

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 高寄 太一
池田 健次郎
指導教員 皆川 勝

1.はじめに

免震支承を用いた橋梁では、地震時の上部構造の応答加速度が減少し下部構造に伝わる慣性力を低減できる。しかし、大規模な地震の場合橋桁の応答変位が大きくなってしまいうため桁掛け違い部での隣接桁間衝突や橋台部での桁との衝突が生じ、場合によっては落橋や支承及び橋脚の損傷が生じる可能性がある。そこで、本研究では桁間衝突を緩和する落橋防止システムとして鋼製あるいはゴム製の緩衝装置を桁端部に設けた場合の桁にかかる衝突力の低減効果、緩衝装置のエネルギー吸収効果について解析的に検討を行った。

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、非線形2次元骨組時刻歴応答解析を行った。入力地震波としては、JR鷹取駅付近で観測された加速度波形を使用した。

対象構造物は、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2径間で重量1300tの鋼箱桁、下部構造は鋼製橋脚(断面積:2200cm²、断面2次モーメント:2.4×10⁷cm⁴)とした。緩衝装置は、図-1,2に示すように中間桁端部と橋台部の3ヶ所に取り付けることとした。鋼製緩衝材は、φ70×6×180(STKM13A)の鋼管とし、ゴム製緩衝材は150×50×180(クロプロレングム)の正方形断面とし、それぞれ1箇所につき2個ずつ設置することとした。

本研究では、緩衝装置の動的特性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、地盤及び橋脚の塑性変形は無視した。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り要素とした。免震支承はばね要素としバイリニアモデルを使用した。解析モデルを図-3に示す。

鋼製モデルには、非対称トリリニアばねモデルを用いた。弾性剛性、降伏荷重及び変位については、荷重載荷実験のデータ¹⁾を用いた。図-4に載荷実験により得られた鋼製緩衝材の荷重変位関係を示す。ゴム製緩衝材についても塑性を考慮し、同じく非対称トリリニアモデルを用いた。緩衝材と桁の間には、隙間と衝突を表現するための仮想的なバネ²⁾を挿入した。

3.結果及び考察

表-1に橋台に設けた緩衝材にかかる最大衝突荷重、エネルギー吸収量、桁の最大応答変位を示す。これより、緩衝材がない場合の衝突力と比べてゴム製、鋼製共に衝突力を大幅に低減できている事がわかる。また、緩衝材を持つ構造において、エネルギー吸収量はゴム製よりも鋼製緩衝材の方が多い。これは鋼製緩衝材の塑性変形によるエネルギー吸収量の差であると考えられる。衝突力では剛性の違いによってゴム製より鋼製緩衝材の方が大きくなったと考えられる。

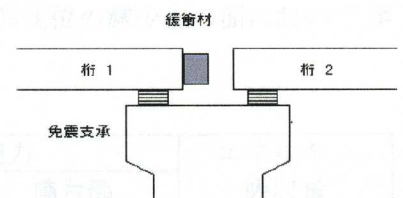


図-1 桁間の緩衝材

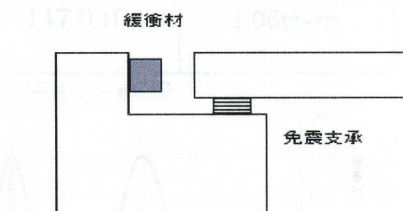


図-2 橋台部の緩衝材

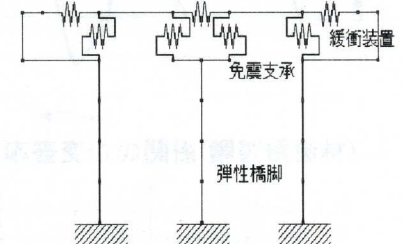


図-3 構造モデル

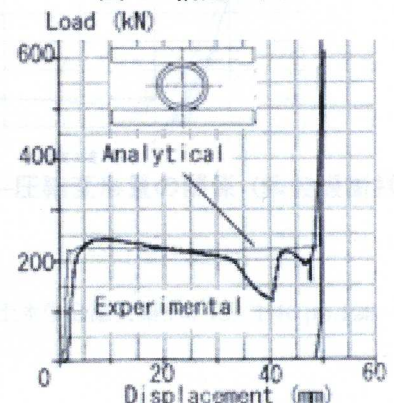


図-4 鋼製緩衝材の荷重変位関係

図-5 及び 6 にゴム製及び鋼製緩衝材に作用する衝突荷重,およびそれぞれの桁中央における節点水平変位の時刻歴を示す.これらの結果より桁の応答変位は衝突力によって大きくなり,その反動で再び大きくなっている.鋼製緩衝材ではゴム製に比べてその反動が小さい結果となった.これは,図-7 及び 8 に示した各緩衝材の荷重—変位曲線が示すように,鋼製緩衝材では荷重が一定で変形が進む範囲で衝突力を吸収できるのに対して,ゴム製緩衝材では吸収しきれないために,反動を大きく低減することができなかつたと考えられる.また衝突力の面では,鋼製では二回目の衝突では大きく減少しているのに対し,ゴム製では減少量は小さく,むしろ二回目の方が大きくなっている.このことはエネルギー吸収性能において鋼製が優れていることを示すものである.桁応答変位においても,鋼製の場合,桁 1(右側)と桁 2(左側)のそれぞれの振動特性が近くなっていることから,中間橋台部での衝突さらには落橋が防げることができる.

今回の構造モデルにおいては,桁掛け違い部での桁同士の衝突が起こらなかつた.これはそれぞれの橋が同じ構造,振動特性であるため,左右の橋台部で衝突が起きて振動特性が変わらない限り桁掛け違い部での衝突は起こらないためと考えられる.

4. 結論

塑性変形による高いエネルギー吸収性能,衝突力の低減効果,さらには桁応答変位の減少化の面において,鋼製緩衝材はゴム製緩衝材より優れていると言える.

表-1 緩衝材及び桁の応答結果

材質	桁最大応答変位		最大衝突力		エネルギー 吸収量
	桁 1 (左側) cm	桁 2 (右側) cm	掛け違い部	橋台部	
ゴム	+21.8	+22.1	0	72.6tf	0.613tf-m
	-16.8	-24.6			
鋼製	+21.8	+21.2	0	147.0 tf	1.06tf-m
	-16.7	-21.7			

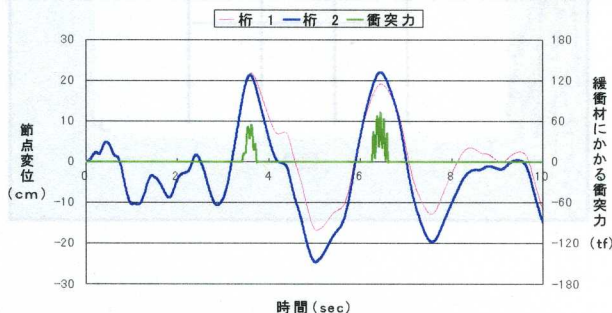


図-5 衝突力と桁応答変位の関係(ゴム製緩衝材)

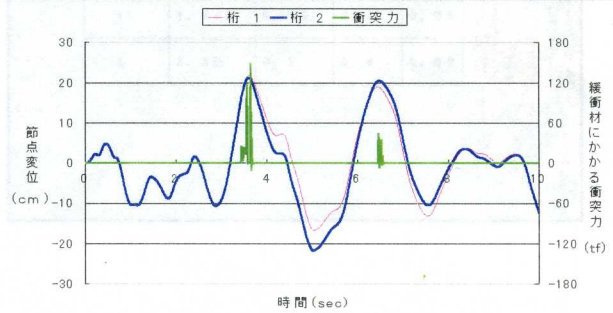


図-6 衝突力と桁応答変位の関係(鋼製緩衝材)

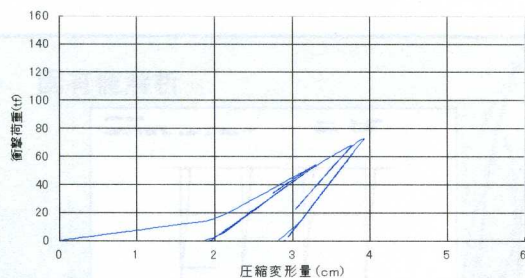


図-7 衝突荷重—圧縮変形量の関係(ゴム製緩衝材)

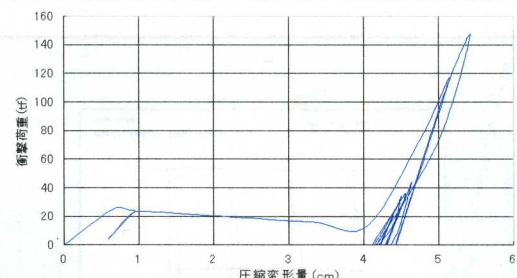


図-8 衝突荷重—圧縮変形量の関係(鋼製緩衝材)

<参考文献>

- 1) 鋼橋技術研究会耐震免震研究部会報告書, pp.77-144,1999.11.
- 2) 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.

謝辞

本研究を行うにあたり修士課程の藤谷健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大学院生,学部生の皆様,お世話になった方々に心から感謝を申し上げます.