

ASR が生じた RC はり部材の耐荷性能と CFRP 接着による補強効果の検討

神戸大学大学院 学生員 〇 瀧 靖文 神戸大学大学院 正会員 森川 英典

日立造船 (株) 正会員 岩田 卓 神戸大学大学院 正会員 小林 秀恵

1. はじめに：近年，ASR が生じた構造物に対する補強工法として，炭素繊維シート（以下，CFRP シート）補強を実施する事例が増加している．しかし，CFRP シートを曲げ補強として用いた場合，シートとコンクリートとの界面における剥離が先行し，シート性能が十分に発揮される前に終局に至る可能性がある．より合理的な補強を行うためには，このようなシート剥離機構を把握することが重要であると考えられる．そこで本研究では，ASR が生じた RC はり部材に CFRP 曲げ補強を適用し，その補強効果の検討を行った．

2. 実験概要：図-1 に供試体形状を，表-1 に供試体数を示す．供試体は反応性骨材を用いて作製し，屋外曝露環境下において促進劣化させた．また，CFRP シートは，コンクリート表面に下地処理を施してプライマーを塗布し，パテ施工を行った後に貼り付けた．一方，ASR は同一形状の供試体を用いてもその劣化程度は一樣ではない．そのため，供試体の劣化程度は必ずしも曝露期間に伴わず，曝露期間が短くても劣化程度が大きな供試体を確認された．よって，各供試体はその劣化段階に応じて分類した．表-2 に供試体一覧を示す．なお，同一劣化段階内における供試体名の数字は，1 が最も劣化程度が小さく，3 が最も劣化程度が大きな供試体である．

表-1 曝露期間および供試体数

曝露期間(年)	供試体数(体)	
	無補強	補強
0	1	1
1	1	3
2	1	3
3	1	3

表-2 供試体一覧

劣化段階	供試体名			
	無補強	補強		
Normal	N-1(0)	N-CF-1(0)		
Low	L-1(1)	L-CF-1(1)	L-CF-2(1)	L-CF-3(1)
Middle	M-1(3)	M-CF-1(3)	M-CF-1'(3)	M-CF-3(3)
High	H-1(2)	H-CF-1(2)	H-CF-2(2)	H-CF-3(2)

※ Normal：健全供試体，M-CF-1，MCF-1'：劣化程度同じ
※ () 内の数字は曝露期間

3. 状態評価：表-3 に非破壊検査の結果を示す．測定は，膨張量は図-1 に示した位置において，超音波伝播速度は供試体の軸直角方向と軸方向の2方向について実施した．値は劣化段階毎の平均値である．これより，劣化の進行に伴う膨張量の増加，超音波伝播速度の低下，ひび割れ面積密度の増大が確認できる．また，超音波伝播速度の結果から，供試体軸方向よりも軸直角方向の劣化が著しいことがわかる．同様の結果が，鉛直方向膨張量と軸方向膨張量を比較した場合にも確認されていることから，軸方向鉄筋による拘束効果が劣化の進行程度に影響しているものと考えられる．

表-3 非破壊検査の結果

劣化段階	膨張量(μ)	超音波伝播速度(m/s)	ひび割れ面積密度(cm^2/cm^2)
	鉛直方向	軸直角方向 軸方向	
Low	4143	3499 3718	0.00271
Middle	6324	3392 3758	0.00401
High	6488	3298 3690	0.00476

※ひび割れ面積密度：(ひび割れの長さ×幅) / (供試体面積)

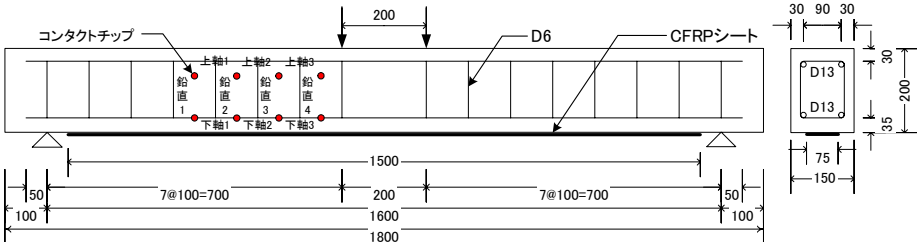


図-1 供試体形状

4. 実験結果

4.1 荷重-変位：図-2 に荷重-変位関係を，表-4 に載荷試験結果を示す．無補強供試体については，健全供試体 N-1 と比較して，全ての劣化供試体において部材降伏荷重が低下している．一方，最大荷重および降伏後変形性能において，劣化の進行に伴う増加傾向が見られた．次に，補強供試体については，健全供試体 N-CF-1 と比較して，全ての劣化供試体において部材降伏荷重が低下している．また無補強供試体と同様に，最大荷重および降伏後変形性能において，劣化の進行に伴う増加傾向が見られた．また耐力比については，

劣化の進行に伴う補強効果の低下はみられず、むしろ向上する傾向が見られた。これより、本研究における劣化程度では ASR 劣化が RC はり部材の耐荷性能低下に及ぼす影響は見られない。

4.2 ひび割れ性状：

図-3 にひび割れ性状を示す。なお、グレーのひび割れは ASR ひび割れを、黒のひび割れは載荷ひび割れを表している。健全供試体 N-CF-1 と比較すると、劣化供試体の載荷ひび割れは載荷点近傍に集中し、ひび割れの分散性の低下が見られる。これより、劣化に伴う引張鉄筋の付着すべりが生じていると考えられる。

4.3 CFRP シート剥離性状：

表-5 に供試体終局時における CFRP シート剥離性状を示す。劣化度 Low 供試体および M-CF-1, M-CF-1'については、シート剥離によって終局に至った。その剥離性状は、顕著なブロック化に起因したブロックの押し下げ効果によるシート剥離と、曲げひび割れに起因したピーリングによるシート剥離であり、それぞれ性状の異なる剥離機構を示した。一方、M-CF-2 および劣化度 High 供試体においては、シート破断が生じた。劣化度が M-CF-2 以上の全ての供試体においてシート破断が生じていることから、ASR 劣化が進行して劣化度が高くなるとシート付着性状が向上し、シート破断に至ることが明らかとなった。

5. まとめ：ASR は同一形状の供試体を用いても

その劣化程度は一様ではなく、曝露期間が短くても劣化程度が大きな供試体を確認された。また、劣化に伴って引張鉄筋の付着すべりが生じ、ひび割れの分散性が低下することが明らかとなった。しかし、本研究の劣化程度では ASR 劣化に伴う力学的性能の低下は確認されなかった。また、劣化が進行するとシート付着性状が向上し、シート破断に至ることが明らかとなった。

【参考文献】 彭丰, 森川英典, 北野剛, 小林秀恵：ASR により劣化進行した RC はりにおける CFRP 補強の適用, コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレード論文報告集, 第 8 巻, pp227-234, 2008.10.

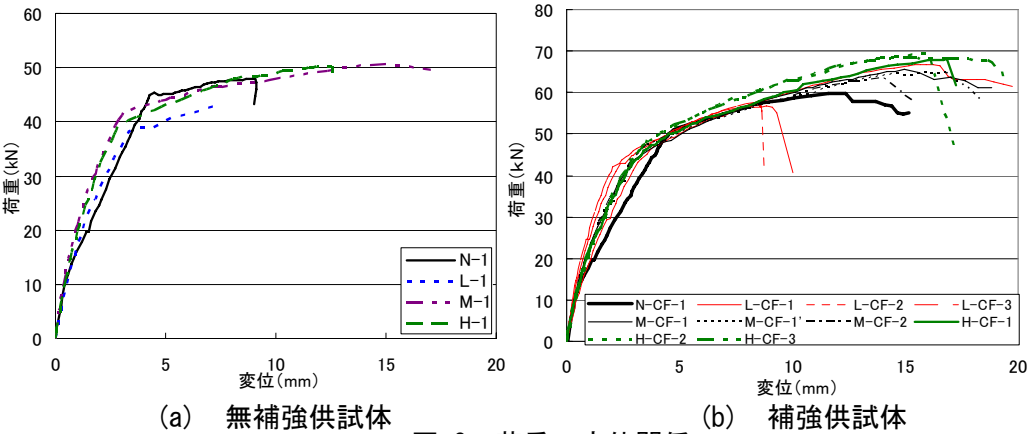


図-2 荷重－変位関係

表-4 載荷試験結果

供試体名	部材降伏時		最大荷重時	
	荷重(kN)	耐力比	荷重(kN)	耐力比
N-1	44.9	1.00	47.9	1.00
L-1	38.1	0.85	42.8	0.89
M-1	42.0	0.94	50.6	1.06
H-1	39.3	0.88	50.3	1.05
N-CF-1	51.1	1.14	59.9	1.25
L-CF-1	42.9	1.12	56.7	1.33
L-CF-2	41.9	1.10	57.6	1.35
L-CF-3	47.0	1.23	66.7	1.56
M-CF-1	44.0	1.05	65.6	1.30
M-CF-1'	47.0	1.12	64.8	1.28
M-CF-2	46.3	1.10	63.3	1.25
H-CF-1	46.1	1.17	68.2	1.36
H-CF-2	48.5	1.23	69.6	1.38
H-CF-3	48.3	1.23	68.6	1.36

表-5 CFRP シート剥離性状

供試体名	シート剥離性状
L-CF-1	剥離(ブロック化)
L-CF-2	剥離(ブロック化)
L-CF-3	剥離(ピーリング)
M-CF-1	剥離(ブロック化)
M-CF-1'	剥離(ピーリング)
M-CF-3	中央部破断
H-CF-1	破断+剥離
H-CF-2	中央部破断
H-CF-3	破断+剥離

※部材降伏=部材剛性が大きく変化した点
※無補強供試体の耐力比= (各供試体) / (N-1 供試体)
※補強供試体の耐力比= (各供試体) / (各シリーズの無補強供試体)

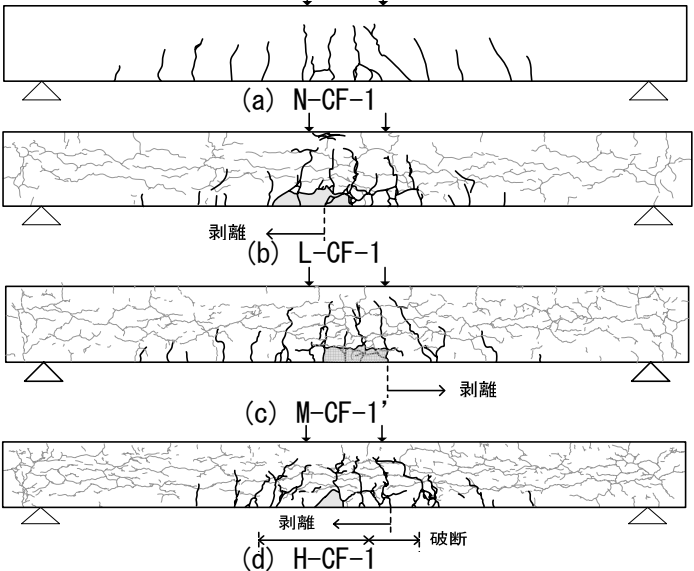


図-3 ひび割れ性状 (補強供試体)