

大阪市立大学 工学部 学生員 川井 正
 (株)川崎重工 技研 正員 大南 亮一
 大阪市立大学 工学部 正員 北田 俊行
 大阪市立大学 工学部 正員 中井 博

1. まえがき

先の研究では、純曲げを受ける曲線形橋腹板を変形問題として扱い、面外たわみに1つの制限を設定した場合の腹板の必要幅厚比を提案した。¹⁾ 本報告は、上述のたわみとは異なり、腹板に発生する最大応力に着目し、必要幅厚比を設定することを試みたものである。その際必要とみる腹板の応力度の計算には、有限変位理論に基づいた有限要素法²⁾を用いた。また、初期たわみと曲率を同時に有する腹板は、厳密には、複雑な形状のシェル構造物であると考えられるので、解析には、8節点のアイソパラメトリック7-シェル要素を用いた。曲線形橋腹板の必要幅厚比の決定に際しては、以下の点に留意した。すなわち、曲率半径を無限大にした時の必要幅厚比は、現行道路橋示方書による直線形橋腹板の必要幅厚比規定に一致するようにした。

2. 実験結果と解析結果の比較

座屈パラメータの異なる腹板のパラメトリック解析を行う前に、実験³⁾の解析を行い、本解析法、および、モデル化の妥当性について検討を加えた。図1, 2に解析結果を示す。解析では、フランジを考慮せず腹板のみの解析モデルについて取り扱ったが、図1, 2に示するように本解析結果は実験結果とよく一致した。また、解析モデルの非載荷端(フランジ端)は、単純支持よりは固定支持にした方が実験結果によく一致していることがわかる。

3. 腹板の必要幅厚比の決定方法

純曲げが作用する腹板の応力分布は、梁理論を用いると、図3(a)に示すような直線分布となるが、実際の薄板要素からなるプレートガーダーでは、Shear-lag現象、曲率、また、腹板の座屈などにより、図3(b)のように直線分布とはならない。図3(a)および、(b)に示すように、腹板内の最大応力度が、それぞれ σ_b に達する時のモーメントを M_y と M_e とする。ここに、 σ_b はフランジの最大応力度が降伏点 σ_y に達する時の腹板の縁応力である。すなわち、曲線形では、曲率の影響により応力 σ_w が発生するため、フランジの縁端が σ_b に達する時の σ_b は、次式で表わされる。

$$\sigma_b = \sigma_y / (1 + \chi) \quad \cdots (1) \quad \text{ここに、} \chi = \sigma_w / \sigma_b \quad \cdots (2)$$

本研究では、 M_e と M_y が、曲率にかかわらず直線形腹板の場合の値に等しくなるように、曲線形腹板の必要幅厚比を設定した。

4. アスペクト比と初期たわみモードの選択

アスペクト比 b/t と M_e/M_y の関係、および、初期たわみモードと M_e/M_y の関係をそれぞれ、図4、および、図5に示す。以下のパラメトリック

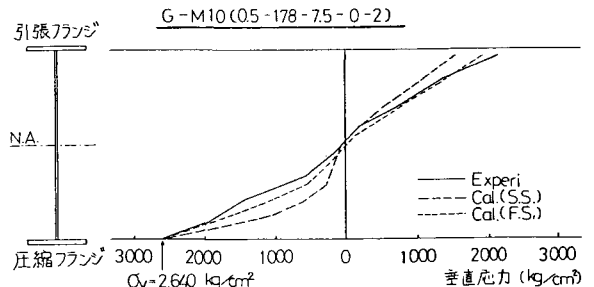


図-1 垂直応力分布の比較

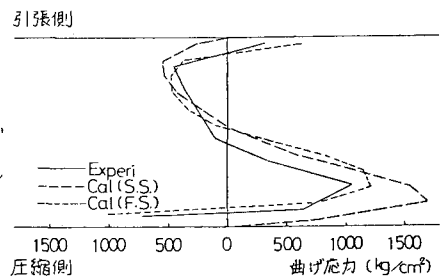


図2. 析果さ方向の曲げ応力分布の比較

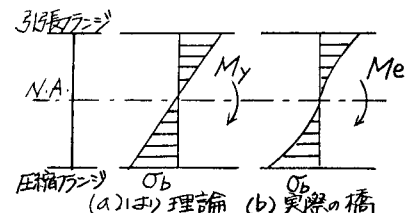


図3. 垂直応力分布

解析においては、安全側の見地より解析モデルの η/b は、0.7、初期たわみモードは、円筒形とする。なお、初期たわみの最大値には、道路橋示方書の腹板に関する初期たわみ規定を準用し、腹板高の $1/250$ とした。

5. パラメトリック解析

実績調査を参考にし、解析モデルの

腹板高さを 140 cm とした。幅厚比は、

$b/t = 60, 100, 125, 156$ の4種類、曲率

半径は、 $R = 10, 20, 40, 100\text{ (m)}$ 、 ∞ (直線形)の5種類とし、合計20ケースの

解析を行った。二通りの解析結果の1例として、 $\eta = 0.04$ の場合の M_e/M_y

と η/b の関係を、曲率半径をパラメータにして、図示すると、図6のように

なる。曲率半径が小さくなる程、また、 b/t が大きくなる程 M_e/M_y が低下する

ことがわかる。これは、以下の原因に起因すると考えられる。1 b/t が大き

くなるにつれて、局部座屈により腹板の有効断面が減少する。2 R が小さ

くなるにつれて、腹板内の応力分布の非線形性が強く

なる。

6. 曲線形腹板の必要幅厚比

図6は、3で示した必要幅厚比の決定法を、SS41の

場合について示したものである。曲線形腹板の必要幅

厚比 b/t は、図6の○印となる。式(2)で示した η をパ

ラメータにして、 b/t と η/b の関係を図7に示す。こ

こで η の値は、曲線形腹板に関する実績調査結果をもと

にして、 $0.04 \leq \eta \leq 0.3$ の範囲とした。図7には、文

献¹⁾で求めた、たわみ制限による曲線も示してあるが、 $\eta/b \geq 0.025$ の

範囲では、今回の計算結果より b/t が大きくなり評価されている。参考の

ために、AASHTOで報告されている曲線、および、Lehigh大学で実

施された板状試験から求められた直線式を併記した。

7. あとがき

本報告では、水平補剛材のない腹板についてのみ検討を行ったが、

今後はさらに、水平補剛材を有する曲線形腹板についても同様、解

析を行い、その必要幅厚比を算定する予定である。

参考文献

1) 土木学会第37回年次学術講演会概要集 I-126

2) 有限要素法による曲線形腹板の非線形特性に関する研究
第29回構造工学シンポジウム P.161-169

3) 土木学会第36回年次学術講演会概要集 I-137

4) 曲線形橋梁腹板の実績調査、橋梁と基礎 Vol.15, NO.4, PP.38-43

5) Bending Behavior of Cylindrical Web Panels, proc. of ASCE, ST10, Vol.98, Oct. 1972, PP. 2271-2308

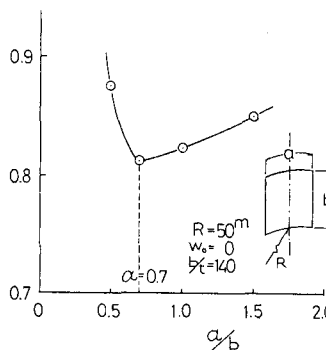


図4. M_e/M_y と η/b の関係

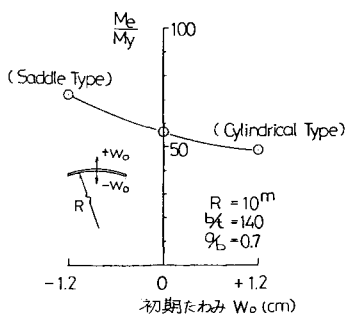
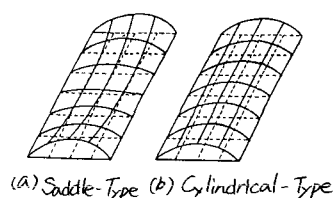


図5. M_e/M_y と初期たわみモードの関係

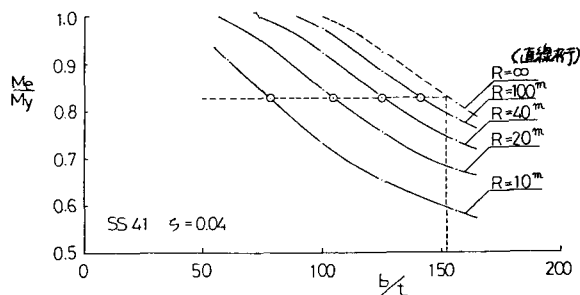


図6. M_e/M_y と b/t の関係

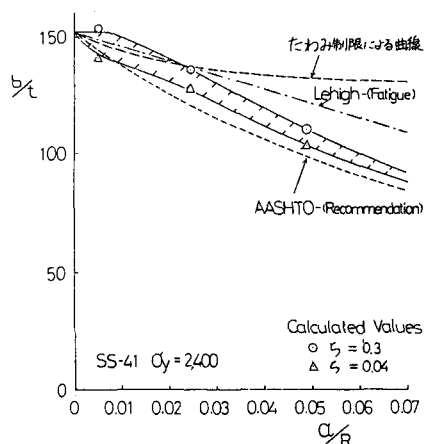


図7. 曲線形橋梁腹板の b/t - η/R の関係