

氏 名	とっ 鳥 とり 取 せい 誠 いち 一
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	論 工 博 第 3655 号
学位授与の日付	平 成 14 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	鉄筋腐食に関する暴露試験等に基づいたコンクリート構造物の劣化予測

論文調査委員 (主 査) 教 授 宮 川 豊 章 教 授 小 野 紘 一 助教授 朝 倉 俊 弘

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、コンクリート構造物の劣化問題において重要な課題の1つである鉄筋腐食を取り上げ、鉄筋腐食の要因ごとに暴露試験等を行い、その腐食過程を把握するとともに、得られた結果を基に劣化予測の方法を提案したものである。鉄筋腐食に影響を及ぼす要因として取り上げたのは、①コンクリートのひび割れ、②コンクリートの中性化、③コンクリート練混ぜ時に混入される塩化物イオン（以下、初期塩化物イオンという）、④中性化と初期塩化物イオンが複合的に影響を及ぼす場合である。論文は7章からなっている。

第1章は序論であり、本論文の背景と目的を示している。

第2章では、ひび割れが鉄筋腐食に及ぼす影響について検討するため、新潟県塩沢町に、あらかじめひび割れを導入した供試体を約40年間暴露した結果から、鉄筋の腐食速度等を把握している。さらに、これらの結果と既往の研究成果を用いて、鉄筋腐食の進行モデルを構築し、鉄筋コンクリート部材の劣化予測、耐荷力の経時変化を予測するための手法を提案している。得られた知見は以下の通りである。

- (1) 暴露試験の結果から、鉄筋は経年11～20年の間に腐食し始めていること、鉄筋の腐食速度は $0 \sim 4 \times 10^{-3}$ mm/年の範囲で、平均値は 2×10^{-3} mm/年を下回る程度であることを把握した。
- (2) 上記の結果と既往の研究成果を用いて、潜伏期、進展期、加速期、劣化期からなる劣化予測モデルを作成した。

第3章では、コンクリートの中性化が鉄筋腐食に及ぼす影響について検討するため、促進的に中性化させた供試体を約5年間、鉄道総研構内（東京都国分寺市）に暴露した結果から、鉄筋の腐食速度等を把握している。さらに、これらの結果と既往の研究成果を用いて、劣化予測法を提案している。得られた知見は以下の通りである。

- (1) 鉄筋はマクロセルの影響により、暴露初期に大きな腐食速度を示すこともあるが、経年とともにその影響は小さくなり、平均的な腐食速度は $2 \sim 3 \times 10^{-3}$ mm/年程度であることを把握した。
- (2) 上記の結果と既往の研究成果を用いて、潜伏期、進展期、加速期、劣化期からなる劣化予測モデルを作成した。

第4章では、初期塩化物イオンが鉄筋腐食に及ぼす影響について検討するため、既往の研究結果を分析するとともに、塩化ナトリウムを混入した供試体の暴露試験を第3章と同様の方法で実施して、鉄筋の腐食速度等を把握している。さらに、以上の結果から、劣化予測法を提案している。得られた知見は以下の通りである。

- (1) 初期塩化物イオンによる鉄筋腐食速度を提案している森永、梶田らの研究を取り上げ、それらの結果を吟味した。
森永の研究に関しては、腐食ひび割れを生じたデータを除いて腐食速度算定式を作成しているため、腐食速度を実際の値よりも低く見積もることを指摘するとともに、森永が削除したデータを含めて、筆者が再検討し、腐食速度算定式を提示した。

梶田らの研究に関しては、初期塩化物イオンを含む供試体を促進的に中性化させた後に暴露試験を行った結果から、腐食速度算定式を作成しているため、初期塩化物イオンのみの影響を受ける場合よりも相当に大きな腐食速度が算定されることを明らかにした。

(2) 筆者が行った暴露試験から、初期塩化物イオンによる鉄筋腐食速度は、(1)に示した森永のデータを再検討して得た腐食速度算定式に概ね一致することを確認した。

(3) 以上の結果を用いて、進展期、加速期、劣化期からなる劣化予測モデルを作成した。

第5章では、中性化と初期塩化物イオンの複合的影響による鉄筋腐食について検討するため、塩化ナトリウムを混入し、促進的に中性化させた供試体の暴露試験を第3章と同様の方法で実施するとともに、上記の複合的影響により鉄筋腐食を生じた実構造物の調査結果から、鉄筋の腐食過程等を検討している。さらに、以上の結果から、劣化予測法を提案している。得られた知見は以下の通りである。

(1) 暴露試験により、中性化と初期塩化物イオンの複合的影響を受けた場合には、中性化あるいは初期塩化物イオンの単独の影響を受ける場合よりも明らかに鉄筋腐食が進行すること、暴露初期にはマクロセルの影響により腐食速度が大きい、数年のうちに腐食速度が低下し、上記梶田らの腐食速度算定式と概ね一致するようになることを明らかにした。

(2) 実構造物の調査結果から、かぶりから中性化深さを差し引いた中性化残りが15 mm程度以下になると、中性化と初期塩化物イオンの複合的影響による鉄筋腐食が進行すること、大多数の構造物の鉄筋腐食速度は上記(1)の暴露試験と同等と推測されること等を示した。

(3) 以上の結果を用いて、進展期、加速期、劣化期からなる劣化予測モデルを作成した。

第6章では、第2章～第5章において検討したひび割れ、中性化、初期塩化物イオンの単独の影響、あるいは中性化と初期塩化物イオンの複合的影響による鉄筋腐食によって変状が生じた場合に適用すべき補修法を、鉄筋腐食原因と腐食程度に応じて示している。

第7章は結論で、各章で得られた成果を要約するとともに、劣化予測を中心とする維持管理に関する今後の課題を示している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、コンクリート構造物の劣化問題において重要な課題の1つである鉄筋腐食を取り上げ、鉄筋腐食の要因ごとに暴露試験等を行い、その腐食過程を把握するとともに、得られた結果を基に劣化予測の方法を提案している。主な成果は以下のとおりである。

1. コンクリートのひび割れが鉄筋腐食に及ぼす影響を明らかにするため、新潟県塩沢町で行った約40年間の暴露試験結果から、鉄筋の腐食過程、腐食速度を把握している。さらに、この暴露試験の結果と既往の研究成果を用いて、鉄筋腐食の進行モデルを構築し、鉄筋コンクリート部材の劣化予測、耐荷力の経時変化を予測するための手法を提案した。
2. コンクリートの中性化が鉄筋腐食に及ぼす影響を明らかにするため、促進的に中性化させた供試体の暴露試験を鉄道総研構内（東京都国分寺市）で約5年間行い、鉄筋腐食速度を把握している。さらに、この暴露試験の結果と既往の研究成果を用いて、劣化予測法を提案している。
3. コンクリート練混ぜ時に混入される塩化物イオン（以下、初期塩化物イオンという）が鉄筋腐食に及ぼす影響を明らかにするため、既往の研究を分析するとともに、初期塩化物イオンを含む供試体の暴露試験を2.と同様の方法で行い、鉄筋腐食速度を把握するとともに、既往の研究成果も用いて、劣化予測法を提案した。
4. コンクリートの中性化と初期塩化物イオンの複合的影響が鉄筋腐食に及ぼす影響を明らかにするため、初期塩化物イオンを含む供試体を促進的に中性化させた後、2.と同様の暴露試験を行った。また、中性化と初期塩化物イオンの複合的影響により鉄筋腐食を生じた経年約30年の実構造物の調査結果を分析して、劣化予測法を提案した。
5. 以上の成果を基に、鉄筋腐食が生じた場合の補修の要否判定、補修工法の選定に関する基本的な考え方を示すとともに、各鉄筋腐食原因と腐食程度に応じて適用可能な補修法を示した。

以上要するに、本論文はコンクリート構造物の劣化問題において重要な課題の1つである鉄筋腐食に関する劣化予測法を暴露試験等から提案したものであり、学術上、実際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。

また、平成14年2月20日論文内容とそれに関連した試問を行った結果、合格と認めた。