

豪雪荷重の軽減を目的とした床版持ち上げ型木橋の数値解析

秋田大学大学院 理工学研究科

学生会員 ○及川 大輔

秋田大学大学院 理工学研究科教授

正会員 後藤 文彦

秋田県立大学木材高度加工研究所

正会員 野田 龍

ウッディさんない

非会員 森岡 吉己

1. はじめに

秋田県の山間部などに架かる橋では、橋を覆うように雪が積雪することから豪雪荷重（図-1）が問題となっている。そこで著者らは、雪荷重の軽減を目的とした床版持ち上げ型木橋を提案し（図-2）、暴露試験¹⁾などから積雪防止性能の確認を行っている。本構造は2主桁橋であるため、桁の曲げによる応力の照査は行っているが、積雪状況などによっては片側の桁に偏って荷重が作用する事も考えられるため、3次元の構造解析から応力状態の確認や横ねじれ座屈の検討などを行う必要がある。また歩道橋の場合、振動使用性にも配慮する必要があるが、本構造は雪荷重を少なくし、従来の橋よりも低い剛性の桁断面となっているため、固有振動数が低く振動しやすくなり、歩調の共振域内となることも想定される。そこで本研究では、3D ソリッドモデルでの3次元構造解析から応力・座屈・振動に関して検討を行った。

2. 数値解析手法

有限要素解析ツール Salome-Meca2020 を用いて弾塑性解析、座屈解析、振動解析を行った。解析モデルは、桁断面が 0.18m×0.45m の2主桁橋として橋長:10m、支間長:9.7m のモデルで解析を行った。要素分割数による解析値の収束性の確認を行い、130万要素の2次メッシュのモデル（図-3）を用いている。なお、解析に用いた材料定数は、木材をスギ集成材の直交異方性材料として、軸方向ヤング率を $E_{zz}=7.0\text{GPa}$ 、軸直角方向ヤング率を $E_{xx}=E_{yy}=\frac{E_{zz}}{25}$ 、せん断弾性係

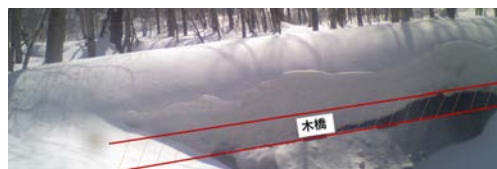


図-1 雪が覆うように積雪した木橋

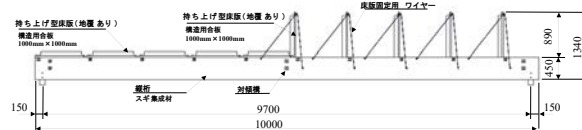


図-2 床版持ち上げ型木橋（橋長 10m）の側面図

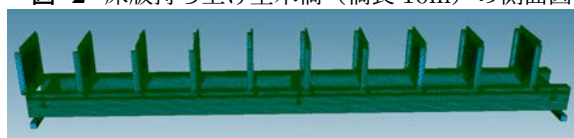


図-3 床版持ち上げ型木橋のメッシュモデル（橋長 10m）

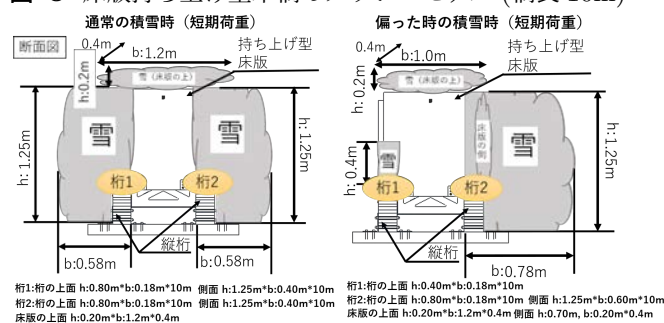


図-4 最大積雪時の荷重想定（短期荷重）

数を $G_{xy}=G_{yz}=G_{zx}=\frac{E_{zz}}{15}$ 、対称条件からポアソン比を $\nu_{yx}=\nu_{zy}=0.4$ 、 $\nu_{xy}=\nu_{xz}=\nu_{yx}=\nu_{yz}=0.016$ 、密度 $\rho=0.38\text{g/cm}^3$ とする。また鋼材はヤング率 $E_{\text{鋼}}=206\text{GPa}$ 、ポアソン比 $\nu=0.3$ 、密度 $\rho=7.8\text{g/cm}^3$ とする。

(1) 弾塑性解析

昨年度に実施した暴露試験の結果から、桁の上側面（橋軸方向に等分布）や床版の上（幅員方向：1.2m×橋軸方向：0.4m）に積雪する雪荷重を（図-4）のように設定した。また、片側に偏った積雪を再現するため、図-4 のように片側に多く積雪した

キーワード: 雪荷重, スギ集成材, 集成材木橋, 偏荷重, Salome-Meca

連絡先: 〒010-8502 秋田県秋田市手形学園町 1-1 秋田大学理工学部土木環境工学コース

場合の荷重を設定した。今回の荷重は3日程度の短期荷重とし、照査に用いる許容応力も短期許容応力とした。

(2) 座屈解析

雪荷重による桁の横ねじれ座屈について検討を行うため、座屈解析を実施した。2本の桁の上面に等分布荷重で1kNを載荷し解析を行った。算出された座屈荷重と想定した雪荷重の比較から安全性の検討を実施した。

(3) 振動解析

歩道橋の鉛直曲げの固有振動数は、歩行者の歩調と共振する振動域(1.7Hz~2.3Hz)を避ける必要がある。そのため、振動解析から固有振動数と固有振動モードを算出した。また、一般的な鉛直曲げの基本固有振動 f_v は、支間長 ℓ との統計的な関係から $f_v = \frac{100}{\ell}$ で推定値が計算される²⁾。この推定値と算出された固有振動数から他橋との振動使用性の比較を行った。

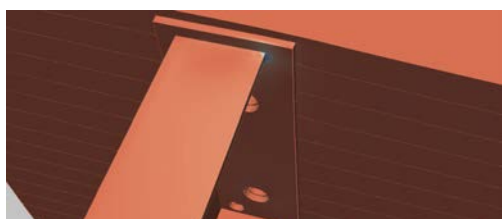


図-5 対傾構の桁へのめり込み

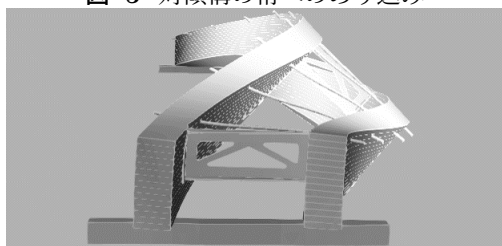


図-6 横ねじれ座屈(面外1次座屈モード)

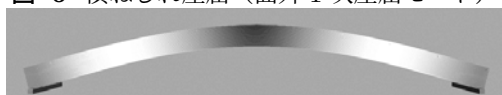


図-7 鉛直対称一次振動モード

3. 解析結果

(1) 弾塑性解析

桁へ作用する軸方向応力は、通常時の雪荷重、偏分布雪荷重においてもスギ集成材の短期許容応力よ

りも小さい応力であり、問題ない。しかし、図-5に示すように偏分布雪荷重の場合、対傾構と桁との接合箇所でも一部対傾構が桁にめり込むような圧縮応力が確認された。その他、鋼部材においては降伏応力以上の応力が発生している箇所は確認されず、雪荷重が偏って作用した場合でも問題がないことが確認された。

(2) 座屈解析

座屈解析から算出された横ねじれ座屈(最低次モード:図-6)の座屈荷重は953.04kNと算出された。図-4に示した想定積雪による最大の荷重は49.47kNであり、20倍近い座屈荷重であることから横ねじれ座屈は生じにくいことが確認された。

(3) 振動解析

振動解析の結果、1次モードは水平1次モード:6.50Hz、2次モードは鉛直対称1次モード:9.37Hz(図-7)であった。歩行者の共振振動数である1.7Hz~2.3Hz間に固有振動モードは確認されなかった。また、一般的な鉛直曲げの基本固有振動の推定値 f_v は10.30Hzであり、9.37Hzと近い値であったことから、一般的な橋梁と同程度の振動使用性を有していることがわかった。

4. まとめ

本研究では、雪荷重の軽減を目的とした床版持ち上げ型木橋の構造性能を数値解析から確認を行った。その結果、想定したどの雪荷重においても、桁の軸方向応力はスギ材の許容値内であり、一定の構造性能を有していることが確認できた。また、座屈・振動解析においても、期待される構造性能は満たしており、安全性に問題がないことが確認された。しかし、異種材料の接触部分においてめり込みが生じるほどの圧縮応力が作用していた箇所も確認されたことから、改善すべき点も明らかとなった。

参考文献

- 1) 及川 大輔, 野田 龍, 後藤 文彦, 森岡 吉己: 雪荷重の軽減を目的とした床版持ち上げ型木橋の屋外暴露試験, 第73回日本木材学会大会, 2023.
- 2) 日本鋼構造協会【編】: 構造物の耐風工学, 東京電機大学出版局, 1997.