

## PC中間定着部のひびわれ制御に関する2, 3の考察

神戸大学工学部 正員 藤井 学  
 大阪市役所 正員 梶本 俊  
 神戸大学大学院 山沢正史  
 松尾橋梁(株) 安井 亨

## 1. はじめに

PC中間突起定着部に生じる局部応力に注目し、それに起因するひびわれが発生した場合のひびわれ幅制御法について検討を行い、またひびわれ幅に及ぼす諸要因に対して考察した。

## 2. 解析計画

T形橋の床版支間中央部に突起を設けPC鋼材が定着された場合を想定し、図1に示すようにモデル化を行った。有限要素法による定着部の応力解析結果を参考にして、図2に示す位置および方向にひびわれを設定した。また同図に補強筋配置位置も示した。この想定ひびわれへの影響要因として、鉄筋量、鉄筋配置位置、鉄筋径(付着長)、鋼材曲げ上げ角 $\theta$ 、コンクリートのクリープを選び数値解析を行った。

3. 鉄筋によるひびわれ制御法<sup>1), 2)</sup>

1) 仮定: ①鉄筋とコンクリートは弾性体, ②鉄筋の付着応力は三角形分布(図3参照), ③鉄筋の付着長は鉄筋径により一定( $D10$ は $15\text{cm}$ ,  $D13$ は $20\text{cm}$ )。

2) プレストレス導入時: 図3のようにひびわれ面に鉄筋が配置された場合を考え、鉄筋位置におけるひびわれ幅変化量を図4に、また各記号を表1に定義する。仮定①より重ね合わせが成立し、変位の適合条件は、 $W_i^0 = W_i + \sum_{j=1}^N \delta_{ij} \dots (1)$

コンクリートの局部変位、鉄筋の伸び量およびひびわれ幅の関係は、 $\Delta \delta_i = \Delta l_i \sin \theta_i - W_i \dots (2)$

③の仮定より鉄筋の伸び量は、

$$\Delta l_i = (2l_i / 3 A_{si} E_s) V_i \dots (3)$$

変位 $\delta_{ij}$ と $\delta_{ij}^0$ は $V_j$ に比例すると考えると、

$$\delta_{ij} = a_{ij} V_j \dots (4), \quad \delta_{ij}^0 = b_{ij} V_j \dots (5)$$

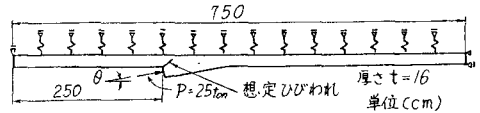


図1 解析対象モデル

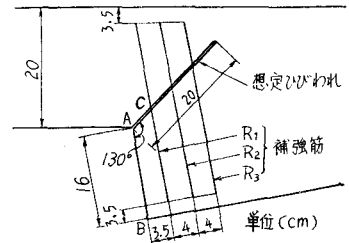


図2 想定ひびわれと補強筋例

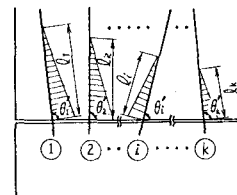


図3 鉄筋番号と付着応力分布

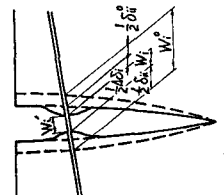


図4 ひびわれ幅変化量の定義

表1 解析で用いる記号

| 記号                | 説 名                                                        |
|-------------------|------------------------------------------------------------|
| $W_i$             | 位置 <i>i</i> における補強を考慮しない場合のひびわれ幅                           |
| $W_i^0$           | 補強後のひびわれ幅                                                  |
| $W_i^1$           | 鉄筋の抜け出し量                                                   |
| $V_i$             | 鉄筋の引張力                                                     |
| $\delta_{ij}$     | $V_j$ によって位置 <i>i</i> に生じるひびわれ幅減少量                         |
| $\delta_{ij}^0$   | $\delta_{ij}$ のうち、コンクリートの全体的変位(ひびわれ面に対し垂直な成分)              |
| $\Delta \delta_i$ | $\delta_{ij}$ のうち、 $V_i$ によって生じるコンクリートの局部変位(ひびわれ面に対し垂直な成分) |
| $a_{ij}$          | $V_j$ が単位力かとのときの $\delta_{ij}$ の値                          |
| $b_{ij}$          | 鉄筋の伸び量                                                     |
| $\Delta l_i$      | 位置 <i>i</i> における鉄筋の伸び量                                     |
| $l_i$             | 鉄筋の付着長                                                     |
| $\theta_i$        | 鉄筋とひびわれ面のなす角度                                              |
| $A_{si}$          | 鉄筋量                                                        |
| $E_s$             | 鉄筋の弾性係数                                                    |

FUJII, MANABU. KAJIKI, TAKASHI. YAMAZAWA, MASASHI. YASUI, TOORU.

コンクリートの局所変位は、 $\Delta\delta_i = \delta_{ii} - \delta_{ii}^0 = (a_{ii} - b_{ii})V_i \dots\dots (6)$

で表わされ、したがって、 $W_i, V_i, A_{si}$ の関係は次の2式で与えられる。

$$\text{式(2),(3),(6)より } W_i = (2\delta_i \sin\theta_i / 3A_{si}E_s - a_{ii} + b_{ii})V_i \equiv K_i V_i \dots\dots (7)$$

$$\text{式(1),(4)より } W_i = W_i^0 - \sum_{j=1}^N a_{ij} V_j \dots\dots (8)$$

$W_i^0, a_{ij}$ および $b_{ij}$ は有限要素法により求めることができる。

4)クリープ変形を考慮した場合：図3において位置1のみに鉄筋が配置された場合について考える。 $\Delta t$ 時間後の変位の適合条件は、式(7),(8)より  $\Delta W_i = W_i^0 \Delta\varphi - a_{ii} \Delta V_i - a_{ii} V_i \Delta\varphi = K_i \Delta V_i \dots\dots (9)$

$$\therefore (W_i^0 - a_{ii} V_i) \frac{\partial \varphi}{\partial t} - (a_{ii} + K_i) \frac{\partial V_i}{\partial t} = 0 \dots\dots (10)$$

$$\text{解くと、 } W_i^0 - a_{ii} V_i = \text{EXP}\{a_{ii}(C - \varphi)/(a_{ii} + K_i)\} \dots\dots (11)$$

$t=0, \varphi=0, V_i=V_i^0$ の境界条件では、

$$C = \{(a_{ii} + K_i)/a_{ii}\} \ln(W_i^0 - a_{ii} V_i^0) \dots\dots (12)$$

( $V_i^0$ はアレストレス導入時の位置1における鉄筋力である。)

#### 4. 解析結果および考察

1)鉄筋を $N=1$ から $N=3$ まで順次増加させたときの、点Cのひびわれ幅 $W_c$ と $A_s$ の関係を図5に示す。 $N=2$ と $N=3$ を比較すると、両者ほとんど補強効果は変わらない。したがって、隅角部に発生するひびわれに対し、補強筋をなるべく隅角点に寄せて配置するのが効果的である。

2) $W_c$ とクリープ係数 $\varphi$ の関係、鉄筋 $R_1$ の応力 $\sigma_{s1}$ と $\varphi$ の関係を図6、図7に示す。クリープ進行に伴う $W_c$ および $\sigma_{s1}$ の増加を抑制するには $A_s$ を増大させるのが効果的であるが、必要以上の鉄筋量を配筋しても補強効果はほとんど変わらない。また付着長の短い細径の鉄筋で補強するのが有利である。

3) $W_c$ に制限値を与えたときの $\sigma_{s1}$ と必要鉄筋量 $A_s$ の計算結果を表2に示す。 $W_c=0.05\text{mm}$ に制限した場合、いずれにおいても $\sigma_{s1}$ が小さく、 $A_s$ を低減できる付着長15cm、すなわち細径の鉄筋を用いるのが有利である。 $W_c=0.10\text{mm}$ の場合、 $\sigma_{s1}$ を低減する意味で付着長20cm、すなわち太径の鉄筋あるいは高強度の鉄筋で補強するのが合理的であると考えられる。

#### 5. おわりに

本解析方法により、突起定着隅角部のひびわれへの影響要因に対して定量的な判断が下せるものと思われるが、種々の仮定のもとで求められたものであるため、実際に適用するには実験的照査が必要である。

参考文献 1)藤井,北村,長不:アレンションPC桁端部の水平ひびわれ幅制御について,アレストレスコンクリート, Vol.16, No.6, 1974.3

2)Fuji, Nakajima, Kajimura: Control of Crack Width in Anchorage zones of Post-tensioned Concrete Members, 8th FIP Report

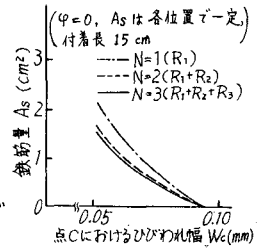


図5  $W_c$ と $A_s$ の関係

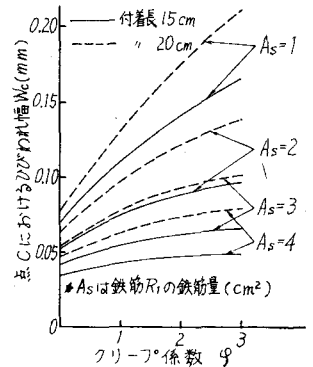


図6  $\varphi$ と $W_c$ の関係

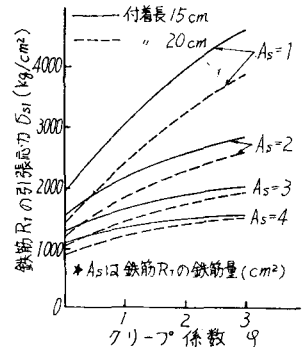


図7  $\varphi$ と $\sigma_{s1}$ の関係

表2 計算例 ( $\varphi=3$ )

| 制限値<br>(mm) | 付着長<br>(cm) | $\theta$ | $\sigma_{s1}$<br>(kg/cm²) | $A_s$<br>(cm²) |
|-------------|-------------|----------|---------------------------|----------------|
| 0.05        | 15          | 5°       | 1620                      | 4.116          |
|             |             | 7.5°     | 1600                      | 3.923          |
|             |             | 10°      | 1580                      | 3.733          |
|             | 20          | 5°       | 990                       | 7.319          |
|             |             | 7.5°     | 1000                      | 6.811          |
|             |             | 10°      | 970                       | 6.568          |
| 0.10        | 15          | 5°       | 2940                      | 1.768          |
|             |             | 7.5°     | 2920                      | 1.873          |
|             |             | 10°      | 2890                      | 1.782          |
|             | 20          | 5°       | 1870                      | 3.266          |
|             |             | 7.5°     | 1900                      | 3.029          |
|             |             | 10°      | 1850                      | 2.908          |