

宇都宮大学 正会員 佐藤良一
東京工業大学 正会員 長滝重義

1. まえがき

温度変化や乾燥収縮などに起因する体積変化が拘束されるとによって生じるRC部材のひびわれはいわゆる不安定領域にあってその間隔が広いことが知られている。RC部材のひびわれが不安定領域にあることを対象として変形・ひびわれなどの解析を行なう場合、鉄筋ひずみの軸方向変化が大きいため、付着特性を忠実に解析に取り入れることが大切であると考えられる。

先に筆者らは持続引張荷重を受けるRC部材の変形・ひびわれ解析の一方法を、コンクリートおよび付着のクリープ特性を考慮して、示したが¹⁾、これはひびわれが安定した状態にある部材を対象とし、かつコンクリートの乾燥収縮はないとした場合の解析であった。

本報告は、上記のとおり、ひびわれの不安定領域にあるRC引張部材のひびわれ間要素を両引き供試体にモデル化し、それが持続荷重と乾燥収縮と同時に受ける場合の変形解析を行ない、解析値と実験値も比較したものである。

2. 解析

2.1 付着応力-すべり量曲線

解析に用いた付着応力-すべり量(τ - s)曲線の形は六車らの提案式²⁾を用いた。静的載荷時の τ - s 曲線の傾きは図-1に示すように、同一形状寸法で飽水状態にある供試体から得られた実験結果³⁾に基づいて定めた。ひびわれ近傍の付着劣化は黒正らの実験⁴⁾および筆者らの実験²⁾に基づいて、付着強度がひびわれ断面から10Ds(Ds:鉄筋径)の範囲でひびわれ断面に向かって直線的に低下する(ひびわれ断面では $\tau_{\max}(t_i, x) = \tau_{\max}/2$, $\tau_{\max}$: ひびわれ近傍を除く一般部の付着強度)として考慮した。

付着クリープ特性は高橋らの実験⁵⁾に基づいて定めた。

2.2 乾燥収縮

コンクリートの乾燥収縮ひずみは両引き供試体(20×20×100 cm, 両端エポキシ樹脂コーティング)と同一断面を有する供試体(20×20×50 cm)で測定した値を用い、その経日変化は図-2に示すとおりである。

2.3 コンクリートのクリープ特性

解析に用いたコンクリートのクリープ特性は図-3に示すとおりであり、実験値は上記のものと同じ形状寸法を有する供試体から得られたものである。

3. 基礎方程式

基礎方程式は次の仮定のもとで導かれた。

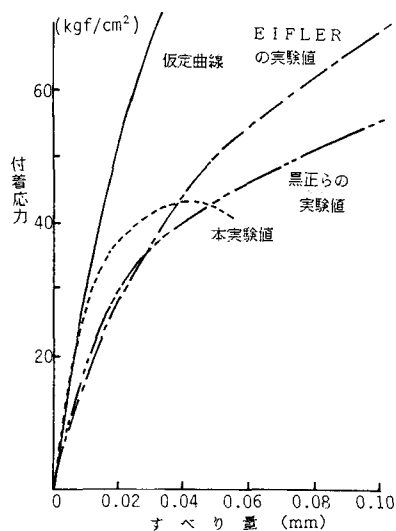


図-1 付着応力-すべり曲線

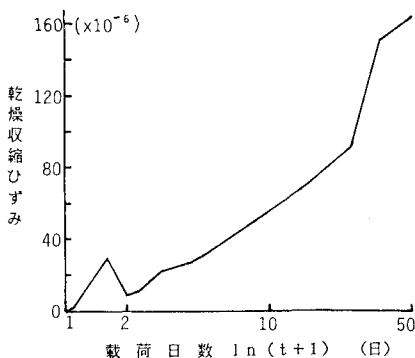


図-2 乾燥収縮ひずみ

- i) コンクリートの瞬間弾性係数 E_c は一定である。
- ii) コンクリートは断面内において一様に変形する。
- iii) コンクリートの乾燥収縮は断面内および軸方向の任意断面において一様である。

以上の仮定から付着の基礎方程式は最終的に次式で表わされる¹⁾。

$$\frac{d^2 S(t_i, x)}{dx^2} = \frac{U_s}{A_s E_s} \left\{ 1 + \frac{A_s E_s}{A_c \delta(t_i)} \right\} \frac{\gamma_{\max}(t_i, x)}{\delta_{\max}(t_i, x)} \ln \{ (e-1) S(t_i, x) + 1 \} - \frac{1}{\delta_{\max}(t_i, x)} \frac{d E_c (t_i + t_{i-1}/2, x)}{dx} \quad (1)$$

ここで、

$S(t_i, x) = \delta(t_i, x) / \delta_{\max}(t_i, x)$, A_s, E_s, U_s : 鉄筋の断面積, 弾性係数, 間長, A_c : コンクリートの断面積, $\delta_{\max}(t_i, x) = \gamma_{\max}(t_i, x)$ のときのすべり量, E_c : クリープひずみ

式(1)は図-4に示す境界条件のもとで解けばよい。乾燥収縮の影響は、この図に示すように、簡単な形で取り入れることができる。

4. 実験値と解析値の比較

実験は室内(温度: 2~9℃, 湿度: 45~65% R.H.)で行ない、供試体には鉄筋応力度として 2000, 1000 kgf/cm² の一定荷重を与えた。温度変化によるひずみは補正した。

図-5は、鉄筋応力度として 2000 kgf/cm² を与えた場合、鉄筋およびコンクリートの軸方向分布の経日変化について実験値と解析値を比較して示したものである。

これによれば、傾向的には、乾燥収縮が鉄筋やコンクリートのひずみ分布に及ぼす影響の割合が実験結果の性状も解析値はかきよく表わしているといえる。

図-6は鉄筋応力度として 1000 と 2000 kgf/cm² を与えた場合の鉄筋の抜け出し量について実験値と解析値も比較して示したものである。

鉄筋応力度が 2000 kgf/cm² の場合、解析値は実験値より最大で 30% 程度小さいが、荷重後 1 日以降の増加傾向はかきよく一致しているといえる。また、1000 kgf/cm² の場合は値、傾向とも両者はよく一致しているがわかる。

<参考文献>

1) 長谷, 佐和: 荷重引張荷重と変形に及ぼす材料の特性とそれの解析に関する一考察, 第5回コンクリート工学年講義集, (1983, 2) 六巻: 鉄筋コンクリートに付着に関する基礎的研究, 建築学会論文集, 昭和62年, 司長谷, 佐和, 野村: 鉄筋コンクリートに付着するコンクリートの性状, 第6回コンクリート工学年講義集, (1984, 4) 七巻: 鉄筋コンクリートに付着するコンクリートの性状, 建築学会論文集, 昭和64年, 5) 高橋: 床スラブの長期にわたる変形に関する研究, 大林建設研究誌, 昭和64年

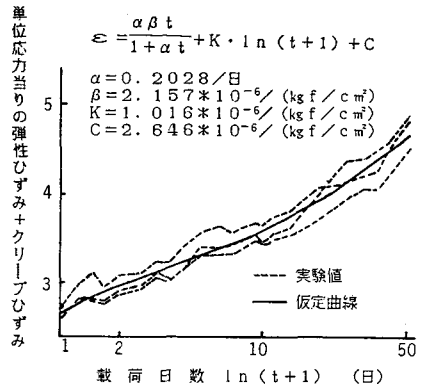


図-3 コンクリートのクリープひずみ

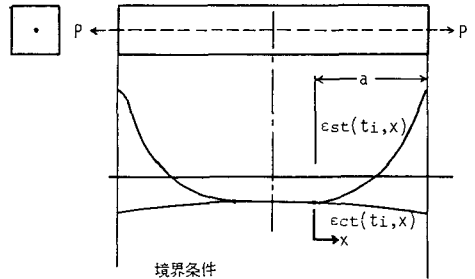


図-4 境界条件

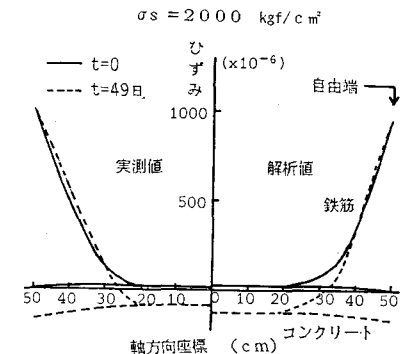


図-5 ひずみの経日変化

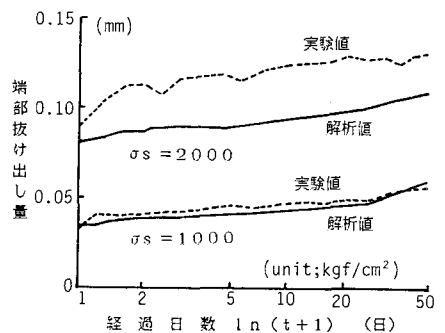


図-6 端部抜け出し量の経日変化