

三軸非排水 q 一定試験における砂の時間依存挙動

東京大学 正会員 桑野玲子

学生会員 Hasbullah, Nawir

正会員 龍岡文夫

フランス土木工学校 (ENTPE、Lyon) Di Benedetto, Herve

1. はじめに

側圧一定の圧縮試験での砂のせん断変形の時間依存性は、TESRA(Temporary Effects of Strain Rate and Acceleration)モデルによって表現できる(龍岡&石原、2000)。本研究では、砂のひずみ速度一定の非排水三軸圧縮試験中様々な応力レベルで実施した非排水 q 一定クリープ試験での時間依存挙動を考察した。

2. 試験材料及び試験方法

豊浦標準砂を用いた。空中落下法にて作成したゆる詰供試体 ($\phi 75\text{mm} \times h150\text{mm}$) を、二重負圧法にて飽和化し、背圧 200kPa で圧密速度約 5kPa/分 にて 200kPa まで等方圧密した。30 分程度の排水クリープ後、非排水状

態で軸ひずみ速度 $0.4\%/分$ で軸ひずみ 9% 程度までせん断した。せん断中、軸差応力 $q=71、136、232\text{kPa}$ の各点 (A~C) において、1.5~20 時間程度の q 一定クリープ試験 ($dq=0、d\varepsilon_{vol}=0$) を実施した。さらに、非排水状態のまま等方応力状態に達するまで除荷し、 $q=123、84\text{kPa}$ (D, E) においてそれぞれ 1 時間程度の非排水 q 一定クリープ試験を行った。この試験は、有効応力状態を一定に保ちひずみの進行を許す本来のクリープ試験とは意味が異なる。なお、荷重計は圧力セル内部に設置し、軸ひずみは外部変位計で測定した。

3. 非排水クリープ特性

ゆる詰豊浦砂の非排水せん断/クリープにおける有効応力径路、応力-ひずみ関係、及びクリープひずみの時刻歴を、図 1~3 にそれぞれ示す。A~E 点におけるクリープ試験の開始と終了は図中○と△でそれぞれ示した。载荷中実施したクリープ試験 (A~C) では各点において顕著なクリープひずみが発生し、特に A 点では先んじる载荷時の即時変形 (軸ひずみ約 0.5%) を上回る量のひずみ (クリープ軸ひずみ約 0.9%) が発生した。初期クリープひずみ速度はせん断履歴によって異なるが、クリープ開始後 1 時間以内で、開始後 10 時間までのひずみ量

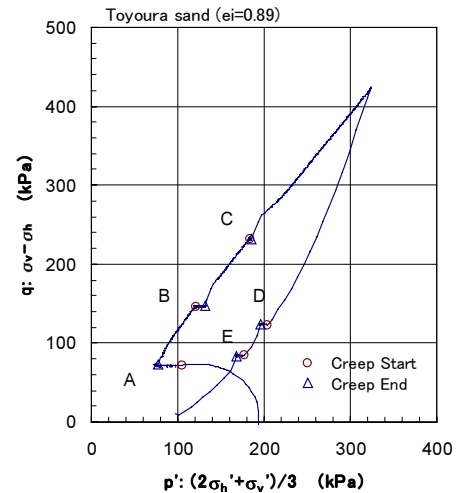


図 1. 有効応力径路

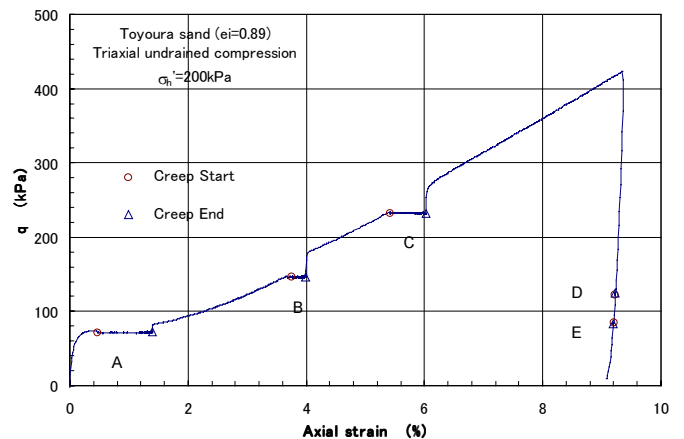


図 2. 応力-ひずみ関係

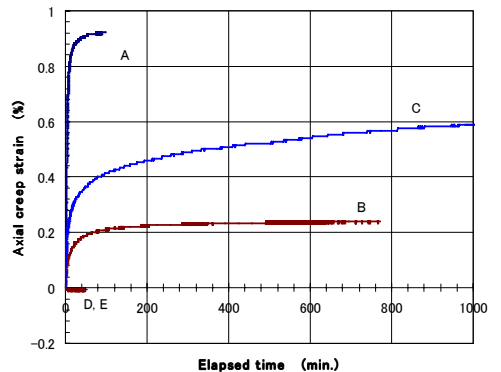


図 3. クリープひずみの時刻歴

キーワード：砂、クリープ、三軸非排水試験、体積降伏、せん断降伏

連絡先：東京都文京区本郷 7-3-1、東京大学工学系研究科社会基盤専攻、Tel:03-5841-6122、Fax:03-5841-8504

の約 70%以上が発生した。また、クリープ後の再載荷時には一時的に高剛性域が現れた。一方、除荷中に実施したクリープ試験 (D, E) で発生したクリープひずみは非常に小さい負の値であった。

図 4 に平均有効主応力 p' と軸ひずみの関係を示す。 $d\varepsilon_{vol}=0$ が保たれるかわりに p' が変化し、これが収縮・膨張傾向を示唆する。また、クリープ中の p' の変化に伴い q/p' も変化するので (図 5)、それによってせん断が進行または後退する。A 点ではクリープ中に q/p' が増大しクリープ変形が促進されるが、B、C では q/p' の減少により変形が抑制される。これが、図 3 において、A 点におけるクリープひずみが B や C 点に比べて大きかった理由であろう。(排水試験中では、通常せん断レベルが大きいほど大きなクリープひずみが発生する。)

図 6 には、非排水クリープ時の軸ひずみと $\Delta p'$ の関係の変化を示す。クリープせん断ひずみと体積収縮・膨張傾向は、クリープ中一定でないことがわかる。特に、B 及び C 点においては、クリープ初期にはほとんど p' の変化が見られず、体積膨張傾向が現れ始めたのはクリープ変形がある程度進行した後になってからである。ここで、砂の体積変化傾向が、 p' の増大による体積降伏に起因するものと、 q/p' の増大によるせん断降伏に起因するものとする。A 点では体積降伏が顕著でないため、せん断による挙動に主に支配され、変相点到達前の強い体積収縮傾向がクリープ時にも現れたのであろう。B 及び C 点ではせん断降伏による体積膨張傾向と体積降伏による体積収縮傾向がクリープ初期には互いに相殺したが、体積降伏による体積収縮傾向の方が早めに収束に向かい、後に p' の増加が観察されたのではないかとと思われる。 $\Delta p'$ の挙動の説明を試みたものを図 7 に模式的に示す。なお、D, E 点では体積、せん断降伏とも顕著ではない。

5. まとめ

砂の三軸非排水 q 一定 (クリープ) 試験における平均有効主応力は、複雑な挙動を示した。おそらく体積降伏及びせん断降伏の両方に影響され、各々異なる傾向に則って収束したためと思われる。

謝辞：本実験は、Antonie Duttine, Francois Oland (ENTPE, Lyon) ら両氏によって実施された。

参考文献：龍岡、石原 (2000) “応力に対するひずみ速度・加速度の影響の一時性を考慮した砂の変形特性のモデル化”、土木学会第 55 回年次講演会

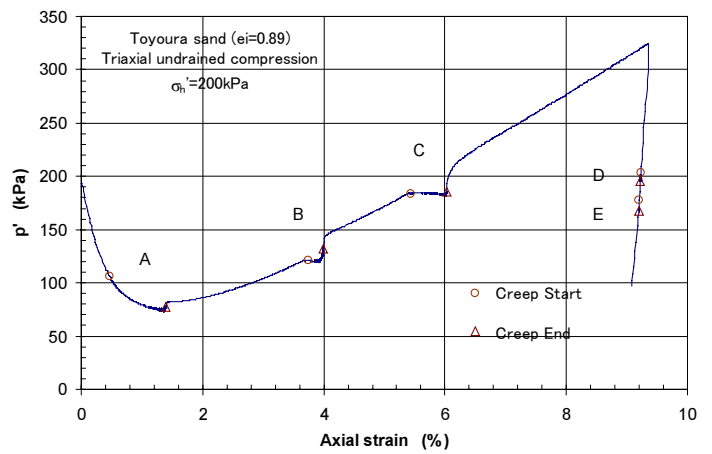


図 4. 平均有効主応力

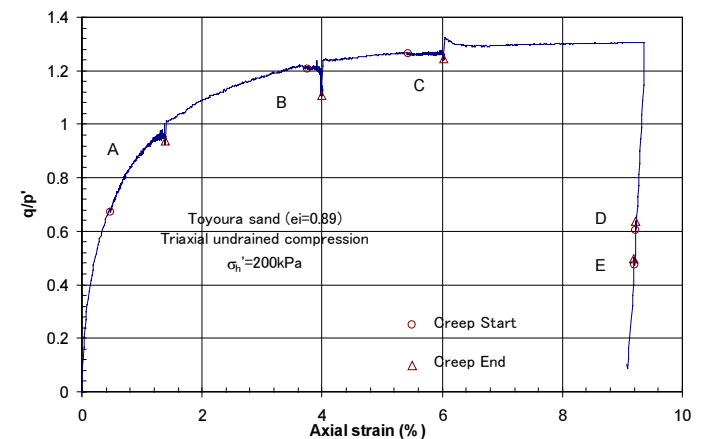


図 5. 応力比-ひずみ関係

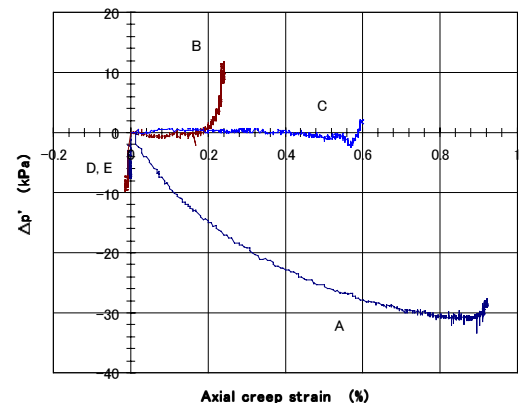


図 6. クリープ時の平均有効主応力変化

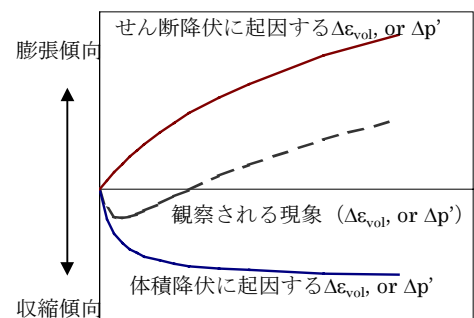


図 7. 異なるメカニズムに起因するクリープ特性