

I-263

パソコンを用いた斜張橋の概略設計について

川崎製鐵（株） 正 員 長町 賢

熊本大学工学部 正 員 小林 一郎

熊本大学大学院 学生員 中川 博人

1.はじめに

近年、世界各国で斜張橋が数多く設計され、国内外で建設されている。その理由は、ケーブルプレストレスという不静定力の導入により構造各部の応力を自由に設定でき、その結果他の形式の橋梁より軽量化を図れることから経済性に優れていることと、斜張橋特有の構造美を有していることに起因している。斜張橋は支間割が決定した後もケーブルの張り形式やケーブルと主桁の剛比、ケーブルプレストレスの決定等設計時の自由度が高く、形式の選定や概略設計の際には何らかの最適化手法が必要であると考えられる。最近最適化手法を用いた斜張橋の設計に関する研究が盛んに行われているが、その多くは大型計算機を用いることを前提としている。ところが最近マイクロコンピュータはめざましい発展を遂げ、処理速度が高速化し計算機の容量も大容量化した。その結果、従来まで大型計算機を用いなければならなかった斜張橋の構造解析による応力照査が、パソコンレベルで可能となってきた。

そこでパソコン（EPSON PC-486MS）を使用し、予備設計段階としてケーブルの張り形式で力学上有効なものをケーブルプレストレスの導入という観点から解析し検討した。その解析の概要と結果について報告する。

2.解析手順

斜張橋の構造解析を行う場合、プレストレス導入のため、与えられた構造系（架設系）とケーブルを除いた主桁と塔からなる系（修正系）という異なる構造の解析を行う必要がある。

プレストレス導入後の系（完成系）はそれぞれの系の和（架設系+修正系）で表され、完成系で求めた諸量が所定の範囲内になればプレストレス量を調整し、再度計算することとなる。

以上の計算過程を示すと図-1のようになる。

なおプレストレス導入基準は、完成系における着目点の変位量が全てゼロの場合(CASE1)と、塔よりの着目点から変位量が-5cmずつ増加するようにした場合(CASE2)の2パターンで解析した。変位基準の設定は、主桁の着目点の変位 v と設定値 a の差を最小とすればよいことから $f = (v-a)^2 \rightarrow \min$ となり、一種の同定問題となる。プレストレス導入量は着目点の変位量を任意に設定することにより求まる。

この手法を用いて、図-2、図-3、図-4に示すケーブルの張り形状のモデルの解析を行った。図-2は大和川橋梁概略設計書を参考に

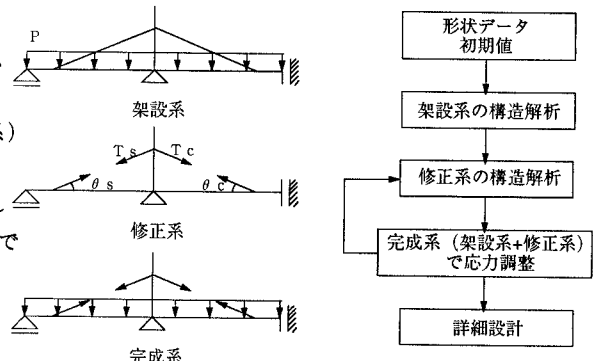


図-1 斜張橋解析手順

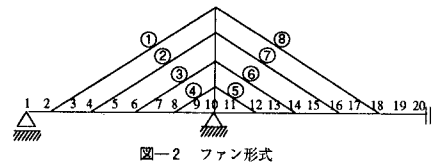


図-2 ファン形式

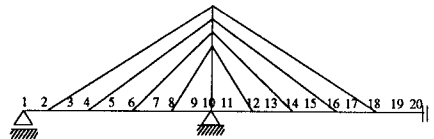


図-3 ハープ形式

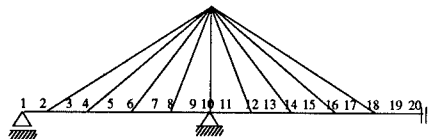


図-4 放射形式

表-1 モデルの断面諸量
(ファン形式、ハープ形式、放射形式)

	主桁	塔	ケーブル
断面積 (cm ²)	10999.0	10030.0	上段2本 767.0 下段2本 597.0
断面2次 モーメント(cm ⁴)	2.806×10^8	2.318×10^8	0
死荷重強度 $W_d = 18.18 \text{ t/m}$ ヤング率 $E = 2.1 \times 10^6 \text{ kg f/cm}^2$			

したモデルでケーブルの張り形状はハープ形式、図-3はファン形式、図-4は放射形式であり断面諸量は表-1のようになっている。

3. 解析結果

3.1 ケーブル張り形式における比較

CASE1でファン形式、ハープ形式、放射形式の解析結果を比較した。完成時の主桁の曲げモーメントおよび鉛直変位量を図-5、図-6、架設時の主桁の曲げモーメントおよび鉛直変位量を図-7、図-8に示す。完成時の変位量および曲げモーメントは各モデルほぼ同等であり、プレストレス導入量は架設時の状態が大きな影響を及ぼすと考えられるので、架設時の曲げモーメントおよび鉛直変位を考察する。

架設時ではファン形式と放射形式は、主桁の鉛直変位、曲げモーメントともほぼ同等の値であるといえる。これに対しハープ形式は、中央径間の主桁の鉛直変位が他の方式と比べ若干大きくなっており、主桁の曲げモーメントは各径間の部分では小さく、塔の主桁定着部分で $0.2 \times 10^6 \text{ kgf}$ 程度大きい。これはハープ形式のケーブルのなす角が平均的に見て小さいことに起因していると考えられ、鉛直荷重に関してはファン形式、放射形式の方がプレストレス導入量が少なくなり施工時の作業効率は良いと推測される。

3.2 変位基準における比較

CASE1とCASE2でファン形式をモデルにした場合の解析結果を比較した。その際のケーブルプレストレス導入量を表-2に示す。CASE2をCASE1と比較するとプレストレス導入量は若干減少しており、変位ゼロ基準ではプレストレス量は過大であると言われていたので、変位基準を緩和することでプレストレスの導入量が減少することが確かめられた。ハープ形式や、放射形式に関しても同様であった。

4. まとめ

・ ケーブルの張り形状の違い

(ハープ形、ファン形、放射形)
における主桁の鉛直変位、曲げモーメントの違いを比較すると、ハープ形よりファン形、放射形の方がプレストレスの導入量は少なくて済む。

- ・ 変位基準に関しては変位をゼロとするよりは若干緩和した場合の方がプレストレスを導入量は少ない。
- ・ 本方法は、宮本らの変位ゼロ基準を用いたプレストレス決定法¹⁾と同一のモデルで解析を行い比較したところ、ほぼ同様なプレストレス量が導入されており、信頼性に関しては問題なく、パソコンで概略設計を行うのに十分耐えうるものであると言える。

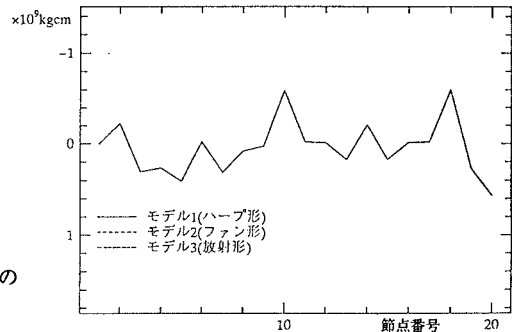


図-5 各形状における主桁の完成系曲げモーメント

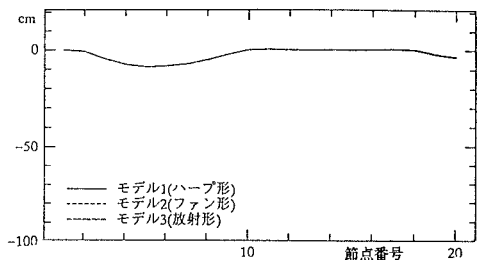


図-6 各形状における主桁の完成系鉛直変位

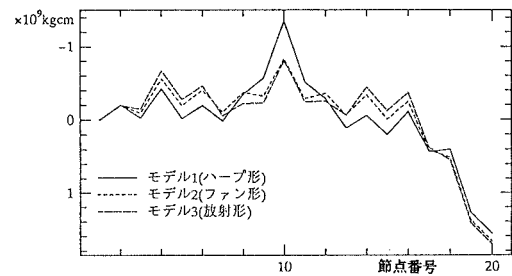


図-7 各形状における主桁の架設系曲げモーメント

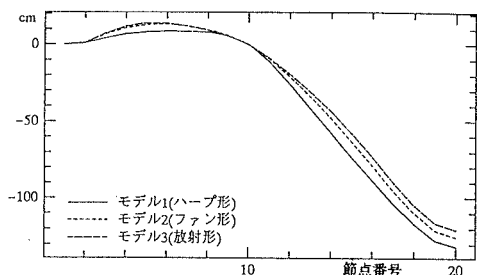


図-8 各形状における主桁の架設系鉛直変位

表-2 ケーブルプレストレス導入量の比較 (CASE1, CASE2)

部材番号	CASE1	CASE2
①	0.689	0.527
②	-0.875	-0.685
③	0.536	0.541
④	0.055	-0.152
⑤	0.003	0.202
⑥	0.476	0.480
⑦	-0.959	-0.769
⑧	0.791	0.629