

前田建設工業技術研究所 正会員 篠田 佳男
 同 上 正会員 山田 一字
 同 上 正会員 山村 健

1. まえがき

一般のRC部材において、ひびわれ面でのせん断伝達は、骨材のインターロックと鉄筋の拘束に基づいた^{1),2)}摩擦理論で精度良く評価されるようである。しかし、地下連続壁鉛直継手に代表されるように、せん断面に凹凸のない構造では、骨材のインターロックの寄与が期待できず、補強用鋼材のダボ効果のみで、せん断力が確実に伝達されなければならない。そのため、地下連続壁を土木構造物本体に使用する場合、鉛直継手におけるせん断力の取り扱いが設計法を確立する上で重要な技術課題の一つとなっている。

本研究は、この鉛直継手に関する合理的な設計法の確立、および実用化³⁾を目的としたものである。なお、今回の報告は、このうち、鉄筋のダボ効果に関する耐力算定法を実験結果を含めて検討したものである。

2. 耐力算定法

耐力算定は、せん断面位置での鉄筋のひずみが降伏値を示す耐力（以下せん断降伏耐力と称す）に着目し、鉄筋に作用する断面力と抵抗機構に基づいて行う。

(1) 鉄筋に作用する断面力

せん断降伏耐力時でのコンクリートは、図-1に示すように、鉄筋周囲の局部応力を、周囲の健全なコンクリートが拘束している状態になっている。そのため、鉄筋周囲では、コンクリートの支圧係数 m を用いた $m \cdot \sigma_{cu}$ の円周応力と、それに伴う摩擦力が作用していると考えることができる。

また、鉄筋への荷重の作用状態を図-2で表わせば、曲げモーメントと最大モーメントは、(1)式、(2)式で与えられる。

$$M_s = H_y \cdot X - m \cdot \sigma_{cu} \cdot \phi \cdot (1 + \mu) \cdot X^2 / 2 \quad \dots\dots\dots(1)$$

ここで、

H_y : 鉄筋一本当りで伝達するせん断力

m : コンクリートの支圧係数

σ_{cu} : コンクリートの圧縮強度

ϕ : 鉄筋の直径

μ : 鉄筋周囲での摩擦係数

$$M_{s \max} = \alpha \cdot H_y^2 / \sigma_{cu} \cdot \phi \quad \dots\dots\dots(2)$$

ここで、

$$\alpha = 1 / 2m(1 + \mu)$$

また、せん断面の相対ずれ変位から生じる引張力 T_0 は、鉄筋の断面積 A_s 、弾性係数 E_s 、およびせん断面での鉄筋のひずみ ϵ_s を用い、(3)式で与えられる。

$$T_0 = A_s \cdot E_s \cdot \epsilon_s \quad \dots\dots\dots(3)$$

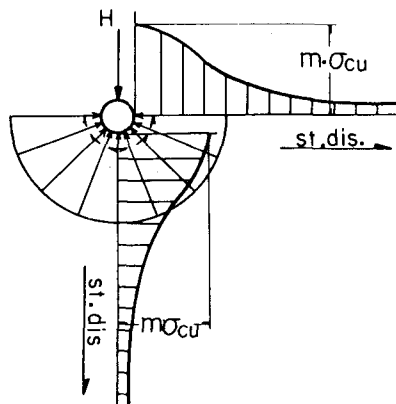


図-1 コンクリートの応力状態

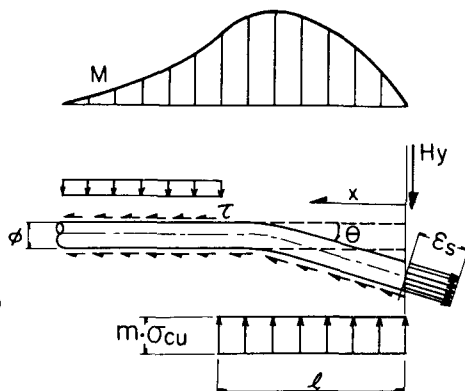


図-2 鉄筋に作用する荷重状態

(2) 鉄筋の抵抗機構

せん断降伏耐力時に、鉄筋の支配的な断面での応力状態は、図－3に示す全塑性状態として考えられる。このうち、軸力 T' は、(4)式で与えられる。

$$T' = 2 \int_0^{\theta_0} \sigma_{sy} \cdot dA \quad \cdots\cdots\cdots(4)$$

ここで、

- σ_{sy} : 鉄筋の降伏強度
- θ_0 : 軸力の影響角度 (図－3参照)

一方、鉄筋の曲げモーメントと軸力の相互作用を考えると、 ϵ_s が 500×10^{-6}

(実験結果の平均値) の T_0 でも、抵抗モーメントに影響する度合いが 6 % 程度と小さい。また、せん断面から支配断面間でのコンクリートの付着により、 T' が T_0 より低下することを考え合わせると、支配断面での曲げモーメントは、軸力の影響を無視しても、耐力を評価する上で有意な差を生じないと考えられる。そこで、支配断面での鉄筋は、曲げのみに寄与するとし、抵抗モーメント M_r を求めると、(5)式で表される。

$$M_r = 2 \int_0^{\phi/2} \sigma_{sy} \cdot y dA = \phi^3 \cdot \sigma_{sy} / 6 \quad \cdots\cdots\cdots(5)$$

(3) 耐力算定

せん断降伏耐力時において、鉄筋の支配断面に作用する曲げモーメント M_{smax} と抵抗モーメント M_r が一致することから、作用せん断力 H_y は、(2)式と(5)式の関係から、定数 β を考慮した(6)式で表すことができる。

$$H_y / \sqrt{\sigma_{cu}} = \beta \cdot A_s \cdot \sqrt{\sigma_{sy}} \quad \cdots\cdots\cdots(6)$$

ここで、

$$\beta = 4 / \pi \cdot \sqrt{6 \cdot \alpha}$$

また、平均せん断応力 $\tau_y (= H_y / bH)$ は、(7)式で表される。

$$\tau_y / \sqrt{\sigma_{cu}} = \beta \cdot p \cdot \sqrt{\sigma_{sy}} \quad \cdots\cdots\cdots(7)$$

ここで、

$$p : \text{鉄筋比} (= A_s / bh)$$

3. 実験結果との比較

図－4 は、(7)式の関係をもとに、実験結果を縦軸に $\tau_y / \sqrt{\sigma_{cu}}$ 、横軸に $p \cdot \sqrt{\sigma_{sy}}$ をプロットしたものである。

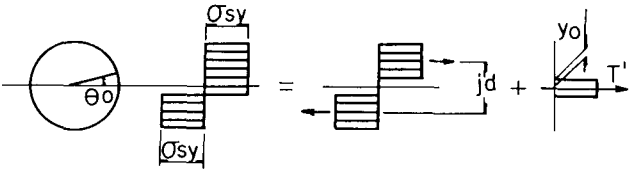
$\tau_y / \sqrt{\sigma_{cu}}$ と $p \cdot \sqrt{\sigma_{sy}}$ は、図に示す通り、線形とみなせる関係にある。そこで、せん断降伏強度 τ_y は、実験結果から、(7)式の β を求め、(8)式で算定することができる。

$$\tau_{sy} / \sqrt{\sigma_{cu}} = 1.74 \cdot p \cdot \sqrt{\sigma_{sy}} \quad \cdots\cdots\cdots(8)$$

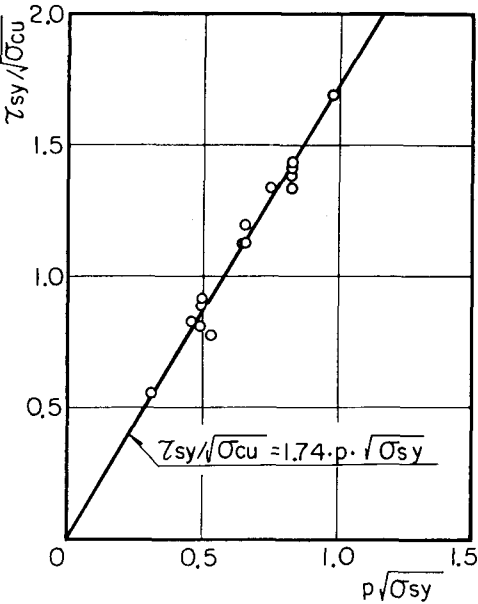
(8)式は、実験値との変動係数が 5.5 % を示すように、きわめて信頼性の高い耐力算定式といえる。

参考文献

- 1) Mattock, A.H.: Shear Transfer in Reinforced Concrete-Recent Research, ACI Journal, Vol. 17
- 2) 山田一字：鉄筋コンクリート製原子炉格納容器の設計における問題点、特に R C シェル要素のせん断設計法の合理化に関する研究、前田建設技術研究所報、No. 22-1
- 3) 篠田佳男：地下連続壁鉛直継手のせん断伝達に関する実験的研究、土木学会第 38 回年次学術講演会



図－3 鉄筋断面内の応力状態



図－4 $\tau_y / \sqrt{\sigma_{cu}} \sim p \cdot \sqrt{\sigma_{sy}}$ 関係