

# 技術開発成果報告書

<p>事業名</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・住宅等におけるエネルギーの効率的な利用に資する技術開発</li> <li>・住宅等に係る省資源、廃棄物削減に資する技術開発</li> <li>・住宅等の安全性の向上に資する技術開発</li> </ul> <p>以上の中から選択してください。</p>	<p>課題名</p> <p>「建設廃棄物の削減及び再資源化に関する技術開発」</p>
---	--

## 1. 技術開発のあらまし

### (1) 概要

本研究開発では、コンクリート構造物の耐久性向上及び建設廃材を再資源化することにより、従来よりも長寿命で環境負荷低減に貢献できる構造物を建造するための技術を開発することを目的とした。申請者らは石炭火力発電施設から排出されるフライアッシュを未燃カーボン量1%以下に高品質化する技術を開発しており、これによって製造される改質フライアッシュ(Carbon-free Fly Ash、以下CfFA)をコンクリート用混和材料として用い、CfFAが有するポゾラン活性によるコンクリート構造物の耐久性向上ならびに長寿命化を目指した。また、建設廃材の再資源化による環境負荷低減としては、今後増え続けることが予想されるコンクリート塊から製造される再生路盤材をコンクリート用再生骨材として有効利用することに取り組み、九州各地(大分、佐賀、沖縄)で製造されている路盤材を用いてコンクリートを製造し、その際、CfFAを使用することでコンクリートの品質を補うことを考えた。その結果、CfFAをコンクリートに混入することにより総じて各種耐久性が向上することを明らかにすることができ、ポゾラン活性を反映した強度寄与率(k)に基づいたCfFAコンクリートの製造技術を確認することができた。再生骨材を使用したコンクリートに対しては、再生骨材の原材料となるコンクリート塊の起源が不明であることが一般的で、そのため、「アルカリシリカ反応」による劣化現象が最も懸念されることになるが、CfFA混入はそれに対して極めて有効な抑制効果があることを明らかにすることができた。さらに、再生骨材コンクリートの品質を確保するために必要な再生骨材の使用量の最適な範囲を示すことができた。

### (2) 実施期間

平成20年度～平成22年度

### (3) 技術開発に係った経費

平成20年度	41,020千円	補助金の額	20,000千円
平成21年度	40,873千円	補助金の額	20,000千円
平成22年度	30,915千円	補助金の額	15,000千円
3カ年合計	112,808千円		55,000千円

### (4) 技術開発の構成員

大分大学(工学部福祉環境工学科 建築コース 教授 佐藤嘉昭)  
 株式会社ゼロテクノ(代表取締役 岡田秀敏)  
 西日本土木株式会社(代表取締役社長 隈田英樹)

### (5) 取得した特許及び発表した論文等

取得した特許 特許出願 1件  
 特願番号2012-187836 名称「焼成装置」

#### 発表した論文

1. 平成22年3月 日本建築学会研究報告九州支部(大分大学教授 佐藤嘉昭 他)  
 「CfFAコンクリートの耐久性に関する研究 その1. フレッシュ性状と強度特性」
2. 平成23年2月 セメント・コンクリート論文集(大分大学 秋吉善忠 佐藤嘉昭 他)  
 「低品質再生粗骨材を用いたコンクリートの実用化に向けた基礎的研究」
3. 平成23年8月 36th Conference on Our World in Concrete & Structures(シンガポール)  
 (大分大学博士課程後期 秋吉善忠、(株)ゼロテクノ 岡田秀敏 他)  
 「STUDY ON COMPRESSIVE STRENGTH OF CONCRETE USING LOW QUALITY RECYCLED COARSE AGGREGATE(低品質再生粗骨材を用いたコンクリートの圧縮強度に関する研究)」ほか25件、計28件発表(平成24年8月まで)

## 2. 評価結果の概要

### (1) 技術開発成果の先導性

今回の技術開発において活用される CfFA の製造技術については、大分大学工学部で研究開発を行い、株式会社ゼロテクノがその特許等の技術移転を受けて事業化を展開している。JIS に規定された「コンクリート用フライアッシュ」(JIS A 6201) の JIS II 種灰では、未燃カーボンの含有量の許容範囲が広く(強熱減量で規定)、コンクリートのフレッシュ性状、特に空気量に悪影響を及ぼし、その管理が容易でないことが指摘されており、コンクリート用混和材として非常に魅力的な材料であるにもかかわらず、広く普及していないのが現状である。しかしながら、CfFA は含有する未燃カーボンを低減し(強熱減量 1%以下)、粉砕分級工程を介して粒度調整が施されているため、品質が安定しており、従来のフライアッシュの弱点を克服できている。フライアッシュはコンクリートの耐久性向上に寄与するポゾラン活性を備えていることから、CfFA コンクリートが標準のコンクリートとして使用されるようになれば、耐久性に優れた長寿命のコンクリート構造物を容易に建設することができるようになる。すなわち、「100 年住宅」や「SI 住宅」ということをより一般的な目標として掲げることができる。

JIS 規格において低品質骨材の範疇(JIS L 材)あるいはそれにも満たない再生骨材に関して、コンクリートの品質を確保するという観点から、CfFA を混入することでワーカビリティなどのフレッシュ性状や強度、耐久性など硬化性状の品質改善を図ることができた。また、再生骨材の置換率が再生骨材コンクリートの各種特性に及ぼす影響を明らかにし、最適な使用量の範囲を提案できたことは、今後の再生骨材の普及に大きな役割を果たすことができると確信している。

### (2) 技術開発の効率性

平成 20 年から 3 カ年に亘る本研究は、大分大学が開発していた技術を大学発ベンチャー企業である(株)ゼロテクノと砕石事業を営む西日本土木(株)が共同して技術開発を進めてきたところであるが、研究対象地を九州・沖縄地方に設定し、地元である大分県、佐賀県、今後において当該技術が最も必要とされる沖縄県の 3 県において実施した。前述の研究成果などから本研究では、資金計画、研究体制等においてその計画は適正であったと判断する。

### (3) 実用化・市場化の状況

今回の技術開発では、焼成処理工程を備え、風力を利用した微粉砕処理装置の実用化システムを確立し、高品質なフライアッシュに改質された CfFA の生産体制の構築を現実のものとしている。この CfFA をコンクリート用混和材として利用することにより、高耐久性を備えた長寿命コンクリート構造物の建設が可能となる。また、再生骨材を使用してもアルカリシリカ反応やひび割れ等の劣化現象を引き起こすことのない品質の良い再生コンクリートを製造できるとともに、コンクリート製品への適用も可能となる。

既に、平成 18 年度から CfFA の使用は始まっている。実験用に試作した装置を用いて CfFA を試製し、それを用いてコンクリート構造物(大分県国東土木事務所の砂防ダム付帯工事、国交省熊本工事事務所九州横断道大野川橋下部工)を試験施工し、CfFA コンクリートの実証実験を行なった。その後、大分県の補助を受けて実機レベルの製造装置を開発し、CfFA の大量生産に着手して実施工に対応できる体制を整えた。具体的な施工例として、国交省佐賀工事事務所山彦トンネル新設工事(H21)、国交省大分工事事務所瀬社橋耐震補強工事(H21)、国交省佐賀工事事務所山田川橋下部工工事(H21)、などの土木工事、また、建築工事としては、大分県土木建築部浅海研究所新築工事(H22)、民間建築としてコンクリート打ち放し戸建住宅(H23)、大分大学図書館改修工事(H23)、大分県豊後大野市消防署新築工事(H23)、等が挙げられる。なお、H22 年 6 月には NETIS 登録(新技术名称:コンクリート混和材(CfFA:改質フライアッシュ)、登録番号:QS-100005-A)ができた。

一方、路盤材としての利用が一般的な低品質再生骨材は吸水率において JIS 規格外の場合もあることから、これを普通骨材と混合使用して JIS 規格の範疇に収めるなどの工夫が必要となる。また、コンクリートとしての品質を確保するという観点から、骨材のすべてを再生骨材に置換することは考えておらず、本研究の成果として、最適な使用量の範囲を明らかにすることができていることから、このような工夫をすることによって再生骨材の普及が図られることが期待される。再生コンクリートについては実験段階までで、コンクリート製品(歩車道境界ブロック、U 字ブロック、地先境界ブロック)への適用性は検討した。

#### (4) 技術開発の完成度、目標達成度

##### 技術開発項目 (1) 「CfFA の製造技術の確立とその物性評価」

- ・ CfFA 製造システムの処理工程の見直し (CfFA 粒度の調整方法の検討) 完成度 90%
- ・ CfFA の物性ならびに CfFA を用いたペーストの流動性評価方法 完成度 80%
- ・ CfFA のアルカリシリカ反応 (以下、ASR) 抑制効果の評価 完成度 90%

##### 技術開発項目 (2) 「CfFA コンクリートの最適調合設計に関する技術開発」

- ・ CfFA の単位水量低減効果ならびに CfFA コンクリートの耐久性評価 完成度 80%
- ・ 生コンクリート工場における CfFA コンクリートの適用性の検討 完成度 90%

##### 技術開発項目 (3) 「低品質再生骨材を用いたコンクリートに関する技術開発」

- ・ CfFA を用いた再生骨材コンクリートの圧縮強度予測手法の提案 完成度 90%
- ・ 再生骨材コンクリートの乾燥収縮ひずみ予測式の提案 完成度 80%
- ・ 再生骨材コンクリートの中性化ならびに凍結融解抵抗性の評価 完成度 90%
- ・ 再生骨材コンクリートの ASR ならびに CfFA の ASR 抑制効果に関する検討 完成度 80%
- ・ 再生骨材コンクリートのコンクリート製品への適用に関する技術開発 完成度 90%

#### (5) 技術開発に関する結果

##### ・ 成功点

CfFA の既存の製造システムの見直しにより、任意の粒度分布の CfFA を製造できるようになった。また、CfFA コンクリートの流動性に関して、CfFA の粉末度やかさ密度がその指標の一つになることを示し、コンクリートのスランプや単位水量、乾燥収縮ひずみに及ぼす効果を明らかにすることができた。さらに、CfFA のポゾラン活性と微細粒子であることの充填効果を考慮した強度寄与率 (k) に基づいて等価セメント量を算出し、その等価セメント量をパラメータとして CfFA コンクリートの強度や耐久性を評価することができた。

低品質再生骨材の物性評価を行った結果、再生骨材の吸水率をパラメータとして再生骨材コンクリートの基礎的な物性を評価することが可能であり、生コンクリート工場ならびに製品工場において十分に適用可能である技術を示すことができた。

##### ・ 残された課題

CfFA コンクリートについてはその製造技術は確立することができたが、CfFA のポゾラン反応は長期に亘って継続することから、CfFA がコンクリートに及ぼす有効性を短期もしくは促進による実験だけで評価することが難しいことが挙げられる。このため、引き続き長期材齢において CfFA がコンクリートに及ぼす効果について実験を実施していくことが必要である。また、再生骨材についても同様に長期材齢での実験データを収集する必要がある。さらに、CfFA コンクリート並びに再生骨材コンクリートの耐久性評価に関して、現状の JIS 試験方法では適切に評価できない場合があり、この点に関して引き続き検討する必要がある。

### 3. 対応方針

#### (1) 今後の見通し

本助成制度の下で開発する技術は、石炭火力発電施設から産業廃棄物として排出されるフライアッシュを改質した CfFA をコンクリート用混和材として有効利用することによって、現代のコンクリートが抱える、収縮ひび割れや温度ひび割れ、アルカリシリカ反応、強度劣化など耐久性に関連する諸問題を解決し、コンクリート構造物の長寿命化を具体的に実現するものである。これらの技術が活用されるようになれば、コンクリートの劣化現象問題のほか、二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) の排出問題も解決される。また、CfFA をコンクリート用混和材として利用することにより、再生骨材を使用した場合に懸念されるアルカリシリカ反応やひび割れ等の劣化現象を抑制できる品質の良い再生骨材コンクリートを製造できるようになり、さらに、これらの再生骨材コンクリートを使用したコンクリート製品の製造が可能となる。このように、コンクリート構造物の品質確保・向上はもとより、環境保全においても寄与するところが大きい技術であり、その市場は拡大することが十分に期待できる。

なお、事業化の推進への取り組みとして、既に、ゼロテクノ四国とゼロテクノ沖縄の事業化に着手しており、その他、協議中の地域もある。