

維持管理ロボット・技術セミナー（後編） 開催状況及び質疑応答の内容

2024/6/5

土木学会 建設用ロボット委員会

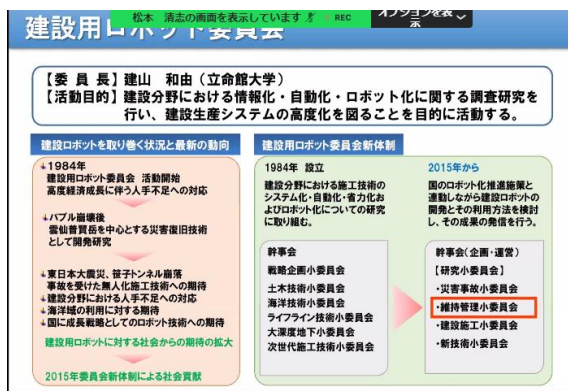
維持管理小委員会

● セミナー開催状況（以下、敬称略）

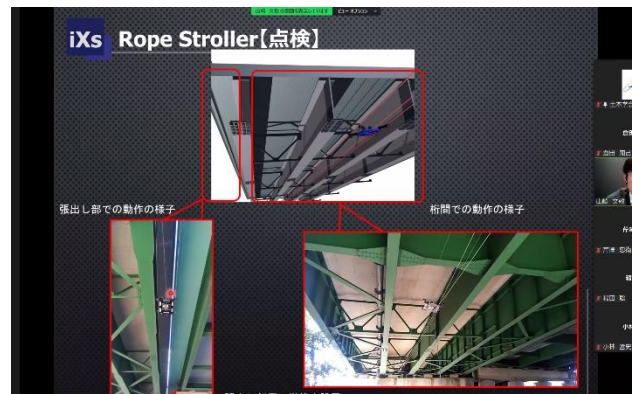
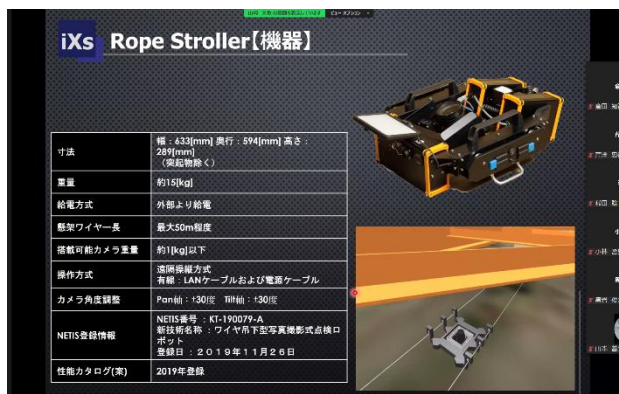
- ・ 開会挨拶（土木学会 建設用ロボット委員会 建山委員長）



- ・ 土木学会 建設用ロボット委員会 維持管理小委員会の活動報告
(維持管理小委員会 稲田委員)



- ・ 技術① ワイヤ吊り下げ型目視点検ロボット / 株式会社イクス



・技術② CBパネル工法 / 東急建設株式会社

鉄道高架橋柱の効率的な耐震補強工法

CBパネル工法

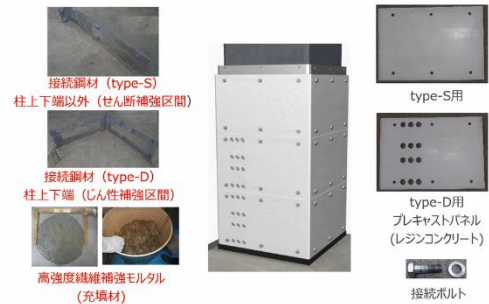
Combination Panel Method

東急建設株式会社



工法の概要

接続鋼材、接続ボルト、プレキャストパネルおよび高強度繊維補強モルタルから構成される整立てる工法（じん性・せん断補強）



・技術③ 偏光フィルタビルトイン赤外線カメラを用いた点検支援システム
/ 西日本高速道路エンジニアリング四国株式会社

【維持管理ロボット・技術セミナー（後編）】
2024.3.13

偏光フィルタビルトイン赤外線カメラ
を用いた点検支援システム

西日本高速道路エンジニアリング四国（株）
技術部 統計分析課 山下 民岐子

点検コスト削減効果

解析作業

点検位置の
可視
手動で整理
自動ペアリ

損傷のAI自動診断機能を搭載

損傷診断
別モデルで解析
or
術者による診断

すべての熱画像を
一括で
AI自動診断
(25分類)

・技術④ さび鉄構造物・リニューアル工法 / アルファペイント株式会社

9 国交省による実証試験（複合サイクル試験）

屋外暴露とのよりよい相関を求め考案された促進防錆試験

規格：JIS K 5600-7-9
方法：塩水噴霧/乾燥/湿潤（サイクルD）
期間：360サイクル（3ヶ月）
確認方法：JIS K 5600-8に準拠
試験片：さび鋼板
（さび厚 90μm程度、付着塩分量360~660mg NaCl/m程度）

塩分は吸湿性が高く、
大気中の水分を吸うため、
金属に付着すると
さびびを進行させる。

回数	材料名	塗布量	膜厚 (Dry)	備考
1層目	セレクトコートN300	140g/m ²	34μm	養生1時間
2層目	セレクトコートN300	160g/m ²	36μm	養生4時間
3層目	セレクトコートE350	270g/m ²	96μm	

結果：異常なし（さび・剥がれ・膨れなし）

12 簡易防食仕様の塗膜構造

さびびの表面に水性強力錆転換剤
“セレクトコートN300(さびチェンジ)”を塗装すると、
強固で安定な黒さび層とアクリルシリコン樹脂膜が一体的に形成される。
これにより、さびびの発生を強力に防止する。

水性強力錆転換剤により形成

アクリルシリコン樹脂

黒さび

さび転換

素地（赤さび）

・技術⑤ ハイウェイストライダー / 株式会社大林組



・ 話題提供 関西都市部で進める高速道路リニューアル事業の紹介 / 西日本高速道路株式会社



・ パネリスト

株式会社イクス 山崎



東急建設株式会社 黒岩



西日本高速道路エンジニアリング四国株式会社 山下



アルファペイント株式会社 小林



株式会社大林組 丈達



西日本高速道路株式会社 大原



司会進行 維持管理小委員会 芹沢委員



・閉会挨拶（維持管理小委員会 池田小委員長）



● 質疑応答内容

次ページ以降参照下さい。なお、セミナー当日に回答できなかった内容も掲載しています。

・技術① ワイヤ吊り下げ型目視点検ロボット / 株式会社イクシス

質問：ワイヤ式ロボットは非常にシンプルな構造になっていますが、維持管理ロボットを社会実装する上で一番のポイントは何かでしょうか。

回答：省力化・省人化においてロボット化は目的ではなく手段であることと、今すぐの熟練作業員の置き換えを計るのは難易度も高いことから、当面は人との協調を前提とし、データ取得の品質の安定性や、報告書作成の短縮化などを目指し、まずはロボットを含む IoT 機器を現場に導入しメリットを感じてもらうことが重要と考えています。人との協調を前提とすると「移動の自動化」は必要なく「データを高品質に、漏れなく取得でき、その後の報告書作成の自動化」を目指すことができます。そうするとロボット自身はシンプルな構造で実現でき、操作の難易度も低く、直感的に扱え、万が一壊れても最低限の点検は実現できます。このようにロボット化において中間ゴールを設定することが重要と考えます。

質問：ロボットや AI など新しい技術は、作業員の人員削減という悪いイメージを持たれやすいが、実際はどうか。

回答：「作業員の置き換え」を目標に開発したロボットは現場に持ち込むと悪いイメージを持たれますが、作業員の補助を行い、作業員の能力を増強するロボットは喜ばれます。業務全体を俯瞰し、業務の非効率な部分や作業員の負担になっている部分を補助する仕組みが求められていると考えます。

質問：コンクリート橋の調査もされますか？またメタル橋の部材検査もされるのでしょうか？

回答：ワイヤ式ロボットは、ワイヤ両端を構造物に固定できればどこにでも適用可能です。そのためコンクリート橋であっても橋脚天端付近にアクセスできればワイヤ設置可能です。実際、アンカーを打ってワイヤを固定しているユーザもいます。メタル橋も目視点検用途（錆の検出や、部材の欠損など）であれば写真撮影により省力化は可能です。

質問：新技術開発の目的は、品質向上と生産性向上だと思います。もう少し噛み砕いていえば、作業の効率化、省力化、並びにコスト縮減にあると思います。このような観点での評価はそれぞれの技術についてはいかがでしょうか？

回答：ワイヤ式ロボットは、まさに品質向上と生産性向上を目的としたロボットです。現場作業の自動化ではありません。今後熟練作業員が減少する中で、誰でも本ロボットを使うと安定した品質でデータ取得が行え、それを AI 解析し一定の基準でひび割れ解析し、図面上に表現できることでデータ整理の観点からも生産性向上が期待できます。

・技術② CBパネル工法 / 東急建設株式会社

質問：既設橋脚の仕上がり均一、平面でないと思いますが、製作や現場での補正等、配慮されていることがあればご教示ください。

回答：パネルおよび接続鋼材の製作前に、補強対象となる橋脚の寸法について現地計測を行います。しかし、橋脚下端は土被りがある場合が多く、現地で掘削してから、橋脚の全長が判明することがあります。パネルを現地で加工して、微調整できるようにしています。

質問：コーナー部の止水はどのように考えられているのでしょうか？

回答：パネル間の隙間対策としてお答えします。モルタルは粘性が高く、多少の隙間であれば大きく漏れ出ることはありません。しかし、少量の漏れでもパネルの清掃が負担となることから、パネル間にはスポン

ジ状のバックアップ材を挟んで、漏れを防いでいます。

質問：品質管理上留意すべき点はこういった点があるでしょうか？打ち継ぎ目等にきれいに仕上がるでしょうか？

回答：繊維補強モルタルが補強材であることから、パネルと橋脚の隙間が設計値を満たすように管理しています。モルタルは事項充填性に優れた材料ですが、重ね打ちしたモルタルの繊維が確実に架橋するように、突き棒などで締め固めています。

質問：新技術開発の目的は、品質向上と生産性向上だと思います。もう少しかみ砕いていえば、作業の効率化、省力化、並びにコスト縮減にあると思います。このような観点での評価はそれぞれの技術についてはいかがでしょうか？

回答：従来の耐震補強工法に比較して、ひび割れ防止や溶接不良等の観点から品質の確保は容易になっています。工程も短縮されますが耐震補強工事の性格上、コストは作業条件に左右されると言えます。本工法はプレキャスト部材を用いた人力施工を特徴しており、制約（空間、時間）下の作業では、コスト縮減につながると考えています。

・技術③ 偏光フィルタビルトイン赤外線カメラを用いた点検支援システム

/ 西日本高速道路エンジニアリング四国株式会社

質問：この開発システムが適用できる条件を教えてください。反射を除去できない環境等などの条件を知りたいです。

回答：赤外線調査は、健全部と異常部の表面温度差を捉えることでコンクリート内部損傷を検出しています。適用条件としては、この温度差を検出できることが大前提となります。コンクリート表面にぴったり張り付いていない材質（剥落防止ネットなど）などによる反射は、除去できない可能性が高いです。

質問：測定に関して季節（夏・冬）や外気温の影響はないのでしょうか？

回答：赤外線調査は、気象条件に大きく左右されます。日較差（最高気温、最低気温）が大きいほど、異常部の温度差が検出しやすくなります。雨天、曇りは温度差が出にくいため、調査には不向きです。降雪地域などでは、冬場はあまり調査ができません。また、海岸部も、海水温の影響により、季節により調査可能日数がかわってきます。全国主要都市における年間調査可能率を FEM 解析し算出しています。また、1km メッシュピンポイント気象予報データから、1 週間先の調査可能率を AI で算出し、確実に赤外線調査ができる日に調査を実施するようにしています（稼働率向上）。

質問：コンクリート構造物の壁面が濡れている場合、診断に影響がありますか？

回答：表面が濡れている場合は、赤外線の放射率が変化し正確な温度変化が測定できないため、赤外線調査には適しません。

質問：新技術開発の目的は、品質向上と生産性向上だと思います。もう少しかみ砕いていえば、作業の効率化、省力化、並びにコスト縮減にあると思います。このような観点での評価はそれぞれの技術についてはいかがでしょうか？

回答：今回開発した偏光フィルタビルトイン赤外線カメラシステムでは、これまで熱反射の課題により、夜間の調査に限定していました。これが、昼間の調査も可能となります。また、可視カメラ、赤外カメラが

一体化したことで、2回撮影していたものが1回で済みます。これに加えて、AIによる自動損傷診断機能がソフトに組み込まれたことで、従来の夜間調査と比較すると、点検時間は65%縮減、解析作業は75%縮減を見込んでいます。今回完成したプロトタイプを現場で試行運用し、これらの効率化値の精緻化を行う必要があります。

・技術④ さび鉄構造物・リニューアル工法 / アルファペイント株式会社

質問：赤錆への塗布により黒錆に変換し母材を保護するメカニズムは理解できましたが、赤錆以外の部位でも錆を予防する効果のメカニズムはどのようなものなのでしょうか？

回答：金属が錆びるのは空気中の酸素と水分による酸化反応です。赤錆以外の部位でも錆を予防する効果のメカニズムは、優れた付着性と塗膜自身が有する強力な還元性（酸化反応を抑制する効果）により、錆を抑制することができます。すなわち、赤錆面にも錆のない鉄面にも強力な防錆効果を発揮します。また、亜鉛・アルミ等の非鉄金属にも強力に付着することが第三者機関にて証明されており、塗膜の優れた付着性と強力な還元性（酸化反応を抑制する効果）により、亜鉛・アルミ等の白錆を抑制することができます。錆の出た亜鉛メッキ鋼板の防錆面のみならず、非鉄金属の防錆保護被膜を形成することができます。

質問：冬季（5℃以下）でも施工可能でしょうか。施工に適した温度条件があれば教えてください

回答：水性強力錆転換剤は、塗装中及び乾燥するまで5℃以下にならないように養生しなければなりません。5℃以下では、塗料が造膜せずヒビが入ったりバラバラになってしまいます。0℃以下では凍結して樹脂が破壊され膜になりません。それでも工事を行わなければならないときは、ポリフィルムやブルーシート、断熱材等でカバーして保温することにより5℃以上を維持するか、維持できない場合や気温が氷点下になるような場合は、ヒーター等で強制加熱する必要があります。

質問：耐塩性についてどの程度か、またそのエビデンスの掲載場所について教えてください。

回答：複合サイクル試験（サイクルD）（JIS K 5600-7-9）360サイクルの結果、異常なし。塩水噴霧試験（JIS K 5600-7-1）5000時間の結果、異常なし。となっております。また、複合サイクル試験については、国土交通省のサイトにて公開中になります。（<https://www.netis.mlit.go.jp/netis/pubtheme/themesettings>）こちらのNo.42が該当します。

質問：新技術開発の目的は、品質向上と生産性向上だと思います。もう少しみ砕いていえば、作業の効率化、省力化、並びにコスト縮減にあると思います。このような観点での評価はそれぞれの技術についてはいかがでしょうか？

回答：従来の修繕工事では、まず素地調整をしっかり行った上で塗装を行います。しかし、この素地調整作業は、作業員の不足や高齢化といった社会課題があり、大きな手間と負担がかかります。（参考資料：6,183円/㎡（税別）（土木施工単価（23-10 秋「東京都」引用））。さび鉄構造物リニューアル工法は、まず素地調整の省力化に貢献します。これにより、コスト削減も可能です。さらに、しっかりと素地調整を行うことが困難な環境（高所/狭隘部/住宅地/火気厳禁等）においても、手工具で対応可能になるため、作業の効率化にも貢献します。その上で、最も重要な耐塩性についてもエビデンスによって証明されています。

・技術⑤ ハイウェイストライダー / 株式会社大林組

質問：安衛法、安衛則、クレーン規則等、法的な扱いはクレーンとなるのでしょうか。届出等どのようにされているかご教示ください

回答：非自走小型（DAYFREE 型）については、毎日規制を開放しますので、1日の施工量が極めて少なく、1日の揚重回数も数回です。また、荷取り装置によりトラックへの積載はウインチにて行えます。この2点から、巻上回数・巻上量共に手動チェーンブロックであっても十分施工可能と考えており、クレーンとしての届出の必要ない構造としております。一方、自走型については、固定規制内でずっと作業致しますので、巻上機は電動チェーンブロックとし、クレーン規格に沿って製作しています。届け出については、天井クレーンに近い「その他のクレーン」として届けております。

質問：操作資格はクレーンと同様でしょうか？

回答：吊り荷が5 t以上となりますので、無線式であればクレーン運転士免許、有線式であれば技能講習が必要です。

・話題提供 関西都市部で進める高速道路リニューアル事業の紹介 / 西日本高速道路株式会社

質問：現場状況の動画などを制作するうえで気を付けた点（意識した点）はありますか？

回答：多くの方々に興味を持って見てもらえるよう、取り上げる題材や表現などに気を付けました。特に若い方々に見てもらえるよう、感性の近い若手社員（事務職、技術職問わず）に現場を見てもらい直感的に興味を抱いたものや疑問に感じたものを挙げてもらいました。その中から題材やストーリーを決め、撮影、テロップ挿入、リリースまでを若手社員が主体的に行いました。言葉遣いの面では、専門用語、業界用語を極力使わず、例え話を入れるなど分かりやすい表現に努めました。