

## LiDAR を用いたコンクリート締固めトレーサビリティシステムの開発

(株)熊谷組 ダム技術部 正会員 ○高橋 正人, フェロー会員 佐藤 英明  
(株)熊谷組 首都圏支店 山崎 茂, 菊地 正巳, 佐藤 秀星

### 1. まえがき

コンクリートは、所要の密度、強度および耐久性を確保するために、打込み後十分な締固めを行う必要がある。一般のコンクリートの振動締固め時間の目安は5～15秒程度である<sup>1)</sup>とされている。その締固めが不足するとジャンカや密度不足などの不良個所が発生し、コンクリートの品質に重大な悪影響を招くことになる。一方、コンクリートの締固め管理は、現場監督者よびの裁量によるところが大きく、客観的な締固め完了を保証する範囲記録や締固め時間データが残されていないのが現状である。

そこで本研究では、位置取得システム (LiDAR) を取り付けたバイブレータによる、一般コンクリートの打込み時におけるコンクリートの締固め位置および締固め時間を表示・記録するシステム (以下、コンクリート締固めトレーサビリティシステム) を開発し実証実験を行った。当システムは、コンクリートの締固め範囲および時間をリアルタイムに表示するもので、締固め作業や監督者がその場で確認できるため、締固め漏れや作業ムラなど締固めに起因する欠陥の発生を排除することが可能である。また、締固め範囲および締固め時間を記録・保存できるため、コンクリートの高品質な施工管理およびトレーサビリティの確保が行える。なお、コンクリート締固めトレーサビリティシステムで使用するバイブレータの締固め完了時間は、荷下ろし時にサンプリングしたコンクリートで締固め完了判定実験を行い、締固め完了時間の推定値を用いた<sup>1)</sup>。以下に、その概要を示す。

### 2. コンクリート締固め完了時間の推定

#### (1) 完了時間の推定概要

締固め完了時間については、小型供試体にサンプリングしたコンクリートをバイブレータで締固め、締固め振動中の画像解析および振動音の周波数解析により推定する方法<sup>2)</sup>を用いた。以下に、その測定結果を示す。

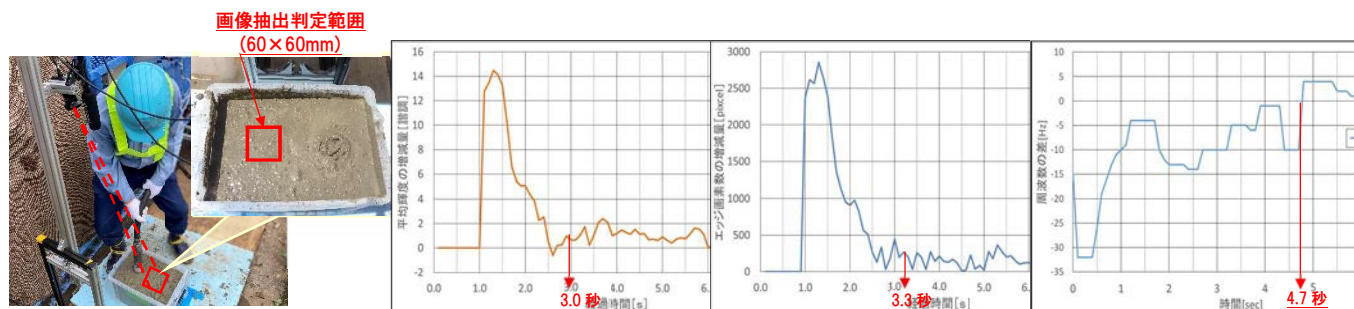


写真-1 小型供試体実験状況

図-1 輝度増減量の経時変化

図-2 エッジ画素数の経時変化

図-3 卓越周波数の経時変化

#### (2) 推定結果

締固め完了時間について、輝度増減量の経時変化からは約 3.0 秒 (図-1)、エッジ画素数の経時変化からは約 3.3 秒 (図-2) および卓越周波数の経時変化からは約 4.7 秒 (図-3) と推定できる。以上より、締固め完了時間としては安全側の 5 秒に設定することとした。

### 3. コンクリート締固めトレーサビリティシステムの実験概要

#### (1) システム概要

今回開発したコンクリート締固めトレーサビリティシステムは、治具を介してバイブレータに取り付けた iPhone12pro に搭載している位置取得システム (LiDAR) の記録装置を使用して、コンクリート締固め完了した位置および締固め時間を画面上で AR 表示すると共に、打設記録図として記録・保存するものである (図-4)。

キーワード コンクリート, 締固め, LiDAR, トレーサビリティ, マッピング, AR

連絡先 〒162-8557 東京都新宿区津久戸町 2-1 (株)熊谷組 土木事業本部 ダム技術部 TEL03-3235-8622

## (2) 実験手順

- ① 荷下ろし時にコンクリートをサンプリングし、事前試験でコンクリート締固め完了秒数を決定する。
- ② コンクリート締固めトレーサビリティシステム (iPhone12pro) に上記①で定めた秒数を入力する。
- ③ コンクリート締固めトレーサビリティシステムを用いて打設の締固め管理を行う。パイプレータで、赤→青マスに変わること画面を確認しながら締固めを行う。

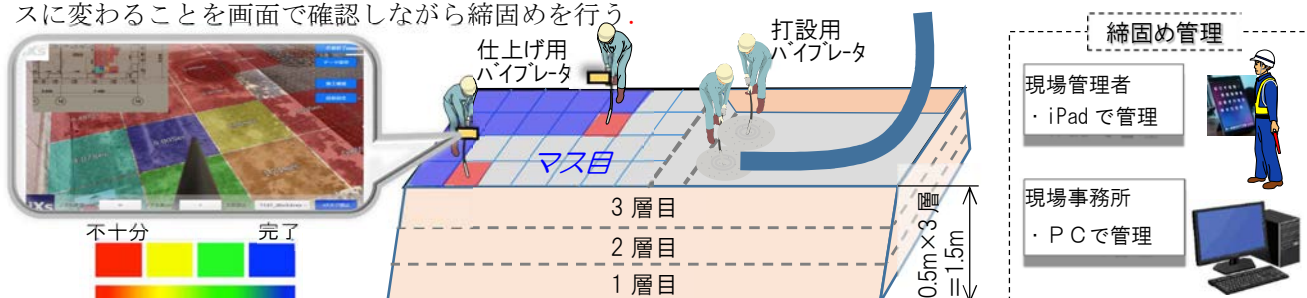


図-4 コンクリート締固めトレーサビリティシステム

## (3) 堰堤工事での実証実験

当コンクリート締固めトレーサビリティシステムの実用化を目指し、弊社施工中の調整池堰堤工事におけるコンクリート打設で実証実験を行った (写真-1, 2 および 3 参照)。



写真-1 調整池堰堤でのコンクリート打設



写真-2 コンクリート締固め実証実験



写真-3 トレーサビリティシステム計測状況

## (4) 実験結果

図-5 に、実証実験におけるマッピング仕様を示す。締固め作業の進捗に応じて、画面上のグリッドが赤→黄→青に変わり、締固めが完了していく範囲をリアルタイムに確認でき、その結果の記録も可能となった (図-6, 7)。

- ・マス目の寸法: □500mm を基本
- ・マッピング : 電源 ON のパイプレータが、□にとどまっていた時間で管理
- ・複数対応 : 人力施工では複数台の対応可能
- ・マス目の表記: 複数台同時施工を手元で同時表示
- ・深さへの対応: □500×H500mm (変更可能)

図-5 マッピング仕様

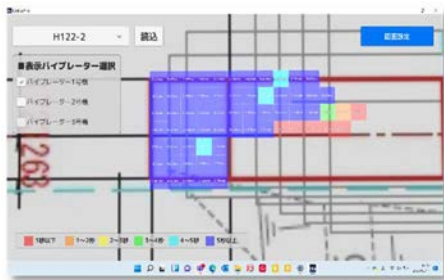


図-6 測定画像 (施工中)

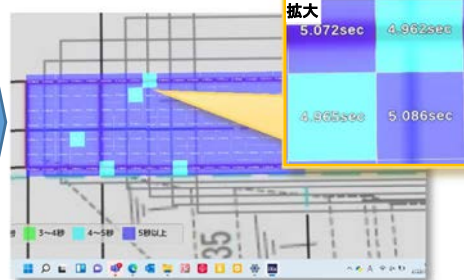


図-7 測定画像 (完了時)

## 4. まとめ

本研究では、実際の堰堤施工現場での実証実験によりコンクリートの締固め位置や時間データを自動計測し、記録することでトレーサビリティを可能にすることができた。これは、画像処理と振動音の周波数分析を組み合わせることにより、経験に頼ることなくコンクリート締固め管理技術の高度化および実用化に繋がると考える。なお、当コンクリートトレーサビリティシステムは現場条件や環境の変化に対応できるものでなければならないが、今後は、さらに種々の現場での実証実験を踏まえて、一般の明り構造物におけるコンクリート打設のみならず、GNSS による計測が困難なトンネル工事や室内建造物にも実用化を図る予定である。

## 参考文献

- 1) 土木学会：2017年制定コンクリート標準示方書 [施工編]，pp.120-122，2018。
- 2) 高橋ら：コンクリートの振動締固めの評価方法に関する基礎的研究，土木学会第76回年次学術講演会，VI-78，2021。