

第Ⅲ部門

GC-FCB の室内配合試験とその品質について

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)}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）の提案を行っており、GC-FCB は自然砂（以下、NS）を用いた FCB（以下、NS-FCB）よりも強度発現に期待が持てることを明らかにしている。ここでは、配合仕様が異なる条件下（K3-10、K4-10、K5-10）で室内配合試験を実施し、 μ X 線 CT 画像解析による品質評価を試みた。

2. 室内配合試験の概要

FCB の細骨材として用いた試料は、NS（ここでは、西島砕砂）と GC である（写真 1¹⁾参照）。両者の粒度特性を表 1¹⁾に示し、配合仕様ならびに室内配合試験での品質管理基準一覧を表 2^{3),4)}に示す。密度試験ならびにコンシステンシー試験は NEXCO 試験法 127 に従い実施し（混練直後における FCB の湿潤密度とフロー値は、管理基準値を満足した）、一軸圧縮試験は JIS A 1216 に従い実施した。また、供試体（直径 10cm×高さ 20cm）は、各 FCB、各配合仕様ともに 5 個ずつ作製し、そのうち 3 個を対象に、一軸圧縮試験の直前に μ X 線 CT 撮影を実施した。撮影後、全ての供試体（ μ X 線 CT 撮影した供試体も含む）を対象に、材齢 28 日で一軸圧縮試験を実施する一方で、撮影画像の解析（2 階調化処理）を以下の手順に従い実施した。まず、 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。次に、グレースケール画像を任意

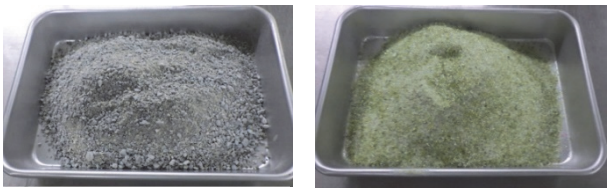


写真 1 NS と GC¹⁾

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_{GC} (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 の配合仕様と室内配合試験における品質管理基準一覧^{3), 4)}

	配合仕様						品質管理基準			
	単位量 (kg/m ³)					空気量 A (%)	湿潤密度 ρ_t (g/cm ³)	湿潤密度 ρ_t (g/cm ³)	フロー値 F (mm)	一軸圧縮強さ (材齢28日) q_u (kN/m ²)
	セメント C	砂 S	混練水 m_1	起泡剤 m_2	希釈水 m_3					
K3-10	199	597	226	0.81	18.63	46.5	1.04	1.04±0.1	180±20	1,200以上
K4-10	170	680	228	0.76	17.48	44.0	1.10	1.10±0.1		
K5-10	153	765	237	0.70	16.10	40.5	1.17	1.17±0.1		

セメント：住友大阪セメント(株)製の高炉セメントB種
起泡剤：住友大阪セメント(株)のスミスシールドAs1（24倍希釈，25倍発砲）

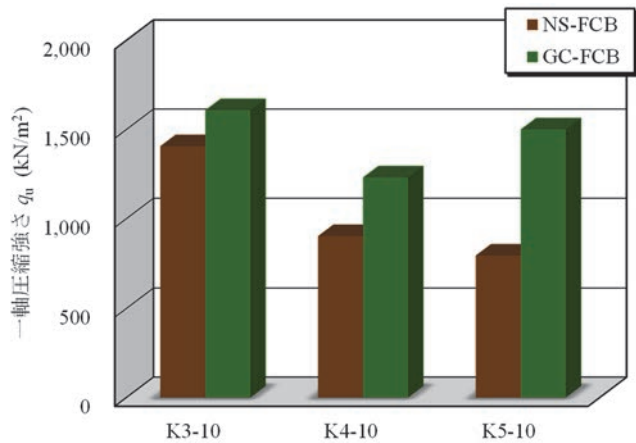


図 1 各供試体の一軸圧縮強さ

の境界値で繰返し 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求めた。続いて、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求めた。最後に、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。

3. 試験結果および考察

NS-FCB 供試体と GC-FCB 供試体の一軸圧縮強さ（材齢 28 日；供試体 5 個の平均値）を図 1 に示す。何れの配合仕様ともに、一軸圧縮強さは GC-FCB > NS-FCB となり、GC-FCB は何れの配合仕様においても品質管理基準を満足する結果となったのに対し、NS-FCB は K4-10 と K5-10 が品質管理基準を下回る結果となった。

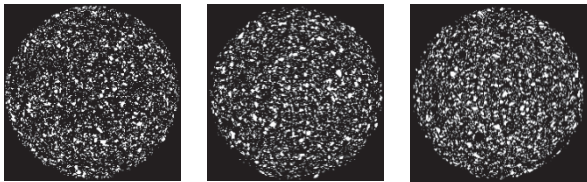
次に、NS-FCB と GC-FCB の代表的な供試体の 2 階調化画像（高さ 11cm）を写真 2～写真 3 に示す。また、代表的な供試体の細骨材比率を高さ方向にプロットしたものを図 2 に示す。両 FCB 供試体の細骨材比率を比較すると、何れの配合仕様ともに、若干ではあるが GC-FCB > NS-FCB となっている。これは、GC の粒子密度が NS の土粒子密度よりも若干小さいためである。続いて、各供試体における平均細骨材比率の理論値と解析値を比較すると、両者はほぼ同等の値を示しており（表 3 参照）、今回設定した境界値は妥当であったと考えられる。

4. まとめ

GC-FCB は、何れの配合仕様（K3-10, K4-10, K5-10）においても、品質管理基準を満足する結果が得られ、GC の FCB への高い適用性が示された。また、 μ X 線 CT 画像解析では、各供試体における平均細骨材比率の理論値と解析値がほぼ一致しており、設定した境界値は妥当であったと思われる。

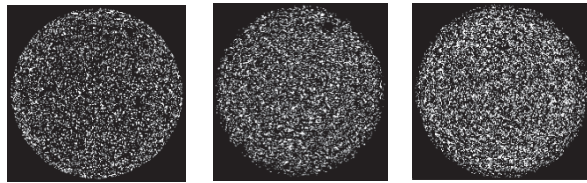
参考文献

- 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.
- 2) 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.
- 3) 三嶋信雄, 益村公人: FCB 工法, 理工図書, p.69, 2000.
- 4) 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.



(a) K3-10 (b) K4-10 (c) K5-10

写真 2 NS-FCB 供試体の 2 階調化画像（高さ 11cm）



(a) K3-10 (b) K4-10 (c) K5-10

写真 3 GC-FCB 供試体の 2 階調化画像（高さ 11cm）

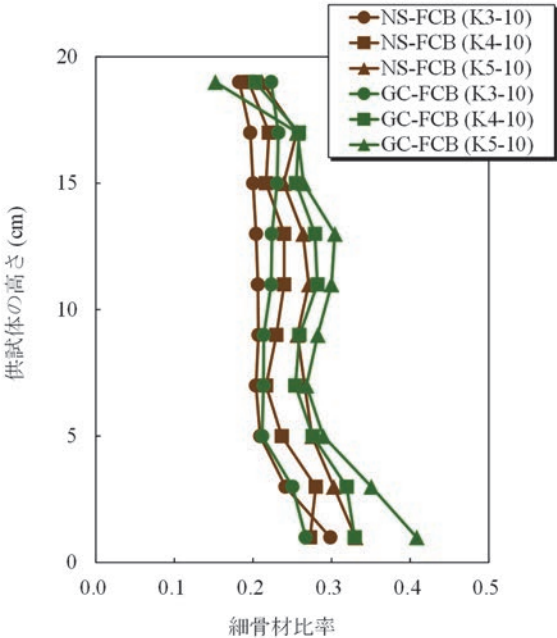


図 2 NS-FCB および GC-FCB の細骨材比率

表 3 各供試体における平均細骨材比率の理論値と解析値

		K3-10	K4-10	K5-10
NS-FCB	理論値	0.223	0.254	0.285
	解析値	0.215	0.235	0.267
GC-FCB	理論値	0.238	0.271	0.305
	解析値	0.229	0.272	0.288