

V-360 多段配筋を有するRCはりの曲げひびわれ間隔の算定

長岡技術科学大学大学院 学生員 趙 唯堅
 長岡技術科学大学工学部 正会員 丸山 久一
 清水 建設(株) 正会員 山本 康之
 長岡技術科学大学工学部 正会員 清水 敬二

1. はじめに

実際の構造物では、1段配筋より、むしろ多段配筋のほうがよく使われる。しかし、既往の曲げひびわれ幅算定式は1段配筋を対象としたものが多く、多段配筋に適用する場合、算定精度が落ちる。そこで、著者らは文献[1]の中で、多段配筋の影響も考慮し、かつ異種補強筋の混合配筋にも適用できる算定式を提案した。本研究は、鉄筋の多段配筋の場合について、提案式の適合性を他の文献の実験結果を用いて検討したものである。

表-1 供試体諸元

研究者	供試体名	配筋			梁高さH (cm)	有効高さD (cm)	付着重心高d (cm)	C (cm)	下筋径φ (cm)	水平間隔Cs (cm)	垂直間隔Cv (cm)	主筋比Pt (%)	
		段数m	1段目	2段目									3段目
丸山ら	SP32-1	1	2-D32	—	50	43	43	5.4	3.2	7	—	1.85	
	SP22-1	2	2-D22	2-D22	50	43	43	3.4	2.2	7	5	1.85	
	SP3219A-1	2	2-D19	2-D32	50	41	41.8	3.585	1.9	7	6	2.84	
	SP3219B-1	2	2-D19	2-D32	50	41	41.3	6.1	1.9	7	2.6	2.84	
	SP2219A-1	3	2-D19	2-D22	2-D22	50	41	41.2	3.1	1.9	7	4.5	2.84
小山ら	試験体A	1	3-D64	—	130	117	117	9.8	6.4	24	—	1.13	
	試験体B	2	5-D29	2-D64	130	117	119	4.55	2.9	14.4	10.5	1.13	
	試験体C	2	5-D29	3-D64	130	116.1	118	4.55	2.9	14.4	10.5	1.52	
辻ら	A断面	2	2-D10	2-D13	—	20	16.9	17	1.85	1	9	1.15	1.56
	B断面	3	2-D10	2-D10	2-D10	20	16.2	16.2	2	1	9	1.5	1.76
	C断面	2	2-D10	2-D13	—	20	15.9	16.1	2	1	9	2.5	1.66
	D断面	3	2-D10	2-D10	2-D10	20	15	15	2	1	9	2.5	1.9
池田ら	No.1	1	3-D22	—	30	28	28	2.9	2.2	11	—	1.49	
	No.2	2	8-D10	2-D22	—	30	28	28.7	1.5	1	5	3	1.54
	No.3	3	8-D10	8-D10	8-D10	30	28	28	1.5	1	5	2	1.85
	No.4	2	8-D10	2-D22	—	30	28	28.7	1.5	1	5	3	1.54

2. 既往の算定式

角田氏は次のような最大ひびわれ幅算定式を提案した[2]。

$$W_{max} = 1_{max} \cdot \{ \sigma_s / E_s - \sigma_{cm} / (E_s \cdot \rho_s) - \epsilon \} \dots\dots(1)$$

1_{max}は最大ひびわれ間隔であり、次のように計算する。

$$e_s / t \leq 2.5 \text{ の場合 } 1_{max} = k_4 \cdot t$$

$$e_s / t > 2.5 \text{ の場合 } 1_{max} = k_4 \cdot t (1 + 0.18 e_s / t) / 1.45$$

$$\dots\dots\dots(2)$$

ここに、k₄:鉄筋の付着性状に関する係数、横ふし型異形鉄筋の場合に=5.4、t:鉄筋のかぶり(cm)、e_s:鉄筋の横純間隔(cm)。他の記号の説明は略す。

土木学会コンクリート標準示方書では、曲げひびわれ幅算定式を以下のように定めている[3]。

$$W_{max} = k_1 \{ 4C + 0.7(C_s - \phi) \} (\sigma_{se} / E_s + \epsilon_{cs}) \dots\dots(3)$$

ここに、k₁:鋼材の付着性状の影響を表す定数で、一般に異形鉄筋の場合に1.0、普通丸鋼およびPC鋼材の場合に1.3としてよい。C:かぶり(cm)、C_s:鉄筋の中心間隔(cm)、φ:鉄筋径(cm)。他の記号は略す。この式の意味から、次式が最大ひびわれ間隔を表しているものと考えられる。

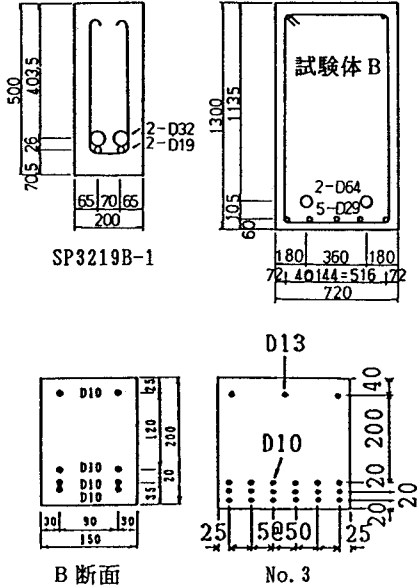


図-1 供試体の配筋状態例

$$I_{max} = k_1 \{4C+0.7(C_0-\phi)\} \dots\dots\dots(4)$$

3. 著者らの提案式

著者らは文献[1]の中で、学会式を基本モデルとして、各種の配筋条件にも適用できる統一的な曲げひびわれ幅算定式を提案した。

$$W_{max} = I_{max} \cdot (\sigma_{bc}/E_s + \epsilon'_{cu}) \dots\dots\dots(5)$$

$$I_{max} = K_1 \cdot K_2 \cdot \{4C+0.7(C_0-\phi)\} \leq 2S \dots\dots\dots(6)$$

(6)式の中の K_1 は総合付着係数と定義され、付着性状の異なった補強筋を単独または併用した場合の総合的影響を表す。 K_2 は多段配筋係数と定義され、多段配筋の影響を表す。右辺の $2S$ は一種の寸法効果である断続式付着機構(格子)の影響を表し、 S は格子間隔(cm)である。本研究では、異形鉄筋のみを使用したRCはりを対象としたので、以下の計算の中で $K_1=1.0$ 、 $S=\infty$ となる。 K_2 は次のように計算する。

$$K_2 = 1.2 - 0.024\sqrt{m \cdot d_b}/C_v \quad \text{ただし } 0.7 \leq K_2 \leq 1.0 \dots\dots(7)$$

ここに、 m :主筋段数、 d_b :付着力重心から圧縮縁までの距離(cm)、付着性状の異なった補強材を併用する場合、 d_b は付着強度の比率で計算する、 C_v :鉛直方向の中心間隔(cm)。1段配筋の場合は $K_2=1.0$ 。

4. 各算定式の適合性

以上の各算定式の適合性を既往の実験研究の結果[4][5][6][7]を用いて比較検討した。図-1に供試体配筋状態の例を示し、表-1に供試体諸元を示す。これらの供試体の寸法は20~130cm(実寸法に近い)、主筋比は1.13~2.64%、かぶり厚は1.5~9.8cm、主筋径はD10~D64(極太鉄筋)、水平中心間隔は5~24cm、鉛直中心間隔は1.15(束ね筋)~10.5cmで、かなり幅広いデータが収集された。ただし、ひびわれ幅のデータがないため、また、ひびわれ間隔を適切に推定できれば、ひびわれ幅の予測が可能であることから、ここで、最大ひびわれ間隔のみについて検討した。図-2に実測値と角田式、学会式および提案式による算定値との比較を示す。実験値は記録されたひびわれ図から測ったものである。計17体の供試体について、(実測値/算定値)の平均値と変動係数を検討した結果、角田式の場合は0.87と21.1%、学会式の場合は0.87と19.8%、提案式の場合は1.02と16.9%であった。

5. まとめ

鉄筋の多段配筋の場合でも、著者らの提案式では、最大ひびわれ間隔を精度よく算定することができる。

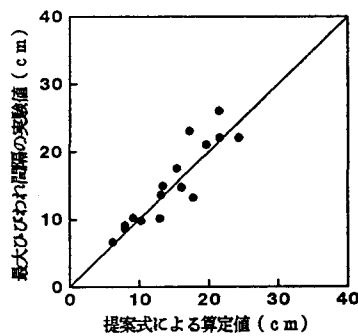
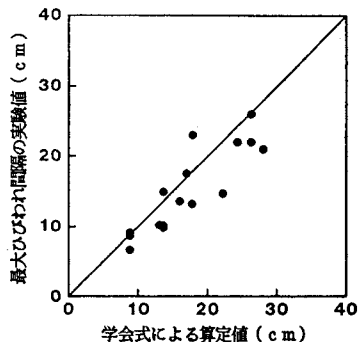
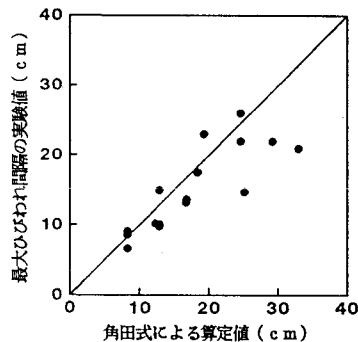


図-2 各算定式の適合性

【参考文献】 [1] 趙 唯聖、丸山久一、山本康之、清水敬二: FRPロッドを主筋に用いたコンクリートはりの曲げひびわれ性状、連続繊維補強材のコンクリート構造物への適用に関するシンポジウム論文集、1992.4(待発表) [2] 角田与史雄: 鉄筋コンクリートの最大ひびわれ幅、コンクリートジャーナル Vol.8 No.9 Sept. 1970.9 [3] 土木学会: 昭和61制定コンクリート標準示方書(設計編)、1986.10 [4] 酒井公生、丸山久一、清水敬二、中村祐剛: 多段配筋を有するコンクリート梁の曲げひび割れ性状、コンクリート工学年次論文報告集 13-2、1991、pp259-264 [5] 小山清一、鈴木昭信、山田 敏、池田尚治、辻 幸和: 太径ねじふし鉄筋D64とひびわれ制御鉄筋を用いたRC部材の曲げひびわれ性状、土木学会第46回年次学術講演会概要集V、1991.9、pp512-513 [6] 泉泉貴朗、岩井 稔、辻 幸和: 鉄筋の配置方法を変化させたRCはりの曲げ性状、土木学会関東支部第17回技術研究発表会講演概要集、1990.1 [7] 池田尚治、山口隆裕、森下 豊: 極太鉄筋の合理的配筋方法に関する研究、土木学会第45回年次学術講演会概要集V、1990.9、pp564-565