

構造物防振用アクティブコントローラーの基礎的研究

東北工大 正 高橋龍夫, 同, 正。山田俊次

近年, 鋼構造を中心とした土木構造物は, 溶接技術の進歩, 高張力鋼の開発, 施工技術の工夫等があいまって長大化しつつある。これにともない構造物の振動問題がクローズアップされている。振動の問題には構造物自体の安全性にかかわる問題だけでなく, 所謂, 低周波公害といわれる, 構造物の振動が原因となり, その周辺に住む人間や家畜に被害をおよぼす問題も含む広域のものが考えられる。

構造物の振動を防ぐための手段として, 1). 構造部材の剛性を増す, 2). 構造物の固有周期を外力との共振域より移動させる 等の内的手段と, 吸振器等の装置を加えて振動を防ぐ 外的手段とが考えられる。後者には 動吸振器, 調律質量ダンパー 等の *passive controller* と, 自動制御理論等を用いて外部より力を加えて振動を制御する *active controller* がある。本研究では この *active controller* に着目して土木構造物の防振のための基礎資料を提出しようとするものである。ASCEの論文等^{1), 2)}にも見られるように, *active controller* として,

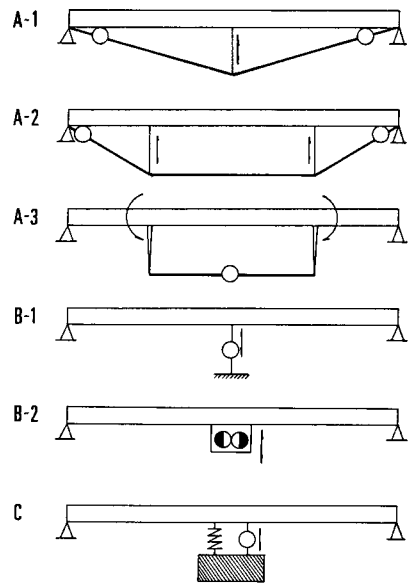
図-1に示される型式が考えられる。タイプAは *tendon controller* と云われ *tendon (spring)* と介して構造物に力(モーメント)を加えて振動を制御するもの, タイプB, Cは *controller* と直接構造物に取り付けて振動制御とはかるものである。上記の論文等の研究では 都市高架橋が沿道の建物におよぼす有害な振動を制御する目的で研究されたものも含めて 構造物の振動をより小さくさせることを目的としている。しかし, 周辺の建物や人間に与える有害な振動を取り除く目的ではなく 構造物自体の安全性のみには注目した場合には, 必ずしも, 構造物の全ての振動を皆無にする必要はない。構造物に被害を与えたり, 施工中に支障をきたす程度以上の振動を防ぐものであれば十分な場合も多い。

今, 図-2に示されるように, 減衰のない 1 質点振動系に x_0 なる初期変位を与え振動を生じさせた後 何等かの方法を用いて質点の慣性力とは π だけ位相のずれた, この振動系と同一の固有周期をもつ $P \sin \omega t$ なる外力を与えた場合を考える。質点の変位 x_t は, 次の式で与えられる。

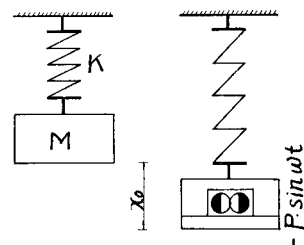
$$x_t = \left[\left(x_0 - \frac{Pt}{2\omega M} \right)^2 + \left(\frac{P}{2\omega^2 M} \right)^2 \right] \sin(\omega t + \varphi_t) \quad (1)$$

$$\varphi_t = \tan^{-1} \left(\frac{x_0 - \frac{Pt}{2\omega M}}{\frac{P}{2\omega^2 M}} \right) \quad (2)$$

式 (1), (2) より判明されるように, 変位は 時間とともに



(図 1)



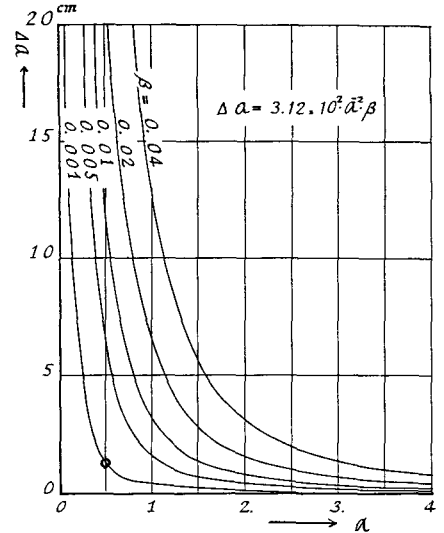
(図 - 2)

若干の变化のある位相おくれ ϕ をもち、等差級数的に減少して行き、最小値を越え
 のち等差級数的に発散して行く。1 cycle に減少する振幅量 Δa は、固有周期を T_0 と
 して次式で表わされる。

$$\Delta a = P T_0 / 2 \omega \cdot M = 3.12 \times 10^2 \alpha^{-2} \beta, \dots\dots\dots (3)$$

(3) 式中のパラメータ α, β は夫々、 $\omega = \alpha \pi$, $P/W = \beta$ である。図-3 はこれ等
 2つのパラメータと 1 cycle における減少量 Δa の関係を表わいたものである。振幅数
 ω は $0 \sim 4\pi$ ($f = 0 \sim 2 \text{ Hz}$)、外力と質量の重量比は $0.04 \sim 0.001$ の 5 段階の計算値
 を示してある。例えば $\omega = 0.5\pi$ (0.25 Hz)、 $\beta = 0.001$ の場合 (図中○印) $\Delta a = 1.25 \text{ cm}$ である。

図-4 は $\beta = 0.00524$, $\omega = 1.15\pi$ ($f = 0.575 \text{ Hz}$)
 の場合 初期変位 $\chi_0 = 10 \text{ cm}$ の振動振幅の変化の
 状態を表わいたものである。1 cycle に減少して行く
 振幅 Δa は 1.23 cm であり、この振動の減衰の程
 度は粘性減衰の場合の対数減衰率に換算あ
 ると $\delta \approx 0.12$ に相当する。(図-3)、(図-4) より判
 りように、さして大きくない力で振動を効果的に減
 少させることが出来る。



(図-3)

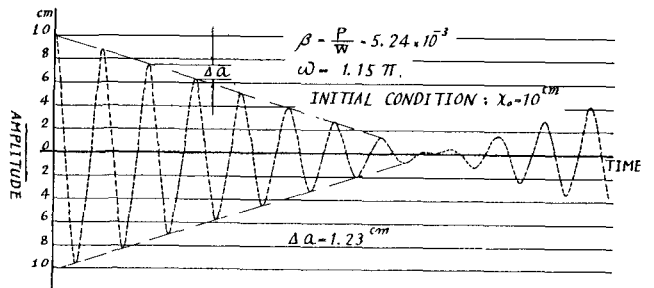
今、図-5 に示されるような吊橋主塔の低次の振
 動を減少させる場合を計算する。主塔の重量を
 10000 トン 、固有周期を 5 秒 ($f = 0.2 \text{ Hz}$, $\omega = 1.26$) とし、主塔の先端の振動振幅が 50 cm
 に達した時、controller を始動させ、

対数減衰率 $\delta = 0.1$ に相当する減
 衰を与えたい。

$$S = 3.12 \times 10^2 \times 0.4^{-2} \times \frac{P}{10000 \times 0.25}$$

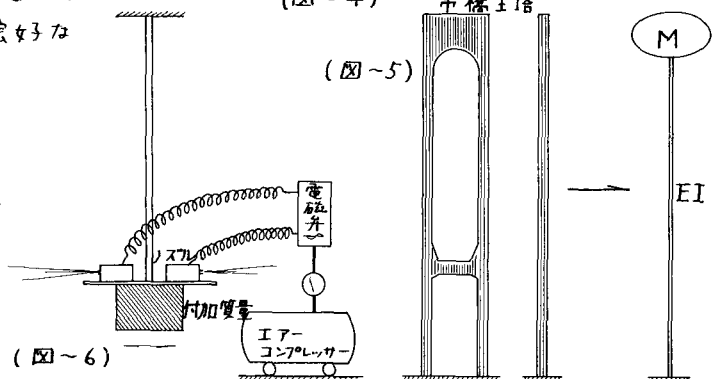
より、 $P = 6.4 \text{ トン}$ の力を発生する能力
 をもつ装置を用いれば良い。

図-6 は 圧縮空気をノズルより噴射
 させ、その反力を用いて振動をコント
 ロールさせた実験例であり、良好な
 結果を得た。合せて報告する。



(図-4)

(図-5)



1). M. Abdel-Rohman, H H Leipholz;
 AUTOMATIC ACTIVE CONTROL OF STRUCTURE.

Proc. of ASCE ST3 March, 1980

ACTIVE CONTROL OF FLEXIBLE STRUCTURE

Proc. of ASCE ST8, Aug. 1978

2). 上前、徳良他、「橋梁振動の制御 (図-6)

装置開発に関する基礎的研究」、橋梁基礎 82-12.