

有限要素法による鋼補剛木歩道橋の固有振動数解析

(株)日本製鋼所 正員 ○奥野 寛人 室蘭工業大学 フェロー 岸 徳光
 室蘭工業大学 正員 小室 雅人 (株)KGE 正員 巽 治

1. はじめに

平成14年4月に室蘭市に建設された3径間鋼補剛木桁橋（八丁平つなぎ橋）は橋長70.0m、総幅員3.8mの歩道橋で、主要部材に集成材と鋼板を用いたハイブリッド構造を採用している。これまでにこの種の歩道橋に関する振動特性が十分に評価されていないことから、自由振動特性を把握することを目的に人力による加振実験¹⁾が別途実施された。本論文では、今後の維持管理の観点から有限要素法による固有振動解析を行い、加振実験結果と比較することにより、解析結果の妥当性を検討した。

2. 加振実験概要

図-1には、つなぎ橋の概要図を示している。本橋梁は、主桁部に鋼板で補剛した大断面の集成材が用いられている。本実験では、本橋梁の固有振動特性を精度よく計測するために、曲げ振動成分観測時には断面中央部に、ねじり振動成分観測時には両端桁上にサーボ型加速度計を設置することとした。また、支間中央で1人の人間が椅子から飛び降りることにより鉛直振動成分を励起させている。計測およびデータの記録に関しては、加速度計からの出力波形を200Hzのサンプリング周波数でメモリーレコーダアナライザーにて一括収録している。

3. 有限要素法による固有振動数解析

3.1 解析モデル

図-2に解析モデルの要素分割図の一例を示す。本解析では、できるだけ忠実なモデルを用いて振動特性を評価するために、橋脚を含めた全体系を解析対象とした。また、高欄および目隠し板の剛性の影響を検討するために、以下の2種類のモデルに対して解析を行っている。

- モデル1：高欄および目隠し板の質量のみ考慮
- モデル2：高欄および目隠し板をはり要素を用いてモデル化し、剛性および質量を考慮

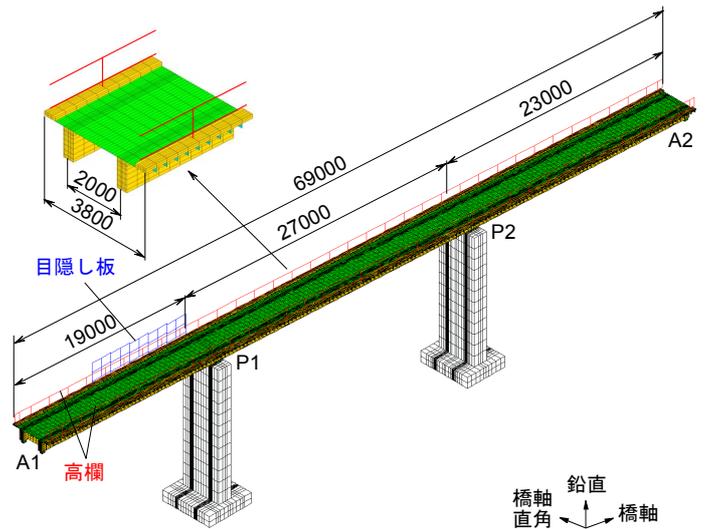


図-2 要素分割図(モデル2)

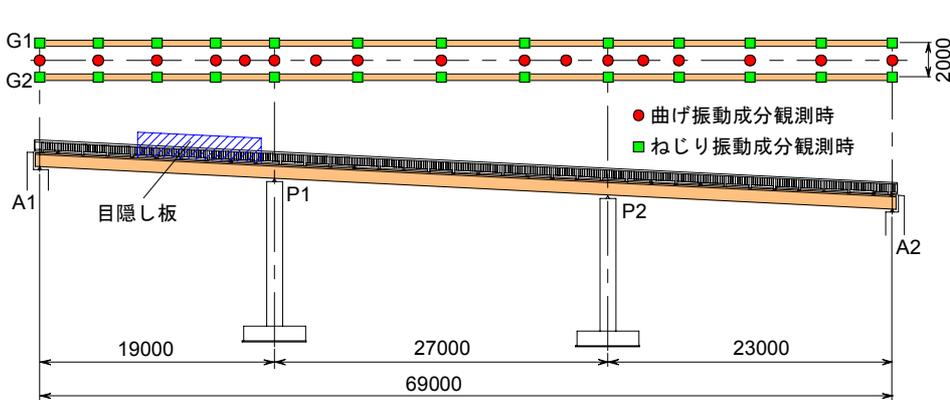
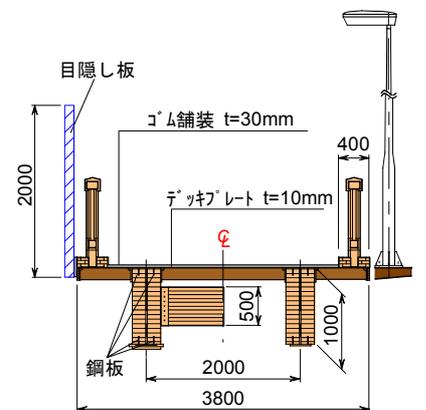


図-1 つなぎ橋の概要図



キーワード：鋼補剛木橋、集成材、ハイブリッド構造、固有振動数解析

〒051-8505 北海道 室蘭市 茶津町4番地 (株)日本製鋼所 室蘭研究所 TEL 0143-22-0750 FAX 0143-22-4180

他の部位に関しては、地覆部、主桁部（集成材）、支承部および橋脚に8節点固体要素を、主桁部の鋼板、横桁、縦リブ、舗装および鋼床版に4節点シェル要素を用いてモデル化している。

3.2 材料定数

表-1に解析に用いた材料定数をまとめて示す。集成材に関しては、含水率および使用される木材の個体差によって剛性が変動することが確認されている。ここでは、加振実験が冬期間（平成14年11月）に実施されたことを踏まえ、弾性係数を規格値 E_s (10.3 GPa)の1.0、1.1、1.2、1.3、1.4倍と変化させて解析を試みた。

4. 解析結果および考察

表-2に解析から得られた固有振動数を実験結果と比較して示している。なお、実験結果におけるねじり振動に関しては、固有振動数の抽出は不可能であった。表より曲げ振動について着目すると、全ての次数において振動数は集成材の弾性係数の増加に伴って大きくなる傾向が見られる。また、モデル2の固有振動数はいずれの弾性係数においてもモデル1と比較して大きく、弾性係数を $1.3E_s$ とした場合に1次および2次振動数が実験結果とほぼ一致することがわかる。ねじり振動数に関しては、いずれの解析結果においても

ねじり1次振動数が曲げ2次振動数と非常に近接した値を示していることがわかる。これは、加振実験において、ねじり振動モードの特定が困難であった一つの要因であるものと考えられる。

図-3にモデル2（弾性係数 $1.3E_s$ ）の解析から得られた振動モードを実験結果と比較して示している。なお、実験において断面中央部に配置した加速度計に不具合が生じたため、該当する箇所の実験値はないものとして図示している。同図より全てのモードは実験結果とほぼ一致していることがわかる。

5. まとめ

- 1) 高欄および目隠し板の剛性および質量を考慮し、集成材の弾性係数を規格値の1.3倍とすることにより実験結果の曲げ固有振動数をほぼ再現可能である。
- 2) 曲げ振動モードは実験結果とほぼ一致した分布を示すことが明らかとなった。

【参考文献】

1) 岸, 寺田, 巽, 三上, 小室: 人力加振によるつなぎ橋の固有振動特性評価, 土木学会北海道支部論文集, Vol. 59. pp.6-9.

表-1 材料定数一覧

	弾性係数 E (GPa)	ポアソン比 ν	密度 ρ (kg/m ³)
集成材*	10.3 (規格値)	0.4	620
鋼材	206	0.3	7850
コンクリート	30	0.2	2500
支承 (ゴム部)	橋台側 2.38×10^{-3} 橋脚側 2.98×10^{-3}	0.49	—
舗装(ゴム)	—	—	1000

* 集成材の弾性係数を規格値 E_s (10.3 GPa)の1.0, 1.1, 1.2, 1.3, 1.4倍と変化させて解析を実施

表-2 実験および固有振動数解析結果の比較

モデル	振動モード	実験値 (Hz)	解析値 (Hz)					
			$1.0E_s$	$1.1E_s$	$1.2E_s$	$1.3E_s$	$1.4E_s$	
モデル1	曲げ振動	1次	4.39	3.86	3.95	4.04	4.12	4.20
		2次	6.23	5.64	5.76	5.88	5.99	6.10
		3次	7.83	7.48	7.64	7.78	7.92	8.04
	ねじり振動	1次	—	5.83	6.03	6.22	6.40	6.57
モデル2	曲げ振動	1次	4.39	4.09	4.18	4.27	4.35	4.43
		2次	6.23	5.86	5.98	6.09	6.20	6.31
		3次	7.83	7.63	7.77	7.91	8.03	8.15
	ねじり振動	1次	—	5.83	6.02	6.20	6.37	6.54

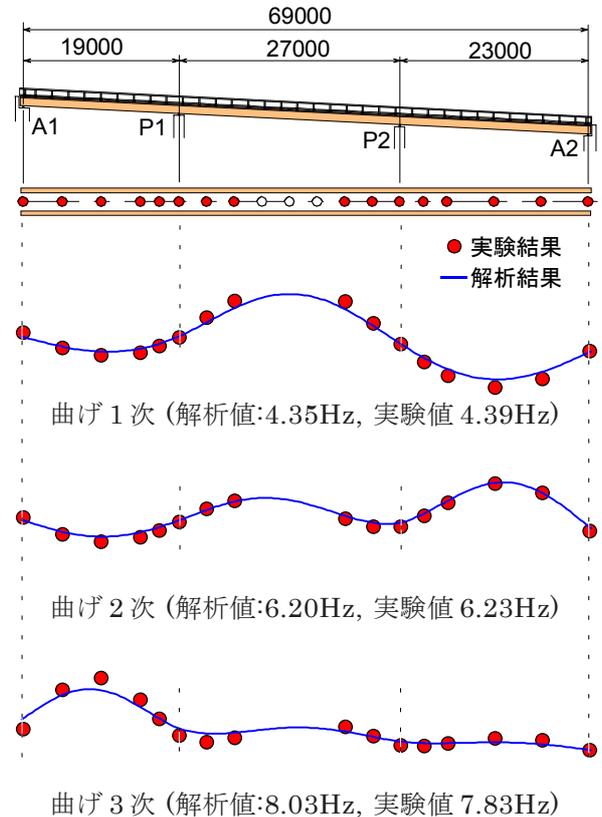


図-3 実験および解析結果のモード分布の比較