

高松工業高等専門学校 正会員 長友 克寛
豊橋技術科学大学 正会員 角 徹三

1. 研究目的

異形鉄筋の付着機構を解明するため、着着等はこれまで鉄筋横ふし近傍のコンクリートの解析を行い、その応力、変形状態について検討を加えてきた¹⁾。しかし、それらには不問にした点も多く、完全に実際の現象を表現しているとは言い難い面がある。本研究は、いま一度基本に立ち返り、横ふし1個のみを持つ鉄筋の引き抜き試験を実施し、付着特性そのものを実験的に再考すると共に、解析結果の有効性を再吟味するための資料提供を目的とするものである。実験パラメータとしては横ふしの前面の角度およびその埋め込み長の2つを採用した。

2. 実験概要

試験体の形状、寸法を図-1に示す。図中に示したような直角横ふし1個を持つ鉄筋を作製し、そのふし前面の角度 θ および埋め込み長 L を変化させる。 $\theta = 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 90^\circ$ の4種類とし、 $L = 1.5, 3.0, 4.5, 6.0\text{cm}$ のものを $\theta = 45^\circ$ についてはそれぞれ2体づつ、他の θ については1体づつ、計20体の試験体を実験に供する。

図-2には載荷、測定方法を示してある。載荷は荷重制御である。反力は反力板に径12.5cmの穴を開けることによって鉄筋表面から鉄筋径の約2倍より外側に作用するよう配慮してある。鉄筋表面には油を塗布し、ふし前面のかみ合いのみによって付着力を伝達させるものとした。測定事項は荷重、鉄筋の載荷端ひずみおよび自由端変位である。本論文では、鉄筋周囲のコンクリートの面外変形も含めたものをすべりとしてある。

コンクリート配合は $W/C = 60\%$ 、骨材には最大寸法5mmの川砂と砕砂とを容積比1:0.85の割合で使用した。打設方向は鉄筋軸に直交方向であり、湿布養生26日、空中放置2日の後実験を実施した。

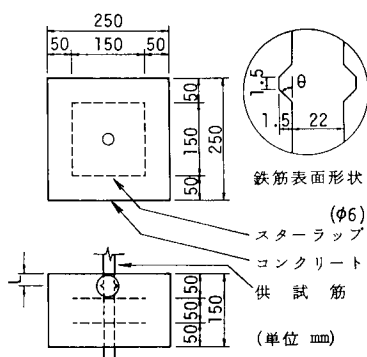


図-1 試験体概要

3. 実験結果および考察

図-3には本実験で観察された破壊形式を3種類に大別して示してある。 L が小さい(1.5~3.0cm)場合には θ の如何に拘らず図aのろうと状破壊を示す。 L が大きくなり(4.5~6.0cm)なると、 θ が小さい($30^\circ \sim 45^\circ$)場合には図bの縦ひびわれによる破壊、 θ が大きい($60^\circ \sim 90^\circ$)場合には図cの隅角部の破壊へと移行していく。

図-4には各日ごとの荷重-すべり関係を示してある。 θ が同一でも L の相違によって付着挙動は大きく変化する、少なくとも載荷端から鉄筋径の2~3倍の範囲には特別の取り扱いが必要であることが判る。ただし、 L の初期挙動への影響に関しては巨視的には無視できると考えられる。 L が同一の場合の θ の影響に関しては今回の実験では明確でない。

図-5は付着耐力がコンクリート引張強度 f_t と線形関係にあるものと仮定し、各試験体の耐力を f_t の試験体の耐力で標準化したものである。 L の増加と共に耐力はほぼ線形的に増大するが、 $L = 4.5\text{cm}$ を越えるとその傾向は幾分鈍り始める。 L が同一の場合には、 $\theta = 90^\circ$ のものを除き、 θ の大きいものは耐力は小さく出る。 $\theta = 90^\circ$ の場合には付着機構を区別して考

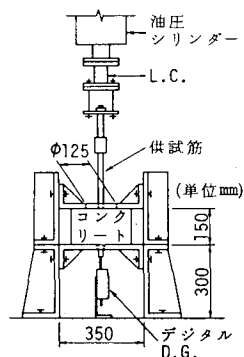


図-2 載荷方法

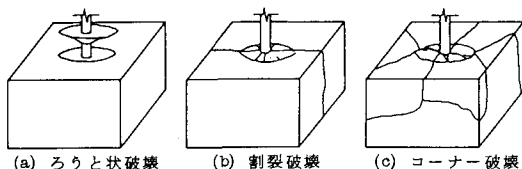


図-3 破壊状況

える必要があろう。

図-6は今回の実験結果をもとに荷重-すべり関係をモデル化したものである。表-1には $\theta = 45^\circ$ の場合の諸定数値を示してある。各 θ ごとに最小2乗近似によって諸定数値を求めた結果からは特徴的な傾向は見られなかった。

4. 解析結果との比較

図-7は有限要素解析による荷重-すべり関係と実験結果とを $\theta = 45^\circ$ の場合について比較したものである。解析は試験体を平面応力問題に置き換え、荷重増分法によって行った。要素には4節点アイソパラメトリック要素を用い、ふし前面でのかみ合いのみによって付着力を伝達させるためその位置のみ鉄筋とコンクリートとの節点を共有させてある。コンクリートの構成則にはDarwin & Pecknoldの直交異方性理論を用い、ひびわれ発生に際してはひびわれ直交方向の主引張応力を等価節点力として解放させた。

解析結果は L の増加に伴う挙動変化を定性的には良く表現している。しかし、抜け出し剛性をかなり高く評価しており、このことは何らかの方法でふし前面での純すべりを考慮しなければならないことを示唆している。耐力が低く出ているのは、ひびわれを領域的に取り扱っているため1要素のひびわれ発生によって近接要素のひびわれが広範囲にわたって誘発されるためである。あらかじめひびわれ面を設定した解析についても検討する必要がある。

5. 結び

横ふし1個のみを持つ鉄筋の引き抜き試験を実施し、載荷端からのふしの位置により付着挙動は大きく変化することを示した。

今後、ふし高さの影響、さらには隣接したふしとの相互作用の影響等について検討を加えていく予定である。

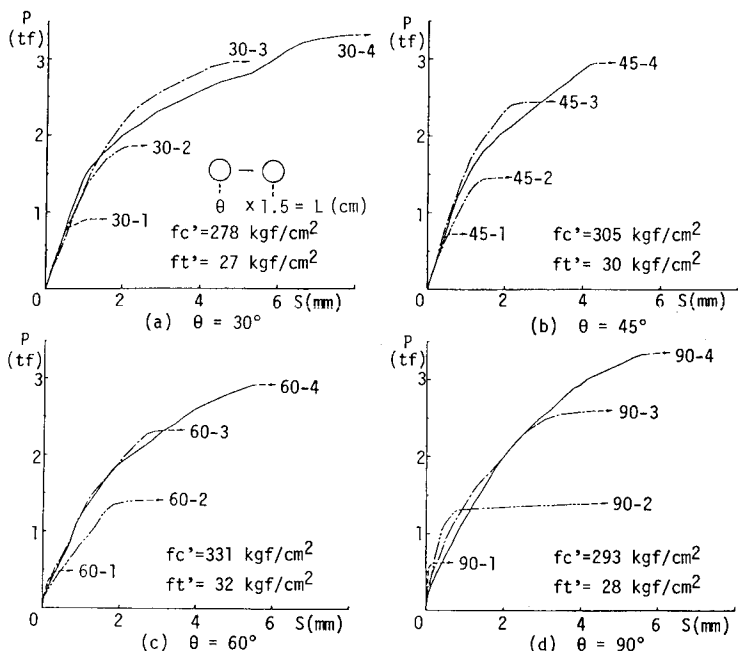


図-4 荷重 - すべり曲線 (実験結果)

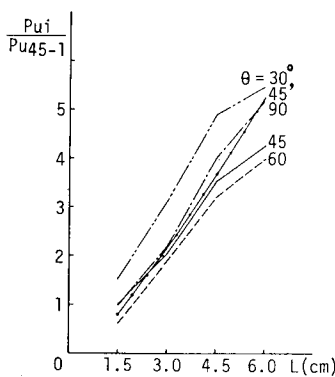
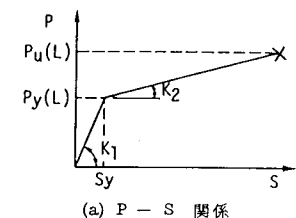
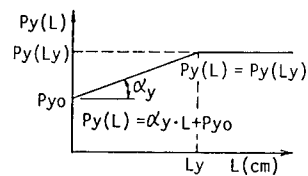


図-5 耐力比 - 埋め込み長関係



(a) P - S 関係



(b) $P_y(L) - L$ 関係

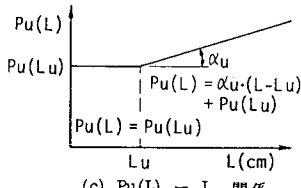


図-6 荷重 - すべりモデル

参考文献

- 1) 角, 「鉄筋近傍のコンクリートの面外変形を考慮した付着-滑り特性に関する研究」, RC構造のせん断問題に対する解析的研究に関するコロキウム論文集, JCI-OS, 日本コンクリート工学協会, 昭和58年10月, pp. 53-60.
- 2) 角, 長友, 「鉄筋コンクリートの付着劣化に関する研究」, 土木学会中部支部研究発表会講演要集, 昭和56年2月, pp. 282-283.

表-1 諸定数値の一例

$\theta = 45^\circ$ ($ft' = 30 \text{ kgf/cm}^2$)	
$K1 = 14000 \text{ kgf/cm}$	$K2 = 3500 \text{ kgf/cm}$
$L_y = 4.5 \text{ cm}$	$L_u = 1.5 \text{ cm}$
$\alpha_y = 400 \text{ kgf/cm}$	$\alpha_u = 500 \text{ kgf/cm}$
$P_{yo} = 0 \text{ kgf}$	$P_u(L_u) = 750 \text{ kgf}$
$ft' = 30 \text{ kgf/cm}^2$ の場合, 諸定数を ft'/fc' 比例させて増減。	