

V-122 デサリネーションが鉄筋の付着挙動に与える影響

京都大学工学部（学） 上田 隆雄（正） 井上 晋
 “（正） 宮川 豊章（正） 藤井 学
 電気化学工業（正） 芦田 公伸

1. はじめに 中性化や塩化物により腐食劣化した鉄筋コンクリート構造物の補修工法として、最近注目を集めている手法が電気化学的手法を用いた補修方法である。デサリネーションはコンクリート中の塩化物の除去を目的とする電気化学的手法であり、電気防食の100倍近い電流を、ある一定期間だけ流すという特色がある。本研究ではデサリネーションの問題点の一つである鉄筋とコンクリートとの付着挙動へのデサリネーションの影響に注目した。塩分を含んだコンクリートにデサリネーションを施した後、片引試験を行い、通電による影響を検討することとした。 Cl^- 、 Na^+ 、 K^+ の分布を調べることによりデサリネーションの補修効果も併せて検討することとした。

2. 実験概要 コンクリート中の Cl^- 量としては、比較的厳しい塩害が生じた場合に見られる、 $10(\text{kg}/\text{m}^3)$ を要因として選んだ。電流密度としては、デサリネーションで従来しばしば用いられている、コンクリート表面に対して $1.0(\text{A}/\text{m}^2)$ とし、通電期間として、通常用いられている、4週と、さらに長期とした場合としての8週、12週の3水準を選んだ。通

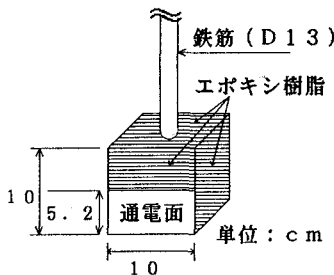


図1 供試体の通电面

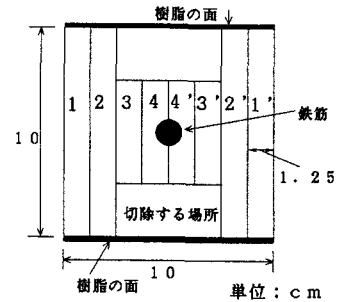
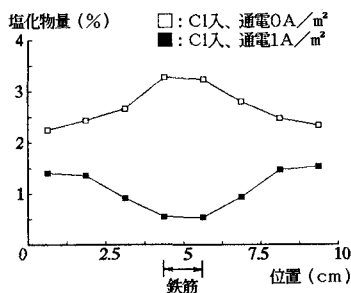


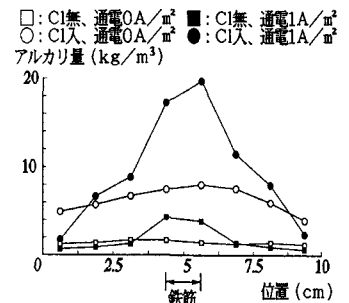
図2 供試体の切断方法

電は2面通電とし、電流を流さない面にはエポキシ樹脂を塗り、絶縁した（図1参照）。片引試験は土木学会規準「引抜き試験による鉄筋とコンクリートとの付着強度試験方法（案）」により行った。また、化学分析用に別途作成した供試体を用いて Cl^- 、 Na^+ 、 K^+ のイオン分布を調べた。供試体の切断方法を図2に示す。

3. 試験結果および考察 通電4週間の供試体中の、セメントに対する塩化物の分布状況を図3①に示す。通電無しの供試体においては塩化物は鉄筋近傍により多く存在しているのに対して、通電後の供試体は鉄筋に近づくほど塩化物量は減少しデサリネーションの効果が現れている。デサリネーションにおいて Cl^- イオンはコンクリート表面の陽極に向かって移動し、さらにコンクリート表面から抜け出していく。



①塩化物の分布



②アルカリ量の分布

図3 化学分析結果

このため鉄筋周辺の Cl^- イオンは減少するが、コンクリート表面の Cl^- イオンはコンクリートから抜け出ていく減少分とコンクリート内部から移動して来る増加分とがあるため、このような分布になると考えられる。今回の結果より推定される脱塩率は約57%であった。コンクリート中にはフリーデル氏塩として固定化された塩化物がセメント量に対して約0.4%存在する事が知られている。供試体中のセメント量に対する塩化物量は、0.53%程度が最低であり、遊離した塩化物をコンクリートから全ては抽出しきれていないようである。

ただし、自然電位分布からはデサリネーションによる補修・防食効果が確認された。アルカリ (R_2O) の分布状況を図3②に示す。アルカリ骨材反応の抑制対策の一つとして、アルカリ量を $3.0 \text{ (kg/m}^3\text{)}$ 以下とする規定がある。 Cl^- 混入供試体は、通電により、コンクリート表面のアルカリ量が規定量以下になっているのに対し、鉄筋近傍のアルカリ総量は規定量の約6倍になっている。 Cl^- 無混入供試体は、通電しなかった供試体は全領域で規定量以下だったのに対し、通電した供試体は鉄筋近傍で規定量を越えている。したがって、補修時に塩化物 ($NaCl$) を多量に含んでいる場合には、デサリネーションにより鉄筋近傍に多量のアルカリが集中する可能性があると考えられる。

片引試験における付着応力度－自由端変位曲線の代表例を図4に示す。通電無しの供試体は付着応力度が最大となった時点でコンクリートが破壊し、その後は測定が不可能となった。これに対して、通電した供試体は付着応力度がピークに達してもコンクリートが破壊すること無く、ピークを越えてからは緩やかに付着応力度を下げながら鉄筋がコンクリートから抜け出していくという破壊形態を示した。通電した供試体では、デサリネーションによって鉄筋付近に集積したアルカリ金属イオンの影響で鉄筋周りのコンクリートのセメントペーストが軟化し、鉄筋とコンクリートとの付着界面が変質したと考えられ、化学分析の結果とよく一致している。最大付着応力度は電流を流したもののほうが小さな値を示している。 Cl^- 無混入供試体では、デサ

リネーションによる最大付着応力度の影響は顕著ではないが、 Cl^- 混入供試体では8週間の最大付着応力度の減少率は4週間のものより大きく、8週間のものと12週間のものとの間に顕著な差は認められなかった。最大付着応力度の減少率は Cl^- 混入供試体は Cl^- 無混入供試体の2倍以上の値を示している。この原因として、通電処理をした供試体では、 Cl^- とともに混入している Na^+ の影響で鉄筋周辺に Cl^- 無混入供試体よりもさらに軟弱な物質が多く生成しているためと考えられる。したがって Cl^- を含んでいない部分にデサリネーションの影響が及んでも、付着強度低下はあまり大きくはないと考えてよいであろう。

コンクリート表面積当たりで考えると、今回の電流密度は $1.0 \text{ (A/m}^2\text{)}$ であり、デサリネーションに適用する電流密度としては標準的である。しかし、鉄筋表面積で考えると電流密度は $5.0 \text{ (A/m}^2\text{)}$ であり、適用し得る電流密度の上限値である。今回の場合、デサリネーション直後のアルカリが鉄筋近傍に集まっている状態での付着挙動を調べた。コンクリート中の Cl^- の抽出を主眼とした場合についてはコンクリート表面積を基準とする考え方が妥当であろうが、鉄筋との付着の観点からは鉄筋表面を基準とした方がよいと考えられる。

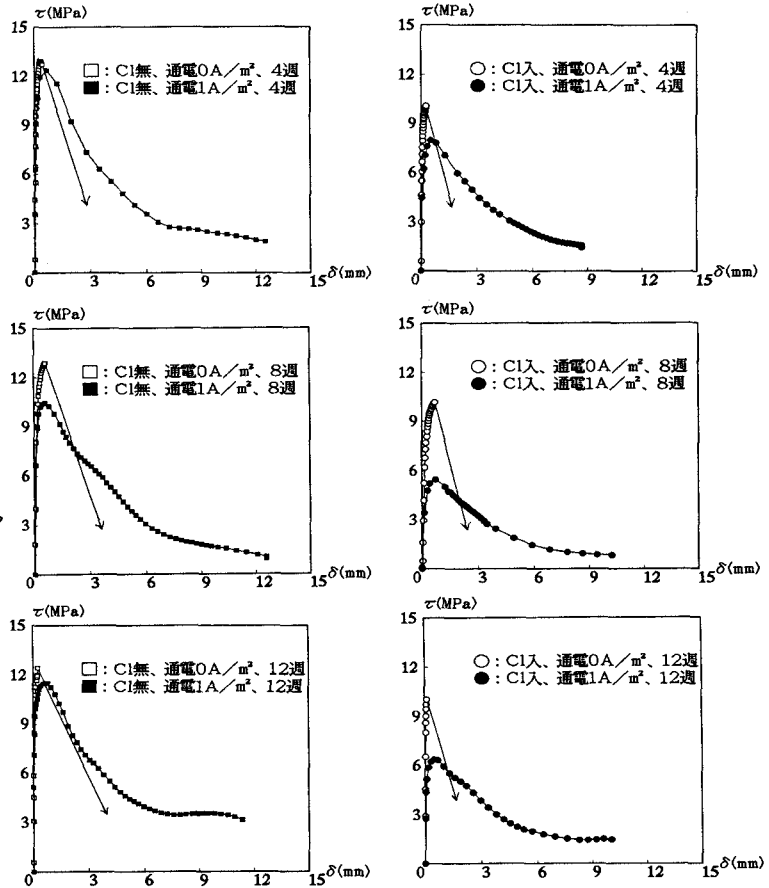


図4 付着応力度－自由端変位曲線