

令和4年度 研究成果の概要(1/2)

研究テーマ:「ICT 土木技術に適用できる画像解析や加速度応答による締固め土工に関する簡略化についての技術研究開発」

研究代表者

・氏名(ふりがな):小峯 秀雄(こみね ひでお)

・所属、役職:早稲田大学理工学術院, 教授

研究期間:令和2年11月～令和5年3月

研究参加メンバー(所属団体名のみ)

早稲田大学, (株)セイビ

研究の背景・目的

人材不足対応・業務の効率化を念頭に置いた ICT 土木の推進に資するために, 本研究では, 特に締固め土工に注目して, デジタルカメラ等による締固め地盤部の表面画像と加速度センサーIC タグ計測による締固め中～完了後の加速度応答をリアルタイムに測定して得られるデジタル情報から, 土工における締固め状況を簡易評価する方法の開発を行う。

研究内容(研究の方法・項目等)

本研究は, 道路盛土などの締固め施工において, デジタルカメラ画像を用いた土質系材料の状況評価システムを構築すること, また, IC タグ等を活用した加速度応答データによる締固め状況の評価方法の構築を目的として, 実験的研究を進めている。デジタルカメラ画像や IC タグによる加速度応答を用いた測定は, 非破壊で測定可能であり, ほぼリアルタイムで土の締固め状況をおおよそ推定することができれば, 人材不足の状況における品質管理において優位と考えられる。すなわち, i-Construction の適用分野として可能性が高く, i-Construction への実装に資するものと考えられる(図1参照)。

令和4年度は, 研究項目①: 道路構築・締固め実施工の状況を模擬した小型振動締固め装置の製作と, 加速度 IC タグセンサーによる締固め中～締固め完了までの加速度応答変化の定量測定と締固め状況の評価を実施し, 締固め管理の定量的方法を提案した。研究の方法としては, 図2に示すよう新しい実験装置の開発により, 実施工時に課題となっているオーバーコンパクションの再現を実験的に行うことができるようになった。次に, 研究項目②: 前年度までに検討してきた RGB 値など光学的な色調指標を起点に, さらに幅広いバンド幅の分光技術を活用した。上述の実施工の状況を模擬した小

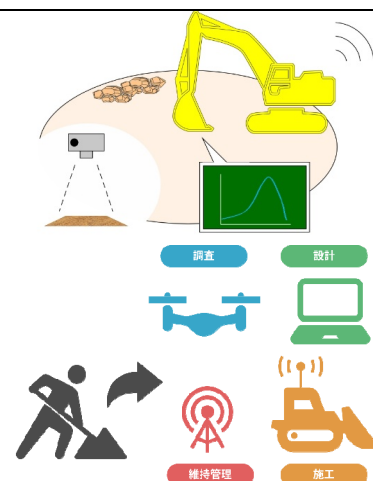


図1 盛土表面画像評価のi-Construction (上)とICT土工の分野 (下)

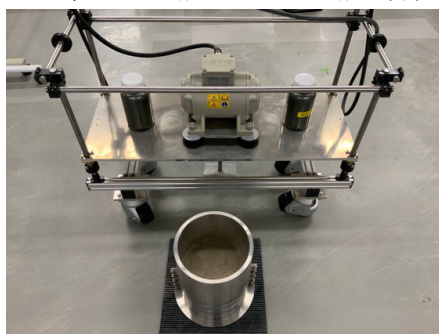


図2 自動振動締固め模型実験装置



図3 分光カメラ画像の測定の様子

型振動締固め試験結果や個別の要素試験結果に適用し, 土の締固め特性に関係する塑性限界との関係を定量評価した。この結果から, ICT 技術に組み込める可能性の高い分光カメラ画像とその定量値から, 締固め状況のうち含水比状態の予測の可能性を見出した。

令和4年度 研究成果の概要(2/2)

研究成果の概要

研究項目①, すなわち道路構築・締固め実施工の状況を模擬した小型振動締固め装置を, 独自に製作し, 実験装置の各部位に装着した加速度 IC タグセンサーにより, 締固め中～締固め完了までの様々な部位における加速度応答の変化の定量測定を行った。

前述の図 2 は, 今回開発を行なった自動振動締固め模型実験装置であり, 本装置を用いることで, これまで行なってきた手動で実験を実施するより精度良く実験を行う見通しを得た。図 4 は本装置を用いて行なった定性評価であり, 締固め前では正弦波に近い波形を観測したのに対して, 締固め後では波形に乱れが生じていることがわかる。これは基本振動以外の振動に当たる, n 倍振動が発生していることによる。これは既往の論文

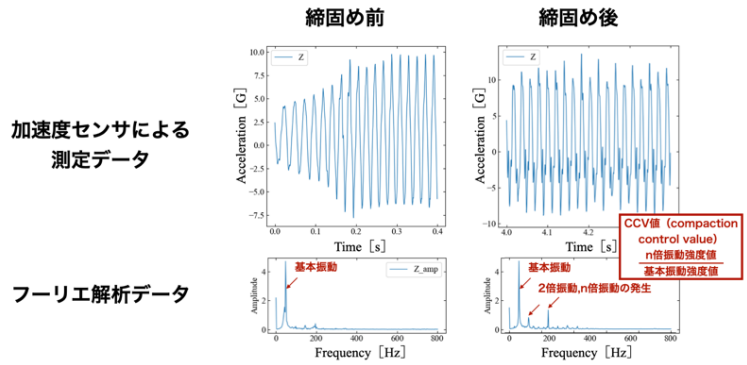


図 4 自動振動締固め模型実験装置を用いた振動の定性評価

や実施工で用いられている CCV 値による制御と合致しており, 本装置が模型実験装置として実地盤に対して振動ローラーを用いるのと同様の原理で締固めが行われていることが確認できた。本装置を用いた定量評価では, 昨年度までに開発した振動解析方法である STFT を用いた解析手法や, 本年度新たに構築した機械学習手法である NMF など様々な手法で振動を定量評価する方法を開発した。また, 本装置では実施工時において課題になっているオーバーコンパクション (過転圧) も再現することができた。これにより, 振動特性の状況からオーバーコンパクションの発生状況をおおよそ予測することが可能であると共に, オーバーコンパクションの課題も明らかにすることができた。

研究項目②, すなわち幅広いバンド幅の分光技術を活用して, ICT 技術に組み込める可能性のある分光カメラ画像による締固め施工に関わる土の状態量評価に関する成果は次の通りである。

対象の土質試料の範囲を広げるため新たに 4 種類の試料を用い, 図 3 に様子を示すようにこれまでと同様に室内で要素的な試験を行った。通常の RGB 表示のデジタルカメラよりも赤外線領域に対してバンド幅の広い分光カメラを用いて撮影した試料表面の分光カメラ画像を, 評価指標であるスペクトル強度で定量し, 含水比との関係

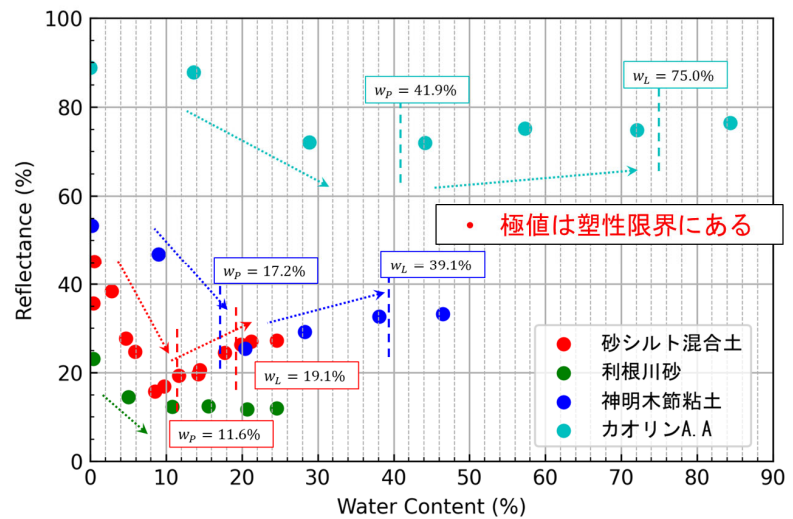


図 5 スペクトル強度と含水比の関係

を整理した。その結果, 今回使用した 4 試料のいずれにおいても下に凸の形となり, また塑性限界が極値になるという傾向が認められた (図 5 参照)。既往の研究成果等から, 締固めた土質試料, 特に粘土系の土質材料の最大乾燥密度や最適含水比は, 塑性限界と高い相関性があることが知られている。したがって, 今回の分光カメラ画像から得られる塑性限界に関する情報を実際の締固め土工の現場で用いることにより, ICT 技術としての分光カメラ画像による締固め品質管理が可能になり, 本研究の課題の一つであった迅速で面的な締固め地盤部の管理が可能になることが示唆された。