

斜張橋ケーブルシステムの一考察

九州大学工学部 学生員○重留 正治 九州大学工学部 正 員 太田 俊昭
九州大学工学部 正 員 今井富士夫 九州大学工学部 学生員 上野 雅之

1. まえがき 斜張橋は、桁を塔からのケーブルによって支えるので、通常の桁橋に比べ、その適用支間を増大できる構造特性を有するほか、塔やケーブルあるいは桁の断面や組合せに大きな自由度があるため、景観設計にも有利な構造物といえる。このため、近年、中・長大橋梁に多く採用されてきているが、従来の斜張橋では塔の曲げ成分を極力低減させるため、塔は橋軸方向に垂直に建てられたものが多い。ところで、ケーブルを効率よく利用することを考えるならば、桁とケーブルの張り角度は大きくしたほうが有利であることが知られている¹⁾。そこで、ここでは、張り角度を大きくできるような斜張橋としてV型塔を有するものを対象にその塔-ケーブル-桁システムの力学特性に関する基礎的な考察を行うものである。

2. 解析モデルおよび考察項目

解析モデルとしては、桁とケーブルの張り角度を大きくするような塔形式すなわち図-1に示すV型の塔を有する斜張橋(基本モデルの諸元:表-1)を選び、塔と桁は曲げ部材、ケーブルは軸力部材の2次元モデルとしてFEM解析を行った。塔の形状をV型とした場合、塔あるいはケーブルの断面や形状の如何によっては、直塔に比べ、塔の曲げモーメント(曲げ変形)が大きく生じることが予想される。この場合には、V型塔を有する斜張橋では、ケーブルは有効に利用できても、構造系全体としては直塔斜張橋に劣ること

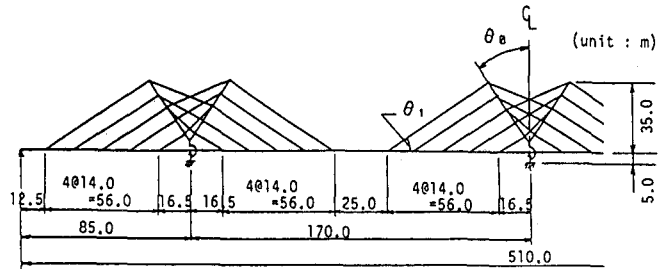


図-1 一般図

表-1 断面諸元

	主 桁	塔		ケーブル
		鉛直部	傾斜部	
断面積	0.85	0.67	0.78	0.02
断面2次モーメント	1.1	6.2	1.8	
死荷重	12.2	6.1	6.0	7.85*

* (t/m²)

になる。そこで、本論では、まずケーブルシステムの変化(t・m)に伴う系全体の挙動について考察を行い、そこで見出された合理的なV型塔と直塔を有する斜張橋の比較を行い、V型斜張橋の特徴を検討するものである。

3. 数値解析結果

(1) 塔の開度 図-2は、図-1に示す基本モデルに死荷重が作用したときの塔の開度の変化に対する左塔分岐部の曲げモーメントを示すものである。図より、塔の開度 θ_0 は25°~35°が有利であることが判る。この場合のケーブルの張り角度 θ_1 は33.5°~33.8°となる。

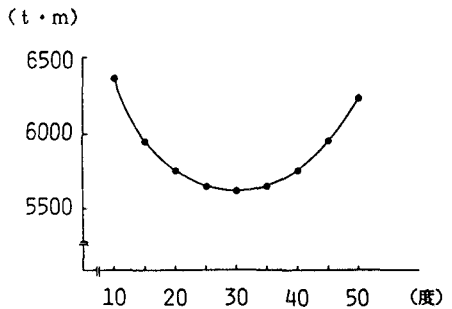


図-2 左塔分岐部曲げモーメント

(2) 塔内側ケーブルの張り形状 (1)の結果のように塔基部に大きな曲げモーメントが生じるのは、V型塔の外・内側ケーブルの塔に及ぼす影響が互いにうまく相殺されていないことを示している。そこで、本節では種々の内側ケーブルの張り形状について解析することにより、適切な張り形状を検討する。なお、解析にあたっては、ケーブルプレストレスを導入したうえで活荷重を作用させた。さらに、塔の開度は(1)

の結果を参考に 34° とした。図-3は解析に用いたV型塔内のケーブルの張り形状を示す。図-4は、図-3の各モデルの左塔の曲げモーメントを比較したものである。図から明らかなように、モデルDが最小の曲げモーメント値を示し、その変化も緩やかになっている。このことから、内側ケーブルは水平に設置するのが最も合理的な張り形状といえる。

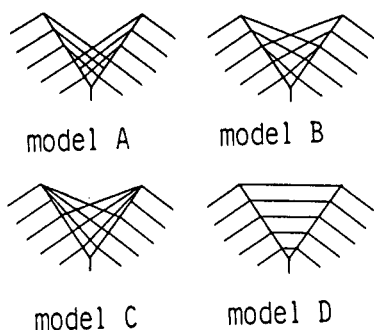


図-3 ケーブル張り形状

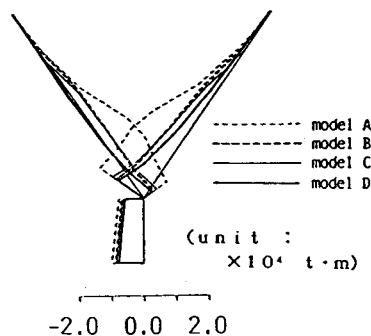


図-4 左塔曲げモーメント

(3) 直塔との比較 前節までで、V型の塔を有する斜張橋の構造的に合理的な形状を確認した。そこで、本節ではこのV型塔の斜張橋と直塔斜張橋の力学特性の比較を行い、V型塔の力学特徴について検討する。図-5はそれぞれの斜張橋の桁の曲げモーメントを、表-2は中央部塔の最上端のケーブル張力を示したものである。それぞれの結果は、V型塔斜張橋ではモデルDを、直塔斜張橋ではモデルDの塔基部の断面を一樣にしたものを対象にして、ケーブルプレストレス導入後に活荷重を作用させたものである。なお、図中、D(1)、D(2)、D(3)は、V型塔内側のケーブル断面積を $0.01, 0.02, 0.03\text{m}^2$ としたものである。図から、V型塔の内側ケーブルにある程度の剛性のものを使用すれば、V型塔の斜張橋は直塔のものに比べ、力学上有利な桁の設計が出来ることが判る。そのときのケーブル張力は表から明らかなようにV型塔のほうが小さい。このこととは、直塔よりもV型塔がケーブルを有効に利用しているといえる。

表-2 ケーブル張力

モデル	張力 (t)
直塔	748.5
D(1)	639.0
D(2)	665.3
D(3)	679.8

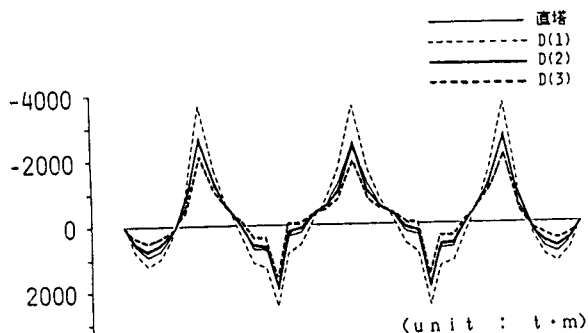


図-5 主桁曲げモーメント

4. あとがき 本論では、斜張橋での塔-ケーブル-桁システムの設計上の自由度を向上させることを目的として、従来あまり検討がされていなかった橋軸方向にV型塔を有する斜張橋を対象に選び種々のケーブルシステムに対する静力学特性について検討した。その結果、本例では、塔の開度は $25^\circ \sim 35^\circ$ 、外側ケーブルの張り角度は 33° 近傍で、内側ケーブルは水平に設置するのが力学上有利であることなどが判明した。さらに、このようにして構築されたV型塔の斜張橋は、塔内側のケーブルに一定の剛性を持たせれば直塔の斜張橋よりも有利な桁とケーブルの設計ができることも認められた。

[参考文献] 1) 倉西茂：今後の斜張橋、橋梁と基礎（斜張橋特集号），Vol.19, No.8, pp.122, 1985