

(I-10) 任意地動によるつり橋のレスポンスの計算について

京都大学工学部 正員 山 田 善 一

同 大学院 正員 高 岡 宣 善

1. 序

つり橋が、その橋脚およびケーブル碇着部を通じて橋軸方向に作用する地震力によつて、起振された場合の振動性状について、これまでに二、三発表してきたが、それらの論文中において以下の諸式が誘導されている。1)、2) これらの式は、つり橋を図-1に示すような質点系によりなる構造物で近似して得られたものである。

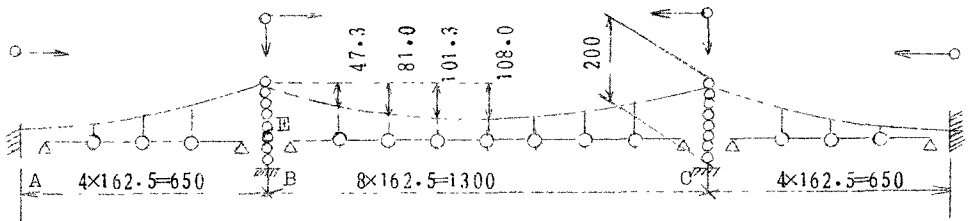


図-1

a) 運動の方程式

$$[A] \ddot{Y}_r + [B] \dot{Y}_r + (P_r(t)) = 0. \quad (1)$$

b) 振動数方程式

$$| [B] - \lambda [A] | = 0. \quad (2)$$

c) 点 r の変位

$$y_r = \sum_{k=1}^n q_k y_r^{(k)}. \quad (3)$$

$$d) \quad \ddot{q}_k + \lambda_k q_k = f(t), \quad (k=1, 2, \dots, n) \quad (4)$$

$$f(t) \equiv - \sum_{i=1}^n y_1^{(k)} p_i(t)$$

(1)式は n 元二階連立微分方程式式であるが、(2)式から求まる n 個の固有値 λ_k ($k=1, 2, \dots, n$)

とそれに属する振動モード $y_r^{(k)}$ ($r, k=1, 2, \dots, n$) がわかれば、Modal analysis によつてこの連立方程式は(4)式に示すようなおのおの独立した n 個の二階常微分方程式に変換される。(4)式は形式上 1 自由度の振動系の運動方程式と同じ形をしている。

2. $\ddot{q}_k + \lambda_k q_k = f(t)$ の数値解法

(4)式の $f(t)$ は地動によつて決定されるところの、時間 t の関数であるが、その式があまり複雑であると、(4)式の積分は面倒になる。そのような場合には以下に示すように数値解法によるのが便利であろう。

まず $\dot{q}_{k,n}, q_{k,n}$ および $q_{k,n}$ を時刻 t_n における既知の値とする。時刻 $(t_n + t_{n+1})/2$ における $\bar{q}_k$ の値を(5)式で求める。

$$\bar{q}_k = q_{k,n} + \dot{q}_{k,n} \cdot \frac{\Delta t}{2}, \quad \Delta t \equiv t_{n+1} - t_n, \quad (5)$$

(5)式を(4)式に代入して $\ddot{q}_k$ の中間値 $\bar{\ddot{q}}_k$ (図-2参照) を求めると

$$\bar{\ddot{q}}_k = \bar{f}(t) - \lambda_k \bar{q}_k \quad (6)$$

となる。 $\bar{f}(t)$ は時刻 $(t_n + t_{n+1})/2$ における $f(t)$ の値である (図-2 参照)。(5),(6)式を用いて時刻 t_{n+1} における $q_k, \dot{q}_k$ および $\ddot{q}_k$ を次式によつて計算する：

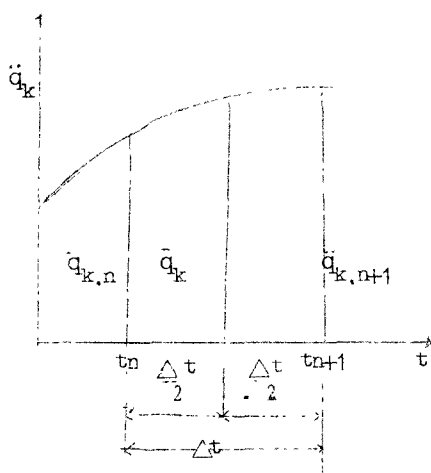


図 - 2

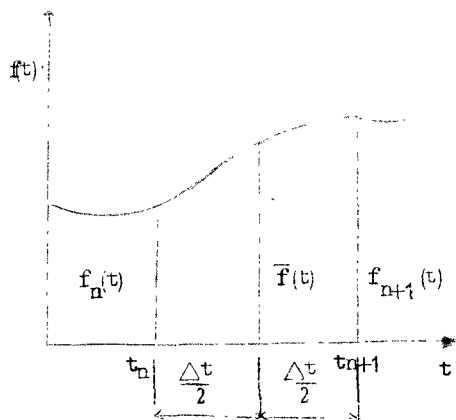


図 - 3

$$q_{k,n+1} = q_{k,n} + \dot{q}_{k,n} \Delta t + \ddot{q}_{k,n} \frac{(\Delta t)^2}{2}, \quad (7)$$

$$\dot{q}_{k,n+1} = \dot{q}_{k,n} + \ddot{q}_{k,n} \cdot \Delta t, \quad (8)$$

$$\ddot{q}_{k,n+1} = f_{n+1}(t) - \lambda_k q_{k,n+1}. \quad (9)$$

以下この方法をくり返して順次 $q_{k,n+2}, q_{k,n+3}, \dots$ を求めることができる。計算をはじめるにあたり $t=0$ において $q_k = \dot{q}_k = 0$ とする。

この数値積分はいわゆる Constants-acceleration Procedure と Linear-acceleration Procedure との中間に相当するもので、Linear-acceleration Procedure が計算途中で check しながら計算をすすめるのに反して、この方法は、check できないという欠点はあるが、計算が迅速にできる利点がある。計算結果については講演会場において発表する。

参 考 文 献

- 1) 小西、山田、高岡： 長スパンつり橋の耐震性に関する研究、土木学会第15回学術講演会概要
- 2) I. Konishi and Y. Yamada: Fundamental Studies on Earthquake Response of a Long Span Suspension Bridge, The Memoirs of the Faculty of Engineering, Kyoto University, Vol. XXII, Part 3, July 1960.