

支点条件の異なる馬桁一体型連続箱桁橋の挙動計測

(独)鉄道・運輸機構 正会員 工修 ○朝長 光
 (独)鉄道・運輸機構 正会員 工修 西 恭彦

キーワード：馬桁一体型橋梁，挙動計測，新幹線

1. はじめに

整備新幹線は、高速性を確保する観点から特殊な区間を除き曲線半径を4000m以上としている。そのため、付け替えることが困難な河川や鉄道および道水路等と浅い斜角で交差せざるを得ない場合が多く生じ、経済性・構造的観点から、線路方向の主桁を中間部の馬桁で抱き込んだ馬桁一体型連続箱桁を採用している例が多い。

馬桁一体型連続箱桁は主桁支間長によって、主桁および馬桁を支持する合計4支点の固定方法を使い分けているが、主桁、馬桁および各支点部の変位について計測した事例は少ない。そこで、本稿では支点条件の異なる馬桁一体型箱形桁橋2連について、月に1回の頻度で1年間計測した結果について報告する。

2. 計測対象の馬桁一体型橋梁

馬桁一体型連続桁の支点は、主桁馬桁にそれぞれ2箇所ずつの合計4箇所存在する。整備新幹線では、これら4箇所の支点条件を支間長や交差物件との関係によって使い分けて最適化を図っている。今回計測した2連の馬桁一体型連続箱桁橋の諸元と支点条件を表-1に示す。

表-1 計測対象橋梁の諸元

		A橋		B橋	
主桁橋長		L1=104.0m(56m+48m)		L1=76.0m(38m+38m)	
馬桁橋長		L2=29.5m		L2=48.0m	
P1橋脚		橋軸方向	可動	橋軸方向	ダンパー固定
		直角方向	固定	直角方向	固定
P2橋脚	L側	橋軸方向	固定	橋軸方向	可動
		直角方向	固定	直角方向	可動
	R側	橋軸方向	固定	橋軸方向	可動
		直角方向	可動	直角方向	可動
P3橋脚		橋軸方向	可動	橋軸方向	ダンパー可動
		直角方向	固定	直角方向	固定
ストッパー配置略図					
		ストッパーの鋼掛けはダンパーを示す			

2.1 長支間の馬桁一体型連続箱桁橋：A橋(図-1)

A橋は、橋長104mの2径間連続馬桁一体型PC箱桁橋であり、中間橋脚の配置上の制約から56m+48mと不等径間長となっている。支点条件は、P1、P3の端部橋脚の橋軸方向が可動、直角方向が固定であり、中間橋脚のP2-L、P2-Rは橋軸方向固定、直角方向はP2-Lが固定、P2-Rが可動となっている。

2.2 中間支点寸法に制約のある馬桁一体型連続箱桁橋：B橋(図-2)

B橋は、橋長76m(38m+38m)の2径間連続馬桁一体型PC箱桁橋であり、橋長はA橋より短いものの、中間橋脚の構造寸法に制約があったことから、中間橋脚には鋼角ストッパーは配置せず、橋軸方向、橋軸直角方向ともに地震時の上部工慣性力を負担しない構造としている。ただし、連続桁の地震時慣性力を端部橋脚のどちらかだけで負担するのは不経済であることから、端部P1、P3橋脚にダンパー式鋼角ストッパーを配置し、常時の伸縮についてはP1橋脚が固定、P3橋脚が可動となるが、地震時の橋軸方向に対する上部工慣性力はP1、P3橋脚の両方が固定条件となり分担する構造としている。

なお、これら2橋はいずれも計測時点で建設後3年以上経過している供用中の橋梁であり、クリープ乾燥収縮の影響はほぼ収束していると考えられる。これら支承条件の異なる2形式の馬桁一体型連続箱桁橋について桁の1年を通じてどのように移動したかについて計測した結果を報告する。

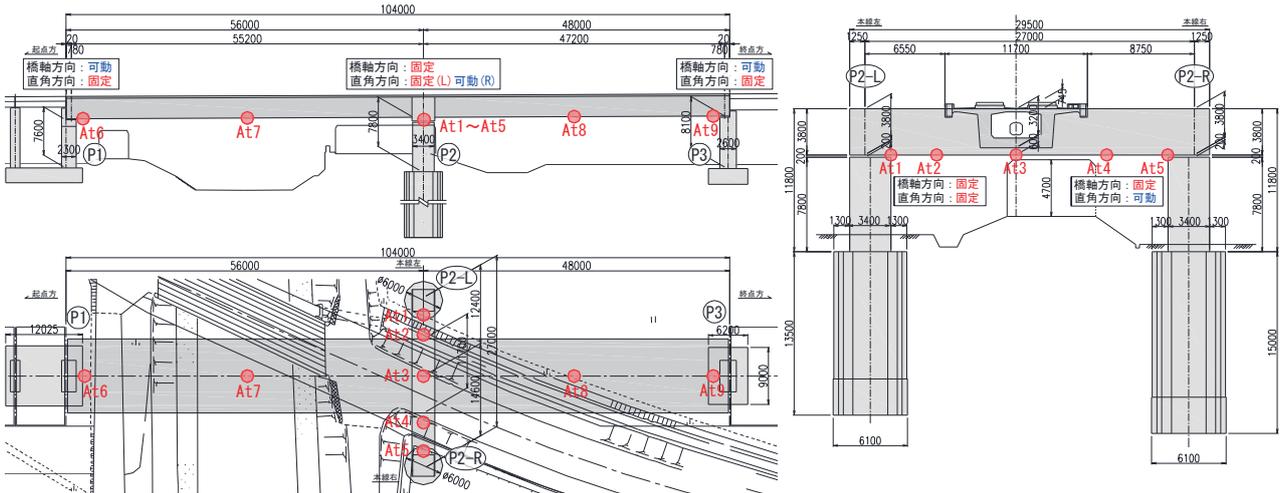


図-1 A橋 構造一般図

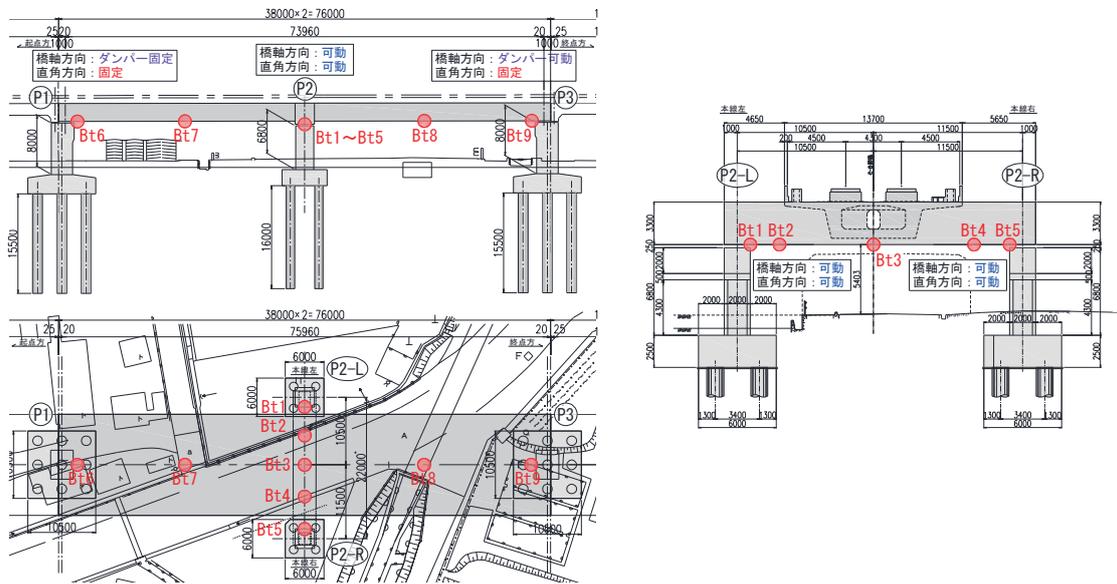


図-2 B橋 構造一般図

3. 計測結果

3.1 計測方法

挙動計測は、図-1、図-2に示すとおり、主桁下面に5点、馬桁下面に4点のターゲットを設置し、仮に設置した基準点からトータルステーションを用いた光波測定により行った。光波測定により3次元の座標を記録することで、水平および鉛直方向の変位を計測するとともに、測定時の気温も計測した。計測頻度は、月1回で1月から12月までの日中で行い、2月初旬、8月末だけは1日3回の計測を行った。

3.2 主桁の鉛直方向変位

A橋およびB橋の主桁の鉛直変位を図-3、図-4に示す。なお、ここでは年間を通じて平均的な気温となる4月の計測結果を水準の基準としており、それぞれの計測点の変位が4月の基準点に比べてどのように変化しているのかを示している。

主桁の鉛直変位は、いずれの橋梁においてもt6 (P1付近)、t3 (馬桁位置)、t9 (P3付近) の3点を境界点として径間部 (t7、t8) の標高が折れており、橋脚および馬桁が桁の鉛直変位を拘束していることが分かる。また、t6、t9は橋脚近傍位置であることから、年間を通じて鉛直方向の変動は小さいと予想していたが、最大浮き上がり時と最大沈み込み時の差がP1橋脚近傍のt6でA橋が6.5mm、B橋が6.2mm、P3橋脚近傍のt9でA橋が3.6mm、B橋が6.4mmに達していた。この値は橋脚の温度による鉛直方向の変動としては大きいことから、計測誤差を含んでいると考えられる。しかしながら、参考として、

A橋を1日に3回計測した2月と8月の結果によると、それぞれ3回の計測全てが2月は沈み込み側、8月は浮き上がり側と同様の変動傾向を示していることから、温度による高さ変動が生じていることが推定される。

3.3 馬桁の鉛直方向変位

A橋およびB橋の馬桁の鉛直変位を図-5、図-6に示す。馬桁の鉛直変位は、季節変動に伴って馬桁内での変形はほぼなく、同様の形状のまま上下動している傾向が確認できる。これは、馬桁の鉛直変位は主桁の上下動に引きずられて生じているためと推測される。

3.4 水平方向変位計測結果

(1) A橋の平面挙動

A橋のトータルステーションでの水平方向変位を図-7に示す。A橋主桁の水平方向変位は、橋軸方向固定点である馬桁部を中心として、主桁両支点部が温度変化とともに移動していることが分かる。基準月とした4月と主桁の変位量が最大となる7月の計測時の温度差は9℃であり、設計上の変位量はそれぞれP1 (At6)側が5.0mm、P3 (At9)側が4.2mmとなる。計測結果はP1、P3側ともに6mm程度の変位が確認されていることから、設計値と比較して僅かに大きい傾向であった。

A橋馬桁については、橋軸直角方向固定であるP2-Lが可動であるP2-Rよりも移動量が大きい結果となったが、いずれも1.8mm、1.4mmと変位量は小さく、馬桁方向の水平変位はほぼ生じていないことが分かった。4月の基準点と変位量が最も大きかった2月の計測

No.1-3との気温差は約12℃であり、馬桁の支間長12.4m+14.6m=27.0mでは、設計計算による変位量が3.2mmである。P2-Lの変位はストッパーのゴム部分の変形や橋脚の変位および計測誤差を含むと考えられるが、馬桁全体の変位量は設計値とほぼ同等となった。このことから、今回計測した温度範囲内において、同規模の支間長であれば、固定・可動に関係なく馬桁中心からの伸縮となる可能性があり、馬桁と主桁の交点を馬桁のどちらかに寄せた場合、軌道変位の原因となる可能性があると言える。

(2) B橋の平面挙動

B橋のトータルステーションでの水平方向変位を図-8に示す。B橋主桁の水平方向変位は、終点側の径間部であるBt8を除き、常時の橋軸方向固定点である起点側P1橋脚を中心として変位量が大きくなっている。基準月である4月とBt9地点の可動側最大変位時である7月、8月との温度変化が6℃であり、6℃変化時の設計上の主桁変位量は4.4mmであることから、設計値と比較すると概ね合致した傾向であった。ただし、Bt6地点は固定ダンパーストッパーであり、冬季に基準月から3mm以上の変位が生じて

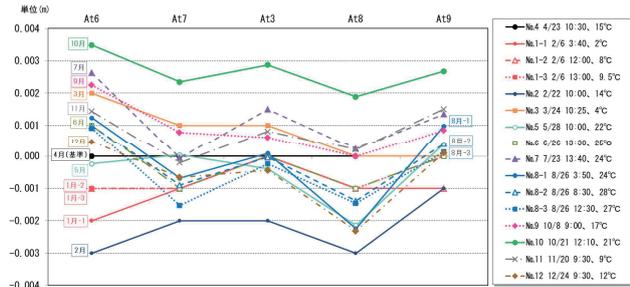


図-3 A橋主桁鉛直変位

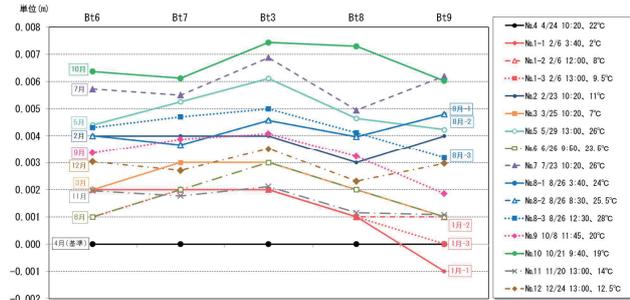


図-4 B橋主桁鉛直変位

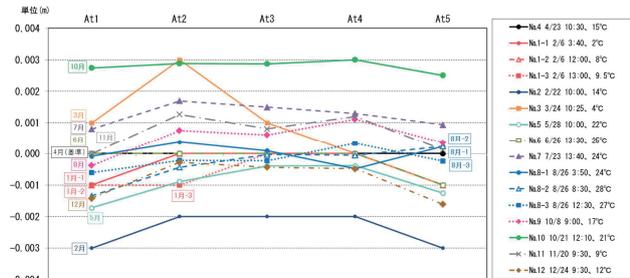


図-5 A橋馬桁鉛直変位

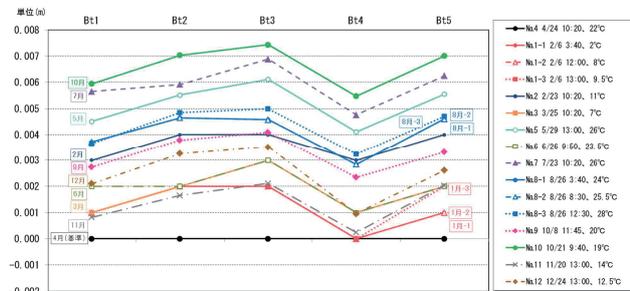


図-6 B橋馬桁鉛直変位

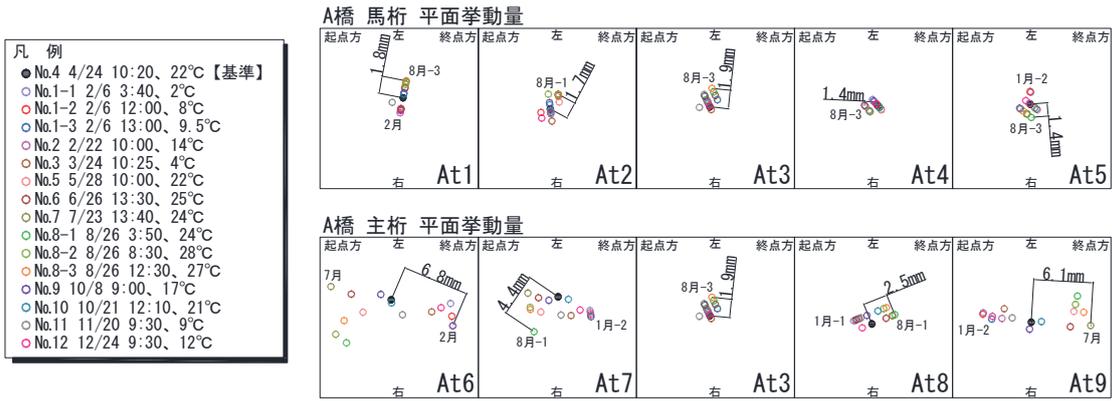


図-7 A橋の平面挙動

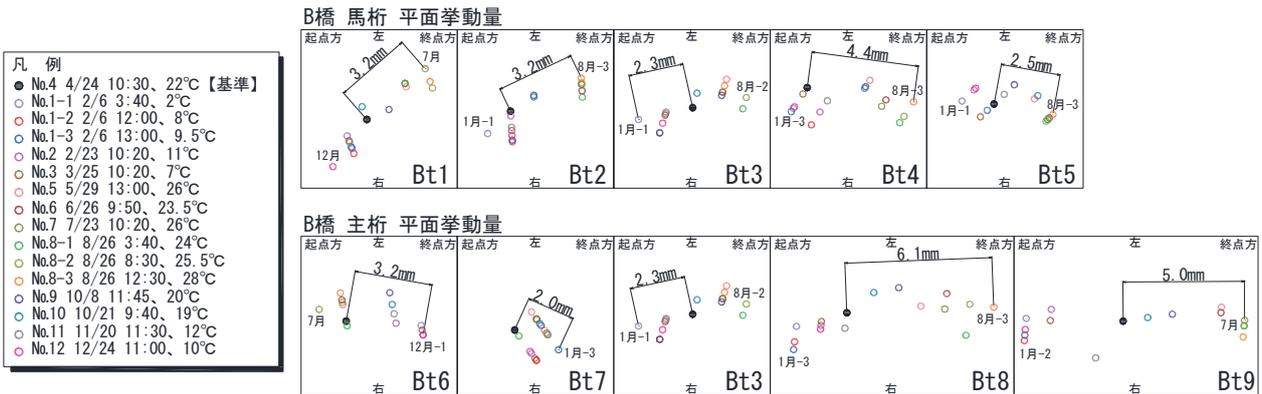


図-8 B橋の平面挙動

いる理由は、固定ダンパーストッパーの構造である板バネの変形によるものや橋脚が桁に押されて変形したものであると推定される。また、冬季の短縮側に着目すると、最大短縮時である1月-2時点と4月の気温差14℃の場合、設計上の主桁の短縮量は10.4mmとなる。一方で本橋においては、固定ダンパーストッパーであるBt6が3.1mm短縮側へ変位し、可動ダンパーストッパーであるBt9が4.0mm短縮側へ変位しており合計で7.1mmの短縮となる。実測変位量の合計は、設計値よりも3割程度小さい値となり安全側の設計であることが確認された。また、設計時には変位しないと想定している固定支点側も多少の変位が生じるため、可動側ストッパーおよびシューの設計はより安全側となっていると言える。

B橋馬桁の水平方向変位は、橋軸直角方向よりも橋軸方向成分が卓越する結果であり、いずれの支点も変位方向は、常時固定であるP1橋脚を中心に伸縮している傾向が確認された。変位量はいずれも3mm程度であったが、いずれの方向にも変位を拘束しない構造であったことから、支間長の長い主桁の伸縮に引きずられ、橋軸方向成分が卓越したと言える。直角方向の変位量は、基準点からの変位が最大となったBt1でも2mm程度であり、支間長22m程度の馬桁では特に軌道の横ずれ変位で問題となるような変位が生じないことが確認された。

4. おわりに

今回、馬桁の年間を通じた変位について計測を行い、温度変化による主桁および馬桁の変位量が設計値と概ね同等となっている傾向が確認された。また、対象程度の規模の馬桁では、温度変化による伸縮は固定・可動に拠らず、馬桁中心からの伸縮となることや、固定支点にも多少の変位が生じ、可動側支承部の設計が安全側となっている可能性について報告した。都市と都市を結ぶ整備新幹線の建設では、その厳しい線形の制約条件により今後も馬桁を採用せざるを得ない可能性が高いことから、支承条件の決定及び馬桁を支持する橋脚の配置に留意し計画していく必要がある。また、この報告が他の馬桁一体型橋梁設計の参考になれば幸いである。