

木製クロスウェブ構造歩道橋の設計と製作に関する研究

日本大学 学生会員 ○前田 滝作
日本大学 正会員 関 文夫

1. はじめに

現在の日本の新東名高速道路等に架かる橋梁は、上部工の軽量化を図った橋梁が多い。橋梁の上部工を軽量化することは、基礎や橋脚の縮小化によりコストの削減や施工性の向上などのメリットがあり、様々な形態の梁構造が生まれている。ここでは、こうした梁構造に着目し、軽量化と構造の両立から新たな梁構造のデザインを創出する研究を行った。その着眼点は、現在の最先端技術であるバタフライウェブ構造をさらに軽量化する観点からデザインコンセプトを立て、簡易模型の実験、構造解析を行い、クロスウェブ構造という構造モデルに到達した。最終的には、歩道橋レベルの規模(橋長 7.2m)の木製の橋を設計・施工することで、クロスウェブ構造の挙動について考察したものである。ここでは、この木製歩道橋のコンセプト、材料基礎実験、構造解析、材料調達、材料加工、製作組立という一連のプロセスについて報告する。

2. 設計

(1)デザインコンセプト

構造モデルを発想するにあたって、ダブルワーレントラス構造(図-1)とバタフライウェブ構造(図-2)を基本に、両方の利点を引き出し発展させたクロスウェブ構造(写真-1)を考えた。この観点は、梁構造の剛性を保持し、トラス構造の軸力挙動(曲げモーメントの軸力変換)を有したウェブ構造としたものである。

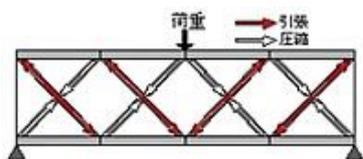


図-1 ダブルワーレントラス

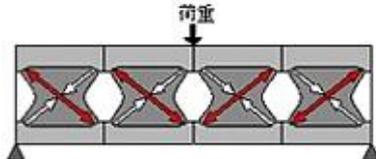


図-2 バタフライウェブ

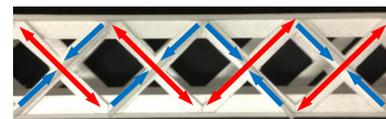


写真1 クロスウェブ

(2)材料基礎実験

設計データとして表-1¹⁾を使用した。Spruce Pine Fir材(以下SPF材)の基本的強度を確認するために、供試体は、長さ1mの部材を2本用いて曲げ圧縮試験を行った。この試験結果、曲げ破壊強度 $\sigma_{cm}=47.2 \text{ N/mm}^2$ 、曲げ弾性係数 $E=10830 \text{ N/mm}^2$ となった(図-3)。

表-1 SPF材の基本物性データ¹⁾

使用材料	SPF材	
単位体積重量	γ	4.5 kN/m^3
圧縮強度	σ_c	38 N/mm^2
引張強度	σ_t	110 N/mm^2
せん断強度	τ	8 N/mm^2
弾性係数	E	$1.1 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$

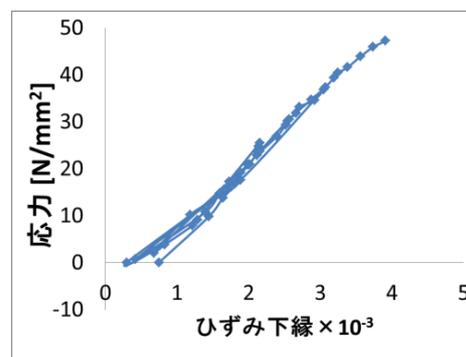


図-3 応力-ひずみ線図

(3)構造解析

設計荷重は5kN(男性5人程度)とし、橋長7.2m、支間長6.8m、主桁高さ0.618m、幅員0.85mとした(図-4)。SPF材の構造物性は、表-1を用いて、平面骨組解析プログラム(Ezy Frame)を用いて解析を行った。部材端の拘束条件はすべて剛結合としている。また、外ケーブルによるプレストレスは、桁端を定着部とし、支間長の1/4地点にディビュータを設置し導入した。計算の結果、許容応力度は、圧縮が $f_c=12.7 \text{ N/mm}^2$ 、引張が $f_t=36.7 \text{ N/mm}^2$ 、せん断が $f_s=2.7 \text{ N/mm}^2$ 、曲げ圧縮が $f_m=15.7 \text{ N/mm}^2$ であり、本橋を計算した結果より、安全率を求めると、圧縮 $F_{sc}=2.7$ 、引張 $F_{st}=6.8$ (図-5)、せん断 $F_{ss}=6.7$ (図-6)、曲げ圧縮 $F_s=2.3$ となる。ウェブ端部では、せん断補強するために板材を設置している。

キーワード 梁構造 軽量化 クロスウェブ構造 木製歩道橋 ユニット化
連絡先 〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台1-4-18 TEL 03-3259-0666

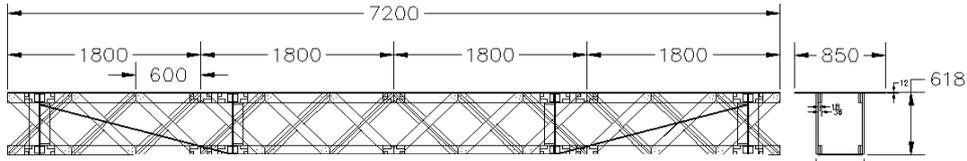


図-4 クロスウェブ橋側面図と断面図(単位: mm)

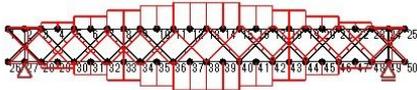


図-5 軸力図

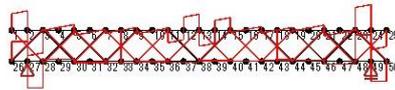


図-6 せん断力



図-7 曲げモーメント

3. 製作

(1)ユニット化

本橋を簡易に運搬し、組み立てるために、設計の段階でシステム化した製作方法を考えた。この橋長 7, 2m の橋は 4 ユニットで構成されている。さらに 1 ユニットから板状の状態になるまで分解することが出来る (写真-2)。板状にすることによって運搬の際にコンパクトになるので、作業の効率化にも繋がる (図-8)。1 ユニットは板状の部材 4 枚で構成されている (図-9)。ユニット同士の接合にはせん断キーはなくボルト、ナットと鉄板で連結している。さらに、箱桁内に外ケーブルを通し、プレストレスを与え橋体全体の剛性を高めた。



写真-2 1 ユニットの部材を板状に分解したもの

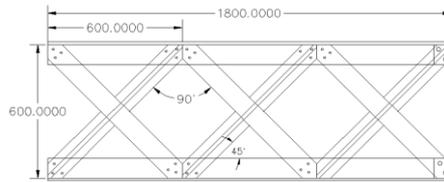


図-8 板状になった部材の図面

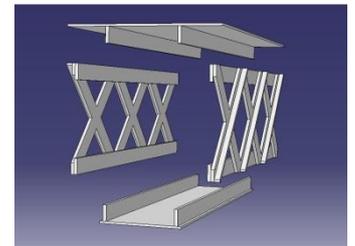


図-9 ユニット連結イメージパース

(2) 加工

ユニットの接合部で回転させないため、ボルトを 2 点で留める穴を開けた。クロスウェブの圧縮方向の座屈を防止するため、部材の弱軸方向に座屈防止リブを備え付けた (写真-3)。さらに、ウェブ端部に大きなせん断力と軸力が発生するため、1. 2m のせん断補強パネルで補強した。パネルはクロスウェブの連続した“X”のリズムを考慮し加工した (写真-4)。



写真-3 座屈防止リブ



写真-4 せん断補強パネル

(3) 組立

組立は約 10 人の学生が同時に作業を開始し、2 時間以内の施工、1 時間以内の撤収が可能であることを目標とした。ユニット同士を接合させるため、接合用鉄板と SPF 材をボルトとナットで固定させる。施工者はラチェットとモンキーレンチを使用し、組み立てる。プレストレス材にステンレスワイヤを用い、橋体中央部にハンドプーラを設置し、ステンレスワイヤとハンドプーラを繋ぎ合わせた。ハンドプーラによってプレストレス力約 20kN を与えた。

4. まとめ

本研究は、梁構造とトラス構造の利点を引き出したクロスウェブ構造を採用、設計荷重 5kN を達成した。プレストレスを導入して橋の断面力、たわみを最小限にした。さらに、ユニット化することで運搬・作業効率を向上させ、施工は学生約 10 名で 1 時間、撤収は 30 分で可能となった。この研究より、設計、解析、製作、組立という一連のプロセスを学ぶことができた。

今後はクロスウェブの構造特性を更に追及するためにコンクリートの供試体を作製し破壊実験まで行いたいと考えている。また、連続桁への適用など実用化に向けた研究を展開したい。

参考文献

1) 森徹「木材」市川清志・梅村魁・太田博太郎・小木曾定彰・亀井勇・武基雄・蛭田捨太郎・吉阪隆正・吉武泰水「新訂建築学大系 13」1978. 朝国社版 pp.357-367