

氏 名	きた 北 後 征 雄
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	論 工 博 第 3547 号
学位授与の日付	平 成 12 年 11 月 24 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	鉄筋コンクリート鉄道構造物の鉄筋腐食に関する実証的研究

論文調査委員 (主 査) 教 授 宮 川 豊 章 教 授 小 野 紘 一 教 授 田 村 武

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、鉄道構造物におけるコンクリート構造物中の鉄筋腐食に関する一連の研究をとりまとめたものであって、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章では実構造物に対する大規模且つ詳細な調査から得られた知見について述べている。主要な点は以下の通りである。

- (1)調査対象とした鉄筋コンクリート鉄道構造物に見られる鉄筋腐食は、主として中性化に起因している。ただし、15mm>中性化残り ≥ 0 mmの範囲では、塩化物イオンが複合して鉄筋腐食に影響する傾向が認められる。
- (2)腐食発生中性化残りは7.5~10mm付近にあり、特に0 mmとなると、完全に活性化する。自然電位では、-116mV~-132mV vs Ag / AgCl (= -236mV~-252mV vs CuSO₄) 付近で活性化し始め、-230mV vs Ag / AgCl (= -350mV vs CuSO₄) 付近で完全に活性化する。これは、ASTMC876規準とよく一致する。
- (3)調査の対象とした構造物は、中性化の進行が一般的な値と比較してやや大きく、初期塩化物イオン量の大きいものもあるが、体系的に補修を実施することによって、今後とも十分にその耐久性を確保できる。

第3章では、劣化要因が複合した場合に、コンクリート構造物中の鉄筋腐食にどのような影響を与えるかについて検討した結果について述べている。得られた知見は以下の通りである。

- (1)塩化物イオン量の大小と中性化深さの進行度には相関関係が認められない。
- (2)アルカリ骨材反応による膨張率が 1000×10^{-6} 程度であれば、膨張により生じた微細なひび割れの影響により、中性化の進行度が促進されることはない。
- (3)内的塩害の可能性のある構造物の補修を行う場合においても、中性化程度も指標のひとつとして補修の要否あるいは程度を判断することが必要である。
- (4)水セメント比が細孔構造に及ぼす影響は、他の要因に比べて卓越している。

第4章では、現在一般的に用いられているライニング工法、ライニング工法に比較した場合、それほど広く用いられてはいないものの将来適用が予想される電気防食、添え筋を用いた補強に関して、実構造物を用いて試験施工を行った結果について述べている。試験施工後追跡調査を実施し、追跡調査から導かれる結論は、それらの補修工法の有用性を裏付けるものである。

第5章では、デサリネーション(脱塩)、再アルカリ化工法による試験施工の結果について述べている。結果として次のようなことが明らかとなった。(1)モルタルにおける実験結果から判断して、pH=12以上であって $[\text{Cl}^-] / [\text{OH}^-]$ が1.0以下であれば、鋼材は腐食しないものと考えられる。

(2)実構造物における測定結果から考えて、pH=12以上であって $[\text{Cl}^-] / [\text{OH}^-]$ が1.3以下であれば、鋼材は腐食しないものと考えられる。この結果は、Syed, Ehtesham & Hussain らの報告と比較して概ね安全側の数値を与える。

第6章は、コンクリート構造物の補修・補強の実施時期と工法選定のためのシナリオである。補修・補強を行うべき時期

をどのように決定すべきか、工法選定の考え方について述べている。

コンクリート中性化が鉄筋の腐食原因である場合に用いられる信頼性理論に基づく腐食確率の考え方について検証を行い、腐食確率と実構造物の劣化の程度との相関に関してその妥当性を確認した上で、腐食確率に加えて初期塩化物イオン量についてもその影響を考慮したフロー図を示している。

また、補修・補強の施工実績に基づく概算工事費を示し、コスト面からの補修・補強工法の選定方法についても考察している。

第7章は結論であり、各章で得られた成果について要約している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、鉄筋コンクリート鉄道構造物の鉄筋腐食に関する一連の研究をとりまとめたものであって、鉄筋が腐食する原因、対策を実施すべき時期について検討を行い、各種の補修・補強工法を施工し、追跡調査を実施することによってその有効性について検証している。また、それらを踏まえて全体のシナリオのデザインについてその考え方を示している。主な成果は以下の通りである。

1. 構造物調査の結果から、対象構造物における鉄筋腐食の主原因は中性化であるが、 $15\text{mm} > \text{中性化残り} \geq 0\text{mm}$ の範囲では、塩化物イオンが複合して鉄筋腐食に影響することを明らかにした。
2. 劣化要因が複合したときの影響について供試体での実験を行い、その結果、塩化物イオン量の大小と中性化深さの進行度には相関関係が認められないこと、アルカリ骨材反応による膨張率が 1000×10^{-6} 程度であれば、中性化の進行度が促進されることはないこと、内的塩害の可能性のある構造物の補修を行う場合も、中性化程度を指標のひとつとして考慮すべきであることを指摘している。
3. 実構造物における試験施工とその後の追跡調査の結果、ライニング工法による補修効果がある程度認められること、電気防食、添え筋を用いた補強も有効であることを明らかにした。
4. $[\text{Cl}^-] / [\text{OH}^-]$ をパラメータとして用いると、中性化と塩化物イオンの複合効果による腐食劣化の解釈が可能であることを示している。
5. 実構造物を対象としてデサリネーション（脱塩）、再アルカリ化工法による試験施工を行い、その後追跡調査を行っている。処理後60ヶ月の時点でも改質された状態はほとんど変化しておらず、鉄筋周辺における pH 値は強アルカリ域にあり、塩化物イオン量も約半分に減少した状態を保っている。また、「再アルカリ化のみ」の施工によって腐食閾値を満足する可能性があることを示唆している。

以上要するに、本論文は実構造物レベルでの数多くの調査、解析、試験施工に加えて実験室での試験、分析を行うことによって、コンクリート部材中の鉄筋腐食に関する有益な知見を与えたもので、学術上、實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12年10月24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。