

(1) 要旨 ねじりを与える部材の横断面に生じたそりが拘束され、さらに、断面のせん断中心を外れて通る部材軸に属する「偏心ねじりモーメント」が作用するとき、二次的曲げモーメントが誘起される。ここでは、外力としての曲げモーメントとともに偏心ねじりモーメントが作用し、端部固定によって断面のそりが拘束される場合のG.G.ひびについて検討する。

(2) 記号 M_t : 固有ねじり中心に関するねじりモーメント, M_{te} : 偏心ねじりモーメント, M_b : 外力としての曲げモーメント, M'_b : ねじり偏心による二次的曲げモーメント, M''_b : M_b と M'_b との合成曲げモーメント, $\alpha = M_b/M_{te}$, k_{1-3} : ねじり定数, σ_b : コンクリートの曲げ強度, e : 断面のせん断中心と作用ねじり中心との偏心距離, θ : ねじり率, θ : ねじり角

(3) 断面力

a) M_{te} によるもの Fig. 1 について考える。Fig. 2 において、点 O (せん断中心) に関するねじりモーメントは、 $M_t = M_{te} - P \cdot e$ である。ここで、点 O' (作用ねじり中心) が移動しないことを条件に P を決定する。このため、Fig. 3-1 のように断面が点 O と中心として回転し、つぎに Fig. 3-2 のように P によって点 O が旧位置に戻るものと考えれば、 $I = I_x \sin^2 \varphi' + I_y \cos^2 \varphi'$ として、

$$P = \frac{I}{1+\gamma} \frac{M_{te}}{e}, \quad M_t = \frac{\gamma}{1+\gamma} M_{te}, \quad M'_b = \frac{1}{2(1+\gamma)} \frac{l}{e} M_{te}, \quad \gamma = \left(\frac{G}{E}\right) \left(k_2 \frac{b^3 h}{12I}\right) \left(\frac{l}{e}\right)^2 \quad \text{----- (1)}$$

b) M_{te} と M_b によるもの このとき、 M_t と M'_b が作用する。 M''_b は Fig. 4 から、

$$\left. \begin{aligned} M''_b &= M'_b \cdot \frac{\sqrt{\left(\frac{M_b}{M'_b} + \sin \varphi'\right)^2 + \cos^2 \varphi'}}{\cos \varphi'} = \frac{M_{te}}{A_1}, \quad A_1 = \frac{2(1+\gamma) \frac{e}{l}}{\sqrt{\{2\alpha(1+\gamma) \frac{e}{l} + \sin \varphi'\}^2 + \cos^2 \varphi'}} \\ \varphi'' &= \frac{\pi}{2} - \tan^{-1} \frac{M'_b \cos \varphi'}{M_b + M'_b \sin \varphi'} = \frac{\pi}{2} - \tan^{-1} \frac{\cos \varphi'}{2\alpha(1+\gamma) \frac{e}{l} + \sin \varphi'} \end{aligned} \right\} \quad \text{----- (2)}$$

(4) G.G.ひび強度 M_t のせん断応力度と M''_b の垂直応力度による主応力度が σ_b をこえるときに G.G.ひびが発生するものとする。G.G.ひび強度は次のうち最小値である。式(3)による数値計算例と表・1 に示す。

$$\left. \begin{aligned} \frac{M_{te}(A, E)}{b^2 h \sigma_b} &= \frac{A_1 A_2}{\pm 1 + \sqrt{1 + (A_2 A_4)^2}}, \quad A: +, E: -, \quad \frac{M_{te}(B, F)}{b^2 h \sigma_b} = \pm \frac{A_1 A_3}{1 + \frac{b}{h} \cot \varphi''} \\ \frac{M_{te}(C, G)}{b^2 h \sigma_b} &= \frac{2 A_1 A_3}{\pm 1 + \sqrt{1 + (2 k_3 A_3 A_4)^2}}, \quad \text{以下同じ} \quad \frac{M_{te}(D, H)}{b^2 h \sigma_b} = \pm \frac{A_1 A_3}{1 - \frac{b}{h} \cot \varphi''} \\ A_2 &= \frac{4I}{b^3 h} \sec \varphi'', \quad A_3 = \frac{A_2}{2} \cdot \frac{b}{h} \cot \varphi'', \quad A_4 = \frac{A_1}{k_1} \frac{\gamma}{1+\gamma} \end{aligned} \right\} \quad \text{----- (3)}$$

M_b が作用しないときは、 $\alpha = 0$ とし、 $\varphi'' = \varphi'$ 、 $M''_b = M'_b$ となり、従って $A_1 = 2(1+\gamma) \frac{e}{l}$ として上式を用いる。

(5) G.G.ひび発生による釣合機構の変化 G.G.ひび発生とともに釣合機構は全く変化する。“double skew bending” の状態となる。モーメントをベクトル表示し、Fig. 5 において M_b は x 軸に M_t は z 軸に一致し、 M'_b は y 軸に対して傾斜しているものとして示せば、

xy 平面: M_t と $M_b \rightarrow M'_B$ と M_T (Fig. 6), xy' 平面: M'_B と $M'_b \rightarrow M_B$ (Fig. 7)

従って、Fig. 9 に示すような仮想断面部材に M_B と M_T が作用するものとして、部材の破壊強度と変形とを求めることができる。このとき、ねじり偏心距離は、中立軸の移動に伴って変化する。

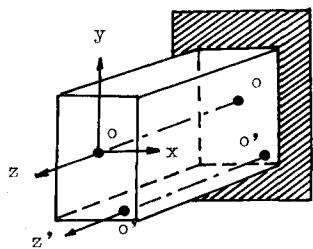


Fig. 1

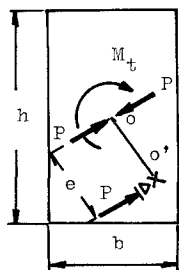


Fig. 2

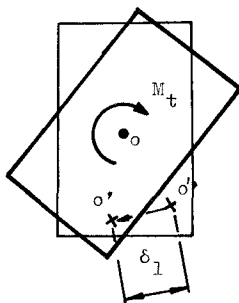


Fig. 3-1

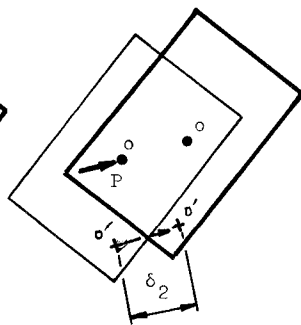


Fig. 3-2

Table 1: $M_{te(cracking)}/b^2 h \sigma_b$ ($1/e=10$)

h / b	1.0		1.6		No.
	α	0	1.0	0	
ϕ' (deg)	0	0.1483	0.0703	0.1771	0.0588 1)
	45	0.1677	0.0836	0.2088	0.0945 2)
	90	0.1483	0.1088	0.1788	0.1766 3)
	135	0.1677	0.1515	0.1929	0.1882 4)
	180	0.1483	0.2036	0.1771	0.1670 5)
	225	0.1677	0.1667	0.2088	0.2383 6)
	270	0.1483	0.1364	0.1788	0.1475 7)
	315	0.1677	0.0747	0.1929	0.1009 8)

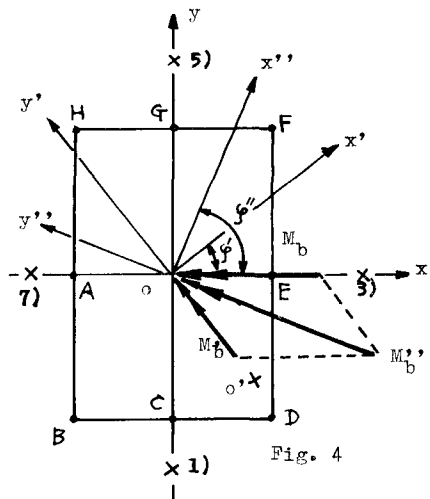


Fig. 4

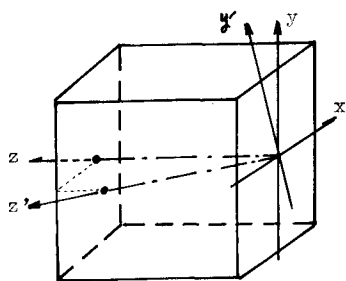


Fig. 5

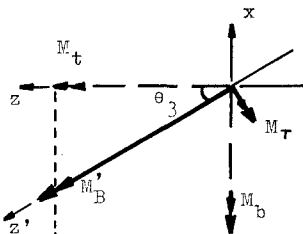


Fig. 6 (zx-平面)

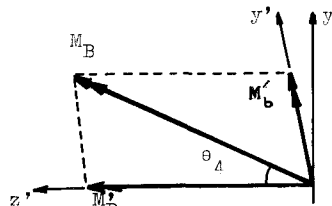


Fig. 7 (z'y-平面)

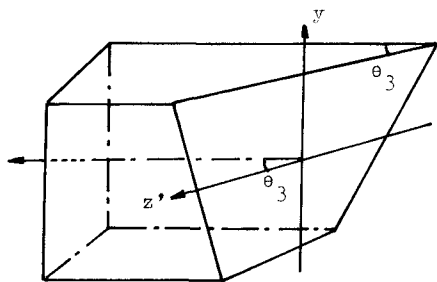


Fig. 8

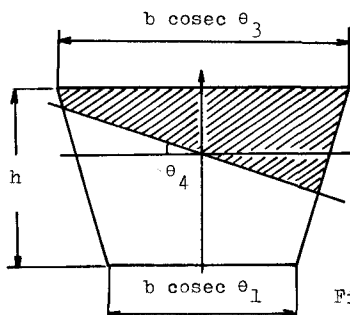


Fig. 9