

組成の異なる廃ガラスにおける酸処理がセメント硬化体の膨張および強度特性に及ぼす影響

宮崎大学 学生会員 ○井上 穂香 正会員 李 春鶴 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、寿命を終えた太陽光発電パネル(以下、廃ガラスと称する)の処分方法が課題となっている。既往の研究¹⁾では、ガラスびん微粉末とセメントを混合させた場合にアルカリシリカ反応(以下、ASRと称する)を促進させる可能性があり、組成の異なる廃ガラスを添加させたモルタル供試体では膨張、圧縮性状に異なる性状を示すことが報告されている²⁾。また、廃ガラスのリサイクル処理プロセスの一環として、酸処理の過程があるため、本研究では酸処理が組成の異なる廃ガラスを用いたモルタルの膨張、強度特性に及ぼす影響を検討した。

2. 実験概要

表-1にモルタルの配合を示す。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%とした。各廃ガラスは体積で細骨材の60%を内割で置換(G60)した²⁾。

表-2に使用した廃ガラス、セメントの化学組成を示す。本研究で用いた廃ガラスはカバーガラスと基板ガラスの2種類で、それぞれ密度は2.43g/cm³、2.50 g/cm³、吸水率は共に0%である。鉱物組成を比較するとカバーガラスは基板ガラスよりシリカとアルカリの成分が多いことが特徴的である。酸処理した廃ガラスは、廃ガラス50kgに対して、52ppmの硝酸溶液150gを噴霧し乾燥させて作製した。細骨材は大分県津久見産のものをを用いた。

表-3にモルタル供試体に対する試験項目と養生条件を示す。その他、廃ガラスに対しては化学法(JIS A1145-2001)を模擬した実験(以下、溶解実験と称する)を実施し、ICPを用いて溶液から溶解成分の分析を行った。さらに、各廃ガラスに対してSEM観察を行った。

3. 実験結果および考察

図-1に溶解実験の結果を示す。廃ガラスの種類に関わらず、アルカリ濃度減少量はすべて負の値となった。カバーガラスと基盤ガラスは鉱物組成が異なるにも

表-1 モルタルの配合

記号		C	W	S	GP
PL		612	306	1340	0
カバー G60	酸処理なし	612	306	536	729
	酸処理あり	611	307	535	728
基板 G60	酸処理なし	612	306	536	750
	酸処理あり	611	307	535	749

表-2 廃ガラス、セメントの化学組成 (mass%)

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO
カバー	72.5	1.5	≤0.009	9
基板	49.9	1.3	0.1	5.5
セメント	20.43	5.48	3.16	64.3
	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	Sb ₂ O ₃
カバー	3.5	0.5	13.5	≤0.009
基板	—	4.7	6.3	0
セメント	1.36	0.43	0.25	—

表-3 試験項目と養生条件

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

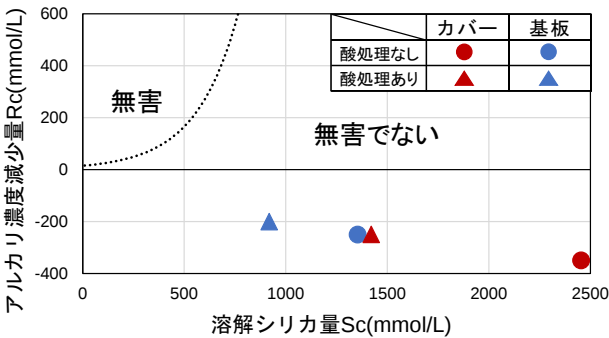


図-1 各廃ガラスにおける化学法の結果

関わらず、酸処理をすることでアルカリ濃度減少量と溶解シリカの量が低下している傾向にある。これは酸処理をすることで、廃ガラスが若干中性環境になり、溶解が抑制されたと考えられる。また、酸処理の有無に関わらず、基板ガラスよりカバーガラスからの溶解量が多いことが確認できる。これは表-2に示すように、カバーガラスは基板ガラスよりシリカ成分が約20%、アルカリ成分が約7%多いことが影響していると考えられる。さらに、各廃ガラスからの溶解を定量的に分析す

キーワード アルカリシリカ反応, 酸処理, 廃ガラス, 長さ変化, 圧縮強度
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

るために、ICPを用いてその溶液の成分(Si, Na, K, Ca)を分析し、その結果を図-2に示す。組成から見ても、基板ガラスよりカバーガラスからのシリカ成分の溶解量が多く、アルカリ成分ではNaの溶解量が多いことが特徴的である。また、これらの成分は酸処理することで溶解量は低減しているため、酸処理は溶解成分を抑制する働きをしていると推察した。

図-3に各廃ガラスを添加した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ではカバーガラスと基板ガラスどちらも無添加と比較して大きい膨張傾向を示している。また、基板ガラスを添加した供試体よりカバーガラスを添加した供試体の方が膨張する傾向が確認された。これは図-2より、カバーガラスの方が組成としてASRの発生要因となるシリカ成分は約6倍、アルカリ成分は約4倍溶解することから、基板ガラスを添加させた時より、ASR生成物ができ、大きな膨張を示したことが推察できる。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大きな差は認められず、カバーガラスと基板ガラスどちらも初期は収縮する傾向であるが、材齢が進むごとに収縮が緩和する傾向を示した。このことから、酸処理は膨張を抑制する効果があると考えられる。

図-4に各廃ガラスを添加させた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カバーガラスと基板ガラスのどちらも強度増加が確認された。これは図-2よりシリカ成分とアルカリ成分がモルタル中に溶解することで、ASRのような膨張反応が起こり、生成された生成物の空隙充填効果によって強度が増進されたと考えられる。一方で、酸処理した廃ガラスを添加した供試体ではカバーガラスより基板ガラスの方が強度増加の傾向が確認された。これは写真-1のSEM画像に示すように、酸処理したカバーガラスの表面にひび割れのようなものが発生しているため、強度発現に影響を与えたと推察される。

4. まとめ

組成の異なる廃ガラスを添加した供試体ではASRのような膨張が生じることで、強度増進の傾向が見られたが、各廃ガラスに酸処理することで、膨張を抑制する効果が働き、強度増進の傾向は確認されなかった。

謝辞：本研究の成果は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託業務により得られたものである。

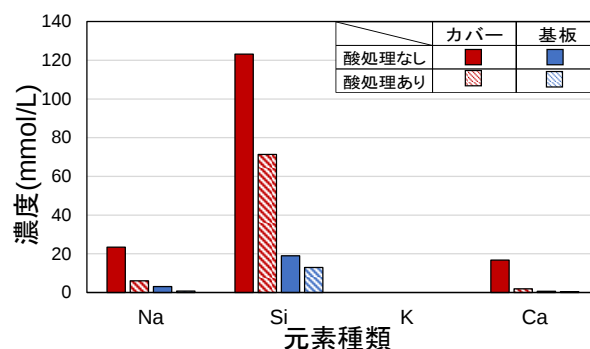


図-2 廃ガラスからの溶解成分

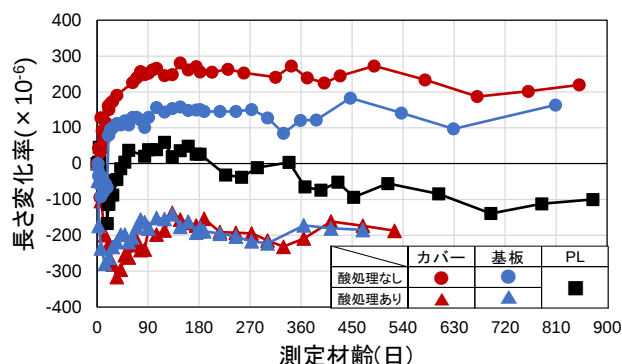


図-3 各供試体における長さ変化の比較

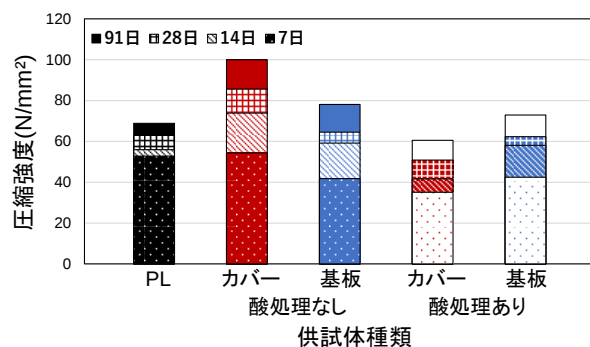


図-4 各供試体における圧縮強度の比較

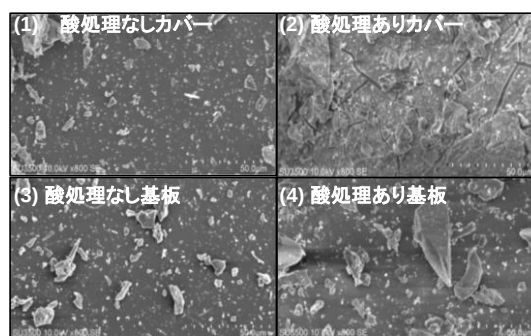


写真-1 各廃ガラス表面のSEM画像

参考文献

- 1) Dharendra Patel et al : Effective utilization of waste glass powder as the substitution of cement in making paste and mortar, Construction and Building Materials, Vol.199, pp.406-415(2019)
- 2) 川畑勇輝ほか：異なる成分の太陽光パネル廃ガラスを用いたモルタルの性能評価に関する研究，第75回セメント技術大会，pp.96-97 (2021)