

# [68] 鉄筋の降伏以後を含む異形鉄筋とコンクリート間の付着劣化に関する実験的研究

正会員 ○角 徹三 (豊橋技術科学大学建設工学系)

正会員 長友克寛 (高松工業高等専門学校)

中村桂久 (豊橋技術科学大学大学院)

松永 豊 (豊橋技術科学大学大学院)

## 1. 序論

鉄筋コンクリート建物の軟性評価にあたっては、架構の変形特性を正しく定量化することが前提であるが、その際、柱・はり接合部あるいは柱脚からの鉄筋の抜出しによる付加変形の影響を無視し得ないことが近年多くの研究者によって指摘され、これを考慮した解析手法も提示され<sup>1), 4), 5)</sup>ている。これらの解析手法はいずれも鉄筋とコンクリート間の相対滑りを許さないというRC部材における平面保持の仮定を崩し、付着応力-滑り(τ-S)関係を導入することを特徴としており、解析手法の有効性はτ-S関係およびその劣化過程をいかに適切に評価するかにかかっているといても過言ではない。

本研究は、鉄筋まわりのコンクリートの拘束の程度が比較的大きいと考えられるRC内部接合部に通し配筋されたはり筋の付着性状を解明するために、一軸RCプリズムの鉄筋両端を交互に引張加力した正負繰返し付着試験を行い、鉄筋降伏以後を含む荷重-滑り関係と定着長との関連を明らかにし、もって接合部からの鉄筋抜出しメカニズム解明の一助とすることを目的としている。

## 2. 実験方法

使用材料の性質を表-1に、供試体の形状・配筋を図-1に示す。コンクリート断面<sup>7)</sup>は、既往の実験結果を参考にして、定着長16cmの供試体では付着割れひびわれ発生後もフープ(φ6円形リング、ピッチ4cm)の存在により耐力が増加し、かつ供試筋(D19)の降伏以前に滑り破壊が生じるように設定した。定着長28cm、40cmの供試体についても断面形状・フープ間隔は共通とし、定着長の相異による付着劣化性状の差異を考察することを実験の主目的とした。コンクリート部分に材軸方向圧縮力が生じるのを避け、かつ正負の繰返し载荷を容易にするため、フープの四隅にD16を配し主筋に加わる引張力の反力を負担させた。

供試筋リブに沿って対称に2本の溝を切削し、溝の底面に検長1mmのW.S.G.を2cmピッチで貼付し材軸方向応力分布を測定した。フープにもW.S.G.を貼付しひびわれ発生後のフープ負担力を測定した。また、図-2に示すように供試体側面のコンクリートと供試筋裸部点との相対変位を差動トランス型変位計で測定し、裸部分の鉄筋の伸びを差し引いた量を供試筋の材端滑り量とした。

载荷方法は図-2に示す通りである。同図はアクチュエータヘッドを上方へ変位させることにより、供試筋の上端引張加力・下端自由の場合を示しているが、供試体上下に備えた鋼製圧板のナットを付替えるだけで同様の载荷方法で上端自由・下端引張加力が可能となり、一台の加力装置で比較的容易に正負繰返し载荷が行えるように

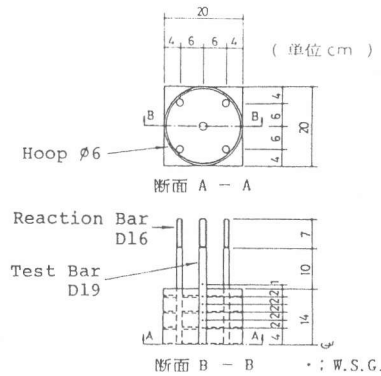


図-1 供試体形状・配筋

表-1 使用材料の性質

鉄筋	種類	弾性係数 (kgf/cm <sup>2</sup> )	降伏応力 (kgf/cm <sup>2</sup> )			
	供試筋(D19)		2.44×10 <sup>6</sup>	3658		
フープ(φ6)		1.87×10 <sup>6</sup>	3740			
コンクリート	定着長 (cm)	弾性係数 (kgf/cm <sup>2</sup> )	圧縮強度 (kgf/cm <sup>2</sup> )	引張強度 (kgf/cm <sup>2</sup> )	配合 C:S:G=	
	16	2.34×10 <sup>5</sup>	420	35.6		1.0:1.65
	28	2.58×10 <sup>5</sup>	403	31.9		2.47
	40	2.70×10 <sup>5</sup>	382	31.6		4/C=54.6%

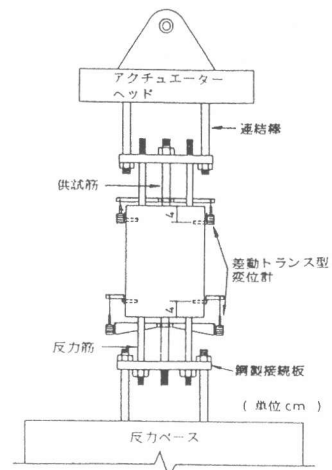


図-2 载荷方法

工夫されている。供試体は各定着長につき3体作製し図-3に示すような荷重履歴を与えた。16シリーズでは鉄筋の降伏荷重(≒8.4 tonf)以前で滑り破壊し、28・40シリーズは鉄筋端ネジ部の疲労で耐力の限界に達した。

### 3. 実験結果および考察

図-4は各供試体の荷重-材端滑り関係を示しており、図-5は各繰返しピーク荷重における鉄筋軸力、付着応力、滑りおよびフープ応力分布と割裂ひびわれの進展状況を示している。付着応力は隣接するひずみ測定値の差から求め、滑り分布は自由端の滑り測定値を境界条件として与えコンクリートの軸方向ひずみを無視し鉄筋ひずみの逐次積分によって求めたものである。

16シリーズでは低荷重の段階から自由端側のめり込みが生じ、割裂ひびわれ貫通後は抜け出しめり込みの量的差はほとんどなくなり、平行滑動状態となった。荷重-滑り曲線も典型的なスリップ型となっている。40シリーズでは滑りは両材端にのみ集中し滑動現象はほとんど生じない。

鉄筋降伏以後は塑性変形伸びが材端の抜け出し量として残留・蓄積する。このことは柱成が十分大きい内部接合部では正負繰返し塑性変形時には接合部の両端から等量の引張力・圧縮力がはり主筋に同時に作用する<sup>5)</sup>ような応力状態が生じる可能性を示唆するもので、多田等も接合部の解析例でこの現象に触れている。28シリーズは最大荷重近くで割裂ひびわれが貫通し鉄筋の塑性変形伸びと平行滑動による抜け出しが混在した状態になっているが、塑性変形量の方が優り40シリーズ同様抜け出し量が残留・蓄積されていく。

付着応力分布をみると測定誤差によりかなり乱れてはいるが、大局的にみれば28・40シリーズでは加力側で大きく自由端側で小さな値となっているのに対して、16シリーズでは加力側で小さく自由端側で大きな値となっている<sup>3)</sup>。

これは鉄筋力分布が28・40シリーズでは下に凸に、16シリーズでは上に凸の曲線になっていることに対応している。しかしいずれの場合にも共通な現象として加力側材端から2~4 cm (1.0D~2.0D)の範囲では漏斗状ひびわれの発生により付着応力の低下が激しく、設計上の定着長の起点を定める際に考慮すべきことであろう。

フープ応力は、ゲージ貼付位置と割裂ひびわれ位置との相互距離関係で微妙に変化することが予想される。供試筋位置でのコンクリート打継面

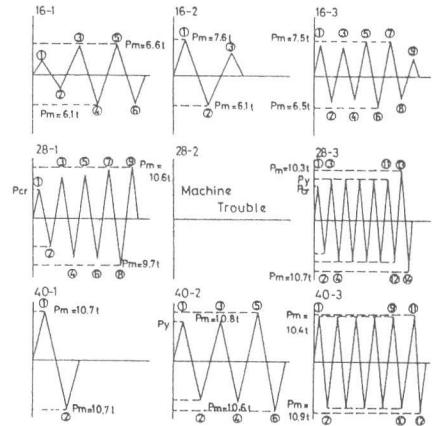


図-3 載荷履歴

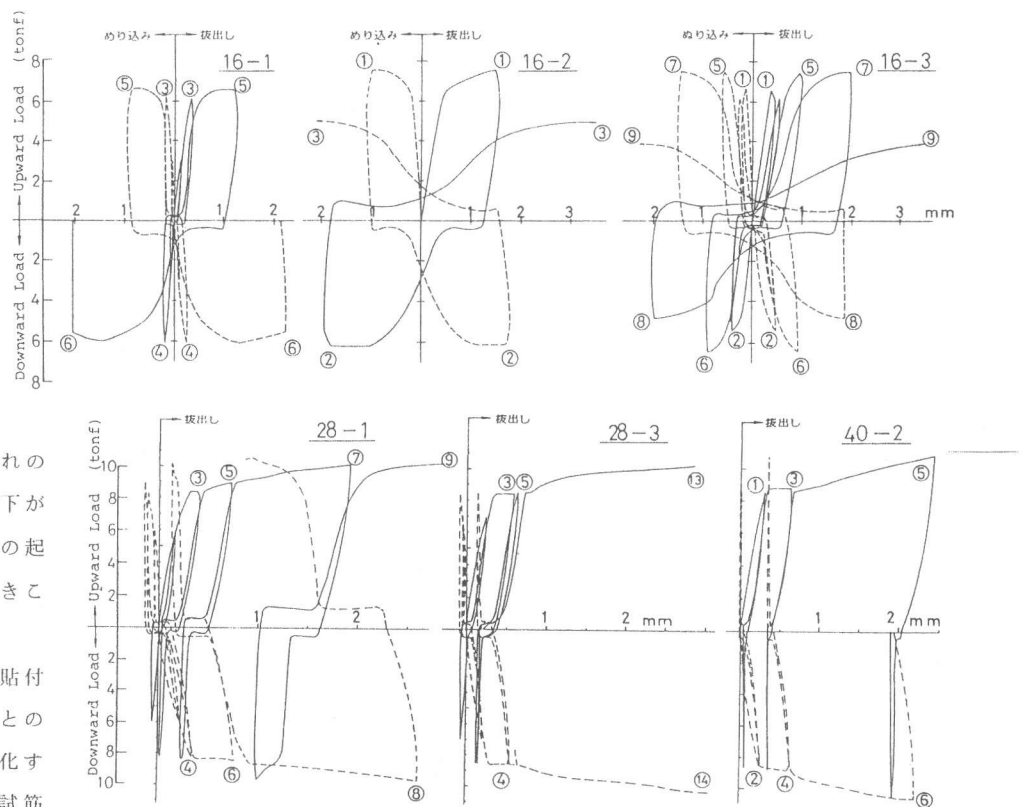


図-4 荷重-材端滑り関係

と実験での割裂ひびわれ面が一致するという既往の実験結果<sup>7)</sup>を利用し、ひびわれライン上にゲージ貼付位置を合わせる事が出来た。したがって図-5のフープ応力は割裂ひびわれ発生後にコンクリートからフープに肩代りされたリングテンションを示すものと考えてよい。図-6は材端に最も近いフープの応力と平均付着応力との関係を示している。40シリーズの割裂ひびわれはヘアクラック程度で材端から約10cmにとどまりフープの応力も他のシリーズに比べて小さな値となっている。

図-7は部材中の局所的な付着応力-滑り関係を示したものである。滑り破壊を呈した16-1供試体では材端部を除けば安定したスリップ型を示し著者等の提案した履歴ルールにはほぼ従っている。しかし材端では加力方向の影響を強く受けていることが判る。40-1供試体では注目している点を降伏域が通過するとき付着応力の急激な減少がみられるがその後再び応力の増大がみられるのが特徴的である。

図-8はゲージ測定値から確認した材端からの降伏進展長さ $L_y$ と降伏以降の荷重増大率 $P/Py$ との関係を示している。定着長による差異は顕著でなく図中の太実線で示した式で近似できる。降伏進展長さが荷重増大率の関数で定義で

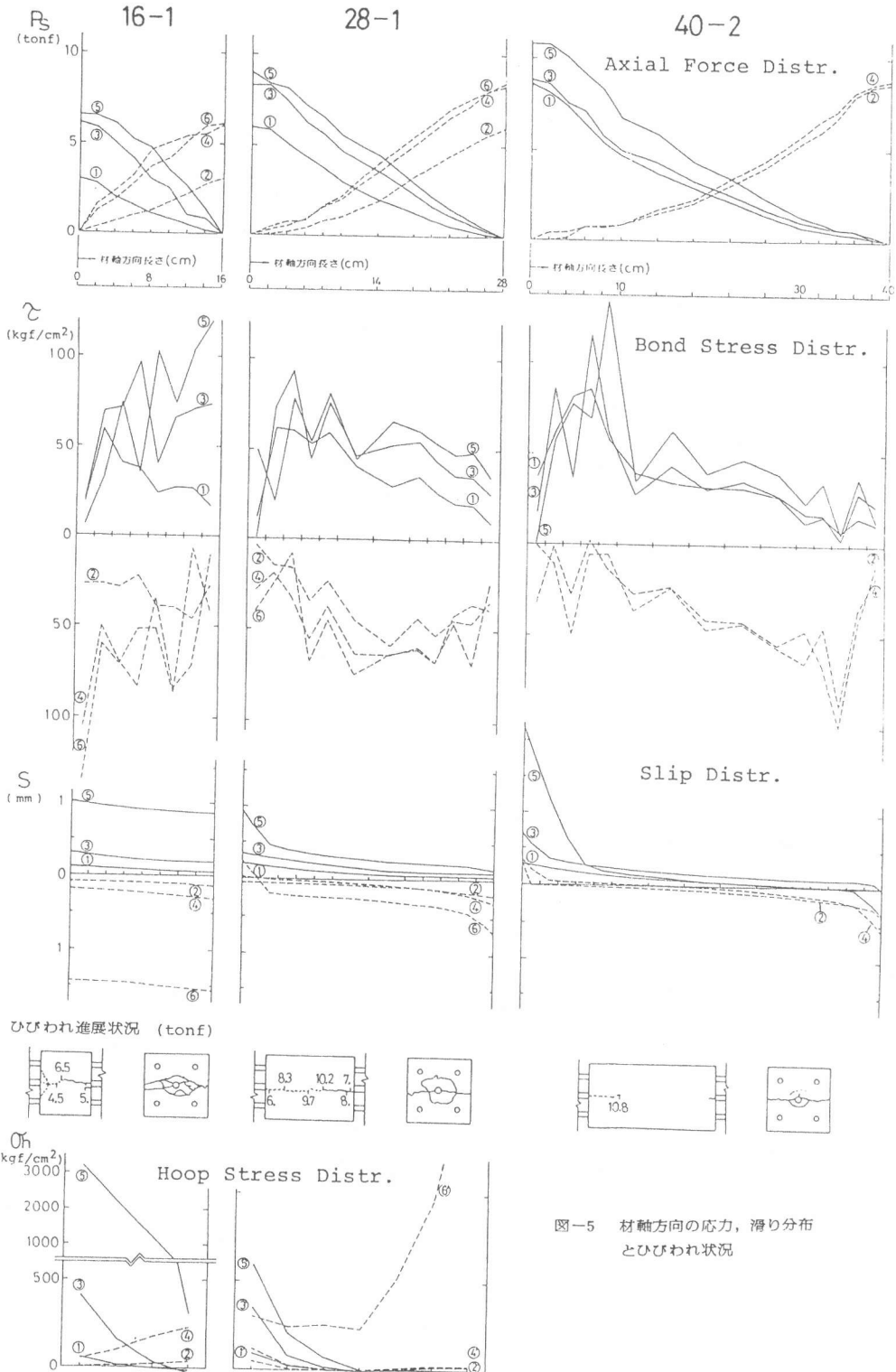


図-5 材軸方向の応力、滑り分布とひびわれ状況

6) できれば架構の塑性域での拔出しによる付加変形の定量化が容易となる。図-9は著者の既往の実験結果(定着長40cm、D19使用の片持ばり)との比較である。今回の方が小さい進展長さとなっている。

#### 4. 結論

接合部域の付着劣化機構を調るため正負繰返し付着試験を行い、定着長の相異によって拔出し量の要因が異なる事を確めた。さらに、降伏域進展長は定着長とは無関係に荷重増大率の関数として定義できる等の結論を得た。

#### [参考文献]

- 1) 角、下、稲田「剛域からの鉄筋の拔出しを考慮したRC骨組の弾塑性解析」建築学会大会号 S56.10, PP1407~1408
- 2) Bertero他"Seismic Behavior of Light-Weight Concrete Beam-Column Assemblages" ACI.J Jan & Feb, 1980 PP44~52
- 3) 多田他「異形鉄筋の付着特性に関する実験」建築学会関東支部研、S52, PP229~232
- 4) 市之瀬、青山「鉄筋の連続性を考慮したRC長方形骨組の非線型解析」建築学会関東支部研 S53 PP205~208
- 5) 多田他「RC部材における材端塑性ヒンジの変形特性と隣接定着域の付着劣化過程に関する解析的研究」建築学会関東支部研 S55, PP125~136
- 6) 森田、角「RC柱・はり接合部域におけるはり主筋の付着性状」建築学会大会号 S52.10 PP1777~1778
- 7) 角、長友、中村「異形鉄筋の割裂補強に関する基礎実験」セメント技術大会 No.35, S56 PP428~430

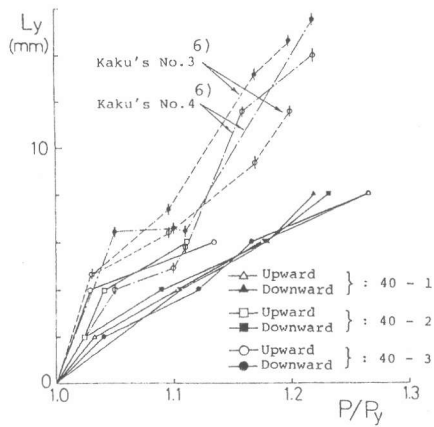


図-8 Ly - P/Py 関係 (実験結果)

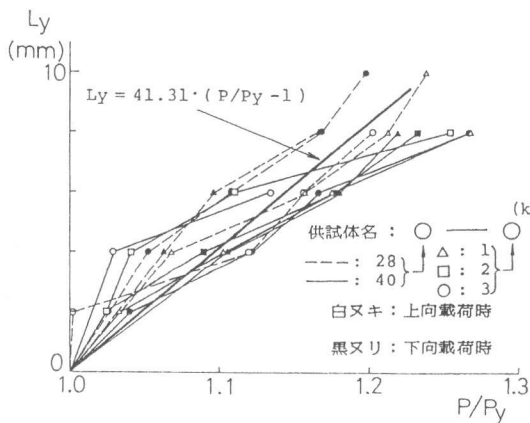


図-9 Ly - P/Py 関係 (既往の研究との比較)

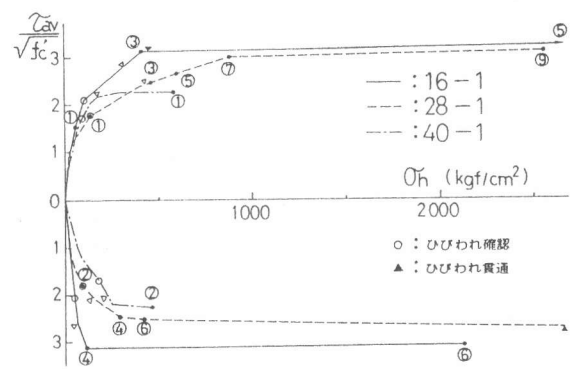


図-6 平均付着応力-材端フープ応力関係

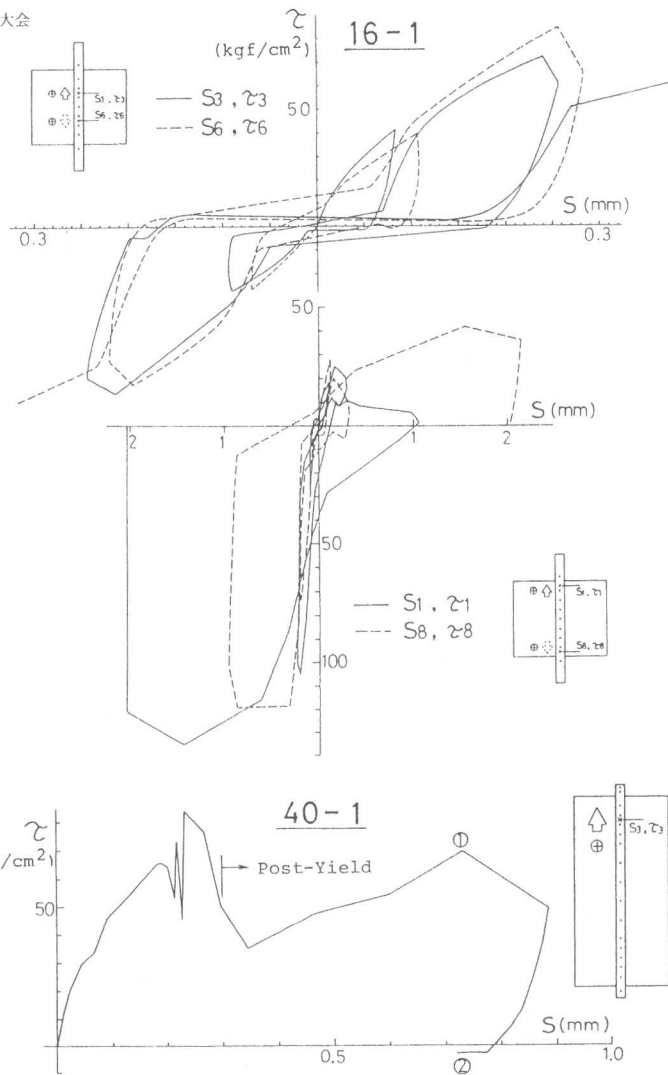


図-7 局部付着応力-滑り関係