

長期暴露した塩分を含む鉄筋コンクリート梁の曲げ疲労性状

鉄建建設 正会員○西脇敬一 鉄道総研 正会員 大屋戸理明 鉄道総研 正会員 長谷川雅志
鉄建建設 フェロー会員 宮本征夫 鉄道総研 正会員 佐藤 勉 鉄建建設 正会員 永岡 高

1. はじめに

塩分の影響により腐食した鉄筋は、孔食を有し、いびつな形状に断面欠損している場合が見られる。既往の研究によれば、腐食した鉄筋の疲労強度は、腐食断面形状に大きく依存し、孔食の状況によって大きく異なることが示されている¹⁾²⁾。しかし、腐食した鉄筋の疲労特性に関する研究は、電食や解析的な研究はみられるものの、実構造物に近い暴露によるものは少ない。そこで、長期間暴露した塩分を含む鉄筋コンクリート梁(以下:RC 梁と称す)と、同様に暴露していた RC 梁から採取した鉄筋により疲労性状に関する試験を行ったので、その結果と考察を述べる。

2. 試験概要

試験体の形状寸法を図 1 に示す。試験体は、過去の研究³⁾に用いた RC 梁と同時期に製作したも

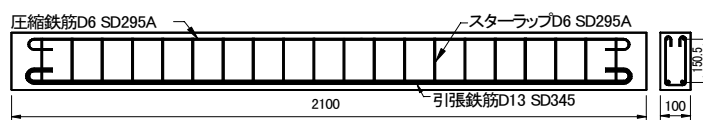


図 1 試験体の形状寸法 (単位:mm)

のであり、図 2 に示すように 2 体の RC 梁をローラー介して組み合わせて暴露していた。なお、腐食を促進させるため、練り混ぜ時に多量の塩分を混入し、さらに暴露開始後 17 ヶ月間は塩水の撒水を行っている。昨年、暴露開始後 12 年が経過した時点で、図 2 に示す対になっている左側の 3 体の RC 梁を用いて静的曲げ試験等を行った⁴⁾。今回、この試験後の RC 梁から、載荷の影響が小さい部位より、450mm 程度の引張鉄筋を各 RC 梁で 1 本計 3 本採取し、この鉄筋と、右側の RC 梁の内 2 体を用いて、疲労試験を行った。

鉄筋の腐食量は、重量減少率で試験体 A が 13.7%、B が 12.9% および C が 11.0% であり、局部的に著しい腐食が観察されている。なお、試験体 FB と FC の鉄筋は、重量減少率の測定を行っていないが、暴露条件と塩分量がほぼ同じと考えられるため、試験体 FB=B、試験体 FC=C と推定した。

RC 梁の疲労試験は、図 3 に示す位置を載荷点、支承位置とし、疲労試験機により、繰り返し速度 2Hz で載荷を行った。計測は、所定の回数に達した時点で静的載荷を行い、図 3 に示す位置で鉛直変位、軸方向ひび割れ幅の測定を行った。

鉄筋の疲労試験は、繰り返し速度 10Hz とした。

載荷応力は、RC 梁、鉄筋ともに鉄筋に作用する最小応力を 49N/mm^2 とし、最大応力を表 1 に示すように変化させた。なお、応力は、荷重を公称断面積で除して算出しており、腐食の影響を考慮していない。

3. 試験結果

(1) 疲労耐力

RC 梁と鉄筋の疲労試験結果を表 2 に示す。RC 梁は、かぶりコンクリートに大きな異常も認められず、2 体とも引張鉄筋の疲労破断で破壊に至った。

鉄筋が腐食した RC 梁部材の曲げ疲労強度は、鉄筋の疲労強度の低下のみで評価しても大きな影響はない

キーワード：疲労、暴露、重量減少率、孔食、軸方向ひび割れ

連絡先：〒286-0825 千葉県成田市新泉 9-1 Tel 0476-36-2354 Fax 0476-36-2380

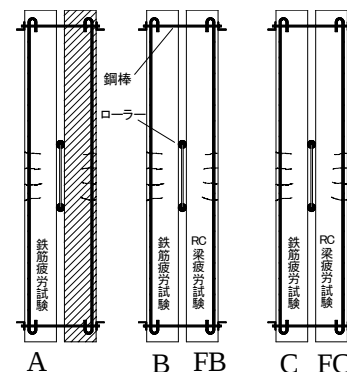


図 2 暴露時の状況

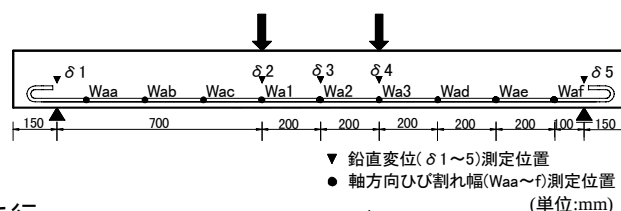


図 3 載荷および計測位置

表 1 疲労試験の条件

試験体		最大応力 (N/mm^2)	応力振幅 (N/mm^2)
RC梁	FB	267.0	218.0
	FC	254.5	205.5
鉄筋	A	149.0	100.0
	B	213.0	164.0
	C	261.0	212.0

とされている⁵⁾。よって、RC 梁および鉄筋の疲労試験結果より重量減少率と見かけの疲労強度残存率の関係を図 4 に示す。見かけの疲労強度残存率は、二羽等⁶⁾の式から求まる健全な鉄筋の疲労強度に対する率として算出した。なお、図中には、暴露 20

表 2 疲労試験結果

試験体		繰返し回数
RC 梁	FB	402,300
	FC	432,200
鉄筋	A	606,700
	B	323,100
	C	191,500

ヶ月時の RC 梁による結果³⁾も併せて記している。見かけの疲労強度残存率は、重量減少率の増加に伴い減少する傾向が認められる。また、重量減少率が大きくなると、見かけの疲労強度残存率の減少割合が増加するものの、概ね図中に示す式により評価できる。しかし、試験体 A の見かけの疲労強度残存率は、この関係式の値よりも非常に小さくなっている。これは、写真 1 に示すように、試験体 C は、著しい孔食や断面欠損は認められないものの、試験体 A では著しい孔食を有していることに起因すると考えられる。これより、著しい孔食を有する鉄筋の疲労強度を算定する際には、重量減少率のみならず、既往の研究結果¹⁾²⁾に示されるように、孔食による応力集中の影響を考慮する必要があると考えられる。

(2) 繰返し载荷による影響

RC 梁の疲労試験における繰返し回数と変位 $\delta 3$ の関係を図 5 に示す。変位は、繰返し回数の増加に伴い、徐々に大きくなる傾向が見られる。

試験体 FC の繰返し回数と軸方向ひび割れ幅の関係を図 6 に示す。軸方向ひび割れ幅は、繰返し回数 2.5 万回以降に明らか異なる挙動を示した。これは、繰返し载荷により、徐々に付着劣化を生じたためと考えられる。

これより、繰返し回数 2.5 万回以降の変位の増大は、曲げひび割れの進展および付着劣化の影響と思われる。

4. まとめ

長期暴露した塩分を含む RC 梁および腐食鉄筋を用いた疲労試験より、以下の疲労性状が明らかとなった。

- ・塩分により腐食した鉄筋の疲労強度は、平均的な腐食量を表す重量減少率により概ね推定できると考えられた。
- ・軸方向ひび割れは、繰返し回数の増加で拡幅する傾向が見られた。これより、鉄筋が腐食した場合には、繰返し荷重によって、付着劣化を生じる可能性があると考えられた。

なお、本研究は、明星大、来海豊助教授の指導のもとで実施されたことを付記する。

【参考文献】

- 1) 羽瀨・守分・工藤・広谷：劣化した鉄筋の力学特性に関する基礎研究，土木学会第 46 回年次学術講演会概要集，第 V 部門，pp. 344-345，1991.9
- 2) 守分・長瀧・大即：塩害を受けた鉄筋コンクリート部材の疲労寿命の推定法に関する研究，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.18，No.2，pp. 1529-1534，1996.6
- 3) 山住・宮本・佐藤：鉄筋を腐食させた RC はりの劣化状態と耐力について，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.12，No.1，pp. 557-562，1990.6
- 4) 大屋戸・西脇・長谷川・永岡：長期暴露した鉄筋コンクリート梁の劣化性状と耐力，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.23 投稿中
- 5) コンクリート工学協会，コンクリート構造物のリハビリテーション委員会報告書，1998.10
- 6) 二羽・前田・岡村：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

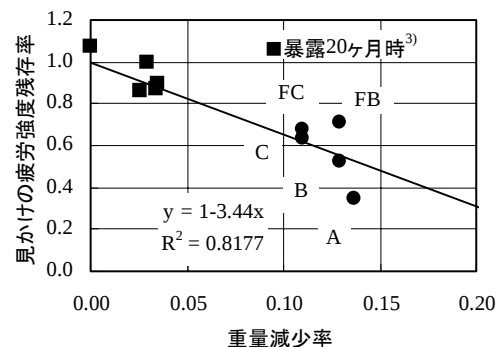


図 4 重量減少率と見かけの疲労強度残存率の関係

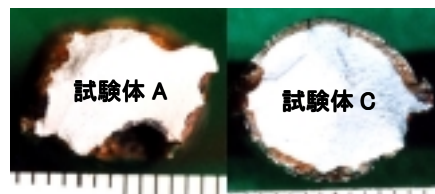


写真 1 試験後の鉄筋破断面の状況

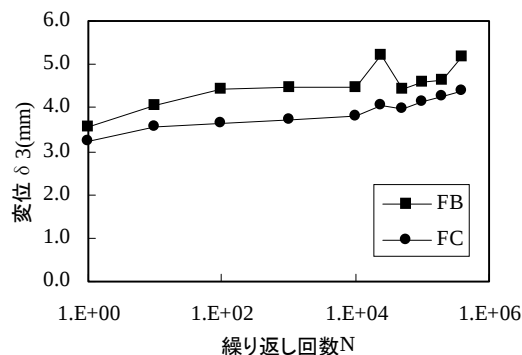


図 5 繰返し回数と変位 $\delta 3$ の関係

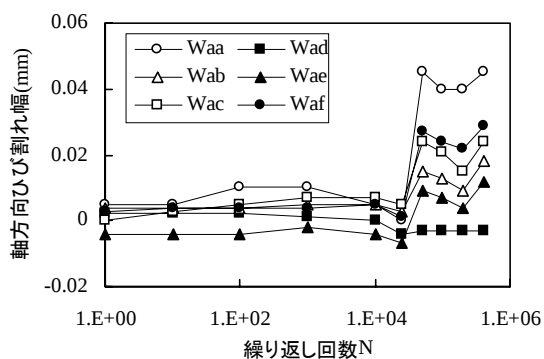


図 6 繰返し回数と軸方向ひび割れの関係