

令和2年度 研究成果の概要(1/2)

<p>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」</p>
<p>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</p>
<p>研究期間： 令和 2年 11月～令和 5年 3月</p>
<p>研究参加メンバー(所属団体名のみ) ・早稲田大学</p>
<p>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。</p>
<p>研究内容(研究の方法・項目等) 本研究では、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示す物理量(最適含水比や最大乾燥密度)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)。</p> <p>令和2年度は、研究代表者の研究チームが既に保有しているデジタルカメラ画像の定量評価法を踏まえて、より明確に変化を検出する手法を考案することを目的に検討を進めた。すなわち、含水調整し練り混ぜた後の土質材料の撮影画像から RGB 値を抽出した結果について報告する。また、締固め試験と併行できる IC タグによる加速度応答データ計測システムの試作を行った。今年度の色調に関する実験では、色調の異なる粘土系材料として2種類のベントナイト、すなわち白色を呈する Ca 型ベントナイト KB(クミネ工業製・クニボンド)および灰白色を呈する Na 型ベントナイト KU(クミネ工業製・クニゲルU)を使用した。混合する砂は、青森県で採取した三沢砂(土粒子の密度 2.73 g/cm³)を使用した。混合土中の粘土系材料の配合率は乾燥質量比(内割り)で30%とした。これは、盛土材や河川堤防に用いられる材料を想定して設定した。また IC タグによる加速度応答データの計測システム試作の実験では、川砂を使用した。</p> <p>画像の撮影は、図2に示す卓上暗室を用いた写真撮影方法に従い実施した。練り混ぜ後の土質系材料の撮影を、内部に拡散ボックスを組み立てた卓上暗室内にて行った。デジタルカメラ(RICOH, GR)を計測面から高さ300mmの位置に設置し、蛍光灯を2方向から照射した状態で撮影した。本研究では、1ピクセルあたりの空間解像度を使用した砂試料の最大粒径(4.75mm)より十分に大きい20mmとした。また、RGB値の測定にあたっては、画像内に写った背景は不要なため、あらかじめトリミングにより削除した。土質系材料の撮影範囲は140×80mmとした。図3は、IC タグを装着した自動締固め試験装置の様子である。使用した IC タグは、複数の候補センサーの仕様を調査し、その結果、モノワイヤレス社製の Twelite 2525A を最適と判断し選定した。</p>

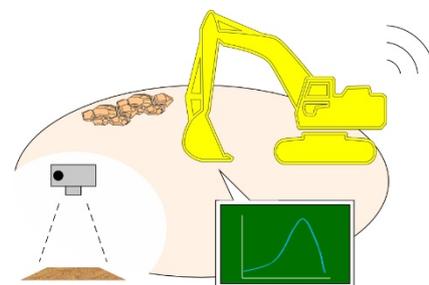


図1 盛土表面画像評価の i-Construction 実装イメージ



図2 画像撮影実験状況



図3 IC タグ装着の自動締固め試験

令和2年度 研究成果の概要(2/2)

研究成果の概要

図1に、今年度実施した含水調整・練り混ぜ後の混合土の画像を例示する。このような撮影画像からピクセルごとのRGB値を抽出した。RGB値の読み取り方法は、報告者の既往の研究¹⁾と同様とした。撮影した写真について、色調のキャリブレーションを行ったのち、sRGBモデルに準拠したRGB値を取得した。ここで、RGB色空間とは、R(赤)、G(緑)、B(青)の三色で構成される加法混色の一種である。各色は0から255までの独立した値で表現され、RGB値は0から255の整数値を取る。(R, G, B)値が(0, 0, 0)のとき黒色、(255, 255, 255)のとき白色となる。

読み取ったR値・G値・B値を混合土ごとに含水比との関係で表示したものを図2および図3に示す。エラーバーは、標準偏差を表す。図2、図3より、各混合土において、含水比の増加に伴いRGBの各値は小さくなる

ことが確認された。まず、白色を呈するCa型ベントナイトの混合土について図2より、RGB値の変化率は一定ではなく、含水比の増加とともに徐々に緩やかになることが読み取れる。また、別途行っている締固め試験の結果による最適含水比16%付近において変曲点

の示唆される。このことから、練り混ぜ状態の色調評価としてのRGB値により、最大乾燥密度付近を呈する可能性の高い含水比状態を予想することの可能性も示唆される。一方、灰白色を呈し、かつ団粒の生じやすいNa型ベントナイト混合土について図3より、含水比7.0%の試験ケースから含水比8.8%の試験ケースにかけて、RGB値がおおよそ40%程度急激に減少していることがわかる。また別途行っている締固め試験の結果では最適含水比が14%付近となっており、先の白色を呈するCa型ベントナイトとは異なる傾向を示した。現在は、含水に伴う団粒の影響の有無が、色調と締固めの相関に影響していると推察している。また、図4に示すように、締固め試験装置において、ロッド部にICタグセンサーを組み込み、締固め開始から完了に至るまでの期間の加速度応答の変化を経時的に想定できる計測システムを試作した。

参考文献

- 1) 近藤誠, 小峯秀雄, 王海龍, 後藤茂, 崎田知紀, 山田淳夫: i-Construction 推進に向けた砂・Ca型ベントナイト混合土を対象とした明度による締固め状況確認の一考察, 第16回地盤工学会関東支部発表会, 2019.

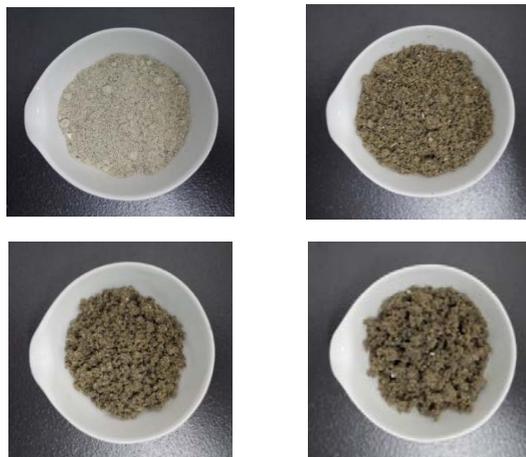


図1 練り混ぜ後の混合土 (左上: 含水比13%, 右上: 含水比16%, 左下: 含水比19%, 右下: 含水比22%) の色調状況

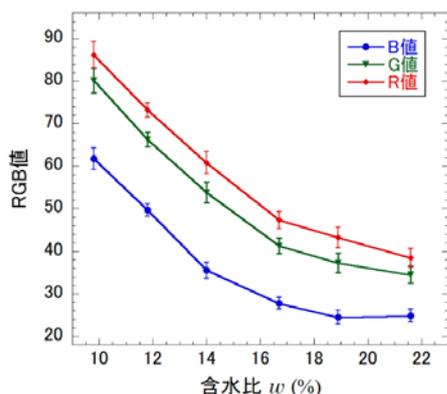


図2 Ca型ベントナイト混合土のRGB値と含水比の関係

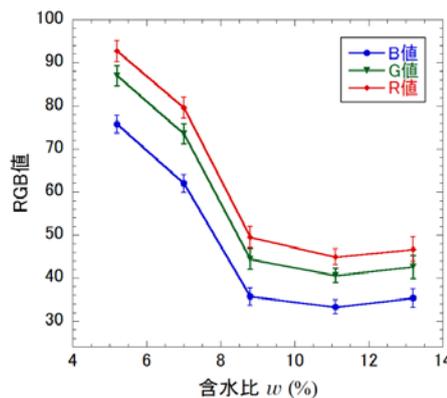


図3 Na型ベントナイト混合土のRGB値と含水比の関係



図4 締固め中におけるICタグによる加速度応答計測事例