

繰返し荷重下におけるE P S発泡ビーズ混入軽量化粘性土の力学特性

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
同 上 学生員 高 橋 力

1. まえがき

地盤材料の軽量化は地盤安定化対策工法の一つとして各種の方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りつつある。しかしながら、この軽量化地盤材料は元来性質の異なる中実な土粒子群の土質材料マトリックスに軽量かつ高圧縮性の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が、定量的特性は十分に把握されるに至っていないのが現状である。

そこで本研究では、発泡ビーズ混入軽量化土が道路盛土などの土構造物の材料として使用される場合に外力として受ける交通荷重を想定し基礎的研究として繰返し三軸圧縮試験を行いその結果について考察した。

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(VH₂, 千葉県船橋市内で採取)と軽量化材としてE P S発泡ビーズ(密度 $\rho = 0.033\text{g/cm}^3$, 平均粒径 $D = 1.8\text{mm}$)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。軽量化地盤材料(ビーズ混入土)は、気乾状態の関東ローム($w = 90\%$, 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%添加混合し、 $w = 120\%$ に加水調整し再度混練りしながら、発泡ビーズを質量比で1.7%(体積比で約36.1%)混入し、ビーズが均一に分布するようにソイルミキサーを用いて十分に混合した。供試体は、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 $\rho_t = 1.1\text{g/cm}^3$ になるように所量の軽量化地盤材料を2.5kgランマーで3層5回突き固めて作製し、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 $\rho_t = 1.4\text{g/cm}^3$ になるよう突き固めて作製した。

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0.6~0.8の範囲で繰返し荷重 σ_d を設定し、载荷波形はsin波、周期1Hz、载荷回数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。

3. 試験結果および考察

図-1, 2は、ビーズ混入土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载荷回数と全ひずみ(繰返し荷重载荷時の軸ひずみ) 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_s / σ_d)の影響をみると、今回の試験範囲内で比較的低い拘束圧($\sigma_3 = 20\text{kPa}$)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、応力比が低いほど破壊しにくい傾向を示すことがわかる。比較的高い拘束圧 $\sigma_3 =$

表-1 関東ロームの諸性質

土粒子の密度 $\rho_s(\text{g/cm}^3)$	2.84
液性限界 $w_L(\%)$	135.6
塑性指数 Ip	76.7
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

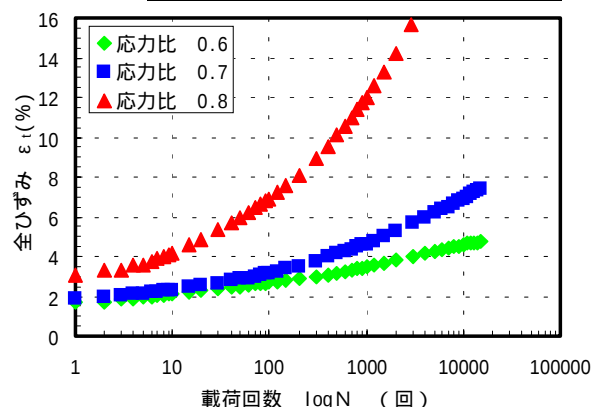


図-1 载荷回数と全ひずみの関係($\sigma_3 = 20\text{kPa}$)

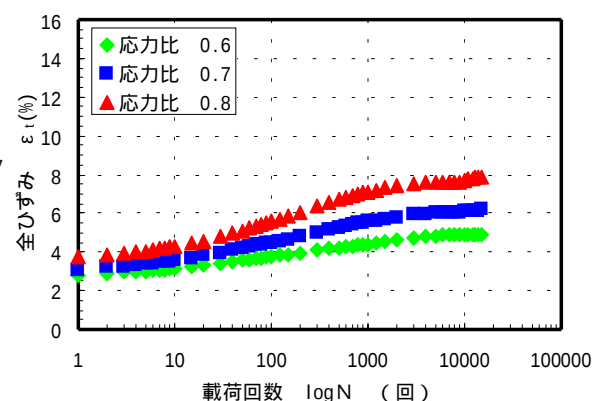


図-2 载荷回数と全ひずみの関係($\sigma_3 = 100\text{kPa}$)

キーワード：軽量化地盤材料、発泡ビーズ、交通荷重、繰返し三軸圧縮試験、強度変形特性

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

100kPaの場合、ひずみの進行はいずれもほぼ同様の収れん傾向を示している。また、図示はしていないが、載荷回数と塑性ひずみ(繰返し荷重除荷時のひずみ) ε_t の関係もほぼ同様の傾向を示していた。しかし、ビーズ混入なしの場合は、拘束圧、繰返し応力比に関係なく全ひずみ、塑性ひずみとともに破壊直前にひずみの進行が鈍化する傾向が得られた。

図 - 3, 4 に $\sigma_3 = 40, 100\text{kPa}$ のときの、全ひずみと繰返し応力比の関係を示す。 $\sigma_3 = 40\text{kPa}$ では、繰返し応力比の増加に伴い載荷回数100回前後の載荷初期段階で全ひずみの急増がみられる。また、載荷回数100回前後から供試体内の発泡ビーズの塑性変形が徐々に起き、軟化的挙動(图中静的三軸試験結果の曲線より右側)を示すことにより破壊に至ると考えられる。ただし、載荷試験開始直後では、硬化的挙動(同曲線左側)を示している。 $\sigma_3 = 100\text{kPa}$ 時には、繰返し応力比および繰返し回数の増加に伴い全ひずみは増加するものの、その増加率は小さいことがわかる。これは、高い拘束圧下では、土粒子および発泡ビーズ同士のインターロッキングにより摩擦抵抗成分の作用を発揮し低拘束圧時に比べ軟化的挙動が小さいと考えられる。

図 - 5, 6 に $\sigma_3 = 20, 100\text{kPa}$ における載荷回数と繰返し応力比を弾性ひずみで除して求めた変形係数 E の関係を示す。低拘束圧 ($\sigma_3 = 20\text{kPa}$) で多少のばらつきはあるものの、変形係数は繰返し応力比および載荷回数にかかわらずほぼ一定値を示していることがわかる。一方、高拘束圧 ($\sigma_3 = 100\text{kPa}$) では、いずれの繰返し応力比においても載荷回数約100回以降は若干ばらつきはあるものの変形係数は載荷回数の増加に伴い増加傾向を示していることがわかる。これは、載荷回数が少ない範囲では、供試体の変形は圧縮性の高い発泡ビーズの復元力が支配的で、載荷回数が増加すると、発泡ビーズ自体が繰返し載荷により塑性変形を起こし、ビーズの復元力が低下するためと考えられる。また繰返し応力比の増加に伴い変形係数が低下し、かつ繰返し回数によるばらつきが生じやすくなっている。

4. まとめ

本研究の範囲内で得られた結果をまとめると以下のようになる。

- 1) 低拘束圧下では高い繰返し応力比で大変形もしくは破壊に至るが、高拘束圧下では応力比の影響は少なく破壊に至りにくい。
- 2) 比較的低い拘束圧 ($\sigma_3 = 40\text{kPa}$) では、載荷回数の増加に伴い軟化傾向が顕著になるが、高拘束圧下 ($\sigma_3 = 100\text{kPa}$) ではこの傾向が小さい。
- 3) 変形係数は低拘束圧下ではほぼ安定した一定値を示すが、高拘束圧下では載荷回数の増加に伴いばらつき変動を示す。

【謝辞】

本研究を行うにあたって、本学学生水野顕君の協力を得た。ここに記して謝意を表します。

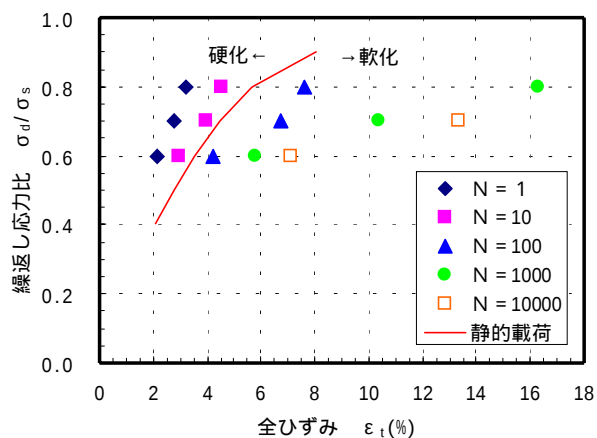


図 - 3 全ひずみと繰返し応力比の関係 ($\sigma_3 = 40\text{kPa}$)

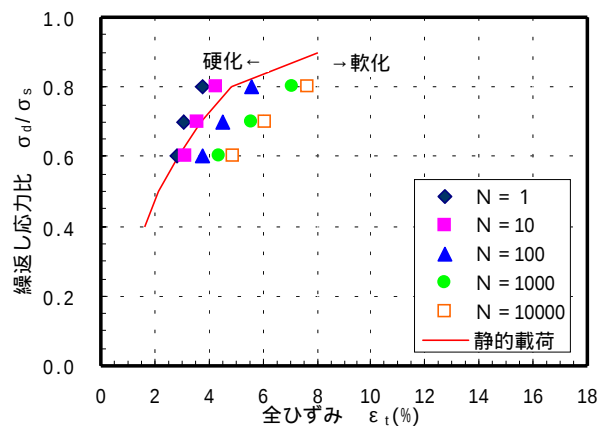


図 - 4 全ひずみと繰返し応力比の関係 ($\sigma_3 = 100\text{kPa}$)

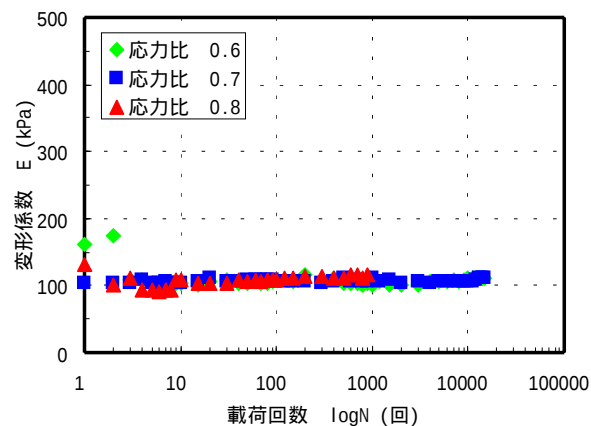


図 - 5 載荷回数と変形係数の関係 ($\sigma_3 = 20\text{kPa}$)

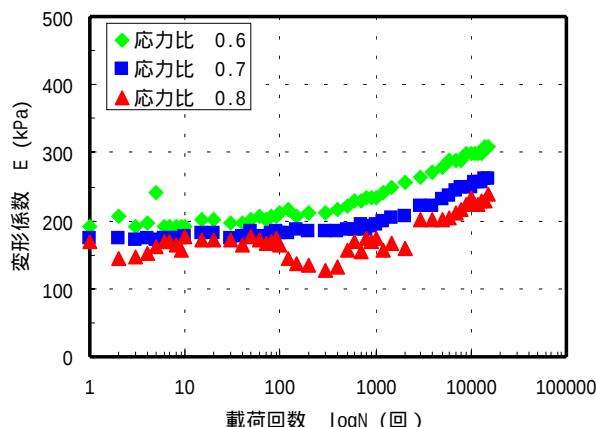


図 - 6 載荷回数と変形係数の関係 ($\sigma_3 = 100\text{kPa}$)