ケーブル・トラスト橋の一形式とその力学的考察

1. **はじめに**. 従来の斜めハンガーに加えて、近年、ケーブル・トラスト橋などの新しい形式が考えられている。ここでは、塔を用いて、圧縮材を含めたケーブル・トラスを主桁上面に配置する形式を提案しており、その構造特性を考察する。

2. 提案モデル . 1 塔式の自碇式吊橋に分類されている万願寺歩道橋¹⁾を参考にして、図-1の比較モデルを以下のように設定した。

主桁:断面積A=0.1788m²,断面2次モーメント I=0.08033m⁴,弾性定数E=2100.tonf/cm⁴,単位長 さ重量w=2.662tonf/m/塔:A=0.1344, I=0.02995, E=2100., w=1.055

ケーブル断面 1 (主ケーブル[1]-[6], [17]-[22]): A=0.01303, E=1600., w=0.1068 / 断面 2 (吊ケーブ ル[15],[31]): A=0.002061, E=1400., w=0.0169 / 断 面 3 (前記以外の吊ケーブル[*]): A=0.00144, E=1400., w=0.0118



図-1 比較モデル

曲げ要素の初期長さは**図**-1に示している。この はり - ケーブル構造に文献2)の形状決定解析を適 用して 節点 3~7,9~13 が高さ y=0. に位置 する それらの桁節点に接続する各2本の吊ケー ブルが水平方向につり合う ケーブル節点の水 平位置が $x_{21}=x_{26}=15$, $x_{22}=x_{27}=25$, $x_{23}=x_{28}=35$, $x_{24}=x_{29}=45$, $x_{25}=x_{30}=55$.mとなる 主 ケーブルのサグの程度として $y_{27}=-10.961$ mとな る 塔頂に接続の4本のケーブルが水平方向につ り合うように、全32ケーブルの無応力長を整えた。

キーワー	ド	:	吊形式,	ケー	ブル・	トラス,	形状決定
*連絡先	:	ᆕ	184-8584	- 小金	≧井市	梶野町	3-7-2

法政大学 学生会員 安藤 修次^{*} 正会員 阿井 正博

数値計算結果の軸力分布を、線幅で表わしている (破線は圧縮力)。

比較モデルと同一の桁と塔を用いて、圧縮材を も含めて、ケーブル・トラスを図-2のように配置 するモデル を提案する。ケーブル[1], [5], [7], [11], [15], [17]には 上記の断面 1 を、[2], [9], [12], [19] には断面 2 を、[3], [4], [13], [14]では断面 3 を用い ている。また、圧縮軸力部材[6], [8], [16], [18]に対 しては 断面 4: A=0.0288, E=2100., w=0.2261、 [10], [20]には 断面 5: A=0.0160, E=2100., w= 0.1256 を設定した。



図-2 提案モデルⅠ

図に示す曲げ要素長に対して、条件 節点2~ 4,6~8が高さy=0.に位置する ケーブル節点の 鉛直位置が y₁₂=y₁₅=-21., y₁₃=y₁₆=-16., y₁₄=y₁₇ =-10.m となる 圧縮部材[6],[8],[10],[16],[18], [20]の勾配が1:2となる 両端支点につながる [4],[14]の張力鉛直成分が10.tonf となるように、 全20軸力部材の無応力長を決定した。結果として、 軸力分布は図のように得られた。比較モデルでは 300.tonf以上の主ケーブル張力と桁圧縮力が生じ るが、このモデル では、191.tonfのケーブル張 力([1],[11])と280.tonfの桁圧縮力((4),(5))が塔付近 で生じているものの、スパン中央部 - 端支点間で の軸力は顕著に小さい。³⁾

代表荷重として鉛直100.tonfを、モデル の節 点7に、吊橋モデルでは節点12に載荷した。図-3 はモデル の載荷後の張力分布を示しているが、 端支点付近の[13], [14]で弛緩が生じており、[20] も節点17の自重分以外の軸力は0である。主桁上 面に張られたケーブル・トラスは、上に凸の桁曲 げには有効であるが、下に凸の曲げに対してケー ブル張力は基本的には緩む傾向となる。対象構造 の端支点には上方向反力があり、その効果によっ て上記の弛緩が生じると考えられる。吊橋モデル では、[1]-[6], [17],[18]で56.~78.tonfの張力増とな り、300.tonf程度の主ケーブル張力は保持される が、[7], [24], [26], [28], [30]の吊ケーブルが弛緩す る。



図-3 載荷後の軸力分布

3. 提案モデル . 吊橋では主ケーブル張力は 端部でアンカーされる必要があるが、提案モデル は、図-2, -3に見られるように、軸力がケーブル・ トラスの中を塔方向に伝達される構造であり、支 点1,9につながる[3]-[4]-[10],[13]-[14]-[20]の構造 的な意味はない。そこで、モデル と同じ桁要素 を用いながら、塔を高さ20.mに短くして、ケーブ ル・トラスを図-4のように張り替えたモデル を 設定した。[1],[4],[8],[11]]には断面1を、[2],[3], [6],[9],[10],[13]に断面2を、圧縮材[5],[12]に断 面4、[7],[14]には断面5を、当てている。



図-4 提案モデル

表 -1 モ	デルIIでの軸力部材長と軸力値
---------------	-----------------

番号	無応力長 (m)	張力 (tonf)
[1], [8]	23.3210	202.025
[2], [9]	20.8164	87.743
[3], [10]	17.9735	86.654
[4], [11]	24.9778	162.733
[<u>5], [12]</u>	17.8911	-85.250
[6], [13]	21.8459	112.402
[<u>7], [14]</u>	11.1812	-26.703

節点2~4,6~8を高さy=0.の位置に ケーブ ル節点を y₁₂=y₁₄=-16., y₁₃=y₁₅=-10.mの鉛直位 置とする 圧縮部材[<u>5</u>],[<u>7</u>],[<u>12</u>],[<u>14</u>]の勾配を1: 2とするという条件で形状決定を行った。その結 果を表-1に示す。前記の部材除去により軸力は減 少するが、塔を低くした効果によって、桁軸力の 最大値は297.tonf,ケーブル張力は最大202.tonf と なっている。

同じく節点7に鉛直100.tonfを作用させたときの 軸力<u>変化</u>を、図-5に示す。ケーブル[9]と[10]の軸 力は圧縮方向に動くが、初期張力の中に吸収され、 最終張力値は双に55.tonf 程度に落着く。



図-5 P_{7y}=100.tonf による軸力増分

以上3モデルの載荷点での変位 - 荷重パラメー 夕関係を、図-6に示す(破線はケーブル補剛を外し たとき)。モデル の剛性は大きいが、P_{7y}=60.tonf 程度で前記の弛緩が生じている。モデル の剛性 は、幾分減少するが、比較モデルよりは大きい剛 性を維持している。



4. **まとめ**.提案のモデルは、部材軸力を塔方向 に伝達するという意味で、構造的には斜張橋に近 い。塔より離れた部分の桁軸力とケーブル張力を 減じることができる。桁曲げ剛性に対して、引張 ケーブルと圧縮軸力部材の組合せと配置を選べば、 可能性ある構造になると考えられる。

<参考文献> 1) 吊橋, 土木学会, 1996. / 2) 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. / 3) 安藤・阿井: トラス斜張橋の提案, 土 木学会56回年次学術講演会, 2001-10.