

圧密養生したセメント安定処理土の微小ひずみレベルでの変形特性

山口大学大学院 学○河原陽子

山口大学工学部 正 鈴木素之 正 山本哲朗

山口大学大学院 学 平岡真樹

1.はじめに セメント安定処理土の養生時に作用させる上載圧が大きくなるほど一軸圧縮強度は直線的に増加し、その増加の度合いは土の種類や状態、安定材の種類や添加量、上載圧の大きさや載荷時間などによって異なる¹⁾。既報¹⁾における1/2強度割線係数 E_{50} について検討したが、供試体の変形状態の一様性を確保するための石膏によるキャッピングやベディングエラーの影響を受けない微小ひずみ領域における正確な変形特性を求められる局所変形測定装置²⁾（以下、LDTと称す）を用いるところまでできていない。本文は上載圧下で養生したセメント安定処理土に対してLDTを導入した一軸圧縮試験を実施し、安定処理土の微小変形特性について検討したものである。

2. 試験概要

(1)変形係数の定義 図-1に模式的に示すように、式(1)および(2)にそれぞれ割線変形係数 E_{sec} および E_{50} を示す³⁾。

$$E_{sec} = \frac{q_A - q_0}{\varepsilon_A} \quad (1)$$

$$E_{50} = \frac{(q_u - q_0)/2}{\varepsilon_{at q_u/2}} \quad (2)$$

ここで、 q_A は点Aにおける圧縮応力、 q_0 は軸圧縮開始時の圧縮応力、 ε_A は点Aにおける圧縮ひずみ、 q_u は一軸圧縮強度、 $\varepsilon_{at q_u/2}$ は $q_u/2$ のときの圧縮ひずみである。また、 E_{max} は微小ひずみ領域における応力・ひずみ関係の傾きである。すなわち E_{max} は E_{sec} の最大値であり、この領域が線形弾性領域であるならば $E_{sec} = E_{max}$ である。

(2)試験装置および手順 写真-1の新規開発した三連小型圧密養生装置を用いて、上載圧下で所定期間、安定処理土供試体（直径30mm、高さ60mm）を養生した。本装置は従前のモールド型圧密養生装置¹⁾とは異なり、上載圧を任意に変化させることができる。なお、供試体の小型化による寸法効果の影響はないことを事前に確認している。これに引き続いて、安定処理土供試体に対してLDTを導入した一軸圧縮試験を実施した。

(3)試験ケース 土試料としてカオリン（ $\rho_s = 2.662 \text{ g/cm}^3$, $w_L = 62.0\%$, $I_p = 21.8$, $F_{clay} = 98.0\%$ ）を用いた。安定材は一般軟弱土用固化材である。養生日数 $T_c = 7, 14, 28 \text{ days}$ の3通り、養生時上載圧 $\sigma_v = 0, 49, 98, 147 \text{ kPa}$ の4通り、安定材添加量 $Q_c = 50, 100, 150 \text{ kg/m}^3$ の3通りに各々変化させ、 σ_v 、 T_c および Q_c が E_{max} に及ぼす影響について検討した。

3. 試験結果と考察

(1)上載圧下で養生した安定処理土供試体の変形挙動 図-2に $T_c = 28 \text{ days}$, $Q_c = 50 \text{ kg/m}^3$, $\sigma_v = 147 \text{ kPa}$ で上載圧下養生した供試体の

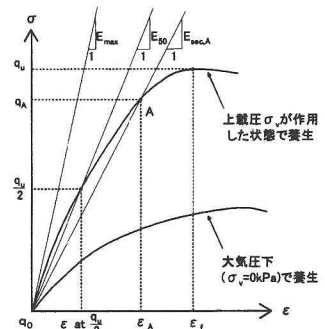


図-1 各種変形係数の定義³⁾

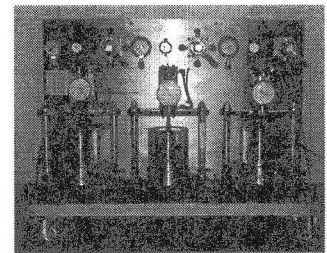


写真-1 三連小型圧密養生装置

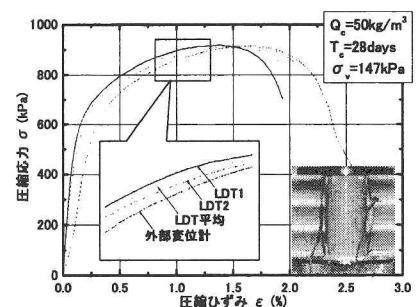


図-2 上載圧下養生供試体の圧縮応力 σ と圧縮ひずみ ε の関係

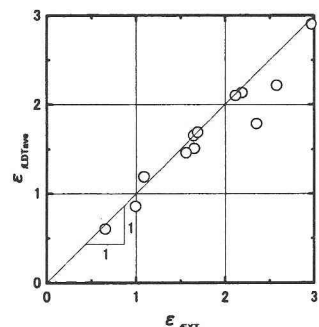


図-3 LDTと外部変位計による ε_f の違い

圧縮応力 σ と圧縮ひずみ ε の関係を示す。LDT による圧縮ひずみ ε_{LDT} は外部変位計による圧縮ひずみ ε_{EXT} より小さい値を示している。図-3 に外部変位計によって測定された破壊ひずみ ε_{EXT} および 2 基の LDT によって測定された破壊ひずみの平均値 ε_{LDTave} の関係を示す。 ε_{LDTave} のほうが ε_{EXT} よりも小さい値をとっていることがわかる。この両者の差は供試体の端面整形時に形成された緩み層⁴⁾によるものと考えられ、LDT による軸変位の測定により、これを除去することができる。図-4 に図-2 の $\varepsilon=0\sim0.01\%$ の範囲における σ と ε の関係を示す。LDT で測定した微小ひずみレベルでの初期応力とひずみの関係の傾きである E_{max} は線形関係が概ね認められる $\varepsilon=0.01\%$ 以下の実測値に対して最小二乗法を適用して求めた。図-5 に LDT と外部変位計によって測定した軸変位から算出する変形係数 $E_{50LDTave}$ 、 E_{50EXT} および E_{max} と σ_v の関係を示す。 σ_v の増加に伴って、 q_u が増加する傾向と同様に、 $E_{50LDTave}$ 、 E_{50EXT} および E_{max} はそれぞれ増加する傾向にある。また、いずれの σ_v においても、 E_{50EXT} に比べて、 $E_{50LDTave}$ のほうが大きくなっている。これも前述したように、LDT による軸変位の測定によってベディングエラーを除去して変形係数を把握できたためである。また、 σ_v の増加に伴い、 E_{max} と $E_{50LDTave}$ の間の差が大きくなるようである。

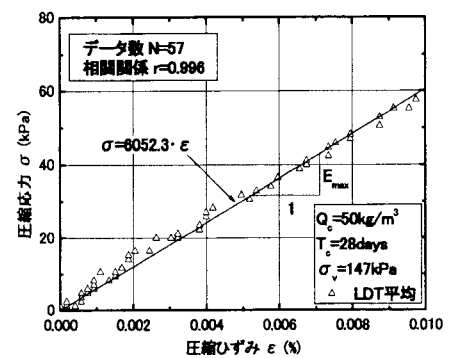


図-4 E_{max} の算出

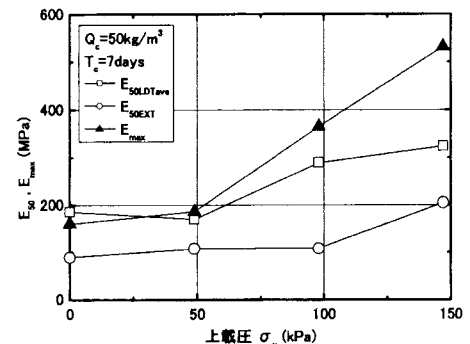


図-5 養生時上載圧 σ_v と E_{50} 、 E_{max} の関係

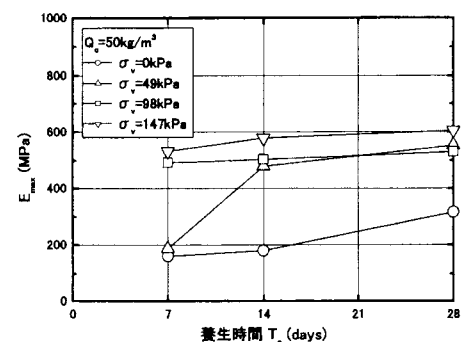


図-6 養生時間 T_c と E_{max} の関係

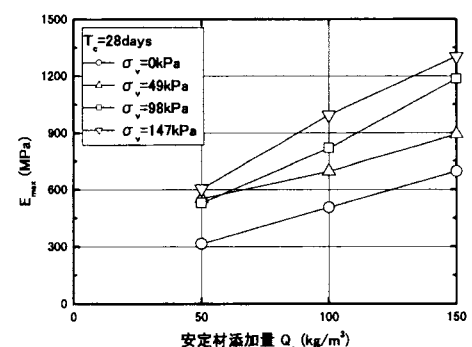


図-7 安定材添加量 Q_c と E_{max} の関係

(2)養生時間の影響 図-6 に T_c と E_{max} の関係を示す。 T_c が増加するに従ってわずかに E_{max} が増加する傾向がみられ、 $\sigma_v=49$ kPa の場合を除いて、その増加の傾向はほぼ一様である。この傾向は、養生初期に生じた σ_v による骨格構造の変化による強度差を保持したまま、 T_c の増加すなわちセメンテーションの発達に伴って q_u が単調に増加することから概ね説明できる。

(3)安定材添加量の影響 図-7 に Q_c と E_{max} の関係を示す。 Q_c の増加に伴って E_{max} が増加する傾向が認められる。ただし、 $Q_c=50$ kg/m³ の場合、 σ_v の大きさによる E_{max} の差異が生じていない。 σ_v と q_u の関係は直線的であり、その傾き α は Q_c の増加に伴って大きくなる傾向にある。このことから、 Q_c の増加に伴って、各 σ_v における E_{max} の値の差が大きくなっていると考えられる。

4. 結論 本文で得られた知見は以下のとおりである。

- (1) 上載圧の増加に伴い、1/2 強度割線変形係数 E_{50} は増加し、微小ひずみ領域での割線変形係数の最大値 E_{max} も増加する。
- (2) 養生時間の増加に伴って E_{max} は増加する。
- (3) 安定材添加量の増加に伴って E_{max} は増加する。

【参考文献】 1) 山本ほか：上載圧下で養生したセメント安定処理土の一軸圧縮強度特性，土木学会論文集，No. 701/Ⅲ-58，pp. 387-399，2002. 2) Goto et al. : A simple gauge for local strain measurements in the laboratory, Soils and Foundations, Vol.31, No.1, pp.169-180, 1991. 3) 佐藤ほか：各種土質材料の変形係数とせん断強度の関係，第 25 回土質工学研究発表会，pp.715-718，1990. 4) 龍岡ほか：ベディングエラー，土と基礎，Vol. 42, No. 9, pp.53-55，1994.