

神崎川橋梁の設計・施工

大阪第三建設部 新淀川工事事務所 浜口 義之
同 部 設 計 課 鈴木 威

要 約

神崎川橋梁は、湾岸線の中島パーキングの前後に架設される双子のニールセンローゼ橋のうちの大阪側の橋梁である。

本橋の構造的な特徴としては、鋼床版の下弦材との合成と道路幅員が広いことによって鋼床版に大きな2方向の面内力が生じること、およびアルミカバー付きのケーブル等があげられる。鋼床版については座屈照査を行ったほか模型による座屈実験を行い安全性を確認した。ケーブルについても施工実績が少ないため、疲労強度や粘弾性特性の確認実験を行った。

施工面でも、フローティングレーンによる一括架設の検討の他、アルミカバー付きのケーブルの架設実験や張力の調整方法の検討を行った。

本文はこれらの実験や検討の概要を報告するものである。

まえがき

神崎川橋梁は、阪神高速道路湾岸線の神崎川河口部に位置する橋長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、I型断面の下弦材と鋼床版との合成構造、フローティングクレーン（以下、FCという）工法による大ブロッカー一括架設、アルミニウムカバーを施したケーブル(APSケーブル)Aluminum covered PC-strand Squeezing methodの採用などがあげられる。

本橋の設計に際しては、湾岸線南伸部で設計中の新居寺大橋（文献1～3）を参考にしているが、上述のような本橋特有の構造や工法に関しては、種々の実験・検討を加えて設計および施工を

行った。

現在、橋体の一括架設、ケーブルの張力調整が完了したので、本橋の設計・施工並びに上述の種々な実験・検討の概要について報告する。

1 構造概要

本橋は、橋長150m、アーチライズ30m、有効幅員は、中島パーキングエリアが控えていることもあり、27.26～30.375mとなっている。本橋の一般図を図-1に、また主要構造諸元を表-1に示す。

各部材の構造について説明を加えると下記のとおりである。

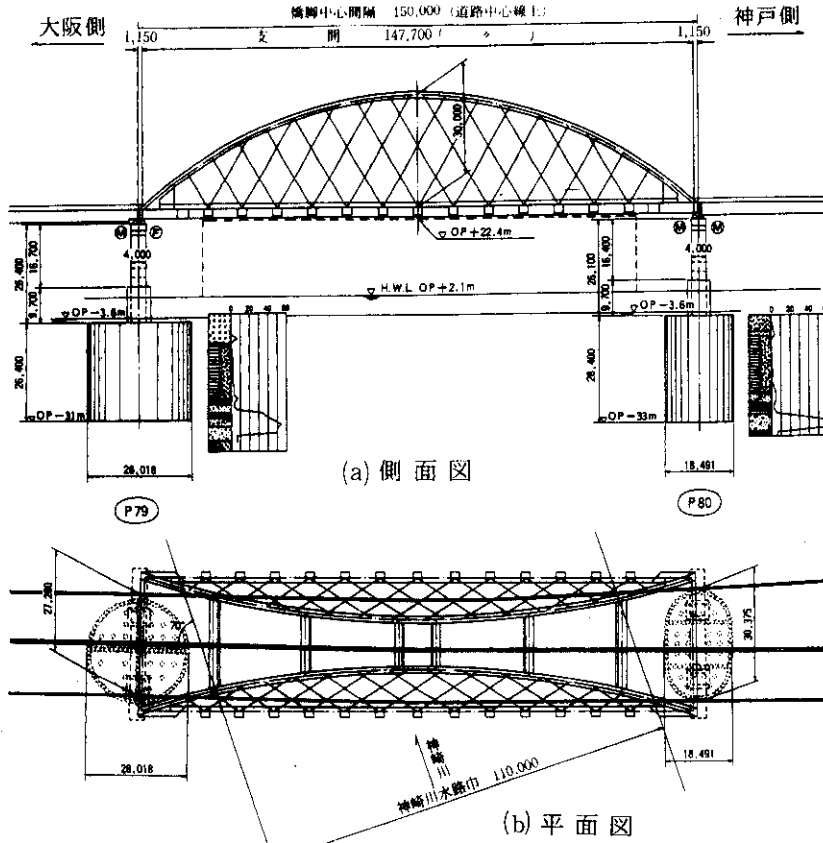


図-1 神崎川橋梁一般図

道路構造規格	第2種第1級
設計速度	8.0 km/h
橋格	1等橋 (TL-20, TT-43)
形式	バスケットハンドル型ニールセンローゼ桁
橋長	15.0 m (道路中心線上)
支間長	147.7 m (道路中心線上)
ライズ	$R = 3.0 \text{ m}$ (ライズ比 $R/L = 1/5$)
幅員	27.260 - 30.375 m
吊材	APSケーブル
総重量	3100 t

表-1 構造概要

1-1 上弦材

上弦材は、橋体の横方向の剛性を高めるため、両主構造面を約70°傾斜させてバスケットハンドル型とした。アーチライズは、経済性や景観を考慮して30m (ライズ比1/5)とした。また、上弦材を横長の箱断面にして面外方向の剛性を高め、

上横支材をできるだけ少なくし、運転者への圧迫感が小さくなるよう配慮した。

1-2 下弦材

下弦材は、完成時に軸方向力が支配的になること、曲げモーメントに対しては鋼床版が有効に働くこと、および、経済性を考慮してI桁形式とした。ケーブル定着は、上弦材とが同一面上にないため、下弦材からブラケットを張り出す形式とした。

1-3 床組

床組は、トラフリブを用いた鋼床版を採用し、吊材の定着位置およびその中間に横桁を入れ、さらに、横桁を入れ、横桁間の中央に横リブを配置した。そして、橋軸方向には両下弦材間に3本の縦桁を配置する構造としている。床組の構造概要を図-2に示す。

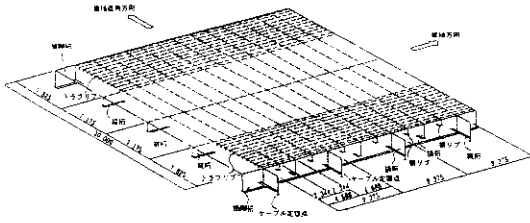


図-2 床組構造図

1-4 吊材

吊材の配置は、橋梁の規模および張力等を考慮して傾斜角 60° のダブルワーレン形式とした。また、端部のケーブルは、常時に圧縮力が生じないように鉛直に配置している。そして、吊材の構造は、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鋼より線ケーブルを採用した。

ケーブル本体としては、ポリエチレンで被覆したPC鋼より線（7本より $\phi 15.2\text{mm}$ 、材質SWPR7B）を19本束ねたものを使用しており、切断荷重は505.4tfである。ケーブルの外周には、クロロレンゴム製の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。ケーブルの断面図を図-3に、また主要特性を表-2に示す。

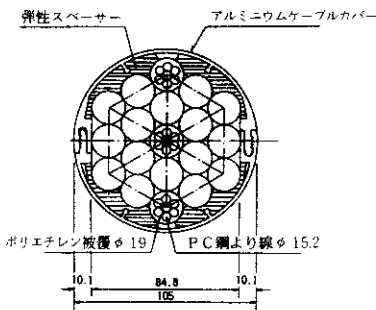


図-3 ケーブル断面図

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

引張強度	190kgf/mm ² 以上
疲労強度	20kgf/mm ² 以上
弾性係数	19,500kgf/mm ² 以上
コンパウンドの熱変形温度	70℃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

表-2 ケーブルの特性

よってなされており、ケーブルの引張荷重に耐えられるように設計している。ソケット内に充填されているコンパウンドは疲労強度の低下を防ぐのに寄与している。

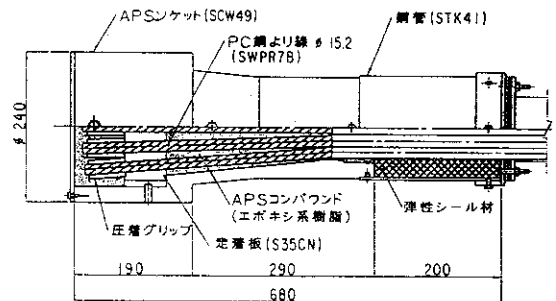


図-4 アンカー部の構造

2 設計概要

2-1 設計方針

本橋の設計は、基本的に道路橋示方書および阪神高速道路公団設計基準に従った。ニールセンローゼ橋特有の問題については、新浜寺大橋の上部工設計指針を参考にするとともに、本橋独自にも別途種々な実験および検討を行った。

荷重としては、完成系において死荷重、活荷重、温度、地震、風、架設誤差、および支点移動の影響を考慮した。また架設系においては、死荷重に加え温度差、衝撃荷重、不均等荷重および特殊荷重を考慮した。

2-2 構造解析

本橋は、上弦材が傾斜したバスケットハンドル型であるので、立体骨組構造解析を行って、面内・面外荷重を同時に取扱うこととした。また、隅角部および鋼床版の設計に際しては、応力の発生状況を極力正確に把握するため、有限要素法による解析も行った。さらに、鋼床版の座屈に対する安全性を確認するため、断塑性有限変位解析も行った。

2-3 各部材の設計

2-3-1 上弦材

上弦材は、圧縮と曲げを受ける柱として設計した。有効座屈長は新浜寺大橋の設計を参考にし、面内の座屈に対してはケーブル間隔、面外の座屈に対しては上横支材間隔の70%とした。また、フランジの曲りによる付加応力を考慮して設計した。

2-3-2 下弦材、縦桁

下弦材および縦桁は、鋼床版と合成させているが、端部では応力集中が懸念されたので、FEM解析を行って有効幅を設定した。また、架設時には圧縮力が作用するため、圧縮補剛板としての照査も行った。

2-3-3 上横支材

上横支材は、上弦材の座屈防止材として、また面外方向の風・地震荷重に対して設計した。

2-3-4 吊材

ケーブルの切断荷重に対する安全率は、道路橋示方書の「ハンガーの安全率」に従い、3.5とした。

2-3-5 床組

本橋の床組は、両補剛桁間で30m、ケーブル定着間で35.7mと極めて広い幅員を有している。経済性、施工性、景観および構造上の問題等に関して種々な検討を加えて設計した。

2-3-6 端横桁

完成系、架設系における立体解析およびジャッキアップ時の断面力を考慮して設計した。

2-3-7 隅角部

上弦材起きょう部や上弦材と上横示材の隅角部は、応力伝達状況が複雑であるので、有限要素解

析を行って所要の安全率が確保されるように設計した。解析結果の一例を図-5に示す。

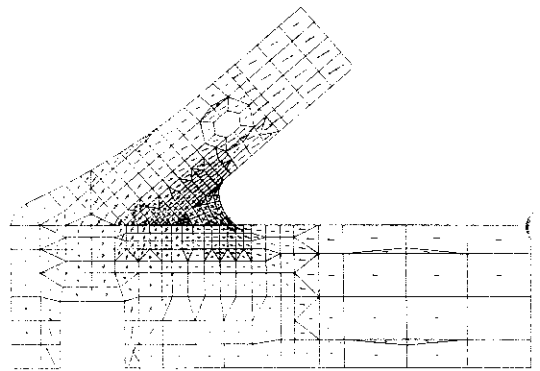


図-5 上弦材起きょう部腹板のFEM解析

2-3-8 鋼床版

本橋は幅員が30m余りあり、橋軸方向の面内応力はもちろん橋軸直角方向の曲げによる応力も無視できないため、2方向の面内力を受ける補剛板としての座屈安定照査を行った。また、格子解析のほかにも有限要素解析も行い、発生する応力の特性を比較・検討している。

3 鋼床版の耐荷力に関する実験

本橋の鋼床版については、2方向面内力を受け補剛板として検討された。これについては文献9)に詳述されているので省略する。ここでは、理論的な検討結果の妥当性を確認するために行った実験について述べる。

3-1 実験方法および供試体

実橋の鋼床版の作用応力状態を参考にして、実験では下記の2種類の作用応力状態を想定することとした。

- 1) 補剛材直角方向に圧縮力のみを作用させる場合
- 2) 補剛材直角方向に圧縮力、補剛材方向に

引張力を同時に作用させる場合

そして、このような応力状態を再現し補剛板の実験供試体に2方向面内力を作用させることのできる載荷装置によって、座屈実験を行った。座屈実験載荷装置を図-6に示す。

3-2 実験結果

表-3に、4体の実験供試体の終局荷重と終局強度を示す。また、図-7は、これらのデータを終局強度に関する相関図上にプロットしたものである。同図より下記のことがいえよう。

- 1) 初期たわみや残留応力のばらつきを考えると、実験結果を表す点A、B、C、およびDは、簡易計算法による終局強度相関曲線

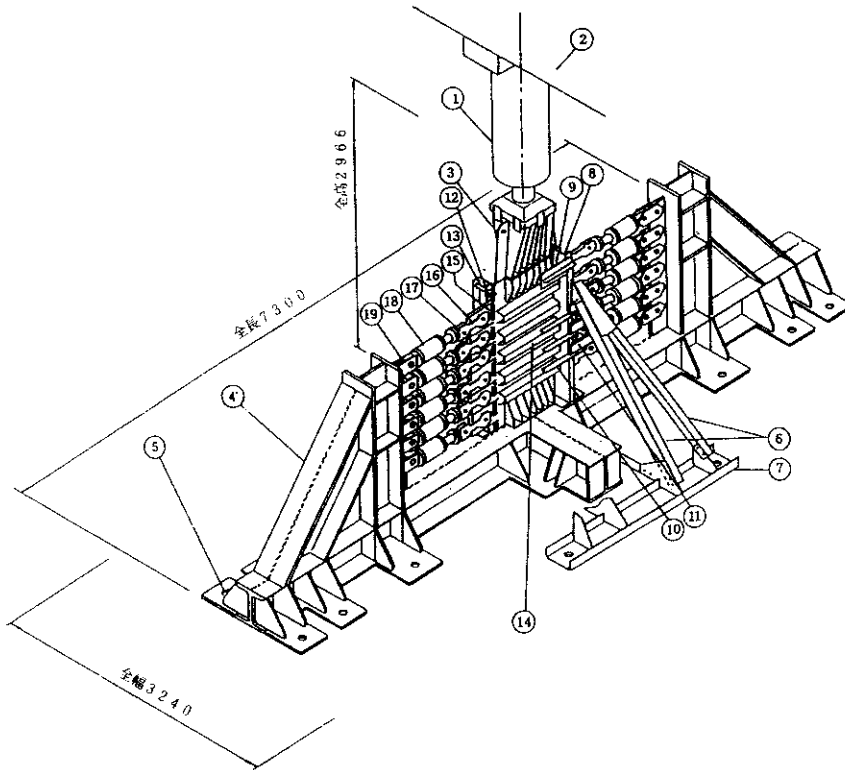
(a)に比較的精度よく一致し、かつ安全側の値を与えていることがわかる。

- 2) 本橋の鋼床版の応力状態を再現した実験供試体(TCT)の実験結果の点Dに対応する点K(本橋の鋼床版の作用応力状態)の実安全率 ν^* は、

$$\nu^* = \sqrt{0.584^2 + 0.500^2} / \sqrt{0.231^2 + 0.167^2} = 2.770 > 1.7$$

となり、十分な安全率を有することがわかった。

4 ケーブルの力学的特性に関する実験・検討

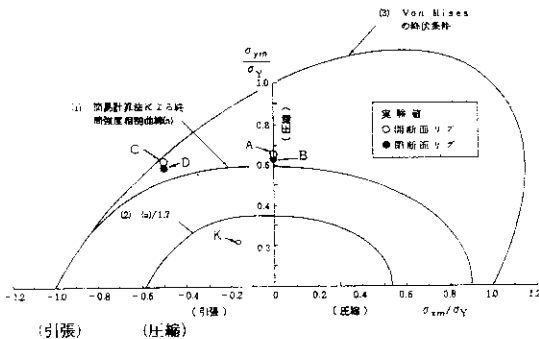


部品	名 称
①	鉛直ジョッキ(600tf)
②	載荷フレーム
③	載 荷 梁
④	水平反力フレーム
⑤	アンカーボルト
⑥	横 支 持 材
⑦	横方向基部支持材
⑧	側 辺 支 持 材
⑨	横 つ な ぎ 材
⑩	変位計支持材
⑪	横変位固定金具
⑫	ステンレス板(0.3mm)
⑬	頭部連結ボルト
⑭	実 験 供 試 体
⑮	単純支持治具
⑯	ロ ー ド セ ル
⑰	連 結 ビ ン
⑱	引張ジャッキ(25tf)
⑲	取 合 ビ ー ス

図-6 2方向面内力を受ける補剛板の座実験装置(単位:mm)

表一 3 実験供試体の終局強度集約表

記号	供試体	橋脚材直方向 Pmax (tf)	橋脚材方向 Tmax (tf)	橋脚材直方向 σ_{ym}/σ_y	橋脚材方向 σ_{xt}/σ_y
A	NCO	65.0	---	0.624	---
B	NCT	62.5	---	0.629	---
C	TCO	61.6	9.0	0.650	0.500
D	TCT	58.4	9.0	0.584	0.500



- 文献5)の簡易計算法により演出した終局強度相関曲線 a
- 終局強度相関曲線 (a) を相関率(安全率) $\gamma=1.7$ を用いて縮小した許容応力相関曲線 $(a)/1.7$
- von Misesの降伏条件式
- 神崎川橋梁鋼床板の最も厳しい作用応力状態を表す点 K

図一 7 終局強度の相関曲線

4-1 疲労強度に関する実験

4-1-1 実験の目的

APSケーブルの疲労強度は、文献4)によれば、20kgf/mm²以上であることが疲労実験を通じて確認されている。しかしながら、アンカー部の構造寸法を変えたこと、および、実績が少ないこともあり、今回、本橋に用いるケーブルと同一断面のものを用いて疲労試験を行い、このケーブルの疲労強度を確認することとした。

4-1-2 実験方法

本橋に使用するケーブルと同仕様の供試体を3体製作し、縦型250トン引張疲労試験機を用いて疲労試験を行った。荷重条件としては、上限応力(54.65kgf/mm²)と応力振幅(20、22.5、27.5kgf/mm²)をそれぞれ変えて実験を行った。本橋のケーブルの設計上限応力は54kgf/mm²、応力振幅は16kgf/mm²である。

4-1-3 実験結果

疲労実験の結果を表-4に示す。条件1、2の場合には、200万回の繰返し载荷に対して素線の断線は検出されなかった。また条件3の場合に200万回の载荷で素線4本(約3%)の断線が検出された程度であった。本橋の設計荷重を考えると、疲労破壊に対して安全であることが確認できた。

条件	载荷条件	繰返し数(回)		最終繰返し回数(回)
		初破断	3%破断	
1	$\sigma_u: 54 \text{ kgf/mm}^2$ $2\sigma_a: 20 \text{ kgf/mm}^2$	無	無	2×10
2	$\sigma_u: 65 \text{ kgf/mm}^2$ $2\sigma_a: 22.5 \text{ kgf/mm}^2$	無	無	2×10
3	$\sigma_u: 65 \text{ kgf/mm}^2$ $2\sigma_a: 27.5 \text{ kgf/mm}^2$	1,101,130	1,708,020	2×10

表一 4 疲労試験結果

4-2 クリープ・リラクセーション特性に関する実験

4-2-1 実験の目的

ニールセン橋や斜張橋などに用いられるケーブルは時間依存体であり、クリープ・リラクセーションをおこすものである。このような挙動は、橋梁の維持管理に対しても影響を与えるものと考えられる。そこで、実物大のケーブルを用いたクリープ・リラクセーション試験を行うとともに、これらの実験結果を用いた数値解析によりその影響について検討することとした。

4-2-2 実験方法および供試体

一般に材料の経時挙動を測定する方法としては、一定荷重のもとでひずみの増大を計測するクリープ試験と、一定の大きさのひずみのもとで荷重の現象を計測するリラクセーション試験とがある。しかし、今回のように実物大のケーブルを用いる場合には、大がかりな自動制御装置が必要となるので、純粋なクリープ試験とリラクセーション試

験との中間的な試験を行うこととした。

試験装置を図-8に示す。4本の鋼製パイプで支持された両端の定着板間にケーブルをセットして、油圧ジャッキにより張力を導入した。

供試ケーブルとしては、実際に用いられるケーブルおよびソケットを使用した。試験体は2体であるが、1体は、死荷重による最大張力(90tf)を、もう1体には、破断強度の1/3.5の張力(144tf)を導入して試験を行った。

ケーブルの張力はロードセルによって、ケーブルの端部における鋼製パイプとの相対変位量はひずみゲージ式変位計で計測した。また、鋼製パイプには、ひずみゲージおよび熱電対を取付けてひずみおよび温度を計測した。

4-2-3 実験結果とその考察

試験結果を図-9~10に示す。図中の○印は計

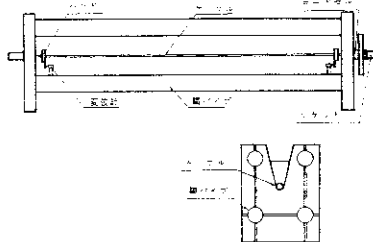


図-8 試験装置

測値を示し、実線はラプラス変換および数値逆ラプラス変換による粘弾性定数の同定結果に基づく理論値を示している。これらの測定結果より、こ

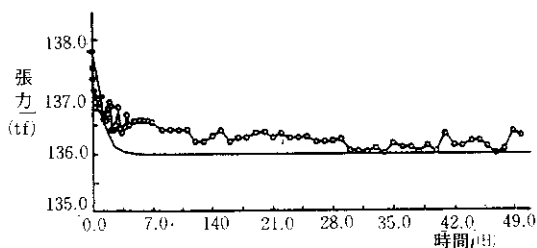


図-9 リラクゼーションの経時変化

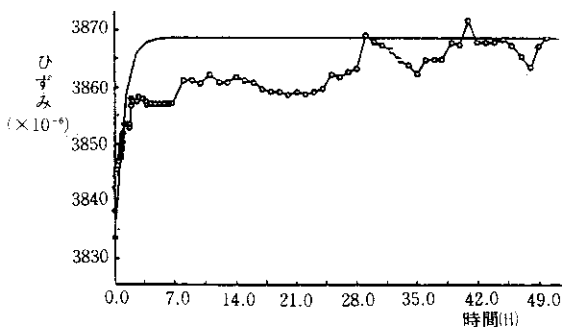


図-10 クリープの経時変化

のケーブルのクリープ・リラクゼーション特性として、比較的短期間のうちに定常状態に達し、安定した特性を有していることがわかった。

4-3 ケーブルの架設実験

本橋のケーブルは、外装材としての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。その際、特殊な吊天秤(ケーブルホルダー)を用いてアルミニウムカバーに損傷が生じないように工夫している。しかしながら、ケーブルの架設時においてはケーブルの剛性が高いので、架設・引込み作業に支障がないかどうか、また架設の差異にアルミニウムカバーが損傷しないかどうかを実験によって確認することとした。

実験に用いたケーブルは、長さ21mのもので一部を除きアルミニウムカバーを取付けてある。そして、実橋と同一条件のもとで架設および引込み実験を行った。なお、ケーブル長さが36mのものについては、ケーブルホルダーのみを用いて作業性等の確認実験を行った。

これらの実験の結果から、吊天秤を用いることにより、ケーブルの角折れやアルミニウムカバーの損傷等が生じず安全に架設できることがわかった。また、架設・引込み作業も支障なく行えることが確認された。

4-4 張力-固有振動数特性に関する実験

4-4-1 概要

本橋のケーブルは、アルミニウムカバーをほとんどしているのので、その質量や合成がケーブルの張力-固有振動数特性に少なからず影響を与えるものと考えられる。

そこで、アルミニウムカバーを施したケーブルと施さないものとの張力と固有振動数との関係に際が生じるかどうか調べるとともに、固有振動数から精度よく張力を推定できるかどうか検討することとした。

4-4-2 実験方法および供試体

供試体は、長さ約20mのケーブルを用い、アルミカバーを施した場合と施さない場合について振動実験を行った。ケーブルに導入する張力は10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 tonを目標値とし、ソケット部に設置したロードセルによって作用張力を測定した。そして、人力によりケーブルを加振して、ソケット先端より3m、1/4点、および、1/2点に加速度計を取付けて振動数を測定した。その際、固有振動数はFFTアナライザーを用いて算出した。

4-4-3 実験結果

図-11に、実験結果および実験結果から最小2乗法によって求めた近似式(張力-固有振動数換算式)を比較して示す。これらの結果から、アルミニウムカバーの有無の影響を無視できないことがわかった。しかしながら、アルミニウムカバーが施された状態でも、張力と固有振動数との関係には強い相関性が認められ、固有振動数から精度よくケーブルの張力を推定できることがわかった。以上のことから、本橋ではすべてのケーブルについて、工場製作の段階においてアルミカバーを施した状態で、張力-固有振動数特性を調べておくこととした。

5 一括架設時における橋体の動揺に関する検討

橋体の吊曳航時および一括架設時には、FCの動揺に伴う動的荷重が橋体に作用する。

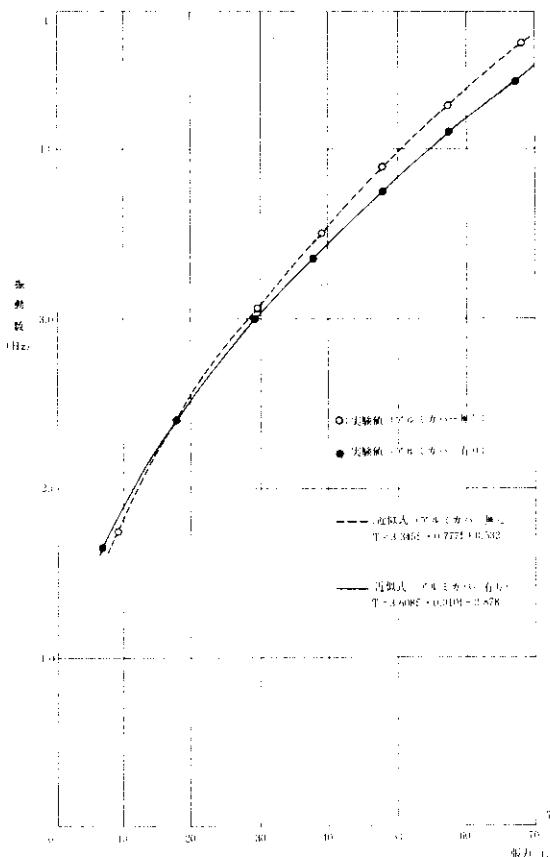


図-11 張力と固有振動数との関係

そこで、大ブロック架設系における固有値解析および想定されるFCの動揺周期に対する動的応答解析を行って、架設時における橋体の安全性を照査することとした。

解析モデルとしては、大ブロック架設系の平面モデルとし、もちろん架設時に圧縮となるケーブルは除去してある。動的荷重としては、FCの動揺による橋体の加速度計算を行って、その値を0.1gとした。そして、1~20時の振動モードに対する固有値および周波数0.05~15.0Hz(この間で40種類の周波数を設定した)に対する応答値を計算した。

その結果、まず大ブロック架設系における固有周期は、1次モード:2.7秒、2次モード:0.71秒、

3次モード：0.54秒であった。一方、F Cの動揺周期は、6～7秒と想定され、橋体の固有周期との差が大きいことから、共振現象は生じないものと考えられる。

つぎに、F Cの動揺周期を6秒とした場合の応答値は、死荷重による断面力の10%程度であり、加速度0.1gとほぼ一致する。したがって、橋体は吊曳航時および一括架設時におけるF Cの動揺に対して剛体運動をするものと考えられる。

これらのことから、架設系における荷重の1つとして衝撃係数=0.15を考慮し、安全を計った。

6 施工概要

6-1 地組立

橋体の地組立は、泉大津泉北六区埋立地で行った。また、地組立完了後にケーブルの架設を行った。

6-1-1 橋体の地組立

下弦材、鋼床版およびブラケットの組立は、150ton吊りのクローラクレーンを用いて、支間中央から端部へと対称に進めていった。その際、下弦材上フランジおよび鋼床版のヤード溶接による収縮の影響を考慮してキャンバーを上げ越した。そして、溶接完了後、上げ越し量を除去したのちに、高力ボルトの締付けを行った。ヤード溶接は、橋軸方向継手が4列、橋軸直角方向継手が10列あり、サブマージアーク溶接により中央から端部に向かって対称に行った。

つぎに、鋼床版上に8基のベントおよび仮支柱4本を設置して、300tonクローラクレーンによって上弦材を架設・閉合した。

6-1-2 ケーブルの架設

橋体の地組立完了後、ケーブルの架設に先立ち、ケーブル取付け長さの実測を行った。ケーブル取付け長さは、ピアノ線をケーブル定着面間に張渡して計測した。そして、これらの計測結果とケーブルの製作誤差データとを考慮して、橋体の一括架設後におけるケーブルの張力誤差が小さくなるように必要に応じてジムプレートを挿入した。

ケーブルの架設は、図-12に示す作業手順にし

たがっておこなった。なお、本橋のケーブルは、アルミニウムカバーを取付けた状態で架設するため、ケーブルの角折れ、アルミカバーの損傷、内および外側ケーブルの接触などが生じないように慎重に架設した。

ケーブルは、油圧クレーンによって内側のものから先に架設した。ケーブルの長さが20m以上の場合には油圧クレーンを2台使用して相吊りで架設し、20m未満の場合には1台で架設した。ケーブル架設中の状況を写真-1に示す。

6-2 大ブロッケー一括架設

本橋の架設工法としては、ベント工法、台船工法、およびフローティングクレーン工法の3案について比較検討を行った。そして、橋梁形式、橋体重量(3100tf)、架設地点の施工条件、工期、

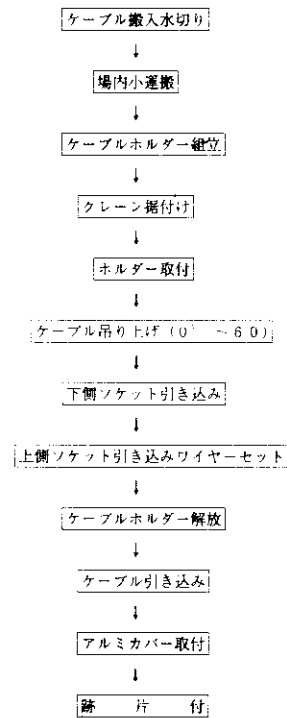


図-12 ケーブルの架設手順

作業性および経済性等を考慮して、フローティングクレーンによる大ブロッケー一括架設工法を採用

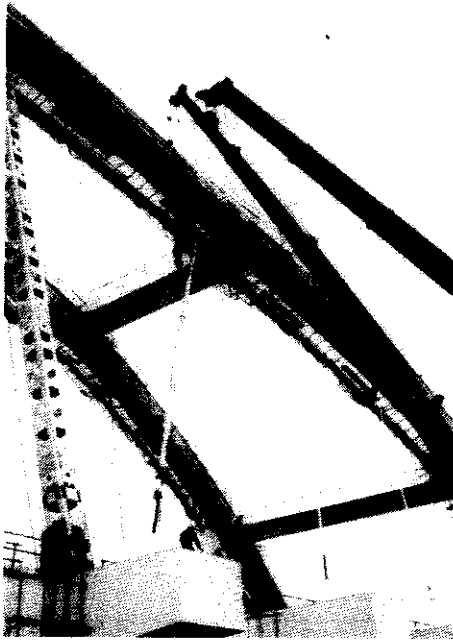


写真-1 ケーブル架設中の状況

した。

6-2-1 フローティングクレーンの選定

架設地点の水深は満潮時で4.9mであるが、国内に在籍する3500t吊りクラスのFCの吃水は6.0m前後である。そこで、3200t負荷での現地進入は、4100t吊りFCを使用することとした。なお、この時の吃水は4.4mであった。

6-2-2 一括吊上げおよび浜出し

ワイヤリングのならし、および、50%負荷の試験吊りを行ない安全性を確認した

後に、負荷荷重や橋体の変形・動きを計測しながら、慎重に橋体を吊上げた。

6-2-3 吊曳航

橋体は、FCで吊上げたままの状態、泉大津助松埠頭から神崎川河口まで約18km曳航した。その際の所要時間は3時間で、曳き船は、主曳航船(6000ps)と4隻の補助曳航船(3000ps)を配置した。そして、新淀川河口付近において主曳航船(6000ps)を2隻の曳航船(3000ps)に盛替えて架設地点まで進入した。

6-2-4 一括架設

下記の項目について慎重な管理を行って安全を確認しながら、橋体の一括架設を行った。

- 1) FCの荷重計による荷重管理
- 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) トリムにともなうリーチ管理
- 6) 時間工程管理

そして、橋体を吊ったFCの架設地点進入から、架設位置合せ、橋体の据付け、負荷荷重の解放、ワイヤリングの解体、係留策の解放、抜錨およびFCの離脱までの一連の工程を約9時間で無事完了することができた。一括架設時の状況を写真-2に示す。

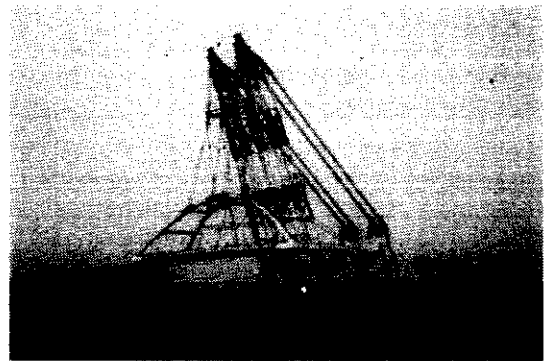


写真-2 一括架設の状況

6-3 ケーブルの張力調整

6-3-1 概要

ニースセンローゼ桁橋におけるケーブル張力の調整は、斜張橋の場合と同様に、架設精度の向上を図ることによって、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付けられる。

このような吊り構造物におけるケーブルの張力調整量の算出方法としては、従来から種々な方法が提案されている。なかでも、①ケーブル張力の許容誤差を制約条件として設定し、その範囲内でシム調整量を最小化する方法、および、②ケーブ

ル張力および橋梁の各着目点におけるキャンパー（計画高等）の誤差に対して求めた2つの独立した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が一般的である。

本橋では、橋梁形式および過去の実績等を考慮し、上述の③の方法を用いることとした。その際、ケーブル張力の調整は、橋体の一括架設後、地覆・高欄・中央分離帯および舗装を施工する前に行うものとした。本橋におけるケーブルの張力調整作業の基本フローを図-13に示す。

6-3-2 ケーブル張力の測定

ケーブルの張力および下弦材の計画高は、橋体の各部材間の温度差が小さくなる夜間に計測することとした。その際、温度差に伴うケーブル部材

の張力変動量の試算結果に基づき、温度差が3℃を越える場合には計測を行わないものとした。そのため、橋体の各部には温度センサーを取付けて、張力等の計測前後に温度を計測している。

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換算式を用いて作用張力を求めた。

6-3-3 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。つぎに、最小値問題の解法としては、2次計画法（Quadratic Programming）を用いることとした。以下に、シム調整量の算出法の概要を示す。

まず、ケーブルの張力に着目したシム調整量 ΔS_c は、下記のように表せる。

$$\Delta S_c = D \{ (\Delta T + k T_0) + \epsilon \}$$

ここに、

ΔS_c : シム調整量

ΔT : 張力誤差

T_0 : 目標張力

D : 張力影響マトリックス

k, ϵ : 許容張力誤差に関するパラメータ

そして、目的関数を f_c を、

$$f_c = \sum (\Delta S_c)^2$$

として、これを最小化する手法によった。

一方、形状管理のためのシム調整量は ΔS_d は、 $\Delta S_d = G (\Delta \delta + \epsilon)$

と表せる。ここに、

ΔS_d : シム調整量

$\Delta \delta$: 形状管理目標値との誤差

G : 形状影響マトリックス

ϵ : 許容形状誤差に関するパラメータ

そして、目的関数 f_d は、

$$f_d = \sum (\Delta S_d)^2$$

となる。

このようにして、2つの独立した最適シム調整量を求めるが、実際にはこれら両者の答が一致することはまずない。本橋のケーブル張力調整においては、あらかじめ単位シムに対する張力および変位の影響を調べた結果から、変位応答量が張力

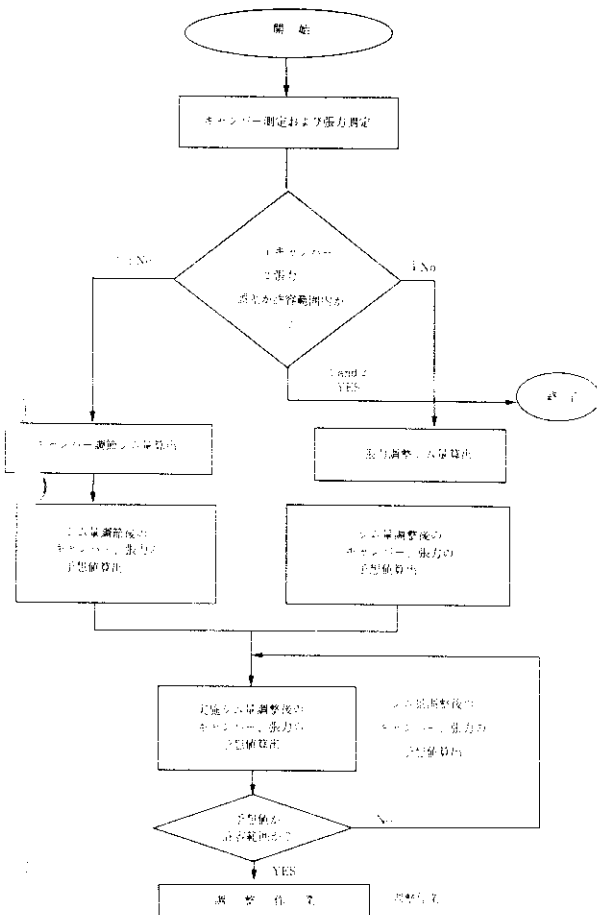


図-13 張力調整の基本フロー

応答量に比べてかなり小さいことがわかっていたので、シム調整量はケーブル張力を主として決定することとした。もちろん、決定したシム調整量による変位応答も求め、その際の応答計算値が形状管理に支障を与えないことを確認している。

6-3-4 張力調整結果

第1回目の調整においては、計算応答値と実応答値との比較検討のことも考えて粗調整を行うこととした。その結果、全ケーブルの約40%（24箇所）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、計算応答値と実応答値との比較検討を行って、端部のケーブルを除き計算応答値と実応答値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箇所）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、各ケーブルの目標張力に対する誤差は、概ね5%程度の範囲内となった。

もちろん、下弦材の計画高の誤差も許容地内にあり、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よう。

あとがき

本文では、神崎川橋梁の設計・施工の概要を報告するとともに、鋼床版の設計、FCによる大ブロッカー一括架設、および、APSケーブルの力学的特性等に関する実験・検討の概要を述べた。紙面の関係上、これらの詳細について全容を報告するにはいたらなかった稿を改めて報告したいと考えている。

最後に、本橋の設計および種々の実験・検討に際し、多大の御指導、御助言を賜わった大阪市立大学中井教授、京都大学渡辺教授、大阪市立大学北田助教授をはじめ、関係各位に深謝する次第である。

参考文献

- 1) 阪神高速道路公団・大阪第1建設部：新浜寺大橋上部工設計指針、昭和62年3月
- 2) 阪神高速道路公団、(財)災害科学研究所：ニールセン橋の座屈耐荷力に関する研究業務報告書、昭和62年3月
- 3) 吉川紀、山内幸裕、袴田文雄：新浜寺大橋の設計、阪神高速道路公団、技報、第7号、1987年
- 4) (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年11月
- 5) 北田敏行、中井博、古田富保、鈴木広昌：2方向面内力を受ける補剛板の極限強度に関する研究、土木学会構造工学論文集vol. 34A、p. 203-214、1988年3月
- 6) 阪神高速道路公団、(財)大阪都市協会・都市技術研究所：2方向面内力を受ける補剛板の設計方法に関する研究、昭和63年3月
- 7) 阪神高速道路公団、災害科学研究所：2方向面内力を受ける補剛板の耐荷力に関する実験的研究、平成元年3月
- 8) 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・構造力学研究所：神崎川橋梁に使用するケーブルのクリープ・リラクゼーション及び疲労に関する研究、平成元年3月
- 9) 宮坂佳洋、中本覚、大志万和也：2方向面内力を受ける補剛板の設計、阪神高速道路公団、技報、第8号、1988年