

(III-64) 繰返し荷重下の発泡ビーズ混入軽量化地盤材料の強度変形特性

日本大学理工学部 正会員 峯 岸 邦 夫
 同 上 フェロー 巻 内 勝 彦
 日本大学大学院 学生員 辻 光太郎
 日本大学理工学部 学生員 高 橋 力
 同 上 学生員 水 野 顕

1. まえがき

地盤材料の軽量化は地盤安定化対策として各種の工法が研究開発途上にある。特に発泡ビーズを混入する軽量化地盤材料は、密度や強度を調整することが可能な付加機能を有するだけでなく、深刻化する建設発生土の有効利用促進の一助となるため注目されつつある。しかしながら、この軽量化地盤材料はもともと性質の異なる中実な土粒子郡の土質材料と軽量かつ圧縮性の高い発泡ビーズを混合するため、従来の地盤材料とは異なった力学挙動を示すことが指摘されている¹⁾が、定量的特性は十分に把握されていないのが現状である。

そこで本報では、発泡ビーズ混入軽量化土の力学特性を把握する一連の研究²⁾として行ったもののうち交通荷重下の地盤を想定して行った繰返し三軸圧縮試験結果について報告する。

2. 試料および試験方法

今回実験に用いた試料は、建設発生土を想定した高含水比火山灰質粘性土の関東ローム (VII₂・千葉県船橋市内で採取) と軽量化材として EPS 発泡ビーズ (密度 $\rho = 0.033 \text{ g/cm}^3$, $D_{50} = 1.47 \text{ mm}$) である。関東ロームの物理的諸性質については、表-1 に示すとおりである。試料の作成手順は、気乾状態の関東ローム ($w \approx 90\%$, 母材) にセメント系固化材 (粘性土用) を母材に対する乾燥質量比で 7% 添加し混合した後、含水比が 120% になるよう加水調整し再度混練りしながら、固化材と同じく質量比で 1.7% の発泡ビーズを混入し、ビーズが極力均一に分布するようにソイルミキサーを用いて十分に攪拌した。供試体作製は、塩ビ製のモールドを用いて直径 5cm、高さが 10cm で湿潤密度が $\rho_t = 1.1 \text{ g/cm}^3$ になるように所定量の軽量化地盤材料を 2.5kg ランマーで 5 回 / 層、3 層で突き固め、モールドから脱型せずにポリエチレンフィルムで密閉状態にし 7 日間養生した。また、比較のためにビーズを混入しない供試体 (関東ロームと固化材) については、湿潤密度が $\rho_t = 1.4 \text{ g/cm}^3$ になるように作製した。

繰返し三軸圧縮試験は、静的三軸圧縮試験 (UU) より求めた静的強度 (主応力差) σ_s に対する応力比を 0.6 ~ 0.8 の範囲で繰返し荷重 σ_d を設定し、載荷波形は sin 波、周期 1Hz、載荷回数 15,000 回までもしくは軸ひずみが 15% に達するまで行った。なお、拘束圧 σ_3 は、20, 40, 100kPa の 3 種類に設定した。

表-1 関東ロームの諸性質

土粒子の密度 $\rho_s (\text{g/cm}^3)$	2.81
液性限界 $w_L (\%)$	143.7
塑性指数 Ip	74.8
自然含水比 $w_n (\%)$	116.5
最適含水比 $w_{opt} (\%)$	94.7
最大乾燥密度 $\rho_{dmax} (\text{g/cm}^3)$	0.7

3. 試験結果および考察

図-1, 2 は、7 日養生後の関東ロームのみの場合とビーズ混入軽量化土の力学特性を把握するために行った静的三軸圧縮試験結果を例示したものである。図-1 に示した、ビーズ混入なしの場合 ($\rho_t = 1.4 \text{ g/cm}^3$) の結果と比較して、図-2 のビーズ混入軽量化土の場合は、主応力差に与える拘束圧の影響が、ビーズ混入なしのときよりも少なくなる傾向がわかる。今回は図示していないが、さらにビーズ混入の多い供試体 ($\rho_t = 0.9 \text{ g/cm}^3$) の場合、その傾向は顕著であった。これは、ビーズの介在が土のせん断抵抗

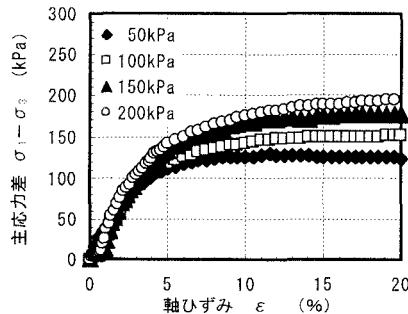


図-1 主応力差と軸ひずみの関係 ($\rho_t = 1.4 \text{ g/cm}^3$, 7 日養生)

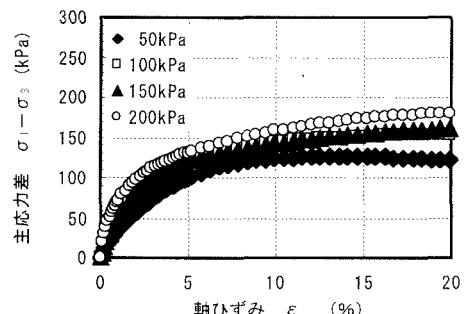


図-2 主応力差と軸ひずみの関係 ($\rho_t = 1.1 \text{ g/cm}^3$, 7 日養生)

キーワード：軽量化地盤材料、発泡ビーズ、交通荷重、繰返し荷重、三軸圧縮試験、強度変形特性

連絡先：日本大学理工学部交通土木工学科 〒274-5801 船橋市習志野台7-24-1 Tel.047-469-5217, Fax.047-469-2581

角成分のモービライズ（發揮）に関与していることを示唆している。

図-3, 4は、湿潤密度 $\rho_t=1.1\text{g/cm}^3$ で7日養生後の供試体を用いて行った $\sigma_3=20, 100\text{kPa}$ のときの繰返し三軸圧縮試験による荷重回数と全ひずみ（繰返し荷重荷重時の軸ひずみ） ε_t の関係を示したものである。両図より拘束圧と応力比（ σ_3/σ_1 ）の影響をみると、比較的低い拘束圧（ $\sigma_3=20\text{kPa}$ ）の場合、応力比が高くなると5,000回程度で破壊（ $\varepsilon_t=15\%$ 以上）に至るが、応力比が低いときは、15,000回荷重後も全ひずみが4~5%程度で収れんすることがわかる。比較的高い拘束圧 $\sigma_3=100\text{kPa}$ の場合、即時ひずみ（荷重試験開始直後のひずみ）の差に応力比の影響を受けているが、ひずみの進行はいずれもほぼ同様の傾向を示している。また、図示はしていないが荷重回数と塑性ひずみ（繰返し荷重除荷時のひずみ） ε_p の関係もほぼ同様の傾向を示していた。

図-5は、荷重回数と弾性ひずみ（全ひずみと塑性ひずみの差） ε_e の関係を $\rho_t=1.1\text{g/cm}^3$ 、 $\sigma_3=20\text{kPa}$ のときについて例示したものである。多少のばらつきはあるものの、応力比、荷重回数の影響を受けないことがわかる。この傾向は、各湿潤密度、各拘束圧が異なった場合も同様であった。

また、過去に行った不攪乱状態の関東ロームの供試体による繰返し三軸圧縮試験結果³⁾と全ひずみの進行状況を比較すると、不攪乱状態の場合、ひずみの進行に遷移変形期、定常期、加速遷移期の3段階に分けることができるが、ビーズ混入軽量土の場合、今回の実験範囲内では、明確に進行段階を区分することが難しい。これは、母材である関東ロームが乱した状態にあることに加え、変形特性の異なる発泡ビーズの介在が影響を及ぼしているためと考えられる。

図-6は、湿潤密度 $\rho_t=1.1\text{g/cm}^3$ で拘束圧 $\sigma_3=100\text{kPa}$ のときの繰返し三軸圧縮試験による荷重回数と荷重応力を弾性ひずみで除して求めた変形係数 E の関係を示したものである。荷重回数が進行するにつれて変形係数が収れんしていくことがわかる。なお、破壊直前の供試体では、弾性ひずみの発生量が増減しはらつく傾向がみられる。

4. まとめ

今回の実験範囲内で明らかになったことをまとめる。

- 1) 発泡ビーズ混入は、せん断抵抗角成分の發揮に影響を与える。
- 2) 繰返し荷重下では、低拘束圧時に塑性ひずみの進行および破壊に応力比の影響を受けるが、高拘束圧時は影響が少ない。
- 3) 破壊直前の供試体では、弾性ひずみの発生に大きな変動がみられる。

【参考文献】

- 1) 巻内ほか：EPS発泡ビーズ混合軽量土の強度・変形特性，第29回土質工学研究発表会講演集，pp. 2389-2390，1994. 6.
- 2) たとえば，巻内ほか：発泡ビーズ混合軽量化土の強度・変形特性，第32回地盤工学研究発表会講演集，pp. 2611-2612，1997. 7.
- 3) 巻内ほか：繰返し応力下の火山灰質粘性土の変形と破壊，土木学会第43回年次学術講演会概要集，pp. 536-537，1988. 10.

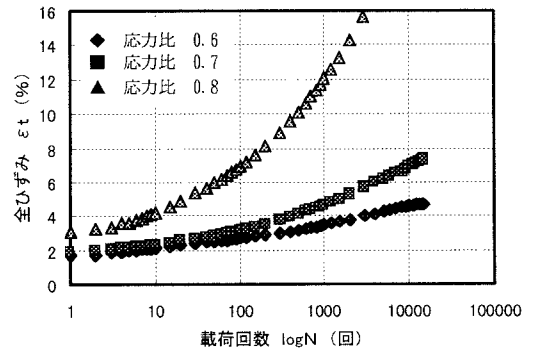


図-3 荷重回数と全ひずみの関係
($\rho_t=1.1\text{g/cm}^3$, $\sigma_3=20\text{kPa}$)

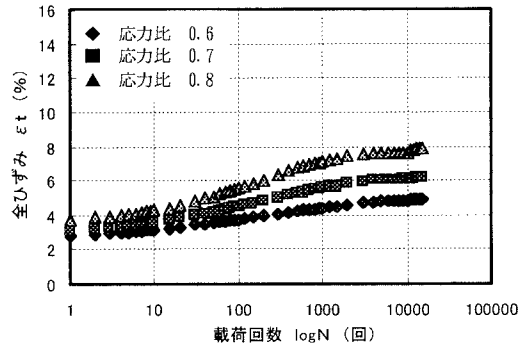


図-4 荷重回数と全ひずみの関係
($\rho_t=1.1\text{g/cm}^3$, $\sigma_3=100\text{kPa}$)

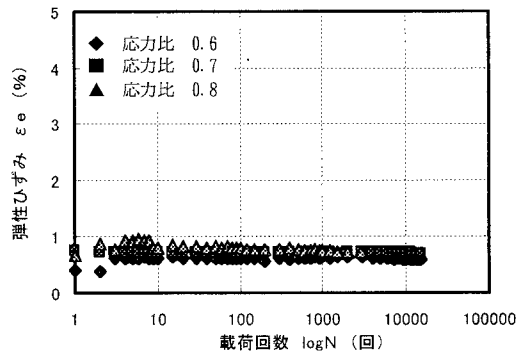


図-5 荷重回数と弾性ひずみの関係
($\rho_t=1.1\text{g/cm}^3$, $\sigma_3=20\text{kPa}$)

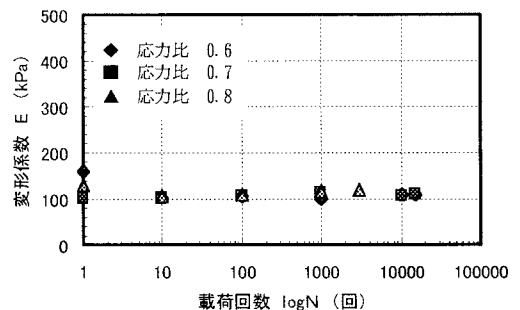


図-6 荷重回数と変形係数の関係
($\rho_t=1.1\text{g/cm}^3$, $\sigma_3=100\text{kPa}$)