

曲線桁橋の車両走行による動的反力の検討

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
 (株)エイト日本技術開発 正会員 ○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。今後は道路網の充実によりその建設頻度も高まると考えられる。曲線桁橋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、曲線桁橋の内側の支点には負反力の生じる場合がある。

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巻セットボルト 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、支点の境界条件による支承反力応答への影響を明らかにし、さらに車両走行実験結果と比較検討する。

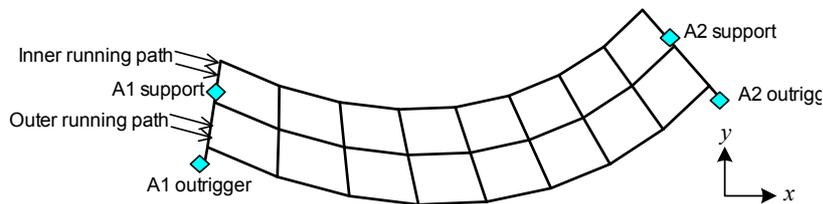


Fig.1 Bridge model

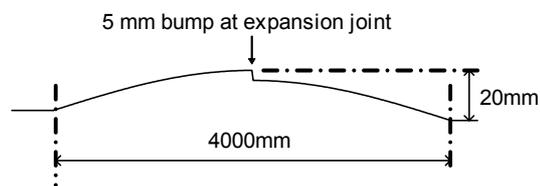


Fig.2 Bump shape near expansion joint of bridge entrance

2.解析手法 2.1 橋梁モデル 対象橋梁は、支間長 43.5m、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⁾。

$$S(\Omega) = \frac{0.003}{\Omega^2 + 0.05^2} \tag{1}$$

ここで Ω は路面凹凸の空間周波数である。この路面凹凸は 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 支承にばね定数 98.1MN/m のばねを考慮するモデルも用いる。A1・A2 の支承およびアウトリガー全 4 点の反力について検討する。

キーワード：曲線桁、動的応答解析、支承反力、車両走行実験

連絡先：〒531-0072 大阪府大阪市北区豊崎 5 丁目 6 番 10 号 日本技術開発株式会社 Phone: 06-6377 4927

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。車両走行実験におけ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）および 3) それらの中間であるが、ここでは支承に負反力の出易い外側走行とする。走行速度は 40km/h とする。

3. 動的反力 Fig.3 に A1 支承にばね要素を考慮しない場合の外側走行の反力応答の時刻歴を示す。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。外側走行の場合の走行実験結果(支承セットボルト応力、正が負反力を示す)を Fig.4 に示す。A2 支承の反力応答の実測値が解析値に比べて小さくなっていることが分かる。その原因として先に述べた A2 支承の隙間が考えられるため、これを再現すべく A2 支承においてばね要素を考慮し、車両が外側を走行する場合の動的反力を Fig.5 に示す。A2 側はばねを考慮することで反力が小さくなる一方、A1 側の支承およびアウトリガーの反力応答がばねを考慮しない場合に比べて負正の絶対値ともに大きくなっていることが分かる。

以上より、走行実験で測定された支承セットボルト応力と同様の傾向を解析で再現することが出来た。そして、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考えられる。多くの車両が曲線桁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大きくなると考える。さらに、A2 支承のセットボルトの隙間が A1 支承のセットボルトに作用する引張応力を大きくすることを示している。

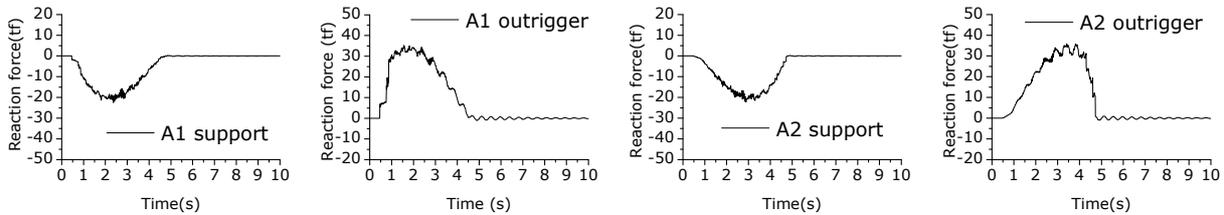


Fig.3 Reaction forces of the curved girder without considering spring element at supports.

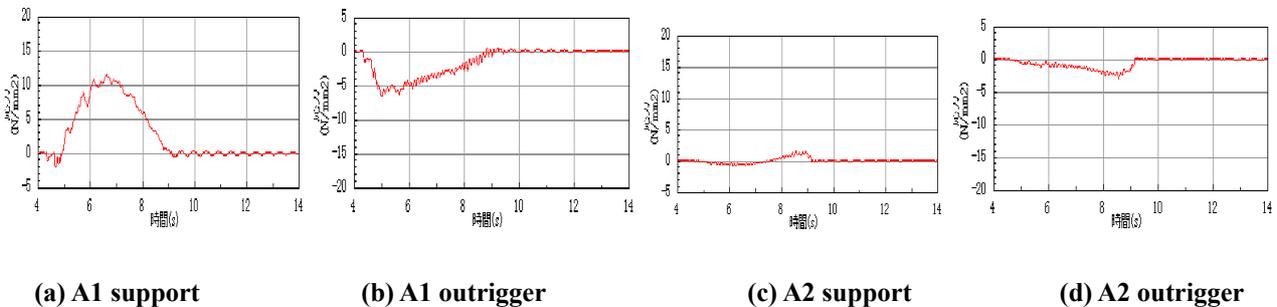


Fig.4 Measured stress in running experiment at each support

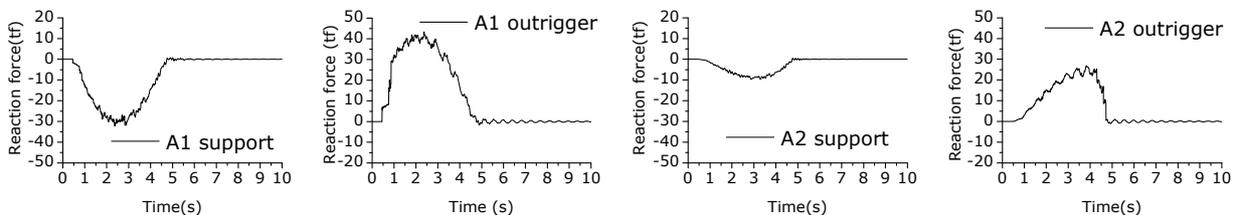


Fig.5 Reaction forces at each support in the case of outer path running considering spring element at A1 support.

【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.