

(1) 円形断面を有するコンクリート部材のねじり強度

名城大学 正会員 泉 満明

1. はじめに

コンクリート構造物において、円形断面を有するコンクリート部材は、柱、梁あるいは杭として多用されている。構造形式によつては、地震時において部材に大きなねじりが作用すると考えられる。また、無騒音、無振動工法として杭をねじり貫入定着する方法が行なわれている。本研究は、これらの場合を想定して、円形断面を有する無筋、鉄筋およびプレストレストコンクリート部材に純ねじりモーメントが作用した場合のひび割れモーメント、終局モーメントを既往の実験結果と理論値との比較検討をおこなつたものである。なお、使用材料としては、普通コンクリートの他に鋼繊維コンクリートおよび膨張コンクリートが含まれている。

2. 円形断面に関するねじり理論式

(1) ねじりひびわれ発生モーメント算定式

コンクリート部材のねじりひびわれ発生モーメントは、無筋コンクリートの場合も鉄筋補強がなされている場合も、一般に大きな差異は生じない。一方、算定式としては、弾性理論、完全ソ性理論および斜め曲げ理論に基づいた式が提案されている。

弾性理論式においては、鉄筋とコンクリート部分のねじりに対する抵抗モーメントの和を鉄筋コンクリート部材のねじりひびわれ発生モーメントとする。プレストレストコンクリート部材の場合にはさらにプレストレスの効果を考慮する。したがつて、一般的なコンクリート部材のねじりひびわれ発生モーメント (M_{tc}) は、

$$M_{tc} = \frac{\pi}{2} \left[\frac{D^3}{8} + D_s^2 (n_g - 1) \left(\frac{A_l}{\pi D_s} + \frac{A_v \cos \xi}{s} \right) \right] \frac{\tilde{\sigma}_{cuo} \tilde{\sigma}_{cto}}{\tilde{\sigma}_{cuo} + \tilde{\sigma}_{cto}} \cdot \sqrt{1 + \frac{\tilde{\sigma}_{cpv} + \tilde{\sigma}_{cpl}}{\tilde{\sigma}_{cto}} + \frac{\tilde{\sigma}_{cpv} \tilde{\sigma}_{cpl}}{\tilde{\sigma}_{cto}^2}} \quad (1)$$

ここで、 D , D_s , s , ξ ; 記号は図-1 参照

$n_g = G_s / G_c$; せん断弾性係数比

$\tilde{\sigma}_{cuo}$, $\tilde{\sigma}_{cto}$; コンクリートの圧縮、引張強度

A_l , A_v ; 軸および横方向鉄筋断面積

$\tilde{\sigma}_{cpl}$, $\tilde{\sigma}_{cpv}$; 軸および横方向プレストレス

となる。

斜め曲げ理論で純ねじりモーメントに関する式は、

$$M_{tc} = \frac{\pi D^3}{16} \tilde{\sigma}_{cto} \quad (2)$$

となる。

完全塑性理論で純ねじりモーメントに関する式は、砂丘類似により、

$$M_{tc} = \frac{\pi D^3}{12} \tilde{\sigma}_{cto} \quad (3)$$

となる。

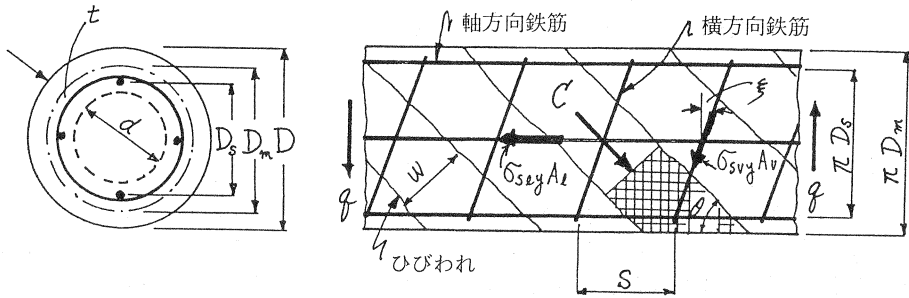


図-1 円形断面および展開図

(2) 終局ねじりモーメント算定式

円形断面鉄筋コンクリート部材の配筋を、図-1に示すように軸方向鉄筋とそれを囲み部材軸直角にξの角度をなす横方向鉄筋とする。立体トラス類似によつて、

$$M_{t u} = 2 A_m \sqrt{\frac{\sigma_{s l} \Sigma A_l}{\pi D_m} \frac{\sigma_{s v} A_v \cos \xi}{S}} \quad (4)$$

ここで、 A_m ; ねじり有効断面、近似的には、 $\pi D_s^2 / 4$
 $\sigma_{s l}$, $\sigma_{s v}$; 軸および横方向鉄筋応力度
 D_m ; せん断流の合力が形成する円の直径

となる。

(3) 鋼繊維補強コンクリート部材のねじり強度

鋼繊維補強コンクリート部材のねじり強度は、既往の研究によると、繊維の混合比とアスペクト比に関連することが明らかになってきている。したがつて、ねじり強度 ($M_{t f}$) は、

$$M_{t f} = \left[1 + k_f \left(\frac{l}{d_f} \right)^{3/2} V_f \right] M_{t c} \quad (5)$$

ここで、 l / d_f ; 鋼繊維のアスペクト比
 V_f ; 鋼繊維の混合比 (体積比)
 k_f ; 定数 (1/15)

となる。

(4) 仮想ねじり抵抗壁厚 (t)

立体トラス類似においては、圧縮斜材の幅 (t) が仮定される。中空断面の場合、壁厚の検討が必要となることもある。

$$t = \frac{1}{0.8 \sigma_{ck}} \left(\frac{\Sigma A_l \sigma_{s l}}{\pi D_m} + \frac{A_v \sigma_{s v} \cos \xi}{S} \right) \quad (6)$$

となる。

3. 実験結果の検討

(1) ねじりひびわれ発生モーメント

ねじりひびわれ発生モーメントの算定は、式(1)によりおこなつた。算定値と無筋、鉄筋およびプレストレストコンクリート部材の実験値との比較を図-2にしめてある。図-2から明らかのように、計

算値と実験値の差は一般的に少ないといえる。しかし、中空断面部材の場合は、計算値が実験値を上回る部材が多く、最大で23%の差が生じている。この傾向は、高強度コンクリートを使用したPC中空断面の場合に生じている。一方、低強度コンクリートを使用したRC中実断面の場合は、実験値が計算値を上回る部材が多い。

鋼繊維コンクリートについては、図-3に実験結果と計算値の比較がしめされている。

図から明らか

うに、計算値と実験値は、可成り一致をしめしている。

(2) ねじり終局モーメント

図-4に式(4)による計算値と実験結果の比較がしめされている。ねじりひびわれモーメントの場合と異なり、実験値が大幅に計算値を上回っているものが多い。図のなかでRC部材の場合は、計算値が実験値を上回るものもあるが、PC部材より式(4)によるねじり強度の推定が精度良くできそうである。PC部材において計算値と実験値の大きな差異の原因としては、計算に使用する鋼材応力度の精度の問題、ねじりひびわれ発生後のPC鋼材の応力度増加とそれに伴うコンクリート部分のねじり抵抗の機構の無視、等が想

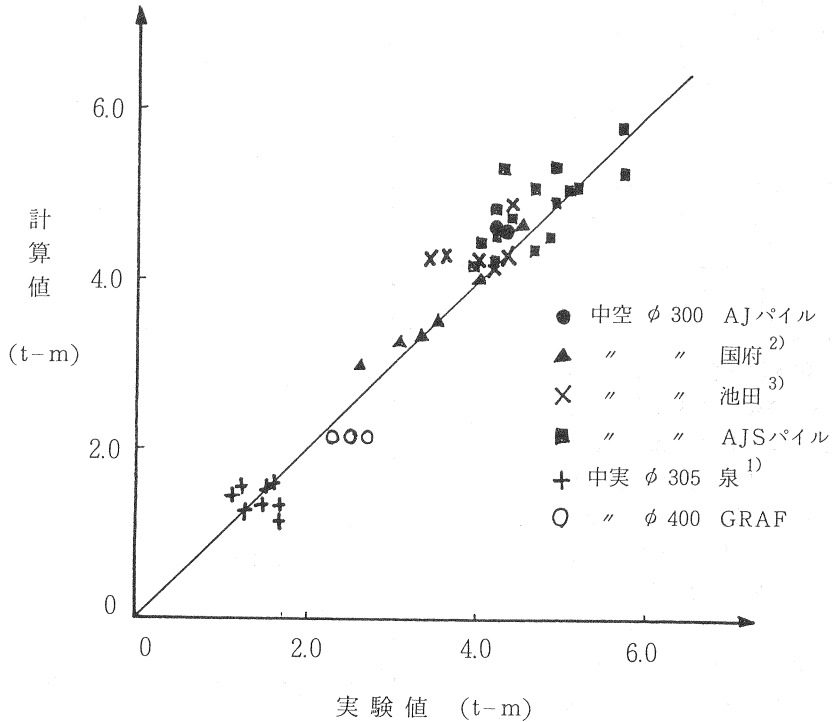


図-2 ねじりひびわれモーメントの計算値と実験値の比較

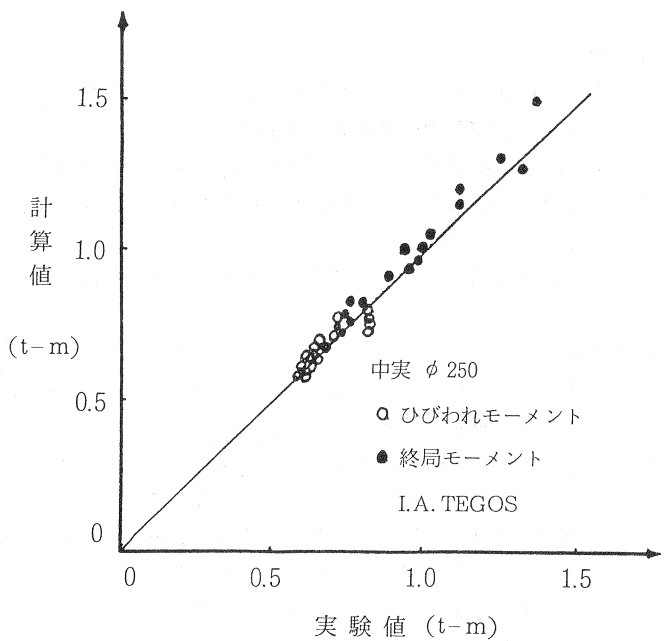


図-3 鋼繊維コンクリート部材⁴⁾

定される。特に、コンクリート部分のねじり抵抗は、ひびわれ発生後のPC鋼材応力度の増加によるひびわれ幅の抑制が、RC部材よりコンクリート部分のねじりに対する抵抗の効果を増大させるものと思われる。この機構は明らかとなっていない。

鋼繊維補強コンクリート部材のねじり終局モーメントについては、図-3に示すように、計算値と実験値は比較的良く合っている。しかし、プレストレストとの合成効果については不明の点が多い。

膨張コンクリートを使用した部材は、拘束された膨張力をプレストレストに換算してひびわれモーメントの算定が可能である。

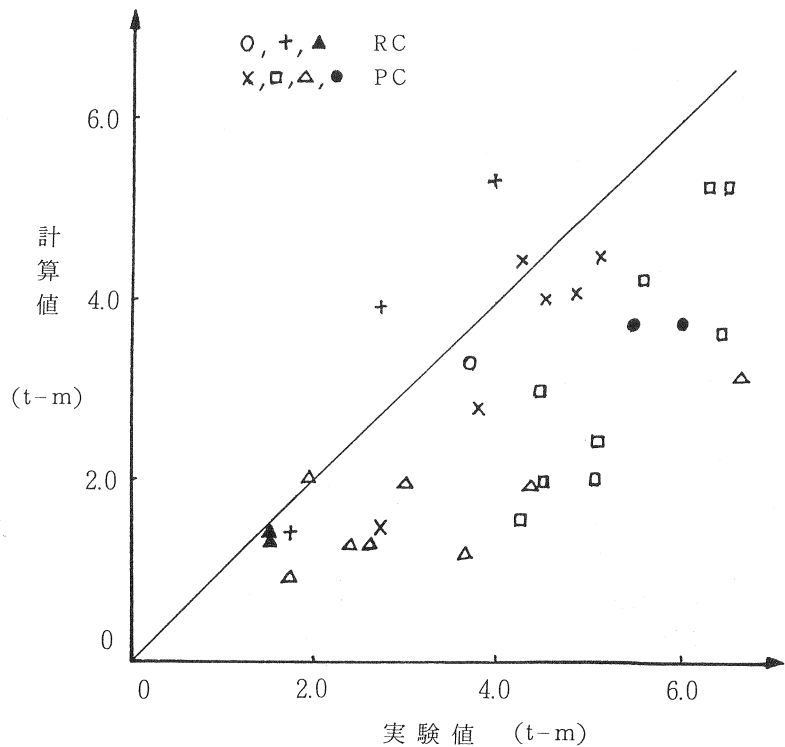


図-4 ねじり終局モーメントの計算値と実験値の比較

4. 結論

- (1) 円形断面コンクリート部材のねじりひびわれ発生モーメントの算定は、式(1)の適用が可能であるが、実用的には適切な安全率を考慮しなければならない。
 - (2) ねじり終局モーメントの算定には、式(4)の適用が可能であるが、一般的にPC部材の場合は安全側の誤差に注意しなければならない。壁厚が $D/20$ 以上の場合は式(6)による検討の必要はない。鋼繊維コンクリート部材については、式(5)が適用可能であろう。
- 最後に、本研究に関して、名城大学研究助成金が与えられたことに感謝いたします。

参考文献

- 1) 松山、泉、清水：円形断面におけるコンクリート部材のねじり強度、土木学会第41回年次学術講演会講演概要集、9、1986
- 2) 村田、奥山、国府：ねじり抵抗の大きなプレキャストコンクリートくいに関する研究、プレストレストコンクリート、Vol. 20, No6, Dec. 1978
- 3) 池田、津野、俣川：高強度スパイラル筋を用いたPC杭の捻り耐力に関する実験、プレストレストコンクリート、Vol. 20, No 1, Jan. 1978
- 4) I. A. Tegos: Fiber Reinforced Concrete Beams with Circular Section in Torsion, ACI Structural Journal, 7-8 1989