

新幹線橋りょうの軌道状態に関する構造物挙動からの一考察 (白糸川橋りょう軌道状態に伴う構造物調査)

東海旅客鉄道株式会社 正会員 ○上野 真一郎

東海旅客鉄道株式会社 正会員 畑中 達彦

東海旅客鉄道株式会社 正会員 三浦 丈司

ジェイアール東海コンサルタンツ株式会社 正会員 丹後 重明

1. 調査概要

東海道新幹線 83k250m 付近の白糸川橋りょうは、下り線に比べて上り線の軌道保守回数が多いが、同橋上の軌道構造は特殊ではないことから、それを支える土木構造物に着目し調査を行うこととした。当該橋りょうは、直接基礎橋台に1径間の桁を有し、支間長は25mで片線当りPCT桁が2本架設されている。また、上り線側には橋台を支点とし、橋桁とは非接触の別桁防音壁が設置されている。本調査では、当該橋りょうの静的及び動的挙動の測定により、同橋りょうの健全性を把握し、軌道保守回数の上下差異の原因を考察した。



写真-1 白糸川橋りょう外観

2. 調査内容

(1) 静的挙動測定 重錘落下により桁に衝撃を与え、その振動から桁の鉛直方向の実測固有振動数を把握する衝撃振動試験を実施した。また、設計条件から振動モデルを作成し、固有値解析を行い、解析固有振動数も併せて把握した。

(2) 動的挙動測定 当該橋りょう各箇所における変位・振動測定を行った。これは列車通過時の桁支間中央における鉛直方向の変位量測定を行い、同時に桁支間中央、防音壁別桁支間中央における鉛直・水平(線路直角)方向の振動を測定した(図-1)。

上記(1)、(2)より上下線桁の挙動比較を行った。

3. 調査結果

図-2 に当該線列車通過時の桁支間中央における変位量測定の結果を示す。変位量は上り線桁で約2.0~2.4mm、下り線桁で約1.7~2.1mmと、双方とも走行安全性から定まるたわみの限界値(スパン比 $L/900=27.8\text{mm}$)及び乗り心地から定まるたわみの限界値(スパン比 $L/2000=12.5\text{mm}$)を大きく下回る値であった。また、上り線桁の変位量は下り線桁の変位量に比べ、2割程度大きな値であった。

表-1 に衝撃振動試験及び振動モデルによる固有値解析の結果を示す。上下線桁の実測固有振動数を比較すると、上り線桁が下り線桁より大きな値となった。両桁はほぼ同断面であり、この結果から上り線桁の剛性が下り線桁より高いことが推定できる。また、実測固有振動数は解析固有振動数に対し1.24~1.37倍となった。このことから上下線の両桁は、当初設計の剛性は満たしており、健全性に問題はない。

桁の動的変位量は上り線桁が大きいですが、実測固有振数からは上り線桁の剛性が高いことから、上り線桁の動的挙動が大きくなる要因は、桁本体以外にあるということが推測される。

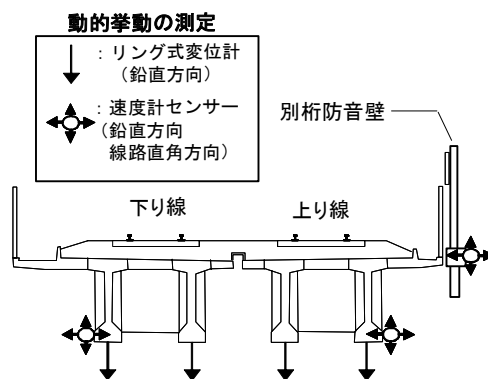


図-1 白糸川橋りょう断面図(支間中央)

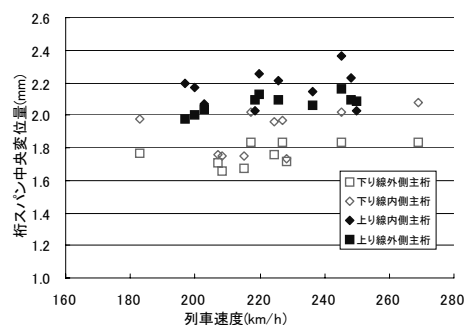


図-2 当該線列車通過時の桁変位量

表-1 実測及び解析固有振動数

	実測固有振動数	解析固有振動数	実測固有振動数 解析固有振動数
上り線桁	7.4 Hz	5.4 Hz	1.37
下り線桁	6.8 Hz	5.5 Hz	1.24

キーワード：構造物挙動、固有振動数、列車速度、共振

連絡先 横浜市港北区篠原町 3219-1 東海旅客鉄道株式会社 東京新幹線構造物検査センター TEL:045-474-0167 FAX:045-474-0168

そこで、列車の加振周期と桁の共振の有無を確認するため、列車速度と周波数応答波形の関係について検討した。図-3に当該線列車通過時の列車速度と桁変位量の周波数応答波形の関係図を示す。通常、周波数応答波形では軸距 25m と列車速度に起因した加振周波数の倍数が卓越する。同図は列車速度別の周波数応答波形であるが、加振周波数と実測固有振動数が接近する帯域では振幅が増幅され共振するため、同周波数帯域を丸で囲んだ。

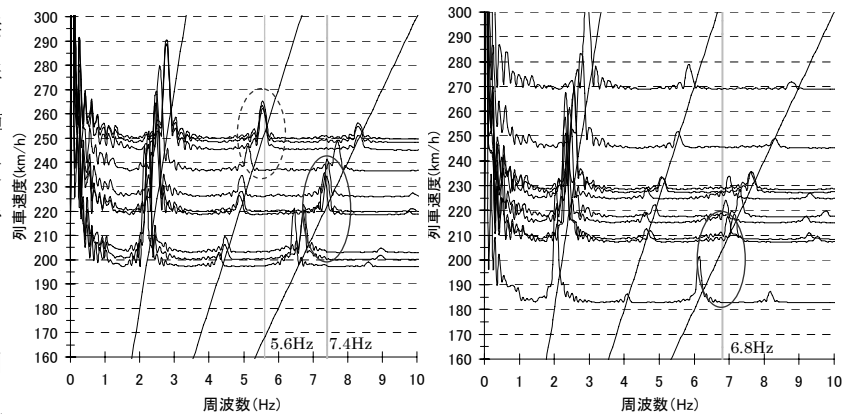


図-3 列車速度と桁変位量の周波数応答波形の関係

上り線桁では共振列車速度は 220km/h であり、この速度で共振しているのが分かるが、下り線桁では列車速度 200km/h の列車が測定時に通過せず、共振は確認できなかった。この結果から上下線で生じる軌道保守回数の差異は、上り線が何らかの理由により共振速度 220km/h の列車が多いことも考慮すると、共振速度の列車本数の差により生じた可能性がある。

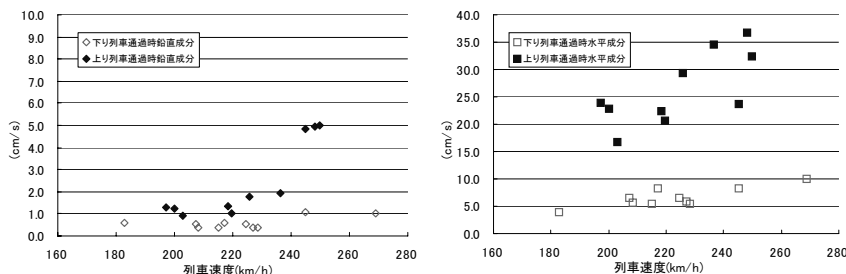


図-4 列車通過時の別桁の振動振幅値 (左:水平成分, 右:鉛直成分)

次に、別桁防音壁が上り線桁に影響を与えているか検討するため、同別桁の振動特性を検討した。図-4は列車通過時の別桁の振動振幅値を示す。別桁の振動は水平成分、鉛直成分とも上り列車通過時が大きい。これは別桁防音壁が上り線側に設置されており、上り列車通過時の列車風圧が大きいためと考えられる。また、水平挙動と鉛直挙動を比較すると水平挙動が支配的であるが、250km/h 付近の速度の上り列車通過時は鉛直成分の増大傾向がみられる。

そこで、上り列車通過時の別桁の鉛直振動の周波数応答波形と列車速度の関係を把握した(図-5)。周波数応答波形は列車速度に依存せず 5.6Hz で卓越しており、別桁の鉛直振動の固有振動数であると推定される。特に 250km/h の列車では振幅値が増幅されており、共振していることが分かる。ここで、図-3の点線の丸で囲んだ部分を見ると、桁の変位量においても、上り線を 250km/h 付近の速度で通過する列車では、5.6Hz の周波数帯で振幅が増幅されていることがわかる。このことから、別桁の鉛直方向の振動成分が上り線桁に影響を与えていることが推定できる。

図-5 列車速度と周波数応答波形の関係 (上り列車通過時の別桁の鉛直振動)

4. まとめ

- ・ 桁支間中央の動的変位量は上り線桁が下り線桁よりも 2 割程度大きい。
- ・ 実測固有振動数から桁の剛性を評価すると、剛性は上り線桁が下り線桁より高い。また、実測固有振動数が解析固有振動数を上回ることから、上下線両桁は当初設計の剛性を満たしており、健全性に問題はない。
- ・ 上下線で生じる軌道保守回数の差異の原因として以下が推定されるが、特定するには更なる調査が必要である。
 - ①共振列車速度で当該線を通る列車本数が下り線に比べ上り線が多い
 - ②防音壁別桁の挙動が上り線桁に影響を与え、上り線桁の挙動が大きくなった
 - ③軌道部分等、構造物以外の箇所にも何らかの要因がある

本調査の結果、構造物の健全性には顕著な差異がなかったことから、今後③に着目して調査を行う予定である。