

パルス状地動に対する免震橋梁の応答と設計パラメータに関する考察

京都大学工学研究科 学生員 大塚 隆人
京都大学工学研究科 正会員 五十嵐 晃
京都大学工学研究科 フェロー 家村 浩和

1. はじめに

本研究では、直下型地震において特徴的なパルス状の地動に対する免震橋梁の最大応答とパルスパラメータの関係を検討し、免震橋梁の設計パラメータと最大応答を与える速度パルス波の関係について調べた。

2. 入力速度パルス波

震源断層近傍で観測される、いわゆる直下型地震では、加速度波形に長周期成分を多く含み、速度波形から見ると大振幅のパルス状の波形が現れている。ゴム支承等の使用による構造物の長周期化と履歴吸収エネルギー減衰を利用して地震力の低減を図ることが免震設計の基本であるが、このような速度パルス波が直下型地震における免震構造物に大きな応答を生じさせることが予想される。

本研究では、大振幅の速度パルス波によって構造物の最大応答が決定される場合を想定して、入力地震動の速度波形を図1に示すような時間幅 T (sec)、速度振幅 V (kine)をパラメータとする単一の三角パルスにモデル化し、速度パルス波を入力した時の免震橋梁の最大応答とパルスパラメータ(T, V)の關係に着目した検討を行った。

3. 解析概要

本研究で対象とした橋梁モデルは、兵庫県南部地震以降に設計された典型的な免震橋梁をベースに設定したもので、橋脚には鉄筋コンクリート、免震支承にはLRB(鉛プラグ入り積層ゴム支承)が採用されている。その橋梁の一橋脚部分を取り出し、図2のようにせん断2質点系にモデル化した。自由度は支承部と橋脚の橋軸方向の2自由度のみとした。免震支承及び橋脚の復元力特性は、それぞれ図3、図4のようにバイリニア型、トリリニア型で近似した。免震支承の降伏力 P_y^b については、降伏力比 k_1/k_2 、降伏変位及び橋脚の降伏力 P_y^p を一定として降伏力比 P_y^b/P_y^p が0.1、0.3、0.6、0.9となるように定めた。免震支承の初期剛性と橋脚の降伏剛性から求めた降伏周期 T_y を表1に示す。

4. 解析結果

種々の免震支承の最大相対変位値及び橋脚の最大応答塑性率に対応したパルス幅 T とパルス振幅 V の関係を求めた結果をそれぞれ図5、図6に示した。時間幅 T は、降伏周期 T_y を用いて作用時間比 T/T_y に基準化した。

4.1 免震支承の最大相対変位

図5より降伏力比が小さいほど最大相対変位が大きくなることがわかる。また、パルス振幅の極小値が降伏力

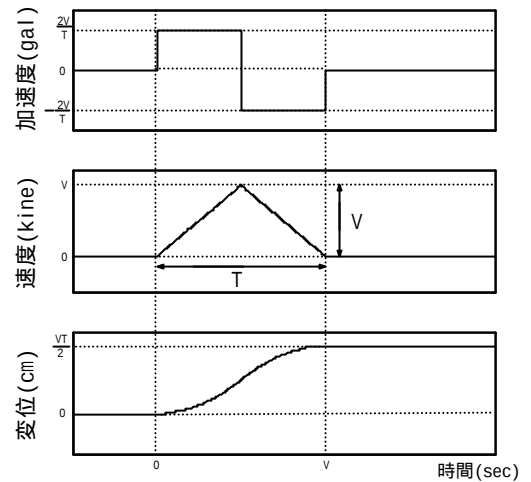


図1 入力地震動

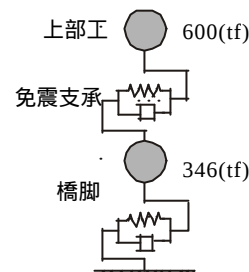


図2 解析モデル

降伏力比 P_y^b/P_y^p	降伏周期 T_y (sec)
0.1	1.4227
0.3	0.9247
0.6	0.7503
0.9	0.6823

表1 降伏周期

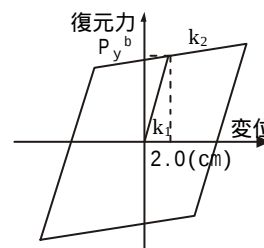


図3 免震支承の履歴復元力モデル

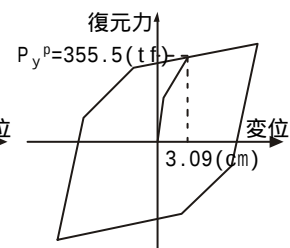


図4 橋脚の履歴復元力モデル

にかかわらずほぼ同じ($T/T_y, V$)で現れることもわかる。その作用時間比は1前後であるが、速度が大きくなるにつれて大きくなる傾向がある。この結果より、この免震支承の最大応答の検討においては、作用時間比が1から1.5程度まで、すなわち時間幅が降伏周期からその1.5倍程度の範囲のパルスを検討する必要がある。

4.2 橋脚の最大応答塑性率

図6に示すように、降伏力比が小さいほど橋脚の最大応答塑性率は小さくなる傾向が現れる。また、降伏力比が小さいときはパルス振幅の極小値が2つ存在しているが、大きくなるにつれて1つのみ明確に現れるようになっていく。降伏力比0.3の場合において顕著に見られるように、各々の応答塑性率に対して振幅極小値を与えるパルス幅は、この例では短いものは作用時間比0.2程度、長いものは1.4程度であり、免震支承の最大相対変位に対するものとは全く異なっている。応答塑性率が小さい場合には、この2つのうち短い時間幅のものがより小さいパルス振幅を与えるが、4程度を境に応答塑性率が大きい場合には、長い方の時間幅のものが最大応答に支配的になっている。

4.3 降伏力比の選択に関する検討

図6を参照すると、例えば $V=200(\text{kine})$ のレベルの入力を想定した場合、降伏力比0.1と0.3では最大応答塑性率が最も大きくなるパルス幅に着目すると、どちらのケースも3.5以下に抑えられる。これに対し、降伏力比0.6と0.9のケースでは5を超えている。図5によれば、免震支承の変位は降伏力比0.1及び0.3のケースにおいて、最大値がそれぞれ約85(cm)、35(cm)と大きな差があることから、この計算に用いた橋梁モデルの場合、降伏力比として0.3程度を採用することが有利と考えられる。

4.4 免震支承の最大相対変位に関する検討

降伏力比0.3の場合における極小点での最大相対変位と速度振幅との関係を図7、最大相対変位とそれに達する加速度振幅の最小値との関係を図8に示した。速度振幅、加速度振幅の大きさを荷重の大きさと考えれば、最大相対変位が30(cm)までは復元力特性による影響を大きく受けていることがわかる。ともに最大相対変位が30(cm)付近より変位の増加の割合が小さくなっていく。これは免震支承の剛性による反力の影響が卓越していくためと考えられる。

5. 結語

本研究では、直下型地震を近似した単一のパルス地動に対する免震橋梁の最大応答とパルスパラメータとの関係を整理した。特定の最大相対変位及び最大塑性率に対応したパルス幅 T とパルス振幅 V の関係をを用いることにより、パルス入力モデルに対する設計パラメータの選定を行うことができる。

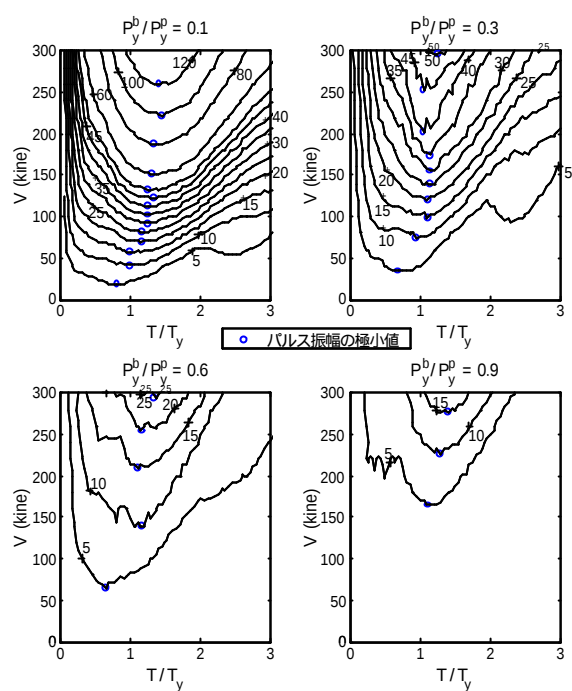


図5 免震支承の最大相対変位 (cm)

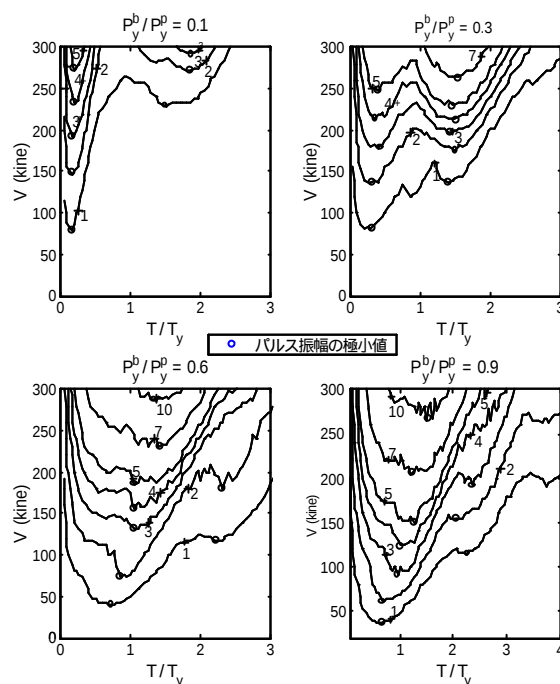


図6 橋脚の最大応答塑性率

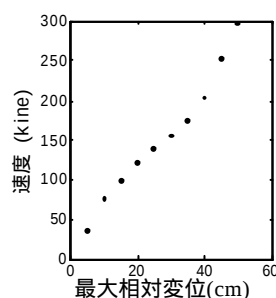


図7 極小点での最大相対変位と速度振幅との関係

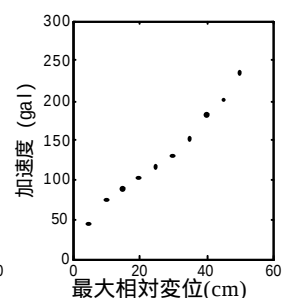


図8 最大相対変位と加速度振幅の最小値との関係