

V-14 異形鉄筋リブ近傍のコンクリートの変形解析

豊橋技術科学大学 学生会員 松永 豊
 同上 正会員 角 徹三
 パシフィックコンサルタント 正会員 中村 桂久

1. 研究目的

異形鉄筋とコンクリート間の付着特性は、鉄筋リブの楔作用によって応力伝達がなされるため、鉄筋近傍のコンクリートは面外変形を伴う複雑な応力状態となるのが特徴である。最近ではRC部材の応力解析にボンドリンクを用いて付着-滑り関係を導入することが盛んであるが、リンクの剛性値の適切な評価のためにも鉄筋近傍のコンクリート変形挙動のより詳細な説明が必要と思われる。本研究では1個のみのリブを持つ鉄筋を考え、リブから伝達される力によって鉄筋近傍のコンクリートが如何なる応力・変形性状を示すかを検討した。

2. 解析モデルおよび解析手法

解析の対象とした供試体は図-1に示すような引抜き試験体であり、荷重反力は4隅の反力筋に負担させている。この供試体の1/4断面を2次元平面応力問題におきかえて図-2に示すような要素分割を行い、荷重増分法による非線形有限要素法解析を行った。本解析では鉄筋リブを1個のみとしており、それ以外の領域では鉄筋とコンクリート間は付着が断ち切られている。図-2の節点中ふし前面の2点(図中●印)のみがコンクリート・鉄筋とも同一節点番号を共有し他の境界節点(図中○印)はそれぞれ独立の節点番号となっている。載荷側コンクリート端面からリブ位置までの距離を解析パラメータとしてリブ近傍コンクリート要素の主応力、材軸方向の相対変位および耐力等を求めた。解析に用いたリブ形状は図-1の供試鉄筋D19の寸法に合せて図-2に示すように設定した。コンクリート要素厚は鉄筋中心からの距離に比例して要素重心位置の厚さを採用した。本解析では異形鉄筋の付着に特有な円周方向引張応力による割裂ひびわれを取扱えない難点があるが、リブ近傍に生じる内部ひびわれの進展やコンクリートのせん断変形の性状は十分に追跡できる。

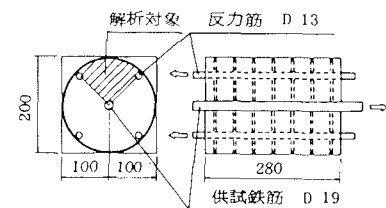


図-1 解析に用いた供試体概要 (単位: mm)

2次元のコンクリート要素の応力-ひずみ構成関係には Darwin & Pecknold²⁾の提案した主応力方向直交異方性の仮定と等価一軸ひずみを用いて接線剛性の決定やひびわれの判定を行った。

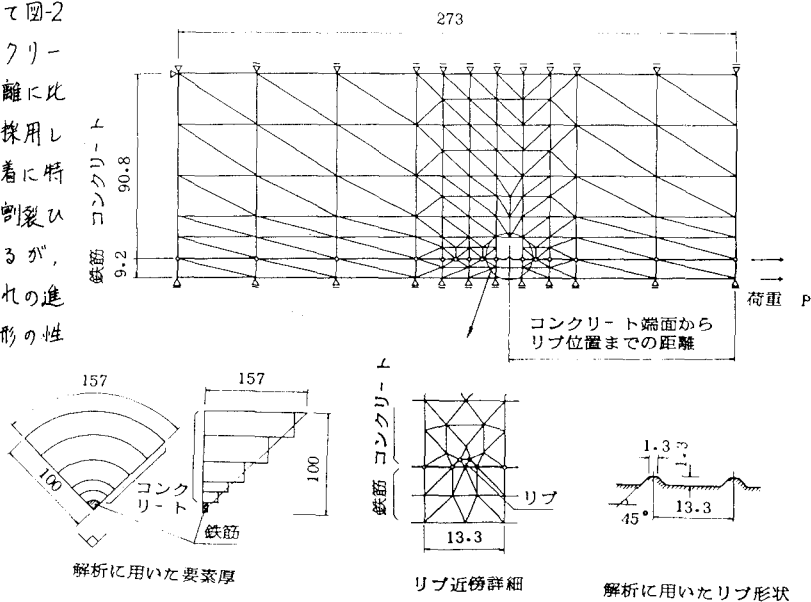


図-2 解析モデル (単位: mm)

ひびわれ発生後は解成ひずみエネルギーに等価な節束力と外力として作用させ、鉄筋とコンクリート間の境界節束が重なる場合には十分に大きな剛性バネを挿入して節束の重なりを防いだ。

3. 解析結果の考察

図-3 はリブ近傍の引張応力分布を示したものであり斜線の部分はひびわれの発生した要素を表わしている。R-7 は載荷側コンクリート端面からリブ中心までの距離が7mmで最も短い場合の、R-137 は同様の距離が137mmで最も長い場合の解析結果を示している。いずれも内部ひびわれの方向が材軸と45°方向に進展しており、数多くの実験結果とも一致している。R-7 の場合は内部ひびわれがコンクリート端面に達することによりリブが負担する付着耐力が限界に達するが、R-137ではひびわれ域はリブ近傍にすぎられ応力の再分布も高荷重においては極めて複雑となる。

図-4 はリブを中央にはさんでリブ間隔に等しい位置でのコンクリートの材軸方向の相対変位分布を示したものである。コンクリートの相対変位は鉄筋表面から鉄筋径の3~3.5倍程度の範囲で生じ、載荷側の変位(図中の δ_2)は内部ひびわれによる変位増の影響で δ_1 よりも大きな値となっている。

図-5 は鉄筋表面C位置とコンクリート自由面A位置との相対変位と荷重との関係を示したものである。剛性・耐力ともにリブ位置に大きく依存するがR-33 以上になるとほぼ同様の曲線を描いている。図-5の横軸は鉄筋のみの伸びによる相対変位($\delta_c - \delta_b$)を含んでいるが、この量は鉄筋とコンクリートの境界面での相対滑り量を表わすものと考えられる。図-4および図-5より、鉄筋近傍のコンクリートの面外変形に対する剛性を、コンクリート載荷端からの距離、鉄筋表面からの垂直方向距離および付着力の関数として表現することが今後の課題となる。これが可能となれば、例えば池田等の提案したバネモデルの剛性の適切な定量化の道が拓けるものと思われる。

4. 結論

異形鉄筋リブ近傍のコンクリートの変形性状を調べるため7個のみのリブを持つRC引抜き試験体の応力解析を行った。その結果、応力・変形性状がコンクリート載荷端面からリブ位置までの距離に依存すること、面外変形を生じる領域は鉄筋径の3.5倍程度の範囲であること等が明らかとなった。

(参考文献) 1) 角 徹三他「鉄筋降伏以後を含む異形鉄筋とコンクリート間の付着劣化に関する実験的研究」オ4回コンクリート工学年次講演会講演論文集, 1982, PP. 267~273

2) D. Darwin & D.A. Pecknold "Nonlinear Biaxial Stress-strain Law for Concrete" ASCE, EM2, Apr. 1977, PP. 229~241

3) 池田尚治「RC部材における鉄筋とコンクリートとの応力伝達に関する研究」土木学会論文報告集, 1981年3月, PP. 85~97

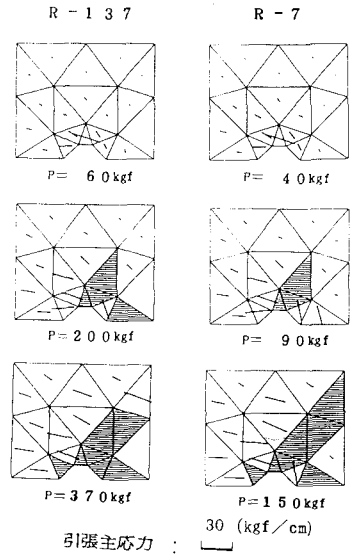


図-3 リブ近傍の引張主応力分布

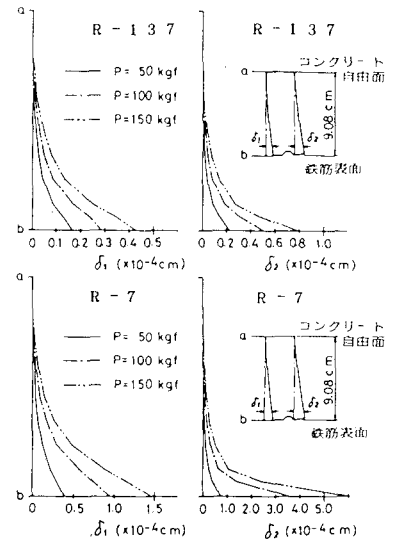


図-4 コンクリートの材軸方向相対変位

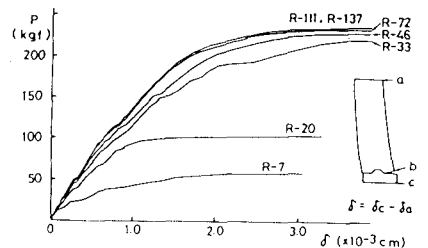


図-5 荷重-相対変位関係