反重力すべり支承の開発 ③-2 (解析モデルの妥当性検証)

阪神高速道路㈱	正会員〇加藤	祥久	正会員	足立	幸郎	正会員	篠原	聖_
京都大学	正会員 五十点	嵐 晃						
オイレス工業㈱	正会員 宇野	裕惠	正会員	横川	英彰			
JIP テクノサイエンス(株)	正会員 松田	宏	正会員	佐藤	知明			

# 1. 目的

本稿は、上下部構造間に用いるすべり支承のすべり面に勾配を設けることにより、地震時の水平動による上 部構造慣性力を鉛直方向の力に変換し、水平方向の応答変位を抑制させる反重力すべり支承(以下、UPSS: Uplifting Slide Shoeという.)の動的挙動を把握するための振動台実験を行い、実挙動に即した解析モデ ルの構築を目的とする.

## 2. 振動台による動的挙動の把握

本実験で使用した振動台は,京都大学防災研究 所の3次元大型振動台で,表-1 に示す諸元を有 する.使用した供試体の構成は,寸法 4.15m ×2.65mで,質量は10tonの桁模型に4ケース の支持条件(表-2)とした橋梁上部エモデルであ る.振動台に設置した桁模型を写真-1に示す.

実験で使用した UPSS は写真-2 に示すように 平面部と傾斜部を有しており,平面部は常時の温 度変化による伸縮に追随し,大規模な地震が発生 した場合には傾斜部をすべるため,上部工の変位 が抑制される.本実験では表-2 に示す3つの支持 条件で実験を行った.図-1 に示すように UPSS は桁模型左側の2点に設置し,各すべり面には 30mm×30mmのすべり材 (PTFE 板)を設置した. 桁模型右側には復元力を与える装置として積層 ゴム支承を用いた.

今回の実験で使用した波は振動数や振幅を変 化させた正弦波と道路橋示方書に規定される地 震波及びある地域で想定される人工地震波を1

表-1 振動台の諸元 表−2 支持条件 最大載荷布 150 kN 実験 供試体構成 平面部長さ(mm) 傾斜部角度(度) 振動台 べり支承+ゴム支; 最大変( 斜めすべり支承+ゴム支承 42 30 最大速度 斜めすべり支承+ゴム支通 30 30 最大加速度 斜めすべり支承+ゴム支承 42 x, y, Z方向:  $\pm 10$ kN 周波数 (上載荷重:150 kNの場合 0.1~50Hz 写真-1 供試体 写真-2 UPSS ゴム支承 11PSS 図-2 入力地震波 図-1 供試体イメージ図 (道示Ⅱ-Ⅱ-1)の一例

つの橋梁モデルに入力し、数値計算された橋脚天端の応答加速度波形である.入力はX軸方向に入力した.入 力した地震波の1例を図-2に示す.実験の計測項目としてはX,Y,Z方向の支承反力、桁変位、加速度及びX,Y 方向の振動台変位、加速度とし、それらの相関関係を用いてシミュレーション結果と比較するものである.

## 3. 解析による挙動の把握

一方, UPSS の動的挙動を把握するための解析モデルを図-3 に示 す. 桁重量は支承本体及び取付けボルトの上・下部を考慮し, 桁剛性, ゴム支承剛性は, 桁模型の設計図面より設定した.また, UPSS 部の モデルは, 松田らが構築したモデル<sup>2)</sup> (図-4)を用い, すべり面の鉛 直方向に引張力が生じる場合には摩擦力が生じないように履歴特性 を考慮した. その他, 支承モデルに使用した各部材の条件は**表**-3 で キーワード 反重力すべり支承, シミュレーション, 動的解析



連絡先 〒612-0029 京都市伏見区深草西浦町 7-71 阪神高速道路㈱京都事業部工事グループ TEL 075-643-3429

ある.ここで、すべり支承を支持する仮想部材は、3分力計の仕様書から、すべり面の剛性はすべり材の材料圧縮試験結果から、 Rayleigh 算出用の減衰は、道路橋示方書より桁2%、ゴム支承(水平)5%とし、それ以外は0%に設定した.

入力地震動は振動台上の観測した水平 X 方向加速度を入力し, 鉛直方向は考慮していない. なお,計算時間間隔は斜面すべり上 がり時の衝撃の影響を確認するため, $\Delta$ t=0.0001sec (30 度),  $\Delta$ t=0.000125sec (15 度)とした.

#### 4.結果の比較

多数の実験のうち、斜めすべり面の角度が30度、平面部クリア ランス42mm、sin1Hz 100galを入力条件として行った実験とシ ミュレーション解析から得られた水平変位と水平力の関係及び鉛 直力、水平力、水平力/鉛直力、水平変位の時刻歴応答を図-5 に示 す. (a)の水平変位と水平力の関係より、実験と解析の履歴形状は 概ね一致していることがわかる.なお、実験において、すべり上 がり位置とすべり降り位置に若干のずれが生じていることについ ては、計測センサーの時刻遅れや桁の平面回転の影響が考えられ る. (b)、(c)の水平力および水平変位の時刻歴については、実験 値と解析値は概ね一致していた.一方、(d)の鉛直力については、

実験では 2s 以降, 鉛直振動が収束しているのに対して, 解析で は振動が継続する結果となった.これは解析モデルの鉛直剛性, 鉛直方向の減衰定数の設定によるものと考えられる.また,実験 と解析の示す履歴はばらつきが見られるものの,(e)に示す水平力 /鉛直力の時刻歴の関係を用いて評価すると,時刻歴応答が概ね 一致することが分かった.

このほか,斜めすべり面の角度が 30 度,平面部クリアランス 42mm,地震波(道示タイプII-II-1),340galとしたケースや斜 めすべり 15 度,平面部 42mm,sin1.5Hz 205gal についてもシ ミュレーションを行ったが,若干のばらつきは見られるものの, 上記のケース同様,各履歴,時刻歴ともに概ね一致する結果とな った.以上より,ここで提案した斜めすべり支承の解析モデルは, 動的挙動を概ねよく表現できるモデルであるといえる.

### 5. まとめ

筆者らは, UPSS を有する橋梁の耐震解析用モデルを構築し,実験シミュレーション解析を行い,振動台実験から得られた動的挙動と概ね一致した傾向を示すことが確認された.

### 参考文献

1) 五十嵐,森本外:反重力すべり支承の動的挙動の振動台実験に よる検討,2009.5,土木学会地震工学研究発表会論文集 2)松田 外:反重力すべり支承の開発 ③-1 (反重力すべり支承を有する 橋の耐震解析モデルの構築),2009.9 土木学会第 64 回年次学術講演会



**凶-4** UFSS モノノ

表-3 解析条件

桁	100.9KN			
リンサ射星を	水平方向	128.82kN/m		
コム文承剛住	鉛直方向	2712.723kN/m		
すべり支承を支持	水平	4.81MN/mm		
する仮想部材	鉛直	8.07MN/mm		
オベル両	面直角方向	62,700KN/m		
タインの面	面方向	24,100KN/m		
摩擦係数		0.14		
活山	桁	2%		
减去	ゴム支承(水平)	5%		





時間(sec)

c) 水平変位の時刻歴応答





e) 水平力/鉛直力の時刻歴応答

図-5 実験値と解析値の比較