

熊本県 正員 元田耕精
長岡技術科学大学 学生員 沢村秀治
長岡技術科学大学 正員 丸山久一

1. はじめに

鉄筋コンクリート構造物および構造部材の設計で、使用期間中の耐久性を問題とする場合、単に耐力のみならず、ひびわれの発生あるいはひびわれ幅をいかに制御するかが重要な課題となってくる。曲げひびわれに関しては、従来から数多くの研究がなされており、ひびわれ幅の算定についても種々の提案がされている¹⁾。一方、せん断ひびわれは、発生のメカニズムが単純ではなく、ひびわれ幅の算定方法に関してもいくつかの提案がなされているものの、まだ十分に解明されていないのが現状である。

本研究は、せん断ひびわれ幅を制御する為の基礎的データを得ることを目的とし、矩形断面を有する単純梁を用いて、せん断補強鉄筋比、せん断スパン比および軸鉄筋比がせん断ひびわれ幅に及ぼす影響について実験的に検討したものである。

2. 実験概要

実験に用いた試験体は、断面寸法が 15×30 cm の矩形断面で、せん断スパン比 (a/d)、せん断補強鉄筋および軸鉄筋比がパラメータとなっている。図1に供試体の形状寸法および鉄筋に貼付したストレインゲージ位置の一例を示し、各パラメータの組合せを表1に示す。 a/d および軸鉄筋比 (P) は

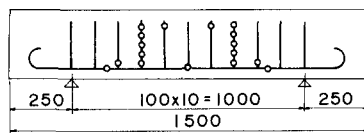


図-1 代表的な試験体の配筋及びゲージ位置図

せん断性状が卓越する範囲で選んだ。載荷は1点集中荷重とし、30 t 油圧サーボジャッキで単調に荷重を増加し、破壊に至らしめた。荷重は、最大荷重点近くまでは荷重制御とし、それ以降は変位制御とした。

尚、支点は両方ともヒンジ支承に近く、支承部および載荷部には $15 \times 15 \times 2.5$ cm の鋼板を用いている。ひびわれ幅は、予め供試体側面に貼付した標点 (10 cm 間隔) 間をコンタクトストレインゲージにより測定し、その結果に基づいて算定した。鉄筋のひずみはワイヤーストレインゲージで測定した。

3. 実験結果

ひびわれ面での鉛直変位 (W) およびズレ変位 (S) は、 x 方向および y 方向の標点間の変形量 ($\Delta l_x, \Delta l_y$) と、ひびわれが x 軸となす角度 (θ) を用いて以下のように表わすことができる。

$$W = \Delta l_x \cdot \cos \theta + \Delta l_y \cdot \sin \theta \quad (1)$$

$$S = \Delta l_y \cdot \cos \theta - \Delta l_x \cdot \sin \theta \quad (2)$$

この結果を用い、以後、ひびわれ幅はひびわれ面での鉛直変位 (W) を示すものとする。

図3に、せん断ひびわれ幅の最大値とそのひびわれの近くにあるスターラップのひずみとの関係の1例を示す。図中の平均ひずみ (MEAN) とは、1本のスターラップにおいて、ひびわれが横切った位置の近くでのひずみゲージの2~3点の

表-1 試験体諸元

	試験体	a/d	p (%)	p_y (%)	軸補強	f_c kg/cm
A	TB 1	2.0	1.06	—	S 2016	179
	TB 2	"	"	—	W 4016	211
	TB 3	"	"	0.21	S 2016	221
	TB 4	"	"	0.42	S 2016	221
B	TB 5	"	1.53	—	S 2019	239
	TB 6	"	"	—	W 2016	239
	TB 7	"	"	0.21	S 2019	255
	TB 8	"	"	0.42	S 2019	255
C	TB 9	3.0	"	—	S 2019	258
	TB10	"	"	—	W 2016	261
	TB11	"	"	0.21	S 2019	264
	TB12	"	"	0.42	S 2019	264

S : 単鉄筋
W : 腹鉄筋

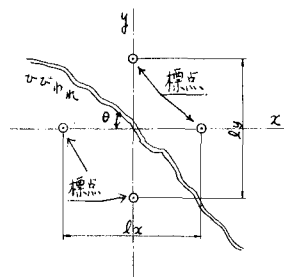


図-2 ひび割れ幅測定概念図

平均を意味している。せん断ひびわれ幅が最大になっているのは、スーラップ上ではないので、ひずみと最大ひびわれ幅との関係を直接に示しているわけではない。ただし、概略の関係は求められ、各供試体での結果を総括すると、0.2 mm のせん断ひびわれ幅が生じる時のスーラップひずみは $500 \sim 1000 \times 10^{-6}$ であった。

図4 (a)~(c)に最大せん断ひびわれ幅および最大曲げひびわれ幅が荷重の増加とともに発達する様子を示す。各供試体は ρ_a が全て2で、(a)と(b)はせん断補強鉄筋比の違い、(b)と(c)は軸鉄筋比の違いによる影響を示している。ひびわれ幅が問題となるのは、通常、使用限界状態であることを考慮すると、使用限界状態での荷重レベルが、終局耐力に比して小さい場合、例えばせん断スパン比 (ρ_a) が2であっても、軸鉄筋比およびせん断補強鉄筋比の組合せによっては曲げひびわれ幅が支配的になることが認められる。

図5は、本実験による曲げひびわれ幅と軸鉄筋ひずみとの関係を角田および Gergely & Lutz の提案式¹⁾と比較した結果を示している。傾きを見ると、せん断ひびわれ発生以前は角田の提案式に近く、それ以降は Gergely & Lutz の提案式に近いことが認められる。ただし、曲げひびわれ幅の供試体は、通常 ρ_a が大きく、角田の提案式では $\rho_a = 5.0$ である。

せん断ひびわれ幅の算定式は CEB やソ連の規準に見られる程度で、研究としてはあまり多くない。図6には、CEB モデルコードによる算定結果と本実験結果との比較を示す。他の供試体での比較結果から総合的に判断すると、CEB モデルコードによる推定は、全般的に、せん断ひびわれ幅を幾分過小評価するものの、傾向は良く一致していると思われる。

今後の課題として、せん断ひびわれ幅と曲げひびわれ幅との相互関係をより定量的に把握することが必要である。

(参考文献)

1) 土研会、コンクリート構造の限界状態設計法試案、1980.4、コンクリートライブラリー

48号

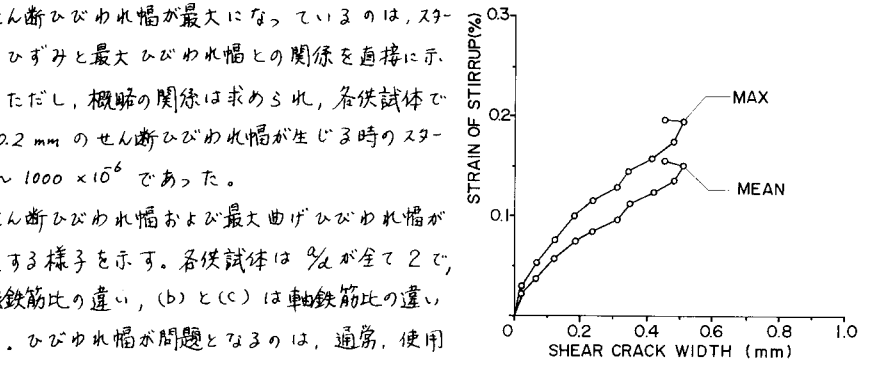


図-3 スーラップの歪とせん断ひび割れ幅の関係 (TB3)

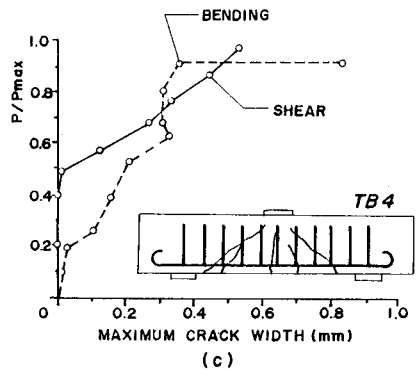
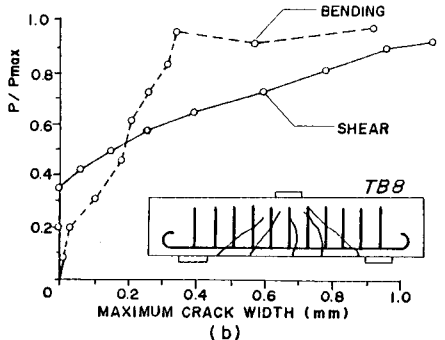
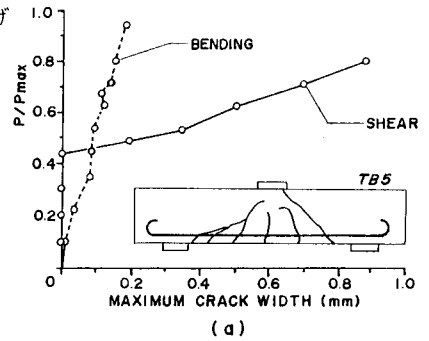


図-4 最大せん断ひび割れ幅及び最大曲げひび割れ幅と荷重の関係

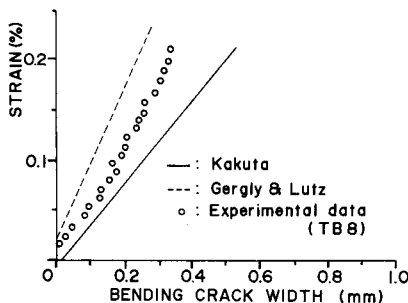


図-5 曲げひび割れ幅の実験結果と既述の提案式との比較 (TB8)

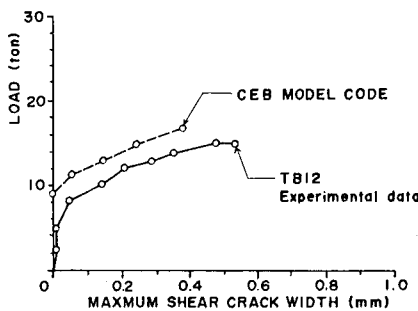


図-6 せん断ひび割れ幅の実験結果と CEB の推定式との比較 (TB12)