

廃ガラスの物理的及び化学的作用がモルタルの圧縮強度に及ぼす影響

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

再生可能エネルギーの一つに太陽光発電がある。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%はガラスでできており、廃ガラスの骨材利用に関しては様々な検討¹⁾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。既往の研究では、太陽光パネル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。

本研究では、太陽光パネル廃ガラスを細骨材の一部として置換したモルタルの圧縮強度に及ぼすガラスとメントペースト境界面の脆弱性と ASR 効果を定量的に検討することを目的とした。

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40%, 60%, 80%を内割でそれぞれ置換し、G40, G60, G80と表す。

表-2に廃ガラス、セメントの化学組成を示す。廃ガラスは吸水率が0%、密度が2.43g/cm³の太陽光パネルのカバーガラスを用いた。セメントは密度が3.16g/cm³の普通ポルトランドセメントを用い、細骨材は吸水率が0.57%、表乾密度が2.68g/cm³のものをを用いた。

表-3に試験項目と養生条件を示す。供試体の養生温度は20℃のほか、ASR促進環境として40℃のも設けた。

3. 実験・推定結果および考察

図-1に供試体の長さ変化を示す。廃ガラスの置換に

表-1 モルタルの配合 (kg/m³)

記号	GC	C	W	S
PL	0	612	306	1340
G40	486	612	306	804
G60	729	612	306	536
G80	972	612	306	268

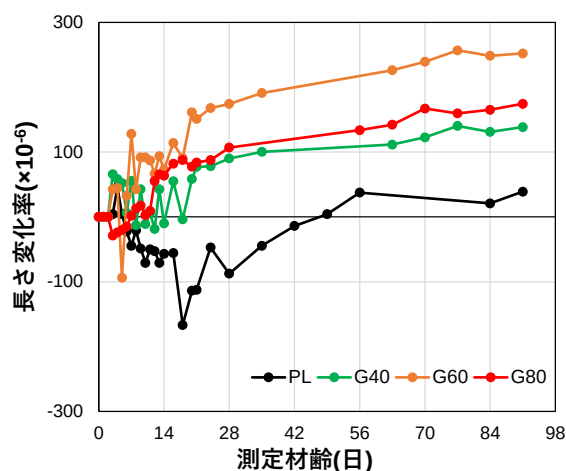


図-1 長さ変化の比較

伴い、膨張する傾向を示し、その置換率が60%付近で最大膨張となっているため、置換率ペシマムは60%付近に存在することが考えられる。図-2に供試体の圧縮強度を示す。40℃において強度が増加しており、廃ガラスを添加した供試体の強度増加が確認できる。

ASR の効果とガラスの脆弱性の定量化において、まず以下の三つの仮定を行った。

仮定 1: 供試体の膨張や強度の関係はセメント水和、ガラスとセメントペースト境界面の脆弱性、ASR 効果によるものとする。仮定 2: セメント水和の温度効果は温度および単位セメント量によるものとする。仮定 3:

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	SbO ₂	SO ₃	Cl
GC	72.5	1.5	≤0.009	9	3.5	0.5	13.5	≤0.009	—	—
C	20.43	5.48	3.16	64.30	1.36	0.43	0.25	—	2.11	0.014

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

ASR は温度が 20℃, 材齢 7 日の供試体では置換率に関係なく発生しないとする. 以上の仮定をもとに強度推定において以下のモデル式(1)を提案する.

$$k = A \times B \times C \quad (1)$$

ここで, k :養生温度 20℃材齢 7 日で廃ガラスを置換していない供試体の圧縮強度に対する比, A :セメント水和の温度効果を表す係数, B :ガラスとセメントペーストの境界面による脆弱性を表す係数, C :ガラスの ASR 効果を表す係数である.

本研究に用いた供試体の配合はすべて単位セメント量が同様であり, 仮定 2 により, 廃ガラスを用いていない PL 供試体の圧縮強度を用いて係数 A を算定した. その結果を表-4 に示す. 次に, 仮定 3 により各ガラス置換率における係数 B を算定した. 最後に, 求められた係数 A と係数 B を用いて ASR の効果の係数 C が求められる. 図-3 に係数 B と係数 C を示す.

以上の提案式を用いて算定した強度の推測値と実験値の関係を図-4 に示す. 実測値と推定値の相関係数が 1 に近く, 誤差は 8%以内であることからおよそ精度よく推測できると考えられる.

図-3 より, 係数 B に関しては添加率が増加するにあたってガラスとセメントペーストの境界面も増えるため, 強度は低下してしまう. ガラスの置換率がいずれの添加率においても 1 より小さい値となっていることから, 添加率は強度に負の効果を与えていることが確認された. ASR の効果の係数 C において, 材齢が増えると強度倍率も増加することが確認された. いずれの材齢においても 1 より大きい値となっていることから, ASR は強度増加に正の効果を与えていることが確認された. また, 図より, 温度 40℃, 材齢 91 日, 置換率 60% の供試体と温度と材齢が同じで置換率が 70% の供試体の圧縮強度を比較すると, ガラスとセメントペーストの境界面の脆弱性の効果は 1 割程度減少するのに対して, ASR の効果は 1.3 倍増加すると考えられる.

4. まとめ

本研究の範囲内で, 廃ガラスを細骨材の一部分と置換したモルタルの場合, ガラスとセメントペーストの境界面の物理的作用および ASR などの化学作用の効果を定量的に検討することが可能である.

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)の委託業務の結果得られた

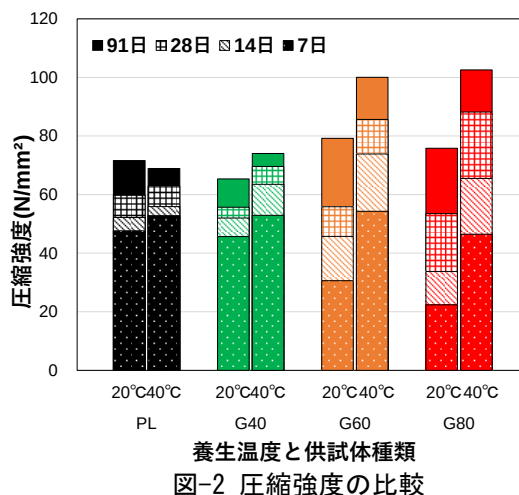


図-2 圧縮強度の比較

表-4 係数 A の値

	20℃	40℃
セメント水和の温度効果	1	1.1

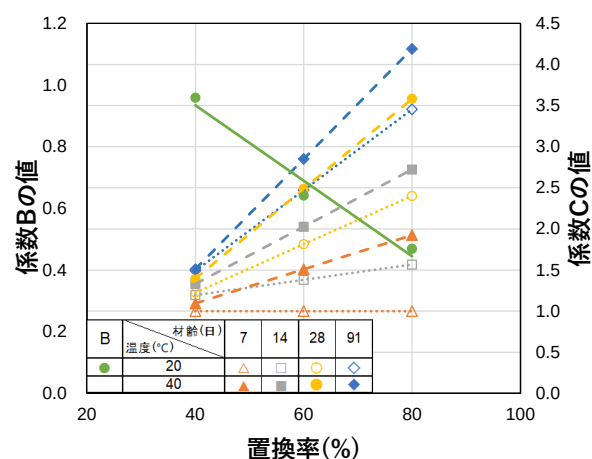


図-3 係数 B, 係数 C の定式化

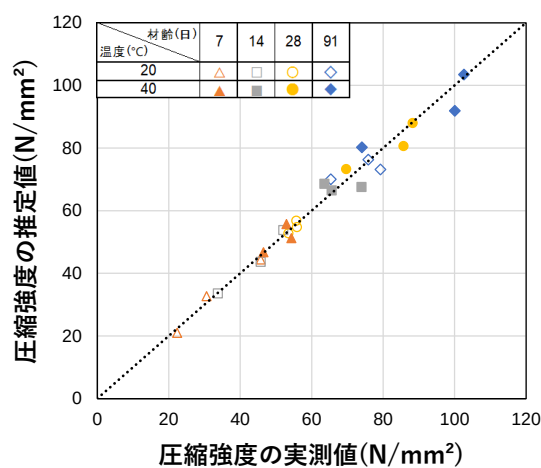


図-4 実測値と推定値の関係

ものである.

参考文献

- 1) 高田龍一, 野中資博, 服部九二雄: 廃ガラスを利用したモルタルの特性に関する基礎的研究, セメント・コンクリート論文集, No.54, pp.490-495, 2000.