

鉄筋腐食したRC部材の耐荷性状に関する系統的实验

長岡技術科学大学大学院 学生会員 ○小林 豊
長岡技術科学大学大学院 学生会員 村松 真伍
長岡技術科学大学 正会員 下村 匠

1. はじめに

近年、鉄筋腐食に代表される劣化した鉄筋コンクリート（RC）構造物の構造性能に関する実験が各所で精力的に行われている。しかし、この種の実験は、試験体の形状・寸法、腐食の導入方法、荷重方法、実験結果の整理の方法など、制御すべき事項が多いにも関わらず統一されていない。また、実験遂行上のノウハウも各研究者に依存し、広く共有される状況にない。結果として、各所で得られた貴重な実験データを共通して利用することが難しく、実験事実の再現性が見出し難くなっている。個別の実験により得られた知見の一般性の検証も困難である。これらの問題を解決するために、土木学会「材料劣化が生じたコンクリート構造物の構造性能研究小委員会（JSCE331 委員会）」では、鉄筋腐食を導入した RC はり部材の耐荷性状に関する共通試験（BenchMark Test、以下 BMT）を 2007 年度から実施している。参加機関は著者らの研究室を含め十数機関に及ぶ。その結果は 2008 年度末に取りまとめる予定である。本報では本学で実施した実験の結果を紹介する。

2. 実験概要

図 1 に示す小型 RC はり試験体を実験室において電食により鉄筋腐食させ、曲げ荷重試験を行った。試験パラメータは主鉄筋の質量減少率とし、基準となる健全な試験体とそれぞれ想定する腐食の程度が異なる試験体（質量減少率 3, 10, 30%）の 4 水準について試験を行った。なお試験体の一覧は荷重試験結果と併せて表 1 に示す。

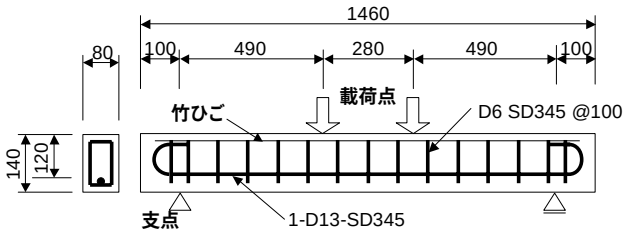


図 1 試験体諸元

電食は直流安定化電源を用いて行った。対象区間は両端のフック部分を含む主鉄筋全長とし、スターラップについては腐食させないこととした。そのため組立て筋として竹ひごを使用し、主鉄筋とスターラップの接触部には絶縁処理を施した。電食試験終了後は主鉄筋を 10%クエン酸水素二アンモニウム水溶液（60℃）に 24 時間浸漬し腐食生成物を除去し重量を測定した。ここで得られた重量と健全状態の鉄筋重量と比較し質量減少率を算出した。

荷重試験では、等曲げ区間 280mm、せん断スパン 490mm の 1 方向 2 点単調荷重を行った。

ここで示した試験体寸法、実験水準、電食試験方法および荷重試験方法は BMT 実施グループで検討し定めたものであり、可能な限り各実施機関でこれに従うこととなっている。

3. 荷重試験の結果

荷重試験の結果を表 1 に、全試験体の荷重 - 中央変位関係を図 3 に示す。荷重試験の結果、主鉄筋の質量減少率が大きくなるにつれて、降伏荷重、終局荷重共に健全試験体に対し低下した。

表1 試験体一覧および荷重試験結果

試験体名	コンクリート 圧縮強度 (N/mm ²)	主鉄筋		質量減少率(%)			ひび割れ荷重 (kN)	降伏荷重 (kN)	終局荷重 (kN)	降伏荷重比	終局荷重比	降伏変位 (mm)	終局変位 (mm)	破壊モード
		降伏強度 (N/mm ²)	弾性係数 (kN/mm ²)	等曲げ スパン	荷重 スパン	主鉄筋 全長								
A-0	43.4	369.2	179	0	0	0	5.17	22.33	26.17	1.00	1.00	4.53	※	曲げ破壊
A-3	44.4			6.5	4.5	4.5	5.00	20.67	25.17	0.93	0.96	4.20	36.99	曲げ破壊
A-10	46.5			10.3	10.6	11.7	4.33	18.17	22.83	0.81	0.87	3.79	34.70	曲げ破壊
A-30	49.5			19.5	24.5	30.5	5.50	7.83	11.33	0.35	0.43	1.26	10.05	鉄筋破断

※変位計盛変えミスによりデータ無し

キーワード 鉄筋腐食、構造性能、ベンチマークテスト

連絡先 〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1 長岡技術科学大学 0258-47-1611-6310

表2 電食試験結果

試験体名	A-3		A-10		A-30	
	重量(g)	長さ(mm)	重量(g)	長さ(mm)	重量(g)	長さ(mm)
健全時(主筋全長)	1609.3	1700	1604.6	1700	1611.9	1700
等曲げスパン	243.4	275	236.1	279	209.9	275
せん断スパン1	441.7	485	411.3	489	337.3	486
せん断スパン2	442.7	488	410.3	486	302.3	426
フック1	201.8		174.0		140.8	
フック2	206.9		185.8		129.6	
腐食量(g)	72.8		187.1		492.0	
等曲げスパンの平均質量減少率(%)	6.5		10.3		19.5	
載荷スパンの平均質量減少率(%)	4.5		10.6		24.5	
鉄筋全長の平均質量減少率(%)	4.5		11.7		30.5	

破壊モードは健全な試験体 (A-0) および腐食の程度が比較的小さな試験体 (A-3, A-10) は曲げ引張破壊, もっとも腐食の程度が大きい試験体 (A-30) は主鉄筋断断であった. 全ての試験体について鉄筋降伏前の剛性はほぼ同じであり, 鉄筋腐食による剛性の低下は見られなかった.

4. 電食による鉄筋の腐食状況

電食試験の結果を表 2 に, 主鉄筋の腐食量と積算電流量の関係を図 2 に示す. ここで示す実験値とは主鉄筋全長の平均腐食量である. 既往の研究より, 電食による鉄筋の腐食量 $w[g]$ と積算電流量 $\Sigma IT[A \cdot hr]$ の間に次の実験式が提案されている¹⁾.

$$w = 0.766 \Sigma IT \quad (1)$$

実測された質量減少率は概ね目標値を満足していることから, 式(1)は腐食量をコントロールする上で有効であると言える. しかし, 目標とする質量減少率が大きくなるにつれて軸方向における腐食のばらつきが大きくなる傾向が見られた. A-30 試験体に使用した鉄筋においては, 腐食の局所化が目視でも確認できた.

5. 降伏および終局荷重比 - 質量減少率関係

降伏荷重比および終局荷重比と質量減少率の関係を図 4, 図 5 にそれぞれ示す. 荷重比とは各試験体の荷重値を健全試験体の荷重値で除した値である. 質量減少率は, 平均値を計算する区間の異なる 3 種について整理を行った. 計算値は, 腐食による主鉄筋の断面減少のみを考慮して一般の RC 断面の計算法に則り各荷重値を求めたものである.

実験結果より, 健全な試験体 (A-0) および腐食の程度が比較的小さな試験体 (A-3, A-10) は, 降伏荷重比, 終局荷重比共に計算値に近い値を示した. 腐食の著しい A-30 試験体は降伏荷重比, 終局荷重比共に計算値を大きく下回る値を示した. これは A-30 試験体の軸方向における腐食のばらつきが大きく, ある断面において局所的に腐食が進行したためと考えられる. このような場合, 平均質量減少率による評価を行うと, 耐力を危険側に評価するおそれがあるといえる.

今回の実験結果が統計的に平均的な現象を表したものであるかどうかは, BMT の全データを用いて検討することができる. 検討結果は追って公表する予定である.

参考文献 1) 田森清美, 丸山久一, 小田川昌史, 橋本親典: 鉄筋の発錆によるコンクリートのひび割れ性状に関する基礎研究, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.10, No.2, pp505-510, 1988

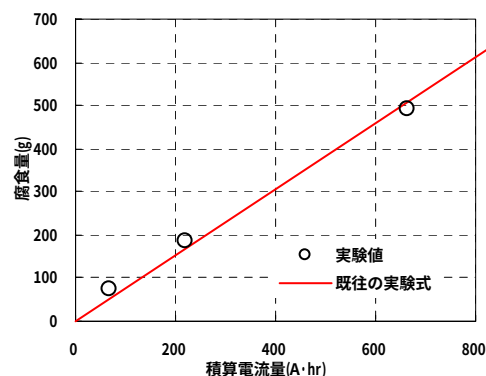


図2 積算電流量と腐食量の関係

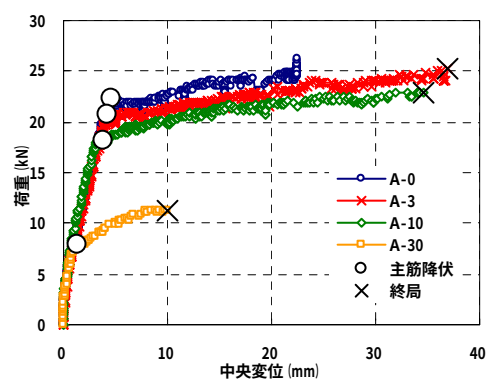


図3 荷重 - 中央変位関係

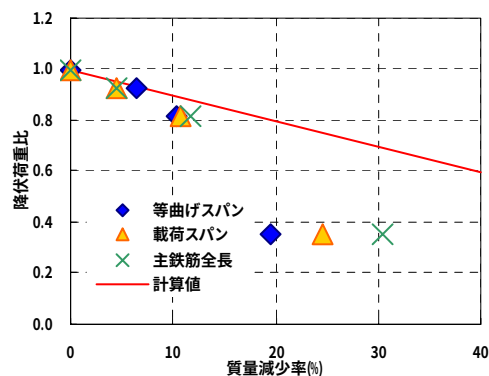


図4 質量減少率と降伏荷重比の関係

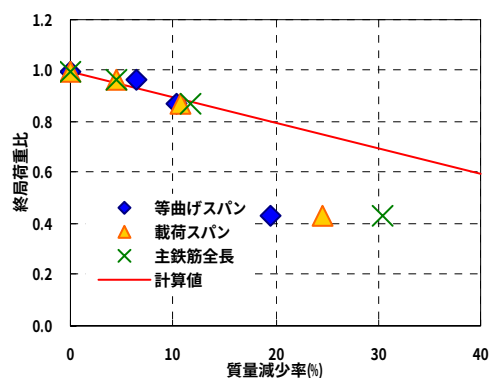


図5 質量減少率と終局荷重比の関係