

# 廃ガラスビン粉末を用いたコンクリートの乾燥収縮と耐凍害性に関する研究

立命館大学大学院 学生員 小椋紀彦 (株)大林道路 訓覇観  
立命館大学理工学部 正会員 高木宣章 立命館大学理工学部 正会員 児島孝之

## 1. はじめに

1997年4月の容器包装リサイクル法の施行にともない、再利用・再資源化が叫ばれ、コンクリート用材料として廃ガラスビン粉末(以下、ガラス粉末と記す)の有効利用が進められている<sup>1)</sup>。ガラスビン粉末を細骨材の一部として代替使用したコンクリートの、乾燥収縮特性ならびに耐凍害性について実験検討を行った。

## 2. 実験概要

コンクリートの使用材料および示方配合を表1、表2に示す。水セメント比は30,40,50,60%の4水準、ガラス粉末による細骨材置換率[GI/(S+GI)]は質量百分率で3~4水準とした。コンクリートの目標空気量は4±1%、目標スランプはW/C=30,40%時には10±2cm、W/C=50,60%時には8±2cmとした。乾燥収縮試験

は、供試体(10×10×40cm)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、長さ変化はコンタクトゲージ法で測定した。凍結融解試験(W/C=30,50%)は、JSCE-G501により行った。硬化コンクリートの気泡間隔係数および気泡径分布は、画像解析<sup>2)</sup>により測定した。

## 3. 実験結果および考察

### 3.1 乾燥収縮

乾燥収縮ひずみの経時変化を図1に示す。水セメント比が大きい配合では、ガラス粉末の混入により乾燥収縮ひずみは増加する傾向にあった。

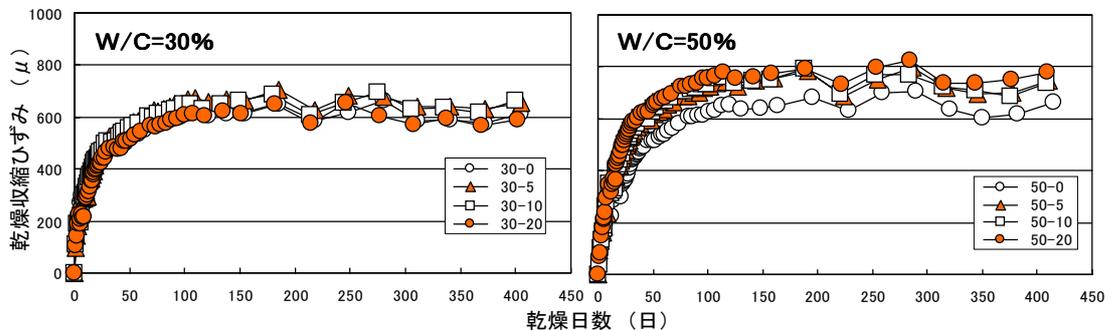


図1 乾燥収縮ひずみの経時変化

これは、ガラス粉末の混入によりブリーディングが減少し、保水性が向上したためと考えられる。しかし、長期材齢においては、乾燥収縮ひずみへのガラス粉末混入の影響は比較的少なくなる傾向にある。水セメント比が小さい配合では、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。

キーワード：ガラス粉末, 耐凍害性, 乾燥収縮, リサイクル

〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1 (立命館大学 理工学部 土木工学科) TEL/FAX 077-561-2805

表1 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 <sup>3</sup> , 比表面積 3260 cm <sup>2</sup> /g	
細骨材	野洲川産川砂, 表乾密度 2.60 g/cm <sup>3</sup> , F.M.2.69, 吸水率 1.47%	
粗骨材	高槻産硬質砂岩砕石, 表乾密度 2.69 g/cm <sup>3</sup> , F.M.6.57, 吸水率 0.78% 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 <sup>3</sup> , 比表面積 580 cm <sup>2</sup> /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2 コンクリートの示方配合

配合名*	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )					混和剤			目標スランプ (cm)	目標空気量 (%)	スランプ (cm)	空気量 (%)	圧縮強度 材齢28日 (MPa)
			W	C	S	GI	G	AE減水剤 (cc/m <sup>3</sup> ) <sup>*2</sup>	AE助剤 (A) <sup>*3</sup>	SP (C×%)					
30-0	30	35	160	533	577	0	1104	—	A 2.5 (2.0)	1.0 (1.2)	10±2	4±1	11.5 (11.0)	3.5 (4.4)	71 (76)
30-5		547			29	1104	—	A 2.5 (1.9)	1.0 (1.2)	8.0 (8.0)			4.2 (5.2)	70 (62)	
30-10		34.5			509	57	1112	—	A 2.5 (2.0)	1.5 (1.7)			9.1 (9.3)	4.4 (5.0)	63 (69)
30-20		33.5			437	109	1129	—	A 3.0 (2.3)	3.0 (3.3)			11.6 (11.5)	3.8 (5.0)	64 (62)
40-0	40	37	164	410	641	0	1129	—	A 2.5	0.5	8±2	4±1	10.2	4.2	45
40-5					607	32	1129	—	—	0.5			8.2	4.9	49
40-10					574	64	1129	—	A 2.5	0.8			9.1	4.7	52
40-20					36	494	124	1129	—	A 2.0			1.2	8.9	4.4
50-0	50	40	170	340	712	0	1102	3400	B 3.5 (3.5)	—	8±2	4±1	10.0 (9.3)	4.8 (4.2)	39 (38)
50-5					675	36	1102	3400	B 3.5 (3.0)	—			9.0 (9.5)	5.7 (4.8)	36 (33)
50-10					638	71	1102	3400	—	—			7.5 (6.5)	4.4 (4.5)	35 (43)
50-20					564	141	1102	3400	B 2.5 (2.0)	0.5 (0.7)			7.4 (8.0)	4.0 (4.2)	38 (41)
60-0	60	45	172	287	816	0	1032	2870	B 2.0	—	8±2	4±1	9.5	3.9	38
60-5					773	41	1032	2870	—	—			10.7	5.0	29
60-10					731	81	1032	2870	C3.5T <sup>*4</sup>	—			8.0	4.8	33
60-20					646	192	1032	2870	C3.5T <sup>*4</sup>	—			8.3	3.7	36

注) GI: ガラス粉末, SP: 高性能AE減水剤, ( )内は、凍結融解試験用供試体, その他は乾燥収縮試験用供試体作製時の値

- \* 1: 配合名は、[(水セメント比)-(ガラス置換率)]を示す
- \* 2: AE減水剤は25%溶液を使用
- \* 3: AとBはAE助剤, Cは消泡剤
- セメント1kg当たりタイプA(2%溶液)あるいはタイプB(1%溶液)のAE助剤を2cc使用した時を1Aとする
- \* 4: セメント1kg当たりタイプC(1%溶液)の消泡剤を、2cc使用する時を1Tとする

### 3.2 耐凍害性

#### (1) 質量減少率・相対動弾性係数の経時変化

質量減少率の経時変化を図2に、たわみ振動における相対動弾性係数の経時変化を図3に示す。W/C=30%の配合では、ガラス粉末の混入による質量減少は少なく、300サイクル

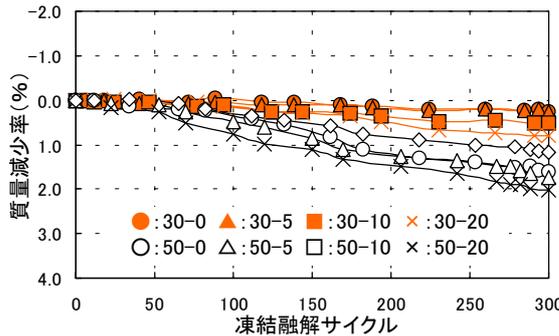


図2 質量減少率の経時変化

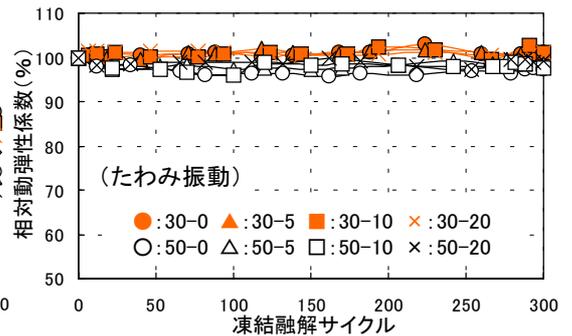


図3 相対動弾性係数の経時変化

ルまで相対動弾性係数の低下も観察されなかった。

一方、W/C=50%の配合では、300サイクルまでに約1~2%の供試体表面のスケーリングによる質量減少が観察された。一例を除き、ガラス置換率が大きくなると凍結融解サイクルの進行に伴い、供試体の表面スケーリングによる質量減少率が増大する傾向にあった。しかし、相対動弾性係数は若干の減少が観察されるものの、300サイクルにおいてもガラス置換率に関わらず95%以上の相対動弾性係数が得られた。

#### (2) 気泡径分布および気泡間隔係数

気泡径分布を図5に、気泡間隔係数を表4に示す。W/C=30%ではガラス粉末混入により、気泡間隔係数は無混入時より幾分小さくなる傾向を示し、気泡径分布も無混入時と同等以上であった。一方、W/C=50%ではガラス置換率が大きくなると、大きな気泡が増加する反面、小さい気泡が減少し、気泡間隔係数が大きくなる傾向にあった。

#### (3) 300サイクル終了時における残存強度

300サイクル終了時における残存曲げ強度を図5に示す。凍結融解試験300サイクル終了後においても、標準水中養生材齢28日と同等あるいはそれ以上の残存曲げ強度が得られており、ガラス置換率あるいは水セメント比に関わらず、凍害による強度低下は観察されなかった。

### 4. まとめ

廃ガラスビン粉末により細骨材置換したコンクリート(ガラス置換率20%以下)においても、無混入時とほぼ同等の乾燥収縮特性と耐凍害性が得られた。

【参考文献】(1) 児島孝之, 高木宣章, 春田健作ほか: 廃ガラスビン粉末を用いたコンクリートの力学的特性に関する研究, セメント・コンクリート論文集, No.54, pp.484-489, 2000

(2) 西山考ほか: シアノアクリレートによる硬化コンクリート中の気泡組織の染色と観察, セメント技術年報, No.42, pp.212-214, 1988

表3 空気量および気泡間隔係数

配合名	ガラス置換率 (%)	空気量 (%)		気泡間隔係数 (L, μm)
		フレッシュ時	硬化時	
30-0	0	4.7	3.1	272
30-5	5	5.0	3.0	259
30-10	10	4.7	4.4	229
30-20	20	5.0	5.2	256
50-0	0	4.3	4.4	252
50-5	5	5.1	4.6	280
50-10	10	3.9	3.2	252
50-20	20	4.7	4.2	300

注)フレッシュ時: 空気室圧力法 硬化時: 画像解析法

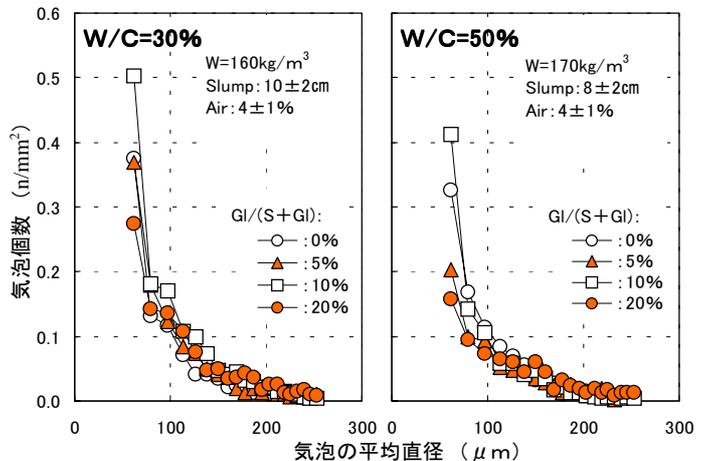


図4 気泡径分布

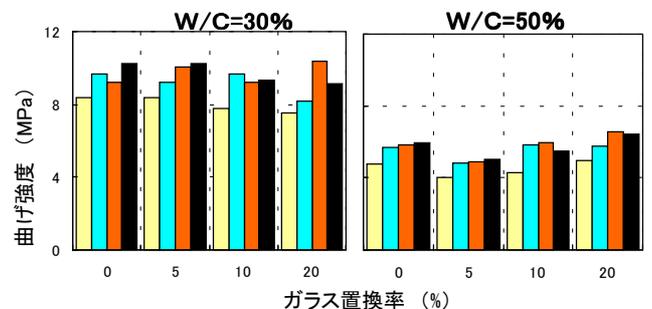


図5 曲げ強度の変化