

鉄筋腐食により損傷を受けたRCばりの耐力解析

金沢大学大学院 学○久野和敬
金沢大学工学部 正 梶川康男

1. 概要

近年、RC構造物中の鉄筋腐食による被害が各地で報告されるようになってきている。その主な原因としては、飛来塩分の浸透や中性化域の進行、また海砂の使用や混和剤等による打設時の塩分の混入であるとされている。腐食により発生する膨張圧は、 120kgf/cm^2 にも及び、コンクリートを破壊もしくは内部破壊に至らしめる。こうした内部破壊を受けたRC部材は、鉄筋軸に沿ったひび割れ面の形成や、鉄筋の付着劣化を生じ、これらに伴った耐力の低下や破壊形式の変化が生ずる可能性のあることが実験的に示されており、その安全性の評価が大きな問題となる。そこで本研究では、腐食損傷を受けたRCばりを作成し、実験を行った後にFEM解析を行い、その挙動についての考察を行っていく。

2. 材料のモデル化

コンクリートの圧縮特性を表現するためのモデル化として、Darwin, Pecknold¹⁾の等価一軸ひずみモデルを用いて、二軸応力-ひずみ関係を主応力と等価一軸ひずみの関係に置換して、Saenzの式により近似した。また、主応力方向の変化については、野口等の提案した等価一軸ひずみの主軸の置き換えを行うことによって考慮した。引張方向に対しては剛性を線形弾性とし圧縮履歴を考慮にいて引張強度を変化させ、応力の解放はTension Cut offとした。ひび割れはSmeared Crackingモデルを用い、図-1に示す6通りのパターンにより表現した。鉄筋は、Von Misesの降伏関数を用いて、複合硬化する弾塑性材料としてモデル化した。また、鉄筋とコンクリート界面の挙動をモデル化するために、Ngo, Scordelis²⁾が提案した図-2に示すようなボンドリンク要素を用い、 τ - S 関係は、3本の直線により近似した。

3. 解析手法

有限要素には8節点アイソパラメトリック要素を用い、荷重増分解析により計算を行った。

腐食RCばりにおいては、図-3に示すような腐食膨張圧により発生した鉄筋間を結ぶ劣化面や、付着劣化が主な原因で、耐力を低下させると考えられる。しかし、この劣化面を直接、解析モデルに反映させることは非常に困難である。そのため、今回はこの劣化面を表現するために、図-4に示すような鉄筋軸より上の要素に初期応力 6kgf/cm^2 を導入することにより表現したモデル（以下初期応力導入モデル）と、ボンドリンクに付着劣化を反映させたモデル（付着劣化モデル）の2種類を用いて解析を行った。また、初期応力導入モデルでは、ボンドリンクの特性は非腐食の特性を用いた。

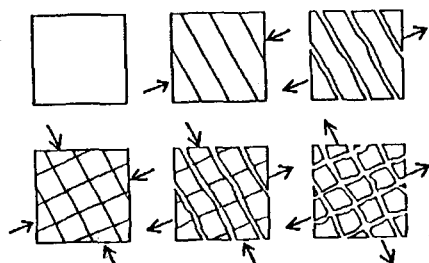


図-1 ひび割れパターン

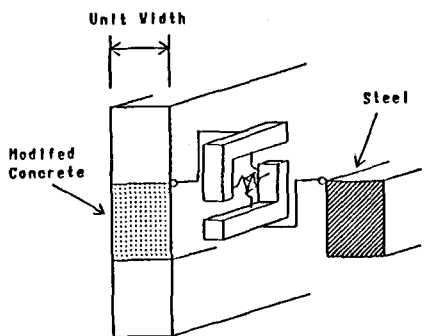


図-2 ボンドリンク要素

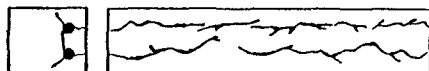


図-3 腐食膨張によるひび割れ

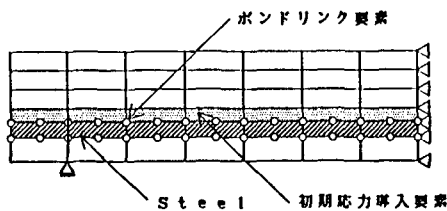


図-4 ひび割れ面のモデル化

4. 解析結果と考察

腐食RCばりを解析する場合に注目すべき点は、耐荷力の低下と、鉄筋のひずみが降伏域に達しないこと、及び図-5に示したような破壊形式の変化である。以下この3つの点について考察を進めていく。

図-6に示したのは、プログラムの妥当性を検討するために行った非腐食ばりの解析結果である。Tension Cut offの影響で初期剛性は若干低いものの、耐力的にはある程度表現できたと考えられる。

図-7に示したのは腐食RCばりの解析結果である。初期応力導入モデルによる解析では、最大耐荷力はほぼ表現できているが、鉄筋のひずみは5.1tfで降伏域に達しており、実験とは一致しなかった。付着劣化モデルによる計算結果では、最大耐荷力はほぼ実験値に等しく、またこの時のひずみも1600 μ 程度と降伏域に達しておらず、実験の挙動を表現できたと考えられる。しかし、図-8に示した破壊形式について見てみると、初期応力導入モデルでは、図-5に示したような鉄筋軸に沿ったひび割れの形成が見られるが、付着劣化モデルではひび割れは中央部に集中しており、実験のようなひび割れは現れていない。この点については、初期応力導入モデルの方が実験によく一致している。

以上より今回の研究を通して分かったことは、腐食RCばりにおいて、初期応力導入により表現した劣化面と、付着劣化のどちらが腐食RCばりの挙動を支配しているかという決定は非常に困難であり、単純に答えを出すことのできない問題である。そして、これら主なる2つの要因が複雑に絡みあった結果が、実験値として現れてくるものであると考えられる。なお、今後の研究課題としては腐食RCばりの除荷-再載荷時の剛性低下についての考察を行っていく予定である。

参考文献

- 1) Darwin D. & Pecknold D. A. : Nonlinear Biaxial Stress-strain Law for Concrete, Proc of A SCE, Vol. 33, No. EM2, 1977
- 2) Ngo, D. and Scordellis, A. C. : Finite Element Analysis of Reinforced Concrete Beams, ACI Journal, VOL. 64, No. 3, March 1967.

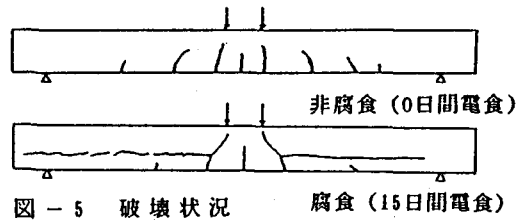


図-5 破壊状況

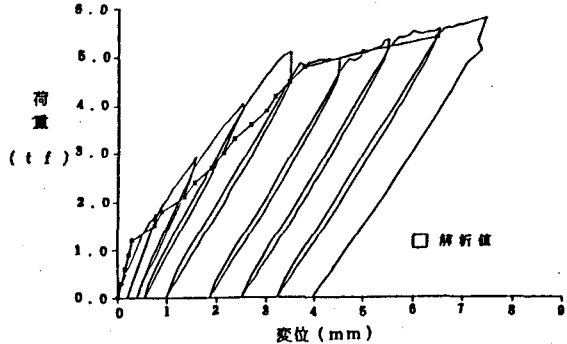


図-6 荷重-変位曲線 (非腐食)

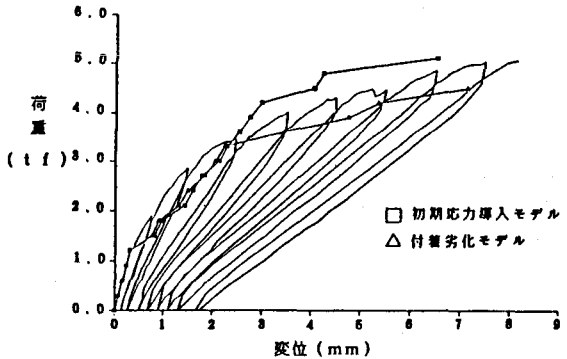


図-7 荷重-変位曲線 (腐食)

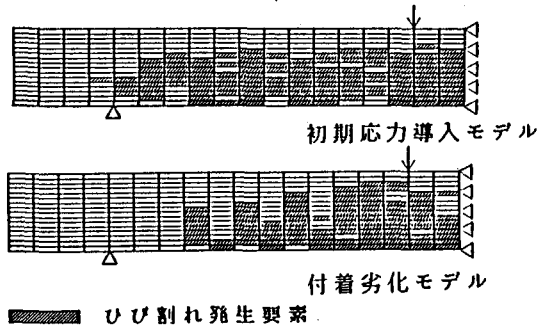


図-8 解析による破壊状況