

## Ⅲ－B 299

## 若材令セメント改良砂の変形・強度特性に及ぼす養生時応力状態の影響

東京大学 正会員 ○ 龍岡文夫

元東京大学 大学院 Barbosa-Cruz Edgard R.

東京大学 工学部 周郷啓一・内村太郎

はじめに：締固めを伴うセメント改良土は路盤等に用いられてきたが、橋台等の重要構造物には殆ど用いられていない。その為、その変形・強度特性は通常大気養生された供試体の一軸圧縮試験で評価される。しかし、原位置では養生・载荷中に拘束圧を受けている。事実、材令 118-159 日の供試体を用いて軸ひずみを LDT で測定した高精度三軸試験を行い、養生時の圧力状態が変形・強度特性に及ぼす影響が無視できない<sup>1)</sup>。今回材令 14-37 日まで供試体を用いて、一定の異方応力状態でのクリープ変形を伴う養生により、载荷の再開直後に高剛性を示す応力範囲が明確に表れることを再確認した。

試験方法<sup>2)</sup>：砂だけの場合の最適含水比 12.5 % の状態にある青森県産小浜砂 ( $U_c=3.0$ ,  $D_{10}=0.2$  mm,  $D_{60}=0.6$  mm) に乾燥重量比で 4 % の普通ポルトランドセメントを混合して、単位体積重量が  $1.48$  g/cm<sup>3</sup> になるように三層に分けて内径 10 cm、高さ 20 cm のモールド内で締固めた。等含水状態で大気圧養生した後、供試体を三軸セルにセットし、飽和化後  $\sigma'_c=2.0$  kgf/cm<sup>2</sup> まで、等方圧密し表 1 に示す要領で排水三軸圧縮試験を行った。軸ひずみ速度は 0.015 %/min であり、载荷中に微小な繰返し载荷を行い弾性変形特性の変化を追跡した。クリープ試験は変位制御载荷装置<sup>3)</sup>を用いて、偏差応力  $q$  が一定に保たれるように载荷を自動的に on off して行った。

試験結果：図 1 に全体の応力・ひずみ関係を、図 2 に代表的な試験でのクリープ前後の応力・ひずみ関係の詳細を示す。クリープ後に 5 回行った微小振幅繰返し载荷での応力・ひずみ関係が重複しており、クリープ後の変形特性は極めて弾性的である。载荷再開後、かなり大きな応力範囲( $\Delta q=5$  kgf/cm<sup>2</sup> 程度)で、弾性変形特性を引き続き高剛

| 供試体   | 大気中  | 三軸応力状態のクリープ载荷                |   | 破壊時合計 |
|-------|------|------------------------------|---|-------|
|       | 養生日数 | 偏応力 $q$ /養生日数                |   | 養生日数  |
| ST2   | 14 日 | -                            | - | 14 日  |
| ST4   | 17 日 | 7 (kgf/cm <sup>2</sup> )/7 日 |   | 24 日  |
| ST6   | 16 日 | 0 / 10 日                     |   | 26 日  |
| ST8   | 28 日 | -                            | - | 28 日  |
| ST11  | 29 日 | -                            | - | 29 日  |
| ST14  | 17 日 | 9.5 / 7 日                    |   | 24 日  |
| ST16  | 17 日 | 7 / 10 日 及び 9.5 / 10 日       |   | 37 日  |
| ST18* | 17 日 | 7 / 7 日                      |   | 24 日  |

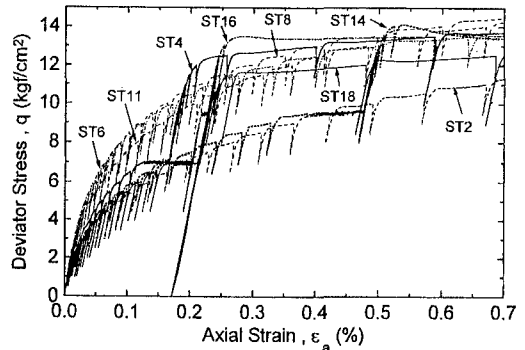
表 1 (\* クリープ後、 $q=0.0$  まで除荷後再载荷)

図-1 全体の応力-ひずみ関係

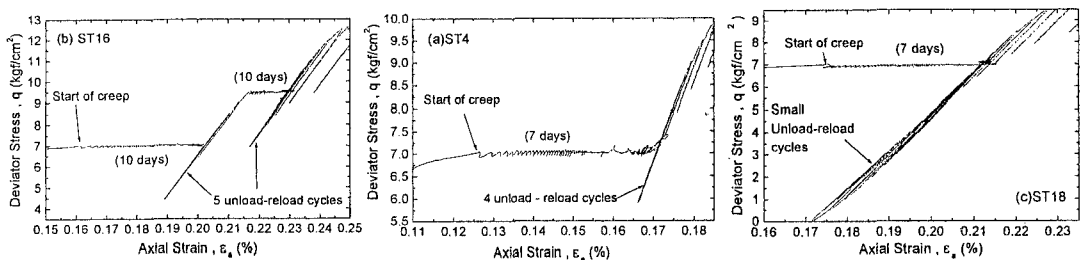


図-2 代表的なクリープ前後の応力ひずみ関係

キーワード：セメント・クリープ・養生時間

連絡先：東京都文京区本郷7-3-1 東京大学工学系研究科土質研究室 3812-2111内線6120

性変形特性を示している (図3参照)。図1を見て分かるように、これら供試体(ST4, 16, 18)の荷重再開後の応力・ひずみ関係は、荷重再開時にほぼ同じ材令を持つがその間大気圧下で養生された供試体 (ST8, 11) の応力・ひずみ関係を飛び越えている。これは、クリープ変形そのものとクリープ中に進行したセメンテーションが、その時の粒子構造を固定した (つまり、セメンテーションが無い土での kinematic hardening がセメンテーション作用によって加速された) ためと思われる。図2cを見ると、高剛性を示す応力範囲が三軸圧縮側に偏っていて異方的である。しかし、クリープ後等方応力状態まで除荷する途中で降伏が開始している。この除荷荷重により構造が損傷を受けたと見られ、高剛性応力領域は若干縮小している (図3で ST18 の点)。また図2bを見ると、供試体 ST16 では高剛性を示す応力範囲内で再び  $q$  を一定にすると、再びクリープ変形が生じ別の高剛性応力範囲が形成されて、その大きさは試験 14 の場合と殆ど同じであり (図3で ST16 の点)、前のクリープ変形の影響を殆ど受けていないと言う kinematic な性質を示している。一方、供試体 ST6 は等方応力状態で 10 日間加圧養生されたが、それが荷重開始後の応力・ひずみ関係に及ぼす影響は顕著ではない。これは、加圧養生が無い場合でも荷重開始直後の小ひずみレベルでは、弾性変形特性に引き続き高剛性変形特性を示すからである。図4を見るとクリープ後に示す軸ひずみ振幅 0.001 % 程度に対する等価弾性ヤング率  $E_{eq}$  は若干増加し、各荷重段階での接線ヤング率  $E_{tan}$  は劇的に増加している。しかし、クリープによりピーク強度は増加せず (図5)、若干であるが減少する傾向もある。また、クリープにより弾性変形に対するポアソン比  $\nu_{eq}$  と接線ポアソン比  $\nu_{tan}$  は殆ど影響を受けない (図6)。まとめ： 今回の実験結果から、次のような現場挙動が予測される。1) セメント改良土の盛土を段階的に行う場合、次の段階の盛土が開始されるまでに若干のクリープにより高剛性を示す応力範囲 (あるいは降伏曲面) が拡張し、その盛土と締め固め荷重に対して高剛性しか示さない (図7)。これが繰返されれば、高盛土でも一度も大きく降伏することなく完成される。2) 盛土完成後、ある程度時間が経過してから静的あるいは動的荷重を受ける場合、既に降伏曲面が十分大きく広がっていれば、やはり弾性的変形しか生じない。以上のように、弾性変形特性は原位置におけるセメント改良土の挙動を予測するための基本的物性であり、正確に評価する必要がある。

参考文献：周郷啓一ほか(1997); 「セメント改良砂の変形・強度特性に及ぼす養生方法の影響」第32回地盤工学会

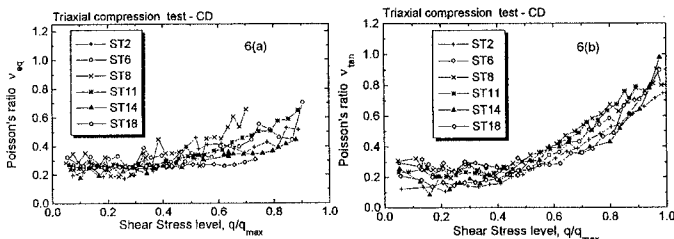


図-6 ポアソン比と応力レベルの関係

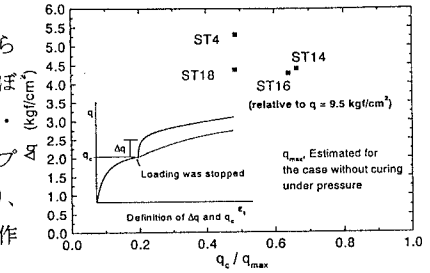


図-3 クリープによる高剛性域

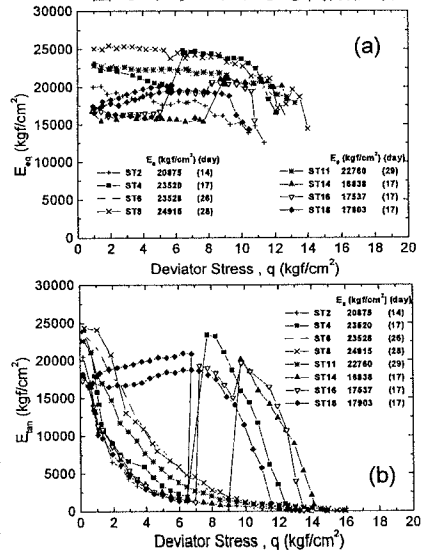


図-4 剛性と軸差応力の関係

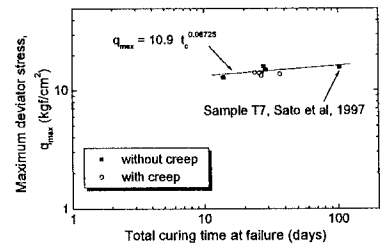


図-5 ピーク強度と養生時間の関係

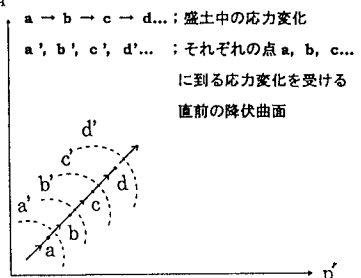


図-7 盛土と締め固め荷重の関係