

# 免震橋の地震時挙動に対するゴム鋼併用型耐震緩衝装置の有効性

0017005 浅見 壮志

指導教員 皆川 勝 吉田 郁政

## 1. 研究背景

兵庫県南部地震以降、橋梁に免震設計が採用されるようになり、落橋防止システムの利用が推奨されている。本研究では落橋防止システムの一部として皆川<sup>1)</sup>らが提案したゴム鋼併用型耐震緩衝装置を免震橋に設置した場合を想定した地震時非線形応答解析を行う。緩衝装置は、橋台部に設置し、個数の違いによる衝突力の低減効果、エネルギー吸収効果を比較検討し、その有効性を検証する。

## 2. 解析概要

解析には、UC-win/FRAME(3D)を用い、非線形 2 次元骨組時刻歴応答解析を行った。

対象構造物<sup>2)</sup>は図-1 に示すように橋脚高さが 20m、支間長 50m の免震橋とし、上部構造は総重量 1300t の鋼箱桁、下部構造は断面変化が 2 箇所ある鋼製橋脚 (断面積 1 : 2820cm<sup>2</sup>, 断面積 2 : 2270cm<sup>2</sup>, 断面 2 次モーメント 1 : 3.36 × 10<sup>7</sup>cm<sup>4</sup>, 断面 2 次モーメント 2 : 2.52 × 10<sup>7</sup>cm<sup>4</sup>) とした。また桁と橋台の衝突を扱う為に、両端の橋脚を剛体とみなした。また、橋軸方向の緩衝効果に焦点を絞るため、対象橋梁を 2 次元モデルとして取り扱い地盤及び、橋脚の変形は無視した。そこで、橋脚と地盤との接触面を完全固定し、上部構造と橋脚を共に弾性は要素とした。免震支承はバイリニアばね要素でモデル化した。緩衝装置と桁の間には、図-2 に示すように隙間 U<sub>g</sub> と衝突を表現するための仮想的なバネ<sup>3)</sup>を挿入した。仮想的なバネ<sup>3)</sup>の剛性は k<sub>1</sub> = 1.31 × 10<sup>4</sup> MN/m として解析を行った。

緩衝装置は、橋台部の 2 ヶ所に取り付けることとした。また、図-4 に示すように緩衝装置の個数分の荷重-変位関係は、緩衝装置 1 個 (鋼管 80 × 7, ゴム厚 15) における落錘式衝撃実験のデータ<sup>4)</sup>を元に鋼管降伏前を非線形トリリニアモデル、鋼管降伏後を非線形バイリニアモデルで表現した。緩衝装置をモデル化したバネと隙間バネを直列に配置し、引張側には機能しないものとした。また、バネの連成を行うと拘束が不安定になるため、二つのバネの橋軸方向の拘束条件は k=1 という微小な剛性の節点バネを取り付けた。これは無拘束のため数値解析不能とならないためである。

入力地震波としては、兵庫県南部地震の神戸海洋気象台で観測された波形を振幅調整し最大加速度 974gal として使用した。緩衝材の設置個数については、変形時隣り合わせた緩衝材同士が接触しないように余裕を持たせた。幅員を考慮すると、対象橋梁の場合には最大 60 個が設置可能となる。よって 30, 45, 60 個と設置した場合について解析を実施した。また、遊間をあまり大きくとらず、桁の振動が小さいうちに小刻みな衝突によりエネルギー吸収を図ることは、設計上好ましいとされているため、遊間 U<sub>c</sub> = 15cm とした。今回の解析では鋼管降伏後の弾塑性応答における左橋台部で発生した最初の衝突にのみ着目した。

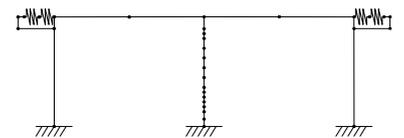


図-1 解析モデル

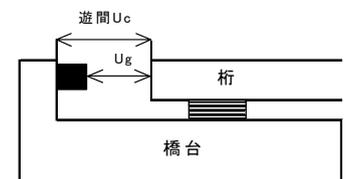


図-2 橋台部の緩衝装置

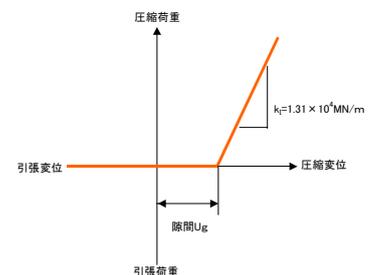


図-3 隙間バネの荷重-変位関係

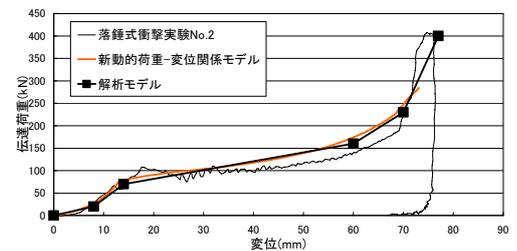


図-4 緩衝材の荷重-変位関係

(鋼管 80 × 7, ゴム厚 15)

### 3. 解析結果及び考察

図-5 に衝突力と変位の関係を示す。緩衝材の個数が 30 個では衝突力は低くなるが、変位は大きくなる。すなわち緩衝材の損傷が大きいことがわかる。また、個数が多くなるのに伴い衝突力は大きくなるが、変位は少なくなる。

図-6 に変位とエネルギー吸収量の関係を示す。緩衝材の個数が 45 個と 60 個を比較すると、エネルギー吸収量にあまり変化がない。図-5 からわかるように 60 個では衝突力は大きいですが、変位が少ないためエネルギー吸収量に差がなかったと言える。

図-7 に鋼管降伏後における最初の衝突時の衝突力と衝突時間の関係を示す。個数に関わらず衝突力がある程度上昇したあと傾きが緩やかになった。また、同図から、ゴム材の特徴であるひずみ硬化型の挙動及び鋼材の特徴である弾塑性型の挙動が現れていることが分かる。

図-8 に変位と時間の関係を示す。個数が少なくなるに伴い、最大変位に至るまでの時間が遅くなる。また衝突時間がほぼ同一なのに対し、少ない個数では変位が大きくなるので緩衝材に接触している時間内では個数が少なくなるに伴い速度が速くなる。

表-1 では  $U_c=15\text{cm}$  において緩衝材がない場合と緩衝材を設置した場合での比較した。緩衝材を設置していない場合、衝突力は 31MN であるのに対し、緩衝材を設置した場合には大幅に低減したことがわかる。

表-1 諸量の比較

	衝突力(KN)	変位(mm)	エネルギー吸収量(KN・mm)
30個	3638	43.3	93088
45個	5023	35.3	102548
60個	6029	29.6	103845
緩衝材なし	31014		

### 4. 結論

鋼管降伏後の弾塑性応答における左橋台部で発生した最初の衝突にのみ着目した場合、緩衝材の個数が 45 個で高いエネルギー吸収効果及び衝突力の低減効果があった。しかし、地震時における桁の衝突は複数回生じることがあり、早い回に緩衝装置の過度の損傷を生じることが好ましくない。よって、遊間が狭い場合には衝突回数が増える場合が多いので緩衝材の個数を多くした方が効率よくエネルギー吸収効果が得られる。

#### <参考文献>

- 1) 皆川勝, 藤谷健: ゴム鋼併用型耐震緩衝装置の開発に関する研究, 土木学会論文集, 689/I-57, pp.343-353, 2001.10.
- 2) 皆川勝, 藤谷健, 高岸太一, 長島文雄: ゴム又は鋼管製緩衝装置を有する免震橋の地震時挙動に関する研究, 鋼構造年次論文報告集第 8 巻, 2000.11.
- 3) 川島一彦, 庄司学: 衝突緩衝用落橋防止システムによる桁間衝突の影響の低減効果, 土木学会論文集, No.12/I-46, pp.129-142, 1999.1.
- 4) 皆川勝, 石黒聡, 後藤学: ゴム鋼併用型耐震緩衝装置の荷重-変位関係の更新と衝撃荷重への適応性, 構造工学論文集, Vol.52A, 2006.4. (登載決定)

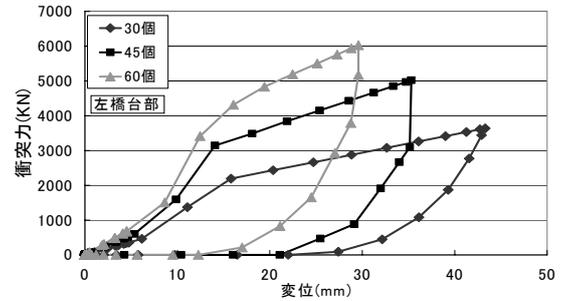


図-5 衝突力-変位関係

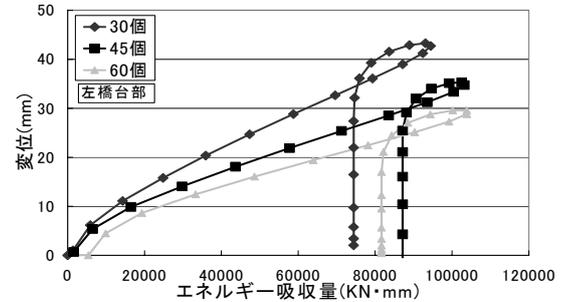


図-6 変位-エネルギー吸収量関係

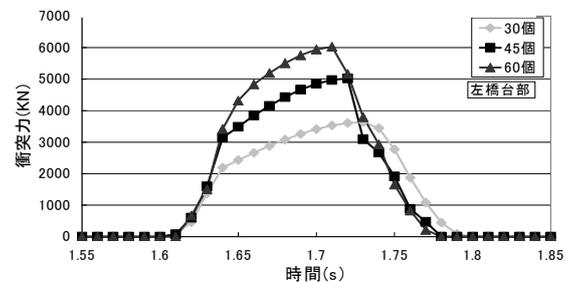


図-7 衝突力-衝突時間関係

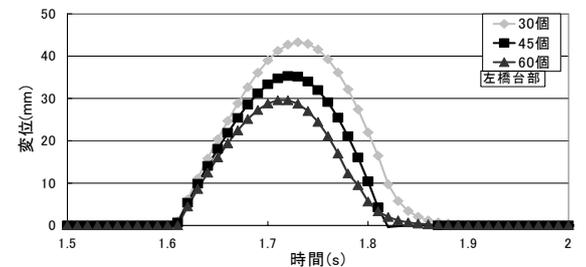


図-8 変位-時間関係