

軸方向鉄筋が部分的に腐食した RC はりの破壊メカニズムに基づくせん断耐力の評価に関する研究

市民工学専攻：辻上 和輝
指導教員：三木 朋広

1. はじめに

既設のRC構造物の劣化問題に対して、劣化したRC構造物の残存性能を適切に評価することが必要となる。RC構造物においては鉄筋腐食による早期劣化が主な問題である。また、RC構造物の耐荷性能では、脆性的な破壊であるせん断破壊を防ぐ上で、せん断耐力が重要である。しかし、既往の研究では、鉄筋腐食したRCはりの曲げ耐力に関する研究は多いものの、せん断耐力に関する研究は少なく、また、RCはり内で一様に鉄筋腐食が生じた場合について評価している。実構造物では、コンクリート内で部分的な鉄筋腐食が生じるケースも考えられるため、既往の知見で部材の残存性能を評価することは難しい。

本研究は、RCはりのせん断耐力を定量的に評価することを目的として、軸方向鉄筋が部分的に腐食したRCはりの載荷試験を行い、鉄筋腐食によって生じたひび割れがRCはりの斜めひび割れの進展および耐荷機構に与える影響について検討する。また、既往の研究結果^{1,2)}を含めて部分的に鉄筋腐食したRCはりのせん断耐力の算定式について検討を行う。

2. 試験概要

RCはりに対して部分的に軸方向鉄筋を腐食させる電食試験を実施し、載荷試験を行った。試験体はせん断スパン比 $a/d=4.0$ であり、既往の研究結果^{1,2)}と比較した。試験体概要を図-1に示す。試験体名称は(せん断スパン比 a/d)-(腐食位置)(試験体番号)とした。実験パラメータは腐食の程度、腐食発生領域(位置・範囲)である。腐食位置はせん断スパン中央より載荷点側(ケースA)、せん断スパン中央(ケースB)、およびせん断スパン中央から定着部(ケースC)の3種類を設定し、腐食していない健全な試験体をケースNとした。腐食試験体を対象とした電食試験の概要を図-2に示す。電食試験では、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た。

3. 実験結果

斜めひび割れの進展状況を画像解析により検討する。各試験体の試験結果の一部を表-1に、画像解析結果の一部を図-3に示す。

健全試験体 4.0-N3 では、せん断スパン中央の曲げひび割れから斜めひび割れが発生、進展した。ひび割れ図を

みると、斜めひび割れはせん断スパン中央と載荷点を直線的に結ぶような形で進展していることがわかる。

せん断スパン中央を腐食した試験体 4.0-B1 では、腐食ひび割れ位置にひずみが集中しており、腐食ひび割れ位置から斜めひび割れが発生し、載荷点方向に進展していくことがわかる。その後、先行して発生した斜めひび割れより上部に発生した斜めひび割れの引張りひずみが支配的となり、載荷点と支点を結ぶように進展している。また、ひび割れ図をみると、斜めひび割れは健全試験体に比べて曲線的な形で進展していることがわかる。

せん断スパン中央から定着部を腐食した試験体 4.0-C1 では、腐食ひび割れ先端から斜めひび割れが発生し、載荷点方向に進展していることがわかる。最大荷重時には、斜めひび割れの開口、進展と支点方向への腐食ひび割れの開口が見られた。最大荷重後は緩やかな勾配で荷重が低下し、健全はりとのポストピーク挙動の差異が確認された。また、腐食量 17.2%の 4.0-C3 においても、最大荷重後の挙動は同様であった。一方、腐食量 5.0%の 4.0-C2 では、最大荷重後は非常に脆性的な挙動となった。

以上のことから、RCはりの耐荷力の変化挙動には鉄筋の腐食量、ならびに腐食ひび割れが影響するといえる。

4. せん断耐力の検討

表-1 から、 $a/d=2.8$ では腐食によって耐荷力が上昇し、 $a/d=4.0$ では低下していることがわかる。そこで、せん断スパン比 a/d と区間平均質量減少率 C_{ave} を考慮したパラメータを導入し、部分的に鉄筋腐食したRCはりのせん

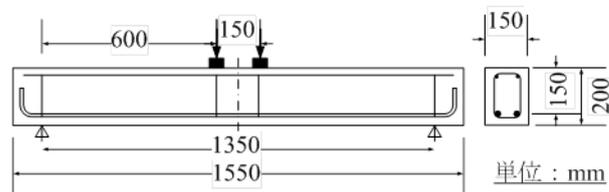


図-1 試験体概要

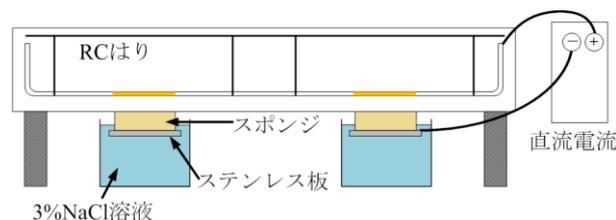


図-2 電食試験概要

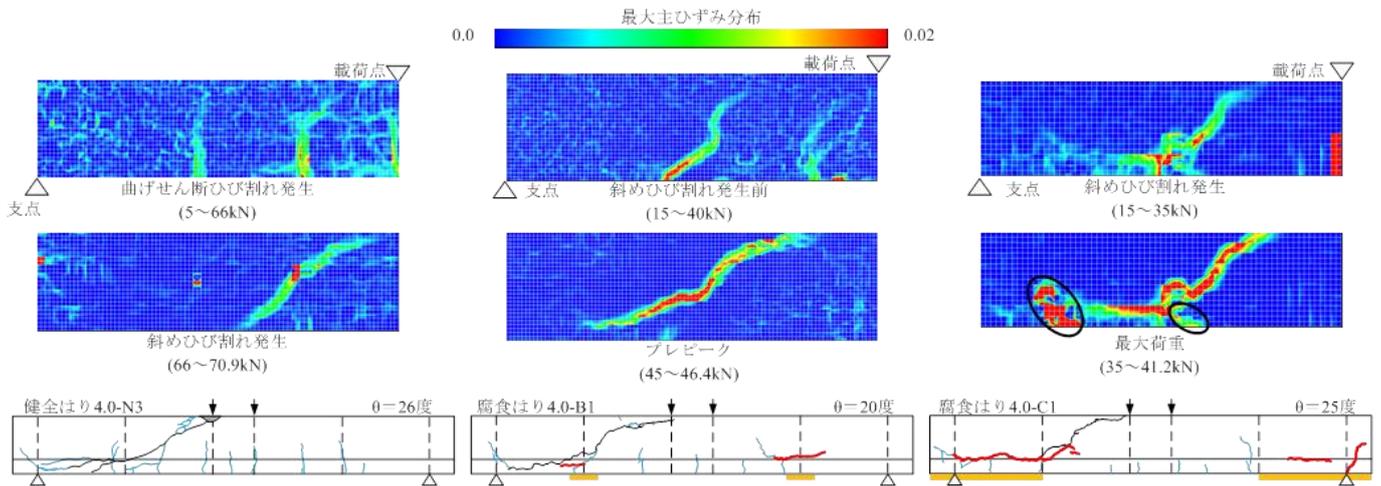


図-3 画像解析結果

断耐力算定式の検討を行う。算定式 V_β は以下の式である。

$$V_\beta = \beta \cdot V_c$$

$$\beta = f(a/d, C_{ave})$$

ここに、 β : せん断スパン比と区間平均質量減少率を考慮した係数、 V_c : 二羽らによって提案された式³⁾で算定したせん断耐力、 a : せん断スパン長 (mm)、 d : 有効高さ (mm)、 C_{ave} : 区間平均質量減少率 (%) であり、 β は腐食領域ごとに選定した。区間平均質量減少率は、スポンジの幅で管理した領域における質量減少率の平均値である。

算定結果の一例を表-1 に示す。算定結果の耐力比 V_{max}/V_β をみると、せん断スパン中央より荷重点側 (ケース A) およびせん断スパン中央から定着部 (ケース C) を腐食した試験体ではいずれも 1.0 程度であり、精度よく評価できていることがわかる。一方、せん断スパン中央 (ケース B) を腐食した試験体では値がばらついている。これは、せん断圧縮破壊に至った試験体で耐力が大きく上昇したためであると考えられる。

5. まとめ

本研究で得られた結果を以下にまとめる。

- 1) せん断スパン中央より荷重点側を腐食した試験体では、斜めひび割れは腐食ひび割れの影響を受けない位置に進展するため、最大荷重は変動しない。これは a/d が変化しても同様である。
- 2) せん断スパン中央から定着部までを腐食した試験体では、最大荷重付近で腐食ひび割れが開口することで、耐力および耐力機構が変化する。 $a/d=2.8$ では耐力が上昇し、 $a/d=4.0$ では耐力が低下する傾向にある。
- 3) 軸方向鉄筋が部分的に腐食した RC はりのせん断耐力は、せん断スパン比 a/d と腐食によるパラメータを考慮することによって、ある程度評価することができる。

参考文献

- 1) 竹内靖人, 三木朋広: 軸方向鉄筋に局所的鉄筋腐食を有する

表-1 質量減少率, 荷重試験結果, 算定結果の一例

試験体	区間平均 (%)	荷重試験結果			算定結果	
		V_{max} (kN)	V_c (kN)	V_{max}/V_c	V_β	V_{max}/V_β
2.8-N ¹⁾	0	71.9	70.2	1.0	—	—
2.8-A1 ²⁾	7.4	96.8	96.7	1.0	95.5	1.01
2.8-A2 ²⁾	10.3	100.2	102.9	0.97	101.3	0.99
2.8-B1 ¹⁾	9.0	107.7	70.2	1.5	94.6	1.14
2.8-B2 ¹⁾	8.7	80.9	79.1	1.0	105.8	0.76
2.8-B3 ¹⁾	—	133.3	99.6	1.3	—	—
2.8-B4	6.2	81.3	81.9	1.0	100.8	0.81
2.8-B5	6.7	116.0	102.9	1.1	104.3	1.11
2.8-B6	11.2	161.2	102.9	1.6	118.7	1.36
2.8-B7	14.2	136.4	102.9	1.3	162.1	0.84
2.8-C1 ¹⁾	8.4	104.1	79.0	1.3	97.2	1.07
2.8-C2 ¹⁾	10.5	98.1	79.1	1.2	102.0	0.96
4.0-N1	0	49.5	67.5	0.73	—	—
4.0-N2	0	65.2	72.6	0.90	—	—
4.0-N3	0	72.8	69.3	1.0	—	—
4.0-A1 ²⁾	6.8	76.3	72.4	1.0	74.0	1.03
4.0-A2 ²⁾	12.2	78.1	73.2	1.0	76.1	1.03
4.0-A3 ²⁾	11.0	72.5	73.2	1.0	75.8	0.96
4.0-A4	6.7	73.7	72.6	1.0	62.4	1.18
4.0-B1	14.6	46.5	67.5	0.69	46.8	0.99
4.0-B2	5.4	57.3	72.6	0.79	64.4	0.89
4.0-B3	14.3	51.6	69.3	0.75	48.4	1.07
4.0-C1	22.2	41.3	67.5	0.61	39.3	1.05
4.0-C2	5.0	58.7	69.3	0.85	62.7	0.94
4.0-C3	17.2	44.8	69.3	0.65	46.8	0.96

RC はりのせん断耐力機構評価, コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレード論文報告集, Vol.10, pp.235-240, 2010.

2) 辻上和輝, 三木朋広: せん断スパン有効高さ比の異なる RC はりのせん断耐力機構に及ぼす軸方向鉄筋の部分的な鉄筋腐食の影響, コンクリート工学年次論文集, Vol.37, No.2, pp.577-582, 2015.

3) 二羽淳一郎, 山田一字, 横沢和夫, 岡村甫: せん断補強鉄筋を用いない RC はりのせん断強度式の再評価, 土木学会論文集, 第 372 号, V-5, pp.167-176, 1986.8