

セメント改良砂質土の変形・強度特性

日本鉄道建設公団 正会員 青木一二三, 松室哲彦
 (財) 鉄道総合技術研究所 正会員 館山 勝 , 小島謙一
 (株) 複合技術研究所 正会員 蔣関魯

1. はじめに：近年, 鉄道・道路の路床や路盤などの浅層の改良及び軟弱地盤ような深層の改良としてセメント系安定処理工法を用いるケースが増加している。このようなセメント改良土の設計に用いる変形・強度特性は, 簡便性, 経済性などの理由から, 一軸圧縮強さを基本として算出されることが多い。しかし, セメント改良土といえども地盤材料の一つであり, 変形・強度特性に及ぼす拘束圧の影響や, 間隙水圧及び排水条件の影響などを適切に評価する必要があると考える。そこで, セメント改良砂質土を用いた三軸圧縮試験および繰返し載荷試験を実施し, 異なる拘束圧における変形・強度特性について検討した。

2. 試験概要とデータの整理方法：試験

に用いた供試体は, 標準豊浦砂と普通ポルトランドセメントをミキサーで3分間づつ3回混練りして, 4層突き固めて作成した。供試体の寸法は直径70 mm, 高さ140 mmである。軸変位測定には, 載荷ロッドの変位を測定する外部変位計, 上部キャップの変位を測定する非接触変位計, 供試体側面の変位を直接測定する局所変位測定計(LDT)を用いた。なお, 供試体は, セメント/水, セメント/砂を一定とし, 7日間水中養生した。全ての三軸圧縮せん断試験は, ひずみ速度0.01%/minとして排気・排水条件で実施した。繰返し載荷試験は, 載荷周波数 $f=0.1$ Hzの正弦波を用いて, 排気・排水条件で行った。供試体の物性と試験条件を表1に示す。

表1 供試体の物性と試験条件

試験名	C/W (%)	C/St (%)	養生 (日)	湿潤密度 ρ_t (g/m ³)	応力経路	拘束圧 kPa
Cement1	40	6.4	7	1.7888	三軸せん断	49
Cement3	40	6.4	7	1.7865	三軸せん断	9.8
Cement5	40	6.4	7	1.8033	三軸せん断	78.4
Cement6	40	6.4	7	1.7808	三軸繰返し	49

注；C/W = セメント/水, C/St = セメント/豊浦砂

3. 試験結果及びその考察：図1(a)は, 等方応力状態からの単調載荷試験での軸差応力と軸ひずみの関係を示す。載荷ロッドやキャップの動きから測定した変位量にはベディングエラーによる誤差が過大に含まれることが解る。図1(b)は異方応力状態における微小ひずみレベルでの繰返し載荷試験の軸差応力と軸ひずみの関係を示すが, 軸差応力を加えていてもベディングエラーは消えない。図2(a)は, 偏差応力 q と軸ひずみ ϵ_a の拘束圧 σ'_r による影響を示す。図2(b)は, 小ひずみレベルでの拡大図である。図中で $\sigma'_r=78.4$ kPaの値が途中までしか示されていないのは, 載荷圧力が試験機の載荷能力の限界に達したためである。

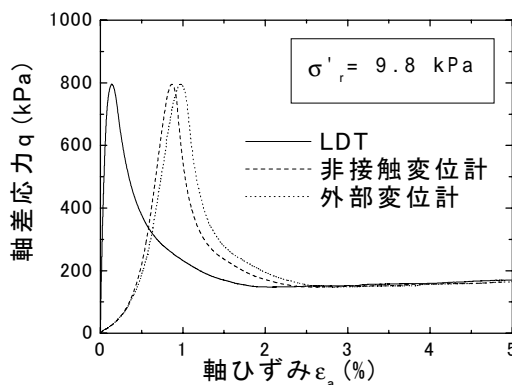


図1(a) 単調載荷試験での軸差応力と軸ひずみの関係

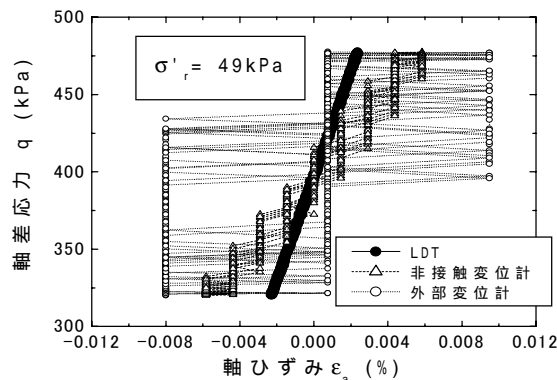


図1(b) 繰返し試験での軸差応力と軸ひずみの関係

これらの図から, 破壊ひずみ ϵ_f は, 拘束圧の大きさに係わらず3ケースともに $\epsilon_f=0.125\%$ であり, 非常に小さい。

キーワード：砂質土セメント改良土, 室内三軸試験, 変形・強度特性

〒100-0014 東京都千代田区永田町 2-14-2, Tel 03-3506-1860, FAX 03-3506-1891

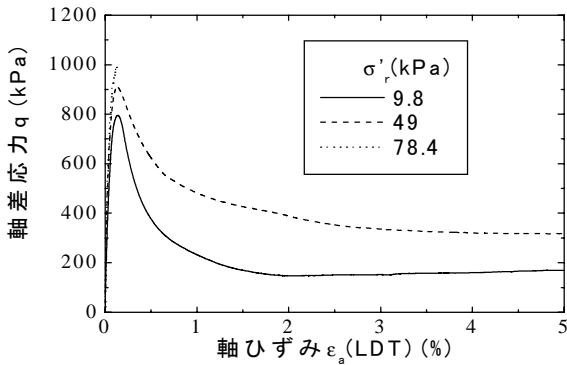


図 2 (a) 軸差応力と軸ひずみの関係

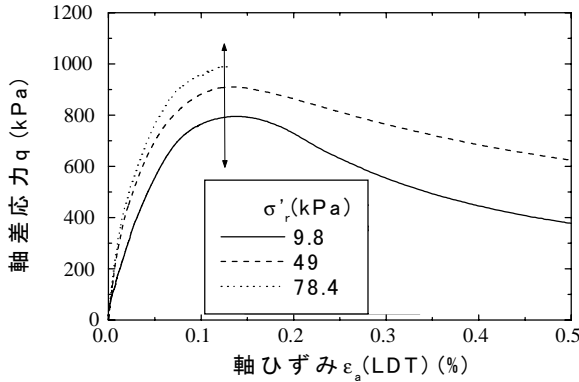


図 2 (b) 軸差応力と軸ひずみの関係

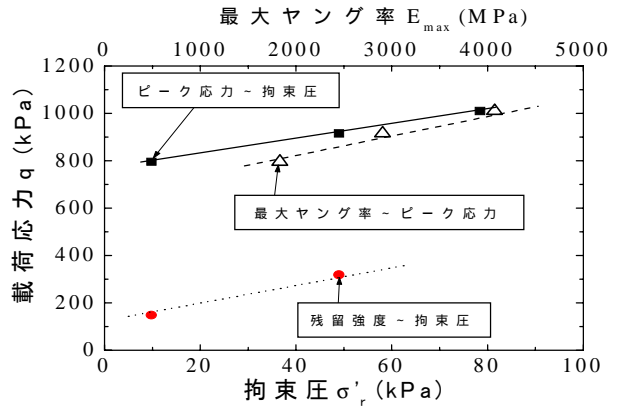


図 3 $q_{max} \sim E_{max}$, $q_{max} \cdot q_{res} \sim \sigma'_r$ の関係

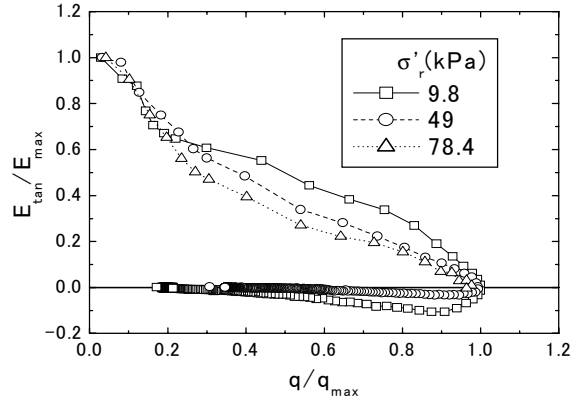


図 4 (a) E_{tan}/E_{max} と q/q_{max} の関係

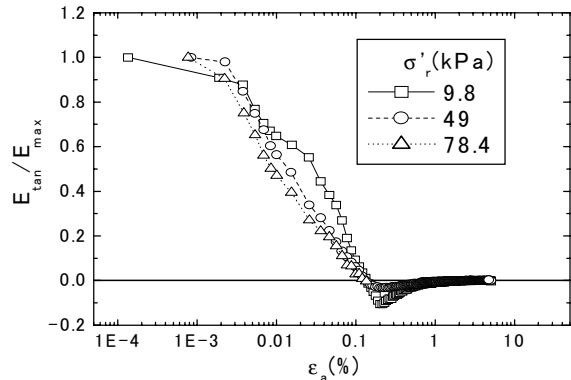


図 4 (b) E_{tan}/E_{max} と ε_a (LDT) の関係

図 3 は、ピーク応力、残留強度と拘束圧、最大ヤング率とピーク応力の関係である。ピーク応力、残留強度は、拘束圧の増加とともに大きくなる。さらに最大ヤング率は、ピーク応力の増加とともに大きくなる。セメント改良砂質土の場合には、ピークまでは主に粒子間の化学的接着力（内部粘着力）に依存し、粒子間の僅かな相対変形によって破壊が生じると考えられる。ただし、ピーク以降はせん断面における摩擦力によって強度が発揮されるため拘束圧に依存する傾向が大きくなったものと思われる。図 4(a), (b) に、初期ヤング率

E_{max} で正規化した接線ヤング率 E_{tan} と q/q_{max} , ε_a の関係をそれぞれ示す。全体的な傾向として拘束圧の大きさに係わらず、 E_{tan}/E_{max} と q/q_{max} , ε_a の関係はピーク応力までは単調減少傾向にあるが、ピーク応力を超えると接線の傾斜は逆転し、残留段階に入るとほぼゼロになる。さらに、バラツキは多少あるが、 E_{tan}/E_{max} と q/q_{max} , ε_a の関係は拘束圧に係わらずほぼ一致した形状を示す。

4. おわりに：精緻な軸ひずみ測定によるセメント改良砂質土の三軸圧縮試験から以下のことが分かった。

セメント改良土では、通常の軸ひずみ測定法を用いると、ベディングエラーの影響により軸ひずみを過大評価する。拘束圧によらず、 E_{max}/q_{max} はほぼ一定の範囲にある。セメント改良砂質土の場合には、変形・強度特性は明瞭な拘束圧依存性を示す。

参考文献：

- 1) 木幡行宏・蔣関魯・龍岡文夫・緒方紀夫 (1994) 「セメント改良砂質土の変形・強度特性に及ぼす養生日数の影響」, セメント系安定処理土に関するシンポジウム, 地盤工学会, pp.137 ~ 142
- 2) 神田政幸・滝沢聡・棚村史郎・村田修・蔣関魯 (2000) 「流動化処理土の非排水せん断挙動に及ぼす細粒分含有率の影響」, 第 35 回地盤工学会研究発表会