

# ゴム緩衝材の違いが桁衝突時の動的応答に及ぼす影響に関する基礎的検討

阿南工業高等専門学校 正会員 ○森山卓郎

## 1. はじめに

現行の実務設計では、隣接する上部構造同士などにおいて、レベルⅡ地震動に対して必要な桁遊間を確保して橋桁の衝突を許容しない設計手法が採用されているが、筆者らはこれまで橋桁の衝突を許容して桁遊間を縮小化し、桁遊間にゴム緩衝材を用いる耐震設計手法について提案してきた<sup>1)</sup>。本研究では、桁遊間縮小化における桁衝突時の積層繊維補強ゴム緩衝材の有効性に着目した。積層繊維補強ゴムは、ゴムに積層した繊維を埋設させたものであり、衝撃緩衝効果が期待できることが知られている<sup>2)</sup>。本研究では、2径間のPC橋を対象として、橋桁端部のゴム緩衝材の有無と種類、桁遊間の大きさを変化させて動的応答解析を行い、ゴム緩衝材の違いが桁衝突時における橋桁や橋脚の動的応答に及ぼす影響について検討を行った。

## 2. 解析方法

### 2.1 解析対象橋梁

本研究では、両端に橋台を有する2径間のPC橋を解析対象として用いた。解析対象橋梁を図-1に示す。橋桁と橋脚は2次元線形はり要素でモデル化した。P1橋脚基部には塑性ヒンジを設け、非線形回転ばねを取り付けた。塑性ヒンジ部の非線形履歴特性には、鉄筋コンクリートの劣化を考慮できる武田モデルを用いた。

### 2.2 桁衝突とゴム緩衝材のモデル化

本解析では、両端の橋台で桁衝突が生じることを想定した。この桁衝突については、非線形の履歴特性を有する衝突ばねモデルに両端の橋台部の抵抗を表すばねを加え、それらの合成ばねとしてモデル化した。さらに両端の橋桁端部にゴム緩衝材を取り付けた場合につ

いてもモデル化を行った。図-2に、本解析に用いた硬度50のゴムおよび積層繊維補強ゴムの荷重-変位関係を示す。ゴムの厚さはいずれも10cmとした。

### 2.3 解析方法

本解析の入力波には解析モデルの共振加速度（固有周期2.20sec）の正弦波を用いた。最大加速度振幅は250galとした。この入力波を解析モデルの橋軸方向に入力し、橋桁や橋脚の動的応答を計算した。応答解析の数値積分には、Newmarkの $\beta$ 法（ $\beta=0.25$ ）を用い、積分時間間隔は0.0005秒、解析時間は20秒とした。両端の橋桁端部にゴム緩衝材がない場合、硬度50のゴムの緩衝材がある場合、積層繊維補強ゴムの緩衝材がある場合について、それぞれ遊間の大きさを10cmから50cmまで10cmずつ変化させて動的応答解析を行い、橋桁や橋脚の動的応答を算出した。

## 3. 解析結果および考察

### 3.1 橋桁端部の最大応答応力

図-3に、桁遊間にゴム緩衝材がない場合とある場合について、動的応答解析から得られた橋桁端部の時刻歴における橋桁端部の最大応答応力と桁遊間の関係を示す。遊間50cmでゴム緩衝材がない場合では、橋桁の衝突は生じなかったが、

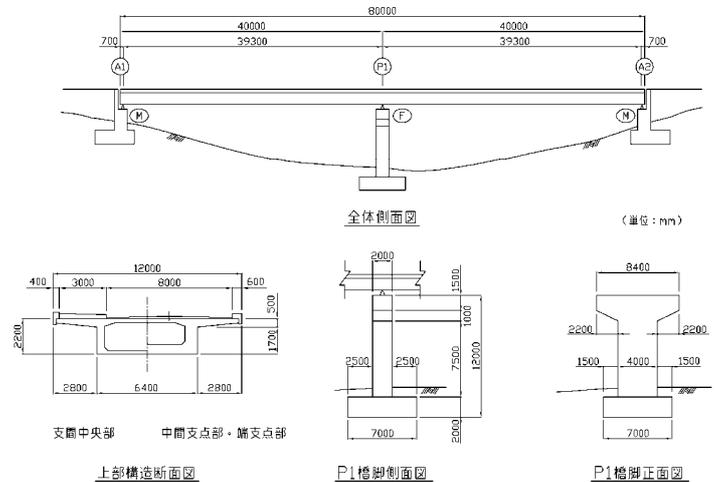


図-1 解析対象橋梁

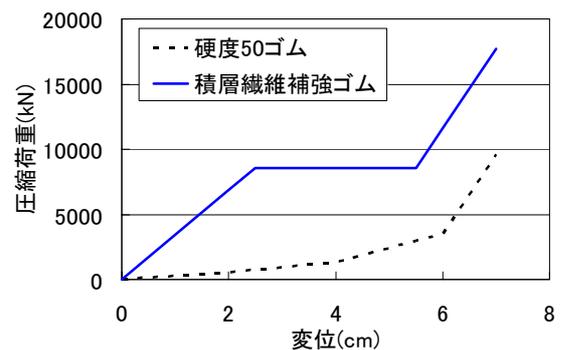


図-2 緩衝材に用いたゴムの荷重-変位関係

他のすべてのケースでは橋桁の衝突が生じた。この図から、遊間が大きくなれば、橋桁端部の最大応答応力が大きくなることわかる。これは、遊間が大きくなることによって橋桁の衝突速度が大きくなったためと考えられる。図-4に、橋桁端部の最大応答速度と桁遊間の大きさの関係を示す。図-4から、橋桁端部の最大応答速度が大きくなると最大応力が大きくなっており、最大応答応力と最大応答速度の関係はほぼ線形な関係になっていることがわかる。

また、図-3から、桁遊間にゴム緩衝材のない場合と比較して、ゴム緩衝材がある場合で橋桁端部の応答応力が低減されていることがわかる。特に、積層繊維補強ゴムを用いる場合では、橋桁端部の応答応力の低減効果は大きく、遊間が小さいときに顕著である。遊間10cmの場合における橋桁端部の最大応答応力は、桁遊間にゴム緩衝材がない場合では0.217 kN/cm<sup>2</sup>であったが、桁遊間に積層繊維補強ゴムを用いた場合では0.044 kN/cm<sup>2</sup>となり、最大応答応力は約80%低減されている。これは積層繊維補強ゴムの衝撃緩衝効果によるものと考えられる。

### 3.2 橋脚基部の最大応答回転角

図-5に、橋脚基部の最大応答回転角と遊間の関係を示す。この図から、いずれの桁遊間においてもゴム緩衝材を用いた場合では、ゴム緩衝材がない場合と比べて橋脚基部の応答回転角が小さくなっていることがわかる。特に、積層繊維補強ゴムを用いた場合では、硬度50ゴムを用いた場合よりも大きく低減され、遊間が小さいときにその効果は顕著である。遊間10cmの場合における橋脚基部の最大応答回転角は、桁遊間にゴム緩衝材がない場合では $10.5 \times 10^{-3}$  radであったが、桁遊間に積層繊維補強ゴムを用いた場合では $2.39 \times 10^{-3}$  radとなり、約77%低減されている。

## 4. まとめ

- 1) 桁遊間にゴム緩衝材を用いることは、桁衝突による橋桁端部の動的応答の低減に効果的であり、特に桁遊間が小さい場合における積層繊維補強ゴムを用いた場合に、より効果的である。
- 2) 桁遊間にゴム緩衝材を用いることは、桁衝突による橋脚基部の動的応答が低減でき、特に桁遊間が小さい場合における積層繊維補強ゴムを用いた場合において効果的である。
- 3) 桁衝突を許容して桁遊間を縮小化し、桁遊間にゴム緩衝材を用いる耐震設計手法の有効性が確認できた。

### 参考文献

- 1) 濱本朋久、森山卓郎、依田照彦：PC 橋の桁衝突を許容した変位拘束効果に関する解析的検討、コンクリート工学年次論文集 第32巻、pp.847-852、2010。
- 2) 西本安志、玉井宏樹、園田佳巨、別府万寿博、彦坂熙：積層繊維補強ゴムを用いた緩衝材の衝撃挙動に関する解析的考察、構造工学論文集、Vol.51A、pp.1625-1634、2005。

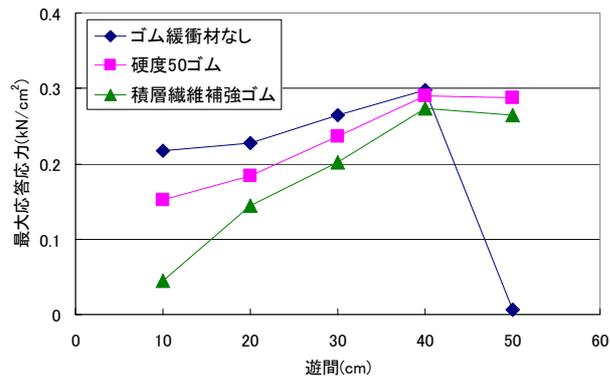


図-3 橋桁端部の最大応答応力と遊間の大きさの関係

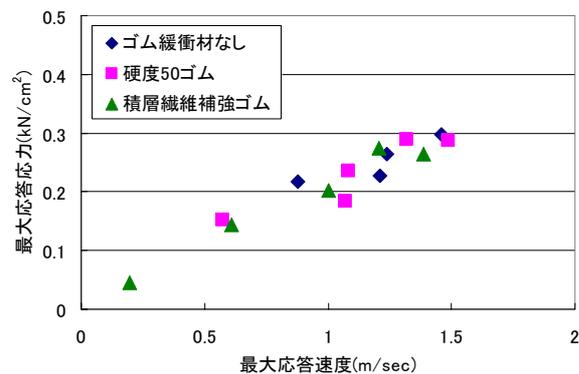


図-4 橋桁端部の最大応答応力と最大応答速度の関係

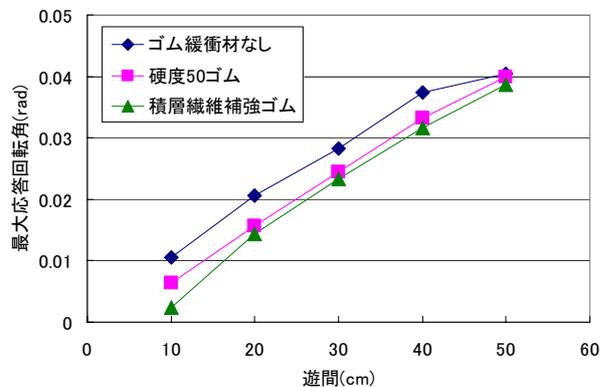


図-5 橋脚基部の最大応答回転角と遊間の大きさの関係