

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

北海道大学大学院 学生会員 ○松村 聡
 北海道大学大学院 フェロー会員 三浦 清一
 北海道大学大学院 正会員 横濱 勝司
 北海道大学大学院 伊藤 啓介

1. はじめに

道路盛土、河川堤防など盛土構造物の重要性は高く、その安全性、経済性は正確に評価されなければいけない。盛土造成は、締固め土工によって行われ、現場では一般に、締固め度 $D_c(=\rho_d/\rho_{dmax})$ により管理されている。しかし、この締固め度の管理値は、盛土の安全性・変形性とは直接的に関連付けされていないのが現状である¹⁾。そこで、安全かつ合理的な盛土の設計・施工管理を実施する上で必要となる盛土材の締固め特性と強度・変形特性の関係を明らかにすることを目的に、実際に利用される盛土材を用いて非排水三軸圧縮試験を行い、締固め度とせん断特性の関係を調べた。

2. 試料と締固め特性

ここでは、北海道池田町で採取された砂質シルトを用いた。図-1 に粒径加積曲線を示す。図中には土粒子の密度、液性限界および塑性限界が併記されている。図より、細粒分を 69%含む細粒土であること、塑性指数 IP が 12.3 の低塑性の試料であることがわかる。

図-2 には、締固め試験(JGS0711-2009)での A-b 法、A-c 法による結果、および三軸供試体作製用に新規に作製されたモールド(内径 100mm、深さ 150mm)を用いた締固め試験の結果を示している。供試体作製用モールドを用いた試験では、試料準備法およびランマー質量は A-b 法に準じている。また締固めエネルギーは A-b 法での 1.132 倍($1.132E_c$, $E_c=550\text{kJ/m}^3$)に設定されている。図より、最大乾燥密度の両者の差は 1%程度であり、本試料の最大乾燥密度は準備法の違いの影響はないと判断した。

表-1 に A-b 法($1E_c$, $E_c=550\text{kJ/m}^3$)と A-b 法の 1.132 倍($1.132E_c$, $E_c=550\text{kJ/m}^3$)のエネルギーで締固めを行った試験の最大乾燥密度と最適含水比を示している。締固めエネルギーが $1.132E_c$ の試験では、最大乾燥密度が高く、締固めエネルギーの違いに影響されることから、本研究では、 $1.132E_c$ の締固め曲線から得られた最大乾燥密度 $\rho_{dmax}=1.457\text{g/cm}^3$ を締固め度 D_c の基準としている。

3. 供試体作製方法と非排水せん断試験方法

一連の非排水三軸圧縮試験は以下の手順で行われた。

- (1) 本研究では、全供試体で締固め時の含水比を揃え、供試体ごとに締固めエネルギーを変化させることで、締固め度の異なる供試体を作製している。ここでは最適含水比として $w_{opt}=25\%$ を採用し、締固め度 D_c =

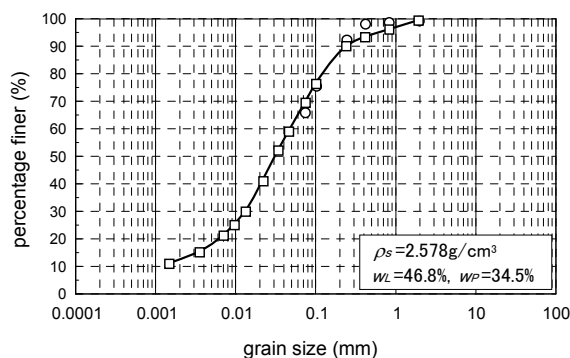


図-1 粒径加積曲線

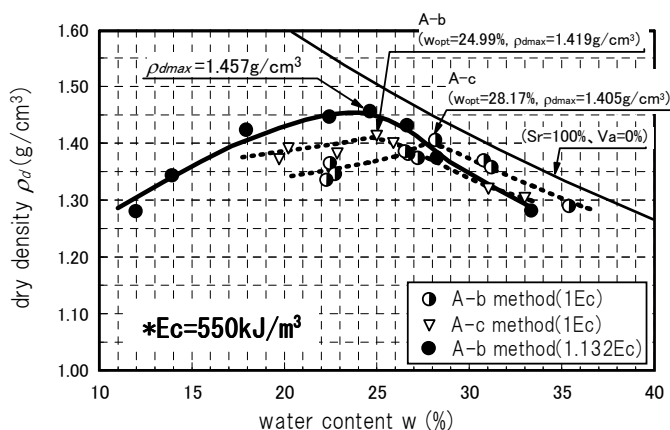


図-2 締固め曲線

表-1 締固め特性の比較

Compaction energy	1Ec	1.132Ec
ρ_{dmax} (g/cm³)	1.419	1.457
w_{opt} (%)	24.9	25.0

* $E_c=550\text{kJ/m}^3$

キーワード：締固め、締固め度、締固めエネルギー、有効せん断抵抗角

連絡先：〒060-8628 札幌市北区北 13 条西 8 丁目 北海道大学大学院工学研究院 地盤環境解析学研究室 TEL:011-706-6203

90, 95, 100%の供試体作製を目標にした。

- (2) 締固め後、円筒形に成型した供試体(直径 100mm, 高さ 150mm)を試験装置に設置し、飽和化作業を開始する。供試体に CO_2 を供給後、二重負圧法を適用し脱気水を通水している。
- (3) 所定量の通水が見られた後に 200kPa の背圧を供給した。間隙圧係数 B 値が 0.96 以上に達したことを確認後、等方圧密を実施した。
- (4) 圧密による排水量変化が供試体の体積(初期状態)を基準として $1.0 \times 10^{-4} \%$ /min 以下となった状態を圧密終了と判断し、非排水せん断試験を実施した。せん断速度は $\dot{\epsilon}_a = 0.1 \%$ /min である。なお、各圧密圧力は 50, 100, 150kPa である。

4. 試験結果

図-3(a), (b)は、それぞれ締固め度 D_c が平均 88.3%, 99.6%での有効応力経路を示している。限界状態定数がそれぞれ(a) $M=1.57$ ($\phi'=38.5^\circ$ 相当), (b) $M=1.84$ ($\phi'=44.3^\circ$ 相当)となることから、締固め度が高いほど、有効せん断抵抗角が大きくなる。また(a)では、平均有効主応力が減少し続けるのに対し、(b)でのそれは初期段階で減少が見られるものの、その後増加し続け、顕著な膨張傾向を示し、破壊に至っている。

図-4(a), (b)はそれぞれ、図-3 より得られた有効せん断抵抗角と締固め度および締固めエネルギーとの関係を示している。図より、両者は明確な正の相関関係を持つ。今回は最大乾燥密度を基本にして、締固め度 D_c の違い(堆積構造の違い)による非排水せん断特性の変化を調べたが、今後は最適含水比を基本とした初期含水比の違いによる変化を検討することにより、実務で適切な D_c のあり方を示したい。

5. まとめ

今回の試験から確認されたことは、次の点である。

- 1) 締固めエネルギーを A-b 法の 1.132 倍($1.132E_c$, $E_c=550\text{kJ/m}^3$)にすると、最大乾燥密度は 2.6%ほど上昇した。
- 2) $D_c=100\%$ から締固め度が 10%低下すると、有効せん断抵抗角で 13%の低減が見られる。

謝辞：本研究には国土交通省平成 21 年度建設技術研究開発費補助金(研究代表者 龍岡文夫)の支援を受けた。

末筆ながら記して感謝の意を表する。**参考文献：** 1) 龍岡文夫：盛土の締固め管理と設計の協働の必要性，月刊基礎工，Vol.37, No.7, pp.2-9, 2009. 2)横濱ら：砂質シルトの透水係数および間隙構造と締固めエネルギーの関係，第 65 回土木学会年次学術講演会講演概要集，2010 (投稿中)

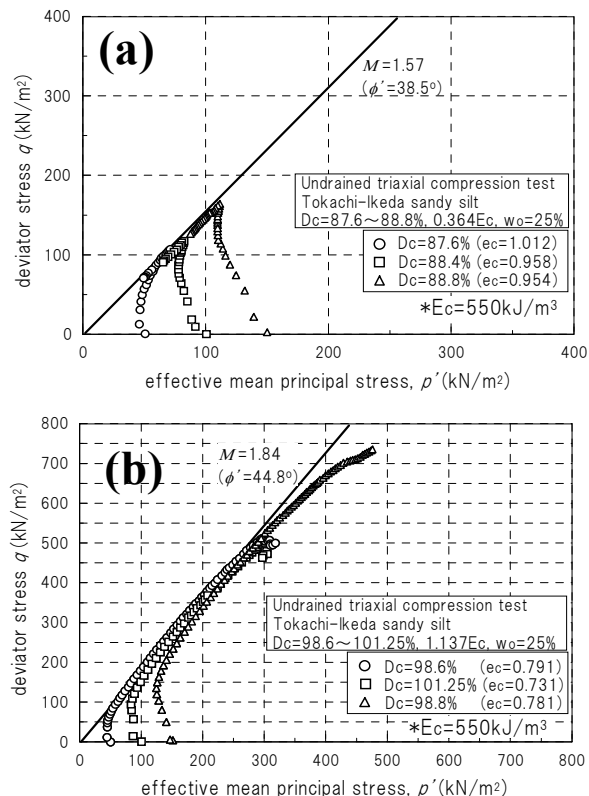


図-3 有効応力経路
(a)平均 $D_c=88.3\%$, (b)平均 $D_c=99.6\%$

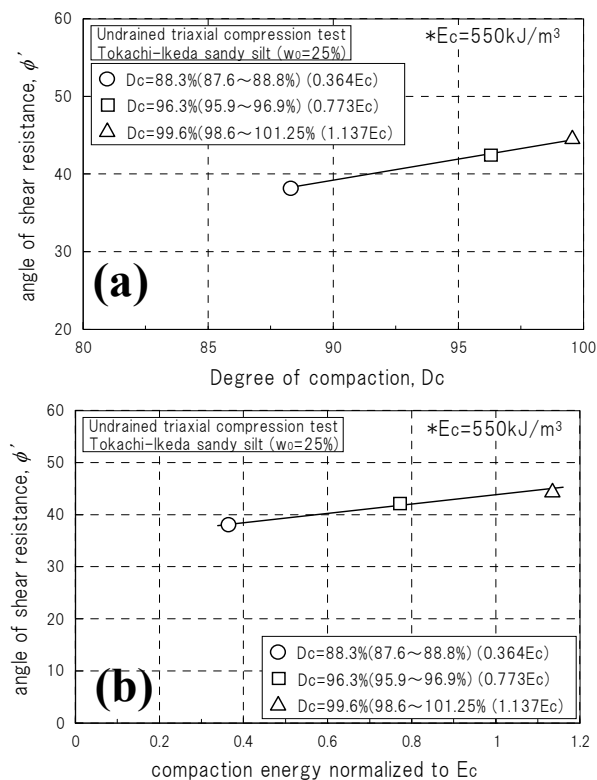


図-4 有効せん断抵抗角の変化；
(a)締固め度との関係，
(b)締固めエネルギーとの関係