

締固め試験における加速度応答特性の経時変化計測システムの提案

早稲田大学 学生会員 ○綱井 裕史

早稲田大学 正会員 小峯秀雄, 王海龍, 伊藤大知 フェロー会員 後藤茂

1. 目的

近年, ICT 土工や i-Construction といった, 次世代の調査, 設計, 施工, 維持管理技術が開発され, 実際に用いられるようになってきた. その中でも, 土を振動や衝撃力, 重量などを用いて所定の強度まで高める締固めの分野では, 締固めを行なった土構造物の強度を管理する方法として, 現場で用いられている振動ローラーに加速度センサを設置して, 加速度応答を計測する方法¹⁾が提案されるなど, ICT 土工が実際に取り入れられてきている. 一方で, 最適含水比や最大乾燥密度を知るために行われている締固め試験では, 利用する土試料を締固め試験機や人力により締固め, 重量を計測したのち, 試料の一部を取り出し, 乾燥炉で一定時間乾燥させ, 試料の含水比を測定するという旧来の方法が現在も行われている. この方法は, 試料作製や乾燥で時間がかかる方法であり, 改善が期待される. そこで本研究では, 既往の研究²⁾を参考に, 加速度センサを締固め試験機のランマー部分とモールド部分に取り付けて加速度応答を計測, 解析するシステムを提案した.

2. 開発した実験装置の概要

今回使用した実験装置は, 土の自動締固め試験装置 SS-S-265 (メーカー: 共和技研) と, 2 種類の加速度センサ, TWELITE2525A (メーカー: MONO WIRELESS) および AccStick6 (メーカー: Syscom) である. センサを 2 種類使用しているのは, 加速度センサの検出範囲およびサンプリングレートの違いによるものであり, 表 1, 表 2 にそれぞれのセンサの仕様を示す. どちらのセンサも有線による接続なしに測定が可能であり, サンプリングレートは最低限必要と考えられる 100 Hz 以上となっている.

表 1 TWELITE2525A のセンサ性能表

性能	要求性能	製品性能
軸数	1 以上	3
サンプリングレート	100 Hz 以上	100 Hz
検出範囲	±16 G 以上	±16 G
加速度分解能	10 mG 以下	4 mG
接続	有線接続でない	無線
電源	有線接続でない	電池交換式
解析方法	csv など	csv

表 2 AccStick6 のセンサ性能表

性能	要求性能	購入製品性能
軸数	3	3
サンプリングレート	100 Hz 以上	1600 Hz
検出範囲	±100 G 以上	±400 G
加速度分解能	10 mG 以下	0.73 mG
接続	有線接続でない	メモリ内蔵
電源	有線接続でない	バッテリー
解析方法	csv など	csv

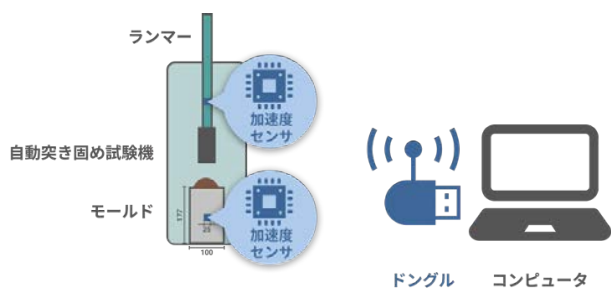


図 1 開発したシステム全体図

これらのセンサを自動締固め試験機のランマー中央部分およびモールド側面部分に取り付けて, JIS に定められた A 法に則って締固めを行い, ランマーおよびモールドの加速度応答を経時的に取得した. 図 1 にシステムの全体図を, 図 2 に TWELITE2525A を用いてリアルタイムに加速度データを表示し, 締固め試験を行う様子を示す.

キーワード ICT 土工, 締固め試験, 加速度センサ, 第二波加速度

連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 58 号館 203 号室 早稲田大学 地盤工学研究室 TEL03-5286-2940

本実験では、まず加速度センサの位置の設置箇所について検討した。その結果、モールド側のセンサの加速度応答値は1.25 Gから2 G程度と小さく、回数によるばらつきも大きかった一方、ランマー側のセンサは図3のように16 Gを超える大きな加速度応答値となり、TWELITE2525A センサでは測定可能範囲を超えていることが分かった。しかし、ランマー側のセンサの加速度について、突固め一回ごとのZ軸加速度に着目すると、図3の拡大図である図4の(5)の部分のように土供試体と衝突した時の跳ね返りが確認された。そこで、(2)の波形を第一波、(5)の波形を第二波として検討した結果、第二波加速度と土の状態量には相関が見られる事が分かった³⁾。

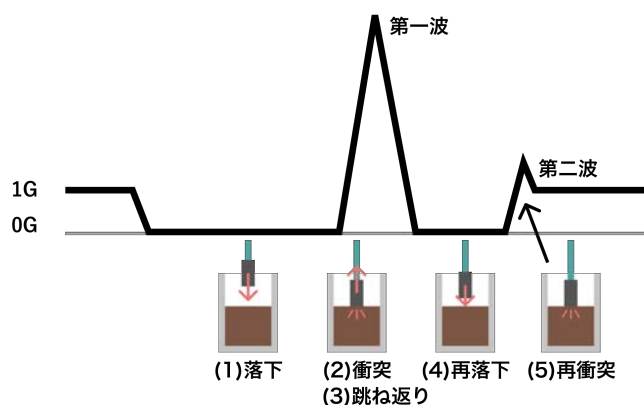


図5 第二波加速度と締固め動作の関係

4. 結論

本論文では、締固め試験において加速度センサを用い、乾燥密度や含水比等の土の状態量と加速度応答値を関連づけるための計測システムを提案した。提案したシステムは、無線でデータを送信可能な加速度センサを自動締固め装置のランマー部分に取り付け、コンピュータにデータを転送する仕組みである。この結果、加速度応答特性経時変化として、ランマーが落下し土供試体と衝突する第一波加速度と跳ね返り波である第二波加速度が検出された。

謝辞：本研究は国土交通省関東地方整備局のご支援をいただきました。

参考文献

1) 藤山哲雄・益村公人・建山和由・石黒健・三嶋信雄：種々の土質条件に対するローラー加速度応答法の締固め管理の適用性，土木学会論文集，Vol.701，III-58，pp.169-179，2002. 2) 佐藤厚子・山梨高裕・久慈直之・川端伸一郎：路盤の品質管理への衝撃加速度の適用性に関する試験，地盤工学会北海道支部技術報告集，Vol.58，pp.1-6，2018. 3) 綱井裕史・小峯秀雄・王海龍・伊藤大知・山田味佳・後藤茂：砂質土の締固めにおける加速度センサを用いた応答特性経時変化に関する研究，第57回地盤工学研究発表会（投稿中）。

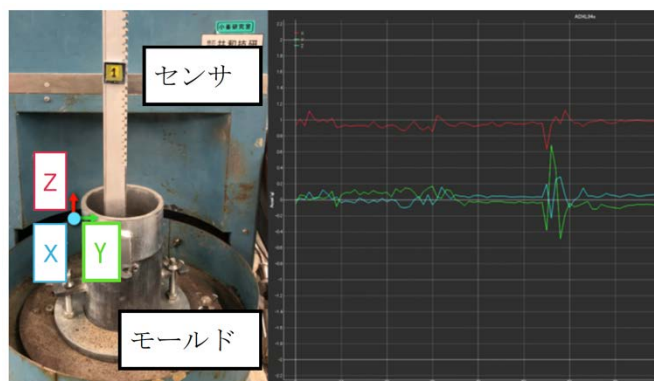


図2 センサの取り付け位置と実験の様子

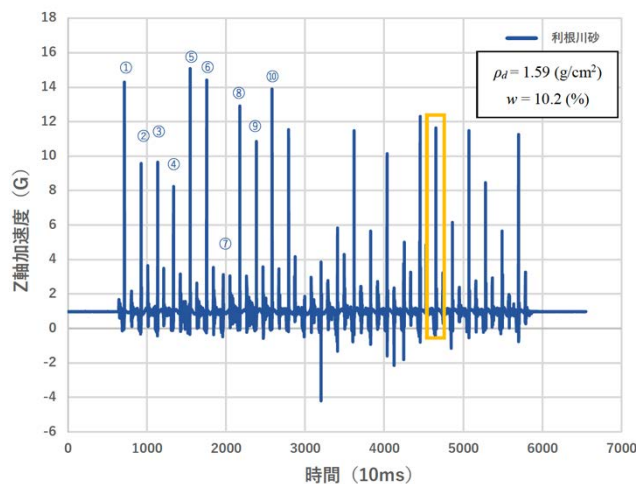


図3 ランマー側センサの全体加速度応答の様子

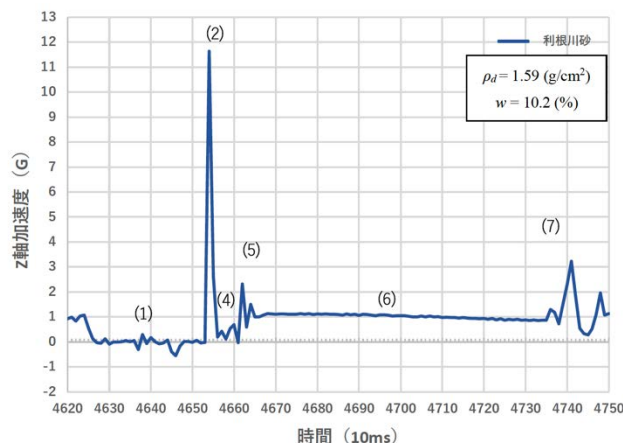


図4 図3において黄色く囲った部分の加速度応答の様子