

粘性改良土の強度・変形特性  
初期せん断弾性係数に及ぼす拘束圧の影響

Strength and Deformation Characteristics of Cemet-Treated Clays  
Effect of Confining Pressure on Initial Shear Modulus

○陳建国<sup>1</sup>, 山田雅一<sup>2</sup>, 道明裕毅<sup>2</sup>, 近藤壮一郎<sup>3</sup>, 土肥誠一郎<sup>1</sup>

\*Jianguo Chen<sup>1</sup>, Masaichi Yamada<sup>2</sup>, Yuki Domyo<sup>2</sup>, Soichiro Kondo<sup>3</sup>, Seichiro Dohi<sup>1</sup>

Abstract : The objective of this study is to obtain the mechanical properties of cement-treated soils by the cement stabilization. For this purpose, the bender element test and triaxial compression test were carried out using cemet-treated clays. In this paper, the initial shear modulus was investigated by comparing the bender element test result in triaxial compression test with previously reported hollow torsion test data.

1. はじめに

既報<sup>1)</sup>では、静的載荷法による中空ねじりせん断試験とベンダーエレメント(BE)試験による波動試験を用いた簡易なセメント安定処理土の初期せん断弾性係数の評価法<sup>2)</sup>から安定処理粘土の初期せん断弾性係数は拘束圧に依存しないことを報告している。しかし、両者の試験結果には定性的な傾向は確認できたもののバラツキが見られた。そこで本報では、同一供試体に対して BE 試験を用いて三軸圧縮試験による等方圧密の載荷・除荷過程での初期せん断弾性係数  $G_{max}$  の評価を試みた。

2. 試験概要

2.1. 試料

本試験で用いた試料はカオリン A である。カオリンの物性的性質を Table1 に示す。安定材にはセメント系固化材を用いた。本試験では、Table2 に示したセメント系固化材の配合条件で作製したセメント安定処理土供試体に対して三軸圧縮試験と BE 試験を行った。固化材添加量 C は乾燥試料土 1m<sup>3</sup> に対する固化材量である。供試体は一軸圧縮試験用の円柱供試体(直径 5cm 高さ 10cm)を地盤工学会基準 JGS 0821 に準拠して作製した。供試体の養生方法は、地下水面以下の安定処理地盤を想定して所定材齢まで大気圧中で水中養生した。

Table1. Physical properties of samples

Soil particle density $\rho_s(\text{g/cm}^3)$	Liquid limit $w_L(\%)$	Plastic limit $w_p(\%)$	Plasticity index $I_p$
2.663	63.5	33.0	30.5

Table2. Production conditions of sample

Stabilizer amount C(kg/m <sup>3</sup> )	Water-to-stabilizer ratio W/C(%)	Age(days)	Symbol	
			Load	Unload
50	60	21~31	●	●
100			▲	▲

2.2. 試験方法

Fig.1 に示すように三軸圧縮試験における等方圧密過程で 50 kN/m<sup>2</sup> の等方応力( $\sigma'_a = \sigma'_h$ )を段階的に同じ応力経路で載荷・除荷した。また、赤プロットの各段階で BE 試験を二回実施した。次に BE 試験により試料のせん断波速度  $V_s$  を算出して、初期せん断弾性係数  $G_{max}(=\rho_t V_s^2)$  を求める<sup>1)</sup>。ここに、 $\rho_t$  は供試体の湿潤密度(g/cm<sup>3</sup>)である

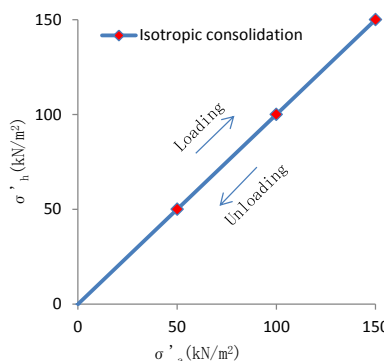


Fig.1. Stress path

3. 試験結果

3.1 初期せん断弾性係数と平均有効主応力の関係

本試験による  $G_{max}/\sigma'_r \sim \sigma'_m/\sigma'_r$  関係の試験結果を固化材添加量別にそれぞれ Fig.2(a), (b)に示す。同図には同一の配合条件下での中空ねじりせん断試験結果も併せて示した。

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

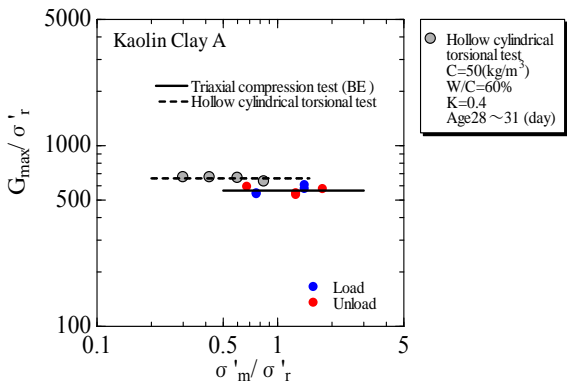


Fig.2. (a)Relation between  $G_{max}$  and  $\sigma'_m$

Fig.2(a), (b)より,  $C=100(kg/m^3)$ の中空ねじりせん断試験結果にはバラツキが見られるものの拘束圧に依存しないことが分かる. 一方, BE 試験を用いた三軸圧縮試験による等方圧密の載荷・除荷過程での初期せん断弾性係数  $G_{max}$  の結果にはバラツキが見られず拘束圧  $\sigma'_m$  に依存せず, ほぼ一定の値を示している. このことから, 本試験結果の範囲では, セメント安定処理粘土の初期せん断弾性係数  $G_{max}$  は拘束圧  $\sigma'_m$  による依存性がないことが確認された. しかし, 同一配合条件下における中空ねじりせん断試験と三軸圧縮試験結果の相違は, 養生期間等の差異によるセメンテーション効果の影響によるものと考えられる.

### 3.2 初期せん断弾性係数と一軸圧縮強度の関係

既報<sup>1)</sup>では初期せん断弾性係数  $G_{max}$  を評価式として式(1)を提案している.

$$G_{max} = \alpha \cdot \left(\frac{q_u}{q_{u0}}\right)^m \cdot \sigma'_r \cdot \left(\frac{\sigma'_m}{\sigma'_r}\right)^n \quad (\text{kN/m}^2) \quad (1)$$

ここに,  $\alpha$  は実験定数,  $m, n$  は指数,  $q_{u0}$  は基準一軸圧縮強度(= 98  $\text{kN/m}^2$ )である<sup>3)</sup>.  $\sigma'_m$  は平均有効主応力 ( $\text{kN/m}^2$ ),  $\sigma'_r$  は基準応力(= 98  $\text{kN/m}^2$ )である.

3.1 節で述べたように, 初期せん断弾性係数は拘束圧  $\sigma'_m$  に依存しないので式(1)中の指数  $n$  はゼロと見なすことができる. したがって  $G_{max}$  評価式は簡略化した式(2)で表している

$$G_{max} = \alpha \cdot \left(\frac{q_u}{q_{u0}}\right)^m \cdot \sigma'_r \quad (\text{kN/m}^2) \quad (2)$$

Fig.3には式(2)による  $G_{max}/\sigma'_r \sim q_u/q_{u0}$  関係の試験結果を示した. 同図には既報<sup>1)</sup>の中空ねじりせん断試験結果から得られた式(3)を実線で併せ示した.

$$G_{max} = 455 \cdot \left(\frac{q_u}{q_{u0}}\right)^{0.87} \cdot \sigma'_r \quad (\text{kN/m}^2) \quad (3)$$

Fig.3 より, セメント安定処理粘土の  $G_{max}/\sigma'_r \sim q_u/q_{u0}$

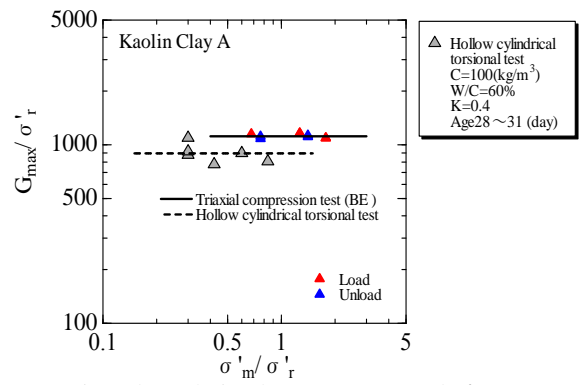


Fig.2. (b) Relation between  $G_{max}$  and  $\sigma'_m$

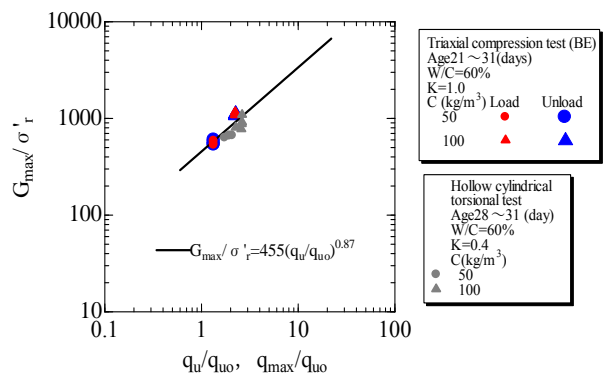


Fig. 3. Relation between  $G_{max}/\sigma'_r$  and  $q_u/q_{u0}$

関係の本試験結果は相関性が高く, 本試験結果のプロットした点は概ね式(3)の線上にあることが分かる.

このことからの初期せん断弾性係数  $G_{max}$  は, 安定材の配合条件および材齢に関わらず一軸圧縮強度から評価できることが示唆できる.

### 4. まとめ

本報告をまとめると以下のとおりである.

- ①BE 試験を用いた三軸圧縮試験によるセメント安定処理土の  $G_{max}/\sigma'_r \sim \sigma'_m/\sigma'_r$  関係は, 拘束圧  $\sigma'_m$  に依存しないことを確認した.
- ②セメント安定処理粘土の初期せん断弾性係数  $G_{max}$  は, 安定材の配合条件および材齢に関わらず一軸圧縮強度  $q_u$  から評価できることが示唆された.

### 参考文献

- 1) 山田雅一 他:セメント系安定処理粘土の初期せん断剛性に関する検討,セメント・コンクリート論文集,Vol. 71, Vol. 1, pp. 639-644, 2017.
- 2) 山田雅一 他:セメント安定処理粘土の初期せん断弾性係数の評価,第12回地盤改良シンポジウム論文集,pp.117-122,2016.
- 3) 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,Vol.570,pp.107-114,2003.