

制振技術による長大斜張橋の耐震性能向上に関する基礎研究

東京大学工学系研究科 学生員 ○古川 聖
 埼玉大学工学部 正会員 山口 宏樹

1. はじめに

兵庫県南部地震以降、全国において橋梁の耐震補強が進められ、一般的な高架橋ではほぼ完了している。しかし、長大橋の場合、構成部材が多数にわたり、その部材補強は難しく、遅れをとっているのが現状である¹⁾。そこで、本研究では既設長大斜張橋に対する耐震性能向上策としての制振技術の有効性を非線形動的解析により考察することを目的とした。対象橋梁は3径間連続鋼斜張橋（支間：200m+460m+200m）である。解析には汎用構造解析ソフト DIANA を用いた。

2. 装置導入前における解析

解析モデルは2次元平面骨組モデルとし、非線形性をモデル化する際、材料非線形性については、端橋脚、主塔、ケーブルの応力-ひずみ関係を2次勾配E/100のバイリニアモデルとした。幾何学的非線形性については、ケーブル張力による幾何剛性の影響を考慮した。図1に示す地震波（標準加速度波形 - 1の最大加速度を1000galに増幅）を橋軸方向に入力し非線形動的解析を行っている。

結果として、この橋の地震時の応答は図2に示す遊動円木モードが支配的であった。図3に耐震性能上問題となる応答が生じた位置とその応答を示す。隣接橋梁との間隔を超える大きな桁端変位（衝突の可能性）、主塔基部の降伏、ケーブルの張力抜け（16本）が橋梁に損傷を与え得る応答である。

3. 桁ダンパー導入後における解析

制振技術を用いる場合、設置可能な箇所に比較的小規模の要素を分散配置することが現実的であると考えられる。制振対策の一つ目として、橋全体の橋軸方向の変位を抑えるため、主塔-主桁間に減衰係数 $1.0 \times 10^7 (N/m/s)$ のダンパー（鶴見つばさ橋で用いられており、設置可能な大きさ）を、端橋脚-主桁間に減衰係数 $5.0 \times 10^6 (N/m/s)$ のダンパーを設置し、解析を行った。結果として、隣接橋梁との衝突・主塔基部の降伏を回避することができ、ケーブルの張力抜けの本数も11本へと減少させることができた。例として、図4に主塔基部応力時刻歴波形、図5に側径間側最下段ケーブル張力時刻歴波形を示す。最大応答が50%以上低減され、塑性化を免れ、ケーブル張力も正の領域にとどまっている。

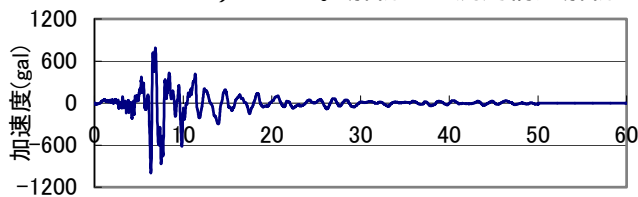


図1 入力地震波

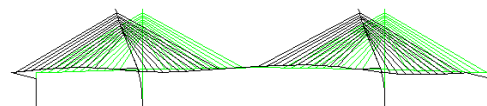


図2 遊動円木モード (0.130Hz)

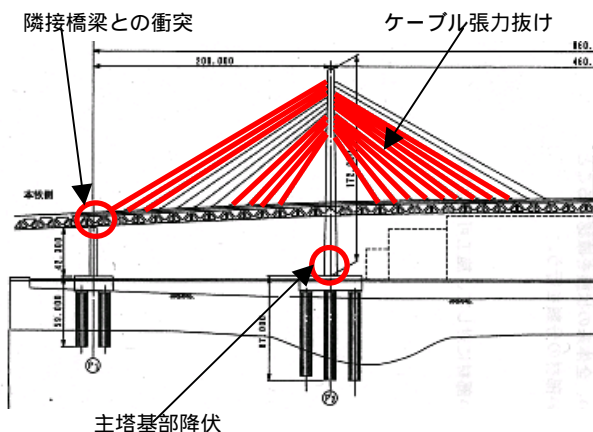


図3 問題となる応答が生じた位置

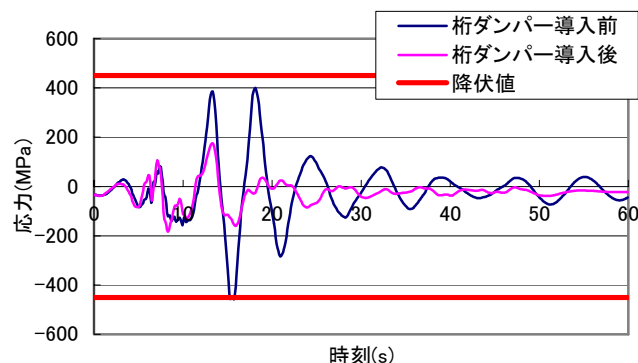


図4 主塔基部応力時刻歴波形

キーワード：制振、長大斜張橋、耐震性能、非線形動的解析、ダンパー、減衰係数

連絡先：338-8570 さいたま市桜区下大久保 255 埼玉大学工学部建設工学科 TEL:048-858-3552 FAX:048-858-7374

以上により、桁ダンパー導入による効果を確認することができたが、実際にダンパーを導入する場合、その減衰係数や、設置位置の決定は適切に行う必要がある。そこで、1つのケーススタディーとして、本研究では端橋脚-主桁間のダンパーの減衰係数を変化させ、解析を行った。図6は減衰係数ごとに桁端最大変位と、端橋脚基部の最大応力をプロットしたものである。この図より、減衰係数を大きくするに従い、ダンパー導入前に問題となっていた応答である桁端最大変位を減少させることができる一方で、ダンパー導入前には問題とならなかった応答である端橋脚基部の最大応力を増加させ、やがては塑性化させてしまうということがわかる。

4. ケーブルダンパー導入後における解析結果

ケーブルダンパーは通常、レインバイブレーション対策として用いられるが、地震に対してはどの程度効果があるかを調べるために制振対策の2つ目として考慮した。桁上2mの位置に取り付け角60度で全ケーブルに設置し、減衰係数をケーブル振動の1次モードに対して最適になるように決定した。しかし、このダンパーを導入しても、図3の問題となる応答を抑えることができなかった。例として、図7に桁端橋軸方向変位波形を示す。ダンパー導入前と導入後では波形が重なり、ダンパーが効いていないことがわかる。この理由として、遊動円木モード(図2)が支配的であり、ケーブル側のダンパー取り付け位置と桁側のダンパー取り付け位置に相対変位が生じにくいこと、ケーブルの質量が桁・タワーの質量に比べて非常に小さいこと等が挙げられる。

一方、ダンパー導入前と導入後において側径間側最下段ケーブルの橋軸方向変位時刻歴応答波形(図8)を比較すると、桁やタワーの変位に伴う振動は制御されていないが、ケーブル自身の振動は制御されていることがわかる。

5. まとめ

既設長大斜張橋に対する耐震性能向上策としての制振技術の有効性を非線形動的解析により考察した。桁ダンパーを導入したモデルに対しては、ダンパーの有効性ととも、ダンパー設置に当たっての留意点を示すことができた。一方、ケーブルダンパーの効果については、ケーブル自身の振動を制御できるものの、橋全体の応答を制御することはできないということを示すことができた。

参考文献

- 1) 金治他：長大ゲルバートラス橋の損傷制御耐震補強策と応答低減効果、土木学会地震工学論文集、2003.12

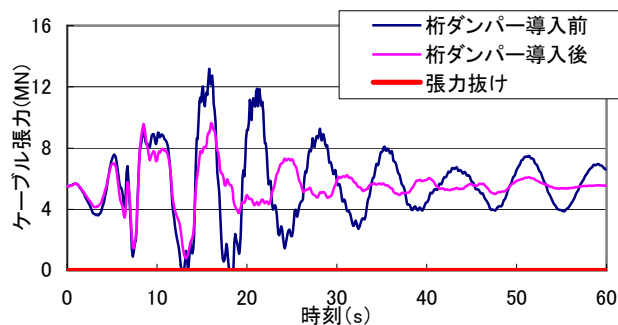


図5 側径間最下段ケーブル張力時刻歴波形

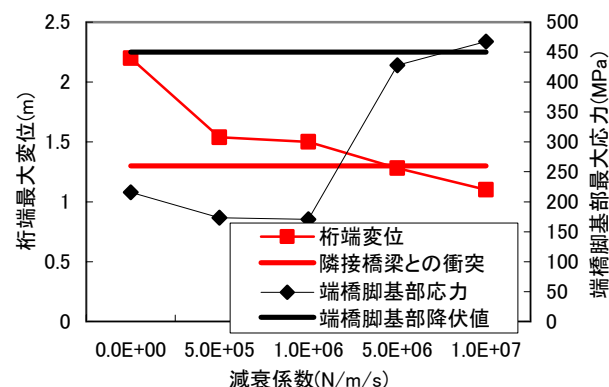


図6 減衰係数を変化させたときの応答の変化

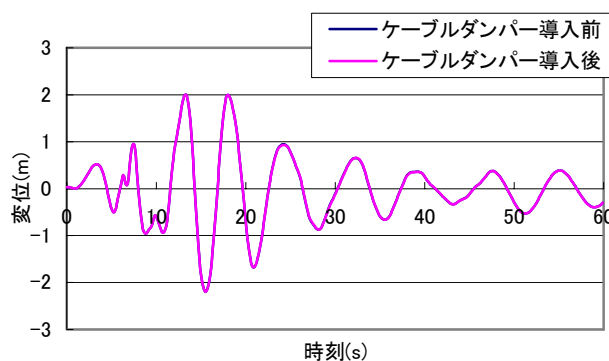


図7 桁端橋軸方向変位波形

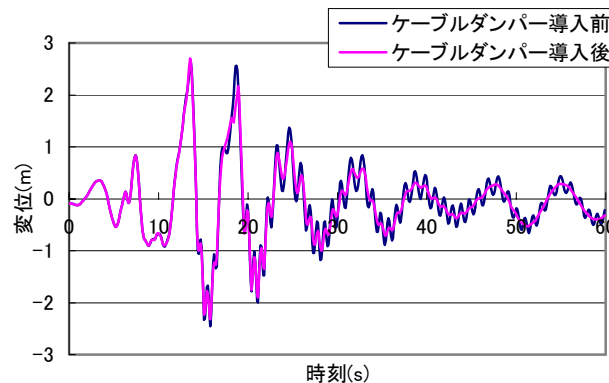


図8 最下段ケーブル中央橋軸方向変位波形