

徳島大学大学院 学生員 篠原賢至

徳島大学工学部 正会員 島 弘

1. はじめに

鉄筋コンクリート(以下RCと略記)部材の変形を精度よく算定するためには、RC部材の引張剛性を正しく評価する必要がある。RC部材の引張剛性を解析的に求めた既往の研究^{1,2)}では、新しいひびわれの発生は、すでに生じているひびわれとひびわれとの中間で生じるとして解析を行っている。このために、解の確定値が得られず、モデル化の一部で実験定数を用いている。本研究は、引張強度のばらつきを考慮してひびわれ発生時およびひびわれ発生場所を決定することにより、実験定数を用いることなく、一軸RC部材における引張剛性を解析的に求めるものである。

2. 解析方法

(1) ひびわれの発生

RC部材内における引張強度のばらつきを考慮してひびわれ発生時および発生場所を決定するため、一軸RC部材を軸方向の断面に分け、(1)式³⁾を用い各断面に引張強度を与えた。

$$f_{tx} = \sigma \sqrt{(-2 \log r_1) \sin 2\pi r_2} + f_{t0} \quad (1)$$

ここで、 σ :標準偏差(MPa), f_{t0} :コンクリートの引張強度の平均(MPa)($=0.269f_c^{2/3}$)⁴⁾, r_1 ・ r_2 :0以上1未満の乱数, f_{tx} :コンクリートの引張強度(MPa), f_c :コンクリートの圧縮強度(MPa)である。(1)式によって与えられた一軸RC部材内における引張強度の分布を図-1に示す。これにより、ひびわれ発生時および発生場所が決定できる⁵⁾。

(2) 平均ひずみ

部材の平均ひずみは鉄筋の平均ひずみに等しい。鉄筋の平均ひずみは、付着応力の分布形を仮定することにより求める。付着応力の分布は、ひびわれ間隔が十分長い場合と短い場合とで異なる。したがって、この2つの場合を分けて考える。まず、ひびわれ間隔が十分長い場合における付着応力分布、鉄筋のひずみ分布、コンクリートの応力分布を図-2に示す。この場合の付着応力分布は、ひびわれ断面から引張力伝達長 L_{tt} の区間で発生し、その他の区間では発生していない。ひびわれ断面から L_{tt} の区間での付着応力分布を(2)式で仮定する。

$$\tau_x = \tau_{\max} \sin(\pi x / L_{tt}) \quad (2)$$

ここで、 τ_x :任意断面での付着応力(MPa), $\tau_{\max}$:最大付着応力(MPa)($=0.6f_c^{2/3}$)⁶⁾, f_c :コンクリートの圧縮強度(MPa), L_{tt} :引張力伝達長($=P/(2D\tau_{\max})$), D :鉄筋径,

P :引張荷重(N)である。(2)式と付着の釣合式との関係より、ひびわれ間隔が十分長い場合の鉄筋のひずみ分布式が得られる。次に、ひびわれ間隔が短い場合における付着応力分布、鉄筋のひずみ分布、コンクリートの応力分布を図-3に示す。この場合の付着応力は、引張力が増加するにしたがって減少する⁶⁾。このた

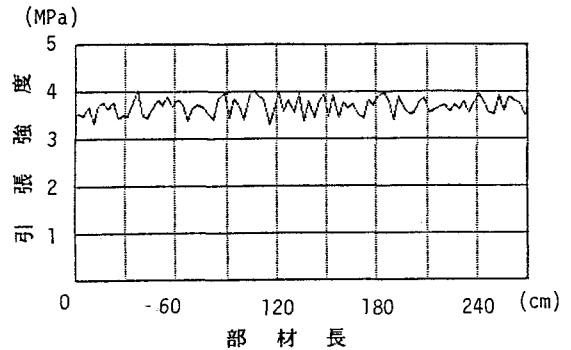


図-1 コンクリートの引張強度分布

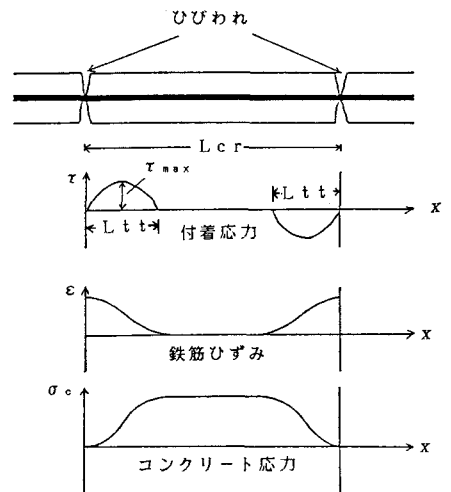


図-2 ひびわれ間隔が十分長い場合の付着応力分布、鉄筋のひずみ分布、コンクリートの応力分布

め、最大付着応力 τ_a を減少関数とし、(3)式を用いて仮定する。

$$\tau_x = \tau_a \sin(2\pi x/L_{cr}) \quad (3)$$

ここで、 τ_a :最大付着応力(MPa) ($=\tau_{max} \exp(-(P/P_0-1))$) ,
 L_{cr} :ひびわれ間隔, P :引張荷重(N), P_0 :初期ひびわれ発生荷重(N)である。(3)式と付着の釣合式との関係より、ひびわれ間隔が短い場合の鉄筋のひずみ分布が得られる。一軸RC引張部材内では、ひびわれ間隔が十分長い場合と短い場合とが混在して存在する。したがって、各ひびわれ間ごとの伸びを求め、この和を部材長で除することにより鉄筋の平均ひずみが求まる。

(3) コンクリートの平均応力

コンクリートの平均応力は、(4)式を用いて求めることができる。

$$\sigma_{ca} = P/A_c - p E_s \varepsilon_{sa} \quad (4)$$

ここで、 σ_{ca} :コンクリートの平均応力(MPa), A_c :コンクリートの断面積, p :鉄筋比, E_s :鉄筋の弾性係数(MPa), ε_{sa} :鉄筋の平均ひずみである。

3. 検証および検討

コンクリートの平均応力-平均ひずみ関係の解析結果と実験結果⁷⁾とを図-4に示す。図-4からわかるように、実験値と解析値がよく一致している。特に、ひびわれ発生過程では、引張強度のばらつきを考慮することにより引張剛性を評価することができている。また、ひびわれ間隔が短くなり、ひびわれが発生しなくなった以後における引張剛性の低下現象は、付着応力を低下させることにより求まることがわかる。

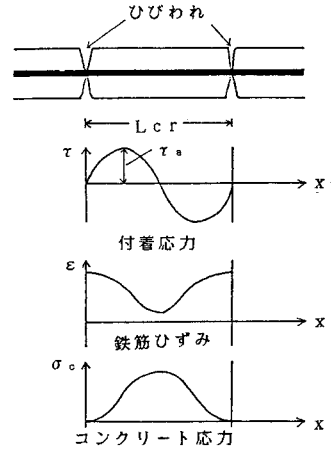


図-3 ひびわれ間隔が短い場合の付着応力分布、鉄筋のひずみ分布、コンクリートの応力分布

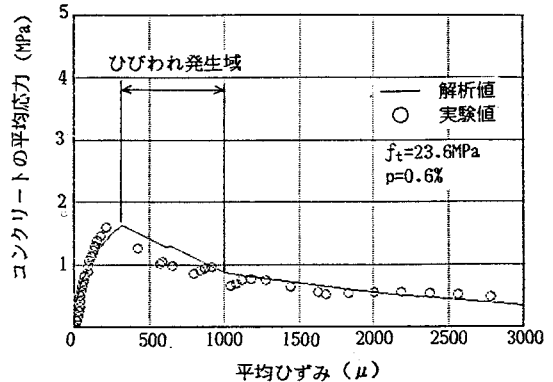
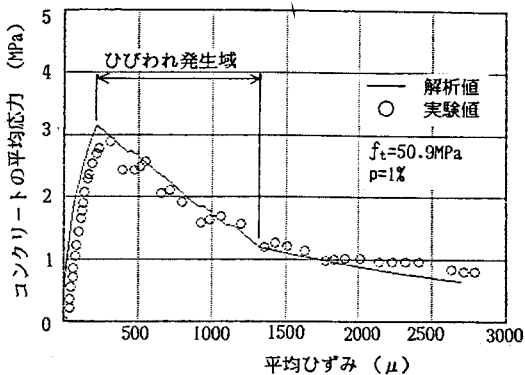


図-4 コンクリートの平均応力-平均ひずみ関係

4. まとめ

(1) 一軸RC部材における引張強度のばらつきを考慮することにより、ひびわれ発生過程における引張剛性が精度よく解析できる。

(2) ひびわれ間隔が短くなり、ひびわれが発生しなくなった以後における引張剛性の低下現象は、付着応力を低下させることにより求めることができる。

【参考文献】 1) 六車・森田:日本建築学会建築論文報告集, 第134号, pp.1~8, 1967年4月. 2) 吉川・田辺:土木学会論文集, 第366号/V-4, pp.93~102, 1986年2月. 3) 河西:構造化BASIC, 技術評論社, 1985年10月. 4) セメント協会:コンクリート専門委員会報告, F-5, 1957年5月. 5) 篠原・島・玉井:昭和63年度土木学会中国四国支部研究発表会講演概要集. 6) 島・周・岡村:土木学会論文集, 第378号/V-6, pp.165~174, 1987年2月. 7) Shima, Chou, Okamura: Journal of the faculty of engineering, The University of Tokyo (B), Vol. XXXIX, No. 2, pp.133~194, 1987