

# [147] 機械式鉄筋継手を有する RC 柱部材の挙動に関する実験研究

正会員 ○狩野 芳一 (明治大学工学部)  
 正会員 松崎 育弘 (東京理科大学工学部)  
 正会員 平石 久廣 (建設省建築研究所)  
 正会員 東浦 章 (佐藤工業中央技術研究所)

## 1. はじめに

現在、鉄筋継手として各種の工法が開発、実用化されている。そして、RC 構造物の大型化あるいはプレキャスト化に伴い、特に太径鉄筋においてその需要が増大しつつある。そこで、継手の精度、施工性、信頼性という問題が問われてきている。

ところで、その継手の性能については、昭和58年に日本建築センターにおいて作成された「鉄筋継手性能判定基準<sup>(1)</sup>」(以下「鉄筋継手基準」)があり、各種継手の性能を強度、剛性、じん性、すべり量によってSA、A、B、C級継手に分類し、継手使用箇所と部材種別に応じ、それぞれの継手の種類と使用の可否を定めている。本規定は日本建築センターでの鉄筋継手に関する従来の評定経過及び各種の鉄筋継手単体試験結果を主として参考に定められたもので、鉄筋継手を有する部材についての実験結果に基づいたものとは必ずしもいえない。

そこで、本研究においては代表的な鉄筋継手のひとつであるネジ式継手を有する柱部材の実験により本基準の妥当性を確認するとともに、この種の継手を有する柱部材の一般的な構造性能について検討することを目的とした。

## 2. 実験概要

2・1 継手 継手及び鉄筋詳細図を図-1に示す。使用した継手は、ネジ式継手でカブラー及びナット間の初期導入軸力により継手性能を変化させることが、継手の単体実験から確認されている。今回、実験に用いる継手性能は、塑性域のすべり量の少ないA級継手に相当する継手及びすべり量の大きいB級継手に相当する継手を想定した。

2・2 試験体 試験体の一覧を表-1に、試験体の配筋図を図-2に示す。試験体の第1のバネマターとしてRC柱のじん性能による部材種別

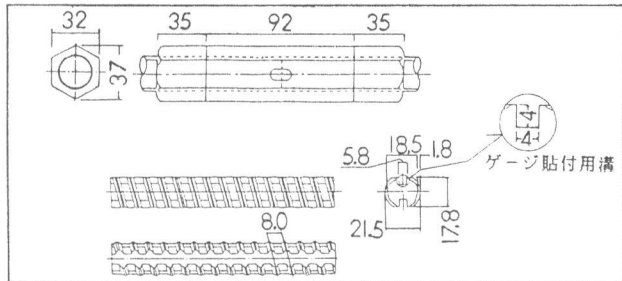


図-1 継手及び鉄筋詳細図

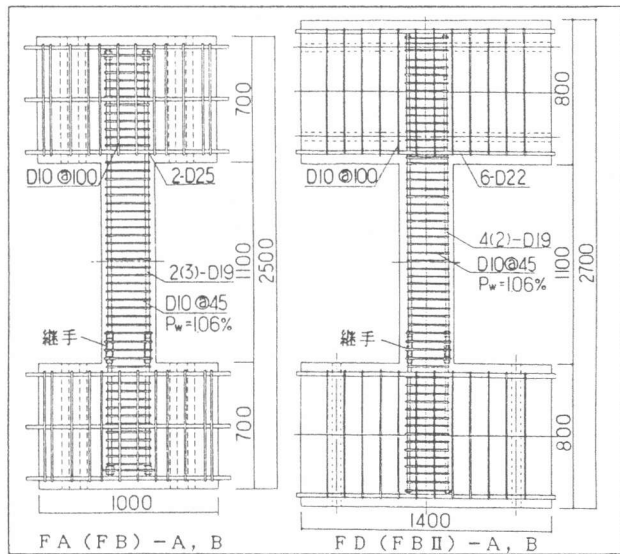


図-2 試験体配筋図

表-1 試験体一覧

試験体名	継手級	軸力			主筋		
		N(tton)	$\sigma_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_y/f_c$	配筋	$A_t$ (cm <sup>2</sup> )	$P_t$ (%)
FA-N	-	16.2	18	0.072		5.03	0.559
FA-A	A						
FA-B	B					7.90	0.878
FB-N	-						
FB-A	A					5.03	0.559
FB-B	B						
FBII-N	-	40.5	45	0.193		10.76	1.202
FD-N	-						
FD-A	A						
FD-B	B	81.0	90	0.395			

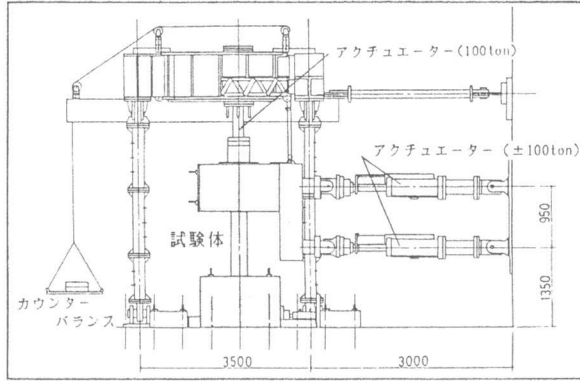


図-3 加力装置図

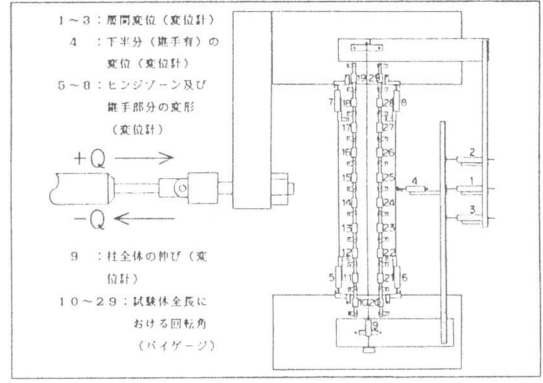


図-4 測定治具図

を選び4シリーズとした。柱種別は、昭和55年建設省告示第1792の第1におけるRC造柱部材の種別の分類によるFA、FB、FD材とし、FB材については、柱引張主筋量(P)をFA材より増したFBシリーズと軸力比( $\sigma_n/f_c$ )をFA材より増したFB IIシリーズを設けた。また、もうひとつのパラメータとして継手級とし、A級継手、B級継手をそれぞれ有するもの他、比較のため継手のない一体ものの試験体の3種とした。なお、継手位置は部材の挙動に最も不利と考えられる降伏ヒンジゾーンの柱脚部とし、全数継手とした。また、柱四隅の主筋には、カプラー内での応力を測定するため図-1に示すような溝を設けゲージを添付した。柱主筋のかぶり厚さは、一体ものと継手を有するものと同一にした。

2・3 加力方法 加力は、図-3に示す加力装置を用いて上下逆対称の変形を試験体に加え、柱の層間変位で制御した。なお、上スタブの回転を防ぐために水平荷重用に2台を、また一定軸力を保つために加力装置頂部に1台のアクチュエーターを用いて制御を行った。また、載荷スケジュールは図-5に示すように、部材角 $1/200$ rad、を降伏変位( $\delta_y$ )と仮定し行った。ただし、FDシリーズにおいては、 $2\delta_y$ の繰り返しを行う以前において $0.5\delta_y$ 、 $\delta_y$ の正負各4サイクルの繰り返しを行った。

2・4 測定項目 測定装置図を図-4に示す。鉛直、水平荷重、層間変位の計測を行うと共に、挙動の詳細を明確にするために、試験体各部分の変位、主筋全長にわたる鉄筋のひずみの測定を行った。

### 3. 継手単体試験

3・1 継手単体試験方法 本実験において使用される継手が「鉄筋継手基準」によるA、B級継手の性能を保持しているかを確認することを目的として継手単体試験を行った。試験方法は「鉄筋継手基準」に示す性能試験に準じ、一方向引張試験及び塑性域正負繰り返し試験を行った。ただし、塑性域正負繰り返し試験においては、RC柱部材内における継手の性伏を知るための基礎資料を得ることを目的に、 $8\epsilon_y$ で4サイクルの繰り返しも加えて行った。

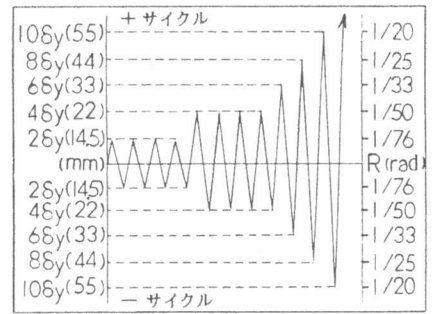


図-5 載荷スケジュール図

表-2 鉄筋の材料試験結果

鉄筋径	降伏点 $\sigma_y$ (kg/cm <sup>2</sup> )	引張強度 $\sigma_u$ (kg/cm <sup>2</sup> )	ヤング係数 ( $\times 10^9$ kg/cm <sup>2</sup> )
D 19	3543	5416	1.83
D 10	4040	5972	1.98

表-3 コンクリートの材料試験結果

シリーズ	圧縮強度 $F_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	割裂引張強度 (kg/cm <sup>2</sup> )	ヤング係数 ( $\times 10^9$ kg/cm <sup>2</sup> )
FA, FB	251	19.7	2.70
FB II	233	18.6	2.39
FD	228	19.0	2.37

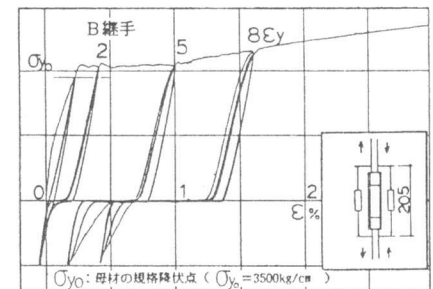
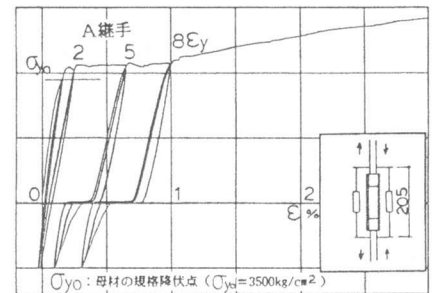


図-6 継手単体試験結果

表-4 実験結果一覧

試験体	Qcr (ton)	Qscr (ton)	Qmax (ton)	$\tau_{max}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\tau_{ub}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\tau_{max}$ / $\tau_{ub}$	$\tau_{us}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\tau_{max}$ / $\tau_{us}$	破壊モード
FA-N	6.1	10.9	12.7	19.0		1.07	0.59	0.076	曲げ
FA-A	6.1	8.2	13.1	19.6	17.7	1.11	0.60	0.078	ク
FA-B	6.1	10.1	12.9	19.3		1.09	0.60	0.077	ク
FB-N	4.1	11.2	17.1	25.5		1.05	0.75	0.102	ク
FB-A	4.2	13.1	17.5	26.1	24.4	1.07	0.77	0.104	ク
FB-B	5.1	11.2	17.2	25.7		1.05	0.76	0.102	ク
FBII-N	6.1	18.0	18.9	28.2		1.13	0.82	0.121	ク
FBII-A	5.0	15.9	18.7	27.9	24.9	1.12	0.81	0.120	ク
FBII-B	11.2	12.4	18.3	27.3		1.10	0.79	0.117	ク
FD-N	7.7	20.6	30.7	45.9		1.02	1.11	0.201	付着剥離
FD-A	12.5	19.2	30.1	45.0	44.8	1.00	1.09	0.197	ク
FD-B	8.7	22.5	30.1	45.0		1.00	1.09	0.197	ク

Qcr: 曲げひび割れ発生荷重  $\tau_{max} = Q_{max} / b_j$   
 Qscr: せん断ひび割れ発生荷重  $\tau_{ub} = 2M_{ub} / hb_j$ ,  $M_{ub} = 0.8AtC_yD + 0.5ND(1 - C_y/F_c)$   
 Qmax: 最大耐力  $\tau_{us} = 0.12kukp(180 + F_c) / (M/Qd + 0.12) + 2.7/P_wC_y + 0.1C_c$

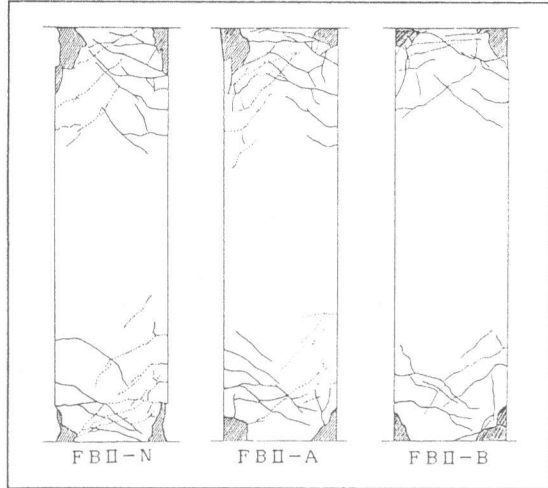


図-7 ひびわれ図(最終状況)

3・2 継手単体試験結果 塑性域正負繰り返し試験の  $\sigma - \epsilon$  曲線を図-6に示す。この単体試験結果を、「鉄筋継手基準」と比較して見ると、今回の部材実験に使用した継手は、強度、剛性、じん性、すべり量の各項目より、それぞれA、B級継手であると判定された。

#### 4. 実験結果及び検討

本実験において、軸力の高いFBII、FDシリーズの各実験結果については、試験部分に生じるせん断力を水平力に軸力の付加曲げモーメントによる力を加えたもので評価を行った。

4・1 耐力 実験結果一覧を表-4に示す。部材種別の各シリーズについては、実験値による  $\tau_{max} / F_c$  及び破壊モードによると、4シリーズとも当初の設計した種別に一致した。また、実験より得た最大耐力と計算値

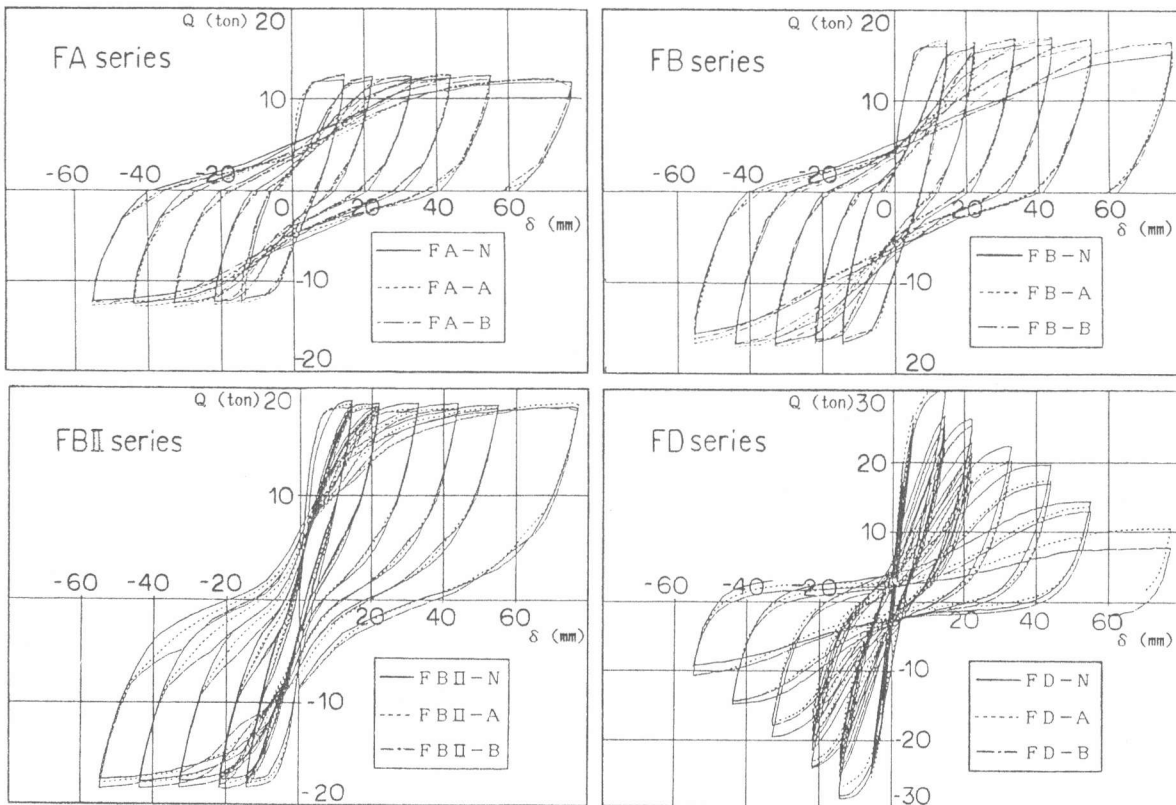


図-8 荷重(Q)-変形(delta)曲線

を比較して見ると、すべての試験体についてはほぼ10%程実験値が高い結果を示していた。各シリーズ内3体では、諸ひびわれ発生荷重及び最大荷重の継手有無、継手級による影響はほとんど差が見られなかった。

4・2 破壊性状 F B II シリーズの最終状況のひびわれ図を図-7に示す。各シリーズとも大局的に見ると継手の有無、継手級による差異はあまり見られなかった。ただし、軸力の低いF A、F Bシリーズの継手のある試験体では、継手のある柱脚部は、継手のない柱頭に比べひびわれが少なく集中している傾向があり、他方、圧潰は柱脚より柱頭の方が早くかつ大きく発生した傾向が見られた。最終破壊モードを見るとF A、F B、F B II シリーズは、主筋降伏後圧潰が進展した曲げ破壊、F Dシリーズは付着剥裂ひびわれが入り主筋降伏後、最大耐力を迎え耐力低下と共に、かぶり部分が剥離し崩壊した、付着剥裂破壊となった。

4・3 変形性状 各シリーズごとのN、A、B3体の荷重(Q) - 変形( $\delta$ )曲線を、図-8に示す。初期剛性を見てみると、軸力の高いF B II、F Dシリーズにおいては、継手を設けた試験体がNに比べ高いが、F A、F Bシリーズにはその傾向は見られなかった。曲げ破壊したF A、F B、F B II各シリーズでは $\pm 10\delta_y$ におよぶ大変形に至っても耐力低下はほとんど見られなかったが、減力時における荷重Q<sub>1</sub>付近において継手のある試験体では、残留変形が少なくなる傾向を示し、継手部のすべりによる影響が現われているように思われる。特にF B IIシリーズではその影響がピーク付近にも見られた。F Dシリーズでは、その残留変形への影響はほとんどなく、継手有無の差は降伏荷重以後の耐力に見られ、N、A、Bの順に低くなった。F B IIシリーズについて、柱頭、柱脚部に設けた変位計よりの測定値をもとに、モーメント(M) - 曲率( $\phi$ )関係の計算結果を図-9に示す。これらの結果より継手のすべりによる影響と思われるスリップ現象が現われており、特に、B級継手を用いた試験体に大きく現われている。そこで、このM -  $\phi$ 曲線上におけるスリップ開始点を、4及び8サイクルについて求め、その時の荷重Q<sub>1</sub>とを対応させてQ -  $\delta$ 曲線に▼、▽印を示した図が図-10である。この結果よりM -  $\phi$ 関係でN、A、Bの差が現われ始める位置と、Q -  $\delta$ 関係で差が現われ始める位置とがほぼ一致していることがわかる。こうしたことより、継手のある部分がQ -  $\delta$ 関係に影響を及ぼしている状況を明らかにすることができた。しかし、一般的に見ると各部材種別での継手の有無による復元力特性への影響は、ほとんど見られなかった。

## 5. まとめ

本報告では、実験結果全般について部材種別ごとにおける継手有無の影響を検討した。この結果では、耐力・破壊性状でほぼ同等の結果を得たが、変形性状については、継手有無、継手級により多少の影響が見られた。今後、その影響についての定量的検討を進めていく必要がある。

〔謝 辞〕 本研究は、財団法人日本建築センター内に設けた「鉄筋継手研究委員会(中野清司委員長)」の研究の一環として行なわれたものである。委員および協賛者各位に対し、感謝の意を表します。

〔参考文献〕 1.日本建築センター「鉄筋継手性能判定基準(1982年)」ビルディングレター 1983.8

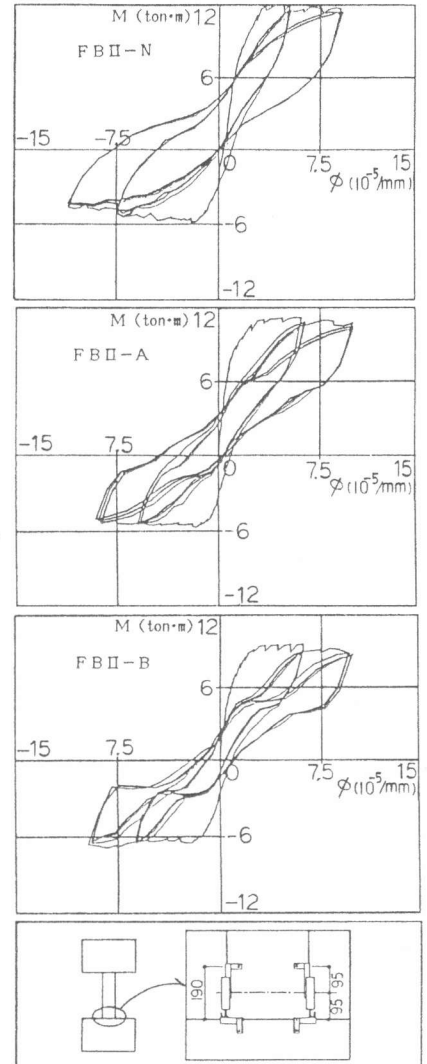


図-9 柱脚部のM -  $\phi$ 曲線

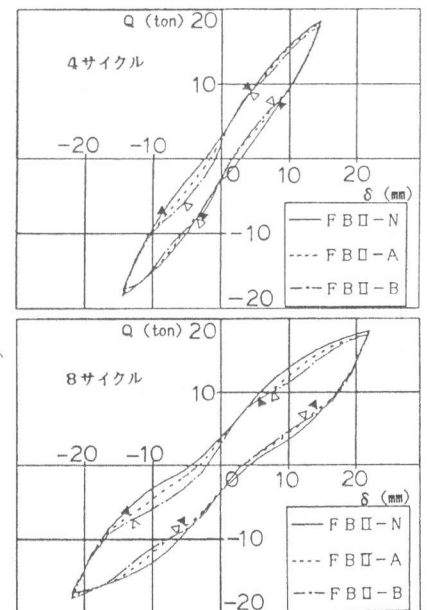


図-10 Q -  $\delta$ 曲線 (F B IIシリーズ)