

## V-68

## ねじり荷重を受けるRC部材の変形挙動

北海道大学工学部 学生員 田納 順一

正 員 佐伯 昇

正 員 藤田 嘉夫

## 1 まえがき

ねじり荷重を受ける鉄筋コンクリート部材の挙動は、ひびわれ発生前においては、St.Venantの弾性理論が適用され、ひびわれ発生後においては立体トラス理論が用いられている。ねじりによる変形挙動において、剛性低下が問題となるのは、格子構造などの不静定構造において、終局時の荷重分担作用を求める場合、強制変形による断面力の上昇をひびわれによる剛性低下によって緩和しようとする場合などである。また変形ねじり状態で、ねじり荷重の作用を無視することができるのは、ひびわれ発生後のねじり剛性がかなり小さくなることと同時に、靱性が確保されることが条件となっている。さらに釣合ねじり状態では、地震時などにおける変形性能、耐力の確保が重要になる。

本研究では立体トラス理論をもちいて、ひびわれ発生後のねじり変形剛性の算定式を明らかにし、Hsuおよび本実験室における実験結果をもちいて、算定式を照査したものである。また、コンクリート部材のねじりによる降伏後の変形能力についても考察した。

## 2 ひびわれ発生後のねじり剛性

薄肉閉断面のねじり理論によりねじり剛性は、(1)式のように表される。

$$GI_{tor} = \frac{T}{\frac{1}{2A_0} \oint \gamma ds} \quad \dots\dots (1)$$

$\gamma$  はせん断ひずみで、立体トラス理論より求め、(1)式に代入するとねじり剛性は(2)式ようになる。

$$GI_{tor} = \frac{2A_0^2 k^2 E_s}{a_0 \left( \frac{a_0}{A_1} + \frac{n}{t_0} \right) (k^2 + 1)} \quad \dots\dots (2)$$

$$\begin{aligned} n &= E_s/E_c \quad (n=10 \text{ を用いた}) & A_1 &: \text{全軸方向鉄筋断面積} \\ k^4 &= \left( \frac{a_0}{A_1} + \frac{n}{t_0} \right) / \left( \frac{s}{A_v} + \frac{n}{t_0} \right) = \tan^4 \alpha & A_v &: \text{スターラップ断面積} \\ & & s &: \text{間隔} \\ A_0 &= b a_0 & t_0 &: \text{仮想有効厚さ} \\ a_0 &= 2(b_0 + h_0) \end{aligned}$$

ひびわれ発生前のSt.Venantの弾性理論によるねじり剛性 $GI_{t_0}$ と(2)式との比は、(3)式ようになる。

$$\frac{GI_{tor}}{GI_{t_0}} = \frac{7.2 \alpha_1^2 \alpha_2^2 k^2}{\alpha \left( \frac{2(\alpha_1 + \alpha_2 x)}{P_1 \cdot n} + \frac{k^2 + 1}{\alpha_t} \right) (\alpha_1 + \alpha_2 x)} \quad \dots\dots (3)$$

$$x = b/h \quad P_1 = A_1/bh$$

$$\alpha_1 = h_0/h \quad \alpha_2 = b_0/b$$

$$\alpha = 1 - 192/\pi^5 x \tanh\left(\frac{\pi}{2x}\right) \quad \alpha_t = \frac{t_0}{b} = \frac{1}{6}$$

## 3 実験概要

一端を固定し他端には角度および軸方向の拘束を除くするためのジョイントを介してねじりモーメントを作用させた。載荷ねじりモーメントとねじり角を測定し図-2に示すような曲線をX-Yレコーダーによって描かせた。

図-1 断面寸法

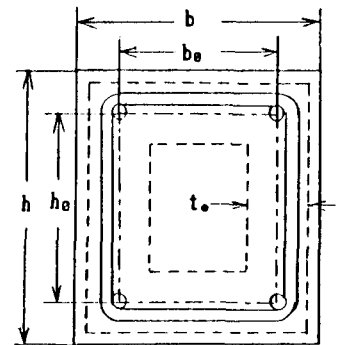
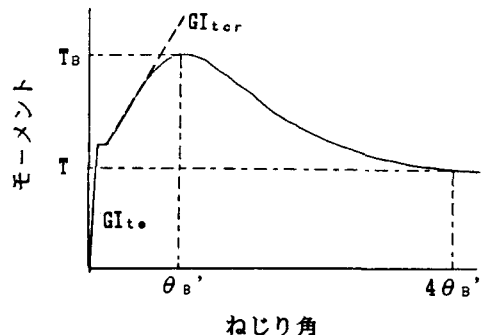


図-2 ねじりモーメント-ねじり角曲線



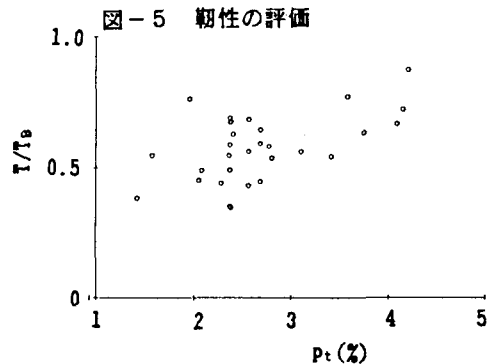
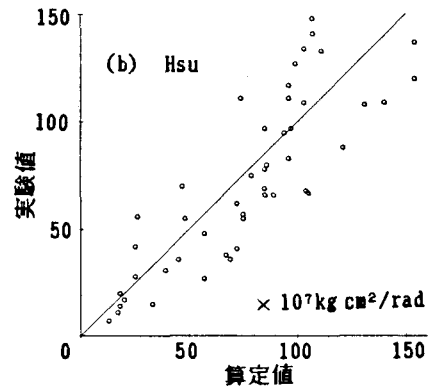
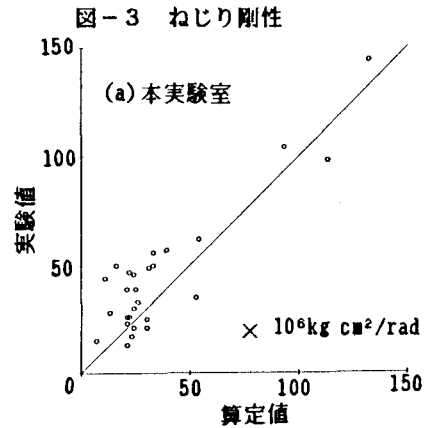
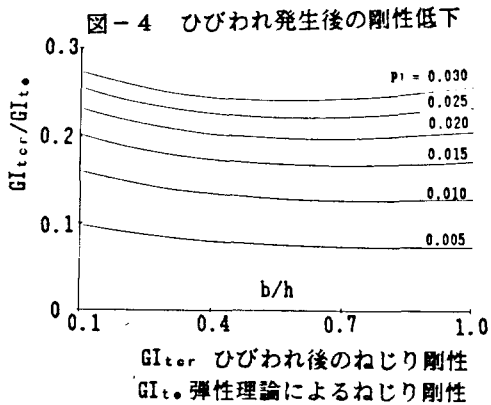
#### 4 結果および考察

##### (1) ひびわれ発生後のねじり剛性

(2)式により算定されるねじり剛性と実験によって測定したねじりモーメント-ねじり角曲線より求めたねじり剛性との比較を図-3に示す。尚、実験により求めたねじり剛性はひびわれ発生後のほぼ直線に近い部分の傾き、図-2における点線部分とした。図-3より算定値と実験値はほぼ対応しており、(2)式によりねじり剛性がおおよそ算定できる。St.Venantの弾性理論によるねじり剛性と(2)式によって示されるねじり剛性の比について図-4に示す( $k=1, \alpha_1=0.9, \alpha_2=0.9$ )。軸方向鉄筋比が1%前後ではひびわれ後の剛性低下が約1/10 ~ 1/5になることがわかる。

##### (2) 降伏後の変形能力

横軸に全鉄筋量 $P_t$ 、縦軸には破壊モーメント( $T_B$ )時のねじり角 $\theta_B$ 'の4倍のねじり角 $4\theta_B$ '時のモーメント( $T$ )を求め(図-2参照) $T/T_B$ をとったグラフを図-5に示す。 $P_t$ が約2~3%ではねじり角 $4\theta_B$ 'で約半分、 $P_t$ が約4%では7割ほど載荷能力を維持していた。



#### 5 まとめ

- (1) 立体トラス理論によって導かれた(2)式によって、ねじり剛性がほぼ精度よく算定することができた。
- (2) ひびわれ後のねじり剛性は鉄筋比に影響されるが、ひびわれ前に比べて1/10程度低下することがわかった。

#### 参考文献

- 1) Thomas T.C.Hsu, ACI, sp-18, pp 261~306
- 2) Paul Lampert Publication NO.71-20, February 1971  
University of Toronto, Department of Civil Engineering