

セメント改良砂の強度・変形特性
その 19 長期材齢におけるべき関数型の破壊規準への適用性
Deformation and Strength Characteristics of Cement-Treated Sands
Part 19. Applicability of Failure Criterion of Power Function Type in Long Ages

○近藤壮一郎¹, 山田雅一², 道明裕毅²

*Soichiro Kondo¹, Masaichi Yamada², Yuki Domyo²

Abstract: The objective of this study is to obtain the mechanical properties of cement-treated sands in long ages. To this end, the hollow cylindrical torsional shear tests and the unconfined compression tests were performed by means of the samples of cement-treated Toyoura sand. In this paper, the proposed failure criterion of the power function type was applied to the experimental results of the cement-treated sands.

1. はじめに

セメント安定処理地盤を構造物の基礎地盤として有効に活用するには、安定処理地盤の健全性評価手法や維持管理技術を整備・開発する必要がある。現在、安定処理地盤の設計や品質管理は一軸圧縮強度で評価する場合が非常に多い。この一軸圧縮強度を基本物性値として、セメント安定処理土の正確な強度・変形特性と関連付けることができれば、安定処理地盤の設計法の高度化や合理的な健全性評価手法を構築することができるものと考えられる。

本報告では、材齢が約16年と約20年経過したセメント改良砂に対して実施した圧密排水条件での中空ねじりせん断試験から一軸圧縮強度を適切に評価することで、長期材齢におけるセメント改良砂のせん断強度と残留強度はべき関数型の破壊規準¹⁾に適合することを示す。

2. 試験概要

本試験に用いた試料は豊浦砂(土粒子の密度 $\rho_s=2.631 \text{ g/cm}^3$, 最大間隙比 $e_{\max}=0.97$, 最小間隙比 $e_{\min}=0.62$, 平均粒径 $D_{50}=0.17\text{mm}$)である。供試体の作製方法については、既報²⁾を参照されたい。安定材はセメント系固化材を用い、混和材にはベントナイトを用いた。固化材とベントナイトの配合条件を Table1 に示す。本試験は、固化材添加量 $C=100,160\text{kg/m}^3$, 水・固化材質量比 $W/C=100\%$, ベントナイト・固化材質量比 $B/C=3\%$ で材齢が約 16 年と約 20 年経過したセメント改良砂供試体に対して圧密応力条件を影響因子として実施した。試験供試体は、ねじりせん断試験用が外径 10cm, 内径 6cm, 高さ 10cm の中空円筒供試体, 一軸圧縮試験用が直径 5cm, 高さ 10cm の円柱供試体である。いずれの供試体も大気圧中で水中養生したものである。

本試験では、Table1 に示した所定の圧密応力で圧密し、排水ねじりせん断試験を実施した。荷重(トルク)の載荷方法は、ひずみ制御であり、せん断ひずみ速度は $0.025\%/min$ とした。また、中空ねじりせん断試験と同一材齢で一軸圧縮試験を JIS A 1216 に準じて別途実施した。

Table 1. Production conditions of sample and test condition

Stabilizer amount C (kg/m ³)	Water-to-stabilizer ratio W/C (%)	Bentonite-to-stabilizer ratio B/C (%)	Mean effective stress σ'_m (kN/m ²)	Anisotropic consolidation stress ratio K	Age (days)
100	100	3	29,41	0.4	5758-5763
160			29,41	0.4	5813-5818
100			29,41, 59, 82	0.4	7347-7388
			39	0.6	6976
			44	0.8	6980
			49, 69	1.0	6965-7502

3. 安定処理砂の破壊規準

筆者らは、セメント改良砂に対して、中空ねじりせん断試験結果に基づいて(1)式と(2)式に示したべき関数型の破壊規準を提案している¹⁾。

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：

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

ここに、 q_u/q_{uo} はセメンテーション効果の度合いを表す指標¹⁾で、 q_u は一軸圧縮強度(kN/m²)、 q_{uo} は基準一軸圧縮強度(=98kN/m²)、 σ'_{mo} は基準平均有効主応力(=98 kN/m²)、 α_p , β_p , γ , α_r , β_r は強度定数である。

1：日大理工・院(前)・建築 2：日大理工・教員・建築

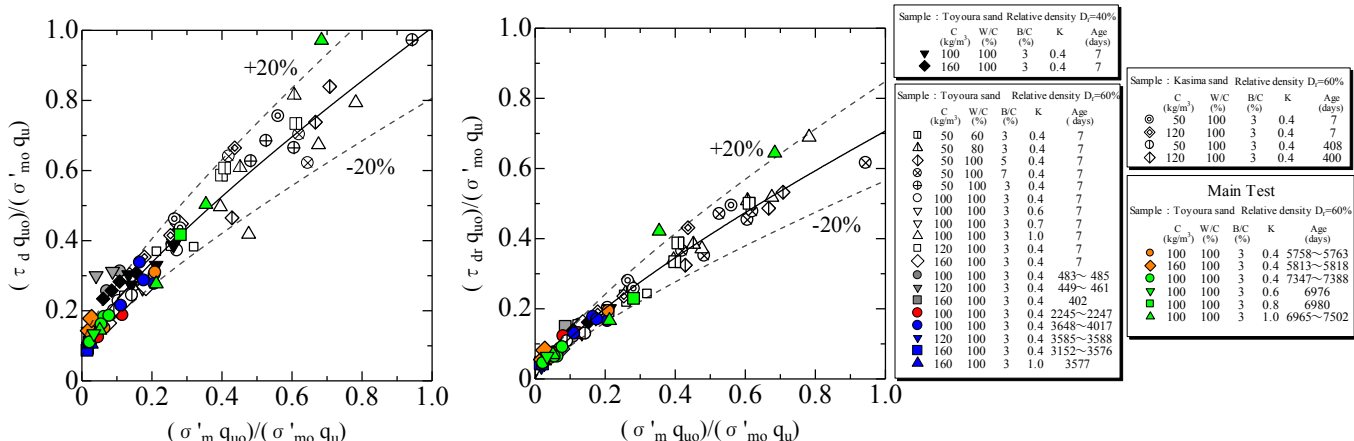


Fig.1. Relation between normalized τ_d and σ'_m Fig.2. Relation between normalized τ_{dr} and σ'_m

Fig.1とFig.2は、中空ねじりせん断試験で得られた材齢が約16年と約20年のセメント改良砂のせん断強度 τ_d 、残留強度 τ_{dr} と平均有効主応力 σ'_m の関係を $(q_u q_{uo})$ で除し、さらに σ'_{mo} で正規化した関係を両対数グラフでそれぞれ示した。両図中には、それぞれせん断強度と残留強度に対するべき関数型の式(1)と式(2)の破壊規準式を実線で示した。また、両図中には、材齢約16年と約20年の本試験結果と、文献1)で報告した砂の種類と密度、安定材と混和材の配合条件、材齢、圧密応力比を影響因子として実施した材齢約10年までの試験結果を併せ示した。Fig.1より、正規化したせん断強度は材齢が約16年と約20年のセメント改良砂の本試験結果に対してもべき関数型の破壊規準式が適合することが見て取れる。また、Fig.2より、正規化した残留強度も同様に、材齢が約16年と約20年の本試験結果に対して、べき関数型の破壊規準式が適合することが見て取れる。

材齢が約16年と約20年のセメント改良砂のせん断強度と残留強度の本試験結果と、式(1)と式(2)を用いて算出したせん断強度と残留強度の推定値を比較する。式(1)と式(2)を適用するに当たって、式中の各強度定数は材齢が約10年までの値を用い、 q_u 値は実測値を σ'_m の値は試験条件を用いた。

Fig.3に、本試験で得られた材齢が約16年と約20年のセメント改良砂のせん断強度 τ_d と残留強度 τ_{dr} の実測値と推定値を比較して示した。Fig.3より、材齢が約16年と約20年のせん断強度と残留強度の実測値と推定値は概ね良い対応を示していることが分かる。

従って、セメント改良砂のせん断強度と残留強度を評価する場合、一軸圧縮強度は材齢に関わらず主要なパラメータと位置付けられ、一軸圧縮強度を適切に評価することでセメント安定処理地盤の健全性を評価できることが示唆される。

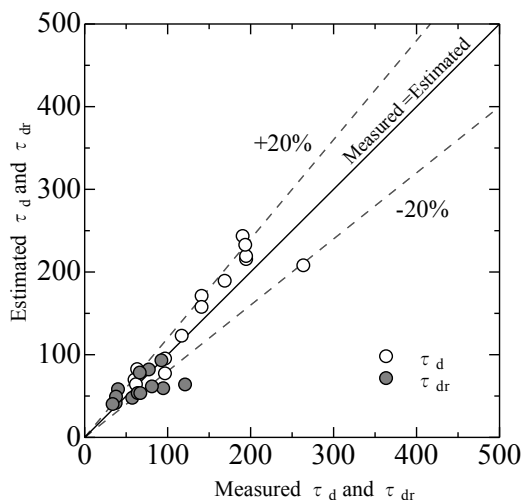


Fig.3. Comparison of estimate valued and measured value

4. まとめ

長期材齢におけるセメント改良砂の強度特性を把握するために、材齢が約16年と約20年経過したセメント改良砂に対して中空ねじりせん断試験と一軸圧縮試験を実施した。

本報告をまとめると以下のとおりである。

- ① 材齢約16年と約20年のセメント改良砂のせん断強度と残留強度は、一軸圧縮強度を主要なパラメータとするべき関数型の破壊規準に適合することが確認された。
- ② 一軸圧縮強度は、材齢に関わらずセメント安定処理地盤の健全性を評価するのに主要なパラメータとして位置付けられる。

【参考文献】

[1] 山田雅一:セメント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
 [2] 山田雅一ほか: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.