鉄筋の腐食を模擬した RC 短部材の中心圧縮試験における 3 次元画像解析の適用

鉄道総合技術研究所 正会員 ○大屋戸理明 筑波大学 正会員 金久保利之

筑波大学 正会員 八十島 章

1. 概要 筆者らはこれまで、劣化した鉄筋コンクリート(RC)部材の力学性能に関する研究を行ってきており、 その一環として鉄筋の腐食によって圧縮耐荷機構が崩壊する現象の解明に取り組んでいる。ここでは、鉄筋の 腐食を模擬した RC 短部材の中心圧縮試験において 3 次元画像解析¹⁾を適用し、1 軸圧縮力下における試験体 の挙動を分析したので、その概要と今後の課題について述べる。

2. 中心圧縮試験 本報で用いた試験体は、過去に実施した電食はり試験体²⁾の検討対象部位(等曲げ区間) を抽出し模擬したものである。載荷試験の結果、腐食した RC 部材では、圧縮破壊が先行的に生じたり圧縮降 伏の挙動を示したりすることを確認している。その結果を踏まえ、損傷状況を詳細に変動させ、その影響を把 握することを目的として、腐食を模擬した損傷を圧縮領域に付与した RC 短部材の中心圧縮試験を行った(図 1注釈に示す別報の試験)。本報では、その試験体の挙動の把握に適用した 3 次元画像解析の概要を示す。

試験体の形状寸法を図1に、諸元を表1に示す。断面寸法ははり試験体²⁾と同一で、はりの圧縮側の配筋 (2-D10 SD345)を対称に配置している。腐食を模擬して切削³⁾した鉄筋を用いた試験体を3体、腐食ひび割 れを模擬してアクリルシート片(*t*=0.2mm 相当)を鉄筋に固定し、スリットとして内蔵させた試験体を6体計 画した。材料試験結果を表2に示す。載荷は、2MN ユニバーサル万能試験機を用いて、変位制御により一方 向単調増加荷重を付与する方法とした。

3 次元画像解析の方法は既往の研究¹⁾ と同様であるが、本試験では、断面の4 隅に配置した圧縮鉄筋近傍の コンクリートの挙動を把握することを目的とし、試験体を取り囲むように6 台のデジタルカメラを同時に使用 したことに特徴がある(図4)。ターゲットは幅約 2mm のマーカーを用い、断面の4 つの頂点(軸方向に4列) に 11 点 (50mm ピッチ、1 試験体あたり 44 点) 設定した(図1参照)。各コーナーをそれぞれ2 台のカメラ(計 6 台、2020 万画素2 台+1800 万画素4 台) で撮影し、各コーナー別々に解析してグラフを重ね書きした。撮 影距離は 500~1000mm 程度、焦点距離は50mm 程度、撮影時間間隔は10 秒である。



図1 試験体の形状寸法

(別報 藻川哲平、墨野倉駿、村井凌、金久保利之、 ハ十島章、大屋戸理明:鉄筋の腐食によるコンクリ ートのひび割れを模擬した RC 部材の中心圧縮性能、 土木学会第 70 回学術講演会講演概要集、2015)

表1 試験体の諸元

表2 材料試験結果

降伏 引張強 弾性係

鉄筋

試験	鉄筋	スリット		
体名	切削	断面幅	断面高	
		方向	さ方向	
Ν	無	無	無	
Sc	無	有 A	無	
Si	無	有 B	無	
Uc	無	無	有A	
US	無	有C	有C	
N(R)	有	無	無	
Sc(R)	有	有 A	無	
Uc(R)	有	無	有 A	

A 連続配置(総長さ 400mm) B 間欠配置(総長さ 200mm) C 両方向千鳥配置(総長さ 400mm)

		点*	度*	数**			
D10 (SD345)		385	515	185			
D6 (SD295A)		395	501	176			
D10:軸方向鉄筋 D6:横補強鉄筋 コンクリート(載荷時材齢)							
圧縮強度*	割	裂強度*	◎ 弾性	弹性係数**			
14.4		1.56		22.6			
$*(N/mm^2)$							

 $**(\times 10^{3} \text{ N/mm}^{2})$

キーワード 腐食、鉄筋コンクリート、中心圧縮、3次元画像解析
連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38 鉄道総合技術研究所 TEL 042-573-7281

3.3次元画像解析結果荷重-変位関係を図3に例示する。健全試験体、コンクリートにスリットを設けた 試験体ならびにそれぞれの鉄筋を切削した試験体の4ケースを示しているが、この例ではいずれも荷重-変位 関係に大差ない。また、電食試験での健全試験体のように、圧縮降伏の挙動を示したものはなかった。

3次元画像解析の結果を、図4の評価指標を用いて分析する。dXZ は水平方向の変位を示し、縦一列分のタ ーゲット(9点)の XZ 面内水平移動量で表現する。dY は軸方向の縮みを示す。図5に dXZ とdY の関係を例 示する(試験体 Sc、Si)。ここで、dXZ とdY の遷移の組み合わせにより、図6の3つのモードを定義し、耐 力低下の時点において、A~D(図2参照)の各部位でそれぞれどのモードを呈しているかを観察する。〇点 は最大荷重時を示す。データのばらつきがやや大きく、最大荷重時に至るまでの経路は異なるものの、一部の 例外を除くと最大荷重時には A~D の各部位とも概ね近い位置に収束していた。また、最大荷重時(〇点)以 降にモード III (短縮)を呈した例²⁾ は限られており、殆どの試験体・部位で最大荷重時以降にモード I (座屈) もしくは II (膨張・傾倒)を呈していることが確認された。但し、A~D の全ての部位でモード I (座屈)を 呈した例はなく、A~Dの少なくとも1つの部位で、若しくは全ての部位でモード II (膨張・傾倒)を呈して いることが確認された。

4. まとめ 鉄筋の腐食を模擬した RC 短部材の中心圧縮試験において、6 台のカメラを用いた 3 次元画像解 析を適用した。この結果、座屈を生じる鉄筋付近の挙動をトレースし、最大荷重時以降に座屈・膨張する挙動 を把握することができた。今後は、データのばらつきを低減する手法を確立することが課題であり、併せてよ り多角的な 3 次元データの分析方法を検討する。



謝辞 本研究は科学研究費助成事業(基盤研究(C)課題番号 24560593)による。

参考文献 1) 大屋戸理明、金久保利之、八十島章:暴露試験体を用いた腐食 RC 梁の曲げ圧縮挙動に関する研究、コンクリート 工学年次論文集、Vol.36、No.1、pp.1252-1257、2014. 2) 鈴木健二、金久保利之、八十島章、大屋戸理明:圧縮鉄筋が腐食した RC 梁部材の曲げ挙動、鉄筋腐食したコンクリート構造物の構造・耐久性能評価の体系化シンポジウム、2013. 3) 大屋戸理明、 齋藤祐哉、八十島章、金久保利之、村上祐治、山本泰彦:鉄筋の腐食を模擬した RC 柱の構造性能に関する研究-その1 切削 鉄筋の力学的性状-、土木学会第 61 回年次学術講演会講演概要集、5-266、pp.529-530、2006.