

北海道大学工学部	正 員	佐伯 昇
〃	〃	藤田 嘉夫
〃		中津川 汪

R C桁にねじり荷重が作用すると主引張方向に直角にひびわれが発生するが、このひびわれ方向は、スタックや軸方向鉄筋の影響を受けて、ある一定の角度に伝播する。さらにこの角度はコンクリートあるいは、鉄筋の応力に影響を及ぼし、また破壊荷重にも大きな影響を与える。本研究は立体トラス理論を基本にして、ずみの適合条件およびひずみエネルギーの条件からひびわれ方向を算定し、これを用いて、鉄筋の降伏あるいはコンクリートの圧壊による破壊荷重を算定したものである。

供試体は長さ210cmで、20×12cmの矩形断面を用い、端部から破壊しないように補強し、測定区間は中央の82cmとした。供試体材料は早強セメント、粗骨材は静内川産（比重2.77、吸水率1.19%、単容1740kg/m³）、砂は鶴川産（比重2.69、吸水率1.42%、単容1778kg/m³）を用いた。鉄筋はD10、D13、D16はSD35を、D6は降伏点2700kg/cm²のものを用いた。パラメータは軸方向鉄筋比、横方向鉄筋比、かぶり厚さとした。コンクリートの圧縮強度は290～350kg/cm²（平均320kg/cm²）のものを用いた。荷重装置は供試体を一端を固定し、他端をユニバーサルジョイントおよびエキスパンドジョイントを用いて自由にし、供試体断面の中心軸をねじった。回転角の測定は一方を固定したアームとある距離に固定した半円型板とを接触させ、ねじり角の変化に伴う電圧変化から測定した。コンクリート表面は直角ロゼットゲージを用いて3ヵ所主方向ひずみを求めた。また軸方向鉄筋に4ヵ所、スターラップに8ヵ所のゲージを付けひずみを測定した。断面諸元を表-1に示す。

Hsu の論文に見られるようにひずみの適合条件を求める場合に矩形のエレメントを用いているが、ここではひびわれ方向 (α) を一致させた斜角のエレメントを用いた。これは立体トラスモデルの場合、ひびわれ方向を基準にしてせん断変形を行うと考えられるからである。

表-1 供試体の断面諸元

表-1 供試体の断面諸元

供試体 番 号	p ₂ (%)	p _v (%)	p _t (%)	t [°]	s [°]
1. 2	2. 11	2. 10	4. 21	2. 5	7. 5
3. 4	1. 19	1. 18	2. 37	2. 5	13. 0
5. 6	1. 19	1. 18	2. 37	3. 0	12. 0
7	1. 19	1. 17	2. 36	1. 6	6. 5
8	1. 19	1. 21	2. 40	2. 5	5. 5
9	1. 19	1. 18	2. 37	3. 0	5. 2
10	1. 32	1. 45	2. 77	3. 0	10. 0
11	1. 65	1. 45	3. 10	3. 0	10. 0
12	1. 92	1. 49	3. 41	3. 0	10. 0
13	2. 25	1. 49	3. 74	3. 0	10. 0

図-1に示すように軸方向鉄筋によるせん断ひずみは、 $\epsilon_l \cot \alpha$ 、横方向鉄筋のひずみは、 $\epsilon_v \tan \alpha$ となる。また図-2に示すようにコンクリートの圧縮変形によるせん断ひずみはZ線に対して直角に変形するため、 $\Delta x \epsilon_c \cos \alpha$ の圧縮変形が生じ、これがコンクリートによるせん断ひずみとなる。 Δy を任意の値にした場合 Δy の $\Delta x \cos \alpha$ の分だけがせん断変形に関与し、その他の長さの部分は単に圧縮方向の変位となるので、これを無視して Δy は $\Delta x \cos \alpha$ としている。全せん断ひずみ(γ)は次式となる。

立体トラスモデルの力の釣合条件から各ひずみを求めると次式ようになる。

q はせん断流でこれを (1) 式に代入して、ひずみエネルギー

t: 軸方向鉄筋中心から表面までの距離

ギーが最小になる条件（ $\gamma' = 0$ ）を用いると、ひびわれ
の方向は次式のようになる。

$$\tan^4 \alpha = \left(\frac{a_0}{A Q} + \frac{2n}{t_e} \right) \frac{A_v}{s} = k^4 \dots \dots \dots (3)$$

ここで $n = \frac{E_s}{E_c}$ 、断面寸法の取り方を図-3に示す。

k とひびわれ角度の実験値との比較を図-4に示す。

算定式とほぼ一致していることがわかる。

4. ねじりによる破壊荷重

力の釣合条件から軸および横方向鉄筋が降伏する点および
コンクリートが圧壊する点を破壊荷重とすると

$$k^2 \geq \beta_1, \frac{1}{\beta_2 - 1} \quad \text{のとき} \quad T_B = \frac{2A_0 A_v \sigma_y}{K s} \dots \dots \dots \text{スターラップの降伏} \dots (4)$$

$$k^2 \geq \beta_1 \beta_2 - 1, k^2 \leq \frac{1}{\beta_2 - 1} \quad \text{のとき}$$

$$T_B = \frac{2k\eta}{k^2 + 1} A_0 t_e \sigma_{CB} \dots \dots \dots \text{コンクリートの圧壊} \dots (5)$$

$$k^2 \leq \beta_1, K^2 \geq \frac{1}{\beta_2 - 1} \quad \text{のとき}$$

$$T_B = \frac{2kA Q \sigma_y}{a_0} \dots \dots \dots \text{軸方向鉄筋の降伏} \dots (6)$$

$$\beta_1 = \frac{a_0}{s} \cdot \frac{A_v}{A Q}, \quad \beta_2 = \frac{\eta s t_e}{A_v} \cdot \frac{\sigma_{CB}}{\sigma_y}$$

の3つの破壊パターンができる。 η は破壊時の有効厚さ t_e
の変化、あるいは σ_{CB} の鉄筋による影響を考慮したもので
この実験では $\eta = 1.24$ となった。実験値と計算値の比較は
図-5のようになり、ほぼ対応していることがわかる。

5. まとめ

軸方向鉄筋、スターラップによってねじりによるひびわ
れ角度が影響され、またこの角度によって3つの破壊パ
ターンが決まることなどがわかった。

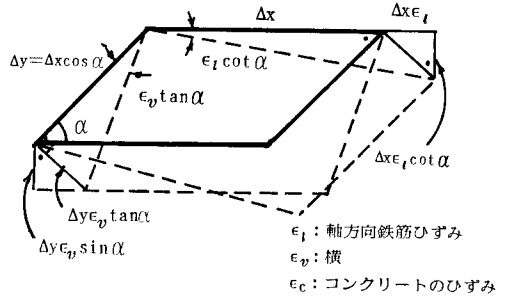


図-1 軸および横方向鉄筋によるせん断ひずみ

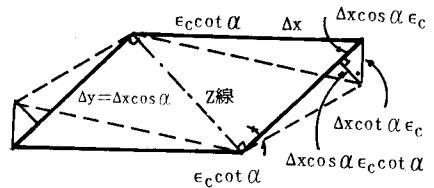


図-2 コンクリートの圧縮によるせん断ひずみ

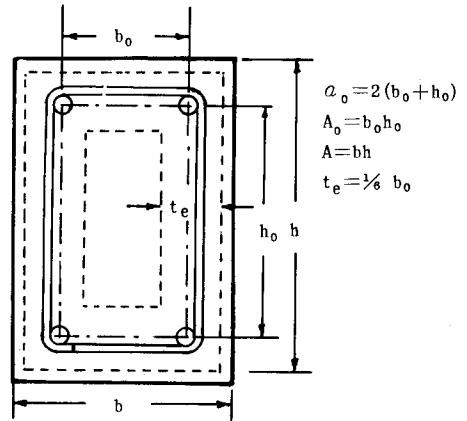


図-3 断面寸法のとり方

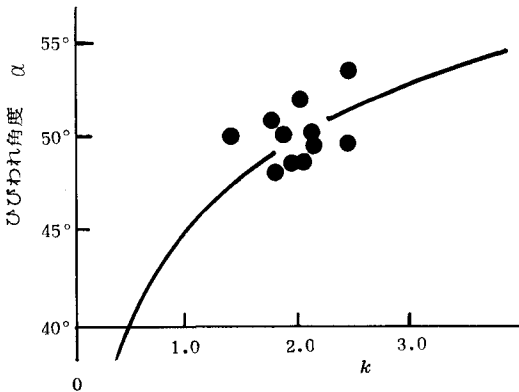


図-4 ひびわれ角度

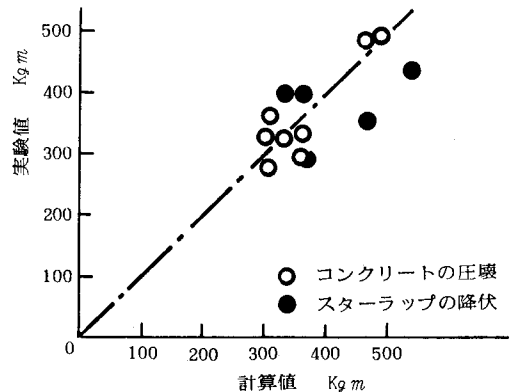


図-5 破壊荷重の実験値と計算値の比較