

## 第2節 社会資本の戦略的な維持管理・更新への貢献

中長期目標に示されている本節の評価軸・評価指標、および評価指標に対する目標値およびモニタリング指標は以下のとおりである。

### ■評価指標

表 - 1.2.1 第1章第2節の評価指標および目標値

評価軸	評価指標	目標値	令和2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	研究開発プログラムに対する研究評価での評価・進捗確認  ※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、時間的観点、社会的・経済的観点について評価軸を元に研究開発プログラムの評価・進捗確認。災害対応への支援、成果の社会への還元、国際貢献等も勘案し、総合的な評価を行う。	B 以上	A
成果・取組が期待された時期に適切な形で創出・実現されているか			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・取組が生産性向上の観点からも貢献するものであるか			A
行政への技術的支援(政策の企画立案や技術基準策定等を含む)が十分に行われているか	技術的支援件数	680 件以上	421
研究成果の普及を推進しているか	査読付論文の発表件数	80 件以上	72
社会に向けて、研究・開発の成果や取組の科学技術的意義や社会経済的価値を分かりやすく説明し、社会から理解を得ていく取組を積極的に推進しているか	講演会等の来場者数	1,240 人以上	1397
	一般公開開催数 (※①)	5 回以上	中止 (※②)
土木技術による国際貢献がなされているか	海外への派遣依頼	10 件以上	0
	研修受講者数	220 人以上	0
国内外の大学・民間事業者・研究機関との連携・協力等、効果的かつ効率的な研究開発の推進に向けた取組が適切かつ十分であるか	共同研究参加者数	120 者以上	185

(※①) 土木研究所が主催する行事の一環として、研究施設を一般市民に公開した回数

(※②) 新型コロナウイルス感染拡大防止等のため

■モニタリング指標

表 - 1.2.2 第1章第2節のモニタリング指標

評価軸	モニタリング指標	令和2年度
行政への技術的支援(政策の企画立案や技術基準策定等を含む)が十分に行われているか	災害派遣数(人・日)	3
社会に向けて、研究・開発の成果や取組の科学技術的意義や社会経済的価値を分かりやすく説明し、社会から理解を得ていく取組を積極的に推進しているか	講演会等の開催数(回)	4
	技術展示等出展数(件)	4
	通年の施設公開見学者数(人)(※①)	530 (※②)
国内外の大学・民間事業者・研究機関との連携・協力等、効果的かつ効率的な研究開発の推進に向けた取組が適切かつ十分であるか	研究協力協定数(件)	6
	交流研究員受入人数(人)	19
	競争的資金等の獲得件数(件)	5

(※①) 年間を通じて、一般の方々が施設見学した人数

(※②) 新型コロナウイルス感染拡大防止策を講じたうえで人数を限定して実施

■外部評価委員会で評価された主要な成果・取組

表 - 1.2.3 第1章第2節の主要な成果・取組

評価軸	令和2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><b>研究開発プログラム(6)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・「令和2年版 道路トンネル維持管理便覧（本体工編）」の改定（R2.8月）に、アンカーボルト部やその周辺に生じた覆工のひび割れが、ひび割れ幅や発生位置に応じてアンカーの引抜き耐力に影響を及ぼす等の過年度の研究成果が反映。</li> <li>・土木研究所を中心に構成するモニタリングシステム技術研究組合（RAIMS）のガイドラインが、国が定める定期点検要領の参考資料に参考図書として記載。国の方針に適合して、定期点検業務の効率化に貢献。</li> <li>・舗装の長期保証制度における技術的な手引書となる「舗装の長期保証制度に関するガイドブック」（日本道路協会、令和3年3月出版）の作成を主導。長期保証制度推進の国の方針に適合。</li> </ul> <p><b>研究開発プログラム(8)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・凍結防止剤散布によるスケーリングが懸念されている各地の道路橋で行った4年間の暴露実験データを回帰分析し、スケーリング予測式の係数と水セメント比、セメント種類、凍害危険値、凍結防止剤散布回数との関係を構築。</li> <li>・現場で課題となっているRC床版の土砂化に対応する適切な工法として、断面修復時のはつり界面への接着系材料の塗布が、積雪寒冷地での劣化促進要因である滞水環境下での疲労耐久性向上に有効であることを確認。</li> <li>・北海道開発局の職員向けに「土と基礎に関する勉強会」を開催し、国の現場技術者育成ニーズに対応。</li> <li>・インフラメンテナンス国民会議と土木学会主催の北海道内自治体職員を対象とした講習会において舗装損傷と対策技術に関し講習。</li> <li>・「北海道における道路舗装の耐久性向上と補修に関する技術ハンドブック」のDL数400件。社会ニーズに適合。</li> </ul>
<p>成果・取組が期待された時期に適切な形で創出・実現されているか</p>	<p><b>研究開発プログラム(6)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・橋台部の主桁の跳ね上がり事象が生じて通行止を生じた上関大橋に、山口県からの要請に応じ、職員を派遣。</li> <li>・令和2年7月豪雨に伴い被災した橋梁に対し、地方整備局からの要請に応じ、災害支援のため職員を派遣。効率的な原因調査、復旧にあたっての基本的な考え方や留意点等について、助言・指導。</li> <li>・山形県からの要請に応じ、山形県が管理する中津川橋で発生したケーブル破断に対し、原因究明・応急対策検討のため、職員を現地に派遣し、現場調査および技術指導。</li> <li>・地方整備局からの要請に応じ、和泉橋での損傷に対し職員を現地に派遣。損傷・劣化した鋼橋の点検・診断・補修に関する研究成果を生かし、応急措置を含む補修・補強方法について、助言・指導。</li> </ul> <p><b>研究開発プログラム(7)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・「道路トンネル維持管理便覧【本体工編】」の改定において、点検上の留意事項などこれまでの研究成果をタイムリーに反映（R2.8）。3巡目（R6～）のトンネルの法定点検において、現場技術者の負担軽減に貢献。</li> </ul>

評価軸	令和2年度の主要な成果・取組
<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><b>研究開発プログラム(6)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>鋼部材の疲労に関する成果を「鋼道路橋疲労設計便覧」に反映。疲労設計や補修補強設計における考え方を紹介することにより、鋼道路橋の疲労耐久性の向上に貢献。</li> <li>コンクリート舗装の典型的な損傷形態である横目地劣化について、劣化の過程や健全度を評価する手法を提案した論文「コンクリート舗装横目地の劣化過程を考慮した逆解析による健全度評価手法の開発」が土木学会論文賞を受賞。</li> <li>ケーブル内部の腐食環境を推定する手法を提案した論文「PE被覆ケーブルの内部環境の把握に関する研究」が構造工学論文賞を受賞。</li> </ul> <p><b>研究開発プログラム(7)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>補強土壁の変状形態に関して、熊本地震等の事例研究から「重力式基礎からのすべり落ち」について、致命的な状態を回避するための対策を提案。最近新たに明らかになった不具合事例に対し、致命的な状態を未然に防ぐことに貢献。</li> </ul> <p><b>研究開発プログラム(8)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ジオシンセティクス排水材を用いた試験舗装により、凍上量を5割程度抑制できることを明らかにした。</li> <li>国際構造コンクリート連合 (fib)のモデルコード改訂に参画し、モデルコード改訂の公表に向けた最終案を取りまとめ。技術資料を加筆修正。</li> </ul>
<p>成果・取組が生産性向上の観点からも貢献するものであるか</p>	<p><b>研究開発プログラム(6)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>RC床版の電磁波レーダーと床版上面水分量の計測結果による床版上面の滞水を推定可能な学習モデルを開発するとともに、簡易に操作可能なアプリケーションの構築により、RC床版の点検の効率化に貢献。</li> <li>3次元モデル上で損傷位置を管理するために必要なデータ納品仕様を定めた「3次元成果納品マニュアル【橋梁編】(案)」の運用事例集として「橋梁3次元モデル構築(検証事例)」を作成。維持管理業務の効率化に貢献。</li> <li>土木研究所を中心に構成するモニタリングシステム技術研究組合(RAIMS)のモニタリング技術が国土交通省の「点検支援技術 性能カタログ(案)」に掲載。橋梁の定期点検業務の支援技術として普及促進が図られる。</li> <li>RC床版の防水対策として過年度に開発した「水密性が高く防水性能に優れるグースアスファルト混合物」が実路での橋面舗装打換え工事で施工され、道路の長寿命化・延命化に貢献。</li> </ul> <p><b>研究開発プログラム(7)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>胴込めコンクリートの施工品質の確保により、谷積よりも施工が容易な布積のブロック積擁壁でも同等の性能を確保できる手法を提案。施工性が大きく改善し、生産性向上に貢献。</li> </ul> <p><b>研究開発プログラム(8)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>国内で普及しているJIS法の機器によるスケーリング促進評価試験が、試験体養生後の乾燥時間の確保により既存海外試験と同様の傾向を示し、評価が可能となることを確認。試験の効率化に貢献。</li> <li>「機能性SMAの施工の手引き(案)」のDL数440件。継続的に活用され適切な施工による品質の確保に貢献。</li> <li>ダイヤモンドカッタによる表面研削工法が4,900m<sup>2</sup>施工され、片側規制での施工による生産性向上に貢献。</li> </ul>

## ■内部評価および外部評価委員会での評価結果

表 - 1.2.4 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	(6)	A	A	A
	(7)	B	B	
	(8)	A	A	
成果・取組が期待され た時期に適切な形で創 出・実現されているか	(6)	A	A	A
	(7)	A	A	
	(8)	B	B	
成果・取組が社会的価 値の創出に貢献するも のであるか	(6)	A	A	A
	(7)	A	A	
	(8)	A	A	
成果・取組が生産性向 上の観点からも貢献す るものであるか	(6)	A	A	A
	(7)	A	A	
	(8)	A	A	

## ① 研究開発プログラムの実施

### 6. メンテナンスサイクルの効率化・信頼性向上に関する研究

#### ■ 目的

現在、社会資本の高齢化が急速に進展しており、笹子トンネルの事故等、一部では劣化等に伴う重大な損傷が発生し、大きな社会問題となっている（図-1、2）。こうした社会資本ストックの老朽化に対応するため、国土交通省では第4次社会資本整備重点計画（H27～32）において「社会資本の戦略的な維持管理・更新」を重点目標に掲げ、関連施策を重点的に推進している。しかし、点検・調査の効率化や信頼性向上、健全性の合理的な評価や優先順位の付け方、不具合実態や現場条件に適合した補修補強方法等、現状では維持管理の実施に際して様々な技術的課題を抱えている。

本研究では、調査・監視の効率化・信頼性向上技術、措置が必要な箇所・部位の絞り込みや緊急度の決定方法、現地条件等に応じた最適な維持・修繕手法を開発するとともに、市町村管理の道路構造物への対応も含め（図-3）、多様な管理レベルに応じた維持管理技術を開発していくことを目的としている。

#### ■ 達成目標

- ① 多様な管理レベル（国、市町村等）に対応した維持管理手法の構築
- ② 機器活用による調査・監視の効率化・信頼性向上技術の開発・評価
- ③ 措置が必要な部位・箇所の優先度決定手法の構築
- ④ 既往事象・現場条件に対応した最適な維持修繕手法の構築、構造・材料の開発・評価

#### ■ 貢献

メンテナンスサイクルの各フェイズ（点検・調査、診断、措置）における主要な技術的課題を解決する（図-4）。また、市町村管理物のサービス水準への配慮など多様な管理レベルに対応した維持管理技術を開発する（図-5）。以上により、メンテナンスサイクルの技術面でのスパイラルアップを実現し、社会資本の健全性確保に貢献する。

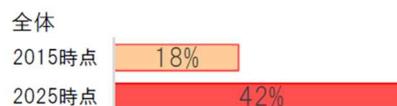
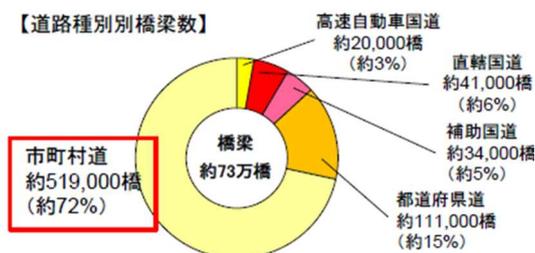


図-1 建設後50年を超えた橋梁の割合



■見晴橋（市道 新山下第8号線）は、37歳で損傷を発見

図-2 重大な損傷事例



出典：国土交通省道路局資料

図-3 市町村の管理割合の例（橋梁数）

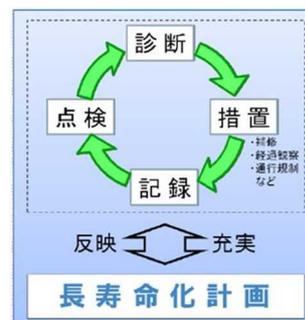


図-4 メンテナンスサイクル

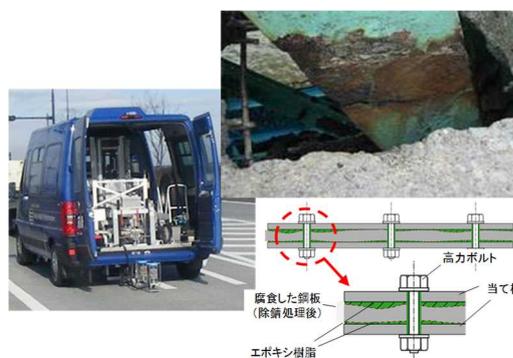


図-5 車両による非破壊構造診断（図中左）主構部材の腐食と補強（図中右）

■ 令和2年度に得られた成果・取組の概要

① 多様な管理レベル（国、市町村等）に対応した維持管理手法の構築

舗装関連では、軽交通道路の舗装を対象とした点検調査手法の提案を目的として、舗装損傷区間において FWD たわみ量測定及び開削調査を実施した（図-6）。その結果、積雪寒冷地では、上層路盤及び凍上抑制層の材料によっては、FWD たわみ量が小さくなることもあるため、健全度判定には注意が必要であることと、舗装点検要領における措置方針を判定するための詳細調査及び工法の選定方法をより詳細に提示する必要性を確認した。



図-6 舗装開削調査の実施状況



写真-1 車載式電磁波レーダー計測

② 機器活用による調査・監視の効率化・信頼性向上技術の開発・評価

橋梁関連では、RC床版の土砂化を予防保全するために床版上面の滞水を検知する手法について提案することを目的として、RC床版の電磁波レーダー計測結果及び床版上面水分量の計測結果をもとに作成した教師データをAIに機械学習させ、床版上面の滞水を推定可能な学習モデルを構築した。それを用いて、簡易に操作可能なAIプロトタイプを構築することにより、滞水検知手法の実用性を高めた（写真-1、図-7）。

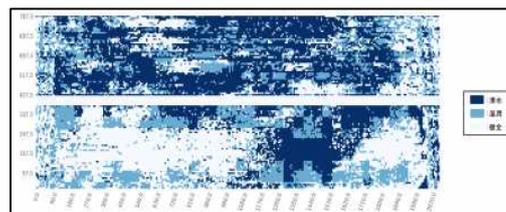


図-7 床版上面滞水推定結果

また、ロボットによる画像撮影技術を活用した橋梁の点検業務の効率化を目的として、「橋梁3次元モデル構築（検証事例）」を作成した（図-8）。その結果、点検支援技術（画像解析技術）を用いて取得した画像等から作成した3次元モデル上で損傷位置等を管理するために必要なデータの仕様を示す「3次元成果納品マニュアル【橋梁編】（案）（国土交通省）」を適切に運用することを可能にした。

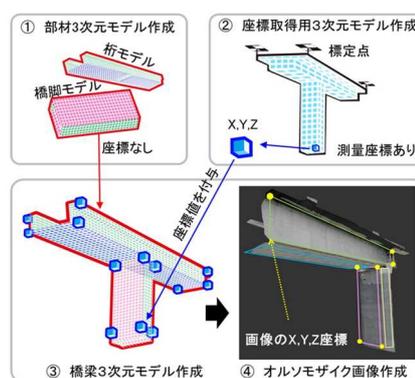


図-8 3次元モデルの構築手順

管理用施設（土木機械設備）関連では、元年度全国3地整等4機場に実装した状態監視データ収集計測装置を、全国4地整等6機場10台までに拡充した（図-9）。また、各排水機場に適応した実装化に向けて、異常判定AIアルゴリズムの試作モデルにより、「異常の有無」から「主たる異常の種別（ポ



図-9 状態監視データ収集計測装置

ンプ異常、原動機異常、減速機異常)」を検知可能なものにした。

### ③ 措置が必要な部位・箇所の優先度決定手法の構築

橋梁関連では、地方自治体を含む道路管理者が利用可能な道路橋診断支援システム（診断 AI）の開発による診断業務の信頼性向上を目的として、各種部材（床版橋、桁橋の一部）の損傷メカニズムを整理し、床版橋の診断 AI のプロトタイプを構築した（図-10）。また、元年度に構築した RC 床版の診断 AI のプロトタイプについて、現場実証を行い、システムの改善点を明らかにすることで、実用化に向けた開発の目途を立てた（写真-2）。

また、橋面舗装や床版の補修部からの床版の土砂化の再発（早期再劣化）と再補修の繰返しを改善することを目的として、床版防水に配慮した橋面舗装の打換えのために、土砂化中間層を踏まえた補修範囲の提案など土砂化した床版の補修の考え方を提案し、土木研究所資料を作成し、公表した（図-11）。

### ④ 既往事象・現場条件に対応した最適な維持修繕手法の構築、構造・材料の開発・評価

管理用施設（接合部）関連では、ひび割れや繊維シート接着工がアンカーの引抜き耐力に及ぼす影響を把握し、シート接着時の留意点等を整理した（図-12）。

また、種々のアンカーを部材端近くに施工した場合の破壊特性を評価し、有効埋込み長さ以上の十分なへりあきが必要であることを確認した（図-13）。

さらに、過年度に、附属施設の接合部に作用する荷重を明確にしつつ、アンカーの耐荷性の特徴を整理するとともに提案した設計、施工、維持管理方法における留意点や評価方法が「道路トンネル定期点検要領」に則って実務を進める上で参考となる「道路トンネル維持管理便覧【本体工編】」の改定（R2.8）に反映された。



図-10 診断 AI プロトタイプ画面イメージ



写真-2 診断 AI プロトタイプの現場実証

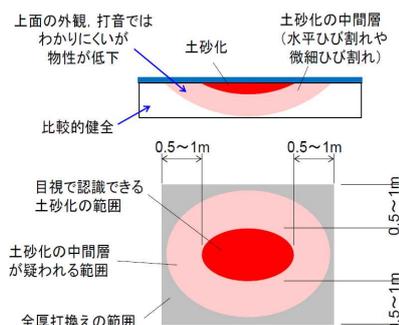
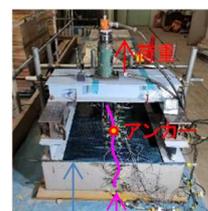


図-11 土砂化中間層と補修範囲の概念図



ひび割れ1.5mm  
炭素繊維シート

図-12 シート接着状況を模擬した室内試験

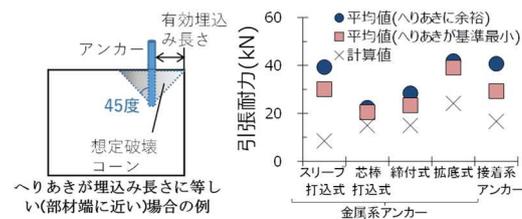


図-13 5種類のアンカーの引張耐力と土木学会指針による計算値との関係

## 7. 社会インフラの長寿命化と維持管理の効率化を目指した更新・新設に関する研究

### ■ 目的

我が国の社会資本ストックは、高度経済成長期等に集中的に整備され、今後、急速に老朽化が進む(表-1)。これらの社会資本ストックのサービスを中断することなく更新等を行うことが必要である。厳しい財政状況の中、着実に更新、新設を進めるためには、構造物の重要度に応じたメリハリのある整備が不可欠である。

一方、管理レベルは高度ではないものの、手当の必要な膨大な小規模、簡易な構造等を特徴とする社会資本ストックを対象とした適切な構造・材料、設計の開発等が必要である。

### ■ 達成目標

- ① 最重要路線等において高耐久性等を発揮する構造物の設計、構造・材料等を開発・評価
- ② サービスを中断することなく更新が可能となるような設計、構造・材料等を開発・評価
- ③ 簡易な点検で更新時期や更新必要箇所が明らかとなる設計、構造・材料等を開発・評価
- ④ プレキャスト部材等を活用する質の高い構造物の効率的構築に向けた設計・施工技術の開発

### ■ 貢献

最重要路線に対して高耐久性を発揮する構造物を実現することにより、将来にわたっての維持管理負担軽減を実現できる。また、既存構造物について供用を中断することなく更新する技術により、更新に伴う構造物利用者の負担軽減を実現できる。

一方、点検の簡易化や質の高い構造物の効率的な構築技術を確立することにより、ライフサイクルを通じた生産性向上を図ることが可能となる。

表-1 建設後50年以上経過する社会資本の割合(「国土交通省 インフラメンテナンス情報ポータルサイト」)

	H25年3月	H35年3月	H45年3月
道路橋	約18%	約43%	約67%
トンネル	約20%	約34%	約50%
河川管理施設	約25%	約43%	約64%
下水道管きよ	約2%	約9%	約24%
港湾岸壁	約8%	約32%	約58%

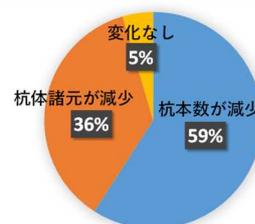


図-1 地盤評価の精度向上が杭基礎の諸元に及ぼす影響(軟弱地盤)

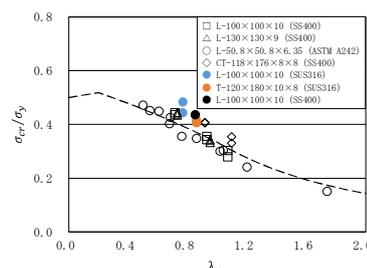


図-2 ステンレス鋼部材と従来鋼部材の耐荷特性の比較

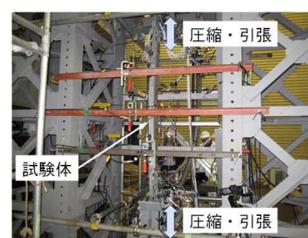


図-3 ステンレス鋼部材の载荷試験

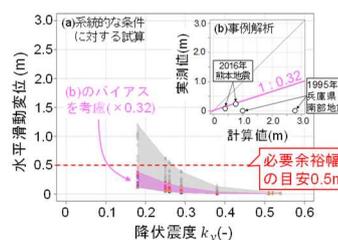


図-4 ステンレス鉄筋と普通鉄筋を用いた梁部材の曲げモーメント-曲率関係

■ 令和2年度に得られた成果・取組の概要

① 最重要路線等において高耐久性等を発揮する構造物の設計、構造・材料等を開発・評価

道路橋杭基礎において、推定精度を向上させた水平方向地盤反力係数を用いて試設計を実施し、主に軟弱地盤において杭本数が減少するなど合理化が図られる可能性を示した(図-1)。高耐久性材料を用いた道路橋の設計手法構築を目的に、道路橋にステンレス鋼材を使用するための耐荷特性・耐久性に関する各種検証を行った。ステンレス鋼材については、ステンレス鋼部材の載荷試験(図-2、図-3)を行い、従来鋼部材と同様の設計法が適用できる耐荷特性を有することを示した。ステンレス鉄筋を用いた梁部材の載荷試験を行い、普通鉄筋と同等の耐荷特性を有することを確認した(図-4)。長期暴露試験によるステンレス鉄筋の腐食発生限界確認の結果、SUS304について従来考えられていた腐食発生限界(15kg/m<sup>3</sup>)を超える耐食性を有することを確認した(図-5)。補強土壁の新たな変状形態である重力式基礎からのすべり落ちについて、致命的な状態を回避するための対策として必要な余裕幅を提案した(図-6)。様々な材料と配合のコンクリートの試験結果に基づき、設計基準等への反映を想定した遮塩性能の分類案を作成(表-2)するとともに、新材料評価への適用性検証のため、数種の超高強度繊維補強コンクリート等を用いて繊維等の混入の影響を把握した。既設トンネル覆工表面部を切削、再構築する更新時において、切削後の残存部分や切削範囲外の覆工に与える影響を3次元数値解析により検討した。その結果、限られた条件下であるが、覆工厚を半分程度切削した場合の切削範囲外への影響範囲は、切削延長に関わらず切削範囲端部から概ね5m程度であること等を確認した(図-7)。偏土圧を考慮したカルバート各部材の応力度照査を行い、対象事例の範囲では、場所打ちボックスカルバートの水平土圧分布の非対称性による影響は大きくない可能性を確認した(図-8)。

② サービスを中断することなく更新が可能となるような設計、構造・材料等を開発・評価

トンネルのはく落防止対策工に関して従来とは構



図-5 長期暴露試験によるステンレス鉄筋の腐食発生限界の確認

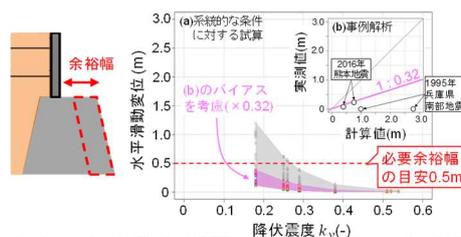


図-6 滑り落ち対策における必要な余裕幅の検討(系統的な試算・事例解析)

表-2 電気抵抗率によるコンクリートの遮塩性能の分類案

遮塩性能の区分	遮塩性能の指標 電気抵抗率(Ωm)	遮塩性能に応じた対策
構築に從來から用いられているコンクリート※	RC PC < 100	塩害の影響度合いが最も厳しい区分では、かぶりのみでは防食できず、塗装鉄筋等併用
高い遮塩性能を有するコンクリート	100~200	塩害の影響度合いが最も厳しい区分でも、100年間で塩分侵入が70mmに達しない
極めて高い遮塩性能を有するコンクリート	> 200	塩化物イオンの浸透が停滞するため塩害の影響を受けにくい

※電気抵抗率試験では、通常のRCとPCの遮塩性能の違いを区別することは困難

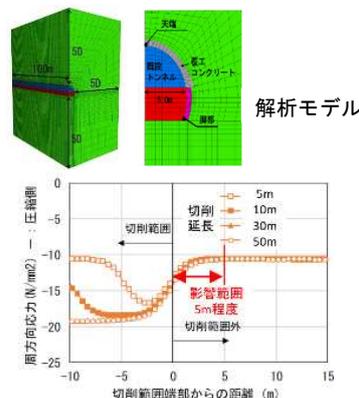


図-7 覆工切削を模擬した3次元解析による切削影響範囲の検討

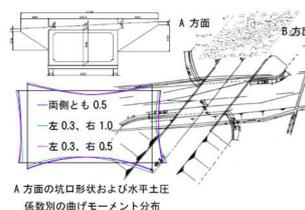


図-8 偏土圧が場所打ちボックスカルバートの応力分布に及ぼす影響

造・材料が異なる工法を用いて、はく落抵抗性能を評価する押し抜き試験を実施した。その結果、構造等に応じて荷重-変位特性・破壊形態が異なることを踏まえ、それらを考慮した性能評価手法(案)を提案するとともに、いくつかの工法で試行し(図-9)その妥当性を確認した。また、長期耐久性を評価するため、屋外暴露試験と室内促進試験を実施し、関係性を検討した。その結果、屋外と室内試験後の押し抜き荷重値で同等の強度低下を示す試験条件を見出し、両試験の相関に基づいて、長期耐久性評価手法(案)を作成した(図-10)。補強土壁の盛土材漏出事例に基づき、壁面材同士の接合部を模擬した実験により、不織布の盛土材漏出抑制機能が安定して発揮される限界の開きを把握した(図-11)。現地の地質調査と数値解析により、カルバートが前後区間の盛土の沈下に引き込まれる挙動が継手の開きの要因になると考えられることを確認した(図-12)。

③ 簡易な点検で更新時期や更新必要箇所が明らかとなる設計、構造・材料等を開発・評価

補強土壁の模型実験・被害事例に基づいて、簡易に測定可能な量である壁面材回転変位から、裏込めの中のすべりの有無を評価できることを確認した。カルバートで定期点検1巡目と2巡目開始1年目の概ね5年間の時間差がある点検結果を比較し、その範囲では変状が進展した事例はほとんど見られないことを確認した。

④ プレキャスト部材等を活用する質の高い構造物の効率的構築に向けた設計・施工技術の開発

普及が進む布積のブロック積擁壁に対し、ブロックの積み方と変状傾向を統計的に分析するとともに、確実な施工品質確保の方法例を提案した。大型ブロック積擁壁製品の変状実態・運用実態に基づき、施工・維持管理の機能向上に関する付加技術の方向性を提案し、共同研究報告書にとりまとめた。全国の40以上のプレキャスト製品工場に対して、プレキャスト製品特有の製造工程である蒸気養生に関する実態を調査し、典型的な蒸気養生設備の形式(図-13)や、蒸気吹出し口および温度センサーの設置状況を把握した。

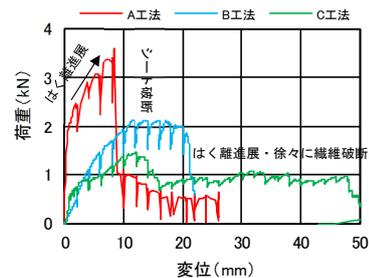


図-9 押し抜き試験によるトンネルのはく落防止対策工の性能評価

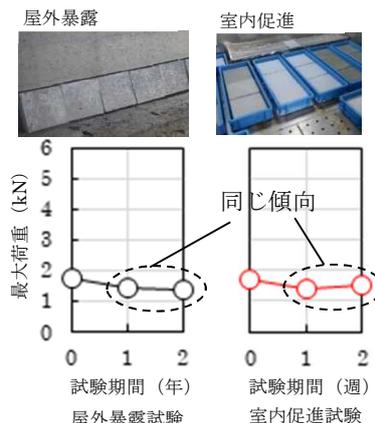


図-10 屋外暴露後および室内促進後の繊維シートの押し抜き耐力の比較

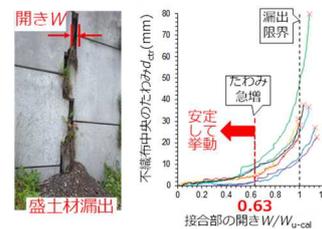


図-11 補強土壁における盛土材漏出抑制機能限界点と接合部の開きの関係

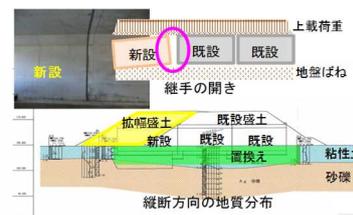


図-12 継手の開きとカルバートの挙動

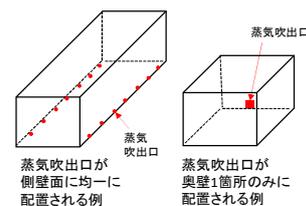


図-13 プレキャストコンクリートの蒸気養生設備の例

## 8. 凍害・複合劣化等を受けるインフラの維持管理・更新に関する研究

### ■ 目的

社会資本の老朽化の進行に対して、戦略的な維持管理・更新に資する技術研究開発が求められている。特に、積雪寒冷地の社会インフラの長寿命化を図るためには、過酷な気象条件等の条件に応じた技術開発が必要であり、凍害・塩害等の複合劣化・損傷に対する点検・診断技術の効率化、補修補強技術の高信頼化や更新・新設時の高耐久化に関する技術開発等が求められている。

しかし、積雪寒冷環境下におけるインフラの健全性の著しい低下原因である低温、積雪、結氷、凍上、凍結融解、融雪水、塩分などによる凍害・複合劣化等への対策は未整備であり対策技術の開発が喫緊の課題となっている。

本研究は、凍害やその複合劣化・損傷メカニズムの特性に応じた点検・診断・評価手法、補修・補強、更新・新設時の高耐久化などの横断的（道路・河川・港湾漁港・農業分野）技術開発及びその体系化を行うことを目的としている（写真-1、2）。

### ■ 達成目標

- ① 凍害・複合劣化等の効率的点検・診断評価手法の構築
- ② 凍害・複合劣化等に対する信頼性の高い補修補強技術の確立
- ③ 凍害・複合劣化等への耐久性の高い更新・新設技術の確立
- ④ 凍害・複合劣化等を受けるインフラに関する点検・診断・評価、補修補強、更新・新設の体系化

### ■ 貢献

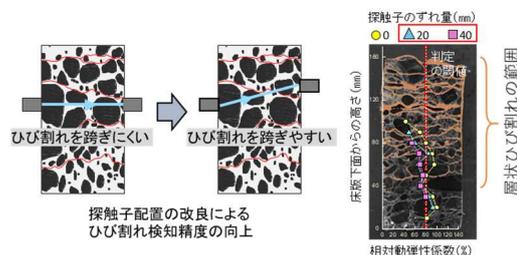
凍害・複合劣化等の体系化により技術を積雪寒冷環境下のインフラに適用し、効率的・信頼性の高い維持管理と更新・新設の高耐久化を実現することで、インフラの長寿命化を図り、最大限に活用することにより安全・安心と経済成長を支える国土基盤の維持・整備・活用に貢献する。



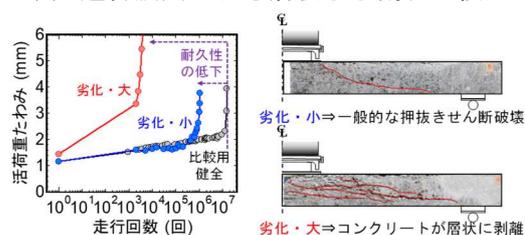
写真-1 凍害や塩害・摩耗との複合劣化（樋門・沿岸構造物）



写真-2 凍上や融雪水による損傷（道路舗装・コンクリート法枠）



(a) 超音波法による層状ひび割れの検知



(b) 複合劣化した実橋床版の性能確認実験

図-1 既設床版の構造性能の評価手法検討

■ 令和2年度に得られた成果・取組の概要

① 凍害・複合劣化等の効率的点検・診断・評価手法の確立

RC床版から採取したコア試料に超音波法を適用することで層状ひび割れの発生と発生深さを効率的に検知する調査手法を構築した(図-1(a))。また、凍害・複合劣化等によって生じる内部ひび割れを模擬した試験体や実橋から切り出した試験体を対象に輪荷重走行試験等の载荷実験を実施し、劣化損傷程度に応じたコンクリートの力学特性やコンクリートと鉄筋の付着性能の低下、内部ひび割れを有する床版の耐荷力や耐久性の低下と破壊形態の違いを明らかにした(図-1(b))。

河川構造物に関して、凍害複合劣化の進む護岸部コンクリート矢板に衝突・接触する流下河水について、冬期間を通した矢板への氷板の接近・衝突状況および氷の流下・結氷状況と水位・気温の影響について整理した(図-2)。画像解析ならびに水理計算を用いた河水の矢板接近流速推定を行うとともに、河水衝突力の算定に適用した(図-3)。また、矢板の劣化事例の現地調査を引き続き行い、劣化要因の整理を進めるとともに、最も多く発生している症状について、供試体の作成(写真-3)や試験装置の検討など、河水衝突再現試験の準備を進めた。

② 凍害・複合劣化等に対する信頼性の高い補修補強技術の確立

導水性を有するジオシンセティックス排水材を路床・路盤内に敷設し、舗装の支持力低下や凍上の原因となる路床・路盤内の水分を速やかに除去する工法の効果について室内試験、試験舗装箇所での実測、数値解析等で検証した。この結果、試験舗装箇所の計測によって、ジオシンセティックス排水材を敷設す

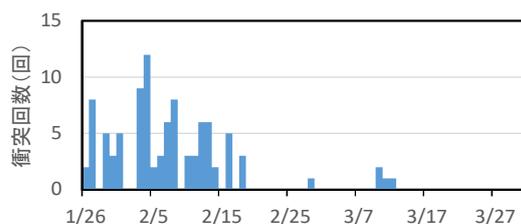


図-2 矢板への河水衝突回数

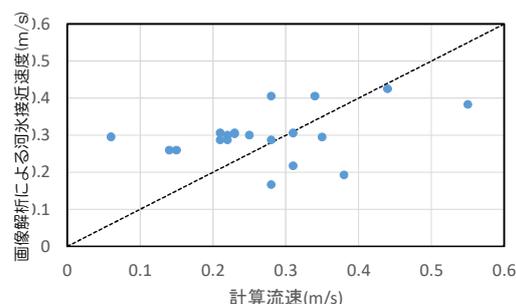


図-3 衝突河水の移動速度と流速



写真-3 矢板の劣化状況と再現供試体

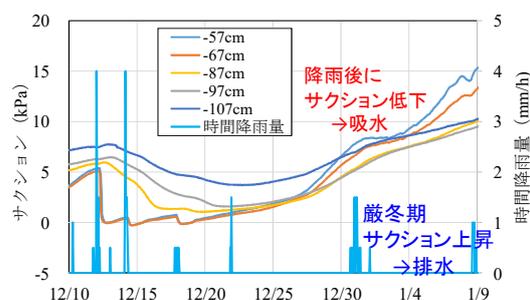


図-4 路床・路盤のサクシオン計測結果

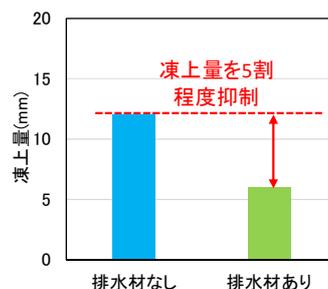


図-5 排水材の有無と凍上量

ることで路床・路盤の厳冬期の含水率が低下し(図-4)、凍上量が5割程度に抑制できた(図-5)ことを確認し、数値解析によっても同様の結果となることを確認した。

海氷によるコンクリートの欠損および摩耗対策として鋼板被覆工法の有効性を調べるため、人工海氷を用いた中規模の衝突実験を実施した。海氷衝突時の鋼板による本体損傷を防止するため、鋼板と本体の間に樹脂発泡体(隙間材)を挟む構造とするが、隙間材の硬さ、厚さによる衝突力軽減効果を確認した。さらに、鋼板表面に突起を設けることにより海氷の破壊を促し、更なる衝突力軽減効果が得られることを確認した(図-6)。

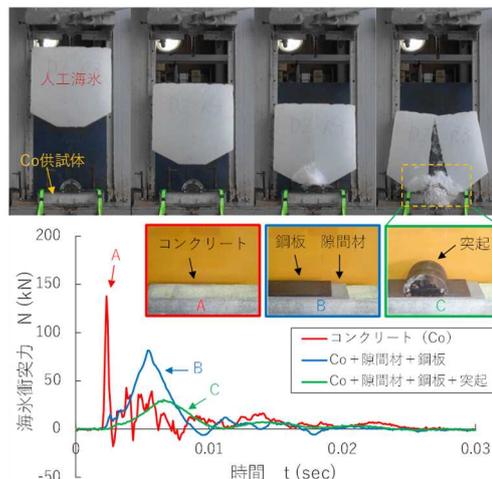


図-6 種々の鋼板被覆工法と海水衝突力

### ③ 凍害・複合劣化等への耐久性の高い更新・新設技術の確立

凍・塩害の抑制が期待されるシラン系表面含浸材に関して、施工時期の制約から課題になっている寒冷環境下での施工方法の確立のため、冬期に道路橋の主桁で実験を行った。塗布後の加温時間を長く設定すると吸水防止層の厚さが大きくなる結果となり、水分調整のための塗布前の加温に加えて、低湿度を保持する塗布後の加温も効果的であることがわかった(図-7)。

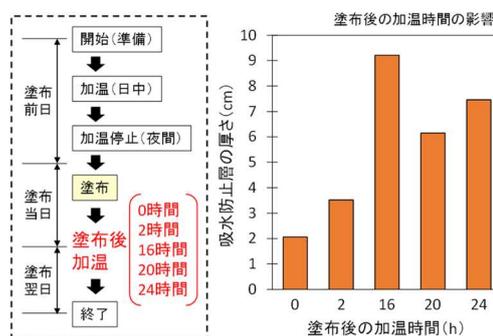


図-7 シラン系表面含浸材の含浸に及ぼす塗布後の加温の効果

切土のり面の耐凍上技術確立に向け、断熱対策に着目した試験施工および熱伝導解析を実施した。試験施工の結果、地表面温度は輻射熱(放射熱)の影響で気温より高いことを確認し、対策規模に直結する凍結深の設定に際しての合理化手法を示した。また、効果的な対策規模を決定するための熱伝導解析手法(図-8)を検討し、簡易なパラメータ設定手法を提案した。

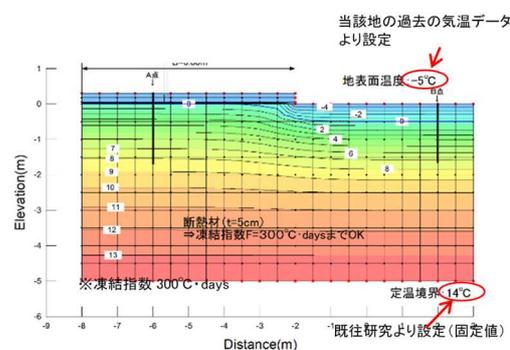


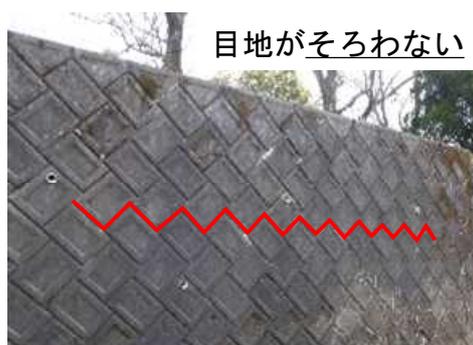
図-8 凍上対策規模設定のための熱伝導解析手法

## コラム 大型化した積みブロックの使用によるブロック積擁壁の生産性向上

ブロック積擁壁は、盛土や切土ののり面の保護のために、道路工事や災害復旧工事で使われる場合があります。施工の容易さからその歴史は古く、昭和30年代から使用されています。ブロック積擁壁には、控長（擁壁の厚さ）が35cm以上の積みブロック（一般に間知ブロック）が使用されています。道路では、既往の被災事例等の経験を尊重し、胴込めに現場打ちコンクリートを配し（以下このことを「練積」という）、積みブロックは目地がそろわない谷積とすることがとされています（写真-1(a)）。このような積み方とすることによって、ブロックどうしの一体性が確保される構造としてきましたが、その施工には熟練した技術が必要です。

そのため、主に省力化を目的として、控長はそのままより大型化した積みブロック製品も開発され、普及が進んでいます。しかしながら、製品1つが大きいと、従来の経験に基づいた積み方である谷積とすることが困難であり、目地がそろった積み方である布積とする製品がほとんどです（写真-1(b)）。

施工技術チームと全国土木コンクリートブロック協会は、「大型ブロック積擁壁の設計・施工・維持管理の高度化に関する共同研究」において、既往の地震被害事例を収集し、これを統計的に整理して、被害傾向を分析しました。その結果、適切に練積としておけば間知ブロックを谷積とした場合と、控長を35cmのまま大型化したブロックを布積とした場合の被害傾向に有意な差が無いことを確認しました。さらに、市場製品の構造等の実態を調査しこれを考慮したうえで、確実な胴込めコンクリートの品質の確保が容易となるようなブロックの形状やコンクリートの打設方法を整理し、谷積よりも施工が容易な布積のブロック積擁壁でも同等の性能を確保できる手法を提案しました。これにより、大型化した積みブロックの適正な普及促進へ繋がり、施工性が大きく改善されることで生産性向上が期待されます。



(a) 谷積（間知ブロックの場合）



(b) 布積（控長を35cmのまま大型化したブロックの場合）

写真-1 ブロック積擁壁（例）

コラム 塩分作用下におけるコンクリートのスケーリング促進評価試験法の開発

近年、塩化物系凍結防止剤等によりコンクリートの凍害が促進されて生じるスケーリング劣化が顕在化しており、適切な対策が求められていますが、国内では、スケーリング抵抗性を評価するための標準的な試験法が規定されていません。このため、海外試験規格の ASTM C 672 (ASTM 法) や RILEM CDF 試験法 (CDF 法) による評価が行われています。しかし、これらの海外試験方法は、-20°Cから+20°C程度までの温度制御可能な恒温室 (恒温器) や特殊な試験装置が必要なほか、凍結と融解のサイクルが1日1回 (ASTM 法) か2回 (CDF 法) に規定されているため、試験終了までに多くの時間を要します。

耐寒材料チームでは、合理的なスケーリング評価試験法の提案に向けて、試験機が普及し試験期間の短縮が可能な JIS A 1148 (JIS 法) の適用性について検討しています。JIS 法は、コンクリートの耐凍害性を評価する標準試験法であり、本来は凍結融解によりコンクリート内部に生じた損傷の程度を試験開始時の動弾性係数に対する相対動弾性係数により評価するものですが、同時にコンクリート表面のスケーリング程度を供試体の質量減少率により簡易的に評価します。しかし、生じたひび割れに水が浸入すると供試体質量が増加するため、質量減少率で実際のスケーリングを評価するには課題がありました。

JIS 法で試験水に塩水を用い、試験前の供試体の養生や吸水条件がスケーリング評価に与える影響について検討した結果、試験前養生において気中養生過程を加え、試験前の塩水吸水期間を適切に設定することで、既存海外試験方法とほぼ同様の傾向で評価できることを確認しています (図-2)。また、相対動弾性係数が80%以上と内部損傷が小さい条件下では、実際のスケーリング量と供試体の質量減少率に高い相関があり、質量減少率によりスケーリング量を評価できる可能性を確認しました (図-3)。これにより ASTM 法で50日かかる試験期間を、汎用的な機器を用いて7日程度に短縮してスケーリング抵抗性を評価することが可能となり、対策選定の効率化を通じた生産性向上が期待されます。



図-1 各試験方法における凍結融解試験条件と試験機器の概要

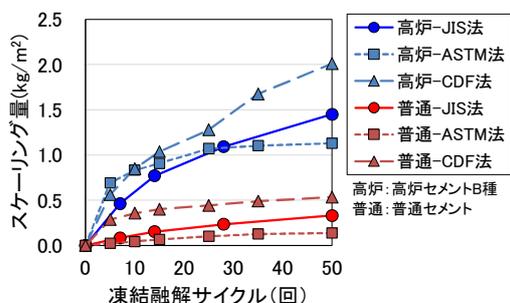


図-2 各試験法によるスケーリング量

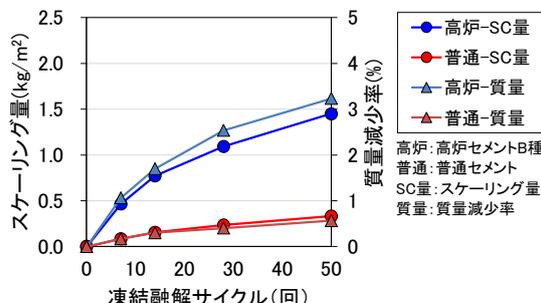


図-3 スケーリング量と質量減少率

コラム ポットホール等の舗装損傷抑制技術の開発

積雪寒冷地では舗装の老朽化に伴う舗装損傷が近年問題となっています。特に、写真-1に示すポットホールは、深いものでは10cm以上となり、車両の損傷や走行安全性および舗装寿命の低下を引き起こしています。この主な要因として、除雪により路肩にたまった堆雪から融雪水が常時舗装のひび割れ部に供給され、アスファルト混合物層や路盤・路床に溜まること、さらにこの水分の凍結融解作用により損傷を促進させることが挙げられます。

寒地道路保全チームでは、この対策としてひび割れからの水の浸入抑制技術や、舗装に浸入した水分を極力早く排水する技術等について技術開発に取り組んでいます。水の浸入抑制技術としては、ひび割れに乳剤を充填し水の浸入を抑制するフォグシールによる対策を検討しており、北海道開発局と連携しこれまでに北海道内の国道10箇所試験施工を行っています（写真-2）。令和2年度は効果の持続性向上に向けた施工技術の開発を行っています。また、ひび割れから浸入した水分の排水技術として、ジオシンセティックス排水材を用いた工法の実験を行っています。この工法は、導水能力の高い繊維を織り込んだ排水シートを舗装の路盤または路床内に敷設し、舗装体内の水分を排除するものです。令和2年度は、当研究所所有の苫小牧寒地試験道路において試験施工（図-1）を実施し、効果の検証を行っています。これまでの成果として、冬期間の舗装体内の水分低減効果、およびこれによる凍上量の抑制効果を明らかにしました。研究成果は今後、施工マニュアル等として取りまとめ、現場への普及を進めていくことで、舗装損傷抑制に寄与し、走行安全性の向上、舗装の長寿命化に貢献することが期待されます。



写真-1 ポットホールの発生状況



写真-2 フォグシールの施工状況



図-1 ジオシンセティックス排水材の設置例

②長期的視点を踏まえた基礎的、先導的、萌芽的研究開発の実施

6. メンテナンスサイクルの効率化・信頼性向上に関する研究

舗装の損傷メカニズムと路面状態の関係に関する研究

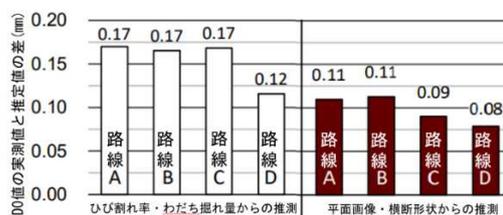
舗装チーム

研究の必要性

平成28年に施行された舗装点検要領において、「路盤以下の層の保護」を目的とした点検・診断・措置を通じて、舗装の長寿命化・LCC縮減を目指す考え方が提示された。これに基づき、路面状態と構造的健全性の関連性を明らかにし、舗装点検時に着目すべきひび割れの形態や、舗装の管理業務において取得すべき路面情報を明らかにする必要がある。

令和2年度に得られた成果・取組の概要

舗装の構造的健全性の把握には、車線規制を伴うFWD調査によりD0値等を測定することが一般的である。車線規制を要さず日常的に、路面状態から構造的健全性(D0値)を把握することを目的として、路面の平面画像及び横断形状データとAIを活用してD0値を推定する方法を検討した。推定精度の比較対象として、従来の路面管理の指標であるひび割れ率とわだち掘れ量から統計的にD0値を推定した。その結果、平面画像及び横断形状とAIを用いることにより、D0値を精度よく推測できることがわかった。今後、より情報量の多い平面画像及び横断形状データを取得することで、的確に構造的健全性を把握し、効率的な舗装管理の実現に貢献する。



構造健全性 (D0 値) の実測値と推定値の差

7. 社会インフラの長寿命化と維持管理の効率化を目指した更新・新設に関する研究

地質・地盤リスクに応じたトンネルの補助工法の選定に関する研究

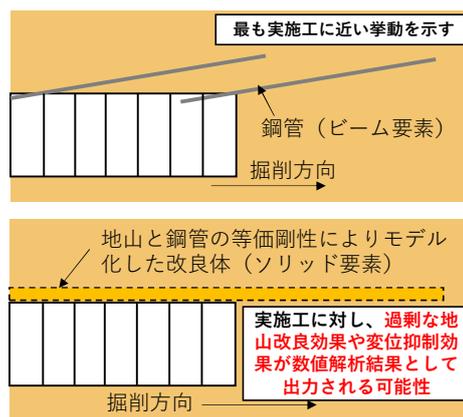
トンネルチーム

研究の必要性

トンネル掘削においては多数の地質調査を行ったとしても地山状況を完全に把握することは困難であり、一定の不確実性を受容した施工とならざるを得ない。そのため、地山の不確実性に起因するリスクの評価手法およびリスクに応じた補助工法の選定手法の確立が求められる。

令和2年度に得られた成果・取組の概要

近年採用が増加傾向にある長尺鋼管フォアパイリング(先受工)について、現地試験計測および数値解析を行い、複数の解析モデルの中で現地計測結果の再現に最適な解析モデルを抽出した。先受工の設計において解析手法によっては実際と異なる効果が出力されることを確認し、留意事項として取りまとめた。加えて、注入材の地山改良効果について試験施工を行い、対象地山の性状によっては設計上想定される出来形と実施工における出来形に差異があることを把握した。



先受工の解析モデル化手法の概要

## 8. 凍害・複合劣化等を受けるインフラの維持管理・更新に関する研究

### 非破壊によるシラン系表面含浸材の浸透深さ管理方法の確立

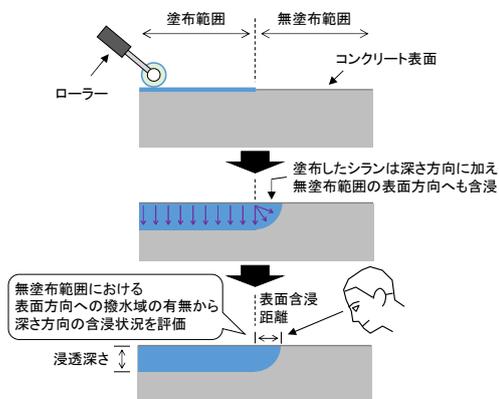
耐寒材料チーム

#### 研究の必要性

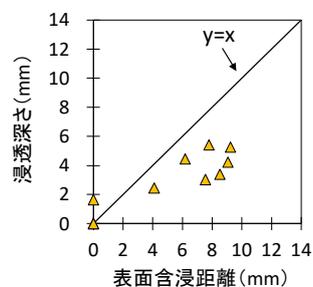
シラン系表面含浸材の含浸状況をコア採取によって確認することは、部材の損傷や作業性の観点から効率的とはいえず、非破壊で簡易に把握できる方法の開発が求められる。

#### 令和2年度に得られた成果・取組の概要

塗布したシラン系表面含浸材は、深さ方向に加え、水平方向へも含浸する特徴に着目し、表面含浸距離を目視で把握することで浸透深さを非破壊で簡易に管理できる試験方法を考案し、道路橋主桁で適用性を検証した。その結果、浸透深さは表面含浸距離より薄いことと、塗布範囲の境界部の処理と測定のタイミングに留意することにより、より高い精度を確保できることを確認した。



#### 開発した試験方法の概要



道路橋主桁での適用性検証結果

### ③技術の指導

#### 1. 災害時における技術指導

##### 1.1 土木研究所 TEC-FORCE 等による活動

令和2年度は、「社会資本の戦略的な維持管理・更新への貢献」に資する災害時における技術指導は2件、3人・日であった。詳細は付録-3.1に示す。

表 - 1.2.3.1 令和2年度における要請に基づく災害時の派遣状況（国内）

分野	道路	合計
件数	2	2
延べ人数 (人・日)	3	3

##### 1.2 令和2年11月14日に山口県上関町で発生した上関大橋の段差における技術支援

山口県からの要請に応じ、橋台部の主桁の跳ね上がり事象が生じて通行止となった離島に架かる橋梁（上関大橋（山口県管理））に対し、原因究明・応急対策検討のため、発生の2日後に職員を現地に派遣し、現場調査および技術指導を行った。PC鋼材の破断に関する知見などを生かし、早期の交通復旧計画及び応急対策の策定に貢献した。



写真 - 1.2.3.1 主桁の跳ね上がり



写真 - 1.2.3.2 管理者との打合せ

#### 2. 土木技術向上のための技術指導

##### 2.1 平常時の技術指導

（概要は第1節③2.1に同じ）

令和2年度の技術指導のうち「社会資本の戦略的な維持管理・更新への貢献」に資するものは419件であった。

表 - 1.2.3.2 技術指導の実績

技術指導の分野	技術指導の実施例	件数
地質・地盤	○カルバートの設計に関する技術指導	17
先端技術・材料	○コンクリート、排水機場等に関する技術指導	59
舗装・トンネル・橋梁	○舗装診断・維持管理、トンネル工事、橋梁等の補修	76

	方法等に関する技術指導	
寒地構造・寒地地盤・防災地質	○橋梁や老朽トンネルの長寿命化、泥炭性軟弱地盤対策について技術指導	74
耐寒材料・寒地道路保全	○コンクリートや舗装の劣化要因と補修方法について技術指導	99
寒地河川・水環境保全・寒冷沿岸域・水産土木	○河床ブロックの損傷原因と対策について技術指導	2
寒地機械技術等	○ダムの水門ゲートにおける点検について技術指導	92
合計		419

## 2.2 北海道の開発の推進等の観点からの技術指導

### 2.2.1 現地講習会

(概要は第1節③ 2.2.1に同じ)

「社会資本の戦略的な維持管理・更新への貢献」に関しては6箇所6テーマで実施した。詳細は付録-3.2に示す

### 2.2.2 連携・協力協定に基づく活動

(第1節③ 2.2.2に同じ)

## 3. 委員会参画の推進

(概要は第1節③ 3に同じ)

令和2年度における「社会資本の戦略的な維持管理・更新への貢献」に関する参画件数は297件であった。

国や(公社)日本道路協会、(公社)土木学会等の学協会による各種委員会に参画した。橋梁等の社会資本整備に係る技術基準やISO等の策定に関する委員会において、研究で得た知見を基にして技術的助言を提供した。

耐寒材料チームは、土木学会コンクリート委員会のコンクリート構造物の耐凍害性確保に関する調査研究小委員会、コンクリート構造物の品質確保小委員会、混和材を大量に使用したコンクリート構造物の設計・施工研究小委員会に参画した。

## 4. 研修等への講師派遣

(概要は第1節③ 4に同じ)

令和2年度は、「社会資本の戦略的な維持管理・更新への貢献」に関するものとして計68件の研修等に講師を派遣した。

橋梁構造研究グループは、国土交通大学校や全国建設研修センターの研修において、橋梁の維持補修に関する講習等を行った。

また、耐寒材料チームは、札幌建設業協会の講習会「北海道の土木技術向上のための講習会～土木技術の最近の動向～」において、「コンクリートの品質・耐久性向上について」と題して講演を行った。

## 5. 地域支援機能の強化、地域の技術力の向上

### 5.1 地方公共団体に対する技術支援の強化

(第1節③ 5.1に同じ)

### 5.2 寒地技術推進室による技術相談対応

(概要は第1節③ 5.2に同じ)

令和2年度に地方公共団体から受けた技術相談のうち「社会資本の戦略的な維持管理・更新への貢献」に資するテーマは103件であった。

例えば、地方公共団体が管理している道路の路肩が破損した事例について、寒地道路保全チームが現地の状況を確認し、路床・路盤全体の支持力、大型農業機械等の走行状況、舗装クラックからの水の浸入状況などについて把握し、対策案を提供した。

### 5.3 地方公共団体を対象とした講習会への講師派遣による技術力向上の支援

(概要は第1節③ 5.3に同じ)

令和2年度は、地方公共団体の職員を対象に講習会の開催や講師の派遣等を行い、各地域における技術力向上を積極的に支援した。

表 - 1.2.3.3 講師派遣例

担当	講習会等名	対象者
寒地構造 寒地道路保全 寒地技術推進室	恵庭市前期土木技術職勉強会	恵庭市の技術職員

### 5.4 地域における産官学の交流連携

(第1節③ 5.4に同じ)

### 5.5 寒地技術講習会

(第1節③ 5.5に同じ)

「社会資本の戦略的な維持管理・更新への貢献」に関しては3テーマについて実施した。詳細は付録 - 3.3 に示す。

## ④成果の普及

### 1. 研究成果の公表

#### 1.1 技術基準の策定への貢献

(概要は第1節④ 1.1に同じ)

令和2年度に公表された技術基準類等のうち、「社会資本の戦略的な維持管理・更新への貢献」に資する研究開発が寄与したものは、「道路トンネル維持管理便覧【本体工編】令和2年版」((公社)日本道路協会 令和2年8月)、「コンクリート道路橋設計便覧」((公社)日本道路協会 令和2年9月)、「鋼道路橋設計便覧」((公社)日本道路協会 令和2年9月)、「道路橋床版の維持管理マニュアル2020」((公社)土木学会 令和2年10月)、「舗装の長期保証制度に関するガイドブック」((公社)日本道路協会 令和3年3月)など、計11件であった。詳細は付録-4.1に示す。

#### 1.2 技術報告書

(概要は第1節④ 1.2に同じ)

令和2年度において発刊した技術報告書のうち、「社会資本の戦略的な維持管理・更新への貢献」に資するものの件数は表-1.2.4.1に示す。

表-1.2.4.1 令和2年度の発刊件数

種別	数量
土木研究所資料	5
共同研究報告書	3
研究開発プログラム報告書	3
寒地土木研究所月報	13
合計	24

#### 1.3 学術的論文・会議等における成果公表と普及

(概要は第1節④ 1.3に同じ)

令和2年度に公表した論文のうち、「社会資本の戦略的な維持管理・更新への貢献」に資するものを表-1.2.4.2に示す。また、学術および土木技術の発展に大きく貢献した等による受賞件数は7件であり、表-1.2.4.3に示す。

表-1.2.4.2 査読付き論文の件数及び和文・英文の内訳

	査読付き論文	査読無し発表件数	合計
発表件数	72	131	203
うち、和文	64	129	193
うち、英文	8	2	10

表 - 1.2.4.3 受賞

受賞者			表彰名	業績・論文名	表彰機関	受賞日
舗装チーム	元 研究員 元 交流研究員 上席研究員	若林 由弥 内田 雅隆 藪 雅行 ほか	土木学会論文賞	コンクリート舗装 横目地の劣化過程 を考慮した逆解析 による健全度評価 手法の開発	(公社) 土木学会	令和2年 5月14日
CAESAR	上席研究員 研究員 元 交流研究員 交流研究員	上仙 靖 坂本 佳也 山本 健太郎 峰 穂高	構造工学論文賞 Vol.66A 論文賞	PE 被覆ケーブルの 内部環境の把握に 関する研究	(公社) 土木学会 構造工学委 員会	令和2年 5月18日
寒地地盤 チーム	主任研究員 上席研究員	佐藤 厚子 畠山 乃	日本造園学会 2020 年度北海道 支部大会 一般部門ポス ター発表優秀賞	異なるメッシュ シートによるオオ イタドリの生育状 況の比較	(公社) 日本造園学 会 北海道支部	令和2年 10月23日
先端技術 チーム	交流研究員	榎本 真美	令和2年度土木 学会全国大会 第 75 回年次学術講 演会優秀論文賞	自然言語解析・音声 認識技術を活用し たイベントでのリ アルタイム字幕の 導入	(公社) 土木学会	令和2年 11月1日
トンネル チーム	研究員	佐々木 亨	令和2年度土木 学会全国大会 第 75 回年次学術講 演会優秀論文賞	切羽観察への画像 解析技術活用に向 けた切羽写真撮影 条件に関する基礎 的研究	(公社) 土木学会	令和2年 11月1日
トンネル チーム	交流研究員	前田 洸樹	土木学会トンネ ル工学研究発表 会優秀講演賞	覆工目地部の伸縮 に対する網状の織 維シート工の適応 性に関する実験的 研究	(公社) 土木学会 トンネル工 学委員会	令和2年 2月1日
トンネル チーム	主任研究員	森本 智	土木学会トンネ ル工学研究発表 会優秀講演賞	網状の繊維シート を用いたはく落防 止対策工の耐力評 価に関する一考察	(公社) 土木学会 トンネル工 学委員会	令和2年 2月1日

## 2. アウトリーチ活動

### 2.1 講演会

(第1節④ 2.1に同じ)

### 2.2 施設公開

(第1節④ 2.2に同じ)

### 2.3 一般に向けた情報発信

(第1節④ 2.3に同じ)

## 3. 積雪寒冷環境等に対応可能な土木技術等の普及

(第1節④ 3に同じ)

## 4. 技術普及

(第1節④ 4に同じ)

### 4.1 重点普及技術の選定

(第1節④ 4.1に同じ)

### 4.2 戦略的な普及活動

#### 4.2.1 土研新技術ショーケース

(第1節④ 4.2.1に同じ)

#### 4.2.2 土研新技術セミナー

(第1節④ 4.2.2に同じ)

#### 4.2.3 技術展示会等への出展

(第1節④ 4.2.3に同じ)

#### 4.2.4 地方整備局等との意見交換会

(第1節④ 4.2.4に同じ)

コラム 全国の道路トンネルの維持管理の合理化に貢献

道路トンネルは全国に約 11,000 箇所あり、このうち、地方公共団体が管理するトンネルは約 8,000 箇所と約 7 割を占めています<sup>1)</sup>。筐子トンネルの天井板落下事故(平成 24 年 12 月)を受け、適切な維持管理が行われるように平成 26 年に国土交通省から道路トンネル定期点検要領が発出され点検が 1 巡したところです。そのうち、市区町村が管理するトンネルでは、1 巡目点検実施率は 5 年目に全体の半数以上を占める結果(図-1)<sup>1)</sup> となり、2 巡目の点検を計画的かつ合理的に行うためには、品質を確保しながら点検作業の負担を軽減することが求められています。

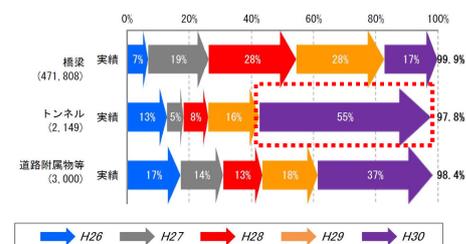
土木研究所では、これまでに維持管理の合理化の観点から研究を進めてきました。一例として、あと施工アンカーの耐荷力に関する引抜き試験を実施した結果(図-2)、アンカーボルトの設置位置にあるひび割れは、その幅が大きいほど耐荷力が低下すること、ならびに、アンカーボルトの設置位置にひび割れが認められない場合でも、アンカーボルトの周囲にひび割れが生じていれば耐荷力が低下する知見が得られました。したがって、アンカーボルト周辺のひび割れの有無については入念に点検を行わないと附属物等が脱落する懸念があったため、点検上の留意事項としてとりまとめました。また、完成後間もないトンネルの横断目地からコンクリート片が落下した事例に対し、道路管理者からの要請により原因究明と今後の対策等について技術的に支援した内容について、横断目地の構造と施工方法を十分に理解して点検を行わないと同様の事故が発生する懸念があったため、点検上の留意事項としてとりまとめました。

これらの知見は、国の定期点検要領(平成 31 年 2 月改定)に則って実務を進める上で参考となる道路トンネル維持管理便覧【本体工編】の改定(日本道路協会、令和 2 年 8 月)において、あと施工アンカーを用いた附属物等の取付状態の把握における留意点として反映されるとともに、横断目地付近における変状の発生メカニズムと特徴として図解(図-3)されました。なお、これら以外にも、対策と監視それぞれの適用の考え方等にも土木研究所の知見が反映されました。

これまでの研究成果や技術指導等から得られた知見が、便覧の改定においてタイムリーに反映され、全国の道路トンネル利用者の安全性の向上に貢献しました。このような取り組みを通じ、道路トンネルの維持管理の合理化に貢献しています。

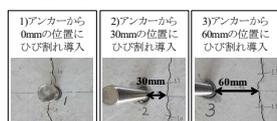
市区町村が管理するトンネルでは、1 巡目点検実施率は 5 年目に全体の半数以上を占める

1 巡目(平成 26~30 年度)の点検実施率(市区町村)

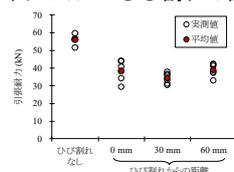


1) 道路メンテナンス年報, 国土交通省道路局, 令和元年 8 月

図-1 1 巡目点検の実施率(市区町村の場合)<sup>1)</sup>



(a) アンカー-ひび割れの位置



(b) 耐荷力-ひび割れからの距離  
図-2 土木研究所で実施した引抜き試験結果の例



(a) 台形型



(b) 三角形型

※①②はひび割れ、③は流出した砂の付着  
図-3 横断目地のひび割れ等の概念図の例

コラム Web 配信による技術普及活動の実施

寒地土木研究所では、コロナ禍における技術普及活動の継続や発展を目的に、これまで会議場等で集会により開催していた「寒地土木研究所講演会」、「土研新技術ショーケース」、「現地講習会（留萌、稚内地域）」等を Web 配信形式により実施しました。これにより、講演会等の開催場所から遠方にお住まいで参加が難しかった技術者等への技術の普及も図られました。

例えば、寒地土木研究所講演会（令和2年11月16日～22日）や土研新技術ショーケース in 新潟（令和3年1月19日～25日）の Web 配信では（図-1,3）、民間、国・地方公共団体職員等を中心に例年の2倍を超える皆様にご聴講頂きました（図-2,4）。また、寒地土木研究所講演会では札幌市以外の道内外からの参加者が、土研新技術ショーケース in 新潟では新潟県以外からの参加者が大幅に増えたことにより、例年よりも幅広い地域の技術者等に研究所が開発した技術に関する情報を提供することができました。さらに、「今後も Web 配信による開催形式を希望」との意見を多く頂きました。

なお、両会は土木学会 CPD 認定プログラムとしても実施され、その受講者は例年の約3.5倍に増加しました。技術者の継続教育の場を提供するという点においても貢献できたと考えます。

今後も、多様な要請に応じた様々な手法により、参加者の日常生活や社会活動に配慮しながら、技術の普及を図りたいと考えています。



図-1 寒地土木研究所講演会の Web 配信  
(北海道大学山田准教授による基調講演)



図-2 寒地土木研究所講演会の参加者数

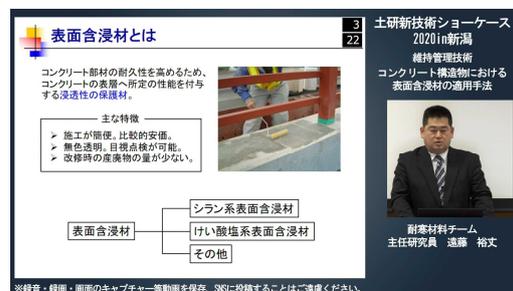


図-3 土研新技術ショーケース in 新潟の Web 配信  
(耐寒材料チーム遠藤主任研究員による講演)

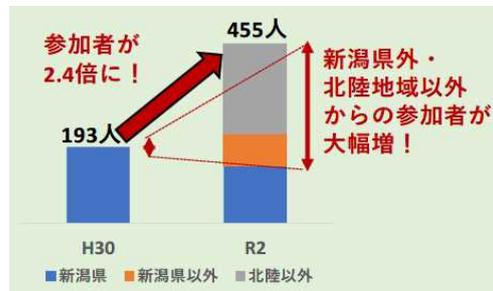


図-4 土研新技術ショーケース in 新潟の参加者数

## ⑤土木技術を活かした国際貢献

### 1. 国際標準化への取り組み

(概要は第1節⑤ 1前半に同じ)

TC (技術委員会 : 以下 TC) 35 においては、ペイント及びワニスについて塗料関連製品施工前の鋼材の素地調整や保護塗装・コンクリート表面の準備前処理や塗装の適用に関する検討を開始している。TC71 においては、コンクリート、鉄筋コンクリート及びプレストレストコンクリートについてコンクリート分野の試験方法、製造・管理、保守・改修等に関する基準策定や改定を行っている。試験製造・管理に関する ISO 22965 の改定については、幹事国としてドラフトを作成している。TC74 においては、セメント及び石灰の分析方法について定期見直しの要否を審議している。TC167 においては、鋼構造について鋼材、製作、架設、溶接、ボルト等に関する規格の標準化を検討している。TC214 においては、昇降式作業台について高所作業車の操縦装置に関する基準策定を行っている。詳細は付録 - 5.1 に示す。

表 - 1.2.5.1 国際標準の策定に関する活動

番号	年度	委員会名等	コード	担当チーム等
1	令和2年	ISO 対応特別委員会	—	企画部
2	令和2年	ペイント及びワニス	ISO/TC35	iMaRRC
3	令和2年	コンクリート、鉄筋コンクリート及びプレストレストコンクリート	ISO/TC71	iMaRRC
4	令和2年	セメント及び石灰	ISO/TC74	iMaRRC
5	令和2年	鋼構造及びアルミニウム構造	ISO/TC167	CAESAR
6	令和2年	昇降式作業台	ISO/TC214	先端技術チーム

## 2. JICA 等からの要請による技術指導及び人材育成

### 2.1 海外への技術者派遣

(第1節⑤ 2.1に同じ)

### 2.2 研修生の受入

令和2年度において、外国人研修生受け入れの実績はない。

## 3. 研究開発成果の国際展開

### 3.1 国際的機関の常任・運営メンバーとしての活動

(概要は第1節⑤ 3.1に同じ)

表 - 1.2.5.2 国際的機関、国際会議に関する委員

機関名	委員会名	役職	活動状況
米国 Deep Foundation Institute	Deep Mixing 2021 International Advisory Committee : メンバー	寒地基礎技術研究グループ 総括主任研究員	2021年7月ポーランドで開催予定の国際会議 Deep Mixing 2021 の International Advisory Committee のメンバーとして周知活動や論文の採否の審議などをメールにて行った。
国際構造コンクリート連合 (fib)	タスクグループ 3.4 委員	寒地保全技術研究グループ 総括主任研究員	fib Model Code 改訂に参画し、サブセクション「Selection of interventions」の草案を作成、また技術資料 (Bulletin) の作成に際してひび割れ注入工法を担当、シラン系表面含浸材のケーススタディを寄稿。新たな Model Code の最終草稿が 2021 年に公表予定。令和2年度はコロナの影響でミーティングが中止となり、オンラインやメールで改定作業に参画。fib symposium 2020 オンライン参加。

### 3.2 国際会議等での成果公表

(第1節⑤ 3.2に同じ)

### コラム コンクリートの国際標準 (fib モデルコード) 改訂への貢献

国際構造コンクリート連合 (fib) が策定したコンクリートに関する国際標準である「fib モデルコード (Model Code for Concrete Structures) 2010」(図-1) は、世界各国の技術団体や専門家、研究者に活用されていますが、10年ぶりの改訂作業が取り組まれてきました。今回の改訂は、全体で50以上のタスクグループの体制下で行われ、耐寒材料チームは、既設構造物を対象に「Selection and implementation of interventions (対策の選択と実施)」の検討を担当するタスクグループ3.4(座長:上田多門北海道大学名誉教授)に2016年から参画しました。

ここでは、「コンクリート構造物の補修対策施工マニュアル(案)」をはじめ、土木研究所が長年研究してきたコンクリートの補修に関する知見を紹介するとともに、これらの研究成果等に基づき、コンクリート構造物の劣化要因と程度に応じて適用する対策工法の選定手法について解説する新たなサブセクション「対策工法の選択 (Selection of interventions methods)」の作成を提案し、この執筆を担当しました。

当初、タスクグループ内のミーティングを重ね、2018年に初稿を提供した後は、関連するタスクグループ間の調整のための大規模なミーティングも行われてきました。全体構成が固まってきた段階で2020年(令和2年)に入ると世界的に新型コロナウイルスがまん延し、各国から集まったのミーティングができなくなりましたが、Web会議やメールでの検討、協議等を経てコンテンツの修正や追加が続けられてきました。

改訂版「fib モデルコード 2020」に向けた最終草稿は、2021年6月にポルトガル・リスボンで開催予定のシンポジウムにおいて公表される見込みです。

また、各種補修・補強工法について紹介を行う技術資料(bulletin)「コンクリート構造物における対策の概要 (Compendium for Interventions on Concrete Structure)」についても、耐寒材料チームの研究成果である「ひび割れ注入工法」(写真-1)と「シラン系表面含浸材」(写真-2)の工法紹介およびケーススタディを作成・提供しています。

これらの取組を通してコンクリート補修技術の国際的な信頼性向上に貢献しています。

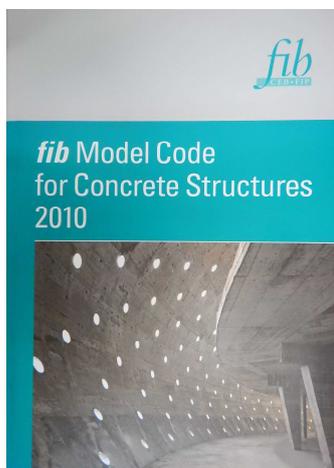


図-1 fib Model Code for Concrete Structures 2010



写真-1 ひび割れ注入工法の施工状況



写真-2 シラン系表面含浸材の施工状況

## ⑥他の研究機関等との連携等

### 1. 共同研究の実施

(第1節⑥ 1に同じ)

表 - 1.2.6.1 共同研究参加者数および協定数

	新規	継続	合計
共同研究参加者数(者)	37	148	185
共同研究協定数(件)	29	75	104

表 - 1.2.6.2 共同研究機関種別参加者数

	民間企業	財団・社団法人	大学	地方公共団体	独立行政法人	その他
参加者数(者)	119	17	34	4	4	7

### 2. 国内他機関との連携協力・国内研究者との交流

(第1節⑥ 2に同じ)

#### 2.1 国内他機関との連携協力

(第1節⑥ 2.1に同じ)

#### 2.2 交流研究員の受け入れ

(第1節⑥ 2.2に同じ)

表 - 1.2.6.3 交流研究員受け入れ人数の業種別内訳

業種別(単位)	コンサル タント	建設業	製造業	公益法人・団体	自治体	その他	合計
受け入れ人数(人)	13	2	4	0	0	0	19

### 3. 海外機関との連携協力・海外研究者との交流

#### 3.1 海外機関との連携協力

(第1節⑥ 3.1に同じ)

#### 3.2 海外研究者との交流

(第1節⑥ 3.2に同じ)

#### 4. 競争的研究資金等外部資金の獲得

(第1節⑥ 4に同じ)

##### 4.1 競争的研究資金の獲得支援体制

(第1節⑥ 4.1に同じ)

##### 4.2 競争的研究資金の獲得実績

(第1節⑥ 4.2に同じ)

表 - 1.2.6.4 競争的研究資金等獲得件数

	令和2年度
獲得件数	5
うち、新規課題	3
うち、継続課題	2

表 - 1.2.6.5 令和2年度競争的研究資金等獲得実績 (単位は千円)

配分機関区分	継続				新規			
	件数	研究代表者 研究費(千円)	件数	研究分担者 研究費(千円)	件数	研究代表者 研究費(千円)	件数	研究分担者 研究費(千円)
文部科学省	0	0	0	0	0	0	0	0
国土交通省	0	0	0	0	0	0	0	0
農林水産省	0	0	0	0	0	0	0	0
内閣府	0	0	0	0	0	0	0	0
公益法人	0	0	0	0	0	0	0	0
独立行政法人・大学法人	0	0	2	17,420	0	0	3	1,505
その他	0	0	0	0	0	0	0	0
計	0	0	2	17,420	0	0	3	1,505

\* 新規件数は令和2年度開始。継続件数は令和2年度以前に開始し複数年度の研究期間の件数。研究代表者・研究分担者は獲得した土木研究所職員の役割

##### 4.3 研究資金の不正使用防止の取組

(第1節⑥ 4.3に同じ)

##### 4.4 技術研究組合

(第1節⑥ 4.4に同じ)

表 - 1.2.6.6 土木研究所が参画している技術研究組合

名称	略称	活動目的
モニタリングシステム 技術研究組合	RAIMS	道路・高速道路の管理者、ゼネコン、建設コンサルタント、電気・通信メーカー、センサ・設備メーカーと各分野の専門家の総力を結集し、互いのもつ強みを発揮しあい、管理者のニーズに合致した最先端のモニタリングシステムの早期実用化を目指す。

## 5. 革新的社会資本整備研究開発推進事業

国土強靱化や戦略的な維持管理、生産性向上等に資するインフラに関する革新的な産・学の研究開発を支援し、公共事業等での活用を推進するための委託研究制度を活用し、令和2年度は、革新的社会資本整備研究開発推進事業について表-1.2.6.7に示す研究開発課題の委託契約を締結し、研究開発を開始した。

表 - 1.2.6.7 革新的社会資本整備研究開発推進事業において開始した研究開発課題

課題名	代表機関名
レーザーによる表面処理技術を活用した素地調整方法に関する研究開発	株式会社トヨコー