

鉄道連続桁の衝撃係数算定法に関する検討

鉄道総研 正 ○宇野 匡和 鉄道総研 正 曾我部正道

1. はじめに

鉄道の高速化と桁の低剛性化により、共振を前提として設計を行う事例が増加している。しかしながら、連続桁の衝撃係数の評価方法については、適切な簡易計算方法が提案されていないのが現状である。そこで本研究では、表-1 に示す 3 径間連続桁と 4 径間連続桁を取り上げシミュレーション解析により連続桁の簡易な設計方法について検討した。

2. 解析手法

数値解析には、車両を非振動の定荷重列とみなす、線路構造物の汎用構造解析プログラム DIARIST (Dynamic and Impact Analysis for Railway Structure) を用いた。この解析手法では車両は軸距と軸重で表されるため、車両と構造物との動的相互作用は考慮していない。図-1 に列車の解析モデルを示す。列車は、車両長 25m の新幹線車両を想定し、軸重は 160kN の荷重列とした。表-1 に対象橋梁と断面諸元を示す。近年設計された鉄道連続桁の諸元を参考に、3 径間連続桁 4 橋と 4 径間連続桁 3 橋のモデル橋梁を想定し、解析諸元を定めた。図-2 に連続桁の例として、CASE4 の 3 径間連続桁の一般図を示す。図-3 に同橋梁の解析モデルを示す。DIARIST では、任意の構造形式を有限要素により構造物をモデル化することができる。本研究では、連続桁は梁要素でモデル化した。各スパンはいずれも 20 分割とした。数値解析法にはモーダル法を用い、減衰定数は 2% とした。

解析結果は各部材、断面力またはたわみごとの衝撃係数で評価した。衝撃係数は、列車の走行により発生する動的な断面力またはたわみの静的応答に対する増加分の割合で式(1)のように定義される¹⁾。

$$i = \frac{S_d}{S_s} - 1 \quad (1)$$

ここに、 i は設計衝撃係数、 S_d は動的な断面力またはたわみの最大値、 S_s は静的な断面力またはたわみの最大値である。

3. 解析結果

図-4 に CASE4 の 3 径間連続桁における列車速度と衝撃係数の関係の例を示す。これらの衝撃係数の値は、支配的な振動モードの固有振動数と無次元化スパン L_b/L_v に依存することが知られている^{1),2)}。

図-5 に PC 3 径間連続桁の振動モード図を示す。図-6 に列車速度 260km/h の場合で CASE4 の各断面力に対するモード寄与率を示す。節点番号は、それぞれ図-3 の節点番号に対応する。スパン中央の正曲げモーメントに対しては、1 次モードの寄与率が高く、支点部の負曲げモーメントに対しては、3 次モードの寄与率が高い結果となっている。他の橋梁についても同様な傾向にあり、連続桁の衝撃係数の評価は 1 次の振動モードをベースとすれば安全側であ

表-1 対象橋梁と断面諸元

CASE	スパン L_b (m)	断面形状	断面諸元(代表断面)		
			ヤング係数 (kN/mm ²)	断面2次モーメント (m ⁴)	重量 (kN/m)
1	31.0+38.0+31.0	鋼合成2主桁	200	0.831	394.0
2	44.3+60.0+44.3	PC箱桁	31	9.861	364.2
3	43.1+72.0+43.1	PC箱桁	31	20.834	418.3
4	66.2+85.0+66.2	PC箱桁	31	6.170	441.8
5	31.0+38.0+38.0+31.0	鋼合成2主桁	200	0.813	394.0
6	44.3+60.0+60.0+44.3	PC箱桁	31	9.861	364.2
7	43.1+72.0+72.0+43.1	PC箱桁	31	20.837	418.3

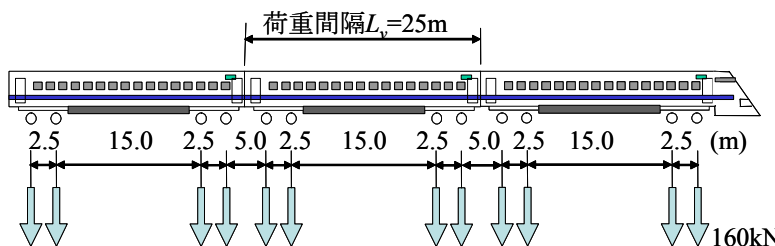


図-1 列車の解析モデル

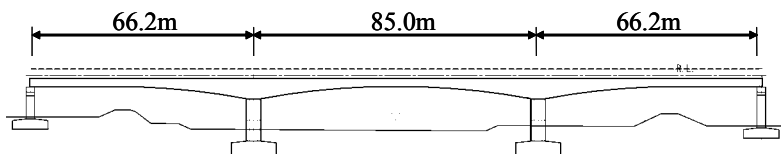


図-2 3径間連続桁一般図

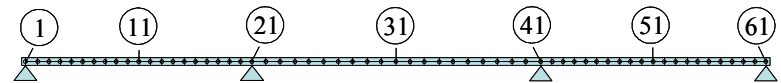


図-3 解析モデル(3径間連続桁)

キーワード 鉄道橋、衝撃係数、連続桁

連絡先 〒185-0034 東京都国分寺市光町 2-8-38 (財) 鉄道総合技術研究所 コンクリート構造 TEL 042-573-7281

ることが分かる。また、図-5 に示した刺激係数や有効質量は、一般に橋梁全体の同位相同方向加振の評価には有効であるが、列車による移動荷重加振の支配振動モードの評価には適用ができないことが分かる。

表-2 に同様の検討を全橋梁に対して行った解析結果をまとめて示す。このシミュレーション結果を包絡するように、簡易計算方法を検討した結果も併せて示した。図-7 に数値解析と簡易計算の結果を比較して示す。簡易な計算方法としては様々な手法が考えられるが、中央径間に関して、固有振動数を単純梁として算出し、表-3 に示す簡易計算用スパンを用いて単純梁のノモグラム¹⁾から衝撃係数を算出すると比較的良い精度が得られた。簡易計算時の断面2次モーメントは、当該スパンの最小値を用いた。簡易計算用にスパンを定義したのは、連続桁では側径間の影響で L_b/L_v の影響が単純梁の時よりも変化するため、区分した区間で最も影響が大きくなる無次元化スパン L_b/L_v を選択することにより、安全側に包絡できるように定めた。図-7 から、提案した簡易計算方法は、側径間で精度が落ちるものの、本研究で対象としたスパン構成に近い連続桁の設計衝撃係数の評価においては、一定の精度が得られると考えられる。

4. まとめ

①3 径間、4 径間連続桁の断面力、たわみを支配する振動モードは、1 次の振動モードを用いれば安全側に評価できると考えられる。②無次元化スパン L_b/L_v を安全側を選択することにより、単純梁のノモグラムを用いて連続桁の衝撃係数を評価することができる。

参考文献

- 1) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説ーコンクリート構造物ー，丸善，2004
- 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

表-2 数値解析と簡易計算結果

CASE	スパン(m)	数値解析			簡易計算	
		固有振動数 (Hz)	衝撃係数 i_a		固有振動数	衝撃係数 i_a
			側径間	中央径間		
1	31.0+38.0+31.0	3.025	0.725	1.267	2.190	1.210
2	44.3+60.0+44.3	1.891	0.165	0.292	1.250	0.452
3	43.1+72.0+43.1	1.995	0.440	0.484	1.180	0.452
4	66.2+85.0+66.2	0.781	0.299	0.556	0.450	0.577
5	31.0+38.0+38.0+31.0	2.805	0.308	1.205	2.190	1.210
6	44.3+60.0+60.0+44.3	1.674	0.170	0.160	1.250	0.452
7	43.1+72.0+72.0+43.1	1.717	0.400	0.270	1.180	0.452

表-3 簡易計算用スパン

中央径間	簡易計算用スパン L_b (m)	
スパン L_b (m)	無次元化スパン L_b/L_v	$L_v=25$ m の場合
$0 < L_b < 35$	1	25
$35 \leq L_b < 60$	2	50
$60 \leq L_b$	3	75

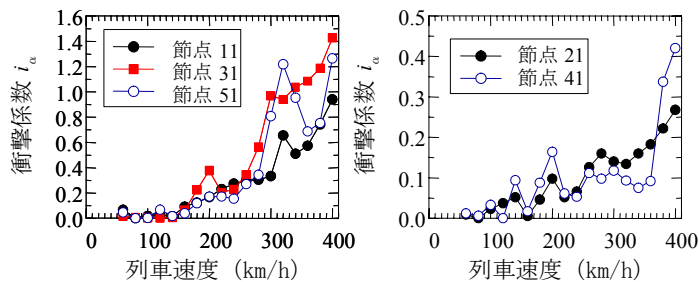


図-4 3 径間連続桁における列車速度と衝撃係数の関係

1次モード 振動数1.201Hz 刺激係数-0.302 有効質量比 0.011



2次モード 振動数1.500Hz 刺激係数-0.028 有効質量比 0.000



3次モード 振動数2.221Hz 刺激係数 2.188 有効質量比 0.582



図-5 PC3 径間連続桁の振動モード図

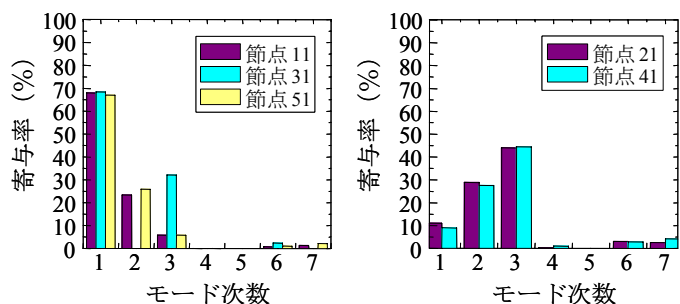


図-6 各断面に対するモード寄与率

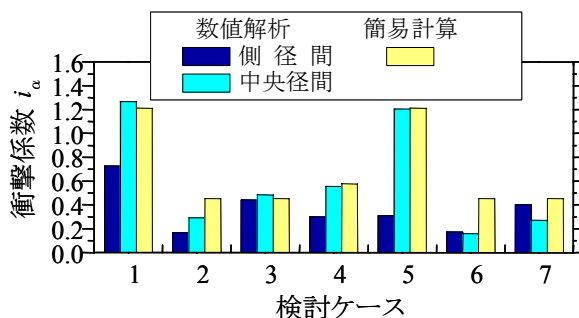


図-7 数値解析と簡易計算の衝撃係数 i_a の比較