

# 発泡ビーズ混入軽量化材料の強度変形特性に及ぼす載荷条件の影響

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	葛生 智史
同上	学生員	根本 亮
日本大学理工学部	学生員	阿部 直樹

## 1. まえがき

天然地盤材料に発泡（EPS）ビーズを混入させる軽量化土は、予備発泡の超軽量EPSビーズを均一に分散混合させた複合材料であり、用途に応じて密度や強度特性をある程度調節可能だけでなく、不良建設残土発生の抑制、再生利用といった環境保全と資源活用が重視されている今日、有望視されている工法のひとつである。しかし、圧縮性ビーズを含むため固体土粒子の集合体からなる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。

本研究では、母材に建設発生土を想定した火山灰質粘性土（関東ローム）を使用し、EPSビーズとセメント系固化材を混入した軽量化地盤材料について、繰返し三軸圧縮試験による基礎的研究を行い、その結果について考察を行った。

## 2. 試料および試験方法

試料は、母材に千葉県船橋市で採取した火山灰質粘性土（ $\rho_s = 2.65\text{g/cm}^3$ ,  $w_L = 125.0\%$ ,  $I_p = 66.5$ ,  $VH_2$ ）、軽量化材料としてEPSビーズ（ $\rho = 0.033\text{g/cm}^3$ ,  $D_{50} = 1.47\text{mm}$ ）、安定材としてセメント系固化材（一般軟弱土用）を用いた。混入量は火山灰質粘性土の乾燥質量に対してEPSビーズを1.7%、安定材を7%とし、供試体の湿潤密度が $\rho_t = 1.1\text{g/cm}^3$ となるよう2.5kgランマーにて突き固めた。7日養生後、静的三軸圧縮試験（UU試験）より求めた静的応力 $\sigma_s$ に対する繰返し応力比（ $\sigma_d/\sigma_s$ ）を設定し、定拘束圧（ $\sigma_3$ ）の下での繰返し三軸圧縮試験を行った。今回は載荷条件の主要な要因を検証するために、載荷周期を1Hzと5Hzの2種類設定し、試験を行った。

表 1 試験条件

湿潤密度	$\rho_t = 1.1\text{g/cm}^3$
拘束圧	20, 40, 60, 80, 100kPa
応力比	0.6, 0.7, 0.8
載荷回数	15000, 100000回
波形	sin波
制御方式	応力制御
周期	1, 5 Hz

本研究における試験条件を表-1に示す。時間上の制約があったため、載荷回数は1Hzが15,000回、5Hzが100,000回まで行い、それぞれの載荷回数に至る前に破壊（ $\rho_t = 15\%$ 以上）した場合はその時点で終了とした。

## 3. 試験結果および考察

図-1は、載荷周期5Hzで繰返し三軸圧縮試験を行った結果より、繰返し応力比（ $\sigma_d/\sigma_s$ ）0.6における載荷回数Nと全ひずみ $\rho_t$ の関係を示したものである。図より、試験開始直後から100,000回載荷後まで拘束圧の顕著な影響は見ることができなかった。また、図示していないが、他の繰返し応力比、塑性ひずみ $\rho_p$ においてもほぼ同様の傾向が得られた。

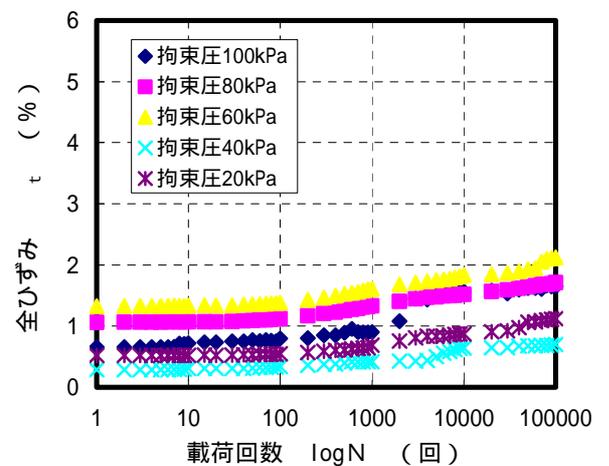


図 - 1 載荷回数と全ひずみの関係  
(応力比 0.6)

キーワード：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、交通荷重、関東ローム

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/Fax 047-469-5217

図 - 2 は、繰返し応力比 0.7 における載荷回数と全ひずみ  $\epsilon_t$  の関係に及ぼす載荷速度の影響を調べるために、1 Hz と 5 Hz で載荷した結果を比較したものである。同一拘束圧、応力比で行っているにもかかわらず、今回の試験範囲内で遅い載荷周期の 1 Hz の場合は、試験開始直後から緩慢にひずみが増加し、破壊には至らないものの大変形を生じていることがわかる。一方、5 Hz 載荷の場合は、試験開始から約 1,000 回程度まではほとんどひずみの増加がなく、1,000 回以降に微増する程度であった。この理由として、載荷速度が速い場合、供試体を構成する EPS ビーズが塑性変形を蓄積する前に荷重が除荷されているため、非可逆的なひずみ発生量が少なくなるためと考えられる。以上のことより、載荷速度の影響を顕著に受けることが明らかになり、試験結果を評価する際は、過大・過小評価につながらないように注意が必要である。

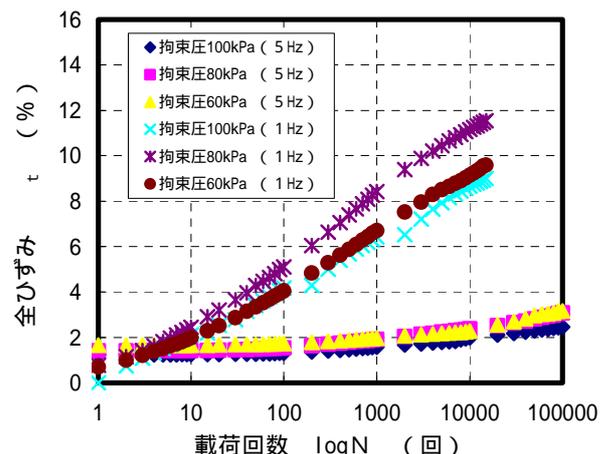


図 - 2 載荷回数と全ひずみの関係  
(応力比 0.7, 1 Hz と 5 Hz の比較)

図 - 3 は、繰返し応力比 0.7, 載荷周期 5 Hz における載荷回数と変形係数の関係を示したものである。多少のばらつきはみられるものの、載荷回数にかかわらず、拘束圧による影響もほとんどなく、ほぼ一定の値を示していることが分かる。これは、EPS ビーズの特性である復元力が供試体に寄与していると考えられる。

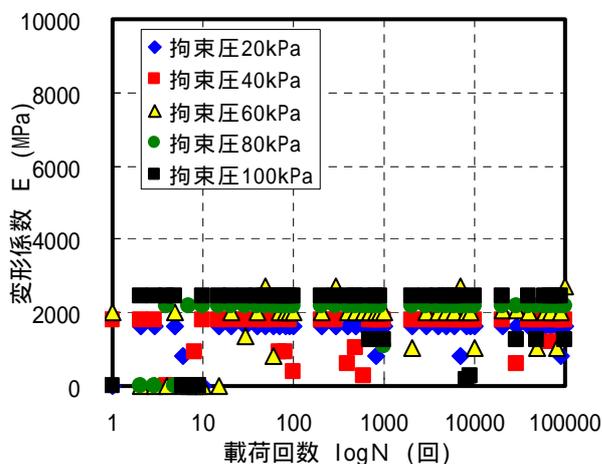


図 - 3 載荷回数と変形係数の関係  
(応力比 0.7)

図 - 4 は拘束圧 100kPa, 載荷周期 5 Hz における全ひずみ  $\epsilon_t$  と繰返し応力比の関係を示したものである。載荷回数が増加するにつれて軟化が進行する傾向(図中で右側に傾く)にある。これを、周期 1 Hz, 載荷回数 15,000 回, 拘束圧 100kPa の結果<sup>1)</sup>と比較すると、繰返し応力比 0.7 以上において、周期 1 Hz の場合では載荷回数 100 回以降にひずみの急増がみられていたが、5 Hz では載荷回数 1,000 回以降にひずみの急増がみられた。これは、今回の試験結果の特徴でもある、ひずみの進行速度が遅いことが影響していると考えられる。

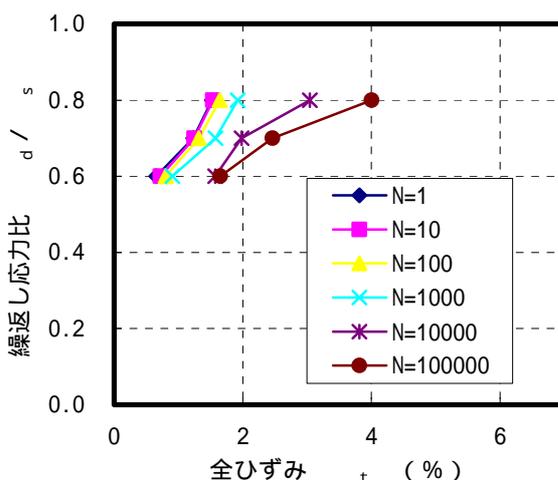


図 - 4 全ひずみと繰返し応力比の関係  
(100kPa)

#### 4. まとめ

今回の実験範囲で得られた EPS ビーズ混入土の力学特性に及ぼす載荷条件の影響をまとめると以下ようになる。

EPS ビーズ混入軽量化土は、同一拘束圧、同一応力比下で繰返し三軸圧縮試験を行うと、載荷速度が速くなるとひずみの発生量が減少する。

供試体の骨格構造の軟化現象の進行は載荷速度の影響を受ける。

載荷速度が速い場合に比べ、遅い場合はひずみの進行に拘束圧の影響を及ぼす。

【参考文献】1) 峯岸・巻内・辻・高橋：繰返し荷重下における EPS ビーズ混入軽量化粘性土の力学特性，土木学会第 55 回年次学術講演会講演概要集 (CD-ROM)，平成 12 年 10 月