

# 大和川橋梁（上部工）の施工管理

工務部 設計課 大志万 和 也  
（前）大阪第三建設部 南港工事々務所）

## まえがき

大和川橋梁は無事今年5月竣工したが、その架設概要についてはすでに幾つか発表されている。<sup>1)</sup>

本稿では、本架設工事における施工管理について述べる。

斜張橋は、ケーブル、塔、桁から構成される、複合構造であり、高次の不静定構造物である。

この特性を生かして、合理的な断面の使用が可能になる反面、施工時のケーブル張力導入の成否が、構造全体の釣り合い状態を大きく左右することになる。すなわち、ケーブルの効き過ぎあるいはゆるみ過ぎが生じると、形状および応力分布が設計値と相違し、完成後の構造物の機能および安全性に問題を残すことになる。

以上のような観点から、大和川橋梁の施工管理においてはケーブルの張力管理を中心とした橋梁の形状実測をおこなった。

以下に、大和川橋梁の施工管理データの作成に当り実施した検討及び管理方法とそのデータ、また、実際の管理データを紹介する。

## 1. 架設工法と施工管理の概要

本橋の架設工法は

- 河川使用条件
- 部材搬入条件
- 下部工の完成時期

等の制約条件と、斜張橋としての構造特性を考慮して決定された。すなわち、斜張橋の特性を利用した合理的方法である張出し架設を主体とする工法が採用された。

大阪市側は、側径間では、移動クレーン、三点ベントによる片押し工法、中央径間では、移動クレーン、ケーブル支持によるキャンチレバー工法が、また、堺市側は、移動クレーン、ケーブル支持によるバランスングキャンチレバー工法である。

ケーブル張力導入は、塔サドルを正規位置より低く据付け、ケーブルセット完了後、センターホールジャッキで扛上する方法で施工した。

本橋は、張出し工法を採用し、更にケーブルが多数のストランドにより構成されているので、既に施工されたケーブルの再調整は、不可能である。更に、キャンチレバー工法であることから、製作誤差も含めて各種の誤差が、逐次変化する構造系に累積する形で、架設が進められる。したがって、その誤差発生過程も非常に複雑である。

ケーブル張力は荷重、部材剛性等の相違によるほかに、桁、塔の寸法形状（すなわち、ケーブル定着点間距離）とケーブル長さとの相対的な関係によって影響を受ける。したがって、斜張橋のケーブル張力を管理するためには、寸法・形状および応力を含めた総合的な管理を行う必要がある。

本工事における施工管理は、架設中の各ステップの形状変化、ケーブル張力、塔の変形等について、計算値と施工データとの突合せ及び内容検討を行い、事前に作成された施工管理データに基づき、形状調整（誤差修正）を実施しながら架設ステップを進めて行く方法を採用した。

## 2. 各種誤差及び性状についての検討

施工管理資料作成に当っては、本橋の構造特性、一連の架設ステップに見られる性状等の十分な把握が必要である。ここでは、斜張橋架設に見られ

る誤差を拾い出し、分析すると同時に、調整方法の検討、各種誤差の影響を解析した。また、架設上の性状把握のため、扛上時の解析を実施した。

### 2-1 誤差要因について

斜張橋の構造は、大きく分類して

- 主桁系    ○主塔系    ○ケーブル系
- 下部構造系

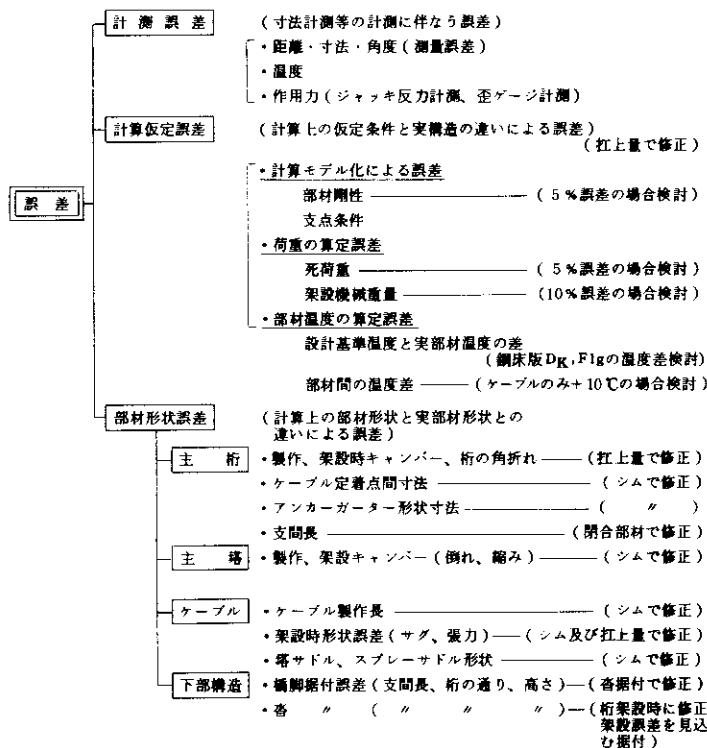
の4ヶの要素から構成されている。

上記の各系及び相互間で生ずると考えられる誤差のうち、架設に影響する誤差(設計・製作を含む)について検討した。

表-1に示す誤差要因により、架設途中で誤差が生じた場合の調整方法としては

- ① ケーブルアンカー部のシムで調整するもの。
- ② 塔サドルフィラー(=扛上量)で調整する

表-1 架設に影響する誤差要因



もの。  
とがある。

扛上量で調整する場合には、扛上量の変更による影響(ケーブル張力、桁・塔応力、同形状)を十分に把握し、その変更許容巾を算出しておく必要がある。また、誤差の中には、計算仮定誤差のように誤差内容を十分に把握するのが困難なものもあり、それらの性状を検討し、あらかじめ変更許容巾決定に際し配慮しておく必要がある。

### 2-2 計算仮定誤差の検討

架設現場での施工管理は、前もって実施された架設計算結果と形状変化、扛上量、扛上力等で厳しくチェックする。しかしながら、解析に用いる項目は、それ自身なにかの誤差を持っている。見かけ上、真であるとしたデータに基づき施工管理を行った場合、完成状態でどの程度の誤差が生ずるかを、次の仮定でシミュレーション計算を行った。

- ① ケース1：部材剛性と鋼重が-5%の誤差を有する場合。
- ② ケース2：架設機材重量が、-10%の誤差を有する場合。
- ③ ケース3：ケーブル温度が、主桁・塔に比し、+10℃の温度状態の場合。

計算結果のうち、完成時の形状について図-1に示す。これら計算から以下のことが判明した。

- ① 完成時には、主桁キャンバーは側径間に殆んど誤差が残らず、中央径間に小さい誤差を残すだけである。
  - ② 主桁曲げモーメント、ケーブル張力共に誤差量は小さく、応力上の問題はない。
- 以上の結果から、架設計算上の仮定誤差を含む管理データにより、キャンバー誤差を修正しながら施工しても、完成時に残留する誤差量は、本計

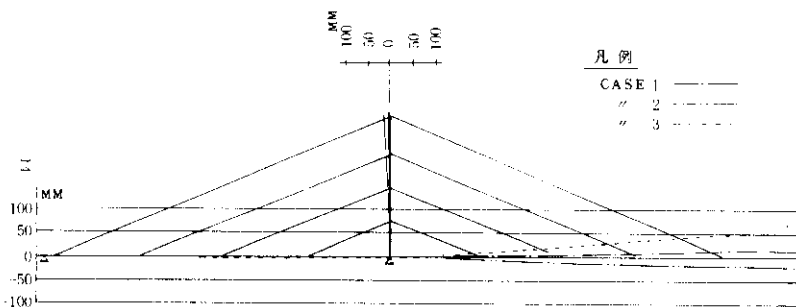


図-1 計算仮定誤差の検討（完成時）

算で算出した誤差範囲では小さく、架設上トラブルを生ずるような問題はないと考えられた。

### 2-3 部材形状誤差の検討

製作・架設において表-1に示したような形状誤差が生ずるのは避け難い。可撓性に富む斜張橋では、形状誤差が生じて、構造内での応力再配分により、誤差量が分散する傾向にある。

本検討では、ケーブル架設前に、主桁キャンバーが、 $\Delta = -50$  mmの誤差を有する場合、計画量のサドル扛上を行った場合の残留誤差量を計算した。図-2は主桁、塔たわみの影響であるがこの図より以下のことが判明した。

- ① 完成時残留誤差は、当初誤差（ $\delta = -50$  mm）に対し、誤差の分散傾向をはっきり示している。
- ② 中央径間④で見た場合、4段ケーブル（S-4、C-4）誤差の18 mmが最大誤差で、他は10 mm以下の小さい量となっている。
- ③ 大阪側の誤差の堺側への伝播は、4段ケーブルの場合現われる（堺側C-4点で最大11 mm）が、他段の場合は殆んど現われない。

- ④ 大阪側と堺側を重ね合わせた場合、全ケーブル定着点が、-50 mmの誤差を生じていても、残留誤差の合計値は、中央径間④で最大となり104 mmである。

- ⑤ 塔の水平変位は、S-4ケーブルの14 mmを最大に、他は小さい値となっている。

図-3は同様の場合のケーブル誤差についてである。この図から以下のことがいえる。

- ① 塔近くを結ぶ三角形の小さい1段ケーブルで最大332 tの張力増加を生じ、S-4ケーブルで47 tと変動量が減少している。
  - ② ケーブル設計耐力（3540 t=一段目~5180 t=最上段）から見ると、1段ケーブルの架設管理に慎重を要する。
  - ③ 大阪側誤差の堺側への伝播は、最大で最上段ケーブルの21 tであり問題はない。
  - ②については主桁曲げモーメント、塔曲げモーメントでも同様のことが言え、1段ケーブルは形状管理より応力管理に重点を置く必要がある。
- 各種誤差及び性状についての検討は他にケーブル長さの検討、組立て誤差に対する検討など種々行っているが、これについては参考文献<sup>2)</sup>を参

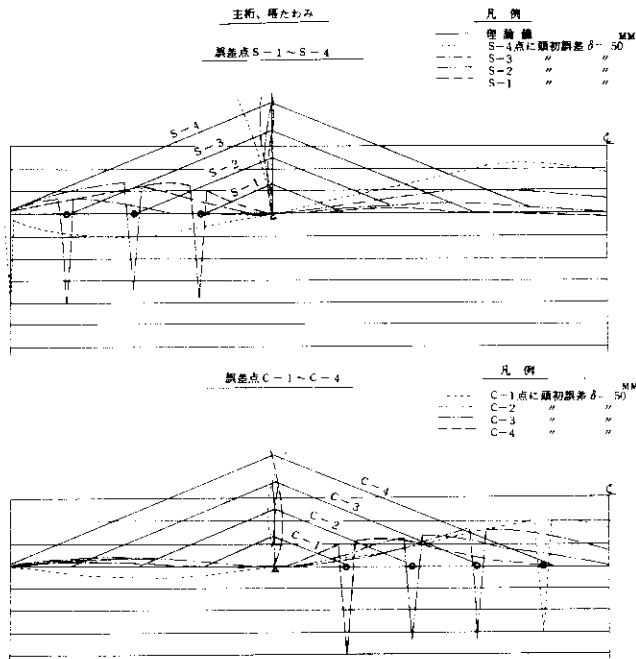


図-2 部材形状誤差の検討

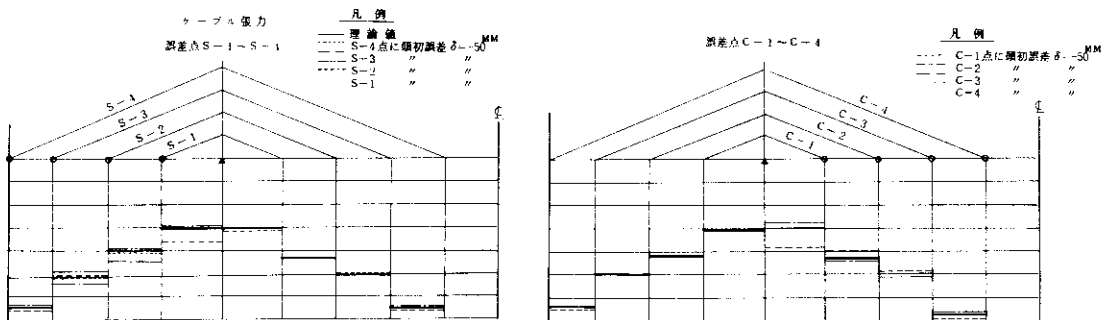


図-3 部材形状誤差の検討

照されたい。

### 3. 管理方針

以上の事項を配慮して、次のような管理方針を定め、これを実施した。

#### 1) 寸法・形状管理主体

寸法・形状管理を厳密に行い、ケーブル定着

点間距離の精度を確保して、ケーブル張力誤差を低減する。これにより、必然的に桁等の形状誤差も低減させる。補足的に、各種の応力測定を行い、その妥当性を確認する。

#### 2) 仮組立て時データの積極的な使用

工場製作は主桁部の保証穴の採用、塔部、主桁の一部の機械切削の採用等架設精度を考慮した手法を採用している。したがって、この工場仮組時

の測定データを基にして、架設、調整を行う。

### 3) 連続的な管理

各種の誤差混入が予想されることから、ある一時期の管理データだけで誤差を決定し、これを調整することには無理がある。本橋架設では、測定頻度も多くし、これら連続した測定データから誤差の傾向を追跡するようにした。

### 4) 管理目標値のバランス

計画値と実測値との間に、多少の相違が生ずることは不可避であるから、管理項目相互のバランスにも配慮して、これらの誤差が最終的に目標値以内におさまるようにする。

## 4. ストランド架設・ケーブル張力導入時管理データ

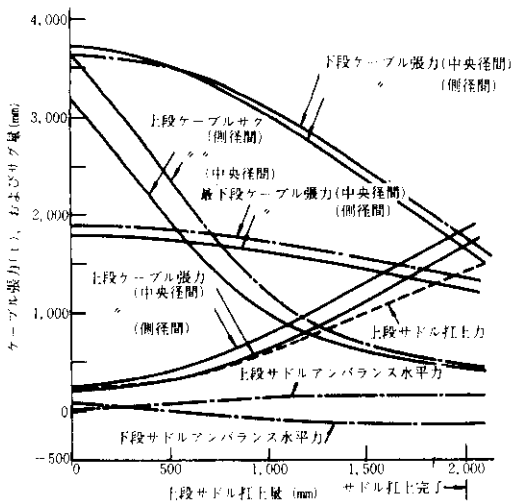


図-4 堺側上段サドル扛上時のケーブル張力およびサグの変化

サドル扛上を終えて、塔頂サドルの位置を微調整する場合のデータが図-6、7である。サドル水平移動が、サドル水平力、主塔倒れおよび桁先端のキャンパーに大きく影響することがわかる。サドルの水平移動、すなわち、左右のケーブル長さのバランスの変化を、このような形で敏感にとらえることができる。特に、サドル水平力は、その値自体が小さいうえにケーブルのアンバランスに敏感であることから、有効な管理データである。

ケーブル架設時、張力導入時のデータを示し、同作業時の変位や応力の特性を説明する。

図-4、5はともに堺側上段ケーブル張力導入時のデータである。塔頂サドルの扛上量に対してケーブル張力、サグ、サドル扛上力、サドル水平力および主桁・主塔の主要点の変位を凶示したものである。

サドル扛上量に対して、扛上前半では、サグの減少だけが目立ち、全体的に非線形な挙動をするが、扛上後半では、すべてが線形の挙動を示すようになる。このことは、ケーブル長を補正する際はサグ量の計測により十分精度を保てることを示している。しかし、高張力になると、サグ量の変化に比して張力の変化の割合が大きく、サグ量のみでは管理は不十分なものになる。

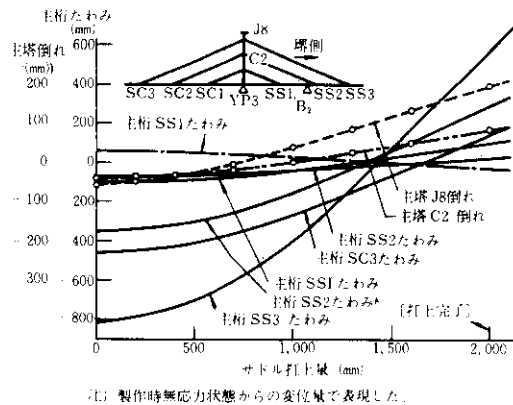


図-5 上段サドル扛上時の着目点変位量 (堺側：+)

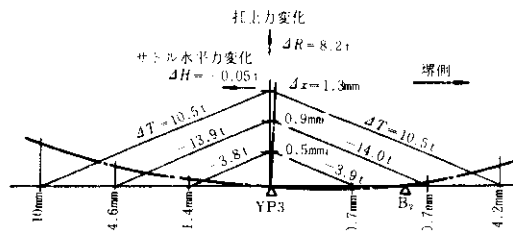


図-6 上段サドル高さを  $\Delta h = 10\text{mm}$  増加した場合の変化

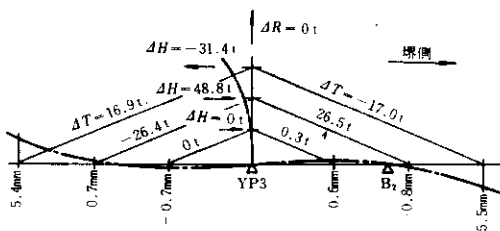


図-7 上段サイドを塔側へ  $e=10\text{mm}$  移動した場合の変化

## 5. 管理項目

表-2、3は本橋で実施した寸法・形状に関する管理項目および応力に関する管理項目をまとめたものである。

工場仮組時の測定結果を整理し、これらのデータを基に計画シム厚を決めて施工した後、形状やサグの測定結果から誤差を推定して、必要に応じてシム厚を調整した。

なお、キャンパー誤差については、ケーブル定着点間距離への影響度が比較的小さいこと、および架設時誤差混入の確率が高いことから、仮組時測定値は参考値にとどめた。

表-2 寸法、形状に関する管理項目

	測定方向	測定項目	測定時期		備考
			工場	現場	
ケーブル定着点間距離に関する事項	水平方向 ( $a \approx 0.92$ )	桁長	○	△	
		塔倒れ	○	○	
		塔頂サドル偏心	-	○	
	鉛直方向 ( $a \approx 0.38$ )	桁キャンパー	○	○	
		塔高	○	△	
		塔頂サドル高さ	-	○	サドル下シム厚で調整
ケーブル方向 ( $a \approx 1.0$ )	アンカーガーター製作誤差	○	-		
	ケーブル定着点間距離	-	*		
ケーブル長さに関する事項	"	ストランド長さ	○	*	ソケットプレコンによる押出し量
		スプレーサドル内曲線長	●	-	設計長精算

注) 1.\*: ストランド架設時のサグを確認してストランド長とケーブル定着点間距離との相対的な長さを確認する。  
2.○: 測定精度良い、△: 測定精度悪い、●: 計算による補正

## 6. 施工成果

ケーブル扛上及び種々の計測はほとんど温度変化のないまた、部材間の温度のない深夜、もしくは早朝に行われた。データは予め計算しておいた管理目標値とその場で照合し扛上量の決定や桁の架設手順の決定等を行った。但し、何らかの不都合がある場合は更に電算機で再チェックを行ない検討をかさね、管理項目のバランスを配慮し決定することにした。

以上述べた管理を実施し、無事閉合作業を終了した。図-8、9に施工成果の一部を報告する。

この結果、大阪側側径間に若干(-29mm)の誤差はあるが、他のキャンパー値は理論値とほぼ一致している。サグ量については大阪側最上段を除いて理論値とほぼ一致している。

ケーブル扛上時のサドル扛上力、ケーブル張力の実測値を見ると各計測値ともほぼ一致した値を示しており理論値ともよく一致している。図-9で昼間の値が高いのは温度による影響を理論値には入れていない為である。

表-3 応力に関する管理項目(現場測定)

	測定成分	測定項目	備考
ケーブル張力に関するもの	サドル扛上力	扛上用ジャッキ反力	ジャッキ油圧
		ロードセル	-
		PC鋼棒ひずみ	ひずみゲージ使用
	サドル水平力	サドルセット時水平反力	ジャッキ油圧
		サグ	-
	ケーブル張力	素線ひずみ	ひずみゲージ使用
振動数		ケーブル曲げ剛性の評価に問題	
主塔断面力	主塔応力	塔壁ひずみ	ひずみゲージ使用
主桁断面力	主桁応力	主桁ひずみ	"

鋼材温度 キャントトラス 19.3℃  
 ドライランド面 19.9℃  
 出 張 塔 19.9℃  
 マーアーク 19.9℃

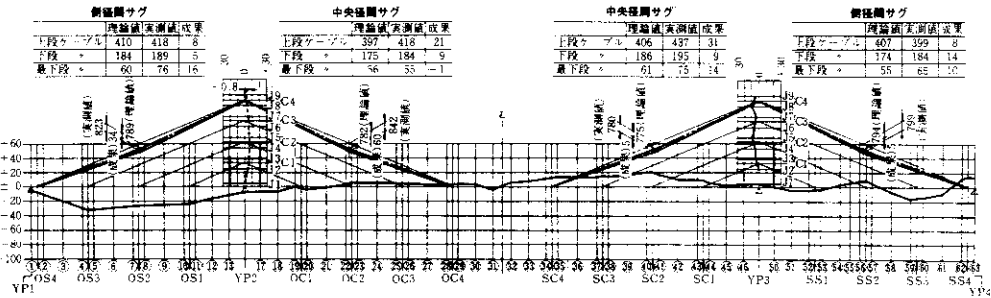


図-8 閉合完了後の出来形(昭和56年10月6日、気温19℃)

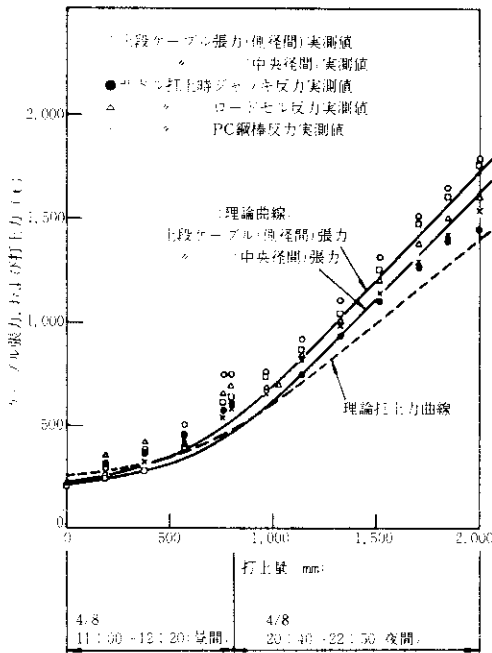


図-9 上段ケーブル打上時のサドル打上力、ケーブル張力の実測値(理論値と各種測定値の比較)

あとがき

大和川橋梁の施工管理について述べた。この計

測管理については、本橋の設計時より種々の検討がなされ、設計、製作もより安全なものを、また、架設精度をいかに上げ得るかを中心に考えられた。これらを経て架設に至ったが架設においても毎夜のように計測が続けられ誤差の傾向を把握し、累積誤差とならないよう努力を行った。

しかし、本橋は自然条件の厳しい我国において建設された最初の世界的規模の斜張橋であり、その設計、施工にあたっては大型化に伴う問題も少なくなかった。まだ、十分に全てが解決されたとはいえず、今後の課題となる問題も幾つかあるが、本橋の経験、諸検討が今後の斜張橋建設の参考になれば幸いである。

最後に、本橋の設計・施工にあたり、ご指導を賜った阪神高速道路公団大阪湾岸線技術委員会(委員長 小西一郎京都大学名誉教授)の諸先生方を始めとして、関係各社に対し深く感謝の意を表します。

### 参考文献

- 1) 田井戸、成瀬、大志万： 大和川橋梁の製作と架設(上)、橋梁と基礎 VoL.16, No.1 1982
- 2) 田井戸、成瀬、大志万： 大和川橋梁の製作と架設(下)、橋梁と基礎 VoL.16, No.2 1982