

塩害で劣化した RC はりに対する CFRP 複合電極を用いたデサリネーションの適用

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	山口圭亮
電気化学工業(株)	正会員	芦田公伸
東洋建設(株)	正会員	末岡英二

1. はじめに

塩害により劣化した鉄筋コンクリート構造物に対する対策を検討する場合、潜伏期や進展期の段階では、電気化学的補修工法である従来型のデサリネーションにより対応が可能である。しかし劣化が進行し、加速期や劣化期になると、じん性や耐荷力などの力学的性能の低下が顕在化するため、対策としては補修のみでは不十分となり、補強工法との組合せを検討する必要がある。このような観点から、著者らはデサリネーションの陽極材に CFRP 複合電極の形で補強材である炭素繊維を組み込むことで補強効果を付与したリハビリテーション工法を検討してきた。小型供試体を用いたこれまでの検討により、概ね良好な補修・補強効果が確認されている。これまでの検討結果を踏まえて、本研究では実構造物への適用を想定し、約3年間の屋外暴露により塩害劣化した大型 RC はり部材に対して本工法を適用した場合のリハビリテーション効果を確認することを目的として実験的検討を行った。

2. 実験概要

実験に用いた供試体は、 $100 \times 100 \times 1600$ mm の RC はりとし、かぶり 20 mm の位置に異形鉄筋 D13 (SD295A) を2本配した（図-1参照）。コンクリートの打設日翌日に脱型した供試体は 20°C の恒温室中で28日間の湿布養生を行った後に、1年間の乾湿繰返しの鉄筋腐食促進環境に移した。乾湿繰返しは、高温多湿状態 (60°C , R.H.90%) 3日間、低温乾燥状態 (15°C , R.H.60%) 4日間で1サイクルとした。さらにこの後、2年間の屋外暴露を行って鉄筋腐食を促進させた。暴露場所は茨城県稲敷郡美浦村の内陸環境とした。屋外暴露終了後の供試体ひび割れ状況例を図-2に示す。1.0 mm のひび割れ幅を超える大きなひび割れも数多く見られ、塩害の劣化過程としては加速期後期程度まで劣化が進行していた。CFRP 複合電極は、吸水率0%のアクリル樹脂を炭素繊維シート（目付量： 200 g/m^2 ，引張強度： 3200 N/mm^2 ，弾性係数： $2.3 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ ）に含浸させて作製した CFRP 板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、20%の吸水率に調製した接着用アクリル樹脂で供試体の通電面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・無通電供試体を別途作製した。

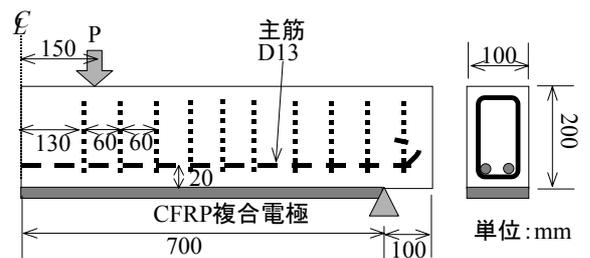


図-1 RC はり供試体図

通電処理方法は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 1.0 A/m^2 を採用した。8週間の通電処理前後に、鉄筋自然電位を測定するとともに、コンクリート中の全塩分量分布を JCI-SC4 に準拠した方法で測定した。さらに、通電供試体および無通電供試体を用いて、スパン長 1400 mm，2点集中荷重による静的曲げ荷重試験を行った。

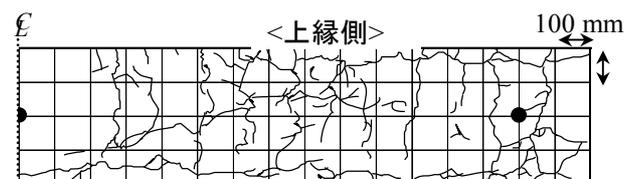


図-2 供試体の劣化状況例（側面）

キーワード デサリネーション，CFRP 複合電極，RC はり部材，曲げ補強効果

連絡先 〒770-8506 徳島市南常三島町 2-1 徳島大学工学部建設工学科 TEL:088-656-2153

3. デサリネーションによる防食効果

8週間の連続通電処理した供試体の処理前後における供試体中鉄筋の自然電位を表-1に、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-3に示す。表-1より、通電処理前の自然電位はASTM規準で規定された不確定領域の値を示しているが、通電終了後は-1.0Vよりも卑な防食領域の値を示しており、鉄筋には十分な防食電流が供給されていたことがわかる。図-3より、無通電供試体の場合も、暴露期間中の雨水等による流出の影響でCl⁻濃度は初期混入量よりも低下しているが、通電処理を行うことにより、鉄筋付近を中心にさらに50%程度の脱塩効果があつたことが確認できる。

4. 曲げ載荷試験

静的曲げ載荷試験の結果得られた荷重-中央変位曲線を図-4に、各荷重レベルにおけるCFRP板のひずみ分布を図-5に示す。同一要因であれば、荷重-中央変位関係のばらつきは小さかったため、図-4には、健全時の無補強・無通電の場合も含めて、各要因の実験結果例を示している。

今回試験を行ったすべてののはりは曲げ破壊を示したが、特にCFRP複合電極を接着した通電供試体は、CFRP板の破断を伴う曲げ破壊を示した。これまで著者らが小型供試体を用いて行った検討では、通電処理による接着強度の低下から、補強効果が十分確保できないケースも見られたが、今回の場合は、定着長が十分であったために、通電処理によって接着強度が多少低下しても、CFRP板の引張強度を100%利用できたものと考えられる。図-4において、健全供試体の曲線と無補強供試体の曲線を比較すると、無補強供試体は鉄筋腐食による劣化が相当進んでいるはずであるが、剥落防止工を施したために、降伏荷重が若干低下している以外は健全供試体とほぼ同様の曲線となっていることがわかる。無補強供試体と通電・補強供試体を比較すると、補強することによって、最大荷重は増大しているが、じん性は低下している。土木学会「コンクリート標準示方書[構造性能照査編]」にしたがって計算すると、無補強供試体の曲げ耐力は60.0kNとなり、CFRP複合電極とコンクリートが完全に付着していると仮定して計算した通電・補強供試体の曲げ耐力は68.6kNとなった。これらの理論値はほぼ実験値と等しいことから、CFRP板は破断する直前まで、コンクリートと一体化していたものと思われる。図-5からも、曲げスパン全域においてCFRP板が引張応力を負担していることが分かり、高い補強効果が得られていると言える。

表-1 通電前後の供試体中鉄筋自然電位 (V vs Ag/AgCl)

供試体	通電前	通電後
De-1	-0.178	-1.169
De-2	-0.167	-1.113

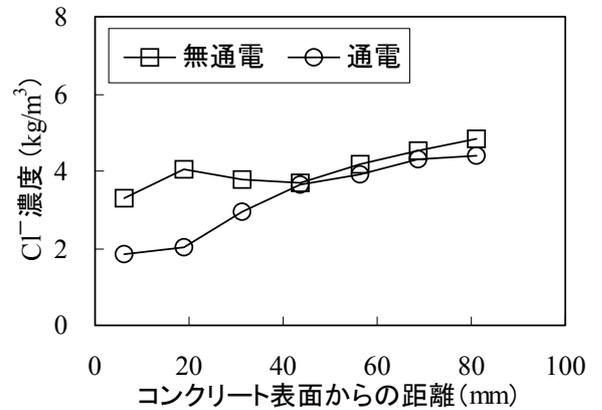


図-3 通電処理後の供試体中全塩分量分布

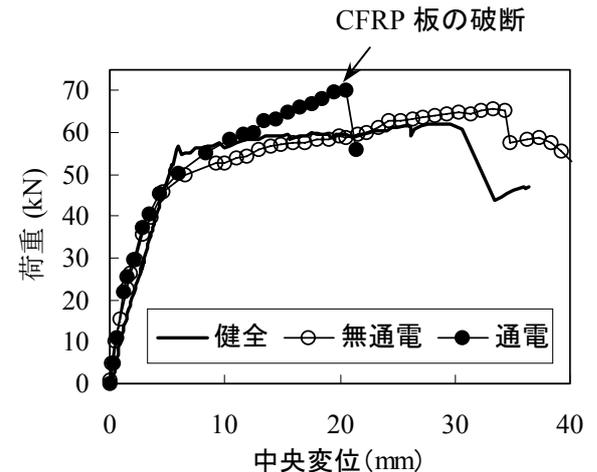


図-4 荷重-中央変位曲線

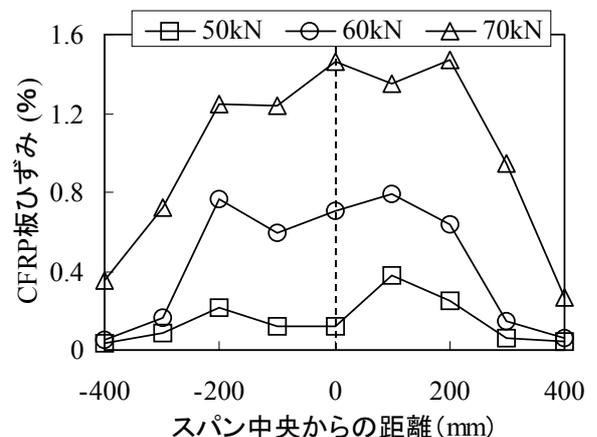


図-5 CFRP板のひずみ分布