

京都大学工学部 正員 工博 小西 一郎

京都大学工学部 正員 工博 白石 成人

京都大学大学院 学生員 工修 渡辺 英一

1. まえがき

腹板の座屈現象がどのような意味を持っているものかを理論的に追求するために、一番簡単なプレートガーダーを考えその腹板に着目してこれがモーメントを受ける場合とせん断力を受ける場合について板と見なし、有限変形理論を用いて座屈後の挙動解析を行った。なお数値計算はせん断力を受ける場合についてのみ、しかも板の初期たわみが無い場合をとり上げKDC-II(京都大学電子計算機=HITAC 5020)を利用して計算した。以下この結果について報告したい。

2. せん断力を受ける腹板の問題点

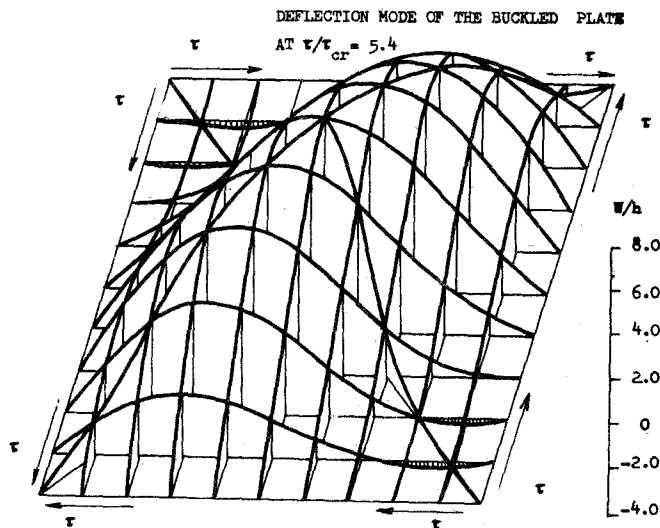
せん断座屈後には腹板にはいわゆる「斜張力の場」ができるといわれている。航空工学の分野においてはこのことが深く研究されてきたがその結果を一般のプレートガーダーにそのまま適用することには問題点がある。なぜなら腹板と他の部材たとえばフランジや補剛材の剛度が著しく違わないといふところに航空機構造との根本的な相異点が見られるからである。

3. 四辺単純支持としたときの正方形板のせん断座屈後の挙動解析

主目的は斜張力の場が果して明確に実現され得るかということと、高強度の材料を用いたときの後座屈領域におけるメリットはどんなものかということ、それに板が単純支持されていると考えたとき相対する二つの境界辺がどのように相対的に変位を行うかということ 以上の三点にある。

4. 計算とその結果の例

たわみのモード成分5つを未知数にとり初期たわみを含む基本方程式である *Marquerre* の非線形偏微分方程式を最終的に五元三次代数方程式の形に帰し更に対称性を考慮して四元にした。実際の数値計算においては初期たわみが零の場合をとり扱ったが上の代数式を計算機により解き荷重レベルを30段階に変えて対応するたわみ成分を求め、これらを用いて板を100等分してたわみ形、 σ_x , σ_y , τ_{xy} , 主応力, 主応力線, *von Mises* の比較応力, *Edge* の相対変位を算出し検討した。右図は座屈荷重の5.4倍のせん断応力が *Edge* に沿って作用したときのたわみ波形を示す。ここに τ_{cr} は座屈荷重であり h は板厚を示す。



次に左下図は各荷重に対して von Mises の比較応力 σ_M の絶対最大値をプロットして描いた曲線であり、この図を用いて普通鋼 SS 41 ($\sigma_y = 2,800 \text{ kg/cm}^2$), 高張力鋼 HT 60 ($\sigma_y = 5,000 \text{ kg/cm}^2$) を用いたとして板が膜応力によって降伏を始めるときの荷重 τ_y と腹板の細長比の関係を曲線で表わしたのが右下図である。

5. 結 論

(I) 荷重が τ_{cr} から増大するに従ってたわみ波形において斜め方向の細長い帯状の起伏が次第に顕著になってくる。

(II) 荷重の増大とともに相対する板の端辺は互いに近づくように変位するが、この相対変位は荷重が τ_{cr} の5倍ぐらいになれば最大値で板の細長比 100, 200, 300 に対してそれぞれ板厚の 1.4, 0.7, 0.5 倍ぐらいになる。

(III) 荷重の増大とともに板には膜引張力が発達する。そのとき最大主応力と最小主応力の大きさの差は次第に大きくなり板の中央半分ぐらいの領域では明らかな斜め引張力場が認められる。

荷重が更に大きくなると最小主応力も圧縮側から引張側に変化ようになるがこれらの現象は境界部材の剛度と腹板のそれとの比によって全く異なる可能性があることを示唆しておく。

(IV) 板のせん断変位後の荷重-たわみ曲線, 荷重-応力曲線を描くと前者はいわば放物線形であるのに対し後者はほぼ直線形を示す。

(V) 現在の設計規程によれば腹板は鋼の材質にかかわらず同じ細長比に対しては同じ座屈曲線によって座屈応力が決定されているが、実際にはもし降伏応力に対して一定の安全率を有するように設計するならば普通鋼と高張力鋼の後座屈強度が下図のように異なるために高張力の方が明らかに有利であるということが結論できよう。しかも実際の腹板は堅固な上下フランジと補剛材で支持されているので腹板に高張力鋼を用いることはプレートガーダーの耐荷力を増す上に大いに有効であろうと推察される。

今後更に本研究で考えた他のいろいろな場合についてはもちろん、その他の複雑な例についても数値計算を行い有益な資料としたいと思う。

