

京橋メンテック(株) 正会員 ○鳥山 正吾 京橋メンテック(株) 正会員 山田 不二彦
 京橋メンテック(株) 正会員 並木 宏徳 レールテック(株) 正会員 松本 健太郎
 大鉄工業(株) 正会員 山口 善彰

1. はじめに

橋梁の沓は上部工の荷重を下部工に伝達する主要部材であるが、老朽化による損傷がしばしば発生するので定期的な点検が行われている。点検項目として沓本体の腐食、変形や沓の変位観察が挙げられているが、何れも目視による点検に止まっており、沓の潤滑機能などの計測は実施されていないのが現状である。

筆者等は桁端における桁と沓の相対水平変位を計測する手法により沓の性能を評価し、老朽化の程度を推定して取り換え時期を決定する指標とすることを提案している¹⁾。ここでは実際の現場で計測されたデータを用いた沓のヘルスマモニタリングの実例を紹介して、データの解析手法について検討した結果を報告する。

2. 下路桁の桁端の水平変位と桁の有効断面の評価

鉄道橋においてはほぼ同じ大きさの軸重を持つ列車荷重が橋桁に作用し、その大きさが死荷重などに対して相対的に大きいので、桁端下部における沓との水平方向相対変位を計測することにより、直接に沓が滑っているかどうかを容易に確認することができる。図1は鉄道の下路鋼板桁において電車通過時に計測された波形の一例を示す。Ch1とCh3は桁の左右各支点上で計測された桁端下部の水平変位で、Ch2は桁端上部で計測された水平変位である。列車通過時の桁端水平変位は桁の左右端で漸増及び漸減と逆の傾向を示している。桁両端における計測値の平均値は図2に示す通りほぼ一定となり、左右の沓の僅かな摩擦係数の差により桁が水平方向に僅か(Δ)

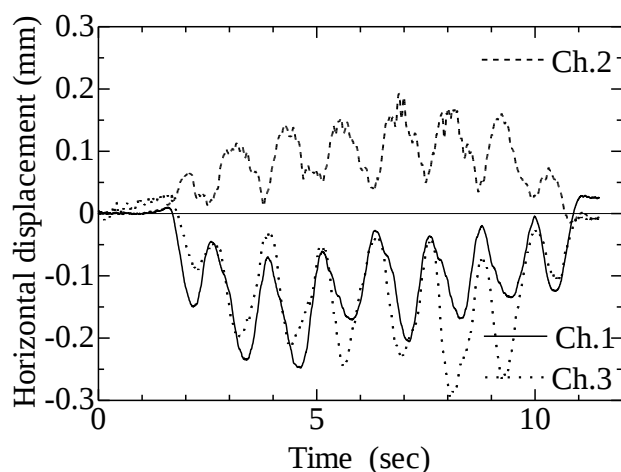


図1. 桁端の列車通過時水平変位

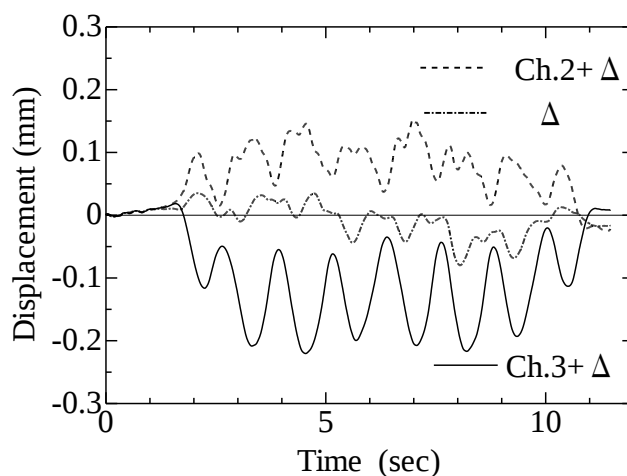


図2. 補正された桁端の列車通過時水平変位

表1. 選択された有効断面の断面諸元

	Main girder	MG+Stringer	MG+S+Rail
A (cm ²)	511.4	613.9	766.9
I (cm ⁴)	1,968,494	2,155,430	2,178,483
h ₂ (cm)	69.2	61.7	59.1
κ	1	1.242	1.342
β	1.607	1.842	1.625

表2. 桁端水平変位から計算された沓の拘束率 γ

Case	δ_T / δ_B	κ		
		1.000	1.240	1.340
Train 1049	1.695	0.414	0.265	0.215
Train 1105	1.629	0.418	0.270	0.222
Train 1115	1.640	0.424	0.277	0.230
Average	1.655	0.438	0.296	0.252

移動するためにこのような現象が発生することを示唆している。桁が逆方向に移動しているような計測例もあり、片側のみの計測の場合は複数の列車によるデータを採って平均する等の処置が必要であることを示している。

下路桁のたわみは主桁の剛性のみではなく床組の剛性などを考慮する必要がある、鉄道橋では軌道の剛性も寄与することが知られている。表1は主桁断面のみ、主桁断面+縦桁断面、および主桁断面+縦桁断面+レール断面の3種の断面について断面諸元を求めた結果を示す。この結果を用いて、沓の拘束率を計算することができて表2に拘束率 γ の値を示す。沓の摩擦係数は0.2程度であると推定されるので、拘束率 $\gamma=0.2$ 程度の値となることが予想され、表中の主桁断面+縦桁断面+レール断面で計算した結果がこれに近い。

3. 上路桁における桁の鉛直たわみと桁端水平変位

計測対象とした上路桁を軸重90kNの電車が通過する時の桁中央のたわみ、および桁端下部の水平変位を主桁断面のみが有効断面とした場合とレールが寄与した場合について計算した結果を表3に示す。レールを有効断面に含めると、中立軸が上方に移動するので相対的に桁端下部の水平変位が増加し、桁中央の鉛直たわみとの比が大きくなる。現場実測で得られた図3の波形においてはピーク値の比 $\delta_h/\delta_v=0.135$ であり、レール断面積の2/3を有効断面積に含めた時と一致する。この時の計算波形を、鉛直たわみが計算値と実測値において一致するように軸力を71.19kNとして計算した波形を図3の左側に併記している。鉛直たわみの波形は両方で良く一致しているが、桁端下部水平変位の波形においては実測値で波形の変動量が小さい傾向がある。桁端下部水平変位の計測波形の詳細を示したのが図4であるが、左右支点の波形は異なっており、図3においては前項下路桁での結果に対応して左右支点での実測値を平均値で示したのであるが、計算波形と変動量の大きい左支点の波形がほぼ一致している。平均値を用いるのが適当かどうかは更に検討する必要がある。

なお鉛直たわみ量が計算値と実測値が一致するのは軸重 $P=70.12\text{kN}$ の時であるが、実際に通過した車両の軸重は過去の計測結果から推定するともっと小さいと推定される。計算に用いた断面は溶接補強された断面であるが、溶接部にき裂が入って有効断面積が減少している恐れがあることを示唆している。

4. まとめ

鉄道橋において、桁端水平変位を用いて沓のヘルスマonitoringを試みた。取り扱った下路桁および上路桁において、計算値と実測値を比較することにより、沓の拘束状態や桁の有効断面の推定等が行えることを示した。

表3. 選択された有効断面を用いて計算された桁の変形挙動

仮定断面	δ_v	δ_h	δ_h/δ_v
断面 I	8.848	1.001	0.113
断面 I + 1/3レール	7.333	0.916	0.125
断面 I + 2/3レール	6.372	0.862	0.135
断面 I + レール	5.708	0.825	0.145

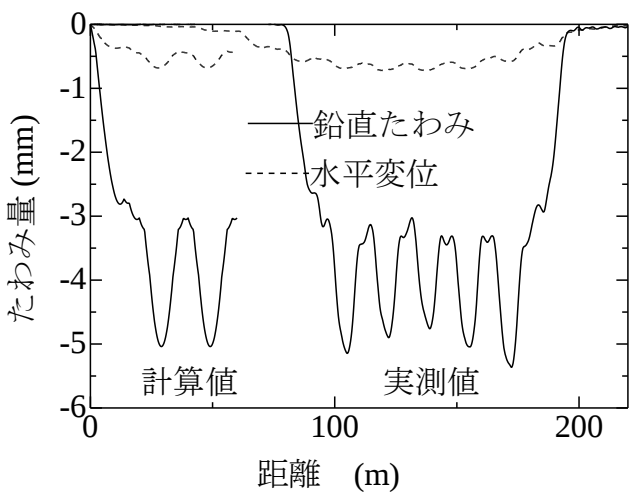


図3. 桁の列車通過時変位の計算値と実測値

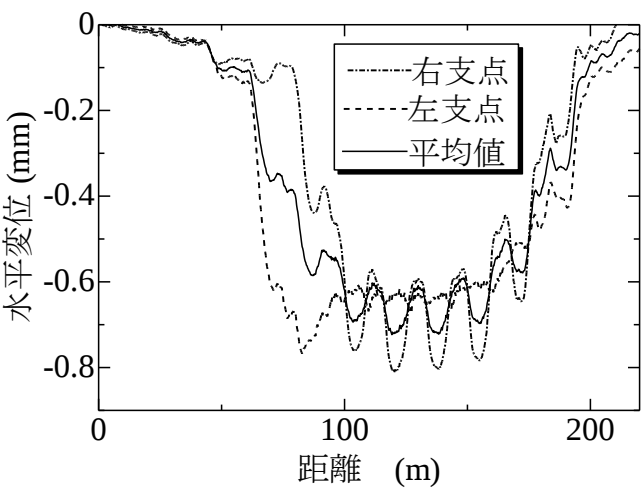


図4. 桁端水平変位の実測値と左右支点の平均値

参考文献：H.Namiki, T.Kamizono, Y.Otsuka, S.Takahashi;Health monitoring via horizontal displacement at the end of steel girders, IABMAS2012, p.272,2012.