

繰返し応力下における火山灰質粘性土の力学特性に及ぼす試料攪乱の影響

日本大学理工学部 フェロー 巻 内 勝 彦
 同 上 正会員 峯 岸 邦 夫
 日本大学大学院 学生員 榎 本 尚 之

1. まえがき

繰返し荷重下における土の力学的挙動の知見は、粒状体からなる土の構成則の基本特性を解明する上で、また、性能設計化の余寿命予測など実用的見地からも重要である。関東地方には、降下火山灰からなるローム層が広く分布しており、この火山灰質粘性土(関東ローム)は自然含水比が高く密度が小さいため、ひとたび攪乱作用を受けると著しい強度低下が起こる問題土(特殊土)として知られている。そこで本研究では、乱した土と乱さない土について繰返し三軸圧縮試験を行い、交通荷重下を想定した動的荷重下における火山灰質粘性土の応力・ひずみ・載荷回数の関係に与える影響を調べ、検討する。

2. 供試体の条件および作製方法

実験に使用した試料は、船橋市内(日大二和校舎)採取の火山灰質粘性土(関東ローム, VH_2)で、乱さない状態と乱した状態の供試体を使用した。その物理的性質は土粒子の密度 $\rho_s = 2.82g/cm^3$, 自然含水比 $w_n = 110\%$, 乾燥密度 $\rho_d = 0.548g/cm^3$, 液性限界 $L = 132.1\%$, 塑性指数 $I_p = 55.4$ である。乱さない試料の供試体は、現地よりブロックサンプリングした試料をトリマーおよび直ナイフを用いて直径 $\phi = 50mm$, 高さ $H = 90 \sim 110mm$ の円柱供試体に成形した。乱した試料土の供試体は、採取してきた試料を2mmふるいにかけ、含水比を調整した後、ランマーで3層2回突固めにより所定の密度に作製した。

3. 試験方法

予備試験として同一条件の供試体について静的三軸圧縮試験($\sigma_3 = 20kPa$)を行い、その静的圧縮強度(主応力差) σ_s に基づき繰返し応力レベル σ_d を設定し、応力比(σ_d / σ_s)の範囲は、乱さない供試体で0.4 ~ 0.9, 乱した供試体で0.4 ~ 0.8とし、繰返し三軸圧縮試験を行った。20kPaの拘束圧下で等方圧密した後、繰返し三軸圧縮試験を非排水条件下で周期: 1 Hz, 波形: sin波で行った。載荷回数Nは、供試体が15%以上の軸ひずみに達したとき、もしくは15000回までとした。破壊に至らなかった供試体については繰返し載荷終了後に静的一軸圧縮試験を行い、一軸圧縮強さを調べた。

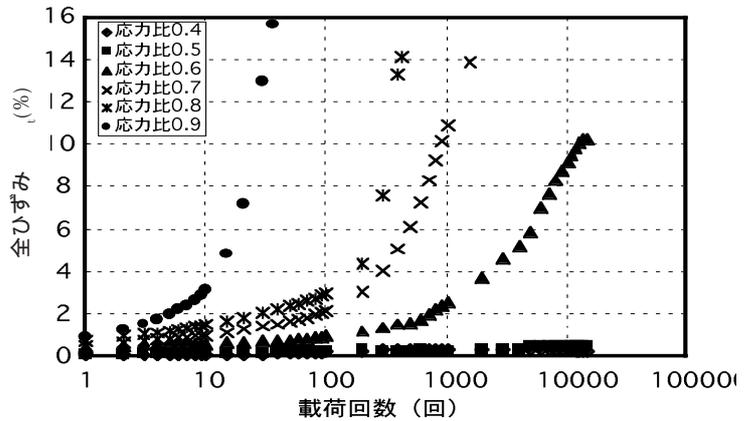


図 - 1 乱さない供試体の載荷回数と全ひずみの関係

4. 結果および考察

乱さない供試体の載荷回数と全ひずみの関係を図-1に示す。低応力下では、全ひずみつまり塑性ひずみの累積は僅少である。応力比が0.6を超えるあたりから土粒子の構造が徐々に破壊され、供試体に蓄積された塑性ひずみが卓越するため、供試体に大変形が生じる。また、載荷応力が大きい場合に破壊に至るまでの載荷回数が減少するのは、土粒子の骨格構造が降伏し、繰返し載荷ごとの非回復変形(土粒子間の塑性せん断すべり)が累積するためである。したがって供試体は累積塑性ひずみに依存して破壊に至る。

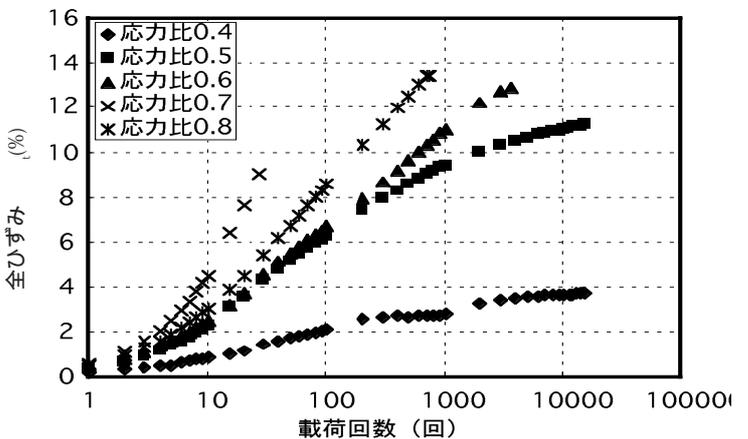


図 - 2 乱した供試体の載荷回数と全ひずみの関係

キーワード：関東ローム, 繰返し三軸圧縮試験, 変形特性, 交通荷重

連絡先：日本大学理工学部社会交通工学科(〒274-8501 船橋市習志野台7-24-1 Tel.047-469-5217 Fax.047-469-2581)

図 - 2 は乱した供試体の載荷回数と全ひずみの関係である。応力比0.4のときの全ひずみの挙動は、載荷回数の増大により若干の上昇を見せるが、破壊までには容易に至らず収れん傾向を示している。応力比0.5の供試体は、載荷回数15000回以内でひずみ15%に達していないが、載荷回数100回付近で既に全ひずみが6%を超えていることから、この時点ですでに土粒子配列構造の破壊（降伏）が始まっていると考えられる。また、図 - 1 と比較すると、乱さない供試体は、降伏点を超えると急激に破壊へ至るのに対し、乱した供試体は、緩慢に破壊へ至る。これは、乱した供試体の土粒子構造が乱さない供試体に比べ、間隙が多く骨格が弱いためであり、また繰返し載荷荷重によって圧縮変形（密実化）するためである。

全ひずみと載荷回数の関係を載荷回数毎に示したものを図 - 3 と図 - 4 に示す。降伏に至るまでの乱さない供試体の場合は全ひずみが3%以内に分布しているのに対し、乱した供試体の全ひずみは12%までの広い範囲に分布している。また、乱した供試体は、かつ載荷回数が進むにつれて全ひずみの値は応力比に依存して単調傾向に増加する。この要因として、乱さない供試体は土粒子の骨格構造が破壊されるまで一定の強度を保持するが、大きな負荷を受け、脆性的なすべり変形をもたらすためである。一方、乱した供試体はすでに構造攪乱された状態で再成形されているため、乱さない供試体に比べ、粒子間の結合が弱く、供試体全域での延性変形の進行が大きいためである。

図 - 5、図 - 6 は乱さない供試体および乱した供試体の静的な一軸圧縮試験の結果である。乱さない供試体では、繰返し三軸試験前に比べ、試験後の強度低下は約3分の1であった。乱した供試体では試験前後の差異があまり見られなかった。いずれの供試体においても、応力比で差異がみられないのは、既に多回数の繰返し載荷を受け攪乱されていることによる。

5. 結論

関東ロームは動的攪乱作用を受けると強度が著しく低下する。これは、物理化学的かつ時間効果による土粒子の配列構造が乱され、土粒子骨格が破壊されることに起因する。

乱さない供試体は一定の応力比を超えると脆性的に破壊に至るが、乱した供試体は単調傾向に延性的な大変形を示す。

破壊に至らない乱さない供試体は繰返し三軸圧縮試験後の一軸圧縮強度が大きく低下する。乱した供試体は繰返し三軸圧縮試験前後の強度差は認められない。

【謝辞】

本研究を行うにあたって、本学学生矢野智治、村田公宏両君の協力を得た。ここに記して謝意を表します。

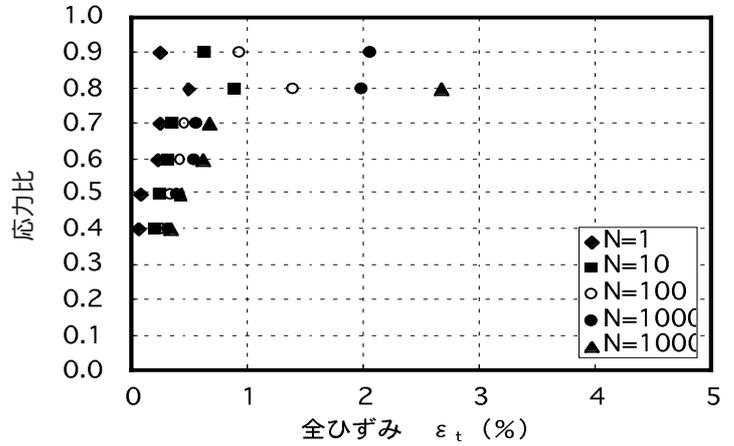


図 - 3 乱さない供試体の全ひずみと応力比の関係

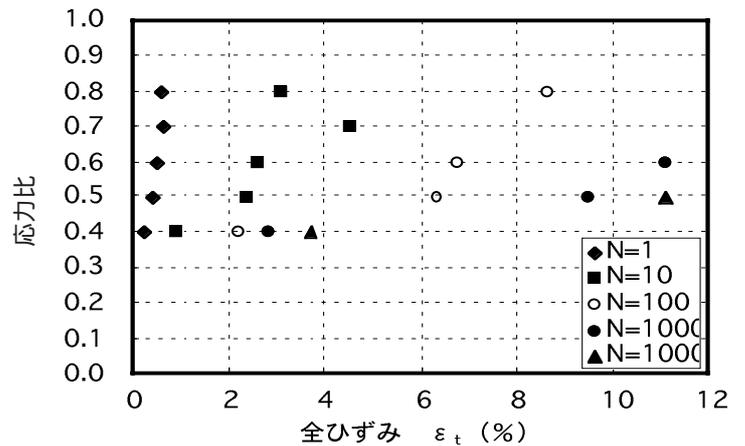


図 - 4 乱した供試体の全ひずみと応力比の関係

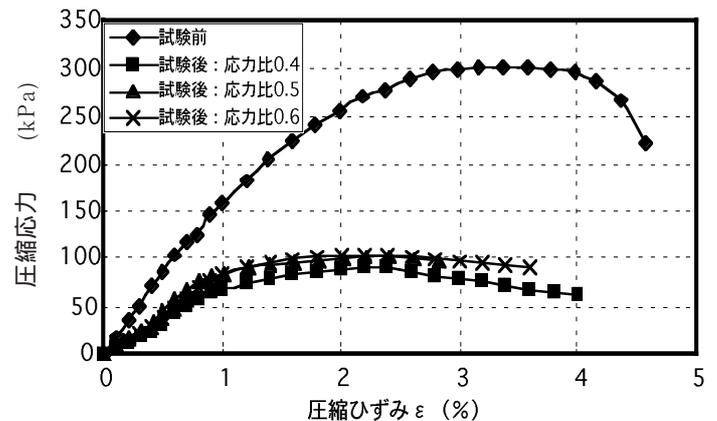


図 - 5 乱さない供試体の静的な一軸圧縮応力と圧縮ひずみの関係

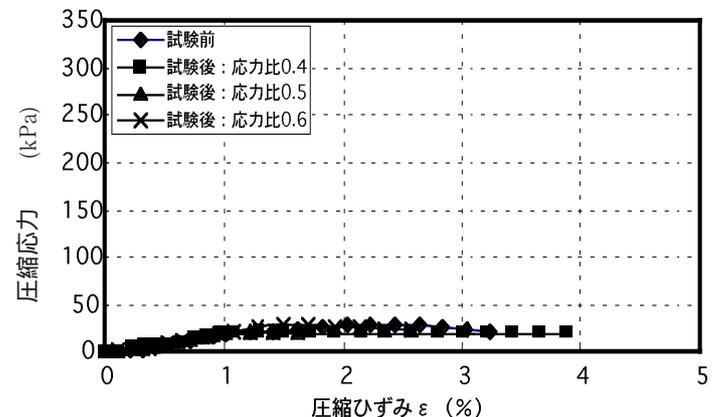


図 - 6 乱した供試体の静的な一軸圧縮応力と圧縮ひずみの関係