ASR劣化したRC部材に対するリチウム圧入補修工法の影響

破壊診断工学研究室　恩田　尚明

1. はじめに

近年，アルカリシリカ反応(以下，ASR)によるコンクリート構造物の劣化が問題となっている．ASRによる劣化については鉄筋が健全であれば構造物としての性能には問題が無いと考えられてきた．しかし，ASRの発生に伴い，コンクリートが膨張することで構造物の表面だけでなく内部にもひび割れが生じ，鉄筋コンクリート中の曲げ加工部等で鉄筋が破断している事例が報告され，ASRの進行が構造物の性能に深刻な問題を及ぼすことが分ってきた．

髙木らの研究[1)]より，リチウムによってゲルが改質された効果による静弾性係数の増加の可能性，圧入孔に充填したグラウト材により劣化した供試体が再び一体性を持ち，部材の剛性が回復する可能性が考えられる．そこで本研究では，反応性骨材を使用した供試体を高温多湿環境下に置くことで意図的にASRを発生させ，劣化した供試体に対してリチウム圧入による補修の長期間にわたる影響について調査するとともに，グラウト材を充填したことによる供試体の剛性への影響について検討する．

2. 実験概要

2.1　使用材料及び配合

セメントに普通ポルトランドセメントを使用し，水セメント比は57%として，普通コンクリート（以下，NC），細骨材および粗骨材の両方に反応性骨材を用いたASRコンクリートの2種類を作製した．反応性細骨材には北海道産の安山岩砕砂を70%使用し，反応性粗骨材には北海道産の安山岩砕石を50%使用した．また，ASRを生じさせるため，アルカリ総量が $12kg/m^3$ となるようにNaClを添加した．

表-1　梁供試体一覧

供試体名	リチウム圧入	削孔	表面被覆	載荷時期
劣化あり	なし	なし	なし	促進513日
		上	なし	
		下	あり	
劣化小	促進81日目 約2000μ	上	あり	
劣化大	促進147日目 約4000μ	上	あり	

2.2　供試体概要

表-1 に梁供試体一覧を **図-1** に，供試体概要と削孔位置の一例（図中斜線が圧入孔)を示す．引張鉄筋に2-D13(f_y=390N/mm^2)，せん断補強筋にはD6を配筋し，せん断支間比を3.10とした．

リチウム圧入の時期を劣化度により設定した．また，リチウム圧入を実施しないものも作製した．ASR供試体はすべて打設28日後から劣化促進室(温度35～40℃，湿度100%)に静置し，劣化促進を開始した．促進81，147日目（膨張量2000μ，4000μ付近の時点)に“劣化小”，“劣化大”へのリチウム圧入をそれぞれ行い，その後再び促進室に戻し，再度ASR促進を行った．

2.3　膨張量測定

コンタクトゲージにて膨張の経時変化を測定した．**図-2** に供試体に埋設したコンタクトゲージ用プラグ位置を示す．

2.4　曲げ載荷試験

等モーメントスパン 300mm，せん断スパン550mmの2点載荷とし，計測項目を，荷重・変位・ひび割れ幅とした．

2.5　圧縮強度試験

円柱供試体一覧を **表-2** に示す．円柱供試体の寸法はφ100×200mmとした．

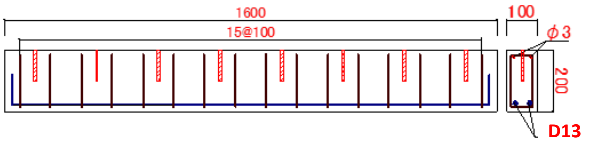

図-1　供試体概要（単位：mm）

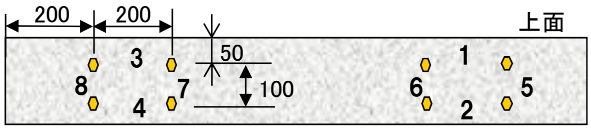

図-2　プラグ位置（単位：mm）

表-2　円柱供試体一覧

供試体名	リチウム圧入	削孔	表面被覆	プラグ	載荷時期
劣化あり	なし	なし	なし	なし	促進513日
				あり	
		あり	なし	なし	
			あり	なし	
劣化小	促進81日目 約2000μ	あり	あり	あり	
劣化大	促進147日目 約4000μ	あり	あり	あり	

3. 実験結果及び考察

3.1　膨張量

梁供試体の載荷直前の促進 513 日における膨張量の測定結果一覧を**図-3** に示す．膨張量は軸方向上側(1，3)，鉛直方向(5～8)，軸方向下側(2，4)の順に大きい．ASR 促進 513 日の時点で，それぞれ 5800～9700μ, 3400～5500μ, 1900～3000μ の範囲だった．これは，軸方向下側は主鉄筋によって軸方向に拘束力が作用し，鉛直方向はスターラップによって拘束力が作用するためである．2000μ 時，4000μ 時にリチウムを圧入した供試体はそれぞれの圧入した時期以降に膨張が収束した傾向がある．このことからも工法適用後 1 年が経過してもリチウムによる ASR 膨張が十分に抑制されていることが確認された．

3.2　圧縮強度試験

昨年度実施した圧縮強度試験結果と ASR 促進 513 日に載荷した円柱供試体の圧縮強度試験結果を合わせたものを**表-3** に示す．リチウム圧入を行った供試体はプラグの有無の影響を加味すると圧縮強度は約 25%，静弾性係数は約 18%大きい．これはリチウムを圧入したことによってゲルが改質した効果の影響であると推測される．表面被覆することによって圧縮強度は約 10%，静弾性係数は約 40%大きい．

3.3　曲げ載荷試験

昨年度実施した曲げ載荷試験結果と ASR 促進 513 日に載荷した梁供試体の曲げ載荷試験時の最大荷重および曲げ剛性の計算値および実験値を**表-4** に示す．**表-4** の計算値は，**表-3** に示したコンクリートの圧縮強度と静弾性係数から求めた．実験値においてリチウム圧入を実施した供試体は最大荷重については少しばらつきが生じているが，曲げ剛性はほぼ同等の値を示しており，リチウム圧入して 1 年が経過しても耐荷性能を保っていると考えられる．また，曲げ載荷中に削孔位置からのひび割れは生じなかったことから，削孔位置の違いによる曲げ剛性に対する影響はないものと考えられる．これは，ASR によってあらかじめ梁にひび割れが生じており，削孔の影響より先にひび割れが進展したためであると考えられる．

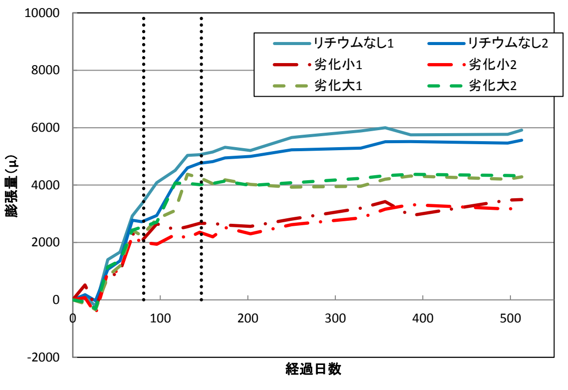

図-3　円柱供試体膨張量変化

4. まとめ

本研究の結果，リチウム圧入を実施した供試体はそれぞれの圧入した時期で膨張が収束傾向にあり，工法適用後 1 年が経過してもリチウムによる ASR 膨張が十分に抑制されていることが確認された．圧縮試験において，リチウム圧入によって圧縮強度，静弾性係数が大きくなり，リチウムによってゲルが改質した効果の影響であると推測される．一方，表面被覆することによって圧縮強度，静弾性係数も大きくなり，これは表面被膜したことによる影響と推測される．また，曲げ載荷試験において，リチウム圧入を実施した供試体は最大荷重については少しばらつきが生じているが，曲げ剛性はほぼ同等の値を示しており，リチウム圧入して 1 年が経過しても耐荷性能を保っていると考えられる．

参考文献

1)　高木雄介，福嶋孝啓，大畑卓也，小林孝一，六郷恵哲：亜硝酸リチウム圧入によって補修した ASR 劣化部材の耐荷性能に関する実験的研究，アップグレード論文報告集，第 14 巻，pp.61-66，2014

表-3　圧縮強度試験結果

供試体名 ASR劣化	削孔	表面被覆	プラグ	圧縮強度 (N/mm^2)	静弾性係数 (kN/mm^2)	リチウム圧入時期	載荷時期
NC	なし	なし	なし	37.8	28.8	なし	打設後28日
劣化あり	なし	なし	あり	32.7	28.8	なし	劣化前
				31.6	8.4		促進81日
				25.3	7.1		促進147日
	なし	なし	なし	24.2	13.7		促進513日
			あり	20.9	11.9		
	あり	なし	なし	22.4	11.5		
		あり	なし	24.5	16.2		
劣化小	あり	あり	あり	31.9	15.7	促進81日目 約2000μ	促進147日
				27.3	18.7		促進249日
				27.7	16.4		促進513日
劣化大	あり	あり	あり	23.0	9.1	促進147日目 約4000μ	促進249日
				26.8	17.1		促進513日

表-4　曲げ載荷試験結果

供試体名	リチウム圧入	削孔	表面被覆	番号	計算値 最大荷重 (kN)	計算値 曲げ剛性(kN・m^2) 初期	計算値 曲げ剛性(kN・m^2) 降伏時	実験値 最大荷重 (kN)	実験値 曲げ剛性(kN・m^2) 初期	実験値 曲げ剛性(kN・m^2) 降伏時	載荷時期
NC	なし	なし	なし	1	58.0	2199	903	61.5	1398	586	打設後28日
				2				61.6	874	686	
劣化あり	なし	なし	なし	1	56.9	794	583	59.9	614	596	促進81日
				2				57.3	892	608	
				3	55.2	697	539	55.8	899	552	促進147日
				4				55.0	756	511	
				5	54.8	1170	713	57.1	723	549	促進513日
				6				58.1	1363	671	
		上	あり	1	54.9	1343	757	56.8	1049	577	
				2				60.8	952	687	
		下		1	54.9	1343	757	57.8	854	612	
				2				58.8	1104	629	
劣化小	促進81日目 約2000μ	上	あり	1	57.0	1308	749	59.8	1219	698	促進147日
				2				58.8	1684	727	
				3	55.8	1514	794	54.0	836	663	促進249日
				4				53.5	1474	724	
				5	56.0	1357	760	57.9	922	755	促進513日
				6				58.3	1331	723	
劣化大	促進147日目 約4000μ	上	あり	1	54.4	844	604	53.5	884	659	促進249日
				2				53.3	1028	729	
				3	55.7	1405	771	57.7	1331	665	促進513日
				4				58.3	707	602	