

東北大学 学生員 ○ 中沢 正利

東北大学 正員 倉西 茂

1. まえがき

せん断力を受ける直線ポレートガーダーの耐力を推定するモデル解析法には、フランジの曲げ剛性は小さいとして無視したBasler理論、フランジと垂直補剛材による枠組作用を考慮し、フランジ内に塑性ヒンジが発生して終局状態に至るとしたRockey-Skaloud理論などがある。本研究ではこの枠組作用がポレートガーダー腹板の耐力に及ぼす影響を調べるため、ポレートガーダーの1パネルを取り出し、フランジと腹板を薄板とみなした立体薄板構造の弾塑性有限変位F.E.M.解析を行った。その結果として得られたフランジの効果について発表する。

2. 解析手法

初期たわみを有するウェブパネルを平面三角形で離散化し、応力仮定のハイブリッド法による線型剛性マトリックスを用いている。幾何学的非線形性は、要素平衡方程式の中での座標変換及び剛体変位の除去によって評価し、非線形方程式は荷重増分法とNewton-Raphson法を併用して解く。材料の非線形性に関しては、初期降伏条件としてVon Misesの降伏条件を用い、塑性ひずみ増分は流き則に従うとする。ひずみ硬化則としてはBaushinger効果を評価するために移動硬化則を採用し、降伏曲面の原点移動量はZiegler則に従うものとした。図1に一軸状態に理想化した応力・ひずみ関係、図2に移動硬化則を用いた場合の降伏曲面を示す。剛体変位の除去は各要素毎に定義される要素座標系の移動量及び微小回転として扱った回転量の両者により全体座標系で評価する。

3. 解析モデル

解析に於いては、図3に示す様にポレートガーダーの補剛材に囲まれた1パネルだけを取り出し、せん断力を受ける場合を考える。フランジ部分は立体要素として腹板に取り付けられているため、垂直補剛材は完全剛体であると水平変位を拘束する。腹板面外方向への境界条件は単純支持とし、フランジ部分は隣り合うパネルのフランジとの連続性を考慮して固定する。解析パラメータに関してはフランジの影響のみ着目するため腹板の縦横比は固定し、表1に示す様にフランジの板厚と幅を変化させて解析した。

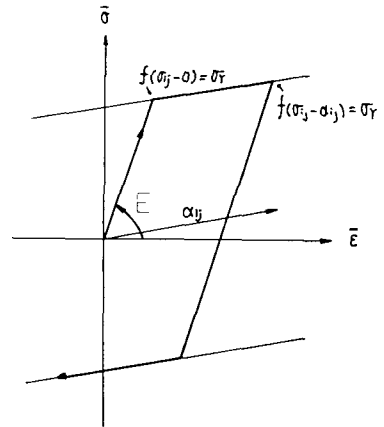


図1 応力-歪関係

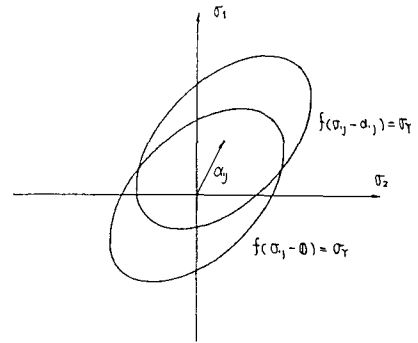
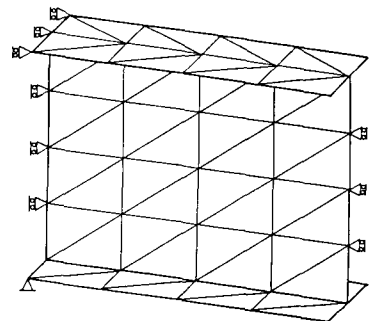


図2 降伏曲面



上下Flangeは垂直方向のみ移動可能

図3 解析モデル

4. 結果及び考察

F.E.M. 解析による結果として、腹板中心点での面外変位 W と作用せん断力 S の関係を図 6, 7 に示す。ここで S_p は全塑性せん断力である。フランジがある場合には腹板のみの場合に比較して座屈荷重が上昇し、さらに後座屈領域での曲線の勾配すなわち荷重に対する抵抗力も増加している。この理由としてはフランジのねじり剛性等により、腹板の変形に対する抵抗力が高まったためであると考えられる。また発生する斜張力場の帯幅が広くなり、析全体の抵抗力が大きくなる等が考えられる。図 4 は同程度のせん断力を受けする場合に、フランジの有無による塑性化領域の違いを示している。但し、板厚全部が塑性化したものではなく、初めに断面の一部が塑性化した荷重段階での分布を示した。フランジの有無による面外方向変位形状の差違も上記と同様。理由から、フランジがある場合には変位拘束により、より大きな形状を示す。一例として図 5 に終局状態での面外変位形状を示す。

次に、フランジの幅と板厚の強度に対する影響を考えると、図 6, 7 から板厚が重要なパラメータである事がわかる。この主な原因は、腹板の面外変形を拘束するフランジのねじり剛性あるいは曲げ剛性に対して板の幅よりも板厚の方が有効に効いてきたためであると考えられ、終局状態近傍になると、板幅による差が見受けられる程度である。終局状態におけるフランジ内の応力は腹板のそれらに比して小さく、塑性化は生じない。以上、本研究の範囲内では、最終的なプレートガージの破壊は全て腹板で生じている。

<参考文献> 吉田 増田 松田：薄板で構成される立体構造の弾塑性・大变位離散化要素解析法，土論集，1979 8月

表 1 解析パラメータ

	b/t	b_f	t_f	A_f	I_f
Case 1	152	10.0	1.0	10.0	0.833
2	-	20.0	1.0	20.0	1.667
3	-	20.0	2.0	40.0	13.334
4	-	30.0	1.0	30.0	2.500
5	-	30.0	2.0	60.0	20.000
6	210	10.0	1.0	10.0	0.833
7	-	20.0	1.0	20.0	1.667
8	-	30.0	1.0	30.0	2.500

$$b/t = 152$$

$$S/S_p = 1.266 \quad S/S_p = 1.480$$

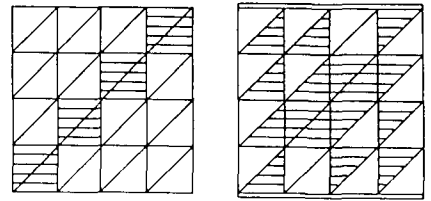


図 4 塑性領域

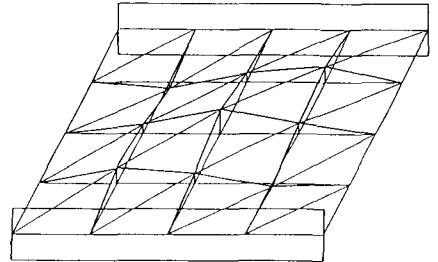


図 5 終局変形モード

$$\begin{aligned} b/t &= 152 \\ b_f &= 10 \text{ cm} \\ t_f &= 1.0 \text{ cm} \end{aligned}$$

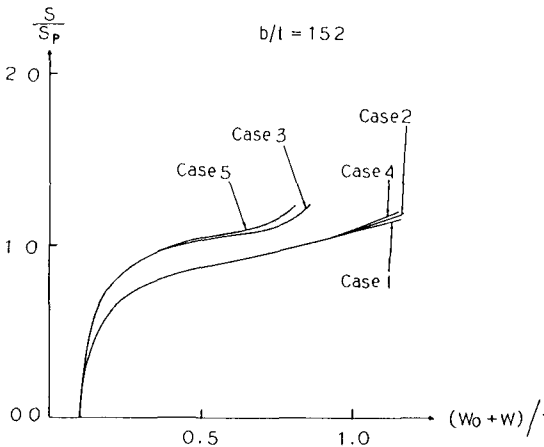


図 6 荷重一面外変位曲線

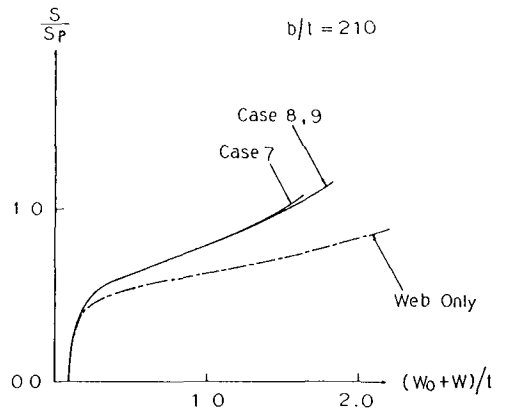


図 7 荷重一面外変位曲線