V-20 CFRP複合電極を用いたデサリネーションによる補強効果

徳島大学大学院　学生会員　○吉田幸弘
徳島大学工学部　正会員　上田隆雄
徳島大学大学院　学生会員　庄野　秀
電気化学工業㈱　正会員　芦田公伸

1. はじめに

塩害により劣化したコンクリート構造物の補修工法として，電気化学的脱塩工法であるデサリネーションが開発され，実構造物への適用実績も増加しつつある。しかし，鉄筋腐食により力学的性能が低下した場合には補強工法の適用を別途検討する必要がある。そこで著者らは，補強材として炭素繊維を陽極システムに組み込むことにより，補強効果やコンクリート片の剥落防止効果を有するデサリネーションの可能性を検討してきた。これまでの検討の結果，炭素繊維シートにアクリル樹脂を含浸させたCFRP板にチタンメッシュを組合わせたCFRP複合電極を，吸水率20%の接着用アクリル樹脂で供試体に接着し，デサリネーションを適用したところ，炭素繊維の酸化消耗を防ぎつつ，十分な脱塩効果が得られることが明らかになった。

そこで本研究では，接着型CFRP複合電極を用いてデサリネーションを適用した時の補強効果を明らかにすることを目的として，接着用アクリル樹脂の吸水率を要因として実験的検討を行うこととした。

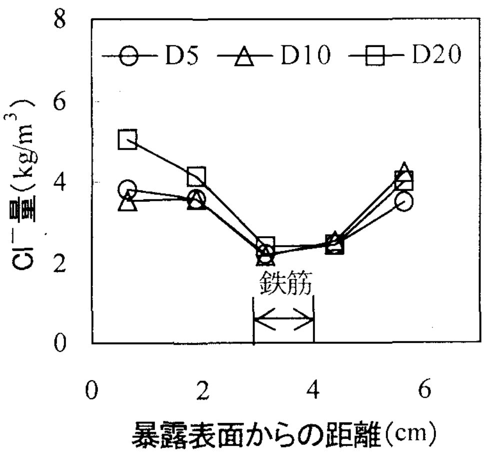
2. 実験概要

実験に用いた供試体は，100×100×400mm のRCはりとし，かぶり30mmの位置に異形鉄筋D10(SD295A)を1本配した。コンクリートには，Cl^-量が8.0kg/m^{3}となるように，NaClを混入した。CFRP複合電極は，吸水率0%のアクリル樹脂を炭素繊維(目付量：200g/m^2)に含浸させて作製したCFRP板(100×300mm)をチタンメッシュで挟み込んだものとした。このCFRP複合電極を，5%，10%，または20%の吸水率に調製した3種類の接着用アクリル樹脂でRCはり供試体の通電面1面に接着した。また、CFRP複合電極接着部分以外についてはエポキシ樹脂を塗布して絶縁した。なお，比較用にCFRP複合電極を接着しない無補強供試体を別途作製した。

通電処理方法は，デサリネーションの一般的な通電期間である8週間連続通電とした。電解液は0.1NのLi_3BO_3溶液を用い，電流密度はコンクリート表面に対して1.0A/m^{2}を採用した。また，通電を行わない無通電供試体は8週間の湿空静置とした。8週間の通電処理および湿空静置後に，供試体中のCl^-濃度(全塩分量)をJCI－SC4に準拠した方法で測定した。また，通電供試体および無通電供試体を用いて，建研式による接着強度試験およびスパン長300mm，中央1点集中載荷による静的曲げ載荷試験を行った。

3. 通電処理による脱塩効果

通電処理が終了した後の各種供試体中における全塩分量分布を図－1に示す。なお，初期混入Cl^-量は8.0kg/m^{3}であり，接着用樹脂の吸水率の違いにより通電供試体をD5，D10，D20，無通電供試体をN5，N10，N20と表す。図－1によると，接着用樹脂の吸水率の違いによらず，陰極である鉄筋を中心に脱塩効果が得られている。鉄筋近傍部分の脱塩率は75%であり，この値は，従来型のデサリネーションによる脱塩率と同程度であることから，今回用いた陽極システムでも十分な脱塩効果は得られたと言える。



図－1　全塩分量分布

4. 接着強度試験

通電供試体および無通電供試体を用いて行ったCFRP複合電極の接着強度試験結果を表－1に示す。なお，接着強度は，最大引

張荷重を接着面である 1600mm²(40×40mm)で除した値とし，3 点以上の平均値を平均接着強度として表－1中に示した。また，剥離状況として，接着面積の 80%以上でコンクリートが剥離した場合を母材破壊，80%未満～20%以上でコンクリートが剥離した場合を部分界面破壊，20%未満でコンクリートが剥離した場合を界面剥離と表した。表－1 によると，通電供試体では，接着用アクリル樹脂の吸水率が 10%および 20%の場合は接着強度が 2.0N/mm² 以上であり，剥離状況も母材破壊を示していることから，十分な接着強度を有していたと判断できる。これに対して樹脂吸水率が 5%の場合には，部分界面破壊となり，接着強度も他の場合よりも若干小さくなっている。これは，吸水率 5%の樹脂は，粘性が高く，接着施工性が悪かったために，接着層が比較的粗になったことが原因と考えられる。一方，通電供試体の場合には，同じ接着樹脂を用いた無通電供試体の場合と比べて，全体的に接着強度が低下しており，樹脂の吸水率が小さいほど顕著に低下している。このような通電処理による接着強度の低下は，接着樹脂中に埋め込まれたチタンメッシュにおいて発生する電極反応により，接着樹脂が劣化したことが原因と考えられる。

表－1 CFRP複合電極の接着強度試験結果

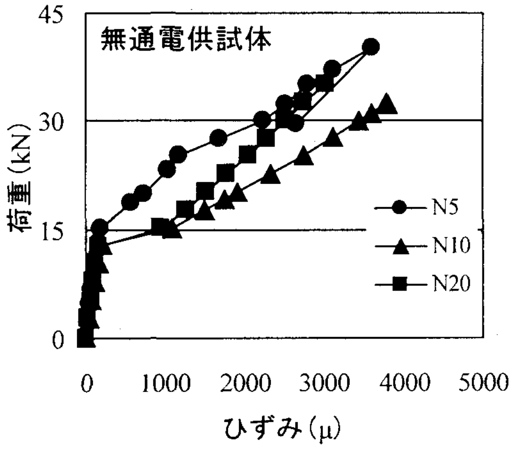
供試体名	接着強度 (N/mm²)	剥離状況
N5	1.25	部分界面破壊
N10	2.16	母材破壊
N20	2.08	母材破壊
D5	—	界面剥離
D10	0.98	部分界面破壊
D20	1.41	母材破壊

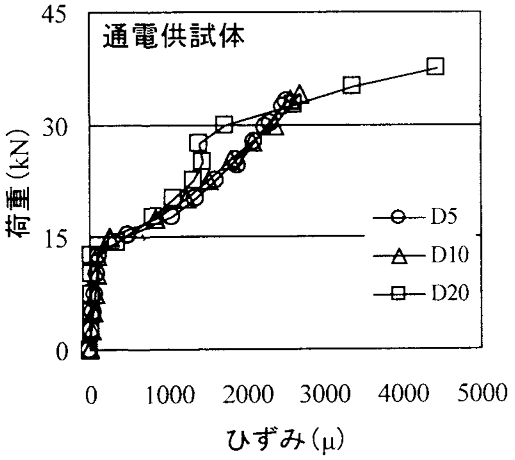
表－2 静的曲げ載荷試験結果

供試体名	最大荷重 (kN)	破壊モード
無補強	28.6	曲げ
N5	35.3	せん断
N10	35.1	せん断
N20	33.1	せん断
D5	31.3	曲げ
D10	34.0	せん断
D20	35.5	せん断

5. 曲げ載荷試験

通電供試体および無通電供試体を用いて行った静的曲げ載荷試験結果を表－2 に，荷重－CFRP 板中央ひずみ曲線を図－2 に示す。なお，最大荷重は 3 体の供試体から得られた値の平均値として求めた。表－2 によると，曲げ破壊をした CFRP 複合電極を接着していない無補強供試体に対して，CFRP 複合電極を接着した供試体は，最大荷重が大きくなっており，特に，無通電供試体については，全てのケースで破壊モードがせん断に変化している。これは CFRP 複合電極の接着により曲げ耐力が大きくなることで破壊モードが変化したものと考えられる。これに対して，通電供試体については，接着樹脂の吸水率が大きい場合には，無通電供試体と同程度の最大荷重が得られたが，吸水率が 5%の場合には，無補強供試体との最大荷重の差は小さく，破壊モードも曲げ破壊を示している。これは，接着強度試験で示したように，接着樹脂の吸水率が 5%の場合には通電処理により，CFRP 複合電極の接着強度が低下したことが原因と考えられる。図－2 より，D5, D10 の供試体はひずみの最大値が 2500μ 程度であるのに対し，D5, D10 以外の供試体については 4000μ 程度まで達している。これは，CFRP 複合電極とコンクリートとの接着が十分であったため，CFRP 板に引張応力が伝達され，曲げ補強効果が大きかったことを示しており，破壊モードがせん断破壊となったことからも曲げ補強効果が見られる結果となった。ただし，D10 の供試体については，接着強度試験において部分界面破壊していることからも伺えるように，引張応力の CFRP 板への伝達が不十分となり，ひずみの最大値が 4000μ 程度に達するまでには至らなかったと考えられる。





図－2 荷重－CFRP 板中央ひずみ曲線