

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4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 | | | B |
| 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 | | | A |
| | <他機関との連携> ○共同研究件数 | 40 件以上 | 29 件 |
| | <成果普及・行政への技術的支援> ○講演会・説明会等の聴講者数（WEB 参加者含む） | 4,300 人以上 | 5,079 人 |
| | ○技術基準類への成果反映数 | 9 件以上 | 4 件 |
| | <国際貢献> ○国際的委員会等への参画者数 | 9 人以上 | 2 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4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 | 8人 |
| | 交流研究員受入数 | 13人 |
| | 競争的資金等の獲得件数 | 14件 |
| | 現場調査実績 | 287件 |
| | 技術資料の策定・改定数 | 4件 |
| | 論文・雑誌等の発表数 | 271件 |
| | 施設見学者数等 | 1,753人 |
| | 技術支援実績 | 1,050件 |
| | 災害支援実績 | 9件 |
| | 委員会・研修講師派遣数 | 748件 |
| | 国際会議での講演数 | 1件 |
| | 国際協力機構等と連携した研修受講者数 | 59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4年度の主要な成果・取組 |
|----------------------------------|--|
| <p>成果・取組が国の方針や社会のニーズに適合しているか</p> | <p>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</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 明治用水頭首工漏水事故でメカニズム解明・再発防止に向けた技術支援を行い、再発防止、類似災害防止に貢献。 ・ 橋脚基礎・桁沈下被災の予防保全への貢献が見込まれる点検の重点化対象・改善内容を整理・提示。 <p>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</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 前中長期の研究成果等もふまえた知見が反映された「アスファルト舗装の詳細調査・修繕設計便覧」(令和5年3月発刊)が、国土交通省の土木設計業務等共通仕様書の令和5年度主要技術基準及び参考図書に追記。舗装の適切な維持管理等に貢献が期待。 ・ 実橋での載荷試験により、主桁-横桁(対傾構)接合部に生じる疲労亀裂の発生メカニズムを把握。また、全橋モデルを使用した再現解析により、3次元挙動に起因して生じる局部応力を評価できることを確認し、橋梁の長寿命化に資する設計法構築に期待。 <p>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</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ (橋梁)耐久性能や施工性等の向上に寄与する繊維補強コンクリート床版技術の活用推進の国のニーズに対し、土木研究所の床版技術に関する研究で得られた知見を基に、国土交通省道路局が策定する「道路橋の繊維補強コンクリート床版の性能確認マニュアル(案)令和5年4月」を令和4年度にとりまとめ。 ・ (橋梁)球磨大橋の沈下により熊本県からの技術支援要請を受けて、その後に実施した自主調査等により把握した橋脚の状態などをもとに、復旧方法などについて技術的助言を行い、球磨大橋の早期の応急復旧に貢献。 <p>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</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 写真測量技術を活用した舗装ひび割れ部の欠損状況計測マニュアル(案)を作成し、現場技術者が活用可能に。ポットホール抑制対策の効果的実施を支援する技術として、国等の道路管理者や社会(道路利用者)のニーズに適合。 <p>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</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ (自律施工技術)共通制御信号案を業界全体の取り組みとするため建設機械メーカー各社と調整の上、大手4社と共同研究を開始。またISOなどの国際標準も視野に入れた検討も開始。 |
| <p>成果・取組が社会的価値の創出に貢献するものであるか</p> | <p>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</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 貯水池・ダム固有の流入波形と放流曲線をもとに施設能力増強領域を見出す道筋を整理。アンサンブル予測を活用する気候変動適応・ダム再生・ハイブリッドダム検討への貢献が期待。 <p>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</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 同じ有機酸でも、その種類により下水道施設の防食被覆材の膨潤・崩壊状況が異な |

| 評価軸 | 令和4年度の主要な成果・取組 |
|----------------------------------|---|
| | <p>ることを確認し、新たな研究分野を切り開くことが期待。有機酸の特性の中でも官能基に注目して検討を推進。</p> <p>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) 塩害により PC ケーブルが腐食破断した PC 箱桁の耐荷性能について、実験的・解析的検討により明らかにしたとして、論文「定着部付近におけるケーブル破断が PC 箱桁橋の耐荷性能に及ぼす影響」が土木学会田中賞を受賞し、既設 PC 桁管理において優先的対策箇所として根拠を示すことが可能になるなど、十分に社会的価値の創出に貢献（受賞年月：令和4年6月）。</p> <p>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 ・ 積雪寒冷地の床版に特有の内部層状ひび割れを対象に、耐荷性能評価用の損傷模擬手法を確立。床版の性能評価手法の構築に向け着実に取組み、適切な維持管理による安全・円滑な道路交通の確保への貢献が期待。</p> <p>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 ・ (土木機械設備技術) 点検作業実態から改善点を見いだす手法について解析手法と、特にその手法に資する動画撮影に関して新たに知見を得て、点検作業実態調査手法を立案。これにより、点検作業を効率的に解析できる見通しが立ち、点検作業省人化に貢献が期待。 ・ (自律施工技術) ICT の発達により、これまで取得できなかった油圧ショベル施工中データと地盤パラメータの関係に関する基礎データを収集。これにより施工中データを活用し、地盤判定や自動制御などに応用できる可能性を確認。</p> |
| <p>成果・取組が生産性向上・変革に貢献するものであるか</p> | <p>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 ・ 流量観測自動化・無人化、リモートセンシング、UAV を活用した堤防変状・樹木等モニタリング、AI 活用流路変遷自動把握技術は生産性向上に貢献。</p> <p>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 ・ 切土のり面の新たな凍上補修技術として「ワンパック断熱ふとんかご」の特許取得。積雪寒冷条件下ののり面の凍上被害の低減及び現場作業の省力化や施工時の安全性向上が期待。</p> <p>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) 補修・補強部材の損傷メカニズムを整理するとともに、システム検証を行い、システムの対象とする部材・損傷の追加や対策区分判定(案)の表示機能の追加などを含めたシステムの改良を実施し、診断 AI システム ver1.1 を構築。診断 AI システムを構築することにより、道路管理者が行う予防保全段階の診断支援につながり、橋梁の長寿命化に資する取組であり生産性向上に貢献。</p> <p>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 ・ 深層学習による緯度経度情報読み取り機能付きポットホール検出モデルを構築し、ポットホール検出ソフトウェアを開発。道路管理者のポットホール対応の効率化支援技術として貢献が期待。</p> <p>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 ・ (自律施工技術) 土木研究所が検討した共通制御信号の実装および通信プロトコルを開発。これにより自律施工研究の効率化に貢献。</p> |

| 評価軸 | 令和4年度の主要な成果・取組 |
|------------------------------------|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> ・（コンクリート工技術）施工のノウハウを有する3者と共同研究を開始し、新しいタイプの高流動性のコンクリートの材料や配合等を調査、及び生産性向上が期待できる構造物や条件等を整理。 |
| <p>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</p> | <p>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</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 常用洪水吐ゲートの操作不能に至る流木・沈木・土砂堆積の作用を大学と共同で解明し、対策案を管理手法へ反映見込み。洪水調節機能を確保する予防保全に貢献が期待。 <p>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</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 切土のり面の新たな凍上対策の研究開発に関する論文として発表した「ワンパック断熱ふとんかご」の試験施工結果および熱伝導解析結果が切土のり面の凍上被害低減に資する成果であることが評価され、第15回地盤改良シンポジウムにおいて優秀発表者賞を受賞。これにより工法の普及が期待。 <p>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</p> <ul style="list-style-type: none"> ・（コンクリート構造物）第4期中長期計画の成果を反映し改訂した「コンクリート構造物の補修対策施工マニュアル 2022年版」を発行。これにより補修箇所の再劣化を防ぐ設計・施工上の留意点が明らかになり、コンクリート構造物の長寿命化に貢献。 ・（コンクリート構造物）fib(国際コンクリート連合)の技術資料に、モデルコードで体系化する補修工法のケーススタディを執筆・寄稿し、国際ウェブセミナーで解説。 <p>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</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ コンクリート舗装の断熱工法の成果を設計・施工マニュアル（案）としてとりまとめ、北海道開発局道路設計要領に掲載。これによって効率的な設計施工が可能となり、掘削深さの抑制によるコスト縮減・工期短縮、及び舗装の耐久性向上にも貢献。マニュアル（案）はホームページに掲載、ダウンロード可能としており成果普及を推進。 ・ JICA からの国際協力要請に対応し、モンゴル国とキルギス国の舗装技術者に対して寒冷環境下で培った知見を活用した技術指導を実施。国外の寒冷地における研究成果の普及及び舗装技術力の向上に貢献。 <p>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</p> <ul style="list-style-type: none"> ・（自律施工技術）フィンランド国内の大学等研究機関や民間企業に対して、先端技術チームで開発を進める自律施工技術基盤 OPERA の普及活動を実施。同様の方針を持つ研究者の世界的ネットワークの構築を開始。 ・（コンクリート工技術）プレキャストコンクリートの蒸気養生等に関する成果として、共同研究報告書及び論文を発表。これによって遅延エトリンガイト生成による劣化の防止が可能となり、プレキャスト工法の信頼性向上に貢献。 |

(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) | S | A | A |
| | (6) | B | B | |
| | (7) | A | A | |
| | (8) | B | B | |
| | (9) | A | 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) | A | A | A |
| | (6) | A | A | |
| | (7) | B | B | |
| | (8) | B | 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 | B |
| | (6) | A | A | |
| | (7) | B | B | |
| | (8) | B | B | |
| | (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) | A | A | A |
| | (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（図-1）改善技術を開発し実装することで、安全で豊かな国土形成に資する。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る（図-1）。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（図-2）。

■ 貢献

研究成果は、河川砂防技術基準等の技術基準類への反映を提案し、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、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（図-2）。

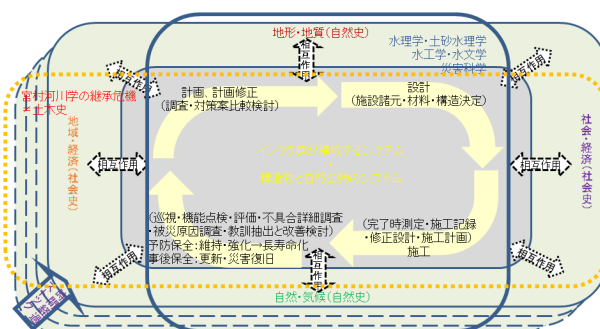


図-1 河川のマネジメントサイクル

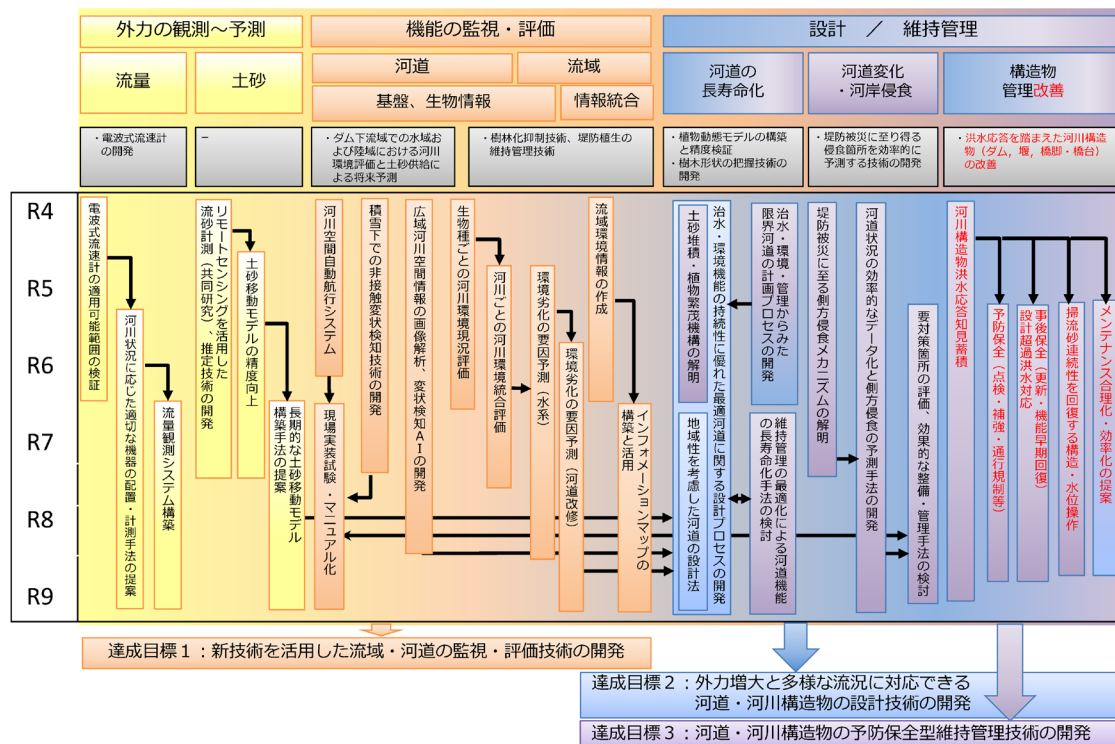


図-2 研究開発プログラムの概要

■達成目標および令和4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

河川における生物多様性に関して、淡水魚類に注目しレッドデータブックや河川水辺の国勢調査等を用い過去から現在までの変化を検討した。これまでの「環境への配慮」という緩和措置では河川環境を回復できていないことを明示し、生物多様性国家戦略のミッションである「環境をポジティブ」にするため、配慮から回復を明確に企図した川づくりの必要性を提示した（図-3）。

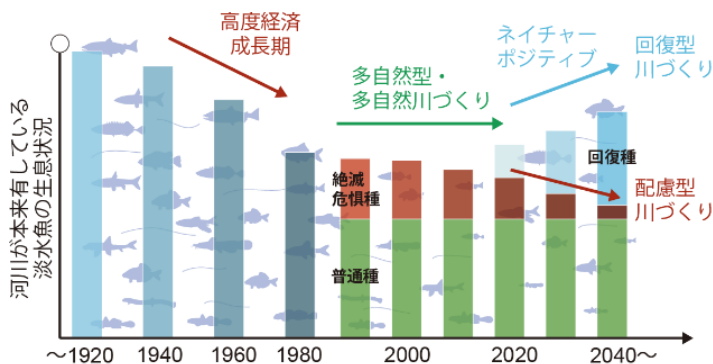


図-3 河川が本来有している淡水魚の生息状況の変化についてのイメージ図

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

③ 河道・河川構造物の予防保全型維持管理技術開発

明治用水頭首工の大規模漏水復旧対策検討委員会に参画し、浸透経路長短縮によるパイピング発生が漏水メカニズムである旨を指摘し、岩着矢板遮水処理が再発防止の肝であることを助言した。重大漏水事故の防止・被害軽減のための教訓を含む委員会中間とりまとめが公表され、類似事故対応知見として広く共有された。

河川構造物に関する研究対象を、河川管理施設の堰・床止め・多目的ダムから、頭首工・橋梁・利水ダム等の許可工作物にも広げ、技術開発検討対象を、予防保全・長寿命化技術から超過洪水対応（減災）・事後保全、流砂連続性改善（操作・施設改造含む）にも広げる（図-2）拡充を行った。

裾花ダムのゲート操作の不能事例を受け、操作不能に至る流木・沈木・土砂堆積の作用を解明するため京大・富山大と連携して現地調査およびデータ分析手法等に関し、現象解明に向けた検討を活性化させ、貯水池における流木—沈木—ゲート前堆砂管理検討フロー案を提案した（図-4、図-5）。

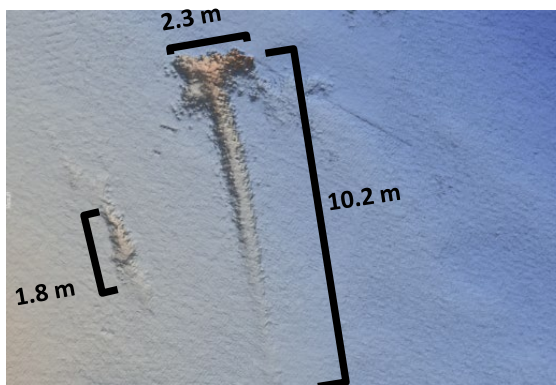


図-4 ナローマルチビームによる沈木探査結果

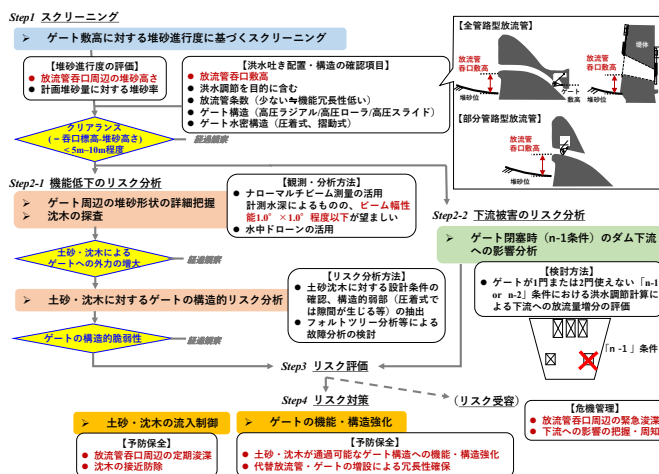


図-5 堆砂進行下における常用洪水吐きの機能確保に向けたリスク管理フロー案

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・新設を着実にを行うためには、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を目的としている。

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を目的としている。

■ 貢献

新た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4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

令和4年度は補強土壁、舗装、下水道のそれぞれについて、破損・損傷に関する実態調査等を行い、土構造物で一般的に想定されるすべりとは異なるメカニズムの補強土壁の変状や、舗装内に浸透した水により想定よりも早期に構造的な損傷が進行している舗装の事例、酢酸などの有機酸によるコンクリート防食ライニングの劣化といった新たな破損・損傷メカニズムを確認した。

例えば舗装分野においては、実道における破損事例を詳細に調査し、新たな破損・損傷メカニズムの一つとして、舗装に浸透した水の影響で路盤内から砂などの細粒分が噴き出すポンピング現象が確認されている。その現象を試験室レベルで検討できるよう、図-1に示すようなポンピング現象をシミュレートできる試験装置を提案し、検証を始めている。

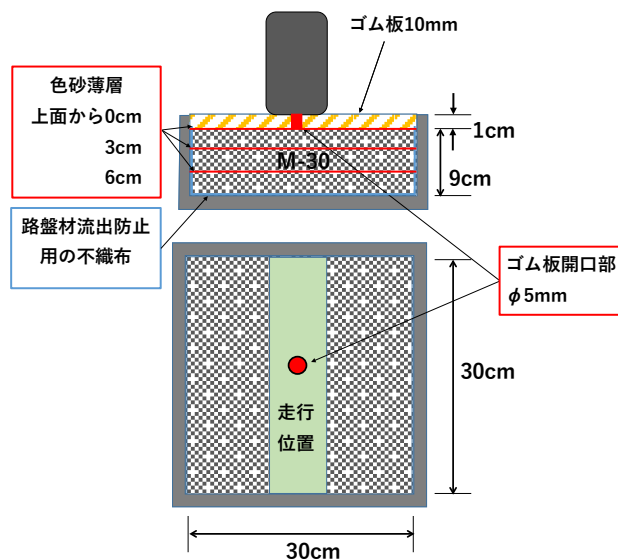


図-1 舗装のポンピング現象を再現する試験機の概要

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

令和4年度は、鋼橋、コンクリート構造物、土工構造物について、それぞれ実大規模の実験、模擬供試体を用いた室内試験、積雪寒冷地における土工構造物の損傷事例の収集などを通じて、研究開始前に想定していた対策の有効性を検証し、その妥当性のある程度確認できた。

例えば鋼橋においては、土木研究所が所有する実物大の試験橋梁において複数の条件下での荷重試験

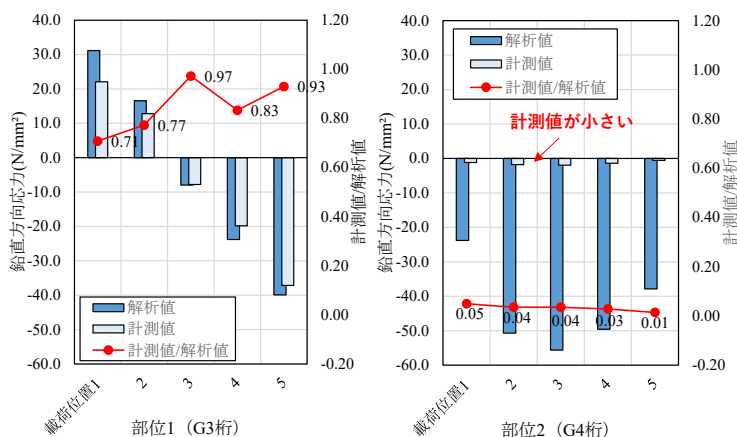


図-2 試験橋梁を用いた3次元モデルの検証結果 (鋼橋上部工の局部応力)

を実施し、局部応力の発生メカニズムを検証した。また、現在構築中の3次元モデルによる再現解析を実施し、今回の計測値との比較を行うことで、モデルの妥当性を検証した。局部応力について部位1 (図-2 左) の例が示すように計測値と解析値は概ね一致しており、3次元モデルにより局部応力を評価できる可能性を確認した。しかし、部位2 (図-2 右) のように一部の部位では計測値と解析値が乖離する場面があることを確認した。このため、他の橋梁における荷重実験を行い計測値と解析値の比較を行うなど、解析モデルの妥当性の検証については今後も継続する予定である。

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

令和4年度は、切土およびアンカー工の更新・新設を効率的に行う上で、地質・地盤の不確実性をどのように考慮すべきかを把握するため、まずは関連する事業再評価などの事例の収集を行い、事例に基づくチェックリスト項目の整理など、不具合のある地質・地盤のデータ収集を行った。また、道路斜面崩壊危険個所の定量的な抽出手法の検討の一環として、平成30年豪雨の事例を対象として地形と表層崩壊発生との関係に関する多変量解析を行った。その結果、斜面の曲率や傾斜角度等の地形を表す数値から崩壊発生の危険度のある程度良好に予測できる可能性が示唆された。図-3

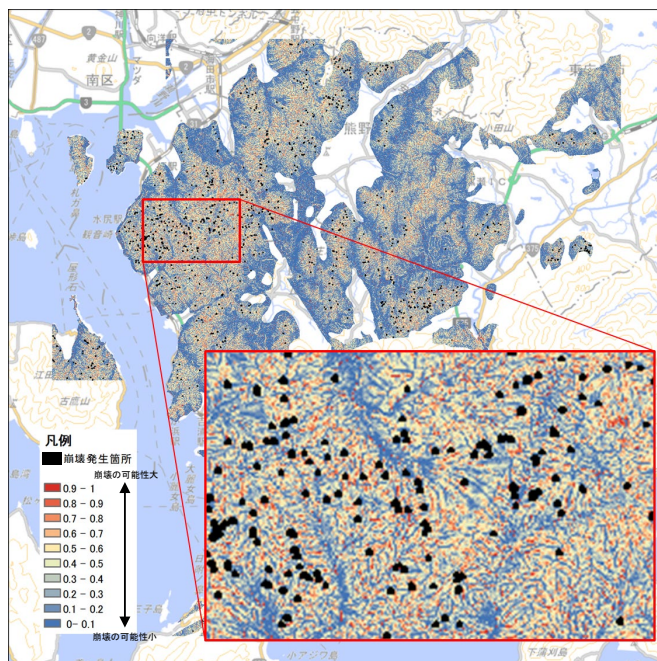


図-3 崩壊危険度予測マップの例

に多変量解析で求めた回帰式に基づく崩壊危険度予測マップの例を示す。

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いくことが重要である。「防災・減災、国土強靱化のための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、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および支援システム、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4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

橋梁関連では、目視による状態把握が困難なケーブル定着部等の部材に対する点検・詳細調査手法の確立を目的とし、箱形断面内部にあるケーブル定着部に対して、ビデオスコープを用いた調査を試行的に実施した（写真-1）。

電磁波レーダ（写真-2）を用いた点検技術により実際の橋のRC床版の滞水推定をした結果と、その後に舗装開削をして確認した結果とを比較検証した。また、土砂化したRC床版における塩分浸透性状や骨材の耐凍害性等を分析した。

基準類（道路橋定期点検要領の参考資料等）で謳われているような洗掘の点検が遂行されていないため、基準類の実効性を高めるために点検手法を具体的にすることが有効と考え、点検技術の具体化・整理を実施した。

支承の固着が桁下フランジの疲労亀裂を誘発するおそれがあるため、支承可動部の異常を模擬して固定し、支承および周辺の接触式/非接触式の変位計測による検知を試行した。



写真-1 ビデオスコープによるケーブル定着部の調査



写真-2 RC床版の滞水推定に用いた車載式電磁波レーダ

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

橋梁関連では、橋梁診断支援 AI システムについて、実際の点検業務や点検調書を活用したシステムの検証(写真-3)を実施し、その結果に基づき、システムの改良案を検討するとともに、システムの対象とする損傷を拡張するための改良等を実施した。

トンネル関連では、供用中のトンネルの外力性変状と施工時データの相関性を分析し、外力性変状が施工中の変位や低土被り等の周辺環境等と一定の相関があることを明らかにした。また、既往のトンネル覆工载荷試験の結果のレビューや再現解析を実施し、覆工コンクリートの変状の進展過程を整理した。

樋門等河川構造物関連では、点検・診断事例の収集を行った。抜上りと空洞の有無、樋門構造、堤防・地盤条件の関係を分析するとともに、コンクリート部材については、既往研究で未整理の翼壁等の部材における特徴的な損傷を抽出・分類し(図-1)、発生メカニズムを考察、検討した。

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

橋梁関連では、高耐久性材料(ステンレス鋼)を用いた道路橋の長寿命化に資する措置技術の開発について、実環境下での耐久性性能の検証データの蓄積および標準的な設計施工法の確立を目的に、部材更新が必要となった実橋梁においてステンレス鋼での部材更新を実施した。RC 床版の土砂化に対する効果的な措置方法を検討するために、潜在的に劣化が懸念される脆弱化層(健全部と比較して剛性や物質透過抵抗性が低下している層)の範囲を調査した結果、床版内部に脆弱化層が面的に存在することを確認したことから、それを踏まえた補修範囲の考え方を検討した。

トンネル関連では、トンネルの変状対策工を対象に不具合事例について収集・整理し、不具合の種類や程度、不具合発生に影響を及ぼす要因等について明らかにした(写真-4)。

樋門等河川構造物関連では、補修事例を報告書・文献等から収集し、現状の課題を抽出した。コンクリート部材については、点検・診断事例の分析結果を用いて補修に求められる機能等を検討した。

コンクリート構造物関連では、塩害や凍害によるコンクリート劣化の予防保全のため、シラン系表面含浸材が塗布されているが、スケール抑制効果の持続期間をより長期化させるため、再塗布による効果を検証した(図-2)。



写真-3 診断 AI システムの検証

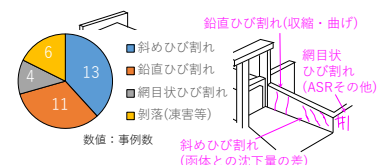


図-1 樋門翼壁の翼壁の損傷パターンと推定される発生メカニズム



(a) はく落対策工※背面からの漏水によりシートがはく離



(b) 漏水対策工※シール部の劣化により漏水が発生

写真-4 トンネルの変状対策工の不具合事例

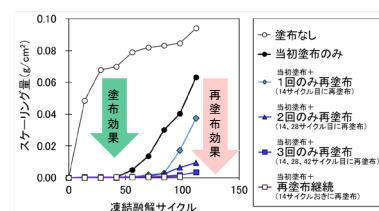


図-2 コンクリートの表面含浸材の再塗布によるスケール抑制効果

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を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に取り組み、積雪寒冷地のインフラの効率的・計画的な維持管理の実現に貢献することを目的としている。

■ 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4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

橋梁 RC 床版に関して、積雪寒冷地域で顕在化している凍害等による内部損傷が進行した状態を、試験室内にて簡易に模擬するための試験体製作方法を検討した。また、実橋 RC 床版から切出した損傷部材および室内で模擬した損傷部材の損傷性状調査および荷重試験を行い、主に部材の力学特性の観点から、簡易模擬手法による床版内部損傷の再現性を検証した。

この結果、令和4年度に検討した製作方法により、凍結融解負荷による劣化促進や特殊な養生等を行わなくとも、1~2 か月程度の短期間で実橋部材に類似した複数の水平ひび割れを導入できること（写真-1）、また、実橋部材でのコンクリートの損傷性状や耐荷性能を定量的に再現できることを確認した（図-1、図-2）。これをもって、損傷の深さや範囲、発生部位等の組合せが異



(a) 実橋損傷 (b) 損傷模擬
写真-1 橋梁 RC 床版内部損傷の発生状況

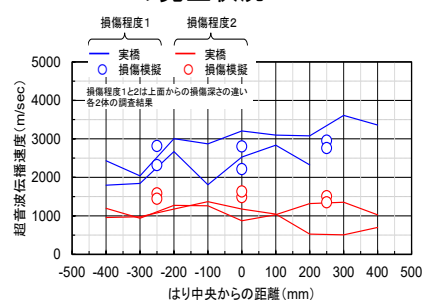


図-1 損傷部材の超音波伝播速度

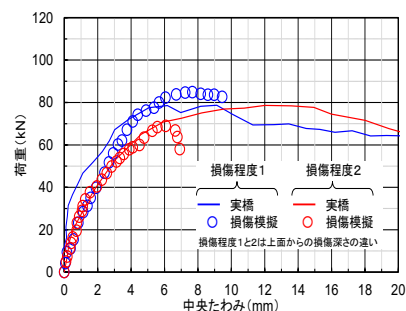


図-2 損傷部材の荷重試験結果

なる多様な損傷状態を模擬可能な部材性能評価用の試験体製作手法を確立し、令和5年度以降の取組を推進する環境を整備した。

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

アスファルト舗装路面に発生したひび割れから水が浸入し、融雪期に凍結融解等を繰り返すことで欠損拡大やポットホールに進展する。これらの対策の一環として期待されるfog seal工法について、デジタルカメラを用いたSfM写真測量によりひび割れ部欠損量の計測を行い、fog sealを散布した区間と無散布区間で比較検討した。その結果、作成した3D舗装路面データ(図-3)より、欠損部上幅・深さ・断面積・体積からfog sealのひび割れ欠損進行抑制効果の評価しうることが示唆された(図-4)。

アスファルト舗装では、ポットホール等の損傷の発生により舗装体の支持力が低下する。令和4年度は舗装体支持力の計測手法に関する検討として、重錘落下式たわみ測定装置(FWD)と移動式たわみ測定装置(MWD)によるたわみ量の比較検討を実施した。この結果、図-5に示すようにFWDとMWDのたわみ量はほぼ一致し、MWDは舗装体支持力計測手法として有用性が高いことが確認できた。また、局所的な支持力低下箇所の把握にも有効であることが確認できた。

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

床版上の舗装において電気抵抗値を用いた水分検知調査を行った結果、図-6に示すように、供用初期において電気抵抗低下が見られ、アスファルト混合物層等から水分が浸透し、防水層上面や基層-表層間に水分が存在していることが明らかとなった。

ポットホール抑制の事前対策の検討として、ポットホール抑制を目的とした舗装施工目地部止水対策の実施状況についてアンケート調査を実施した。この結果、図-7に示すように、施工目地の処置は約1/3、層間付着改善処置は約8割の工事で実施されていることを確認した。

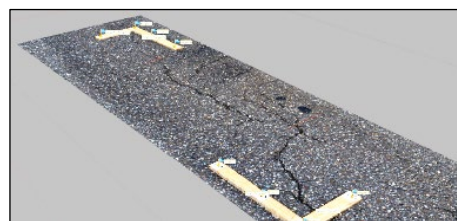


図-3 3D舗装路面データの構築状況

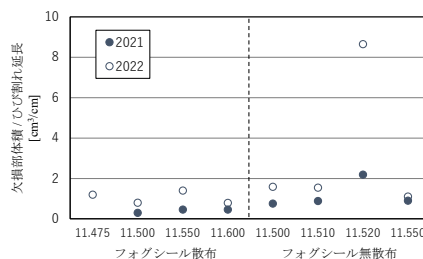


図-4 ひび割れ延長あたりの欠損量の比較

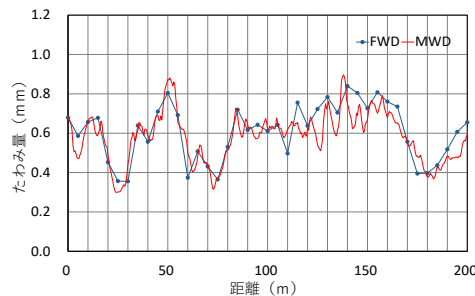


図-5 FWDとMWDによる舗装たわみ量の比較

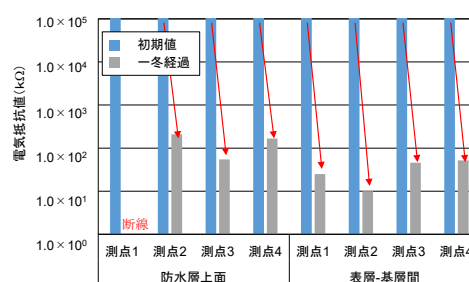


図-6 水の浸入による舗装層間の電気抵抗値の変化(経時)

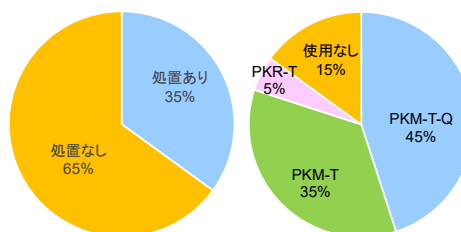


図-7 舗装施工目地の処置状況(左)および改良型乳剤の使用状況(右)

9. 施工・管理分野の生産性向上に関する研究

■ 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を図ることを目的とする。

■ 貢献

本研究開発プログラムを遂行することで、自律施工技術、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、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を提案する。それらは、スマートで持続可能な社会資本の実現に貢献する。

■ 達成目標および令和4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

自律施工技術関連では、協調領域設定(図-1)の取組として、昨年度に作成した油圧ショベル共通ルールに基づく制御信号原案を更新し、それに基づいた通信プロトコルを開発した。また、自律施工技術基盤 OPERA (図-2) を活用した自律施工システム開発に関する共同研究を開始し、自律施工のユースケースについて検討した。さらに、自律施工時の現場の安全確保に関して、建設業における事故実態について調査し事故要因について分析した。

コンクリート工技術関連では、近年提案されている高流動性のコンクリート(写真-1)の材料や配合などについて調査し、適用が望まれている構造や条件を整理した。調査の結果、桁高が高いプレストレストコンクリート桁等で、省人化を図れる可能性があることを確認した。また、高流動性のコンクリートを用いる場合に懸念される材料分離に対する抵抗性を評価する技術として、電気伝導率等による方法等の適用性を検討した。

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。

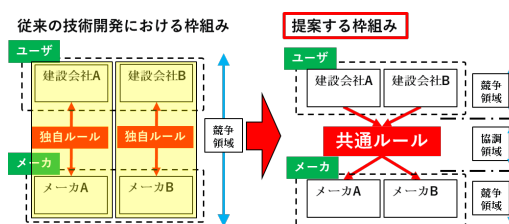


図-1 制御信号の共通化イメージ
(協調領域)



図-2 自律施工技術基盤 OPERA



写真-1 高流動性のコンクリートの試験例

前者については、現状の点検実態の詳細な把握が必要となるため、令和5年度初頭の年点検時の点検実態の詳細調査手法の立案を主体に実施した。また後者については、点検が容易な設備構造として排水機場ポンプ設備の動力の電動化を想定しており、他分野の電動化技術調査、調査技術の転用可能性評価、既存排水機場ポンプ設備の現況調査を主体に実施し、電動化に優位な条件等について整理した(図-3)。

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)、および他工種における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、現場試行にて得られた結果の整理と課題の抽出を行った。衝撃加速度測定装置に関しては、路盤材について現場試験と室内試験を実施し、両試験ともにCBRと衝撃加速度データの間には採取地および材料に関係の無い強い相関を確認した(図-4)。衝撃加速度測定装置測定データのデジタル化に関しては、位置情報を付与、現場の多点データをリアルタイムで図示化する、などの仕様の検討を行った。他工種におけるICTを活用した新技術に関しては、各種センサを搭載した最新型の油圧ショベルによる掘削試験、および移動型RI密度計測器の検証試験を行い(写真-2)、油圧ショベルの油圧・機体姿勢などのデータと掘削地盤の土質試験結果の取得、および移動型RI密度計測器と従来密度測定器との相関データを取得した。

コンクリート工関連では、コンクリートの品質を連続的に評価する技術として、画像解析を用いたスランプの連続測定技術(写真-3)について調査を行った。調査では評価精度や現場適用性を把握するため、測定結果のばらつき程度に関するデータを収集した。また、技術によっては、測定結果を安定させるために相当な量を測定する必要がある、測定結果が得られた時点でコンクリートが既に打込まれているなどの課題が判明した。

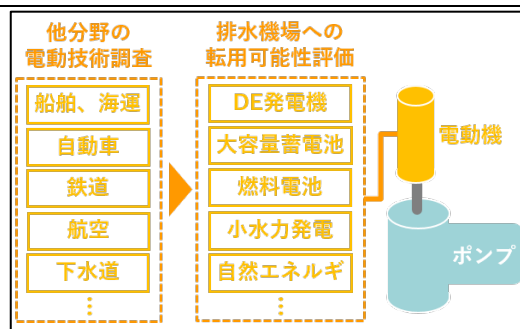


図-3 排水機場ポンプ電動化技術調査概要

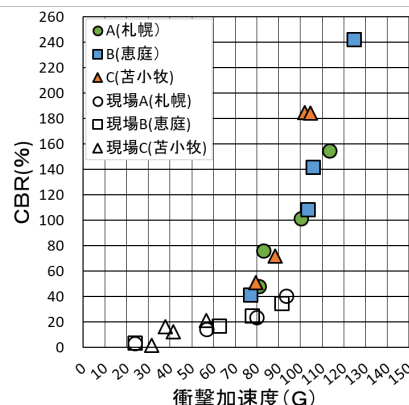


図-4 路盤材の衝撃加速度とCBRの関係



写真-2 ICTを活用した生産性向上技術



写真-3 画像解析によるスランプの連続測定技術のイメージ

将来を見据えた基礎的・挑戦的な調査・研究の実施

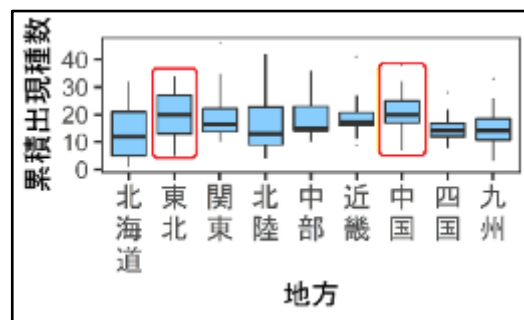
5. 気候変動下における継続的な流域および河道の監視・管理技術の開発

大河川における水生植物の生育場形成機構の解明と保全・再生手法の提案

流域生態チーム

研究の必要性

水生植物は水鳥や水生昆虫のエサとして、また、魚類の生息場や隠れ家として重要であるが、近年全国的に減少傾向にあり、保全・再生が急務である。一方、湖沼等と異なり、大河川における生育環境には不明な点が多い。このため、大河川における水生植物の生育場の解明と保全・再生に資する研究を実施した。



各地方の大河川の水生植物種の累積出現種数 (赤枠で囲んだ東北と中国で種数が多い)

令和4年度に得られた成果・取組の概要

全国の大河川の水生植物の出現状況について解析し、実態を明らかにした。河川水辺の国勢調査の結果を用いて分析したところ、東北と中国地方で水生植物の累積出現種数が多いことなど、地方による違いが明らかとなった。また、大河川に多く出現した種の中には、ミクリなどの準絶滅危惧種も含まれており、生育環境としてワンドやたまりが重要であることがわかった。これらの結果を、河川管理を行う上で参考とできるよう、保全・再生手法としてとりまとめた。

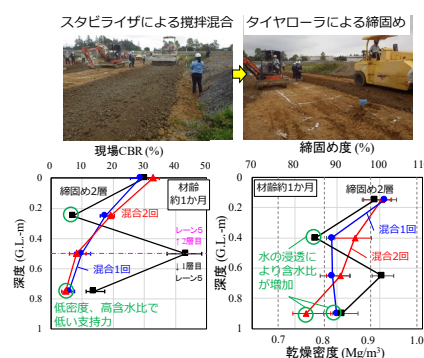
6. 社会インフラの長寿命・信頼性向上を目指した更新・新設に関する研究開発

不良土、特殊土等で築造する盛土の品質管理手法の研究

施工技術チーム 先端技術チーム
寒地地盤チーム

研究の必要性

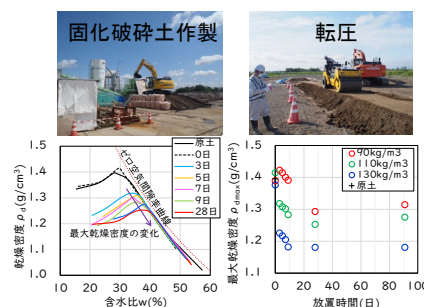
関東ローム（火山灰質粘性土）、泥炭などの不良かつ特殊な建設発生土の活用は、材料試験や盛土の品質管理における熟練技術者の経験に基づく暗黙知に支えられている。建設リサイクルの推進と熟練技術者減少への対応には、不良土、特殊土等に適した試験法および品質管理手法の形式知化が必要である。



実大実験（関東ロームの厚層安定処理）

令和4年度に得られた成果・取組の概要

関東ロームを対象に厚さ1mの厚層安定処理による路床の施工を模擬した実大実験を行い、路床の支持力評価に必要な密度やCBRなどの指標の深さ方向のばらつきを低減するための品質管理手法に関する知見をとりまとめた。また、泥炭・粘性土による固化破碎土（安定処理後、固化の途中で破碎して盛土材料としたもの）の強度特性、締固め特性を明らかにし、北海道の遊水地事業で使用できる手引き（案）を作成した。



固化破碎土（泥炭・粘性土）の締固め特性

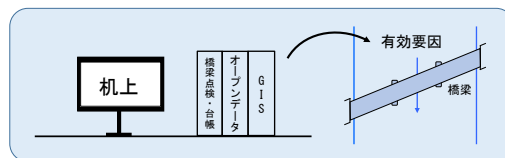
7. 構造物の予防保全型メンテナンスに資する技術の開発

橋梁基礎の洗掘危険度評価手法に関する研究

寒地地盤チーム

研究の必要性

豪雨の経験が少なかった北海道では、近年、異常気象により短時間強雨が多発する傾向にある。河川の急激な増水により洗掘が急速に進行することによる道路橋被災を未然に防止ための対策が求められている。本研究では、要対策橋梁のスクリーニング手法を検討する。



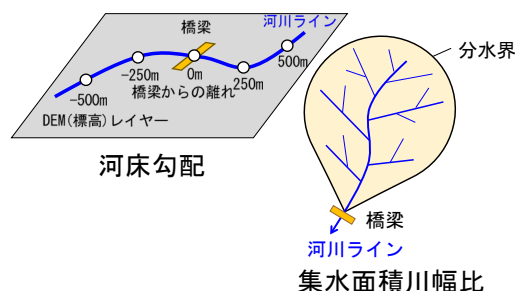
洗掘危険度評価手法

洗掘に影響を及ぼす要因（橋台）

| 要因 | 分類 | ウェイト範囲 |
|---------|---------------|--------|
| 落差工との距離 | 上流0m~249m | 9.445 |
| 河床勾配 | 2%~ | 3.917 |
| 集水面積川幅比 | 250万~750万 | 3.309 |
| 橋長 | ~30m, 60m~89m | 2.715 |
| 竣工年 | 1975年~1984年 | 4.218 |

令和4年度に得られた成果・取組の概要

洗掘に影響を及ぼすことが考えられる9つの要因を選定した上で、北海道内の超過出水により洗掘した橋台を対象にして、数量化理論Ⅱ類分析により有効要因の定量的抽出を行った。その結果、落差工との距離、竣工年、河床勾配、集水面積川幅比、橋長の順で洗掘被災に対する影響度が高いことがわかった。これらの知見を使って橋台の洗掘危険度評価手法をとりまとめた。



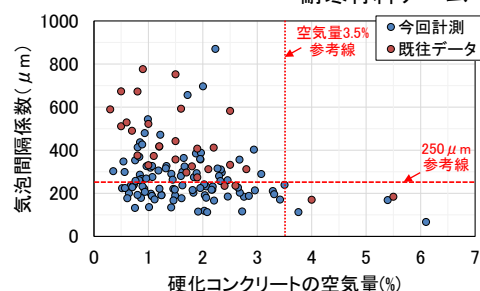
8. 積雪寒冷環境下のインフラの効率的な維持管理技術の開発

既設コンクリートが有する耐凍害性能に関する研究

耐寒材料チーム

研究の必要性

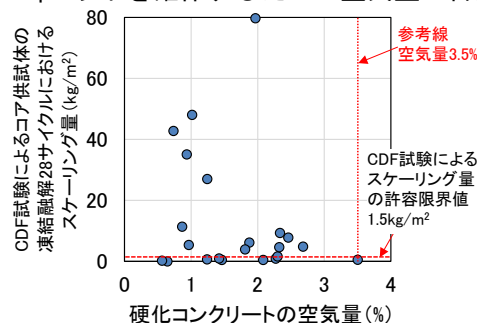
凍結防止剤散布下でコンクリート構造物の凍害劣化が顕在化しており、対策として空気量の増加が提案されているが、実構造物の劣化症状と空気量の関係が不明確であることから、凍害の劣化症状を踏まえた適切な空気量の設定方法を確立する必要がある。



令和4年度に得られた成果・取組の概要

既設橋の凍害劣化状況とコンクリートの空気量などを調査し、Non-AE もしくは空気量が少ない場合にはひび割れを伴う内部劣化が、AE コンクリートでも塩分が作用する環境下では表面のスケール劣化が生じるなど、空気量により凍害の劣化形態が異なることを確認した。室内試験結果も考慮して、塩分作用下におけるスケール量の抑制に必要な硬化コンクリートの空気量の下限値の目安は 3.5%程度であることを明らかにした。

耐凍害性が向上するとされる気泡間隔係数 250 μ m 以下を確保するための空気量の目安



実構造物から採取したコアの空気量とスケール量の関係（室内試験結果）

9. 施工・管理分野の生産性向上に関する研究

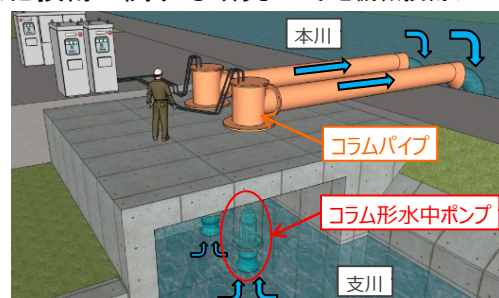
コラム形水中ポンプ運転時の点検品質向上および省人化技術に関する研究 寒地機械技術チーム

研究の必要性

救急排水機場のコラム形水中ポンプは、出水時には確実な稼働が求められるが、コラムパイプ内に設置するため、運転時（出水時や月点検時）の点検が極めて困難である。また、少子高齢化により点検作業に従事する技術者の不足が懸念されていることから、点検作業の効率化および信頼性向上が求められている。本研究では状態監視技術や画像解析技術などを活用した点検品質向上および省人化技術の開発を行う。

令和4年度に得られた成果・取組の概要

コラム形水中ポンプ運転時の点検や水位確認作業等の技術的課題および技術者不足の実態を整理するため、運転時に従事する技術者とのヒアリングを実施した。また、運転時の点検品質向上に必要な状態監視技術を検証するため、実物大の試験装置を仮設し、振動値や電流波形などの計測試験を実施した。



コラム形水中ポンプの運転状況の概要



ヒアリングおよび計測試験状況