

軸方向鉄筋が腐食した RC ディープビームのせん断耐力に関する研究

市民工学専攻：田中 敦士
指導教員：三木 朋広

1. はじめに

既設鉄筋コンクリート (RC) 構造物の劣化要因のうち、鉄筋腐食についてみると、鉄筋が腐食することで、鉄筋断面の減少、鉄筋とコンクリート間の付着性能の変化、さらに鉄筋が腐食することで生成される腐食生成物による膨張圧に伴うひび割れ (以下、腐食ひび割れ) 等が生じ、いずれも RC 部材の力学特性に影響する。特に、鉄筋腐食によって生じる腐食ひび割れは、鉄筋に沿うように発生し、荷重によって生じるひび割れに影響を与える。

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を明らかにするための知見の蓄積が求められる。

本研究では、軸方向鉄筋の一部もしくはスパン全体を腐食させた $a/d = 1.4$ の RC ディープビームを対象とした載荷試験を行い、腐食位置、腐食発生量、腐食ひび割れがひび割れの進展とせん断耐荷機構、破壊モードに与える影響を実験的に検討することを目的とした。

2. 試験概要

せん断スパン比 $a/d = 1.4$ である RC ディープビーム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と載荷点の間 (A シリーズ)、せん断スパン中央から支点 (B シリーズ)、せん断スパン中央から試験体端 (C シリーズ)、軸方向鉄筋全体 (D シリーズ) の 4 種類を設定し、腐食していない健全な試験体 N と比較した。図-2 に示すように、腐食試験体を対象とした電食試験では、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. 載荷試験結果

各試験体の試験結果を表-1 に、荷重-変位関係を図-3 に示す。ここで、表-1 に示すせん断耐荷力の算定値 V_d は、式(1) を用いて算出した。

$$(1)$$

表-1 に示す RC ディープビームの実験で得た最大荷重 P_{max} とせん断耐荷力の算出値 $2V_d$ の比 (以下、せん断耐力比 $P_{max}/2V_d$) をみると、1.4-A1, B1~B3, C2, D1 におい

て $P_{max}/2V_d$ は 1.0 を上回っており、1.19~1.51 の値となった。1.4-C1, D2, D3 以外のすべての試験体で最大荷重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。つまり、せん断スパン中央から支点を腐食させた B シリーズでは健全試験体と比較してせん断耐荷力が大きい結果となったことがわかる。

一方、区間平均質量減少率が 22.8% 以上で、かつ軸方向鉄筋全体が腐食している試験体は健全試験体と比較して耐荷力が小さい結果となったことがわかる。

荷重-変位関係をみると、各試験体において、初期剛性がそれぞれ異なることがわかる。1.4-D2, D3 において、曲げひび割れ発生から最大荷重に至るあいだに曲げひび割れが急激に進行していく様子が確認できた。

表-1 をみると、せん断スパン中央から支点を腐食させた B シリーズでは区間平均質量減少率が 3.3%~13.9% のとき、最大荷重がせん断耐荷力を上回る結果となった。このことから、腐食ひび割れが斜めひび割れの発生・進展に影響を与えることにより、最大荷重がせん断耐荷力を上回る結果になると推察できる。また、せん断スパン中央から試験体端を腐食させた C シリーズでは 1.4-C1, C2 において最大荷重に大きく差が出る結果となったことがわかる。1.4-C1 ではウェブ中央で斜めひび割れが発生して支点と載荷点に向かって腐食ひび割れを貫通するように進展し、載荷点付近で圧縮破壊をした。一方、1.4-C2 は腐食ひび割れから斜めひび割れが進展し、載荷点付近で圧縮破壊をした。このことから、斜めひび割れの発生・進展が

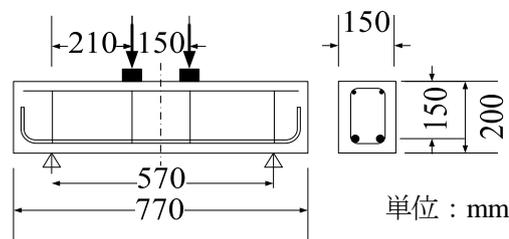


図-1 試験体

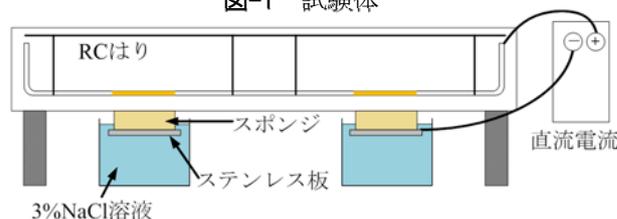


図-2 電食試験

表-1 質量減少率, 載荷試験結果

試験体	質量減少率		P_{max}	$2V_d$	$\frac{P_{max}}{2V_d}$	破壊形式
	区間平均 (%)	最大 (%)				
1.4-N1	0	0	204.5	187.7	1.09	せん断圧縮
1.4-A1	3.3	6.3	248.9	202.3	1.23	せん断圧縮
1.4-B1	3.3	6.5	302.8	231.4	1.30	せん断圧縮
1.4-B2	6.8	12.3	271.1	202.3	1.34	定着部
1.4-B3	13.9	17	282.9	187.7	1.51	せん断圧縮
1.4-C1	9.6	11.6	180.6	187.7	0.96	せん断圧縮/ 定着部
1.4-C2	13.5	15	251.9	187.7	1.34	せん断圧縮/ 定着部
1.4-D1	8.6	10.6	240.5	202.3	1.19	せん断圧縮
1.4-D2	22.8	32	144.2	187.7	0.77	定着部/曲げ
1.4-D3	28.1	47	95.4	231.4	0.41	曲げ

最大荷重に影響を与えたと考えられる。

以上のことから、RC ディープビームの耐荷力の変化挙動には鉄筋の腐食量、ならびに腐食発生位置が影響するといえる。

4. 画像解析

斜めひび割れの進展状況を画像解析により検討する。一例として、D シリーズの画像解析の結果を図-4 に示す。この最大主ひずみ分布をみると、1.4-D1 では、斜めひび割れ発生～最大荷重、最大荷重時と荷重が大きくなるにつれて、せん断スパン中央から荷点間において引張ひずみが集中し、進展していることが確認できる。実際、載荷試験中にもウェブ中央に発生した斜めひび割れが荷点、支点に向かって進展していく様子を確認した。1.4-D2 では、載荷前から試験体全体に存在していた腐食ひび割れに引張ひずみが集中していることがわかる。1.4-D3 では、載荷前から定着部に存在していたひび割れに引張ひずみが集中しており、斜めひび割れ～最大荷重、最大荷重時と荷重が大きくなるにつれて、引張ひずみが集中し、2つの腐食ひび割れがそれぞれ進展していることがわかる。

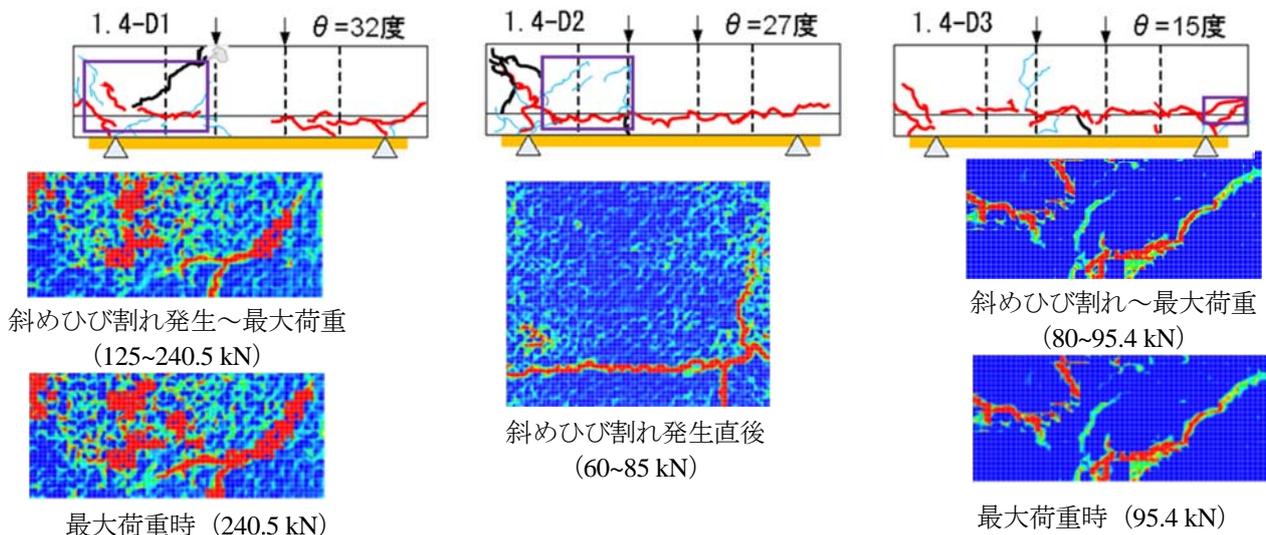
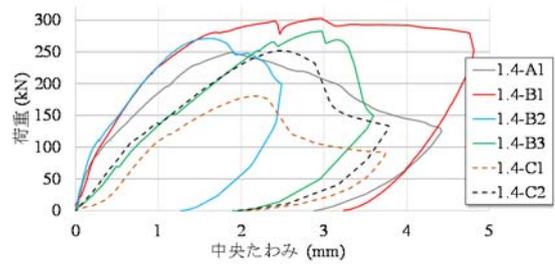
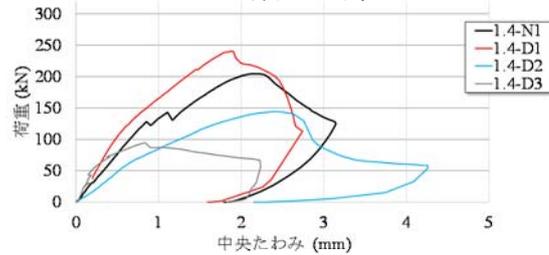


図-4 画像解析範囲と結果 (1.4-D1, 1.4-D2, 1.4-D3)



(a) 部分的腐食



(b) 健全と全体腐食

図-3 荷重-変位関係

また、質量減少率と最大荷重をみると、質量減少率が大きくなると最大荷重が小さくなる傾向にあることが確認できる。これは1.4-D2, D3 がディープビームに特徴的なせん断圧縮破壊に至るようなタイド・アーチ機構を形成する前に局所的な断面欠損による曲げ破壊を示したことが原因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) 部分的に腐食した RC ディープビームにおいて腐食の位置、腐食量が、荷重最大値に影響を与えることがわかった。
- 2) RC ディープビームでせん断スパンのみならず軸方向鉄筋全体に腐食を有し、かつ区間平均質量減少率が22.8%以上である場合、腐食ひび割れに沿って引張ひずみが集中し、耐荷機構が変化する。

参考文献

- 1) 土木学会：2017年制定コンクリート標準示方書[設計編]