I-213 橋梁架設用ケーブルグレーンの主ケーブルの計算

滝上工業(株) 正員 熊沢周明
〃 ○安藤浩吉
〃 遠田清

1. まえがき

トラックケーブルは、一般には中央スパンのサグfが所定の長さになるように張り渡され、その後にフックによって吊られた集中荷重が移動するものである。本文ではこの場合のケーブル形状、およびケーブル張力などを求める実用式を示す。また、計算はケーブルクレーンが仮設備であること、およびf/lが小さいものと考えられるので、ケーブルの形状を放物線と仮定している。本文で扱うものは中央スパンが対称なものとし、式中にある記号で添字のついたものは左側スパンに関するものを1、右側スパンに関するものを2とし、右側スパンに関する式は記述を省略した。

2. ケーブルの張り渡し時（図-1）

ケーブル自重を水平等分布荷重に換算した場合、水平張力、および形状の式はつぎのようである。

水平張力； $H = wl^2/8f$ ———— (1)

側スパンサグ； $f_1 = f \cdot w_1/w \cdot (l_1/l)^2$ ———— (2)

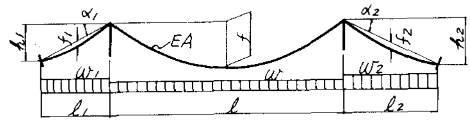
ケーブル長； $C = l\{1+\frac{8}{3}n^2-\frac{32}{5}n^4+\frac{256}{7}n^6\}$, $n = f/l$

$C_1 = l_1\{\sec\alpha_1 + 8n_1^2/3\sec^3\alpha_1\}$, $n_1 = f_1/l_1$ ———— (3)

弾性のび； $\Delta l = Hl/EA\,(1+\frac{16}{3}n^2)$

$\Delta l_1 = Hl_1/EA\,(\sec^2\alpha_1+\frac{16}{3}n_1^2)$ ———— (4)

無応力長； $S = C - \Delta C \quad S_1 = C_1 - \Delta C_1$ (5)



図－1

式(5)の無応力長を用いてマーキングをすることができる。

3. キャリヤにて1個の集中荷重を吊った場合

a)ケーブルが支柱頂部のローラーで支持されている場合(図-2A)；この場合、荷重の載荷によってスパン長の変動はなく、スパン内のケーブル長の変動が生ずる。いま、中央スパンのケーブル長の変動について考えるとつぎのものがある。イ)側スパンの形状の変化によるケーブルののび。ロ)側スパンのケーブルの弾性のび。ハ)中央スパンのケーブルの弾性のび。ニ)中央、側スパンの温度変化によるケーブルののび。これらののびを荷重載荷後のケーブル長から差し引いたもの、すなわち、無応力長が一定であるという条件のもとに以下の式を導く。

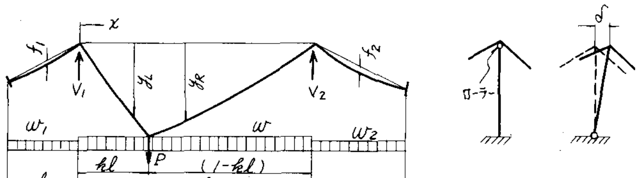
中央スパンの曲線

$y_L = w/2H[\{1+2\mu(1-k)\}lx - x^2]$, $\mu = P/wl$

$y_R = w/2H[\{(1-2\mu k)lx - x^2 + 2\mu k l^2\}]$ — (6)

また、このときのケーブル長は

$C = l + w^2l^2/24H^2 \cdot \gamma^2$ — (7)



図－2

弾性のびは　$\Delta C = Hl/EA(1+w^2l^2/12H^2\cdot\gamma^2)$ 、$\gamma^2=1+12\mu(1+\mu)(k-k^2)$ ——— (8)

つぎに、側スパンのケーブルの変動による中央スパンのケーブルののびは、(無応力長から曲線長に変化するもの)+(弾性のび)+(温度変化によるのび)、すなわち、u_1は

$u_1=\{S_1-(l_1\sec\alpha_1+8n_1^2/3\sec^3\alpha_1)\}+\{Hl_1/EA(\sec^2\alpha_1+\frac{16}{3}n_1^2)\}+(\alpha t S_1)$ 、$n_1=f_1/l_1$ ——— (9)である。

したがって、中央スパンのケーブルについては $C=S+\Delta C+\alpha t S+u_1+u_2$ ——— (10)が成り立つ。この式をHについて整理すると、$Z_1H^3+Z_2H^2+Z_3H+Z_4=0$, $f_1=w_1l_1^2/8H$, $f_2=w^2l_2^2/8H$ ——— (11)となる。

ここに、$Z=1/EA\{l_1(\sec^2\alpha_1+\frac{16}{3}n_1^2)+l_2(\sec^2\alpha_2+\frac{16}{3}n_2^2)+l\}$ 、$Z_2=\Sigma S(1+\alpha t)-l-l_1(\sec\alpha_1+8n_1^2/3\sec^3\alpha_1)-l_2(\sec\alpha_2+8n_2^2/3\sec^3\alpha_2)$、ただし、$\Sigma S=S+S_1+S_2$ 、$Z_3=w^2l^2/12EA\cdot\gamma^2$、$Z_4=-w^2l^3/24\cdot\gamma^2$ である。

式(11)の連立方程式を解けば、H、f_1、f_2を求めることができるが直接解くことは困難であるので、つぎのような実用的なくり返し計算をするいよい。

1)側スパンが直線であると仮定する。すなわち、$n_1=n_2=0(f_1=f_2=0)$としてHを求める。2) 1)で求めたHを用いてf_1,f_2を求めこれらより再びHを求める。3) 2)を数回くり返す。一般にはケーブル自重に比して集中荷重が大きいので才1近似解でも実用的な値が得られる。このHを式6)~9)に代入すればそれぞれの値を求めることができる。また、塔頂反力$V_1=H(\tan\alpha_1+\tan\alpha_{01})$ 、ケーブル最大張力$T_1=H\sec\alpha_1$または、$T_{01}=H\sec\alpha_{01}$ 、ただし、$\tan\alpha_{01}=wl/2H\{1+2\mu(1-k)\}$、$\tan\alpha_{02}=wl/2H\{1+2\mu k\}$である。

b)ケーブルがロッキングタワー(揺柱)で支持されている場合(図-2B)；この場合は荷重の載荷によって各スパン長は変動(塔頂の水平移動)するが、各スパンのケーブル無応力長は一定である。いま、(図-2)に示す各スパン長l, l_1, l_2を荷重載荷後の値とすれば、式(6)~(8)はa)の場合と同一である。また、中央スパンのケーブル長に関する式、式(10~11)は側スパンに関する項がなくなり、式(11)のZは、$Z_1=l/EA$、$Z_2=S(1+\alpha t)-l$、$Z_3=w^2l^3/12EA\cdot\gamma^2$、$Z_4=-w^2l^3/24\cdot\gamma^2$となる。一方、側スパンのケーブル長に関する式が追加されて、$l_1\{\sec\alpha_1+8n_1^2/3\sec^3\alpha_1-H/EA(\sec^2\alpha_1+\frac{16}{3}n_1^2\}-S_1(1+\alpha t)=0$、($l_2$についても同様) ——— (12)が成り立つ。したがって、式(11)と(12)の連立方程式を解けば、H、および各スパン長が求められて、以下a)の場合と同様である。また、これらを直接解くことは困難であるので、a)の場合と同様くり返し計算を行うとよい。1)塔頂が移動しない(スパン変化がない)と仮定して式(11)よりHを求める。2)このHを用いて式(12)よりl_1, l_2を求め、再び式(11)よりHを求める。3) 2)をくり返して、式(11)(12)を実用的に満足するまで計算する。

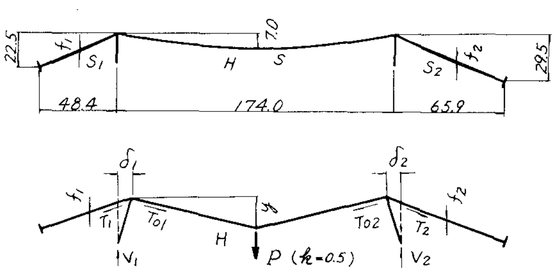
4. 計算例(図-3)、()内はHの才1近似解

ケーブル張り渡し時；$EA=6400^t$、$f=7.0m$

ケーブル単位重量 $g=0.00737^t/m$ に対して$H=4.002^t$

$f_1=0.595m$、$f_2=1.096m$、$S=174.638m$、$S_1=53.352m$、$S_2=72.189m$

荷重載荷時；$P=4.862^t$、$t=0°C$、中央スパンの付属荷重 $g=0.00226^t/m$ に対して、(図-2A)の場合、$H=20.902^t(21.201^t)$、$f=11.869m$、$f_1=0.114m$



図−3

$f_2=0.210m$、$V_1=12.989^t$、$T_1=23.050^t$、$T_2=22.901^t$、$T_{01}=21.157^t$、$\delta_1=\delta_2=0$、(図-2B)の場合、$H=20.688^t(23.527^t)$ $f=11.961m$、$f_1=0.116m$、$f_2=0.213m$、$V_1=12.853^t$、$T_1=22.799^t$、$T_2=22.651^t$、$T_{01}=20.945^t$、$\delta_1=0.185m$、$\delta_2=0.266m$

参考文献；吉町太郎一著、鋼橋の理論と計算・川田忠樹著、吊橋の設計と施工