

高速鉄道の曲線区間中の鋼橋の挙動に関する基礎調査

東海旅客鉄道(株) 正会員 ○内藤 繁
東海旅客鉄道(株) 正会員 高橋和也

1. はじめに

曲線区間中の橋梁には走行車両の遠心力がレールを接点として作用している．設計時に考慮する遠心荷重¹⁾は大きさが速度の2乗に比例し、カントの影響により軌道を支える左右の桁に載荷される荷重の大きさと方向が変動する特性がある(図1)が、設計時に変動の影響は特に考慮されていない．しかし、新幹線のような高速鉄道ではその影響が無視できず直線区間中の桁とは違った形で疲労損傷が発生する可能性がある．そこで、東海道新幹線の鋼橋において速度変化に対する荷重変動の実態把握を中心とする調査を行ったので報告する．

2. 調査概要

構造が標準化されており比較が行いやすい複線式下路トラス橋の縦桁、上横構および対傾構に着目し、応力測定を行った．荷重変動の指標として輪重と横圧をレール面上で測定した．測定対象の橋梁は曲線半径とカントの違う曲線桁2連+比較用直線桁1連とした．測定位置の概要を図2に、測定橋梁の概要を表1に示す．測定列車本数は15列車程度で車両形式は限定していない．

3. 荷重バランスの速度依存性

(1) 輪重変動について

速度の変動による外軌側と内軌側の輪重のバランスの変化について、外軌側輪重 P_2 と内軌側輪重 P_1 の比(以下、 P_2/P_1)で表したものを図3に示す．直線桁については便宜上、 P_2 →主構側、 P_1 →上下線間側として整理した．また、参考に図1で車体・台車間が剛結されていると仮定した場合の静的なつり合いにおける計算値を図3中に示した．曲線桁では速度の変化に応じて内・外軌の輪重比が変化しており、外軌側の輪重の増加に伴い内軌側が減少するという挙動を示している．特にB橋梁では変化の様子が非常に顕著で、均衡速度($P_2/P_1=1$)以上では計算値とはかなりの乖離が生じている．これは、超過遠心力で車体が台車の垂直軸に対して曲線外側に大きく傾き、車両重心が曲線外側にシフトする影響と考えられる．これにより、曲線半径が小さい区間にある橋梁ほど速度の変化に対する荷重バランスの変化が急激になることが実測で確認できた．

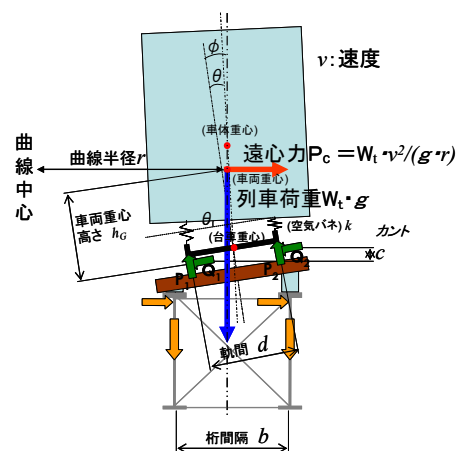


図1 遠心力と桁への作用

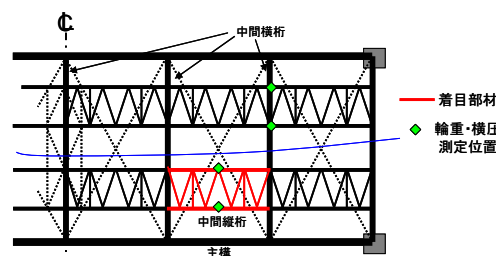
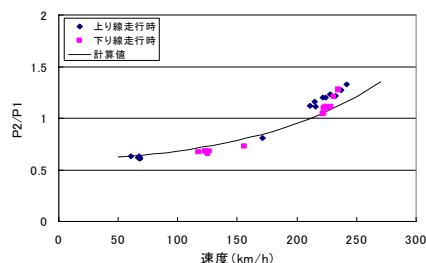


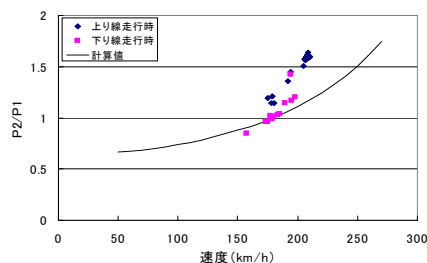
図2 測定位置概要図(B橋梁の例)

表1 測定橋梁概要

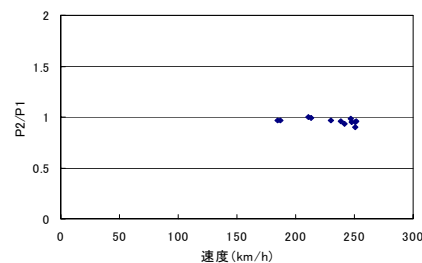
橋梁名	支間長(m)	縦桁支間長	曲線半径	カント量
A	68.6m(格間数7)	9.8m	2500m	200mm
B	60m(格間数6)	10m	2000m	180mm
C	60m(格間数6)	10m	—	—



A 橋梁(曲線半径 2500m, カント 200mm)



B 橋梁(曲線半径 2000m, カント 180mm)



C 橋梁(直線桁)

図3 輪重変動の速度依存性

(2) 横圧変動について

曲線通過時に発生する横圧は、超過遠心力によるものの他に、曲線転向および車両動揺によるものが考えられるため²⁾、測定結果から遠心力によるものだけを抽出することは不可能である．そこで、横圧の作用方向が内・外軌でどのように変動するかを調査した．図4において軌道中心から外向き方向を+とし、+の値

キーワード 高速鉄道, 新幹線, 鋼橋, 遠心荷重, 曲線
連絡先 〒485-0801 愛知県小牧市大山1545-33 東海旅客鉄道(株)総合技術本部技術開発部 TEL:0568-47-5374

を示す軸数を図5に示した．横軸は速度，縦軸は軸数である．内軌側では+の軸数が減少するケースが曲線外側方向へ作用する軸が増加することを意味する．図5から，超過遠心力が生じる速度域（図3で $P2/P1 > 1$ となる速度域，図5の青点線から右側）では，外軌側に加え内軌側の横圧も作用方向が曲線外側に向く傾向が大きくなっている．従って，超過遠心力が生じる速度域を境として桁に働く横荷重の大きさも大きく変化すると考えられる．

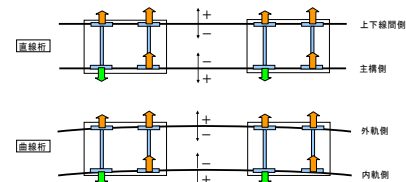


図4 横圧の作用方向

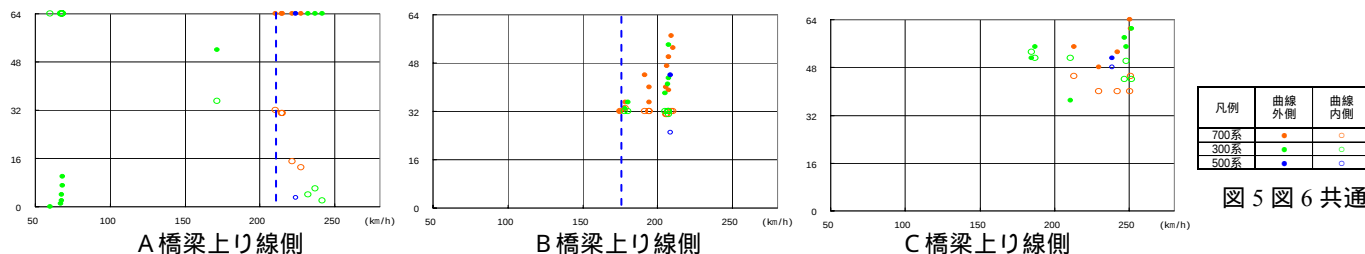


図5 横圧が+の値の軸数

4. 部材応力の速度依存性

(1) 支間中央下フランジ公称応力

図6に例としてA橋梁における速度依存性を示す．輪重変動の速度依存性を反映していることがわかる．

(2) 縦桁上横構（ラテラル）軸方向応力

図7に軸方向応力（範囲）の速度依存性を示す．図8はA橋梁について横構各部材応力の圧縮・引張の変動傾向とその速度依存性を示したもので、縦軸は応力波形中の圧縮側最大値を引張側最大値で除したものである．図7・図8とも近似直線を併記している．横構は設計では主に一方の横荷重に対してブラットラスを構成するよう考えられており、圧縮と引張部材が交互に並ぶ形になるが、図8より低速域ではどの部材も引張応力が作用している．しかし、横圧の作用方向の変動に対応するように、速度が高くなるに従い設計の想定に近づく傾向があることがわかる．

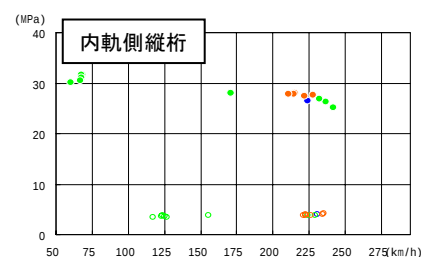
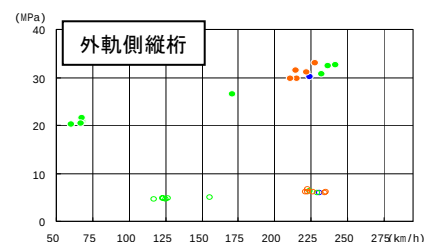


図6 縦桁公称応力の速度依存性

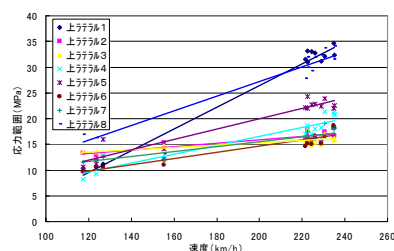


図7 軸方向応力の速度依存性

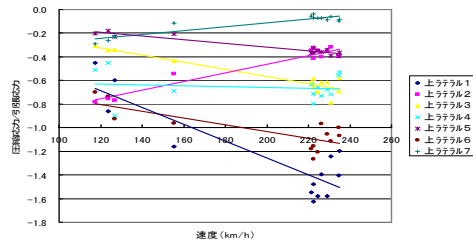


図8 横構部材の圧縮・引張と速度依存性

(3) 対傾構の挙動

図9にA橋梁の対傾構（桁端側）において、補剛材上端部が最大主応力最大時の応力分布の例を示す．補剛材上端の応力は対傾構が斜めに取り付けて引っ張っている形になり、主応力方向は若干対傾構側に傾いている．図3より，速度224km/hでは外軌側，速度125km/hでは内軌側に偏載荷されるが，補剛材上端部の主応力方向には特に変化が見られないことから，対傾構は桁断面のねじれに対し十分抵抗していることがわかる．

5. おわりに

今後，さらに振動や局部応力の挙動等についても調査を行い，維持管理に反映させたいと考えている．

参考文献

- 1) (財)鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説（鋼・合成構造物），丸善，2000.7
- 2) 松平，小川：橋りょうに対する車両の横荷重，東海道新幹線に関する研究（第2冊），1961.4

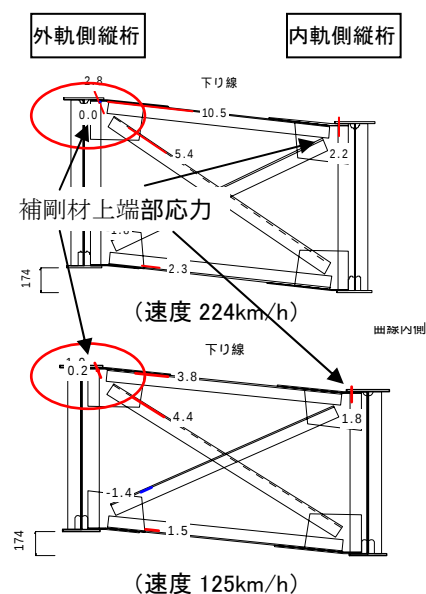


図9 対傾構の応力分布