

## 粒状ベントナイトの効率的締固め技術における振動挙動特性

大成建設 正会員 ○森川 義人 大成建設 正会員 白瀬 光泰  
 大成建設 正会員 遠藤さち恵 大成ロテック 正会員 城本 政一

### 1. はじめに

低レベル放射性廃棄物処分施設のうち、余裕深度処分施設(L1 施設)における低透水層(ベントナイト系材料)の施工では締固めの管理目標値が高く、特に側部低透水層では狭隘な施工条件下での施工・品質管理が要求されている。筆者らは、効率的締固め技術の研究を行っており、粒状ベントナイトの力学性状と振動特性を利用した「3Step 締固め工法」を開発した。本研究では、締固め機械と転圧層内に設置した加速度計による加速度応答値の解析結果から当技術の振動パラメータ設定の妥当性を検証した。

### 2. 締固め材料(粒状ベントナイト)

低透水層における粒状ベントナイトの締固め管理目標値は、 $\rho_d = 1.6 \pm 0.1 \text{ Mg/m}^3$  に設定されている<sup>1)</sup>。本研究では、図1に示すように締固め施工の候補材料である加水調整粒状ベントナイト(クニゲルGX, 最大粒径10mm)(以下「粒状ベントナイト」と記す)を用いて実験を行った。



図1 粒状ベントナイト

### 3. 「3Step 締固め工法」の原理と工法のポイント

側部低透水層のような狭隘な施工条件下で粒状ベントナイトの締固め管理目標値を達成するためには、小型振動ローラもしくは振動コンパクターで多くの締固めエネルギー(転圧回数12~14パス)が必要とされ、締固め層の上下密度のバラツキが課題となっていた。そこで筆者らは、粒状ベントナイトの力学性状と振動特性を利用した効率的締固め技術「3Step 締固め工法」を開発した<sup>2) 3)</sup>。本技術の原理を図2に示す。

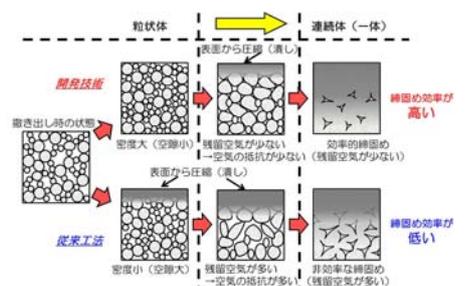


図2 開発技術と従来工法の比較

粒状ベントナイトは砂礫や骨材等に比べて柔らかく変形しやすいため、過大な起振力や接地圧で容易に変形し、締固め層上部は圧縮により盤状となるため、下部は粒子再配列が抑制され、多くの締固めエネルギー(転圧回数)が必要とされると考えられる。そこで締固め初期における粒子再配列を重視し、材料の振動特性を有効に利用して最適な振動パラメータを設定した効率的締固め技術が「3Step 締固め工法」である。本技術の概要を図3に示す。Step1は撒き出し直後の締固めで、材料の圧縮変形の抑制と効果的な粒子再配列が目的であり、振動成形機の接地圧を極力小さくし、最適振動周波数 $f_{opt} = 40 \text{ Hz}$ で締固める方法が効果的<sup>4)</sup>である。Step2では締固めが進行し、粒子再配列による密実性が増加し、固有振動数の変化に応じた最適振動周波数 $f_{opt}$ と最適な起振力 $F_0$ の設定が重要である。



図3 「3Step 締固め工法」の概要

### 4. 振動パラメータ比較実験による振動挙動特性

起振力 $F_0$ と振動周波数 $f_0$ による振動パラメータの比較実験を行うため、加速度計を改造振動コンパクターと転圧層下端に設置し加速度応答値を測定した。実験概要を図4に、振動パラメータの比較実験を図5に示す。

起振力 $F_0$ はA(大)~D(小)の関係にあり、図5よりD( $f_0 = 45 \text{ Hz}$ )の場合は締固め初期段階(1~3パス)で乾燥密度の増加が顕著である。一方、A( $f_0 = 65, 70 \text{ Hz}$ )の場合、転圧回数の経過に伴い乾燥密度の増加割合が大き

キーワード ベントナイト, 締固め, 振動周波数, 起振力, 加速度応答値, 共振曲線  
 連絡先 〒163-6009 東京都新宿区西新宿 6-8-1 大成建設(株) 原子力本部 TEL: 03-5381-5315

くなる傾向がみられた。次に Step1~Step3 の締固め実験にて Step1 の効果確認と Step2 の振動パラメータの比較を行った (図 6)。Step2 を  $A(f_0=70\text{Hz})$  1~2 パス,  $A(f_0=45\text{Hz})$ ,  $D(f_0=45\text{Hz})$  1~4 パスで比較したところ, D より A の方が締固め効率が良い結果となった。ここで, 加速度応答波形の振動周波数分析による Step1 の実施の有無について, 応答値の振動周波数  $f$  と基本振動数  $f_0$  (振動コンパクター D ( $f_0=45\text{Hz}$ )) との比 ( $f/f_0$ ) を比較すると図 7 のようになる。Step1 (振動成形機  $f_0=40\text{Hz}$ ) を実施した場合, 1 パス目から基本振動数  $f_0$  とその高調波成分および  $1/n$  分数調波とその高調波<sup>5)</sup> のスペクトル成分が卓越し, 2 パス目の周波数波形のスペクトル成分の乱れは Step1 を実施しない場合の 4 パス目と類似しており, Step1 の粒子再配列効果による効率的な締固めが促進されたことが示唆される。また, 振動パラメータの違いによる締固めの効率性を比較するため, 図 5 の実験の

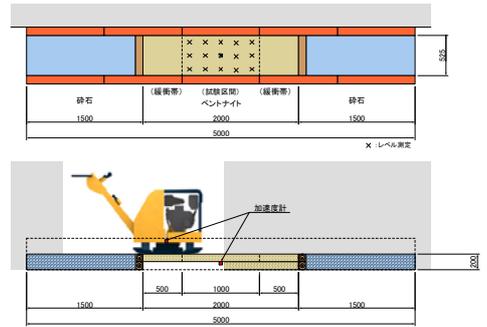


図 4 実験概要図

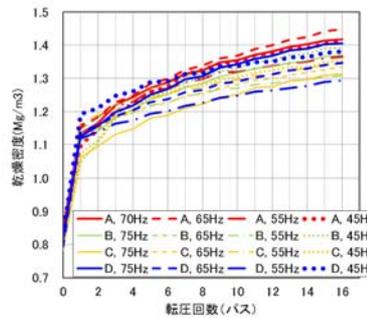


図 5 振動パラメータ比較実験

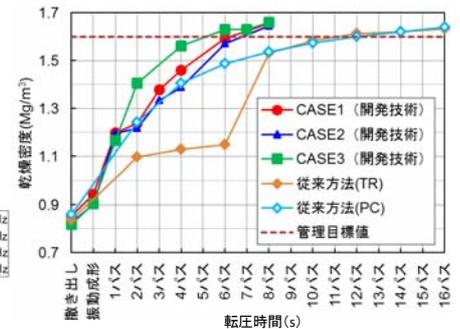


図 6 転圧回数-乾燥密度関係

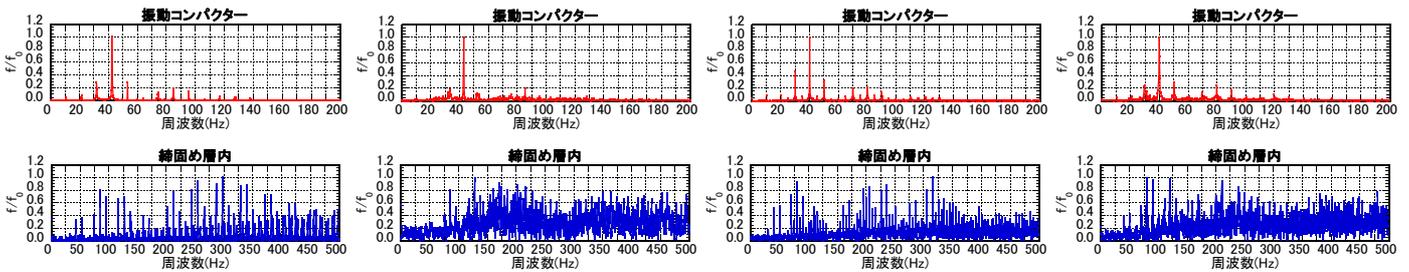


図 7  $f - (f/f_0)$  関係 (Step1 の有無の比較)

共振曲線について  $A(f_0=45\text{Hz})$ ,  $A(f_0=70\text{Hz})$ ,  $D(f_0=45\text{Hz})$  の比較を行った (図 8)。 $A(f_0=45\text{Hz})$  では, 1~2 パスの振動振幅  $Y$  は大きい値を示しているが, パス数の増加で大きく減少する。一方,  $A(f_0=70\text{Hz})$  では, 1 パス目

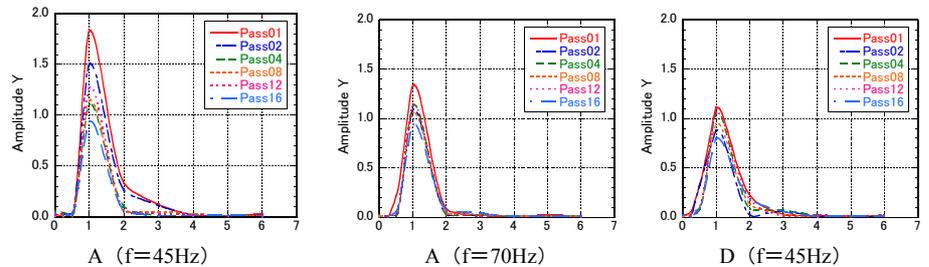


図 8 共振曲線  $Y - (f/f_0)$  関係

の振動振幅  $Y$  は  $A(f_0=45\text{Hz})$  の場合ほど大きくないが, パス数の増加による減少は小さく, 締固め効果の減少が少ない。この特徴は図 6 の Step1 後の  $A(f_0=70\text{Hz})$  による締固めの有効性を示している。また D よりも A の振動振幅  $Y$  が大きいことも図 6 の結果を反映しており, 締固めの効率性を裏付ける結果となっている。

5. まとめ

- 1) Step1 の実施により粒状ベントナイトの粒子再配列効果による効率的締固めが促進していることが判った。
- 2) 適切な振動パラメータの設定が締固めの効率性に影響を及ぼしていることを振動挙動特性から検証した。

参考文献

1) 財団法人原子力環境整備促進・資金管理センター:平成 20 年度管理型処分技術調査等委託費 地下空洞型処分施設性能確認試験報告書 (第 1 分冊), pp.1-11,2009.3, 2)白瀬光泰・森川義人・他:粒状ベントナイトの効率的締固め技術の開発 (その 1), 土木学会第 67 回年次学術講演会, pp.33-34, 2012.9, 3) 根木政広・森川義人・他:粒状ベントナイトの効率的締固め技術の開発 (その 2), 土木学会第 67 回年次学術講演会, pp.35-36, 2012.9, 4) 森川義人・根木政広・白瀬光泰・遠藤さち恵・他:人工バリア施工における粒状ベントナイトの効率的締固め技術の開発, 大成建設技術センター報 第 45 号, pp.25-1-25-8, 2012.12, 5) 建山和由・藤山哲雄・西谷誠之:締固め施工における振動ローラの振動挙動に関する考察, 土木学会論文集 No.554/Ⅲ-37, pp.231-237, 1996.12