

レーシングバーを有する鋼トラス部材の簡易解析モデルに関する検討

神戸大学大学院 学生員 ○松原 健太

神戸大学大学院 正会員 橋本 国太郎

1. 研究背景と目的

わが国の鋼鉄道橋においては、これまで部材破断に伴い落橋した事例はないものの、部材破断あるいはそれに近い状態の損傷が生じた例はある。とくに、アイバーやレーシングバー等の部材を有する古いピントラスに対しては、有効な維持管理方針を見いだせていない。

本研究では、このようなアイバーやレーシングバーを有し、未だに現役で供用されている古いピントラス橋が部材破断した場合のリダンダンシー評価を解析的に行うために、第1段階としてレーシングバーの簡易な解析モデル化に関する検討を実施した。なお、本研究の次の段階としては、本検討結果を用いて、ピントラス橋全体系のモデル化を行い、リダンダンシー評価を行う。

2. 解析モデル及び解析手法

レーシングバー（以下 L.B.）が接続された斜材のモデル化手法を検討するにあたって、L.B.を持つ組立柱の圧縮強度に関する先行研究¹⁾のモデル化手法を参考にした。先行研究の組立柱は Fig.1 に示すように溝形鋼、エンドタイプレート（以下 E.T.P.）、L.B.で構成されており、溝形鋼及び E.T.P.をシェル要素、L.B.をトラス要素でモデル化している。シェル要素はアスペクト比が概ね 1.0 になるように、一辺の長さが 21mm で分割している。格点部のモデル化については、両端のガセットプレートと接する箇所の溝形鋼の弾性係数を 10^3 倍して線形弾性体とし、これ以外の溝形鋼、E.T.P.および L.B.については、SS400 相当とみなして、弾性係数 200kN/mm^2 、ポアソン比 0.3、降伏点 235N/mm^2 、二次勾配 200N/mm^2 、のバイリニア曲線を持つ弾塑性体としている。初期たわみについては、Z-X 面内の部材長 L の組立柱中央で最大値となる正弦波となるように定義する。荷重条件及び境界条件については、組立柱両端の図心位置に節点を設け、O0 点、U0 点と定義し、組立柱両端で O0 点、U0 点と溝形鋼腹板、フランジの節点間を剛体要素で接合する。O0 点側に圧縮強制変位を与え、U0 点側を含めて主構面外方向にピン支持、面外方向の曲げに対して固定支持としている。

本検討では、有限要素解析ソフト Abaqus を用いて先行研究のモデル化と同様のモデルとより簡易化したモデルをいくつか作成した(Fig.2)。モデル(a)は、先行研究のモデルを再現するため、溝形鋼、E.T.P.をシェル要素、L.B.を梁要素でモデル化した。モデル(b)は、溝形鋼、E.T.P.および L.B.全てを梁要素でモデル化した。モデル(c)は、概ねモデル(b)と同等だが、E.T.P.と溝形鋼が接する部分を軸方向に一本の梁要素で通し、断面特性を閉断面としてモデル化した。モデル(d)は、E.T.P.および L.B.の寄与を確認するため、溝形鋼のみを梁要素でモデル化した。モデル(e)は、一本の梁要素でのモデル化を検討するため、溝形鋼を中央に寄せて I 型断面にした。断面寸法は、両軸回りの断面 2 次モーメントが一致するように計算した結果、フランジ幅 631mm フランジ厚 4.5mm ウェブ高さ 193mm ウェブ厚 9mm で設定した。モデル(f)は、L.B.を詳細にモデル化するのは手間がかかるため、L.B.と溝形鋼をまとめて一本の閉断面の梁要素でモデル化した。

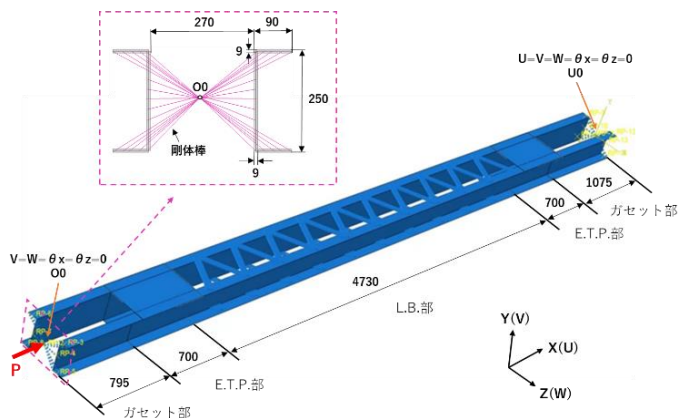


Fig. 1 有限要素モデル

キーワード レーシングバー、座屈、有限要素解析

連絡先 〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1 神戸大学大学院工学研究科市民工学専攻 TEL : 078-803-6067

板厚に関しては、部材軸方向に寄与する L.B.の断面積と溝形鋼フランジ部と L.B.が接する有効区間から閉断面とした際の有効板厚を算出した結果、0.73mm~1.41mm 程度となった。それぞれのモデルに関して、材料特性、荷重条件、境界条件、初期たわみなどについては先行研究と同様にモデル化し、解析を行った。

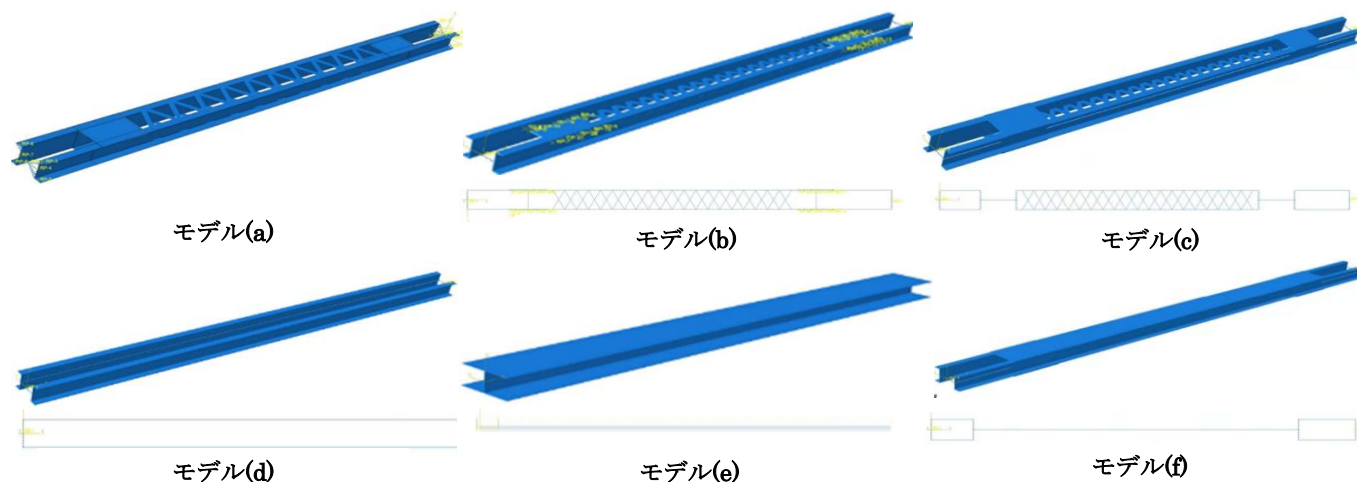


Fig. 2 本検討で作成した有限要素モデル

3. 解析結果

本検討で作成した簡易化した 6 モデルの圧縮力 P と軸方向変位 U の関係は Fig.3 に示す。結果より、モデル(b),(c),(d),(e)に関してシェル要素を用いたモデル(a)と比較すると、軸方向の剛性及び最大荷重が先行研究の結果より低くなる結果が得られており、シェル要素と梁要素でのモデル化の妥当性に差が生じていることが分かる。モデル(f)は、最大荷重は先行研究の結果より低く算出されたが、剛性に関しては概ね同等の値が得られている。なお、モデル(f)に関しては、有効板厚 0.73mm の場合の解析結果を示している。

本検討で作成した簡易化した 6 モデルの圧縮力 P と支間中央の Z 軸方向変位 W の関係は Fig.4 に示す。結果より、モデル(b),(c),(e),(f)に関してシェル要素を用いたモデル(a)と比較すると、軸方向より横方向の剛性は先行研究のモデルと概ね同等の値を示している。モデル(d)については、先行研究のモデルから剛性が大きく外れていることから、E.T.P.および L.B.の寄与は軸方向より横方向の方が顕著に表れることがわかる。

4. 結論

実橋梁のレーシングバー付き斜材を有限要素解析でできるだけ簡易にモデル化をするにあたって、先行研究をもとにモデル化の妥当性を比較した。解析の結果、溝形鋼及び L.B.をまとめて閉断面の梁要素でモデル化し、有効板厚を算出するモデル(f)が、簡易化したモデルの中では、一番妥当性が高い結果となった。モデル化の際は、モデル(f)をはじめとした梁要素でのモデル化を進め、解析の結果から応力の大きな部材についてシェル要素でのモデル化も検討する。

参考文献

- 1) 中來田 宰, 三好 崇夫, 岩坪 要, 高井 俊和, 玉田 和也: 経年溝形鋼の残留応力とレーシングバーが消失した組立柱の圧縮強度, 構造工学論文集, Vol.68A(2022.3)

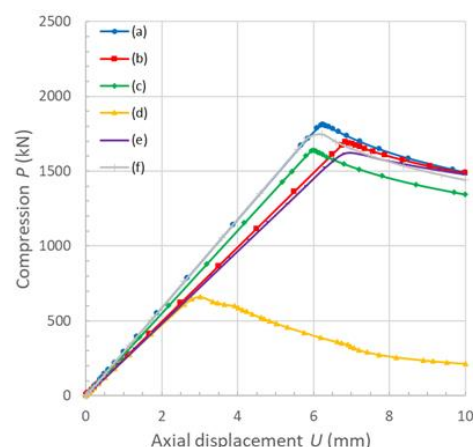


Fig. 3 圧縮力・軸方向変位関係

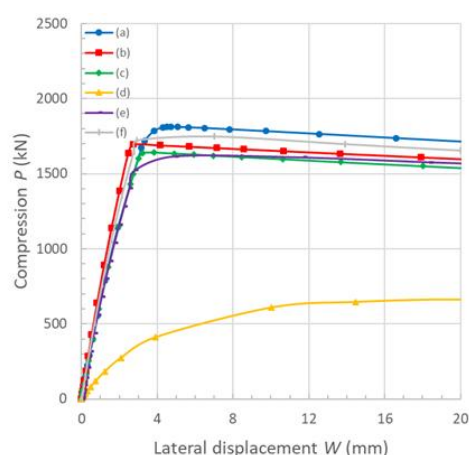


Fig. 4 圧縮力・横方向変位関係