リチウム含有 HPFRCC 陽極層を用いた電気化学的手法による ASR 膨張抑制効果

徳島大学大学院　正会員　○上田　隆雄
日本構造技術研究所　正会員　亀田　貴文
電気化学工業　正会員　七澤　章

１．はじめに

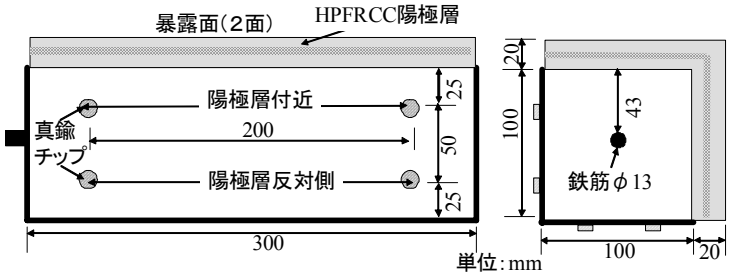
電気化学的防食工法は，塩害や中性化による鉄筋コンクリート構造物の鉄筋腐食劣化対策として有効な手法であるが，反応性骨材を含有する複合劣化構造物に適用した場合には，コンクリート中の鉄筋近傍に集積するアルカリ金属イオンが，ASR によるコンクリート膨張を促進することが懸念されている．そこで本研究では，複数微細ひび割れ型繊維補強セメント材料(HPFRCC)に ASR 抑制効果のあるリチウム塩を添加したものをコンクリート表面への接着陽極層として用いた新しい電気化学的リハビリテーション手法の可能性を検討した．

２．実験概要

本研究で用いた HPFRCC 接着 RC 供試体の母材コンクリートの W/C は 55%とした．初期含有 R_2O 量が 8.0kg/m^3 となるように NaCl を混入し，非反応性粗骨材 G1 と反応性骨材 G2 を 5：5 で混合するとともに，細骨材としてガラスカレットを使用した．HPFRCC の配合を**表－1** に示す．W/B は 45%とし，FA は Ⅱ 種をセメント質量の 20%置換混入し，増粘剤は単位水量の 0.30%，SP 剤は単位粉体量の 0.1%とした．混入繊維は PE 繊維(直径 12μm, 長さ 12mm, 密度 1.0 g/cm^3)を使用し，繊維混入率を 1.5vol.%とした．リチウム塩の種類としては，LiOH と $LiNO_3$ とし，Li^+量で 6.3 kg/m^3 となるようにそれぞれを練混ぜ水に溶解して混入した．母材コンクリート供試体は，100×100×300mm とし，正方形断面中央位置に丸鋼 φ13(SR 235)を 1 本配して作製したものを 4 週間封緘養生した．さらに，**図－１**に示すように，通電面２面について，チタンメッシュを含む HPFRCC 陽極層を接着し，さらに 2 週間の封緘養生を行った．通電方法は，電流密度を 50 mA/m^2，1 A/m^2 の 2 レベルとし，それぞれ 8 週間(1 A/m^2)及び 16 週間(50mA/m^2)の連続通電を行った．無通電供試体については，養生終了後 40℃，相対湿度 95%の促進 ASR 環境に静置した．通電期間終了後，すべての供試体を促進 ASR 環境に保管し，コンタクトゲージ法によって定期的にコンクリート膨張率を測定した．測定点は**図－１**に示すように，陽極層付近と陽極層反対側の２点とした．

表－1　HPFRCC の配合

W/B (%)	S/C	単位量 (kg/m^3)								
		C	W	S	FA	LiOH	$LiNO_3$	繊維	増粘剤	SP 剤
45	0.5	750	422	375	188	－	－	15	1.27	0.94
45	0.5	750	385	375	188	37.5	－	15	1.27	0.94
45	0.5	750	360	375	188	－	61.6	15	1.27	2.04



図－1　HPFRCC 陽極層接着供試体の外観

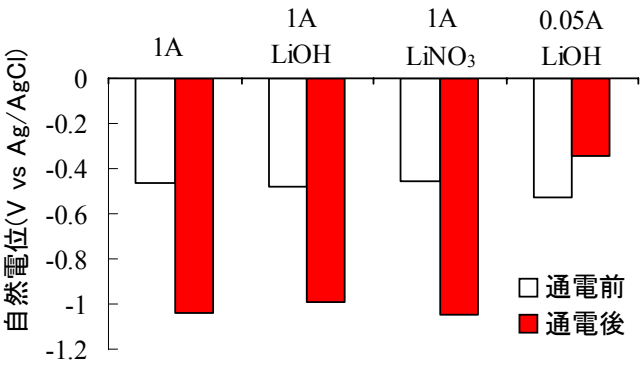
３．実験結果および考察

通電供試体について，通電前後に測定した供試体中の鉄筋自然電位の測定結果を**図－2** に示す．供試体の記号は，流した電流密度と HPFRCC 陽極層が含有するリチウム塩の種類を示している．これによると，通電前の供試体中鉄筋の自然電位は-0.4～-0.5V vs. Ag/AgCl 程度の値を示しており，ASTM の判定基準では，90%以上の確率で腐食していると判断される領域にある．これは，本実験ではアルカリ濃度調整のため，多量の NaCl を添加したためである．これに対して，1.0 A/m^2 で通電した場合には，通電後の自然電位が-1 V 程度となっており脱塩に近い状態のカソード分極がなされたことがわかる．電流密度 50 mA/m^2 の場合には，通電後の自然電位は-0.4V 程度となっているが，

キーワード　HPFRCC，PE 繊維，水酸化リチウム，硝酸リチウム，電気化学的工法
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　FAX:088-656-7351

復極試験を実施したところ，復極量は 0.3V 程度と通用防食効果に求められる 0.1V を大きく上回った．

促進 ASR 環境に保管した供試体のコンクリート膨張率経時変化を**図－3** に示す．**図－３**の上図は，無通電の供試体に関して，HPFRCC 陽極層の有無による変化を示しており，中図は通電時の電流密度の大きさの影響を，下図はリチウム塩種類の影響を示している．また，図中の供試体記号は電流密度とリチウム塩種類とし，その後の(S)は陽極層付近，(D)は陽極層反対側における測定値を示している．

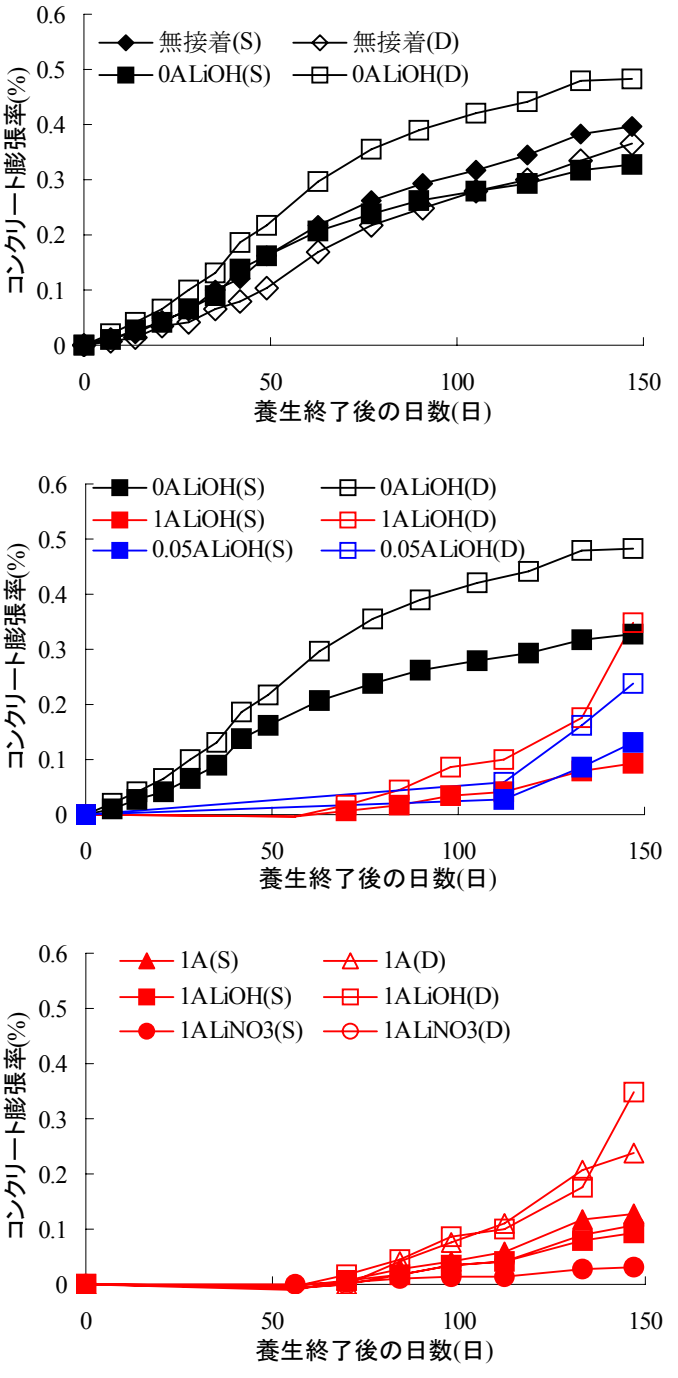


図－2　通電前後の鉄筋自然電位

図－3 上図によると，無接着供試体は全体的に 0.3%以上の膨張を示しているのに対して，HPFRCC 接着供試体は，陽極層付近と陽極層反対側で膨張率に差が認められ，HPFRCC 陽極層に近い方が膨張率は小さくなっている．ただし，膨張率の値としては比較的大きく，HPFRCC を接着するだけでは，コンクリート膨張率の抑制効果は比較的小さい可能性がある．

図－3 中図によると，通電を行った供試体は，通電中の膨張促進は見られないものの，通電終了後は陽極層反対側で比較的大きな膨張率を示している．特に電流密度 1.0A/m^2 の場合の膨張率が大きいことから，通電に伴って鉄筋近傍に集積したアルカリ金属イオンの影響も考えられる．ただし，陽極層付近ではコンクリート膨張率の抑制効果が認められることから，HPFRCC 陽極層から供給された Li^+が ASR を抑制したものと推測される．

図－3 下図より，同じ電流密度でもリチウム塩の有無あるいはその種類によってコンクリート膨張率が異なることが分かる．リチウム塩の種類としては，LiOH よりも $LiNO_3$ の方が膨張抑制効果が大きいようである．この原因として，LiOH よりも $LiNO_3$ の方が溶液の pH が低いことが影響しているものと考えられる．



図－3　コンクリート膨張率の経時変化

４．まとめ

本研究により得られた結果をまとめると以下のとおりである．

1)　自然電位の値より，提案する工法による鉄筋防食効果は得られているものと推定される．

2)　提案する工法によるコンクリート膨張率抑制効果は，電流密度や HPFRCC の含有リチウム塩種類の影響を受けるが，LiOH よりも $LiNO_3$ の方が膨張抑制効果が得られやすいものと推定される．