

N-42 曲げひびわれを考えた中空円形鉄筋コンクリート部材の応力解析

岐阜大学工学部 正員 井上肇

遠心力鉄筋コンクリートくいの設計の基準

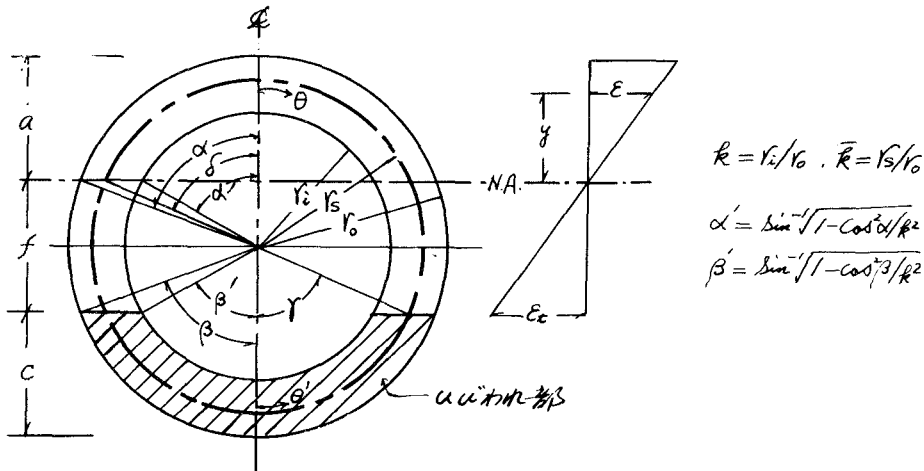
- くいの長さ95%のスパンをもつはりとして与えたとき、その自重だけで中0.2mm以上のひびわれを生じない(丁工5 A5310, 曲げ試験)
- 与えられた曲げモーメントに対して、通常の鉄筋コンクリート理論による。
- 部材としての極限強さ

等が考えられるが、ここでは、主として条件Aに対応する応力解析を試みた。

1. 曲げひびわれを考えた部材の応力解析

中空円形断面の鉄筋コンクリート部材に曲げひびわれが入り、その引張り部のコンクリートの引張り強さを考えるならば、次のような仮定により式(1)への2つの未知量についての方程式が得られる。

- コンクリートの弾性係数 $E = E_0 e^{AE^0}$ (E : ひずみ, E_0 : $\varepsilon = 0$ における E , A, B : 常数)
- 曲げによる断面の偏平化は生じない。
- ひびわれ終端での応力集中は無視する。
- 変形後の断面には Bernoulli Euler の仮定が成立する。
- 鉄筋は半径 r_0 の円周上に円筒状に配置されている。



$$k = r_i / r_o, \bar{k} = r_s / r_o$$

$$\alpha' = \sin^{-1} \sqrt{1 - \cos^2 \alpha / k^2}$$

$$\beta' = \sin^{-1} \sqrt{1 - \cos^2 \beta / \bar{k}^2}$$

$$E_y = \frac{y}{f} E_t \quad (1)$$

$$2r_o^2 E_0 \bar{E} \left[\left(\int_0^{\pi} F_1(\theta, 1, 1) d\theta - k^2 \int_0^{\pi} F_1(\theta, k, 1) d\theta \right) - \left(\int_{\pi}^{2\pi} F_1(\theta, 1, -1) d\theta - k^2 \int_{\pi}^{2\pi} F_1(\theta, k, -1) d\theta \right) \right] - \bar{E} E_s A_s \cos \alpha = 0 \quad (2)$$

$$M = 2r_o^2 E_0 \bar{E} \left[\left(\int_0^{\pi} F_2(\theta, 1, 1) d\theta - k^2 \int_0^{\pi} F_2(\theta, k, 1) d\theta \right) + \left(\int_{\pi}^{2\pi} F_2(\theta, 1, -1) d\theta - k^2 \int_{\pi}^{2\pi} F_2(\theta, k, -1) d\theta \right) \right] + \frac{r_o}{2} E_s \bar{E} (k^2 r^2 \cos^2 \alpha) \quad (3)$$

$$\therefore \bar{E} = \frac{E_t}{\cos \alpha + \cos \beta}$$

$$F_1(x, y, z) = \sin^2 \alpha \cdot (y \cos \alpha - z \sin \alpha) e^{-A} (y \cos \alpha - z \sin \alpha) \bar{E}^3 \quad (4)$$

$$F_2(x, y, z) = y (\cos \alpha - z \sin \alpha) \cdot F_1(x, y, z) \quad (5)$$

$$\sigma_{cc} = E_0 \bar{E} (1 - \cos \alpha) \cdot e^{-A} (\bar{E} (1 - \cos \alpha))^B \quad (6) \quad \sigma_{st} = E_s \cdot \bar{E} \cdot (x - \cos \alpha) \quad (7)$$

与えられた曲がモーメント M に対して (2), (3) は未知量 α , β に関する 2 元連立 (非線形) 方程式となり、その解は実に莫大の T_{trial} を要する。さらにいびわれについては鉄筋とコンクリートの所着応力が一変とし、2 つのいびわれの中央で極限の引張状態になっているとすれば次の式が成り立つ。

$$2E_0V_0^2\bar{E}\left[\left(\int_0^{\pi-K}F_1d\alpha - K^2\int_0^KF_1d\alpha\right) - \left(\int_0^{\pi-K}F_2d\alpha - K^2\int_0^KF_2d\alpha + \frac{E_s\bar{E}}{\pi}A_s\left\{\int_0^{\pi-K}(\bar{r}\cos\alpha - \cos\alpha)d\alpha - \int_0^K(\bar{r}\cos\alpha + \cos\alpha)d\alpha\right\}\right) - (A_{sc}\cdot\sigma_{s,max} - U_c\cdot T_{b,av}\cdot x)\right] = 0 \quad (8)$$

$$M = 2E_0V_0^3\bar{E}\left[\left(\int_0^{\pi-K}F_2d\alpha - K^2\int_0^KF_2d\alpha\right) + \left(\int_0^{\pi-K}F_3d\alpha - K^2\int_0^KF_3d\alpha\right)\right] + \frac{E_s\bar{E}V_0A_s}{\pi}\left[\int_0^{\pi-K}(\bar{r}\cos\alpha - \cos\alpha)^2d\alpha + \int_0^K(\bar{r}\cos\alpha + \cos\alpha)^2d\alpha\right] + (A_{sc}\cdot\sigma_{s,max} - U_c\cdot T_{b,av}\cdot x) \cdot x \quad (9)$$

ここで A_{sc} ; いびわれ部にある鉄筋断面積

U_c ; いびわれ部の鉄筋の周長

$\sigma_{s,max}$; いびわれ部での A_{sc} の平均応力度

$T_{b,av}$; 平均所着応力

x ; いびわれの間隔

(8), (9) は α , β の値についての連立方程式である。

2. 電子計算機による計算

(3), (4) および (8), (9) は前述のように莫大の T_{trial} 演算を必要とするため、これらの計算は電子計算機にて実行させた。計算は $\beta = 0$ の場合について、 $\bar{E}^{A_2}/\bar{E}^{A_1} = 0.8$ (A_1, A_2 ; 圧縮および引張に対する係数) として実行した。そのうちの一部が表-1 である。

SCA	SCT	TAV	SSA	SB	SSY	MYU	N
15.0	30.0	20.0	2100.	380.	3000.	0.80	8.0

L	RD	RI	RS	AS	MG	D	NB
15.00	25.00	17.0	22.0	22.00	6.410+05	0.00	0.0208

STRESS & CRACK DUE TO GIVEN MOMENT

1.1067	1.7567	6.4126+05	30.0	78.8	1515.2	493.4	7.60-03	25.4
63.41	100.65	13.81	6.57	29.62	1.4834	1.1238+05	1	

RESIST. MOMENTS (CRACKED)

1.5199	0.0000	3.7565+05	30.0	33.9	265.7	236.7	0.00-40	9999.0
87.09	0.00	23.73	26.27	0.00	1.5199	2.6316+05	2	

RESIST. MOMENT (STEEL OR LONCRETE)

1.0949	1.8411	8.7552+05	30.0	106.3	2099.7	661.9	1.54=02	33.6
62.73	105.48	13.55	4.78	31.67	1.4959	1.1160+05	1	

RESIST. MOMENT (ORDINARY)

8.6391+05	102.8	2100.0	0.2646	13.23	1.081	1		
ULTIMATE MOMENT		MU = 1.4122+06.	0.644					