

多自由度サブワイヤーによる橋梁起振の基礎研究

熊本大学 学生員 ○石丸淳也

熊本大学 学生員 石原 完

熊本県 正 員 戸塚誠司

熊本大学 正 員 平井一男

1. はじめに

構造物に対する振動試験には起振が必要である。起振方法にはいくつかあるが、ここではサブワイヤーを使用した起振方法について考える。サブワイヤーの張力を増減させることで吊床版橋、アーチ橋を起振させることは可能であるが、サブワイヤー張力の増減にアクチュエーターを使用する場合、そのラムのストロークがあまり大きくなると問題が生じる。ここでは、2自由度振動系の振動を利用して、ラムとサブワイヤーの取り付け部の動きを出来るだけ小さくして、大きな起振力を発生できる起振方法について述べる。

2. 起振原理

いま図-1 (a) に示す2自由度振動系に外力 $P \sin \omega t$ を作用させ、外力振動数 ω をこの2自由度振動系の2次の固有振動数に合わせると、図-1 (b) に示すように m_1 , m_2 の振動変位が逆位相となる。したがって、この振動系を図2に示すような配置にすると、 m_1 , m_2 の両質点は、上下同一方向に運動するのでこの振動系自体が、起振の作用を生じることが理解できる。(図-3)

ここで、ラムとサブワイヤーの取り付け部の動きを小さくすることを考えると、図-2における振動変位 y_2 を出来るだけ小さくしなければならない。

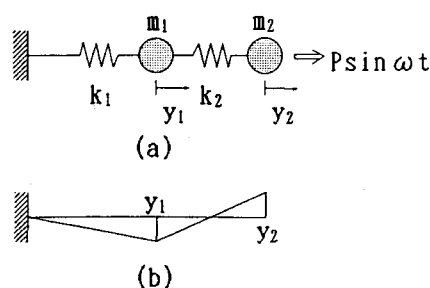


図-1 2自由度振動系モデル

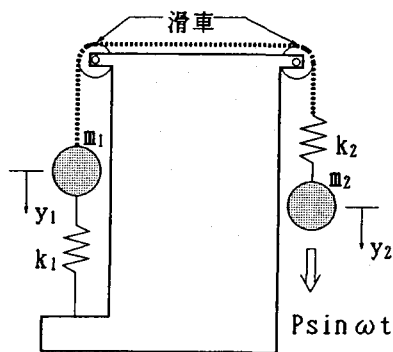


図-2 2自由度振動系装置

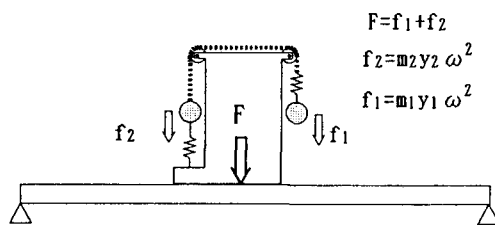


図-3 2自由度振動系による起振作用

3. バネ定数と質量と振動変位の関係について

図1 (a) において運動方程式をたてる。

$$\left. \begin{aligned} m_1 \ddot{y}_1 &= -k_1 + k_2 (y_2 - y_1) \\ m_2 \ddot{y}_2 &= -k_2 (y_2 - y_1) \end{aligned} \right\} \dots\dots ①$$

$$\left. \begin{aligned} y_1 &= Y_1 \sin \omega t \\ y_2 &= Y_2 \sin \omega t \end{aligned} \right\} \dots\dots ②$$

式①, ②より

$$\left. \begin{aligned} (k_1 + k_2 - \lambda m_1) Y_1 - k_2 Y_2 &= 0 \\ -k_2 Y_1 + (k_2 - \lambda m_2) Y_2 &= 0 \end{aligned} \right\} \dots\dots ③$$

k_1 と k_2 に逆方向の等しい軸力がはたらくとすると
 $k_1 Y_1 = -k_2 (Y_2 - Y_1) \dots\dots ④$

が成り立つ。式③, ④より

$$\lambda = \omega^2 = \frac{2k_1}{m_1} \dots\dots ⑤$$

$$\frac{k_2}{k_1 - k_2} = \frac{2m_2}{m_1} \dots\dots ⑥$$

例えば $k_1 : k_2 = 3 : 2$ の場合

$$m_1 = m_2, \quad y_2 = -0.5 y_1$$

となり、振動変位 y_2 は y_1 に対して半分となる。

このとき、質点1, 2 にかかる力はそれぞれ

$$f_1 = m_1 y_1 \omega^2, \quad f_2 = m_2 y_2 \omega^2 \text{ であるので、}$$

$$f_1 = 2 f_2 \text{ となる。}$$

同様に k_1 と k_2 の比を調整することでより小さな振動変位を得ることができる。(表-1 参照)

表-1 バネ定数と質量と振幅の関係

k_2 / k_1	m_2 / m_1	y_2 / y_1
0.50	0.50	-1.00
0.66	1.00	-0.50
0.75	1.50	-0.33
0.80	2.00	-0.25

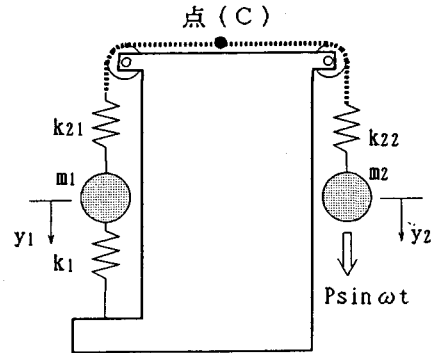


図-4 不動点を用いた2自由度振動系

4. 実験概要

今回の実験においては、バネ定数 k_0 のものを k_{21} , k_{22} にわけ (図-4)、滑車の位置で不動となるようにして行った。滑車の位置で不動となるのは、滑車の間の点 (C) において力が釣り合っていると考えられる。よって次式が成り立つ。

$$k_{21} y_1 = k_{22} y_2 \dots\dots ⑦$$

実際に発生している起振力を、図-5 で示すように図-4 の装置を片持ちばりに取り付ける。このとき片持ちばりをバネ定数 K のバネと考えると図-5 のような振動系となる。次に両質点、及び片持ちばりに加速度計を取付け、 $P \sin \omega t$ の力を与えたときのそれぞれの変位を測定し、発生する力を求める。

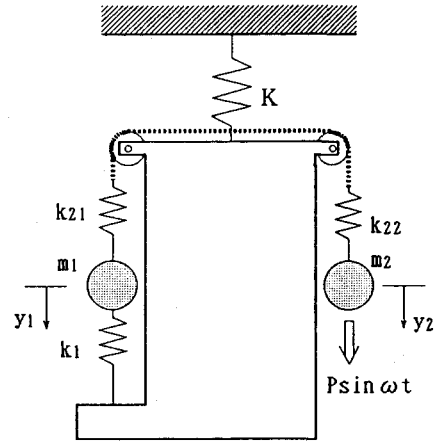


図-5 実験モデル