

神崎川橋梁の施工報告

小崎 正男¹⁾ 高瀬 和男²⁾

神崎川橋梁は、阪神高速道路湾岸線が神崎川河口を横切る部分に位置する橋長150mのバスケットハンドル型ニールセンローゼ橋である。

本橋の主な特徴としては、鋼床版を有する広幅員の下路橋であること、フローティングクレーンによる大ブロッカー一括架設工法を採用したこと、吊材としてアルミニウムカバーを施したPC鋼より線ケーブルを使用したことがあげられる。

工事は昭和62年9月着工以来、順調に進み平成元年7月9日大ブロック架設を行い、ケーブル張力調整、橋面工を終え平成元年10月に竣工した。

本文は、駒井技報Vol. 8で報告した「神崎川橋の設計」に続き、架設計画、架設内容、ケーブルの構造および張力調整についての概要を報告するものである。

ま え が き

1993年に開港を目指す、関西国際空港のアクセス道路として、また阪神地域の道路交通機能の慢性的な渋滞解消のため阪神高速道路湾岸線（神戸市東灘区から大阪泉佐野市まで総延長55.6Km）が計画され、現在長大橋梁が続々と建設されており新しい一大都市景観を形成しつつある。その湾岸線が神崎川河口部を横断する部分に架かる橋梁が神崎川橋梁である。

本橋は橋長150mアーチライズ30mを有し、また隣接して中島パーキングエリアが控えていることから、有効幅員は27.26m～30.375mとなっている。したがって、ニールセンローゼ橋の中ではかなり広幅員の鋼床版橋といえる。

ニールセンローゼ橋は、アーチリブと補剛桁との間にトラス形に組んだケーブル吊材を用いた形式で、外的には静定、内的には高次の不静定な構造物である。他の形式のアーチ橋に比べて、剛性が高く吊材にケーブルを使用することにより通行者の視界をあまり妨げないという特徴を持っている。

近年150m～200mの橋梁形式として計画される例が多くなっている。

図-1に、本橋の位置図、図-2に一般図、また表-1には主要構造諸元を示す。



写真-1 完成写真

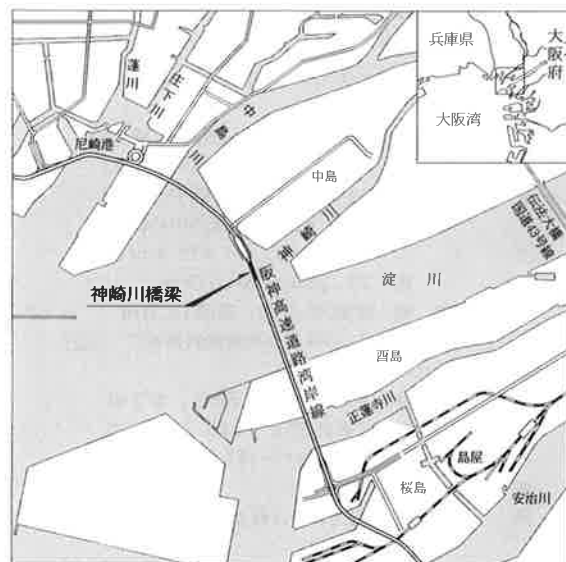


図-1 位置図

1) 大阪橋梁工事部 工事課課長 2) 大阪橋梁技術部 設計二課副課長

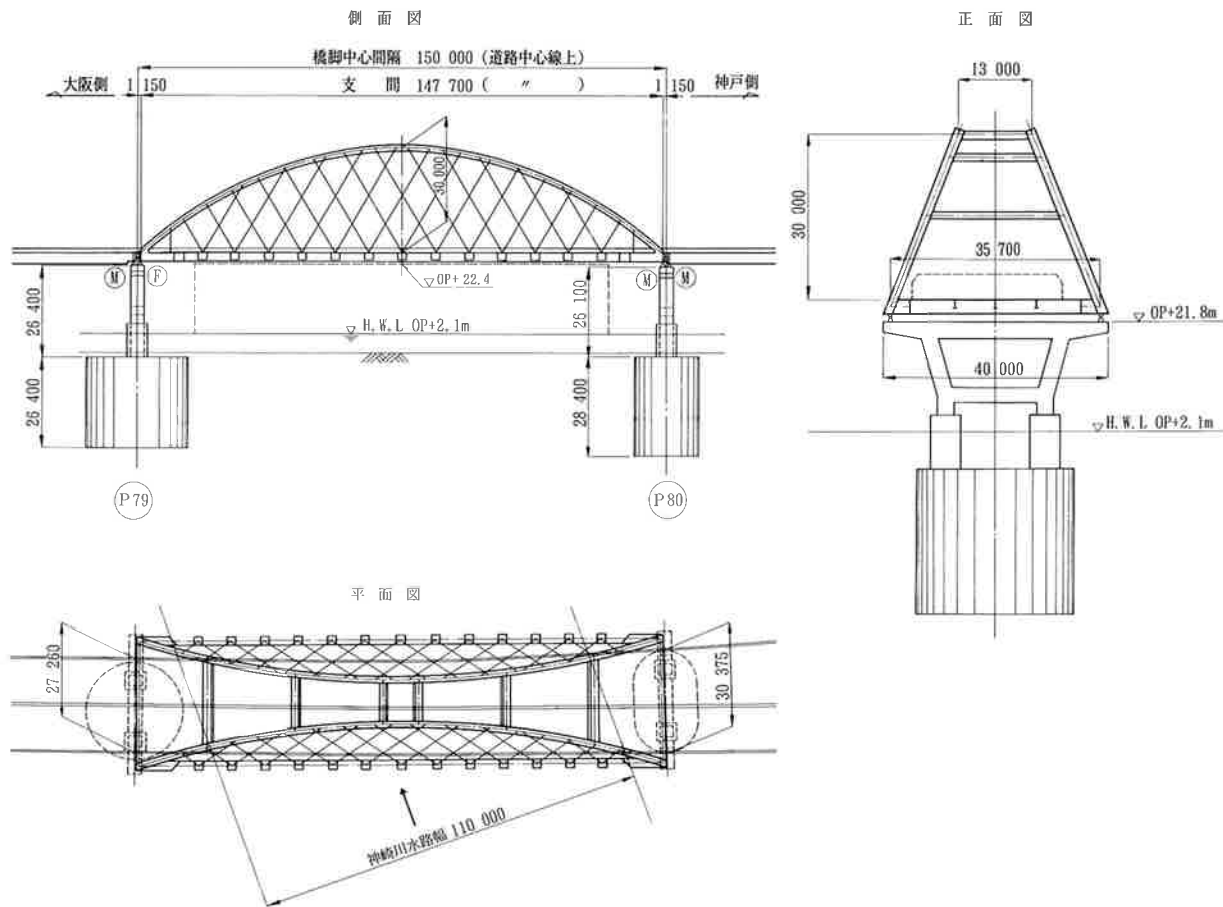


図-2 一般図

表-1 構造概要

| | |
|--------|--|
| 道路名 | 大阪府道高速湾岸線 |
| 工事名 | 神崎川工区上部工事 |
| 道路構造規格 | 第2種第1級 |
| 設計速度 | 80 Km/h |
| 橋格 | 1等橋 (TL-20, TT-43) |
| 橋形式 | バスケットハンドル型ニールセンローゼ桁 |
| 橋長 | 150 m (道路中心線上) 149.964 m (構造中心線上) |
| 支間 | 147.7 m (道路中心線上) 147.664 m (構造中心線上) |
| ライズ | R=30 m (ライズ比 R/L=1/5) |
| 幅員 | 27.260~30.375 m |
| 主構間隔 | 基部35.7 m 頂部13.0 m |
| 吊材間隔 | 9.375 m (吊材傾斜角60°一定) |
| 主構のおれ角 | 69°16'36" |
| 主要鋼材 | SM58, SM50 Y, SS41 |
| 吊材断面 | SWPR7B φ15.2-19本 (アルミカバー付) |
| 総鋼重 | 3100 t |
| 吊荷重 | 3200 t (仮支柱を含む) |

1. 架設概要

昭和63年12月より泉大津泉北六区埋立地に於いて地組立工事に着手した。地組ヤードは埋立地で地耐力が小さいので400H杭による基礎を設けた。杭はN値20~30の第一砂層まで打込み、杭1本当たり80tの耐力とした。

桁の組立は平成元年1月下旬より開始し、アーチの組立を5月中旬に完成した。その後ケーブルの取付け、添接部の塗装、添加物の取付け、浜出し準備を行った。

6月25日浜出し架設を予定したが季節はずれの台風の影響を受け、許容基準を超える波浪が生じたため中止し、7月9日に再度浜出し、架設を実施した。

架設地点は神崎川航路上であり交通船舶の通行が多いため、休日に航路を全面閉鎖しフローティングクレーン(以下FCという)による大ブロック一括架設を行った。

2. 橋体の地組立

(1) 地組立

工場製作されたブロックを海上輸送により、泉大津泉北六区埋立地へ運び橋体全体の組立を行った。

補剛桁・鋼床版・ブラケットの組立は、150t吊りクローラークレーンにより中央より端部に向い順次対称に組立を行った。なおヤード溶接による桁の収縮の影響を考慮しキャンバーの上げ越しを行い、溶接完了後上げ越し量を除去した。その後高力ボルトの締付を行い、アーチの組立てを行った(写真-2参照)。アーチの組立てには、300t吊りクローラークレーンを用い、鋼床版上にベント8基、仮支柱4本を組立て、端部より中央に向い組立て、アーチを閉じた。

ベントを解体撤去し、ケーブルの取付長さの実測を行い、ケーブルの架設を行った。ケーブル取付長さの実測は、ピアノ線をケーブルソケット定着面間に張り渡し、10Kgの張力を掛けた状態で予めマーキングしておいたポイントより下弦材側定着面との間を実測した(写真-3参照)。橋体の温度の安定した早朝にケーブル56本の計測を行い、3日間の計測の平均長を用いて、フィラープレート厚を決定し、ケーブルの取付を行った。

(2) ヤード溶接

地組立時の鋼床版の継手をヤード溶接で施工した。

橋軸方向継手が4列、橋軸直角方向継手が10列で、溶接はサブマージアーク溶接により中央より端部に向って対称に施工した。

溶接継手の検査は、溶接線の端部および交差部はX線検査を行い、中間部は溶接線1m毎に超音波深傷により検査を行った。

3. 架設工法の選定

架設工法として、ベント工法・台船工法・FC工法の3案について比較検討を行った。

橋梁型式、橋体重量(3,200t)、架設地点の条件および工期、作業性、経済性から工法選定を行った。その結果主たる要因として、架設地点は神崎川航路上であるため架設に際しては、航路の全面閉鎖をとまなうため最も短期間で架設ができるFC工法による大ブロック一括架設工法を採用した。

なお現地水深は受注後ただちに深浅測量を行い、使用FCの選定条件とした。

4. 橋体吊り上げ機構

橋体の一括吊り上げについては、上弦材に吊り点を設ける場合(上吊り)と下弦材に吊り点を設ける

場合(下吊り)の比較検討を表-2のように行い、上吊り案を採用した。吊り金具は16点でアーチ断面と一体構造とし架設完了後、切断解体撤去した。

仮支柱は、アーチ地組立時のベントとしての役割と架設時橋体の形状保持をするため、夫々の状態を考慮し設計した。

表-2 橋体吊り上げ点の検討

| 上吊り・下吊りの比較 | | |
|------------|--|---|
| | 上吊り | 下吊り |
| 概要図 | | |
| 仮支柱 | 作用力 N=60t(引) プレストレス50% 63t(圧) L-200・200・25 支柱 W=16.0×4=64t 横梁 W=25t Σ=90t | 作用力 N=390t(圧) L-250・250・25 支柱 W=25.0×8=200t 横梁 W=50t Σ=250t |
| 本体の補強 | 1). アーチリブの補強が大き 2). 下弦材の補強は負モーメント部の水平補剛材の追加のみ | 1). アーチリブ補強は比較的小さい。 2). 下弦材の補強が必要となる 3). 吊点部の補強が大きくなる |
| 作業床 | 上吊りのため、アーチリブ面に、ワイヤー連結用の作業床を必要とする | 鋼床版上でのワイヤー連結となるので特に作業床は必要ない |
| 作業性 | 高所作業となるが、ワイヤーの連結作業に対して問題は少ない | 斜材ケーブルと吊ワイヤーが交錯するため、非常に困難。 |
| 評価 | ○ | △ |



写真-2 アーチ組立

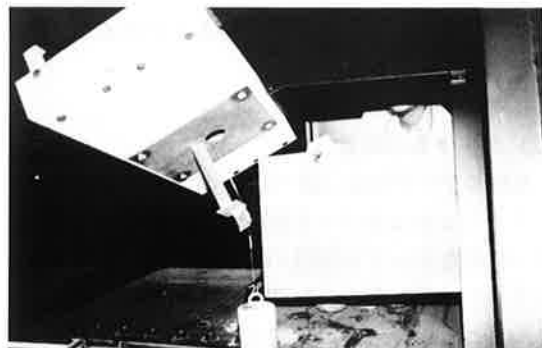


写真-3 ケーブルの取付長さの実測

仮支柱は一括架設完了後、支点支持状態で1本当たり120tの引張力が作用する。そのため仮支柱の解体を容易にするために、地組立時にプレストレスとして約60tの圧縮力を導入した。仮支柱の解体時、4本の支柱には、あらかじめセンターホールジャッキをセットし4カ所連動で引張力を解放し、柱の解体を行った。

5. ケーブルの構造および架設

(1) ケーブルの構造

吊部材としては、耐候性・経済性および景観等を考慮して、アルミニウムカバーを施したPC鋼より線ケーブルが採用された。

図-3にケーブルの断面図を示す。ポリエチレンで被覆したPC鋼より線（7本よりφ15.2mm）を19本束ね、弾性スペーサーを介して、厚さ2mmのアルミニウムカバーを施している。したがって、ポリエチレン被覆とアルミニウムカバーとによる二重の防食が期待できる。表-3には、ケーブルの主要特性を示す。

図-4にアンカー部の構造を示す。アンカーは、ソケット、定着板、エポキシ樹脂（APSコンパウンド）および弾性シール材より構成されている。PC鋼より線の定着は、圧着グリップと定着板によってなされている。ソケット内に充填されているエポキシ樹脂は疲労強度の向上に寄与している。またソケット先端部には、ソケット内への水の侵入を防ぐため弾性シール材を充填している。

このケーブルの基本的な力学的特性・設計法等については文献¹⁾にまとめられているが、ニールセン橋に対応するように定着部の構造を変更していることや、施工実績が少ないため様々な実験や検討を加えて設計・施工を進めた。

本ケーブルの力学的特性に関し、阪神高速道路公団より京都大学の渡辺教授へ、疲労強度の確認およびクリープクラセーションの特性の把握が委託された。その結果、所要の性能を得ていることが確認された。（文献²⁾参照）

また企業体としても、ケーブルの振動実験、エポキシ樹脂の熱変形温度の実験や、次項に示すケーブルの架設実験を行い、ケーブルとしての実用性を確認し施工を行った。

(2) ケーブルの架設

本橋のケーブルは、図-3に示すように外装材としてアルミニウムカバーを取付けられている。そのため一般的なケーブル架設のように、ケーブル架設後にアルミニウムカバーを取付ける方法を採用すると、アルミニウムカバーの構造上、取付けのため、ケーブルに沿った作業足場が必要となり、また工程上も

非常に長い工期が必要となる。

よって本橋においては、アルミニウムカバーを取付けた状態で架設する方法を採用した。そのためケーブルは、アルミニウムカバーによりロッドに近い状態になり、ケーブルに角折れを生じさせると外装材が破損することになる。

そのため、アルミニウムカバーに損傷が生じないように工夫された、特殊な吊り天秤（ケーブルホルダー、写真-4参照）を用いてケーブルの架設することになった。

したがって、この吊り天秤を用いた場合、ケーブル架設作業に支障がないかどうか、また作業性についての施工実験を行った。

実験に用いたケーブルは、長さ21mのもので片端一部を除きアルミカバーを取付けておき実橋と同一条件の作業空間を設けて架設および引込み実験を行

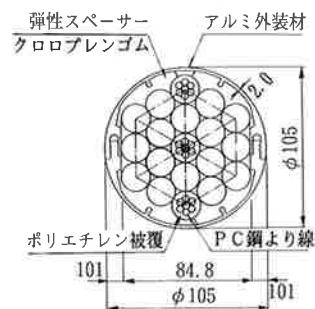


図-3 ケーブル断面図

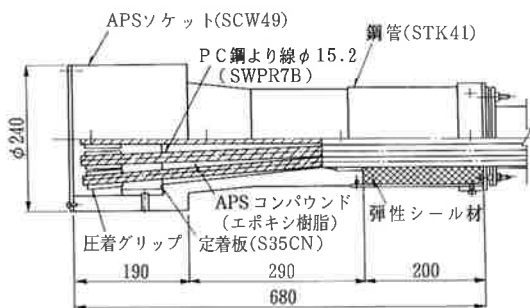


図-4 アンカー部の構造

表-3 ケーブルの特性

| | |
|--------------|----------------------------------|
| 引張強度 | 100Kg/mm ² 以上(SWPR7B) |
| 疲労強度 | 20Kg/mm ² 以上 |
| 弾性係数 | 19,500Kg/mm ² 以上 |
| コンパウンドの熱変形温度 | 70°C以上 |
| 防食方法 | PC鋼より線のポリエチレン被覆+アルミニウムカバー |

った。ケーブル長36mについてはケーブルホルダーのみで作業性の確認実験を行った。

実験結果からケーブルホルダーを用いることによりアルミカバーに損傷を及ぼすことなく架設できることが確認された。また作業性についても20m以上のケーブルは2台のクレーンによる相吊りにより架設することで作業性についても支障がないことを確認した。



写真-4 ケーブルの架設

6. 架 設

(1) 沓の据付

架設時における橋体の変形と、それにとまなう沓の据付の考え方については以下のとおりである。

沓の構造としては、ピボット沓、ピボットローラー沓を採用したが、一括架設時に桁と沓とのセットを容易にするため上沓の突起を大きくしてガイド機能をもたせた(図-5参照)。

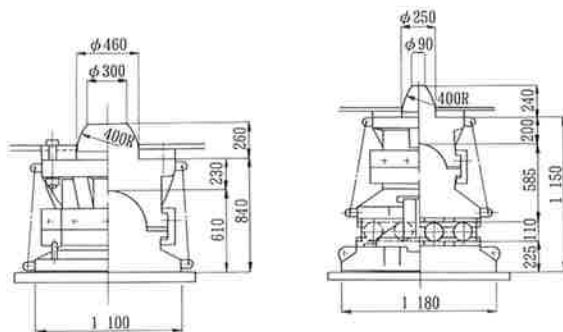


図-5 沓姿図

準備作業として、地組立時の支点間の実測と吊り上げ時における支点の移動を考慮し、沓の仮置きを行った。沓の周囲の四辺には微調整用に固定反力受具を橋脚に溶接し、沓との間に油圧ジャッキ(50t用)を8台セットした。

架設当日は、小雨模様であり沓タッチ時の橋体温度は25℃であった。

上沓とソールプレートの間隔が100mm程度の所まで橋体を下した段階で、上沓の方向合せとセットボ

ルトの差し込みを行った。

橋軸方向については、吊り上げ時における支点の移動および温度変化を算出し可動沓の上沓をニュートラルの位置より固定側へ45mmずらし沓にタッチさせた。

橋軸直角方向については、架設時においては、橋体と下部工との間には5℃の温度差があった、その温度差を取り除くため、油圧ジャッキを用いて、橋体と下部工の温度が一樣になる夜間に微調整を行った。

(2) 浜出しおよび吊運搬

1) FCの選定

架設地点の水深は、満潮時で4.9mであった。国内に在籍する3500t吊りクラスのFCでは3200tの吊荷重において吃水が6.0m前後となる。そのため現地進入には、3200tの吊り状態においても吃水が4.4m程度におさまる4100t吊りFC“海翔”を使用した。

2) 一括吊り上げ浜出し

作業管理体制と実施タイムスケジュールを表-4に示す。橋体の吊上げに先立ち、ワイヤリングのならしおよびチェックのため、50%負荷の

表-4 浜出し作業フロー

| 月日 | 時間 | 作業フロー | 管理項目 | 管理方法および目標値 | | |
|------|------|-------------|--|------------|---|------|
| 7/9 | 0:00 | 作業関係者集合 | | | | |
| | 0:30 | 人員点呼、作業役割確認 | | | | |
| | 0:45 | 警戒船 | 吊り上げ準備 | 人員配置 | | |
| | | 振れ止め索取り付け | | | | |
| | | | 荷重計の0調整 揚程計の0調整 | シャース起伏角 | 5.9° | |
| | | | 吊り上げ開始 | | | |
| | | | 荷重負荷 0% // 30% // 50% // 80% // 90% // 100% | 吊り具点検 | 桁のたわみ 架台からの離れ読み 吊荷重 FC吃水 F C吃水の読み 4フックの吊荷重 F C荷重計 | |
| | | | 橋体の姿勢調整 | | 桁の姿勢 架台からの離れ読み シャース起伏角 | 5.9° |
| | 2:30 | 荷重調整 | 揚程計の0調整 | | | |
| | | | 地切り 1.5m | | 吊上げ時 支保間隔 計測 | |
| | | | 桁受け点補修塗り | | 桁受け点 下塗り 上塗り 敷 揚程 1.5m | |
| | 4:00 | 巻き上げジブ起伏 | ≒90分 | 曳船連結 | シャース起伏角 | 7.0° |
| | 4:30 | 荷重調整 | FC係留解除 | | | |
| | | | 陸上アンカー索解放 | 吊荷重 揚程 | | |
| | | | FC離岸 | | | |
| | | 海中アンカー揚錨 | | | | |
| 5:30 | | 吊り運搬 船団出港 | 吊運搬工程 4フックの吊荷重 (吊運搬時) | 工程検計 | | |
| 6:15 | | FC 航路 OUT | | F C荷重計 | | |

試験吊を行い施工の安全性を確認した（写真-5参照）。

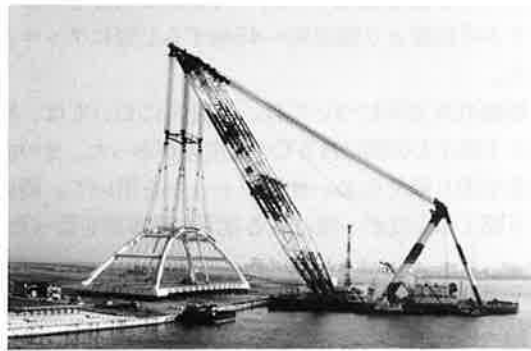


写真-5 浜出し

3) 吊り運搬

橋体は、泉大津助松埠頭より神崎川河口まで約18Kmの間を吊り曳航した。この時の所要時間は3時間、曳船は主曳船6000psと、3000psの補助曳船4隻にて曳船し、新淀川河口付近にて主曳船6000psを3000ps2隻に取り替えて架設地点まで進入した。吊り運搬船団図を図-6に示す。

4) 一括架設

作業フローチャートを表-5に示す。架設時の作業は下記の項目に留意し管理を行った。

① FCの荷重計による荷重管理

起重機船“海翔”
船体：120×55×7.5m
吃水：約5.0m
定格荷重：主巻4100t(1025t×4)
吊荷重：約9200t

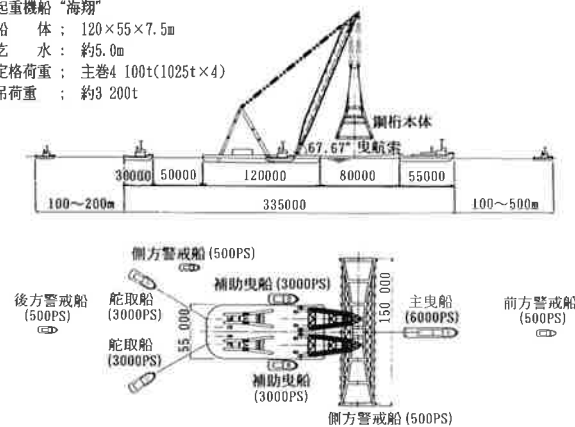


図-6 鋼桁吊運搬船団図

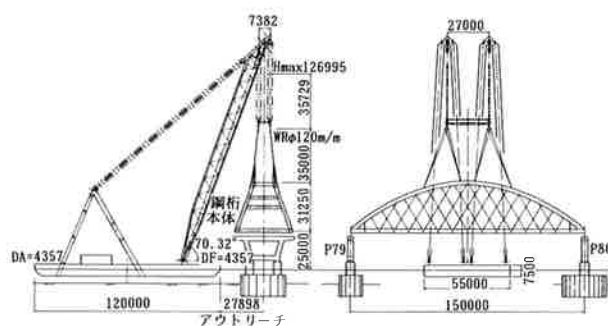


図-7 鋼桁一括架設状態図

- ② 揚程管理
- ③ 橋体のたわみ管理
- ④ 吃水管理（バラスト調整管理）
- ⑤ トリムに伴うリーチ管理
- ⑥ 時間工程管理

以上の作業管理により橋体を吊ったFCが現地進入開始して架設位置を合せ、係留し短期間のうちに

表-5 一括架設作業フロー

| 月日 | 時間 | 作業フロー | 管理項目 | 管理方法および目標値 | |
|--------------|----------|-----------------|----------------------------|---------------------------------------|--------------------|
| 7/9 | 9:00 | 尼崎港外停泊待機 | | | |
| | 15:00 | 現地進入準備 | | | |
| 7/9 | 17:00 | 曳船取替 | 潮位 FC吃水 揚程 | 実測 FCドラフト マーク FC揚程計 および目視 | |
| | | 現地進入 | | | 現地集合 |
| | 17:30 | FC係留 | 現場移動 | FC船位 置揚程 誘導 | 目視 |
| | | アンカー投錨 | 架設準備 | | |
| | 18:00 | 灯浮標設置 | | | |
| | | FC位置合せ、係留 | | | |
| | 19:00 | FC誘導 | | | |
| | | 巻下げ（クリア1.0m） | | | |
| | 7/9 | | 荷重調整 | 桁の通り | 橋軸方向 橋軸直角 方向 |
| | | | 引寄せ装置セット | | |
| P79 G1 番位置合せ | | | | | |
| 桁引寄せ | | | | | |
| 巻下げ | | | | | |
| P79 G1 タッチ | | | | | |
| G2 番位置決め | | | | | |
| P78 番セット | | | | | |
| 巻下げ | | | | | |
| 桁引寄せ | | | | | |
| 7/9 | 20:30 | P80 G1、G2 番位置決め | 吊荷重 FC吃水 P80 番移動量 | P80 番遊間計測 | |
| | | 巻下げ | | | |
| | P80 番タッチ | | | | |
| | 向重解放 | | | | |
| | 向重負荷 | | | | |
| | 100% | | | | |
| | 90% | | | | |
| | 70% | | | | |
| | 50% | | | | |
| | 30% | | | | |
| 10% | | | | | |
| 0% | | | | | |
| 22:00 | 吊具解体 | | | | |
| 23:00 | 作業配置解除 | 振れ止め索取外し | | | |
| | FC係留解除 | | | | |
| 23:30 | アンカー揚錨 | | | | |
| | FC離脱 | 回航船団出発 | | | |
| | 作業完了 | FC回航 | | | |
| | 解散 | 神戸へ | | | |

橋体を橋脚上に据え付け、荷重解放、ワイヤリングの解体、係留索の解放、抜錨およびFCの離脱の一連の工程を延べ9時間で、無事終了することができた。架設状態図を図-7に示す(写真-6参照)。

5) 実施工程

地組から一括架設まで一部天候等で架設の日時の変更が生じたが最終的に予定どおり無事終ることができた。表-6に全体実施工程を示す。

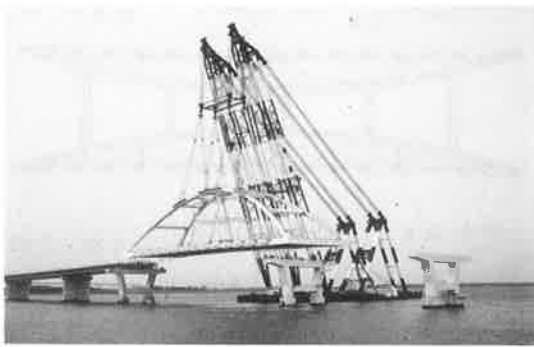


写真-6 一括架設

7. ケーブルの張力調整

(1) ケーブルの張力調整の概要

ニールセンローゼ橋におけるケーブル張力の調整は、架設精度の向上を図ることや、構造物に作用する種々な断面力および形状を極力設計値に近づける上から、極めて重要な作業の一つとして位置づけられる。

本橋では、橋梁形式および過去の実績等を考慮し、図-8に示すように、ケーブル張力に着目した場合の張力調整のシム量と、路面計画高に着目した場合のキャンバー調整シム量の独立した2つのシム調整量に基づいて、最適なシム調整量を決定する方法を用い

ることとし、ケーブルの張力調整作業を行った。

その際、ケーブル張力の調整は、橋体の一括架設直後と、地覆・壁高欄・中央分離帯施工後の2回行うことにした。

(2) ケーブル張力の測定

ケーブル張力の測定目標値に対する誤差については、設計時において「死荷重+プレストレス」による張力の10%を考慮している。

ケーブルの目標張力と測定張力との差異は、死荷重強度、断面定数、骨組形状、ケーブルの定着間長、温度差、および張力計測方法の誤差によって生じるものと考えられる。したがって、あらかじめこれら

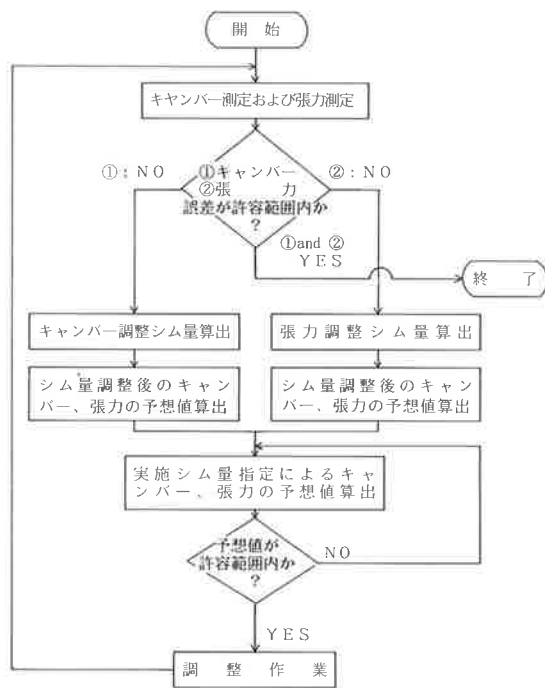


図-8 シム調整フローチャート

表-6 全体実施工程表

| 年度 工種 | 1988年 | | | | | 1989年 | | | | | | | | | |
|------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| | 8月 101520 | 9月 101520 | 10月 101520 | 11月 101520 | 12月 101520 | 1月 101520 | 2月 101520 | 3月 101520 | 4月 101520 | 5月 101520 | 6月 101520 | 7月 101520 | 8月 101520 | 9月 101520 | 10月 101520 |
| 工場製作、工場塗装 | ■ | | | | | | | | | | | | | | |
| 地組基礎、組立用架台 | | | | | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | |
| 部材輸送 | | | | | | | ■ | ■ | | | | | | | |
| 鋼床版地組 | | | | | | | ■ | ■ | | | | | | | |
| 現場溶接、X線検査 | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | | | | | |
| 高力ボルト締付 | | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | | | | |
| 仮支柱組立ベント組立 | | | | | | | | | ■ | ■ | | | | | |
| アーチ組立 | | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | | | | |
| 斜材ケーブル組立 | | | | | | | | | | ■ | ■ | | | | |
| 現場塗装 | | | | | | | | | | | ■ | ■ | | | |
| 沓据え付け | | | | | | | | | | | | ■ | | | |
| 浜出し、曳航、架設 | | | | | | | | | | | | | ■ | ■ | ■ |
| 橋面工、跡片付け | | | | | | | | | | | | | | ■ | ■ |

の誤差要因とその影響をできるかぎり定量的に把握して、それらの要因の影響を考慮し、測定時の管理目標を設定した。

前述の誤差のなかで、シムにより調整できる誤差としては、ケーブルの定着間長であり、死荷重強度、断面定数については、定量的に把握することが困難であり、それは誤差として残存するものである。

また測定された張力も測定器内の有効数字の四捨五入の関係、および部材間の温度差により誤差を生じている。

よって本橋においては、橋体の各部材間の温度差が小さくなる夜間において計測することとし、この時の温度差の許容を3度とした。

温度差の影響の誤差と測定機器の誤差は独立であることから、両者の誤差の和を設計上考慮した張力の誤差±10%より削除し、張力の管理目標値を±5%程度として張力管理を行った。

温度管理については、橋体各部に温度センサーを取付けて、張力の計測前後に温度を計測した。

ケーブル張力の測定は、まずケーブルを人力によって加振して固有振動数を計測し、あらかじめケーブルの工場製作時に検定された張力-固有振動数変換式を用いて作用張力を求めた。

一般にケーブルの張力と固有振動数との間には非常に高い相関性がみられ、それについての論文も多く発表されている。しかしながら、本橋のケーブルはアルミニウムカバーを施しているため、アルミカバーの質量や剛性がケーブルの張力-固有振動数に少なからず影響を与えるものと考えられ、今まで一般的に使われている弦の振動式によっては算出できないのではないかとと思われる。そのため、ケーブル工場製作時に先立ち、振動実験を行いその相関性について調査した。

この結果、

- 1) アルミニウムカバーを装着しない場合と装着した場合とでは、張力と固有振動数の関係に差異があった。よってアルミニウムカバーの有無の影響は無視できないことがわかった。
- 2) アルミニウムカバーを装着しない場合には、実験値と理論値は比較的一致した値を示した。
- 3) アルミニウムカバーを装着した場合には、実験値とアルミニウムカバーの曲げ剛性を考慮した理論値との間にはかなりの差があった。
- 4) アルミニウムカバーが施された状態でも、張力-固有振動数との関係には強い相関性が認められた。

以上より、ケーブルの張力測定は振動法で行うこととし、工場製作の段階において全ケーブルについて、アルミニウムカバーを施した状態で、張力-固有振動数の特性を調査することとした。

図-9にはケーブル張力の計測位置、図-10には

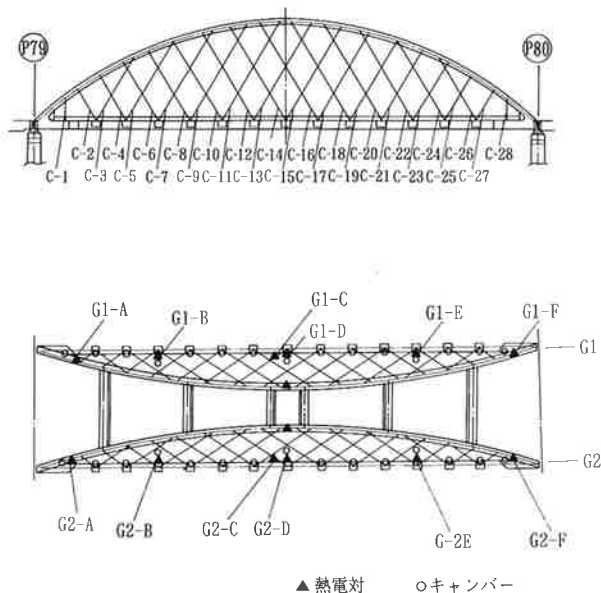


図-9 計測位置



図-10 計測システム



写真-7 計測機器



写真-8 加速度計取付

使用する計測機器を示す(写真-7, 8参照)。

表-7 ケーブルの張力調整結果

| ケーブル NO. | 鋼桁架設後 | | | | | | | | | | | | 地覆・壁高欄・ 中央分離帯施行後 | | |
|-------------|-----------------------------------|-----------------|-----------|-----------------|-----------------|-----------|-----------------|-----------------|-----------|-----------------|-----------------|-----------|-----------------------------------|-----------------|-----------|
| | 目標 張力 T ₀ (t) | シム調整前 | | 第1回シム調整 | | | 第2回シム調整 | | | 第3回シム調整 | | | 目標 張力 T ₀ (t) | 実測値 T (t) | 誤差 (%) |
| | | 実測値 T (t) | 誤差 (%) | シム Δ (mm) | 実測値 T (t) | 誤差 (%) | シム Δ (mm) | 実測値 T (t) | 誤差 (%) | シム Δ (mm) | 実測値 T (t) | 誤差 (%) | | | |
| G1-C 1 | 22.10 | 7.24 | 67.2 | 6.0 | 31.87 | -44.2 | - 2.0 | 22.50 | - 1.8 | 0.0 | 22.88 | - 3.5 | 26.80 | 25.22 | 5.9 |
| G1-C 2 | 46.00 | 32.66 | 29.0 | 9.0 | 44.34 | 3.6 | 0.0 | 46.73 | - 1.6 | 0.0 | 46.73 | - 1.6 | 55.30 | 52.58 | 4.9 |
| G1-C 3 | 33.70 | 37.57 | -11.5 | 0.0 | 40.77 | -21.0 | - 3.0 | 34.43 | - 2.2 | 0.0 | 34.43 | - 2.2 | 37.90 | 39.16 | - 3.3 |
| G1-C 4 | 36.80 | 23.89 | 35.1 | 10.0 | 36.98 | - 0.5 | 0.0 | 38.14 | - 3.6 | - 1.0 | 35.83 | 2.6 | 45.30 | 44.10 | 2.7 |
| G1-C 5 | 28.10 | 36.79 | -30.9 | -10.0 | 20.00 | 28.8 | 5.0 | 28.20 | - 0.4 | 0.0 | 28.20 | - 0.4 | 34.50 | 36.79 | - 6.6 |
| G1-C 6 | 33.30 | 33.94 | - 1.9 | 0.0 | 28.63 | 14.0 | 2.0 | 27.38 | 17.8 | 3.0 | 31.23 | 6.2 | 41.40 | 39.71 | 4.1 |
| G1-C 7 | 36.10 | 39.39 | - 9.1 | 0.0 | 41.97 | -18.0 | - 4.0 | 34.35 | 4.8 | 0.0 | 34.35 | 4.8 | 43.90 | 41.97 | 4.4 |
| G1-C 8 | 33.10 | 31.49 | 4.9 | 0.0 | 31.49 | 4.9 | 1.0 | 31.49 | 4.9 | 1.0 | 31.49 | 4.9 | 40.90 | 39.36 | 2.5 |
| G1-C 9 | 37.40 | 35.26 | 5.7 | 0.0 | 35.26 | 5.7 | 2.0 | 35.26 | 5.7 | 0.0 | 35.26 | 5.7 | 45.60 | 46.49 | - 1.9 |
| G1-C10 | 33.50 | 35.33 | - 5.5 | 0.0 | 35.33 | - 5.5 | 0.0 | 33.28 | 0.7 | 0.0 | 33.28 | 0.7 | 41.10 | 43.97 | - 7.0 |
| G1-C11 | 36.90 | 24.54 | 33.5 | 9.0 | 33.53 | 9.1 | 5.0 | 36.54 | 1.0 | 0.0 | 36.54 | 1.0 | 45.30 | 48.65 | - 7.4 |
| G1-C12 | 35.50 | 31.88 | 10.2 | 0.0 | 31.88 | 10.2 | 4.0 | 34.23 | 3.6 | 0.0 | 34.23 | 3.6 | 43.30 | 44.03 | - 1.7 |
| G1-C13 | 36.70 | 33.26 | 9.4 | 0.0 | 30.39 | 17.2 | 8.0 | 36.15 | 1.5 | 0.0 | 36.15 | 1.5 | 45.00 | 44.85 | 0.3 |
| G1-C14 | 36.70 | 37.51 | - 2.2 | 0.0 | 37.51 | - 2.2 | 1.0 | 34.85 | 5.0 | 0.0 | 34.85 | 5.0 | 44.40 | 42.95 | 3.3 |
| G1-C15 | 36.30 | 32.67 | 10.0 | 0.0 | 32.67 | 10.0 | 6.0 | 35.32 | 2.7 | 0.0 | 35.32 | 2.7 | 44.40 | 43.44 | 2.2 |
| G1-C16 | 37.20 | 33.01 | 11.0 | 0.0 | 33.01 | 11.3 | 5.0 | 35.74 | 3.9 | 0.0 | 35.74 | 3.9 | 44.90 | 44.22 | 1.5 |
| G1-C17 | 35.20 | 31.68 | 10.0 | 0.0 | 36.45 | - 3.6 | 2.0 | 31.68 | 10.0 | 2.0 | 34.05 | 3.3 | 43.20 | 43.87 | - 1.5 |
| G1-C18 | 37.60 | 24.86 | 33.9 | 7.0 | 33.59 | 10.7 | 4.0 | 36.54 | 2.8 | 0.0 | 36.54 | 2.8 | 45.20 | 45.55 | - 0.8 |
| G1-C19 | 33.40 | 42.05 | -25.9 | - 8.0 | 28.97 | 13.3 | 6.0 | 33.20 | 0.6 | 0.0 | 33.20 | 0.6 | 41.00 | 42.05 | - 2.6 |
| G1-C20 | 38.10 | 37.37 | 1.9 | 0.0 | 37.37 | 1.9 | 0.0 | 37.37 | 1.9 | 0.0 | 37.37 | 1.9 | 45.50 | 42.76 | 6.0 |
| G1-C21 | 33.10 | 32.47 | 1.9 | 0.0 | 32.47 | 1.9 | 3.0 | 30.74 | 7.1 | 1.0 | 32.47 | 1.9 | 40.80 | 41.52 | - 1.8 |
| G1-C22 | 36.80 | 42.45 | -15.4 | 0.0 | 42.45 | -15.4 | - 4.0 | 37.13 | - 0.9 | 0.0 | 37.13 | - 0.9 | 43.60 | 42.45 | 2.6 |
| G1-C23 | 33.30 | 25.06 | 24.7 | 8.0 | 32.81 | 1.5 | 3.0 | 32.81 | 1.5 | 0.0 | 32.81 | 1.5 | 41.00 | 41.44 | - 1.1 |
| G1-C24 | 28.50 | 25.68 | 9.9 | 0.0 | 25.68 | 9.9 | 2.0 | 27.84 | 2.3 | 0.0 | 27.84 | 2.3 | 34.00 | 34.43 | - 1.3 |
| G1-C25 | 36.70 | 34.34 | 6.4 | 9.0 | 28.63 | 22.0 | 5.0 | 34.34 | 6.4 | 0.0 | 34.34 | 6.4 | 44.70 | 41.86 | 6.4 |
| G1-C26 | 33.70 | 27.57 | 18.2 | 6.0 | 33.87 | - 0.5 | 0.0 | 32.26 | 4.3 | 0.0 | 32.26 | 4.3 | 37.40 | 35.49 | 5.1 |
| G1-C27 | 45.80 | 25.51 | 44.3 | 13.0 | 47.01 | - 2.6 | 0.0 | 43.53 | 5.0 | 0.0 | 43.53 | 5.0 | 54.60 | 50.59 | 7.4 |
| G1-C28 | 22.40 | 7.77 | 65.3 | 7.0 | 30.36 | -35.5 | - 1.0 | 23.24 | - 3.7 | 0.0 | 23.59 | 5.3 | 27.00 | 28.04 | - 3.8 |
| G2-C 1 | 21.80 | 7.03 | 67.8 | 7.0 | 29.13 | -33.6 | - 2.0 | 19.27 | 11.6 | 0.0 | 19.27 | 11.6 | 26.20 | 23.13 | 11.7 |
| G2-C 2 | 45.50 | 27.84 | 38.8 | 13.0 | 43.73 | 3.9 | 0.0 | 46.17 | - 1.5 | 0.0 | 47.00 | - 3.3 | 54.40 | 53.89 | 0.9 |
| G2-C 3 | 31.60 | 43.48 | -37.6 | 0.0 | 38.57 | -22.1 | - 4.0 | 32.26 | - 2.1 | 0.0 | 32.26 | - 2.1 | 34.70 | 35.38 | - 2.0 |
| G2-C 4 | 37.00 | 32.55 | 12.0 | 10.0 | 35.82 | 3.2 | 0.0 | 35.82 | 3.2 | 0.0 | 35.82 | 3.2 | 45.30 | 43.92 | 3.1 |
| G2-C 5 | 26.20 | 27.52 | - 5.0 | 0.0 | 27.52 | - 5.0 | - 2.0 | 25.38 | 3.1 | 0.0 | 27.52 | - 5.0 | 31.20 | 31.86 | - 2.1 |
| G2-C 6 | 34.00 | 25.91 | 23.8 | 8.0 | 30.26 | 11.0 | 3.0 | 34.72 | - 2.1 | 0.0 | 34.72 | - 2.1 | 42.20 | 43.99 | - 4.2 |
| G2-C 7 | 34.70 | 38.48 | -10.9 | 0.0 | 38.48 | -10.9 | - 3.0 | 35.87 | - 3.4 | 0.0 | 35.87 | - 3.4 | 41.20 | 43.31 | - 6.3 |
| G2-C 8 | 34.00 | 33.20 | 2.4 | 0.0 | 29.81 | 12.3 | 4.0 | 33.20 | 2.4 | 0.0 | 33.20 | 2.4 | 42.20 | 42.18 | 0.1 |
| G2-C 9 | 36.30 | 42.62 | -17.4 | 0.0 | 42.62 | -17.4 | - 5.0 | 34.61 | 4.7 | 0.0 | 34.61 | 4.7 | 43.50 | 45.38 | - 4.3 |
| G2-C10 | 34.40 | 34.74 | - 1.0 | 0.0 | 34.74 | - 1.0 | 3.0 | 32.78 | 4.7 | 0.0 | 32.78 | 4.7 | 42.70 | 43.04 | - 0.8 |
| G2-C11 | 36.00 | 27.66 | 23.2 | 0.0 | 27.66 | 23.2 | 7.0 | 35.61 | 1.1 | 0.0 | 35.61 | 1.1 | 43.60 | 44.02 | - 1.0 |
| G2-C12 | 36.50 | 38.26 | - 4.8 | - 8.0 | 30.87 | 15.4 | 7.0 | 35.77 | 2.0 | 0.0 | 35.77 | 2.0 | 45.00 | 45.83 | - 1.9 |
| G2-C13 | 35.90 | 28.32 | 21.1 | 0.0 | 31.04 | 13.5 | 6.0 | 33.81 | 5.8 | 0.0 | 33.81 | 5.8 | 43.70 | 42.43 | 2.9 |
| G2-C14 | 37.80 | 36.22 | 4.2 | 0.0 | 33.55 | 11.2 | 5.0 | 36.22 | 4.2 | 0.0 | 36.22 | 4.2 | 46.50 | 47.14 | - 1.4 |
| G2-C15 | 35.70 | 31.07 | 13.0 | 0.0 | 33.89 | 5.1 | 3.0 | 33.89 | 5.1 | 0.0 | 33.89 | 5.1 | 43.60 | 45.26 | - 3.8 |
| G2-C16 | 38.00 | 20.63 | 23.2 | 8.0 | 37.77 | 2.2 | 0.0 | 35.03 | 9.2 | 2.0 | 37.77 | 2.2 | 47.50 | 49.03 | - 3.2 |
| G2-C17 | 34.90 | 37.66 | - 7.9 | 0.0 | 37.66 | - 7.9 | - 1.0 | 33.16 | 5.0 | 0.0 | 33.16 | 5.0 | 43.00 | 42.34 | 1.5 |
| G2-C18 | 39.50 | 29.42 | 25.5 | 8.0 | 37.53 | 5.0 | 1.0 | 37.53 | 5.0 | 0.0 | 37.53 | 5.0 | 43.50 | 48.92 | - 0.9 |
| G2-C19 | 33.20 | 34.28 | - 3.3 | 0.0 | 34.28 | - 3.3 | 1.0 | 32.19 | 3.0 | 0.0 | 32.19 | 3.0 | 41.10 | 42.86 | - 4.3 |
| G2-C20 | 40.30 | 43.87 | - 8.9 | 0.0 | 43.87 | - 8.9 | - 3.0 | 38.42 | 4.7 | 0.0 | 38.42 | 4.7 | 49.10 | 49.49 | - 0.8 |
| G2-C21 | 32.90 | 28.83 | 12.4 | 0.0 | 27.06 | 17.8 | 6.0 | 32.44 | 1.4 | 0.0 | 32.44 | 1.4 | 41.00 | 41.88 | - 2.2 |
| G2-C22 | 39.50 | 42.61 | - 7.9 | 0.0 | 45.15 | -14.3 | - 4.0 | 40.13 | - 1.6 | 0.0 | 40.12 | 1.6 | 47.90 | 50.35 | - 5.1 |
| G2-C23 | 32.70 | 28.32 | 13.4 | 6.0 | 26.99 | 17.5 | 6.0 | 32.41 | 0.9 | 0.0 | 32.41 | 0.9 | 41.10 | 40.97 | 0.3 |
| G2-C24 | 32.30 | 38.96 | -20.6 | - 7.0 | 30.42 | 5.8 | 0.0 | 32.52 | - 0.7 | 0.0 | 32.52 | 0.7 | 39.30 | 38.96 | 0.9 |
| G2-C25 | 35.57 | 30.76 | 13.8 | 7.0 | 36.50 | - 2.2 | 2.0 | 34.51 | 3.3 | 0.0 | 35.49 | 0.6 | 44.20 | 44.10 | 0.2 |
| G2-C26 | 39.10 | 38.85 | 0.6 | 0.0 | 38.85 | 0.6 | 0.0 | 37.27 | 4.7 | 0.0 | 37.27 | 4.7 | 44.00 | 42.06 | 4.4 |
| G2-C27 | 43.90 | 29.52 | 32.8 | 9.0 | 41.49 | 5.5 | 1.0 | 42.21 | 3.8 | 0.0 | 43.66 | 0.5 | 53.10 | 49.01 | 7.7 |
| G2-C28 | 20.80 | 4.82 | 76.8 | 6.0 | 24.74 | -18.9 | - 1.0 | 19.07 | 8.3 | 0.0 | 19.97 | 4.0 | 25.40 | 22.14 | 12.8 |

(3) シム調整量の算出

シム調整量の算出は、まず立体骨組構造解析によって、張力影響マトリックスおよび変位影響マトリックスを求めた。次に、最適シム量計算には、非線形計画法を用いて最適化を行った。

(4) 張力調整結果

表-7には、ケーブル張力の調整結果を示す。

まず鋼桁架設後の第1回目の調整においては、計算張力と計測張力との比較検討のことも考えて粗調整を行うものとした。その結果、全ケーブルの約40% (24カ所) について6~13mmのシムを挿入あるいは抜くこととした。第1回目のシム調整後、計算張力と計測張力とがよく一致することを確認した。

第2回目のシム調整では、全ケーブルの80% (45カ所) を調整した。その結果、全体の約90%が5%程度の張力誤差の範囲内に入った。そして最終的に第3回目の調整は、6本のケーブルについて行った。

以上の結果、

- 1) 各ケーブル張力の目標張力に対する誤差は、5%程度の範囲内となった。
- 2) 端部の短いケーブルについては、目標張力との誤差が約10%程度であるが、次の判断により現状のままとした。
 - ① 目標張力が他ケーブルと比較して少なく、張力差としては2.5t程度であり、他ケーブルの張力差と同程度となっている。
 - ② 端部のケーブルは長さが短いため(7m程度)、単位シム(1mm)に対する張力変動が5t程度あり、調整を行ったとしても5%程度の範囲内に入れることが困難である。
- 3) 路面計画高の誤差も許容値内にあった。

また、地覆・壁高欄・中央分離帯施工後の実測においてもわずかながら誤差には変化はみられたが、許容範囲内となっていたため、シム調整は行わなかった。

以上の結果から、シムによる張力調整により、本橋のケーブル張力は、ほぼ設計どおりに調整されたものといえる。

あ と が き

本誌 Vol. 8で神崎川橋の設計概要を報告したのに続いて、本文で上部工の地組から架設の計画および施工について報告した。近年大型橋梁の大ブロック一括架設は橋梁技術の進歩にともない急速に工事例が増えているが、3200tの吊運搬から一括架設を施工した例はまれであろう。

本橋の施工報告が今後の大型橋梁の吊運搬の参考となれば幸いである。

大ブロック架設時、工事関係者の緊張度は大変なものであったが無事完工して感慨無量である。ここに、本工事にご尽力をいただいた関係者各位へ深く謝意を表します。

なお本橋は、平成4年の春、開通予定である。

参 考 文 献

- 1) (社) 日本材料学会：APSアンカーケーブル技術委員会報告書、1985.11
- 2) 阪神高速道路公団、(社) システム総合研究所、京都大学工学部構造力学研究室：神崎川橋梁に使用するケーブルのクリープ・リラクセーションおよび疲労に関する研究、平成元年3月