

北大 正員 角田与史雄

" " 堺 孝司

" " 能町 純雄

1. まえがき

鉄筋コンクリート(RC)はりの曲げ変形曲線は、ひびわれ発生前のひびわれ状態Ⅰの理論線から、ひびわれ発生後、ある過渡曲線を描いて状態Ⅱの理論線へ漸進していく形状をとることが知られている。RCスラブにおいても基本的にははりと同様の性質をもつことは容易に理解されるが、スラブでは2方向の応力および変形の相互作用と鉄筋のせん断補強材としての性質のため、はりには見られぬ方向性のある変形特性が現われる。

着者は、この問題についてさらに、主曲げ方向に対して斜交2方向の配筋をしたスラブ要素の実験を行い、斜交直交2方向に等しい配筋をしたスラブであっても、曲げ方向によって変形量が異なることを明らかにした。本研究ではさらに、曲げ方向に対して斜交軸をもたないように配筋した場合も含めて実験を補足し、スラブの変形特性について検討を加えたとともに、従来から多くの研究が行われているRCはりの理論を、スラブへ拡張する近似法についても検討を行なった。

2. 供試体および実験方法

さきの研究より、RCスラブの変形特性は、一方向ひびわれのみの一方向曲げ実験によって十分にとらえられることが知られるので、ここではスラブをはりにモデル化した供試体の一方向曲げ実験によって検討することにした。

供試体は、図.1に示すように、幅50cm、厚さ10cm、長さ180cmの板状のはりであり、一様曲げをうける中央部50cm×50cmの領域を研究対象とした。鉄筋は、異形棒鋼SD35のD10E引張部に直交に配置した。外側に配置した鉄筋を1、内側のそれを2とすれば、鉄筋方向は $\alpha_1 \in 0^\circ, 15^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 75^\circ, 90^\circ$ と変化させた。また、鉄筋一本当りの断面積を A_{s1} 、鉄筋方向に対して直交に測った鉄筋間隔を a_1 、有効高さを d_1 とし、鉄筋比を $\rho_1 = A_{s1}/a_1 d_1$ によって表せば、実験を用いた鉄筋比は $\rho_1 = 1.43\%$ 、 $\rho_2 = 1.42\%$ および $\rho_2 = 0.74\%$ の二種類である。なお、鉄筋端部は180°フックによって定着した。コンクリートは、水セメント比45%で、早強ポルトランドセメントを用いた。供試体は試験前日までに湿潤養生を行い、数日後に実験に供した。

載荷は、図.2に示すような2点荷重を行い、中央部の純曲げ区間の引張面ひずみをコンタクト型ひずみ計で、また圧縮面ひずみをワイヤーストレンジャーにより測定した。

3. 実験結果および考察

図.3は、供試体引張面の軸方向ひずみの測定結果の一例を示したものである。図中にはさらに、2つの方法による状態Ⅱの計算値も含めて示してある。計算値(a)は、曲げ方向への鉄筋の投影断面積を有効と仮定し、 $\rho_1 \cos \alpha_1$ を有効鉄筋比にとって状態Ⅱのはり理論を供試体軸方向に適用したものであり、計算値(b)は、鉄筋に対しては軸応力のみに抵抗するという網モデルを、コンクリートに対しては供試体軸方向に状態Ⅱ、そして直交方向に状態Ⅰの応力状態を仮定し、2方向の力のつり合い条件より求めたものである。

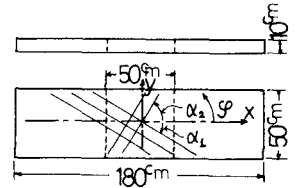


図.1 供試体

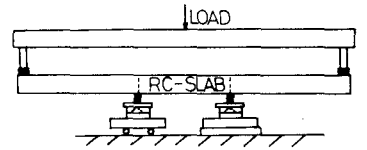


図.2 載荷方法

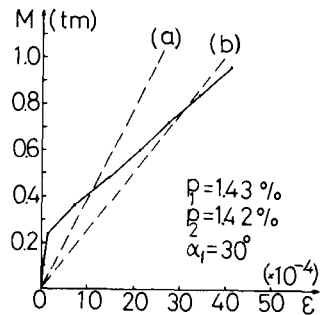


図.3 軸方向引張面ひずみ

さきの研究において、(a)の M (tm)

方法は曲げ方向と配筋方向とが一致しない場合、スラブの変形を過少評価し、(b)の方法の方がより実測値を与えることを示した。本実験においては、鉄筋の定着が不完全であったようで、そのため一部の供試体では(b)の計算値をも上回る変形が生じたものもあったが、全般的には、曲げ方向と配筋の斜傾軸とが

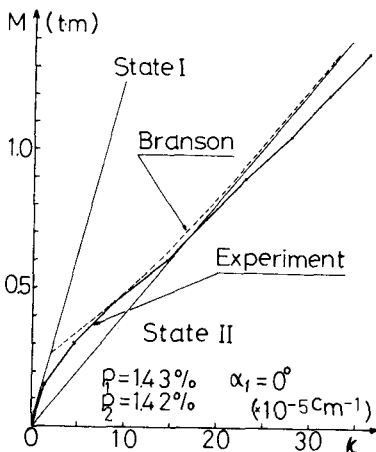


図.4 モーメント-曲率関係

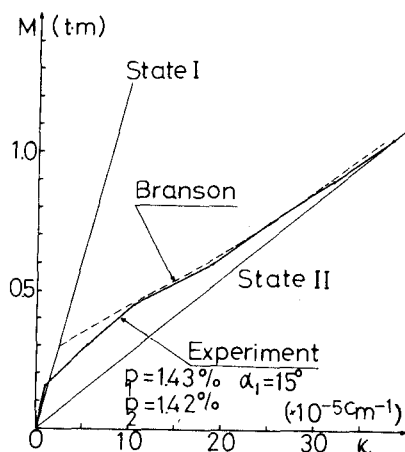


図.5 モーメント-曲率関係

一致しない場合(15°-75°, 30°-60°)を含めて、さきの場合と同様の傾向が見られた。このことは、鉄筋に水平方向の dowel 力が作用したとしても、そのスラブの変形に及ぼす影響が微小であることを意味している。

このように、鉄筋を網にモデル化するスラブ理論は実測との適合性が良好であるが、実用上の便から見れば、これを従来から多くの研究が行われていたはり理論に近似できれば都合である。そこで、一方向しか切れの場合、しか切れに直角方向の寸ずみ ϵ_y およびせん断寸ずみ ϵ_{xy} (図.1参照)が、 ϵ_x に比べて小さいことに着目し、これを無視すれば、曲げ方向の変形に対する有効鉄筋比は次式のようになる。

$$\rho_e = \sum \rho_i \cos^2 \theta_i \quad (1)$$

そこでこの有効鉄筋比を用い、供試体軸方向に対して状態Ⅱのはり理論を適用し、曲率を求めた結果を図.4~7の実線Ⅱによって示してある。また、従来はりの研究においては、状態Ⅰから状態Ⅱへの過渡

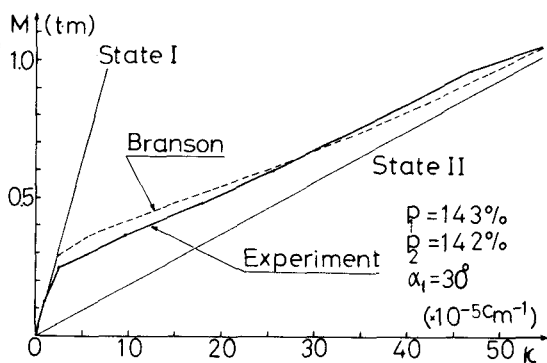


図.6 モーメント-曲率関係

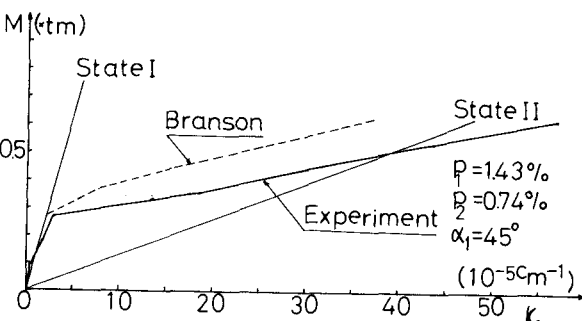


図.7 モーメント-曲率関係

曲線について種々の提案がなされている。そこでその一例として Branson が提案している有効断面二次モーメント:

$$I_{eff} = \left(\frac{M}{M_{cr}}\right)^3 I_g + \left[1 - \left(\frac{M}{M_{cr}}\right)^3\right] I_{cr} \quad (2)$$

I_g, I_{cr} ; 状態ⅠおよびⅡの断面二次モーメント

M_{cr} ; ひびわれ発生モーメント、ここでは ACI 式を使用

を用いて図.4~7に当てはめた結果を図中の実線Ⅱで示してある。図.7は前述のように過大な変形が生じた供試体の例であるので適合性は良いといえないが、全体的には良く実測値の傾向を捉えているといえる。このようにスラブの変形に対しては、状態Ⅱの計算をする際に(1)式に示すような有効鉄筋比を用いることにより、実用上比較的良好な近似性をもつて、はり理論を利用できることがわかる。

(1) 板井, 能町, 角田: RC版の変形に及ぼす配筋方向の影響, 第31回年次講演会概要集, V, 昭51

(2) 能町, 角田, 板井: 鉄筋コンクリートスラブの変形特性に関する基礎研究, セメント年報, XXX, 昭51