

既設吊橋の大規模補修における耐震性の向上に関する研究(その2)

熊本大学	学生会員	○倉野 舜	西日本高速道路株式会社	非会員	今村壮宏
熊本大学	正会員	松田 泰治	西日本高速道路エンジニアリング九州株式会社	正会員	松田哲夫
			西日本高速道路エンジニアリング九州株式会社	正会員	坂田裕彦
			オイレス工業株式会社	正会員	宇野裕恵
			株式会社ドーユー大地	正会員	松田宏
			JIP テクノサイエンス株式会社	非会員	打越丈将

1. はじめに

近年、従来の耐震設計では考慮されていなかった大規模な地震が各地で観測されるようになった。しかし、多くの既設長大吊橋は旧耐震設計の状態で、耐震補修の検討が急務となっている。さらに、海岸に面した長大吊橋の多くは、その厳しい環境条件により支承の固着、また交通量増大に伴う桁の亀裂や水漏れ等の損傷や老朽化が着実に進んでいる。

これらの問題を解決する手段のひとつとして、床版連続化が有効と考えられている。連続化の際には支承の交換や桁の連結など大規模な補修工事が行われるため、構造系が変化する。その結果新たに振動特性の分析・検討が必要となってくる。吊橋は、構造形式が複雑で地震時の挙動も複雑であるため、既往の研究では種々の地震動に対する地震応答解析を行うといった研究がなされてきた。しかしながら、実橋全体を対象とし、大規模補修による構造の変化とそれに伴う振動特性の変化という観点から耐震性に与える影響についての検討事例はない。

したがって、本研究では、長大吊橋(橋長 1068m)の床版連続化において、新たに地震後の残留変形・常時状態での安定性の確保を目的とした弾性拘束ケーブルを設置した際に、中央径間の床版に着目して地震応答解析を実施し、レベル 2 地震動に対する耐震性を評価した。

2. 解析モデルと解析条件

(1) 解析モデル

検討対象構造物は 1973 年に架けられ、橋長 1068m(中央支間 712m)であり、鋼 3 径間 2 ヒンジ補剛トラス形式の長大吊橋である。本橋は道路橋示方書で規定される地域区分 C の I 種地盤に設置されている。その外観を図-1 に示す。解析モデルは、図-2 のように全体系モデルから中央径間のすべり支承より上部の床

版のみを抜き出し簡易モデルを設定した。簡易モデルは、従来の線支承に変わり、すべり支承が設置され、粘性ダンパー・弾性拘束ケーブルが設置されたものを用いた。また、すべり支承はバイリニア型のバネ要素、粘性ダンパーは指向性並進要素、弾性拘束ケーブルはトラス要素、床組みは 3 次元はり要素でモデル化した。中央径間の床版における弾性拘束ケーブル(60m)の設置位置は、両端に 2 本ずつ計 4 本設置する。また、粘性ダンパーについては、抵抗力 1500kN のものを両端に 4 基ずつ計 8 基採用し、すべり支承は床組縦桁の全桁間に採用する。本研究では、弾性拘束ケーブルについて耐震性に与える影響を評価した。

(2) 解析手法

固有値解析の方法はサブスペース法を適用し、50 次までの計算を行う。続いて静解析を行いその結果を引き継いで時刻歴応答解析を行う。時刻歴応答解析の方法は Newmark β ($\beta=0.25$)による直接積分法を適用し、積分時間間隔は 0.002(s)とした。また減衰のタイプは、Rayleigh 減衰を用いた。

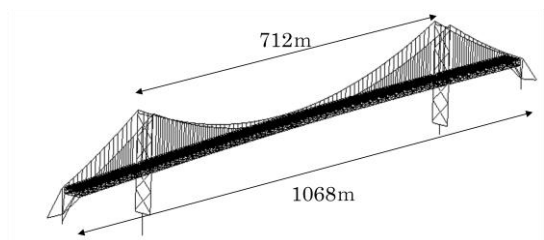


図-1 全体系モデル

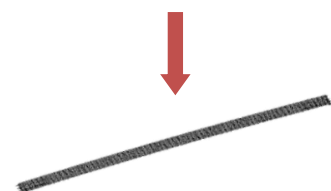


図-2 簡易モデル

3. 地震応答解析結果

(1) 弾性拘束ケーブル条件

本研究では、弾性拘束ケーブル(以下、ケーブル)の初期軸力とケーブル強度の比較を行った。ケーブルの初期軸力は死荷重と温度荷重(± 30 度)において解析を行った。初期軸力の値については、温度荷重-30 度では、ケーブルが収縮することにより温度荷重+30 度の場合に比べ大きく設定されている。また、それぞれの温度荷重においてケーブルのバネ定数を 1・2・5・10 倍の 4 ケースにおいて解析を行った。

(2) 地震応答解析結果と考察

図-3 に示すのは、温度荷重が+30 度における初期軸力を与えた場合のバネ定数の値を変えて解析を行った応答変位の結果である。バネ定数の値によって応答変位に差がみられる。バネ定数を大きくすることで残留変位の抑制効果は得られた。また、バネ定数 1 倍を除く 3 ケースの挙動はほぼ同じとなった。

図-4 に示す温度荷重が-30 度における初期軸力を与えた場合のバネ定数の値を変えて解析を行った応答変位の結果である。バネ定数の値に関係なく挙動はほぼ同じとなった。図-3, 4 を比較すると図-3 の 1 倍のケースを除く 4 ケースの挙動はほぼ同じであるといえる。また、中央径間端部と中央径間中央部においても挙動はほぼ同じとなった。

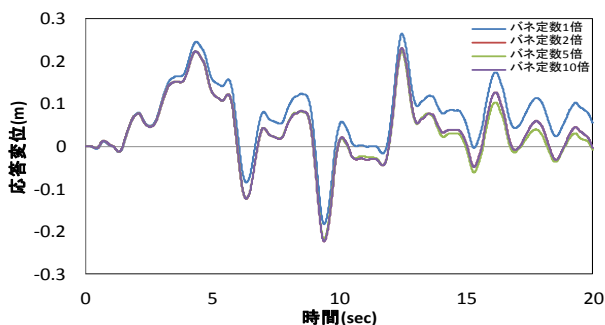


図-3 中央径間端部(温度荷重+30 度)

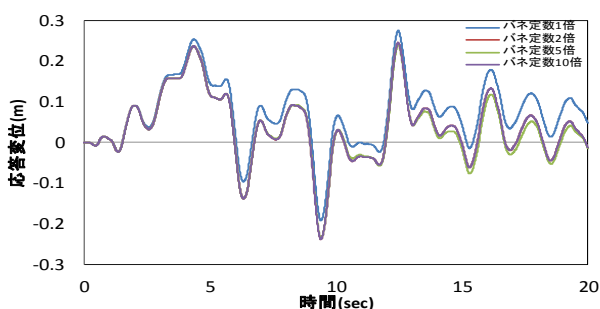


図-4 中央径間中央部(温度荷重+30 度)

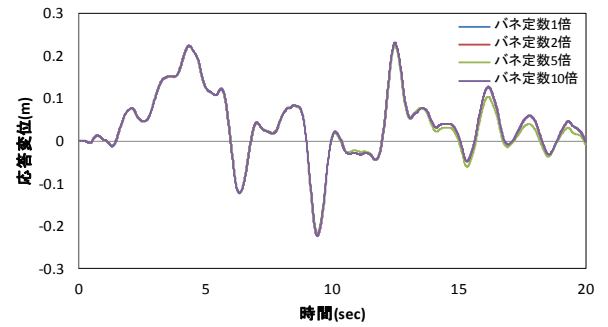


図-5 中央径間端部(温度荷重-30 度)

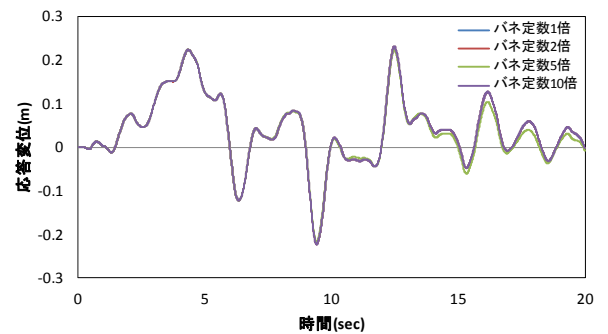


図-6 中央径間中央部(温度荷重-30 度)

4. おわりに

本研究では、既設長大吊橋の弾性拘束ケーブルに着目して耐震性に与える影響を評価した。解析結果より、温度荷重+30 度では、バネ定数の値を大きくすることにより残留変位の抑制効果は得られたが、温度荷重-30 度では、バネ定数の値に関係なくほぼ同じ挙動となった。これは、温度荷重-30 度の方が初期軸力の値が大きく設定されているためであると考えられる。

参考文献

- 1) (社)日本道路協会：道路橋示方書(V 耐震設計編)2011
- 2) 松田哲夫, 松田泰治, 今村壮宏, 坂田裕彦, 宇野裕恵, 松田宏, 打越丈将：既設吊橋の床組縦桁のノージョイント化と新耐震システムの構築, 第 33 回地震工学研究発表会講演論文集, 2013