

I - A29

R C部材の異形鉄筋両引試験のシミュレーション

九州大学 正会員 LIU Yuqing

九州大学 正会員 彦坂 熙

日本道路公団 正会員 樫山公洋

九州大学 学生員 高畑 悟

1. 序論

鉄筋コンクリート部材における異形鉄筋とコンクリート間の付着特性に関する研究は古くから多数行われているが、付着破壊のメカニズムは非常に複雑で十分に解明されたとはいえない¹⁾。本研究では、2次元剛体-バネ系モデルによるR C部材の準微視的付着破壊のシミュレーション手法を開発し、異形鉄筋のふし周辺コンクリートの破壊過程を考察することを試みる。

2. 解析方法

本研究では、コンクリート正四角柱の中央部に異形鉄筋が1本配置された供試体の両引試験を解析対象とし、対称性を考慮して全体供試体の1/8の領域をモデル化する。2次元解析において供試体の3次元効果を考慮するために、図-1のように鉄筋上部のかぶりコンクリートを奥行き(X軸方向)の厚さを持つ単層要素(要素1)とし、鉄筋位置では、角柱体とする鉄筋(要素2)およびその背後にあって鉄筋要素と同一の平面形状を持つコンクリート(要素3)からなる2層要素を設ける。各要素を剛体とし要素の重心点に2次元剛体変位の3自由度を与える。要素境界面に分布する垂直バネとせん断バネからなるバネ系を配し、このバネ系に蓄えられるひずみエネルギーを計算する。ただし、前面の鉄筋と背後のコンクリートの2層要素間にはバネを配置せず、この2層要素間(要素2、3)の力のかぶりコンクリート要素(要素1)を介して伝達させる。

垂直およびせん断方向のバネ定数(k_n, k_s)の計算には次式を用いる。

$$k_n = E/(h_1 + h_2) \quad (1)$$

$$k_s = E/(2(1+\nu)(h_1 + h_2)) \quad (2)$$

ここに、 h_1, h_2 は隣接する2つの要素の重心から要素境界面に下した垂線の長さを表す。 E, ν はヤング率とポアソン比であり、鉄筋要素とコンクリート要素が隣接する界面の E, ν には、それぞれ h_1 および h_2 を重みとする平均値を採用する。また、鉄筋とコンクリート間の付着面積に関しては、実際の円柱の鉄筋付着面積を用いることとし、かぶりコンクリート要素と鉄筋要素の奥行きの厚さを $\pi d_s/4$ (d_s :鉄筋径)とする。

本研究では、コンクリートを脆性弾性体として最大引張応力で切断されたモール・クーロン条件でその破壊を判定する。破壊したバネの応力は解放させ、そのバネの剛度は0にする。鉄筋についてはミーゼス降伏条件で判断し、降伏強度に達したバネの硬化剛度を0.01 Eとする。

3. 解析モデル

本解析では、異形鉄筋のふしのかみ合わせ作用によるコンクリートひび割れの発生・進展の破壊過程を考察するために、部材長が鉄筋径 d_s の60倍でかぶり厚さ t_c を d_s の1, 2, 3倍とした3つの供試体の両引試験をシミュレートする(図-2)。異形鉄筋のふしをそれぞれ鉄筋と別の要素で表現し、ふしの形状は長さ2.5mm、

キーワード：付着特性、異形鉄筋、剛体-バネモデル

連絡先：812 福岡市東区箱崎6-10-1 九州大学工学部建設都市工学科 TEL&FAX：092-642-3260

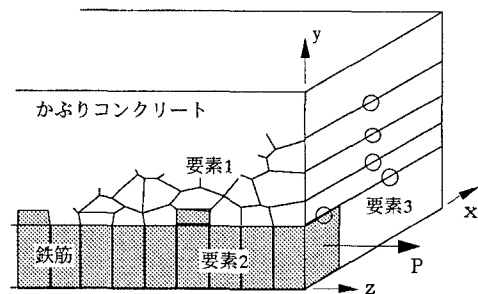


図-1 2層要素メッシュ

表-1 材料特性

	ヤング率 $E(\text{kgf/cm}^2)$	ポアソン比 ν	引張強度 $f_t(\text{kgf/cm}^2)$
コンクリート	2.0×10^5	0.18	30
鉄筋	2.1×10^6	0.3	3600
界面	平均値	平均値	30

高さ1.5mmとし、ふしの間隔は12.5mmとする。鉄筋およびふしは四角形要素に分割し、それらの背後のコンクリート要素3の形状および寸法は鉄筋およびふし要素と同じに設定する。鉄筋上部のかぶりコンクリートについてはボロノイ分割によりランダムな多角形要素を発生させる。バネの剛度は表1の材料特性に基づき決定する。コンクリートのせん断強度をその圧縮強度の25%とし、内部摩擦角を37度とする。ふしのかみ合わせによる効果のみに着目するため、鉄筋とコンクリート界面のせん断バネ剛度を0とする。

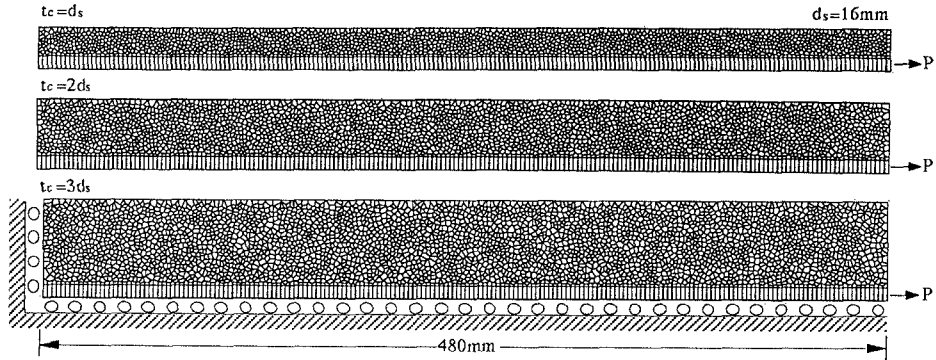


図-2 解析モデル

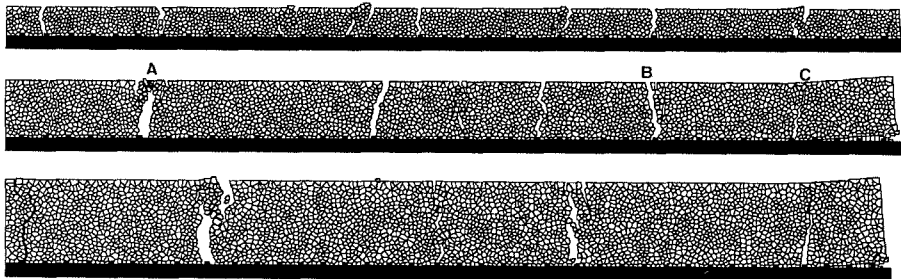


図-3 各供試体の破壊状態

4. 解析結果および考察

破壊状態を図-3に、鉄筋載荷端の荷重-変位曲線は図-4に示す。 $t_c=2d_s$ の供試体の付着破壊過程を観察すると、載荷端の鉄筋応力 σ_s が75MPa程度でふしからの内部ひび割れが逐次発生し始め、 $\sigma_s=90\text{MPa}$ 程度で多くの内部ひび割れが生じている。この時、図-3におけるA、B断面の鉄筋応力はまだ小さく、かぶりコンクリート内の応力が大きいため1次横ひび割れが形成される。ひび割れCは付着伝達長さ内に発生し、部材表面に達するまで徐々に進展して、内部ひび割れから成長する2次横ひび割れの性状を呈している。

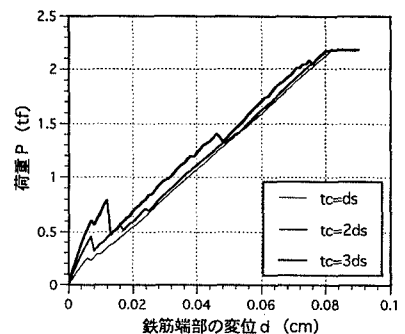


図-4 荷重-変位曲線

図-4より、かぶり厚さが大きい場合は荷重-変位曲線の初期勾配が増大するが、かぶり厚さが小さい場合は荷重-変位曲線が鉄筋単体のみの曲線に近づくことがシミュレートされている。図-3の破壊状態は、かぶり厚さが大きくなるに従って、ひび割れ間隔が大きくなり本数が減少するかぶりコンクリートの拘束効果を示している。

参考文献：1) 後藤幸正・大塚浩司：引張を受ける異形鉄筋周辺のコンクリートに発生するひびわれに関する実験的研究、土木学会論文報告集、第294号、pp.85-100、1980.2.