

### UPSS支承, 免震支承, 分散支承のエネルギーから見た特性比較

オイレス工業 (株) 正会員 ○宇野裕恵 正会員 二木太郎  
 京都大学大学院 正会員 五十嵐晃 学生会員 白石晴子  
 熊本大学大学院 正会員 松田泰治 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

#### 1. はじめに

近年, 橋の耐震構造として免震橋やゴム支承を用いた分散橋が多くなっている<sup>1)</sup>. これらに用いる免震支承や分散ゴム支承の設計では種々の制約を受け, 上部構造の応答変位や橋脚の応答塑性率を自由に制御することが難しい. これに対し, 筆者らは図-1に示す斜面を有するすべり面を用いた反重力すべり支承 (Uplifting Slide Shoe: 以下, UPSS) を提案し, 主として斜面角度を任意に調整することで耐震性を制御することを提案している. これらの支承は地震時の運動エネルギー (以下, 運動E) を位置Eに変換<sup>2)</sup>するもので, 摩擦減衰, 粘性減衰, 履歴減衰等によりエネルギーは消費される<sup>2)</sup>. 本論文では動的解析によりエネルギーによる評価を試みた.

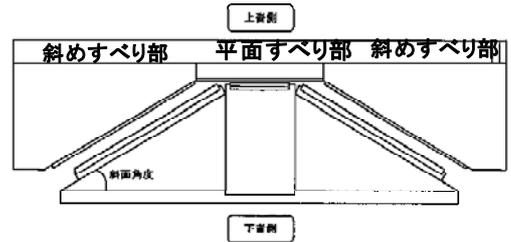


図-1 反重力すべり支承

#### 2. 解析モデルと解析条件

免震橋および分散橋のモデルは, 高さ 10m の等橋脚を有する PC12 径間連続箱桁橋<sup>3)</sup>で設定されている形状を参考に上部構造を 10,244kN の 1 質点系とし, 免震支承は LRB □ 1250 × 4 層-39mm (鉛プラグ 4 本-φ 195), 分散支承は RB □ 1620 × 5 層-48mm をそれぞれ 2 基/橋脚を取り出した剛体上に設置した支承単体モデルである. それぞれの履歴一般形状を図-2に示す. 同図に示した UPSS は, 静的挙動時の履歴である. 本解析に適用した UPSS は平面部を削除して斜面部のみを与えた. 斜面角度を 5, 15, 20, 25 および 30 度, すべり面の摩擦係数を 0.05 および 0.10 とした. 系に入力する外力は 1 質点系の初速度として与え, 免震支承の最大変位時のせん断ひずみが 175%程度で履歴をほぼ一周する 127kine とした.

#### 3. 解析結果

支承の応答変位範囲, 応答履歴図, 時刻歴応答エネルギーおよびエネルギー分担率の推移をそれぞれ図-3, 図-4, 図-5および図-6に示す. 図-6では, 0,  $\pi/2$ ,  $\pi$ ,  $3\pi/2$ ,  $2\pi$  サイクル時および 6sec 後を示している. ここで, 時刻歴応答エネルギーとは, 運動エネルギーや位置エネルギーの貯留エネルギーと粘性減衰エネルギー, 摩擦エネルギーや履歴エネルギーの消費エネルギーを時刻歴で示したもので, 後者は累積値を示している. なお, 免震支承の消費エネルギーは履歴の特性により, 計算上一時的に低減することになる.

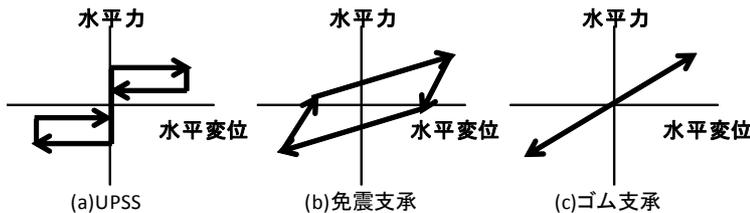


図-2 支承の履歴一般形状

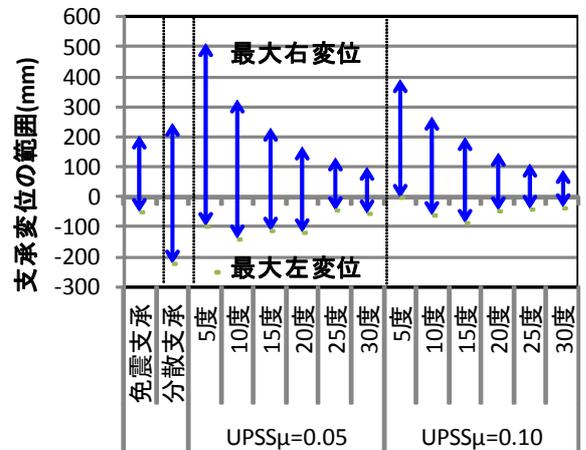
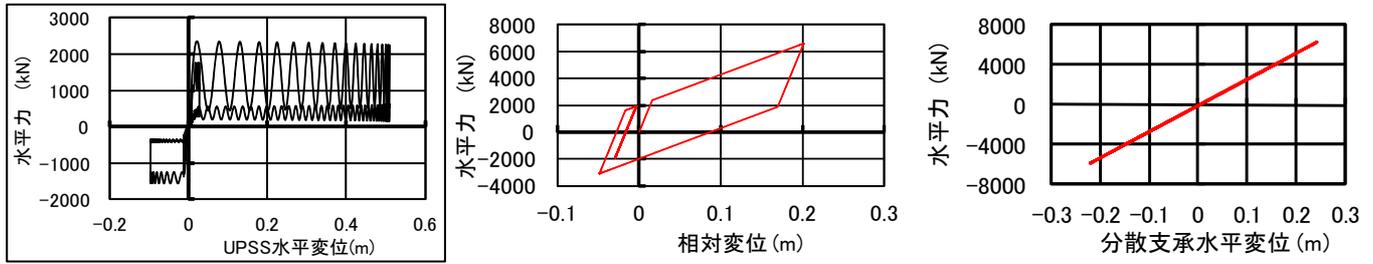


図-3 応答変位範囲

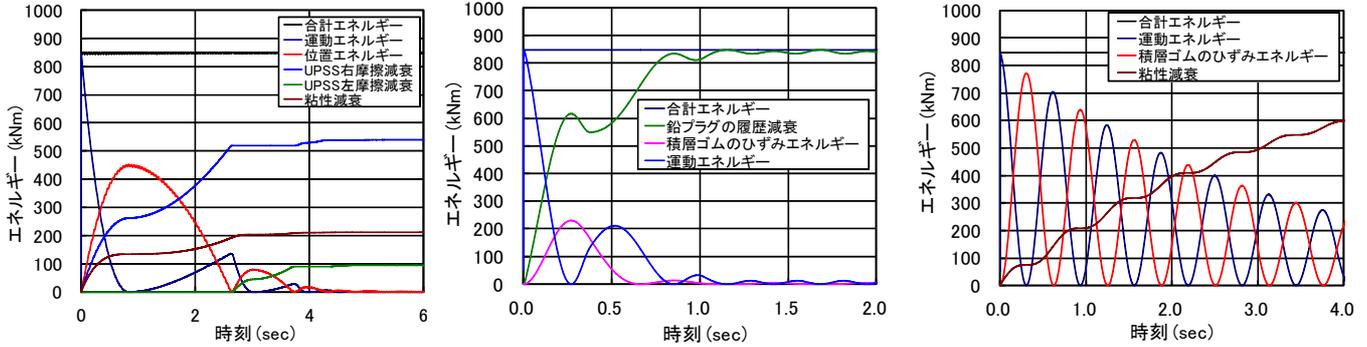
キーワード 反重力すべり支承, 免震支承, 分散支承, 動的解析, 消費エネルギー, UPSS

連絡先 〒 108-0075 東京都港区港南一丁目 6 番 34 号 オイレス工業(株) TEL. 03-5781-0316



(a) UPSS ( $\theta=5$ 度,  $\mu=0.05$ ) (b) 免震支承 (c) 分散支承

図-4 応答履歴図



(a) UPSS ( $\theta=5$ 度,  $\mu=0.05$ ) (b) 免震支承 (c) 分散支承

図-5 時刻歴エネルギー分担

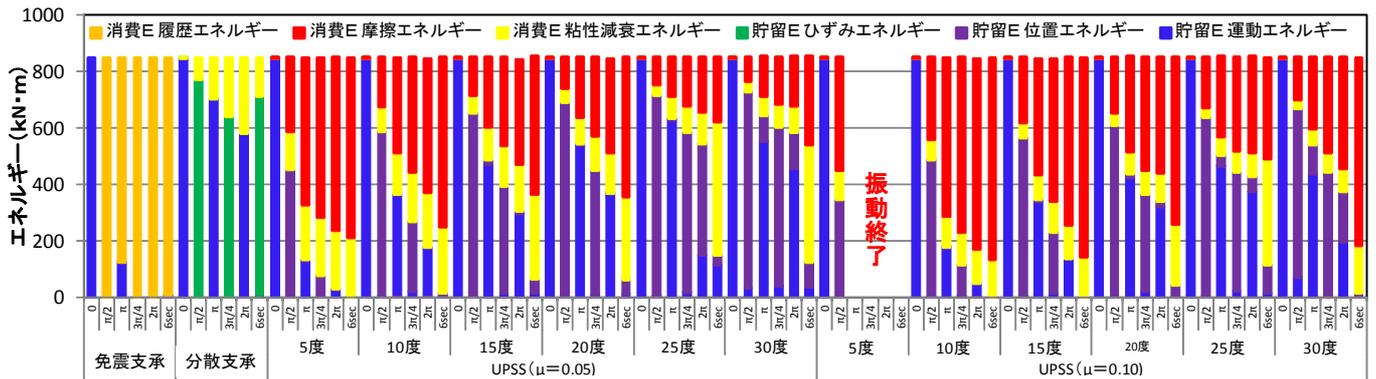


図-6 エネルギーの分担率推移

4. 考察

UPSS の応答変位は図-3のように斜面角度や摩擦係数により小さくすることもできるが、大きな衝撃力<sup>2)</sup>が生じることに留意を要する。UPSS 応答履歴の大きな振動は、すべり面の減衰を無視しているためであり、エネルギー評価を行うので減衰を付与していない。図-5から、UPSS では運動Eが位置Eに変換されながら摩擦Eと粘性減衰Eにより消費される。免震支承では積層ゴムのひずみEに変換されながら鉛プラグにより消費され、分散支承では積層ゴムのひずみEに変換されながら粘性減衰Eにより消費されている。図-6から、免震支承の消費Eは大きい。UPSS は斜面角度によりエネルギー分担が異なり、斜面角度が小さいほど摩擦減衰は大きい傾向にある。UPSS の 6sec 後の時刻では、斜面角度が大きいほど振動は収束していない。

5. まとめ

エネルギーの変遷状況を元に UPSS、免震支承および分散支承の挙動を比較したところ、それぞれの支承の特性の相違が明瞭に現れた。免震・分散支承の設計の自由度は少ないのに対し、UPSS は様々に設定することが可能である。ただし、斜面角度が大きくなると衝撃の影響が大きくなることに留意を要する。

参考文献 1) 日本道路協会:道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編,2002.3 2) 佐藤ほか: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,土木学会論文集 A1S,Vol.67,No.4,2012.(掲載予定)3) 宇野ほか:温度変化が免震橋・非免震橋の地震時挙動に及ぼす影響,第13回日本地震工学シンポジウム, PP.577-584, 2010.11