

ハイブリッド桁における垂直座屈に関する研究

信州大学大学院 学生会員 ○山崎 祐貴子
信州大学大学院 学生会員 間峠 康公
信州大学 正会員 清水 茂

1. はじめに

座屈には、大きく分けて垂直座屈・ねじれ座屈・横倒れ座屈の3種類がある。これまで、垂直座屈は一般に発生しないと考えられていた。そのため、垂直座屈に関する研究事例はほとんどない。ところが、日本鋼構造協会で組織された「ハイブリッド桁の設計基準作成小委員会」で、ハイブリッド桁の挙動に関する知見を得るための実験を行ったところ、その試験体の1つで垂直座屈が発生した¹⁾(写真1)。本研究は、垂直座屈が発生した実験を数値解析により再現し、垂直座屈に影響を与える要因について検討することを目的としている。



写真1 垂直座屈が発生した試験体

2. 荷重対称の場合

2-1 解析手法

解析モデルは実験モデルとほぼ同じ形状であり、桁の全長は7,350mm、桁高は900mm、腹板厚は4.5mmである。また、フランジ幅は上下とも200mm、フランジ厚15mmである。

水平補剛材の取り付け位置は、上フランジより下方に180mmであり、水平補剛材の板厚は4.5mmである。鋼材は、腹板にLY235材、フランジにSM590材を用いる。

荷重は、桁の支点位置から2,000mmの位置2か所に、下方向に左右対称に静的荷重を与える。また、

拘束条件として、桁両端のY方向・Z方向の変位と、中央のX方向の変位を拘束した(図1)。さらに、桁自体が横に倒れないように、フランジ上部のZ方向の変位を拘束している。

本研究で用いた要素は、4節点薄肉四辺形シェル要素と3節点薄肉三角形シェル要素である。大きく分けて、四辺形要素のみを用いていたモデルと四辺形要素と三角形要素を用いていたモデルの2種類について解析を行った。例として、四辺形要素のみを用いたモデルの全体図を図2に示す。

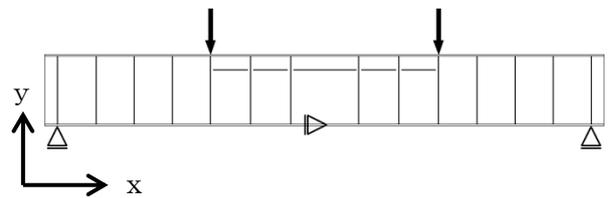


図1 荷重条件と境界条件

2-2 解析結果

三角形要素を含むモデルでは、ねじれ座屈が発生したものと垂直座屈が発生したものの2パターンがあった。これらは、表面上、同じ分割であるが、要素節点の与え方によって異なる結果となった。垂直座屈が発生したモデルについては、実験結果と近い結果となった。ねじれ座屈が発生した場合と垂直座屈が発生した場合の変形図を図2、3に示す。

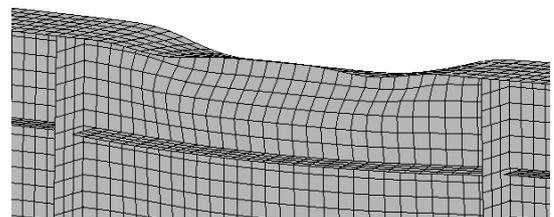


図2 ねじれ座屈 (荷重非対称)

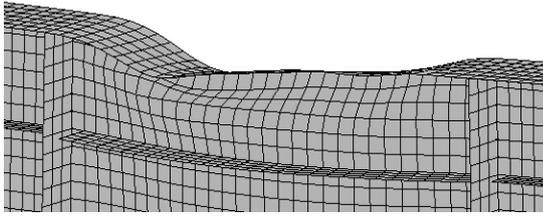


図3 垂直座屈（荷重非対称）

3. 荷重非対称の場合

実験結果について、改めて精査したところ、左右の荷重の大きさに 1%程度の差があることが判明した。このことから、左側の荷重を 1%大きくして、解析したところ、垂直座屈が発生し、実験結果と近い結果を得ることができた²⁾ (図4)。

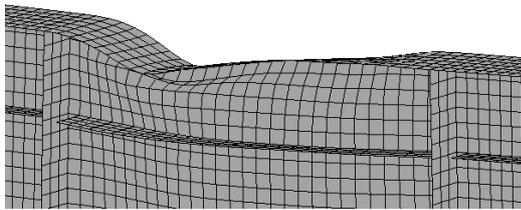


図4 垂直座屈（荷重対称）

4. 考察

1)解析結果から大きく分けて以下 3 つに分類することができる。

- 1.荷重が対称で、ねじれ座屈が発生する場合
- 2.荷重が対称で、垂直座屈が発生する場合
- 3.荷重が非対称で、垂直座屈が発生する場合

これらについて、荷重-たわみ曲線を比較する(図5)。たわみは、桁中央の上フランジにおける値を用いている。

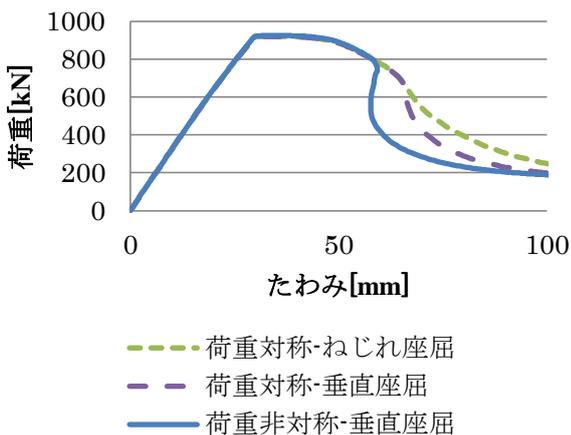
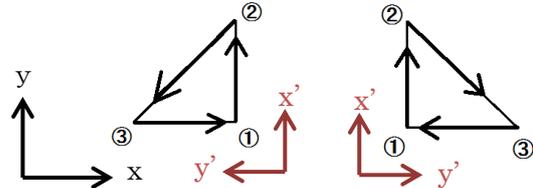


図5 荷重-たわみ曲線

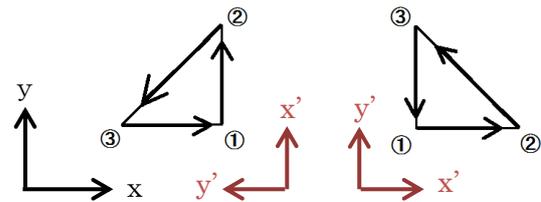
垂直座屈が発生する場合は、あるところで急激に荷重が減少し、ねじれ座屈が発生する場合は、荷重はなだらかに減少していくという傾向がみられた。

2)荷重が対称である場合、三角形要素を含むモデルにおいて、要素の節点の与え方によって変形が異なった。ねじれ座屈が発生した場合と垂直座屈が発生した場合について、左右の三角形要素の局所座標を比較したところ、ねじれ座屈が発生したモデルは局所座標が左右対称であり、垂直座屈が発生したモデルは左右非対称であった。三角形要素は方向性を持っているため、局所座標が左右非対称性である場合、左右の変形に誤差が生まれる。この誤差が、垂直座屈に影響を与えていると考えられる。



(a) 右側の三角形要素 (b) 左側の三角形要素

図4 ねじれ座屈が発生するモデル



(a) 右側の三角形要素 (b) 左側の三角形要素

図5 垂直座屈が発生するモデル

5. まとめ

ハイブリッド桁において、垂直座屈に影響を与える要因は、わずかな荷重のずれや変位のずれなどの非対称性であると考えられる。

【参考文献】

- 1) 清水茂・張健・田中伸尚・明橋克良・中井博：ハイブリッド鋼桁の耐力挙動に関する実験的研究、鋼構造論文集第10巻第37号、2003
- 2) Matoge Y., Shimizu S., Yamasaki Y., Fujita G., Tanaka N.: Vertical buckling behaviour of hybrid steel girders, Stability of Structures XIII-th Symposium-Zakopane 2012 P467-476