

セメント安定処理土の一軸圧縮強度に及ぼすせん断履歴の影響

山口大学大学院 学 ○久保田 晃

山口大学工学部 正 鈴木素之 山本哲朗

1. はじめに 安定処理地盤中の土要素は拘束圧を受けた状態にあり、圧密に伴う密度増加と安定材の水和反応に伴う固化(セメンテーション)が同時に進行し、相当な強度増加が期待される。しかし、セメント安定処理土の施工に際して、段階施工など施工方法によっては養生中に非排水せん断を受け、セメンテーションが損傷する可能性が考えられる。しかし、セメンテーションが発達段階に受ける外力によって損傷した場合の力学的挙動については未解明な点が多い。本研究では、養生初期にせん断履歴を与えた供試体に対する一軸圧縮試験の結果に基づいて、セメント安定処理土に及ぼすせん断履歴の影響について検討した。

2. 試験概要

2.1 変形係数の定義 図-1 に模式的に示す応力 σ と軸ひずみ ε の関係において、割線変形係数 E_{sec} および1/2強度割線変形係数 E_{50} をそれぞれ式(1)および式(2)のように定義する¹⁾。

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

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

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 は一軸圧縮強さ、 $\varepsilon_{atq_u/2}$ 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 $E_{sec}=E_{max}$ となる。

2.2 試験に用いた土試料・安定材 土試料はカオリン($\rho_s=2.662\text{g/cm}^3$, $w_L=62.0\%$, $I_p=21.8$, $F_{clay}=98.0\%$)であり、安定材は一般軟弱土用固化材を用いた。土試料と安定材の配合手順は地盤工学会基準「安定処理土の締固めをしない供試体作製(JGS0821-2000)」²⁾に準じた。キャッピングに使う石膏は歯科用焼石膏を用いた。

2.3 試験手順 直径50mm、高さ100mmのモールドで安定処理土供試体を養生した。所定期間 T_{c1} 養生後、一軸圧縮試験装置にセットして供試体の両端面をキャッピングし、所定の先行圧縮ひずみ ε_{pre} を加えるせん断履歴を与えた。その後、供試体を直径30mm、高さ60mmに切り出した。さらに所定期間 T_{c2} 養生した後、供試体端面をキャッピングし、LDTを用いて一軸圧縮試験を実施した(図-2参照)。LDTを導入することにより、ベディングエラーを含まない供試体の軸ひずみおよび微小ひずみ領域における正確な変形特性を求めることができる³⁾。本研究では安定材(添加量 $Q_c=50\text{kg/m}^3$)を添加したカオリンに対して、養生時間 $T_c(=T_{c1}+T_{c2})$ を7, 28daysの2通り、先行圧縮までの養生時間 T_{c1} を180, 360, 1440min, 7, 14daysの5通りに変化した。ただし、実験の都合上、先行圧縮時にはLDTを取り付けず、応力～ひずみ曲線はベディングエラーを含んだ結果になっていることに注意したい。先行圧縮過程で与える軸ひずみ ε_{pre} は公称値であり、

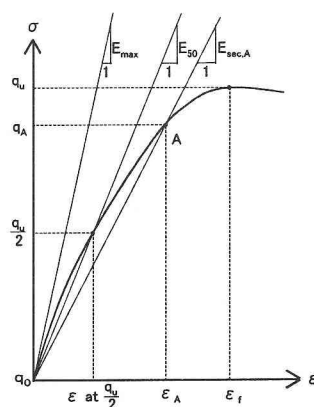


図-1 変形係数の定義

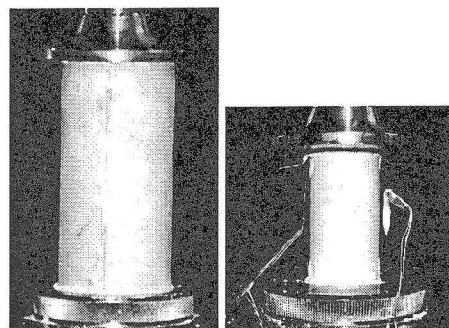
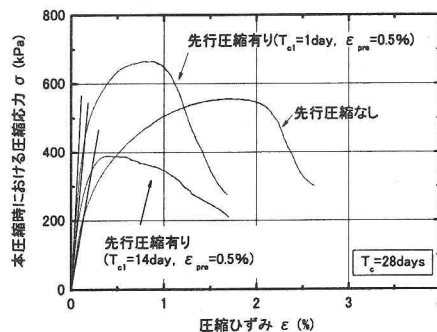
(a) 先行圧縮($t=T_{c1}$) (b) 本圧縮($t=T_{c1}+T_{c2}$)

図-2 両供試体の比較

図-3 先行圧縮の有無による
 σ と ε の関係の違い

それを各 0.2, 0.5%, 破壊ひずみ ε_t までの 3 通りに変化させた。

3. 試験結果および考察 先行圧縮の有無による圧縮応力 σ と圧縮ひずみ ε の関係を図-3 に示す。図-3 は $T_c=28\text{days}$ の場合であり、先行圧縮有りの二つの曲線はそれぞれ $\varepsilon_{pre}=0.5\%$ を $T_{cl}=1\text{day}$, 14days の時点で与えたものである。同じ ε_{pre} を与える場合、 T_{cl} が短いほど q_u は増加し、長いほど減少する傾向のようである。また、先行圧縮を与えたものは与えていないものより $\sigma \sim \varepsilon$ 曲線の初期立ち上がり部の傾きが大きいようである。図-4 に $T_c=28\text{days}$ かつ $\varepsilon_{pre}=0.2, 0.5\%$ における T_{cl} と q_u の関係を示す。 $\varepsilon_{pre}=0.5\%$ の $T_{cl}=180\text{min}$ の場合を除いて、 T_{cl} の増加に伴い q_u が減少している。また、 $T_{cl}=10080\text{min}$ (7days) までは ε_{pre} が大きいほど q_u は大きくなっているが、 $T_{cl}=20160\text{min}$ (14days) では逆に、 ε_{pre} が大きいほど q_u が小さくなっている。これは、 T_{cl} が増加するほどセメンテーションは発達しており、先行圧縮によるセメンテーションの破壊の度合いが大きくなること、また、先行圧縮から本圧縮までの養生時間 T_{c2} が減少するため、セメンテーション破壊後の再固結の時間が短くなることの原因として考えられる。図-5 にこのときの T_{cl} と E_{max} の関係を示す。ばらつきはあるものの、 E_{max} は T_{cl} の増加に伴って減少傾向にあり、その値は先行圧縮を与えていないものより大きいようである。また、図-4 の T_{cl} と q_u の関係と同様に、 $T_{cl}=10080\text{min}$ (7days) までは ε_{pre} が大きいほど E_{max} は大きくなっているが、 $T_{cl}=20160\text{min}$ (14days) では逆に、 ε_{pre} が大きいほど E_{max} が小さくなっている。両図から T_{cl} が増加するとともに q_u , E_{max} はともに減少するようである。図-6(a), (b) にそれぞれ $\varepsilon_{pre}=0.2\%, 0.5\%$ の場合における先行圧縮の有無による q_u の違いを示す。図中の 1:1 の勾配線よりも下方にある場合は先行圧縮を与えたために強度低下を起こしていることを意味する。ばらつきはあるものの、 T_{cl} が大きい時点で先行圧縮ひずみを与えると、強度低下を起こすことがわかる。

4. 結論

本研究で得られた知見は以下のようである。

- (1) 先行圧縮までの養生時間が増加するに従い、本圧縮時の一軸圧縮強さ、変形係数はともに減少する。
- (2) 先行圧縮ひずみを破壊ひずみまで与えない場合、先行圧縮までの養生時間が短い場合は先行圧縮ひずみが大きいほど本圧縮時の一軸圧縮強さ、変形係数は大きくなる。
- (3) (2) とは逆に先行圧縮までの養生時間が長い場合は先行圧縮ひずみが大きいほど本圧縮時の一軸圧縮強さ、変形係数は小さくなる。

参考文献

- 1) 佐藤剛司ほか：各種土質材料の変形特性とせん断強度の関係，第 25 回土質工学研究発表会発表講演集，pp.715-718，1990。
- 2) 地盤工学会編：土質試験の方法と解説-第一回改訂版-，2000。
- 3) 澁谷 啓ほか：セメント混合砂の変形・強度特性における時硬性および拘束圧履歴依存性，土木学会論文集，No.687/Ⅲ-56，pp.249-257，2001。

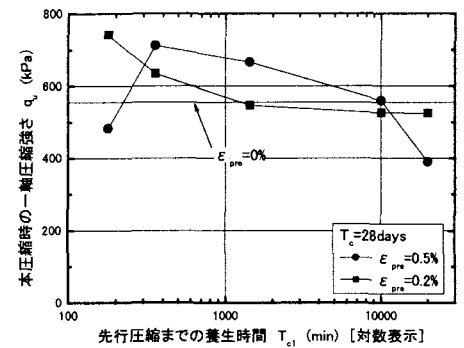


図-4 T_{cl} と q_u の関係

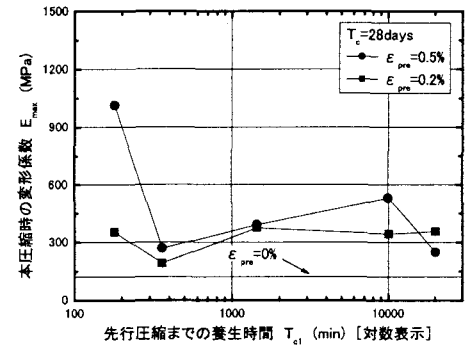


図-5 T_{cl} と E_{max} の関係

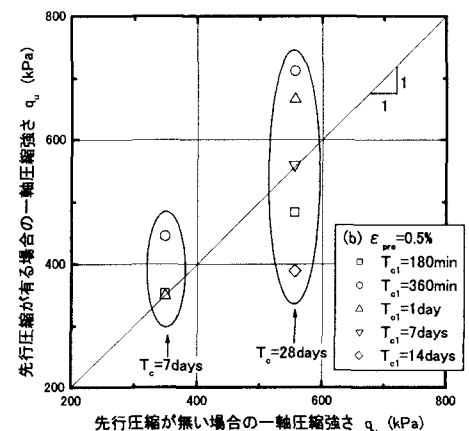
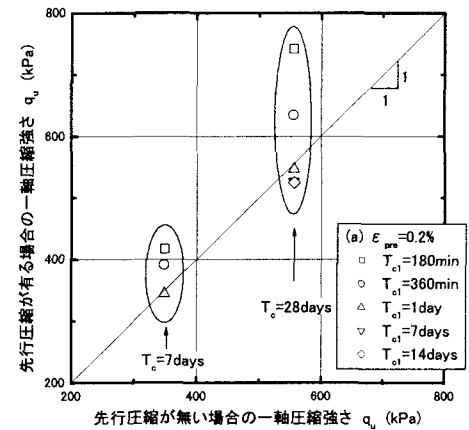


図-6 先行圧縮の有無による q_u の違い