

## 腐食した鉄筋の腐食量評価と RC 梁部材性能

ジェイアール東海コンサルタンツ(株)  
東海旅客鉄道(株)正会員 ○稲熊 唯史  
正会員 久保淳一郎  
正会員 竹上 浩史正会員 長谷川昌明  
フェロー 関 雅樹

## 1. 目的及び概要

鉄筋コンクリート部材における鉄筋腐食の影響は部材の力学的性能に直接的に関連し、変形性能や終局耐力を低下させる。腐食した鉄筋の腐食量評価は一般的にある長さの鉄筋に対して鉄筋の腐食生成物を除去し、腐食していない健全な鉄筋との重量の差分で腐食量を評価する方法が行われており、JCI-SC1 法<sup>1)</sup>として提案されている。この方法では評価対象となる鉄筋の平均的な腐食量を評価しており、これに対して鉄筋の降伏及び引張強度は鉄筋の最も小さい断面の位置で決定されると考えられる。そこで、既往の研究<sup>2)</sup>では腐食生成物を除去した鉄筋の表面形状を直接的に計測して断面積を評価する方法が示されており、腐食状態のより厳密な評価が可能であると考えられる。そこで、本件研究では RC 梁部材を電食により鉄筋腐食させ、曲げ載荷試験によって部材性能を評価し、その後せん断スパンより鉄筋を採取して重量と形状による鉄筋腐食量の評価を行い、その鉄筋引張試験を行って鉄筋の腐食形態及び腐食量の把握と部材性能及び鉄筋の引張特性の関係について考察した。

## 2. 腐食量評価及び引張試験結果

実験に供した RC 梁試験体は、幅 240mm 高さ 360mm 長さ 3,000mm の複鉄筋構造とし引張鉄筋は SD345D22 を 2 本配置し、帯筋として SR235R13 を 200mm ピッチで配筋した。試験体は鉄筋を腐食させない基準試験体と腐食レベルを変えた 3 水準の腐食 RC 梁試験体を各 1 体製作した。鉄筋腐食レベルは積算電流で表-1 に示す通りとし、圧縮側主筋は絶縁し電食させていない。

曲げ載荷試験は単純梁の 2 点載荷で行い載荷荷重と試験体の変形について計測した。載荷試験終了後、鉄筋が降伏していないせん断スパンより引張鉄筋を採取して鉄筋腐食量を評価した。鉄筋の腐食量評価の方法は JCI-SC1 法による重量評価と、3次元レーザースキャナにより腐食生成物除去後の鉄筋表面形状を直接計測したデータから鉄筋断面積を解析する方法の 2 種類で行った。図-1 に 3次元計測を行った一例として鉄筋の可視化画像を示す。

腐食量計測後の鉄筋を静的な引張試験を実施してチャック間の荷重変位関係及び引張強度、破断伸びを計測した。破断伸びの計測では局所的な伸びを評価する目的で鉄筋節間隔(14.4mm)を検討として破断時の変位量から伸びを評価した。図-2 に 3次元計測結果から解析した鉄筋軸方向の鉄筋断面積の分布及び断面積の平均値と破断伸びの結果を示す。鉄筋断面積は節による拡張形状を正確に評価しており、鉄筋断面積は軸方向に凹凸を示している。腐食させていない健全な鉄筋では形状計測による断面積の平均値が公称断面積をや

表-1 試験体電食水準

| 試験体    | 通電電流 | 積算電流量    |
|--------|------|----------|
| 基準試験体  |      |          |
| 腐食 L-1 | 1 A  | 172 A・h  |
| 腐食 L-2 | 3 A  | 1299 A・h |
| 腐食 L-3 | 5 A  | 3120 A・h |

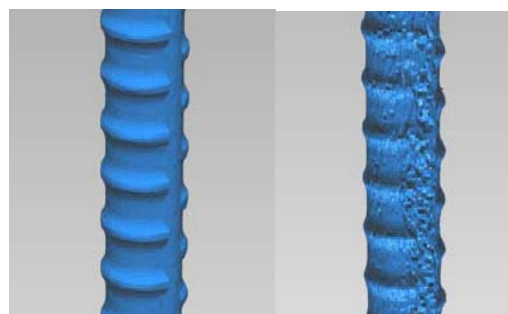
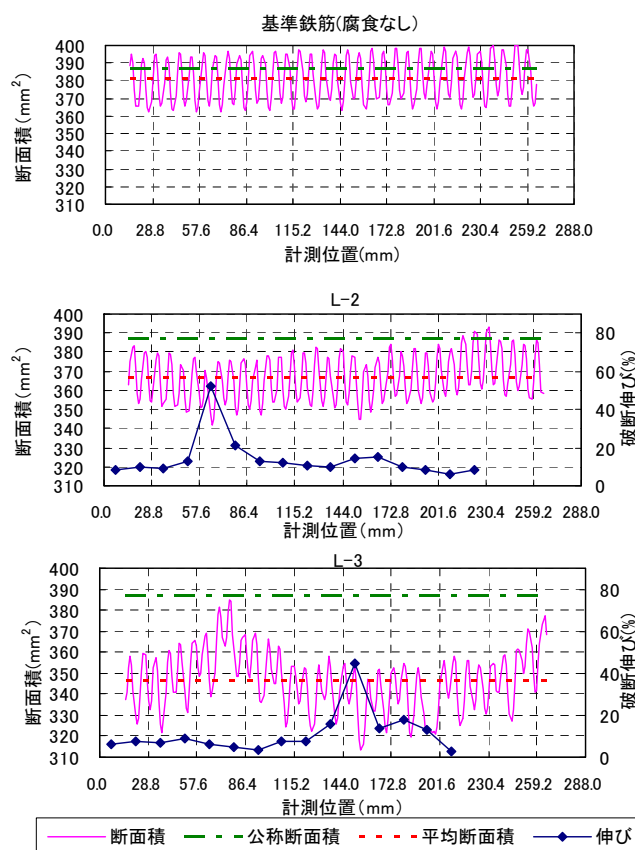
図-1 3次元計測した鉄筋形状  
(左；健全 右；腐食後(L-3 試験体鉄筋))

図-2 鉄筋の形状計測結果及び局所破断伸び

連絡先 〒450-0002 名古屋市中村区名駅5丁目アクトン納屋橋 ジェイアール東海コンサルタンツ(株) TEL 052-746-7122

や下回る結果となっている。

鉄筋の腐食度が増加することによって鉄筋全体の断面積が減少していくとともに、軸方向の鉄筋腐食の分布に大きな周期の変動が発生している。また、鉄筋破断位置を示す局所伸びが最大となっている箇所は、鉄筋断面積が最小となる位置と一致しており鉄筋の引張性能が腐食後の最小断面で決定されることを示していると考えられる。

次に本研究で腐食量評価方法として適用した従来の重量評価と3

次元計測による形状評価結果と引張試験結果の対応について示す。図-3では腐食量評価結果について示しており、JCI-SC1の重量評価と形状評価による平均値の評価結果はよく対応しており平均した腐食量評価ではいずれの手法によっても結果に大きな相違はないと考えられるが、形状評価による最小断面は腐食程度の増加に伴い平均値との乖離が拡大する結果となっている。図-4では鉄筋の引張荷重を複数の評価方法で得た断面積で除した引張強度を示しているが、形状評価の最小断面積を用いることにより腐食した鉄筋の引張荷重をより正確に評価できると考えられる。

### 3. 曲げ載荷試験結果

曲げ載荷試験で得られたモーメントスパンにおけるモーメントと平均曲率関係を解析値とあわせて図-5に示す。解析は断面高さを200分割したファイバーモデルの非線形解析を行っている。鉄筋腐食していない健全なL-0に対して鉄筋腐食させたL-3は終局耐力で10%低下しており、図-6に示す解析で得られた鉄筋が分担する引張荷重においても部材終局時において同様に10%の低下となっている。腐食させたL-3試験体鉄筋腐食量は重量評価方法で6.8%、形状評価方法の最小断面積で10%となっており、形状評価による最小断面と部材の終局耐力の相関が比較的良好と考えられる。しかし、解析に用いた鉄筋モデルは断面積を6%減じて腐食による付着低下を考慮してテンションステイニング効果の減少により降伏後の鉄筋剛性を低下させた図-7に示すモデルであり、変形を含めた挙動は、単純に断面積を10%減じたモデルでは鉄筋降伏モーメント付近で実験値と完全に一致しなかった。これは、部材のひび割れ発生及び鉄筋降伏が先行する位置が帯筋の配置位置に支配されており、鉄筋断面積の最小の位置が降伏が先行しないなどの影響が考えられる。

### 4. まとめ

- 腐食量の大きい場合では腐食量平均値と最小断面となる腐食量との差が拡大するため、重量評価による腐食平均値では腐食した鉄筋の性能を危険側に評価する。
- 鉄筋腐食量の評価は形状計測により最小となる断面積を評価することにより、腐食した鉄筋単体の引張強度を精度良く評価できる。
- 鉄筋腐食した部材の終局耐力は形状評価による鉄筋断面減少分を考慮することにより精度良く評価できるが、降伏耐力においては降伏位置と鉄筋最小断面が一致しない場合があり、降伏耐力は最小断面積の計算値よりも大きくなる。

### 参考文献

- 1) (社)日本コンクリート工学協会：コンクリート構造物の腐食・防食に関する試験方法ならびに規準(案)．1987
- 2) 大屋戸，金久保，山本，佐藤：鉄筋の腐食性状が鉄筋コンクリート部材の曲げ性状に与える影響 土木学会論文集 E Vol. 62 No. 3, 542-554 2006. 8

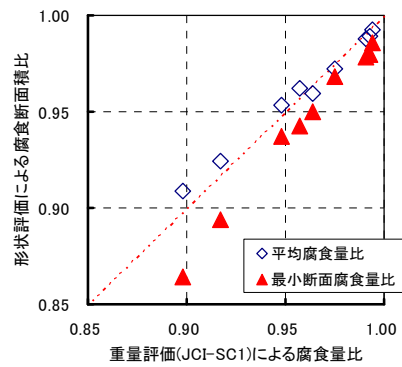


図-3 鉄筋腐食評価結果の比較

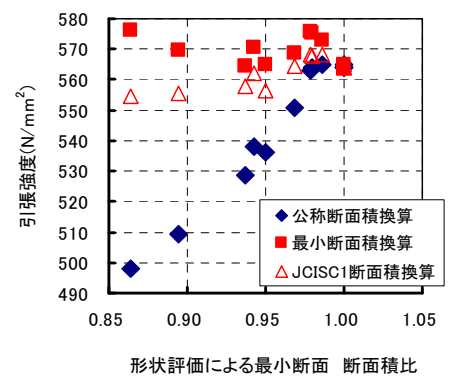


図-4 鉄筋引張強度

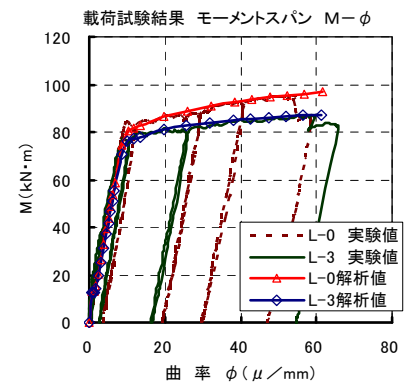


図-5 モーメント曲率関係

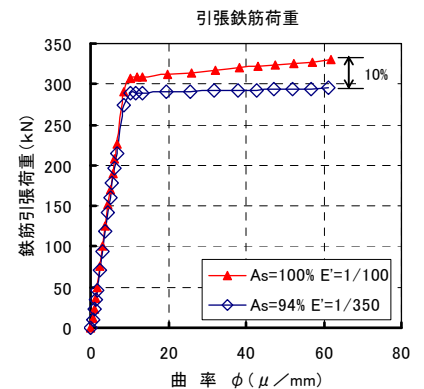


図-6 鉄筋の分担荷重

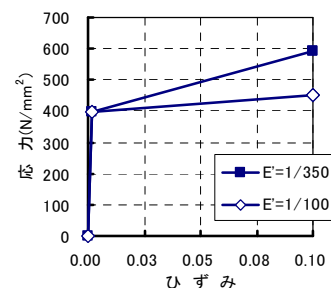


図-7 解析に用いた鉄筋の応力ひずみ