

## P C 部材のねじり挙動におよぼす補強筋の影響

神戸大学工学部 正 藤井 学  
 神戸大学大学院 学 武田 隆昌  
 神戸大学大学院 学 黒坂 敏正

## 1. はじめに

本文はねじりを受けるコンクリートはりに対するプレストレスおよび横方向筋の補強効果について実験的に考察したものである。

## 2. 実験概要

供試はりには  $15\text{ cm} \times 15\text{ cm}$  の正方形断面を持ち、長さ  $130\text{ cm}$  でねじり区間は  $100\text{ cm}$  である。配筋は軸方向鉄筋比はすべて等しく  $1.27\%$  である。横方向鉄筋比は A シリーズで  $0.75\%$ 、B シリーズで  $1.28\%$  である。また各シリーズで N の符号を持つものは  $\phi 9$  で、S の符号を持つものは  $\phi 6$  でスターラップを組んである。従って AS は AN と、BS は BN とそれぞれ鉄筋量は等しいが小さい径の鉄筋をより密に配置してある。有効プレストレスは  $\sigma_{pe} = 0, 25, 50, 75\text{ kg/cm}^2$  を  $\phi 17\text{ mm}$  の B 種 1 号の P C 鋼棒を用いて載荷直前に導入した。

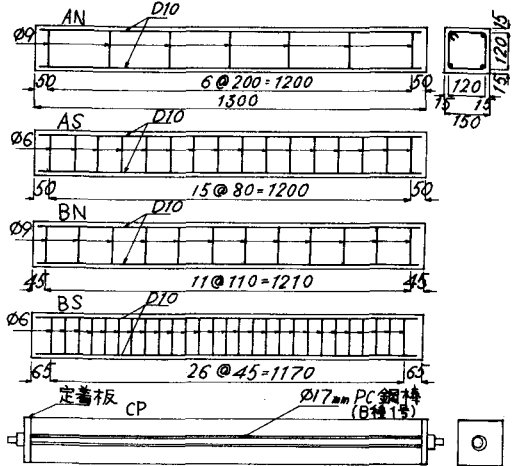


図1 供試はりの配筋図

表1 鉄筋の機械的性質

| 呼び名      | 降伏耐力                      | 引張強度                      |
|----------|---------------------------|---------------------------|
| $\phi 6$ | 2330 ( $\text{kg/cm}^2$ ) | 3250 ( $\text{kg/cm}^2$ ) |
| $\phi 9$ | 2800                      | 4030                      |
| D10      | 2580                      | 3850                      |

表1に使用した鉄筋の機械的性質を、表2にコンクリートの示方配合を示した。また配筋図は図1に示す。CPは無筋である。

表2 示方配合

| 骨材最大寸法 | スランプ   | 水セメント比 | 細骨材率 | 単位水量            | 単位セメント量         | 単位細骨材量          | 単位粗骨材量          |
|--------|--------|--------|------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 20mm   | 75±1cm | 42%    | 42%  | 186 $\text{kg}$ | 444 $\text{kg}$ | 725 $\text{kg}$ | 989 $\text{kg}$ |

ねじり載荷は、はりに偏心載荷アームを取り付け静荷重を加えた。

ねじり回転角は、供試はりにアンクルを取り付け変位計を用いて測定した。またコンクリートには電気抵抗線ひずみゲージを貼付した(図2)。

## 3. 実験結果および考察

供試はりのひびわれ強度、終局強度を表るに、トルクモーメント-回転角曲線を図るに示す。

## (1) ねじり剛性

ねじり剛性はトルク-回転角曲線の示すようにひびわれ発生までは鉄筋量にも補強方法にもまったく影響を受けておらずまた  $\sigma_{pe}$  の大きさにも影響を受けていないが、プレストレスによってひびわれ荷重は大きく増加し結果的にははりのねじり剛性低下時期が遅れるという形でねじり剛性改善に効果がある。またひびわれ発生以前のねじり回転角はほぼ弾性理論による計算値と一致する(図3)。

## (2) ひびわれ強度

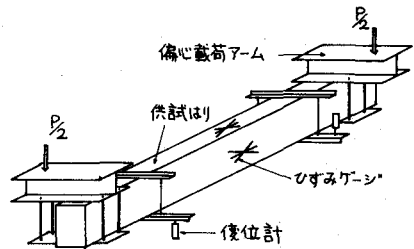


図2 ねじり載荷および測定方法

ひびわれ強度は補強鉄筋の量にも補強形式にもほとんど影響されていない。

プレストレスの導入されたはりのひびわれ強度はコンクリートの圧縮強度  $\sigma_{cu}$  と  $\sigma_{pe}$  の関数として  $M_{tr} = M_{tr0} \sqrt{1 + 10 \frac{\sigma_{pe}}{\sigma_{cu}}}$  のように推定可能と考えられ、プレストレスを導入していないはりのひびわれ強度は  $H_{su}$  による  $M_{tr0} = 6(l^2 + 10)d \sqrt[3]{\sigma_{cu}}$  (kg-in) として各供試はりのひびわれ強度を算定すると図4になる。  
 $\gamma = \sqrt{1 + 10 \frac{\sigma_{pe}}{\sigma_{cu}}}$  は実験値の  $\sigma_{pe} = 0$  に対するひびわれ強度の増加率としては過小に見積るが  $M_{tr0}$  を  $H_{su}$  式によって計算するとプレストレスを受けるはりの  $M_{tr}$  の推定値は実験値とよく一致する。もし  $M_{tr0}$  を弾性論を使用して算定すれば実用上安全側のひびわれ強度が推定されよう。

### (3) 終局ねじり強度

はりの終局ねじり強度は A, B 両シリーズともに S の符号を持つものは N の符号を持つものより最高 23%, 平均 13.5% 程度増加している。これは鉄筋の降伏強度が  $\phi 6$  の方が  $\phi 9$  よりも 20% 程度小さいこととまったく逆の結果になっており、はりのねじり補強の一つの手段となりうる。

またあまり大きくない鉄筋比においてはねじり強度は鉄筋による補強とプレストレスによる補強の累加の形で表わすことが可能と考えられ、ここでは  $H_{su}$  の提案した式で本実験値との比較を表4に示す。両値はおおむね一致を示しているが本実験で見られた鉄筋の付着面積の増加によるねじり強度増加についてはまったく考慮されておらず今後の研究が必要であろう。

### 4 おわりに

PC部材のひびわれ以前のねじり挙動はほぼ弾性論で説明できるがひびわれ後のねじり剛性、ねじり強度については、特にプレストレスと鉄筋との相乗補強効果を断面形状と考之合わせてさらに多くの実験と研究が必要であろう。

参考文献 1) Hsu, T. T. C. Background and Practical Application of Tentative Design Criteria for Torsion J. of ACI 1969

表 3 供試はり実験結果

| 供試はり  | 補強鉄筋比         | 圧縮強度 $\sigma_{cu}$ (kg/cm <sup>2</sup> ) | 引張強度 $\sigma_{ts}$ (kg/cm <sup>2</sup> ) | 弾性係数 $E_s \times 10^4$ (kg/cm <sup>2</sup> ) | ポアソン比 $\nu$ | ひびわれねじり強度 $M_{tr}$ (t-cm) | 終局ねじり強度 $M_{tu}$ (t-cm) |
|-------|---------------|------------------------------------------|------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------|---------------------------|-------------------------|
| CP-0  | 無筋            | 378                                      | 34.4                                     | 0.316                                        | 0.185       |                           | 28.8 (1.00)             |
| CP-25 |               | 329                                      | 27.6                                     |                                              |             |                           | 41.3 (1.43)             |
| CP-50 |               | 378                                      | 34.4                                     | 0.315                                        | 0.185       |                           | 47.6 (1.65)             |
| CP-75 |               | 361                                      | 34.6                                     |                                              |             |                           | 54.2 (1.88)             |
| AN-0  | $\phi 9$ を使用し | 313                                      | 28.1                                     | 0.297                                        | 0.181       | 26.3 (1.00)               | 30.0 (1.00)             |
| AN-25 |               | 431                                      | 29.2                                     | 0.302                                        | 0.178       | 41.3 (1.57)               | 41.3 (1.38)             |
| AN-50 | 0.75%         | 313                                      | 28.1                                     | 0.297                                        | 0.181       | 50.0 (1.90)               | 50.0 (1.67)             |
| AN-75 |               | 431                                      | 29.2                                     | 0.302                                        | 0.178       | 55.0 (2.09)               | 55.0 (1.83)             |
| AS-0  | $\phi 6$ を使用し | 413                                      | 32.3                                     | 0.297                                        | 0.183       | 28.5 (1.00)               | 36.8 (1.00)             |
| AS-25 |               | 413                                      | 32.3                                     | 0.297                                        | 0.183       | 43.8 (1.54)               | 49.2 (1.34)             |
| AS-50 | 0.76%         | 413                                      | 32.3                                     | 0.297                                        | 0.183       | 55.0 (1.93)               | 55.0 (1.49)             |
| AS-75 |               | 413                                      | 32.3                                     | 0.297                                        | 0.183       | 60.0 (2.11)               | 60.0 (1.63)             |
| BN-0  | $\phi 9$ を使用し | 361                                      | 34.6                                     |                                              |             | 27.5 (1.00)               | 37.3 (1.00)             |
| BN-25 |               | 431                                      | 31.1                                     | 0.275                                        | 0.183       | 45.0 (1.67)               | 50.0 (1.34)             |
| BN-50 | 1.27%         | 361                                      | 34.6                                     |                                              |             | 52.5 (1.91)               | 54.2 (1.45)             |
| BN-75 |               | 431                                      | 31.1                                     | 0.275                                        | 0.183       | 57.5 (2.09)               | 57.7 (1.55)             |
| BS-0  | $\phi 6$ を使用し | 313                                      | 28.1                                     | 0.297                                        | 0.181       | 26.3 (1.00)               | 42.5 (1.00)             |
| BS-25 |               | 431                                      | 29.2                                     | 0.302                                        | 0.178       | 45.0 (1.71)               | 54.4 (1.28)             |
| BS-50 | 1.27%         | 313                                      | 28.1                                     | 0.297                                        | 0.181       | 51.3 (1.95)               | 57.5 (1.35)             |
| BS-75 |               | 431                                      | 29.2                                     | 0.302                                        | 0.178       | 61.3 (2.33)               | 67.5 (1.59)             |

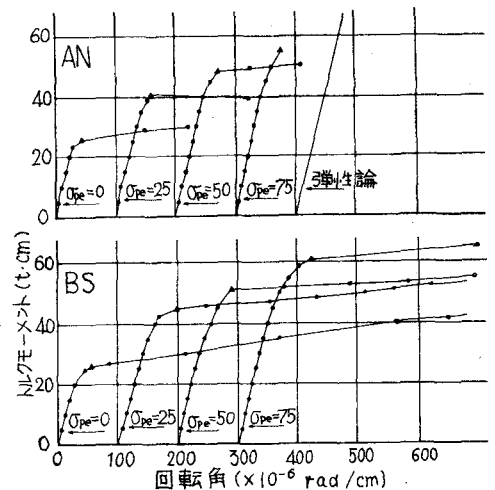


図3 トルク-回転角曲線

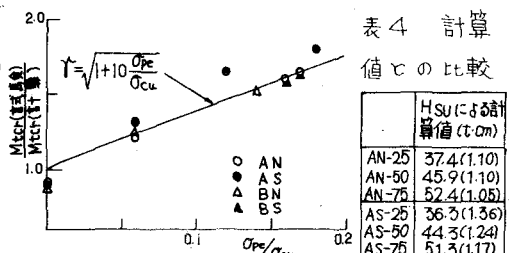


表4 計算値との比較

|       | $H_{su}$ による算定値 (t-cm) |
|-------|------------------------|
| AN-25 | 37.4 (1.10)            |
| AN-50 | 45.9 (1.10)            |
| AN-75 | 52.4 (1.05)            |
| AS-25 | 36.3 (1.36)            |
| AS-50 | 44.3 (1.24)            |
| AS-75 | 51.3 (1.17)            |
| BN-25 | 47.9 (1.04)            |
| BN-50 | 55.4 (0.98)            |
| BN-75 | 62.9 (0.92)            |
| BS-25 | 45.6 (1.19)            |
| BS-50 | 53.2 (1.08)            |
| BS-75 | 60.6 (1.11)            |