

1. はじめに

近年、廃ガラスピンのコンクリート用材料としての再利用・再資源化に関する研究¹⁾が進められている。本研究では、廃ガラスピ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

実験要因および使用材料を各々表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0, 5, 10, 20%の4水準とした。コンクリートの示方配合を表3に示す。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²⁾により測定した。

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)], %
乾燥収縮	30, 50	0, 5, 10, 20
	40, 60	0, 10, 20
凍結融解	30, 50	0, 5, 10, 20

注) GI: ガラス粉末, S: 川砂

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 g/cm ³ , F.M.2.69, 吸水率 1.47%	
粗骨材	高機産硬質砂岩碎石, 表乾密度 2.69 g/cm ³ , 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ピン, 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

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の例を図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。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小さくなる傾向にある。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。

表3 コンクリートの示方配合

配合名 * 1	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)					混和剤			目標	目標	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 ³) * 2	AE助剤 (A) * 3	SP (C × %)	スランプ (cm)	空気量 (%)					
30-0	30	35	160	533	577	0	1104	—	A 2.5 (2.0)	1.0 (1.2)	10±2	—	11.5 (11.0)	3.5 (4.4)	71 (76)		
30-5		34.5			547	29	1104	—	A 2.5 (1.9)	1.0 (1.2)			8.0 (8.0)	4.2 (5.2)	70 (62)		
30-10					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	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	51		
50-0	50	40	170	340	712	0	1102	3400	B 3.5 (3.5)	—	8±2	—	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	—	—	—	9.5	3.9	38		
60-5					773	41	1032	2870	—	—			10.7	5.0	29		
60-10					731	81	1032	2870	C 3.5 ^{*4}	—			8.0	4.8	33		
60-20					646	192	1032	2870	C 3.5 ^{*4}	—			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

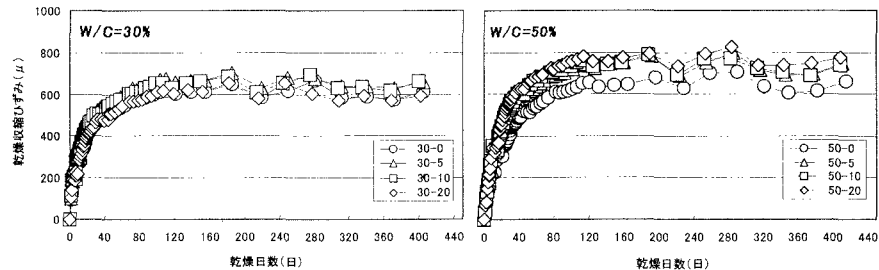


図1 乾燥収縮ひずみの経時変化

3.2 耐凍害性

質量減少率の経時変化

質量減少率の経時変化を図 2 に示す。W/C=30%の配合では質量減少は少なかった。しかし、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。

相対動弾性係数の経時変化

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=50%の配合で相対動弾性係数に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。また、W/C=30%では 300 サイクルまで相対動弾性係数の低下は観察されなかった。

気泡径分布および気泡間隔係数

気泡径分布を図 4 に、気泡間隔係数を表 4 に示す。W/C=30%ではガラス粉末を混入しても、気泡間隔係数は無混入時より幾分小さく、気泡径分布も無混入時と同等以上であった。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。

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, 柳澤美智代: 廃ガラスビン粉末を用いたモルタルの膨張特性に関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.22, No.1, pp.37-42, 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

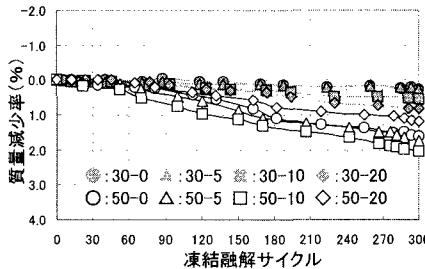


図 2 質量減少率の経時変化

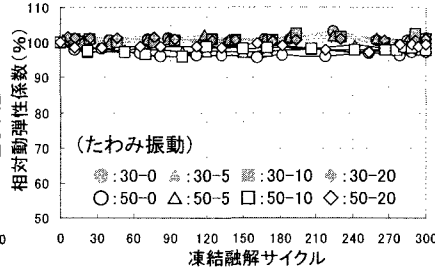


図 3 相対動弾性係数の経時変化

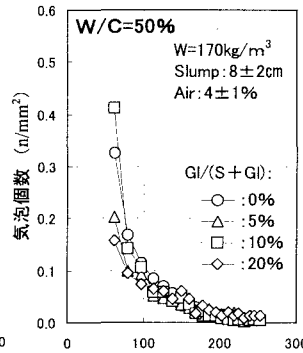
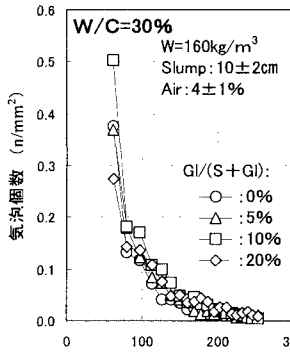


図 4 気泡径分布

表 4 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

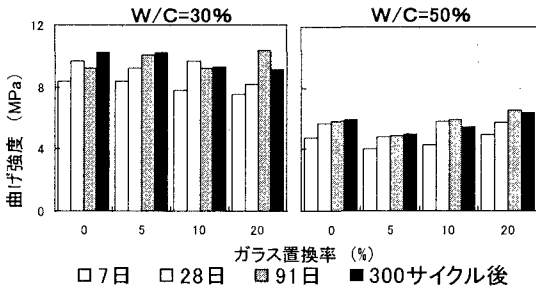


図 5 曲げ強度の変化