

プレストレス木箱桁橋鋼板部の座屈挙動

環境構造工学講座 13718 堅固山 衛
指導教員 後藤 文彦

1. はじめに

プレストレス木箱桁橋は、オンサイトでの施工性を持ち、被災地での運搬や架設の容易性も期待されている。木材と鋼板を用いたタイプのプレストレス木箱桁橋での過去の破壊試験において、破壊荷重の 250kN に近くなると、試験体の鋼板上部に僅かながらはらみが生じることが確認された。木材部の破壊により箱断面としての剛性が落ちることによる鋼板部の座屈と思われるが鋼板の局部座屈は強度にも影響することが考えられるため、その座屈挙動を把握しておく必要がある。

従来この局部座屈解析を有限要素解析ツール CalculiX で行われていたが、座屈挙動の一部におかしな挙動があった。そのため、今回は Salome でモデルを作り、構造解析ソルバーの Code-Aster を用いて Salome-Meca 上で座屈解析を行う。プレストレス木箱桁橋において、三角孔がある場合とない場合とでどれだけ影響があるか確認する。また、三角孔を大きくしたときの影響を確認する。

2. 解析手法

角材と鋼板を用いたプレストレス木箱桁橋について、材料諸元を表-1 に示す。FEM での解析は、要素分割をより多くすることで精度が高まるため、実際のモデルの幅員 0.858m と全長 7.3m を半分にした 1/4 モデルで解析を行った。解析にあたっては、図-1 に示すようなモデルを図-2 に示す境界条件で解析する。荷重は座屈が起こりうると考えられる支間中央部分に載荷する。今回の 1/4 モデルでは全体解析における支間中央部となる先端に荷重を $1/4P$ 加えた。また、今回の解析においては鋼板部分の座屈を確認できるようにするため、支間中央部の鋼板部分と木材部分の接触面を非一体化させている。また、プレストレスは考慮しないものとする。三角孔による影響を確かめるため三角孔がある場合

とない場合とを比較する。

表-1 材料諸元

支間長 l	7.0 m
ヤング率 (鋼材) E_s	206.0 GPa
ヤング率 (木材) E_w	7.694 GPa
ポアソン比 ν	0.3
鋼板の厚さ b	9 mm
座屈有効長 l_{PC}	630 mm



図-1 解析モデル (三角孔あり 1/4 モデル)

図-2 解析モデルの境界条件

3. 座屈解析 (スパン 7m モデル)

プレストレス木箱桁橋の鋼板部の座屈荷重を 1/4 モデルで解析し、三角孔がある場合とない場合を比較する。全体を四面体要素で分割し、要素数は孔あり孔なしどちらも同程度の数になるように分割した。線載荷での解析結果は表-2 のような結果となった。過去の解析結果から有限要素解析ツール CalculiX での座屈荷重解析結果は三角孔なしの 1 次座屈モードが 311kN で、Salome-Meca での解析結果も CalculiX と近い結果が得られたため、Salome-Meca での解析結果は十分信頼できるものと考えられる。三角孔がある場合とない場合を比較すると、三角孔がある方が 1 次モードでは 12%、2 次モードでは 5%、3 次モードでは 3% ほど三角孔がないものとは比べ低い値となった。しかし、破壊試験で加えられた荷重の 250kN を三角孔がある場合でも座屈荷重が上回っているため、FEM 解析の結

果からは、孔ありの鋼板でも問題はないと考えられる。また、載荷方法を変えて解析を行なってみた結果が表-3 のようになった。線載荷では全体解析モデルの支間中央部となる 1/4 モデル端部において、木材上面部分に線載荷した。また、面載荷では木材断面全体に荷重をかけた。どの座屈モードでも相対誤差は 1% もなく、荷重条件の違いによる影響はほとんどないものと考えられる。図-3、図-4 は三角孔がある場合とない場合の 1 次座屈挙動を示す。三角孔がある場合でも座屈挙動は孔がないものと同様の座屈挙動を示す結果となった。

表-2 FEM による 1/4 モデル座屈解析結果 (線載荷)

	三角孔なし	三角孔あり
座屈モード	座屈荷重 (kN)	座屈荷重 (kN)
1 次	307	270
2 次	913	865
3 次	1817	1757

表-3 荷重条件による影響 (三角孔あり)

座屈モード	線載荷 (kN)	面載荷 (kN)
1 次	270	269
2 次	865	866
3 次	1757	1771

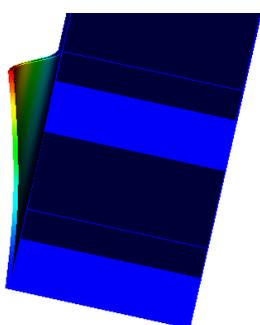


図-3 座屈挙動 1 次モード (三角孔なし)

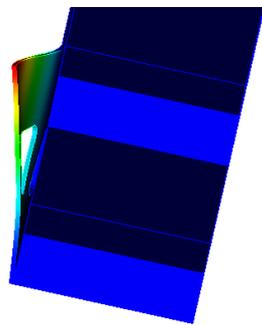


図-4 座屈挙動 1 次モード (三角孔あり)

4. 三角孔の影響

三角孔による影響を確認するために三角孔の寸法を 5% ずつ大きくしていき座屈荷重の低下を元の

モデルの座屈荷重と比較した。載荷方法は線載荷で解析した。結果は表-4 のようになった。この結果から、三角孔寸法を 5% ずつ大きくすることで鋼板体積が約 $1m^3$ 減るのに対し、座屈荷重は比例して約 1.4% ずつ減少することがわかった。このことから、三角孔の面積を大きくすることで座屈荷重は低下するが、鋼板部の局部座屈にそれほど大きな影響を与えないものと考えられる。また、三角孔を大きくすることにより三角孔間の垂直材で局部座屈を起こしてしまうことが考えられるが、FEM 解析したところ、垂直材の幅が 95mm で座屈荷重が 5710kN であった。このことから、三角孔間の鋼板の局部座屈は起こりづらいものと考えられる。

表-4 三角孔を大きくすることによる座屈荷重の低下

三角孔寸法拡大倍率	座屈荷重 (kN)	鋼板体積 (m^3)
0%	270	56.9
5%	266	56.0
10%	263	55.0
15%	259	54.0

5. まとめ

Salome-Meca による有限要素解析の結果から、プレストレス木箱桁橋の鋼板部分は過大な荷重がかかると局部座屈を起こす可能性はあるが、三角孔がある場合でも座屈荷重が約 270kN と十分な剛性が期待できるものと考えられる。また、座屈挙動においても三角孔がある場合とない場合とを比較してもほとんど差異がなく、三角孔を大きくしていった場合においても、三角孔間の垂直材が極端に細くならない限りは、局部座屈を起こすことはほとんどないと考えられる。このことより、プレストレス木箱桁橋における鋼板部の座屈に対しては支間中央部の鋼板上部の局部座屈を考慮することが適切な評価方法と考えられる。

参考文献

- 1) 斉藤輝, 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, 2015.