

猪瀬寧雄

○西山文男

1. まえがき

従来、吊橋の横荷重に対する静的な解析は、Moiseiff の方法等によっていたが、これらは吊橋を橋軸中心から左右二つに分けて片側ケーブルに対して理論を適用するか、或は、両側ケーブルに対して適用した場合でも、風荷重等の横荷重によって補剛桁が変形した場合に、補剛桁のねじれによる影響は考慮されていなかった。ここでは左右のケーブルに対して各々 Moiseiff の理論を適用し、補剛桁にねじり剛性を考慮して両者を結び、いわば、Moiseiff の理論を三次元的に拡張した。

この理論は、風荷重のある迎角をもって補剛桁に作用する場合の解析に利用される。後に示すグラフは、Severn 或は、Lillebelt 型の箱形補剛桁に風荷重の迎角を変化させて作用させた場合の諸結果を示したものである。

2. 理論展開

2-1. 諸元

P_0 : 抗力

P_L : 揚力

M_{to} : 迎角 ($\alpha = \alpha'$) のとき

の回転モーメント

$M_{to}(\theta)$: 補剛桁が θ だけ

ねじれることによって生ずる回転モーメント

の最大値

P_{c1} : 左側ケーブルにかかる風荷重

P_{c2} : 右側

$z_1(x)$: 左側

分組荷重

$z_2(x)$: 右側

$s_1(x)$: 左側ハンガー鉛直分力

$s_2(x)$: 右側

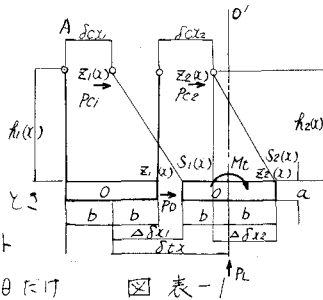


図 表-1

$X(x)$: ケーブルにかかる荷重

δx_1 : 左側ケーブル水平移動量

δx_2 : 右側

$\Delta \delta x_1$: 左側ケーブルとハンガー着力点間の相対移動量

$\Delta \delta x_2$: 右側

$\delta t x$: 補剛桁の水平移動量

θ : ねじれ角

$h_1(x)$: 左側ハンガー長

$h_2(x)$: 右側

a : ハンガー着力点から補剛桁セリ断中心までの鉛直縦距

b : 補剛桁の中心からハンガー着力点までの横距

α : 風の迎角

T : 塔頂移動量

W_d : 吊橋(一橋当り)単位米当り死荷重

H_1 : 左側ケーブル水平張力

H_2 : 右側

H_w : 一橋当りの死荷重による水平張力

H_{s1} ; H_{s2} : 補剛桁が、活荷重偏載、あるいは回転モーメントによる左右ケーブルのたわみのアンバランスによって生ずる水平力の増減分

ℓ_1, ℓ_2 : 左右ケーブルのたわみ量

2-2 条件式

図-1 の幾何学的条件および力の釣り合いより

$$\begin{cases} \delta t x - \delta x_1 = \frac{h_1(x)}{s_1(x)} z_1(x) + T & (1) \\ \delta t x - \delta x_2 = \frac{h_2(x)}{s_2(x)} z_2(x) + T & (2) \end{cases}$$

ケーブル水平力とハンガー張力の関係より

$$s_1(x) - s_2(x) = \frac{\partial}{\partial x} (H_1 \tan \phi_1 - H_2 \tan \phi_2) \quad (3)$$

ここに ϕ はケーブル傾斜角である。

図-1において0'に関するモーメントの釣合より 水平方向内力と外力の釣合より、

$$ECW \frac{d^2\theta}{dx^2} - GJa \frac{d^2\theta}{dx^2} = \left\{ S_1(x) - S_2(x) \right\} b - Z(x)(a + \theta b) \quad PD = Z_1(x) + Z_2(x) + X(x) \quad (4)$$

(7)式より H を求め(6)に代入し θ を求める。ここで求

(3)式において

めた θ と (i), (ii) の H_1, H_2 を (8), (9) 式に代入し (7) (8)

$$H_1 \tan \phi_1 = \frac{HW}{2} \left(\frac{dy}{dx} + \frac{d\eta_1}{dx} \right) + Hs_1 \left(\frac{dy}{dx} + \frac{d\eta_1}{dx} \right) \quad (i) \quad (9) \text{および (10) 式より } X(x), Z_1(x), Z_2(x) \text{ の 3 つ}$$

$$H_2 \tan \phi_2 = \frac{HW}{2} \left(\frac{dy}{dx} + \frac{d\eta_2}{dx} \right) + Hs_2 \left(\frac{dy}{dx} + \frac{d\eta_2}{dx} \right) \quad (ii) \quad \text{の未知数を求める。 (6) 式の } \eta_t(\theta) \text{ は最初 0 と}$$

なる関係から、 $\eta_1 = -\theta b, \eta_2 = \theta b$ なることを考慮し おき迎角 α により M_{t0} を求め (6) 式以下により得た

$$S_1(x) - S_2(x) = bHW \frac{d^2\theta}{dx^2} - \frac{\partial}{\partial x} H \quad (5)$$

をうる。但し $H = -(Hs_1 - Hs_2)$ θ により 1 近似的解の $M_t(\theta)$ を求める。以下 2, 3 近似的解を (6) 式に成立つように求めて

また $Hs_1 \frac{d^2\eta_1}{dx^2} - Hs_2 \frac{d^2\eta_2}{dx^2} = 0$ とする。 (5) 式を (3) 式に代

いと最終的に $M_t(\theta)$ をうる。

入すると

3. 数値計算

$$ECW \frac{d^2\theta}{dx^2} - (GJa + HWb^2) \frac{d^2\theta}{dx^2} = -\frac{\partial}{\partial x} H + M_{t0} + M_t(\theta) \sin \frac{\pi x}{L} \quad \text{スパン } L = 8000 \text{ (m)}, E = 21 \times 10^7 \text{ (kg/cm}^2\text{)}, G = 8.1 \times 10^6 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

$$I = 74856 \text{ (cm}^4\text{)}, J = 5072 \text{ (cm}^4\text{)}, f = 700 \text{ (mm)}, Wd = 1642 \text{ (kg)}$$

$$PD = 0.644 \text{ (kg)}, PC_1 = 0.110 \text{ (kg)}, PC_2 = 0.110 \text{ (kg)}, T = 0.0 \text{ (kg)}$$

をうる。この式における H は左右ケーブルの釣合から

$$0 = \int \frac{Hs_1 \sec^2 \phi}{ECAC} dx + \frac{d^2y}{dx^2} \int \eta_1 dx + dt t_1 L_t \quad (iii)$$

$$0 = \int \frac{Hs_2 \sec^2 \phi}{ECAC} dx + \frac{d^2y}{dx^2} \int \eta_2 dx + dt t_2 L_t \quad (iv)$$

(iii)-(iv)より

$$0 = \frac{H \sec^2 \phi}{ECAC} dx + \frac{d^2y}{dx^2} 2b \int \theta dx + dt (t_2 - t_1) L_t \quad (v)$$

(7)式より H を求めて (6) 式に代入し境界条件

$$x=0; \theta=0, \frac{d^2\theta}{dx^2}=0, x=L; \theta=0, \frac{d^2\theta}{dx^2}=0 \text{ とし}$$

て (6) 式を解く。

一方 (i) および (2) 式は

$$-S_1(x) = -\frac{Wd - PL}{2} - \frac{\partial}{\partial x} (H_1 \tan \phi_1) \quad (v)$$

$$-S_2(x) = -\frac{Wd - PL}{2} - \frac{\partial}{\partial x} (H_2 \tan \phi_2) \quad (vi)$$

補剛桁にかかる分担荷重を $X(x)$ とすると (v) (vi)

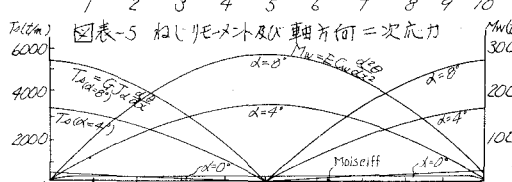
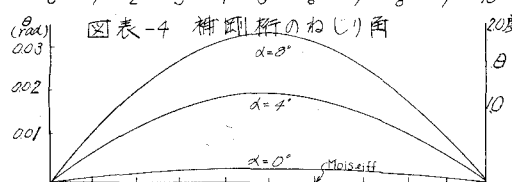
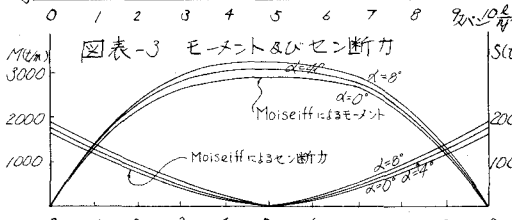
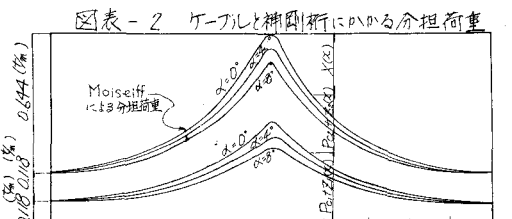
より

$$\frac{1}{EI} \iiint X(x) dx dx dx dx - \frac{1}{H_1} \iint Z_1(x) dx dx$$

$$= \frac{H_1(x) \cdot Z_1(x)}{\frac{1}{2} (Wd - PL - HWb \frac{d^2\theta}{dx^2})} + T \quad (8)$$

$$\frac{1}{EI} \iiint X(x) dx dx dx dx - \frac{1}{H_2} \iint Z_2(x) dx dx$$

$$= \frac{H_2(x) \cdot Z_2(x)}{\frac{1}{2} (Wd - PL - HWb \frac{d^2\theta}{dx^2})} + T \quad (9)$$



4. おまけ 以上の様に迎角を考慮しないと

危険であるので上述の考察が必要である。