

# 鉄筋降伏後に交番繰返し荷重を受けるRC曲げ部材におけるせん断変形解析モデル

徳島大学工学部 正会員 島 弘  
 オリエンタル建設(株) 正会員○松下哲也  
 清水建設(株) 正会員 伊藤圭一

## 1. 目的

曲げ変形とせん断変形を伴うようなRC部材において、その挙動を解析しようとするとき、曲げ理論だけでは求めることはできない。なぜなら、交番繰返し載荷されるRC部材の変形は、曲げ変形のみではなく、せん断ひびわれに沿ったせん断変形が生じるからである。しかし、これまで、鉄筋降伏後に交番繰返し荷重を受けるRC曲げ部材におけるせん断力とせん断変形との関係を解析的に求めた研究はない。そこで、本研究は、せん断変形のメカニズムを把握し、モデル化を行うことにより、せん断力-せん断変形の関係を求めるものである。

## 2. 解析

### 2.1 方法

RC部材のひびわれ面においてせん断力に抵抗する力は、引張側鉄筋のダウエル作用によるものとコンクリートの骨材のかみ合わせ作用によるものである。そこで本研究では、これらの二つを組み合わせることによって、解析的にせん断力-せん断変形の関係を求める。

### 2.2 コンクリートモデル

せん断すべり量が骨材の最大寸法の数倍にもなるときのせん断モデルは提案されていない。そこで、本研究で用いた、ひびわれ直角方向に一定の圧縮応力が作用しているときの、せん断応力-せん断すべりモデルを図-1に示す。最大せん断応力 $\tau_{max}$ は圧縮応力に比例するとし、その最大摩擦係数をTassiosら<sup>1)</sup>の結果から0.4とした。また、せん断剛性は、せん断変形が $S_d$ (0.2mm)に達するまで比例的にせん断応力が増加し、 $S_d$ で最大せん断応力に達するものとした。曲げ部材における軸直角方向のひびわれ面では、二つのコンクリートの剛体が接しているとし、コンクリートの圧縮応力分布は、中立軸からの距離に比例する三角形分布と仮定した。この仮定をもとに算出されたコンクリートの圧縮応力と与えられたせん断すべりに対する各断面のせん断応力を求める。

### 2.3 マクロな鉄筋ダウエルモデル

鉄筋のダウエル作用については、これまで解析的にはよく知られていない。そこで本研究では、その第一段階として、Tassiosら<sup>2)</sup>の実験結果を参考にして、図-2に示すような、ピンチ効果を表すマクロなダウエルモデルを用いた。ピンチ効果は、せん断変形が前の履歴の最大せん断変形に達すると急激に鉄筋が引張力を持ち始めると仮定した。また、初期剛

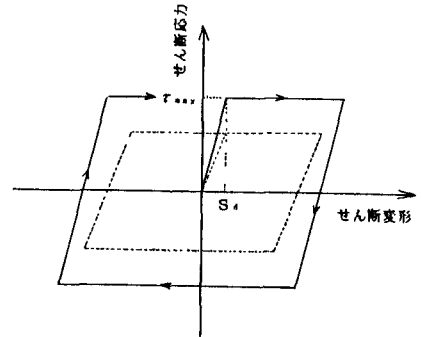


図-1 コンクリートのせん断応力-せん断変形モデル

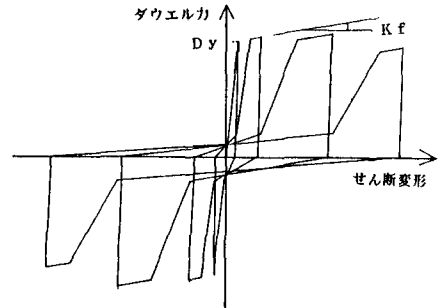


図-2 マクロな鉄筋のダウエルモデル

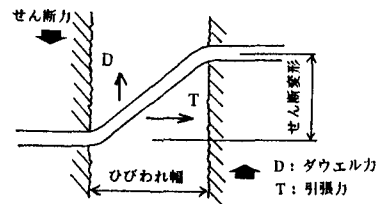


図-3 鉄筋のダウエル作用のモデル化方法

性を $6\text{ kN/cm}$ 、 $D_y=2.3\text{ kN}$ 、 $K_f=0.1\text{ kN/cm}$ とし、Tassiosらの式<sup>3)</sup>を用いることによって、耐力の低下を表した。

#### 2.4 ミクロなモデルから組み立てたダウエルモデル

ダウエル作用について、そのメカニズムを知るために、鉄筋の構成則である加藤モデル<sup>4)</sup>とひびわれ面への鉄筋の伸び出しモデル<sup>5)</sup>を組み立てることによって、鉄筋のダウエル力を求めた。

ひびわれ面における鉄筋の長さ $l_s$ を

$$l_s = 2 \times S (1 + \varepsilon) \quad (1)$$

ここで、 $S$ ：ひびわれ面への鉄筋の伸び出し量、 $\varepsilon$ ：ひびわれ面における鉄筋のひずみ、で表した。図-3より $l_s$ が $\sqrt{w^2 + \delta^2}$ に等しいときに鉄筋は引張状態にあるとした。

### 3. 解析結果および実験結果との比較

#### 3.1 解析結果

マクロな鉄筋のダウエルモデルとコンクリートの摩擦モデルを組み立てることによって求めたせん断力-せん断変形の関係を図-4に、ミクロなモデルを組み立てて求めたせん断力-せん断変形の関係を図-5に示す。

#### 3.2 実験結果

既往の鉄筋コンクリートはりに関する実験結果<sup>6)</sup>の荷重-たわみ関係から、せん断力-せん断変形の関係を分離した。その結果を図-6に示す。分離の手法としては、はりのたわみから曲げ変形を差し引き、残りをせん断変形とした<sup>7)</sup>。

#### 3.3 比較および考察

マクロなダウエルモデルを用いたときの解析結果は実験結果とよく一致している。しかし、ミクロなモデルを組み立てて求めた解析結果と実験結果を比較すると、終局状態でのせん断耐力は、実験結果よりも解析結果の方が大きな値となった。これは、実験ではコンクリートの破壊がモデルよりもさらに進んでいるのが主な原因であると考えられる。

### 4. 結 論

- (1)マクロな鉄筋のダウエルモデルとコンクリートの摩擦モデルを組み立てることによって、鉄筋降伏後に交番繰返し荷重を受けるRC曲げ部材におけるせん断力-せん断変形の関係を表すことができる。
- (2)鉄筋のダウエル作用のメカニズムを知るため、ミクロな鉄筋の伸び出しモデルと鉄筋の構成則を組み立てることによってせん断力-せん断変形の関係を求めたが、耐力の低下を表すことはできなかった。

#### 【参考文献】

- 1) T.P.Tassios and E.N.Vintzeleou: Concrete-to-Concrete Friction, Journal of Structural Engineering, ASCE, vol.113, No.4, 1987, pp.832-849 2) E.N.Vintzeleou and T.P.Tassios: Behavior of Dowels under Cyclic Deformations, ACI Structural Journal, January-February 1987, pp.18-30 3) S.G.Tsoukantas and T.P.Tassios: Shear Resistance of Connections between Reinforced Concrete Linear Precast Elements, ACI Structural Journal/May-June 1989, pp.242-249 4) Kato.B: Mechanical properties of steel under load cycles idealizing seismic actions, Vol.1, AICAP-CEB Symposium, Rome, May 1979, Bulletin D'Information No.131, CEB, pp.7-27 5) H.Shima, L.L.Chou and H.Okamura: Micro and Macro Models for Bond in Reinforced Concrete, Journal of the Faculty of Engineering, The University of Tokyo(B), Vol.39, 1987, No.2, pp.166-173 6) 坂本ら：高強度鉄筋SD50の実用化に関する研究（RCはりの曲げ試験），日本建築学会大会学術講演梗概集，1988，pp.673-674 7) 島，上田：RC橋脚の軀体変形における曲げ変形とせん断変形との分離，第8回コンクリート工学年次講演会 論文集，1986，pp.525-528

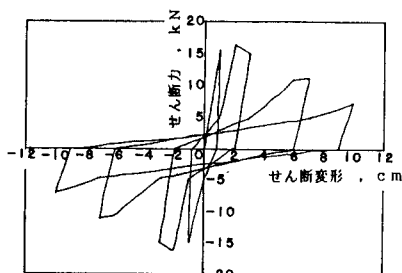


図-4 マクロなモデルを用いたときのせん断力-せん断変形の関係

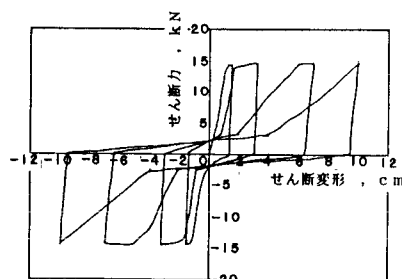


図-5 ミクロなモデルを組み立てたせん断力-せん断変形の関係

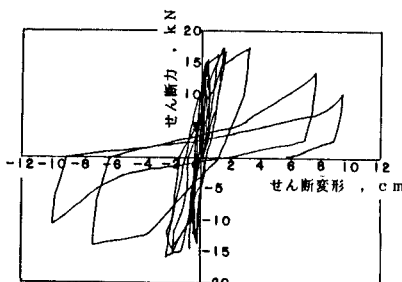


図-6 せん断力-せん断変形の関係（実験結果）