

酸処理が廃ガラスを用いたモルタルの ASR に及ぼす影響

宮崎大学 学生会員 ○井上 穂香
 宮崎大学 正会員 李 春鶴
 宮崎大学 塩盛 弘一郎
 ソーラーフロンティア株式会社 原田 秀樹

1. はじめに

近年、太陽光発電施設の急速な普及により太陽光パネルの処分方法が課題となっている。発電設備の約36%はガラスできており、廃ガラスの骨材利用に関しては様々な検討がなされてきた。廃ガラスは鉱物組成にシリカ成分やアルカリを多く含むためアルカリシリカ反応(以下ASRとする)が起こる可能性がある。既往の研究¹⁾では、廃ガラスをコンクリートに混入させたときASRによる膨張を示すことが確認されている。さらに、廃ガラスのリサイクル処理プロセスの一環として酸処理の過程が必要である。

本研究では酸処理の有無における廃ガラスを添加したモルタルの特性を検討することを目的とする。

2. 実験概要

表-1に供試体の配合を示す。配合は、全供試体において水結合材比が50%で、セメントペーストの体積率が50%とする。廃ガラスは体積で細骨材の60%を内割で置換(G60)した。フライアッシュはセメントに対して内割で20%を置換(G60F20)した。

表-2に使用した廃ガラス、セメント、フライアッシュの化学組成を示す。廃ガラスは吸水率が0%、密度が2.43g/cm³のもので、廃ガラス50kgに対して、52ppmの硝酸溶液150gを噴霧し乾燥させる処理を行った。セメントは密度が3.16g/cm³の普通ポルトランドセメントであり、フライアッシュは密度が2.28g/cm³のものを、細骨材は吸水率が0.57%、密度が2.68g/cm³のものを、

表-2 廃ガラス、セメント、フライアッシュの化学組成

%	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	Sb ₂ O ₃	SO ₃
廃ガラス	72.5	1.5	≤0.009	9	3.5	0.5	13.5	≤0.009	-
C	20.43	5.48	3.16	64.3	1.36	0.43	0.25	-	2.11
FA	57.8	27.3	4.2	1.7	1	0.8	0.9	-	-

表-3 試験項目と養生条件

試験項目	供試体寸法	養生温度	養生方法	規格
長さ変化試験	40×40×160mm	40℃	湿度95%環境	JIS A 1129-3-2010
圧縮強度試験	φ50×100mm	20,40℃	水中養生	JSCE-G 505-2018

キーワード アルカリシリカ反応, 酸処理, 廃ガラス, フライアッシュ

連絡先 〒889-2192 宮崎県宮崎市学園木花台西1-1 宮崎大学工学部コンクリート研究室 TEL 0985-58-7338

表-1 モルタルの配合

記号	C	FA	W	S	GP	
PL	612	0	306	1340	0	
F20	479	119	297	1340	0	
酸処理あり	G60	612	0	306	536	729
	G60F20	476	119	297	536	729
酸処理なし	G60	611	0	307	535	728
	G60F20	475	119	299	534	727

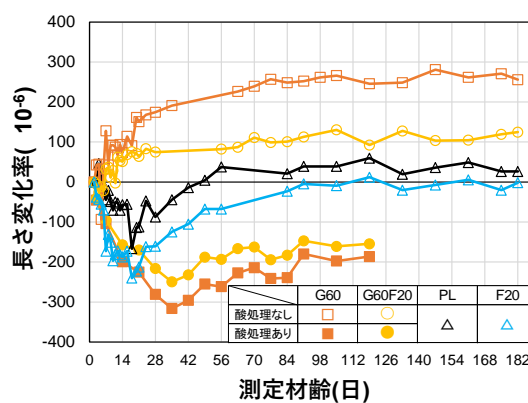


図-1 長さ変化率の比率

表-3に試験項目と養生条件を示す。組成分析としてEDX分析と粉末X線回折分析を行った。

3. 実験・推定結果および考察

図-1に酸処理の有無における供試体の長さ変化率を示す。酸処理していない廃ガラスを添加した供試体は膨張傾向を示した。一方で酸処理した廃ガラスを添加した供試体に関して初期は収縮傾向であるが、材齢が進むごとに収縮が緩和する傾向を示した。

ASRの反応による生成物の組成を確認するため、酸処理していない廃ガラスを添加した供試体と酸処理し



(a) 酸処理なし (b) 酸処理あり
写真-1 供試体表面のゲル状物質比較

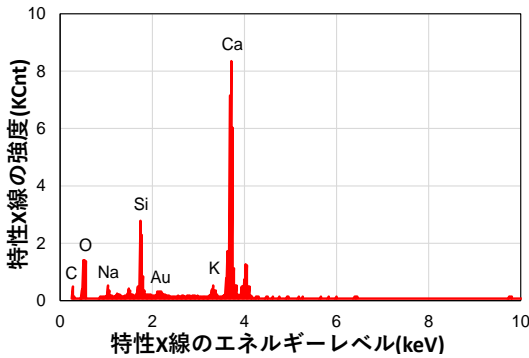


図-2 酸処理していない廃ガラスのゲル状物質のスペクトル(G60)

た廃ガラスを添加した供試体に析出したゲル状物質に対してEDX分析を行った(写真-1)。図-2にゲル状物質のスペクトルを示す。このスペクトルはアルカリシリカゲルと同じスペクトル²⁾であるため、酸処理していない廃ガラスではASRが発生していたことが明らかになった。一方で酸処理した廃ガラスを添加した供試体に関しては表面にゲル状物質が析出していなかったため、粉末X線回折分析を行ったが、ASR生成物は確認されなかったため、酸処理した廃ガラスを添加した供試体ではASRは発生していない可能性が大きくなると推察される。

4. 圧縮強度比による比較

図-3に酸処理の有無における供試体の圧縮強度の比較を示す。酸処理していない廃ガラスを添加した供試体では強度増加が確認されたが、酸処理した廃ガラスを添加した供試体では強度増加の傾向は確認されなかった。

図-4に廃ガラスを添加した供試体における各圧縮強度比の変化を示す。また、養生温度が40°Cのときに廃ガラスのASRの可能性が高いため、養生温度が40°Cの結果を考察に用いた。F20/PLではポゾラン反応による効果を示しており、酸処理していない廃ガラスを添加した供試体はASRにより強度増進するが、さらにフライアッシュを添加するとASRが抑制され、強度低下の傾向を示すと考えられる。一方で、酸処理した廃ガラスを

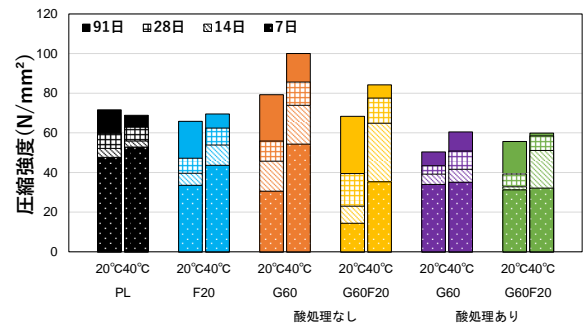


図-3 圧縮強度の比較

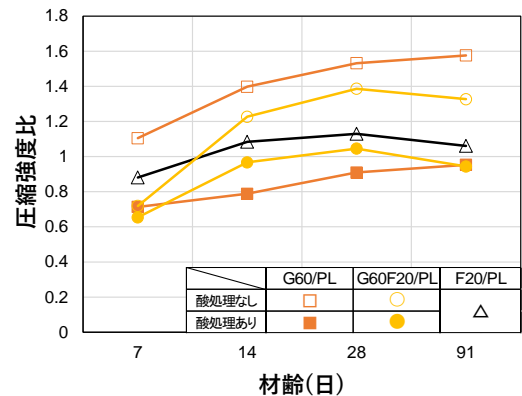


図-4 圧縮強度比の比較

添加した供試体ではASRが抑制された可能性が高い。さらにフライアッシュを添加するとASR抑制ではなくポゾラン反応によって強度が増進するものの、廃ガラスとセメントペーストとの境界面での脆弱性も現れたため、強度比はF20/PLより小さくなったと考えられる。

酸処理によってASRが抑制されるメカニズムとして、酸処理をすることで廃ガラスの組成に含まれているアルカリと反応し、ASR発生条件であるアルカリが低下することでASR抑制の傾向を示している可能性がある。しかし、処理した酸は少量であったため抑制されるASRにも限りがあるため、膨張挙動の計測を継続していく必要がある。また、モルタル表面を化学的方法を用いて観察することが今後の検討課題である。

5. まとめ

廃ガラスにおいて酸処理はASR抑制に効果的である可能性が示された。

参考文献

- 1) R.K. Dhir, T.D. Dyer, M.C. Tang: Alkali-silica reaction in concrete containing glass, Mater Struct, Vol.42, pp.1451-1462, 2009.
- 2) T.Katayama, T.Oshiro, Y.Sarai, K.Zaha and T.Yamamoto: Late-expansive ASR due to imported sand and local aggregates in Okinawa Island, southwestern Japan, Proceedings of the 13th International Conference on Alkali-Aggregate Reaction in Concrete, Trondheim, Norway, pp.862-873, 2008