

Ⅲ - A46

繰返し荷重を受ける不飽和粘性土の一軸圧縮強度の変化について

防衛庁 第四研究所 正 員 ○阿曾 沼 剛
同 上 正 員 松尾 啓

1. まえがき

土は、最適含水比の状態において最も良く締められ密度は高まり、圧縮性、透水性は減少し土構造物の強度は増加する。また、土の状態が最適含水比以外の状態においても、ある荷重レベルまでは、繰返し荷重による締め固めにより強度は増加すると考えられる¹⁾。本報告は、繰返し荷重を載荷した不飽和供試体に対し一軸圧縮試験を行い、供試体の強度増加に及ぼす密度増加以外の要因について検討したものである。

2. 試験に用いた試料と試験方法

本試験に用いた試料は攪乱した関東ローム（多摩丘陵で採取）であり表-1に、その物理的特性を図-1に粒度曲線を示す。試料は4.75mmふるい通過分を含水比 $e=70\pm2\%$ の範囲に調整した後、供試体高さ10cm、直径5cmとなるように二つ割れモールドを用い、5層に分け各層ごとに1.1kgのランマーを落下高さ20cmで1回落下させて作製した。この場合のコンパクションエネルギーは110cm $\cdot$ kgfである。繰返し荷重を載荷しない場合は、上述した供試体を三軸セル内に設置し拘束圧 $\sigma'_c=147\text{kPa}$ （バックプレッシャーは与えない）のもとで24時間、等方圧縮をした後、三軸セルから取り出し一軸圧縮試験を行った。また、繰返し荷重を与える供試体は拘束圧 $\sigma'_c=147\text{kPa}$ で等方圧縮した後、非排水状態のもとで載荷周波数 $f=1.0\text{Hz}$ の正弦波を所定の繰返し応力比（SR）、繰返し回数を与えた後、一軸圧縮試験を行った。

表-1 試料の物理的特性

ρ_s (g/cm^3)	D_{50} (mm)	U_c	ω_L (%)	ω_p (%)	I_p
2.92	0.127	72	90.5	65.3	25.2

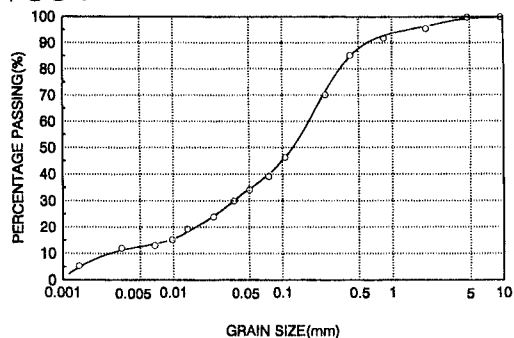


図-1 粒度曲線

3. 試験結果

図-2では拘束圧 $\sigma'_c=147\text{kPa}$ における、圧縮後の乾燥密度（ ρ_{dc} ）と一軸圧縮強さ（ qu ）の関係を示している。圧縮後の全供試体については飽和度 $S_r=81\pm2\%$ の範囲である。この図から乾燥密度が増加するにつれて、一軸圧縮強さも増加する傾向にある。また、データは多少ばらついてはいるが一本のラインとして関係付けることができる。

図-3は、図-2で示した ρ_{dc} と qu の関係と、さらに、 $\sigma'_c=147\text{kPa}$ における各繰返し回数（ $N_c=5, 30, 100, 500$ 回）についてまとめている。繰返し載荷を与えた供試体の ρ_{dc} は、載荷後 $\rho_{dc}=0.80\sim0.87(\text{g}/\text{cm}^3)$ の範囲にある。この図から繰返し載荷を与えた供試体の方が、与えなかったものより qu が若干ではあるが強く示されているようである。

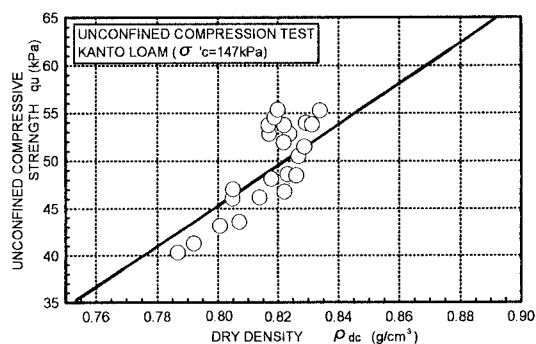
図-2 $qu - \rho_{dc}$

図-4では、図-2の繰返し載荷を与えなかったデータより密度変化による影響を除去して、 $\sigma'_c=147\text{kPa}$ のもとでの繰返し載荷による一軸圧縮強さの増加分（ Δqu ）とSRでまとめている。図中、白抜きのマーカーはキーワード 一軸圧縮試験 火山灰質粘性土 繰返し荷重 不飽和土

両振幅軸ひずみ(DA)の発生量が繰返し载荷終了時で2%未満である。この図より繰返し载荷を与えることにより $SR=0.3$ において Δq_u のピーク値が示されている。

次に、 q_u が増減する理由を検討するため図-5では、繰返し载荷終了後の ρ_{dc} が $0.85\text{g/cm}^3 \pm 1\%$ の範囲にある供試体の繰返し载荷中に発生する最大の圧縮軸ひずみ($\varepsilon_{a \text{ comp}}$)と Δq_u の関係でまとめている。この図では $\varepsilon_{a \text{ comp}}$ が増加すると Δq_u も増加している。このことから、繰返し荷重によって供試体が締固められ構造的にも、より強固な状態にあることが推察される。また $SR=0.41$ 以上になると構造が乱され、強度が減少すると考えられる。

さらに、図-6では図-5と同様のデータを用いて繰返し载荷中に供試体に与えられる、繰返し载荷エネルギーと Δq_u の関係を示している。これより载荷エネルギーが増加すると Δq_u も増加していることがわかる。このことから、ある程度の $\varepsilon_{a \text{ comp}}$ を発生させるためには、それに相当する载荷エネルギーが必要であり、この関係は、密接なものであるといえる。換言すれば、強度増加は、 $\varepsilon_{a \text{ comp}}$ の発生量と繰返し载荷エネルギー

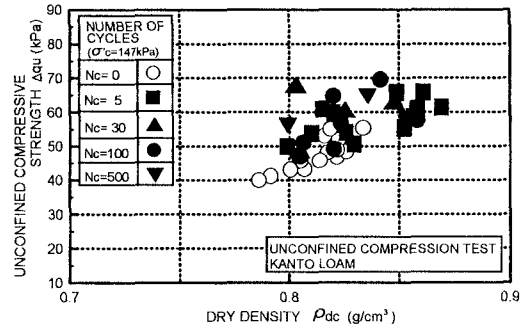


図-3 $\Delta q_u - \rho_{dc}$

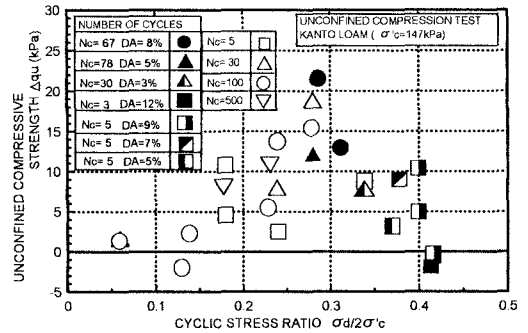


図-4 $\Delta q_u - SR$

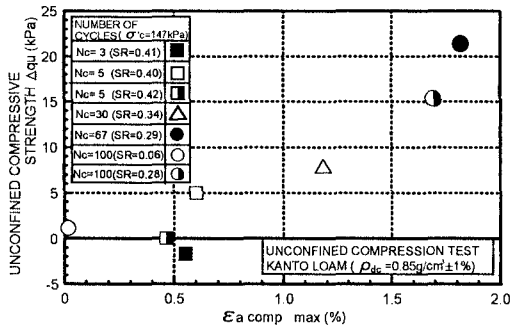


図-5 $\Delta q_u - \varepsilon_{a \text{ comp}}$

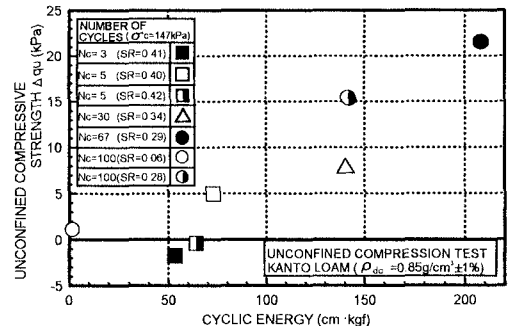


図-6 $\Delta q_u - \text{CYCLIC ENERGY}$

一に依存しているといえる。ただし、繰返し応力比を高くした場合、少ない载荷エネルギーで大きな圧縮軸ひずみを発生させられることから、 $\varepsilon_{a \text{ comp}}$ の方がより強度増加に影響を与える要因であるといえる。しかし、 $SR=0.41$ 以上の過大な繰返し応力が载荷されると構造的に破壊が生じ強度が減少すると考えられる。

4. まとめ

不飽和供試体に対し繰返し荷重を载荷すれば、一軸圧縮強度は増加し、その増加量は繰返し载荷で発生する圧縮側の軸ひずみの影響が大きい。また、 $SR=0.41$ 以上の繰返し応力が载荷されると、構造破壊が生じ強度は減少する。

謝辞

最後に本研究の実施にあたり室蘭工業大学三浦清一教授には貴重なご意見をいただいている。記して深甚なる感謝を申し上げます。

参考文献:1)Yasuhara, K., Hirao, K. and Anderson, K. H: Effects of cyclic loading on undrained strength and compressibility of clay, Soils and Foundations, Vol. 32, No. 1, pp. 100-116, 1992