

I-B 69 木製斜張橋（用倉大橋）の構造剛性に関する解析的考察

金沢工業大学大学院 学生会員 伊藤 友彦
金沢工業大学 正会員 本田 秀行

1. まえがき

本解析の対象とした橋梁の用倉大橋は、広島空港に隣接した広島県立中央公園内に平成5年、サイクリングロードとして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、中央径間77 m、橋長145 mの旧TL-14で設計された道路橋である。また、タワーは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。わが国ではこのような集成材を使用した長大木造橋は極めて例が少なく、世界的にも斜張橋としては初めての試みと思われる。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を用いて本橋の3次元モデルを忠実に作成し、静的解析および動的解析を実施した。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検討すると共に、本橋の構造系全体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。また、用倉大橋の3次元構造モデルを図-2に示す。この3次元構造モデルは、魚骨モデルに置換する前の基礎的研究として接点数498個、要素数1174個の上下弦材、斜材、垂直材、上下横構、地覆や高欄に至るまで実橋を忠実にモデル化している。なお、部材質量の算定では、鋼材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。また、本橋においては、トラス補剛桁の格点接合部がボルト締めしてあるため格点部は、半剛結であると考えられる。したがって、解析するにあたって格点部を剛結合にしたモデルと、ピン結合にしたモデル、そして実橋格点部を忠実にモデル化した半剛結モデルについて考えた。

3. 解析

解析においては、先に示した両モデルに対して静的および、動的解析を様々な条件で行った。

静的解析では実験状況と同様に、中央径間中央部に14tf車の前・後輪荷重をモデル載荷して静たわみを求めた。本橋は集成材のヤング係数が $E=1.1 \times 10^6 \text{ tf/m}^2$ で設計されているが、構造系全体としてのヤング係数を評価するために、集成材のヤング係数値を $E=1.1 \times 10^6 \text{ tf/m}^2$ から $3.3 \times 10^6 \text{ tf/m}^2$ まで変えた解析を行った。その結果を示したのが図-3である。実験値を基準にすると $E=1.5 \times 10^6 \text{ tf/m}^2$

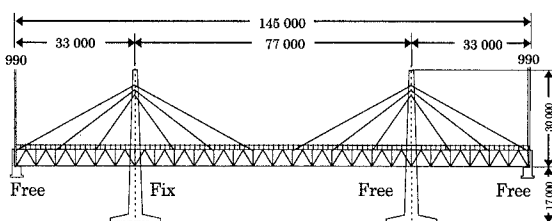


図-1 用倉大橋の一般図

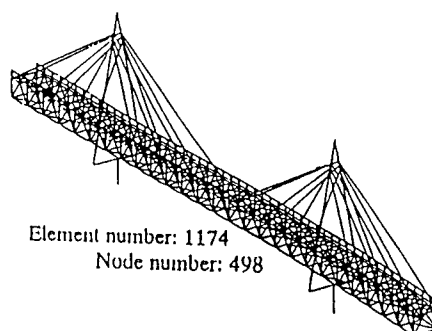


図-2 3次元構造モデル

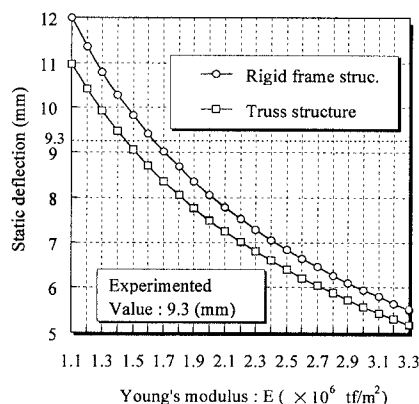


図-3 集成材のヤング係数と最大静たわみ

前後が構造系全体としてのヤング係数値と思われる。なお、集成材のポアソン比が静たわみに及ぼす影響は、ほとんど認められなかった。

動的解析（固有値解析）では、静的解析で得られた結果を基に、集成材のヤング係数を $E = 1.1 \sim 1.7 \times 10^6 \text{ tf/m}^2$ の範囲で解析を行った。さらに本橋の設計では、集成材の単位体積重量 $\rho = 0.5 \text{ tf/m}^3$ が用いられているが、建築学会等では、単位体積重量を一般に $\rho = 0.8 \text{ tf/m}^3$ 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して $\rho = 0.5 \sim 0.8 \text{ tf/m}^3$ の範囲で両モデルについて解析を行った。その結果と実験で得られた固有振動数と振動モードの詳細を比較のため表1に示す。ここで、実験値と解析値の値を比べると、振動モード鉛直1次及び2次に関しては、近い値を示している。しかし、ねじれ1次に関しては、若干の差異がある値になった。その理由として、実験のねじれ1次に関する振動モードの詳細は確認できず、解析による振動モードと実験による振動モードに違いが生じていると考えられる。本解析によって得られた振動モードは低次の振動モードである水平・鉛直の各1次・2次・3次及び、ねじれの1次に関しては、基本的に同じモードが表れたが、高次の振動モードでは異なったモードが見られた。なお、図-4に水平・鉛直の各1次・2次及び、ねじれ1次の振動モード図を一例として示す。

また、本橋の支承部の境界条件は、図-1に示しているが、支承部の境界条件が固有振動数に及ぼす影響を把握するために、支承部の境界条件も様々に変えた解析を試みた。さらに、トラス補剛桁の格点部を半剛結にしたモデルについては、部材間の接続を弾性ばねと考え、個々の格点部において解析を行い、その結果からばね係数を算出して対象橋梁3次元構造モデルの格点部に代入して構造系全体としての解析を行った。

以上にに基づき、本解析による木製斜張橋の構造剛性に関しては、基礎的な資料が得られたと思われる。今後、これら解析で得られた資料を基に対象橋梁に関する簡易な魚骨モデル化への置換法、およびその結果を基に走行車両による木製斜張橋の動的応答解析を行って動的応答特性や、動的増幅率の評価等に対しても、検討を続けて行きたい。

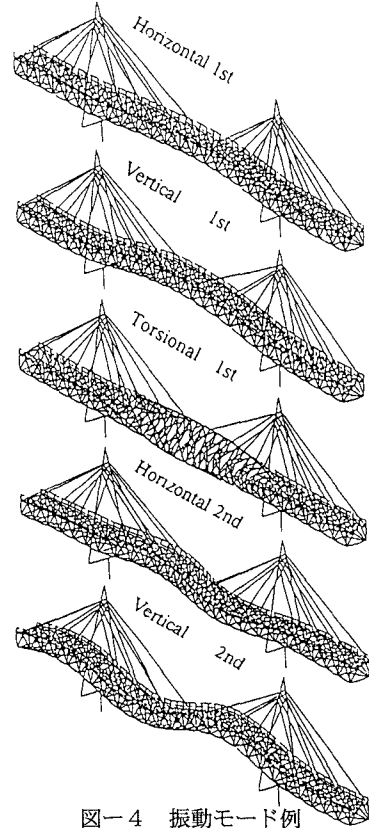


図-4 振動モード例

表-1 ヤング係数の変化による固有振動数 (Hz)

Vibration modes	Rigid frame structure with lumped mass model												Truss structure with lumped mass model												Natural frequency experimented		
	$\rho = 0.5 \text{ (tf/m}^3\text{)}$			$\rho = 0.65 \text{ (tf/m}^3\text{)}$			$\rho = 0.8 \text{ (tf/m}^3\text{)}$			$\rho = 0.5 \text{ (tf/m}^3\text{)}$			$\rho = 0.65 \text{ (tf/m}^3\text{)}$			$\rho = 0.8 \text{ (tf/m}^3\text{)}$			Resonance curve	Ambient vibration	Free vibration						
	Young's modulus of glue laminated timber : $E \text{ (} \times 10^4 \text{tf/m}^2\text{)}$												Young's modulus of glue laminated timber : $E \text{ (} \times 10^4 \text{tf/m}^2\text{)}$														
	1.1	1.3	1.5	1.7	1.1	1.3	1.5	1.7	1.1	1.3	1.5	1.7	1.1	1.3	1.5	1.7	1.1	1.3				1.5	1.7				
Horizontal 1st	1.91	2.07	2.24	2.36	1.82	1.87	2.11	2.25	1.73	1.88	2.02	2.14	1.81	1.97	2.11	2.25	1.67	1.87	1.95	2.07	1.55	1.68	1.80	1.92			
Vertical 1st	2.27	2.38	2.49	2.58	2.15	2.26	2.35	2.45	2.05	2.15	2.24	2.33	2.17	2.36	2.48	2.58	1.95	2.11	2.27	2.42	1.79	1.94	2.09	2.22	2.04	2.21	2.03
Torsional 1st	3.40	3.61	3.82	4.00	3.19	3.39	3.57	3.75	3.00	3.18	3.36	3.52	3.39	3.60	3.80	3.99	3.19	3.39	3.57	3.75	3.01	3.19	3.36	3.53	3.98	3.45	3.39
Horizontal 2nd	4.18	4.53	4.88	5.16	3.97	4.30	4.61	4.90	3.78	4.10	4.39	4.67															
Vertical 2nd	4.42	4.74	5.05	5.30	4.18	4.48	4.75	5.01	3.97	4.25	4.51	4.76	4.41	4.73	5.02	5.29	4.03	4.37	4.69	4.99	3.72	4.04	4.34	4.62	4.3	5.02	4.44
Horizontal 3rd	4.66	5.06	5.46	5.75	4.43	4.81	5.15	5.47	4.26	4.62	4.95	5.26															
Vertical 3rd	4.79	5.17	5.56	5.88	4.53	4.89	5.24	5.56	4.31	4.66	4.99	5.30	4.78	5.16	5.53	5.87	4.33	4.71	5.06	5.39	3.97	4.25	4.56	4.86			
Horizontal 4th	4.85	5.26	5.66	5.98	4.61	5.00	5.36	5.69	4.42	4.79	5.13	5.45															
Vertical 4th	6.02	6.45	6.87	7.23	5.70	6.10	6.48	6.83	5.39	5.80	6.18	6.54	5.96	6.43	6.82	7.20	5.38	5.84	6.27	6.67	4.99	5.42	5.82	6.09			
Vertical 5th	6.03	6.57	7.01	7.37	5.78	6.21	6.60	6.97	5.45	5.83	6.20	6.54	6.12	6.56	6.97	7.38	5.75	6.19	6.59	6.96	5.43	5.82	6.18	6.54			

ρ : Gravity of glue laminated timber, Poisson's ratio $\nu = 0.5$

参考文献 1) 藤野・岩本・本田・飯村他：橋梁 増刊、Vol. 30、No. 13、pp. 128～130、1994年12月。