

I-A127

プレートガーダー腹板の繰返しせん断挙動

石川島播磨重工業(株) 正会員 河合輝雄
広島大学工学部 正会員 藤井堅

1. はじめに 現在, 構造物の変形能に関する研究が盛んに行われている. しかし, 解析的なシミュレーションはあまり多くない. そこで本研究では, 幾何学的非線形および材料非線形を考慮し, 繰返し履歴特性を評価できる折板構造物の繰返し載荷挙動解析プログラムを開発し, それを用いて繰返しせん断力を受ける梁の挙動について検討する.

2. 解析方法 幾何学的非線形を考慮するために有限変位理論, 増分理論, 更新座標法を用いた.

材料非線形を考慮するため, 塑性域を非線形塑性域と線形塑性域で表現する二曲面モデル^{1), 2), 3)}を用いた.

本研究では厚肉曲面シェル解析によく用いられるアイソパラメトリックシェル要素(4 節点 6 自由度)を採用した. また, 荷重制御での解析では, ピーク荷重後の釣合経路を追跡できないので, 変位制御により解析も行えるようにした. なお, 収束には Newton-Raphson 法を用いた.

3. 鋼板の繰返し載荷挙動解析 二曲面モデルを用いたプレートガーダーの繰返しせん断解析結果より, 繰返しせん断挙動のメカニズムについて検討する.

3. 1 解析概要 解析モデルは Fig. 1 に示すようなプレートガーダーを想定し, ウェブ厚 5.0mm, ウェブアスペクト比 1.0, ウェブ幅厚比 160.0, フランジ厚 6.0mm フランジ幅 300.0mm とした. 解析モデルの材質は SS400 である. 要素分割は, ウェブパネルは 10×10 分割, フランジは 10×2 分割とし, 板厚方向の層分割は, ウェブパネル, フランジ共に 10 とした. 解析で用いた材料特性および定数を Table.1 に示す. 境界条件は Fig.2 に示すように, $y=0$ および $y=l$ の辺はたわみに対して単純支持とした. 荷重は $y=l$ のウェブパネル辺上に x 方向等分布荷重として与え, 1 点を x 方向に変位制御している. 増分変位の制御方法は Fig.3 のように,

降伏せん断応力 τ_y に対応する対角線の差 δ_y (ここでは降伏せん断変位と呼ぶ)を求め,対角線の差 δ を $\pm \delta_y, \pm 2 \delta_y, \pm 3 \delta_y, \dots$ と $5 \delta_y$ まで漸増させて解析した. 初期たわみは最大で板幅の $1/150$ とし, 正弦半波形で与えた.

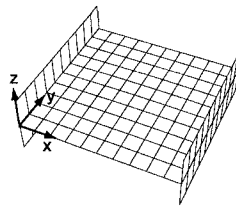


Fig. 1 要素分割図

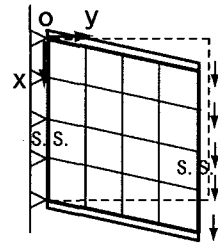


Fig. 2 境界条件および荷重条件

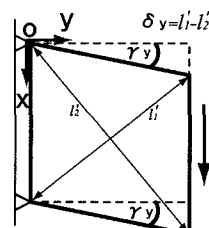


Fig. 3 せん断変位

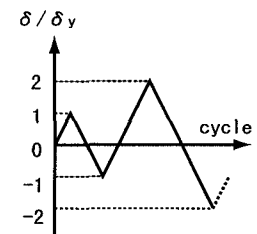


Table. 1 材料特性および構成則の定数

各構成則共通	ウェブ	フランジ
降伏強度 σ_y (MPa)	293.5	287.3
弾性係数 E (GPa)	192.8	198.7
ポアソン比 ν	0.28	0.28
定常塑性係数 E_p (GPa)	1.928	1.987
形状パラメーター $h(\times 10^6)$	0.7	0.7
境界曲面半径 R (MPa)	337.52	330.41

3. 2 解析結果 Fig.4 に荷重-せん断変位曲線を示す. 繰返し載荷の途中, 二度荷重が大きく変化するところがある(P/P_y が $0.1 \sim 0.4, -0.1 \sim -0.4$ で変化している)が, ここでは, 降伏によってたわみが残留した部分がちょうど筋違のような役割をし, それが逆向きのせん断力によって再び降伏した後, 荷重が急激に低下(または増加)したと推測される. δ/δ_y が 3 から -3 での, ウェブパネルの面外たわみ (Fig.7), たわみ形状 (Fig.8: 黒塗りは塑性域を表す)を見ると, 初めの大きな荷重変化でマイナスの面外

キーワード: 二曲面モデル, 繰返し載荷, 非線形, 座屈

〒739-0046 広島県東広島市鏡山 1-4-1 Tel/Fax 0824-24-7790

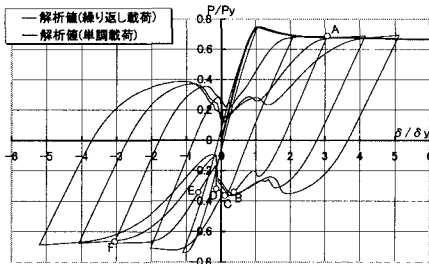


Fig. 4 荷重-せん断変位曲線

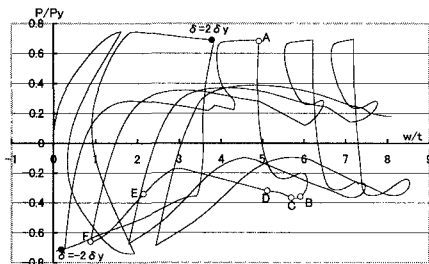
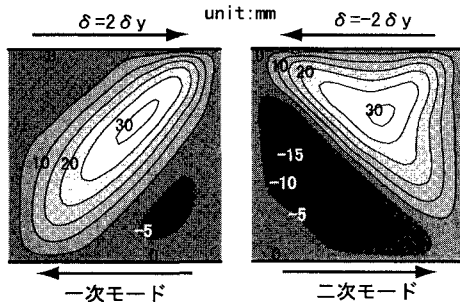


Fig. 5 荷重-ウェブ中央点面外たわみ曲線


Fig. 6 ウェブパネルの面外たわみ($\delta/\delta_y=2, -2$)

たわみがなくなり、プラスのみとなる(点 B)。そして筋違が発生(点 C)し、筋違が崩れる(点 D)ことにより、点 A とは逆に張力場が発生している。

荷重-ウェブ中央点の面外たわみの履歴曲線を Fig.5 に示す。 -2δ から以降 P/P_y が $\pm 0.2 \sim \pm 0.4$ 付近において曲線に変動が見られる。 P/P_y がプラスのピーク荷重からマイナスのピーク荷重に移行するとき、面外たわみが一度増加して、その後急激に減少している。その後、せん断変位が折り返して、マイナスのピーク荷重からプラスのピーク荷重に移るときも、面外たわみが急激に増加している。これは、 δ/δ_y が 2 から -2 の途中で、たわみ形状が一次モードから二次モードに変化し(Fig.6)、それ以降は二次モードでせん断変形を続けるためと考えられる。

4. まとめ 1) 降伏によってウェブパネルのたわみが残留した部分が筋違のような役割をし、逆向きのせん断力により再び降伏した後、荷重が急激に低

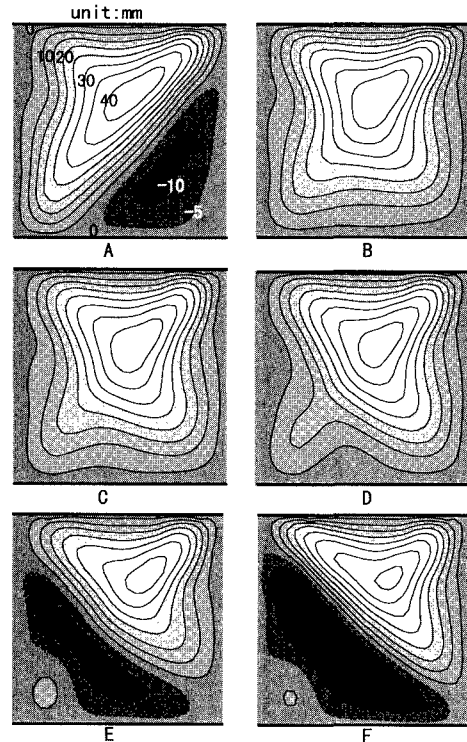
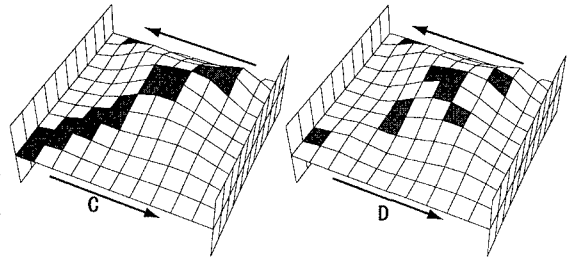

Fig. 7 ウェブパネルの面外たわみ($\delta/\delta_y=3 \sim -3$)


Fig. 8 たわみ形状

下(または増加)する。

2) 座屈後の斜め張力場により、プレートガーダーのウェブパネルに、異なる 2 種類のたわみ形状が繰り返し挙動で発生する。

参考文献 1) Y.F.Dafalias and E.P.Popov : A Model of Nonlinearly Hardening Materials for Complex Loading, Acta Mechanica 21, pp.173-192(1975) 2) C.Shen, Y.Tanaka, E.Mizuno, T.Usami : A Two-Surface Model for Steel with Yield Plateau, Structural Eng./Earthquake Eng.Vol.8, No.4, pp.179-188(1992.1) 3) C.Shen, E.Mizuno, T.Usami : A Generalized Two-Surface Model for Structural Steels under Cyclic Loading, Structural Eng./Earthquake Eng.Vol.10, No.2, pp.59-69(1993.7)