

V-24 連続鉄筋コンクリート舗装の最大ひびわれ間隔に関する一検討

東急建設 正会員 森澤 仁
 宇都宮大学 正会員 佐藤良一
 宇都宮大学 正会員 氏家 勲

1 まえがき

連続鉄筋コンクリート(CRC)舗装の横断方向のひびわれ幅の制御は、輪荷重による縦断方向のひびわれの発生を防止するうえで極めて大切である。ひびわれ幅の制御を適切に行うにはひびわれ間隔、鉄筋応力度などの精度の高い予測が不可欠である。

本稿は最大ひびわれ間隔の予測式の定式化を試み、さらにそれに基づき最大ひびわれ間隔に及ぼす鉄筋の配筋位置の影響を数値的に検討したものである。

2. 理論の概要¹⁾

図-1はCRC舗装版のひびわれ間要素における変形状態の概念図および定式化で仮定した付着応力の分布を示したものである。図-2版厚方向のひずみ分布を示したものであり、この図に示すように、ひずみは直線分布すると仮定した。

(1)釣り合い条件

任意の位置 x において次の釣り合い式が成立する。

$$P = P_c + P_s \quad (1)$$

$$P_c = A_c E_c \rho (\epsilon_{cx} - \epsilon_{fr})$$

$$P_s = A_s E_s (\epsilon_{sx} - \epsilon_{s, \Delta T})$$

ここで、 P : 拘束断面力、 P_s 、 P_c : 鉄筋の張力と鉄筋位置に作用するコンクリートの張力、 A_s 、 E_s : 鉄筋の断面積と弾性係数、 $\epsilon_{s, \Delta T}$: 鉄筋の温度変化ひずみ、 A_c 、 I_c 、 E_c : コンクリートの純断面積、断面2次モーメント、有効弾性係数($E_e = E_c / (1 + \phi)$)、 E_c : 弾性係数、 ϕ : クリープ係数)、 ϵ_{fr} : コンクリートの自由収縮ひずみ、 $1/\rho = 1 + A_c E_c^2 / I_c$ である。

(2)基礎方程式

$$d^2 \delta_x / dx^2 = (1 + n\rho / \rho) (U_s / A_s E_s) \tau_x \quad (2)$$

ただし、 τ_x 、 δ_x は付着応力とすべり量、 U_s は鉄筋の周長、 $n = E_s / E_c$ 、 $\rho = A_s / A_c$ である。上式は元来非線形の方程式であるが、最大ひびわれ間隔の算定式を得るために、ひびわれ間要素を付着応力 τ_x の分布特性に基づいて、

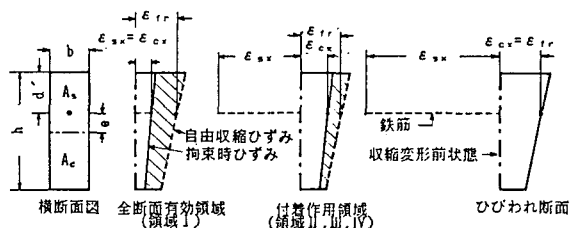


図-2 板厚方向のひずみ分布

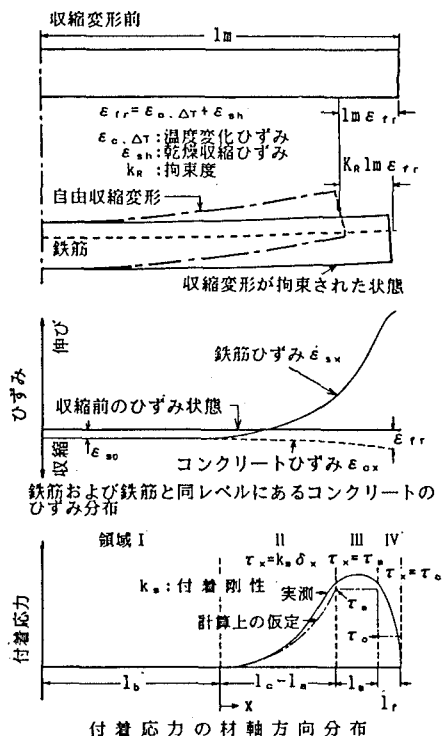


図-1 ひびわれ間要素の変形、ひずみ付着応力分布等の概念図

領域Ⅰ(全断面有効領域で $\tau_x=0$)、領域Ⅱ($\tau_x=K_s\delta_x$ が成り立つとみなせる領域、 K_s :付着剛性、 δ_x :すべり量)、領域Ⅲ($\tau_x=\tau_a=K_s\{\delta_x\}_{x=l_c-l_a}$ で τ_x 一定の領域)、領域Ⅳ($\tau_x=\tau_c$ で τ_x が一定の領域)に大別し、これに基づいて、所定の境界条件で解けば、すべり量と鉄筋のひずみ分布が求まる。ただし、 ε_{sa} 、 l_c (図-1参照)は未知である。

(3)変形の適合条件

自由変形時からの拘束力により生ずる鉄筋の変位と拘束ひずみから求まる変位について次の適合条件式が成り立つ。

$$K_R \varepsilon_{fr} l_m + \int_0^{l_m} \varepsilon_{sx} dx - l_m \varepsilon_{fr} = 0 \quad (3)$$

これより、微小項を無視すれば、 l_c が次のように求まる。

$$l_c = l_a + 1/\sqrt{A_1} \ln |K_R \varepsilon_{fr} / (\alpha_1 + \alpha_2)| \quad (4)$$

ただし、 α_1 、 α_2 は断面諸元、付着の特性、ひびわれ間隔などから決定される。

(4)ひびわれ発生条件

舗装版上縁の引張応力が引張強度の達したときにひびわれが生じるとすると

$$f_t = P_c / A_c \{1 + \varepsilon x / (I_c / A_c)\} = (P_c / A_c) \cdot (1 / \rho') \quad (5)$$

が成り立つ。 x は上縁から図心までの距離である。

鉄筋のひずみ分布、式(4)(5)より最大ひびわれ間隔 $l_{max} = 2l_m$ は次式で求まる。

$$\eta_1 = (1/2) \beta_1 (n\rho / \rho') \{1/\sqrt{A_1} + 1_a (1 + \xi l_r / l_a)\}$$

$$\eta_2 = (1/2) \beta_1 \{(1/\sqrt{A_1}) (1_a + l_r) + [1/A_1 + (1/2) l_a^2 \{1 + 2l_r / l_a + \xi (l_r / l_a)^2\}]\}$$

$$\eta_3 = (1/2) \{1/\sqrt{A_1} + (1_a + \xi l_r)\}$$

$$\eta_4 = A_c f_t \rho' / A_s E_s \beta_1 + 1/\sqrt{A_1}$$

$$l_{max} = -2\eta_2\eta_4 / (K_R \varepsilon_{fr} \eta_3 + \eta_1\eta_4) \quad (6)$$

3. 考察

計算結果を図-3に示す。図-3は最大ひびわれ間隔におよぼす自由収縮ひずみと鉄筋の配筋位置の影響の計算結果を示したものである。ただし、自由収縮ひずみは鉄筋位置のものであり、また、拘束度は $K_R=0.67$ 、付着剛性は $K_s=40000 \text{ kgf/cm}^3$ 、 $1_a=5.0D_s$ 、 $1_r=2.5D_s$ (D_s :鉄筋径で19.1mm)、 $\xi=\tau_c/\tau_a=0.5$ 、コンクリートの引張強度 $f_t=30 \text{ kgf/cm}^2$ とした。

この図からCRCのひびわれ間隔におよぼす鉄筋位置の影響は極めて大きいことが認められる。このことはひびわれの制御設計を行ううえで鉄筋の配筋位置は重要な検討項目の1つであることを意味していると思われる。今回はコンクリートのクリープは無視したが、考慮すればひびわれ間隔は本計算値より大きくなると考えられる。

本研究の一部はセメント協会の研究奨励金により行われたものであり、厚く御礼申し上げます。

<参考文献> 1)佐藤、佐藤、阿部:

連続鉄筋コンクリート舗装の鉄筋応力度の一算定法、第42回セメント技術大会講演要旨、昭和63年5月

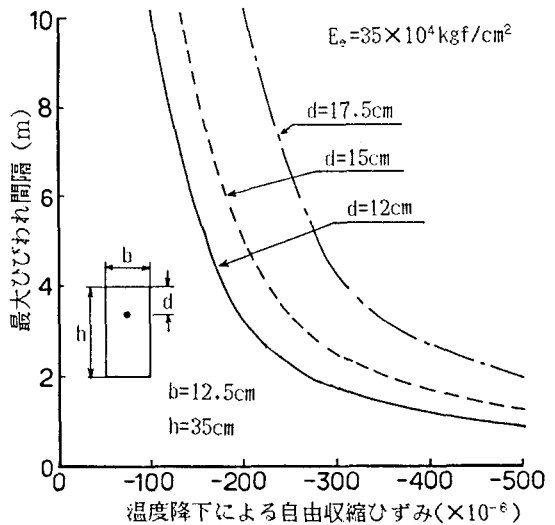


図-3 最大ひびわれ間隔におよぼす自由収縮ひずみと鉄筋の配筋位置の影響