

Ⅲ-A60 カオリン粘土を用いた繰返し載荷試験での損失エネルギーの検討

中央大学 正会員 園生剛治
 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。よって強地震動による粘性土の応力ひずみ関係とそれによるエネルギー減衰特性を調べることは、地震動により運ばれるエネルギーの検討³⁾と並んで重要である。前報¹⁾においては豊浦標準砂による本研究で用いる中空ねじりせん断試験機のキャリブレーションと粘性土の過圧密比の違いによる応力ひずみ関係について報告した。今回は、一定振幅のひずみ制御試験により、粘性土の繰返し載荷時における応力ひずみ関係がもたらす単位体積当たりの損失エネルギーに注目して軟弱地盤による地震力の吸収能の検討を行った。

2. 試験機概要

本試験機概要図を図1に示す。供試体上部からねじり力を加える載荷装置は高分解能、高精度のダイレクトドライブモータ（DDモータ）を採用することによって、回転方向に対して微小なひずみレベルから大変位に至るまで、振幅および速度を自由に变化させて試験を行うことが出来る載荷装置を使用している。

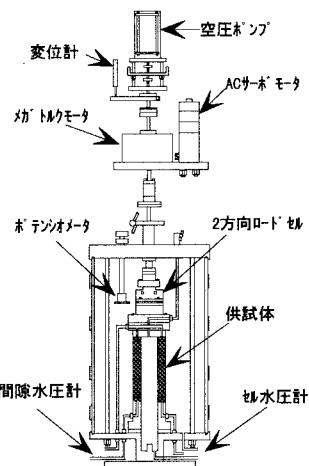


図1 試験機概要

3. 一定振幅ひずみ制御非排水繰返し試験

試料は、カオリン粘土($\rho_s=2.729$, $I_p=23.3$)を使用した。粉末のカオリン粘土を液性限界の約2倍の含水比 $w \approx 100\%$ で攪拌器を用いてスラリー化し十分脱泡した後に、圧密器を用いて一次圧密終了時まで予圧密し、成型器により供試体寸法を外径 10cm、内径 6cm、高さ 10cm に成型した。表1に試験条件を示す。先行圧密応力を、 $P_c=196\text{kPa}$ と一定にして、試験時における有効拘束圧は等方とし $\sigma'_c=49, 98, 196\text{kPa}$ とする場合と、 $\sigma'_c=98\text{kPa}$ 一定の下

表1 試験条件

	圧密応力 P'_c kPa	有効拘束圧 σ'_c kPa	過圧密比 OCR	ひずみ両振幅 %
CASE1	196	196	1	25
CASE2	196	98	2	25
CASE3	196	49	4	25
CASE4	196	196	1	5
CASE5	196	98	2	5
CASE6	392	98	4	5

それぞれ 25%、5% と一定にした非排水繰返し試験を行った。

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 Tel03-3817-1799 Fax03-3817-1803）

4. 応力ひずみ関係における損失エネルギー

非排水状態での繰返し载荷試験において応力ひずみ関係は、载荷回数の増加に伴い供試体の剛性が低減し軟化してくるが、ひずみ振幅一定の試験でも同様な現象がとらえられる¹⁾。この軟化過程で土要素で失われる損失エネルギーは、履歴ループが描く面積の累積値で計算される²⁾。ここでは、有効拘束圧、ひずみ振幅、過圧密比の点

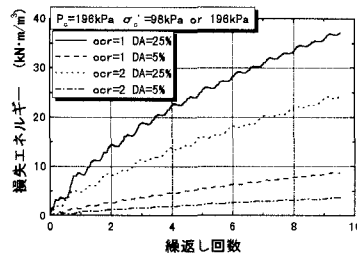


図2 同一応力状態におけるひずみ振幅の違い

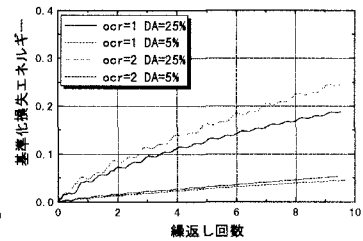


図3 基準化した同一応力状態におけるひずみ振幅の違い

よりカオリン粘土における損失エネルギーについての評価を行った。図2は、単位体積当たりの損失エネルギーの载荷回数による変化を、case1,2,4,5の試験についてひずみ振幅をパラメータとして示したものである。ひずみ振幅の増大により損失エネルギーは大きくなり、また有効拘束圧に依存してエネルギーも大きくなる事が分かる。また損失エネルギーは、ひずみ振幅の小さい場合、ほぼ直線的に増加していくが、ひずみ振幅が大きいと損失エネルギーの繰返し回数に対する伸びは鈍化する傾向がある。図3は、図2の縦軸の単位体積当たりの損失エネルギー（応力の次元と一致する）を初期有効拘束圧で除して基準化して表したものである。図2に比べ有効拘束圧による基準化エネルギーの差異は、小さくなるが、過圧密比の大きい方が多少大きい傾向が存在する。そしてその差は、ひずみ振幅の大きい場合ほど大きい。一方図4は、先行圧密応力 $\sigma'_c=196\text{kPa}$ 一定とし、試験時の有効拘束圧を48~196kPaの3段階に変化させた場合であるが、基準化エネルギーは、やはり過圧密比の大きいものほど大きくなる傾向を表している。表1に示した実験ケースについて繰返し回数9波目における基準化した累積の損失エネルギーを計算し、過圧密比との関係をプロットしたものが図5である。これよりひずみ両振幅がDA=5%の場合には過圧密比OCRへの依存性はそれほど大きくないが、DA=25%と破壊レベルに達すると大きくなる事が読みとれる。

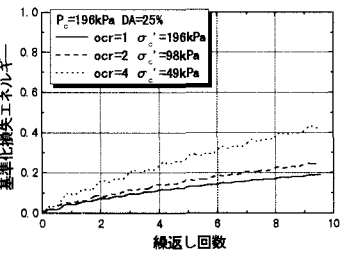


図4 有効拘束圧変化時の基準化損失エネルギーの変化

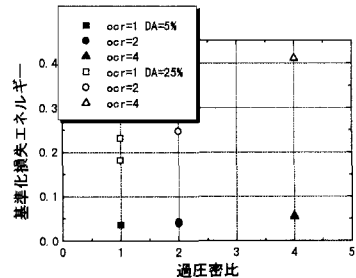


図5 過圧密度の違いによる損失エネルギーの累積値

5. 結論

中空ねじりせん断試験機を用いた定ひずみ繰返しせん断により、カオリン粘土のエネルギー損失特性として以下の点が明らかになった。

- 1) 同じひずみ振幅の下では供試体で失われた損失エネルギーは、有効拘束圧が大きい方が大きい。
- 2) 有効拘束圧で基準化した単位体積当たりの損失エネルギーは、過圧密比に依存してエネルギー量が大きくなり、ひずみ振幅が大きい場合ほど過圧密比による影響が顕著に現れる。

今後地震動による検討³⁾と土質物性的検討の融合を図っていく予定である。

【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) 風間基樹, 増田昌昭, 柳澤栄司: 神戸ポートアイランドまさ土層の液化強度の推定, 第24回地震工学研究発表会講演論文集 pp465-467, 1997 3) 國生剛治, 本山隆一: 観測地震波の入力波, 反射波を用いた表層地盤でのエネルギー消費, 第54回土木学会年次学術講演会投稿中