

廃ガラス細骨材とフライアッシュがモルタルの圧縮強度に及ぼす影響

宮崎大学 正会員 ○李 春鶴  
宮崎大学 川畑 勇輝  
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、寿命を終えた太陽光発電設備の処分方法が問題となっている。2018年には「太陽光発電設備のリサイクル等の推進に向けたガイドライン」<sup>1)</sup>の見直しが行われ、太陽光発電設備の廃棄対策は喫緊の課題である。その太陽光発電設備の約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<sup>2)</sup>がなされてきた。廃ガラスは鉱物組成にシリカ成分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、ガラスびん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ときの強度特性を明らかにし、さらにフライアッシュによる圧縮強度の変化について検討する。

2. 実験概要

表-1に本研究で用いるモルタル供試体の配合を示す。モルタルの配合は、全ての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比率が50%とする。廃ガラス(GP)を添加する供試体は、質量で細骨材の40%, 60%, 80%を内割で置換(G40, G60, G80)したものである。フライアッシュ(FA)はセメント(C)に対して内割で20%を廃ガラス添加率が60%のものに置換し(G60F20)、比較用として廃ガラス添加率0%のものにも置換(F20)した。

表-2に廃ガラス、セメント、フライアッシュの化学組成を示す。セメントは吸水率が0.57%、密度が3.16g/cm<sup>3</sup>の普通ポルトランドセメントを使用し、細骨材は表乾密度が2.68g/cm<sup>3</sup>のものを使用した。フライアッシュの密度は2.28g/cm<sup>3</sup>であり、廃ガラスは吸水率が0%、密度が

表-1 モルタルの配合 (kg/m<sup>3</sup>)

| 記号     | GC  | FA  | C   | W   | S    |
|--------|-----|-----|-----|-----|------|
| PL     | 0   | 0   | 612 | 306 | 1340 |
| F20    | 0   | 114 | 455 | 306 | 1340 |
| G40    | 486 | 0   | 612 | 306 | 804  |
| G60    | 729 | 0   | 612 | 306 | 536  |
| G60F20 | 729 | 114 | 455 | 306 | 536  |
| G80    | 972 | 0   | 612 | 306 | 268  |

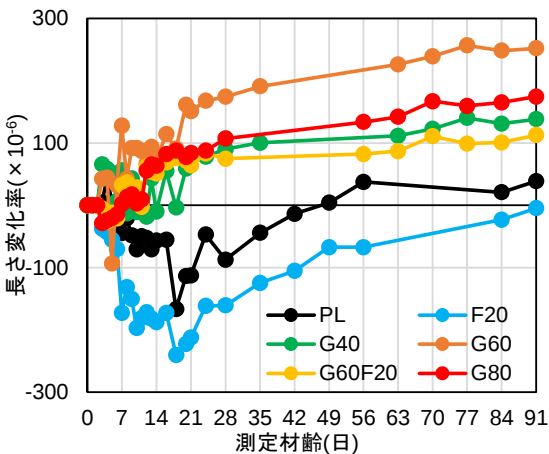


図-1 長さ変化率の比較

2.43g/cm<sup>3</sup>のものを使用した。

本研究では、長さ変化試験、圧縮強度試験を行った。長さ変化測定用供試体はJIS A 1129-3に順じ、40 mm×40 mm×160 mmの角柱で、側面にゲージプラグを埋め込んだものを作製した。打ち込み後、24時間で脱型し、温度が40℃、相対湿度90%以上の恒温恒湿環境下で室内暴露を行った。圧縮強度試験用供試体はJSCE-G 505に準じ、供試体の直径が50mm、高さが100mmの円柱を作製した。打ち込み後、24時間で脱型し、水中で養生を行った。水中温度は標準養生温度である20℃と、促進環境として40℃も設けた。

表-2 使用材料の化学組成成分 (%)

| 材料 | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO   | MgO  | K <sub>2</sub> O | Na <sub>2</sub> O | Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | SrO | ZrO <sub>2</sub> | BaO | HfO <sub>2</sub> | SO <sub>3</sub> | Cl    |
|----|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|------|------------------|-------------------|--------------------------------|-----|------------------|-----|------------------|-----------------|-------|
| GP | 72.5             | 1.5                            | ≤0.009                         | 9     | 3.5  | 0.5              | 13.5              | ≤0.009                         | 0   | 0                | 0   | 0                | —               | —     |
| C  | 20.43            | 5.48                           | 3.16                           | 64.30 | 1.36 | 0.43             | 0.25              | —                              | —   | —                | —   | —                | 2.11            | 0.014 |
| FA | 57.8             | 27.3                           | 4.2                            | 1.7   | 1.0  | 0.8              | 0.9               | —                              | —   | —                | —   | —                | 0.3             | —     |

キーワード 廃ガラス, 細骨材, フライアッシュ, 圧縮強度, 長さ変化, ASR

連絡先 〒880-0033 宮崎市学園木花台西 1-1 宮崎大学 工学部 TEL0985-58-7338

### 3. 実験結果

図-1 に長さ変化率の比較を示す。すべての供試体においてモルタルバー法の ASR 判定基準である 13 週で 0.05% 以上( $500 \times 10^{-6}$ )の膨張は見られないため、現段階で ASR による無害でない膨張が起きているとは言えない。しかしながら、廃ガラスを添加したすべての供試体が無添加の供試体と比較して大きい膨張を示しているため、廃ガラスにより ASR が発生している可能性が示唆される。また、廃ガラス添加率で比較したとき、40%、80%、60%の順で大きい膨張を示した。これにより本研究で用いた廃ガラスには添加率ペシマムが 60%付近にあることが推察される。

図-2 に供試体の圧縮強度を示す。環境温度が 20℃と 40℃で比較したとき、40℃の供試体の強度が増加している。また、40℃においては廃ガラスを添加した供試体の強度増加が確認できる。

図-3 に異なる廃ガラス添加率による圧縮強度を示す。暴露環境が 20℃の場合、廃ガラスを添加するほど強度が低下している。これは廃ガラスが細骨材より強度が小さいため廃ガラス部分が脆弱部になり強度が低下するためであると考えられる。一方で、暴露環境が 40℃の場合は、廃ガラスを添加するほど圧縮強度が増加する傾向を示している。これは、廃ガラスのシリカ質による ASR が発生したことにより空隙が埋められて強度が増加したためであると推測される。

図-4 にフライアッシュ添加による圧縮強度比の変化を示す。全体の傾向として、圧縮強度比は材齢に従って増加の傾向を示している。また、暴露環境が 40℃の圧縮強度比は暴露環境が 20℃のよりも大きい値をとっている。これは 40℃環境によって ASR が促進されたことが推測される。また、フライアッシュ有の圧縮強度比は、フライアッシュ無の方より小さい値をとっている。これはフライアッシュによって ASR が抑制され、強度の増加が低減したと推察される。

### 4. まとめ

圧縮強度試験と長さ変化率試験により、廃ガラスを添加した供試体に ASR 発生の可能性が示唆され、廃ガラスによる強度低下や増加現象が併存した。また、フライアッシュ添加によって ASR の発生抑制効果があることが確認された。

謝辞：

本研究の成果は、国立研究開発法人新エネルギー・産

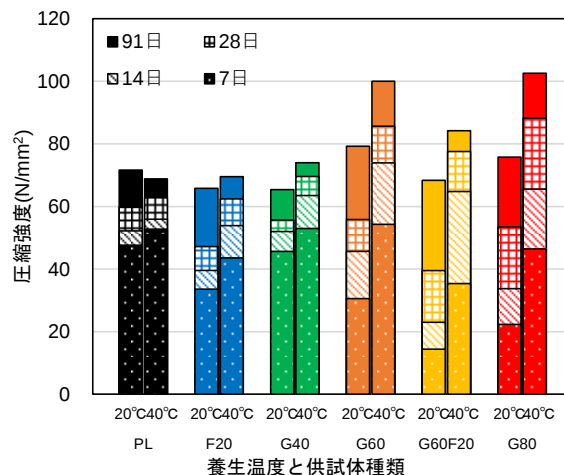


図-2 圧縮強度の比較

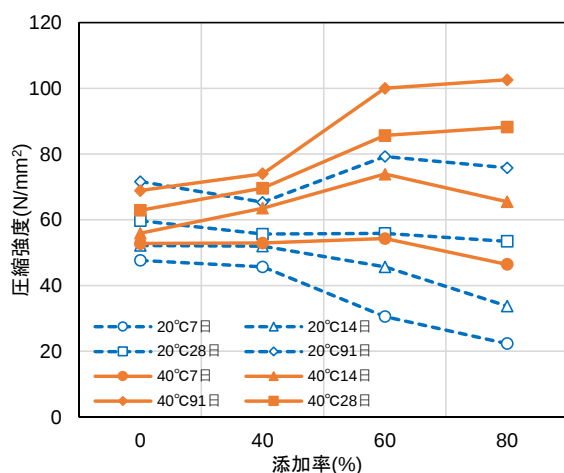


図-3 添加率による圧縮強度の比較

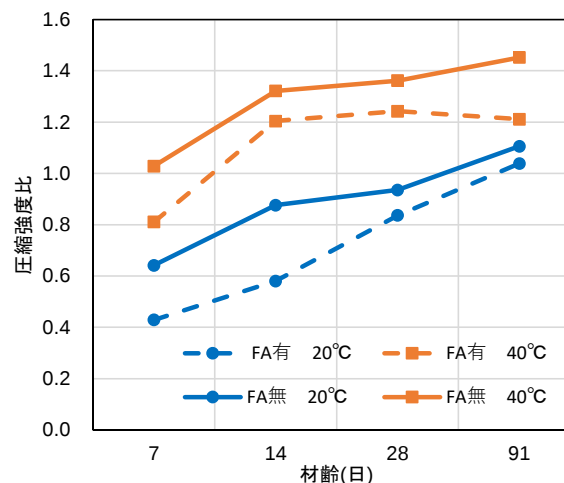


図-4 FA 添加による圧縮強度比の変化

業技術総合開発機構(NEDO)の委託業務の結果得られたものである。

### 参考文献

- 1) 環境省：<https://www.env.go.jp/press/106294.html>(閲覧日：2021/2/2)
- 2) 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.