

ASRが生じたコンクリート部材の劣化状態とせん断耐荷性状に関する基礎的検討

神戸大学大学院 学生員 ○西原 知彦
 神戸大学大学院 学生員 王 健

神戸大学大学院 正会員 森川 英典
 大阪府 吉田 雄哉

1. はじめに : 近年, ASR 劣化により定着破壊や付着破壊といった望ましくないせん断破壊形態に支配される可能性が懸念されており, ASR 劣化した構造物の適切な維持管理を行っていくためにも, ASR が生じたコンクリート部材の性能評価は重要であると考えられる. そこで本研究では, ASR が生じたコンクリート部材の劣化状態を評価することに加え, ASR がせん断耐荷性能に及ぼす影響を, 実験結果と比較し解析的検討を行った.

2. 実験概要 : RC はり供試体は反応性骨材を用いて作製し, 一般的な T 型橋脚を模擬し引張鉄筋が上面になるように屋外曝露を行い, ASR 劣化を促進させた. 18 週と 62 週の曝露期間を経過した RC はり供試体において, 非破壊検査および荷重試験を行い, 劣化の程度とせん断耐荷性能の評価を行った. 供試体の一覧を表-1に, RC はり供試体の形状を図-1に示す. また既往の研究から, せん断破壊型の供試体であっても, ASR が生じると, ケミカルプレストレスの影響などによりせん断耐力が増加し, 曲げ破壊が先行することが知られている¹⁾. そこで, 62 週劣化供試体には CFRP シートによる曲げ補強を施した.

表-1 供試体一覧

種類	供試体名	曝露期間
健全	N-1	-
	N-2	
劣化	A-1	18週
	A-2	
	A-3	62週
	A-4	

3. 解析概要: ASR 劣化した RC はりのせん断挙動解析には非線形 FEM 解析プログラム「DIANA」を用いた. 使用した解析モデルを図-2に示す. 解析モデルは既報のものと同様である²⁾. 本研究では, 付着要素を鉄筋-コンクリート間に設け, 鉄筋付着をモデル化した. 本解析における付着入力値を図-3に示す. 付着要素は4直線モデルで近似したものを採用した. また, ASR 劣化に起因する付着すべりを考慮して, 引張強度に対応させて付着応力を半分に減じて適用した. 解析対象供試体における材料特性を表-2に示す.

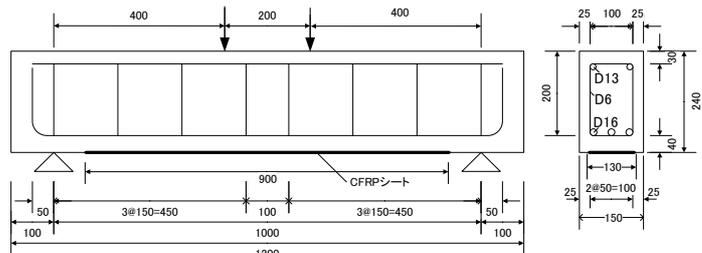


図-1 RC はり供試体の形状

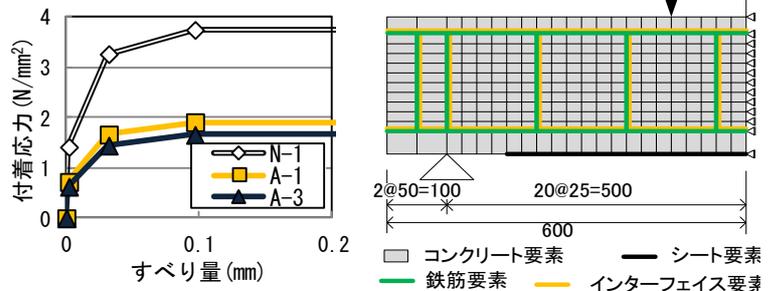


図-3 付着入力値

図-2 片側解析モデル

表-2 材料特性

供試体種類		N-1	A-1	A-3
コンクリート要素	圧縮強度(N/mm ²)	36.0	37.1	30.0
	弾性係数(kN/mm ²)	24.5	25.1	21.3
	引張強度(N/mm ²)	2.51	1.28	1.11
	ポアソン比	0.2	0.2	0.2
	G _F (N/mm)	0.090	0.091	0.084
CFRP シート要素	引張弾性係数(kN/mm ²)	263		
鉄筋種類		引張鉄筋(D16)	圧縮鉄筋(D13)	スターラップ(D6)
鉄筋要素	降伏強度(N/mm ²)	347.7	342.1	285.4
	弾性係数(kN/mm ²)	200	200	200
	降伏ひずみ(μ)	1738.5	1710.5	1427.0

表-3 鉄筋ひずみ(平均値)

供試体名	曝露期間	ひずみ (μ)		
		圧縮鉄筋	引張鉄筋	スターラップ
A-1	18週	54	114	177
A-2		-	119	161
A-3	62週	377	494	1288
A-4		391	424	976

4. 劣化状態の評価
4.1 鉄筋ひずみ : 内部鉄筋に予め貼り付けておいたひずみゲージの計測結果を表-3に示す. 各曝露期間でスターラップのひずみ値が大きく, 次いで引張鉄筋, 圧縮鉄筋となっている. 鉛直方向では拘束鋼材比が小さいため, ひずみが増大しやすいと考えられる.

キーワード ASR, コンクリート部材, 状態評価, せん断, 有限要素法解析

連絡先 〒657-8501 兵庫県神戸市灘区六甲台町 1-1 神戸大学大学院工学研究科 TEL 078-881-1212

4.2 超音波伝播速度: 軸方向および軸直角方向において測定を行った超音波伝播速度の測定結果を図-4に示す。すべての供試体で、軸直角方向の値と比較して軸方向の値が大きいことから、軸方向での劣化は軸直角方向と比較して小さいと考えられる。さらに曝露を続けた62週曝露供試体では、軸方向、軸直角方向ともに伝播速度の値は低下しており、劣化の進展がうかがえる。

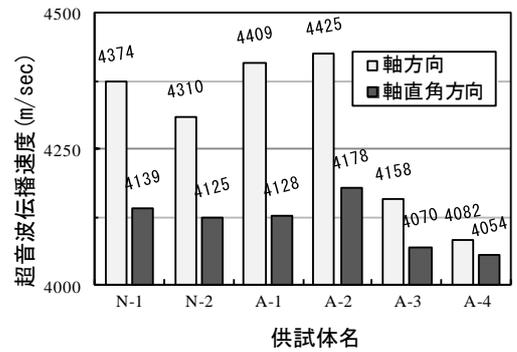


図-4 超音波伝播速度測定結果

5. 解析的検討: 荷重-変位関係を図-5, 6, 7に, ASR劣化供試体の載荷ひび割れ図と解析ひび割れ図を図-8, 9にそれぞれ示す。図-5より健全供試体N-1において, 40kN付近の曲げひび割れ発生による勾配の変化を表現できている。しかし, 80kN近傍からの供試体にひび割れが生じたことによる勾配の変化は表現できていない。これは, 実験値において, 100kN付近からひび割れの発生に伴い鉄筋ひずみが増大し, 挙動が急変したためと考えられる。

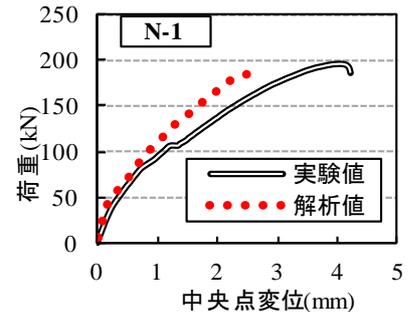


図-5 荷重-変位関係(N-1)

図-6よりA-1において, 初期剛性が若干小さいが, 大まかな挙動は表現できている。図-8より, 供試体中央部での曲げひび割れに加えて, 斜めひび割れも表現できていることがわかる。

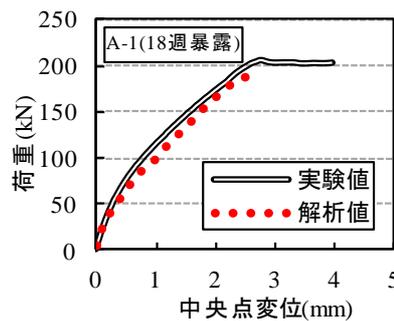


図-6 荷重-変位関係(A-1)

図-7より, A-3の実験値がA-1と比較して大きいことが確認できる。これは, A-3供試体ではCFRPシートによる曲げ補強をされており, 荷重レベルの増加に伴い割裂ひび割れが進展し, 付着すべりによって耐荷機構の一部がトラス機構からアーチ機構に移行したためと考えられる。またA-3は62週と暴露期間が長いので, ASR劣化による引張鉄筋沿いの先行ひび割れが顕著に発生しており, 付着すべりが生じやすい状況であったと考えられる。

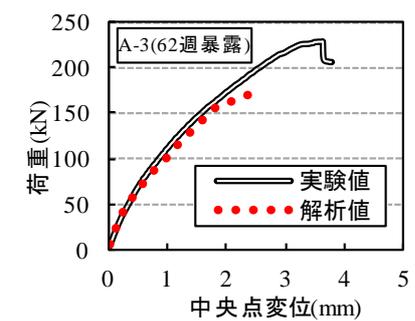
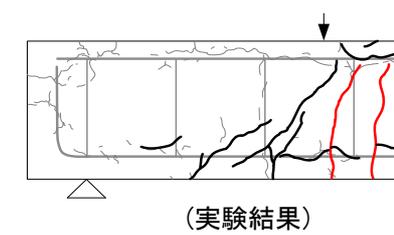
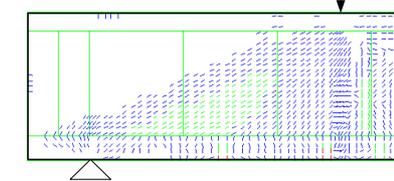


図-7 荷重-変位関係(A-3)

図-9より, CFRPシートによる曲げ補強が曲げひび割れの進展を抑制し, 支点-載荷点上の斜めひび割れを表現できていることが確認できる。しかしながら, ASR劣化に起因する先行ひび割れの影響による引張鉄筋沿いの割裂ひび割れはうまく表現できておらず, 最終的な破壊形態が異なっている。ASRが進行した状況におけるひび割れによる付着低下の影響をさらに検討する必要がある。

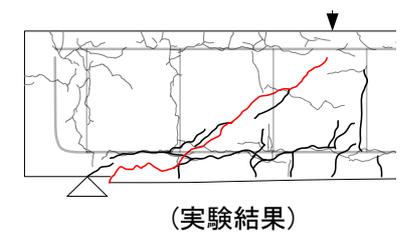


(実験結果)

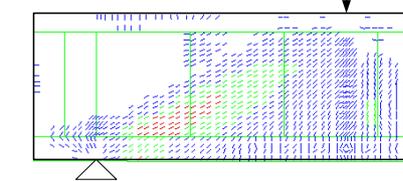


(解析結果)

図-8 ひび割れ図(A-1)



(実験結果)



(解析結果)

図-9 ひび割れ図(A-3)

参考文献: 1)岩田卓, 森川英典, 北野剛, 小林秀恵: ASRにより劣化したコンクリートおよびRC部材の状態評価, 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, pp201~208, 2008.10.

2) 王健, 森川英典: ASRにより劣化したコンクリートおよびRC部材の状態評価, 土木学会第66回年次学術講演会, pp1109~1110, 2011.9.