

発泡ビーズ混入軽量化土の基本的力学特性

日本大学大学院 学生会員 ○山中 光一
 日本大学理工学部 フェロー 卷内 勝彦
 日本大学理工学部 正会員 峯岸 邦夫
 日本大学理工学部 折原 靖明

1. はじめに

わが国は、国土面積が小さく良好な土地の確保が難しいため、土地の有効活用が求められている。現状では構造物を構築するのに適さない軟弱地盤や山間部、急斜面地など施工が困難な土地の利用が進んでいるとはいえない。このような社会背景を踏まえ、新しい対策の開発が期待されている。軟弱地盤対策の一つとして軽量盛土工法がある。軽量盛土工法は盛土の自重を軽くして原地盤に加わる負荷を軽減する工法である。この工法の一つである発泡ビーズ混入軽量化土は、近年問題となっている建設発生土の有効利用とともに、再利用による環境保全の促進や工期短縮、施工費の低減が図れる工法として期待されている。しかし、圧縮性の高い発泡ビーズを含むため従来の地盤材料とは異なる力学特性を示すことが指摘されている。そこで本研究では、建設発生土を想定した母材に関東ローム、軽量化材料として発泡ビーズ、安定材としてセメント系固化材を混入した発泡ビーズ混入軽量化土について、力学特性を把握するため一軸圧縮試験、静的三軸圧縮試験（UU 試験）、一面せん断試験を行い試験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、日本大学二和校地（船橋市）で採取した関東ローム（ $\rho_s = 2.686 \text{ g/cm}^3$, $w_n = 119.3\%$, $w_L = 171.1\%$, $I_p = 45.2$ ）を母材とし、軽量化材料として発泡ビーズ（ $\rho = 0.033 \text{ g/cm}^3$, $D_{50} = 1.47 \text{ mm}$ ）、安定材としてセメント系固化材を用いた。関東ロームは採取後、含水比が $w = 90\%$ になるまで室内乾燥させる。発泡ビーズ、安定材の混入率は、関東ロームの乾燥質量に対し、それぞれ 1.7%、7%とした。また、ビーズの混合具合を良くするため、加水をし、含水比 $w = 120\%$ になるよう調節をした。一軸圧縮試験、静的三軸圧縮試験（UU 試験）の供試体は湿潤密度 $\rho_t = 1.1 \text{ g/cm}^3$ にするため、前述の各材料を十分混合後 2.5kg のランマーと直径 5cm の専用塩ビ管モールドを用いて 3層 5回で突き固めた。一面せん断試験用は 10cm のモールドを用いて 3層 25回で締め固めた試料からカッターリングを用いて直径 6cm、高さ 2cm に切り出した。締め固め後、7日間養生させ試験を行った。試験は、一軸圧縮試験は JIS A 1216、静的三軸圧縮試験（UU 試験）は JGS 0521、一面せん断試験は JGS 0560 に準じて行った。

3. 試験結果および考察

(1) 一軸圧縮試験

表-1 は一軸圧縮試験の解析結果を、図-1 は一軸圧縮強さ q_u と変形係数 E_{50} の関係を示したものである。一軸圧縮試験の試験結果より、発泡ビーズ混入軽量化土の強度定数は、粘着力 $c_u = 33.8 \text{ kN/m}^2$ 、せん断抵抗角 $\phi_u = 17.9^\circ$ といった結果が得られた。また、一軸圧縮強度 q_u と変形係数 E_{50} の関係に注目すると、通常、安定処理土の変形係数

表-1 一軸圧縮試験結果

| | |
|----------------------------------|------|
| 一軸圧縮強さ q_u (kN/m^2) | 66.6 |
| 粘着力 c_u (kN/m^2) | 33.8 |
| せん断抵抗角 ϕ_u ($^\circ$) | 17.9 |
| 破壊ひずみ ϵ_f (%) | 2.75 |

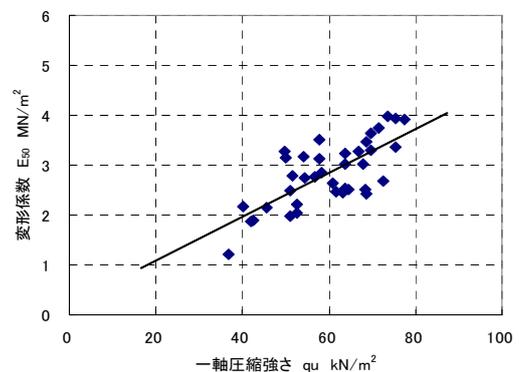


図-1 一軸圧縮強さと変形係数の関係
(発泡ビーズ混入軽量化土)

キーワード 軽量盛土、発泡ビーズ、セメント系固化材

連絡先 〒274-8501 千葉県船橋市習志野台 7-24-1 日本大学理工学部社会交通工学科 TEL047-469-5217

と一軸圧縮強さの関係は、各種地盤材料によって若干の差異は生じるが、良好な相関性がみられる。発泡ビーズ混入軽量化土における一軸圧縮強さと変形係数の関係は図-1に示したとおりの線形関係が得られた。この結果を図-2の関東ロームにおける一軸圧縮強さと変形係数の関係¹⁾と比較すると、ほぼ同様な傾向を示している。これは、本研究で用いた配合の場合、発泡ビーズ混入軽量化土における発泡ビーズの性質の影響は少なく、母材である関東ロームの性質が卓越ためと思われる。

(2) 静的三軸圧縮試験 (UU 試験)

図-3に示すように、三軸圧縮試験 (UU 試験) の強度定数を求めた。結果、粘着力は $c_u=38.9\text{kN/m}^2$ 、せん断抵抗角は $\phi_u=13.5^\circ$ となり前述の一軸圧縮試験とほぼ同様な結果となった。

(3) 一面せん断試験

一面せん断試験で得られたせん断応力 τ とせん断変位 δ の関係を図-4に、垂直応力 σ とせん断応力 τ の関係を図-5に示し、これより粘着力 c_u 、せん断抵抗角 ϕ_u を求めた。この関係より、粘着力は $c_u=25.4\text{kN/m}^2$ 、せん断抵抗角は $\phi_u=34.7^\circ$ と前述の一軸圧縮試験、静的三軸圧縮試験より求めた強度定数とは、粘着力 c とせん断抵抗角 ϕ 大きさが逆になった。これは、一軸圧縮試験、静的三軸圧縮試験と一面せん断試験では強度発現のメカニズムに違いがあり、供試体作製時 10cm モールドから切出す際、切り出した供試体内部に、締固め時の継ぎ目が存在したなどの理由によってこのような結果になったと思われる。

また、図-4で示したように、 $\sigma=25\text{kN/m}^2\sim 75\text{kN/m}^2$ では垂直応力 σ が増加するに伴いせん断応力 τ も増加しているが、 $\sigma=100\text{kN/m}^2$ については同じ試験を数回行ったが他の垂直応力 σ より同等もしくは低い値となった。これは、発泡ビーズの圧密降伏応力 $p_c=100\text{kN/m}^2$ であるため²⁾、垂直応力が $\sigma=100\text{kN/m}^2$ 以上になると供試体内の発泡ビーズが垂直応力の影響で変形し、供試体内での発泡ビーズと母材である関東ロームとのかみ合わせが悪くなったため、このような結果になったと考えられる。

4. まとめ

本研究で得られた主な結果を要約すると、

- ① 発泡ビーズ混入軽量化土における一軸圧縮強さと変形係数の関係は、関東ロームにおける関係と、ほぼ同様の傾向を示す。
- ② 垂直応力 $\sigma=25\text{kN/m}^2\sim 75\text{kN/m}^2$ では、せん断過程で垂直応力に比例してせん断応力も増加するが、発泡ビーズの圧密降伏応力 p_c に近い $\sigma=100\text{kN/m}^2$ では同等もしくは低い値となる。

参考文献

1) (社)セメント協会：セメント系固化材による地盤改良マニュアル (第二版), p. 140, 技報堂出版, 1985. 4.
 2) Minegishi, K. & Makiuchi, K. : Strength-deformation characteristics of lightweight geomaterial mixed with EPS beads, Geosynthetics (Proc.of.8ICG), pp.1651-1654, 2006.

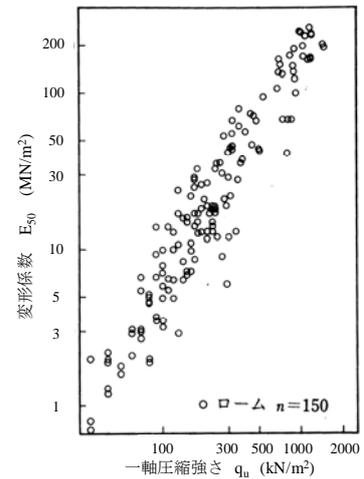


図-2 一軸圧縮強さと変形係数の関係 (関東ローム) 1)

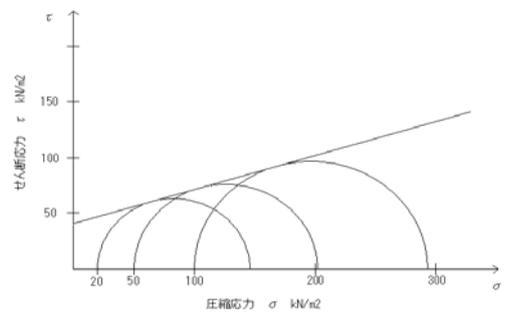


図-3 モールの応力円

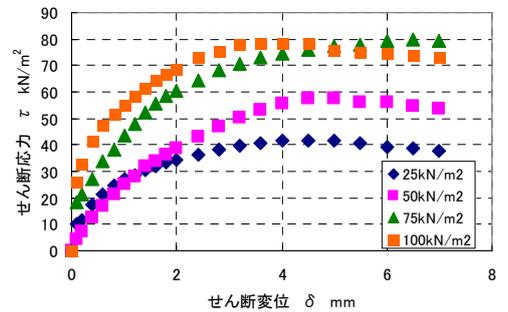


図-4 せん断変位とせん断応力の関係

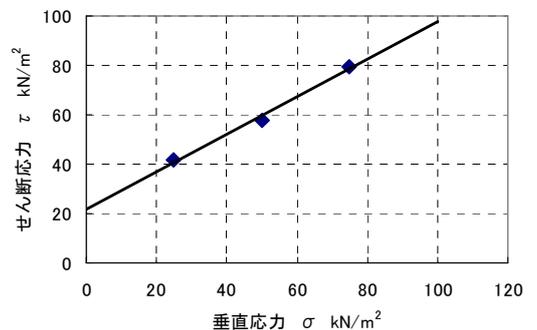


図-5 垂直応力とせん断応力の関係