

鉄道橋上での車両応答に関する検証実験

鉄道総研 正会員 ○曾我部正道 鉄道総研 下村 隆行
 鉄道総研 正会員 松本 信之 鉄道総研 フェロー 涌井 一

1. 目的 鉄道橋のたわみ制限は、車両を 31 自由度のバネ・マス・ダンパーのリンクモデルで、橋梁を半正弦波のたわみ形状でモデル化した数値解析の結果に基づき定められている。しかし、これらたわみ制限の検証は、模型実験レベルに限られており¹⁾、構造物上での実車の挙動については必ずしも十分に明らかにされていない。これまで営業線等において、橋梁のたわみと車体加速度の整理などもなされてきたが²⁾、軌道狂いの影響が大きく、たわみ制限自体の明確な検証とはなり得ていない。以上のような背景から、本実験では実車両と車両試験台を用い、高速領域での加振試験を実施することとした。

2. 試験方法 図-1 に車両試験台及び試験の概念図を示す。検討には鉄道総合技術研究所が所有する新車両試験台を用いた（以下試験台と略す）。同試験台は輪軸を載せて回転する 4 つの軌条輪を有しており、この軌条輪を加振することにより、構造物上の車両の走行状態を模擬することができる。4 つの軌条輪は個々に独立して制御できるため、各車軸における位相ずれも再現することができ、あたかも車両が橋梁上を走行するような形で、走行試験を行うことができる。表-1 に加振ケースを示す。具体的な試験パラメーターは、桁のスパン長が 20～80m、桁の連数が 1 及び 5 連、列車速度が 100～300km/h で、合計 29 試番の試験を行った。測定項目は主として前車、後車心皿位置直上の車体加速度とした。車両の全体挙動は車体加速度により代表して検証することとした。

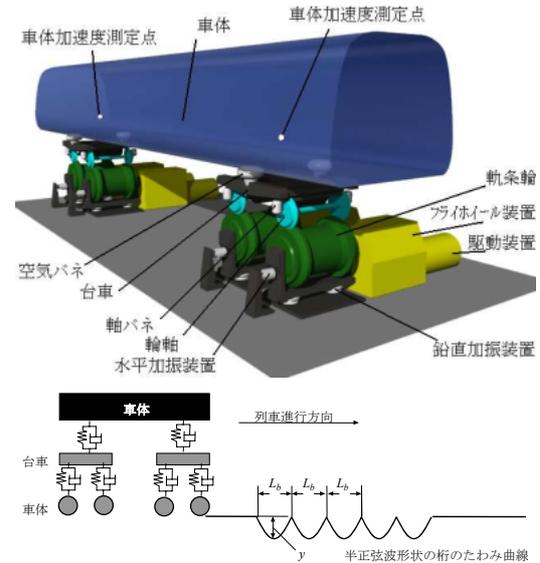


図-1 車両試験台及び試験の概念図

表-1 車両試験台加振ケース一覧

スパン長 L_b	連数	列車速度(km/h)				
		100	150	200	250	300
20m	1	○		○		○
40m	1	○		○		○
60m	1	○		○		○
20m	5	○	○	○	○	○
40m	5	○	○	○	○	○
60m	5	○	○	○	○	○
80m	5	○	○	○	○	○

3. 試験結果 (1) 周波数応答特性 図-2 に試験結果と解析結果の比較を加振振動数（周波数）軸上で示す。図は半正弦波 5 波に対する応答をそれぞれ正弦波によるものと見なしプロットしたものである。図から鉛直方向の固有振動数が 1.5Hz 付近に存在することが読みとれる。3.0Hz 以上の高振動数領域では、試験機が十分に加振しきれていないために、試験機と測定値の間にやや乖離が見られる。0.8Hz 未満の低振動数領域でも解析値と測定値に乖離が見られるが、この領域では加速度そのものの絶対値が小さくノイズの影響が重なり測定値が大

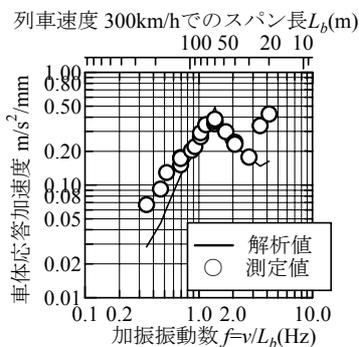


図-2 周波数応答特性

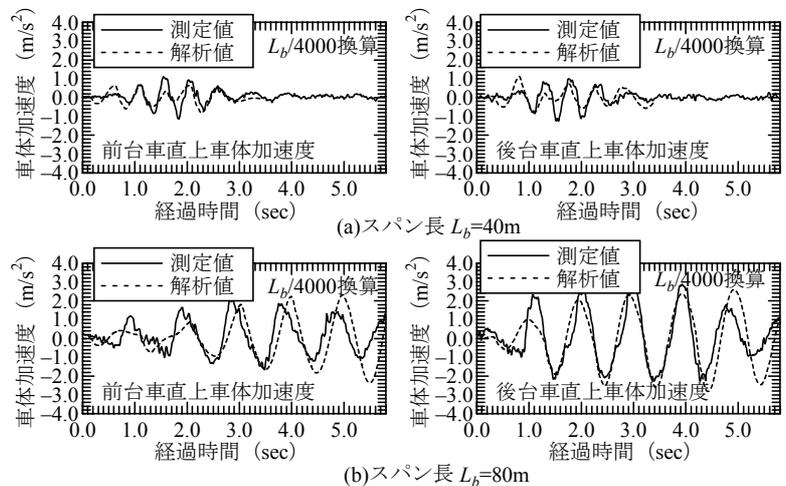


図-3 車体加速度の時刻歴波形

キーワード 鉄道橋、たわみ制限、車両試験台、走行試験

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (財)鉄道総合技術研究所 構造力学

TEL 042-573-7290

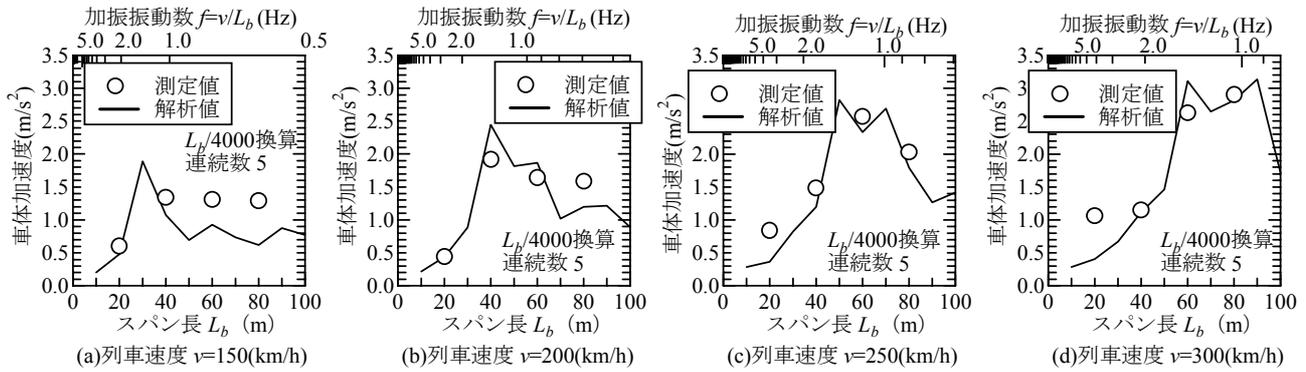


図-4 橋梁スパンと車体加速度の関係

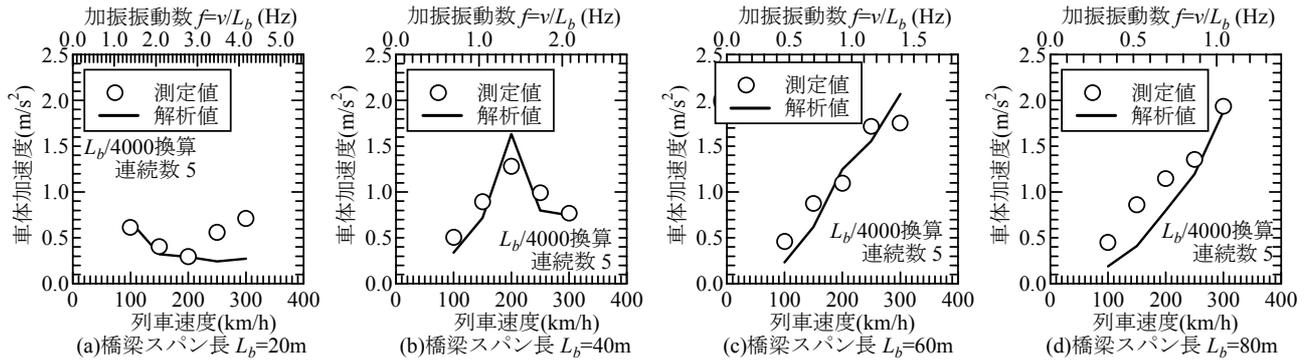


図-5 列車速度と車体加速度の関係

きくなっている。一方、 $0.8\text{Hz}\sim 3.0\text{Hz}$ では解析値と測定値は比較的良好一致しており、スパン長 $20\sim 100\text{m}$ の範囲の橋梁上を走行する場合には一定の精度を有していることが読みとれる。

(2) 車体加速度の時系列波形

図-3 に車体加速度の時系列波形を示す。列車速度 300km/h 、スパン長 $L_b=40\text{m}$ 、 80m の5連について示した。入力した加振振幅は試験台の性能から全てのスパンでたわみ量 4mm を基本としたが、軌条輪の実際の加振動振幅は何れも 3mm 前後でばらつきが見られた。このため、解析値及び測定値は全て入力 $L_b/4000$ に線形に換算して整理することとした。時系列波形では、何れも第1スパンで加速度の測定値と解析値の間に不一致が見られる。これは加振装置が高い振動数の急激な振幅増大に対応仕切れないことに起因しており、第1スパンの入力のみ他スパンの半分程度となる傾向にあったためである。この点を除けば車体加速度の時系列波形は全体として比較的良好一致が見られ、車体加速度はスパンを加振周期とした強制加振に近い挙動を示すことが分かる。

(3) 最大車体加速度

図-4 にスパン長が車体加速度に及ぼす影響を示す。横軸には、列車速度とスパン長とから求まる加振振動数も併記した。桁連数5連の場合についてのみ示したが、1連の場合も同様の傾向を示していた。車体加速度は解析、測定ともたわみ量 $L_b/4000$ に換算して示した。速度 150km/h の低速域では解析値と測定値の傾向が異なるものの、その他の速度領域では全体としては良好一致が見られた。低速域で一致が見られなかった原因は、前述のようにこの領域では加速度そのものの絶対値が小さくノイズの影響が重なったためであると考えられる。図から車体固有振動数により生じる応答のピークが、列車速度の上昇とともに長スパン方向にシフトしていく現象を読みとることができる。また、空気バネの減衰定数が低いため車体固有振動数のピークで応答増大が顕著となっている。

図-5 に列車速度が車体加速度に及ぼす影響を示す。横軸には、列車速度とスパン長とから求まる加振振動数も併記した。桁連数5連の場合についてのみ示したが、1連の場合も同様の傾向を示していた。車体加速度は解析、測定ともたわみ量 $L_b/4000$ に換算して示した。スパン長 20m の高速域で解析値と測定値に乖離が見られるのは、前述のように、加振装置が 3.0Hz 以上の高振動数領域では精度の高いたわみ形状を再現できないことに起因している。スパン長 40m では車体固有振動数により生じる応答のピークを明確に読みとることができる。スパン長 60m 、 80m では列車速度の向上に伴う応答の増加傾向を読みとることができる。

4. まとめ

半正弦波たわみを用いたたわみ制限について、実車及び試験台を用いてその精度を検証した。今後、角折れや目違いといった不同変位についても検証を行っていく予定である。

文献 1) 松浦章夫：高速鉄道における橋桁の動的応答に関する研究，鉄道技術研究報告，No. 1074，1978。 2) 曾我部正道，松本信之，藤野陽三，涌井一，金森真，宮本雅章：共振領域におけるコンクリート鉄道橋の動的設計法に関する研究，土木学会論文集，No. 724/I-62，pp. 83-102，2003。