

発泡廃ガラス混合軽量補強土の摩擦特性

日本大学 国際会員 巻内 勝彦
 日本大学 国際会員 峯岸 邦夫
 前田工織(株) 正会員 久保 哲也

1. まえがき

近年、グリーン購入法や建設リサイクル法といった循環型社会の形成が推進されている。そこで、ガラス廃材を原料として再利用した発泡廃ガラスは、リサイクルの有効手段の一つとなる。その特長は、間隙構造体となることから、軽量な材料特性を有する。したがって、地盤工学の分野では、軽量盛土工法の一つとして利用可能な材料となる。一方、ジオグリッドを用いた補強土壁工法は、土地の有効利用などで、山岳地帯や狭小な箇所での構築が増加している。また、支持力が確保できない地山やせん断抵抗角が確保できない盛土材での施工も増加している。そこで、軽量で粒状体である発泡廃ガラスを盛土材に混入することで、支持力の確保やせん断抵抗角の増加が期待できる。しかし、これらの力学的特性が明確にされていない。したがって、発泡廃ガラスを混合することで土質定数やジオグリッドとの摩擦特性に及ぼす影響について確認することを目的とする。

2. 試験方法

本研究で使用した地盤材料は、千葉県船橋市内で採取した火山灰質粘性土（関東ローム：VH₂）と粉末状にしたガラス廃材を発泡させて製造した発泡廃ガラスである。また、補強材料は、ポリエチレンネットにアラミド繊維を挿入したジオグリッドである。これらの物理的性質を表-1～表-3に示す。

試料の配合比は、重量比で 1:9, 1:6, 1:3（発泡廃ガラス：関東ローム）、関東ロームのみおよび発泡廃ガラスのみとした。

摩擦試験は、大型一面せん断試験と引抜き試験を行った。大型一面せん断試験では、下部のせん断箱に木片を置き、その上にジオグリッドを固定して、混合土を入れた上箱を滑らせてせん断力を求めた。引抜き試験では、混合土内に敷設したジオグリッドを定速ひずみ制御で引き抜いて、せん断力を求めた。表-4に各試験での垂直応力と配合比の条件を示す。

3. 一面せん断試験

図-1は、最大摩擦応力と垂直応力の関係である。これよりクーロンの破壊基準を用いて、せん断抵抗角と見掛けの粘着力 c を求めた。表-5に結果を示す。ここで、最大摩擦応力は、せん断試験終了時までの最大値ではなく、水平変位 10mm までの最大値を信頼値として採用している。これは、発泡廃ガラスが内部で移動したり破砕したりするため、同条件の試験でも一定の挙動を示さないからである。試験結果より、発泡廃ガラスを混入することで、せん断抵抗角および見掛けの粘着力は増加する。これは、発泡廃ガラスによるインターロッキング効果が発揮されることから、摩擦面で粘り強さが発現したと考えられる。

図-2は、一面せん断試験での垂直変位と水平変位

キーワード 軽量, 補強土, リサイクル

連絡先 〒103-0005 東京都中央区日本橋久松町 9-9 A I G 日本橋ビル 5F TEL 03-3663-7828

表-1 関東ロームの物理的性質

項目	単位	関東ローム
土粒子の密度	s (g/cm ³)	2.72
自然含水比	W_n (%)	115.0
液性限界	W_L (%)	143.4
塑性限界	W_p (%)	100.9
塑性指数	I_p	54.5

表-2 発泡廃ガラスの物理的性質

項目	単位	発泡廃ガラス
比重(乾燥状態)	-	0.4
粒径範囲	(mm)	2~75
一軸圧縮強さ	(N/mm ²)	3.0~4.0
有害物質	-	無し
せん断抵抗角	(°)	30以上
CBR値	(%)	17.7
透水係数	(cm/s)	1.2×10^0

表-3 ジオグリッドの規格

項目	単位	規格
芯材		アラミド繊維
被覆材		高密度 ポリエチレン
目合い	(mm)	26×28
製品基準強度	(kN/m)	46
	(kN/m)	77
破断時のひずみ	(%)	4~6

表-4 試験条件

項目	垂直応力 (kN/m ²)				配合比
	19.6	49.1	68.7	98.1	
大型一面せん断試験	19.6	49.1	68.7	98.1	ミラクルソルのみ、1:3,1:6,
引抜き試験	20.0	40.0	60.0	-	1:9,関東ロームのみ

位の関係を示したもので、配合比 1 : 3 と 1 : 9 の垂直応力 19.6kN/m² と 98.1kN/m² の垂直変位を比較したものである。いずれの配合条件でも、低垂直応力時で膨張傾向を示し、高垂直応力時で沈下傾向を示している。また、発泡廃ガラスの配合量が増加するほど膨張傾向を示し、配合量が少ないと沈下傾向を示す。これは、低垂直応力時で、発泡廃ガラスと土粒子の移動が内部で発生し、その際に発泡廃ガラス同士のかみ合わせによる正のダイレイタンスー効果が生じたからである。

4. 引抜き試験

図-3は、ジオグリッドの引抜き試験による各配合での最大せん断応力と垂直応力の関係を示している。これよりクーロンの破壊基準を用いて、せん断抵抗角と見掛けの粘着力cを求めた。その結果を表-6に示す。大型一面せん断試験と同様に発泡廃ガラスを混入することで、せん断抵抗角および見掛けの粘着力は増加する。この場合もジオグリッドとのインターロッキング効果が発揮されているものと考えられる。また、引抜き試験後に試料を掘り起こした際、ジオグリッドの摩擦面において発泡廃ガラスの破砕が生じていることが目視で確認できた。これは、発泡廃ガラスの配合量の増加にともない、顕著に確認できた。これより、引抜き時に正のダイレイタンスーが生じていることが確認できる。

大型一面せん断試験結果と引抜き試験結果での見掛けの粘着力とせん断抵抗角を比較すると、引抜き試験結果の値が大きく発生している。これは、大型一面せん断試験の下箱に設置した木片の影響であると考えられる。また、配合比 1 : 9 の試料では、関東ロームのみの試料より低い値を示している。これについては明確な原因を特定するまでには至らなかったが、発泡廃ガラスによる間隙の増加や、乾燥密度の低下などが摩擦角の低下に関したものと考えられる。

5. まとめ

以上より発泡廃ガラス混合軽量補強土について、本研究の範囲内で得られた結果を以下に示す。

- 1) 発泡廃ガラス混合軽量補強土は、関東ロームよりも高い見掛けの粘着力成分を示す。
- 2) 発泡廃ガラスの配合量が多くなるにしたがい、せん断抵抗角も増大する。
- 3) 配合量が多くなると、正のダイレイタンスーが生じる。
- 4) 引抜き試験において、発泡廃ガラスの配合量が多いと、ジオグリッドの摩擦面で破砕が生じる。
- 5) 発泡廃ガラスはジオグリッドと併用することで、インターロッキング効果が顕著に発揮される。

6. 参考文献

- 1) 巻内, 峯岸, 根本, 久保: 軽量発泡廃ガラス混入粘性土の力学特性, 第 38 回地盤工学研究発表会, 2003.7
- 2) ミラクルソル協会: ミラクルソル軽量盛土工法設計・施工指針, 2002.10

【謝辞】本研究を行うにあたっては、日本大学理工学部社会交通学科学生根本氏、内田氏の協力を得た。ここに記して謝意を表します。

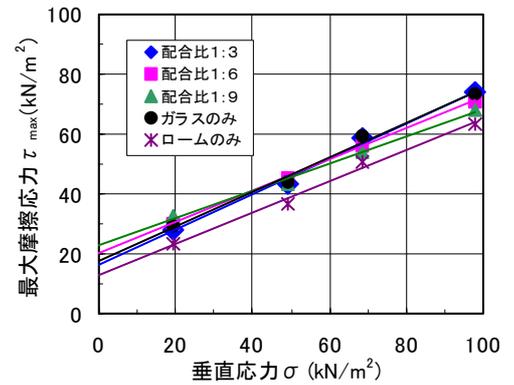


図-1 - 関係図

表-5 見掛けの粘着力とせん断抵抗角

項目	単位	配合比				
		1:3	1:6	1:9	発泡廃ガラス	関東ローム
粘着力	c (kN/m ²)	16.2	20.1	22.7	17.6	12.9
せん断抵抗角	φ (°)	30.6	27.5	24.6	29.9	27.4

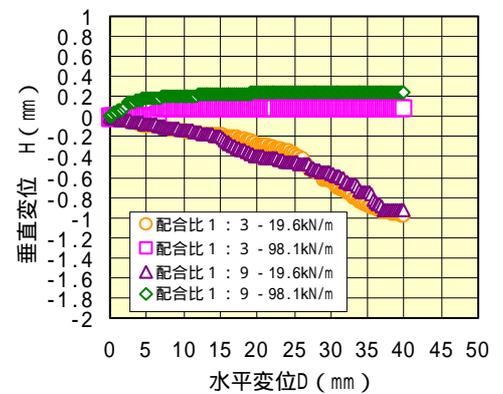


図-2 垂直変位-水平変位の関係図

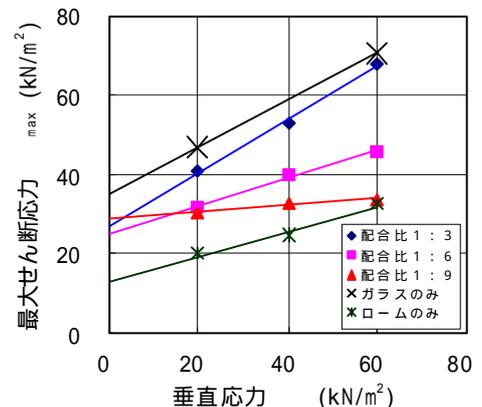


図-3 - の関係図

表-5 見掛けの粘着力とせん断抵抗角

項目	単位	配合比				
		1:3	1:6	1:9	発泡廃ガラス	関東ローム
粘着力	c (kN/m ²)	26.7	25.2	28.7	35.1	13.2
せん断抵抗角	φ (°)	34.1	19.2	5.11	30.5	17.4