

ハイブリッド型キングポストトラス木車道橋の構造特性評価

中日本建設コンサルタント（株） 正会員 ○草薙 貴信 金沢工業大学 フェロー 本田 秀行
（株） 日本製鋼所 正会員 寺田 寿 秋田県立大学 正会員 佐々木 貴信

1. まえがき 本研究では、集成材に鋼板を挿入した世界で初のハイブリッド型木橋の構造特性を把握する為に実橋実験を実施し、静的特性および動的特性(固有振動数、振動モード、減衰定数、動的増幅率等)の観点から構造特性、実態把握を行うと共に、ハイブリッド断面に対する剛性換算式を導くことを目的としている。対象橋梁は秋田県藤里町の広域林道米代線に平成13年1月に架設された2径間連続トラス木車道橋(坊中橋)である。その一般図と設計概要を図-1と表-1に示す。

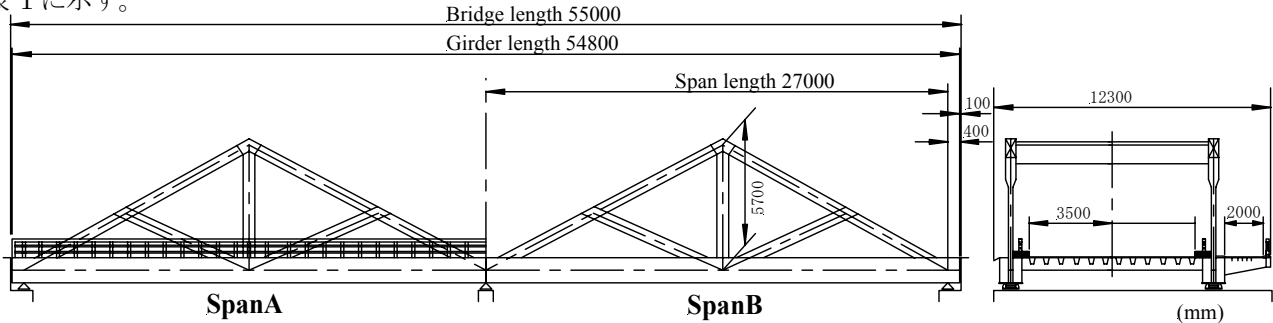


図-1 坊中橋一般図

2. 剛性換算式 本研究では参考文献¹⁾を基に、ハイブリッド構造に適応できる剛性換算式を検討した。以下に、ハイブリッド構造の曲げ剛性に関する換算式を示す。

換算断面積 (A_v)
$$A_v = A_t + \frac{1}{n} \times A_s \cdots (1)$$

ここに、 A_v は換算断面積、 A_t は木材の断面積、 A_s は鋼材の断面積 n はヤング係数比である。

断面2次モーメント (I_v)
$$I_v = I_t + \frac{1}{n} I_s + A_t d_r^2 + \frac{1}{n} A_s d_s^2 \cdots (2)$$

ここに、 A_s ：鋼材の断面積、 A_r ：総断面積、 n ：ヤング係数比、 d_s ：合成断面の図心軸との距離と鋼材断面の図心軸との距離、 d_r ：合成断面の図心軸と総断面の図心軸との距離、 I_s ：鋼材断面のその図心軸に関する断面2次モーメント、 I_t ：総断面のその図心軸に関する断面2次モーメント、 I_v ：木材に換算した断面2次モーメントである。

3. 検討方法 実験結果²⁾と本研究で提示した剛性換算式を基に、表-1の4ケースについて検討を行った。ここで、Case2およびCase4で考慮するサイズファクターとは、本橋のハイブリッド部材の最大断面積を有する下弦材に対して、断面2次モーメントを算出する際に考慮した修正係数を意味する。

4. 3次元構造解析モデル 本橋の3次元構造解析モデルを図-2に示す。本解析モデルは、床版はSHELL要素、その他の部材は、BAR要素を用いて構成されている。物性値については、集成材のヤング係数を $6.5 \times 10^5 \text{tf/m}^2$ を基に、実質的な許容範囲内で評価し、鋼材に関しては $2.1 \times 10^7 \text{tf/m}^2$ を用いた。

集成材の単位体積重量に関しては、建築学会等で用いられている接着剤や防腐材を考慮した 0.80tf/m^3 の値を基準に実質的な許容範囲内で評価して用いた。また、ねじり定数に関してはサンプナンの式を適用し、支承における積層ゴムのせん断弾性係数、支承便覧を基に算出した値を弾性ばね係数として用いた。

表 - 1 設計概要

完工年月 日	平成 13 年 1 月
実験年月 日	平成 13 年 8 月
橋 梁 形 式	2 径間連続トラス木桁橋
設 計 荷 重	25 (A)
橋 長	55000 mm
桁 長	54800 mm
支 間 長	2×27000 m = 54000 mm
幅 員	7000 mm (車道) + 2000 mm (歩道) = 9000 mm
雪 荷 重	1.0 KN/m ²
集 成 材	E75－F240 (秋田杉)
使 用 鋼 材	耐候性鋼板 (SMA400AW , BW SMA490AW)

表-2 検討方法

Case1	ハイブリッド断面を集成材のみの断面としての断面算定
Case2	Case1に対してサイズファクターを考慮しての断面算定
Case3	上述した式 (1) および (2) を使用しての断面算定
Case4	Case3に対してサイズファクターを考慮しての断面算定

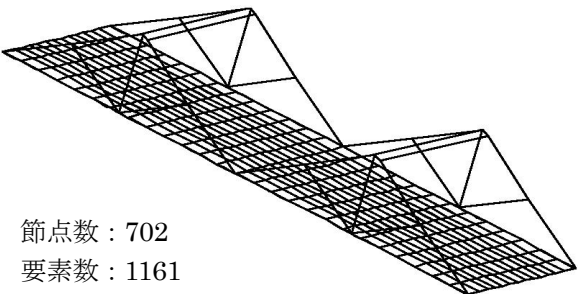


図-2 3次元構造解析モデル

近代木橋 ハイブリッド木橋 構造剛性

〒921-8501 石川県石川郡野々市町扇が丘 7-1 Tel.076-248-9609 Fax.076-294-6713

トラス構造の格点部分における拘束条件は剛結合とし本橋のモデル化を行っている。

5. 固有値解析 予備調査の結果³⁾から、剛性換算式のある程度の精度が得られたことが確認された。そこで、表-2 に示したケースについて本橋の3次元構造解析モデルを用いて解析を行った結果を表-3 に示す。結果として Case1、Case2 は剛性換算を行わず集成材木橋として解析を行った結果である。いま、表-3 から本橋の基本振動となる鉛直曲げ1次振動数は4.39Hzである。ハイブリッド部材の断面算定を行う際、鋼板を考慮せず集成材のみの部材として断面算定を行った。Case1 で約2割、Case2 で約1割の過小評価されていることが計算結果より認められる。このことから鉛直曲げ剛性に関して、予備調査の結果³⁾の通り、ハイブリッド部材を集成材部材とみなし断面算出を行うことが不可能であることが確認された。

よって本研究で提示する剛性換算式 (Case3、Case4) を用いて算出された断面諸量から得られた固有振動数の結果について検討を行った。固有値解析より得られた結果は、実験値と比較すると各振動数ともに約1割~2割の過大もしくは過小評価されていることがわかった。また、Case4 より振動モードの一致および振動数間隔の一致傾向が見られることから、部材算面積（本橋の場合最大断面積を有する下弦材を示す）によって修正係数を考慮する必要があると考えられる。

6. 静解析 固有値解析と同じ条件のもとで、各ケースについて静解析を行った結果の一例を図-3 に示す。本橋の解析たわみ値を検討する際、着目点は実験時とほぼ同一箇所となる下弦材とし、載荷荷重は実験時に用いられたダンプロック車の車両諸元を基に前軸重として2点、後軸重として2点、計4点の集中荷重とした。また、載荷位置は、実験と同様となる載荷箇所として静たわみの算出を行った。いま、図-3 からいずれの載荷ケースも、剛性換算を行った解析結果におけるたわみ値は実験値より約2~3mm程度の差異が生じているものの、そのたわみ形状は一致傾向を示している。このことは、上述した固有振動数と同様に剛性換算を行った解析結果が実橋よりも剛性が大きく評価されていることから得られた結果と考えられる。しかし、予備調査³⁾の曲げ破壊試験の結果では、ハイブリッド部材を集成材部材として断面算出を行った解析結果は試験結果と一致傾向が示されないのに対し、本橋の3次元構造解析による静たわみは実測値と一致する傾向を示すことが確認された。

7. まとめ 本研究で提示した剛性換算式より得られた固有振動数、静たわみ値は上述した結果となった。その固有振動数は低次振動においても約2割前後の差異が生じ、静たわみ値は、全体的に剛性が大きく実測値との整合性が見られず、剛性換算式として精度のよい結果が得られなかった。本橋の3次元構造解析モデルを用いての固有値解析結果から、部材断面の大小によりサイズファクターを考慮する必要があると考えられる。しかし、今回使用した修正係数の詳細は明確なものではなく、また、ハイブリッド部材を用いた全ての橋梁に適用できる係数ではないと考えられる。ねじれ振動に関しては、いずれの解析ケースにおいても大きい値が得られている。すなわち、ハイブリッド部材独自のねじれ定数の換算式の検討が必要である。また、静解析の結果から実測値と比較してかなり小さいことから、現時点での実質的なヤング係数比 (n) を用いた剛性評価は困難であるように思われる。従って、今後行われるであろうハイブリッド型部材を用いた模型実験、あるいは他橋の実橋を用いた実験結果より、本研究で提示した剛性換算式の更なる検討を行っていく必要があると考えられる。

参考文献 1) 細川弥重、田島次郎：合成桁の設計（鋼+コンクリート）、共立出版株式会社、pp.70-74、1996.3. 2) 草薙貴信、本田秀行ほか：実橋実験によるハイブリッド型キングポストトラス木車道橋の構造特性、土木学会第57回年次学術講演会概要集、I-585,2002.9. 3) 佐々木貴信、薄木征三ほか：1/2 モデル鋼補剛木桁(SW 桁)の載荷実験、土木学会第54回年次学術講演会概要集、I-A324,1999.9.

表-3 実験値と解析値

振動次数	振動モード	固有振動数 (Hz)				
		実験値	Case1	Case2	Case3	Case4
1	トラス水平曲げ振動1次	2.54	3.25	3.13	2.82	2.38
2	鉛直曲げ1次振動	4.39	3.69	4.17	4.57	4.77
3	鉛直曲げ2次振動	4.88	3.76	4.61	4.61	5.13
4	ねじれ1次振動	5.57	5.53	6.09	6.58	6.49
5	鉛直曲げ3次振動	6.84	4.07	6.28	4.77	6.53
6	ねじれ2次振動	8.01	5.72	6.78	6.75	6.97

※■は集成材部材として計算された固有振動数

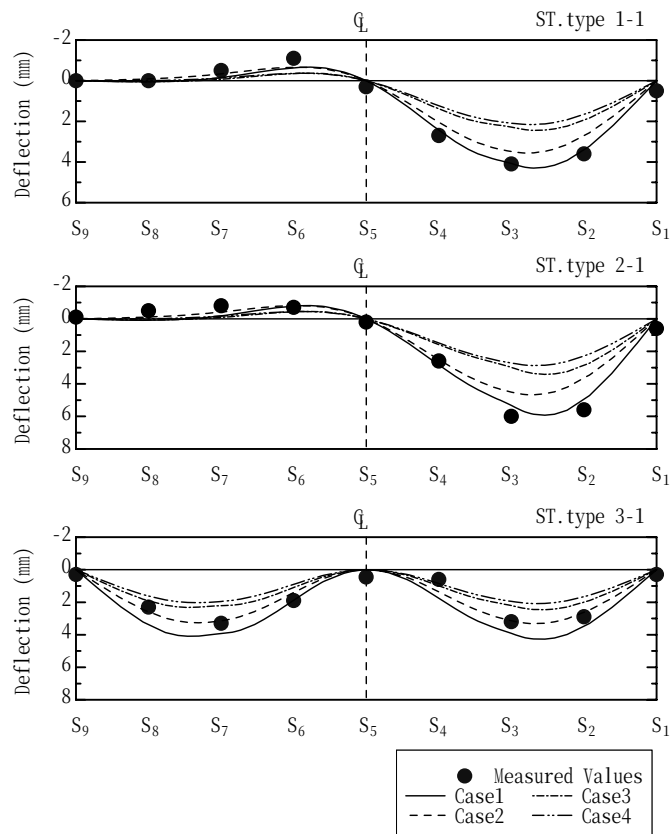


図-3 実験値と解析値(静たわみ)