

鉄筋コンクリート構造物におけるひびわれ近傍の付着劣化のシミュレーション

九州大学	学生員	平川 大計
九州大学	正 員	John Bolander Jr.
九州大学	正 員	彦坂 熙
九州大学	学生員	海老原 俊広

1. 緒言

鉄筋コンクリートにおいて、鉄筋とコンクリートの間に発生する付着すべりは、鉄筋近傍のひびわれ形成のみならず、構造物全体の破壊にも大いに影響を与える。したがって鉄筋コンクリート構造物の非線形挙動解析を行う場合、鉄筋とコンクリートの付着特性のモデル化が重要である。鉄筋近傍のコンクリートにひびわれが発生すると、その周りに損傷 (damage) 領域が形成されるため、そのひびわれ面近くの付着作用は低下する。本研究ではRC部材の引き抜き試験のシミュレーションを行い、ひびわれ近傍での付着劣化を考慮したモデルの検討を行う。

2. 有限要素モデル

図-1は上下対称の供試体¹⁾の下側部分であり、有限要素分割及び載荷条件を示す。コンクリートは平面応力定ひずみ三角形要素、鉄筋は棒要素を用いている。コンクリートの引張破壊を表すために分布ひびわれモデルを用い、損傷パラメーター ω を0から1まで変化させることにより、ひびわれと垂直方向の剛度を調整する。 ω は損傷の度合いを表しており、 $\omega=0$ はまったく損傷のない状態、 $\omega=1$ は完全な損傷を受けた状態である(図-2)。コンクリートと鉄筋の境界面には、一般によく用いられるリンク要素を用いた(図-3)。リンク要素は互いに直交するバネ(K_{tt} , K_{nn})で鉄筋とコンクリートを結合する。鉄筋に垂直方向のバネ剛度 K_{nn} は鉄筋とコンクリートの相対変位が無視できる程度の大きさとし、鉄筋方向のバネ剛度 K_{tt} は次節3で述べる付着応力とすべりの関係によって調整する。また図-1の左端に極めて薄い要素をもうけ、その損傷度を $\omega=1$ とし供試体の左端をひびわれ面として解析している。

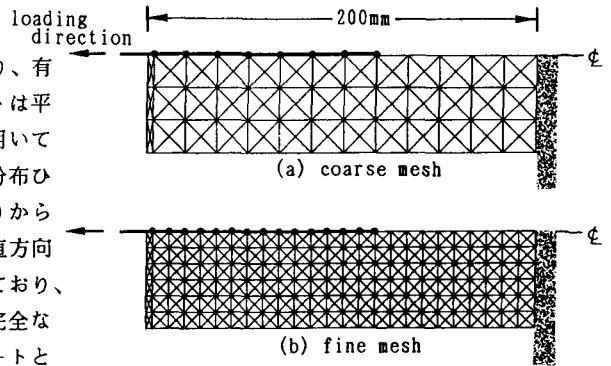


図-1 有限要素分割

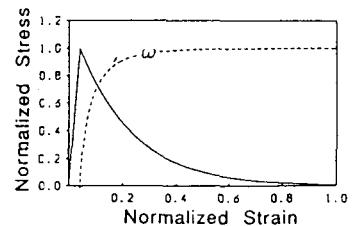


図-2 Exponential softening model

3. 付着すべりのモデル化²⁾

付着特性について2つの限界状態を設定する。1つはひびわれから十分離れている場所の付着状態($\omega^*=0$)、他の1つはひびわれに面している状態($\omega^*=1$)である(図-4)。この2つの限界状態の間を損傷の度合いにより変化させ、付着性能の低下をシミュレートする。 $\omega^*=0, 1$ の曲線は引き抜き試験³⁾から得られた結果によるものである。付着応力とすべりの関係は ω^* をパラメーターとして連続的に変化する。リンク要素の鉄筋方向のバネ剛度 K_{tt} は付着応力-すべり曲線の傾きである。ま

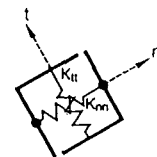


図-3 リンク要素

た損傷領域は図-5に示すパラメーター β ($=5$)を用いて設定する。リンク損傷度 ω^* の評価に主びわれだけでなく2次びわれの影響を考慮すると、びわれパターンや鉄筋の応力分布など良好な結果を得ることができるが、すべりやびわれ幅が実験値よりやや大きくなる傾向を示す⁴⁾。そこで本研究では、リンク要素は損傷領域内の最も影響を及ぼすびわれバンドを主びわれとし、それ以外のバンドの損傷は直接的な影響を持たないものとする。すなわち各リンクの損傷度 ω^* は、その主びわれのバンドにある積分点の ω とそのバンドからの距離に応じて定める。

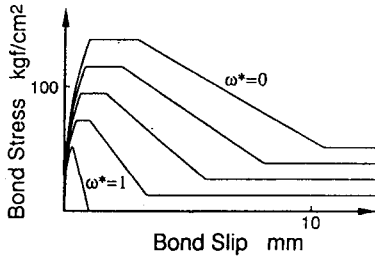


図-4 Variable stress-slip model

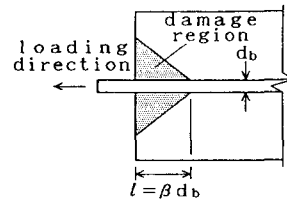


図-5 損傷領域

4. 解析結果及び考察

メッシュサイズの異なる2種類のモデル(図-1)について解析を行った。最大付着応力と載荷端からの距離の関係および載荷点の荷重変位曲線をそれぞれ図-6, 7に示す。両解析モデルとも結果はほぼ一致し、メッシュサイズに影響されにくいということが言える。図-6の結果から分かるように、実験結果と解析結果は良く一致しており、今回提案したリンクの損傷度 ω^* の評価方法により付着低下をシミュレート出来る。今後、このモデルを用いて鉄筋コンクリート構造の解析を行い、鉄筋の応力分布やびわれ幅などについて実験との比較し、さらに検討を重ねていきたい。

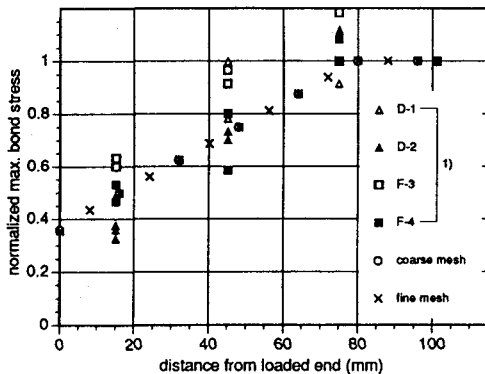


図-6 最大付着応力と載荷端からの距離の関係

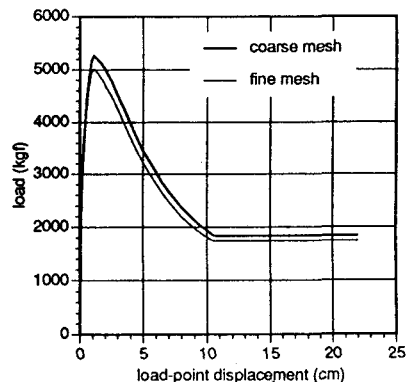


図-7 荷重-変位曲線

<参考文献>

- 1) Hayashi, S., Kokusho, S., and Yoshida, H: Experiments of bond behavior between deformed bars and concrete in the neighborhood of cracks. Transactions of AIJ, No. 348, Feb., pp. 86-97.
- 2) J. Bolander Jr., M. Satake and H. Hikosaka: Bond Degradation Near Developing Cracks in Reinforced Concrete Structures, Memoirs of the Faculty of Engrg., Kyushu Univ., Vol. 52, No. 4, Dec. 1992.
- 3) Eligehausen, R., Popov, E., and Bertero, V: Local bond stress-slip relationships of deformed bars under generalized excitations. Report No. UCB/EERC-83/23, Univ. of Calif., Berkeley, 1983.
- 4) 村田一: 鉄筋コンクリート構造物におけるびわれ近傍の付着性能低下のシミュレーション, 九州大学卒業論文, 平成5年3月