

土木研究所における 研究開発の取り組み

国立研究開発法人土木研究所 研究企画課長 いのまた ひろのり 猪股 広典

1. はじめに

国立研究開発法人土木研究所は、良質な社会資本の効率的な整備および北海道の開発と推進に資することを目的として、土木技術に関する研究開発等を実施しています。本稿では、最近の取り組みとして、AIを活用した道路橋メンテナンスの効率化に関する共同研究、革新的社会資本整備研究開発推進事業、重点普及技術について紹介します。

2. AIを活用した道路橋メンテナンスの効率化に関する共同研究

近年社会インフラの老朽化が喫緊の課題となっているなか、橋梁では5年に1回行う定期点検が義務化されました。一方で、近接目視が基本となる点検のコスト増大や専門知識を持った担当者の減少などの問題が顕在化しており、今後、近年技術開発の進展が目覚ましいAI技術やロボット等の先端技術を活用することで、道路橋のメンテナンスを効率的に実施することが期待されています。

土木研究所は、メンテナンスサイクルにおける点検・診断・措置の効率化と信頼性向上を目指し、建設コンサルタント、メーカー、研究機関、地方自治体など25の共同研究者*と「AIを活用した

道路橋メンテナンスの効率化に関する共同研究（以下、「本共同研究」という）」を立ち上げ、「①点検 AI（床版の土砂化）」、「②点検 AI（画像解析）」、「③診断 AI」、「④データ基盤」の開発に取り組んでいます（図-1、写真-1）。

〈本共同研究で検討する内容〉

① 点検 AI（床版の土砂化）の開発

床版の土砂化を対象に、電磁波レーダー等の技術を活用して、水の早期検出技術の検証、および、早期検出を前提とした措置法の検討を行います。

② 点検 AI（画像解析）の開発

ディープラーニングなどの画像解析技術を活用して、変状の抽出や要点検部位への誘導、採取データの分析等を行う点検 AI について、必要とされる性能を検討し、実務で使える AI の開発を行います。

③ 診断 AI の開発

AI 技術等により形式化した熟練技術者の暗黙知や、既往の点検データ等を基に、診断ロジックを可視化し、技術者の判断支援を行う AI を開発します。

④ データ基盤の開発

点検・診断・措置に関するデータを収集・保管・活用・更新する方法について検討を行います。

※ AI を活用した道路橋メンテナンスの効率化に関する共同研究関係機関
アジア航測（株）、アジア航測（株）・（株）イクシス・

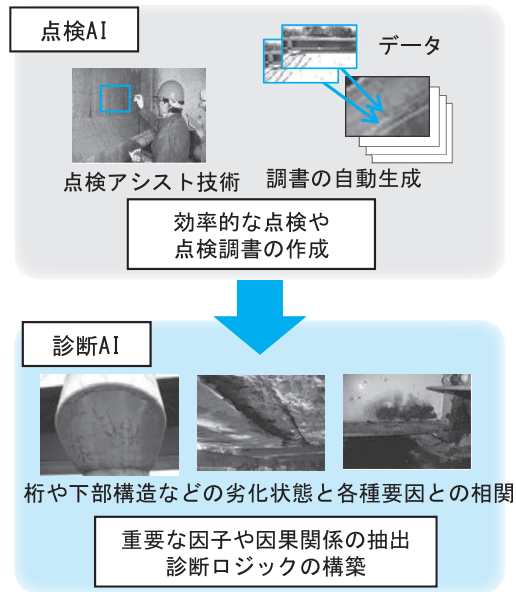


図-1 点検 AI・診断 AI の概要



写真-1 キックオフ会議の様子

富士電機(株)、茨城県、(株)エイト日本技術開発、(一財)橋梁調査会、グローバルウォーカーズ(株)、首都高技術(株)、(一財)首都高速道路技術センター、大日本コンサルタント(株)、(株)デンソー・(株)岩崎、富山市、ニチレキ(株)、(株)日本海コンサルタント、日本工営(株)、日本無線(株)、(株)ニュージェック、パシフィックコンサルタンツ(株)、(株)日立製作所、(株)福山コンサルタント、(株)復建技術コンサルタント、富士通(株)、(株)まごらん、三菱電機(株)、八千代エンジニアリング(株)、(国研)理化学研究所 革新知能統合研究センター

3. 革新的社会資本整備研究開発推進事業

社会資本整備において、現場の業務効率を飛躍的に高める技術について、ここ数年来開発が本格化しており、効果を発揮すべき時期となっています。このような背景を受けて本事業では、主に国土強靱化、生産性向上、戦略的な維持管理等に資する革新的な研究開発の推進に関する提案課題を土木研究所が公募し、選考の上、採択します。支援対象は、効果の早期発現の観点から、開発が相当進み、実用化と社会実装の可能性が高い研究とします。第1回公募では、9月1日から9月30日を公募期間として、以下の4つの公募研究課題

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、生産性向上などに資するインフラに関する革新的技術を公共事業などにおいて活用するため、産学連携、産産連携などによる実用化に向けた研究開発を支援

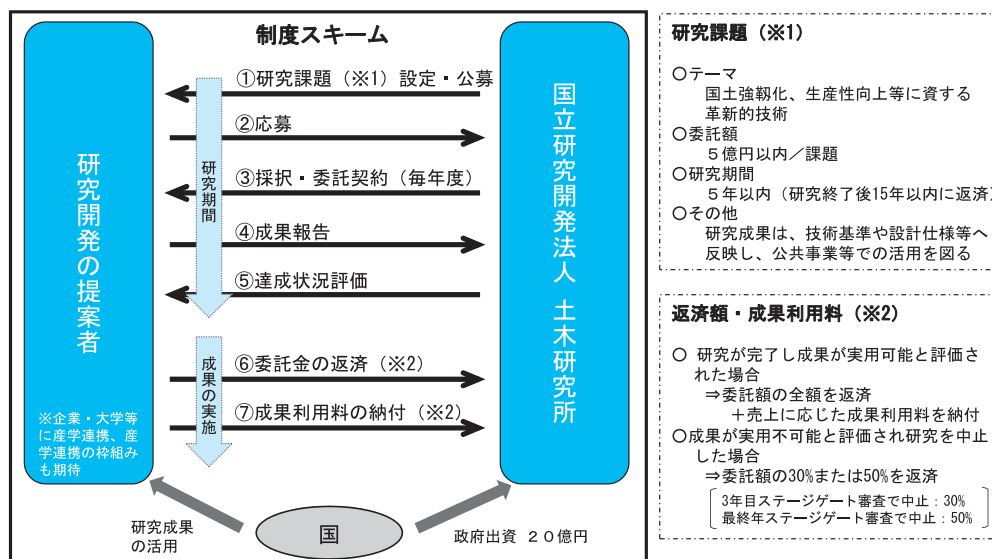


図-2 革新的社会資本整備研究開発推進事業制度スキーム

に関する提案を募集しました。事業概要については図－2をご覧ください。

(1) 放射線等を活用した構造物内部の非破壊検査技術

現状のコンクリート構造物の点検調査は、近接目視による外観調査やコアを採取して塩分濃度等を調査しており、コンクリート構造物の内部の状態を効率的に把握することが困難である。高出力 X 線や中性子線を用いた非破壊検査技術によりコンクリート構造物の内部を可視化し、鋼材の腐食、グラウトの充填状況、水の存在、塩分濃度などの状況を明らかにすることにより、効率的な老朽化対策や予防保全の実現、戦略的な維持管理に資することが期待される。

本公募研究課題では、老朽化対策や戦略的な維持管理のため、高出力 X 線や中性子線等を活用し、コンクリート構造物内部の状態を現場で容易に計測し可視化できる調査技術を開発する。

(2) 腐食鋼材の効率的なさび除去技術

鋼構造物の塗替え塗装では、部材表面に付着したさびや塩分の除去が不十分であると、塗替え後の早期に鋼材の腐食が生じやすい。このため、さび除去と塩分除去を十分に行うことが重要であるが、現存技術では除去性能が十分でなかったり、現場での騒音や粉塵の発生、処理後の廃棄物処理費がかかるなど課題も多い。一方、レーザー照射等、これまでの課題の解決が期待される新たな塗膜除去技術が開発されつつある。これらの技術は、十分な塗膜性能を確保できる塗装前下地処理システムとして構築され、様々な条件下での適用性が確認されれば、鋼構造物の防食塗装の高耐久化や維持管理費の縮減が可能となり、より多くの現場での導入が期待される。

本公募研究課題では、鋼構造物の長寿命化や防食ライフサイクルコストの縮減を図るため、様々な現場で適用可能であり、騒音や廃棄物発生等の環境負荷も少なく、さびや塩分を安全かつ効率的に除去する技術を開発する。

(3) 4D モデルを活用した新しい安全管理

ICT の導入に伴い、一部の建設現場において

は、バーチャルリアリティ技術を活用した安全教育・安全管理が取り組まれている。一方で、多様な実際の施工プロセスをシミュレーションするための、仮設や重機、作業員の動き等の現場条件に応じた時系列情報は十分に蓄積されていない。また、労働安全衛生規則に関する情報や過去の事故事例も安全な施工管理において必要な情報であるが、それらをシミュレーション上で参照できるシステムも存在しない。

本公募研究課題では、BIM/CIM などの 3 次元設計データ等を活用した建設現場の 3D 化に加えて、施工計画、工程表といった時間的変化に関する情報も含まれる 4D モデル化技術、および労働安全衛生規則や過去の事故事例やヒヤリハット事例も取り込んだ安全管理システムを開発する。これにより、施工計画作成時に工事に関わるリスクが抽出され、従来よりも安全な施工管理が行われることが期待される。

(4) 途上国に適した ITS 技術を活用した包括的システムの研究開発

途上国（特にアジア）では、急激なモータリゼーションの進展により都市部での交通渋滞が顕著となっているとともに、円借款事業等により整備された道路インフラが、今後本格的な更新時期を迎え、適切な補修・維持管理が求められている。一方で、途上国ではスマートフォンや Wi-Fi が爆発的に普及し、路上カメラ・監視カメラの価格も低下していることから、こうした機器と AI 技術等を活用することで、課題解決に資する、安価で簡易な包括的システムを開発することも可能となっている。

本公募研究課題では、途上国に適した、情報収集／提供等を前提とし、ITS 技術を活用する包括的システムを開発する。これにより、途上国における道路の適切な補修・維持管理や、道路交通情報の提供による渋滞削減等が期待される。また、途上国での運用において収集した実データを活用して改良・高精度化したシステムを日本国内においても活用することで、従来よりも道路管理の高度化を図ることが期待される。

4. 重点普及技術

土木研究所で開発した技術のうち、適用の効果が高く実際の事業や業務にすぐ適用可能な技術を、重点普及技術と位置づけ、戦略的に普及活動を行っています。本稿では、重点普及技術のうち、高く評価されて受賞した技術について紹介します（表－1）。

表－1 重点普及技術および受賞履歴

技術名	受賞履歴
過給式流動燃焼システム	国土技術開発賞（第17回）最優秀賞（2015年） 優秀環境装置表彰（第41回）経済産業大臣賞（2015年）
ワイヤロープ式防護柵	国土技術開発賞（第20回）優秀賞（2018年） 土木学会技術開発賞（2018年）
チタン箔による鋼構造物塗膜の補強工法	インフラメンテナンス大賞（第2回）優秀賞（2018年）

(1) 過給式流動燃焼システム

下水汚泥の焼却処理において、過給式流動炉と過給機（ターボチャージャー）を用いることにより燃焼効率を高め、大幅な省エネルギー等を実現できるシステムです。

燃焼による排ガスでシステムに組み込んだ過給機を駆動させ、圧縮空気を流動炉に供給することにより、加圧状態にして燃焼速度を上げるとともに、燃焼温度を高め温室効果ガスである N_2O 等

の排出を抑制します。

燃料である汚泥の低負荷時でも、運転圧力を調整することにより炉内温度を下げず効率的な運転が可能です。

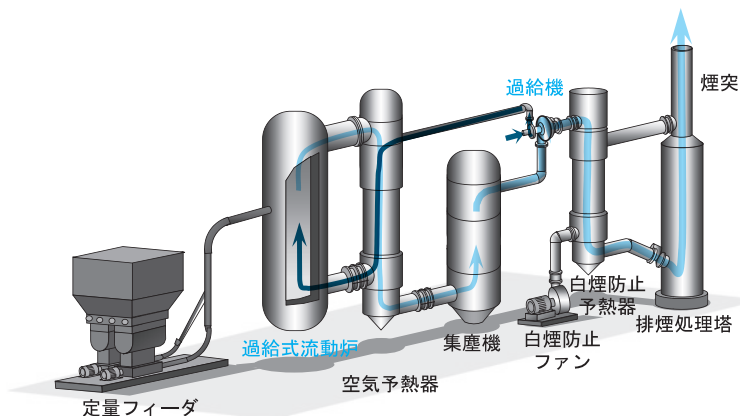
また、従来の気泡流動炉による燃焼システムに必要なであった流動ブロウと誘引ファンの運転が不要となるため、消費電力を半減できます。さらに、燃焼効率が高まるため、焼却炉を小型化することができ、施設規模を縮小し設備コストも縮減できます（図－3）。

(2) ワイヤロープ式防護柵

全国的に、中央分離帯がない郊外部2車線道路で正面衝突事故が多発しています。その対策として、2車線道路に中央分離帯を設けるためには、事故時の通行の妨げとならないように幅員の確保が必要となり、多額の設置コストが必要です。

土木研究所で検討しているワイヤロープ式防護柵は、車両衝突時に中間支柱が倒れ、ワイヤロープのたわみが車両の衝撃を緩和して、安全に誘導できます。また、設置に要する幅も狭く、防護柵設置に伴う工事費用の縮減が可能です。

事故等の緊急時には、人力のみで容易にワイヤロープと支柱を取り外し、どこでも開口部を設けることが可能です。さらに、事故後の復旧作業は、破損した支柱を取り外し、新しい支柱を舗装下のスリーブに挿入し、ワイヤロープを再緊張して完了するため、すべて人力で作業できるので、短時間で補修作業を完了することが可能となりました（写真－2）。



図－3 過給式流動燃焼システムの構成



写真－2 ワイヤロープ式防護柵の設置状況

(3) チタン箔による鋼構造物塗膜の補強工法

鋼構造物の部材縁端部などは、塗装をしても規定の膜厚を確保することが難しく、平滑部に比べて塗膜劣化や腐食が早期に生じる傾向にあります。そこで、塗膜の防食性能を補強し、鋼構造物を長寿命化させる方法として、チタン箔を貼る技術を開発しました。

本工法は、重防食塗装系の塗装工程において下塗り塗料の代わりにチタン箔と両面粘着シートとを一体化させた「チタン箔シート」を貼り付けるものであり、特に部材縁端部等の防食上の弱点部位に適用します。チタン箔により、水分や塩分などの腐食（促進）因子が完全に遮断されるため、塗膜劣化や鋼材腐食を抑制することができます。

これにより、鋼構造物の防食ライフサイクルコストの削減が可能です（写真－3、図－4）。

5. おわりに

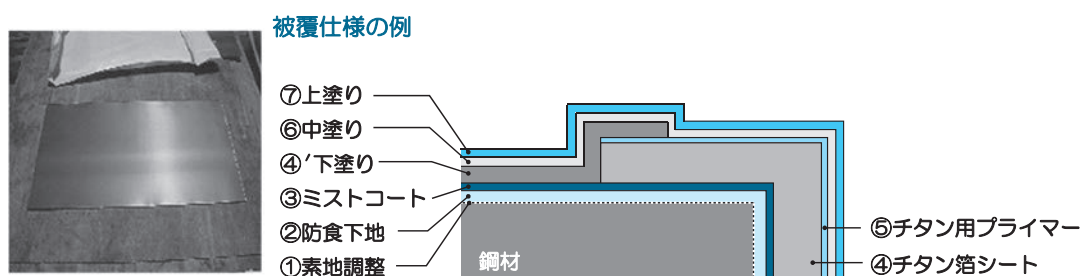
前述の技術の他にも、土木研究所では開発した新技術について、民間等への技術移転を進めるとともに、研究コンソーシアム等の新しい試みを通じて、技術がある程度自立できるまでの期間、積極的にフォローアップを行っています。

【参考 URL】

<https://www.pwri.go.jp/jpn/results/practical/index.html>



写真－3 チタン箔シート貼り付け状況



新設塗装の場合

工 程		チタン箔シート適用部	チタン箔シート非適用部
①素地調整		ブラスト処理ISO Sa2 1/2	
②防食下地		無機ジंकリッチペイント 600 g/m ² 75 μm	
③ミストコート		エポキシ樹脂塗料下塗 160 g/m ²	
④チタン箔シート	④'下塗り	チタン箔/両面粘着シート	エポキシ樹脂塗料下塗 540 g/m ² 120 μm
⑤チタン用プライマー		チタン用エポキシ樹脂プライマー 130 g/m ² 30 μm	
⑥中塗り		ふっ素樹脂塗料用中塗 170 g/m ² 30 μm	
⑦上塗り		ふっ素樹脂塗料上塗 140 g/m ² 25 μm	

図－4 チタン箔による補強工法の概要