

東京工業大学 正会員 岡 本 享 久
 東京工業大学 正会員 長 瀧 重 義
 中部電力(株) 正会員 山 岡 暁

1. まえがき

ねじりを受ける鉄筋コンクリート部材について、従来軸方向鉄筋のダボ効果 (Dowel Action) はあるといわれながら、解析にあたりモデルの設定が難しいことなどが理由となってほとんど研究がなされていない。したがって本研究ではこの種部材の破壊機構を説明する上で重要な因子となり得ると考えられる軸方向鉄筋のダボ効果を注目し、それが鉄筋コンクリート部材のねじり特性に及ぼす影響について解析的な検討を加えた。

2. Dowel Actionに関するモデルの設定

(1) 純せん断を受けるはり

ひびわれが1本発生し、ひびわれ面でせん断力のみが作用しているはりを考える。軸方向鉄筋とかぶりコンクリートからなるはりが、スターラップという弾性バネによって支承されていると仮定し、図-1に示すようなモデルを考えた。このモデルに弾性支承上のはりの理論を適用すると、

$$E_c I_c \cdot d^4 y / d x^4 + k y = 0 \quad \text{----- (1)}$$

が得られ、(1)式の解は、

$$y = V e^{-\lambda x} \cos \lambda x / (2 \lambda^3 E_c I_c) \quad \text{----- (2)}$$

となる。ここで、 $\lambda = \sqrt[4]{h_v / (4 E_c I_c)}$ である。

(2) 純ねじりを受けるはり

解析において対象とするはりは中空断面部材で軸方向鉄筋が多段に配置されているものである。軸方向鉄筋には図-2(a)示すようなDowel Force が作用し、スターラップに対して垂直な力の成分がスターラップの吊り上げ効果を生むと考える。軸方向鉄筋1本当りのDowel Force を同一と仮定し、図-2(b)(c)に示すようなモデルを想定した。まず、V方向への変位を δ とすると、

$$\delta \cos \phi = h_v \cdot f_h / E_h \quad \text{----- (3)}$$

となり、さらに釣合い条件より

$$k \delta = A_h f_h / s \quad \text{----- (4)}$$

(3)式と(4)式よりバネ定数は決定される。

$$k = A_h E_h \cos \phi / (s h_h) \quad \text{----- (5)}$$

一方、せん断流の通路厚部分の換算断面2次モーメント I_c は図-2(c)を参照して求めることができ、 ϕ についても

$\phi = \tan^{-1} (\sum \cos \theta_i / \sum \sin \theta_i)$ により得られる。

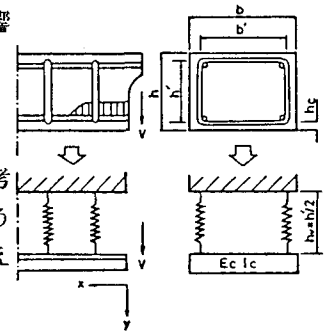


図-1 Dowel Model (Pure Shear)

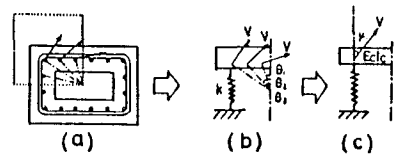


図-2 Dowel Model (Pure Torsion)

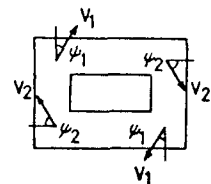


図-3 Dowel Force (Pure Torsion)

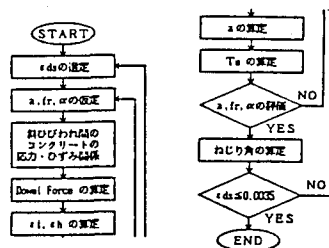


図-4 解析のフローチャート

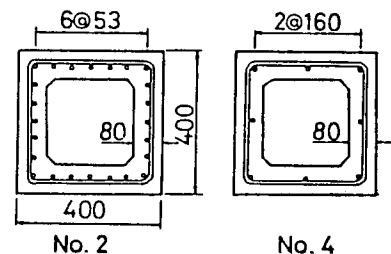


図-5 供試体の横断面図

Dowel Force を図示すると図-3 のようになり、断面の両側板についてDowel Force を求めると以下の式となる。

$$V = V_1 \cos \phi_1 + V_2 \sin \phi_2 \quad (6)$$

$$V_1 = h (\lambda_1)^3 I_{c1} \sec \phi_1 f_h / [n \{1 + e^{-\lambda_1 L} (\cos \lambda_1 L - \sin \lambda_1 L)\}]$$

$$V_2 = b (\lambda_2)^3 I_{c2} \sec \phi_2 f_h / [n \{1 + e^{-\lambda_2 L} (\cos \lambda_2 L - \sin \lambda_2 L)\}]$$

である。なおLおよびnはそれぞれDowel Force の軸方向への影響深さおよびヤング係数比を示す。

3. 解析と実験結果との比較

ねじり解析²⁾は立体トラスモデルを用い、釣合い条件においてDowel Force の影響を取り入れた。解析のフローチャートは図-4 に示すとおりである。

実験³⁾は図-5 に示すような配筋および横断面をもつ供試体について実施し、実験の要因と結果を表-1 に示す。

実験における破壊形式は図-6 に示すとおりであり、No.1,2,7,8,9 の供試体は斜めひびわれ間のコンクリート・ストラットの圧壊によって最大耐力に達した。解析によって求めた釣合い鉄筋比は実験における破壊形式の相違を捉えることができた。

9 体の供試体のうち、鉄筋比の異なるNo.2, No.3の供試体のねじりモーメントと単位長さ当りのねじり角の関係をそれぞれ図-7、図-8 に示した。Dowel Force による耐力増加分は鉄筋比によって異なるが、大略10%前後であり、Dowel Force の影響を解析に取り入れることにより、実験の傾向をより明瞭に捉えることができた。このDowel Force の影響は釣合い鉄筋比²⁾以上の配筋を有する供試体においてより著しかった。今回の解析にあたり、斜めひびわれ間のコンクリート・ストラットの応力-ひずみ関係はVecchio, F., Collins, M.P.⁴⁾を参照したが、釣合い鉄筋比²⁾以上の配筋を有する供試体においては応力、ひずみ関係の低減係数をさらに小さくした方が実験値の挙動をとらえることができることを付記しておく。

4. あとがき

本研究から、鉄筋のDowel Force がRCばりのねじり挙動に及ぼす影響を解析的に扱うための一つの方向を見出すことができた。さらにひびわれ面の骨材のかみ合い効果の影響も含めた解析も行う予定である。なお本研究には昭和60年度文部省科学研究費補助金（奨励（A）課題番号60750444）が授与されました。

〈参考文献〉1) 長滝、小林：純ねじりを受ける鉄筋コンクリートはりの破壊機構、セメント技術年報、Vol.27, pp.415-419, 1973 2) Nagataki, Okamoto and Lee : A Design Method for Reinforced Concrete Members under Bending Shear and Torsion, Structural Engineering & Construction, EASEC-1, pp.705-716, March, 1986 3) 室田、長滝、岡本：ねじりを受ける鉄筋コンクリート部材のひびわれ性状に関する研究、土木学会年次学術講演会講演概要集、Vol.40, pp.335-336, 1985

4) Vecchio, F., Collins, M. P. : Stress-Strain Characteristics of Reinforced Concrete in Pure Shear, IABSE, No.115, pp.113-122, June, 1981

表-1 実験結果

No.	DIMENSIONS (cm)		SPECS	ρ_s (%)	T_u test (t.f.m)
	FACE	STIRRUP			
1	4.00	4.30	8.00	228	0.730
2	5.30	5.70	8.00	225	6.10
3	8.00	8.00	8.00	267	5.48
4	16.0	16.9	8.00	261	3.55
5	5.30	16.9	8.00	272	4.89
6	16.0	5.70	8.00	279	4.97
7	5.30	5.70	6.00	233	5.87
8	5.30	5.70	12.0	303	7.84
9	5.30	5.70	中 実	303	7.85

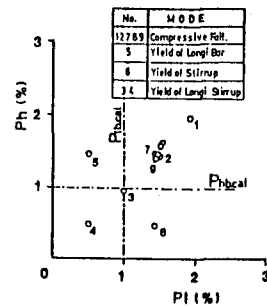


図-6 Failure Mode

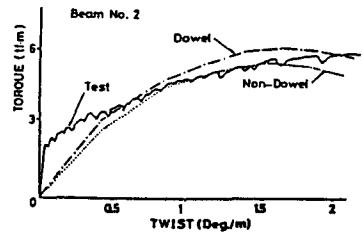


図-7 Torque-Twist (No.2)

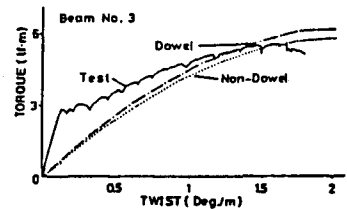


図-8 Torque-Twist (No.3)