復元力を向上させた瓦型ゴムシューの実験結果のシミュレーション

ジェイアール東日本コンサルタンツ 正会員 〇塚原美佳 正会員 野上雄太 フェロー 石橋忠良

1. はじめに

壁式橋脚の線路直角方向は,構造特性上橋脚の耐力が大きいため,桁の水平方向移動制限装置(以下ストッパーという)には非常に大きな慣性力が作用する.この慣性力に耐えうるようなストッパーを設計しようとすると,施工不可能なストッパーサイズとなってしまい,設計が成り立たない場合がある¹⁾.野上らは支承部により高い耐力を確保することによってストッパーの負担を軽減し損傷度合を小さく抑える目的で瓦形支承構造を提案している²⁾.以前,瓦型ゴムシューの基礎的特性を把握するため,圧縮応力をパラメータとした実験的検討が行われた.この実験から,瓦型ゴムシューは弾性挙動から始まり,ゴムシューの接地面積減少による剛性低下に移行した後,コンクリートとゴムシューとが滑ることによって水平抵抗力が頭打ちするという瓦形ゴムシューの抵抗メカニズムが確認できた³⁾.しかし,より耐震性の高いゴムシューの開発のためには,圧縮応力だけでなく瓦型の円弧高を変更する等,様々なパラメータスタディを行う必要がある.そこで,本報では、昨年行われた実験をFEMで解析的にシミュレーションし,各種諸元を変化させたパラメータスタディをするための解析モデルを構築することを試みたので報告する.

2.構造概要と過去の実験

解析の対象は、2014 年度に実施された実験供試体をベースとする. ゴムシューの形状はフラット型と瓦型の2 種類である. 瓦型の支承モデルの形状は、線路方向にはフラットな形状、直角方向には円弧の高さが28mmの瓦形 ゴムシューである(図1).実験では、線路直角方向に交番載荷試験が実施された.また実験パラメータは圧縮応力と している.

3. 解析モデル

解析モデルはゴムシューの形状と圧縮応力をパラメータにしたものとし、全4ケース実施した(表 1).まず所定の 圧縮応力になるよう鉛直載荷し、その後水平変位を与えた.水平荷重載荷方法については、実験では交番載荷試験 が行われたが、本解析では左→右に片押しして最大 40mm まで水平変位させることとした.図2に解析モデルを示 す.桁、鋼板、ゴムは平面ひずみ要素でモデル化し、桁とゴムシューの接続部は、ゴムシューのすべりや浮き上が りを表現するためジョイント要素を設けた(図3).境界条件については架台の側面と下端の水平変位と鉛直変位を固 定した.実験から得られたパラメータ諸元を表2に示す.ここで、フラット型の鉛直荷重・鉛直変位関係を見ると、 ある一定の変位に達すると架台とゴムシューが滑るという実験結果が得られているため(次項図6参照)、このすべ りを粘着力として表現した.



キーワード ゴム支承, 瓦形, 耐震, 壁式橋脚, 解析的検討

連絡先 〒171-0021 東京都豊島区西池袋 1-11-1 ジェイアール東日本コンサルタンツ(株) TEL 03-5396-7249

項目	ゴム	鋼板	コンクリート	項目	ジョイント
ポアソン比 v	0.498	0.3	0.2	軸方向バネ定数	100000[kN/mm]
ヤング率 E	0.002[GPa]	200[GPa]	25[GPa]	せん断方向バネ定数	100000[kN/mm]
せん断弾性係数 G	0.81[MPa]	76900[MPa]	41700[MPa]	粘着力	330[kN]
線膨張係数	10-6	10-6	10-6	内部摩擦角	0[°]
奥行	400[mm]	400[mm]	450[mm]		

表 2 材料物性值

4. 解析結果

解析結果を図 4~6 に示す. ここにはシミュレーシ ョンで重要と考えられる鉛直荷重-鉛直変位関係, |鉛直変位-水平変位関係,水平荷重‐水平変位の三 種類の結果を示す.結果の掲載については紙面の都 合上表1の Case1 のフラット型と Case3 の瓦型2種 類の結果とした. グラフ破線は実験結果,実線は解 析結果となっている. 図4の鉛直 P-δ関係は,桁の自 重を初期値として所定の圧縮応力まで荷重を載荷し た過程を示している.図より、実験と解析で概ね一 致していることがわかる. 図5には水平載荷時の水 平変位と鉛直変位との関係を示す.水平変位が負の 領域については,水平変位 0mm から 40mm まで片押 ししたデータを左右反転させて描いている. Casel のフラット型は水平載荷後も鉛直変位はほとんど出 ていないことがわかる.一方 Case3 の瓦型は水平変 位の増加に伴い、鉛直変位も増加していることがわ かる.これは水平変位が増加すると、ゴムシューが 円弧部分に乗りあがるために鉛直変位が増加するも のであり、解析においてもこれを表現することがで きていると考えられる. 図6には水平載荷時の水平 荷重と水平変位との関係を示す. 解析では単調載荷 のため履歴曲線は無視し,折り返し点(除荷点)を 通る包絡線に着目した. どちらも概ね実験結果を表 現できていると考えられる.また,その他のケース についても同様に実験を表現できていることを確認した.



5. まとめ

今回, FEM 解析を用いて様々なパラメータスタディをするための解析モデルを構築することを試みた. その結果, 単純な構造であればモデルを構築することができたといえる. 今後は層厚やゴムの円弧高をパラメータとして解析 を行い,より耐震性の高い形状を検討する.

参考文献

 1) 岡山,野上,石橋,棚村:支承部の地震応答特性に関する一考察,第68回土木学会年次学術講演会,V-090, 2013.
2) 野上,内海,石橋,棚村:壁式橋脚における地震時水平抵抗を期待した瓦型ゴムシューの開発(その1),第69回土木学会 年次学術講演会,V-091, 2014.

3) 青山,野上,石橋: 圧縮応力をパラメータとした瓦形ゴムシューの挙動把握のための実験的検討,第70回土木学会年次学術 講演会, I-134,2015.