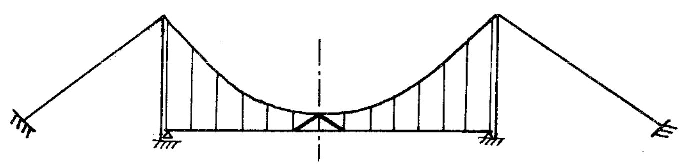
Ⅳ—31 吊橋のCenter Diagonal Stayの応力

中央大学 正員 竹間弘
東京大学 正員 ○伊藤学

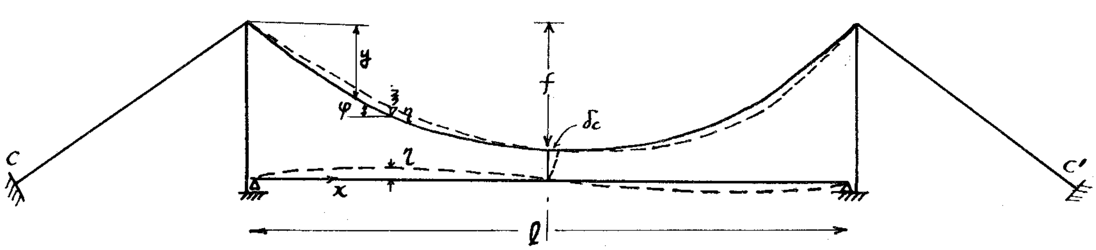
吊橋の動的性状は図-1に示すようなケーブルと補剛ケタとを結ぶCenter Diagonal Stayを設けることによって改善することができる。このStayは多くの吊橋において最低次の振動数を与える一節点の振動を牽制しようとするもので、実際には若干の遊びをもたせるかあるいは緩衝装置をほどこしておくことが望ましい。

本来、補剛トラスの両支点が水平方向に移動自由ならば撓み振動に対してはCenter Diagonal Stayは作用しない筈であるが、実際には支承の摩擦などのため垂直方向の荷重に対してもStayにはかなりの応力を発生している。



図－1

こゝでは単径間の吊橋を例にとって、支承条件は単純支持ハリの場合と同じとして計算をすゝめる。



図－2

まずCenter tieがない場合のスパン中央におけるケーブルと補剛ケタとの相対水平変位δ_cは図-2を参照して次のように求められる。ケーブルは抛物線形とする。

$$d\xi = H_p \frac{\sec^3\varphi}{E_c A_c} dx + \varepsilon_t \cdot t\, dx - \frac{dy}{dx} d\eta - \frac{1}{2}\frac{d\eta}{dx} d\eta \quad \cdots\cdots (1)$$

$$H_p = \frac{E_c A_c}{L_E}\left[-\frac{d^2 y}{dx^2}\int_0^l \eta\, dx + \frac{1}{2}\int_0^l \left(\frac{d\eta}{dx}\right)^2 dx\right] \quad \cdots\cdots (2)$$

故に2～3%の誤差で無視しうる(1)式及び(2)式括弧内の最終項を省けば

$$\vec{\delta_c} = \int_c^{l/2} d\xi = -\frac{4f}{l^2}\left(\int_0^{l/2}\eta\, dx - \int_{l/2}^{l}\eta\, dx\right) + \varepsilon_t \cdot t \cdot \frac{L_{Et}}{2} \quad \cdots\cdots (3)$$

こゝに

$$L_E = \int_c^{c'} \sec^3\varphi\, dx \qquad L_{Et} = \int_c^{c'} \sec^2\varphi\, dx$$

さて Center Diagonal Stay を設けることによって、この δ_c なる変位は制限をうけその代りにケーブル中央点において水平方向の力 ΔH を生じ、stay には D_l , D_r なる応力が発生する（図-3）。Stay はその端においてヒンジによりケーブル及び補剛ケタに連結するが引張及び圧縮に対して共に λ なる遊びを有するものと仮定すれば

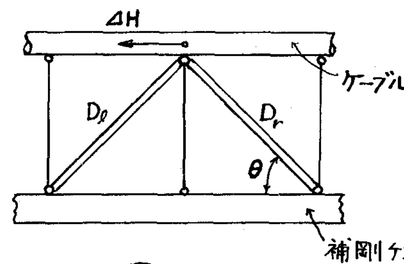


図 －3

$$\Delta H = \frac{|\delta_c| - |\lambda \cdot \sec\theta|}{|\delta_0|} \quad \cdots\cdots (4)$$

$$D_r = -D_l = \frac{\Delta H}{2 \cdot \cos\theta} \quad \cdots\cdots (5)$$

こゝに δ_0 は単位水平力 $\Delta H = 1$ がケーブル中央点に作用したときの、その点におけるケーブルと補剛ケタの相対水平変位である。

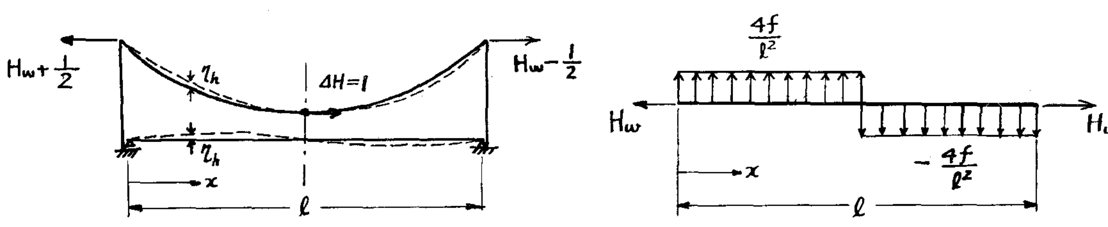


図 － 5

δ_0 はこの場合の吊橋構造を図-5 に示すような単純ハリに置きかえて計算される。このときハリの撓みは中心に関して逆対称形となり $0 \leqq x \leqq l/2$ に対しては

$$\eta_h = \frac{4f}{H_w (cl)^2} \left[\tanh\frac{cl}{4} \sinh cx - \cosh cx + 1 - \frac{c^2 x}{2}\left(\frac{l}{2} - x\right) \right] \quad \cdots\cdots (6)$$

こゝに

$$c = \sqrt{\frac{H_w}{EI}} \quad \cdots\cdots (7)$$

従って (3) 式及び (6) 式を用い、かつケーブルの伸びを考慮して

$$\delta_0 = \frac{32 f^2 l}{(cl)^5 EI} \left[2 \tanh\frac{cl}{4} - \frac{cl}{2}\left(1 - \frac{c^2 l^2}{48}\right) \right] + \frac{L_E}{4 E_c A_c} \quad \cdots\cdots (8)$$

特に $c \to \infty$ となる無補剛吊橋に対しては

$$\delta_0 = \frac{f^2}{3 H_w l} + \frac{L_E}{4 E_c A_c} \quad \cdots\cdots (5')$$

Center Diagonal Stay の応力は式(3)、(4), (5) 及び (5) を用いて与えられた荷重状態又は撓みに対して計算することができ、その影響線の形は一般に図-6 のようになる。

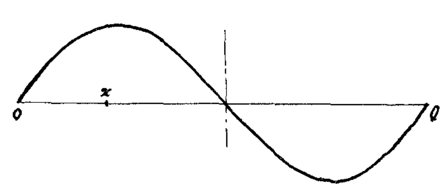


図 － 6