

3 スパン高架橋のプロップ式ダンパーによる制振解析

東海大学 学生会員 ○武井 啓充
 東海大学 学生会員 豊田 泰史
 東海大学 正会員 島崎 洋治

1. 緒言

ダンパーをコンピュータ制御されたアクチュエータで能動的に制御し、揺れを最小限に抑えようとするアクティブ制振も実用化されたが、巨大な質量を持つ建造物を能動的に制御するには莫大な電力エネルギーが必要である¹⁾。本研究で用いるプロップ式ダンパーはパッシブ型に分類されるダンパーである。橋梁の振動は風や地震による自然的要因から発生する振動、自動車やトラックなどの通過にともなう人為的要因から発生する振動などがある。これらの振動を軽減するために各種の免震や制振装置が開発されている、しかし、多くの免震や制振装置はその性能を確実に発揮するために装置の機構が複雑化し、製作や維持管理のコストが高くなるなどの問題が考えられる^{2) 3)}。

本研究では模型単純梁において有効性が確認されたプロップ式ダンパー⁴⁾を鋼3径間連続非合成2主桁橋に適用し、3次元骨組構造解析プログラムによる解析によりこの効果を確認した結果を示す。

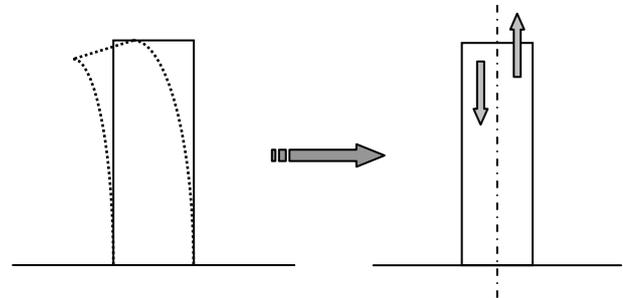


図-1 曲げ変形モデル

2. プロップ式ダンパーの減衰機構

建造物の振動に対する変形モデルは片持ち梁のような曲げ変形するものとラーメン構造のようにせん断変形すると仮定できるものがある。図-1に示すような曲げ変形の場合、建造物の断面の中立軸でせん断力が最大となる。この場合、この中立軸で2つの建造物に分け、これら2つの建造物の間に減衰装置を取り付けることによって制振効果を得る構造とすることができる。図-2に示すように柱に傾斜角を与えて2つの建造物を組み合わせると、水平方向の振動に対して、鉛直方向にも連動するようになる。この2つの建造物の連結部分に粘性材料を挟むことにより粘性材料がせん断変形し、大きな減衰の効果を得ることができる^{5) 6)}。

この考えを応用して、橋梁の端部に図-3に示すようなプロップ（つかえ棒）を取り付け、その先端にダンパーを取り付けると、橋梁の鉛直方向の振動に対して水平方向にも連動するようなダンパー構造とすることができる。ダンパーと梁の間に適当な粘性材料を挟むことで必要な減衰効果を得る構造とすることができる。

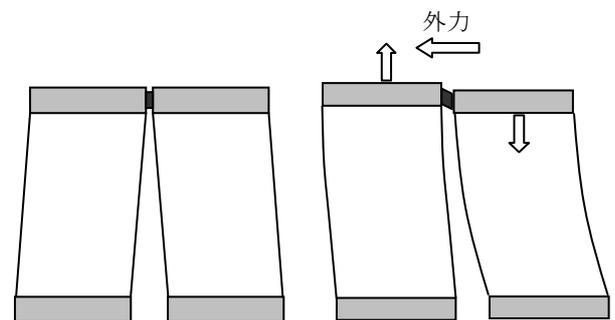


図-2 ラーメンモデル

キーワード：制振装置、パッシブ、時刻歴応答解析

連絡先 〒259-1292 神奈川県平塚市北金目1117 東海大学土木工学科

TEL 0463(58)1211

FAX 0463(50)2045

E-mail 3aev3225@keyaki.cc.u-tokai.ac.jp

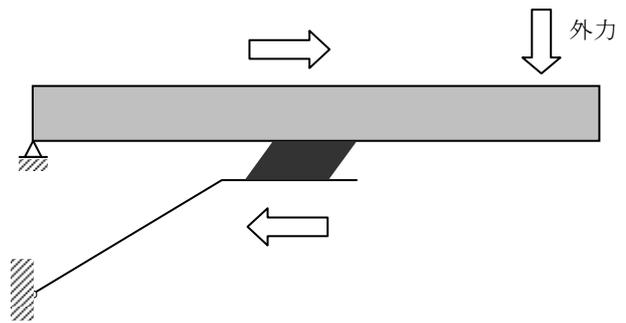
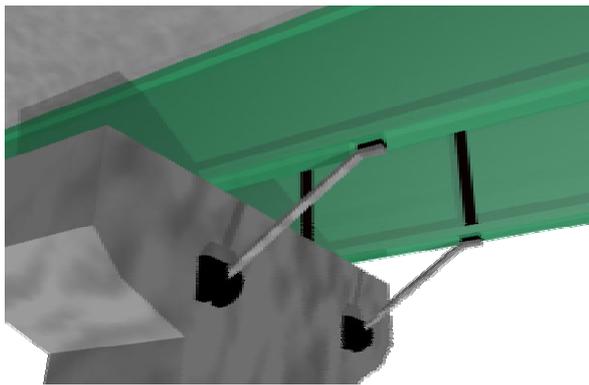


図-3 プロップ式ダンパー

3. 橋梁モデル

解析の対象となる高架橋は、支間長合計 150mで、径間比 1 : 1 : 1 の鋼 3 径間連続非合成 2 主桁橋である。幅員は 10.41m、ウェブ高は 2.95m である。図-4 は橋桁断面の概略図である。橋梁の解析モデルは標準部、端部近傍、中間支点部近傍、横桁の四部分に分けた。橋桁の断面積は 1 m²、ヤング係数は 200GN/m²、減衰比は 0.01、ポアソン比は 0.3 とした。4 つに分けた各部分の断面二次モーメントおよび単位重量を表-1 に示す。

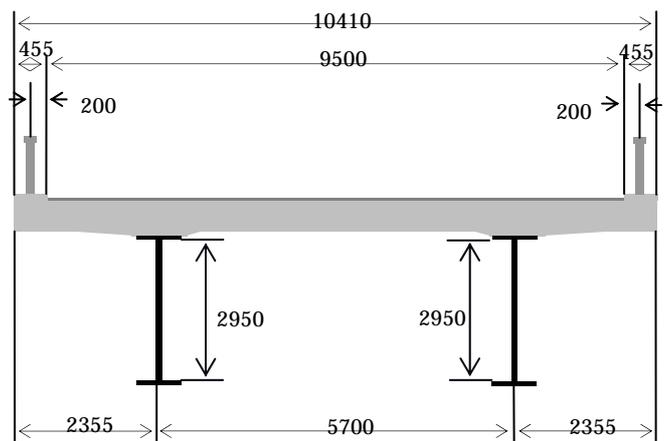


図-4 橋桁断面概略図

表-1 橋梁の断面二次モーメントおよび質量密度

	標準部	端部近傍	中間支点部近傍	横桁
断面二次モーメント (m ⁴)	0.440681	0.277987	0.435257	0.0001
単位重量 (kN/m ³)	6.5116	6.1782	6.4234	1.8093

4. 解析方法

市販の解析ソフト TDAP III LT を用いて、橋桁の時刻歴応答解析と静解析によるプロップ材の応力照査を行う。解析に用いたプロップ部材は 400×400mm の H 鋼である。橋台とプロップ部材の結合部はピン支承とした。ヤング率は 200GN/m²、減衰比は 0.01、ポアソン比は 0.3、単位重量は 7.8551kN/m³ である。粘性材料は高さ 0.1m、プロップ部材の高さは 1.0m とした。粘性材料は図-5 のように、ばねとダッシュポットを並列に結合したモデルとし、ばね定数は 10MN/m とした。ばねはせん断方向のみに自由度を持つと仮定している。図-6 のようにピン支承の橋端から 25m の地点にインパクト (10MN を 0.01 秒間) を与えてから 14.5 秒間、橋端から 75 m 地点における時刻歴応答解析を行った。この応答解析ではプロップ式ダンパーを取り付ける位置を図-7 のように 2.5m から 5.0m まで 0.5m 刻みで行い、粘性材料の粘性定数を数値実験により決定し、桁の減衰の現象があらわれる 5 (MN・s/m) から 100 (MN・s/m) まで 5 刻みで変化させた場合の解析を行った。

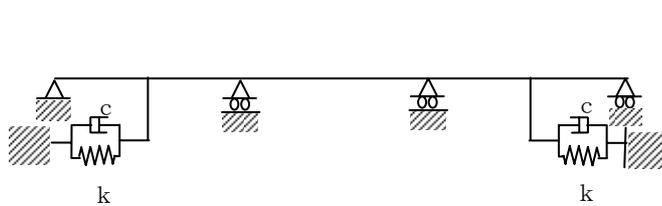


図-5 解析モデル

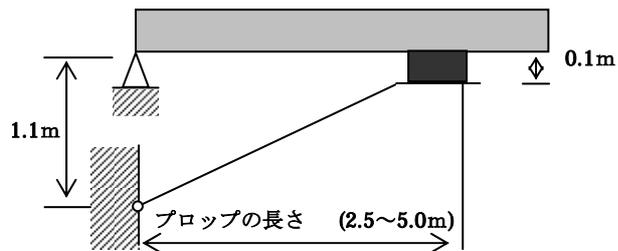


図-6 解析モデル

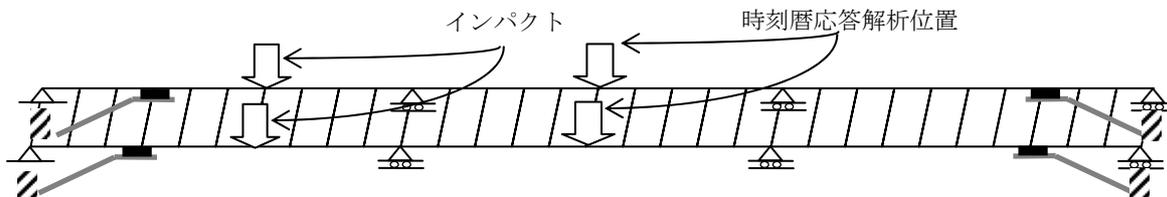


図-7 インパクトを与える位置および時刻歴応答解析位置

5. 解析結果

プロップ式ダンパーを取り付けた制振時とこのダンパーを取り付けない非制振時についての時刻歴応答解析を行い、制振時についてはプロップ式ダンパーの長さおよび粘性材料の粘性係数を変えて制振効果の違いを確認した。図-7は非制振時と、5mのプロップ部材を取り付けた制振時の時刻歴応答解析結果である。制振時、非制振時ともに始めは2cm程の変位があったものが非制振時には14.5秒後に0.228cmとなっているが、制振時には0.026cmと減衰が大きくなっている。表-2は解析結果から得られた制振時および非制振時の一次固有振動数および減衰定数を比較したものである。制振時の一次固有振動数が非制振時に比べ大きくなっているが、これはプロップ式ダンパーを取り付けたことにより剛性が大きくなったと考えられる。制振時には非制振時の減衰定数に比べて2.6倍から3.1倍程度の効果を得ることができた。

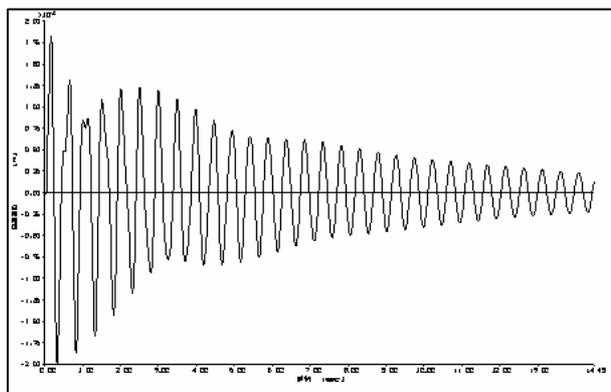


図-8 非制振時の時刻歴応答解析結果

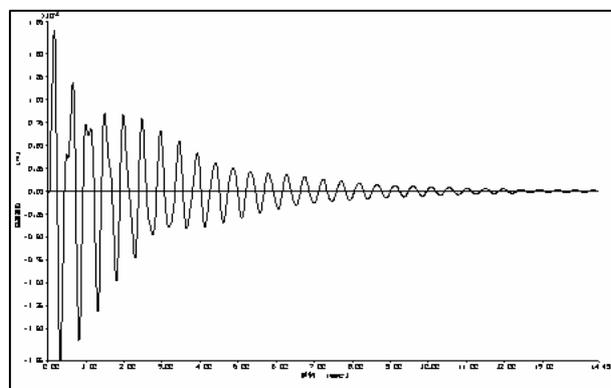


図-9 制振時(2.5m)の時刻歴応答解析結果

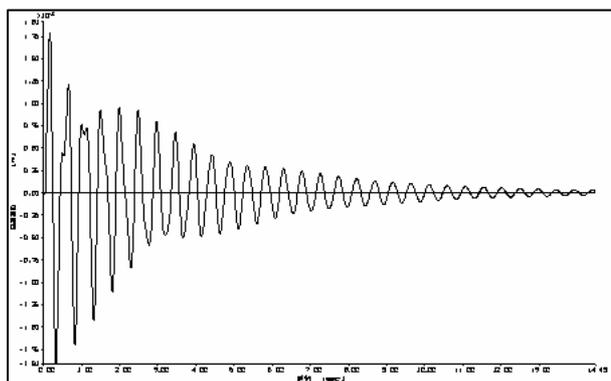


図-10 制振時(5.0m)の時刻歴応答解析結果

表-2 一次固有振動数と減衰定数

橋端から粘性材料までの距離(m)	固有振動数(Hz)	減衰定数
取り付けなし	2.0806	0.0085
2.5	2.0814	0.0265
3	2.0813	0.0255
3.5	2.0813	0.0245
4	2.0813	0.0236
4.5	2.0813	0.0228
5	2.0812	0.022

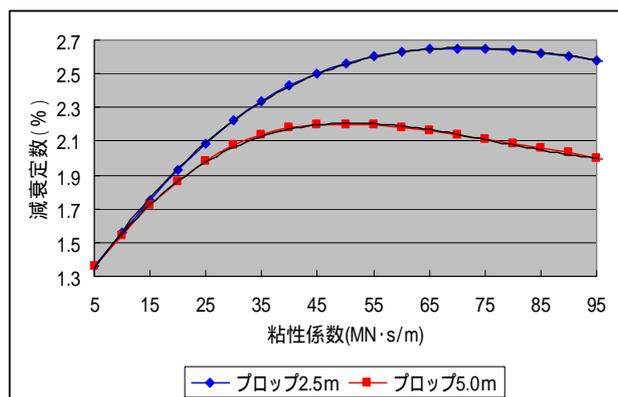


図-1.1 減衰定数と粘性係数の関係

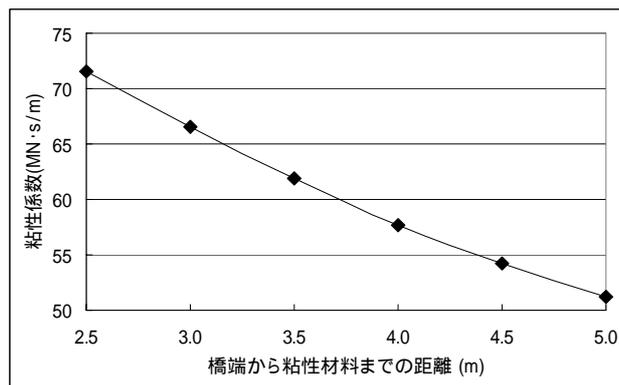


図-1.2 橋端から粘性材料までの距離と最適粘性定数の関係

6. 結言

本研究では、模型単純梁で有効性が確認されたプロップ式ダンパーを鋼3径間連続非合成2主桁橋に適用し、骨組み構造解析ソフトであるTDAPⅢ LTを用いて三次元の時刻歴応答解析を行った。

時刻歴応答解析では、インパクト荷重を与えた後の高架橋の中央点の変位応答を図示し、自由振動状態での減衰定数も比較した。変位応答図から、非制振時に比べ制振時には明らかに応答が小さくなることが分かり、減衰定数の大きさは非制振時に比べ制振時には3倍程度の値が得られることを示した。

今後、このプロップ式ダンパーの設置の方法、減衰を得るための粘性材料の選定やダンパー機構の工夫などの課題は残すものの、本解析により提案するダンパーが、他の桁端ダンパーに比べて単純な機構で、有効な減衰効果をもたらすことを確認することができた。

【参考文献】

- 1) 山口宏樹：構造振動・制御, 共立出版, 1996, pp. 1-213
- 2) 比江島慎二 他：桁端ダンパーによる橋梁の交通振動の軽減、土木学会論文集、1993No. 465/I-23, pp. 107-116
- 3) 安田克典 他：橋梁用制振装置（キールダンパー）、橋梁と基礎, 2004-4, pp. 25-31
- 4) 坂本憲靖 他：プロップ式ダンパーによる片持ち梁の減衰について、第30回土木学会関東支部技術研究発表会概要集、Disc, FileNo. 00303
- 5) 松山俊樹 他：せん断型制振構造体の自由振動実験と解析、東海大学紀要工学部、2001, Vol. 41, No. 2, pp. 83-86
- 6) 谷田健雄 他：2層せん断型制振構造体の地震動に対する応答解析、東海大学紀要工学部、2004, Vol. 44, No. 1, pp. 47-50

