

VI-155 振動加速度を用いた土の締固め管理システム

戸田建設(株) 正会員 野々目 洋 正会員 橋本 司
 “ 樋口 忠 “ 渡辺 稔明

1. はじめに

従来から盛土の締固め管理は、砂置換法により密度を測定し、それを締固め規定に照らすことにより行われている。しかし、密度測定や締固め度の計算等に労力と時間を費やすという欠点があり、かつ仕上げ面を荒らすため再転圧を余儀なくされる。これを解決するものとしてR Iによる密度測定法が開発され数多く使われるようになってきた。だがこのR I法も砂置換法ほどではないにしても測定に手間がかかり、さらに迅速で省力的な測定手法が望まれている。このニーズに応えるため振動加速度を利用した締固め管理システムを開発したのでここに紹介する。

2. システムの概要

本システムは起振機と振動制御装置による起振部、加速度計とアンプによるセンシング部、そしてパソコンによるデータ処理・解析部で構成され、一体の装置として自走台車に搭載される(写真-1)。図-1にシステムの構成を示す。測定方法は、まず密度を知りたい地盤に起振機を置き振動させ、そのときの振動加速度を取り込みスペクトル解析をする。そして解析結果を予め土質別に準備してあるキャリブレーションテーブルと比較して密度を求めるとともに締固め度を算出する。起振機の制御、データサンプリング、データの記録、データのプリント出力等一連の作業は、パソコンの表示するメニューを選択するだけで全て自動的に行われる。測定地点に起振機をセットしてから数秒で出力が得られ、数分から十数分かかっていた従来の測定方法に比べると大幅な省力化が実現されている。

3. 測定原理

起振機を地面に置いて振動させると、振動加速度波形は図-2に示す本来の定常的な正弦波から図-3のようなひずんだものとなる。このひずみが地盤の密度と関わっていることは早くから知られており、起振源として振動ローラーを用いた研究がいくつかなされている¹⁾。本システムもひずみと密度の関係を求めたもので、ノイズを除去し明瞭なひずみ波形を得るために専用の起振機を用いている。そして、起振機の振動周波数や起振力、重量は幅広く変えることができるようになっている。

このような高い自由度を持つことで幅広い土質への対応を可能としている。表-1に起振機の仕様を示す。また、起振機の台座は振動時における安定性と地盤への良好な振動伝搬を可能とするために、図-4に示す形状とした。

表-1 使用機器諸元

起振機	
起振形式	一軸偏心重り型 (50V)
形状 (mm)	250 (L) × 240 (W) × 194 ~ 182 (H 可変)
重量	9.3 ~ 24.2kg (可変、起振機本体2.8kg)
振動数	0 ~ 200 Hz (インバータ制御無段階可変)
起振力	$3.17 \times 10^{-8} \times f^2$ (kgf) (f:周波数)
加速度計	
形式	圧電型
容量	21G

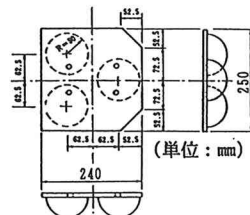


図-4 起振機下部形状

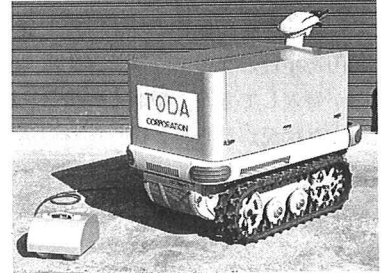


写真-1 締固め測定装置

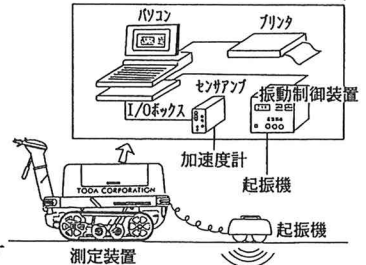


図-1 測定システム

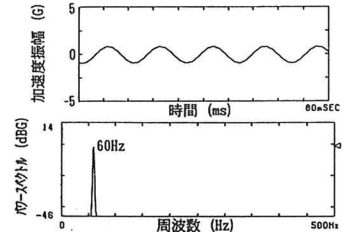


図-2 起振機の基本加速度波

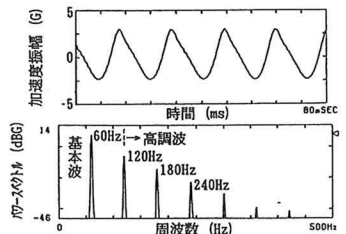


図-3 応答加速度波

起振により得られるひずみ波は図-3のように高調波から成る。三次以上の高調波成分は無視できる大きさなので、次式のように二次高調波のみを用い二次調波率 D_2 を規定すると、

$$\text{二次調波率 } D_2 = \frac{\text{二次高調波成分}}{\text{基本波成分}} \times 100(\%)$$

この二次調波率 D_2 と密度とは比例関係になる。そこで、予め土質ごとに比例係数を求めておけば、それを参照することにより瞬時に密度や締固め度を知ることができる。

4. システムの特徴

砂置換法など従来の密度測定方法では測定に時間がかかるため、1カ所当たりの測定数が限られ、局所的な部分のデータしか得られないという欠点があった。本システムでは1点の測定が数秒で済むため短時間で多くのデータを得ることができ、トータル的な管理が可能となる。

そして多くのデータに統計的な処理を施すことにより、データの精度や信頼性を高めることができる。測定装置を履帯式の小型自走台車に搭載することにより従来に比べ可搬性が格段に向上しており、タンピングによる転圧箇所でも容易に移動できる。また、仕上げ面に起振機を置くだけで地盤表面を荒らさず非破壊状態で測定できるため、測定後の整地および再転圧が不要なことも大きな特徴である。測定の対象となる土質については起振機の重量や起振力を変えることで、土砂から若材令のRCDコンクリートまでと幅が広い。

5. 条件設定と測定例

精度の良いデータを得るために起振機の起振力や重量、振動数を土質に合ったものに設定する必要がある。これはひずみ波が①高調波成分の割合が大きくなるよう、②基本波と高調波のみで構成されるように調整することにより行う。図-5は重量が重過ぎた場合で、高調波成分が小さく密度差の割に二次調波率の変化が少なく、誤差との区別ができない例である。図-6は逆に軽過ぎた場合で、高調波以外のノイズ成分が大きく、感度が悪くなる例である。起振力や振動数の調整についても同様で、図-3に示すようなひずみ波形になるように調整することが条件である。図-7および図-8は実際に現場で測定した事例である。パソコンの画面にはこれらに示す生波形やスペクトルのほか、校正曲線等も出力することができる。

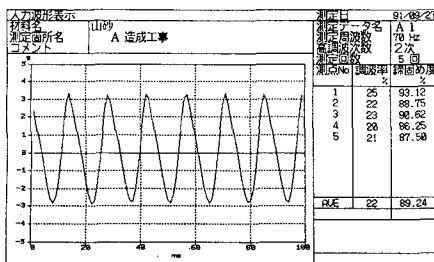


図-7 出力例(応答波形及び締固め度)

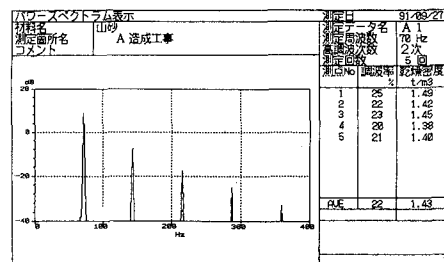


図-8 出力例(スペクトル及び乾燥密度)

6. おわりに

本システムは非破壊試験装置を目指して開発してきたものであるが、起振機の起振力や重量の設定方法等まだ多くの改良余地がある。今後はさらに多くのデータを収録して信頼性を高めると共に一層の自動化を図って行きたい。

参考文献 1) 例えば Floss,Rほか:A Dynamical Test Method for Continuous Compaction Control, Improvement of Ground, Vol.1, pp25~30, 1983