

# [106] 柱はり接合部内に通し配筋されたはり主筋の付着に関する実験

正会員 林 静雄 (福井大学工学部)

森本敏幸 (銭高組技術研究部)

正会員 黒正清治 (東京工業大学工業材料研究所)

## 1 序

柱はり接合部内に通し配筋されたはり主筋の付着性状に関して、これまでもいくつかの報告がなされているが、多くは接合部内部の平均付着応力度に関するものであり、接合部からの主筋の抜け出し量を定量的に定めるには至っていない。柱はり接合部からの抜け出し量を定量的に把握するためには、接合部内部での主筋とコンクリートとの付着応力すべり関係を定める必要があろう。筆者らは、通し配筋されたはり主筋の付着性状について模式的な実験を行い、接合部内部での主筋とコンクリートとの付着応力すべり関係が必ずしも一様ではないこと、柱軸力(主筋軸と直交方向の力)が付着応力すべり関係に大きな影響を与えることを報告した<sup>1)</sup>。

本実験は、柱軸力を主たるパラメーターとして、十字形試験体で、柱はり接合部内部の付着応力すべり関係と、それがはり変形に及ぼす影響について調べたものである。

## 2 実験概要

試験体は表1に示す4体で、主筋に異形鉄筋D16を使用し、柱軸力をパラメーターとしたもの3体、主筋に丸鋼を使用したもの1体の計4体である。試験体の配筋、断面寸法を図1に示す。使用した鉄筋とコンクリートの力学的性質を表2、表3に示す。主筋には付着を損うことなくひずみを測定できるように、軸方向に幅深さとも4mmの溝を切

表1 試験体一覧

試験体名	$\sigma_0$ kgf/cm <sup>2</sup>	主筋	ゲージ貼付位置
PG-D16-0	0	D16	
PG-D16-30	3.0	D16	
PG-D16-90	9.0	D16	
PG-R16-30	3.0	16φ	

$\sigma_0 = N/BD$

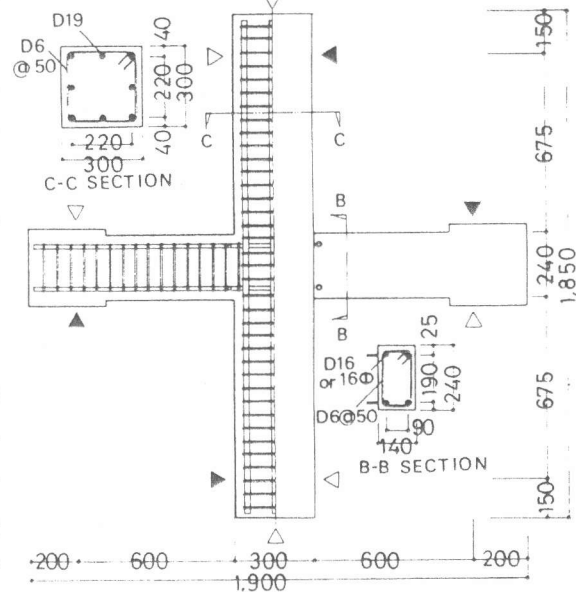


図1 試験体配筋・断面詳細

表2 主筋の力学的性質

公称径	材質	母材				加工材 断面積 (cm <sup>2</sup> )
		断面積 (cm <sup>2</sup> )	降伏強度 (tf/cm <sup>2</sup> )	最大強度 (tf/cm <sup>2</sup> )	伸び (%)	
D16	SD30	1.99	3.62	5.54	19.0	1.69
16φ	SD24	2.01	3.16	4.52	33.0	1.60

表3 コンクリートの力学的性質

試験体名	比重 g/cm <sup>3</sup>	最大強度 kgf/cm <sup>2</sup>	ヤング係数E <sub>c</sub> tf/cm <sup>2</sup>	最大強度時歪 %	割裂強度 kgf/cm <sup>2</sup>
PG-D16-0	2.32	35.0	288.	0.210	20.4
PG-D16-30	2.34	35.2	281.	0.205	26.8
PG-D16-90	2.32	35.0	288.	0.210	20.4
PG-R16-30	2.34	35.2	281.	0.205	26.8

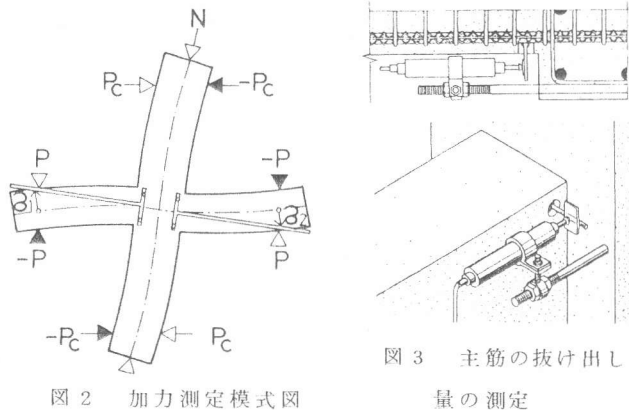


図2 加力測定模式図

図3 主筋の抜け出し量の測定

り、加工した鉄筋の降伏強度も母材と等しいとして、加工後の主筋断面積を算出した。コンクリートの打設は平打ちとした。加力方法、はりの変形測定の模式図を図2に示す。はり先端をピン・ローラー支持し柱に水平力を加えた。はりの変形は、柱筋に溶接したボルトに取りつけたゲージホルダーにより測定した。はり主筋の柱から

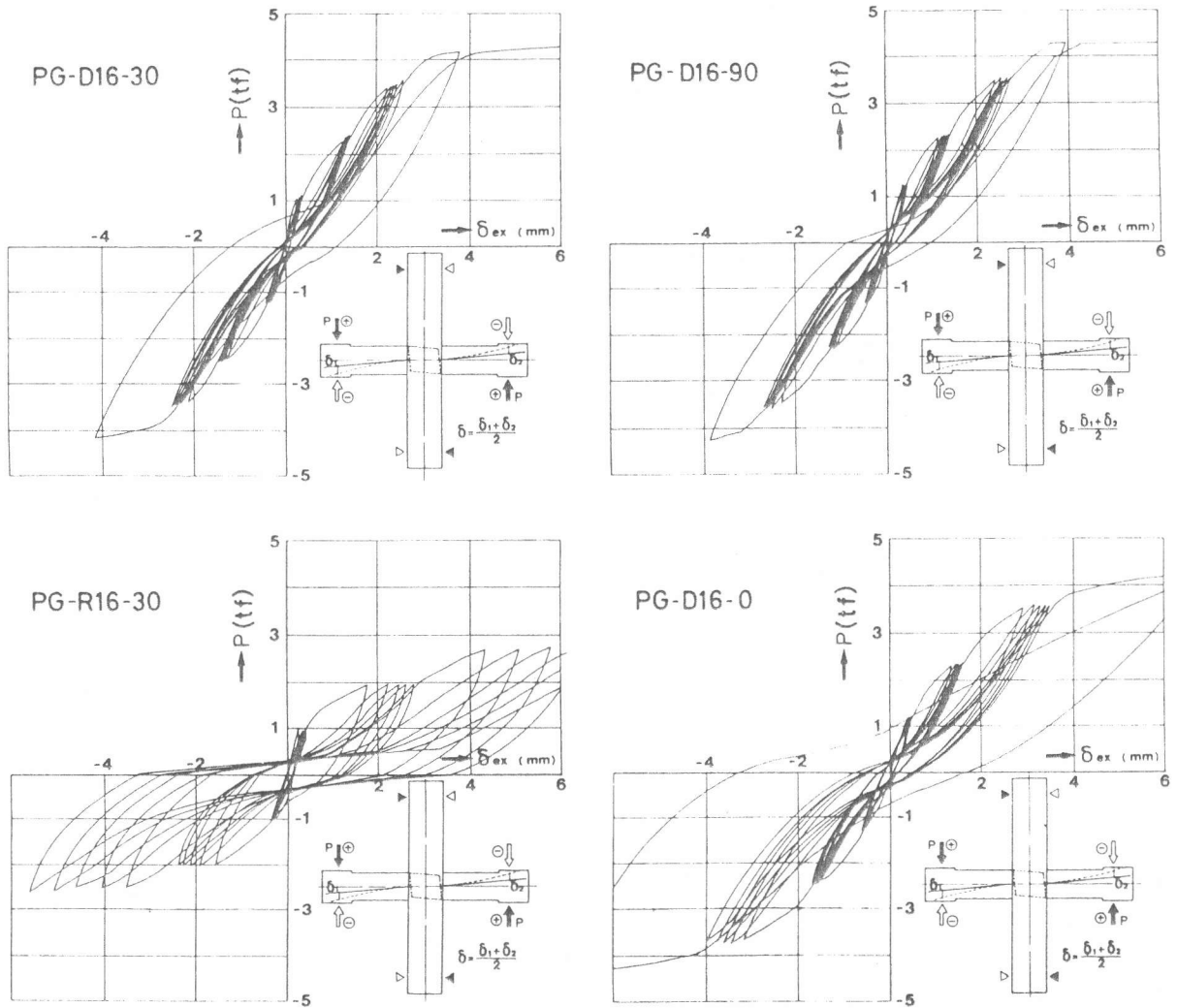


図4 はりせん断力・変形関係

の抜け出し量は、図3に示すように柱面から20mmはり部材内に入った位置のはり主筋にボルトを溶接し、柱に埋め込んだボルトに取り付けた変位計により測定した。はり主筋のひずみは、表1に示すように柱内部5cm間隔で測定した。リード線も溝内を通し、エポキシ樹脂によりはり主筋全長にわたってコーティングした。荷重は、はり降伏時のはりせん断力( $P_y$ )に対し、ほぼ $1/3P_y$ 、 $2/3P_y$ 、 $P_y$ で、それぞれ5回づつの正負交番繰り返し荷重とした。

### 3 実験結果および検討

はりせん断力とはり変形の関係を図4に示す。丸鋼を主筋に用いたPG-R16-30は異形鉄筋を用いたPG-D16-30に比べ、曲げひびわれ発生後の剛性低下が大きく、第2荷重階(すなわち $2/3P_y$ )でのくり返しによる変形の増加も大きい。柱軸力 $90 \text{ kgf/cm}^2$ (PG-D16-90)と $30 \text{ kgf/cm}^2$ (PG-D16-30)とでは、ほとんど差はないが、柱軸力のないPG-D16-0は、第2荷重階まではPG-D16-30とほとんど変わらないものの、第3荷重階でのくり返しでは、変形の増加がやや大きくなっている。はりせん断力と柱面位置の主筋のひずみとの関係を図5に、柱はり接合部内部でのはり主筋のひずみ分布を図6に示す。丸鋼を使用したPG-R16-30は、第2荷重階で、負荷重時でもひずみが増加し、ついには引張ひずみとなっている。ひずみ分布でも第2荷重階と第3荷重階で、ひずみ分布の勾配がほとんど変化していない。柱軸力 $30 \text{ kgf/cm}^2$ (PG-D16-30)と $90 \text{ kgf/cm}^2$ (PG-D16-90)とでは、せん断力と変形の関係同様差はほとんどみられない。柱軸力のない場合は、丸鋼を使用したものほど著しくはないが、第3荷重階の負荷重時にひずみが引張になり始め、柱はり接合部内にひずみ0の点が存在しなく

なっている。

主筋のひずみから主筋の負担力を求め、ゲージ間隔と周長で除すことによりゲージ間の平均付着応力度 ( $\tau_x$ ) を計算した。x は正荷重時に引張側となる柱面からひずみ測点間中央までの距離である。周長は、公称周長を用いコーティング部分も一応有効と考えた。柱はり接合部内部の付着応力分布を図7に示す。丸鋼を用いたPG-R16-30は付着応力度が初期からほとんど一様で、最大付着応力度も  $20 \text{ kgf/cm}^2$  しかない。柱軸力のないPG-D16-0は、第3荷重階で付着応力度がほとんど一様となり、最大付着応力度は、約  $35 \text{ kgf/cm}^2$

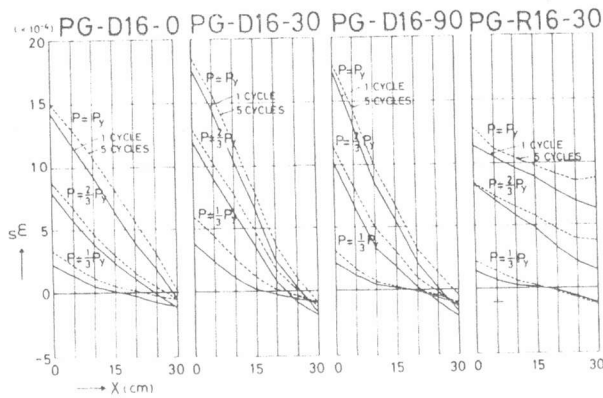


図6 主筋のひずみ分布

となっている。PG-D16-30は、第2荷重階で  $x = 25 \sim 175 \text{ mm}$  間で付着応力がほぼ一様となっているが、PG-D16-0よりかなり大きな値となっている。柱軸力  $90 \text{ kgf/cm}^2$  のPG-D16-90は第2荷重階以降、 $x = 25 \text{ mm}$  で付着応力度が頭打ちになる傾向がみられるが、他は圧縮側に行くに従って付着応力度が小さくなっている。くり返しを受けると、主筋にD16を用いたものは、いずれも  $x = 25 \text{ mm}$  の付着応力度が減少し、内部の付着応力度が高まる傾向がみられる。荷重と主筋の抜け出し量の関係を図8に示す。丸鋼を用いたPG-R16-30は、小さな荷重でも抜け出しが大きく、くり返しによる影響も大きい。柱軸力がない場合は、他の2体に比べ高荷重時でのくり返しに対し、抜け出し(負荷重時ではめりこみ)が大きく増大している。次に、接合部内のコンクリートひずみを0として、主筋の柱面での抜け出し量(めり込み量)と主筋のひずみ分布から、ゲージ間中央での主筋のすべり ( $S_x$ ) を計算した。 $\tau_x$  と  $S_x$  との関係を図9~16に示す。主筋にD16を用いた柱軸力  $30 \text{ kgf/cm}^2$  のPG

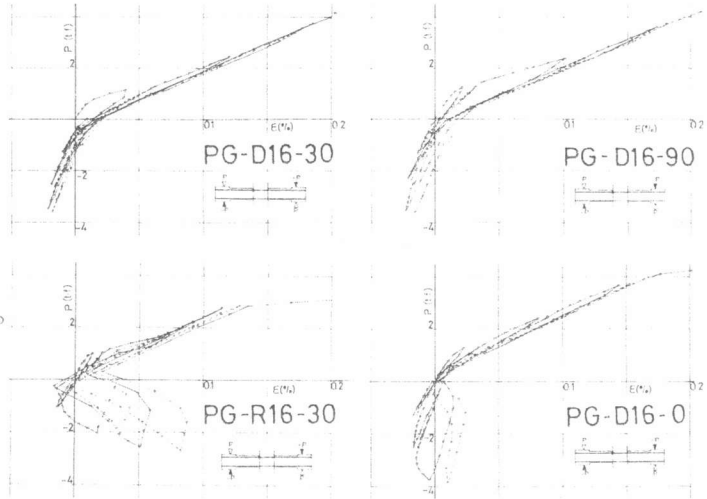


図5 はりせん断力・主筋ひずみ関係

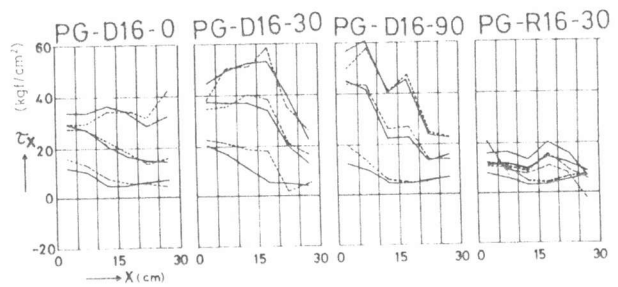


図7 付着応力度分布

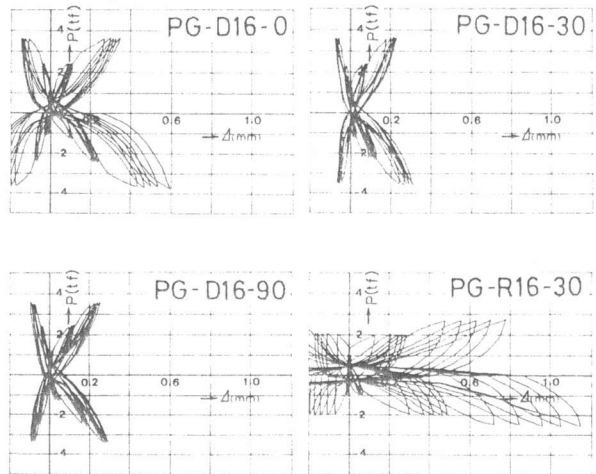


図8 はりせん断力・主筋抜け出し関係

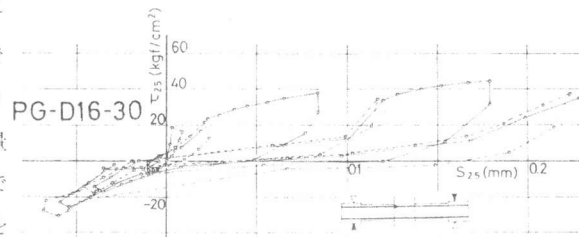


図9 付着応力・すべり関係 (x = 25mm)

- D16-30

は、 $x = 25$

mmの場合、

引張となる

正側ですべ

りが大きく

負側ですべ

りが小さい非対称の曲線と

なっている。正側で  $\tau_{25}$

$40 \text{ kgf/cm}^2$  で急にすべりが大

きくなり、付着が劣化し始

めているのに対し、 $x = 75$

mm、125 mmと内側に入ると

図中(↓)で示したはり主

筋の柱面位置での降伏まですべりの急増

はみられない。柱軸力  $90 \text{ kgf/cm}^2$  の PG-D

16-90は、PG-D16-30とほぼ同様で

あるが、 $x = 25 \text{ mm}$ での最大付着応力度が

やや大きい。柱軸力のない PG-D16-

0は、 $x = 25 \text{ mm}$ 、 $75 \text{ mm}$ ともに付着応力度

が約  $35 \text{ kgf/cm}^2$  で、すべりが増大し付着劣

化の様子を示している。丸鋼を用いた PG-R16-

30は、付着応力度が約  $20 \text{ kgf/cm}^2$  で付着剛性がほとんど

0となっている。 $x = 25 \text{ mm}$ でも、丸鋼を用いた場

合には、正負対称な  $\tau_x - S_x$  関係となっており、めり

込みの大きいことが示される。

#### 4 まとめ

本実験では、柱軸力の有無がはり主筋の接合部か

らの抜け出しに与える影響は大きく、従って、はりの

せん断力と変形関係に与える影響も大きかった。

これは、柱の軸力がはり主筋の柱はり接合部内での

付着応力すべり関係に影響を与えるためであった。

また、柱はり接合部内部での付着応力とすべりの関

係において、柱面近傍での付着劣化が、内部より小

さな付着応力度で生じた。

#### 参考文献

- 1) 森本, 林, 黒正, 吉田, 「押し込み力と引抜き力を同時に受けるはり主筋の付着性状に関する実験研究」, ATJ論報 No.322, 昭57.12
- 2) 森本, 「鉄筋コンクリート部材の復元力特性に関する研究(その4)」, 鉄高組技報 No.5, 1980年

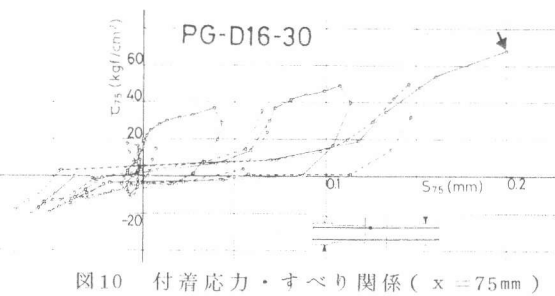


図10 付着応力・すべり関係 ( $x = 75 \text{ mm}$ )

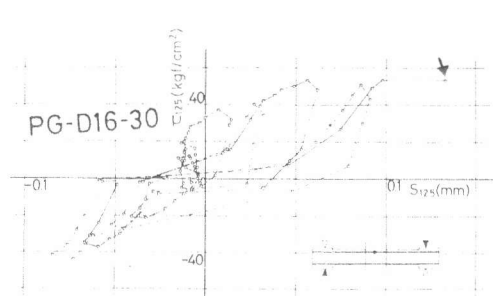


図11 付着応力・すべり関係 ( $x = 125 \text{ mm}$ )

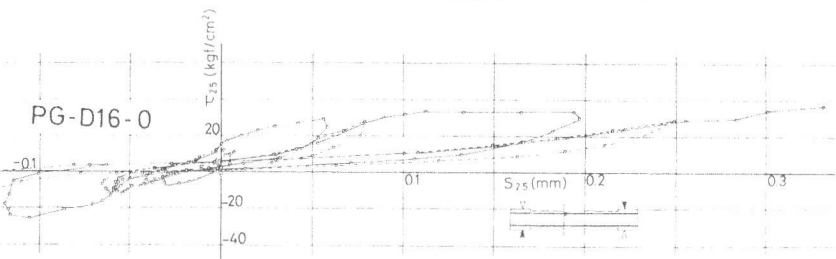


図12 付着応力・すべり関係 ( $x = 25 \text{ mm}$ )

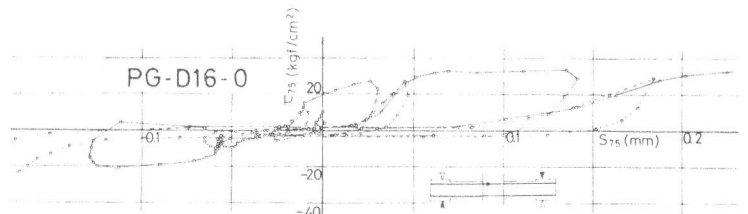


図13 付着応力・すべり関係 ( $x = 75 \text{ mm}$ )

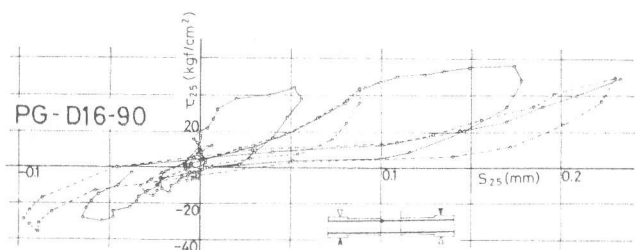


図14 付着応力・すべり関係 ( $x = 25 \text{ mm}$ )

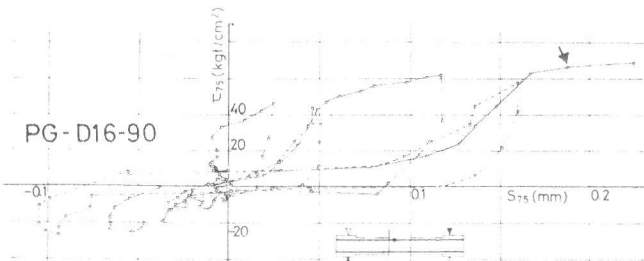


図15 付着応力・すべり関係 ( $x = 75 \text{ mm}$ )

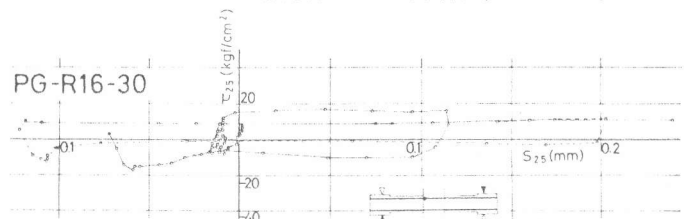


図16 付着応力・すべり関係 ( $x = 25 \text{ mm}$ )