

V-22 細孔溶液中のイオン濃度を考慮した電気化学的脱塩効果の評価

徳島大学大学院	学生会員	○長尾賢二
徳島大学工学部	正会員	上田隆雄
電気化学工業(株)	正会員	芦田公伸
京都大学大学院	フェロー会員	宮川豊章

1. はじめに

近年、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としてデサリネーションが注目され、実用段階に入っている。これに対して、フライアッシュや高炉スラグ微粉末などの混和材を用いたコンクリートに対してデサリネーションを適用した場合の脱塩効果に対する検討は十分と言えない。そこで本研究では、通電処理前後のコンクリート供試体中における Cl^- 濃度分布やモルタル円柱供試体から抽出した細孔溶液中の自由 Cl^- 濃度から、混和材を用いた場合の Cl^- 固定化量ならびに Cl^- の移動性状を把握することにより、混和材がデサリネーションによる脱塩効果に与える影響について検討を行った。

2. 実験概要

本実験に用いたコンクリートの水結合材比 (W/B) は、比較的厳しい鉄筋腐食環境を想定して 60% を選定し、すべての配合で一定とした。フライアッシュおよび高炉スラグ微粉末は、それぞれ単位結合材量 (C+FA または C+BFS) を一定とした上で、セメントに対して質量置換した。置換率はフライアッシュで 30% (FA30)、高炉スラグ微粉末で 50% (BFS50) とし、これらに無混和の普通コンクリート (NPC) をあわせた合計 3 配合とした。また、すべての配合について、 Cl^- 量が 5.0kg/m^3 となるよう、練混ぜ時に NaCl を混入した。

本実験に用いた供試体として、中央部分に異形鉄筋 (D13 SD295A) を一本配した $100\times 100\times 150\text{mm}$ のコンクリート角柱供試体と中央部分に銅線 ($\phi 1\text{mm}$) を一本配した $\phi 50\times 100\text{mm}$ のモルタル円柱供試体の 2 種類を作製し、封緘養生 1 ヶ月と封緘養生 5 ヶ月 (モルタル供試体については 4 ヶ月) の 2 種類の条件で養生した。養生終了後の通電方法は 8 週間連続通電とし、電流密度は通電面に対して 1.0A/m^2 とした。また、コンクリート供試体では 1 面通電、モルタル供試体では側面全面通電とし、電解溶液には $0.1\text{N Li}_3\text{BO}_3$ 水溶液を使用した。デサリネーションによる脱塩効果を評価するために、通電処理前後において、コンクリート供試体中の全塩分量分布を測定するとともに、モルタル供試体中を用いて、高圧抽出法による細孔溶液抽出を行い、細孔溶液中の Cl^- および OH^- 濃度を測定した。

3. コンクリート供試体中の全塩分量分布の変化

通電処理によるコンクリート供試体中の全塩分量分布の変化を図-1 に示す。これによると、通電処理により、いずれの配合においても、コンクリート中の Cl^- が除去されており、特に、鉄筋近傍の Cl^- 量が大きく低減されていることがわかる。無混和供試体である NPC では、鉄筋近傍の Cl^- 量が土木学会規定の発錆限界レベル (1.2kg/m^3) 付近まで低減されており、脱塩率も供試体全体で 60% に達したことから、十分な脱塩効果が得られたものと判断できる。これに対して、混和材を用いた場合には無混和の場合よりも全体的に

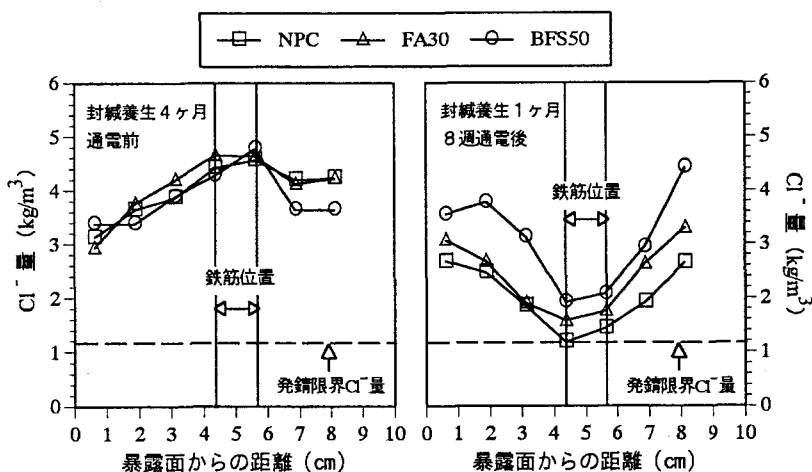


図-1 コンクリート供試体中の全塩分量分布変化

Cl⁻抽出量が小さくなっており、脱塩率も供試体全体で35～50％程度にとどまった。この原因については細孔組織の緻密化や細孔組織の電氣的構造の変化が考えられるが、詳細は次に示すモルタル供試体の細孔溶液抽出結果と併せて考察を行う。

4. モルタル細孔溶液中の自由 Cl⁻濃度および Cl⁻/OH⁻

モルタル供試体の細孔溶液中における自由 Cl⁻濃度を図-2に示す。これによると、通電処理前における BFS50 の自由 Cl⁻濃度が NPC と FA30 の場合よりも小さくなっていることがわかる。竹上らはモルタルによる実験結果から、高炉スラグ微粉末を用いた場合には、電氣的拘束により細孔壁に吸着される Cl⁻量が増加するものと考察している¹⁾。本研究の場合も、高炉スラグ微粉末の混和により、Cl⁻の固定化割合が増加したものと推定される。

一方、通電処理後には、すべての配合において、細孔溶液中の自由 Cl⁻濃度が小さな値となっており、通電処理により、大部分の自由 Cl⁻が供試体外に抽出されたことがわかる。ただし、混和材を用いた場合には、無混和の場合よりも細孔溶液中に残存する自由 Cl⁻濃度が大きくなっており、この結果は3. で述べたコンクリート供試体からの脱塩効果の検討結果と良く整合している。この理由としては、混和材を用いた場合には細孔組織の緻密化や細孔組織の電氣的構造の変化により、Cl⁻の電気泳動に対する抵抗性が大きくなったことが考えられる。竹上らは、高炉スラグ微粉末を用いた場合には、吸着塩化物量の増加により、細孔溶液中の電氣的反発力が増大し、実質的に自由 Cl⁻が通過可能な範囲が減少することで、Cl⁻のモルタルへの浸透が抑制されると考察している¹⁾。本研究においても、高炉スラグ微粉末を用いた場合には、細孔壁への吸着 Cl⁻量の増加により、自由 Cl⁻の電気泳動が阻害された可能性がある。

一方、モルタル細孔溶液中の Cl⁻/OH⁻比を図-3に示す。これによると、通電処理前にはすべての配合で一般に鋼材腐食発生限界値とされている0.6を上回っているのに対し、通電処理を行った場合には0.07～0.16程度の値となっていることから、デサリネーションにより鉄筋腐食環境が大きく改善されたことがわかる。しかし、この図においても、混和材を用いた供試体の方が無混和供試体に比べて、Cl⁻/OH⁻比が大きくなっており、混和材を用いた場合には脱塩効果が小さくなる可能性が考えられる。ただし、鋼材腐食の発生する Cl⁻/OH⁻の限界値には諸説があることに加えて、実際の腐食反応には酸素や水分の供給量も関係することから、混和材を含む構造物に対する補修効果については、さらに総合的な観点から判断する必要がある。

5. まとめ

(1) コンクリート供試体の脱塩率を求めたところ、無混和の場合には供試体全体で60％に達したのに対し、混和材を用いた場合では40～50％程度にとどまり、無混和の場合よりも Cl⁻抽出量が小さくなった。

(2) モルタル供試体において、混和材を用いた供試体の方が無混和供試体よりも通電後に残存する自由 Cl⁻濃度や Cl⁻/OH⁻比が大きくなる傾向が見られた。

参考文献

1) 竹上浩史ほか：高炉スラグ微粉末を混入したセメント硬化体中の塩化物移動・平衡則、コンクリート工学年次論文集、vol.24、No.1、pp. 633-638(2002)

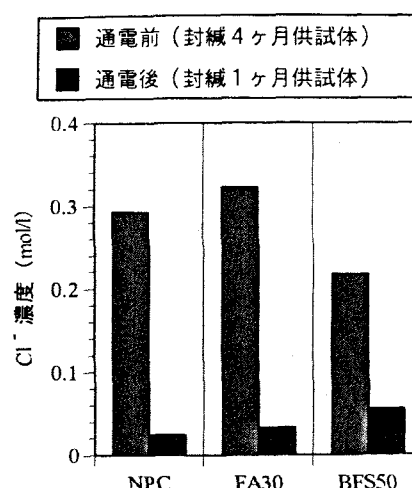


図-2 モルタル細孔溶液中の自由 Cl⁻濃度

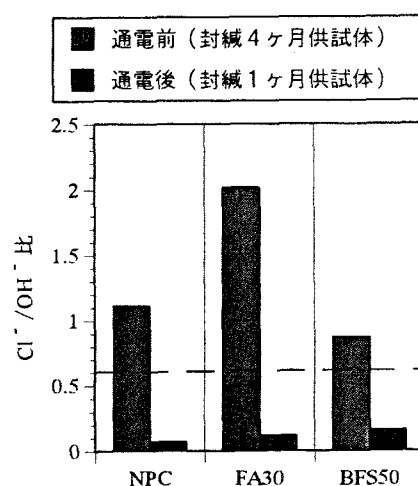


図-3 モルタル細孔溶液中の Cl⁻/OH⁻比