

名城大学 正 泉 満明 住友建設 正 津野和男  
道路公団 正 小野正二 ビーエスコンクリート 正 河村哲男

1. はじめに 本研究は、土木学会第38回年次大会発表の研究において不足と考えられる供試体を追加し、PCブロック工法による部材のねじりひびわれ発生モーメント、破壊モーメントおよび継目部の挙動を調べ、実用設計に有用な資料を得るために、純ねじり載荷実験を行なったものである。

2. 実験概要 前回<sup>1)</sup>と全く同一の500<sup>mm</sup>×500<sup>mm</sup>×3463の箱形断面の供試体を、一体もの1体、ブロック工法によるもの5体を追加製作した。表-1に前回のもも含めて、供試体の種類を示した。使用材料、ねじり載荷方法および測定方法は、前回と全く同様に行なった。

3. 実験結果および理論式 表-1にねじりひびわれ発生モーメントの実験値と理論値を比較している。ねじりひびわれ発生前は、一体ものとPCブロック工法による部材とのねじり挙動は、同一と推定でき、弾性理論が合理的と思われる。理論値(B<sub>1</sub>)は、弾性理論式に基づいた箱形断面に関するもので、

$$M_{tc} = 2 \times A_m \times t_o \times \sigma_{cto} \times \sqrt{1 + \frac{\sigma_{cpe}}{\sigma_{cto}}} \quad \text{ここに、} A_m: \text{壁厚の中心線で囲まれた面積}$$

$t_o$ : 箱形断面の壁厚  $\sigma_{cpe}$ : 有効プレストレス  $\sigma_{cto}$ : コンクリートの引張強度 理論値(C<sub>1</sub>)は本供試体が比較的厚肉断面であるので、ACI基準の壁厚に関する低減係数( $\eta$ )で(B<sub>1</sub>)を補正したものである。

$\eta = \frac{5t_o}{d}$  ここに、 $d$ : コンクリート断面の長辺の長さ 本実験では  $\eta = 0.8$  となる。理論値(D<sub>1</sub>)は、壁厚内におけるねじりせん断応力度分布の不均一性を考えた低減係数( $w$ )で(B<sub>1</sub>)を補正したものである。  
 $w = 1 - \frac{t_o}{d}$  本実験では  $w = 0.84$  となる。

表-1 ねじりひびわれモーメントの実験値と理論値 (○印は今回実験した供試体)

| 供試体名       | 供試体の構造 | プレストレスとその分布  |        | 実験値<br>A <sub>1</sub><br>t.m | 理論値<br>B <sub>1</sub><br>t.m | 理論値<br>C <sub>1</sub><br>t.m | 理論値<br>D <sub>1</sub><br>t.m | A <sub>1</sub> /B <sub>1</sub> | A <sub>1</sub> /C <sub>1</sub> | A <sub>1</sub> /D <sub>1</sub> | 備 考                  |                                     |                                     |
|------------|--------|--------------|--------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|----------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| P' - 10    | 一体もの   | 一様<br>プレストレス |        | 10                           | 7.5                          | 12.96                        | 10.37                        | 0.58                           | 0.72                           | 0.69                           | P'-10は目地部分で軸方向鉄筋が不連続 |                                     |                                     |
| P - 10     |        |              |        | 10                           | 9.0                          | 11.16                        | 8.93                         | 0.80                           | 1.00                           | 0.96                           |                      |                                     |                                     |
| P - 40     |        |              |        | 40                           | 12.0                         | 13.08                        | 10.46                        | 0.92                           | 1.15                           | 1.09                           |                      |                                     |                                     |
| P - 60     |        |              |        | 60                           | 15.2                         | 15.65                        | 12.52                        | 0.97                           | 1.21                           | 1.16                           |                      |                                     |                                     |
| P' -       |        | 偏心プレストレス     | 上<br>下 | 10<br>70                     | 10.0                         | 10.94                        | 8.75                         | 9.19                           | 0.91                           | 1.14                           |                      | 1.09                                | 10 <sup>3</sup> /cm <sup>2</sup> の面 |
| PB - 10-1  | 目地有り   | 一様           |        | 10                           | 9.8                          | 11.16                        | 8.93                         | 9.37                           | 0.88                           | 1.10                           | 1.05                 |                                     |                                     |
| PB - 10-2  |        |              |        | 10                           | 7.1                          | 10.03                        | 8.02                         | 8.43                           | 0.71                           | 0.89                           | 0.84                 |                                     |                                     |
| PB - 40    |        |              |        | 40                           | 11.0                         | 16.32                        | 13.06                        | 13.71                          | 0.67                           | 0.84                           | 0.80                 |                                     |                                     |
| PB - 60    |        |              |        | 60                           | 11.8                         | 15.93                        | 12.74                        | 13.38                          | 0.74                           | 0.93                           | 0.88                 |                                     |                                     |
| PBD - 10-1 | 目地有り   | プレストレス       |        | 10                           | 9.2                          | 10.62                        | 8.45                         | 8.92                           | 0.87                           | 1.09                           | 1.03                 |                                     |                                     |
| PBD - 10-2 |        |              |        | 10                           | 8.3                          | 10.94                        | 8.75                         | 9.19                           | 0.76                           | 0.95                           | 0.90                 |                                     |                                     |
| PBD - 40   |        | 目地有り         |        | 40                           | 12.0                         | 13.67                        | 10.94                        | 11.48                          | 0.88                           | 1.10                           | 1.05                 |                                     |                                     |
| PBD - 60   |        |              |        | 60                           | 14.7                         | 15.65                        | 12.52                        | 13.15                          | 0.94                           | 1.17                           | 1.12                 |                                     |                                     |
| PBD' - 1   |        |              | ジベル配置  | 偏 心                          | 上                            | 10                           | 10.8                         | 12.36                          | 9.89                           | 10.38                          | 0.87                 |                                     | 1.09                                |
|            | 14.0   | 18.43        |        |                              |                              |                              | 14.74                        | 15.48                          | 0.76                           | 0.95                           | 0.90                 | 70 <sup>3</sup> /cm <sup>2</sup> の面 |                                     |
| PBD - 2    | プレストレス | 下            |        | 70                           | 11.3                         | 10.74                        | 8.59                         | 9.02                           | 1.05                           | 1.31                           | 1.25                 | φ14                                 | 10 <sup>3</sup> /cm <sup>2</sup> の面 |
|            |        |              |        |                              | 15.0                         | 16.59                        | 13.27                        | 13.94                          | 0.90                           | 1.13                           | 1.08                 |                                     | 70 <sup>3</sup> /cm <sup>2</sup> の面 |
| PBD' - 3   |        |              |        |                              | 8.6                          | 8.95                         | 7.16                         | 7.52                           | 0.16                           | 1.20                           | 1.14                 | φ20                                 | 10 <sup>3</sup> /cm <sup>2</sup> の面 |
| 平均値        |        |              |        |                              |                              |                              |                              | 0.84                           | 1.05                           | 1.00                           |                      |                                     |                                     |

表-2に、終局ねじりモーメントの実験値と理論値を比較している。既往の研究、今回の実験のひびわれ発生状態より、立体トラス理論が合理的であるとえられる。理論値(B)は、立体トラス理論によるもので、

$$M_{tu} = 2 \times A_m \times \sqrt{\frac{\sum A_e \sigma_{sev} \cdot S}{A_v \cdot \sigma_{svr} \cdot u}} \times \frac{A_v \cdot \sigma_{svr}}{S} \quad \text{となる。}$$

理論値(C)は、立体トラス類似理論によるもので、PC鋼棒も軸方向鉄筋として加算している。

$$Mtu = 2 \times A_m' \times \sqrt{\frac{2A_v \times 0.5v}{S}} \times \frac{A_e \times 0.5v}{d - t_x}$$

理論値(D)は(C)で $A_e$ として、軸方向鉄

筋のみを考えた場合である。理論値(E)は(C)で $A_e$ として、PC鋼棒のみを考えた場合である。

理論値(B')は、プレストレスの影響を考慮して(B)を補正した式で、補正係数  $\gamma_1 = 1.0$  ( $0 \leq \sigma_{cpe} \leq 17 \text{ kg/cm}^2$ )

又は、 $\gamma_1 = 0.00350 \sigma_{cpe} + 0.94$  ( $\sigma_{cpe} \geq 17 \text{ kg/cm}^2$ ) を乗じる。理論値(C')は、プレストレスの影響を考

慮して(C)を補正した式で、補正係数  $\gamma_2 = 0.00428 \sigma_{cpe} + 1.00$  を乗じたものである。

表-2 終局ねじりモーメントの実験値と理論値

| 供試体名                | 実験値<br>A<br>t.m | 理論値<br>B<br>t.m | 理論値<br>C<br>t.m | 理論値<br>D<br>t.m | 理論値<br>E<br>t.m | 理論値<br>B'<br>t.m | 理論値<br>C'<br>t.m | A/B    | A/C    | A/D    | A/E    | A/B' | A/C' |
|---------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|--------|--------|--------|--------|------|------|
| P <sup>o</sup> - 10 | 17.2            |                 | 16.46           | 10.97           | 12.74           | 17.22            | 17.16            | 1.00   | 1.04   | 1.57   | 1.35   | 1.00 | 1.00 |
| P - 10              | 17.2            |                 | 16.03           | 10.78           | 12.50           | 17.22            | 16.72            | 1.00   | 1.07   | 1.60   | 1.38   | 1.00 | 1.03 |
| P - 40              | 18.6            |                 | 15.67           | 10.65           | 12.32           | 18.60            | 18.35            | 1.08   | 1.19   | 1.75   | 1.51   | 1.00 | 1.01 |
| P - 60              | 23.7            |                 | 15.90           | 10.72           | 12.43           | 19.80            | 19.98            | 1.38   | 1.49   | 2.21   | 1.91   | 1.20 | 1.19 |
| P'                  | 21.0            |                 | 16.26           | 10.88           | 12.62           | 18.60            | 19.04            | 1.22   | 1.27   | 1.93   | 1.66   | 1.13 | 1.10 |
| PB-10-1             | 8.5             |                 | 16.04           | 10.78           | 12.50           | —                | —                | (0.49) | (0.53) | (0.79) | (0.68) | —    | —    |
| PB-10-2             | 10.2            |                 | 16.09           | 10.81           | 12.53           | —                | —                | (0.59) | (0.63) | (0.94) | (0.81) | —    | —    |
| PB-40               | 14.2            | 17.22           | 16.46           | 10.97           | 12.74           | 18.60            | 19.28            | 0.82   | 0.86   | 1.29   | 1.11   | 0.76 | 0.74 |
| PB-60               | 18.5            |                 | 15.95           | 10.75           | 12.45           | 19.80            | 20.05            | 1.05   | 1.16   | 1.72   | 1.49   | 0.93 | 0.92 |
| PBD-10-1            | 16.7            |                 | 15.71           | 10.66           | 12.34           | 17.22            | 16.38            | 0.97   | 1.06   | 1.57   | 1.35   | 0.97 | 1.02 |
| PBD-10-2            | 17.8            |                 | 16.26           | 10.88           | 12.62           | 17.22            | 16.96            | 1.03   | 1.09   | 1.64   | 1.41   | 1.03 | 1.05 |
| PBD-40              | 19.2            |                 | 15.68           | 10.66           | 12.33           | 18.60            | 18.36            | 1.11   | 1.22   | 1.80   | 1.56   | 1.03 | 1.05 |
| PBD-60              | 19.9            |                 | 15.94           | 10.74           | 12.45           | 19.80            | 20.03            | 1.16   | 1.25   | 1.85   | 1.60   | 1.01 | 0.99 |
| PBD'-1              | 16.4            |                 | 16.31           | 10.90           | 12.66           | 18.60            | 19.10            | 0.95   | 1.01   | 1.50   | 1.30   | 0.88 | 0.86 |
| PBD'-2              | 20.5            |                 | 16.17           | 10.84           | 12.57           | 18.60            | 18.94            | 1.19   | 1.27   | 1.89   | 1.63   | 1.10 | 1.08 |
| PBD'-3              | 17.3            |                 | 14.94           | 10.42           | 11.99           | 18.60            | 17.50            | 1.00   | 1.16   | 1.66   | 1.44   | 0.93 | 0.99 |
| 平均値                 |                 |                 |                 |                 |                 |                  |                  | 1.07   | 1.15   | 1.71   | 1.48   | 1.00 | 1.00 |

4. 考察 (1)ねじりひびわれ発生モーメントに関し、(D)は実験値(A)との比の平均は1.00で、変動係数は13.9%であるが、実用的には使えないこともないと思われる。(2)終局ねじりモーメントに関し、(B')は実験値(A)との比の平均は1.00で変動係数は10.4%であるが、実用的には使えないこともないと思われる。(3)継目部におけるプレストレスと接合キーの効果に関しては、PB-10-1およびPB-10-2の供試体は、ひびわれ発生前一体ものと同様の挙動を示し、発生後継目部で回転ずれを生じている。又、終局ねじり強度も相当に小さい値となった。一方同じ10<sup>kg</sup>/cm<sup>2</sup>のプレストレス量でも接合キーのあるPBD-10-1およびPBD-10-2の供試体は、一体ものと同じ破壊ひびわれ状態を示した。プレストレス量が20<sup>kg</sup>/cm<sup>2</sup>以上の供試体は全て、一体ものと同じ破壊ひびわれ状態を示した。(4)コンクリートおよび鉄筋の応力度はひびわれ発生後、急激に増大した。ねじり回転についても同様であった。

5. 結論 厚肉の箱形断面部材のねじりひびわれ発生モーメントは (D)式で推定できる。終局ねじりモーメントは (C')式で推定できる。継目部に接合キーを配置し、10<sup>kg</sup>/cm<sup>2</sup>以上のプレストレスを導入するか、継目部に15~20<sup>kg</sup>/cm<sup>2</sup>以上のプレストレスを導入すれば、一体ものと同様PCブロック工法部材にねじり挙動の差異はほとんどない。

6. 今後の課題 PCブロック工法のねじり実験に関しては、T・I形断面部材についても行なう必要がある。継目を有するPC部材の曲げとねじりの組合せ荷重およびねじり疲労に関する研究が必要と思われる。本研究は、プレストレスコンクリート建設業協会の委託により行なわれたもので、PC桁ブロック目地部のねじり抵抗研究委員会の委員各位ならびに、東京都立大学村田二郎先生の御指導、実験の実施については鈴木、川崎、大作の各先生方の御協力をいただき、ここに厚く謝意を表します。

参考文献 1)泉・津野・阿部「PCブロック工法による部材のねじり挙動」土木学会第38回年次学術講演会