

ケーブル併用制震すべりシステムを適用した既設吊橋における ケーブルの履歴特性が地震時挙動に及ぼす影響

神鋼鋼線工業(株) 正会員 〇榎 一平 熊本大学大学院 正会員 松田 泰治
西日本高速道路(株) 非会員 今村 壮宏 (株)ドーユー大地 正会員 松田 宏
西日本高速道路エンジニアリング九州(株) 正会員 松田 哲夫 正会員 坂田 裕彦
オイレス工業(株) 正会員 宇野 裕恵 JIP テクノサイエンス(株) 非会員 打越 丈将

1. 目的

既設吊橋の耐震性能を照査する場合、現行と建設当時の基準では地震波の大きさ等が異なるため、一部の部材に降伏が生じる場合がある。図-1に示す本論文の対象橋では床トラスの上弦材が常時・地震時の断面性能を満足しないため、床組縦桁の全径間を連結し、ケーブル併用制震すべりシステムの導入を検討しているが、既設構造への定着補強の実現性等より固定ケーブルについては降伏を許容している。この場合、既設吊橋の耐震性能¹⁾を正確に把握するためには、これらの降伏する部材の挙動を適正に評価したモデルにて解析することが重要となる。本稿では降伏するケーブル部材に着目し、ケーブルの履歴モデルの違いが動的応答に及ぼす影響について検討した結果を報告する。

2. 対象橋

検討対象橋は支間構成 178+712+178mの鋼3径間吊橋である。中央径間中央部には橋軸方向の剛性確保のためのセンタースティを有している。本橋は支承の機能を回復させると共に耐震性を保全すること等を目的として、図-1に示すように床組縦桁を支間毎に全連を連結して一体化し、支承にはすべり支承を適用し、さらに耐震性の確保や残留変位の抑制等の観点からアンカレイジや主塔に制震ダンパーおよび固定ケーブルで連結して床組縦桁の水平力を直接伝達させることを提案している。

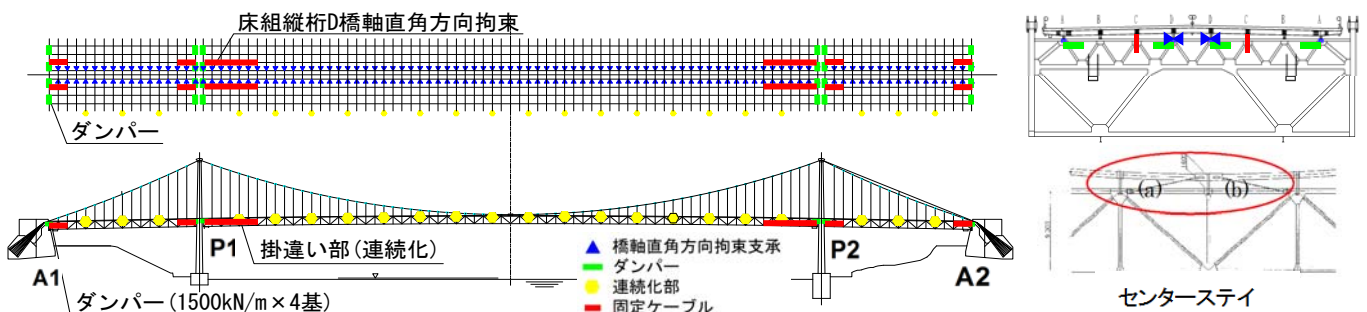
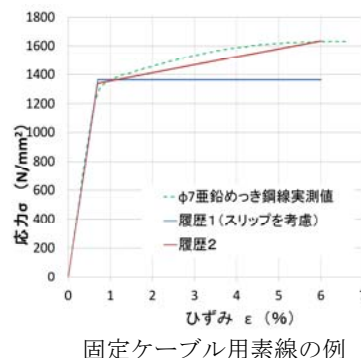


図-1 対象橋とケーブル併用制震すべりシステム構造

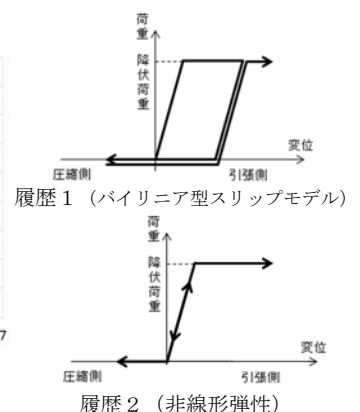
3. ケーブル履歴特性の設定

解析モデルは3次元立体骨組モデルとした。本橋に使用しているケーブルの中で降伏を許容するセンタースティおよび固定ケーブルにはそれぞれの材料特性より材料非線形モデルを設定し、圧縮側は非拘圧とした。また、図-3に示す様に降伏後の除荷履歴においてスリップの有無の2種類の履歴曲線(履歴1, 2)を設定した。固定ケーブルには常時変動およびサグの影響を考慮してプレストレスを導入し、センタースティはプレストレスなしとした。



固定ケーブル用素線の例

図-2 ケーブル材料特性



履歴則の設定

キーワード 吊橋, ケーブル併用制震すべりシステム, 固定ケーブル, 構成則, 桁連結, 耐震補強
連絡先 〒660-0091 兵庫県尼崎市中浜町10番地1 神鋼鋼線工業(株) 技術部 TEL 06-6411-1082

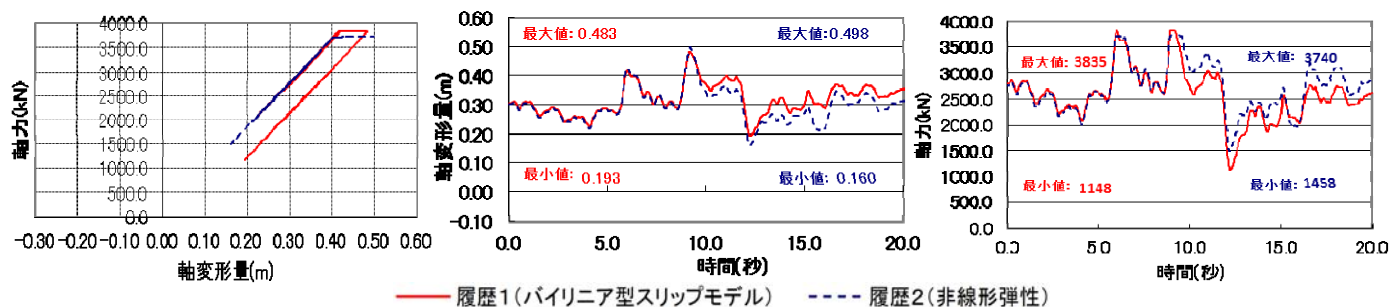


図-4 固定ケーブル（中央径間側）の応答

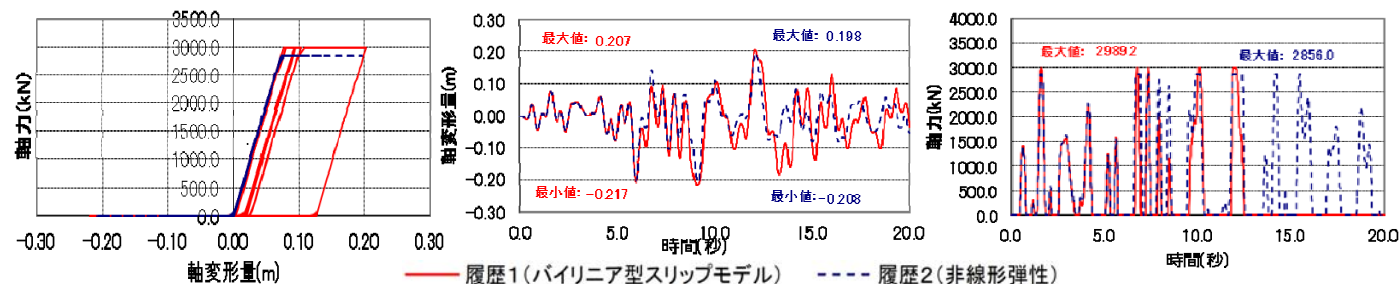
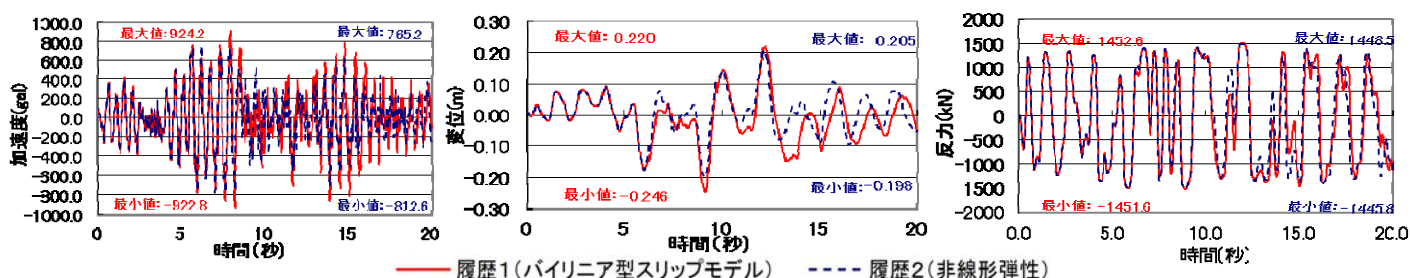


図-5 ステイクブルの応答



(a) 主塔頂部加速度応答

(b) 補剛桁変位（中央径間中央）

(c) 制震ダンパー抵抗

図-6 吊橋全体系の応答

4. 解析結果

ケーブルに2種類の履歴を用いた解析により得られた固定ケーブルおよびステイクブルの応答をそれぞれ図-4、図-5に示す。また、主塔頂部の加速度、補剛桁の変位、制震ダンパー抵抗の応答を図-6に示す。

固定ケーブルについては9秒付近の最大応答時に降伏した後、履歴1のバイリニア型スリップモデルで残留変位が生じることにより、2種類の履歴で応答に差が出るのが分かる。但し、何れの履歴の応答においてもプレストレスが完全に抜けることはなかった。

ステイクブルについても降伏後の残留変位の影響により、両履歴の場合で最大応答以降の挙動が異なっている。特に履歴1バイリニア型スリップモデルの13秒以降でステイクブルに軸力が発生していないのは、この程度の応答では機能しなくなっているためである。

全体系の挙動に関して、ケーブル履歴2（非線形弾性）では、履歴1（バイリニア型スリップモデル）に比べて、主塔頂部の加速度応答で約12%、補剛桁の変位で約17%小さく評価することが分かった。一方、制震ダンパーの抵抗応答は最大値や発現状況にほとんど影響が見られない。

5. まとめ

既設吊橋にケーブル併用制震すべりシステムを適用する場合に、固定ケーブルとステイクブルに設定する履歴モデルにより、全体応答に影響を受ける場合があることを確認した。以上より、既設吊橋の耐震設計においてケーブル部材に降伏を考慮する場合は残留変位の影響が反映されるバイリニア型スリップモデルを用いることが望ましいと考えられる。

参考文献 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅱ鋼橋編，Ⅴ耐震設計編，2012 2) 松田他：既設吊橋に適用するケーブル併用制震すべりシステムの研究，土木学会論文集 A1, Vol.70No.4(2014.2 受理)