

I-184 吊橋ケーブルと塔頂サドル間におけるマサツ現象

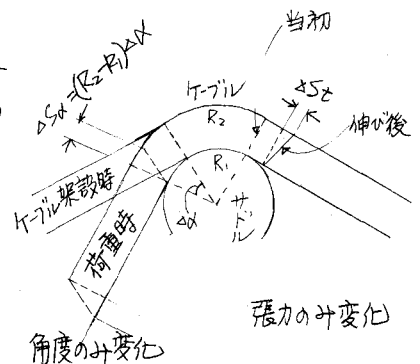
1 はじめに-----一般に吊橋とマサツと云えばケーブルとケーブルバレットのマサツがおけるが、これについては多くの文献等があるようだが、塔頂サドルとケーブルのマサツについてはあまり問題視されていない文献等もあまりないようである。ケーブルの設計ではサドル端でピン結合、サドル内ではサドルと一体化したものと行なわれているようである。しかし実際のケーブルはサドル上にただ置いてサドルとは機械的には何んら結合もしてない。赤の他人のため、その間における力のやりとり、変形関係には一応の整理が必要である。

2 ケーブルとサドル間における力学的な諸現象-----サドルの一番大きな役割はケーブルの鉛直反力をタワート伝えるものであるが、これ以外の力学的な諸現象としては次の3つが考えられる。① サドル両側のケーブル張力差の保持(死荷重、活荷重と塔剛度による張力差との関係)② サドル内ケーブルの張力変動(サドル内ケーブルの相対滑り、相対活動滑り、シヤクトリ虫移動現象)③ サドル内ケーブルのサドルに対するケーブル入射角の変動(ケーブルの曲げ応力→素線張力の断面方向への変動、これによる上記①、②への影響)

3 マサツの役割(上記に対する)-----上記①②に対するマサツの役割はサドル両側のケーブル張力差をサドル内にて確実に保持することであり、このマサツがなければ長大吊橋成立は実質不可能に近くなり吊橋にとって有利なマサツである。上記③に対するケーブル素線間のマサツはケーブルの曲げ応力を大巾に増大させケーブルの安全率を低下させる有害なマサツであるが、これには要に応じてマサツ力を減少させることが可能である。

4. マサツ力の伝わり方-----ケーブル張力差がサドルとのマサツ力にて保持される現象を説明するには、マサツ面の位置、マサツ力の分布の2点より整理する必要がある。①ケーブルが単体の場合にはマサツ面はケーブルとサドルの接触面に存在するが、ケーブルが素線の集合体ではマサツ面はすべての素線間並びに素線とサドルの接触面に存在する(マサツ係数並びにサドル外素線張力は等しいとの仮定、以下同じ)②上記各マサツ面におけるマサツ力はケーブル張力大小とは無関係にすべて最大マサツ力である。③上記各マサツ面では各々滑り出し状態にあるが、その滑り量の最大は素線とサドルとの接触面にて生じており素線間の滑り量は上記に比して無視される量である。④サドル内における各素線の張力は等しく、ケーブル方向にはオイラーのベルト掛け理論 $T_2 = T_1 e^{\mu \alpha}$ に変化する(T_1 :サドル外素線張力、 T_2 :サドル内張力、 μ :マサツ係数、 α :サドル端よりある点までのサドル内ケーブルの接触円周角)⑤マサツ力による力の集中現象等は最大マサツ力までであり、それ以上の集中が発生することはない。即ちマサツ力による力の伝達現象はその伝達力が常に最大マサツ力以下と云う確実な安全率のもとにおける伝達現象であると云える。

5 サドル内並びにその近くにおける素線張力の変動(断面方向)-----ケーブル架設完了時ではサドル端における各素線の張力は等しいが、その後荷重の増大によりサドル内ケーブルはケーブル方向の伸びと、サグ変化、塔傾斜によるサドルとの相対角変化を起すが、これにともなうケーブル上局部と下局部の曲率差による素線長の差が生じる。サドル外素線間にはマサツ力がないとこの差はケーブル全長に伝達されサドル端各素線張力は等しい。サドル外素線間にはマサツ力があると(ランペングワイヤー、ケーブルバレットのしめ付)この素線長の差はある区画内に



おける応力歪として吸収されるが、これにともなうケーブルの曲げ剛度の発生、前記区間長の分布は素線同しめ付力と吊橋全体系とのつり合いにて定まるものである。筆者は現在この理論式の誘導と検討中であるが、ある仮定のもとでの試算によると、下端素線の張力差は予想外に大きく、今後サドル近くのラッセルグワイヤー、ケーブルバネのしめ付りの廃止が検討される時が来るものと信じられる。

6 荷重変動にともなうサドル内ケーブルのサドルとの相対滑り量、活動量、シヤクトリ虫移動現象、----

死荷重時、活荷重時におけるサドル内ケーブルの変形(伸び)に対してサドルの変形が直従しないため(約数十分の1)両者の接触面では相対滑りが発生する。これは1回限りのもので「気」することはないが、荷重変動による活動量には素線のマモウ等が考えられる。活荷重解放時にもマサツ力は左方向(縮み防上方向)に作用するのでサドル内ケーブルの張力分布は当初の死荷重状態(外吊橋)には戻らない。そこでこれらの関係式の誘導を行う過程で判明したことから、サドル内ケーブルは活荷重時の活動量(伸び)が解放時の戻り量(縮み)より常に大でケーブルはシヤクトリ虫の如くサドル上を張力方向に移動するケースがあり今後の検討事項と思われる。以上のことから内吊橋の主塔サドルについて数値計算を行うと以下の通りとなった。(なおこの数値計算には前記(5)のケーブルの曲げ応力は無視されているのでこれを評価すれば少し違った数値となる)

相対滑り量(mm) ()内はサドル変形を評価、右同じ			活動量		シヤクトリ虫移動量(非可逆滑り)	
ケーブル架設時 1.36 (1.33)	死荷重時 7.69 (7.48)	活荷重時 9.19 (9.0)	荷重解放時 -0.49	再載荷 1.14 (0.79)	活荷重載荷・解放 0.65 1回当り	(0.37)

7 ケーブル張力差とマサツ上から見た曲げ剛度の無視される塔と無視されない塔との相違点、-----一般に3径間吊橋の塔は橋軸方向の剛度は実質ゼロに近いに対して多径間吊橋の中央塔は吊橋の変形を抑える意味で剛度を上げる時がある。この時の両者の相違点を記す。① 張力差発生原因の差、前者は主として塔へのケーブル入射角の差、後者は塔剛度と活荷重による。② 前者では常時(死荷重時)張力差が発生、後者は活荷重時のみ発生。③ よって滑り安全率が同じ2.0の場合でもマサツ係数が当初の0.2より0.1以下になると前者は死荷重で落橋するが後者は死荷重では問題なく活荷重も0.1まで載荷可能。④ サドル上で滑りが発生した時後者ではその滑り量により構造系として安定化の方向(滑りが止まる方向)に向かう、前者では不安定化の方向(落橋)に向かう。⑤ ④からして前者と後者は滑り安全率について別個の考えが成立する。例えば前者ではシヤクトリ虫現象防止等から滑り安全率を一般に云われている2.0より3.0~4.0と上げるに対して後者では1.2程度まで下げること考えられる。但しこの時の安全率照査用活荷重としてはガーダー橋設計のもので行うべきかも知れぬ。⑥ マサツ力の伝達機構については両者の間には差違はない。(常時作用力と活荷重時作用力の差のみ)

8 マサツ力増大対策-----塔サドルでのマサツ力が保持するに必要な張力差に対して不十分な時にはマサツ力を増大することも考えられべき。方法としてはマサツ係数を増大することは困難なため、接触圧を増大することも考えられるが、それには新たな外力を加える方法と、外力を加えずケーブル張力の有効な利用(接触圧を減することなくマサツ面積を増大させる)が考えられ、後者の結果共に不確定な要素の少ない確実な方法と思われる。特に前記の多径間吊橋の中央塔のように活荷重時のみ張力差が発生する場合にはこの方法が確実に適用される。その構造等がマサツ力の問題から制約を受けることは実質上より得ないものと思われる。(30で)

9 おわりに-----以上は私の個人的な検討結果、云々は自説を述べたものである。今後皆様の御意見と実験による検証が重要と思われる。しかし私にとってはこれにて吊橋ケーブルとサドル間の応力伝達にかかわる一連の諸現象についての考え方がある程度整理がついたものと思われる。ここ30~40年間の基本的な変化が少なく一見壁に当たっているかのように思われる現在の吊橋の今後の改善にこれが何んかの参考となればうれしう話してやる。