

I - 565

木製斜張橋（用倉大橋）の静的・動的解析と剛性に関する一考察

金沢工業大学 正 本田秀行 大日本コンサルタント(株) 正 ○瀬戸繁樹
 東京大学 正 藤野陽三 名古屋工業大学 正 岩本政巳
 三井木材工業(株) 飯村 豊

1. まえがき 用倉大橋は、新広島空港周辺の広島県立中央公園内のサイクリングロード1号橋で、平成6年に開催される広島アジア大会の施設の一部として平成5年に架設された橋梁である。構造的には、トラス補剛桁を有する2面吊り斜張橋で、中央支間長77 m、橋長145 mの旧TL-14で設計された道路橋である。本橋は、タワーがコンクリート製であるが、トラス補剛桁等が集成材を使用した木製である点が特徴となっている。このような集成材を使用した木製の長大斜張橋は、世界的にも極めて例が少ないように思われる。

そこで、木製橋梁の基礎的資料を得るために、本研究では金沢工業大学所有のMSC/NASTRAN (Ver.67)を用いて用倉大橋の忠実な3次元モデルによる静的解析と動的解析（固有値解析）を実施した。その結果を基に、著者ら¹⁾が計測した実験値と解析値を比較すると共に、構造系としての集成材の剛性評価に検討を加えた。

2. モデル化 解析で対象とした用倉大橋の一般図を図-1に示す。用倉大橋の3次元モデルは、図-2に示すように、魚骨モデルに置換する前に格点部をラーメン結合とする節点数498個、要素数1174個の上下弦材、斜材、鉛直材、上下横構、地覆や高欄に至るまで実橋に忠実にモデル化している。なお、部材質量の算定では、構造部材の他にケーブル定着金具、部材接合金具やボルト本数も考慮した。

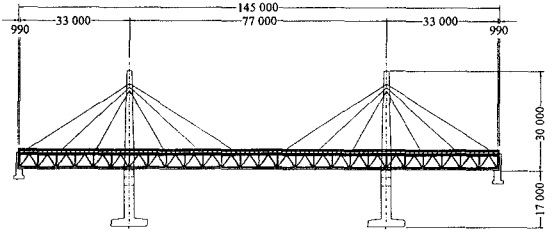
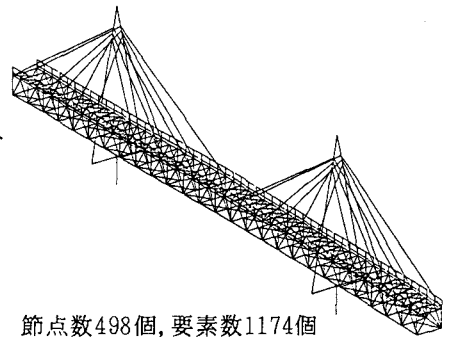


図-1 対象橋梁の一般図

3. 静的解析 静的解析では、実験状況¹⁾と同様に、中央径間中央部に14tf車の前・後軸荷重を載荷して静たわみを求めた。設計値である集成材のヤング係数 $E = 1.1 \times 10^6$ tf/m²を用いた解析では、実験値と差異が生じた。ヤング係数の評価には、集成材固有の材料値と部材接合金具も含めた構造系としての値が考えられる。そこで、集成材のヤング係数値とポアソン比を様々変えた解析を試みた。その結果の一例を表-1、2に示す。いま、レベル計による実験値を基準にすれば、構造系としての集成材のヤング係数は、 $E = 1.3 \sim 1.5 \times 10^6$ tf/m²程と思われる。なお、集成材のポアソン比が静たわみに及ぼす影響は、表-2のようにほとんど認められない。



節点数498個、要素数1174個

図-2 3次元解析モデル

表-2 集成材のポアソン比と静的最大たわみ

(E=1.4x10 ⁶ tf/m ² の場合)	
ポアソン比	静たわみ(14tf車中央部載荷)
0.1	9.57 (mm)
0.2	9.57
0.3	9.57
0.4	9.57
0.5	9.57

(ポアソン比 0.5 の場合)	
集成材のヤング係数 E (tf/m ²)	静たわみ (14tf車中央部載荷)
1.1 x 10 ⁶	11.00 (mm)
1.2 x 10 ⁶	10.52
1.3 x 10 ⁶	9.96
1.4 x 10 ⁶	9.57
1.5 x 10 ⁶	9.10
1.6 x 10 ⁶	8.79
1.7 x 10 ⁶	8.49
1.8 x 10 ⁶	8.14
1.9 x 10 ⁶	7.70
2.0 x 10 ⁶	7.60
2.2 x 10 ⁶	7.13
2.4 x 10 ⁶	6.71
2.6 x 10 ⁶	6.30
2.8 x 10 ⁶	5.97
3.0 x 10 ⁶	5.66
3.2 x 10 ⁶	5.39

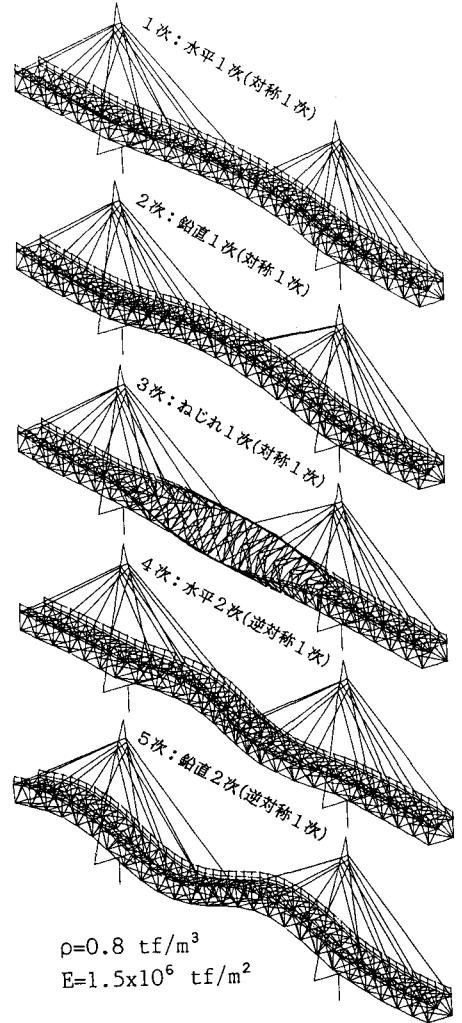
実験値：
 リング型変位計 5.64 (mm)
 レベル計 9.3 (mm)
 USAでの解析値：9.9 (mm)

4. 動的解析（固有値解析）

固有値の計算は、解析モデルや計算時間等を考慮して修正ギブンス法

を用いた。まず、設計値である集成材の単位体積重量 0.5 tf/m^3 とヤング係数 $E=1.1 \sim 2.0 \times 10^6 \text{ tf/m}^2$ での解析結果を表-3に示す。また、比較のために実験で得られた固有振動数と振動モードの詳細を表-4に示す。なお、表中のUSAでの解析値は Western Wood Structure社が節点数268個の3次元固有値解析をSAP90で行った値である。本解析値での固有振動数は集成材のヤング係数の増加とともにその値が大きくなっている。また、各振動次数での固有振動数は、差異があるものの実験値に近い値を示しているが、全体的に実験値より多少大きい傾向がある。振動モードでは、3次のねじれ1次と5次の鉛直2次振動のモードが出現する次数が実験値と異なっている。

集成材の単位体積重量に関して、本橋の設計では 0.5 tf/m^3 が用いられているが、建築学会等ではその単位体積重量は一般に 0.8 tf/m^3 が用いられているようである。そこで、集成材の単位体積重量とヤング係数を様々変えた解析を試みた。表-5は、集成材の単位体積重量が 0.8 tf/m^3 での解析結果である。単位体積重量の増加分、表-3の値より固有振動数は小さくなり、実験値にさらに近い値となっている。振動モードは、基本的には表-3と同様であるが、高次振動の7次と8次、9次と10次振動モードの変更が見られる。5次振動モードまでを一例として図-3に示す。以上の解析に基づき、集成材を用いた木製橋梁



$$\rho = 0.8 \text{ tf/m}^3$$

$$E = 1.5 \times 10^6 \text{ tf/m}^2$$

図-3 振動モード例

表-3 ヤング係数の変化による固有振動数 (Hz)

振動次数	振動モード	集成材のヤング係数 E ($\times 10^6 \text{ tf/m}^2$)									
		1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
1次	水平1次	1.87	1.95	2.03	2.10	2.17	2.24	2.31	2.37	2.44	2.49
2次	鉛直1次	2.38	2.33	2.38	2.43	2.48	2.53	2.58	2.63	2.68	2.72
3次	ねじれ1次	3.52	3.49	3.58	3.69	3.79	3.88	3.97	4.07	4.15	4.24
4次	水平2次	4.09	4.25	4.42	4.58	4.74	4.89	5.04	5.18	5.32	5.45
5次	鉛直2次	4.40	4.52	4.67	4.82	4.96	5.09	5.23	5.38	5.49	5.61
6次	水平3次	4.55	4.74	4.92	5.10	5.28	5.45	5.61	5.77	5.92	6.07
7次	水平4次	4.68	4.87	5.06	5.25	5.43	5.60	5.77	5.94	6.09	6.25
8次	鉛直3次	4.81	4.94	5.13	5.31	5.48	5.65	5.81	5.97	6.13	6.28
9次	鉛直4次	6.18	6.24	6.45	6.65	6.85	7.03	7.22	7.40	7.58	7.75
10次	ねじれ2次	6.22	6.34	6.56	6.77	6.98	7.17	7.37	7.55	7.73	7.91

表-4 実験での固有振動数

振動モード	USAでの 解析値 (Hz)	実験値 (Hz)		
		共振曲線	常時微動	自由振動
鉛直1次 (対称1次)	1.43	2.04	2.21	2.03
鉛直2次 (対称2次)	2.52	3.37	3.45	3.39
ねじれ1次 (対称1次)	3.20	3.98	4.09	4.12
鉛直3次 (逆対称1次)	1.79	4.30	5.02	4.44

表-5 ヤング係数の変化による固有振動数 (Hz)

振動次数	振動モード	集成材のヤング係数 E ($\times 10^6 \text{ tf/m}^2$)															
		1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2
1次	水平1次	1.69	1.77	1.84	1.91	1.97	2.03	2.10	2.16	2.21	2.27	2.38	2.48	2.58	2.68	2.77	2.86
2次	鉛直1次	2.05	2.10	2.15	2.19	2.24	2.28	2.33	2.37	2.41	2.45	2.53	2.61	2.69	2.78	2.83	2.90
3次	ねじれ1次	2.98	3.08	3.17	3.26	3.34	3.42	3.50	3.58	3.66	3.74	3.88	4.02	4.16	4.29	4.42	4.54
4次	水平2次	3.70	3.88	4.02	4.16	4.31	4.44	4.58	4.71	4.83	4.95	5.19	5.42	5.63	5.84	6.04	6.22
5次	鉛直2次	3.92	4.06	4.20	4.33	4.46	4.58	4.70	4.82	4.93	5.04	5.26	5.47	5.66	5.86	6.04	6.24
6次	水平3次	4.17	4.35	4.52	4.68	4.84	5.00	5.15	5.29	5.43	5.57	5.82	6.09	6.33	6.57	6.79	7.01
7次	鉛直3次	4.27	4.45	4.62	4.78	4.94	5.09	5.24	5.38	5.52	5.66	5.92	6.18	6.42	6.65	6.88	7.10
8次	水平4次	4.28	4.46	4.64	4.87	4.93	5.13	5.29	5.44	5.58	5.72	6.00	6.26	6.51	6.75	6.98	7.21
9次	ねじれ2次	5.38	5.56	5.76	5.95	6.14	6.32	6.49	6.66	6.83	6.99	7.30	7.60	7.89	8.16	8.43	8.68
10次	鉛直4次	5.45	5.65	5.84	6.02	6.20	6.37	6.54	6.71	6.87	7.02	7.33	7.62	7.90	8.17	8.44	8.70

価に対しては格点部などの解析モデル等も含め様々な観点から検討する必要がある、今後の課題としたい。

参考文献 1) 藤野・岩本・本田・飯村他：集成材を補剛桁に用いた斜張橋(用倉大橋)の振動実験, 橋梁, Vol. 29, No. 6, 1993年.