

桁衝突を許容した鋼橋の耐震設計法の有効性に関する基礎的検討

阿南工業高等専門学校 賛助会員 ○遠山 秀
阿南工業高等専門学校 正会員 森山 卓郎

1. はじめに

1995年の兵庫県南部地震では、道路や橋梁が甚大な被害を受け、鋼製橋脚の局部座屈や支承の破壊、上部工の落下などが見られた。これにより、道路橋示方書が改正され、隣接する橋桁同士または橋桁と橋台に以前よりも大きな桁遊間を設け、橋桁の衝突が生じないようにすることと、橋脚の耐震補強を主な内容として設けられた。橋桁の衝突が生じないように大きな桁遊間を確保した場合、対応策として大きな伸縮装置が必要となるため、それによって建設コストの増大、維持管理などの問題が生じることが懸念されている。そこで、橋桁の衝突を許容して桁遊間を縮小化し、桁遊間に緩衝材を用いて橋桁端部や橋脚基部の損傷を低減させる方法は建設コスト削減の観点から考えて有効な手段の一つとして考えられている^{1),2)}。これを実現するためには、桁遊間を縮小化した場合の緩衝材の効果を把握する必要がある。本研究では橋桁の衝突に着目し、中小規模の2径間の鋼橋において、桁遊間に緩衝材を設置しない場合と3種類の緩衝材を設置した場合について、桁遊間の大きさと入力波の周期を変化させて時刻歴応答解析を行った。これらの解析結果の比較から、鋼橋における橋桁の衝突を許容する耐震設計法の有効性について検討した。

2. 解析方法

2.1 解析対象橋梁

解析対象として、図1に示す両端に橋台に有する2径間の鋼製プレートガーター橋を用いた。橋桁と橋脚は非線形2次元はり要素を用いてモデル化した。橋脚の復元力特性にはバイリニアモデルを用いた。支承はP1橋脚上を固定方式、両端の橋台上を可動方式とした。本研究では、両端の橋桁端部で桁衝突が生じることを想定し、桁衝突のモデル化には非線形の衝突ばねモデルを用いた。緩衝材は橋桁端部の2ヶ所の桁遊間に10cmのものを設置することとし、硬度50のゴムと積層繊維補強ゴム¹⁾と弾塑性型のプラスチックなどを想定した緩衝材を用いた。解析に用いた緩衝材の荷重-変形関係を図2に示す。

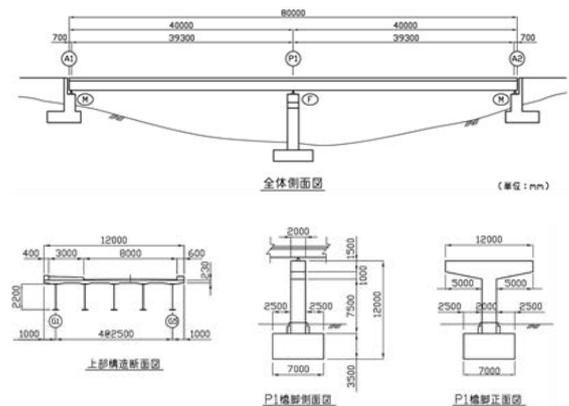


図1 解析対象橋梁

2.2 解析方法

本研究の時刻歴応答解析では、入力波として最大振幅980galの加速度正弦波を用いた。入力した加速度正弦波の周期は0.45sec、0.9sec、1.8secとした。解析モデルの固有周期 $T_0(=0.9\text{sec})$ と入力波の周期 T の比を周期比 (T/T_0) とすると、周期比は0.5、1.0、2.0となる。この入力波を解析モデルの橋軸方向に入力し、橋桁や橋脚などの時刻歴応答を汎用解析プログラムTDAPⅢを用いて計算を行った。このとき、応用解析の数値積分には、Newmarkの β 法($\beta=0.25$)を用い、積分時間間隔は0.001秒、解析時間は10秒とした。解析内容としては、それぞれの両端の橋桁端部の遊間の大きさを10cmから50cmの間で10cmごとに変化させ、緩衝材がない場合、硬度50のゴムの場合、積層繊維補強ゴムの場合、弾塑性型緩衝材の場合について時刻歴応答解析を行った。

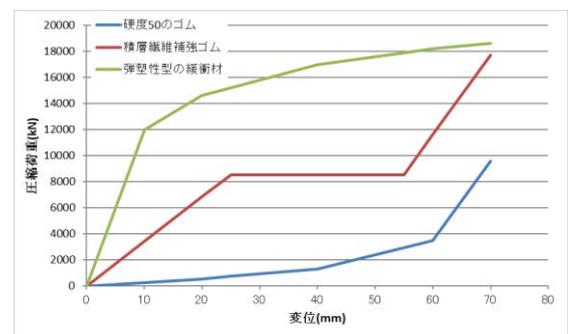


図2 緩衝材の荷重-変位関係

3. 解析結果及び考察

3.1 橋脚基部の最大応答回転角

周期比 1.0 の場合での桁遊間と橋脚基部の最大応答回転角の関係を図 3 に示す。桁遊間が小さくなると最大応答回転角も小さくなり、特に、緩衝材を設置しない場合と比較し、緩衝材を設置した場合の方が最大応答回転角の低減効果があることや桁遊間が大きくなるにつれ、最大応答回転角が大きくなっていることがわかる。また、同様の解析を周期比 0.5 と 2.0 で行った結果、周期比 0.5 の場合では、桁遊間 20cm 以上において緩衝材の有無は関係がなく、橋脚基部の最大応答回転角は一定となった。これは、橋桁の衝突が生じなかったからである。周期比 2.0 の場合では、周期比 1.0 の場合と同様に、桁遊間が小さくなると最大応答回転角も小さくなるといった関係が見られる。以上のことから、今回解析を行った範囲では、緩衝材を設置することは、入力波の周期比が小さいとあまり効果が見られないが周期比 1.0 以上、すなわち固有周期以上の周期の場合は積層繊維補強ゴムと弾塑性型の緩衝材を設置することにより最大応答回転角の低減効果が見られる。桁遊間を大きくすると最大応答回転角が増大するため、桁遊間を小さくした方が効果的であることが確認できた。

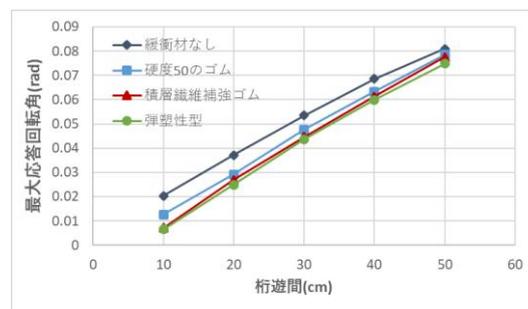


図 3 桁遊間の大きさと橋脚基部の最大応答回転角の関係

3.2 橋桁端部の最大応力

周期比 1.0 の場合での桁遊間と橋桁端部の最大応力の関係を図 4 に示す。桁遊間が小さくなると最大応力も小さくなっており、緩衝材を設置しない場合と比較して緩衝材を設置した場合では最大応力が低減されている。また、桁遊間が大きくなるにつれ最大応力も増大しているが、緩衝材による最大応力の低減効果も増加している。特に、積層繊維補強ゴムと弾塑性型の場合では、最大応力の低減効果が発揮されている。同様の解析を周期比 0.5 と 2.0 で行った結果、周期比 0.5 の場合では、桁遊間の大きさに関わらず、緩衝材の種類による違いはあまり見られない。周期比 2.0 の場合では、桁遊間の大きさに関わらず、桁遊間が変化しても橋桁端部の最大応力は大きくは発生してしない。以上のことから、今回解析を行った範囲では、緩衝材による橋桁端部の最大応力の低減効果は、入力波の周期が固有周期以外の場合ではあまり見られないが、入力波の周期が固有周期の場合では十分あることがわかった。

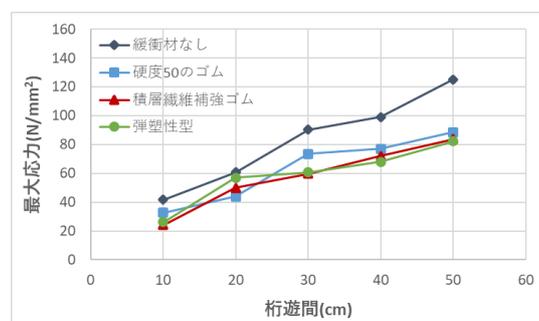


図 4 桁遊間の大きさと橋桁端部の最大応力の関係

4. まとめ

本研究から得られた結論は、以下のようになる。

- 1) 橋桁の衝突により発生する橋脚基部の最大応答回転角と橋桁端部の最大応力は、入力波の周期が固有周期の場合では緩衝材による低減効果は十分見られた。
- 2) 入力波の周期が固有周期の場合、桁遊間が小さいほど橋脚基部の最大応答回転角や橋桁端部の最大応力は小さくなる。
- 3) 本研究で提案する桁衝突を許容して桁遊間を縮小化する耐震設計法は、緩衝材を利用することによって、より効果的となることが確認できた。

参考文献

- 1) 瀨本朋久, 森山卓郎, 西本安志, 石川信隆: PC 橋の桁衝突における積層繊維補強ゴム緩衝材の有効性に関する基礎的検討, コンクリート工学論文集, 第 22 巻 第 2 号, pp.35-44, 2011 年
- 2) 森山卓郎, 瀨本朋久: 桁衝突を許容した鋼橋の耐震補強に関する基礎的検討, 鋼構造年次論文報告集第 25 巻, pp.351-358, 2017 年