

川田工業(株) 正会員 ○ 作田 孝行

川田工業(株) 正会員 橘 吉宏

金沢大学工学部 正会員 梶川 康男

## 1. まえがき

鉄筋コンクリート構造物の維持、管理を論ずる上で無視できないのが鉄筋の腐食であり、アルカリ骨材反応とともにコンクリート構造物の問題点として指摘されている<sup>1)</sup>。橋梁に限って言えば、最も過酷な荷重作用を受け、種々の要因によりひびわれが発生すると言われている床版が錆の問題に直面していると言える。錆を放置しておけば構造物に悪影響を及ぼす事は容易に推測されるが、錆と構造物の挙動との関係は未だ不明の点が多い。本研究は、腐食鉄筋を有する単鉄筋ばりの載荷試験を行ない、載荷前の初期応力状態も含めてその劣化機構について考察を行ったものである。なお別稿で、有限要素法を用いて劣化機構の数値解析を試みた結果も報告している<sup>2)</sup>。

## 2. 電食試験

鉄筋の腐食促進法として、電気化学反応手法(以下電食と称す)を用いた。この電食試験を通して鉄筋ばりは錆による劣化を受けるが、その膨張により、載荷試験を行なう前のはりには初期応力が導入されているものと考えられる。文献4)でこのような考え方に基き本電食試験中の内部ひずみについて報告しており、本研究では錆による初期ひずみも考慮して考察を行なうことにした。電食条件は、電流密度を $0.84 \text{ mA/cm}^2$ と一定にして、電食日数を2日間(48時間)、4日間(96時間)、6日間(144時間)、10日間(240時間)としたものに対し載荷試験を実施した。また、鉄筋の付着試験供試体についても鉄筋ばりと同時に同様な条件で電食を行ない付着試験を行った。その結果については文献2)において報告されている。

使用したコンクリートは、普通ポルトランドセメントを用い、水セメント比(%) 59%でAE減水剤を用いた。また粗骨材の最大寸法は25mmであり、スランプは8cmである。圧縮強度 $\sigma_{cs}=280 \text{ N/mm}^2$ であり、載荷試験時は $290 \text{ N/mm}^2$ であった。使用した鉄筋は $\phi 16$ で黒皮付きである。

## 3. 載荷試験

電食終了後1日間腐食鉄筋ばりを乾燥させた後、載荷試験を行った。載荷試験の概要を図-2に示す。スパン中央点でのたわみは、支点位置の中立軸上で単純支持された十分剛な鋼材に変位計を取り付けて、その変位をもってたわみとした。載荷装置は40tonサーボパルサーを荷重制御で使用したが、荷重の一部を鋼製横ばりに分配させることにより、急激な破壊の進展を防止するとともに、最大耐力後のたわみをも追跡した。なお載荷中のひずみの測定点は、電食中のひずみの測定点と同じである<sup>4)</sup>。

## 4. 試験結果とその考察

試験結果の一部として、耐力力、破壊形状、荷重-たわみ、荷重-鉄筋ひずみ関係を、表-1、図-3～図-5に示す。

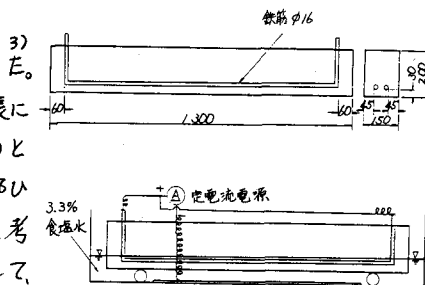


図-1 電食試験の概要

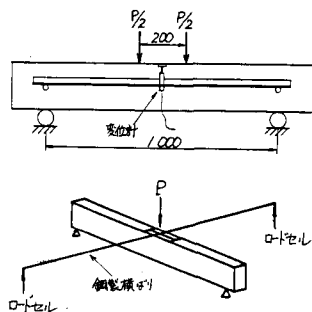


図-2 載荷試験の概要

表-1 載荷試験の結果

| 模型番号              | 通電時間             | 腐びわれの最大幅 (mm)        | 耐力力 (ton)             | 破壊形状  | 定置部での破壊     |
|-------------------|------------------|----------------------|-----------------------|-------|-------------|
| 1-A<br>1-B<br>1-C | 非腐食<br>(0 時間)    | —                    | 9.88<br>10.05<br>9.97 | —     | 無<br>無<br>無 |
| 2-A<br>2-B<br>2-C | 2日間<br>(48 時間)   | —                    | 7.95<br>7.79<br>6.41  | せん断引張 | 無<br>無<br>無 |
| 3-A<br>3-B<br>3-C | 4日間<br>(96 時間)   | 0.05<br>0.05<br>0.10 | 10.03<br>9.90<br>9.63 | せん断圧縮 | 無<br>有<br>有 |
| 4-A<br>4-B<br>4-C | 6日間<br>(144 時間)  | 0.25<br>0.25<br>0.20 | 9.09<br>9.20<br>8.97  | 曲げ引張  | 有<br>有<br>有 |
| 5-A<br>5-B<br>5-C | 10日間<br>(240 時間) | 0.50<br>0.70<br>0.55 | 6.68<br>7.65<br>8.71  | 曲げ引張  | 有<br>有<br>有 |

(1)破壊形状と耐荷力 本載荷試験ではせん断スパン比(%)2.0と比較的小さく、せん断破壊しやすいはりである。非腐食では曲げせん断破壊であったが、2日間通電はせん断引張破壊であり耐荷力も低いものとなった。しかしながら、はり下面で錆による縦ひびわれ(鉄筋に沿ったひびわれ)が発生している4日間通電では再び耐荷力が上がり、破壊形状はせん断圧縮破壊であった。4日間以上の通電については、通電時間が長くなるにしたがい、破壊形状も曲げ引張破壊に近いものとなり耐荷力も低下している。池田らは文献5)で、付着のない鉄筋ばりと付着のある鉄筋ばりの載荷試験から付着性状が破壊形状に大きく影響し、付着のない鉄筋ばりが曲げ引張破壊を呈し、付着のあるはりではせん断引張破壊を呈すことを報告している。本試験においても前出の文献2)に示した腐食鉄筋ばりに即した付着試験を行ない検討を行ったが、破壊形状の相違は付着強度の変化では説明できなかった。そこで、付着性状の強弱として「すべりやすさ(以下、付着剛性と呼ぶ)」の差を考えた。付着試験結果から、錆による縦ひびわれがまだ発生していない2日間通電は付着剛性が高く、縦ひびわれ発生後の4日間以上の通電は電食時間とともに付着剛性が低くなる傾向を示すことから、2日間通電はせん断引張破壊を呈し、通電時間が長くなるにしたがい曲げ引張破壊へ移行してゆくことが理解できる。

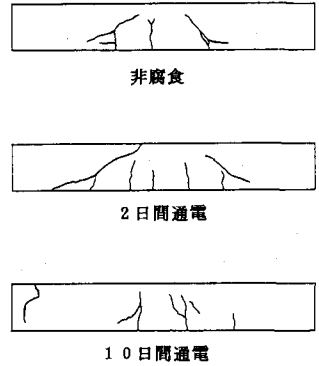


図-3 破壊形状

(2)鉄筋定着部と耐荷力 前述に示すように、腐食鉄筋ばりは付着のない鉄筋ばりと似たような挙動を示し、本載荷試験で4日間以上通電したはりについては定着部からの破壊により耐力を失い全体的な破壊へと至っている。池田らは前出の文献5)で、水平方向の付着を除去した鉄筋ばりについては鉄筋定着部付近の付着がその耐荷力に大きく影響してくることを報告していることから、実際問題として、腐食鉄筋を有する鉄筋コンクリート構造物中での定着部いかに、構造物の安全性に大きく影響することが推測される。

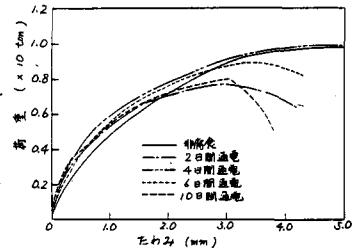


図-4 荷重-たわみ関係 (初期変形を無視)

(3)たわみおよび鉄筋ひずみ たわみに関しては、錆によってはり下面に縦ひびわれが発生しているにもかかわらず、腐食鉄筋ばりの方が初期の曲げ剛性は高くなっている。鉄筋ひずみに関しては、鉄筋腐食の程度によって載荷初期の段階で傾きに差が認められたが、鉄筋腐食にともなう初期ひずみを考慮するとひびわれ進展段階ではその挙動に差は認められなかった。初期応力は載荷初期の挙動に影響を与えているようであり、これらの挙動の原因としては、載荷中に錆の膨張圧の一部がぬけ、初期応力が解放される可能性のある事がその要因の一つであると思われる。

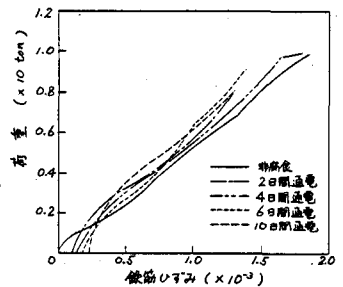


図-5 荷重-鉄筋ひずみ関係 (初期ひずみを考慮)

## 5. まとめ

本研究を通じて、付着剛性の低下、およびそれにもなう鉄筋定着部での力の伝達の変化が腐食鉄筋ばりの耐荷力に影響してくることが推測された。また、初期応力が及ぼす影響については興味のある結果であり、さらに検討を要する点である。本研究では丸鋼を用いての腐食実験であるが、異形鉄筋の腐食による劣化について、また更構造物中での腐食程度の把握と実験との対応などが、今後の課題として残される。

## 参考文献

- 1) 小林「コンクリート構造物の耐久性」コンクリート工学 Vol.23, No.2, 1985
- 2) 高橋, 前田, 梶川「有限要素法による腐食鉄筋単体ばりの挙動解析」第40回年報発表集, 1985
- 3) 武若, 花本「コンクリート中の鉄筋腐食がRC部材の力学特性に及ぼす影響」第6回コンクリート工学年報発表集, 1984
- 4) 角本, 梶川, 前田「鉄筋腐食の膨張によるコンクリートの挙動について」第40回年報発表集, 1985
- 5) 池田, 宇治「鉄筋コンクリートばりの曲げ耐荷挙動に及ぼす鉄筋の付着の影響に関する研究」, 土木学会論文集 第393号, 1980