

1. はじめに

直線プレートガーダーを構成するパネルのうち、主にせん断強度が支配的なパネルをここではせん断パネルと呼ぶことにする。このせん断パネルでは、せん断座屈後に張力場が発生し、大きな後座屈強度を発揮することが知られている。この張力場の解明は、有限変形および材料の塑性化などの共存する複雑な問題であるため、主に実験によるアプローチが行なわれ、種々のタイプの張力場モデルが発表されてきた。^{1, 2)}

これに対し、数値解析手法による理論的アプローチは例³⁾が少なく、また張力場の理論的検討を意図したものは見当たらない。本報告では、数値解析手法によりせん断パネルに発生する張力場の形成状況を明らかにし、また張力場内の応力分布に対して理論的考察を加えた。

2. 解析モデルと境界条件

ここで用いた解析モデルを図-1に示す。プレートガーダーから、垂直補剛材で区切られた上下フランジとウェブからなる1パネルを着目パネルとして取り出した。この上下フランジとウェブからなる立体板構造を、応力仮定のハイブリッド法により定式化し、弾塑性有限変形問題を解いている。応力-歪関係は、歪硬化(歪硬化係数=弾性係数/1000.0)を考慮したバイリニア型を仮定した。着目パネルの境界条件は次の様に考えた。

①垂直補剛材は曲げに対して剛であると仮定し、パネルの左右端での水平方向変位はないものとする。②この辺上で、面外方向へは単純支持とする。また、ウェブ面内での回転は自由とする。③フランジ端部では、フランジ弱軸まわりの回転を自由とする。これらの仮定は、パネルのせん断強度としてもっとも弱い状態を考えるためである。

3. 張力場の形成状況

張力場の定義として、ここでは数値解析によって明らかにされたウェブプレート内の引張主応力が卓越する領域とする。図-2は終局状態でのパネル内の主応力分布を、幅厚比 $\beta = 250$ で縦横比が変化する場合について示したものである。なお、図では張力場をより明瞭に示すために、引張および圧縮主応力の大きさのうち、せん断降伏応力の8割を超える値のみを示した。

張力場はほぼバンド状をなし、その範囲はPorter²⁾らの仮定した張力場モデルに近い。図からは垂直補剛材による張力場のアンカー作用の他にフランジもその一部をアンカーしていることが解る。この張力場のバンドの傾きは一般にパネルの対角線よりも小さい。縦横比 α が大きくなるにつれて、張力場のバンドの幅は小さくなる。また、バンド

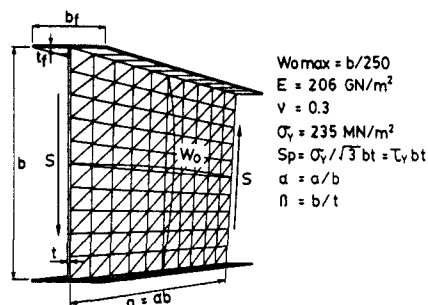


図-1 解析モデル

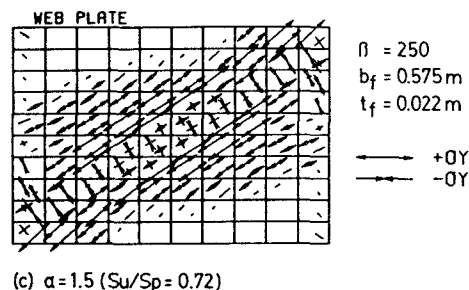
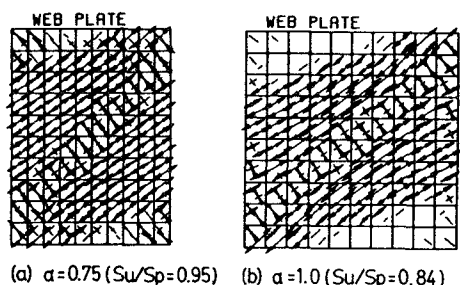


図-2 張力場の形成

の角度も小さくなり $\alpha = 1.5$ ではほぼパネルの対角線の傾きに近い。図には示していないが、幅厚比が変化する場合およびフランジ剛度が変化する場合には、張力場内の応力分布に差はあるものの形成領域に大きな差はみられなかった。

次に、張力場内の引張および圧縮応力の分布を、 $\alpha = 1.0, \beta = 250$ に対して、パネルの対角線に平行な各切断面でその面に直角方向の応力を示したのが図-3である。引張応力はパネル周辺から2次曲線的に増加し、張力場で最大となり、またほぼ一定値となる。引張応力の卓越する対角線上では、張力場内の他の点とは異なる応力状態を示している。これは、この対角線上での塑性変形が著しく大きいため、応力が降伏曲面上を大きく移動したことによる

と考えられる。圧縮応力はパネル周辺上では大きい、張力場内では低い応力レベルとなる。これは、ウェブパネルがせん断座屈し対角線方向に座屈波形が発生すると、圧縮方向の応力が頭打ちとなるためである。よって、これらの引張応力と圧縮応力の分布より、張力場内の引張主応力の方向が決定されることになる。降伏域は、主にパネルの対角線方向に平行に形成され、この対角線上で崩壊メカニズムが形成されることを示している。

4. 引張主応力の方向に関する理論的考察

引張主応力の方向が水平軸となす角度をここでは引張主応力角とする。この角度は、張力場内の応力状態から決定される。図-4はウェブパネルの中央(P点)とその近傍(P'点)での引張および圧縮主応力の進展状況を示したものである。パネル中央では引張および圧縮主応力とも単調増加し、引張主応力はせん断降伏応力 τ_{cr} 程度まで増加して頭打ちとなるが、終局状態では降伏条件を満足して崩壊に至っている。P'点では、圧縮主応力は早い時点で頭打ちとなり、この応力レベルはせん断座屈応力 τ_{cr} (4 s.s.) 程度となるが、引張主応力は単調増加している。

よって、 τ_{cr} 程度の圧縮応力と τ_{cr} 程度の引張応力により、引張主応力角が決定され、対角線よりも小さな角度で張力場が形成されることになるというメカニズムが、応力分布の解明から明らかとなった。

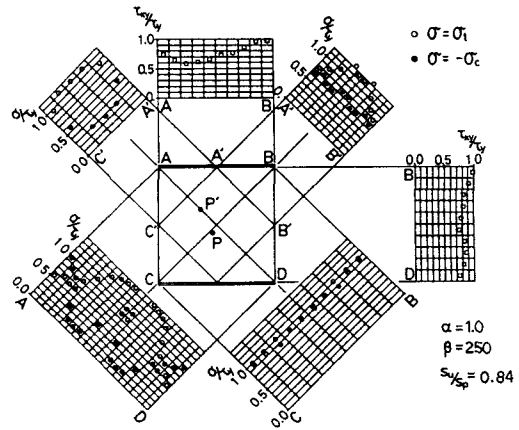


図-3 各切断面での応力分布

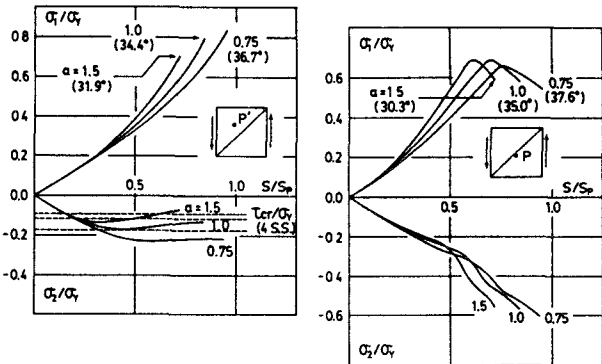


図-4 主応力の進展

5. 参考文献

- 1) K., Basler : Strength of plate girders in shear, Proc. ASCE, Vol.87, No.ST7, Oct., 1981.
- 2) Porter, D.M., Rockey, K.C. and Evans, H.R. : The collapse behaviour of plate girders loaded in shear, The Structural Engineer, Vol.53, No.8, pp.313-325, Aug., 1975.
- 3) Cescotto, S., Maquoi, R. and Massonnet, CH. : Simulation sur ordinateur du comportement à la ruine des poutres à âme pleine cisailées ou fléchies, Construction Metallique, No. 2, pp.27-40, 1981.