

屋根部材も構造部材として期待できる屋根付き木橋の提案

環境構造工学講座 12756 菊地 浩貴
指導教員 後藤 文彦

1. はじめに

現在、日本では森林面積が40年間ほぼ横ばいなのに対し、森林蓄積が5.5倍に増加しており、杉材過多の現状にある。そこで、環境負荷低減性や低建設コストに配慮した木橋の有効利用が更に見直されていくのではないかと考えた。また、屋根付き橋は雨や雪によって引き起こされる腐朽を防ぐことが本来の目的であるが、これまでの研究により簡単な構造であっても屋根材が構造物に剛性を与える事が分かっている。そこで、屋根部材がより積極的に構造全体の剛性に寄与できる構造を検討する。具体的には、既存の阿蘇望橋^{あそぼうばし}を参考にしたモデル、昨年提案した足アーチモデルと今回提案した円断面モデル、五角形断面モデルの計4つを比較・考察する。

2. 解析手法

(1) 解析諸元・条件

骨組は杉材を想定し、ヤング率 7.35GPa, ポアソン比 0.4 とし、床版はヤング率 221GPa, ポアソン比 0.3 とする。スパンは全てのモデルで 40m とする。計算負荷軽減のため、変形の対称性を考慮した1/4解析の拘束条件を用いる。載荷条件は、床版中央に載荷板を取り付け、 5kN/m^2 の群集荷重を与える。載荷板の面積は $4000\text{mm} \times 500\text{mm}$ とする。

(2) 床版

今回は、屋根材が構造部材として機能しているか判断しやすくすることが主目的なので、格点に理想的に荷重を伝達できる床版を想定し、スギ材の30倍のヤング率 (221GPa) を持つ厚さ 100mm の仮想的な床版を用いている。

(3) 解析モデル

a) 阿蘇望橋モデル^{あそぼうばし}

阿蘇望橋^{あそぼうばし}は、熊本県にある国内で初めての屋根付き車道橋で、杉材が使われている。この橋にできるだけ類似したモデル (阿蘇望橋モデル^{あそぼうばし}) を解析諸元・条件に従って作成した。

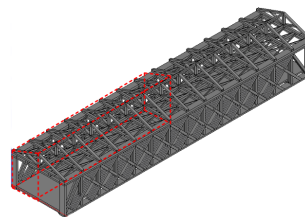


図-1 阿蘇望橋モデル^{あそぼうばし}

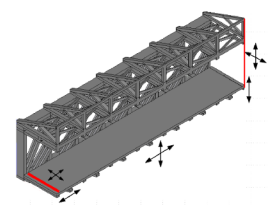


図-2 1/4 モデル

b) 足アーチモデル

人間の足の構造を模したアーチ橋である。縦アーチと横アーチの2方向にアーチ構造が形成されている。屋根部材が一体化している。

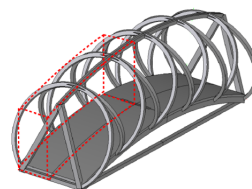


図-3 足アーチモデル

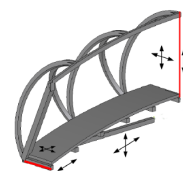


図-4 1/4 モデル

c) 楕円断面モデル

ピースブリッジ (カナダ)¹⁾ を参考に作成した。X字剛結トラスを筒状に加工し、楕円形に成形した。屋根部材が構造部材と一体化しており、屋根部材の剛性への寄与率が高いと思われる。

表-1 解析結果 1

	阿蘇望橋モデル	足アーチモデル	楕円断面モデル	五角形断面モデル
変位 (mm)	0.154	0.218	2.17	0.348
剛性 (Nm ²)	2.17 × 10 ¹⁰	6.11 × 10 ¹⁰	0.614 × 10 ¹⁰	0.383 × 10 ¹⁰
体積 (m ³)	208	291	115	115
比剛性 (N/m)	104491 × 10 ¹⁰	209906 × 10 ¹⁰	453267 × 10 ¹⁰	332338 × 10 ¹⁰
比剛性 (無次元)	14.2 × 10 ⁻⁴	7.14 × 10 ⁻⁴	3.27 × 10 ⁻⁴	11.3 × 10 ⁻⁴

d) 五角形断面モデル

対傾構が屋根部材を兼ねているモデル。外周の部材は五角形となっており、屋根部材となっている。その内側に六角形に内周部材が配置されており、対傾鋼を兼ねている。側面は X 字の剛結トラスである。

3. 解析結果

載荷部のたわみから剛性を算出する。剛性を比較するため、次式の無次元化した比剛性を用いる。

$$\frac{I}{\ell V} = \frac{P\ell^2}{48E\delta V}$$

また、屋根材が剛性にどれほど寄与しているかを評価するため、“主部材の最大主応力に対する屋根材の最大主応力”（主応力比率）で屋根材の寄与率を定義した。

表 1,2,3 に解析結果を示す。阿蘇望橋モデルが最も大きな比剛性を示した。次いで、五角形モデル・足アーチモデルとなった。主応力比率は、屋根構造が全体の構造と一体化している、五角形モデル・

楕円モデルで大きな値が得られた。足アーチモデルは、比剛性は高いものの、主応力比率は最下位となってしまった。モデルの主応力・ミーゼス応力を確認すると、いずれのモデルも杉材の基準強度に対して引張部も圧縮部も約 30~240 倍程度の余裕があることが分かった。140kN の荷重を与えた場合でも約 30 倍程度の余裕がある。

表-2 屋根材の寄与率

model	比率 (%)
阿蘇望橋モデル	8.91
足アーチモデル	1.55
楕円断面モデル	15.5
五角形断面モデル	27.1

4. まとめ

五角形モデルは、対傾構に相当する屋根の支えの部材が、屋根を一体化させて剛性を高めていると考えられる。このため、この支えの部材を省略すると、途端に剛性は低下する。

足アーチモデルは、アーチ状の円筒と下部の引張材がタイドアーチとして機能することで高い比剛性が得られるものの、屋根部材の寄与は低い。

楕円モデルに関しては、一般的な屋根付き橋よりも剛性は低くなるものの、屋根材の寄与自体は高いので、剛性を改善できれば有効な屋根付き橋となる可能性はある。

以上より、提案モデルの中で、屋根部材が最も有効に剛性に寄与していると考えられる屋根付き橋は、五角形モデルである。

参考文献

1) 志摩義男：アメリカ、カナダのカバードブリッジ，グラフィ社，1995。

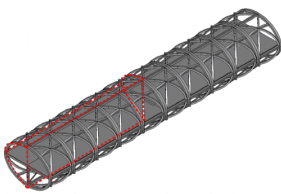


図-5 楕円断面モデル

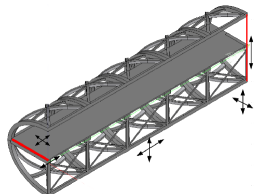


図-6 1/4 モデル

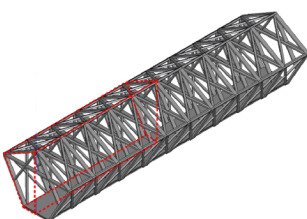


図-7 五角形断面モデル

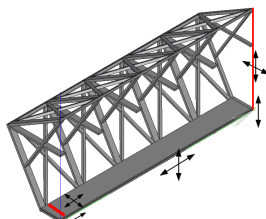


図-8 1/4 モデル