

I-79 走行車両による合成桁ずれ止めの動的伝達せん断力の評価

奥村組 正員 岡田 誉
宇都宮大学 正員 中島章典、阿部英彦

1. はじめに

近年、交通量の増加、中でも大型車量の増加や過積載により、鋼道路橋の部材に疲労損傷が発生した事例も報告されている。合成桁橋においても、鋼桁とコンクリート床版を一体化させるスタッドなどのずれ止めは走行車両により大きな繰り返しの伝達せん断力を受けていると予想される。

そこで本研究では、一般的な諸元の合成桁上をモデル化された車両が走行する際に生じる動的伝達せん断力を、剛体ばねモデルを用いた数値計算法により算定した。また、合成桁の模型試験体を製作して加振実験を行い、1次の固有振動数の実験値と計算値とを比較して、数値計算法の妥当性を検討した。

2. 剛体ばねモデルによる合成桁の動的応答解析

剛体ばねモデルを用いて、合成桁の鋼桁とコンクリート床版を剛体とばねに、ずれ止めもばねにモデル化し、剛性マトリックス[K]と質量マトリックス[M]を誘導した¹⁾。このマトリックスを用いて、任意の動的外力が作用する場合の強制振動の運動方程式は次式のように表される。

$$[M]\{\ddot{x}(t)\} + [C]\{\dot{x}(t)\} + [K]\{x(t)\} = \{f(t)\} \tag{1}$$

ここに、[C]は減衰マトリックスであり、外力ベクトル{f(t)}は各時刻ごとに、車両の移動ともなって構成される。ここでは、この運動方程式をモーダルアナリシス法²⁾を用いて解くが手順の詳細は省略する。

3. 合成桁試験体の加振実験

本計算法の妥当性を検討するために、H鋼、コンクリート床版およびボルトを用いたずれ止めで構成される図1のようなスパン2mの合成桁模型試験体を製作し、両端単純支持で加振実験を行った。共振曲線から得られた1次の固有振動数と減衰定数の実験値を表1に示す。同表には、完全合成桁としての固有振動数の理論値および剛体ばねモデル解析による計算値も示す。剛体ばねモデル解析におけるずれ止め剛度は、同じ断面構成の押し抜き試験体の押し抜き試験より求めた。

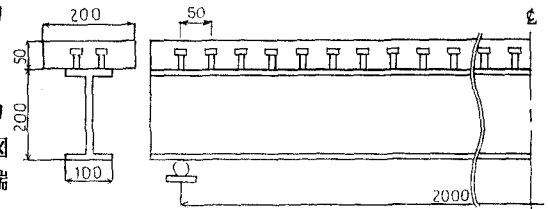


図1 合成桁模型試験体の諸元(単位:mm)

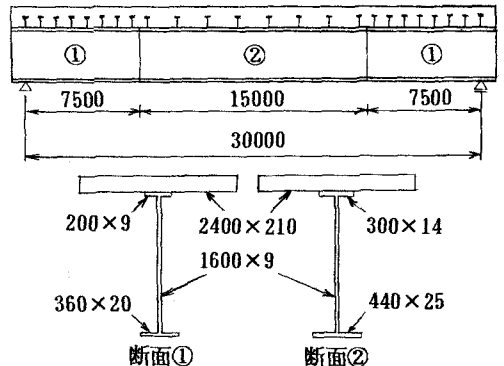


図2 合成桁対象モデルの諸元(単位:mm)

計算値が実験値に比較的一致していることから、合成桁の動的応答解析に対して剛体ばねモデルを用いた本数値計算法はある程度有効であると考えられる。また実験結果を参考にして、モーダルアナリシス法における各モード減衰定数を0.01とした。

4. 合成桁ずれ止めの動的伝達せん断力

ここでは、図2に示すスパン30m、4本主桁を有する一般的な諸元の合成桁橋³⁾の1つの主桁上を全重量の1/2の重量を有する車両が走行する場合を考えた。スパン中央1/2部分とそれ以外で鋼桁断面を図2のように変え、また、端部では、φ22のスタッド(高さ15cm)3本を20cm間隔で配置するのに相当する程度のずれ止め剛度(5.0×10⁵tf/m/m)を与え、中央部分ではずれ止め剛度をその1/2とした。

表1 合成桁模型の固有振動数

	実験値	実験値	実験値	計算値	理論値
	No.1	No.2	の平均		
1次固有振動数 (Hz)	134.3	129.5	131.9	141.5	151.3
1次減衰定数 (×10 ⁻³)	8.19	8.49	8.34	—	—

表2 車両モデルの諸元

重量 (tf)		20.0
慣性モーメント (tf・m ²)		23.248
ばね定数 (tf/m)	k ₁	112.86
	k ₂	645.66
減衰係数 (tf・sec/m)	C ₁	0.811
	C ₂	4.642
固有振動数 (Hz)	Z方向	3.322
	θ方向	2.639

剛体ばねモデル解析では、コンクリート床版および鋼桁を48要素に分割し、ずれ止めは各節点に集中しているものとした。車両は大型ダンプトラックを図3のように前輪1軸・後輪2軸の2自由度系にモデル化した。車両モデルの諸元を表2に示す。

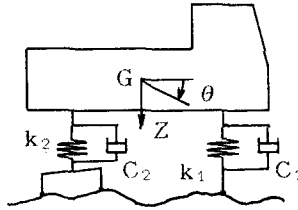


図3 車両モデル

路面凹凸が走行車両による橋梁の動的応答に及ぼす影響は無視できないので、図4のような実際の路面凹凸波形を人工的に作成して解析に用いた⁴⁾。

重量20tf(数値計算上は10tf)の車両が速度50km/hで走行した場合について、スパン1/4点のずれ止め伝達せん断力の時刻歴曲線の例を図5に示す。横軸は車両前輪の位置を示し、縦軸は伝達せん断力を同じ大きさの集中荷重が静的に作用した場合に得られる伝達せん断力の振幅 Q_s で無次元化している。以下では図5中に示す伝達せん断力の最大振幅 Q に着目して結果を整理する。

図6は、ずれ止め取り付け位置と Q/Q_s の関係を示している。路面凹凸のない場合に比較して、路面凹凸がある場合の伝達せん断力の最大振幅 Q はかなり大きく、いずれも見かけ上、桁の端部で大きくなっている。しかし、桁端部に比べ中央部分のずれ止め本数は半分であるので、縦軸を1本当たりの伝達せん断力 Q_0 で書き表すと、図6の結果は図7の破線のようにになる。縦軸は Q_0 を次式で与えられるずれ止め1本当たりの許容せん断力 Q_a で無次元化している。

$$Q_a = 30d^2 / \sqrt{\sigma_{ck}} = 30 \times 2.2^2 \times \sqrt{300} = 2515 \text{ kgf/本} \quad (2)$$

ここに、 d はスタッドの軸径(cm)、 σ_{ck} は床版コンクリートの設計基準強度(kgf/cm²)である。車両重量が80tfぐらまで増えると、中央部ずれ止めの伝達せん断力は許容値よりも大きくなるのがわかる。

次に図8は、ずれ止め剛度が部分的に低下した場合(もとの1/10)の伝達せん断力とその取り付け位置の関係を示している。この図から、ずれ止め剛度が部分的に低下すると、これに隣接したずれ止めの伝達せん断力が局部的に大きくなり、ずれ止め剛度の低下した範囲が広いほど、この傾向は顕著になるのがわかる。

5. おわりに

合成桁上を車両が走行した場合、ずれ止め本数の少ない橋梁中央部付近のずれ止めに大きな伝達せん断力が生じ、また、部分的にずれ止め剛度が低下すると、それに隣接するずれ止めが大きな水平せん断力を伝達することがわかった。最後に、本研究の一部は科学研究費(奨励研究A)の補助を受けたことを付記する。

- [参考文献] 1)中島章典他:合成桁のずれ止め剛度…、構造工学論文集Vol.37A, pp.957-964, 1991, 3
 2)小坪清真:土木振動学、森北出版、1973、3)大地羊三・出穂孝之:パソコンによる…、オーム社、1983
 4)川谷充郎他:桁橋の走行車両による…、構造工学論文集Vol.35A, pp.741-748, 1989, 3

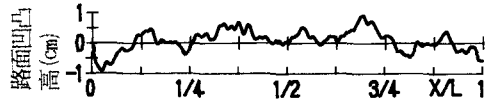


図4 路面凹凸のサンプル波形

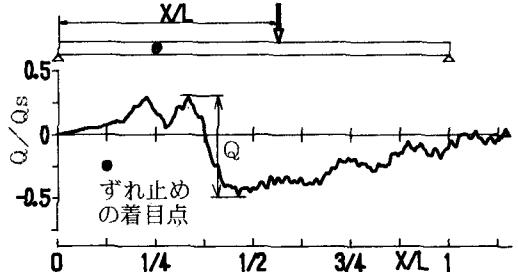


図5 ずれ止め伝達せん断力の時刻歴曲線

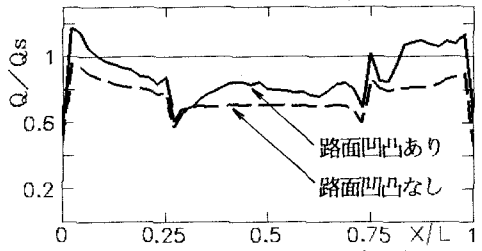


図6 ずれ止めの伝達せん断力分布

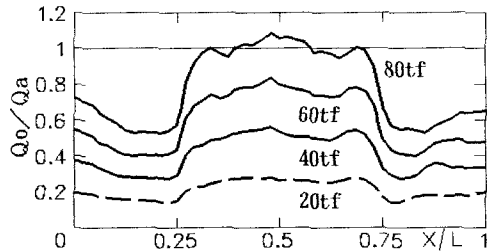


図7 ずれ止め1本当たりの伝達せん断力分布

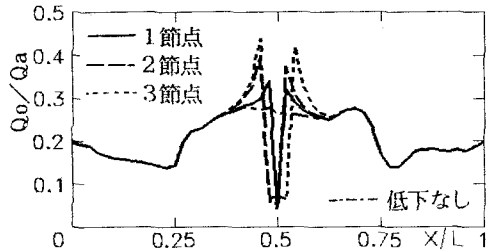


図8 ずれ止め1本当たりの伝達せん断力分布(部分的にずれ止め剛度が低下した場合)