

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

せん断パネルについて多くの実験がなされており、その結果を基に、種々の簡易計算式が発表されている。しかし、これらの実験においては、純粋なせん断状態を作り出す事は不可能である。よって、いくばくか曲げが導入されるはずであり、純せん断状態を想定した多くの提案式と実験とは基本的な仮定が異なっている。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のパネルにおいても、橋軸方向に変化するモーメントを受けており、力学的に純せん断パネルとは異なる応力状態を呈している。本研究では、有限要素法による弾塑性非線形解析を行ない、ウェブ座屈後に張力場の降伏によって系が終局状態に至る直前での、ウェブ内に生じる主応力分布を可視化させ、この資料を基にせん断強度特性を解明する手がかりを得ようと意図したものである。

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勾配をも同時に受け持つ。ここでは、このモーメント勾配は線形に変化すると考える。このモーメント勾配を考える事により、多くのせん断強度に関する既存の実験結果及び、より実構造物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純せん断状態となる。上下フランジの断面積は、ウェブのその1/3.8，フランジ突出端の幅厚比は9.5で一定としている。

3. せん断強度の比較

図-2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、純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。これは、彼の仮定した終局時のウェブ内応力分布が筆者の数値解析結果と比較的良好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ため、縦横比が変化する場合への拡張を考える時の基礎式として有望である。

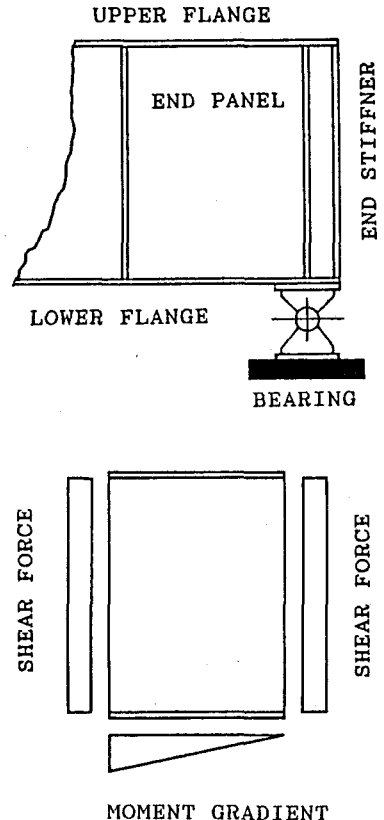


図-1 端部パネルのモデル化

次に、モーメント勾配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の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。この理由としては、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。また、横軸を τ_{cr}/τ_y とした時には強度のパラッキも大きいと言える。

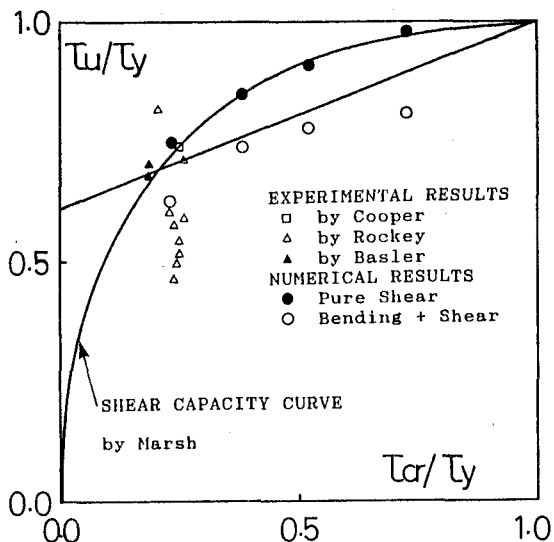


図-2 せん断強度の比較

4. ウェブ内の主応力分布とその傾向

せん断強度特性を把握するにあたり、ウェブ内の主応力分布を検討し、定性的特徴をとらえる目的で、張力場の可視化を試みた。図-3 (a), (b) は終局状態直前でのウェブ内主応力分布を板厚中央面について描いたものである。縦横比が1.0 の場合、主応力はほとんど45度の傾きを持つため、純せん断応力状態でウェブが座屈すると仮定して各主応力の値からせん断座屈応力 τ_{cr} を差し引き、張力帯を抽出して表わした。純せん断パネル (a) では対角線方向の引張主応力が卓越して現れている。モーメント勾配を持つせん断パネル (b) では、上記引張主応力の他に上フランジ近傍に圧縮主応力が生じ、(a) とは異なる応力分布を示している。

縦横比1.0 の本モデルでは、モーメントの影響は左辺の上下フランジ近傍で見受けられる程度だが、縦横比の増加と共にモーメントの影響は顕著となり、縦横比2.0 の場合では曲げによる崩壊とみられる圧縮フランジ近傍の局部的塑性化がみられ、曲げとせん断の組み合わせ荷重状態に対する検討を行なう必要がある。

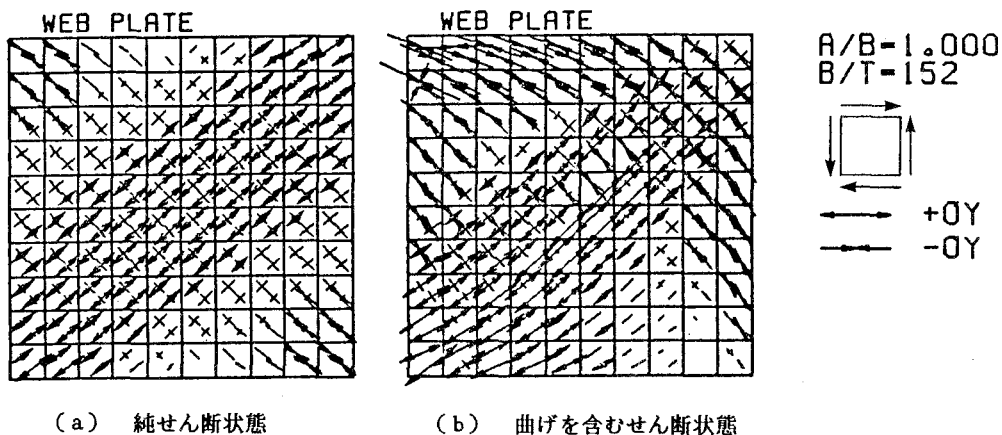


図-3 ウェブ内の主応力分布

5. 参考文献

- 1) C., Marsh : Teoretical 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) Cooper, Rockey, Basler の実験値