

東京都立大学

神戸製鋼所

オリエンタル・コンサルタンツ

正員 村田 二郎

同 〇藤川 泰司

同 横溝 幸雄

1. まえがき

従来、曲げ主鉄筋の定着は、曲げに対して不要になった断面から45度の角度で折曲げて圧縮側に定着している場合が多い。しかし、太径鉄筋の場合は剛性が大きく、曲げ加工がしにくい、折曲げた鉄筋の配筋作業が難しい、など、施工上の難点があるため、曲げ加工を行わずに定着する方法、いわゆる引張機定着法が望ましいと思われる。ACI Code (318-71) では次に示す項目のうちの一つを満足すれば引張縁に定着することを許している。(a) 鉄筋切断点におけるせん断力が、斜引張鉄筋の影響も計算に考慮したせん断力の許容値の2/3以下であること。(b) 鉄筋切断点から切断する鉄筋にそって $3d/4$ (d :有効高さ) の範囲に下式のスターラップによる補強を行うこと。 $(A_v/bw \cdot s) f_y \geq 60 \text{ Psi}$, $d/s \geq 2.5$ (A_v :スターラップ断面積, bw :腹部の幅, s :スターラップ間隔, f_y :公称降伏強度) (c) #11 (D・35) 以下の鉄筋の場合、切断しない鉄筋の断面積は、鉄筋切断点における必要な値の2倍以上であり、せん断力が許容値の3/4以下であること。

そこで本研究ではこれらの点を参考に、太径鉄筋の引張縁における適切な定着方法を見出すため、太径鉄筋 D・51 を主鉄筋とし、各種の定着方法を行なった T 形梁により基礎試験を実施したのでここに報告する。

2. 供試体

供試体の形状および種類を図-1、表-1に示す。これらの供試体は、主鉄筋の定着部において曲げ応力度又はせん断応力度が支配的になるよう、2つのグループに大別されている。すなわち、曲げ主鉄筋の引張応力度が 800 kg/cm^2 となる時の荷重を設計荷重と定義すれば、設計荷重によって生ずるせん断力は、 6 kg/cm^2 , 12 kg/cm^2 の2種類となっており、前者を曲げ試験桁、後者をせん断試験桁と名づけた。なお、せん断力の許容応力は 8 kg/cm^2 とした。使用したコンクリートの配合および試験結果を表-2に示す。鉄筋は主鉄筋にデーコン35、D・51、スターラップにデーコン35・D・13を使用した。その機械的性質は表-3に示す通りである。

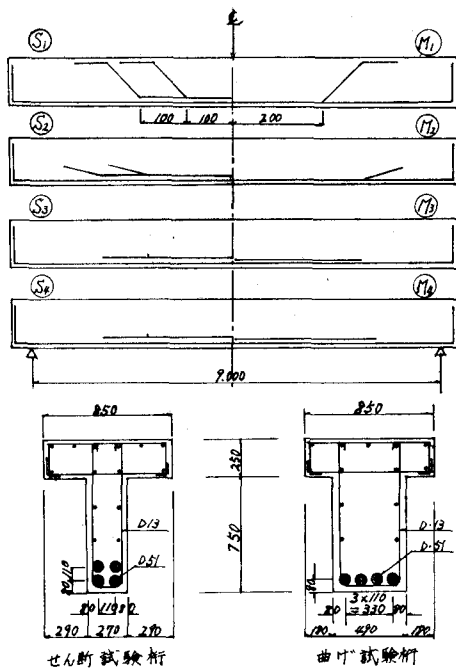


図-1 供試体形状

表-1 供試体種類

主鉄筋の定着部	定着方法	圧縮側定着	不要になった断面より20°折曲げ	不要になった断面より45°折曲げ	連続鉄筋の応力が1.2倍になる位置までの長さ
せん断補強					
最小鉄筋量を配置 (D・13 @ 300)		(P ₀ = 0.17%)	(P ₀ = 0.17%)	(P ₀ = 0.17%)	(P ₀ = 0.17%)
せん断力を打ち出す筋とスターラップで負担させる (P ₀ = 0.31%)		(P ₀ = 0.31%)	(P ₀ = 0.31%)	(P ₀ = 0.31%)	(P ₀ = 0.31%)
せん断力をスターラップのみで負担させる (P ₀ = 0.67%)		(P ₀ = 0.67%)	(P ₀ = 0.67%)	(P ₀ = 0.67%)	(P ₀ = 0.67%)
せん断力の2倍をスターラップとコンクリートで負担させる (P ₀ = 1.04%)		(P ₀ = 1.04%)	(P ₀ = 1.04%)	(P ₀ = 1.04%)	(P ₀ = 1.04%)

表-2 コンクリートの配合および試験結果

W	C	W/C	S	G	SA	ボツリス	圧縮強度	引張強度
(kg)	(kg)	(%)	(kg)	(kg)	(%)	NO-5L	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)
149	321	46.4	698	1086	37.5	0.803	280	23.2

表-3 デーコンの機械的性質

	D・51	D・13
降伏強度 (kg/cm ²)	3870	3700
引張強度 (kg/cm ²)	5810	5700
伸び (%)	30.5	27.0
ヤング率 (kg/cm ²)	2.1×10^6	2.1×10^6

3. 試験方法

載荷は1点載荷とし、200t ジャッキを使用した。載荷位置はせん断試験桁がスパン中央、曲げ試験桁は破壊時において定着部に大きい応力度を与えて定着部の破壊性状をより明確にするために、スパン中央より50cmずらした位置とした。荷重は0→設計荷重の繰り返しを10回、0→設計荷重×1.5の繰り返しを10回行った後、破壊まで載荷した。

4. 試験結果および考察

試験結果を図-2～図-7、表-4に示す。

(i) 主鉄筋の応力度：せん断試験桁では、定着した鉄筋の応力度はどの供試体においても連続した鉄筋の応力度と同等の値を示しており、主鉄筋の形状、スターラップ量の多少による違いはほとんど認められない。

曲げ試験桁では⑬、⑭の場合、連続した鉄筋と定着した鉄筋の設計断面における応力度はほぼ等しく、十分な定着が行われていることを示している。また、直定着を行った⑬、⑭のうち⑭の場合、定着した鉄筋の応力度が最大2000 kg/cm²以上を示さないのに対し、⑬の場合はほぼ降伏点近くまで連続した鉄筋と同じ応力度を示した。(図-2)

(ii) ひびわれ：せん断試験桁において、定着区間の最大ひびわれ幅は⑮、⑯が小さく、設計荷重時で0.12mm、0.14mm、⑰、⑱は0.2mm程度のひびわれ幅となった。(図-3) また、鉄筋切断時のひびわれ幅は⑭が設計断面のひびわれ幅の2倍以上の値を示し、他の⑮、⑯、⑰の折曲げ時、切断時におけるひびわれ幅は破壊に至るまで設計断面のひびわれ幅と同程度であった。

曲げ試験桁の場合、鉄筋切断時におけるひびわれ幅は⑭以外は破壊に至るまで設計断面のひびわれ幅より小さくなっている。⑬と⑭の切断時におけるひびわれ幅の差は、定着長に35cm(7φ)の差があるためと考えられる。(図-4)

(iii) たわみ：せん断試験桁では⑭が最も小さいたわみ量を示した。これは、定着のため有効高さ(α)だけのばした部分が曲げに対し効き、ひびわ

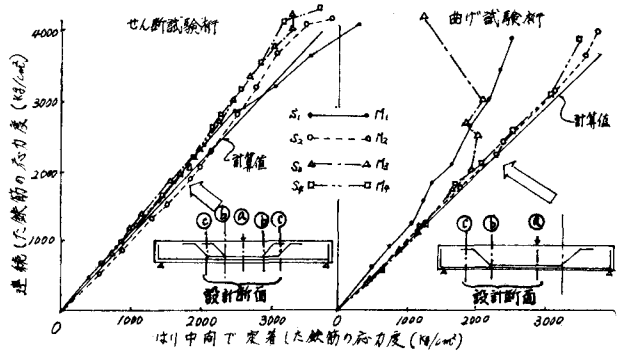


図-2 連続した鉄筋とはり中で定着した鉄筋の応力度の関係

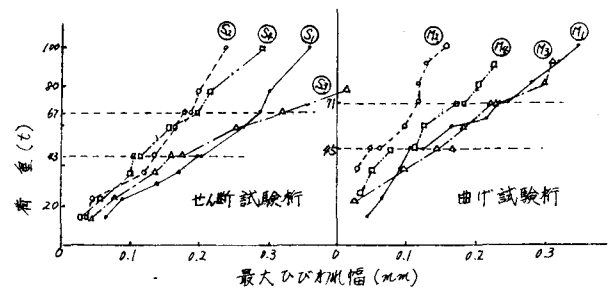


図-3 定着区間における最大ひびわれ幅

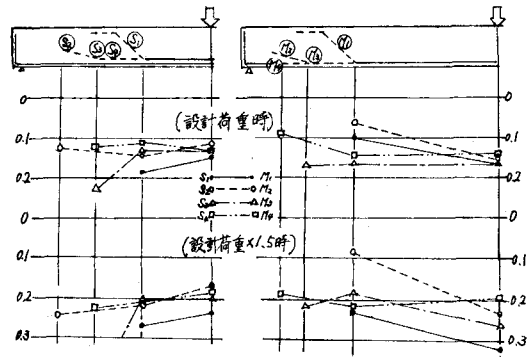


図-4 載荷時、設計断面、鉄筋切断時の最大ひびわれ幅(mm)

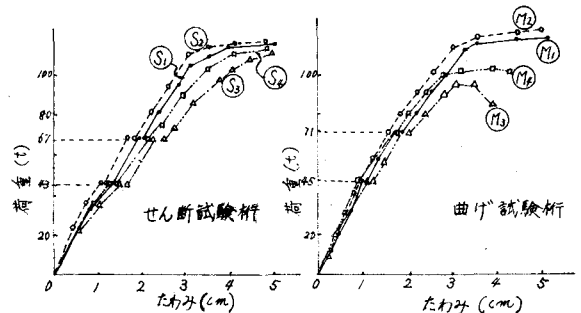


図-5 載荷時下のたわみ

れによる曲げ剛度の低下率を小さくしているためと思われる。

曲げ試験荷でも⑭が最も小さいたわみ量を示し、⑭⑮⑯の順で大きくなっている。特に⑭は剛性が急激に低下する、いわゆるせん断破壊の傾向が顕著であった。⑮も同様に鉄筋拔出によるせん断破壊を生じているが、おぼりのあるたわみ曲線を示した。これは、せん断力が小さい場合でもこのような定着に対してはスターラップによる補強を行うことが望ましいことを示すものと推定される。(図-5)

(iv) 破壊：せん断試験荷では破壊は⑮⑯⑰では載荷実におけるコンクリートの圧縮破壊、⑮では定着部の縦ひびわれにつながったせん断破壊であった。なお、主鉄筋の降伏は90～94tの荷重で、いずれも載荷実で生じた。

曲げ試験荷では、載荷実および定着部における連続した鉄筋が95～97tの荷重で降伏した。破壊は⑭⑮が載荷実でのコンクリート圧縮破壊、⑭⑮は定着部の鉄筋拔出による破壊であった。(表-4)

(v) 引張線定着における定着性状

定着した鉄筋の応力度の分布はせん断試験荷では⑮のみモーメント勾配と応力分布がほぼ一致し、折曲げ実まで完全に曲げに対して抵抗している。これに対し⑮⑯は荷重の増大につれて滑らかな凸形の分布から直線的な分布へと変化した。(図-6)

定着した鉄筋の先端は20t前後からすべり始め、すべり量が急激に増加するのは、ほぼ設計荷重×1.5倍で、鉄筋に沿った縦ひびわれが発生した荷重と一致している。⑮の鉄筋先端のすべり量は⑮⑯の2/3程度で、定着効果が大きいことが示された。⑮⑯は、ほぼ等しいすべり量を示したが、これはスターラップ量を増加しても鉄筋先端のすべり量を減少させる効果のないことを示している。(図-7)

5. まとめ

本試験の範囲で次のことが明らかとなった。

太径鉄筋D51の定着は、部材の引張部のコンクリートに定着してもある一定の条件を満足すれば可能であることが明らかとなった。すなわち、曲げ応力が支配的な場合、本供試体⑭⑮⑯、せん断力が支配的な場合、⑮⑯⑰のような状態の定着法を行えば、所定の定着効果が得られる。また、いずれにしても定着部の主鉄筋に横方向鉄筋(スターラップ等)を配置するなど、定着部の補強を行えば、特に破壊耐力に対し有効であると思われる。

最後に本研究の実施にあたり、新日本製鉄、神戸製鋼所、オリエンタル・コンサルタンツ 関係各位の御協力に対し厚く御礼申し上げます。

表-4 破壊荷重

	実測値 (t)	計算値		実/計	
		曲げ	せん断	曲げ	せん断
⑮	115	97	169	1.17	—
⑯	114	—	—	1.16	—
⑰	112	—	—	1.14	0.66
⑱	113	—	—	1.15	—
⑲	119	85	112	1.38	—
⑳	121	—	—	1.41	—
㉑	95	—	—	1.10	0.85
㉒	105	—	—	1.19	0.91

注① 計算値はACI Code 318-71の考え方にもとずき、曲げとせん断は別々に計算した。

② 計算値はせん断荷では載荷実、曲げ荷では載荷実に近い側の折曲げ実の値である。

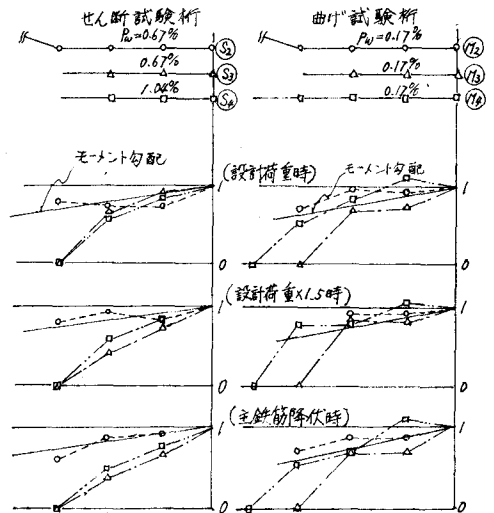


図-6 定着部の引張応力度の分布(設計断面を1.0とす)

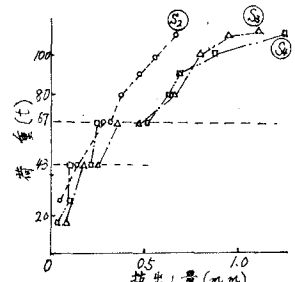


図-7 定着した鉄筋の拔出量