

I-249 吊橋塔頂サドルとケーブルの摩擦とすべり

東京工大 学生員 酒井正和 東京工大 正会員 森 猛
新日本技研 正会員 竹名興英 首都高速 正会員 小島 宏

1. はじめに

吊橋塔頂サドルとケーブルの摩擦抵抗は、吊橋の安全性を確保する上で非常に重要な役割を果たしている。特に、側径間比の小さな吊橋の場合にはケーブル左右の張力に差がでるため高い摩擦抵抗が必要となる。設計における摩擦係数は、通常0.15が用いられるが、それ以上の摩擦係数を設計に採用するためには実験等により確認することが要求されている。しかし、吊橋のケーブルは1～2万本の素線を束ねているため、ケーブル素線間の応力伝達は複雑であり、摩擦抵抗力の精度よい予測は非常に難しい。本研究では、塔頂サドル部をモデル化した実験および解析を行い、各種の条件下での摩擦係数を調べるとともにケーブルとサドル間に滑りが発生するまでのケーブル内部の素線の動き、及び内部応力の変化に着目する事により摩擦抵抗メカニズムの検討を行った。

2. 塔頂モデル試験

図-1に塔頂モデル試験体を示す。図-2に試験に用いたケーブルおよびサドルを示す。

試験方法は、まず、架台にサドルとケーブルをセットし、左側のセンターホールジャッキ(20ton)でケーブルに張力を導入した後、ケーブル端部を固定し張力を保持する。次におもりによりサドルに回転力を加え、左右のケーブルの張力にアンバランスを発生させる。おもりはケーブルが完全に滑るまで増加させた。試験には直径5mmの素線を用いた。素線の表面は亜鉛メッキされている。試験は表-1に示すようにサドルの表面状態、ケーブルの本数および段数、ケーブルとサドル間の接触圧の条件を変え5ケース行った。ケーブルの張力測定は、ケーブル端のロッドに張り付けたひずみゲージにより行った。滑り量の測定はケーブルとサドル間に挟んだクリップゲージにより行った。

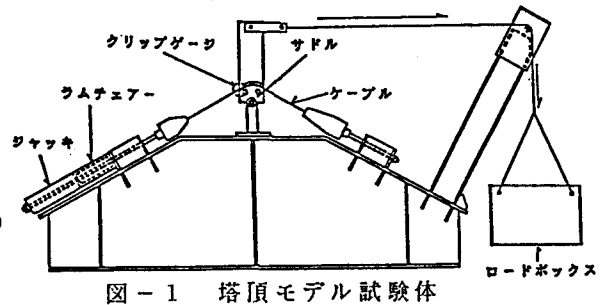


図-1 塔頂モデル試験体

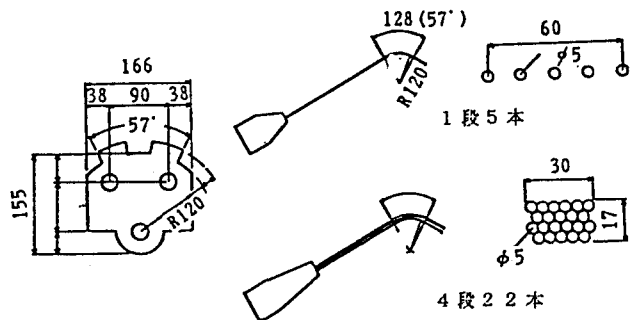


図-2 サドルおよびケーブル

表-1に示すように各試験条件における最大摩擦係数は、ケーブルの本数および段数、亜鉛溶射量などが増加するのに伴い大きくなった。亜鉛溶射量の増加に伴う最大摩擦係数の増加は、ケーブル底面の接触面積が増えたためと考えられる。

3. 塔頂サドル部におけるケーブルの摩擦抵抗メカニズム

図-3に解析モデルを示す。解析はケーブル4段の試験体を対象として行った。解析では、1本のケーブルを5層の2次元平面応力要素にモデル化した。ケーブル間の接触はギャップ要素を用いてモデル化した。ケーブルに作用する張力は、剛体要素を通して伝達されるようになっており、ケーブル左右から張力を作用させ、試験のシミュレーションを行った。剛体要素とケーブルはトラス要

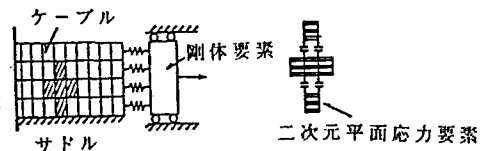


図-3 解析モデル

素により連結した。また、接触圧となる上からの圧縮力は塔頂モデル試験と同じ曲率半径120mmの曲がりを持たせたケーブルモデルにより解析を行い求めたものを用いた。

図-4、5に試験結果の一例（試験ケース

表-1 塔頂モデル試験条件および試験結果

試験ケース	接触圧 (ton/cm)	サドルの表面	ケーブル	最大摩擦係数
1	0.1	機械仕上げ	1段5本	0.366 ± 0.026
2	0.1 0.2	機械仕上げ	4段22本	0.481 ± 0.019 0.419 ± 0.044
3	0.1 0.2	亜鉛溶射 (1200g/m ²)	4段22本	0.481 ± 0.019 0.388 ± 0.032
4	0.2	亜鉛溶射 (1800g/m ²)	4段22本	0.439 ± 0.033
5	0.2	亜鉛溶射 (2400g/m ²)	4段22本	0.445 ± 0.046

3) および解析結果を示す。図-4に示す試験結果は滑り量と摩擦係数の関係を示している。滑り量はクリップゲージにより測定し、また摩擦係数は $\mu = \ln(T_1/T_2)/\theta$ （オイラー式）より求めた。 T_1 、 T_2 はケーブル左右の張力、 θ はサドルの中心角である。

図-5に示す解析結果は試験結果の図中の(a)、(b)、(c)の状態における各段のケーブルに作用する摩擦抵抗力の分布を示している。(a)はケーブルの左右に等しい張力が作用している状態、(b)はケーブルの微小滑りが発生した状態、(c)はケーブルが完全に滑り出した状態である。(a)の状態での摩擦抵抗力の分布はサドル中央で逆向きとなっている。(b)の状態では、ケーブルサドル間の摩擦抵抗力の向きが変化する位置が張力減少側へとずれる。また、張力減少側サドル端でも抵抗力の向きが変化する。(c)の状態では、ケーブルサドル間の抵抗力はすべて同じ向きになる。この状態でもケーブル間の抵抗力はあまり作用せず、ケーブル全体の張力差のほとんどは最下段のケーブルで受け持っている。

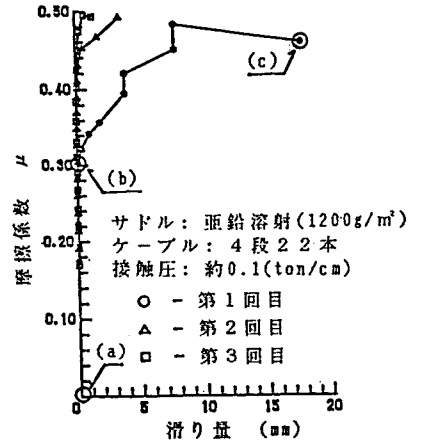


図-4 試験結果

4. 結論

以上の実験および解析によりケーブルサドル間の摩擦抵抗メカニズムがある程度明らかになったといえる。また、摩擦抵抗力は、そのほとんどがサドル底面の状態で決定されると思われる。

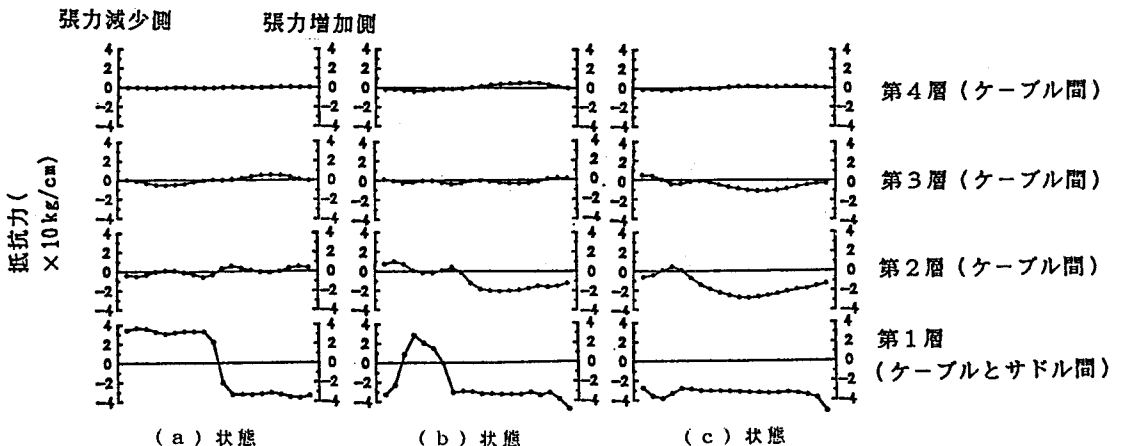


図-5 解析結果