

京都大学工学部 学生員 ○白石 晴子
 阪神高速技術 (株) 正会員 足立 幸郎
 阪神高速道路 (株) 正会員 加藤 祥久

京都大学工学研究科 正会員 五十嵐 晃
 オイレス工業 (株) 正会員 宇野 裕恵
 JIP テクノサイエンス (株) 正会員 佐藤 明知

1. はじめに

近年、走行性の向上・騒音問題の解消・維持管理コストの低減等を目的として、多径間連続橋が多数採用されている。多径間連続橋用支承に要求される、常時の温度伸縮などによる不静定力の緩和、地震時水平力の分散などの機能を備えた支承として、UPSS 支承 (Uplifting Slide Shoe) が提案されている。UPSS 支承は通常のすべり支承の両端に直線勾配面を設けた構造で (図 1)、水平すべり面部でのすべりにより常時の温度伸縮を許容し、地震時には両端に設けた勾配による水平復元力により、水平変位応答の抑制が期待される。本研究では、UPSS 支承と制震ダンパーを併用したシステムに関して、地震応答の制御特性と地震時性能の向上の可能性について検討したものである。

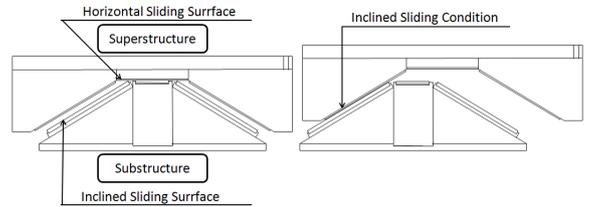


図 1 UPSS 支承

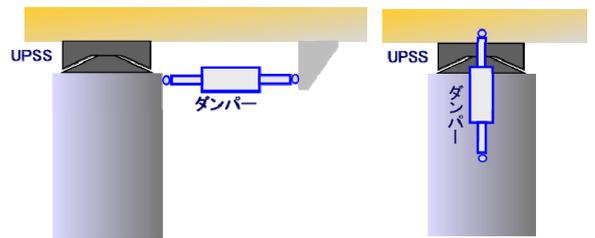


図 2 UPSS 支承 - ダンパー系のモデル

2. UPSS 支承とダンパー組合せ系の特徴

一般にダンパーは橋桁と橋脚頂部の間に水平方向に配置するが、UPSS 支承は上部工に鉛直運動が生じることが特徴であり、この特性を利用することで、限られた桁水平変位振幅の範囲内での高いエネルギー吸収性能の実現が可能であると期待される。そのため、ダンパーを水平方向に配置した場合のほか、鉛直方向に配置した場合など (図 2)、様々な角度での配置が考えられる。履歴復元力特性は水平方向、鉛直方向の 2 つで現れ、ダンパーの追加によりその特性および荷重値の変化は図 3 のようになると想定される。ただし、斜面角度を θ 、クリアランスを l 、摩擦係数を μ とする。

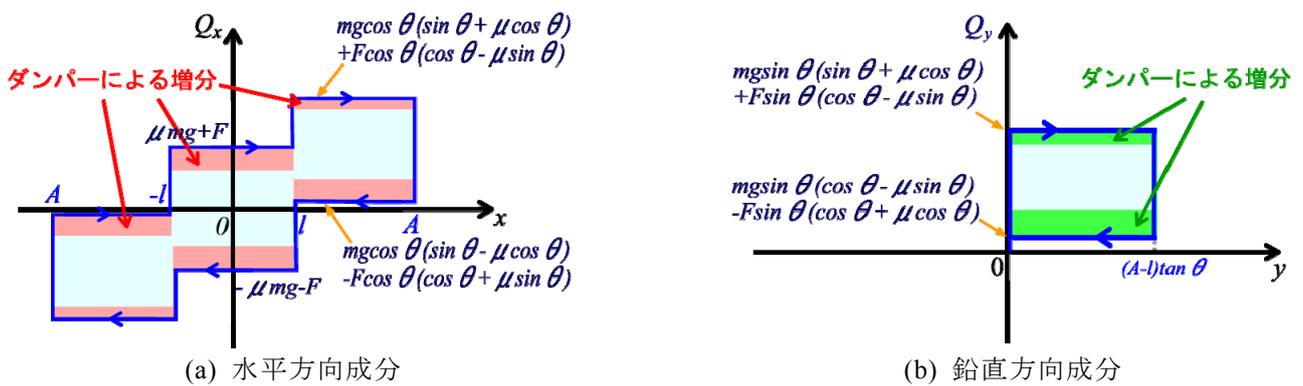


図 3 履歴復元力特性の変化 (水平配置ダンパーの場合)

3. 力学的考察

UPSS 支承の挙動の定式化において、地震動加速度の影響を無視し、橋桁のすべり面に沿う等加速度運動を仮定し、抵抗力 F の摩擦型ダンパーを用いた場合の水平・鉛直方向の履歴復元力特性を導出した。振幅 A の 1 サイクルを仮定した場合、水平配置ダンパーでは $4FA$ 、鉛直配置ダンパーでは $4F(A-l)\tan\theta$ の履歴吸収エネルギーの増加が期待される。ダンパーによる履歴吸収エネルギーの増分は水平方向と鉛直方向の履歴曲

線に分割して発現し、水平配置ダンパー、鉛直配置ダンパー共にその割合は、水平：鉛直 = $\cos^2 \theta$: $\sin^2 \theta$ となる。 $\mu = 0.1$, $A = 10\text{cm}$, $l = 2\text{cm}$, F を桁重量の 1/10 としたとき、斜面角度による履歴吸収エネルギーの変化は図 4 のようになる。

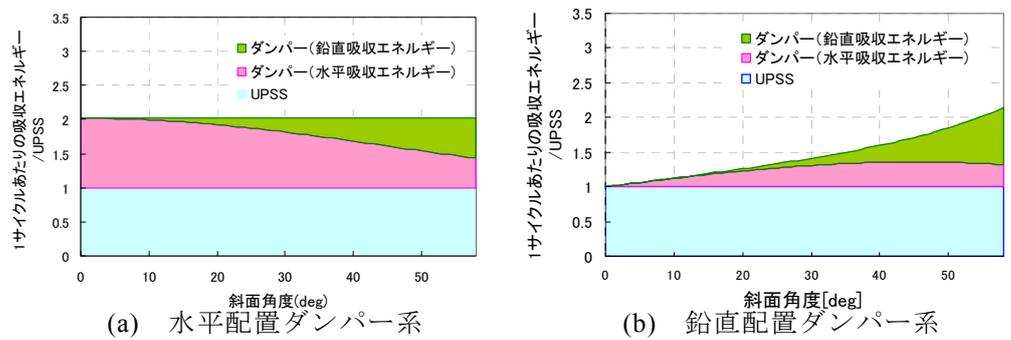


図 4 履歴吸収エネルギー

4. 地震応答解析

UPSS 支承および制震ダンパーを用いた多径間連続橋の 1 スパンを対象に、上部構造と橋脚の 2 質点系モデルに UPSS 支承およびダンパーのモデルを組み込んだ多自由度モデルを用いた地震応答解析を行った (図 5)。橋脚は Clough 型 bilinear (図 6)

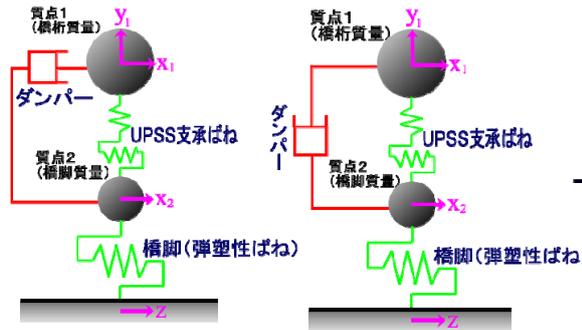


図 5 UPSS - ダンパー系の 2 質点モデル

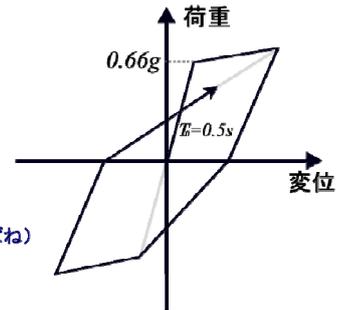


図 6 橋脚の履歴法則

を用い、降伏震度は $0.66g$ 、剛性は支承固定時の固有周期が 0.5sec となる値とした。入力波は Type2-II-2 であり、橋軸方向にのみ入力している。ダンパーは、速度指数比例型(指数=0.1)のモデルとした。

代表的な解析結果を図 7 に示す。ダンパーの併用により、支承変位、桁変位、橋脚塑性率が同時に低減される結果が得られた。

5. 解析結果と考察

UPSS 支承のパラメータ (斜面角度, クリアランス, 摩擦係数, ダンパーの抵抗力) の組合せを変えて解析を行い、全ケースの最大桁変位および橋脚応答塑性率を座標平面上にプロットすると、図 8 の分布が得られる。桁変位と橋脚塑性率の双方が小さい、座標平面の原点に近い応答が望ましい応答と考えられ、そのような応答は、水平配置ダンパー系、鉛直配置ダンパー系、UPSS 支承のみの順に多くなっている。

高い地震時性能を得るためのパラメータの組合せの条件を、

- (1) 斜面上昇時の水平復元力が橋脚の降伏荷重よりも小さく、
 - (2) 自然状態で斜面を下降可能で、
 - (3) 履歴吸収エネルギーが大きいこと
- の 3 つの条件と想定してその妥当性を検討したところ、

そうしたケースは図 9 のように桁変位、橋脚塑性率が共に小さくなる位置に集中して分布しており、設計条件としての仮説は妥当であると考えられる。

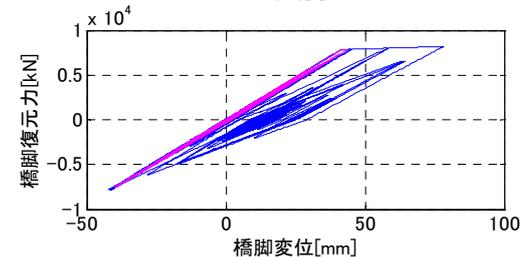
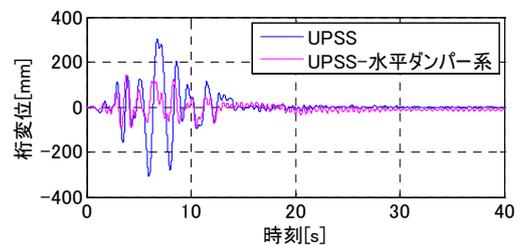


図 7 応答解析結果の例

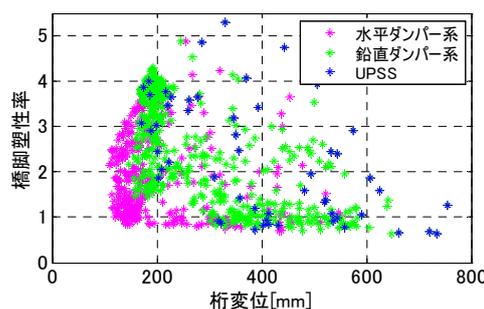


図 8 桁変位 - 橋脚塑性率

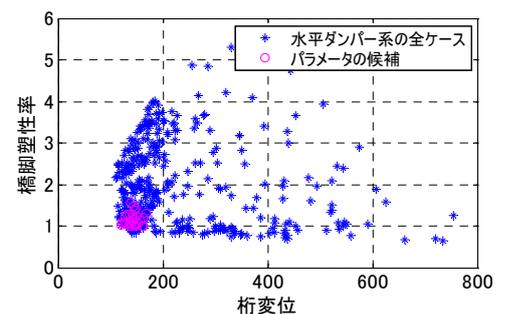


図 9 パラメータの候補