

佐陀川橋(V型剛斜材を有するニールセンローゼ橋)の施工

佐々木 実¹⁾ 細見 雅生²⁾ 吉村 文達³⁾

本橋は、高速自動車道としては数少ない下路橋である。また、本橋にはアーチストラットを2本とした「V型剛材を有するニールセンローゼ橋」という斬新な形式が採用されている。これは、架橋地点が積雪地であるためストラット上の凍結した雪が橋面に落下して自動車の走行を妨げないことと橋面を走行するドライバーに橋梁の抵抗感を少なくするという配慮のためである。

本報告は、先に報告した本橋の設計編(駒井技報8号)に続くもので、主に架設、ケーブル張力の導入調整についての概要を報告するものである。

ま え が き

中国横断自動車道岡山・米子線の内、山陰側は別称「米子自動車道」と呼ばれ、岡山県真庭郡落合町で中国縦貫自動車道と分岐し、特別天然記念物「オオサンショウウオ」の生息地として知られる温泉観光地湯原町、伯耆富士として有名な『大山』の南山麓を經由して、鳥取県米子市にて国道9号米子バイパスに接続しており、延長約67kmである。

佐陀川橋は、米子IC付近の二級河川「佐陀川」に架かる支間長107m 鋼重約600tonの「V型剛斜材を有するニールセンローゼ橋」である。

線 形	平面線形 R = 500~5,000m 縦断勾配 0.92 % 横断勾配 6.0~2.0 %
設計震度	Kh = 0.15
舗 装	アスファルト舗装 75mm
床 版	鉄筋コンクリート床版 220mm
鋼 重	588.7ton
ケーブル	ロングラウトタイプ HiAm-SPW φ7×31, 37, 55の3種
工 期	昭和62年6月30日~平成元年6月18日

1. 工 事 概 要

本工事の概要を下記に示す。また、位置図、一般図および実施工程表を図-1、図-2、表-1に示す。

工事名称	中国横断自動車道 佐陀川橋他1橋 (鋼上部工) 工事
路線名	中国横断自動車道 岡山・米子線
河川名	二級河川 佐陀川
道路規格	1種3級B
橋 格	1等橋 (TL-20, TT-43)
形 式	V型剛斜材を有するニールセンローゼ
橋 長	108.488m
支間長	107.000m
幅 員	9.500m



図-1 位置図

1) 大阪工事部 工事課副課長 2) 大阪橋梁技術部 設計三課副課長 3) 大阪橋梁技術部 次長

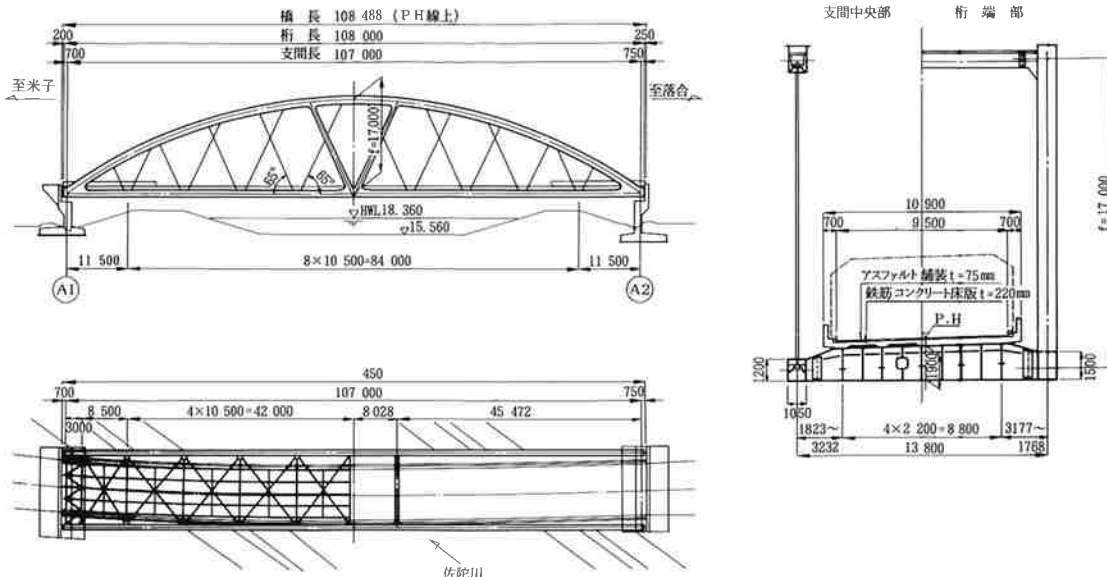


図-2 一般図

2. 架 設

(1) 概 要

本橋の架設にはクレーンベント工法を採用した。ベント工事桁を設置するため、河川内に仮締切堤を設け作業ヤードを確保した。

橋体の架設には、150ton クローラークレーン、160ton吊油圧クレーンを用いた。斜材ケーブルの引込みには45ton吊油圧クレーンおよび複胴ウインチを使用した。

また、ケーブルの張力管理は、鋼桁架設完了時および床版打設完了時の2回行い、振動法による張力計測、シム調整を実施した。図-3にこれらの施工手順を、図-4に仮設備配置図を示す。

(2) 仮 設 備

1) 作業ヤード

架設地点はすでに河川改修が完了しており、侵入路の配置にあたっては、堤防の張ブロックの養生を十分に行い、重機および部材搬入のトレーラーの通行に耐えるよう配慮した。

また、仮締切り堤の施工にあたっては、雪解けの出水を考慮して、築堤の形状および強度を決定した。

2) ベント設備

図-4に示すように下弦材用として15基、アーチ材用として8基のベントを設置した。また、張ブロックには荷重が載らないように、ベントから堤防上に工事桁を渡し支持点とした。

3) 足場防護工

下弦材、床組下面には全面吊り足場を、アーチ材には吊り足場および上面通路を設けた。

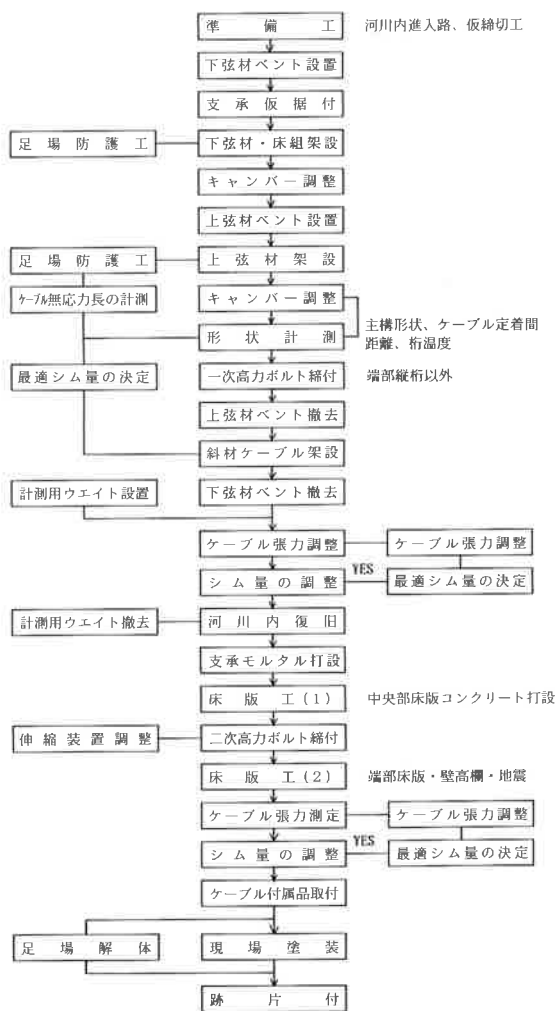


図-3 施工手順と計測のフローチャート図

表-1 実施工程表

名称	昭和64年	平成1年					
	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月
仮締切工	■						
ベント設備	下弦材用組立 ■	上弦材用組立 ■	上弦材用解体 ■	下弦材用解体 ■			
架設工	下弦材 ■	上弦材 ■					
H.T.B					添部縦桁 ■		
ケーブル架設							
ケーブル調整				鋼桁架設 ■		床版工完了後 ■	
ケーブル付属物							■
床版工							
現場塗装							■
足場防護工		■	■				■

本橋はストラットが2本と少ないため、アーチ材の架設は径間中央側アーチ材ベント（8基のうち径間中央側の2基ずつは横撃材にて連結し横方



写真-1 下弦材、床組の架設



写真-2 アーチ材の架設

(3) 鋼桁の架設

1) 架設順序

下弦材ベント設置後、A1側（固定側）より、下弦材→横桁→下横構→縦桁→検査路の順序で繰り返して架設を行った。（図-5、写真-1）
下弦材、床組の架設完了後、キャンバー調整を行い、アーチ材ベントの組み立てを行った。

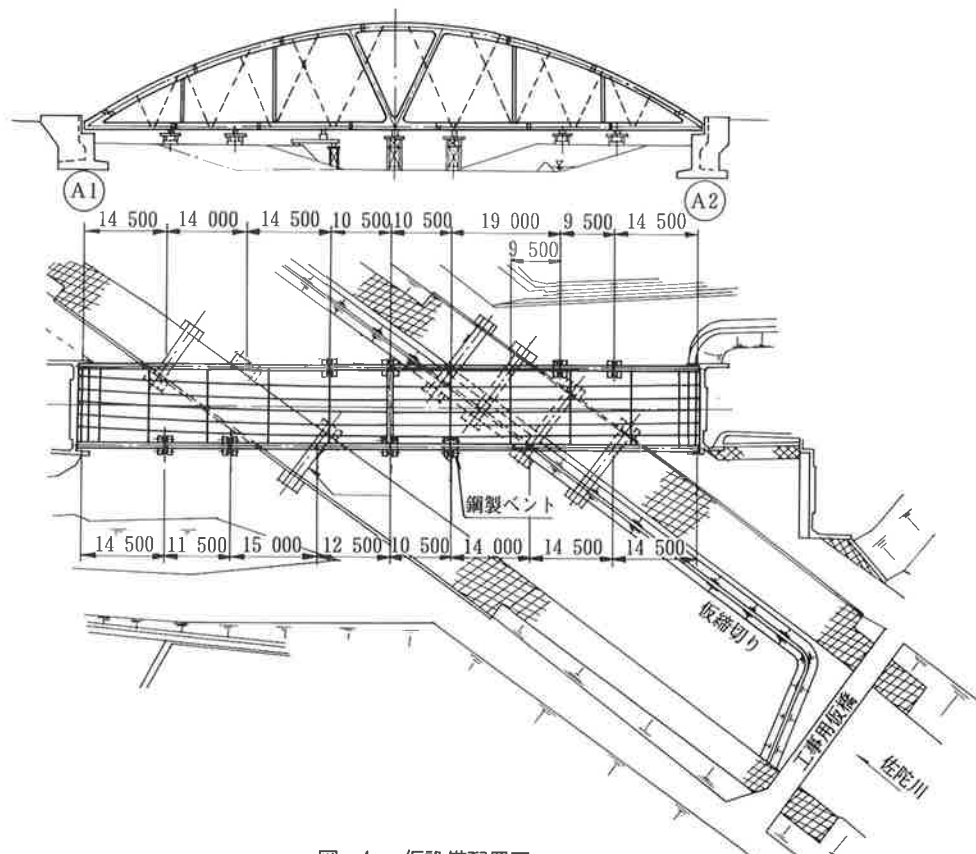


図-4 仮設備配置図

向水平力に抵抗する構造とした。)上までを1サイクルとしA1下流側→A1上流側→A2下流側→A2上流側の順序で行った。

アーチ材の閉合は、アーチストラット→下流側アーチ→上流側アーチの順で行った。

(写真-2, 3)

2) キャンバー調整

鋼桁架設完了後、キャンバー・ケーブル定着距離の計測を行いキャンバー調整を行った。

キャンバー計測は光波測距儀(写真-4)およびプリズム(写真-5)を用いて行い、また、同



写真-3 アーチ材の閉合

時に熱電対による桁温度計測(48点)も実施した。キャンバーの計測値は、計測機器と連動したデータターミナルよりパソコンにデータを取込み、自動計算処理を行った。また、桁温度データは、形状計測時の桁温モニターおよび温度変形補正に用いた。

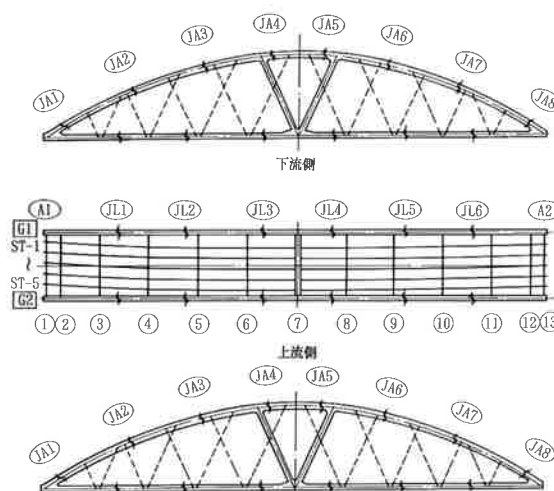
一方、ケーブル定着間距離は、工場でキャリブレーションされたピアノ線(φ0.8mmSWP-A)を10kgfの張力(写真-6)で張渡し、定点と固定治具との距離をスチール定規にて測定した。

なお、これらの計測はすべて桁温度が一定している早朝に実施した。



写真-4 形状計測

ステップ	架設部材
1; 下弦材	G2 (A1)~(JL1), G1 (A1)~(JL1)
2; 床桁	①,②,③ 縦桁 ①~③間
3; 下弦材	G2 (JL1)~(JL2), G1 (JL1)~(JL2)
4; 床桁	④ 縦桁 ③~④間
5; 下弦材	G2 (JL2)~(JL3), G1 (JL2)~(JL3)
6; 床桁	⑤,⑥ 縦桁 ④~⑥間
7; 下弦材	G1 (JL3)~(JL4), G2 (JL3)~(JL4)
8; 床桁	⑦ 縦桁 ⑥~⑦間
9; 下弦材	G1 (JL4)~(JL5), G2 (JL4)~(JL5)
10; 床桁	⑧,⑨ 縦桁 ⑦~⑨間
11; 下弦材	G1 (JL5)~(JL6), G2 (JL5)~(JL6)
12; 床桁	⑩ 縦桁 ⑨~⑩間
13; 下弦材	G1 (JL6)~(A2), G2 (JL6)~(A2)
14; 床桁	⑪,⑫,⑬ 縦桁 ⑩~⑬間
15; アーチ材	G1 (JA1)~(JA2), G2 (JA1)~(JA2)
16; アーチ材	G1 (JA2)~(JA3), G2 (JA2)~(JA3)
17; アーチ材	G1 (JA8)~(JA7), G2 (JA8)~(JA7)



18; アーチ材	G1 (JA7)~(JA6), G2 (JA7)~(JA6)
19; V斜材	G1 G2
20; アーチ材	G1 (JA5)~(JA6), G2 (JA5)~(JA6)
21; ストラット	A2側
22; アーチ材	G1 (JA3)~(JA4), G2 (JA3)~(JA4)
23; ストラット	A1側
24; アーチ材	G1 (JA4)~(JA5), G2 (JA4)~(JA5)

図-5 架設順序図

3) 高力ボルトの締付け

橋梁の構造特性により、床版コンクリートおよび縦桁には主構よりの引張力が作用する。これを軽減するため、端部縦桁の高力ボルトの締付けは、中央部床版コンクリート打設後に行った。(図-6)



写真-5 光波測距儀用プリズム

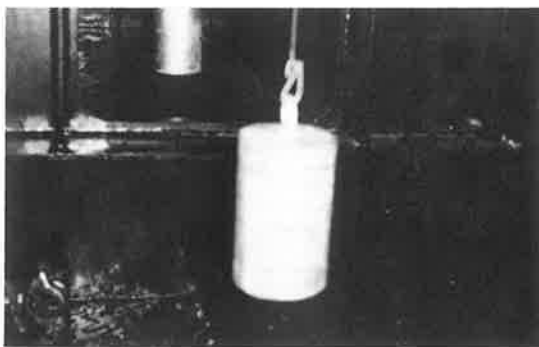


写真-6 ピアノ線による計測用のウェイト



端部縦桁ボルト孔詳細

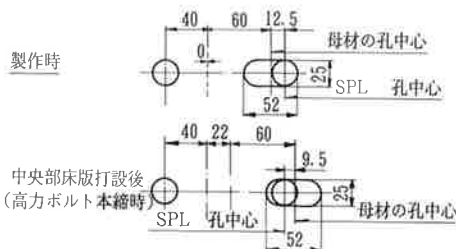


図-6 端部縦桁の高力ボルトの締付け

3. ケーブルの架設および張力導入

(1) ケーブルの架設

高力ボルト締付け後、アーチ材ベントを撤去し斜材ケーブルの架設を行った。

1) ケーブルの展開

斜材ケーブルは、短尺部材はパレットで長尺部材はリール巻にて現場に搬入し、45ton吊油圧クレーンで展開し、床組上に設けた作業床上に仮置した。

2) ケーブルの引込み

床組上に展開されたケーブルをアーチ材内に配置した引込み用ケーブルにて吊上げ、同時にトラッククレーンにて下端固定側ソケットをくわえ、下弦材側定着位置に挿入した。次に下端ソケットを固定後、引込み用ケーブルをレバーブロックに盛り替えてさらに引込み、定着ナットを取付けた。(写真-7, 8)

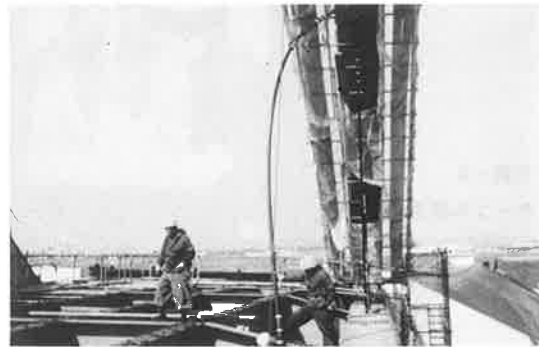


写真-7 ケーブルの引込み



写真-8 定着ナットのセット

(2) ケーブル張力の導入

全ケーブルの引込み完了後、アーチ材上面に設置したセンターホールジャッキでソケットを引込み、調整ナットを調整位置まで回転させ、各ケーブルに張力の導入を行った。(図-7, 写真-9)

調整位置は、キャンバー調整時に計測した橋体形状(ピアノ線によるケーブル定着間距離測定)とケーブルの製作実長から一次調整量として算出した値をもとに決定した。

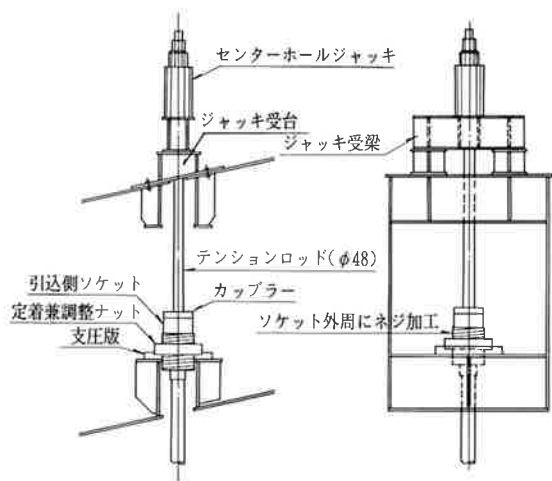


図-7 ケーブル張力導入要領図



写真-9
ケーブル張力の導入

した「現場施工管理システム」については7.で述べる。

2) 管理目標値

管理目標値は、設計時に検討した各種誤差応力から設定した「応力度余裕量100kg/cm²」「ケーブル定着間距離誤差±10mm」などと整合する値として、死荷重張力の±5%以内と設定した。

3) ケーブル張力計測

ケーブル張力の計測は振動法で行った。計測は桁温の影響を受けない早朝に行った。計測機

表-2 タイムスケジュール表 (1サイクル1日)

	4時	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
打ち合せ	打ち合せ													
ケーブル張力計測	G1側計測	G2側計測												
形状計測	校正	G1側計測	G2側計測											
温度計測														
データ編集														
温度補正計算														
シム量算出・検討														
ケーブル張力調整														

4. ケーブルの張力管理

(1) 張力管理要領

1) 張力調整

ケーブル張力調整は鋼桁架設完了時と床版打設完了時の2回実施した。計測はケーブル張力の他に形状、桁温についても行い、桁温による影響、張力調整に伴う形状の変化についても管理を行った。張力調整要領のフローチャートを図-8に示す。1回の計測から調整までの実施タイムスケジュールを表-2に示す。計測は張力、形状、桁温をほぼ同時刻に短時間で言い、調整量の検討、決定および調整工についても短期間で完了する体制で行った。

その結果、1回の調整工は午前4時の計測のスタートから調整量の検討、決定を経て調整工に着手するまでの所要時間は約4時間、調整工を昼前にスタートし、その日の内に作業が完了することができた。

また、鋼桁架設完了時、床版打設完了時の各調整は、それぞれ約1週間の短期間で張力調整を完了させることができた。調整量の算出については6.で、計測から調整量の検討、決定に使用

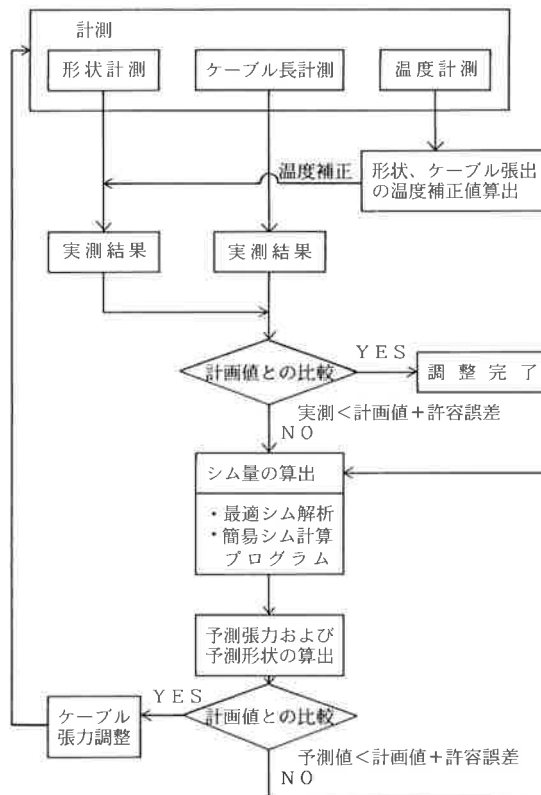


図-8 調整要領フローチャート図

器を2組用意し、G1主構側と、G2主構側に分かれて計測を行った。1本のケーブルの張力測定は約3~4分であり、全32本のケーブルについて約1時間で計測を完了した。データの採取および計算は7.で紹介する「現場施工管理システム」を使用して行った。システムで使用するケーブル張力と振動数との関係式は架設に先立ってキャリブレーション試験を実施して決定した。

以下にその概要を述べる。

4) ケーブル張力の算出式

本橋に用いるケーブルの振動数と張力の関係を検討するため工場においてキャリブレーション試験を実施した。供試体は実ケーブルの径、長さを考慮して表-3に示す4種類とした。

キャリブレーション試験を行わないケーブルの張力算出式が必要となる。試験の結果、文献⁹⁾で示される張力算定式が使用可能であるが、導入張力に対応した曲げ剛性を使用する必要があり、今回新たに張力の関数となる曲げ剛性補正係数を算定導入した。使用した曲げ剛性補正係数を表-4に示す。

5) 本橋の張力調整の特性

本橋はV剛斜材を有するニールセン橋であるため構造特性としてケーブル張力が通常のニールセン橋よりも小さい。特に鋼桁架設完了時におけるケーブル張力が小さく数本が振動法による測定可能範囲(3kg/mm²以上)より小さくなる。このため写真-10に示すように計測用のカウンターウェイト(下弦材の4カ所、計36.6t)を使用して、ケーブルに張力が導入された状態で張力測定を行った。

また主構面が鉛直でストラットが少ないこと、およびV剛斜材があるため、一本のケーブル調整による他のケーブル張力への影響範囲は、調整しているケーブル主構面内が支配的で他の主構面への影響が極端に少ないこと、かつV剛斜材で区切られ主構面の1/2の範囲が支配的であった(図-9参照)。4つの部分ではほぼ独立し

表-3 キャリブレーション供試体表

供試体 No.	呼称	外径	長さ	該当ケーブルNo.	適応ケーブル No. (長さ(mm))
1	SPWC31	φ55	10,000	—	D7, D10(15, 914) D8, D9(17, 959)
2	SPWC37	φ60	8,563	D2, D15	—
3	SPWC55	φ70	4,881	D1, D16	—
4	SPWC55	φ70	9,423	D3, D14	D4, D13(13, 794)
					D5, D12(13, 108)
					D6, D11(16, 778)

て調整できることはケーブル調整の面からも、本橋梁の持つ大きな利点であると考えられる。

表-4 ケーブル曲げ剛性補正係数

ケーブル番号	1次振動	2次振動
D7, 8, 9, 10	$k=0.0015T^2-0.097T+1.97$	$k=0.00099T^2-0.062+1.29$
D2, 15	$k=0.0015T^2-0.088T+1.42$	$k=0.00088T^2-0.061+1.22$
D1, 16	$k=-0.010T+0.61$	$k=0.00047T^2-0.049T+1.28$
D3, 4, 5, 6 D11, 12, 13, 14	$k=0.00015T^2-0.048T+1.36$	$k=0.00039T^2-0.042T+1.44$

ここに k : 曲げ剛性補正係数

T : ケーブル張力 (t)

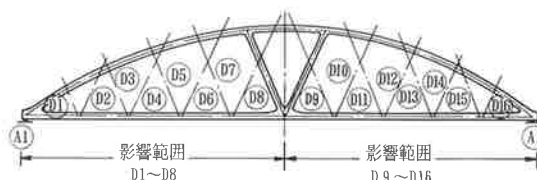


図-9 ケーブル張力調整影響範囲

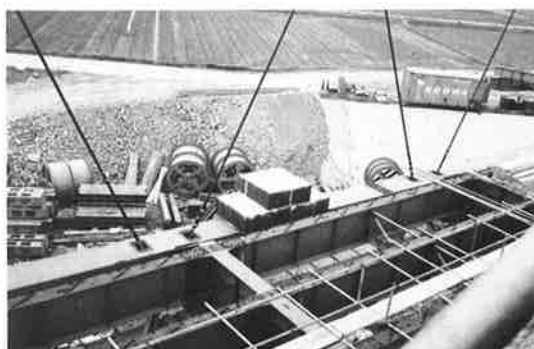


写真-10 カウンターウェイト

(2) 張力調整要領

張力の調整はケーブル張力導入時と同様の要領に加えて、張力および調整量の管理を行った。

調整引込み時には、ジャッキポンプに油圧センサーを設置し、デジタルメータと接続し、張力をモニターしながら調整を行った。(写真-11)

ケーブル張力調整は、上弦材内の可動側の定着部のナットの回転(10mm/回転)により行った。支圧板上に角度目盛り板をセットし、これを使用してナット回転量の指示および管理を行った。(写真-12)

(3) ケーブル張力調整結果

1) 鋼桁架設完了時

ケーブルの張力導入後、下弦材ベントの撤去を行い、ケーブル張力の計測、調整を行った。表-5に示すように計5回の調整を行い、ほぼ5%の精度が得られた。

2) 床版打設完了時

床版を打設し、型枠撤去後、前回同様のケーブル張力計測、調整を行った。表-6に計測および調整の結果を示す。2回の調整により所定の5%の管理目標値内におさめることができた。2回という少ない調整回数で終了できた理由として、

鋼桁架設完了時の精度管理が十分であったこと、また本橋の特性を生かしたシム調整量の選定が行えたことによるものであると考えられる。2回のシム調整量の合計はほとんどのケーブルで2~3mmであった。



写真-11 張力調整作業



写真-12 ナット回転による張力の調整

表-5 鋼桁架設完了後の調整経過・結果(G1主構)

ケーブル番号	1	2	3	4	5	6	7	8	11	12	13	14	15	16	17	18	
管理張力(t)	9.7	13.3	13.1	7.3	14.8	8.7	6.3	3.6	3.7	6.2	8.6	14.7	7.2	13.1	13.7	9.0	
1	計測張力(t)	13.0	3.4	13.3	8.8	21.1	5.9	4.8	5.1	3.5	3.6	21.4	7.1	7.7	18.1	1.0	20.3
	調整量(mm)	-	5.0	-	-5.0	-	-	-	-	-	4.0	-12.0	4.0	-	-	5.0	-2.0
2	計測張力(t)	9.1	13.0	14.8	8.1	14.7	6.6	5.8	4.6	4.8	5.5	7.5	12.8	13.3	14.8	6.0	10.3
	調整量(mm)	-	-	-1.0	-	-	2.0	-	-	-	-	-	-	-4.0	-1.0	3.0	-
3	計測張力(t)	8.7	13.5	13.0	8.0	14.7	8.4	6.1	4.0	5.1	6.1	8.9	14.7	7.0	13.3	13.6	8.8
	調整量(mm)	-	-	-	-	-	-	-	-0.5	-1.5	-	-	-	-	-	-	-
4	計測張力(t)	10.2	11.5	10.6	8.1	14.2	8.4	5.8	4.0	4.0	5.8	9.4	13.7	7.0	11.4	12.5	9.1
	調整量(mm)	1.0	1.8	2.5	1.0	1.4	-	-	-0.5	-	1.0	-	2.0	1.2	2.2	1.0	0.6
5	計測張力(t)	10.2	14.4	12.3	8.1	14.7	8.9	5.8	3.8	4.0	6.1	8.9	14.7	7.3	13.3	14.1	9.1
	調整量(mm)	-	-	-	-0.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	計測張力(t)	10.2	14.4	12.6	7.7	14.7	8.9	5.8	3.8	4.0	6.1	8.9	14.7	7.3	13.3	14.1	9.1
	調整量(mm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
誤差量(%)	5.7	8.2	4.1	6.0	0.4	2.0	7.3	6.7	7.2	1.7	3.3	0.0	1.8	1.4	2.9	1.2	

表-6 床版打設完了後の調整経過・結果 (G1主構)

ケーブル番号	1	2	3	4	5	6	7	8	11	12	13	14	15	16	17	18	
管理張力(t)	35.0	24.0	35.0	27.9	36.3	28.1	16.2	11.7	12.1	16.4	28.6	37.1	27.2	35.3	23.4	35.0	
1	計測張力(t)	37.1	25.1	39.1	28.0	40.6	27.6	16.2	9.8	11.0	17.1	29.2	39.9	29.4	39.7	25.4	35.5
	調整量(mm)	-3.0	-3.0	-6.5	-2.5	-6.5	-	-2.0	2.0	1.0	-2.5	-1.0	-6.0	-4.5	-7.0	-3.5	-2.5
2	計測張力(t)	34.2	24.4	37.5	28.7	38.4	28.4	16.6	11.4	11.8	17.1	29.2	40.6	28.0	36.9	24.4	35.8
	調整量(mm)	-	-	-0.8	-	-0.8	-	-	-	-	-	-1.0	-	-2.2	-	-0.9	-0.2
3	計測張力(t)	33.6	25.1	35.8	29.0	37.7	28.4	16.6	11.4	11.8	17.1	29.2	37.7	28.0	35.8	24.4	34.9
	調整量(mm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
誤差量(%)	4.9	4.6	2.3	4.0	3.9	1.0	2.5	3.3	2.7	4.3	1.9	1.7	2.8	1.4	4.1	0.2	

5. シム調整計算

シム調整計算には当社保有の SHIM プログラムと簡易シム計算プログラムを用いた。

SHIM プログラムの特徴としては、

- ・解析部分では立体骨組の有限変位解析を行っている。
- ・はり部材の他にケーブル部材の扱いが可能である。
- ・立体骨組を使用できることから、片主構面のシム調整による立体効果が考慮できる。
- ・最適シム量計算には共役勾配法を用いた最適化手法を用いている。
- ・ケーブル張力の影響値ファイルの出力が行える。
- ・任意のシム量指定による解析も可能である。

簡易シム計算プログラムは影響値ファイルを使用してシム量指定によりシム調整後の予測張力を算出する簡易プログラムである。

図-10にシム調整計算の流れを示す。ケーブル張力調整時のシム調整計算に先立って、SHIMプログラムを用いた設計張力の確認、および現場架設状況に合わせた荷重を用いたケーブル管理張力の算出を行っている。架設時のシム量の検討および決定は上記2つのプログラムにより行った。SHIMプログラムでは全ケーブルに対して0.1mmきざみのシム量が計算される。0.1~0.2mm程度の小さいシム量は調整作業の効率を悪くすることから、簡易シム計算プログラムを用いて下記の条件を考慮してシム量に修正を加えた。

- ① 0.5mmきざみ程度のシム量にまるめる。
- ② ケーブル調整本数を少なくする。

決定したシム量に対してSHIMプログラムによる有限変位解析を行い、ケーブル予測張力の最終確認を行った。

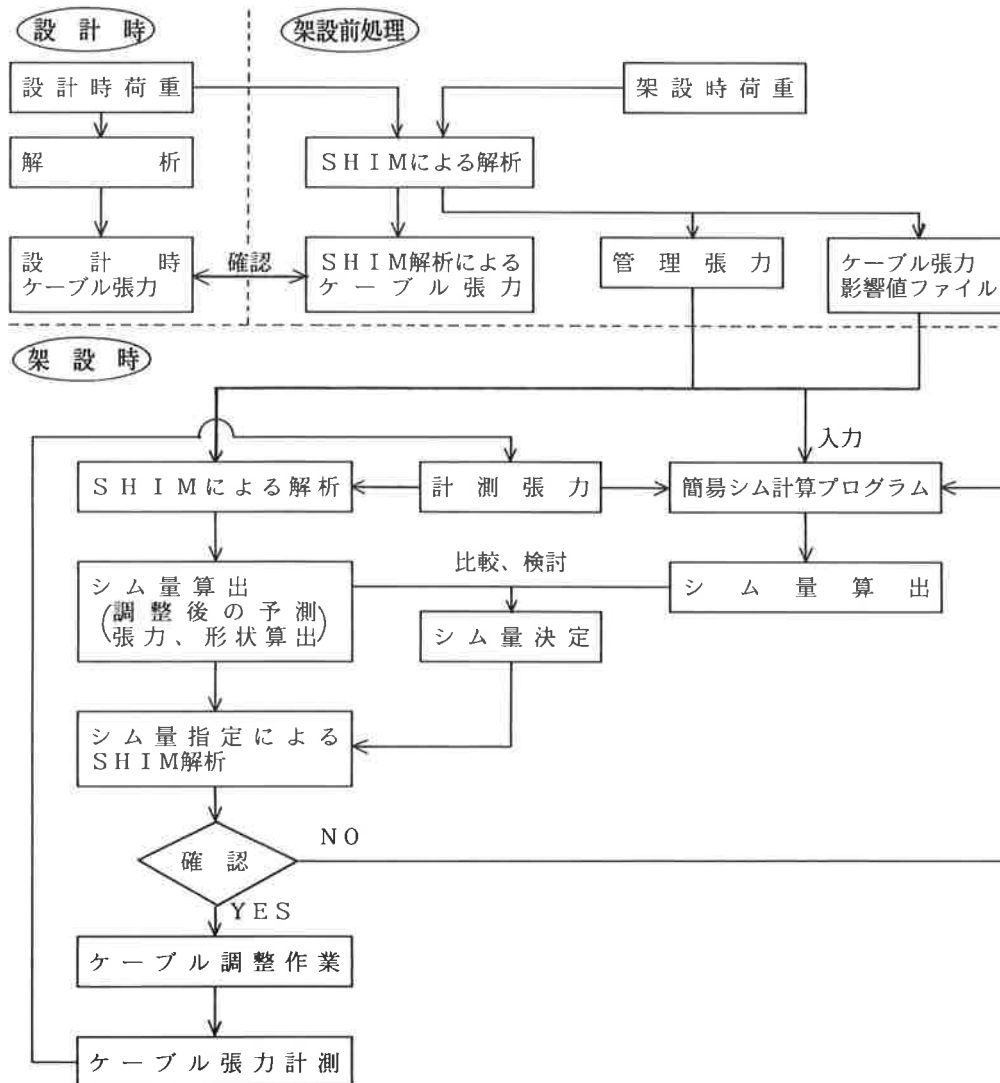


図-10 シム調整計算の流れ

6. 現場施工管理システム

ニールセン橋などのケーブル部材を含む構造物では、一般の橋梁で行われている形状管理の他に、ケーブル張力の管理が重要である。ケーブル張力などの内力は形状だけでなく桁温により変化する。

このことからケーブル張力、形状、桁温の3項目について計測し調整管理する必要がある。今回新たにこれらの計測および管理を一括して行うシステムを開発した。システムの概要を図-11に、機器配置図を図-12に示す。各計測器からのデータは現場のパソコンに取り込み編集処理を行う。解析用データは通信回線 (RS232C、2400BPS) を使用して汎用コンピュータ (駒井鉄工(株)大阪工場内) に伝送する。解析結果は再度通信回線により現場のパソコンに伝送する。計測結果および解析結果を現場のパソコンで、集中モニターし管理できるシステムである。

(1) 桁温計測システム

桁温の計測には熱電対およびデジタル多点計測器を使用した。橋梁各部および部材の温度差を計測するため48点の計測点を設けた。計測値はパソコンに取り込み、桁温分布のモニター、解析用温度荷重の自動生成を行った。

(2) 形状計測システム

計測およびデータ採取は光波測距儀にハンディーターミナルを接続して行った。野外での計測終了後

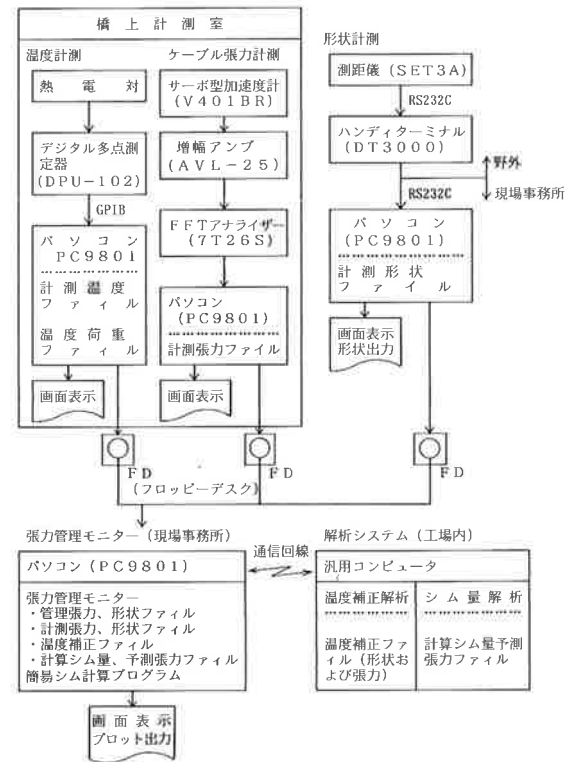


図-11 システム概要

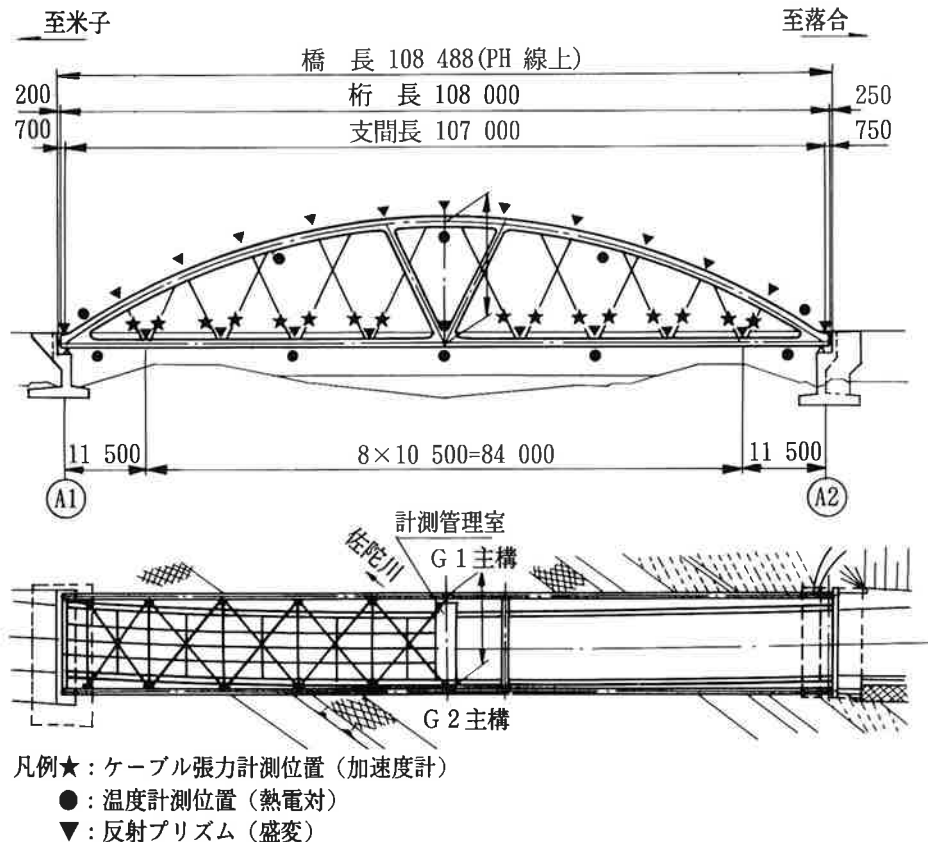


図-12 計測システム機器配置図

にハンディーターミナルに蓄えられたデータをパソコンに転送し、キャンバー、通りなどの計算処理を行った。

(3) ケーブル張力計測システム

ケーブル張力の計測は振動法により行った。ケーブル振動時の加速度をサーボ型振動計により検出し、FFTアナライザーによりフーリエ変換した後パソコンにデータが転送される。パソコン上で卓越周波数の選択と振動次数を入力することにより、ケーブル張力の算出式が自動的に選択され、ケーブル張力が瞬時に算出される。計測時の状況を写真-13,14に示す。またケーブル張力算出時のパソコンの画面を写真-15に示す。

(4) ケーブル張力および形状の管理モニター

ケーブル張力および形状の計測値、管理値およびケーブル張力調整前の予測値をパソコンの画面上に表示し、選択してプロット出力が行える。

今回、上記現場施工管理システムを本橋の施工管理に使用したが、計測値の処理やケーブル張力調整決定の効率化に非常に有効であった。



写真-13 ケーブルの加振



写真-14 ケーブル張力の算出作業

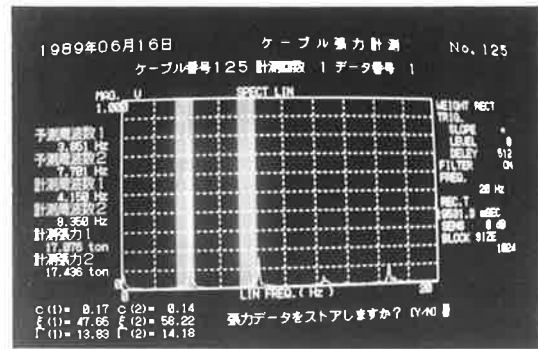


写真-15 ケーブル張力算出時のパソコン画面

あ と が き

佐陀川橋は1989年6月に無事終了した。設計、製作、架設を通して種々な課題を克服し円滑に進められた事は、関係技術者の高度な技術と努力によるものと思われる。

本橋は日本道路公団として初めて採用されたニールセンローゼ橋である。橋体は景観を配慮し赤色に染められ、大山を背景にその赤いアーチが当地のランドマークとして四季おりおりに美しく、付近の人たちにも喜ばれていると聞く。また1989年12月14日、中国自動車道岡山・米子線のうち米子IC～江府IC間の開通を見たのは関係者として喜ぶたえない。

本工事を進めるに当たってご助言、ご指導をいただいた日本道路公団広島建設局および米子工事々務所の方々ならびにご協力をいただいた関係者の方々に感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 熊谷、中園、鷺尾：ニールセン橋「佐陀川橋」の計画と設計、橋梁・1988年4月
- 2) 辰口、鷺尾：佐陀川橋（V型剛斜材を有するニールセン橋）の設計、駒井技報Vol. 8、1989年
- 3) 山田、阿部、楠橋、佐々木、細見：ニールセン橋「佐陀川橋」の施工、橋梁・1989年7月
- 4) 新家、広中、頭井、西村：振動法によるケーブル張力の实用算定式について、土木学会論文報告集、第294号・1980年2月