

資源循環に資するフライアッシュコンクリートの品質評価手法に関する研究

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 公開日: 2018-11-16 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 今川, 健一 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10291/19700

「博士学位請求論文」審査報告書

審査委員 (主査) 理工学部 専任教授

氏名 小山 明男 ㊟

(副査) 理工学部 専任教授

氏名 高木 仁之 ㊟

(副査) 理工学部 専任教授

氏名 小林 正人 ㊟

1 論文提出者 今川 健一

2 論文題名 資源循環に資するフライアッシュコンクリートの品質評価手法に関する研究
(英文題) Study on quality evaluation method of fly ash concrete to contribute to the resources circulation

3 論文の構成

本論文は、次の7章から構成されている。

第1章 序論

第2章 既往文献の調査

第3章 資源循環の枠組みと副産物の利用拡大に係る課題の抽出

第4章 フライアッシュコンクリート耐久性評価実態の調査

第5章 長期的性状変化を考慮した耐久性評価方法の検討

第6章 耐久性評価の改善にともなう利用方法の提案とその効果の試算

第7章 結論

4 論文の概要

我が国では、燃料の供給安定性に優れる石炭火力発電への電力供給源としての依存度が高く、総発電量のおよそ3割を占める重要な位置づけにある。また、東日本大震災後に原子力発電

所が稼働停止したことにもない、石炭火力発電所の新設も計画されている。これらのことから、石炭火力発電所において微粉炭の燃焼の際に副産物として生じる石炭灰発生量の増加は避けられない見通しである。そのようななか、廃棄物の発生抑制や副産物の循環利用といった環境負荷低減への取り組みは、建設産業における重要な責務であり、石炭灰ならびにこれを分級して得られるフライアッシュの循環利用技術の開発および普及は喫緊の課題といえる。また、コンクリート用混和材としてフライアッシュを利用する場合、その品質を過小評価されている可能性があることが課題として挙げられている。

そこで本論文では、コンクリートの品質、特に耐久性に焦点を当て、実暴露データと促進試験の関係を幅広く分析し、フライアッシュコンクリートの適正な評価方法について検証した。また、資源循環を目的に、副産物の利用拡大に係わる課題を関連業界へのアンケートから抽出した。これらを通し、資源循環に資するためのフライアッシュコンクリートの利用拡大の方向性と環境影響への付帯効果を明らかにした。

本論文を構成する全7章の概要は、以下のとおりである。

第1章「序論」および第2章「既往文献の調査」では、本研究で対象とするフライアッシュについて発生工程や化学的、物理的特性といった工学的観点から整理するとともに、現在の有効利用状況について調査している。特に、わが国において求められている資源循環型社会の構築に必要な社会的な利用価値の重要性およびフライアッシュの化学的特性がコンクリートの品質に及ぼす影響やその評価の実態などについて、既往研究における知見を整理・検討し、本研究の位置づけを明らかにしている。

第3章「資源循環の枠組みと副産物の利用拡大に係る課題の抽出」では、産業副産物の有効利用の位置付けおよび有効利用に至る過程の実態把握について調査を実施し、副産物を有効利用する上での課題や関連業界の取り組みの方向性について検討している。

その結果、フライアッシュのもととなる石炭灰が資源有効利用促進法による指定副産物とされ、再生資源としての利用の促進が強く求められる理由を把握し、解決すべき課題を現状のマテリアルバランスを分析することで明確にしている。また、建設廃棄物の循環利用に対する意識について、建材製造業者、廃棄物の排出事業者および中間処理業者にアンケート調査を行い、廃棄物や副産物の循環利用においては、利害関係者間の意識共有が必要条件であること、ならびに副産物を利用する上では、当該分野における石炭灰利用製品の性能保証および付加価値とその効果の周知や標準化が必要であることを明らかにした。

第4章「フライアッシュコンクリート耐久性評価実態の調査」では、フライアッシュを有効利用する上で最も大きな課題と認識されている耐久性の評価について調査を行い、コンクリートの中性化にフライアッシュが及ぼす影響について検討を行っている。調査では、コンクリートの調合、圧縮強度、中性化深さおよび中性化速度係数に関するデータを収集し、暴露試験および促進試験による評価の違いについて詳細に分析を行っている。

促進試験の分析結果から、セメントの一部をフライアッシュで置換したコンクリートの中性化進行は無置換コンクリートと比較して中性化進行が速くなること、および調合条件が及ぼす影響

をフライアッシュのセメントへの置換率や水結合材比の関係から明らかにしている。一方で暴露試験の分析結果が促進試験によって評価される中性化速度係数と明らかに異なり、促進試験ではフライアッシュコンクリートの中性化抵抗を過小評価されることを定量的に明示している。

続いて、フライアッシュコンクリートの中性化速度係数と水結合材比の関係から、コンクリート中の実効結合材量を求め、コンクリートの中性化抵抗性に対するフライアッシュの寄与を分析し、結合材寄与率としてフライアッシュによる効果の算定を行っている。その結果、促進試験における結合材寄与率は、屋外暴露試験における結合材寄与率のおよそ1/8程度に留まることを明らかにし、現在の促進試験による中性化抵抗性に対する評価は、フライアッシュの長期的な反応を適正に評価していないことを確認している。

第5章「長期的性状変化を考慮した耐久性評価方法の検討」では、フライアッシュの長期的な反応を適正に考慮した促進中性化試験方法を提案することを目的に、水セメント比、フライアッシュの混合方法、置換率、養生条件および水分を変動因子とした実験により検討を行っている。

その結果、低温養生環境下ではフライアッシュの反応が励起せず、圧縮強度、中性化速度係数ともに置換率の増大にともない無置換コンクリートと比較して性能が低下する傾向を確認している。一方で、高温養生環境ではフライアッシュコンクリートの強度発現性は材齢初期より高くなり、中性化速度係数は小さくなる傾向になるなど、フライアッシュの反応の温度依存性を調合・養生条件から整理している。また、異なる養生温度環境におけるフライアッシュの結合材寄与率を第4章における検討と同様の方法を用いて算定した結果、高温環境における結合材寄与率は低温環境における結合材寄与率と比較して著しく向上することを明らかにしている。さらに、コンクリートの積算温度と結合材寄与率が比例すると仮定し、屋外暴露試験調査の分析結果と同等の結合材寄与率となる積算温度を算出している。これを現在の促進中性化試験の前養生期間に当てはめた場合、30℃の養生温度とすれば、FAの結合材寄与率をおおよそ過不足なく評価可能であることを示し、新たな試験方法として提案している。

第6章「耐久性評価の改善にともなう利用方法の提案とその効果の試算」では、年間の最終処量、海外輸出量および今後の発生量増大を総合的に勘案し、年間200万tの石炭灰の循環利用を目標として、有効利用方法について検討している。

その結果、有効利用モデルとして、結合材寄与フライアッシュ量を当該セメント量と置換する低炭素型と、セメント量を確保し細骨材として置換したフライアッシュのうち、結合材として寄与する分を耐久性の増分としてとらえる長寿命型の2種類を提案している。低炭素型モデルでは、置換率20%のフライアッシュセメントが全セメント生産量の15%のシェアとなれば循環利用目標が達成可能であり、その際に付帯効果として約45万tのCO₂排出量が削減できることを示している。また、長寿命型モデルでは、全生コンクリートに少量のフライアッシュを細骨材として添加することで、コンクリートの耐用年数を少なくとも1.2倍以上に向上させるのに十分な量であることを示している。

第7章「結論」では、第1章から第6章までの内容を要約して結論として述べるとともに、今後の課題を論じている。すなわち、フライアッシュコンクリートの耐久性を実態に即して適切に

評価しうる指標として結合材寄与率を提案し、その導入を通して、フライアッシュのコンクリートへの有効利用方法ならびに品質評価や品質確保の手法を明確にすることで、資源循環に資する利用拡大の方向性、およびその付帯効果を検証している。今後の課題として、長期的性状変化を考慮した耐久性評価の精度向上およびより実現性の高い資源循環の成立諸条件の検討が必要であることを述べている。

5 論文の特質

本論文の特質は、産業副産物のなかで有効利用が強く求められているフライアッシュをコンクリートに用いる場合について、その品質を適正に評価する指標と試験方法を新たに提案し、さらにそれを導入することで得られる資源循環効果を明確にしている点にある。具体的には、暴露および促進試験の結果の相違を調査するとともに、調合・養生条件等を変動因子とした実験から、フライアッシュコンクリートの中性化を適正に評価するために、結合材寄与率を指標とすることが有効であること、および促進試験の改善方法を提案している。また、付帯効果としてCO₂排出量を削減できる低炭素モデルと建築物の耐用年数を増加させる長寿命型モデルを提案し、それにとまなうコンクリートへの利用方法と利用量を算出することで、資源循環に資する品質評価手法としての有効性を検証している。

6 論文の評価

本論文が対象としたフライアッシュの有効利用およびそれをを用いたコンクリートの品質評価については、高い社会的ニーズがありながら進捗がみられない状況にあり、本論文はその研究領域において工学的なデータ蓄積と実証を行い、建築材料および資源循環分野において有用な知見を得ている。本論文で提案されている有効利用方法の適用にあたっては、実際の市場性・経済性を考慮した検証も必要であるが、提案されている指標や促進試験方法に対する関連研究者の評価は高い。また、資源循環を単にマテリアルバランスだけで論じるのではなく、副産物の有効利用効果をCO₂排出量や耐久性の面から定量的に示した本研究の知見は貴重であり、資源循環型社会の形成に資するものと評価でき学術的意義も高い。

7 論文の判定

本学位請求論文は、理工学研究科において必要な研究指導を受けたうえ提出されたものであり、本学学位規程の手続きに従い、審査委員全員による所定の審査及び最終試験に合格したので、博士（工学）の学位を授与するに値するものと判定する。

以 上