

V-547

付着ひびわれ拘束筋が付着強度に及ぼす影響

中部大学 正会員 ○愛知 五男
中部大学 正会員 平澤 征夫

1. まえがき

鉄筋の定着部や重ね継手箇所では、コンクリートのかぶりと横方向補強筋が十分でなければ、鉄筋軸方向に生ずる応力環の引張成分によりコンクリートは鉄筋に沿って割裂破壊する。一方、かぶりと補強が十分でコンクリートが割裂破壊を生じない場合には、コンクリートと鉄筋相互の界面付近における応力伝達や内部ひびわれの挙動などに影響を与えていると考えられる。

本報告は、引張鉄筋の周囲に配筋した鉄筋（以下、拘束筋と称す）量と鉄筋の位置などが付着挙動に与える影響を把握するために、拘束筋の内径、拘束筋量を変化させた供試体を用いて、引抜き試験による実験的検討を行った結果について述べたものである。

2. 実験概要

使用材料：引抜き試験の鉄筋は横フシ異形鋼棒(D22 SD345)であり、拘束筋はらせん状(φ6の伸線、らせん筋)とリング状(幅8mm厚さ2mm、帯筋)の2種類を用いた。コンクリートは骨材寸法15mmを用い、試験材令28日の平均圧縮強度と引張強度はそれぞれ $f_c=30.1$, $f_t=29.3 \text{ kgf/cm}^2$ であった。供試体の形状寸法と拘束筋の径、配置間隔などを図-1、表-1に示す。引抜き試験は示方書〔基準〕に準じて行った。平均付着応力度は、自由端の滑動量が0.025, 0.05, 0.1mmの時の応力を平均して求めた。一部の供試体については、滑動量が0.02mmに達した時の荷重を求め、これを上限荷重(3~4tf)として所定の回数まで載荷速度 5Hz(300cpm)で繰返し試験を行った。この後、鉄筋を引抜き平均付着強度を求めた。

3. 実験結果と考察

引抜き鉄筋の周囲に配筋した拘束筋が、付着応力度にどの程度影響を及ぼすか検討するため、4種類の内径の異なったらせん筋(ピッチ3.0cm)を配置して引抜き試験を行った。この結果を滑動量と平均付着応力度の関係で図-2に示す。コンクリートが硬化する過程では、体積収縮が生じいわゆる鉄筋に対して締め付け作用が働くために、鉄筋が微小な滑りをする範囲までは、拘束筋を有した場合に較べて用いないNSの付着応力は若干大きく現れている。直接鉄筋にらせん筋を巻き付けた0Dの場合では、これらの鉄筋の部分的な接触と間隔の狭小などにより鉄筋を包むモルタル量の減少および骨材の鉄筋フシ間への充填性の悪化などが考えられ、鉄筋の滑り始めでは50%程度の付着応力の低下があり、滑動量0.2mm以内と少ない時点ですでに最大応力を示した。滑動量0.05mm以降では2Dが最も大きな付着応力度を示した。この原因は鉄筋の相対的なズレによって生ずる内部ひび割れが起因していると思われる。1D以下では2Dに較べ付着応力は低下しているが、これは拘束筋の径が小さいため鉄筋のフシから生ずるひび割れの拘束効果よりも、この内部のコンクリートに鉄筋の側面に沿ったマイクロクラックを多く発

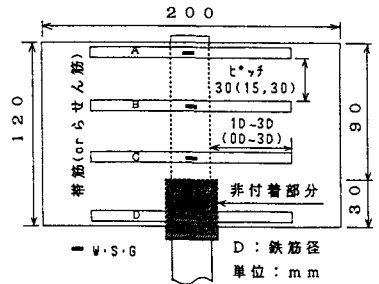


図-1 供試体の形状寸法

表-1 実験要因

拘束筋種類	拘束筋径	本数	
		t=1.5	t=3.0
らせん筋	0D	4	4
	1D	6	6
	2D	6	6
	3D	6	6
帯筋	1D	-	2
	2D	-	2
	3D	-	2

t: 拘束筋ピッチ幅(cm) D: 鉄筋径であり数字は鉄筋表面からの距離 例: 0Dは鉄筋に直接巻き付け 拘束筋なしの記号はNS

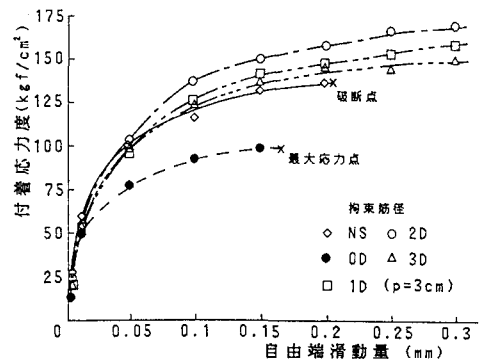


図-2 付着応力度～滑動量

生させた結果、コンクリートへの応力伝達がスムーズに進展しなかったものと推察できる。一方、3Dではコンクリートを割裂させることなくNSより若干付着応力度が増加する傾向が見られた。らせん筋の拘束筋径（ピッチ 1.5cm）による平均付着応力と拘束筋径の関係を図-3に示した。これからも前述した内容とほぼ同様な傾向が見られ、NSの初期滑りにおける付着応力度は拘束筋を用いたものより大きく、0Dでは滑動量が増加しても付着応力度の伸びは他の要因のものと較べてもかなり少ない。また、拘束筋を2倍にしても付着応力度の増加は殆ど見られない。

図-4は、載荷履歴の影響を調べるために繰返し載荷回数とNSの平均付着応力度を1.0として平均付着応力比で示した。試験要因の異なる試験体も併せてプロットしたため少しデータにバラツキが見られるがこれらを各繰返し回数毎の平均点を実線で結んで示した。繰返し回数が 10^4 と 5×10^4 では、単調引抜きに較べ平均付着応力は小さく、逆に 10^5 と 5×10^5 では若干大きくなる傾向が見られた。一般に異形鉄筋とコンクリートとの間にズレが生じた時の付着作用には、a) フシがくさび作用でコンクリートを割裂する。b) フシ前面のコンクリートを圧壊しコンクリートは粉体状になりフシ前面にたまる。これらの点を考慮して検討すれば付着疲労によって強度低下が考えられるが、結果として繰返し回数 10^5 と 5×10^5 では約10%増加している。この原因として繰返し上限荷重が最大付着強度の30%程度とさほど大きくないこと、繰返し試験中の累加滑動量を含めていないためとb)のケースの状態でフシの前面のコンクリートの粉体が圧密されたことなどにより、引抜き時の滑り量が減少し付着応力度を大きくしたものと推察できる。これは付着応力～滑動量曲線の立ち上がり勾配の差からも明らかである。

異形鉄筋とコンクリートに相対変位が生じたとき、鉄筋表面のフシから内圧を受けコンクリートには割裂き力が発生する。この円周方向の大きさを、鉄筋半径方向に設けた円形拘束帯筋（測定位置C）に貼付したひずみゲージから求め、また、荷重端からの任意距離における荷重とひずみの関係（帯筋径2D）をそれぞれ図-5、図-6に示した。ただし、帯筋のひずみは円周方向成分のみでなく鉄筋軸方向成分も含んでいる。最大引抜き荷重には少し差が生じているものの、この荷重の50%程度で鉄筋表面から1D付近までの範囲のコンクリートにはひび割れが発生していると考えられ、また、2D付近ではコンクリート引張強度の約1/2と推定できる。自由端のやや下側（位置C）では殆どが圧縮力であった。

4. まとめ

コンクリートのひびわれ拘束筋は、主鉄筋に直接巻き付けたり、拘束筋量過多の場合コンクリートの自己収縮による鉄筋締め付け力の低下、拘束筋の部分的な接触と鉄筋間隔の狭小などにより、鉄筋とコンクリートの付着強度は30%程度低下した。

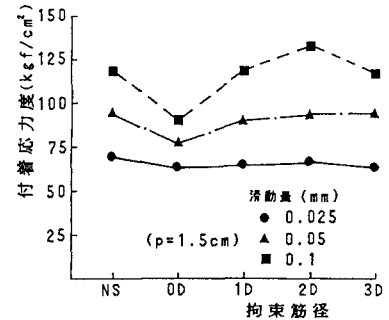


図-3 付着応力度と拘束筋径

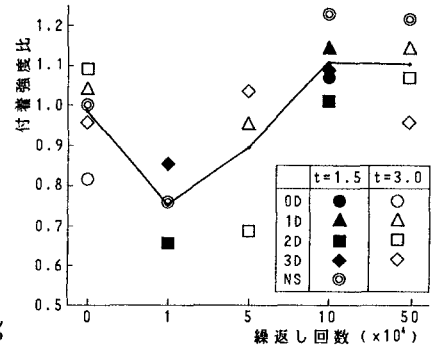


図-4 強度比と繰返し回数

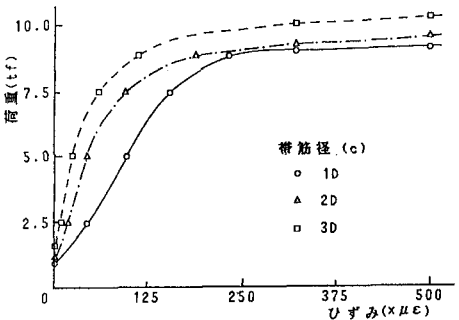


図-5 荷重とひずみの関係

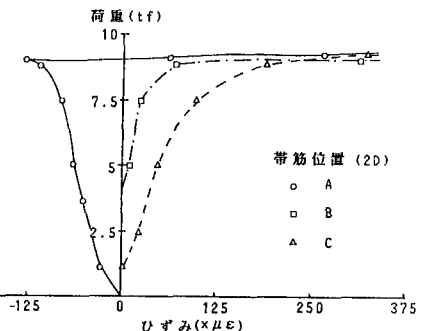


図-6 荷重とひずみの関係