

柳 長 大 橋 設 計 セ ン タ ー
神 戸 大 学 工 学 部

正 会 員 〇 堀 村 雄 佑
藤 井 孝

PC定着部の補強方法としては、従来弾性状態における応力分布を求め、その引張応力の分布形よりコンクリートの引張応力以上の部分において補強鉄筋を配置する方法と、実験的にその補強配筋量を決定する方法とがとられている。前者においては、配筋量は応力分布より求められる引張応力と鉄筋量の応力的バランスによってその量が決定されており、ひびわれ発生時の変形量（ひびわれ中）にこの考慮があまりなされていない。コンクリート構造物として、強い腐蝕環境にあるもの、あるいは水密性を要求されるもの等においては、これらの定着部分における局所的な応力状態についても、ひびわれのコントロールが必要とされる場合が考えられる。ここでは、中面埋込み定着部分の応力状態を例にとり、有限要素法によって応力解析を行ない、かつ、ひびわれの発生した場合を想定して、その応力・変形状態を求め、これらの結果とコンクリート中に埋め込まれた鉄筋のすべり性状とを組み合わせることによって、ひびわれのコントロールを行なう方法を提案する。

(1) 無補強の場合のモデルの応力、変形性状

図-1に示すときPC定着体によるコンクリート内部における応力状態は、G. Franz¹⁾によれば、図-1aに示すごとくとなっている。その補強法としては、定着力の25%に相当する鉄筋量を定着体の後方に配置する様に述べている。この定着部補強法では、定着体背面のひびわれに対して、そのひびわれ中のコントロールという面からみれば、あまり効果が期待できなない。

本研究は、図-2に示すモデルを考へ、

- i) ひびわれのない場合の応力分布
- ii) 定着体背面にひびわれを想定
- iii) 定着体前方にもひびわれを想定

の3ケースについて有限要素法によって解析し、さらには想定補強筋位置において単位作用力によるひびわれ中の減少量を求めた。プレストレス導入時($P=50^t$)におけるiii)ケースのひびわれ中は以下の通りである。

$$\left. \begin{aligned} \delta_A &= 0.0787^{mm} \\ \delta_B &= 0.0301^{mm} \\ \delta_C &= 0.0834^{mm} \end{aligned} \right\} \dots (1)$$

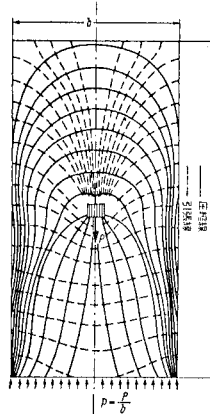


図-1a 応力分布

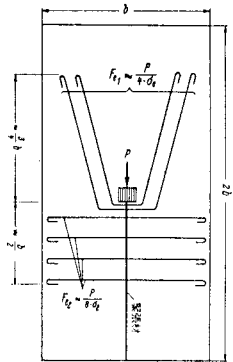


図-1b 補強筋配置

上記のひびわれ中は補強筋を考えた場合であり、コンクリートのクリープ進行も考慮すれば、その値は数倍に達することになる。図-3にii)ケースにおける応力性状を示す。

(2) 補強筋を考慮した場合のひびわれ中の変化

図-2aに示されたA, B両翼に補強筋(D13^{mm}×2本)が配筋されている場合を考えてみる。両翼にそれぞれひびわれ中を減少させるように単位力 $X_A=1.0$, $X_B=1.0$ を作用させた場合、各翼のひびわれ中の減少量は、

$$\left. \begin{aligned} X_A=1.0^t \quad \delta_A &= 0.0088^{mm}, \delta_B = 0.0028^{mm}, \delta_C = 0.0082^{mm} \\ X_B=1.0^t \quad \delta_A &= 0.0028^{mm}, \delta_B = 0.0089^{mm}, \delta_C = 0.0027^{mm} \end{aligned} \right\} (2)$$

である。一方、D13^{mm}筋の引抜き実験(両引き)によれば、荷重と発生ひびわれ中の関係は図-4に示すごとく

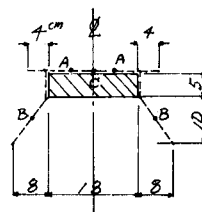


図-2a 想定ひびわれ

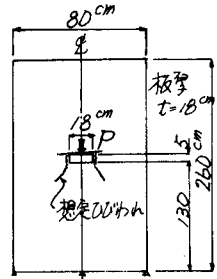


図-2b 算定モデル

くほぼ比例関係にあり、その比例定数は $k=0.05^{mm}/\mu$ となっている。
したがって、この数値を用いて、補強筋がある場合のひびわれ中を計算
すると、以下のとおりとなる。

$$\begin{aligned} \delta_A &= 0.0787 - 0.0088 X_A - 0.0028 X_B = 0.025 X_A \\ \delta_B &= 0.0301 - 0.0028 X_A - 0.0059 X_B = 0.025 X_B \end{aligned} \quad \dots (3)$$

$$\therefore X_A = 2.205^{\mu}, X_B = 0.796^{\mu} \quad \dots (4)$$

$$\delta_c = 0.0834 - 0.0082 X_A - 0.0027 X_B = 0.063^{mm} \quad \dots (5)$$

$$\sigma_s = 2.205^{\mu} / 2 \times 1.267^{cm^2} = 870^{kg/cm^2} \quad \dots (6)$$

(3) クリープ変形を考慮した場合のひびわれ巾の変化

クリープ変形を考えた場合、 Δt 時間におけるひびわれ巾の釣合を考え、

$\Delta \delta_A, \Delta \delta_B$; A 梁, B 梁におけるひびわれ巾の増分

$\Delta \varphi$; クリープ係数の増分

$\Delta P_A, \Delta P_B$; 補強筋の応力増分

$\Delta \delta_{PA}, \Delta \delta_{PB}$; $X_A=1, X_B=1$ による A 梁のひびわれ
巾の増分

$\Delta \delta_e, \delta_e$; A, B 梁の無補強におけるひびわれ巾

とすれば、

$$\begin{aligned} \Delta \delta_A &= \Delta \delta_e \Delta \varphi + (\delta_{PA} \Delta P_A + \delta_{PB} \Delta P_B) + (\delta_{PA} P_A + \delta_{PB} P_B) \Delta \varphi \\ \Delta \delta_B &= \delta_e \Delta \varphi + (\delta_{PA} \Delta P_A + \delta_{PB} \Delta P_B) + (\delta_{PA} P_A + \delta_{PB} P_B) \Delta \varphi \end{aligned} \quad \dots (7)$$

ここで

$$\Delta \delta_A = \Delta P_A \cdot K_A \quad \Delta \delta_B = \Delta P_B \cdot K_B \quad \dots (8)$$

とすれば、(7)式は以下のとおりとなる。

$$\begin{aligned} \Delta \delta_e \Delta \varphi + (\delta_{PA} K_A) \Delta P_A + (\delta_{PB} K_B) \Delta P_B + (\delta_{PA} P_A + \delta_{PB} P_B) \Delta \varphi &= 0 \\ \delta_e \Delta \varphi + (\delta_{PA} K_A) \Delta P_A + (\delta_{PB} K_B) \Delta P_B + (\delta_{PA} P_A + \delta_{PB} P_B) \Delta \varphi &= 0 \end{aligned} \quad \dots (9)$$

A 梁の位置において、B 梁の補強筋の影響が少な

いのので、(9)式において B に関する項を省略すると、

$$(\delta_e + \delta_{PA} K_A) \frac{d\varphi}{dt} + (\delta_{PA} K_A) \frac{dP_A}{dt} = 0 \quad \dots (10)$$

$$\therefore \delta_e + \delta_{PA} K_A = \text{EXP} \left\{ \frac{\delta_{PA}}{\delta_e + \delta_{PA} K_A} \cdot (C - \varphi) \right\} \quad \dots (11)$$

$t=0, \varphi=0, P_A=P_{A0}$ の境界条件では

$$C = \frac{\delta_{PA} K_A}{\delta_e + \delta_{PA} K_A} \cdot \ln(\delta_e + \delta_{PA} K_A \cdot P_{A0}) \quad \dots (12)$$

となる。

$$\varphi = 3.0, \delta_e = 0.0787^{mm}, \delta_{PA} = -0.0088^{mm/\mu}, K_A = 0.025^{mm/\mu} \quad \text{とすれば、}$$

$$C = -10.851, P_A = 5.853^{\mu} (\sigma_s = 2310^{kg/cm^2}), \delta_A = 0.146^{mm}$$

を得る。コクリートのクリープ変形にともなうひびわれ巾の変化については、補強試験等が現在研究中であり、後日報告したい。

参考文献

1) G. フラッツ, 立花量吉訳; 鉄筋コクリート構造学, 鹿島出版会 pp 91~95

2) 藤井, 北村, 荒木; プレテンション工法橋脚部の水平ひびわれ巾制御について, プレストレスコクリート Vol 16, No. 6 pp 44~51

3) H. リュッス, D. ユングベルト, 百島祐信訳; コクリート構造物のクリープと乾燥収縮, 鹿島出版会

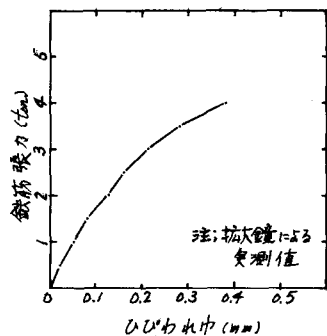


図-4 鉄筋引抜き試験結果

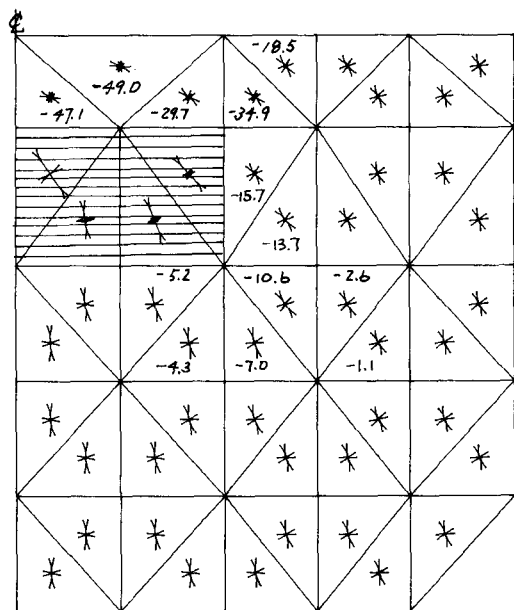


図-3 演算モデル・応力分布例 (部分拡大図)
図中数字は要素主引張応力 (kg/cm^2)