

鉄筋コンクリート構造物におけるひびわれ近傍の付着性能低下のシュミレーション

九州大学 学生員 ○ 村田 一

九州大学 正 員 John Bolander Jr.

九州大学 正 員 彦坂 熙

1. 緒言

鉄筋とコンクリートの間の付着特性は多くの要因の影響を受けており、付着性能の低下はひびわれ形成に影響を及ぼすだけでなく、構造物の破壊にも影響を及ぼす可能性がある。本研究では、ひびわれによる付着特性の変化を考慮したモデルを用いて偏載荷重を受けるT型橋脚の2次元非線形有限要素解析を行いその妥当性を検討した。

2. 偏載荷重を受けるT形橋脚の実験

実構造の1/10の1の供試体を用いて載荷試験を行った。柱部主鉄筋3本のうち、中央の一本についてはD19筋の内部に9×9mmの正方形孔をくりぬき、その中にひずみゲージを30mm間隔で添付した。また、柱部にひびわれ幅を観測する範囲を設定し、各荷重ステップごとにマイクログラフを用いてひびわれ幅を測定した。

3. 解析モデル

図-1に供試体の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た。ただし、要素は図-1の四辺形要素に2本の対角線を引いて得られる三角形要素である。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 ω を0から1まで変化させることにより、ひびわれに垂直方向の剛度を調整する。解析は付着モデルのみが異なる2つのモデルについて行った。1つは、鉄筋とコンクリートが完全に付着しておりすべりが生じないモデル(PB)、他の1つは、ひびわれ近傍の付着劣化を考慮したリンク要素を用いたモデル(VB)である。リンク要素は互いに直交するバネ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は次で述べる付着応力とすべりの関係によって調整する。

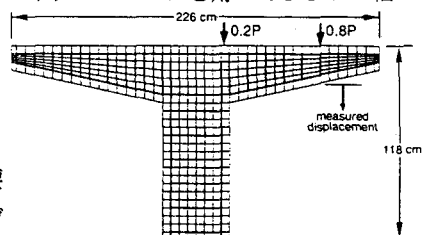


図-1 有限要素分割図

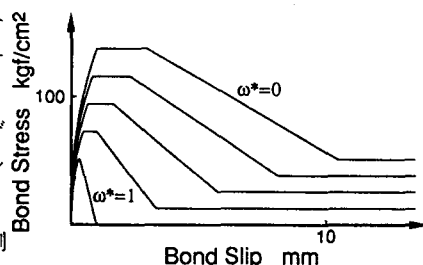


図-2 Variable

Stress-slip model

4. 付着すべりのモデル化

リンク要素の特性について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た場所の状態($\omega^*=0$)で、他の1つはひびわれに面している場所の状態($\omega^*=1$)である(図-2)。 $\omega^*=0$ から $\omega^*=1$ の間をリンクの損傷の度合いに合わせて ω^* を変化させ、付着性能の低下をシュミレートする。すなわち付着応力とすべりの関係は ω^* をパラメータとして連続的に変化する。¹⁾

5. 解析結果及び考察

(1) 鉄筋のひずみ分布及びひびわれ図

解析によって得られた供試体の設計荷重 $P=4.8\text{tf}$ と破壊荷重に近い $P=13.8\text{tf}$ における鉄筋のひずみ分布及びひびわれパターンを図-3に示す。また、 $P=13.8\text{tf}$ のひびわれ図には供試体の配筋を示した。PB及びVB両モデルとも、低い荷重段階ではひびわれ発生箇所ですべてひずみ分布を示す。しかし荷重が増大すると、PBモデルでは鉄筋部でひびわれが一様に広がるためひずみ分布も一様となる。VBモデルではそれと異なり、ひびわれパターン及び鉄筋のひずみ分布とも現実に近い結果が得られる。図-4は実験によるひびわれ図を示したものである。

(2) ひびわれ幅

偏載荷重を受ける柱部には一定のモーメントが作用するが、実験と解析結果ではひびわれ発生箇所が完全には一致しない。しかし、その発生箇所の差はそれ程大きなものではないので、ほぼ同じ箇所に生じたひびわれ幅の比較を図-5示す。解析では分布ひびわれモデルを用いているため、破壊ひずみからひびわれ幅を算定した。PBモデルではすべりを考慮していないので、鉄筋部まで伸展したひびわれが鉄筋を越えると、隣の要素帯に移り伸展していく。そのため最も伸展したひびわれのかぶりの部分にはひびわれが生じていないケースがよく見られ、図-5に示すようにかぶり部分でのひびわれ幅は極端に小さくなることもある。VBモデルでは実験値に近い分布形状を示すが、実測値よりも大きめの値になっている。

6. むすび

今回の解析に用いたVBモデルは2次元であるのに対し、実験では表面のひびわれしか測定できないために実験と解析結果に差が生じたと考えられる。VBモデルによれば現実に近いひずみ分布や変位挙動がえられるので、鉄筋コンクリート構造物の解析に有効である。今後、材料特性などの研究が進めばより高精度の解析ができると思われる。

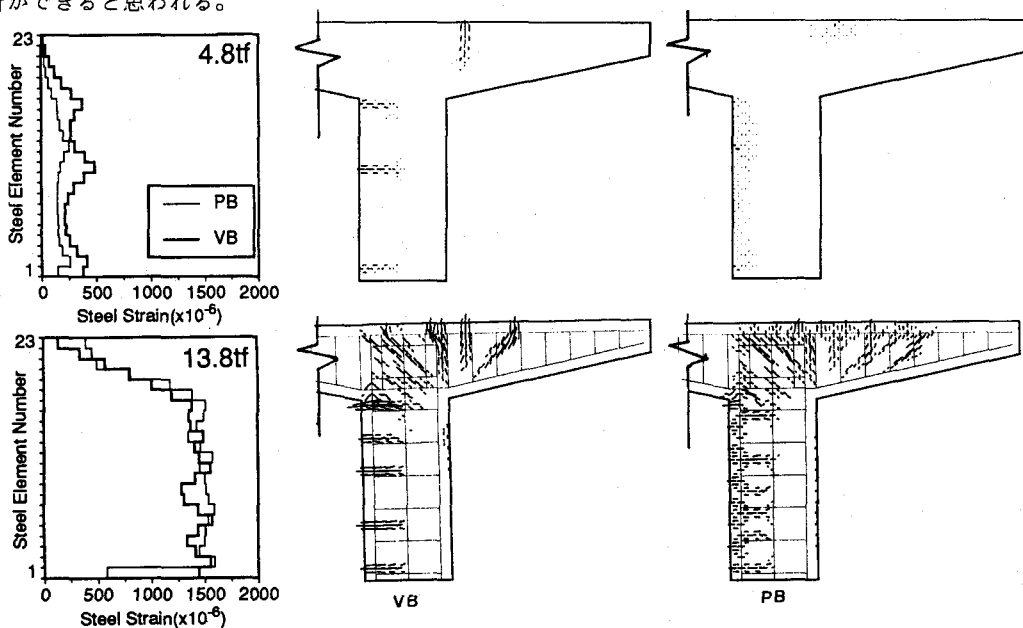


図-3 鉄筋のひずみ分布及びひびわれパターン

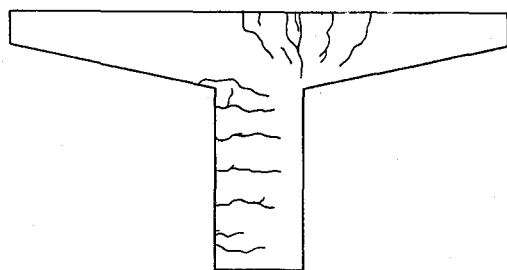


図-4 実験から得られたひびわれ図

<参考文献>

1) Bolander Jr., Satake and Hikosaka: Bond Degradation Near Developing Cracks in Reinforced Concrete Structures, Memoirs of the Faculty of Engineering, Kyushu University, Vol. 52, No. 4, Dec. 1992

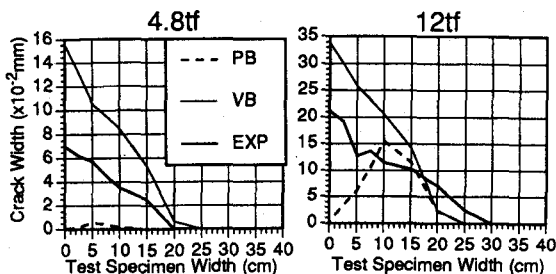


図-5 ひびわれ幅分布図