

Ⅲ-A59

カオリン粘土を用いた繰り返し載荷試験での応力～ひずみ関係

中央大学理工学部 正会員 國生剛治

同上 学生員 本間昌幸

同上 ○学生員 吉川太郎

1) まえがき

強地震動において地盤の基盤から表層における増幅過程は、地盤内の各層が持つ土の力学特性に大きく依存している。1995年の兵庫県南部地震では、震源近傍での第四紀層の基盤で最大0.6Gを超える強い加速度記録が観測された。これらの記録では、強地震動による地盤の非線形挙動が明瞭に現れ、表層の加速度がかえって低減する現象が捉えられた。このように基盤から表層に増幅する地震動が、地盤中の軟弱層において減衰し、ある一定以上に増幅する事がないならば、今後のレベル2地震動に対応した設計基準に大きな影響があると思われる。本研究では中空ねじりせん断試験機を用いてカオリン粘土の非排水繰り返しせん断試験を行い、粘性土の応力～ひずみ関係に及ぼすひずみ振幅、有効拘束圧、過圧密比(OCR)の影響を検討した。

2) 実験方法

攪拌脱気したカオリン粘土 ( $\rho_s=2.729\text{g/cm}^3$ ,  $I_p=23.3$ ) を圧密装置により一次圧密終了まで圧密したあと、成型機を用いて外径10cm、内径6cm、高さ10cmの中空円筒を作成し、中空ねじりせん断試験機<sup>1)</sup>(図-1)に設置し、表-1の試験条件で実施した。繰り返し回数は各ひずみ両振幅(DA=2%,4%,8%)ごとに2波ずつ、三角波を加えた。ひずみ速度を一定としたため、繰り返し荷重の振動数は上記の各ひずみ両振幅に対し、 $f=0.056$ 、 $0.028$ 、 $0.014\text{Hz}$ となっている。

表-1 試験条件

CASE	圧密応力(Mpa)	拘束圧(Mpa)	OCR	B値
1	196	98	2	0.88
2	392	98	4	0.92
3	198	196	1	0.85

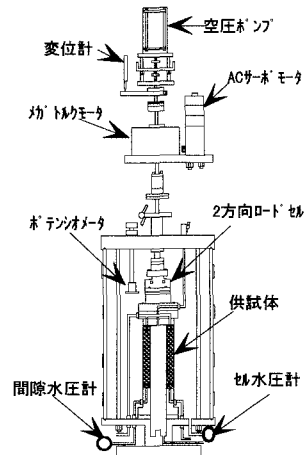


図-1 中空ねじりせん断試験機

3) 実験結果

図-2はCASE1で得られた時間軸に対する応力、ひずみ、間隙水圧のグラフである。ダイレクトドライブモーターは位置制御に優れた特性を有しているため、きれいな三角波のひずみ波形が得られている。これに対して、トルク計から計算したせん断応力はひずみ振幅が2倍ずつ増加しているにもかかわらず、同程度の振幅の変動を示す。そして載荷から除荷に方向が変わった直後の応力の変化割合が大ききような変動形態を示す。過剰間隙水圧は供試体外部に取り付けた圧力計で計測した値であり、粘土供試体中の圧力との、ある程度の時間のずれが含まれていると考えられている。しかしながら、小さな変動を伴いながら単調に増加し、6波目で初期拘束圧にほぼ等しい値まで上昇しており、外部圧力計

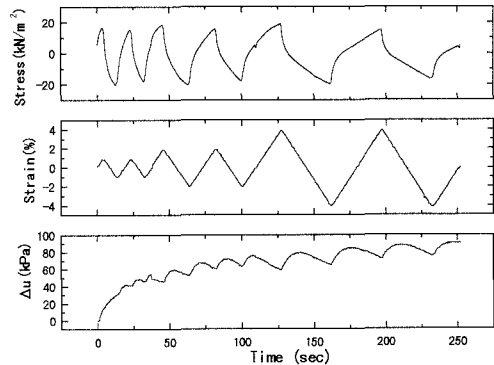


図-2 Time-Stress.Strain.PWP

キーワード：ねじりせん断、過圧密比、応力～ひずみ関係

中央大学理工学部 (〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 Tel03-3817-1803)

でもある程度までの計測は出来ていると思われる。

図-3は CASE 1 での応力～ひずみ関係を表している。ひずみ振幅の増大に対し履歴ループの割線剛性の低下が生じ、紡錘型からサイクリックモビリティを反映したバナナ型にループの形状が変化していく様子が分かる。また、繰り返し回数による割線剛性の低下も生じている。

図-4は CASE 1 での有効応力経路である。有効応力の値に多少の時間遅れが含まれている可能性はあるが、砂の液状化に類似した経路をたどり、サイクリックモビリティ的な特性も見られる。

図-5は図-3の CASE 1 の各ひずみ振幅 1 波目の応力～ひずみ関係から、原・龍岡・佐藤の砂についての研究<sup>2)</sup>にならい、せん断応力 $\tau$ を逐次変化する有効応力 $\sigma'$ で基準化して表したものである。

図-6、図-7はそれぞれ CASE 2、CASE 3 について描いた基準化した応力～ひずみ関係である。これらより基準化することにより、応力～ひずみ関係が Masing rule に近い形をとるようになることが分かる。しかし、各ひずみ振幅の相互間でループが交差する場合は見られる。これは間隙水圧の計測に問題を残しているためであり、今後ひずみ速度を大幅に低下させる必要があると思われる。

図-5、6の応力～ひずみ関係を比較すると、同じ拘束圧の下での OCR の大きい粘土の方が同じひずみ振幅に対し明らかに割線剛性が大きく、更に大ひずみに至った場の強度も大きいことが推定される。

また、図-5、7の比較により、同じ先行圧密応力で圧密した土では試験時の拘束圧によって割線剛性に大きな差は生じないことが分かる。

#### 4) まとめ

ダイレクトドライブモーターを用いた中空ねじりせん断試験装置により、カオリン粘土の非排水繰り返しせん断をひずみ制御により行った。その結果カオリン粘土においても砂の液状化と類似の応力比～ひずみ関係、有効応力経路が得られた。また、せん断応力を有効応力で除した基準化

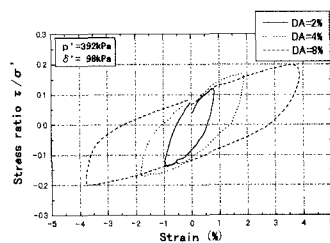


図-6 基準化した応力比～ひずみ関係 (OCR=2)

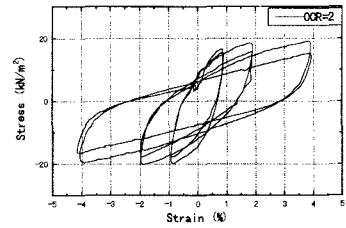


図-3 応力～ひずみ関係

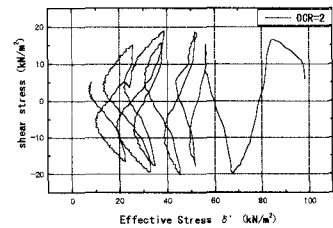


図-4 有効応力経路

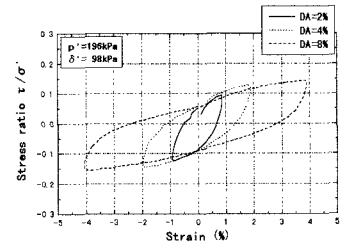


図-5 基準化した応力比～ひずみ関係 (OCR=2)

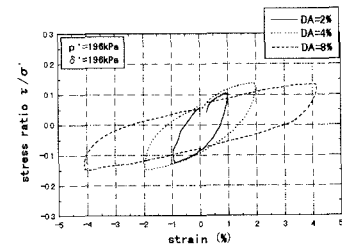


図-7 基準化した応力比～ひずみ関係 (OCR=1)

応力～ひずみ関係は Masing rule に近い関係になることが分かった。更に、現在の有効向拘束圧よりも先行圧密応力が粘土の応力～ひずみ関係に大きな影響をおよぼすことが分かった。

最後にダイレクトドライブモーターの操作法について相談に乗って頂いた東京大学の佐藤剛司先生に謝意を表します。

【参考文献】1) 國生剛治、本間昌幸、吉川太郎：中空ねじりせん断試験機を用いた繰り返しせん断試験、第34回地盤工学会研究発表会平成11年度講演論文集投稿中 2) 原勝重、龍岡文夫、佐藤剛司：砂の非排水繰り返しねじりせん断における詳細な応力～ひずみ関係、第19回土質工学研究発表会講演論文集 pp234-237