Non-contact Vibration Suppression of an Elevator Rope using Magnetic Force

学 ○勝野 友介 (京大) 正 松久 寛 (京大) 正 宇津野 秀夫 (京大)

正 山田 啓介 (京大)

澤田 勝利 (京大)

Yusuke KATSUNO, Kyoto University, Yoshida-honmachi, Sakyo-ku, Kyoto

Hiroshi MATSUHISA, Kyoto University

Hideo UTSUNO, Kyoto University

Keisuke YAMADA, Kyoto University

Katsutoshi SAWADA, Kyoto University

1 緒 言

エレベーターのかごを吊るために用いられるロープは減衰が極めて小さく、共振すると振幅が非常に大きくなる。その例として、2004年の新潟中越地震でロープが地震動と共振し、エレベーターシャフト内の付帯機器に衝突して破断した事故が挙げられる。また、これ以降も高層ビル内のロープが共振して大振幅になったという報告が数々なされており、現在ロープと地震動の共振対策が重要な研究テーマとなっている。

従来の研究では、振れ止め枠を有するエレベータ・ロープの横振動解析⁽¹⁾、振動モードの切替えによる制振⁽²⁾などについて検討されているが、エレベーターの構造上制振装置の取り付け位置が限られる、ロープ長がかご位置により変化するという問題があるため、十分な効果が得られていない。

そこで本研究では、エレベーターの運行を妨げないよう巻上機付近に取り付けられる制振装置として、永久磁石の吸引力を利用した非接触ダンパを提案する。一般的にロープの振動モードの腹から遠い位置に装置を取り付けても効果は小さいが、本研究では制振力となる磁力を共振によって増大させ、この課題を解消することを試みる。また、地震波の卓越周波数に建築物の固有周波数も重なるときロープは最も大きく揺れるが、この二重共振に対し最適調整したダンパについて、ロープ長が変化した場合のロバスト性も検討する。

2 制振モデル

図1にロープ及び本研究で提案するダンパのモデルを示す。ロープは線密度 ρ 、全長 L 、張力 T の弦として扱い、下端は完全に固定されているものとする。ダンパは永久磁石を含む質量 m 、質量と建物の壁面を接続するばね定数 k 、減衰係数 c から成り、ロープから距離 r の位置へ左右対称に配置される。各パラメータは左右の合計値を示す。ダンパはロープの上端から距離 d の位置に取り付けるとし、 $d \ll L$ である。

図1において y_0 が地震時の建造物の屋上の変位を表し、これによってロープが加振される。このときロープに加わる慣性力を磁力 f で相殺し、壁面との間に設置した減衰器で振動エネルギーを消散するモデルとなっている。

このモデルにおいて、ロープの波動方程式及び質点の運動方程式は次式で与えられる。 μ は磁力の比例定数を表す。

$$\rho \ddot{y} - T y'' = \rho \left(\frac{x}{L} - 1 \right) \ddot{y}_0 + \delta(x-d) f \quad (1)$$

$$m \ddot{y}_m + c \dot{y}_m + k y_m = c \dot{y}_0 + k y_0 - f \quad (2)$$

Fig. 1 Analytical model of the proposed damper.

3 解析結果

図1に示したモデルによるロープ中央点の相対変位 $y_{C,R}$ の周波数応答と、ロープ長 L が変化した場合のロバスト性を図2に示す。ロープ単独での減衰比が一般的に0.001程度であるのに対し、ダンパを取り付けることによって等価減衰比が約0.02~0.08となり、効果が確認できた。

Fig. 2 Theoretical results.

4 結 言

本研究では、ロープと地震動の共振対策として永久磁石の吸引力を利用した非接触ダンパを提案した。ダンパを取り付けることによる効果を確認し、ロープ長 L が変化しても効果を維持できる見通しを得た。

参考文献

- (1) 木村弘之・中川俊明, 振れ止め枠を有するエレベータ・ロープの横振動解析, 機論, 71-702, C (2005-2), 88-93.
- (2) 中野龍児・金子成彦・片村立太, 振動モードの切替えによる斜張橋斜材ケーブルの制振方法に関する研究, 機論, 66-647, C (2000-7), 59-66.