

締固め特性の異なる盛土材料のせん断挙動の把握と比較

締固め 盛土 三軸圧縮試験

名古屋大学 国際会員 ○中野正樹 酒井崇之 野々山栄人
 名古屋大学 学生会員 津本翔太 鈴木一成

1 はじめに

盛土の安定性は Proctor に始まる締固め管理基準により飛躍的に向上し、以降、多くの研究者や技術者によって、締固めに関する研究が行われ、締固め管理基準が改善されてきた。そして、阪神淡路大震災以降、1998 年にそして最近では 2010 年に道路土工の盛土指針¹⁾が改訂され、盛土の耐震性を評価するとともに、設計原理が仕様規定から性能規定に移行してきている。しかし、依然として現地発生土を盛土材として使用することが多いため、盛土材に応じた締固め特性や締固め後の土のせん断挙動について盛土の設計に反映されていないのが現状である。

そこで本研究では、様々な材料の締固め後のせん断挙動について、弾塑性構成式による再現を目指し、その基礎データを得るため、粒度・締固め特性が異なる 5 種類の土材料を取り上げ、それぞれ締固めにより作製した供試体に対して非排水三軸圧縮試験を行う。そして材料の違いに応じた締固め後のせん断挙動を比較・考察する。

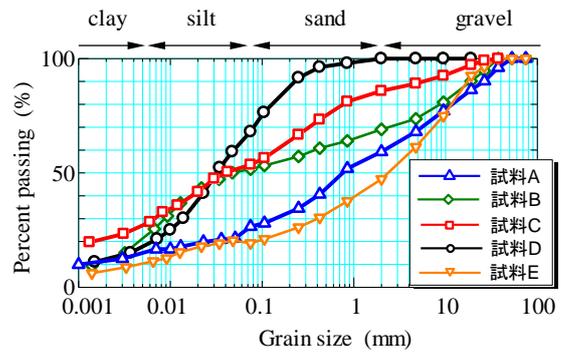


図 1 粒径加積曲線

2 5 種類の盛土材の物理的性質と締固め特性

本研究で取り上げた土材料は、5 種類で、三重県、愛知県²⁾、石川県、北海道³⁾および岩手県において盛土材として利用されているものである。それぞれ、試料 A~E とする。図 1 に 5 試料の粒径加積曲線を示す。図 2 は 5 試料の締固め試験結果である。締固め試験はすべての試料で突固め方法として A 法を用いている。粗粒分が多く含まれている試料ほど最大乾燥密度が高く、最適含水比が低い傾向を示している。

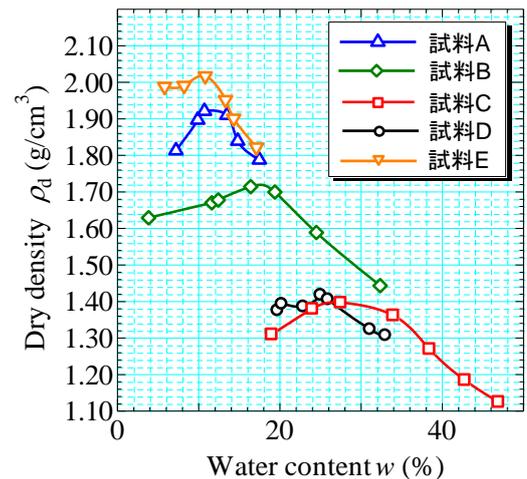


図 2 締固め試験結果

3 5 種類の盛土材に対する締固め後の非排水せん断挙動

5 種類の盛土材に対し、表 1 に示した締固め度 D_c と拘束圧の下、圧密非排水三軸圧縮試験を実施した。三軸供試体作製には、試料を最適含水比に調整し、設定 D_c になるよう試料の湿潤重量を割り出し、必要湿潤重量がモールドに入るように締固め回数を変えて行った。つまり、締固めエネルギーを変化させることにより、試料の密度を調整している。三軸試験においては、二重負圧法や背圧法を用いて供試体内を脱気水で飽和化し、等方圧密を実施し、圧密が十分に収束したのを確認した後、軸ひずみ制御による非排水せん断を行った。

図 3 は拘束圧 100kPa におけるそれぞれの試料の非排水三軸試験結果を示す。それぞれ左の図が軸差応力 q ~せん断ひ

表 1 試験条件

	試料 A	試料 B	試料 C	試料 D	試料 E
拘束圧 (kPa)	100,300	50,100,150,300	100,300	50,100,150	50,100,150
締固め度 D_c (%)	85,90,95,100	85,90,95,100	90,95,100	90,95,100	85,90,95

ずみ ε_s 関係、右の図が軸差応力 q ~平均有効応力 p' 関係を示す。これらの関係に注目し、5 つの締固め特性の異なる盛土材の特徴を詳細に述べる。なお、本章において、締固めによるせん断中の q の上昇や q の最大値の増加を「締固め効果」と呼ぶこととする。試料 A は D_c が 85, 90% では、せん断初期 ($\varepsilon_s = 0 \sim 2\%$) において p' の減少に伴う q の増加がみられ、その後、 p' も q も限界状態に向かい、正規圧密土のような力学挙動を示した。 D_c が 95% になると、せん断初

期に p' の減少はほとんど見られず、その後 p' も q も限界状態に向かう。 D_c が 100% の時は p' の上昇に伴う q の上昇もみられ、 q の最大値が急激に上昇した。 試料 A では D_c を大きくしないと締固め効果が表れない。 試料 B は全ての D_c で p' の上昇に伴う q の上昇がみられる。 また、 ε_s の進展に伴い q が上昇し続けている。 これは、きれいな砂の挙動に類似している。 しかし、試料 B も試料 A と同様に D_c を大きくしないと締固め効果が表れない。 試料 C は D_c が 90、95% において、 p' の減少に伴う q の減少といった塑性圧縮に伴う軟化挙動がみられた。 これは、構造を有する自然堆積粘土にみられる挙動である。 一方、 D_c が 100% では、せん断挙動が p' の上昇に伴う q の上昇に転じており、締固め効果が表れている。 しかし、締固め効果は試料 A、B に比べれば小さい。 試料 D は全ての D_c において塑性圧縮に伴う軟化挙動がみられた。 しかし、 D_c が大きくなると p' の上昇に伴う q の上昇もみられ、締固め効果が明瞭に表れる。 また、 D_c が 95% と 100% のせん断挙動が非常によく似ている。 この原因として、 D_c が 95% を目標として供試体は作製されたが、実際には D_c が約 97% もあったためだと考えられる。 試料 E は D_c の上昇に伴い、有効応力パスが立ち上がる様子が見られる。 また、全ての D_c で p' の上昇に伴う q の上昇がみられる。 しかし、 q の上昇は全ての試料で最も小さく、 q の最大値が全試料で最も小さい。 以上より、 D_c の上昇に伴い、試料のせん断挙動や締固め効果は大きく異なる。

4 まとめ

5 種類の土材料の締固め後のせん断挙動を比較した結果、どの材料でも締固め度の上昇に伴って q の最大値は増加する。 しかしそのせん断挙動は、材料に応じて、また締固め度に応じて、それぞれに特徴を有する。 今後はこの特徴を弾塑性力学に基づいてさらに詳しく考察し、骨格構造を考慮した弾塑性構成モデル⁴⁾により再現を試みる。 さらに、様々な材料、たとえば掘削土や、地域性のある特殊土などについても、同様のアプローチをして、締固めに適する材料の判定や力学特性の分類、地質区分との関係などの整理を行ってゆく。

なお本報告では、平成 21 年度国交省建設技術研究開発制度（実用化公募）の助成において、北海道大学の三浦清一教授および、(独)土木研究所寒地土木研究所の佐藤厚子氏よりデータを提供して頂いた。ここに記して感謝申し上げます。

参考文献 1) 日本道路協会編：道路土工－盛土工指針

(平成 22 年度)、丸善株式会社 (2010) 2) 中野他(2010):締固め特性の異なる 2 種類の土材料における力学挙動の比較, 第 45 回地盤工学研究発表会, No.133, pp. 265-266. 3) 横濱他(2010):築堤材に用いた砂質シルトのせん断特性に及ぼす締固め条件の影響, 土木学会第 65 回年次学術講演概要集, III-142, pp. 283-284. 4) Asaoka et al. (2002): An elasto-plastic description of two distinct volume change mechanisms of soils, Soils & Foundations, Vol.42, No.6, pp.47-57.

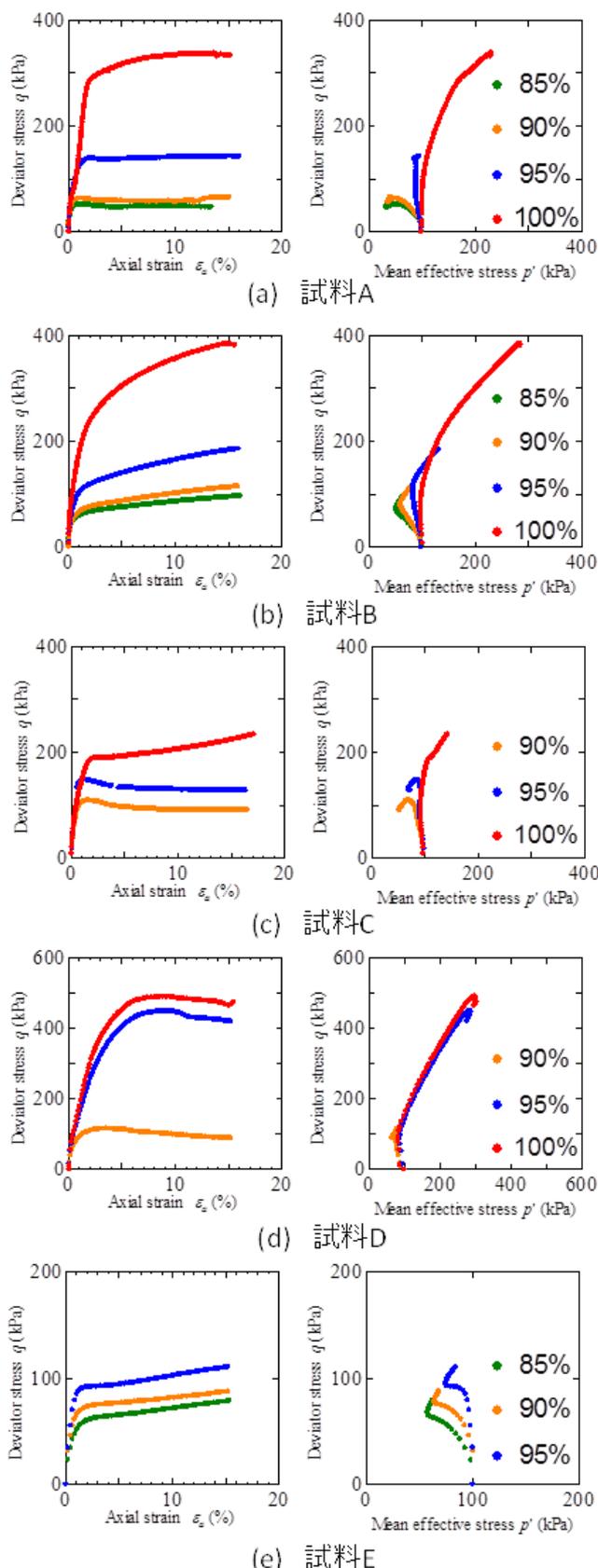


図3 異なる締固め度の土に対して行った非排水三軸試験(拘束圧 100kPa)