

鉄筋腐食を生じた RC 梁部材の疲労挙動に及ぼす水分の影響に関する研究

中央大学 学生会員 ○岡本 亮
中央大学 金廣 琴乃
中央大学 正会員 大下 英吉

1. はじめに

現在、既設構造物の維持管理が重要視されている。我が国の構造物の多くは鉄筋コンクリート構造であり、塩害、中性化による鉄筋腐食は構造体として機能する鉄筋量を減少させるとともに、鉄筋とコンクリートの付着性能を低下させるなど構造性能に及ぼす影響が大きい劣化現象である。さらに近年道路や床板が動的荷重によって破壊を生じており、橋梁においては水分の流入が一因となる桁端部の疲労破壊も見られ、構造体の安全性において見直しが必要な状況となっている。

既往の研究¹⁾では、静的荷重の載荷による RC 梁部材の曲げ破壊およびせん断破壊に及ぼす鉄筋腐食の影響評価が数多く実施されている。しかしながら、動的荷重の載荷に関しては、劣化を生じている梁部材での研究は少なく、未解明な部分が多いのが現状である。

本研究では、鉄筋が腐食を生じた RC 梁部材において曲げ疲労試験を行い、含水状態の異なる試験体を用いて、環境条件の違いを模擬し議論することとする。

2. 実験概要

2.1 試験体概要および実験パラメータ

試験体の形状寸法および配筋を図-1に示す。試験体は、既往の研究¹⁾に準じて、鉄筋本数およびせん断スパン比を決定した。また、主鉄筋の定着長さはコンクリート標準示方書に基づいた。

実験パラメータは表-1に示すように、試験体の含水状態と端部処理である。端部処理は、ねじきり鉄筋を使用し、試験体の両端部に鉄板を固定することで、鉄筋の抜け出しを防止した。本研究では、鉄筋腐食率を10%とし、加圧中における試験体の含水状態は乾燥状態および湿潤状態とした。コンクリート標準示方書に基づいて計算した曲げ耐力およびせん断耐力はそれぞれ、68.89(kN)、83.15(kN)であり、曲げ破壊先行型の梁部材とした。

2.2 電食試験方法

鉄筋の腐食方法は、短期間に効率よく鉄筋を腐食させることができ、腐食の程度が比較的容易に制御可能な電食による方法とした。また、主鉄筋の腐食率測定は、載荷試験終了後にはつり出した鉄筋を10%濃度のクエン酸ニアンモニウム水溶液に24時間浸漬させて腐食生成物を除去した後に計測した質量減少率により求めた。

2.3 疲労試験

載荷点間隔350mm、支点間距離1830mmであり、載荷速度0.5mm/minの変位制御による4点曲げ載荷である。300kN 疲労試験機を用いて、1Hzのsin波で100万回載荷を行った。載荷条件に関しては表-2に示す通りである。測定項目は、荷重、スパン中央のたわみおよび鉄筋の軸方向ひずみである。なお、100万回載荷後も破壊に至らなかったD10-d試験体は、静的試験において破壊した。

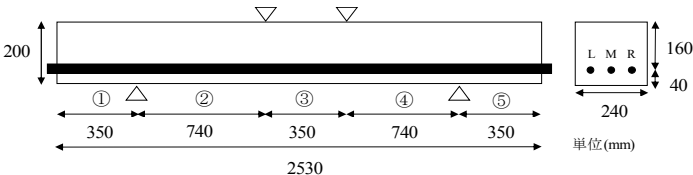


図-1 試験体概要

表-1 試験条件

試験体名	含水状態	端部処理
D10-d	乾燥	なし
D10-w	湿潤	なし
D10-d1	乾燥	あり
D10-w1	湿潤	あり

表-2 載荷条件

載荷回数 (回)	載荷荷重(kN)			
	D10-d,D10-w		D10-w1,D10-d1	
	min	max	min	max
1~40万	10	30	5	45
40万~100万	20	40	15	55

表-3 鉄筋腐食率、破壊回数、破壊モード

試験体名	鉄筋腐食率				繰り返し回数	破壊モード
	R鉄筋	M鉄筋	L鉄筋	平均		
D10-d	11.4	12.5	11.9	11.9	1.0×10^6	(付着割裂)
D10-w	9.6	8.6	9.5	9.2	5.0×10^4	付着割裂
D10-d1	8.3	5.5	7.8	7.2	1.7×10^6	曲げ破壊
D10-w1	10.3	7.9	10.3	9.5	1.3×10^5	せん断破壊

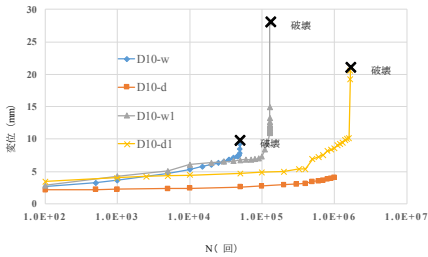


図-2 変位と繰り返し载荷回数

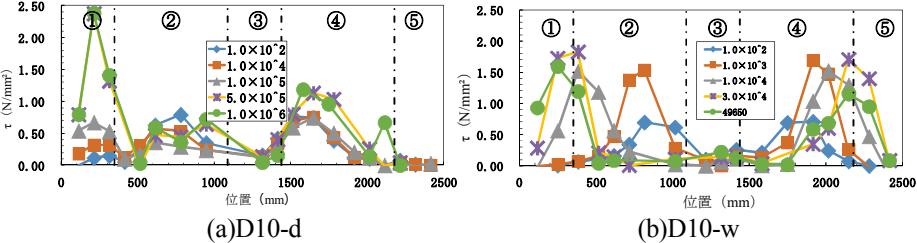


図-3 繰り返し载荷回数と付着応力の関係

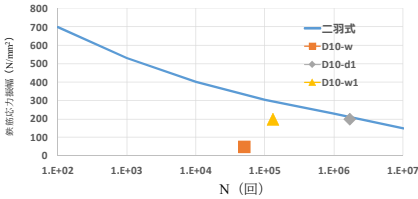


図-4 鉄筋応力振幅と繰り返し回数の関係

3. 実験結果

3.1 鉄筋腐食率

表-3 に鉄筋の腐食率を示す。R、L 鉄筋に比べ M 鉄筋の腐食率に差がみられたが、目標である 10%に近い値となった。

3.2 繰り返し回数と破壊モード

表-3 に各試験での繰り返し回数と破壊モードを示す。D10-d1、D10-w1 は端部処理をしていたため、鉄筋の抜け出しが抑制され付着割裂破壊は生じなかった。

3.3 変位と繰り返し回数の関係

図-2 に各試験での変位と繰り返し回数の関係を示す。各試験体とも破壊直前に変位が急激に上昇している。D10-w1 と D10-w は D10-d1、D10-d と比較すると、変位の上昇率が高く、早期に破壊が生じている。これは腐食ひびわれからの水分の流入による影響だと考えられる。

3.3 付着応力履歴

図-3 に D10-d、D10-w の付着応力履歴を示す。等曲げ区間③において付着応力は発生しておらず、理論値と同様の傾向を示している。

次に、繰り返し回数に応じた付着応力の変化であるが、D10-w は载荷による付着応力の低下が顕著になっている。コンクリートと鉄筋の間に存在する水分の影響により、付着応力が低下し低サイクルでの破壊につながったと明らかになっている²⁾。

3.4 疲労強度

図-4 に鉄筋応力振幅と繰り返し载荷回数の関係に合わせ二羽らの算定式³⁾から導いた曲線を示す。

(1) 乾燥状態

D10-d1 は二羽らの式から導いた曲線に近い値となり、整合性がとれていると考えられる。

(2) 湿潤状態

D10-w は応力振幅が小さいにも関わらず早期に破壊を生じた。これは試験中の鉄筋の抜け出しによるものだと考えられる。しかし、D10-w1 は D10-d1 同様の応力振幅であるにも関わらず、早期に破壊していることがわかる。このことから、水分が RC 梁部材の疲労強度に大きく影響していることが考えられる。

4. まとめ

- 1) 鉄筋とコンクリートの付着応力は各区間の鉄筋腐食率に起因し、水分の流入に伴い減少する。
- 2) 環境条件に伴い、鉄筋が腐食した RC 梁の疲労強度は大きく左右される。

参考文献

(1) 村上祐貴、木下哲秀、鈴木修一、福本幸成、大下英吉：鉄筋腐食を生じた RC 梁部材の残存曲げ耐力性状に関する研究、コンクリート工学論文集、vol.17、No.1、pp.61-74(2005)

(2) 大下英吉、谷口幸弘：部分的に水で飽和された多孔質材料としてのコンクリートの破壊エネルギーに関する研究、土木学会論文 No.620/V-43、pp.257-270 (1999)

(3) 二羽淳一郎、前田詣一、岡村甫：異形鉄筋の疲労強度算定式、土木学会論文集、第 354 号、V-2、pp.73-79(1985.2)