

UPSS を用いた橋梁における不静定力が耐震性に及ぼす影響評価

熊本大学大学院 学生会員 ○土田 智
阪神高速道路(株) 正会員 足立 幸郎
JIP テクノサイエンス(株) 正会員 佐藤 知明

熊本大学大学院 正会員 松田 泰治
オイレス工業(株) 正会員 宇野 裕恵
京都大学大学院 正会員 五十嵐 晃

1. はじめに

兵庫県南部地震以降、橋梁の耐震性・走行性の向上等を目的として多径間連続構造が多用され、地震に対する応答低減、反力分散、橋桁の温度伸縮等の吸収を前提としたゴム支承がよく用いられている。しかし、これらの支承は地震時に大変位を生じさせるため伸縮装置が大型化し、維持管理・コスト等の面で問題となっている。また、多径間連続構造は桁長が長くなるにつれて温度変化等による不静定力が大きくなり、長多径間化を図ることが困難である。そのため温度変化の影響を受けた状態でも、耐震性を損ないにくい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、水平面部と両端の勾配部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 : 以下, UPSS) 」と呼ばれている。本研究では、UPSS を設置した 12 径間モデルに対し、既往研究で検討されているゴム支承と同様に、温度変化等による不静定力を作用させた状態で時刻歴応答解析を行い、ゴム支承と UPSS の動的応答を比較することで、UPSS の有効性を明らかにした。

2. 対象橋梁

図-1 に示す多径間連続橋 (橋長 480m の 12 径間連続 PC 箱桁橋) を検討対象とした。本橋は、道路橋示方書同解説 V 耐震設計編で規定されている地域区分 A の II 種地盤において設計された道路橋である。既往研究では、温度変化等による不静定力が橋の耐震性に及ぼす影響について検討されており、ゴム支承に対する応答の増加と橋脚に対する塑性化の進展に影響を与えることが指摘されている。

本研究では、12 径間モデルのすべての下部構造に同じ斜面角度の UPSS を設置し、遊間を 0m とした。これを疑似多点固定モデルと呼ぶ。さらに、中央の P6 橋脚に設置する UPSS のみ遊間を 0m として 1 点固定とし、他の下部構造に設置する UPSS の遊間は、温度変化等により生じる桁伸縮量と所要の余裕量 (15mm) により設定した。これを疑似 1 点固定モデルと呼ぶ。本研究では、これら 2 つのモデルと比較対象としてゴム支承の計 3 つのモデルについて検討する。

3. 解析モデル

図-2 に対象橋梁の骨組解析モデルを示す。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。ゴム支承は水平方向を弾性ばねとし、鉛直は剛とした。桁は線形の 2 次元はり要素で、基礎は道路橋示方書に基づき、水平、鉛直、回転および水平と回転の連成ばねでモデル化し、部材の減衰定数はゴム支承と桁を 3%、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。数値計算法は Newmark- β 法 ($\beta = 0.25$) で、時間刻みを 1.0×10^{-4} 秒とし、入力地震波は道路橋示方書に示される Type II-II-1 ~ II-II-3 の標準波 3 波とした。

図-3 に UPSS の解析モデルを示す。UPSS の水平面およ

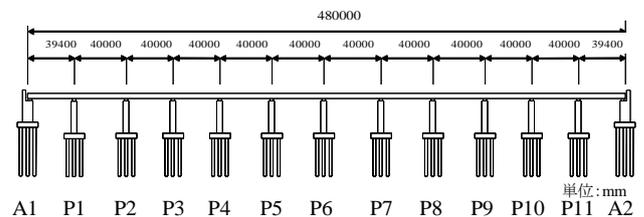


図-1 検討対象橋

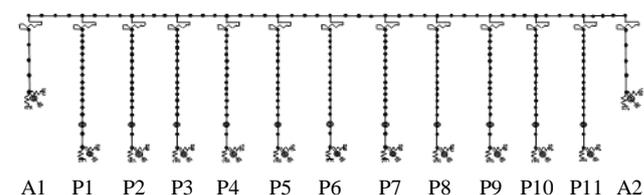


図-2 解析モデル

び左右の斜面には、それぞれの局所座標系における鉛直ならびに水平方向のばねを計 3 組配置している。またそれぞれのばねは図-4 に示すように、すべり面方向に対しては完全弾塑性型の非線形ばねとし、すべり面法線方向に対しては圧縮のみに抵抗する非線形特性を有するばねである。表-1 にすべり面方向、すべり面法線方向に使用するばねの剛性値、およびすべり材の摩擦係数を示す。また UPSS の斜面角度は 5 度から 30 度まで 5 度刻みに変化させて検討した。

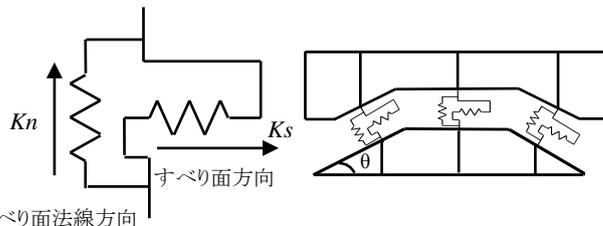
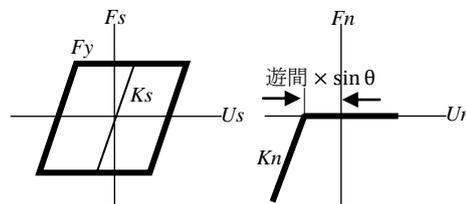


図-3 UPSS の解析モデル



(a) すべり面方向 (b) すべり面法線方向
図-4 ばね要素の非線形特性

表-1 解析モデルの諸元

すべり面法線方向 K_n	$1.887 \times 10^7 \text{ kN/m}$
すべり面方向 K_s	$0.726 \times 10^7 \text{ kN/m}$
すべり材摩擦係数	0.05

4. 解析結果および考察

図-5 に先述の 3 つのモデルに対し地震波 Type II - II-3 を入力した際の各橋脚の最大応答塑性率を示す。解析結果はそれぞれ、(a)不静定力が作用しない状態、(b)既往研究より P1,P11 橋脚のゴム支承の初期せん断ひずみが 70%相当に達した際の不静定力を作用させた状態を示している。

解析結果より、疑似多点固定モデル、疑似 1 点固定モデルともに、斜面角度が大きくなると最大応答塑性率は増加する傾向にあることが確認された。これは斜面角度が大きくなると斜めすべりでの橋脚に作用する力が大きくなるからである。疑似多点固定モデルでは、不静定力の増加により斜面角度 25 度以上の UPSS はゴム支承と同様に P11 橋脚の応答塑性率が増加する傾向にある。また疑似 1 点固定モデルでは、UPSS の斜面角度 20 度以上のケースは、中央に位置する P6 橋脚の応答塑性率が増加する傾向にある。これは、P6 橋脚の UPSS の遊間は 0m であるため、地震時の水平力が P6 橋脚に集中したためであると考えられる。また斜面角度 5 度、10 度の UPSS は疑似多点固定モデル、疑似 1 点固定モデルともに最大応答塑性率は $\mu = 1$ を超えておらず、橋脚基部の塑性化は生じていない。

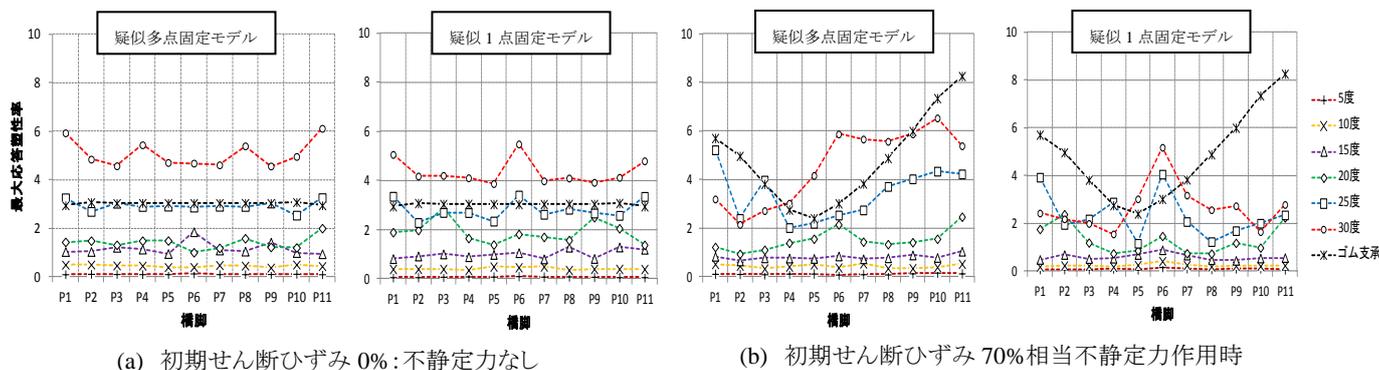


図-5 最大応答塑性率(Type II - II-3)

5. まとめ

本研究で検討した範囲では、UPSS の斜面角度を 20 度以下とすることで、ゴム支承よりも橋脚の塑性化を低減できる。本研究では、同じ斜面角度の UPSS を一様に設置しているが、応答塑性率が大きくなる橋脚には斜面角度の小さい UPSS を設置することで、応答を改善できると考えられる。

参考文献

- 1) 松田泰治, 宇野裕恵, 宮本宏一, 柚木浩一:多径間連続橋の地震時挙動に及ぼす温度荷重の影響に関する研究, 応用力学論文集, Vol, pp.1081-1090, 2008.8
- 2) 反重力すべり支承の開発 ①~④-3 第 64 回土木学年次学術講演会講演概要集, 2009.9