

改質フライアッシュスラリーを使用した 低炭素コンクリートによる災害復興用建築材料の開発

火力発電由来の低品質フライアッシュの未燃カーボン除去技術と建設廃材を使用した低炭素コンクリートの特性

北九州市立大学 国際環境工学部 建築デザイン学科

准教授 高巣 幸二

2011年3月11日の東日本大震災により発生した大量の震災がれきやその後の原子力発電の停止による火力発電の需要の高まりから生じる膨大なフライアッシュの処理が今後重要となる。震災がれきやフライアッシュをそのままコンクリートに混入しようとしても強度発現性および耐久性に問題が生じるため、これらの材料を使用するための技術開発が必要となる。当研究室では2009年度から科学技術振興機構(JST)のA-STEP・本格研究開発・起業挑戦タイプ「改質フライアッシュコンクリートの製造方法」(2012年度プロジェクトリーダー:高巣幸二, 前リーダー:松藤泰典)に取り組んでいる。ここでは低品質なフライアッシュの未燃カーボン除去による改質方法と建設廃材から製造された低炭素コンクリートの特性について紹介する。

1. 浮遊分離法による低品質フライアッシュ中の 未燃カーボン除去方法

本研究では、フライアッシュ中の未燃カーボンを効率的に除去する改質技術の確立を目的として、中型未燃カーボン除去装置の開発と最適処理条件を検討した。さらに、実機未燃カーボン除去装置を開発して性能検証を行った。

1.1 火力発電によるフライアッシュ

石炭を燃焼させて電気エネルギーを取り出す火力発電に伴い大量の石炭灰が排出される(図1)。大量に発生した石炭灰は品質の有無にかかわらずその6割以上がセメント原料として利用されている。石炭灰の中でも上質な灰はフライアッシュと呼ばれコンクリート混和材として使用される。フライアッシュはJISによりI種からIV種まで規定されており、フライアッシュをコンクリート混和材として使用する際、II種以上の品質を使用する必要がある。特にフライアッシュ中の未燃カーボンの含有率が5%以上の時はセメントの凝結不良を引き起こす可能性があり、3%以上の時は混和剤を吸着し、フレッシュコンクリートの流動性及び空気連行の障害となり、コンクリートの品質に悪影響を与える。

図2に火力発電所から排出される石炭灰の強熱減量の変動を示す。強熱減量5%を超える石炭灰が多

く排出されていることがわかる。これらの多くを上質なフライアッシュに改質できれば、価値のある有価物として流通できるだけでなく、コンクリートの性能を向上させると共に環境低負荷社会の実現にも寄与できる。

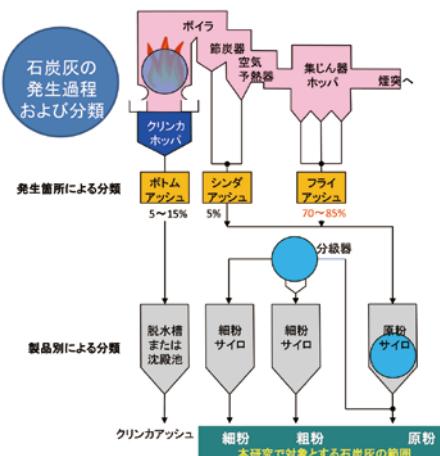


図1 フライアッシュの発生過程¹⁾

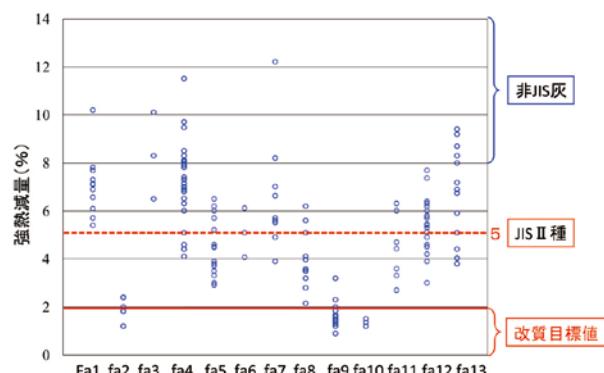


図2 石炭灰の強熱減量の変動²⁾

1.2 浮遊分離法によるフライアッシュの改質

本技術は、いわゆる泡沫浮遊選鉱法のカテゴリーに入るシステムで、フライアッシュをクリーニングして強熱減量2%以下のフライアッシュスラリーを製造する(写真1)。写真2は未燃カーボン捕集剤と起泡剤を添加することで、未燃カーボンを多く含むフロス灰を発生させ、フロス灰を気泡とともに浮上させ、未燃カーボンが除去されたテール灰を回収する装置である。未燃カーボン分離プロセスを以下に示す。①スラリー化処理プロセス:フライアッシュと水に捕集剤を添加して攪拌し、フライアッシュスラリーとする。②浮遊分離プロセス:浮遊分離法による未燃カーボンの分離工程で、起泡剤を添加する。未燃カーボン分離器の槽中のスラリーは循環ポンプを経由して循環する。循環経路の吐出口に吸気気泡装置を配置してマイクロバブルを吹き込む。気泡を巻き込んだ循環スラリーを槽の接線方向に吹き込み、反時計回りに旋回流の渦を発生させる。フロス灰は槽内でテール灰と分離して上部槽中心部に集まり、槽上部から溢水させて分離回収する。

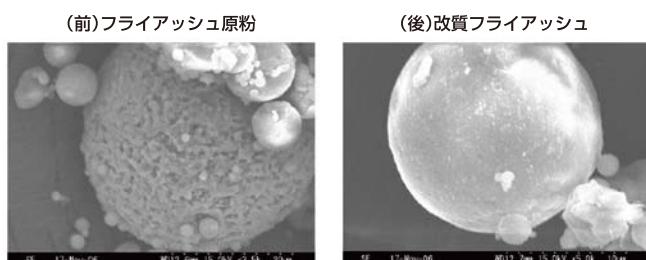


写真1 フライアッシュのSEM画像

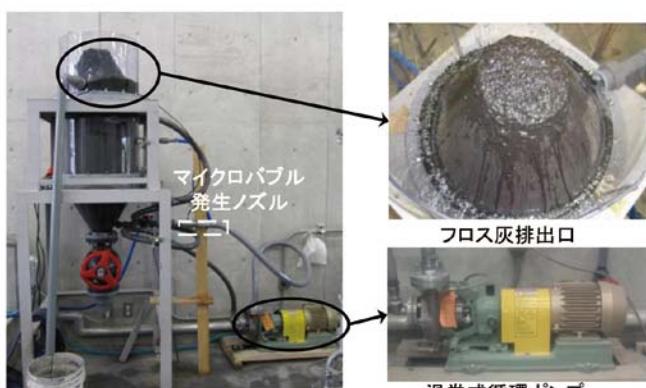


写真2 中型未燃カーボン除去装置

1.3 実機未燃カーボン除去装置の開発

写真3はラボ装置をベースモデルとして実機サイズにスケールアップした実機未燃カーボン除去装置である。本装置は、一度の処理で2tのフライアッシュの改質が可能である。本装置によりフライアッシュを改質すると開始10分程度で強熱減量を1.5%程度まで低減可能であり、強熱減量で見るとJIS I種フライアッシュ相当まで改質できたことが確認された(図3)。なお、本装置は稼働中の生コンプレントに取り付けて性能試験を実施中である。



写真3 実機未燃カーボン除去装置

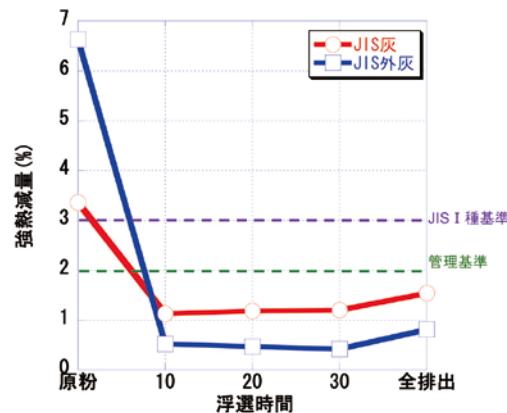


図3 実機装置による強熱減量の経時変化

2. 低炭素コンクリートの特性

ここでは、未燃カーボンを除去した改質フライアッシュを使用したコンクリートの特性および使用材料の全てを再生材料で製造したコンクリートの特性を示す。再生材料を大量使用することにより低炭素化を指向したコンクリートを低炭素コンクリート(商標登録:第5315487号)と呼んでいる。

2.1 改質フライアッシュスラリーコンクリート

未燃カーボンを除去した改質フライアッシュを使用したフライアッシュスラリーコンクリートの力学性状は、JIS II種の無処理フライアッシュと同様の傾向を示し(図4)、圧縮強度80N/mm²程度の超高強度域まで実現可能であることが確認された。また、乾燥収縮率はJASS5の高耐久性コンクリート基準を満足する800μ以下となることを示し(図5)、ひび割れの生じにくい高耐久性コンクリートとなることが確認された。さらに、同程度の圧縮強度を有するフライアッシュ無混合コンクリートと比べて、フライアッシュスラリーコンクリートはアルカリ骨材反応(ASR)による膨張を抑制することが確認できている(図6)。従って、改質フライアッシュスラリーコンクリートは、産業副産物を大量使用しているにも関わらず高機能性を有した低炭素コンクリートと位置づけることができる。

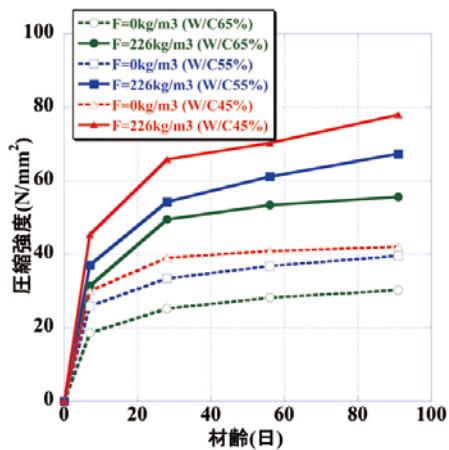


図4 フライアッシュスラリーコンクリートの圧縮強度

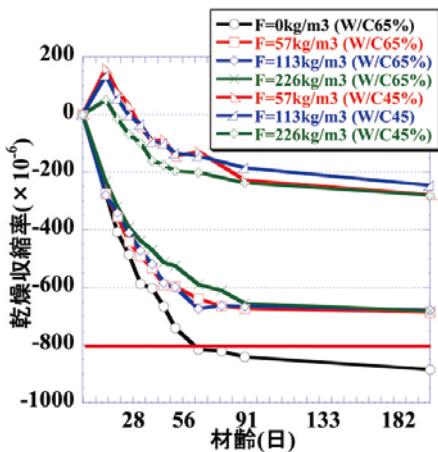


図5 フライアッシュスラリーコンクリートの乾燥収縮率

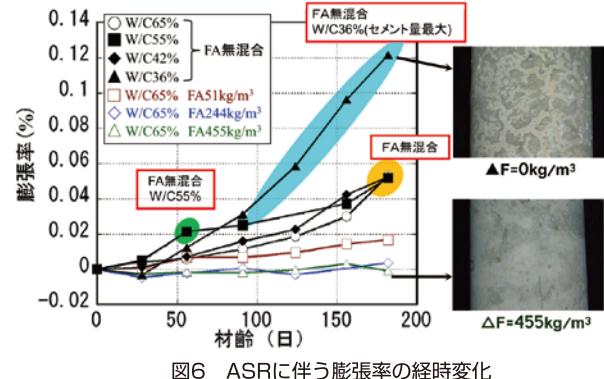


図6 ASRに伴う膨張率の経時変化

2.2 再生骨材コンクリート

一般的に再生材料である再生骨材(再生粗骨材、再生細骨材)を使用したコンクリートは、天然骨材を使用したコンクリートに対して強度低下を引き起こす。改質フライアッシュを混入してコンクリートの組織を緻密化することにより再生骨材コンクリートの強度低下を低減させることが可能となる(図7)。図8はコンクリートの構成材料の全てを再生材料(エコセメント、再生骨材、改質フライアッシュ)で製造したときの圧縮強度を示す。全ての構成材料を再生材料で製造したコンクリートは約80N/mm²程度の圧縮強度を有することが確認でき、高機能再生コンクリートの実現可能性を示している。これは東日本大震災で発生した大量のがれき



図7 フライアッシュを混合した再生骨材コンクリートの切断面

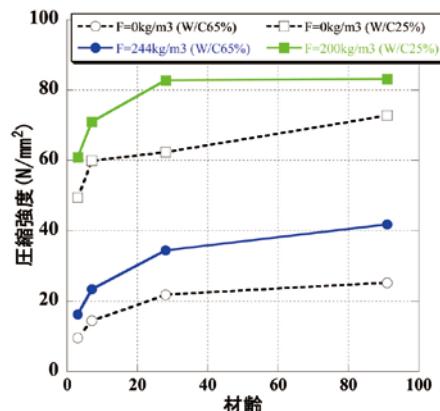


図8 再生材料コンクリートの圧縮強度

をコンクリート材料として適用し、がれき処理を実行できる可能性を示唆している。

2.3 低炭素コンクリートの環境影響評価

低炭素コンクリートの環境影響評価を実施した(図9)。供用期間を超長期とし耐久設計基準強度のみで設計した場合の中規模集合住宅の構造躯体に改質フライアッシュを使用した低炭素コンクリートを適用すると、規定量のセメント量で必要な圧縮強度を確保できるので一般的なコンクリートに比べてCO₂排出量を30.6%削減可能となり、低炭素コンクリートは低炭素化社会の実現に大きく貢献できる。

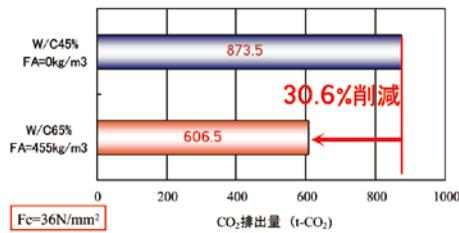


図9 低炭素コンクリートの環境影響評価

3. おわりに

現在、JST・A-STEPプロジェクトでは、改質フライアッシュスラリー技術の実用化に取り組んでおり、ベンチャー企業の設立準備に取りかかっている。写真4に沖縄県の生コン工場((株)E-CON)が建設した本技術を適用した実機プラントを示す。今後は、この事例を皮切りに、日本国内から世界に展開し、産業副産物の大量処理と高機能コンクリートの普及・発展に努めるとともに、東日本大震災の復興支援のための建設材料としても役立てていきたい。



写真4 改質フライアッシュ実機プラント(沖縄県:E-CON社)

【参考文献】

- 1) 日本フライアッシュ協会:石炭灰の道路舗装への利用に関する報告書, 1988
- 2) 平成15年度地域新生コンソーシアム研究開発事業:「コンクリートへの石炭灰大量混合を可能にする処理システムの開発」成果報告書, 2004



高巣 幸二
Koji Takasu

■ プロフィール

役 学	職／准教授 位／博士(工学) 学位授与機関／九州大学 研究分野・専門／建築材料学・施工学 コンクリート工学、建築材料評価
主要研究テーマ／	1. 建築材料の性能考慮型環境影響評価 2. 再生材料等を使用したコンクリート 3. 副産物系粉体を大量使用したコンクリート 4. 副産物系粉体のスラリー化 5. 硬化コンクリートの試験・分析手法
P R・その他／	高度経済成長期から蓄積された膨大な建設物のストックが、その寿命を迎へはじめており、今後、多大な建設廃材の排出が予想されています。そこから発生する廃棄物や未利用資源のリサイクル材料は低品質のものが多く、コンクリートに混入しても低品質なコンクリートしか実現できません。当研究室では、低品質なりサイクル材料を改質したり、混入方法を工夫することで、再生材料コンクリートの高品質化を目指しています。

■ 連絡先

〒808-0135 北九州市若松区ひびきの1番1号
北九州市立大学 国際環境工学部 建築デザイン学科
TEL 093-695-3239 FAX 093-695-3339
E-mail takasu@kitakyu-u.ac.jp