

I-216 偏分布荷重をうけるPCTの解法について

九州工業大学 正員 出光 隆

学生員 本山 裕三

日本道路公団 正員 豊福 俊泰

1. まえがき

PCT工法によって橋梁架設を行なう場合、作業は右岸または左岸のいずれか一方から順次行なうためのPCTには必ず偏分布荷重が作用することになる。その場合、ケーブルの張力、サグの変化などはどの様に計算すれば良いであろうか。ここにその一方法を示し、同時に模型実験との比較も行なってみる。

2. 理論式の誘導

PCT(図-3に示す)の全ての吊索には等しくアレステーションが導入されており、(たがって、上・下索には等分布荷重 g_1 が作用しているものと考えて良い。この時、ケーブルの形状は次式で表わされる。

$$y_0 = 4f/l^2 \cdot (lx - x^2) \quad (1)$$

このPCTの左岸から数本の吊索に荷重が載荷された場合、これらの荷重は kl 間に等分布荷重 g として作用し、 g は図-1に示すように g_u, g_l に分れて...下索に分担される。この時ケーブルの形状は次式で表わされる。

$$y_1 = g_1/2H \cdot x^2 + l/2H \cdot \{(1+k^2)g_1 - k^2 g_2\}x + k^2 l^2/2H \cdot (g_1 - g_2) \quad (2)$$

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

ただし、 H : ケーブル張力の水平成分、 g_2 : 上索の場合 $g_1 + g_u$, 下索の場合 $g_1 - g_l$

上式中の H は次のようにして求められる。いまアレステス導入時の状態から 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。 $L_0 = l(1 + 8/3 \cdot m^2 - 32/5 \cdot m^4 + \dots) - 8l^3/3H^2 \cdot (1 + 16/3 \cdot m^2) \quad (4)$ ただし、 $m = f/l$, $H = E_c A_c$, E_c, A_c はケーブルの弾性係数および断面積、また、偏分布荷重作用時の状態から荷重およびアレステス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。

$$L_0 = l \left\{ 1 + \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n \cdot (\mu_n \phi_n + \nu_n \psi_n) / H^{2n} \right\} - H^2 \cdot \lambda \cdot \{ 1 + 2(\mu_1 \phi_1 + \nu_1 \psi_1) / H^2 \} \quad (5)$$

ただし、 $\mu_n = \eta_n (g_1/2)^{2n}$, $\nu_n = \eta_n (g_2/2)^{2n}$, $\phi_n = K_1^{2n+1} - K_2^{2n+1}$, $\psi_n = K_3^{2n+1} - K_4^{2n+1}$, $K_1 = K_2 + 2(1-k)$, $K_3 = k^2 m - (1-k)^2$, $m = g_2/g_1$, $k = M/N$, N : 全吊索本数, M : 載荷された吊索本数, η_n の値は表-1に示す。式(4)から L_0 を求め式(5)に代入し、 $n=8$ まで計算すれば所要の有効数字で H, y_1, y_2 がえらわれる。 g_u および g_l がわかれば以上のようにして上・下索に働く張力、サグの変化を求めることができる。そのためには下索が分担する率即ち分担率 β を求めれば良い。その式を次に示す。

表-1

n	1	2	3	4	5	6	7	8
η_n	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{80}$	$\frac{1}{224}$	$\frac{5}{2304}$	$\frac{7}{5632}$	$\frac{21}{26624}$	$\frac{33}{61440}$	$\frac{429}{1114112}$

$$\beta = \frac{(\Delta \bar{y}_u + \Delta \bar{e}_u)/g_u}{(\Delta \bar{y}_u + \Delta \bar{e}_u)/g_u + (\Delta \bar{y}_l + \Delta \bar{e}_l)/g_l} \times 100 \quad (6)$$

ただし, Δe_u ; g_u による各上吊索の伸びの平均値

$\Delta \bar{e}_l$; g_l による各下吊索の伸びの平均値

$\Delta \bar{y}_u$; g_u による上サグ変化量の平均値

$\Delta \bar{y}_l$; g_l による下サグ変化量の平均値

$$\Delta \bar{y}_u = \frac{1}{kl} \cdot \int_0^{kl} (y_u - y_{u0}) dx \quad (7)$$

$$\Delta \bar{y}_l = \frac{1}{kl} \cdot \int_0^{kl} (y_l - y_{l0}) dx \quad (8)$$

g_2 を種々変えて, それぞれに対応する $\Delta \bar{e}$, $\Delta \bar{y}$ を前述の式から求め $g_2 \sim (\Delta \bar{y} + \Delta \bar{e})$ 曲線を描けば例えば図-2のようになる。同図において $g = g_u + g_l$ とし, $g_u + g_l$, $g_u - g_l$ 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-6 から β' の値を求める。また, 低減率は下索の荷重の分担率であるから次式からも β' の値が求まる。 $\beta' = g_l/g \cdot 100$ (9) 両方から求めた β' の値が等しくなった時, その値が求める低減率となる。 β' の値が求まれば式(4), (5) から H , 式(2), (3) からサグの変化が容易に求められる。 $g_2 \sim (\Delta \bar{y} + \Delta \bar{e})$ 曲線を見た値を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, サグ変化がすぐに求められる。

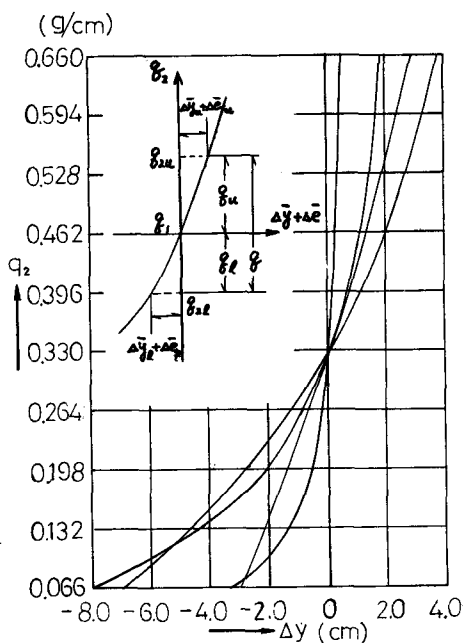


図-2 $\Delta y \sim g_2$ 図

3. 模型実験結果と理論計算結果との比較

模型実験はマンガエン線を用いて行なった。その形状, 寸法を図-3に示す。マンガエン線の ϕ , および直径はそれぞれ, 上下索用 1.01×10^{-5} (φ), 0.10×10^{-1} (cm), 吊索用 3.64×10^{-4} (φ), 0.60×10^{-2} (cm) である。プレストレス量は各吊索 19.8g, 載荷重は 11.7g とした。図-2 はそれらの値を用いて計算した $g_2 \sim (\Delta \bar{y} + \Delta \bar{e})$ 曲線である。また, 同図を用いて計算した H の値を実験結果とともに図-3に示す。

4. あとがき

図-4に示すように理論値は定格的には実験値とよく一致し, ケーブル張力は荷重が全スパンに載荷された場合より, スパンの 60~70% 程度に偏分布載荷されたとき最大となることがわかった。

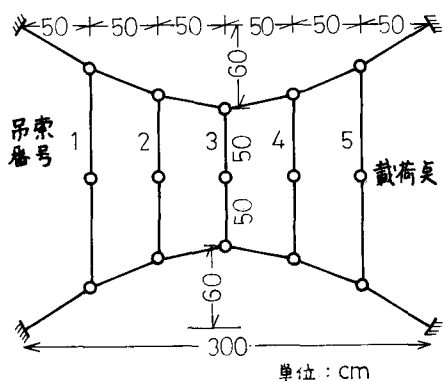


図-3 模型PCT

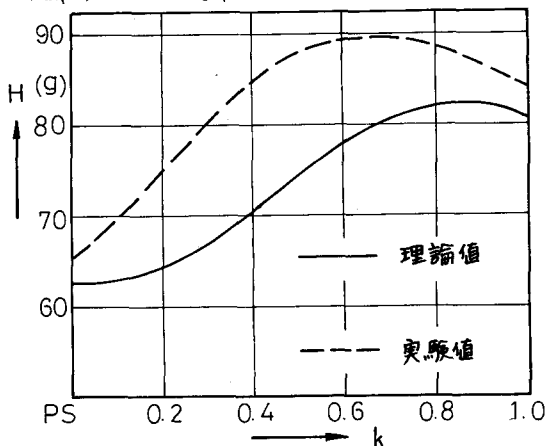


図-4