

# 桁端部に緩衝装置をもつ免震橋梁の地震時挙動に関する解析的研究

学生氏名 米廣 誠  
指導教員 皆川 勝

## 1. はじめに

兵庫県南部地震以降、地震力分散式橋梁が積極的に採用されている<sup>1)</sup>。これは、積層ゴム支承を設けることにより多径間弾性支持をはかり、上部構造間に相対変位を許すことができるため、金属支承を採用した場合のような下部構造に対する過度の地震力の伝達を防止できるといった利点がある。しかし、これには、温度伸縮に対応するため積層ゴム支承のゴム総厚を大きくする結果、長周期化を招き、桁の応答変位の増大をもたらす場合がある。その際単に桁間の衝突だけでなく、桁間連結装置を介した地震力の伝達に伴う被害も生じる可能性がある。このため、桁間の衝突の影響を緩和する落橋防止システムの開発が重要になってくる。

そこで、本研究では落橋防止装置として緩衝材に着目した。桁端部および桁間に鋼製緩衝材、ゴム製緩衝材を設置し、その際の桁間衝突の低減効果、エネルギー吸収効果について比較検討し、それぞれの緩衝材について、より効果的に働く緩衝材の個数、遊間について検討する。

## 2. 解析概要

解析には、3次元動的応答解析システムであるTDAPⅢを用い、本研究では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、非線形2次元骨組時刻歴応答解析を行った。数値解析法はNewmark法を用い $\beta=1/4$ とし、積分間隔は $1/100$ とした。

対象構造物は両橋脚とも橋脚高さが20m、支間長50mの2径間の免震橋とし、上部構造は総重量1300tの鋼箱桁とする。下部構造については鋼製橋脚免震橋は断面変化が2箇所ある鋼製橋脚<sup>3)</sup>(断面積 $1:2820\text{cm}^2$ 、断面積 $2:2270\text{cm}^2$ 、断面2次モーメント $1:3.36\times 10^7\text{cm}^4$ 、断面2次モーメント $2:2.52\times 10^7\text{cm}^4$ )とし、RC橋脚免震橋はRC橋脚<sup>2)</sup>(断面積: $125000\text{cm}^2$ 、断面2次モーメント: $65.1\times 10^7$ )とした。本研究では、橋台を想定して図-1のP1、P3の両橋脚を剛体とした。

解析モデルを図-1に示す。上部構造は弾性はり要素とし、鋼製橋脚は非線形はり要素(バイリニアモデル)、RC橋脚は非線形はり要素(トリリニアモデル)、免震支承はバネ要素(バイリニアモデル)でそれぞれモデル化した。また表-1に免震支承を表すバネの特性値を示す。

緩衝装置は、桁間と橋台部の3ヶ所に取り付け、バネ(非対称トリリニアモデル)でモデル化した。緩衝装置と桁の間には、隙間と衝突を表現するための仮想的なバネを挿入した。

入力地震波としては、道路橋示方書<sup>4)</sup>に規定されているI種地盤のタイプIIの標準加速度スペクトルに近い特性を有するように阿高猪名川架橋予定地点地盤上で観測された地震波を振幅調整した加速度波形を主要部分のみ(10秒間)用いた。

## 3. 緩衝装置を設置しない場合の桁の応答変位

鋼製橋脚免震橋梁、RC橋脚免震橋梁ともに遊間 $U_c=10, 15\text{cm}$ では衝突が起ってしまった。表-2には、衝突が起らなかった遊間(20, 25cm)における応答変位を示した。

鋼製橋脚よりもRC橋脚のほうが応答変位は小さい値となり遊間 $U_c=15\text{cm}$ が適当であることを示しているが、鋼製橋脚も最大応答変位が16.9cmとなっており、20cmでは遊間を取りすぎることになると考えられたため、本研究では、両橋脚とも遊間 $U_c=15\text{cm}$ の場合を想定して解析を行うこととする。

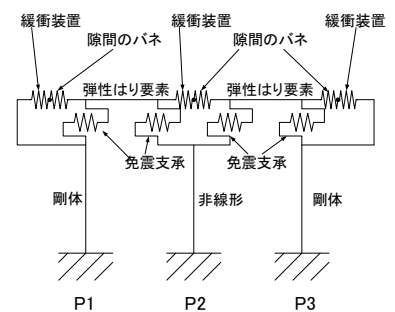


図-1 解析モデル

表-1 免震支承を表すバネの特性値

材料特性値	免震支承
1次剛性(MN/m)	13.7
等価減衰定数	0.02
降伏点ひずみ( $\epsilon$ )	0.02
剛性の低下率(a)	0.154

表-2 緩衝装置のない桁の応答変位

	桁の最大応答変位(cm)
鋼製橋脚	16.9
RC橋脚	15.4

#### 4. 緩衝材の個数とエネルギー吸収量, 衝突力の関係

鋼管製及びゴム製緩衝装置を 30, 60, 90, 120, 150 個と設置した場合について解析を実施した。図-2, 3 に RC 橋脚の場合について、鋼管製又はゴム製緩衝装置の個数と衝突力, 個数とエネルギー吸収量の関係を示す。

図-2, 3 より 30 個では圧壊してしまうため衝突力は大きくなってしまいが、圧壊しなくなってからは衝突力は小さくなり、個数に比例して大きくなっている。ゴムは 30 個では左桁端部で圧壊してしまったため大きくなったが、圧壊しなくなってからは個数に応じて大きくなり、鋼管のように比例関係にはならなかった。

図-4, 5 より両橋脚とも鋼管では両橋台部, 桁間で状況は大きく変わってくる。これは衝突回数や衝突力の影響で緩衝装置の変形量に差が出てくるためと考えられる。また個数を多くすればエネルギー吸収量も多くなるということにはならず、効率良くエネルギーを吸収しているのは両橋脚とも鋼管を 120 個設置した場合である。ゴムにおいては鋼管と違い個数に応じて吸収量が大きくなっている。また鋼製橋脚免震橋に設置したゴム製緩衝装置のほうがバランス良く吸収できていることがわかる。

これらの結果より、両橋脚ともに遊間  $U_c=15\text{cm}$  において衝突力を小さくしてエネルギー吸収量を大きくするのに最も適した個数はゴム 90 個程度、鋼管 90~120 個程度だと考えられる。

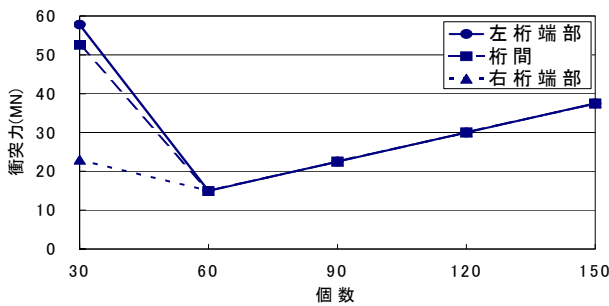


図-2 鋼管の個数と衝突力の関係

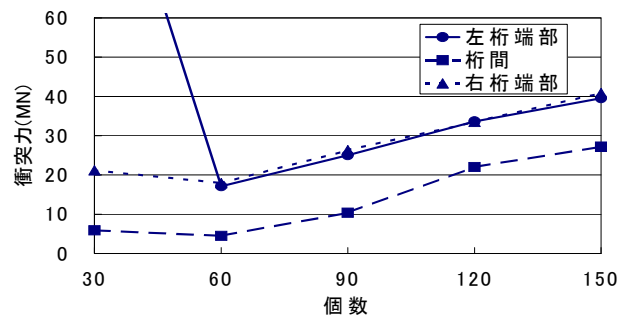


図-3 ゴムの個数と衝突力の関係

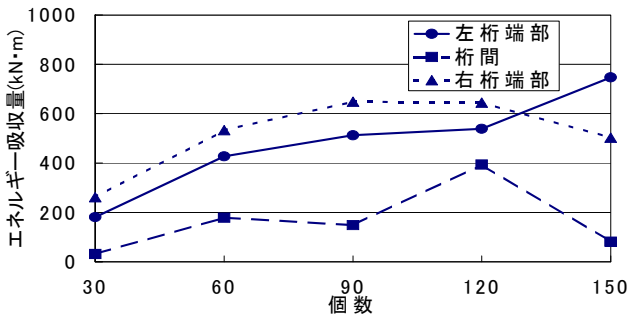


図-4 鋼管の個数とエネルギー吸収量の関係

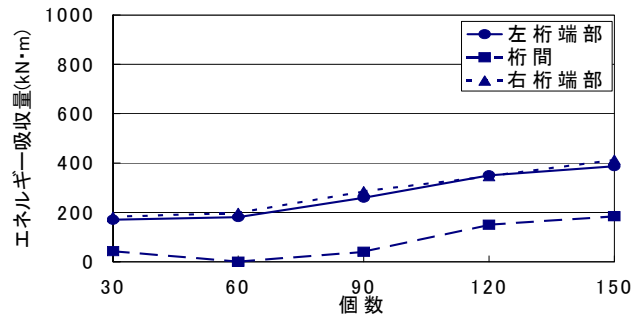


図-5 ゴムの個数とエネルギー吸収量の関係

#### 5. 鋼管の個数の決定

鋼管について応答速度から算出したエネルギーから吸収率を求めたところ、RC 橋脚では 120 個は 51%、90 個は 63%、鋼製橋脚では 120 個で 62%、90 個で 70%となった。図-2, 3 からは 120 個の場合にエネルギーをバランス良く吸収できているように思われるが、90 個の場合は 120 個に比べ吸収率が高い。このことから RC 橋脚, 鋼製橋脚に鋼管を設置する場合は遊間 15cm で、90 個が適当な個数なのではないかと考えられる。

<参考文献> 1)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 pp129-141,1999.1, 2)長嶋文雄:落橋防止装置の衝撃応答特性および設計法に関する研究,1999.3, 3)長嶋文雄,田中努,大丸隆,小林義明:鋼製橋脚を有する既設橋の免震化による耐震効果,構造工学論文集,Vol.44A,pp.725-732,1998.3, 4)日本道路協会:道路橋示方書・同解説,V耐震設計編,1996.2.

#### 謝辞

本研究を行うにあたり修士課程の藤谷健さん, 高寄太一さんより多くのご指導を頂きました。また建設情報研究室の佐藤技師, 大学院生, 学部生, お世話になった方々に心から感謝を申し上げます。