

九州工業大学 正 員 ○出光 隆

同 学生員 豊福俊泰

同 学生員 本山裕三

1. まえがき

PCTの全吊索それぞれに等荷重が載荷される場合は、全スパンに等分布荷重が作用するものとして各索の張力を計算している。²²⁾しかしながら、実際の橋梁架設中には、全吊索に同時に荷重が載荷されることはない。したがって、その中の数本の吊索に荷重が載荷された場合には、偏分布荷重が作用するものと考えられる。よって、ここではその時、PCTの各索の張力、サグの変化などをどのようにして求めたらよいか考えてみる。

2. 偏分布荷重の低減率(β')について

PCT(図-1に示す)は各吊索に全てプレストレスが導入されており、上・下索ともそれぞれ図-2に示すように等分布荷重を受けていると考えてよい。図-1のPCTの左岸から数本の吊索に荷重が載荷されたとき、これらの荷重は kl 間に等分布荷重 q として作用し、 q は上・下索にそれぞれ q_u , q_l として分担されるものと考えられる。すなわち、 q が載荷されたとき、上・下索に作用する荷重状態、およびサグの状態は図-3のようになるものと考えられる。この時、下索の分担率、すなわち低減率(β')を次式で求めることにする。

$$\beta' = \frac{\Delta y_l + \Delta e_l}{\Delta y_u + \Delta e_u + \Delta y_l + \Delta e_l} \times 100 \quad (1)$$

ただし Δe_u ; q_u による上吊索の平均伸び

Δe_l ; q_l による下吊索の平均伸び

Δy_u ; q_u による平均上サグ変位

$$\Delta y_u = \frac{1}{kl} \int_0^{kl} (y_u - y_{ou}) dx$$

Δy_l ; q_l による平均下サグ変位

$$\Delta y_l = \frac{1}{kl} \int_0^{kl} (y_{ol} - y_l) dx$$

β' を(1)式のように考える理由は、一般に、柱などの場合荷重分担率は載荷点を境として、それより上、下の部材の変形し易さによって決まるからである。

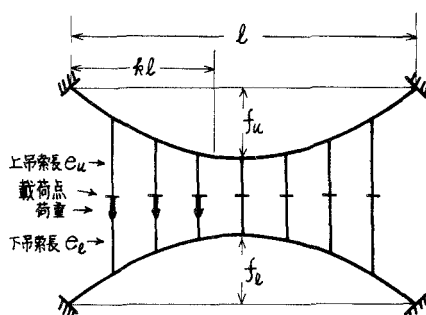


図-1

PCT略図

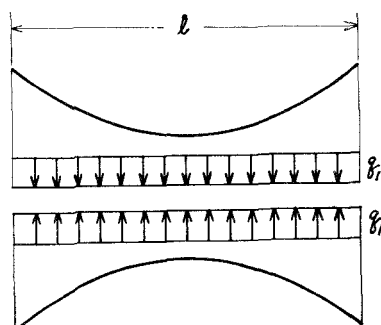


図-2 プレストレスによる等分布荷重

β' の値がわかれれば荷重状態がわかり、各索の張力、サグの変化等を直に求めることができるが、そのためには $g_u \sim (\Delta y_u + \Delta e_u)$, $g_l \sim (\Delta y_l + \Delta e_l)$ の関係を求めなければならない。

3. 偏分布荷重を受けたケーブルの形状

PCITは全ての吊索にプレテンションが導入されており、したがって、上索の場合ケーブルには図-4(a)に示すように等分布荷重 g_1 が作用している。この時ケーブルの形状は次式で表わされる。

$$y_0 = \frac{4f}{l^2} (lx - x^2) \quad (2)$$

これに、さらに図-4(b)に示すように偏分布荷重 g_u (下索の場合 g_l) が作用すれば $g_2 = g_1 + g_u$ (下索の場合 $g_2 = g_1 - g_l$) となり、ケーブルの形状は次式で表わされる。

$$0 \leq x \leq kl \quad y_2 = -\frac{g_2}{2H} x^2 + \frac{l}{2H} \{ (1-k)^2 g_1 + k(2-k) g_2 \} x \quad (3)$$

$$kl \leq x \leq l \quad y_1 = -\frac{g_1}{2H} x^2 + \frac{l}{2H} \{ (1+k^2) g_1 - k^2 g_2 \} x + \frac{k^2 l^2}{2H} (g_2 - g_1) \quad (4)$$

ただし H ; ケーブル張力の水平成分

上式中、 H は未知であるからケーブルの形状を求めるためにはその値を求めなければならない。

Hの計算

図-4(a)の場合、ケーブルの長さ L は

$$L = l \left(1 + \frac{8}{3} n^2 - \frac{32}{5} n^4 + \dots \right) \quad (5)$$

$$\text{ただし } n = \frac{f}{l}$$

となる。この状態から g_1 を取りのぞけばケーブルは無応力状態となり、その長さ L_0 は次式で求められる。

$$L_0 = L - \frac{g_1 l^3}{8fH} \left(1 + \frac{16}{3} n^2 \right) \quad (6)$$

ただし μ ; ケーブルの伸び剛さ

図-4(b)の状態から荷重を取りのぞけば無応力時のケーブルの長さ L_0 は次式で求められる。

$$L_0 = l \left\{ 1 + \sum_{n=1}^{n=\infty} (-1)^{n+1} \frac{\mu_n \phi_n + \nu_n \psi_n}{H^{2n}} \right\} - \frac{H}{\mathcal{E}} l \left\{ 1 + \frac{2}{H^2} (\mu_1 \phi_1 + \nu_1 \psi_1) \right\} \quad (7)$$

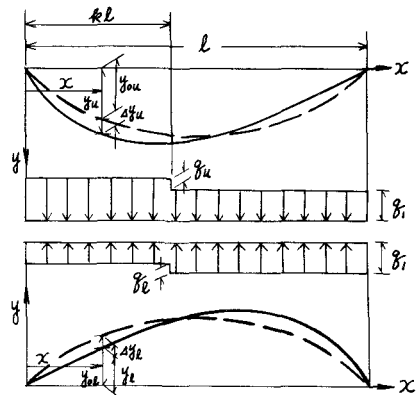


図-3 偏分布荷重載荷時におけるケーブルの状態

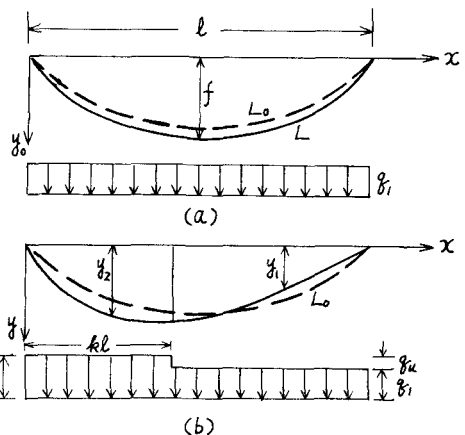


図-4

等分布荷重および偏分布荷重載荷時におけるケーブルの形状

ただし

$$\mu_n = \eta_n \left(\frac{g_1 l}{2} \right)^{2n}, \quad \nu_n = \eta_n \left(\frac{g_2 l}{2} \right)^{2n}$$

$$m = \frac{g_2}{g_1}$$

$$K_1 = K_2 + 2(1-k), \quad K_2 = k^2 m - (1-k)^2$$

$$K_3 = \frac{K_2}{m}, \quad K_4 = 2k - K_3$$

$$\phi_n = K_1^{2n+1} - K_2^{2n+1}, \quad \psi_n = K_3^{2n+1} + K_4^{2n+1}$$

また、 η_n は次表のようになる。

n	1	2	3	4	5	6	7	8
η_n	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{80}$	$\frac{1}{2304}$	$\frac{5}{2304}$	$\frac{7}{5632}$	$\frac{21}{26624}$	$\frac{33}{61440}$	$\frac{429}{1114112}$

式(5),(6)から L_0 を求め、式(7)に代入すれば H を未知数とする式がえられる。普通 $n=8$ までとれば、所要の有効数字で H がえられる。

4. β' の計算法

g_2 を種々変えて、それぞれに対応する $\Delta \bar{y}$ の値を求めると、 $\Delta \bar{e}$ は吊索ケーブルの弾性係数がわかればすぐに求まるから、結局、 $g_2 \sim (\Delta \bar{y} + \Delta \bar{e})$ の関係が求まることになる。その一例を図-5に示す。図-5において $g = g_u + g_l$ とし、 g_u, g_l に対応する $(\Delta \bar{y}_u + \Delta \bar{e}_u), (\Delta \bar{y}_l + \Delta \bar{e}_l)$ を読み、式(1)から β' の値を求める。また、 $\beta' = (g_l/g) \times 100$ から β' の値を求める。その両方の値が等しくなるように g_u, g_l の値を定める。両方から求めた β' の値が等しくなった時、その値が求める β' の値となる。

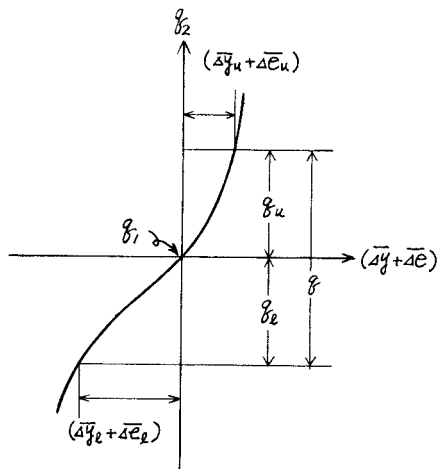


図-5

$g_2 \sim (\Delta \bar{y} + \Delta \bar{e})$ 曲線

5. あとがき

β' の値が求まれば式(6),(7)から水平力 H 、式(3),(4)からサグの変化が容易に求められる。また、図-5の $g_2 \sim (\Delta \bar{y} + \Delta \bar{e})$ 曲線を g の値を種々変えて描いておけば、施工中のどんな状態においてもケーブルの張力、サグの変化がすぐに計算されることになる。また、全吊索に荷重が載荷された場合は $k=1$ となる。したがって、式(7)に $k=1$ を代入すれば L_0 は式(6)と一致する。

なお、現在、偏分布荷重を受けるPC丁に関する模型実験を行ない、理論、実験の両面から検討を重ねている。実験はマンガニン線を用いて行なっている。マンガニン線はケーブルの役目と同時に、

ストレーンゲージの役目もかねているからである。それらの詳細については、講演の際述べることにする。

終りに、種々の計算を手伝って戴いた九工大生・金田誠一君に謝意を表する。

参考文献

- 1) 渡辺，出光，大神，飯田；「プレテンションドケーブルトラス構成による橋梁架設新工法に関する研究」土木学会論文集第 153 号，昭和 43 年 6 月
- 2) 渡辺，出光，吉田，飯田，大神；「PCＴ（プレテンションドケーブルトラス）工法の実施例と長大橋への応用」橋梁と基礎，2-11，昭和 43 年 11 月号