

V-44 鉄筋コンクリートラーメン隅角部の補強筋に関する実験的研究

早稲田大学理工学部 正員 神山 一
首都高速道路公団 正員 津野 和男
オリエンタルコンサルタンツ 正員 横溝 幸雄

1. まえがき

従来、鉄筋コンクリートラーメン隅角部の研究は種々なされてきたが、一般に、隅角部は梁および柱の接合断面を設計断面として、検討している。しかし、近來、構造物の大型化、特殊化、また高強度の鉄筋を多量に使用することを考慮すると、隅角部内の耐力がその接合断面の耐力より小さくなる場合も予想され、隅角部内の安全性を再検討する必要性が生じてくると思われる。したがって、本実験はこのような主旨に基づいて、首都高速道路公団の設計基準の基礎資料を作成するのを目的として、行なったものである。なお、この実験に並行して、ひびわれを考慮した場合の光弾性実験を行なった。また、これらの実験に先行して、光弾性基礎実験、福田博士の式^{*}を主とした理論式および有限要素法による応力解析を行なってある。

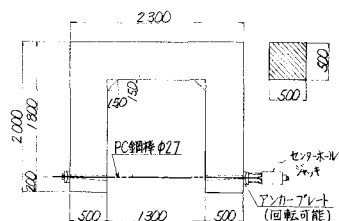
2. 供試体および試験方法の概要

供試体は断面および鉄筋比を比較的大きくして製作し、負の曲げモーメントを作用させて、隅角部におけるハンクおよび補強筋の必要性を定めるのを目的とした。供試体の数は表-1に示すように、5体とし、ハンクおよび補強筋の有無により種分けした。材料はコンクリート： $\sigma_{28}=270\text{ kg/cm}^2$ 、 $C=277\text{ kg}$ 、 $\rho_w=60\%$ 、スランプ 8 cm 、鉄筋：SD30、のものを使用した。載荷は供試体を水平に設置し、図-1に示すような方法で行なった。断面寸法および鉄筋量は隅角部付け根断面で、 $\sigma_c=90\text{ kg/cm}^2$ 、 $\sigma_s=1800\text{ kg/cm}^2$ 、 $\rho=7\text{ kg/cm}^2$ の値となるように定めた。このとき、鉄筋比は約 1.3% である。

図-1 供試体の寸法および

表-1 隅角部の配筋

載荷方法

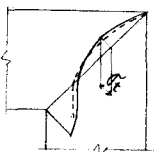


	供試体 A	B	C	D	E
隅角部配筋	6-D25	6-D25	6-D25, 6-D19, 6-D13	6-D25, 6-D19, 6-D13	6-D25, 6-D19, 6-D13
縦筋	$R=16.5^{\circ}, R=27.1^{\circ}$ $A_s=6-D25 \times 30.4\text{ cm}^2$	$R=16.5^{\circ}, R=27.1^{\circ}$ $A_s=6-D25 \times 30.4\text{ cm}^2$	$R=16.6^{\circ}, R=26.4^{\circ}$ $A_s=6-D25 \times 31.5\text{ cm}^2$	$R=16.6^{\circ}, R=26.4^{\circ}$ $A_s=6-D19 \times 31.5\text{ cm}^2$	$R=16.6^{\circ}, R=26.4^{\circ}$ $A_s=6-D19 \times 31.5\text{ cm}^2$
横筋	$G_1=46\text{ kg/cm}^2, G_2=75\text{ kg/cm}^2$ $A_1=62^{\circ}, A_2=102^{\circ}$	$G_1=46\text{ kg/cm}^2, G_2=75\text{ kg/cm}^2$ $A_1=62^{\circ}, A_2=102^{\circ}$	$G_1=46\text{ kg/cm}^2, G_2=75\text{ kg/cm}^2$ $A_1=62^{\circ}, A_2=102^{\circ}$	$G_1=46\text{ kg/cm}^2, G_2=75\text{ kg/cm}^2$ $A_1=62^{\circ}, A_2=102^{\circ}$	$G_1=46\text{ kg/cm}^2, G_2=75\text{ kg/cm}^2$ $A_1=62^{\circ}, A_2=102^{\circ}$
補強筋			$A_3=A_4=10.0\text{ cm}^2 \times 23.9\text{ cm}^2$ $17-D19 \times 48\text{ cm}^2$ $A_5=10.0\text{ cm}^2 \times 23.9\text{ cm}^2$ $17-D19 \times 48\text{ cm}^2$	$A_3=A_4=10.0\text{ cm}^2 \times 23.9\text{ cm}^2$ $17-D19 \times 48\text{ cm}^2$ $A_5=10.0\text{ cm}^2 \times 23.9\text{ cm}^2$ $17-D19 \times 48\text{ cm}^2$	$A_3=A_4=10.0\text{ cm}^2 \times 23.9\text{ cm}^2$ $17-D19 \times 48\text{ cm}^2$ $A_5=10.0\text{ cm}^2 \times 23.9\text{ cm}^2$ $17-D19 \times 48\text{ cm}^2$
備考	ハンクは、隅角部配筋引込隅角部の応力ひびわれの発生位置と一致する隅角部の配筋に引き込める。	ハンクの角部に隅角部配筋の隅角部の応力ひびわれの発生位置と一致する隅角部の配筋に引き込める。	隅角部の配筋は、隅角部の配筋に引き込める。隅角部の配筋は、隅角部の配筋に引き込める。	隅角部の配筋は、隅角部の配筋に引き込める。隅角部の配筋は、隅角部の配筋に引き込める。	隅角部の配筋は、隅角部の配筋に引き込める。隅角部の配筋は、隅角部の配筋に引き込める。

(注) R: 隅角部配筋量, R: 縦筋配筋量, G: 隅角部の隅角部配筋量, A: 隅角部の隅角部配筋量, A: 隅角部の隅角部配筋量, A: 隅角部の隅角部配筋量。

図-2 σ_c

(実線: 理論値)
(破線: 実験値)



3 試験結果および考察

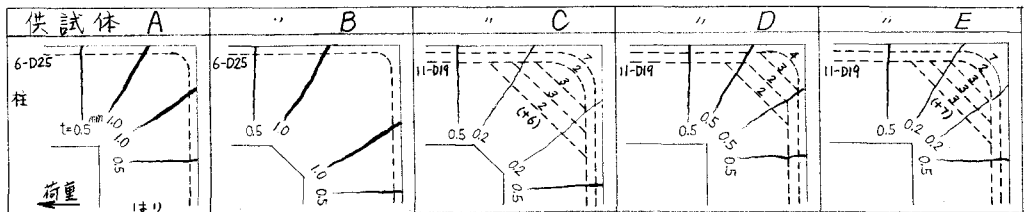
(1)隅角部対角線上の直角方向引張応力度 σ_c について ひびわれ発生前には、 σ_c の大きさおよび

*土木学会誌 15巻6号 ハンクなしの均等質等角性ラーメン隅角部の応力と変形について(独文) 福田武雄

ひび分布は各種の理論式および実験値と同じ傾向を示したが、特に光弾性実験による推定値および有限要素法による値とよく一致した。理論式と比較すれば、図-2のような傾向となっている。その最大値は福田式により、設計荷重においてハンクのない場合-46 μm 、ハンクのある場合-38 μm と計算されたが、いずれも、隅角部領域に生じた初期ひびわれは対角線上には発生しなかった。

(2) ひびわれ性状について 隅角部領域に生じた斜めひびわれとその付け根に生じた曲げひびわれの破壊直前における状態をモデル化し、図-3に示す。斜め方向のひびわれは、いずれも設計荷重以内で発生し、設計荷重で供試体A Bには幅0.25 mm のものが生じた。ひびわれの進行は曲げひびわれがまず発生、進行し、続いて斜めひびわれが生じ、図-3における太線で示したものの幅が増大して、その他のひびわれはあまり進行しなかった。斜め方向のひびわれの多くは、せん断による斜めひびわれのように一挙に発生し、補強筋のない場合には荷重の増加に伴い、幅が著しく増大した。

図-3 モデル化したひびわれ性状

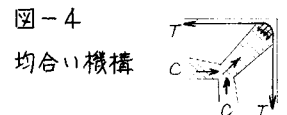


(3) 破壊性状について 破壊荷重の値および破壊した位置を表-2に示す。補強筋のない供試体は隅角部内の斜め方向のひびわれが、1.0 mm に達し、隅角部外側の角がはく離した。補強筋を用いたものの隅角部内でのひびわれ幅は0.1~0.2 mm であった。曲げ主鉄筋をばらして配置した供試体Dでは、隅角部内および付け根のひびわれ幅は0.3~0.4 mm となり、バランスのとれた状態であった。いずれの供試体においても、隅角部内側付近のコンクリートの圧縮破壊はみられず、ハンクの有無による破壊耐力の明確な差もなかった。斜めひびわれ発生後の均合い機構は図-4に示すような状態が推定される。

表-2 破壊荷重

供試体	A	B	C	D	E
計算値*	32	32	33	33	33
測定値	32	34	42	36	37
比	1.0	1.06	1.27	1.09	1.12
破壊位置	隅角部	隅角部		隅角部	隅角部
	はり柱		隅角部	隅角部	隅角部

* 材料試験値と使用した終局強度



(4) 補強鉄筋について 供試体C,Eに曲げ主鉄筋と別に配置した補強鉄筋の量は、対角線上に生ずる引張応力を鉄筋におきかえて求めたものである。補強鉄筋の対角線上で測定された鉄筋応力度は小さかったが、これは隅角部内のひびわれが対角線上に生じなく、図-3に示すような状態で発生したことによるものと思われる。したがって、補強筋は図-3に示される斜め方向のひびわれに対して、有効に働くように配置するのが適切であろう。

(5) まとめ 隅角部において危険となる断面は、梁および柱の接合断面に対して、約30度傾いた断面と推定される。本供試体のような比較的主鉄筋量が多い場合には、ハンクの有無に関係なく、隅角部の斜め方向に補強鉄筋を配置する必要がある。補強鉄筋の量としては、供試体Dを基本として、供試体C,Eの追加補強筋(主筋の約60%)量までの範囲内であると推定される。ハンクはこの実験のような大きさのものでは、あまり破壊耐力に対して効果的ではないが、補強筋とあわせて付ければより有効であると思われる。