

鋼鉄道橋連続合成桁のたわみ測定と衝撃係数

鉄道・運輸機構 正会員 齊藤 雅充
 鉄道・運輸機構 正会員 南 邦明

鉄道・運輸機構 正会員 山東 徹生
 鉄道・運輸機構 正会員 徳富 恭彦

1. はじめに

鉄道橋の連続合成桁における衝撃係数は、従来の単純合成桁の方法を準用した算定方法となっている。本研究では連続合成桁における衝撃係数の妥当性を確認することを目的とし、表1に示す橋梁において列車通過時のたわみ測定を行った。

2. 設計たわみの算定

各橋梁の設計たわみは、骨組解析により算定した。荷重にはたわみ測定実施時と同様の車両および編成を用いた。桁剛性は、負曲げ発生区間の床版は鉄筋のみ考慮して算定した¹⁾。結果を表2に示す。

3. たわみ測定

たわみの測定は、列車の速度向上試験に併せて行なった。列車速度は、30km/h程度の低速運転時と、200～260km/hを目標とした高速運転時とした。以降、低速時を静的たわみとして扱う。桁たわみの測定はリング式変位計測により行なった。たわみ測定箇所は支間中央もしくは最大たわみ発生断面とした。

4. たわみ測定結果

橋梁B,C,Eにおける桁たわみ測定結果を図1に示す。横軸にはたわみ発生開始時からの列車の移動距離(=経過時間×列車速度)を示している。いずれも、列車速度が上がるに従って、静的なたわみ成分に正弦波状の動的成分が加わったような形状の波形をしている。橋梁Cでは共振と思われる挙動も見られ、動的成分が大きく増幅している。なお、橋梁C-Eでは静的たわみ測定時の列車が他のケースと異なるため、後述する動的なたわみとの比較には、列車の違いを考慮した換算値を用いている。

5. 桁の静的たわみと実剛性

低速走行時の着目径間中央の最大たわみを静的たわみとして表2に示す。いずれも実測値は設計値より小さくなった。これは、中間支点部の床版コンクリートや路盤、防音壁など、設計では考慮していない部材により、実剛性が高くなっているため²⁾と考えられる。なお、橋梁Eにおいては、これらを考慮したモデルを用いたため、設計値と実測値が近い値を示していると考えられる。

6. 衝撃係数の算定

設計計算および実測たわみより得られた衝撃係数を図2に示す。設計値は、速度の効果による衝撃係数 i_a を式(1)に従い、軌道の不整等による衝撃係数も加算された設計衝撃係数 i を式(2)に従いそれぞれ算定した。このとき、桁の固有振動数 n_c には、各橋梁の実際の設計時に用いた固有振動数に、表2に示す剛性比により換算した値を用いた。

実測による衝撃係数は、2つの方法で算定した。方法1として、低速走行時の静的たわみと高速走行時のたわみを直接比較し、式(3)に従い算定した衝撃係数を i_1 とした。この値は、速度の効果による衝撃係数 i_a に相当すると考えられる。方法2として、高速走行時の各ケースにおいて移動平均を用いて推定した静的たわみ成分と原波形を比較し、式(4)に従い算定した衝撃係数を i_2 とした。この値は、設計衝撃係数 i に相当すると考えられる。

実測による衝撃係数(i_1, i_2)は、ほとんどのケースにおいて、設計値(i_a, i)より小さな衝撃係数となった。 i_1 は、高速走行時のたわみが静的たわみより小さいケースもあり、この場合負の値となっている。橋梁Cにおいては、共振していると考えられるケースで最も増幅されており、設計値(i_a, i)を若干上回る結果となった。これより、実測の衝撃係数は、共振による増幅が発生しない限り設計値より小さくなる傾向といえる。なお、実際の橋梁の設計時に用いた衝撃係数は共振を考慮するなどして、より大きな値を用いているため、今回の実測値が図2の設計値を上回っていても橋梁としては問題ない。

表1 橋梁諸元

橋梁	橋梁形式	測定径間	支間(m)
橋梁A	3径間連続合成2主箱桁	第3径間	67.4
橋梁B	3径間連続合成2主箱桁	第3径間	59.0
橋梁C	2径間連続合成2主U型桁+馬桁	第1径間	42.2
橋梁D	4径間連続合成1主箱桁	第4径間	98.5
橋梁E	3径間連続合成2主1桁	第2径間	38.0

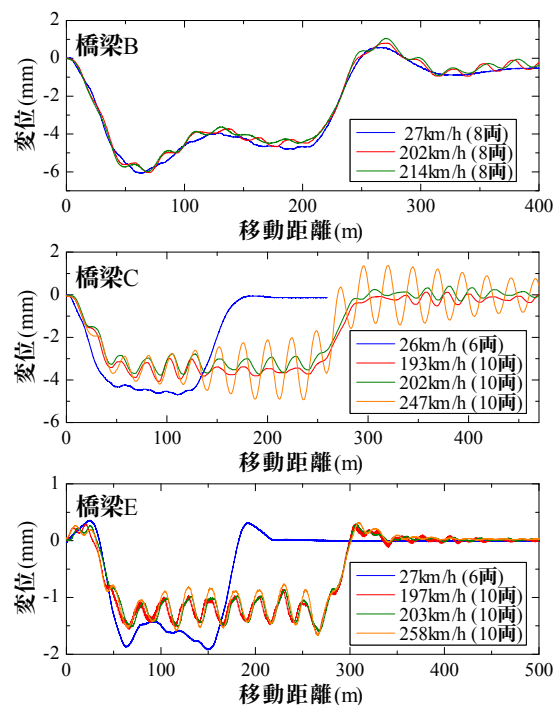


図1 実測たわみの例

表2 桁の静的たわみ量

橋梁	設計(mm)	実測(mm)	剛性比 γ_s
橋梁A	11.1	9.4	1.18
橋梁B	9.6	6.0	1.59
橋梁C	8.3	4.3	1.91
橋梁D	19.9	12.8	1.56
橋梁E	2.0	1.9	1.06

キーワード 鉄道橋, 連続合成桁, たわみ測定, 衝撃係数, 固有振動数

連絡先 〒231-8315 神奈川県横浜市中区本町 6-50-1 TEL045-222-9082

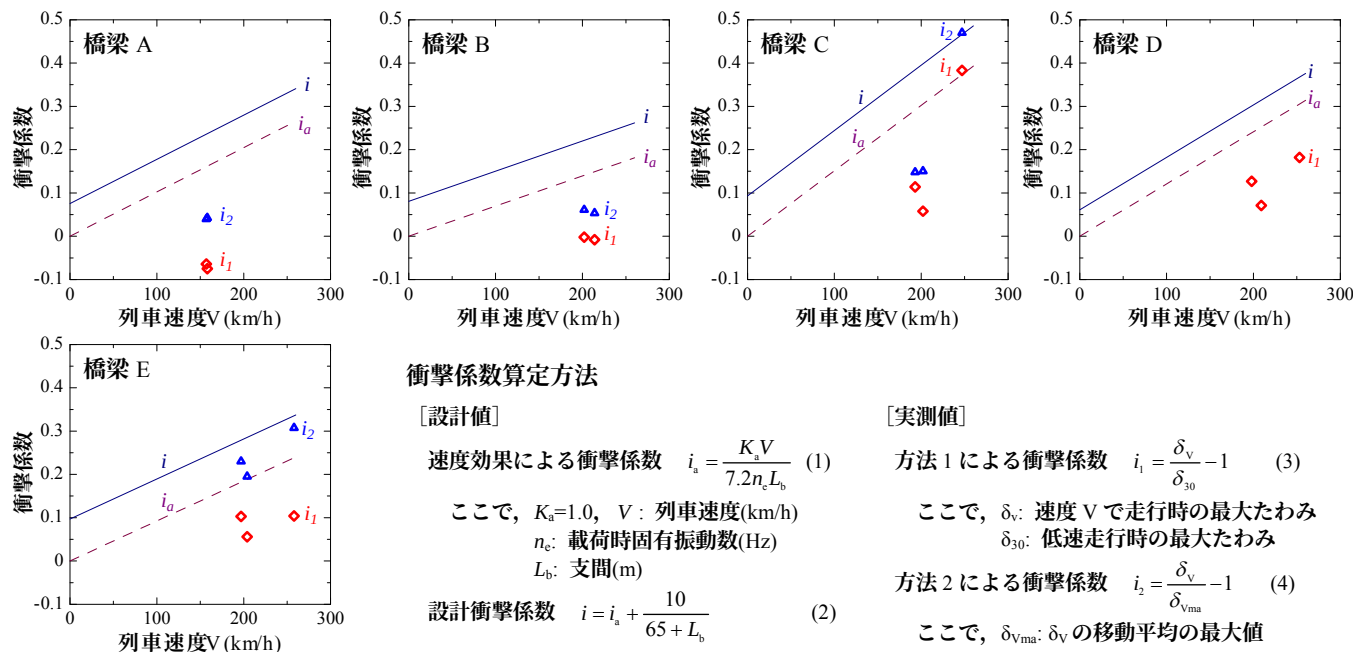


図2 衝撃係数の算定方法と結果の比較

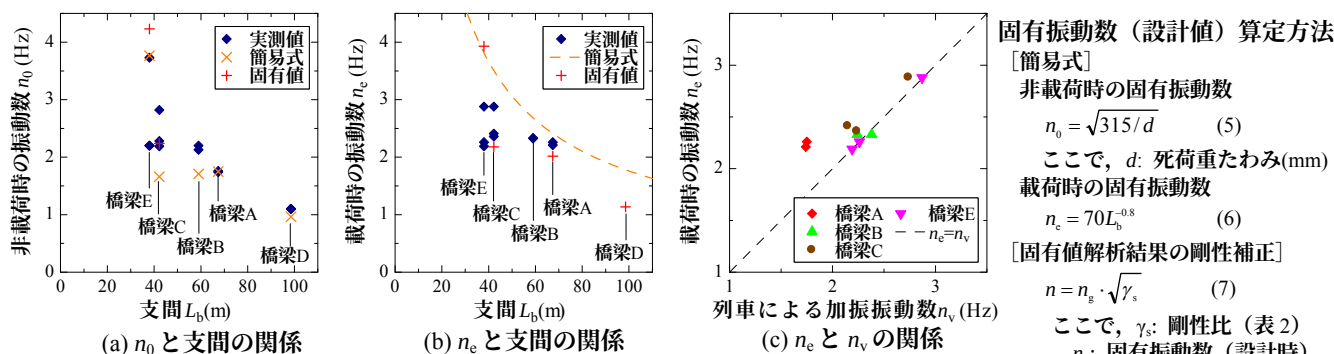


図3 実測より得られた振動特性

7. 桁の振動特性

実測より得られた桁の振動数を図3に示す。非載荷時の振動数 n_0 および載荷時の振動数 n_c の設計値は、簡易式(5)、(6)によるものと、設計時の固有値解析結果をそれぞれ式7)により補正したものを図中に示している。式(5)における死荷重たわみ d は、ここでは設計時の死荷重たわみを用いている。列車の加振振動数 n_v は、列車速度を車両長で除して求めた。各振動数の実測値は列車通過中および通過後の波形よりそれぞれ求めた。

非載荷時の振動数 n_0 (図3(a))は、橋梁A、Dにおいては設計値に近い振動数を示した。橋梁C、Eにおいては、設計値に近い振動数で振動する場合と、異なる振動数の場合が見られた。これは、列車による加振振動数の違いにより、通過後の振動モードも変化したと考えられる。

載荷時の振動数 n_c (図3(b))は、いずれも簡易式による設計値より小さい値となった。橋梁A、Cでは実測値は固有値に近い値を示す。一方、橋梁Eでは設計値と異なるほか、各ケースで異なる振動数を示す。これは、図3(c)において n_c が加振振動数 n_v に近い値を示すように、それぞれの列車速度に応じた加振振動数に従って振動していると考えられる。橋梁Cにおいてもその傾向が見られる。両振動数が一致しない、もしくは列車速度によらず一定の n_c を示すものは、桁の固有振動数で振動していると推察される。

8. まとめ

連続合成桁鉄道橋のたわみ測定により、桁の動的特性を把握した。本研究で得られた主な結論を以下に示す。

- ・実測たわみは予測たわみより小さいことから、桁の実剛性は設計より大きいといえる。
- ・実測値より算定した衝撃係数は、共振が発生しない限り設計値より小さい値となる傾向にある。
- ・列車通過時は、列車による加振振動数で振動する場合と桁の固有振動数で振動する場合があると考えられる。

今後、衝撃係数や振動数の算定方法など、詳細な検討を進める予定である。

参考文献

- 1) 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，2009。
- 2) 藤原良憲，鈴木喜弥，池田学，谷口望：鋼鉄道橋における非合成部材の合成効果に関する実橋測定，構造工学論文集，Vol.53A, pp.1099-1106, 2007。