

粒状ベントナイトの効率的締固め技術の開発 (その 3)

大成建設(株) 正会員 ○森川 義人 大成建設(株) 正会員 根木 政広
 大成建設(株) 正会員 白瀬 光泰 大成建設(株) 正会員 木ノ村幸士
 大成建設(株) 正会員 藤原 斉郁 酒井重工業(株) 月本 行則

1. はじめに

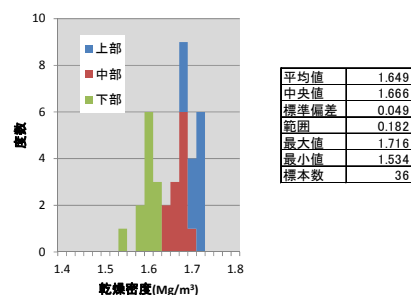
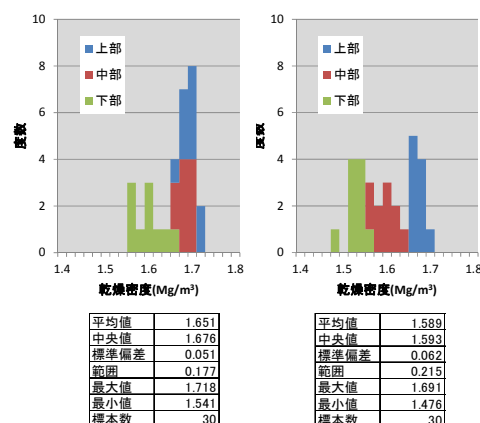
(その1)では、余裕深度処分埋施設における低透水層(ベントナイト緩衝材)に使用される加水調整粒状ベントナイト「クニゲル GX」(以下「粒状ベントナイト」と記す)に関する効率的締固めの原理を述べ、粒状ベントナイトが粒状体を維持した状態で密度が最大となる最適振動周波数帯 f_{opt} が存在する締固め曲線が得られることを確認した。(その2)では、「効率的締固めプロセス」に従い、振動成形専用機、振動コンパクター、小型振動ローラーを用いた締固め実験を行い、締固め効率2倍を確認した。(その3)では、締固め後のコア抜き採取試料について、「効率的締固めプロセス」と従来の方法の乾燥密度の比較を行った。さらに、締固め過程における採取試料の状態を観察し、「効率的締固めプロセス」による締固め原理の妥当性の検証を行うため、実験データについての考察を行った。

2. 締固め後の乾燥密度(コア採取試料)

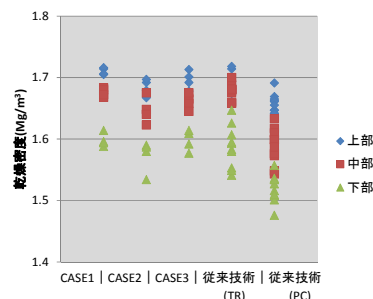
開発技術「効率的締固めプロセス」により締固め完了後、仕上がり層のコア抜き試料を採取し、各試料の上部、中部、下部各々の乾燥密度の結果を図1に示す。また、当社の従来工法の結果を図2に示す。当開発技術の場合は、図1より下層～上層の乾燥密度の範囲は $\rho_d \div 1.53 \sim 1.72 \text{ Mg/m}^3$ であった。一方、図2の従来方法(TR)は $\rho_d \div 1.52 \sim 1.72 \text{ Mg/m}^3$ 、従来方法(PC)は $\rho_d \div 1.48 \sim 1.69 \text{ Mg/m}^3$ であった。当開発技術は、従来方法(TR)に近い傾向を示し、従来方法(PC)と比較してバラツキが小さく下層部の密度も大きかった。当開発技術3ケースおよび従来方法2ケースの上部、中部、下部の乾燥密度を図3に示す。従来方法に比べて当開発技術は、上部と下部の密度差が比較的小さく、下層部の乾燥密度は、CASE1, 3では大きめの値を示していた。特に最も締固め効率の高かったCASE3では、上部～下部の密度差が小さく、バラツキの少ない良好な結果が得られた。

3. 効率的締固めに関する考察

開発技術「効率的締固めプロセス」は、締固めステップ1、締固めステップ2、締固めステップ3に従い、粒状体の密度を最大(密詰め)にした後に圧縮する(潰す)効率的締固め技術である。変形しやすい粒状ベントナイトを圧縮する(潰す)ことなく、最適振動周波数帯 f_{opt} にて締固め、内在する空気層を効率的に排除するステップ1, 2と最適な起振力Fで粒状体を圧縮し(潰し)所定の密度まで増大するステップ3から構成される。

図1 ρ_d -N 関係(開発技術)

(a) 従来方法(TR) (b) 従来方法(PC)

図2 ρ_d -N 関係(従来方法)図3 コア抜き採取試料の ρ_d

キーワード 粒状ベントナイト, 乾燥密度, 締固め, 飽和度, 空隙,

連絡先 〒163-6009 東京都新宿区西新宿 6-8-1 新宿オークタワー9 階 大成建設(株)原子力本部 TEL 03-5381-5315

ここで、効率的締固めについて考察してみることとする．締固め過程（ $\rho_d = 1.1 \sim 1.5 \text{ Mg/m}^3$ ）におけるコア抜き採取試料（二つ割）を観察すると図 4 のようになる． $\rho_d = 1.3 \text{ Mg/m}^3$ 程度までは粒子間に空隙の存在が観察されるが、それ以上

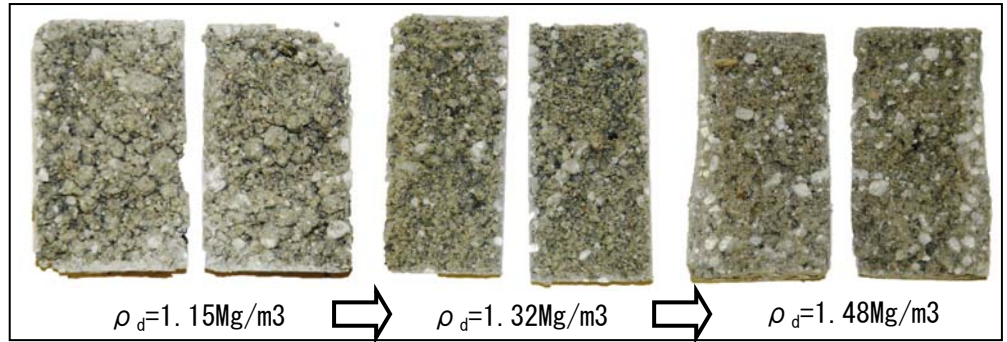


図 4 採取試料（二つ割）状況

になると粒状体がよく詰まり、端部では圧縮（潰し）された箇所が存在が観察されていることから、 $\rho_d = 1.2 \sim 1.3 \text{ Mg/m}^3$ 程度が粒状体の密度が最大となり圧縮（潰し）過程へ移行する境界の状況と推定される．（その 1）によると、最適振動周波数帯 f_{opt} で締固めた場合の乾燥密度は $\rho_d = 1.12 \text{ Mg/m}^3$ 程度であった．また、報告（その 2）の締固め実験結果（図 5）を見ると、従来方法（PC）の場合は、 $\rho_d = 1.2 \text{ Mg/m}^3$ を超えたあたりから乾燥密度の増加勾配が変化し、当開発技術の増加勾配との差が大きくなっている．一方、従来方法（PC）と従来方法（TR）は、 $\rho_d = 1.5 \text{ Mg/m}^3$ を超える範囲では、乾燥密度の増加勾配がほぼ同様の傾向を示し、当開発技術の増加勾配と比較して、その差が次第に大きくなっている．

そこで、実験結果（図 1, 図 2）の $\rho_d = 1.2 \text{ Mg/m}^3$ 以降のデータについて、締固めパス毎の飽和度の変化量 ΔS_r と乾燥密度の変化量 $\Delta \rho_d$ の関係を整理すると図 6 のようになった．飽和度の変化量 ΔS_r は、粒状体間の空隙量の変化と粒状体内部の間隙の変化が含まれている．後者の ΔS_r は、締固めに伴う粒状体の圧縮で増加し、飽和度の変化量 ΔS_r はパス毎に約 5~7%（ベントナイトの $\rho_s = 2.7$, 含水比 ω は一定と仮定する）と推定（計算）される．図 6 より、飽和度変化量 ΔS_r と乾燥密度変化量 $\Delta \rho_d$ には相関性が見られ、当開発技術の範囲は従来方法（TR, PC）より大きい範囲にあることが判った．前述のように、粒状体内部のパス毎の飽和度の変化量 ΔS_r の推定値（計算値）は約 5~7%

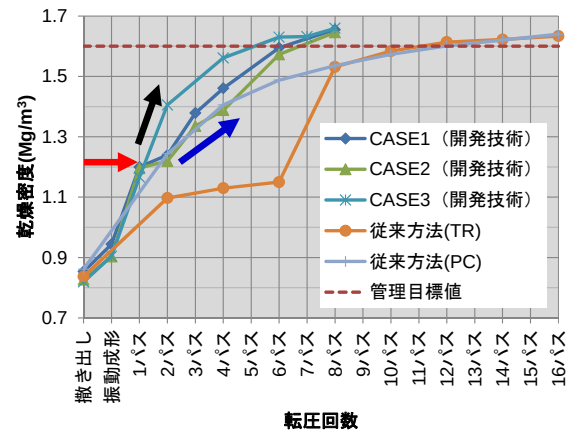


図 5 転圧回数－乾燥密度関係

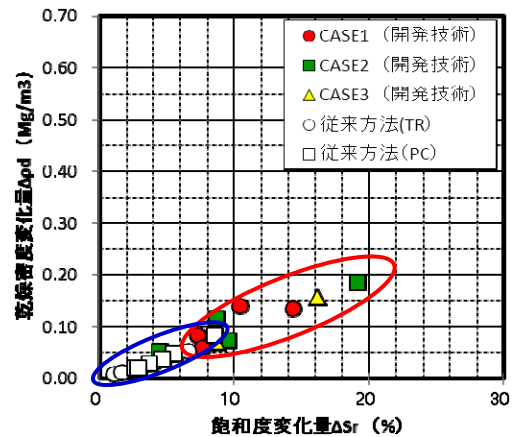


図 6 $\Delta S_r - \Delta \rho_d$ 関係

と推定されることから、 $\rho_d = 1.2 \text{ Mg/m}^3$ 以降の従来方法（TR, PC）における粒状体間のマトリックス部の飽和度の変化量 ΔS_r は、約 2~3% 程度と推定される．一方、当開発技術による場合（CASE1~3）は、粒状体内部のパス毎の飽和度の変化量 ΔS_r は同様に約 5~7% と仮定すれば、粒状体間のマトリックス部の飽和度の変化量 ΔS_r は 5~15% 程度と推定される．以上より、両者の飽和度の変化量 ΔS_r の違いは、粒状ベントナイト間の空隙に存在する空気層の抵抗の有無に起因していると考えられ、当開発技術による効率的締固めの重要な要因になっていると考えられる．

4. まとめ

本研究では、粒状ベントナイトの「効率的締固めプロセス」の開発を行い、従来の締固め方法の 2 倍の締固め効率を達成することができた．今後は、当開発技術のメカニズムの解明をさらに追及する予定である．また、撒き出し～振動成形における実用機の開発を進める計画である．