

V-47 光弾性によるコンクリート構造物の隅角部に関する研究

神奈川県工業試験所 正員 戸塚 孝
首都高速道路公園 津野 和男
〃 〃 〇泉 満明

1. 緒言 本研究は逆L型鉄筋コンクリート構造に垂直荷重が作用した場合、ひびわれ発生前およびはり、柱に曲げひびわれが先行した状態における隅角部内およびその近傍の引張応力に対する補強筋の効果、その最大値発生断面および分布状態などを2次元光弾性供試体による実験より求め、鉄筋コンクリート構造隅角部の応力状態およびその破壊機構を明らかにするための基礎資料を得るの目的とした。なお、この実験に先立つて、ハンチの効果を確かめるための2次元光弾性実験を行っている。

表-1 材料および断面の性質

項目 材料	断面積 (mm ²)	ヤング係数 (kg/cm ²)	ヤング係数 比(%)	引張鉄 筋比(%)	換算断面 積(A ₁)	中立軸比 (μ)	断面2次モ メント(I ₂)
樹脂	280	1.7×10 ⁴	4/17	0.56	344.37	0.6	9.09
アルミ板	1.57	7.0×10 ⁵	41	0.6%	344.5		

2. 実験概要 供試体作成：実際の鉄筋コンクリート構造に類似するように、無水フタル酸系の樹脂（コンクリートを想定）による供試体のはり上縁、柱外縁にアルミ板（補強筋を想定）を貼付し、一体構造として2次元光弾性供試体とした。この供試体の材料および断面の性質を表-1に示す。

供試体の形状、寸法および隅角部構成条件：供試体の形状、寸法および隅角部の構成条件を図-1に示す。はりの高さ(D)、柱の高さ(D)を等しくし、その隅角部はハンチ長さ(X)の比率 $X/D = 0$ を1型、 $X/D = 0.2$ を2型とした。

ひびわれ発生状態の仮定：ひびわれははり、柱の最大縁引張応力度の発生位置に曲げひびわれが同時に同じ深さで先行するものとして、その位置に順次系ノコで所定深さ（初期ひびわれ $1/10D$ 、2期ひびわれ $1/5D$ 、最終ひびわれ D ）までひびわれを切込んだ。本実験でのひびわれ発生位置（最大縁引張応力度発生位置）は、1型でははり、柱ともに接合断面から 8.0mm の位置 ($0.16D$)、2型では接合断面となった（図-2参照）。

荷重方法：荷重は図-1に示すように柱脚を固定してはり先端に集中荷重(P)を作用させた。荷重の大きさはひびわれ深さによって若干異なる。曲げモーメント(M)の値は荷重作用位置から柱の中心線までとして算定した。

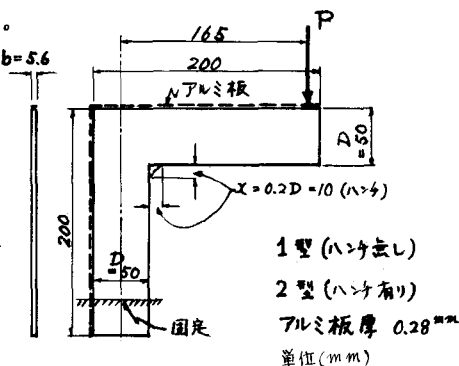


図-1 供試体形状寸法および荷重方法

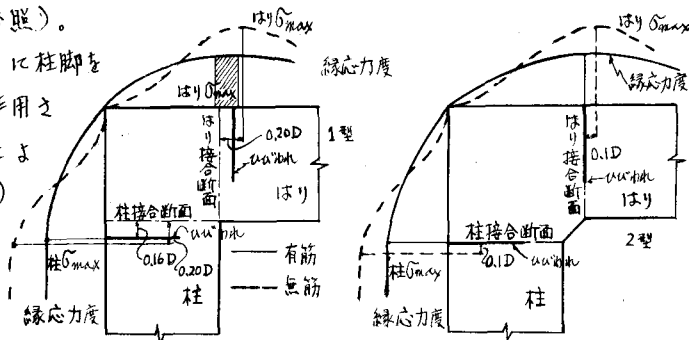


図-2 縁応力度の分布

3. 実験結果の検討と考察

1) ひびわれ発生前

縁応力度の分布：無筋，有筋の1，2型供試体の縁応力度分布の傾向は図-2に示すように，有筋の場合は無筋に較べて隅角部縁における引張応力度の分布は広くなる。したがって，最大応力度発生位置ははり，柱の接合断面に近づき，1型ではその断面より $0.16D$ ，2型では接合断面となる(図-8参照)。

内部応力度の分布：1，2型の内部応力度分布を無筋，有筋の場合を図-3に示す。図によると補強筋の影響により，隅角部内の引張応力度は有筋の場合は対角線断面より他の断面の方が大きな値を示し，この断面が危険断面と考えられる。この断面を別金に行つた鉄筋コンクリート部材による実験結果の最終ひびわれ状態を考慮して，図に示すように入隅角から $\frac{1}{2}D$ 間の位置の断面と仮定すると，その角度は接合断面から1型で約 27° ，2型で約 30° となる。補強筋の効果を調べるために有筋，無筋の場合の対角線断面， 27° ， 30° 断面などの最大引張応力度の値の比較を表-2に示す。

次に，はりの σ_{max} と隅角部内の σ_{max} の比較を行つたものが表-3である。以上のことから，補強筋ははり，柱の引張応力度に対しては有効であるが，隅角部内の引張応力度には効果がみられないといえる。この最大の原因は前記のような補強筋効果による隅角部縁の引張応力度分布の増加であると考えられる。

2) ひびわれ発生後

縁応力度の分布：この応力度分布の傾向を図-4に示す。ひびわれ長さの増大と共に隅角部縁の引張応力度の最大値(ひびわれ発生位置の集中応力を除く)は隅角部縁中央位置に移動し，最終ひびわれ時にはまったく中央位置となる。この傾向は1，2型共に同じである。

内部応力度の分布：ひびわれ長さの増大とともに隅角部内の応力度分布は(1)対角線断面上の $(\sigma_1 - \sigma_2)$ の増加はみられない，(2)隅角部縁中央位置に最大縁引張応力度が近づき，(3)隅角部縁中央位置から入隅角との断面(0~A，0~C断面)は接合断面に対して1型で 27° ，2型で 30° 方向の主応力面に接近し，その断面上の引張応力度は大きくなる。以上の理由により，ひびわれ長さの増大と共に危険断面の位置は0~A，0~C断面となることが予想できる。

引張応力度の分布：ひびわれ長さの増大と共に対角線断面上の σ_{max} は減少し， 27° ， 30° 方向の断面上の σ_{max} が増加する。この

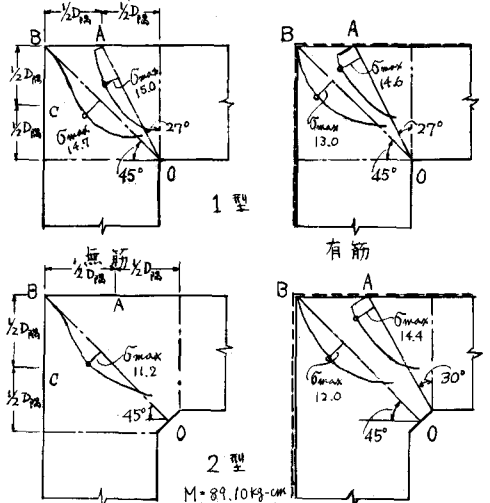


図-3 ひびわれ発生前の隅角部内部の応力度分布

表-2 対角線断面と他の断面との最大応力度の比較

型式	0-B断面	0-A断面
1 無筋	100%	102%
1 有筋	89%	100%
2 無筋	100%	-
2 有筋	106%	128%

各0-B断面の最大値を100%とし。

表-3 はりの σ_{max} と隅角部内部の σ_{max} との比較

型式	はり σ_{max}	0-B断面	0-A断面
有筋 1	100%	59%	66%
有筋 2	100%	57%	69%
無筋 1	100%	46%	47%
無筋 2	100%	36%	-

各はり σ_{max} を100%としている。

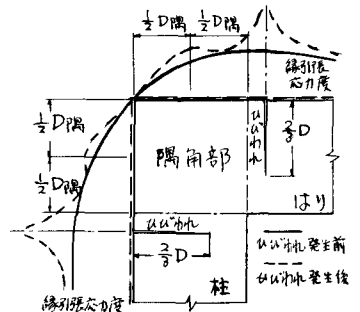


図-4

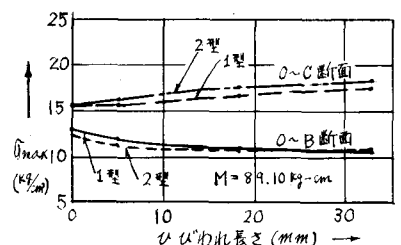


図-5

関係は図-5に示してある。

3) 最終ひびわれ時について

引張応力度の分布：1, 2型の最終ひびわれ時の応力度の分布を図-6, 9に示す。対角線断面上の σ_{max} は1型では隅角より0.79 D_{45} , 2型では0.67 D_{45} となる。0~A, 0~C断面の σ_{max} は補強筋の近傍である。図-6から明らかに、1, 2型共に引張応力分布は対角線断面より0~A, 0~C断面の方が大きく、ひびわれのない場合との比較を表-4に示す。

最終ひびわれ時の主応力方向：0~A, 0~C断面附近の主応力線と危険断面の確認を図-7によって行なった。これによれば、1型は27°, 2型は30°方向をその方向の主応力面と考えることができる。したがって、ひびわれもこの主応力線の形状で発生することが予想される。

最終ひびわれ時のハンケ効果：1, 2型共にはり、柱に先行したひびわれ発生位置がほぼ同一となるので、最終時の $(\sigma_1 - \sigma_2)$ の分布が同一となり、したがって、隅角部内の引張応力分布は同一となるので、 $x/D = 0.2$ 程度のハンケでは補強効果はみられない。

4. 結論

本実験の範囲においては、隅角部の引張縁に沿って補強筋を配置した隅角部内における危険断面は、曲げひびわれが先行した場合に、接合断面より27~30°傾いたものと推定することができる。したがって、鉄筋コンクリート構造の隅角部における配筋は図-7に示すような主応力線の方角を考慮した配筋が必要となろう。ハンケの大きさが、 $x/D = 0.2$ 程度ではあまり強度に対する効果はないものと思われる。なお、この実験と平行して行なった鉄筋コンクリート部材による実験によっても、この辺のところが確かめられている。

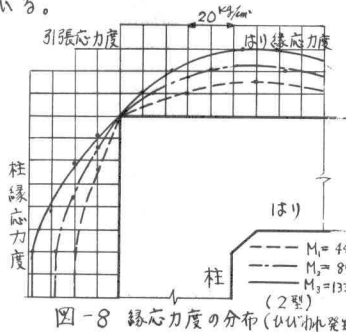


図-8 応力度の分布 (ひびわれ発生前)

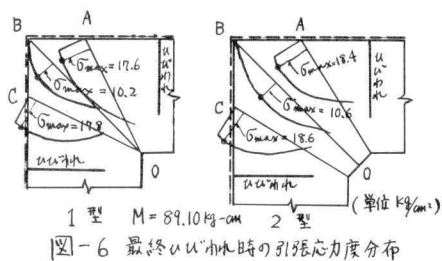


図-6 最終ひびわれ時の引張応力度分布

表-4 最終ひびわれ時の各断面の応力度の比較

型	断面	ひびわれ発生前			ひびわれ発生後		
		0~B	0~A	0~C	0~B	0~A	0~C
1		100%	112%	120%	78%	136%	137%
2		92%	110%	116%	82%	142%	143%

(ひびわれ発生前の1型 0~B断面の σ_{max} を100%とする)

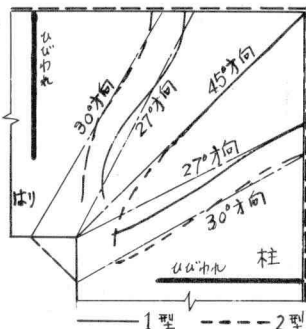
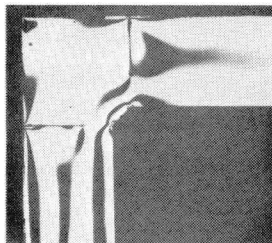
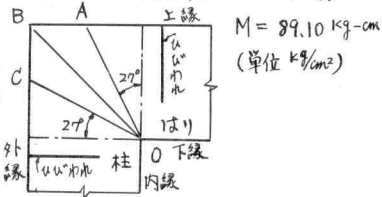


図-7 最終ひびわれ時の主応力方向



M = 66.83 kg-cm (2型)
最終ひびわれ時の光弾性写真

図-9 隅角部内応力度の分布 (1型, 最終ひびわれ時)



M = 89.10 kg-cm
(単位 kg/cm²)

