

技術紹介

長大人道吊橋の構造解析

～非対称耐風索を有する吊橋の構造解析手法～

Analysis of Pedestrian Suspension Bridge

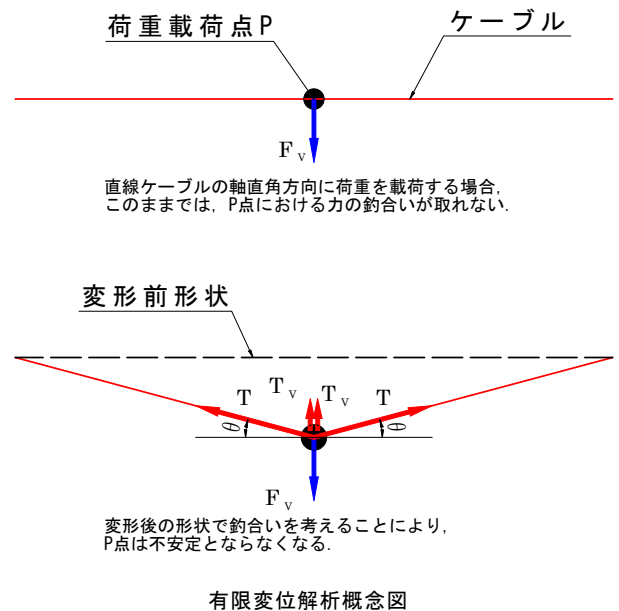
上野 勝敏 *1
Katsutoshi UENO

藤田 英樹 *2
Hideki FUJITA

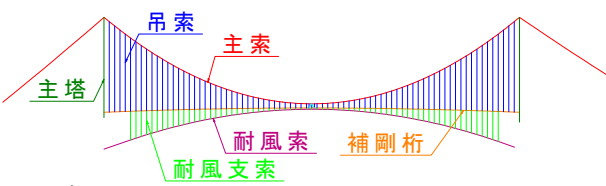
はじめに

吊橋の設計を行う場合、精緻性・経済性の観点から、有限変位理論に基づいた構造解析を実施する必要があります。この際、吊橋固有の設計の仮定を満足させるためには、形状決定解析を行い初期応力状態を設定することが重要な作業となります。長大人道吊橋では、比較的軽量の補剛桁が採用されていることから、耐風安定性を確保するために耐風索が設置されます。しかし、この耐風索に与えられる初期プレストレスにより、形状決定解析はより複雑なものとなります。本稿では、下図のように現地の地形的制約条件を受けて、非対称耐風索を採用した人道吊橋の形状決定方法について紹介します。

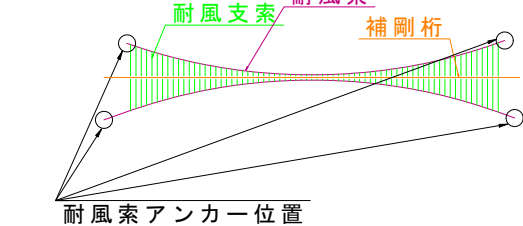
きい構造物では、補剛桁のたわみ値＝キャンパー値とはならず、変形後の形状を用いてつり合い式を立てる、いわゆる有限変位理論に基づいた解析によって変位量を計算しなければなりません。



全体側面図



耐風索面平面図



非対称耐風索を有する吊橋

2.形状決定の手順について

一般的な吊橋では、死荷重時には主ケーブルが全荷重を担って補剛桁が無応力状態となる力学的特性を有することが知られており、これまで数多くの吊橋の解析上の仮定条件として反映されています。この仮定に従えば、初期状態の補剛桁各節点の座標および各部材の無応力長は、製作形状に対応する無応力状態のものと同一であり、通常は設計当初に定められているべきもので新たに算出する必要はありません。しかしながら、主ケーブルについては設計当初に与えられているのは、一般的に主径間のサグ値のみであり、補剛桁の死荷重をハンガーケーブルを介して全て主ケーブルが担うという仮定や、主塔が直立する仮定を満足する形状と張力を事前に算定し、各節点の座標および各部材の無応力長を決定しなければなら

1.形状決定とは

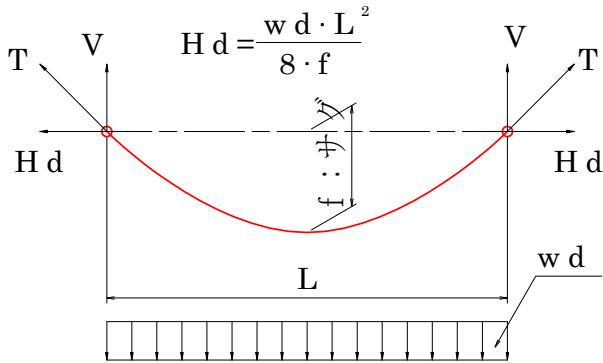
形状決定解析とは、死荷重荷重によって生じる変形後の形状が完成形状となるような初期形状（無応力状態での座標値や各部材の製作長に対応する無応力長）を求め、これをキャンパーとして上げ越しておくことで、死荷重完成時に構造物は所定の形状となります。しかし、吊橋のように死荷重による変形が大

*1 川田テクノシステム(株) 設計部大阪設計課 課長
*2 川田テクノシステム(株) 設計部大阪設計課

りません。

これらの算定方法は、次の手順によって求められることが、様々な文献に示されています¹⁾。

- ①補剛桁格点や主塔、ケーブルアンカー、主径間のケーブルサグ量といった、主要点を決定する。
- ②主径間のサグ量から、サグを与えられた節点と両端の節点との3節点における釣り合い条件によって、両端の部材の張力の橋軸方向成分 H_d 、鉛直方向成分 V の値が求められる。



主径間主索の釣り合い条件

- ③中間の各吊索取り付け位置節点には、補剛桁の死荷重に相当する鉛直方向荷重のみが作用し、 H_d は各部材について一定であることより、各部材の張力の鉛直方向成分、各節点の鉛直方向座標の値は釣り合い条件によって両端から順次求められる。

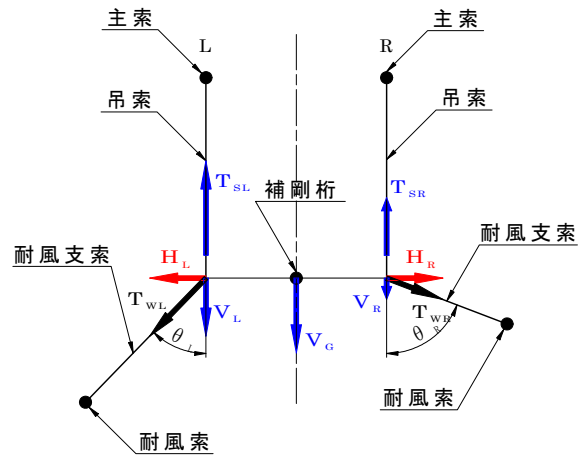
以上の手順によって、形状決定計算を行うことができますが、このような計算に用いた主ケーブルの死荷重仮定値と算定された無応力長に対応して補正された値との差異が無視できない場合には、収束のために反復計算を行うことになります。

3.左右非対称断面となる吊橋の形状決定

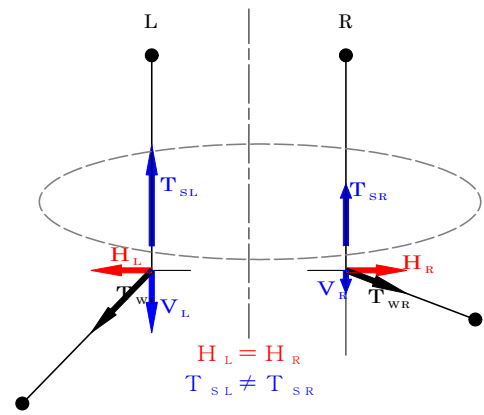
図に示すように、非対称断面では、耐風支索の取り付け角度が左右で異なります。このため、完成時において補剛桁を計画位置とするには、耐風支索張力の橋軸直角方向水平成分(H_L , H_R)が左右で同じになるように調整しなければなりません。従って、最初に左右いずれかの耐風索系の形状決定を行い、先に決定された耐風支索張力水平成分を既知として、反対側の耐風支索張力を算出し、耐風索系の形状決定を行うことになります。この時、耐風索の形状は、耐風支索張力の変動により変化しますので、耐風支索の配置角度は収束計算により算出します。次に、各耐風支索張力の水平成分と耐風支索の設置角度から、鉛直張力成分が決定されるので、左右の吊索張力

は一致しません。従って、同一補剛桁格点における吊索の長さは左右で異なるため製作・架設時には注意が必要となります。

また、構造物の規模によっては、耐風索系の張力・形状変動が全体系に与える影響が大きくなるため、左右同調のための反復計算の収束性が非常に悪くなる場合があります。こうした場合には、製作誤差範囲内で、収束判定値を大きく設定することも考えなければなりません。



非対称断面の釣り合い状態



左右耐風支索張力の水平成分を同調させただけでは、吊索の張力は左右で一致しない

左右吊索の張力差

おわりに

今後は、川田グループで培った吊橋の解析技術を後輩達へ伝えていくと共に、吊橋プロジェクトを新たに企画される方々の支援が出来ますよう、日々研鑽に努めてまいります。

参考文献

- 1) 川田忠樹.:現代の吊橋, 理工図書,1987