

学 位 論 文 の 要 旨

専攻名	工学	ふりがな 氏 名	こだま 明裕 児玉 明裕	
学位論文題目	中性化と塩害の複合劣化に対する加熱改質フライアッシュコンクリートの 塩分浸透抵抗性および鉄筋腐食抵抗性に関する研究 (Chloride ion Penetration Resistance and Rebar Corrosion Resistance of Concrete Containing Thermally Modified Fly Ash Under Carbonation and Salt Attack)			
我が国には海洋・沿岸地域に多数の RC 構造物が存在するが、これらは海からの飛来塩分による塩害が進行しやすい。また、中山間部では凍結防止剤による塩害の劣化事例が多い。このような環境に置かれる RC 構造物では、建設後 50 年を超えるものが年々増加しており、それらの構造物の長寿命化対策は必要不可欠である。中性化を生じた RC 構造物に上記の塩害が複合的に作用すると、浸透した塩分の濃縮現象が生じることが知られており、鉄筋腐食がさらに進行すると考えられる。そのため、このような複合劣化における RC 構造物の耐久性を明らかにする必要がある。 加熱改質フライアッシュ（以下、TMFA）は、ポゾラン活性を備えていることから長期にわたって組織を緻密化するため、遮塩性に優れる材料である反面、セメントのアルカリ性を保つ水酸化カルシウムがポゾラン反応で消費されることから中性化しやすい性質を持つ。 そこで、本研究では、中性化が TMFA コンクリートの塩分浸透抵抗性、鉄筋腐食抵抗性に及ぼす影響を明らかにすることを目的として、促進中性化を行った供試体を用いて塩水浸漬試験および塩水浸漬繰返し試験を行い、所定の期間において各種測定を行った結果について整理・分析を行い、それらの結果と既往研究データを基に塩分浸透予測式の構築を行った。 本論文は以下の 6 章より構成されている。 第 1 章「序論」では、本研究の背景と目的を述べるとともに、本論文の構成を示した。 第 2 章「既往の研究」では、フライアッシュコンクリートの塩害と中性化の複合劣化に関する研究論文を対象に、中性化が塩害に及ぼす影響および鉄筋腐食の評価に関して、既往の研究で得られた知見を整理した。 第 3 章「実験方法」では、TMFA 置換率、中性化の有無、養生期間を変化させた供試体を作製し、20℃・10%NaCl 水溶液を用いた塩水浸漬試験および同水溶液への 1 日間浸漬と 20℃・60%RH の環境で 6 日間乾燥を繰返し行う塩水浸漬繰返し試験を行った。 第 4 章「実験結果および考察」では、実験結果および考察を述べた。 塩分浸透抵抗性に関しては、電子線マイクロアナライザによる面分析の結果、中性化無の場合には TMFA 置換率の高い調合ほど塩分浸透抵抗性が高いが、中性化によって TMFA による組織の緻密化が障壁となり、中性化フロント付近で塩化物イオンが高濃度化し、1 年養生の場合にはさらに濃縮することを明らかにした。この現象が中性化した TMFA コンクリートの鉄筋腐食抵抗性が低下した要因と推察した。また、塩化物イオンの見掛けの拡散係数については、TMFA 置換率の増加に伴い減少傾向を示し、TMFA コンクリートの高い塩分浸透抵抗性が確認できた。 累積細孔容積は 28 日養生では TMFA 置換率が高いほど増加したが、1 年養生では TMFA の				

ポゾラン反応による組織の緻密化により同程度の値を示した。また、中性化に伴い28日養生では累計細孔容積が減少するが、1年養生では明確な変化が無いことを明らかにした。

鉄筋腐食測定では、コンクリート電気抵抗率、自然電位、鉄筋腐食速度の測定を行った。この結果、中性化無の場合にはTMFA置換率が高いほど電気抵抗率が高く、また、自然電位および腐食速度についてもTMFA置換率の増加に伴い腐食確率が低下することを明らかにした。一方で、中性化有の場合にはTMFA30%置換の鉄筋腐食抵抗性がプレーンコンクリートより低下することを明らかにした。

塩水浸漬後の鉄筋を観察した結果、28日養生中性化無では部分的に発錆し深い孔食ができたが、中性化有では広い範囲で発錆し比較的浅い孔食がみられた。また、中性化有無に関わらずTMFA混和により腐食減量が小さくなる傾向がみられた。つまり、TMFAコンクリートは中性化と塩害の複合劣化によって、プレーンコンクリートより発錆面積は増加するものの、孔食までは至りにくく、より鉄筋腐食抵抗性が優れることを明らかにした。

第5章「塩化物イオン拡散係数予測式の提案」では、第4章の実験データと高炉スラグ微粉末混和コンクリートも含めた既往の研究結果から収集したデータをもとに、拡散係数予測式の構築を行った。収集データを分析し、見かけの拡散係数は、水結合材比、浸漬試験日数、NaCl濃度、混和材置換率、コンクリート養生期間の順に相関係数が高いことを明らかにした。また、拡散係数予測式は、これらの各影響因子の関数の積で構築することが可能であるとともに、乾湿繰返し試験や中性化後の試験結果に対しても補正係数を組み込むことで、拡散係数の予測が可能であることを明らかにした。さらに、コンクリート標準示方書の拡散係数予測式と比較した結果、本予測式の方が値のばらつきが小さく、推定精度が高いことを明らかにした。

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。

【1998文字（語）】

学位論文審査結果の要旨

専攻	工学 専攻	氏 名	児玉 明裕
論 文 題 目	中性化と塩害の複合劣化に対する加熱改質フライアッシュコンクリートの塩分浸透抵抗性および鉄筋腐食抵抗性に関する研究		
主 査	大谷 俊浩		
審 査 委 員	黒木 正幸		
審 査 委 員	島津 勝		
審 査 委 員	佐藤 嘉昭		
審 査 委 員			
審査結果の要旨 (1000 字以内)			
コンクリート構造物には様々な劣化現象が存在するが、中性化と塩害が複合して作用する場合、より厳しい劣化が生じることが知られている。フライアッシュ (FA) はコンクリートの混和材として使用することで遮塩性が向上することが知られているが、中性化した場合の効果は明らかになっていない。本研究は、この複合劣化が作用する環境において、FA の混和がコンクリートの塩分浸透抵抗性および鉄筋腐食抵抗性に及ぼす影響を明らかにするために、各種実験を行うとともに、塩化物イオン拡散係数の予測式の構築を行っている。実験では、FA 置換率、養生期間および中性化の有無をパラメータとした塩水浸漬および塩水浸漬繰返し試験を実施し、塩分浸透状況および鉄筋の腐食状況について検討している。その結果、FA を混和することで塩分の浸透を抑制し、鉄筋の腐食も抑制することができるが、中性化が進行した場合、未中性化領域における高い塩分浸透抵抗性により塩分の濃縮が生じて高濃度化し、鉄筋腐食に悪影響を及ぼす恐れがあることなどを明らかにしている。また、既報の文献データを収集し、本実験結果と合わせて水結合材比、浸漬期間、中性化の有無、浸漬方法および混和材置換率を独立した関数の積とした塩化物イオン拡散係数の予測式を構築している。本予測式は FA のみならず、同様の混和材である高炉スラグ微粉末を混和したコンクリートにも適用可能で、土木学会の予測式よりも精度の良いものであった。さらに、既往の中性化進行予測式と組み合わせたケーススタディーを行い、FA を混和したコンクリートの劣化予測手法を示している。これらの実験結果や提案された予測式およびその手法は、コンクリート構造物の耐久設計法の確立のために、有用な知見であり高く評価できる。 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、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。 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。			