

歩道橋の振動特性と制御

日本大学大学院 学生会員○黒岩 雅志
 戸田建設株式会社 吉野 隆志
 日本大学理工学部 正会員 塩尻 弘雄
 日本大学理工学部 正会員 小林 義和

1. 目的

近年合理的な設計や改修に向け、土木構造物への制振技術の適用拡大が望まれている。また、既存構造物に対し適切な評価と対策を施すことにより、寿命延伸や使用性の向上が図れる。ここでは小規模橋梁である歩道橋を対象として、その加速度や変位をモニタリングし、その結果に基づき、歩道橋の振動の低減、使用性の向上を目的とした簡易なアクティブ振動制御システムを開発する。そのための構造同定と制御系の設計、振動制御システムの効果の確認を行う。

2. 方法

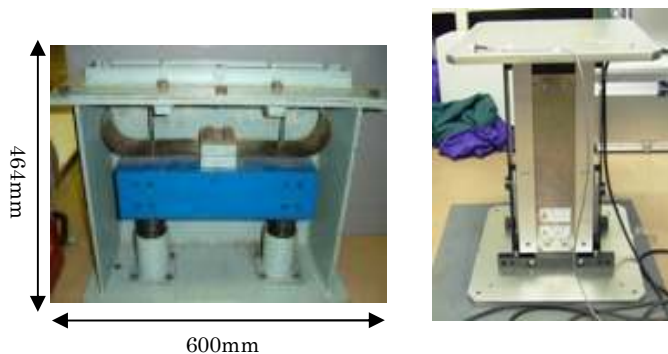


図-1 TMD

写真-1 アクチュエータ

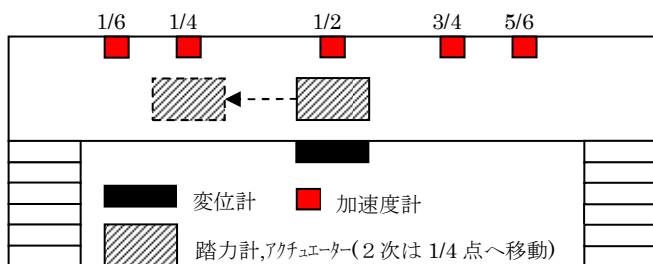


図-2 歩道橋上設置図

対象とするのは橋長 36.3m、桁部重量 309N、一次の固有振動数 2.19Hz、二次の固有振動数 5.30Hz の実在歩道橋である。室内実験にて TMD の錘部の

制御実験を行って、アクティブ制御システムの特徴を同定し、歩道橋に適用した。

3. 結果

(1) TMD 錘部分アクティブ制御実験

アクティブ制御の効果を検証するために歩道橋の固有振動数と同様の TMD 錘部分を構造物と見立て制御する。

構造モデルは、写真-2 のようにアクチュエータを倒立させて設置することで図-3 のような 1 自由度系モデルで表される。

a) アクチュエータ・構造モデルの同定

アクチュエータの特性値、 R_a , L_a , K_a ・構造モデルのパラメータ M , C , K を同定する。同定方法

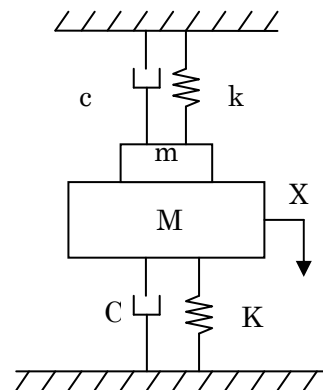


図-3 対象構造モデル



写真-2 アクチュエータ+TMD

は、アンプの同定と同様に入力電圧： e に Sin 波を与え電流： I 、加速度： $\ddot{X}$ 、を観測し残差の 2 乗を最小化するようにパラメータを以下の式にて同定した。

$$(i\omega L_a + R_a)I = \left(\frac{1}{a_2} - \frac{1}{i\omega a_1 + a_2} \right) e - K_a \frac{\ddot{X}}{i\omega} \quad (1a)$$

$$f = M\ddot{X} + C\dot{X} + KX = \left(M - \frac{i}{\omega} C - \frac{1}{\omega^2} K \right) \ddot{X} \quad (1b)$$

キーワード：歩道橋、アクティブ制御、同定

連絡先：〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台 1-8-14 日本大学理工学部土木工学科 Tel:03-3259-0876

この結果、以下が得られた。

表 1 推定したアクチュエータの特性値

$R_a(\Omega)$	$L_a(H)$	$K_a(Vs/m)$	$M(Kg)$	$C(Ns/m)$	$K(N/m)$
6.0025	0.1767	54.2711	54.8971	15.8873	9623.2

ここで、同定した結果を確認するため加速度： $\ddot{X}$ ，電流： I ，出力電圧： E ，観測し以下の 3 式に同定結果を代入して各々の右辺と左辺を比較する。

$$K_a I = \left\{ K - \omega^2 (M + m) \right\} \frac{\ddot{X}}{-\omega} + \frac{\ddot{X}}{i\omega} C \quad (2a)$$

$$E = \frac{e}{i\omega a_1 + a_2} - \frac{e}{a_2} \quad (2b)$$

$$L_a \times i\omega I + R_a I = E - K_a \frac{\ddot{X}}{i\omega} \quad (2c)$$

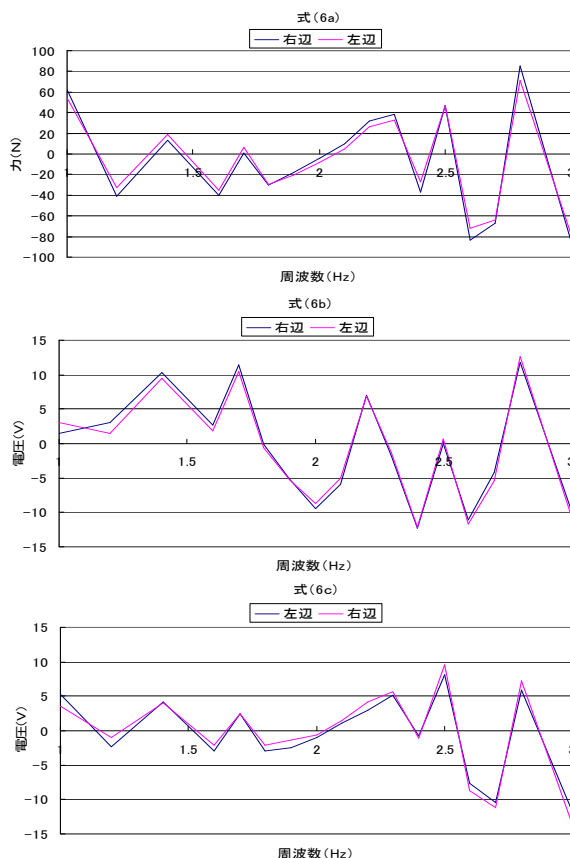


図-4 式 (2a-2c) 右辺・左辺比較

以上の結果を元に制御を行う。

又、制御系は図-5 のようなモデルとする。

制御法は離散系で考え線形レギュレータ，定常制御，加速度から状態を推定して制御を行った。

初期値に変位を与えたときの加速度応答を図-7 に示す。

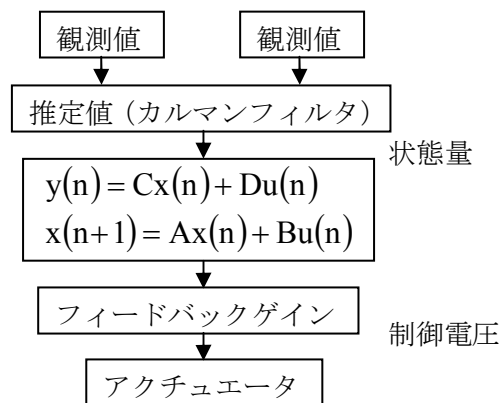


図-5 制御システムブロック線図

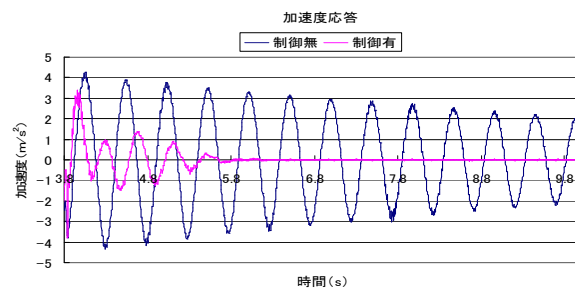


図-6 制御有，無，加速度応答

(4)歩道橋アクティブ制御シミュレーション

歩道橋の質量，減衰，剛性について起振実験にて得られた結果を用いてシミュレーションを行った (図-7)

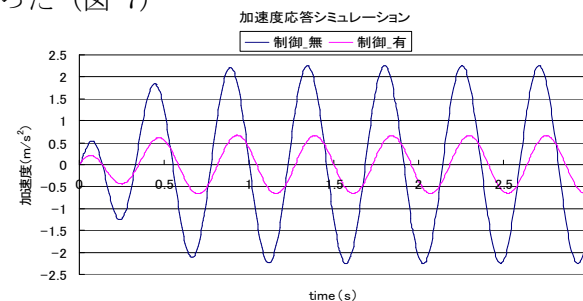


図-7 制御有，無，加速度応答シミュレーション

4. 結論

歩道橋の制御のためアクティブ制御の検討を行った。構造物制御系の同定結果に基づき、アクティブ制御実験を行い、十分な制御結果が検証された。歩道橋のシミュレーション結果からも十分な制御効果が得られた。

謝辞:本研究は、平成 16 年度文部科学省学術フロンティア推進事業 (日本大学理工学部：継続)「環境・防災都市に関する研究」(研究代表者：石丸辰治)の一環として実施したものである。