

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

1. はじめに

兵庫県南部地震以降、橋の耐震性・走行性の向上等を目的として、多径間連続構造が多数採用されている。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た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の大変位を許容するため、伸縮装置の肥大化が生じ、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、常時の温度影響を考慮し、地震時の応答変位を抑制する新たな支承の開発が望まれていた。

このような問題を解決するため、水平面部と両端の勾配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」またはUPSS(Uplifting Slide Shoe:UPSSの略称)と呼ばれている。

本研究は12径間連続構造の道路橋を対象に、ゴム支承とUPSSを設置した場合でその挙動を解析的に比較検討し、UPSSの有効性を明らかにした。また斜め勾配の異なるUPSSの動的挙動の変化を確認し、その影響を評価した。

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、常時状態と地震時それぞれに対応して機能する。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とで地震時の応答変位を位置エネルギーに変換することで、応答変位を抑制する。また、斜めすべり面の勾配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、多種の橋梁に設置が可能と考えられている。

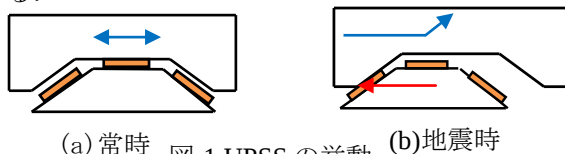


図-1 UPSSの挙動

2.2 解析モデルと解析条件

図-2に示す多径間連続構造（橋長480mの12径間連続PC箱桁橋）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、道路橋示方書に示されるType II-II-1～II-II-3の標準波を使用した。

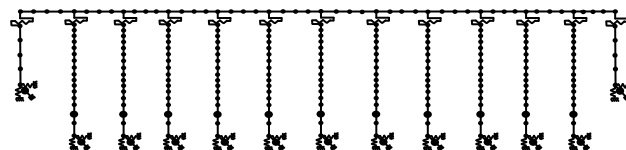


図-2 12径間骨組解析モデル

2.3 UPSSのモデル化

解析に用いるUPSSの特性値を表-1に示す。

表-1 UPSSの特性値

摩擦係数 f	0.05
すべり面方向ばね k_s (kN/mm)	3362
すべり面直角方向ばね k_n (kN/mm)	4370

また、各接触面3箇所に対して図-3に示すようにすべり面方向およびすべり面直角方向にそれぞればね要素を設置した。

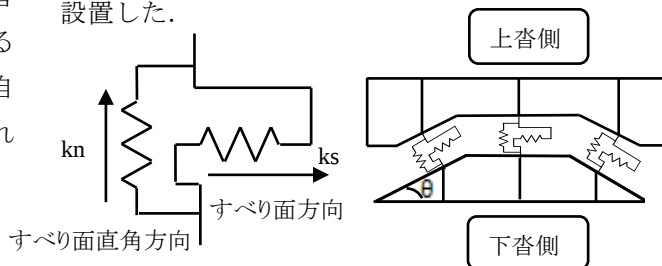


図-3 ばね要素の設定

キーワード：位置エネルギー、斜め勾配、衝撃力、反重力すべり支承、摩擦係数、遊間

連絡先：〒860-8555 熊本県 熊本市黒髪2丁目39番1号 熊本大学大学院 自然科学研究科 TEL096-344-2111(代表)

UPSS の静的及び動的履歴特性を図-4 に示す。静的履歴特性では、平面部においてはすべり材の摩擦力が働き、両斜面部においては発生する摩擦力に加えて、勾配による水平力が作用している。図中の破線は摩擦力が作用していない状態での荷重による水平ベクトル成分を表し、斜面部における水平力 F_h は次式で表される。

$$F_h = N \cdot \sin \theta \pm f \cdot N \cdot \cos \theta \quad (1)$$

ここで、 F_h :水平力 θ :斜め勾配

N :垂直抗力 f :摩擦係数 Dh :相対変位

動的履歴特性では、平面部から斜面部へと遷移する際、衝撃力が発生する。この区間の履歴は、地震波やUPSS の特性値によってその形状が決定される。

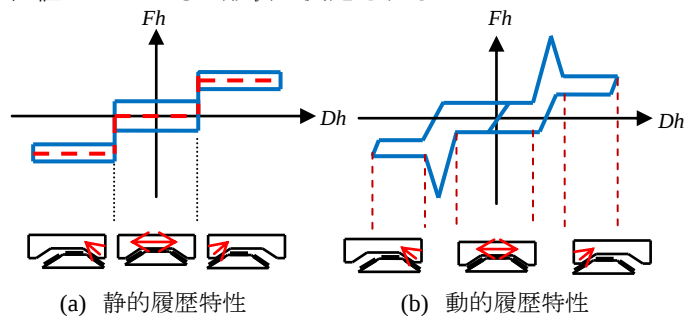


図-4 UPSS の履歴特性

3. 動的応答解析結果と考察

図-5 にゴム支承と UPSS の Type II-II-1 の地震波を入力した時の動的応答の比較検討結果を示す。UPSS の斜め勾配は 20 度、25 度および 30 度とした。解析結果より、UPSS は最大応答変位および最大応答塑性率はゴム支承より小さいことから、UPSS はゴム支承よりも応答抑制効果が高いことが確認できる。また斜め勾配を大きくすることで最大応答変位は抑制できるが、橋脚の最大応答塑性率が増大した。斜め勾配 25 度および 30 度では、各橋脚間の最大応答塑性率の変動が大きく、中心に近いほど大きくなっている。これは、中心に近いほど遊間を小さくしているため、動的挙動により斜めすべり部に作用する面圧が大きくなっていることによると思われる。また、支承部の応答変位と橋脚の最大応答塑性率はトレードオフの関係にあり、斜め勾配を小さくすると支承部の応答変位が大きくなるが、橋脚の最大応答塑性率が小さくなる。例えば、支承部の応答変位を 0.5m に目標変位を設定すると、斜め勾配を 20 度とすると橋脚の塑性化が小さくできるので、耐震性に有利である。

図-6,7 に UPSS が水平力と鉛直下向きに与える力を示す。図-6 より、斜め勾配が大きくなるほど水平力が大きくなっているのが確認できる。また、図-7 より P6 橋

脚の水平力及び鉛直下向きの力が大きくなっている。これは斜め勾配が大きくなるほど、平面部から斜面部へすべりが遷移する時の衝撃力が大きくなり、また桁の中心ほど遊間の長さが短いため、衝突する際の衝撃力の影響を受けやすいためだと考えられる。

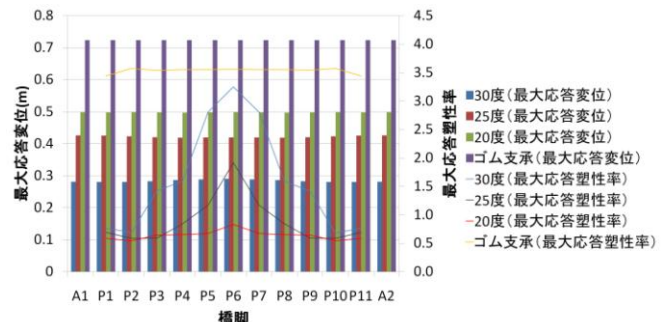


図-5 ギョム支承とUPSSの応答比較結果(Type II-II-1)

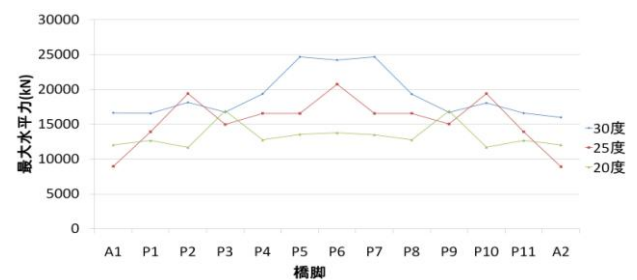


図-6 水平力

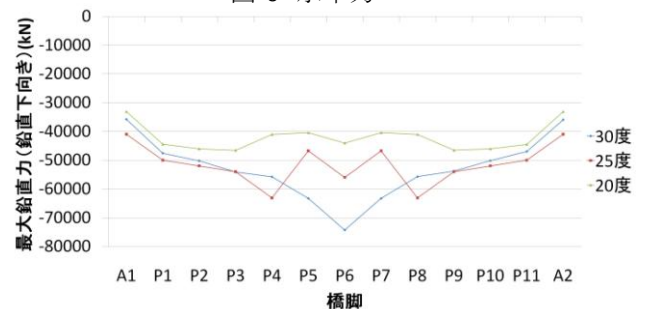


図-7 鉛直下向きの力

4. まとめ

12径間モデルにおいて、UPSSの方がゴム支承よりも応答抑制効果が大きく、今回の解析結果では斜め勾配20度のUPSSが最も有効性が高い。UPSSは鉛直上向きの力よりも、鉛直下向きの力が大きいため橋脚への影響が懸念されるが、本研究では影響は許容の範囲内であった。今後は上下の地震動に対するUPSSの応答に与える影響を評価する必要がある。

参考文献

- 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
- 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