

ASR と鋼材腐食による複合劣化が生じた RC はりの曲げ耐荷挙動に関する研究

中日本ハイウェイ・エンジニアリング東京(株) 正会員 ○島津 祥徳 大阪工業大学大学院 学生員 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耐久性低下の事例が多く報告されている。そのため、ASR や塩害などの単独劣化の知見は蓄積されつつあるものの、複合劣化の知見は未だ少ないのが現状である。そこで、本研究では、ASR と鋼材腐食の複合劣化が生じた RC はり部材の経時的変化や曲げ耐荷特性について検討した。

2. 実験概要

本研究では、図-1に示す単鉄筋長方形断面を有する全長1800mmのRCはり部材を用いて、設計基準強度を24N/mm²、せん断補強筋比を0.46%(S=140mm)とした。なお、主鉄筋に2-D16($f_{sy}=354\text{N/mm}^2$)を用い、片側の主鉄筋にひずみゲージを添付するために幅×深さ=2×4mmの溝を掘った鉄筋($f_{sy}=354\text{N/mm}^2$)を用いた。せん断補強筋にD6($f_{sy}=426\text{N/mm}^2$)を用いた。実験要因として、劣化の種類を健全(以下、Nシリーズと記す)、ASR単独の劣

化(以下、Aシリーズと記す)、鋼材腐食単独の劣化(以下、Cシリーズと記す)、ASRと鋼材腐食の複合劣化(以下、ACシリーズと記す)の計4種類を選定し、主鉄筋に両端180°フックを有する供試体とフックを有しない供試体を1体ずつ作製し、これらの要因の組合せにより供試体を8体作製した。その詳細を表-1に示す。供試体は4週間湿潤養生後、Aシリーズ供試体は促進養生(40°C、相対湿度95%程度)、Cシリーズ、ACシリーズ供試体は3%濃度の塩水の散布養生を実施した。載荷試験方法は、 $a/d=3.53$ とした対称2点集中荷重方式とし、破壊に至るまで単調漸増型載荷とした。

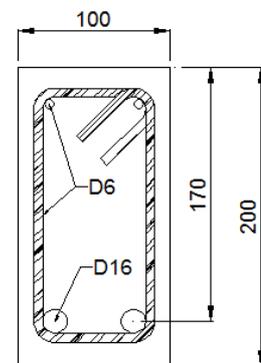


図-1 断面図 (単位: mm)

表-1 各供試体の詳細と質量減少率および試験結果

シリーズ	供試体名	劣化の種類	フックの有無	養生年数	主鉄筋の質量減少率	計算値*1		実測値	破壊形式
						曲げ破壊荷重	せん断破壊荷重	最大荷重	
						P_{ub}	P_{us}	P_u	
				年	%	kN	kN	kN	
N	N	健全	無	0	-	62.7	86.7	76.9	曲げ引張
	N-F		有	0	-	62.7	86.7	75.2	
A	A-2	ASR単独の劣化	無	2	3.22	61.0	86.2	75.2	
	A-F-2		有	2	5.45	60.9	86.2	74.7	
C	C-1	鋼材腐食単独の劣化	無	1	1.99	62.5	87.9	67.8	
	C-F-1		有	1	5.07	67.1	87.9	73.3	
AC	AC-2	ASRと鋼材腐食の複合劣化	無	2	4.52	63.5	91.4	65.2	
	AC-F-2		有	2	7.66	63.3	91.4	67.4	

*1: 実材料強度を用いて、ファイバー法により曲げ破壊荷重、土木学会のせん断耐力算定式によりせん断破壊荷重を算定した。なお、鉄筋の降伏強度の算定に用いる鉄筋の断面積は公称断面積を用いた。

キーワード ASR, 鋼材腐食, 複合劣化, 曲げ耐荷特性, RC はり部材

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

3. 経時的変化

各供試体の質量減少率を表-1に示す。また、荷重試験直前のひび割れ発生状況を図-2に示す。なお、曲げ供試体の自由膨張量は、Aシリーズ供試体で5824 μ 、ACシリーズ供試体で2298 μ の膨張量を有していた。

表-1および図-2より、ACシリーズ供試体は、Aシリーズ、Cシリーズ供試体と比較して、質量減少率が大きく、鉄筋沿いのひび割れ幅の開口が顕著に見られた。このことより、複合劣化が生じた場合、ASR劣化の進行は顕著でなくても、鉄筋沿いに生じたひび割れから、水分や酸素および塩化物イオンの供給が促進され、鋼材の腐食が進行し、鉄筋沿いのひび割れ幅が顕著に増加するものと考えられる。

4. 最大荷重と破壊状況

各供試体の荷重試験結果および各耐力計算値を表-1、終局時のひび割れ状況を図-2に示す。

ACシリーズ供試体は、Aシリーズ、Cシリーズ供試体と比較して、最大荷重および荷重ひび割れの本数が低下した。これは、ACシリーズ供試体が鋼材腐食により鉄筋断面積が減少したことやAシリーズ供試体と比較して自由膨張量が小さく、ケミカルプレストレスの影響が少なかったことから最大荷重が低下した。また、鋼材腐食によりひび割れ分散性が低下したことやケミカルプレストレスの影響により、斜めひび割れの発生を抑制し、荷重時のひび割れの本数が減少したものと考えられる。

5. 変形性能

荷重-中央変位関係の一例を図-3、荷重-コンクリート圧縮ひずみ関係の一例を図-4に示す。

図-3より、AC-F-2供試体は、A-F-2供試体と比較して、最大荷重時の変位が低下した。また、図-4より、同一荷重時におけるコンクリート圧縮ひずみが大きくなった。これは、ひび割れ分散性が低下したことやケミカルプレストレスの影響により、せん断ひび割れの発生を抑制したことから、曲げスパン部に変形が集中したため、同一荷重時における曲げスパン内のコンクリートの圧縮縁のひずみが大きくなり、最大荷重時の変位が低下したものと考えられる。

6. まとめ

複合劣化を生じた供試体は、ASR劣化が顕著でなくても、鋼材の腐食が進行し、鉄筋に沿ったひび割れ幅

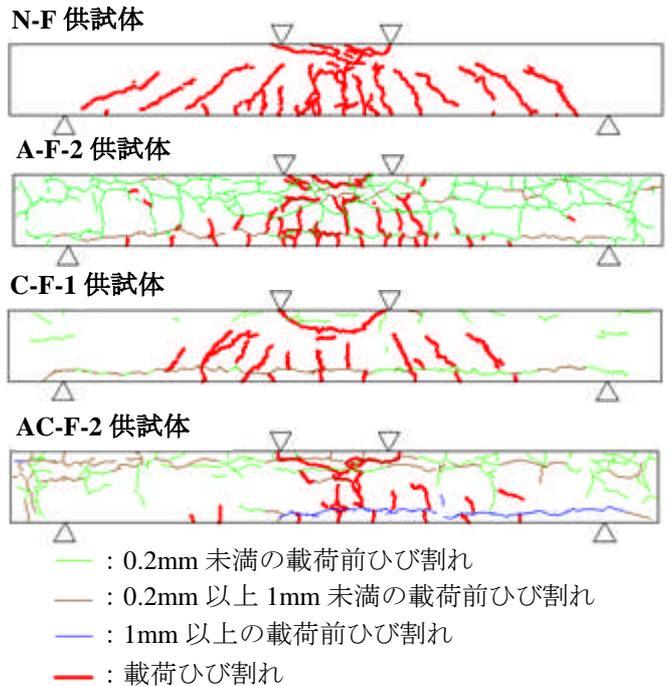


図-2 ひび割れ図の一例

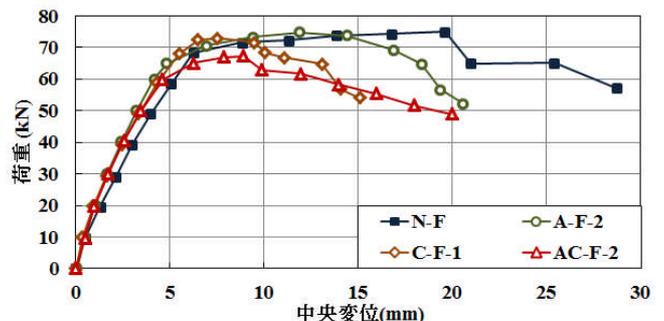


図-3 荷重-中央変位関係

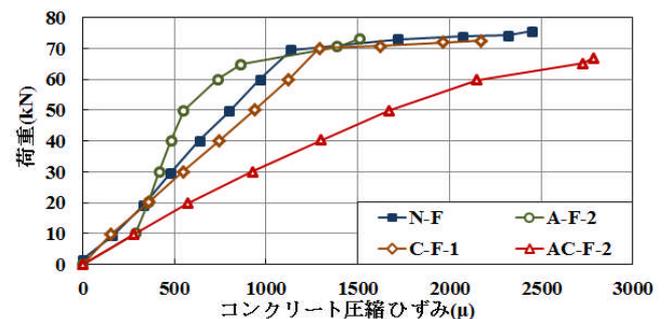


図-4 荷重-コンクリート圧縮ひずみ関係

が顕著に増加する場合があります。また、ASR単独の劣化を生じた供試体と比較して、ASRや鋼材腐食の影響により、ひび割れ分散性が低下することやケミカルプレストレスの影響により、せん断ひび割れの発生を抑制することから、曲げスパン部に変形が集中し、最大荷重時の変位が低下するものと考えられる。

謝辞

本研究は科学研究費補助金（基盤研究(A)，課題番号：21246072）により実施した。ここに謝意を表します。