

木製下路桁クロスパネル構造の設計と製作及び静的載荷実験

大成建設株式会社 正会員 ○山田 飛鳥
 鈴与建設株式会社 非会員 西ヶ谷悠太
 日本大学理工学部教授 正会員 関 文夫

1. はじめに

一般に歩道橋は、鉄道橋、道路橋と比べ、設計荷重や変位拘束の制約が少なくデザインの自由度が大きいとされている。静岡県富士宮市の白糸の滝にある「滝見橋」は、世界遺産の中で周辺環境に配慮した構造物として架橋された。また、橋梁の設計から施工までの一連のプロセスは、橋梁の軽量化の工夫など設計者の様々な技術を学ぶ事が出来る。そこで、実際に7.2mの木製歩道橋の設計から施工までを実施し、施工方法や製作した橋梁の構造及び形状を考察する。ここでは、本研究で製作した橋梁の完成までのプロセス及び静的載荷実験で何を得られたかを報告する。

2. 設計

(1) デザインコンセプト

過去に製作した橋梁はすべて上路橋^{1) 2)}であり、高欄がない為、子供が渡る時の安全性を欠く構造であった。本研究では、本橋のコンセプトを「包み込む空間」、構造形式を下路桁、橋長を7.2mとし、子供の安全面を考慮した橋梁製作を目指した。

ここで、本橋の構造及び形状の検討する為、スチレンペーパーを用い、橋長420mmの簡易模型を作製した。最終的な本橋のモデルは、図-1のようなビーム(線部材)とパネル(面部材)を組み合わせたモデルとなり、このモデルの特徴として上弦材(圧縮材)と下弦材(引張材)が橋軸方向に対して同一平面上にない事が挙げられる(図-2)。

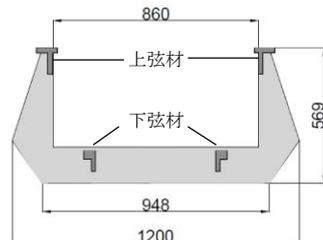


図-2 本橋断面図



図-1 本橋の最終モデル

(2) 構造解析

橋梁製作に使用する主要な材料として、Spruce

Pine Fir材(SPF材)を選定し、参考文献から曲げ弾性係数を 1.10×10^4 N/mm²、軸弾性係数を 1.39×10^4 、SPF材の安全係数を2.5とした^{1) 2)}。

解析は、平面骨組解析プログラム(Ezy-Frame)と3次元解析(UCwin FRAME)を用いた。解析のプロセスとして、2次元解析より本橋の基本的な構造特性を知り、3次元解析より開断面や圧縮材と引張材が橋軸方向に対して同一平面上にない事をモデル化し、本橋の解析を行う(図-3、図-4)。両解析において、荷重条件を橋長7.2mに対し、死荷重2.6kNを分布荷重、活荷重5kNを支間中央に載荷した。また、結合条件を剛結合、支点条件を固定支点とローラー支点の2支点、解析を行う上で構造の安全係数を2とした。

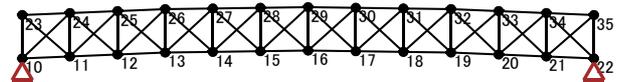


図-3 二次元解析モデル

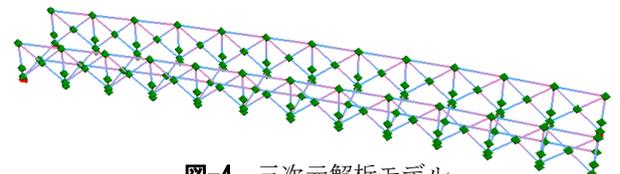


図-4 三次元解析モデル

(3) 解析結果

解析した結果、3次元解析の変位が2次元解析の変位より約1/4の値となった。これは、2次元モデルで表現できない開断面等を考慮し、解析した事が影響したと考えられる。また、2次元解析において斜材はトラスの挙動を示したが、3次元解析では、圧縮と引張の両方向に対して引張力が作用し、高欄の斜材はトラスの挙動を示さなかった(表-1)。以上の解析結果を考慮し、詳細設計を行った。

表-1 二次元解析と三次元解析の支間中央における解析値

	変位 (mm)	斜材断面力 (kN)	
		圧縮方向	引張方向
2次元モデル	3.9	-5.4	1.9
3次元モデル	24.9	14.3	16.3

キーワード 下路桁, 包み込む空間, 2次元解析, 3次元解析, 同一平面上, 開断面
 連絡先 〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台1-4-18 TEL 03-3259-0666

(4) 詳細設計

本橋は、船橋キャンパスから駿河台キャンパスまで運搬する為、本橋のユニット化を考慮し、詳細設計及び図面作製を行った(図-5, 図-6)。本橋のユニット化は4ユニットから成り、1ユニットは高欄2枚、床板1枚、鉛直材6枚で構成される。各々のユニットは、長さ1.8m以下であり、全てのユニットを2人以下での運搬を可能とした。

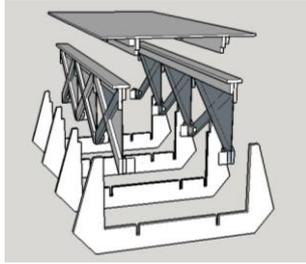


図-5 ユニット化イメージ

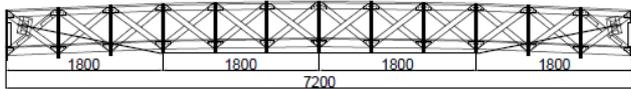


図-6 本橋側面図

3. 製作

部材精度向上の為、高欄の斜材及びパネル用の製作ガイドを作製し、部材の加工を行った。また接合用金具は、ユニット化に合わせ図面を作製、発注した。

組立は学生10人程度で、3時間以内で組立、架橋、撤収を目標とした。結果、組立に30分程、架橋に1時間30分程、撤収に1時間程の時間を要した。ユニット同士の接合は、接合用金具、ボルトやラチェット等の工具、また継手により固定した。補強材のワイヤーは橋端部に定着部で固定し、ターンバックルで緊張した。完成時を(写真-1, 写真-2)に示す。



写真-1 本橋と子供



写真-2 本橋完成時

4. 静的載荷実験

(1) 実験目的

設計時の解析結果と載荷実験時の本橋の挙動の違いと本橋のユニット接合部の隙間が本橋にどのような影響を与えているかを確認する事を目的とする。

(2) 実験結果

本実験は本橋中央に2点載荷で7.37kNまで載荷

し、上弦材、下弦材、斜材のひずみ合計10点と支間1/2, 1/4 下端の変位を合計6点計測した(図-7)。

実験結果として変位は残留変位が生じ、ユニット接合部の隙間が荷重載荷により閉じた事が原因と考えられる。その為、本橋の弾性変形の範囲は残留変位を除いた変位量とした。設計時の解析値と実測値を比較した結果を表-2に示す。斜材はトラス構造の挙動ではなく、圧縮力と引張力が逆に作用し、斜材の上半分と下半分でひずみに差が生じた。これは本橋の構造特徴が影響していると考えられる。

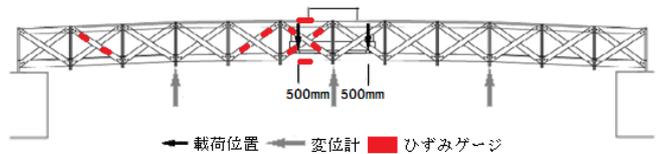


図-7 本橋載荷図

表-2 変位の予測値と実測値の比較

7.37kN 載荷時	支間 1/4 変位 (mm)	支間 1/2 変位 (mm)
3次元解析	23.7	34.6
実測値	37.2	74.0

5. 考察

本橋の構造を考察した結果、パネルの方向を上下逆に配置した改良モデルの方が力の伝達が効率良くなり、梁剛性が向上すると考えられる。本橋のパネルを圧縮方向ではなく、図-8のように引張方向に配置する事でより合理的な構造になると推測される。



図-8 改良モデル

6. まとめ

本研究では、木製歩道橋製作より本橋のコンセプトである「包み込む空間」を実現した。橋梁完成までの一連のプロセスを通じて得られた知見を以下にまとめる。①構造とカタチを創造する事の難しさ②解析モデルの適正な判断③部材寸法の決定プロセスにおける断面力と応力の関係④構造をシステム化する事の重要性⑤製作工程を考慮した材料調達から製作までのマネジメント、以上を本研究のまとめとする。

参考文献

- 1) 前田滝作 (2014)「木製クロスウェブ歩道橋の設計と製作に関する研究」
- 2) 久保田雄基・尋木亮磨 (2015)「木製張弦梁歩道橋の設計・製作と静的載荷試験」