

I-452

上弦材にケーブルを組み込んだ単径間トラス橋の静力学的特性

○長野技研

○正会員 宮澤 圭

信州大学工学部

正会員 吉澤孝和

1. はじめに トラスの構造的な剛度と、ケーブルの高い抗張力というそれぞれの力学的な長所を合理的に組み合わせた一種の複合構造として、トラスの上弦材節点をパラボラ型に配置し、上弦材にケーブルを組み込んだパラボラトラス構造を考案した。ケーブルの緊張によってこの構造系に生ずる応力と変形の調整の可能性が、これまでの数値解析と構造実験によって証明されている。¹⁾²⁾

パラボラトラス構造は、吊橋の補剛トラスを大型化し、上弦材とケーブルを一体化して系の面内剛度を高めた構造系と言える。また、ケーブルを上弦材によって風雨による腐食・振動から保護できるというメリットが考えられる。

本研究は、パラボラトラス構造を Fig. 1 に示すスパン長 150m の単径間橋梁に応用して基礎的な設計を行い、Fig. 2, Fig. 3 に示すワーレントラス、吊橋と静力学的特性を比較検討した結果を報告する。

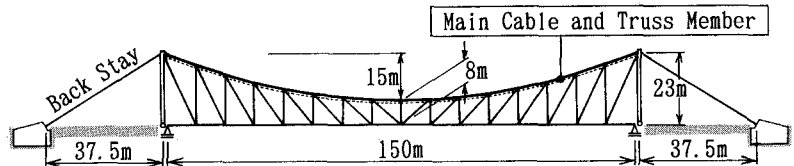


Fig. 1: Parabola Truss Bridge

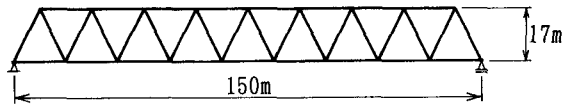


Fig. 2: Warren Truss Bridge

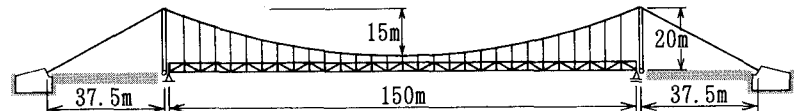


Fig. 3: Suspension Bridge

2. 設計条件 パラボラトラス構造は、たわみをゼロに近くなるようにケーブル張力を調整すると、主要荷重の大部分がケーブルに移行し、鉛直材以外のトラス部材の応力はゼロに近い状態となり、鉛直材はハンガーの役割を果たすという構造特性がある。¹⁾²⁾ この特性を利用して、パラボラトラス橋に対しては死荷重を主としてケーブルで、活荷重を主にトラスで負担させるという設計手法が考えられる。この方法によりトラス部材の所要断面積を在来のトラス橋よりも小さく設計することができる。また、パラボラトラス橋のケーブルの定着は、現段階では在来の吊橋のようなバックステイとアンカerbロックによる形式とする。

ワーレントラス橋は単径間でスパン長150mのものは、筆者らの知る限りにおいて、これまで存在しないと思われるが、以下の比較のため在来の手法に従って設計する。また、吊橋は文献3)の設計例に示されたものを用いる。この文献に示されている吊橋のケーブルの力学特性は、現在の水準に合致しているとは言えない。

そこでパラボラトラス橋と吊橋の比較においては、Table 1 に示すように、それぞれ2タイプのケーブルの常数を設定する。(P-1)と(S-1)の数値が文献3)より引用したものである。

Table 1 Cable Constants for Design of Parabola Truss and Suspension Bridge

	Parabola Truss		Suspension Bridge	
	(P-1)	(P-2)	(S-1)	(S-2)
Allowable Stress (kg/cm ²)	3200	6400	3200	6400
Elastic Modulus $\times 10^6$ (kg/cm ²)	1.5	1.4	2.0	1.5

Main Cable ↑ Back Stay

- 1) 宮澤・吉澤：調整用テンドン有する三径間連続トラス橋の静力学的性質，JSCE第47回講概集，1992。
- 2) 吉川 他：パラボラ形トラスとケーブルを組み合わせた構造の静的載荷実験，JSCE第47回講概集，1992。
- 3) 川田忠樹：吊橋の設計と施工，理工図書，1965。

比較する各橋梁とも、車道幅員6m、主構間隔8mとし、死荷重は床版荷重1672kg/m(RC床版+地覆+高欄;片面分)と鋼重(主構+床組+横構)、活荷重はL20として設計する。トラス部材の断面(パラボラトラス橋、ワーレントラス橋)は、予め最低断面積を設定しておき、全応力設計法により調整する。

3. 設計結果と考察 Fig.1, Fig.2, Fig.3 の3種類の橋梁の設計結果のうち、橋梁各部の鋼重量と活荷重によって生ずるたわみを Table 2に示す。これによるとパラボラトラス橋は、ケーブルの許容応力度を高く設定した(P-2)が(P-1)に比べて総鋼重量で25%軽量となる。これはトラス部材の断面形状は部材内に配置されるケーブルの直径によって決定されるためである。従って(P-2)ではトラスとケーブルの重量を特に軽量化できる。吊橋ではケーブルの断面積と弾性係数のみを変更しているため、(S-2)と(S-1)の差は11%と少ない。パラボラトラス橋の(P-2)と吊橋の(S-2)の総鋼重量はほぼ一致する。またワーレントラス橋は、この3種類中では最も鋼重量が重く、パラボラトラス橋(P-2)の約1.3倍に達する。

一方たわみについてみると、ワーレントラス橋が最も少ない値を示し、吊橋はかなり大きくなる。パラボラトラス橋はワーレントラスの2倍前後で吊橋の1/2以下程度である。

以上からパラボラトラス橋は、鋼重量では吊橋とほぼ等しく、剛度的にはワーレントラスと吊

Table 2 Steel Weight and Deflection of Three Types of Bridge

	Bridge Type	Parabola Truss		Warren Truss	Suspension Bridge	
		(P-1)	(P-2)		(S-1)	(S-2)
Steel Weight(t)	Truss	155.1	118.3	306.2	115.5	
	Lateral Bracing	40.7	39.4	56.5	39.0	
	Floor System	92.0		121.5	108.0	
	Cable	83.3	39.0	—	92.3	48.0
	Tower	90.5	79.6	—	67.2	
	Total	461.6	368.3	484.2	422.0	377.7
Deflection (cm)		11.4	16.6	7.2	30.8	42.8

橋の中間的な存在となる。これによりトラスとケーブルを組み合わせた複合構造の効果が得られたと言える。

また、パラボラトラス橋はケーブルのサグ比が1/10~1/12の範囲で総鋼重量が最低となる。これは吊橋で最適とされるサグ比とほぼ一致する。本研究では吊橋や斜張橋よりも(高さ)/(スパン長)の値の小さいパラボラトラス構造の設計をひとつの目標としているが、例えばサグ比を1/20としても、鋼重量、たわみの増加は15%以下という解析結果を得ている。よってアンカブロックの保証があればこの目標は達成される。

Table 3 はパラボラトラス橋と吊橋の載荷弦上を荷重20t が移動した場合における、タワー付近のケーブル張力と、パラボラトラス橋の上弦材の部材力の変動幅を示す。両者ともタワー付近での変動幅が最も大きい。

Table 3 Variation Range of Cable Force and Upper Chord Member Force (at the Tower Point) (Unit:t)

Type	Parabola Truss		Suspension Bridge	
	(P-1)	(P-2)	(S-1)	(S-2)
Cable	13.1	9.1	39.0	37.0
Upper Chord	18.3	21.1	—	—

これによるとパラボラトラス橋のケーブル張力

の変動幅は、上弦材がある程度負担している分もあり、吊橋の1/3~1/4になっている。これとケーブルが上弦材によって保護されることによって、ケーブルの疲労や腐食が軽減されることから、ケーブルの安全率を現在の吊橋の3.0、斜張橋の2.5より低く設定できると考えられる。

また、パラボラトラス橋の(P-1)と(P-2)を比較すると、いずれも上弦材の部材力の変動幅の方がケーブルよりも大きい。ケーブルの剛度(EA)が低い系(P-2)の方が、上弦材への活荷重の配分が大きくなる。このようにケーブルの剛度をトラスに比べて相対的に低くすることによって、活荷重のトラスへの負担を増大させることがわかる。今後は、この特性を利用してトラスとケーブルの剛度の最適な配分について検討したい。

4. おわりに 本文に述べたように、パラボラトラス橋は自重をケーブルで支持できることから、在来のトラス橋より軽量の橋梁となるが、軽量の故に風・地震等の横荷重に対する影響が大きくなる。本研究では横荷重の影響をある程度考慮して設計しているが、動的解析や実験等による十分な検討が必要である。

また、本研究で比較した吊橋は、吊橋としては最も短いスパン長の部類に属すると思われる。前記の横荷重の問題も含めて、更にスパン長を増した系について比較検討しなければならないと考えている。