

本州四国連絡橋公団 ○ 正員 中山 武 志
 本州四国連絡橋公団 正員 榎 波 義 幸
 新日本製鉄株式会社 正員 堂垣内 光 弘

1. まえがき ; 現在、広く用いられている摩擦力を応用した接合法として、一般の吊橋においてもサドルやケーブルバンド等とケーブル素線との接合がある。この摩擦力の機構を説明することは、ケーブルの2次応力の問題や塔頂サドルのケーブルの滑りの問題等の、吊橋を構成する部材個々や吊橋全体の系の力学的特性を考慮する上で寄与する所が大きいものと思われる。この様な背景から、摩擦現象をとらえる第一段階として、摩擦抵抗下における基本的な力の伝達機構について、種々の仮定のもとに理論的な解析を行なうとともに、実験により検証した結果を報告するものである。

2. 力の伝達機構の基本的な理論 ; 摩擦力が作用する力学系において、その基本となっている理論はクーロンの法則であり、この法則を利用して以下の理論を展開する。まず、図-1に示す様な単体の張力分布は、単体のセン断変形を無視し、また摩擦面を形成する部材(例えばサドルやケーブルバンド)の変形剛度が摩擦面上にある部材(例えば素線)の変形に対して十分大きいものと仮定すると(素線のみの変形を考える)、完全に滑り現象が生じている場合の張力の分布は、

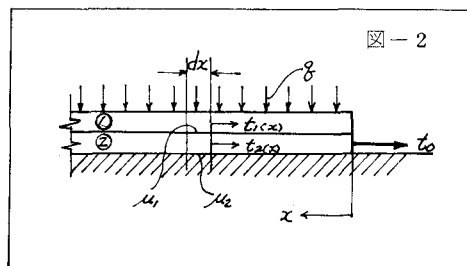
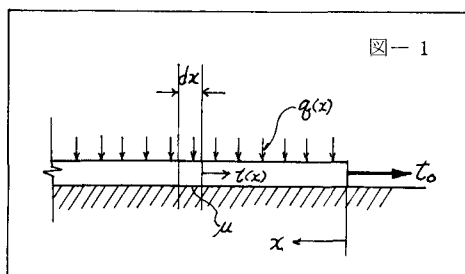
$$-dt = \mu \cdot q(x) \cdot dx \text{ となり、 } q(x) \text{ が一定で、}$$

$$x=0 \text{ で } t=t_0 \text{ ならば } t(x) = t_0 - \mu \cdot q \cdot x$$

なる直線分布となる。従って、例えば吊橋の場合のケーブルが完全なる集合体(各素線の張力に差がない)である場合に、付加張力が各素線とも同一であるならば、その張力分布は直線となる。

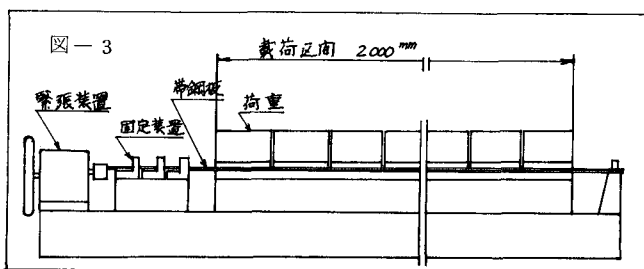
次に多層間の張力関係については、素線間に張力差がある場合には、各素線間の摩擦力(摩擦係数)の相関々係から、素線間同志で張力が移行されることが考えられる。

例えば、図-2に示す様なモデルの場合、部材②から部材①に導入される張力は、微小区間 dx では、部材①と部材②との摩擦係数 μ_1 によって、最大値で $q \cdot dx \cdot \mu_1$ であり従って、 x 点では最大 $t_{1(x)} = q \cdot \mu_1 \cdot x$ なる張力が導入される事となる。また部材②については、摩擦係数 μ_1, μ_2 によって $t_{2(x)} = t_0 - (\mu_1 + \mu_2) \cdot q \cdot x$ となる。この様に摩擦によって張力の移行が行なわれるが、摩擦抵抗は各部材の張力を平衡化する様な働きをなす事となる。



3. 摩擦抵抗下における力の伝達実験 ;

上記2.に示した現象を調査するために図-3に示す様な、等分布の鉛直荷重載荷によって摩擦抵抗力を与える実験装置を用いて、張力の分布を測定した。なお、供試体は幅1cm×厚0.08cmの帯鋼板であり、



これを1層ないし3層に重ねてその上に荷重を載荷した。また、張力の分布状態は、鉛直載荷区間の1/10点毎に帯鋼板に貼付したストレインゲージによって求めた。

実験は表-1に従って、種々の形態の張力導入方式について行なった。

実験の結果は以下の如くである。

①1層のみおよび3層同時に張力を導入した場合； 図-4に示す如く、導入張力 t_0 によってほぼ直線的な張力分布が得られた。また、3層同時に同張力を導入した場合にも、3層とも各点で同張力となり、分布も直線的となった。

②3層のうち1層または2層同時に張力を導入した場合；一例として図-5に3層の内最下層に張力を導入し、他の層には張力を導入しなかった場合の測定結果を示す。

図-5より1層（この場合最下層）に張力を導入した場合には、他の層（この場合上、中層）に明らかに張力が導入されている事がわかる。この事は各層間の摩擦力が張力の導入されていない層（低張力層）へ張力を移行させる様に働いている事を示している。また、張力導入点（ $x=0$ ）から各層の張力が等しくなる点までこの張力移行が行なわれ各層の張力が等しくなると上記①と同様、一体化となって同張力、同分布になった。

③段階的に3層に張力を導入した場合；図-6に3層同時→2層同時→1層と張力の導入方法を段階的とした結果を示した。3層同時では上記①と同じ張力分布となり、その後2層（上部2層）、1層（最上層）と段階的に張力を導入していくと下層への影響としては、下層の張力分布が平坦化される傾向が観察された。

4. まとめ； 以上の様な簡略化モデルによる実験により定性的に以下の事が判った。単体（ケーブルも単体であると思われる場合）において均一な摩擦力のもとでは直線的な分布となるが、複合体で付加張力が均一でない場合には、各部材間の摩擦力によって他層の張力に影響を及ぼすことが考えられる。

例えば吊橋のケーブルの変形（角度変化）などによる素線への不均一な張力導入の際にサドルやケーブルバンド内の張力分布は各素線間摩擦および素線とサドルまたはケーブルバンドとの接触面の摩擦の複合した力学系によって種々の形式となり、このため単純に導入張力と相似形の分布になるということはないことが考えられる。このため筆者らは主として吊橋の摩擦接合方式の安全性および各構造部材の設計法等に反映させるべく、理論的解析とともに実験データによる検証を進めており、後日その結果を報告する所存である。

実験ケース	内 容
単体に張力を導入	1層または3層同時に張力を導入し単体の張力分布を調査する。
3層の各層別に張力を導入	3層のうち1層あるいは2層同時に張力を導入し、他層への影響を調査する。
3層各々に段階的に張力を導入	張力の導入が各層へ別々に行なわれた場合の各層の張力に及ぼす影響を調査する。

表-1

