

## I-B74 パルス状地震荷重に対する免震橋の応答特性評価

京都大学大学院 学生員 ○平井 崇士  
 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

近年、橋梁の地震時安全性を高める方法として免震構造が広く採用されるようになっているが、直下型地震に対するその挙動ならびに効果等については十分に解明されているとは言えない。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応答特性を数値応答解析により明らかにし、LRB型と摩擦型の応答特性の相違、単一パルスと複数のパルスに対する応答特性の相違をそれぞれ検討した。

## 2. 直下型地震とパルス

兵庫県南部地震のような直下型地震において、特に顕著に観測されたパルス状の地震動が構造物の被害に大きな関連があるものと考えられている。このような入力パルスは構造物に対し大きな荷重が短時間に作用し、構造物の応答及び損傷もごく短時間で決定されるという点が特徴的である。図1は兵庫県南部地震の神戸海洋気象台観測加速度記録を速度時刻歴に変換したものである。このような直下型地震の観測波形中に存在する大きなパルスを想定して、速度波形を図2、図3のような三角パルスに近似した。パラメータとしては、パルスの作用時間幅  $T$  と高さ  $V$  を考えた。なお、三角パルスに対する構造物の応答特性として、パルスの速度が急変する部分の影響により短周期領域の応答はやや大きくなるが、免震橋の応答特性の特徴を検討する上で大きな問題ではないことがわかっている。

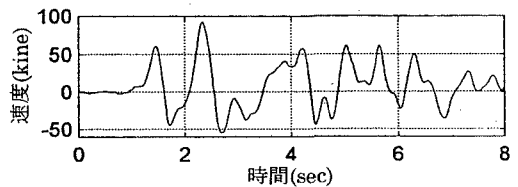


図1 神戸海洋気象台記録 NS成分の速度時刻歴

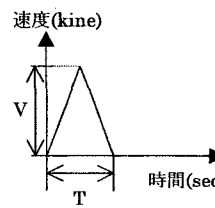


図2 単一パルス

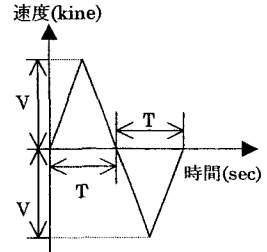


図3 二つのパルス

## 3. 解析概要

本研究で対象とした橋梁は、図4に示す兵庫県南部地震以降に設計された典型的な5径間連続橋の免震橋であり、橋脚には鉄筋コンクリート、免震支承にはLRB型が採用されている。この免震橋梁を図5に示すような橋桁と橋脚の2質点系にモデル化し、免震橋の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。免震支承にはLRB型と摩擦型を扱い、復元力履歴特性はそれぞれ図6、図7のようなバイリニア型で近似した。橋脚の復元力履歴特性はトリリニア型で近似した。また、LRB型と摩擦型の等価減衰定数はそれぞれ0.23、0.19であり、免震橋の固有周期は約1.6秒である。

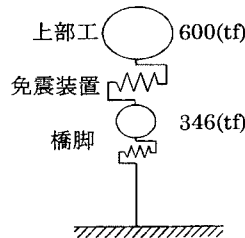


図5 解析モデル

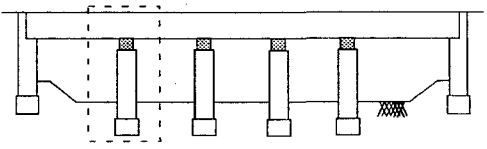


図4 解析対象橋梁

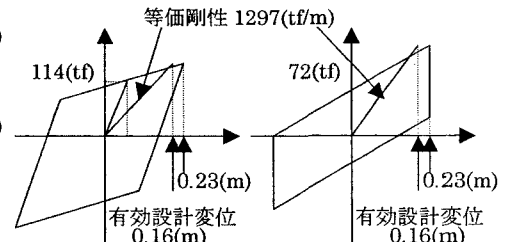


図6 LRB型免震支承

図7 摩擦型免震支承

直下型地震・パルス状地震動・免震橋梁

京都市左京区吉田本町・TEL:075-753-5088・FAX:075-753-5926

#### 4. 解析結果

##### 4.1 単一パルスに対する応答特性

図 2 の単一パルス（パラメータは作用時間幅  $T$  と高さ  $V$ ）に対する LRB 型と摩擦型免震橋の免震支承の最大相対変位をそれぞれ図 8、図 9 に、橋脚の最大応答塑性率をそれぞれ図 10、図 11 に示す。免震支承の最大相対変位は LRB 型も摩擦型もパルスの時間幅により山があり、橋梁の固有周期よりも短めの約 1(sec) 付近でピークを迎えている。全体的には摩擦型より LRB 型の方が等価減衰が大きいのにも関わらず変位が大きく、設計変位 23.1(cm) を越える領域も存在する。また、LRB 型は摩擦型と比較してパルスの時間幅が 1(sec) からずれると急激に小さくなるが、降伏力が摩擦型より大きい事が原因であると思われる。橋脚の最大応答塑性率は LRB 型も摩擦型もパルスの時間幅により 2 つのピークが存在する。パルスの時間幅が長い側のピークは等価固有周期に近く、パルスの時間幅が短い側のピークは免震支承により地震エネルギーを吸収することができず、橋脚に働く慣性力を低減できない状態に対応するものと考えられる。LRB 型と摩擦型では橋脚の最大応答塑性率にほとんど相違はない。

##### 4.2 二個のパルスについて

単一パルスと二個のパルスに対する免震橋の応答特性の相違について検討した。単一パルス（図 2）と二個のパルス（図 3）の振幅  $V$  を一定の 100(kine) とし、作用時間幅  $T$  を変化させた時の LRB 型免震橋の免震支承の最大相対変位を図 12 に、橋脚の最大応答塑性率を図 13 に示した。二個のパルス入力に対する免震支承の最大相対変位は、単一パルス入力の場合と比較して作用時間幅が短いパルスに対して特に大きくなり、設計変位を超える範囲も存在する。また、ピークを迎える作用時間幅は単一の場合より小さくなる。橋脚の最大応答塑性率も作用時間幅が短い入力に対して二個目のパルスの影響が大きくなる。二個のパルス入力では作用時間幅が 1.0(sec) 付近で降伏するが、単一パルス入力では作用時間幅が 0.5(sec) まで小さくならないと降伏しないことがわかる。

#### 5. まとめ

本研究では、直下型地震を近似した三角パルスに対する免震橋の応答特性を明らかにした。単一パルス入力については、免震支承の最大相対変位は入力パルスの時間幅によりピークが存在し、橋梁の等価固有周期よりもやや短めのパルスに対して最大値を示した。橋脚に大きな損傷を与えるパルスは、時間幅が等価固有周期に近いものと免震支承が機能できない程短いものの 2 種類が存在する。また、LRB 型と摩擦型を比較すると、LRB 型の方が等価減衰が大きいのにも関わらず橋脚の最大応答塑性率はほぼ等しく、免震支承の最大相対変位についてはむしろ摩擦型の方が小さくなる傾向が見られた。二個目のパルスの影響については作用時間幅が短いパルスに対して大きな影響が現れることがわかった。

##### 【参考文献】

日本道路協会：道路橋示方書・同解説／V 耐震設計編、1996.

免震支承の最大相対変位(cm)(単一パルス)

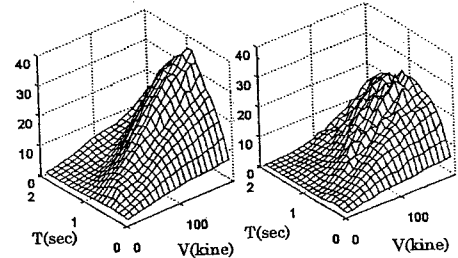


図 8 LRB 型

図 9 摩擦型

橋脚の最大応答塑性率(単一パルス)

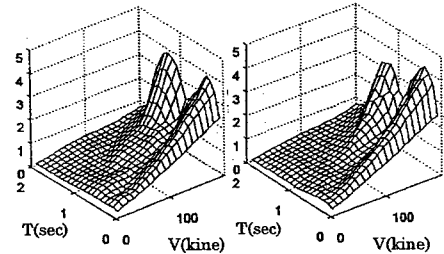


図 10 LRB 型

図 11 摩擦型

単一パルスと二個のパルスの比較

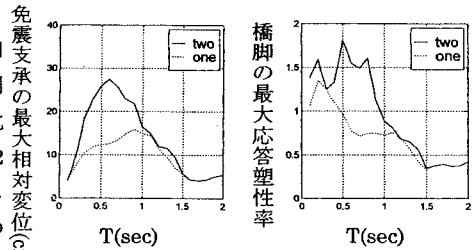


図 12 免震支承

図 13 橋脚