

鉄筋腐食を生じた RC 梁部材の残存曲げ耐力性状に及ぼすせん断補強筋の影響評価に関する研究

中央大学 学生会員 福井 亨平
 中央大学 学生会員 村上 祐貴
 中央大学 山内 佑樹
 中央大学 正会員 大下 英吉

1. はじめに

近年、コンクリート構造物性能照査体系が重要視され、このような背景から、鉄筋腐食が残存耐力に及ぼす影響に関する研究は盛んに行われている。しかしながら、残存耐力を定量的に評価する手法は確立されていないのが現状である。

著者ら¹⁾は定着フックおよび、せん断補強筋を有しない RC 梁部材において、梁全長にわたり鉄筋腐食を生じた場合、耐力は大幅に低下することを報告した。しかしながら、一般に構造物には、各種補強筋が配筋されており、この種の RC 構造物に対しても鉄筋腐食が RC 梁部材の残存耐力に及ぼす影響評価を行うことは重要である。

そこで本研究では、せん断補強筋を有する RC 梁部材の残存耐力、破壊性状、を評価するとともにせん断補強筋を有しない RC 梁部材との比較検討を実施した。

2. 実験概要

2.1 供試体

試験体の形状寸法および配筋を図-1 に示す。鉄筋は D16 異形鉄筋 (SD295A) を引張側のみに 60mm 間隔で 3 本 (L, M, R) 配置し、せん断補強筋 (D6, SD295A) を 80mm 間隔で 26 本配筋した。また、載荷試験日における材齢は 36 日とした。配合は、表-1 に示す通りである。なお、練混ぜ水には 5%NaCl 溶液を使用した。

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 とした静的二点曲げ載荷試験であり、載荷速度は 0.5 (mm/min) である。

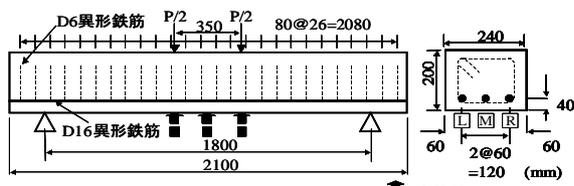


図-1 試験体概要

表-1 コンクリートの配合

Gmax (mm)	W/C (%)	スランプ (cm)	空気量 (%)	単位量 (kg/m ³)				
				水	セメント	細骨材	粗骨材	混和剤
20	60	10	5	168	280	826	996	2.80

2.2 電食試験方法

腐食試験方法には、電食試験法を採用した。その具体的な方法は、5%NaCl 水溶液を満たした水槽内に試験体を浸漬し、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。

2.3 実験パラメータ

実験パラメータは、表-2 に示すように鉄筋の腐食率であり、目標腐食率は、0% (健全)、5%、10%および20%の4水準である。試験体名称の S はせん断補強筋の有無を表しており 0 は無し、1 は有りである。また、後の数字は目標腐食率を表している。なお、S0 シリーズの実験結果については著者らは既に報告している¹⁾。また、同表には各試験体に配筋した3本の鉄筋の平均腐食率および総平均腐食率を示す。

表-2 実験パラメータおよび腐食率一覧

シリーズ	試験体名	せん断補強筋	目標腐食率	圧縮強度 (N/mm ²)	実測腐食率 (%)			
					L	M	R	総平均
S0 ¹⁾	S0-0	無し	0%	30.8				
	S0-10		10%	31.6	10.2	9.5	10.3	10.0
	S0-20		20%	35.5	18.6	18.4	18.8	18.6
S1	S1-0	有り	0%	27				
	S1-5		5%	29.6	3.7	3.5	3.7	3.7
	S1-10		10%	26.5	12.6	15.7	12.8	13.7
	S1-20		20%	27.2	17.2	13.7	16.7	15.9

2.4 測定項目

測定項目は、荷重、たわみ量、鉄筋の軸方向ひずみ、コンクリート圧縮縁における軸ひずみ、ひび割れ開口幅およびひび割れ進展状況である。たわみ量の測定は、変位計 (1/100mm) を図-1 に示す荷重載荷点およびスパン中央部の3箇所に設置して実施した。

3. 曲げ載荷試験結果

3.1 破壊性状

図-2 (a), (b) にそれぞれ S0 シリーズ, S1 シリーズにおける各試験体荷重とスパン中央におけるたわみの関係を示す。

まず、同図 (a) に示す S0 シリーズであるが、健全な鉄筋を有する試験体 S0-0 においてはピーク荷重は 95.0kN であった。これに対し腐食試験体のピーク荷重は、S0-10 は 53.1kN, S0-20 は 34.3kN と、鉄筋の腐食に伴い S0-0 に比べて大幅に耐力が低下した。

次に S1 シリーズにおいては、健全鉄筋を有する試験

キーワード 鉄筋腐食, 残存曲げ耐力, せん断補強筋

連絡先 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学理工学部 TEL 03-3817-1892

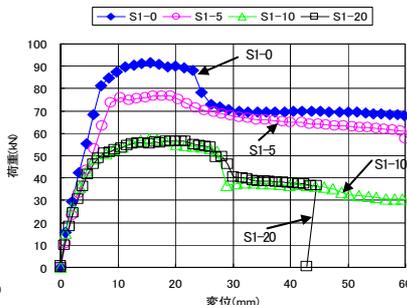
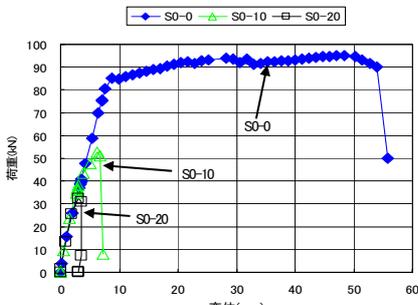


図-2 荷重変位関係

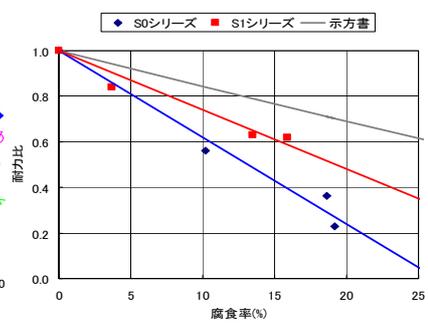


図-3 耐力比

体 S1-0 ではピーク荷重は 91.7kN であり、ピーク荷重はせん断補強筋を有しない試験体 S0-0 と比べほぼ同様の値であった。

一方、腐食鉄筋を有する試験体 S1-10 のピーク荷重は 57.9kN であり、試験体 S1-20 においては 56.7kN であった。

このように S1 シリーズにおいても、鉄筋の腐食に伴い耐力は低下した。しかしながら、その低下量は S0 シリーズと比べて小さい。また、各腐食試験体の破壊性状に着目すると、S0 シリーズ腐食試験体は脆性的な破壊挙動を示したことにに対し、S1 シリーズは、延性的な破壊性状であった。このことは、S0 シリーズ腐食試験体の破壊モードがいずれの試験体においても付着割裂破壊であったことに対して、S1 シリーズ腐食試験体においてはいずれも曲げ引張破壊であったことに起因する。

このように、せん断補強筋の有無により、腐食試験体の破壊モードは異なる結果となった。すなわち、せん断補強筋によるコンファインド効果により、S1 シリーズ腐食試験体は、鉄筋の抜け出し挙動が抑制され、付着割裂破壊を生じず、その結果、破壊性状は延性的な挙動を示したわけである。

3.2 せん断補強筋が RC 梁の耐力に及ぼす影響評価

図-3 に鉄筋腐食率と各試験体の耐力比の関係を示す。ここで、腐食率は 3 本の鉄筋の平均腐食率であり(表-2 参照)、耐力比とは腐食試験体の耐力を鉄筋が健全な試験体の耐力で無次元化したものである。また、同図には両シリーズにおける耐力比の近似直線も併せて示す。また、腐食による断面減少および鉄筋降伏応力の低下を考慮して、コンクリート標準示方書に基づき算出した結果も図中に示す²⁾。その算出方法であるが、コンクリートの圧縮強度には表-2 に示す各試験体の圧縮強度の平均値 (29.7N/mm²) を用いた。また腐食率の異なる鉄筋に対して引張り試験を実施したところ腐食率が 1%増加するに当たり降伏応力が 3.4N/mm² 低下した。降伏応力はこの実験結果に基づき各腐食試験体の降伏応力を決定した。なお、材料係数および部材係数はいずれも 1.0 である。

図-3 に示すように、S0, S1 いずれのシリーズにおいても腐食率が大きくなるに伴い耐力比はほぼ直線的に低下している。また、同一腐食率に対する耐力比は、S0 シリーズに比べて S1 シリーズの方が大きい。これは S1 シリーズ試験体においては、せん断補強筋によるコンファインド効果の影響により、S0 シリーズ腐食試験体に生じたような鉄筋の抜け出し挙動に伴う付着割裂破壊が生じなかったためである。しかしながら、せん断補強筋の影響により、S0 シリーズに比べ耐力比の低下は抑制されたものの、示方書算定値と比較すると、耐力の低下率は大きいことが分かる。

以上の結果から、せん断補強筋は鉄筋腐食に伴う RC 部材の耐力低下を大幅に抑制することが明らかとなった。しかしながら、本実験のように梁全長にわたり付着劣化が生じている場合、材料的劣化のみを考慮した評価は困難であり、材料的劣化に加えて、腐食に伴う付着劣化性状や腐食ひび割れ性状を考慮した評価が必要であると考えられる。

4. 結論

本研究では、梁全長にわたり鉄筋が腐食した RC 梁部材の残存曲げ耐力に及ぼすせん断補強筋の影響に関する評価を行った。以下に本研究で得られた知見を要約する。

- 1) 梁全長にわたり鉄筋が腐食した RC 梁部材の残存耐力は、せん断補強筋が配筋されている場合、そのコンファインド効果により、せん断補強筋を有しない場合に比べて向上する。その結果、付着割裂破壊を生じず、破壊挙動は延性的である。
- 2) 梁全長にわたり、鉄筋腐食を生じた RC 梁部材の残存耐力は、鉄筋の断面欠損量のみを考慮した評価は困難であり、付着応力性状に加えて腐食ひび割れ性状を考慮する必要がある。

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，第 17 巻，第 1 号，2005.1
- 2) 土木学会：コンクリート標準示方書 [構造性能照査編]，2002 年