

1 まえがき

鉄筋コンクリート部材は、従来の許容応力度設計法から限界状態設計法へ移行すべくいろいろの調査・検討がなされている。使用限界状態におけるひびわれ制限は、耐久性の保持、美観、漏水防止、気密性の保持などを目的としているが、通常の構造物では鉄筋の腐食防止が主眼となっている。設計における曲げひびわれ幅の制限方法としては、i) 鉄筋の引張応力度に制限を設ける、ii) 配筋方法を規定することによって間接的にひびわれ幅を制限する、iii) 許容ひびわれ幅およびひびわれ幅算定方式を提示する、などの方法が考えられる。本文では、耐久性の保持を目的として主にii)の方法によるひびわれ幅の制限について検討した。

2 ひびわれ幅

(1) 許容ひびわれ幅 許容ひびわれ幅の意義、許容値、などについては種々の議論があり、統一的な考え方が確立されているわけではない。鉄筋の腐食の試験方法や評価方法、長期間における腐食の程度、腐食がRC部材の安全性に与える影響、などが不明確なことがこの原因と考えられる。CP-110, ACI 318-71, CEP-FIP Model Code などには、本文あるいは解説に直接あるいは間接的に許容ひびわれ幅が提示されており、本文においてもこの考え方を採用して、環境条件およびかぶりに応じて次の式を用いることとする。

$$\begin{aligned} \text{温和な環境条件} & \quad W_{lim} = 0.005(C_{br} + 1) \\ \text{一般の環境条件} & \quad W_{lim} = 0.005 C_{br} \\ \text{過酷な環境条件} & \quad W_{lim} = 0.005(C_{br} - 1) \end{aligned} \quad (1)$$

(図-1 参照)

(2) ひびわれの特性 (1)式で示したひびわれ幅は部材の表面におけるものであり、鉄筋近傍の内部ひびわれ幅とは一致しない。かぶり5cmで内部/表面は0.1~0.2との報告もあり、かぶりが小さいほどこの比は大きくなる。部材表面でもひびわれ幅は一定値とはならないようである。図-2は、CP-110に示す式を用いた表面ひびわれ幅の分布であり、鉄筋直下で最小値、鉄筋間中央で最大値をとる。(1)式から求められる制限値 W_{lim} と表面ひびわれ幅 w を結びつけると、 W_{lim}/w は、ほぼ一定値となる。したがって、ひびわれ幅の制限は必ずしも最大ひびわれ幅とする必要はなく、計算の容易な任意箇所としてよいであろう。

(3) 二方向スラブのひびわれ幅 二方向スラブでははり部材に対して、二方向のスラブ作が生じ、面内力を発生し、ひびわれに対する二方

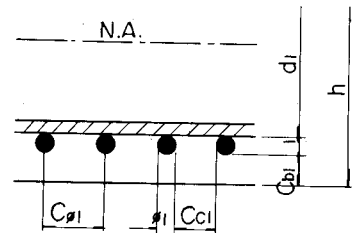
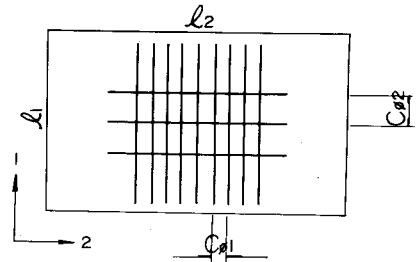


図-1

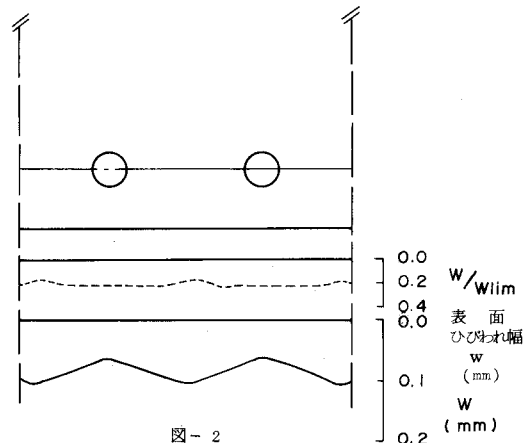


図-2

向の鉄筋の相互作用が大きい、などの特徴を有し、はり部材のひびわれ幅算定式を直接に適用することは問題がある。Nawy は、下記のような二方向スラブのひびわれ幅算定式を提示している。

$$w = KR \sigma_s \sqrt{I} \quad (2)$$

ただし K：荷重や支承条件により定まる係数

$$R = (\text{中立軸} \sim \text{コンクリート表面}) / (\text{中立軸} \sim \text{鉄筋図心})$$

$$I : \text{grid index}, I = \phi_1 C_{\phi 2} / \phi_{t1}$$

I は配筋や鉄筋径の関数であり、正方形スラブでは $I = 4 C_{\phi 1}^2 (2 C_{\phi 1} + \phi_1) / \pi \phi_1$ となる。一方、長方形スラブでは $\frac{M_x}{M_y} = k$ とおくと、 $I = 4k C_{\phi 1}^2 (2 C_{\phi 1} + \phi_1) / \pi \phi_1$ である。

3 鉄筋応力度および鉄筋間隔の制限

(1) σ_s および $C_{\phi 1}$ Nawy が与えている K の値を用い、(1)および(2)式、I の近似式から、スラブの種類（単純や固定、正方形や長方形）、荷重条件（集中や等分布）、かぶり、鉄筋径、環境条件（溫和、一般、過酷）などに応じ、 σ_s と $C_{\phi 1}$ の関係を求めることができる。図-3 および図-4 は、結果の一部を示したものである。これによると、同一の $C_{\phi 1}$ であっても、単純支承に比較し固定支承、等分布荷重に比較し集中荷重、かぶり大のスラブ、がそれぞれ σ_s の許容値を大きく設定することができることを示している。また、 σ_s を低く抑えようと $C_{\phi 1}$ を増加させることができるようである。

(2) 鉄筋間隔の制限 σ_{sa} を図-3、図-4 から定めることもできるがはん雑であり、あらかじめ σ_{sa} を仮定して $C_{\phi 1}$ で間接的にひびわれ制限を行うこともできる。たとえば、ACI では $\sigma_{sa} = 0.6 \sigma_{sy}$ 、C P-110 では $\sigma_{sa} = 0.58 \sigma_{sy}$ としており、本文では RC 立方書の σ_{sa} を用いると、一例として右表の結果が得られる。

4 あとがき

Nawy の式を基本としてひびわれ制限の手法を示したが、式の適用範囲、変形の影響、その他、今後検討する必要がある。

参考文献：

- 1) Nawy E.G., Blair K.W.: Further Studies on Flexural Crack Control in Structural Slab Systems ACI SP30, 1971
- 2) 関 博：RC はりのかぶりと曲げひびわれの制御，土木学会第34回年次学術講演会，第5部，1979年

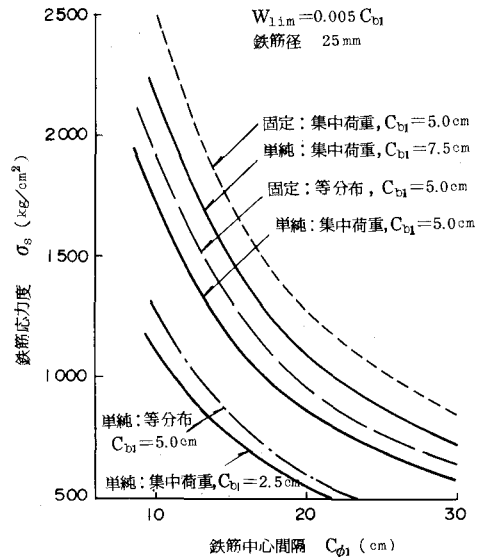


図-3

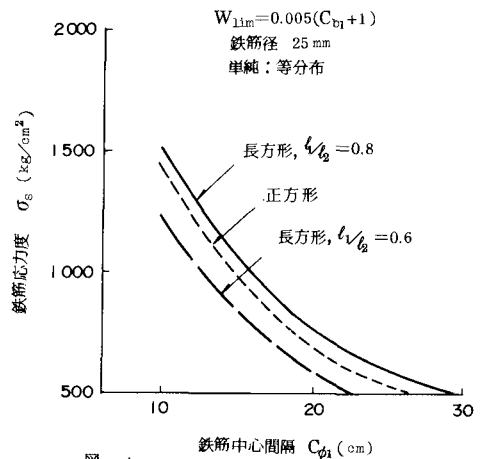


図-4

		(鉄筋中心間隔 $C_{\phi 1}$ (cm))								
かぶり (cm)	鉄筋径 (mm)	正 方 形 単純：等分布			正 方 形 固定：等分布			長方形, $l_1/l_2=0.6$ 単純：等分布		
		溫和	一般	過酷	溫和	一般	過酷	溫和	一般	過酷
2.5	13	4.7	3.4	2.2	7.5	5.4	3.5	4.0	2.8	1.9
5.0	25	9.0	7.5	6.0	14.5	12.1	9.6	7.6	6.3	5.0
7.5	35	11.0	9.7	8.4	17.6	15.5	13.5	9.2	8.1	7.1

$\sigma_{sa} = 1800 \text{ kg/cm}^2$