

道路政策の質の向上に資する技術研究開発

【研究状況報告書（1年目の研究対象）】

① 研究代表者		氏名（ふりがな）		所属		役職	
		中村 光（なかむら ひかる）		名古屋大学大学院		教授	
② 研究 テーマ	名称	レーザー打音検査装置を用いた橋梁・トンネル等の道路構造物のうき・剥離の定量的データ化による診断技術の技術研究開発					
	政策 テーマ	[主テーマ] タイプⅣ		公募 タイプ	タイプⅣ ハード分野		
③ 研究経費（単位：万円）		令和3年度	令和4年度	令和5年度	総合計		
		4,598万円（税込み）	4,425万円（税込み）		9,023万円（税込み）		
④ 研究者氏名		（研究代表者以外の主な研究者の氏名、所属・役職を記入。なお、記入欄が足りない場合は適宜追加下さい。）					
氏名		所属・役職					
長谷川 登		量子科学技術研究開発機構関西光科学研究所 主幹研究員					
野村 貢		株式会社建設技術研究所・上席技師長					
戸本 悟史		株式会社建設技術研究所・東京本社道路交通部 部長					
石田 辰英		株式会社建設技術研究所・本社 技術本部 品質環境安全管理部次長					
安部 正道		株式会社 計測検査 調査部 部長					
坂本 勝哉		株式会社 フォトンラボ 企画本部技術企画室スタッフ					
⑤ 研究の目的・目標		（提案書に記載した研究の目的・目標を簡潔に記入。）					
研究の目的		トンネル点検で社会実装が進みつつあるレーザー打音検査装置について、音波ではなくコンクリート表面の変位（動き）を遠隔で計測できるレーザー打音検査装置の特徴を活かし、「うき・剥離の状態」を定量的データ化することで、検知・記録から診断する技術へ進化させ、橋梁等の道路構造物にも適用範囲を広げるとともに、従来点検以上の品質と効率性の向上を実現する。					
研究の目標		本研究では、上記の目的を実現するために4テーマを構築し、相互に連携して総合的な成果達成を目指す。					
【テーマ1】		レーザー打音検査装置による計測方法の高速化技術の開発：レーザー打音検査に支障となる障害物を避け、うき・剥離の可能性が高い部位は自動的に打音間隔を変え、精緻に計測する制御機能を実装する。					
【テーマ2】		レーザー打音検査装置の橋梁構造物点検に向けた改良：高架橋や広幅員の橋梁に適用できるようにレーザー打音検査装置のロングレンジ化を図る。					
【テーマ3】		レーザー打音検査装置への複数の状態の異なるうき・剥離の検出能力付与：レーザー打音により取得される変位の波形異常を関係付け、様々な状態のうき・剥離が検出できるようにする。					
【テーマ4】		継続的な観察や措置に役立つ記録様式と診断支援となる閾値や評価方法の構築：テーマ3で実施した実験結果を基に本研究で目指すうき・剥離の損傷検知レベルをⅢ（直ちに措置が必要）、Ⅱ（経過観察）、Ⅰ（健全）に分類し、客観性のある計測データとして可視化、記録・評価する技術を実装する。					

⑥これまでの研究経過

【テーマ1】 レーザー打音検査装置による計測方法の高速化技術の開発

- ・施設障害物のAI検出は、35トンネル、約18,000枚のデータを使用して学習を実施済みである。10月下旬までの学習データを元に、物体検出技術を用いてAI抽出作業を実施した。その抽出結果は、再現率96%、適合率94%であった。再現率は、正解を検出できた割合。適合率は、AI結果に正解がどの程度含まれているかの割合を示す。
- ・ひび割れ密集箇所の検出は、メッシュ内のひび割れ交差数をカウントした「ひび割れ交差数」を設定し、そのスコアから優先順位をつけて、うき・はく離の可能性が高い部位を抽出する技術を開発済みである。

【テーマ2】 レーザー打音検査装置の橋梁構造物点検に向けた改良

- ・レーザー干渉計部分の高性能化を目指して当初設計を見直した結果、備品費（セット品）ではなく、パーツを購入して組み立てた方が高性能となることが分かった。このため、パーツを個別で発注し組み立て作業を行っている。（12月中に組み立て完了予定）

【テーマ3】 レーザー打音検査装置への複数の状態の異なるうき・剥離の検出能力付与

- ・レベル「Ⅱ」（健全／要注意）は、鉄筋腐食による供試体により再現できた。レベル「Ⅲ」（直ちに措置が必要）は、想定していた鉄筋腐食で再現することが難しく、新たらしく静的破砕剤を使用する方法を立案し、そのコントロール方法を研究しながら進めている。
- ・また、鋼球落下試験について、既往研究では「叩いたら落しそうな供試体」について実験されていないことが判明した。このため、レベル「Ⅲ」の供試体を名古屋大学から量研へ送付する際、名古屋大学にて鋼球落下試験によるデータを取得し、レーザー打音検査装置との比較を行っている。
- ・供試体の製作は、150体以上を作成済みで、評価に用いる供試体の選定を行っている。

【テーマ4】 継続的な観察や措置に役立つ記録様式と診断支援となる閾値や評価方法の構築

- ・既往研究の供試体は、内部欠陥の欠陥幅が大きな空洞で界面も平滑であり、実際に叩いたら落下するうき・はく離の界面の凹凸面までは評価できていない。本研究の供試体は、凹凸を考慮したうき・はく離の界面が再現できるという点で実際の変状に近いと、現場での診断支援に必要な基礎データが取得できると考えられる。

⑦特記事項

【テーマ1】 レーザー打音検査装置による計測方法の高速化技術の開発

- ・施設障害物のAI検出技術は、照明ケーブルの垂れ下がり、大型設備の3次元的な形状等を考慮して照射範囲を設定する必要があることが判明したため、誤差量の決定を詳細に検討する必要がある。これは、画像情報をレーザー打音検査装置へ伝送する内容に含まれるため、来年度に検討予定である。

【テーマ2】 レーザー打音検査装置の橋梁構造物点検に向けた改良

- ・遠距離用レーザー打音検査装置と供試体を実験・分析するレーザー打音検査装置は、別に準備することとし、遠距離用のレーザー打音検査装置の加振力の評価等は、テーマ3の供試体実験と同時進行することを可能とした。これにより、実験速度を向上している。

【テーマ3】 レーザー打音検査装置への複数の状態の異なるうき・剥離の検出能力付与

- ・静的破砕剤を使用した内部欠陥のコントロール方法を研究しながら供試体を製作しているため、必要数以上の試行的な供試体を製作し、仕様を満たすことのできる供試体のみを採用している。このため、供試体製作期間が増加しているが、遠距離用レーザーとは別に供試体実験用レーザーを準備（テーマ2記載）することにより実験期間を短縮可能としている。

【テーマ4】 継続的な観察や措置に役立つ記録様式と診断支援となる閾値や評価方法の構築

- ・凹凸を考慮したうき・はく離の界面を再現した供試体について、①鋼球落下試験、②従来の人力打音検査、③レーザー打音検査装置による計測、④石刀ハンマーによる叩き落とし評価を行い、診断支援に必要な基礎データを蓄積中である。