一画面にまとめており、容易に情報を収集することができる（図-7）。

また本サイトには、令和2年6月から「メッセージ機能」を付与し、流域 TL や自治体 TL のステージの状況や、危機感共有会議で使用した資料を共有したり、その都度、防災体制や対応状況、被害状況等を入力することで、情報共有を容易にし、状況に応じた迅速な判断や行動を可能としている（表-5）。年間200～300件ほど投稿されており、活発な情報発信が行われている。令和6年度には、新規投稿があった際にメールで通知する機能を追加し、新規投稿に気づきやすくなるよう改良を行った。その他、構成機関から要望に応える形で、表示形式や機能等の改善を重ねている。

(3) TL を活用した訓練の実施

構成機関担当者の TL 運用の習熟、および肱川流域でより一体となった防災対応の質向上を図ることを目的として、令和5年以降、毎年出水期前に TL を活用した訓練を実施している。訓練内容は、TL に記載する行動項目や役割分担を読み上げながら確認する「読み合せ訓練」や災害シナリオをもとに防災体制の移行や防災行動の実施等を判断する「意思決定（RPG）訓練」があり、それぞれを隔年で実施している。



図-6 有識者・首長参加による危機感共有会議の開催状況

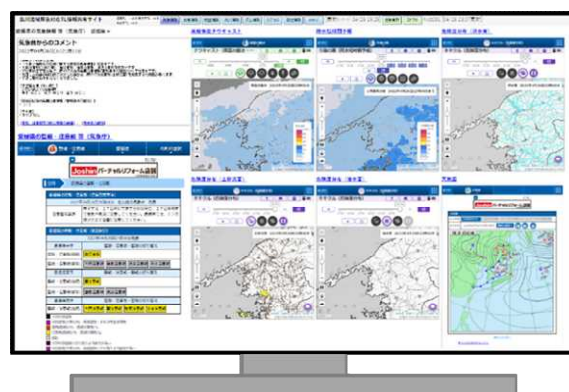


図-7 情報共有サイトの表示内容（一部）

表-5 情報共有サイトのメッセージの表示内容（抜粋）

西予市	通常	西予市危機管理課 23:40 野村ダム洪水調節開始に伴い、防災行政無線放送を実施
四国地整	通常	大洲河川国道事務所 6月30日 23時20分現在の肱川流域の予測情報について共有します。 添付ファイル：肱川流域（河川・ダム予測）0630_2320.pdf ダウンロード
四国地整	非常に重要	6月30日23:00からの危機感共有会議で意思決定されましたとおり 23時10分からタイムラインステージを現在のステージ1からステージ3に移行します。 今後の予測につきましては、予測が大きく変わった段階でメッセージに投稿します。 投稿した際にはメーリングリストでお知らせします。
四国地整	重要	肱川ダム統合管理事務所 鹿野川ダム 6月30日23時10分 流入量が洪水量600m ³ /sに達したため洪水貯留を開始しています。



図-8 意思決定（RPG）訓練全体イメージ

意思決定（RPG）訓練は、ブラインド方式で災害シナリオを進行し、参加者は状況に応じて自ら情報を収集し、判断を行う訓練である。訓練は実対応時と同様

訓練参加者へのアンケート調査では、各機関との連携を確認できた、実運用に近い経験を行うことによりTL運用への理解が深められた等の好意見があった一方で、訓練の時間配分や進行速度を見直してほしい、より実状に即した訓練シナリオにしてほしいといった改善を求める意見もあったことから、今後もより効果の高い訓練となるよう内容や進め方を精査していく予定である。

令和元年の策定部会設置から 7 年、策定部会の場を中心として TL の作成、および改善を進めてきたところである。TL を作成・試行運用する段階から、本格的な運用を行う段階になったことから、策定部会を「運用部会」へと名称を変更し、TL の名称も緊急対応を除き「肱川流域（水防災）タイムライン」として、今後もさらに使いやすく、効率的かつ効果的な防災対応の実現に資する TL を目指して、本取り組みを推進する。以下、肱川流域 TL の本運用に向けた今後の展望を示す。

これまで、TL の運用や訓練等を踏まえ、TL の改善を図ってきたが、多くの改善に伴い記載内容が増えすぎて分かりづらくなっているという課題が生じている。そのため、行動内容が同じものはまとめたり、自治体単独の動きは流域 TL から削除したりするなど、令和 6 年度には約 4 割の記述量のスリム化を実施した（図-9）。

(2) 地区へのコミュニティタイムラインの展開

順 位	特設基準	行動内容	備考 (手段、対象、その他補足)	松山 市 東 区 地 方 行 政 部 土 木 課	松山 市 東 区 地 方 行 政 部 土 木 課	西 予 市 土 木 課	香 川 市 土 木 課
13-16	ホットライン実施基準 (案)に基づく	松山地方気象からの ホットライン		○	○		
13-17	ホットライン実施基準 (案)に基づく	大洲河川国道事務所からの ホットライン	大洲河川国道事務所 →大洲市長、西予市長、内子町長				
13-18	ホットライン実施基準 (案)に基づく	大洲ダム統合管理事務所からの ホットライン	大洲ダム統合管理事務所 →西予市長、大洲市長				
13-19	ホットライン実施基準 (案)に基づく	愛媛県からの ホットライン	大洲土木事務所→大洲市長、内子町長			○	

編目 番号	判断基準	行動内容	備考 (手段、対象、その他補足)	気象 台 所	西 予 市 木 事 務 所	愛 媛 県 水 防 部 (河川課)	山 形 県 水 防 部 (河川課)	山 形 県 水 防 部 (河川課)	山 形 県 水 防 部 (河川課)
13-4	ホットライン実施基準 （ページ参照）	ホットラインの実施		○	○	○	○	○	○

図-9 TL簡略化の例（行動内容が同じものを統合）

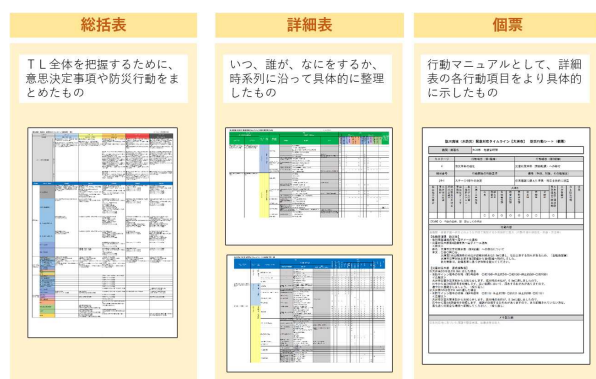


図-10 「3点セット」のイメージ

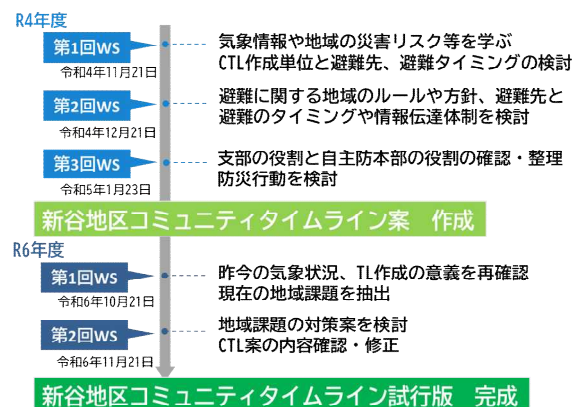


図-11 新谷地区におけるCTL作成の流れ



図-12 新谷地区でのワークショップの様子

5

ン作成の手引き」を作成しており、これも活用いただきながら、肱川流域 TL と連動する CTL を各地区に展開し、流域から地区・住民へ一気通貫した防災対応を目指していく必要がある。

(3) 全国と連携した TL の発展

令和 7 年 2 月に「持続可能なタイムライン防災で命を守る」をテーマとして「タイムライン防災カンファレンス 2025 in 愛媛」が肱川流域で開催された。全国各地の自治体の首長や実務担当者、防災関係者が集まり、各種 TL の国民や各機関への浸透・拡大に加え、その運用・改善の継続、見直し、次世代への継承等の課題を共有したうえで意見交換を行った（図-13）。肱川流域 TL 参画自治体の首長の方々からは、被災経験を経て TL を策定したことが CTL の作成や地域住民と連携した訓練の実施等につながり、住民にまで防災体制強化のすそ野が広がったとの発信があった。また、各地から防災に取り組む高校生の活動紹介もあり、地元高校生からは、災害経験を経て考えた防災まちづくりが提案された。カンファレンスの最後には、「タイムライン防災推進に必要な防災組織の人員拡充等」「要配慮者や避難行動要支援者の避難計画の実効性確保」「次世代への継承」の推進を掲げた「カンファレンス宣言」が採択された。今後もこうした場を通じて肱川流域 TL の知見や経験を全国へ発信していくとともに、全国の TL を運用している地域とも交流を図り、情報共有や意見交換を行い、肱川流域 TL に反映する



図-13 タイムライン防災カンファレンス2025 in 愛媛
開催の様子

ことで、より地域に根ざした持続的な肱川流域 TL への発展を目指す。

謝辞：本取組を実施するにあたって、流域自治体である大洲市、西予市、内子町のほか策定部会構成機関の方々に多大なご協力を頂き、また、東京大学大学院情報学環総合防災情報研究センター松尾一郎客員教授、愛媛大学大学院理工学研究科森脇亮教授、愛媛大学社会共創学部環境デザイン学科羽鳥剛史教授、NPO 法人環境防災総合政策研究機構村中明理事には、TL 策定段階から様々なご助言を頂きました。ご協力頂いた全ての皆様に深く御礼申し上げます。

寺内ダム再生事業 非常用洪水吐きゲート設備の改造

徳田 克也¹・柁島 篤訓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 設備課（〒838-0012 福岡県朝倉市江川1660-67）

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は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は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。

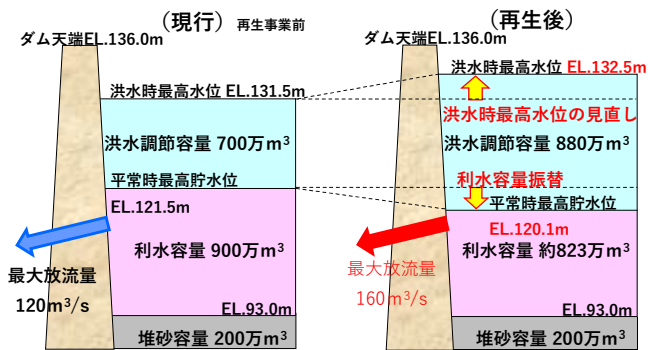


図-1 寺内ダム貯水容量比較図

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たが、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、クレストゲートが使用できなくなる作業は非洪水期として設定した10月1日から翌年6月10日までの期間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、既設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。

併せて、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。

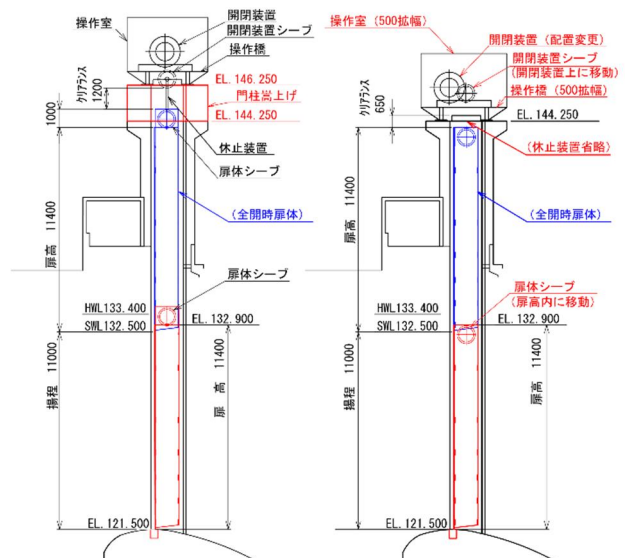


図-2 門柱嵩上げ省略概要図

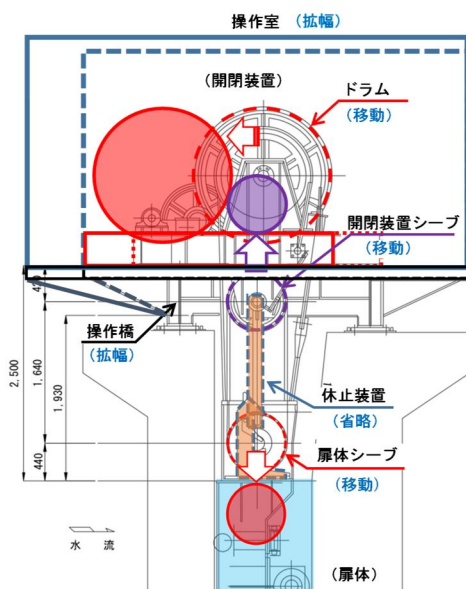


図-3 開閉装置配置変更概要図

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、操作橋や上屋を拡幅（0.5m）する必要がある。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、全閉時は主ローラの出代調整により密着性が確保できるが、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）

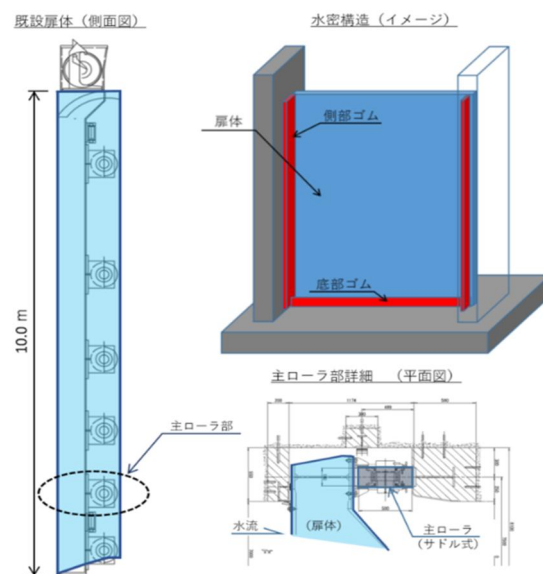


図-4 扉体構造（既設）

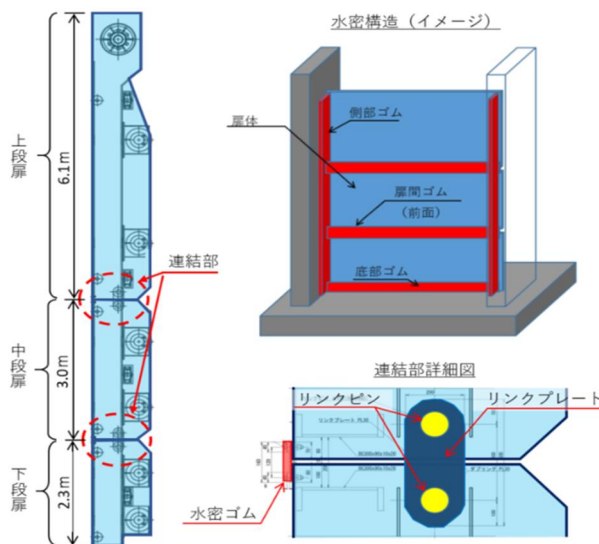


図-5 扉体構造（改造設計）

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。

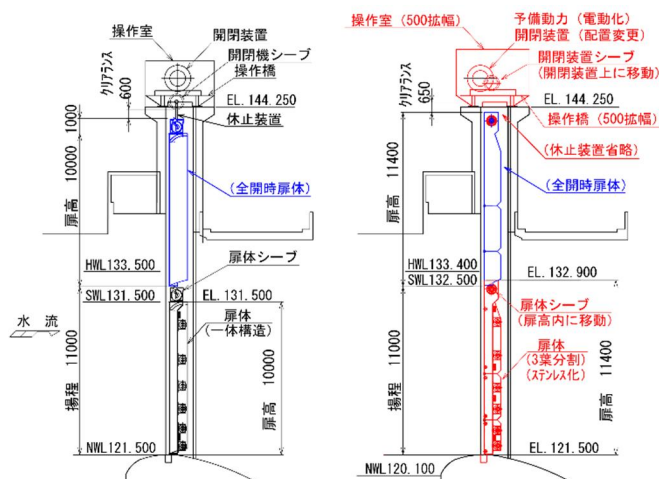


図-6 改造概要図

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。

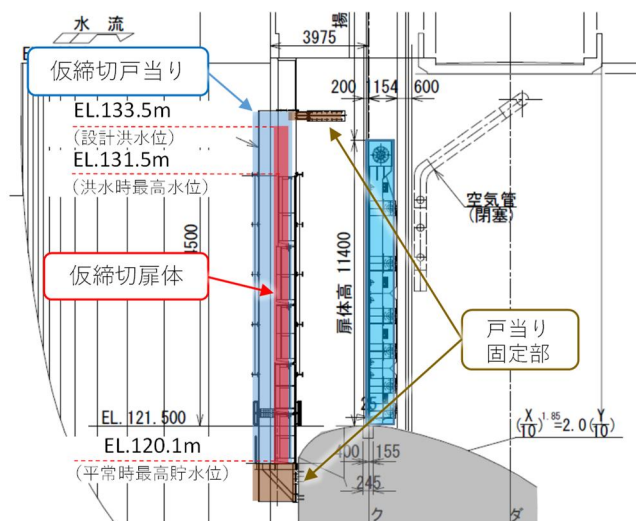


図-7 仮締切計画図

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の間は既設の扉体を操作させる開閉能力が必要となり、更新後の開閉装置能力が過大となる件があった。

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いかった。

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、既設クレストゲート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。

模型やボードゲーム活用の体験型学習による 地域防災力向上の取組について

手塚 凱斗¹

¹長野県 安曇野建設事務所 整備課 (〒399-8205 長野県安曇野市豊科4960-1)

長野県では、異常気象により激甚化する災害から命を守るため、地域の防災意識向上による「逃げ遅れゼロ」の取組を推進している。当事務所では、ハード対策に加えソフト対策を進め、地域住民への防災活動の浸透を深化させるには、「将来を担う若年層への防災教育の強化」、「避難所となる学校と地域住民の連携」という課題の解決が必要であると考えた。そこで今回は、「将来を担う若年層への防災教育の強化」の解決のため、小学生から高校生を対象として、模型実験、ボードゲーム等を活用して、視覚的・体験的な工夫をした地域防災力向上の取組事例を紹介する。

キーワード 防災，ソフト対策，防災教育，若年層の防災教育，体験型学習

1. はじめに

近年、異常気象により災害は激甚化・頻発化している。長野県では、令和元年東日本台風や令和2年7月豪雨、令和3年8月・9月大雨など、住民の財産や生命に甚大な被害をもたらした災害が発生している。¹⁾このような激甚災害は、適時適切に避難すれば人的被害を最小限に抑えることができることから、住民の生命や財産を守るためには、ハード対策に加え、ソフト対策として、災害を自分事としてとらえ、早めの避難を心がけるといった防災意識向上による「逃げ遅れゼロ」の取組を推進している。²⁾

ソフト対策を進めていく中で、地域住民への防災活動の浸透を深化させるためには、「将来を担う若年層への防災教育の強化」、「避難所となる学校と地域住民の連携」という課題があると考えた。これは小学校の校長と打合せた中で見えてきたものである。今回これらの課題のうち「将来を担う若年層への防災教育の強化」の解決に取り組んだ。若年層に対し防災教育を継続的に行うことで、将来的に地域の防災意識の醸成に大きく関わってくると考えたからである。

2. 防災対策における課題

(1) ソフト対策の問題点

激甚化する災害から、生命や財産を守るためには、堤防強化や砂防堰堤の整備など災害被害の発生を防止・軽減すること等を目的としたハード対策と、ハザードマッ

プの作成や防災教育³⁾など、災害を自分事としてとらえ、早めの避難を心がけるといった防災意識向上による「逃げ遅れゼロ」の推進²⁾を目的としたソフト対策を一体的に講じていく必要がある。当事務所でも、ハード対策とともに、ソフト対策として、市町村と連携し、地域住民が主導で行う地区防災マップ作成による警戒避難体制の構築や避難訓練の支援を行っている。(写真-1)しかし参加者は地区役員に限られることが多く、今後の地域防災を担う若年層の参加が少ない。また、地区役員も年々引継ぎがあるため、地区防災マップの存在を忘れられることや、避難訓練の実施効果が薄れていくことが危惧される。このことから地域住民への防災活動の浸透を深化させる必要があると考えた。



写真-1 安曇野市内 自主避難訓練の様子

(2) 防災教育における問題点

一方、土砂災害・水害のリスクに挟まれた地域に立地する安曇野市立豊科東小学校では、校長との打合せの中で、「防災教育の進め方に非常に苦慮」していることが分かった。

児童は社会や理科の授業で災害について学習している。学校としては授業だけではなく、地域で行われている避難訓練への参加や、家族との学習の時間の確保など、地域や家庭を巻き込んだ防災教育を実施し、児童の防災意識の向上を行っていく必要があると考えていた。しかし、その機会の確保に苦慮していた。

また、小学校は浸水想定区域に立地するため、教職員はタイムラインに沿って避難訓練や引渡し訓練を行っている。しかし安曇野市の指定緊急避難場所にもなっており、実際の災害時には生徒を含め多くの人が避難してくることが想定される。この際学校は、避難所運営に協力する立場となるため、校内だけの訓練では不足していると考えていた。

(3) 地域防災力向上にあたっての課題

上記で示した問題点から、地域住民への防災活動の浸透を深化させるには、課題①「将来を担う若年層への防災教育の強化」と課題②「避難所となる学校と地域住民の連携」の解決を進めることが必要と考えた。

3. 課題解決に向けた取組

(1) 取組の考え方

(3)で示した課題解決のため、今回は課題①「将来を担う若年層への防災教育の強化」に取り組んだ。これは、若年層が防災に対する意識を向上させることで、その家族を巻き込むことや、各々が将来の活動拠点で地域防災を支えるようになることを期待するもので、継続的な取組が間接的に課題②の解決、そして地域住民への防災活動の浸透を深化させることにつながると考えたからである。

学校等における防災教育は、小学校から高等学校に至る生徒の発達の段階を踏まえた防災教育の目標が定められているうえ、社会や理科等の教科にまたがる防災教育の内容を体系的に行うための指導上の留意点が提示されている。具体的な授業展開例は、小学校では「地域社会における災害の学習」、中学校では「自然の恵みと災害の学習」、高等学校では「地域と連携した避難訓練」であり、今回はこれらに該当するよう取り組んだ。

(2) 小学校での防災・まちづくり授業

a) 取組の機会創出

防災学習の実施にあたり、豊科東小学校と連携した。豊科東小学校は、安曇野市の東部に位置し、一級河川犀川とフォッサマグナ西縁部の長峰山や光城山をはじめと

する山地に挟まれた地域に立地している。通学区域の半数に土砂災害警戒区域があることから、児童をはじめとした防災意識向上は重要と考えた。

校長と調整し、災害の勉強を始める4年生(35名)の参観日の90分(45分×2時限分)を提供いただくことができた。これにより、家族も巻き込んだ防災学習の場を設けることが可能となった。

b) 実施内容と工夫

前半の授業では、水害1ブース、土石流2ブース、がけ崩れ2ブースを設けた。児童は5つの班に分かれ、3種類のブースを回り、土砂災害と水害について満遍なく学習する仕組みをとった。(写真-2及び写真-3)各ブースで10分の時間を設け、模型実験(土石流模型とがけ崩れ模型)と災害の動画で災害の特徴や防災インフラの役割を説明し、パネルで警戒レベルや身近で発生した災害事例を含めた避難の重要性について説明した。このような仕組みにすることで、保護者も児童とともにブースを回ることができるとともに、児童全員が模型に触れたり、動画、パネルを見ることができたりし、体験学習として児童がより興味を持てるよう工夫した。



写真-2 学習の様子（土石流ブース）



写真-3 学習の様子（水害ブース・2班同時）

後半の授業では、インフラ整備とまちづくり、災害時の避難意識を体感してもらうよう、職員自作によるボードゲームを実施した。（図-1）これは、グループで話し合いながら1ターン（1年）ごとに限られた枚数のコイン（予算）を使ってインフラ整備を進めていく（繰越もあり）もので、建設行政のおしごと体験にもなっている。前半の授業で学んだ警戒レベルや避難行動といったソフト対策に加え、自分たちがどのようなまちにしたいかを話し合いながらハード対策の進め方について考えてもらった。ゲームの中で災害発生などのハプニングカードを用意し、ハード対策の重要性や避難のタイミングを伝えることができた。



図-1 まちづくりボードゲーム

c) 授業後のアンケート結果からみる取組の効果

授業後のアンケート結果から、6割の児童が“防災について家族と話をした”という結果が得られたことから、保護者が子供と防災について再確認することができたということで、課題①の解決に合わせて、地域住民への防災活動の浸透を深化させることにも貢献したと考えられる。（表-1）

また、家庭で取り組みたいこととしては、“避難のこと”や“家の備蓄の確認”が半数以上の児童から実施したいと回答していることから、早めの避難を心がけるといった「逃げ遅れゼロ」を推進できたと考えられる。しかし、“防災インフラ調べ”については少数回答だったことから、建設の仕事への興味が低いことも示唆しており、今後も、重要性を広く伝えていく必要があると考える。（表-2）

児童からの感想としては、「長野県（身近なところ）でも災害が起きる」や「実際の映像や模型を見せてくれてよくわかった」、「ボードゲーム形式で学ばせていただいたのでゲーム感覚で楽しみながら防災のこと学べた」「雨の強さが4になったらもう逃げようと思った」といった意見もあり、模型やボードゲームを活用した体験学習で、児童の防災意識の向上につながったと考える。

お家に帰って、家族と
防災についての話をしましたか。

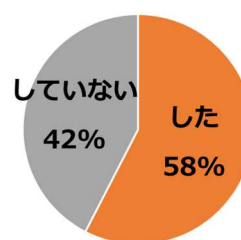


表-1 小学生アンケート結果

今回の学習をとおして

お家でどんなことにとりくんでみたいですか

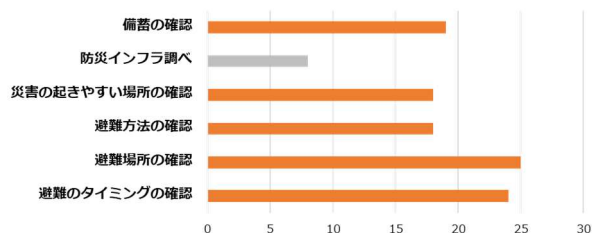


表-2 小学生アンケート結果

(3) 「中学生キャリアフェスティバル」への参加

今年度、安曇野市として初めての「中学生キャリアフェスティバル」が開催された。これは中学生が市内の企業や団体を知り、働く大人の姿や考え方に触れ、自らの生き方や働く意味を考える機会として開催された。

ここでは、土石流模型により災害の仕組みと防災インフラの意義を体験するとともに、防災に貢献する職業として建設行政や建設産業のしごと内容を紹介した。（写真-4）生徒からは、「土石流の対策など見えないところで活躍しているものがあることを初めて知った」や「橋や道を作るだけでなく、土石流を防止していてすごいと思った」といった、防災インフラの重要性や防災に貢献する建設行政や建設産業について学べたという声をいただいた。



写真-4 中学校キャリアフェスティバル様子

(4) 高等学校での防災と建設・まちづくり授業

豊科高等学校（普通高校）の地理の授業で防災と建設・まちづくり授業を実施し、防災教育と建設行政の紹介を行った。（写真-5）安曇野市の地理的特性から起こりうる災害を土石流模型・がけ崩れ模型を使用して説明し、それに伴う防災への備えについて伝えるとともに、生徒それぞれが住んでいる地域のハザードマップを確認し、自分の生活している地域の災害のリスクや避難について考える機会を与えることができた。授業後のアンケートでは、授業前は災害について「少し気にしていた」や「考えたことが無い」と回答した生徒が大半であったが、授業後は「家の備え」や「もっと調べたい」が大半を占めるようになった。（表-3）



写真-3 普通高校の授業風景（講義，模型実験）

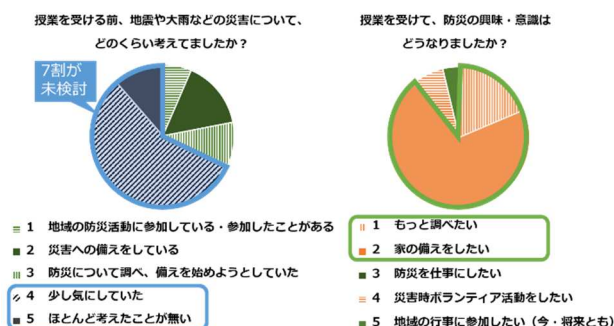


表-3 高校生 授業後アンケート結果

4. 今後の課題

このような将来を担う若年層への防災教育の強化は、交通安全教育と同様に継続していくことが必要であり、将来的に地域の防災意識の醸成に大きく関わってくると考える。今後、継続的な防災授業の開催や、他の小学校での授業、その他様々なイベントへ参加していくにあたっては、資料作成など入念な準備が必要で人手や時間がかかることから、何かしら工夫が必要であると考え。例えば、市や民間企業と連携したり、模型や映像、ボードゲームを希望する企業や団体等に貸し出したりするな

どが考えられる。

また、今回把握した問題点から、防災活動を地域住民へ深化させるためには、課題②「避難所となる学校と地域住民の連携」について対策を考え実行していく必要がある。この点についても、県だけではなく市や地元地域と連携を深め、関係者がともに課題解決に向かっていくことが必要だと考える。

5. おわりに

防災教育を行う上で、資料作成や説明内容を考えることで自分自身も防災・減災への知見や意識の向上に繋がることができた。

このような活動をとおして、若年層に対し防災力向上による「逃げ遅れゼロ」の推進を図るとともに、建設産業が防災に大いに貢献するやり甲斐のある職業であることも広報することができたと考え。

今後は、緩むことなく今回把握できた問題点に対する改善策や課題解決につながる取組を検討・推進していきたい。

参考文献

- 1) 長野県建設部：しあわせ信州創造プラン 3.0〔施策の総合的展開〕
- 2) 危機管理部危機管理防災課：信州防災「逃げ遅れゼロ」プロジェクト
- 3) 内閣府：令和6年度版防災白書
- 4) 文部科学省：学校防災のための参考資料「生きる力」を育む防災教育の展開

大谷トンネルの被災状況と応急復旧について

高井 静也¹・南谷 達也¹・前原 彩人¹・山田 浩輝¹・相川 雅央²

¹能登復興事務所 工務第三課 (〒926-0046 石川県七尾市神明町ロ12番地2NTT七尾ビル3階)

²能登復興事務所 (〒926-0046 石川県七尾市神明町ロ12番地2NTT七尾ビル3階)

2024年1月1日(月)16時10分に石川県能登地方を震源とするMj7.6、最大深度7の「令和6年能登半島地震」が発生した。Mj7.6の地震の前後数分の間にもMj5.7やMj5.9の規模の大きな地震が発生し、強い揺れが長く続いた。これらの地震により、能登半島北東部に位置する一般国道249号大谷トンネルは、南側坑口付近の地すべりブロックが滑動し、覆工崩落、舗装版変状、アンカー付き鋼管抑止杭の損傷等により通行不能となる甚大な被害を受けた。本稿は、大規模災害からの振興に関する法律に基づく国の直轄代行が適用され、県に代わって権限代行により国が復旧工事を行うこととなった大谷トンネルの被災状況と応急復旧について報告するものである。

キーワード 令和6年能登半島地震、権限代行、大谷トンネル

1. はじめに

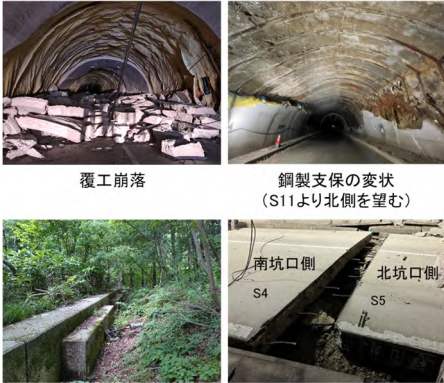


図-1 位置図

一般国道249号は、七尾市を起点とし能登半島の富山湾沿いを通過し、珠洲市、輪島市を経て、日本海に沿って金沢市に至る能登半島の主要な幹線道路であり、圏域住民の生活及び経済活動を支えるとともに、災害発生時の緊急輸送においても重要な路線である(図-1)。

「令和6年能登半島地震」により、大谷トンネルにおいては地山の大規模な変形によりアンカー付き鋼管抑止杭が損傷し、トンネル内部では、鋼製支保の変状、覆工の崩落・ひび割れ、舗装版の変状が発生した(写真-1)。道路交通機能が途絶するとともに道路啓開(緊急復旧)の活動も困難となった。しかし、被災のうちトンネル天端部からの覆工崩落は、落下時に車両が通過していた場合には大きな被害が想定されるところであるが、被害を被

った車両が無かったことは幸いであった。



覆工崩落

鋼製支保の変状
(S11より北側を望む)

アンカー破断

舗装路面の破断

写真-1 大谷トンネル被災状況

2. トンネル及び地質概要

(1) トンネルの概要

名称	大谷トンネル
位置	石川県珠洲市若山町通伝～大谷町則貞地内
延長	782m (75スパン) (大谷工区355m、若山工区427m)
完成時期	1997年12月 (照明・防災設備1998年10月)
供用開始	1998年12月3日
掘削工法	山岳工法 (NATM)
道路規格	第3種2級
設計速度	50km/h
路面種類	コンクリート舗装 (舗装厚25cm)
インバート厚	DⅠ=45cm、DⅡ～DⅢ=50cm
点検	Ⅱ判定 (令和4年度9月トンネル定期点検)

図-2 トンネル諸元

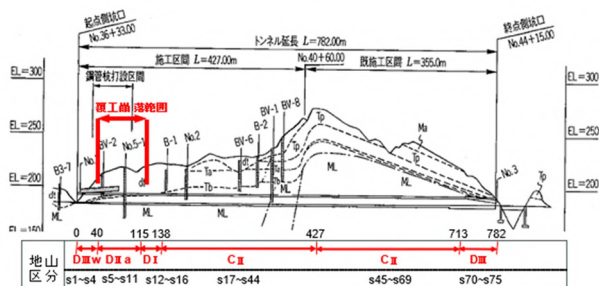


図-3 トンネル地質縦断面図と地山区分¹⁾

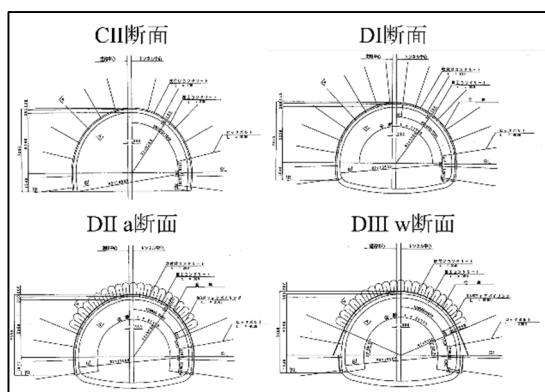


図-4 支保パターン（若山工区）

(2)地質概要

大谷トンネル周辺の地形は、稜線標高100～350mの山地となっており、山頂部は平坦面を形成していることが多く、全体的に一部の河川沿いを除くと山腹斜面は約10～30°の緩斜面を呈している。また、この付近には地すべり地形が数多く存在していることが知られている¹⁾。

地質は、基盤岩として新第三紀中新世の珠洲累層の泥岩・凝灰岩が分布し、これらの基盤岩類を被覆して未固結の崩積土が局部的に分布している¹⁾（図-3）。

大谷峠から南側坑口斜面は、尾根部に遷急線が認められ、その遷急線から旧道までは滑落崖、旧道より下方は大きく3つの地すべり地形（ブロックA～C）が認められる¹⁾（図-5）。図-6に地すべりブロックの断面模式図を示す。

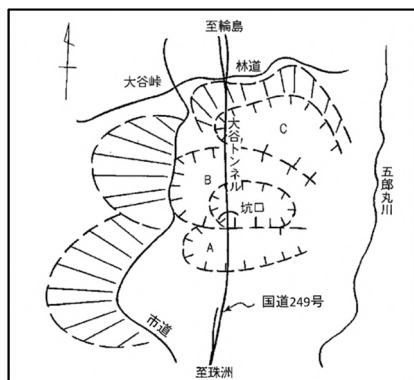


図-5 トンネル周辺の地すべり分布図¹⁾

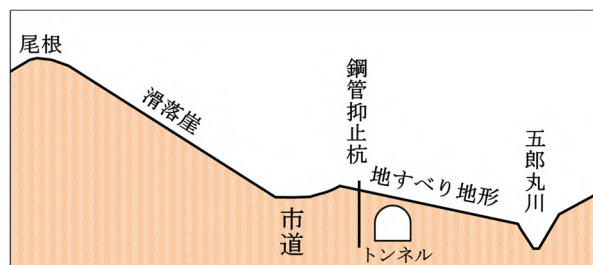


図-6 地すべりブロックの断面模式図

覆工が崩落した範囲は、Bブロックの中の鋼管抑止杭と概ね一致している。

もっとも南側のAブロックは、過去に発生した地すべりと地すべりの土塊の侵食・流出により残存した比較的小規模な地すべり地形であり、他のブロックに比べて不明瞭である¹⁾。

B、Cブロックは、過去に発生した地すべりによって形成された明瞭な地すべり地形を呈している。Bブロックの地質は、基盤岩として下位より赤神泥岩部層、栗蔵層、南志見層が分布している。各地質の特徴を図-7に示す。大谷トンネルは、地すべりブロック以外は、赤神泥岩部層を通過している。Bブロックには厚さ10～25cmの崩積土が堆積しており、南側坑口から140mまでは上半分に崩積土が堆積している¹⁾（図-3）。

地質時代	記号	地層名	特徴
第四紀	dt	崩積土	
新第三紀	Mu	Nagata Formation 南志見層 (上位泥岩層)	一般に割離性に富む灰褐色シルト岩層を挟むが、ほぼ塊状の暗褐色～灰褐色の泥岩層である。本層の基底には海緑石層が発達し、著しく連続性に富み、層状区分として珠洲地域の重要な地層である ²⁾ 。
中新世	Tp	Awagata Formation 栗蔵層 (浮石質凝灰岩)	岩倉山などに分布する最大層厚290m以上の黒雲母流紋岩溶岩及び火砕岩で、縁辺相として凝灰質砂岩を伴う。流紋岩火砕岩の粘着は溶岩の分布する岩倉山付近と考えられており、岩倉山の東方や南方で層厚が急激に薄くなる ³⁾ 。
中新世	ML	Akagami Shale Member 赤神泥岩部層 (下位泥岩層)	暗灰色から淡赤褐色の成層した硬質の泥岩で構成される。石灰質の泥岩と珪質の泥岩があり、石灰質部分は岩倉山と飯田町周辺に限られる ³⁾ 。

図-7 地質の特徴

3. トンネル建設時の記録

大谷トンネルは、北側の大谷工区からⅠ期工事が掘進し、Ⅰ期工事の完了地点から南側の若山工区をⅡ期工事が掘進し完成している。

設計時よりトンネルの南側坑口付近は地すべり帯であると認識されており、トンネル掘削に伴い地すべりが懸念されていた。南側坑口付近では、トンネルの山側で地すべり対策としてトンネル外側から2.5mの位置にアンカー付き鋼管抑止杭が施工されるとともに、トンネル掘削においては切羽・天端の安定を確保するために上半部の鋼製支保にウィングリブが付いたウィングリブ付き鋼製支保工を使用し、地山等級がDII、DIIIの箇所掘削補助工法として、亀裂の発達した岩盤やルーズな砂質地盤に適し、湧水が多い場合にも適用可能である注入式フォアポーリングを採用している（図-3）（図-4）。

施工途中から湧水量が増加傾向となり、注入後も天端からの肌落ち、吹付コンクリートの剥落などがあり十分な効果が得られない状況となったことから、注入式フォアポーリングの注入材をセメント系から止水の持続性、耐久性に優れたウレタン系に変更している¹⁾。

アンカー付き鋼管抑止杭については、設計計算上は根入れ長さは7.0mであり、S.L(上半アーチの始まる線)付近まで杭を根入れすれば安定する結果であったが、大谷トンネルは不良地山を通過するために側部の抜け落ちが懸念されたため、根入れをトンネル下部(2m)に変更している¹⁾。

若山工区で施工時に計測された地山の最終変位は、水平内空変位、天端沈下とも最大25mm程度で、肌落ち等はあったものの大きな問題なく施工を完了している。また、地中変位量の測定では鋼管抑止杭のトンネル近傍の根入れ部分においてもほとんど変形は測定されておらず、抑止杭頭部では最終で12mmの変位が生じたが、根入れ部は際立った変位がなかったことから、トンネル掘削により地すべり力が加わったものの、施工時の計測結果からは抑止杭としての機能を十分に発揮していたことが推測される¹⁾。

4. 被害状況及び損傷発生メカニズムの推定

地震による地殻変動により、半島全体が約1~2m隆起しており、山全体は約1~2m西側に移動し、大谷トンネルについては、地すべりの滑動により南側坑口のみ東側に移動したと想定される(図-8)。

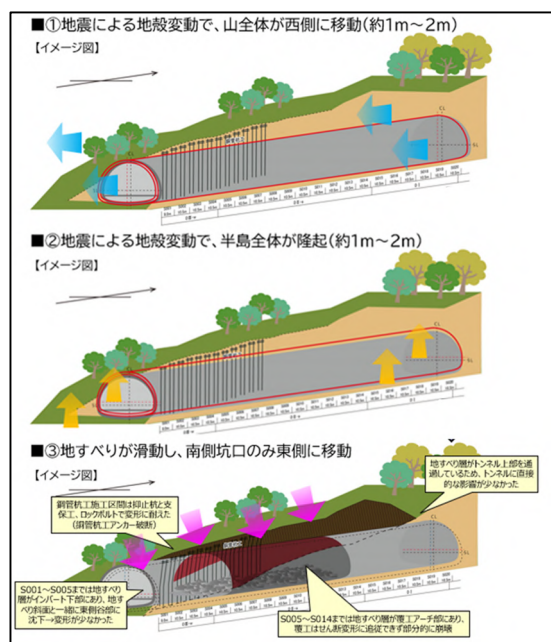


図-8 地殻変動及び地すべりによる移動のイメージ

高周波衝撃弾性波調査法により鋼管抑止杭24本で変状調査を行った結果、13本の杭で先端が確認できない状態であり、S005~S013に並行する鋼管抑止杭(No. 8~No. 24)においては、一部(5本)は杭先端を確認できる箇所も散在されるが、「中杭と下杭の継手部付近」で大きな損傷が認められ、杭の先端を確認できない状態であった(図-9)。以上の結果より、鋼管抑止杭は「地層境界(粘性土と礫質土)付近および標高190m~195m付近で損傷を受けて曲がっている」と推測される。また、S001~S004に並行する鋼管抑止杭(No. 1~No. 7)については、ほとんど変状が確認されなかった。

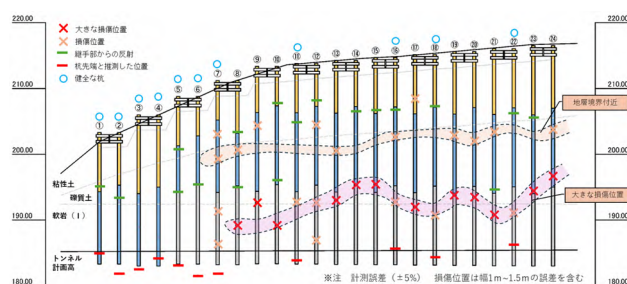


図-9 鋼管抑止杭の損傷状況結果図

南側坑口からS005~S014で覆工の崩落が発生した。1スパン分(S007)の覆工がかろうじて残存しているものの、その他は覆工が崩落し、防水シートが露出した状態となっていた(写真-1)。

地震の影響を受けて覆工コンクリートが崩落した区間は、建設当時より想定されている地すべり地帯との関連性があり、坑内に引き込まれた地山状態は脆弱な泥岩・凝灰岩質地山で構成されていた。特にS007の変状に着目すると、左肩部で幅の大きなひび割れ、右脚部で厚さ及びせん断破壊が認められ、覆工が山側である左上方から偏土圧を受けた場合に発生する典型的な変状のモードと考えられる(図-10)。

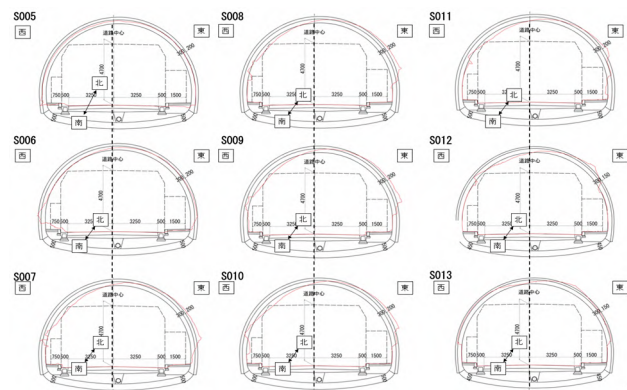


図-10 内空断面(赤線)と標準断面図の重ね合わせ図

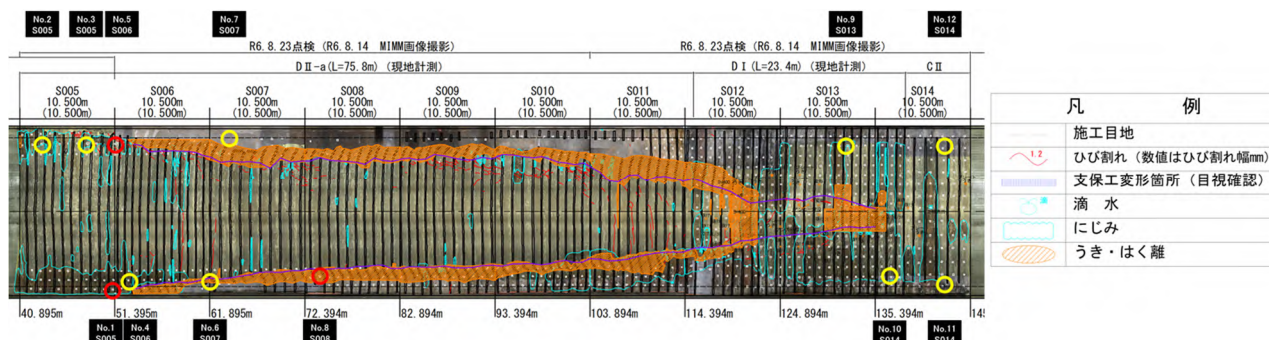


図-11 覆工・鋼製支保工の変状状況(S005～S014)とロックボルト引抜試験位置図

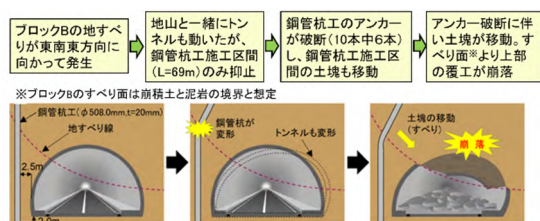


図-12 覆工崩落メカニズムの推定イメージ

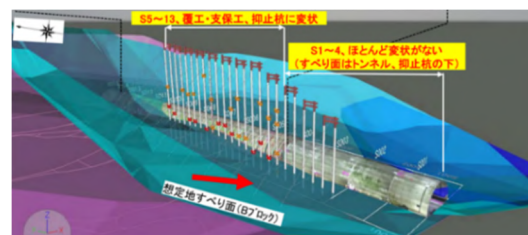


図-13 地すべり面と鋼管抑止杭との位置関係 (CIMモデル)

アーチ部は、S006～S013で地すべり面に対応した変状が確認出来る(図-11)。S012～S014においては、天端部分に変状が集中し一部が剥落しており、多数のひび割れが集中している(図-11)。右肩部(南側より北側を望む)において確認される変状形状より、地震による外力が支保工に働き、吹付コンクリートに開口ひび割れが発生し、覆工崩落まで至ったものと推測される。施工時、覆工崩落区間では地すべり対策が行われていたことから、地すべりの影響を受けて、覆工崩落が発生したと推定される(図-12)。CIMモデルで作成した想定地すべり面と鋼管抑止杭との位置関係を図-13に示す。

S015より北側においては、覆工の小片の剥落等は確認されたものの、大きなひび割れ等は確認されなかった。また、トンネル前後の「時忠橋」と「通伝橋」の2橋梁は、壁高欄の剥落等の損傷はあったが、概ね健全であった。

変状が発生した範囲の舗装版を撤去し、目視によるインバートの確認を行った結果、変状は、S005に集中しており、段差150mm、最大幅650mmの開口ひび割れが確認された(写真-2)。開口ひび割れ周辺においても顕著なひび割れが複数確認された。S005～S006以外の箇所では、インバートに大きな変状は確認されなかった。

舗装版は、S005の中央付近で南側(谷側)へ移動・沈下し、約50cmの開口と約20cmの段差が確認されており、インバートの変状と整合している(写真-1)。

S005～S006の支保工脚部に着目すると、外力が作用したと考えられる南側から北側を望んで支保工左側は、トンネル中心線側にやや押し出される状態である。一方、外力作用を間接的に受けたと考えられる支保工右側脚部は、土平側に押し出し変形を受け、インバートとの接合が切れ、インバートの断面閉合機能が損なわれているとともに、不安定な状態となっている。

鋼管抑止杭、舗装版、インバート、アーチ部の変状より、アーチ部を通過した地すべり面は、S005でインバートを通過し、S004より南側はインバート下に潜りこんでいると推測される。



写真-2 インバート変状発生状況(S005～S006)

5. 覆工撤去と一次内空断面補強

北陸地方整備局と一般社団法人 日本建設業連合会との災害協定に基づき、前田建設工業株式会社が変状が生じた既設覆工の撤去と一次内空断面補強を行った。

(1) 変状が生じた既設覆工の撤去

覆工崩落が集中している南側坑口側から覆工の解体

作業に取りかかった。しかし、覆工の解体作業中に覆工背面の地山が坑内側に大きく流出する事象が確認された。これより、解体作業を一時中断・対象区間への坑内立入禁止措置を実施し、坑内変位挙動の観測を強化するとともに、被害の少ない北側坑口からの作業アプローチに変更を行った。

(2)一次内空断面補強（コンクリートの増し吹付）

覆工の一部解体後、鋼製支保工の変形・座屈変形、吹付コンクリートの剥がれなどトンネルの支保機能低下が至る所で確認された。また、ロックボルトの引き抜き試験結果(表-2)においても、所定の引き抜き耐力が得られない箇所が確認された。安全に坑内で作業を実施することが困難であると判断し、残された坑内作業を実施前に、トンネルの支保機能が低下または損なわれた範囲を対象として、コンクリートの増し吹付による一次内空断面補強を実施した。側壁部を撤去出来ていない箇所(写真-1)については、アーチ部のみであるが先行してコンクリートの増し吹付けを行った(写真-3)。

一次内空断面補強としては、剥離対策として繊維補強コンクリートの使用が考えれるが、将来の縫い返し作業時に発生する作業廃棄物処理などの環境負荷を考慮し、高強度吹付コンクリートを採用した。高強度コンクリートの示方配合を表-1に示す。



写真-3 一次内空断面補強

表-1 高強度吹付けコンクリート示方配合

圧縮強度	スラブ	W/C	単位 セメント量	粗骨材 最大寸法	急結剤 添加率	単位 細骨材量	単位 粗骨材量
σ_{28} =36N/mm ²	21cm	42.0%	450kg/m ³	13mm	C×10%	1046kg/m ³	686kg/m ³

6. ロックボルト引抜試験とインバート健全度調査

(1)ロックボルト引抜試験

すべり面と想定される箇所を中心に、ロックボルトの12本の引抜試験を実施した(図-11)。鋼製支保工屈曲箇所とすべり面と想定される位置にあるロックボルト3本で強度低下を確認したが、すべり面と想定される箇所より上部のロックボルトについては、強度を確認し

た(表-2)。また、天端部では引抜試験を実施しなかったが、抜け落ちはなかった。一部を除き、ロックボルトは変状しつつも、覆工と一体化して挙動しており、断面は変形しながらも大きな変状を抑制していると考えられる。

表-2 ロックボルト引抜試験結果一覧

No.	スパン	箇所	支保 パターン	ボルト長 (m)	ボルト径	引抜耐力 (kN)	最大荷重 (kN)	最大変位 (mm)
1	S005	右下側	D II	4.0	TD24	176.5	10.1	3.99
2	S005	左側1	D II	4.0	TD24	176.5	110.2	8.83
3	S005	左側2	D II	4.0	TD24	176.5	150.8	6.49
4	S006	右側	D II	4.0	TD24	176.5	150.2	7.02
5	S006	左側	D II	4.0	TD24	176.5	14.3	4.94
6	S007	右下側	D II	4.0	TD24	176.5	150.7	3.24
7	S007	左側	D II	4.0	TD24	176.5	150.1	19.03
8	S008	右側	D II	4.0	TD24	176.5	22.7	6.96
9	S013	左側	D II	4.0	TD24	176.5	150.4	4.58
10	S014	右側1	D II	4.0	TD24	176.5	151.9	2.16
11	S014	右側2	D II	4.0	TD24	176.5	150.8	3.00
12	S014	左側	D II	4.0	TD24	176.5	150.5	1.99

(2)インバート健全度調査

大きな変状を受けたS005以外のインバート基盤の状態を確認するため、インバート躯体内をコアボーリングし、インバートの健全度調査を実施した。インバート躯体と基盤の間に浮きや脆弱な地層が流れ込んでいないかを確認することを目的に、ファイバースコープカメラ調査と簡易動的コーン貫入試験を実施した。図-14に調査位置を示す。インバート下位の地盤状況を把握するため、簡易動的コーン貫入試験は、コンクリートのコア採取孔を利用して実施した。

調査の結果、インバート躯体下面と基盤岩との間には、隙間なく密着しており、基盤岩の状態もNd値50以上の比較的堅固な状態であることが確認された。また、コア抜きボーリングで採取したインバート基盤岩(写真-4)は、地震や地すべり後に上部より流されて置き換わった様子もなく、安定した状態であった。

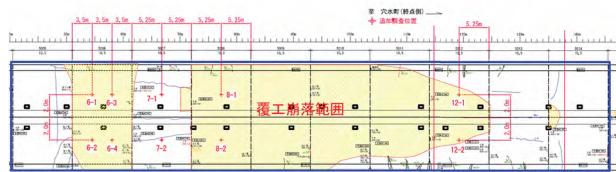


図-14 インバートコア抜き箇所位置図



写真-4 採取したコンクリートコア

7. 本復旧方針の決定

大谷トンネルの本復旧方針については、道路復旧技術検討委員会において、学識者の方々の助言をいただきながら方針を決定した。

現道復旧案(A案)、新設トンネル・新設橋梁により地すべり箇所を一部回避する西側ルート案(B案)、新設トンネル・新設橋梁により地すべり箇所を全て回避する東側ルート案(C案)の3案を設定し検討を行った。

地質調査や地山変動計測を行った結果、2024年6月の地震時に推定すべり面付近で微少な歪変動を確認したが、その後の2024年9月の大雨時においても累積変動はなく、地すべり等の継続的かつ大規模な変位を生じるリスク要因が比較的少ないと考えられることから、地すべり対策は必須となるが、早期復旧、経済性に優れた現道復旧案(A案)にて本復旧を行う方針となった。

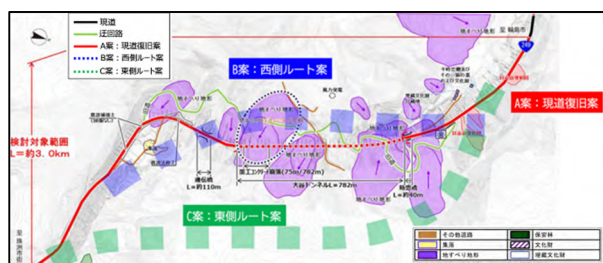


図-15 本復旧ルート比較案

8. 今後の予定

(1) プロテクターを用いた交通開放(応急復旧)

緊急車両や災害復旧関係車両が大谷トンネル区間を通行する際は、トンネルが通行不能であることから、県道、市道を迂回路として通行している。しかし、とりわけ大谷峠付近の市道は幅員が狭く縦断勾配13%の急勾配であり、冬期間は通行に支障をきたす可能性が高いことから、早期交通開放が求められている。

これより、地すべりブロックの頭部排土と押え盛土による応急的な地すべり対策、支保工脚部沈下抑制対策を目的とした下半部未施工区間の脚付け吹付と最小限の範囲でのリング補強注入工(自穿孔ボルトと高発砲ウレタン注入)による支保工周辺の地盤改良、脚部補強ボルト工(増しロックボルト)の応急復旧を完了させ、まずはプロテクターを使用した片側交互通行による1車線解放を目指している。プロテクターについては、大谷トンネルと同様に「令和6年能登半島地震」で被災した一般国道249号中屋トンネルで使用したものを活用する予定である。

(2) ECI方式を活用した復旧の加速化

冬期間は、プロテクターを設置してトンネル内に1

車線通行を確保しながらの施工が想定され、通常の機械で施工できるか不明であるなど、最適な仕様の決定や課題への対応方法の選定が困難であることが想定される。

現在、発注される土木工事のほとんどで設計・施工分離発注方式が採用されているが、設計の段階から施工者の技術提案の反映及び施工者による効率的な設計が可能となり、工期短縮による早期復旧が期待できるECI方式(技術提案・交渉方式((設計交渉・施工タイプ)) (図-16)の活用を予定している。設計交渉・施工タイプは北陸地方整備局では初めての取組となる。

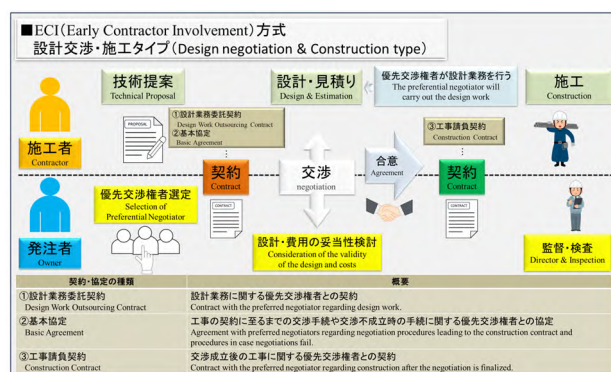


図-16 ECI方式「設計交渉・施工タイプ」の概要

9. おわりに

本稿では、「令和6年能登半島地震」により通行不能となる大きな被害が発生した大谷トンネルの被害状況、損傷発生メカニズム、応急復旧について報告した。

今後、地すべりブロックを通過するトンネルにおいて震災等により同様の被災が生じた場合の復旧、路線計画やトンネル区間の設定において、本稿が少しでも参考になれば幸いである。

新発注方式や最先端技術を積極的に活用し、能登半島の先端に位置する大谷トンネルの1日も早い交通確保に向けて、復旧を進めていきたい。

謝辞：本稿の執筆にあたり、ご協力いただいた関係者の皆様に心より感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 鶴井秀樹, 今井洋, 金田登志昭, 甘利哲夫: 能登半島の地すべり地帯を NATM で貫く 国道 249 号 大谷トンネル, トンネルと地下, Vol. 29, No. 4, pp. 15-21, 1998.
- 2) 島田昱郎, 村中英寿: 能登半島珠洲および氷見一瀬浦地域の新第三系泥質岩の有機物相, 石油技術協会誌, 第 53 巻, 第 6 号, pp. 1-12, 1988.
- 3) 船山政昭: 能登半島珠洲地域の新第三系の岩相および放散虫化石層序, 東北大地質古生物研報, No. 91, pp. 15-41, 1988.

4脚4輪走行式油圧ショベルによる 能登半島地震被災現場対応について

矢野 祥吾¹・杉谷 康弘¹・桐井 健一¹

¹国土技術政策総合研究所 社会資本マネジメント研究センター 社会資本施工高度化研究室
(〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地)

国土技術政策総合研究所(以下、当研究所)では2020年度に4脚4輪走行式油圧ショベル(以下、スパイダー)を研究用に導入して以降、想定されるユースケースの整理や災害復旧の経験のある関係者との意見交換、建設DX実験フィールドでの動作の確認を行ってきた。2025年5月には、令和6年能登半島地震の被害を受けた珠洲市内の道路において啓開作業を行う現場へ派遣を行った。また、派遣にあたっては事前の現地調査から現場供用開始までの流れについてシナリオを立てて評価を行った。本稿は当研究所が行っているスパイダーに関する取り組みや道路啓開作業を通じて新たに見えた作業特性や課題、今後の取り組みについて報告する。

キーワード 4脚4輪走行式油圧ショベル、スパイダー、令和6年能登半島地震、道路啓開作業

1. はじめに

災害現場では迅速な対応が求められる。しかし、既存の建設機械において進入が困難な現場や作業に時間を要する現場では、初動対応の範囲に限られる場合がある。スパイダー(図-1)は、半水中作業や急斜面、矮小地での活動が可能であり、災害現場での幅広いニーズに対応が可能と期待される。

スパイダーはスイスのメーカーによって販売されており、通常の油圧ショベルと比較していくつかの独自の特徴を備えている。その特徴として4脚4輪それぞれ単独で操舵可能であり、斜面に合わせた角度で重心を保ちながら、急傾斜地の登坂が可能である。また、4脚を倒立させることで水深1～2mでの半水中作業にも対応できる。さらにテレスコピックアームの活用により、三点支持での障害物回避や車体が接近できない法面の成形作業を行うことができる。加えて、バケットの傾きや回転を可能にするチルトローテート機能を備えており、多様な現場での作業性が向上する。

当研究所では上記の特徴を持ったスパイダーを災害対策用機械として有効に使うための研究を行うため、2020年度に国の機関としては初めて導入した。



図-1 スパイダー写真

2. 当研究所のスパイダーに関する取り組み

(1) 建設DX実験フィールドでの検証

当研究所敷地内に整備されている建設DX実験フィールドにて研究協力^{*}を締結しているNPO法人(日本災害救助活動支援隊)と共に障害物を用いた検証を行った。障害物に見立てたU字溝を設置し乗り越え動作等について確認を行った。(図-2)

^{*}2023年度よりスパイダーの研究協力団体を募集しており、2025年10月時点で5団体と締結



図-2 建設D X実験フィールドにおける検証の様子

今後もオペレータ操作訓練や検証を進めていくためにも、建設D X実験フィールド内にスパイダー操作訓練に特化した障害物や斜面の整備を引き続き行うこととしている。

(2) 活用状況調査

国内及び国外でのスパイダー活用状況について調査を行っている。日本国内での普及台数が約20台であるのに対して、スイスを中心に欧州では現在約1,000台が稼働している。このことから2025年10月にスイス、オーストリアにおけるスパイダーの活用状況を確認するため現地調査を行った。スパイダーの機体下部に備え付けのウインチ併用による傾斜角40°を超える急斜面での作業、山中での樹木伐採作業、ゴルフ場のグリーン整備、スパイダー本体を分解しヘリコプター輸送可能な機種による山頂での作業などスパイダーが活躍する現場は多岐に渡っていた。(図-3)また、欧州ではナンバープレート取得によりスパイダーの公道走行が可能であり、現地オペレータへのヒアリングによると1時間程度であればトレーラではなく自走による輸送を行うとのことである。日本では公道走行が認められていないが、災害発生時にトレーラが災害現場近くまで進入できない場合、スパイダーの公道走行は有効であり必要な手段である。このことから、スパイダーのナンバープレート取得に向けた関係者協議や手続き等を今後進めていく予定である。

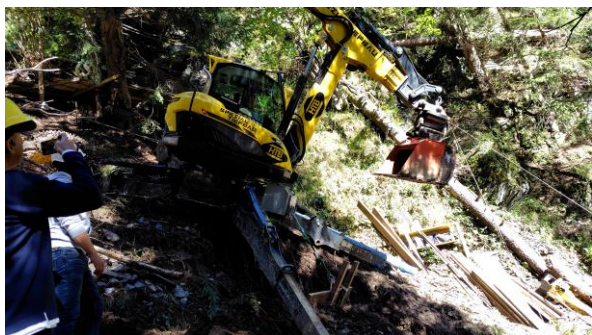


図-3 欧州でのスパイダー活用状況

(3) 関係者への周知活動及び意見交換について

スパイダーの抱える課題の1つが存在そのものが官民ともに知られていないことである。災害発生時にスパイダーを出動させることが現場の選択肢として挙げれば、既存の建設機械では侵入が困難で作業に時間を要する現場でも迅速な対応が可能となり、1日でも早い災害復旧を実現できる。このことから、認知度向上に向けて一般の住民の方々も参加する地方自治体主催の防災訓練(図-4)やイベント(図-5)への出展、職員向けの見学会(図-6)の開催を行っている。こうした活動を通じて官民間わずに参加者から筆者とは違った観点でのスパイダーに対する素朴な疑問や考えられる課題など率直な意見をもらえることが多く、今後のスパイダー普及に向けて当研究所としても貴重な機会であり重要な取り組みである。



図-4 令和7年度 新潟県・出雲崎町総合防災訓練





図-5 ぼうさいこくたい2025 in新潟(2025.9開催)



図-6 職員向けのスパイダー見学会
(北陸地方整備局 駐車場にて2025.10実施)

2024年10月に、スパイダーを保有する民間業者及び四国地方整備局の職員と意見交換を行った。(図-7)有事の際にスパイダーを活用するには普段から操縦をし、メンテナンスも含めてスパイダー自体の扱いに慣れていることが重要である。そのためスパイダーを普段使いしているオペレータが抱える課題や運用の問題点を解消することが災害発生時の円滑なオペレーションに繋がる。



図-7 関係者との意見交換

また、災害復旧の経験のある関係者との意見交換を官民問わず適宜行っている。今回の能登半島へのスパイダー出動についても2025年2月に北陸地方整備局能登復興事務所と行った打合せがきっかけで実現したものである。(図-8)



図-8 北陸地方整備局能登復興事務所との打合せ

3. ケーススタディ(道路啓開)

(1) ケーススタディの目的

今回の道路啓開の現場出動を通じて、確認できた点や課題について検証・整理を行っていくことを目的とする。実際の道路啓開の現場にはどのような作業が求められ、対応できたか、あるいは対応できなかったかといった情報はオペレータ育成のトレーニングに活かすべき重要な要素でもある。これにより、より実践的なトレーニングの実施が可能になる。

(2) 事前調査及びシナリオ作成

スパイダーの現場出動におけるシナリオ作成にむけて、2025年4月に令和6年能登半島地震の被災現場へ赴き、スパイダーによる施工が有効となりうる現場の調査を行った。現場は石川県珠洲市宝立町大町泥木地先を通る珠洲市道726号線である。2024年1月の地震に加えて、同年9月の豪雨の影響も受け、斜面から崩れ落ちた土砂と木々が道路を塞ぐように広がっていた。通常、木々が混ざった土砂を撤去するにはグラップル用・バケット用それぞれの建設機械が必要となる。しかし、現場は道幅が狭く、2台を入れ替えながらの作業は非効率である。そこで障害物を乗り越える機能を備え、アタッチメント交換が素早く行えるスパイダーによる施工が効果的と事前調査において判断した。災害発生時のシナリオとしては、国土交通省北陸地方整備局からの貸与申請を当研究所が受け、車両本体に加えて2種類のアタッチメント(グラップル・バケット)、タイヤチェーンを現地へ搬入し、現場作業を開始することとした。(図-9)

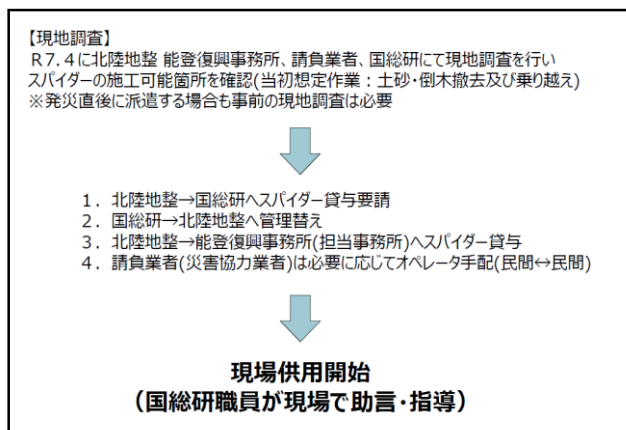


図-9 発災後のシナリオ

(3) 現場検証結果

2020年度に当研究所へスパイダー導入以降、初めての災害現場での稼働を実施し、その作業性を評価した。スパイダー1番の特徴ともいえる4脚4輪による倒立においては高さ約1.5mほどの岩石を乗り越えることが確認できたほか、倒木撤去作業においてもキャビンが上がることで、オペレータは高い目線で作業現場を見渡せるため、視野が広がり、安全性の向上にも寄与した。(図-10)土砂撤去作業においてはテレスコピックアームとチルトローテータの複合作業により車体の向きは変えずに次々と目の前の土砂を撤去することができ効率的な作業に繋がった。(図-11)倒木撤去に用いたアタッチメント(通称:ウッドクラッカー)は当研究所では所有しておらず今回作業のために別途用意したものであったが、1つのアタッチメントで切断から撤去までを担うことができ、有用性を確認した。(図-12)

さらに、事前調査より効果的であると評価をしていた作業用途に応じた現場でのアタッチメント交換についても適宜行った。交換時間は約2分であり、オペレータへのヒアリングによると既存の建設機械で同作業を行うと約15分を要するため、交換時間が約1/8に短縮された。また作業が変わる毎の車両の入れ替えも不要になることも考えると、迅速な作業が求められる災害現場において極めて有用な機能であることが確認できた。(図-13)



図-10 乗り越え動作



図-11 土砂撤去



図-12 倒木撤去



図-13 アタッチメント交換作業

(4) 現場見学会について

現地では報道機関及び石川県内の自治体職員、北陸地方整備局職員向けの現場見学会を行った。機体の概要説明やデモンストレーションのほか、スパイダー搭乗体験を行った。今回のスパイダーによる道路啓開作業を報じた新聞記事やネットニュース、SNSでは大きな反響があり多くの人々にスパイダーの活躍が知られた。(図-14)



図-14 報道記事やSNSの反響について

(5) 職員によるスパイダー運転技能講習受講について

2025年5月のスパイダーによる道路啓開作業の振り返りを行った結果として、現場で助言・指導する者(当研究所職員を想定)もスパイダーの操縦技術や搭乗経験をもつことにより、オペレータとの感覚の違いを減らし、実践的かつ現場に寄り添った助言や指示を行えることが挙げられた。

このことをうけ、筆者を含めた当研究所職員2名が2025年8月に徳島県で開催された「第1回スパイダー運転技能講習」を受講し、操作の基礎から傾斜地走行、メンテナンス方法について学んだ。(図-15)



図-15 運転技能講習受講の様子(筆者による操作)

スパイダーの操縦には、通常のショベル等の操縦と同じく車両系建設機械(整地・運搬・積込み用及び掘削用)運転技能講習の受講(必須)に加えて、スパイダー操縦に特化した運転技能講習の受講(法規上は任意)が求められている。後者を受講するためにはスイスからインストラクターを招聘または自らスイスへ赴く必要がある。

オペレータ育成への大きな壁となっていた。しかし、2025年4月に設立された一般社団法人日本スパイダー協会主催のスパイダー運転技能講習受講により日本国内でCertificate(修了証)取得が可能となった。

今回、当研究所職員がスパイダー操作技術を身につけたことにより、今後災害が発生しスパイダー出動の要請があった場合に、より一層実際に搭乗するオペレータ目線で安全性や作業性を踏まえた助言・指導が可能になる。

4. まとめ

今回、スパイダーとして初の道路啓開現場での作業であったが、スパイダー特有の動きや性能が現場でも大いに発揮された。引き続きスパイダーにおける施工効率のデータ収集を行い通常の建設機械と比べて、スパイダーによる施工がどの程度有効であるかを定量的に評価する。根拠となるデータがあれば現場としてもより一層、スパイダーによる施工が選択肢として挙がってくることが期待される。今後のスパイダー派遣に向けてより一層ソフト・ハード両面の整備をさらに強化し、全国の現場で迅速な災害対応が可能となるよう取り組んでいきたい。

謝辞：本事例はスパイダーによる日本で初めての道路啓開作業であり近年、激甚化・頻発化している自然災害に対し今後のスパイダー出動に向けて、大きな一歩であった。今回のスパイダー導入に携わった北陸地方整備局能登復興事務所をはじめ、道路啓開工事請負業者の(株)鴻池組、スパイダー操作を行った(株)成島建設など多くの方々にご尽力頂いたことこの場を借りて感謝申し上げます。

室内試験と実橋応力計測に基づく 床版の土砂化進展予測に関するケーススタディ

角間 恒¹・佐々木 優太¹・西村 敦史¹

¹(国研)土木研究所 寒地土木研究所 寒地構造チーム (〒062-0806 札幌市豊平区平岸1条3丁目1-34)

本稿では、コンクリート床版の土砂化進展予測に関する一検討として、床版の土砂化発生過程を追跡した輪荷重走行試験結果、および、実橋を対象にした床版上面の応力頻度推定結果を基に、床版上面側に発生したひび割れが土砂化に進展するまでの実期間に関するケーススタディを行った結果を報告する。

キーワード 床版, 土砂化, 進展予測

1. はじめに

道路橋コンクリート床版（以下、床版）の維持管理では、上面に発生する土砂化（写真-1）への対応が極めて重要である。一方、目視観察できない舗装下で発生すること、点検や調査、補修工の実施に際し交通規制が必要になること等、土砂化に着目して床版の維持管理を行う上では多くの課題が存在する。

ここで、土砂化発生進行の時間的特徴に関しては、依然として不明な点が多い。例えば、点検調査で床版コンクリートの損傷を認識したとして、「その後どの程度の期間で土砂化に進展するのか」は、対策工の選定や実施時期の設定を行う上で重要な情報になるが、土砂化発生の時間軸に関する知見は極めて限られる¹⁾。

そこで著者らは、床版の疲労耐久性評価に広く活用されている輪荷重走行試験を用いて、土砂化の発生時期を予測する手法の開発に取り組んでいる。これまでに、実験による土砂化発生過程の再現に成功するとともに、試験結果と実橋での応力頻度計測を組合せて、土砂化発生に要する実期間（以下、土砂化耐久年数）の試算を行っている²⁾。本稿では、既報²⁾に新たな試験結果および応力頻度計測結果を追加し、土砂化耐久年数に関するいくつかのケーススタディを行った結果を報告する。



写真-1 床版上面に発生する土砂化



写真-2 小型輪荷重走行試験機

2. 土砂化発生過程に着目した輪荷重走行試験

(1) 概要

土砂化耐久年数の試算は、初期の損傷状態が異なる 2 種類の鉄筋コンクリート部材を使用した輪荷重走行試験結果を活用して行う。ここでは、輪荷重走行試験の方法や結果の概要を説明する。

(2) 試験方法

a) 試験装置

試験には、寒地土木研究所が所有する小型輪荷重走行試験機（写真-2）を使用した。本試験機には幅 190mm の鉄輪が装着されており、20～40kN の任意荷重を作用させたまま、1m の範囲を約 1500 往復/時（約 3000 回/時）の速度で走行できる。

b) 試験体

試験体は、幅 300mm×高さ 200mm の矩形断面を有する、長さ 2000mm の鉄筋コンクリートはりとした。断面

内には軸方向引張鉄筋として D16 (SD345 または SD490) を 3 本配置した。

表-1 に試験ケースを示す。試験には合計 5 体を使用し、いずれの試験体も土砂化発生の起点となる先行ひび割れを導入した。A-20, A-30, A-35 の 3 体 (以下, シリーズ A) では, コンクリートに反応性の細骨材および NaCl を配合し, 試験実施までに約 8 年間の屋外暴露を行うことで, コンクリートにアルカリシリカ反応によるひび割れを導入した。S-20, S-25 の 2 体 (以下, シリーズ S) では, フレッシュ状態のコンクリートに静的破砕剤を添加することで, 試験体上半分のコンクリートに, 寒冷地の床版で顕在化している層状ひび割れを模擬したひび割れを導入した³⁾。試験開始時におけるコンクリート (ひび割れ導入なし) の圧縮強度および静弾性係数は, シリーズ A で 41.7N/mm^2 および 31.2kN/mm^2 , シリーズ S で 36.0N/mm^2 および 25.5kN/mm^2 である。

写真-3 に, 試験開始前に観察した試験体損傷状況の例を示す。シリーズ A では, 上面全体に幅 0.2mm 以下のひび割れを, 側面の上側鉄筋位置に水平方向ひび割れの発生を観察できた。シリーズ S では, 上面全体に幅 $0.1\sim 0.4\text{mm}$ のひび割れを, 側面の上半分に水平方向を主方向とする複数本のひび割れの発生を確認できた。

c) 走行方法

試験体は, 試験体中央から $\pm 870\text{mm}$ (支点間隔 1740mm) の位置に設置した丸鋼により支持し, さらに支点直上の上面にも丸鋼を設置してアンカーボルトで上下に挟み込むことで, 輪荷重走行に伴う試験体の浮き上がり等を防止した。

輪荷重は, コンクリート養生マット, ゴム板, ベニヤ板, 鋼板を積層した軌道装置を介して試験体に作用させた。作用荷重は試験体毎に $20\sim 35\text{kN}$ の範囲で設定し, 試験終了まで一定とした。本試験条件を集中荷重が作用する単純はり (鉄筋とコンクリートのヤング係数比 15.0) と仮定すると, 上記荷重を載荷したときのコンクリート圧縮縁応力は, 道路橋示方書⁴⁾に規定される RC 床版の圧縮応力制限値 (床版作用と主桁作用を同時に考慮した場合) の $0.74\sim 1.30$ 倍となる。

走行中は, 試験体上面に $1.74\text{L}/24$ 時間の速度で水を滴下することで, 上面全体を湿潤状態に保った。なお, 試験体側面の止水処理は行っておらず, 上面から浸入した水が側面から試験体外に排出される条件になっている。

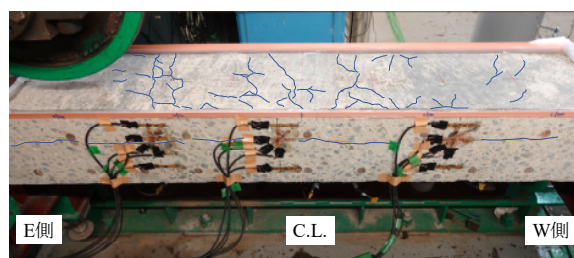
試験中は, 任意走行回数毎に走行を停止して, 試験体上面の目視観察を行った。

d) 土砂化発生の判定方法

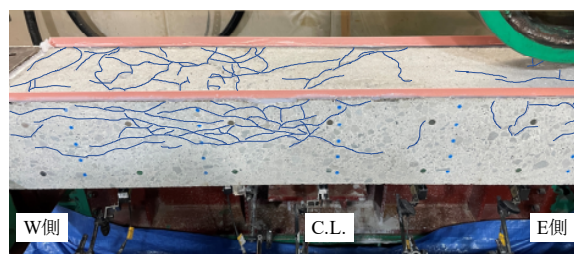
土砂化に関してはその状態を表す明確な定義がないが, 既報²⁾に倣い「上面においてコンクリートのセメント分が溶出して骨材が露出する範囲が 100mm 程度に達した状態」を土砂化発生の判定基準とした。

表-1 試験ケース

ケース名	損傷種類	作用荷重
A-20	アルカリシリカ反応促進 (試験体全体)	20kN
A-30		30kN
A-35		35kN
S-20	静的破砕剤添加 (試験体上半分)	20kN
S-25		25kN



(a) シリーズ A の例



(b) シリーズ S の例

写真-3 試験体の初期損傷状態

(2) 試験結果

a) 土砂化の発生状況

写真-4~7 に, 損傷進行過程の例および土砂化発生状況を示す。本稿は土砂化耐久年数の試算に主眼を置いていることから, 以下では損傷状況の概要のみ紹介する。

シリーズ A では, 土砂化発生に至る過程で, 二つの損傷状態 (状態 I, 状態 II) を経る特徴が見られた。状態 I は上面に試験体軸方向ひび割れが発生した状態であり, 状態 II は上面の軸方向ひび割れ発生本数の増加とともに, 走行および給水の停止後も長時間にわたり湿潤状態が保たれる状態である (写真-4)。状態 II の後にさらに走行を続けると, 上面に円弧状のひび割れと湿潤領域が形成されるようになり, 最終的に, A-20 では 179.5 万回, A-30 では 67.5 万回, A-35 では 20.7 万回の状態を土砂化発生と判定した (写真-5)。

シリーズ S では, 走行回数の増加とともに, 先行して導入したひび割れの近傍で骨材の剥離が進行し, ひび割れに沿って白色析出物が観察された。これはコンクリートのセメント分が溶出したものであり, S-20 では 8 万回以降に, 上面の広範囲に滲出して付着する様子が観察された (写真-6)。その後も走行を続けると, 骨材露出箇所が点在するとともに, 表層コンクリートが剥離してブ

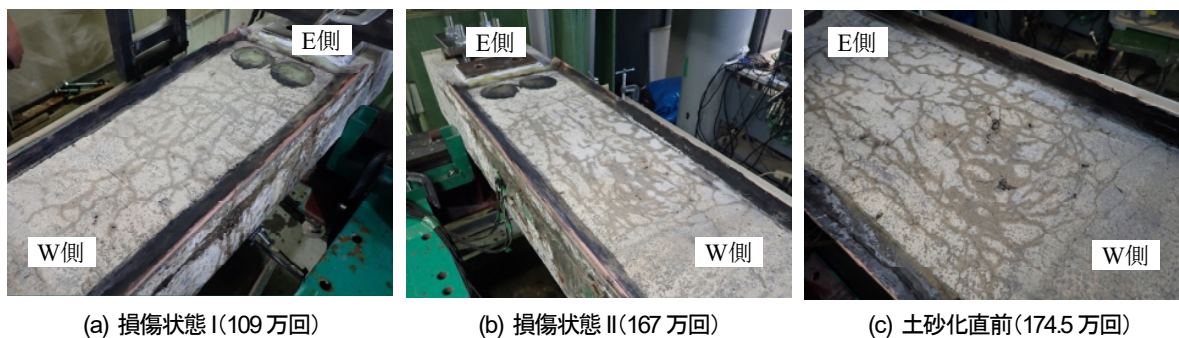


写真-4 床版上面の損傷進行過程の例(A-20)

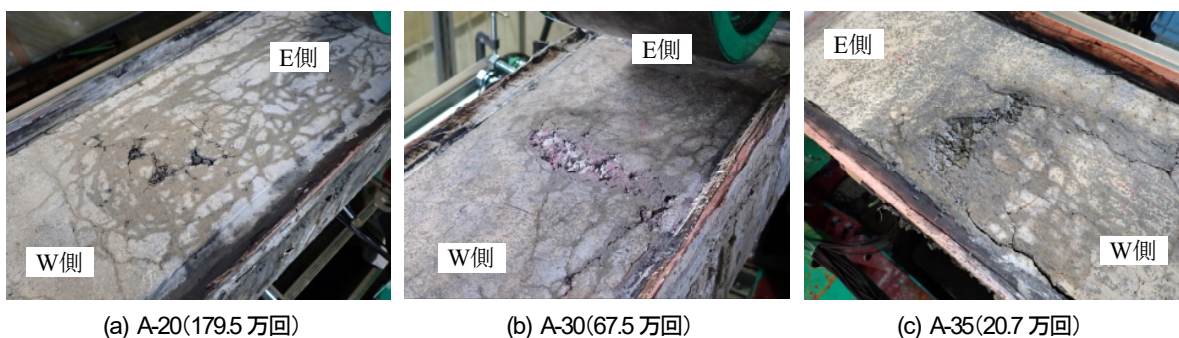


写真-5 土砂化発生状況(シリーズ A)

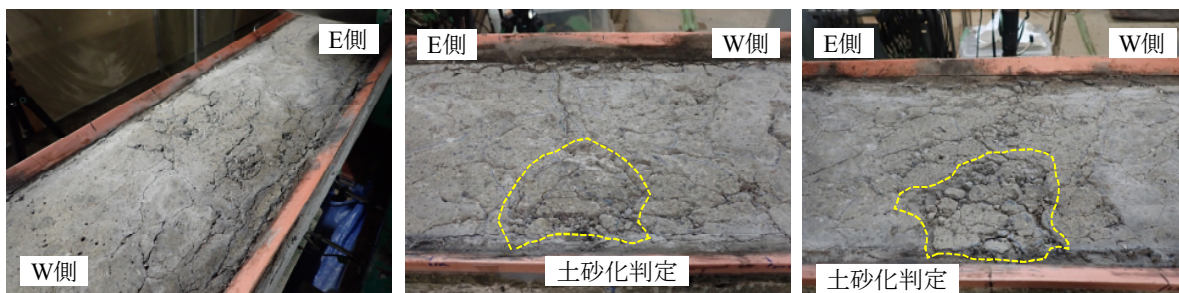


写真-6 床版上面の損傷進行過程
の例(S-20、8 万回)

写真-7 土砂化発生状況(シリーズ S)

ロック状に割れる状態に至り、最終的に C-20 では 11 万回、C-25 では 7 万回を土砂化発生と判定した(写真-7)。

b) S-N 関係

図-1 は、輪荷重と土砂化発生までの走行回数の関係を片対数軸上にプロットした結果(以下、S-N 関係)である。土砂化発生までの過程で明確な状態遷移が観察されたシリーズ A については、状態Ⅰおよび状態Ⅱから土砂化発生までの走行回数についても同様に図示した。

図より、両シリーズとも、作用荷重の増加により土砂化発生までの走行回数は減少し、試験体数 3 体を確保したシリーズ A(初期～土砂化)の結果からは、線形の S-N 関係が成立することが窺える。また、シリーズ A の“状態Ⅰ～土砂化”および“状態Ⅱ～土砂化”，シリーズ S(初期～土砂化)についても、それぞれ S-N 関係の傾きがシリーズ A の“初期～土砂化”のそれと同程度になっている。このことから、構造諸元が同一かつ損傷

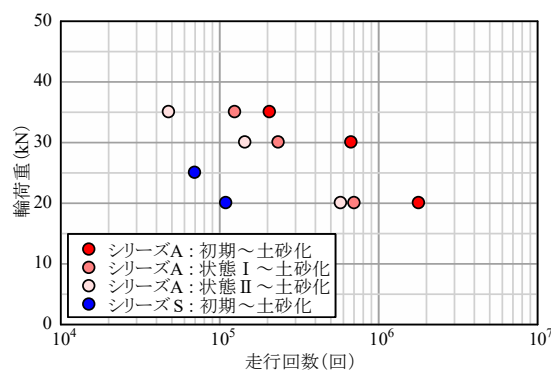


図-1 S-N 関係

進行要因として輪荷重作用が支配的な場合、S-N 関係の傾きが床版の損傷状態に依存しない可能性がある。4 章では、この特徴を考慮して S-N 関係を定式化し、土砂化耐久年数の試算に適用する。

表-2 応力頻度推定の対象橋梁

対象橋梁		A 橋	B 橋	C 橋
諸元等	路線	一般国道 5 号	一般国道 235 号	一般国道 237 号
	管理者	函館開発建設部	室蘭開発建設部	旭川開発建設部
	形式	単純合成鈹桁橋	単純合成鈹桁橋	単純合成鈹桁橋
	架設年次	昭和 45 年	昭和 45 年	昭和 41 年
	適用示方書	昭和 39 年	昭和 39 年	昭和 39 年
	支間長 ^{※1}	27.00m	26.00m	27.10m
	平面線形／斜角 ^{※1}	直橋／90°	直橋／68°	直橋／60°
	主桁間隔 ^{※1}	3500mm	3000mm	2800mm
	床版厚 ^{※1}	180mm	200mm	180mm
	交通量 ^{※2}	7,030 台／12 時間	2,659 台／12 時間	7,096 台／12 時間
	大型車混入率 ^{※2}	30.8%	42.3%	11.7%
主桁の 応力頻度 計測	計測時期	2003 年 8 月	2007 年 1 月	2012 年 10 月
	計測時間	72 時間	72 時間	24 時間
	計測箇所	径間中央 (G1 桁除く)	径間中央	径間中央
	サンプリング	100Hz	100Hz	200Hz
	頻度解析方法	ピークバレー法	ピークバレー法	ピークバレー法

※1 応力頻度計測の対象になった径間の諸元のみを記載している。

※2 平成 27 年度 全国道路・街路交通情勢調査

3. 床版上面に作用する応力の頻度推定

(1) 概要

4 章で行う土砂化耐久年数の試算では、床版上面に作用する圧縮応力の頻度を作用条件として入力する。本章では、その作用条件を設定するため、複数橋梁に対して床版上面の応力頻度推定を行った。

なお、実橋における床版上面応力の直接計測は困難であることから、主桁の応力（ひずみ）頻度を基に床版上面の応力頻度を推定している。その推定は、主桁下フランジの橋軸方向応力を入力値とした合成桁の断面計算により行っており、骨組み解析や有限要素解析等により橋梁の 3 次元挙動を考慮したものではない。

(2) 推定方法

a) 対象橋梁

応力頻度推定は、表-2 に示す 3 橋を対象に実施した。3 橋は、いずれも北海道内の一般国道に架橋された RC 床版を有する鋼鈹桁橋（3 主桁）であり、道路を管理する国土交通省北海道開発局により、上部工耐荷力の調査を目的とした主桁の応力頻度計測が実施されている。

b) 合成桁の断面計算

床版上面の応力推定は、主桁 1 本、有効幅分の床版（ハンチ含む）、アスファルト舗装からなる合成桁の断面計算により行った。計算に用いた断面寸法は各橋梁の設計図書等を基に設定し、各材料の静弾性係数は、主桁を 200kN/mm²、床版を 27.0kN/mm²、アスファルト舗装を 2.7kN/mm² とした。

B および C 橋では、応力頻度計測に併せて荷重車を用

いた静的載荷による主桁の応力計測が行われており、本推定手法が概ね 10μ以内、最大でも 22μの誤差で上フランジのひずみを推定できることを確認している。

(3) 推定結果

図-2 は、下フランジの応力頻度から推定した床版上面の橋軸方向圧縮応力の頻度分布であり、計測時間が短い C 橋では、作用回数を 3 倍して 72 時間当たりの回数として表示している。また、1 階級当たりの応力幅は 0.12～0.16N/mm² の範囲で橋梁毎に異なる。

図より、ほとんどの橋梁および主桁で、0～0.2N/mm² が上面圧縮応力の最頻値になっており、A 橋の G3 桁のみ 0.3～0.4N/mm² が最頻値となっていた。最大応力に着目すると A 橋 G3 桁の 2.1N/mm² および 1.9N/mm²、ならびに、B 橋 G1 桁の 1.9N/mm² が上位 3 位であったが、72 時間当たりの作用回数はいずれも 10 回に満たない。また、外桁上（G1、G3）と中桁上（G2）では、外桁上において圧縮応力の最大値が大きく、B 橋を除き作用回数も多くなっていた。

4. 土砂化耐久年数に関するケーススタディ

(1) 概要

2 章の結果（土砂化発生に関する S-N 関係）、および、3 章の結果（床版上面の応力頻度）を用いて、土砂化耐久年数の試算を行った。本試算は、あくまで 2 章の輪荷重走行試験で取り扱った損傷が実橋床版上に発生していることを前提とし、損傷進行要因として前述 A～C 橋における活荷重作用のみを考慮する。また、多くの仮定条

件を含む一方で、実橋の調査等により試算結果の妥当性が検証されたものではないことを予め断っておく。

(2) 試算方法

a) 試算ケース

A～C 橋の主桁上の床版に、写真-3 あるいは写真-4 の損傷が発生した場合を想定した合計 32 ケース（主桁数 8×損傷状態数 4）について、土砂化耐久年数を試算した。以下では、シリーズ A の初期状態、状態 I、状態 II、シリーズ S の初期状態を、それぞれ損傷状態 A0、A1、A2、S0 と呼ぶ。

b) S-N 関係式の定式化

土砂化耐久年数の試算に当たり、図-1 の S-N 関係を定式化した（図-3）。その際、コンクリート圧縮縁応力の作用状況（大きさ、回数）により土砂化発生までの走行回数を評価できると仮定し、S-N 関係の縦軸を輪荷重から圧縮縁応力に変換した式(1)の形式を採用した。

$$\sigma_c = \alpha * P = a * \log_{10} N + C \quad (1)$$

ここで、 σ_c ：コンクリートの圧縮縁応力（N/mm²）， P ：輪荷重（kN）， N ：土砂化発生までの走行回数（回）， a ：S-N 関係式の傾き， C ：S-N 関係式の切片， α ：輪荷重を圧縮縁応力に変換する係数である。S-N 関係式の傾き a および切片 C について、単に試験結果の回帰式から設定した場合、S-N 関係式が交差する等により試算結果に矛盾が生じる可能性がある。そこで、いずれの S-N 関係も傾きが同程度となったことに着目して、全ての S-N 関係式の傾きを同一とした上で、最小二乗法により切片を決定した。このときの傾きには、シリーズ A の各 S-N 関係を片対数軸上で直線近似した傾きの平均値（ $a=-3.50$ ）を採用した。また、係数 α は、本研究の輪荷重走行試験条件を集中荷重が作用する単純はり（鉄筋とコンクリートのヤング係数比 7.0）と仮定した曲げ応力計算より、 $\alpha=0.21$ とした。

c) 土砂化耐久年数の計算

変動応力下での土砂化耐久年数は、S-N 関係式およびマイナーの線形累積被害則⁹⁾により推定した。すなわち、3 章で推定した圧縮縁応力の大きさおよび作用回数を用いて、72 時間当たりのマイナーの線形累積損傷度 DI は式(2)で計算できる。

$$DI = \sum (n_i / N_i) \quad (2)$$

ここで、 n_i ：72 時間当たりの圧縮縁応力 σ_{ci} の作用回数， N_i ：S-N 関係式から得られる圧縮縁応力 σ_{ci} に対する走行回数である。

また、土砂化耐久年数は、各橋梁で推定した応力頻度が年間の平均的な応力頻度を表すと仮定した上で、線形累積損傷度が 1.0 に達する期間として式(3)で算出した。

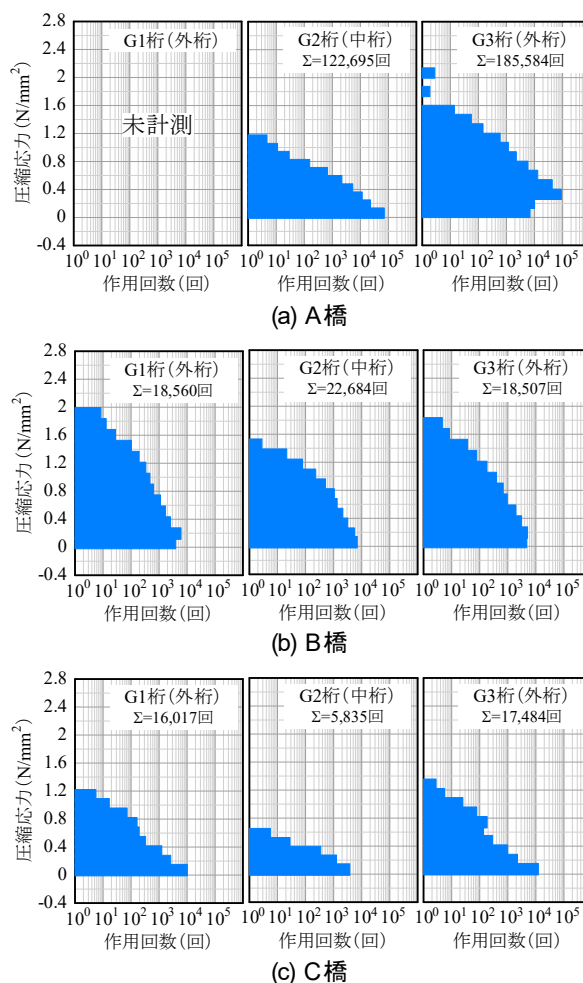


図-2 床版上面の応力頻度推定結果(72時間)

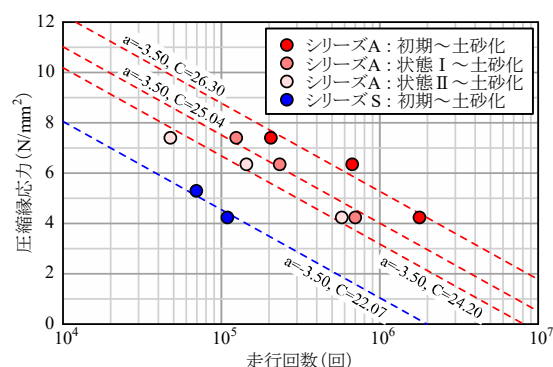


図-3 試算に使用する S-N 関係式

$$Y = 72 * \beta / (365 * 24 * DI) \quad (3)$$

ここで、 Y ：土砂化耐久年数（年）， β ：試験条件（常時湿潤）と供用条件（乾湿繰返し）の違いを補正するための係数であり、係数 β は、降雨日の輪荷重走行のみが土砂化発生に寄与するという仮定の下、アメダスによる架橋地点での年間降雨日数の平年値を基に、A 橋で 2.90、B 橋で 3.11、C 橋で 2.31 とした。

表-3 土砂化耐久年数の試算結果（単位：年）

損傷状態	A 橋			B 橋			C 橋		
	G1 桁	G2 桁	G3 桁	G1 桁	G2 桁	G3 桁	G1 桁	G2 桁	G3 桁
A0	試算 対象外	5.7	3.2	34.7	29.8	35.6	34.5	97.1	32.0
A1		2.5	1.4	15.1	13.0	15.5	15.0	42.3	13.9
A2		1.4	0.8	8.8	7.5	9.0	8.7	24.5	8.1
S0		0.4	0.2	2.2	1.8	2.2	2.1	6.0	2.0

セルの着色 ■：1年未満、■：5年未満、■：10年未満

(3) 試算結果

表-3は試算結果であり、土砂化耐久年数が1年未満、5年未満、10年未満となったケースを、それぞれ赤色、黄色、青色で着色した。

橋梁単位で試算結果の特徴を見ると、A、B、C 橋の順に土砂化耐久年数が短くなった。対象の3橋では構造形式が類似しており、土砂化発生要因として活荷重作用を取り扱った本試算では、大型車交通量の違いが試算結果に大きく反映されたとと言える。

外桁（G1 桁および G3 桁）と中桁（G2 桁）を比較すると、A 橋および C 橋では外桁上において中桁上の2～3 倍程度の速さで、B 橋では外桁上と中桁上が同程度の速さで土砂化に至っている。3 本の主桁で構成される鋼鈑桁橋の場合、横断勾配が低く滞水が生じやすい外桁上で土砂化が発生しやすいと考えられるが、活荷重作用の観点でも、外桁上でより土砂化が発生しやすいことが本試算から示唆される。

具体的な年数に着目すると、試算ケースにより結果は大きく異なるが、A 橋では損傷状態によらず総じて5 年程度未満で、特に損傷状態 A2 や S0 からは1 年未満という極めて短期間で土砂化に至る結果となった。また、損傷状態 S0 に関しては、B 橋および C 橋においても5 年未満で土砂化に至った。本試算はごく限られた条件下で実施したものであるが、上記の結果は、床版上面側に発生したコンクリートの層状ひび割れは、点検調査により損傷を把握してから措置を行うまでの数年以内、交通特性等によっては数か月以内に土砂化に進展する可能性があることを示している。

5. おわりに

本稿では、床版の土砂化発生過程を追跡した輪荷重走行試験結果、および、実橋における床版上面の応力頻度

推定結果を組合せることで、床版コンクリートに発生した損傷が土砂化に進展するまでの実期間を試算した。その結果、床版上面側に発生したコンクリートの層状ひび割れは、数年以内に土砂化に進展する可能性がある損傷であることを示した。

本文中にも記したとおり、本稿の試算は多くの仮定の下で実施しており、実橋における土砂化発生要因を網羅したものではない。引き続き、多岐にわたる土砂化発生要因に対し、土砂化発生過程に関する実験データの蓄積を進めるとともに、実橋の調査を通して試算結果の妥当性を検証していきたい。

謝辞：床版の応力頻度推定に当たり、国土交通省北海道開発局函館開発建設部、旭川開発建設部、室蘭開発建設部より、実橋での応力計測データをご提供いただきました。ここに付記し、関係各位に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 嘉瀬由葉，古川智也，高橋佑弥：実道路橋梁を対象とした床版土砂化予測に基づく予防保全的維持管理の提案，コンクリート構造物の補修，補強，アップグレード論文報告集，第22巻，pp.523-528，2022.
- 2) 角間恒，仁平陽一郎，丸藤大樹，畠山乃：床版土砂化発生までの実時間スケールの評価に向けた一検討，寒地土木研究所月報，No.862，pp.37-43，2024.
- 3) 角間恒，仁平陽一郎，畠山乃：模擬損傷部材による寒冷地特有の損傷が進行した実橋床版の損傷性状に関する再現実験，コンクリート構造物の補修，補強，アップグレード論文報告集，第23巻，pp.479-484，2023.
- 4) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅱ鋼橋・鋼部材編，2017.
- 5) Miner, M. A. : Cumulative damage in fatigue, Journal of Applied Mechanics, Vol.65, 99.A159-A164, 1945.

3D都市モデル（PLATEAU）を活用した “動く”水害リスク情報による水災害の自分事化

下村魁晟¹・若林ゆきこ¹・小林優衣¹

¹信濃川河川事務所 流域治水課（〒940-0098 住所 新潟県長岡市信濃1丁目5番30号）

流域治水の推進に向けて、信濃川の水害リスクについて3D都市モデル（PLATEAU）を活用し、動く水害リスク情報により、浸水の進行過程等を把握できる表示ツールの開発を行った。ツール開発にあたっては、水害リスクの認知、理解促進及び避難行動の支援に資することを目的に、水害リスクの可視化方法を検討した。開発したツールの活用に向け、長岡市職員、中学生等にツールを使用していただいた上で、ヒアリングを実施し、ツールの評価を整理した。

キーワード 流域治水、3D都市モデル、防災教育、水災害の自分事化

1. はじめに

近年、気候変動の影響により水害が頻発化・激甚化しており、2019年東日本台風や2020年7月豪雨など、全国各地で甚大な浸水被害が発生している。

水防法において、国土交通省または都道府県は、洪水浸水想定区域図を作成・公表すること、市町村は、洪水ハザードマップの作成・周知を行うことが定められ、水害リスクに関する情報提供が進められている。

また、国土交通省では、国や流域の自治体、企業・住民等、流域全体のあらゆる関係者が協働して治水対策に取り組む「流域治水」を推進している。加えて、流域治水の推進に向けた普及施策の行動計画¹⁾を公表しており、主体的に水災害リスクを認識し、自分事として捉え、流域治水に取り組む住民や企業などを増やすための取組を進めているところである。

このような背景の下、信濃川河川事務所では、水災害の自分事化に資することを目的に、PLATEAUを使用した3D都市モデル上に、浸水域や浸水深、時系列の浸水の広がり等を可視化する表示ツールの開発を行った。なお、表示ツールの開発は、新潟県長岡市を対象に行った。

PLATEAUは国土交通省が主導する日本全国を対象に3D都市モデル化をするプロジェクトである。現在、約250の都市で都市空間に存在する建物等を3次元で再現したモデルの整備が進められ、誰もが自由に都市のデータを活用できるようにオープンデータとして提供されている。

なお、河川事務所による3D都市モデルを活用した浸水深や浸水域の水害リスク等の時間的な推移の可視化は、全国で初めての取組である。

本稿では、今回の表示ツール開発の目的や開発内

容、表示ツールの活用評価及び今後の展望・課題について報告する。

2. 信濃川の水害リスク情報に関する現状・課題

(1) 信濃川河川事務所における主な取組

信濃川河川事務所では、水害リスク情報として、洪水浸水想定区域図を作成・公表している他、流域治水の取組を推進するため「多段階の浸水想定図」、「水害リスクマップ」を作成・公表している。また、「出水をもたらす気象特性」など地域固有の情報についても過去のデータ等から整理し、周知を行っているが、さらに、水災害の自分事化に資する取組の深化を図る必要がある。

(2) 長岡市における主な取組

長岡市では、信濃川が氾濫した場合、市街地の大部分が浸水し、多くの市民の避難が必要となるため、市の避難場所だけでは浸水想定区域内の住民全員を受け入れられない。そのため、「浸水しない場所への車等での避難や、自宅の上の階への避難を優先的に考える。それができない場合は市が開設する避難場所へ避難する」という「長岡方式の避難行動」を定め、洪水ハザードマップ²⁾等への記載等により住民への周知を行っている。

(3) 水害リスク情報の提供に関する課題

洪水時の円滑かつ迅速な避難の確保、水害リスクの理解促進や流域治水の自分事化を図る上で、以下のような課題があると考えられる。

- ・公表されている洪水浸水想定区域図や洪水ハザードマップは2次元の平面情報であり、浸水深や浸

水域の時系列的な変化を視覚的にイメージすることが難しい。

- ・「長岡方式の避難行動」では、住民が自宅等の浸水状況を確認し、避難行動を判断する必要がある。そのためには、任意地点の具体的な浸水深、浸水するまでの時間、通行可能な避難ルート等を確認できることが望まれる。しかし、ハザードマップで、これらの情報を十分に把握することが難しい。
- ・紙媒体のハザードマップでは情報が一方通行であり、防災講座や防災教育等において、住民等が自ら操作等をして、知りたい情報を得ることが難しい。

3. ツール開発の目的

2-(3)の課題を踏まえ、今回の表示ツール開発は水災害の自分事化に資するように、以下の3つを目的として設定した。

(1) 水害リスクの認知

信濃川河川事務所の防災講座や長岡市の防災教育等において、表示ツールを活用して水害リスクを認知してもらうことを目的とした可視化とする。また、簡易な操作で、身の回りの水害リスクを認知できるように、タブレット等で表示ツールを操作できるようにする。

(2) 水害リスクの理解促進による自分事化

水害リスクの理解、流域治水の自分事化を促進するため、水害リスク情報を立体的に表示することで、直感的に浸水の危険性を把握できるようにする。また、時系列の浸水を表示することで、浸水の進行過程や進行速度を把握できるようにする。

(3) 避難行動の支援に資する情報の提供

避難行動時に“自ら”考える（行動する）上で、必要な情報を提供するため、任意地点からの避難場所の位置や、浸水状況を踏まえた通行可能な避難ルートを確認できるようにする。

4. ツール開発の内容

水害リスクを可視化する表示ツールの開発にあたっては、WebGISであるCesiumをプラットフォームとした。このプラットフォーム上に、長岡市域の3D都市モデルと、浸水想定区域や時系列の浸水深等のデータを重畳して表示するツールを開発した。なお、長岡市域の3D都市モデルは、国土交通省が推進するPLATEAUの一環として整備されたデータ、浸水想定区域等は信濃川河川事務所が作成したデータを用いている。

表示ツールには、「『しな』のがわを身近に『み

る』(みやすい)ように」親しみを持って活用してもらえるよう「しなみる3D」と名付けている。

以下では、開発した表示ツールの具体的な機能と開発にあたっての工夫について紹介する。

(1) 任意地点における浸水状況の表示

住民等が自宅等の任意地点で浸水深等の水害リスクを容易に確認できるようにするため、表-1に示すデータ・付帯機能を表示ツールに実装した。主な開発内容である、a)プラットフォーム上での3D都市モデルの構築、b)時系列の浸水想定区域の表示、c)多段階の浸水想定区域の表示について詳述する。

表-1 任意地点における浸水状況の表示に係る開発内容

項目	主な開発内容
建築物データ	・ランドマーク施設を対象に、壁面等の詳細テクスチャ付のLOD2相当データを作成
表示データ	・多段階の浸水想定区域図 ・水害リスクマップ ・時系列の浸水深推移 ・中小河川と信濃川の時系列の浸水深推移 ・過去の浸水実績
付帯機能	・自宅等の任意地点を検索する機能 ・任意地点の浸水深を表示する機能

a) プラットフォーム上での3D都市モデルの構築

プラットフォーム上において、長岡市中心部の建築物モデルに、航空写真をテクスチャとして貼付し、見慣れた風景を表現することで、表示ツールの使用者が、自宅等の場所を容易に認識できるようにした。また、住民が日頃から見慣れている主要ランドマーク施設（例：駅、市役所、病院、大学など）については、現地撮影による詳細な壁面をテクスチャとして貼付し、見慣れた風景をよりリアリティを高くして表現するようにした。以降、本稿では、これを「3D都市モデル」とする。この3D都市モデルに、浸水想定区域図等の浸水データを表示させることで、浸水が到達する高さ等を直感的に把握することができ、避難の難易さや具体的な避難方法のイメージが持てるよう工夫した。図-1にPLATEAUでの公開データに詳細テクスチャの貼付例を示す。

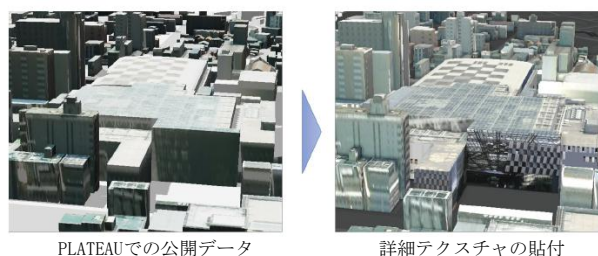


図-1 PLATEAUデータに詳細テクスチャの貼付例
(長岡市役所 アオーレ長岡)

b) 時系列の浸水想定区域の表示

“動く”水害リスク情報を表現するため、3D都市モデル上に、信濃川の浸水想定区域図（想定最大規模）の作成において、計算された破堤点ごとの時系列浸水メッシュデータを表示させ、浸水深と浸水域

の推移を把握できるようにした。図-2に時系列の浸水深の推移を表示した例を示す。本表示ツールでは、代表的な8つの破堤点の浸水について把握可能となっており、破堤点は、前項a)で対象としている主要ランドマーク施設の浸水の様子を表現できる地点や、市街地中心部の周辺で流下能力が小さい地点などの観点から、選定している。

また、中小河川が氾濫し、その後、信濃川が氾濫して浸水の広がる過程を表現するために、中小河川及び内水、信濃川の浸水想定データを重ね合わせたデータを作成し、表示ツールで表示できるようにした。



図-2 時系列の浸水深推移表示例

c) 多段階の浸水想定区域の表示

3D都市モデル上には、信濃川の浸水想定区域図（想定最大規模・計画規模）に加え、浸水発生頻度が低頻度から高頻度までの段階に応じた多段階の浸水想定図の一部を表示するようにした。図-3に多段階の浸水想定を表示例を示す。

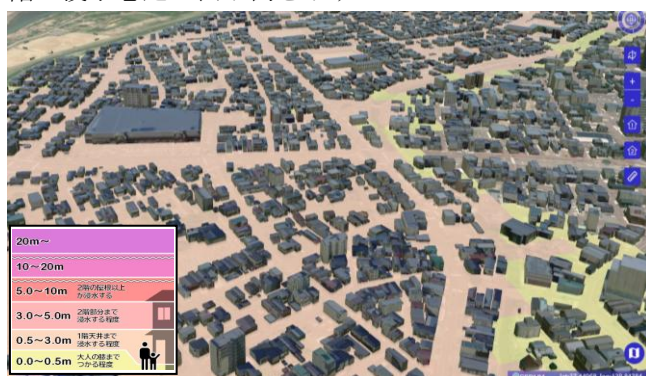


図-3 多段階の浸水想定を表示例

(2) 避難行動の判断を支援する情報の表示

住民等が避難行動（避難場所、避難ルート等）を判断するための参考情報を提供することを目的に、表-2に示すデータ・付帯機能を実装した。主な開発内容である、a) 長岡市の避難場所の表示、b) 任意地点間の経路・距離・時間の計測機能について詳述する。

表-2 避難行動の判断を支援するための主な開発内容

項目	主な開発内容
表示データ	・長岡市の避難場所（垂直避難可能） ・浸水想定区域外の浸水しない道路 ・その他のハザード情報（家屋倒壊等氾濫想定区域、土砂災害警戒区域） ・洪水時危険箇所（アンダーパス、橋等）
付帯機能	・任意地点間（例：自宅から避難場所まで）の経路・距離・時間の計測機能

a) 長岡市の避難場所の表示

氾濫発生時においては、避難場所が浸水深によって使用困難となることが想定される。そのため、住民等が避難場所を検討する際の参考となるよう避難場所の利用判定について、情報を表示できるようにした。利用判定は、指定緊急避難場所となっている施設の高さ（階数）と浸水想定区域図におけるその場所の浸水深の比較から、判定している。図-4に避難場所の情報の表示例を示す。



図-4 避難場所の情報の表示例

b) 任意地点間の経路・距離・時間の計測機能

住民等が自宅から避難場所等までの避難ルートを検討する際の参考となるように、任意地点間の経路を指定し、その間の距離及び徒歩で移動する場合の所要時間を計測し、表示する機能を付加した。図-5に経路の指定、距離、所要時間の表示例を示す。



図-5 経路・距離・時間計測機能の表示例

(3) 防災教育の素材提供

信濃川河川事務所の防災講座や長岡市の防災教育等での活用を想定し、簡易な操作で身の回りの水害リスクを認知するため、タブレット等で表示ツールを操作できるようにした。さらに、地元説明や学校教育での利用において、インターネット環境がない場合を想定し、表示ツールが表示する一部の浸水状況等について、360度VR動画を作成した。

表-3に開発内容、図-6に360度VR動画、図-7にランドマーク施設の360度VR動画の表示例を示す。

表-3 防災教育の素材提供のための主な開発内容

項目	主な開発内容
付帯機能	・タブレットでの利用を想定したユーザーインターフェースの構築 ・ツールの操作方法、用語解説の表示 ・鳥瞰視点、歩行者視点での表示
動画作成	・主要施設周辺における時系列の浸水深推移を可視化した、ナレーション解説付きの360度VR動画 ・ツールを活用してランドマーク施設周辺の浸水深推移を表示した動画



図-6 360度VR動画の表示例

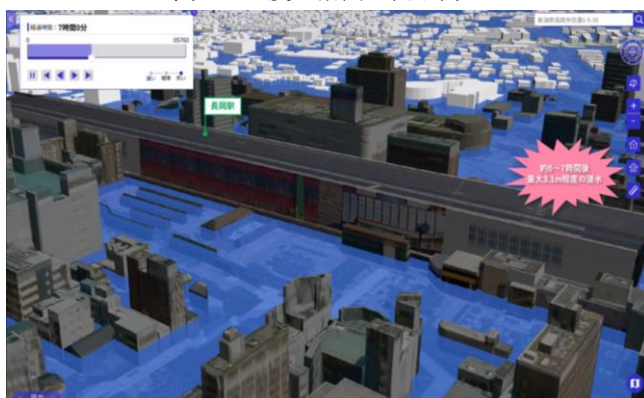


図-7 ランドマーク施設の浸水動画の表示例

5. ツールの活用・評価

開発したツールが、事前防災の強化に資すること、幅広い場面での活用を資すること、を確認するため長岡市職員、地元町内会、中学生に表示ツールの試用、360度VR動画の視聴をしていただき、ツール、動画の有効性等をヒアリングした。以下にヒアリングの内容等について、紹介する。

(1) 長岡市職員の活用・評価

長岡市において、防災教育担当の危機管理防災本部、日常的に道路等の公共施設を維持管理する土木部の職員に表示ツールの試用と360度VR動画の視聴をしていただいた（写真-1）。長岡市職員によるタブレットを用いた表示ツールの試用、360度VR動画の視聴についてのヒアリングから得られた主な意見は、以下のとおりである。

- ・現状は水害に対する学習機会が少ないため、今回開発したツールや動画が活用できる。
- ・時系列の浸水深を立体的にイメージできるため、避難行動を検討する際に効果的である。
- ・学校の防災教育での活用を想定し、ツールを活用した学習プログラムの提案があるとよい。
- ・下水道施設の防水対策の参考になる。
- ・地元町内会の現場見学などでも360度VR動画が活用できる。



写真-1 長岡市職員のツール操作の様子

(2) 地元町内会の活用・評価

地元町内会主催の現場見学会において、防災教育の取組として、本表示ツールを用いて作成した360度VR動画を視聴していただいた（写真-2）。参加者からは「自宅でも見られるようにしてほしい」など、住民による水災害の自分事化に繋がるコメントを受けることができた。

現場見学会における防災教育を担当した長岡市土木部からは、今後も360度VR動画を含め、表示ツールの活用に取り組んでいきたいという評価を受けた。



写真-2 長岡市実施の地元見学会でVR動画視聴の様子

(3) 中学生の活用・評価

長岡市内の市立中学生が校外学習において、妙見記念館に来館した際に、信濃川河川事務所が行う防災活動の紹介の一部として、タブレット端末を用いた表示ツールの試用(写真-3)と360度VR動画の視聴(写真-4)をしていただいた。

5-(1)におけるコメント「ツールを活用した学習プログラムの提案があるとよい」を受け、具体的な学習プログラムを検討するため、中学生を2グループに分け、それぞれがタブレットによる表示ツールの試用と360度VR動画視聴の体験を入れ替え制で実施することとした。参加した中学生から以下の意見があった。

- ・紙で見るより浸水がイメージしやすい。(タブレット操作)
- ・タブレット操作時に、自分がどの方向を向いているのか分かりやすくするために、目的地の位置関係が把握できるよう、画角外のランドマーク施設の方向を示す矢印表示があると方向操作がしやすい。(タブレット操作)
- ・堤防付近は、すぐに浸水してしまうことが分かり、大雨が降ると危険性があることを知った。(タブレット操作)
- ・時間経過につれ、水が上がっていく様子がイメージしやすかった。(タブレット操作/動画視聴)

体験した生徒の反応は、体験の順序で違いがあり、動画視聴後にタブレット操作を実践したグループは、危険性を認知した上で、操作を行うこととなるため、「この箇所はどうなるか？」と積極的に水害リスクを確認する操作をしていた。今回の事例をもとに、自治体主導での防災教育の場で活用しやすい学習プログラムの提案に取り組んでいきたい。



写真-3 中学生によるツール操作の様子



写真-4 中学生の360度VR動画視聴の様子

6. 今後の展望・課題

開発した表示ツールは、主に水害リスク情報の提供や理解促進として、防災教育等の場面で活用されるものであり、河川管理者が防災教育として使用、自治体を通じた住民等への情報提供の場面での活用を想定したものである。

流域治水の自分事化に向けては、①知る(水害リスクを認識する)、②自分事と捉える(水害リスク対策を考える)、③行動する(的確に行動する)という3つのステップが重要とされている。このステップに基づき、今後のツール活用方法を整理し、効果的な防災教育の素材となるよう検討・実証を進めていく必要がある。

将来的には、流域のあらゆる関係者(河川事務所、県・市町村、住民・企業等)が情報を共有・活用できるプラットフォームとしての活用やワンコイン浸水センサ等のリアルタイム情報との連携により、平常時だけでなく発災時や復旧・復興時における対策判断の支援や、自治体とのホットラインなど関係者間でのリスクコミュニケーションツールとしての活用も考えられる。

引き続き、防災教育等でのツールの活用促進や、流域全体の関係者に向けたツールの活用方法の拡大等に向けて、検討を行っていきたい。

謝辞：本業務の実施にあたり、長岡市関係部局および業務委託受注者の株式会社オリエンタルコンサルタンツの皆様にご協力いただいたことに感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 水害リスクを自分事化し、流域治水に取り組む主体を増やす流域治水の自分事化検討会：水災害を自分事化し、流域治水に取り組む主体を増やす総力戦の流域治水をめざして」提言，令和5年8月
- 2) 長岡市：長岡市洪水ハザードマップ，令和4年3月更新

ETC2.0を用いた渋滞情報提供の 精度向上に関する取組

入江 桃子¹・西野 晋二¹・亀谷 貴之²

¹本州四国連絡高速道路株式会社 保全部 電気通信課（〒651-0088 兵庫県神戸市中央区小野柄通4-1-22）

²本州四国連絡高速道路株式会社 神戸管理センター施設課（〒655-0852 兵庫県神戸市垂水区名谷町549）

ETC2.0は、路側に設置された通信アンテナ（図-1. 以降、ITSスポットと記載）と車載器が双方向通信を行うことで情報提供・収集を行うことができる。収集したデータには車両の走行速度等の情報が含まれ、交通管制業務や交通解析に使用するが、データはITSスポット通過時に収集するため、ITSスポットの配置距離等により、情報の収集にタイムラグが発生してしまう。

今回、AI補正機能を追加し、リアルタイム交通状況を予測することが可能となった。これは早期の渋滞把握、渋滞情報提供の精度向上に寄与するものである。本稿では、ETC2.0及びAI補正機能の仕組みについて述べるとともに、AI補正機能の精度検証結果について報告する。

キーワード ETC2.0, AI, リアルタイム, 渋滞, 情報提供, プローブデータ

1. ETC2.0の概要と課題

(1) ETC2.0の概要

ETC2.0では、従来のETCシステムによる「料金収受」機能に加え、「渋滞回避支援」「安全運転支援」「災害時支援」といった情報提供や、特定区間での割引といった新サービスを受けることができる。また、ETC2.0利用者に対してのサービスだけでなく、利用者から車両の走行速度や車両位置の緯度経度（移動位置情報）といった走行履歴データ及びハンドル操作や急ブレーキ等の挙動履歴データを収集することができ、収集したデータ（以降、プローブデータと記載）は交通管制業務や交通解析に使用する。

ETC2.0は、路側に設置されたITSスポットと、ETC2.0対応車載器が双方向通信を行うことで情報提供・収集を行う。車載器はカーナビゲーションと連動して図形、画像及び音声情報等を提供するものが主流である。



図-1 ITSスポット

(2) ETC2.0の変遷

ETC2.0は、カーナビゲーションと高速・有料道路のETC利用料金収受を連携可能にする、VICS、ETCの機能が一体となったシステムである。ETC2.0利用率は、国土交通省発表のETCの利用状況³⁾によると、2025年7月時点で37.8%となっている。（図-2）ETC2.0は普及途上ではあるものの、利用率は毎年増加傾向にあり、今後サービスの拡充やETCセキュリティ規格の変更に伴い普及が更に進むものと考ええる。

(3) ETC2.0による情報提供・収集

(1)で述べたとおり、ETC2.0はITSスポットと車載器が双方向通信を行うことで情報提供、収集を行うことができる。（図-3）

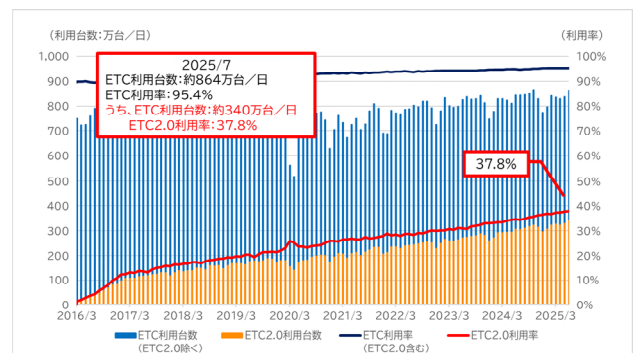


図-2 ETCの利用状況

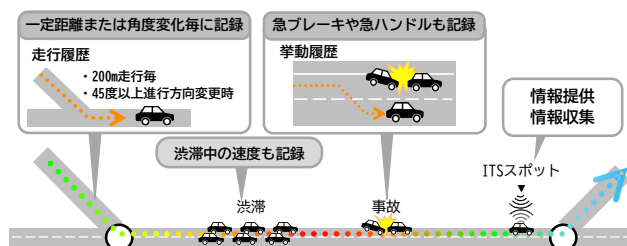


図-3 ETC2.0による情報提供・収集

情報提供内容としては、図形及び音声にて最大約1,000km先の道路交通情報を提供することができ、利用者は長距離ドライブの場合でも早期に遠方までの目的地付近の情報を把握することができる。また、情報を車載器に蓄積し、ITSスポットのないジャンクション分岐やトンネル等、予め設定した場所でも情報提供することが可能である。この機能により、例えばITSスポット通過後に登坂のサグ部手前に到達したタイミングで速度低下注意情報を提供することなどが可能である。

収集できるプローブデータとして、走行履歴には時刻、緯度経度、道路種別等のデータが記録されており、200m走行毎もしくは45度以上の進行方向の角度変化があった場合にデータとして蓄積する。挙動履歴情報には、時刻、緯度経度、道路種別に加え、進行方向、速度、加速度、ヨー角速度が記録される。挙動履歴情報にはデータを蓄積する閾値が設定されており、前後加速度が $-0.25G$ 以上、左右加速度が $\pm 0.25G$ 以上、ヨー角速度が $\pm 8.5\text{deg/s}$ といった場合にデータ蓄積される。

(4) ETC2.0の課題

ETC2.0の課題としてITSスポット間の距離があり、ITSスポットと車載器の通信時（通過時）に情報収集を行う仕組み上、情報収集にタイムラグが発生することが挙げられる。高速道路においては、通常、ITSスポットをジャンクションの手前も含め、概ね10～15kmおきに設置するが、図-4のとおり、その間でプローブデータが収集されるまでに時間を要する箇所がある。

今回整備したAI補正機能では「時速40km/h以下で低速走行あるいは停止発進を繰り返す車列が1km以上継続した状態」を渋滞の定義としているが、時速40km/hの車両の場合、10km離れたデータは15分遅れで収集され、タイムラグのある渋滞情報を提供している。また、渋滞が悪化するほどITSスポットに到達するまでにかかる時間は長くなり、情報収集のタイムラグは大きくなる。タイムラグを改善し、プローブデータを基にした精度の高い渋滞情報を提供するため、今回、AI補正機能を追加した。AI補正機能により、受信前のプローブデータを予測し、渋滞情報をリアルタイムに把握することが可能になった。ETC2.0のその他の課題としては、ETC2.0利用率は約40%と普及途上であることや、本四高速においては、全ての

ジャンクションやインターチェンジ手前にITSスポットが設置されているわけではなく、情報提供やプローブデータの収集ができない区間が存在することなどが挙げられる。

2. 本四高速におけるETC2.0とAI補正機能

(1) 本四高速のETC2.0

本四高速のETC2.0のシステム構成を図-5に示す。ITSスポットと接続し情報提供・収集を行う設備として、ITS中央局がある。走行車両から収集したプローブデータは本四高速内で解析を行うほか、国土交通省等の関係機関にも送信されている。

本四高速内でプローブデータを解析するために、プローブ解析設備がある。プローブ解析設備は2022年度に整備され、当初はITS中央局設備からのプローブデータのみを基に解析を行っていた。今回AI補正機能で交通量及び交通規制等のイベントデータを使用するため、また、今後、プローブ解析結果を基にした渋滞情報を道路情報板で提供するため、交通管制中央局との接続を追加している。なお、図中の太線部分は今回のAI補正機能追加に関する改修を行った箇所である。

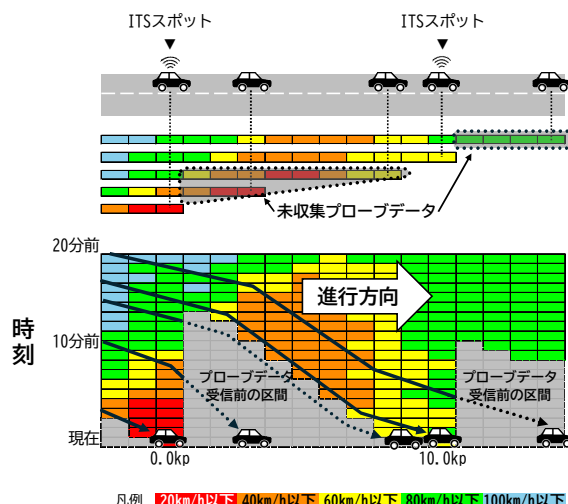


図-4 タイムラグの発生

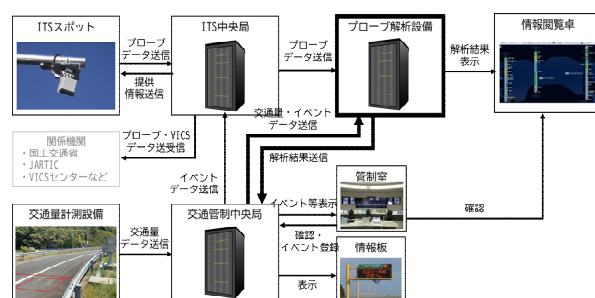


図-5 システム構成

(2) AI補正機能とAI学習によるデータ補正

a) AI補正機能の仕組み

AI補正機能では、プローブデータによる実際の渋滞パターンを学習することでプローブデータを受信していない区間の情報をシミュレートし、リアルタイムなデータとして加工、交通状況の予測を行う。以下に事前学習とリアルタイム予測について説明する。

b) 事前学習

プローブ解析設備は1日毎に自動で前日1日分の交通量データ、イベントデータ（車線規制、事故等の交通状況）、プローブ走行履歴を学習用データとし、KV（交通密度－車両速度）パラメータ及びCA（セルオートマトン）パターン（図-6）の学習を行う。

KVパラメータとは交通密度K（台/100m）と車両速度V（km/h）の関係性を学習したもので、交通量データから得られる交通量Q（台/分）と車両速度Vをもとに自由流と渋滞流の交通密度Kを算出している。

CAパターンとは過去の渋滞状況とその時の交通状況、上流からの流入交通量（交通密度）との関係性を学習したものである。

c) KVパラメータ及びCAパターンを用いた予測

最新の交通量データとKVパラメータから、流入交通量を算出する。最新の渋滞イベントデータ、プローブ走行履歴及び流入交通量を基に、過去の学習データで最も近似するCAパターンを検索する。検索されたCAパターンによって、過去時間帯からプローブデータ未受信区間の状況を予測し埋めていくことで、リアルタイム交通状況を予測する。（図-7）

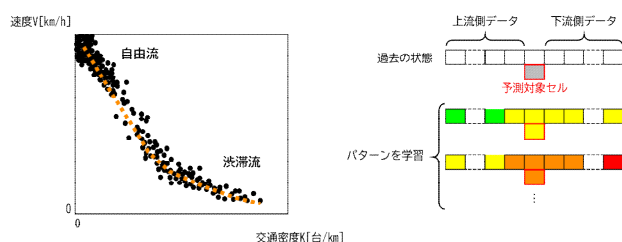


図-6 KVパラメータ（左）及びCAパターン（右）のイメージ

(3) AI補正精度の検証

プローブデータを基にした精度の高い渋滞情報を提供するため、AI補正機能を追加しリアルタイムの交通状況を予測することが可能となったが、予測結果がどの程度正確か、今年度のゴールデンウィーク期間のデータを用いて、所要時間と渋滞把握に着目し検証を行った。

a) 検証区間

AI補正機能では、プローブデータによる実際の渋滞パターンを学習することでプローブデータを受信していない区間の情報をシミュレートし、リアルタイムなデータとして加工、交通状況の予測を行う。以下に事前学習とリアルタイム予測について説明する。

b) 所要時間精度

まず、実測値（収集されたプローブデータによる値）と補正值（AI補正機能により予測された値）の比較を行う。

図-8にプローブ解析によって求められた布施畑JCT～西淡三原IC間の所要時間（実測値、補正值）を示す。本稿では、渋滞ピーク付近を渋滞流、渋滞の立上り・立下り付近を混雑流と定義し、それぞれで実測値と補正值の誤差率を求めた。プローブ解析による所要時間は、渋滞流では平均誤差率が13.1%、混雑流の誤差率が10.1%であった。図からは、渋滞延伸時には所要時間が短く、渋滞縮小時には所要時間が長く予測されている箇所が多いことがわかる。

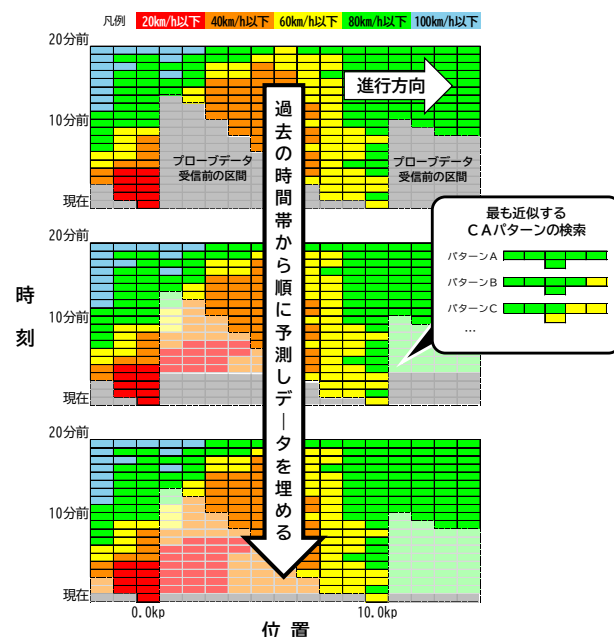


図-7 CAパターンによる予測

次に、既存設備との比較を行う。既存設備を用いた所要時間把握の方法として、埋設ループ式交通量計測データによる把握がある。交通量計測データにより算出された所要時間とAI補正機能により予測された所要時間を比較した結果、AI補正機能による所要時間把握精度は交通量計測と同等以上という結果が得られた。（図-9）

交通量計測データは計測設備設置箇所ピンポイントの情報だが、プローブデータは連続した情報であり、より正確で、情報量が多いため精度が向上したものとする。

c) 渋滞イベント精度

プローブ解析渋滞イベントの実測値（収集されたプローブデータから検出された渋滞）と補正值（AI補正結果から検出された渋滞）を比較する。図-10に示すグラフは横幅が渋滞長を表しており、例えば22時のデータでは、実測値によると垂水JCTから北淡IC付近まで渋滞が発生している。補正值では垂水JCTから北淡ICと津名一宮ICの間地点付近までが渋滞と判定されている。

図中の黒太線で囲った箇所は実測値と補正值が一致している箇所である。補正值の渋滞再現率（渋滞が発生している箇所を渋滞と判定できた率）は95%、渋滞適合率（渋滞と判定した箇所のうち、実際に渋滞が発生していた率）は92%であった。図からは、渋滞初期や渋滞縮小時に誤差が発生していることが読み取れる。

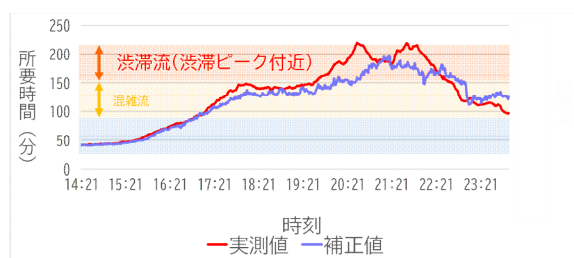


図-8 所要時間比較（実測値，補正值）

d) 精度低下要因の考察

AI補正精度の低下について、事故等の突発事象による渋滞が要因の一つと推察し、所要時間（実測値）の増加により誤差が大きくなっている時間帯の突発事象有無を交通管制イベント履歴より確認した。

イベント履歴によると、19:29～21:10に舞子トンネル内第一走行車線にて故障車が発生しており、これは所要時間（実測値）が増加した時間帯と概ね一致している。

（図-11）一方で、21:25～22:00頃にも所要時間（実測値）が増加しているが、こちらについては所要時間が増加するような事象は確認できなかった。

突発事象による誤差については、今後AI学習を継続することで精度向上していくものとする。精度低下要因が判明していない箇所については、要因となった事象を特定し、AI学習対象に取り込むことができれば精度向上するものとする。

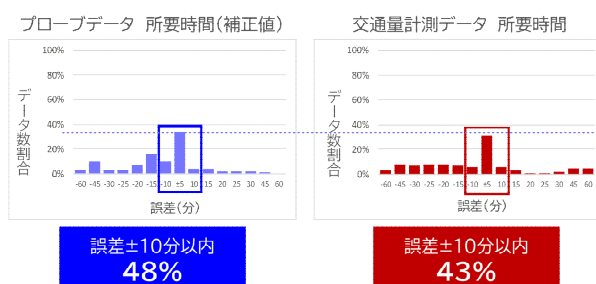


図-9 所要時間比較（補正值，交通量計測データ）

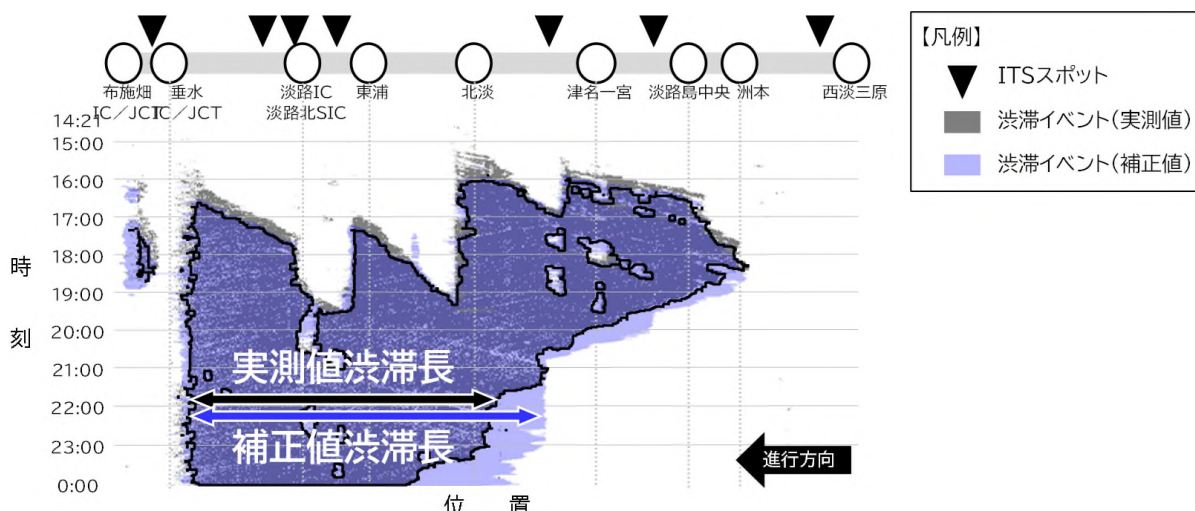


図-10 渋滞イベント比較（実測値，補正值）

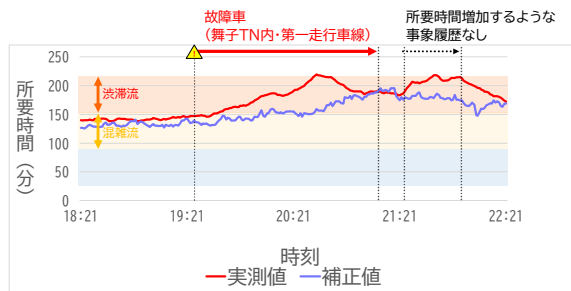


図-11 所要時間の増加と発生事象

e) AI補正機能の自動学習の継続

今回の取組で整備したAI補正機能には、予測精度を向上するためのAI自動学習機能を実装しており、現在も1日1回のAI自動学習は継続して動作している。学習を行うほど予測に使用するCAパターンが蓄積、更新され、精度は向上する。現在、夏季繁忙期間のデータを用いて精度検証を実施しており、今後、年末年始期間においても再度精度検証を行い、引き続き精度の向上有無の確認を継続していく。

(4) 路線端における渋滞イベント検知の課題

検証を行うなかで、路線端において確認された渋滞イベント誤検知について報告する。

最終ITSスポットから路線端までの区間は、通常はプローブデータが収集できない。しかし、今回の検証で、部分的に路線端のプローブデータが収集されており、そのデータにより渋滞誤検知が発生していることが判明した。

一例として、図-12に神戸淡路鳴門自動車道下り線路線端（鳴門北IC～鳴門IC）を示す。神戸淡路鳴門自動車道下り線の最終ITSスポットは85.779KPに設置されており、鳴門ICまでの区間（85.779KP～89KP）は通常、プローブデータが収集できないが、丸枠（実線）で囲ったとおり部分的に収集されているデータがある。また、丸枠（破線）で囲ったとおり渋滞誤検知が発生している。

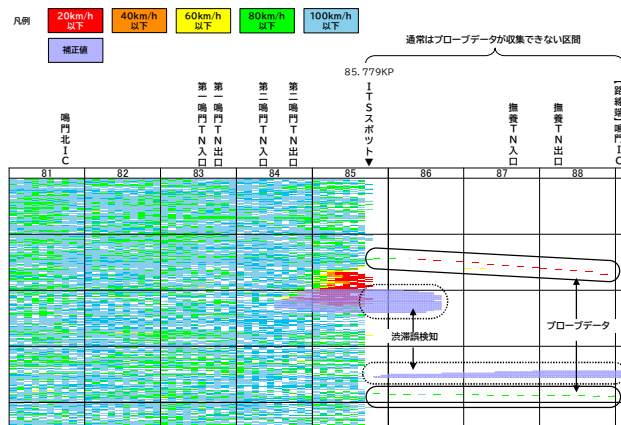


図-12 路線端における渋滞誤検知

路線端のプローブデータは、短期間でUターンした車両から収集されたものであることが確認できた。例えば図-13のとおり、上り線を走行した車両がUターンして下り線のITSスポットに到達した際に、上り線路線端のプローブデータが収集されている。

短期間でUターンする車両としては、道路維持作業車両、管理隊車両、警察車両、路線バス等が考えられる。該当する車両は台数が少なく、プローブデータのリアルタイム性もないことから、AI補正機能の精度に及ぼす影響が大きく、渋滞誤検知が発生している。

解決方法として、路線端においては既設埋設ループ式交通量計測データを用いて渋滞予測を行うことを検討している。なお、Uターン車両のプローブデータを除外することも案として考えられるが、他機関の道路維持作業車両等の車両IDの把握が困難なこと及び警察車両の車両IDが不明（開示不可）のため、車両ID以外の要素での除外もしくは除外以外の解決方法の検討が必要である。

3. 今後の計画

(1) プローブ解析結果を基にした道路情報板での情報提供

今後、AI補正機能により予測されたリアルタイム交通状況をもとに、交通管制システムから道路情報板へ渋滞情報提供の制御（自動／半自動）を行う機能を追加予定である。また、これまでの提供内容に加え、所要時間や渋滞の伸縮傾向（延伸／縮小）をシンボルで表示する情報を提供することを予定しており、利用者の行動選択の一要素になると考える。（図-14）

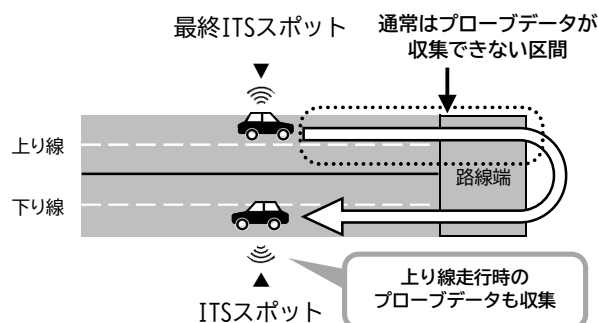


図-13 Uターン走行によるプローブデータ収集

(2) ETC2.0情報提供内容の改修

今回、精度検証の対象とした区間のうち、上り線の垂水JCT分岐～舞子トンネル付近は垂水JCTの垂水第二料金所方向（第二神明道路及び阪神高速3号神戸線方面）へ向かう交通量が多く、舞子トンネル内のサグ部の影響により、渋滞が発生しやすい。今年度7月に、上り線の垂水JCT～津名一宮ICの間でETC2.0を活用して垂水JCT分岐部の渋滞発生情報やサグ部の速度低下の注意情報（図-15）を提供するよう改修を行っており、渋滞車線の回避や経路変更の意識付けとなり渋滞軽減につながるか、繁忙期間等のデータを利用して利用者の行動変容を検証する。

この行動変容を検証して、詳細な渋滞発生情報やサグ部の注意情報による情報提供の効果を確認し、今後、道路情報板での情報提供の追加や渋滞予測技術の高度化に向けた検討を進める。

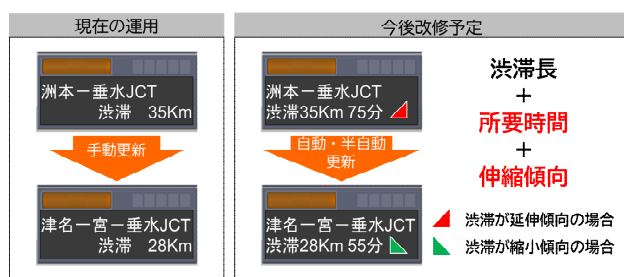


図-14 道路情報板による精度の高い渋滞情報の提供



図-15 提供優先順位の変更及び提供情報の追加

3. まとめ

本稿では、ETC2.0の課題を解決するためのAI補正機能追加について述べた。AI補正機能によりリアルタイム交通状況を予測することが可能となり、渋滞の早期把握、渋滞情報精度向上に寄与するものとなったものと考えられる。

AI補正精度については、5月5日（月）神戸淡路鳴門自動車道上り線 布施畑JCT～西淡三原IC間のデータで検証を行った結果、所要時間については、交通量計測データから算出する場合より誤差が少なくなった。渋滞イベントについては、再現率、適合率ともに90%以上であった。精度低下の要因としては突発事象の学習不足や路線端における誤検知と推察される。

現在、管制室で作成する渋滞イベントは、管理隊からの現地渋滞情報等により手入力で作成しており、プローブ解析設備AI補正機能を利用することで、管制室及び管理隊の負担軽減に繋がることが期待できる。また、道路利用者への精度の高い情報提供により早期の渋滞解消・混雑緩和などに繋がることが期待できるため、学習データの蓄積による精度向上の有無を引き続き確認するとともに、精度向上に必要な改修の検討や更なる渋滞対策検討に取り組んでいく所存である。

参考文献

- 1) 国土交通省：ETCの利用状況,
<https://www.mlit.go.jp/road/yuryo/etc/riyou/index.html>, 2025.10

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。

鹿児島県始良市での断水の際に8月9日から15日まで約1週間程現地に出動し給水活動を行った実績がある。

3. 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。訓練相手として上下水道局を選定した理由としては、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。

2. 散水車について

今回の訓練で使用した散水車の機能や実績について紹介する。

(1) 車両概要

散水車とは主に水を道路に撒いて路面を綺麗にする車である。しかし、当事務所の散水車は給水機能付き散水車として運用しており、災害時に被災者の方々等に給水活動を行う車として所有している。その関係上、路面の洗浄には使用せず、衛生面を考慮し、年に一度タンク内の消毒を実施し、災害時に使用している。

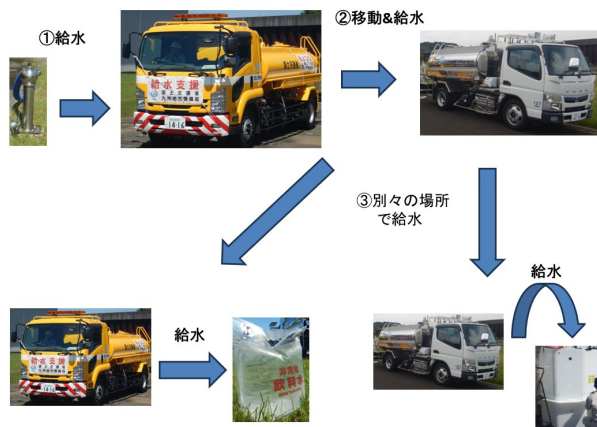
(2) 出動実績

当事務所で所有する散水車は、令和6年能登半島地震の際に1月15日から2月22日まで約1ヶ月程、

(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の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。

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。訓練の流れを図一1、写真一1、写真二、写真三に示す。



図一1 訓練図



写真一3 給水袋への給水



写真一1 散水車への給水

(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お協力頂いた。選定理由として、大規模な山火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を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



写真一2 給水車への給水

す。



図一2 訓練図



写真一4 散水車への給水



写真一5 消防ポンプ車への給水



写真一6 簡易水槽への給水

(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、水圧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。

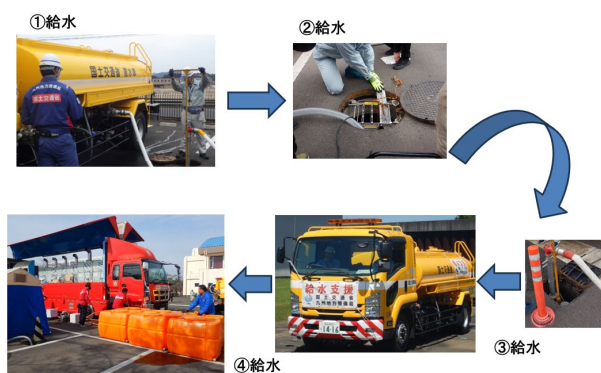


図-3 訓練図



写真-9 給水タンクへの給水



写真-7 簡易水槽への給水



写真-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。

5. 今後の展望

今後の訓練の展望について、TKB^①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。

総括して、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：九州地方整備局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頂いた。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」

山岳トンネルの変状の診断精度向上に向けた 施工時情報の活用と引継ぎ

菊地 浩貴¹・日下 敦¹・高津 知也¹

¹国立研究開発法人 土木研究所 道路技術研究グループ（〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6）

供用中の山岳トンネルで生じる外力による変状は、進行すると構造安定性に重大な影響を及ぼす場合が多い。その対策は構造的な補強を要するなど大規模になりやすく、通行規制を伴うことから社会的影響も大きい。したがって、変状の予兆を早期に捉え、速やかに適切な対策を講じることが重要である。本研究では、変状の診断精度向上を目的に、外力による変状が顕在化したトンネル事例を分析し、変状発生と施工時条件との関連性を検討した。さらに、維持管理段階における診断精度の向上に資する施工時情報の引継ぎ項目と留意点について考察した。

キーワード 山岳トンネル、変状、診断、施工時記録、事例分析

1. はじめに

供用中の山岳トンネルで生じる変状のうち、外力による変状（以下、「外力性変状」とする）は、材質劣化や漏水と比較して事例数は多くないものの¹⁾、顕在化し進行するとトンネル構造の安定性に重大な影響を及ぼすことが多い。その対策は、構造的な補強も必要になるなど比較的大規模になることに加え、実施に際しては長期にわたる通行規制を伴う場合も多く、社会的影響も無視できない。このため、外力性変状の予兆を早期に捉え、速やかに適切な対策を講じることが重要である。

外力性変状は、土圧や水圧等がトンネルに作用することで、覆工のひび割れ、圧ぎ、盤ぶくれ等として顕在化する。外力によって生じる覆工の破壊モードや最終的な変状形態については、事例分析や実験により概ね明らかになっているが²⁾、変状の進行過程や顕在化・進展に影響を与える要因については不明な点が多い。筆者らはこれまで、地質の脆弱部や地質変化区間、施工時に過大な変位や支保変状が確認され施工に難渋した区間と外力性変状との一定の関係を示してきた³⁾。このほか、インバートの有無、掘削時の湧水の有無、弾性波速度の変化点などが変状の発生に影響することも指摘されている⁴⁾。基準類⁵⁾においても、変状要因の特定や対策工の検討に際し、地質関係資料、トンネルの諸元や構造等の情報、施工時の記録、ひび割れや漏水等の変状情報等を総合的に整理・活用する必要があることが示されている。したがって、外力性変状の診断精度を向上させるためには、覆工の状態のみならず、周辺地山の性状や施工時の情報

等を適切に活用することが重要であるといえる。

近年では、土木工事情報のデジタル化・共有・引継ぎの枠組み整備が進められており、これらの枠組みを活用した情報の引継ぎが試行的に実施されている。今後、維持管理段階に有用な情報を明らかにし、共有・活用される体制が構築されることで、将来的に重大な影響を及ぼす恐れのある変状の予兆段階での認識や、診断の精度向上につながることを期待される。

本研究では、外力性変状の診断精度向上を目的として、外力性変状が発生した事例を対象に、施工時の条件等と変状発生の関連性を分析し、診断精度向上に有効と考えられる施工時の情報を示すものである。

2. 外力性変状の事例分析

(1) 事例分析の方法

外力性変状が確認された国土交通省が管理する道路トンネルを対象に、施工時の情報と維持管理の情報をトンネル縦断方向に対比することで、外力性変状との関連が大きいと考えられる施工時の情報の把握を試みた。

施工時の情報には、地形・地質、支保パターン、切羽観察記録、変位計測情報、鋼アーチ支保工やロックボルト等の変状の有無等の情報のうち現存している情報を統計処理等せずに用いた。切羽評価点は、道路トンネル観察・計測指針⁷⁾に示される9項目4段階の切羽観察記録簿で評価された各項目に対して、過去の施工実績等から算出される重み⁸⁾を考慮して算出した。なお、切羽観察記

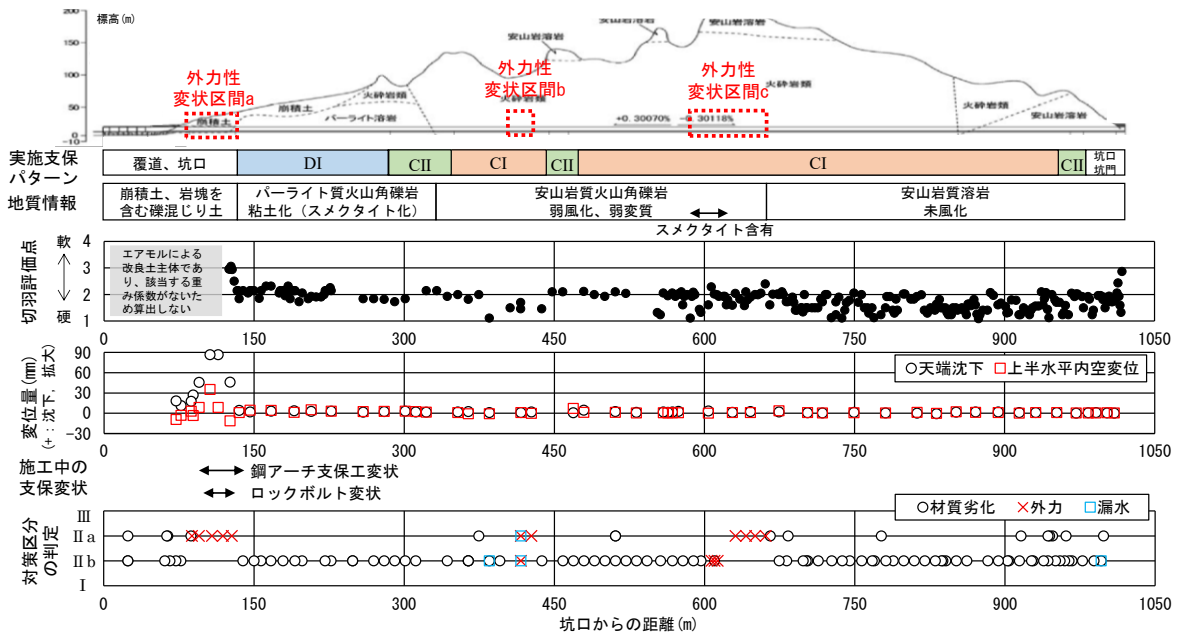


図-1 Aトンネルの施工・維持管理情報の対比図

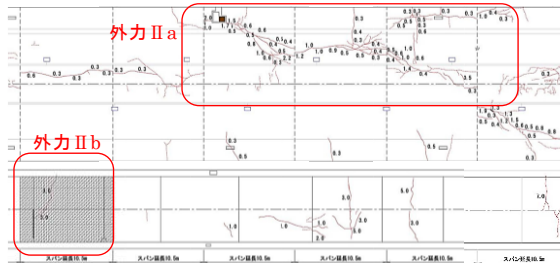


図-2 変状展開図 (Aトンネル, 区間c)

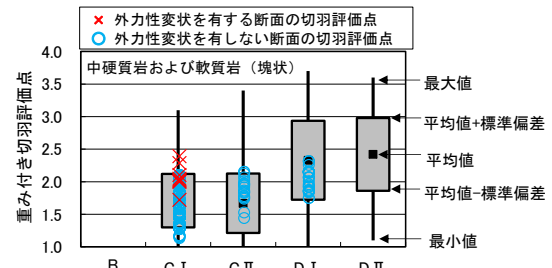


図-3 外力性変状の有無と切羽評価点分布 (Aトンネル)

録や変位計測情報等は、全てのトンネルで客観的かつ統一的な条件で取得されているとは限らないことから、1トンネル内での相对比较としての活用留めた。

維持管理の情報には、定期点検結果における変状区分、対策区分、形態等の情報を用いた。なお、定期点検で外力に分類されている変状でも、材質劣化の可能性が比較的高い変状も含まれていたため、点検結果をスクリーニングし、変状形状や進行性の観点から外力に起因する可能性が高いと考えられる変状を抽出し、分析対象とした。

(2) Aトンネルの分析結果

a) トンネルの概要

図-1に施工時および維持管理の情報の対比図を示す。

Aトンネルは、半島の海岸沿いの急崖地形に位置し、周辺は海岸断崖や狭い段丘、急斜面が連続する地形的な特徴を有する。2本の旧トンネルが隣接しており、最小水平離隔、高低差とも約10mである。地質は古第三紀から新第三紀の堆積岩層を基盤とし、トンネル掘削位置では、局部的に軟質を示す自破碎質の安山岩熔岩、粘土化した火山角礫岩などが分布している。NATMによる機械掘削・上半先進工法で施工され、2000年代前半に完成した。

b) 外力性変状の概要

完成から約10年後に、坑口部(区間a)、中間付近(区間b)、最大土被り部(区間c)で外力性変状が確認

された。区間a, bでは、4~6スパンに跨る側壁の縦断方向のひび割れとともに、遊離石灰跡や部分的に恒常的な漏水が確認されている。2020年度の定期点検では、対策区分の判定はIIaである。規模や形態から水圧または凍上圧によるひび割れの可能性が指摘されている。区間cの変状展開図を図-2に示す。側壁からアーチ部にかけて斜め方向に連続したひび割れが生じており、側壁には2mm幅のひび割れ箇所所で約5mmの段差が生じている。2020年度の定期点検では、対策区分の判定はIIaである。また、隣接するスパンで路面隆起も確認されている。

c) 外力性変状と施工時情報の関係

図-1に示した対比図より、外力性変状が生じた区間について、施工時の条件に以下の傾向が確認された。

- ・天端沈下及び内空変位が卓越(区間a)
- ・鋼アーチ支保工の変形やロックボルトのプレートの著しい変形等の支保工の変状が確認(区間a)
- ・図示していないものの、切羽観察における切羽の状態、岩の強度、風化変質、割目の状態は評価区分4が大部分を占めることに加え、滴水程度ではあるが湧水の記録があり、脆弱な地山を呈する(区間a)
- ・安山岩から、茶褐色に変色し周囲より強度が小さい層を介在する自破碎安山岩への地質の変化点(区間c)
- ・供用開始から6年後に実施したボーリング調査でスメクタイトの含有が確認され、膨張性土圧が懸念され

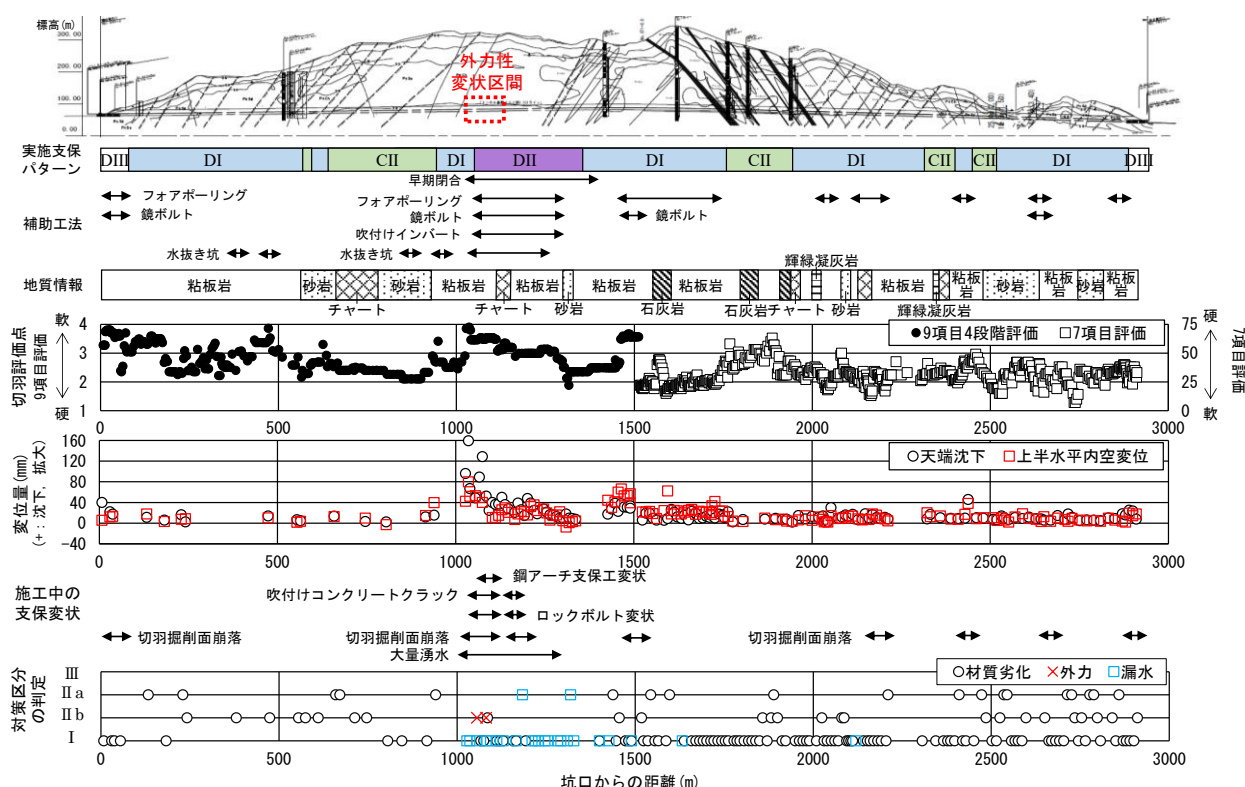


図4 Bトンネルの施工・維持管理情報の対比図

る地山であったものの、CIパターンで施工され、インバートが未設置（区間c）

d) 切羽評価点と支保パターンの関係

トンネルの全区間を対象に、維持管理段階で外力性変状と判定された断面とそれ以外の断面に分け、施工実績をもとに作成された重み付き切羽評価点と地山等級の関係を示す切羽評価点分布⁷⁾に、それぞれの切羽評価点をプロットした結果を図-3に示す。外力性変状を有しない断面は、切羽評価点分布の平均+標準偏差以下に分布する一方で、外力性変状を有する断面は、相対的に切羽評価点が高く、平均+標準偏差を上回る断面もあった。本結果は、切羽評価点と採用された支保パターンの関係が、外力性変状の発生や進行の可能性を診断する上で有用な指標となる可能性を示唆していると考えられる。

e) Aトンネルの分析で得られた示唆

外力性変状の診断精度の向上の観点からは、地質情報（脆弱部、変化点等）、トンネルの支保構造（インバートの有無等）、観察・計測記録（切羽評価結果、変位計測結果、支保変状の有無等）等の情報を活用することが重要であると考えられる。

(3) Bトンネルの分析結果

a) トンネルの概要

図4に施工時および維持管理の情報の対比図を示す。

Bトンネルは、急峻な山岳地形に位置し、峠を含む丘陵部を通過する。一方の坑口が面する沿岸部の平野は狭小で急傾斜地が海岸まで迫る地形である。地質は、2本の構造線に挟まれたB層に属し、古生代二疊紀の砂岩、

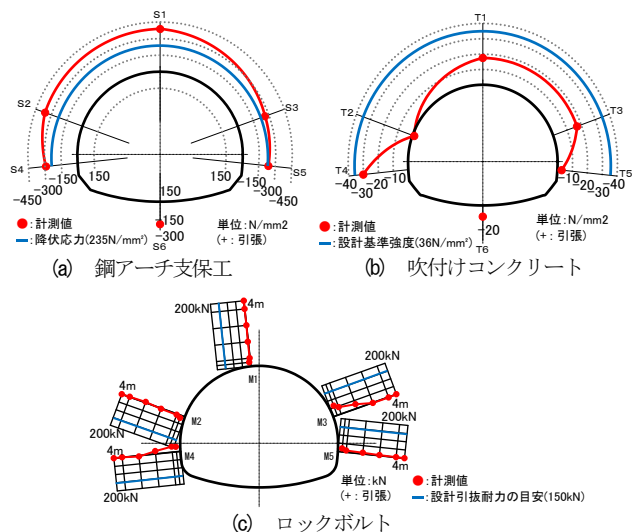


図5 計測Bの結果（Bトンネル）

粘板岩、石灰岩、チャート等から構成される。トンネル掘削位置では、岩相の変化が著しく、各岩種がレンズ状に複雑に挟在しており、地層の連続性や地下水の分布が不明瞭である。特に、破碎され細粒化した粘板岩が優勢となる地層では、地山変位や湧水を伴う地山の抜け落ちが多発した。NATMによる発破掘削・上半先進工法および早期断面閉合で施工され、2000年代後半に完成した。

b) 外力性変状の概要

完成から約10年後に、トンネル中央付近の特に脆弱な地質の区間において、輪切り状の横断方向のひび割れが確認され、外力性変状と判定された。

c) 外力性変状と施工時情報の関係

図-5に1100m付近で実施された計測Bの結果を示す。

表-1 変位の収束性に着目した分析ケース

断面	坑口からの距離	支保パターン	最終天端沈下量	最終上半水平内空変位量	供用期間中の外力性変状
1	約350m	DI	約7mm	約4mm	なし
2	約780m	CII	約5mm	約3mm	なし
3	約1030m	DI	約170mm	約80mm	あり
4	約1080m	DII	約100mm	約40mm	あり

表-2 分析結果一覧

断面	坑口からの距離	天端沈下		上半水平内空変位	
		収束後変位速度 (mm/月)	10年後予想変位 (mm)	収束後変位速度 (mm/月)	10年後予想変位 (mm)
1	約350m	0.1	12.8 (0.51)	0.1	12.2 (0.55)
2	約780m	0.0	1.7 (0.50)	0.0	1.3 (0.52)
3	約1030m	0.2	26.5 (0.58)	0.4	43.1 (0.55)
4	約1080m	0.8	92.5 (0.55)	1.3	159.5 (0.54)

注) 〇内は決定係数。1に近いほど回帰モデルが計測値に当てはまっていることを表す

鋼アーチ支保工には降伏応力を超過する軸応力、吹付けコンクリートには部分的に最大約 30N/mm²の応力が発生した。また、図示していないものの、地中変位計測では、部分的に約 4m まで内空側への変形が確認されている。4m のロックボルトに発生する軸力は約 30kN であり、設計引抜耐力の目安を下回っていた。図-4の対比図及び図-5の計測Bの結果から、外力性変状が生じた区間における施工時の条件を以下に示す。

- ・ 施工時に著しい岩相変化が確認された区間
- ・ 早期閉合の採用や、高強度吹付けコンクリートや鋼アーチ支保工の規格の増強等の支保工の増強、天端や切羽の安定対策として複数の補助工法が実施
- ・ 変形余裕量を超過する過大な変位や支保工の変状、切羽面崩落、大量湧水が発生
- ・ 支保工の降伏応力を超過する応力の発生や、設計時の耐力が発揮されていない可能性がある区間

d) 変位の収束性に着目した整理

施工時の変位が長期に緩慢に進行する可能性に着目し、外力性変状の顕在化との関係性について分析を行った。

表-1に分析ケースを示す。施工時の過大な変位および供用期間中の外力性変状が確認された断面（坑口から約 1030m、1080m）と、変位・変状が確認されていない断面（坑口から約 350m、780m）の4断面を対象に、変位収束判定後の変位速度、ここから外挿される将来の予想変位を整理した。収束判定後の変位速度は、切羽離れ 5D（D はトンネルの内径）かつ収束判定⁷⁾を満たした以降の計測値を対象に、最小二乗法により回帰直線を求め、その傾きをもって変位速度とした。さらに、収束判定後の変位速度が一定であると仮定し、トンネル完成から変状確認までの期間である 10 年間に生じ得る変位量を外挿することで、10 年後の予想変位を求めた。なお、10 年後の予想変位は、各断面における変位計測値にばらつきを含むことから、算定結果には一定の誤差を含む。したがって、ここでは予想変位の値そのものではなく、大小関係に着目した傾向比較を行った。

表-2に各断面の収束後変位速度、10年後予想変位を示す。また、図-6に断面3を抜粋し、施工時の変位の経時

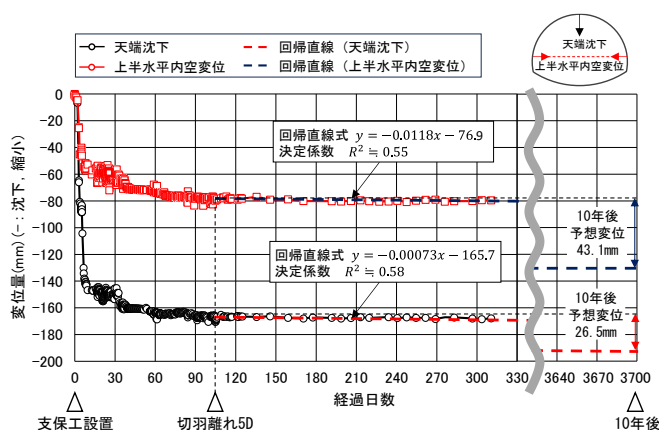


図-6 変位の経時変化図（断面3）

表-3 外力性変状と関連すると考えられる施工時の条件

No.	外力性変状と関連すると考えられる施工時の条件
1	地質、岩質、岩種の変化の著しい区間
2	岩強度が小さい区間や水による劣化を受けている等の地質の脆弱部を有する区間（補助工法の採用等）
3	切羽評価点と支保パターンの不整合区間
4	過大な変位や支保工の変状が確認された区間
5	変位の収束判定は満たすものの、長期的に緩慢な変位が進行する可能性のある区間
6	膨張性地山が存在し、かつインバートが設置されていない区間

変化図および回帰直線から求められる予想変位を示す。収束後変位速度は、いずれの断面においても、変位収束の目安となる 1~3mm/月以下を満たす。一方で、10 年後予測変位は、施工時の変位が小さい断面 1 および 2 ではそれほど大きくなかったものの、過大な施工時変位および支保変状が生じた断面 3 および 4 では、比較的大きな変位が生じる可能性が確認された。これは、施工管理上の変位の収束条件は満たしているものの、供用期間中に変位が緩慢に進行し、覆工に外力が作用することで変状が顕在化した可能性を示唆している。施工時に過大な変位や支保変状等が生じた区間で同様の現象が生じるとは限らないが、将来の変状リスクを有すると評価できる。

施工時の収束判定は、変位速度が 1~2 mm/月以下で収束したと見なすことが多い。これは計測精度等を考慮したものであり、変位速度が小さい場合でも変位が継続するようであれば累積変位を無視することはできない。地すべり地形や膨張性地山など、緩慢な変位を生じる地山条件では、長期的な変位進行による変状の発生に注意が必要である。場合によっては、施工時に覆工補強の検討なども有効と考えられる。

e) Bトンネルの分析で得られた示唆

外力性変状の診断精度の向上の観点からは、地質情報（岩相変化等の地質の不連続性）、施工時の湧水に関する記録、トンネルの支保構造（補助工法の有無を含む）、観察・規則記録（経時的な変位計測結果、応力計測結果、支保変状の有無）等の情報を活用することが重要であると考えられる。補助工法は切羽や天端等が不安定な区間で実施されるため、不良地山の存在を示す指標としての活用が考えられる。

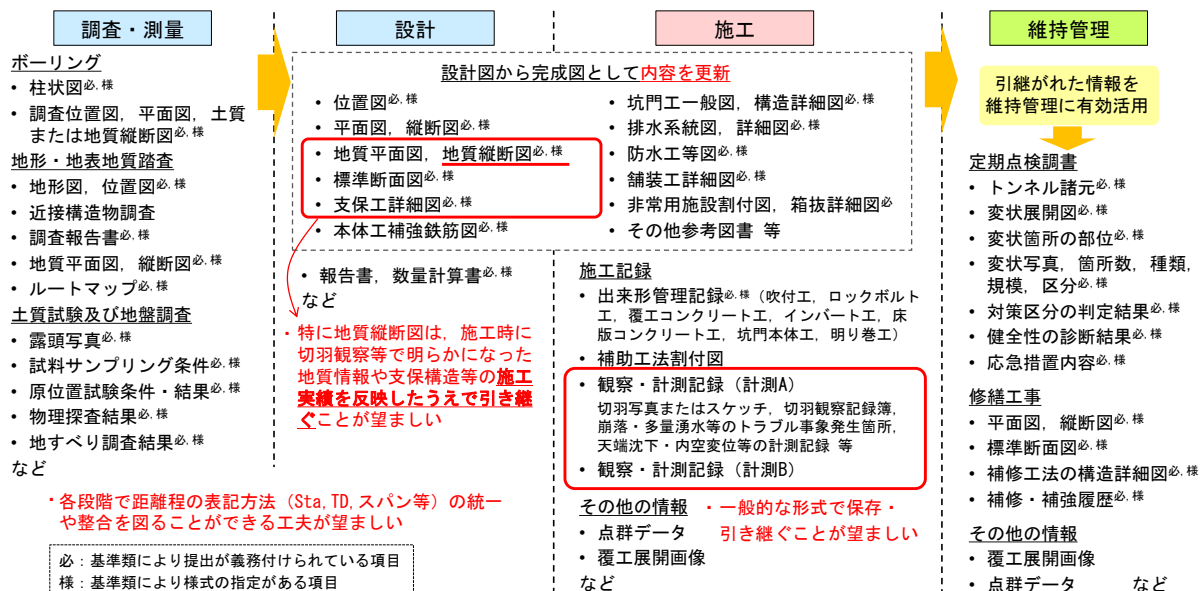


図-7 各段階で取得される情報と情報の引継ぎ

(4) 外力性変状と関連する施工時の条件

事例分析および既往研究³⁾より、表-3 に外力性変状が顕在した区間と関連があると考えられる施工時の条件を示す。ただし、必ずしもすべてのトンネルで施工条件や観察・計測条件等が一致しているわけではないため、各項目に統一的な指標を設けることは有効ではないと考えられる。また、これらの条件のいずれか一つが単独で外力性変状を引き起こすとは限らず、複数の要因が重複することで、変状が顕在化するリスクが高まる可能性があることにも留意が必要である。変位や支保工応力などの計測結果には、設置精度、計測期間、計測密度といった要因によるばらつきがあるため、より体系的な観測と長期にわたるデータの蓄積が、変状要因の定量的把握に向けて重要である。

3. 施工時の情報の引継ぎと留意点

維持管理段階で、表-3 に示した施工時の条件に合致するか否かを判断するためには、施工時の情報を適切に引き継ぎ、活用できる体制を整えることが重要である。ここでは、維持管理段階へ引き継ぐことが有効と考えられる施工時の情報を整理した。

図-7 に、主に国土交通省が施工・管理する道路トンネルの各段階で取得される情報^{5), 9)~16)}を示す。表-3 に示した条件を維持管理段階で活用するためには、特に「地質平面図」、「地質縦断面図」、「トンネル標準断面図」、「支保工詳細図」、「観察・計測記録」を、施工実績に基づき更新して引き継ぐことが重要であると考えられる。引継ぎに際しての留意点を以下に示す。

- ・地質縦断面図は、調査段階で得られた地質状況に関する記載、設計段階の支保構造等に加え、施工実績に

基づく支保構造および施工時に確認された地質情報やトラブルに関する情報を反映するなど、施工記録に基づいて適切に更新・修正する。図-1, 4 に示すように、切羽評価結果や地山変位等を含め、施工記録の情報を集約して整理することも有効である。

- ・観察・計測記録は、監督職員からの請求がない限り提出義務はなく様式の規定も存在しないものの、地質情報やトンネルの変形情報等が含まれ、将来の変状リスク評価等に資するため、一般的な形式で保存、引き継ぐ。
- ・それぞれの情報を維持管理段階で有効活用するために、位置関係が明確になるよう距離程（Station Number, Tunnel Distance, スパン番号 等）の表記方法を整合させるなど工夫する。

これらの情報は、土圧や水圧に起因する外力性変状の診断精度の向上や変状リスクが高い区間の推定に活用するだけでなく、地震時のトンネル被害のメカニズム分析等にも活用可能と考えられる。例えば、令和6年能登半島地震（2024年）で被災したトンネルや、平成28年（2016年）熊本地震で被災したトンネルの被害メカニズムの分析に際しては、前述の情報を活用することで、地質状況や支保構造と、被害区間の対応関係の把握、変形モードの推定、発生要因の整理等が可能であった^{17), 18)}。一方で、これらの情報活用時の課題として、地質縦断面図に記載の地質や分布が施工を反映しているか否か不明であること、切羽観察簿や計測情報（計測A、計測B等）の欠如や位置関係が不明であること、設計・施工・維持管理の各段階や記録媒体によってトンネル距離程の標記方法の不一致や延長表記の不整合等があり、情報整理や分析の支障となった。情報の引継ぎに際しては、前述の留意点等を踏まえ、正確な情報、条件等を明確にすることが重要であると考えられる。

4. まとめ

本研究では、外力性変状の診断精度向上を目的として、外力性変状が顕在化したトンネル事例を分析し、変状発生と施工時の条件との関連性を検討した。また、調査、設計、施工、維持管理の各段階で取得される情報を整理し、外力性変状の診断精度向上にあたり、維持管理段階に引き継ぐことが有効と考えられる情報について考察した。得られた主な知見は以下のとおりである。

- ・外力性変状と関連があると考えられてきた以下の施工時の条件について、本研究においても同様の関連性が認められ、既往の知見の有効性が裏付けられた。
 - 1) 地質、岩質、岩種の変化の著しい区間
 - 2) 岩強度が小さい区間や水による劣化を受けている等の地質の脆弱部を有する区間（補助工法の有無）
 - 3) 切羽評価点と支保パターンの不整合区間
 - 4) 過大な変位や支保工の変状が確認された区間
 - 5) 変位の収束判定は満たすものの、長期的に緩慢な変位が進行する可能性のある区間
 - 6) 膨張性地山が存在し、かつインバートが設置されていない区間
 - ・維持管理段階で、上記の条件に該当する可能性のある箇所を合理的に特定するためには、地質平面図、地質縦断面図、トンネル標準断面図、支保工詳細図、観察・計測記録の情報を引き継ぐことが有効である。
 - ・地質縦断面図は、調査段階で得られた地質状況や設計段階の支保構造等に加え、施工実績に基づく支保構造および施工時に確認された地質情報やトラブルに関する情報を反映するなど、適切に更新・修正することが重要である。図-1、4 に示すように、切羽評価結果や地山変位等を含め、施工記録の情報を集約して整理することも有効である。
 - ・観察・計測記録は、監督職員からの請求がない限り提出義務はないものの、地質情報やトンネルの変形情報等が含まれ、変状リスク評価等に資するため、一般的な形式で引き継ぐことが重要である。
 - ・維持管理段階でそれぞれの情報を総合的に有効活用するために、位置関係が明確になるよう距離程の表記方法を整合させるなど工夫することが重要である。
- 上記を踏まえ、供用開始後に生じた覆工のひび割れの状態等のみからでは、変状原因を特定することが困難な場合もある。施工時の変位状況や地山条件等と照合することで診断精度の向上が期待できる。5) に関して、施工時には計測精度等を考慮し、変位速度が1~2 mm/月以下で変位を収束と見なすことが多いが、この範囲内であっても変位が継続する場合は累積変位を無視することはできず、変状の発生に注意が必要である。特に、地すべり地形や膨張性地山など、緩慢な変位を生じる地山条件に

は注意が必要である。地山条件やトンネル構造、計測データなど、参照頻度が高いと考えられる施工時の情報は、データベースや BIM/CIM 等を活用し、定期点検結果と併せて容易に参照できる形で引き継ぐことが重要である。

参考文献

- 1) 七澤利明，落合良隆，佐々木政和：国土技術政策総合研究所資料 No.1175，道路トンネルの定期点検結果データ集（平成26年度～30年度），p.33，2022.2
- 2) 真下英人，砂金伸治，石村利明，坂本昇，笹田俊之：道路トンネルの変状に関する研究報告書—判定・診断の考え方と変状事例—，土木研究所資料，第4360号，2017.
- 3) 菊地浩貴，日下敦：山岳トンネルの外力による変状と施工時情報の関連性に関する一考察，第35回日本道路会議，6020，2023.
- 4) 森拓史，中里倫子，河田皓介，砂金伸治，大津敏郎，日下敦：山岳トンネルにおける変状の発生傾向と地山性状の相関に関する考察，第50回岩盤力学に関するシンポジウム講演集，pp.244-249，2024.
- 5) 日本道路協会：道路トンネル維持管理便覧【本体工編】令和2年版，pp.128-159 および pp.375-413，2020.
- 6) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等維持管理標準・同解説（構造物編），pp.38-43，2007.
- 7) 日本道路協会：道路トンネル観察・計測指針（平成21年改訂版），p.24 および pp.30-36，2009.
- 8) 国土交通省近畿地方整備局道路部道路工事課：トンネル地山等級判定マニュアル（試行案）（平成18年9月試行案の改定版），p.54，2016.
- 9) 国土交通省：地質・土質調査業務等共通仕様書（案）（令和7年版），<<https://www.mlit.go.jp/tcc/content/001878936.pdf>>，（入手2025.10.15）.
- 10) 国土交通省：土木設計業務等共通仕様書（案）（令和7年版）第6編 道路編，<<https://www.mlit.go.jp/tcc/content/001878947.pdf>>，（入手2025.10.15）.
- 11) 国土交通省：土木工事共通仕様書（案）令和7年3月，<<https://www.mlit.go.jp/tcc/content/001880544.pdf>>，（入手2025.10.15）.
- 12) 国土交通省：地質・土質調査成果電子納品要領平成28年10月，<<https://www.cals-ed.go.jp/mg/wp-content/uploads/boring71.pdf>>，（入手2025.10.15）.
- 13) 国土交通省：CAD製図基準平成29年3月，<<https://www.cals-ed.go.jp/mg/wp-content/uploads/cad7.pdf>>，（入手2025.10.15）.
- 14) 国土交通省：土木工事施工管理基準及び規格値（案）令和7年3月，<<https://www.mlit.go.jp/tcc/content/001880547.pdf>>，（入手2025.10.15）.
- 15) 国土交通省：写真管理基準（案）令和7年3月，<<https://www.mlit.go.jp/tcc/content/001880549.pdf>>，（入手2025.10.15）.
- 16) 国土交通省道路局国道・技術課：道路トンネル定期点検要領，2024.
- 17) 日下敦，小泉悠，藤田智弘：令和6年能登半島地震による道路トンネルの被害，トンネルと地下，第55巻12号，pp.61-71，2024.
- 18) 土木研究所：山岳トンネルの地震時挙動と耐震対策に関する研究報告書，土木研究所資料第4358号，2017.

長時間(168 時間)運転可能な 簡易型非常用発電発電装置について

内間 航一郎¹

¹内閣府 沖縄総合事務局 南部国道事務所 防災情報課 (〒900-0006 沖縄県那覇市おもろまち2-1-1)

国土交通省が所管するCCTVカメラや道路情報板等には、災害などによる停電時でも作動するよう非常用発電装置が設置されており、その停電補償時間については、現在のところ、殆どが24時間または72時間となっている状況である。内閣府沖縄総合事務局では、沖縄総合事務局防災業務計画に準拠して、非常用発電装置に関する設計及び施工において168時間の停電補償時間を確保するよう方針を決めているところであるが、令和5年台風6号の被害などを踏まえ、その取り組みを加速させている。本論文は、当局管内で168時間対応の非常用発電装置を導入する必要性と、その非常用発電装置の技術的内容を紹介するものである。

キーワード 非常用発電装置、168時間、CCTVカメラ、道路情報表示装置

1. 沖縄総合事務局における停電対策

(1) 令和5年台風6号による被害

令和5年8月、沖縄地方を襲った台風6号は最大瞬間風速が50m/sを越え、多いところで700mmを超える大雨を観測した。沖縄県内各地では土砂災害(写真-1)や高潮・高波に伴う浸水などの被害を受けた。

また、大規模停電が発生し、沖縄県の総戸数633,670戸のうち最大215,800戸が停電し(停電率34.1%) (図-1)、最長停電時間は166時間53分となった。この停電により、県内の一般家庭のみならず沖縄総合事務局開発建設部(以下、「開建部」という。)が所管するCCTVカメラや道路情報板の運用にも多大な影響を受けた。CCTVカメラや道路情報板には、商用電源が停電した場合でも作動するよう簡易型非常用発電装置(以下、「発電装置」という。)を設置しており、停電時には発電装置から対象設備へ電力供給が行われるようになっている。



写真-1 沖縄県浦添市沢岬の土砂災害状況

台風6号の影響により南部国道事務所管内のCCTVカメラや道路情報板において商用電源が停電した設備があったため、当該設備においては発電装置により電源供給した。しかしながら、起動した発電装置の停電補償時間は24時間であり、停電長期化の影響により燃料切れを起こした発電装置15箇所が確認された。燃料切れを起こした発電装置負荷のCCTVカメラや道路情報板は、停電中に作動せず、台風の被害状況の把握や、道路利用者への情報提供などが適切に行えない事態となった。

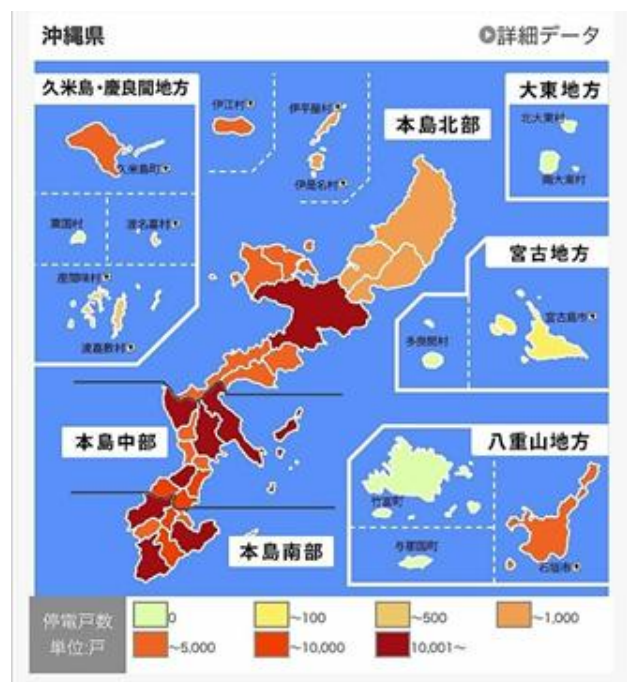


図-1 令和5年8月2日午後2時5現在の停電状況

(2) 停電補償時間

「電気通信施設設計要領・同解説（電気編）」では、CCTVカメラや道路情報板に関する停電対策用電源設備については「重要度」などを踏まえ、適切な停電補償時間を検討するものとされている。開建部では、台風などの災害時にCCTVカメラや道路情報板が非常に有用な設備であることなどを勘案して、これら設備は全て「重要度」の高いものであると位置付けている。

また、沖縄総合事務局防災業務計画では、道路状況などの地域特性などを踏まえ、重要拠点設備に関する発電装置は原則として7日間（168時間）以上の停電補償時間を確保するものとされている。これらのことから、開建部では、管内のCCTVカメラや道路情報板は重要拠点設備の停電補償時間に準じるよう方針を決めた。今後、新設や更新対象となっている発電装置の設計及び施工においては、168時間以上の停電補償時間を確保することとしている。

(3) 与那原交差点CCTVカメラの発電装置

前述の（１）、（２）を踏まえ、開建部ではCCTVカメラや道路情報板における発電装置の168時間対応の取り組みを加速させることとなった。

先般、与那原交差点CCTVカメラ（図―2、写真―2）を新設したため、それに伴い当該設備のための168時間以上運転可能な発電装置（写真―3）も設置した。以降、その発電装置などの技術的内容を紹介する。



写真―2 与那原交差点CCTVカメラ



図―2 与那原交差点CCTVカメラの設置箇所



写真―3 168時間以上運転可能な発電装置

2.発電装置の概要

(1)CCTVカメラの電源条件

与那原交差点CCTVカメラの電源条件を表―1に示す。

表―1 CCTVカメラの電源条件

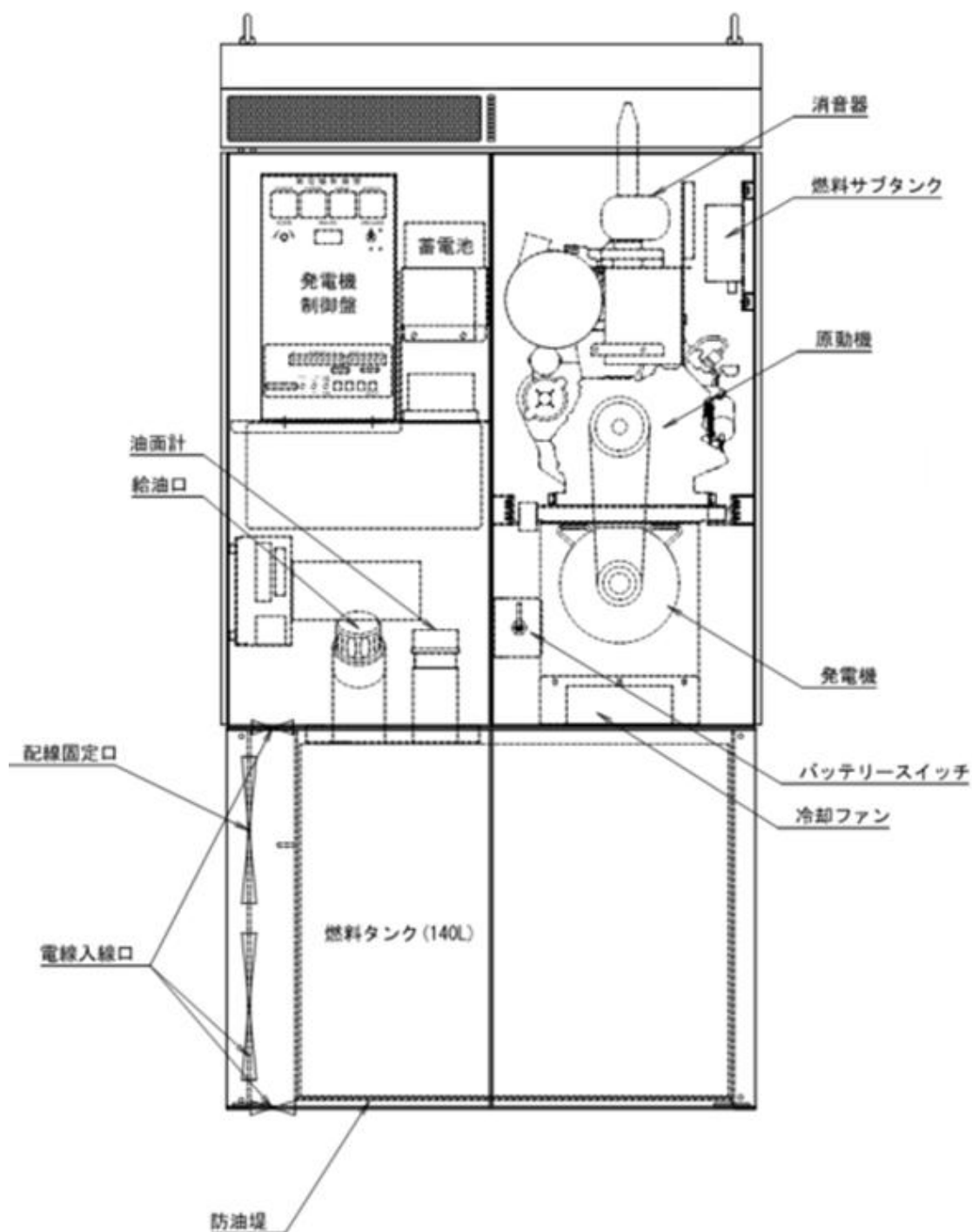
相数	単相 2 線式
電圧	AC100V
周波数	60Hz

(2)発電装置の構造及び諸元

発電装置の外観を写真―3に示す。また、構造を図―3に、外形寸法を表―2に示す。なお、発電装置の諸元は表―3のとおりである。

表―2 発電装置の外形寸法

幅	900mm
奥行	450mm
高さ	1830mm



図―3 発電装置の構成図

表—3 発電装置の諸元

発 電 機	型式	同期交流発電機
	運転時間	168 時間以上
	定格出力	1.2kVA 1.2kW
	定格電圧	100V
	定格電流	12A
	相数	単相 2 線式
	定格力率	100%
	周波数	60Hz
	極数	2 極
	定格回転数	3600min-1
	冷却方式	自己通風式
	励磁方式	ブラシレス励磁方式
	絶縁の種類	F 種
原 動 機	型式	立形液冷 4 サイクルディーゼルエンジン
	運転時間	168 時間以上
	定格出力	4.05kW
	定格回転数	メーカー回転数
	気筒数	1 気筒
	総排気量	0.276L
	冷却方式	空冷式
	使用燃料	軽油
	燃料消費量	0.77L/h
	燃料タンク容量	満油燃料 140L
	潤滑油	API クラス : CF SAE による分類 : 10W-30
	潤滑油量	全量 1.3L
	潤滑方式	トロコイドポンプによる強制潤滑
	始動方式	電気始動方式

3. 168 時間対応における技術的工夫

(1) 火災予防条例を考慮したタンクの容量

火災の予防に関する事項のうち、消防法の委任を受けたものや、地方的な事情により必要とされるもの、自主的に安全性効能のため規制すべきもの等について、各自治体で火災予防条例を定めている。与那原町を含めた 3 自治体から構成されている「東部消防組合本部」が定めている火災予防条例によると、燃料タンク（軽油）の容量が 200L 以上 1000L 未満の場合、燃料タンクは「少量危険物」として取り扱われる。少量危険物として取り扱われると、燃料タンクと原動機どうしは 2m 以上の水平距離を確保するか、または防火上有効な遮へいを設ける必要がある。従って、発電装置のサイズを大きくする、あるいは燃料タンクと原動機を遮へいするような構造にしなければいけない。しかしながら、与那原交差点 C C T V カメラを設置した箇所は国道沿いの狭隘な歩道であり、その近傍に発電装置を設置することを踏まえると、サイズの大きい発電装置は不適である。加えて、コスト縮減などの観点から、168 時間対応の発電装置の製作にあたっては、既存の 24 時間または 72 時間対応の発電装置の仕様を基本として、その変更を最小限に行うことが望ましい。サイズを大きくする、または特殊な遮へい物を設けるには大幅な仕様変更を伴うので、これらのことは避けたほうがよい。

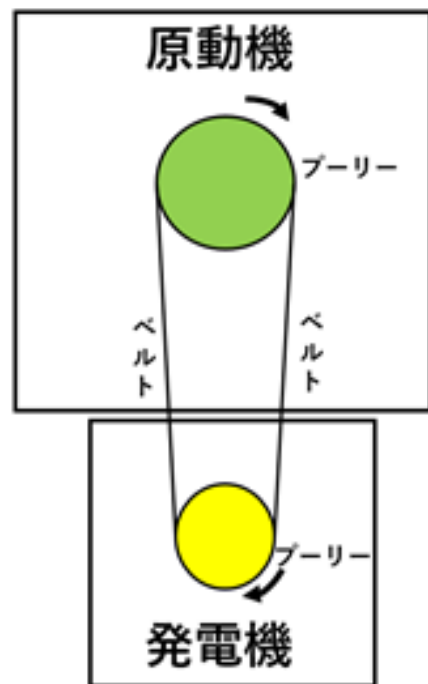
以上のことを踏まえると、168 時間の停電補償時間を確保しつつも燃料タンクの容量は 200L 未満に抑えることが求められる。

(2) プーリーの歯数比の調整

発電装置のうち原動機と発電機については、何かしらの方法で、適切に原動機側の出力を発電機側の入力へ伝達させる必要がある。一般的に、原動機で生じた動力（回転力）は円形状の部品であるプーリーに伝わり、摩擦や噛み合いを利用するベルトを介し、発電機側のプーリーにも動力（回転力）が伝達され電気を発生させている。その際、素朴な方法として、原動機側のプーリーと発電機側のプーリーについて同一の歯数にする場合がある（以下、「同歯数比」という）。この方法だと、原動機と発電機の定格回転数は同一である必要がある。

別の方法として、プーリーやベルトを介して接続し、原動機側のプーリーと発電機側のプーリーのそれぞれの歯数を異なるように調整する方法がある。この場合、原動機の定格回転数を発電機のそれよりも低い値で運転させることができ、プーリーの歯数比を利用して原動機の低い定格回転数を発電機の定格回転数まで増速させることができる（図—4）。そのため、燃料効率の高い回転数で原動機を運転できるため、従来の 24 時間または 72 時間対応の発電装置においてはこの方法を用いてきた。また、従来の 24 時間または 72 時間対応の発電装置において、燃費向上を目的としたプーリーの歯数比調整を行ってきた。

24 時間または 72 時間対応の発電装置で採用されている歯数比を用いて、定格出力を 1.2kVA で 168 時間連続運転させるための燃料消費量や必要容量を検討したので、その結果を表—4 に示す。なお、前述の同歯数比の方法を用いた場合の結果も比較値として示す。



図—4 回転数の調整

表—4 168 時間対応に必要な容量(1.2kVA の場合)

方法	歯数比調整	同歯数比
燃料消費量	0.77L/h	0.86L/h
必要容量	129.4L	144.5L

表—4 より同歯数比の方法を用いた場合でも、必要容量は 144.5L となり、200L 未満に抑えられるので燃料タンクは少量危険物としては取り扱われない。従って、発電機の定格出力が 1.2kVA の時は、同歯数比の方法を用いることは特段問題ないが、燃費の観点から歯数比調整の方法を採用した方が良いので、与那原交差点 C C T V カメラにおける発電装置はこの歯数比調整の方法を用いている。

次に、前述の歯数比調整の方法で発電機の定格回転数を定格出力 3kVA で 168 時間連続運転させるための燃料消費量や必要容量を検討したので、同歯数比の方法を用いた場合の結果と併せて表—5 に示す。

表—5 168 時間対応に必要な容量(3kVA の場合)

方法	歯数比調整	同歯数比
燃料消費量	1.15L/h	1.25L/h
必要容量	193.2L	210.0L

表—5 より同歯数比の方法を用いると、必要容量は 210.0L となり、200L を超えることとなり燃費タンクは少量危険物として扱われる。そのため、3kVA の発電装置を 168 時間連続運転させるにあたり、この同歯数比の方法を採用することができない。一方、歯数比調整の方法にした場合、必要容量が 193.2L となり、200L 未満に抑えることができる。この結果より、今後導入予定である管内の一般的な道路情報板における発電装置においても、歯数比調整の方法が適用可能であることが確認できた。

4. おわりに

本論文では、168 時間以上の停電補償時間を確保した発電装置を沖縄総合事務局管内に導入するその必要性を説明し、実際に 168 時間対応の発電装置を製作するにあたり、どのような技術的工夫を用いたのかを述べた。

筆者が所属する南部国道事務所の管内でも、168 時間対応の発電装置を導入しつつあるが、いまだ 24 時間対応の発電装置が大多数を占めている。今後は、台風などの災害時に停電が起きた場合でも、C C T V カメラや道路情報板が有効に活用できるよう、168 時間対応の発電装置の導入拡大を行っていく予定である。

最後に、本論文を執筆するにあたり、ご協力いただいた関係者の皆様に深謝いたします。

<参考文献>

- 1)内閣府 沖縄総合事務局：第 1 2 回沖縄防災連絡会 令和 5 年台風第 6 号災害について-資料 1- (2023 年)
- 2)沖縄タイムス：台風 6 号 沖縄県内の停電、総戸数の 3 割以上に 34 市町村に拡大 (2023 年)
- 3)一般社団法人 建設電気技術協会：電気通信施設設計要領・同解説(電気編) (平成 29 年版)
- 4)内閣府 沖縄総合事務局：沖縄総合事務局防災業務計画 (2022 年)
- 5)東部消防組合本部：東部消防組合例規集 (2022 年)

名古屋国道管内初！ スムーズ横断歩道の整備とその効果

堤 悠大¹

¹ 中部地方整備局 名古屋国道事務所 交通対策課 （〒467-0833 名古屋市瑞穂区鍵田町 2-30）

名古屋市東区に位置する国道 19 号小川交差点北側交差部では、国道の自歩道を走行する自転車と国道をショートカットし抜け道利用する自動車の出会い頭の事故が多発しており、横断歩道利用者の見落としの抑制対策としてスムーズ横断歩道を計画し施工をした。事前事後調査として、自動車の挙動分析には、ETC2.0 データに加え CAN データの分析により、一時停止率の増加、横断歩道接近時の速度の低下、抜け道利用車両の減少を確認した。横断歩道利用者からも対策について肯定的な意見をいただいた。今回の研究で効果検証の手法について確立された。今後、他の同様の対策を検討している県・市へ対策の有効性について積極的に広めていきたい。

キーワード 生活道路対策，スムーズ横断歩道，対策効果

1. はじめに

愛知県において 2024 年の 1 年間で発生した人身事故件数は 24,506 件にのぼり、そのうち 141 名が交通事故により命を落としている。図-1 は、2020 年から 2023 年にかけて発生した死亡事故の被害者（第 2 当事者）の構成比を示したものであるが、自転車および歩行者が関与する割合が年々増加傾向にある。このような状況を踏まえると、自転車利用者や歩行者といった交通弱者に対する実効性の高い交通安全対策の早急な実施が、喫緊の課題となっている。幹線道路、生活道路それぞれの課題に対して道路管理者は個別に交通安全対策を展開しているが、面的な交通課題の解消にあたっては、幹線道路、生活道路それぞれの機能を踏まえたうえで、総合的・複合的に地区の交通安全対策に取り組むことが重要である。

国道 19 号小川交差点周辺エリアでは、これまで

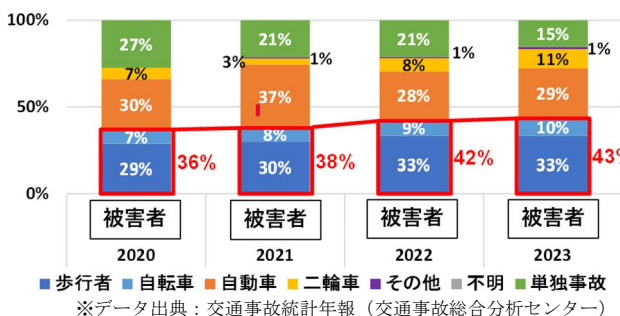


図-1 愛知県内の交通死亡事故の当事者別割合

幹線道路対策を実施し、ゾーン 30 規制もかけられているが、残存する交通課題の対応のため、小川交差点北側交差部に、管内初の物理的デバイスであるスムーズ横断歩道の設置を行った。

本論文では、対策の検討経緯や残存する課題、事故発生要因を踏まえ対策検討を行うとともに、効果検証計画を立案・実施した結果について報告する。

2. 国道 19 号 小川交差点北側交差部の取組経緯と残存する課題

(1) 幹線道路における交通安全対策の実施状況

図-2 は、対象箇所である国道 19 号小川交差点北側交差部の位置図および幹線道路における既往対策を示したものである。対象箇所は、国道 19 号が東西方向から南北方向へ屈曲する小川交差点の北側に位置し、生活道路から一方通行規制にて国道 19 号へ取りつく交差部である。



図-2 国道 19 号小川交差点北側交差部位置図

既往対策として、小川交差点では歩車分離式信号や追突に関する注意喚起路面標示、小川交差点北側交差部では「自転車注意」看板を実施した。また、国道 19 号などに囲まれた対象箇所を含む小川交差点の北西部のエリアは、ゾーン 30 の規制がかけられている。

(2) 残存する交通課題

図-3 は、対象箇所における 2018 年～2021 年（対策検討時）の事故発生状況を示したものである。小川交差点北側交差部では 2020 年に「自転車注意」看板を実施したが、国道 19 号を走行する自転車と、生活道路から流出する車両との出会い頭事故が多発している。対象箇所は市営地下鉄高岳駅に近接しており、通勤・通学利用者が多く、通学路にも指定されているため横断利用が多く、流出する車両との錯綜機会が多い状況にある。

(3) 事故発生要因の分析

残存する交通課題への対応に向けて交通状況の分析および現地状況の確認を実施し、事故発生要因の分析を行った。図-4 は、ETC2.0 のプローブデータを用いて周辺道路における利用経路を可視化した結果を示したものである。

対象箇所およびその上流部では交通量が多く、周

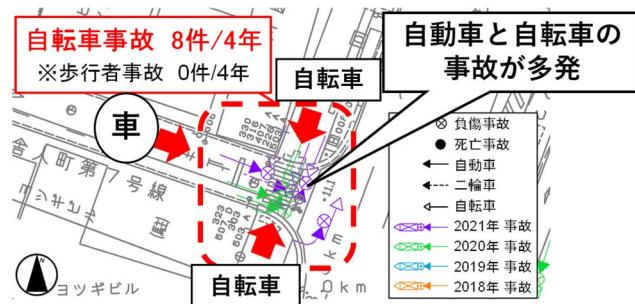


図-3 対象箇所における事故発生状況図 (2018 年～2021 年)

辺の細街路と比較しても対象箇所に接続する路線の車両が多く通行している。国道 19 号を小川交差点で左折し北上する際に、小川交差点の左折待ちを回避するため、桜通泉二丁目交差点から生活道路を抜け道として走行する車両の存在が考えられる。

また図-5 は、対象箇所を生活道路側から撮影した写真を示したものである。横断者を視認するには十分な減速や一時停止の遵守が重要であるが、生活道路を走行する車両からの見通しが悪いいため横断歩道手前での減速や一時停止が不十分となり、横断者を見落とし、衝突に至ることが事故発生要因として考えられる。

3. 対策の検討・実施

主な事故発生要因に対して、「抜け道として走行する車両の抑制」、「走行速度の抑制」、「一時停止の遵守」の対策方針が考えられる。対策方針にスムーズ横断歩道を選定した。対策後の写真を図-6、施工概要を図-7 に示す。対策は名古屋国道事務所、名古屋市、愛知県警が協働して実施した。2024 年 7 月に名古屋国道事務所が担当するスムーズ横断歩道のハンプ施工が完了しており、ハンプの形状については、物理的デバイスの技術基準等に沿って、高さを約 10cm、傾斜部の縦断勾配を約 5%とした。

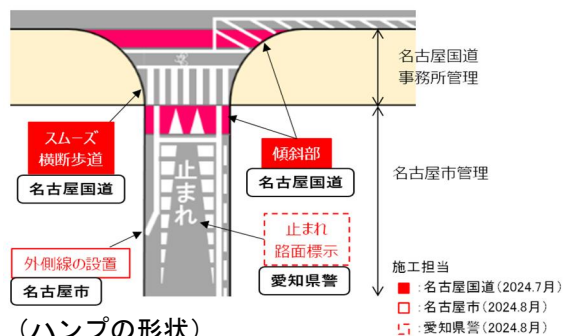


図-5 対策前の現地状況



図-6 対策後の現地状況

(各管理者の施工箇所)



(ハンプの形状)

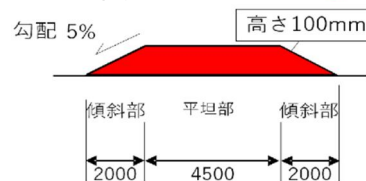
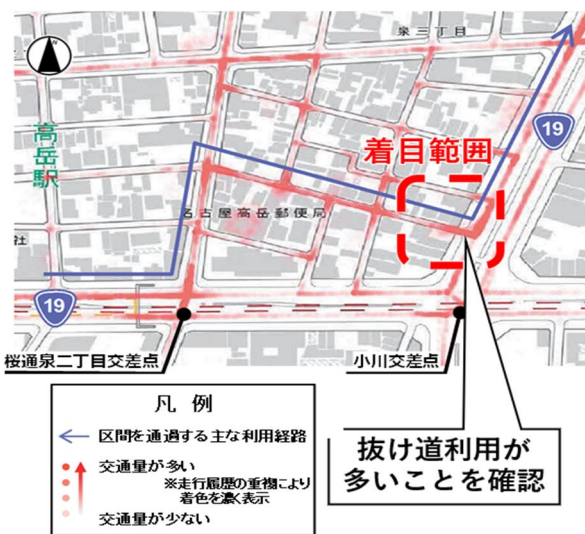


図-7 スムーズ横断歩道の施工概要



データ：ETCプローブデータ（2021年4月～2022年3月）

図-4 周辺道路における利用経路

また、国道 19 号の既存の歩道とハンプの凸部のすり付けを行っている。同年 8 月には名古屋市による外側線の設置、愛知県警による「止まれ」の路面標示の施工が完了し、各管理者の協働による対策実施が実現した。

4. 効果検証の立案

スムーズ横断歩道の効果検証を行うにあたり、スムーズ横断歩道の設置により期待される交通挙動の変化と評価指標を設定し、その調査方法の検討を行った。検討した結果を表-1 に示す。調査方法には、アンケート調査、ビデオ調査、プローブデータ分析、の 3 つの手法を採用した。

(1) アンケート調査

スムーズ横断歩道を横断した歩行者・自転車に対して、対策前後の変化を確認するためアンケート調査を実施した。アンケート項目を表-2 に示す。アンケート項目は対策の認知、安全性・快適性に関する設問を中心とした全 7 問とした。調査箇所を図-8、アンケートの様子を図-9 に示す。

調査は対策直後、2024 年 7 月 18 日（木）の 7 時～18 時に、スムーズ横断歩道設置箇所付近の交差点で実施した。アンケートは計 162 票を回収した。

(2) ビデオ調査

対策前後で車両挙動の変化を観測するため、ビデオ調査を実施した。対策前（2024 年 2 月 28（水））と対策後（2024 年 7 月 18 日（木））それぞれにおいて、スムーズ横断歩道の通過車両と横断者を撮影するため、2 箇所にカメラを設置し、7 時～19 時に調査を行った。取得したビデオ映像から、横断歩道に接近する車両と歩行者、自転車の挙動を人手にて読取を行い、車両の一時停止遵守率や車両と横断者のヒヤリハット発生回数を計測した。

(3) プローブデータ分析

急制動や抜け道としての利用状況を把握するため、トヨタ自動車の CAN データを購入・分析した。CAN データとはプローブデータの 1 つで、トヨタ自動車のコネクティッドカーに搭載された無線通信装置を介して、車両 ID や 0.1 秒ごとの位置情報（緯度／経度）、ブレーキ、アクセル、ABS の作動状況などの車両情報が記録されたデータである。車両挙動の詳細な分析や、車両 ID による同一車両の追跡調査など、ETC2.0 プローブデータの 200m ピッチのデータに比べてミクロな分析が可能である。

分析期間は、対策前（2023 年 10 月）、対策直後（2024 年 7 月）、対策 3 か月後（2024 年 10 月）の 3 期間とした。ただし、7 月 1 日～4 日は施工前のため、データから除いている。分析対象車両は

図-10 の抜け道（経路 A）もしくは国道 19 号（経路 B）を走行した車両とした。

表-1 効果検証内容

期待される効果	調査方法		
	アンケート	ビデオ	プローブデータ
一時停止遵守率の向上 ヒヤリハットの減少		○	
生活道路走行車両の 交差点接近時の速度低下		○	○
急制動発生位置の変化			○
抜け道利用の減少			○
歩行者・自転車の 安全性・快適性の向上	○		

表-2 アンケート調査内容

項目	設問内容
①対策の認知	スムーズ横断歩道が整備されたことを知っているか
②対策前の認識	対策前に危険は感じていたか
③横断時の快適性の向上有無	段差の解消により、横断しやすくなったと感じるか
④自動車の一時停止の変化	対策後に一時停止する車両は増えたか
⑤自動車の接近速度の変化	車両の速度は低下したか
⑥安全対策の効果	対策の効果があつたと感じるか
⑦他の横断歩道への適用	他の横断歩道にもスムーズ横断歩道を導入すべきか



図-8 アンケート調査箇所



図-9 アンケート調査の実施状況



図-10 CAN データの分析対象の利用経路

5. 対策効果の検証結果

(1) 各指標の評価

a) 一時停止の遵守率・ヒヤリハット

図-11 は、対策前後のビデオ調査から対象箇所を通過した車両のうち、横断歩道手前で停止した車両の割合を示したものである。対策後は対策前と比較して、横断歩道手前で一時停止する車両の割合が約4%増加した。

図-12、図-13は、対策前後のビデオ調査時に観測した横断する歩行者・自転車と車両の様子を示したものである。対策前は、いずれも横断歩道の直前で横断者に気づき、横断歩道内で急停止している。一方で対策後にヒヤリハットは観測しておらず、停止線手前で車両が停止し、歩行者に先を譲っている状況を確認した。

b) 横断歩道接近時の速度

図-14 は対策前後のビデオ調査から、停止線 20m 手前～停止線間の横断歩道接近時の走行速度を示したものである。対策前の 23.2km/h に対して、対策後は 10.2km/h と、約 13km/h の速度低下がみられた。

次に CAN データを用いて、国道 19 号の取りつき部から停止線上流までを図-15 に示すように区分けした。区間 1～5 での走行速度を集計した結果を図-16 に示す。データは国道 19 号の抜け道として走行した車両の車速データを用いた。生活道路のような走行速度が低い区間では、低速車両のデータを多く蓄積することから、代表値は 85 パーセンタイル値を用いた。

対策前と比較して対策後には、全体的に速度が低下しており、特に区間 2, 3 の横断歩道付近では速度の変化量が大きいことを確認した。

c) 急制動の発生状況

CAN データにより収集される車両の前後加速度から、急制動の発生位置の構成比を図-17 に示す。分析区間は速度の分析と同じ範囲（図-15）である。前後加速度が $-0.3G$ 以下のデータを急制動とし、急制動発生位置を 3 期間で比較した。

対策前後で急制動の構成比は変化しており、特に区間 1～3 の国道 19 号取りつき部～停止線で急制動の発生頻度が低下している。

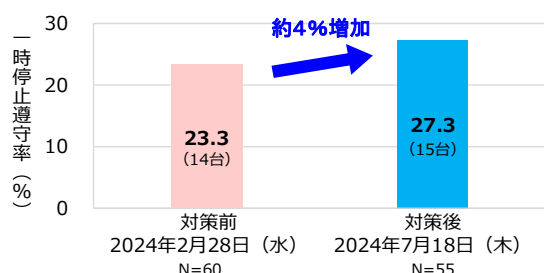


図-11 一時停止率の変化（ビデオ調査）

(対策前)



図-12 ヒヤリハット発生時の様子（ビデオ調査）

(対策後)



図-13 歩行者に先を譲っている様子（ビデオ調査）

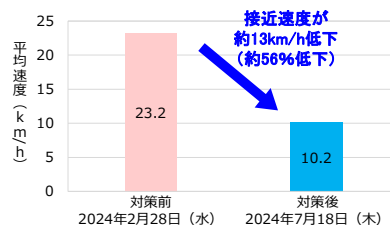


図-14 横断歩道接近時の速度変化（ビデオ調査）

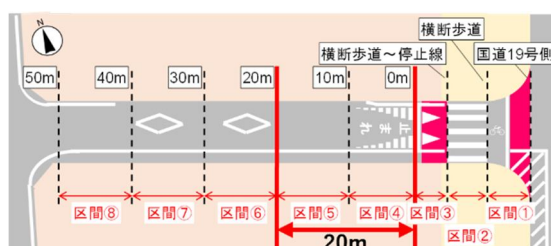


図-15 CAN データ分析の区分け

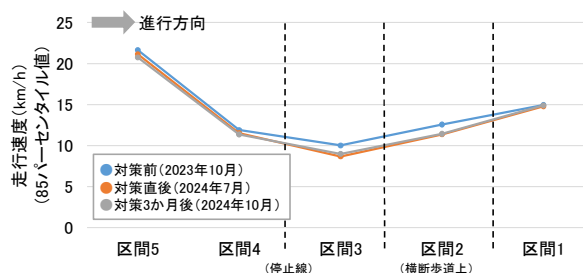


図-16 横断歩道周辺での速度変化（CAN データ）

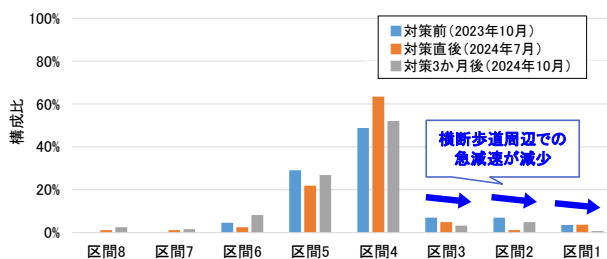


図-17 急制動の発生位置の構成比（CAN データ）

d) 抜け道としての利用の変化

CAN データから、対策前の抜け道（経路 A）の利用台数を時間帯別に集計した結果を図-18 に示す。抜け道利用車両が多い 17 時台～19 時台について、抜け道（経路 A）と国道 19 号（経路 B）の台数比率を図-19 に示す。17 時台～19 時台の帰宅時間帯において、抜け道を走行する台数の割合が減少していることが明らかとなった。特に 18 時台の抜け道を走行する車両の割合は、対策前（2023 年 10 月）の 28.0%から対策 3 か月後（2024 年 10 月）には 18.6%と前年同月に比べて約 10%減少している。

e) 同一車両の行動変容

CAN データから車両 ID による同一車両の追跡調査を行い、対策前（2024 年 2 月 28 日（水））と対策後（2024 年 7 月 18 日（木））の利用経路の変化を確認した。スムーズ横断歩道設置前後の経路選択行動を分析した結果を図-20 に示す。3 期間の平日において、走行記録が確認できた 180 台のうち約 6%の 10 台は、対策前後で抜け道（経路 A）から国道 19 号（経路 B）へと行動変容している。

一方で、約 31%の 57 台は、対策後も抜け道として生活道路を走行している。これらの車両を対象に、CAN データを用いて b) と同様の速度分析を行った結果を図-21 に示す。集計結果から、対策前と比較して、横断歩道前後を中心に走行速度が低下しており、抜け道対策と速度抑制の双方で効果を確認した。

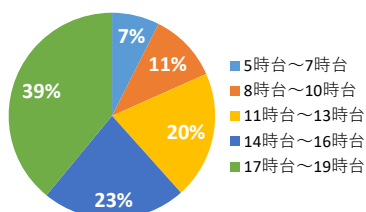


図-18 対策前の時間帯別抜け道利用台数の構成比 (CAN データ)

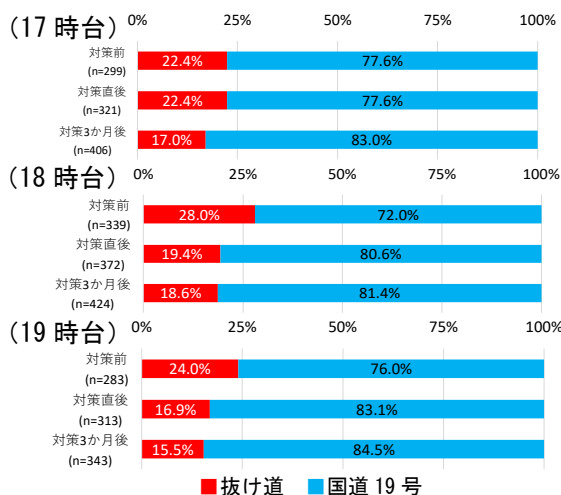


図-19 抜け道と国道の台数比率 (17 時台～19 時台) (CAN データ)

f) 横断者の安全性・快適性の向上

アンケート結果を図-22 に示す。Q6「安全性は向上したとを感じるか」、Q3「横断しやすくなったか」という質問に対して、回答者の過半数が「そう思う」「ややそう思う」と回答をしていることから、横断者の安全性・快適性の向上が確認できる。さらに、Q7「他の横断歩道にも導入した方が良いと感じるか」では約 8 割の回答者が肯定的である。

一方で、Q1「スムーズ横断歩道整備の認知度」は過半数が「知らない」と回答しており、他にも Q4「一時停止する車両は増えたか」、Q5「横断歩道に接近する時の速度は低下したか」では、「どちらでもない」という回答が多くみられた。

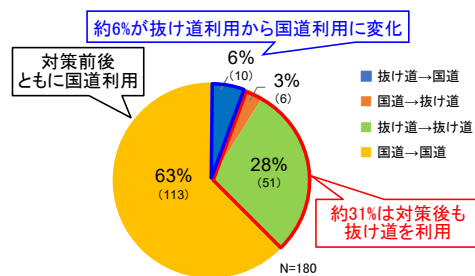


図-20 対策前後の行動変化 (CAN データ)

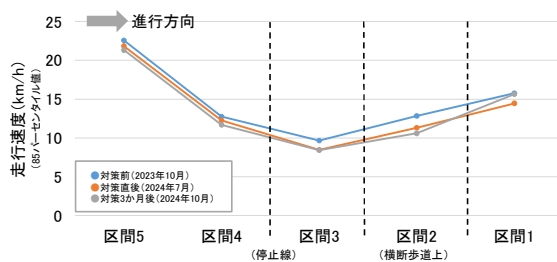


図-21 横断歩道周辺での速度変化 (n=57: 対策後も抜け道を走行する車両) (CAN データ)

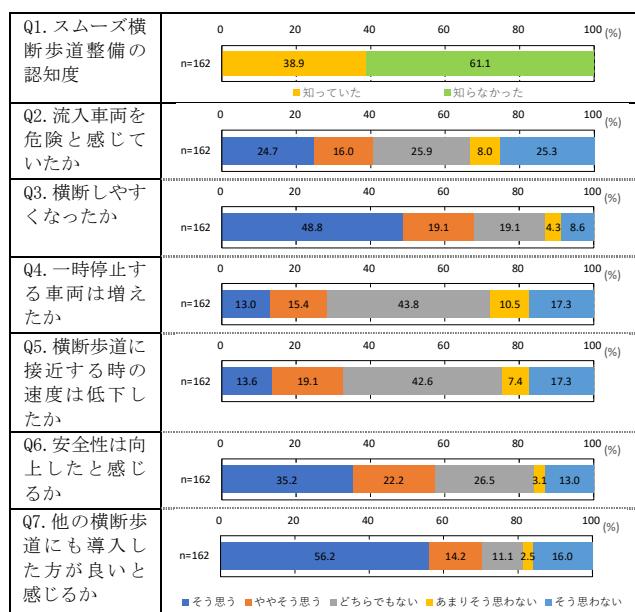


図-22 アンケート結果

(2) 小川交差点北側交差点部における対策効果

分析結果から、一時停止の遵守率向上や横断歩道接近時の速度低下など、スムーズ横断歩道前後での車両の挙動変化を確認した。ハンプという物理的な障害を設けることで、ドライバーが走行速度を落とした結果、一時停止遵守率の向上やヒヤリハットの減少などの効果が発現したと考えられる。

抜け道利用について、対策後には抜け道を走行する車両の割合が減少傾向にあり、国道 19 号への行動変容がみられた。ドライバーがハンプによる走行支障を回避するため、経路変更を行ったと考えられる。対策 3 か月後も抜け道として走行する車両も、生活道路区間での走行速度が低下し、安全性の向上が確認できた。

対策の認知度については、調査が対策直後だったこともあり約 4 割に留まっているが、横断者の多くは安全性・快適性の向上を感じており、他の箇所への展開を望む声も確認できた。

る県・市へ対策の有効性について積極的に広めていきたい。

6. おわりに

本論文では、国道 19 号小川交差点北側交差点部において対策後も発生していた自転車と車両の出会い頭事故に着目し、抜け道利用の抑制と横断歩道接近時の速度抑制を目的として、管内初となるスムーズ横断歩道の導入を計画、実施した。名古屋国道事務所をはじめ、名古屋市および愛知県警との連携のもと施工を行った。

対策効果の検証では、ビデオ映像および CAN データを用いた車両挙動の分析により、生活道路を走行する車両において、横断歩道接近時の速度低下が確認された。さらに、車両の一時停止遵守率の向上、ならびにヒヤリハットの減少もみられ、横断者の見落としに起因する事故の抑止効果が発現したと考えられる。CAN データを用いた対策前後の抜け道利用割合の分析では、特に帰宅時間帯の抜け道利用割合が減少傾向にあり、抜け道利用の抑制にも寄与したと評価できる。

アンケート調査の結果からは、対策によって横断者の安全性・快適性が向上したという肯定的な評価が得られており、利用者視点から見ても一定の改善効果が確認された。

以上のことから、生活道路出口部へのスムーズ横断歩道の設置によって、抜け道利用の抑制と横断歩道接近時の速度抑制の効果が発現しており、出会い頭事故の抑止に寄与する有効な手法であることが示唆された。また、今回の研究で効果検証の手法について確立された。今後、他の同様の対策を検討してい

サザンゲートブリッジRC床版における 詳細調査および補修方法の検討について

池田 公嘉¹・後上里 友晴¹

¹内閣府 沖縄総合事務局 石垣港湾事務所 工務課 (〒907-0012 沖縄県石垣市美崎町1-10)

石垣島のシンボルであるサザンゲートブリッジは石垣市街と人工島を結ぶ唯一の臨港道路として石垣島の経済活性化を支えている重要な施設である。施設周辺には代替施設がないことから1995年供用開始以降、「石垣港維持管理計画書」に基づき、島民や観光客等が安心・安全に供用できるように計画的な点検診断・維持補修に努めている。

本稿では2020年度定期点検で損傷が見られたRC床版の補修方法を検討するために実施した詳細調査について報告を行うものである。

キーワード 臨港道路, 維持管理, 詳細調査, 補修方法, RC床版

1. はじめに

(1) 石垣市の概要

石垣市は日本列島最南西端の都市であり、沖縄本島から約410km、東京から約1,960km、台湾とは約280kmの距離に位置するアジアとの結節点となる国境都市である。加えて、石垣島は沖縄本島、西表島に次ぐ沖縄県内で3番目に広い面積を有する島であり、1市2町（石垣市・竹富町・与那国町）からなる八重山諸島の市民生活や経済活動を支える人流・物流の玄関口として八重山諸島の政治、経済、教育、文化、交通、通信の中心地として位置づけられている（図-1）。

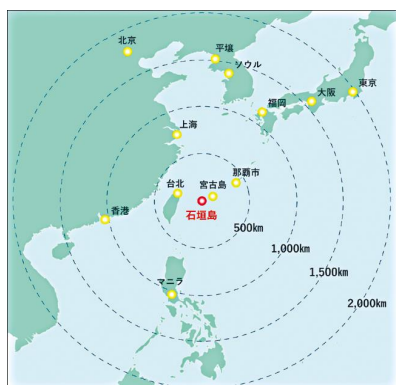


図-1：石垣市位置図（出典：石垣市）

本市は四方を広大な海に囲まれ、多様性のある自然に恵まれており、気候学的にも亜熱帯海洋性気候に属している。一年を通じて温暖で豊かな自然環境である地域特

性を活かして、さとうきびやパイナップル、マンゴーなどの亜熱帯農業や石垣牛の生産、マグロ・カツオ漁、もずく養殖などの農業・水産業に加えて、ダイビング、シュノーケリングなどのマリンスポーツを中心とした本市のリーディング産業である観光業が盛んである。

(2) サザンゲートブリッジ概要

石垣市街地と人工島（以下、「南ぬ浜町」という。）を結ぶ臨港道路であるサザンゲートブリッジ（以下、「対象施設」という。）は、PC3径間連続箱桁橋及びRC床版単純ローゼ桁橋により構成されている道路橋である（写真-1）。橋長438mで1993年（平成5年）に供用開始以降、「石垣島のシンボル」として、長年に渡り石垣市民および石垣島を訪れる観光客等から認知されている。



写真-1：サザンゲートブリッジ

南ぬ浜町では2008年代後半からクルーズ船の寄港が増加し、2024年には120回（クルーズ船寄港数全国5位）、約29.5万人の旅客が市街地へ渡るため、バスやタクシーで対象施設を利用している（表-1）。

表-1：2024 年クルーズ船寄港回数
(出典：国土交通省港湾局)

日本へのクルーズ船寄港回数 2024年・上位10港 ※国土交通省港湾局調べ		
順位	港湾名	回数
1	博多	204
2	那覇	175
3	長崎	160
4	横浜	147
5	石垣	120
6	鹿児島	105
7	神戸	95
8	ペ'ラヒ'スマリーナ(広島)	91
9	清水	87
10	東京、大阪、佐世保	72

2018 年にはこれまで市街地内にあったエネルギー関連企業が南ぬ浜町へ施設移転しており、当時の石垣港港湾計画に基づいたエネルギー関連施設の南ぬ浜町に集約することによる施設規模の拡充に着手し、貯蓄量の大幅増加に伴う供給体制の安定化を図っている。エネルギー供給施設では、レギュラー燃料、ジェット燃料や軽油、重油などの石油製品やプロパンガスのガス製品を貯蔵しており、島内消費の大部分を占める石油・ガス製品を南ぬ浜町から出荷している。

また、砂砂利や飼料の荷役作業も行っており、石垣島の経済活動や地域生活において、市街地と南ぬ浜町を繋ぐ唯一の臨港道路である対象施設は益々重要な施設となっている。

(3) サザンゲートブリッジの維持管理計画

南ぬ浜町は、クルーズバスや人工ビーチ等が整備されており、今後も石垣港港湾計画に基づき、クルーズ船や大型プレジャーボートの受入れ環境の整備や海洋スポーツ・レクリエーションの拠点の整備等、官民が一体となった賑わい創出を担う施設整備等に伴う対象施設の交通量増加が見込まれている。また、周辺には対象施設に変わる代替施設がないことから供用開始から約 30 年を経過している対象施設(設計供用期間 50 年間)の維持管理を適切に実施していく必要がある(図-2・写真-2)。

対象施設は「石垣港維持管理計画書(2013 年 1 月策定)」に基づき維持管理を実施している¹⁾。本計画は、設計供用期間 50 年間(2042 年まで)にわたり橋梁の構造上の変状に対応するため、計画的かつ適切な点検診断・維持補修を実施し、設計供用期間中において要求性能を十分に確保することを目標としている。その規模や想定される利用状況等から、周辺施設で代替することが

難しいだけでなく、施設の利用形態から考えて、供用を長期間停止するような維持工事等の実施は避ける必要がある、このため、対象施設を設計供用期間にわたり予防保全的に維持しなければならない。したがって、対象施設の維持管理にあたり、高い水準の損傷劣化対策を行うことにより、供用期間中に要求性能が満たされない状態に至らない範囲に損傷劣化を留めることとする。



図-2：石垣港港湾計画イメージ図
(出典：石垣市港湾課)



写真-2：サザンゲートブリッジ交通状況

(4) サザンゲートブリッジの現状について

対象施設の現状として、2020 年の近接目視による定期点検を実施した²⁾。その結果、RC 床版にひび割れが発生しており、RC 床版下面についても橋軸直角方向のひび割れや一部において剥離、うき、漏水等が確認された(写真-3)。

そこで本件では、床版の劣化状態を評価するために RC 床版における詳細調査および補修方法の検討を行った結果について報告する。

2. 定期点検について

(1) 定期点検の目的

定期点検は、橋梁に係る維持管理を適切に行うために

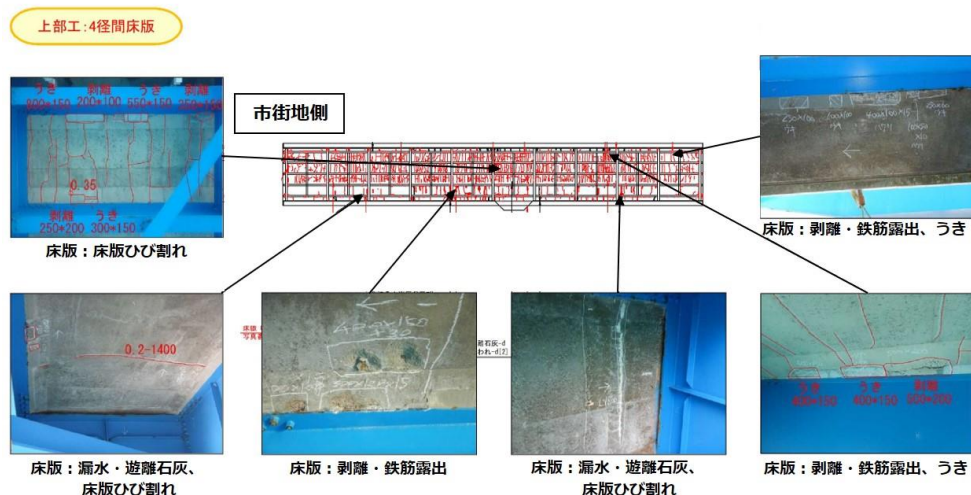


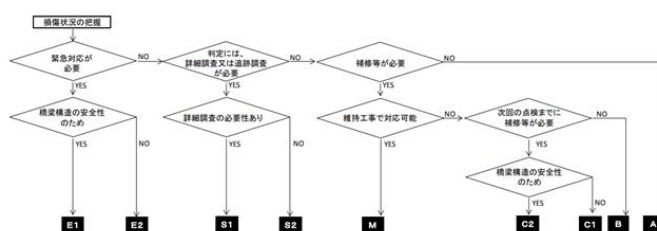
写真-3：サザンゲートブリッジ床版損傷状況（出典：石垣市港湾課）

必要な情報を得ることを目的に実施する。近接目視を基本とした状態の把握と次回点検までの措置方針の参考とするための対策区分の判定や省令や告示で求められる道路橋毎維持管理の参考資料となり、かつ将来に向けた維持管理計画の策定や見直しに用いるため、橋梁定期点検要領に則り、損傷程度の評価、外観性状の記録を行うものである³⁾。

定期点検の頻度として、初回点検を供用開始後2年以内に行い、2回目以降は、5年に1回の頻度で行うことを基本としている。ただし、橋梁の環境条件、供用年数、構造形式、交通量等により損傷の発生状況が異なるため、定期点検の結果や橋梁の状態、修繕等の計画によっては、5年より短い間隔で定期点検を実施することを妨げないとしている。

(2) 定期点検の内容

定期点検の内容として、比較的短い間隔で、海面上を対象とした目視調査を基本とする点検診断を実施し、橋梁の損傷状況を把握した上で、構造上の部材区分あるいは部材毎、損傷種類毎に対策区分判定要領を参考にしながら対策区分の「A～C」、または「E・M・S」といった9区分の内容から判定を行い、対策区分の結果に基づき部材単位での健全性の診断を行う。健全性の判定は、「I：健全」～「IV：緊急措置段階」の4段階で判定する（図-3・表-2）。



対策区分の判定区分

判定区分	判定の内容
A	損傷が認められないか、損傷が軽微で補修を行う必要がない。
B	状況に応じて補修を行う必要がある。
C1	予防保全の観点から、速やかに補修等を行う必要がある。
C2	橋梁構造の安全性の観点から、速やかに補修等を行う必要がある。
E1	橋梁構造の安全性の観点から、緊急対応の必要がある。
E2	その他、緊急対応の必要がある。
M	維持工事での対応の必要がある。
S1	詳細調査の必要がある。
S2	追跡調査の必要がある。

図-3：対策区分判定の流れと判定区分（出典：橋梁定期点検要領 平成31年3月）

表-2：健全性診断判定の流れと判定区分（出典：橋梁定期点検要領 平成31年3月）

対策区分	健全性区分
A, B	I 健全
C1, M	II 予防保全段階
C2	III 早期措置段階
E1, E2	IV 緊急措置段階

健全性の判定区分

区分	定義
I 健全	道路橋の機能に支障が生じていない状態。
II 予防保全段階	道路橋の機能に支障が生じていないが、予防保全の観点から措置を講ずることが望ましい状態。
III 早期措置段階	道路橋の機能に支障が生じる可能性があり、早期に措置を講ずべき状態。
IV 緊急措置段階	道路橋の機能に支障が生じている、又は生じる可能性が著しく高く、緊急に措置を講ずべき状態。

(3) 対象施設の定期点検結果

定期点検の結果として、床版に関する対策区分および健全性の診断において、床版に橋軸および橋軸直角方向のひびわれが多数確認されており、張出床版では扇状のひび割れも確認された。一般的には、大型車通行時の振動が大きいと、輪荷重の繰り返しによって発生したひび割れと推定している。また、床版下面に確認されたうきや剥離については主桁上フランジの腐食により発生したものであり、床版からの漏水については伸縮装置の材料、品質が経年劣化による生じた損傷と推定されている。対象施設は塩害の影響を受ける環境下にあることからコンクリート中への塩分の浸透により塩害を受け、損傷が進行、拡大することが懸念される。

さらに、2018年度と2020年度に実施した定期点検結果を比較したところ、2018年度に実施した定期点検の点検結果は、対策区分「B：（状況に応じて補修を行う必要がある。）」、健全性診断「Ⅰ：健全（道路橋の機能に支障が生じていない状態。）」に対して、2020年度に実施した定期点検の点検結果では、対策区分「C1：（予防保全の観点から、速やかに補修等を行う必要がある。）」、健全性診断「Ⅱ：予防保全段階（道路橋の機能に支障が生じていないが、予防保全の観点から措置を講ずることが望ましい状態。）」という判定結果であった。以上のことから、直ちに補修するほどの緊急性まではないが、床版の劣化が進行していることが示されている（表-3）。

表-3：定期点検結果の比較

2018年度定期点検		2020年度定期点検	
対策区分	健全性診断	対策区分	健全性診断
B	Ⅰ	C1	Ⅱ

3. 詳細調査について

(1) 詳細調査の目的と内容

2020年度の定期点検において、対策区分「C1」、健全性の診断「Ⅱ」と判断されたことを受け、損傷が見られる床版の補修方法を検討するため詳細調査を実施した⁴⁾。

詳細調査は、定期点検のみでは施設を供用するための安全性が確保されているかが評価できないことから荷重からたわみを発生させることにより、耐荷力を調査することで供用安全性の判断や対策の精度向上が期待できるとした。今回の詳細調査では床版の耐荷力の把握を目的として、床版上面から、たわみ量の測定調査をするために衝撃載荷試験を実施した。

衝撃載荷試験における試験方法の選定については、主に「車載型」（以下、「FWD」という。）と「自走・可搬型」（以下、「SIVE」という。）がある。特徴として、FWDは舗装表面に設置した載荷板に重錘を落下させることで衝撃荷重を与え、道路面のたわみを複数の変位センサーにより測定する。一般的には道路舗装の検査に使用されており、時折、橋梁の床版の検査で使用される場合もある。SIVEは舗装表面に重錘を落下させることで衝撃荷重を与え道路面上の加速度計によって得られる波形を積分処理することによりたわみを取得する。橋梁床版に載荷できるように開発された試験装置である。今回の詳細調査では損傷が確認された橋梁床版の耐荷性能を簡便に把握できるSIVEを採用した。具体的な採用理由として、FWDは載荷位置と変位センサーの配置が決まっており、車線割や主桁間隔の影響を受ける等、制約が多い。その反面、SIVEは試験箇所を細分化するため、試験機が小型かつ試験箇所を自由に設定が可能。また、作業時の制約が少なく、短時間での試験実施が可能のためである。

衝撃載荷試験の内容として、移動用フォークリフトと載荷部で構成された試験機を使用しホイストで釣り上げた250kgの重錘を15～20cmの高さから橋梁道路部に落下させてRC床版に衝撃を与えた際の加速度波形を取得した。取得した加速度波形を変換して、たわみ分布を求めることで、RC床版の耐荷力を把握した。試験は昼間に行い、2車線（片側1車線）のうち、計測する車線を交通規制し、車両通行の際の振動が試験値に影響を与えるため、車両通行の無い状態で計測している（写真-4）。

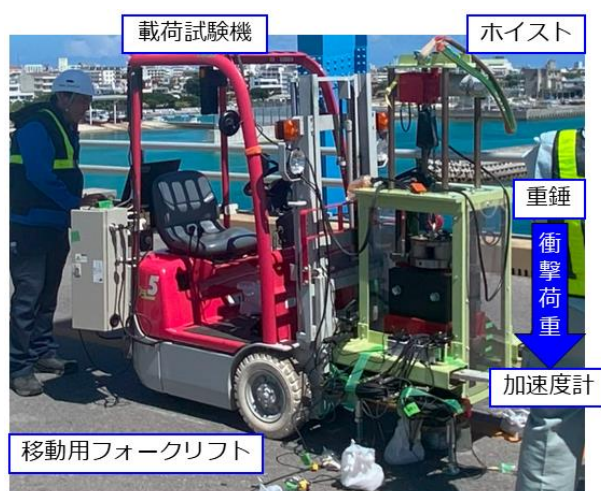


写真-4：衝撃載荷試験

（出典：（一財）沿岸技術研究センター）

(2) 詳細調査の結果

衝撃載荷試験で取得したたわみ分布と理論値を比較した結果、試験で最も大きいたわみ量が得られた箇所において、理論上の健全状態とひび割れ状態の間のたわみ値

を示し、たわみが小さいほど健全状態に近く、大きいほど劣化が進行している状態となることから、現時点では劣化は進んでおらず、供用する上での安全性は問題ないと判断している（図-4）。

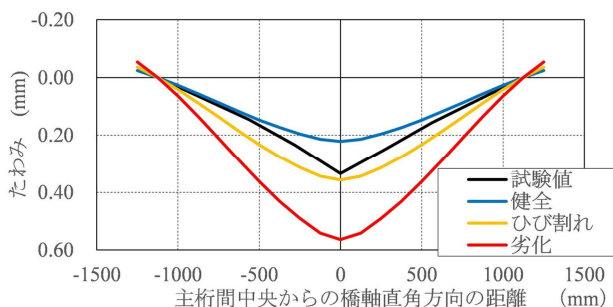


図-4：試験結果と理論値の比較

（出典：（一財）沿岸技術研究センター）

その他調査として、損傷・劣化の種類や範囲、進行度合いの確認を目的にコンクリートコア採取による詳細調査を実施した。床版から採取したコンクリートサンプルを調査した結果、圧縮強度は設計基準（ 24N/mm^2 ）に対して、 37.6N/mm^2 （RC 床版端部）、 34.4N/mm^2 （RC 床版中央部）、全塩化物イオン量は腐食発生限界塩化物イオン量（ 2.0 kg/m^3 ）に対して、 2.0 kg/m^3 以下の基準値を示し基準値をクリアしていることを確認した⁵⁾（表-4・図-5）。

表-4：採取したコンクリートコアの平均圧縮強度

（出典：（一財）沿岸技術研究センター）

採取したコンクリートコアの平均圧縮強度（ N/mm^2 ）					
RC床版端部			RC床版中央部		
1体目	2体目	3体目	1体目	2体目	3体目
41.0	37.4	34.5	33.5	35.5	34.1
37.6			34.4		

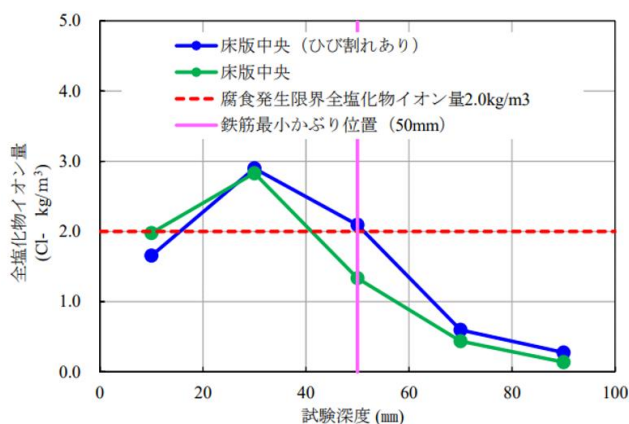


図-5：全塩化物イオン量試験結果

（出典：（一財）沿岸技術研究センター）

以上、詳細調査の結果をまとめると、衝撃載荷試験によるたわみ計測の結果、劣化は進行しておらず、供用安全性は問題ないと判断し、コンクリートコア採取による試験においてコンクリートの圧縮強度や全塩化物のイオン量ともに健全な状態ということが確認できた。また、橋梁の下面からの目視結果では、ひび割れは確認できたが、ひび割れ幅が最大 0.35 mm 未満であり、また、RC 床版においてはエポキシ樹脂の鉄筋が使用されていることから顕著な劣化、錆汁等は確認されなかった。

4. 補修方法の検討について

これらを踏まえた補修の方向性として、予防保全の観点からこれ以上の劣化を防ぐため、床版上面からの漏水を防止する措置を検討することにした。

補修方法の検討として、舗装面の防水工法について比較をした⁶⁾。

床版防水層の選定は、特段の理由がない場合において要求性能（床版や舗装との接着性、防水性、ひび割れ追従性、プリスタリングの発生の可能性）を満たす床版防水層の候補が複数ある場合は、経済性の検討を行い、より経済的な床版防水層を選定することにした。したがって、各種工法を比較した結果、要求性能を満たし、経済性に優れた塗膜系床版防水層（アスファルト加熱型）を採用した（表-5）。

塗膜系床版防水層はアスファルトに合成ゴムや合成樹脂を加えた防水材料を加熱機械で熔融し、ハケによる塗布や機械散布などによって施工される床版防水層である。床版防水層は舗装と床版の間に配置するため、舗装面からの水分供給を防止することで床版の耐久性の確保に繋がり、床版の劣化進行度合いを緩やかにする役割を担っている。

5. まとめ

サザンゲートブリッジ RC 床版の補修方法を検討するために実施した詳細調査について以下のとおりまとめる。
①衝撃載荷試験、圧縮強度試験、全塩化物イオン量試験、近接目視等による調査の結果、現時点では RC 床版の劣化は大きく進行しておらず、劣化に対する緊急補修の必要はなく、供用する上での安全性に問題がないと判断した。

②予防保全の観点から措置を講じるため、劣化の原因となる舗装部分からの雨などによる水分の侵入を防ぐため、

表-5：防水工法の比較（出典：令和5年度 石垣港臨港道路（橋梁）改良設計業務報告書）

床版防水層		シート系床版防水層		塗膜系床版防水層	
		流し貼り型	加熱溶着型	アスファルト加熱型	
防水層の性能	床版や舗装との接着性	良 好	良 好	良 好	
	防水性	良 好	良 好	普 通	
	ひび割れ追従性	良 好	良 好	普 通	
	プリスタリング発生の可能性	普 通	普 通	比較的低い	
施工性		要求性能を満たす	○	要求性能を満たす	○
	舗装時日当たり施工規模	300～500m ² 程度	300～500m ² 程度	500～700m ² 程度	
	養生時間	な し	な し	な し	
適用性		要求性能を満たす	○	要求性能を満たす	○
	舗装基層打換え時の床版の不陸	凹凸が20mm以上の場合は不陸調整が必要	凹凸が20mm以上の場合は不陸調整が必要	良好（凹部での溜まりに注意）	
	舗装基層打換え時に残留アスファルトが除去しきれない場合	残留アスファルトの付着が良好の場合は適用可能プライマーに含まれる溶剤に注意	残留アスファルトの付着が良好の場合は適用可能プライマーに含まれる溶剤に注意	残留アスファルトの付着が良好の場合は適用可能プライマーに含まれる溶剤に注意	
		要求性能を満たす	○	要求性能を満たす	○
歩道部への適用		舗装厚により要検討	メッシュの繊維基材のものは適用可	適用性が高い	
経済性		2,790円/㎡	2,790円/㎡	2,350円/㎡	
		土木工事市場単価より	土木工事市場単価より	土木工事市場単価より	
				採用	

要求性能を満たし、かつ経済性に優れている塗膜系防水層設置による舗装部の補修を検討した。

③引き続き、日常点検、定期点検時に劣化進行の有無についての経過観測を行うことが重要である。

以上より、詳細調査の結果、現時点では供用する上では問題なく、主な水分供給は舗装面からの漏水であると判断した。床版下面からのひび割れは塩害対策として、RC 床版に使用されている鉄筋はエポキシ樹脂塗装を施しており、事前対策がなされていることから、現時点では床版下面のひび割れ補修までは不要とし、補修等の緊急性ではなく、予防保全の観点から床版上面の劣化に起因している舗装部分のひび割れからの防水対策を検討した。また、今後の補修の方向性として、RC 床版の劣化の原因となる舗装部分からの水分供給を防止するための予防措置（舗装打ち換え、床版防水工）を講じながら、対象施設の維持管理上、必要な維持管理計画書等に基づき、施設状態の継続的な経過観察を行い、必要に応じて対象施設の要求性能を維持するための補修等を実施していくことが望ましいと判断した。

最後に、供用開始から30年以上経過するサザンゲートブリッジを今後も島民や石垣島を訪れる観光客等が安心・安全に供用できるよう国、港湾管理者、その他民間企業等との更なる協力体制の構築に努め、本市の経済活性化および今後の賑わい創出の役割を担うサザンゲートブリッジの長寿命化に繋げていきたい。

謝辞：「サザンゲートブリッジRC床版における詳細調査および補修方法の検討について」の報告を進めるにあたり、（一財）沿岸技術研究センター調査部の斎藤氏、佐藤氏には技術的なご指導や資料提供等、様々な面において多大なるご協力を賜りましたことを厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 沖縄総合事務局石垣港湾事務所、「石垣港維持管理計画書（新港地区 橋梁）」, 2013 年 1 月
- 2) 石垣市建設部港湾課, 「サザンゲートブリッジ橋梁点検補修調査設計業務委託 報告書」, 2021 年 3 月
- 3) 国土交通省道路局 国道・技術課, 「橋梁定期点検要領」, 2019 年 3 月
- 4) 沖縄総合事務局石垣港湾事務所, 「令和5年度石垣港臨港道路（橋梁）改良検討業務 報告書」, 2024 年 3 月
- 5) 齊藤 創太・佐藤 昌宏・石原 晃一・吉沼 志織・平良 譲治・野瀬 晴生・小松 武弥, 「衝撃荷重載荷試験を用いた道路橋 RC 床版の健全性診断」, 沿岸技術研究センター論文集 No. 24, 2024 年 11 月
- 6) 沖縄総合事務局石垣港湾事務所, 「令和5年度石垣港臨港道路（橋梁）改良設計業務 報告書」, 2024 年 3 月

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・高橋 聡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)

近年の頻発化・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、先行事例であるコストコホールセールジャパン株式会社熊本御船倉庫店へのBCP策定支援の成果を踏まえつつ、現在実施中の白川流域における株式会社鶴屋百貨店への策定支援事例を紹介し、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の考えを述べる。

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、下流部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。さらに本年においては、8月7日から九州地方で広く大雨となり、特に熊本市を含む九州北部では9日夜遅くから11日にかけて線状降水帯が繰り返して発生するなど記録的な大雨に見舞われ、道路冠水や床上・

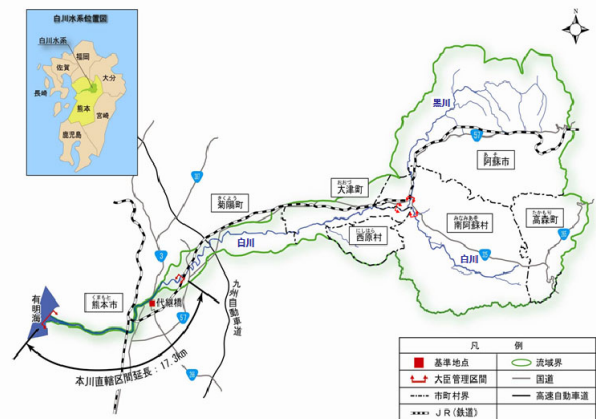


図-1 白川流域図

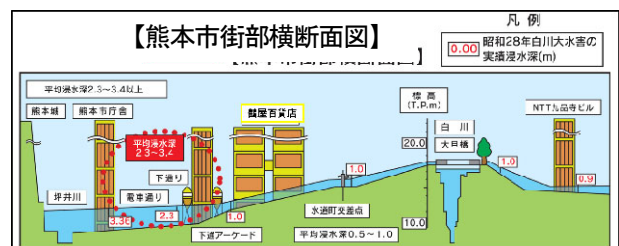


図-2 熊本市街部と白川の関係

床下浸水など甚大な被害が発生している」。(図-3)

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化・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、行政だけではなく、地域住民・企業・教育機関なども含めた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)



図-3 令和7年8月の出水による熊本市内の浸水被害状況



図-4 タイムラインのイメージ

熊本河川国道事務所では、白川流域での取り組みに先立ち、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式会社熊本御船倉庫店であり、御船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、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-4)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-5）

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、今回の取り組み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。

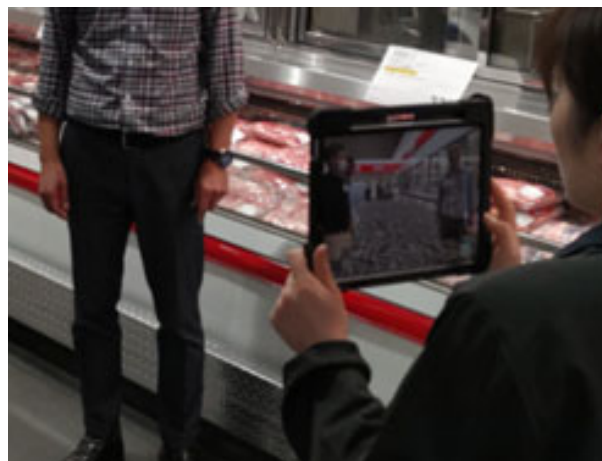


図-5 ARで浸水被害状況を確認している様子

4. 白川水害リスクマップの公表と活用

従来作成されてきた洪水浸水想定区域図は、水防法に基づき指定された規模の降雨による洪水が発生した時に浸水が想定される区域と浸水深を示した図である。洪水浸水想定区域図は住民等の迅速かつ円滑な避難に資する水害リスク情報として、最悪の事態を想定して命を守るという考え方で避難計画の検討や避難行動の判断を行う場合には有効であるものの、浸水の生じやすさや浸水の発生頻度は明らかになっていない。そのため、防災減災のための水害リスクを踏まえた、まちづくりや住まい方の工夫、企業の立地選択には使いづらいという課題があった。そこで国土交通省では、流域治水の取り組みを推進することを目的として、発生頻度が高い降雨規模も含めた複数の降雨規模毎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」を作成して公表している。

(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 R5.1」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。多段階浸水想定図では、外水と内水でそれぞれ降雨量が異なる年超過確率規模（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を浸水深のランク別に区分し、異なる色で示しており、避難へつながる浸水リスクを把握できる。（図-6）また、新たに考慮した内水氾濫の条件は「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 R5.1」に基づき設定し、検討を行った。

水害リスクマップは多段階浸水想定図を重ね合わせて降雨の発生確率ごとの浸水範囲を表示している。「浸水が想定される（10cm以上）範囲」、「床上相当の浸水が想定される（50cm以上）範囲」、「1階居室相当の浸水が想定される（3m以上）範囲」の3パターンを作成、公表しており、中小規模の降雨でも比較的浸水しやすい場所を把握することができる。（図-7）

これにより、内水氾濫の影響を考慮した浸水リスクを頻度別・深さ別に包括的に把握できる図面が整備された。

(4) 株式会社鶴屋百貨店との連携事例

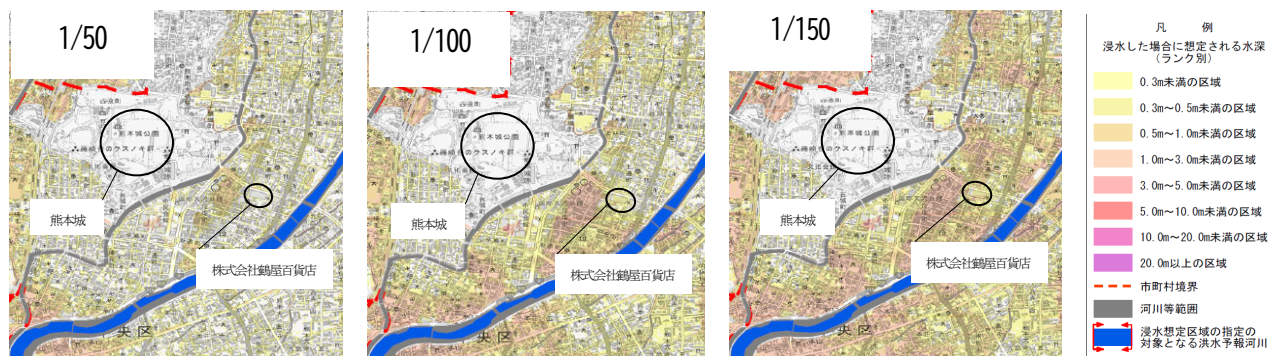


図-6 白川水系内外水統合の多段階浸水想定図の一部

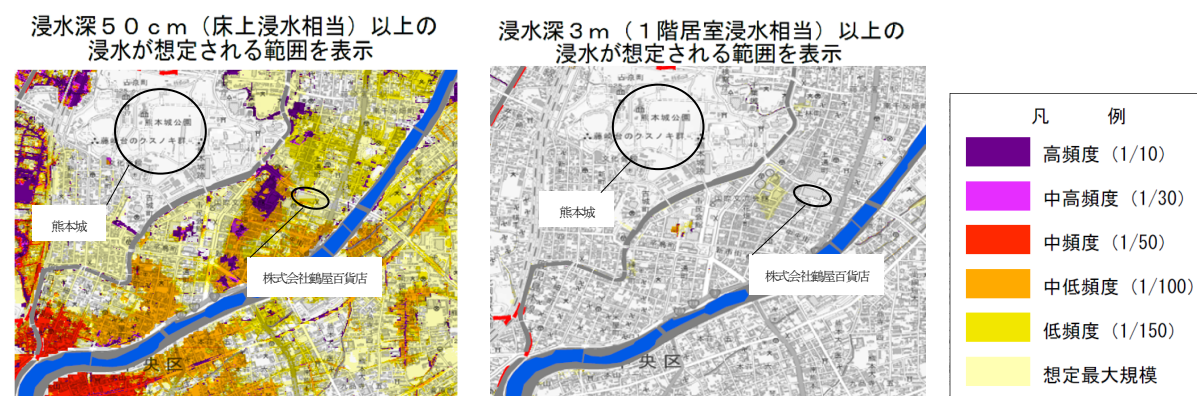


図-7 白川水系内外水統合の水害リスクマップの一部

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水害版企業BCP策定支援が進行中である。(図-8)

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から、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-6, 7, 9)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企業BCP策定支援がスタートした。

株式会社鶴屋百貨店では、「内外水統合型」の多段階浸水想定図および水害リスクマップを活用し、対応の実現可能性も踏まえ、株式会社鶴屋百貨店自らが対象外力を1/100確率降雨(外水による約0.5m浸水)として、水害版企業BCPの策定を目指しているところである。

今回行う水害版BCP策定支援の流れを図-10に示す。全4回でのワークショップ形式での水害版BCP策定支援を進めており、これまでに3回のワークショップを実施したところである。

令和7年7月に開催した第1回目のワークショップでは、



図-8 株式会社鶴屋百貨店 位置図

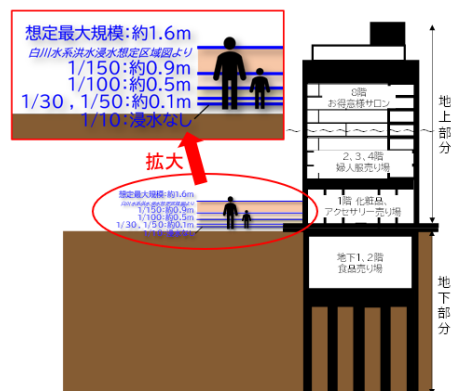


図-9 リスクの共有をする際に使用した資料

勉強会の際に確認した災害リスクについて再度確認を行った後「想定される被害」の整理を行った。ここでは、緑川流域の先行事例を踏まえつつ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、どのような被害が出る恐れがあるのか確認を行った。

（図-11）

同年9月に開催した第2回ワークショップでは、第1回ワークショップで整理した「想定される被害」に加え、令和7年8月の大雨に対しても意見を出していただきながら、「基本方針の検討」「浸水への対応事項の抽出」「重要業務の選定」を行った。令和7年8月の大雨は、株式会社鶴屋百貨店が立地する熊本市中心市街地でも、下通アーケード近傍の店舗で内水氾濫が発生するなどの被害をもたらした。この事象は、浸水や物流寸断などリスクシナリオで想定していた事態が現実化する可能性を改めて示すものであり、本支援の意義をより強める契機となった。

同年10月に開催した第3回ワークショップでは、対応事項に対する「ボトルネックの特定」「BCP発動基準・収束基準の決定」について検討を行った。（図-12）次回開催予定の第4回ワークショップでは、「BCP素案のとりまとめ」「ボトルネックの対策検討」を行うことを予定している。

本取り組みは企業の防災力向上に大きく寄与したと考える。それに加え、本取り組みの様子は地元報道機関を通じて広く報道されており、防災に積極的に取り組む企業としての姿勢が地域社会に広く発信された。これにより、企業の社会的信頼性の向上にも寄与するとともに、他地域企業への波及も期待される。

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初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」を用いた水害版企業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。

こうした取り組みを広げる上では今後、国・県・市など官公庁間の横断的な連携強化が一層重要である。行政の各主体が情報を共有し、支援体制を構築することで、より実効性の高い企業支援と流域全体での防災体制の強化が期待される。その第一歩として、今回のBCP策定で得られた知見や作成手順を「水害版BCP作成マニュアル」として取りまとめたもの（図-13）を、熊本市経済政策課と連携し、商工会議所をはじめとする各種経済団体や幅広い業種の流域各企業が集まる場で、水平展開を

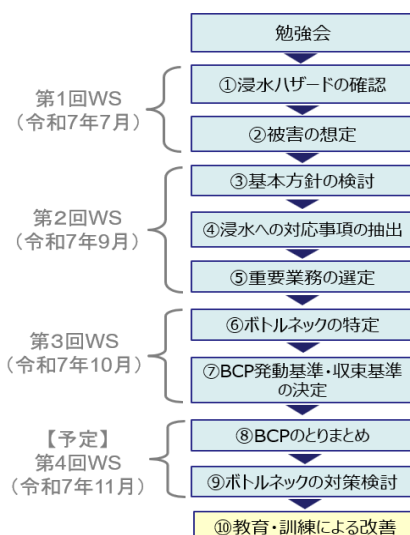


図-10 水害版企業 BCP 策定支援の流れ



図-11 ARで店内の浸水被害状況を確認している様子



図-12 ワークショップの状況

図るとともに、BCP策定支援の進捗に応じてリスク情報の更新や提供形式の改善も進めていくことを考えている。昨年度の緑川流域での支援に引き続き、今回の水害版BCP策定支援では、倉庫店や百貨店など各企業の業態ごとに異なるニーズや課題に応じたアプローチが求められた。支援を行う中で、企業ごとに対応の仕方や悩みどころが大きく異なることを改めて実感した。このことから、「水害版BCP作成マニュアル」としてとりまとめる際には、各企業の状況に柔軟に対応できることが支援の効果を左右する重要な要素であると感じている。今後は、この経験を踏まえ、支援の網羅性を確保するとともに、個々の企業に応じた柔軟な対応が可能なマニュアルを作成していきたいと考えている。

また、災害リスク情報を行政内だけにとどめず、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。その一環として、災害時の浸水状況等を疑似体験できるWEB版ARツールの作成にも取り組んでおり、災害リスクの「見える化」から「体感による理解促進」へと展開を考えている。

この取り組みを通して、企業が防災を「自分ごと」として捉え、地域についても考えつつ行動する姿を間近で見るたびに、この取り組みの価値を強く実感している。今後、水害版企業BCPを策定するだけではなく、水害版企業BCPを策定することを通して、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、策定に関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が促進されることを期待する。

目次

1. はじめに	1
1.1 「水害版 BCP」とは	1
1.2 「基本シート」を使った「水害版 BCP」作成	1
1.3 「水害版 BCP」をめぐる状況	3
2. BCP 作成にあたって	4
2.1 作成手順	4
2.2 「水害版 BCP」メンバー	6
2.3 「水害版 BCP」作成の進め方	6
2.4 「水害版 BCP」作成の前提条件整理	6
3. BCP の作成	7
3.1 【ステップ1】洪水時に発生する重大な被害を予想する	7
3.2 【ステップ2】被害に対し、何を優先的にやるべきか考える（重要な対応）	15
3.3 【ステップ3】だれがやるか決める（役割分担）	17
3.4 【ステップ4】いつするか決める（タイミング）	18
4. さらなる対応	21
4.1 ポトルネックへの対応	21
4.2 そのほかの状況への対応	23
4.3 複合災害への対応	23
5. 実際に作成した企業の声	24
6. 事業継続力強化計画制度の活用	25
6.1 事業継続力強化計画制度とは	25
6.2 事業継続力強化計画制度の申請方法	25

図-13 「水害版 BCP 作成マニュアル」内容（案）

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、これからも行政の立場として、地域の防災力向上に少しでも貢献できるよう、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。

参考文献

1) 熊本市：熊本市災害対策本部会議資料（2025. 10. 29 閲覧）。