


## 学位論文の要旨

専攻名	環境工学専攻	ふりがな氏名	みしま つよし 三島 剛 
学位論文題目	加熱改質フライアッシュの混和がコンクリートの耐久性に及ぼす影響 Effects of Carbon-free Fly Ash on the Durability of Concrete		
<p>本論文では、加熱改質処理システムにより未燃カーบอนを強熱減量で1%以下に減少させた加熱改質フライアッシュ (Carbon-free Fly Ash 以下、CfFA) を混和したコンクリートの耐久性を明らかにすることを目的に、強度寄与率を用いて材齢 28 日の強度レベルを同一にした基準コンクリートと CfFA を混和したコンクリート (以下、CfFA コンクリート) の収縮ひび割れ抵抗性、中性化抵抗性および遮塩性について検討を行った。また、CfFA コンクリートの調合から粗骨材分を取り除いたモルタルで詳細な実験を行うことで CfFA コンクリートの特性をモルタルから評価できる可能性について検討している。さらに、8 年経過している CfFA を混和した実構造物の調査を行い、CfFA コンクリートの耐久性を検討している。</p> <p>本論文は以下の 6 章により構成される。</p> <p>第 1 章「序論」では、本研究の背景および目的と構成について述べた。</p> <p>第 2 章「既往の研究」では、これまで報告されているフライアッシュ (以下、FA) を混和したモルタル・コンクリートの収縮ひび割れ、中性化抵抗性および遮塩性に関する文献を整理した。FA を混和することで、収縮ひび割れについては、セメント代替や細骨材代替で混和することでひび割れ発生が抑制されること、中性化抵抗性は促進中性化試験での評価はあまり良くないが、実際の暴露試験の結果では、普通ポルトランドセメントを使用したコンクリートと中性化深さはあまり変わらないこと、遮塩性は抑制され、また、養生期間が長いほど抑制効果があることなどが示されていた。</p> <p>第 3 章「モルタル・コンクリートの収縮ひび割れ」では、強度寄与率を用いて材齢 28 日の強度レベルを基準と CfFA で同一になるように調合設計を行い、CfFA 置換率を 20%としてコンクリートでは W/C を 45、55、65%の 3 水準で鉄筋埋設ひび割れ試験および圧縮クリープ試験を、モルタルでは W/C45、55%の 2 水準で小型鉄筋埋設ひび割れ試験を行った。その結果、収縮ひび割れ試験でコンクリートとモルタルで最大拘束応力が大きく異なり、モルタルの最大拘束応力はコンクリートの 2.5~3.5 倍に、また、最大拘束応力時の拘束引張ひずみはモルタルがコンクリートの約 2.6 倍になることを明らかにした。しかし、ひび割れ発生までの期間まではモルタルとコンクリートで大差がないことや、拘束応力と拘束引張ひずみの関係から得られる見掛けのヤング係数に両者の間で大きな差がみられず、CfFA の混和による明確な収縮ひび割れ抑制効果はみられないことを明らかにした。</p> <p>第 4 章「モルタル・コンクリートの中性化抵抗性および遮塩性」では、養生期間を変化させて促進中性化試験と塩分浸透試験を行い、ポゾラン反応が中性化抵抗性および遮塩性に及ぼす影響について検討を行った。その結果、CfFA を混和した場合、無混和に比べて、材齢 28 日では同程度の強度および中性化速度係数となるが、材齢 1 年では強度の増進が高いものの中性化</p>			

速度係数は同程度であること、CfFA の混和に関わらず養生期間の増加とともに強度に対する中性化速度係数の比が大きくなる傾向を示すこと、さらにモルタルの中性化速度係数はコンクリートよりも小さいが、相関性が高く、モルタルの結果からコンクリートの中性化抵抗性の推定が可能であることを明らかにした。遮塩性に関しては、既往の研究と同様に CfFA を混和しても遮塩性が向上し、CfFA 置換率が高いほど、養生期間が長いほど抑制されることを明らかにした。また、CfFA モルタルで促進中性試験における中性化速度係数および浸漬試験による見掛けの拡散係数に対して、見掛けの水セメント比 (W/C')、CfFA 置換率および養生期間を用い、既往の学会式等に比べて精度の高い予測式を提案した。

第 5 章「実構造物の耐久性試験」では、高炉セメント B 種に CfFA を混和したコンクリートを用いて実施工された土木構造物 (床固工) に対し、8 年経過した時点でコンクリートの強度、中性化深さおよび表面性状に関する調査を行い、CfFA コンクリートの耐久性を検討した。8 年経過したことで CfFA のポゾラン反応による強度増進が認められ、材齢 28 日時点で 30% 程度小さな強度であったものが、圧縮強度は基準コンクリートとほぼ同程度となることを明らかにした。また、CfFA コンクリートの方が基準コンクリートと比べて、表面付近の組織が若干粗い結果が得られたが、細孔径分布の測定結果より表面付近の中性化部の組織の緻密さは同程度であり、内部の未中性化部は緻密であることを明らかにした。さらに、CfFA コンクリートの方が中性化の進行が早かったが、これは初期強度に依存していると考えられた。しかし、CfFA の中性化深さの実測値が既往の提案式からの予測値よりも大幅に小さくなっており、CfFA に中性化の抑制効果があると考えられた。

第 6 章「結論」では、本研究で得られた知見をまとめるとともに、今後の課題について述べた。

## 学位論文審査結果の要旨

専攻	環境工学 専攻	氏名	三島 剛
論文題目	加熱改質フライアッシュの混和がコンクリートの耐久性に及ぼす影響		
主査	佐藤 嘉昭		
審査委員	菊池 健児		
審査委員	大谷 俊浩		
審査委員	高巢 幸二		
審査委員			
審査結果の要旨 (1000字以内)			
<p>筆者の所属する研究室では、未燃カーボンを強熱減量で1%以下に低減した加熱改質フライアッシュ (Carbon-free Fly Ash 以下、CfFA) を混和したコンクリートの収縮ひび割れ抵抗性、中性化抵抗性および遮塩性に関して、強度寄与率を用いて材齢28日の強度レベルを CfFA 無混和の基準コンクリートと同一になるように調合設計した上で実験・研究を行ってきた。本論文では、これまでの研究をさらに発展させるとともに、CfFA コンクリートの調合から粗骨材分を取り除いたモルタルの実験結果からコンクリートの特性を評価することを試みている。</p> <p>まず、収縮ひび割れ試験の結果によれば、コンクリートとモルタルでひび割れ発生までの期間には大差がないが最大拘束応力が大きく異なること、また、収縮ひび割れ抵抗性に対する CfFA 混和の影響は認められないことが明らかにされている。</p> <p>次いで、CfFA のポゾラン反応が中性化抵抗性および遮塩性に及ぼす影響を検討するために、養生期間を変化させた促進中性化試験と塩分浸透試験を行っている。中性化抵抗性については、CfFA を混和した場合、材齢28日では無混和の場合との差異はないが、材齢1年では強度の増進があるもの中性化速度係数は同程度であることやモルタルの中性化速度係数はコンクリートよりも小さいこと、さらに、モルタルからコンクリートの中性化速度係数の推定が可能であることを明らかにしている。遮塩性に関しては、既往の研究と同様に CfFA の混和によって遮塩性が向上し、CfFA 置換率が大きいほど、また、養生期間が長いほど効果があることを明らかにしている。さらに、CfFA モルタルの中性化速度係数および塩化物の見掛けの拡散係数を、W/C、CfFA 置換率および養生期間の関数として精度よく表すことができることを示している。</p> <p>最後に、高炉セメントB種に CfFA を混和したコンクリートを用いて実施工された土木構造物 (床固工) を対象に、8年経過した時点でのコンクリート強度、中性化深さ、表面性状および細孔径分布に関する調査を行い、CfFA コンクリートはポゾラン反応による強度増進が著しく、十分な耐久性を有していることを明らかにしている。</p> <p>このような知見はいずれも適切な実験や考察から導かれたことが論文に述べられており、その有用性は高く評価できる。また、論文審査委員会や公聴会における説明および質疑応答は十分に満足のできるものであった。</p> <p>以上より、本論文は博士 (工学) の学位に値するものと審査委員全員一致で判定した。</p>			