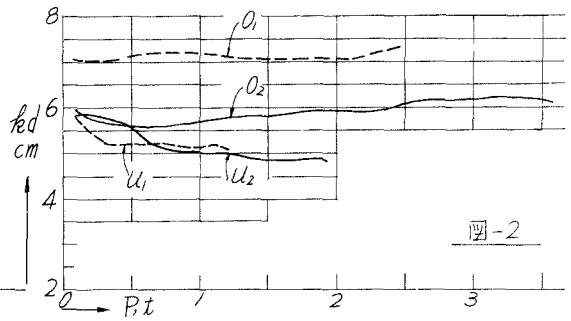
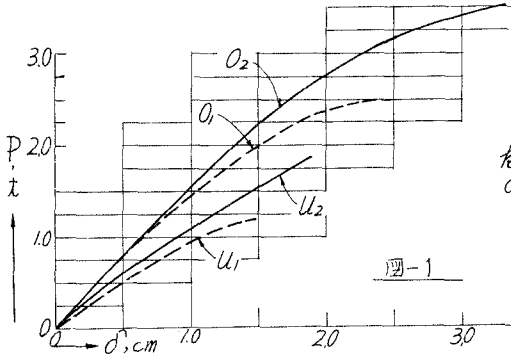


Ⅳ-81 鉄筋コンクリートばりの撓みについての考察

山口大学 正員 加賀美一三

低鉄筋並びに過鉄筋コンクリートばりの3m供試体について、スパン2.4mとし全間中央1点荷重並びに3等分荷重にて、荷重当初より破壊にいたるまで撓みを測定した結果およびひずみ測定値より求めた中立軸位置値 $x (= \bar{e}d)$ は図-1および図-2である。



いま、鉄筋コンクリートばりの撓み値の考察に当り、撓み式を次のように求めてみることにする。すなわち、はりの中立軸に関して1次モーメントをとると

$$M_x = \int \sigma_c v \, dv + \sigma_s A_s (d - \bar{e}d) = \sigma_c \left\{ \int \frac{v}{y} \, dv + \sigma_s A_s (d - \bar{e}d) \right\}$$

$$\sigma_c = \frac{M_x}{\int \frac{v}{y} \, dv + \sigma_s A_s (d - \bar{e}d)}$$

はりの曲率半径の一般式に、 σ_c の関係を代入すると

$$\frac{1}{\rho} = - \frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{\sigma_c v}{v E} = \frac{M_x}{\int \frac{v}{y} \, dv + \sigma_s A_s (d - \bar{e}d)} \cdot \frac{v}{y} \cdot \frac{1}{v E}$$

$$\therefore \delta = \frac{- \iint M_x \, dx \, dx}{E y \left\{ \int \frac{v}{y} \, dv + \sigma_s A_s (d - \bar{e}d) \right\}} \quad (1)$$

この δ の式は、コンクリートの圧縮帯、引張帯の関係より $\alpha = \sigma_c / \sigma_s \div 10$ と考えると

$$\delta = \frac{- \iint M_x \, dx \, dx}{E y \left\{ \int_0^y \frac{v}{y} \, dv + \int_0^y \frac{1}{\alpha} \frac{v}{y} \, dv + \sigma_s A_s (d - \bar{e}d) \right\}} \quad (2)$$

(2)式の分母値をひびわれ前の弾性域とひびわれ後と考え、荷重時のひびわれ深さを e とし、鉄筋コンクリートばりの特性より近似的に $\sigma \in \sigma_y (= \sigma_{sy} / \sigma_{cy})$ と仮定すると

$$\text{弾性域:} \quad \delta = \frac{- \iint M_x \, dx \, dx}{E \left\{ \frac{b \bar{e} d^3}{3} + \frac{1}{\alpha} \frac{b (h - \bar{e}d)^3}{3} + \sigma_y A_s (d - \bar{e}d) \right\}} \quad (3)$$

ひびわれ後の領域:~

$$\delta = \frac{- \iint M_x \, dx \, dx}{E \left\{ \frac{b \bar{e} d^3}{3} + \frac{1}{\alpha} \frac{b (h - e - \bar{e}d)^3}{3} + \sigma_y A_s (d - \bar{e}d)^2 \right\}} \quad (4)$$

(3)(4)式中の $\bar{e}$ 値は、実験よりの測定値によらない場合には、(3)式にてははり上縁を軸とする断面1次モーメントより求めた $\bar{e}$ 値、(4)式にては低鉄筋の場合には $\bar{e} = \rho \sigma_y / u$ 、過鉄

筋の場合には $f_c = (-5250P + \sqrt{5250P^2 + 4\mu\sigma_y \times 5250P}) / 2\mu\sigma_y$ にて計算した値が近似的に用いてよいと考えられる。

(3), (4)式中の分子値は既知の通りにて, 1 変荷重の場合は $Pl^3/48$, 2 変荷重の場合は $(Pa/4)(l^3/4 - a^2/3)$ である。

いま, 実験した供試体について計算してみることにする。

表 1 f_{cd} 値

実験ばりの種類	実験の f_{cd} cm	計算式による f_{cd}		
		弾性域(1次モメント式による)	弾塑性限附近	破壊変(5.6式による)
U ₂	5.9 → 4.9 (小)	2.52	$(2.52 + 1.94)/2 = 2.23$	2.19
O ₂	5.8 → 6.1 (大)	5.60	$(5.6 + 6.24)/2 = 5.92$	6.80
U ₁	5.7 → 5.3 (小)	2.52	$(2.52 + 2.91)/2 = 2.71$	1.94
O ₁	7.0 → 7.3 (大)	8.50	$(8.50 + 6.80)/2 = 7.65$	6.24

低鉄筋ばりの場合は, 破壊がひびわれの進行とともに急激に生ずるものであるから, 実験上の f_{cd} 値は計算上の f_{cd} 値に落つくものと考えられる。

この f_{cd} 値を用い, δ を計算すると

実験ばりの種類	荷重 (kg)	実験 f_{cd} による撓値 (cm) (ひびわれ加味)	弾性域の f_{cd} による撓値 (cm)	弾塑性限附近の f_{cd} による撓値 (cm)	計算式による破壊の場合の f_{cd} による撓値 (cm)	実験撓 (cm)	摘 要
U ₂	750	0.70	0.39	—	—	0.67	ひびわれ深さ 2cm
	1750	1.61	1.45	1.55	—	1.72	ひびわれ深さ 8cm $a=14$ cm であるから $f_{cd}=6$ cm とし計算 (f_{cd} の計算値は 2.52cm)
	1850	1.75	—	—	1.22	1.90	ひびわれ深さ 9cm
O ₂	550	0.30	0.29	—	—	0.32	ひびわれ深さ 5cm
	2750	2.05	2.00	—	—	1.98	ひびわれ深さ 5cm
	3350	2.64	2.82	2.90	—	2.77	ひびわれ深さ 5cm
	3550	3.05	—	—	3.05	3.29	ひびわれ深さ 7cm
U ₁	300	0.23	0.17	—	—	0.20	ひびわれ深さ 8cm, $a=14$ cm であるから $f_{cd}=6$ cm とし計算 (f_{cd} の計算値は 2.52cm)
	1100	1.02	0.98	1.03	—	1.16	ひびわれ深さ 8.5cm
	1200	1.48	—	—	1.09	1.48	ひびわれ深さ 8.5cm
O ₁	600	0.33	0.29	—	—	0.38	ひびわれ深さ 0.5cm
	2300	1.49	1.28	1.44	—	1.80	ひびわれ深さ 4cm
	2470	2.21	—	—	2.23	2.50	ひびわれ深さ 4cm

以上の δ 値の実測値と計算式を比較すると, 実測 f_{cd} 値によれば実測 δ 値にほとんど一致する結果が得られるが, 設計上は計算式のみよりの f_{cd} 値により δ 値の関係を処理する必要があるのであるが, δ 値の計算表のごとく弾性域, 弾塑性限附近, 破壊変の場合の f_{cd} 値を用いれば, 実測撓みにかなり近い値が得られるので, この方法によってもよいと考えられる。また, 破壊変の撓み計算はいままで容易でないとされているが, 本計算にて (4) 式分母大括弧中の第 2 項は極めて小値となるので無視して計算して, かなりの結果値が得られる。

参考: 坂静雄, 鉄筋コンクリートばりの型性, 日本セメント技術協会ラキスト
神山一, 鉄筋コンクリート