

。本回公団 正員 多田一正
本回公団 正員 林有一郎

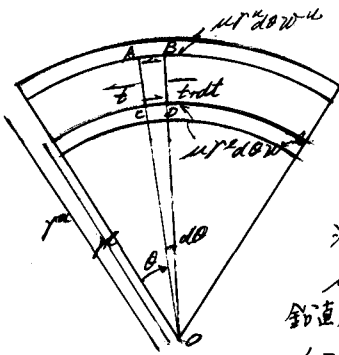
1. はなごき

吊橋の主塔には、側径間比が小さい、塔のバネ剛性が大きい場合などに、ケーブルとサドルの間の滑りが問題となることがある。このような場合の対処方法として考えられる一つの方法に、サドル内にサドルと剛結された水平スパーサー、又は鉛直スパーサーにより摩擦力の増大を計る方法がある。

前者の水平スパーサーを用いた例としてドイツの Severinsbrücke、我國の未広大橋があるが、理論としては、筆者らの知る限り、文献 1) しか見当らない。本報告は水平スパーサー式摩擦サドル（以下 摩擦サドルと称す）の理論について一提案を行なうものである。

2. 2面摩擦の場合の釣り合い方程式

円弧形状の摩擦面が上下2面有る場合の釣り合い方程式を示す。この時、上面摩擦面の上面には、更にケーブルが存在するものとする。



左図に於いて各記号を次の様に定義する

t : 注目ケーブル AC 断面の張力

t^u : 注目ケーブルより上側のケーブル張力の総和

μ : 注目ケーブルと摩擦面の摩擦係数

W^u : AB 面の鉛直圧、 W^l : CD 面の鉛直圧

r^u : 上面摩擦面の曲率半径、 r^l : 下面摩擦面の曲率半径

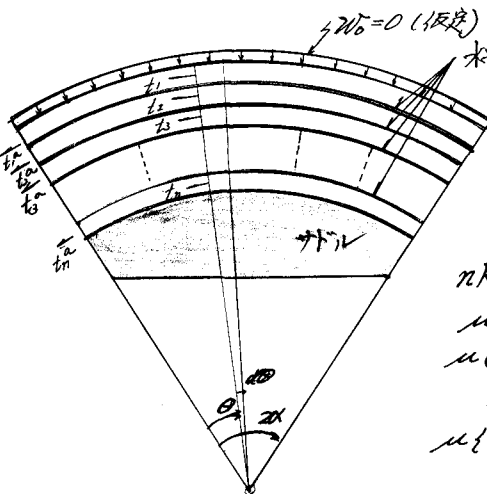
注目ケーブル部分の摩擦釣り合い式は

$$\mu r^u d\theta W^u + \mu r^l d\theta W^l + dt = 0$$

鉛直圧とケーブル張力の関係 $W^u = \frac{t^u}{r^u}$, $W^l = \frac{t^l}{r^l}$ を代入する。

$$\mu \{ 2t^u + t \} + \frac{dt}{d\theta} = 0 \quad (1) \quad \text{と得る。}$$

3. 多層スパーサーの場合



2面摩擦の基本式 (1) を用いて多層スパーサーを用いた場合の摩擦サドルに適用する。この場合、部分ケーブル面に挿入される水平スパーサーは剛

体と仮定し、スパーサーとサドル壁を固定することによって、スパーサーの接触方向変位は拘束されているものとする。即ち、発生摩擦力はスパーサーからサドル壁体を通じて、塔へ伝達される。

n 層の部分ケーブルに成立する釣り合い式は

$$\mu t_1 + \frac{dt_1}{d\theta} = 0$$

$$\mu (2t_1 + t_2) + \frac{dt_2}{d\theta} = 0$$

$$\mu \{ 2(t_1 + t_2 + \dots + t_{n-1}) + t_n \} + \frac{dt_n}{d\theta} = 0$$

$$\mu \{ 2(t_1 + t_2 + \dots + t_{n-1}) + t_n \} + \frac{dt_n}{d\theta} = 0$$

第1層
第2層
⋮
第n層
第n層

t_i^L ($i=1, 2, \dots, n$) ; 左側のサドル端部より θ の回転に部分のケーブル張力

t_i^R ($i=1, 2, \dots, n$) ; 左側のサドル端部のケーブル張力であり、既知とする。

(2式を、オー層より、初期条件 t_i^L を与えて、解き、次にオ2層を同様にして解く事を出す。
オ5層まで漸化的に解いて結果を示す。

$$(3) \begin{cases} t_1 = t_1^L e^{-\mu\theta} & t_2 = t_1^L e^{-\mu\theta} - 2\mu t_1^L \theta e^{-\mu\theta} \\ t_3 = t_1^L e^{-\mu\theta} - 2\mu(t_1^L + t_2^L) \theta e^{-\mu\theta} + 2\mu^2 t_1^L \theta^2 e^{-\mu\theta} \\ t_4 = t_1^L e^{-\mu\theta} - 2\mu(t_1^L + t_2^L + t_3^L) \theta e^{-\mu\theta} + 2\mu^2(2t_1^L + t_2^L) \theta^2 e^{-\mu\theta} - \frac{4}{3}\mu^3 t_1^L \theta^3 e^{-\mu\theta} \\ t_5 = t_1^L e^{-\mu\theta} - 2\mu(t_1^L + t_2^L + t_3^L + t_4^L) \theta e^{-\mu\theta} + 2\mu^2(3t_1^L + 2t_2^L + t_3^L) \theta^2 e^{-\mu\theta} \\ \quad - \frac{4}{3}\mu^3(3t_1^L + t_2^L) \theta^3 e^{-\mu\theta} + \frac{8}{15}\mu^4 t_1^L \theta^4 e^{-\mu\theta} \end{cases}$$

4 スペースを2枚設ける場合の計算例

水平スペースを2枚設けるものとし、スペースにより、分割される部分ケーブルの本数と等しくすることにより、サドルの左端と右端では、各層ケーブル張力が等しくなる場合を考える。即ち、サドル各層の左端ケーブル張力を t_i^L とし、右端ケーブル張力を t_i^R とおくと、 $\beta < 1$

左端の境界条件より定まる左側ケーブルの張力は(3式を用いることにより)

$$t_1^L = t^L e^{-\mu\theta}, \quad t_2^L = t^L e^{-\mu\theta(1-2\mu\theta)}, \quad t_3^L = t^L e^{-\mu\theta(1-4\mu\theta+2\mu^2\theta^2)}$$

同様にして右端の境界条件より定まる右側ケーブルの張力は

$$t_1^R = \beta t^R e^{-\mu(2\alpha-\theta)}, \quad t_2^R = \beta t^R e^{-\mu(2\alpha-\theta')} \{1-2\mu(2\alpha-\theta')\}$$

$$t_3^R = \beta t^R e^{-\mu(2\alpha-\theta')} \{1-4\mu(2\alpha-\theta') + 2\mu^2(2\alpha-\theta')^2\}$$

摩擦係数 $\mu = 0.15$ とし、 $\beta = 0.95$ とした場合

の各層のケーブル張力を右図に示す。

スペース2枚を設けた結果、下層ケーブルの張力は、上層ケーブルの張力に比して、大やに減小している。又、 t_i^L と t_i^R ($i=1, 2, 3$) の交点は、摩擦力の方向が逆転する部分であり、下層のケーブルほど、ケーブル張力の大きい左側方向へ摩擦力の逆転部が移行していることを示している。

5. おわりに。

本文は、サドル内に水平スペースを設けることにより、摩擦力の増大効果と期待する場合のケーブル張力の变化も算定したものである。

円弧サドル上の多層ケーブルの張力伝達に関する基礎実験を併せて実施しているので、今後は、この実験とも対比させて、摩擦サドルの摩擦伝達力を検討する予定である。

参考文献

- 1) 「米島四郎の吊橋(第)中央橋脚サドル内における摩擦力によるケーブル張力差の導得とその影響問題」
- 2) 平井敦 鋼橋工。中山武志 (公国資料)。
- 3) 中山武志、横波義平、堂垣内光弘、「摩擦サドル下における力の伝達機構について」 前同年第1報告。

