B-73

粘性土改良土の強度・変形特性
ー水・固化材質量比の影響（その 2）ー
Strength and Deformation Characteristics of Cement-Treated Clays
ーInfluence of Water-Stabilizer Ratio(Part2)ー

○佐藤 一毅[1]，山田 雅一[2]，中浜 悠史[3]
*Kazuki Sato[1], Masaichi Yamada[2], Yushi Nakahama[3]

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 clays. In this paper, the results showed that the initial shear modulus ‘G_{max}’ of cement-treated clays can be approximately evaluated from the unconfined compression strength ‘q_u.’

１．はじめに

安定処理地盤と構造物の変形問題を検討する場合には，セメント改良粘土の変形特性，特に弾性係数などを正確に求めることが必要となる．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に，粘土を安定処理したセメント改良粘土に対して，粘土の種類および安定材の種類と配合条件，圧密応力条件，材齢を影響因子とした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・固化材質量比を影響因子とした本試験結果と既報 1）～3）における中空ねじりせん断試験による変形特性試験結果と一軸圧縮試験結果に基づき，初期せん断弾性係数と一軸圧縮強度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

本試験に用いた試料はカオリン A である．固化材にはセメント系固化材 B を用いた．Table 1 には，セメント系固化材の配合条件を示した．また，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 倍である 120%とした．固化材添加量 C は，湿潤試料土 1m^3 に対する固化材量であり，昨年度までの試験では水・固化材質量比 W/C を 60%とした．本報告では，水・固化材質量比 W/C の影響を調べるために，実施工の範囲内の W/C＝80%で検討した．

2.2 試験方法

中空ねじりせん断試験は地盤内の応力状態を比較的忠実に再現することができる直接せん断試験である．

Table 1 に試験条件を示した．固化材添加量 C と平均有効主応力 σ'_m (=σ'_a＋2σ'_r)/3) を影響因子とし，圧密応力比 K(=σ'_r/σ'_a)=0.4 の等方および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．圧密終了後，Fig. 1 に示すようにひずみ制御で $\gamma=\pm10^{-5}$ のひずみレベルでの繰返し載荷を行って初期せん断弾性係数 G_{max} を求めてから，単調載荷した．また，中空ねじりせん断試験と同一材齢で，円柱供試体に対して一軸圧縮試験を JIS A 1216 に準じて別途実施した．

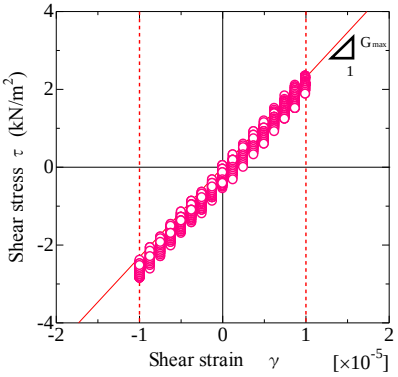

Fig.1. Relations of Shear stress and Shear strain

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				

３．初期せん断弾性係数と一軸圧縮強度の関係

一般に，地盤材料の初期せん断弾性係数 G_{max} は次式で表される．

$$G_{max}=A\cdot\sigma'_r\cdot\left(\frac{\sigma'_m}{\sigma'_r}\right)^n \qquad (1)$$

ここに，A は実験定数，σ'_m は平均有効主応力(kN/m^2)，n は指数であり，σ'_r は基準応力(=98 kN/m^2)である．

Fig.2 に本試験で W/C＝60%，80%の固化材 B によるカオリン改良土の G_{max}/σ'_r～σ'_m/σ'_r 関係の試験結果を示す．

同図中から，本試験結果の範囲では，セメント改良粘土の初期せん断弾性係数 G_{max} は平均有効主応力 σ'_m による依存性はほとんど認められない．しかし，粘土の種類および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），圧密応力条件，材齢の相違によって生じるセメントテーシ

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

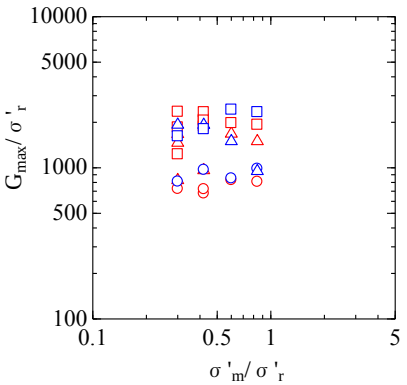

Fig.2. Relations of G_{max}/σ'_r and σ'_m/σ'_r

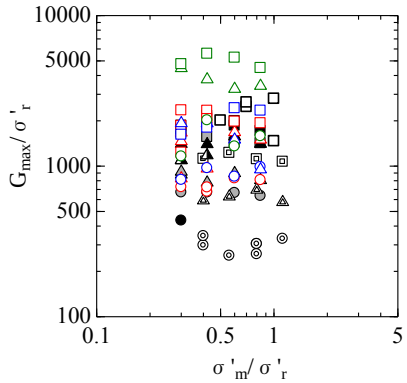

Fig.3. Relations of G_{max}/σ'_r and σ'_m/σ'_r

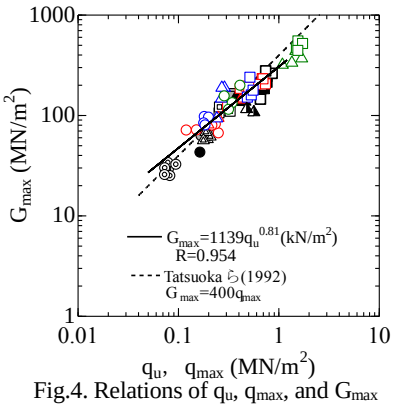

Fig.4. Relations of q_u, q_{max}, and G_{max}

Table 4. Graph legends of Fig. 2 to Fig. 4

固化材A W/C=60%
カオリンA
材齢28日～31日
C (kg/m³)K=0.7　K=0.4
50
100
150
材齢365日～367日
C (kg/m³)K=1.0　K=0.4
50
100
150

固化材B W/C=80%
カオリンA
材齢28日～31日
C (kg/m³)　K=0.4
50
100
150

固化材B W/C=60%
蛙目粘土
材齢28日～31日
C (kg/m³)　K=0.4
50
100
150
カオリンA
材齢28日～31日
C (kg/m³) K=0.4
50
100
150
カオリンB
材齢436日，437日
C (kg/m³)　K=0.4
100

ン効果の影響を受けていることは明らかである．

Fig.2 を含めた本試験によるセメント改良粘土の G_{max}/σ'_r ～ σ'_m/σ'_r 関係の試験結果を Fig.3 に示した．なお，若材齢における K=1.0 の条件下での変形特性試験は行っていない．Fig.3 から，セメント改良粘土の初期せん断弾性係数 G_{max} は圧密応力 σ'_m と圧密応力比 K による依存性はほとんど認められないが，配合条件（固化材添加量と水・固化材質量比）試験材齢の影響を受けていることは明らかである．従って，(1)式中の係数 A は固化材添加量と材齢の相違によるセメンテーションの結合力の大きさに依存しているものと考えられる．このセメンテーション効果の度合を表す指標は q_u/q_{uo} として表せるので [4]，係数 A は q_u/q_{uo} の関数で表されることが考えられ，(1)式は(2)式で表される．

$$\frac{G_{max}}{\sigma_r'}=\alpha\cdot\left(\frac{q_u}{q_{uo}}\right)^m \qquad (2)$$

ここに，α は実験定数，m は指数であり，q_{uo} は基準一軸圧縮強度(=98 kN/m²)である．

Fig.4 に本試験によるセメント改良粘土の G_{max} ～q_u 関係(=G_{max}/σ'_r～q_u/q_{uo} 関係)の試験結果を示した．Fig.4 中には，一軸圧縮強度 q_u は拘束圧がゼロの状態での排水三軸圧縮強度 q_{max} と見なせる [5]ことから，Tatsuoka ら [6]による三軸圧縮試験で得られた初期最大ヤング係数 E_{max} と三軸圧縮強度 q_{max} の関係式を示した．Tatsuoka らは人工的に固結した試料は E_{max}/q_{max}>1000(= G_{max}/q_{max}>400，ポアソン比 ν を 0.25 と仮定した．）になるとしており，その下限値である G_{max}=400q_{ma} の曲線を破線で示した．

Fig.4 より，セメント改良粘土の G_{max}～q_u 関係の本試験結果は相関性が高く（相関係数 R=0.954），Tatsuoka らが報告した曲線に近い位置にプロットされている．セメント改良粘土の本試験結果から(3)式で表した初期せん断弾性係数 G_{max} と一軸圧縮強度 q_u の関係式が得られ，同図中に実線で併せ示した．

$$G_{max} = 1139\cdot q_u^{0.81} \qquad (3)$$

このことから，セメント改良粘土の初期せん断弾性係数 G_{max} は，粘土の種類および安定材の種類と配合条件，圧密応力条件，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初期せん断弾性係数は，本試験結果の範囲では粘土の種類および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），圧密応力条件，材齢の影響を受けないことがわかった．

② セメント改良粘土の初期せん断弾性係数は，主としてセメンテーションの結合力の大きさに依存することを示した．

③ セメント改良粘土の初期せん断弾性係数は，一軸圧縮強度から評価できる可能性を示した．

【参考文献】

1) 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.

2)近岡周平：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.

3)中浜悠史：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.

4）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.

5）龍岡文夫：土質試験の課題と試験結果の評価－東京湾横断道路計画における土質工学の諸問題と室内土質試験－，土質工学会，「昭和 61 年度最近の土質・基礎に関する講習会」講演資料，1986.

6) Tatsuoka,F. et al.：Deformation Characteristics of Soils and Rocks from Field and Laboratory Tests, Theme Lecture 1, Proc.Ninth Asian Regional Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Vol.2, pp.101-170，1992.