

曲げを受ける曲線プレートガーダのウェブの板曲げ応力について

東北学院大学 ○正 員 植 渡 滋
 東 北 大 学 正 員 倉 西 茂
 東北学院大学 学生会員 向 田 昇

薄肉構造を解析する場合には、膜応力の考え方を採用して合応力または合モーメントとして力学量を表現するのが一般的である。面外向重を受けるシェルのような構造では膜応力が支配的で合モーメントは二次的な影響を与えるに過ぎない。しかしながら曲げを受けるプレートガーダのウェブのような構造を解析する場合には、その円周方向に面内力が作用し、しかも板が曲率を有するために、膜応力に加えて合モーメントによる板曲げ応力 (Plate Bending) が生ずる。したがって板には膜応力による圧縮または引張応力に加えて、板厚方向で応力の勾配を生ずることになる。

本報告は曲げを受けるプレートガーダのウェブを円筒パネルとみなして、有限変位理論に基づく有限要素解析をおこなった円筒パネルの軸線回りの板曲げ応力について考察したものである。解析は本技術研究発表会の「曲線プレートガーダのウェブの挙動を表現するパラメータについて」と同じであるので省略する。

初めに $h = 120\text{ cm}$, $r = 30\text{ m}$, $t = 1.0\text{ cm}$, $\alpha = h/r = 2/3$ の場合について、板曲げ応力の定性的な傾向を示す。図-1は面内曲げ応力 $\sigma_y = M_y/t$ の母線に沿った分布を $\sigma_m = \epsilon \cdot E$, $\epsilon = 2.5/l$ で無次元化してプロットしたものである。応力レベルの増加とともに、圧縮側でフランジ付近に応力が強く分布し、最大圧縮応力が増加し、逆に最大引張応力は減少する。図-2は板曲げモーメント M_y の分布を示している。圧縮領域で M_y が大きくまた応力レベルの増加とともにその値が著しく大きくなる。引張領域においては M_y の値は小さい。図-3は前図の M_y を板厚方向に線形分布するものと仮定したときの $\sigma_b = M_y/t^2/6$ を σ_m で無次元化してプロットしたものである。 σ_b/σ_m は圧縮側ではある応力レベル(この場合には $\epsilon = 0.002$)で最大値を示す。引張側では応力レベルが低い程 σ_b/σ_m が大きい。図-4は $\epsilon = 0.002$ の場合について、 σ_y と σ_b によるパネルの曲率内側と外側および中央面での応力の分布を示したものである。圧縮領域においては板厚方向の応力勾配 (σ_b/σ_y) が著しく大きくなり無視し得ない値となる。

図-5は圧縮領域で最大値を示す要素(7) ($x/h \approx 0.31$) と引張側の最大値を示す要素(14) ($x/h \approx 0.375$) について、 $\epsilon - \sigma_b$ 曲線と巾厚比 $\lambda = h/t$ をパラメータにしてプロットしたものである。応力レベルの低い部分では λ が大きい方が σ_b が大きく現れるが、応力レベルの増加とともにその大きさの順位は徐々に逆転し、応力レベルが大きくなると σ_b は λ の小さい方が大きく現れる。また引張側の σ_b は応力レベルの変化に比較的鈍感で、巾厚比に

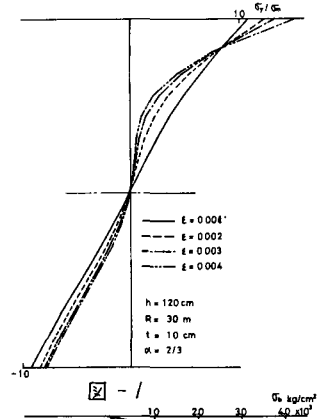


図-1

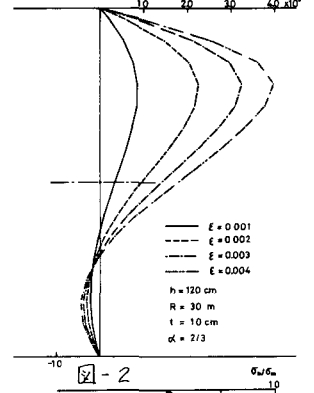


図-2

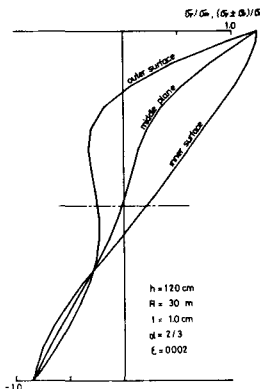


図-4

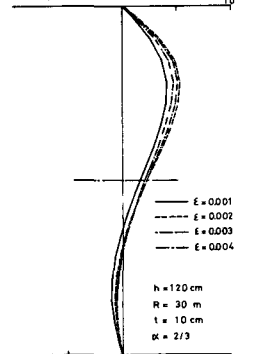


図-3

はほとんど影響されない。これらの傾向は曲率半径 R にかかわらず一定である。図-6 は $\lambda = 240$ と 100 について $\epsilon - \sigma_b$ 曲線の R による差異を示したものである。入が小さい場合圧縮領域の σ_b は R の影響をほとんど受けない。入が大きい場合には応力レベルの小さい部分では R が小さい程 σ_b が大きくなるが、応力レベルの増加とともにその差異は小さくなる。引張領域の σ_b は R が大きくなると小さくなる。

図-7 は $\epsilon - \sigma_b$ を形状比 α をパラメータにして表示したものである。圧縮領域においては α が小さいほど σ_b が大きくなるが $\alpha \geq 1.0$ ではその差は小さい。引張領域では、逆に α が小さいほど σ_b が大きくなるがその絶対値は大きくない。

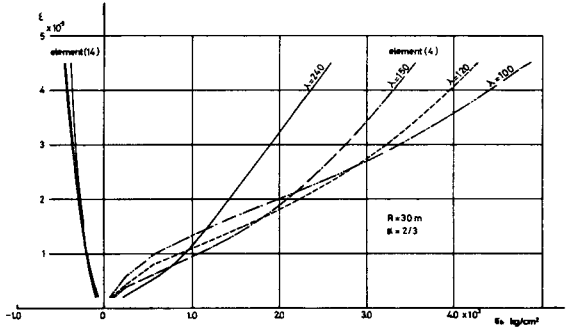


図-5

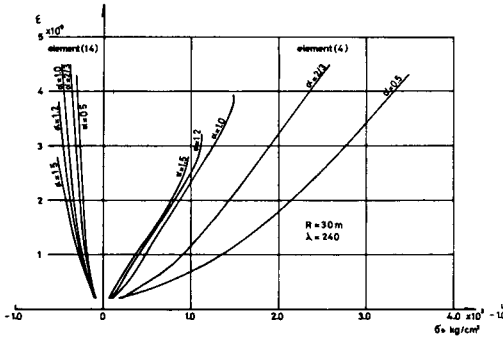


図-7

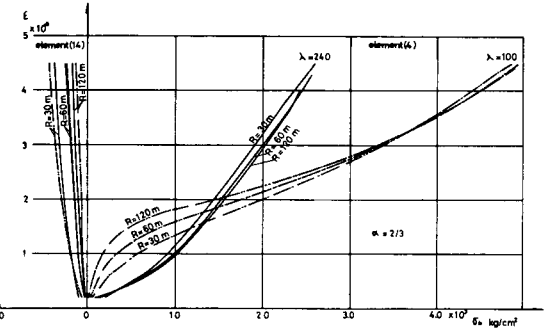


図-6