

東京大学 学生員 松井雅志
東京大学 学生員 野口哲男

1. 目的 本稿の目的はねじり、せん断及び曲げを受ける鉄筋コンクリート梁に対する既往の終局耐力式の問題点を明らかにする事である。そのために既往の実験結果との比較を行なった。考察の対象とする終局耐力式としては、仮定した破壊断面での釣り合い式より導かれた Lessig らによるソビエトの式とスパーストラスアナロジーに基づいた Thürlimann らの式を取り上げた。これらの2つの式は、その後の研究が仮定した断面での釣り合い、あるいはスパーストラスアナロジーに基づいている点で基本的かつ重要であると考えられる。

2. 終局耐力式の紹介

1) ソビエトの式 この式は2つの破壊形式を仮定し、その各々について終局耐力式が導き出される。第1の破壊形式は中立軸が梁の上面に平行にある場合であり、第2の破壊形式は中立軸が梁の側面に平行にある場合である。

・第1の破壊形式に対して

$$T(C_1/b + 1/H) = [\sigma_s A_{s1} + \sigma_{st} A_{st} C_1^2 / S / (2h + b)] (h_0 - X_1/2) + \sigma_s' A_{s1}' (X_2/2 - a_1)$$

ただし $H = T/H_1$, $C_1 = -b/H + \sqrt{(b/H)^2 + \sigma_s A_{s1} S / (2h + b) / (\sigma_{st} A_{st})}$, $X_1 = \frac{\sigma_s A_{s1} + \sigma_{st} A_{st} C_1^2 / S / (2h + b) - \sigma_s' A_{s1}'}{f_c' (C_1^2 + b^2)}$

・第2の破壊形式に対して

$$T C_2 / h (1 + 1/\lambda) = [\sigma_s A_{s2} + \sigma_{st} A_{st} C_2^2 / S / (2b + h)] (b - a_2 - X_2/2)$$

ただし $\lambda = 2T/V_b$, $C_2 = \sqrt{\sigma_s A_{s2} S / (2b + h) / (\sigma_{st} A_{st})}$, $X_2 = \left[\sigma_s A_{s2} + \frac{\sigma_{st} A_{st} C_2^2}{S (2b + h)} \right] h / f_c' (C_2^2 + h^2)$

A_{s1} : 曲げ引張側の全軸方向鉄筋断面積, A_{st} : 横方向鉄筋断面積, a_1 : 曲げ引張面から軸方向鉄筋までの距離
 b : 幅, h : 全高, h_0 : 有効高さ, f_c' : コンクリート圧縮強度, S : スターラップ間隔, σ_s : 軸方向鉄筋の降伏応力, σ_{st} : スターラップの降伏応力, 添字2は側面での諸量を, 'は圧縮側の諸量を表わす。

2) Thürlimann らの式 この式はスパーストラスアナロジーに基づき、スターラップの降伏後、梁の下面、上面、側面の各々の軸方向鉄筋が降伏する3つの破壊形式について導かれたものである。

- ・下面の軸方向鉄筋の降伏に対して ; $F_{yu}/F_{ye} \left[(T/F_{po})^2 + (V/F_{po})^2 \right] + M/F_{po} = 1$
- ・上面の軸方向鉄筋の降伏に対して ; $(T/F_{po})^2 + (V/F_{po})^2 - F_{ye}/F_{yu} \cdot M/F_{po} = 1$
- ・側面の軸方向鉄筋の降伏に対して ; $(T/F_{po})^2 + 2 \cdot T/F_{po} \cdot V/F_{po} \sqrt{2h/u} + (V/F_{po})^2 = \frac{1}{2} [F_{ye}/F_{yu} + 1]$

$$\text{ただし } M_{po} = 2 \cdot F_{ye} \cdot h, T_{po} = 2 \cdot A_0 \cdot \sqrt{4 F_{yu} \cdot S_y / u / S}, V_{po} = 2 \cdot \sqrt{2 \cdot F_{yu} \cdot S_y \cdot h S}$$

F_{yu} : 上面の軸方向鉄筋の降伏力, F_{ye} : 下面の軸方向鉄筋の降伏力, S_y : スターラップの降伏力, S : スターラップの間隔, h : 軸方向鉄筋間の高さ, A_0 : 軸方向鉄筋に囲まれる面積, u : A_0 の周長

なお、その後の研究の1例として Elfren の式があげられる。この式はソビエトの式で仮定した2つの破壊形式に加えて、中立軸が下面に平行な第3の破壊断面を仮定し、2軸についてのモーメントの釣合い、鉛直方向の力の釣合い、さらに破壊断面と梁軸とのなす角を考慮する事により導かれる式で、ソビエトの式を発展させたものとする事ができる。

3. 計算結果及び考察 既往の64本の鉄筋コンクリート矩形梁の実験データに対する計算結果は表1の通りであった。以下に考察をのべる。

1) 図-2 に示すソビエトの式の計算結果では、Thürlimann のデータに対する精度が非常に悪い事がわかる。この原因として供試体の配筋があげられる。これらの供試体は図-1 に示すような断面を持つ。ソビエトの計算式では第2の破壊形式に対して側面に沿った鉄筋だけが軸方向鉄筋の効果として考慮されていて、下面に沿って密

に配置された鉄筋の効果は無視される。従って第2の破壊形式に対して過小評価をしてしまう事になる。すなわちソビエトの式をこのような配筋の梁に対して適用するには注意を要する。

2) 図-2に示すようにソビエトの式は T_M あるいは $2T_{Vb}$ が大きくなるに従い、すなわちねじりの影響が卓越するにつれて過大評価をする傾向が見られる。式より明らかなように終局トルクに対するスターラップの効果は $C_1^2/(2htb)$ に比例するので C_1 の算定が重要である。従ってねじりの影響が大きい領域での適用に問題があるという事はねじりが卓越した時の C_1 の算定に問題がある事を意味していると考えられる。

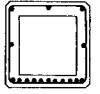


図-1

3) 図-3よりわかるようにThürlimannの式での計算値は T_M あるいは $2T_{Vb}$ の小さい範囲で精度が悪く、純ねじりに近づくにつれて比較的精度が良い事がわかる。

4) 2つの式はいずれも軸方向及び横方向の2方向に補強されたものに対してのみ適用でき、極方向に補強していないものに適用できない。従って設計に際して横方向補強が必要か不必要かの境界付近での適用に問題が生じる。この点は今後の課題とすべきであろう。

5) 2つの式を比較して以下の事を感じた。ソビエトの式に1), 2)の問題点がある事に加え、トラスアナロジーが実験での梁の挙動と比較してほぼ妥当であると考えられる事、トラス部材を現在の剛塑性性体から弾塑性性体へと仮定を変える事により任意の荷重レベルでのトラスの挙動を追跡できる可能性がある事などから、今後はスペーストラスアナロジーに基づいた研究が望ましいと考えられる。

表1 計算結果

	T_{ex}/T_{cal} 平均値	変動係数
ソビエトの式	1.078	23.2%
Thürlimann	1.175	17.6%
Elfren	1.191	15.6%

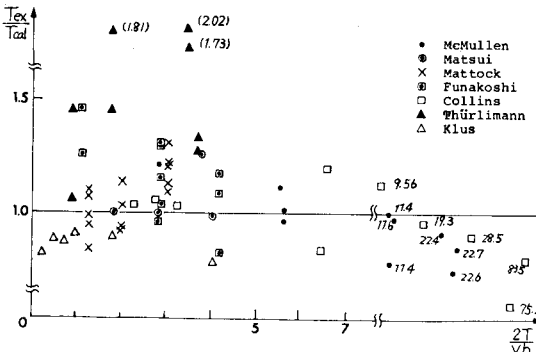


図-2(a) ソビエトの式による計算結果

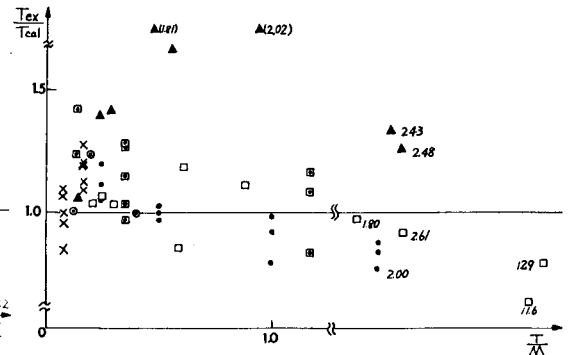


図-2(b) ソビエトの式による計算結果

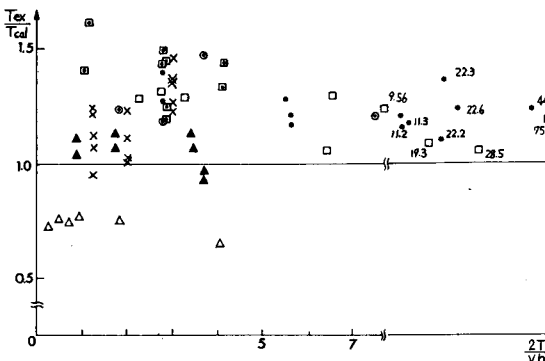


図-3(a) Thürlimannの式による計算結果

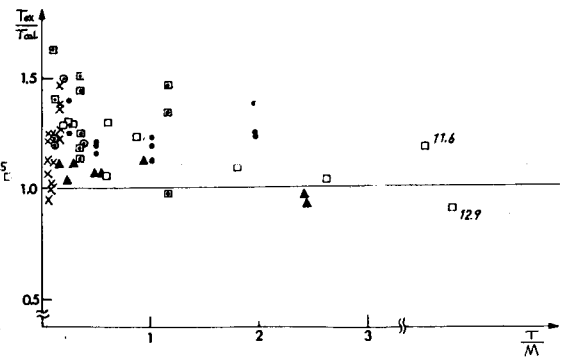


図-3(b) Thürlimannの式による計算結果

注) 図中の()内の数値は縦軸の値を示し、()の無い数値は横軸の値を示す、