

信州大学 工学部 正会員 吉沢孝和 学生員 ○ 三浦隆明

まえがき 一般に、各種の橋梁には経済的な支間長があり、けた橋においては150～200m がその経済的上限、つり橋においては300～400m がその経済的下限と言われている。斜張橋はこれら両者のギャップを埋める中径間橋梁としての力学特性がすぐれているという観点から、近年において数多く架設されてきた。^{1) 2) 3)} そしてその支間長も、近代的斜張橋としてはじめて完成したStrömsund 橋(1955・スウェーデン)の182.6mから始まって最近では、Saint Nazaire 橋(1975・フランス)の404.0m というように次第に増大する傾向である。⁴⁾ これは解析理論ならびに各種部材と施工技術の進歩によるものであるが、特に耐風安定性の研究の寄与するところが大きい。そして長大つり橋に匹敵するような長径間斜張橋の実現も可能であると言われている。⁴⁾

これらの斜張橋のほとんどは、鋼けたまたはコンクリートけたを斜張ケーブルでつり上げる構造形式であり、トラスをつりあげる形式のものは、Batman橋(1967・オーストラリア)、支間長215.0mとWuppertal橋(1967・西ドイツ)、支間長112.5mの二橋⁵⁾ の他にはしばらくの間出現を見なかったけれども、我が国において六甲アイランド橋が1976年に完成した。これは支間長220mのダブルデッキトラス斜張橋である。^{5) 6)} また、名港西大橋については支間長380mのトラス斜張橋方式が検討されている。⁷⁾ かつて、Grossen Belt 橋の比較設計案で支間長600mのトラス斜張橋も提案されている。⁸⁾ 従来、けた橋は小径間橋梁、トラス橋は中径間橋梁として経済的にその役割りを果たしてきた。この点からみると、トラス橋を斜張ケーブルで補強したほうが、けた橋を補強した場合よりも斜張橋としてはその支間長を容易に増大でき、長大径間橋梁の領域に進出しやすいのではなからうか。

研究目的 ここにおいては、[けた・斜張橋]と[トラス・斜張橋]との間には力学的にみてどのような長所・短所が存在するかを数値計算により比較検討し、特に[トラス・斜張橋]について、支間長の長大化の可能性を追求することを目的とする。解析モデルは平面系とし、斜張ケーブルはけたに対しては中立軸上に、トラスに対しては滑節格点にとりつけられるものとする。

解析式 解析は変形法により行なう。斜張ケーブルは引張力のみ抵抗する棒とし、その自重による影響は無視する。トラス部材は軸方向力のみを負担するものとし、両端は完全にピン結合されるものとする。これらの部材の剛度はいずれも EA/L として与えられる。けたについては、その挙動は単純曲げと軸方向伸縮に関する個々の微分方程式に支配されるものとしてとり扱い、これより部材端における断面力と変位との関係式をつぎのように導びく。 $\{F\}$ は断面力を、 $\{dx\ dz\ d\phi\}$ はその断面における中立軸上の変位を、 K は荷重マトリクス⁹⁾ をあらわす。

部材左端断面：

$$\begin{Bmatrix} F \\ S \\ M \end{Bmatrix}_r = \begin{bmatrix} \frac{EA}{L} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{12EI}{L^3} & -\frac{6EI}{L^2} \\ 0 & \frac{6EI}{L^2} & \frac{4EI}{L} \end{bmatrix}_r \begin{Bmatrix} dx \\ dz \\ d\phi \end{Bmatrix}_r + \begin{bmatrix} \frac{EA}{L} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{12EI}{L^3} & -\frac{6EI}{L^2} \\ 0 & -\frac{6EI}{L^2} & \frac{2EI}{L} \end{bmatrix}_r \begin{Bmatrix} dx \\ dz \\ d\phi \end{Bmatrix}_{r+1} + \begin{bmatrix} -1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -2 & -1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & L & \frac{2}{3}L & \frac{1}{3}L & 0 \end{bmatrix} K_r$$

1) 土木学会：斜張橋資料集成，土木学会，1976年2月

2) 小西：鋼橋2，丸善，1976年1月

3) 日本鋼構造協会：つり構造，コロナ社，1975年11月

4) 松川・伊藤・成岡訳：スパンが600mを越えるつり橋と斜張橋の比較(上)(下)，橋りょうと基礎，1974年12月，1975年1月

5) 神戸市港湾局：六甲アイランド連絡橋，1975年11月

6) 神戸市港湾局：六甲アイランド連絡橋上部工の概要，神戸市港湾局，1975年11月

7) 建設省中部地建名四国道工事事務所：名港西大橋(斜張橋)上部工概略設計計算書，1976年3月

8) 吉沢・谷本：演算子法による各種の連続ばりの解析，土木学会論文報告集第165号，1969年5月

部材右端断面：

$$\begin{bmatrix} F \\ S \\ M \end{bmatrix}_r = \begin{bmatrix} -\frac{EA}{L} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{12EI}{L^3} & -\frac{6EI}{L^2} \\ 0 & -\frac{6EI}{L^2} & -\frac{2EI}{L} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} dX \\ dZ \\ d\phi \end{bmatrix}_r + \begin{bmatrix} \frac{EA}{L} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{12EI}{L^3} & -\frac{6EI}{L^2} \\ 0 & \frac{6EI}{L^2} & -\frac{4EI}{L} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} dX \\ dZ \\ d\phi \end{bmatrix}_{r+1} + \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -2 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -L & -\frac{L}{3} & 0 & 0 \end{bmatrix} K_r$$

荷重マトリクスはたとえば、部材左端から kL の位置に $\{P \ Q \ R\}$ なる水平荷重、鉛直荷重およびモーメント荷重が作用した場合にはつぎのように与えられる：

$$K = \{ Pk \quad -P \quad -Qk^3 + \frac{3}{L} Rk^2 \quad 3Qk^2 - \frac{6}{L} Rk \quad -3Qk + \frac{3}{L} R \quad Q \}$$

集中荷重群に対しては上式の形のを加え合わせるだけでよい。また分布荷重に関しては微小区間に作用する集中荷重に置きかえてから作用領域にわたって積分すればよい。⁸⁾ 斜張橋のタワーについても、けたの場合と同様な部材と考えて、上記の諸式をそのまま適用する。

トラスおよびケーブル部材の剛性マトリクスは、各部材の方向余弦を要素とするマトリクス P 、と伸縮剛度を要素とするマトリクス S の内積でつくることができ、これにより部材力 F を節点変位 D の関数形であらわすことができる。けたの斜張橋でも、トラスの斜張橋でも、系のつり合い条件式はつぎの形にまとめられる：

$$G \cdot D + W - L = 0$$

G は系全体の剛性マトリクス、 W はケーブルのプレストレスの影響をあらわすマトリクス、 L は系全体の荷重マトリクスである。この式より D を求めれば系の解が得られる。

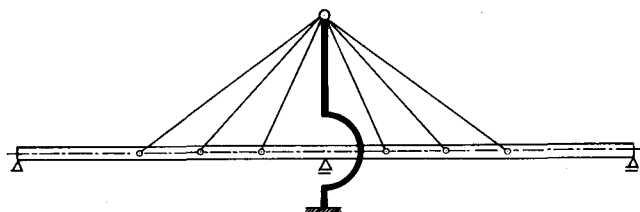


図1. けた・斜張橋

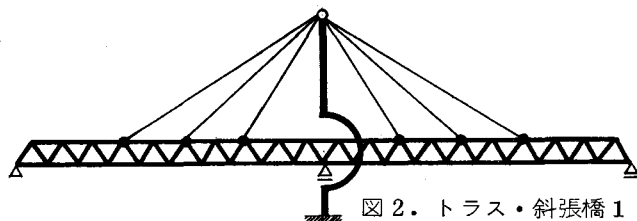


図2. トラス・斜張橋 1

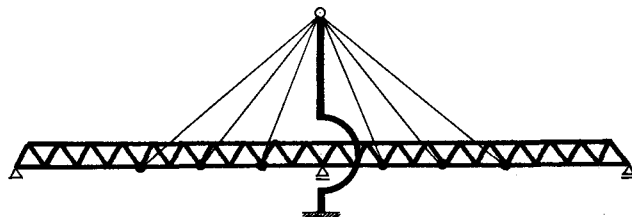


図3. トラス・斜張橋 2

解析モデル 数値解析は左図に示す

ような3種類の系について行なう。図1は[けた・斜張橋] 図2, 3は[トラス・斜張橋]であるが、既設のものは図2のように上弦材の格点にケーブルをとりつける形式である。しかしながら、図3のようにトラスの下弦材の格点にケーブルをとりつけることも、トラス面とケーブル面とを平行な2つの平面内に置くような構造形式とすれば可能である。本研究ではこれら3種類の系について、けたとトラスの重量を等しくとった場合について、力学的特性を比較検討する。

数値計算については現時点では十分な結果が得られていないので、ここに示すことができないが、講演会において整理して報告したい。