

(I-5) 横荷重をうけるつり橋の性状について

京都大学工学部 正員 工博 小 西 一 郎

京都大学工学部学生員 工修 ○ 高 岡 宣 善

§ 1 概 説

つり橋が、水平方向に作用する横荷重をうけた場合の挙動に関する研究は数少ない。本研究は、つり橋が橋軸直角方向に作用する風荷重、地震荷重等の横荷重をうけた場合の静および動力学的性状を追求したものである。この分野に関する従来の研究においては、単にケーブルと補剛桁のみが考慮されたのに反し、この研究ではさらにタワーを考慮し、ケーブル、補剛桁、タワーに対してそれぞれ運動方程式を樹立した。この運動方程式を直接解くことは困難であるから、これを階差法によつて、質点系の運動方程式に変換した。数値計算には京都大学電子計算機KDC-1を使用した。

§ 2 基礎方程式

以下の諸式に使用した記号は次のとおりである (図-1 参照) :

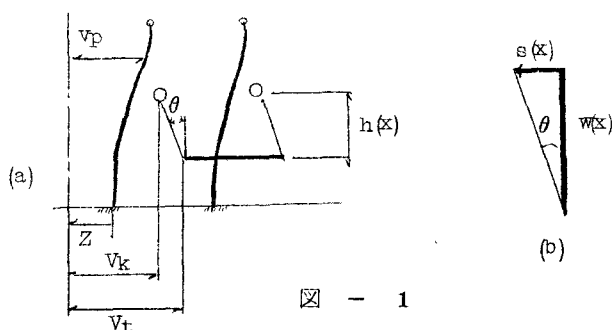


図 - 1

$f_k(x, t)$, $f_p(x, t)$, $f_t(x, t)$: それぞれケーブル, タワー, 補剛桁に作用する風荷重強度 (t/m)

$g(x)$: 補剛桁に作用する死荷重 (t/m)

H_g : 死荷重によるケーブル張力の水平成分 (t)

$h(x)$: ハンガーの長さ (m)

$P(x)$: 補剛桁に作用する活荷重 (t/m)

$S(x)$: ハンガーが傾斜することによつて、補剛桁およびケーブルに作用する水平力 (t/m)

V_g : 死荷重によるタワーの軸方向力 (t)

$V_k(x, t)$ 、 $V_p(x, t)$ 、 $V_t(x, t)$: それぞれケーブル、タワー、補剛桁の水平方向の変位 (m)

$w(x) = g(x) + p(x)$: 補剛桁に作用する鉛直方向の荷重強度 (t/m)

$w_k(x)$ 、 $w_p(x)$: それぞれケーブル、タワー、の自重 (t/m)

このほか、 x は位置を示す座標であり、 t は時間、 g は重力加速度をあらわす。

これらの記号を用いて次の各運動方程式が得られる。

補剛桁：

$$\frac{w(x)}{g} \ddot{V}_t(x, t) - M_T''(x) + S(x) = f_T(x, t), \quad (1)$$

ケーブル：

$$\frac{w_k(x)}{g} \ddot{V}_k(x, t) - Hg V_k''(x, t) - S(x) = f_k(x, t), \quad (2)$$

タワー：

$$\frac{w_p(x)}{g} \ddot{V}_p(x, t) - M_p''(x, t) + V_g V_p''(x, t) = f_p(x, t), \quad (3)$$

$S(x)$ は(4)式であらわされる。(図-1、(b)参照)

$$S(x) = \{ V_T(x, t) - V_k(x, t) \} \cdot \frac{w(x)}{h(x)} \quad (4)$$

§3 階差法による運動方程式の表示

(1)・(2)・(3)・式に階差法を適用し、適当な境界条件を用いることにより、(5)式に示すような連立微分方程式が得られる：

$$[A](\ddot{V}_i) + [B](V_i) + (P_i(t)) = (F_i(t)) \quad (5)$$

ここに、 $[A]$ は、分割点 i に集中していると考えられる質量 W_i/g を元素とする対角行列、 $[B]$ は、つり橋の形状、剛性等によつて決定される対称行列、 $P_i(t)$ は地震力をあらわす項、 $F_i(t)$ は風荷重をあらわす項である。()印は列行列をあらわすものとする。 V_i は点 i の水平変位である。

地震力のみが作用する場合の V_i は

$$[A](\ddot{V}_i) + [B](V_i) + (P_i(t)) = 0 \quad (6)$$

を解くことによつて求めることができる。(6)式は振動数方程式

$$|[B] - \lambda [A]| = 0 \quad (7)$$

によつて固有値 λ 、およびそれに属するモードがわかれば、Modal Analysis によつて容易に解くことができる。

静的な風荷重のみが作用する場合には(8)式によつて示される連立一次方程式を解くことによつて、変形量、断面力等を求めることができる：

$$[B](\nabla_i) = (F_i(t)) \quad (8)$$

(8)式の右辺は時間 t には無関係な常数である。

§ 4 数値計算例

図-2 に示すつり橋に達して(8)式を適用してみた。分割点の数は、主径間8等分、側径間4等分、タワー9等分、合計44点である。使用した風荷重は $q=550\text{Kg/m}^2$ である。計算結果については講演会当日会場において発表する予定である。

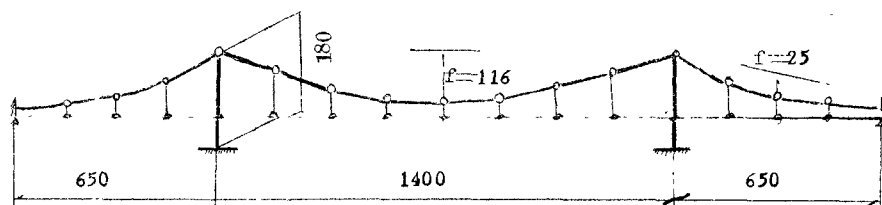


図 - 2