

発泡ビーズ混入軽量化地盤材料の変形特性に及ぼす繰返し応力比の影響

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 高 橋 力

1. まえがき

発泡ビーズ等の軽量材を現地土に混合させる軽量化地盤材料は、用途に応じて密度（単位体積重量）や強度特性を調節できる利点を有するだけでなく、深刻化する建設発生土の産出量抑制とともに、再生利用の促進を図ることが重要となっている今日、社会ニーズに対応できる工法の一つとして有望視されている。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、従来の天然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。それらの配合設計と工学的定量化特性の関係は十分に把握されるに至っていないのが現状¹⁾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た基礎的研究として、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 ($w_L = 135.6\%$, $I_p = 58.9$, $\rho_s = 2.84\text{g/cm}^3$) と軽量化材料として発泡ビーズ (EPS, $\rho = 0.033\text{g/cm}^3$, 平均粒径 $d = 1.8\text{mm}$) である。軽量化地盤材料（発泡ビーズ混入土）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、 $w = 120\%$ に加水調節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 5 cm、高さが 10 cm 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 2.5 kg 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。

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 に対する繰返し応力比 0.2 ～ 0.8 の範囲で設定し、載荷波形は sin 波、周期 1 Hz、載荷回数 15000 回までもしくは軸ひずみが 15%（破壊と規定）に達するまで行った。なお拘束圧 σ_3 は、20, 40, 60, 80, 100 kPa の 5 種類に設定した。

3. 試験結果および考察

図-1, 2 は、発泡ビーズ混入土の供試体を用いて行った $\sigma_3 = 20, 100\text{kPa}$ における繰返し三軸圧縮試験による載荷回数と全ひずみ ϵ_t （繰返し荷重載荷時の軸ひずみ）の関係を例示したものである。全ひずみは、載荷回数とともに、繰返し応力比 (σ_d / σ_s) による依存性が大きいことがわかる。また両図から拘束圧と繰返し応力比の関係を見ると、 $\sigma_3 = 20\text{kPa}$ の場合、繰返し応力比 0.6 ～ 0.8 の範囲においては破壊 ($\epsilon_t = 15\%$ 以上) に至るが、繰返し応力比 0.2, 0.4 の範囲においては破壊に至らない傾向を示している。一方、 $\sigma_3 = 100\text{kPa}$ の場合、繰返し応力比 0.8 においては破壊に至るが、0.7 以下の範囲では破壊しにくい傾向を示すことがわかる。またここでは図示していないが、載荷回数と塑性ひずみ（繰返し荷重除荷時のひずみ） ϵ_1 の関係もほぼ同様の傾向を示してい

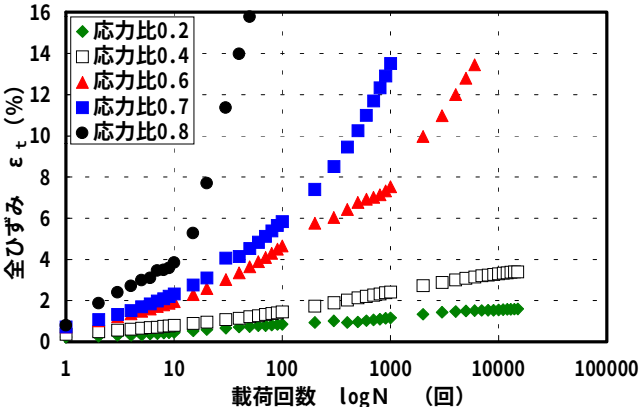


図-1 載荷回数と全ひずみの関係 ($\sigma_3 = 20\text{kPa}$)

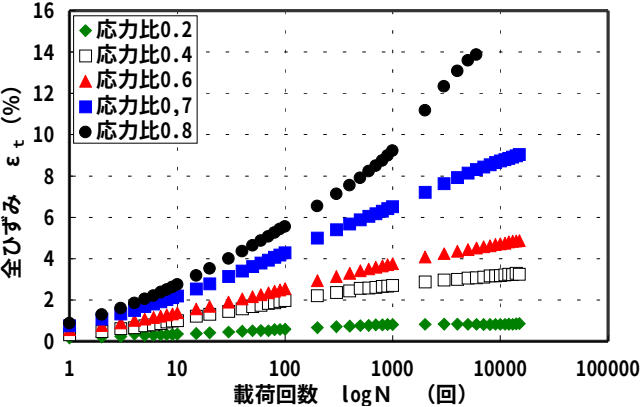


図-2 載荷回数と全ひずみの関係 ($\sigma_3 = 100\text{kPa}$)

キーワード：(EPS) 発泡ビーズ, 軽量化地盤材料, 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)

た。

図-3に、今回の試験範囲内における全拘束圧 ($\sigma_3 = 20 \sim 100 \text{ kPa}$) における破壊時の载荷回数と繰返し応力比の関係を示す。この図より繰返し応力比の低下あるいは、拘束圧が高まるにつれて破壊に至る回数が増加することがわかる。

図-4, 5に $\sigma_3 = 20, 100 \text{ kPa}$ における全ひずみと繰返し応力比の関係を例示する。両図より载荷回数 10 ~ 100 回前後から供試体内の発泡ビーズの塑性変形が累積し、軟化的挙動 (図中の静的三軸試験結果の曲線より右側) に移行しながら破壊に至ると考えられる。ただし、载荷試験開始直後では、硬化的挙動 (同曲線左側) がみられる。また両図の比較より拘束圧の影響をみると、今回の試験範囲内で最も高い拘束圧 ($\sigma_3 = 100 \text{ kPa}$) においては低い拘束圧 ($\sigma_3 = 20 \text{ kPa}$) に比べて、全ひずみの増加率が小さいことがわかる。これは、高い拘束圧下においては、繰返し応力を受けて土粒子および発泡ビーズ同士の噛み合いにより摩擦抵抗成分の作用が発揮されやすくなるためと考えられる。

図-6に、繰返し応力比0.6における拘束圧20, 100kPaの場合の载荷回数と繰返し応力を弾性ひずみで除して求めた復元変形係数 E の関係を例示する。低い拘束圧においては、多少のばらつきはあるものの载荷回数にかかわらずほぼ一定の値を示しているが、高い拘束圧においては変動がみられ、载荷回数約 100 回以降で载荷回数の増加に伴ない若干ではあるが増加傾向を示している。これは、発泡ビーズ自体が繰返し载荷により塑性変形を起こし、ビーズの復元性が低下したためと考えられる。

4. まとめ

本研究の範囲で得られた結果をまとめると以下のようになる。

- ① 全ひずみは、一定の繰返し応力比を超えると、载荷回数の増加につれて大きく増進する。
- ② 繰返し応力比の低下あるいは拘束圧が高くなるにつれて、破壊に至らない。
- ③ 比較的低い拘束圧下では、载荷回数の増加に伴ない軟化傾向が顕著になるが、高い拘束圧下ではこの傾向が小さい。
- ④ 復元変形係数は低拘束圧下ではほぼ一定値を示すが、高拘束圧下では载荷回数の増加に伴ない圧縮性ビーズの介在によると考えられる変動を示す。

【参考文献】

- 1) 峯岸ほか、軽量化地盤材料の開発と適用に関するシンポジウム発表論文集, pp.221-224, 2000.5.

【謝辞】

本研究を行うにあたって、本学学生尼寺裕介、山田裕紀両君の協力を得た。ここに記して謝意を表します。

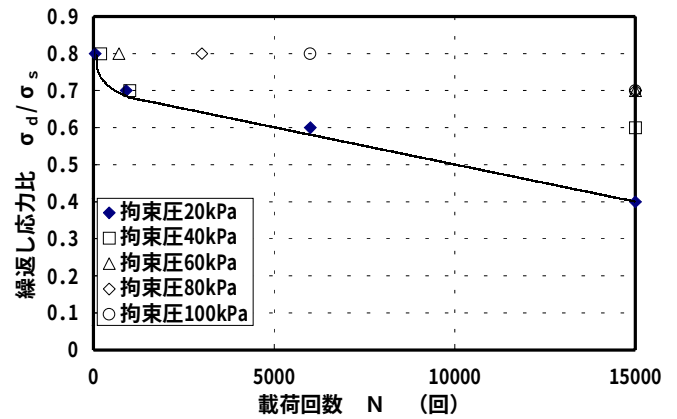


図-3 破壊時の载荷回数と繰返し応力比の関係

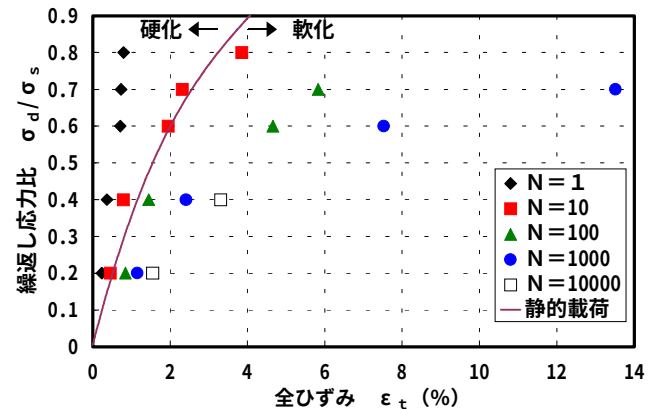


図-4 全ひずみと繰返し応力比の関係 ($\sigma_3 = 20 \text{ kPa}$)

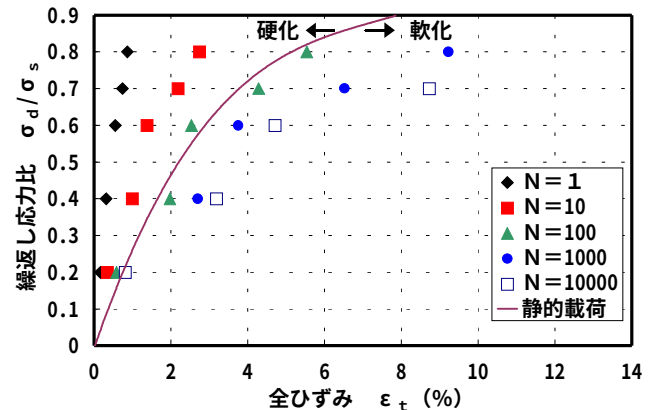


図-5 全ひずみと繰返し応力比の関係 ($\sigma_3 = 100 \text{ kPa}$)

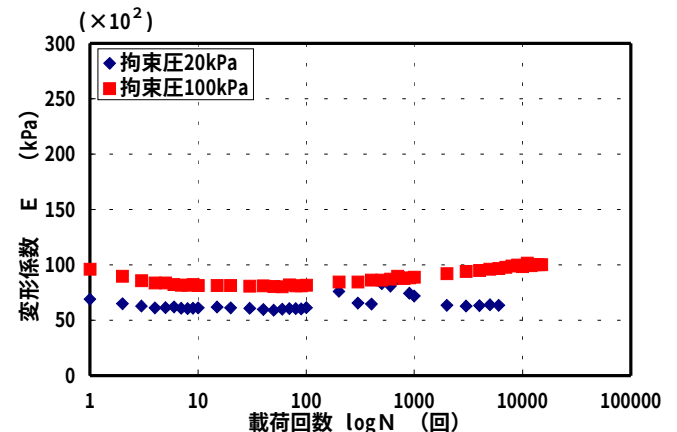


図-6 载荷回数と変形係数の関係 (繰返し応力比0.6)