

シェルプロファイル断面を有する溝形断面部材の座屈強度

愛媛大学大学院 学生会員 ○泉浩平
 愛媛大学大学院 正会員 大賀水田生
 愛媛大学大学院 学生会員 星出紘規

1. 序論

近年、製造技術の進歩により鋼板自体を冷間加工で折り曲げて成型したプロファイル断面を有する薄肉断面部材（プロファイル断面部材）が用いられるようになってきている。しかしながら、軸力を受けるプロファイル断面部材の設計は、デッキプレートとしての使用を想定した実験、すなわち曲げ荷重を対象とした実験により得られた強度を用いて行われており、種々の複雑な座屈現象に対する実験的・理論的研究は極めて不十分である。特に軸力を受けるプロファイル断面部材において、如何なる断面形状が最も効果的であるかの検討はほとんど行われていないのが現状である。そこで本研究では、一般的に用いられる三角プロファイル断面を有する薄肉断面部材に変わる新たなプロファイル断面形状としてシェルプロファイル断面を提案し、その有効性を検討することを目的に、三角及びシェルプロファイル断面を有する薄肉溝形断面部材の座屈強度と座屈挙動について検討を行う。

2. 伝達マトリックス法を用いた座屈解析

本研究では、伝達マトリックス法を用いて座屈係数、座屈モード、座屈変形図を求めている。この伝達マトリックス法を用いた座屈解析の妥当性を検討するため、Hancockら¹⁾が行った軸方向圧縮試験の供試体と同じモデルで伝達マトリックス法を用いた数値解析を行い、その解析値を実験値と比較した。図-1にその解析モデルを示す。また、Hancockらが有限帯板法（SFSM）により求めた解析値及びにLUSAS Modeller（有限要素解析プログラム）を用いて有限要素法（FEM）解析を行うことによって得た解析値とも同時に比較することにした。その結果を図-2に示す。伝達マトリックス法によって得られた解析値は、実験値や他の解析値と若干の差異はあるもののよく一致していることがわかり、このことから、伝達マトリックス法を用いた座屈解析は妥当であると考えられる。

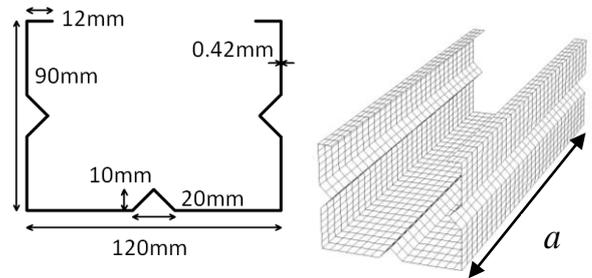


図-1 解析モデル

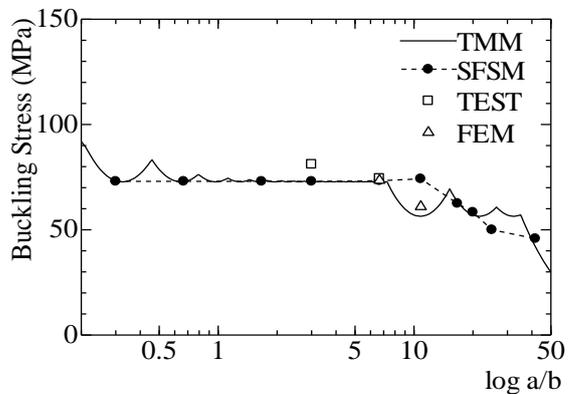


図-2 実験値と解析値の比較

3. 解析モデル

図-3に本研究で取り扱う解析モデルの断面図を示す。本研究で取り扱う解析モデルは、軸圧縮力を受ける溝形薄肉断面部材のウェブ及びフランジに三角プロファイル断面(Model 2, 図-3(b))及びシェルプロファイル断面(Model 3, 図-3(c))で補剛したものである。また、比較のために無補剛断面部材(Model 1, 図-3(a))についても合わせて座屈解析を行った。ウェブの板幅 bw 、板厚 t 、フランジ板幅 bf 、リップ板幅 d をそれぞれ $bw=120\text{mm}$ 、 $t=0.42\text{mm}$ 、 $bf=90\text{mm}$ 、 $d=12\text{mm}$ とし、ヤング係数は 205GPa 、ポアソン比は 0.3 とした。また、 a は部材長を表している。本研究では、プロファイル断面の形状及び大きさが座屈強度や座屈挙動に与える影響を検討するため、三角プロファイル断面とシェルプロファイル断面の突起高さ h を、 $h=2.5\text{mm}$ (Model 2,3-A)、 4mm (2,3-B)、 5mm (2,3-C)、 10mm (2,3-D)、 15mm (2,3-E)の5段階に変化させて解析を行っている。

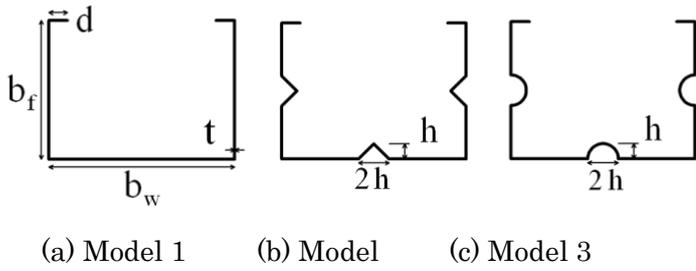


図-3 解析モデル

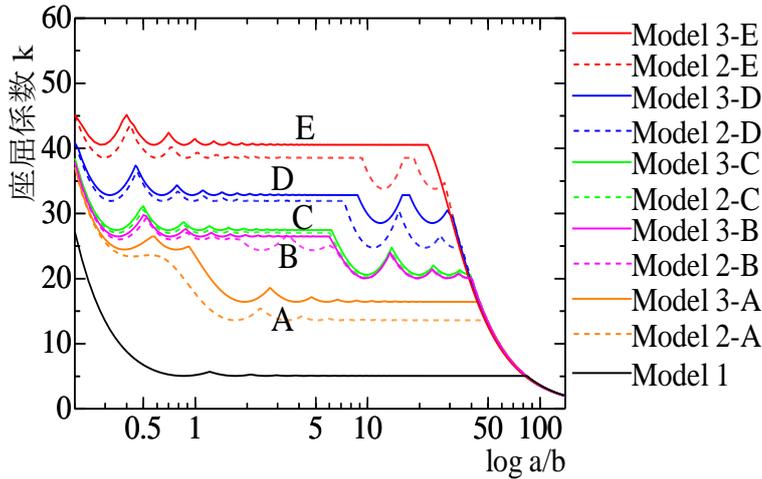


図-4 全モデルの座屈係数曲線

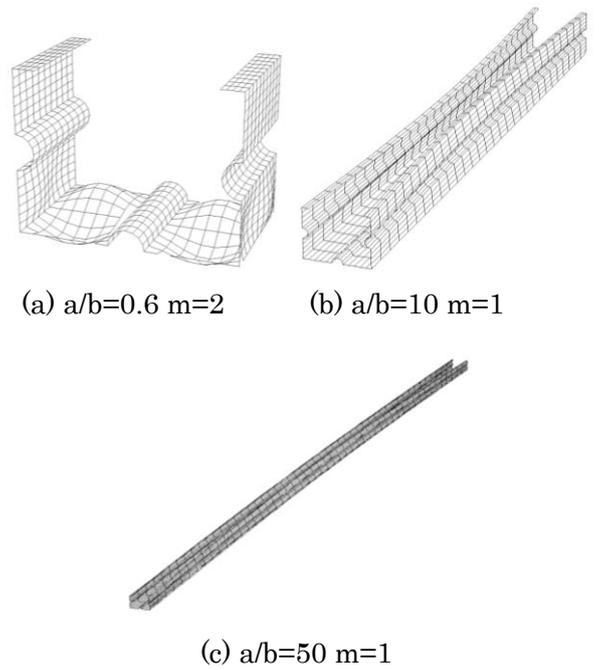


図-5 Model 3-D の座屈変形図

4. シェルプロファイル断面の有効性

シェルプロファイル断面の有効性を検討するために、各モデルの座屈係数曲線を図-4 に示す。なお、ここで、図-4 の縦軸には座屈強度 σ_x を無次元化した

$$\text{座屈係数 } k = \frac{\sigma_x b^2 t}{\pi^2 D}, \quad D : \text{曲げ剛性} (= \frac{Et^3}{12(1-\mu^2)}),$$

横軸には部材長比 a/b を対数で表示している。

三角プロファイル断面の場合とシェルプロファイル断面の場合を比較すると、全体座屈領域ではプロファイルの形状が座屈強度に影響せず、補剛効果はほとんどみられない。局部座屈及び歪み座屈の領域においては、シェルプロファイル断面に置き換えることにより三角プロファイル断面に比較して大きな補剛効果を得られている部分が多く見受けられる。特に歪み座屈領域でのシェルプロファイル断面の座屈強度は、三角プロファイル断面に比較して飛躍的に上昇している。また、シェルプロファイル断面では、局部座屈に比べて強度的に不利となる歪み座屈の領域を縮小させる効果もみられる。

図-5 はシェルプロファイル断面を有する部材である Model 3-D の座屈変形図を示しており、(a)は断面

を構成する板パネルが変形を起こす局部座屈、(b)は支点を伴って部材断面が変形する歪み座屈、(c)は部材全体が柱として座屈する全体座屈の変形図となっている。

5. 結論

- 1) 伝達マトリックス法により得られた座屈強度は、既往の実験値や解析値とよく一致することが明らかとなった。
- 2) 三角要素、シェル要素に関わらず、プロファイル断面が大きくなるにしたがい座屈強度が上昇し、無補剛断面部材と比べて大きな補剛効果が得られることが明らかとなった。
- 3) 三角プロファイル断面を同じ高さのシェルプロファイル断面に置き換えることにより、全体的に座屈強度が上昇することが明らかとなった。

6. 参考文献

- [1] D.Yang, G.J.Hancock : Compression tests of high strength steel channel columns with interaction between local and distortional buckling. Journal of Structural Engineering, Vol.130, No. 12,2004