

グリップジョイント工法に関する研究 (第1報)

—工法の説明と D-35 の性能試験—

G. J. 開発グループ

Studies on Joints of Deformed Bars by Grip Joint Method (Part 1)

—Introduction of Jointing Method and Performance Tests of D-35—

G. J. Development Group

Abstract

This paper deals with a jointing method for deformed bars. The contents are the general explanation of this method and several test results of the joints. From these test results, it may be concluded that a joint made by this method is strong enough to transfer the full strengths of the bars, and when these joints are used in beams injurious influences upon the behavior of reinforced concrete are not observed.

概 要

本論文は、異形鉄筋の新しい継手工法であるグリップジョイント工法の一般的な説明と継手部分の性能を確認するために行った種々の実験内容を述べたものである。

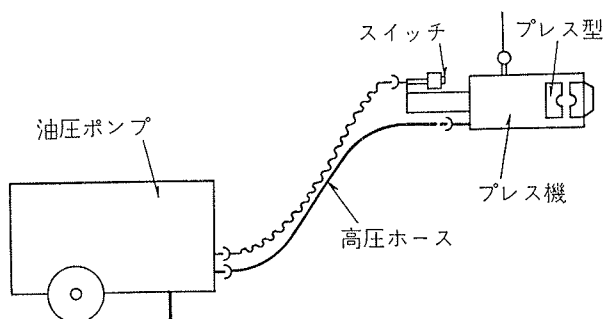
実験結果によれば、この工法による継手は、在来の継手工法と同等以上の効果があることが明らかになった。

1. まえがき

グリップジョイント工法は、当社が昭和46年10月に西独の Züblin社 と技術提携を行ない Know-How を導入し、日本における使用権を取得した、いかなる径の異形鉄筋も誰にでも簡単に冷間で継手接合ができる工法である。

2. 工法の説明

本工法に使用する装置は、図—1に示すように、油圧ポンプとプレス機から成立っている。油圧ポンプは2種類、プレス機は鉄筋径により4形式あり、実際にスリーブを加圧する治具（プレス型）は各鉄筋径ごと



図—1 装置の概要

に異なる。

本工法による接合は、相互の鉄筋端部に挿入した円筒状のスリーブを、プレス機内のプレス型にて数回にわけて順次一方向に加圧し、鉄筋のフシにスリーブをくい込ませて行なう、機械的な方法である。

加圧作業は、単に、プレス機に付属しているスイッチを押すだけで良く、最大加圧力、加圧時間および停止は、油圧ポンプに内蔵されているストッパーとタイマーにより自動的にコントロールされている。

本工法の主な特徴は、次のような点にある。

- (1) 機械的に接合できるので熟練度を必要としない。
- (2) 火気を使えない建設現場、工場などでも安心して使用できる。
- (3) 風雨などの気象条件に影響されない。
- (4) 径の異なる鉄筋でも、鉄筋相互の軸心がずれることなく接合できる。
- (5) あらかじめ鉄筋の一端にスリーブを加圧してセットしておくことによって現場作業が簡単になり、鉄筋組立ての作業省力化が図れる。

3. グリップジョイントの性能試験

鉄筋種別 SD30 および SD35、鉄筋径 D35 の継手部分の性能試験は、(1)継手の引張試験 (2)鉄筋コンク

リート部材によるひび割れ性状の比較試験 (3)鉄筋コンクリート梁の比較実験から成る。これらの試験は、グリップジョイント工法による継手が、継手のない場合もしくは在来の継手工法と同等以上の効果があることを明らかにするために行った。

3.1. 継手の引張試験

3.1.1. まえがき 本試験は、グリップジョイント工法により接合した継手部分の引張試験である。

本工法にて行なう継手の性能に影響する要因としては、鉄筋の銘柄別によるフシの形状の相異とスリーブ長さの他に、鉄筋の縦リブに対する加圧方向および鉄筋の表面に刻印されている商標などがある。

フシの形状については、SD35 は市販されている代表的な銘柄から横フシ2銘柄と斜めフシ2銘柄の合計4銘柄の異形鉄筋を選択したが、SD30 は入手が困難であったため横フシ1銘柄とした。

スリーブの材質は、加圧による塑性変形にも十分耐える JIS・G3445 に規定される機械構造用炭素鋼鋼管のうち、種別 STKM13A とし、その寸法は、4銘柄の鉄筋が容易に挿入でき、かつ、十分耐力があるように外径 63.5mm、肉厚10mm とした。スリーブ長さは、図-2 にその1例を示すように各銘柄ごとに引張試験を行ない、十分の安全率を考慮して240mm (鉄筋径の約7倍) とした。

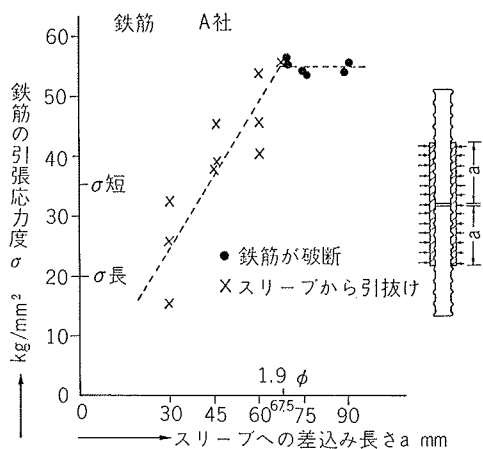


図-2 A社鉄筋の有効スリーブ長さ

縦リブに対する縮付け角度は、SD35 について0°, 30°, 60°および90°の4方向, SD30 について0°, 45°および90°の3方向とした。

なお、商標が刻印されているネーム部分については縦リブに対して0°方向のみとした。

表-1 に試験内容を一覧にして示す。

3.1.2. 試験体および試験方法 試験体は、図-3

種別・銘柄	SD35				SD30	
	縮付け角度 (リブに対して)	横フシ		斜めフシ		
鉄筋部分		A社	B社	C社	D社	C社
フシ	0°	●○○	●○○	●○○	●○○	●○○
	30°	●○○	●○○	●○○	●○○	—
	45°	—	—	—	—	●○○
	60°	●○○	●○○	●○○	●○○	—
	90°	●○○	●○○	●○○	●○○	●○○
ネーム	0°	●○○	—	●○○	—	—

●は鉄筋のすべり量およびスリーブの変形量を測定する試験体

表-1 試験内容

に示すように長さ55cmの異形鉄筋の端部にスリーブを挿入し、相互に接合した全長110cmである。

引張試験は、同

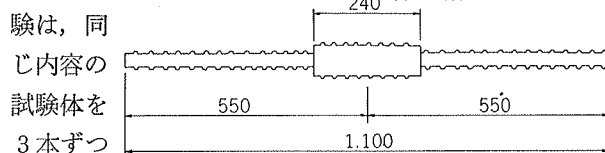


図-3 試験体

200t 万能試験機にて行ない、そのうち1本について鉄筋・スリーブ間のすべり量およびスリーブの変形量の測定を1/100mmダイヤルゲージにて行なった。

3.1.3. 試験結果と検討 適正な加圧にて接合した継手は、鉄筋の最大耐力以上の耐力を示し、スリーブから鉄筋が抜け出したり、スリーブにて破断することなく、すべて鉄筋素材にて破断した。図-4および図-5に継手部の変形量の測定結果の一部を示す。

SD35 の鉄筋の測定結果から、長期許容応力度に相当する 19t 時のスリーブ、鉄筋間のすべり量は、約 0.05~0.11mm であり、継手部分の剛性は鉄筋の剛性に比べて約2.3~2.5倍大きく、この割合がスリーブによる断面積の増分に相当するため、スリーブと鉄筋が一体として作用していることが明らかになった。

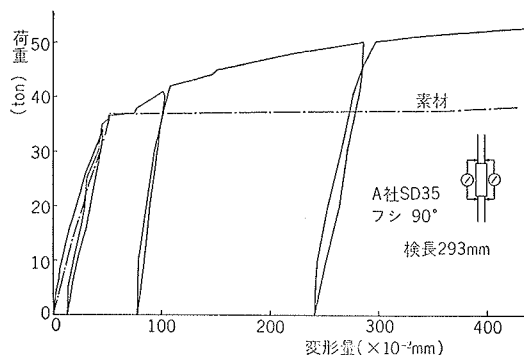


図-4 継手部の変形—A社・SD35

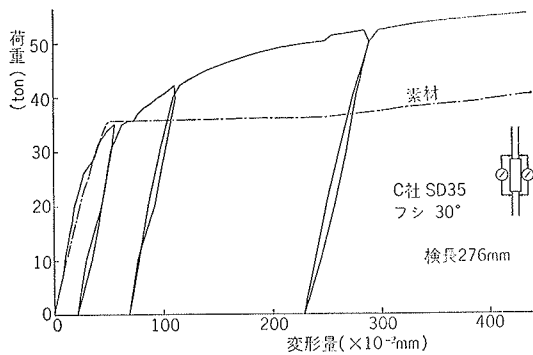


図-5 継手部の変形—C社・SD35

これらの値は、いずれも、鉄筋の銘柄・縮付け角度および鉄筋端部の形状に影響されず、これによりグリップジョイント工法による鉄筋継手は、全強度を十分に伝達することが判明した。

3.2 鉄筋コンクリート部材によるひび割れ性状の比較試験

3.2.1. まえがき 本試験は、グリップジョイント工法により接合した鉄筋継手部がコンクリートのひび割れに与える影響を検討するために行なった比較試験である。

3.2.2. 試験体および試験方法 試験体は、図-6に示すように断面 20cm×20cm、長さ108cm のコンクリートプリズムの軸心にグリップジョイントした異形鉄筋 (A社, SD35-D35) を埋め込んだ試験体 (A) と継手なしの異形鉄筋を埋め込んだ試験体 (B) の2種類で、それぞれ5体ずつ製作した。

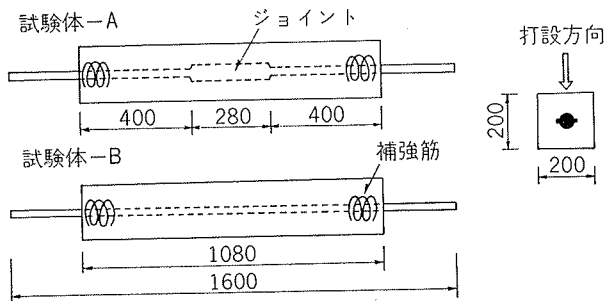


図-6 試験体

A社の鉄筋の性質を表-2に示す。

SD35・D35	降伏点	最大耐力	ヤング係数	伸び
A社	38.56kg/mm ²	55.94kg/mm ²	2.07×10 ⁶ kg/cm ²	22.66%

表-2 鉄筋の性質

コンクリートは早強ポルトランドセメントを使用し、表-3に示す調合である。コンクリートの打込みは、強制練りミキサーにて混練し、試験体-AとBを1体ずつ交互に行なった。

設計基準強度 (kg/cm ²)	スランプ (cm)	空気量 (%)	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	コンクリートの調合(kg/m ³)					実測値	
					水	セメント	砂	砂利	A E剤	スランプ (cm)	空気量 (%)
180	18	4	55.5	42.4	175	316	776	1064	0.079	16.1	4.0

表-3 コンクリートの調合

試験は、材齢7日目より4日間にわたって行なった。このコンクリートは、圧縮強度 267 kg/cm²、引張割裂強度22.7 kg/cm² および弾性係数 ($\sigma_{1/3}$) 2.35×10⁵ kg/cm² であった。

加力は、200t 万能試験機を使用し、両引き試験方法にて行なった。

試験は、試験体-AとBを交互に行ない、適時の荷重においてひび割れの進展過程を記録し、主なひび割れ幅をクラックスケールにて測定した。写真-1は、その試験状況である。

3.2.3. 試験結果と

考察

(i) ひび割れ発生荷重：最初のひび割れは、すべて試験体の中央部分で材軸に直角方向に表-4に示す荷重で発生した。表より明らかなように、ひび割れ発生荷重の平均は、試験体-Aが11.20t、Bが10.04tで、継手の有無による差は殆どなかった。

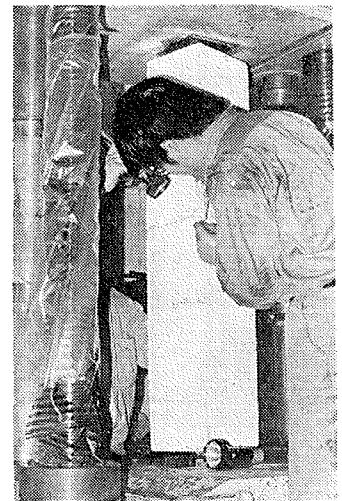


写真-1 試験状況

しかし、最初のひび割れは、試験体の形状、鉄筋の軸心のずれおよびコンクリートの打設方向などの影響によるため、必ずしも試験体の全面 (4面) に均等に発生しなかった。

	I	II	III	IV	V	平均
試験体-A	13.2	12.0	10.0	9.7	11.1	11.20
試験体-B	13.5	12.0	8.0	8.0	8.7	10.04

表-4 ひび割れ発生荷重

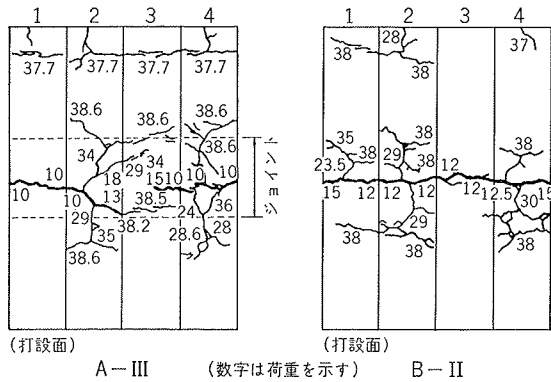


図-7 ひび割れの分布

(ii) ひび割れの進展状況：ひび割れの分布の例を図-7に示す。ひび割れの進展は、両試験体とも殆んど等しく、継手端部にひび割れが集中したり、ひび割れ幅が大きく広がるといった傾向はみられなかった。また、ひび割れ分布のパターンは、コンクリートの打設方向にかなり影響されていることが認められた。

(iii) ひび割れ幅：各試験体の中央部分に発生したひび割れについて、鉄筋の長期許容応力度に相当する荷重(19t)における平均ひび割れ幅を表-5に示す。

試験体	分布範囲	平均幅	試験体	分布範囲	平均幅
A-I	0.02~0.45	0.264	B-I	0.02~0.43	0.180
A-II	0.06~0.10	0.072	B-II	0.04~0.45	0.266
A-III	0.01~0.55	0.276	B-III	0.15~0.60	0.379
A-IV	0.04~0.70	0.364	B-IV	0.02~0.50	0.236
A-V	0.06~0.65	0.473	B-V	0.08~0.40	0.288
総平均		0.278	総平均		0.266

表-5 平均ひび割れ幅 (mm)

ひび割れ幅は、各試験体によってかなりのバラツキがあるが、19t時の総平均ひび割れ幅は、試験体-Aで0.28mm、Bで0.27mmとなり、継手の有無による影響は殆んど認められなかった。なお、試験体-A・Vの平均ひび割れ幅が大きい理由は、ひび割れが均等に発生しなかったためである。

以上の比較試験の結果より、グリップジョイント工法による鉄筋継手部が、コンクリートのひび割れに与える影響を特に認めることができなかった。

3.3. 鉄筋コンクリート梁の比較試験

3.3.1. まえがき 本実験は、グリップジョイント工法により接合した異形鉄筋を主筋に用いた鉄筋コンクリート部材の耐力および変形が十分安全であることを確認するために行なったもので、グリップジョイント工法による継手のある梁、強還元炎ガス圧接法による継手のある梁および継手のない梁の試験体について

曲げせん断の比較実験を行ない、ひび割れ発生状況、耐力および変形性状について検討したものである。

3.3.2. 試験体 試験体一覧を表-6に示す。

試験体	載荷方法	B×D (cm)	試験体形状	備考
A1	純曲げ	25×50		全鉄筋をグリップジョイント
A2	純曲げ	25×50		半数鉄筋をグリップジョイント
A3	曲げ及びせん断	25×50		グリップジョイント1箇所
A4	曲げ及びせん断	25×50		グリップジョイント2箇所
A5	曲げ及びせん断	25×50		鉄筋継手なし
B1	曲げ及びせん断	25×50		強還元炎による圧接2箇所

表-6 試験体一覧

試験体の断面形は、すべて B×D=25cm×50cmで、主筋はA社の D35を用いた。試験体-A1は純曲げ区間内中央に継手位置を設け、4本の主筋全部をグリップジョイントした。A2の継手位置はA1と同じであるが、片側2本の主筋のみをグリップジョイントした。A3は継手位置を試験体中央から200mmの所に設け、全主筋をグリップジョイントした。A4は継手位置を試験体中央から左右に d (=42.5cm)離れた位置2カ所に設け、それぞれ4本の主筋をジョイントした。A5は主筋に継手のない普通の鉄筋コンクリート梁である。B1はA4の継手位置と同じ所に強還元炎ガス圧接継手を設けたものである。

なお、グリップジョイント部分では、スリーブの外径が大きいため、スターラップからのコンクリートのかぶりを3cmに保持させた。従って主筋の中心位置は、コンクリート表面から7.5cmとなっている。A5とB1の主筋の位置もこれにならった。

各試験体のスターラップは D13 を使用し、鉄筋コンクリート構造計算規準によって間隔(純曲げ区間一@200, 曲げせん断区間一@100)を決めた。

使用した生コンクリートは、表-3に示した調合である。コンクリート打設時のスランプの実測値は19.3cmである。実験材齢時の円柱供試体による試験結果を表-7に示す。

鉄筋は主筋にS D35 (A社) を使用し、スターラップはSD30を使用した。鉄筋の引張試験結果を表-8

圧縮強度			引張割裂強度
$c\sigma_B$ (kg/cm ²)	cE (10 ⁵ kg/cm ²)	$c\epsilon_B$ * (10 ⁻⁶)	$c\sigma_t$ (kg/cm ²)
240	2.48	2500	18.4

* 計算上の仮定

表-7 コンクリートの性質

に示す。

3.3.3. 実験方法 加力は 300t 圧縮試験機を使用して行なった。正負くり返し方法は、長期荷重で半サイクル、降伏変位 = δ_Y で 1 サイクル、 $8\delta_Y$ で 5 サイクル、 $4\delta_Y$ で 5 サイクル、 $8\delta_Y$ で 1 サイクル、そして $8\delta_Y$ 以上で最終破壊まで加力することを原則とした。なお、 δ_Y は実験値によることとした。変位の測定方法は、試験体-A1 と A2 については支点に対する加力点と中央点の相対変位を、また A3~A5、B1 については支点に対する中央の相対変位を 1/100 mm ダイヤルゲージを使用し、主筋とコンクリートのひずみはストレインゲージで測定した。なお、コンクリート面のひび割れ幅をコンタクトゲージとクラックメータにて測定した。

種類	σ_{max} (kg/cm ²)	σ_Y (kg/cm ²)	ϵ_Y (10 ⁻⁶)	E* (10 ⁴ kg/cm ²)	のび率 (%)	備考
主筋	5590	3860	1940	2.1	22.7	SD35
スターラップ	5050	3610	-	2.1	20.5	SD30

*計算上の仮定

表—8 鉄筋の性質

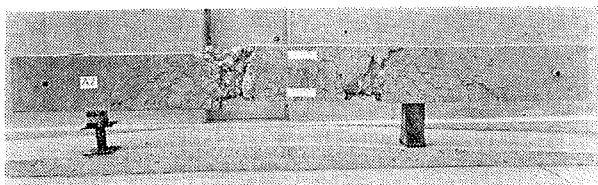
表—8 鉄筋の性質

3.3.4. 実験結果と検討

(i) 破壊性状：破壊性状についてはグリップジョイントに起因する破壊はみられず、降伏以後の大変形時でのくり返して耐力低下をきたし破壊した。

純曲げをうける試験体 A1 は $4\cdot\delta_Y$ の変形における第 4 回目のくり返して純曲げ区間外の斜めひび割れが大きくなり破壊したが、グリップジョイント部は健全であった。A2 は $4\cdot\delta_Y$ の 5 回のくり返しても耐力低下はなかったが、 $8\cdot\delta_Y$ のくり返し時に純曲げ区間外でコンクリートがはく落し破壊したが、グリップジョイント部は健全であった。

曲げせん断をうける試験体 A3 は $4\cdot\delta_Y$ の変形での第 1 回目に耐力低下をきたした。グリップジョイント部の反対側の斜めひび割れが拡大し破壊したが、グリップジョイント部は健全であった。A4 は $4\cdot\delta_Y$ の第 3 回目のくり返しからせん断による剛性低下が大きくなり、 $8\cdot\delta_Y$ の最初の半サイクルで耐力低下をきたした。A5 は $4\cdot\delta_Y$ の 5 回のくり返して耐力、剛性の低下は殆んどなく $8\cdot\delta_Y$ の半サイクル時で破壊した。B1 は $4\cdot\delta_Y$ の第 3 回目のくり返しから剛性低下をきたし、A4 と同じような破壊をした。



写真—2 破壊状況 (A2)

写真—2 に試験体の破壊例を示す。

(ii) 耐力：表—9 に降伏荷重、最大荷重などの実験値と e 函数法による計算値を示す。降伏荷重の実験値は $P \sim \delta$ 曲線より決定した。

降伏荷重については、純曲げ試験体の A1, A2 は実 P_Y が計 P_Y より 2.4~7% 小さい。一方、曲げせん断をうける A3, A4, A5, B1 は実験値の方が計算値より A3 の負荷重時を除いて 1~10% 大きい。また、A3~B1 では正荷重時の方が負荷重時より実 P_Y が大きい。

主筋全部をグリップジョイントした A1 と半数をグリップした A2 とは降伏荷重およびその時の変位は殆んど同じである。グリップジョイントのない A5 とグリップジョイントを有する A3, A4 でも降伏荷重およびその時の変位に大きな相異はなく、主筋をガス圧接した B1 も A5 と大きな相異はない。

試験体	降伏荷重			最大荷重			計 P_Y (t)	実 P_Y 計 P_Y	P_{max} 計 P_Y	δ_{max} δ_Y	r_Y r_{stat}	r_{max} r_{stat}		
	実 $P_{Y(t)}$	*1 $\delta_{Y(t)}$	*2 $r_{Y(t)}$ (kg/cm ²)	*1 $P_{max(t)}$	*2 $r_{max(t)}$ (kg/cm ²)	*3 r_{max}								
A1	+1	34.5	14.14	18.6	+8	39.8	60.01	21.4	35.3	0.977	1.13	4.23	0.775	0.892
	-1	35.0	14.17	18.8	-8	39.9	58.36	21.4	35.3	0.992	1.13	4.12	0.783	0.892
A2	+1	35.1	14.51	18.9	+12	41.7	119.22	22.4	35.3	0.994	1.18	8.22	0.788	0.933
	-1	35.1	14.42	18.9	-7	39.8	59.58	21.4	35.3	0.994	1.13	4.13	0.788	0.892
A3	+1	36.4	8.85	20.9	+7	42.3	34.41	22.7	35.3	1.10	1.20	3.94	0.871	0.946
	-1	34.7	7.35	18.7	-2	38.4	18.70	21.2	35.3	0.983	1.09	2.54	0.779	0.883
A4	+1	38.0	8.14	20.4	+7	42.3	32.50	22.7	35.3	1.08	1.20	3.97	0.850	0.946
	-1	36.8	6.73	19.8	-7	41.0	32.10	22.0	35.3	1.04	1.16	4.77	0.825	0.917
A5	+1	38.0	8.00	20.4	+8	40.9	32.00	22.0	35.3	1.08	1.16	4.00	0.850	0.917
	-1	35.5	7.14	19.1	-7	34.4	32.04	21.2	35.3	1.01	1.12	4.49	0.796	0.883
B1	+1	38.5	8.80	20.7	+7	43.0	33.84	23.1	35.3	1.09	1.22	3.85	0.863	0.963
	-1	36.0	6.29	19.4	-7	42.5	34.25	22.9	35.3	1.02	1.20	5.45	0.808	0.954

*1 $\delta_{Y(t)}$: 実 P_Y 時、 P_{max} 時の変位
 *2 $r_{Y(t)}$: 実 P_Y/r_{sp} , $r_{max} = P_{max}/r_{sp}$
 *3 r_{max} : 短期許容せん断応力値 24.0kg/cm² ($r_{sp} = 3000\text{kg/cm}^2$)

表—9 耐力

最大荷重については純曲げ試験体で計 P_Y より 13~18% 大きく、曲げせん断をうける試験体では 9~20% 大きい。A5 の実 P_{max} /計 P_Y と A3, A1, B1 の実 P_{max} /計 P_Y は A3 の負荷重時を除いて A5 の方が小さい。最大荷重となったサイクルは A2 の正荷重時、A3 の負荷重時を除いて第 7 あるいは第 8 サイクル時である。

(iii) 荷重—変形曲線：図—8~13 に各試験体中央点における変形量を示す。図中の鎖線は弾性剛性、点線は半塑性時の剛性を示す。

変形性状は、 $2\cdot\delta_Y$ の 5 回のくり返しまでは、すべての試験体で耐力、剛性の低下はみられなかったが、 $4\cdot\delta_Y$ 以上の変形でのくり返しになると、それぞれの試験体で変形曲線が異なってくる。これらの相異は、破壊性状からおしてグリップジョイントに起因するものではなく、コンクリート強度のバラツキあるいはスターラップによる拘束効果の違いによるものと考えられる。A1 と A2 ではグリップジョイントのある純曲げ区間の変形は、降伏時の変形に対して、それぞれ

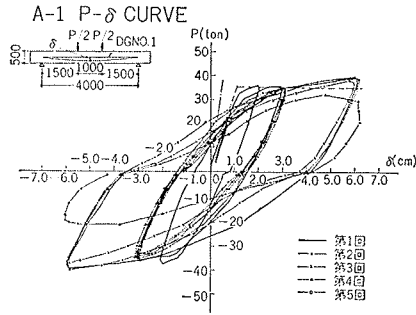


図-8 P-δ 曲線 (A1)

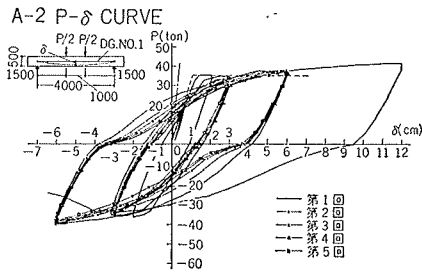


図-9 P-δ曲線 (A2)

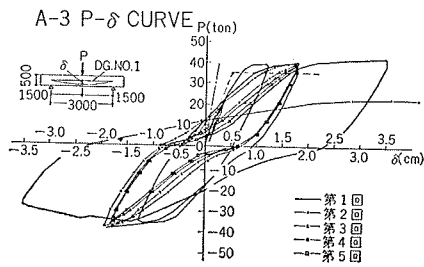


図-10 P-δ曲線 (A3)

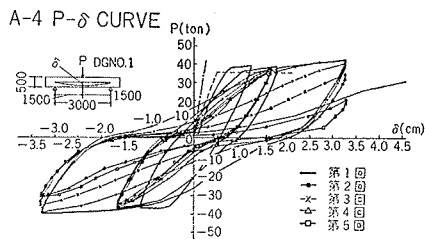


図-11 P-δ曲線 (A4)

5. 61, 6. 19以上の塑性率を示し靱性に富んでいる。
 (iv) ひび割れ幅：長期荷重時(±1)のグリップジョイント近傍のひび割れ幅は、純曲げ載荷の試験体 A1 で平均0.24mm, 最大0.30mm, A2 で平均0.20mm, 最大0.29mm, 曲げせん断載荷の試験体 A3 で平均

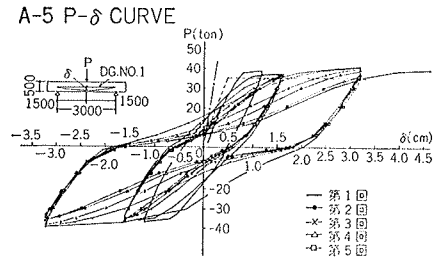


図-12 P-δ 曲線 (A5)

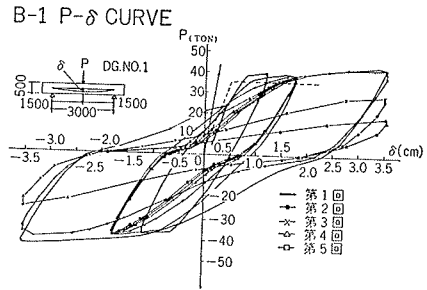


図-13 P-δ 曲線 (B1)

0.16mm, 最大0.50mm, A4 で平均0.09mm, 最大0.19mm, A5 で平均0.12mm, 最大0.20mmおよび B1 で平均0.14mm, 最大0.40mmであった。

以上より、グリップジョイント工法を用いた鉄筋コンクリート部材は、強度、変形性状、ひび割れ発生状況など十分安全であることが確認できた。

4. むすび

以上の諸試験の結果より、グリップジョイント工法による異形鉄筋の継手は、全強度を伝達し、しかも、鉄筋コンクリート部材に用いても耐力上、変形性能上あらゆる面について在来の継手工法に比して十分安全であることが確認できた。

なお、他の鉄筋径についての開発研究は継続中であり、これらの結果は現場施工例を含めて後報に発表する予定である。

本工法の開発メンバーは下記の通りである。

本社技術部	吉川剛夫	橋本良介	長浜 忠
本社工務部	津室隆夫	吉田 馨	山田武文
本社機械部	加藤 実	(工場)	和田邦雄
技術研究所	寺沢一夫	高橋久雄	武田寿一
	吉岡研三	西川勝久	菊地利武
	川口 徹		
	(執筆担当	西川勝久)	