

繰返し再構成粘土の非排水三軸繰返しクリープ試験

京都大学大学院 正会員 小高猛司・岡二三生
 (株)大林組 正会員 石垣成直
 京都大学大学院 学生会員 山村誠司・辻 千之

1. はじめに

粘性土の繰返し挙動において、応力増分の方向反転時のひずみ増分の方向の把握することは非常に重要である。本報は、静的載荷時の時間依存性挙動の一つであるクリープ挙動を媒介として、軸差応力増分反転時の軸ひずみ増分および有効応力増分について考察したものである。ただし、ここで言うクリープとは慣用的な意味でのもので σ_m の変化を伴うことに注意したい。

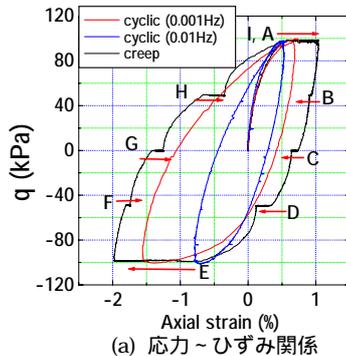
2. 実験の概要

実験試料は深草粘土を繰返し再構成したものであり、供試体を3軸セルにて有効拘束圧 $\sigma_c'=200\text{kPa}$ で等圧密した後、非排水条件で応力振幅比 $\sigma_d'/2\sigma_c'=0.25$ (最大軸差応力 100kPa)で繰返し載荷を行った。なお実験は、単調繰返し試験と繰返しの途中で軸差応力を 1800sec. 一定に保つ繰返しクリープ試験を行った。

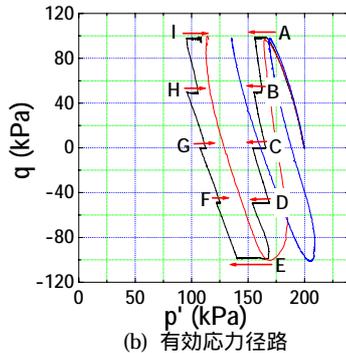
3. 実験結果

図1に繰返しクリープ試験(1)の結果を示す。載荷周波数は 0.001Hz であり、処女載荷時の 100kPa 、除荷時の $50, 0, -50, -100\text{kPa}$ 、再載荷時の $-50, 0, 50, 100\text{kPa}$ でそれぞれ軸差応力を一定にした。図には載荷周波数 0.001 と 0.01Hz の単調繰返し試験の結果も示してある。単調繰返し試験の結果を見ると、載荷周波数が小さい場合、最大軸差応力からの反転後の除荷時にひずみの発生が大きく、有効応力の減少量も多い。一方、最小軸差応力での反転後の再載荷時には、有効応力の減少量は相対的に少なく、軸ひずみの戻り量は非常に大きい。繰返しクリープ試験においては、応力~ひずみ曲線において、最大・最小軸差応力でのクリープ量が非常に大きく、応力反転後には反転時を基準にして軸差応力増分が大きいほどクリープ量は多い。有効応力径路を見ると、A点での応力反転後もE点までは有効応力が減少し続け、E点での応力反転後は、有効応力は増加に転じる。クリープ時に観察される軸ひずみ増分および有効応力増分の方向は、単調繰返し試験の周波数の大きい試験から小さい試験の変化の方向とほぼ一致している。図2に繰返しクリープ試験(2)の結果を示す。

載荷周波数は 0.001Hz であり、除荷時の $50, 0, -50\text{kPa}$ 、再載荷時の $-50, 0, 50\text{kPa}$ 、2周期目の除荷時の 90kPa でそれぞれ軸差応力を一定にした。繰返しクリープ試験(1)では、最大最小軸差応力時のクリープ量が非常に大きかったために、応力反転による効果をより明確に観察するために行った試験である。応力反転後のA点およびD点ではほとんどクリープ変形は生じず、有効

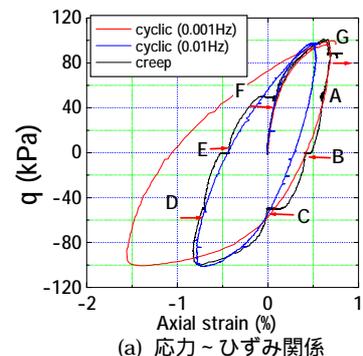


(a) 応力~ひずみ関係

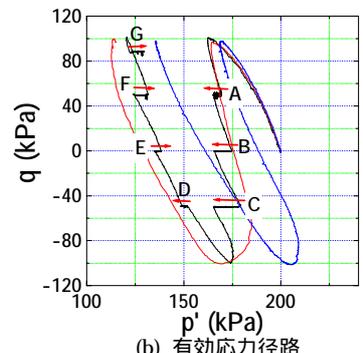


(b) 有効応力径路

図1: 繰返しクリープ試験(1)結果



(a) 応力~ひずみ関係



(b) 有効応力径路

図2: 繰返しクリープ試験(2)結果

キーワード：粘性土，繰返し載荷，クリープ，時間依存性，三軸試験
 連絡先 (〒606-8501 京都大学大学院工学研究科土木工学専攻 TEL075-753-5085 FAX075-753-5086)

応力の減少のみが観察された。なお、繰返しクリープ試験(1)と異なり、D点においてもわずかに有効応力は減少している。図3に繰返しクリープ試験(3)の結果を示す。除荷時の50kPa、2周期目の除荷時の60kPa、以降1周期繰返す毎に10kPaずつクリープ荷重を上げてゆき、6周期目の100kPaで終了した。この試験は、軸差応力増分反転後の軸ひずみ増分の方角を調べるための実験であり、1周期繰返し載荷する毎に、50kPaから順に徐々にクリープ荷重を大きくしていった。繰返し回数が多くなるために、載荷周波数を0.01Hzにした。図4は図3のクリープ挙動を拡大して示したものである。クリープ荷重約70kPaから軸ひずみが顕著に発生し始め、それ以降クリープ荷重が大きくなるほど軸ひずみは大きい。A点以外では有効応力は減少している。図5に繰返しクリープ試験(4)の結果を示す。除荷時の50kPa、2周期目の除荷時の40kPa、以降1周期繰返す毎に10kPaずつクリープ荷重を下げてゆき、6周期目の0kPaで終了した。図6は図5のクリープ挙動を拡大して示したものである。クリープ荷重約30kPaから軸ひずみが顕著に発生し始め、以降クリープ荷重が小さくなるほど軸ひずみの発生は大きい。すべての点において有効応力は減少している。

4. まとめ

単調繰返し試験における周波数の相違による応力～ひずみ曲線および有効応力径路の違いは、この周波数の範囲においては、クリープと同様の載荷速度依存性挙動によるものと思われる。また、最大および最小軸差応力のように大きな軸差応力で一定に放置した場合のクリープ変形は非常に大きい。しかし、繰返しの軸差応力反転後には、繰返し応力振幅の半分程度の軸差応力を敷居値として、それより大きい場合(ex. 繰返しクリープ試験(3)のB～F点)は反転前に発生していた軸ひずみと同じ方向に軸ひずみは発生し(すなわち応力増分とひずみ増分の方角は逆)、小さい場合(ex. 繰返しクリープ試験(4)のB～F点)は反転前に発生していた軸ひずみと逆の方向に軸ひずみは発生する(すなわち応力増分とひずみ増分の方角は一致)。本報では、同じ供試体で複数の軸差応力でのクリープ試験を行ったために、繰返しクリープ履歴の影響が含まれている可能性もある。それぞれ別の供試体で追試することも検討すべきであろう。

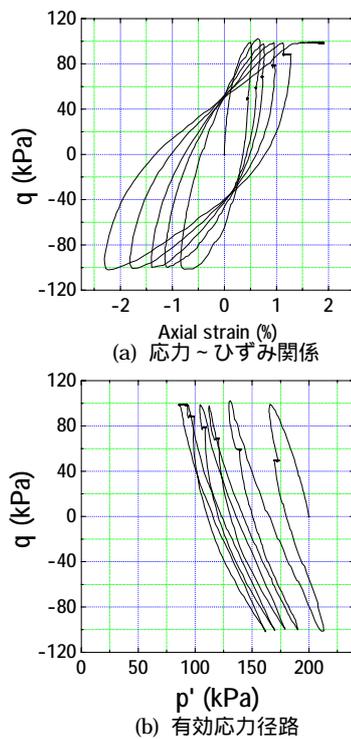


図3：繰返しクリープ試験(3)結果

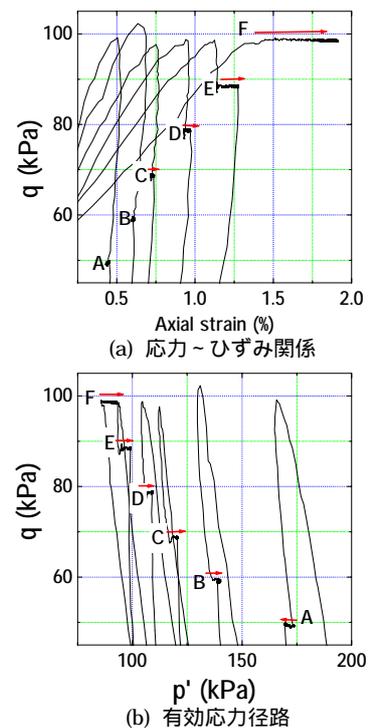


図4：図3のクリープ挙動の拡大図

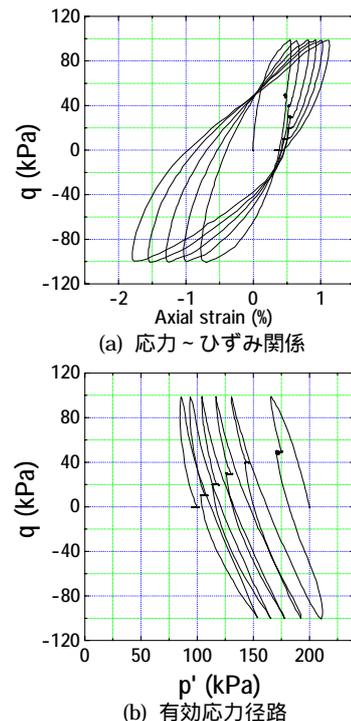


図5：繰返しクリープ試験(4)結果

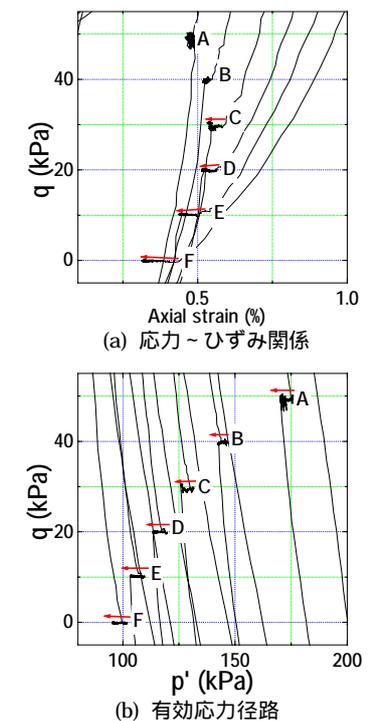


図6：図5のクリープ挙動の拡大図