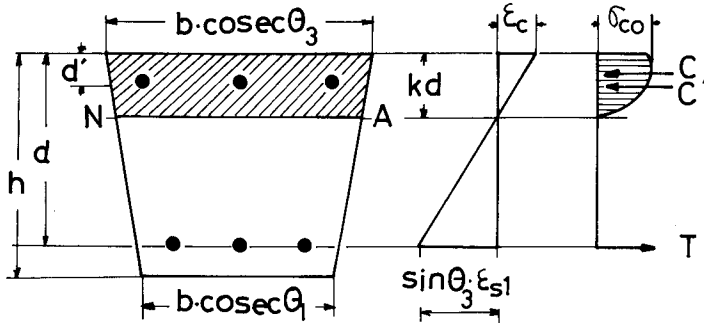


1. 要 旨 軸方向鉄筋とこれに直交するスターラップで補強された長方形断面鉄筋コンクリート部材が、ねじりまたは曲げとねじりと同時にうけるときの破壊時の強度と変形を評価するための一方法を提案した。解析のために、部材の破壊面の斜影に着目して仮想断面を仮定し、この断面に関する抵抗モーメントと変形を求めることによって、部材の破壊強度と変形を評価する計算式を誘導した。このとき、鉄筋とコンクリートの応力とひずみの関係に基づいて、力の釣合いとひずみの条件を満足するように破壊強度を求め、さらに、変形は回転角とねじり角について、ひずみの条件をも満足するように求めた。部材は、明確な降伏点をもつ鉄筋を用いて釣合い鉄筋比以下に補強され、従って引張鉄筋の降伏によってプラスチックヒンジが形成され、その後、圧縮側コンクリートの圧壊によってヒンジが終了し部材は破壊するものとし、それぞれの時期における強度と変形を検討した。

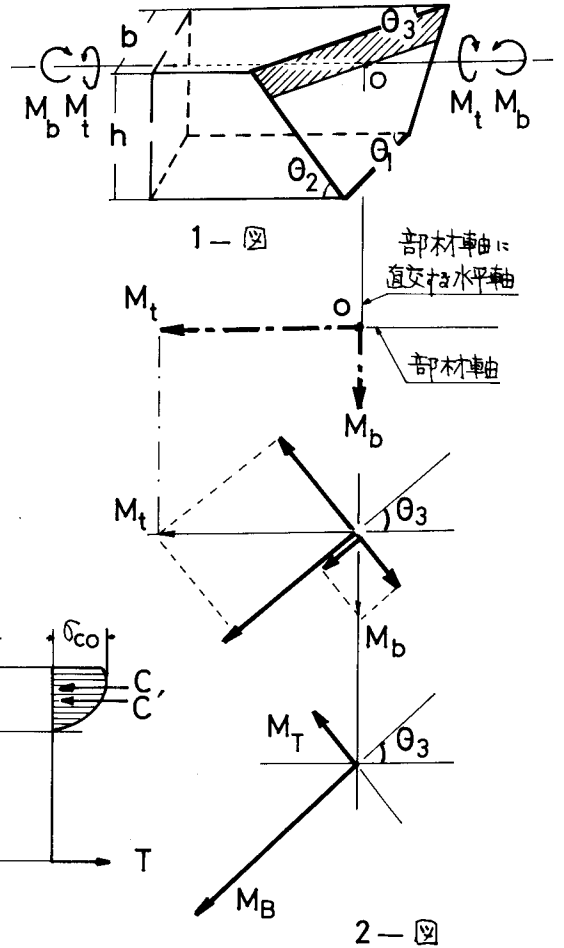
2. 仮想断面 破壊面を理想化して1-図に示す。 $\theta_1 \sim \theta_3$ は主として h/b , M_b/M_t 等によって変化する。圧縮側(斜線部分)が正の曲げモーメントの方に現われる場合について考える。モーメントをベクトル表示し、矢印に何って右廻りを正のモーメントとすれば、2-図に示すように、外力としての M_b と M_t は、破壊面に関しての部材力 M_B と M_T として作用する。

$$\left. \begin{aligned} M_B &= M_t \gamma (\cos \theta_3 + \alpha \sin \theta_3) \\ M_T &= M_t \gamma (\sin \theta_3 - \alpha \cos \theta_3) \end{aligned} \right\} (1)$$

M_{BU} が分れば、部材の破壊強度 M_{tu} , M_{bu} が得られるから、 M_{BU} を求めるために、3-図の仮想断面を仮定する。近似的に中立軸を水平と仮定し、それらの誤差を式(1)の係数 γ で補正する。

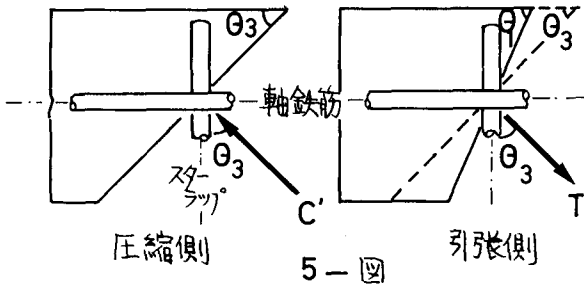
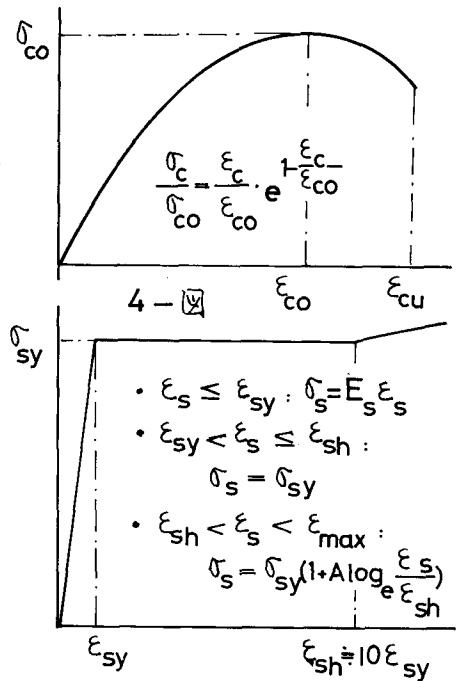


3-図



2-図

3. 仮想断面に関する抵抗モーメント 材料の応力とひずみの関係は4-図のように決める。また、仮想断面の引張側と圧縮側にはそれぞれ軸鉄筋とスターラップが配置されているが、鉄筋の配置方向と力の作用方向との関係は、5-図のように θ_3 によって決定される。コンクリートと鉄筋の応力とひずみの関係とを基礎とし、力の釣合いとひずみの条件を満足するように、仮想断面の抵抗モーメントを求めれば、次の一般式が得られる。



中立軸：

$$C_1 \eta_1 k - C_2 \eta_2 k^2 + C_3 (p \frac{\sigma_{s1}'}{\sigma_{co}} + C_4 r \frac{\sigma_{s2}'}{\sigma_{co}}) - (p \frac{\sigma_{s1}}{\sigma_{co}} + C_5 r \frac{\sigma_{s2}}{\sigma_{co}}) = 0$$

抵抗モーメント：

$$\frac{M}{bd \sigma_{co}} = C_1 \eta_1 k^2 + C_2 \eta_2 k^3 + C_3 \left\{ (p \frac{\sigma_{s1}'}{\sigma_{co}} + C_4 r \frac{\sigma_{s2}'}{\sigma_{co}}) (k - \frac{d'}{d}) + (p \frac{\sigma_{s1}}{\sigma_{co}} + C_5 r \frac{\sigma_{s2}}{\sigma_{co}}) (1 - k) \right\} \quad (2)$$

$$C_{1 \sim 5} = f(h/b, \theta_1, \theta_3) = f(h/b, \alpha), \quad \eta_{1 \sim 4} = f(\epsilon_c / \epsilon_{co})$$

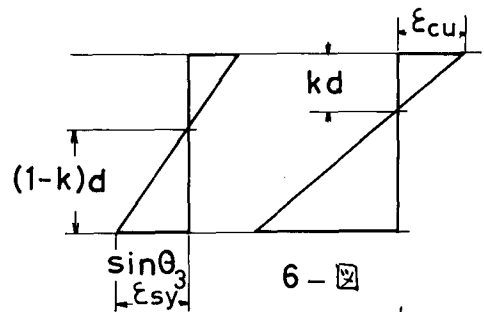
$\epsilon_s = \epsilon_{sy}$ でブラスタックヒンジが形成される。 $\epsilon_c = \epsilon_{cu}$ でヒンジが終了して部材は破壊するものとする。それぞれの場合における抵抗モーメントは、式(2)を用いて計算することが出来る。

4. 仮想断面に関する変形 断面の回転角と仮想断面に垂直な軸のまわりのねじり角について検討する。

1) 回転角 6-図から。

$$\text{ヒンジ形成時: } \phi_{sy} d = \frac{\sin \theta_3 \epsilon_{sy}}{1 - k} \quad (3)$$

$$\text{ヒンジ終了時: } \phi_{cu} d = \frac{\epsilon_{cu}}{k}$$



2) ねじり角

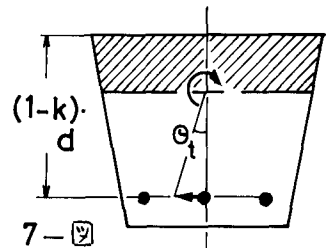
ヒンジ形成時：引張側軸鉄筋とスターラップのひずみの破壊面にそった成分の和から。

$$\theta_{tsy} d = \frac{C_6 \epsilon_{sy}}{1 - k} \quad (4)$$

ヒンジ終了時：

圧縮側コンクリートの縁ひずみから。

$$\theta_{tcu} d = \frac{C_7 \epsilon_{cu}}{k}$$



5. 部材の強度と変形

1) 強度 $M_{tsy \text{ or } tcu} = \frac{M_{Bsy \text{ or } Bcu}}{\gamma(\cos\theta_3 + \lambda \sin\theta_3)}$, $M_{bsy \text{ or } bcu} = M_{tsy \text{ or } tcu} \cdot \lambda$ (5)

2) 変形 仮想断面に関する回転角とねじり角の、部材軸方向の成分の和と部材のねじり角とし、また、それらの部材軸直角方向の成分の和と部材の断面の回転角とする。

$$\theta = \cos\theta_3 \varphi_d + \sin\theta_3 \theta_t, \quad \phi = \sin\theta_3 \varphi_d + \cos\theta_3 \theta_t \quad (6)$$

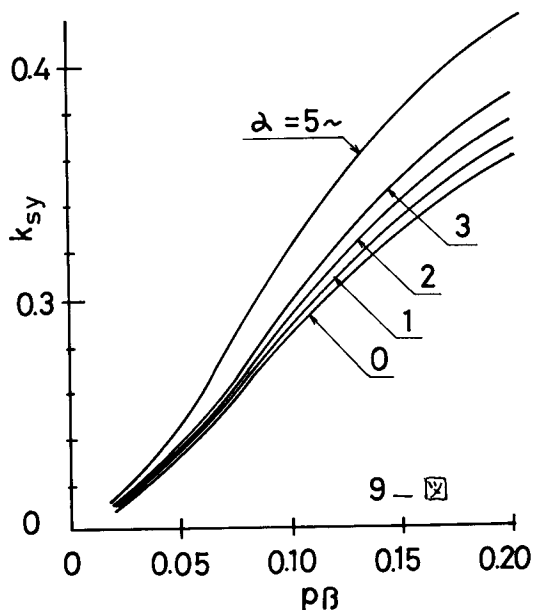
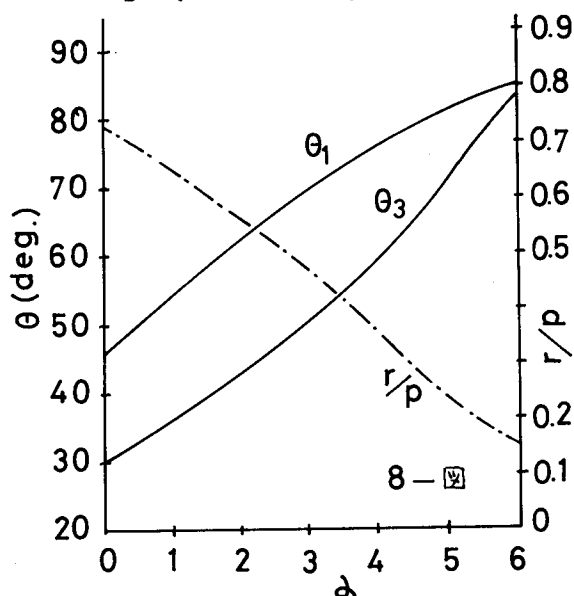
6. 数値計算 次の数値を用い、式(2)～(6) によって行なった計算の結果を 8～12-図に示す。 $h/b=1$, $\gamma=0.8$, $\varepsilon_{co}=3000 \times 10^{-6}$, $\varepsilon_{cu}=6000 \times 10^{-6}$

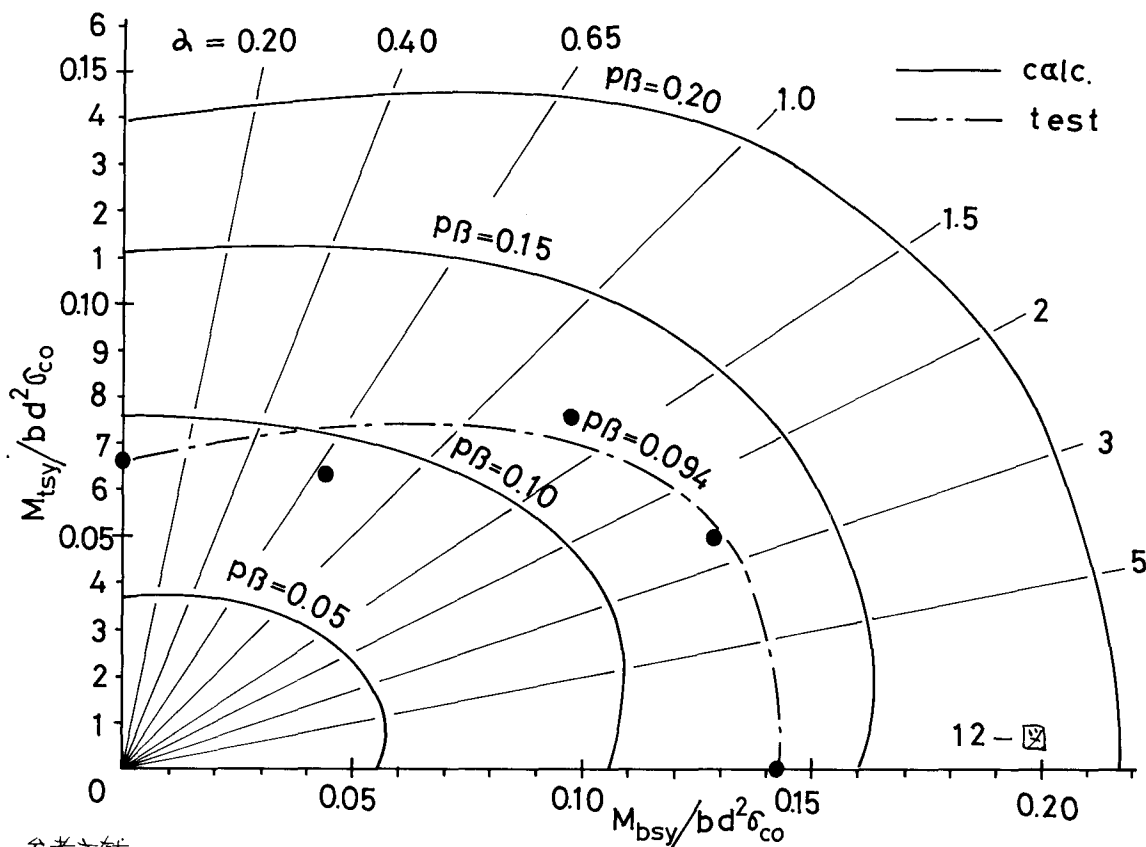
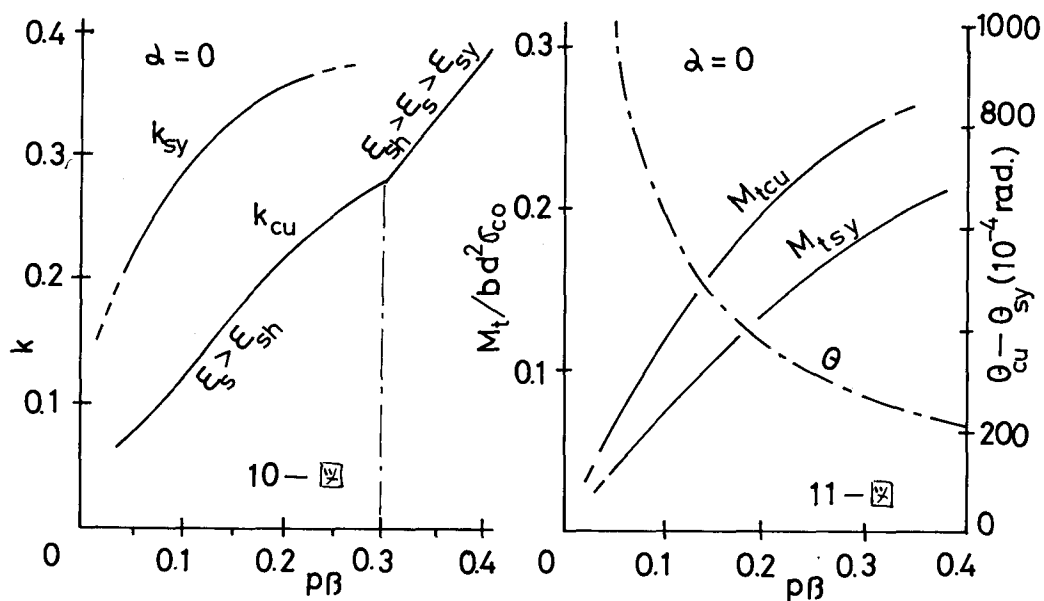
$$\sigma_{sy}=3000 \text{ kg/cm}^2, \quad E_s=2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

7. 結論 本研究では、ねじりまたは曲げとねじりを同時に受ける鉄筋コンクリート部材に形成される各種破壊面に着目して、それらの外力と **skew bending** におきかえた。そして、仮想断面に関する力の釣合いとひずみの条件から、部材の強度と変形を求める一方法を提案し、実験結果と比較的良好な近似が得られることを確認した。この方法は、強度だけでなく、従来ねじりの問題でほとんど取扱われなかった変形をも同時に評価しうる所に特色があるが、未解決の問題も多く、さらに研究を重ねる必要がある。

8. 記号

A_s, A'_s : それぞれ、圧縮側と引張側の軸鉄筋断面積, $p=A_s/bd$, $p'=A'_s/bd$
 a_{sv}, a'_{sv} : " " スターラップ断面積, $r=a_{sv}/bs$, $r'=a'_{sv}/bs$
 b, h : " " 断面の短辺と長辺の長さ, M_t, M_b : ねじりモーメントと曲げモーメント
 M_B, M_T : 仮想断面に作用する、曲げ部材力と回転部材力 s : スターラップ間隔
 φ_d, ϕ : それぞれ、仮想断面と部材の回転角, θ_t, θ : 同じく、ねじり角
 $\lambda = M_b/M_t$, $\beta = \sigma_{sy}/\sigma_{co}$, γ : 補正係数





参考文献

神山一：鉄筋コンクリートはりのプラスチックヒンジの特性，昭和46年度土木学会年次講演概要
 Tung Au: Ultimate Strength Design of Rectangular Concrete Members Subjected to Un-symmetrical Bending, Journal of ACI, Feb, 1958, p.657, ほが多数