2　スマートで持続可能な社会資本の管理への貢献

（１）　評価指標

表-1.1.2.1　「スマートで持続可能な社会資本の管理への貢献」の評価指標および目標値

主な評価軸	評価指標		目標値	令和 6 年度
成果・取組が国の方針や社会のニーズに適合しているか	土木研究所に設置された評価委員会により、妥当性の観点、社会的観点、生産性の観点、研究開発成果の最大化の観点（他機関との連携、成果の普及・行政への技術的支援、国際貢献）について、総合的な評価を行う。		B 以上	A
成果・取組が社会的価値の創出に貢献するものであるか				A
成果・取組が生産性向上・変革に貢献するものであるか				A
研究成果の最大化のための具体的な取組みがなされているか				S
		＜他機関との連携＞ 〇共同研究件数	40 件以上	26 件
		＜成果普及・行政への技術的支援＞ 〇講演会・説明会等の聴講者数（WEB 参加者含む）	4,300 人以上	12,562 人
		〇技術基準類への成果反映数	9 件以上	5 件
		＜国際貢献＞ 〇国際的委員会等への参画者数	9 人以上	10 人

（２）　モニタリング指標

表-1.1.2.2　「スマートで持続可能な社会資本の管理への貢献」のモニタリング指標

主な評価軸	モニタリング指標	令和 6 年度
研究成果の最大化のための具体的な取組みがなされているか	招へい研究員の全数	6 人
	交流研究員受入数	33 人
	競争的資金等の獲得件数	21 件
	現場調査実績	277 件
	技術資料の策定・改定数	2 件
	論文・雑誌等の発表数	290 件
	施設見学者数等	2,013 人
	技術支援実績	900 件
	災害支援実績	17 件
	委員会・研修講師派遣数	926 件
	国際会議での講演数	3 件
	国際協力機構等と連携した研修受講者数	173 人

（３）　外部評価委員会で評価された主要な成果・取組

表-1.1.2.3 「スマートで持続可能な社会資本の管理への貢献」の主要な成果・取組

評価軸	令和 6 年度の主要な成果・取組
成果・取組が国の方針や社会のニーズに適合しているか	**研究開発プログラム(5) 気候変動下における継続的な流域及び河道の監視・管理技術の開発** ・従来、河川環境整備事業において生物の定性的な目標設定が限界であったが、種数や各種の生息確率に対する事業効果を定量予測するモデルを構築。事業による効果を定量的に可視化する「流程分布図」を提案。河川事業を通じたネイチャーポジティブの実現への貢献が期待。 ・橋梁の沈下被害等が顕在化している河道の二極化について、道路・鉄道・河川管理者や材料工学等の専門家と連携した被害の防止対策、ならびに多分野横断の研究体制を構築し橋梁の安全性確保に貢献が期待。 **研究開発プログラム(6) 社会インフラの長寿命・信頼性向上を目指した更新・新設に関する研究開発** ・軟弱地盤リスクについて事前把握が困難な中、手戻り防止や事業費算定精度向上に貢献する技術として既往資料を用いた簡易リスク評価手法を考案。 **研究開発プログラム(7) 構造物の予防保全型メンテナンスに資する技術の開発** ・橋梁の老朽化が進む中、RC 床版の診断支援 AI を開発・公開。損傷種別の特定や進行度の判断を支援し、予防保全の推進に貢献が期待。 **研究開発プログラム(8) 積雪寒冷環境下のインフラの効率的な維持管理技術の開発** ・寒冷地の凍上や凍結融解に起因するポットホールに対して、断熱工法と排水材の敷設手法を確立し、凍上抑制と排水性向上で舗装の長寿命化に貢献した。 **研究開発プログラム(9) 施工・管理分野の生産性向上に関する研究開発** ・人手不足で建機オペレータが減少し、自動施工の導入需要が高まっている中、自動施工技術基盤 OPERA に対応可能な建設機械の拡充を行い、一連の機械土工に対応する開発環境の整備が完了した。「i-Construction 2.0」（令和 6 年 4 月；国交省）における自動施工の技術開発を促進するための基盤整備に貢献。
成果・取組が社会的価値の創出に貢献するものであるか	**研究開発プログラム(5) 気候変動下における継続的な流域及び河道の監視・管理技術の開発** ・流域治水において小流域ごとの流出量データの不足が課題。小流域毎の貯留・河道流出量を計算できる降雨流出・河道非定常流下の一体解析モデルを構築。小流域毎の流出特性を踏まえた対策メニューを提示するなど、流域治水への貢献が期待。 **研究開発プログラム(6) 社会インフラの長寿命・信頼性向上を目指した更新・新設に関する研究開発** ・補強土壁の安全性について変状評価が困難であるという課題に対し、外観変化から残存耐力を推定する方法を提案し、変状時の性能把握が可能になり性能照査手法の確立に道筋をつけた。 **研究開発プログラム(7) 構造物の予防保全型メンテナンスに資する技術の開発** ・施工後数年ではく離する連続繊維補強の早期劣化が課題となる中、実橋梁調査と化学分析から劣化メカニズムと原因物質を解明。簡便な対策で劣化を防止できる知見を取得し、維持管理コスト低減への応用が期待。

評価軸	令和 6 年度の主要な成果・取組
	研究開発プログラム(8) 積雪寒冷環境下のインフラの効率的な維持管理技術の開発 ・舗装下部で発生するため発見・観測が困難な床版土砂化について、損傷特性を調査し S-N（応力-寿命）関係を定式化。土砂化予測と適切な補修判断を可能とし、事故防止に寄与した。 **研究開発プログラム(9) 施工・管理分野の生産性向上に関する研究開発** ・人手不足が課題の排水機場ポンプ設備点検について、四足歩行ロボットによる点検巡回模擬試験を実施。人からロボットに代替可能な現地点検項目を抽出し、ロボット点検の運用に向けた知見を得た。点検作業の無人化・省人化に道筋をつけた。
成果・取組が生産性向上・変革に貢献するものであるか	**研究開発プログラム(5) 気候変動下における継続的な流域及び河道の監視・管理技術の開発** ・洪水流下を阻害する樹木の削減（治水対策）と環境保全のための樹木の存置との板挟みに河川管理者が苦慮するなか、航空レーザーを用いた河道内の樹木情報（本数・高さ）の効率的な把握技術を開発し、樹木の繁茂状況に応じた柔軟な河道設計・管理方法の提案により河川管理者の負担軽減への貢献が期待。 **研究開発プログラム(6) 社会インフラの長寿命・信頼性向上を目指した更新・新設に関する研究開発** ・アンカーの飛出しと維持管理が課題となる中、三重大学等と共同で軽量化や破断検知を可能にする構造を開発し、施工性と管理性を向上させ、交通の安全性の確保に貢献。 **研究開発プログラム(7) 構造物の予防保全型メンテナンスに資する技術の開発** ・コンクリートの塩害による劣化を効率的に把握するため、近赤外分光法による表面塩分の可視化技術により効率的にスクリーニングを行う方法を提示し、点検の効率化を図った。 **研究開発プログラム(8) 積雪寒冷環境下のインフラの効率的な維持管理技術の開発** ・舗装点検が目視中心で効率性に課題がある中、舗装欠損を自動検出するソフトを改良し道路巡回画像を解析することにより、ポットホールの定量把握と点検・補修の効率化を実現した。 **研究開発プログラム(9) 施工・管理分野の生産性向上に関する研究開発** ・建設現場の深刻な人手不足に対し、自動施工技術基盤 OPERA の対応機種を拡充し、掘削・積込・運搬・敷均し・締固めに対応する自動運転対応建設機械群（6 機種）の整備を完了。今後、これらの機械の活用により大規模土工で最大 7 割の省人化が期待。 ・技術者不足に対する建設機械の自動化について、熟練オペレータによる油圧ショベルの操作記録・機械動作データを取得し、操作様態を解明、より高効率な自動掘削アルゴリズムプロトタイプを開発。今後の検証実験を通じて建設現場の省人化の実現に道筋をつけた。
研究成果の最大化のための具体的な取組みがなされ	**研究開発プログラム(5) 気候変動下における継続的な流域及び河道の監視・管理技術の開発** ・多自然川づくりなどに関する学術成果を社会・事業に還元・実践するとともに、全国の大学等で活躍する人材を育成してきた取組みが評価され、応用生態工学会

評価軸	令和 6 年度の主要な成果・取組
ているか	の社会実践賞を受賞。 ・本省・地方整備局等と一体となって先行 11 水系において河川環境の定量目標の設定を支援。史上初の河川環境の定量目標の設定手法の開発に貢献、全国の一級水系における定量目標の設定に道筋をつけた。 **研究開発プログラム(6) 社会インフラの長寿命・信頼性向上を目指した更新・新設に関する研究開発** ・能登地震で被災した能越道の復旧にあたり、土研で蓄積した補強土壁の知見に基づく技術助言を行い、本復旧での強化復旧に貢献。 ・高リスク地形での道路機能喪失を抑えるため、土研の知見（地質・地盤リスクマネジメントや排水の重要性）を近日公表予定の道路土工構造物技術基準に反映し、地盤災害への道路構造の強靭化に貢献。 **研究開発プログラム(7) 構造物の予防保全型メンテナンスに資する技術の開発** ・伊良部大橋（沖縄県宮古島市）の開通 10 周年の記念講演会（参加者数：114 名）において、建設期間中から 14 年間にわたるコンクリートの耐久性追跡調査の成果を報告し、各種メディアで紹介されるなど、インフラメンテナンスの重要性の普及に寄与。 **研究開発プログラム(8) 積雪寒冷環境下のインフラの効率的な維持管理技術の開発** ・凍結融解や冬期の降雨・融雪で舗装が損傷する問題について、原因を分析し国交省の有識者会議に提示した結果、緊急自然災害防止対策事業の対象が基層・路盤まで拡充され、道路の耐久性と交通安全性の向上に寄与。 **研究開発プログラム(9) 施工・管理分野の生産性向上に関する研究開発** ・人手不足が課題の排水機場ポンプ設備保全について、開発した排水機場モニタリングシステムを国土交通省と連携して 20 機場に設置。豊富な教師データの取得により AI 異常検知システムの大幅な診断精度向上が見込まれ、設備維持管理への貢献が期待。

（４）　内部評価および外部評価委員会での評価結果

表-1.1.2.4 「スマートで持続可能な社会資本の管理への貢献」の
内部評価および外部評価委員会での評価結果

評価軸	研究開発プログラム	内部評価	外部評価委員会分科会	外部評価委員会
成果・取組が国の方針や社会のニーズに適合しているか	（５）	A	A	A
	（６）	A	A	
	（７）	S	S	
	（８）	A	A	
	（９）	B	A	
成果・取組が社会的価値の創出に貢献するものであるか	（５）	B	A	A
	（６）	A	A	
	（７）	S	A	
	（８）	A	A	
	（９）	A	A	
成果・取組が生産性向上・変革に貢献するものであるか	（５）	B	B	A
	（６）	A	A	
	（７）	A	A	
	（８）	A	A	
	（９）	A	A	
研究成果の最大化のための具体的な取組みがなされているか	（５）	S	S	S
	（６）	A	A	
	（７）	A	A	
	（８）	A	A	
	（９）	A	A	

研究開発プログラムの実施

５．気候変動下における継続的な流域及び河道の監視・管理技術の開発

■　目的

河川管理は洪水被害の軽減や水利用の確保、河川環境の保全等を通じ、我が国の経済成長や豊かな国土形成に貢献する。気候変動への適応、河川・流域環境の劣化への対応、河川構造物の劣化による機能低下・喪失への対応が求められる。本研究開発プログラムでは、進歩の著しい観測・監視・数値計算技術を流域・河道の監視に積極導入し、外力増大に対応できる治水・減災への転換、河川環境保全等と調和した河道管理、洪水応答知見を反映した構造物群・河道のマネジメントサイクル改善技術を開発し実装することを目的とする。また、河川を、河川管理施設・許可工作物を含めた構造物群と自然公物である河道からなるストックインフラと捉え、予防保全・長寿命化、事後保全と減災の工夫、流砂連続性確保、メンテナンス合理化・効率化の観点からマネジメントサイクルに関わる諸々の技術を再構築し、新ニーズに対応する施設マネジメント技術に進化させることを目的とする。

■　貢献

研究成果は、河川砂防技術基準等の技術基準類へ反映することや、河川の監視・評価の高度化、河道および河川構造物群からなる河川のマネジメントに活用されることにより、自然環境と調和した河道および河川構造物の予防保全・減災に貢献する。

■　達成目標および令和６年度に得られた成果・取組の概要

①　新技術を活用した流域・河道等の監視・評価技術の開発

(1)　ネイチャーポジティブに向けた流程分布図の開発

定量的な河川環境目標の設定手法の開発に向け、種数や各種の生息確率に対する事業効果を予測するモデルを構築し、現況把握と事業効果を可視化する「流程分布図」(図-1) を提案した。本研究成果は河川環境定量目標の検討方法に盛り込み管理者に周知された。

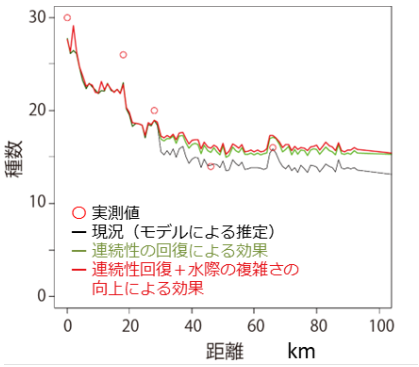


図-1　流程分布図試作例

(2)　非接触型流速観測の異常値判定技術の研究

流量観測の無人化に向け、増水時に実河川で表面流速分布を計測し、水深平均流速（浮子による）、水面下の流速分布（曳航式超音波ドップラー式流速計による）を重ね合せ（図-2※黒点は浮子の時系列位置）、異常値判定技術の研究を進めた。また、分析・整理手順（素案）を地整に共有した。

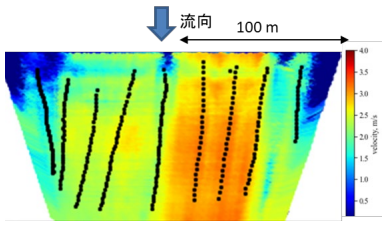


図-2　非接触式計測による表面流速平面分布例

(3) 流域スケールの貯留分担・流量分布の把握技術の研究

モデル河川流域（約 1,900 km^2）内の降雨流出、河道内の非定常流下を一体で解析できるモデルを構築し、近年の 1 出水を対象に支川群ごとの貯留量と本川流出量の相対関係を時系列で試算した（図-3）。

② 外力増大と多様な流況に対応できる河道・河川構造物の設計技術の開発

(1) 治水・環境機能の両立に向けた河道計画・維持管理の研究

令和 4 年度に開発した ALB を用いた竹林の樹頂点抽出技術を発展させ広葉樹林に適用可能とし（図-4）、同技術を用いて、経年的な樹木の繁茂状況の変化を考慮した河道の設計手法を提案した。

③ 河道・河川構造物の予防保全型維持管理技術の開発

(1) 河川の現代病：河道の二極化対策の研究

全国各地の河川で顕在化している「河道の二極化」（砂州上の樹林化などにより澪筋と砂州の比高差が過度に拡大し様々な問題が生起する事象、図-5）は、河川構造物だけでなく橋梁等の横断構造物の予防保全型メンテナンスにも関連しており、総合土砂管理も視野に入れた対策の研究が望まれている。令和 6 年度は、二極化対策に資するモニタリング手法の開発を進めるため、澪筋河床高の安価な計測手法の研究等を進めた。

(2) 衛星画像に基づく河岸侵食要対策箇所抽出技術の開発

AI を活用し衛星画像から河道内の流路位置を自動判別する手法を開発した（図-6）。流路変動を高頻度に効率的に把握することで、河岸侵食の対策が必要な箇所を効率的に抽出することが可能になった。

(3) 土砂バイパストンネルの侵食対策の研究

土砂バイパストンネルの厳しい侵食外力を踏まえコンクリート以外の材料活用が必要と考え、材料分野及び砂防分野（同様に土砂衝突に係る課題を抱える）の専門家等による勉強会を設置した。また、土砂バイパストンネル内の 3 次元流況を試算（図-7）し、第 2 種 2 次流の流況の再現性を確認した。

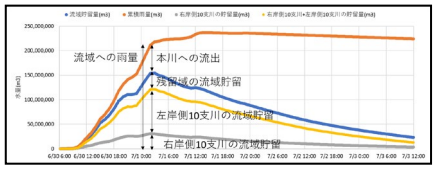


図-3　支川群ごとの貯留量と本川流出量試算例

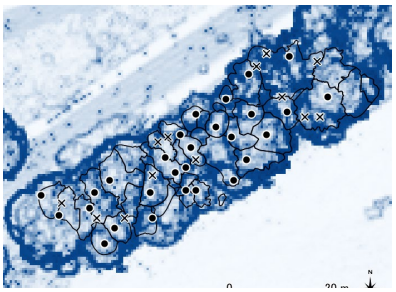


図-4　広葉樹林の樹頂点抽出例

（●正しく抽出された樹頂点、×誤抽出点）

図-5　河道二極化の影響が懸念される課題例（木曽川上流河川事務所所管内の木曽川の例）

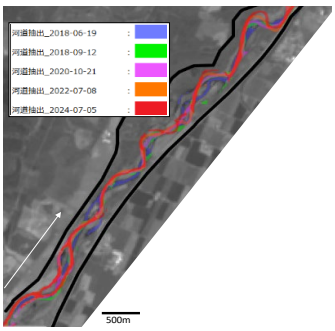


図-6　衛星画像に基づく流路抽出例

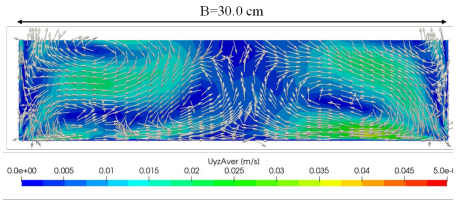


図-7　土砂バイパストンネル内 3 次元流況試算例

６．社会インフラの長寿命・信頼性向上を目指した更新・新設に関する研究開発

■　目的

土木構造物は社会を支える重要な社会インフラであり、社会からの要請に応じて整備を続けていく必要がある。厳しい財政状況の下、社会インフラの更新・新設を着実に行うためには、これまでの整備や維持管理等を通じて蓄積された知見を活かし、より長寿命な社会インフラを目指すことが必要である。一方、更新・新設時点では地質・地盤の状況を完全には把握できないというリスク（不確実性）の観点から、ライフサイクルを通じて社会インフラの信頼性を向上させる対応も考慮することが必要である。本研究開発プログラムでは、より長寿命な構造物への転換、道路ネットワーク全体のライフサイクルを通したインフラの信頼性向上を図るための技術的課題を解決することを目的とする。

■　貢献

第４期中長期目標期間までに解明した社会インフラの破損・損傷メカニズムを設計等に反映するとともに、従来想定していた通りの破損・損傷メカニズムに対しても破損・損傷の実態から材料や施工等の弱点を明確にし、新たな材料・施工技術を開発することで、より長寿命な社会インフラへの更新・新設の実現に貢献する。また、地質・地盤に関する不確実性を考慮して、計画から管理までを見通した信頼性の高い社会インフラへの更新・新設の実現に貢献する。

■　達成目標および令和６年度に得られた成果・取組の概要

①　新たに解明した破損・損傷メカニズムに対応した構造物の更新・新設技術の開発

第４期中長期目標期間までに解明した破損・損傷メカニズムに対応した構造物の更新・新設技術の開発に向けて、破損・損傷に関する調査試験等を行い、補強土壁の耐震性の検証、ネットワークレベルで実施可能な舗装点検技術の開発や早期劣化した舗装の劣化機構の把握、下水道の防水材料に関する有効塗膜厚測定方法の提案等を行った。

土工分野では、経験的に地震に強いとされてきた補強土壁を対象に、数多くの動的遠心模型実験結果を分析し、工法によらない地震時の補強土壁の限界点の考え方（図-1）を定義するとともに、壁面変位等に着目した定量的な耐震性評価手法を提案した。これにより、災害発生時に熟練技術者の総合的知見に基づいて行っていた点検が、外観から客観的に状態把握できるようになり、迅速な道路復旧への貢献が期待される。

舗装分野では、実道における劣化現象を再現した実大試験を実施し、これまでに想定されていなかった路盤の劣化現象を把握する等、舗装構造の長寿命化に資する設計・更新技術に関する新たな考え方の可能性を見出した。また、土木研究所が中心となり開発した移動式たわみ測定装置（MWD）が関東地整管内の舗装調査業務に活用されるなど、成果の社会実装が進んでいる。

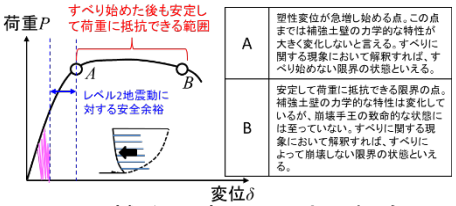


図-1　補強土壁の限界点の概念図

② 破損・損傷の実態を考慮した、より長寿命な構造物への更新・新設を実現する新材料・新工法の開発

鋼橋、コンクリート構造物、土工構造物について、破損・損傷の実態を考慮した、より長寿命な構造物への更新・新設を実現する新材料・新工法の開発に向けて、それぞれ局部応力の評価方法および影響因子の検討、コンクリートの初期欠陥と劣化の関係性の分析、凍上発生箇所を弱点箇所として抽出する手法の検討を行った。

例えば橋梁分野においては、疲労損傷のうち報告数が多く標準的な仕様で設計されている主桁－横つなぎ材接合部を対象に、実橋の応力計測により損傷メカニズムを把握した。また、実橋計測の再現解析を実施し、着目部の局部応力は、解析値と計測値が概ね一致する傾向であるものの部位によっては計測値が小さく、解析値との乖離が生じた。計測値と解析値の乖離に対しては、令和 4 年度に実施した別橋梁と同様の傾向であった。たたき点検で確認した浮きを考慮した解析により、床版-主桁間の浮きの発生が応力に影響することを把握し、3 次元 FEM 解析により局部応力を評価できる可能性を確認した。

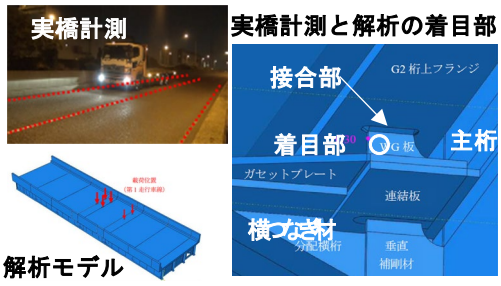


図-2　実橋計測と再現解析の着目部

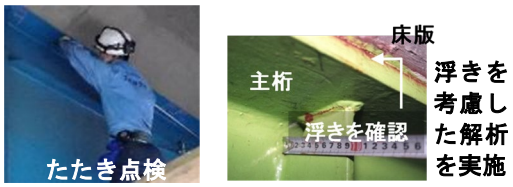


図-3　床版-主桁間の浮きの確認

③ 地質・地盤リスクに適切に対応し、計画から管理までを見通したインフラの信頼性を向上させる技術の開発

地質・地盤リスクに適切に対応し、更新・新設から管理までのプロセスを通してインフラの信頼性を向上させる技術の開発に向けて、土工構造物等における地質・地盤リスクの評価方法に関する検討・分析を行った。

地質・地盤の不確実性の評価手法の提案に向けた検討として、これまでボーリングが少ない地域では把握が困難であった軟弱地盤の最大層厚を、海底部を含む河川縦断図から簡易に推定するモデルを考案し、計画段階で事業費算定精度の向上につながることを見出したほか、切土施工時の変状や手戻り防止に向け、急勾配の流れ盤を素因とする深い崩壊を対象に、合理的な調査深度を設定するためのチャートを作成し、施工時の崩壊リスク低減に寄与するマネジメント手法の基盤構築を行った。また、アンカー工の段階的施工に向け、中長期にわたる残存緊張力の低減傾向を把握するとともに、本研究の開発技術であるアンカーの飛び出し防護装置について施工性の向上や維持管理の効率化につながる改良を実施した。

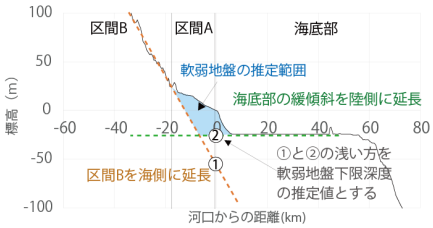


図-4　軟弱地盤推定モデルの概要

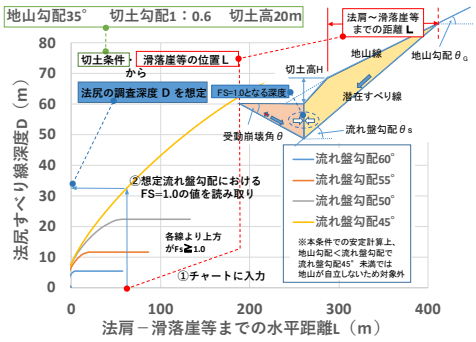


図-5　調査深度を設定するチャートの例

７．構造物の予防保全型メンテナンスに資する技術の開発

■　目的

インフラの老朽化が進む中、今後、維持管理・更新コストを可能な限り抑制し、インフラ機能を持続的に確保していくためには、インフラの長寿命化を図る予防保全型メンテナンスを推進してくことが重要である。「防災・減災、国土強靭化のための５か年加速化対策（令和２年 12 月閣議決定)」、「第５次社会資本整備重点計画（令和３年５月閣議決定)」では、予防保全型メンテナンスへの本格転換を推進するとされている。一方、将来的に生産年齢人口の減少が予測されている中で、すでに地方自治体においては、維持管理業務に携わる技術者の質・量の不足という問題が生じている。

本研究開発プログラムでは、インフラの変状を的確かつ合理的に捉える点検技術、状態評価と措置方針を示す診断技術及び支援システム、効果的な措置技術を開発するとともに、民間等が提案する新技術の評価技術を開発することを目的としている。

■　貢献

メンテナンスサイクルの各段階における主要な技術的課題を解決して、エキスパートシステムに成果を集約する。また、民間等が提案する新技術の評価技術開発に取り組む。以上により、点検・診断・措置技術の信頼性向上および「メンテナンスの DX」による業務の省力化を図ることで、予防保全型インフラメンテナンスの実現に貢献する。

■　達成目標および令和６年度に得られた成果・取組の概要

①　適切な診断を可能とするために、変状を的確かつ合理的に捉える点検技術の開発

コンクリート橋の塩害調査の実態や技術動向を整理するとともに、非破壊で塩害調査を行う技術の適用可能性について実橋調査を実施して検証した（写真-1、図-1)。橋梁定期点検要領（令和６年７月改訂）の塩害地域のコンクリート橋における塩化物イオン調査にあたって、「鋼材位置での全塩化物イオン量については、直接これを測定するほかに、コンクリート表面により近い位置の塩化物イオン量測定結果から推定するなど適切な推定や非破壊試験等を用いてよい」ことが反映された。

写真-1　非破壊技術を活用した実橋調査

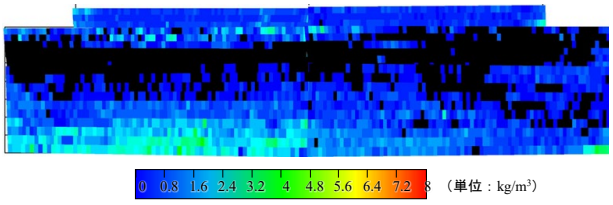


図-1　コンクリート橋の主桁下面の塩化物イオン濃度の可視化

② 損傷メカニズムに応じた状態評価と措置方針を示す診断技術及び支援システムの開発

予防保全に基づく橋梁のメンテナンスを支援するため、RC 床版の診断支援 AI システムを公開した。システムは、損傷の種類や進行度の推定、措置の方針等を根拠とともに提案し、道路管理者の判断を支援した（図-2）。システムの普及のために道路管理者等を対象にオンライン説明会も開催、道路管理者、建設コンサルタント等 180 名が参加した。

トンネルの外力性変状や令和 6 年能登半島地震による被害の分析を踏まえ、調査・設計・施工段階から維持管理段階へと引き継がれるべき情報を提案した。トンネルの覆工に緩み土圧が作用する状況について、数値解析により覆工の変状の最終形態を再現し、それに至る進展の過程を解明した（図-3）。ひずみ及び塑性域等に着目して解析結果を分析し、各段階での点検・診断上の留意点と確認すべき施工時情報を提案した。

③ 構造物の設置環境、施工上の制約などに対応した効果的な措置技術の開発

連続繊維補強の再劣化・早期劣化に関して、実橋梁から採取したサンプルの化学分析から、早期浮き・剥離は低温高湿下での硬化が原因であるという仮説を支持する結果を得た。この結果をもとに室内試験において、低温高湿施工と温冷繰り返し環境に置くことで現場と類似の早期の浮き・剥離を再現できた（図-4）。現場サンプルの採取による分析例は少なく、本研究におけるこれらの結果は、連続繊維補強の再劣化メカニズムの解明に重要な証左であると考える。

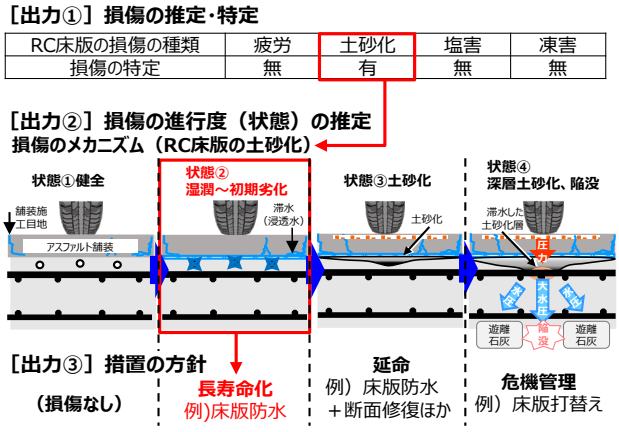


図-2　システムの出力例（損傷のメカニズムに対応した措置の方針を提示）

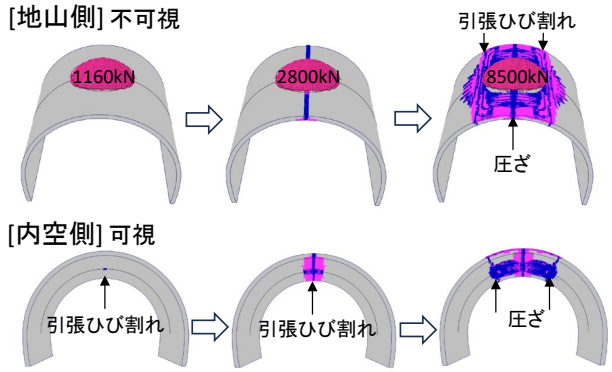
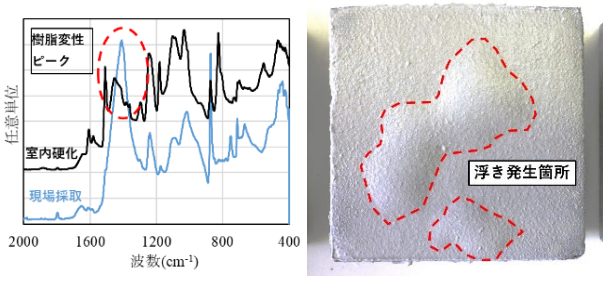


図-3　覆工の変状の進展の過程



現場採取品赤外吸光分析　　室内再現試験

図-4　連続繊維補強の再劣化メカニズム解明の概要

８．積雪寒冷環境下のインフラの効率的な維持管理技術の開発

■ 目的

積雪寒冷地のインフラ維持管理においては、低温、積雪、凍上、凍結融解、融雪水、塩分等の過酷な環境に起因する他地域とは異なる技術的課題を有している。積雪寒冷地特有の劣化・損傷に対応し、管理者が各種インフラを効率的かつ計画的に維持管理するためには、調査時点での劣化状況の適切な把握に加え、劣化がどのように進行するかの予測を踏まえた上での診断、および積雪寒冷環境下においても高耐久で効果の高い補修等の措置の実施が必要である。

本研究開発プログラムでは、積雪寒冷地における管理者ニーズの高い橋梁 RC 床版と舗装の劣化損傷対策を主な対象とし、劣化状況の適切な把握手法、劣化進行予測に基づく診断技術および高耐久な補修等の措置技術の開発を行うことを目的とする。

■ 貢献

劣化状況の効率的な調査・把握手法の開発による点検調査の効率化・省力化、点検後の劣化の進行等に関する精度の高い予測・診断技術の開発による対策工法選定や対策時期判断の最適化および耐久性があり効果の高い措置技術（予防・事後）の開発による積雪寒冷環境下のインフラの長期的な有効活用に貢献する。

■ 達成目標および令和６年度に得られた成果・取組の概要

① 積雪寒冷環境下のインフラの劣化状況の効率的調査・把握手法の開発

積雪寒冷地域の橋梁床版に関して、荷重の載荷位置が床版の疲労寿命に与える影響について検討するため、床版の中央載荷と偏心載荷の場合を比較する疲労載荷試験を行った。その結果、図-1 に示すように、偏心載荷の疲労寿命は中央載荷に比べて極端に短くなった。偏心載荷ではせん断スパン比が小さくなったことに起因したせん断破壊が生じやすいが、偏心位置にせん断補強筋がないことから早期にせん断ひび割れが発生して破壊に至ったことが主な要因であることを確認した。

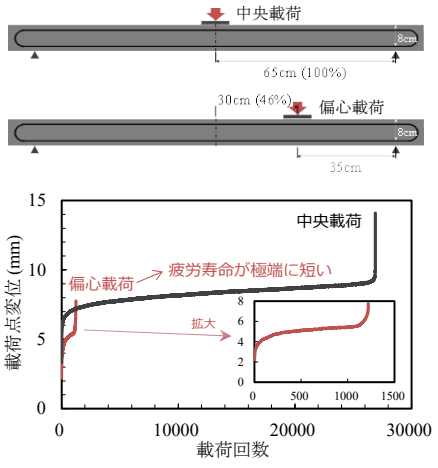


図-1　RC 床版への疲労載荷試験結果

道路巡回車による走行動画像を収集し、開発した舗装欠損部検出ソフトウェアを用いて画像解析処理を行った。図-2 に示すように、ポットホールの発生状況を定量的に把握する手法として活用できることを確認した。

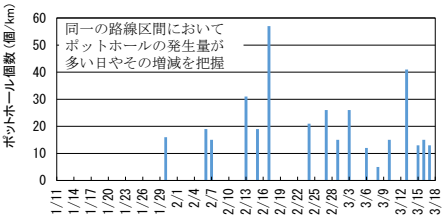


図-2　走行動画像からのポットホール発生状況の解析結果の一例

② 積雪寒冷環境下のインフラの劣化に対する精度の高い予測・診断技術の開発

輪荷重走行試験により、複数の初期の損傷状態に対する床版の土砂化予測式（S-N 関係式）を定式化した（図-3）。また、北海道内の複数橋梁において床版の応力頻度を調査し、S-N 関係式と組合せることで、各種損傷が土砂化に進展するまでの期間を試算した。その結果、凍害等による床版の内部損傷（層状ひび割れ）は、数か月～5 年程度の期間で土砂化に進展する可能性があること、3 主鈑桁橋では、中桁上と比較して外桁上で土砂化進展への期間が短くなること等、実時間スケールでの土砂化進展の特徴を明らかにした。

舗装が比較的薄い箇所に発生する構造的な舗装損傷を、電磁波レーダにより点検する技術の検討にあたり、舗装が比較的健全な車両通過位置中央部の縦断スライス画像を基準として、舗装体内部の損傷箇所の抽出を実施した。その結果、図-4 に示すような舗装表面には確認できない損傷箇所が確認できた。また、中心周波数の異なる 2 種類の電磁波レーダによる調査を実施し、図-5 に示すような損傷の抽出時に参考とする境界層の見え方や反射信号の差異について把握した。

③ 積雪寒冷環境下のインフラの劣化に対する高耐久で効果的な措置技術（予防・事後）の開発

苫小牧寒地試験道路の舗装打継目に 10 種類の止水材を用いて試験施工を行った。各止水材の止水状況を評価するために止水材の下の舗装体内に埋設した、水分検知センサーによる計測結果を図-6 に示す。供用 1 冬期目にはどの止水材においても水の浸入がないことを把握した。

ポットホール抑制の事後対策として、既設アスファルト舗装の凍上対策を目的に、断熱工法を用いた舗装断面の設計手法について検討した。断熱工法による試験施工の追跡調査の結果、図-7 に示すように従来の置換工法と同程度の凍上抑制効果を有していることが明らかとなった。調査結果を踏まえ、断熱工法の設計・施工手法を確立し、設計・施工マニュアルを作成した。

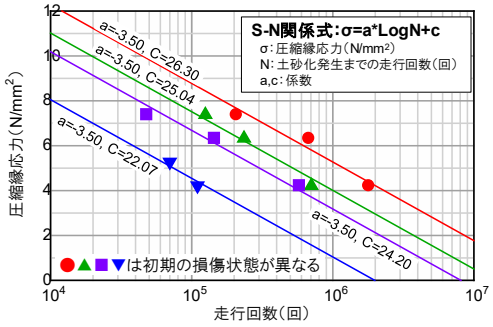


図-3　床版の土砂化予測式（S-N 関係式）

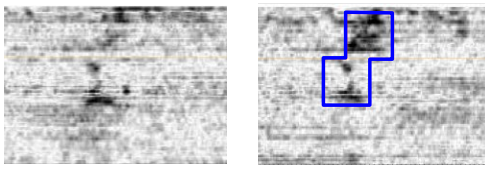


図-4　電磁波レーダによる舗装体内部の損傷の抽出

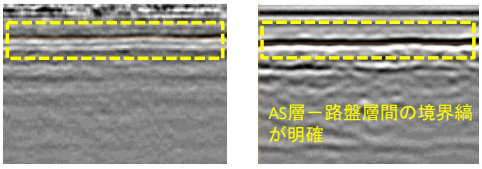


図-5　電磁波レーダの周波数による舗装の境界縞の差異

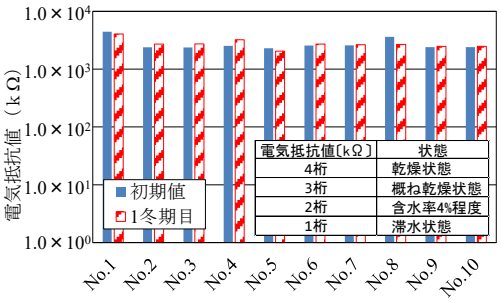


図-6　各種止水材を用いた打継目部箇所における舗装内部の水分検知結果（No.1～10：止水材種類）

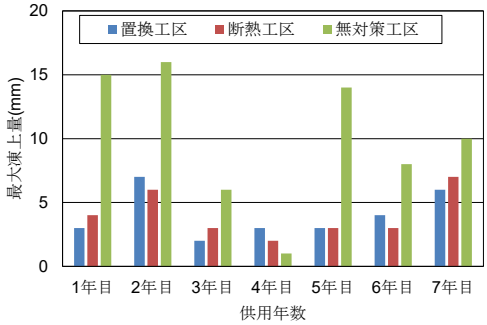


図-7　断熱工法による試験施工箇所の最大凍上量の経年変化

９．施工・管理分野の生産性向上に関する研究開発

■　目的

我が国が迎えている少子高齢化に伴う建設労働者の高齢化や人手不足の深刻化等の社会情勢の変化に対応するため、最新のデジタル技術を活用することで、インフラの施工・管理分野での生産性向上を徹底的に進める必要がある。本研究開発プログラムでは、最先端デジタル技術を用いた省人化・工程改革のための技術の開発を行うことを目的とする。

■　貢献

自動施工技術、コンクリート工技術、土木機械設備技術における最先端デジタル技術を活用した省人化手法の提案および路盤工や他工種、コンクリート工における最先端デジタル技術を活用した工程改革手法の提案により、インフラの施工・管理分野における革新的な生産性向上に貢献する。

■　達成目標および令和６年度に得られた成果・取組の概要

①　最先端デジタル技術を用いた省人化のための技術の開発

自動施工技術関連では、油圧ショベルを対象とした共通制御信号を検討する共同研究を推進し、検討対象とすべき自動施工システムのアーキテクチャおよび信号リスト化する上での検討方針を決定した。図-1 に示す一般的な土工用建設機械（油圧ショベル、ブルドーザ、運搬車、振動ローラ）の自動運転対応改造が完了し、自動施工技術基盤 OPERA における掘削から締固めまで一連の機械土工に対応する自動運転対応建設機械の整備を完了した。

図-1　自動運転対応建設機械群

コンクリート工技術関連では、省人化に資する高流動性のコンクリートを適用するための評価技術を検討している。令和 6 年度は、プレキャスト PC 桁を対象に、締固めが困難な箇所への高流動性のコンクリート（中流動コンクリート）の適用性について、実物大実験によって確認した（図-2）。

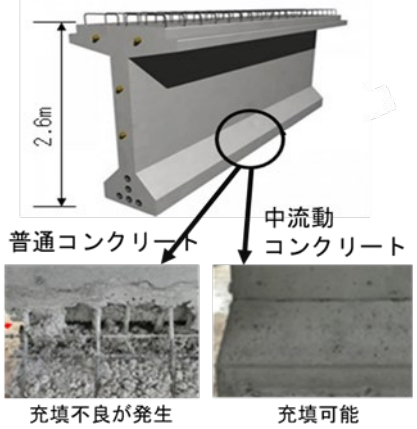


図-2　締固め困難箇所の実物大試験

土木機械設備技術関連では、「点検整備・故障対応作業の最適化と支援手法」「点検を容易とする設備構造面の簡略化」の 2 面から検討を進めた。前者については、令和 5 年度に引き続き設備年点

検時の動画を用いた作業分析を行い、省力化可能な作業の抽出と DX による代替手法の検討を行うとともに、代替手法の一例として四足歩行ロボットによる点検巡回の模擬的試行を行い、点検項目の約 20%を代替可能見込みであることと運用に向けての課題抽出を行った（写真-1）。後者については、排水機場ポンプ設備の維持管理における生産性向上に向け、電動化機場の設計方針の提案と課題の整理、自家発電による電動化機場について、様々なケーススタディによる生産性向上効果の総合評価を実施した。

写真-1　四足歩行ロボットの点検巡回模擬試験

② 最先端デジタル技術を用いた工程改革のための技術の開発

路盤工、他工種関連では、路盤工品質管理手法の高度化（加速度応答システム・衝撃加速度測定装置の活用）、及び他工種における ICT を活用した新技術に関する研究を行った。

加速度応答システムに関しては、検証実験の結果、路盤層単独の密度による品質管理は困難なことが判明した（写真-2）。そこで土木学会や舗装チーム、施工技術チームなどとも連携し、システム活用方法の検討と検証実験を行い、新たな施工・品質管理手法の提案を行うよう計画変更を行った。

写真-2　加速度応答システム実験状況

衝撃加速度試験装置に関しては、試験施工により、密度と衝撃加速度の間に一定の相関があることを確認した。

他工種における ICT を活用した新技術に関しては、MC 対応の油圧ショベルから得られた施工中データから掘削対象の性状推定を可能にする技術を論文等にまとめ公開した。また，熟練オペレータの操作記録と、種々のセンサを搭載した油圧ショベルの関節角度や油圧等の各種データを同時取得し、従来よりも高効率な自動掘削アルゴリズムの開発（プロトタイプ）を行った。

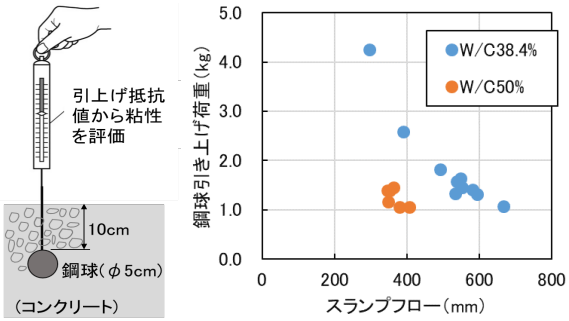


図-3　コンクリートのフレッシュ性状測定技術の要素実験例（粘性評価）

コンクリート工関連では、コンクリート工全般にわたって品質管理・検査の実態を調査し、課題を抽出した。課題のうち、将来的に自動測定可能と考えられる測定技術について要素実験を実施した（図-3）。

将来を見据えた基礎的・挑戦的な調査・研究の実施

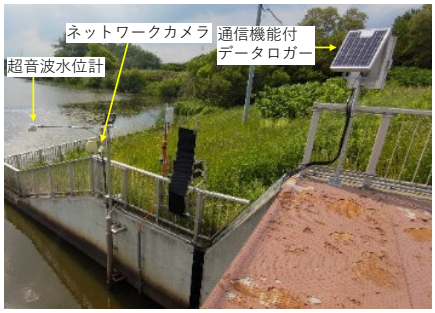
５．気候変動下における継続的な流域及び河道の監視・管理技術の開発

CPS/IoT 時代の樋門操作支援システムの開発と運用に関する研究

寒地河川チーム
寒地機械技術チーム

研究の必要性

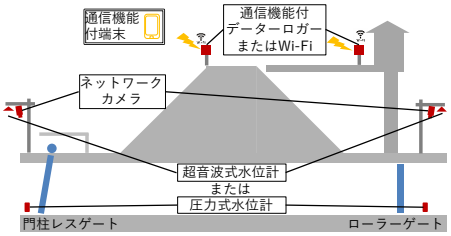
樋門操作にあたっては、悪天候時に水位や流向の把握が求められるが、短時間でそれらの判断をすることには困難が伴う。最新の IoT 技術等を最大限に活用することでそうした計測を簡易に行い、河川管理の省力化・効率化を図ることが可能な技術開発が求められている。



現場事務所と連携した実証試験の概況

令和６年度に得られた成果・取組の概要

本研究で開発した樋門操作支援システムについて、現場事務所と連携して実河川における実証試験を行い、耐寒性、耐久性試験や使用感調査を実施した。また、試験・調査結果を踏まえて現場実装を行うための留意点を整理し、以上の結果を設置・運用マニュアル（案）として取りまとめた。道内のみならず国内において樋門操作の省力化・効率化に関するニーズは高まっており、本研究成果の活用が期待される。



システムの概要図

６．社会インフラの長寿命・信頼性向上を目指した更新・新設に関する研究開発

下水道施設における金属部材の劣化に関する基礎調査

材料資源研究グループ

研究の必要性

下水道施設は老朽化が進行しており、施設の維持管理や長寿命化が課題となっている。一方で、下水道施設では金属や樹脂等の材料を使用しているが、これら材料に関する劣化状況は明らかになっていない。そこで本研究では、下水道施設の金属部材に関する点検と腐食劣化状況を把握するため、全国の公共団体を対象にアンケート調査を実施した。

令和６年度に得られた成果・取組の概要

アンケート調査では、雨水ポンプ場、中継ポンプ場、下水処理場を対象に、金属部材を使用している箇所について、「点検の実施有無」、「腐食劣化事例の有無」を調査した。

箇所別に点検の実施率と、劣化の事例を確認した割合を整理すると、点検されていないが腐食劣化事例の割合が大きい箇所として、汚泥貯留槽の蓋を支える梁、最初沈殿池等の覆蓋の下面、下水処理場等のゲート（扉体）等が抽出された。

これらは点検が困難な箇所に位置することが多いため、調査点検手法の開発が求められる。

汚泥貯留槽の蓋を支える梁の腐食例

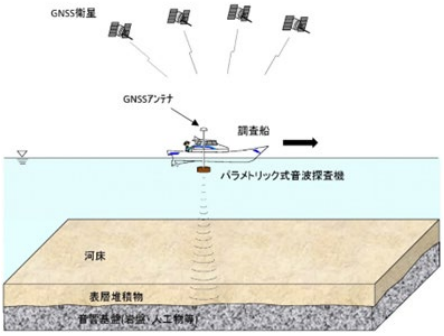
７．構造物の予防保全型メンテナンスに資する技術の開発

水中探査技術の橋梁基礎の点検・調査への適用に関する研究

橋梁構造研究グループ

研究の必要性

橋梁基礎の形式やフーチングの大きさとその土被り厚は、洗掘に対して橋脚基礎の安定を確保する上で極めて重要な情報であるにも関わらず、設計時の資料が残っていないなどの理由で不明なことも多いうえ、掘削を行わずに簡単に調査する手法が無いのが現状である。そのため掘削を行わずに水面下地中にある基礎の形状と土被り厚が把握できる方法が求められている。



サブボトムプロファイラの探査イメージ

令和６年度に得られた成果・取組の概要

産総研の御協力のもと、本来は海洋地層の探査を目的とした装置である周波数可変型のパラメトリック方式サブボトムプロファイラを用いて、実河川橋において船で橋脚近傍に近づいて基礎の形状と土被り厚の調査を実施した。調査の結果、本技術により基礎形式の特定までは困難であるものの、フーチングの土被り程度は判断できる可能性があることが確認できた。

実橋での調査の様子

８．積雪寒冷環境下のインフラの効率的な維持管理技術の開発

ゼオライトを活用した新しい ASR 対策工の寒冷地での適用評価

耐寒材料チーム

研究の必要性

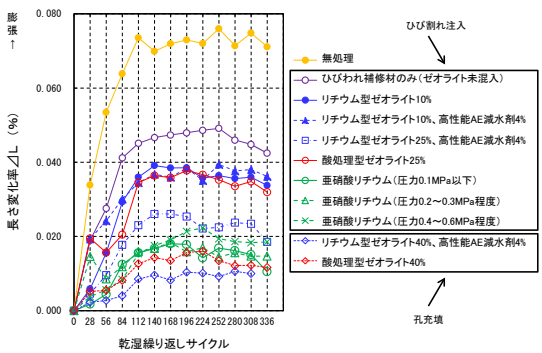
寒冷な北海道でも近年、ASR が疑われるコンクリート構造物の劣化事例が報告され、補修技術の確立が求められている。本研究では、環境面で制約のある現場にも適用できるゼオライトを活用した対策工法の評価を目的とする。

ASR が生じたコンクリート部材へのゼオライトによるひび割れ注入および孔充填の様子

令和６年度に得られた成果・取組の概要

ASR が生じたコンクリート部材にイオン交換機能を有するゼオライトを注入または充填してアルカリイオンを捕集し、ゼオライトに予め内包させたリチウムイオンや水素イオンを放出する方法による ASR 抑制効果について検証した。

その結果、促進試験の途中経過ではあるが、ゼオライトの置換率が高いほど、高い ASR 抑制効果が示された。また、ひび割れ注入に比べて、置換率を高くすることができる孔充填の方が ASR 抑制効果は高い傾向がみられた。



コンクリート部材の長さ変化率による ASR 抑制効果の検証

９．施工・管理分野の生産性向上に関する研究開発

コラム形水中ポンプ運転時の点検品質向上及び省人化技術に関する研究

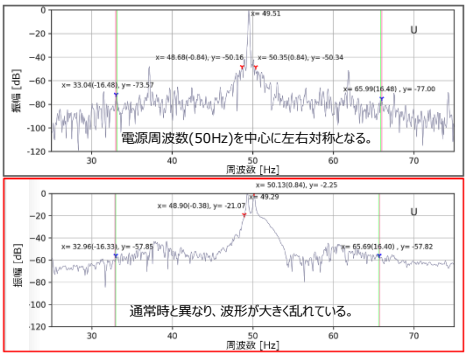
寒地機械技術チーム

研究の必要性

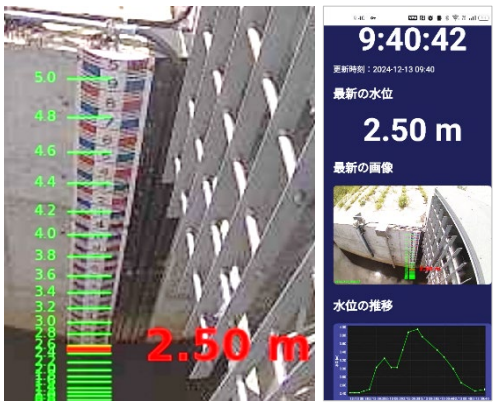
救急排水ポンプ設備は近年の集中豪雨等の増加により重要性が高まる一方、設備の老朽化が進行しており、効率的な維持管理が必要である。また、人口流出が著しい地方部では運転判断のための水位確認の省人化が必要である。本研究では、ポンプ設備の状態監視技術、カメラ画像を活用した水位観測技術を開発（提案）することを目的とする。

令和６年度に得られた成果・取組の概要

状態監視技術として、救急排水機場に自動電流計測装置を設置、実排水運転時の電流データを取得し、管理運転時の計測では得られない特異な周波数変動などを捉えることができ、状態監視に有効であることを確認した。また、省人化技術として、デジタルカメラの画像解析により水位を推定し、スマートフォン等の Web ブラウザで表示する簡易な手法を構築した。



周波数分析（上：通常時、下：変動時）



左：画像推定水位、右：ブラウザ表示