

コンクリート締固め管理システム



AIを利用し、締固め箇所を3次元で把握

本システムは、株式会社Create-Cとの共同開発技術です。

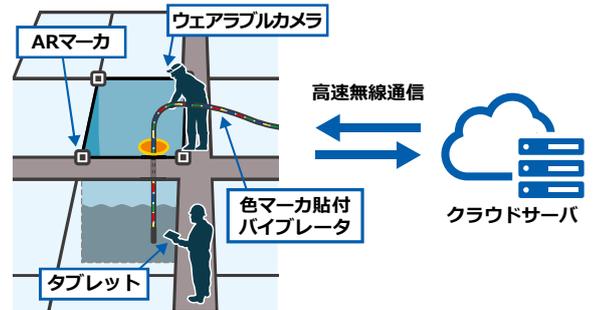
近畿地方整備局 2022年度インフラDXコンペ 優秀技術賞
土木学会構造工学委員会 2021年AI・データサイエンス特別賞 受賞
NETIS登録番号：QS-230031-A

概要

コンクリートの締固め箇所を把握するために、締固め作業を撮影した動画像からパイプレータの挿入位置と挿入時間を精度よく算出し、締固め完了範囲を可視化することで締固め管理を支援するシステムです。

システムの構成

現場で締固め作業を行う作業員は、ヘルメットにウェアラブルカメラを取り付け、ホースに色マーカを貼り付けたパイプレータを用いて作業を行います。締固め場所の周辺には、3次元座標が登録された複数のARマーカを設置します。ウェアラブルカメラで撮影した動画像は、高速無線通信によりインターネット上のクラウドサーバに送信されます。サーバにはAIを用いた解析や締固め管理情報を可視化するプログラムがあり、施工管理者はタブレット端末等を用いて可視化情報を現場で閲覧できます。



ヘルメットに装備したウェアラブルカメラ



ウェアラブルカメラの動画像

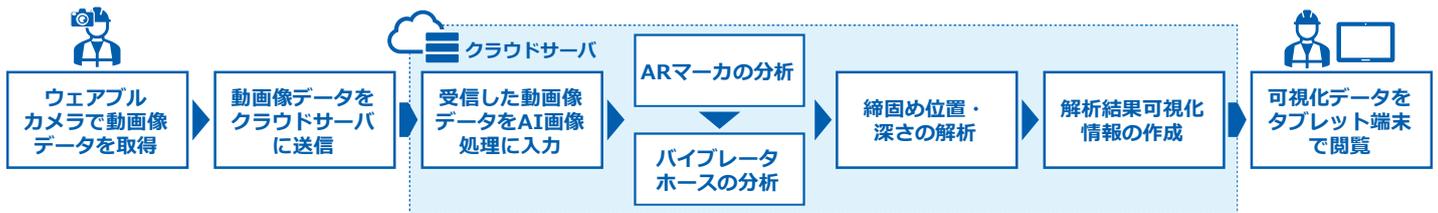


色マーカ貼付パイプレータ

cm→	0	10	20	30	40	50
	緑	黒	紫	緑	黒	
50	60	70	80	90	100	
	白	緑	黒	赤	緑	
100	110	120	130	140	150	
	黒	黄	緑	黒	水	
150	160	170	180	190	200	
	緑	紫	白	緑	紫	

マーカの色パターン（一部抜粋）

パイプレータ挿入位置の算出



算出条件

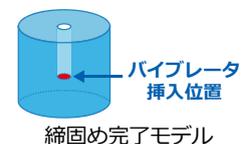
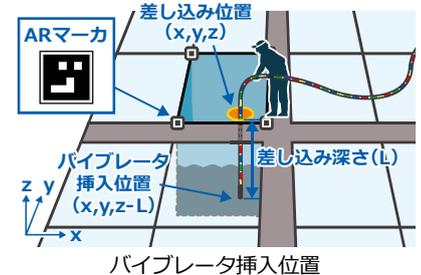
ウェアラブルカメラで撮影する動画像
フレームレート10fpsとし、1分ごとにクラウドサーバに送信します。
求めたいパイプレータ挿入位置 (x,y,z-L)
パイプレータ振動部の中心です。

算出方法

パイプレータ差し込み位置 (x,y,z)
近傍のARマーカとの位置関係を分析して、差し込み位置を算出します。
パイプレータの差し込み深さ (L)
近傍のARマーカの分析結果とパイプレータホースの色パターンから算出します。

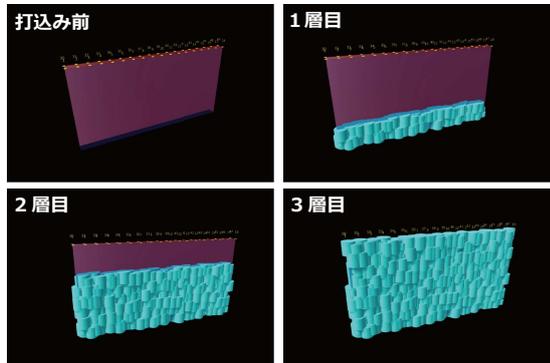
アウトプット

締固め完了モデル
パイプレータの振動が十分に届いた領域を表すモデルをパイプレータ挿入位置に配置していきます。モデルのサイズは、パイプレータの影響範囲により異なります。

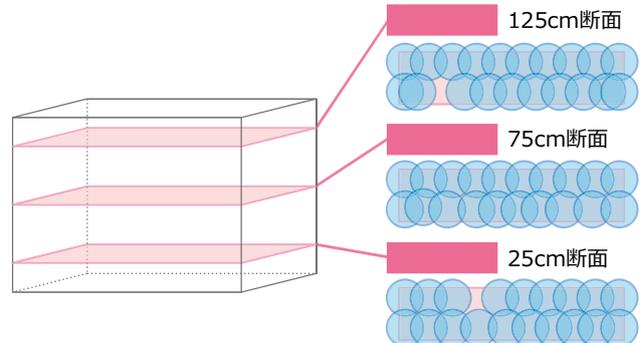


締固め状況の可視化

本システムでは、バイブレータ挿入後、所定の時間が経過したところで、バイブレータ挿入位置に締固め完了モデルを配置します。左下図は、壁構造物に3層に分けてコンクリートを打ち込んだ際のモデルの状況です。表面的には締固め完了モデルに覆われていることがわかりますが、内部の状況までは確認できません。本システムは、このモデルを水平面で切断する機能を備えています。右下図は、鉛直方向3レベルで切断した状況です。右側図のピンク色で示される部分は、締固め完了モデルに覆われていない、すなわち締固めが不足していることを表します。



締固め完了モデルを配置したアウトプット



水平面で切断した状況

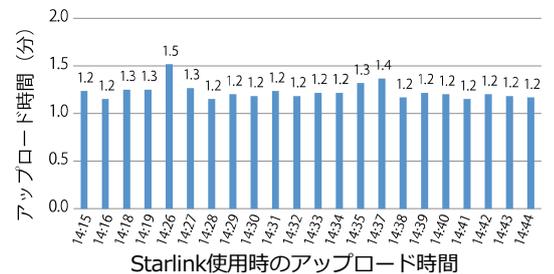
準リアルタイム性の確保

万一、締固め不足箇所が発見された場合には、コンクリートが硬化する前に再度締固めを行うことで、品質の低下・不具合の発生を防ぐことができます。そのために、締固め不足箇所の検知は、コンクリートの硬化に比べて十分なリアルタイム性を持つ必要があります。試験施工においては、右表に示すとおり、概ね10分以内で解析結果をフィードバックできることが確認されています。

本システムは、現場で撮影した動画データクラウドサーバにアップロードする必要があることから、基本的には4G、5G等による通信が可能であることが前提となっています。しかしながら、対象現場によっては、一般的な通信インフラでは十分な通信速度が確保できない場合があります。右図は、スペースX社が提供する衛星通信サービス（Starlink）を使用した場合の動画データアップロード時間を示したものです。こうしたサービスを利用することで安定した通信環境を確保でき、システムの利用が可能になります。

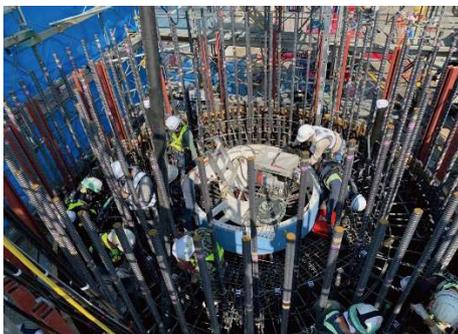
動画データアップロード	クラウドサーバでの解析	可視化データ作成
最大2分	約4～6分	約1分

システム利用時の所要時間



適用事例

本システムは、さまざまなコンクリート構造物に適用可能です。



ケーソン基礎工事



橋梁上部工工事



建築基礎工事