

V-111 側圧を受ける異形鉄筋の付着特性に関する実験的研究

高松高専 正会員 長友克寛
豊橋技大 正会員 角 徹三

1. 研究目的

異形鉄筋の付着－滑り挙動は、鉄筋横ふしから周囲のコンクリートへの付着力の伝達およびそれに伴うコンクリートの損傷の進行と同義である。従って、コンクリートの応力状態により、現れる付着挙動は当然異なってくる。

本研究は、基本的な応力状態として一方向一定側圧下における異形鉄筋の引き抜き試験の状態を対象とし、側圧の付着挙動への影響を調べることににより、付着機構解明の一助とすることを目的としている。

2. 実験概要

図-1 に供試体の形状・寸法を示す。実験条件を単純にするため、ふし高さ $h=1.5\text{mm}$ の直角横ふし 1 個のみをもつ鉄筋を使用し、載荷端から横ふしまでの距離 L を 15, 30, 45, 60mm に変化させ、各位置における圧縮側圧の影響を調べた。側圧 p' は 0, 4.9, 9.8 MPa の 3 種類である。供試体の名称・諸元を表-1 に示す。C シリーズは、ふし高さ h の影響を調べるため、 $h=2.5\text{mm}$ としたものである。

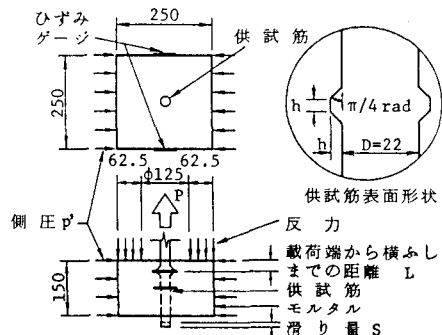
図一 2 に載荷・測定状況を示す。油圧シリンダーにより所定の側圧を作用させたのち、中空油圧ジャッキを用いて供試筋に引き抜き力を加えた。反力は、径12.5cmの円孔を有する鋼板を用い、供試筋表面よりその直径の約2倍よりも外側のモルタル部分に圧縮力として作用させた。供試筋表面には油を塗布し、ふし前面でのかみ合いのみによって付着力を伝達させた。中空ロードセルにより荷重、変位計により供試筋自由端変位をそれぞれ測定し、荷重（付着力）－滑り関係とした。側圧作用面に直交する2面の横ふし位置および高さ中央位置にはひずみゲージを貼付し、くさび作用によるリングテンションを調べた。

使用モルタルは、水セメント比50%、単位水量194kgのA Eモルタルである。骨材には、砕砂(径2.5~5mm)を海砂に対して容積比 1 : 0.85の割合で混合したものを用いた。

3. 実験結果およびその考察

実験結果の概要を表-1に示す。

図-3に本実験で観察された破壊形式を示す。 $L \leq 45$ mmの場合、側圧の如何にかかわらず図(a)の漏斗状破壊を示した。 $L = 60$ mmの場合、 $p' = 0$ では図(b)の割裂破



圖一 1 供試體形狀・寸法 (單位 mm)

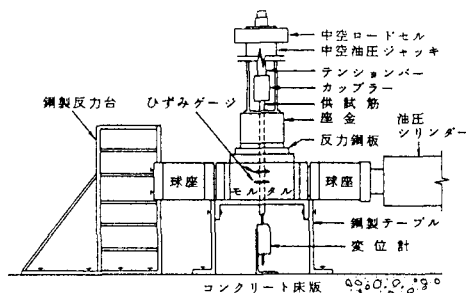
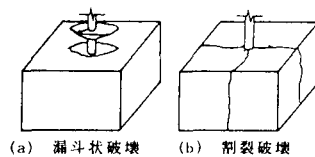


図-2 載荷・測定状況



(a) 漏斗狀破壞 (b) 割裂破壞

表-1 実験計画および実験結果

シ リ エ ー ス	試験体名	ふし位置 L (mm)	ふし高さ h (mm)	側圧 ⁽²⁾ (N/Pa)	モルタル強度 (MPa)	最大摩 擦力 P _u (N)	摩擦係数 ⁽³⁾ μ _s (10 ⁻²)	試験形式	
試 験 体 名	記号・φ				圧縮 f _c	引張 f _t			
A	1 AI5-1.5-0	15	1.5	0.0	23.7	2.5	4.4	17.2	F
	4.9			4.8			346.9	F	
	9.8			7.8			65.0	F	
B	3 B30-1.5-0	30	1.5	0.0	28.9	2.6	15.8	66.4	F
	4.9			16.1			107.6	F	
	9.8			17.1			274.2	F	
C	7 C30-2.5-0	30	2.5	0.0	27.0	2.8	13.0	23.4	F
	4.9			14.0			50.3	F	
	9.8			14.3			86.5	F	
D	10 D45-1.5-0	45	1.5	0.0	28.4	2.7	26.7	19.4	F
	4.9			29.0			44.0	F	
	9.8			29.7			439.4	F	
E	13 E50-1.5-0	60	1.5	0.0	28.4	2.7	33.7	10.9	S
	4.9			36.1			8.2	F	
	9.8			38.2			344.8	F	

•1 (991) 830-1,5-2

図 10 圧入試験装置の概略図
 図 11 圧入試験の原理図
 図 12 圧入試験の結果

壊を示したが、 $p' \geq 4.9 \text{ MPa}$ では漏斗状破壊へと遷移した。このことは、 L が大きいほど側圧による拘束効果が大きくなることを示している。

図-4 に $L=30 \text{ mm}$ 、 $h=1.5 \text{ mm}$ の場合の荷重(付着力) P —滑り S 曲線を示す。同図より、側圧が加わることで付着挙動はかなり変化することがわかる。

既往の研究¹⁾によれば、モルタル強度の最大荷重 P_u への影響は、正規化最大荷重 $P_u / \pi D \sqrt{f_c'}$ (以後、耐力と記す。なお、 π : 円周率、 D : 鉄筋径、 f_c' : モルタル圧縮強度) として扱うことにより除去できることが報告されている。以下では、これを側圧の作用する場合についても拡張して議論を進める。図-5 には、耐力と側圧 p' との関係を示している。側圧の増加と共に耐力はほぼ直線的に増大する。その増大傾向は、 L の大きな位置ほど大きくなっており、破壊形式で見られた影響とも一致している。なお、最小自乗法を用いた直線近似によれば、 $L=6 \text{ cm}$ 、 $D=2.2 \text{ cm}$ 、 $f_c'=29.4 \text{ MPa}$ 、ふし間隔 1.5 cm の場合、 $p'=1 \text{ MPa}$ の増加に対して、付着強度は 0.45 MPa の増大となった。

図-6 には、耐力とふし位置 L との関係を示している。 L の増加と共に耐力はほぼ直線的に増大し、最小自乗法を用いた直線近似によれば、その増大傾向は側圧が大きなものほどわずかではあるが大きくなる。 $L=45 \text{ mm}$ を超えると耐力の増大傾向は鈍り始め、載荷端近傍域と内部領域とを区別して扱う必要性を示唆している。

図-7 には、滑り $S=0.2 \text{ mm}$ 時の荷重 P を $\pi D \sqrt{f_c'}$ で除した。正規化荷重 $P / \pi D \sqrt{f_c'}$ と側圧との関係を示している。正規化荷重は、 $S=0.2 \text{ mm}$ での割線付着滑り剛性に対応することになる。 L の如何にかかわらず、側圧の増加に伴い、滑り剛性はほぼ直線的に増大する。

図-5 および図-7 には、ふし高さ $h=2.5 \text{ mm}$ の場合の実験結果をも合わせて表示してある。これより、 h の増加は付着耐力の増大にも滑り剛性の増大にもつながらないことがわかる。既往の研究¹⁾によれば、直径 22 mm の鉄筋の場合、有効ふし高さは 2.2 mm 程度であることが報告されており、このことは側圧の作用する場合に対しても成り立つことになる。

図-8 には、 $L=30 \text{ mm}$ 、 $h=1.5 \text{ mm}$ の場合の荷重と供試体側面の横ふし位置におけるモルタルひずみとの関係を示している。図-4 の荷重—滑り曲線の折れ曲がり点に対応する荷重点より、モルタルひずみすなわちリングテンションは急増する。 L の増大に伴う破壊形式の遷移は、漏斗状の内部ひびわれが載荷端に到達する以前にこのリングテンションが限界値に達するためであると考えられる。最大荷重以後、モルタルひずみは減少に転じるが、荷重がゼロになっても残留ひずみが生じる。

参考文献

1) 長友・角: 横ふし1個のみをもつ異形鉄筋の付着特性に関する研究, 土木学会論文集, 第372号, pp.177-186, 1986年8月。

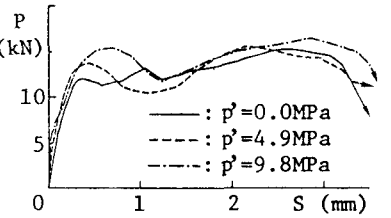


図-4 荷重—滑り曲線 ($L=30 \text{ mm}$, $h=1.5 \text{ mm}$)

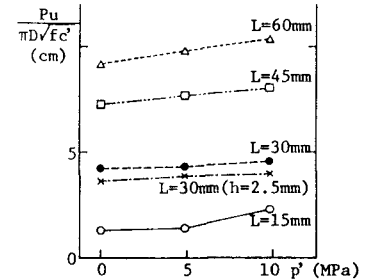


図-5 付着耐力と側圧との関係 ($h=1.5 \text{ mm}$)

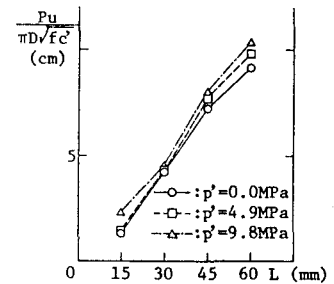


図-6 付着耐力とふし位置との関係 ($h=1.5 \text{ mm}$)

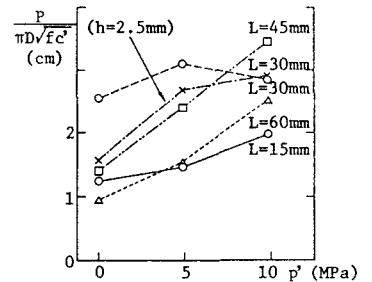


図-7 滑り剛性と側圧との関係 ($S=0.2 \text{ mm}$ 時, $h=1.5 \text{ mm}$)

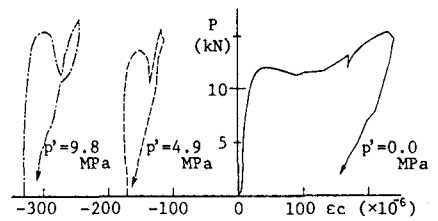


図-8 荷重—モルタル表面ひずみ曲線 ($L=30 \text{ mm}$, $h=1.5 \text{ mm}$)