

粒状の砂・ベントナイト混合土の締固め性に関する一考察

早稲田大学 学生会員 ○篠崎 由梨

早稲田大学 国際会員 小峯 秀雄

安藤ハザマ 正会員 千々松 正和

安藤ハザマ 正会員 山田 淳夫

1. はじめに

低レベル放射性廃棄物処分施設の低透水層の材料である砂・Ca 型ベントナイト混合土に関する研究が進められている．本材料は練り混ぜ時間，練り混ぜに用いる機械など製造方法によって粒状体形成に差異があり，その結果として得られる最大乾燥密度および最適含水比が異なる可能性がある^{1) 2)}．

Na 型ベントナイト配合率が 10 % から 30 % のベントナイト混合土を用いて締固め曲線を描いた場合，最適含水比より乾燥側である含水比が 10 % から 14 % のときに曲線が横ばいとなることが Ören ら³⁾や Tong ら⁴⁾の研究で示されている．そこで，本研究では粒状のベントナイト混合土を用いた締固め試験を行い，粒の形状が締固め性に与える影響を調査した．

表 1 ベントナイトの基本的性質

ベントナイト	
タイプ	Ca 型
土粒子密度(g/cm ³)	2.69
液性限界(%)	119.50
塑性限界(%)	56.67
塑性指数	62.83
モンモリロナイト含有率(%)	74

モンモリロナイト含有率は，純モンモリロナイトのメチレンブルー吸着量 140 mmol/100g を基準に算出された値である．

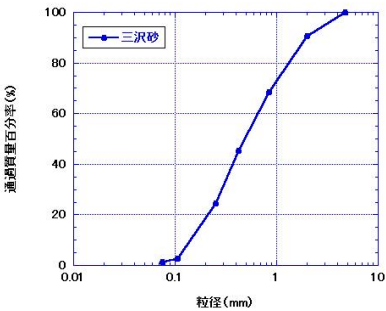


図 1 砂の粒径加積曲線

2. 材料の基本的性質および供試体製造手順

本研究では施工に用いる材料を参考として，Ca 型ベントナイトと青森県産の三沢砂を乾燥質量比にして 30 : 70 で配合した材料を用いた．表 1 に Ca 型ベントナイトの基本的性質を示し，図 1 に砂の粒径加積曲線を示す．

図 2 に供試体製造方法を示す．混練を行うミキサーは愛工舎製作所製のケンミックスアイコープレミア KMM770 を用いた．表 2 にミキサーの仕様を示す．表 3 に各手順における混練時間およびミキサーの回転速度を示す．1 バッチあたり乾燥質量

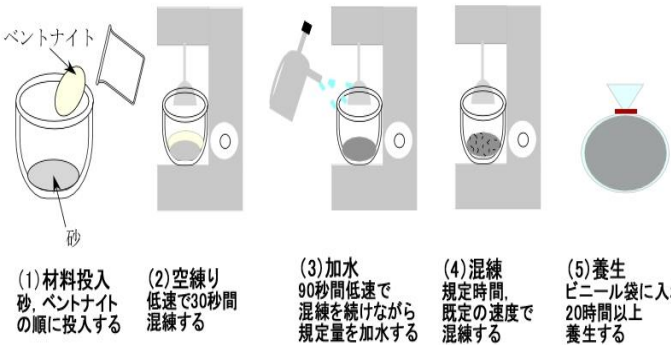


表 2 ミキサーの仕様

形式	KMM770
回転数 (自転)	140~640 rpm (試験では 256,353 rpm)
回転数 (公転)	41~194 rpm (試験では 77,109 rpm)
ボール容量	6.7 L
投入質量	約 1.2 kg

表 3 各ケースの混練時間，混練機の種類

ケース	空練り	加水	混練
ケース 1	低速 30 秒	低速 90 秒	高速 420 秒
ケース 2	高速 60 秒	時間未規定	高速 180 秒
ケース 3	高速 60 秒	時間未規定	高速 180 秒

※混練機の種類は次の回転数である．低速が 256 rpm (自転)，77 rpm (公転)，高速が 353 rpm (自転)，109 rpm (公転)

で砂を 300 g, ベントナイトを 700 g, 計 1000 g とし, 3 バッチ分を締固め試験 1 回分の試料とした。

3. 試験方法の違いによる締固め曲線の差異とその要因

図 3 は表 3 のケース 1 で示した試料について C-c 法の締固め試験によって得られた締固め曲線である。11.5% から 15.1% までの範囲において, 乾燥密度は 1.86 g/cm^3 から 1.88 g/cm^3 の範囲に分布した。

図 4 は表 3 のケース 2 および 3 で示した試料について A-c 法の締固め試験によって得られた締固め曲線である。図中右上の赤線はゼロ空気間隙曲線である。ケース 2 と 3 の差は攪拌子の形状の差である。ケース 1 と同様, 乾燥密度が横ばいとなる結果が得られた。

含水比の変化に関わらず, 締固め後の乾燥密度がほぼ一定となった要因として締固めエネルギーが粒状体の形状変化に使用されたことが考えられる。砂・ベントナイト混合土は約 13% 以上の含水比でかつ一定以上の混練を行ったときに粒状体を形成する。写真 1 に含水比が 15.8% で形成した締固め前の粒状体を示す。締固め前は球体状の粒であるが, 締固め後の粒状体は扁平な楕円体状に形状が変化する。C 法で締め固めた場合と比較して, 締固めエネルギーが小さい A 法で締め固めた場合はそのエネルギーが締固めではなく粒状体の形状変化に消費されることから, 締固め曲線の形状が明確に表れなかったものと推察される。

5. 結論

本研究では, 粒状の砂・ベントナイト混合土を用いた締固め試験を行い, 粒の形状が締固め性に与える影響を調査した。その結果, 砂・ベントナイト混合土を締め固めたとき, 最適含水比も最大乾燥密度も明瞭ではない横ばいの締固め曲線が得られた。これは締固めエネルギーが締固めではなく, 粒状体化した材料が扁平になる形状変化に使用されたことによると推察される。

今後, 再現性を確認するとともに, 配合や製造方法を変えて締固め前の粒状体の形状を変化させた実験や, 締固めエネルギーを変化させた試験を行って粒状の砂・ベントナイト混合土の性質について調査を進める。

【参考文献】

- 1) 千々松正和, 木村誠, 石濱裕幸: Ca 型ベントナイト混合土の練り混ぜ方法の違いが品質に与える影響について, 土木学会第 68 回年次学術講演会, pp27-28, 2013 年 9 月
- 2) 山田崇史, 小峯秀雄, 山田淳夫: 砂・Ca 型ベントナイト混合土の締固め特性に及ぼす混合土の粒子構造の影響評価, 第 51 回地盤工学研究発表会, 地盤工学会, 1100, pp2199-2200, 2016 年 9 月
- 3) Ali Hakan Ören, Abidin Kaya, and Arif Şengün Kayalar: Hydraulic conductivity of zeolite-bentonite mixtures in comparison with sand-bentonite mixtures, Canadian Geotechnical Journal, Vol.48, pp.1343-1353, 2011
- 4) S. Tong, C. D. Shackelford: Standardized Hydraulic Conductivity Testing of Compacted Sand-Bentonite Mixtures, Geotechnical Testing Journal, Vol.39, No.6, pp.1015-1029, 2016

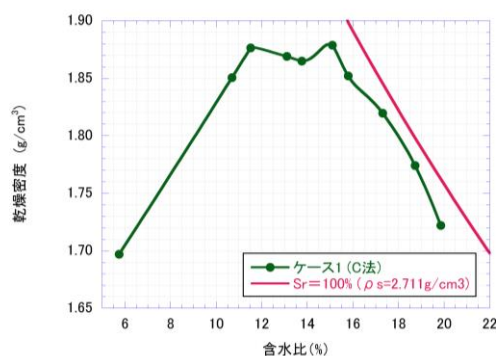


図 3 ケース 1 の締固め曲線

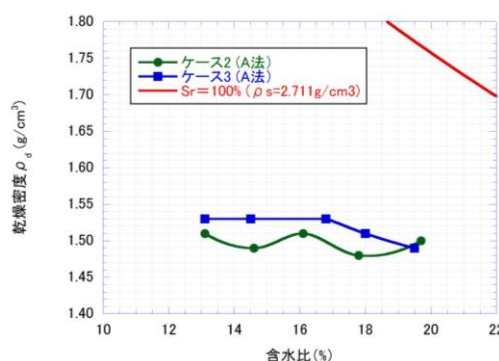


図 4 ケース 2 の締固め曲線

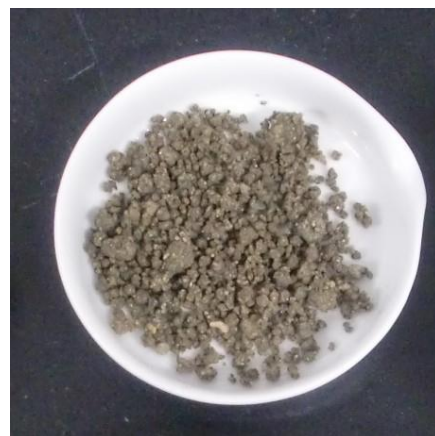


写真 1 w=15.8% で形成した締固め前の粒状体