

制振機構を有するケーブルにおける高次振動法を用いた張力算定に関する研究

古川愛子*

1. 研究の目的

ケーブル構造は斜張橋や吊り橋等の巨大な構造物に採用されていることが多く、施工及び維持管理する上でケーブルの張力が設定張力を満足しているか確認する必要がある。現在はケーブルの固有振動数を利用する高次振動法と呼ばれる方法¹⁾で張力を推定している。しかし近年橋梁にはケーブルの振動を低減するためにダンパーと呼ばれる制振装置が設置されており振動特性が変化する影響で高次振動法では正確な張力を推定できていないと考えられる。そこで本研究ではダンパーが設置された場合も考慮したケーブルの張力推定手法の提案を目指している。

2. 研究の方法

ケーブルの振動方程式を元に、ケーブル両端の境界条件と制振機構設置点における連続条件式を用いて、制振機構を有する両端単純支持ケーブルの固有振動数の理論式を導出した。逆解析手法を用いて理論式を解くことにより、固有振動数から張力、曲げ剛性、制振機構の諸元を推定する手法を開発・提案した。

3. 得られた成果

本研究では図1のようなダンパー(ばね定数 k , 減衰係数 c , 取り付け位置 l_1)を有するケーブルモデルを対象とした新たな張力推定式を考えた。ケーブルを張力のかかったはりともみならずと振動方程式は式(1)で表せ、ダンパーを有し且つ両端単純支持の境界条件のもと解くと式(2)が得られる。ただし ϕ_i

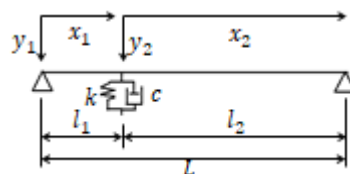


図1 モデル図

は式(3)を、 α_i , β_i は式(4)を満足する値である。なお、 k^* はダンパーの種類によって変わる。本研究では粘性せん断ダンパーと高減衰ゴムダンパーを想定し、前者は $k^* = k + j2\pi f_i c$, 後者は複素剛性ばね $k^* = ku + jkv$ でモデル化する。 j は虚数単位である。以降式(2)~(4)を提案式と呼ぶ。提案式において f_i は複素数であるため、計測で得られる固有振動数が f_i の実部に相当するとして張力を推定する。数値解析と検証実験により、提案式により張力を精度よく推定できることを確認した。

$$EI \frac{\partial^4 y}{\partial x^4} + \rho A \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} - T \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = 0 \quad (1) \quad f_i^2 = \frac{\pi^2 EI}{4\rho AL^4} \left(i + \frac{\phi_i}{\pi} \right)^4 + \frac{T}{4\rho AL^2} \left(i + \frac{\phi_i}{\pi} \right)^2 \quad (2)$$

$$\tan \phi_i = \frac{\frac{k^*}{EI} \beta_i \sin^2 \alpha_i l_1}{\alpha_i \beta_i^3 + \alpha_i^3 \beta_i - \frac{k^* \alpha_i (1 + e^{-2\beta_i L} - e^{-2\beta_i l_1} - e^{-2\beta_i l_2})}{2(1 - e^{-2\beta_i L})} + \frac{k^*}{EI} \beta_i \sin \alpha_i l_1 \cos \alpha_i l_1} \quad (3)$$

$$\alpha_i = \sqrt{\sqrt{\left(\frac{T}{2EI}\right)^2 + \frac{\rho A (2\pi f_i)^2}{EI}} - \frac{T}{2EI}} \quad \beta_i = \sqrt{\sqrt{\left(\frac{T}{2EI}\right)^2 + \frac{\rho A (2\pi f_i)^2}{EI}} + \frac{T}{2EI}} \quad (3)$$

発表論文

廣瀬克也, 古川愛子, 小林亮介, 振動計測によるダンパーを有するケーブルの張力推定手法の開発, 2019年度土木学会関西支部年次学術講演会講演概要集, 1-26, 2019年5月.

*京都大学・准教授