

ASR および鋼材腐食による複合劣化が生じた RC はり部材の曲げ耐荷特性

大阪工業大学大学院 学生員 ○福谷 祥
 大日本コンサルタント(株) 正会員 田中 秀明
 大阪工業大学工学部 正会員 三方 康弘
 大阪工業大学工学部 正会員 井上 晋

1. はじめに

近年、コンクリート構造物の早期劣化や耐久性低下の事例が多く報告されているため、コンクリート構造物に対する高耐久化や長寿命化が望まれている。また、塩害、ASR、中性化、凍害など単独による劣化現象の研究事例は多いものの、複合劣化の研究は未だ少ないのが現状である。本研究では、塩害、ASR、ASRと塩害の複合劣化ならびに比較用の健全供試体の4種類のはり供試体を用い、鋼材腐食やコンクリート劣化等がRCはり部材の曲げ耐荷特性に及ぼす影響について検討することを目的とする。

2. 付着特性の検証

従来の土木学会規準(JSCE-G503)に基づく付着供試体(小)では、腐食生成物の膨張圧やASRによるケミカルプレストレスの影響を評価することができない。そこで、本研究では、図-1のように後述のはり供試体と同等の断面形状とした付着供試体(大)を作製し、各種劣化における付着力の比較を行った。その試験結果を表-1に示す。最大付着応力の平均値を比較すると、本供試体においては、せん断補強筋を配置することにより各種劣化が進行した場合においても、鉄筋とコンクリート間の付着力が確保されている。これは、腐食生成物の形成による膨張圧やASR膨張によるケミカルプレストレスの作用により付着力が増加したためであると考えられる。

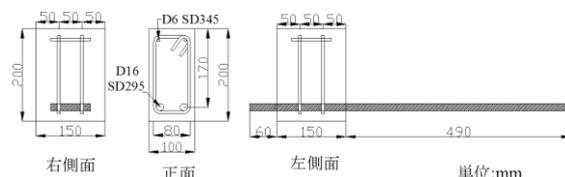


図-1 付着供試体(大)の詳細図

表-1 付着試験結果

供試体名 (劣化の種類)	付着供試体(小) 平均値		付着供試体(大) 平均値	
	最大荷重 (kN)	付着応力 (N/mm ²)	最大荷重 (kN)	付着応力 (N/mm ²)
N-0 (健全)	4.4	9.9	40.9	5.4
C-1 (塩害)	7.4	8.4	51.0	6.8
A-2 (ASR)	6.9	8.0	53.8	7.2
AC-2 (ASR+塩害)	2.2	2.6	59.7	

3. はり供試体の概要

本実験で扱うはり供試体の一覧を表-2に示す。本供試体は図-2に示すような単鉄筋長方形断面を有する全長1800mmのRC単純はり部材を対象として、せん断補強筋を140mm間隔で配置した。せん断補強筋にはD6(SD346A)の端部135°フック付閉合スターラップを用いた。また、各種の供試体ごとに主鉄筋の両端180°フックを有する供試体と付着力の低下が曲げ耐荷挙動に及ぼす影響を検討するために180°フックによる定着を有しない供試体を作製した。なお、養生条件については、C、AC供試体には養生開始1年目から濃度3%の塩水散布を行い、A供試体には養生開始1年目から、AC供試体には養生開始2年目から促進環境下(温度40°、相対湿度90%)に移し、促進養生を実施した。載荷試験ではせん断スパンを600mm、曲げスパンを300mmとし、対称2点集中荷重載荷を行い、破壊に至るまで単純漸増型載荷とした。

表-2 はり供試体一覧

供試体	名称	劣化の種類	養生年数	作製年度	載荷年度
N	N-0	健全	0	2011	2011
	N-F-0		0	2011	2011
C	C-1	塩害	1	2010	2011
	C-F-1		1	2010	2011
A	A-2	ASR	2	2010	2012
	A-F-2		2	2010	2012
AC	AC-2	塩害+ASR	2	2009	2011
	AC-F-2		2	2009	2011

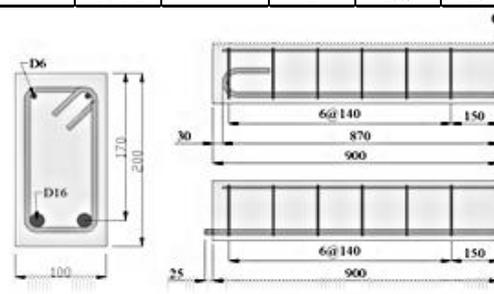


図-2 はり供試体の詳細図

キーワード：ASR、塩害、複合劣化、鋼材腐食、ケミカルプレストレス

連絡先：〒535-8585 大阪府大阪市旭区大宮 5-16-1 TEL 06-6954-4109

4. 劣化状況

はり供試体のひび割れ密度および主鉄筋の質量減少率を表-3に示す。C供試体は養生期間が1年であったため、ひび割れ密度、質量減少率ともに小さかった。A供試体とAC供試体の質量減少率を比較すると、AC供試体の方が大きい値となった。一方、ひび割れ密度はA、AC供試体ともに同程度であったが、A供試体は幅1.0mmを超えるひび割れが多く見られる傾向にあった。

5. 最大耐力と破壊形式

各供試体の最大荷重、曲げ破壊荷重計算値を表-4に示す。なお、曲げ破壊荷重の計算値は、載荷試験終了後の供試体から腐食鉄筋を取出して引張試験を行い、みかけの鉄筋の降伏強度(公称断面積を用いて算出)からファイバー法により算出した。また、ケミカルプレストレスの影響は考慮していない。

全ての供試体において実測値が計算値を上回る結果となった。破壊形式は全て曲げ引張破壊に至った。A-2供試体は他の供試体と比較し、最大荷重が最も小さい値となった。これは、ASR膨張により生じたひび割れから劣化因子が侵入し、主鉄筋が腐食したためであると考えられる。また、A、AC供試体はケミカルプレストレスの影響により、せん断スパンにせん断ひび割れが生じず、曲げスパンに破壊が集中する挙動を示した。

6. 荷重-中央変位関係

6.1 フック無し供試体

フックを有しない供試体の荷重-中央変位関係を図-3に示す。初期剛性はいずれの供試体もほぼ同様の挙動を示した。また、A-2供試体にはN-0供試体と比較して、主鉄筋の腐食の影響により、最大荷重が低下した。

6.2 フック有り供試体

フックを有する供試体の荷重-中央変位関係を図-4に示す。健全供試体と比較し、初期剛性は劣化を生じた供試体のほうが大きくなる挙動を示した。これは、腐食生成物やASRによる膨張をせん断補強筋や両端のフックが拘束したことで初期剛性が増加した可能性が考えられる。また、養生年数2年目のASR供試体と複合劣化供試体を比較すると、複合劣化供試体の方が、最大荷重以降の同一荷重時における変位量が小さくなる挙動を示した。これは、組立て筋に沿った腐食ひび割れや、ASRによるひび割れにより、曲げ圧壊部のかぶりコンクリートの拘束効果の低下によるものと考えられる。

7. まとめ

腐食生成物やASRの膨張圧による初期剛性の増加は、フックを有する供試体に顕著に表れた。本研究で対象とした程度の劣化状況であれば、大幅な最大荷重の低下は見られなかった。しかし、フックを有しないASR供試体のように、主鉄筋沿いに幅1.0mm以上のひび割れが見られた場合、その影響により早期段階での降伏挙動を示すことが確認された。今後、更に劣化を促進させた供試体で実験を継続する必要がある。

表-3 はり供試体の劣化状況

供試体	名称	質量減少率 (%)	ひび割れ密度の合計 (mm ²)			総ひび割れ密度 (mm ²)
			幅0.2mm未満	幅0.2~1.0mm	幅1.0mm以上	
C	C-1	1.89	2.29	0.00	0.00	2.29
	C-F-1	1.47	0.67	1.41	0.00	2.08
A	A-2	3.03	16.77	5.30	0.76	22.83
	A-F-2	3.25	16.70	3.06	0.39	20.15
AC	AC-2	3.65	15.44	4.56	0.08	20.07
	AC-F-2	3.93	17.30	5.78	0.00	23.09

表-4 載荷試験結果

名称	最大荷重 Pu (kN)	曲げ破壊荷重計算値 Pub ^{*1} (kN)	せん断破壊荷重計算値 2Vy (kN)	せん断耐力計算値 (kN)			破壊形式
				Vy	Vs	Vc	
N-0	73.25	64.76	100.47	50.24	29.13	21.11	曲げ引張
N-F-0	69.82	64.76	100.47	50.24	29.13	21.11	
C-1	71.78	65.74	100.74	50.37	29.13	21.24	
C-F-1	75.21	63.84	100.74	50.37	29.13	21.24	
A-2	64.92	62.26	99.46	49.73	29.13	20.60	
A-F-2	68.35	58.10	99.46	49.73	29.13	20.60	
AC-2	69.82	63.70	100.60	50.30	29.13	21.17	
AC-F-2	68.35	60.79	100.60	50.30	29.13	21.17	

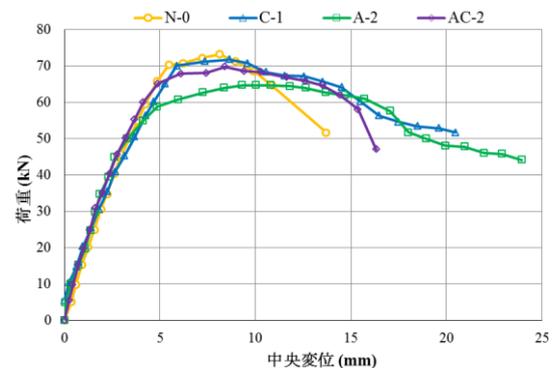


図-3 荷重-中央変位関係 (フック無し)

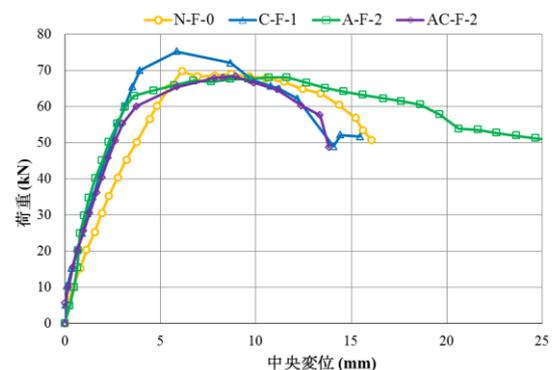


図-4 荷重-中央変位関係 (フック有り)