

発泡廃ガラス混合軽量化土の力学的特性

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

1. はじめに

近年の循環型社会システムの形成を推進する時代背景から、地盤工学の分野においても、廃棄物を積極的にリサイクルできる工法が各種開発されている。ガラス廃材を原料として開発された発泡廃ガラスもその1つで、現地発生土との混合土で軽量盛土材としての用途が検討されている。しかし、発泡廃ガラスを混入した軽量盛土材の力学的性質については未だ把握しきれていない。

本研究では締固め時において、締固めエネルギーによって発泡廃ガラスが破損するという問題を解決するために、締固めエネルギーを抑え、安定材としてセメント系固化材を混入した地盤材料を対象とした。そこで、締固められた軽量地盤材料の状態量や軽量材、安定材との混入量の関係を明らかにする必要がある、セメント系固化材を混入した軽量地盤材料の基本的力学特性の把握を目的として行った試験結果を考察する。

2. 試験概要

本研究では発泡廃ガラス（密度 $\rho = 0.4 \sim 0.5 \text{ g/cm}^3$ ）と現地発生土を想定した関東ローム（VH₂、土粒子の密度 $\rho_s = 2.69 \text{ g/cm}^3$ 、液性限界 $w_L = 171.1\%$ 、塑性指数 $I_p = 45.2$ ）、セメント系固化材を用いた発泡廃ガラス混合軽量化土を用いて、突固めによる締固め試験、CBR 貫入試験、一軸圧縮試験を行った。関東ロームと発泡廃ガラスの配合比は、質量比で 10 : 3（関東ローム : 廃ガラス）に固定し、固化材の混入率は関東ロームの乾燥質量に対して 0, 5, 10%とした。固化材を混入した供試体は 7 日間養生した。試験は発泡廃ガラスの破損性から締固めエネルギーを一定（ $E_c = 330.75 \text{ kJ/m}^3$ ）に設定し、締固めエネルギーは式(1)に基づき算出した。突固めによる締固め試験は、それぞれの固化材混入率による最適含水比と最大乾燥密度を求めた。CBR 貫入試験は、突固めによる締固め試験結果から求めた試験条件で供試体を作製し、突き固められた供試体で試験を行い、CBR 値を求めた。一軸圧縮試験では 5×10cm の供試体を塩ビ管で作製し、試験結果より応力-ひずみの関係を求め、粘着力とせん断抵抗角の算出を行った。

試験結果の比較対象として関東ロームのみの供試体をそれぞれの試験において作製した。条件は、締固め試験は JIS A1210 に準じて締固め回数を 3 層 25 回、CBR 貫入試験では 3 層 67 回、一軸圧縮試験は締固め試験のエネルギーから 3 層 5 回と、発泡廃ガラス混合土と同じく 3 層 3 回にした。

表-1 CBR, 一軸圧縮試験条件

固化材混入率 (%)	0	5	10	関東ロームのみ
最大乾燥密度 ρ_{dmax} (g/cm ³)	0.505	0.539	0.554	0.643
最適含水比 w_{opt} (%)	126.0	120.5	118.4	108.6

$$E_c (\text{kJ/m}^3) = \frac{M \times H \times N \times L}{V} \tag{1}$$

E_c : 締固めエネルギー (kJ/m³), M : ランマー重量 (kN), H : ランマー落下高さ (m), N : 一層あたりの突固め回数 (回), L : 層数 (層), V : 突固めによる締固め試験モールドの体積 (m³)

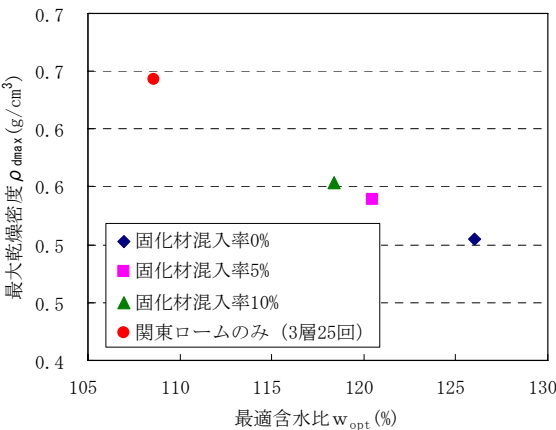


図-1 固化材混入率と最大乾燥密度の関係

キーワード 軽量盛土, 発泡廃ガラス, 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

3. 試験結果および考察

(1) 突固めによる締固め試験

締固め試験により、固化材混入率と最大乾燥密度の関係を図-1に示した。まず、発泡廃ガラスを混入することにより、最大乾燥密度が低くなることがわかる。また、固化材混入率に比例して最大乾燥密度が上昇して、最適含水比が減少していることがわかる。最大乾燥密度の上昇が見られる理由は固化材の比重が関東ロームと発泡廃ガラスよりも高いことによる。JISの試験条件に準じた関東ロームのみの供試体と比べると、固化材を10%混入しても質量比が86%と軽量化を維持していることがわかる。

(2) CBR 貫入試験

CBR 貫入試験より、各固化材混入率の CBR 値を表-2に示した。発泡廃ガラス混入、固化材混入が CBR 値を増加させることが確認できる。また、舗装厚の決定は、設計 CBR と交通量の区分とに依拠している。表-2を元に設計 CBR を求めると、固化材混入率 5%、10%の混合土の場合、設計 CBR=12%であり、路床土として十分な強度を得られている。

締固め試験と CBR 貫入試験の結果から最大乾燥密度と CBR 値の関係を図-2に示す。本試験条件において、固化材混入率を上げて、路床土として最良の 20%以上の CBR 値にしても、軽量化を得られることがわかる。

(3) 一軸圧縮試験

一軸圧縮試験の結果として応力-ひずみ曲線を図-3に、解析結果を表-3に示した。固化材混入率に比例して一軸圧縮強さ、せん断抵抗角、初期接線変形係数、粘着力が大きくなる。このことから固化材混入により補強されたといえる。

関東ローム 3 層 5 回と 3 層 3 回の比較から、締固めエネルギーを減少させると、一軸圧縮強さが低下することがわかる。また、関東ローム 3 層 5 回の一軸圧縮強

さに比べ、固化材混入率 0%の一軸圧縮強さが低い。これは発泡廃ガラスの破損を防ぐために、締固めエネルギーを低く設定したためである。JIS A1210 に準じた締固め試験の締固めエネルギーでの関東ロームの一軸圧縮強さを基準に考えると、固化材混入率 0%は 69%，固化材混入率 5%で 103%，固化材混入率 10%で 134%の一軸圧縮強さである。このことから、一軸圧縮強さから考えると固化材による補強は必須といえる。

4. まとめ

- ① セメント系固化材混入率に比例して最大乾燥密度、CBR 値ともに増加する。
- ② 関東ローム：発泡廃ガラス=10：3 の条件において、セメント系固化材混入は軽量化と補強の両方を得ることができる。
- ③ 一軸圧縮強さからセメント系固化材による補強は必須といえる。

〔謝辞〕 本研究を行うにあたり本学生中原季彦君の協力を得た。ここに記して謝意を表します。

表-2 各固化材混入率の CBR 値

固化材混入率(%)	0	5	10	関東ロームのみ
CBR値(%)	8.1	14.0	15.7	4.0

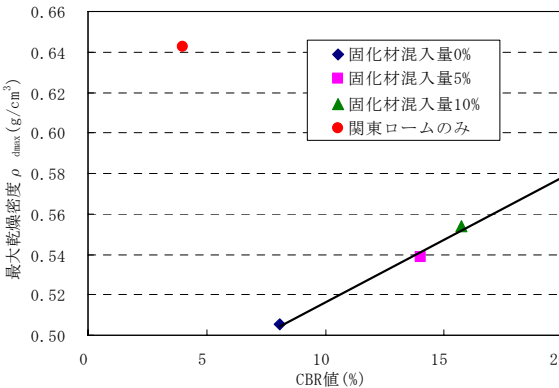


図-2 最大乾燥密度と CBR の関係

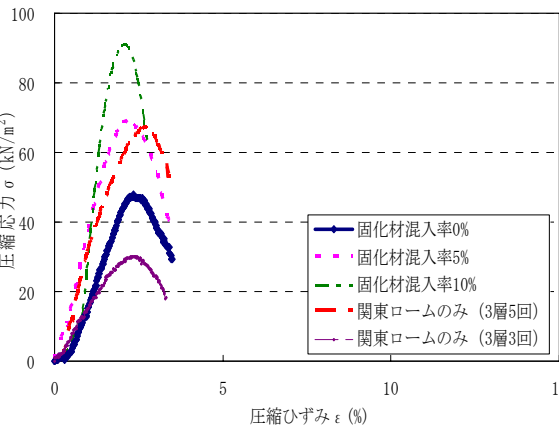


図-3 応力-ひずみ曲線

表-3 一軸圧縮試験解析結果

固化材混入率 (%)	0	5	10	関東ロームのみ(3層5回)	関東ロームのみ(3層3回)
一軸圧縮強さ q_u (kN/m ²)	46.8	69.6	91.1	67.7	30.1
破壊ひずみ ϵ_f (%)	2.4	2.2	2.0	2.7	2.3
せん断抵抗角 ϕ_v (°)	30.7	39.0	41.3	37.3	36.0
粘着力 c_u (kN/m ²)	13.6	16.6	20.6	16.8	7.7
初期接線変形係数 E_i (kN/m ²)	2835	4353	9768	4255	1848