

I-69

せん断耐荷力算定モデルについての一考察

東北大学工学部 ○学生員 中沢正利
 東北大学工学部 正 員 倉西 茂
 東北大学工学部 正 員 岩熊哲夫

1. はじめに

せん断パネルの耐荷力について、多くの崩壊モデルが提案されているが、実構造において不可避な、せん断力に伴う曲げモーメントに注目した例は少ない。例えば、主にせん断強度によって支配される、プレートガーダー端部のパネルは、橋軸方向に変化するモーメントをも受けて、せん断との組み合わせ荷重状態となっている。また、せん断耐荷力に関する多くの実験も曲げモーメントを含んだものが多い。よって本研究では、一つの例として、このプレートガーダーの端部パネルを対象とし、弾塑性有限変位解析を行なって、ウェブが座屈後に終局状態に至る直前での、ウェブ内に生じる応力分布を検討し、その結果として得られたせん断耐荷力算定モデル、およびそれによって評価された強度について考察する。

2. 端部パネルのモデル化

プレートガーダーの中で主にせん断強度が問題となるのは端部パネルである。このパネルは大きなせん断力を受けると共に、支承部で0から始まるモーメントをも同時に受け持つ。ここでは、このモーメントは線形に変化すると考える。このモーメントを考える事により、多くのせん断強度に関する既存の実験結果及び、より実構造に近い解析対象モデルを想定する事が出来る。

解析では上下フランジとウェブ部分からなる、面外初期不整を持つ1パネルに対して、図-1に示す様に、左右の垂直補剛材辺に等分布せん断力を与え、左端での橋軸方向変位を拘束する事により、線形勾配を持つモーメントを導入した。尚、左右辺で共に橋軸方向変位を拘束すればせん断状態となる。上下フランジの断面積は一定とし、幅厚比152の時ウェブのその1/3.8, フランジ突出端の幅厚比は9.5である。

3. せん断強度の比較

図-3は Marsh¹⁾, Basler²⁾ らの提案式と共に、縦横比1.0, 幅厚比152の場合の数値解析結果及び、本モデルと比較可能な既存の実験結果³⁾を示したものである。縦軸は終局せん断応力 τ_u を降伏せん断応力 τ_y ($=\sigma_y/\sqrt{3}$)で、横軸はせん断座屈応力 τ_{cr} を τ_y で無次元化している。 τ_{cr} はウェブの幅厚比で変化するが、その他に座屈係数の評価、すなわち境界条件の設定の仕方にも依存する量である。すなわち、ウェブの面外変形に対してフランジのねじり剛性が拘束を与えて座屈強度は増加するため、座屈係数はフランジ剛度の影響を受ける関数になると考えられる。

数値解析結果のうち、せん断状態での強度の値は●印で示され、座屈応力を算出する際に、二辺固定、二辺単純支持(座屈係数 $=12.28$)と考えると、Marshの提案式と良く一致する。

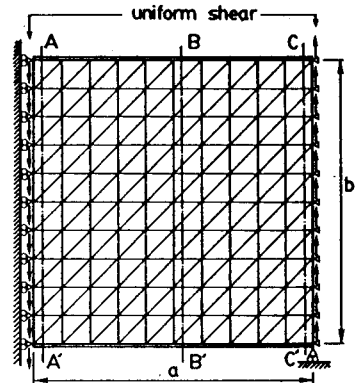
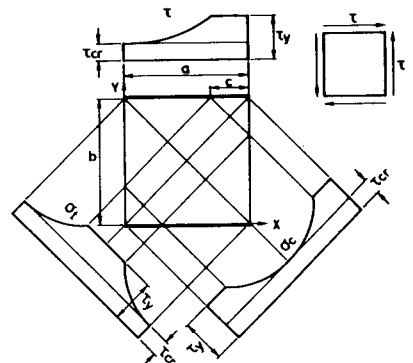


図-1 端部パネルの解析モデル



$$\tau_u = 2/\sqrt{\tau_{cr}\tau_y} - \tau_{cr}$$

図-2 Marshの崩壊モデル

これは、彼の仮定した終局時のウェブ内応力分布（図-2）が本数値解析結果と比較的良好に一致しているためであり、提案式も簡便な形で表わす事ができる。次に、モーメントを考慮した場合のせん断強度解析結果は、図の○印で示されるが、一般に曲げモーメントの導入によって強度は低下し、Marshの提案式よりも低く、Baslerのそれに近い傾向を示す。両提案式を比較してみると、 τ_{cr}/τ_y の低い値で差が著しい。縦横比一定と考えた時には幅厚比が大きくなると張力帯の幅が狭くなってせん断強度は低下する。しかし、Baslerの提案式では、張力場の幅は縦横比のみの関数であるため、幅厚比が大きくなっても張力帯幅は一定であり、幅厚比が大きい領域では一般に大きめの終局強度を評価してしまうためである。既存の実験値は概して τ_{cr}/τ_y の小さい領域に集中し、提案式との相関は見受けられない。

4. 曲げ、せん断を受ける場合の崩壊モデルについて

曲げモーメントとせん断力を受けるウェブ内の応力分布を調べ、一つの崩壊モデルを考えてみる。図-4は幅厚比152の場合について、終局状態直前でのウェブ内応力分布を、各成分ごとに示したものである。曲げによる直応力 σ_x は、パネルが座屈した後に座屈前の三角形分布から応力欠損を生じている。せん断応力 τ_{xy} は、せん断流理論による放物線分布に加え、張力場の影響でMarshのモデルで表わされる成分をも含んでいる。よってせん断応力の分布は放物線形とMarshモデルの分布形の組み合わせであると考えられる事が出来る。

本解析モデルに用いた縦横比1.0、幅厚比152の場合は曲げ降伏モーメントと終局せん断力がほぼ同じ値となっており、張力場の塑性化と圧縮フランジ近傍の塑性化がほとんど同時にみられる。よって、両せん断応力の比率を0.5とおいて、 σ_x 、 τ_{xy} の応力分布をもとに、ウェブ内の主応力分布および降伏域を求めてみると、Baslerの提案する張力場の形（対角線よりわずかに小さい角度で張力場が形成される）に比較的よく一致する様になる。ここで、曲げによる直応力の応力欠損位置を0.3bとした。これらの仮定の中でも、 σ_x の分布形はウェブの幅厚比、縦横比、その他などの多くの因子によって決まるため、その評価法については今後の課題である。

5. 参考文献

- 1) C., Marsh : Theoretical model for collapse of shear webs , ASCE, Vol.108, No. EM5, Oct., 1982
- 2) K., Basler : Strength of plate girders in shear , ASCE, Vol.87, No. ST7, Oct., 1961
- 3) 長谷川・堀口・西野：プレートガーダーの耐荷力に関する一考察（下），橋梁と基礎，Vol.11, 1977.

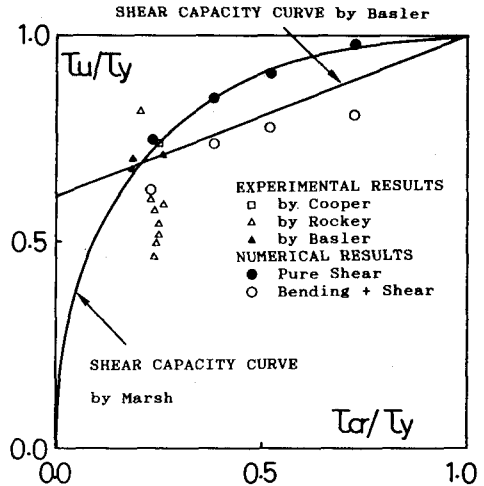


図-3 せん断強度の比較

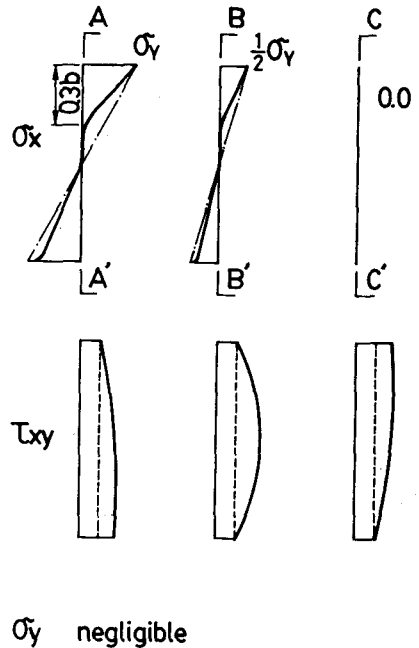


図-4 曲げ、せん断を受けるウェブ内の応力分布