

V-381

鉄筋腐食により劣化したRCばりのRBSMによる解析

石川 高 専 正会員 富田 充 宏
金沢大学工学部 正会員 梶川 康 男

1. まえがき

近年、海砂および塩化物を含む混和剤の使用や飛来塩分の浸透等を原因とした鉄筋腐食によって損傷を受けたRC構造物の早期劣化が問題となっている。そのため、鉄筋の腐食によるひびわれ発生機構や鉄筋腐食を受けたRC部材の耐力に関する研究¹⁾等が、現在まで数多く報告されている。しかしながら、鉄筋腐食によるRC部材の変形挙動に関する既往の研究では実験的な手法がほとんどであり、劣化状況の異なるRC部材の耐力の推定や補修方法等を検討する上で、解析的な手法の確立が必要であると思われる。

本研究は、鉄筋腐食によって損傷を受けたRC部材の耐力低下、破壊形状および変形挙動を解析的に明らかにするため、剛体-ばねモデル（RBSM）による材料非線形解析を行い、本解析法の妥当性について実験結果と比較、検討したものである。

2. 電食RCばりの载荷実験

载荷実験に用いたRCばりの供試体の形状は、図-1に示すように、断面150mm×200mm、長さ2000mmのスタラップを有しない単鉄筋ばりで、スパン長1500mm、载荷間隔150mmとし、曲げ破壊を呈するようにせん断スパン比

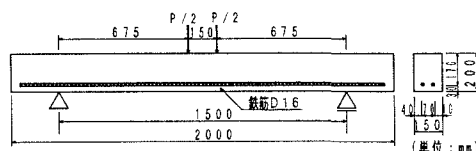


図-1 供試体形状

4.2に設定した。主鉄筋には異形鉄筋D16を2本用いている。鉄筋の腐食促進法としては、定電流電源による電食法を用いることにした。この方法は鉄筋を強制アノード溶解させる方法であり、この方法による腐食の程度は積算電流量すなわち通電日数を変化させることにより調整でき、今回の実験では通電していない供試体（非腐食ばり）と通電日数15日間（積算電流量180mA・hr/cm²）で鉄筋を電食させた供試体（腐食ばり）の2種類を作成した。载荷方法は、サーボ型試験機により変位制御にて2点集中载荷し、载荷形式は単調载荷と片振り繰り返し载荷の2ケースとした。

3. RBSMの解析方法

RBSMは、終局状態での挙動を評価しようと開発された離散化モデル²⁾であり、図-2に示すように要素間の境界に存在する垂直応力とせん断応力に抵抗する2種類の分布ばね K_n および K_s に材料特性を直接導入することができる。そこで、コンクリートの引張特性は垂直応力が引張強度まで線形とし、その後垂直ばね K_n を切断し、ひびわれ発生直前の垂直応力をひびわれ面直交方向のひずみの一次減少関数として解放した。一方、圧縮特性は圧縮応力-ひずみ関係を折れ線で近似した。また、鉄筋の材料特性はひずみ硬化特性とバウシinger効果を考慮した履歴モデルを使用し、コンクリート

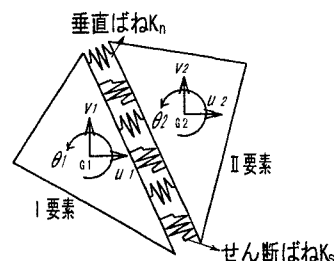


図-2 RBSM

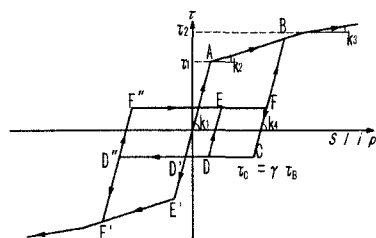


図-3 付着特性

キーワード：RBSM、鉄筋腐食、繰り返し荷重

〒929-03 石川県河北郡津幡町北中条 TEL:0762-88-8169 FAX:0762-88-8171

〒920 金沢市小立野2丁目40-20 TEL:0762-34-4601 FAX:0762-34-4632

と鉄筋の付着特性は、図-3のような τ - S 関係にモデル化した。解析では、スパン中央より左半分について図-4の要素分割を行った。主鉄筋は各々の断面積が等しくなるような厚さで図に示す四角形要素に配置し、コンクリートと鉄筋は完全付着とせず、付着特性を持つせん断ばねと垂直ばねのみで連結した。また、腐食ばりの場合主鉄筋間のひびわれおよび底面へのひびわれが発生していることから、主鉄筋間の底面かぶり部のコンクリートは載荷荷重に抵抗しないものと考え、図-4の斜線部分に相当する部分を断面の欠損として扱った。非線形計算は、 r_{min} 法を拡張した非線形解析手法を用い、載荷時は変位増分法で、繰り返し載荷の場合の除荷時は荷重増分法により計算した。

4. 実験および解析結果の比較

図-5に単調載荷の荷重-はり中央の鉛直変位関係の解析結果と実験結果を示す。非腐食ばりの解析では実験結果と比較して初期勾配が多少大きい傾向を示しているが、鉄筋の降伏による包絡線の急激な変化を捉え、その後の変形および最大耐力についても精度良く一致している。また、腐食ばりの解析では荷重の増加に伴う緩やかな勾配の変化を捉え、最大耐力もほぼ一致している。

図-6(a)、(b)に繰り返し載荷の荷重-はり中央の鉛直変位関係の解析結果と実験結果を示す。図-6(a)に示した非腐食ばりの解析では、4~6ループ目の鉄筋降伏直後の荷重が実験結果より高めにしているが、それ以後のループにおいては耐力、除荷-再載荷履歴曲線ならび残留変位とも一致している。また、図-6(b)に示した腐食ばりの解析では、8ループ目の最終耐力が実験結果より低くなっているが、除荷-再載荷の履歴曲線は実験結果と非常に一致している。しかしながら、実験結果の除荷-再載荷の履歴曲線は楕円を描くような曲線であるが、解析結果は直線的な変化を示している。

5. まとめ

(1) RBSMの適用により、繰り返し荷重下の腐食ばりの変形挙動、耐力低下を解析的にかなりの精度で推定できることが明らかになり、本解析の妥当性が認められた。

(2) 解析結果および実験結果より、繰り返し荷重下の腐食ばりでは、残留変位が非腐食ばりと比較して非常に小さい。このことは、除荷-再載荷の履歴曲線が鉄筋の降伏による変形でなく、鉄筋とコンクリートとの付着挙動に大きく影響するためであると考えられる。

参考文献

- 1) 中田泰広・丸山久一他：鉄筋腐食によるひびわれが梁供試体の耐荷性状に及ぼす影響，コンクリート工学年次論文集12-1，pp551-556, 1990.
- 2) Kawai T.: New Element Models in Discrete Structural Analysis, 日本造船学会論文集, No. 141, pp. 174-180, 1977.

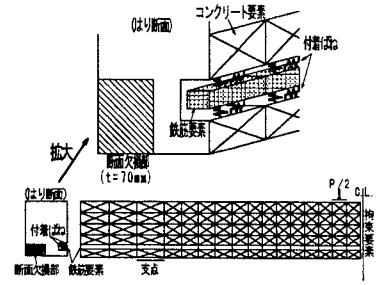


図-4 要素分割

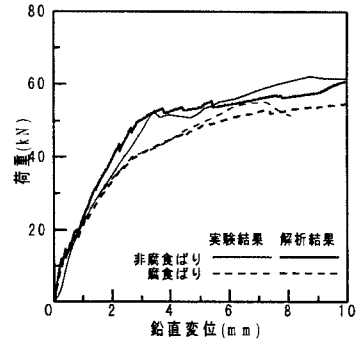


図-5 荷重-鉛直変位（単調載荷）

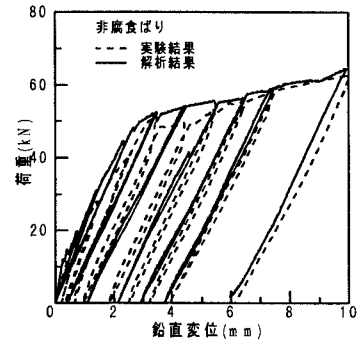


図-6(a) 荷重-鉛直変位（非腐食）

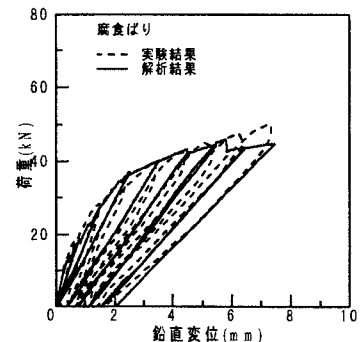


図-6(b) 荷重-鉛直変位（腐食）