

V-429

設計せん断伝達耐力式の提案

熊谷組 正会員 塩川 裕之
 東京大学工学部 正会員 前川 宏一

1. はじめに

R/C断面のせん断力はコンクリート面の応力伝達、鉄筋のダボ効果及び鉄筋軸力のせん断方向成分によって構成される。このとき、せん断面近傍の鉄筋断面に導入される曲率により、鉄筋の軸方向剛性及耐力が低下することがQureshiらの研究によって明かにされている³⁾。

現行の「土木学会・コンクリート標準示方書」に示されている設計式では、せん断面に作用する拘束力を求める際、鉄筋を線材と仮定し、終局時の鉄筋応力は降伏強度に達するとしており、鉄筋曲率による軸方向剛性の低下は、式の構造上において無視されている。本研究は、ひびわれ面近傍の鉄筋曲率による軸方向剛性の低下及び、鉄筋のダボ効果を考慮に入れ、現象に沿った設計式の提案を行うものである。さらに、ひびわれ面のみを対象とした現行の設計式から、打継面にも適用できる様、適用範囲の拡張を図った。

2. 鉄筋軸方向剛性の低減係数 α

ひびわれ面近傍の鉄筋がせん断変形を受ける際、せん断面近傍において鉄筋に曲率が発生し、鉄筋軸方向の剛性は鉄筋比 p の増加に伴い低下する。そこで、鉄筋軸方向剛性の低減係数 α を式(1)で与えた。

$$\alpha = \frac{f_{ult}}{f_y} = 0.75 \left(1 - 10 \left(p - 1.7 \left(\frac{\sigma_n}{f_y} \right) \right) \right) \quad (1)$$

$$0.08\sqrt{3} \leq \alpha \leq 0.75$$

ここに、 f_{ult} : 鉄筋軸方向終局強度、 f_y : 鉄筋の降伏強度、 σ_n はせん断面に作用する垂直応力であり、引張りを正とする。また、適用範囲を考慮して $0.08\sqrt{3} \leq \alpha \leq 0.75$ の条件を与えている（図1参照）。

3. コンクリートにより伝達されるせん断応力

コンクリートにより伝達されるせん断応力 τ_c は、せん断面に作用する拘束力 $\alpha P f_y \sin^2 \theta - \sigma_n$ とせん断面の形状に依存する。この関係をBujadhamらの研究⁴⁾を基に定式化し、式(2)を提案する。

$$\tau_c = \mu f_c'^{\beta} (\alpha p f_y \sin^2 \theta - \sigma_n)^{(1-\beta)} \quad (2)$$

ここに、 f_c' : コンクリートの強度、 θ : 鉄筋とせん断面のなす角度（図2参照）、 μ は0.45とした。 β はせん断面の形状を反映する係数である。噛み合い効果が最大の場合には $\beta=1$ であり、ひびわれ面の場合 $\beta=2/3$ 、チッピング処理を施した打継面の場合 $\beta=1/2$ 。面の形状が荒い場合は、コンクリート強度の影響が拘束力の効果より相対的に大きくなる（図3参照）。

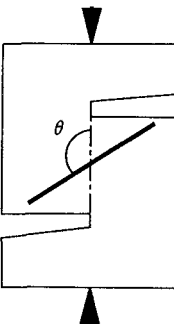


図2 鉄筋角度

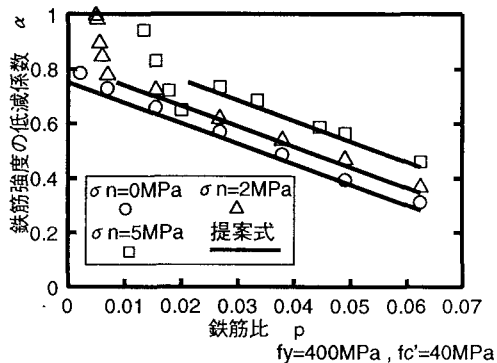


図1 鉄筋強度の低減係数と鉄筋比の関係
 （図中のデータはQureshiらの解析法による³⁾）

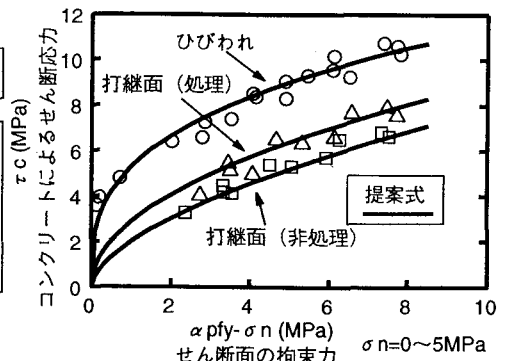


図3 コンクリートによるせん断応力
 （図中のデータはBujadhamらの解析法による⁴⁾）

4. 鉄筋により伝達されるせん断応力

鉄筋軸方向の拘束力が大きく低減する場合は鉄筋断面に大きなせん断応力が発生している場合である。そこで、鉄筋軸とせん断面のなす角度 θ が 90° に交わる場合に対して、この効果を考慮して定式化した（図4参照）。

$$\tau_s = \frac{0.08f_y}{\alpha} \quad (3)$$

5. RC部材のせん断伝達耐力

以上により求めた、コンクリート及び鉄筋により伝達されるせん断伝達耐力を足し合わせることによって、RC部材として受け持つせん断伝達耐力が求められる。

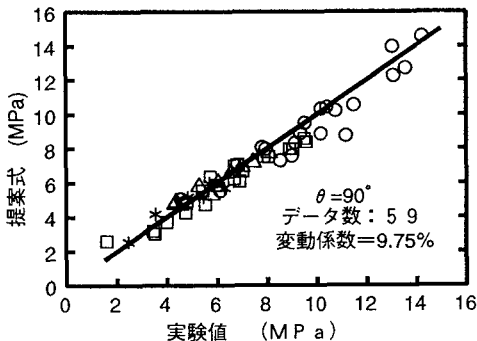
$$V_{cw} = (\tau_c + p\tau_s \sin^2\theta - \alpha p f_y \sin\theta \cos\theta) A_c / \gamma_b \quad (4)$$

ここに、 A_c ：せん断面の面積、 γ_b ：部材係数

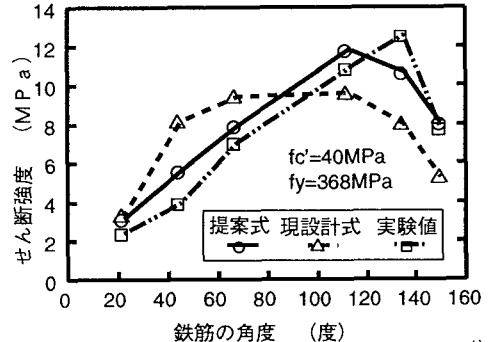
6. 実験値との比較

本提案式に対して、山田の実験¹⁾およびMattockの実験²⁾を用いて検証した。図5は鉄筋軸がせん断面と直交する場合であり、軸力が作用する場合と作用しない場合について示してある。59個のデータ数に対する変動係数は9.75%であり、Qureshiによる詳細解析法と同じ精度を有している。

図6は鉄筋とせん断面が直交しない場合について比較した。鉄筋の角度が 90° よりも小さいときには、現行式も含めて強度を高めに見積もるが、従来の設計式と同程度か、若干の精度向上が得られた。



山田：軸力無 山田：軸力有 Mattock：軸力無 Mattock：軸力有
図5 設計式より求めた終局強度と実験値の比較



ひびわれ有、シリーズ8, $p=0.025$ 山田の実験¹⁾
図6 実験値と設計値の比較

7. 参考文献

- 1)山田・青柳：ひびわれ面におけるせん断伝達、第2回RC構造のせん断問題に対する解析的研究に関するコロキウム論文集、コンクリート工学協会、pp.19-26、1983年10月
- 2)Mattock,A.H. and Hawkins,N.M.:Shear transfer in reinforced concrete - recent research, Journal of PCI, Vol.17, No.2, pp.55-75, March-April, 1972.
- 3)Qureshi,J. and Maekawa,K.:Computational Model for Steel Bar Embedded in Concrete under Combined Axial Pullout and Transverse Shear Displacement, Proceeding of JCI, Vol.15, No2, pp.1249-1254, 1993.
- 4)Bujadham,B. and Maekawa,K.:Qualitative Studies on Mechanisms of Stress Transfer Across Cracks in Concrete, Proc. of JSCE, No.451/V-17, pp.227-287, August, 1992.