

垂直座屈に起因するプレートガーダーの崩壊モデルの提案

信州大学 学生会員 ○内山田 翔
 信州大学 フェロー会員 清水 茂
 信州大学 正会員 近広 雄希

1. 目的

プレートガーダーの垂直座屈の発生に関して、K. Basler らは照査式¹⁾を提案しているが、崩壊モデルの仮定が実挙動と異なるなど、その適用ができない場合があることが知られている。既往の研究では、フランジを棒、腹板をばねに置き換えた Timoshenko による弾性床上の棒のモデルの適用を垂直座屈の新しい崩壊モデルとして試みた²⁾。本研究では、プレートガーダーの垂直座屈に対する推定式を提案すべく、垂直座屈が生じる水平補剛材よりも上部のフランジとウェブのみに注目した数値解析を行った。さらに、解析結果から Timoshenko の式を用いて腹板の有するばね定数を推定し、その適用性について検討した。

2. 解析概要

プレートガーダーに関する既往研究により、垂直座屈の発生には桁高と腹板厚の影響性は少なく、フランジ厚の与える影響が大きなことが明らかとなっている。これを踏まえ、腹板のばね定数を決定する要因をより明確にするため、図-1 のような I 桁中央パネルにおける、水平補剛材より上部の T 型断面に着目した。

解析には汎用構造解析ソフトウェア MSC. Marc2016 を用いた。T 型断面桁のフランジ幅は 600mm、腹板高さは 500mm である。腹板とフランジは SM570 材を仮定し、ヤング係数、ポアソン比、降伏応力はそれぞれ 200GPa、0.3、596GPa とした。解析モデルには 1 要素 4 節点アイソパラメトリックシェル要素を用い、初期不整として腹板の中央に面外初期たわみを与えている。フランジの要素 1 つのサイズは、すべてのモデルで 25mm×25mm である。解析条件として、腹板下端は X、Y 軸変位と Z 軸回転を拘束、腹板中央は X 軸変位を拘束、腹板とフランジの両端は X 軸変位以外すべて拘束した。また Timoshenko の式の妥当性を図るため、フランジの両端から圧縮力を与えた。

上記のモデルに対して、腹板厚さ T_w 、フランジ厚さ T_f に着目したパラメトリック解析を実施した。この時、フランジ厚は 30–50 mm の範囲で、腹板厚は 7–10 mm の範囲内で 1mm ずつ変化させ、解析を行った。

3. 解析結果

本解析では、(i) 垂直座屈、(ii) ねじれ座屈、(iii) ねじれを伴う垂直座屈と三種類の座屈変形が見られた。(i)の垂直座屈では、フランジが特に大きなねじれ変形を生じることなく腹板に食い込むような変形が見られ、(ii)のねじれ座屈では、フランジのねじれ変形のみが見られ、(iii) のねじれを伴う垂直座屈では、解析が進む

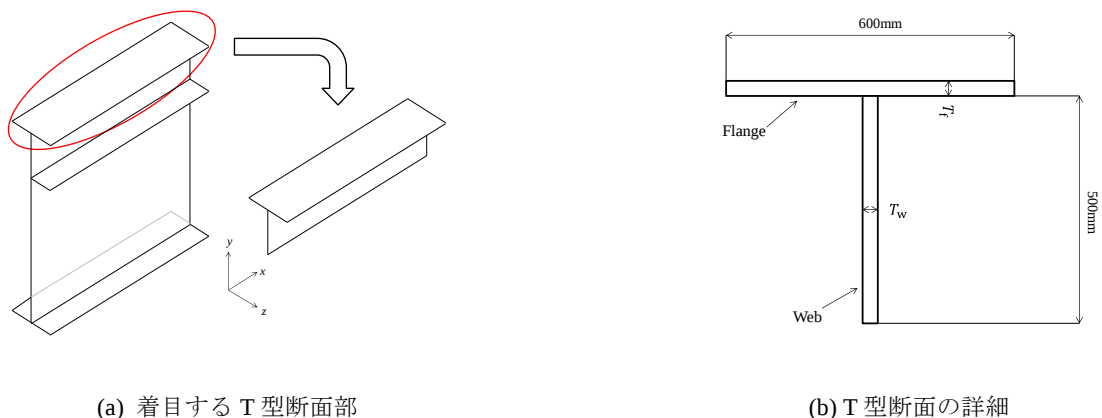


図-1 解析モデルの概要

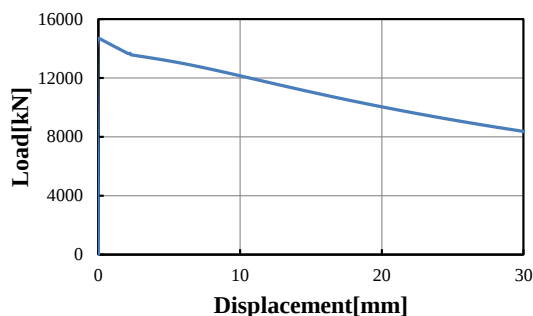


図-2 T 型断面桁の荷重-変位関係

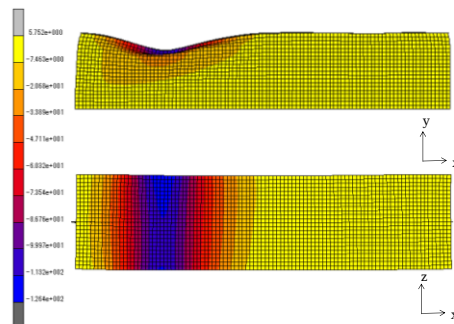


図-3 T 型断面桁の変形図

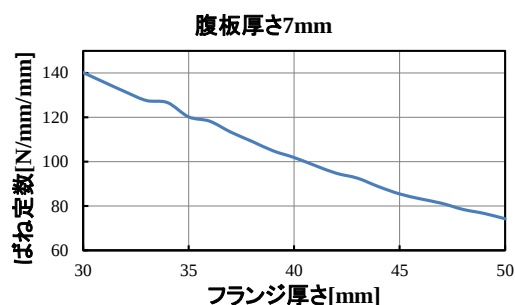


図-4 パラメトリック解析の結果

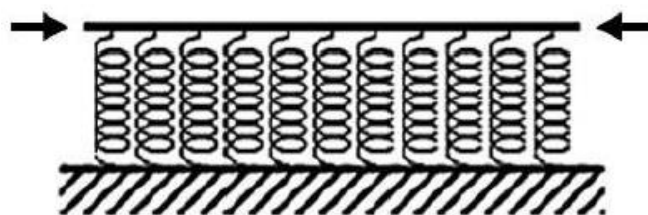


図-5 Timoshenko による弾性床上的の棒のモデル

につれ、初めはねじれの変形が生じていたものの、後に垂直座屈的な変形に移行した現象が見られた。本研究ではフランジ幅を一定としているため、最大変位箇所のフランジ手前側と奥側部分の垂直変位の差をねじれ量と定義することで、ねじれの有無を判断することにした。

解析結果の一例として、図-2 と図-3 に、垂直座屈をした腹板厚 $T_w = 35\text{mm}$ 、フランジ厚 $T_f = 7\text{mm}$ の T 型断面桁の荷重 - 変位と変形図を示す。図-2 のグラフは最も変形した箇所におけるフランジ中央部分のたわみを示す。T 型断面桁は、最大耐力以降急激に変形したが、フランジ端部に生じたねじれ量が 10mm 程度と小さなものであったことから、垂直座屈が発生したと判断した。図-4 は、腹板厚さ 7mm におけるばね定数の変化を示す。フランジの剛性が変化することによって定量的に座屈荷重も変化していることが分かる。

これらのデータをもとに、図-5 の Timoshenko による弾性床上的の棒のモデルより、腹板の持つばね定数を推察することができる。詳細については、発表当日に述べたい。

4. 結論

プレートガーダーの新しい垂直座屈崩壊モデルを提案し、Timoshenko による弾性床上的の棒のモデルへの適用性について検討した。本研究で明らかとなったことを以下に述べる。

- 1) フランジ厚が大きくなるほどばね定数は小さくなる傾向があり、腹板のばね定数はフランジの剛性による影響を大きく受けていることが分かった。
- 2) Timoshenko の式を用いて算出したばね定数は、腹板厚さに関わらず一次式で近似できた。

5. 参考文献

- 1) Basler, K. & Thürlmann, B. (1961) Strength of plate girders in bending, *Proc. ASCE*, Vol.87, ST6, 153-181.
- 2) Timoshenko, S. P. & Gere, J. M. (1961) *Theory of Elastic Stability*, 2nd ed., McGraw Hill, New York
- 3) Shimizu, S., Shimizu, S., Ueda, T., Fujita, G., & Tanaka, N. (2016). Flange vertical buckling of I-shaped steel girders. *Thin-Walled Structures*, 107, 327-334.