

ISSN 0912-6953

# 本四技報

HONSHI TECHNICAL REPORT

Vol.21 No.84 '97.10

本州四国連絡橋公団監修

APPROVED BY HONSHU-SHIKOKU BRIDGE AUTHORITY

# 本四技報 第84号 目次

Contents of Honshi Technical Report No.84

人口停滞の時代……………理事 End of Population Growth	安田達男…1
神戸ー鳴門ルート of 交通管理・施設維持管理……………第一建設局 電気通信課長 システム 近畿地建 通信係長 住吉実雄…2 Traffic Control and Facility Management System of 第三建設局 今治工事事務所 機械電気課長代理 吉崎建一 Highway on Kobe-Naruto Route 村上茂之	
送気乾燥による吊橋ケーブル防食試験……………第一建設局 舞子工事事務所 第一工事長 古家 和彦…12 A Study on Corrosion Protection of Main Cable of Suspension Bridge by Dried Air Injection	
茶間川橋の設計と施工……………第一建設局 洲本工事事務所 第四工事長 川戸 彰…19 Design and Construction of Chamagawa Bridge 第一建設局 建設第一課長代理 大川 宗男	
多々羅大橋上部工の架設 (第一報) ……………第三建設局 向島工事事務所 第一工事長 平原 伸幸…33 ー塔架設および塔付き桁大ブロック架設ー Erection of Superstructure of Tatara Bridge (Report I) ーTower Erection and Large Block Erection of Deck at Towerー	
来島大橋 4A、7A ケーブルアンカーフレームの ……第三建設局 今治工事事務所 第一工事長 伊藤 稔 明…41 設計・施工 北海道開発局 室蘭開発建設部 室蘭道路事務所 五十嵐 光 徳 Design and Constructuin of CAF of Kurushima Bridge 第三建設局 今治工事事務所 第一工事長付 森 敦 郎 4A and 7A	
グレナダ国道路整備計画調査……………第一建設局 鳴門管理事務所 所長 佐野 幸洋…52 Feasibility Study on Road Rehabilitation and Improve- ment in Grenada	
ブータン王国を訪ねて……………第三建設局 建設部次長 有田 稔…55 Visit to Kingdom of Bhutan	
技術ニュース……………58 The Latest Information	
文献紹介……………60 Related Technical Reports in other Publications	

本四技報総目次：次回掲載予定：第85号

## 本四技報 第85号(H 10.1) 掲載予定

- ・舞子地区遮光施設の設計施工
- ・ケーブル被覆工法
- ・鋼床版構造の長寿命域での疲労試験結果
- ・多々羅大橋詳細設計
- ・新尾道大橋の橋梁形式連続化
- ・来島大橋ケーブルバンド、ハンガーの設計

※ 本四技報掲載予定は変更する場合があります。

# 神戸～鳴門ルート

Kobe-Naruto Route



明石海峡大橋 [3P 塔頂から神戸側を望む]  
Akashi kaikyo Bridge—Kobe side viewed from the top of the tower 3P

(平成9年8月19日)  
(August 19, 1997)



明石海峡大橋 2P 緩衝工工事  
Akashi Kaikyo Bridge—works on buffer systems for the tower 2P

(平成9年8月21日)  
(August 21, 1997)

# 神戸～鳴門ルート

Kobe-Naruto Route

柏木谷高架橋工事  
[西神地区] (平成9年8月27日)  
Kashiwagidani Viaduct work in Seishin  
section (August 27, 1997)



舞子地区遮光施設等工事  
[神戸側陸上部] (平成9年8月27日)  
Shelter work in Maiko section  
on Kobe side (August 27, 1997)

津名・洲本地区舗装(その2)工事  
[淡路島側陸上部] (平成9年8月30日)  
Second pavement work in Tsuna-Sumoto section in  
Awaji Island side (August 30, 1997)



# 尾道～今治ルート

Onomichi-Imabari Route



新尾道大橋 3P の工事現況  
Shin Onomichi Bridge—works on 3P

(平成9年8月末)  
(August 31, 1997)



多々羅大橋 斜ベントの撤去  
Tatara Bridge—removal of inclined bent

(平成9年8月末)  
(August 31, 1997)

尾道～今治ルート

Onomichi-Imabari Route



来島第一大橋 補剛桁架設状況  
First Kurushima Bridge—erection of stiffening girder

(平成9年8月末)  
(August 31, 1997)



来島第一大橋 補剛桁架設状況  
First Kurushima Bridge—erection of stiffening girder

(平成9年8月末)  
(August 31, 1997)

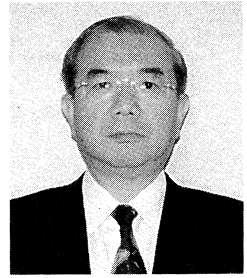
# 人口停滞の時代

End of Population Growth

本州四国連絡橋公団 理事

安田 達男

Tatsuo Yasuda



昭和50年代から傾向的に低下していたわが国の出生率は、平成8年には1.42と史上最低レベルまで低下し、人口水準の維持を可能とする2.08を大きく割り込んでいる。この状態が続けば、21世紀末にはわが国の人口は6千万人を下回ると推定される。

出生率は、結婚、出生、家族、住宅環境など国民生活上の諸側面と密接に結びついており、一概に論ずることはできない。1992年にノーベル経済学賞を獲得したシカゴ大学のベッカー教授は、出生に関わる人間行動を経済学的手法により分析・解明したが、その手法は、子どもを耐久消費財とみなし、夫婦の所得を前提として子どもの育児・教育の費用と子どもを持つ喜び（効用）とを対比させて分析するものであった。一般に、出生率の低下は非婚化・晩婚化や有配偶女子の出生率の低下によると説明される。その前者の要因として、都市化、サービス化の中で単身生活の便利さや多様な楽しみが増大していること、女性の高学歴化や就業率の高まり、男女の機会均等化などが挙げられ、後者の要因として、老後の子ども依存の低下、仕事と家事・育児の両立の困難性、教育費の増大、狭い住宅の影響等が挙げられる。最近のわが国の社会事情をみると、これらの要因の多くが増大し、いわば子育ての利益が相対的に減少する過程を歩んでおり、このような状況下では、出生率の急激な回復はむずかしいものと考えられる。

わが国の歴史を人口動態の面から振り返るとき、5つの人口波動があったと指摘されている。それは、旧石器文明、縄文文明、粗放農業文明、集約農業文明、加工貿易文明である。それぞれの時代において、新しい技術導入や技術革新などにより生産・生活の手法に著しい変化が生じ、それが人口容量の拡大をもたらしたものであった。そして、人口拡大の過程で制約に突き当たると、次第に停滞への道を歩むことを繰り返してきたのである。

現波動の直前の集約農業文明の場合、1730（享保15）年頃3200万人で人口のピークを迎えた。すでに停滞化は元禄を頂点として始まり、正徳、享保期は大きな曲がり角になっていた。農業生産の飽和化、貨幣経済の矛盾の拡大、人口の都市への集中などが要因といわれる。そしてこの時代、飽和・停滞感の中で量より質へ、拡大から知足へ、特定階層の文化から大衆文化へと、文化の水準を維持しながらその内容を変質させていっている。いわば、物量的、経済的には厳しい制約を受けたものの、文化的、芸術的には成熟化への道を歩み、豊饒な時代を迎

えているのである。

この時代、歌舞伎、浮世絵といった代表的な日本文化、寺小屋などの教育システム、お伊勢参りや富士講といった旅行システムなどが大衆化され発達した。また産業のマンユファクチュア化が進んで、次の発展の基礎が形作られた。

同じ事は、わが国より約20年ほど前に人口停滞の時代を迎えた一部ヨーロッパ諸国においても起こっている。生活環境や社会福祉の面で成熟した社会が出現し、そこに生きる人たちがゆとりと生き甲斐を見いだす生活様式を確立しているのである。

2006年頃に人口のピークを迎えるといわれるわが国において、すでに飽和感、停滞感が充満しつつある。しかし、これらの前例に照らせば、人口停滞の時代は決して悲惨なものではない。むしろ、物質的、経済的な制約はあるものの、知足・充足の時代とすることができるのである。

私たちも、ガムシャラに拡大を目指した時代の価値観から一刻も早く抜け出し、新しい価値観を築いていかなければならない。なぜならば、人口停滞の時代を迎えるということこそ、私たち自身が選択し続けてきた結果にほかならないからである。出生率の低下は、成長の過程で社会全体の生活水準を維持向上させるのに貢献したが、それこそ、われわれの選択であったのである。そして、そのことは現在に至るまで続いている。

新しい時代は、制約の多いものとなる。その一方で、これまで背負ってきたいくつもの荷物を下ろすことができる面がある。この新しい時代を賢明に生きていくには、それらの荷を下ろし、先人たちのようにそれぞれの時代に適った方程式を作り上げていくことが肝要である。

そのため、たとえば先のベッカー教授のように経済学上の手法を用いて分析しなおすことも考慮すべきで、これにより既存の諸制度や事業を点検しなおし、限られた資源の有効活用を図っていくことが大切であろう。

あわせて同様の趣旨で、既にあるものをいかに活用していくかという観点から、現にあるものの効用の増大化を図っていくことも大切になるだろう。

# 神戸－鳴門ルート of 交通管理・施設維持管理システム

Traffic Control and Facility Management System of Highway on Kobe-Naruto Route

第一建設局 電気通信課長 住吉 実雄  
Jitsuo Sumiyoshi

近畿地建 通信係長 吉崎 建一  
前第一建設局 電気通信課長代理 Kenichi Yoshizaki

第三建設局今治工事事務所 機械電気課長代理 村上 茂之  
前第一建設局 電気通信課主査 Shigeyuki Murakami



## 概要

本ルートは、長大橋・長大トンネルを有する防災上極めて重要度の高い特殊条件から、道路利用者に迅速且つ的確な道路情報を提供する必要がある。交通管理・施設維持管理システムの構築にあたっては、このことに十分配慮して設計した。また、ルート全線の一元管理により、効率化を図るべく中央局設備は垂水管理事務所に集中配置した。垂水中央局は、各地に分散配置している情報収集設備、情報提供設備及び各種電気・機械設備等諸設備と光ケーブルで結ばれ、コンピュータで処理された結果を交通管制室、施設制御室の各操作卓(EWS)及び情報表示板(マルチスクリーン)に表示する。その他の管理事務所には、垂水中央局とオンラインで結ばれる監視モニター装置を配置した。

Since the highway of this route involves long-span bridges and long tunnels, it is required to give the highway information to the users as prompt and as accurate as possible from a view point of disaster prevention. The traffic control and facility management system should be designed with a consideration of this point. The central station was located at the Tarumi Management Office to control all the highway in more exclusive and efficient manners. This station connects all the peripheral systems together, such as information collectors, information presenters, and various electrical and mechanical apparatus, via optical cable lines. The processed data are displayed on engineering workstations and a multiscreen system in a traffic control room and a facility management room of the office. The other management offices are equipped with a monitoring system that is online with the central station.

## 1. まえがき

神戸・鳴門ルートは明石海峡大橋関連区間の供用により、本州側に至っては山陽自動車道路、阪神高速道路と、又、四国側においても将来的に四国横断道路と接続され、自動車専用道路としてのネットワークを形成し、関西圏と四国を結ぶ重要幹線道路として交通輸送を効率化、円滑化し関連地域における生活利便の増大と経済水準の向上に大きく寄与することとなる。

又、明石海峡大橋、大鳴門橋など自然条件の影響を受けやすい海峡部橋梁と長大トンネルである舞子トンネル等、付近に代替道路がない防災上極めて重要度の高い構造物を有することから常時各種道路情報を収集し、道路利用者に対し迅速かつ的確な道路情報を提供することにより安全で円滑な交通流を確保するとともに、道路としての機能を最良の状態に保つべく各種道路管理設備の運転状況を常に把握し、設備障害の発生時には迅速な対応を可能とする必要がある。

以上のことを目的として交通管理・維持管理の用に資するシステムを計画し、現在構築中である。その概要を紹介する。

## 2. システムの基本構成

### 2.1 基本方針

交通管理・維持管理システムを計画するに当たって以下の基本方針を踏まえシステムを構成した。

- (1) 垂水管理事務所に交通管制・施設制御室を配置し、神戸・鳴門ルートの交通管制・施設監視を一元化する。
- (2) 各管理事務所に所轄管内の交通情報が監視できる交通管制モニタ及び施設の状況把握ができる施設監視モニタを設置する。

上記方針の中の施設制御室については、当公団では初めての設置(JHでは順次、管理局単位で設置されている)となるので、その概要については最後に説明する。

### 2.2 基本構成

表-1に示す道路上に設置された各種端末設備のデータの収集・提供及び伝送を行うための基幹となるシステムとして次の設備を構成した。これらの設備は、Dルート及び大鳴門橋関連供用区間においても導入された基幹システムである。

さらに本線上の映像情報の収集としてITVシステムを単独で構成した。

表-1 端末設備一覧表  
Tab.1 Summary of I/O device

(交通管理設備)

	設備名	備考
情報 収集系	交通量計測設備	ループ式車両検知
	気象観測設備	気温、露温、路温、風向風速、視程、雨雪量
	ITV 設備	明かり部 (IC、SA、海峡部) 及び舞子 TN
	非常電話設備	陸上部 1 km 毎、海峡部 500m 毎、TN 200m 毎
	移動無線設備	3 波
情報 提供系	道路情報可変表示設備	HAL 型、HBL 型、HCL 型、HDL 型、HEL 型、HKL 型
	速度規制標識設備	本線上 1 km 毎
	拡声放送設備	明かり部 (SA、海峡部) 及び舞子 TN
	路側放送設備	垂水分岐 (上、下線)
	情報ターミナル設備	淡路 SA (上、下線)

(維持管理設備)

	設備名	備考
	受配電・自家発電設備	特別高圧、高圧、低圧
	無停電・直流電源設備	通信設備、処理装置、TN 非常照明用
	道路照明設備	IC、SA、TN、海峡部
	航行援助設備	橋梁灯、橋脚灯、航空障害灯
	防災設備	手動通報、自動通報、消火栓、水噴霧
	換気計測設備	VI、CO、風向風速、ジェットファン
	集塵機設備	電気集塵機、汚水処理
	給排水設備	SA、PA
	自営通信設備	有線系・無線系
	橋体管理設備	海峡部動態観測
	局舎設備	電気室温計測、扉開、火報
	ラジオ再放送設備	神戸側陸上部 (トンネル内)、TN 割込放送有

### (1) 遠隔監視制御システム

- 1) 交通管理用自動監視制御設備 (ASTEC)
- 2) 自動計測監視制御設備 (ASMECS)

### (2) 多重総合伝送交換接続システム (GPNET)

上記システムにより交通管制・施設制御室に取り込まれる膨大な監視制御データの各種処理を行う中枢システムとして、中央局設備と位置付けし、次の設備で構成した。

- (1) 集中監視制御設備
- (2) マンマシン系設備

情報表示盤、操作卓、管理事務所モニタ

図-1 に交通管理・維持管理システムの概略システムを、図-2 に交通管制・施設監視システムの概略構成を示す。

## 3. 遠隔監視制御システム

### 3.1 交通管理用自動監視制御設備 (ASTEC)

ASTEC は、図-1 に示すとおり情報板、気象観測設備等の交通管理端末設備に係る監視計測情報の収集及び制御情報の配信をリアルタイムに行う設備である。

端末設備が集中する IC、TN、海峡部に 22 局 (内、大鳴門橋関連既設装置 8 局含む) の子局 (ASTEC 中継局装置) を配置し、垂水管理事務所の親局 (ASTEC 集中局装置) との間で GPNET (通信回線) を介しデータの送受信を行う。以下に設備の特徴を示す。

- (1) 情報量の増加を考慮し、新設局については伝送速度を 48 Kbps とした。(既設局は 9.6 Kbps)
- (2) リンク接続方式は、ポーリング/セレクトイング方式、伝送制御手順は伝送効率が良く、信頼性の高い高速伝送が可能でかつコンピュータ間の接続にも適した HDLC 手順を採用した。
- (3) 垂水管理事務所に設置する ASTEC 集中局装置は A ルート全線の交通管理情報が集中するため共通制

- 御部等重要な部分についてはデュプレックス方式による運用系と待機系の二重化構成として安全性を確保した。
- (4) 大鳴門橋関連既設 ASTEC と新設する ASTEC では情報の電文形式 (伝送フォーマット) が異なるため経済性及び既供用区間システム取り込み時の運用等を考慮して、垂水管理事務所に新設系及び既設系のプロトコル変換用の中継局装置を設ける構成とした。
  - (5) 情報板制御については、LED 化及びフリーパターン化に対応して JIS コード及びドット単位での情報伝送方式とした。

### 3.2 自動計測監視制御設備 (ASMECS)

ASMECS は、図-1 に示すとおり電力設備、通信設備及び道路照明設備等の維持管理設備に係る監視計測情報の収集及び制御情報の配信をリアルタイムに行う設備である。ASTEC と同様に IC、TN、海峡部、無線中継所に 32 局 (内、大鳴門橋関連既設装置 10 局含む) の子局 (ASMECS 端末局装置) を配置し、垂水管理事務所の親局 (ASMECS 集中局) との間で GPNET を介しデータの送受信を行う。設備の特徴の内、伝送速度、伝送手順、集中局装置の二重化、新設系及び既設系のプロトコル変換装置の設置については、ASTEC で述べたものと同様であり、その他の特徴として舞子トンネル非常事象発生時における制御時間の短縮及び応答性の向上等、中央局 (施設制御室) 側での負荷軽減を図る事を目的として以下の機能を具備させることとした。

図-3 に舞子トンネル火災時の ASMECS 信号系統の一部を示す。

#### (1) 現場連動判定

非常事象発生に対する現場連動の応動判定及び連動不具合時のマクロ制御指令に対する応動判定の良否を施設制御室へ通知する。

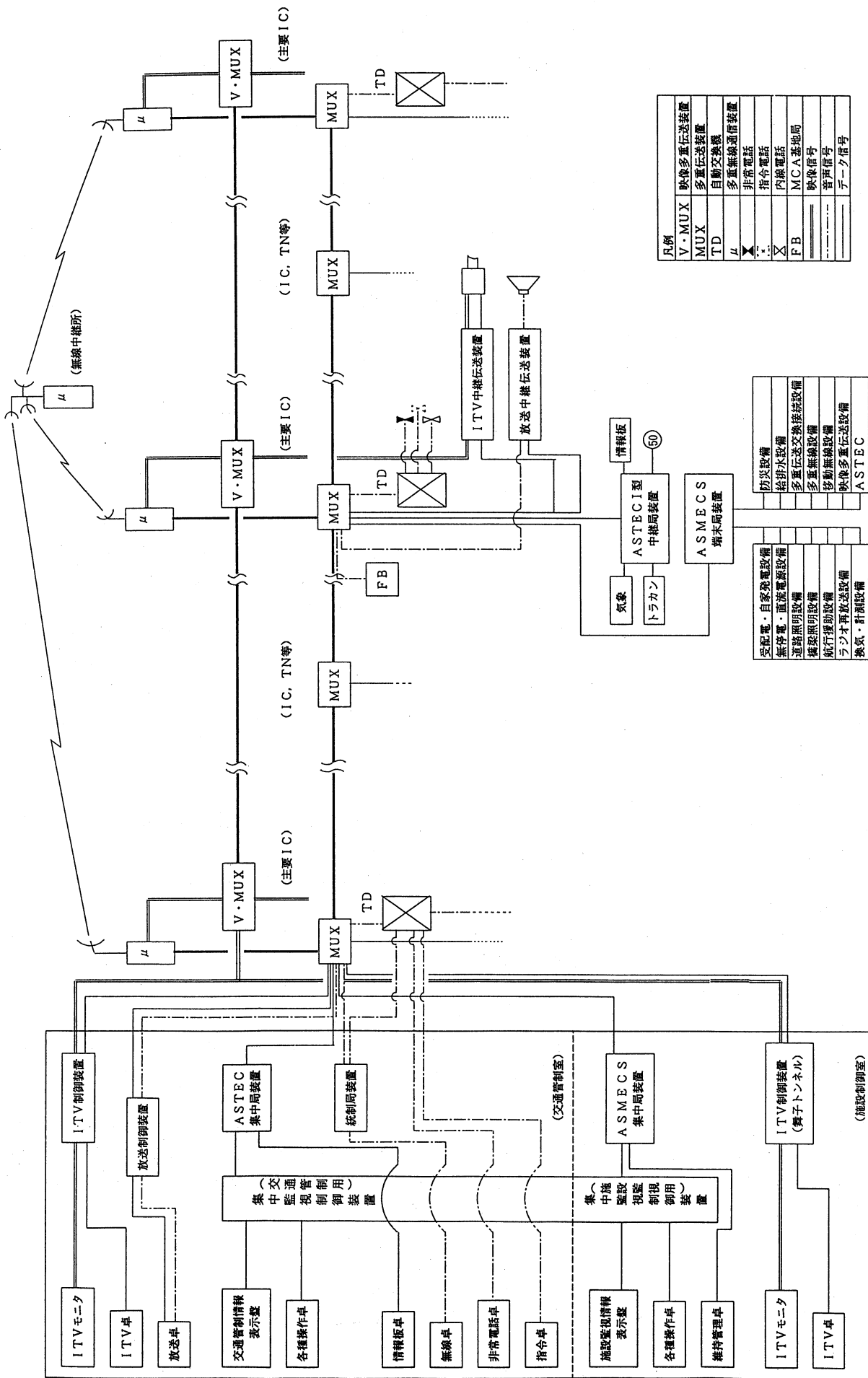


図-1 交通管理・維持管理システム概略系統図  
Fig.1 System diagram of traffic management and maintenance

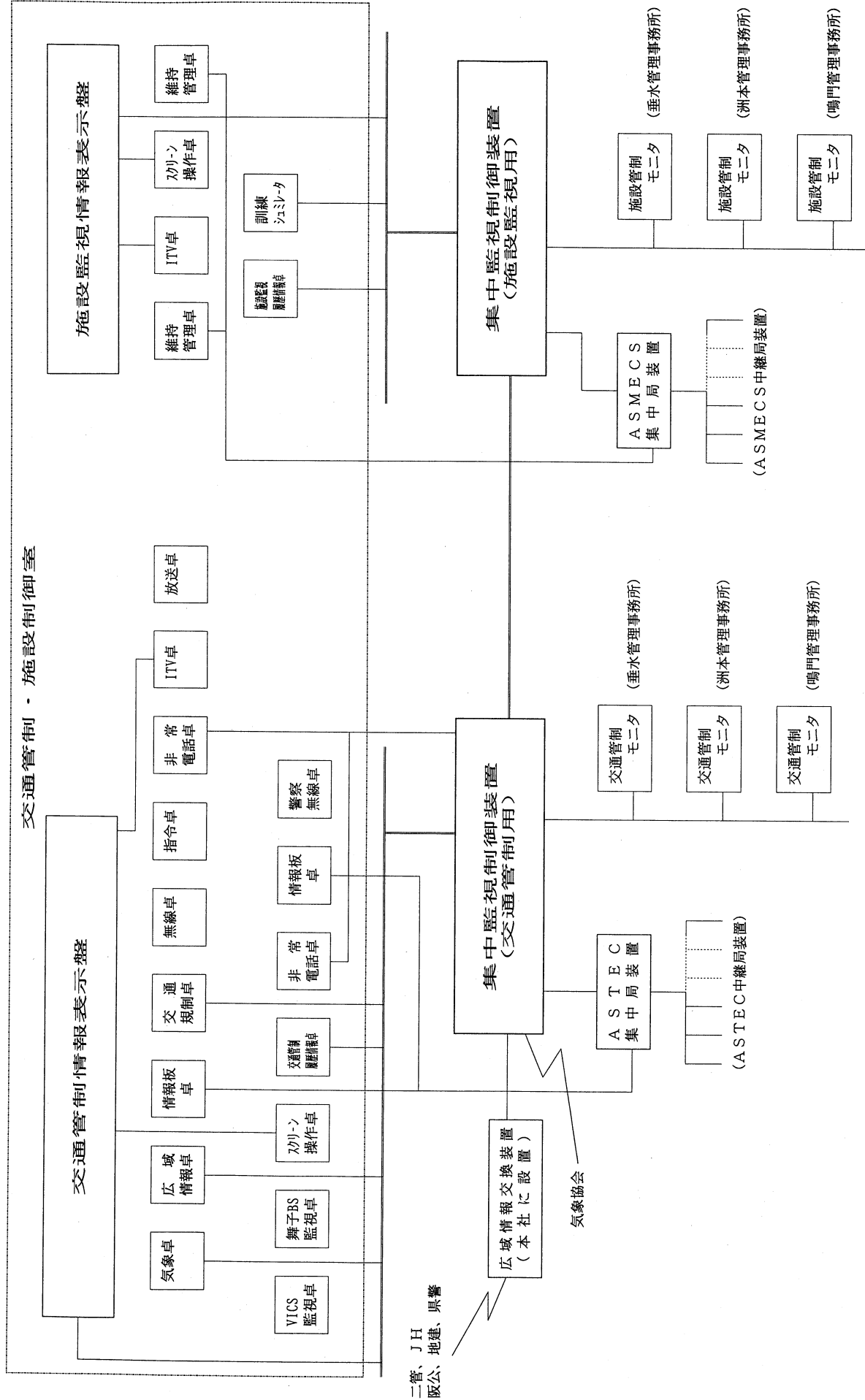


図-2 交通管制・施設監視システム概略構成図  
 Fig.2 System of traffic control and facility monitoring

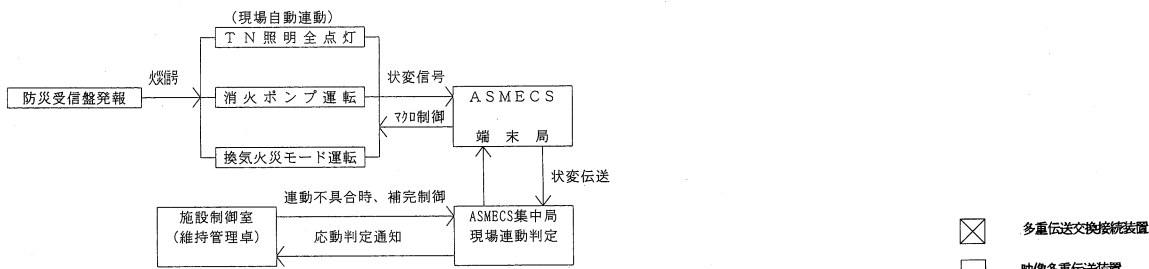


図-3 舞子トンネル火災時のASMECS信号系統図

Fig.3 Signal flow of ASMECS in case of fire in Maiko Tunnel

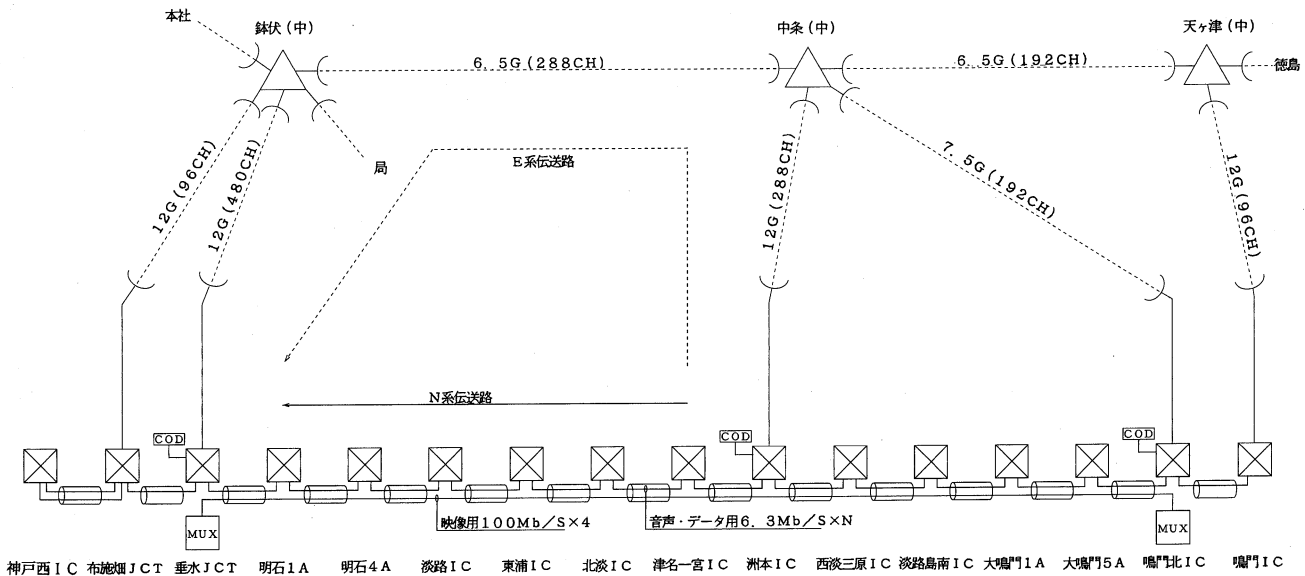


図-4 通信回線系統図

Fig.4 System diagram of communication lines

(2) マクロ制御

1回の制御指令で予め定められたパターンに従って一連の連動制御を実行する。

4. 多重総合伝送交換接続システム (GPNET)

本システムは、ASTECS、ASMECSにより収集されたデータ(気象データ、トラカデータ、各種機器状態データ等)及び音声(非常電話・移動無線・拡声放送等)情報を一元的に取り扱い、各種データの多重化伝送を可能とする総合ネットワーク設備である。多量なデータを外乱等の影響を受けずに高品質のまま長距離伝送させるため、本線上に布設した光ファイバーケーブルを伝送媒体として、図-4の通信回線系統図に示すとおり光ケーブルによる主伝送路(N系)と、N系障害時には多重無線回線による迂回伝送路(E系)を確保し、回線をループ構成とする事で通信網の信頼性の向上を図った。

なお、GPNETを構成する伝送装置として、光変換機能、回線設定機能、端末インターフェース機能等を一装置内に集約可能な複合型多重伝送装置を採用している。

以下に回線構成について述べる。

- (1) 図-5の通信路構成図に示すとおり、各種端末設備の情報が集中する垂水管理事務所を通信拠点とし、局別にCH配列をまとめた。
- (2) 6.3M同期多重方式によるくしぎし型構成とし、伝送容量が大きい局については、6.3M×N方式で対応している。
- (3) 網同期構成は従属同期方式とし、垂水管理事務所をマスター局として基準となるクロックを各局に分配する構成とした。

5. ITVシステム

ITV設備は、テレビカメラにより現場の状況を捉えモニタに表示する、道路状況が目視で確認可能な唯一の設備である。従来、交通流監視用としてIC、SA、海峡部等の明り部にカメラを設置してきたが、本ルートではAA級トンネル非常用施設の一環として火災事故時の規模や位置確認、水噴霧設備の作動、避難誘導等を行うため、トンネル内の状況把握を目的とした監視用カメラを舞子TNに設置する事としたので概要を紹介する。図-6に舞子トンネルITV系統図を示す。

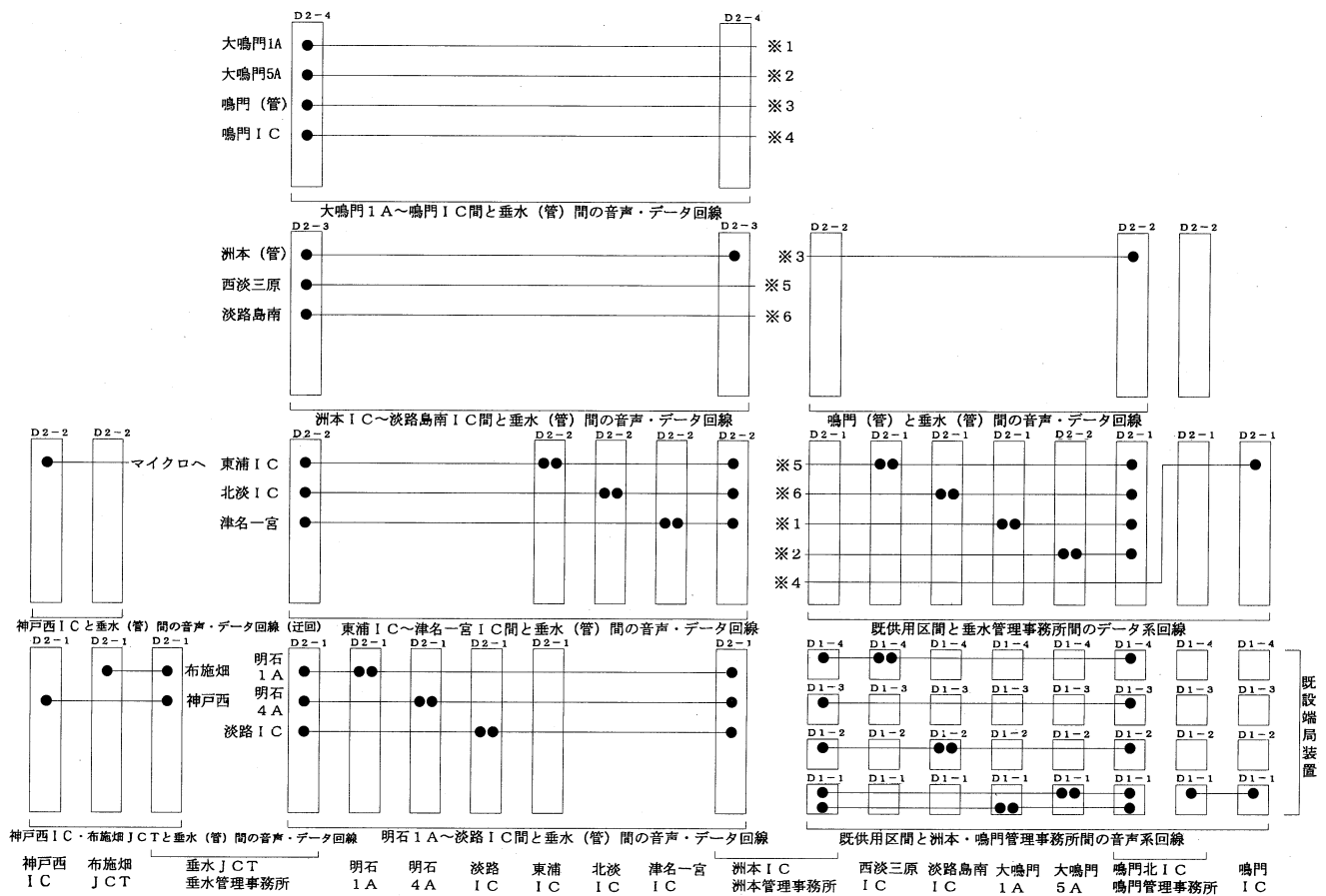


図-5 通信路構成図

Fig.5 Arrangement of communication lines

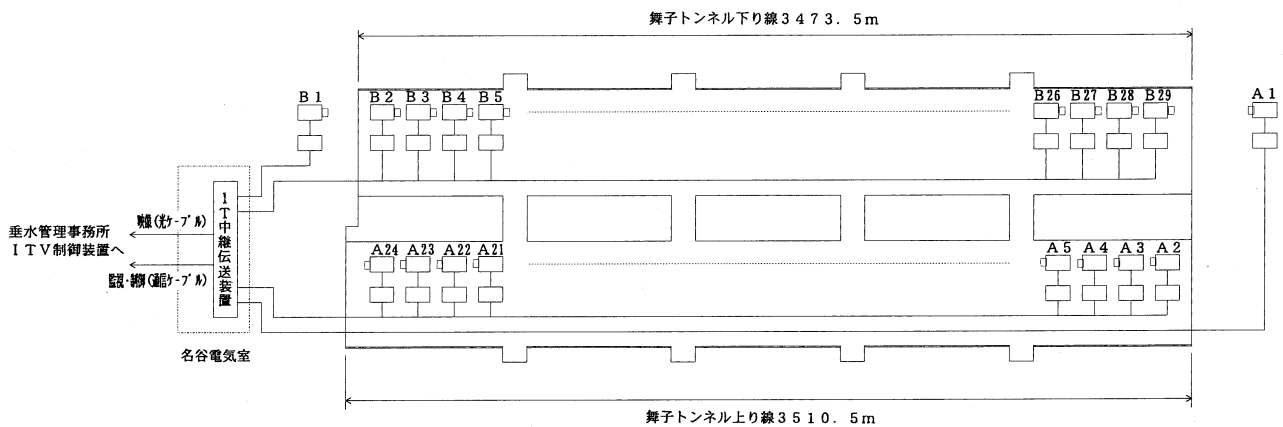


図-6 舞子トンネルITV系統図

Fig.6 Arrangement of ITVs in Maiko Tunnel

### 5.1 トンネル部カメラ

#### (1) カメラ配置

TN内全区間なるべく死角の無いように約200m間隔及び非常駐車帯部に走行車両を追う方向に坑口カメラを含め、上り線24台、下り線29台の計53台の配置とした。取付位置は、保守点検の容易さ等から監視員通路面上2.5mの側壁が通常であるが、舞子TNは片側3車線の大断面のため、追越車線側の状況監視を考慮して道路

面上5.1mの位置に天井部から吊る構造とした。

#### (2) カメラ仕様

明り部のカメラとの相違点としてズーム、旋回、ワイパー機構を必要としないため小型化した。ただし、坑口カメラは明かり部と同仕様とした。

また、従来トンネル内カメラは白黒カメラが使われてきたが、舞子TNは照明の光源として色情報の再現可能な高圧ナトリウムを配置しており、カラーカメラを採用した。

### (3) 非常連動

トンネル内非常電話機のフックアップ信号及び自動・手動通報器の発報信号により、信号の発信位置付近のカメラ及び前後のカメラ2台の映像を自動選択制御し交通管制・施設制御室のモニタに表示する非常連動機能付とした。

## 5.2 明かり部カメラ

明かり部カメラの特徴については以下のとおりである。

- (1) 既供用区間は、カラー(昼間)、白黒(夜間)の2台のカメラを併設し、自動切替にて監視を行ってきたが新規供用区間は、低照度時(夜間)でもカラー監視が可能な蓄積機能を有したカラーカメラのみとした。
- (2) 明石海峡大橋主塔部に設置するカメラは、対向する2km先の主塔付近道路状況までを監視する必要があるため、ズーム比20倍(焦点距離8~160mm)のレンズを採用した。又、振動によるブレをレンズで吸収させる制振機能付とした。
- (3) 光伝送路障害時には、各管理事務所に設置するコーデックにより無線回線で準動画を2画面、交通管制室へ伝送できるバックアップ構成とした。

## 6. 中央局設備

### 6.1 集中監視制御設備

ASTEC、ASMECS等により収集された各種データを交通管制・施設監視業務に役立てるよう、保存・統計・検索・表示処理を行う設備であり、保守性、信頼性、増改造時の対応を考慮して交通管制系と施設監視系に分離した設備構成とした。

また、CPU共通制御部、補助記憶部等の重要部分については装置の二重化を図っている。両系装置では、取り扱う情報内容が異なるものの基本的な処理概念は同様のため、交通管制系の主な処理機能のみ以下に述べる。

- (1) 後述する情報表示盤(マルチスクリーン)に各種交通管制情報表示を行うための画像情報作成編集処理。
- (2) 交通規制卓にて入力されたイベント情報を基に、情報提供すべき情報板の選択及び表示項目の推奨を行うイベント連動ガイダンス処理。
- (3) 本装置に接続される各種操作卓との情報送受信処理。
- (4) 管理事務所モニタへの交通情報加工配信処理。
- (5) 各局及び他機関と相互に必要な交通イベント情報の伝送及び加工編集を行う情報交換処理。  
ただし、路車間情報システム(VICS)との関連により、本社に設置のVICS中央処理装置へのイベント情報提供等を考慮して本社に情報交換設備を配置した。
- (6) 淡路IC付近上り線に設置する関西圏内交通情報表示用の図形情報板及びVICSへの情報提供を目的とした渋滞検知及び所要時間算出処理。
- (7) 各種設備から収集したリアルタイム情報及びイベン

ト履歴、計測情報(交通量・気象)といった統計処理時に必要となるバッチ処理情報、データベースの蓄積保存処理。

## 6.2 マンマシン系設備

### (1) 操作卓及びモニタ

図-7の交通管制・施設監視システム処理概念図に示すとおり、それぞれの目的に応じた各種操作卓を交通管制・施設制御室に配置することによって業務の円滑化を図った。ハード面については、従来の押釦式に変わりマルチタスク及びリアルタイム性を重視し、並列処理に優れるワークステーションを大半の卓で採用した。

また、管理事務所に設置する交通管制・施設監視モニタは、モニタ機能のみでなく必要に応じたバッチ処理、工事予定・作業計画情報の登録機能等も有し、将来の増設にも対応可能なようLAN構成とした。

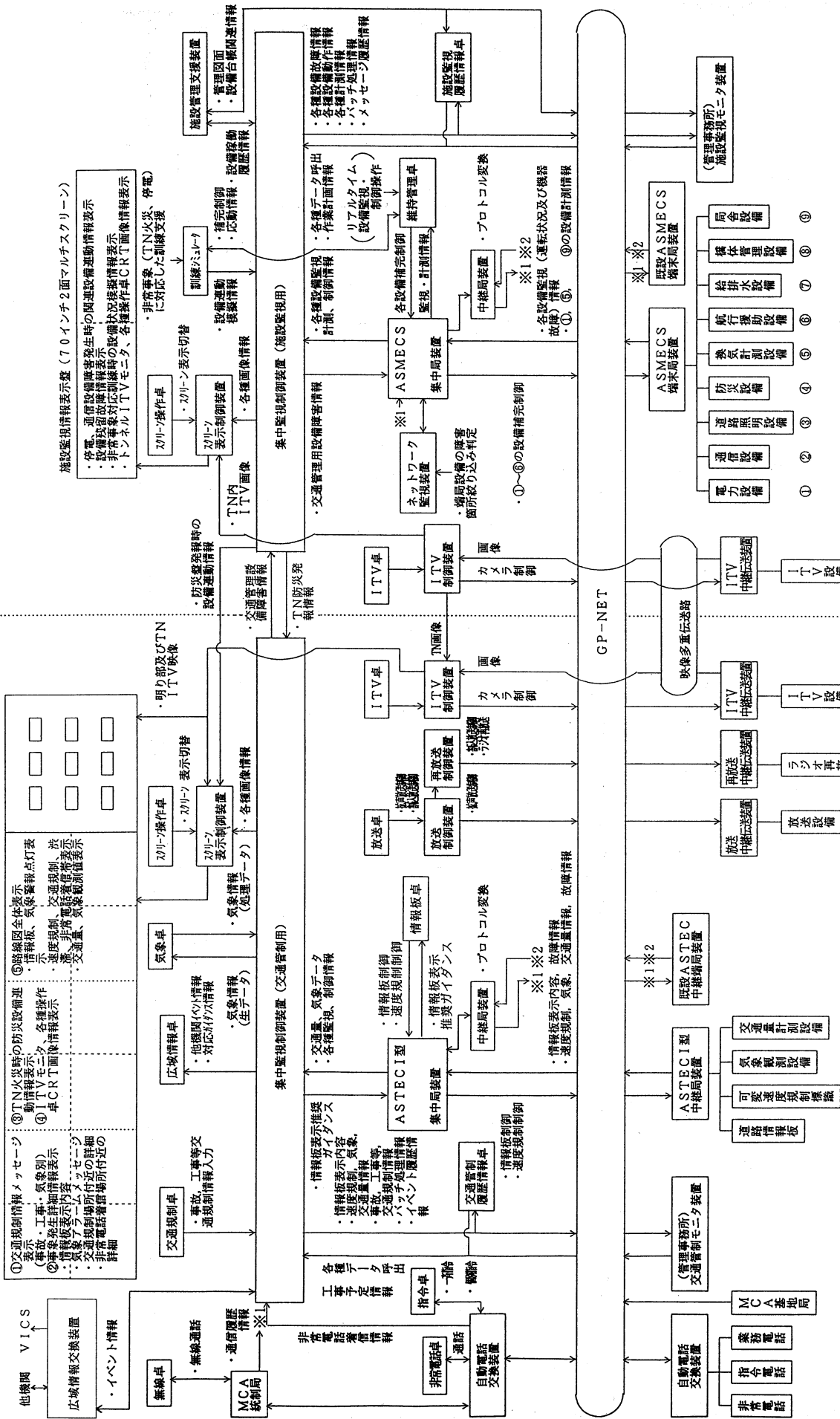
### (2) 情報表示盤

交通管制室を構成する機器の中で、路線全体の監視表示に用いられる大型表示装置として従来グラフィックパネルが使用されてきたが、近年の映像技術の進歩に伴い、ビデオプロジェクタを用いたマルチビジョン方式による大画面表示装置が様々な場所で採用されている。広範囲にわたる各種道路設備の情報及び状況の詳細表示並びに情報の共有化を図るためには、視認性、拡張性に優れた大画面表示装置が有効であり導入することとした。本装置は、道路関係公団の交通管制室では初の採用となり、他公団から注目を集める設備である。特徴を以下に示す。

- 1) RGB3本の投写管から発せられた映像をスクリーンに投射する構成で、背面投写方式を採用した。
- 2) 状況に応じ必要な情報をダイナミックかつ詳細に表示することができ、高精細色彩表示が可能。  
また、分割及び拡大表示等、任意の画面作成表示が可能。
- 3) 表示情報は全てソフトウェアで実現するため、将来の改造等はソフト変更のみで対応でき、路線図表示も今までの直線的表示から、道路線形を考慮した路線図表示が可能。
- 4) ITVモニタ画面及び各種操作卓CRT画面をそのまま取込み、高解像度の表示が可能。  
表-2に交通管制表示盤の仕様を示す。

### 6.3 交通管制・施設制御室機器配置(図-8)

操作卓の配置については、交通管制業務及び施設監視業務が合理的かつ迅速に行えるよう、平常時、事象発生時(トンネル火災、事故、異常気象)の対応を考慮した卓配置としている。通常は、各々の業務の情報が輻輳しないように仕切り壁を設けた独立した部屋構造であるが、トンネル火災時には各部屋が一体化できるよう、壁をスライドする構造とした。



図一七 交通管制・施設監視システム処理概念図



表-2 交通管制表示盤の仕様

Tab.2 Specifications of multiscreen for traffic control

項目	仕様
スクリーンサイズ	60型(4:3)×12面
走査周波数	水平 15 KHz~135 KHz、垂直 40 Hz~180 Hz
映像帯域幅	120 MHz(-3 dB)
解像度	水平 1280 ドット/面、垂直 2048 ドット/面
輝度(白ピーク)	700 cd/m <sup>2</sup>
適視範囲	水平 100°、垂直 50°
画面間の目地	2 mm 以下
形状寸法 (筐体除く)	

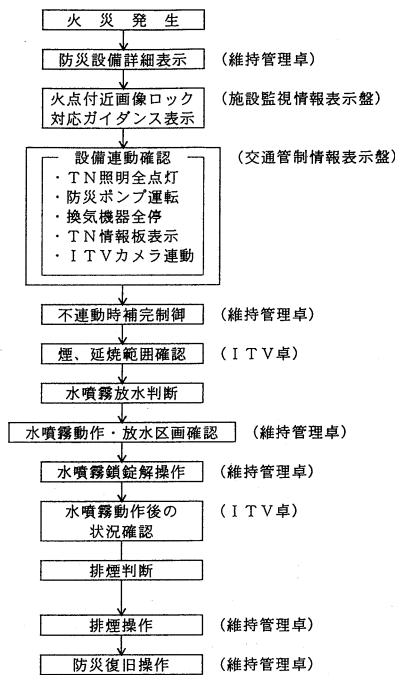


図-9 舞子トンネル火災時の運転フロー

Fig.9 Operation procedure in case of fire in Maiko Tunnel

## 7. 施設制御室の概要

### 7.1 業務概要

道路上に設置された管理用諸施設の予防保全及び良好な運用を図り、設備管理を合理的かつ効率的に行うため、諸施設に対する状態監視の一元化並びにトンネル防災対応を目的として主に次の業務を行う。

- (1) トンネル火災発生時の防災設備運用。

- (2) 施設の障害及び状態の常時監視。
- (3) 電気事業法、電波法、航空法、航路標識法等に基づく設備の法的監視義務の遂行。
- (4) 通常現場自動にて運転される設備が不具合時の補完制御。
- (5) 電力施設における停電及び通信網異常等の広域的障害発生時の統制。
- (6) 電気室・通信機械室の入退室管理。
- (7) 管理事務所所轄管内の施設保守点検時の業務支援。

### 7.2 監視体制

Aルートは、防災等級の最上位ランク(AA級)に位置付けされる舞子トンネルを有し、火災発生時には、交通管制室との連携による二次災害防止のための防災設備運用が必要不可欠となる。特に水噴霧設備、換気設備などの非常用施設は、火災時において運転操作を必要とするため、適切な運用を図るために24時間の管理体制としている。図-9に舞子トンネル火災時の運転フローを示す。

## 8. あとがき

以上、構築中である全体システムの概要を述べてきたが、現在全線供用開始に向けて現場の施工、機器のハード製作は勿論のこと鳴門交通管制機能の垂水交通管制室への移行方法、交通管制、防災業務の運用に合致したソフト面のマニュアル作成等、様々な課題について鋭意検討中であり、本システムを完成させるに当たり、今後も関係各位の御協力・御指導をお願いするとともに、尾道・今治ルートで計画中の交通管理・維持管理システムの参考となれば幸いである。

# 送気乾燥による吊橋ケーブル防食試験

A Study on Corrosion Protection of Main Cable of Suspension Bridge by Dried Air Injection

舞子工事事務所  
（前）設計部設計第一課

第一工事長  
課長代理

古家 和彦

Kazuhiko Furuya



## 概要

既設吊橋ケーブルの防食調査により、素線表層付近に腐食が確認された。吊橋ケーブルは従来、亜鉛メッキ素線にペーストを塗布し、その上にワイヤーラッピングを行い、さらに塗装することにより、遮水性を確保し防食しようとしていた。ところが、ペーストが時間とともに劣化し、ケーブルの温度等による伸縮により塗膜も割れ、遮水性がそこなわることが明らかとなった。このことから、ケーブル防食に関しペースト等に着目した各種の試験を行った結果、ケーブル内部環境の改善が必要との結果に達し、ケーブル内を送気乾燥させる方法で検討を進めることとした。そこで、送気乾燥システムに関する各種試験を行い、防食効果と実現性を確認した。

Corrosion was found in investigative studies on a steel wire surface of the cable for suspension bridges in service. The cables of suspension bridges have mainly been protected from corrosion by a water-proof system composed of a surface paste on the wire surface, wrapping wires, and top coating. However, in the following studies, it has been clarified that the water-proofing would be gradually decreased due to both reasons: one, the surface paste would be aging in time, and the two, cracks would be developed in the top coating by thermal cycles of expansion and contraction. Therefore, various studies were carried out on the corrosion-proofing including the surface paste. As a result of these studies, it was concluded that some improvements should be made in the atmospheric environment inside the cable system. Eventually, further study was focused on development of a system which would dehumidify the inside air by dried air injection. This paper introduces various results on the system, including findings on effectiveness and feasibility of this system.

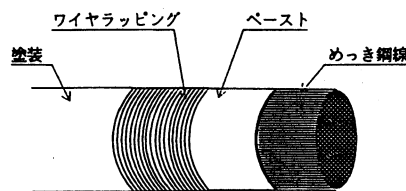
## 1. まえがき

吊橋ケーブル防食の検討は、明石海峡大橋（図-1）において、ケーブルの高強度化（ $160 \text{ kgf/mm}^2 \rightarrow 180 \text{ kgf/mm}^2$ ）及び、安全率の見直し（ $2.5 \rightarrow 2.2$ ）を行い合理化をはかったことから、より効果的なケーブル防食方法を選定することを目的に、昭和63年度より開始された。

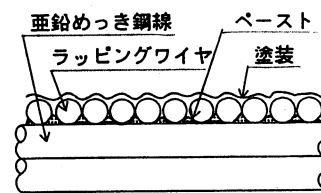
ケーブル防食は、従来、図-2に示すようなペースト＋ワイヤーラッピング＋塗装による遮水を、目的とした仕様で行われていた。

昭和63年度に、海外・国内吊橋ケーブル文献調査及び、国内吊橋のケーブル外観調査を行い、遮水が十分でないことが確認された。これを受け、平成元年11月に、因島大橋（昭和58年供用）で、バンド部を含むケーブル内部の調査を行った結果、ケーブル内部に水分が確認されるとともに、一般部で腐食が発見された。また、これ

らの調査から、ペーストが時間とともに劣化し、ケーブルの温度等による伸び縮みにより、塗膜も割れ、遮水性



ラッピングシステムの概要



ラッピングシステムの断面

図-2 従来のケーブル防食システム

Fig.2 Conventional cable protection system

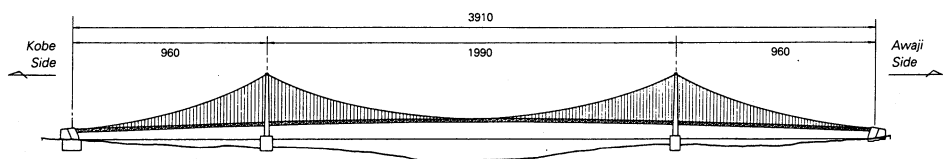
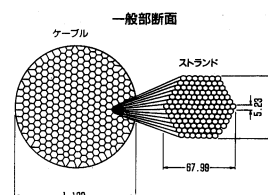


図-1 明石海峡大橋一般図

Fig.1 General plan of Akashi Kaikyo Bridge



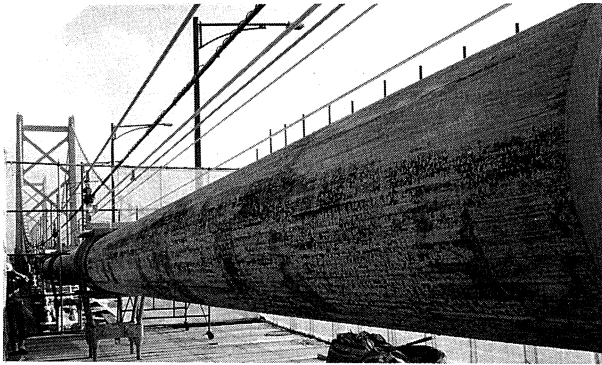


写真-1 吊橋ケーブル腐食例  
Photo.1 Example of corrosion on cable

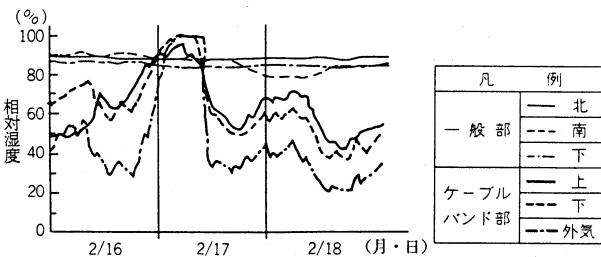


図-3 吊橋ケーブル内相対湿度  
Fig.3 Relative humidity inside cable

がそこなわれることが明らかとなった。

その後、他の既設橋においてもケーブル内部の腐食状況調査を行うとともに、腐食原因の究明及び、被覆材や、ペーストの改良の試験が行われた。これらの試験結果及び既設橋の腐食状況から、ケーブル内部に水がある場合はペーストでは、ケーブル内部の防食ができないことが判明した。

これらの結果を基に、ケーブルは長期間完全に遮水することが困難であることから、ケーブル内部の環境を改善することが必要と判断し、平成5年度に、机上にて改善方法の検討を行い、「送気乾燥システム」(気密性を高めたラッピングを行い、ケーブル内に乾燥空気を送気し、ケーブルを防食する方法)で進む方針を固めた。このシステムを実現させるため平成6年度から送気乾燥について、模擬ケーブル試験及び既設橋での確認試験を実施した。

乾燥によりケーブルを防食する方法は、既にアンカレイジのケーブルスプレー部分や、海外での箱桁橋内部で実施されており、初めての試みではない。但し、吊橋ケーブルという、約φ5mmの素線の束(図-1)の中に送気し、ケーブル全体を乾燥させ防食する試みは初めてであり、理論通り防食できるかどうか確認する必要がある。そこで、各種試験を行い「送気乾燥システム」の防食効果と実現性を確認した。ここでは、試験を中心にケーブル防食調査の概要について述べる。

## 2. 既設橋梁の調査

### 2.1 ケーブル内部の状況

本四公団の吊橋(因島大橋、大鳴門橋、大島大橋、瀬

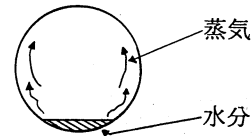


図-4 腐食メカニズム概念図  
Fig.4 Concept of corrosion mechanism

戸大橋)のケーブル内部の調査を行った結果、以下のことが確認できた(写真-1)。

- ①ケーブル内部に水がある。
- ②側面から下面にかけて濡れが見られるが、上部はほとんど濡れていない。
- ③ペーストが劣化し保水体化している。
- ④ケーブル全長に渡り腐食が見られる。
- ⑤一般部に腐食が発生し、内部も表層から数層程度まで赤錆となっている。
- ⑥バンド部は下方に白錆が発生している程度で、健全な状態である。
- ⑦腐食は早期に始まっている。
- ⑧防食性の良いペーストでも、接触素線の防食のみで内部までは防食できない(東大維橋の調査より)。

### 2.2 ケーブル内部の湿度

ケーブル内部の環境についても大鳴門橋にて温湿度調査を行い、下記のことが確認された(図-3)。

- ①一般部の相対湿度は外気にほとんど影響されず、定期的に高湿度である。
- ②ケーブルバンド部の相対湿度は、外気と連動している。

### 2.3 ケーブルの腐食メカニズム

既設橋の調査から、ケーブル内には工事中に残存した水、あるいは、供用後塗膜の割れ等何らかの原因により侵入した水の存在を確認している。

このことから、ケーブル内では、外気温の上昇により水が蒸気化し、気温の低下により結露する状態が繰り返され湿り気状態が発生したと推定される(図-4)。メッキ線が湿り気に弱いことは、湿ったガーゼをメッキ線に巻き付けた試験において、早期に腐食が発生したことより確認されている。ケーブルの腐食は表層だけでなく、表層付近内部にも至っている。また、腐食の部位は側面が著しく、側面表層付近で、長く湿り気状態が続いたものと考えられる。

さらに、劣化したペーストが保水体化していることも腐食促進の要因と考えられる。

## 3. 新しいケーブル防食仕様

### 3.1 新しいケーブル防食仕様の検討

腐食原因の調査及び防食対策を検討するために、ペーストの特性試験、従来ペースト(鉛酸カルシウム、鉛丹、高分子有機鉛)、改良ペースト(リン酸アルミニウム、チ

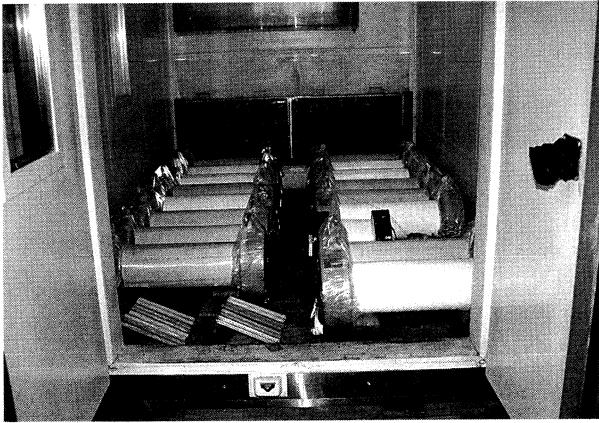


写真-2 小型促進試験状況

Photo.2 View of accelerated-corrosion test on small specimen



写真-3 小型・大型暴露試験状況

Photo.3 View of exposed corrosion test on small and large specimen

オコール、バナジン酸ナトリウム・リン酸ナトリウム、アルキルベンゼンスルホン酸) 及び、新たな被覆材 (ゴム、プラスチック、断熱材、S 字ワイヤー) を使用した小型模擬ケーブル試験体 ( $\phi 20 \text{ cm} \times 70 \text{ cm}$  : 1,270 素線、29 体) による促進試験 (写真-2) 及び、小型・大型模擬ケーブル試験体 (大型  $\phi 60 \text{ cm} \times 2 \text{ m}$  : 11,557 素線、18 体、小型 51 体) による暴露試験 (写真-3) を実施した。

これらの試験の結果から、以下のことが確認できた。

- ①従来ペーストは、いずれも防食性が悪い。
- ②改良ペーストは、いずれも防食性が良い。
- ③ケーブル内に水が無い場合は腐食しないが、存在する場合は、ペーストの種類に関係なく内部に腐食が発生する。

しかし、ケーブル被覆システムでケーブル全長を、長期に渡り完全に遮水することは、現実には不可能である。

このことから、ケーブル防食としては、ケーブル被覆の遮水性を向上するとともに、内部の環境を改善することが必要と考え、平成 5 年度に机上検討を行い単純明確で実現性の高い「送気乾燥システム」の検討を行うこととし、平成 6 年度から試験体及び既設橋においての確認試験を開始した。

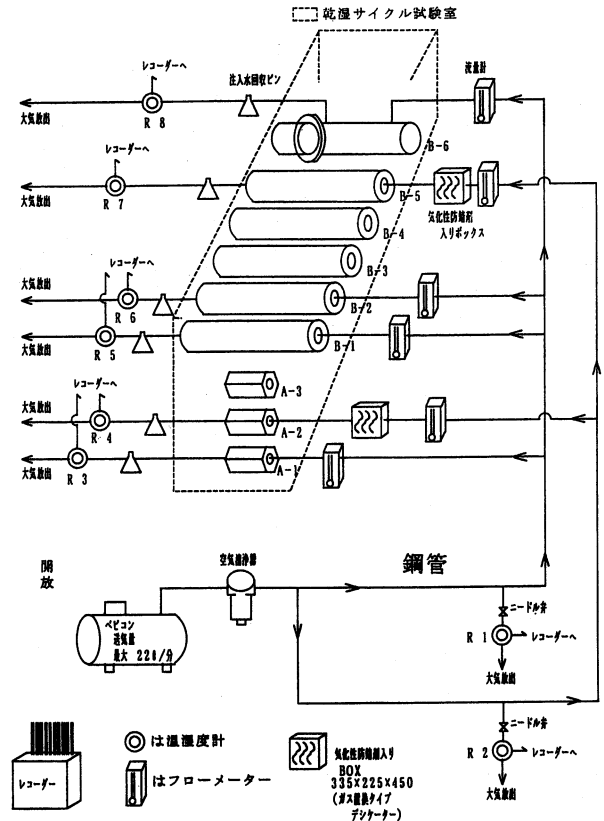


図-5 送気による防食試験装置構成図

Fig.5 Outline of test apparatus by air injection

### 3.2 送気乾燥システムの検討

#### (1) 試験項目

送気乾燥システムの検討は以下の項目について行った。

- 1) 乾燥空気によるケーブル防食
- 2) ケーブル断面の部分送気による乾燥
- 3) ケーブル素線表面からの送気
- 4) 垂鉛メッキ線の腐食限界湿度
- 5) ケーブル内送気による乾燥範囲
- 6) ケーブル被覆材からの漏洩防止
- 7) 送気空気の塩分除去

#### (2) 試験条件及び結果

##### 1) 乾燥空気によるケーブル防食

今回システムの、発想の基本は、「鋼材は、乾燥状態ではほとんど腐食しない」という試験結果に基づくものであり、これをケーブル内に送気することにより、実現可能かどうか確認することとした。試験は、前年 (平成 5 年) 小型模擬ケーブル促進試験にて確認されたケーブル内部の白錆発生を防止できるかどうかに着目し、以下の条件にて行った。試験装置の構成を図-5 に示す。

- ①試験体：ペースト+ワイヤーラッピング+塗装 (2 体)
- ②期 間：約 3 ヶ月
- ③湿 度：60°C 85%RH 12 hr + 20°C 95%RH 12 hr (内降雨 1 hr/day)
- ④保 水：試験体内に 250 cc 注水

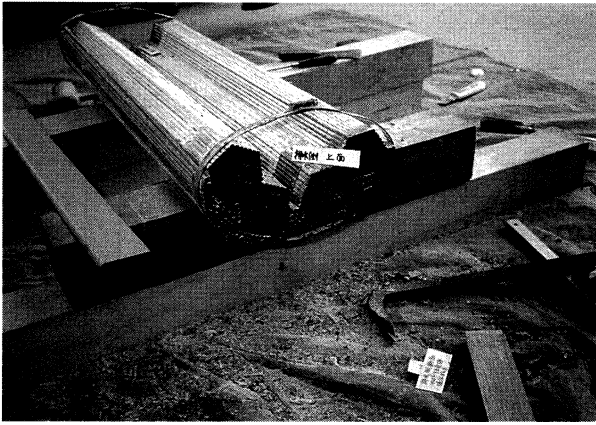


写真-4 送気無し試験体

Photo.4 Test piece without air injection

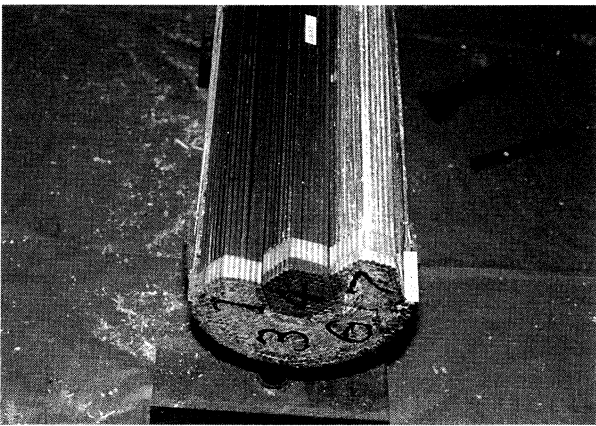


写真-5 送気有り試験体

Photo.5 Test piece with air injection

⑤送 気：送気(断面の部分送気、約 20%RH、15 cm/min)の有・無

結果は、写真-4が、送気無しの場合の内部の状態であり、白錆が著しく発生している。写真-5の、乾燥空気を送気したものは、水分が乾燥するまでに1ヶ月程度時間を要したため水の溜まっていた下方は、白錆が発生していたが、その他は当初のメッキ色(写真で黒っぽく見えている部)を呈しており、乾燥空気送気による防食効果が確認できた。

さらに気化性防錆剤(インヒビター)や、空気を通しやすくするための中空管カバーによる試験も行ったが、優位差は見られなかった。

また、ペーストの有無についても、優位差はなく、送気乾燥すれば、防食に対しペーストは必要ないことを確認した。

### 2) ケーブル断面の部分送気による乾燥

実ケーブルにおいて、乾燥空気が断面全体に流れるか疑問がある。そこで断面の一部分しか乾燥空気が流れなかった場合、空気が流れていない部分でも乾燥するかどうか確認するため、 $\phi 60 \text{ cm} \times 2 \text{ m}$  ( $\phi 5 \text{ mm}$ 、11,557 素線、空隙率 18%)のケーブル模擬試験体に、2,500 ccの水を注入し、ケーブル断面の一部から乾燥空気を送気する試験を行った(図-6)。結果は、送気により水を 300 時

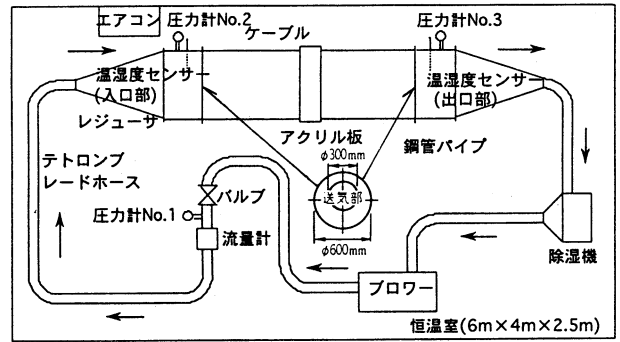


図-6 乾燥試験システム概念図

Fig.6 Concept of experimental dehumidifying system

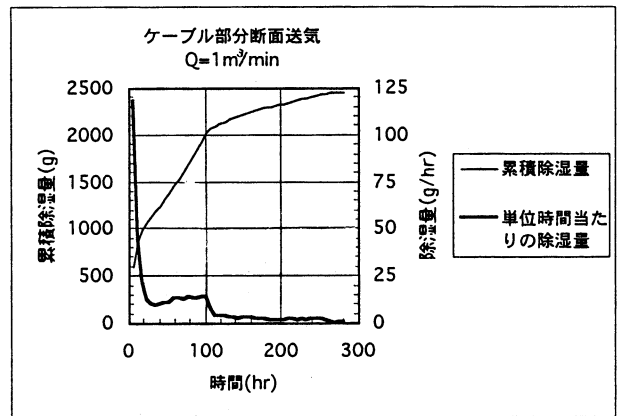


図-7 乾燥試験結果

Fig.7 Result of dehumidifying test

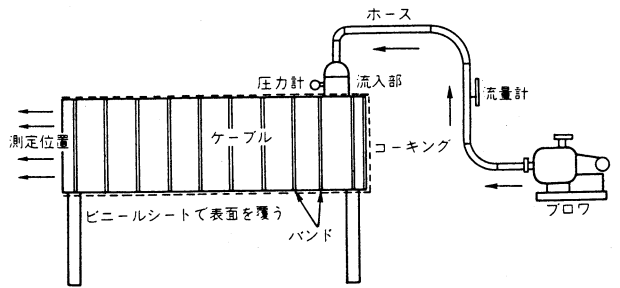


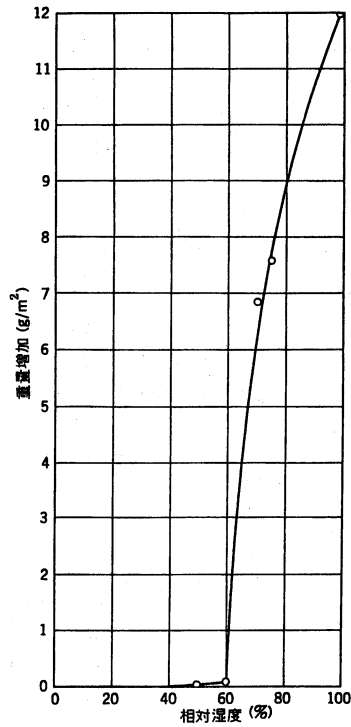
図-8 送気試験システム概念図

Fig.8 Concept of experimental air injection system

間で乾燥させることができた(図-7)。

### 3) ケーブル素線表面からの送気

実橋におけるケーブル内への送気方法として、ケーブル素線(ラッピングが無い状態)表面から、ケーブル内へ送気することが考えられる。そこで、側面から内部へ送気が可能かどうか、また、表面から入った空気が断面方向に広がるかどうか確認するため、(2)と同寸法の供試体端部上面の局部から送気を行った(図-8)。結果は、13 cm x 5 cmの送気断面で、90 mmAq (0.009 気圧)と云う低圧で 0.19 m³/min もの空気が送気できた(その後、この結果に基づき、表面からのケーブル内への送気については、明石海峡大橋において平成 8 年度に長さ約 1 m のカバーにて送気可能であることが確認された)。断面方向についても微量ではあるが全面的に広がることも



0.01% SO<sub>2</sub> を含む空气中に55日間暴露した鉄の腐食と相対湿度との関係、臨界湿度を示している

図-9 腐食限界湿度<sup>1)</sup>

Fig.9 Critical humidity for corrosion

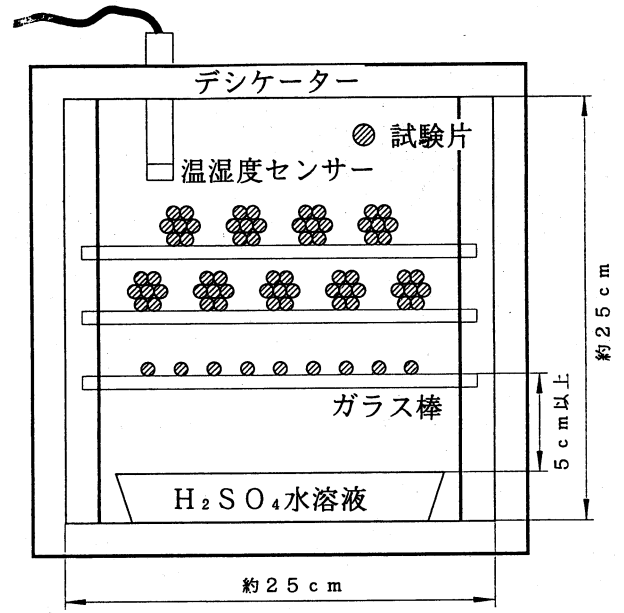
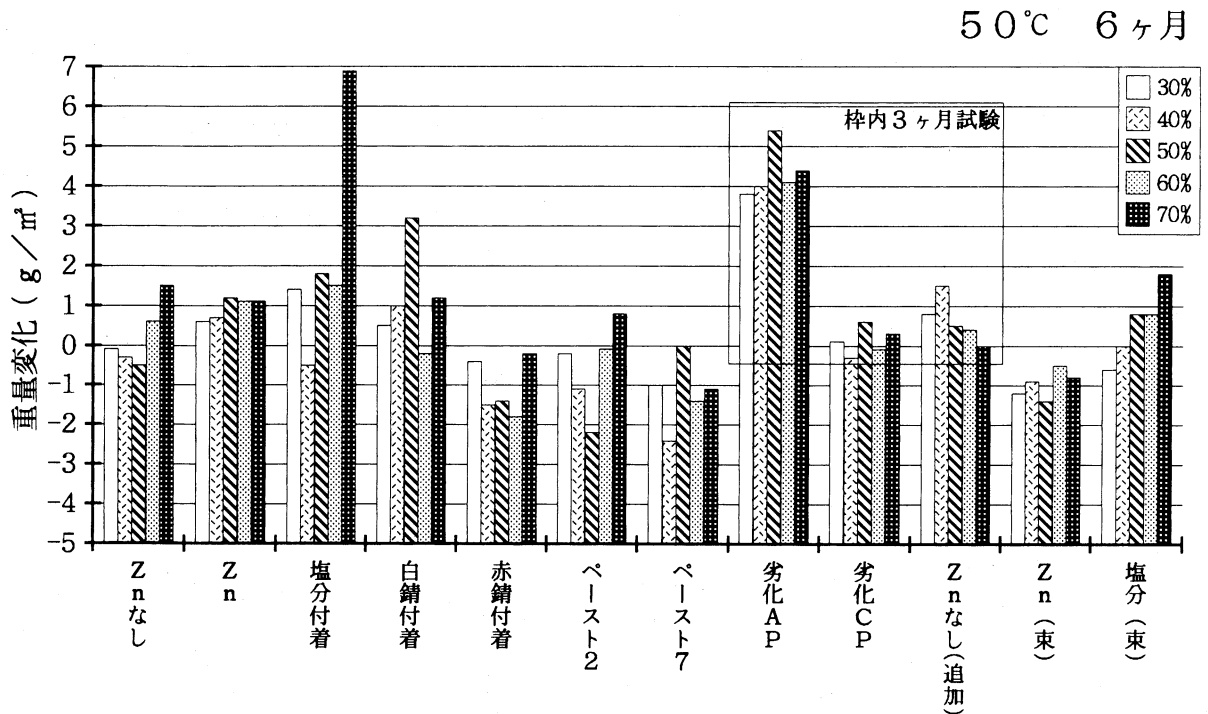


図-10 腐食限界湿度試験概念図

Fig.10 Concept of critical humidity test



劣化AP : オートクレーブ70℃200Hで強制劣化させたリン酸ペースト  
 劣化CP : オートクレーブ70℃200Hで強制劣化させた鉛酸ペースト  
 ペースト2 : 2.5年暴露試験による劣化リン酸ペースト  
 ペースト7 : 2.5年暴露試験による劣化鉛酸ペースト

図-11 亜鉛メッキ線腐食限界湿度確認試験結果

Fig.11 Result of critical humidity test on galvanized steel wire

確認できた。

4) 亜鉛メッキ線の腐食限界湿度

亜鉛メッキ線の湿度と腐食の関係は、大気中では、相対湿度60%以下では、ほとんど腐食しないことが知られている(図-9)<sup>1)</sup>が、付着物(さび、ペースト、塩分)がある場合の影響は把握されていない。

既設橋における素線の隙間及び、メッキ線の白錆、赤錆、劣化したペーストの存在や、乾燥空気の送気により侵入が予想される微量な塩分が、腐食湿度に与える影響を調査した。特に塩分については、その量による影響も調査した。試験方法は、デシケータ内に試験体を並べ、硫酸濃度により湿度を調整して行った(図-10)。

調査の結果、上記の付着物については、6ヶ月試験において、相対湿度60%以下では、ほとんど腐食しないことが確認できた、但し、劣化途中のリン酸ペーストにおいては、湿度に関係なく僅かに白錆が発生した(図-11)。また、塩分については、塩分の付着量により、腐食量は増加するが、相対湿度60%以下ではやはり、ほとんど腐食しないことが確認できた(図-12)。

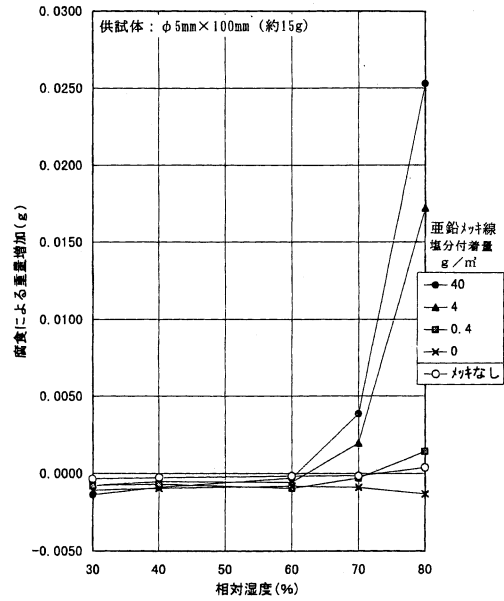


図-12 塩分量による腐食限界湿度試験結果

Fig.12 Results of critical humidity test by volume of salt included

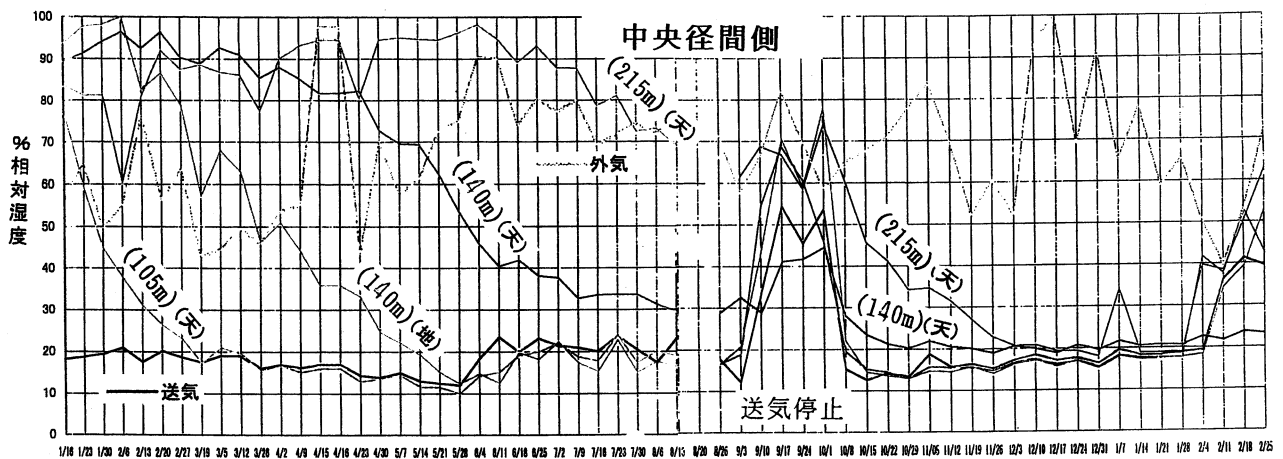


図-13 北備讃瀬戸大橋送気試験結果

Fig.13 Result of air injection test on Kita Bisan-seto Bridge

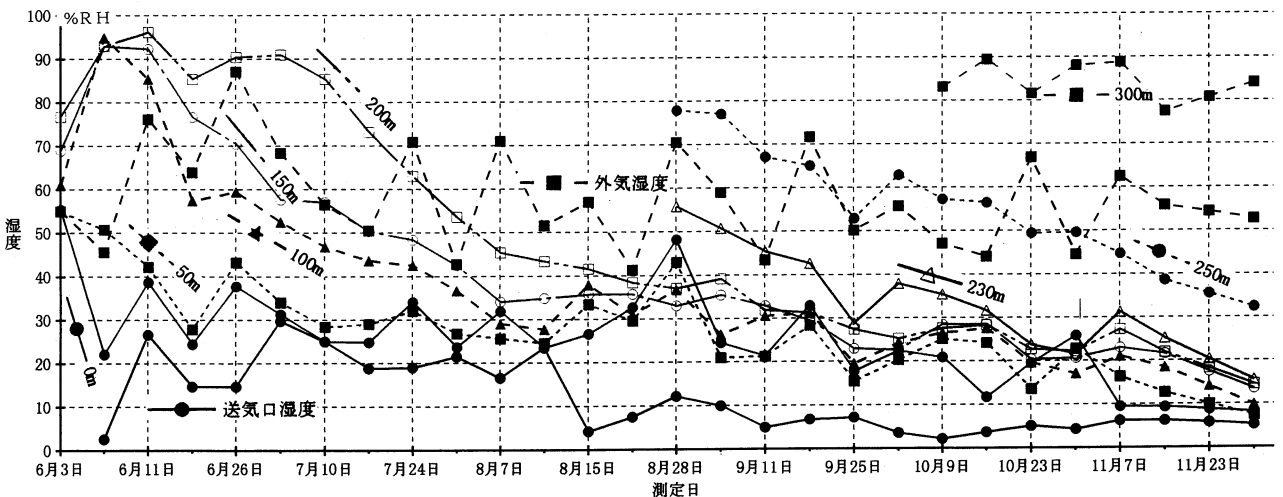


図-14 因島大橋送気試験結果

Fig.14 Result of air injection test on Innoshima Bridge

### 5) ケーブル内送気による乾燥範囲

北備讃瀬戸大橋(中央径間:990 m ケーブル径:998 mm)において、ケーブルをゴムラッピングと仮ラッピングにより気密化し塔頂サドルから、乾燥空気の送気を行った。図-13に示すように、約半年で140 m地点までは送気口と同じレベルまで乾燥(相対湿度30%以下)し、約1年で215 m付近も乾燥している。

因島大橋(中央径間:770 m ケーブル径:610 mm)では、中央径間中央付近に送気カバーを取付け、ケーブル内への送気試験を実施した。図-14に示すように、230 mまで乾燥し、250 mも乾燥する傾向を示している。

大鳴門橋では、分割送気(カバーによるケーブル一般部からの送排気)に着目し、送気の分岐及び合流排気を確認した。

### 6) ケーブル被覆材からの漏洩防止

今回の送気乾燥システムにおいては、ケーブルを長期間に気密化することも重要な課題である。特に、弱点部と考えられるバンド部のシールについては、実橋での送気試験においても漏洩が確認されており、今までのような雨水侵入防止だけでなく、内圧に対しても有効な材料を選定する必要がある。平成7年度に、机上検討及び伸びを考慮した圧力試験を行い、下層にブチルゴム、表層に変性シリコンを行うことで気密性、耐圧性及び耐久性を確保することとした。また、実橋送気試験にて確認されたバンド部天端ハンガーロープからの漏洩についてもハンガー下にブチルゴムを入れ対応することとした。

### 7) 塩分除去

塩分は、腐食を促進させるとともに、腐食限界湿度をも下げるものであり、海上部で行われる今回の送気システムにおいては、塩分を除去しないとケーブル内に塩分を送り込み長年に渡って蓄積させることとなる。

試験にて相対湿度60%以下では、ほとんど腐食しないことを確認したが、自然条件での長期の試験結果ではなく万全であるとは言いがたい。そこで、ケーブル内に塩分を極力流入させない対策も合わせて行うこととした。

計画している除塩フィルターは、 $0.3\mu$ 以上の粒子(海塩粒子は概ね $0.5\mu\sim 30\mu$ )を、99.97%除去する能力を有するものであり、実橋の使用状態での性能確認試験を開始している。

## 3.3 まとめ

- ①ケーブルは、ケーブル内に水がない場合は、腐食しないが、水が存在する場合は、ペーストに関係なく腐食する。
- ②ケーブルを長期に渡り完全に遮水することは困難である。

③乾燥空気を送気することにより、ケーブル全体が乾燥し、防食できる。

④ケーブル素線表面から、空気をケーブル内に送ることが可能であり、断面方向にも空気が広がる。

⑤相対湿度は60%以下で防食できる。(管理を40%以下にすれば十分である)

⑥実橋ケーブルにおいても、ケーブル被覆の気密性を高めれば送気は可能である。

⑦片側送気で200~250 m程度は相対湿度を40%以下に下げることが可能である。

⑧侵入する塩分量についても、極微量に押さえられる。

以上のことから、「送気乾燥システム」は実現可能な防食システムであると判断できる。

平成7年度に、現在建設中の明石海峡大橋に採用し平成8年度より施工に着手している。また来島大橋については、その後の知見及び明石海峡大橋での施工状況等も加味し条件を見直して採用し平成10年度から施工する予定である。

## 4. あとがき

吊橋ケーブルの送気乾燥システムは、世界でも初めての試みであり、送気方法として、より効果的なものを、今後も検討していく必要がある。

また、明石海峡大橋のケーブル被覆には、丸ワイヤラッピングにゴムラッピングを組み合わせる方法を採用し、気密性を改善するラッピングワイヤーとして、S字断面形状のワイヤーが開発され、白鳥大橋で使用され、本四公団でも一部試験施工を行っている。さらに、2液型超速硬化ウレタン(吹付により柔軟性の高い厚膜被覆を現場で施工)被覆についても一部試験施工を行っている。

また、送気距離についても延びてきている。

これらの技術も含め、来島大橋のケーブル防食計画、既設橋のケーブル防食補修方針を検討することとしている。

最後に、本研究に関し、ご指導頂いた朝倉教授をはじめ吊橋ケーブル防食検討会の委員の方に対し深く感謝致します。

## 参考文献

- 1) H. H. ユーリック R. W. レヴィー 腐食反応との制御(第3版)1989.12.20
- 2) 佐伯・古家 吊橋ケーブルの防食方法 土木施工 Vol. 38 No. 7 1997.7

# 茶間川橋の設計と施工

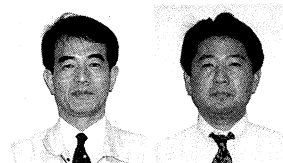
Design and Construction of Chamagawa Bridge

第一建設局洲本工事事務所 第四工事長 川戸 彰

Akira Kawato

第一建設局 建設第一課長代理 大川 宗男  
前第一建設局洲本工事事務所 第四工事長代理

Muneo Okawa



## 概要

茶間川橋は、明石海峡大橋の南側に位置し、急峻な谷間を横断している RC 固定アーチ橋である。架設工法としては、スパン・ライズ比が大きいことから我が国で初めてアーチリングを全てピロン工法を用いた張出し架設により施工を行っている。設計にあたっては、張出し施工時に本来軸力部材であるアーチリングに引っ張り応力が発生すること、及び施工段階に応じて架設時の構造系が逐次変化するため、架設部材の安全性の確保等の施工時の設計が重要であった。

アーチリングの施工においては、架設時の構造系の安定性の確認、および完成系での応力状態・たわみ形状を所定の許容値内に収めるため、応力調整を行うとともに計測管理による情報化施工を行った。

The Chamagawa Bridge, located south of Akashi Kaikyo Bridge, is a reinforced concrete rigid arch bridge crossing over a steep valley. Regarding the construction method of the bridge, because of a large rise-span ratio, the whole arch rising was constructed by cantilever erection using the pylon method, which was the first practice in Japan. In the design it was especially important to ensure stability of each member during the erection, because of the both reasons: one, the tensile stress would occur in the arch ring during erection, which would mainly bear the compressive stress after the completion of the bridge system, and two, the structural system during erection would be varied step by step according to the construction steps.

In the construction work of arch ring, a work control system was applied to ensure the safety and the accuracy as well as to forecast and maintain the stress and deflection of each member at the stage of completion be within the allowable limit. The system automatically measured both the tension of temporary stay cables and the stress in each construction stage of members of the arch ring.

## 1. はじめに

茶間川橋は、明石海峡大橋と淡路 IC の間に位置し、国立公園第 2 種特別地域の急峻な谷間に流れる 2 級河川茶間川および県道を横断する鉄筋コンクリートアーチ橋である。本橋に平行して、構造形式がおなじである県道バイパスの茶間川橋が建設されることから、設計にあたっては、景観を考慮してアーチリングの軸線等を一致させている。

本橋の架設工法には、我が国で初めて、アーチリング全てを斜吊材を用いた張出し架設工法（ピロン工法）が採用されている。我が国の長大支間の RC アーチ橋は、ほとんどが張出し架設工法を用いて施工されているが（図-3）、スパン・ライズ比および基礎構造の安定性から、アーチリング中央部にはメラン材という鋼部材を併用するのが一般的である。本橋においては、アーチリングのスパン・ライズ比が大きく斜吊材の効果が良いこと、および張出し架設時の構造系を他定式として基礎構造の安定に影響を与えないようにしたことから、アーチリング全てをピロン工法で施工することが可能となった。本橋梁の施工概念図を図-4 に示す。本橋梁のアーチリングの張出し架設時の構造系は、張出し架設に必要な反力を斜吊り材、斜吊り柱（ピロン柱）、アンカーブロックを

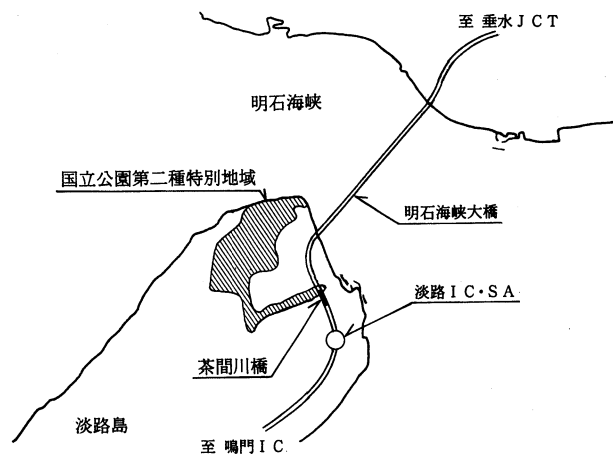


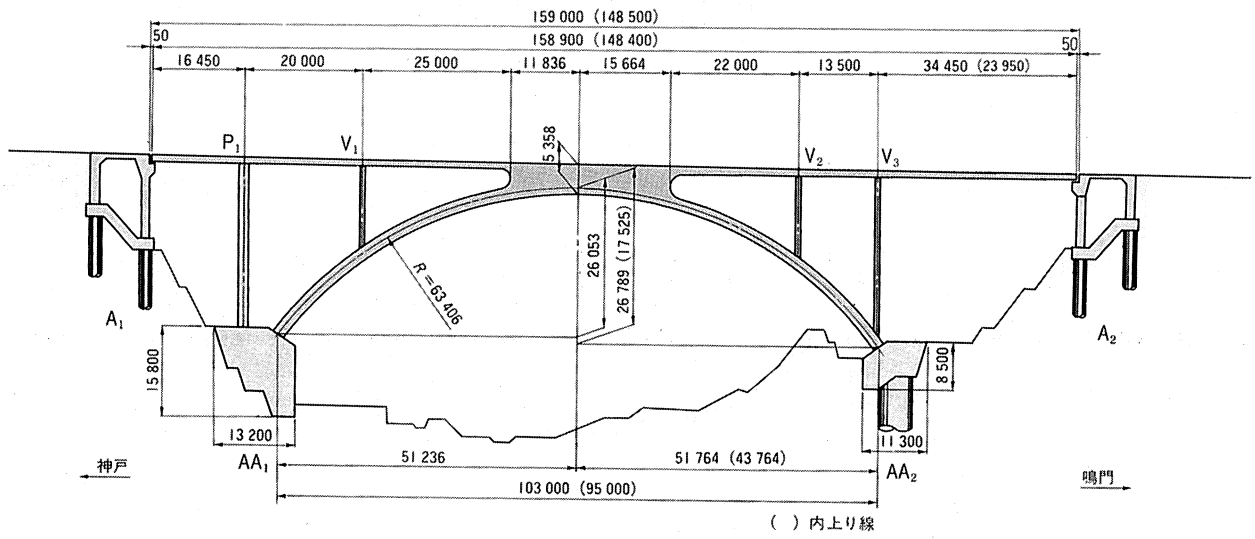
図-1 位置図

Fig.1 Location map

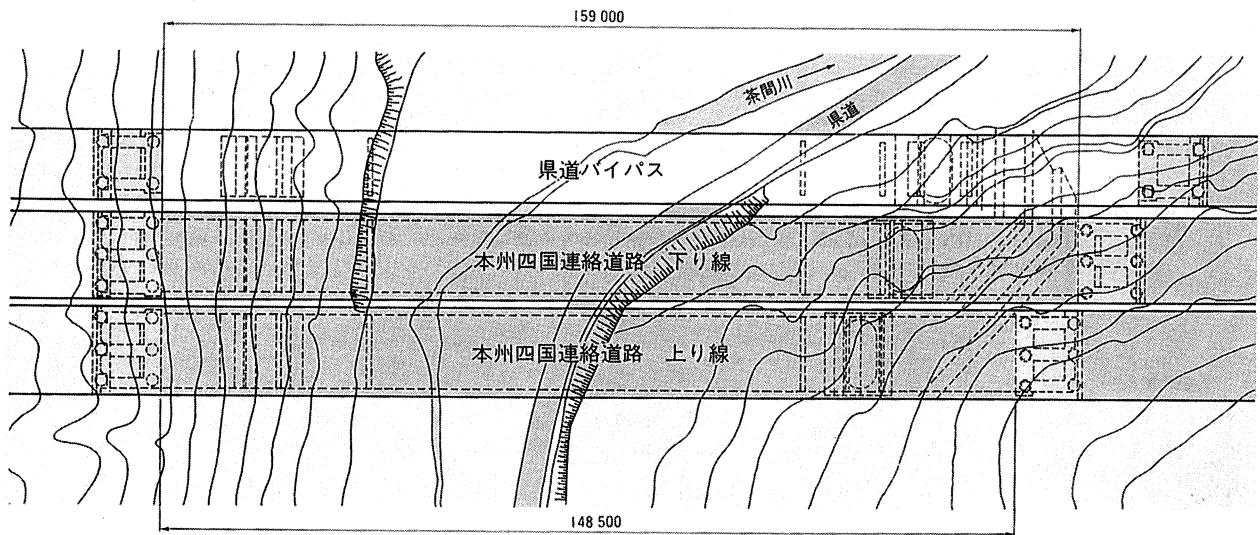
介してグラウンドアンカーに期待する構造系としている。

また、施工時は本来軸力部材であるアーチリングを斜めに張り出すため曲げ応力が発生すること、及び施工段階に応じて構造系が逐次変化するため、設計時に各施工段階の応力の確認を行うとともに、施工にあたっては、完成系での部材の応力状態や、たわみ形状を所定の許容

側面図



平面図



断面図

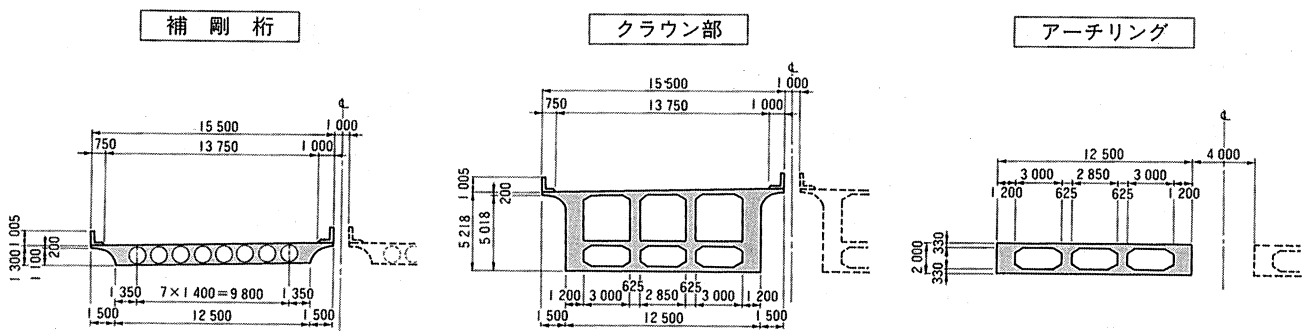


図-2 全体一般図

Fig.2 General drawing

値内に収めるため、計測管理による情報化施工を行った。  
本稿は、茶間川橋の完成系・架設時の詳細設計結果、

およびアーチリングの情報化施工の概要について報告するものである。

## 2. 設計方針および設計条件

### 2.1 設計方針

本橋の設計における基本方針を下記に示す。

- 1) 茶間川橋に沿って県道バイパスの茶間川橋も建設され、合計3橋のアーチ橋が隣接して建設される。各橋で橋長、アーチ支間が異なるが、景観を考慮してアーチリングの軸線・桁高、橋脚・鉛直材の位置等を一致させる構造とした。
- 2) アーチリングは、アーチリングが閉合するまでは完成時より大きな断面力が作用すること、及び完成系では、常時荷重作用時にはひび割れが発生しない軸力部材であることから、架設時においてもひび割れを発生させないPC構造として設計した。また、閉合後はプレストレスを考慮したRC構造として設計している。
- 3) 補剛桁は、支間長が大きい中空スラブ構造であるのでPC構造として、そのPC鋼材にはアーチリングの架設で使用した斜吊材用のPC鋼棒を転用するものとした。
- 4) 斜吊材は、転用する予定であるので、その許容張力は架設時に想定される全ての荷重が作用しても

降伏点を越えないように設定した。

- 5) アーチリングのスプリングング、クラウン部については局部応力の影響を確認するためFEM解析を実施し、必要に応じて補強を行うこととした。

### 2.2 設計条件

設計条件を表-1に、アーチリング施工時の設計条件を表-2に示す。

## 3. 架設時の設計

### 3.1 概要

架設時の設計は、アーチ橋の全体構造系が完成するまでの施工時の荷重変化（ワーゲン移動、コンクリート打設、プレストレス導入、斜吊り材緊張）や架設時の構造系の変化に対して、アーチリング、鉛直材および補剛桁の応力がどの施工段階でも許容値以内で各部材が安全であることを確認するために実施した。

また、アーチリング架設時は逐次構造系が変化するため、架設時の構造系を構成する、斜吊材、斜吊柱、アンカーブロック、グラウンドアンカー等の仮設部材についても、アーチリング等と同様に、各施工段階において所要の許容値以内に入るように確認を行った。架設時の構造系を図-5に示す。

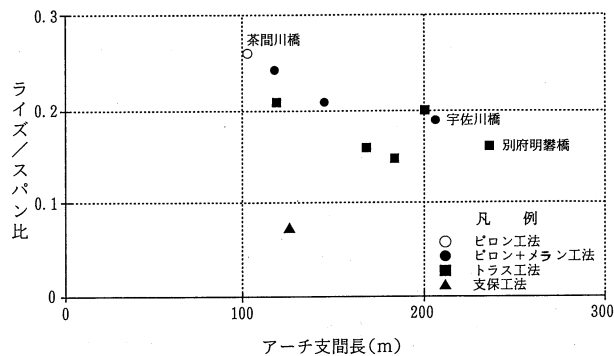


図-3 アーチ橋架設方法

Fig.3 Erection methods of arch bridge

### 3.2 アーチリング

#### (1) 基本方針

アーチリングの桁高2.0mは、県道バイパスの茶間川橋と外観を一致させることから決定した。また、アーチリングの部材厚を最小にすることから、張出し架設時にアーチリングに生じる引張応力度に対しては、下記の補強方針により対応した。

- 1) アーチリングに生じる引張応力度に対しては、斜吊材で抵抗させることを基本とし、架設段階に応じた応力調整を行うこととする。

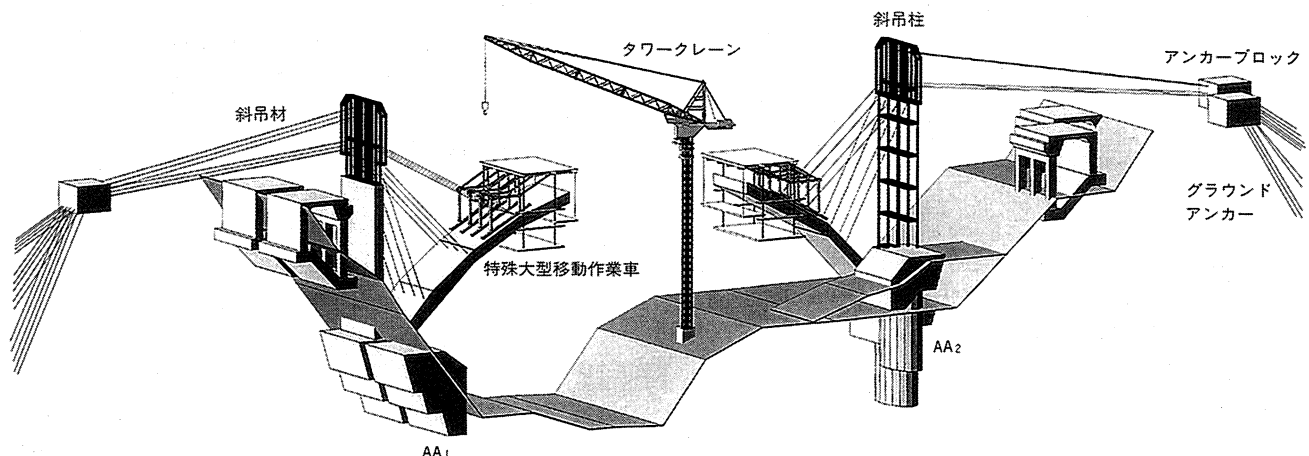


図-4 施工概念図

Fig.4 Construction concept



表-3 アーチリング許容引張応力度  
Tab.3 Allowable tensile stress of arch ring

		従荷重の影響					許容 応力度*5 ②	差 分 ②-①	許容 応力度*6
		プレストレス のロス*1	床版 温度差*2	斜吊材 温度変化*3	斜吊材 緊張誤差*4	合 計 ①			
アーチ スプリング	上縁	-1.2	-3.3	-13.2	-1.4	-19.1	-25.0	-5.9	-5.0
	下縁	0.3	-3.3	-13.2	-1.4	-17.6		-7.4	
一般部	上縁	-3.3	-3.3	-2.3	-3.4	-12.3		-12.7	-10.0
	下縁	0.7	-3.3	-2.3	-3.4	-8.3		-16.7	

注) \*1: コンクリートのクリープ乾燥収縮およびPC鋼棒のリラクセーションを考慮。 \*2: アーチリングのスラブとウェブの温度差5℃を考慮。  
\*3: 斜吊材の温度変化±10℃を考慮。 \*4: 斜吊材の緊張誤差±2.5tf/本を考慮。 \*5: 主荷重および従荷重に対する許容応力度。  
\*6: 主荷重のみに対する許容応力度。

による許容引張応力度を設定した。

(3) 応力調整

斜吊材の応力調整は、張出し架設時のコンクリート打設、特殊大型移動作業車の前進等の荷重増加に対して、アーチリングの引張応力度を許容値以内となるように実施するものである。代表的な架設段階における斜吊材の応力調整の概念は、表-4で示すように以下の考え方で実施することとした。

架設時荷重によって最も上縁引張応力度が厳しくなる位置に着目し、上縁引張応力度を許容値以内にするため、コンクリート打設前に最上段の斜吊材を緊張する。このとき、斜吊材の緊張をコンクリート打設前後の2段階に分けても、スプリング部の下縁引張応力度が許容値を越えるようであれば、最下段の斜吊材の張力を緩めることでスプリング部に下縁圧縮応力度を導入する。

また、斜吊柱に作用する水平力のアンバランス分をできるだけ小さくするため、コンクリート打設および特殊大型移動作業車の前進が終了するごとに釣り合うように応力調整を実施する。

この考え方で、施工各段階での検討を実施した結果、斜吊材の応力調整回数は1本当たり平均4回程度必要となった。アーチリング応力度の推移を図-7に示す。

(4) アーチリング閉合後の検討

アーチリング閉合後は、RC構造として取り扱うので、クラウン部・鉛直材・補剛桁の施工順序については、アーチリングに耐久性の観点から有害なひび割れが生じることを避けるため、鉄筋の引張応力度が1000 kgf/cm<sup>2</sup>程度以下となるようにそれらの施工順序を決定した。その結果を図-8に示す。

3.3 グラウンドアンカー・アンカーブロック

グラウンドアンカーは、張出し架設中のアーチリング自重等を斜吊材を介して最終的に支持し、架設時の構造系の生命線とも言える重要な構造物である。したがって、設計にあたっては、グラウンドアンカー1本ごとの引抜きやアンカーブロックの滑動（グラウンドアンカー全体の引抜き）に対し、十分な安全性を確保するよう以下のように対処した。

表-4 応力調整法

Tab.4 Method to adjust stress

応力調整	荷重・曲げモーメント図	応力度(kgf/cm <sup>2</sup> )	
		①	②
力調整		σ <sub>0</sub> =31 σ <sub>M</sub> =-5	σ <sub>0</sub> =13 σ <sub>M</sub> =45
		①	②
コンクリート打設		σ <sub>0</sub> =8 σ <sub>M</sub> =19	σ <sub>0</sub> =-10 σ <sub>M</sub> =70
		①	②
力調整		σ <sub>0</sub> =26 σ <sub>M</sub> =1	σ <sub>0</sub> =1 σ <sub>M</sub> =59
		①	②
特殊大型移動作業車前進		σ <sub>0</sub> =21 σ <sub>M</sub> =6	σ <sub>0</sub> =-10 σ <sub>M</sub> =70
		①	②

注) σ<sub>0</sub>: アーチリング上縁応力度  
σ<sub>M</sub>: アーチリング下縁応力度

- 1) 詳細設計に先立ち、ボーリング調査およびグラウンドアンカーの引抜き試験を実施して、定着地盤の位置および地山とアンカー体との付着強度（周面摩擦抵抗値）を確認した。
- 2) 常に斜吊材（荷重側）による水平力よりもグラウンドアンカー（抵抗側）の水平力が大きくなるように張力管理を行うこととし、グラウンドアンカーの緊張は、アーチリング張出し架設の進捗に合わせて、18本のグラウンドアンカーを4段階に

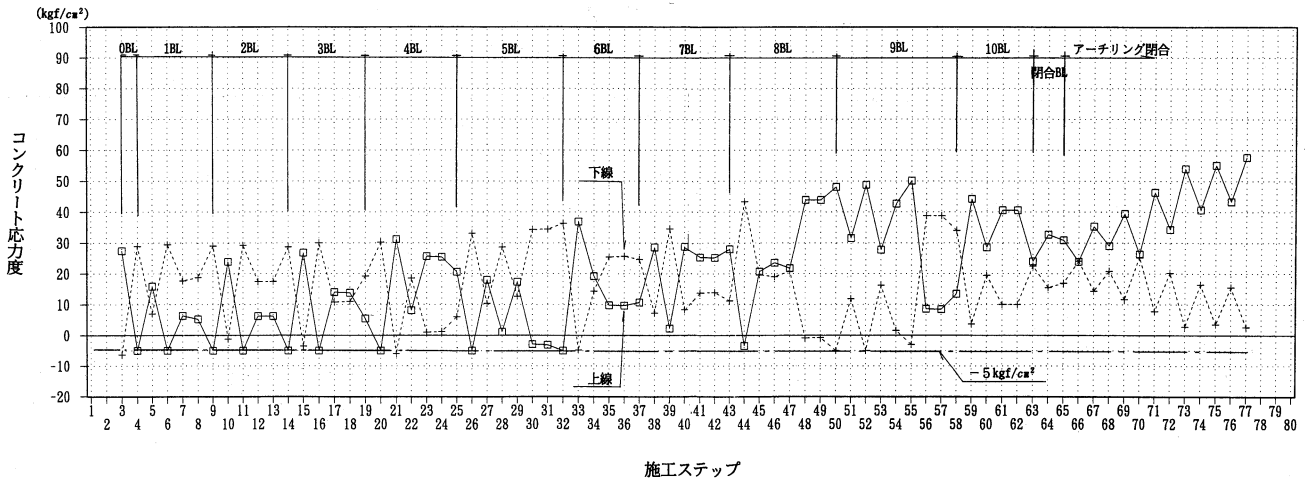


図-7 アーチリング応力度の推移(アーチスプリング)  
Fig.7 Change of stress in arch ring (arch springing)

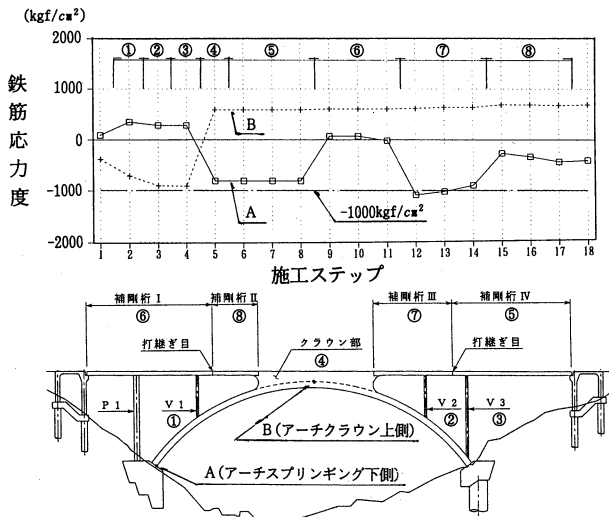


図-8 アーチリング鉄筋応力度の推移  
Fig.8 Change of stress in reinforcement

分けて実施することとした。

- 3) アンカーブロックの滑動に対して、斜吊材張力、グラウンドアンカー張力、アンカーブロック自重などを考慮して安全率を1.5以上とるようにした。
- 4) 緊張材は、再緊張が可能なこと、および使用期間が1年の長期にわたるため自由長部の防食を考慮し、ナット定着で2重防食タイプのものを使用した。定着長の決定にあたっては、引抜きに対する安全性を高めるため、永久アンカーとしての安全率を採用した。
- 5) 施工中にグラウンドアンカー張力、アンカーブロックの変位に異常が生じた場合に備え、グラウンドアンカーを増設できるようにアンカーブロックに予備のダクトを設けることとした。

### 3.4 斜吊材

斜吊材は、アーチリング閉合後に、上り線の斜吊材あるいは補剛桁に転用することを考慮して、SBPR 930/

表-5 グラウンドアンカー諸元

Tab.5 Dimensions of ground anchors

テンドン	呼名 設計アンカー張力	SEE F 230 U $0.6 P_u = 139.1 \text{ tf}$
アンカー	アンカー体径 定着地盤 周面摩擦抵抗 定着長の安全率	$d_A = 13.5 \text{ cm}$ 中風化岩 $\tau = 10 \text{ kgf/cm}^2$ $F = 2.5$ 以上
グラウト	設計基準強度 許容付着応力度	$\sigma_{ck} = 300 \text{ kgf/cm}^2$ $\tau_a = 9 \text{ kgf/cm}^2$

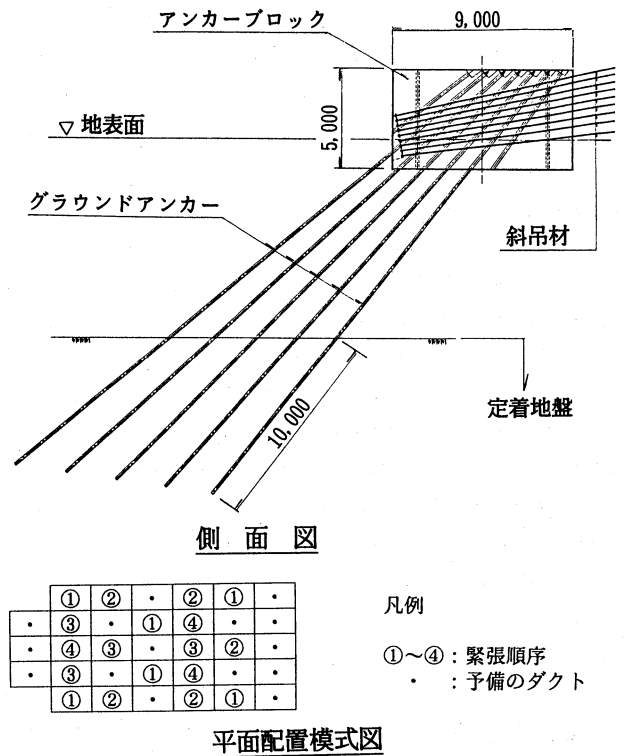


図-9 グラウンドアンカー配置図  
Fig.9 Distribution of ground anchors

1180  $\phi$  32 mm の PC 鋼棒を使用した。

斜吊材の許容張力は、張出し架設時に想定される全て

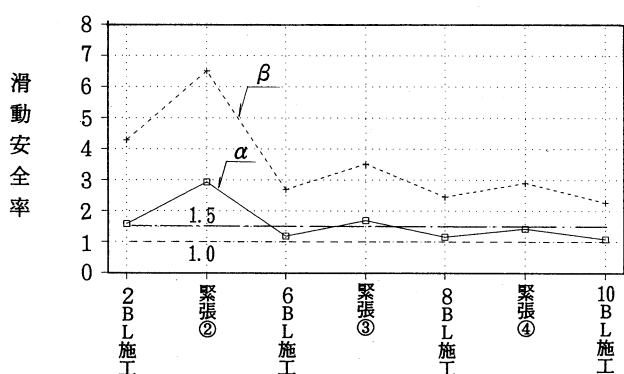
表-6 斜吊材の許容張力

Tab.6 Allowable tension of suspension cables

(tf)

	従荷重の影響					許容張力*5 ②	差 分 ②-①	許容張力*6
	風荷重*1	温度変化*2	サグ*3	緊張誤差*4	合 計 ①			
FL 1	3.8	6.5	2.6	2.5	15.4	0.85 P <sub>y</sub> 64.9	49.5	0.50 P <sub>u</sub> 48.3
FL 5	4.1	5.2	3.1		14.9			
FL 9	5.1	5.6	5.0		18.2			
BL 1	6.0	6.7	7.0	2.5	22.2	0.85 P <sub>y</sub> 64.9	42.8	0.45 P <sub>u</sub> 43.4
BL 5	6.0	3.9	7.0		10.4			
BL 9	6.0	2.8	6.9		18.2			

注) \* 1: 静的風圧および振動を考慮。  
 \* 2: 斜吊材の温度降下-30℃を考慮。  
 \* 3: サグにより生じる定着部の曲げ応力度を考慮。  
 \* 4: 斜吊際の緊張誤差±2.5 tf/本を考慮。  
 \* 5: 主荷重および従荷重に対する許容応力度。  
 \* 6: 主荷重のみに対する許容応力度。



滑動に対する照査式:

$$\alpha = \frac{\text{(グラウンドアンカー張力の水平成分)}}{\text{(斜吊材張力の水平成分)}} > 1.0$$

$$\beta = \alpha + \frac{\text{(鉛直力の和)} \times \text{(摩擦係数)}}{\text{(斜吊材張力の水平成分)}} > 1.5$$

図-10 滑動安全率の推移

Fig.10 Change of safety coefficient to slide

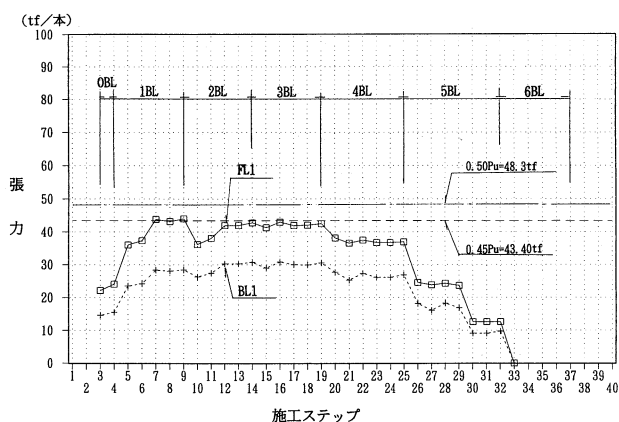


図-11 斜吊材張力の推移

Fig.11 Change of tension in suspension cables

の荷重が作用した場合でも降伏させないことを条件として、表-6に示すように、風荷重、温度変化、サグの影響、緊張誤差の影響を考慮して、架設時主荷重の許容張力を設定した。

響、緊張誤差の影響を考慮して、架設時主荷重の許容張力を設定した。

### 3.5 斜吊柱

斜吊柱の高さについては、本橋のスパン・ライズ比が大きく、斜吊材の効果も大きいことから、最下段のバックスティの斜吊材が地表上になるように計画し、それ以上の斜吊材については、ジャッキ等の作業スペースを確保し、できるだけ高さを押しえるように計画を行った。

斜吊柱の構造は、H型鋼(H-900)を主部材とし、各斜吊材の定着部には鋼板を組合わせた台形断面の梁を用いている。設計にあたっては、立体骨組み解析により断面力を算出し各部材の応力度を照査した。

特に柱部材の許容軸圧縮応力度の設定にあたっては、斜吊柱の全体座屈に対する安全性を確保することに留意し、表-7に示す検討に基づいて、斜吊材による斜吊柱上部の水平方向への変位の拘束効果を評価した上で、有効座屈長を算出した。

## 4. 完成時の設計

### 4.1 概要

張出し架設工法で施工されるコンクリート橋の設計にあたっては、その施工順序を考慮する必要がある。これは、架設時と完成時において構造系が異なるため、コンクリートのクリープによる不静定力が発生するためである。したがって、茶間川橋のアーチリング、鉛直材および補剛桁とも、この影響を考慮した断面力で各部材の応力度の検討を実施した。

### 4.2 アーチリング

完成時のアーチリングは、架設時のPC鋼棒のプレストレスを考慮したRC構造として設計した。

アーチリングの断面力図を図-12に、主要断面の応力度を表-8に示す。

### 4.3 補剛桁

補剛桁は、鉛直材位置を県道バイパス茶間川橋に一致

させたことにより、非常に不等支間であつ支間長が大きい中空スラブ構造であるのでPC構造とした。PC鋼材としては、アーチリングの架設で使用した斜吊材用のPC鋼棒を転用することとした。

PC鋼棒の配置上の特徴は下記のとおりである。

- 1) アバットが先行施工されているので、PC鋼棒の緊張は片引きとなるため、打継ぎ部で緊張した後PC鋼棒を接続する構造として、摩擦による緊張力のロスを軽減した。
- 2) 補剛桁のクラウン側桁端部に緊張端を全て配置す

表-7 斜吊り柱座屈モード  
Tab.7 Mode of buckling of pylon

構造のモデル化		
座屈荷重の比較		
座屈モードの比較	<p>回転：自由 水平変位：自由</p> <p>有効座屈長 = <math>\beta L = 2.1L</math></p>	<p>回転：自由 水平変位：固定</p> <p>有効座屈長 = <math>\beta L = 0.8L</math></p>
備考	採用	

ると、クラウン部に引張応力が生じるため、PC鋼棒のうち約半数をクラウン部中央側に延長し、左右岸のPC鋼棒を交差定着する配置とした。補剛桁の断面力図を図-13に、主要断面の応力度を表-9に示す。

#### 4.4 局部応力解析

##### (1) 目的

本橋のスプリング部およびクラウン部等の断面急変部の応力状態は、骨組解析では評価できないためFEM解析を実施し、必要に応じて補強を行った。

##### (2) 解析モデル

解析モデルはソリッド要素により構成した図-14に示す立体モデルとし、構造物の橋軸回りのねじりモーメントの影響は小さいと考え半橋モデルとした。

##### (3) 解析結果

FEM解析結果の要点は下記のとおりである。

- 1) クラウン部のウェブ・床版の橋軸方向の応力は、平面骨組み解析結果に近いものであったが、横桁については、図-15に示す曲げ応力が生じるため、鉄筋による補強を行った。
- 2) 補剛桁からクラウン部に延長して配置されるPC鋼棒定着部付近については、PC鋼棒が水平方向に曲げ配置されている影響により、図-16に示す引張応力が生じるため、鉄筋による補強を行った。

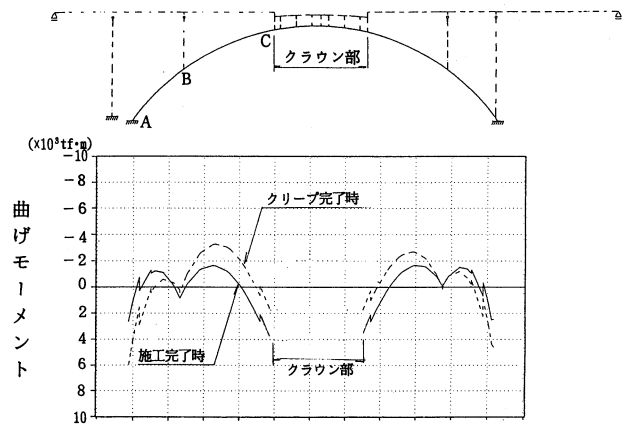


図-12 アーチリングの断面力図

Fig.12 Sectional forces in arch ring

表-8 アーチリング主要断面の応力度  
Tab.8 Stress of major sections of arch ring

		許容応力度		A 断面		B 断面		C 断面	
		$\sigma_{ca}$	$\sigma_{sa}$	$\sigma_c$	$\sigma_s$	$\sigma_c$	$\sigma_s$	$\sigma_c$	$\sigma_s$
①	死荷重作用時 (クリープ完了時)	140	-1800	65	239	67	645	78	0
②	①+活荷重 ( $M_{max}$ )			79	91	77	514	96	-305
③	①+活荷重 ( $M_{min}$ )			55	421	64	743	74	84
④	①+地震荷重 (→)	210	-3000	78	-142	82	231	80	-246
⑤	①+地震荷重 (←)			152	-1417	72	788	77	149

注)  $\sigma_c$ : コンクリート応力度。  $\sigma_s$ : 鉄筋応力度、圧縮を正とする。

3) スプリング部のアーチリングからアーチアバットへの応力伝達は図-17に示すとおり、際立った応力集中が見られず、円滑であることを確認できた。

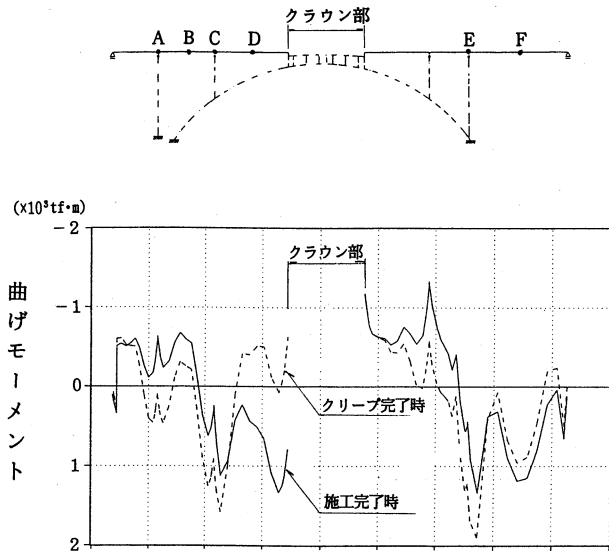


図-13 補剛桁の断面力図

Fig.13 Sectional forces in stiffening girder

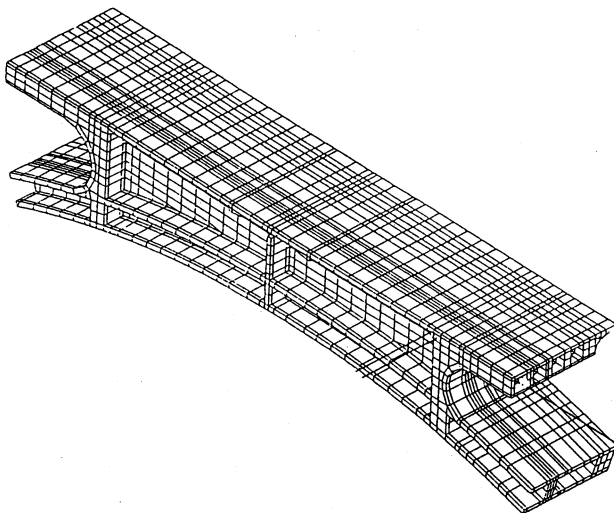


図-14 クラウン部解析モデル図

Fig.14 Analytical model for crown

## 5. アーチリングの施工

### 5.1 施工概要

本橋の架設手順は、まずアーチリングの架設を行った後、鉛直材及びクラウン部、補剛桁の施工を行う手順としている。アーチリングの施工については、斜吊り柱を用いたピロン工法による張出し架設を採用している。張出し架設は、特殊大型作業車を用いて長さ4.0~4.5mのブロックを片側10ブロックずつ施工することとしている。施工手順を図-18に示す。

### 5.2 大型移動作業車

大型移動作業車の構造を図-19に示す。大型移動作業車は、アーチリングの形状に適用させるため、従来の大型移動作業車を改造し、アーチリングの勾配の変化（傾斜角：0°~50°）に対して常に水平に保てるように改造及び新たな部材の製作を行ったものである。

### 5.3 応力調整

斜吊材は1段あたりフォアステイ、バックステイ合わせて16~40本配置されており、4本同時に応力調整を行ったため、1段あたり4~10回の緊張作業が必要となった。各斜吊材の緊張力は、以下の方法により管理した。

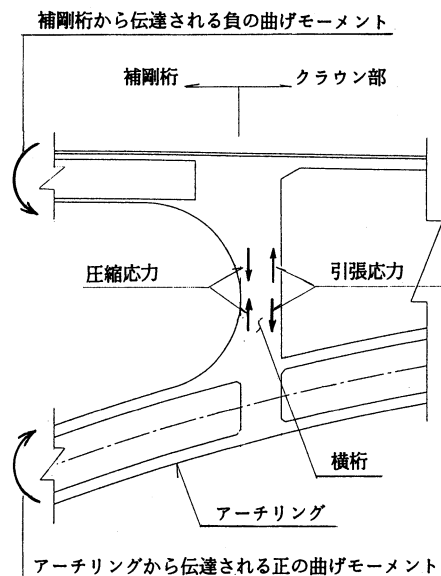


図-15 クラウン部横桁局部応力概念図

Fig.15 Concept of local stress in bracing member at crown

表-9 補剛桁主要断面の応力度

Tab.9 Stress of major sections of stiffening deck

	許容応力度		支 点 上			支 間 中 央			備 考
	圧 縮	引 張	A 断面	C 断面	E 断面	B 断面	D 断面	F 断面	
上 縁	125.0	0.0	10.5	8.5	35.1	60.9	78.2	110.7	死荷重作用時（クリープ完了時）+活荷重時
下 縁	125.0	-13.0	84.7	99.8	102.6	36.4	-2.4	-8.7	

注) 圧縮を正とする。

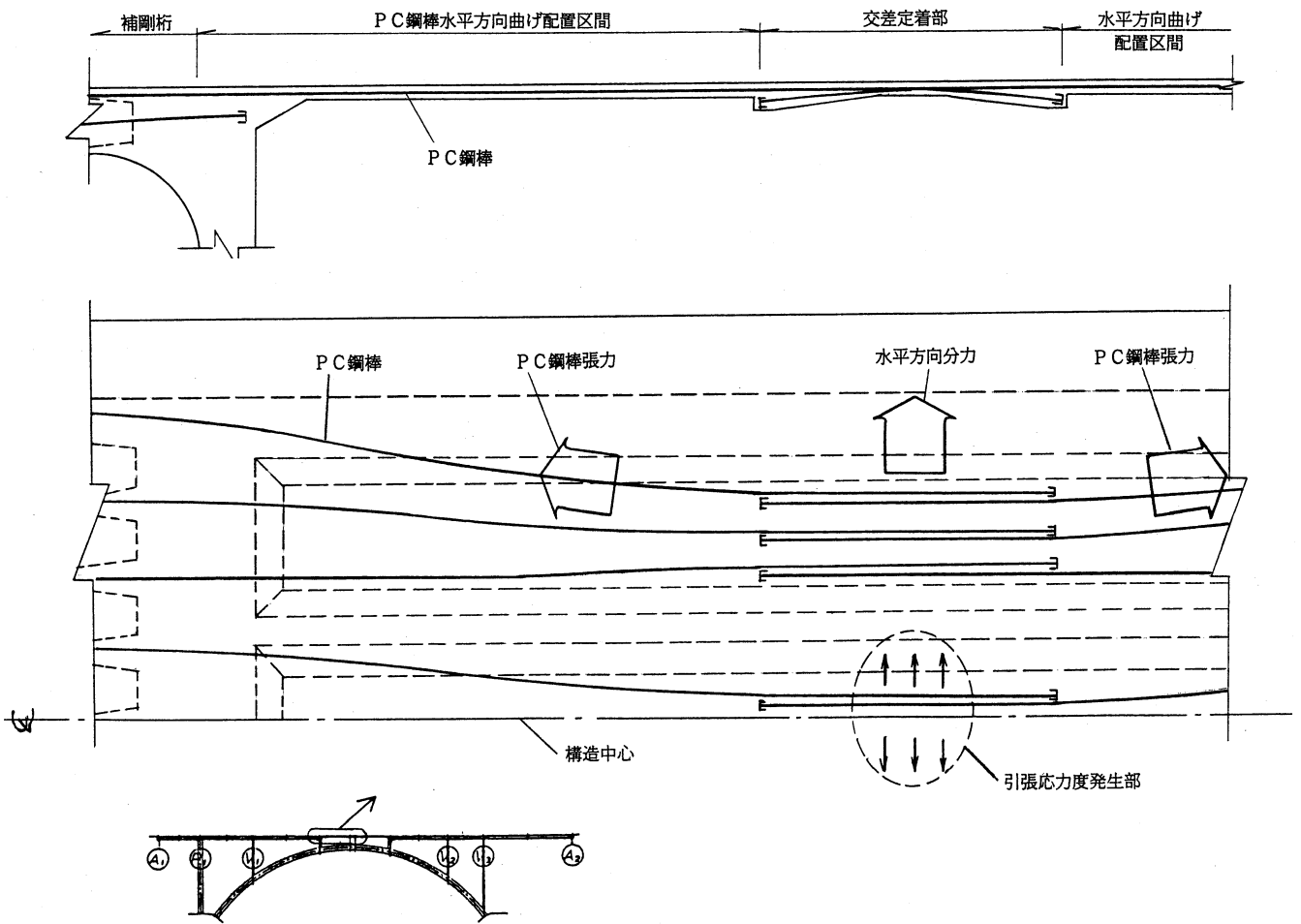


図-16 クラウン部床版局部応力概念図

Fig.16 Concept of local stress in deck at crown

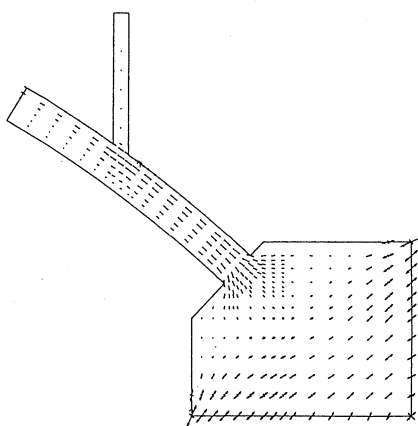


図-17 スプリング部主応力図

Fig.17 Main stress in springing

- ① 緊張力を正確に把握するため、各ジャッキに圧力センサーを取り付け、計測された圧力をパーソナルコンピュータに転送し、予め実施したキャリブレーション結果に基づいて緊張力を自動的に補正しリアルタイムで画面表示するというシステムを使用した。

- ② 緊張作業の過程で、アーチリングおよび斜吊柱が弾性変形し、斜吊材の緊張端から固定端までの距離が変化するため、斜吊材の張力に変化が生じる。そこで、緊張計算で弾性変形を考慮し、全ての斜吊材の緊張が終了した時点で、各斜吊材に等しく所定の緊張力が導入されるように、緊張順序に応じた緊張力を算出した。
- ③ 緊張作業は、一次緊張と二次緊張の二回に分け実施した。一次緊張では、緊張計算により算出した緊張力を各斜吊材に導入し、二次緊張では、各斜吊材の張力の確認を行うとともに、必要に応じて再緊張を行った。二次緊張における張力の確認の結果では、緊張力の管理基準 $\pm 1.0$  tf/本に対し、緊張力のバラツキは最大 $\pm 3$  tf/本程度であった(図-20)。

## 6. 計測管理

### 6.1 計測方針

計測は、次の目的に基づき機器を配置するとともに、安全管理値・管理基準値を設け施工に反映させることとした。

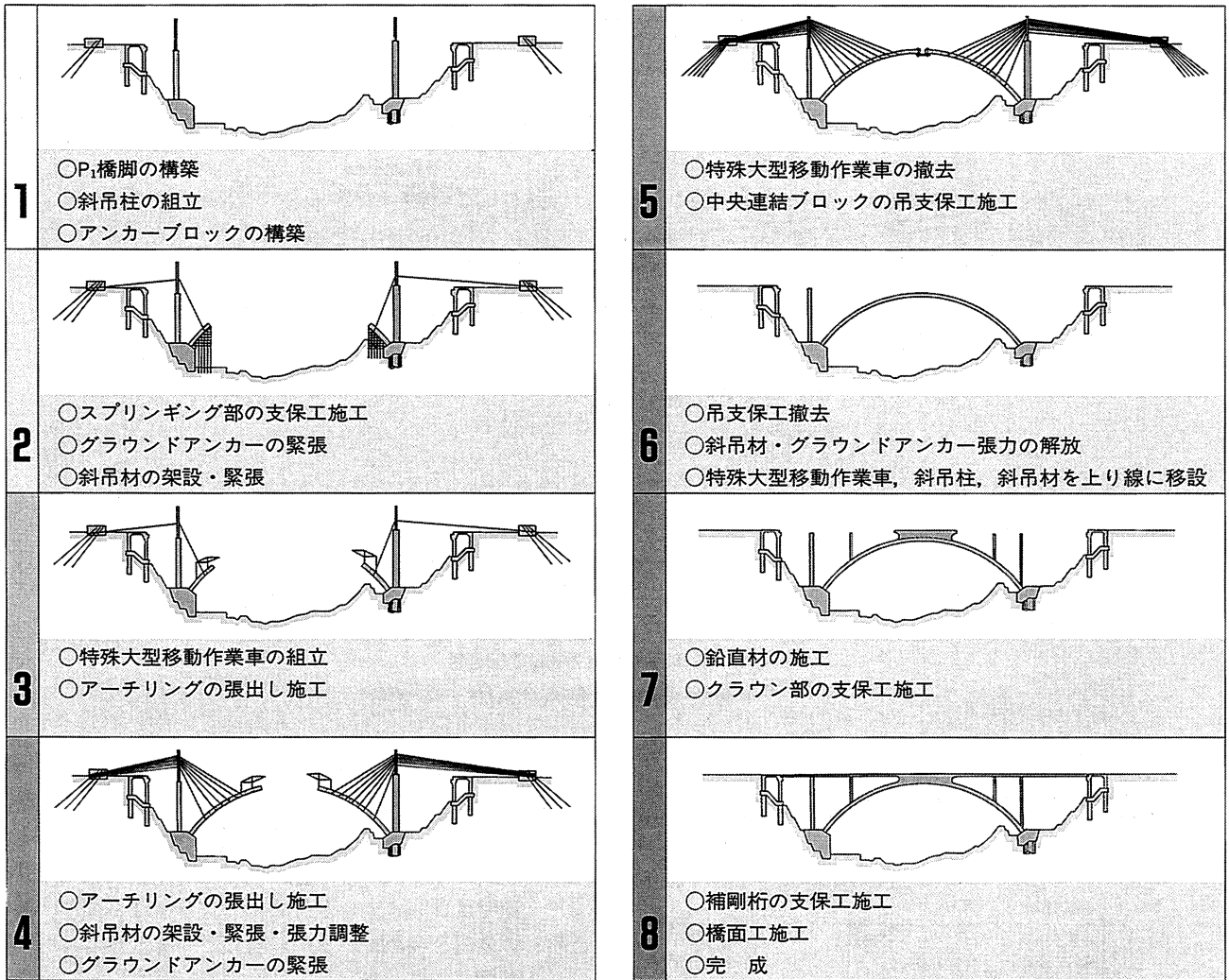


図-18 施工手順図

Fig.18 Work procedure

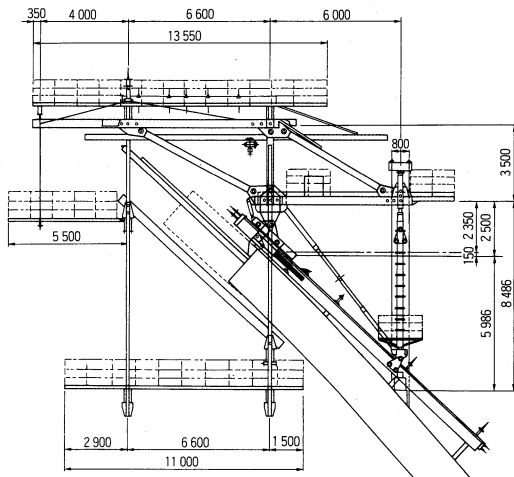


図-19 大型移動作業車構造図

Fig.19 Movable work stage

① 架設時は、施工段階に応じて逐次変化する構造系であり、架設時の構造系を構成するアンカーブロック、斜吊柱等の各部材に変状が起きた場合に、構造系全体の破壊に至る可能性があるため、各部

材の変位、緊張力、応力について継続した計測を行うこととした。

② アーチリングは張出し架設により施工するため、張出し架設の際には施工済みのアーチリングにひび割れを生じるような過大な引張り応力を管理するため、斜吊り鋼棒の応力調整を行うとともに、アーチリング及び斜吊材の応力、緊張力の測定を行った。

### 6.2 計測計画

計測器の仕様・数量を表-10に計測機器の配置を図-21に示す。各計測機器により測定された観測データは通信ケーブルにより現場事務所のパソコンに送られ、2時間間隔で計測結果の一覧及び経時変化の更新を行っている。

### 6.3 管理基準値

計測値の評価にあたっては、安全管理値および管理基準値を設けた。それぞれの位置付けを下記に、値及び背景を表-11に示す。

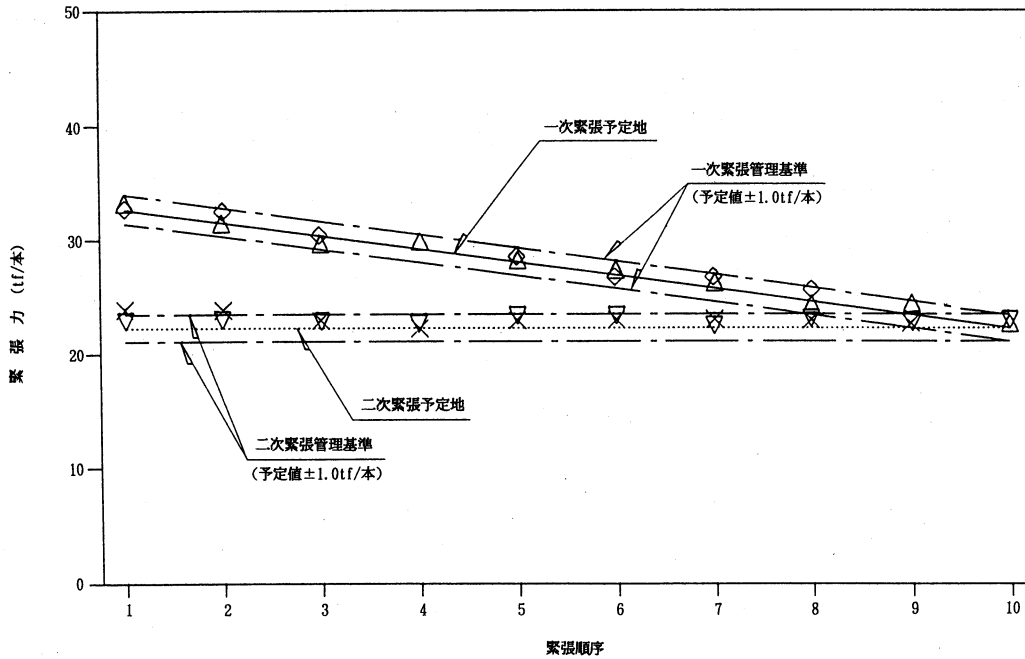


図-20 斜吊り材応力調整管理結果  
Fig.20 Summary of stress adjustment for stay cables

表-10 計測項目および計測機器一覧表

Tab.10 Summary of items and instruments for measurement

測定対象	測定項目	計測機器名	数量	備考
グラウンドアンカー	適性試験・確認試験	油圧ジャッキ・ダイヤルゲージ	-	施工時
	クリープ試験	センターホール型荷重計	-	"
	緊張力測定	センターホール型荷重計	10台	
アンカーブロック	水平変位	ワイヤー式変位計	4台	張力導入時
	傾斜・沈下	レベル	-	
斜吊柱	応力測定	ひずみゲージ	8枚	
	傾斜測定	傾斜計	5台	
	温度測定	熱電対	4台	
斜吊材	緊張力測定	センターホール型荷重計	36台	
	温度測定	熱電対	4台	
アーチリング	コンクリート応力度	コンクリート有効応力計	40台	
	温度測定	熱電対	8台	

① 安全管理値

各部の設計上の許容値に基づいて安全管理値を設定し、施工中の安全性を判断するための基準とする。

② 管理基準値

設計上考慮している斜吊材の緊張誤差や計測誤差等から予想される、計測値の設計値からのバラツキの範囲を基に管理基準値を設定し、設計計算と実際との整合性を確認するための目安とする。

6.4 計測結果

各施工段階では、計測結果を検討し構造物が設計モデルと大差なく挙動していることを確認するとともに、変状に対しては、対策を施して施工を行った。各部材の計測結果を以下に示す。

- ① 斜吊材緊張力およびアーチリング・斜吊柱応力度  
斜吊材緊張力およびアーチリング・斜吊柱応力度の計測値について各施工段階で設計値との比較を

行ったところ、殆どが管理基準値の範囲内であった。ただし、閉合間近の9ブロック施工の頃から、斜吊り材の張力について管理基準下限値を若干下回る値が計測された(図-22)。この原因としては、設計計算ではコンクリート打設時の荷重に鉄筋やPC鋼棒の重量を含めているのに対し、実施工では斜吊り材の緊張作業と並行して鉄筋やPC鋼棒の重量が載荷されることが推定された。本橋の場合、アーチリング応力度等に与える影響は軽微であったが、張出し長が長くなるにつれてこの影響は大きくなると考えられる。アーチリング応力度(図-23)についても管理基準値の範囲内で推移していたが、一部管理基準値に接近している場合があった。

これらについては、それ以降の施工段階の斜吊材張力の推移を予測し、安全面に与える影響を判断したうえで、施工を進めた。

また、斜吊材の緊張力を管理基準値内に納めることにより、アーチリング応力度を管理基準値内に納めることが確認できたため、上り線においては、緊張力管理を主体とし、アーチリング応力度の測定は必要最小限とした。

② グラウンドアンカー緊張力およびアンカーブロック変位

張出し施工初期の段階では、グラウンドアンカー緊張力について、クリープ試験による予測を上回る緊張力の低減が見受けられ、安全管理値の下限値(139.1 tf/本)を下回ることが予測された。これに対し、グラウンドアンカーの再緊張等の対策を実施した。

また、張出し施工終盤の段階では、グラウンドアンカー緊張力に微増の傾向が見受けられ、安全管理値上限

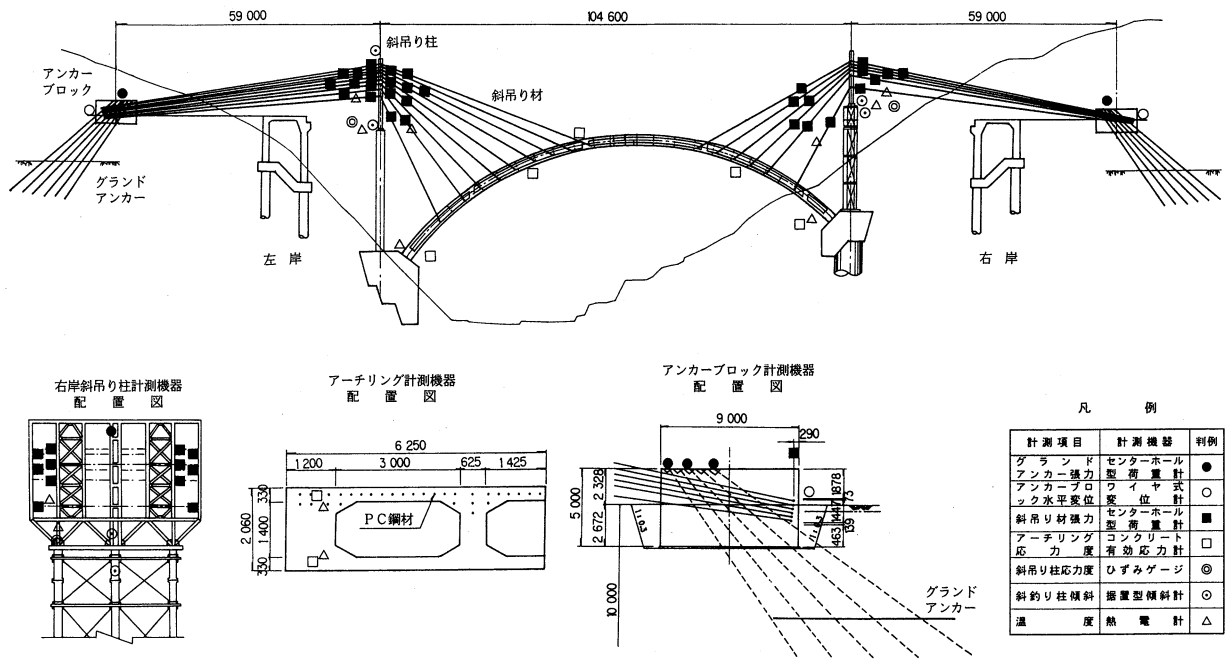


図-21 計測機器配置図

Fig.21 Arrangement of measurement equipment

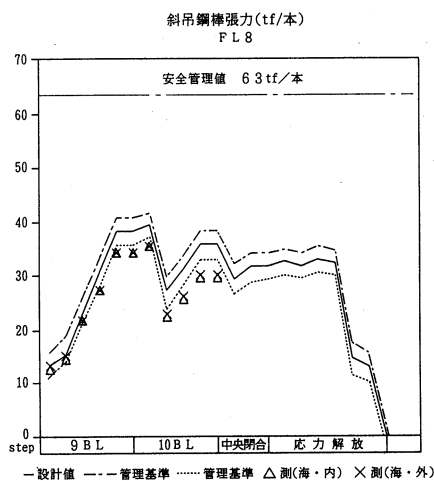


図-22 斜吊材緊張力の推移

Fig.22 Change of tensioning force in suspension cables

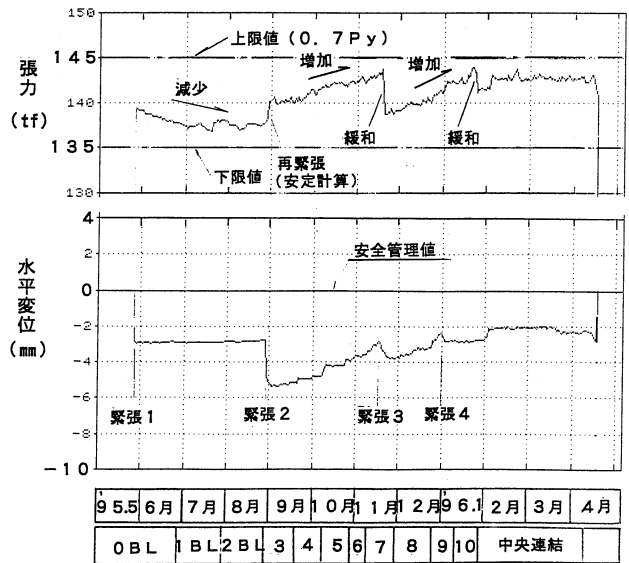


図-24 グラウンドアンカー緊張力、アンカーブロック水平変位の推移  
Fig.24 Change of tension in ground anchors and horizontal displacement of anchor block

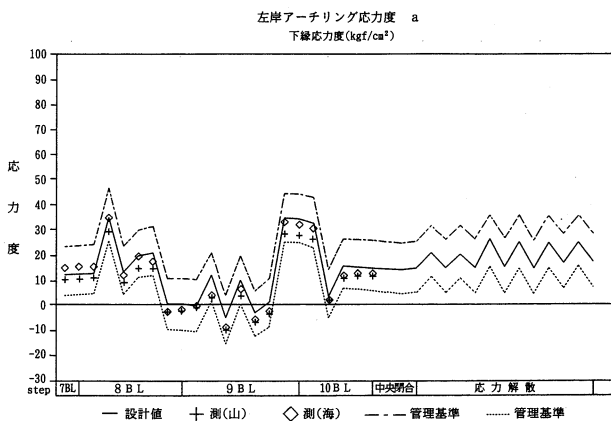


図-23 アーチリング応力度の推移

Fig.23 Change of stress in arch ring

値 (145 tf/本) に近い緊張力を示すものがあった。これに対しては、緊張力の調整を実施し、安全管理値を満足するようにした。(図-24)

原因としては、斜吊鋼棒のレラクセーションの影響、およびアンカーブロックの回転変位によるものが考えられた。

表-11 安全管理値および管理基準値  
Tab.11 Controls over safety and quality

計測項目	安全管理値とその背景	管理基準値とその背景
グラウンドアンカー張力	$139.1 \text{ tf} \leq P \leq 145.0 \text{ tf/本}$ 下限値として設計アンカー張力を、上限値として tendon とグラウトの付着から決まる許容値の95%の値を採用。	-
アンカーブロック水平変位	$\delta \leq 0$ (斜吊材側への変位を正とする) 水平方向の力の釣り合いに対する設計思想(斜吊材側よりもグラウンドアンカー側を大きくする)を反映。	-
斜吊材張力	$P \leq 64.9 \text{ tf/本} (0.85 P_y)$ 架設時の荷重に対する許容値。	設計値 $\pm 2.5 \text{ tf/本}$ 設計上考慮している緊張誤差。
アーチリング応力度	$\sigma_r \geq -25 \text{ kgf/cm}^2$ 架設時の荷重に対する許容値。	設計値 $\pm 10 \text{ kgf/cm}^2$ 斜吊材の緊張誤差およびアーチリング断面諸値の設計と実構造との違いを考慮。
斜吊柱応力度	$a = f(\sigma_c, \sigma_b) \leq 1.25$ 架設時の荷重に対する許容値	設計値 $\pm 45 \text{ kgf/cm}^2$ 斜吊材の緊張誤差および計測誤差を考慮。

なお、張力の経時変化の傾向は安定しており、グラウンドアンカーの急激な破壊・引き抜けの徴候は見受けられなかった。

アンカーブロックの挙動は、グラウンドアンカーの緊張によりアンカー体側へ変位し、張出し架設の進捗にともなって、少しずつもとの位置に戻るといったものであった。

このため、特にアンカーブロックへの作用荷重が短時間に著しく増加する8ブロック以降のコンクリート打設にあたっては、打設中についても常にアンカーブロックの水平変位を監視し、慎重に施工を進めた。

## 7. おわりに

上・下線のアーチリングの張出し架設は、所定の品質を満足したうえで、平成9年2月に無事完了した。アーチリングの施工結果より、計測管理に基づく情報化施工は、ピロン工法における安全性を確保し、所定の施工精

度及び品質を得るために重要な役割を果たしたと言える。平成9年7月現在、茶間川橋上部工工事では、平成9年11月の竣工を目指し、下り線補剛桁の施工を進めているところである。茶間川橋は、兵庫県南部地震の影響を受け大幅な工程の遅れも心配されたが、架設工法の変更等によりほぼ予定どおりに舗装工事に引渡しを行う予定である。ご尽力された関係各位に深く感謝いたします。

## 参考文献

- 1) 川戸、大川他「茶間川橋の設計」、プレストレストコンクリート、Vol. 38、No. 5、1996年9月-10月
- 2) 淵田、川戸、大川、「斜吊り材を用いた張出し架設方法による茶間川橋の施工」、建設の機械化、No. 561、1996年11月
- 3) 淵田、川戸、大川、「ピロン工法を用いた茶間川橋の情報化施工」、土木施工、Vol. 38、No. 3、1997年3月

# 多々羅大橋上部工の架設 (第一報) —塔架設および塔付き桁大ブロック架設—

Erection of Superstructure of Tataro Bridge (Report I)  
—Tower Erection and Large Block Erection of Deck at Tower—

第三建設局 第一工事長 平原伸幸  
向島工事事務所 Nobuyuki Hirahara



## 概要

多々羅大橋は、瀬戸自動車道のほぼ中央に位置する鋼・PCの複合形式の斜張橋であり、桁は桁高2.7mの箱桁形式、塔は高さ220mの逆Y型、そしてケーブルは2面吊り21段のマルチファン形式となっている。

本稿は、多々羅大橋上部工工事のうち、塔架設および塔付き桁大ブロック架設までを報告するものである。

Tataro Bridge is a cable-stayed bridge with a composite deck of the steel and the prestressed concrete, which is located nearly in the midst of Nishi-seto Expressway. The bridge is composed of the box deck with a depth of 2.7m, a set of inverse-Y shaped towers with a height of 220m, and a set of 21-storey fan-type cables. This paper reports the erection works on the towers and large block decks installed at the tower part for the Tataro Bridge.

## 1. まえがき

多々羅大橋(以下、「本橋」という)は、本州四国連絡橋尾道～今治ルートほぼ中央に位置し、生口島(広島県)と大三島(愛媛県)とを結ぶ橋長1,480m、中央径間長890mの斜張橋で、完成後には、姉妹橋のノルマンディー橋(フランス・中央径間長856m)を凌ぎ、世界最大の規模となる。

本橋は、中央径間長(890m)に比して、側径間長(2P側:270m、3P側:320m)が短いことから、死荷重のアンバランスを解消させるため、生口橋と同様に、側径間端部にPC桁を配置した鋼・PCの複合構造形式となっている。また、図-1に示すように、景観に配慮して、桁断面形状は桁高2.7mの3セルを有する1箱桁形式

状、塔形状は高さ220m、隅切りを有するモノセル断面(塔基部:8.5m<LL>×12.0m<TT>、塔頂部:5.881m<LL>×5.561m<TT>)で逆Y型下絞り基部拡幅形式、そして、ケーブルは2面吊り21段のマルチファン形式(最大ケーブル長:約460m)で構成されている。

本稿は、多々羅大橋の上部工架設のうち、塔架設および塔付き部桁大ブロック架設までの概要を報告するものであり、それ以降の作業となるケーブル架設を含む中央径間の桁張り出し架設(直下吊り)については、また、機会を改めて報告する予定である。

## 2. 架設工事の概要

上部工の架設手順を図-2に示す。

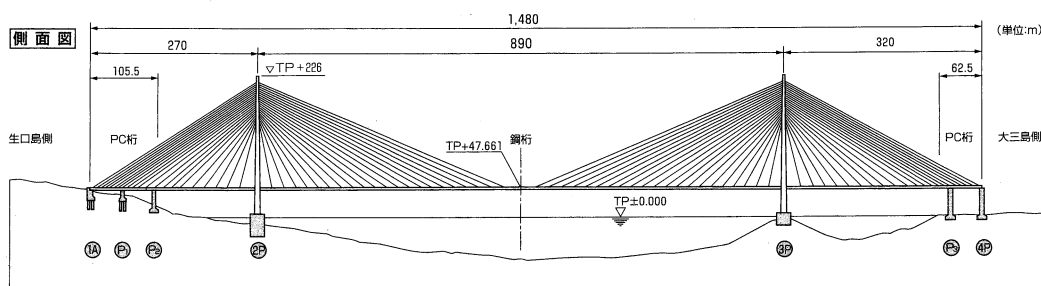
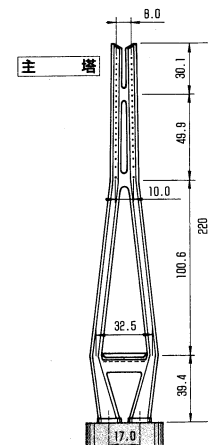


図-1 一般図

Fig.1 General Plan



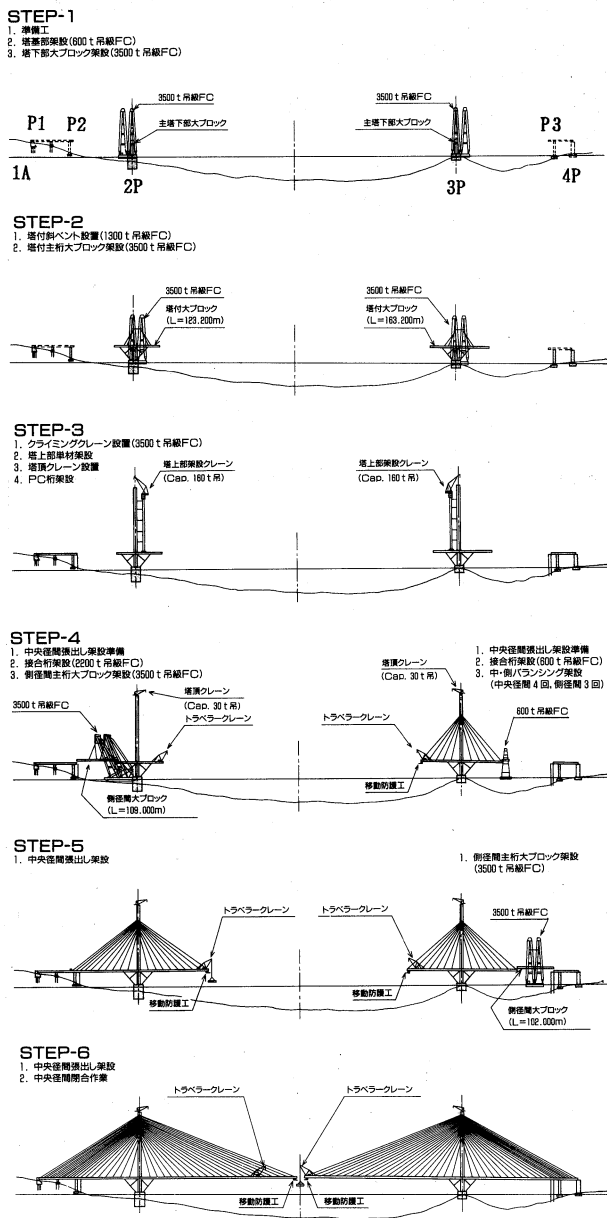


図-2 上部工工事架設手順  
 Fig.2 Erection sequence of superstructure

架設の順序を列挙すると、まず、道路面より下の部分の塔部材 (塔基部コンクリート面仕上げ、底板架設、塔第1段架設、塔下部大ブロック [第2~5段] 架設)、中央・側径間の両側に配置される塔付き斜べんト、および、塔付き部桁大ブロックの一連の架設作業をFC船を用いて実施した。

次に、この塔付き部桁大ブロックをヤードとして利用しながら、塔架設クレーンを用いて、道路面より上の部分となる塔第6~23段の単材架設を行った。

塔架設完了の後、側径間側の桁を固めてから、中央径間側の桁張り出し架設へと進むことになるが、本橋の場合、側径間長が広島県側は270 m、愛媛県側は320 mと異なることから、側径間側の桁閉合までの段取りが異なっている。広島県側は塔架設完了後、ただちに側径間の残り約110 mの桁大ブロックをFC船にて一括架設

を実施したのに対し、愛媛県側は側径間長が長いから、残りの部分をすぐには一括架設ができないことから、中央径間・側径間の均衡を図りながら、中央径間側は桁上のトラベラークレーンにて、側径間側はFC船にて、バランシング架設 (中央径間4ブロック、側径間3ブロック) 後、側径間の残り約100 mの桁大ブロックをFC船にて架設した。

その後、2P側、3P側ともに、桁上のトラベラークレーンにより、ケーブル架設を含む中央径間の桁張り出し架設 (桁ブロック長: 20 m) を、2P側で18回 (うち工事区域外となる作業は12回)、3P側で15回 (すべて工事区域外作業) 実施して、桁の閉合を迎えることとなる。

このなかで、大型のFC船を用いての架設作業となった一連の底板・塔第1段、塔下部大ブロック、斜べんトおよび塔付き部桁大ブロックの架設、また、塔完成後の側径間の桁大ブロック架設については、ともに架設時期が秋から冬にかけての季節風の強い時期にあたったため、安全面には十分配慮しながらの工事となった。

### 3. 渡海測量およびコンクリート研磨

塔の架設に先立ち、渡海測量を実施し、橋軸線およびスパン割りの設定を行った。この結果、渡海測量により設置した基準点と2Pアンカーボルト位置が中央径間側に20 mm程度の誤差を生じており、底板のアンカーボルト孔の余裕は±20 mmであるため、1A~2Pだけを4P側へ10 mmシフトすることとし、この程度であれば、全体系としては問題ないと判断した。

コンクリート面仕上げ工は、2P・3Pコンクリート上面を研磨作業により平滑に仕上げ、底板との密着性を向上させるとともに、塔全体の鉛直度を確保するために実施している工種である。底板とコンクリート面との処理については、研磨工法とグラウト工法の2種類あるが、本橋の場合、塔基部断面が8.5 m (LL) × 12.0 m (TT) と、大断面であることから、1/100 mm単位での調整の困難さを考慮して、研磨工法を採用した。

研磨作業は、あらかじめ設置したレールをガイドとする走行式研磨機とアンカーボルトをガイドとしてその軸回りを旋回する旋回式研磨機の2種類の機械を併用して作業を実施した。研磨作業は、まず仕上げ面より2~4 mmの高さまで切削し、その後、出来形を確認しながら、仕上げ面まで研磨していった。管理基準および実績を表-1に示す。

### 4. 底板・塔第1段、塔下部大ブロックの架設

#### 4.1 底板・塔第1段の架設

底板・塔第1段の架設は、両部材を同一の台船に載せ、同一のFC船を用いて、3P、2Pの順で同じ小潮期にシリーズにて架設した。

底板 (119 t × 2枚) ・塔第1段 (235 t × 2基) の部材は、3P、2P毎に仕立てられた3,000 t積台船にて輸送さ

表-1 コンクリート面仕上げ出来形 (3P)  
Tab.1 Finishing shape of concrete surface (3P)

	3 P		許 容 値
	北 塔	南 塔	
平均高さ	5,985.43 mm	5,985.53 mm	5,985.00 mm(±1.0)
最高高さ (max)	5,985.65 mm	5,985.70 mm	5,986.00 mm(+1.0)
最低高さ (min)	5,985.00 mm	5,985.15 mm	5,984.00 mm(-1.0)
平 面 度	0.65 mm	0.55 mm	1.00 mm 以下 平面度=max-min
最大傾斜	1/43154	1/101636	1/10000 以内
隙 間	合 格	合 格	0.5 mm/m 以下

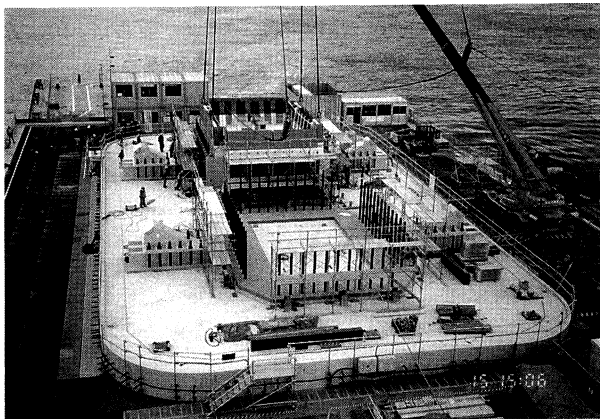


写真-1 底板・塔第1段の架設

Photo.1 Installation of base plate and first block of tower

れ、現地にて1,300t吊FC船により架設された。現地での架設作業はこのFC船の工事区域への入域、出域を含め、3P、2Pで各1日を要し、平成7年11月15日に3P側、同18日に2P側の架設を実施した。なお、アンカーボルトに収めた後の位置調整は、基礎上に据え付けたジャッキにより実施し、所定の精度内に収めた。

#### 4.2 塔下部大ブロックの架設

底板・塔第1段の架設後、塔下部大ブロック(塔第2段～第5段)の架設を3,600t吊FC船を用いて、3P、2Pの順で同じ小潮期にシリーズにて架設した。

工場岸壁で大ブロック組みされた塔下部大ブロック(本体:1,480t、架設機材:60t)は、3P分、2P分ともに、同一の16,000t積台船に積載され、現地まで輸送された。現地での架設は、片工区当りFC船の入域・係留・塔部材の吊上げ・立て起こし、架設・FC船の係留解除・出域で各1日の計3日を要し、平成7年12月17日に3P側、同20日に2P側の架設を実施した。

本橋の塔形状は、逆Y型下絞り基部拡幅形式であり、架設済みの上開きの塔1段の上に、下絞りの塔下部大ブロックを架設することになる。このため、ブロック側には間隔保持治具を設置し、自重による変形を防止するとともに、縦リブをかわして添接板がセットできるよう、



写真-2 塔下部大ブロックの架設

Photo.2 Erection of bottom part of tower at a time

あらかじめ第1段側に取り付けた添接板の開き具合を箇所毎に十分検討の上、架設作業を行った。また、塔下部大ブロックの落とし込み架設にあたり、ガイドとなるよう塔柱のコーナーにくさび状の治具を配したが、十分に機能せず、結果としてこの治具を外し、部材同士の芯合わせは、ブロックをFCにて吊りながら、ドリフトピンにて調整を実施した。

#### 5. 斜ベントおよび塔付き部桁大ブロックの架設

##### 5.1 斜ベントの架設

斜ベントは、塔付き部桁大ブロックを支える架台となるものであり、2P、3Pともに中央径間側、側径間側に各1基設置された。

斜ベント(約400t/基)は、工場岸壁で大ブロックに組み立て一体化した後、FC船で吊上げ、中央径間側、側径間側の2基を3,000t積台船に積載して、現地まで海上輸送した。現地での架設作業は、片工区当りFC船の入域・係留、斜ベント架設(1基)、同(1基)で各1日と他工区への移動(3P→2P)で半日の計3.5日を要し、平成8年1月14日、15日に3P側の中央径間分、側径間分、また、同17日、18日に3P側の側径間分、中央径間分の斜ベントの架設を実施した。

##### 5.2 塔付き部桁大ブロックの架設

塔付き部桁大ブロックの架設は、3,600t吊FC船を用いて、3P、2Pの順で別の小潮時にシリーズにて実施した。すなわち、工場での浜出しと現地での架設には、同一のFC船・台船を用い、3P側の現地作業終了後、2P側製作工場まで、このFC船・台船を回航し、3P側と同様の作業を繰り返した。

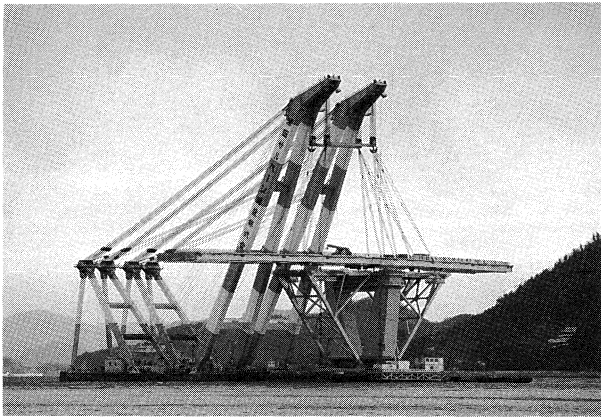


写真-3 塔付き部桁大ブロックの架設  
Photo.3 Erection of large block deck at tower

塔付き部桁大ブロック (2P:  $l=123.2\text{ m}$ ,  $W=2,000\text{ t}$ ; 3P:  $l=163.2\text{ m}$ ,  $W=2,500\text{ t}$ ) は、工場岸壁で大ブロックに組み立てた後、架設で使用する3,600t吊FC船で吊上げ、16,000t積台船に積載して、現地まで海上輸送した。現地での架設作業は、片工期当りFC船の入域・係留、吊具セット・部材吊上げ、桁大ブロック架設、吊具片付け・FC船の出域で各1日の計4日を要し、平成8年1月30日に3P側、同2月12日に2P側の塔付き部桁大ブロックの架設を実施した。

架設された桁大ブロックについては、斜ベント先端の架設用弾性沓および塔部弾性沓(本体構造)で鉛直力を、塔下部大ブロックのラテラル沓(本体構造)で橋軸直角方向力を支持し、また、桁大ブロックと塔下部大ブロックのセットバック設備(仮設備)により架設時における桁大ブロックの橋軸方向の移動を拘束した。なお、塔部弾性支承は、最終的には桁側および塔側とも溶接で固定されるが、塔架設完了後の桁張り出し架設における、側径間での鋼桁部とPC部の接合作業および中央径間での桁閉合作業において、桁をセットバックおよびセットフォーさせて、架設作業のための遊間を確保する必要があることから、塔部弾性支承(桁側上沓)は、桁大ブロック架設時において、事前に工場にて桁側に溶接したが、塔側下沓は塔下部水平材上の所定位置で可動状態になるよう処置した。また、塔付き部桁大ブロックの架設にあたっては、FC船の操船により、桁大ブロック下部のラテラル沓を塔下部水平材から突出した形状のラテラルタンクにはめ込むこととなるため、ガイドとなる仮設備を配置しての作業となったが、2P側の作業の過程でラテラル沓のPTFE板の一部に損傷が生じたため、後日、このPTFE板の交換を実施した。

## 6. 塔単材(塔第6段~23段)の架設

### 6.1 架設用設備

#### (1) 架設クレーン

本工事においては、明石海峡大橋主塔工事および来島大橋主塔工事で使用したジブ式全旋回クライミングクレーン(定格荷重:160t×35m;揚程:310m;巻上速

度:5m/分)を用いて、塔部材の水切りおよび架設作業を実施した。なお、この塔架設クレーンは、塔付き部桁大ブロック上の中央径間側にあらかじめ計画された架台に4,100吊FC船を用いて設置(3P;平成8年2月27日;2P:同29日)された。

また、2P、3Pともに桁大ブロック上での作業用に橋上クレーン(45t吊ラフタークレーン)を配置した。

#### (2) その他設備

図-3に、橋脚周辺の仮設備の配置を示す。橋脚上の配置は、塔柱部材の水切りを考慮し、水深が深く台船の着岸が容易な中央径間側に塔架設クレーンを配置し、桁上(中央径間側)を塔柱部材およびクレーン部材(ポストおよび継ぎ梁)の仮置場とした。また、工事用エレベーターとしては、ケーソン上から桁上までの連絡用に15人乗り(積載荷重1.0t)、速度31m/secのもの、さらに、桁上から塔頂までの連絡用に12人乗り(積載荷重0.8t)、速度31m/secのものを、それぞれ南北両塔柱の外側に各1基ずつ設置した。

工事用電力としては、2P側、3P側ともに海底ケーブルを用いての商用電力を利用した。

また、後述するが、塔架設時の制振対策については特段の対策を必要としなかった。

### 6.2 部材輸送

塔単材ブロックは、2,000t積台船に4部材(N・S塔柱、各2段分)を搭載して、工場より現地まで海上輸送した。

また、部材は現地での作業(部材の立て起こし、足場取付作業等)を極力省力化するために、あらかじめ工場にて添接用足場を取り付け、立て置き状態で台船上に艀装された。なお、部材は、輸送中の塩分付着を避けるため、全体をブルーシートにてウォーニングを施すとともに、端面保護のために仕口部には、メタルタッチにおいて支障のない程度(塗膜厚15 $\mu$ )にウォッシュプライマーを塗布し、台船とは端面保護治具を介して固定した。

### 6.3 サイクル架設

塔柱の第6段~第23段は、架設クレーンにより架設した。塔柱の架設は、水切り~架設準備~吊上げ~架設(メタルタッチ・芯合わせ)~高力ボルト締めの一連の作業を2段~4段分実施する毎に、架設クレーンをせり上げて作業を進めた。架設クレーンのせり上げは、合計5回実施した。架設サイクルおよび実工程の例を表-2に示す。

塔柱の架設は、本橋の塔柱ブロックがモノセル構造であること、立て起こし作業のない立て置き状態での輸送であったこと、添接用足場が工場ですべて取り付けられていたことから、現地での作業が比較的順調に進み、場合によっては1日でN・S側を1段ずつ架設することも可能であった。

なお、塔単材架設(吊上げ)は、2P・3P側ともに第



表-2 塔架設実績 (3P)

Tab.2 Facts of quality in tower erection (3P)

3P						
S塔			N塔			塔架設クレーン せり上げ
ブロック	水切り	架設日	ブロック	水切り	架設日	
底板	H 7.11.15	H 7.11.15	底板	H 7.11.15	H 7.11.15	
1	H 7.11.15	H 7.11.15	1	H 7.11.15	H 7.11.15	
2	H 7.12.16	H 7.12.17	2	H 7.12.16	H 7.12.17	
3			3			
4			4			
5			5			
6			H 8.3.13			H 8.3.16
7	H 8.3.13	H 8.3.19	7	H 8.3.13	H 8.3.20	設置日 H 8.2.27
8	H 8.3.25	H 8.3.27	8	H 8.3.25	H 8.3.27	
9	H 8.3.25	H 8.3.29	9	H 8.3.25	H 8.3.31	
10	H 8.4.10	H 8.4.11	10	H 8.4.10	H 8.4.11	第1回盛換え (3ポスト) H 8.4.8
11	H 8.4.10	H 8.4.15	11	H 8.4.10	H 8.4.15	
12	H 8.4.23	H 8.4.24	12	H 8.4.23	H 8.4.24	第2回盛換え (4ポスト) H 8.4.20
13	H 8.4.23	H 8.4.25	13	H 8.4.23	H 8.4.25	
14	H 8.5.8	H 8.5.10	14	H 8.5.8	H 8.5.10	
15	H 8.5.8	H 8.5.15	15	H 8.5.8	H 8.5.15	第3回盛換え (4ポスト) H 8.5.14
16	H 8.5.17	H 8.5.21	16	H 8.5.17	H 8.5.21	
17	H 8.5.17	H 8.5.23	17	H 8.5.17	H 8.5.23	
18	H 8.5.27	H 8.5.28	18	H 8.5.27	H 8.5.28	
19	H 8.5.27	H 8.6.4	19	H 8.5.27	H 8.6.5	第4回盛換え (4ポスト) H 8.6.1
20	H 8.6.6	H 8.6.11	20	H 8.6.6	H 8.6.11	
21	H 8.6.6	H 8.6.13	21	H 8.6.6	H 8.6.13	
22	H 8.6.19	H 8.6.22	22	H 8.6.19	H 8.6.22	第5回盛換え (2ポスト) H 8.6.7
23	H 8.6.19	H 8.6.25	23	H 8.6.19	H 8.6.23	
水平材 15		H 8.5.16	(備考)			
水平材 21		H 8.6.13				

6段を平成8年3月16日から開始し、最終の第23段を同6月25日に終了した。

## 7. 品質管理

### 7.1 塔柱の鉛直度

本橋は、塔下部大ブロックの上に桁(塔付き部桁大ブロック)を架設し、その後、塔柱を単材で架設していく

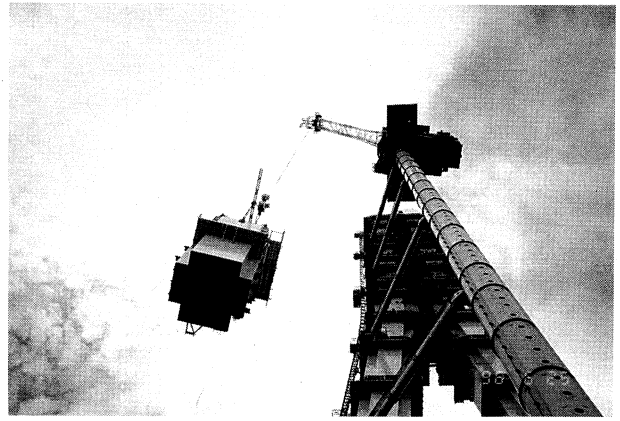


写真-4 塔単材の架設  
Photo.4 Erection of tower block

方法を採用しているため、桁上の荷重変化、桁温度の変化、塔水平材上および斜べント鉛直沓(ゴム沓)の変形等により、塔が橋軸方向、橋軸直角方向に変形することになる。このため、塔柱の鉛直度計測にあたっては、あらかじめ架設資機材の配置等を反映させた有限変形解析を実施し、この計算値と計測値との確認を実施した。

本橋の場合、塔高が約220mあるとともに、形状が逆Y型で、極端な斜塔部分を含むことから、塔基部に据えたトランシットで架設頂部を視準することはかなり困難であることが予想されたため、鉛直度の確認計測については、明石海峡大橋の主塔架設における鉛直度の確認方法と同じく光波測距儀による3次元座標計測を基に実施した。なお、光波測距儀での計測精度の信頼性を確認するため、塔下部大ブロックの架設後の測量については、従来手法であるトランシットでの計測をも実施し、両計測法における差異がほとんどないことを確認した。図-4に塔柱鉛直度の出来形結果を示す。

### 7.2 メタルタッチ

主塔の添接構造については、J1(第1段と第2段/下部大ブロックの下側添接部)、J5(第5段と第6段/下部大ブロックの上側添接部、下部水平材部)およびJ15(第15段と第16段/中間連結部)を、通常のメタルタッチを考慮したHTB接合でなく、全強にての接合とし、これ以外の箇所はメタルタッチを考慮したHTB接合とした。これは、第6段以降、それぞれが独立で架設されてきたN塔柱、S塔柱が縦シームで連結される第15段(中間連結部)の添接部において、高さ方向の精度が確保されるよう、事前に塔柱のN側とS側の高低差を調整するための処置であり、実際、3PにおいてはJ5で0.2~3.2mmのフィラープレートを挿入して、調整を実施した。

なお、塔柱継手部のメタルタッチ率は、従来の吊橋の精度基準と同様に、塔柱については50%以上、縦リブについては25%以上のメタルタッチ率と0.2mm以下の最大隙間が規定されている。メタルタッチ率の結果は表-3のとおりである。

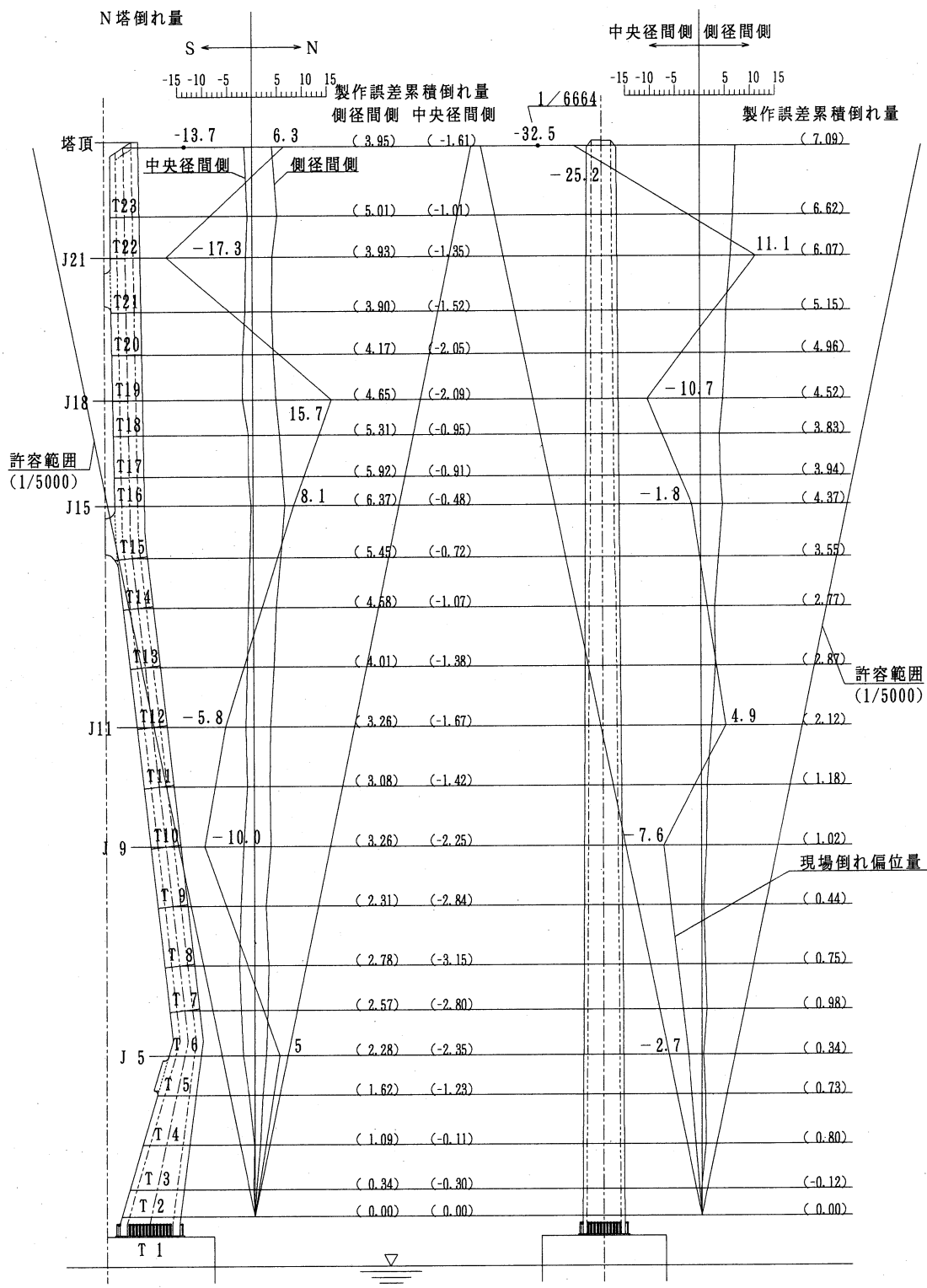


図-4 塔柱鉛直度出来形 (3P)  
Fig.4 Accuracy of verticality of tower (3P)

### 8. 塔架設時の耐風対策

塔架設時における耐風安定性は、風洞試験での検証により、架設用足場、間隔調整材が寄与し、極めて良好であることが予想されたため、本橋においては特段の制振対策を実施しなかった。また、現地での架設作業におい

ても、有害な振動は発生せず、塔完成後に襲来した台風12号(平成8年8月14日)の観測結果(最大風速:22 m/sec、風速:東)でも、塔頂での加速度は最大5ガル、変位量は両振幅で最大5 cm程度であり、風洞試験の信頼性を確認する結果となった。塔架設時の耐風安定性については、既報<sup>1)</sup>に報告されているので参照されたい。

表-3 メタルタッチ率実績 (現場架設時)

Tab.3 Facts of quality in facial touch between members (in site)

ウェブフランジ 50%以上  
縦リブ 25%以上

塔 柱	2 P				3 P			
	S 塔		N 塔		S 塔		N 塔	
	ウェブ、フランジ	縦リブ	ウェブ、フランジ	縦リブ	ウェブ、フランジ	縦リブ	ウェブ、フランジ	縦リブ
23	87%	77%	86%	91%	84%	93%	70%	83%
22	77%	77%	80%	77%	75%	73%	82%	96%
21	88%	79%	82%	72%	87%	93%	95%	92%
20	97%	90%	84%	84%	95%	96%	88%	98%
19	80%	77%	91%	93%	92%	75%	85%	96%
18	86%	95%	92%	86%	87%	89%	87%	90%
17	94%	86%	82%	72%	90%	83%	90%	92%
16								
15	79%	88%	77%	82%	97%	83%	100%	97%
14	94%	58%	91%	60%	94%	92%	96%	95%
13	92%	70%	99%	50%	98%	97%	93%	93%
12	94%	63%	97%	76%	78%	93%	100%	100%
11	98%	60%	97%	68%	100%	100%	100%	100%
10	92%	85%	98%	58%	98%	97%	96%	100%
9	98%	83%	94%	64%	100%	93%	98%	91%
8	98%	94%	91%	73%	100%	94%	97%	99%
7	99%	70%	86%	65%	90%	88%	95%	93%
6								
5								
4								
3								
2								
第1段								
底 板	100%	98%	100%	85%	100%	100%	100%	100%

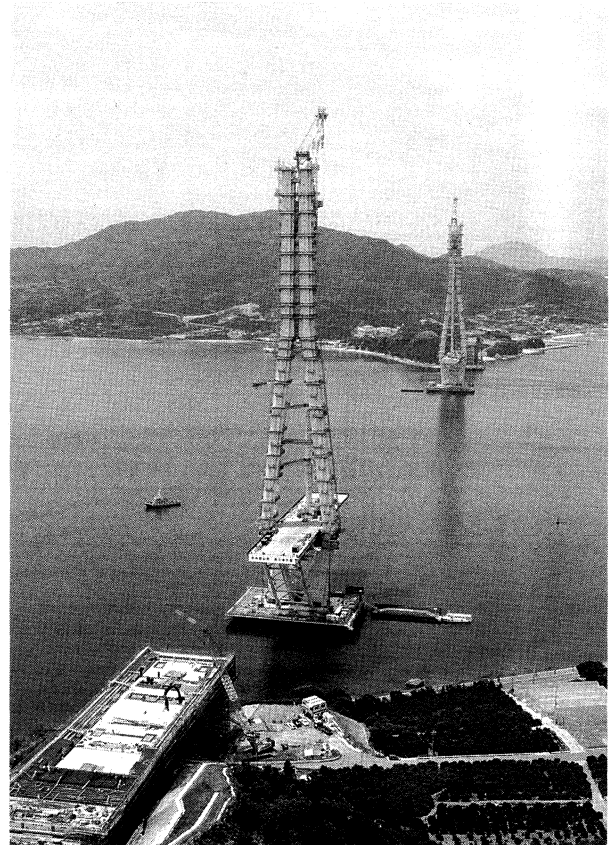


写真-5 塔架設完了後の多々羅大橋

Photo.5 Completed figure of tower of Tatara Bridge

## 10. あとがき

多々羅大橋上部工工事のうち、本稿で紹介した塔架設は平成8年6月末に完了し、桁架設についても平成9年7月30日に最終ブロックの吊上げを完了した。今後、平成11年春の完成をめざし、仮設備の撤去、付属物の設置等の上部工工事の残工事、船舶緩衝工、橋面工等を実施していく予定である。

最後に、多々羅大橋上部工工事は、工事着手以来、無事故で工事を進めており、工事関係者各位のご努力に感謝する次第である。

## 9. 現場塗装

本橋の塗装仕様は、明石海峡大橋と同様に、一般部については、外面塗装にフッ素樹脂塗料、内面塗装に変成エポキシ樹脂塗料を用いるとともに、また、継手部については、外面塗装の下塗りに300 $\mu$ タイプの超厚膜型エポキシ樹脂塗料を、内面塗装に無溶剤型変成エポキシ樹脂塗料を用いた。

なお、塔形状が極端な斜塔部分を有すること、継手部の一部にメタルタッチでない全強にての接合部分(最大隙間が0.2 $\mu$ 以上となる可能性がある)があることから、継手部には防水工を施した。

## 参考文献

- 1) 平原、森山：多々羅大橋主塔架設系の風洞試験、本四技報、Vol. 21、No. 81、1997. 1
- 2) 藤原、森山：多々羅大橋塔完成時の耐風性、本四技報、Vol. 19、No. 74、1995. 4

# 来島大橋 4A・7A ケーブルアンカーフレームの設計・施工

Design and Construction of CAF of Kurushima Bridge 4A and 7A

今治工事事務所 第一工事長 伊藤 稔 明  
Toshiaki Ito

北海道開発局室蘭開発建設部 室蘭道路事務所 五十嵐 光 徳  
前今治工事事務所 第一工事長代理 Mitsunori Igarashi

今治工事事務所 第一工事長付 森 敦 郎  
Atsuro Mori



## 概要

来島大橋の共用アンカレイジである4A、7Aにはそれぞれ4基のケーブルアンカーフレームが設置されている。ケーブルアンカーフレームの形式は、景観への配慮と経済性・施工性から、アンカレイジ躯体の寸法を小さくできる仕切ガーダー剛結引張材方式とした。また、定着構造は、定着部の作業性がよい引張材先端支圧定着構造を採用した。架設は、4Aについては工場立体組立後、全旋回1500t吊りFC船による一括ブロック輸送架設工法、7Aについては、トラッククレーン・タワークレーンを用いた面材架設工法により架設を行った。

本稿は、4A、7Aのケーブルアンカーフレーム設計・施工の概要を報告するものである。

Four sets of cable anchor frame (CAF) were installed inside each of the anchorage 4A and 7A, which are double-rolled anchorage. The structure of the CAFs employed a system composed of tension holders with a rigid strut, which could make the anchorage smaller in consideration of aesthetics and cost and workability in construction. The support of cable strands employed a tension bar with a nose bearing for the support of strand. As for installation procedure: CAFs for 4A were shop assembled prior to the site installation by a 1500-ton floating crane, those for 7A were assembled in site by using track crane. This paper reports the outline of design and construction of CAFs for 4A and 7A.

## 1. まえがき

来島大橋は、第一、第二、第三大橋からなる3連の長大吊橋で、アンカレイジ4基を有し、4Aと7Aは共用のアンカレイジとして設計・施工されている。(写真-1、2)

来島大橋の橋梁計画では、瀬戸内海国立公園という立地条件と施工数量の低減という経済性の面から、できるだけ躯体寸法を小さくすることが要求された。4Aと7Aのケーブルアンカーフレーム(以下、「CAF」という。)の形式は、橋軸直角方向の躯体幅が小さくできる仕切ガーダー剛結引張材方式とした。また、定着構造は、定着部の作業性がよい引張材先端支圧定着構造とした。

CAFの架設は、4A、7Aともアンカレイジ躯体工程の短縮を図るため、できるだけ現場施工期間が短くなる架設工法を選定する必要がある。4Aについては、海上部基礎であり直接FCによる架設が可能であることから大ブロックによる一括輸送架設工法により架設を行った。

7Aについては、馬島陸上部のアンカレイジであり、作業ヤード、運搬路などの現場条件から一括輸送架設ができない。そのため単材架設工法と面材架設工法について、設計・施工両面において検討を重ね、最終的には面材架設工法を採用し架設工程の短縮を図った。

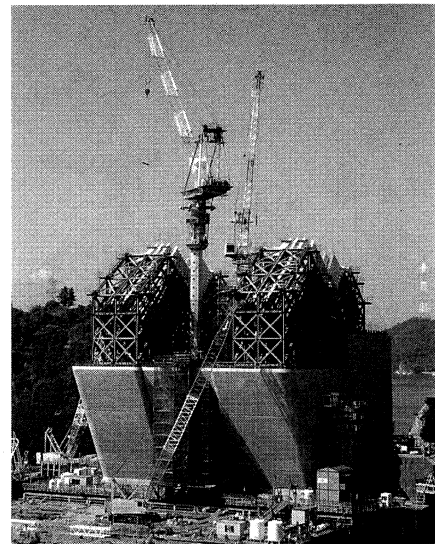


写真-1 4ACAF 全景

Photo.1 Overview of 4A CAFs

## 2. 構造概要

4ACAFの一般図を図-1に、7ACAFの一般図を図-2に示す。構造形式は引張材先端支圧定着構造によ

4 A

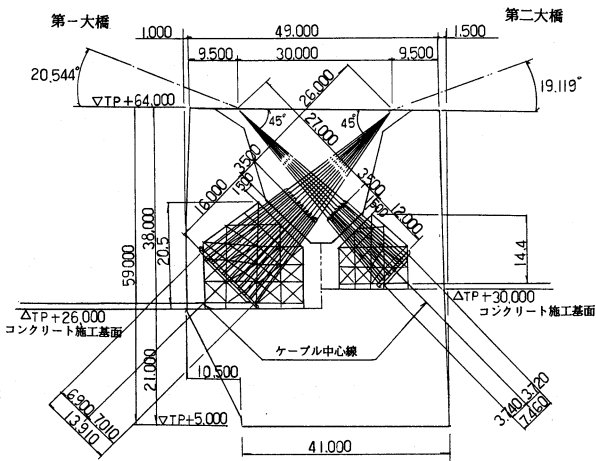
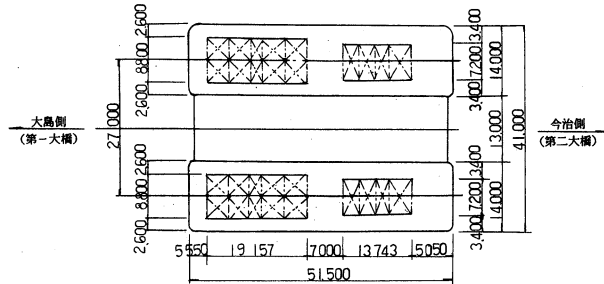


図-1 4 ACAF 一般図

Fig.1 General plan of 4A



7 A

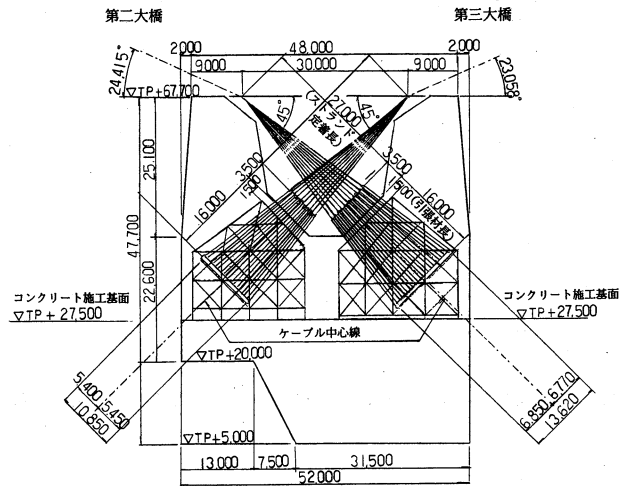


図-2 7 ACAF 一般図

Fig.2 General plan of 7A

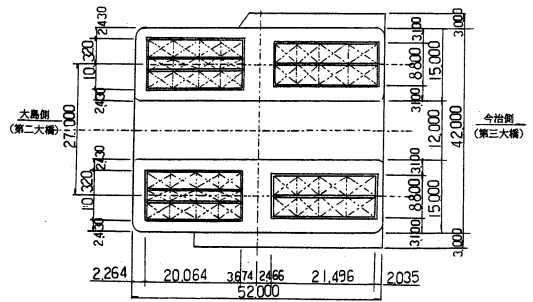
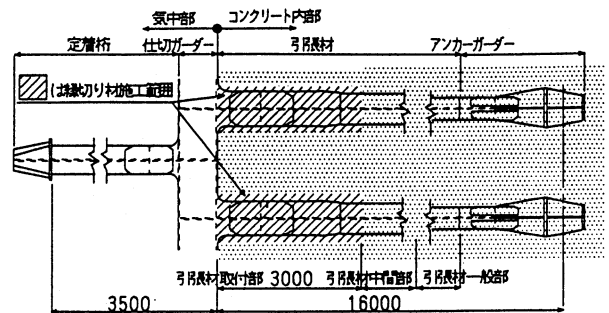


図-3 部材名称

Fig.3 Names denoting members



4 A 及び 7 ACAF の鋼重内訳を表-1 に示す。

### 3. CAF の設計

4 A 及び 7 ACAF の設計は、南北備讃瀬戸大橋、明石海峡大橋など既往の CAF 1)、2) の考え方を踏襲した。設計の概要は次のとおりである。

る仕切ガーダー剛結引張材方式を採用した。ケーブルからの張力の伝達は、定着桁→仕切ガーダー→引張材取付部→引張材中間部→引張材一般部→アンカーガーダーの流れにより、アンカレイジ躯体に伝えられる。(図-3) この形式は、橋軸直角方向の躯体寸法を小さくできる特徴がある。

写真-2 7 ACAF 全景

Photo.2 Overview of 7A CAFs

表-1 ケーブルアンカーフレーム鋼重内訳(2基当り)

Tab.1 Breakdown of steel weight of CAFs (per 2 pcs)

単位: ton

	4 A		7 A	
	第一大橋	第二大橋	第二大橋	第三大橋
	定着桁	90	192	194
仕切ガーダー	83	165	163	156
引張材	148	418	436	401
アンカーガーダー	44	109	118	109
支持フレーム	197	476	456	589
合計	562	1,360	1,367	1,445

表-2 設計張力

Tab.2 Design tension

4 A	第一大橋	176.2 tf/st×1.1=193.8 tf/st
	第二大橋	180.2 tf/st×1.1=198.2 tf/st
7 A	第二大橋	187.0 tf/st×1.1=205.7 tf/st
	第三大橋	178.2 tf/st×1.1=196.0 tf/st

※(設計張力)=(作用張力)×1.1

表-3 定着桁偏心誤差値

Tab.3 Eccentric error in assembly of support beam

誤差の要因	4 A		7 A			
	ez	ey	ez	ey		
設計	①引張材の軸方向と理論上のスプレー発射点方向とのずれ	(70) 50	50	(70) 50	50	
	②アンカーフレームと支持フレームの弾性たわみ	15	-	15	-	
	③基礎沈下による偏心	50	50	50	50	
	④スプレーサドルの移動による偏心	10	4	10	4	
製作	⑤スプレーサドルの溝形製作の誤差	2	2	2	2	*
	⑥支持フレームの製作・仮組立誤差	25	25	25	25	*
施工	⑦据付位置の測定誤差	5	5	5	5	*
	⑧アンカーフレームの据付誤差	20	40	5	10	*
	⑨コンクリート打設による移動	10	10	10	10	
	⑩コンクリートの温度収縮変形	7	7	7	7	
	⑪継目グラウト注入圧力によるコンクリートブロックの移動	10	10	-	-	
工	⑫スプレーサドル据付位置の測定誤差	10	10	10	10	*
	⑬スプレーサドル据付誤差	5	5	5	5	*
	⑭スプレーサドル上のストランド形状の誤差	70	20	70	20	
⑮定着位置へのソケット取付け誤差	10	10	10	10		
合計	266	210	250	181		

ez=鉛直方向 ey=橋軸直角方向

\*印は二乗和の平方根を合計に加算

( )は1本定着桁

### 3.1 設計荷重

基本設計荷重として、以下の荷重を考慮した。

#### ① ストランド張力

部材設計用ストランド張力は、架設誤差等による張力のばらつきを考慮し、スプレーサドル部の常時設計作用張力の10%増しとした。表-2に設計張力を示す。

#### ② 各種誤差に起因する偏心荷重

CAF、支持フレーム及びストランドの製作、架設及び躯体コンクリート打設等種々の要因によって生じる誤差を設定し、ストランド張力との積を偏心荷重として考慮した。表-3に考慮した誤差量を示す。表中\*印

は同時に生じる確率が小さい誤差量と考え二乗和平方根して合計に加算している。

#### ③ 張力差に起因する曲げモーメントと水平力(2本定着桁)

2本定着桁の場合左右のケーブルに張力差が生じることを想定し、ストランドの設計張力の±10%を張力差としこれによる曲げモーメントと水平力を考慮した。

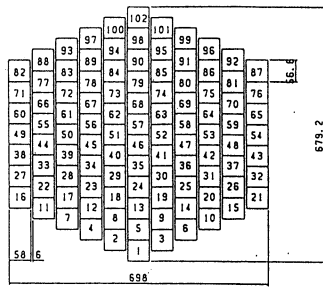
#### ④ 温度変化

CAF本体の温度変化はスプレー室内温度変化を想定し±10°Cとした。

#### ⑤ 自重

コンクリート打設後も、自重によって生じた部材応

スプレーサドル上



CAF 定着部

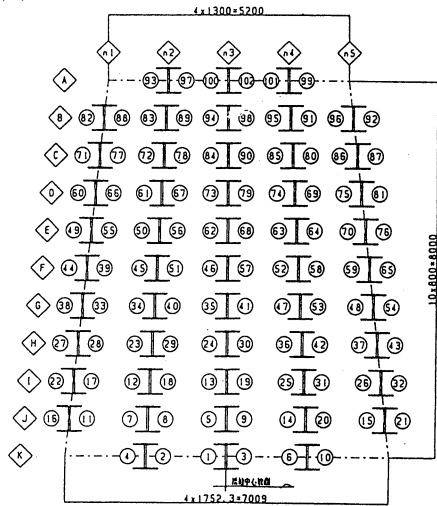


図-4 第二大橋ストランド配置図

Fig.4 Arrangement of cable strands for Second Kurushima Bridge

力は残存するものとして考慮した。

### 3.2 ストランド配置

ケーブルサドル上でのストランド配置及びケーブル定着面でのストランド配置は、以下の方針で行った。

- ① アンカレイジ躯体寸法を極力小さくするため、スプレーサドル内と定着面のストランド配置を非相似とし列、段の分散を少なくする。
- ② 上下左右を逆転させず、水平方向の対称性を保つ。
- ③ ストランド空中交差部の接触防止、施工性を考慮し余裕を確保する。
- ④ ストランドの形崩れが生じないスプレー形状とする

図-4にスプレーサドル上のストランド配置と定着部のストランド配置を示す。ケーブル1本当りのストランド数は、第一大橋44本、第二及び第三大橋102本である。

### 3.3 各部材の設計

#### (1) 定着桁の設計

ストランド定着桁は、2本定着を基本としている。2本定着桁で問題とされている定着リブのフィレット部の応力集中については、FEM解析を行うことによって応力、断面の照査を行った。

#### (2) 仕切ガーダー及び引張材

構造を仕切ガーダーと引張材で構成されるラーメン構造と考え解析を行った。ラーメン脚長は、基本的に引張材取付部に設けたコンクリートとの“縁切区間”までとした。ただし、コンクリート内の引張材全体の伸びを考慮した場合についても解析を行った。

#### (3) アンカーガーダー

アンカーガーダーは、引張材の張力をコンクリートの支圧力に変換してアンカレイジに伝達する。

構造は、ガーダーの上フランジを支圧面とするI型断面支圧板形式とした。構造解析はガーダー前面のコンクリートをバネ評価し、弾性支承上の梁として行った。

アンカーガーダーの支持フレームへの取付けは、アンカーガーダーにストッパーを設け、支持フレームに設けたストッパー受桁により支持させる構造とした。このため架設において、施工基面の状態に影響を受けずに支持フレーム内で調整を行うことができた。

#### (4) 支持フレーム

CAFを所定の位置に据え付ける支持フレームは、コンクリート打設完了までの期間、自重、風荷重、地震荷重、温度荷重に対して安定する仮設構造物として設計した。

## 4. 製作

製作部材のうち、定着桁、アンカーガーダーは開先加工したグループ十字溶接部が多く、部材の変形防止および溶接品質確保に特に配慮する必要がある。そのため、①部材の製作手順の確立、②溶接、ひずみ取り完了後の再野書き、再切削、③完全溶接部及び構造上重要な部分は、超音波探傷試験を行う④ラメラテアが懸念される溶接箇所は、材料、開先形状、溶接手順による対策を施すことにより作業を行った。

## 5. 引張材の縁切り

コンクリートに埋設された引張材は、ケーブル張力により水平、鉛直、部材軸方向の変位が生じる。この変位を拘束すると躯体コンクリートに悪影響を及ぼすことが懸念されたため仕切ガーダーのコンクリート面より3mの深さまでを縁切り区間とした。(図-3)

4Aは一括架設のため工場立体組立後に硬質ウレタンフォームを吹き付け、7Aは現場架設後ポリスチレン系押出し発泡板を貼り付け縁切り処理を施工した。

それ以外の区間においては部材軸方向の変位のみとなるため縁切り塗装として、タールエポキシ樹脂塗装+アルミニウム塗装を施工した。

## 6. 架設

### 6.1 4 ACAFの架設

#### (1) 架設概要

4 ACAFは海上のアンカレイジであり、CAFの浜出



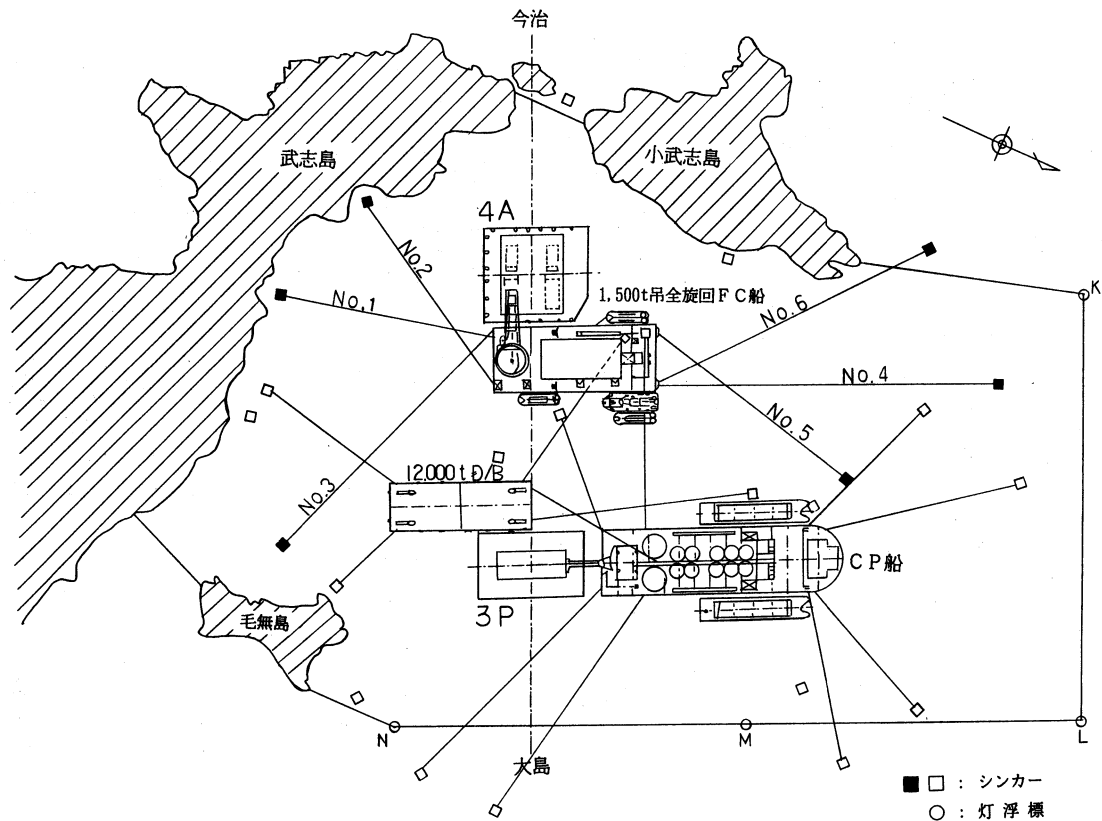


図-8 据付位置係留図(武志島東工事区域)

Fig.8 Mooring plan for installation

け作業が容易である、CAF 本体への吊りワイヤの接触による損傷を防ぐことができるなどの利点がある。

一方、この構造にした場合は、CAF 本体は構造物として非対象であるため、吊り点位置に制約を受け、吊り上げ時に荷重のアンバランスにより吊り枠位置にて水平力が発生し、吊り枠が水平移動することになる。

計算上の移動量は、第一大橋で-47~143 mm、第二大橋で 342~506 mm となった。しかし、実際の作業では、水平移動を考慮し、あらかじめタガワイヤにて調整したため地切り時の水平移動は特に見受けられなかった。

#### (5) 一括吊り上げによる変形

CAF の一括吊り上げによる変形が、現地設置作業に影響を及ぼすことがないかを確認するため、浜出し吊り上げ時に、支持フレーム下端位置で変形量を測定した。

測定の結果、支持フレーム柱間隔の開きはほとんどなく、基準線に対する鉛直変位も最大 1 mm 程度(計算値で 5 mm)であった。よって、現地設置作業に際して一括吊り上げによる変形の影響は問題ないと判断した。

#### (6) CAF の輸送

4 基の CAF の積み込み後、大型で非常に強い台風 7 号が南海上を北東に進んでいたため、気象情報をもとに輸送可否の検討を行った。その結果、台風の影響は少ないと判断し、武志島東工事海域まで海上輸送を行った。

来島航路、現場海域を安全に航行するため、船団構成替えを来島航路東口東方海上付近にて行い、平成 6 年 7 月 22 日に現場海域の転流時間に合わせて、無事工事海域

へ入域し、FC 船を 4 A アンカレイジと 3 P の間に係留した。係留には、200~550 t シンカー 6 基を使用した。据付位置係留図を図-8 に示す。

#### (7) 台風 7 号対策

輸送・係留後、台風 7 号の進路が急変し、工事海域への影響が懸念された。工事海域は、3 つの島に囲まれ吹送距離が短く風波の影響が小さい海域であるため、FC 船を工事海域に係留したままにした。対策として FC 船の係留アンカーの確認、主ブームを最大傾斜させ、CAF 本体の固縛及びブラッシング状況の確認などの台風対策を行った。

平成 6 年 7 月 25 日台風 7 号の接近にともない、現場の気象条件は最大瞬間風速 18 m/sec (FC 船風速計) 波高 0.5 m を記録したが FC 船、CAF 本体に影響はなかった。

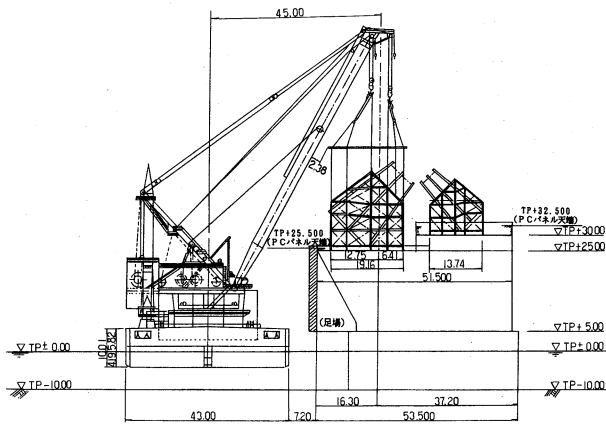
#### (8) 架設

架設は台風の影響で 2 日ほど作業開始が遅れ 7 月 27~30 日の 4 日間で、1 日 1 基ずつ所定の位置に設置した。架設状況を写真-3 に、架設要領図を図-9 に示す。

FC 船で吊り上げ地切り後、船体内直上約 4 m まで吊り上げ、CAF とシアースが平行になるまでタガウインチ操作を行った。その後、毎分 1.3 m のスピードで施工基面まで巻き上げ、クレーンの旋回及びシアースの起伏を行い所定の位置まで CAF を誘導した。

FC 船の係留位置確認は、4 A ケーソン躯体外周作業足場に視準点を設置しトランシットにより FC 船船体の視

第2大橋アンカーフレーム据付状況図



2S 据付平面図

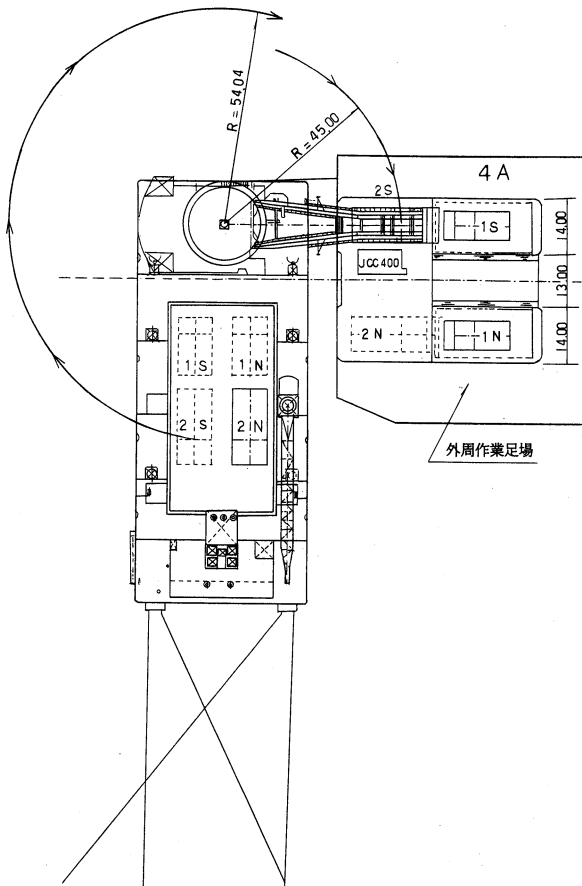


図-9 4 ACAF 架設要領図

Fig.9 Works procedure of 4A CAFs

準点を視準し橋軸平行位置の誘導を行った。

船体誘導完了後シアースの誘導を行い、CAFが支持受け台の直上（1.0mの高さ）まで降下した時点で支持フレーム本体に引き寄せ用ワイヤを取り付け、支持フレームがガイド治具（図-10、写真-4）に入るまでCAF本体の緩み止め作業を行った。

CAFの調整作業は、荷重開放50%後に受け台基準墨とのずれを調整し、その後定着桁の先端座標のずれを確認し再調整を行う予定であったが、受台基準墨との調整のみで管理目標値を満足することができた。

(9) 架設精度

精度管理は工場立体組立時と現場で行い、工場では次の三段階において座標管理で設計形状と出来形形状との相関をとった。

- ①アンカーガーダー搭載後
- ②引張材搭載後
- ③仕切りガーダーと定着桁の地組立部材搭載後

定着桁先端の現場架設精度は、図-11のとおりである。計測は、極力誤差の発生を抑えるため、計測機器及び測定者を工場と現場で統一した。

定着桁先端の架設精度を工場立体仮組立後と現場据付後で比較したところ、誤差値の差がほとんど2~3mm程度であった。よって、工場と現場とではほとんど差がない結果となった。

6.2 7 ACAFの架設

(1) 架設概要

アンカレイジの全体工程の中で、CAFの架設期間中はコンクリートの打設ができないため、架設期間を短縮することが全体工程を短縮することとなる。

7 ACAFは、7 A アンカレイジが馬島島内のほぼ中央に位置し、4 A のような一括運搬架設ができない。そのため、当初は個々の部材を現地で組み上げていく単材架設工法で計画していたが、架設期間の短縮を図るため部材を地組みして架設する面材架設工法に変更し架設を行った。架設実施工程を図-12に、架設フローを図-13に、また、架設箇所平面図を図-14に示す。

(2) 支持フレームの固定

支持フレームをコンクリートに固定するためのアンカー構造は、コンクリート打設時にあらかじめ据え付けるアンカーフレーム形式とした。アンカーフレームにはゲージプレートを取り付け、これを基準にアンカーフレームを設置し、コンクリート打設後はゲージプレートの再調整により施工基面の高さ調整を行った。

(3) 支持フレーム架台の追加

CAFの施工基面は第二大橋 TP+27.5 m、第三大橋 TP+29.0 m であるが、コンクリート打設ブロックが同一であることから、同一ブロックの半分から高さ調整の必要が生じる。そのため第三大橋側の支持フレームに架台を設けて施工基面を揃えた。

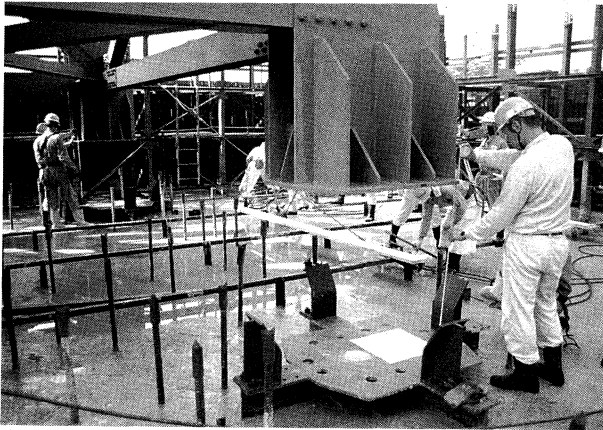


写真-4 ガイド治具への据付状況  
Photo.4 Installation by guide apparatus

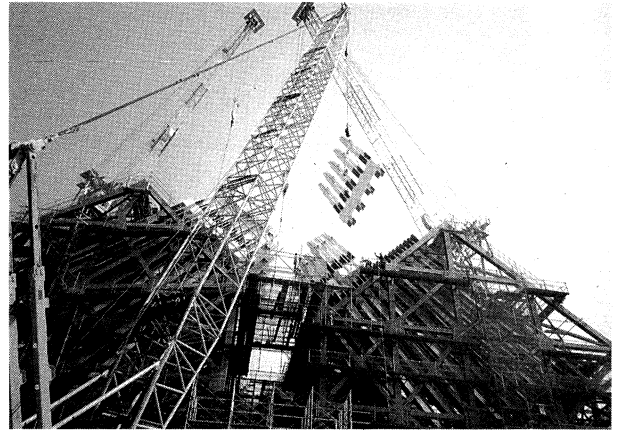


写真-5 定着桁及び仕切りガーダー面材架設  
Photo.5 Assembly of stand support and cross beam

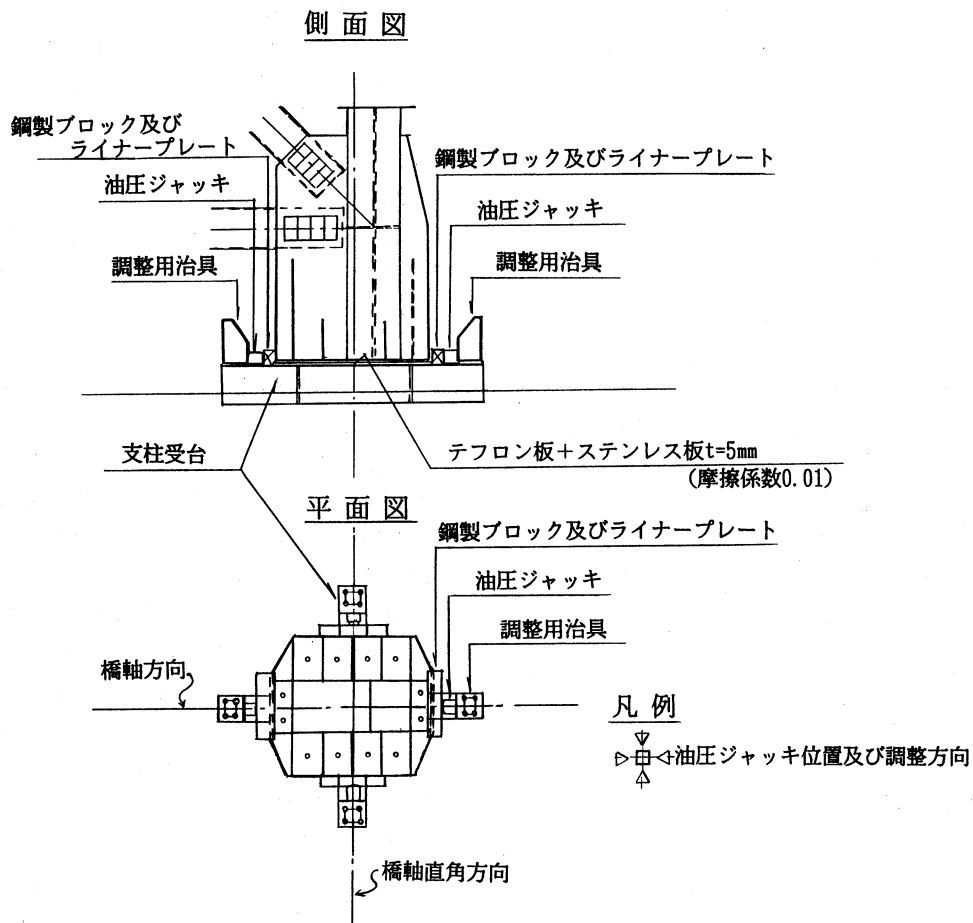


図-10 ガイド治具  
Fig.10 Guide apparatus

(4) 作業足場

CAFの架設作業を安全で迅速に行うためには、部材架設、高力ボルト締付け、塗装作業に適した足場を構築する必要がある。CAFの部材は互いに交錯し、1部材のための足場が次の部材架設の障害になることがある。そのため、着脱が容易な工場製作足場(図-15)を、架設の障害にならない外周部に取り付け、また、部材の組立て後、作業の障害になる箇所には、一時的な組立足場を設

置した。工場製作足場は、CAF架設後の躯体施工時の足場としても使用し、コンクリート打設前に順次取り外した。

(5) 面材架設

架設手順は図-16に示すとおり、支持フレーム主構から架設を始め、その後支持フレーム、アンカーガーダー、引張材を交互に組み上げ、最後に仕切りガーダーと定着桁とを地組した部材を架設した。(写真-5)架設クレー

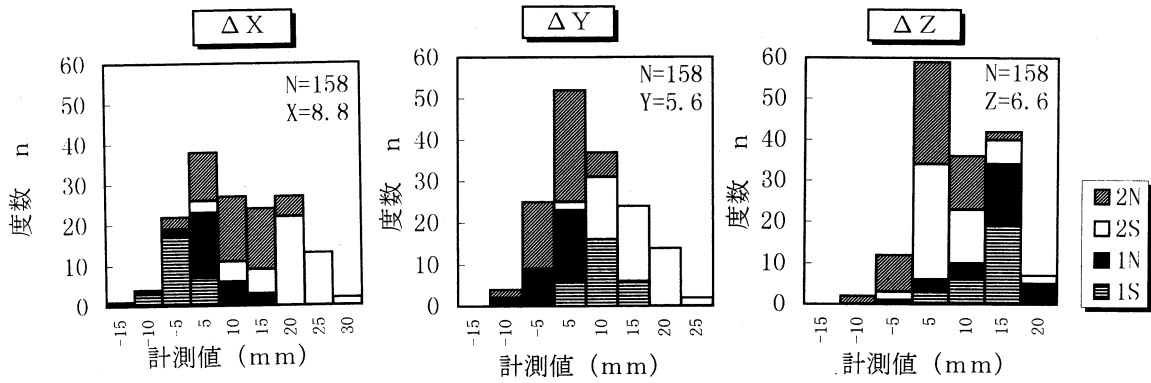


図-11 4 ACAF 最終架設精度  
Fig.11 Final installation accuracy of 4A CAF

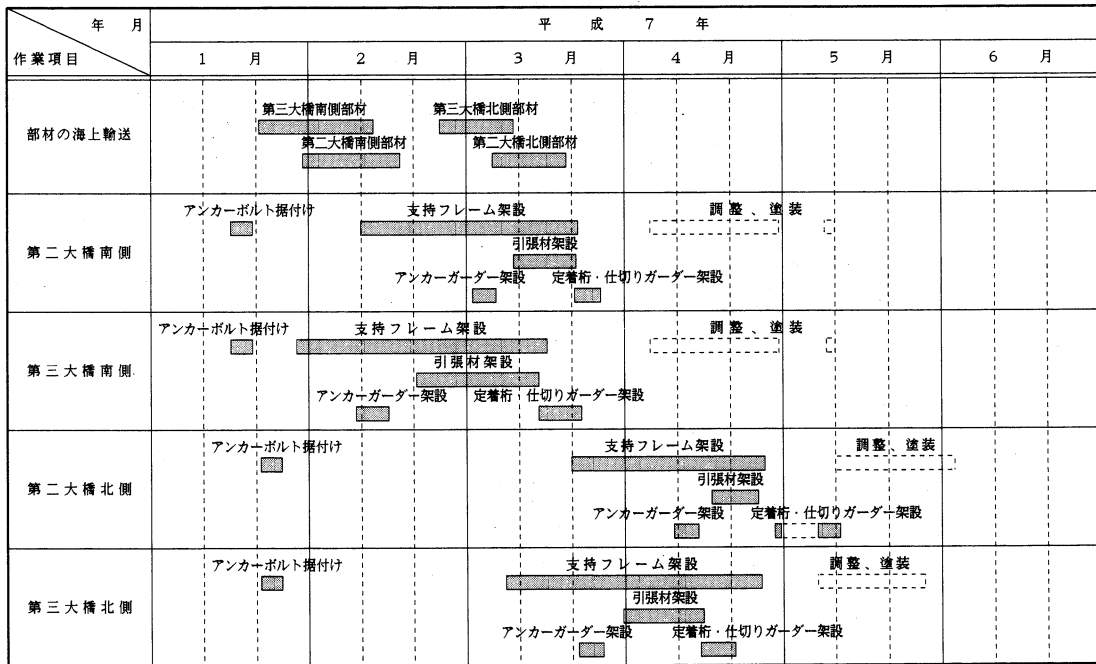


図-12 7 ACAF 架設実施工程  
Fig.12 Work schedule of 7A CAFs

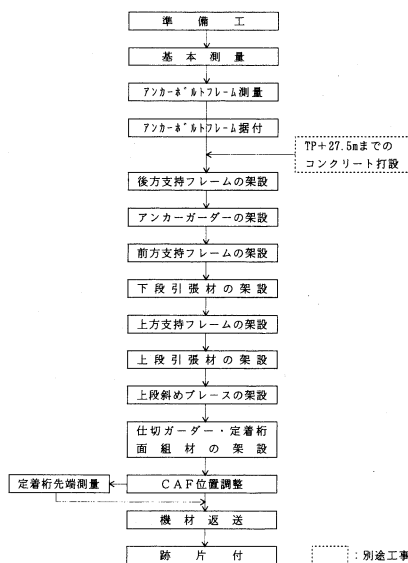


図-13 7 ACAF 架設フロー図  
Fig.13 Work flow of 7A CAFs

ンは、アンカレイジ側面からの作業半径と部材重量から、220t吊トラッククレーン1台と、7Aに設置されているタワークレーン(6t \* 32m)2台及び50t吊りラフタークレーン1台を使用した。

仮組立時の計測結果から定着桁先端は、軸方向上向きに移動する傾向がみられたため、架設時に支持フレームのアンカーボルトを後方へ5mmあるいは下方へ5mm調整しセットした。

(6) 架設精度

架設精度の管理は、アンカーボルト、アンカーガーダー、引張材、定着桁それぞれの設置精度を確認した。測定は、温度変化の少ない早朝、夕方、曇天時に行った。

図-17に定着桁先端の精度を示す。

最終精度は、第三大橋については支持フレーム架台を仮組立後に追加したため、その製作誤差及びベースプレート平坦度の影響で平均3mm程度高くなったが、

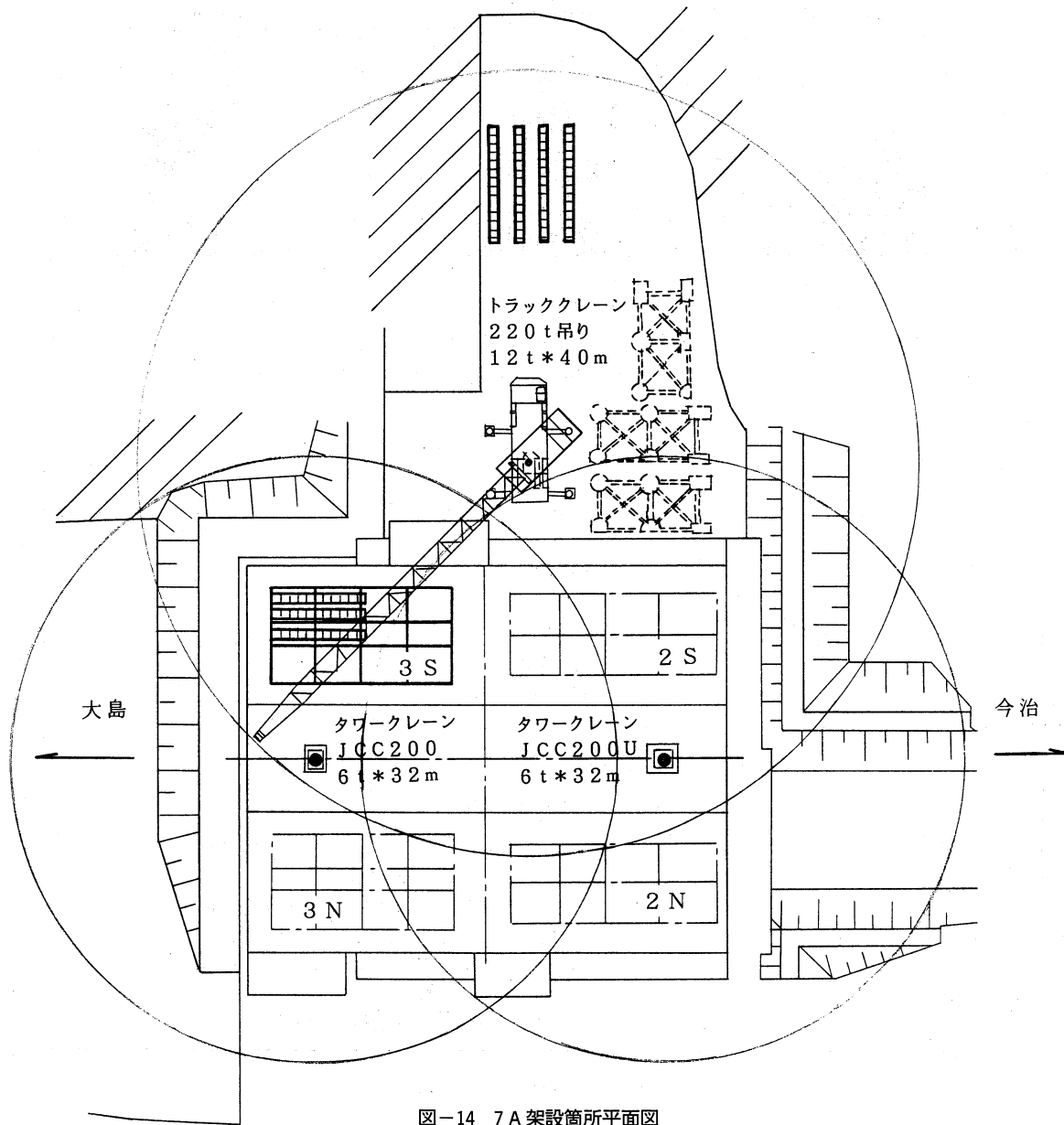


図-14 7A 架設箇所平面図  
Fig.14 Work site of 7A

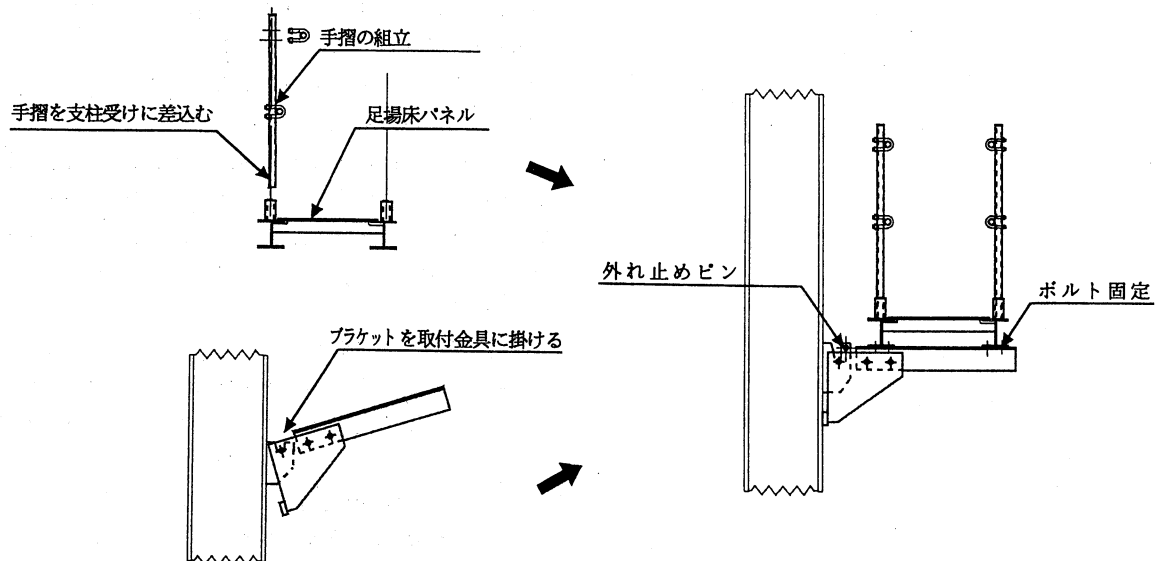


図-15 製作足場概要図  
Fig.15 Outline of work scaffoldings

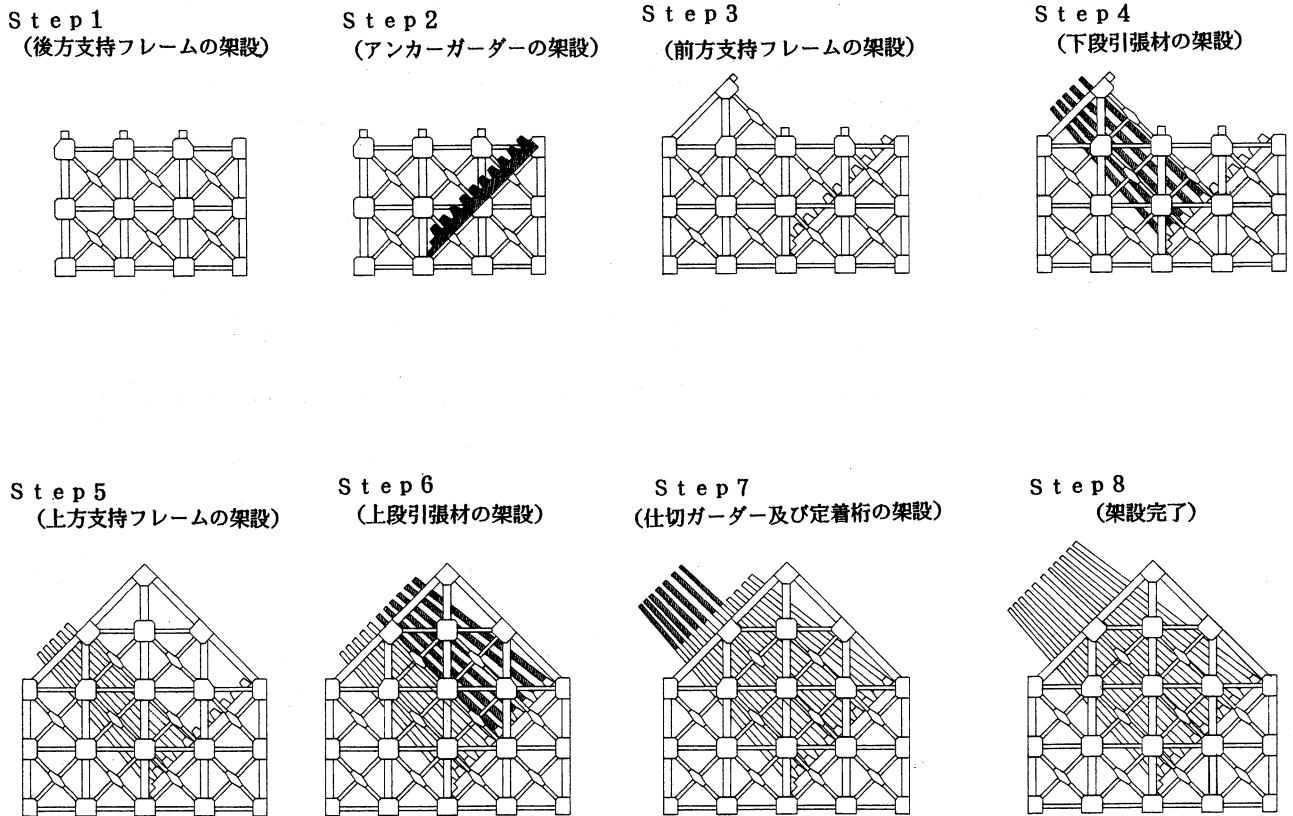


図-16 7 ACAF 架設手順  
Fig.16 Work sequence of 7A CAFs

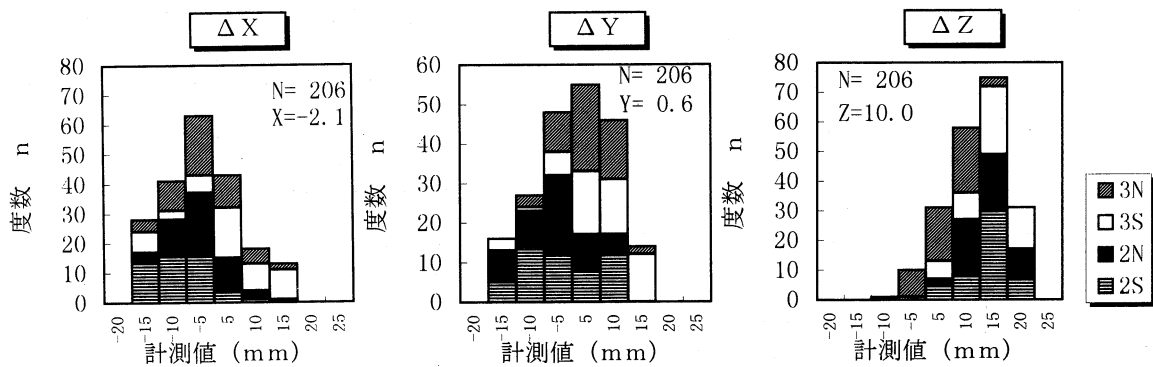


図-17 7 ACAF 最終架設精度  
Fig.17 Final installation accuracy of 7A CAF

いずれの誤差も $\pm 20$  mm 以内に納まる結果となった。

仮組時と架設時の設置精度を比較したが、多くの部材を組上げていく構造であるため、各ステップの作業上の誤差が現地で積重なり仮組精度の再現が困難であった。

## 7. あとがき

CAFの鋼重のうち支持フレームがその約1/3を占めている。また、入り組んだ骨組構造は、鉄筋組立やコンクリート打設にあたって狭小なスペースとなり、施工上苦慮する場面があった。今後よりシンプルな構造にする

ことで経済性、施工性の向上につながるものとする。

最後に本工事完成に尽力いただいた関係各位に感謝する次第である。

## 参考文献

- 1) 山中、栗原：南北備讃瀬戸大橋 4 A ケーブルアンカーフレームの設計 本四技報 Vol. 8 No. 31 84.10
- 2) 平野、矢野：明石海峡大橋ケーブルアンカーフレームの設計 本四技報 Vol. 16 No. 63 92.7

# グレナダ国道路整備計画調査

Feasibility Study on Road Rehabilitation and Improvement in Grenada

第一建設局 鳴門管理事務所長 佐野 幸洋  
(前)企画開発部 道路課 長 Yukihiro Sano



## 1. まえがき

グレナダ国は西インド諸島の最南端の西経 62°、北緯 12°に位置し、わずかな距離を隔てればもう南米大陸ベネゼエラがある。人口約 10 万、3つの島から成る総面積 340 km<sup>2</sup> (淡路島の 2/3 程度) のカリブ海に浮かぶ小国であり、「香料の島 (Spaice Island)」として世界的に有名である。この度、グレナダ国からの道路整備及び改良について協力要請を受けて、JICA が開発調査を実施するに当たり、JICA 調査団として 1996 年 12 月に現地を訪れる機会があったので、グレナダ国の現況と調査概要を報告する。

## 2. グレナダ国の概要

この国の歴史を語るとき 1983 年に起きたグレナダ侵攻を避けることは出来ない。政治腐敗を来していた現政権をモーリス・ビショップが無血クーデターで倒した後、キューバや旧ソ連に接近し左翼路線をとったが、内部抗争のため暗殺され国内政情は一気に混乱。東カリブ諸国の要請によりアメリカ、ジャマイカなどから成る軍隊が上陸し、左翼勢力を一掃した事件である。しかし誰がアメリカに要請したのか本当のところは謎のようである。現在使用している国際空港はキューバの支援で作られたもので着々と共産化が進んでいたことを伺わせる。

また 1498 年にコロンブスに発見されされて以来、原住民のカリブ族と闘争が繰り返され、最後のカリブ族が島の北端の岬から身を投げた後はイギリス・フランスの領主権争いの対象となり、フランス(1674-1783)、イギリス(1783-1974)それぞれの植民地時代が続き、1974 年イギリス議会の承認を得て独立するという、大国に翻弄されてきた歴史を持つ。

島は火山活動で形成された丘陵が多く、最も高い山は海拔 840 m あり、海岸はセント・ビンセントなどとともにカリブ海で最も美しい海岸美と言われている。気候は熱帯性であり年最低平均気温は 20 度、最高平均は 30 度で年間降雨量は少ないところで 1000-1500 mm、山岳部では 3000 mm を越える。

グレナダ人の 84% はアフリカ移民の子孫であるが、ムラートと呼ばれる白人と黒人の混血が 11%、他は東部インド系などである。

国の主産業は GDP の 20% を占める農業(バナナ、ココア、ナツメグ)と輸出額に匹敵する外貨収入源と成っている観光業であり、12 月から 4 月のシーズンにはアメリカ、ヨーロッパからの観光客で賑わうとともにカリビアンクルーズの寄港地にもなっている。なおグレナダはスペインのグラナダをイギリス流に発音したものである。

## 3. 調査概要

### 3.1 背景

グレナダ国の交通は主に道路(総延長 950 km)に依存しており、交通機関は乗り合いのミニバス、バンで公共交通機関は存在しない。近年の国内経済の停滞により公共予算は逼迫し、定期的な道路の改良・補修は行われていない。また管轄の公共事業省の事業実施能力は低く、舗装の劣化、排水設備の未整備、品質管理不足などから

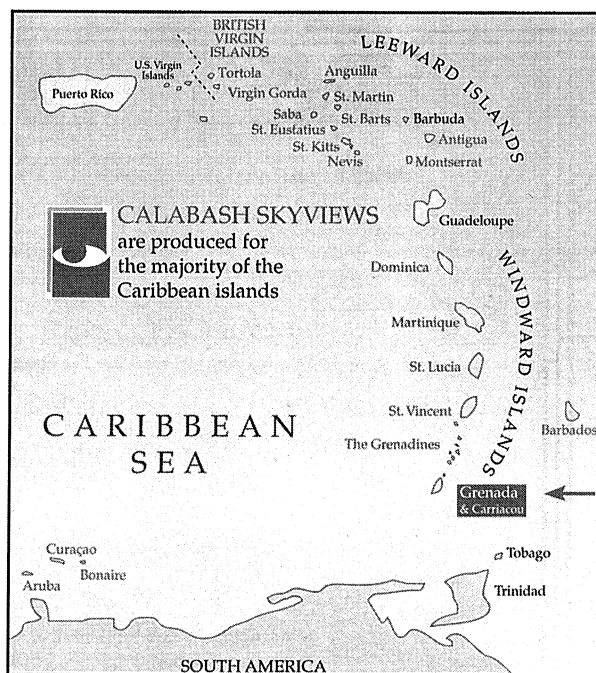


図-1 グレナダ国位置図

Fig.1 Location of Grenada

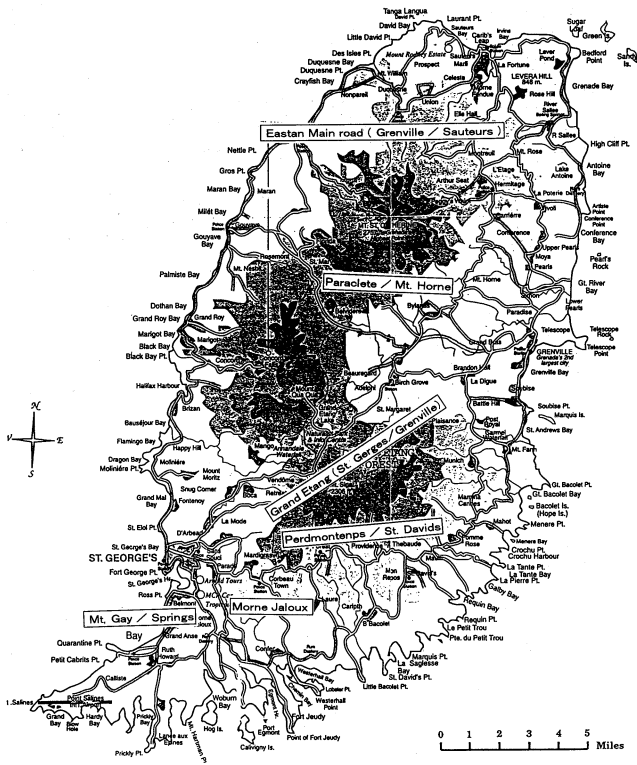


図-2 グレナダ国主要道路  
Fig.2 Principal road in Grenada

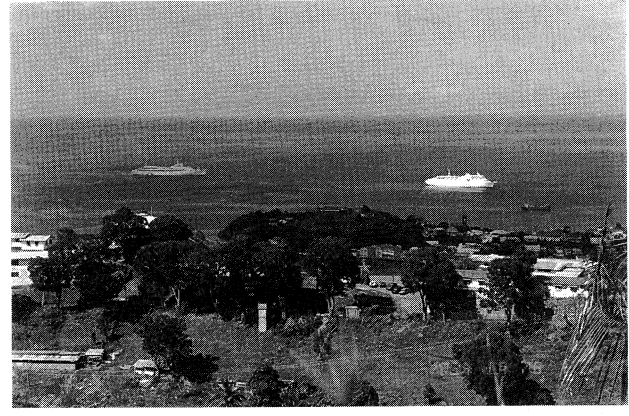


写真-2 グレナダ南西海岸  
Photo.2 Southwestern coast of Grenada

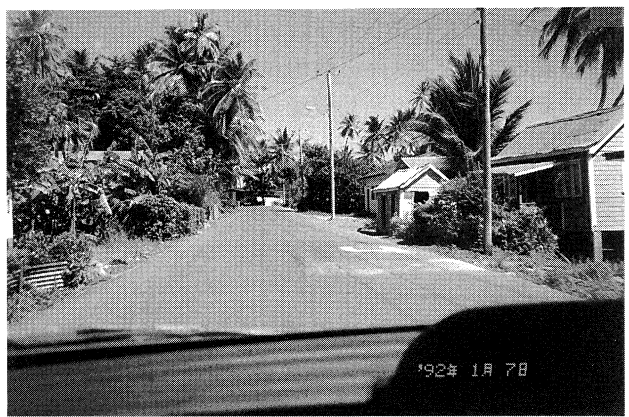


写真-3 状態の良い道路  
Photo.3 Road in good condition

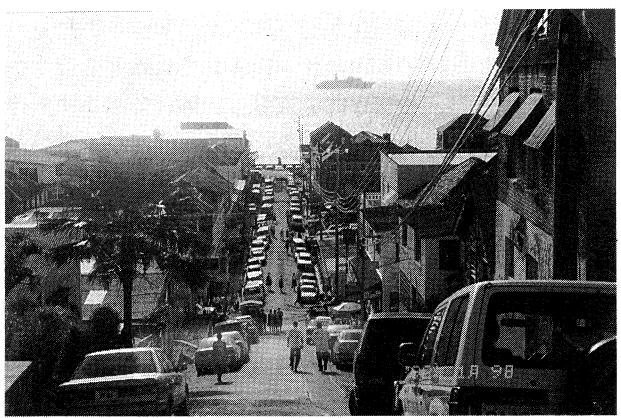


写真-1 首都セント・ジョージズの市内  
Photo.1 The Capital city, St. George's

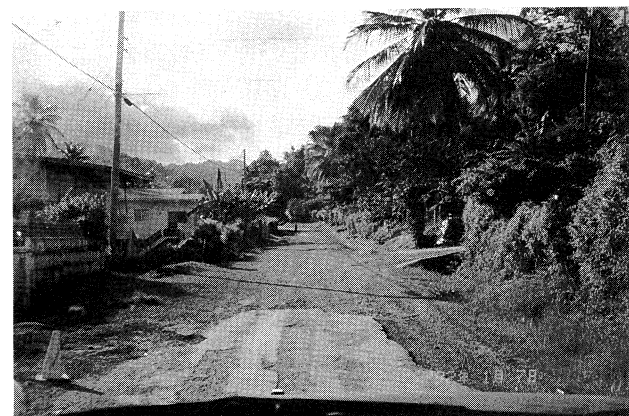


写真-4 2~3級道路  
Photo.4 Second and third class road

道路の劣化が著しい。このため、政府は社会・経済のインフラ整備に重点を置いた公共投資政策 (92-96) を掲げ、道路投資が経済活動の活性化に寄与するものとして高い優先度を付しており、この事業のため我が国に円借款と技術支援を要請してきた。

3.2 調査内容

道路等の海外援助は当事国から TOR の要請 → JICA による開発調査 (S/W 協議 → F/S 調査) → 当事国から OECF に借款申請 → 当事国による設計・工事という手続きがとられる。このうち今回は Feasibility Study の作業範囲を決定する S/W の協議・署名を行ったものである。

グレナダ国からの要請書 TOR には 13 の路線が示されていたが、首都セント・ジョージズと第二の都市グレンベルを結ぶ道路以外は路線延長も短く、かつルーラルな道路で開発効果に疑問があったため、現地調査を踏まえ相手国と協議した結果、7 路線に絞り内 2 つはフィーブルな路線と入れ替えることとなった。この国にお



写真-5 橋梁の状況  
Photo.5 Condition of bridge

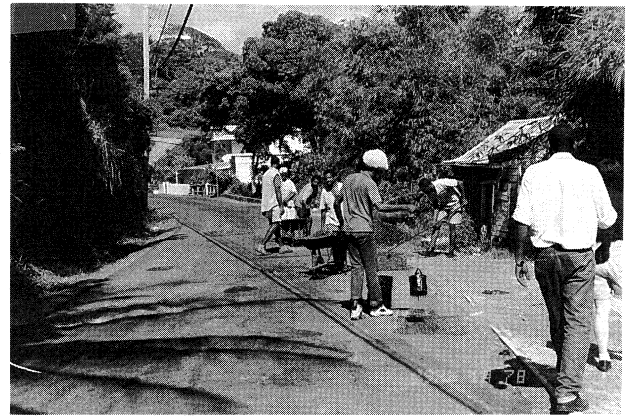


写真-6 補修状況  
Photo.6 Pavement repair work

る道路の現況及び特徴は以下のとおり。

- ①主要道路はクエート、欧州共同体基金、台湾等からの資金供与により一応整備されているが、この道路を結ぶ2級、3級の道路は劣化が著しく早急に改良・復興が必要である。
- ②空港からセント・ジョージズを結ぶ道路などの一部を除き、主要道路の幅員は5m、それ以外は4m以下である。
- ③日常のメンテナンスは資金不足のためほとんど行われていない。
- ④舗装などの耐久性に関する技術レベルの低さから、外国資金で整備した路線も10年を経過しないうちに復興が必要になっている。

技術的問題からみた場合、この国の舗装路面状況の悪さは特筆に値する。日常のメンテナンスが殆ど行われていないことや、大型の通行が少ないことを考慮してもあまりに早い劣化である。原因として火山性地質による路盤の支持力不足、火山岩による路床・アスファルト材料の不適合、排水設備の不備による舗装劣化の促進、設計方法、品質管理上の問題等が考えられるが、原因を特定して舗装の耐久性を延ばす技術移転が大変重要である。

また国の経済規模が小さいこと、車の保有台数1万2000台程度に限られることから、各路線の改良程度を3つぐらいのレベル分類し対費用効果を算出し、各路線の

最適解を見いだす必要があるなど、今までの開発調査とは違ったアプローチを行っていく予定である。

この案件は政治的背景が絡み合っており、今後の路線のプライオリティ付けにあたり曲折が予想されるとともに、グレナダ国に対する資金援助、協力に関してカリブ諸国から注目されており、進め方について深い思慮が必要になっている。

#### 4. 最後に

今回の訪問で小国が生き延びるための知恵を垣間見た。グレナダ国が大国の波頭に飲み込まれて来た歴史はすでに述べたが、独立後は台湾を世界に先駆けて承認する等、外交的を戦略的に展開している。現地には台湾大使館があるのは無論、道路整備の無償援助も引き出している。この国が援助大国の日本を見逃すはなく、首相自ら日本を訪れ借款を要請、現政権の重要なプロジェクトになっている。

我が国がカリブ諸国に本格的な援助に乗り出すのはこの案件が最初である。日本車が国中を走り回っており、この物質面の交流だけでなく、プロジェクトを通じて人の交流も活発になり、顔の見える援助となることを期待したい。なお、現地においては1997年4月から10ヶ月間の予定でF/S調査が行われていることを付記する。

# ブータン王国を訪ねて

Visit to Kingdom of Bhutan

第三建設局 建設部次長 有田 稔

Minoru Arita



## 1. はじめに

平成9年4月10日～4月25日までの16日間、JICA派遣の調査団の一員として最後の秘境と形容されているブータンを訪ねる機会を得ることができた。

この国は国際政治・経済の主役でなく、更に長きに渡り鎖国政策を取っていたこともあり、その実情を余り知られていないのが現状である。

日本でも平成天皇の即位の礼に国王が民族衣装(ゴ)を着て列席した姿が物珍しさから話題になったり、ごく最近では秋篠宮ご夫妻が親善訪問されたことが一部のマスコミで報道された程度である。

ここでは調査期間中に入手した資料・見聞等から国情の概要について簡単に紹介することとした。

## 2. 王国の概要

### (1) 地理と気象

ブータンはヒマラヤ山脈の東縁の南斜面に位置する山岳内陸国であり、自称名はゾンガ語でドウルック・ユル(Druk・Yul)で「竜の国」と訳される。国土面積は約46,500 km<sup>2</sup>(九州程度)で東西に330 km、南北に180 kmの広がりを持ち、北部においては中国チベット自治区と東西南部はインドと国境を接している。

気候は四季がはっきりしており、特に6月～8月の間はモンスーンにより雨が多い。又標高に応じ変化に富んだ気候分布を示しており、北部ヒマラヤ地帯ではツンドラ気候、中央地帯ではモンスーン気候、南部山麓地帯では熱帯性気候となっている。このように狭い国土の中で標高により気候が南北に大きく変化しているため、車で北から南に移動すると1日で真冬から真夏に変る程である。

### (2) 人口と人種

組織的な調査は行われていないが、推定では約60万人(鳥取県程度)と言われており、首都ティンブーでも2.7万人程度の小さな田舎町である。人口は主に中央部(標高1,000 m～3,000 m)のブラマプトラ川支流の溪谷沿いに集中している。

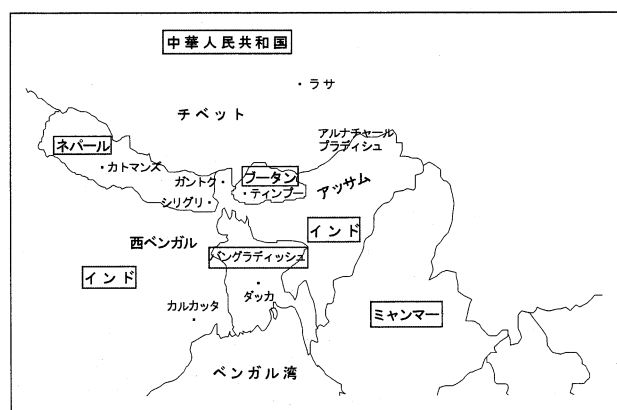


図-1 ブータンの位置図

Fig.1 Location of Bhutan

民族構成は3分の2が北部高山地帯・中腹部山岳地帯に住んでいるチベット系人種で、町で見かける商人のほとんどは帰化したチベット人のようである。又残りの3分の1は南部森林地帯に住むネパール系の人種であるが、ブータンの国籍を有し生活しているものの、まだまだ言語、宗教、文化的にネパールの影響が強い。なおこの国の言語は英語、ゾンガ語(ブータン語)、ネパール語が使われているが、国際社会への加入ということもあり、学校教育のほとんどの授業が英語で行なわれており、日本人より言葉は堪能である。

### (3) 政治と宗教

政治制度は二立制で政権(政治)では国王が、教権(仏教)では大僧正が最高権威者で両者は対等な地位にある。このことは国旗にも上半分が黄色で国王を、下半分がオレンジ色で宗教とその力の大きさを表している。国家元首の現国王(1955年生)はウォンチュック王家の世襲制で4代目にあたり、16才で王位を継承してからこれまでに外国人観光客の入国許可、国際航空路の開設等近代国家の基礎を築いてきた。現在世界でもブータンのように王制の国は数えるほどで、しかも国王が親政というのは例外的である。

宗教は最も普及しているのが国教としている仏教(ラマ教と呼ばれた時もある)であり、王室と並んで国会でも強い発言力を持っている。ブータン文化、風俗は仏教の影響が濃厚で伝統芸術や美術にも宗教色が強く、国内

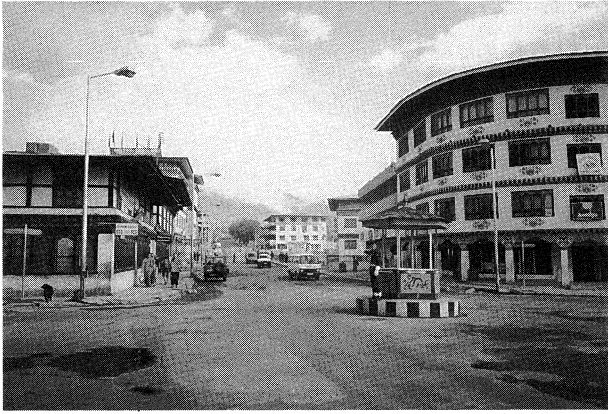


写真-1 首都ティンプーの中心街  
Photo.1 Downtown of capital, Thimphu

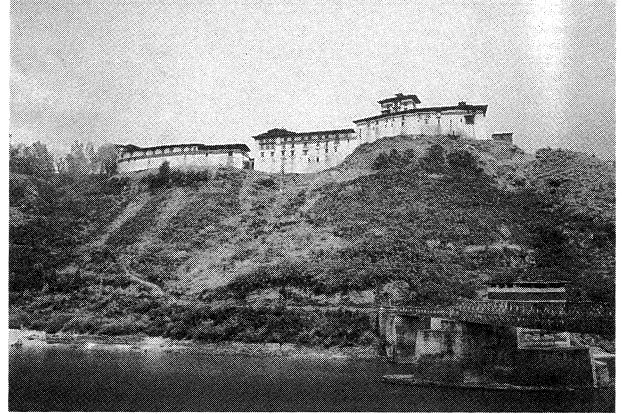


写真-3 ブータン建築を代表するゾン  
Photo.3 Dzong representing architectural style in Bhutan



写真-2 標高3,000 m以上に生息するヤク  
Photo.2 Yaks inhabiting highland 3,000 meters above the sea

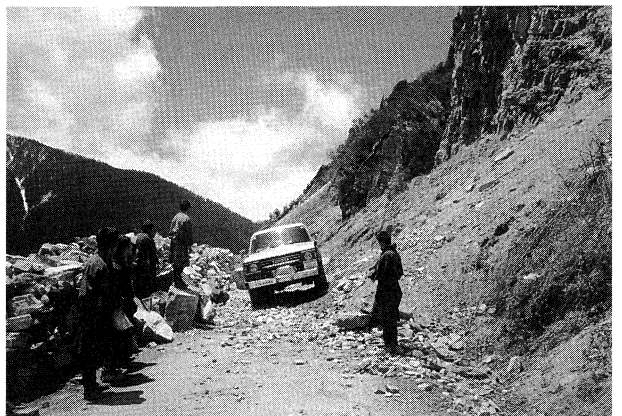


写真-4 土砂崩れの発生した国道  
Photo.4 National road suffered from land slide

の至る所に国が直轄する寺院か僧院がある。なお南部ではインド・ネパールの影響を受けたヒンズー教徒もいる。

#### (4) 農業と畜産業

人口の約80%以上は農村部に住んでおり、その生活は豊かな資源と農作物に支えられている。主食となる米の収穫は多く、世界でも最も標高の高い場所において稲(水田)が耕作されており、丘陵地や裾野では手入れのゆきとどいた田畑を見ることができる。果物としてはミカンとりんごが多く、輸出が始まってからは大きな外貨獲得換金物としてその増産が計られている。又ブータン人の食生活に欠かせない唐辛子は主野菜に位置付けされ、その生産・消費も多く重要な農作物となっている。

畜産業の代表はヤクで標高3,000 m以上にしか生息していないチベット文化圏特有の動物で、高地ではヤクなしでは生活が成り立たない。その用途には限りなく、無駄がない。毛はローブや布地に、糞もまた燃料として重要である。肉は食用に供されるが遊牧民はこの肉と交換に米を手に入れている。

#### (5) 観光と娯楽

美しい自然、色彩豊かな仏教芸術等観光資源には事欠かないが、外国人観光客を受入れてからまだ20年程度

で、今でも政府は観光公害と外国の影響を最小限に留めるため、1年間に4,000人と入国を制限している。特に観光地として賑わっているところはないが、ゾン(お城)と呼ばれるブータン建築を代表する宗教的な建物で、釘を使わず、石と土と木を組合せた伝統的な様式が特徴的である。なかでも首都ティンプーにあるタシチョ・ゾンは国政と宗教の中心で各省庁、国会議事堂、寺院、国王と僧院の執務室があり、そのスケールの大きさと美しさには驚くばかりである。

娯楽としてのテレビは一部でインド放送を受信することができるが、政府は外国の影響を嫌って見ることを一時禁止していた程で、今でも国独自のテレビ局を有していない。近い将来には放送設備も整備し、ブータン自身の番組を作る計画は持っているらしい。なおラジオについては時間を制限して聴取は可能である。

#### (6) 日本とブータン

交流が定着したのは1964年コロポ計画で農業専門家として西岡京治夫妻が派遣されてからである。国交が樹立したのは1986年で僅か10年と新しく、大使館も在インドが兼ねているほどである。輸出入関係もブータン産の松茸が空輸されている以外にこれといった品目はな



写真-5 人力による舗装のオーバーレイ  
Photo.5 Pavement overlay by manpower



写真-7 S/W及びM/Mの締結  
Photo.7 Conclusion of S/W and M/M

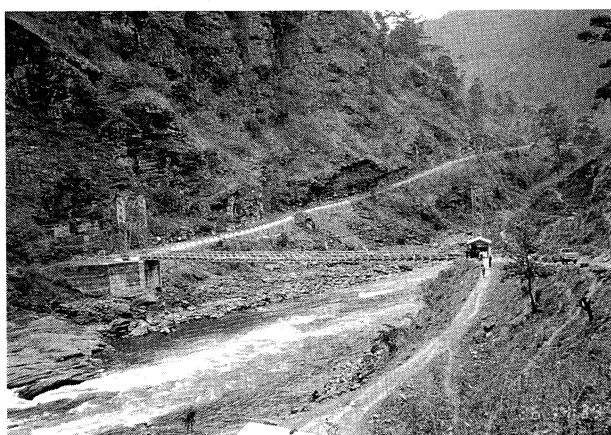


写真-6 吊橋形式のペーリー橋  
Photo.6 Suspended bailey bridge

い。しかしながら開発援助に関しては非常に積極的・好意的に行っており、現在ではインドに次ぐODA 供与国となっている。主なものとしてはパロ谷の農業総合開発、水力発電の建設、国内通信網の整備、建設機械の供与等が挙げられる。又技術協力も盛んに行われており、農業技術等の研修員も受け入れるとともに、1988年からは青年海外協力隊も派遣され、建築家、教師、医師等多くの分野で活躍している。

### 3. 道路事情

周囲を山に囲まれているため、海運は存在せず、又急峻な地形のため、国内の航空網・鉄道もなく、道路網が唯一の交通手段として重要な役割を果たしてきた。更に完全に道路網が整備されていないため、一部の県においては国内からアクセス出来ず、インドの道路に依存しているような状況である。

#### (1) 道 路

道路の建設は1950年代の後半から始まり、インドの援助等により主要都市間を結ぶ幹線道路は着実に整備されている。主要道路としては同国の中央部を東西に走るティンブー〜タシガン間とそれに連結する4本の南北道

路である。現在国道・県道等の総延長は約3,000 kmのうち舗装道路は約2,000 km (舗装率65%) となっている。又巾員はすべて1車線で、日交通量はティンブー周辺及び南部の一部を除けば50台以下である。既設道路の多くは地形のコンターに沿って建設されているため、線形的にはヘアピンカーブが多く、道路の迂回率(道路延長/直線距離)も非常に高い。しかも視距が充分取れてなく、平均速度も20~30 km/時程度である。特に東西道路では霧の発生が頻繁にあり、視界を狭め、大変危険で、更に標高3,000 mを越える峠が数ヶ所あり、冬季には降雪のため、通行止めになる日が多い。又土砂崩れ、地盤沈下等の災害も多く発生し、かなり長い期間交通が遮断するなど毎年のように繰り返され、道路としての流通機能は大きく低下している。

#### (2) 橋 梁

橋梁はいずれも巾員が狭く、耐用年数を過ぎており、著しく耐荷力は低下している。さらに橋桁が洪水等により流出し、暫定的に木橋で処置しているところもある。一部短いものは永久橋としてのコンクリート桁橋で建設されているが、そのほとんどはペーリー橋と呼ばれる仮設橋である。充分な維持管理がされていない上、重量車輛の増加等により、部材の損傷、腐食、座屈等の劣化が進んでいる。橋台はメーソンリーで施工されたものが多いが、洗掘等により移動沈下している。又床板はほとんど破損(穴があいている)しており、木や鋼板で応急的に修理を行なっている。なお日本の無償援助で建設されたパロの農道橋は充分な巾員もあり、ブータンで一番立派な橋であった。

### 4. あとがき

一般的にブータン人は素朴で、礼儀正しい、初めて食べる激辛のブータン料理はかなりきつい、治安も良く、自然豊かなブータンを機会があればもう一度訪ねてみたい。なお、関係者には、貴重な体験をさせていただき、感謝したい。

## ■橋梁点検車の紹介

陸上部橋梁の点検においては、構造物に接近して詳細に点検する定期点検を、年1回行うこととしている。しかし、橋梁形式や桁下状況等から接近が困難な橋梁もある。また、既供用区間の橋梁は供用後10年以上を経過し、PC橋におけるコンクリートの剝離に対する部分補修や、鋼橋での塗膜の劣化状況の検査等が今後増加するものと思われる。

このような点検等に用いられてきた従来の橋梁点検車は、点検歩廊を車両本体に常時接続した状態で使用するものであった。しかし今回製作購入した橋梁点検車は、歩廊部分を車両本体から切り離すことが可能な構造であり、架設軌条との組み合わせにより次の特徴を有する。

- ①点検歩廊を切り離すことにより、本線上の交通規制を極力少なくできる。
- ②橋梁全長にわたって手動走行が可能であり、さらに、点検歩廊先端に設置しているリフターとの組み合わせにより桁全面に接近可能であり、大規模な足場工事が不要である。

点検歩廊を切り離し式にすることにより、従来の橋梁点検車に付加価値を持たせることができ、維持管理費の削減にも貢献するものとする。

### 主要仕様

橋梁点検車の主要仕様は次のとおりである。

- ① 橋梁接近可能範囲  
桁高は道路面から桁下端5mまで、横断方向は道



路端から13mまで対応可能である。

- ② 遮音壁乗越え高さ  
遮音壁の高さは道路面からの高さが最大4.1mまで対応可能である（遮音壁高4.1mの時の桁高は2.5mまで）。
- ③ 回送時の寸法  
回送時外形寸法は3ルートで共用し、かつ緊急時の臨時点検にも速やかに対応することを考慮して車両制限令の範囲内とする。（車両本体は25t車）
- ④ 自歩道対応  
車道防護柵（高さ1.15m以下）をアウトリガで跨ぎ、幅2.5mまでの自歩道部で使用可能

（文責：工務部設備課長代理 古賀 昇）

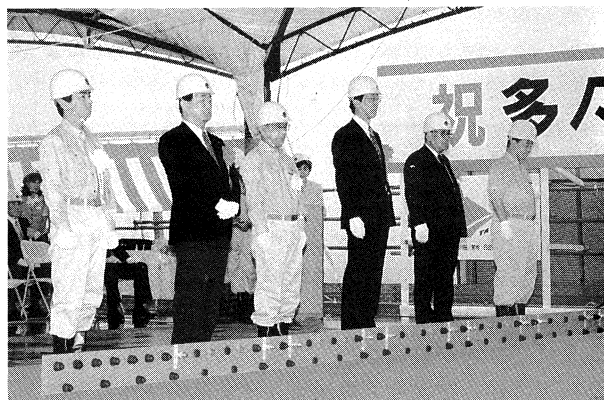
## ■多々羅大橋桁閉合式

閉合式は、平成9年9月7日雨の中、建設大臣（代理出席・建設省公団監理官）、広島・愛媛両県知事をはじめ、地元選出の国会議員、周辺自治体の関係者、関係官公署および工事関係者など約140名が出席して行われた。

式典は、代表者22名が橋の中央で金ボルトを締めた後、握手を交わし相手県側へ初渡りをして、両県が「陸続き」となったことを祝った。

今後は、平成11年春の供用に向け、仮設備等の撤去、船舶緩衝工の設置、舗装工事、設備工事、各種の設計検証試験を行う予定である。

（文責：工務部 工務第二課長代理 中元雄治）



金ボルトの締結に臨まれる藤原総裁、  
縣理事、佐伯理事

■来島第一大橋補剛桁架設順調

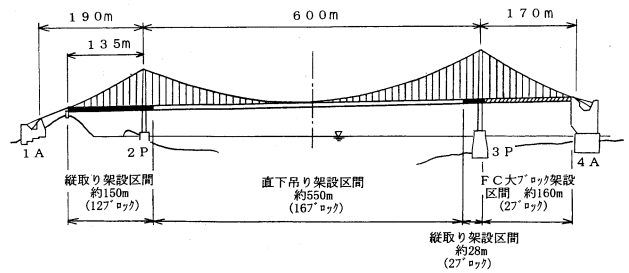
第一大橋の補剛桁直下吊り架設が8月25日から始まり、9月13日現在、中央径間の13ブロック(いずれも航路内、約465m)の架設を終了した。台航定点保持開始からフック巻き上げ完了までの作業時間は計画の50分に対し、平均35分弱であった。今後順調に進めば、10月中旬には、中央径間の補剛桁の架設が終了する予定である。さらに、第一大橋全体の補剛桁架設は、橋面工、撤去工等を除き来年4月中旬に終了する予定である。

なお、来島第一大橋の補剛桁の架設工法は、中央径間の大部分が直下吊り架設であるが、水深が浅いなどの理由で自航台船が架設位置直下に進入できない大島側側径間などでは、縦取り架設工法を採用した(右図参照)。また、工事区域内でクレーン船の使用が可能な3P・4A間の側径間では、FC大ブロック架設工法を採用した。各工法毎の架設ブロックの諸元は、下表のとおりである。

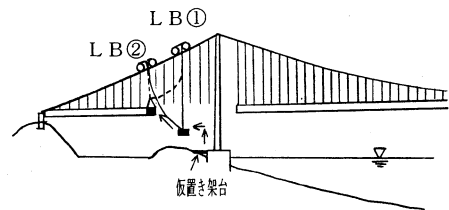
架設ブロック諸元表

工 法	パネル	最大ブロック長	最大架設重量
直下吊り架設	3	36.7 m	483 tonf
縦取り架設	1	15.9	205
大ブロック架設	7	83.2	1,092

(文責：工務部 工務第二課長代理 中元雄治)



架設工法区分図



補剛桁の架設ブロックを仮置き架台上にFCで仮置き後、LB①で吊上げて、LB②に荷重を移行させながら、橋軸方向にスイングし所定の位置に架設する。

縦取り工法説明図

■新尾道大橋下部工の施工状況

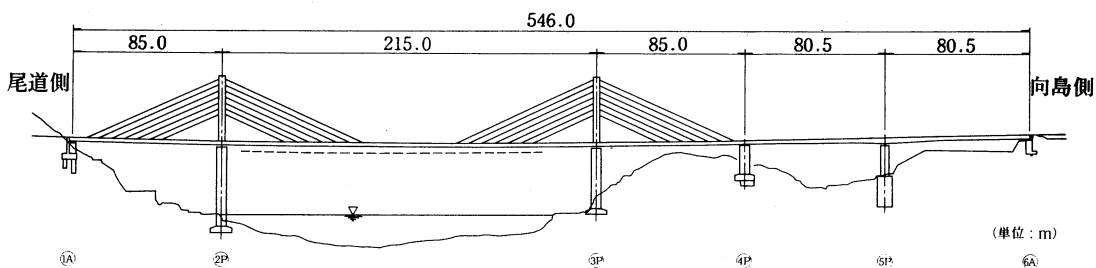
新尾道大橋の下部工工事は、平成8年9月6日の灯浮標設置による現地着手以来、順調に工事を進めている。着手から約1年を経過した平成9年8月末現在の進捗率は、48%を超えている。

各基礎毎の進捗は、1Aでは、工事用栈橋および構造物掘削をほぼ終え、直径2.5mの深礎杭(8本)の施工中である。2Pでは、工事用栈橋および置換掘削の施工を終え、締切工のグラウンドアンカー工および構造物掘削の施工中である。3Pおよび4Pは、構造物掘削およびワーキングの施工を終え、躯体部分のコンクリート工の施工

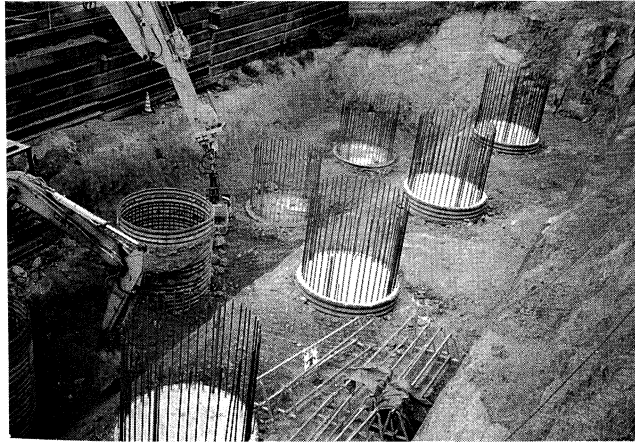
中である。5Pは直径8.5mの深礎杭の施工を終え、躯体工の施工中である。各基礎の8月末の進捗率は、1A：41%、2P：42%、3P：41%、4P：73%、5P：64%となっている。なお、6Aは未着手である。

今後は、10月末までに2P、6Aを除く各基礎の施工を終え、向島側上部工の架設準備に入る予定である。残る2P・6Aは、平成9年度内に施工を終える予定である。また、尾道大橋側側径間上部工の架設準備は、平成9年秋頃より行う予定である。

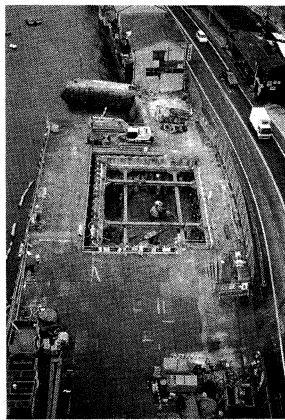
(文責：工務部 工務第二課長代理 中元雄治)



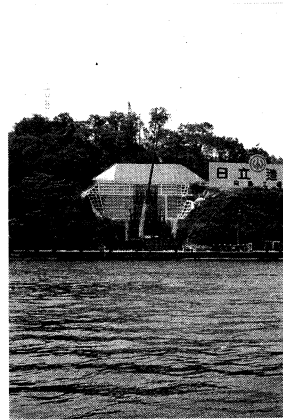
新尾道大橋側面図



1A



2P



3P

施工状況写真

## 文献紹介

本州四国連絡橋関連技術文献紹介

'97.7~9月 HOLMES 登録分

◎著者欄の\*印は公団以外の人

題名	著者	雑誌名	巻	号	年月	頁
本四公団における橋梁維持管理について	江藤 隆	土木学会構造工学委員会橋梁振動モニタリング小委員会			1997.08	
特殊架設作業車を使用したPC橋(舞子高架橋)の施工	室田 敬*、山本俊作*、山田郁夫	土木学会第52回年次学術講演会			1997.09	
4径間吊橋の構造特性と実用化へ向けての一考察	吉田 修、守矢健生*	構造工学論文集	43 A		1997.04	1197-1208
モード間連成が長大橋のガスト応答に与える影響の検討	勝地 弘、秋山晴樹	土木学会第52回年次学術講演会			1997.09	
MULTI-MODE FLUTTER AND BUFFETING ANALYSIS OF THE AKASHI-KAI-KYO BRIDGE	勝地 弘、秋山晴樹	第8回アメリカ風工学会議			1997.06	1-7

**本州四国連絡橋公団の基準類**

本州四国連絡橋公団で現在使用している基準類は次のとおりです。この基準類は(財)海洋架橋調査会(TEL. 03-3555-8361)で販売しています。

**\*仕様書・要領等**

土木工事共通仕様書	平成8年4月
調査等共通仕様書	平成8年4月
電気通信施設標準仕様書集	平成8年4月
電気通信施設管理規程 自家用電気工作物	昭和60年10月
保安規程 電気通信施設保守基準	
図面作成要領(貸出しのみ)	昭和59年10月
溶接構造部材における溶接欠陥と疲労	昭和58年1月
きれつの発生の一例	
機械設備工事共通仕様書(案)	平成8年4月
機械設備工事施工管理要領(案)	平成8年4月
測量作業規定	平成7年4月
技術関係資料取扱要領	平成8年4月
長大橋梁点検要領	平成9年1月
一般橋梁塗替塗装要領	平成9年1月
海峡部橋梁塗替塗装要領	平成9年1月
定塗膜調査要領	平成9年1月
亜鉛めっき面用プラスト処理標準	平成9年1月

**\*設計基準額(上部工・設計編)**

上部構造設計基準・同解説	平成元年4月
耐風設計基準(1976)・同解説	昭和51年3月
風洞試験要領(1980)・同解説	昭和55年6月
吊橋主塔設計要領・同解説	平成元年4月
吊橋主塔の塔頂構造設計要領(案)	平成5年9月
鋼床版設計要領・同解説	平成元年4月
トラス構造設計要領(案)	平成5年9月
吊橋リンク支承構造設計指針・同解説	平成元年4月
鋼橋直結軌道および緩衝桁軌道伸縮装置	昭和59年3月
設計要領・同解説	
下路管理路の設計マニュアル(案)	昭和53年9月
点検補修用作業車構造基準(案)	平成6年3月
明石海峡大橋耐風設計要領・同解説	平成2年2月
尾道・今治ルート耐風設計基準・同解説	平成6年11月
鋼上部構造の設計にFEM解析を適用するためのガイドライン(案)	平成5年9月

**\*設計基準類(上部工・製作・材料編)**

鋼橋等製作基準	平成5年5月
鑄鍛鋼品製作基準・同解説	平成5年9月
鋼橋等塗装基準・同解説(案)[平.6.10一部改訂]	平成2年4月
橋面舗装基準(案)[62.6一部改訂]	昭和58年4月
鋼床版現場溶接施工基準(案)	昭和54年3月
鋼上部構造用鋼材選定要領(案)[60.3一部改訂]	昭和48年9月
HBS高力ボルト類規格	平成4年8月
HBS鋼材規格[53.10改正]	昭和52年11月
HBSケーブル材料規格・同解説	平成3年9月
HBS塗料規格(案)[平.6.10一部改訂]	平成2年4月
HBSリンク支承関係規格	昭和51年3月
溶融亜鉛めっき処理構造物・高力ボルト	平成5年9月
製作要領(案)	
本州四国連絡橋大型疲労試験写真集	平成8年1月

**\*設計基準類(下部工編)**

下部構造設計基準・同解説 仮設物設計指針	昭和52年3月
[56.8一部改訂]	
耐震設計基準・同解説	昭和52年3月
鉄骨鉄筋コンクリート構造設計指針・同解説	昭和52年8月

大型鉄骨、鉄筋コンクリート橋脚設計	昭和54年11月
要領・同解説(案)	
重力式直接基礎アンカレイジ設計要領(案)・同解説	昭和55年3月
橋梁用マスコンクリート設計・施工基準・	平成2年8月
同解説(案)	

**[付属資料]**

1.低発熱型コンクリート仕様(案)	平成元年7月
2.高性能AE減水剤品質規格(案)	平成2年8月
鋼設置ケーソン設計要領(案)	昭和54年2月
風化花崗岩の支持特性判定要領(案)	昭和55年3月
多室型緩衝工の設計要領(案)	昭和55年3月
複合材型緩衝工の設計要領(案)	昭和56年3月

**※表紙右上記号 (ISSN 0912-6953) 説明**

ISSNはInternational Standard Serial Number(国際標準逐次刊行物番号)の略で、逐次刊行物に付与される国際的なコード番号で、ISSD(国際逐次刊行物データベース)という組織のもとで逐次刊行物の組織や検索に利用されます。

この番号は、国立国会図書館ISSD日本センターより割り当てられたものです。

**本四技報編集委員会名簿(五十音順) 平成9年10月1日現在**

編集委員長	奥川淳志	寺嶋賢策
編集委員	上村博文	嶋永剛平
	大江慎一	鳥海隆俊
	大島廣機	中尾元雄
	大橋治一	中原澤秀
	小川和也	北原見邊
	金崎智樹	栗原真山
	北口雅章	古賀昇
	酒井和吉	角田和夫
	田中聡史	宮脇幸男
		(海洋架橋調査会)

本州四国連絡橋公団  
HONSHU-SHIKOKU BRIDGE AUTHORITY  
〒651 神戸市中央区小野柄通4-1-22  
アーバンエース三宮ビル内  
電話番号: 078-291-1000(代表)  
<http://www.hsba.go.jp/>

**本四技報 第84号**

発行 平成9年10月15日  
監修 本州四国連絡橋公団  
発行所 財団法人 海洋架橋調査会  
〒104 東京都中央区入船3-1-13  
エーユー入船ビル4F  
電話 03(3555)8361  
発行者 井上義光  
制作 ニッセイエプロ株式会社  
定価 2,200円

