

反重力すべり支承を用いた道路橋の耐震性評価

熊本大学大学院 学生会員 ○土田 智
熊本大学大学院 正会員 松田 泰治

オイレス工業株式会社 正会員 宇野 裕恵
JIP テクノサイエンス株式会社 正会員 柚木 浩一

1. はじめに

兵庫県南部地震以降、橋の耐震性・走行性や維持管理の削減等の向上を目的として、多径間連続構造が多用されている。また地震に対する応答低減や反力の分散、橋桁の温度伸縮を吸収する機能を前提としゴム支承などが使用され、高い安全性を確保している。しかし、これらの支承は地震時に大きく変位するため、伸縮装置の大型化が生じ、維持管理・コストの面で問題となっている。また多径間連続構造は常時の温度影響による不静定力が働くため、長大化を図ることが困難である。そのため、温度変化等に起因する不静定力の影響を受けにくく、地震時の応答変位を抑制できる新たな支承の開発が望まれている。

このような問題を解決するため、図-1 に示すような水平面およびその両側に斜面を有し、その面にすべり材を設置するすべり支承が提案されている。このタイプの支承は「反重力すべり支承 (Uplifting Slide Shoe:UPSS の呼称)」と呼ばれている。

本研究では既往研究で検討されているモデル¹⁾の構造諸元を用いた単柱橋脚モデルを用い、UPSS の動的応答の確認を行った。この結果より、下沓(橋脚天端側)の拘束条件による UPSS の影響について評価し、UPSS の多径間連続構造への適用性の検討を本研究の目的とする。

2. 解析対象モデルと解析条件

2.1 UPSS の概要

UPSS は図-1 に示すように、常時状態では温度変化による桁の伸縮は水平面のすべりで対応し、地震時には上沓が水平面ですべった後、下沓に乗り上がる。この挙動により地震時のエネルギーが位置エネルギーに変換され、応答変位を制御する。斜面角度を調整することにより、応答変位を任意に設定できるので、設計の自由度が極めて高く、様々な橋梁への適用が可能と考えられる。

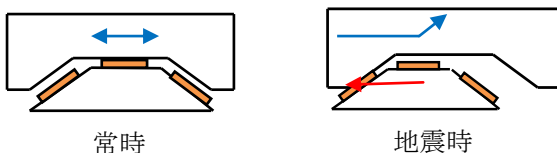


図-1 UPSS の挙動

2.2 解析モデルと解析条件

図-2 に示す多径間連続橋の中の 1 本の橋脚（橋脚の長さ 12m）を検討対象とした。橋脚は非線形の 2 次元はり要素とし、橋脚基部に弾塑性回転ばねを設けた。これらの復元力特性として武田モデルを用いた。部材の減衰定数は橋脚を 2%、基礎を 10%とした。減衰タイプは Rayleigh 減衰とし、第一基準振動数と第二基準振動数の組み合わせは、橋脚基部において過大な粘性減衰を示さないように 1 次の固有振動数と 50Hz の組み合わせを採用した。数値計算

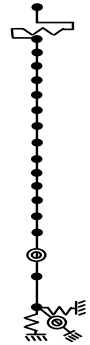


図-2 単柱橋脚モデル

方法は Newmark' β method($\beta=0.25$)で、時間刻みは 0.0001 秒とした。検討用の入力地震動は、最大加速度 80gal(周期 10s、継続時間 100s)の正弦波を用いた。

2.3 UPSS のモデル化

UPSS の挙動を表現するための解析モデル及びばね要素を図-3 に示す。ばね要素は、すべり面方向とすべり面法線方向にばねを持つ軸力依存ばねであり、平面部と両斜面部のそれぞれに配置する。

各方向のばねの履歴特性は図-4 に示すように非線形性を考慮し、すべり面方向は完全弾塑性型の復元力特性を有している。ただし、すべり面法線方向力 F_n が引張状態時には、すべり面方向力 F_s は 0kN とする。

すべり面法線方向については、斜面部は図中で示す Un_0 (=初期遊間量 $\times \sin \theta$)を考慮し、平面部では $Un_0=0$ として、変位量が Un_0 を上回る時、鉛直力が 0kN となる履歴特性を有している。

本研究における解析ケースを表-1 に示す。モデル名の頭に付けた 2 桁の数値は斜面角度を示し、本解析では斜面角度 5 度、15 度の UPSS を対象とする。末尾の数値 1、2 および 3 はそれぞれ摩擦係数を微小値、0.05 および 0.10 を意味する。ここで、UPSS のばね要素には減衰が作用しないよう設定している。本解析における UPSS の特性値を表-2 に示す。表-2 の値は既往の研究に準じて、UPSS の等価剛性はすべり量を 0.300m と

した。本解析では、各検討モデルにおける UPSS の動的挙動の傾向分析であることから、応答変位を設計変位の $\pm 10\%$ 以内に抑える収束計算は行わないものとする。

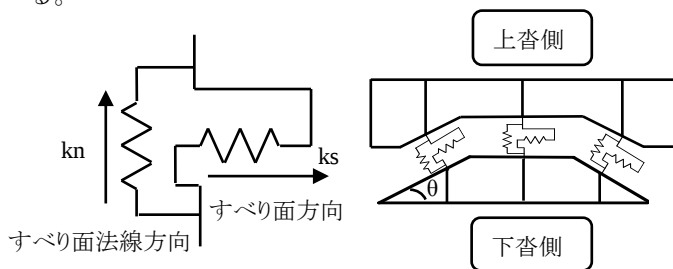


図-3 UPSS の解析モデル

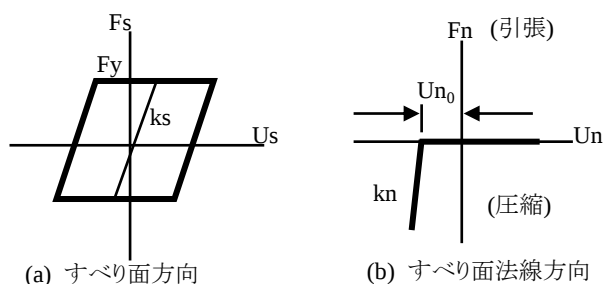


図-4 ばね要素の非線形特性

表-1 検討モデル

モデル名	勾配	摩擦係数
05-1	5 度	微小値
05-2		0.05
05-3		0.10
15-1	15 度	微小値
15-2		0.05
15-3		0.10

表-2 UPSS の特性値

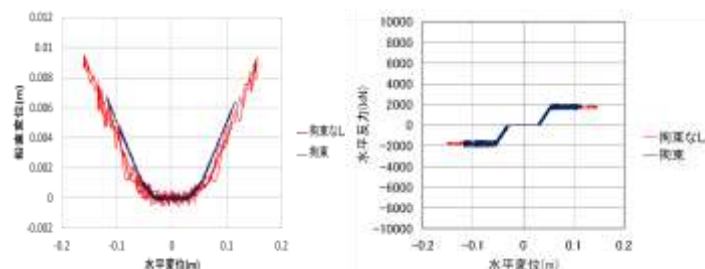
遊間(m)	0.03
すべり面方向ばね ks(kN/m)	7.261×10^6
すべり面法線方向ばね kn(kN/m)	1.8879×10^7

3. 時刻歴応答解析結果と考察

最大加速度 80gal、周期 10s の正弦波を入力した際の継続時間 20 秒間(正弦波 2 波長)の結果を図-5,6 に示す。同図はそれぞれ斜面角度 5 度および 15 度のモデル 05-1 および 15-1 に対する、下沓(橋脚天端)の拘束条件を変更した場合の変位応答、水平変位-水平反力の履歴である。応答変位履歴(a)の結果では、斜面角度 15 度は 5 度よりも水平変位に伴う鉛直変位の変化が顕著に表れている。また下沓(橋脚天端)の自由度をすべて拘束させた場合では、鉛直変位の変動が抑制されているが、上沓と下沓の接触部で微小な振動が確認できる。

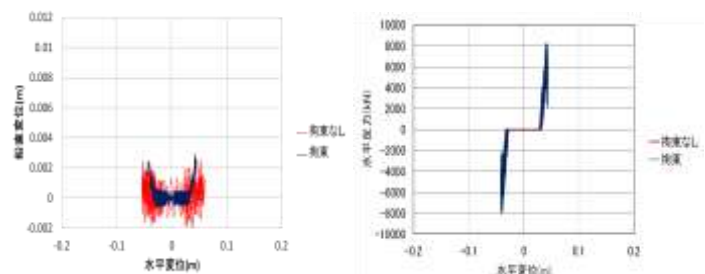
よって、上沓と下沓の接触と離間を繰り返す現象は、斜面角度と橋脚の上下方向の振動による影響を受けやすいと考えられる。

水平変位-水平反力(b)の結果では、斜面角度を大きくすると応答変位は抑制され、水平反力は増加する、トレードオフの関係にある。



(a) 応答変位履歴 (b) 水平力-水平変位関係

図-5 検討モデル 05-1



(a) 応答変位履歴 (b) 水平力-水平変位関係

図-6 検討モデル 15-1

4. まとめ

本研究では単柱橋脚モデルに UPSS を設置した時の UPSS の動的挙動の傾向分析を行った。UPSS の上沓と下沓の接触部の挙動は、既往研究と同じ挙動が確認できた。今後は上下方向の地震動の影響、単径間モデルでの解析を行った後、多径間連続構造に UPSS を設置した場合の動的応答について評価する。

参考文献

- 1) 佐藤智明、五十嵐晃、松田泰治、足立幸郎、宇野裕恵：反重力すべり支承を用いた振動系における動的挙動時のエネルギー評価、土木学会地震工学研究発表会論文集、2011.9
- 2) 五十嵐晃、森本慎二、加地淳志、樋口匡輝、足立幸郎、河内山修、佐藤知明：反重力すべり支承の動的挙動の振動台実験による検討、土木学会地震工学研究発表会論文集、2009.5