

[85] 交番荷重を受ける部材の鉄筋の途中定着に関する実験的研究

正会員 石橋 忠良 (国鉄 構造物設計事務所)

正会員 ○大坪 正行 (国鉄 構造物設計事務所)

1. まえがき

橋脚などは橋桁を支持する構造物であり、常時には主に鉛直力を受け、地震時には任意の方向の水平力を受ける。橋脚は経済性などから曲げに対して必要でなくなった主鉄筋を躯体中間部でカットオフしているため、水平力作用側の主鉄筋はコンクリートの引張部に定着されることになる。また、橋脚は一般に大断面であるため、発生せん断応力度も小さく、施工性なども考慮して、柱や梁ほどのせん断補強鉄筋量を配置していないのが現状である。

本試験は53年6月に発生した宮城県沖地震による橋脚の被害も主鉄筋の途中定着部付近に生じたことをふまえ、途中定着部付近の力学的挙動と破壊性状を実験的に調査することにより、途中定着部付近の補強方法を解明し、構造物の耐震性を高めようとするものである。

2. 試験概要

今回の試験は壁式橋脚を想定し、表-1に示す試験体諸元、図-1に示すような配筋で行った。

カットオフ点の曲げ耐力は躯体付け根の曲げ耐力より小さいか、同程度となるよう配筋した(表-1参照)、また、躯体付け根からカットオフ点までの距離は定着長または有効高さの大きい値以上とした。

試験は油圧ジャッキによる交番繰返し荷重とし、 δ_y をカットオフ点における鉄筋が降伏した時の荷重荷点の変位とすると、 $\pm 1\delta_y$ 、 $\pm 2\delta_y$ 、 $\pm 3\delta_y$ ……と荷重し、それぞれで10サイクル行うことを基本とした。なお、軸力導入はP C鋼材で行った。

測定は載荷重、各点の水平変位、鉄筋のひずみ(カットオフした鉄筋、直の鉄筋、スタースラップ、配力筋)ひびわれ状況である。

3. 試験結果

表-1に試験結果と計算値を示す。

計算値は実際の材料強度、鉄筋(SD35): $\sigma_{sy} = 4,000\text{kg/cm}^2$, $\sigma_{su} = 5,400\text{kg/cm}^2$, $E_s = 2.1 \times 10^4\text{kg/cm}^2$, 実断面積 1.14cm^2 (D13), コンクリート: 圧縮強度 $\sigma_{ck} = 200\text{kg/cm}^2$, $E_c = 2.10 \times 10^4\text{kg/cm}^2$ を用いて求めた。破壊荷重は次の仮定により求めたので実際のものとは若干異なると考えられる。

- ① 縦ひずみは中立軸からの距離に比例する。
- ② コンクリートの引張強度は無視する。
- ③

表-1 試験体諸元、試験結果および計算値

試 験 体 NO	高 さ H (cm)	a (cm)	軸 力 (kg/cm ²)	M/Pd = a/d	カット オフ 量 (%)	ス ター ス ラ ッ プ 高 さ (%)	引 込 め 鉄 筋 比 (%)	試験体強度 (計算値)			試験結果			比 較		
								カットオフ点		付け根	降 伏 荷 重 (kg/cm ²)	最 大 荷 重 (kg/cm ²)	じん 性 率	P ₀ / P _y	P _{max} / P ₀	
								P _y (t)	P ₀ (t)	P _y (t)						
1-I	200	150	10	4.8	1/2	0	1.0	25.9	26.6	28.6	6.4	25.7	27.0	4 (3)	0.99	1.02
2-I	"	"	"	"	1/2	"	"	21.1	21.7	"	5.2	21.7	23.3	4 (3)	1.03	1.07
3-I	"	112.5	"	3.6	"	0.17 (24)	"	28.1	28.9	"	6.9	26.5	29.9	4 (3)	0.94	1.03
4-I	"	"	0	"	"	0	"	21.8	22.5	23.3	5.4	22.4	22.4	2 (2)	1.03	1.00
5-I	"	"	"	"	"	0.17 (24)	"	"	"	"	"	20.6	22.7	4 (3)	0.94	1.01
6-II	100	50	"	1.6	"	0	0.67	34.0	35.4	31.9	8.4	28.1	28.4	4 (3)	0.84	0.80
7-II	"	"	"	"	"	0.15 (24)	"	"	"	"	"	29.7	29.7	4 (3)	0.87	0.84
8-II	150	100	10	3.2	"	"	"	24.2	25.5	25.9	5.9	23.5	27.2	5 (3)	0.97	1.07
9-II	"	112.5	0	3.6	"	0	"	15.1	15.9	21.3	3.7	16.4	18.4	6 (4)	1.09	1.16
10-II	"	75	"	2.4	"	"	"	22.7	23.9	"	5.6	21.6	22.0	4 (3)	0.95	0.92
11-II	"	112.5	"	3.6	"	0.15 (4)	"	15.1	15.9	"	3.7	14.0	16.5	6 (4)	0.93	1.04
12-II	"	75	"	2.4	"	"	"	22.7	23.9	"	5.6	21.1	22.9	6 (5)	0.93	0.96

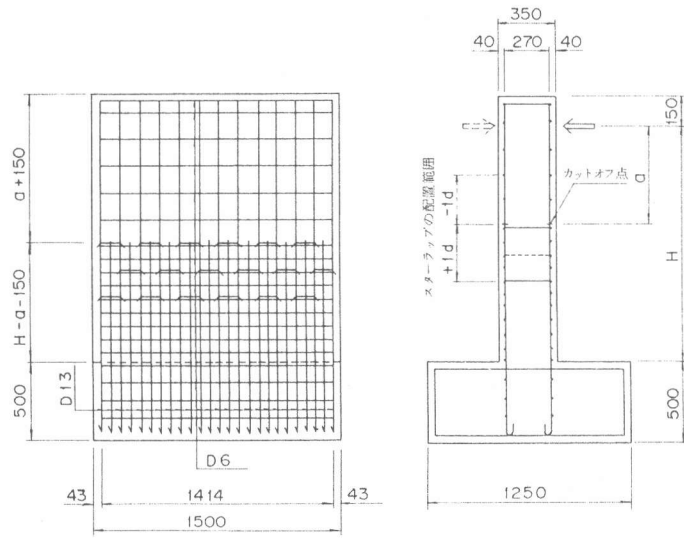
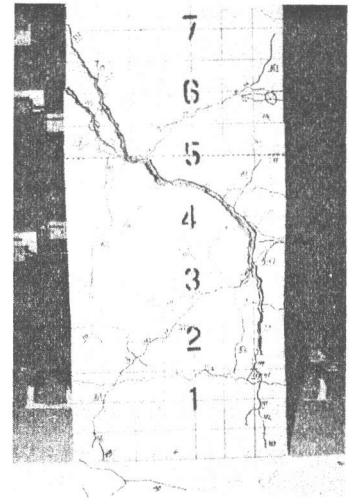
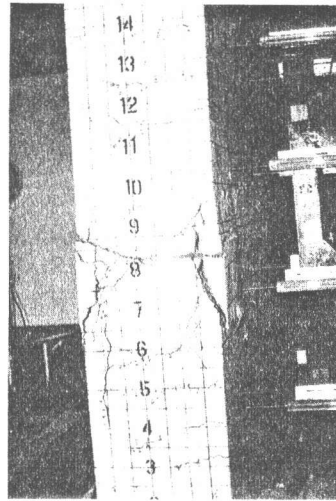
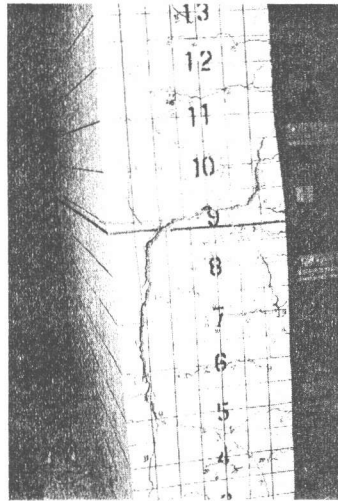


図-1 供試体の配筋例

コンクリートは0.2%のひずみで $0.85\sigma_{ck}$ の応力度に達し、その後、ひずみのみ増加する。④ コンクリートの圧縮応力度が $0.85\sigma_{ck}$ に達すると圧縮応力度分布は $0.85\sigma_{ck}$ と $0.8x$ (x は圧縮縁から中立軸までの距離)の矩形分布とする。⑤ 鉄筋は $\sigma_{ss}=4,000\text{kg/cm}^2$ の応力度に達するとひずみのみ増加する。

せん断応力度 τ_0 はカットオフ点における直の鉄筋(カットオフしていない鉄筋をこう呼ぶことにする)が降伏した時の値で $\tau_0=Py/bjd$ の式によって求めた。

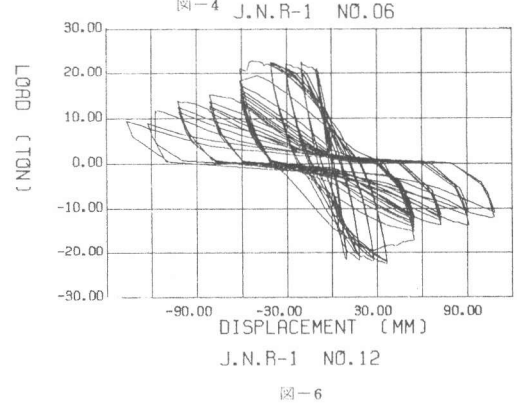
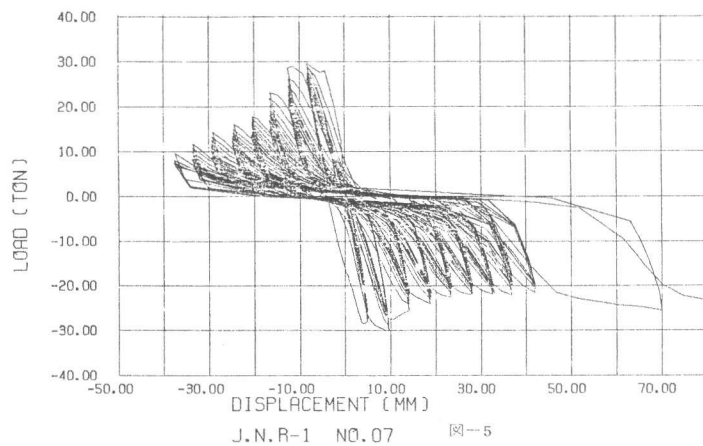
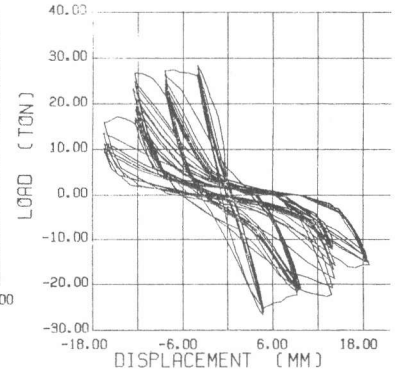
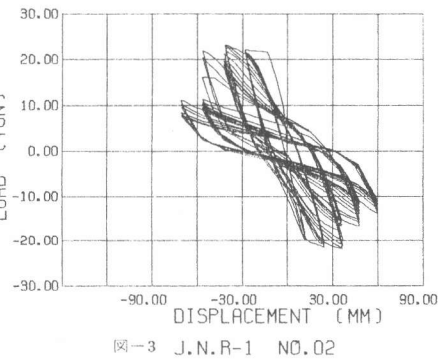
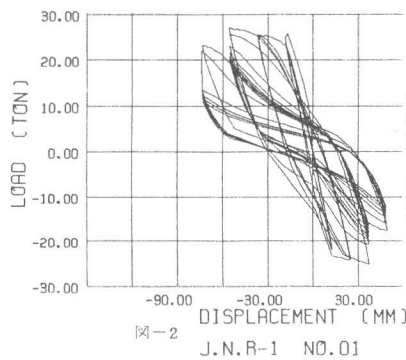
写-1~3にひびわれ発生状況の一部を示す。ひびわれは最初全面に曲げひびわれが発生し、その後、カットオフ点付近の曲げひびわれが卓越し、 $2\delta_y$ 以降で斜ひびわれへと発達していったのが一般的であった。殆んどの供試験体が付着割裂破壊を伴っており、その付着割裂破壊はかぶりコンクリートをはがれるものであった。斜ひ



写-1 4-I

写-2 5-II

写-3 6-III



びわれはカットオフ点より上側 4 cm～下側 20 cm の間で X 型に発生していた。その発生角度は 25°～30° の間で各供試体間で差はみられなかった。

図-2～6 に $p-\delta$ 曲線の一部を、図-7～10 に軸力、カットオフ量、 M/Pd 、スターラップ量の違いによる耐力の低下の比較を示す。これらの図より、軸力では 10kg/cm^2 より 0kg/cm^2 の方が、カットオフ量では $1/2$ より $1/3$ の方が、スターラップ量では 0% より 0.15% の方が $2\delta_y$ 以降において耐力の低下が小さくなっていると言える。しかし、本試験では M/Pd の違いによる差は $4\delta_y$ 程度まではみられず、それ以降で差がみられ、 M/Pd が大きい程低下が小さいと言える。

計算で求めた直の鉄筋のみによる降伏耐力 ($2\delta_y$ 以降は破壊耐力) と試験値に

よる曲げモーメントとが等しくなる点をカットオフ点からのずれ量として計算すると図-11～13となる (○: スターラップが

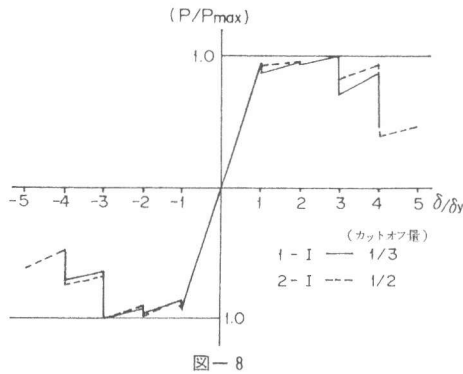


図-8

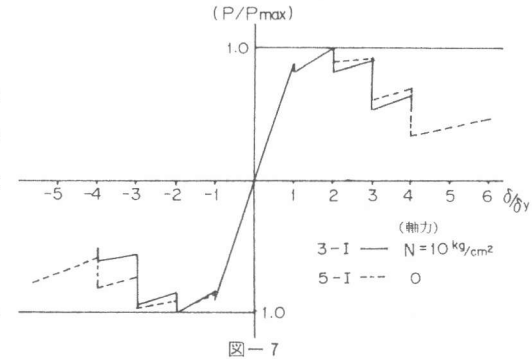


図-7

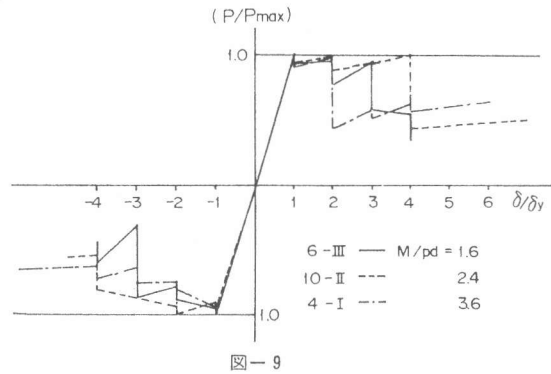


図-9

0%, Δ : スターラップが 0.15%, 0.17%, 白ぬきは最初の荷重時, 黒ぬきは交番繰返し荷重後の値を示す)。この値はカットオフした鉄筋の定着長とモーメントソフットなどが合わさ

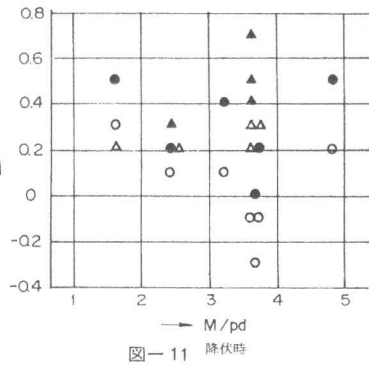


図-11

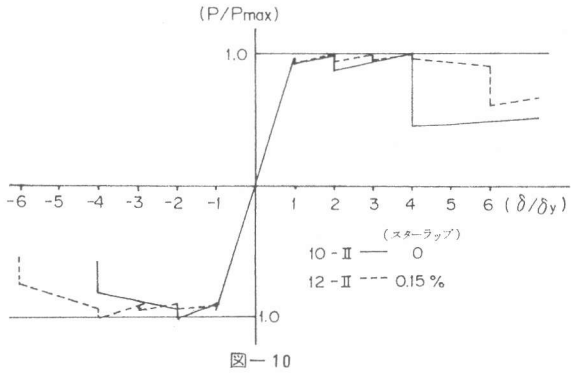


図-10

たものと考えられる。これらの結果から、ずれ量は降伏荷重時で最大 0.3 d, 交番繰返し荷重後で最大 0.7 d となっている。また、 $2\delta_y$ 時の最初の荷重でのずれ量は最大 0.5 d, 交番繰返し荷重後で 1.1 d となっており、 $3\delta_y$ 以降では特に交番繰返し中の耐力の低下が大きく、交番繰返し荷重後でのずれ量も数 d になっている。

図-14～18 に降伏荷重時と $2\delta_y$, $3\delta_y$ (これはカットオフした鉄筋のみ) の最初の荷重時の鉄筋のひずみ分布と降

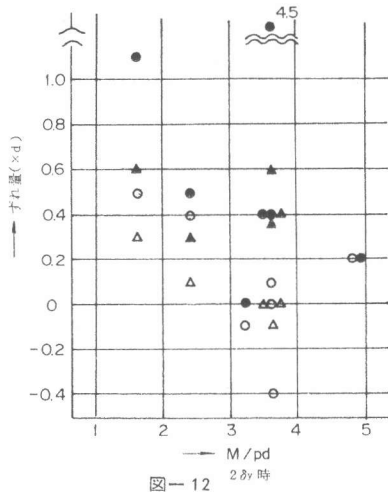


図-12

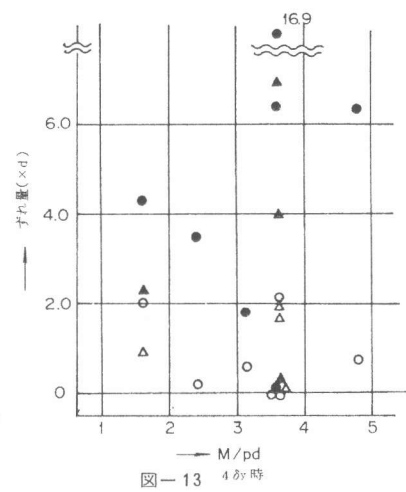


図-13

伏荷重時の計算による鉄筋のひずみ分布の一部を示す。降伏荷重時に直の鉄筋はカットオフ点で最大ひずみとなっており、カットオフした鉄筋が有効に作用し始め、直の鉄筋のひずみが減少し、カットオフ点より下側 20~30 cm の所で両者の鉄筋のひずみが同程度となっている。降伏荷重時において、カットオフした鉄筋が有効に作用していることはカットオフした鉄筋のひずみの増加と直の鉄筋のひずみの減少がほぼ等しいことからわかる(カットオフした鉄筋量と直の鉄筋量がほぼ等しい)。

殆んどの供試体で、2 δ_v 時のカットオフした鉄筋のひずみは降伏荷重時のその鉄筋のひずみと比べて増加しているが、3 δ_v 時にはその鉄筋のひずみは減少している供試体が多い。

4. あとがき

土木学会、コンクリート標準示方書によると、鉄筋をコンクリートの引張部に定着する場合には鉄筋は計算上曲げ応力を受ける必要

のなくなった点から部材の有効高さに等しい距離だけ延長し、そこから必要な定着長以上延さなければならない、また、定着する位置では部材のせん断抵抗に余裕がなければならない、と規定されているが、本試験で、1 δ_v の最初の荷重時では最大0.3dカットオフ点より下がった点の降伏荷重による曲げモーメントと直の鉄筋のみによる曲げ耐力とが等しくなっている。

また、土木学会、示方書には規定されていないが、交番繰返し荷重を受ける部材ではじん性に対する検討も必要である。本試験で、カットオフした鉄筋のある部材は通常の部材と比べて、付着割裂破壊をおこしやすく、じん性も低下することがわかった。従って、交番繰返し荷重を受ける部材で鉄筋をカットオフしている場合には、じん性の低下を曲げ及びせん断耐力を向上させることで対処する必要があると思われる。

参考文献：石橋，大坪，小林：鉄筋の途中定着に関する試験，土木学会，第36回年次学術講演会

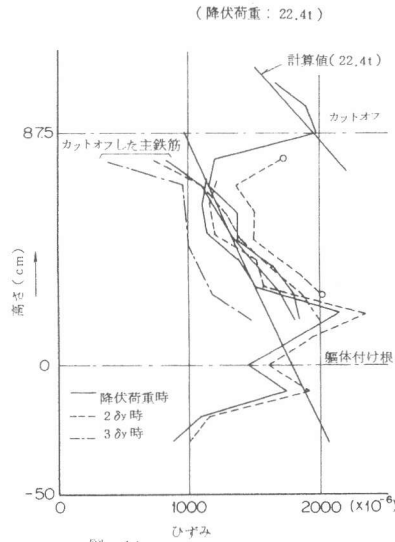


図-14

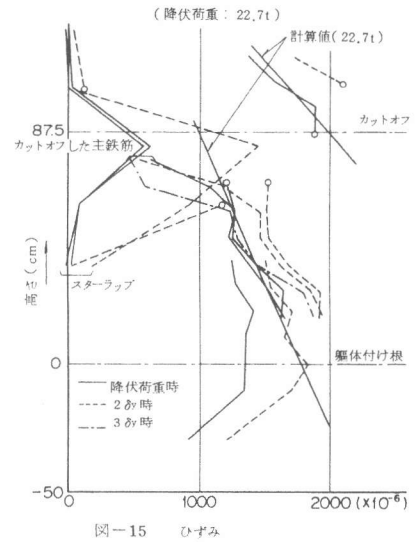


図-15

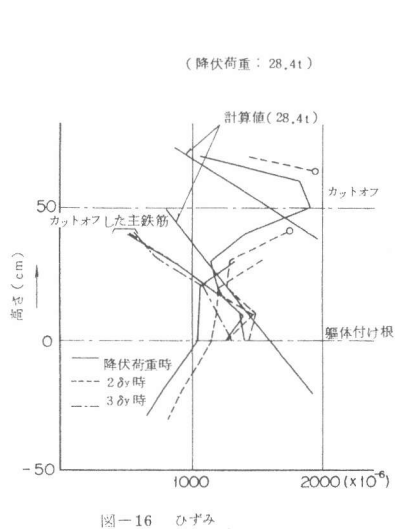


図-16

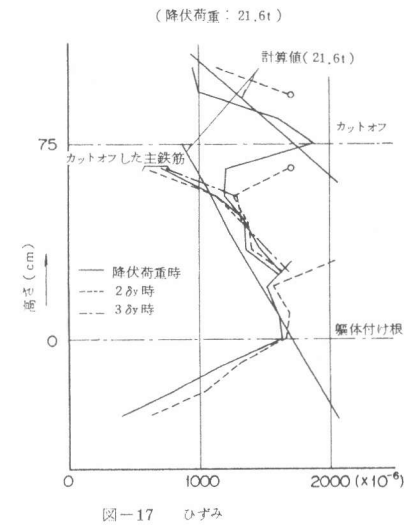


図-17

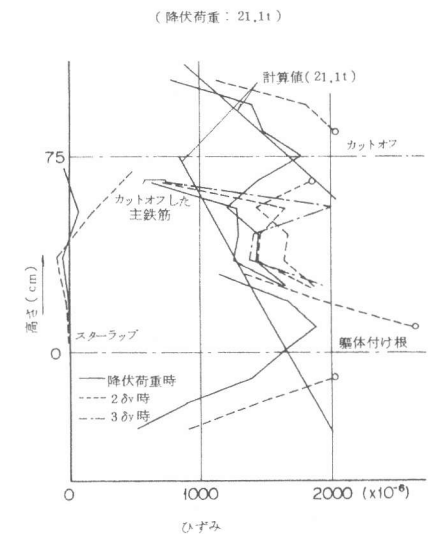


図-18