

東京大学大学院 学生員 玉井真一  
 東京大学工学部 正会員 上田多門

### 1. はじめに

鉄筋コンクリートばりにせん断力が作用する場合、載荷点と支点の間に圧縮力の伝達が行なわれなければならない。したがって、せん断スパン内の応力の流れを知ることが部材のせん断挙動を把握する上で重要であるが、これまでコンクリートのひずみという観点からせん断機構の解明にアプローチした研究は少なかった。そこで、繰返し荷重が作用する場合にコンクリートのひずみを詳細に測定しせん断機構のモデルとして一般的なトラスモデルによって実験結果を説明することを試みた。

### 2. 実験

500×200×3600mmの矩形ばりを用い、せん断スパン比（以下 $a/d$ ）を左スパンで2、右スパンで4として最大37.5t 最小15tの繰返し荷重を100万回作用させ、その後最大荷重を42.5t 最小荷重を10tに変えて、はりが疲労破壊するまで作用させた。その間適当な載荷回数で載荷を止め、静的に載荷して斜めひびわれ間のコンクリートのひずみとスターラップのひずみを測定した。

コンクリートのひずみはコンタクトゲージを用いて機械的に水平、鉛直、斜め45°の3方向のひずみを測定し、Mohr円を用いて主圧縮ひずみの大きさと方向を算出した（図-1）。また、スターラップのひずみは電気抵抗ストレインゲージを用いて測定した。

### 3. 実験結果

#### 1. せん断力の大きさと圧縮力の方向の関係

図-2に最初の1サイクルの載・除荷の間に $a/d=4$ のスパンでひびわれ間の主圧縮ひずみの方向（水平線となす角）が変化する様子を示した。主圧縮ひずみの方向が主圧縮応力の方に等しいと仮定すると載荷時には斜めひびわれの発生前の圧縮力の方向は一定で、斜めひびわれが発生すると圧縮力の傾斜が減少を始め、除荷時にはさらに減少することがわかる。そこで、その後の繰返し載荷時には除荷時の直線上を往復するようなせん断力の大きさと圧縮力の方向の関係が考えられる。

#### 2. 載荷回数と主圧縮ひずみの大きさ、方向の関係

図-3に $a/d=4$ のスパンでひびわれ間の主圧縮ひずみの大きさと方向が繰返し載荷によって変化する様子を示した。繰返し載荷にともなって主圧縮ひずみは増加し、傾斜は減少することがわかる。また、1.で予想されたように最大荷重時の傾斜の方が最小荷重時より大きくなっている。

#### 3. コンクリートの主圧縮ひずみとスターラップのひずみの関係

図-4にひびわれ間のコンクリートの平均主圧縮ひずみとスターラッ

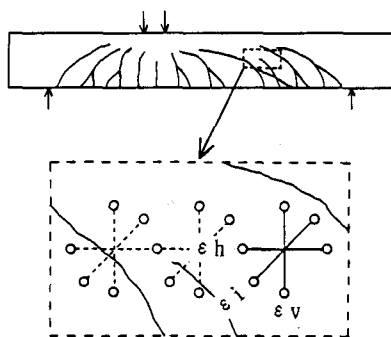


図-1 圧縮ひずみの測定

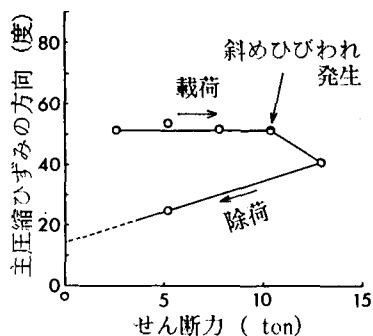


図-2 処女載荷時の主圧縮ひずみの方向

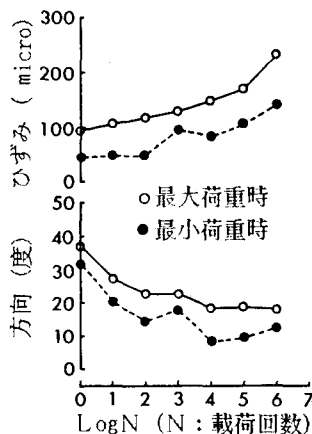


図-3 載荷回数と主圧縮ひずみの大きさ、方向の関係

プの平均ひずみの関係を示した。両者の間にはトラス理論から得られるような線形関係がある。また、除荷時にはコンクリートとスターラップの両方に残留ひずみが生じている。スターラップに残留ひずみが生じるのは斜めひびわれが完全に閉じないためであり、スターラップに残留ひずみが生じている結果その引張力の反力としての圧縮力のためにコンクリートにも残留ひずみが生じるのである。

#### 4. 考察

実験結果をトラス理論によって検討してみる。トラスのモデルとしてせん断力をせん断力のレベルによって圧縮斜材角  $\theta$  が変化するトラスのみで負担するモデルAと、作用せん断力をコンクリートによって負担される一定のせん断力  $V_c$  と  $45^\circ$  トラスによって負担されるせん断力  $V_s$  の和で表すモデルBを考える (図-5)。

どのようなモデルでもコンクリートの圧縮力とスターラップの引張力の間には

$$\sigma_c' = \sigma_w \times (A_w \sin \alpha / b_w s \sin^2 \theta) \quad \text{-----(1)}$$

$A_w$  : スターラップの断面積  $\alpha$  : スターラップの傾斜角度

$b_w$  : ウェブ幅  $s$  : スターラップの間隔  $\theta$  : 圧縮斜材角

なる関係が成り立つはずであるが、実験から得られた  $\sigma_c'$  と  $\sigma_w$  はこの式を満足せず、コンクリートのひずみは予想される値より大きい (図-4の破線は(1)式で  $\theta = 30^\circ$  としたものである) すなわち測定されたコンクリートのひずみは  $V_c$  によるものと  $V_s$  によるものの和なのである。またモデルAでは図-6のように繰り返し載荷がせん断力レベルの静的な上昇と等価であると考えたと圧縮斜材角は増加するが、実験では圧縮力の傾斜は減少しており、全せん断力をトラスのみで負担するというモデルでは説明できない。しかし、モデルBでもコンクリートが負担するせん断力や圧縮斜材角が一定であると考えことは、コンクリートやスターラップのひずみの増加と同時に圧縮力の傾斜が減少している実験結果との間に矛盾が生じる。そこで実験結果を合理的に説明するためには繰り返し載荷にともなってコンクリートが負担するせん断力の割合が減少し、同時に圧縮斜材角も減少するようなモデルを考える必要がある。

#### 5. まとめ

実験により得られた圧縮力の方角から、せん断スパン内の応力の流れをトラスとしてとらえることは妥当であると考えられるが、既存のモデルでは実験結果のすべてを矛盾なく説明することはできなかった。合理的な説明のためにはコンクリートが負担するせん断力の割合の変化を考慮するようなモデルが必要であろう。

#### 参考文献

石川, 安中, 二羽 スターラップを有するRCばりのせん断耐荷力のマクロ的推定方法  
第6回コンクリート工学年次講演会 1984年

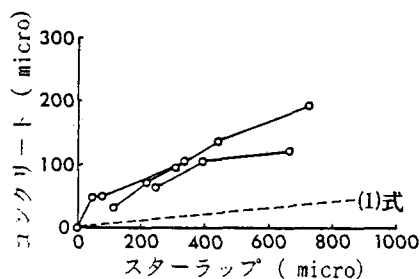


図-4 コンクリートのひずみとスターラップのひずみの関係

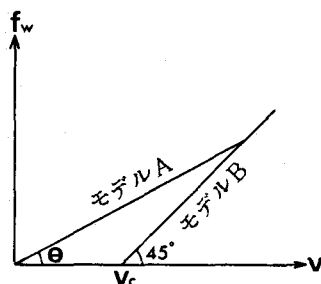


図-5 トラスモデル

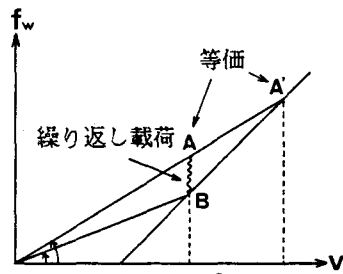


図-6 モデルAで繰り返し載荷する場合