

廃ガラスを混入したモルタルの強度特性とアルカリ骨材反応

松江工業高等専門学校 土木工学科 正会員 ○高田龍一

正会員 宇野和男

島根大学 生物資源科学部

正会員 野中資博

1. はじめに

地球規模の環境問題と地域の環境問題の解決は、ひとえに環境調和、循環型社会の構築にかかっている。コンクリート工学の分野でも、従来廃棄物として処理されていたものをコンクリートの再生資源としての利用について、多くの研究、開発が進められており、コンクリートの設計基準についても従来の仕様規定型の設計から性能照査型の設計への移行が進められている。本報告では、従来リサイクル不可能とされ、塵と位置付けられていた廃ガラスに注目し、コンクリート製品製造に利用可能な原料であるかどうかを確認する目的に、廃ガラス混入モルタルの強度の特性を明らかにするとともに廃ガラスの利用にあたって懸念されるアルカリ骨材反応の有無とその抑制についての試験結果を報告する。

2. モルタル強度試験

廃ガラスのコンクリートへの利用にあたっては、廃ガラスを混入することによる強度性能に及ぼす影響を明らかにしておく必要がある。ここではまず、廃ガラスを混入することによるモルタルの強度特性を検討するために JIS 配合モルタルによる強度試験を行った。試験方法は、JIS R5201 に従い、骨材について ISO 標準砂と同一粒度となるようにフルイ分けを行った廃ガラスを用い、標準砂の内割で 0~100% まで 10% 刻みで混入した。各配合について、7 日、28 日、91 日の強度試験を実施した。Fig.1

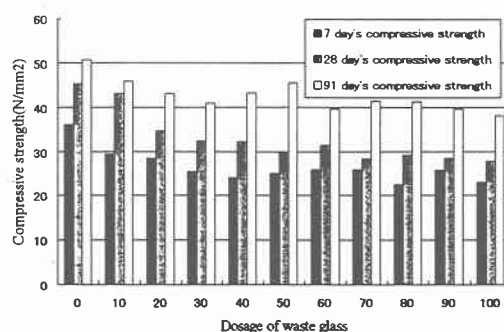


Fig. 1 Changes in compressive strength

に示す圧縮強度試験結果は、7 日、28 日及び 91 日圧縮強度を廃ガラスの混入率の変化に対して示している。7 日、28 日はともに同様な傾向が見られ、混入率 0~50% 程度までは混入率の増加に伴って強度低下の傾向が強いが、50 から 100% の間ではほぼ一定の強度を示している。91 日強度では、短期材齢ほど強度の低下は著しくなく、むしろ 30~50% では強度増加の傾向を示している。こうした廃ガラスを混入することによる強度低下は、ガラス粒自体の強度が低いことあるいはガラス粒とペーストとの付着構造が砂と比較して弱部となっていることが原因であると考えられる。しかし、比例的に強度低下を示すのではなく一定の混入率以上ではほぼ一定の強度を示す傾向については、廃ガラスの混入率の増加に伴う廃ガラス中の細粒分の増加に起因した強度低下の抑制効果が考えられる。廃ガラスにポズラン反応に類した化学的な効果が働いているとすれば、比表面積の大きい細粒分の増加に伴ってこうした効果が現れ、さらにこの傾向が長期材齢でより強く現れることが推察される。

そこで、JIS 配合モルタルによる強度試験に引き続き、廃ガラスの再処理過程で生じるガラスパウダーに着目し、ガラスパウダーの混入が強度に及ぼす影響について試験を実施した。ここでは、0.3mm 以下のガラスパウダーを細骨材代替として用いることによる強度に及ぼす影響について検討を行った。モルタルの配合にあたっては、ガラスパウダーを大量に細骨材代替として使用することを目的として、全量を骨材代替として用いたシリーズと細骨材の内割りで用いたシリーズの 2 種類の配合について検討した。全量を骨材代替として用いたシリーズでは、セメント骨材比 (C : S) を 1:0 から締固め可能な範囲の 1:1 まで 0.25 刻みで混入した。また、細骨材の内割りで用いたシリーズでは、製品開発にあたって検討されている C:S=1:2.5 をベース配合として、細骨材の内割りで 0% から締固め可能な範囲の 20% まで 5% 刻みで混入することとした。水セメント比は、いずれの配合においても 50% とした。実験に使用した材料は、普通ポルトランドセメントと細

骨材として加工砂を用いた。それぞれのシリーズにおける圧縮強度試験結果を Fig.2.3 に示す。Fig.2 の C:S を変化させた場合の圧縮強度試験結果より、ガラスパウダーの混入率が増加するにしたがって強度増加の傾向を示していることが判る。これは、ガラスパウダーの混入率の増加により、結果として水粉体比の減少および単位水量の減少となり、これによりモルタルマトリクス部において充填効果が働くことになり、この充填効果により空隙が減少し強度増加が図られたものと考えられる。Fig.3 の細骨材の内割りで使用した場合の圧縮強度試験結果より、初期強度においては、ガラスパウダーの混入による特異な影響は見られないが、長期強度では混入率の増加により強度増加傾向を示していることが判る。この結果は、C:S を変化させた場合の結果で考察している、水粉体比の減少に伴う充填効果による強度増加とは異なる結果である。水粉体比の減少に伴う充填効果による強度増加であれば、おのずと初期強度においてもこの影響が現れるものと考えられるが、長期強度においてのみ強度の増加傾向が現れることからすると、ポズラン反応、もしくはこれに類したガラスパウダーの強度増進効果が示唆されると考えられる。

3. アルカリ骨材反応試験

廃ガラスについて、過去の実験より化学法では無害でない、迅速法では無害との結果を得た。そこで、モルタルバー法によりその反応性を確認することとした。試験結果を Fig.4 に示す。結果より試験に用いた3体の供試体の長さ変化率は、いずれも8週間目ですでに3ヶ月目の基準値 0.05% を超える値を示し、材齢に従って急激にその膨張率を増している。反応性を確認するために19週間目まで試験を継続したが、6ヶ月基準値 0.10% を大きく上回っており、廃ガラスのアルカリ骨材反応が認められた。そこで著者らの過去の研究成果より認められた天然ゼオライトのアルカリ骨材反応抑制効果に着目し、これをセメントの内割りで0~25%の範囲において5%刻みで混入することにより、その効果についてモルタルバー法により試験を行った。試験結果を Fig.5 に示す。ゼオライトの混入率が高くなるに従って長さ変化率が減少しており、混入率 15%以上で明らかなアルカリ骨材反応抑制効果が見られた。この天然ゼオライト混入によるアルカリ骨材反応抑制効果は、過去の研究とも一致した結果であり、天然ゼオライトの陽イオン交換能によるアルカリイオンの吸着によるものであることが推察される。

4. おわりに

廃ガラスの混入によりモルタルの強度の低下が明らかとなったが、一方で細粒分であるガラスパウダーには強度増進効果が認められた。したがって、廃ガラスのコンクリートへの利用にあたっては、このガラスパウダーを適切に配合することが強度の改善に有効であることが示唆された。また、廃ガラスの使用にあたってはアルカリ骨材反応抑制に対する配慮が必要であり、この抑制方法として、天然ゼオライトを15%以上混入することによる有効性を確認することができた。

(参考文献)野中, 高田:天然ゼオライトを用いたアルカリ骨材反応抑制モルタルの利用に関する基礎的研究, セメント・コンクリート論文集, No. 53, pp522-527 (1999)

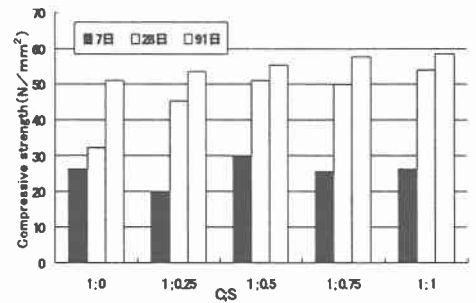


Fig.2 Changes in compressive strength

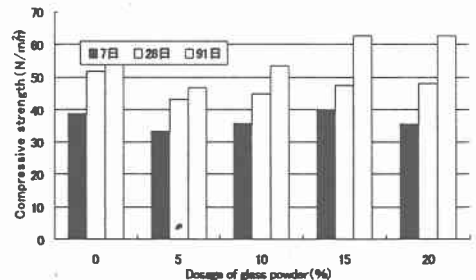


Fig.3 Changes in compressive strength

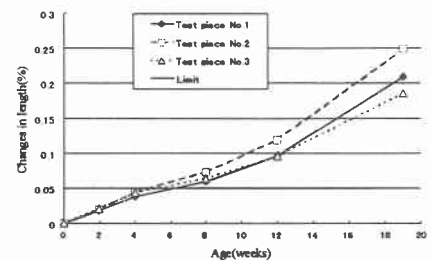


Fig.4 Changes in length of mortar bar

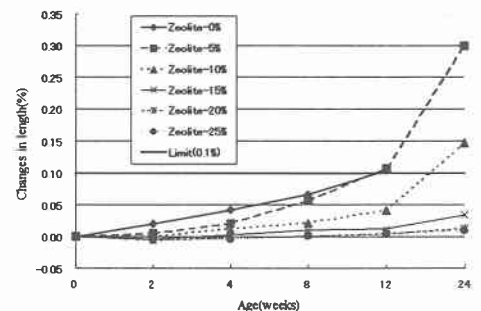


Fig.5 Changes in length of zeolite mortar bar