

反重力すべり支承(UPSS)を用いた橋の地震時応答の対称性に関する考察

阪神高速技術(株) 正会員 ○佐藤知明 (株)イチイコンサルタント 正会員 宇野裕恵

正会員 足立幸郎 JIP テクノサイエンス(株) 正会員 戸田圭彦

阪神高速道路(株) 正会員 篠原聖二 オイレス工業(株) 正会員 二木太郎

京都大学 正会員 五十嵐晃 九州大学大学院 正会員 松田泰治

学生員 何 昕昊

1. 目 的

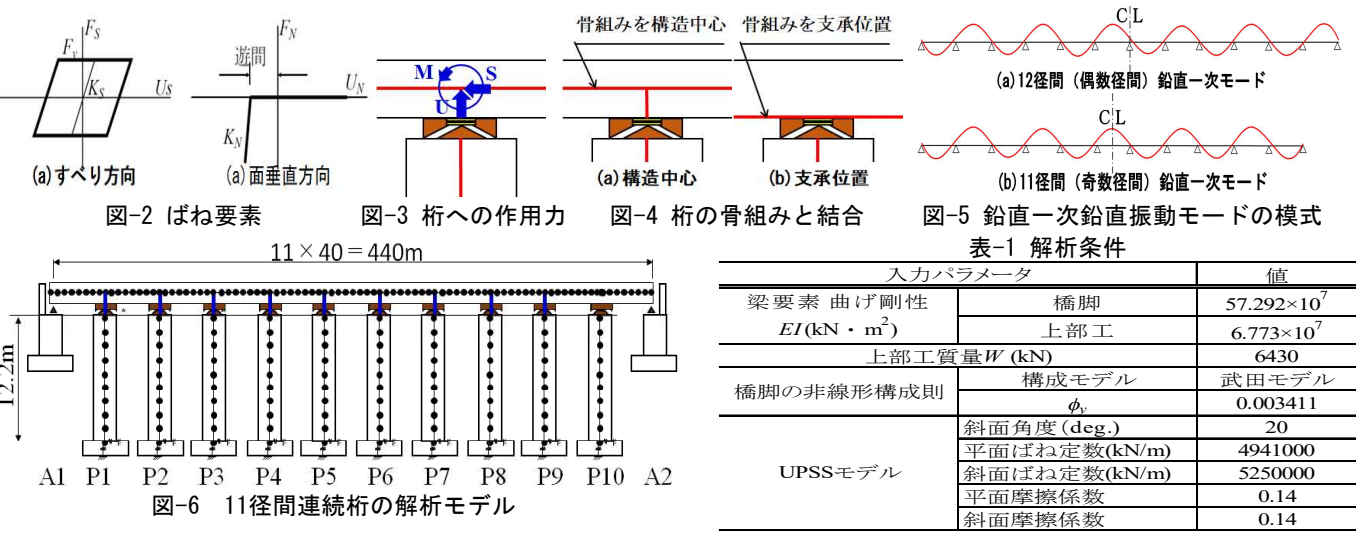
反重力すべり支承 (UPSS : Uplifting Slide Shoe)^{1),2),3),4),5)}は、図-1に示す平面1面、斜面2面のすべり面で構成する支承である。常時は平面すべり状態であるが、地震時は斜面をすべり上がり抵抗力と復元力を発現する。したがって、解析モデルは3つのすべり面を組み合わせた非線形ばねとして図-2に表現される。従来の支承を用いた橋では左右対称構造であれば対称位置の地震時応答は同じであるが、本論文では UPSS を用いると対称位置で同じにならないことをケーススタディにより示す。

2. 質点モデルおよび解析モデル

検討対象橋は設計例⁶⁾を参考に、鋼合成鈹桁および RC 橋脚からなる両端単純支持の支間 40m の左右対称の 12 径間および 11 径間連続桁とした。UPSS を用いる桁には図-3に示す力が作用するので、桁の骨組み位置を構造中心として、図-4(a)のように仮想剛性部材で桁高の影響を考慮している (以下, “構造中心”)。対称位置で同じ応答値でない要因として、(1)一次鉛直固有振動モード、(2)水平力による桁の曲げ、(3)二次以上の鉛直固有振動モードが考えられる。そこで、(1)に対しては、図-5(a)に示す非対称モードの 12 径間と図-5(b)に示す対称モード 11 径間の応答を比較する。(2)に対しては、図-4(b)に示す桁の骨組みを支承位置 (以下, “支承位置”) として、桁高を考慮しないで支承水平力による曲げが生じない応答と比較する。この外に、(3)の二次モード以上の固有鉛直振動モードの影響が考えられる。解析モデルは図-6であり、上部構造質量の 1 径間分を 8 要素に分割し、橋脚には斜面すべり角度 20 度、遊間 23mm の UPSS を設定した。入力地震波は II-II-3 とした。UPSS の減衰は剛性比例型減衰³⁾とし、TDAP III を用いて解析した。入力パラメータを表-1 に示す。

3. 解析結果

12 径間および 11 径間連続桁の 0.02, 5, 10sec における桁の鉛直応答変位、桁の最大曲げモーメント、UPSS の最大鉛直力、UPSS の最大水平力および橋脚の最大塑性率をそれぞれを図-7、図-8、図-9、図-10および図-11に示す。



キーワード 反重力すべり支承, UPSS, 動的解析, 耐震解析モデル, 連成振動, 地震波入力

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) TEL 06-6110-7200

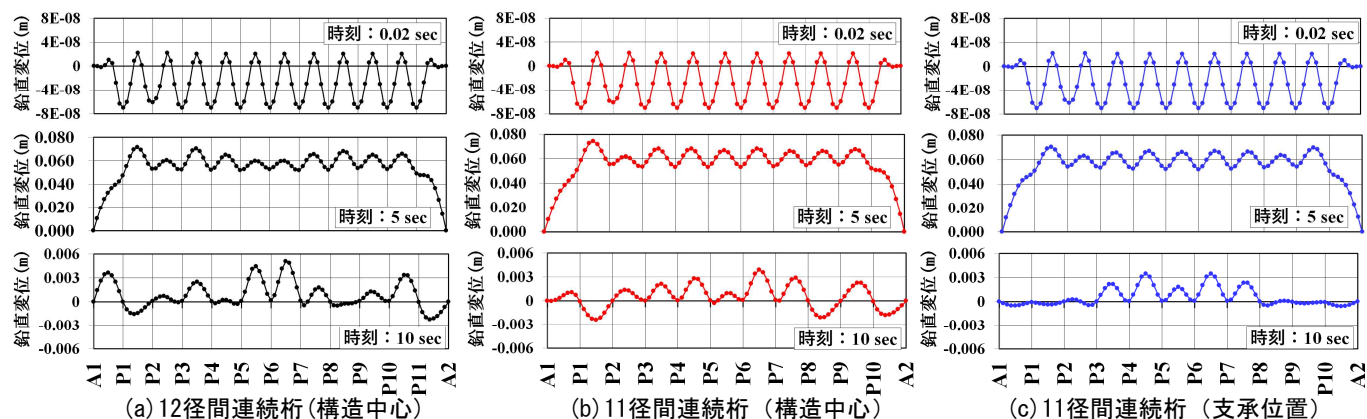


図-7 鉛直応答変位

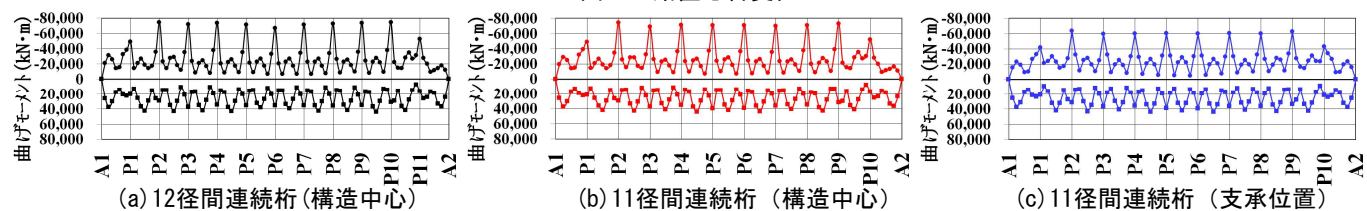
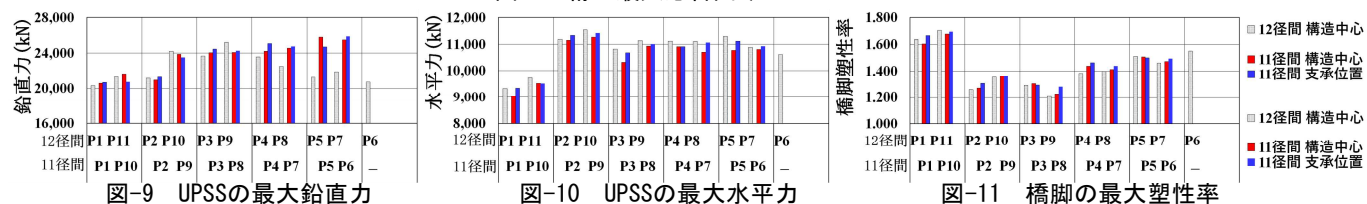


図-8 桁の最大応答曲げモーメント



4. 考 察

図-7より桁の応答鉛直変位は 0.02 および 0.05sec でほぼ左右対称であるが、図-7(a) (b)の“構造中心”では時間経過にしたがい対称性が損なわれる。12 径間の一次モードが左右逆対称に対して、11 径間の一次モードは左右対称であるが、主要動後の 10sec の応答鉛直変位はどちらも左右対称ではない。これは“構造中心”としたことにより桁に曲げが発現して鉛直振動が励起した影響が考えられる。図-7(c)の“支承位置”では 10sec でほぼ対称である。一方、図-8(a) (b)の“構造中心”では 12 径間と 11 径間の桁の曲げモーメントはほぼ同じであるが、左右対称ではない。図-8(c)の“支承位置”ではほぼ左右対称であり、図-8(b)“構造中心”の方が最大 30%程度大きいのは、桁高を考慮したことによる曲げの影響と考えられる。図-9の UPSS の最大鉛直力、図-10の最大水平力、図-11の橋脚の最大塑性率では、桁の左右対称位置の応答を並べており、“構造中心”では 12 径間、11 径間の左右対称位置での応答の差異は顕著である。これに対して、“支承位置”でも左右対称位置での応答に差異があるが、“構造中心”に比べて大きくない。これは、二次以上の高次の固有鉛直振動モードが影響していると考えられる。このように、UPSS を用いた橋の地震時応答は、構造が左右対称であり、かつ一次固有鉛直振動モードが左右対称であっても、左右対称位置で同じにならない。

5. まとめ

UPSS を用いた橋の動的解析では、地震時に支点位置の桁が上下動すると共に、桁高を考慮して設けたオフセット部材により桁に曲げが発現して鉛直振動を励起する。UPSS を用いた橋では鉛直振動は水平振動と連成するため、橋が左右対称でかつ一次固有鉛直振動モードが対称でも、左右対称位置の応答値は同じにならない。このことは、地震波の入力方向により応答値が異なることを意味し、UPSS を用いる橋の地震応答解析では不静定量を有する橋と同様に、地震波を両方向から入力し大きい方の値を抽出する必要がある。

文献 1) 松田ら:反重力すべり支承の開発③-1,第 64 回年講, 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),V.68, N.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,第 72 回年講,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,第 73 回年講,2018. 5) 佐藤ら: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,第 74 回年次学術講演会,2019. 6) 日本道路協会:道路橋の耐震設計に関する資料, 1997.