

# 発泡ガラスの強度特性

## Strength Characteristics of Foam Glass

宜保清一<sup>\*</sup>, 中村真也<sup>\*</sup>, 池上恭一郎<sup>\*\*</sup>, 沖原正統<sup>\*\*</sup>

Seiichi GIBO, Shinya NAKAMURA, Kyohichiroh Ikegami and Masahiro Okihara

### 1. まえがき

地球環境保全を目指したゼロエミッション構想の気運の高まりに伴い,各種廃棄物を再利用した製品が考案されている<sup>1)</sup>。そのような製品の一つに,廃棄ガラスを加工して再利用した新資材・発泡ガラスがある。発泡ガラスは,2~75mmの不定形塊状で,軽量,高通水の特性を有しており,製造過程の諸条件を変えることで調整することができる<sup>2),3)</sup>。土木構造物である擁壁やボックスカルバートの裏込め等,砂や砂利の代替材として利用され始めているが,コスト高になることにより採用件数は伸びていない。本研究室では,発泡ガラスの特性を活かした活用法を確立するための検討を行い,造成盛土への施用を提案している。盛土への合理的の施用のためには発泡ガラスの強度特性を明らかにする必要がある。ここでは,相似粒度に調整した3種の発泡ガラス試料について,物理試験および三軸圧縮CD試験を行い,物性および強度特性を明らかにした。

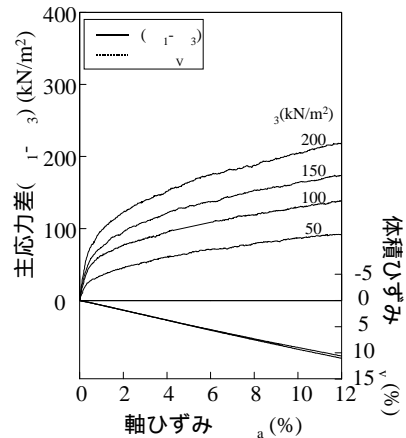


Fig.1 発泡ガラス A 試料の三軸圧縮 CD 試験結果

Triaxial compression test (CD) results for the foam glass A sample

### 2. 試料および試験方法

#### 2.1 試料

検討に用いた発泡ガラスは,製造時の添加発泡剤の量が異なる3種であり,いずれも非吸水性・独立空隙型である。発泡ガラスをそれぞれふるい分け,粒度調整 A 試料(SiC 0.5%), B 試料(SiC 0.5%, CaCO<sub>3</sub> 0.2%), C 試料(SiC 0.4%)とした。試料の粒度分布形は,力学的特性がよく知られている豊浦砂と相似になるように設定した<sup>4)</sup>。なお,最小,最大粒径はそれぞれ,2mm, 4.75mmである。

#### 2.2 試験方法

三軸圧縮試験には,直径5cm,高さ10cmの供試体に適合する試験機を用いた。供試体は,負圧法(JGS 0520-2000)によって作成・設置した。設置の際の供試体相対密度はDr=65%程度とした。供試体作成後,飽和促進のために脱気水で水浸状態にし,-20kPaの負圧を1時間与えた後,所定の側圧(50kPa,100kPa,150kPa,200kPa)で6時間圧密した。圧縮過程はJGS 0524-2000により,軸ひずみ速度は0.1%/minとした。粒子破砕量を評価するため,三軸圧縮試験後に粒度試験を行い,

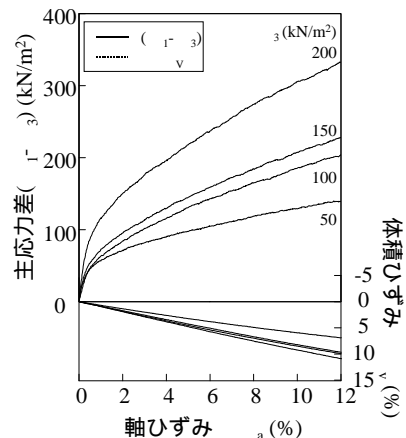


Fig.2 発泡ガラス C 試料の三軸圧縮 CD 試験結果

Triaxial compression test results for the foam glass C sample

<sup>\*</sup> 琉球大学農学部 Faculty of Agriculture, University of the Ryukyus

<sup>\*\*</sup> 琉球大学大学院農学研究科 Graduate School of Agriculture, University of the Ryukyus

キーワード:土の静力学的性質,環境保全,土壌の物理化学的性質

最小ふるい通過率  $B_{ms}$  (%) を測定した。試験後試料の乾燥は乾燥割れを避けるために 40℃, 24 時間とした。

### 3. 試験結果と考察

Fig.1, 2 に A および C 試料の軸ひずみ  $\epsilon_a$  - 主応力差  $(\sigma_1 - \sigma_3)$  ・体積ひずみ  $\epsilon_v$  曲線を示す。A 試料では、応力は  $\sigma_3$  の増大に伴って緩やかに増大し、 $\epsilon_a=1\%$  付近から漸増状態になった。 $\epsilon_a - \epsilon_v$  関係は、すべての圧密応力 ( $\sigma_3=50\sim 200\text{kN/m}^2$ ) の下で直線関係となり、 $\epsilon_a=12\%$  時の  $\epsilon_v$  は 11% であった。C 試料応力 - ひずみ曲線は、 $\epsilon_a=1\%$  付近まで急激に増大し、その後の  $\sigma_3$  の増大に伴う主応力差の増加は A 試料と比べて大きかった。 $\epsilon_a - \epsilon_v$  関係は、圧密応力により異なった。特に  $\sigma_3=50\text{kN/m}^2$  では、 $\epsilon_a=12\%$  時の  $\epsilon_v$  が 7% と小さかった。B 試料は A 試料と C 試料の中間の挙動を示した。Fig.3 に C 試料の試験結果をモールの応力円で整理した。せん断抵抗角  $\phi_d$  は、A 試料で  $\phi_d=17.4^\circ$ 、B 試料で  $\phi_d=18.0^\circ$ 、C 試料で  $\phi_d=22.6^\circ$  であった。発泡ガラスの  $\phi_d$  は豊浦砂の  $\phi_d=41.0^\circ$  と比べ、かなり小さい。

Fig.4 は A 試料の三軸圧縮試験前後の粒度曲線を示したものである。A 試料の粒度曲線は、 $<3\text{mm}$  の粒度が大きく変化しており、圧密応力の増加に伴って細粒分の割合が大きくなっている。 $B_{ms}$  は  $\sigma_3=50\text{kN/m}^2$  で 14.1%、 $\sigma_3=200\text{kN/m}^2$  で 37.5% であった。C 試料の粒度曲線は、A 試料と比べて圧縮後の変化が小さかった。 $B_{ms}$  は、 $\sigma_3=50\text{kN/m}^2$  で 9.3%、 $\sigma_3=200\text{kN/m}^2$  で 18.1% であった。C 試料の  $B_{ms}$  は A 試料の半分程度であり、破碎性が小さいことがわかる。

Table 1 に各試料の  $B_{ms}$ 、三軸圧縮前密度、せん断抵抗角  $\phi_d$  を整理した。一般的に  $\sigma_3$  の大きさに伴い  $B_{ms}$  は大きくなる。A および C 試料の  $\sigma_3=100\text{kN/m}^2$  の圧縮前密度はほぼ同じであるが、 $B_{ms}$  は A 試料で大きい。このことから、A 試料が破碎しやすいことがわかり、低い強度定数 ( $\phi_d=17.4^\circ$ ) は破碎の影響によるものと推察できる。

SiC 0.4% 添加の C 試料で最も破碎性が低く、せん断強度が大きいことが明らかになった。本検討で得られた各種試験結果を基に発泡ガラスのさらなる改良を進めることで、造成盛土における合理的な施用や路床路盤材等としての用途拡大が可能になる。

**参考文献** 1)三浦直樹, 伊藤克之(2003): 建設廃棄物ゼロエミッションに向けた法令整備等の概要, 農業土木学会誌, pp.281-284. 2)土木研究センター(1999): 土木系材料技術・技術審査証明報告書(技審証 第 1103 号) - スーパーソル - , (財)土木研究センター, pp.29-45. 3)トリム(2000): スーパーソル, (株)トリム, p.2. 4)軽部大蔵, 野並賢, 鶴ヶ崎和博, 山口充(1999): 相似粒度に調整した粗粒材料の強度特性に及ぼす粒子形状と粒子破碎の影響, 土木学会論文集, pp.201-211.

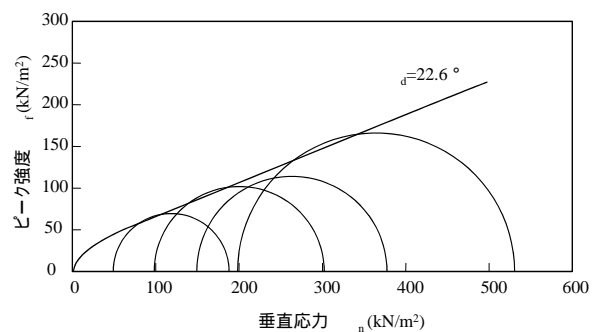


Fig.3 C試料のモールの応力円と強度定数  
Mohr's stress circle and strength parameter for the foam glass C sample

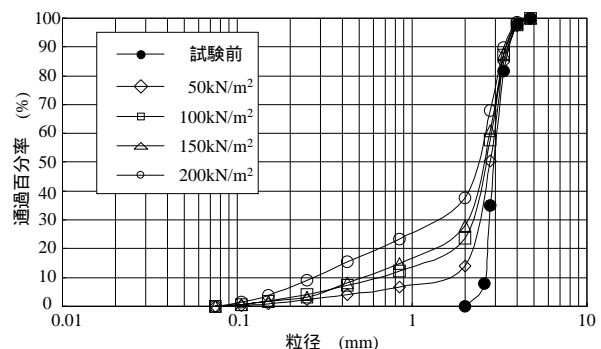


Fig.4 三軸圧縮試験後のA試料粒度分布曲線  
Grain size distribution curve after Consolidated-Drained triaxial compression test for the foam glass A sample

Table 1 A, BおよびC試料の  $B_{ms}$  と強度定数  
Strength parameter and  $B_{ms}$  for foam glass A, B and C samples

試料	$\sigma_3$ ( $\text{kN/m}^2$ )	圧縮前密度 ( $\text{g/cm}^3$ )	$B_{ms}$ (%)	$\phi_d$
A	50kPa	0.226	14.064	17.4
	100kPa	0.264	23.575	
	150kPa	0.229	28.091	
	200kPa	0.272	37.496	
B	50kPa	0.218		18.0
	100kPa	0.229		
	150kPa	0.248		
	200kPa	0.289		
C	50kPa	0.246	9.283	22.6
	100kPa	0.265	13.531	
	150kPa	0.256	15.858	
	200kPa	0.297	18.115	