

K4-59

長周期・大振幅の動的計測を目指した絶対変位振動計の開発

Development of Absolute Displacement Sensor for measuring a Long Period and Large Amplitude of Vibration

渡辺研究室  
Watanabe Lab

○渡部瞭<sup>1</sup>, 石川弘二<sup>2</sup>, 渡辺亨<sup>3</sup>, 背戸一登<sup>4</sup>  
\*Ryo Watanabe<sup>1</sup>, Koji Ishikawa<sup>2</sup>, Toru Watanabe<sup>3</sup> Kazuto Seto<sup>4</sup>

This paper proposes a novel seismometer-type absolute displacement sensor aimed at detecting earthquake waves with a large magnitude and long period. In order to provide an absolute displacement detection which is capable of lowering the natural frequency and enlarging the detectable amplitude without causing a structural defect, the relative signals of displacement, velocity, and acceleration between a detected object and the auxiliary mass of the sensor are fed back into the sensor.

It has been demonstrated that a developed sensor has a detecting range from 0.2Hz to 10Hz for absolute displacement and velocity. As an additional advantage, the measurement displacement amplitude has been expanded to about 40dB (100times).

1. 緒言

現在, 多くの超高層ビルは風による過励振に対して AMD 制振装置を備えており, 揺れをセンサで検出し可動マスの反力を利用してビルの揺れを制御する装置である. この装置では主に加速度センサが使用されており, 検出された信号を二回積分して絶対変位を得ている. このため, 僅かな直流成分を含む場合, 積分することでドリフト問題を生じるので, それを除去するための二段のハイパスフィルタが不可欠である. また, マスの質量に制限があり, 大きな反力が得られないので, この装置の制御範囲は小振幅である.

本研究は, ハイパスフィルタを使用することなく, 長周期・大振幅の地震波に対して直接測定できる絶対変位振動計の開発を目指している.

2. 提案する絶対変位振動計

2.1 提案する絶対変位振動計の構成

センサーボディと制御回路, 位相遅れ補償器からなる提案する絶対変位振動計の基本構成を Fig.1 に示す. ここに,  $s$  はラプラス演算子,  $C_D, R_D$  は積分回路のコンデンサと抵抗(時定数  $T_D = C_D R_D$ ),  $C_A, R_A$  は積分回路のコンデンサと抵抗(時定数  $T_A = C_A R_A$ ),  $K_a$  は変換係数,  $K_a$  は加速度フィードバック,  $K_A$  は加速度フィードバック,  $K_V$  は速度フィードバック,  $K_D$  は変位フィードバック,  $K_f$  は力係数を表す.

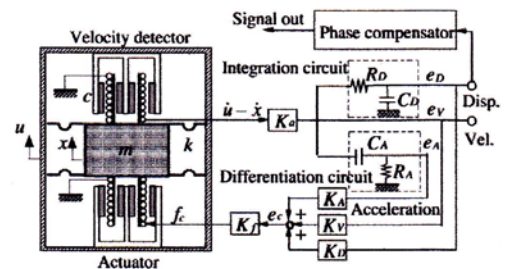


Fig.1 Structure of absolute displacement sensor

2.2 周波数伝達関数

Fig. 1 により変位  $u$  と相対変位信号  $e_D$  間の周波数伝達関数は, 近似を行い次式で表すことができる.

$$\frac{e_D}{u} = \frac{mT_D s^2}{T_D(m+T_A K_a K_f K_A) s^2 + T_D(c+K_a K_f K_V) s + T_D k + K_a K_f K_D} \tag{1}$$

これは 2 次形式の伝達関数であり, 式(1)より, 固有振動数  $\omega_n$  と減衰比  $\zeta$  が次のように得られる.

$$\omega_n = \sqrt{\frac{k+(K_a K_f K_D)/T_D}{m+T_A K_a K_f K_A}}, \quad \zeta = \frac{c+K_a K_f K_V}{2\sqrt{(m+T_A K_a K_f K_A)(k+K_a K_f K_D/T_D)}} \tag{2}$$

2.3 各フィードバックゲインの効果

式(2)から, 各フィードバックゲインの効果が挙げられる.

1;日大理工・学部・機械 2;日大理工・院(前)・機械 3;日大理工・教員・機械 4;背戸振動制御研究所

(1) 相対変位フィードバックゲイン :  $K_D$

各式は負帰還の符号で表されているので、これの正帰還によって式

(2)の分子は負に転じ固有振動数を低下できるが、それによって減衰比は多少増加する。

(2) 相対速度フィードバックゲイン :  $K_V$

このゲインの負帰還によって減衰比を大きく、また正帰還によって小さくできるので、このゲインは減衰比の調整機能を果たすことができる。

(3) 相対加速度フィードバックゲイン :  $K_A$

このゲインは可動質量をアクティブに増加する機能を有しているので、この増加によって固有振動数を低下できる。

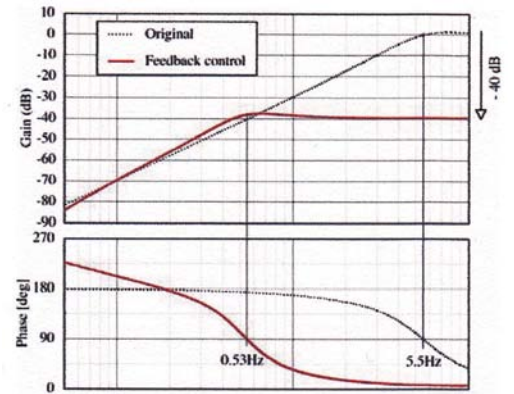


Fig.2 Comparison of original and Feedback control

3. シミュレーション

3.1 加速度フィードバックの効果

実験に用いたセンサボディの諸元は以下のようにになっている。

$$m=25.2[\text{g}], c=5.23[\text{Ns/m}], k=30.1[\text{N/m}]$$

このとき、非制御と制御を加えた時のシミュレーションを Fig.2 に示す。

ここに、点線は非制御、赤線は加速度フィードバックを与えたものを示す。

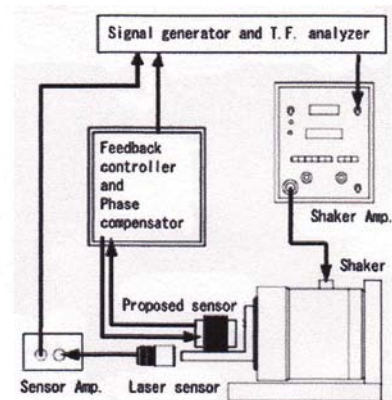


Fig.3 Structure of measurement experiment device

4. 実験

4.1 実験装置

シミュレーションで示した周波数応答特性の実証のために構成した実験装置を Fig.3 に示す。

4.2 実験結果

実験装置により観測した周波数応答を Fig.4 に示す。

5. 結言

提案する絶対変位振動計のシミュレーションにより相対加速度フィードバックがゲインや固有振動数の低下には最も有効であるとわかり、実証実験を行うことで、上記のことが実験的に確認出来た。このことから、今後センサ回路の改良や位相遅れ補償器を用いることで更なるゲインや固有振動数の低下、測定範囲の拡張を行っていきたい。

6. 参考文献

[1]Spencer, B.F. and Sain, M.K., , “Controlling Buildings:A new frontier of feedback”, IEEE Control System,vol.17, No.6, pp.19-35,1997  
 [2]Preumont, A.. and seto, K., “ActiveControl of Structures”, Wiley, Chap. 4, pp.148-158, 2008  
 [3]伊藤彰彦, 宮崎充, 岩崎雄一, 加藤和夫, 背戸一登, 「長周期・大振幅測定用絶対変位計の開発」, 日本機械学会 2012 年度年次大会

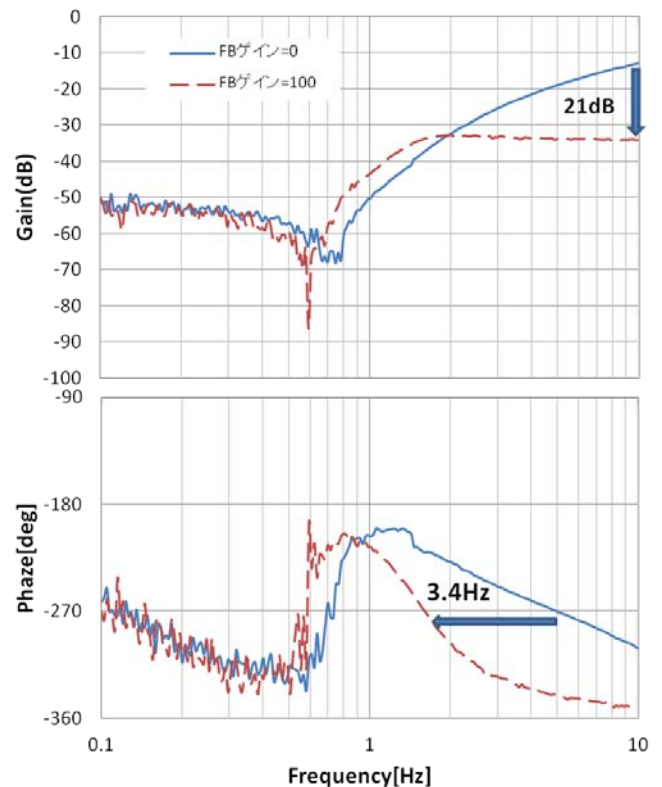


Fig.4 Result of experiment