

[121] 鉄筋コンクリート単純梁のせん断ひびわれ性状

正会員 ○沢村秀治 (三井建設株式会社)
 正会員 丸山久一 (長岡技術科学大学工学部)
 正会員 前川宏一 (長岡技術科学大学工学部)

1. まえがき

鉄筋コンクリート構造物および構造部材を耐久性という観点から設計する場合、保有耐力の算定のみならず、ひびわれ性状を充分把握しておく必要がある。構造的ひびわれとしての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、ひびわれ幅を定量的に算定することも可能になってきている¹⁾。一方、せん断ひびわれについては、メカニズムの複雑さということもあって研究も充分でなく、ひびわれ幅を定量的に制御するまでに致っていないのが現状である。

本研究は、せん断ひびわれ幅の制御に関する基礎資料を得ることを目的とし、矩形断面を有する単純梁について、せん断スパン比 (a/d)、せん断補強鉄筋、圧縮鉄筋および断面寸法がせん断ひびわれ幅に及ぼす影響を検討したものである。

2. 実験概要

供試体の代表的な形状・寸法を図1に、諸元を表1に示す。断面は15cm、有効高さ25cmの矩形とし、断面寸法の影響を調べる為の供試体 (TB17) だけは、有効高さだけを50cmに変えた。スパン長は $a/d=2$ の場合は1.00m、 $a/d=3$ の場合は1.50mである。

鉄筋のひずみはワイヤーストレインゲージで測定した。ゲージ貼布位置は図1の鉄筋上の○印で示された点である。ひびわれ幅は、供試体側面に貼布した標点 (縦・横とも10cm間隔) 間をコンタクトストレインメータで測定し、その結果に基づいて算出した。

図2に載荷装置を示す。載荷は1点集中荷重とし、油圧サーボジャッキで単調に載荷し、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で負荷し、それ以降は変位制御とした。尚、支点は両端ともヒンジ支承に近く、支承部および載荷部には15×15×2.5cmの鋼板を用いている。

用いた材料としては、コンクリートは最大粗骨材寸法25mmのレディーミックスコンクリートで、圧縮強度は表1に示した。鉄筋はSD35で、降伏強度は39kg/cm²程度であった。

3. 実験結果および考察

表2に耐力に関する実験結果および計算結果を示す。曲げひびわれ荷重は弾性計算に依り、せん断ひびわれ荷重は岡村・檜貝式²⁾に依って求めた。せん断耐力の計算は、スターラップの効果^{45°}トラスモデルに置き換え、それにせん断ひびわれ荷重を加えたものとした。

せん断ひびわれ幅の算定は、図3に示すように予めひびわれ角度 (θ) を測定しておき、縦・横両方向の標点間の変化量 ($\Delta\ell$) から

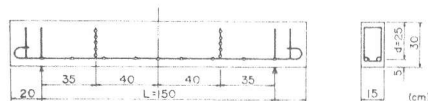


図1 供試体 (TB14)

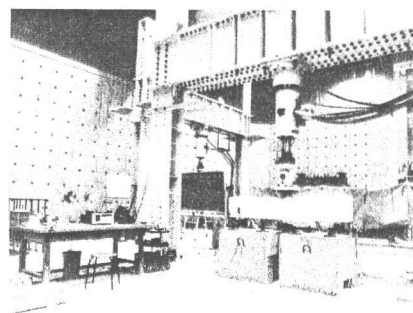


図2 載荷装置

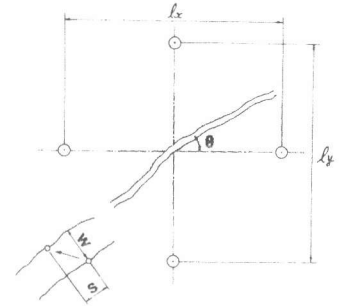
表1 供試体諸元

| 試体名 | a/d | ρ (%) | ρ_w (%) | 圧縮鉄筋 | 引張鉄筋 | f_c kg/cm ² |
|------|-------|------------|--------------|------|------|--------------------------|
| TB 1 | 2 | 1.06 | — | — | 2D16 | 170 |
| TB 2 | " | " | — | — | 2D16 | 211 |
| TB 3 | " | " | 0.21 | — | " | 221 |
| TB 4 | " | " | 0.42 | — | " | 221 |
| TB 5 | " | 1.53 | — | — | 2D10 | 239 |
| TB 6 | " | " | — | — | 2D16 | 239 |
| TB 7 | " | " | 0.21 | — | " | 255 |
| TB 8 | " | " | 0.42 | — | " | 255 |
| TB 9 | 3 | " | — | — | " | 258 |
| TB10 | " | " | — | — | 2D16 | 261 |
| TB11 | " | " | 0.21 | — | " | 264 |
| TB12 | " | " | 0.42 | — | " | 264 |
| TB13 | 2 | " | 0.17 | — | " | 267 |
| TB14 | 3 | " | 0.11 | — | " | 300 |
| TB15 | 2 | " | 0.17 | 2D16 | " | 267 |
| TB16 | 3 | " | 0.11 | " | " | 300 |
| TB17 | " | 1.35 | " | — | 2D25 | 321 |
| TB20 | " | 1.53 | 0.22 | — | 2D10 | 302 |
| TB21 | " | " | " | — | " | 302 |
| TB22 | " | " | " | — | " | 302 |

ひびわれ面に鉛直な変位 (W) および平行な変位 (S) を求めた。以後、本論文では (W) をひびわれ幅として用いることとする。

3.1 曲げひびわれ幅とせん断ひびわれ幅

図4に荷重の増加に伴う曲げひびわれ幅およびせん断ひびわれ幅の拡大の様子を示す。供試体は TB13 で、 $a/d = 2$ 。スターラップはせん断スパン間に1本、圧縮鉄筋は無い状態である。この供試体については、最大せん断ひびわれ幅はせん断ひびわれと主鉄筋との交差部の近傍で測定された。せん断ひびわれは、荷重があるレベルに達するまでは発生しないが、一旦発生するとひびわれ幅の拡大は急激で、この供試体では終局耐力の5割程度の荷重で曲げひびわれ幅よりも大きくなり始めている。ただし、後で述べるように、最大せん断ひびわれ幅が生じている位置は一定ではなく、 a/d の大きさ、スターラップの有無および圧縮鉄筋の有無等によって異なってくるので、それによってせん断ひびわれ幅の拡大の様子も違ってくる。



$$w = l_x \sin \theta + l_y \cos \theta$$

$$s = l_x \cos \theta - l_y \sin \theta$$

図3 せん断ひびわれ幅算定方法

3.2 せん断ひびわれ幅とスターラップひずみ

図5のように、最大せん断ひびわれ幅がスターラップ上で生じている場合には、ひびわれ幅とスターラップひずみには線形関係が認められる。しかし、多くの場合、最大せん断ひびわれ幅は、スターラップのひずみ測定点とは異なる位置に発生している為、両者を定量的に結びつけるのは難しい。

3.3 せん断スパン有効高さ比 (a/d) の影響

スターラップおよび圧縮鉄筋の無い場合について、 $a/d = 2$ および 3 の荷重-最大せん断ひびわれ幅関係を図6に示す。

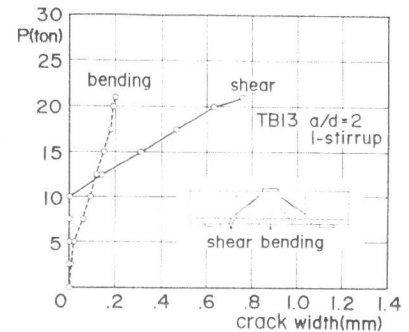


図4 曲げおよびせん断ひびわれ幅

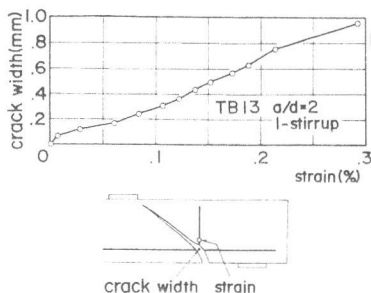


図5 せん断ひびわれ幅とスターラップひずみ

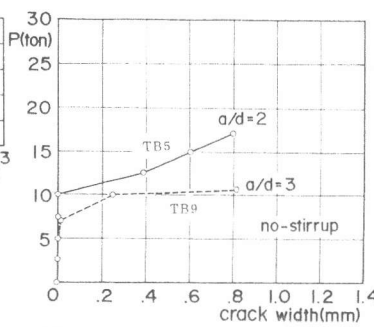


図6 a/d の影響

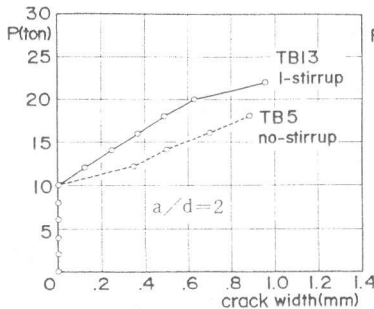


図7 せん断補強鉄筋の効果

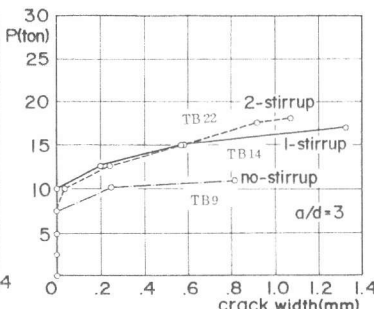


図8 せん断補強鉄筋の効果

表2 実験結果および計算値 (単位 ton)

| 試験体 | 曲げひびわれ荷重 | | せん断ひびわれ荷重 | | 終局耐力 | | |
|------|----------|-----|-----------|-----|------|------|------|
| | 計算値 | 実験値 | 計算値 | 実験値 | 曲げ | せん断 | 実験値 |
| TB 1 | 3.47 | 3 | 8.3 | 7 | 13.7 | 8.3 | 18.8 |
| TB 2 | 4.09 | 4 | 8.8 | 8 | 14.0 | 8.8 | 17.8 |
| TB 3 | 3.85 | 4 | 8.9 | 8 | 14.1 | 14.3 | 18.9 |
| TB 4 | 3.85 | 4 | 8.9 | 9 | 14.1 | 19.8 | 20.7 |
| TB 5 | 4.19 | 5 | 10.5 | 9 | 20.0 | 10.5 | 22.5 |
| TB 6 | 4.56 | 5 | 10.5 | 10 | 20.1 | 10.5 | 25.0 |
| TB 7 | 4.33 | 5 | 10.7 | 10 | 20.1 | 16.1 | 23.0 |
| TB 8 | 4.33 | 5 | 10.7 | 10 | 20.1 | 21.6 | 26.1 |
| TB 9 | 2.91 | 3 | 9.0 | 9 | 13.4 | 3.2 | 11.8 |
| TB10 | 3.18 | 3 | 9.0 | 9 | 13.5 | 9.4 | 9.5 |
| TB11 | 2.94 | 3 | 9.1 | 9 | 13.5 | 14.5 | 14.4 |
| TB12 | 2.94 | 3 | 9.1 | 9 | 13.5 | 19.9 | 16.7 |
| TB13 | 4.43 | 6 | 10.9 | 10 | 19.4 | 15.2 | 22.0 |
| TB14 | 3.13 | 3 | 9.5 | 9 | 13.1 | 12.4 | 16.6 |
| TB15 | 4.82 | 5 | 10.9 | 10 | 19.4 | 15.1 | 28.9 |
| TB16 | 3.41 | 3 | 9.5 | 10 | 13.1 | 12.4 | 13.9 |
| TB17 | 6.35 | 5 | 15.9 | 16 | 23.7 | 21.7 | 22.0 |
| TB20 | 3.14 | 3 | 9.5 | 10 | 13.1 | 16.7 | 16.8 |
| TB21 | 3.14 | 4 | 9.5 | 10 | 13.1 | 16.7 | 17.0 |
| TB22 | 3.14 | 4 | 9.5 | 10 | 13.1 | 16.7 | 18.3 |