

非破壊密度測定装置の測定深度と性能特性について

戸田建設(株) 正会員 ○中村隆浩 関根一郎 高木 努
茨城大学 正会員 小峯秀雄

1. はじめに

放射性廃棄物処分施設では、緩衝材や埋め戻し材としてベントナイトの使用が検討されている。ベントナイトをこれらに使用する際、均質で高密度の締固めが要求される。盛土の締固め管理には、従来から砂置換法が一般的に用いられているが、一度、締固めた緩衝材や埋め戻し材を破壊するため、非破壊密度測定の開発が望まれる。当社では、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)を開発し一般廃棄物最終処分場のベントナイト混合土の締固め管理等¹⁾に適用してきたが、本論では深度方向の感度・測定精度について実験により詳細に把握した。その結果を報告するものである。

2. 実験概要

実験は、図-1に示す様に直径1mの円筒鉄管下部に厚さ20cmのコンクリート底盤を打設し養生後、ベントナイト混合土を投入し、高さ5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50cmと層厚を5cmあるいは10cmと変化させ、ほぼ同じ密度になるように締固め(締固め度90%、95%)を行い、写真-1, 2に示すように円筒鉄管中心部で応答波形を測定した。測定深度の特定は、応答波形が厚さ20cmのコンクリート底盤の影響が生じない深度を特定することによって判定を行った。なお、逐次盛土終了後、図-2に示すように、各層の盛土厚さを逐次掘削し、円筒鉄管中心部で応答波形を測定した。

実験に用いたベントナイト混合土は、土質材料としてレキ混じり砂質土を20mmの篩いに通したものに、Na型ベントナイトMX-80をベントナイト混合土の乾燥重量に対してベントナイト乾燥重量で15%添加したものを使用した。攪拌は、2軸パドルミキサーを使用した。ベントナイト混合土の締固め特性は、図-3に示すように最大乾燥密度 1.658g/cm^3 、最適含水比18.5%である。締固め時の密度管理は、各層厚に必要なベントナイト混合土の湿潤重量分を円筒鉄管に投入し角材を突き棒として所定の高さに締固める事により行った。高さは、図-4に示す測点位置(17箇所)をレーザー測距器により測定した。乾燥密度は、この17点の平均値から体積を計算し含水比、湿潤重量より算定した。なお、ベントナイト混合土の含水比は、18.4%(締固め度90%時)、18.0%(締固め度95%時)であった。

3. 非破壊締固め管理システムの概要

3.1 システムの原理

システムの原理は、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²⁾。この応答波形をスペクトル解析すると、歪みは図-5に示す処理波形のように起振機の振動周波数(60Hz)とその整数倍(120Hz, 180Hz, ...)の高調波成分で構成され、これまでの実験結果から密度の増大に伴って特に二次

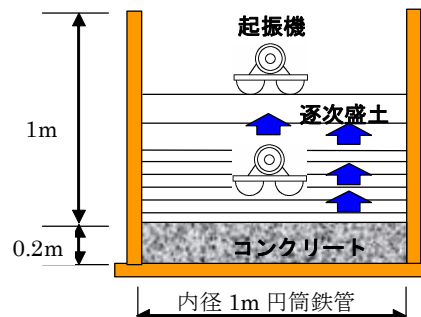


図-1 逐次盛土実験概念

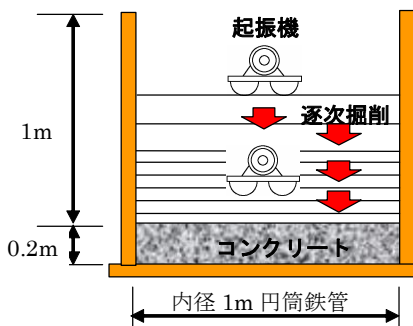


図-2 逐次掘削実験概念

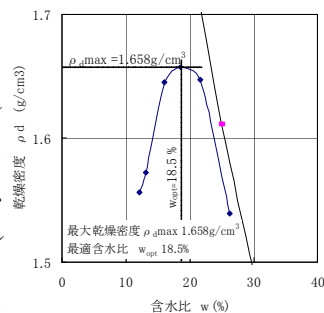


図-3 締固め曲線



写真-1 測定装置



写真-2 測定状況

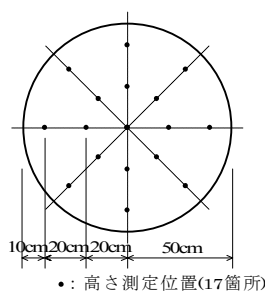


図-4 高さ測定位置

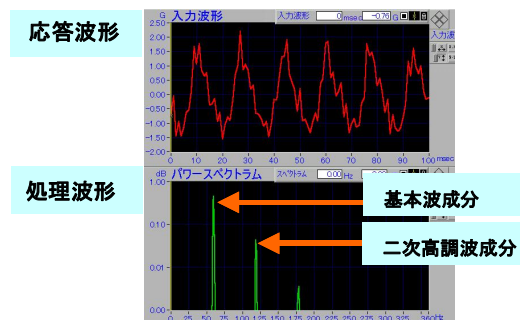


図-5 応答波形と処理波形

キーワード：放射性廃棄物処分、ベントナイト、非破壊、締固め管理、測定深度

連絡先：〒104-8388 東京都中央区京橋 1-7-1 戸田建設土木本部 TEL 03-3535-6316 FAX 03-3564-0730

高調波成分が卓越してくることが分かっている^{3) 4)}。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検量線を予め求めておき、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事ができる。

3.2 システムの構成

図-6 にシステム構成を示す。図中の波線で囲んだ測定装置中のパソコンは、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実施している。そのため、測定時間は約 10 秒と極めて短い。写真-3 に示すように起振機は、3 点支持かつ半球体構造とした工夫がなされているため、振動を接地面に確実に伝達し、かつ応答波形を正確にキャッチできる構造となっている。

4. 実験結果

4.1 測定深度の決定

測定深度の特定は、円筒鉄管下部に厚さ 20cm のコンクリート底盤を打設し、二次調波率にコンクリート底盤の影響が生じない深さを把握することによって判定を行った。図-7、8 よりコンクリート底盤の影響を受けなくなる深さは、10cm～15cm と推定できる。盛土時と掘削時では掘削時の二次調波率が高くなっている。これは、盛土が進むにつれて下層部の盛土に上載圧

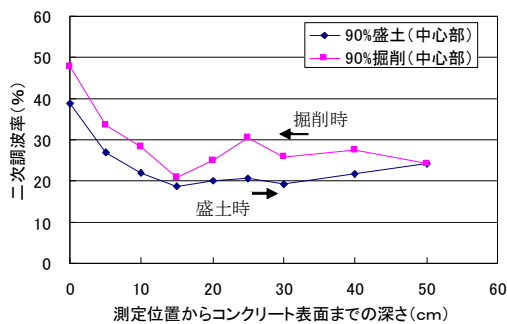


図-7 測定位置からコンクリート表面までの深さと二次調波率の関係(90%締固め時)

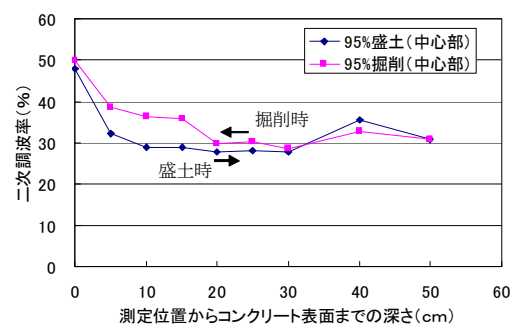


図-8 測定位置からコンクリート表面までの深さと二次調波率の関係(95%締固め時)

が作用するため、締固め密度が増加したと推定できる。特に、締固めが緩い、締固め度 90%時は顕著である。

4.2 乾燥密度と二次調波率との関係

次に測定深度を 10cm とした場合の乾燥密度と二次調波率の関係を図-9 に示す。図-9 の乾燥密度の算定においては、例えば、盛土高さ 20cm の場合の乾燥密度は、盛土高さ 10cm～20cm の乾燥密度を平均して盛土高さ 20cm 時の乾燥密度とした。図-9 より、測定深度を 10cm とした場合の乾燥密度と二次調波率の関係は、相関係数 0.730 と良い相関関係が認められる。

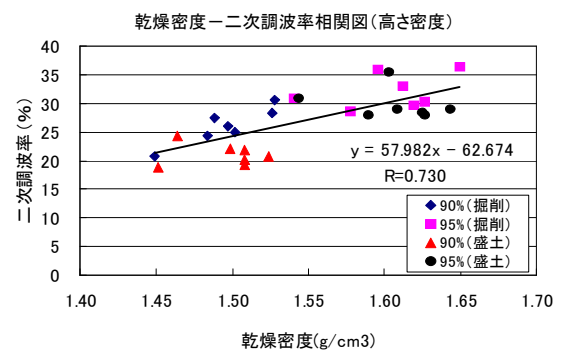


図-9 測定深度を 10cm とした場合の乾燥密度と二次調波率の関係

5. まとめ

今回実験に用いた非破壊締固め管理システムの測定深度は 10cm～15cm である。また、乾燥密度と二次調波率には、良い相関が見られる。今後の検討課題としては、狭隘部での計測のために測定システムを、さらに小型化することや周辺壁面の影響を明らかにすることなどが上げられる。

【参考文献】

- 1) 岩永・中村ほか：「廃棄物最終処分場の法面の遮水工法としてのベントナイト混合土の品質管理」, 第 58 回土木学会年次講演会, pp841-842, H15.9
- 2) 嶋津・見波ほか：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.
- 3) 橋本ほか：「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
- 4) 橋本ほか：「振動加速度測定のための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

測定装置

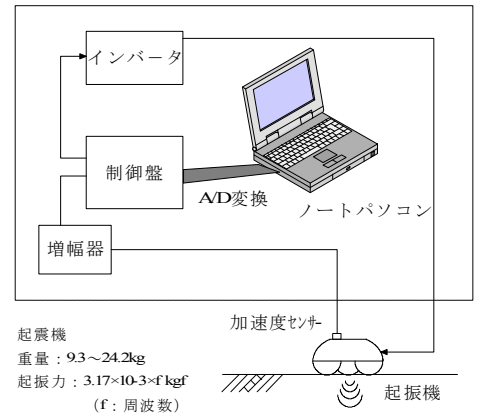


図-6 システム構成図



写真-3 起振機裏面詳細