

GC-FCB 各種供試体の品質に関する一考察

大阪工業大学大学院

学生員

○館山

大輝

大阪工業大学

正会員

日置

和昭

(株) エステック

正会員

岡本

郁也

(株) エステック

河島

央樹

藤野興業 (株)

山本

剛一

1. はじめに

著者ら^{1),2),3)}は、建設分野における廃ガラスリサイクルの推進と、気泡混合軽量土（以下、FCB）の品質向上・安定化を目的に、廃ガラスカレット（以下、GC）を用いた FCB（以下、GC-FCB）の提案を行っている。ここでは、GC-FCB 各種供試体（配合試験供試体、品質管理供試体、ボーリングコア供試体）の品質を評価するため、各種供試体の μ X 線 CT 画像解析を行い、細骨材比率の定量的評価と、それによる品質評価を行った。

2. FCB の配合仕様と供試体の種類

FCB の細骨材として用いた試料は、西島砕砂（以下、NS）と GC である（写真 1¹⁾参照）。両者の粒度特性を表 1¹⁾に示す。また、配合仕様は、K3-10（表 2⁴⁾参照）とした。FCB（K3-10）の品質管理基準は、湿潤密度 ρ_t : 1.04±0.1 g/cm³、フロー値 F: 180±20 mm、一軸圧縮強さ q_u （材齢 28 日）: 1,000 kN/m² 以上^{4),5)}であるが、室内配合試験では材料や施工のばらつきを考慮して 1,200 kN/m² とされている。供試体の種類としては、室内配合試験で作製した配合試験供試体、現場（試験打設）で品質管理用に作製した品質管理供試体、現場（試験打設）で内寸: 166cm×150cm×90cm の型枠に打設したものからボーリングにて採取したボーリングコア供試体がある（供試体の寸法は、何れも ϕ 10×20 である）。本研究では、各種供試体の内部構造を観察するため、一軸圧縮試験の直前に μ X 線 CT 撮影を行った。

3. μ X 線 CT 画像解析の手順

- μ X 線 CT 画像解析の手順は、以下に示すとおりである。
- 1) 撮影した μ X 線 CT 画像（供試体の高さ 1cm から 19cm まで 2cm 間隔で抜粋した 10 枚の水平断面画像）を市販のソフトにより、色情報のない 256 階調のグレースケール画像に変換した。
- 2) グレースケール画像を任意の境界値で繰り返し 2 階調化することにより、FCB 供試体水平断面形状の輪郭が明確となる境界値を定め、その画像から FCB 供試体水平断面全体を示すピクセル数をカウントした。



写真 1 NS と GC¹⁾

表 1 NS と GC の粒度特性¹⁾

		NS (西島砕砂)	GC (廃ガラスカレット)
土粒子の密度 ρ_s 粒子密度 ρ_{sc} (g/cm ³)		2.68	2.51
含有率 (%)	2mm以上 (礫分)	10.6	0.3
	0.85~2mm (粗砂)	44.1	11.9
	0.25~0.85mm (中砂)	34.3	58.3
	0.075~0.25mm (細砂)	7.0	22.0
	0.075mm以下 (細粒分)	4.0	7.5
通過粒径 (mm)	60%粒径 D_{60}	1.11	0.48
	50%粒径 D_{50}	0.93	0.40
	30%粒径 D_{30}	0.59	0.25
	20%粒径 D_{20}	0.41	0.19
	10%粒径 D_{10}	0.23	0.11
均等係数 U_c		4.83	4.36
曲率係数 U'_c		1.36	1.18
粗粒率 FM		2.92	2.11

表 2 FCB（K3-10）の配合仕様¹⁾

単位量 (kg/m ³)					空気量 A (%)	湿潤密度 ρ_t (g/cm ³)
セメント C	砂 S	混練水 m_1	起泡剤 m_2	希釈水 m_3		
199	597	226	0.81	18.63	46.5	1.04

キーワード 廃ガラスカレット, 気泡混合軽量土, μ X 線 CT, 画像解析, 細骨材比率, 一軸圧縮強さ

連絡先 〒535-0002 大阪府大阪市旭区大宮 5 丁目 16 番 4 号 大阪工業大学工学部都市デザイン工学科 TEL 06-6954-4702

- 3) グレースケール画像と、任意の境界値で繰返し2階調化した画像を比較することにより、両者の細骨材形状がほぼ一致する境界値を定め、その画像から細骨材を示すピクセル数をカウントした。
- 4) 細骨材を示すピクセル数を、FCB 供試体水平断面全体を示すピクセル数で除した値を細骨材比率と定義した。

4. FCB 各種供試体の細骨材比率

FCB 各種供試体のうち、代表的な供試体の湿潤密度と一軸圧縮強さ（材齢 28 日）を表 3 に示す。まず、湿潤密度に着目すると、各種供試体ともに品質管理基準を満足している。次に、一軸圧縮強さに着目すると、各種供試体ともに GC-FCB>NS-FCB となっており、GC-FCB は品質管理基準を大きく上回っている。これに対し、NS-FCB 品質管理供試体は、品質管理基準を下回っている。

続いて、μX 線 CT 画像解析により求めた各種供試体の細骨材比率を高さ方向にプロットしたものが図 1 である。同図によると、一軸圧縮強さが品質管理基準を満足している GC-FCB 品質管理供試体などの細骨材比率は、供試体の上端から下端まで大きな差異は認められず（写真 2 参照）、細骨材（GC, NS）の沈殿は生じていないものと考えられる。一方、一軸圧縮強さが品質管理基準を満足していない NS-FCB 品質管理供試体の細骨材比率は、供試体の上部と下部とで著しい差異が認められる（写真 3 参照）が、これは、細骨材（NS）の沈殿によるものと考えられる。

5. まとめ

本稿では、各種供試体ともに GC-FCB は NS-FCB よりも強度発現に期待が持てることを再確認した。また、一軸圧縮強さが品質管理基準を下回っている NS-FCB 品質管理供試体では、細骨材（NS）の沈殿現象が明らかとなった。今後は、細骨材（NS）の沈殿現象が発生するメカニズムや発生条件などについて検討する必要がある。

参考文献

1) 日置和昭, 小川恒郎, 岡本郁也, 吉原正博, 谷内建吾, 山本剛一：廃ガラスカレットを用いたエアモルタルの提案, *Kansai Geo-Symposium 2021* 論文集, pp.165-170, 2021.

2) 日置和昭, 小川恒郎, 岡本郁也, 吉原正博, 谷内建吾, 山本剛一：廃ガラスカレットを用いた気泡混合軽量土の提案, *廃棄物資源循環学会論文誌*, vol.33, pp.204-214, 2022.

3) 河島央樹, 日置和昭, 小川恒郎, 岡本郁也, 吉原正博, 山本剛一：廃ガラスカレットを用いた気泡混合軽量土の試験打設, 第 15 回地盤改良シンポジウム論文集, pp.295-298, 2022.

4) 三嶋信雄, 益村公人：FCB 工法, 理工図書, p.69, 2000.

5) 東日本高速道路株式会社, 中日本高速道路株式会社, 西日本高速道路株式会社：土工施工管理要領, p.4-3, 2017.

表 3 FCB 各種供試体の湿潤密度と一軸圧縮強さ（材齢 28 日）

供試体の種類	NS-FCB		GC-FCB	
	湿潤密度 ρ_t (g/cm ³)	一軸圧縮強さ q_u (kN/m ²)	湿潤密度 ρ_t (g/cm ³)	一軸圧縮強さ q_u (kN/m ²)
配合試験供試体	1.05	1,454	1.04	1,778
品質管理供試体	1.05	880	1.05	1,531
ボーリングコア供試体	1.11	1,134	1.05	1,340

注) 赤字は、品質管理基準を満足していないことを示す。

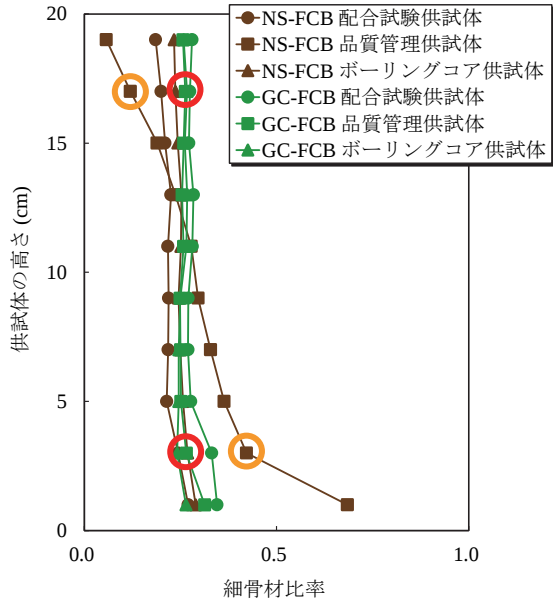
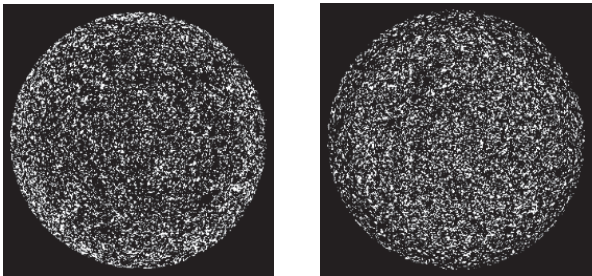
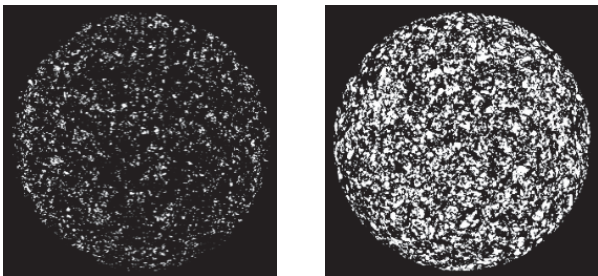


図 1 FCB 各種供試体の細骨材比率



(a) 高さ 17cm (b) 高さ 3cm
写真 2 GC-FCB 品質管理供試体の 2 階調化画像



(a) 高さ 17cm (b) 高さ 3cm
写真 3 NS-FCB 品質管理供試体の 2 階調化画像