

# 起振機を用いたベントナイト混合土の締固め管理方法について

戸田建設（株） 正会員 中村隆浩 小國拓也  
同 上 正会員 佐藤文俊 柴田 靖

## 1. はじめに

土の締固め管理は、道路・宅地造成など多くの土工事で実施され、その管理は締固め度で判定されている。近年、廃棄物処分場のしゃ水工においても、ベントナイト混合土などの難透水性の土質材料を適用する事例が増加傾向にある。これらの土質しゃ水工の施工では、廃棄物処分場として重要なパラメーターである透水係数を満足するためにこれまで以上に締固め管理が重要となってくる。締固め管理には、従来から砂置換法やR I法が一般的に用いられている測定方法である。しかし、これらの測定方法を最終処分場の土質しゃ水工に適用すると一度施工したしゃ水工を破壊し、試験孔からの漏水等が懸念される。さらに、土質しゃ水工をしゃ水工として使用した場合、品質管理の面から多点で測定を行うことが望ましい。従来の方では、計測時間がかかるため多点を測定するには長時間を要する。これらの点を解決するため最終処分場の土質しゃ水工に対して、非破壊で短時間で測定が可能な小型起振機を利用した締固め管理システム（ソイルアナライザー）の適用を実施で試みた。本論では、このシステムの概要および現場適用時の締固め結果をもとにシステムの有用性について報告するものである。

## 2. 締固め管理システムの概要

### 2.1 システムの原理

起振機を対象地盤の上に置いて振動させると、応答加速度の波形は歪んだ波形になることが知られている<sup>1)</sup>。波形の歪みは起振機の振動周波数とその整数倍の高調波成分で構成され、これまでの実験結果から、特に二次高調波成分が卓越してくることが分かっている<sup>2)3)</sup>。そこで、次式によって地盤の締め固めに伴う加速度変化を定量的に定義することができる。

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

上記の二次調波率と乾燥密度との関係を予備試験等により予め求めておき、この関係式を用いることによって瞬時に締固め度を算出することができる。

### 2.2 システムの構成

写真 - 1 にソイルアナライザーの全景を示す。図 - 1 にシステム構成を示す。図中の波線で囲んだ測定装置は、測定時の機動性を確保するため写真 - 1 に示すような履帯式の運搬機に搭載している。また、この運搬機は、パソコン、制御盤等に電源を供給するため発電機を搭載している。パソコンは、起振機の制御、加速度センサーからの信号受信を行っている。さらに、加速度センサーからの応答加速度データをリアルタイムでスペクトル解析し締固め度を算出することができる。一回の測定時間は、約 10 秒と極めて短い。

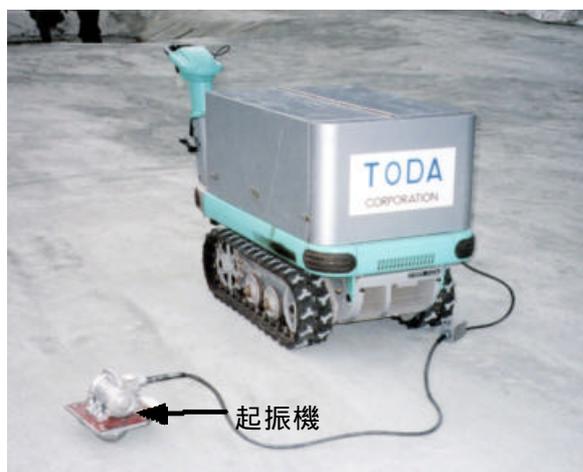


写真 - 1 ソイルアナライザー

測定装置（運搬機に搭載）

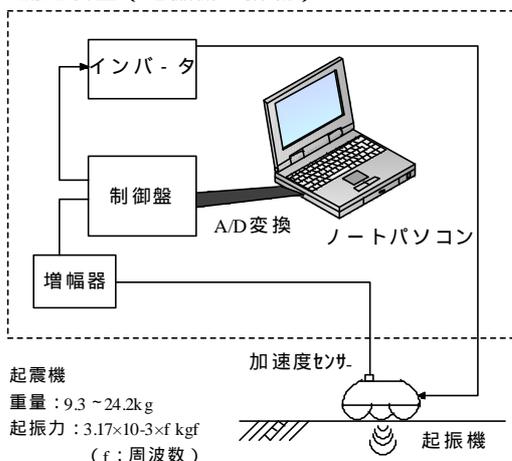


図 - 1 システム構成図

キ - ワ - ド：最終処分場、ベントナイト混合土、二次調波率、起振機、締固め管理

連絡先：〒 104-0032 東京都中央区八丁堀 4-6-1 戸田建設(株) TEL：03(3206)7188 FAX：03(3206)7190

### 3. 試験施工の概要

表 - 1 現場適用試験の概要

本システムを  
A 処分場建設工  
事の試験施工、  
実施工の一部で

	適用規模	転圧回数	測定頻度	
			砂置換法	ソイルアナライザ <sup>*</sup>
試験施工	幅 9.0m × 長さ 10.0m(1m ピッチ)	4, 6, 8 回	3 箇所	30 箇所 × 3 回 / 箇所
実施工	幅 6.0m × 長さ 22.0m(2m ピッチ)	8 回	1 箇所	48 箇所 × 3 回 / 箇所

試験的に適用した。当工事のしゃ水工は、底盤部に高密度ポリエチレンシート+ベントナイト混合土が採用されている。ベントナイト混合土は、購入土（比重：2.607、骨材の最大寸法：4.75 mm、粗粒率：43%）に重量比で 13%のベントナイトを混合・攪拌したのを用い、透水係数を  $k = 1.0 \times 10^{-7}$  cm/sec 以下という条件で設計されている。締固め度は、透水係数を確保するために事前に行った室内透水試験結果より 90 % 以上となっている。施工に用いた転圧機械は、自重 3.6t、最大起振力 2.5tf のものを使用した。表 - 1 に現場適用試験の概要を示す。事前に計測した締固め曲線の最大乾燥密度 × 90%における含水比の幅は、かなり広がったが、購入砂（混合前）の含水比は、混合攪拌・転圧の施工性を考慮して 10% 前後で管理した。

### 4. 結果および考察

図 - 2 は、60Hz の周波数で起振させた時に得られた応答波形とそのパワースペクトルで、8 回転圧（4 往復）した地盤を計測した結果例である。応答波形を見ると、基本周波数（60Hz）に対してひずみが生じており、パワースペクトルは、基本波（60Hz）の 2 倍波（120Hz）、3 倍波（180Hz）が明確に現れている事が確認できる。

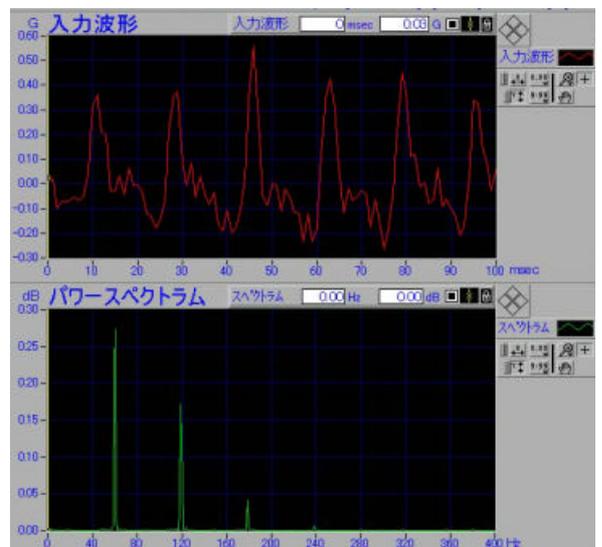


図 - 2 応答波形とパワースペクトル

表 - 2 締固め度の比較表

測定方法	4 回転圧	6 回転圧	8 回転圧
砂置換法	91.6 %	93.6 %	95.3 %
ソイルアナライザ <sup>*</sup>	91.1 %	95.7 %	96.5 %

砂置換法、ソイルアナライザーで計測した各転圧回数ごとの締固め度を表 - 2 に示す。ソイルアナライザーの結果は、1 箇所につき 3 回計測した値の平均値である。この結果から、ソイルアナライザーから求めた締固め度は、どの転圧回数とも砂置換法との差はあまり見られず良好な結果が得られた。この結果よりベントナイト混合土のような均質な土質材料の場合、高精度の計測が可能であることがわかる。図 - 3 は、2 m 格子状で測定したソイルアナライザーの実施工適用時における締固め度をデータ処理し、コンター図として示したものである。この図のようにソイルアナライザーを使用する事により締固め度を 2 次元的に把握する事が可能となり、最終処分場におけるしゃ水工の品質向上につながる。

### 5. まとめ

今回の結果から、本システムの計測結果は従来の砂置換法とよく一致する

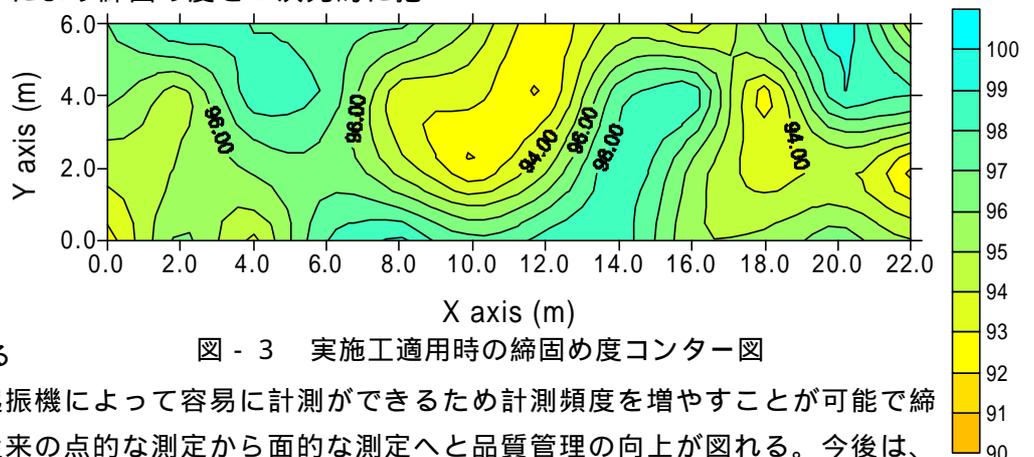


図 - 3 実施工適用時の締固め度コンター図

事が確認できた。また、起振機によって容易に計測ができるため計測頻度を増やすことが可能で締固めコンター図により、従来の点的な測定から面的な測定へと品質管理の向上が図れる。今後は、本システムによる計測事例を増やし、定着を図っていく予定である。

<参考文献> 1) 嶋津・見波ら：振動ローラーによる盛土の締固めに関する調査，土木研究所資料，Vol.2184.1985.

2) 橋本 司ほか：「振動特性を利用した土の締固め度の判定」，土と基礎， Vol.34, No.5, pp25-29, 1986

3) 橋本 司ほか：「振動加速度測定 of 土の締固め管理への適用性」，土木工学における非破壊評価シンポジウム講演論文集，pp221-226, 1991