

(V-3) コンクリートの応力状態が異形鉄筋の付着特性に及ぼす影響

早稲田大学理工学部 学生会員 ○ 小塚 親 前川芳紀
早稲田大学理工学部 正会員 清宮 理 壹岐直之

1. まえがき

コンクリートに埋め込まれた異形鉄筋の付着特性は、鉄筋コンクリート構造物の挙動を予測する上での重要な因子の1つである。しかし、鉄筋コンクリート部材は鉄筋とコンクリートの変形性状が異なるため、両者の境界面付近の応力伝達機構（付着機構）は複雑である。既往の研究により付着応力関係式は存在するが、コンクリートの断面積、コンクリートの応力場等の要因が付着一すべり関係にどの程度の影響を与えるかは定かではない。そこで本研究ではコンクリートの軸方向圧縮荷重、コンクリートの断面積を実験要因とした載荷実験を行い、コンクリートの軸方向応力が異形鉄筋の付着特性に及ぼす影響を検討した。

2. 実験概要

2.1 試験体の形状寸法および使用材料

使用したコンクリートの配合、圧縮強度を表-1に示す。また、試験体の形状寸法と実験要因の組み合わせを表-2に示す。圧縮荷重係数 K_p とは、コンクリート部への圧縮荷重の、鉄筋の引張荷重に対する比率である。試験体の形状寸法を図-1に示す。試験体の断面は円形であり、鉄筋とコンクリートの付着区間は表-2で付着長として表している。表中の D は鉄筋径を示し、鉄筋は $D16$ ネジ節鉄筋を用いた。鉄筋の弾性係数 E_s は 1.92×10^5 [N/mm²]、降伏強度 f_y は 390 [N/mm²] であった。試験体には付着区間の両側に圧縮荷重が一部に集中しないため、また圧縮荷重が0の場合にもほかの圧縮荷重を受ける試験体と同じ条件で実験するために長さ $10D$ の非付着区間を設けた。

2.2 計測項目及び載荷方法

コンクリート試験体に埋込まれた鉄筋のひずみ ϵ_s は、図-1に示すように鉄筋径の5倍の間隔で上下交互に貼付けたひずみゲージによって測定した。載荷方法の概要を図-2に示す。載荷試験は圧縮応力が0の場合、図中Aのセンターホールジャッキのみを使用した。コンクリートに圧縮応力を与える場合はAのセンターホールジャッキに載荷すると同時にBの2つのセンターホールジャッキにも荷重を加え、コンクリートが圧縮応力場になるようにした。最大引張荷重は 75kN とした。載荷試験中、鉄筋は降伏強度に達していない。

表-1 コンクリートの配合

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

表-2 実験要因の組み合わせと試験体名

供試体名	付着長 L [cm]	直径 D_c [cm]	圧縮荷重係数 K_p
L15-0.0	63.6 (Long)	15.0	0.0
L15-1.0			1.0
L15-2.0			2.0
S30-0.0	31.8 (Short)	30.0	0.0
S30-1.0			1.0
S30-2.0			2.0
L30-0.0	63.6	30.0	0.0
L30-0.5			0.5
L30-1.0			1.0
L30-1.5			1.5
L30-2.0			2.0
L45-0.0	63.6	45.0	0.0
L45-1.0			1.0
L45-2.0			2.0

φ300mm×636mm (定着長40D) 両引試験体

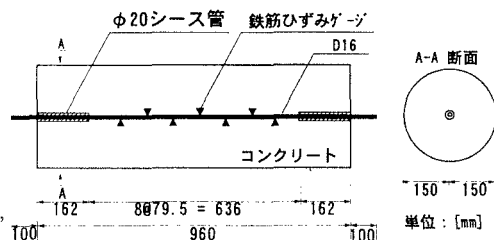


図-1 試験体の形状寸法、ひずみゲージ取付位置

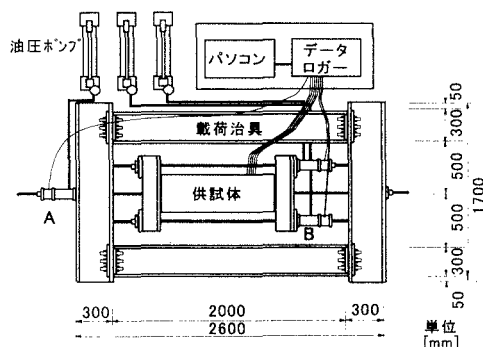


図-2 載荷装置

キーワード : 付着応力, すべり, 載荷試験, 応力場

連絡先 : 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 51 号館 16F-01 TEL/FAX. 03-5286-3852

3. 付着－すべり関係

3. 1 付着応力およびすべり量の決定方法

鉄筋ひずみ曲線は、近傍の3点を通る放物線をつなげることにより決定した。付着応力は、着目点での鉄筋ひずみ曲線の傾き $d\varepsilon_s/dx$ より、 $\tau=4/D \cdot E_s \cdot d\varepsilon_s/dx$ とした。すべりは、すべり=0点から着目点までの鉄筋ひずみの積分値 $S=\int \varepsilon_s dx$ とした。なお、すべり0点は鉄筋ひずみ分布曲線の傾きが0となる点とし、試験体中央に固定した点ではない。

3. 2 実験結果と考察

載荷試験より得た、鉄筋ひずみ分布を図-3,4に示す。圧縮荷重をかけていない場合のL30-0.0に比べ、L30-1.0では圧縮荷重の影響により、荷重に対して中央付近のひずみが抑制されていることがわかる。付着応力-すべり関係を図-5,6に示す。2つを比べるとL30-0.0はL30-1.0よりも最大付着応力が小さくすべりが大きい傾向が認められた。次に左側10Dの位置のひずみに着目し、森田らの式1)での最大付着応力を近似した。近似結果を図-5,6に実線で示す。

最大付着応力と圧縮荷重係数 K_p との関係を図-7に示す。この図より、最大付着応力は圧縮荷重の影響を大きく受け、また、コンクリート断面が小さいほど影響の程度は大きいことがわかる。これら

の事は最大付着応力の影響であると考え、コンクリート断面での応力を無次元化するため、載荷荷重と10Dの位置のコンクリート断面平均応力との比率 $K_c = \sigma_c / P [1/cm^2]$ を算定した。なお、各供試体において K_c は載荷荷重にかかわらずほぼ一定とみなせたため、 K_c は各載荷荷重における値の平均値とした。図-8に最大付着応力と K_c との関係を示す。最大付着応力は K_c の影響を強く受け、 K_c が小さいほど最大付着応力は小さかった。また、 K_c と最大付着応力の傾きは、試験体の断面積にかかわらず、ほぼ同じであった。

$$\tau = \tau_{\max} \cdot e \cdot \frac{\ln\{(e-1) \cdot S \tau_{\max} + 1\}}{(e-1) \cdot S \tau_{\max} + 1} \quad \text{ここに、} S: \text{すべり, } \tau_{\max}: \text{最大せん断応力} \quad (1)$$

4. まとめ

1. コンクリートの軸方向圧縮荷重が大きいほど最大付着応力度は増加する。
2. 軸方向圧縮荷重が最大付着応力に与える影響は、コンクリート断面積が小さいほど大きい。
3. 付着特性はコンクリートの軸方向断面平均応力の影響を受けるので、この影響を考慮する必要がある。

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) 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,pp73~83,1996.11.

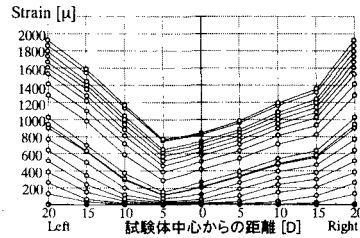


図-3 鉄筋ひずみ分布 (L30-0.0)

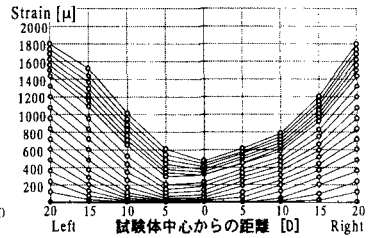


図-4 鉄筋ひずみ分布 (L30-1.0)

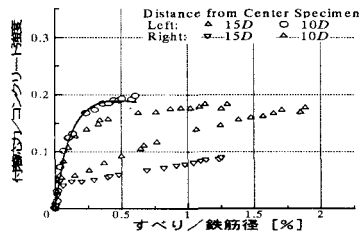


図-5 付着応力-すべり関係 (L30-0.0)

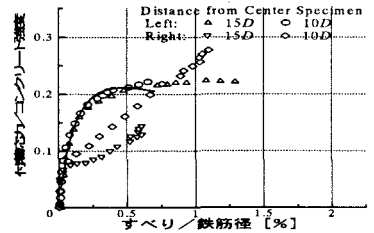


図-6 付着応力-すべり関係 (L30-1.0)

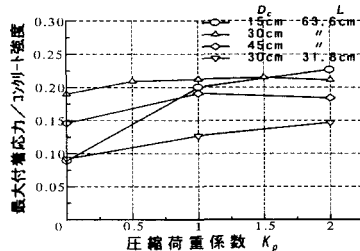


図-7 付着応力-圧縮荷重関係

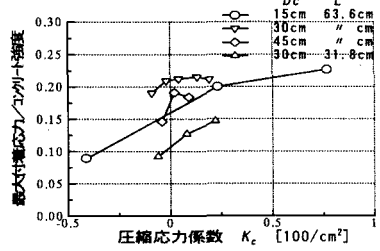


図-8 付着応力-圧縮応力関係