

反重力すべり支承の応答に対する橋梁上部工の離散化および支間構成比率の影響

阪神高速技術(株) 正会員 ○佐藤 知明 正会員 足立 幸郎
 オイレス工業(株) 正会員 二木 太郎 正会員 宮崎 貞義
 JIP テクノサイエンス(株) 正会員 戸田 圭彦
 (株)イチイコンサルタント 正会員 宇野 裕恵
 京都大学 正会員 五十嵐 晃 何 昕昊
 九州大学 正会員 松田 泰治
 阪神高速道路(株) 正会員 篠原 聖二

1. はじめに

著者らは新たな支承構造として反重力すべり支承 (UPSS : Uplifting Slide Shoe) の開発を実施してきた¹⁾. UPSS は、図-1 に示すように平面 1 面, 斜面 2 面のすべり面を有した支承であり, 常時はすべり系支承と同じ特徴を有し, 地震時には斜面区間をすべり上がることで復元力を生じさせ水平変位抑制効果が期待できる.

著者らは UPSS の動的解析のために 3 つのすべり面をそれぞれ図-2 に示す非線形ばね要素で独立に表現し, それらを重ね合わせたモデル (以降, UPSS モデル) を提案した¹⁾. この簡易なモデルは模型実験を精度よく再現できることが確認されている. しかし既往の研究では, モデルの簡易さゆえに実験では見られない跳躍現象が数値解析時に生じることが明らかになっており²⁾, 剛性比例型減衰の適用や梁上部工の曲げ振動による抑制の検討を行い^{3), 4)}, 地震時には UPSS と上部工は連成振動しており, これを適切に解析モデルに取り入れる必要があることが明らかになった.

そこで, 本稿では引き続き梁の曲げ振動へ着目し, 梁の要素分割数の影響, および支間構成比率の影響を確認した.

2. 質点モデルおよび梁モデル

解析対象とするのは鋼合成桁上部工および RC 橋脚からなる連続高架橋である. 高架橋の設計は日本道路協会⁵⁾の設計例を参考に, 適宜修正して用いた. 十分長く連続する支間長 40m の高架橋から 1 橋脚周辺だけを取り出した解析とする. 両端はローラー支持とし, 水平反力を全て橋脚部の UPSS が受けるよう質量を調整している. 上部工の梁要素の要素分割数をパラメータとし, 2 分割, 4 分割, 8 分割, 12 分割の 4 ケースとした. 4 分割モデルを図-3 に示す. さらに, 12 分割の等径間モデルに対して橋脚の位置を変更し, 支間構成比率を 1 : 1.4, 1 : 2 とした 2 ケースを作成した.

UPSS モデル以外にはレーリー減衰を, UPSS には剛性比例型減衰³⁾を与えた. 解析に用いた入力パラメータを表-1

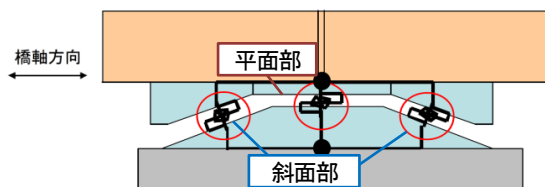


図-1 反重力すべり支承形状

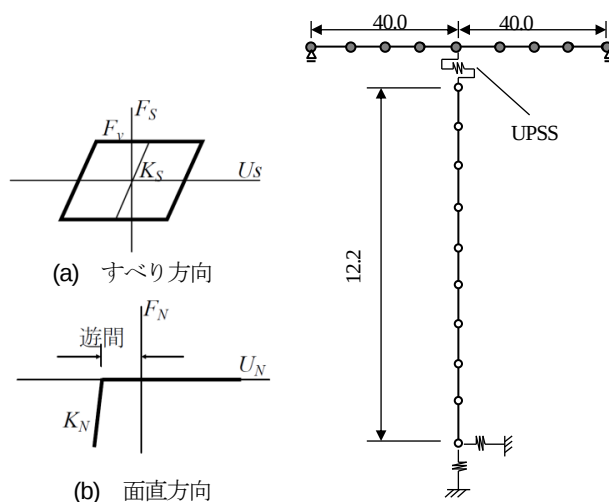


図-2 ばね要素の非線形特性 図-3 解析モデル(4 分割モデル)

表-1 解析条件

入力パラメータ		値
梁要素 曲げ剛性 $EI(\text{kN} \cdot \text{m}^2)$	橋脚	57.292×10^7
	上部工	6.773×10^7
上部工質量 $W(\text{kN})$		6430
橋脚の非線形構成則	構成モデル	武田モデル
	ϕ_y	0.003411
UPSSモデル	斜面角度 (deg.)	20
	平面ばね定数 (kN/m)	4941000
	斜面ばね定数 (kN/m)	5250000
	平面摩擦係数	0.14
	斜面摩擦係数	0.14

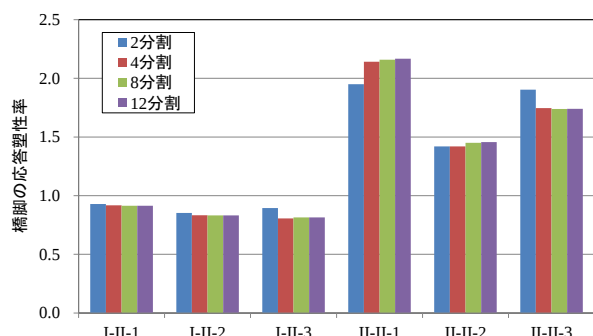
に示す. なお, 解析に用いたプログラムは TDAPIII である.

3. 解析結果

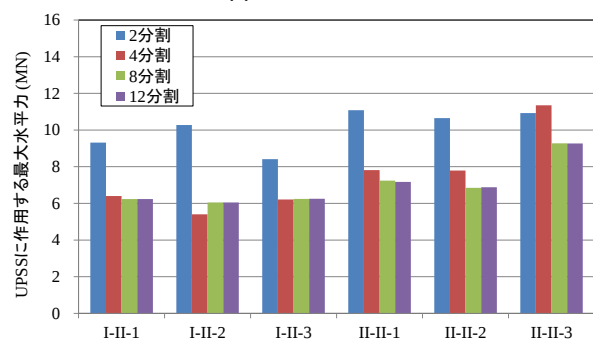
上部工の要素分割を細かくするほど解析結果は一定の値へと収束する傾向が認められた. また, いずれの結果においても 8 分割以上とすると結果に変化がなく, 十分小さな

キーワード 反重力すべり支承, 動的解析, 耐震解析モデル

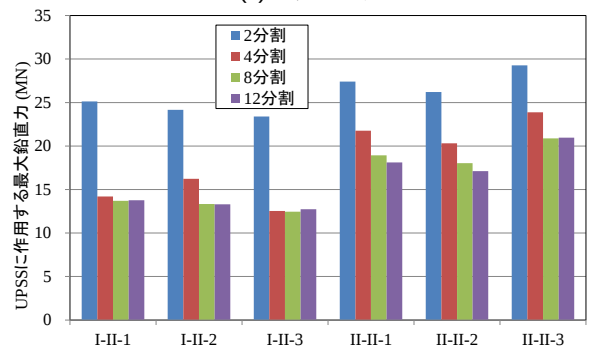
連絡先 〒550-0005 大阪市西区西本町 1-4-1 オリックス本町ビル 阪神高速技術(株) 技術部 TEL 06-6110-7327



(a) 橋脚の応答塑性率

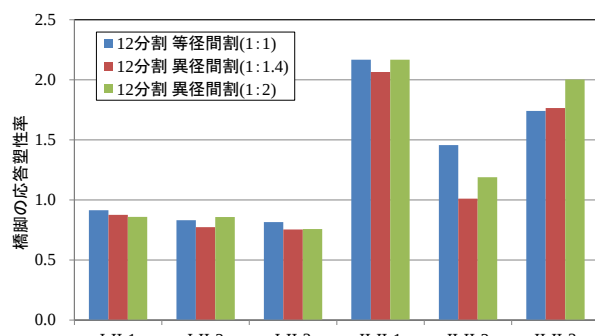


(b) 最大水平力

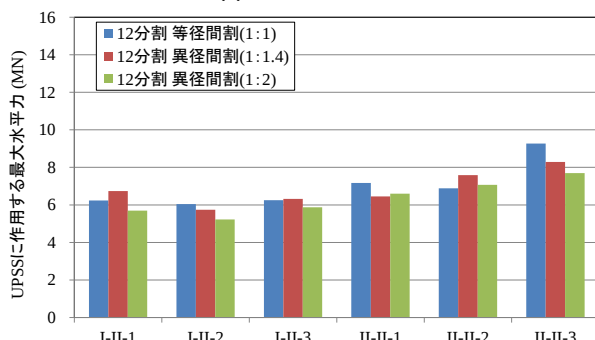


(c) 最大鉛直力

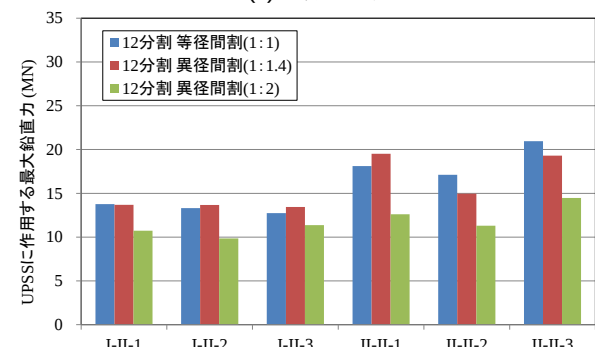
図-4 要素分割の影響



(a) 橋脚の応答塑性率



(b) 最大水平力



(c) 最大鉛直力

図-5 支間構成比率の影響

要素長で計算できていると考えられる。一方、4分割以下程度ではUPSSと上部工の連成振動モードを表現できないと考えられる。

支間構成比率の影響について、明確な傾向が認められるのは鉛直方向の力であり、支間構成比率が1:2のものでは大きく低減されている。これは、下から突き上げられた際の上部工の振動モードの1次モードが特に卓越し、中央橋脚上での鉛直方向変位が最も大きく、端部に近づくほど鉛直方向変位は小さくなるためであると推察される。しかし、その他の応答塑性率および水平方向力には明確な傾向が認められなかった。

4. まとめ

本稿に示した解析結果より、UPSSのように地震時に上下方向へ応答するような支承構造においては、上部工梁要素の離散化方法によって動的解析結果は変化する可能性が示された。本研究で取り扱った橋梁の条件においては、1

支間あたり8分割以上の梁要素とするのが望ましいと考えられる。4分割程度以下では誤った解析結果が得られる可能性があるため、注意が必要である。さらに、等径間よりも異径間の方が鉛直反力が小さくなる傾向があった。ただし、橋脚応答塑性率および水平反力は支間構成比率で大きく変動することはなかった。今後は変形図などに着目することでUPSS特有の桁振動に着目したい。

参考文献

- 1) 松田ら:反重力すべり支承の開発③-1(反重力すべり支承を有する橋の耐震解析モデルの構築), 土木学会第64回年次学術講演会, I-399, 2009.
- 2) 佐藤ら: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A1(構造・地震工学), Vol.68, No.4, I-660-I-671, 2012.
- 3) 戸田ら:反重力すべり支承の解析モデルにおける減衰評価, 土木学会第72回年次学術講演会, I-590, 2017.
- 4) 戸田ら:橋梁上部工の曲げ振動が反重力すべり支承の応答に及ぼす影響について, 土木学会第73回年次学術講演会, I-298, 2018.
- 5) 日本道路協会:道路橋の耐震設計に関する資料, 1997.