

建設廃材微粉末のコンクリート混和材としての有効利用

金沢大学大学院 学生員 ○坂本一樹 金沢大学工学部 正会員 山戸博晃
 (株)ホクコン 研究開発室 正会員 友竹博一 (株)ホクコン 研究開発室 清水利康

1. はじめに

近年、省資源・省エネルギーの観点から、建設廃材のコンクリート用材料としてのリサイクル利用に関する研究が活発に進められている。コンクリート廃材から製造する再生骨材の製造過程で発生するコンクリート微粉末は、セメント混合材、地盤改良材、道路舗装用路盤材への粒度調整材、汚泥処理剤としての検討を除くと、ほとんど有効利用は進んでいない¹⁾。一方、屋根瓦廃材については、埋立てなどの廃棄処分が困難になってきており、瓦産地である北陸地方では地域的なリサイクルシステムの確立が求められている。廃棄瓦は、多孔質な内部組織を有するとともに、シリカ含有量の多い微粉末には良好なポゾラン反応性も期待できる。

本研究では、コンクリート微粉末と屋根瓦廃材の破砕加工時に発生する廃瓦微粉末のコンクリート用混和材としての適用性を確認する目的で、コンクリート微粉末及び廃瓦微粉末を用いたセメント硬化体の圧縮強度と水和反応性状を水中養生、蒸気養生及びオートクレープ養生の3条件について比較検討した。

2. 実験概要

使用材料は、普通ポルトランドセメント(比重:3.16, 比表面積:3330cm²/g)、コンクリート微粉末(比重:2.34, 比表面積:1100cm²/g)、廃瓦微粉(比重:2.62, 比表面積:1650cm²/g)である。コンクリート微粉末は再生骨材製造設備で発生する原粉を使用した。廃瓦微粉末は瓦廃材粉碎品製造設備で製造された粉碎材(10mm以下)を75μm以下にふるいわけして使用した。図-1より、コンクリート微粉末には石英、炭酸カルシウムと、少量の水酸化カルシウム、未水和セメントが、また廃瓦微粉末には、シリカとともに石英、焼成カオリン粘土鉱物が含まれていることが確認された。セメントペーストの水セメント比は30%及び50%の2種類であり、各微粉末のセメントに対する重量置換率は外割で10、20、30%とした。練り混ぜ後、モールドに2層に分けて詰め、突き棒及びテーブル型振動機により締固めを行い、試験体(φ50×100mm)を作製した。養生条件は水中養生(20℃の水中浸漬)、蒸気養生(60℃にて3時間保持)及びオートクレープ養生(蒸気養生後に180℃、10気圧にて3時間保持)の3種類である。試験項目は圧縮強度、結合水量(1000℃で6時間)、XRD、DSC、SEM-EDXAなどである。

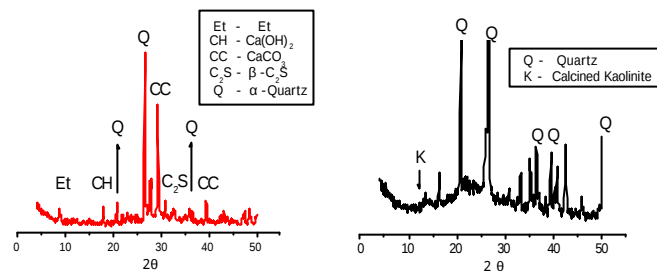


図-1 建設廃材微粉末のX線回折図

(左:コンクリート微粉末 右:廃瓦微粉末)

図-1より、コンクリート微粉末には石英、炭酸カルシウムと、少量の水酸化カルシウム、未水和セメントが、また廃瓦微粉末には、シリカとともに石英、焼成カオリン粘土鉱物が含まれていることが確認された。セメントペーストの水セメント比は30%及び50%の2種類であり、各微粉末のセメントに対する重量置換率は外割で10、20、30%とした。練り混ぜ後、モールドに2層に分けて詰め、突き棒及びテーブル型振動機により締固めを行い、試験体(φ50×100mm)を作製した。養生条件は水中養生(20℃の水中浸漬)、蒸気養生(60℃にて3時間保持)及びオートクレープ養生(蒸気養生後に180℃、10気圧にて3時間保持)の3種類である。試験項目は圧縮強度、結合水量(1000℃で6時間)、XRD、DSC、SEM-EDXAなどである。

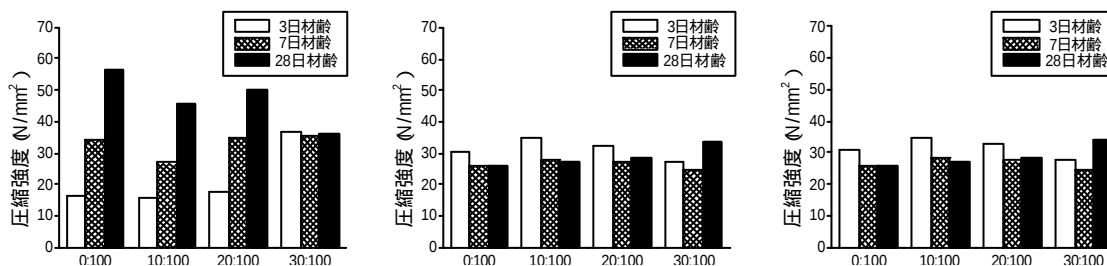


図-2 コンクリート微粉末を使用したセメント硬化体の圧縮強度 (W/C=0.5)

(左:水中養生 中:蒸気養生 右:オートクレープ養生)

キーワード: コンクリート微粉末, 廃瓦微粉末, 結合水量, 焼成カオリン粘土鉱物, ポゾラン反応

連絡先: 金沢大学工学部 〒920-8667 金沢市小立野 2-40-20 TEL.076-234-4620 FAX.076-234-4632

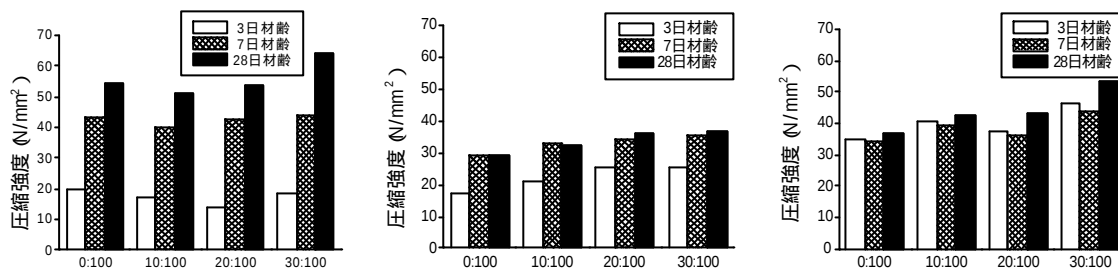


図 - 3 廃瓦微粉末を使用したセメント硬化体の圧縮強度 (W/C=0.5)

(左：水中養生 中：蒸気養生 右：オートクレーブ養生)

3. 実験結果及び考察

3.1 圧縮強度 図 - 2 に示すように、コンクリート微粉末の場合、養生条件に拘らず、コンクリート微粉末の混入する割合が増加するとともに圧縮強度は減少している。これはコンクリート微粉末には強度増進を促すような未水和のセメント粒子がなく、ポゾラン反応に携わる成分もほとんど含まれてないことを示している。一方、廃瓦微粉末の場合、図 - 3 に示すように、材齢に伴うセメント硬化体の顕著な強度増加が確認された。特に、オートクレーブ養生においては、廃瓦微粉末の混合比に比例して初期強度が大きく増加しており、混合比 30% では約 40% の圧縮強度の増大が得られた。

3.2 結合水量 コンクリート微粉末は混入率や養生条件に関係なく同程度の結合水量が確認された。一方、図 - 4 に示すように、廃瓦微粉末では材齢の経過に伴い結合水量が増加した。これは、廃瓦微粉末に含まれる焼成カオリン粘土鉱物のポゾラン反応により C-S-H ゲル、エトリンガイト、モノサルフェート水和物などが多数生成したことによるものだと考えられた (写真-1 参照)。

3.3 水和生成物の特徴 コンクリート微粉末を混入した場合、主成分である炭酸カルシウムと石英がそのまま残存していることが確認された。これはコンクリート微粉末自身の水和反応が蒸気養生及び、オートクレーブ養生においても進行していないことを示している。一方、図 - 5 及び図 - 6 に示すように、廃瓦微粉末は混合比が大きなものほど水酸化カルシウムの生成量が材齢とともに減少し、C-S-H ゲルの生成量の増大が確認された。

4. あとがき

今回の試験結果より、コンクリート微粉末には未水和のセメント粒子が残存していないために、コンクリート用混和材としての強度発現の効果はほとんど期待できないことが確認された。またコンクリート微粉末中の石英は、オートクレーブ養生した場合でも活性シリカとしての役割は期待できず、強度増加には貢献しなかった。一方、廃瓦微粉末はポゾラン反応性を有する焼成カオリン粘土鉱物を含有しており、材齢経過に伴う顕著な強度増加が認められた。

【参考文献】コンクリートへのリサイクル資材活用技術の標準化に関する調査研究委員会、リサイクル資材のコンクリートへの活用技術の標準化、コンクリート工学、Vol.39, No. pp53-59, 2001.

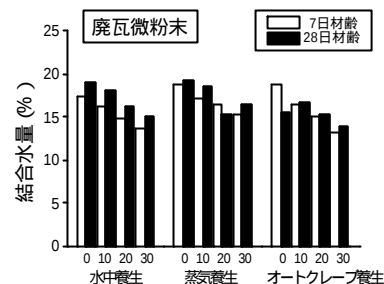


図 - 4 セメント硬化体の結合水量 (W/C=0.5)

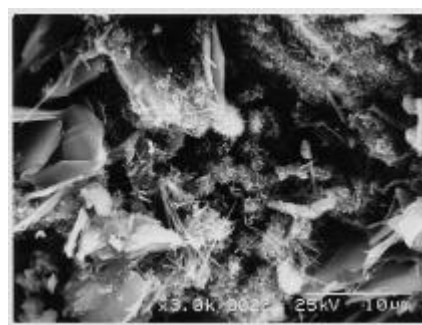


写真 - 1 廃瓦微粉末を使用したセメント硬化体の内部組織 (28 日材齢、蒸気養生)

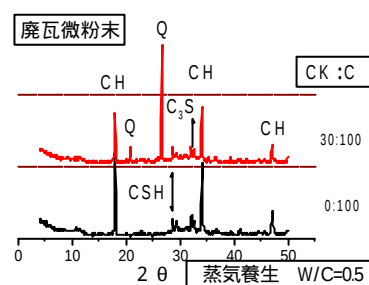


図 - 5 セメント硬化体の X 線回折図

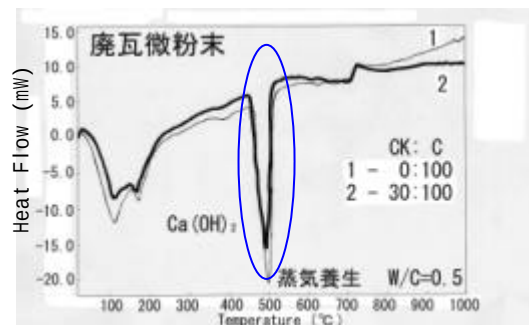


図 - 6 セメント硬化体の DSC 曲線