

粘性土改良土の強度・変形特性
 -ダイレイタンシー特性 (その2) -

Strength and Deformation Characteristics of Cement-Treated Clays

- Dilatancy Characteristics (Part 2) -

○藤本 一輝¹, 山田 雅一², 安達 俊夫²

*Kazuki Fujimoto¹, Masaichi Yamada², Toshio Adachi²

Abstract: The objective of this study is to obtain the mechanical properties of cement-treated clays by the cement stabilization. To this end, the hollow cylindrical torsional shear tests and the unconfined compression tests were performed by means of the samples of cement-treated Kaolin clay. In this paper, the stress-dilatancy relation of cement-treated clays are investigated by using the proposed failure criterion of the power function type

1. はじめに

前報その1¹⁾では、セメント安定処理した粘土の変形特性を把握するために、これまでに行った粘性土改良土の試験結果^{2)~6)}に対して、ダイレイタンシーとせん断ひずみや正規化した平均有効主応力 σ'_m/q_u 関係の基本的なダイレイタンシー特性について調べた。本報告では、前報その1で報告した知見を含めて、体積ひずみとせん断応力比の関係とせん断応力比とひずみ増分比の関係について検討する。

2. 試験概要

2.1 試料, 安定材の配合条件

試料はカオリンである。安定材には2種類のセメント系固化材(固化材Aと固化材B)を用いた。Table1には、固化材の配合条件と試験条件を示す。Table1の中の*印は固化材Bの配合条件と試験条件を表している。

2.2 試験方法

中空ねじりせん断試験は、固化材の種類、固化材添加量C、平均有効主応力 σ'_m 、圧密応力比Kおよび試験材齢を変動因子として、所定の軸方向応力 σ'_a と側方向応力 σ'_r で圧密した。圧密終了後、排水条件でひずみ制御により単調載荷した。また、中空ねじりせん断試験と同じ材齢で、円柱供試体に対して一軸圧縮試験をJIS A 1216に準拠して行った。

Table 1. Production conditions of sample and Test conditions

含水比 w (%)	固化材添加量 C (kg/m ³)	水・固化材 質量比 W/C (%)	平均有効主応力 σ'_m (kN/m ²)	圧密応力比 K	材齢 (日)	
120	50	60	49, 69, 98	1.0	28~31	
	100		49, 69, 98, 137			
	150		49, 69, 98			
	50		0.7	28~31		
	100					39, 55, 78, 110
	150					
	50*		0.4*	28~31		
	100*				29*, 41*, 59*, 82*	
	150*					
	50		0.4	365~367		
	100				29, 41, 59, 82	
	150					
150	49, 69, 98					

3. ダイレイタンシー特性

中空ねじりせん断試験は、平均有効主応力一定の直接せん断試験であるから、本試験によるせん断応力載荷過程で生じる体積ひずみはダイレイタンシーを意味することになる。以下では、本試験で得られた体積ひずみ ϵ_v について考察する。

3.1 体積ひずみとせん断応力比の関係

体積ひずみとせん断応力比との関係について検討する。せん断応力比は(1)式に示したセメント安定処理土のせん断強度に対する破壊規準式⁷⁾を用いる。

$$\frac{\tau_d}{\sigma'_{mo}} \frac{q_{uo}}{q_u} = \gamma + \alpha_p \left(\frac{\sigma'_m}{\sigma'_{mo}} \frac{q_{uo}}{q_u} \right)^{\beta_p} \quad (1)$$

ここに、 q_u/q_{uo} はセメンテーション効果の度合を表す指標⁸⁾で、 q_u は一軸圧縮強度 (kN/m²)、 q_{uo} は基準一軸圧縮強度 (=98 kN/m²)、 σ'_{mo} は基準平均有効主応力 (=98 kN/m²)、 α_p 、 β_p 、 γ は強度定数である。これまでの試験結果^{2)~6)}から $\alpha_p=0.747$ 、 $\beta_p=0.689$ 、 $\gamma=0.03$ が得られている。

Fig.1(a), (b), (c)に、前報その1に示したK=0.7の条件下で得られた試験結果について、(1)式を用いて粘着成分を除去したせん断応力比 $\{(\tau_d/q_u) - \gamma\} \times (q_u/\sigma'_m)^{\beta_p}$ を算出して、 ϵ_v とせん断応力比の関係を示した。ここで、 $\beta_p=0.689$ 、 $\gamma=0.03$ を用いている。同図中に示した塗り潰した丸印は $\sigma'_m/q_u > 0.2$

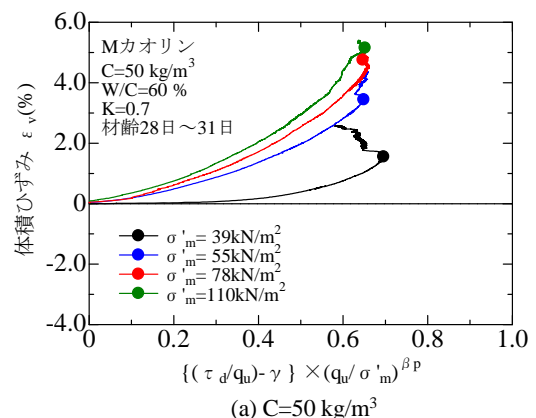


Fig.1. Relations between ϵ_v and $\{(\tau_d/q_u) - \gamma\} \times (q_u/\sigma'_m)^{\beta_p}$

1 : 日大理工・学部・建築 2 : 日大理工・教員・建築

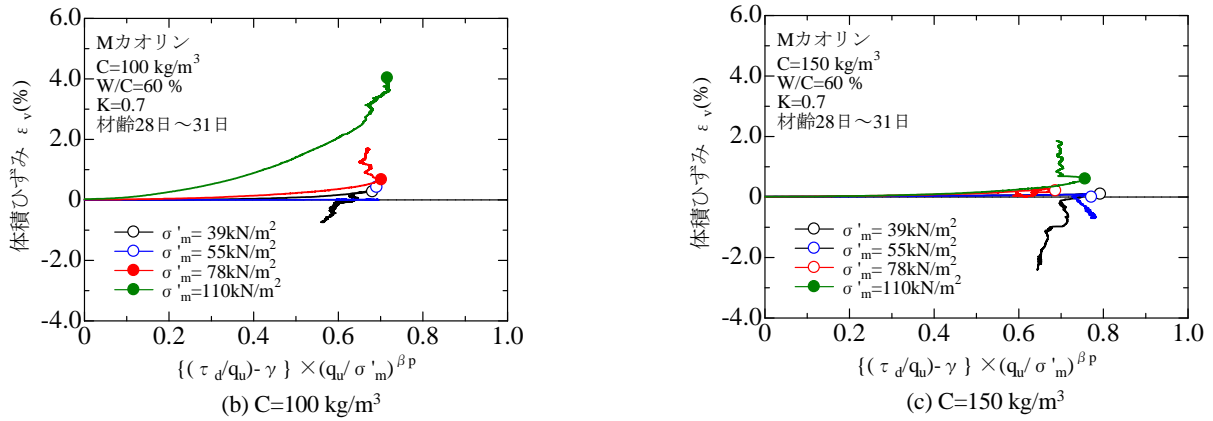


Fig.1. Relations between ϵ_v and $\{(\tau_d/q_u) - \gamma\} \times (q_u/\sigma'_m)^{\beta p}$

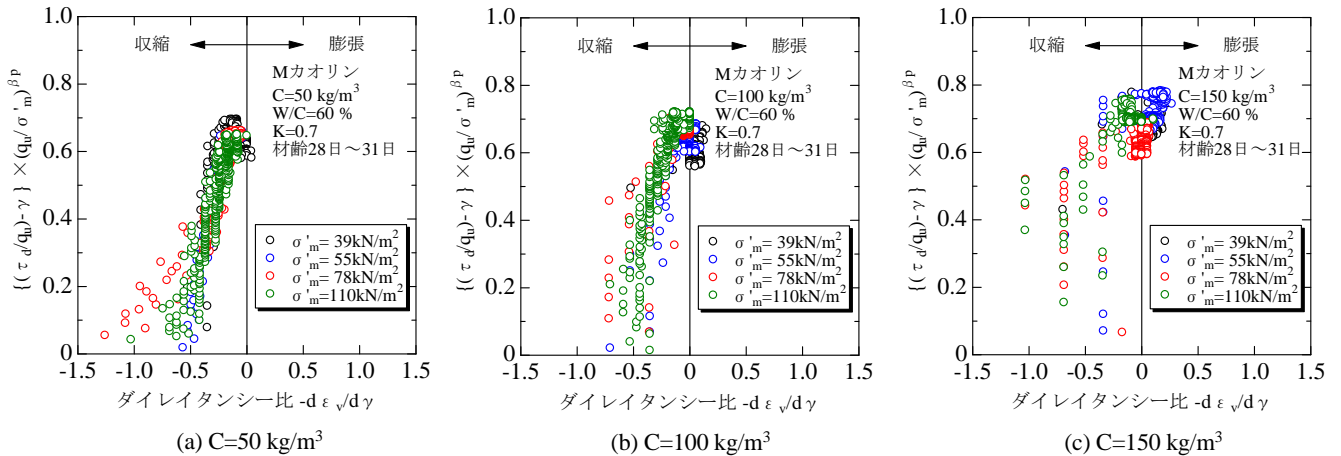


Fig.2. Relations between $\{(\tau_d/q_u) - \gamma\} \times (q_u/\sigma'_m)^{\beta p}$ and $-d\epsilon_v/d\gamma$

の条件下でのピーク強度時の値を、白抜き丸印は $\sigma'_m/q_u \leq 0.2$ のピーク強度時の値を表している。Fig.1 より、固化材添加量が増加するとせん断応力比の最大値（摩擦成分）も大きくなる傾向が見取れる。また、 $\sigma'_m/q_u \leq 0.2$ の条件下でせん断応力載荷すると最大せん断応力に至るまでに生じる体積ひずみは、 $\sigma'_m/q_u > 0.2$ の条件下でのせん断応力載荷の体積ひずみに比べて小さいことがわかる。

3.2 せん断応力比とダイレイタンシー比の関係

せん断応力載荷過程のダイレイタンシー特性を表現する式として応力比-ひずみ増分比関係がよく使われる。これは、地盤材料の構成式を構築する際に利用される関係式の一つである。セメント安定処理した砂に対しては、せん断応力比 τ/σ'_m とひずみ増分比 $-d\epsilon_v/d\gamma$ の関係で試験結果を整理し、 $(-d\epsilon_v/d\gamma)_{max}$ に至るまでは圧密応力の影響を受けるが、 $(-d\epsilon_v/d\gamma)_{max}$ 以降は圧密応力の影響を受けず、両者は未改良砂の場合とほぼ同じ傾きの直線で表されることを示し、指数関数によるストレス-ダイレイタンシー式を提案している⁹⁾。

Fig.2(a), (b), (c)に、Fig.1 に示した本試験結果に対して、前節で述べたせん断応力比と $-d\epsilon_v/d\gamma$ の関係を示した。Fig.2 より、セメント安定処理粘土のダイレイタンシー挙動は圧密応力の影響をほとんど受けていないことがわかる。また、

固化材添加量が増大するのに伴って、負のダイレイタンシーから正のダイレイタンシーへ変化することが認められる。

4. まとめ

本報告をまとめると以下の通りである。

- ① 体積ひずみとせん断応力比の関係はユニークな関係を示し、一軸圧縮強度で正規化した平均有効主応力を基にダイレイタンシー特性を区分できることが示唆された。
- ② セメント安定処理粘土のストレス-ダイレイタンシー関係は、圧密応力の影響は認められず、固化材添加量の増大に伴って、負のダイレイタンシーから正のダイレイタンシーへ変化することを示した。

【参考文献】

- 1) 古郡優磨他：粘性土改良土の強度・変形特性-ダイレイタンシー特性（その1）、平成 26 年度日本大学理工学部学術講演会論文集、2014。
- 2) 渡邊俊治他：粘性土改良土の強度・変形特性-排水ねじりせん断強度-、平成 23 年度日本大学理工学部学術講演会論文集、pp.235-236、2011。
- 3) 洞毛和成他：粘性土改良土の強度・変形特性-ねじりせん断強度と残留強度の評価-、平成 24 年度日本大学理工学部学術講演会論文集、pp.181-182、2012。
- 4) 武浪晃他：粘性土改良土の強度・変形特性-べき関数型の破壊規準への適用性-、平成 25 年度日本大学理工学部学術講演会論文集、pp.159-160、2013。
- 5) 角川将基他：粘性土改良土の強度・変形特性-初期せん断弾性係数と一軸圧縮強度の関係-、平成 25 年度日本大学理工学部学術講演会論文集、pp.161-162、2013。
- 6) 近岡周平他：粘性土改良土の強度・変形特性-セメント系固化材の種類の影響-、平成 26 年度日本大学理工学部学術講演会論文集、2014。
- 7) 山田雅一他：セメント改良砂の強度・変形特性と破壊規準、日本建築学会関東支部審査付き研究報告集 3、pp.17-20、2008。
- 8) 山田雅一他：中空ねじりせん断試験によるセメント改良砂の強度・変形特性-排水せん断強度と微小ひずみでの変形特性-、日本建築学会構造系論文集、第 570 号、pp.107-114、2003。
- 9) 山田雅一他：砂とセメント安定処理砂の簡易なひずみ軟化型構成式、日本建築学会構造系論文集、第 600 号、pp.107-114、2006。