

# 廃ガラスビン粉末のコンクリート用材料としての有効利用

(株) 富士ピー・エス 正会員 春田健作 阪神測建(株) 正会員 柳澤美智代  
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

本研究では、微粉碎された廃ガラスビン粉末(以下、ガラス粉末と記す)のコンクリート用材料としての有効利用を目的として、ガラス粉末がアルカリシリカ反応による膨張、コンクリートのフレッシュ特性、各種強度、乾燥収縮などに及ぼす影響について実験検討を行った。

## 2. 実験概要

アルカリシリカ反応性試験は、JIS A 5308 附属書 8(モルタルバー法)に準じた。水セメント比は50%、セメントの全アルカリが等価アルカリ量(Na<sub>2</sub>O<sub>eq</sub>)で3水準(0.68,1.2,2.0%)になるよう1モル濃度のNaOH水溶液で調整し、ガラス粉末に含有されているアルカリは無視した。ガラス粉末による細骨材置換率は質量百分率で3~5水準(0~40%)とした。セメントはセメント協会製のアルカリシリカ反応試験用普通ポルトランドセメント(密度:3.16g/cm<sup>3</sup>, Na<sub>2</sub>O<sub>eq</sub>:0.68%, K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O:1.7)を、細骨材には野洲川産川砂(表乾密度:2.61g/cm<sup>3</sup>,F.M.:2.69)をJISに規定されている粒度に調整して用いた。ガラス粉末(密度:2.48g/cm<sup>3</sup>,比表面積:580cm<sup>2</sup>/g)はリサイクル工場で微粉碎された廃ガラスビンを使用した。表1にガラス粉末の化学成分を示す。ガラス粉末は、JIS A 5308 附属書 7(化学法)によるアルカリシリカ反応性試験で「無害でない」と判定された。

コンクリートの使用材料および示方配合を表2と表3に示す。コンクリートの配合は水セメント比を4水準、ガラス粉末による細骨材置換率は質量百分率で3~4水準とした。細骨材率[(S+G)/a]、単位水量は基本的に各水セメント比ごとに一定とし、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%、目標スランプはW/C=30,40%時には10±2cm,W/C=50,60%時には8±2cmとした。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(10×10×40cm)を材齢7日まで標準水中養生した後、20±1%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。

表1 ガラス粉末の化学成分

ig.loss	S <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Total
0.4	71.3	2.7	0.4	10.3	0.4	0.0	12.48	1.16	99.14

単位 : %, Na<sub>2</sub>O<sub>eq</sub> = Na<sub>2</sub>O + 0.658 × K<sub>2</sub>O = 13.24 %

表2 コンクリートの使用材料

セメント	普通ポルトランドセメント, 密度3.16g/cm <sup>3</sup> , 比表面積3260cm <sup>2</sup> /g	
細骨材	野洲川産川砂, 表乾密度2.60~2.61g/cm <sup>3</sup> , F.M.2.69	
粗骨材	高機産硬質砂岩砕石, 表乾密度2.69g/cm <sup>3</sup> , F.M.6.57, 最大骨材寸法20mm, 混合質量比5~13mm:13~20mm=1:1	
ガラス粉末	微粉碎された廃ガラスビン, 密度2.48g/cm <sup>3</sup> , 比表面積580cm <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: アニオン系界面活性剤 B: 変性ロジン酸化合物系陰イオン界面活性剤
	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+G)/a (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )					混和剤			空気量 (%)	スランプ (cm)
			W	C	S	GI*2	G	AE減水剤 (cc/m <sup>3</sup> )	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					641	0	1129	-	2.5	0.5	4.2	10.2
40-5	40	37	164	410	607	32	1129	-	-	0.5	4.9	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					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	50	40	170	340	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					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	3.5T*5	-	4.8	8.0
60-20	646	192	1032	2867	3.5T	-	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、タイプAのAE助剤を、W/C=50,60%時にタイプBのAE助剤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

## 3. 実験結果および考察

**モルタルバー試験:** 図1に膨張率とガラス置換率の関係を示す。JISに規定されている促進条件(Na<sub>2</sub>O<sub>eq</sub>=1.2%)のもとでは、膨張率は全供試体で材齢6ヶ月におけるJISの判定値0.1%以下であり、無害であると判定された。ガラス粉末には多量のアルカリが含有されているものの、アルカリシリカ反応による著しい膨張は観察されず、

ガラス粉末中のアルカリは、アルカリシリカ反応を著しく促進しないと考えられる。アルカリシリカ反応による膨張は、ペシマム粒度が存在することが報告されている<sup>1)</sup>。本実験で用いたガラス粉末は、粒子径 0.075mm 以下の粉末を約 40% 含有している。ガラスの粒子が小さいことも、膨張率が小さい一因であると考えられる。

**コンクリートの力学的特性：ガラス置換率が空気量，スランプへ及ぼす影響**

表 4 に示す。ガラス置換率の増加に伴い、空気量は増加し、スランプは低下した。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。

凝結時間と単位ガラス量の関係を図 2 に示す。ガラス粉末量の増加に伴い、凝結が遅延する傾向にあった。高性能 AE 減水剤 (SP) を使用した W/C=30% の配合では、ガラス粉末量の増加に伴う SP 使用量の増加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% ] では、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。

ブリーディング率の経時変化を図 3 に示す。一般に、ブリーディングは 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。

材齢 28 日における強度試験結果を図 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。

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。

**4. まとめ**

ガラス粉末を細骨材として置換率 20% 以下で用いても、普通細骨材を用いた場合と同等の性能を有するコンクリートをつくることできる。

[参考文献] 1) 榑場，川村，岡田：アルカリ骨材反応に関する基礎的研究，材料，Vol.26，No.290，pp.1078-1084，1977.11

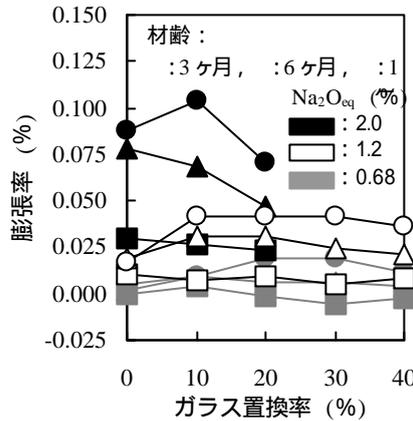


図 1 膨張率とガラス置換率の関係 (W/C=50%)

表 4 ガラス粉末のフレッシュ特性に及ぼす影響

試験条件	GI/(S+GI) (%)	空気量 (%)	スランプ (cm)
W/C=50%	0	3.2	8.6
(S+GI)/a=40%	5	5.1	8.4
W=170kg/m <sup>3</sup>	10	5.8	7.8
混和剤量一定	20	-	2.7

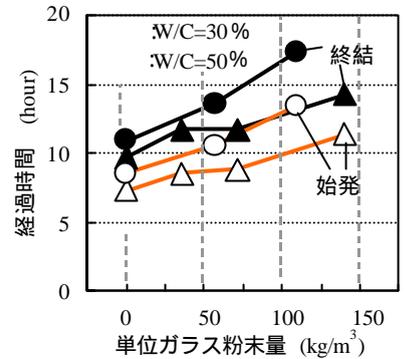


図 2 凝結時間

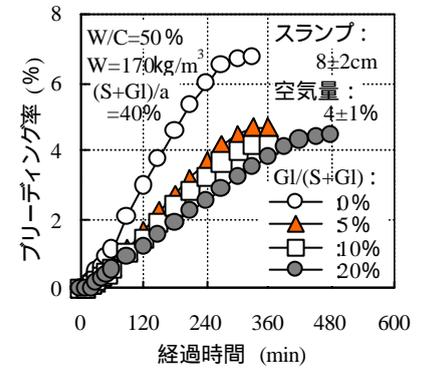


図 3 ブリーディング率

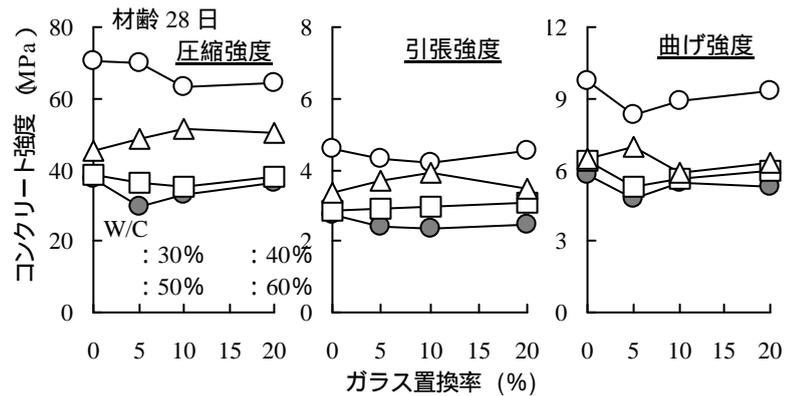


図 4 強度試験結果 (材齢 28 日)

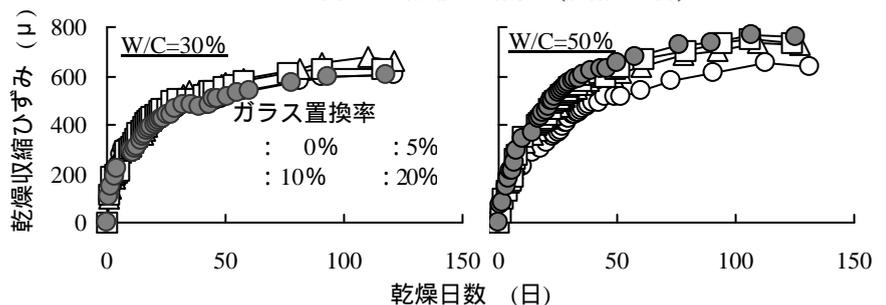


図 5 乾燥収縮ひずみの経時変化