

V-186

マスコンクリートのひびわれ幅の予測に関する検討

オリエンタルコンクリート 正会員 宮口竹彦

浅沼組 正会員 安藤達也

宇都宮大学 正会員 佐藤良一

1. はじめに

近年、マッシュなコンクリート構造物に発生する温度ひびわれの幅を予測しようとする研究が行われるようになってきた。著者らは、先に、温度履歴を忠実に取り入れた壁体構造物の温度ひびわれ幅挙動の一予測方法を示し、計算結果を、比較的壁厚の薄い試験体で得られた結果と比較した¹⁾。本研究は、この方法を用い、厚さ 1m と比較的厚い壁状の試験体について解析と考察を行ったものである。

2. 材料の特性

2.1 コンクリート

材令と温度履歴を考慮した有効材令に対する圧縮強度、引張強度、弾性係数、クリープ係数は文献1)に従い定めた。

2.2 付着

付着応力-すべり量曲線は、長境ら²⁾の実験に基づいて、天車・森田ら³⁾の式における付着強度とそれに対するすべり量をそれぞれ 140 kgf/cm^2 、 0.4 mm として表わした。実験条件は、使用鉄筋： $\phi 19\text{ mm}$ 異形鉄筋、かぶり： $\geq 2D_s$ ； D_s ：鉄筋径、付着長さ： $\geq D_s$ 、付着領域の埋め込み長さ： $\geq 4.5 D_s$ 、載荷材令3日、載荷時コンクリート圧縮強度： 147 kgf/cm^2 である。

付着のクリープは文献1)に示された $\phi 19$ 異形鉄筋の式と同様の方法ですべり量 $\delta_{\max}(t_i)$ と載荷日数 t_i の関係を次式のように定式化した。

$$\delta_{\max}(t_i) = (1.0 + 2.6 t_i) \delta_{\max}(t_1) \quad (t_i \leq 0.1)$$

$$= [1.26 + (t_i - 0.1) / \{3.0(t_i - 0.1) + 6.0\}] \delta_{\max}(t_1) \quad (t_i > 0.1)$$

付着の劣化領域については文献1)と同様であるとした。

3. 解析

本解析は、ひびわれ幅算定の対象とする部位(例えば図-1に示す断面の斜線部、以下解析断面という)を取り出し、これを拘束力を受ける引張り部材とするという考え方に立脚するものである。

3.1 仮定

- i) 温度は解析断面において一様でかつ壁軸方向の任意の断面においても等しい。
- ii) コンクリートの応力、ひずみは、ひびわれ発生後は有効引張断面においてのみ生じ、断面内で一様である。
- iii) 有効引張断面積は図-2に示すように、ひびわれ断面ではCEB-I-Pのモデルコードに従い、鉄筋とコンクリートが完全に付着している領域では全断面有効であるとし、両者の間の領域は直線的に変化する。
- iv) 乾燥収縮の影響はない。

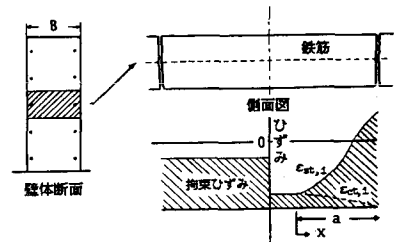


図-1 鉄筋、コンクリートのひずみ分布

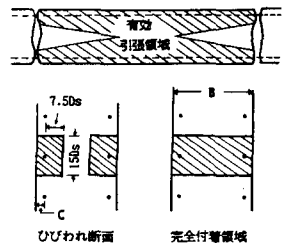


図-2 有効引張断面積

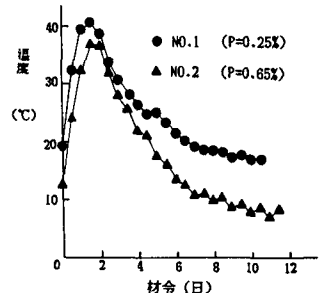


図-3 平均の温度-材令の関係

3. 2 基礎方程式

文献1)より基礎方程式を以下に示す。

$$\frac{d^2 S_x}{dx^2} = \frac{U_s}{A_s E_s} \cdot \frac{T_{max}(x)}{\delta_{max}(t_i)} \cdot e \left\{ 1 + \frac{A_s E_s}{A_c(t_i) g_i(t_i)} \frac{\ln \{ (e-1) S_x + 1 \}}{(e-1) S_x + 1} + \frac{1}{\delta_{max}(t_i)} \left[g_i(t_i) \frac{d \epsilon_{c,i}}{dx} - \sum_{j=2}^{i-1} \left\{ \frac{1}{g_i(t_j)} \cdot \frac{d \epsilon_{c,j}}{dx} - g_0(t_i) \frac{d \sigma_{c,i-1}}{dx} \right\} \right] + \frac{1}{\delta_{max}(t_i)} \cdot \frac{1}{A_c(t_i)} \cdot \frac{d A_c(x)}{dx} \left[\epsilon_{c,i} + g_0(t_i) \sigma_{c,i-1} - \sum_{j=2}^{i-1} \left\{ \frac{1}{g_i(t_j)} \sigma_{c,j} - g_0(t_j) \cdot \sigma_{c,j-1} \right\} - \{ \epsilon_{c,i} \}^T \right] \right\}$$

ここで、 $S_x = \delta_x / \delta_{max}(t_i)$ 、 $g_0(t_i)$ および $g_i(t_i)$ はコンクリートの弾性係数とクリープ係数より定まる項、サフィックスは時間ステップ、 c はコンクリート、 s は鉄筋とそれぞれ示す。上記、基礎方程式を解くにあたり、その境界条件は $x=0$; $S_x=0$, $dS_x/dx = \Delta \epsilon = 0$, $x=a$; $dS_x/dx = (\epsilon_{c,i} - \epsilon_{c,i-1}) / \delta_{max}(t_i)$ である。

4. 実験値と解析結果の比較

図-4は計算値との比較に用いた供試体の断面諸元でありその長さは1.5mである。これらの供試体は幅5m、深さ1.5mの基礎コンクリートの上に打設された。これらの供試体の解析断面における平均温度の経日変化（材軸中央断面高さ中央）を図-3に示す。

解析では、まず、ひびわれ要素の挙動解析に主眼を置いており、ひびわれ間隔およびひびわれ発生時期は実験値を用いた。また、温度は実験平均温度を用いた。拘束度はACI 207委員会⁴⁾の方法を用いて求めた。

図-5は鉄筋ひずみの材軸方向における分布の推移を示したものである。計算値は実験値よりも小さな値であるが、すべり領域の長さやひずみがひびわれ断面から減少する傾向などについてはよく一致していると思われる。

図-6はひびわれ断面における鉄筋の応力に関するひずみの経日変化の一例を示したものである。計算値は定性的には温度履歴に対してのひずみの変化をよく表わしていると思われるが、ひびわれ発生時の変化量において計算値の方が小さな値を示している。

図-7と図-8は鉄筋比の異なる2つの供試体についてひびわれ幅の経日変化を示したものである。計算値はコンクリートの線膨張係数に標準的な値として $10 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ と実験値の二種類を用いたものを示した。これによればどちらの場合も計算値は実験値よりも小さな値を示した（図-8の西面は標点間距離（20cm）で発生した貫通ひびわれと鉄筋により生じたと思われる表面ひびわれの幅をそれぞれ示したものである）。

以上述べたように壁厚が厚い場合、鉄筋ひずみおよびひびわれ幅ともに計算値は実験値より小さくなったが、解析精度を向上させるためには、ひびわれによる応力解放後のコンクリートの変形挙動、ひびわれ発生時期による付着特性の相異などを明らかにすると共に有効引張断面積についても検討する必要があると思われる。

〈参考文献〉 1) 実験値：本報に記述は温度ひびわれ幅の予測について、第2回 JCI年報、(1986、2) 実験値：本報に記述は鉄筋とコンクリートの付着特性、東工大研究報告、No.25、1985。 3) 実験値：鋼とコンクリートの付着に関する研究、日本建築学会論文報告集、No.74) ACI Committee 207: Effect of Restraint, Volume Change, and Reinforcement on Cracking of Massive Concrete, Jpn. of ACI 1973。 5) 実験値：高層ビルに於けるコンクリートのひびわれ制御実験、報告書、1985

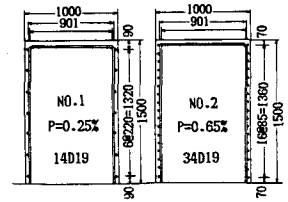


図-4 供試体の断面諸元 (unit:mm)

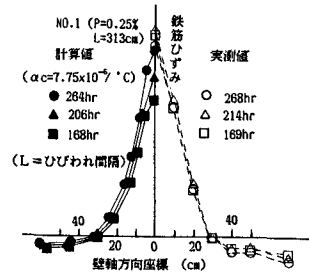


図-5 鉄筋ひずみ分布

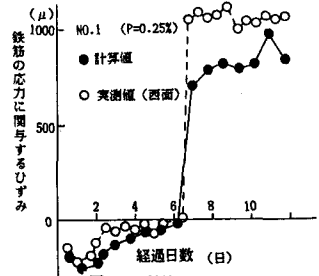


図-6 鉄筋ひずみの経日変化

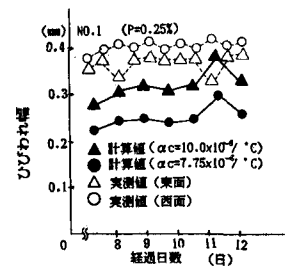


図-7 ひびわれ幅の経日変化

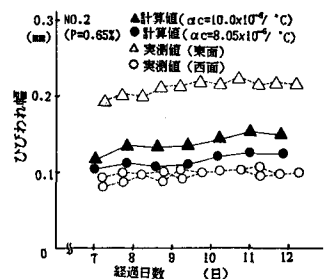


図-8 ひびわれ幅の経日変化