

豪雪荷重を受けるプレストレス木箱桁橋の挙動

環境構造工学講座 11729 菅原 伸
指導教員 後藤 文彦

1. はじめに

プレストレス木箱桁橋は、運搬の容易な部材をオンサイトで簡単に組み立てることができ、自然景観にも馴染みやすいため、山間部の登山道等への適用も期待される。一方で、秋田県の山間部は豪雪地帯が多く、歩道橋とはいえ、過大な雪荷重の影響を受ける。秋田県北秋田市の森吉山に架設されたプレストレス木箱桁橋を定点カメラにより観測したところ、橋の上面に 2m 程度の積雪があるだけでなく、橋の側方にも底面にも 1m 程度の厚さの雪が橋全体を覆うように貼りついていることがわかった。これにより、雪解け後に橋にたわみが残ってしまい、補修を要した。そこで、本研究では、こうした橋全体を覆う雪荷重がプレストレス木箱桁橋の部材にどのような影響を与えるかについて数値解析する。

2. 材料諸元

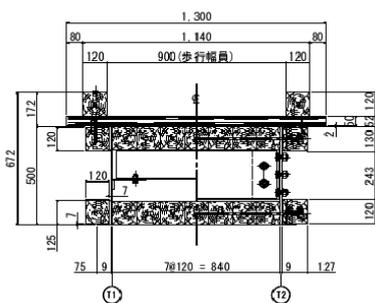


図-1 木橋の断面図

図-1 は現場の木橋の断面図である。まずは簡単に手計算が行えるように 120mm × 840mm の木材の断面 A が 2 個、500mm × 9mm の鋼材の断面が 2 個からなる口型断面として解析を行った。

表-1 材料諸元

木材のヤング率 EA	6.921GPa
鋼材のヤング率 EB	206GPa
スパン S	12m(12000mm)
荷重 P	100kN
雪の単位体積重量 γ	3.5kN/m ³
一面あたりの雪の厚さ hY	1.0m

3. 有限要素解析

表-2 はティモシェンコの梁理論に基づくたわみを導くまでの過程で求めた計算結果である。なお、修正せん断補正係数だけに関しては手計算ではなく、滝田さんのプログラムを用いて求めた。

表-2 計算結果その 1

木材の断面積 AA	$1.01 \times 10^5 \text{ mm}^2$
木材の断面二次モーメント IA	$7.52 \times 10^9 \text{ mm}^4$
鋼材の断面積 AB	$4.50 \times 10^3 \text{ mm}^2$
鋼材の断面二次モーメント IB	$1.88 \times 10^8 \text{ mm}^4$
初等梁理論によるたわみ δ_e	39.6mm
修正せん断補正係数 k^*	3.00×10^{-2}
ティモシェンコ梁理論のたわみ δ_t	42.7mm

表-3 計算結果その 3

ティモシェンコ [mm]	FEM [mm]	相対誤差 [%]
42.7	40.0	6.32

表-4 計算結果その 4

初等梁理論 [mm]	FEM [mm]	相対誤差 [%]
70.0	68.9	1.57

次に行ったのは、直方体モデルを 1/1 サイズと 1/4 サイズで要素解析を行い、それぞれ手計算と要素解析した数値の相対誤差を求めて比較し、1/4 解析が実用的かどうかを調べるというものだ。なお 1/1 サイズの寸法は 1000mm × 100mm × 100mm、荷重は 1000N/mm である。それぞれの相対誤差は 1/1 が 0.96%、1/4 が 1.16% だった。そこから、1/4 モデルでも十分正確な数値が得られると考えられる。

それから、材料諸元で示したモデルを 1/4 で要素解析を行った。ティモシェンコの梁理論から導いたたわみの大きさと比較するというものだ。荷重 P [N] を用いた中央載荷の方の結果を表-3 に示す。ちなみに初等梁理論でのたわみの計算結果は 39.6mm で要素解析との相対誤差は 1.01% だった。ここまでの要素解析や計算を踏まえて、今度は四方から重力方向の変位にたわむように雪を想定した等分布荷重をかけて要素解析を行った。結果を表-4 に示した。

さらに、4 面から等分布荷重を受けた場合のたわみの大きさとほぼ同じ値の線荷重を与えた。木材部の 4 面からの等分布荷重、線荷重それぞれの桁高に対する軸方向直応力 σ_{xx} とせん断応力 σ_{xz} を比較する (4 面を元にするるとたわみの相対誤差は 0.87%)。結果のグラフを図-2 から図-5 に示す。

4. まとめ

図-2 と図-3 を比べると雪荷重を想定した 4 面載荷の方が中央部線載荷より、軸方向応力 σ_{xx} の振り幅が小さくなっている。分散されているぶん応力が緩和されているものの、スギ材のなかでも乙種 3 等の引張強度が 10.8MPa なので、グラフの 8MPa と比べると安全とは言えない。

4 面載荷の場合、梁中央付近は、中央から離れていても軸方向応力は大きいままである。また、せん断応力はむしろ線載荷より 4 面載荷の方が大きくなる箇所もあった。

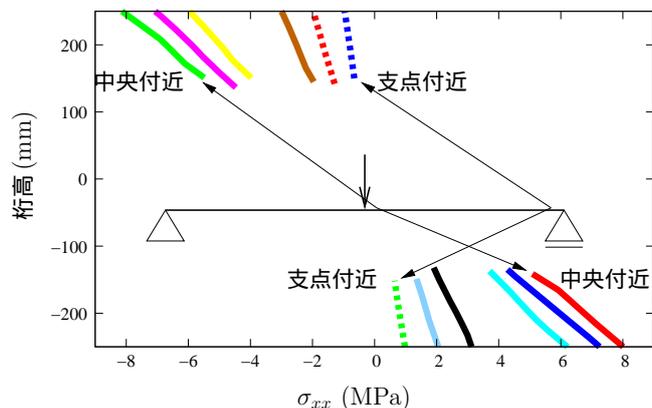


図-2 線荷重の軸方向応力

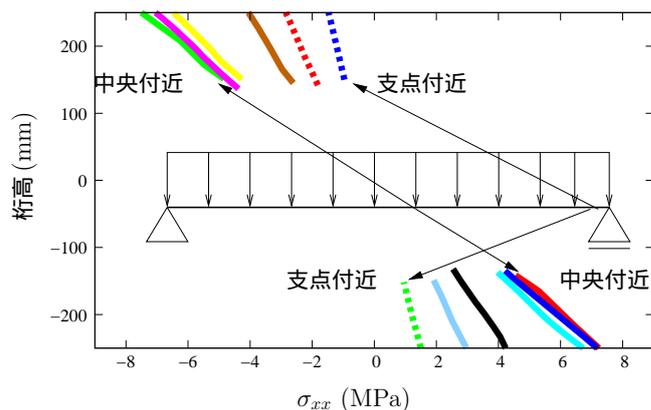


図-3 4面等分布荷重の軸方向応力

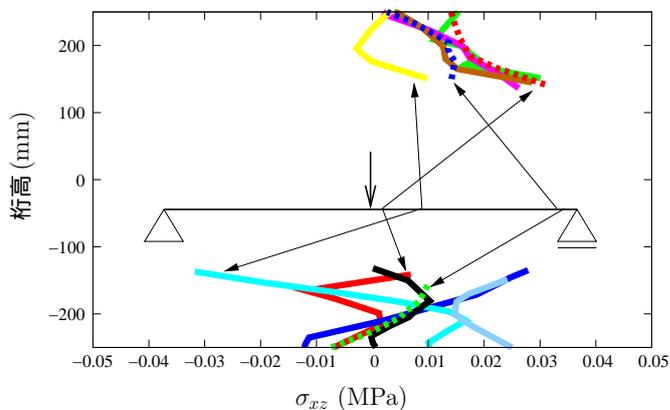


図-4 線荷重のせん断応力

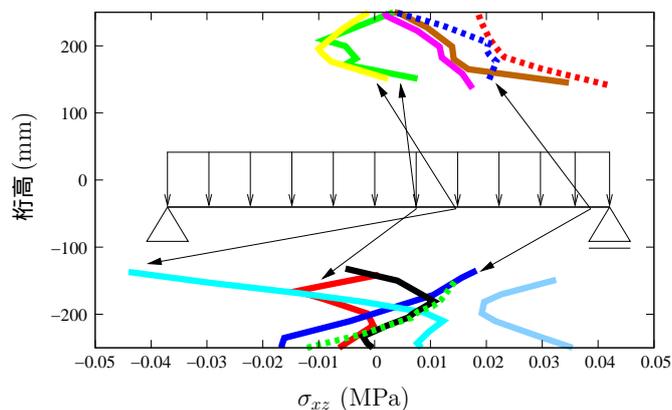


図-5 4面等分布荷重のせん断応力