

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

## 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を考える際に、これまでのいわゆるモデル解析法では斜張力場がまず帯状降伏し、その後張力場をアンカーしているフランジに塑性ヒンジが発生して最終的な崩壊に至ると考えているものが多い。しかし、終局状態に至るまでにフランジがその様な大きな変形を起こすとは考えられず、またCrisfield<sup>1)</sup>も実験から終局状態でもフランジはほぼ直線を保ち、さらに载荷を続けた後、フランジは局部的に不安定となり大きく変形し始めると指摘している。よって、本研究では、フランジの枠組効果を考慮するために、上下フランジを有するウェブパネルを対象とし、ウェブの縦横比、幅厚比を変化させた若干のケースについて、荷重増分法による有限変位解析より終局状態直前でのウェブ内の応力分布を調べ、張力場の形成状況及びその特性について考察する。また、枠組効果として考慮したフランジに生ずる軸方向応力度の分布についても考察する。

## 2. 解析手法

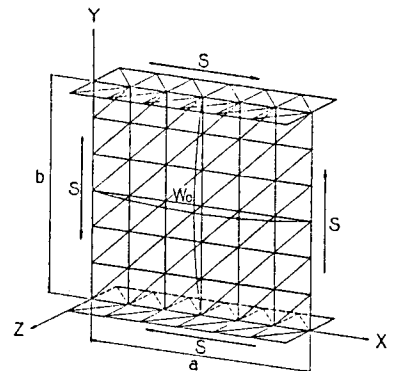
連続条件緩和型変分原理に応力仮定のハイブリッド法<sup>2)</sup>を適用し、三角形要素による定式化を行っている。材料の非線形性に関しては、von Mises の降伏条件を用い、歪硬化則としては降伏局面の原点移動量が、Ziegler則に従う移動硬化則を採用した。歪硬化率は完全弾塑性体を念頭におき、降伏応力度の1/100 という比較的小さい値を仮定した。尚、本解析において残留応力は考えていない。

## 3. 解析モデル及び境界条件

解析モデルを図-1に示す。上下フランジとウェブを三角形要素で離散化し、さらに板厚方向に8層に分割している。ウェブの初期たわみとしては、道示より桁高の1/250 を最大とする二重正弦級数を仮定している。純せん断荷重は各辺上の節点に分配して作用させている。パネル周辺の境界条件については、純せん断状態を考えるためにウェブ左右辺の橋軸方向変位は無いものとし、面外方向へはその辺上で単純支持条件としている。また、フランジについては、両端で振りを拘束する他は全て自由とする境界条件を仮定している。

## 4. 解析結果及び考察

本解析で用いたパラメータは、ウェブの幅厚比152～210の3種類(縦横比1.0)、縦横比0.667～2.000の5種類(幅厚比152)の計7ケースであり、終局せん断強度解析結果と共に表-1に示す。この時、フランジは断面寸法を一定とした。終局せん断強度については、幅厚比が大きくなるにつれてウェブ断面は薄くなり、ウェブは大きな変形を生じて終局強度は低下する。また縦横比が大きい程度座屈荷重が小さいため同様に強度は低下するという一般的傾向を示している。図-3は終局状態直前の荷重段階における、ウェブの面外初期たわみのある側の板厚表面での主応力分布を示したものである。



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 解析パラメータ及び終局せん断強度

|                             | 幅厚比 | 縦横比   | ウェブH/t | Su/Sp |
|-----------------------------|-----|-------|--------|-------|
| Model 1                     | 152 | 1.0   | 1.0cm  | 0.983 |
| 2                           | 180 | 1.0   | 0.84   | 0.901 |
| 3                           | 210 | 1.0   | 0.72   | 0.846 |
| 4                           | 152 | 0.667 | 1.0    | 1.021 |
| 5                           | 152 | 1.333 | 1.0    | 0.962 |
| 6                           | 152 | 1.667 | 1.0    | 0.907 |
| 7                           | 152 | 2.000 | 1.0    | 0.855 |
| フランジH = 2.0cm, フランジ幅 = 20cm |     |       |        |       |

$$\begin{aligned} \text{終局せん断力: } S_u &= b \cdot t \times \sigma_f / \sqrt{3} \\ \text{全塑性せん断力: } S_p &= b \cdot t \times \sigma_f / \sqrt{3} \\ &(\sigma_f = 2400 \text{ kgf/cm}^2) \end{aligned}$$

縦横比0.667 ではほぼ均一な純せん断状態を呈しており、高い終局強度を発揮する要因となっている。縦横比1.000 ではほぼ対角線方向に張力場の形成がみられ、幅厚比210 でも同様な傾向を示しているが、張力場内の圧縮主応力が若干大きい。これは、幅厚比が大きいく程、対角線方向の座屈波形が高く、かつ狭くなるために張力場に直交する方向に圧縮力が導入されるためと考えられる。また、縦横比2.000 では対角線よりも大きな角度で張力場が生じている。総じて、張力場内に生じる引張主応力の角度は、ほぼ45度であると言えよう。次に、図-2は、やはり終局状態直前での上フランジに生じる軸方向応力度の分布を示したものである。縦横比0.667 の場合には張力場のアンカー付近では圧縮、反対の端部では引張が生じ、縦横比>1.333 ではその逆の分布となり縦横比の増加に伴って生じる応力も大きい。この境界として縦横比1ではアンカー部を除いて軸方向応力度は小さい。この理由は、ウェブに生じる座屈波形及びその位置と密接に関連している。尚、モデル1については、生じる応力の値が小さいため図中には示していない。

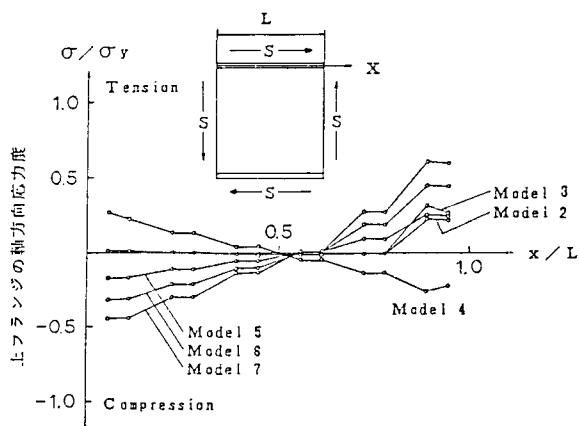


図-2 上フランジの軸方向応力度

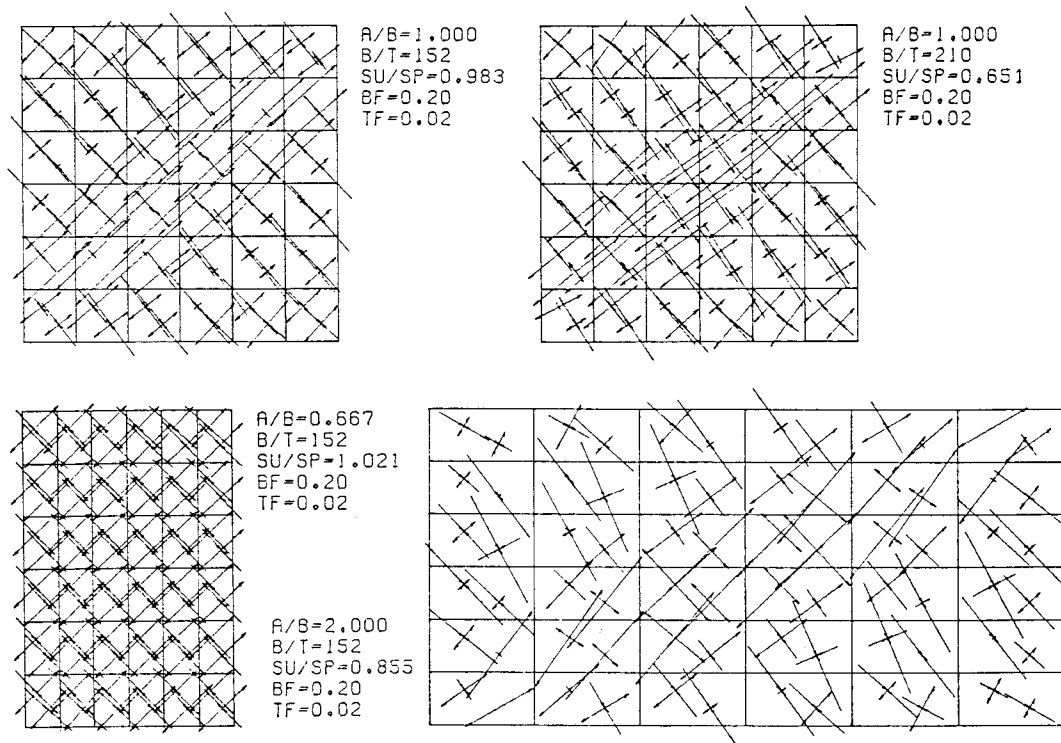


図-3 ウェブ内応力分布

## 5. 参考文献

- 1) ICE : Steel Box Girder Bridges, Proc. of the International Conference Organized by the Institution of Civil Engineers in London, Session B. Discussion, pp.152 ~, Feb., 1973
- 2) Pian, T.H.H and Tong, P.: Rationalization in Deriving Element Stiffness Matrix by Assumed Stress Approach, Proc. 2nd Conf. Matrix Meth., Struct. Mech. 1968