

3D プリンターを利用した木製応急トラス橋の模型試験

秋田大学	○ 学生員	伊藤 孝基
秋田大学大学院		河原 萌
秋田大学大学院		斉藤 輝
秋田大学大学院	正会員	後藤 文彦
函館工業高等専門学校	正会員	平沢 秀之

1. はじめに

木材は軽量な割には強度が高く、人力だけで運搬・組立できる応急橋の用途に向いている。そこで、災害時や工事現場で簡単に組むことができる木製トラスタイプの応急橋の開発手法について検討を行う。木製トラスは、トラス部材については12mm×12mmの市販の角材を用いて模型を制作して検討することができそうであるが、トラス形状を決定する接合金具の部分を作成するのは困難である。そこで、3Dプリンターによりこの接合金具を樹脂材で造形し、これを角材に差し込んで組み合わせることで模型トラスを制作し、組立性能や剛性性能について、有限要素法と連携して検討する手法を提案する。

トラスの形は様々であるが、応急橋として利用する観点から、人力で簡単かつ迅速に造ることができる必要があるため、なるべく同一部材で組めるように考えられた函館工業高等専門学校にあるワーレントラスタイプのモデル橋¹⁾を参考とする。

2. 1/10 模型について



図-1 モデル橋（函館高専）

実物のモデル橋（図-1）で使用されている木材

は、120mm×120mmの角材で長さが2500mmと1200mmの2種類を用いている。そのため1/10模型では、12mm×12mmの角材で長さが250mmと120mmの2種類を用いるものとし、スパンは1000mmとする。3Dプリンターで造形した樹脂金具（図-2）に差し込まれる角材は、ホームセンターで購入したヒノキを用いる。曲げ試験により求めたこのヒノキのヤング率は、14.5GPaである。樹脂金具の使用材料は、3Dプリンター用樹脂としては比較的高剛性のRGD525で、引張試験で求めたヤング率は2.84GPaである。

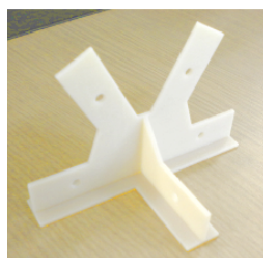


図-2 3Dプリンターで作製した金具

3. 解析手法

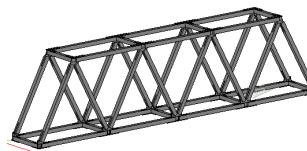


図-3 金具詳細モデル



図-4 トラス要素モデル

有限要素解析では、金具部分の応力分布を調べるため、金具の差し込みを再現した厳密な詳細モデル(図-3)と、トラス部材形状や接合部の詳細構造を無視してトラス要素で単純化したトラス要素モデル(図-4)を検討する。前者については Code-Aster の四面体要素を用いて、後者については Marc/Mentat のトラス要素を用いて解析を行う。

トラス要素における載荷する荷重は、床版全体に群集荷重を作用させた時の値を中央に集約させて2点に300N ずつ載荷し、3点曲げのようなものにした。金具詳細モデルについては、上記と同じ載荷条件ではなく、中央の木材に同等の面載荷(0.444N/mm^2)を行う。ヤング率や断面積などの数値は1/10 模型と同じ値で解析する。

また、詳細モデルに関しては、金具部のヤング率を樹脂材料(2.84GPa)にした場合と鋼材(206GPa)にした場合とで、剛性や金具部の Mises 応力を確認する。

4. 解析結果

詳細モデルとトラス要素モデルにより得られた、たわみ(表-1)を比較する。

表-1 解析結果

	たわみ (mm)
トラス要素モデル	0.228
詳細モデル (樹脂材料)	0.586
詳細モデル (鋼材)	0.239

表-1 から、金具を鋼材にした詳細モデルのたわみは、トラス要素モデルとほぼ同じになるが、金具を樹脂材料にした詳細モデルのたわみは、トラス要素モデルの倍程度となる。これは、金具が鋼材の場合は、剛結トラスに近く、格点部をヒンジと考えたトラス要素と近い答えが得られるのに対して、金具が樹脂材料の場合は、金具のヤング率がトラス部材よりも1/5 程度も小さく、部材と部材の隙間の領域が変形しやすいためである。

次に、詳細モデル(樹脂材料)の Mises 応力を図-5

中において、ヤング率の低い金具にも応力が集中しているのが分かる。さらに、応力が集中する中央部の金具のみの Mises 応力を図-6 に示す。図-6 から、角材に差し込まれた部分の付け根部分に応力が集中し壊れやすいことが分かる。

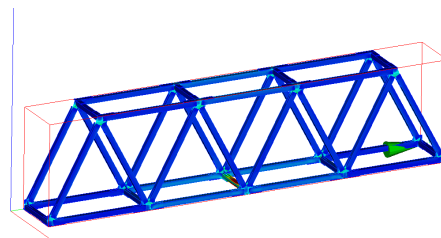


図-5 詳細モデル(樹脂材料)の Mises 応力

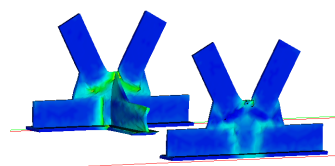


図-6 金具(樹脂材料)の Mises 応力

5. まとめ

模型の制作が困難な木製トラス橋に対して、金具部分を3D プリンターにより樹脂材で造形し、市販の角材に差し込んで模型を制作する手法を提案し、この模型モデルの剛性と金具への応力集中を有限要素法により検討した。樹脂材は、比較的高剛性の材料でも木材よりはヤング率がかなり小さいため、変形しやすく、模型による剛性確認の用途には向かないと思われる。一方、実際に組み立てることで組立性能をチェックする用途では期待できる。組立性能や施工性のチェックには3D プリンターで造形した金具を利用して模型を用い、剛性のチェックには有限要素法を用いるといった連携手法が、木製トラス橋の開発に有効かもしれない。

参考文献

- 1) 平沢秀之、吉田朋哉、小池田悠加、渡辺浩：木製トラス橋の性能確認試験と外観の経時変化について、木材利用研究論文報告集 10, pp. 5-10, 2011.