

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
京都大学工学部 学生員 ○大塚 隆人

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震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た。さらに、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

兵庫県南部地震に代表される直下型地震では、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、入力地震動の速度波形を時間幅 $T(sec)$ 、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た。地震動は図1のようになり、構造物に対して一方向に大きな地震荷重が作用する。ここでは、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) の関係に着目する。

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としては、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 は、降伏力比 $k_1/k_2 (=6.5)$ 、降伏変位及び橋脚の降伏力 P_y^f を一定として降伏力比 P_y^b/P_y^f が0.1、0.3、0.6、0.9となるように定めた。このとき、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 は表1のようになる。

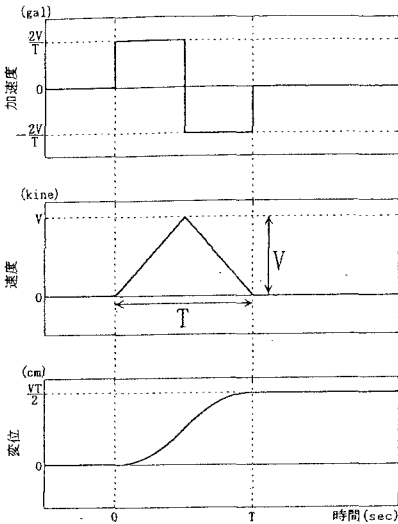


図1 入力地震動

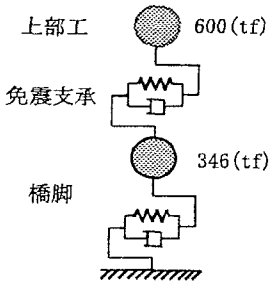


図2 解析モデル

降伏力比	降伏周期(sec)
0.1	1.4227
0.3	0.9247
0.6	0.7503
0.9	0.6823

表1 降伏周期

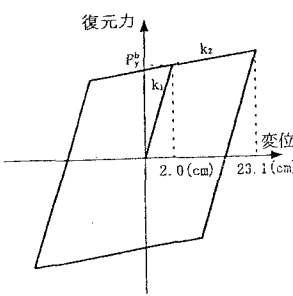


図3 免震支承の履歴復元力モデル (バイリニア型)

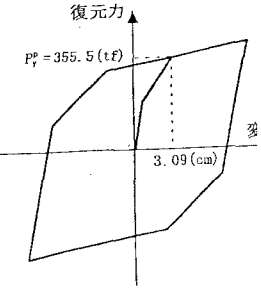


図4 橋脚の履歴復元力モデル (トリリニア型)

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わかる。また、パルス振幅の極小値が降伏力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前後であり、速度が大きくなるにつれて作用時間比も大きくなる傾向がある。以上より、免震支承の最大応答は、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考慮する必要がある。

4.2 橋脚の最大応答塑性率

図6より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ことわかる。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極小値は1つになっていく。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、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では、長い方の時間幅のものが最大応答に支配的になるという結果となっている。

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、降伏力として0.3程度を採用することが有利と考えられる。

5. 結語

本研究では、直下型地震を近似した単一の速度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。免震支承の降伏力が小さいほど免震支承の最大相対変位は大きくなり、橋脚の最大応答塑性率は小さくなる傾向がある。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。

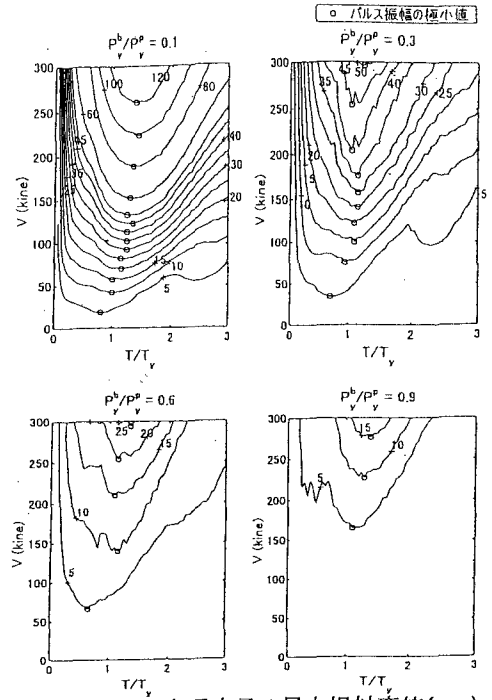


図5 免震支承の最大相対変位 (cm)

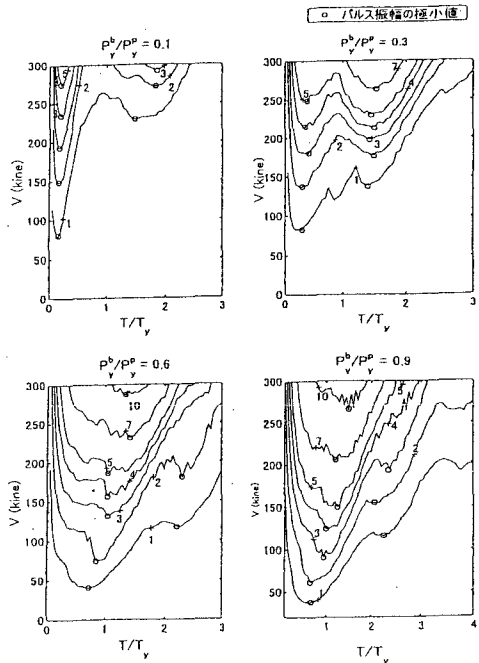


図6 橋脚の最大応答塑性率