

氏名	上田 隆雄
学位(専攻分野)	博士 (工学)
学位記番号	論工博第 3456 号
学位授与の日付	平成 11 年 9 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	塩害により劣化したコンクリート構造物へのデサリネーションの適用に関する研究

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

コンクリート構造物は、本来、耐久的な構造形式であるが、近年、塩害による鉄筋腐食に起因する早期劣化が深刻な問題となっている。この様な劣化構造物の根本的な補修工法として、電気化学的手法が注目されている。本論文では、電気化学的手法の一つであるデサリネーション（電気化学的脱塩手法）に関して、補修効果を確認するとともに、様々な問題点を評価し、その対策を明らかにすることによって、包括的な適用条件を提案することを目的として検討を行った。

本論文は緒論と結論を含めて全 8 章から構成されており、各章での研究成果の概要は以下の通りである。

第 1 章は緒論であり、研究の背景と目的を示している。

第 2 章では、デサリネーションに関する既往の知見を「脱塩効果」と「問題点」に分けて整理している。また、これまでに報告されている通電状況とその効果を一覧表としてまとめ、デサリネーションに関する研究、調査の現状を概観している。

第 3 章では、通電処理によるコンクリート中の各種イオンの移動性状を検討している。鉄筋近傍の全塩分量がセメント重量に対して 0.4% 程度となるために必要な通過電荷量は、初期混入 Cl^- 量によらず 25160 C 程度であることを明らかにしている。また、 Cl^- の輸率の経時的低下に伴い、初期混入 Cl^- 量に対する脱塩率は、混入 Cl^- 量によらず 70% 程度が限界となっている。

第 4 章では、デサリネーション適用後の耐久性に関する検討を行っている。通電処理を行った後に、16 週間までの室内静置または飽水シール後静置を行ったところ、 Cl^- の再分布は見られず、さらに、処理後に室内静置を行った供試体の鉄筋自然電位および分極抵抗を測定した結果、現時点で、静置期間 1000 日程度まで防食効果が持続することを明らかにしている。また、処理を施した供試体の塩水浸漬または促進中性化を行ったところ、通電処理を行った供試体の方が Cl^- 浸透量および中性化深さが抑制される傾向を示している。

第 5 章では、デサリネーションを適用した RC 部材の力学的挙動に関する検討を行っている。鉄筋近傍セメントペースト部分の微小硬度分布を測定した結果、通電処理を行った供試体は鉄筋表面付近にヴィッカース硬度が 40 以下の軟弱な層を形成しており、片引試験において、通電処理を行った供試体は無通電供試体に比べて最大付着応力が減少している。この原因として、鉄筋近傍へのアルカリの集積を指摘している。また、最大付着応力比の許容値を 80% とすると、混入 Cl^- 量に積算電流密度を掛け合わせた値が 20000 ($\text{kg}/\text{m}^3 \times \text{A} \cdot \text{h}/\text{m}^2$) 以下であることを条件として示している。さらに、RC はりの静的曲げ載荷試験を行った結果、主筋に重ね継手部分を含まない場合、通電処理による耐荷力の低下は見られず、破壊時の変形は付着強度の低下によって増大する傾向を示している。

第 6 章では、デサリネーションを適用した PC 部材の力学的挙動に関する検討を行っている。通電処理を行った PC 角柱供試体からはつりだした PC 鋼材に対して、低ひずみ速度引張試験を行った結果、無処理の場合と比較して、荷重降下域の減少や絞りの低下など、拡散性水素の吸蔵による水素脆化に起因すると考えられる破断挙動を示している。ただし、通電処理終了後に供試体の室内静置を行うことにより、拡散性水素の拡散消失に伴って、PC 鋼材の水素脆化程度が経時的に緩和されている。さらに、デサリネーションを適用したプレテンション型 PC はり部材の静的曲げ載荷試験を行った結果、水素

脆化に起因する PC 鋼材の破断などの脆性的な破壊状況は見られず、無処理の供試体と比較して、耐荷力や変形性能も低下していない。

第 7 章では、現在までに検討されているいくつかのメンテナンスシステムの例をピックアップするとともに、その中でのデサリネーションの位置づけについて調査・検討を行っている。さらに、本論文で得られた知見を基にして、塩害コンクリート構造物に対して、安全に補修効果を挙げるためのデサリネーション適用条件を提案している。

第 8 章では、各章で得られた結果を総括して述べるとともに、今後の課題を指摘して結論としている。

論文審査の結果の要旨

近年、塩害による鉄筋腐食に起因するコンクリート構造物の早期劣化が深刻な問題となっている。このような劣化構造物の根本的な補修工法として、電気化学的手法が注目されている。本論文では、電気化学的手法の一つであるデサリネーション（電気化学的脱塩手法）に関して、補修効果を確認するとともに、様々な問題点を評価し、その対策を明らかにすることによって、包括的な適用条件を提案することを目的として検討を加えている。

得られた成果は要約すると、以下の通りである。

1. 鉄筋近傍の全塩分量がセメント重量に対して 0.4% 程度となるために必要な通過電荷量は、初期混入 Cl^- 量によらず 25160 C 程度であることを明らかにしている。また、 Cl^- の輸率の経時的低下に伴い、初期混入 Cl^- 量に対する脱塩率は、混入 Cl^- 量によらず 70% 程度が限界となっている。

2. 通電処理を行った後に、室内静置を行った供試体の鉄筋自然電位および分極抵抗を測定した結果、現時点で、静置期間 1000 日程度まで防食効果が持続することを明らかにしている。

3. 通電処理を行った供試体は、鉄筋近傍へのアルカリの集積により、無通電供試体に比べて最大付着応力が減少する。ただし、RC はりの静的曲げ載荷試験を行った結果、主筋に重ね継手を含まない場合は、通電処理により耐荷力や変形性能が低下しないことを明らかにしている。

4. 通電処理を行った PC 供試体からはつりだした PC 鋼材は、拡散性水素の吸蔵により水素脆化が発生する。ただし、通電処理終了後の拡散性水素の拡散消失に伴って、水素脆化程度が経時的に緩和されることを明らかにしている。さらに、デサリネーションを適用した PC はり部材の静的曲げ載荷試験を行った結果、水素脆化に起因する PC 鋼材の破断などは見られず、無処理の供試体と比較して、耐荷力や変形性能も低下しないことを明らかにしている。

5. 塩害コンクリート構造物に対して、安全に補修効果を挙げるためのデサリネーション適用条件を提案するとともに、他の補修工法に対する優位性について言及している。

以上要するに、本論文は塩害により劣化したコンクリート構造物の電気化学的補修工法に関して広範な研究を行い、その適用性について有益な知見を得ており、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のあるものと認める。また、平成 11 年 6 月 14 日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。