

立命館大学理工学部 正会員 児島孝之 立命館大学理工学部 正会員 高木宣章
立命館大学大学院理工学研究科 学生員 春田健作 立命館大学理工学部 学生員○柳澤美智代

1. はじめに

コンクリート用の良質な骨材の入手が困難になっている現在では、安価でしかも大量に発生する廃ガラスビンをコンクリート用材料として利用することは、環境問題および経済性の面からも有効な利用方法である。本研究では、微粉砕された廃ガラスビン粉末(以下、ガラス粉末と記す)を細骨材として用いたコンクリートのフレッシュ特性、強度、乾燥収縮について実験検討を行った。

2. 実験概要

試験項目および実験要因を表-1に示す。使用材料およびコンクリートの示方配合を各々表-2、表-3に示

表-1 実験要因

試験項目	要因	
	水セメント比 (W/C) %	ガラス置換率 [GI/(S+GI)] %
凝結	30	0, 10, 20
	50	0, 5, 10, 20
ブリーディング	50	0, 5, 10, 20
圧縮強度	30, 40	0, 5, 10, 20
	50, 60	
乾燥収縮	30, 50	0, 5, 10, 20
	40, 60	

表-2 使用材料

セメント	普通ポルトランドセメント, 密度 3.16 g/cm ³ , 比表面積 3260 cm ² /g	
細骨材	野洲川産川砂, 表乾密度 2.60~2.61 g/cm ³ , F.M.2.69	
粗骨材	高槻産硬質砂岩碎石, 表乾密度 2.69 g/cm ³ , F.M.6.57, 最大骨材寸法 20 mm, 混合質量比 5~13 mm:13~20 mm=1:1	
ガラス粉末	微粉砕された廃ガラスビン, 密度 2.48 g/cm ³ , 比表面積 580 cm ² /g	
混和剤	AE 減水剤	リグニンスルホン酸化合物およびポリオール複合体
	AE 助剤	A: 変性ロジン酸化合物系陰イオン界面活性剤 B: アニオン系界面活性剤
	高性能 AE 減水剤	ポリカルボン酸 Ca 塩
	消泡剤	ポリアルキレングリコール誘導体

表-3 コンクリートの示方配合

配合名*1	W/C (%)	(S+GI)/a (%)	単位量 (kg/m ³)					混和剤			空気量 (%)	スランブ (cm)
			W	C	S	GI*2	G	AE減水剤 (cc/m ³)	AE助剤 (A)*3	SP*4 (C×%)		
30-0	30	35	160	533	577	0	1104	—	2.5	1.0	3.5	11.5
30-5					547	29	1104	—	2.5	1.0	4.2	8.0
30-10					509	57	1112	—	2.5	1.5	4.4	9.1
30-20					437	109	1129	—	3.0	3.0	3.8	11.6
40-0	40	37	164	410	641	0	1129	—	2.5	0.5	4.2	10.2
40-5					607	32	1129	—	—	—	4.7	8.2
40-10					574	64	1129	—	2.5	0.8	4.7	9.1
40-20					494	124	1129	—	2.0	1.2	4.4	8.9
50-0	50	40	170	340	712	0	1102	3400	1.5~3.5	—	4.8	10.0
50-5					675	36	1102	3400	1.5~3.5	—	5.7	9.0
50-10					638	71	1102	3400	0~1.5	—	4.4	7.5
50-20					564	141	1102	3400	1.5~2.5	0.4~0.5	4.0	7.4
60-0	60	45	172	287	816	0	1032	2867	2.0	—	3.9	9.5
60-5					773	41	1032	2867	—	—	5.0	10.7
60-10					731	81	1032	2867	3.5~*5	—	4.8	8.0
60-20					646	192	1032	2867	3.5~*	—	3.7	8.3

*1: 配合名は、[(水セメント比)-(ガラス置換率)]を表す *2: GI: ガラス粉末 *3: W/C=30, 40%時には、Aの混和剤を、W/C=50, 60%時にはBの混和剤1%希釈溶液を各々セメント(C)1kg当たり2ml使用する時を1(A)とする *4: SP: 高性能AE減水剤 *5: 消泡剤1%希釈溶液を、C×1kg当たり2ml使用する時を1(T)とする

す。コンクリートの配合は水セメント比を4水準(30~60%)、ガラス粉末による細骨材置換率は質量百分率で3~4水準(0~20%)とした。細骨材率[(S+GI)/a]、単位水量は基本的に各水セメント比ごとに一定とした。ただし、W/C=30, 40%のシリーズでは、適切なワーカビリティが得られるように細骨材率を調整した。コンクリートの目標空気量は4±1%、目標スランブはW/C=30, 40%時には10±2 cm、W/C=50, 60%時には8±2 cmとした。ガラス粉末は、微粉砕された廃ガラスビン粉末を使用した。コンクリートの凝結時間はJIS A 6204 附属書1に、ブリーディング試験はJIS A 1123により実施した。乾燥収縮試験は、供試体(10×10×40 cm)を材齢7日まで標準水中養生した後、20±1℃, 60±5%RHの環境下で実施した。乾燥収縮ひずみの測定は、コンタクトゲージ法で行った。

コンクリートの凝結時間はJIS A 6204 附属書1に、ブリーディング試験はJIS A 1123により実施した。乾燥収縮試験は、供試体(10×10×40 cm)を材齢7日まで標準水中養生した後、20±1℃, 60±5%RHの環境下で実施した。乾燥収縮ひずみの測定は、コンタクトゲージ法で行った。

3. 実験結果および考察

フレッシュ特性: コンクリートの空気量、スランブと単位ガラス量の関係を図-1に示す。W/C=50%, (S+GI)/a=40%, W=170 kg/m³, 混和剤量一定として、ガラス置換率を変化させた。ガ

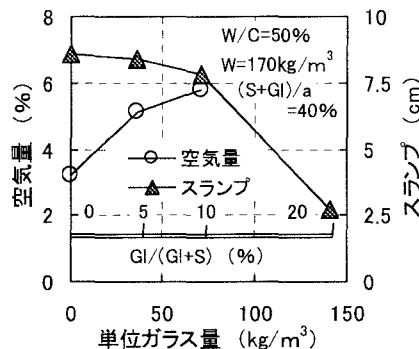


図-1 空気量、スランブとガラス置換率の関係

Takayuki KOJIMA, Nobuaki TAKAGI, Kensaku HARUTA, Michiyo YANAGISAWA

ラス置換率の増加に伴い、空気量は増加し、スランプ低下が観察された。同一スランプでガラス置換率が大きくなると空気量が増加する傾向にあるので、W/C=60%、ガラス置換率 10、20%では消泡剤を使用した。

凝結試験： 凝結時間と単位ガラス量の関係を図-2 示す。ガラス置換率の増加に伴い、凝結が遅延される傾向にあった。W/C=30%の配合に示すように、高性能 AE 減水剤を使用すると、使用量にほぼ比例して凝結が遅延した。しかし、高性能 AE 減水剤を用いていない配合 [W/C=50%、GI/(S+GI)=5,10%] は、ガラス粉末を混入することで凝結時間は 1 時間程度遅延した。

ブリーディング試験： ブリーディング率の経時変化を図-3 に示す。一般に、ブリーディングは特に 0.15~0.3 mm 付近の細粒分量の影響が大きい。使用したガラス粉末の約 90%が 0.3 mm 以下であるため、ガラス粉末で細骨材を置換すると、ブリーディング率は減少した。

強度試験： 材齢 28 日における強度試験結果とガラス置換率の関係を図-4 に示す。W/C=30%の配合では、置換率が 10、20%と大きくなると約 10%程度強度が低下した。しかし、W/C=40~60%の配合では、幾分の変動はあるものの、ガラス置換率 20%までは無混入時と同等の強度が得られた。

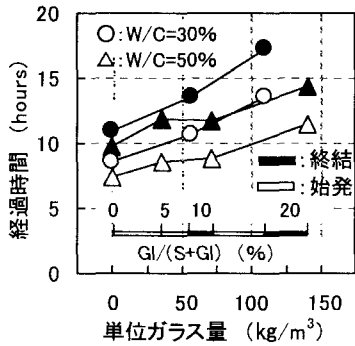


図-2 凝結時間

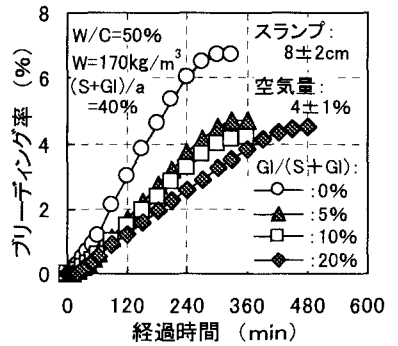


図-3 ブリーディング率

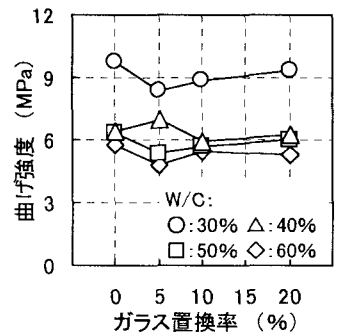
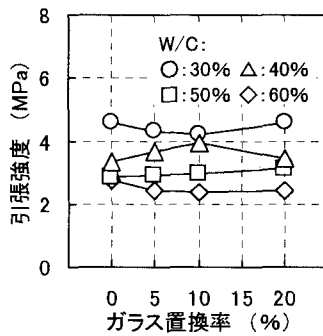
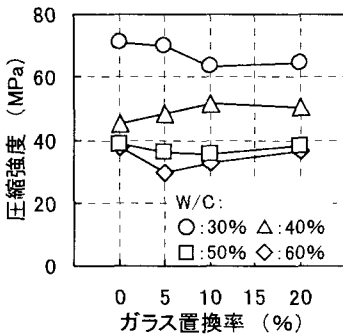


図-4 各種強度とガラス置換率の関係 (材齢 28 日)

乾燥収縮： 乾燥収縮ひずみの経時変化を図-5 に示す。W/C=50%の配合では、ガラス置換率に関わらず、ガラス粉末の混入により乾燥収縮ひずみは無混入時より幾分大きくなる傾向が観察された。W/C=30%ではガラス粉末を混入しても、乾燥収縮ひずみは無混入時と同程度であった。

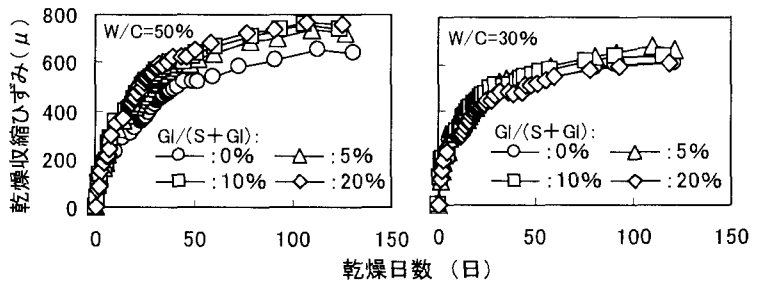


図-5 乾燥収縮ひずみの経時変化

4. まとめ

ガラス粉末をコンクリートの細骨材として多量 [GI/(S+GI)=20] に使用すると、凝結、ブリーディングなどのフレッシュ特性に幾分の影響を与える。しかし、その影響は少なく、普通細骨材を使用したコンクリートと同等の性能を得ることができる。ガラス粉末は新しいコンクリート用材料としての可能性を有しているものと考えられる。