

神戸大学 学生会員 ○田中 敦士
神戸大学 正会員 三木 朋広

1. 研究背景と目的

既設の鉄筋コンクリート (RC) 構造物を適切に維持管理するためには、劣化した RC 部材の耐力や変形性能の評価手法が求められる。本研究では、鉄筋腐食 RC はりを対象とする。鉄筋が腐食することで生成される腐食生成物の膨張圧によるひび割れ (以下、腐食ひび割れ) が鉄筋に沿うように発生し、荷重によって生じる載荷ひび割れの発生や進展に影響を与える。また、RC 部材のせん断耐荷力の把握が重要であるが、鉄筋腐食が部分的に生じた RC はりのせん断耐荷力の評価やせん断耐荷機構の解明のためのデータは十分ではない。本研究では、軸方向鉄筋を部分的に腐食させた RC はり、特に $a/d=1.4$ の RC ディープビームを対象とした載荷試験を行い、腐食ひび割れが斜めひび割れの進展とせん断耐荷機構に与える影響を実験的に検討することを目的とする。

2. 実験概要

試験体概要図を図-1 に示す。本研究では、軸方向鉄筋の腐食を促進させるため、図-2 のような電食試験を実施し、その後載荷試験を行った。実験パラメータは腐食領域、腐食位置、腐食程度とした。試験体は No.1~No.3 とし、それぞれ表-1 に示す範囲の鉄筋を腐食させた。電食試験では、主鉄筋、3%NaCl 水溶液を浸したスポンジ、ステンレス板、銅線で回路を作成し、目標腐食量に達するまで通電した。このとき、試験体底面に接触させるスポンジの幅で腐食領域を管理し、腐食程度は電流量と通電時間で制御した。

載荷試験では、油圧式 2000kN 万能試験機を用い、単純支持した RC はりの 2 点集中載荷を行った。計測項目は荷重、支点及び RC はりスパン中央の変位とした。載荷中は、ひび割れの目視観察を行い、さらに各荷重でデジタルカメラにより試験体表面を撮影して画像解析を実施した。載荷試験後、試験体から軸方向鉄筋を取り出し、目に見える腐食生成物を取り除いた後、約 50mm 毎に分割して長さや質量を計測し、目視によって腐食が確認で

きる鉄筋片と腐食のない健全な鉄筋片の単位長さ当たりの質量を用いて、鉄筋の質量減少率 $C(\%)$ を算出した。

$$C = \Delta w / w \times 100 \quad (1)$$

ここで、 Δw : 腐食した鉄筋と健全な鉄筋の単位長さ当たりの質量差 (g/mm), w : 腐食していない鉄筋の単位長さ当たりの質量 (g/mm)

3. 実験結果

図-3 に No.1~3 における軸方向鉄筋の質量減少率分布を示す。No.1 ではスパン中央の右側と左側で質量減少率に差がみられる一方、No.2, No.3 では左右のスパンで同程度の質量減少量となった。また、鉄筋質量減少率の最大値は、それぞれ No.1 で 36%, No.2 で 13%, No.3 で 6%であった。

図-4 に各試験体の荷重-変位関係を示す。また、表-2 に載荷試験結果ならびにせん断耐力比を示す。せん断耐荷力の算定値は、以下の式を用いて算出した。

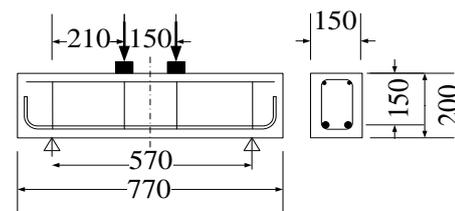


図-1 試験体の概要

表-1 試験体シリーズ

試験体名	腐食位置	片側の腐食領域の幅
No.1	全スパン	325
No.2	両側のせん断スパン中央から試験体端	105
No.3	せん断スパン中央と載荷点の間	35

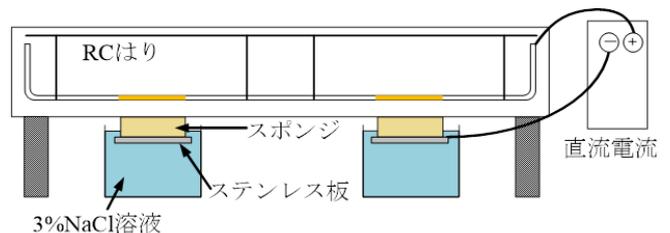


図-2 電食試験の概要

$$V_c = 0.24f'_c{}^{2/3}(1+p_v{}^{1/2})(1+3.33r/d)b_wd/[1+(a/d)^2] \quad (2)$$

ここで f'_c : コンクリートの圧縮強度 (N/mm²), p_v : 引張鉄筋比 (%), a : せん断スパン長 (mm), d : 有効高さ (mm), b_w : ウェブ幅 (mm), r : 載荷板幅 (mm)

図-4の荷重-変位関係を見ると、曲げひび割れ発生後の約50kNまで剛性は同程度であったが、その後の挙動が各試験体で異なることがわかる。載荷試験では、No.1において斜めひび割れから最大荷重に至る間で斜めひび割れが急激に進行していく様子が確認できた。また、荷重最大値がせん断耐荷力の算定値を下回ったことから、健全時と比べて破壊しやすい耐荷機構になったことがわかる。No.2, No.3では斜めひび割れ発生から最大荷重に至る間で斜めひび割れがゆっくりと進行していく様子が確認できた。また、No.2, No.3ともに荷重最大値がせん断耐荷力の算定値を上回ったことから、健全なはりと比べて異なる耐荷機構になったことが推察できる。

No.1において、破壊した側のせん断スパンの定着部付近を対象とした画像解析によって得た結果の内、最大荷重時(133kN)の最小主ひずみ分布を図-5に示す。No.1では載荷前から存在する2つの腐食ひび割れに引張ひずみが集中していることを確認できる。このことから複数の腐食ひび割れが載荷中に進展していたことが実験的にわかった。

図-6にNo.1のひび割れ図を示す。No.1では腐食ひび割れから発生した等曲げ区間の曲げひび割れが上方へ進展し、開口する曲げ破壊を示した。No.2では腐食ひび割れから斜めひび割れが進展したが、開口に至らず、最終的には腐食ひび割れ近傍から発生した斜めひび割れが進展、開口し、載荷点付近でせん断圧縮破壊を示した。No.3では支点と載荷点を結ぶような斜めひび割れが発生したが、そのひび割れは進展せず、230kNあたりで新しく斜めひび割れが発生、進展し、載荷点付近でせん断圧縮破壊を示した。

以上のことから、部分的に軸方向鉄筋を腐食させたRCディープビームと全体腐食させた場合とを比較すると、破壊モードが異なることが確認することができた。つまり、軸方向鉄筋に腐食を有するRCディープビームにおいて、腐食の位置、状況によって耐荷機構が異なることが実験的にわかった。

4. まとめ

本研究では、部分的に軸方向鉄筋を腐食させたRCディープビームを対象に実験的研究を行った。腐食させ

たRCディープビームでは腐食の位置が荷重最大値、せん断耐荷機構、斜めひび割れのひび割れ進展に影響を与えることがわかった。また、軸方向鉄筋の腐食範囲が部分であると、全体的に鉄筋腐食した場合と比較して破壊モードが変化することを実験的に確認することができた。

参考文献
1) 土木学会：2012年制定コンクリート標準示方書[設計編]

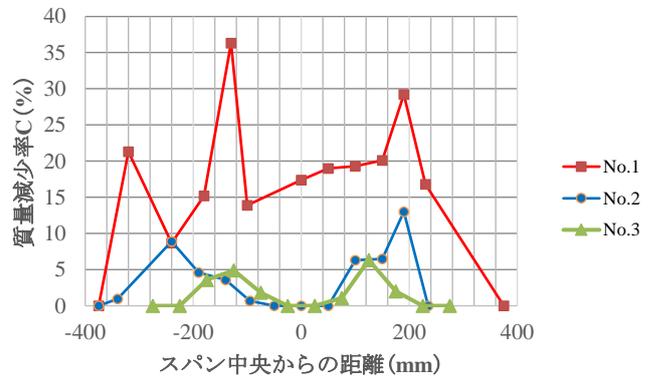


図-3 質量減少率分布

表-2 載荷試験結果ならびにせん断耐力比

試験体	斜めひび割れ発生荷重(kN)	曲げひび割れ発生荷重(kN)	荷重最大値 V_{max} (kN)	V_c (kN)	せん断耐力比 V_{max}/V_c	破壊モード
No.1	80	16	94.4	231.4	0.4	曲げ
No.2	130	110	302.8	231.4	1.3	せん断圧縮
No.3	159	111	248.9	207.2	1.2	せん断圧縮

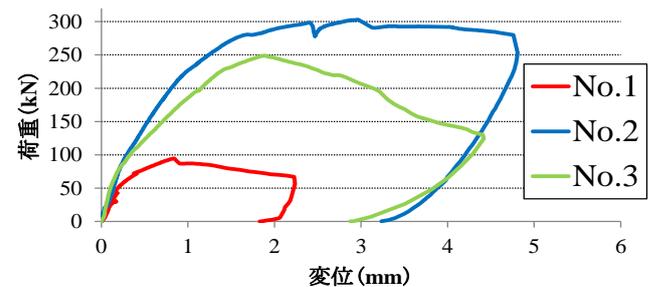


図-4 荷重-変位関係

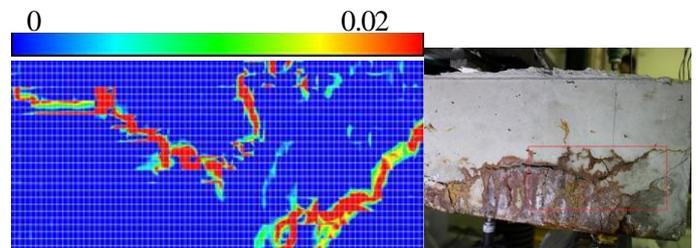


図-5 最大荷重時の表面ひずみ分布 (No.1)

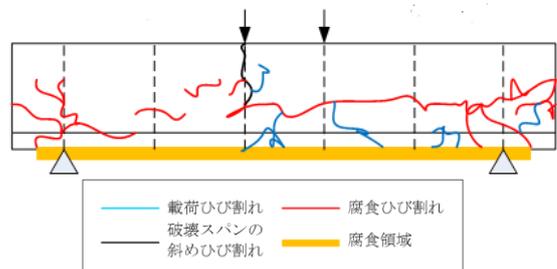


図-6 ひび割れ図 (No.1)