

V-45 光弾性によるL型ラーメン隅角部の応力解析

神奈川県工業試験会 正会員 戸塚 学

1. 目的. 本研究はL型鉄筋コンクリート構造(RC構造)の引張縁に主筋が配置されたラーメンに垂直荷重が作用した場合、隅角部、およびその附近の部材の応力解析を行ない主筋の引張応力に対する効果、柱、梁などに曲げ亀裂が先行した時の応力再配分などを求め、引張応力による亀裂発生断面の位置、値などの確認をする為に行なった。実験法としてはRC構造に類似をした供試体で2次元光弾性実験法を用い、その内容としては1) 無亀裂時、2) 柱に曲げ亀裂発生時、3) 柱に最終曲げ亀裂発生後、梁に曲げ亀裂発生時などの3段階に分けて行なった。

2. 供試体、荷重作用方法. コンクリート部材には常温硬化のエポキシ樹脂、主筋としては径2mmのアルミの丸棒を使用した。供試体形状は柱、梁の断面高さ

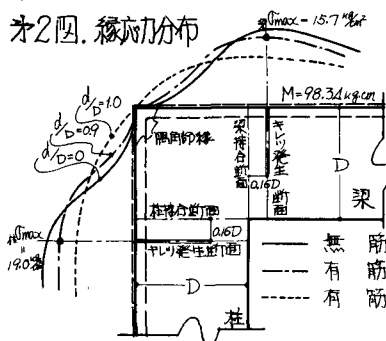
(D)を等しくし、隅角部構成条件はハンチ無しとした。才1

才1表. 断面性質. $P_t = \sigma_t A_c$. AE ...等価断面面積.

A_c cm ²	A_t cm ²	P_t %	E_c %	E_s %	$\epsilon \frac{F}{\sigma_c}$	AE cm ²	η cm	I cm ⁴
3.35	0.032	0.94	205×10^4	700×10^4	34.15	4.52	297	10.15

四, 才1表に供試体寸法, 荷重作用方法を示す。

3. 実験内容, および考察. 1) 無亀裂時, (1). 縁引張応力. その一例を才2図に示す。最大値は梁、柱共にその接合断面より0.16×Dの位置に生じる。この分布の傾向は主筋と比較して隅角部縁での



値は大きくなる。また図中の---の分布は引張縁にアルミ板を貼付けた場合のものであるが、この傾向ははっきりする。この事は主筋の配置条件としての位置が d/b の比が1.0に近づくとき、隅角部縁にかなり大きな引張応力が生じるものと考えられる。この σ_{max} の実験、算定値の比較を才2表に示す。この算

才2表. 縁応力値の比較, $M_{梁} - \sigma_{max}$ 算定用E-マト

M	$M_{梁}$	実験 σ_{max}	算定 σ_{max}	実験 σ_{max}	算定 σ_{max}
98.34	83.44	15.7	19.0	16.4	18.5

定式はコンクリート部材の引張応力を考慮した断面の釣合式より求めた(1), (2)式による。 σ_{max} の算定

$$\sigma_{max} = \frac{M_{梁}}{I} (D - \eta) \quad (1), \quad \sigma_{max} = \frac{M}{I} (D - \eta) - \frac{P}{A_c} \quad (2)$$

用の $M_{梁}$ はP点から梁接合断面までの距離を用いた。この比較により隅角部附近に生じる縁の σ_{max} に対する主筋の効果は理論通りであると考えて良い。(2). 内部応力. 従来隅角部内の亀裂発生断面と考えられている対角線断面(0~B)と

柱、梁などに曲げによる最終亀裂時に不利な状態となる断面 才3表. 対角線断面の応力の比較。

	M	η cm	σ_{max} の算定 (Bより)	σ_{max} の値	σ_{max} の増減 %
無筋	98.34	0.81×D	0.250×D	13.1	100
有筋	98.34	0.57×D	0.285×D	10.8	83
福田式	98.34	0.66×D	0.41×D	14.9	114

面での引張応力に対する主筋効果を求める為は無筋の光弾性

福田式による算定との比較を次の表に示す(福田式も無筋)。この無筋の光弾性と比較して傾の作用範囲は30%, σ_{max} の値も17%減少している。この減少値が対角線断面における主筋の効果と考えられる。才4表に隅角部内の縁の σ_{max} との比較を示してその引張による亀裂発生を

才4表. 各 σ_{max} の比較

梁 σ_{max}	柱 σ_{max}	0~B σ_{max}	0~A σ_{max}	0~C σ_{max}
100%	122%	67%	87%	88%

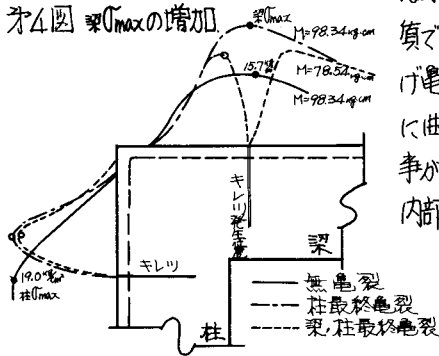
予想位置を求めれば、隅角部内にあっては30°方向断面上の主筋位置よりかなり厚さ位内側に入った所であり、隅角部内の引張亀裂発生位置は30°方向断面上となる。

2). 柱に曲げ亀裂発生時。柱の外縁の σ_{max} の位置に曲げ亀裂発生を仮定し順次所要の亀裂長さまで糸ノコで切込んだ。その亀裂長さを次の表に示す。この最終亀裂長さには主筋位置から ϵd とした。(1). 縁引張応力。柱に曲げ亀裂が発生し

才5表. 亀裂長さ mm

	初期ヤリ	2期ヤリ	3期ヤリ	最終ヤリ
亀裂長さmm	0.14D=7.0	0.4D=20.0	0.55D=27.5	0.70D=35.0

その長さが増大すると、それに伴って梁 σ_{max} の値が非常に増大する。この増大の傾向を才5図のグラフに示す。その梁 σ_{max} の分布の一例

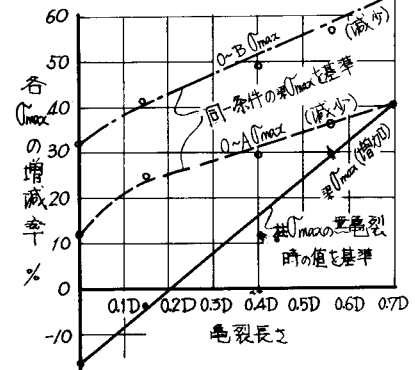


才4図 梁 σ_{max} の増加

は才4図に示す。この才5図のグラフからこの実験での断面性質では、柱に0.2×Dの曲げ亀裂が発生すると梁に曲げ亀裂が発生する事が考えられる。(2).

内部応力。対角線断面の傾の分布の傾向、 σ_{max} の値は無亀裂時

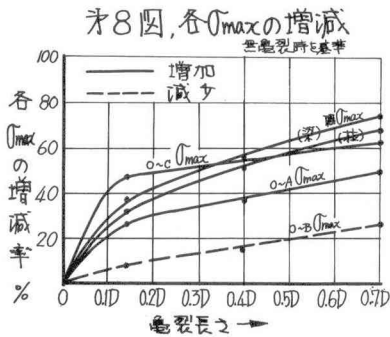
才5図 各 σ_{max} の増減



と大体同一とみられる。この事から柱に曲げ亀裂が発生してもこの断面に対する主筋効果は無亀裂時とほぼ同一であると推定出来る。前記の如くこの時亀裂長さが増大する事によって梁 σ_{max} の値が増大するが、この値の作用位置に近い0~A断面の σ_{max} の値も増大する。これらの0~B, 0~A断面上の σ_{max} の値と、同一亀裂長さ時での梁 σ_{max} との値との比較を才5図の——, ----の線で示す。各 σ_{max} の値は初期亀裂が発生すると梁 σ_{max} に対して若干大きな減少率をみせるが、その後亀裂長さの増大に伴って順次直線的な減少傾向となり、最終亀裂時では梁 σ_{max} の値に対して0~B, 0~A断面の σ_{max} の値は35%, 60%前後の値になる。また梁の曲げ亀裂発生時を柱の曲げ亀裂長さで0.2×Dとすると、0~B, 0~A断面の σ_{max} の値はその梁の亀裂発生応力梁 σ_{max} の値に対しての比率がそれぞれの断面上で57%, 75%となるので梁の曲げ亀裂発生以前に隅角部内での引張亀裂発生は考えられない事が明らかに確認される。この時の内部応力分布の解析の一例を才6図に示す。

3). 柱に最終曲げ亀裂発生後、梁に曲げ亀裂発生時。柱に ϵd の長さの曲げ亀裂発生後、梁に順次曲げ亀裂発生を仮定した状態での応力解析を行ない、その傾の分布の一部を才7図に示す。この亀裂発生位置は柱と同じく梁接合断面から0.16×Dの所である。(1) 縁引張応力。隅角部縁の分布は亀裂発生長さの増大に伴って勿論その値も増加するが、その σ_{max} の位置は梁、柱側共にB点に近づく傾向が

みられる。この時も初期亀裂発生と同時にこの σ_{max} は急速に大きくなる。これをオ8図のグラフ

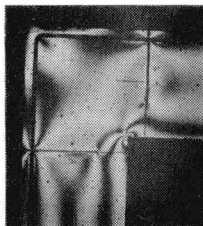


に表わす。この様に隅角部縁での σ_{max} の増加は30°方向断面での σ_{max} の値が大きくなる条件

の一つとなる。(2). 内部応力。この亀裂発生条件での対角線断面では σ_{max} の作用位置は大きくなりB点より $0.71 \times D_{di}$, $0.43 \times D_{di}$ となる。この σ_{max} の値は梁での曲げ亀裂長さの増大と共に減少の傾向がみられる。30°方向断面上での σ_{max} の値は反対に増加する。この増加の理由として(a). 前記の如く隅角部縁での σ_{max} の増加。(b). その断面上にある主筋近傍での $(\sigma_1 - \sigma_2)$ の値の増加。(c). 主応力方向が亀裂長さの増大によって制約され、その断面上に同一方向の主応力が近づいてくる事などによる。この事は主応力線図からも確認される。オ8図に無亀裂時に対する各 σ_{max} の増減率を示すが、初期亀裂発生に伴うそれらの増減率は大きい。2)の項でもみられる如く初期亀裂発生と同時に各 σ_{max} の値の増減率の大きい事は、応力再配分は亀裂先端が主筋を越えと同時に大きく行われる事を意味しているものと考えられる。

4. 結論。この実験の範囲から次の事が考えられる。

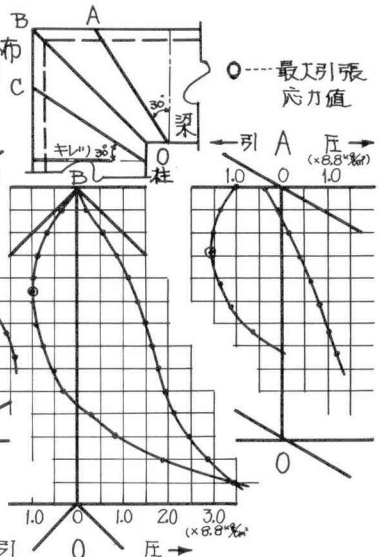
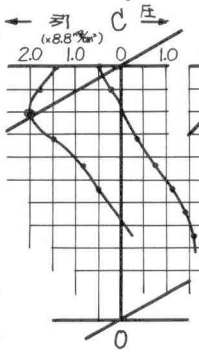
- 1). 無亀裂時での主筋の σ_{max} に対する効果は縁、対角線断面上でみられるが、2つの30°方向断面上に大きな σ_{max} を生じる。
- 2). 柱に曲げ亀裂の発生は同時に梁での亀裂発生の原因となる。
- 3). 柱、梁に最終曲げ亀裂発生後、隅角部内での引張亀裂の発生位置は2つの30°方向断面となる。



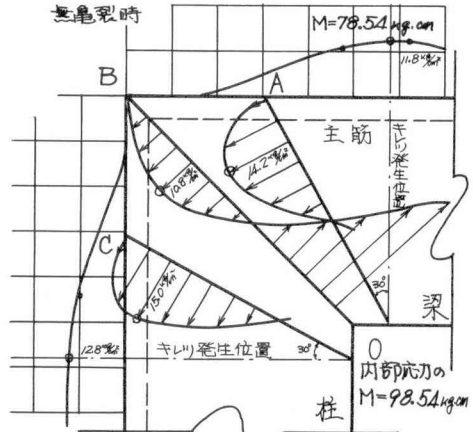
この研究について日頃協力願っている早稲田大学の神山教授、首都高速道路公団の津野、泉、オリエンタルコンサルタンツの清野、横溝の各氏、並びにこの実験を担当している当所の椎野氏に感謝を表します。(参考文献は紙面の都合で省略)

オ6図、内部応力分布 (柱に曲げ亀裂発生)

$M=98.34 \text{ kg}\cdot\text{cm}$



オ7図、各 σ_{max} の分布



オ10図、(σ-ε)の写真

