

CS-179

走行車両による連続合成桁橋の使用性応答について

鹿島 正会員 土岐 浩之
宇都宮大学 正会員 中島 章典
宇都宮大学 正会員 斉木 功

1. はじめに

連続合成桁橋において、使用性の立場から、中間支点付近の負の曲げモーメントによるコンクリート床版に生じるひび割れ、合成桁橋において、疲労の立場から、コンクリート床版と鋼桁間のずれ止めに作用する繰り返しの水平せん断力が問題となっている。

本研究では、連続合成桁橋の使用性応答の解明を主たる目的として、車両-橋梁系振動問題の解析法にコンクリート床版のひび割れ等の材料非線形性を考慮した剛体ばねモデル解析を行った。

2. 解析方法

車両-橋梁系振動問題を扱う場合には、橋梁上を走行する車両のモデル化が必要である。ここでは、まず連続合成桁橋の走行車両の影響を把握することが重要であると考え、走行車両モデルには図-1に示すような簡易な1自由度系車両モデルを採用した。その構造諸元は大型車両1台の半分とし、固有振動数および減衰比はそれぞれ3Hz, 0.03とした。

次に、ここで用いた解析モデルを図-2に示す。解析モデルは1スパン60mの2径間連続合成桁橋である。また、コンクリート床版内には鉄筋を上下2段に配置し、床版上縁側の鉄筋比(0.91%)を下縁側の鉄筋比(0.45%)の2倍とした。また支承は中間部を固定とし、両端部を可動とした。

ここで、連続合成桁橋のコンクリート床版と鋼桁を橋軸方向に分割し(要素分割数120)、剛体要素とそれぞれを結合するばねにモデル化した。剛体要素間に配置するばね要素を図-3に示す。コンクリート床版と鋼桁の同一部材の剛体間には、橋軸方向の軸力に抵抗する複数の軸ばねとせん断力に抵抗するせん断ばねを設けた。また、コンクリート床版と鋼桁の剛体要素間には、上下方向の力に抵抗する鉛直ばねと橋軸方向のずれに抵抗する水平ばねを設けた。実橋に即して鋼桁下面と基盤間には、上査および下査の2つの剛体と水平、鉛直および回転ばねからなる2組のばね要素でモデル化した支承要素を設けた。支承要素の上段のばね要素は回転ばねで回転ヒンジを、水平ばねで支承の可動および固定を表した。

鉄筋と鋼桁の軸ばね特性は、完全弾塑性型の応力-ひずみ関係で、またコンクリート軸ばね特性は図-4に示すような応力-ひずみ関係で表した。一方、コンクリートおよび鋼桁のせん断ばね特性はせん断による降伏を認めず、構成関係は線形弾性関係としたが、鋼材のせん断に対する形状係数の考慮は行なった。

ずれ止めの水平ばね特性は、図-5に示すような力-

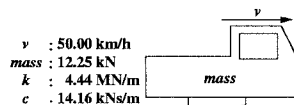


図-1 走行車両モデル

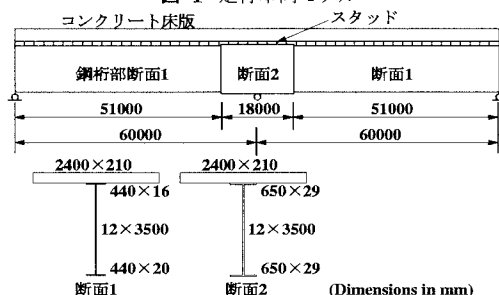


図-2 解析モデル

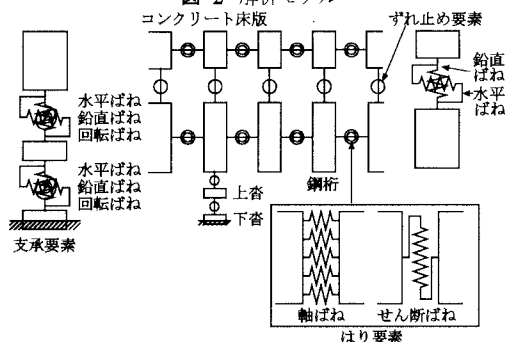


図-3 剛体間ばね要素形状

変位関係¹⁾を用いた。この曲線は、ずれ変位量 δ が増加するにつれ、せん断力 Q がせん断強度 Q_u に漸近する形になっている。ここでは、平城らの研究²⁾を参考にスタッド1本当たりのせん断強度 Q_u を73kNとした。また、ずれ止めの鉛直ばね特性の構成関係は線形弾性関係とした。

支承要素のばね特性は、図-3に示す支承要素下段の水平ばね以外はすべて線形弾性関係とした。鋼桁下フランジと上査のボルト固定を表す上段のばね要素、固定支承の下段の水平ばねおよび下段の鉛直ばねのばね定数は9.8GN/mとし、回転ヒンジを表す下段の回転ばねのばね定数は9.8kN/mとした。支承要素の下段の水平ばね特性、すなわち可動支承の水平ばね特性はバイリニア型の水平力-水平変位関係とした。

本研究における最大ひび割れ幅算定方法は、はじめ

Key Words: 連続合成桁, 使用性, 車両-橋梁系振動問題, ひび割れ, 水平せん断力

〒321-8585 宇都宮市陽東 7-1-2 宇都宮大学工学部建設学科 Tel.028-689-6208 Fax.028-689-6230

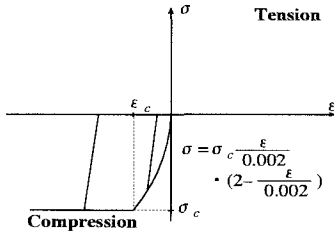


図-4 コンクリートの軸ばね特性

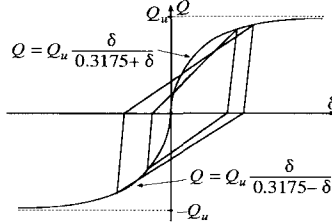


図-5 ずれ止めの水平ばね特性

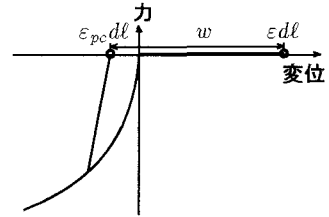


図-6 ひび割れ幅の定義

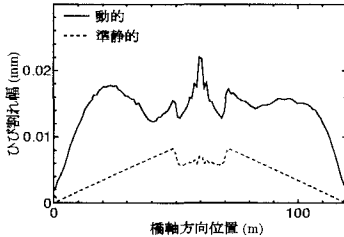


図-7 橋軸方向ひび割れ幅分布

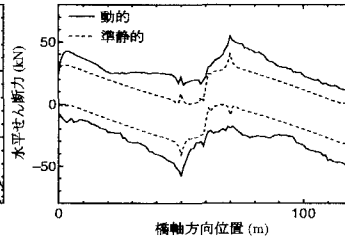


図-8 橋軸方向水平せん断力分布

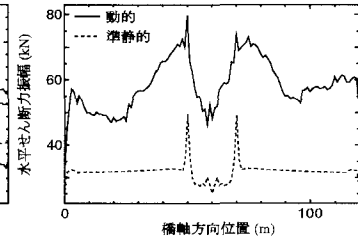


図-9 橋軸方向水平せん断力振幅

にコンクリートの軸ばね1本に生じるひび割れ幅を求める。dlの長さをもつ剛体要素が引張力を受け、 ϵdl だけ伸びたとする。このとき図-6に示すように、 ϵdl と圧縮塑性ひずみ ϵ_{pc} に対応する変位量 $\epsilon_{pc} dl$ との和wをそのばね要素に生じたひび割れ幅と考える。またここで、コンクリート標準示方書³⁾を参考にして得られるひび割れの最大間隔 l_{max} を算出し、これを用いて1本のばねに生じると考えられるひび割れの最小本数 n_{min} ($=dl/l_{max}$)を求めておく。最終的に本研究では、この最小本数 n_{min} と先に求めたwを用いて最大ひび割れ幅 w_{max} ($=w/n_{min}$)を算出した。

3. 解析結果

図-7に最大ひび割れ幅の橋軸方向分布を示す。縦軸は走行車両が橋梁上を走行したときに任意の位置のコンクリート床版上縁に生じた最大ひび割れ幅であり、横軸はそのコンクリートばね要素の橋軸方向位置である。また、実線で示す動的とは3種類の路面凹凸波形それぞれを用いて解析して得られた最大ひび割れ幅を平均した結果であり、点線で示す準静的とは走行車両モデル重量である12.25kNを静的に作用させ、その荷重を橋軸方向に移動させて得られた結果である。図より、床版に生じるひび割れは中間支点付近以外にも生じていることがわかる。また、準静的結果は動的結果に比べ小さいことがわかる。動的結果に着目すると、床版に生じる最大ひび割れ幅は中間支点で最も大きいことがわかる。しかしその最大幅は約0.022mmであり、このモデルの許容値0.2mm³⁾よりも十分小さいことがわかる。

図-8に橋軸方向水平せん断力分布を示す。縦軸は走行車両が橋梁上を走行したときに任意の位置のスタッドに作用する最大、最小水平せん断力であり、横軸はそのスタッドの橋軸方向位置である。この図のように、任意の位置のスタッドに生じる水平せん断力の振幅は、その位置のスタッドに作用する最大水

平せん断力と最小水平せん断力の差をとることによって概算することができる。図-9は、このようにして求めた橋軸方向スタッドの水平せん断力振幅分布である。縦軸は水平せん断力振幅であり、横軸はスタッドの橋軸方向位置である。ここで、縦軸の水平せん断力振幅は剛体ばねモデル解析における1要素当たり(1m当たり)に作用する水平せん断力振幅を示し、本解析ではスタッドが12本/mの配置間隔としていることから、結果的にスタッド12本分の水平せん断力振幅である。これより、動的の水平せん断力振幅は準静的の結果と比べ、かなり大きいことがわかり、その大きさは最大水平せん断力振幅で約1.5倍程度の差が認められる。また、動的結果の最大水平せん断力振幅は、橋軸方向位置50mのスタッドで80kN程度であり、スタッドに作用する水平せん断力は、スタッドの十分な疲労寿命を有する範囲であることがわかる⁴⁾。

4. おわりに

本研究では、連続合成桁橋上を車両が走行した場合の使用性応答、すなわち、使用限界状態における連続合成桁橋の動的応答を解析的に把握するため、車両-橋梁系振動問題の解析法に材料非線形性を考慮した剛体ばねモデル解析を行った。その結果、床版のひび割れは、中間支点付近のみでなく全領域で発生する恐れがあるが、そのひび割れ幅は小さい、また、スタッドに作用する水平せん断力は、スタッドの十分な疲労寿命を有する範囲であることがわかった。

参考文献

- 1) 園田恵一郎他：鋼板・コンクリート合成床版の.....土木学会論文集，No.537/I-35，pp.97-106，1996.4.
- 2) 平城弘一他：頭付きスタッドの強度評価式の誘導.....構造工学論文集，Vol35A，pp.1221-1232，1989.3.
- 3) 土木学会：平成3年版コンクリート標準示方書設計編，土木学会，1995.3.
- 4) 松井繁之他：頭付きスタッドの強度評価式の誘導.....構造工学論文集，Vol35A，pp.1233-1244，1989.3.