

鉄筋腐食を生じた RC 梁の残存せん断耐荷性能に関する研究

中央大学 学生会員 董 衛
 中央大学 学生会員 池田 春樹
 中央大学 正会員 村上 祐貴
 中央大学 正会員 大下 英吉

1. はじめに

近年、鉄筋腐食による鉄筋コンクリート構造物（以下 RC 構造物と称する）の経年劣化に伴う性能低下が問題となっており、RC 構造物の現有の構造性能を定量的に評価可能とする手法の確立が急務の課題である。RC 構造物に生じる劣化現象は多岐にわたるが、特に、鉄筋腐食劣化は比較的起こり易い劣化現象であることに加えて、構造性能に直接影響を及ぼす場合が多く、鉄筋腐食を生じた RC 梁部材の耐荷性能の手法の確立は重要な位置付けにある。

そこで本研究では、鉄筋腐食が RC 梁部材のせん断耐荷性能に及ぼす影響評価を目的として、鉄筋腐食を生じた RC 梁部材のせん断耐荷性能について、主鉄筋とコンクリートの付着性能に観点から検討を実施した。

2. 実験概要

2.1 供試体

試験体の形状と寸法および配筋を図 - 1 に示す。試験体は $240 \times 340 \times 2400\text{mm}$ の RC 梁部材であり、せん断破壊が先行する構造諸元である。引張主鉄筋には D22 (SD345A) 異形鉄筋を 3 本配筋し、定着筋には D6 (SD295A) 異形鉄筋を用いた。以下、3 本の主鉄筋はそれぞれ L 鉄筋、M 鉄筋、R 鉄筋と称することとする（図 - 1 参照）。

コンクリートの配合を表 - 1 に示す。なお、練り混ぜ水には鉄筋腐食を促進させるため、5%NaCl 水溶液を使用した。

2.2 電食試験方法

本実験では、腐食試験方法として、電食試験法を採用した¹⁾。試験体を 5%NaCl 水溶液を満たした水槽内に浸漬し、鉄筋を陽極側、銅板を陰極側に接続し、直流定電流 20A を通電した。主鉄筋の腐食率は主鉄筋を 50mm 間隔に切断し、

計測した。

2.3 実験パラメータ

実験パラメータを表 - 2 に示す。SS シリーズは、腐食水準を 0%、10%および 20%の 3 水準とした。SF シリーズは、試験体端面において、主鉄筋をプレートにより固定することで、完全定着状態とした。さらに、試験体 SF-0N は支点間の付着を完全に除去した。付着の除去は鉄筋の節をロウで埋めて凹凸を除去した後、表面にビニールテープを巻きつけ、グリスを塗布することで行った。

2.4 載荷試験および測定項目

載荷試験は、図 - 1 に示すように、載荷点間隔 350mm、支点間距離 1800mm とした静的 4 点曲げ載荷試験であり、載荷速度は 0.5(mm/min)である。たわみ量の測定は、変位計 (1/100mm)をスパン中央部の 3 箇所に設置して実施した。試験体共通の測定項目は荷重、中央変位と主鉄筋ひずみである。

3 実験結果

3.1 実測腐食状況

表 - 3 に各試験体の主鉄筋の平均腐食率を示す。主鉄筋全体の平均腐食率は、いずれの試験体も目標腐食率に近い値を示した。

3.2 破壊性状

表 - 3 に各試験体の終局耐力ならびに破壊モードを示す。また、図 - 2 に試験体 SS シリーズおよび SF シリーズ試験体の荷重と中央変位の関係を示す。

まず、SS シリーズ試験体であるが、鉄筋が非腐食である試験体 SS-0 は荷重が約 200kN の時点で斜め引張破壊を生じ、設計せん断耐力とほぼ同じであった。一方、腐食試験

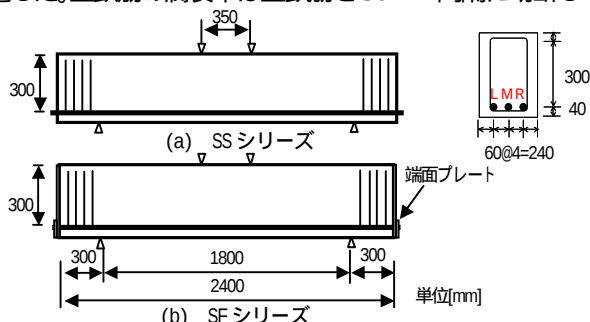


図 - 1 試験体の形状と寸法

表 - 1 コンクリートの配合

Gmax (mm)	W/C (%)	SL (cm)	Air (%)	単位量(kg/m ³)					
				W	C	S	G	混和剤	NaCl
20	60	10	5	168	280	826	996	2.8	8.8

表 - 2 各試験体のパラメータ

シリーズ	試験体名	目標腐食率 (%)	積算電流量 (hr·A)	せん断補強 筋間隔:s	定着長 (mm)
SS	SS-0	0	-	定着筋4本	300
	SS-10	10	4283	定着筋4本	
	SS-20	20	9343		
SF	SF-0B	0	-		300+プレート
	SF-0N				

キーワード 鉄筋腐食、アーチ耐荷機構、せん断耐荷性能

連絡先 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学大学院理工学研究科土木工学専攻 TEL 03-3817-1892

表 - 3 試験体の腐食率、破壊荷重および破壊モード

シリーズ	圧縮強度 (N/mm ²)	主鉄筋腐食率 (%)				変動係数	最大荷重 (kN)	破壊モード
		L	M	R	平均			
SS	32.8						199.5	斜め引張
	29.2	9.21	8.28	8.42	8.64	0.39	284	付着割裂
	31.2	21.75	8.32	15.35	15.14	0.53	251.2	付着割裂
SF	32.1						180.5	斜め引張
	28.0						360.3	曲げ

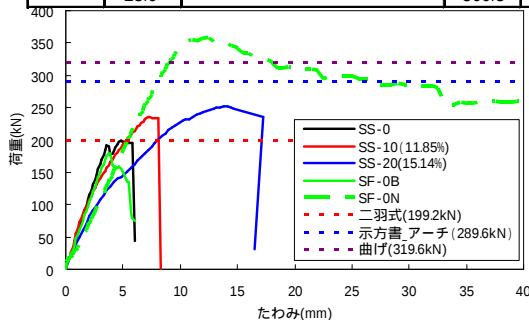


図 - 2 荷重と中央変位(SS・SFシリーズ)

体においては、破壊形態は付着割裂破壊であるが、耐力は非腐食試験体より大きい値を示し、鉄筋腐食によってせん断耐力は、むしろ増加した。

次に、主鉄筋を試験体端面において、プレートにより固定した SF シリーズに関しては、試験体 SF-0B では荷重が約 180kN の時点で斜め引張破壊を生じた。一方、試験体 SF-0N では、図 - 2 に示すように、主鉄筋は降伏に至り、破壊は延性的な挙動を示した。また、その最大荷重は約 360kN と、試験体 SF-0B に比べて約 180kN 大きく、せん断スパンの付着を除去したことにより耐力は大幅に増加した。試験体 SF-0N の破壊ひび割れ性状は、他の試験体と明らかに異なり、せん断スパンに斜めひび割れは発生しておらず、等曲げ区間において、圧壊を生じた。これは、試験体 SF-0N におけるせん断耐荷機構が、支点間の付着がないことにより、アーチ耐荷機構であったためである。

このように SS シリーズでは主鉄筋の腐食に伴い、耐力は鉄筋が非腐食の時よりも増加した。また、試験体 SF-0N および試験体 SF-0B の破壊性状の比較から、支点間の付着の有無がせん断耐荷性能に大きな影響を及ぼすことが確認された。

3.3 鉄筋のひずみ分布性状

図 - 3 および図 - 4 に試験体 SF-0B および SS-10 試験体の各荷重レベルにおけるひずみ分布性状を示す。横軸は試験体左端からの距離である。同図に示すように斜め引張破壊を生じた試験体 SF-0B のひずみ分布は、上に凸の放物線形状を示した。また、破壊に至るまで定着領域におけるひずみはほとんど生じておらず、定着領域まで荷重伝達がなされていないことが確認される。これに対して、試験体 SS-10 のひずみ分布性状は荷重が約 150kN の時点において、支点間のひずみ勾配が緩やかとなり、荷重の増加にしたがい、一様化した。さらに、支点間のひずみの一様化するとともに、破壊側の定着領域におけるひずみが急激に増加し

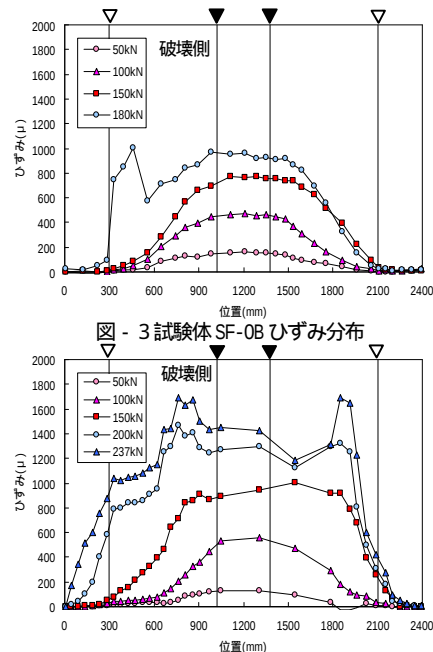


図 - 4 試験体 SS-10 ひずみ分布

ている。このような支点間における鉄筋ひずみの一様化は、主鉄筋とコンクリートの付着応力が消失したこと起因する。すなわち、SS シリーズ腐食試験体は、腐食に伴う鉄筋の断面減少およびかぶりコンクリートに発生した腐食ひび割れによって、せん断スパンの付着性能が低下し、せん断スパンの鉄筋力が一様な状態になり、試験体 SF-0N のように、断面内における平面保持が成立せず、アーチ耐荷機構によってせん断耐力に対して抵抗したものと考えられる。しかしながら、定着性能は不完全であることから、アーチ機構の形成は不十分となり、試験体 SF-0N に比べて耐力は小さい値を示したものと考えられる。したがって、試験体 SF-0N のように定着が十分に確保されていれば、強固なアーチリブが形成され、せん断耐力は大幅な増加を示すものと考えられる。

4. 結論

本研究は鉄筋腐食を生じた RC 梁部材のせん断耐荷性能に及ぼす鉄筋腐食の影響を評価したものである。以下に本研究で得られた知見を示す。

- (1) 鉄筋腐食を生じた RC 梁部材のせん断耐荷力は、せん断スパンの付着が低下するとともに、定着性能が十分に確保された状態であれば、鉄筋が非腐食時よりも増加する。
- (2) 鉄筋腐食を生じた RC 梁部材のせん断耐荷力は、主鉄筋の平均腐食率では評価できず、鉄筋とコンクリートの付着応力性状、特に定着性能に基づいた耐力評価が必要であると考えられる。

参考文献

- (1) 村上祐貴, 木下哲秀, 鈴木修一, 福本幸成, 大下英吉: 鉄筋腐食を生じた RC 梁部材の残存曲げ耐力性状に関する研究, コンクリート工学論文集, Vol.17, No.1, pp.61-74, 2006.1