

鋼ゲルバートラス橋の振動低減のための補強方法に関する研究

日本大学 学生会員 ○千葉皓太

日本大学 正会員 笠野英行

1 緒言

本研究で対象とする橋梁は、全橋 191.70m、ヒンジ区間 27.000m 幅員 7m の東西に伸びている 3 径間の鋼ゲルバートラス橋（鋼種 SM40〈現 SM400〉）である。本橋の側面図を図-1 に示す。本橋は、大型車の走行が多くその際の振動に関して第三者から懸念の声が出ている。

そこで、側道橋（歩道橋）補修のために足場が設置されたことを機に、対象橋梁のヒンジ区間に加速度計を設置し常時微動計測を実施した。常時微動計測データから振動モードの分析と、大型車走行時の変位を得た結果、同規模、同種の橋梁¹⁾ と比べ変位が著しく大きいことが分かった。よって本研究では、FEM 解析ソフトを用いて対象橋梁のモデルを作成し、振動に対して有効な補強方法の提案とその検証を目的とする。

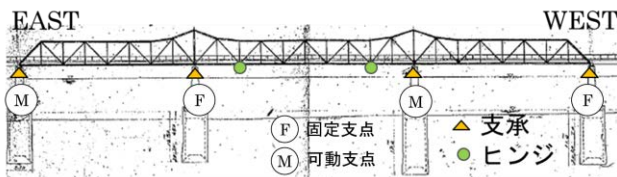


図-1 橋梁側面図

2 実測値

常時微動の計測するために、設置した加速度計の位置を図-2 に示す。図中の赤い点の 5 か所の縦桁下フランジ上面に設置し計測を行った。また加速度計に名称を付け、上流側を A、下流側を B とし西から順に 1、2、3 とした。

得られた加速度波形から多次元 AR モデル²⁾を用いて振動モードを推定した結果の 1 次と 4 次モード形を図-3 に示す。1 次の振動数 2.93Hz が得られ、この値は対象の支間長では一般的³⁾である。また得られた加速度データから変位を算出した結果、最も変位したのはヒンジ区間中央である A2 で 8.42mm であった。その時の各計測点の変位を表-1 に示す。

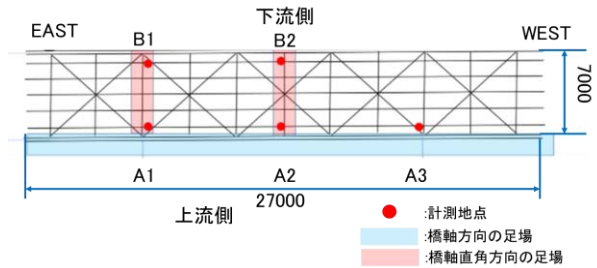
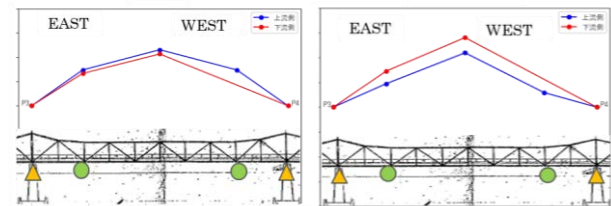


図-2 ヒンジ区間に設置した加速度計位置



1 次モード (2.93Hz) 4 次モード (4.59Hz)

図-3 1 次と 4 次の振動モード

表-1 各計測点の変位 (mm)

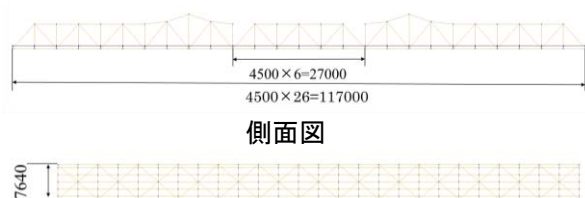
設置位置	A1	A2	A3	B1	B2	B3
変位	3.74	8.42	5.53	2.14	5.04	

3 解析モデルの振動特性と同定結果

詳細な振動特性を把握するため、本研究で作成した FEM モデルを図-4 に示す。解析モデルは、FEM 解析の汎用ソフトである DIANA を用いて対象の鋼ゲルバートラス橋の主構部材及び、縦桁、横桁、対傾構を梁要素で、床版はシェル要素を用いて 3 次元でモデル化した。固有値解析より得られた振動モードを図-5 に示し、表-2 に各モードの振動数と実測値との誤差を示す。実測値との誤差は、振動モード並びに、振動数は概ね一致した。また固有値解析より得られた、各振動モードの橋軸方向と橋軸直角方向、および鉛直方向の刺激係数を表-3 に示す。鉛直方向の 4 次モードの刺激係数が最も支配的である。人が振動に対する感覚基準として広く用いられている「F.L.Meister による人体感覚に対する有感曲線」によると、本橋の 4 次モードの振動は、6 段階中 4 段階目の「強く感じる」⁴⁾に該当する。

キーワード: 鋼ゲルバートラス橋, 振動特性, FEM 解析, 固有値解析

連絡先: 〒963-8642 福島県郡山市田村町徳定字中河原 1 日本大学工学部 TEL:024-956-8714 E-Mail:ceko22007@g.nihon-u.ac.jp

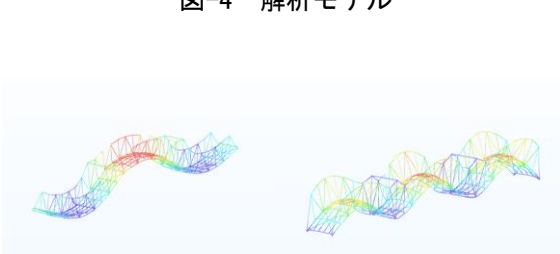


側面図



平面図

図-4 解析モデル



1次モード(2.89Hz) 4次モード(4.74Hz)

図-5 解析モデル-振動モード

表-2 実測値と解析モデルの振動数と誤差

次数	振動数(Hz)		誤差
	実測値	モデル	
1	2.93	2.89	-1%
2	3.90	3.65	-6%
3	3.98	4.58	15%
4	4.59	4.74	3%

表-3 各モードの刺激係数の比

次数	橋軸方向	橋軸直角方向	鉛直方向
1	-2.6927	-0.0001	0.3105
2	0.5636	-0.0010	1.2491
3	0.0028	0.4642	-0.0044
4	1.5084	-0.0063	20.6900

4 補強方法の提案と検証

4次モードの振動に対して抵抗するように、キングポスト方式のトラス部材で補強を提案した。図-6は提案した補強方法を示しており補強に用いたトラス部材を図中青線で示している。

補強したモデルで固有値解析を行い得られた振動モードを図-7に示す。補強前の4次モード形と同じ振動モードが、補強後の3次モードで見られた。補強後の3次モードの振動数は5.33Hzであり、補強前に比べ12.4%上昇した。これは、補強により対象橋梁の剛性が高くなったためと考えられる。次に補強効果を検証するため、常時微動の計測データから得られた変位をもとに荷重状態を想定すると、A2とB3の位置にT活荷重載荷することで、計測で得られたA1からB2の変位状態を概ね再現できた。この荷重を載荷した場合の、補強前と補強後の変位、および

低減率を表-3に示す。各計測した位置で30%程度から50%程度の低減が見られた。

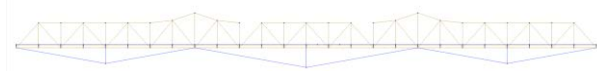


図-6 補強部材の設置方法(側面図)

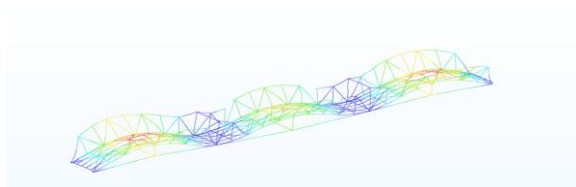


図-7 3次モード(5.33Hz)

表-3 補強前後の変位(mm)と低減率

設置位置	補強前	補強後	低減率(%)
A1	3.74	1.83	43.3
A2	8.15	5.29	35.1
A3	4.57	2.94	35.6
B1	2.28	1.07	53.0
B2	6.57	4.06	38.3
B3	5.55	4.01	27.8

5 考察

本研究では、振動に関して懸念の声が出ている本橋に対して補強方法の提案と検証を行った。検証の結果、補強により12.4%の剛性の上昇と最大で50%の変位の低減が見られた。以上のことから本研究で提案した補強方法は、対象橋梁の振動に対して有効であると考えられる。本研究は、初期研究であるためトラス部材による補強方法を提案したが、今後は部材の選定や、外PCケーブルを用いた補強方法についての検討や、振動の感じ方についても考慮する予定である。

参考文献

- 阿部清考, 手塚薫. 腹材変形の影響を考慮にいた桁としての等断面平行弦単純トラス橋の強制振動について. 土木学会誌, 第三十六巻, 第九号, pp. 5-10, 1951
- 岡林隆敏, 中忠資, 奥松俊博, Hao JIEXIN: 多次元ARモデルを用いた常時微動による橋梁振動特性推定法と推定精度の検討, 土木学会論文集A, Vol. 64, No. 2, pp. 474-487, 2008.
- 梶川康男. 道路橋の振動とその橋梁の使用性に関する影響に関する研究. 京都大学工学博士論文, 1980
- 小野裕二, 山内敏夫, 疋田貞良: 通行車両による橋の振動感覚-大沼こ線橋実験結果-第33回北海道開発技術発表会, 1992/2/1