

(87) まなび野橋の設計・施工

(株) 鏡高組	東京本社	橋本	崇
同上	大阪支社	中山	雅雄
同上	東京本社	正会員	荘司 和彦
(株) オオバ	大阪支店	東村	茂久

1. はじめに

まなび野橋は、桃山学院大学移転に伴い和泉中央駅からキャンパスへのアクセス道路の一部として市道を跨ぎ架設された、2径間連続PC斜張橋であり、平成7年4月に供用を開始した。桁下空間の厳しい設置制約条件から、桁高0.6m、支間長35m、47mの非対称スパンを有するPC斜張橋が選定された。また、本橋の架設位置は同大学の玄関口にあたることからランドマークとしてのイメージも期待されている。

本稿ではまなび野橋の設計ならびに施工について、その概要を報告するものである。

設計においては、クリープを考慮した斜材張力の決定方法、および支保工上で製作された主桁に対し斜材を段階的に緊張する場合に問題とされる、主桁と支保工の接触問題を解析可能な非線形骨組解析プログラムを作成し、本橋に適用した結果を述べる。

施工においては、工場製作ケーブルの製作から緊張までの斜材の施工とその管理を中心に報告する。

2. 橋梁概要

橋梁諸元を以下に、一般図を図-1に示す。

構造形式：PC2径間連続斜張橋

橋 長：83.0m (47.020m + 35.020m)

幅 員：総幅員 B = 5.800m

有効幅員 B = 5.000m

主 塔：H形RC構造

斜 材：ファン型2面吊り

主 桁：端桁、スラブ桁形式

工 期：平成6年6月～平成7年3月

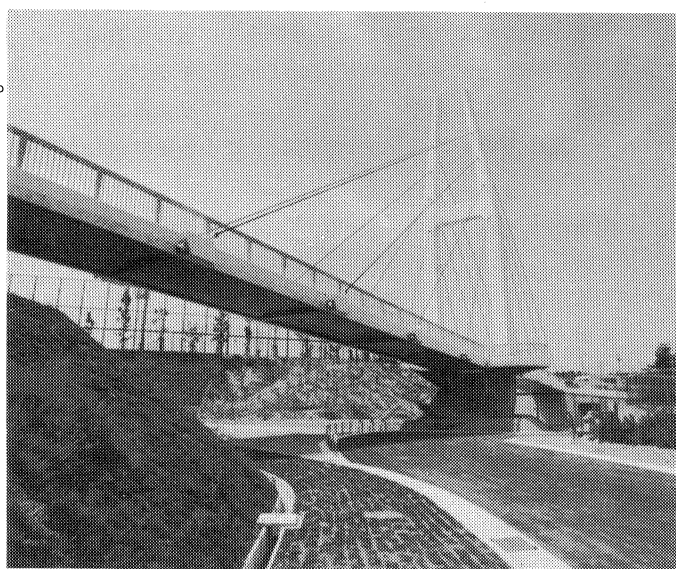


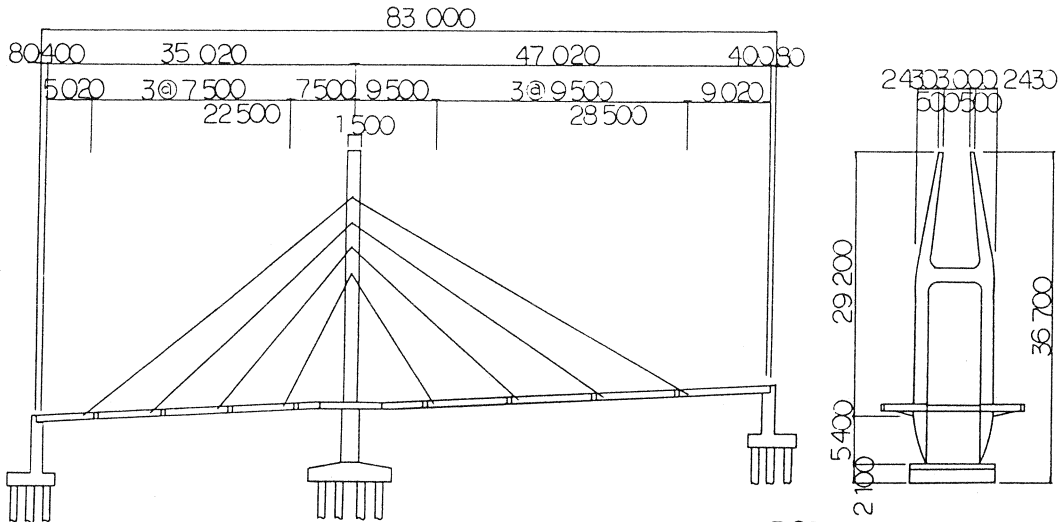
写真-1 完成写真

主桁は、桁下空間の厳しい設置制約条件から非対称スパンのバランスを保つため短径間側は端桁、長径間側はスラブ桁形式で桁高0.6mの極めてスレンダーなPC斜張橋となっている。

主塔は横梁1本を有するRC構造H形形状を採用しており、その高さは橋面より29.0mとなっている。

斜材形式は2面吊ファン型である。主桁側の斜材定着間隔は短径間側は7.5m、長径間側は9.5mとなっており、斜材段数は片側4段である。斜材にはノングラウトタイプの工場製作ケーブル(DINAアンカーケーブル)を使用している。

また、本橋の主桁および主塔の架設は全て固定支保工にて行った。



3. 設計概要

3-1 斜材張力の決定(相対剛度変化法)

斜材張力の決定は、斜張橋の設計において最も重要な作業であり、死荷重時断面力とのバランスを考えて決定しなければならない。

斜材張力の決定法には、①最適性規準に基づく方法、②力学的特性を考慮した簡便法とに分類できる。

①最適性規準に基づく手法としては、「ひずみエネルギー最小規準」や「ファジー理論」による研究がなされてはいるが、いまだ実用的な手法は確立されていない。

本橋で用いた相対剛度変化法は、②の簡便法に分類されるが、主塔や橋脚に発生する曲げモーメントの制限、任意の斜材に対する斜材張力の指定など、従来から行われている「斜材定着点を支点に置き換える方法」よりも自由度があり、非対称構造に対しても斜材張力のばらつきが少ないという利点がある。

本橋では斜材張力の決定に際し、a)供用開始時からクリープ終了時に至るまでのクリープ・乾燥収縮による応力の変動量が大きく、その何れの段階においても主桁の応力が許容値内に納まること、b)主塔に発生する曲げモーメントを可能な限り抑制することを基本方針とした。

ここで、以下に示す3ケースの斜材張力算出方法による、主桁・主塔に作用する断面力を算出し、斜材張力の決定方法を比較検討した(図-2)。

- (1) 斜材定着点を支点に置き換える方法
- (2) 相対剛度変化法
- (3) 相対剛度変化法(クリープ・乾燥収縮の影響を考慮)

検討の結果、解法(1)では主桁に発生する断面力には他の解析手法と大差はないが、主塔に大きな曲げモーメントが発生することとなった。解法(2)・(3)では、主塔付根部の曲げモーメントを小さくする制約条件を付加したため、主塔の断面力状態は良好となった。

しかし、解法(2)ではクリープ・乾燥収縮の影響が考慮されていないため、クリープ終了時に外側斜材近傍の

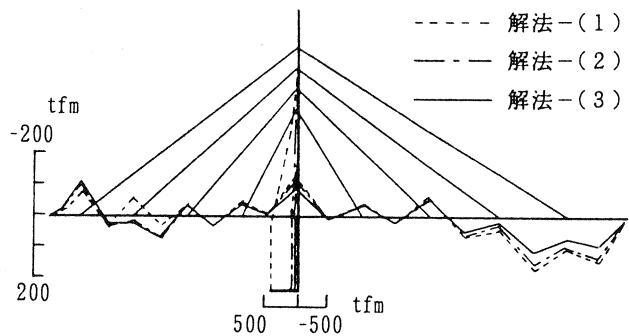
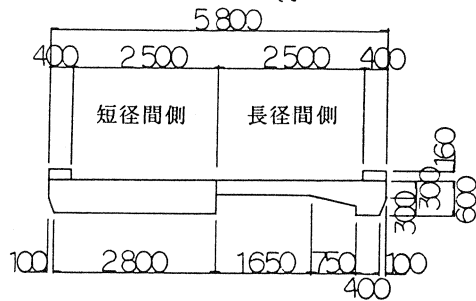


図-2 断面力比較図

主桁断面力において解析(3)より30tf・m大きくなった。この断面力の差は主桁の応力度に換算すると $\Delta\sigma_c = 22\text{kgf/cm}^2$ となり、クリープ・乾燥収縮による影響が無視できない大きさであることがわかった。

そこで、本橋では斜材張力の決定に解法(3)のクリープ・乾燥収縮の影響を考慮した相対剛度変化法を用いた。なお、尾下ら¹⁾の相対剛度変化法ではコンクリートのクリープ・乾燥収縮による変化が考慮されていないが、本橋では斜材張力の決定に際し、クリープ・乾燥収縮の影響を考慮可能な相対剛度変化法を用いた。

3-2 支保工上での斜材緊張に対する検討

設計計算における斜材張力の導入は、全斜材が架設された状態での同時緊張を前提とし、自重の荷重は全斜材緊張後に行われるものと仮定した(図-3)。

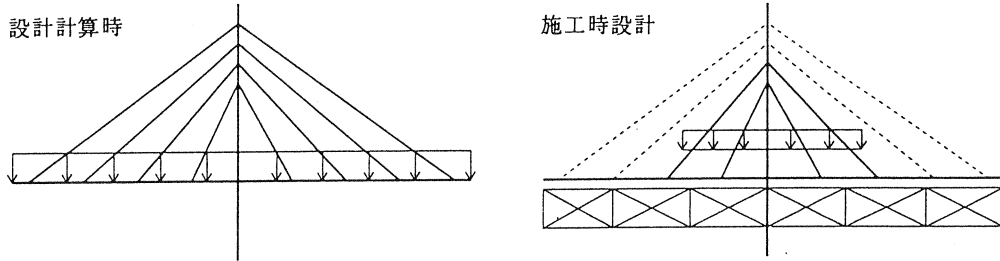
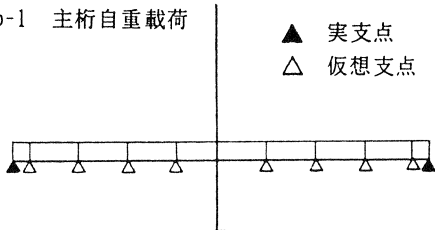


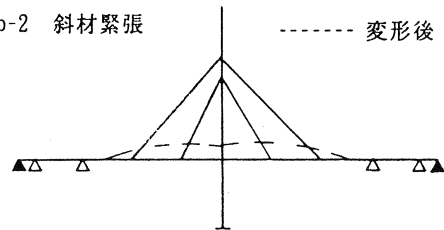
図-3 斜材緊張・桁自重荷重方法の比較

しかし、実際の斜材架設では、主桁が支保工上にある状態から始められ、1段毎の斜材緊張と共に一部主桁が支保工上から浮き上がり自重が荷重される。この状況を正確に把握した斜材導入張力および各段階での応力照査を行うためには、斜材の緊張順序に従い主桁が支保工より浮き上がる接触問題をシミュレートした構造解析(非線形解析)が必要となった。具体的には、図-4に示すように斜材定着点に仮想支点を設けた構造モデルを用い、各斜材緊張段階において仮想支点が浮き上がるか、あるいは、主桁の変形により仮想支点上に主桁が接触するかを判別し、構造モデルの仮想支点の追加・削除を収束するまで繰り返す。この作業を各ステップにおいて、自動で実行可能な骨組構造解析プログラムを作成した。なお、部材接触の有無に関する判断は、仮想支点の累計反力および主桁の累計変位により行った。本橋の各斜材の導入緊張力および主桁の上越し量の算出、主桁・主塔・斜材の施工時応力照査にあたっては、同解析プログラムを用い行った。

Step-1 主桁自重荷重



Step-2 斜材緊張



斜材緊張により主桁が浮き上がり支保工から離れ、斜材吊点近傍の仮想支点が働かなくなる。

図-4 解析概要図

4. 施工概要

施工要領図を図-5に示す。コンクリート打設は、施工性および打設コンクリート量を考慮し、主桁部は3分割、主塔部は8分割とした。

4-1 斜材ケーブルの製作

斜材は工場製作ケーブルであり、その定着システムは主塔側には定着スペースの小さいナット定着方式を、主桁側はシム定着方式を採用した。工場製作ケーブルは、現場製作ケーブルとは異なり施工誤差に対する斜材長の調整がほとんど出来ない。このため工場製作ケーブルの場合、主塔や主桁の施工とたわみ管理については十分な精度が要求された。本橋の斜材製作長の算出には、下記項目の補正量を考慮して算出した。

① 斜材緊張による伸び量による補正

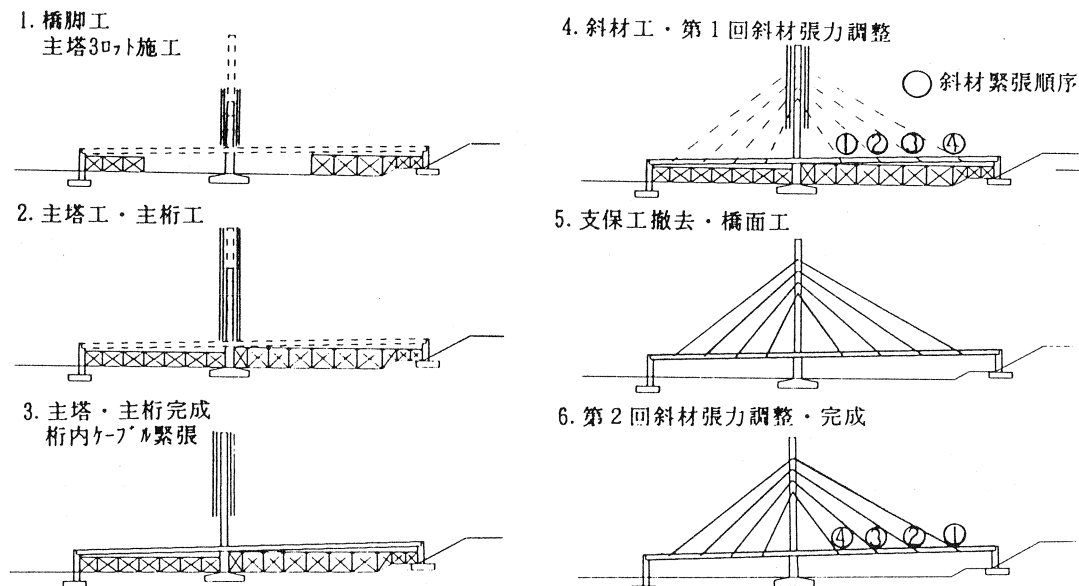


図-5 施工要領図

- ② 斜材緊張による主桁・主塔の変形量による補正
- ③ 主桁・主塔の上越し・横越し量による補正

ここで、斜材緊張による伸び量の算出には、ケーブル理論によるサグ量を考慮した検討についても行ったが、ケーブル引き込み力（緊張力の初期値）を1 t fとした場合、弾性計算による伸び量と一致し、同規模の橋梁ではケーブルサグ量は考慮する必要がないことが分かった。

4-2 斜材ケーブルの架設・緊張

橋面上で展開したケーブルは架設に先立ち、主塔と主桁の斜材定着間距離の実測結果により、主塔側ネジ定着部で斜材長を調整可能な範囲内（±20mm）で修正し、残りの誤差は主桁定着側のシム量で調整した。

本橋は、桁高が低く橋面工施工前に100%の斜材張力を導入することは、主桁の応力状態から不可能であった。このため、斜材への張力導入は桁完成直後（斜材ケーブル架設時）と橋面工完成時の2回に分けて行う施工方法を採用した。斜材の緊張は、1次緊張および2次緊張共に主桁側から行った。1次緊張における緊張順序は、主桁の応力変動を小さくする目的で導入張力の小さい内側から、2次緊張では斜材調整力による他の斜材への影響を小さくする目的で、導入調整力の大きい外側から行った。緊張管理は圧力管理を基本とし、伸びは参考値とした。また、コンクリートに比べ斜材の比熱が高いため、2次緊張に先立ち主桁内部と斜材供試体の温度を測定することにより、温度による導入張力の補正量の検討を行った。その結果、コンクリートと斜材の温度差10度による張力補正量の最も大きい長径間側最外斜材で、その補正量が1.1 t fとなり、導入張力に比べ微小であるため温度による補正は除外することとした。

5. おわりに

以上、まなび野橋の設計と施工の概要を報告した。現在、長大PC斜張橋が数多く架設されているが、本橋のような小規模斜張橋も、桁高制限を受けたり、周囲の景観との調和が要求される場合には有力な構造形式の一つであると思われる。最後に、本工事の設計、施工にあたり多大な御指導と御尽力を頂いた関係各位に深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 尾下、大森：斜張橋のケーブルプレストレスの実用 計算法の提案、橋梁と基礎、(1991.11)