

V-391

コンクリート軸方向圧縮力を要因とした異形鉄筋の付着実験

若築建設 土木本部技術研究所（正会員） 壹岐直之
早稲田大学 土木工学科（フェロー） 清宮 理

1. まえがき

RC部材の設計において、コンクリートと異形鉄筋の付着特性は重要な因子のひとつであり、ひびわれ幅の予測・終局変形量の予測などで用いられる。これまでに、森田¹⁾、島ら²⁾は種々の付着実験を行い、付着応力すべり関係式を提案している。しかし、森田の提案式では最大付着応力とその時のすべりを仮定する必要がある、両引試験での最大付着応力は引抜試験よりも小さな値を設定している。また、引抜試験をから導かれた島らの提案式をひびわれ幅の算定に用いた場合、付着応力を大きく評価し、ひびわれ幅を小さめに予測する可能性がある³⁾。これらの原因について著者らは既に、コンクリートの応力場が付着特性に強い影響を与え、最大付着応力は引張応力場の場合は圧縮応力場での値の60～80%になることを示した⁴⁾。本研究では、コンクリート断面積と軸方向圧縮力を実験要因とし、これらの要因が異形鉄筋の付着特性に及ぼす影響を把握することを目的とした。

2. 実験概要

実験要因の組み合わせを表-1に示す。 D は鉄筋径である。コンクリート断面は直径 D_c の円形とした。圧縮荷重係数 K_p は、コンクリート軸方向圧縮力の鉄筋引張力に対する比率である。引抜試験では、鉄筋引張力の反力がコンクリートの荷端に作用するため、軸方向圧縮力を荷重しない場合を1.0、鉄筋引張力と同じ荷重をコンクリートに荷重した場合を2.0とした。表-2の f'_c は荷重実験前後での圧縮強度の平均値である。鉄筋は直径15.9[mm]、材料試験による弾性係数が 1.92×10^5 [N/mm²]、降伏強度が390 [N/mm²]のネジ節鉄筋を用いた。

TL30シリーズの形状寸法を図-1に示す。すべての供試体の付着区間の両側に長さ $10 \cdot D$ 程度の非付着区間を設けた。これは、圧縮荷重が一部に集中しないため、また $K_p=0.0$ の場合でも供試体の条件を同じにするためである。打設は鉄筋軸を鉛直にした状態でを行い、本文では打設時の上側を供試体の左側として表した。鉄筋のひずみ ϵ_s は、5D以下の間隔で貼り付けたひずみゲージで測定した。荷重方法の概要を図-2に示す。供試体を荷重治具内に設置し、引張荷重用ジャッキで鉄筋に引張力を単調荷重した。 $K_p>0.0$ の場合は、圧縮用ジャッキも使い、治具を介してコンクリートに圧縮力を荷重した。最大引張荷重は75.0 [kN]とした。引抜試験で自由端のすべりは、図-2に示すように変位計で計測した。

3. 実験結果

鉄筋ひずみ分布を図-3に示す。供試体端部の鉄筋ひずみは引張力と

表-1 実験要因の組合せ（計20体）

荷重	付着長 [D]	直径 D_c [cm]	圧縮荷重係数 K_p
両引 (T)	40 (L)	15	0.0, 1.0, 2.0
	20 (S)	30	
	40 (L)	45	0.0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0
			0.0, 1.0, 2.0
引抜 (P)	20 (L)	15	1.0, 2.0
	10 (S)	30	
	20 (L)		

表中()は供試体記号に使用。ex.TL15-0.0

表-2 コンクリートの配合

W/C [%]	s/a [%]	単位量 [kg/m ³]	f'_c [N/mm ²]			
		W	C	S	G	
51.5	46.8	169	329	829	973	21.91

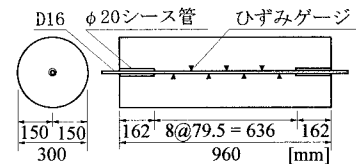
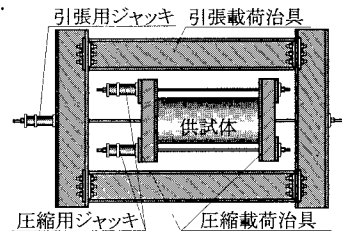


図-1 供試体の形状寸法 (TL30)

両引試験



引抜試験

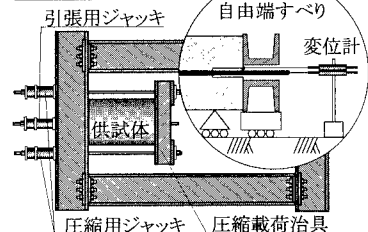


図-2 荷重方法・自由端すべり計測

キーワード： 局所付着特性、付着応力、すべり、コンクリート軸方向圧縮力、荷重実験

連絡先： 東京都 目黒区 下目黒 2-23-18 TEL:03-3492-0556 FAX:03-5487-3867

鉄筋の断面積，弾性係数より算定した．鉄筋ひずみ分布は，TL30-0.0の供試体と比べ，TL30-1.0ではひずみ分布の傾きが大きく，中央付近のひずみが抑制された．これら傾向は K_p の値が大きいほど強く，他の供試体も同様の傾向を示した．

付着応力 τ とすべり S の決定方法は既往の研究²⁾とほぼ同じである．鉄筋ひずみ曲線は着目点と左右に隣接する点の3点で補間した放物線の連続とした．付着応力は着目点での鉄筋ひずみ曲線から， $\tau = E_s D / 4 \cdot d\epsilon_s / dx$ で算定した．すべりは，鉄筋ひずみ分布曲線の傾きが0となる点から着目点までの鉄筋ひずみとコンクリートひずみ ϵ_c の差の積分 $S = \int (\epsilon_s - \epsilon_c) dx$ とした．通常は鉄筋ひずみの積分で算定されるが，本実験で $K_p > 0$ の場合は圧縮ひずみが生じるため，すべりの定義を変更した．また，コンクリートひずみは載荷荷重 P とコンクリートの割線弾性係数 $E_c = 21 [\text{kN/mm}^2]$ から， $\epsilon_c = \{P(1 - K_p) - E_s E_c \pi D^2 / 4\} / (E_c \pi D_c^2 / 4)$ で算定した．

供試体左側の τ - S 関係を図-4に示す．TL30-1.0の τ - S 関係は同一の曲線上にあるが，TL30-0.0の τ - S 関係は同一の曲線上にない．また，TL30-0.0の付着応力はTL30-1.0よりも小さく，供試体中央から遠ざかるほどより小さかった．他の供試体でもこれらの傾向が認められた．

4. 最大付着応力 および 最大付着応力時のすべり

森田の提案式¹⁾ $\tau = \tau_{\max} \cdot e \cdot [\ln \{(e-1)S/S_{\max} + 1\}] / [(e-1)S/S_{\max} + 1]$ における最大付着応力 $\tau_{\max}$ と，その時のすべり $S_{\max}$ を，各供試体の左側10Dの位置での τ - S 関係を用いて近似した．近似曲線は図-4に，近似結果と圧縮荷重係数 K_p の関係を図-5に示す． $\tau_{\max}$ について， K_p が大きくなると増加する傾向が認められ，コンクリート断面積が小さいほどその傾向が強かった．とくに，付着長の短い引抜試験PS30では圧縮荷重の載荷によって $\tau_{\max}$ が3倍となった． $S_{\max}$ について，付着長の長い供試体では K_p が大きくなると若干増加する傾向が認められた．逆に，付着長の短い供試体では K_p が大きくなると減少する傾向が認められた．

5. まとめ

- ① コンクリート軸方向圧縮荷重が大きいほど，最大付着応力は大きくなり，この傾向はコンクリート断面積が小さいほど強い．
 - ② コンクリート軸方向圧縮荷重が大きいほど，付着長が長い場合は最大付着応力時のすべりは大きくなるが，短い場合には小さくなる．
- 以上より，コンクリート軸方向圧縮荷重によって，コンクリートと異形鉄筋の付着特性が大きな影響を受けることが判明した．

【参考文献】

- 1) 森田司朗：鉄筋コンクリートにおける付着とひび割れに関する研究，京都大学学位論文，1968.4
- 2) 島弘，周礼良，岡村甫：マッシュなコンクリートに埋め込まれた異形鉄筋の付着応力-すべり-ひずみ関係，土木学会論文集，No.378/V-6，pp.165～174，1987.2
- 3) 清宮理，山田昌郎，壹岐直之：コンクリート部材のひびわれ幅算定方法とひびわれ対策の効果，港湾技術研究所報告，Vol.33，No.4，1994.12
- 4) 壹岐直之，清宮理，山田昌郎：付着応力-すべり関係に影響を及ぼす要因の実験的研究，土木学会論文集，No.550/V-33，pp.73～83，1996.11
- 5) 壹岐直之，清宮理：コンクリートの応力状態が異形鉄筋の付着強度に及ぼす影響，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.21，1999.6，（掲載予定）

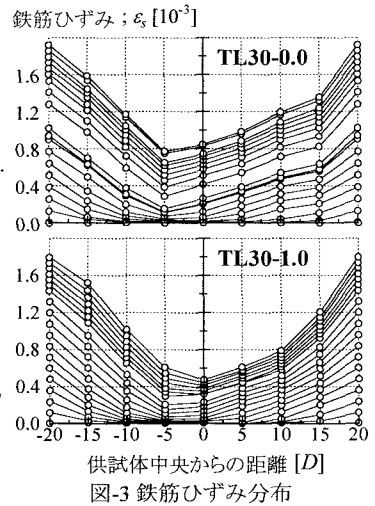


図-3 鉄筋ひずみ分布

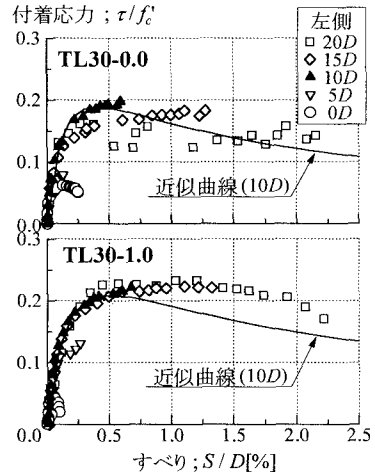


図-4 付着応力-すべり関係

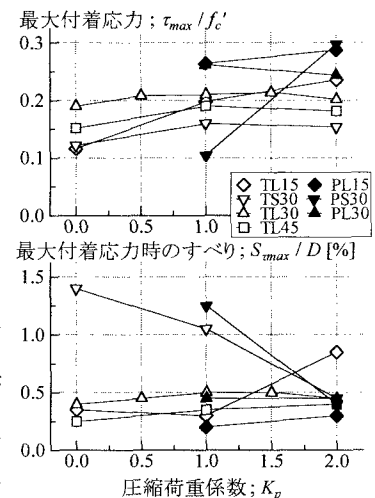


図-5 付着特性の近似結果