

洲本大橋（仮称）上部工の施工

玉田 尋三*1・山下 恵祐*2・小谷 憲一*3・諸山 勝雄*4

1. まえがき

淡路島の海の玄関口である洲本市の道路交通体系は、国道 28 号線と県道洲本南淡線を主軸としながら、放射状に伸びる県道や市街地内の幹線道路網によりその骨格が形成されている。しかし、国道と市街地を結ぶ主要道路は幅員が狭小で線形が悪く、その機能を十分に果たしていないのが現状である。このような状況に対処するため、洲本市では昭和 63 年より洲本ウォーターフロント開発整備構想として、湾岸道路整備事業の実施を行っている。

洲本大橋はこの湾岸道路のうち、洲本川の河口に架かる 2 径間連続 PC 斜張橋である。本橋の架橋は地域住民の利便向上、交通渋滞の緩和、地域開発に大きく寄与するだけでなく、リゾート感覚あふれる交流文化都市をめざす洲本市のシンボルとして、その完成が期待されている。

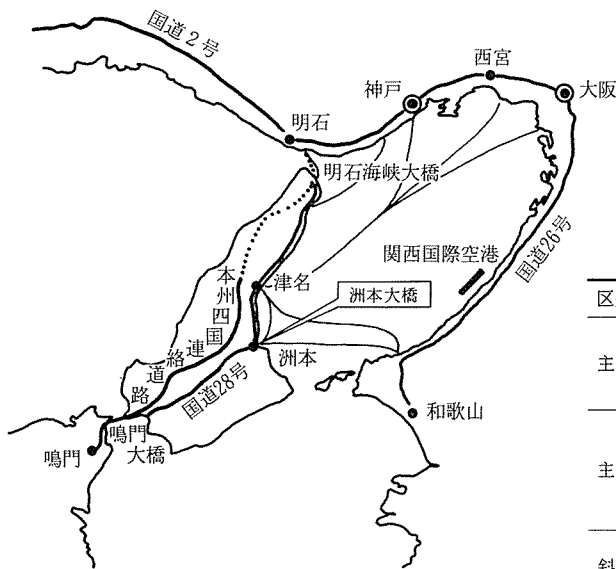


図-1 位置図

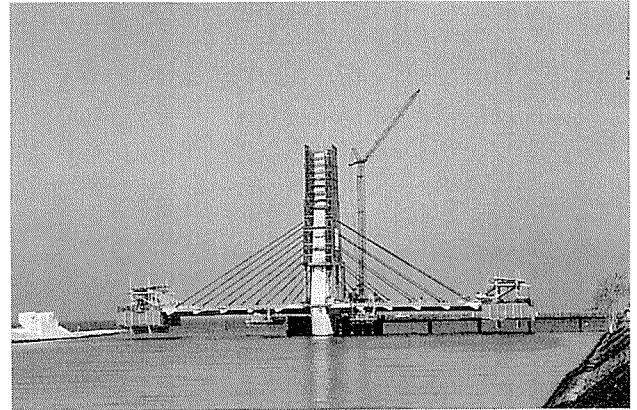


写真-1 全 景

本文は洲本大橋の上部工の施工について報告するものである。図-1 に位置図、写真-1 に全景を示す。

2. 工事概要

本橋は主桁および主塔が橋脚上で剛結された 2 径間連続 PC 斜張橋であり、地震時の慣性力は橋脚が負担する構造となっている。また、平面的には斜角を有しており、主桁の斜材定着位置も斜角に平行に配置されている。

一般図を図-2 に、主要工事数量を表-1 に、上部工の施工順序、工事工程をそれぞれ図-3、4 に示す。

表-1 主要工事材料

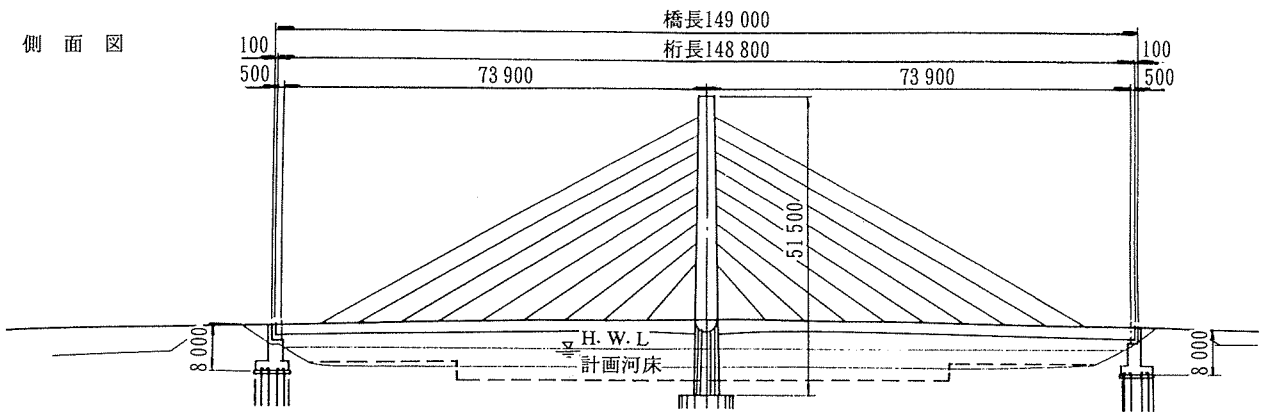
区分	種 別	仕 様	単位	数量	備 考
主塔	コンクリート	$\sigma_{c/k}=300 \text{ kgf/cm}^2$	m ³	603	高炉セメント
	鉄 筋	SD 295 A	t	79	
	鉄 骨	SS 400	t	24	
主桁	コンクリート	$\sigma_{c/k}=400 \text{ kgf/cm}^2$	m ³	2 165	早強セメント 主方向、鉛直 横桁
	P C 鋼 材	SBPR 930/1180	t	87	
	"	SWPR 7 A T 15.2	t	19	
	鉄 筋	SD 295 A	t	433	
斜材	定 着 体	フレシネーHシステム	個	72	固定、調整各々 36 個
	P C 鋼 材	SWPR 7 B T 15.2	t	71	

*1Hirozou TAMADA：洲本市 都市計画課 課長

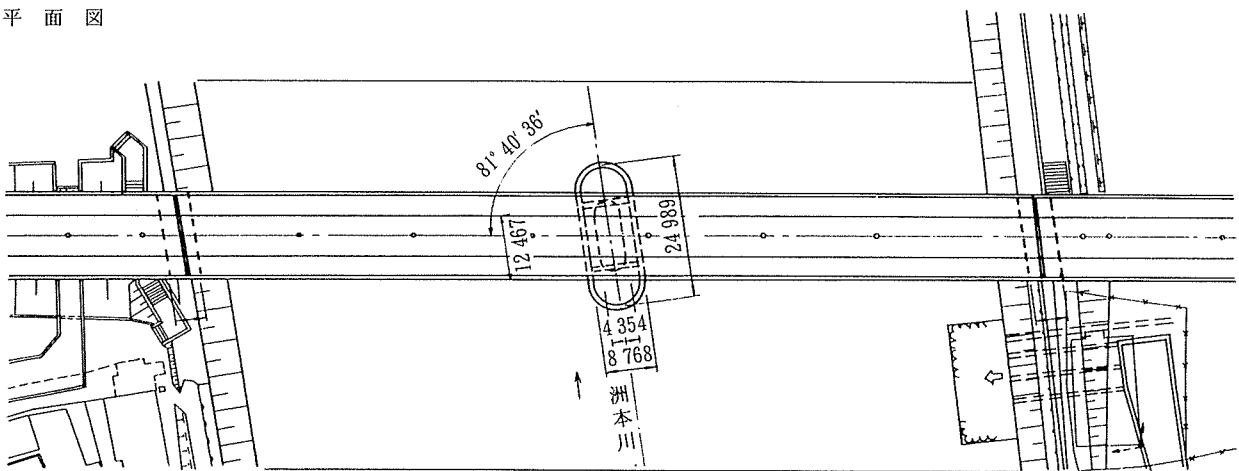
*2Keisuke YAMASHITA：洲本市 都市計画課

*3Kenichi KOTANI：(株)ピー・エス 洲本大橋工事事務所 所長

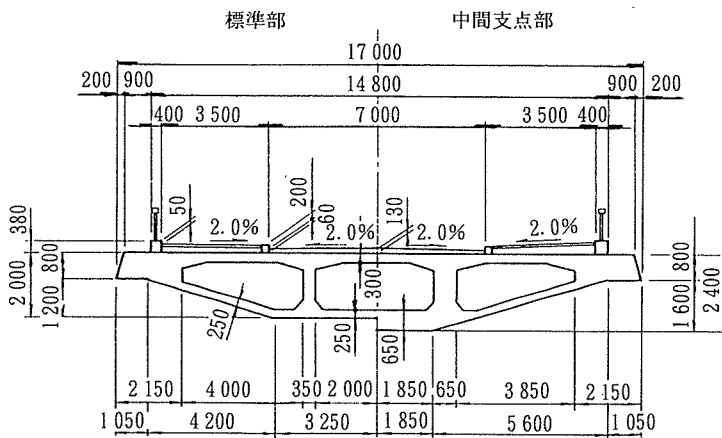
*4Katsuo MOROYAMA：(株)ピー・エス 洲本大橋工事事務所 工事主任



平面図



主桁断面図



主塔断面図

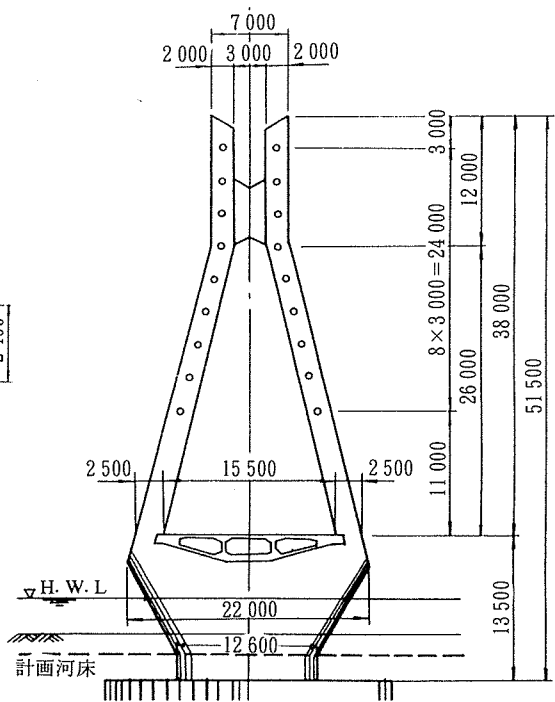


図-2 一般図

◇工事報告◇

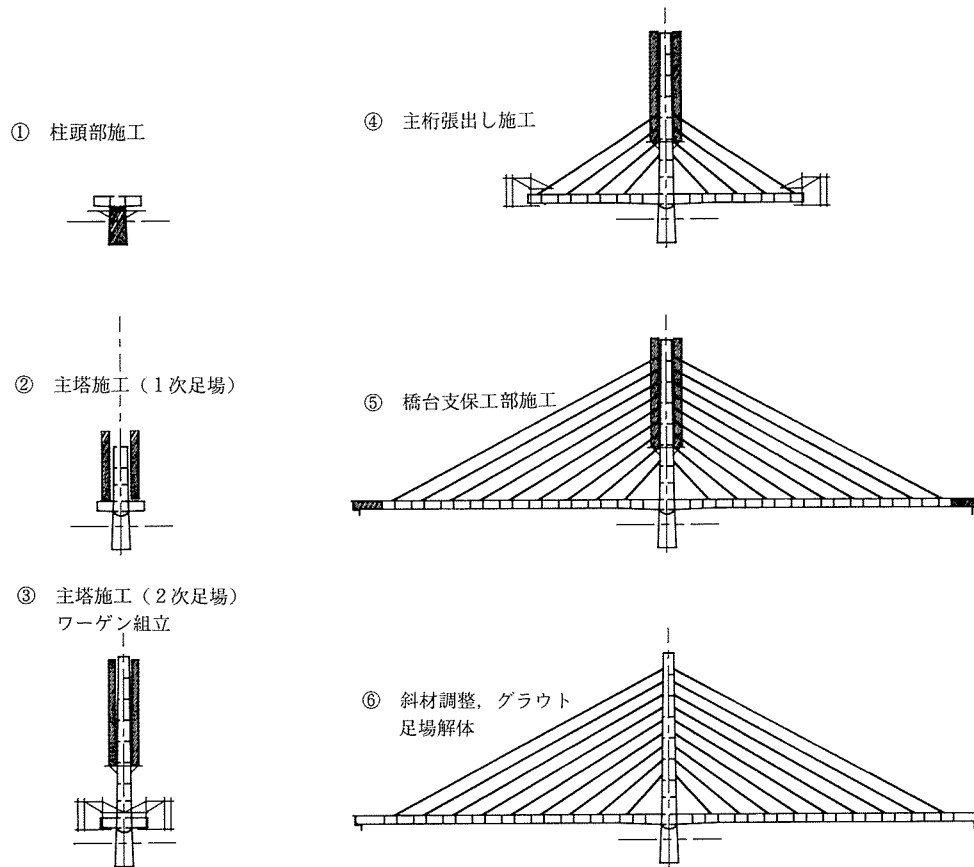


図-3 施工順序

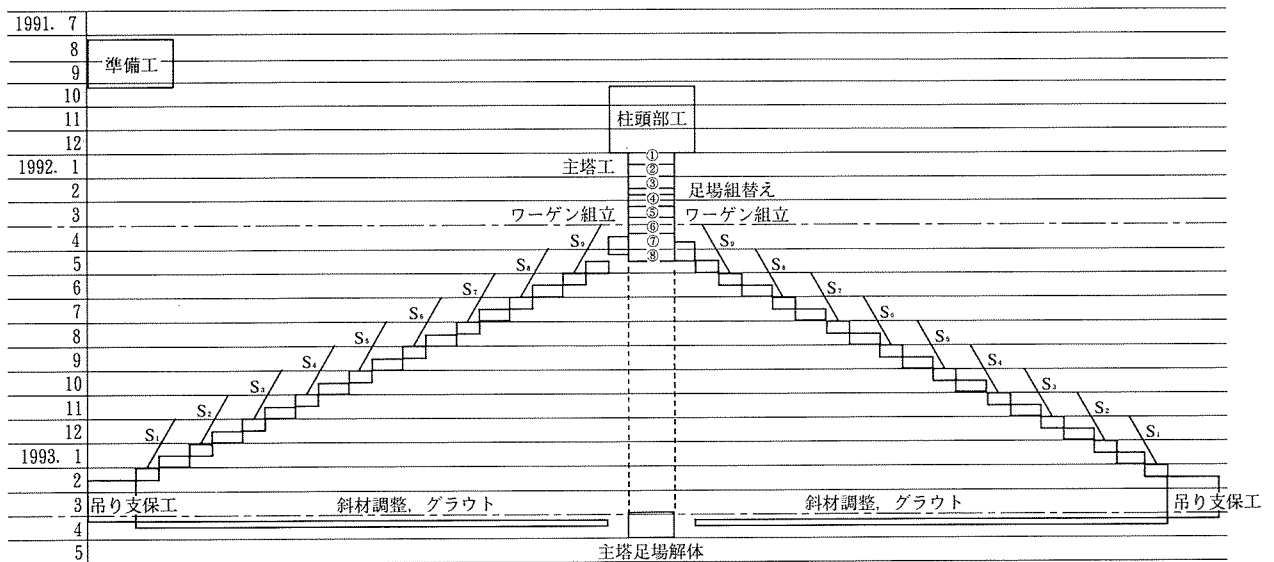


図-4 工事工程

工事概要を以下に列記する。

事業主体：洲本市

工事名：洲本大橋（仮称）橋梁整備上部工工事

工事場所：兵庫県洲本市塩屋

橋格：1等橋（TL-20）

道路規格：4種2級

構造形式：2径間連続PC斜張橋

（主桁）断面形状：逆台形3室箱桁

橋軸方向：PC構造

床版：RC構造

桁高：橋脚部2.4m

標準部2.0m

（主塔）形状：準A型RC構造

主塔高：38m

(斜材) 配置形状：準ハープ型 2面吊り
 定着方法：フレシナーHシステム

橋 長：149 m
 支 間 割：73.9 m+73.9 m
 幅 員：全幅員：17 m
 有効幅員：14 m (車道 7 m+歩道 7 m)
 平面線形： $R = \infty$
 縦断線形：2.5 % (VCL=150 m)
 斜 角：右 81°40'36"

3. 主塔の施工

3.1 概 要

主塔は準 A 形の RC 部材であり、図-5 に示すように、主桁天端より高さ 38 m の柱部材 2 本 (3.5 m×2.5 m) と高さ 26 m に位置する横梁 (2.0 m×5.0 m) から構成されている。

一般に、主塔の施工は総足場型枠工法と移動式型枠工法に分類されるが、本橋では斜材の配置が準ハープ型であり、主塔施工後も広範囲にわたって斜材施工の足場が必要であること、また主塔の分割施工数が比較的少ないことなどを考慮して、総足場型枠工法を採用した。

主塔は 1 ロットを 4~5 m とし、図-5 に示すように 8 ロットに分割して施工を行った。また、左右の主塔は同時に施工した。

3.2 鉄骨の組立

主塔には斜材定着体、鉄筋、型枠を支持するための仮設用鉄骨が配置される。

鉄骨はあらかじめ工場で 4~5 m に分割、組み立てら

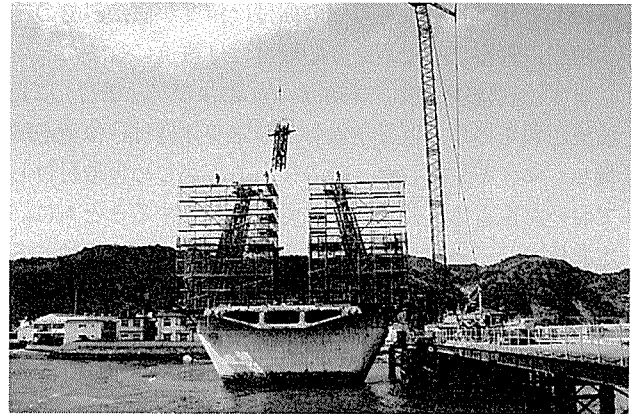


写真-2 主塔鉄骨の組立

れたものを搬入し、斜材定着具を地上にて仮取付けした後、タワー式クローラクレーンにより据え付けた (写真-2)。

3.3 足場の組立

主塔施工用の足場は第 3 ロットまでは主桁柱頭部より組み立て (1 次足場)、第 3 ロット施工後、この足場を解体、鋼製ブラケット上に枠組み足場を組み替えた (2 次足場)。これらの足場を図-6 に示す。

主塔斜部の施工においては各工種ごとに必要な足場の状況が変化するため、足場の組立・解体を頻繁に行う必要があった。この作業が工程上のポイントとなり、当初計画に比べ、1 サイクルにつき 2~3 日の遅れとなった。今後改善すべき点と考えられる。

3.4 斜材定着具の据付け

斜材定着体の重量は 1 体あたり 500~600 kg、長さは 3~5 m である。主塔施工時には主桁側の定着体位置が

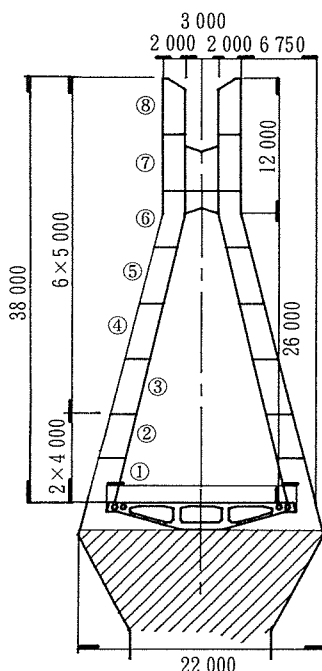


図-5 主塔形状図

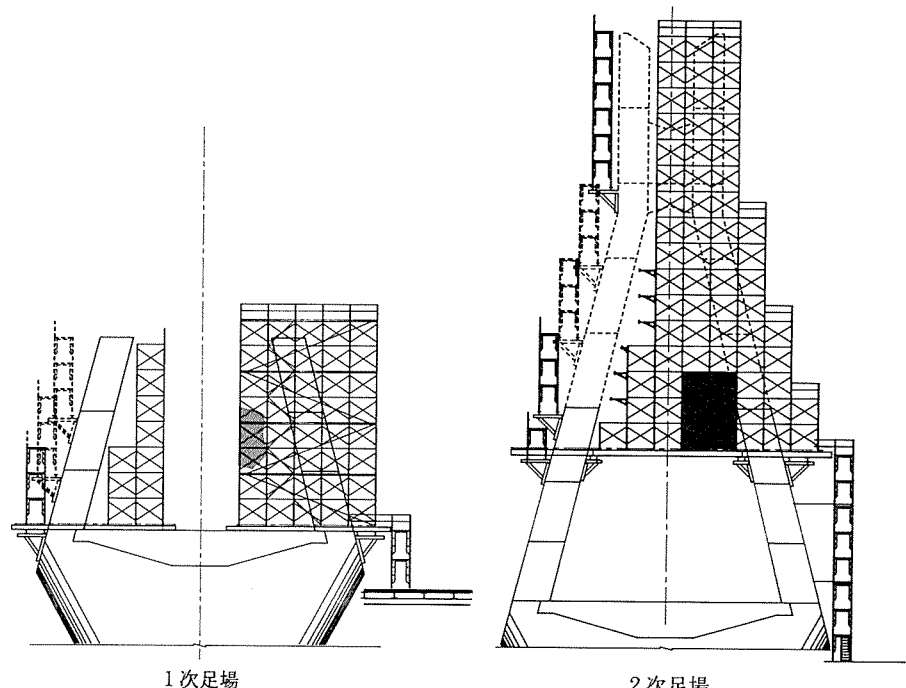


図-6 主塔足場

◇工事報告◇

不明であり、しかも定着体の据付け精度が直接斜材の施工精度に影響するため、その取付けは慎重に行った。

まず、鉄骨組立後、既知点(A₁およびA₂橋台)に光波測距儀を据え、仮設用鉄骨上の定着体据付け位置を測量し、マーキングした。その後、あらかじめ仮取付けしておいた定着体支持鋼材を鉄骨に本溶接するとともに、定着体をレバブロック等により所定の位置に合致するように微調整し、固定した(写真-3)。

3.5 鉄筋の組立

設計では主鉄筋はD 32~D 29、標準長さ10 m、継手はガス圧接継手である。鉄筋を圧接する場合、既設コンクリートから上方に鉄筋の標準長さ以上の足場を組み立てる必要がある。しかし、本橋の場合、1ロットの高さが5 mであり、それより高い位置には足場を固定するものがないため、安全性を考慮し、鉄筋の標準長さを5 mに変更した。

鉄筋の組立は主鉄筋を圧接した後、帯鉄筋を組み立てるが、定着体が配置されている部分は構造物の弱点となりやすく、配筋も複雑であるため慎重に組み立てた。鉄筋組立の状況を写真-4に示す。

3.6 型枠の組立

主塔側面(橋軸方向)型枠は木製で、地上にて大型パネルに組み立て、クレーンにより建込みを行った。一方、正面(橋軸直角方向)型枠は斜材定着体の出入口となるため、一般的な木製型枠とし、施工場所において組み立てた。

3.7 コンクリートの打設

コンクリートは設計基準強度300 kgf/cm²、使用セメントは高炉セメントである。施工は2次足場より上方に配管した圧送管に、ポンプ車のブームを接続し、打設した(写真-5)。

4. 主桁の施工

4.1 概要

主桁は桁高2.0 m~2.4 m、幅員17 mの斜めウェブを有する3室箱桁断面である。主桁の施工区分は図-7

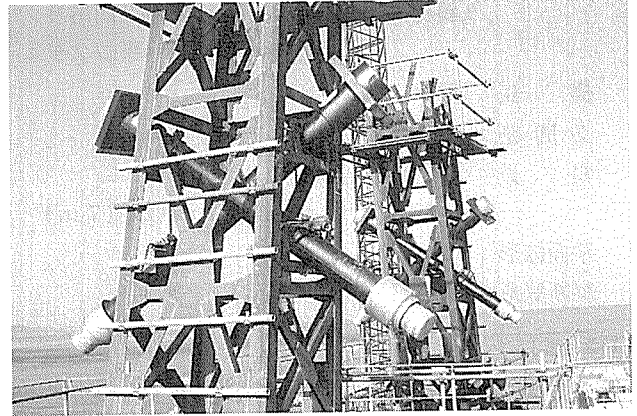


写真-3 斜材定着体の据付け

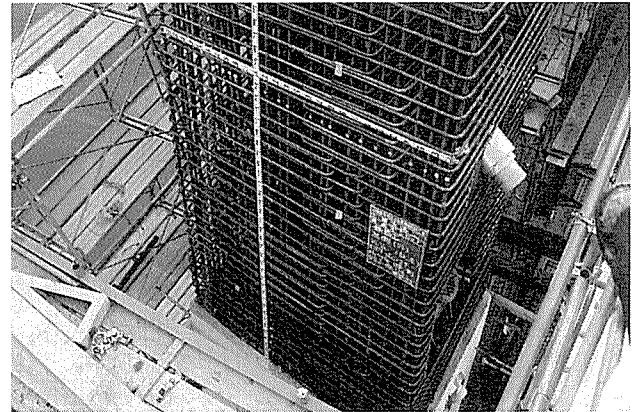


写真-4 主塔鉄筋の組立



写真-5 主塔コンクリート打設

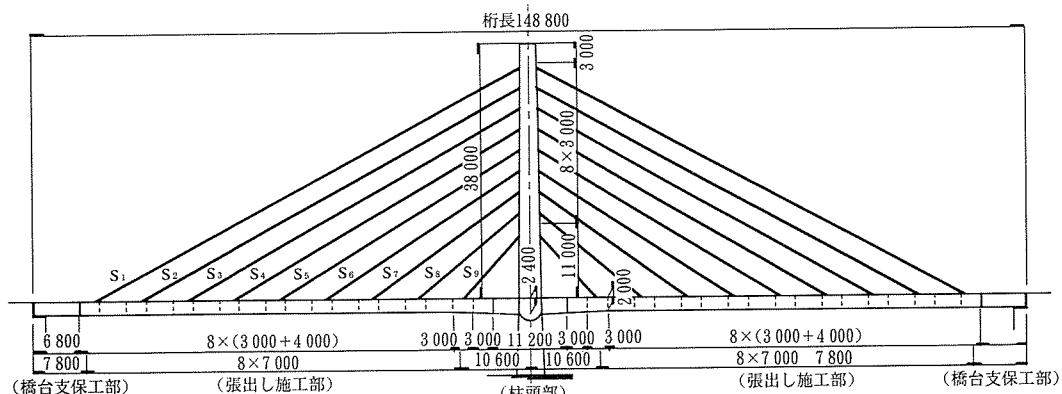


図-7 主桁施工区分

に示すように柱頭部支保工施工部、張出し施工部、橋台支保工施工部に分けられる。

4.2 柱頭部の施工

柱頭部は図-8に示す鋼製ブラケット支保工により、3回に分割して施工した。

施工ブロック①は20 m×1.9 m×3.5 mと部材寸法が大きいため、マスコンクリートに対する検討を行った。検討の結果、柱頭部横締めPC鋼材を利用したモデルプレストレスングを行うこと、ひびわれ幅を制御するための鉄筋を配置すること、および、施工時期が

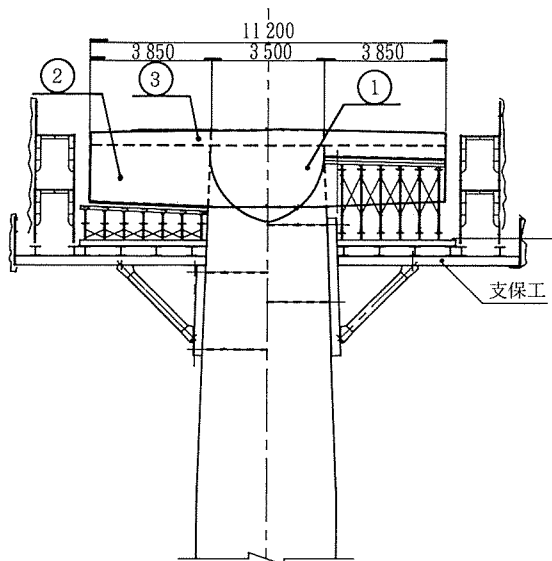


図-8 柱頭部支保工図

冬期であるため木製型枠の存置期間を調整し、急激な温度低下を避けることなどによりひびわれを制御した。温度計測の結果、コンクリートの温度は打設後2日で最高温度に達し、その値は最大80℃であった。これは解析結果とほぼ一致している。

4.3 張出し部の施工

張出し部は片側18ブロックに分割されており、長さ4 mの標準ブロックと3 mの斜材定着ブロックが交互に配置されている。施工は4主構から成る一般型フォルバウアーゲンにより、A₁側とA₂側を同時に行った。コンクリートは設計基準強度400 kgf/cm²、体積は標準ブロックが49 m³、斜材定着ブロックが41 m³である。主桁張出し施工の状況を写真-6に示す。

また、本橋は斜角を有しており、主桁の斜材定着位置も斜角に平行であるため、施工ブロック目地もすべて斜角に平行とした。

張出し施工の標準サイクル(斜材1段あたり)は表-2に示すように実稼働日数で28日であった。ただし、斜材の架設、緊張は標準ブロックの鉄筋、型枠組立と並行して行うため、型枠のセットは横桁重量、斜材初期張力の影響を考慮する必要がある。このように型枠セット後もたわみが大きく変動するため、コンクリート打設前には型枠の高さを再度確認した。

型枠は外周面には鋼製型枠、内枠には木製型枠、斜めウェブの内枠には繊維型枠を使用した。

斜材定着ブロックには斜材定着突起、斜材定着体、お

表-2 主桁張出し施工の標準サイクル(実稼働日数)

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
主 桁	コンクリート打設																												
	養生																												
	緊張①																												
	脱枠																												
	ワーゲン移動																												
	型枠セット																												
横 桁	鉄筋、PC鋼材組立																												
	鉄筋組立																												
	型枠組立																												
	コンクリート打設																												
斜 材	養生																												
	脱枠																												
	緊張②																												
斜 材	保護管製作架設																												
	ストランド挿入																												
	緊張③																												
		← 標準ブロック													← 斜材定着ブロック														

緊張①：主鋼棒、鉛直鋼棒

緊張②：横桁横締め鋼材

緊張③：斜材初期緊張

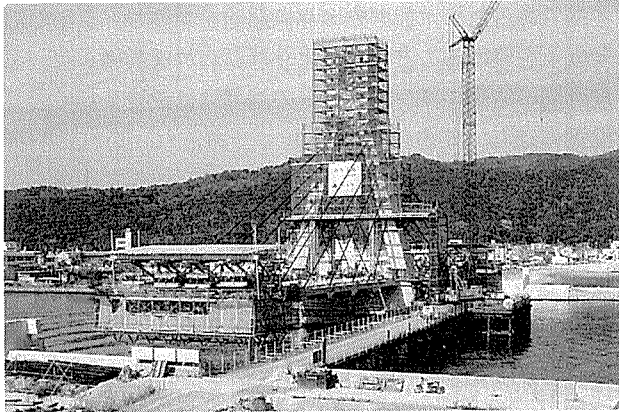


写真-6 張出し施工状況

よび中間横桁が配置される。以下、これらの配置にともなう施工上の問題と対処方法を述べる。

まず、斜材定着突起のため斜めウェブの型枠構造は複雑なものとなる。しかも斜材定着ブロックと標準ブロックが交互であるため、この部分の型枠の組立解体が問題となった。本橋では標準ブロック施工時には斜材定着突起部を解体せず、蓋枠をすることにより、施工の省力化と迅速化を図った。

つぎに、斜材定着体の据付け精度を確保することはPC斜張橋における重要な施工管理項目のひとつである。主桁定着体の据付けは予め計算された位置に仮置きした後、主塔定着体から望遠レンズを用いて視準し、その据付け精度を確認した。

最後に、中間横桁を主桁と一体打設すると、ワーゲン移動時に主桁内型枠を毎回組み立て、解体する必要があ

る。このため横桁はワーゲン移動後に施工することとした。横桁鉄筋の継手は圧着グリップによる機械継手とし、内型枠の移動に支障にならないようにした。

4.4 橋台支保工部の施工

本橋の橋台支保工部は河川上に位置するため、吊り支保工施工として計画している。

吊り支保工施工する場合、温度変化、コンクリートの打設順序による既設桁のたわみが問題となるが、検討の結果、日温度変化による既設桁のたわみは2 cm と小さいこと、橋台部は上下2層に分割すること、および、既設桁にアンバランスモーメントを生じさせないように左右橋台部は同時にコンクリート打設を行うことなどを考慮して、通常の支保工にて施工する予定である。

5. 斜材の施工

5.1 概要

本橋では2面吊り9段、計36本の斜材が配置されている。斜材は現場製作であり、図-9に示すようにPC

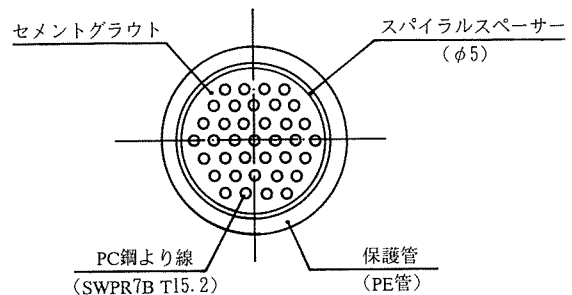


図-9 斜材断面図

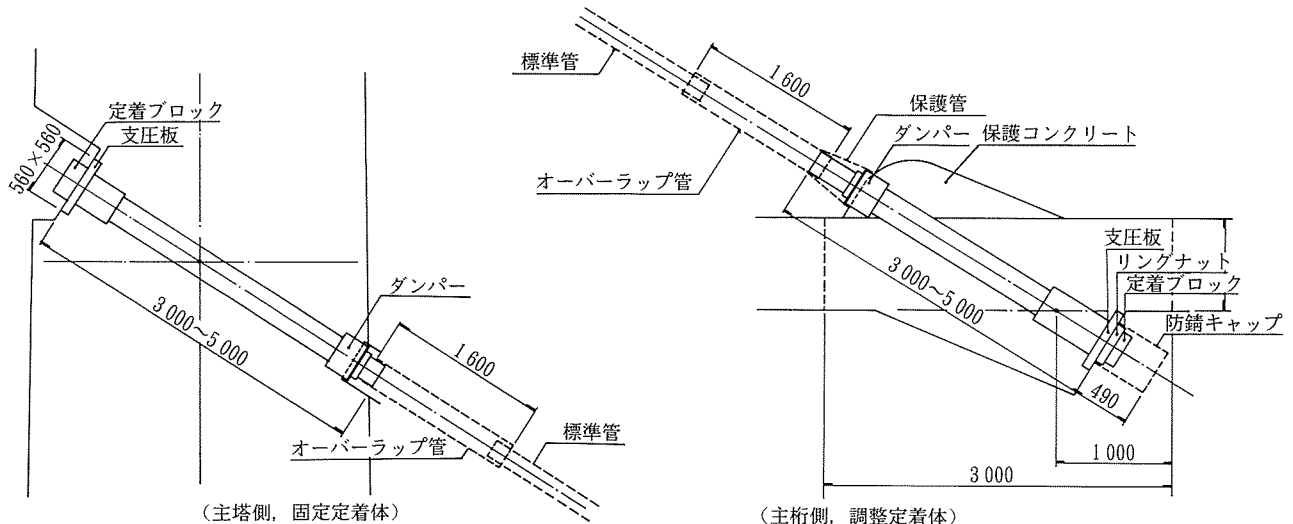


図-10 定着体の構造

表-3 斜材の諸元

種類	ストランド数 (本)	PE管		PS鋼より線 (SWPR 7 B T 15.2)			グラウト充填後の単位重量 (kg/m)
		外径/内径 (mm)	単位重量 (kg/m)	断面積 (mm ²)	引張荷重 (tf)	単位重量 (kg/m)	
27 H 15	27	165/143	5.11	3 745	718.0	29.7	58.2
37 H 15	37	165/143	5.11	5 132	984.0	40.7	66.6

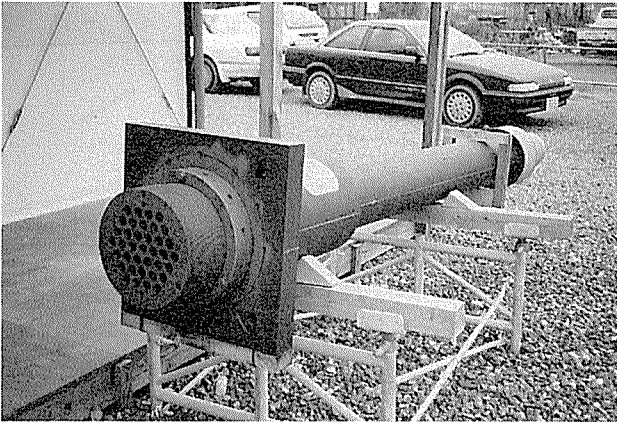


写真-7 斜材定着体

鋼より線 (SWPR 7 B, $\phi 15.2$) を 27~37 本束ねたものをポリエチレン管 (PE 管) で防護し、内部の空隙をセメントグラウトで充填する構造となっている。なお、定着体にはフレシナー H システムが採用されている。定着体の構造を図-10 および写真-7 に、斜材の諸元を表-3 に示す。

5.2 保護管の製作, 架設

保護管は標準長 10 m で現場に搬入され、スパイラルスパーサー (硬鋼線 $\phi 5$ mm) を保護管内に挿入した後、つき合わせ溶接 (バット溶接工法) により接合した。

所定の長さに接合された保護管はクレーンで吊り上げ、主塔側、主桁側の順に仮固定する。架設要領、架設状況を図-11 に示す。

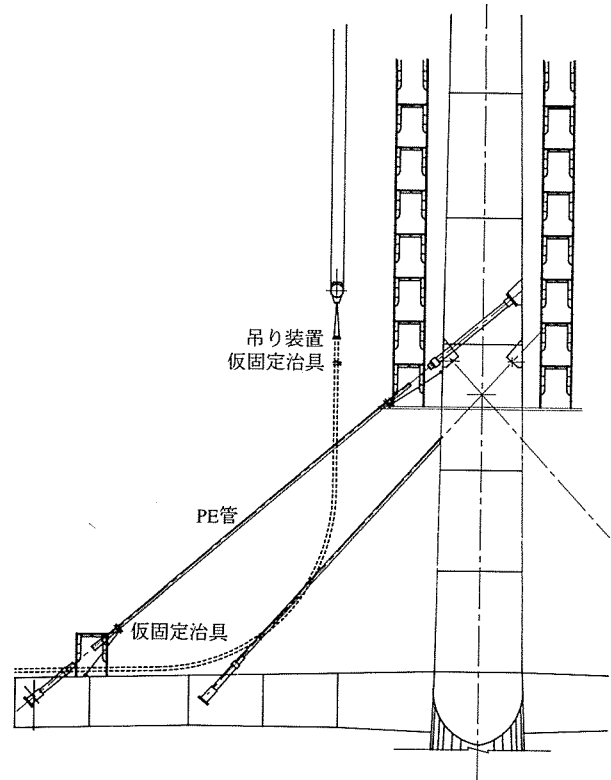


図-11 保護管架設要領

5.3 斜材の挿入

PC 鋼より線は 2~3 t のドラム巻きの状態で現場に搬入される。ストランドの挿入は橋面上に設置したプッシングマシンにより主塔に沿って押し上げ、主塔定着体から主桁定着体に向かって行う。挿入手順を以下に列記

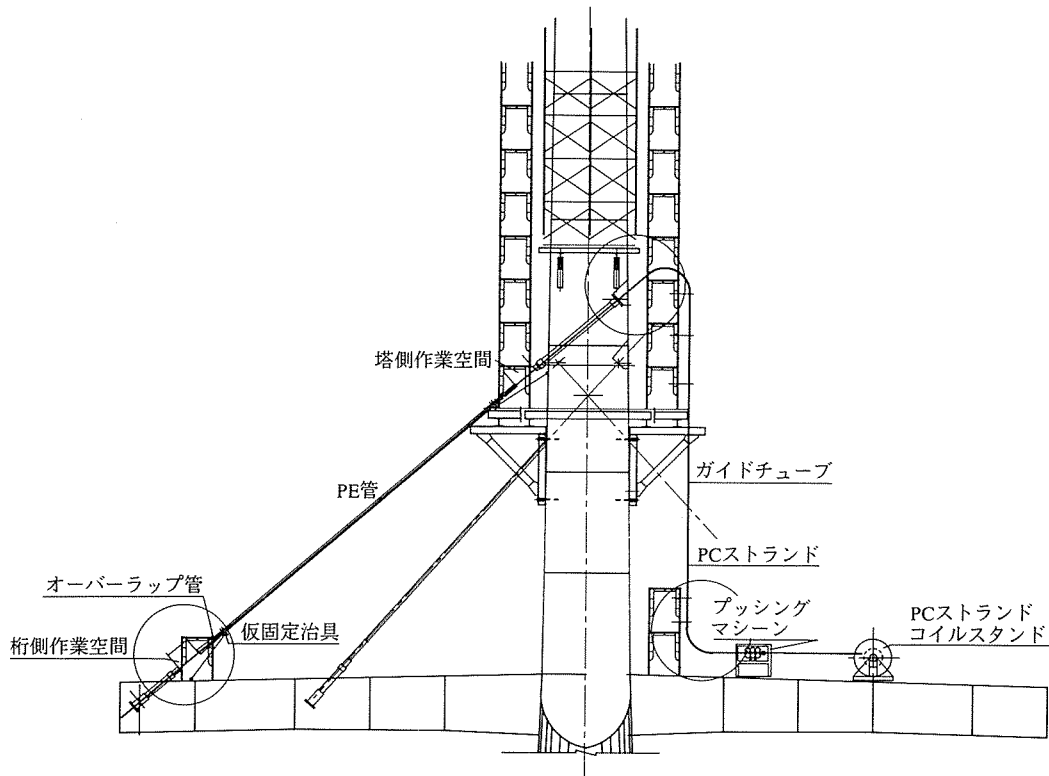


図-12 ストランド挿入要領

◇工事報告◇

する。

- ・主塔側定着体出口でストランドの先端にキャップを取り付け PE 管内に誘導する。
- ・主桁側 PE 管出口までストランドを送り込んだ後、先端キャップを取り外す。
- ・主桁側定着体孔より迎えにきたガイドワイヤーにストランドを差し込み、定着孔に誘導する。
- ・主桁側定着体にウェッジを打ち込んだ後、プッシングマシンを逆回転させ、ストランドのたるみを取る。
- ・主桁側定着体にウェッジを打ち込み、ストランドを切断する。

図-12 にストランド挿入要領を示す。

5.4 初期緊張

4本(斜材1段あたり)の斜材にすべてのストランドが挿入された後、初期緊張を行う。初期緊張は主桁、主塔に偏荷重を生じさせないように、シングルストランドジャッキ4台で同時に主塔側から行った(写真-8)。

5.5 調整緊張

本橋における斜材の調整緊張は、部材の断面力を全支保工施工状態に近づけることを目的として、橋体完成後に行う設計となっている。しかし、張出し施工途中における張力の確認、たわみの調整を目的として、第5段斜材、および第1段斜材架設終了後に点検緊張を行った。

点検緊張は主桁下に緊張用足場(写真-9)を組み立て、主桁側から能力430tfセンターホールジャッキ4台で行った(写真-10)。

橋体完成後の調整緊張も同様の方法で実施する予定である。

5.6 グラウト

斜材グラウトの施工時期は斜材最大張力時に行うことが望ましいが、橋面施工が本工事に含まれていないこと、および橋面荷重による斜材張力の増加がグラウトのひびわれに及ぼす影響は小さいと判断し、本橋では調整緊張終了後に一括して実施する予定である。なお、斜材グラウトの材料は施工実績より、ノンブリージング混和剤コンベックス208Tを使用する。

6. 施工管理

ここでは本橋で行った施工管理のうち、斜材の張力管理およびたわみ管理について記す。

6.1 斜材緊張管理

斜材張力の管理は初期緊張時、点検緊張時、調整緊張時に行う。

(1) 初期緊張時

初期緊張ではストランドを1本ずつ緊張するため、初期緊張後の各ストランドの張力をそろえるためには、弾

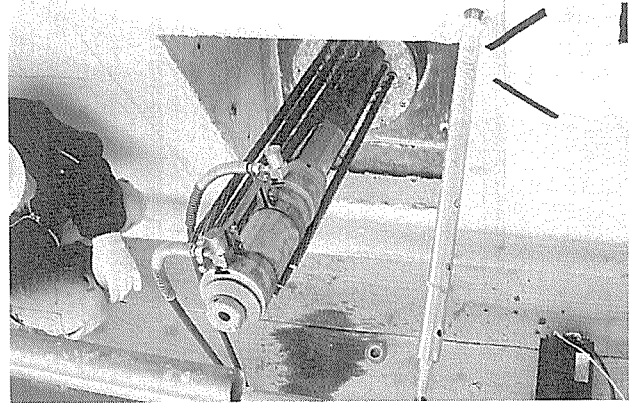


写真-8 初期緊張

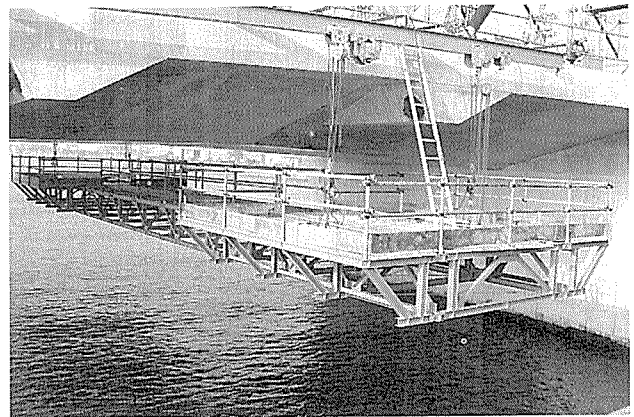


写真-9 調整緊張用足場

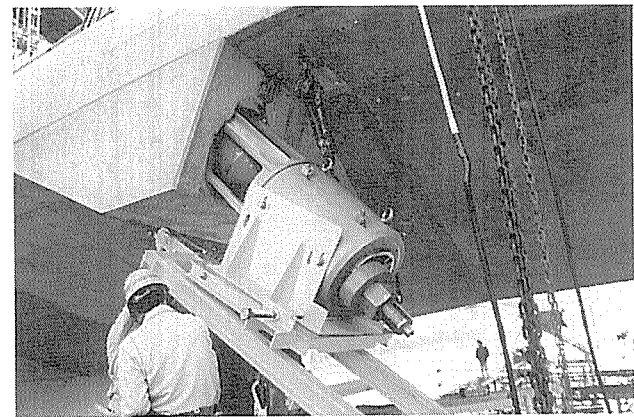


写真-10 調整緊張

性変形を考慮し、各ストランドの張力を変化させる必要がある。この張力の差は主桁の弾性変形が緊張本数に比例すると仮定して算出した。実際の緊張作業においては最後のストランドを緊張した後、緊張済みのストランドに再度ジャッキを装着し、残存緊張力を確認した。その結果、各ストランドの張力の差は3~5%以内であることが確認された。

なお、張力の確認は、あらかじめキャリブレーションされたひずみゲージ式圧力計とデジタル表示器を油圧ポンプに取り付けることにより行った。

表-4 既設斜材の残存張力（点検緊張時）

主桁鋭角部					
	設計値 (tf)	A ₁ 側		A ₂ 側	
		計測値 (tf)	誤差 (%)	計測値 (tf)	誤差 (%)
第9段	299	287	-4.0	292	-2.3
第8段	163	162	-0.6	164	0.6
第7段	266	258	-3.0	260	-2.2
第6段	226	224	-0.9	220	-2.6

主桁鈍角部					
	設計値 (tf)	A ₁ 側		A ₂ 側	
		計測値 (tf)	誤差 (%)	計測値 (tf)	誤差 (%)
第9段	294	295	0.3	285	-3.6
第8段	160	157	-1.9	164	2.5
第7段	260	263	1.2	250	-3.8
第6段	222	228	2.7	230	4.5

(2) 点検緊張および調整緊張

点検緊張では大型ジャッキにより一括緊張を行う。張力の確認は油圧ポンプのマノメーターで管理した。その結果、第5段斜材緊張後の点検において各斜材の残存張力と設計値の差は表-4に示すように5%以内であることが確認された。

第1段斜材緊張後の点検緊張、橋体完成後の調整緊張も同様の方法で行う予定である。

6.2 たわみ管理

主桁のたわみ管理は図-13に示すように各施工段階における主桁の高さと主桁、主塔および斜材の温度を計測し、基準温度への温度補正を行った計測値と設計値を比較することにより行った。

一方、主桁のたわみの誤差が増大した場合、本橋では桁の角折れを避けるため、型枠セット高さの補正は行わず、点検緊張において張力を補正することにより対処することを基本とした。ただし、この対処方法の場合、張力の補正により部材に発生する応力が許容値内であることを確認する必要がある。

その結果、主桁のたわみは設計値に対し5~15%下がる傾向にあるが、この傾向に変化がなければ、第1段斜材緊張後の点検緊張において補正可能であることが確

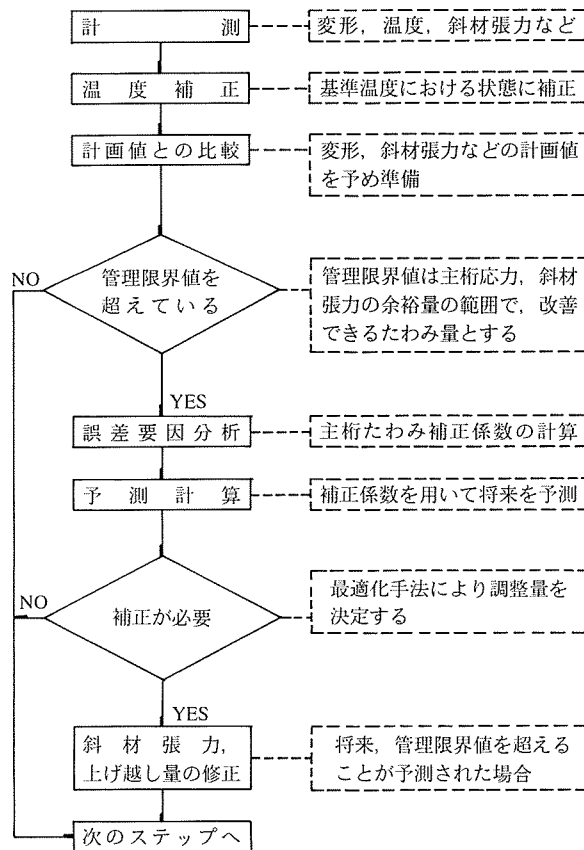


図-13 たわみ管理のフロー

認されており、型枠セット高さの補正は行っていない。

7. あとがき

洲本大橋（仮称）は上部工を1991年10月に着工して以来、現在、第2段斜材の架設中である。1993年4月には橋体工の完成を目指し、工事は順調に進められている。

また、本橋は洲本市のランドマークとしての期待から、橋面工の景観設計、橋体のライトアップなどの計画も進められている。

最後に、本工事にあたり適切なご指導、ご意見を頂いた関係各位に深く感謝します。

【1993年1月19日受付】