

トラス斜張橋の提案

法政大学 学生会員 安藤 修次*
正会員 阿井 正博

1. はじめに . - 斜張橋は、設計/架設技術の進歩によって、長大化の一途をたどっているが、ケーブル張力の斜角によって主桁に大きい軸力が発生する、鉛直荷重に対して、端支点到繋がる外側ケーブルに片寄った張力応答となることは、周知のところである。本文では、それらの改善を目標として、1つの吊形式を提案したい。

2. 形状決定 . - 引張ケーブルに圧縮軸力部材を組み合わせた図-1のトラス斜張橋を考える。吊ケーブルの斜角を小さくするべく鉛直に近くするために、圧縮軸力部材を導入しているが、スパン中央付近の吊ケーブル張力が、ケーブル-圧縮材-主桁のトラス単位を順にたどって、塔に伝達される効果もある。以下の諸元で数値計算を行った。

主桁：弾性定数 $E=2100\text{.tonf/cm}^2$ ，断面積 $A=0.2784\text{m}^2$ ，断面2次モーメント $I=0.1618\text{m}^4$ ，単位長さ重量 $w=2.185\text{tonf/m}$ ／塔： $E=2100\text{.}$ ， $A=0.2576$ ， $I=0.03376$ ， $w=2.022$ ／圧縮材[5],[7],[12],[14],[20],[22],[27],[29]： $E=2100\text{.}$ ， $A=0.0144$ ， $w=0.11304$ ($I=0.00062$)／桁-塔吊材[15],[30]： $E=2100\text{.}$ ， $A=0.007$ ， $w=0\text{.}$ ／ケーブル(前記以外の[*])： $E=1600\text{.}$ ， $A=0.001974$ ， $w=0.0162$

直線ケーブルを用いた文献1)の形状決定解析を、はり-ケーブル構造に拡大展開して用いて、初期形状を整えた。① 桁節点2~7と9~14は、 $y=0$ の高さとする。② [14],[22]の圧縮鉛直成分が、節点7~9に作用する桁自重87.4tonfの1/2を、節点6~10の174.8tonfの2/3を、[12],[20]の同成分が分担するものとした上で([5],[7],[27],[29]も、塔位置まわりに対称値)、③ それら圧縮材の勾配を1:2に指定し、さらに④ 塔頂に連結される各4ケーブルが水平方向につり合うように、全30の軸力部材の無応力長を求めた(表-1)。

抗外力機構を比較するために、同じ主桁，塔を用いて従来型斜張橋も設定した。ケーブルには、 $E=1600\text{.}$ ，面積は斜角に応じて $\{A, w\}=\{0.001974, 0.0162\}$ ， $\{0.001471, 0.0121\}$ ， $\{0.001061, 0.0087\}$ (tonf, m)の3種を用いて、前述の①と④'塔頂連結の各6ケーブルが水平方向につり合うように、12ケーブルと2つの桁-塔吊材の長さを決定した。

表-1 トラス斜張橋での軸力部材長

番号	無応力長	番号	無応力長
[1] [23]	29.7762	[9] [17]	17.9518
[2] [24]	17.9778	[10] [18]	18.0937
[3] [25]	18.0938	[11] [19]	31.8808
[4] [26]	31.8803	[12] [20]	20.0125
[5] [27]	19.7985	[13] [21]	20.8503
[6] [28]	20.7386	[14] [22]	12.8379
[7] [29]	12.8309	[15] [30]	4.9971
[8] [16]	29.8287		(単位: m)

3. 従来斜張橋との比較 . - 図-2に、自重つり合い状態での軸力分布の違いを、両者の対称1/2部分で対比している(線幅が張力絶対値、破線は圧縮力)。斜張橋では、周知のように、張力は塔外側ケーブルで最大であり、その位置ですでに主桁圧縮力は十分大きい。トラス斜張橋では、斜角が小さい分、外側ケーブル[10],[18]の張力は比較して小さい。圧縮材[14],[22]を介して、その鉛直成分の幾らかは、隣の吊ケーブル[13],[21]に分配され、その繰返しの結果、塔につながる吊ケーブル[11],[19]の張力は大きくなる。応じて、桁軸力は、塔付近では斜張橋と同程度に生じるが、塔を離れた位置では顕著に減少する。端支点和塔の間の部材も、同じ状況にある。当然ながら、基盤反力は、両者でほぼ等しい。

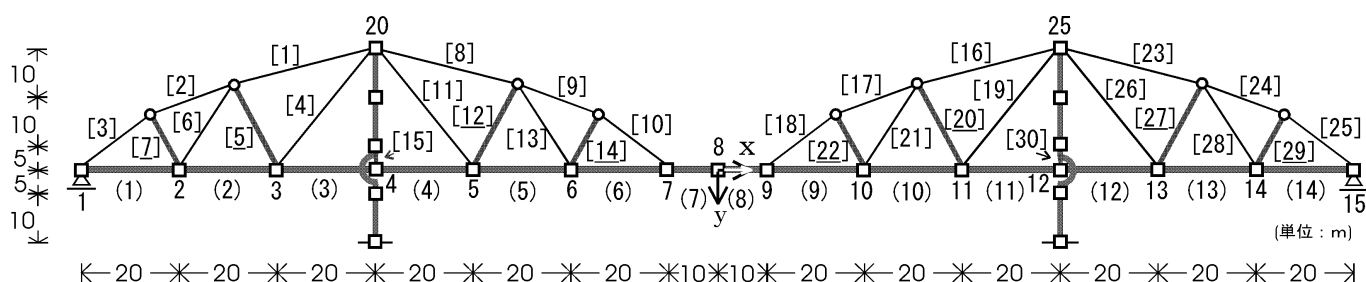


図-1 トラス斜張橋モデル

キーワード：斜張橋、吊形式、トラス、形状決定

*連絡先：〒184-8584 小金井市梶野町 3-7-2 Tel 042-387-6277/Fax " -6124

図-3は、節点6,10の対称荷重 100.tonfでの軸力増分を表わしている。トラス斜張橋では、荷重点から塔側の断面力変化で抵抗しており、中央点側では目立つ変化はない。節点6の100.tonfに対して、ケーブル[13]の張力 y -方向成分の増加は53.3であり、残りは主桁の曲げ抵抗が分担している。主桁と塔頂を結ぶ従来斜張橋のケーブルは、その空間距離の変化に抵抗するものであり、節点7,9を結ぶ外側ケーブルにも26.4tonfの張力増があるが、その鉛直成分はさらに小さい。主桁軸力の増加は、トラス斜張橋の方が全域で小さい。

両斜張橋とも、軸力部材と桁の曲げ剛性が相俟って外力に抵抗する形式であるが、軸力機構をみるために、節点2~7と9~14で桁要素の結合をヒンジに変更して比較した。図-4は、節点7,9の100.tonfでの軸力変化であり、現行斜張橋では、張力増が外側ケーブルに片寄り、中間ケーブルは圧縮側に変化するものが多いことが目立つ(節点5,11を結ぶケーブルは弛緩)。この場合、桁圧縮力の増加は、両側の(1),(6)と(9),(14)で最大(-275.tonf程度)となる。実際には、桁の曲げ剛性によるたわみの均一化によって、ケーブルの張力減は生ぜず、

その変位量も小さいと考えられる。トラス斜張橋では、偏平トラスは含まれず、桁曲げ剛性を消失させた場合でも、先端トラスから塔側トラスへ力が順次伝達されることがわかる。

4. まとめ . - 従来斜張橋は、ケーブル-桁-塔から成るトラスが重ね合わされた構造であり、主要構造である外側ケーブルを含むトラスは、一般に偏平になる。この点が、吊形式としての非効率に一因している。トラス斜張橋は、トラス単位がスパン中央、端支点から塔方向へ直列に連結された構造であり、偏平トラスは含まない。軸力は、その直列方向に累積されて、塔に伝達される。塔に近い断面を大きくする構造となり、実用の可能性はあると考えられる。

トラス斜張橋の形状と断面力配分は、主桁と軸力部材の断面寸法以外に、2.節に述べた圧縮軸力部材に関する②、③などの条件値によって調整することができる。

<参考文献> 1) 阿井・西野, 構造工学における数値解析シンポジウム論文集, 第12巻, 1988-7.

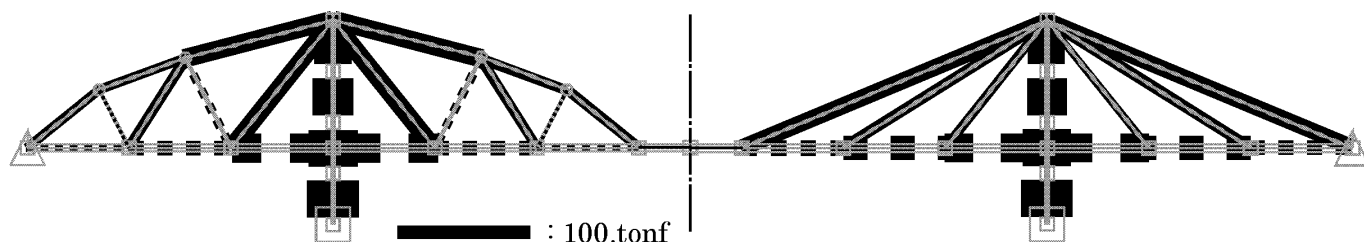


図-2 自重つり合い状態での軸力分布

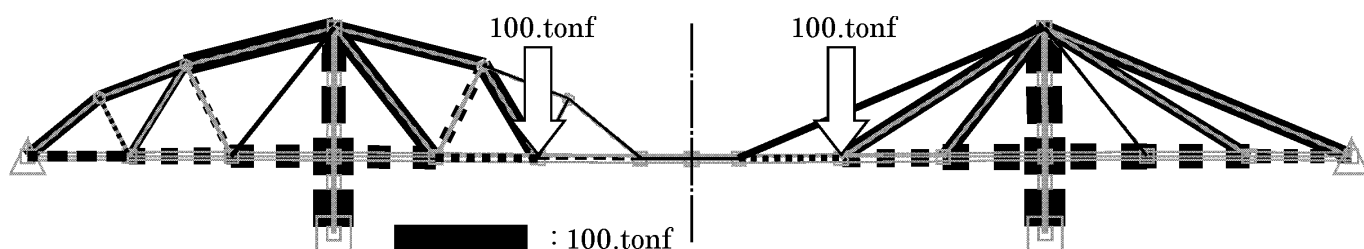


図-3 節点6,10の荷重100.tonfでの軸力増分

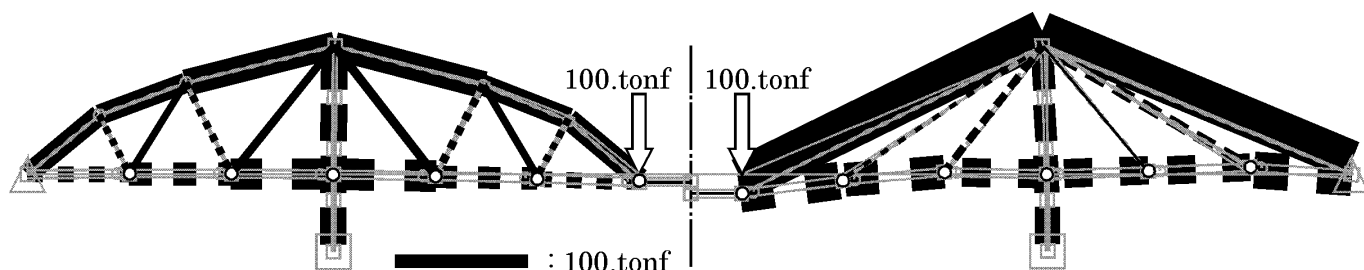


図-4 節点7,9の荷重100.tonfでの軸力増分 (ヒンジ化モデル)