

I-53 組合せ荷重下での鋼桁腹板の座屈解析

岐阜大学工学部 正会員 森脇 良一
 岐阜大学工学部 正会員 奈良 敬
 (株)奥村組 正会員 安井 義則
 (株)鴻池組 正会員 大西 賢二

1. 研究目的

一般に、鋼桁腹板の座屈解析においては、境界条件が周辺単純支持よりも上下辺固定、左右辺単純支持が、その状態をよく表すとされている。

また、プレートガーダーなどでは、一般的に外力として、曲げモーメントとせん断力の組合せ荷重が作用するので、組合せ荷重下での種々の境界条件での平板の座屈形状を知ることの必要性は、言うまでもないことである。しかしながら、これまで組合せ荷重が作用する場合に、周辺単純支持平板に関する座屈解析はかなり見られるものの、上下辺固定、左右辺単純支持についての検討は、殆ど行われていない。

ところで、座屈解析における数値解析法としては、有限要素法に代表されるごとき、たわみを離散化した方法と、Ritz法に代表されるように、関数化したものがあり、後者で解析を行う場合、そのたわみ関数が非常に重要となるのは、周知の通りである。たとえば、周辺単純支持の場合は、二重フーリエ級数によって表され、その計算がかなり簡単で、しかも精度の良い計算結果が得られる。しかし、支持条件が固定の場合は、双曲線関数と三角関数が含まれる複雑な関数が一般的であり、なおかつ外力が組合せ荷重となるため、面倒なものになると考えられる。

そこで、本研究では、この固定条件の場合に対して、従来型よりも極めて簡単なたわみ関数を用いて、上下辺固定、左右辺単純の支持条件における、組合せ荷重下での鋼桁腹板の座屈問題を解析的に検討するものである。

2. 研究方法および結果

図1のように、 x , y 方向の辺長が、それぞれ、 a , b の上下辺固定、左右辺単純支持平板が、面内荷重を受ける場合に、外力として、圧縮力と曲げモーメントによる x 方向の荷重と、平板の辺に沿って等分布しているせん断力を考え、式(1)の簡単なたわみ関数によって、これらのモデルを、Galerkin法で解析する。

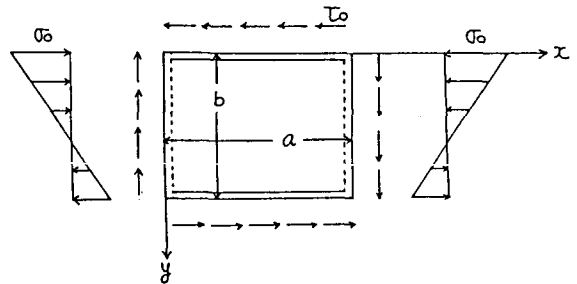


図1 軸力、曲げ、せん断の組合せ作用下でのモデル

$$w = \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} A_{mn} \sin \frac{m\pi}{a} x \left\{ \cos \frac{n-1}{b} \pi y - \cos \frac{n+1}{b} \pi y \right\} \quad \dots (1)$$

その結果の一例を示したのが図2、3である。この図は、F・S（上下辺固定、左右辺単純支持）と、S・S（周辺単純支持）についての無次元パラメータ $\sigma_{cr}/\sigma_{cr}^*$ と τ_{cr}/τ_{cr}^* をパラメータとした座屈相関曲線であり、図2は軸力とせん断力、図3は曲げモーメントとせん断力の組合せ荷重を受けるものである。なお、 σ_{cr} は、組合せ荷重を受ける場合の面内座屈応力、 σ_{cr}^* は、一軸圧縮のみを受ける場合の座屈応力を表し、 τ_{cr} は、組合せ荷重を受ける場合のせん断座屈応力、 τ_{cr}^* は、せん断のみによる座屈応力を示すものである。

これらの曲線より、各々以下の近似式を提案することができる。まず、純圧縮とせん断力が同時に作用する平板の相関曲線は、式（2）で精度良く求められ、また、曲げモーメントの場合の相関曲線は、式（3）で精度良く近似し得ることがわかる。

$$\frac{\sigma_{cr}}{\sigma_{cr^*}} + \left(\frac{\tau_{cr}}{\tau_{cr^*}} \right)^2 = 1 \quad \dots (2)$$

$$\left(\frac{\sigma_{cr}}{\sigma_{cr^*}} \right)^2 + \left(\frac{\tau_{cr}}{\tau_{cr^*}} \right)^2 = 1 \quad \dots (3)$$

また、純圧縮を受ける場合も、曲げモーメントを受ける場合とともに、S. SよりF. Sの曲線が、式（2）（3）の近似式に近いものであることがわかる。

3. 結 論

本研究では、軸力、曲げモーメント、せん断力の組合せ荷重を受ける鋼桁腹板の座屈解析を行った。一般の鋼桁腹板の境界条件として、周辺単純支持よりも上下辺固定、左右辺単純のほうが近いとされている。

ところが、支持条件が固定の場合は、双曲線関数と三角関数が含まれる、非常に複雑な関数が一般的であり、なおかつ外力が組合せ荷重となるため、その解析は面倒なものになる。これ迄、その解析が成されなかったのは、上記の理由によるものと考えられる。

そこで、本研究では、従来型よりも極めて簡単なたわみ関数を用い、ガラキン法によって試みた。

その結果、以下のことが明らかとなった。

- 1) 純曲げとせん断応力の組合せ応力状態、さらに軸圧縮応力成分が組合わさった場合の上下辺固定、左右辺単純支持平板の座屈強度が定量的に明らかとなった。
- 2) それに加え、この場合の座屈相関曲線が明らかになり、その近似式の提案をすることができた。
- 3) その結果、純曲げとせん断応力の組合せ応力状態に若干の軸圧縮応力成分が加わることによって、座屈相関曲線が円の式より放物線の式に急激に近づくことが明らかとなった。

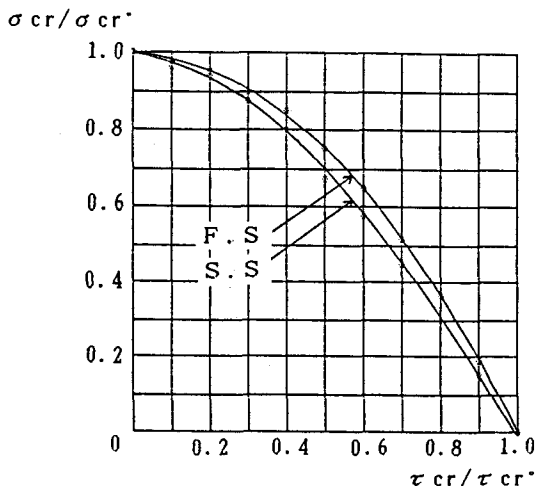


図2 座屈相関曲線における、S. S と F. S の比較

a/b=1.0 (φ=0)

S. S : 周辺単純支持

F. S : 上下辺固定左右辺単純支持

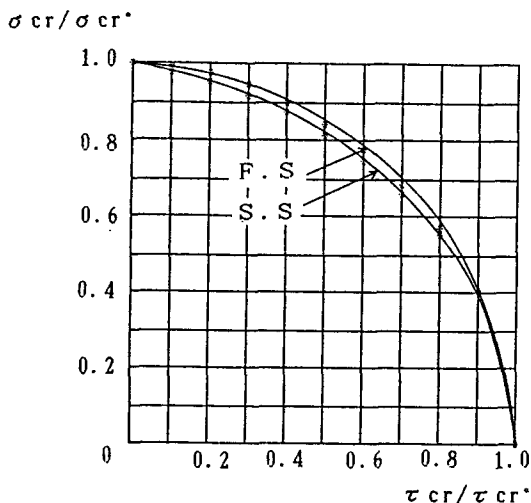


図3 座屈相関曲線における、S. S と F. S の比較

a/b=1.0 (φ=2)

S. S : 周辺単純支持

F. S : 上下辺固定左右辺単純支持