

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. まえがき

純せん断力を受ける直線プレートガーダーの終局耐荷力は、座屈後に発生するウェブの張力場作用とフランジや垂直補剛材の縁材による枠組作用とにより決定されると言われている。本研究はプレートガーダーウェブのせん断耐荷力に対するフランジの枠組効果を調べる事を目的とし、フランジを有するウェブパネルを取り出して、立体薄板構造として弾塑性有限変位F.E.M.解析を行なった。その結果としてフランジによる補剛特性や終局せん断強度に寄与するフランジ剛度の効果を評価する事が出来た。

2. 解析手法

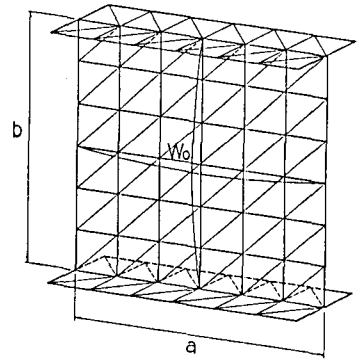
初期たわみを有するウェブパネル及びフランジを平面三角形で離散化し、さらに板厚方向に8層に分割している。解析の基礎となる剛性マトリックスは、一増分区間での変形が微小とみなせるとして応力仮定のハイブリッド法による線形剛性マトリックスを用いている。したがって、幾何学的非線形性は増分平衡方程式の中での座標変換及び剛体変形の除去によって評価し、非線形方程式は Newton-Raphson 法により解いている。材料の非線形性に関しては、初期降伏条件として Von-Misesの条件を用い、塑性歪増分は流れ則に従うとする。歪硬化則としては Bauschinger 効果を評価するために移動硬化則を採用し、降伏曲面の原点移動量は Ziegler則に従うものとした。剛体変形量は各要素で定義される要素座標系の平行移動量及び微小回転として算定した剛体回転量の両者により評価している。尚、残留応力は考えていない。

3. 解析モデル及び境界条件

プレートガーダーの垂直補剛材に囲まれた1パネルを取り出し、解析モデルを図-1に示す。ウェブ部分は 8×8 メッシュに分割し、初期たわみ w_0 は道示の仮組立の規定からウェブ高さの $1/250$ を最大たわみとする二重正弦級数を仮定した。また境界条件としては純せん断のため左右補剛材辺の水平変位を拘束し、パネル左右辺の面外方向は単純支持とした。解析はウェブ板厚 1 cm で幅厚比152(道示の最小腹板厚規定より)、縦横比1.0を固定し、フランジの板幅と板厚を変化させた。

4. 結果及び考察

表-1に各解析モデルに対する諸元と終局せん断強度 S_u を示す。また、図-2にはウェブ中央点での面外たわみ w と作用せん断力 S の関係を示す。ここで、 S_p は全塑性せん断力である。板幅



Initial deflection

$$W_0 = b/250 \times \sin(\pi x/a) \cdot \sin(\pi y/b)$$

図-1 解析モデル

表-1 モデルの諸元

	フランジ厚	フランジ幅	I_t	I_b	S_u/S_p
Model 1	1.0 cm	10.0 cm	1	1	0.88
2	1.0	20.0	2	8	0.95
3	1.0	30.0	3	27	0.91
4	2.0	10.0	8	2	0.98
5	2.0	20.0	16	16	0.98
6	2.0	30.0	24	54	0.97

* $a/b=1.0$ $b/t=152$ $S_p = \sigma_v / 3$ ($\sigma_v = 2400 \text{ kg/cm}^2$)

* I_t : Model 1 に基準した時、慣性剛度、相対比

* I_b : Model 1 に基準した時、慣性剛度、相対比

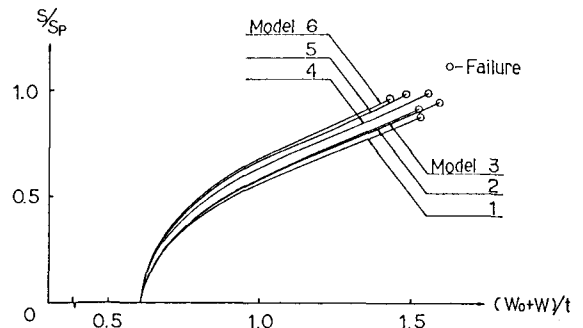


図-2 面外変位曲線

及び板厚の増加、すなわちフランジ剛度の増加に伴ってウェブの面外方向への変形が拘束されるという妥当な結果が示されているが、終局強度に大きな差は見られない。

次に、モデル5に関して終局状態でのウェブ及びフランジの変形モードを図-3に示す。ウェブでは張力場作用によって対角線方向に稜線をなす1つの波が形成され、一方フランジの水平変位は、ウェブの変形に追従して湾曲した形状を示している。しかしフランジの垂直方向変位を見ると、終局状態でもフランジはほぼ直線のまま傾くだけであり、フランジが張力場のアンカーとして働く様な明瞭な変形は見られない。よって終局せん断強度に寄与するフランジ剛度としては主にフランジのねじり剛性と水平曲げに関する曲げ剛度が考えられ、得られた結果を整理すると振り剛性が重要な要因であると結論づける事ができる。図-4はフランジの振り剛性と終局せん断強度の関係を示したものであり、剛性が増すにつれて終局強度も増加するが、しだいにある一定値に漸近する様な軌跡を辿る。本解析の場合、この一定値は四辺単純支持されたウェブのみの解析値よりも15%程度高い

値になっている。次に、終局状態におけるウェブ内の塑性域の分布をモデル5について図-5に示す。対角線方向には斜張力場が発達し、また左右の垂直補剛材の位置する辺上にも塑性域が広がっており、フランジの枠組効果によってウェブの変形が拘束され、その結果として塑性域がウェブ内により広く分布し、終局強度を高めていると考えられる。最後に、フランジ内の軸方向応力度の分布形を図-6に示す。フランジ両端では引張、中央部では圧縮応力度が生じており、ウェブの変形に起因するものと思われる。しかし、応力の値は小さい。

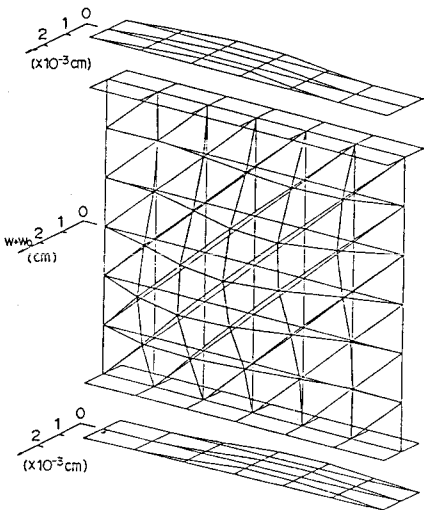


図-3 終局変形モード

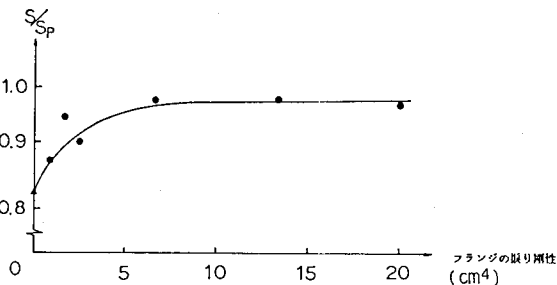


図-4 振り剛性による終局強度の変化

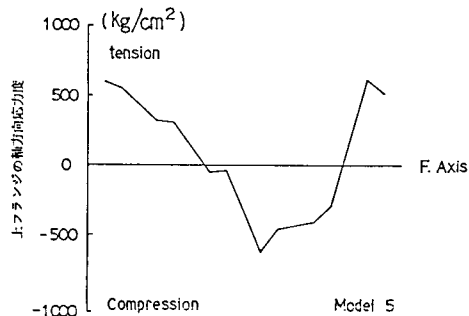


図-6 上フランジの軸方向応力度

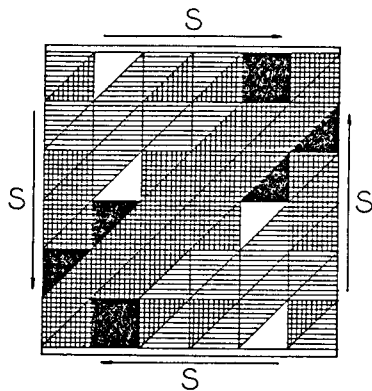


図-5 塑性化領域の拡がり

1. 吉田・増田・松田：薄板で構成される立体構造の弾塑性・大変位離散化要素解析法，土論集，第288号，1979年，8月
2. 新延：プレートガーダー腹板のせん断座屈後の強度に関する一考察，土論集，第303号，1980年，11月
3. Rockey, K.C. and M. Skolod : The ultimate load behaviour of Plate Girders loaded in shear , Struct. Eng., Vol. 50, No. 1, 1972