

神戸大学大学院 フェロー 川谷 充郎
 神戸大学大学院 正会員 金 哲佑
 神戸大学大学院 学生員 北浦 利依

1.はじめに

曲線桁橋はジャンクションおよび都市高速道路高架橋などの建設環境に適する橋梁形式としてよく用いられる。その力学的特徴としてねじり挙動が挙げられる。曲線桁橋に生じるねじりモーメントは橋梁の変形や反力に影響を与える。特に、反力について、曲線桁橋の曲率半径の内側の支点には負反力が生じやすい。

高速道路ジャンクションのランプ橋において可動側支承の上脊セットボルト 4本のうち 2本の破断が報告されている。これは曲線橋の負反力が原因と考えられる。この問題について、車両走行時の支承の挙動を解析的に検討し、ボルト破断の原因を検討する必要がある。そこで、本研究では曲線桁橋の走行車両との連成振動解析を行い、支点の境界条件や走行位置による支承反力応答への影響を解析的に検討する。

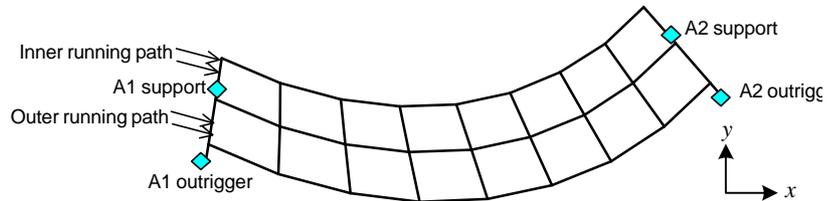


Fig.1 Bridge model

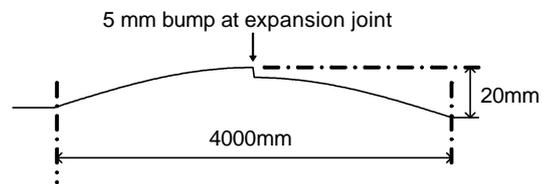


Fig.2 Bump shape near expansion joint of bridge entrance

2.解析手法

2.1 橋梁モデル 対象橋梁は、支間長約 42m、主桁の曲率半径 40m の 1 径間曲線桁橋である。対象橋梁の有限要素モデルを Fig.1 に示す。橋梁のモデル化の際、一節点 6 自由度を有するはり要素を用い、質量は集中質量とする。はり部材の中立軸および支承の鉛直距離をオフセット部材により考慮する。支承部にはばねを考慮できる二重節点を設けている。橋梁モデルの減衰定数については、レイリー減衰を用いて評価し、1 次と 2 次の振動モードに対して減衰定数を 0.025 と仮定する。走行時の交通振動解析では現地の条件を再現すべく解析条件を設定しているが、実橋梁の路面凹凸が不明のため、人工路面凹凸をモンテカルロシミュレーションによって作成し、解析に用いる。仮定した路面凹凸のパワースペクトル密度(PSD) $S(\omega)$ を式(1)に示す¹⁾。

$$S(\omega) = \frac{0.003}{\omega^2 + 0.05^2} \quad (1)$$

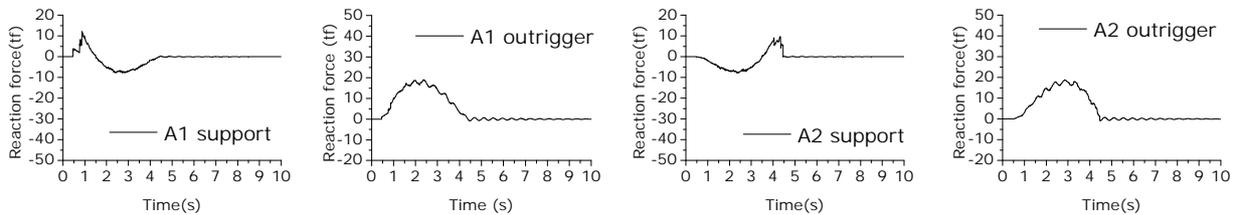
ここで ω は路面凹凸の空間周波数である。解析に用いる路面凹凸は ISO 評価基準によると良好である²⁾。実際の橋梁の進入部段差を想定し、Fig.2 に示すように進入側継手に全長 4000mm、高さ 20mm の凹凸、および継手部分には 5mm の段落ちを設ける。支承の境界条件について、現場の状況を再現するため A1 支承の水平方向は拘束せず、A1 アウトリガーについても x 方向は拘束しないものとする。回転については 4 支承とも全方向拘束しない。ただし、セットボルト破断後すべてのセットボルトの取り換えを行った際、A2 支承のセットボルト 4 本の内 1 本が緩まず取り換え不能であり桁との間に隙間があったと報告されているため、その状態を再現すべく A2 支承にはばね定数 98.1MN/m のばねを考慮するモデルも用いる。解析における着目点について、A1・A2 両側の支承およびアウトリガー全 4 点の支承反力について検討する。

2.2 車両モデル 車両モデルは、8 自由度振動系車両モデルとする。車両の走行位置は、1) 内側走行（解析モデルの内側耳桁から 0.29mの位置を走行）2) 外側走行（解析モデルの内側耳桁から 3.03m）とする。走行速度はいずれも 40km/h とする。

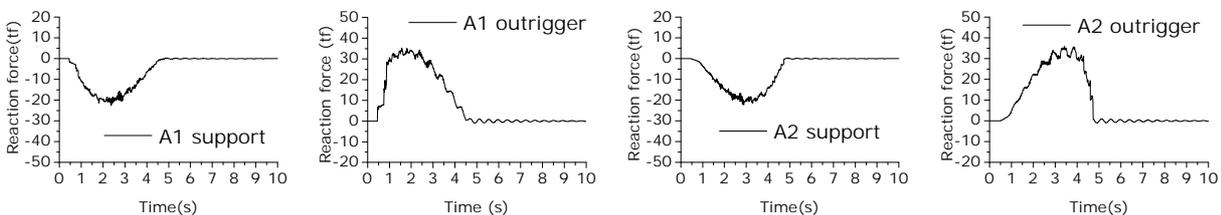
3. 解析結果

Fig.3 に A2 支承にばね要素を考慮しない場合の内側走行と外側走行の支承部反力応答の時刻歴を示す。図から分かるように、ねじりの影響で内側走行時と比べて外側走行時の方が全支承において応答が大きくなっている。また、内側支承部（A1 support, A2 support）には負反力が発生することが分かる。A2 支承においてはばね要素を考慮し、車両が外側を走行する場合の動的反力を Fig.4 に示す。A2 側はばねを考慮することで応答が小さくなる一方、A1 側の支承およびアウトリガーの反力応答が正負ともに大きくなっていることがわかる。

以上より、A1 支承のセットボルト破断の一因として繰り返しの走行荷重による疲労が挙げられる。多くの車両が曲線半径の外側を走行すれば支承部のセットボルトに蓄積する引張応力は相当大きくなると考える。さらに、A2 支承のセットボルトが確実に締まっていなかったことも加わって、A1 支承のセットボルトに特に大きな負反力に起因する引張応力が働く可能性が高いと考える。



(a) Inner path running



(b) Outer path running

Fig.3 Reaction forces of the curved girder without considering spring element at supports.

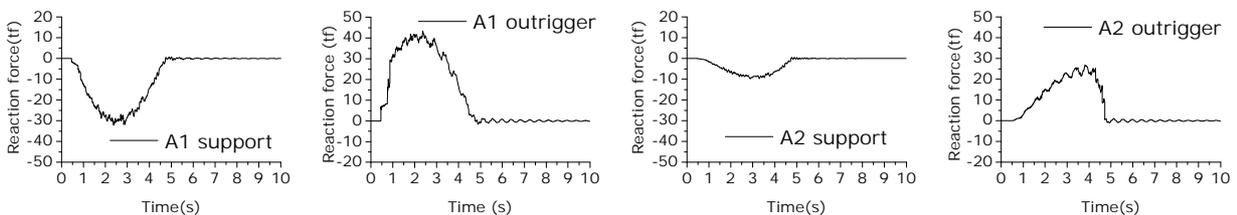


Fig.4 Reaction forces at each support in the case of outer path running considering spring element at A2 support.

【参考文献】

- 1) C.W. Kim, M. Kawatani, Y.R. Kwon, Impact coefficient of reinforced concrete slabs on a steel girder bridge, Engineering Structures, Vol.29 (4) pp. 576-590, April 2007.
- 2) ISO 8608. Mechanical vibration—Road surface profiles—Reporting of measured data. ISO; 1995.