

プレストレス木箱桁橋の座屈挙動

秋田大学大学院	学生員	○近藤 高誉
秋田大学大学院	正 員	後藤 文彦
秋田大学大学院	正 員	野田 龍
秋田県立大学	正 員	佐々木 貴信

1. 研究の背景及び目的

プレストレス木箱桁橋は主に秋田県内の山間部に登山道として数カ所に架設され、その実用性を確認されてきた。今までのものは5～10mと比較的スパンが短い、今後、10～20mの比較的最長いスパンにも対応することが求められている。そこで十分な剛性を確保するために、図-1に示すようなフランジを鋼板に設けることにした。しかし、このような部分的に木材と一体化した孔の空いた溝形鋼の局部座屈挙動について解析的に求めることは難しく、有限要素法などの数値計算に頼らざるを得ず¹⁾、そこにかかる労力が設計に占める割合は大きい。

本研究では有限要素解析による座屈のケーススタディを行い、対象とする木橋の局部座屈に対する設計や照査を簡便にするための図表を提案すること、また、橋長や桁高、三角孔などの構造諸元と座屈挙動の関係性を明らかにすることを目的とする。

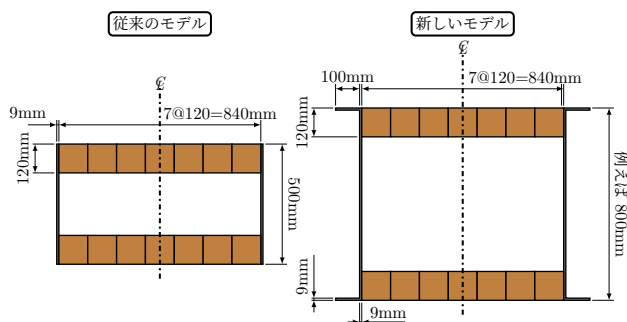


図-1 モデルの断面

2. 数値モデル化と解析手法

解析の対象としているプレストレス木箱桁橋の断面は図-1中の「新しいモデル」に示す通りである。本解析では、鋼板に設けられた三角孔の形状が座屈挙動に与える影響を確認するために、最も三角孔が大きくなる鉛直材 80mm・斜材 80mm(図-2中の左)と最も三角孔が小さくなる鉛直材 95mm・斜材 95mm(図-2中の右)の2つの場合について解析を行う。また、桁高や橋長が座屈挙動に与える影響を確認するために、桁高について500～1000mm、橋長に関しては10～21mのモデルを作製し解析を行う。木材と鋼板の一体化方法については、幅員方向へのプレストレスを導入している箇所である図-2に示すアンカープレートの位置のみで要素の節点を共有させることにする²⁾。

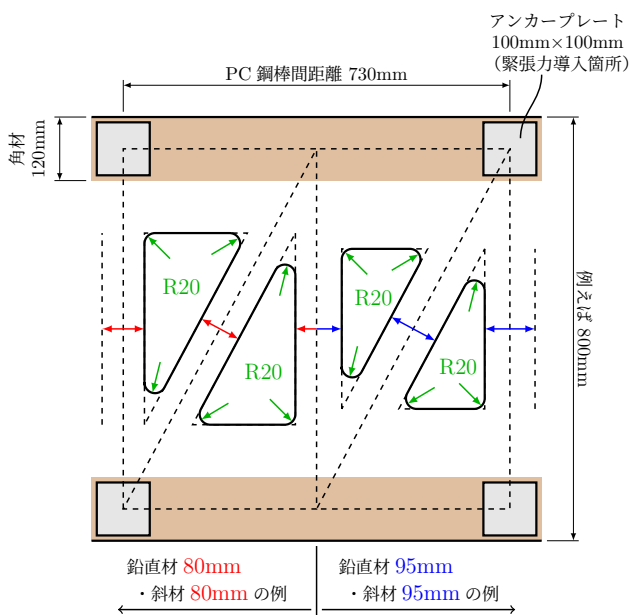


図-2 三角孔の寸法の決まり方

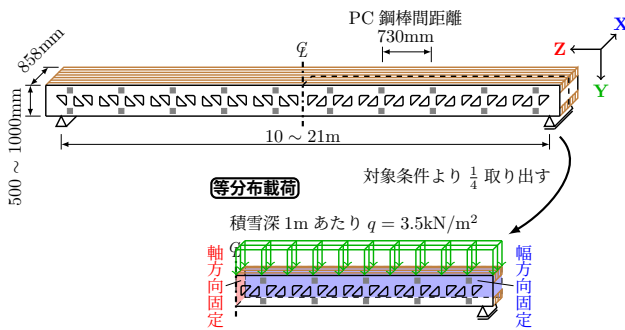


図-3 モデルの全形と解析条件

材料定数は、鋼板について、ヤング率 $E_{\text{鋼}} = 206\text{GPa}$ 、ポアソン比 $\nu_{\text{鋼}} = 0.3$ の等方性材料とし、木材について、軸方向ヤング率 $E_{zz} = 7.0\text{GPa}$ 、軸直角方向ヤング率 $E_{xx} = E_{yy} = \frac{E_{zz}}{25}$ 、せん断弾性係数 $G_{xy} = G_{yz} = G_{zx} = \frac{E_{zz}}{15}$ 、ポアソン比 $\nu_{zx} = \nu_{zy} = 0.4, \nu_{xy} = \nu_{xz} = \nu_{yx} = \nu_{yz} = 0.016$ とした直交異方性材料とする。

解析モデルの全形と境界条件を図-3に示す。対象としている橋梁は、雪荷重を主な外力として設計を行っているため、図-3に示すような積雪深1mあたり $q = 3.5\text{kN/m}^2$ の等分布荷重³⁾を载荷し、求めた座屈荷重を積雪深(以降「座屈積雪深」)で表す。このようなモデルを4面体2次要素に分割し、座屈荷重を固有値問題として Lanczos 法で算定する。なお、本解析には有限要素解析ツールの Salome-Meca2017⁴⁾を用いる。

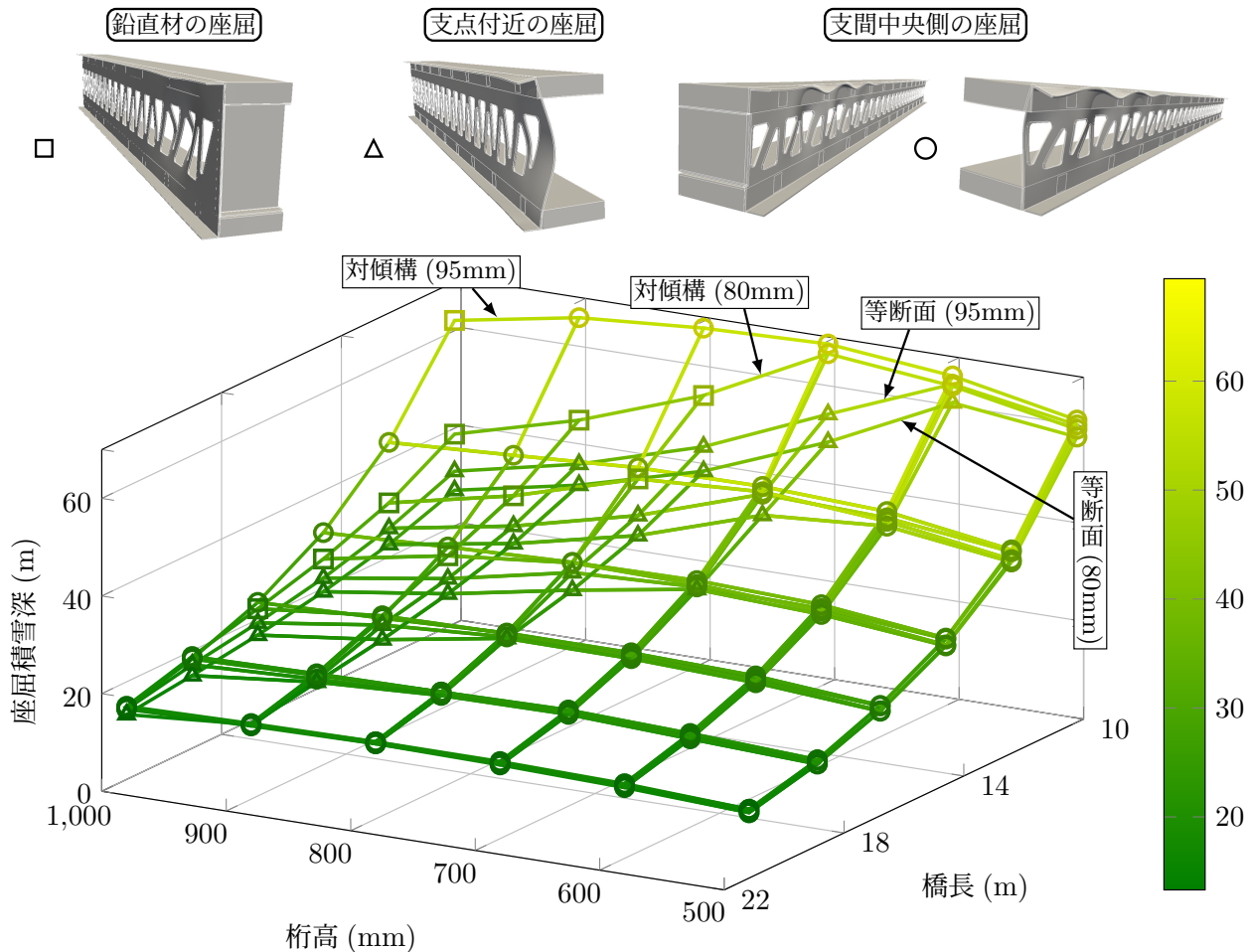


図-4 各モデルの座屈積雪深と座屈モード

3. 数値解析の結果と考察

各モデルの座屈積雪深で最も値が小さいものを図-4に示す。また、図-4中で座屈モードについて、支点付近の鉛直材の座屈を□で、支点付近の座屈を△で、支間中央側の座屈を○で表記する。はじめに構造力学的な観点から考察が行いやすいように等断面のモデルについての解析を行ったが、実際には、橋梁の両端と支間中央に板厚 6mm のダイアフラム状の対傾構が設けられているため、支点付近の断面全体の座屈△が生じるとは考えにくい。そこで、橋梁の両端と支間中央に板厚 6mm の対傾構を設けた場合についても解析を行なった。

全体的な傾向として、座屈モードについては、橋長が長く桁高が低いほど曲げが支配的になるため支間中央側の座屈○が生じ、橋長が短く桁高が高いほどせん断が支配的になるため支点付近の座屈△や鉛直材の座屈□が生じていると考えられる。また、座屈積雪深については、橋長が長くなるほど外力が大きくなるため低下しているものと考えられる。桁高が高くなると曲げ剛性も上がるため支間中央側の座屈○がやや生じにくくなるが、その反面、断面が変形しやすくなるため支点付近の座屈△や鉛直材の座屈□は生じやすくなるものと考えられる。

支間中央側の座屈○は、三角孔の寸法や対傾構の有無によって座屈積雪深にあまり差がないことが分かる。それに対して、支点付近の座屈△や鉛直材の

座屈□は、三角孔の寸法や対傾構の有無によって座屈積雪深に大きな差があることが分かる。この理由として、支間中央側の座屈○は三角孔や対傾構とはあまり関係のないフランジ部で生じているが、支点付近の座屈△や鉛直材の座屈□は三角孔や対傾構の周辺で生じているため、このような違いができたものと考えられる。

4. まとめ

本研究では、寸法や構造諸元が異なるプレストレス木箱桁橋の座屈解析を行い、座屈積雪深と寸法や構造諸元の関係にある程度明らかにすることができた。このタイプの橋梁の板部の座屈に対する設計や照査を支援する図を提案したが、座屈積雪深が最も低い場合でも 13m 程度であることから、座屈に対する照査は実用上殆ど必要ないと思われる。

謝辞： 本研究の一部は科研費 16K01324 の助成を受けたものである。

参考文献

- 1) 齊藤輝，後藤文彦，佐々木貴信：プレストレス木箱桁橋の鋼板部の座屈挙動，木材利用研究論文報告集 14, pp.43-44, 2015.
- 2) 近藤高誉，堅固山衛，藤田智郁，後藤文彦，野田龍，佐々木貴信：プレストレス木箱桁橋鋼板部の座屈解析，木材利用研究論文報告集 16, pp.9-16, 2017.
- 3) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 I 共通編・II 鋼橋編，2012.
- 4) <https://www.code-aster.org>