

横振れが生じる鋼鉄道橋の維持管理と横振れ抑制を目的とした対策案の検討

(株)BMC 正会員 ○石井 秀和
 東日本旅客鉄道(株) 正会員 松尾 伸二
 東日本旅客鉄道(株) 篠原 良治
 (株)BMC 正会員 小芝 明弘

1. はじめに

曲弦下路トラスにおいて、横振れが発生している。現時点では軌道の保守上、走行性へ目立った影響は報告されておらず、当面の列車運行への問題は無いことが確認されている。しかしながら、横振れが経年によって変化しているかの把握をし、また、橋りょう部材の経年劣化が進行すると新たに横振れによる問題が顕在化する可能性もあるので、横振れの抑制を目的とした対策案について検討を要する。

そこで、光学式変位計による変位測定手法によって横振れを測定し、1年前の計測結果と比較をして経年変化の検討をした。また、過去の検討の結果¹⁾から当橋は列車の車両動揺と共振することが横振れの主要因とみられ、橋りょうの固有振動数を変えることで横振れを抑制する対策案の検討をFEMモデル上で行った。

2. 検討内容

当橋の諸元を表-1に示す。

2.1 横振れの経年変化確認

横振れの経年変化を変位測定によって確認した。変位測定は、過去に実施された横振れの変位測定と同様に、光学式変位計による測定手法によって行った。光学式変位計の概念図を図-1に示す。この光学式変位計を用いて、1年前の測定と同位置である支間中央の変位量を測定した。また、変位測定の結果を用いてフーリエ解析を行い、列車通過時と列車通過後の卓越振動数の算出をした。

2.2 横振れ抑制を目的とした対策案の検討

横振れ抑制を目的とした対策案は、橋りょうの固有振動数を変えることを目的とし、死荷重の増大を最小限にして固有振動数を高くする対策案の検討をした。対策案の検討は、図-2に示すFEMモデル上で下ラテラル強化策、橋門構強化策、垂直材強化策を解析し、固有振動数の変化を求めて評価した。

3. 検討結果

3.1 横振れの経年変化確認

横振れの経年変化を確認するために変位測定を行った結果を前年の測定結果と比較を表-2に示す。また横振れが最大であった変位波形を図-3に示す。今回の測定結果について整理すると以下のとおりである。

表-1 対象橋りょうの諸元

構造形式	曲弦下路トラス（リベット構造）
支間長	77.5m
主構中心間隔	5.0m
主構高	8.0～12.5m
桁重量	235.51t
架設年月	1940年7月

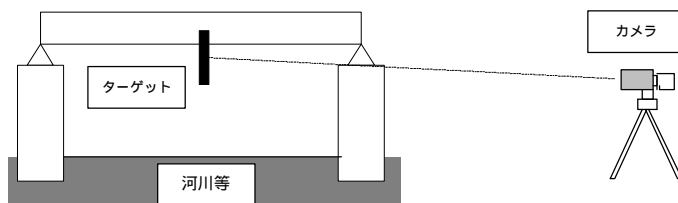


図-1 光学式変位計概念図

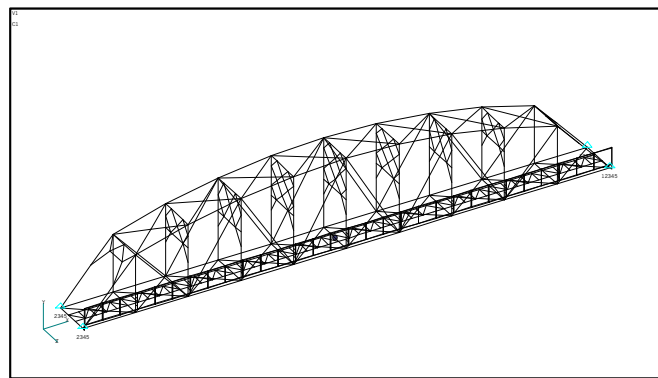


図-2 FEMモデル図

キーワード 鋼鉄道橋，横振れ，経年変化，変位測定，FEM

連絡先 〒261-7125 千葉県千葉市美浜区中瀬 2-6WBG マリブ ウェスト 25 階 TEL 043-297-0207

横振れ最大値は 7.7mm で、1 年前の平均値に相当する。

横振れは列車通過中に次第に大きくなり、列車通過直後から減衰する。

横振れの最小値は変化がみられない。

列車通過時の卓越振動数は、1 年前の平均値に相当する。

列車通過後の卓越振動数は、1 年前より低かった。

3.2 横振れ抑制を目的とした対策案の検討

横振れ抑制を目的とした対策案を FEM モデル上で検討した結果を表-3 に示す。検討結果を整理すると以下のとおりである。

全パネルの下ラテラルを断面積 2 倍にした場合は、現状構造より固有振動数が約 0.1Hz 高くなった。

桁端部 2 パネルの下ラテラルの断面積を 3 倍にした場合、全パネルの下ラテラルを断面積 2 倍にしたのと同様に固有振動数が高くなった。

橋門構を強化した場合は、下ラテラル強化策ほどは固有振動数が変化しなかった。

垂直材を強化した場合は現状構造より固有振動数が変化せず、むしろ若干低下する傾向にあった。

固有振動数が 0.1Hz 変化した場合の横振れの変化について試算すると、横振れ量が約 1/2 になることが期待できる。この試算は、以下の運動方程式を立て、実際の測定波形を再現して固有振動数を変化させた場合の横振れ量について算定した。

$$x''(t) + 2h \omega x'(t) + \omega^2 x(t) = F \sin \omega(t)$$

ここで、

$x(t)$ は横振れ、 h は減衰比、 ω は円固有振動数

4.まとめ

横振れの経年変化を確認したところ、1 年前のような 10mm を越す横振れは今回の測定ではみられず、卓越振動数においても特に列車通過後の測定結果は 1 年前より若干低かった。しかしながら、リベットの弛みといった経年による桁の剛性低下から、横振れの低減と卓越振動数が低くなったとは断定し難い。なぜならば、当該橋りょうの横振れは列車の車両動揺と共振することで橋桁の横振れが生じていることから、軌道の磨耗状態によって列車の車両動揺が変化すると予想され、さらに、気温の変化も桁の固有振動数に関係することが予想される。したがって、当面は 1 年周期で変位測定を行って経年変化を追跡する。

横振れ抑制を目的とした対策案について検討した結果、下ラテラル強化策が最も桁の固有振動数を変化させる効果が期待でることが判った。また、実際に横振れ抑制の対策工を施すことを想定すると、端部 2 パネルの下ラテラルのみ断面積 3 倍に強化した場合で全パネルの下ラテラルを断面積 2 倍に強化した場合と同等の効果が得られた。また、固有振動数と横振れの関係について試算した結果、強化策を講じることで固有振動数を 0.1Hz 高めると横振れ量は約 1/2 になることが判った。

【参考文献】1) 本廣他： -156 鋼鉄道橋の横揺れの原因と対策について、土木学会第 57 回年次学術講演会、2002.9

表-2 変位測定結果の前年との比較

		横振れ (mm)	卓越振動数 (Hz)	
			列車通過時	列車通過後
平成 14 年 2 月 (35 列車)	最大値	10.7	1.25	1.28
	最小値	3.6	1.01	1.22
	平均	7.8	1.17	1.25
平成 15 年 2 月 (9 列車)	最大値	7.7	1.20	1.20
	最小値	3.8	1.09	1.18
	平均	5.4	1.13	1.20

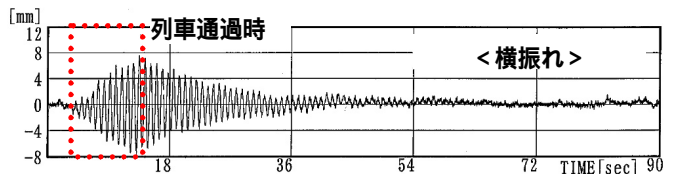


図-3 変位測定波形

表-3 対策案の検討結果

対 策 種 別		固有振動数 (Hz)	記 事
現状構造		1.271	
ラテラル 強化策	断面積 2 倍に	1.368	全 8° 补
	断面積 3 倍に	1.408	"
		1.368	端部 2 8° 补
橋門構 強化策	断面積 2 倍に	1.286	
	断面積 3 倍に	1.292	
垂直材強化策		1.268	

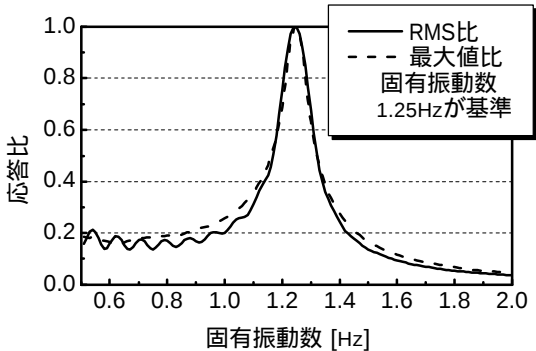


図-4 固有振動数と横振れの関係