

粘性土改良土の強度・変形特性 —水・固化材質量比の影響（その 1）—

Strength and Deformation Characteristics of Cement-Treated Clays

—Influence of Water-Stabilizer Ratio (Part1)—

○清田 博貴¹, 山田 雅一², 中浜 悠史³*Hiroki Kiyota¹, Masaichi Yamada², Yushi Nakahama³

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 were performed under drainage conditions to the samples of cement-treated clays. In this paper, the results of these tests and the practical applicability of the failure criterion of the power function type, in which the unconfined compression strength is a major parameter, are presented.

1. はじめに

セメント安定処理地盤を基礎地盤として広く活用していくためには、セメント改良土の強度・変形特性を明確にする必要がある。本研究では、セメント改良粘土の正確な強度・変形特性を把握するとともに、その特性相互の関連を明確にするため、安定処理した種類の異なる粘土に対して、一連の系統的な中空ねじりせん断試験と一軸圧縮試験を実施している。

本報告では、水・固化材質量比を変えた本試験結果と既報 1)～5) における試験結果を含めて、セメンテーション効果の度合を表す指標である一軸圧縮強度を主要なパラメータとしたべき関数型の破壊規準⁶⁾への適応性を検討する。

2. 試験概要

2.1 試料, 安定材の配合条件

本試験に用いた試料はカオリン A である。安定材にはセメント系固化材 B を用いた。Table 1 には、固化材の配合条件と試験条件を示す。Table 1 に示した含水比 w は、粉体のカオリンを調整する含水比であり、液性限界の約 2 倍の 120% とした。昨年度の研究では水・固化材質量比 $W/C=60\%$ とし、実施工では $W/C=60\sim 100\%$ の範囲で行われているため、本報告では水・固化材質量比 W/C を 80% として検討した。供試体の作製方法については、既報 1) を参照されたい。

2.2 試験方法

中空ねじりせん断試験は、Table 1 に示すように固化材添加量 C と平均有効主応力 $\sigma'_m (= (\sigma'_a + 2\sigma'_r)/3)$ 、材齢を変動因子とし、圧密応力比 $K (= \sigma'_d/\sigma'_a) = 0.4$ の異方応力状態として、所定の軸方向応力 σ'_a と側方向応力 σ'_r で圧密した。圧密後、排水条件で単調載荷した。また、ねじりせん断試験と同じ材齢で一軸圧縮試験を実施した。

3. 試験結果

3.1 せん断応力, 体積ひずみとせん断ひずみの関係

Fig.1 と Fig.2 には、圧密応力比 $K=0.4$ 、平均有効主応力

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	80	29, 41, 59, 82	0.4	28~31
	100				
	150				

$\sigma'_m=29, 41, 56, 82$ kN/m²、水・固化材質量比 $W/C=60, 80\%$ 、固化材添加量 $C=100$ kg/m³ に対するせん断応力 τ および体積ひずみ ε_v ～せん断ひずみ γ 関係の試験結果例を示した。Fig.1 より、 σ'_m の増加に伴って最大強度が大きくなっていることが明白である。また、最大強度に達した後では、せん断応力が減少しほぼ定常の残留応力状態に到達する傾向が見られる。 $W/C=60\%$ に比べ $W/C=80\%$ の試験結果は、最大強度が小さくなっており、破壊ひずみが大きくなっていることがわかる。Fig.2 では、 $W/C=60\%$ 、 $\sigma'_m=41$ kN/m² のデータを除けば、 σ'_m と W/C の増加に伴って、体積変化特性が収縮傾向に移行することが見て取れる。

3.2 せん断強度と残留強度の破壊規準

カオリン改良土のせん断強度 τ_d と残留強度 τ_{dr} について、べき関数型の破壊規準への適応性を検討する。

べき関数型のせん断強度と残留強度の破壊規準をそれぞれ (1) 式と (2) 式に示す。この規準式は、セメント改良砂に対する系統的な中空ねじりせん断試験結果から、砂の種類と密度、安定材の配合条件、材齢の影響を受けないこと、圧密応力の異方性に関しても σ'_m で表すことで圧密応力比の影響を受けないことが報告されている⁶⁾。

せん断強度に対する規準式：

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

残留強度に対する規準式：

$$\frac{\tau_{dr}}{\sigma'_{mo}} \frac{q_{uo}}{q_u} = \alpha_r \left(\frac{\sigma'_m}{\sigma'_{mo}} \frac{q_{uo}}{q_u} \right)^{\beta_r} \quad (2)$$

1：日大理工・学部・建築 2：日大理工・教員・建築 3：日大理工・大学院・建築

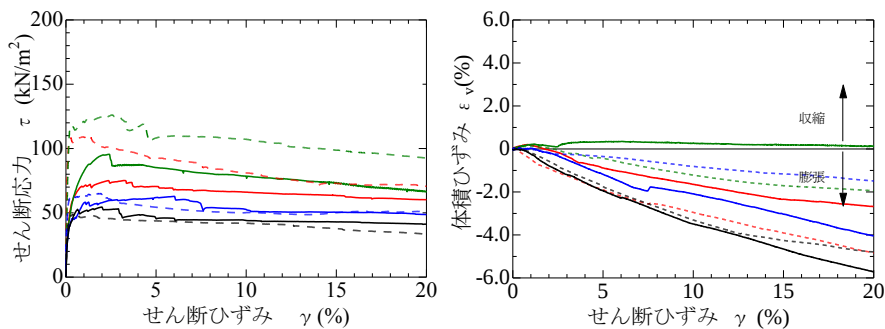


Table 2. Graph legends of Fig. 1 to Fig. 2

Mカオリン C=100kg/m ³ W/C=80% K=0.4	
—	σ' _m =82kN/m ²
—	σ' _m =56kN/m ²
—	σ' _m =41kN/m ²
—	σ' _m =29kN/m ²
Mカオリン C=100kg/m ³ W/C=60% K=0.4	
—	σ' _m =82kN/m ²
—	σ' _m =56kN/m ²
—	σ' _m =41kN/m ²
—	σ' _m =29kN/m ²

Table 3. Graph legends of Fig. 3 to Fig. 4

カオリンA		固化材A			
	C (kg/m ³)	W/C (%)	K	材齢 (日)	
○	50	60	1.0	28~31	
△	100	60	1.0	28~31	
□	150	60	1.0	28~31	
◎	50	60	0.7	28~31	
▲	100	60	0.7	28~31	
■	150	60	0.7	28~31	
○	50	60	0.4	28~31	
△	100	60	0.4	28~31	
□	150	60	0.4	28~31	
●	50	60	0.4	365~367	
▲	100	60	0.4	365~367	
■	150	60	0.4	365~367	
カオリンA		固化材B			
○	50	60	0.4	28~31	
△	100	60	0.4	28~31	
□	150	60	0.4	28~31	
○	50	80	0.4	28~31	
△	100	80	0.4	28~31	
□	150	80	0.4	28~31	

カオリンB		固化材B			
	C (kg/m ³)	W/C (%)	K	材齢 (日)	
▲	100	60	0.4	436, 437	

蛙目粘土		固化材B			
	C (kg/m ³)	W/C (%)	K	材齢 (日)	
○	50	60	0.4	28~31	
△	100	60	0.4	28~31	
□	150	60	0.4	28~31	

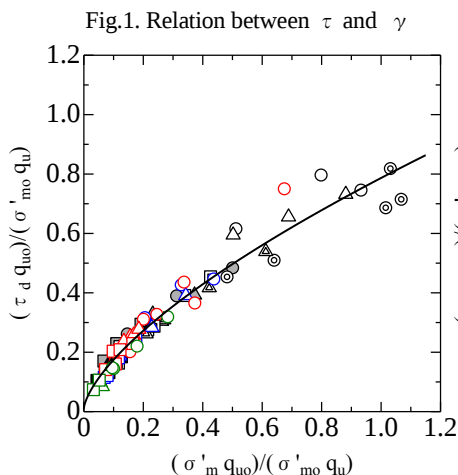


Fig.3. Relations of normalized τ_d and σ'_m

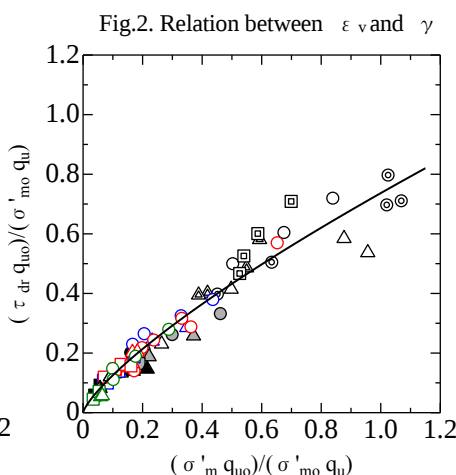


Fig.4. Relations of normalized τ_{dr} and σ'_m

ここに、 q_u/q_{u0} はセメンテーション効果の度合を表す指標⁷⁾で、 q_u は一軸圧縮強度(kN/m²)、 q_{u0} は基準一軸圧縮強度(=98kN/m²)、 σ'_{m0} は基準平均有効主応力(=98kN/m²)、 α_p 、 β_p 、 γ 、 α_r 、 β_r は強度定数である。ここで、 β_p と β_r は、圧密応力によって変化する内部摩擦角と関連づけられる量であり、 $\beta_p=\beta_r=1.0$ のときには線形関係が成立することになる。従って、この場合にはCoulombの破壊規準と同じになる。

Fig3 と Fig4 には、それぞれ $\tau_d \sim \sigma'_m$ 関係と $\tau_{dr} \sim \sigma'_m$ 関係についてセメンテーション効果の相違(水・固化材質量比、固化材の種類、固化材添加量、粘土の種類、材齢)による影響を取り除くために q_u/q_{u0} で除し、さらに σ'_{m0} で正規化した関係を示した。両図中には、せん断強度に対する(1)式と残留強度に対する(2)式の規準式を実線で示した。

Fig3 と Fig4 より、カオリン改良土の正規化した $\tau_d \sim \sigma'_m$ 関係と $\tau_{dr} \sim \sigma'_m$ 関係の試験結果には水・固化材質量比、固化材の種類、固化材添加量、粘土の種類、材齢の影響を受けない相関関係が認められる。また、カオリン改良土の正規化したせん断強度と残留強度に対して、べき関数型の規準式関数型の規準式が適用できることが見て取れる。

4. まとめ

本報告をまとめると以下の通りである。

- ①セメント改良粘土の正規化したせん断強度、残留強度と平均有効主応力の関係は、粘土の種類、安定材の種類と配合

条件(固化材添加量と水・固化材質量比)、圧密応力比、材齢の影響を受けない相関関係が認められた。

- ②セメント改良粘土のせん断強度と残留強度は、セメンテーション効果の度合を表す指標である一軸圧縮強度をパラメータとするべき関数型の破壊規準に適応することが確認された。

【参考文献】

- 1)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.
- 2)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.
- 3)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
- 4)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，pp.159-160，2014.
- 5)中浜悠史他：粘性土改良土の強度・変形特性－粘土の種類の影響－，平成 27 年度日本大学理工学部学術講演会論文集，pp.141-142，2015.
- 6)例えば、山田雅一：セメント系安定処理砂の力学特性，セメント・コンクリート論文集，Vol.68，pp.529-536，2014.
- 7)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，日本建築学会構造系論文集，第 570 号，pp.107-114，2003.