

信州大学工学部 学 岡木 勇

信州大学工学部 正 清水 茂

信州大学工学部 正 吉田俊彌

横河工事(株) 正 奥原秀敏

1. まえがき

プレートガーダー等の腹板に代表される薄板部材には、初期たわみおよび残留応力などの初期不整が必ず存在する。文献(1)では、局部的に支持される腹板パネルの弾性座屈挙動を固有値問題として調べている。しかし、これら初期不整が腹板の座屈強度に与える影響は、極めて重要と考えられる。そこで本研究では、補剛材のない部分で支持される腹板について、初期不整のうち、まず、初期たわみが座屈強度におよぼす影響を把握することを目的として、初期たわみを有する腹板の面外有限変形挙動について、FEMを用いた数値計算を行った。ここでは、その結果について報告する。

2. 解析方法

初期たわみを有する腹板パネルを、平面の三角形要素の集合体で近似し、数値計算にはFEMを用い、幾何学的非線形問題として解析した。荷重増加に伴う変形挙動をできるだけ忠実に再現するため各要素には、面内ひずみに対して平面応力モデル、面外ひずみに対して平板曲げモデルを適用し、その両者を結合したいわゆる平面シェル要素を用いた。なお、解析に際しての定式化は文献(2),(3)等を参考にした。

3. モデル・荷重・境界条件

解析に用いたモデルは、図-1に示されるように上下フランジおよび垂直補剛材で囲まれる板パネルと、それを支える支承から成っている。初期たわみは、式

$$W = W_0 \cdot \sin \frac{\pi X}{a} \cdot \sin \frac{\pi Y}{b}$$

で与えられる正弦半波の形状を仮定し、パネル中央で最大初期たわみ W_0 とした。

一般に、桁の送り出し時、パネル両端には、せん断力と曲げモーメントが同時に作用しているが、今考えているような腹板では、座屈に対して支配的な荷重はせん断力である。そこで、荷重としては、先に述べた文献(1)同様、せん断力のみが作用した場合を基準にして考え、曲げモーメントの影響については、別個のパラメーターとして取り扱うこととする。従って、ここでは腹板パネルに作用する荷重として、まずせん断力のみを考える。

境界条件については、パネル全辺を面外単純支持とし、支承部分はX方向、Y方向を拘束した。

4. 計算結果

初期たわみを有する腹板パネルに、せん断力のみが作用する場合について、数値計算を行った結果を図-2から図-5に示す。

図-2は、荷重と面外たわみの関係を示したもので、縦軸には弾性座屈応力 σ_{cr} に対する支承部の応力 σ_s の比を、また、横軸には板厚 t に対するパネル中央の面外たわみ $W_0 + W_c$ の比をとって表したものである。こ

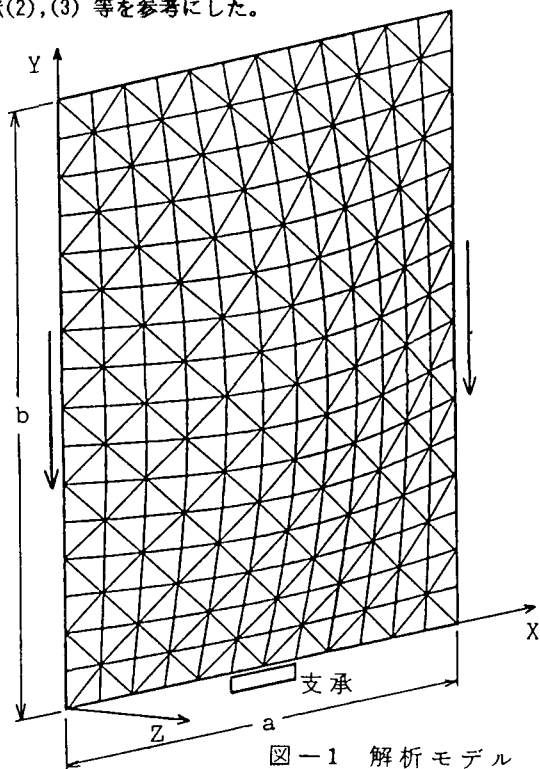


図-1 解析モデル

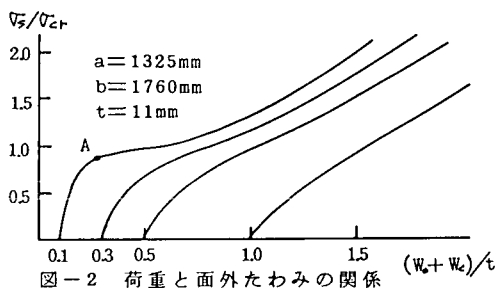


図-2 荷重と面外たわみの関係

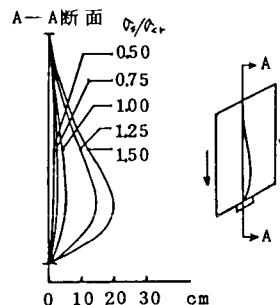


図-3 たわみ波形の変化

こに、 σ_{cr} は文献(1)から求めた弾性座屈応力度、 σ_s は支点反力を支承の面積で割ったもの、 W_c はパネル中央の付加たわみである。この図より次のことがわかる。

- 初期たわみが板厚に比べて比較的小さい範囲では、 σ_s / σ_{cr} が約 1.0 のところで面外たわみが急激に増加し、以後、ほぼ一定に増加する傾向がみられる。
- 初期たわみが板厚に比べて比較的大きい範囲では、a)に比べて急激なたわみの増加はみられず、たわみは漸増している。

図-3は、荷重増加に伴って生ずる、 $X = a/2$ の断面のたわみ形状の変化を段階的に示したものである。荷重の小さいうちは、初期たわみと同様な正弦波的なたわみ形状を示しているが、荷重がしだいに増加して、座屈荷重程度に達すると、パネル下半分のたわみが顕著となり、最大面外たわみが生じる位置は、支承直上のパネル高1/4付近となっている。これは、文献(4)に示される内容と同様の傾向である。

図-4は、図-2中に点Aで示した段階でのパネル全体の面外たわみ形状を、図-5は同じく板の中央面における主応力の応力度分布を図示したものである。図-4より、支承部直上に大きな面外たわみが生じている様子がわかる。図-5の主応力の分布をみると、支承部より放射状に拡がった応力は垂直補剛材に沿った方向に伸びており、パネル中央からその上部にかけてはほとんど応力は生じていないことがわかる。

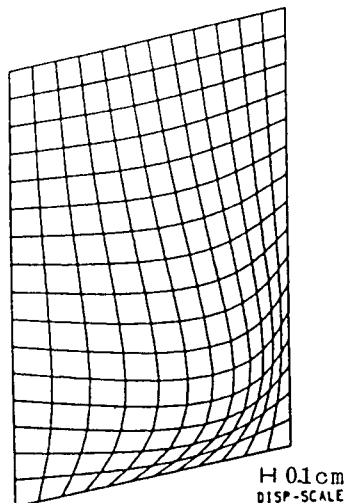


図-4 パネルのたわみ波形

5. あとがき

補剛材のない部分で支持された初期たわみを有する腹板について、FEMによる数値計算を行い、パネルの面外たわみ挙動を追跡することができた。本報告では、正弦半波の初期たわみを仮定し、荷重としてはせん断力のみを取り扱った。実際、桁の送り出し時には、パネルにせん断力と曲げモーメントが同時に作用している。曲げモーメントの影響については、現在計算が進行中である。

また、本報告は、弾性変形の範囲にとどまったが、引続き弾塑性を考慮した研究を進めていく予定である。

参考文献

- (1) 清水、吉田、吉川、斎藤：補剛材のない部分で支持された腹板の座屈解析、中部支部概要集 I-9、昭和58
- (2) 小松、北田、宮崎：残留応力および初期たわみを有する圧縮板の弾塑性解析、土木論文、No244、1975-12
- (3) 岩田、山田：有限要素法による構造物の非線形安定解析、機械論文、No354、昭和51-2
- (4) 三村、滝本、森脇：局所荷重をうける桁の載荷実験、全国大会概要集、I-181、昭和57

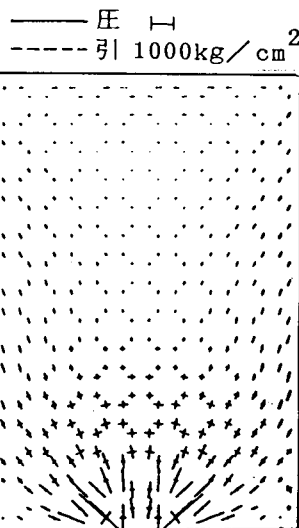


図-5 板中央面の主応力分布