

セメント改良砂の強度・変形特性
その21 25年経過した試料の健全性の評価

Deformation and Strength Characteristics of Cement-Treated Sands
Part 21 Integrity Evaluation of Specimens Cured for About 25 Years

○小林源太², 山田雅一¹, 道明裕毅¹, 中村泰之³, 長崎奨³

*Genta Kobayashi², Masaichi Yamada¹, Yuki Domyo¹, Yasuyuki Nakamura³, Sho Nagasaki³

Abstract: The objective of this study is to obtain the mechanical properties of cement-treated sands in long ages. To this end, the BE tests and the unconfined compression tests were performed by means of the samples of cement-treated Toyoura sand. In this paper, the proposed evaluating method of long-term characteristics was applied to the experimental result of 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さで評価する場合が多い。一軸圧縮試験は簡便なせん断試験であり、諸機関では膨大なデータが蓄積されている。この一軸圧縮強さを基本物性値として、セメント改良砂の強度・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。また、建築・土木構造物の耐用年数を考えると、今後もセメント安定地盤を構造物基礎地盤として積極的に活用するためには、安定処理地盤の長期的な強度・変形特性の経年変化を把握することが必要である。文献1)では、長期材齢における安定処理地盤の健全性を評価するために、材齢が約20年までのセメント改良砂に対して系統的なせん断試験と弾性波試験を行い、せん断弾性係数(あるいはせん断波速度)が健全性を評価するための指標になることを示した。

本報告では、材齢が約25年経過したセメント改良砂に対して一軸圧縮試験とベンダーエレメント試験(以下、BE試験)を行い、文献1)で提示されたセメント改良砂の長期特性の評価方法について検討する。

2. 試験概要

2.1 試料、固化材の配合および試験条件

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。安定材はセメント系固化材を用いた固化材とベントナイトの配合条件を Table1 に示す。一軸圧縮試験および BE 試験用の

円柱供試体(直径 5cm, 高さ 10cm)は、地盤工学会基準 JGS 0821 に準拠して作製した。供試体の養生方法は、所定材齢まで大気圧下での水中養生とした。

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(%) | Age (day) |
|--|-------------------------------------|---|--------------|
| 50 | 80 | 3 | 8227~8341 |
| 100 | 100 | 3 | 8592~9083 |

2.2 試験方法

BE試験は、文献2)で提案された試験方法に基づいて実施した。この試験方法の特長は、送信電圧波と受信電圧波のリサージュ応答から同定した共振周波数を用いて BE 試験を行うことにより、容易かつ確実に受信電圧波形の到達を判別できることである。せん断波の伝播時間の算出方法については、地盤工学会基準 JGS 0544 に準じた。

一軸圧縮試験は、BE試験後に JISA 1216 に準拠して実施した。

3. 長期特性の評価

3.1 一軸圧縮強さとせん断弾性係数の関係

一般に、地盤材料の初期せん断弾性係数 G_{\max} は式(1)で表される

$$G_{\max} = A \cdot \sigma'_r \cdot \left(\frac{\sigma'_m}{\sigma'_r} \right)^n \quad (\text{kN/m}^2) \quad (1)$$

ここに、A は実験定数、 σ'_m は平均有効主応力(kN/m²)、n は指数、 σ'_r は基準応力(=98kN/m²)である。

文献2)より、セメント改良砂の初期せん断弾性係数は拘束圧による依存性がほとんど見られないことから式(1)の指数 n はゼロとみなすことができる。また、文献1)では、係数 A はセメンテーションの結合力の大き

1 : 日大理工・教員・建築 2 : 日大理工・院(前)・建築 3 : 日大理工・学部・建築

さに依存しているとして、式(2)で表した。

$$A = a \cdot \left(\frac{q_u}{q_{uo}}\right)^m \quad (2)$$

ここに、 a は実験定数、 q_u は一軸圧縮強さ (kN/m^2)、 m は指数、 q_{uo} は基準一軸圧縮強さ($=98 \text{ kN/m}^2$)である。

次に、式(2)を式(1)に代入すると式(3)が得られる。

$$G_{\max} = a \cdot \left(\frac{q_u}{q_{uo}}\right)^m \cdot \sigma'_r \cdot \left(\frac{\sigma'_m}{\sigma'_r}\right)^n \quad (\text{kN/m}^2) \quad (3)$$

式(3)はセメント改良砂の初期せん断剛性係数 G_{\max} を評価する式である。

Fig.1には、 G_{\max}/σ'_r と q_u/q_{uo} の関係を示した。同図中の実線は材齢ごと(7日、1年、10年、16年、20年)に得られた $G_{\max}/\sigma'_r \sim q_u/q_{uo}$ 関係の曲線である。また、Tatuoka ら³⁾が報告した曲線を破線で併せ示した。 $C=50\text{kg/m}^3$ と $C=100\text{kg/m}^3$ の本試験結果は、それぞれ青丸と赤丸で示した。

Fig.2には、材齢に対する式(3)の係数 a と指数 m の関係を示した。

Fig.1より、本試験結果にはばらつきがみられるものの、材齢約20年の $G_{\max}/\sigma'_r \sim q_u/q_{uo}$ 関係の曲線上にほぼプロットされていることが分かる。

3.2 一軸圧縮強さから求めたせん断弾性係数と BE 試験によるせん断弾性係数の比較

BE 試験から得られるせん断弾性係数 G_{\max_BE} は式(4)で求められる。

$$G_{\max_BE} = \rho \cdot V_s^2 \quad (\text{kN/m}^2) \quad (4)$$

ここに、 ρ は供試体の湿潤密度(g/cm^3)である。

Fig.3に、一軸圧縮強さから式(3)を適用して求められたせん断弾性係数 G_{\max} (推定値)と BE 試験で求めたせん断弾性係数 G_{\max_BE} (実測値)の試験結果を比較して示した。

Fig.3より、式(3)から得られたせん断弾性係数の推定値 G_{\max} は、実測値 G_{\max_BE} を過小評価する傾向が見られるものの、セメント改良砂の長期特性を評価できる可能性が示唆される。

4. まとめ

材齢が約25年経過したセメント改良砂に対して一軸圧縮試験と BE 試験を実施した。文献1)による長期特性の評価方法で検討した結果、セメント改良砂の初期せん断弾性係数 G_{\max} は、固化材添加量と材齢に関わらず一軸圧縮強さ q_u から評価できることが示唆された。また、初期せん断弾性係数あるいはせん断波速度がセメント安定処理地盤の健全性を評価するための指標の一つとなる可能性が示唆された。

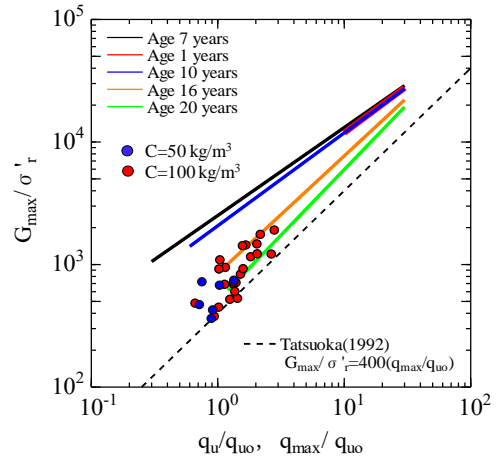


Fig.1 Relation between G_{\max}/σ'_r and q_u/q_{uo}

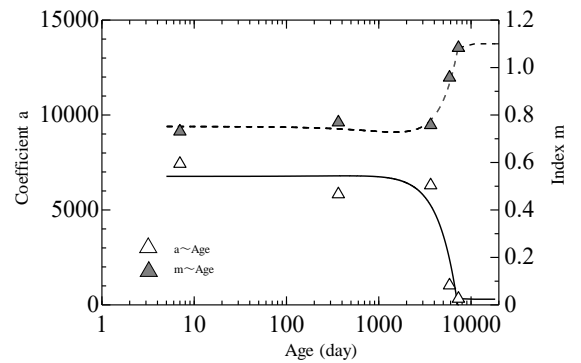


Fig.2 Relation between estimated coefficient a , index m and Age

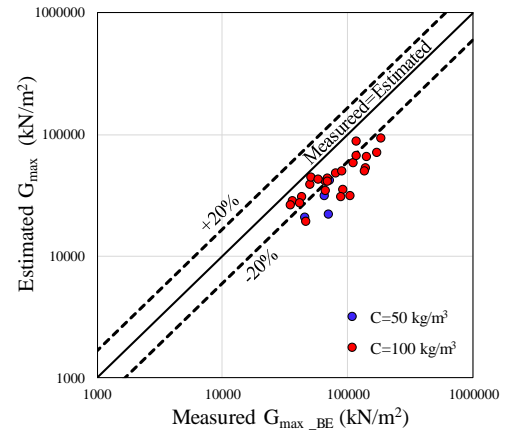


Fig.3 Relation between estimated G_{\max} and measured G_{\max_BE}

【参考文献】

- [1]山田雅一ほか：20年経過したセメント安定処理砂の強度・変形特性，第13回地盤改良シンポジウム論文集，pp.161-168，2018
- [2]山田雅一ほか：セメント安定処理土の初期せん断剛性の評価，第12回地盤改良シンポジウム論文集，pp.117-122，2016
- [3]Tatuoka,F. and Shibuya,S. : Deformation Characteristics of Soil and Rocks From Field and Laboratory Tests.Theme Lecture 1,Proc.Ninth Asian Regional on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Vol 2, pp.101-170, 1992