

報技四本

修監公団橋絡連四国本州

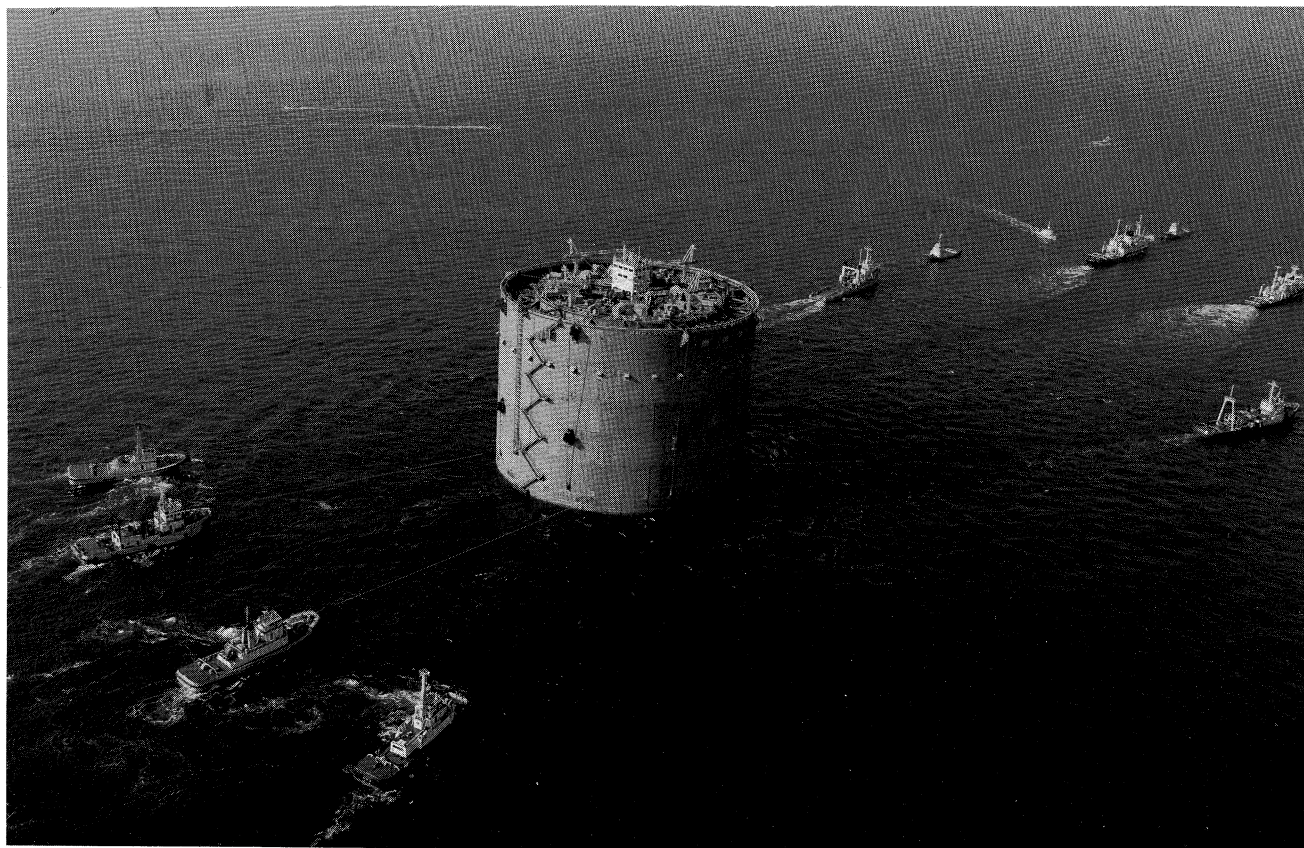
APPROVED BY HONSHU-SHIKOKU BRIDGE AUTHORITY

本四技報 第50号 目次

「技術」雑感	理 事	平 井 清 ...	1
吊橋アンカレイジに用いたマスコンクリートの 品質分析	(財) 海洋架橋調査会	宮 下 力 ...	2
	(前) 工務部技術管理課 企画開発部企画課	吉 田 好 孝	
主ケーブル材料としての高強度鋼線	設計部設計第一課	森 山 彰 ...	10
児島・坂出ルートにおける道路造園および修景緑化 ...	日本道路公団第一建設局	北 肇 夫 ...	17
	(前) 第二管理局維持施設第一部		
瀬戸中央自動車道の道路管理用機械設備	第二管理局坂出管理事務所	久保田良司 ...	23
	第一建設局機械課	古 賀 昇	
	(前) 第二管理局早島管理事務所		
瀬戸中央自動車道集中局（電気通信）設備	第二管理局電気通信課	西 野 盛 雄 ...	30
	第二管理局早島管理事務所	田 中 俊 雄	
	第二管理局電気通信課	矢 野 稔	
瀬戸中央自動車道の遠隔監視制御システム	第二管理局電気通信課	西 野 盛 雄 ...	37
	同 上	笠 松 邦 安	
	建設省大分工事事務所	山 見 一 馬	
	(前) 第二建設局電気通信課		
第6回日中道路交流会議報告	企画開発部	山 根 哲 雄 ...	43
技術ニュース			48

本四技報 第51号 (1.7) 掲載予定

- ・ 本州四国連絡橋におけるレーダ電波障害軽減策
- ・ 明石海峡大橋 2P・3P ケーソン設計製作
- ・ 改良型灯浮標の設計製作
- ・ 本四備讃線列車走行試験
- ・ 下津井瀬戸大橋補剛桁架設工事
- ・ 岩黒島高架橋の設計施工
- ・ 瀬戸中央自動車道の料金収受システム



明石海峡大橋 2P 鋼ケーソン曳航（三重県津市～小豆島東沖）

（元年1月）



同 上



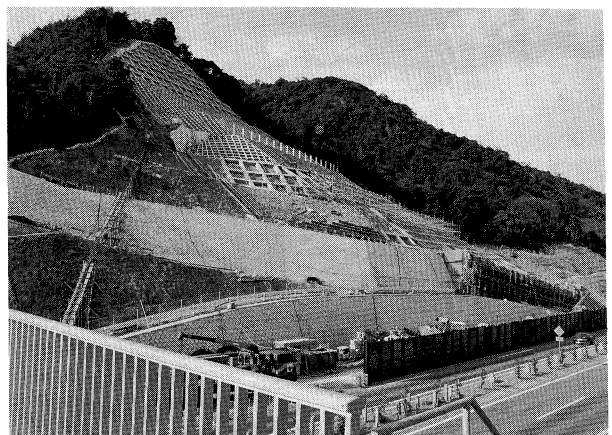
明石海峡大橋
3P 鋼ケーソン
製作（最終ブ
ロック搭載完了）
（元年2月）



西淡三原舗装工事（西淡三原IC付近四車線化工事完了）
（元年2月）



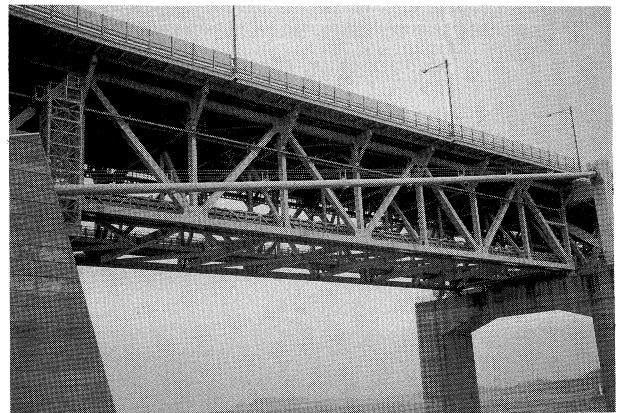
明石海峡大橋 1A 下部工（その1）工事（コンクリート
ケーソン設置完了）
（元年2月）



山添地区法面補強工事（全景）
（元年2月）

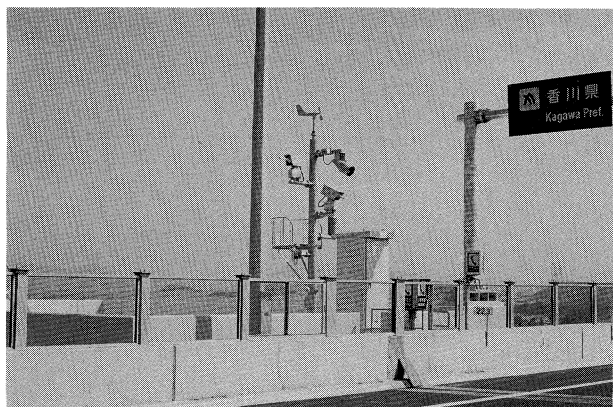


明石海峡大橋 4A 下部工（その1）工事（埋立中）
（元年2月）

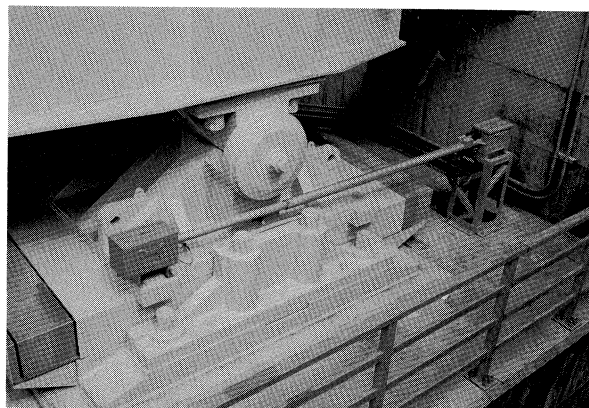


大鳴門橋バックステイ径間点検補修用作業車軌条桁等架
設工事（完成）
（元年2月）

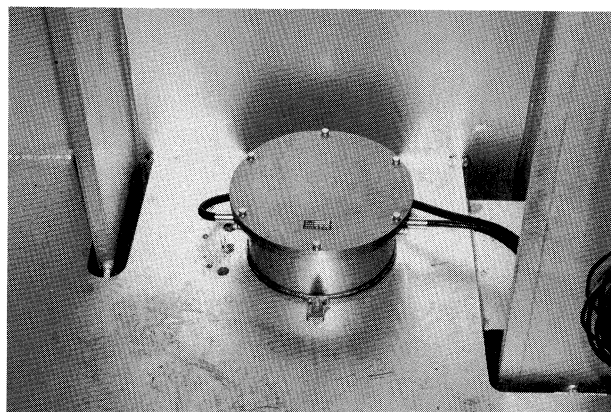
橋体動態観測設備



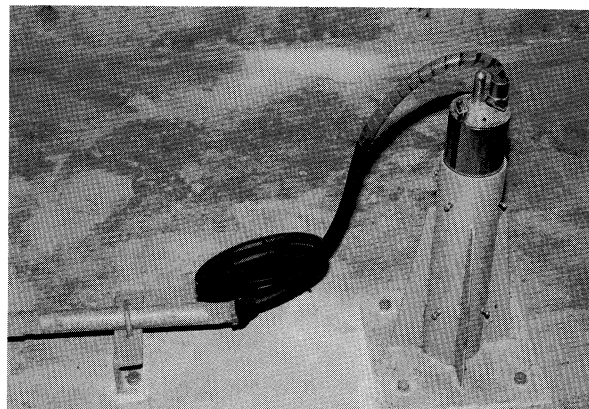
気象観測設備



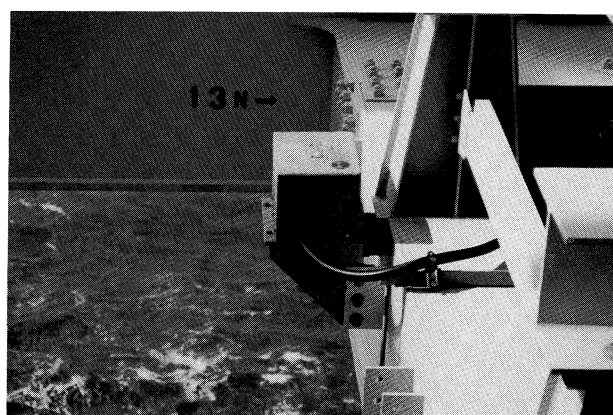
変位計



塔内加速度計



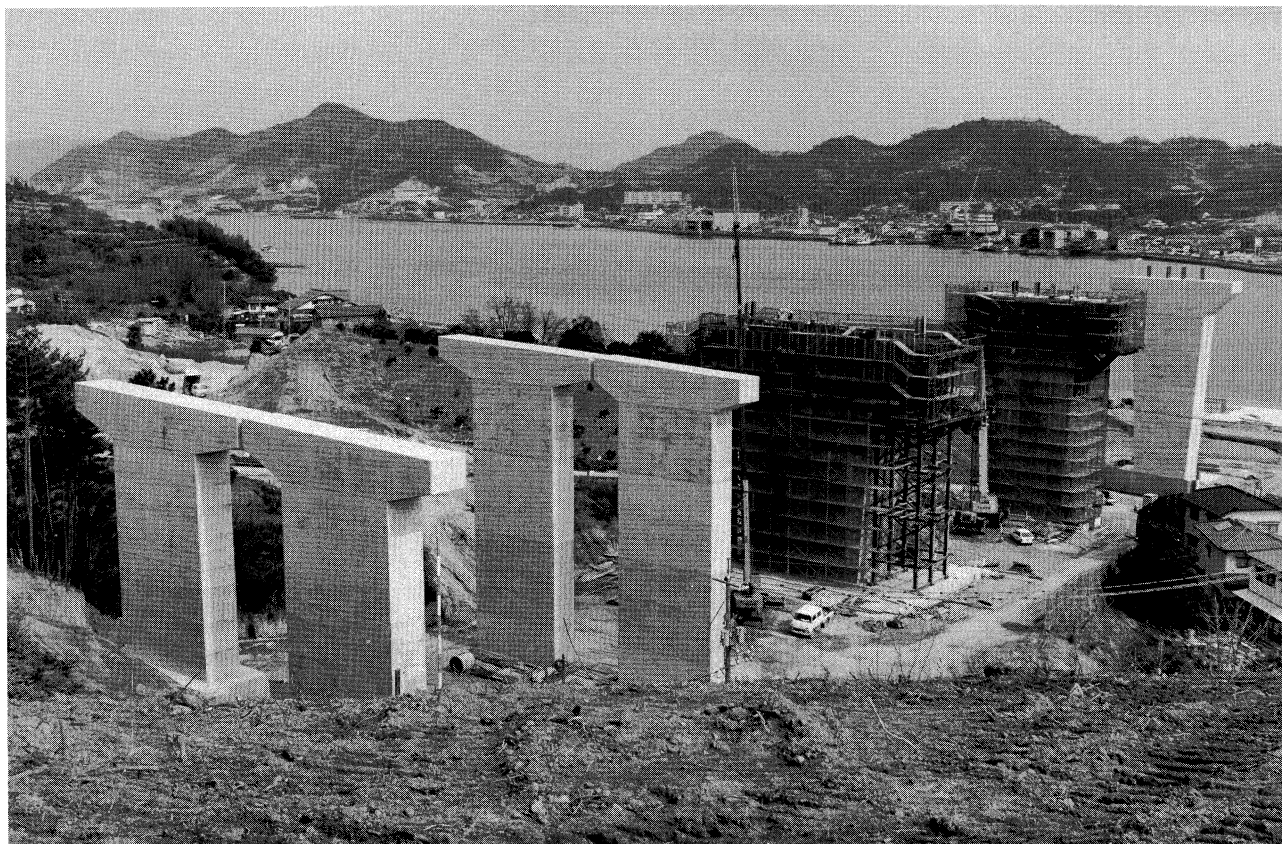
地震計



桁加速度計

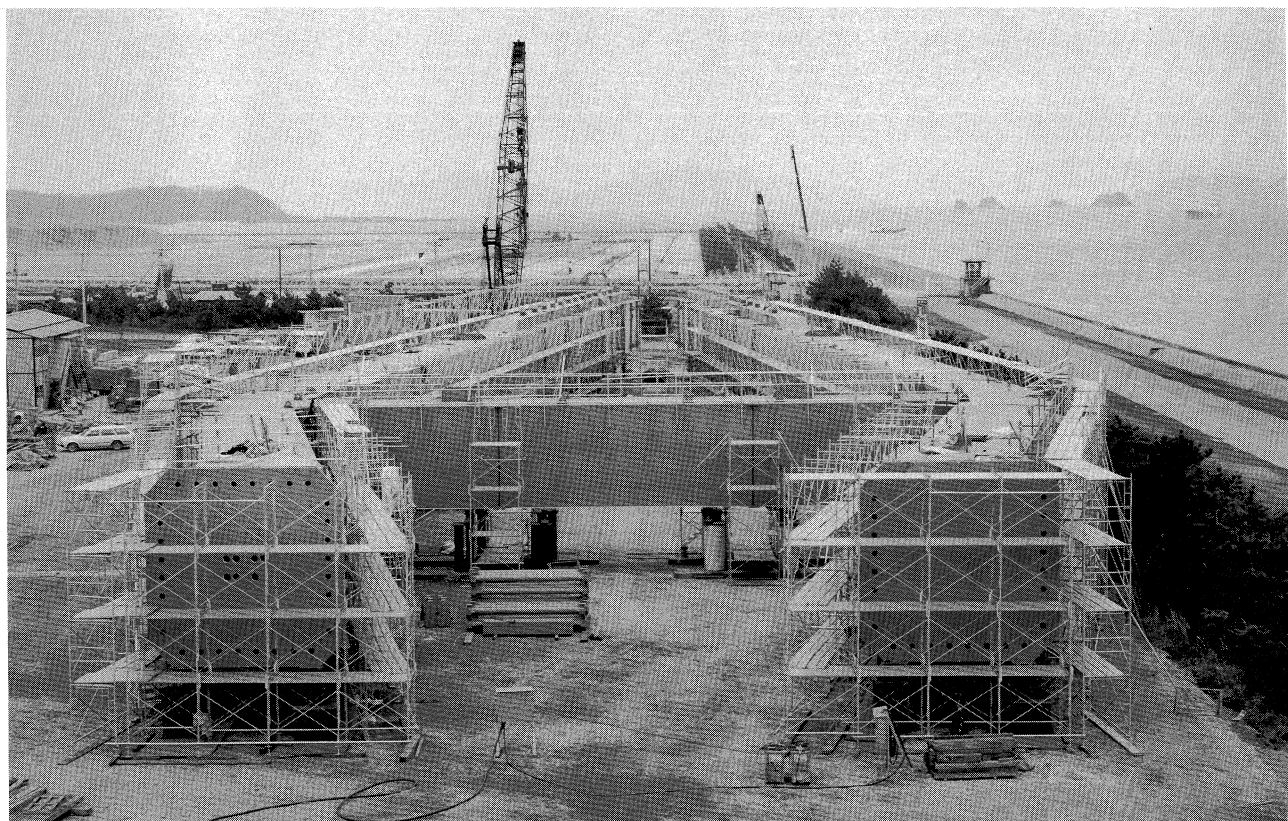


MT (Magnet Tape)



生口橋下部工及び西高架橋下部工工事（生口島側）

（元年2月）



生口橋の塔（生口島側3P）製作における仮組状況

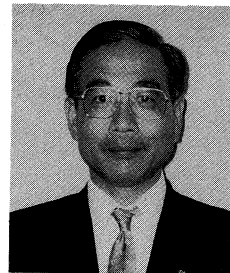
（元年2月）

「技術」雑感

What is "Technology" ?

理事 平井 清

Kiyoshi Hirai



もともと事務屋の私が、技報に何が書けるんだろうかと思ひながら、ふと我家にあった世界大百科事典（平凡社）の技術の項を引いてみた。昔は試験勉強の必要にでも迫られなければ見るはずもなかったと思うが、今読んでみると結構面白い。

技術の項の説明の最初に言葉の意味が述べられている。「自然を支配するために、自然の法則を意識或は認識し、それを実際に適用すること」が技術の本質であり、技術を持つことが動物に対する人間の特徴なのだそう。そして、技術を12の分野に分け（その5番目に建設技術が挙げられている。）、それぞれの発達の歴史と人間社会に如何に貢献して来たかが9頁にわたって詳述してある。技術とは仲々大したものだと感心した。

この説明で、技術を持つことが人間と動物との相違点だということだが、まず気になる。一番身近な動物として猫を例にとってみよう。私など幼いときから猫がいつも家に居て、しょっちゅう遊び相手にしていたし、また冬などは寝床に持って入って一緒に寝たものである。猫がネズミを取るところも随分見た。辛抱強い待ち伏せ、前足での素早い引っかけはまことに見事なもので、感心しながら終りまで見ていたものである。これに引きかえ、子猫はからきし駄目で、待ち伏せの場所もわからない。ネズミが出て来ると驚いて手を引っこめる有様である。それでも大てい、親に教わり、自分達でも遊びながら練習もして、やがて一人前になって行く。今はマンション住まいで、犬猫の類は飼えないから動物好きの私としては大いに不満だが、代りにテレビの動物番組は大のファンである。特にタモリの「ウォッチング」は欠かさず見ている。先日この番組で驚くべきものを見た。一羽の五位サギが水面にあらかじめつかまえたハエを何度か投げ、これに釣られて寄ってきた魚を見事にとらえたのである。

こういった動物の技は、本日のテーマである「技術」ではないようである。動物が技術を持てば人間と区別がつかなくなってしまうことになる。しかし、例えば猫のネズミ取りの技は、自然の法則を意識しないまでも、ボンヤリとでも感じるものがなくてあんなに上達するものであろうか。親が子に教えるときに、いろんなケースに当てはまる共通の何か（それを法則と呼ぶかどうかは別だが）を意識してはいないのだろうか。この技も、環境の変化に適応して変っている。変化しながら長い年月をかけて今の水準にまで達したとすれば、今後また長い年月を経た後に、更に高いレベルに達するのではないだろ

うか。その場合、わずかにずつでも個体の努力の結果が後に影響を及ぼすようなことがないのだろうか。

人間の意識の働きは、人の脳の生化学的な変化と厳密に照応しているといわれる。では技術を生み出す人間の脳と技術を創造できない動物の脳は一体どう違っているのだろうか。大脳皮質の大きさが違うというような量的な相違では説明できないように思う。ここが違うんだというような人間の脳に特有なものを早く見つけてほしいものだ。

人間の技術にしたところで、人類が誕生して何十万年経ったか知らないが、土器を作り、農業や牧畜を始めたのはたかだか数万年前のこと。それまではとても技術と呼べるものはないも同然だったに違いない。そのような状態で永い年月を過ごしたとすると、本当に人間と動物の間にははっきりした仕切りがあるのかなと思う。

もっと本質的な問題の立て方をすれば、「自然」と人間は対立したものとしてとらえてよいのかということになる。人間も自然の一部ではないのか。そんな考え方は、古臭い東洋思想だよと顔をしかめられそうだが、一概にそう云ったものではないと思う。西洋でも古くから自然に合致することが最善の生き方だという考え方があった。自然を支配するということは、本当にできるのか。現に、有史以来技術は急激な発展をして、物質文明の面では非常に高度な水準に達したが、それで悲惨な戦争がなくなったであろうか。核戦争の恐怖は今人類に重くのしかかっている。何万人という人が餓死しつつあるという現実も今だにある。大気も大洋も汚染が進行しつつあり、このままでは半世紀もすれば地球に人類の住めるところはなくなる心配が出てきた。自然は人類に強烈なシッペ返しをするかも知れない。

しかしそれは決して技術の罪ではない。技術は人を幸福にもすれば不幸にもする。技術を真に人類の幸福に役立て得るのは、人間の叡智であろう。こちらの方は、どうも後世に伝わりにくいとみえて、技術に比べて大いに立ち遅れてしまった。いずれは人類にも両者が兼ね具わって至福の時代が来ることを望みたいが、それは今後の大きい課題として残されている。ひょっとしたら、そんなことは今の地球人には無理で、別の「超人類」にだけ可能なことかも知れない。そうなら、我々地球人は、超人類から見ると類人猿に過ぎないことになる。（SFの読みすぎですね。）

吊橋アンカレイジに用いたマスコンクリートの品質分析

Quality Analysis on Mass Concrete for Anchorages of Suspension Bridges.

(財) 海洋架橋調査会 技術第一部長 宮下 力
(前) 工務部 技術管理課長 Chikara Miyashita

企画開発部 企画課 審議役 吉田 好孝
Yoshitaka Yoshida

1. 調査概要

まえがき

本州四国連絡橋の吊橋は、昭和58年の因島大橋完成以来6橋が完成し、これまでに施工されたアンカレイジは11基である。これらのアンカレイジに使用されたマスコンクリートは、海中コンクリート部分を除く気中部のみで100万 m^3 を越え、総リフト数は2300リフトに及ぶ。これらに関するコンクリートの品質管理のデータも膨大な量になっており、本州四国連絡橋公団の実績として非常に貴重な成果である。これらのコンクリートの品質管理データを統一的に整理しまとめることは、これまでに打設してきたアンカレイジ用マスコンクリートを評価するという意味で重要である。この報告では、これらの成果の統計的な分析を中心に述べることにする。

この調査では、これまでに完成した11基全てのアンカレイジを対象にしている、そのアンカレイジ名は下記のとおりである。なお対象コンクリートは、基礎部の海中コンクリートを除く躯体コンクリートである。

大鳴門橋 1A、5A
下津井瀬戸大橋 1A、4A
南北備讃瀬戸大橋 1A、4A、7A
因島大橋 1A、4A
大島大橋 4A、7A

これらのアンカレイジに打設された気中コンクリートの品質管理については、基準管理試験、日常管理試験及び定期管理試験の記録によりその実態を調査した。また現場での打設については、現場配合表により調査した。収集した調査結果は、アンカレイジ毎あるいは、各アンカ

表-1 調査対象アンカレイジの形状及び施工数量

橋名	大鳴門橋	大鳴門橋	下津井瀬戸大橋	下津井瀬戸大橋	南北備讃瀬戸大橋	南北備讃瀬戸大橋
橋長	1629 m	1629 m	1446.6 m	1446.6 m	1610.7+1723 m	1610.7+1723 m
下部工名	1 A	5 A	1 A	4 A	1 A	4 A
形式	重力式	重力式	トンネル式	重力式	重力式	重力式
形状						
下部工寸法	70×51×42 m	70×51×42 m	14×15×63 m	63×54×49 m	71×54×56 m	79×58×86 m
気中コンクリート体積	95992 m^3	103162 m^3	16720 m^3 (サドルベント含む)	114265 m^3	137027 m^3	253519 m^3
施工ブロック数	6	6	各1 (東側、西側)	6	7	6
最大ブロック寸法	38×17 m	40.5×17 m	—	37×19 m	40×19 m	39.5×23 m
リフト数	233	269	各10 (東側、西側)	318	275	325
最大リフト厚	1.0 m	2.0 m	6.9 m	1.5 m	1.5 m	2.0 m
橋名	南北備讃瀬戸大橋	因島大橋	因島大橋	大島大橋	大島大橋	
橋長	1610.7+1723 m	1252 m	1252 m	840 m	840 m	
下部工名	7 A	1 A	4 A	4 A	7 A	
形式	重力式	重力式	重力式	重力式	重力式	
形状						
下部工寸法	76×55×73 m	63×41×50 m	60×41×40 m	46×35×36 m	46×35×27 m	
気中コンクリート体積	186000 m^3	50994 m^3	46092 m^3	31737 m^3	22217 m^3	
施工ブロック数	6	7	7	6	6	
最大ブロック寸法	22×43 m	36×15 m	33×15 m	24.5×12 m	26×12 m	
リフト数	217	207	184	161	103	
最大リフト厚	2.0 m	1.5 m	1.5 m	1.7 m	2.7 m	

(凡 例)

: 気中コンクリート部
: 気中コンクリート部以外

(注)
気中コンクリート体積には、上層コンクリート、ケーソンの躯体コンクリートを含まない。

レイジの配合種別毎に整理し、電算処理を行って統計的に整理した。またコンクリートの配合条件や品質特性について、相関分析を行ない、特に相関性の強い項目間では単回帰分析や重回帰分析を行って、関係式をもとめた。

2. アンカレイジ工事の概要

2・1 アンカレイジの施工

対象としたアンカレイジの形状及び施工数量を、表-1に示す。

表-2 使用セメントの製造会社

製造会社名		M社	U社	N社	S1社	O1社	O2社	A社	S2社
橋梁名									
大鳴門橋	1A					○			
	5A				○				
下津井瀬戸大橋	1A	○							
	4A			○					
南北備讃瀬戸大橋	1A					○			
	4A		○					○	○
	7A	○					○		
因島大橋	1A		○						
	4A	○							
因島大橋	4A				○				
	7A			○					
合 計		3	2	2	2	2	1	1	1

アンカレイジの気中コンクリートの施工期間は、下津井瀬戸大橋1Aトンネル式アンカレイジの3カ月をのぞいては、概ね1、2年の長期にわたっている。そのため施工期間中に骨材の供給状況の変化、それに伴うコンクリートの品質の変化あるいは季節の変化に応じて、配合を修正したケースもある。

因島大橋1A及び4Aでは、民間の生コンプラントによりコンクリートを製造したが、その他のアンカレイジでは、全て現場に設けた専用のプラントにより、コンクリートを製造した。打設方法は、全てポンプ車又は定置式ポンプによるポンプ打設であった。

2・2 材料

使用セメントは全て高炉セメントB種(中庸熱型)である。製造会社は8社であるが、最も多く使用された会社のもので3回であり、ほぼ平均的に使用されたと考えられる(表-2)。

細骨材の種類と産地を表-3に示す。細骨材はほとんどの工事で海砂を用いている。例外は大鳴門橋5Aで粗砂に川砂を用いたケースと大島大橋4Aで細砂、粗砂とも砕砂を使用したケースであった。海砂は全て除塩のため洗浄を行なっている。

粗骨材の岩質と産地を表-4に示す。岩質はほとんど安山岩もしくは流紋岩を用いているが、大鳴門橋5Aと南北備讃瀬戸大橋1Aで部分的に玄武岩を使用した。また南北備讃瀬戸大橋7Aで、一部閃緑岩を用いた。産地については11基のアンカレイジの内7基が、岡山県神島産の岩石を用いている。

混和材の種類を表-5に示す。全てのケースで減水剤を用いているが、一年を通じて遅延型減水剤を使用した場合と、夏期にのみ遅延型減水剤を用い、一般には通常の減水剤を用いた場合とがある。

3. 基準管理試験

現場において示方配合を決定するため、基準管理試験

表-3 細骨材の種類と産地

橋梁名	アンカレイジ名	種 類		産 地	
		細砂	粗砂	細 砂	粗 砂
大鳴門橋	1A	海砂	海砂	丸亀市広島沖	丸亀市広島沖
	5A	海砂	川砂	坂出沖	徳島県勝浦川水系
下津井瀬戸大橋	1A	海砂	—	坂出市室木島海域	—
	4A	海砂	海砂	坂出市室木島沖	坂出市室木島沖
南北備讃瀬戸大橋	1A	海砂	海砂	丸亀市本島瓦ノ州沖	丸亀市本島瓦ノ州沖
		海砂	海砂	丸亀市本島瓦ノ州沖	丸亀市本島瓦ノ州沖
	4A	海砂	海砂	丸亀市本島瓦ノ州沖	丸亀市本島瓦ノ州沖
		海砂	海砂	丸亀市本島瓦ノ州沖	丸亀市本島瓦ノ州沖
因島大橋	1A	(*)	海砂	丸亀市本島瓦ノ州沖	丸亀市本島瓦ノ州沖
		T	海砂	広島県豊田郡高根島沖	広島県豊田郡高根島沖
		S	海砂	広島県豊田郡高根島沖	広島県豊田郡高根島沖
	4A	T	海砂	丸亀市本島瓦ノ州沖	丸亀市本島瓦ノ州沖
		I	海砂	広島県豊田郡高根島沖	広島県豊田郡高根島沖
		I	海砂	広島県豊田郡高根島沖	広島県豊田郡高根島沖
大島大橋	4A	砕砂	砕砂	今治市桜井	今治市桜井
	7A	海砂	—	愛媛県大三島沖、呉市長浜沖	—

(*) T, S, I: コンクリートの民間製造会社名を示す。

表-4 粗骨材の岩質と産地

建設局名	橋 梁 名	アンカレイジ名	岩 質			産 地		
			G1 (13~5mm)	G2 (25~13mm)	G3 (40~25mm)	G1 (13~5mm)	G2 (25~13mm)	G3 (40~25mm)
第一建設局	大 鳴 門 橋	1 A	流紋岩	流紋岩	流紋岩	岡山県神島	岡山県神島	岡山県神島
		5 A	安山岩	玄武岩	安山岩	香川県豊島	香川県小豆島	香川県豊島
第二建設局	下 津 井 瀬 戸 大 橋	1 A	流紋岩	流紋岩	流紋岩	岡山県神島	岡山県神島	岡山県神島
		4 A	安山岩	安山岩	安山岩	香川県沙木山	香川県沙木山	香川県沙木山
			流紋岩	流紋岩	流紋岩	岡山県神島	岡山県神島	岡山県神島
			安山岩	安山岩	安山岩	香川県天霧山	香川県天霧山	香川県小豆島
	南 北 備 讃 瀬 戸 大 橋	1 A	玄武岩	安山岩	安山岩	香川県沙木山	香川県沙木山	香川県小豆島
		4 A	安山岩	安山岩	安山岩	香川県天霧山	香川県天霧山	香川県小豆島
			流紋岩	流紋岩	流紋岩	岡山県神島	岡山県神島	岡山県神島
		7 A	—	—	—	香川県小豆島	香川県小豆島	香川県小豆島
			流紋岩	流紋岩	流紋岩	岡山県神島	岡山県神島	岡山県神島
			閃緑岩	閃緑岩	流紋岩	香川県満濃町	香川県満濃町	岡山県神島
第三建設局	因 島 大 橋	1 A	流紋岩	—	流紋岩	岡山県神島	岡山県神島	岡山県神島
			—	—	—	広島県府中市荒谷	—	—
		4 A	流紋岩	—	流紋岩	岡山県神島	岡山県神島	岡山県神島
			—	—	—	広島県蒲刈町	広島県蒲刈町	広島県蒲刈町
	大 島 大 橋	4 A	安山岩	安山岩	安山岩	今治市桜井	今治市桜井	今治市桜井
		7 A	安山岩	安山岩	安山岩	広島県安芸津町	広島県安芸津町	広島県安芸津町

(注-1) 種類は全て砕石である。

表-5 混和剤の種類と使用実績

橋梁名	アンカレイジ名	減水剤		遅延剤減水剤			AE剤	
		P5	P7	P8	SR	PT	N3	N2
大鳴門橋	1A		○ (冬季)	○ (冬季)				
	5A				○			
下津井瀬戸大橋	1A		○					
	4A			○				
南北備讃瀬戸大橋	1A			○				
	4A			○			○ 注2	
	7A		○ (冬季)	○ (冬季)			○ 注3	○ 注4
因島大橋	1A	○ (夏季)		○ (夏季)				
	4A	○ (夏季)		○ (夏季)				
大島大橋	4A		○ (夏季)			○ (夏季)		
	7A			○				
計		2	4	8	1	1	2	1

注1) () 書きのないケースは、全打設期間にわたって使用。
 注2) S.57.9~S.58.7及びS.59.4~S.60.2
 注3) S.58.5~11
 注4) S58.12~S60.1.

を行っている。この場合の各アンカレイジの品質基準を、表-6に示す。南北備讃瀬戸大橋4Aでは、TP+33.5m以上に打設したコンクリートについて、一部14±1.5cm

表-6 各アンカレイジで設定した品質基準

橋梁名	アンカレイジ名	材令91日圧縮強度 (kg/cm ²)	粗骨材の最大寸法 (mm)	スランプの範囲 (cm)	空気量の範囲 (%)	セメントの種類
大鳴門橋	1A	240	40	12±2.5	3~5	高炉セメントB種
	5A	"	"	12±2.5	4±1	"
下津井瀬戸大橋	1A	"	"	8±2.5	"	"
	4A	"	"	11±1.5	"	"
南北備讃瀬戸大橋	1A	"	"	11±1.5	"	"
	4A	"	"	11±1.5 14±1.5	"	"
	7A	"	"	11±1.5	"	"
因島大橋	1A	"	"	10~12	4~5	"
	4A	"	"	"	"	"
大島大橋	4A	"	"	8±3.0	3.5±1	"
	7A	"	"	"	4±1	"

のスランプ値を設定した。これに基づいて決定した示方配合とコンクリートの品質の内、大鳴門橋と下津井瀬戸大橋の結果の一部を表-7に示す。下津井瀬戸大橋4Aでは、F-1以外にF-2からF-4までの配合を、時期により使い分けている。その他のアンカレイジにおいても、複数の示方配合を設定しているため、示方配合の数は全ア

表-7 基準管理試験による示方配合とコンクリートの品質

橋梁名	アンカレイジ名	配合の種類	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 S/a (%)	単位セメント量 C (kg/m ³)	単位水量 W (kg/m ³)	単位粗骨材量 (kg/m ³)	単位細骨材量 (kg/m ³)	単位減水剤量 (g/m ³)	フレッシュコンクリート			圧縮強度 (kg/cm ²)			配合が適用された期間
										スランプ (cm)	空気量 (%)	コンクリート温度 (°C)	7日	28日	91日	
大鳴門橋	1A	E	58.0	39.0	280	162	713	1,137	700	11.4	4.7	13.0	137	287	-	S54.3~S55.12
	5A	E II	56.3	43.0	280	158	792	1,077	700	12.2	3.8	10.0	118	308	428	S54.3~S55.12
下津井瀬戸大橋	1A	Q A	56.4	40.0	280	158	719	1,120	700	8.8	4.6	11.0	-	313	429	S59.10~S59.1
	4A	F-1	51.8	39.0	280	145	720	1,170	700	11.2	4.4	25.6	-	333	-	S56.11~S57.4

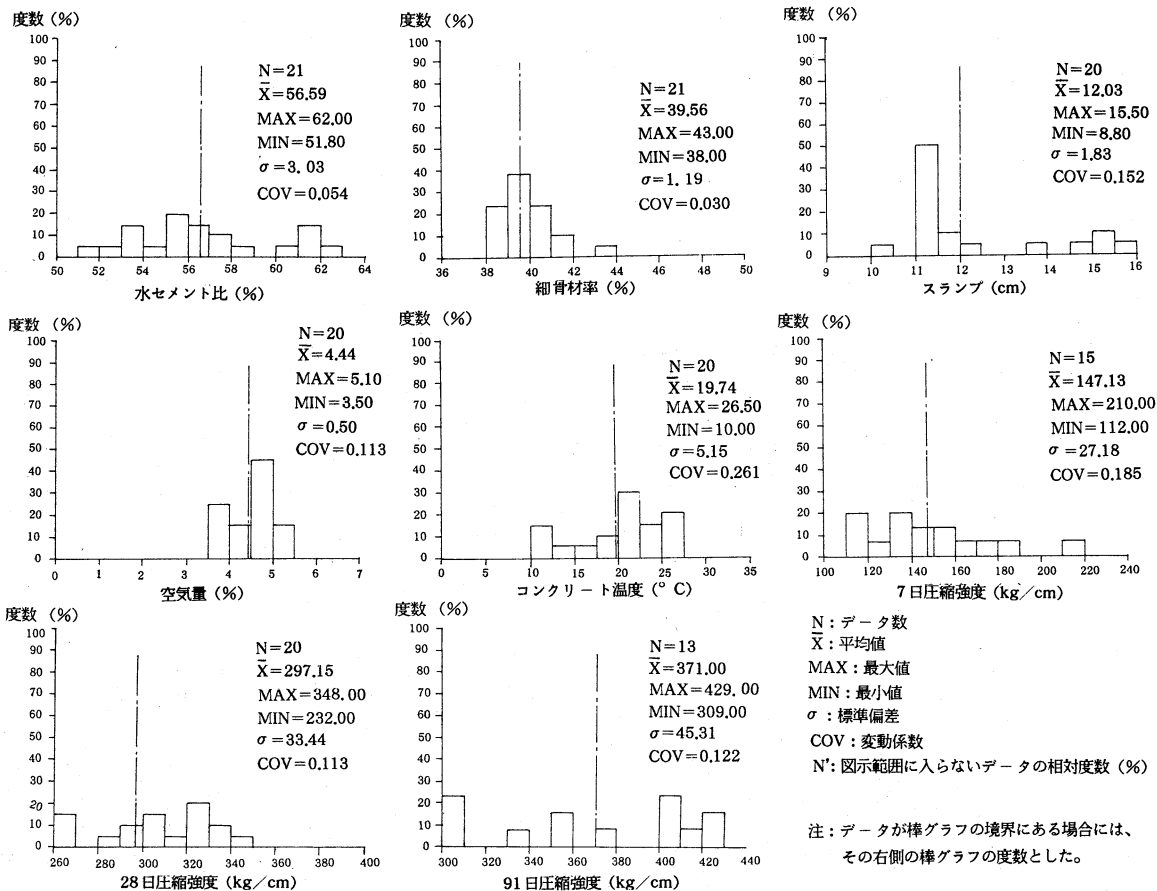


図-1 基準管理試験における示方配合とコンクリートの品質 (全アンカレイジ)

ンカレイジで合計21であった。その中から主な項目のヒストグラムを図-1に示す。決定された示方配合とコンクリートの品質の特徴は、次のとおりである。

1) 単位セメント量と単位減水剤量は、全アンカレイジについて同一で、各々1㎡あたり280kgと700gである。

2) 単位水量は、最大が174kg、最小が145kgであり、アンカレイジ間で約30kgの差がある。分布の変動係数は、0.054で比較的大きいばらつきを示した。

3) 圧縮強度は、初期の段階から100kg/cm²前後の分布幅を示している。これはスランプ量とコンクリート温度が、かなり広い範囲に分布していることと関係があると思われる。圧縮強度の分布には、あまり顕著な集中域がみられず、平均的に分散している。

4. 定期管理試験

定期管理試験は、施工期間中毎月1回行っている。各アンカレイジ毎にセメント、細骨材及び粗骨材の試験結果をすべて抽出し、実態を取りまとめた。

4.1 セメント

比重、粉末度及び28日強度についての調査結果では、概してばらつきが小さかった。

南北備讃瀬戸大橋4Aの粉末度のばらつきが大きかったが、これは打設期間中に3社のセメントを混合して用いたためである。各メーカー毎については、均一なセメントが製造されており、各メーカーでは十分な品質管理がなされている。従って各社のセメントを混合して用いる場合には、十分に調査検討して、物性値の変化を確認した上で、使用するのがよいと思われる。セメントの定期管理試験の内、下津井瀬戸大橋と南北備讃瀬戸大橋に関する結果を表-8に示す。

4.2 細骨材

ほとんどのアンカレイジで、細骨材として細砂と粗砂を混合したものを使用した。従って細骨材の試験結果としては、この混合砂の分析結果を示す(表-9)。

1) 粗粒率の変動範囲は、大きな場合でも0.35程度であり、各アンカレイジでは比較的均質な粒径が得られている。

2) 海砂はすべて洗浄による除塩を行っており、その結果塩分量は非常に少なく、洗浄の効果は良好であった。

3) 大鳴門橋5Aの川砂と、大島大橋の碎石は、単位容積重量が海砂に比べ大きな値を示している。(大鳴門橋5A: 15821631kg/m³、平均1603kg/m³、大島大橋7A: 1607~1650kg/m³、平均1633kg/m³)

4.3 粗骨材

粗骨材についても、粒度別に調達された碎石を混合して用いている。分析結果は次の通りである(表-10)。

(1) 粗粒率の変動範囲は、0.2以下であり、非常に安定した粒度を示している。

(2) 粗骨材の岩質は、主として安山岩と流紋岩であるが、この岩種の違いによる差は認められなかった。

5. 日常管理試験

5.1 データ抽出の方法

日常管理試験は打設日毎にデータが得られているため、この全てを調査することは時間的、労力的にも無理であった。従ってある程度信頼性の高くなるデータ数として、各配合につき50程度のデータを得ることを目安とした。抽出の方法は、2打設毎に1回または3打設毎に1回というように、等時間間隔でかつ躯体の位置的にも均等になるように配慮し、アンカレイジの躯体全体が統計に反映されるような措置をした。

表-8 セメントの定期管理試験結果

橋梁名	アンカレイジ名	比重 (規格値: 2.85以上)					粉末度 (cm ² /g) (規格値: 3,000以上)					28日強度 (kg/cm ²) (規格値: 290以上)				
		個数	最大値	最小値	平均値	標準偏差	個数	最大値	最小値	平均値	標準偏差	個数	最大値	最小値	平均値	標準偏差
下津井瀬戸大橋	1A	3	3.00	3.00	3.00	0.00	3	3550.	3520.	3533.	15.	2	484.	386.	435.	69.
	4A	18	3.02	3.02	3.02	0.00	18	3890.	3730.	3838.	39.	18	388.	371.	381.	5.
南北備讃瀬戸大橋	1A	21	3.01	3.00	3.01	0.01	21	3460.	3280.	3341.	50.	9	364.	316.	333.	15.
	4A	30	3.03	3.01	3.02	0.01	30	3870.	3290.	3509.	231.	30	351.	324.	336.	6.
	7A	44	3.03	3.00	3.01	0.01	44	3620.	3340.	3472.	62.	44	388.	350.	370.	10.

橋梁名	アンカレイジ名	7日水和熱 (cal/g) (規格値: 70以下)					28日水和熱 (cal/g) (規格値: 83以下)				
		個数	最大値	最小値	平均値	標準偏差	個数	最大値	最小値	平均値	標準偏差
下津井瀬戸大橋	1A	3	54.3	53.4	54.0	0.5	2	68.9	68.7	68.5	0.1
	4A	18	62.0	60.0	61.1	0.4	0	0.0	0.0	0.0	0.0
南北備讃瀬戸大橋	1A	20	63.5	59.8	61.9	1.2	9	78.4	74.6	77.5	1.2
	4A	30	58.6	52.0	54.3	1.9	30	77.9	69.9	73.0	2.1
	7A	44	56.7	51.9	54.1	1.5	44	71.8	67.5	69.1	1.3

表-9 細骨材の定期管理試験結果

橋梁名	アンカレイジ名	粗粒率 (%)					比重 (規格値: 2.5以上)					吸水率 (規格値: 3%以下)					単位容積重量 (kg/m³)				
		個数	最大値	最小値	平均値	標準偏差	個数	最大値	最小値	平均値	標準偏差	個数	最大値	最小値	平均値	標準偏差	個数	最大値	最小値	平均値	標準偏差
下津井瀬戸大橋	1A	3	2.55	2.52	2.53	0.02	3	2.53	2.53	2.53	0.00	3	1.83	1.81	1.82	0.01	3	1544	1537	1541	4
	4A	26	2.86	2.55	2.69	0.07	26	2.54	2.52	2.53	0.01	26	1.96	1.57	1.76	0.11	26	1605	1430	1564	38
南北備讃瀬戸大橋	1A	21	2.66	2.56	2.61	0.03	21	2.54	2.54	2.54	0.00	21	2.02	1.96	1.99	0.02	21	1533	1500	1520	10
	4A	28	2.62	2.31	2.50	0.08	28	2.58	2.55	2.56	0.01	28	1.92	1.35	1.65	0.13	28	1600	1539	1568	15
	7A	22	2.62	2.45	2.53	0.05	14	2.58	2.53	2.54	0.01	14	1.95	1.58	1.76	0.14	14	1590	1500	1551	27

橋梁名	アンカレイジ名	実績率 (%)					洗い試験で失われるもの (%) (規格値: 5%以下)					塩分含有量 (%) (規格値: 0.1%以下)				
		個数	最大値	最小値	平均値	標準偏差	個数	最大値	最小値	平均値	標準偏差	個数	最大値	最小値	平均値	標準偏差
下津井瀬戸大橋	1A	3	62.1	61.9	62.0	0.1	3	1.71	1.46	1.57	0.13	3	0.012	0.010	0.011	0.001
	4A	25	64.5	57.1	62.8	1.7	26	1.80	0.69	1.28	0.35	26	0.016	0.002	0.007	0.005
南北備讃瀬戸大橋	1A	21	61.6	60.2	61.0	0.4	21	0.65	0.25	0.47	0.12	17	0.020	0.020	0.020	0.000
	4A	28	63.4	61.0	62.2	0.7	28	1.80	0.19	0.73	0.36	28	0.043	0.003	0.016	0.011
	7A	14	63.8	60.0	62.0	1.1	0	0.00	0.00	0.00	0.00	22	0.032	0.015	0.023	0.004

表-10 粗骨材の定期管理試験結果

橋梁名	アンカレイジ名	粗粒率 (%)					比重 (規格値: 2.5以上)					吸水率 (%) (規格値: 3%以下)				
		個数	最大値	最小値	平均値	標準偏差	個数	最大値	最小値	平均値	標準偏差	個数	最大値	最小値	平均値	標準偏差
下津井瀬戸大橋	1A	2	7.25	7.24	7.25	0.01	2	2.64	2.64	2.64	0.00	2	0.71	0.69	0.70	0.01
	4A	26	7.40	7.29	7.34	0.03	26	2.64	2.62	2.63	0.01	26	1.49	0.49	1.03	0.35
南北備讃瀬戸大橋	1A	21	7.30	7.18	7.24	0.03	21	2.72	2.70	2.70	0.01	21	1.68	1.38	1.51	0.09
	4A	28	7.41	7.20	7.27	0.05	28	2.64	2.60	2.62	0.01	28	0.97	0.62	0.79	0.09
	7A	21	7.32	7.18	7.28	0.04	20	2.65	2.62	2.64	0.01	19	0.95	0.57	0.67	0.12

橋梁名	アンカレイジ名	単位容積重量 (kg/m³)					実績率 (%) (規格値: 55%以上)					洗い試験で失われるもの (%) (規格値: 1%以下)				
		個数	最大値	最小値	平均値	標準偏差	個数	最大値	最小値	平均値	標準偏差	個数	最大値	最小値	平均値	標準偏差
下津井瀬戸大橋	1A	2	1627	1623	1625	3	2	62.1	61.9	62.0	0.1	2	0.65	0.63	0.64	0.01
	4A	26	1643	1569	1599	20	26	62.7	60.7	61.4	0.5	26	0.64	0.19	0.38	0.12
南北備讃瀬戸大橋	1A	21	1674	1545	1581	39	21	63.1	58.0	59.4	1.5	21	0.92	0.65	0.79	0.06
	4A	28	1611	1556	1565	10	28	60.4	59.5	60.1	0.3	28	0.88	0.29	0.49	0.11
	7A	20	1620	1525	1588	21	20	62.0	58.2	60.5	0.9	0	0.00	0.00	0.00	0.00

5・2 試験結果

日常管理試験における各アンカレイジの配合を表-11に示す。調査対象とした項目は、スランプの最小値、最大値及び平均値、空気量の最小値、最大値及び平均値、コンクリート打設時温度、7日圧縮強度、28日圧縮強度、91日圧縮強度の10項目である。このうち91日圧縮強度の結果を表-12に示す。分析の結果は次の通りである。

(1) 91日圧縮強度の平均値は、南北備讃瀬戸大橋7AのF-3配合が最大で438kg/c㎡、ついで大島大橋4AのG配合の411kg/c㎡であった。これらの配合の単位水量は、それぞれ155kg/m³、150kg/m³と全体の平均値よりは少ない値である。91日圧縮強度の大小と単位水量の多少は、明らかに相関関係を示している。

(2) スランプの平均値と空気量の平均値は、ほぼ各アンカレイジで設定した基準値付近にあり、変動値も小さく、品質管理が十分であったと推察できる。

(3) 南北備讃瀬戸大橋1AのE-標準配合において、当

初汐木山産の玄武岩及び汐木山産と小豆島産の安山岩からなる粗骨材を用いていたが、途中で天霧山産及び小豆島産の安山岩に変更した。この両者の比較を行った結果、28日圧縮強度で7kg/c㎡、91日圧縮強度で約20kg/c㎡前者が大きかった。ここでスランプと空気量の平均値には差がない。すなわち粗骨材を変えたことによる影響は、明らかに強度に現われている。しかしこれが玄武岩と安山岩の差であるか、または同じ岩質であっても産地が異なることによるのかは不明であった。

(4) 南北備讃瀬戸大橋4AのF-1配合 (TP+33.5m以下に打設) とF-2配合 (TP+33.5m以上に打設) を比較すれば、28日圧縮強度の平均値で約30kg/c㎡、91日圧縮強度の平均値で約50kg/c㎡前者が大きい。この原因は、後者の配合では、施工上の制約により単位水量を8kg程増やしたためと思われる。

(5) 南北備讃瀬戸大橋7AのF-3配合とF-4配合における圧縮強度の比較によれば、前者の28日圧縮強度及び

表-11 日常管理試験における各アンカレイジの配合と調査期間

橋梁名	アンカレイジ名	配合の種類	調査対象とした期間	特記事項
大鳴門橋	1A	E	S54.3~S55.12 (全期間)	
	1A	Q _A	S59.10~S59.12 (全期間)	トンネル式アンカレイジ
下津井瀬戸大橋	A3橋台	R	S60.5~S60.7 (全期間)	粗骨材の最大寸法20mm
	4A	F-4	S57.10~S58.12	
南北備讃瀬戸大橋	1A	E-標準	S57.4~S57.12, S58.5~S58.11	
		E-寒中	S57.12~S58.5, S58.12	
		E-標準	S58.5~S58.12	上のE-標準配合とは粗骨材の産地と岩質が異なる
	4A	F-1	S57.9~S58.6	T.P+33.5m以下に打設
		F-2	S58.7~S59.8	T.P+33.5m以上に打設
	7A	F-3	S58.10~S59.3	
		F-4	S58.12~S60.1	
	1A	T E ₁	S52.11~S54.2 (全期間)	
因島大橋	S	E ₁	"	
	4A	T E ₁	S52.11~S53.12 (全期間)	
	I	E ₁	"	
大島大橋	4A	G	S58.1~S59.7 (全期間)	
	7A	G	S58.8~S59.6 (全期間)	

表-12 日常管理試験における91日圧縮強度

橋梁名	アンカレイジ名	配合の種類	91日圧縮強度 (kg/cm ²)				
			個数	最大値	最小値	平均値	標準偏差
(*) 大鳴門橋	1A	E	62	422	305	362	32
	1A	Q _A	9	438	382	407	21
下津井瀬戸大橋	A3橋台	R (粗骨材最大寸法20mm)	8	432	357	394	26
	4A	F-4	36	434	318	382	25
南北備讃瀬戸大橋	1A	E-標準	68	421	303	378	20
		E-寒中	52	434	308	396	23
		E-標準 (粗骨材岩質変化)	47	406	300	357	26
	4A	F-1	76	431	369	399	16
		F-2	41	375	314	342	16
	7A	F-3	43	464	405	438	14
		F-4	55	459	369	398	17
因島大橋	1A	T E ₁	47	396	268	347	34
	S	E ₁	49	375	274	328	23
	4A	T E ₁	50	421	278	340	37
	I	E ₁	50	411	270	326	36
大島大橋	4A	G	50	486	354	411	31
	7A	G	34	407	341	374	19

(*1) 大鳴門橋5A はデータ欠損

表-13 基準管理試験データの相関係数調査項目

No	調査項目	No	調査項目
1	91日圧縮強度	13	粗粒率 (FM)
2	28 "	14	比重
3	7 "	15	吸水率
4	スランプ	16	単位容積重量
5	空気量	17	実積率
6	コンクリート温度	18	洗い
7	水セメント比	19	粗粒率 (FM)
8	細骨材率	20	比重
9	単位セメント量	21	吸水率
10	単位水量	22	単位容積重量
11	単位細骨材量	23	実積率
12	単位粗骨材量	24	洗い

91日圧縮強度が共に30~40kg/cm²程度大きい。これは前者の単位水量が後者より約5kg/m³少ないためと思われる。

(6) 下津井瀬戸大橋1A (トンネル式アンカレイジ) のQ_A配合と、A3橋台のR配合 (児島・坂出ルート共用部の構造用コンクリートに対する配合、高炉セメント使用、粗骨材の最大寸法20mm) との比較によれば、前者が91日圧縮強度の平均値で13kg/cm²大きい。両配合の単位水量や細骨材率は異なるが、品質には顕著な差は現われていないといえる。

6. 基準管理試験の相関分析

6・1 相関性

特に91日圧縮強度に影響を与える要因を中心に、各項目の相関性を分析調査した。配合を変化させている試験は、基準、定期及び日常管理試験のうち基準管理試験のみであるため、基準管理試験の配合とコンクリートの品質に関する24項目 (表-13) について、相関係数を求めた。この結果、次の特性が明らかになった。

(1) 91日圧縮強度と28日圧縮強度との相関係数は0.896で、各相関係数中最大を示した。しかし7日圧縮強度と91日圧縮強度との相関係数は0.010で非常に低い。従って28日圧縮強度から91日圧縮強度を推定する場合は、かなり信頼性の高い推定が可能であるが、7日圧縮強度から91日圧縮強度を推定することは、かなり難しいといえる。

(2) 91日圧縮強度と配合との相関性では、単位水量との相関が支配的であり、相関係数は-0.776である。次いで単位細骨材量 (0.256)、単位粗骨材量 (0.204) の順である。

一般に圧縮強度に大きな影響を与える要因としては、まず単位セメント量が考えられるが、基準管理試験では全アンカレイジで単位セメント量を固定しているため (280kg/m³)、単位セメント量の影響の調査分析は不可能であった。

(3) 91日圧縮強度とフレッシュコンクリートの品質との比較では、スランプ及び水セメント比との相関性が強く、相関係数はそれぞれ-0.793、-0.776であった。但し空気量やコンクリートの打設時温度との相関も比較的高く、それぞれ-0.585、-0.567であった。この結果は、コンクリートの練混ぜ時の品質管理に際しては、これらの要素を軽視できないことを示している。

(4) スランプが、水セメント比や単位水量との相関が高いのは当然であるが (それぞれ0.798, 0.800)、単位粗骨材量とも比較的大きな相関を示した (-0.519)。これは単位粗骨材量を増加させると、スランプが小さくなる傾向を示している。

(5) スランプと空気量とは比較的大きな相関を示した (0.512) が、スランプと打設時のコンクリート温度とは相関性が低かった (0.225)。

6・2 回帰分析

相関係数の絶対値が0.7以上の項目間については、相関性が高いと考え、単回帰分析を行なった。

単回帰分析の回帰式は次の一次式である。

$$Y = aX + b$$

また重回帰分析の回帰式は、一般に次式で定義される。

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots$$

ここに

Y : 目的変数

a、 X_i : 目的変数に影響を与える変数

b_i : 定数

単回帰分析の結果の内、圧縮強度に関するものを図-2に示す。ここで91日圧縮強度と28日圧縮強度の相関(図-2、(a))及び28日圧縮強度と水セメント比の相関(図-2、(d))は、危険率0.1%以下で有意であり、91日圧縮強度とスランブの相関(図-2、(b))及び91日圧縮強度と水セメント比との相関(図-2、(c))は、危険率0.1%以下で有意である。

重回帰分析では、変数Xとして考慮した変数でも、目的変数にあまり寄与しない変数は除き、少ない変数で寄与率の高い重回帰式を得ることを目的とした。

基準管理試験結果を用いて重回帰分析を行なった結果の内、強度に関するものを表-14に、分析の結果を次に示す。

(1) 91日圧縮強度と28日及び7日圧縮強度との関係では、28日圧縮強度の寄与率が0.895、7日圧縮強度が0.092であり、28日圧縮強度の影響が非常に大きい。

(2) 91日圧縮強度とフレッシュコンクリートの条件との関係では、スランブの影響が最も大きく、ついで細骨材率、空気量の順であった。

(3) 91日圧縮強度と配合条件との関係では、単位水量の影響が大きい。単位セメント量は全て一定であったため、ここでは考慮していない。

(4) 表-14には示していないが、スランブに対する配合条件の影響としては、単位細骨材及び単位粗骨材量に比べて、当然ながら単位水量の影響が支配的(寄与率0.

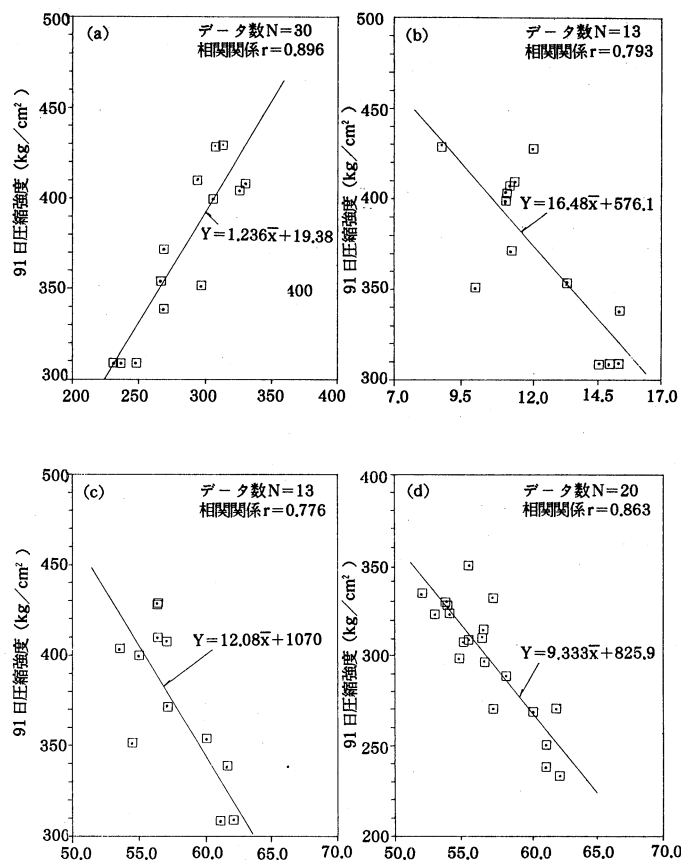


図-2 基準管理試験データの単回帰分析結果

64)であった。またスランブに対する骨材の品質の関係では、細骨材の実積率の寄与率が最大で0.28、ついで細骨材の粗粒率(0.20)、粗骨材の粗粒率(0.09)、粗骨材の実積率(0.04)の順であった。

7.アンカレイジ用コンクリートの配合について

日常管理試験の分析の対象としたのは、17種類の配合である。これより91日圧縮強度の高い2つの配合を、表-15に示す。これらの配合は強度が高く、スランブも基準値内にあり、良好な配合の例である。これまでは単

表-14 基準管理試験結果による重回帰分析結果

着目した関係	目的変数 (Y)	単位	考慮した変数 ($X_1, X_2, \dots$)	寄与率	データ数	逐次選択法により得られた重回帰式	重相関係数 R
91日圧縮強度と他の強度	91日圧縮強度 (σ_{91})	kg/cm ²	28日圧縮強度 (σ_{28})	0.895	12	$\sigma_{91} = 63.8 - 0.489 \cdot \sigma_7 + 1.33 \cdot \sigma_{28}$	0.946
			7日圧縮強度 (σ_7)	0.092			
91日圧縮強度とフレッシュコンクリートの条件	同上	同上	スランブ (S ℓ)	0.744	13	$\sigma_{91} = 59.8 + 13.6 \cdot S/a - 18.7 \cdot S\ell$	0.872
			細骨材率 (S/a)	0.131			
91日圧縮強度と配合条件	同上	同上	単位水量 (W)	0.603	13	$\sigma_{91} = 1066.2 - 4.29 \cdot W$	0.776
91日圧縮強度と他の全ての条件	同上	同上	28日圧縮強度 (σ_{28})	0.169	13	$\sigma_{91} = -15.6 + 1.09 \cdot \sigma_{28} - 6.73 \cdot S\ell + 0.986 \cdot W$	0.909
			スランブ (S ℓ)	0.023			
			単位水量 (W)	0.005			

表-15 91日圧縮強度が高い配合条件

橋 梁 名	アンカレイジ名	配 合 名	1 m ² あたり					日 常 管 理 試 験 結 果		
			単位セメント量 (kg)	単位水量 (kg)	単位細骨材量 (kg)	単位粗骨材量 (kg)	混和剤の種類	スラブの 平均値 (cm)	91日圧縮強度 (kg/cm ²)	
									平 均 値	標準偏差
南北備讃 瀬戸大橋	7A	F-3	280	155	701	1,182	減水剤	11.5 (11±1.5)	438 (240)	14
大島大橋	4A	G	280	150	722	1,159	〃	8.7 (8±3.0)	411 (240)	31

() 内: 品質基準値

位水量が160kg/m³を越える配合もあったが、特に高所に打設する場合などを除いて、原則として単位水量を155kg/m³程度に減少させることは可能であろう。

今回の調査は、本州四国連絡橋公団の配合の決定方法から、すべて単位セメント量が280キロの場合に限られた。配合の決定に際しては、この単位セメント量を動かしていない。すなわち単位セメント量は280キロに固定して水セメント比を変化させ、適正な示方配合を決定する方法を採用している。従って各種の細骨材、粗骨材等のもとで、一般にコンクリートの品質に大きな影響を及ぼす単位セメント量の影響を直接調査するためには、また別の検討が必要である。

今回の調査結果より、単位セメント量が280kg/m³の場合、各アンカレイジの91日圧縮強度の値は平均326~438kg/cm²と、かなり広い範囲に分布している。このときの5%非超過確率値 (= 平均値 - 1.64 * 標準偏差) は、267~415kg/cm²の範囲にある。このことは打設コンクリートの強度が、設計基準強度 $\sigma_{sk} = 240\text{kg/cm}^2$ を下回る確率を5%以下とするという当時の示方書の規定を、十分な余裕を持って満足していることを示している。

南北備讃瀬戸大橋7AのF-3配合における91日圧縮強度の5%非超過確率値は415kg/cm²、大島大橋4AのG配合の場合は360kg/cm²である。かりに圧縮強度の分布形は変わらないと仮定し、そのまま平行移動させて、これらの値を設計基準強度 $\sigma_{sk} = 240\text{kg/cm}^2$ まで下げるとする。このとき圧縮強度の差は、それぞれ175kg/cm²と120kg/cm²になる。

コンクリートの配合は、単に強度のみからだけではなく、施工性その他の諸条件を考慮して決定されるべきものである。従って今回の調査のみから配合を議論することはむずかしいが、単位セメント量を減少させることは十分可能であると思われる。施工性を考慮した、より合理的な配合についての検討は、今後の課題であるといえよう。

8. コンクリートの品質管理について

打設されたコンクリートの91日圧縮強度は、日常管理試験の調査結果によれば、設計基準強度 $\sigma_{sk} = 240\text{kg/cm}^2$ に比べて十分大きい。スラブ及び空気量は、ほぼ設定した品質基準値付近にあり、それぞれのアンカレイジ

では、ばらつきも小さいことが明らかとなった。このことは、現場配合における骨材の表面水量の補正、粗粒率の変化に対する補正が適切に行なわれ、品質管理が十分であったことを示している。

粗骨材及び細骨材については、打設期間中にそれぞれの事情により産地、岩質を変更したケースがあったが、概して変動の小さい骨材が供給されていた。細骨材は大鳴門橋5Aの粗砂(川砂)及び大島大橋4Aの細砂(砕砂)以外は海砂を使用した。この細砂の使用に当たっては、全て洗浄されており、塩分含有量は非常に小さく抑えられていた。

9. おわりに

今回の調査から、単位セメント量の減少の可能性を見だし、またいくつかの圧縮強度の推定式を得ることができた。今回の調査に用いた配合の種類やデータの数は、統計分析のためのデータ数としては十分とはいえないが、得られた結果は本州四国連絡橋のアンカレイジ用マスコンクリートの特徴をよく反映しているものと考えられる。また、この報告からアンカレイジ用マスコンクリートの品質として、設計、施工の両面について十分満足していると考えられる。しかしながら将来のアンカレイジ用マスコンクリートとして、より適切なコンクリートを打設するためには、配合設計、施工計画などについて、さらに検討を加える必要があると思われる。これまでの実績で事足りるとせず、この報告を一つのステップとしてさらに進歩を望みたい。

本調査にご協力いただいた各工事事務所及び管理事務所の方々と、並びに総合技術コンサルタントの方々に、厚くお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 施工管理試験要項 昭和54年11月 本州四国連絡橋公団
- 2) マスコンクリートの品質に関する実態調査及び分析 昭和62年3月 本州四国連絡橋公団
- 3) 吊橋アンカレイジの施工に関する資料整理委託業務 昭和62年3月 本州四国連絡橋公団 (財) 海洋架橋調査会

主ケーブル材料としての高強度鋼線

High Tensile Strength Galvanized Wire For Bridge Cable

設計部 設計第一課 森山 彰
Akira Moriyama

1. まえがき

明石海峡大橋をはじめ吊橋の長大化に伴い材料の高強度化が進み、ケーブル材料についてもより合理的な設計を可能にするために鋼線の高強度化に向けた開発研究が進められた。その結果、約1%のSiを添加する低合金鋼により引張強さ180~200kgf/m²の高強度鋼線の開発が為された。本報告は、高強度鋼線開発の過程と材料特性確認のために実施された各種試験結果を紹介するものである。

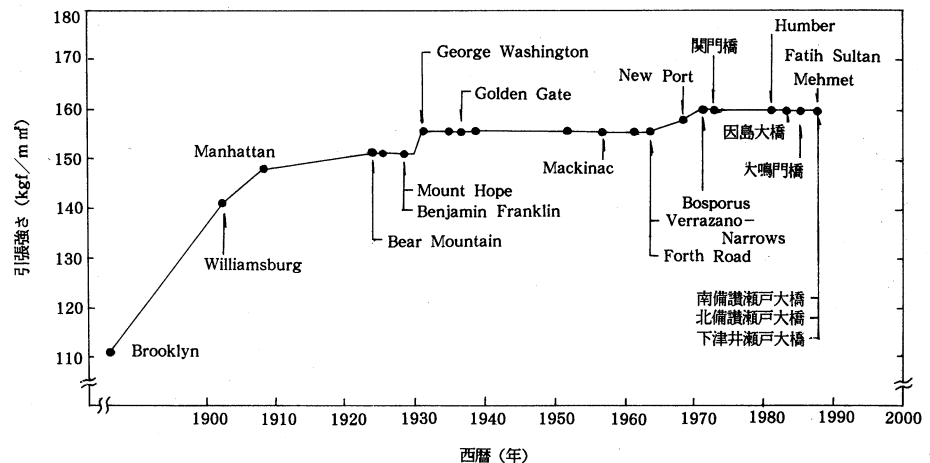


図-1 長大吊橋用亜鉛めっき鋼線の強度変遷

2. ケーブル用材料

長大吊橋の主ケーブルは、直径5mm程度の亜鉛めっきを施した鋼線を束ねて構成されている。その鋼線の引張強さの変遷を図-1に示す。現在用いられている鋼線の保証引張強さは160kgf/m²であり、ジョージ・ワシントン橋（1931年完成、中央支間長1,067m）において155kgf/m²級の鋼線が用いられて以降、半世紀ものあいだ強度的にはほとんど進歩をみていない。本州四国連絡橋においてもこの160kgf/m²級の鋼線が用いられており、その使用実績は約7万トンにも及ぶ。今日、この160kgf/m²級の鋼線が吊橋ケーブル用として定着した理由は、線材の製造、鋼線の加工が比較的容易であり、大量生産においても安定した品質が得られる成分系であること、さらに引張強さ160kgf/m²を上回る鋼線の需要がなかったことなどが挙げられる。



図-2 亜鉛めっき鋼線の製造工程

3. 高強度鋼線の開発研究

3.1 高強度化の手法

ケーブル用鋼線は概略図-2に示す工程で製造され、その製造各段階における鋼線の強度推移を図-3に模式的に示す。鋼線は、溶鋼-連铸-圧延により製造された高

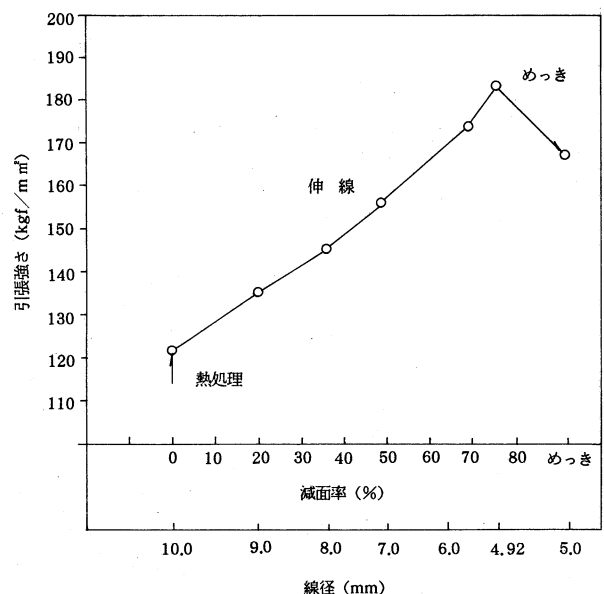


図-3 鋼線の熱処理-伸線-めっきにおける強度の推移

炭素鋼線材を熱処理することで強度を付与し、それを伸線することでさらに強度が上がる。伸線は径10～11mm程度の線材を径5mm程度にまで数回にわたってダイスを冷間引抜きすることにより行い、減面率（伸線加工度）で75～80％程度が一般的である。最後に亜鉛めっきを施し完了するが、めっき時の熱影響により強度は低下し、最終的には引張強さ165kgf/mm²程度の鋼線が製造されている。

この強度推移から、鋼線の強度化の手法として以下の3つが考えられる。

- ①線材の強度を増す。
- ②伸線加工度を増す。
- ③熱影響による強度低下を抑制する。

なお、この高強度鋼線の開発研究は、現在用いられている160kgf/mm²級鋼線の製造、品質管理ほかの実績を踏まえた延長線上で進められたものである。

3.2 高強度化手法の選択

(1) 線材強度の増加のための手法

線材強度は化学成分を変化させることで増加できる。まず、Cを増加することで強度増が得られるが、Cを多量に添加すると成分的に過共析組成となるために鋼線の延性特性の悪化が予想される。Mn、P、Siを添加することでも線材強度の増加が期待できることが知られている。しかし、Mn、Pを添加すると、熱処理を行なう際に変態に要する時間が著しく長くなるために作業性の面で問題が生じる。Siについても変態に要する時間が多少長くなるが作業性の面で問題となるほどのことはない。

(2) 伸線加工度の増加による強度増の手法

伸線加工度を増すことにより強度増が得られることは、図-3からも明らかである。確かに強度的には高い鋼線の製造は可能となるが、過度の伸線を施した場合は鋼線の延性が著しく悪化する。そのため、伸線加工度を現状以上に増すことによる強度増は困難である。

(3) 亜鉛めっき時の熱による強度低下の抑制手法

亜鉛めっきは、450℃前後の浴中に鋼線を浸すことで行うため、そのときの熱により鋼線のパーライト組織の崩壊が進むことにより強度は大きく低下する。パーライト組織の崩壊を防ぐためには、Si、Cr成分の添加が有効であることが知られており、実験的にも確認されている。

以上をまとめると、従来の延長線上で鋼線の強度を増すためには線材強度、熱による強度低下の抑制ともに有効な化学成分であるSiを添加した低合金鋼の採用が最良と考えられる。なお、PC鋼線や送電線用補強線（ACSR）、ロープ用鋼線分野では、強度的にも200kgf/mm²前後のSi系低合金鋼が既に実用化されている。

3.3 Si系低合金鋼の開発案

高強度鋼線の開発研究は表-1に示す化学成分案により進められた。成分範囲の設定は、C、Mn、P、Sの成

表-1 Si系低合金鋼の化学成分案

項目	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr
Si系 低合金鋼	0.80 ～0.85	0.80 ～1.00	0.60 ～0.90	≤0.025	≤0.025	≤0.06	≤0.06	≤0.06
HBS G 3501 JIS G 3502 (SWRS77B)	0.75 ～0.80	0.12 ～0.32	0.60 ～0.90	≤0.025	≤0.025	≤0.20	—	—
JIS G 3502 (SRWS82B)	0.80 ～0.85	0.12 ～0.32	0.60 ～0.90	≤0.025	≤0.025	≤0.20	—	—

分範囲はJISピアノ線材SWRS82Bに規定される成分範囲を用いることとし、Siは引張強さ180kgf/mm²を得るに必要な0.80％を下限に、Siが線材の脱炭を増加させる成分であることから、品質確保、また製造上支障とならないと判断される1.0％を上限とした。さらにCuや従来は成分範囲を規定していなかったNi、Crについても鋼線の品質安定化のために成分範囲を規定した。

4. 高強度鋼線の保持すべき特性

ケーブル用鋼線の保持すべき特性としては次のような項目が挙げられる。

①引張強さ、伸び特性をはじめ一般に鋼線は高強度化により延性が低下することからねじれ特性や巻き付け、その他、HBS G 3501に規定される鋼線が保持すべき基本的な特性。

②吊橋主ケーブルには恒常的に高い応力が作用することから、鋼線のクリープ特性や遅れ破壊特性、応力腐食割れ特性。さらに、活荷重作用による変動応力を対象とした疲労特性。

③鋼線の腐食特性は亜鉛めっき層の特性に支配されることから従来の鋼線と同等と考えられる。しかし、Siを添加したことによるめっき層への影響、さらに極端な状態ではあるが亜鉛めっき層が消滅した場合の鋼線母材の腐食特性

④橋梁ケーブルとして用いる際に、バンドやサドル部で生じる側圧の鋼線強度に及ぼす影響やソケット定着部の特性、さらにストランドシュー部での曲げ特性。

⑤量産時の鋼線の製造性と化学成分のばらつきによる鋼線の品質。

高強度鋼線を実用化するためには上記のような諸特性を確認する必要がある、次章にその特性確認のために実施した試験結果を簡単に紹介する。

5. 特性確認試験の結果と評価

5.1 高強度鋼線の基礎特性

(1) HBSで規定する基礎特性

1) 線材の品質

線材は表-2に示す化学成分案により製造した。線材の保持すべき品質としてHBS G 3501に規定される表

面きず深さ、全脱炭層深さ、非金属介在物清浄度の項目についてその実績値を表-3に示す。いずれの項目とも規格値を満たしており、Si添加による線材品質への影響はない。

2) 鋼線の品質

強度が増加されることにより、鋼線の延性悪化が心配される。しかし、引張強さで従来材より20kgf/m²高いにもかかわらず、伸び、巻き付けに代表される延性特性は良好である(表-4)。さらに、亜鉛めっき特性や直線性に関してもSi添加による鋼線の影響はないものと考えられる。

(2) 疲労特性

部分片振り引張疲労試験により疲労特性を確認した。その結果をS-N曲線(図-4)で示す。高強度鋼線の疲労限は最小応力を強度に比例して高めて試験を実施したが、応力範囲では従来材に比べ約10kgf/m²高い値が得られている。この値は、実ケーブルにおける作用応力の振幅からすると十分に大きく、疲労が問題となるとは考えられない。

(3) 遅れ破壊特性

高温高湿(60℃、90%以上)の環境下に6ヶ月間放置することで鋼線中に遅れ破壊を引き起こす水素を供給し、その特性を確認した。特性は、試験の前後で引張り試験を行ないその強度の低下を見ることで判断した。強度的には試験の前後で差が認められなかったが、従来材との差が明確となる結果は得られなかった。そこで、水素を鋼線中に電気的に強制供給することで特性の確認試験も実施した。その結果、高強度鋼線は従来材と比べ有意差のないことを確認した。

(4) 応力腐食割れ特性

応力が負荷された状態で腐食が進行した場合に発生する応力腐食割れについて、その特性を確認した。腐食環境(20%NH₄NO₃溶液、70℃)下でひずみ速度一定で引張試験を実施しその破断強度で、また一定の荷重を負荷した状態で腐食環境(3%NaCl溶液)に放置し鋼線破断までの時間で特性を評価した。高強度鋼線は、両試験ともに従来材に比べ同等あるいはそれ以上の特性を有していることを確認した。

(5) 耐食性

鋼線の耐食性を亜鉛めっき層を除去した裸線とともにその特性を確認した。試験は、塩水噴霧試験、耐候促進試験、乾湿繰り返し試験、屋外暴露試験のそれぞれ行な

表-2 試作線材の化学成分案

(%)

項 目			C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr
Si 系 合 金 鋼	供試材	A 社	0.80	0.95	0.78	0.019	0.007	0.036	0.013	0.015
		B 社	0.81	0.85	0.79	0.005	0.004	0.01	0.04	0.07
	目標範囲		0.80 ~0.85	0.80 ~1.00	0.80 ~0.90	≤0.025	≤0.025	≤0.06	≤0.06	≤0.06

表-3 線材の品質調査結果

項目		線径(mm)		表面きず深さ(mm)	全脱炭層深さ(mm)	介在物洗浄度(mm)
		公称径	実線径			
170kgf/m ² 級	A社	10	10.01	0.02	0.03	0.018
	B社	10	10.04	0.03	0.03	0.040
180kgf/m ² 級	A社	11	10.98	0.01	0.05	0.018
	B社	11.5	11.55	0.02	0.04	0.040
HBS G 3501		公称径±0.40		≤0.10	≤0.07	≤0.10

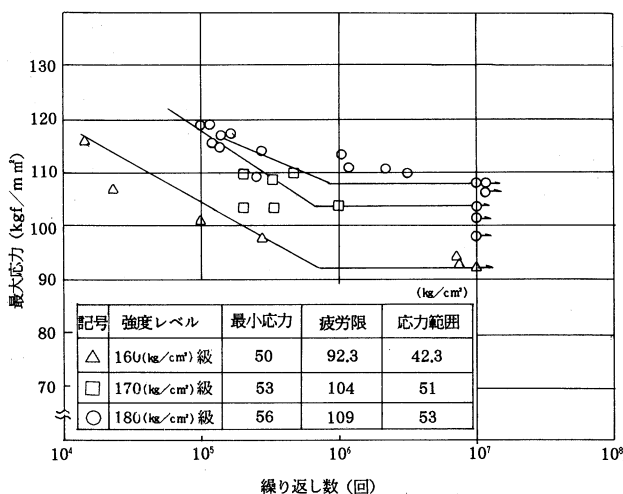


図-4 部分片振り疲労試験結果(S-N曲線)

い腐食による重量減少量から特性を評価した。各試験の結果を図-5、6、7、8に示す。いずれの試験においても従来材と腐食速度の上で差が認められず同等の特性を有していることを確認した。

(6) クリープ特性

クリープ特性を確認するために強度に比例させた応力を負荷し試験を実施した。結果を図-9に示す。高強度鋼線は従来材に比べ2/3程度のクリープひずみしか生じておらず、Siがクリープ特性を改善するという通説と一

表-4 試作試験材の機械的性質とめっき特性

項目	線径		機械的性質					めっき			直線性	
	線径mm	偏径差mm	引張強さkgf/m ²	0.2%耐力kgf/m ²	伸び%	巻き付け	ねじり回	付着量g/m ²	付着性	線径増加	フリーコイル径m	フリーリングリフトcm
A (n=4)	5.01	0.02	187	158	6.5	良	24	365	良	0.10	8.1	0
B (n=4)	5.02	0.02	184	156	6.8	良	26	346	良	0.09	36.7	0
C (n=5)	5.00	0.04	188.5	166.9	6.8	良	25	377	良	0.10	52	0
HBS規格		±0.06以下	160 ~180		4以上	折損なし	14以上	300以上	剥離なし	0.12以下	4以上	15以下

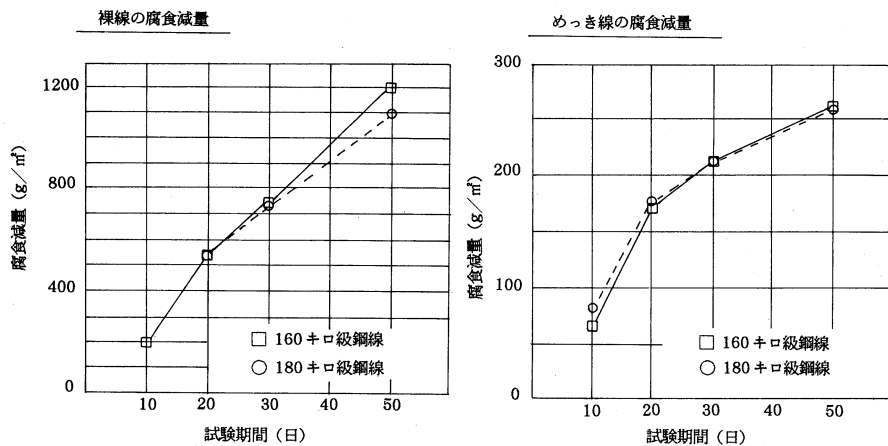


図-5 塩水噴霧試験結果

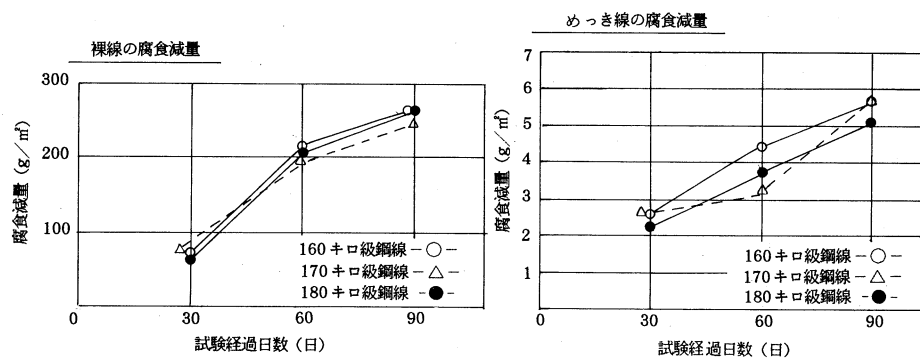


図-6 耐候促進試験結果

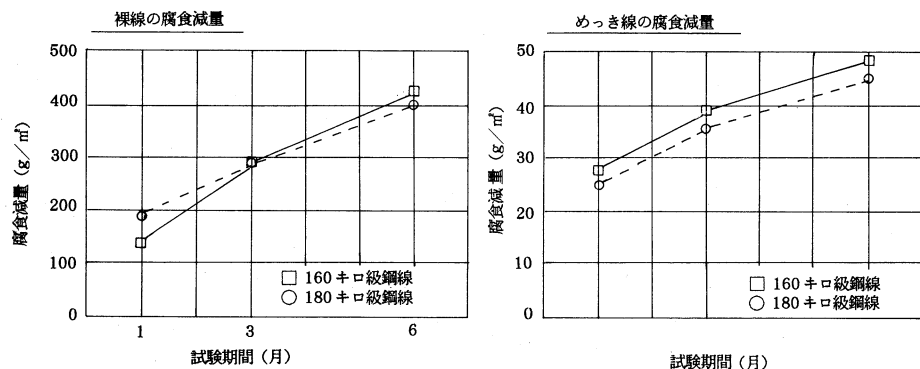


図-7 乾湿繰返し試験結果

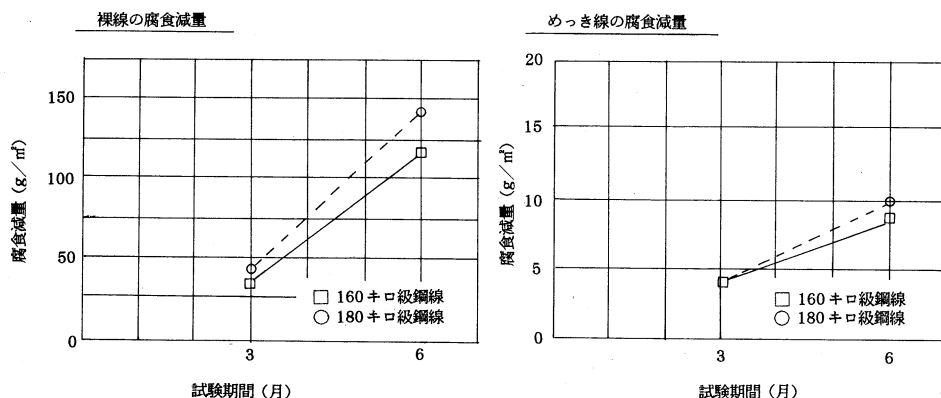


図-8 屋外暴露試験結果

致し良好な特性を有していることを確認した。

5.2 ケーブル用鋼線として考慮すべき特性

(1) 側圧影響把握試験

サドルやバンド部で受ける側圧による鋼線強度への影響を確認した。鋼線との被接触材に鋼線、鋳鋼板、亜鉛板をそれぞれ選び試験した。その結果を図-10に示す。実橋で想定している線荷重で500kgf/cm程度以下の側圧ならば鋼線の引張強さへの影響はほとんど認められず、従来材に比べ良好な特性を有している。

(2) 曲げ影響把握試験

AS工法の場合のストランドシェー部における曲げの影響を確認した。曲げ半径を通常(下津井瀬戸大橋R=290mm)より厳しくR=150、250mmで実施した。その結果を表-5に示す。破断強度には低下が見られず、また破断はほぼ全数が曲がり部以外で生じていることから曲げの影響はないものと考えられる。

(3) ソケット定着試験

PS工法の場合のソケット定着部における強度・付着性確認のため試験を実施した。強度的にはほぼ100%の強度効率が見られ、破断もソケット外で発生していることから、ソケット定着による強度への影響は見られていない。また、亜鉛銅合金と鋼線の抜け出しは見られず従来からのソケット部の製作方法を踏襲しても問題のないことが確認された。

(4) 線膨張係数把握試験

Si添加が線膨張係数に与える影響を確認するために実施した。-40~100℃の温度範囲で値はほぼ $(1.1 \sim 1.2) \times 10^{-5}$ で安定しており従来材との有意差は認められなかった。

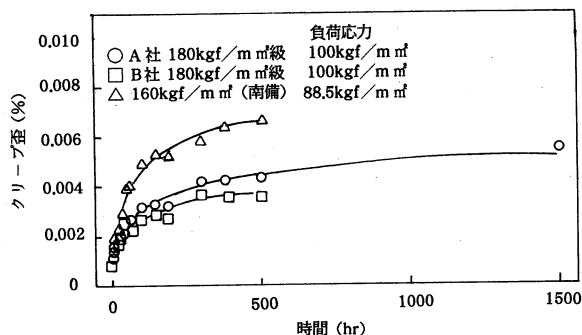


図-9 クリープ試験結果

表-5 曲げ影響把握試験結果

		(kgf/m)		
試験材		R=250mm	R=150mm	備考
160kgf/m ² 級 鋼線	A社	163	168	n=2の平均
	B社	165	164	N=3の平均
180kgf/m ² 級 鋼線	A社	188	187	n=2の平均
	B社	189	189	n=3の平均

5.3 高強度鋼線の製造性確認

(1) 化学成分の変動による鋼線の品質

鋼の化学成分の変動が鋼線の機械的特性に与える影響を確認するためにC、Si量の変動に着目して試験を実施した。表-6、7に鋼の化学成分案と、その試験結果を示す。引張強さはC、Si量により変化するが、伸び、ねじり回数、巻き付けなどの機械的性質をはじめ、めっき特性、直線性についても良好な特性が得られている。

一方、量産時にどれほどの化学成分の変動が生じるかは、高強度鋼線の製造が従来材の延長線上にあることからその製造実績と同一水準にあると考えられる(表-8)。化学成分は非常に安定しており、表-8程度の成分ばらつきであれば高強度鋼線の品質は十分規格値を満足するものと考えられる。

(2) 量産時の製造性確認

高強度鋼線を実生産する場合に化学成分や製造条件の変動、製造・加工メーカーの違いによる鋼線の特性を確認することが必要である。そこで実炉を用い線材を製造し、鋼線への加工も実生産ラインを用いて約160トンの高強度亜鉛めっき鋼線を製造しその特性を確認した。

表-9に示す化学成分により製造し、その線材の品質を表-10に、また鋼線の品質確認の試験結果を表-11に示す。線材、鋼線の品質ともに規格値を満たす特性値が得られており、線材の製造メーカー、鋼線への加工メーカー間、また各製造ヒート間のばらつきは非常に小さく安定した品質の鋼線の製造が可能と考えられる。このことは本州四国連絡橋吊橋(6橋)で用いられた鋼線の製造実績(表-12)からも伺える。

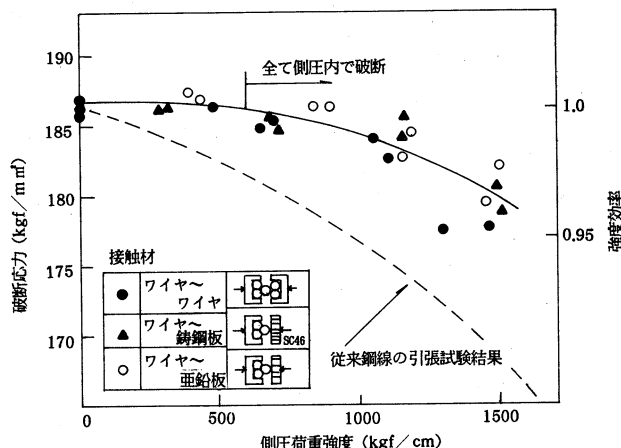


図-10 側圧作用時引張試験結果

表-6 成分(Si)変動による鋼線の特性

試験材 No.	化学成分 % (線材径 11.5 φ)			亜鉛めっき鋼線の特性 (n=5)				
	C	Si	Mn	引張強さ kgf/m ²	0.2%耐力 kgf/m ²	伸び %	ねじり 回	亜鉛付着 量 g/m ²
B1	0.80	0.73	0.74	188.7	164.0	6.3	24.0	347
B2	0.80	0.80	0.73	191.8	168.1	7.0	24.5	347
B3	0.80	0.91	0.73	192.6	169.4	6.6	25.5	357
B4	0.80	1.01	0.73	196.0	169.6	6.2	26.5	345

表-7 成分(C, Si, Mn)変動による鋼線の特性

試験材 No.	化学成分 % (線材径 11.5 φ)			亜鉛めっき鋼線の特性 (n=5)				
	C	Si	Mn	引張強さ kgf/m ²	0.2%耐力 kgf/m ²	伸び %	ねじり 回	亜鉛付着 量 g/m ²
A1	0.84	1.01	0.86	A 185	157	6.6	25	367
				B 189	162	6.9	27	356
A2	0.80	0.91	0.76	A 187	157	6.3	24	346
				B 186	159	7.0	25	360
A3	0.84	0.92	0.76	A 188	159	6.2	25	352
				B 185	157	7.0	26	391
A4	0.82	0.81	0.76	A 184	157	6.4	25	385
				B 183	157	7.1	24	380

表-8 本四連絡橋吊橋で使用したSWRS77B材の化学成分実績

項目	C	Si	Mn
n	1082 ヒート		
$\bar{X}$	0.784	0.232	0.761
Xmin	0.76	0.18	0.64
Xmax	0.80	0.28	0.84
R	0.04	0.10	0.20

(吊橋6橋)

Si系低合金鋼の成分変動幅(R)推定

従来実績と同一の管理条件においてSi系低合金鋼線材の成分変動幅(R)は、概ね

$R_c \leq 0.05$
 $R_{Si} \leq 0.10$
 $R_{Mn} \leq 0.20$
 となる。

表-9 量産試験材の化学成分

試験材	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr
A社	C8005	0.84	0.92	0.79	0.016	0.010	0.02	0.02
	C8006	0.84	0.89	0.77	0.016	0.010	0.02	0.02
B社	C73372	0.80	0.93	0.75	0.009	0.011	0.01	0.02
	C73374	0.80	0.91	0.73	0.011	0.010	0.01	0.02
範囲	0.80~0.85	0.80~1.00	0.60~0.90	≤ 0.025	≤ 0.025	≤ 0.06	≤ 0.06	≤ 0.06

表-10 線材の品質

項 目	仕様	A 社					B 社				
		n	C8005		C8006		n	C73372		C73374	
			$\bar{x}$	σ	$\bar{x}$	σ		$\bar{x}$	σ	$\bar{x}$	σ
表面きず深さ (mm)	≤0.07	36	0	—	0	—	20	0	—	0	—
介在物洗浄度 (%)	≤0.07	1	0.022	—	0.020	—	3	0.047	0.0058	0.057	0.0058
全脱炭層深さ (mm)	≤0.07	5	0.022	0.005	0.007	0.005	12	0.053	0.015	0.053	0.015

表-11 (1) 量産試験材の品質 (その1)

試験材			引 張 特 性			ねじり回数 100×d (回)	亜鉛付着量 (g/㎡)	巻付け 付着性等
			引張強さ (kgf/㎡)	0.8%全伸び耐力 (kgf/㎡)	伸 び (%)			
A 社	C8005	n	66	5	66	66	66	良 好
		$\bar{x}$	184.8	150.0	6.61	22.7	351	
		σ	0.61	0.91	0.24	0.7	17.4	
	C8006	n	20	5	20	20	20	良 好
		$\bar{x}$	184.8	149.4	6.53	22.7	360.7	
		σ	0.60	0.63	0.34	0.7	16.7	
規 格			180~200	≥140	≥4.0	≥14	≥300	良 好

表-11 (2) 量産試験材の品質

試験材			引張強さ (kgf/m㎡)	0.8%全伸び耐力 (kgf/m㎡)	伸 び (%)	ねじり回数 (回)	亜鉛付着量 (g/㎡)	めっき付着性
C社	C73372	n	111	10	111	111	10	111
		$\bar{x}$	190.9	155.2	6.9	26	376	良 好
		σ	0.70	0.84	0.49	0.91	—	
	C73374	n	111	10	111	111	10	111
		$\bar{x}$	190.9	154.9	6.7	26	368	良 好
		σ	0.73	0.86	0.60	0.91	—	
D社	C73372	n	36	5	36	36	5	36
		$\bar{x}$	190.9	154.9	6.1	24	333	良 好
		σ	0.89	1.06	0.49	0.98	—	
	C73374	n	36	5	36	36	5	36
		$\bar{x}$	190.1	156.9	5.9	25	326	良 好
		σ	0.91	0.92	0.71	0.97	—	
E社	C73372	n	36	5	36	36	5	36
		$\bar{x}$	189.3	154.9	6.5	24	357	良 好
		σ	0.54	0.81	0.49	0.92	—	
	C73374	n	36	5	36	36	5	36
		$\bar{x}$	189.4	155.1	6.3	24	336	良 好
		σ	0.87	1.20	0.59	0.94	—	
規 格			180~200	≥140	≥4.0	≥14	≥300	良 好

6. 結 論

橋梁ケーブル用亜鉛めっき鋼線の高強度化をはかるためにSiを0.80~1.0%添加し、従来材より20kgf/m²引張強さの高い180kgf/m²級の鋼線が実生産工程で製造された。この鋼線の品質特性は、前に示したように従

来材と同等もしくはそれ以上の優れた特性を有し、橋梁ケーブル用として実用可能であることが確認された。この高強度鋼線の採用により、明石海峡大橋においては許容応力度の見直しと併せて、ケーブルのシングル化をはじめ、より合理的な設計が可能となる。この高強度鋼線の開発が、今後計画される長大橋梁にも大きな影響を及ぼすものと期待される。

表-12 5mm-160kgf/m²級従来鋼線の製造実績

項 目		単位	橋 名		因島大橋	大鳴門橋	北備讃瀬戸大橋	南備讃瀬戸大橋	下津井瀬戸大橋	大島大橋	
			規格	数量 (t)	5,167	11,962	16,288	19,758	13,018	2,014	
線 径	線 径 () 内は規定値	mm	規定値 ±0.06	n	11,224	22,722	34,330	38,470	26,674	4,428	
				$\bar{x}$	(5.17) 5,176	(5.37) 5,374	(5.18) 5,186	(5.12) 5,130	(5.37) 5,382	(5.10) 5,116	
				σ	0.0125	0.010	0.011	0.011	0.010	0.011	
	偏 径 差	mm	≤0.06	n	726	22,722	34,330	38,470	26,674	4,428	
				$\bar{x}$	0.015	0.019	0.019	0.019	0.020	0.021	
				σ	0.00729	0.009	0.010	0.011	0.009	0.011	
機械的性質	引張強さ	kgf/ m [㎡]	160～180	n	11224	22,722	34,330	38,470	26,674	4,428	
				$\bar{x}$	167.5	168.6	167.8	168.7	168.7	168.3	
				σ	2.27	2.3	2.2	1.96	1.7	1.633	
	0.7%全伸び耐力	kgf/ m [㎡]	≥118	n	726	1,422	2,052	2,324	1,514	268	
				$\bar{x}$	133.8	134.8	135.3	136.5	135.4	136.7	
				σ	1.533	1.9	1.9	1.5	1.6	1.8	
	伸 び	%	≥4.0	n	726	1,422	2,052	2,324	1,514	267	
				$\bar{x}$	6.71	6.75	6.74	6.63	6.64	6.61	
				σ	0.403	0.40	0.37	0.39	0.41	0.38	
	巻き付け		3d巻き付けで折損なし		全数良	全数良	全数良	全数良	全数良	全数良	全数良
	ね じ り	回	≥14	n	363	711	1,026	1,169	757	134	
				$\bar{x}$	23.08	22.8	22.7	23.4	23.1	23.7	
				σ	1.20	1.5	1.5	1.54	1.50	1.49	
めっき特性	付 着 量	gf/ m [㎡]	≥300	n	363	711	1,026	1,169	757	134	
				$\bar{x}$	344.6	346.9	345.1	343.2	351.9	346.3	
				σ	13.08	17.9	19.3	16.5	15.1	15.5	
	付 着 性		5d巻き付けで折損なし		全数良	全数良	全数良	全数良	全数良	全数良	
	線径増加	mm	≤0.12	n	363	711	1,026	1,169	757	134	
				$\bar{x}$	0.096	0.098	0.096	0.097	0.098	0.096	
σ				0.00711	0.007	0.007	0.007	0.006	0.006		
直 線 性	フリーコイル径	m	≥4	n	――	546	823	1,169	757	107	
				$\bar{x}$	――	46.02	44.42	35.41	7.55	42.5	
				σ	――	16.56	14.3	18.3	1.07	11.71	
	フリーリングリフト	cm	≤15	n	――	546	823	1,169	757	134	
				$\bar{x}$	――	0	0	0.04	0.1	0.08	
				σ	――	0	0	0.20	0.3	0.29	
動的 特性	疲 労	部分片振り引張疲労度		kgf/m [㎡]		76～102					
		中村式回転曲げ疲労限		kgf/m [㎡]		34～42.2					
	クリープ	荷 重 76～96kg/m [㎡]		%		0.007～0.014					
	遅れ破壊	切欠き有り湿潤箱：湿度>90%初期張力119kg/m [㎡]				6ヶ月放置で破断なし					

最後にこの高強度鋼線が線材も含めてJISに規定のない成分系であることから、HBSに規格化する予定である。

7. あとがき

高強度鋼線の開発研究は数年前より、新日本製鉄(株)、神戸製鋼所において進められた。またその特性の評価、追加試験については、(財)海洋架橋調査会に設置された、ケーブル設計法に関する整理検討委員会(田島二郎委員

長)の指導、助言をいただいた。この開発研究に携われた関係各位、ならびに田島委員長はじめ貴重なご意見、ご提案を下された委員各位にお礼申し上げます。

参考文献

(財)海洋架橋調査会；ケーブル設計法に関する整理検討報告書—橋梁ケーブル用高強度亜鉛めっき鋼線(180キロ級)の開発：昭和63年3月

児島・坂出ルートにおける道路造園および修景緑化

Outline of the Landscape Construction Work in Kojima-Sakaide Route

日本道路公団第一建設局 施設課 調査役
(前) 第二管理局 維持施設第一部 専門役

北 肇 夫
Tadao Kita

1. まえがき

児島・坂出ルートは、瀬戸中央自動車道と本四備讃線とからなり、とりわけ道路・鉄道共用部分は、「瀬戸大橋」と呼ばれる世界にも例のない道路・鉄道併用の長大橋梁群であり、「瀬戸内海国立公園」(以下「国立公園」という)の核心部をなす区域を通過している。又、本ルートは、本州側と四国を一連として陸つづきとするはじめてのルートであり、産業的にも、観光・レクリエーション的にも注目されている路線である。

そこで、国立公園における多島海景観と瀬戸大橋という巨大プロジェクトをどのようにうまく調和させるか、自然環境及び自然景観の保全・回復に対してどのように修景緑化で対応すべきか、道路造園の目的とする道路緑化によって道路交通の安全性と快適性を高めるという本来の機能と、道路建設と同時に自動車交通に伴う沿道地域への諸影響を緩和して自然環境の保全・生活環境の改善をどのようにうまく図るか、様々な課題に対し各種の委員会等で検討され、実施に移されてきた。

本報文では、道路部の造園及び島しょ部における修景緑化につき、実施された工事の概要並びに施工上・維持管理上の問題点と対策等の概要を紹介するものである。

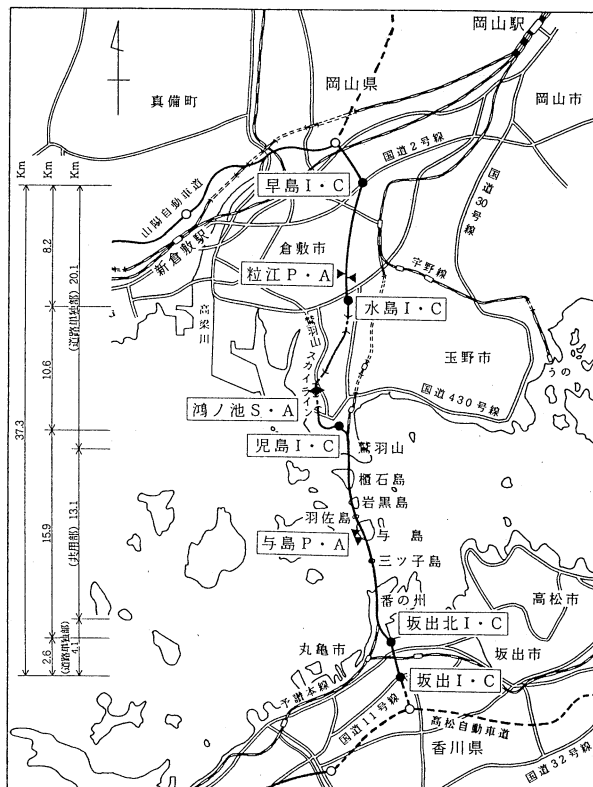


図-1 瀬戸中央自動車道 路線概要図

2. 路線の概要

本ルートは、岡山県早島町で一般国道2号及び山陽自動車道と接続する早島I.C.を起点として南下し、水島I.C.、児島I.C.を経て、倉敷市鷺羽山付近で海峡部に入る。そこから瀬戸内海・島しょ部(櫃石島、岩黒島、羽佐島、与島、三ツ子島)を吊橋等で通過し、番の州(埋立地)に至り、坂出北I.C.を通過して、坂出市川津町の坂出I.C.を終点とし、一般国道11号及び四国横断自動車道(高松自動車道)に連絡するもので、その延長は37.3Kmである。途中、与島には海峡部で唯一のパーキングエリアを設けており、ここから前後の橋梁群と瀬戸内海との新たな景観を望むことが出来る。

なお、路線概要は、図-1のとおりである。

3. 地域特性

ここでは、本ルートを中心とした地域の自然環境、社会環境について概要を述べることにする。

3.1 自然環境の概要

本ルートに係る岡山県南部から香川県北部にかけての地域は、典型的な瀬戸内気候区にあたり、我が国で有数の少雨地域(年間降雨量は1,000~1,200mm)で、特に温暖で乾燥が厳しいことが特長である。

地形は、小起伏の丘陵・山地・平地及び海峡と多数の小さな島の分布によって特色づけられる。四国側は、讃岐平野に飯野山や角山や青ノ山といった円錐形孤立状の山が突き出ているのが印象的である。地質的には花崗岩

が支配的な地域である。

植生については、本地域の原植生と見られる常緑広葉樹林は極めて少なく、代償植生であるアカマツ林、クロマツ林、アベマキ林等が優勢である。島しょ部の崖状地には、ウバメガシトベラ群集が見られるが、これはこの地の極相である。

3.2 社会環境の概要

この地域は、古来より交通の要路として、海陸交通の枢要の地として、産業・文化の発展をみてき、当ルート等の幹線交通網の整備が進むに従い、今後さらに他地域との結び付きが強化され、発展が期待されている。

土地利用については、本州側・四国側共に平坦地部分は市街化区域、農用地区域の指定を受け、本線周辺には、第一種・第二種の住居専用地域、住居地域が広く存在している。

また、本ルートには、国立公園・特別地域が、鷲羽山をはじめ島しょ部で接しており、その周辺には、自然系、人文系の観光・レクリエーション資源が数多く分布している。これらを一連とする本ルートは、新たな観光資源「瀬戸大橋」とともに重要な位置付けとなっている。

4. 修景緑化計画の考え方

本ルートの修景緑化計画の目的は、瀬戸中央自動車道（道路単独部）の道路造園機能を充足し、併せて、道路・鉄道（本四備讃線）共用部の島しょ部工事による地形改変部に対する自然景観との調和並びに生活環境の保全を図ることである。

又、本ルートが国立公園の区域及びその周辺の自然景観の優れた地域を通過するという特殊性を考慮して、その自然景観を保全するために、「自然環境の保全水準」を設定している。そして更に、現地で修景緑化に携わる担当者の実務上の手引きとして、「緑化設計、施工基準（案）」が作成された。

5. 工事の概要

本ルートの道路部・造園工事及び海峡部・修景緑化工事等の概要は、表-1のとおりである。以下、各施工箇所について、工事の概要を記述することとする。

5.1 連絡施設の造園

(1) 早島I・C造園

I・C周辺は、概ね低湿地で、クリークが縦横に走っている。そこで「水と緑のインターチェンジ」をテーマとし、クリーク沿いにシダレヤナギ、斜面上腹にサクラ、モクレン等の花木、斜面上部にヤマモモ、シイ、カシ類等の苗木を植栽し、将来、緩衝緑地としての機能を持たせた。又、第2 I.Cは歩道が通過することから、市民公園的空間として岡山県花・モモ（ハナモモ）、早島町花・サ

ツキツツジを配植した。なお、盛土材120万㎡はさまざまな土が流用されており、植栽工事に先立って土壌調査を多数実施し、植栽基盤の検討を行なった。

(2) 水島I・C造園

本I・C周辺は、小丘陵と山地に挟まれた狭い平野部にあり、水島コンビナートの玄関口に位置している。そこで同コンビナート外周緑地で実施されている単純・明快な植栽イメージを、「並木と草花のインターチェンジ」として展開し、並木状植栽によって線形予告、視線誘導等を行ない、花灌木・草花の広がりや華やかな空間の広がりを強調した。

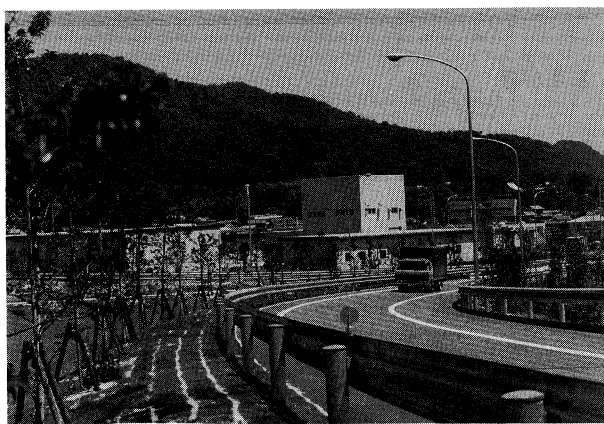


写真-1 水島I・Cの並木状植栽（クロガネモチ・ナンキンハゼ）による修景

(3) 児島I・C造園

本I・Cは、児島山地の北東山麓に位置し、景勝地「鷲羽山」等への玄関口にあっており、観光地への玄関口を印象付ける華やかさを演出した。そこで鷲羽山からの景観的要素をイメージ化し、「巨岩と松・草花のインターチェンジ」とし、現地発生の巨岩を配し、クロマツ等によって周辺景観との一体化を図り、根締め等にはツツジ類・ツワブキ等花灌木や草花を配植した。又、岩盤露出箇所には修景盛土を実施した。

(4) 坂出北I・C造園

本I・Cは、聖通寺山東麓に位置し、本線東側一帯には住宅地域が広がり、北側・番の州地区には工場団地が造成されている。そこで「四国の玄関口」という印象を演出することとし、香川県の木・オリーブを本線沿いに配植した。又、ラウンディングされたのり面をキャンバスに利用し、波状の模様をトベラ、シャリンバイ、ツタ類等で造成し、「新しい波・瀬戸内の波」として表現した。外景観的には、I・C背後の聖通寺山の「桜の名所」との一体化として桜類を多用し、住宅地域には苗木類を使用して緩衝緑地帯の形成を図った。

(5) 坂出I・C造園

本I・Cは、水田地帯に位置し、ここから散在する住居や角山、飯野山（讃岐富士）等の円錐形孤立状の山が目立っている。そこで実質的な「四国の玄関口」という位置付けから四国四県の共通キャッチフレーズ「青い四国」

Vol.13 No.50 '89.4

19

を造園テーマとし、四県の県木・県花（ヤマモモ、マツ、オリーブ）等を使用して、「四季の緑と花」を演出・指標とした。

5.2 休憩施設の造園

(1) 鴻の池S・A造園

本S・Aは、児島山地中腹に位置し、上り線側園地からは殆ど眺望がきかず閉鎖的環境であるが、下り線側園地からは比較的視界も開けている。そこで、S・Aが立地する山地の自然景観に調和させるようヤマモモ・ウバメガシ等で環境の復元を図った。広場の舗装模様には、上り線は岡山を象徴する「桃太郎伝説」を、下り線は瀬戸内海を表現する「波・うず潮」を描くことにより特徴づけを図った。

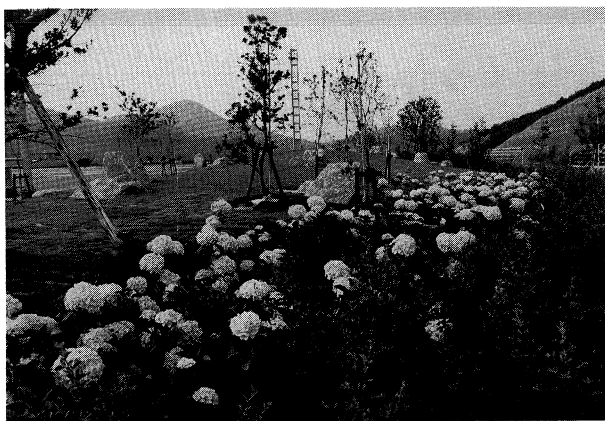


写真-2 鴻ノ池S・A（上り線側）の築山・点石・アジサイ等により修景された芝生広場

(2) 粒江P・A造園

本P・Aは、敷地面積が狭小で、閉鎖的環境であるが、一部下り線側には通称「七ツ池」の水面が広がり、北東方面にはいくらか視野が開けている。そこで外側分離帯に常緑の生垣を設け、クロマツと一体化した「緑の帯び」を造成、静穏な環境を形成すると共に園地空間も落ち着ける雰囲気造りに努め、その中にクスノキ（倉敷市の木）の大木を配しシンボルツリー（指標）とした。

(3) 与島P・A造園

本P・Aは、与島の西南部に位置し、本ルート唯一の海上に設置された休憩施設である。又、与島は良質な花崗岩を石材として供給しており、景観的にも岩の露頭、切り立った崖によって「岩の島」のイメージを強く受けている。そこで、造園のテーマを「潮風と夕日の海上P・A」とし、雄大な眺望を生かした大らかで安らぎのある休憩空間を造成した。巨大な橋梁や夕日に映える島々の眺望を楽しむ「展望広場」・「にぎわい広場」とそれに続く「芝生広場」を造成し、又、階段や園路の縁石、パーゴラの石柱、景石等に地元産の石材を用いて「岩の島」のイメージを演出した。又、「夕日の赤い輝き」を象徴させる花木類を導入し、華やかさを助長させた。

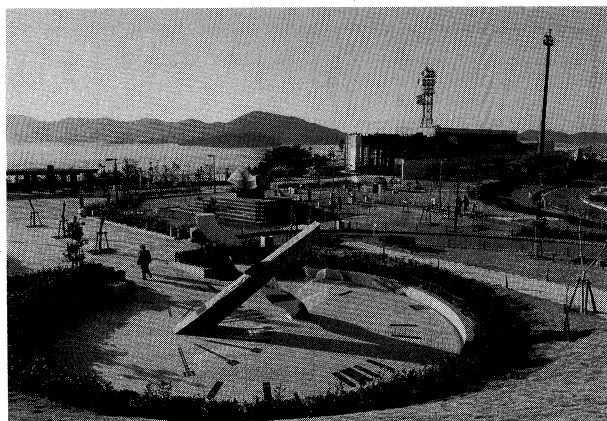


写真-3 与島P・Aの園地広場における造園工作物（日時計・パーゴラ等）

5.3 路傍植栽

本ルートの基本テーマとして「クロマツロードの創造」を目指すこととした。又、本ルートは観光資源として大きな意味を持つことから、本州と四国を繋ぐ架橋イメージを増幅しようとするものである。即ち、多島海景観を構成している主要素・クロマツをモチーフとして全線に渡り利用した。又、「地域景観との調和と安定」を目指すこととし、盛土のり面には苗木植栽を多用した。

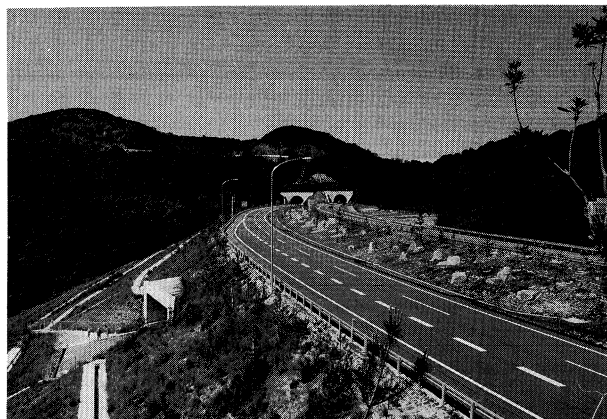


写真-4 柳田トンネル付近における中央分離帯広幅員部及び盛土のり面の修景緑化

5.4 中央分離帯植栽

中央分離帯植栽は、夜間走行時、対向車のヘッドライトによる眩光防止効果、視線誘導効果、走行景観の向上効果等を目的として実施されたが、本ルートでは維持管理並びに気象・土壌条件を考慮して、6mピッチ・1箇所3本植え（一部、4mピッチ・1箇所2本植え）の整形式を主体とした。

5.5 環境施設帯植栽

本ルートには、環境施設帯が3箇所（御前道、八幡、川津の各地区）ある。その内、御前道地区の植栽工事は公団で施工した。又、八幡及び川津地区は、高架下、環境施設帯を含めて全体として緩衝緑地公園が策定されたた

め坂出市との合併事業で、工事は市が実施した。

5.6 島しょ部・修景緑化

(1) 鷺羽山地区修景緑化

本地区は、国立公園の第二種特別地域に指定されており、特に鷺羽山トンネル南坑口付近は、海上からの「見られ度」が高く、鷺羽山の松林景観との調和を目的とした「自然環境調和植栽」を実施した。又、田之浦及び大島の住居密集地には常緑広葉樹を主体とした「生活環境調和植栽」を実施した。

(2) 櫃石島地区修景緑化

本地区は、国立公園の第二種特別地域及び普通地域に指定されており、特に島北部の作業ヤード跡地一帯は、鷺羽山からよく見え、景観的に重要な地域であり、常緑高木類を主体とし早期緑化を図った。又、島南東部の海岸付近は、海上から連続した高架橋がよく目立つので、極力、原地形に復元したうえ早期緑化を図るための高木植栽と、高木下に適応力の高い苗木類の植栽を行なった。

(3) 岩黒島地区修景緑化

本地区は、全島、国立公園の普通地域に指定され、岩黒島橋等の橋脚群が西方の航路や本島方面からよく目立つ場所である。そこで改変された地形は盛土等によって周辺地形と調和した地形修復を図り、高木と苗木等による複層林で緑の確保に努めた。

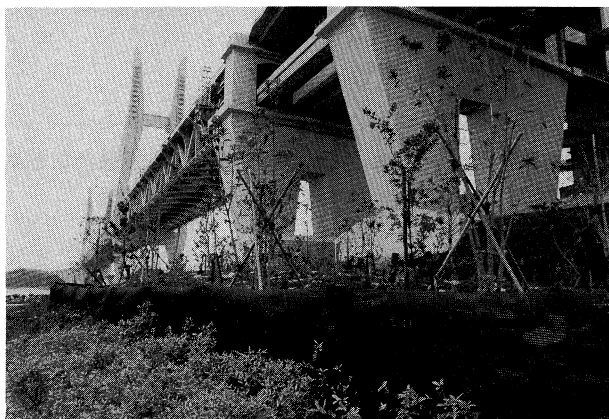


写真-5 岩黒島（西側）における修景緑化と防風ネットの保護工

(4) 羽佐島地区修景緑化

本地区は、全島が国立公園の第二種特別地域に指定されている無人の小島である。その島を掘割状に斜め横断していた工事用道路部分は、原地形に近い形に修景盛土を行ない、高木・中木・苗木類による複層林の植栽を行なった。なお、本島は小・中学生を対象とした「野外体験・自然及び古代文化学習の島」の利用計画があり、例えば果樹（クリ・ビワ・ミカン・ヤマモモ等）を植栽し、採取体験等の自然体験・自然学習が可能なように配慮を行なった。

(5) 与島地区修景緑化

本地区は、島の南半分が国立公園の第三種特別地域と

普通地域に指定されており、島北部の採石場や塩田跡埋立地は国立公園区域外である。なお、与島は、本ルート最大の島で、海峡部唯一の「海上P・A」が建設された。修景緑化では、海上からの「見られ度」の高い地域はクロマツ主体の高木・苗木植栽を行ない、中央部の高架下は全面苗木植栽による植生復元を図った。又、岩盤のり面にも厚層吹付工法を採用し、積極的な緑化を行なった。

(6) 三ツ子島地区修景緑化

本地区は、小島で、国立公園の第一種特別地域に指定されている。当初計画では、島姿の修復と植栽基盤の確保を図ることとしたが、どうしても人工的な構造・外構になってしまうこと、又、削り取られた面が歳月の経過により、周辺の岩肌となじんできたことと割れ目にマツの苗が相当数発芽し、成長していること等により、このまま自然の推移に委ねることとなった。

6. 施工及び維持管理上の問題点と対策

本項では、本ルートの道路造園・修景緑化の目的を達成するために検討された設計・施工並びに維持管理における問題点と対策について記述することとする。

6.1 植栽基盤の整備

本ルートの土壌は、花崗岩石を母岩とする未熟土・マサ土が大部分を占めており、植栽基盤もマサ土で造成されている。一般に、マサ土は固結化し易いこと、生育に必要な養分が不足していること、保水性・保肥性に乏しいことなどから、植栽には不向きな「劣悪土壌」であるとされている。

そこで、本ルートの植栽基盤における生育阻害要因とその改良事例の主なものを取りまとめると、表-2のとおりである。

通常、土木工事の施工時において植栽基盤が土木機械によって過度に締固められている場合が多い。公共緑化工事における植物の生育阻害の原因は、「硬すぎる」と「透水性が悪い」とがほとんどで90%以上を占めていると指摘されている。

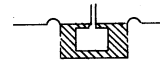
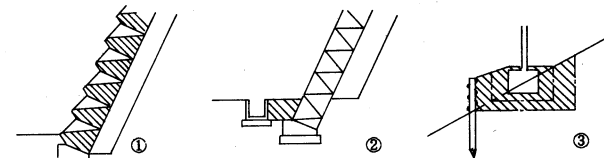
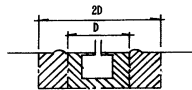
従って、海峡部の修景盛土工を施工するにあたり、モデル施工を実施して植栽に適した盛土・整形を行なった。

6.2 塩害の防止

海峡部は、全線にわたって塩害を受ける可能性が大きく、とりわけ、櫃石島・岩黒島・羽佐島は塩分を含んだ風だけでなく、強風時には海水を浴びることも予想されている。

そこで耐塩害性の高い樹種を選定することは勿論のこと、直接海に面しているところ、特に西風を受けるところでは、防風ネットなどの工作物を併用している。又、海峡部のみならず、道路部においても雪氷作業等により枝葉に付着した塩分を散水車等で洗い流す方法も検討しておく必要がある。

表-2 植栽基盤の改良事例

生育阻害要因	事例	不良事例と改良工法
土壌の保水性等不足	全線 与島P.A	土壌（マサ土）の保水性・肥性の不足→鉱物焼成土壌改良材（真珠岩系パーライト）の投入＋マルチング（麻マット） 土壌（S）の不良による保水性不足→鉱物繊維質土壌改良材の投入 
傾斜地における植栽基盤不良	柳田TN 鷺羽山TN南坑口 鷺羽山BS（上り線） 榎石島 早島I.C 水島I.C	切土部植栽スペースの確保→緑化ブロック ① 切土部植栽スペースの確保→緑化ブロック ブロック積前植栽スペースの確保→植樹樹 ② 切土部植栽スペースの確保→緑化ブロック 盛土部植栽スペースの確保→編柵工 ③ 盛土部植栽スペースの確保→編柵工 
有効土厚不足	路傍（福江～柳田間） 粒江P.A（上り線） 水島I.C 鴻ノ池S.A 児島I.C	中央分離帯（岩盤掘削区間）での有効土厚不足→掘削＋良質土の置換 岩盤掘削箇所による有効土厚不足→盛土 隙分除去による有効土厚不足→客土 土壌硬度（高い）による有効土厚不足→修景盛土 岩盤掘削箇所による有効土厚不足→修景盛土
土壌硬度の不良	水島I.C 他	土壌硬度（高い）→掘削＋鉱物焼成土壌改良材（真珠岩系パーライト）の投入 
土壌硬度・透水性の不良	SB2P（下津井瀬戸大橋）	土壌硬度（高い）及び排水不良→修景盛土＋盲暗渠
アルカリ性土壌	早島I.C 粒江P.A（上り線） 鷺羽山TN南坑口 岩黒島 羽佐島	塩基類による（？）→土壌改良材（ビートモス）の投入 石灰分による影響（？）→客土の混合 石灰分による影響（？）→土壌改良材（ビートモス）の投入 コンクリートスライムによる影響→酸化剤＋過磷酸石灰の散布・混合 コンクリートスライムによる影響→酸化剤＋過磷酸石灰の散布・混合
還元土壌	早島I.C	流用土の還元化→盛土（畑土＋マサ土）

6.3 植栽後の管理

本ルートの連絡等施設（I・C、S・A等）の建築物周辺には、極力、散水栓を設置するとともに、鴻ノ池S・A、粒江・与島両P・Aの園地部では中水の利用を図り、灌水作業の利便性向上に努めた。

植物は植栽後の生育を良好に保ってこそ、はじめてその機能が発揮される。

又、植栽管理は、現状の植栽空間の質・機能を高めるための建設的な行為であるという認識が必要とされている。このような観点で効果的な植栽管理を追及することが、道路利用者、周辺住民にとっての快適な道路環境実現の条件となろう。

その方策としては、①管理目標・水準の設定、②管理目的の明確化と重点の配分、③植栽の完成度に応じた管理手法、④管理作業に適合した植栽構造・形式、⑤機能

性・景観性・生育性によるウエイト付け及び融合などが主に挙げられ、今後、内容の検討が必要である。

7. あとがき

本ルートの道路造園・修景緑化の目的を達成するために検討された調査・計画・設計・施工並びに維持管理上における問題点の主なものは次のとおりである。

- ① マサ土地帯における植栽基盤の検討・整備
- ② 少雨地帯における生育阻害要因の検討・整備
- ③ 植栽樹種の選定と調達方法
- ④ 島しょ部への資材搬入と工程調整
- ⑤ 島しょ部の植栽樹木の塩害防止策 etc.

今後、計画・設計・施工段階で払われた配慮を引継ぎ、修景緑化を成功させ、その機能を永く保持するため、適正な維持管理を行なってゆきたい。

瀬戸中央自動車道の道路管理用機械設備

Preserve System for the Seto chuuu Expressway

坂出管理事務所 施設課長 久保田 良司

Ryoji Kubota

第一建設局 機械課長代理
(前) 早島管理事務所 施設課長代理

古賀 昇

Noboru Koga

1. はじめに

昭和63年4月10日に開通した瀬戸中央自動車道(児島-坂出ルート)の道路管理用機械設備のうち、車両取締設備、防災設備、車両設備について紹介する。

2. 車両取締設備

車両取締設備は、過積載車両の取締に使用する車重計、車両制限令に規定する軸重、車高の取締に使用する軸重計、車高計をそれぞれ表-1に示すとおり配置している。

表-1 車両取締設備一覧

場 所 設備名	早島IC		水島IC	児島IC	坂出IC	坂出IC
	本線	IC				
車 重 計	1	1	1	1	-	1
軸 重 計	3	3	2	2	2	4
車 高 計	1	1	1	1	1	1

2.1 車重計

車両総重量を計量する装置(自動車検査証の車両重量を差引くことにより過積載の有無を判断する。)であり本ルートでは、一般に機械式車重計(対して、電気式車重計がある。)と呼ばれているものを設置している。

装置は載荷板、こうかんから成る計量部と、目盛板、印字装置等から成る表示部により構成されており、主要諸元は表-2のとおりである。

計量構造は図-1に示すように、車両荷重が覆板、横桁、主桁を介し衡脚を重点Aとした、支点A作用点Aを持つ第1こうかんから、支点B、重点B、作用点Bを持つ

表-2 車重計設備主要仕様

項 目	仕 様	記 事
計 量 形 式	自動ダイヤル指示方式	
ひ ょ う 量	50 ton	
計 量 範 囲	2.5 ton~50 ton	ダイヤル
	5.0 ton~49,050 ton	印字
最小目盛及び印字	50 kg	
精 度	±0.1% F.S.以内	F.S.=50 ton
載 台 寸 法	幅3,000mm×長さ10,500mm	
印 字 形 式	毎回カードを差込押し印字装置	
電 源	AC105V±10%,60Hz	

第2こうかんへ、さらに吊棒より第3こうかん、指針に至る構造である。

なお、車軸間距離が載荷板長10.5mを越える車両の計量も考慮し、2度計りが出来るよう載荷板前後に7.5mの平坦部を設けた。また、坂出北ICは高架構造のため、可搬型の車重計で対処している。

写真-1に早島本線の車重計を示す。

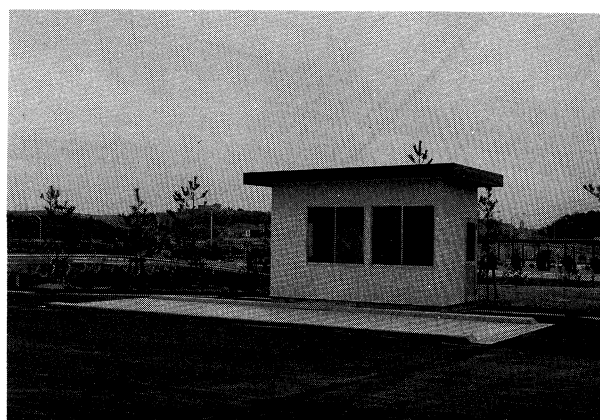


写真-1 車重計

2.2 軸重計

全進入車両の軸重値を計測する装置である。

機器は、入口ゲート路面に設置され軸重を常に計量している検出部、料金事務室に設置した指示記録部。入口アイランドに設置した標示部、入口ブース内に設置したデジタルモニター表示器により構成しており、主要諸元は表-3に示すとおりである。

表-3 軸重計、車高計設備主要設備仕様

項 目	仕 様	記 事
軸 重 計 設 備	総 合 精 度	±5 % F.S.以内 F.S.=20 ton
	測 定 軸 数	5軸以下
	車 両 通 過 速 度	20 km/h以下
	検 出 定 格	20 ton 輪重10 ton×2
車 高 計 設 備	有 効 測 定 距 離	50 m
	車 両 通 過 速 度	40 km/h以下
	検 知 物 体 幅	径30 mm以上
	高 さ 精 度	3.9 m±1%以下 発受光器間10mとし、同一平面上に設置した場合
電 源	AC105V±10%,60Hz,1%	

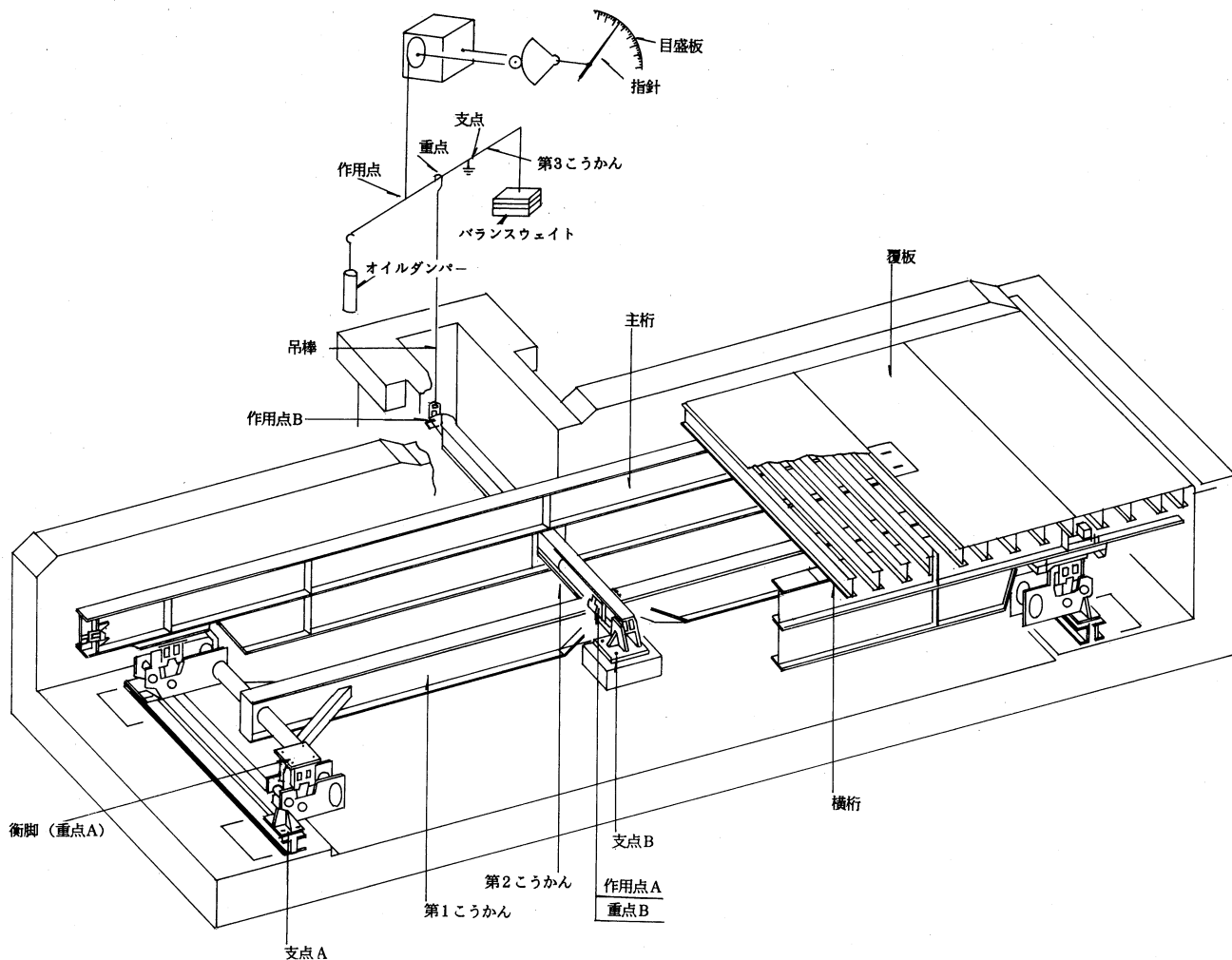


図-1 車重計構造図

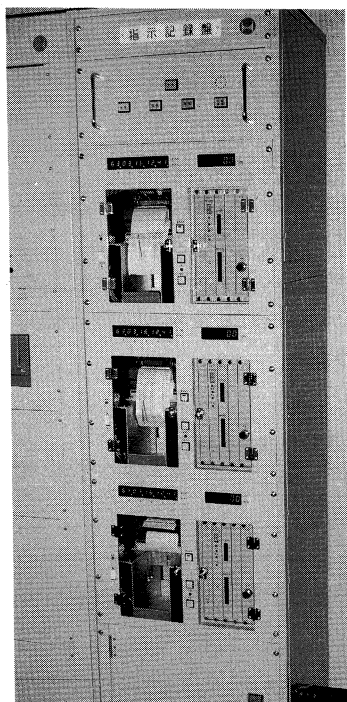


写真-2 指示記録部（最上部が車高計制御親機）

違反車両（指示記録部で設定した警報軸重値以上の車両。）通過時には、検出部のロードセル信号を指示記録部で軸重値に変換し、印字すると共に標示部に「重さ超過」「本線進入禁止」の電光標示および、警報を発し運転手に知らせる。さらに、デジタルモニター表示器により、収受員に軸重値を知らせ、運転手への警告あるいは車両の排出を行なうことになる。

写真-2に指示記録部を示す。

2.3 車高計

車高超過車両の検知装置であり、IC入口に設置した発、受光器、軸重計指示記録部に組込んだ制御親機および、標示部（軸重計と共用。）により構成している。表-3に主要諸元を示す。

違反車両の検知は、発光器、受光器間に放射している。赤外線が車両が遮断することにより、制御親機が警報回路を作動させ「本線進入禁止」の電光標示および、警報を発することになる。

なお、測定距離は表-3に示すように50m以下を標準としているが、早島本線では100mで設置し機能を満足している。

3. 防災設備

3.1 陸上部防災設備

陸上部防災設備は、正面山トンネル、柳田トンネルおよび、塩生トンネル内の事故、あるいは火災に対処するために設置した設備である。

正面山トンネルは、取水設備、配水設備、消火設備（消

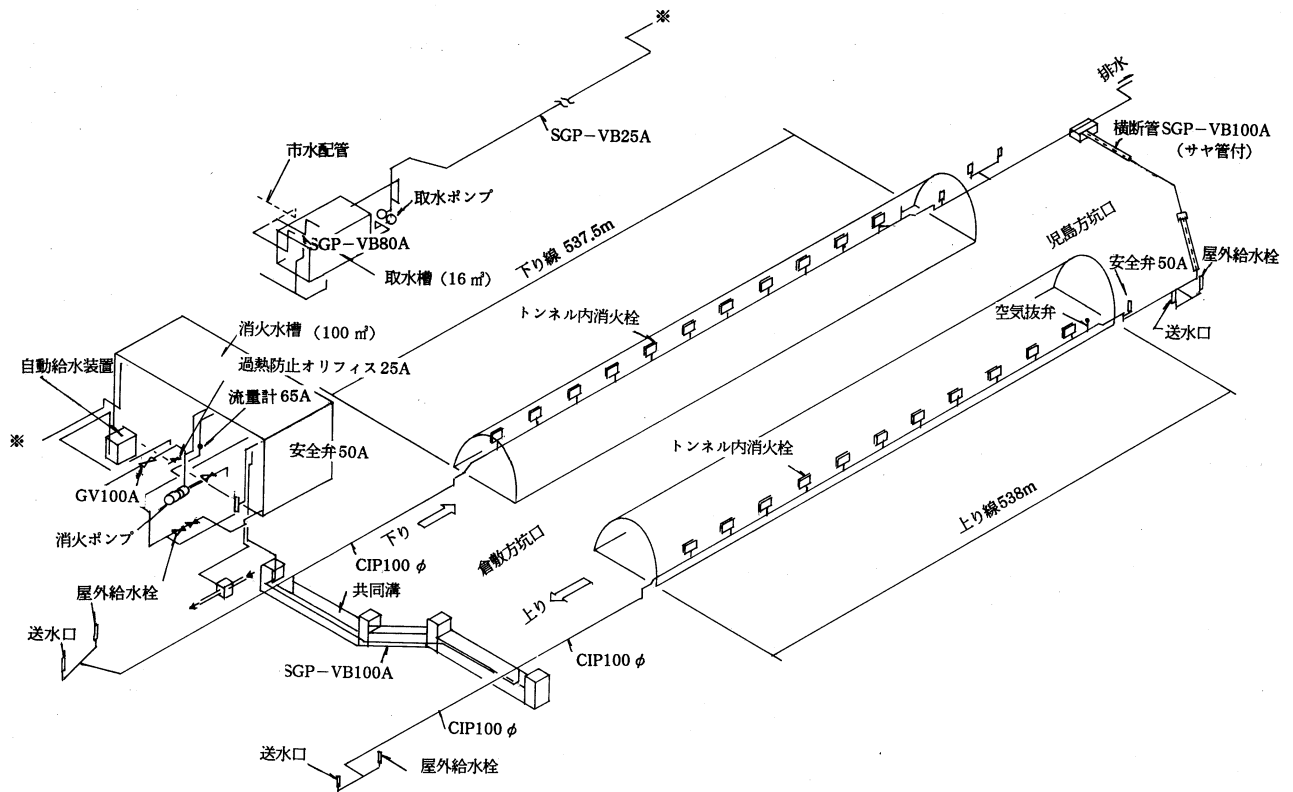


図-2 正面山トンネル防災設備系統図

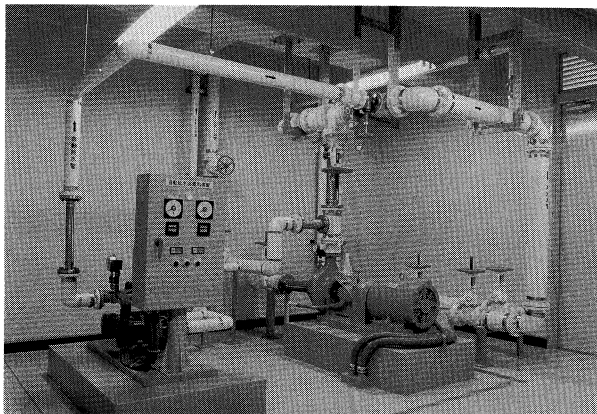


写真-3 正面山トンネルポンプ室

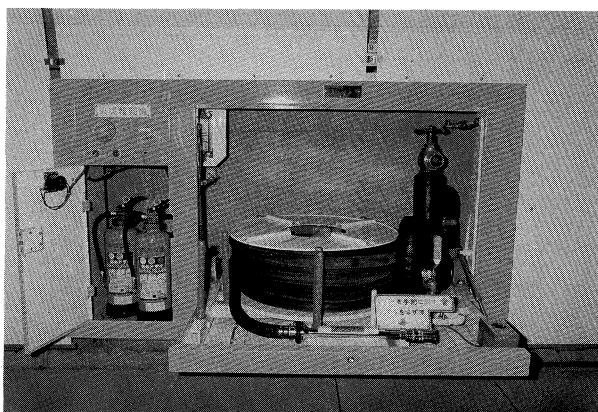


写真-4 トンネル消火栓

火栓、消火器。) 通報設備を持ち、柳田、塩生トンネルは消火器、通報設備のみであり各設備内容は次のとおりである。なお、正面山トンネルの設備系統を図-2に示す。

(1) 取水設備

消火用水の補給設備であり、倉敷市上水をここで受水し貯水槽へ送水している。

(2) 配水設備

消火用水の供給設備であり、100 m³の貯水槽、能力1.2 m³/分の消火ポンプ、配水管を常に満水にしておく自動給水装置および配水管で構成している。貯水槽、ポンプ室(写真-3に示す。)はトンネル北坑口の電気室建屋内に設置している。

(3) 消火設備

トンネル側壁に50m間隔で設置し、火災発見者が使用する消火栓および消火器、200m間隔でトンネル坑口および、消火栓内に設置された消防隊用の給水栓設備である。

写真-4に給水栓を内蔵した消火栓を示す。

(4) 通報設備

事故または、火災の発見者が外部に通報するための設備であり、手動通報機(消火栓と一体構造。)および、防災受信盤により構成している。

手動通報機が押されると、防災受信盤が通報機の信号を受信し各設備に移信することにより

- 1) 管制室のグラフィックパネルに通報場所の表示
- 2) トンネル情報板に「事故」「進入禁止」の標示とモー

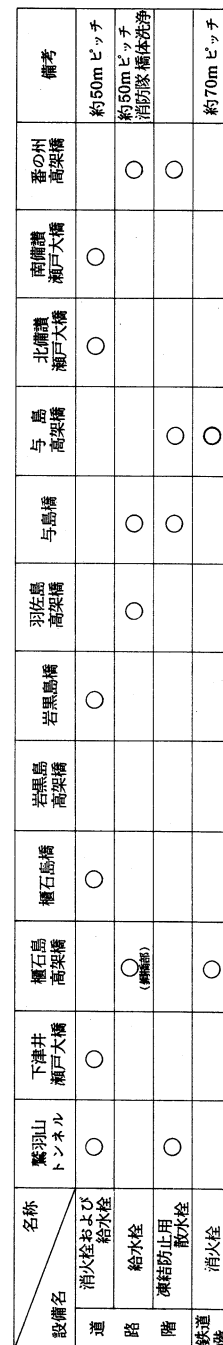


図-4 海峡部防災設備系統図

ターサイレンの鳴動。

3) トンネル内照明が昼間照明に。

4) 消火ポンプの運転

がほぼ同時に行なわれる。

なお、防災受信盤のブロックダイヤグラムを図-3に示す。また、設備の故障監視、消火ポンプの運転、停止が管制室でも可能としている。

3.2 海峡部防災設備

海峡部（鷲羽山トンネル～番の州高架橋共用部）の橋上での火災に対処するため、トンネル内と鋼橋部分の路側に消火栓及び給水栓を設置している。消火栓には長さ30mのホースがリールに収納されており、火災時にはドライバーがホースを引出して消火する。給水栓は消防車との連結放水専用のもので、65A×2栓が設けられている。消火栓箱内にも給水栓を併設している。消火栓はトンネル及び吊橋、斜張橋に、給水栓は他の鋼橋部に、約50mの間隔で設置している。

消防用の給水には、それぞれ下津井と番の州にポンプ場を設け、橋体に添架した150φの給水管に

より海橋部の中間地点にあたる与島まで、児島側と坂出側とに分けて送水を行なっている。主要配管にはポリエチレン防食鋼帯がい装ポリエチレン管を使用し、他の配管はすべてステンレス管とした。

消防ポンプの運転は、各消火、給水栓に設けたスイッチ及びポンプの機側操作盤、管制室のポンプ卓のいずれにおいても可能な構造とした。

図-4に設備の系統図、表-4に主要諸元を示す。また、海峡部防災設備を利用して、櫃石島及び与島高架橋には列車火災に対処するための消火栓を設けるとともに、与島パーキングエリアへの公団の上水の送水と、与島への坂出市の上水の送水を行なっている。写真-5、6に消火栓及び給水栓を示す。

表-4 海峡部防災設備主要仕様

	受水槽	消防ポンプ	加圧ポンプ	消 火 栓
下津井ポンプ場	100 m ³	形 式： 多段渦巻ポンプ 口 径： 125A×100A 流 量： 1,200 ℓ/min 揚 程： 161m 出 力： 75KW	形 式： 多段渦巻ポンプ 口 径： 40A×32A 流 量： 200 ℓ/min 揚 程： 55m 出 力： 5.5KW	形 式： ホースリール 式給水栓付き ホース径： 32mm φ ホース長さ： 30m 放 水 量： 130 ℓ/min 放水圧力： 3kg/cm ² 給 水 栓： 65A×2栓
番の州ポンプ場	150 m ³	形 式： 多段渦巻ポンプ (2台) 口 径： 125A×100A 流 量： 1,200 ℓ/min 揚 程： 182m 出 力： 75KW	形 式： 多段渦巻ポンプ 口 径： 40A×32A 流 量： 200 ℓ/min 揚 程： 102m 出 力： 11KW	

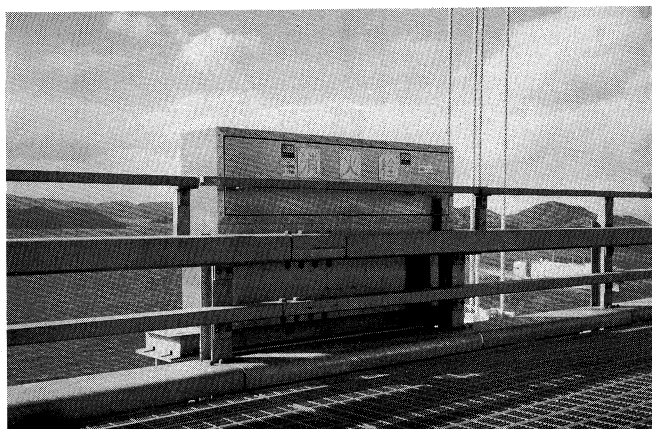


写真-5 橋上消火栓

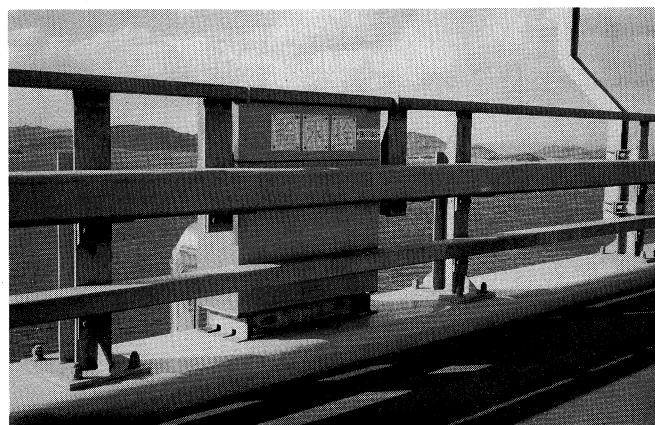


写真-6 橋上給水栓

4. 車両設備

道路巡回および、道路維持管理用車両を表-5に示すように配置している。

ここでは、なじみの少ない万能車と移動情報車について紹介する。

4.1 万能車

ユニモグ (UNIMOG) と呼ばれており、多目的作業車の略である。アタッチメントの交換により各種の作業が行なえ、今回装備したアタッチメントは

- (1) サイクロンモア (ノリ面の草刈装置)
- (2) ガードレール下草刈機 (中央分離帯の草刈装置)
- (3) トンネル、ガードレール洗浄機
- (4) 樹木剪定機
- (5) 集草ワゴン
- (6) 凍結防止剤散布装置
- (7) スノーブラウ (除雪幅3m)

である。

万能車の主要性能は、最大登坂能力35度、横転角40度、前後進とも24段のトランスミッションにより、時速150m～75kmの変速が可能である。また、パートタイム4WDおよび、走行条件に応じた駆動力を4輪へ伝達する4輪デフロック機能を有している。

写真-7に草刈作業中の万能車を示す。(万能車の後方は、集草ワゴンに乗せた大型トラックである。)

表-5 車両設備一覧

(単位:台)

用途	車 両 名 仕 様	早島管理 事 務 所	水島基地	坂出管理 事 務 所
業務 管理用	道路巡回車 (A1)	3,000ccセダン 黄赤色灯・標識付	2	4
	自走式標識車 (C)	2tトラック 黄赤色灯付	1	1
道路 維持 管理用	道路巡回車 (B)	2,000cc ライトバン 黄赤色灯付	2	4
	維持作業車 (A)	2,000cc ライトバン 黄色灯付	3	3
	維持作業車 (B)	3,500cc 4×4 ジープワゴン 黄色灯付	1	1
	自走式標識車 (A)	2tトラック 黄色灯付	3	2
	移 動 情 報 車	2tトラック 黄赤色灯付LED式	1	
	大型トラック (C)	7t 4×4 (スノーブラウ付) 2.9t吊クレーン付	1	1
	散 水 車	9,400ℓ 6×4 放水銃付	1	
	側 溝 清 掃 車	真空式 ホッパー容量5㎡	1	
	高 圧 洗 淨 車	8,500ℓ 6×4 排水管清掃長60m		1
	路面清掃車 (B)	真空式 ホッパー容量4.5㎡		1
	高所作業車 (B)	伸縮ブーム式 地上高さ13m	1	
	万 能 車	トンネル清掃等 アタッチメント付	1	



写真-7 万能車 (ノリ面草刈)

写真-8
移動情報車

4.2 移動情報車

交通規制、道路状況の情報提供を目的とし、2tonトラックにLED表示器、発動発電機を搭載した車両である。LED表示部は上中下の3ブロックに分かれており、各ブロック15可変の固定パターンと、2画面連続切替え7可変の動画パターンが2枚のICカードにより記憶表示可能である。

写真-8に動画表示の移動情報車を示す。

5. あとがき

紹介した設備には既に他のルートで運用されているものも多く、先の設備を手本に使い勝手、管理の容易さ等に配慮して製作したつもりであるが、運用過程で今後も改良を行ないより使い勝手、管理の容易な設備を目ざすつもりである。

瀬戸中央自動車道集中局（電気通信）設備

Central-control equipment of Seto Chuo Expressway (Telecommunication)

第二管理局 電気通信課長 西野 盛雄

Morio Nishino

早島管理事務所 施設課長 田中 俊雄

Tosio Tanaka

第二管理局 電気通信課 矢野 稔

Minoru Yano

1. まえがき

児島・坂出ルートは、道路（瀬戸中央自動車道）と鉄道（本四備讃線）からなり、瀬戸内海で隔てられている本州と四国を新しい交通路で連絡することによって、交通輸送を効率化、円滑化して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とともに、全国的な幹線道路・鉄道網の一環を形成するものである。

瀬戸中央自動車道は海峡を横断しているため、強風・濃霧・凍結・地震などのために車両の運行が大きく左右されたり、事故発生時の代替ルートの確保が困難であったりする。これらの特異性により、本ルートは、既に共用中の高速自動車道又は自動車専用道路に比べて異なった状況が発生すると予想される。そのため、交通状況、各施設の動作状況、異常事態の発生などを知見するための情報を適時正確に把握するとともに過去のデータを処理、履歴再生し、CRT表示あるいは印字記録することにより交通管理・施設管理の要に資する必要がある。

このルートにおける管理体制は、早島管理事務所及び坂出管理事務所（以下「早島（管）」、「坂出（管）」という）の2事務所が行なっている。ここで交通管理については一部を除いて早島管制室が一元的に管理している。また、施設管理について、主として早島（管）では本州側施設を管理し、坂出（管）では海峡部を含む四国側施設を管理している。

これらの特異性及び管理体制に基づいた集中局設備を設置したのでその概要を紹介する。

2. 概 要

2.1 集中局処理設備

集中局処理設備は早島（管）及

び坂出（管）に設置（以下両設備を「早島側設備」、「坂出側設備」という）され、両設備は管制室に集中するデータの蓄積加工を行ない、各種情報の表示、帳票作成等を行なうコンピュータシステムであり、集中局処理装置と呼んでいる。

システム構成は規模その他によって異なるが、中央処理装置、外部記憶装置、回線入出力装置、保守用コンソール等が基本である。集中局処理システム概要図を図-1に示す。

早島側設備はグラフィックパネル、各操作卓等に対しそれぞれ専用のユニットを持つマルチプロセッシングシステムであり、相互にLAN (Local Network System) を経由して動作する。

また、坂出側設備はグラフィックパネルの表示と共に海峡部にかかわるデータを収集、蓄積して早島側設備に転送するバックアップ機能を有し、CRT卓から全系統のデータを検索することにより、早島側設備から情報提供を受け、CRT表示するので集中局情報転送装置と呼んで

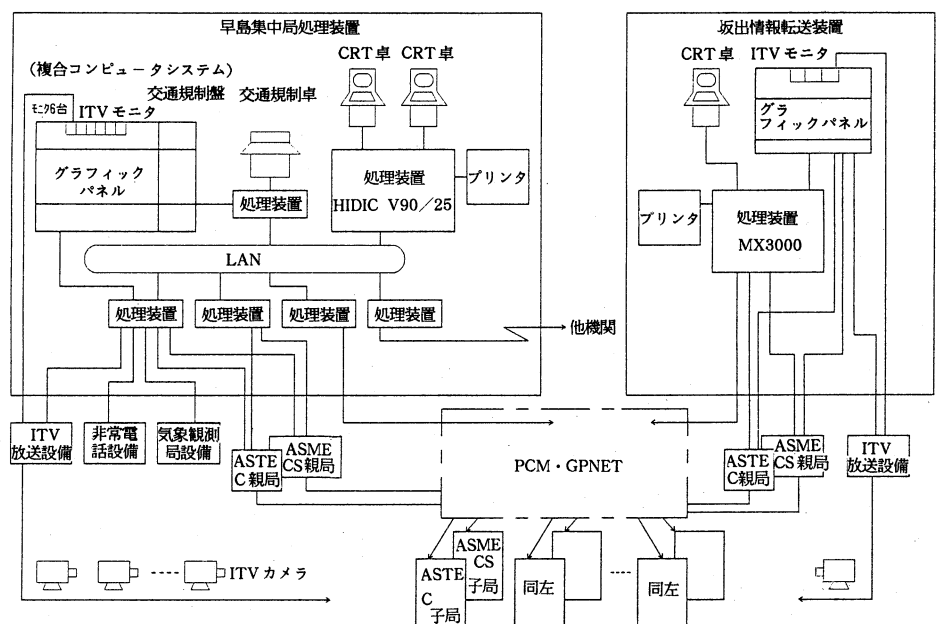


図-1 集中局処理システム概要図

いる。

データの収集及び伝送を行なうための基幹システムとして次の3システムがある。

1) 通信施設 PCM多重総合伝送・交換接続システム (PCM-GPNET: PCM General Purpose Network System)

2) 施設管理用 自動計測監視制御システム (ASMECS: Automatic Supervisory MEasurement and Control System)

3) 交通管理用 交通管理用自動監視制御システム (ASTECS: Automatic Supervisory Telemeter and TeleControl System)

PCM-GPNETは新たに開発した1.5STフレーム構成(23B+D)と呼ばれる方法で、実用回線で採用したのは世界で初めてである。そして、この方式は今後我が国で展開されるINS (Information Network System) のノウハウに大きな貢献をしているといっても過言ではない。

2.2 集中局処理システムの基本方針

本ルート of 始点である早島ICと終点である坂出IC間には各種の交通管理・維持管理施設が設置されている。これらの各施設からのデータをASTECS及びASMECSを介してASTECS系は早島側設備で、ASMECS系は両設備で処理を行なう。

早島側設備は早島(管)の所管分のデータを随時保存し、坂出側設備は坂出(管)の所管分の常時最新データを10日分エンドレスで保存する。

また、早島側設備が保守または障害等、データを収集できない場合は、坂出側設備で全てのデータを最新10日分保存する。早島側設備の復旧時には、データの補完を行なうため当該データを坂出側設備からPCM-GPNETを経由し、48kbpsで転送する。

坂出側設備から早島側設備のASTECS系及び早島(管)の所管分のASMECS系のデータを検索要求しデータベースから読み出しが行なわれ、各種データを表示及びプリントアウトが行なわれる。

グラフィックパネルはオンラインデータによってリアルタイムに表示を行なう。また、グラフィックパネル内にはFM電波修正機能を持つ時計があり、この時計より各機器へ標準時刻を供給し、各データの表示及び出力に同時性を持たせている。

早島側設備の交通規制処理部は、交通規制卓からの入力によって規制、事故、気象情報等をグラフィックパネルに表示するとともに、データ保存および坂出側設備への転送を行う。

3. 設備の構成と機能

3.1 構 成

早島側設備、坂出側設備の構成は図-2システム構成図に示す各種装置から構成される。早島側設備は保守・増設・故障等の場合、各処理部の機能別に独立運用を可能とするため処理装置を複数台設置し、処理の分散化を図っている。

3.2 設備機能

早島側設備・坂出側設備の代表的な諸機能を次に挙げる。処理データとしては、ASTECS・ASMECSにより収集される表-1、表-2に示すデータを受信し各処理部で処理を行なう。

(1) 集中局処理装置・集中局情報転送装置・データ端末装置

1) データ処理機能

(a) 各設備の計測値データに基づき1分・5分・60分間計測データファイルの作成。(坂出は5分毎データ)

(b) 道路情報可変表示板履歴(フリーパタン含む)、照明設備月報、各設備の動作・故障履歴、非常電話着信、交通規制履歴等のファイル作成。

2) CRT表示機能

(a) 指定期間内の各子局の当該設備の計測・動作・異常・故障状態をカラーCRTに表示する。(表-3 CRT表示一覧及び図-3 CRT表示例参照)

3) 帳票出力機能

(a) 日又は月に1回定刻(早島のみ)にプリンタへ日報・

表-1 ASTECS装置からの受信項目

No.	管 理 対 象 設 備	デ ー タ 項 目
1	速 度 規 制 標 識 設 備	表 示 内 容 状 態
2	交 通 量 計 測 設 備	計 測 状 態
3	道 路 情 報 可 変 表 示 設 備	表 示 内 容 状 態
4	道 路 気 象 観 測 設 備	計 測 状 態 ・ 警 報
5	動 態 観 測 設 備 (地 震 計)	閉 塞 状 態 ・ 警 報
6	料 金 設 備	状 態
7	J R 列 車	列 車 運 行 状 態

表-2 ASMECS装置からの受信項目

No.	管 理 対 象 設 備	デ ー タ 項 目
1	照 明 設 備	状 態
2	防 災 設 備	通 報 状 態 ・ 警 報
3	航 行 援 助 設 備	計 測 状 態 ・ 警 報
4	受 配 電 設 備	計 測 状 態 ・ 警 報
5	通 信 設 備	計 測 状 態 ・ 警 報
6	エ レ ベ ー タ	状 態 ・ 警 報

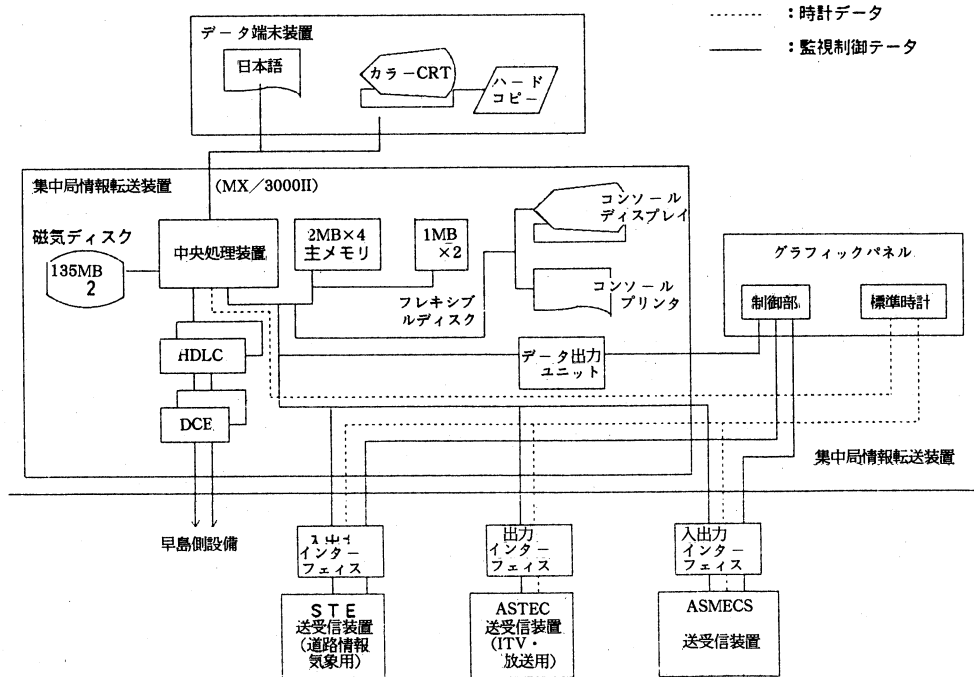
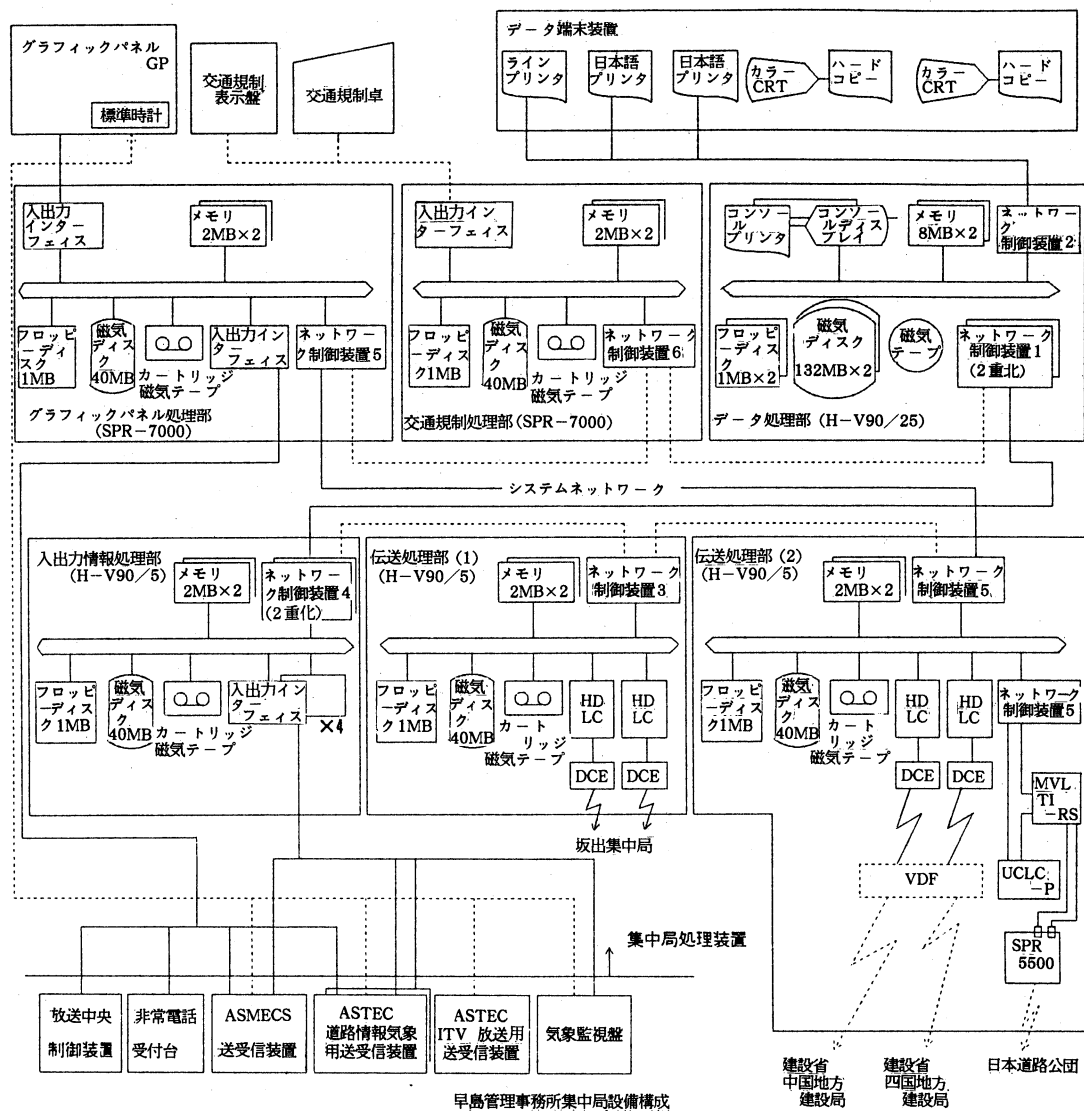


図-2 システム構成図

月報として印字する。

(表-4 プリント印字一覧参照)

b) カラーCRT画面からの要求により指定設備の指定内容の印字記録を行う。

4) データ保存処理機能

(a) 早島側設備のデータベース中の1箇月分毎のファイ

表-3 CRT表示一覧

No.	名 称
1	速度規制標識日報・月報
2	交通量計測日報・月報
3	道路情報可変表示日報・月報
4	道路気象日報・月報
5	受配電設備受電電力量日報・月報
6	航行援助設備日報・月報
7	交通規制盤日報・月報
8	非常電話着信日報・月報
9	多重無線通信装置月報
10	設備動作表示
11	設備異常・故障表示
12	自家発電設備運転履歴
13	動態観測記録(地震計)
14	メンテナンス表示

表-4 プリント印字一覧

No.	名 称
1	速度規制標識日報・月報
2	交通量計測日報・月報
3	道路情報可変表示日報・月報
4	道路気象日報・月報
5	非常電話着信日報・月報
6	交通規制盤日報・月報
7	受配電設備受電電力量日報・月報
8	視界情報日報・月報
9	照明設備日報・月報
10	防災盤日報・月報
11	動態観測記録(地震計)
12	料金設備用ゲート月報
13	多重無線通信装置月報
14	航行援助設備日報・月報

ルをM/Tに記憶し、保存する。また、坂出側設備は最小5分毎データをハードディスクに最新10日間分保存する。

(b) 早島側設備のM/T保存データを専用ファイルに書き込み、過去データをCRT表示・帳票機能等により読み出しを可能としている。(図-3CRT表示一覧参照)

5) システム管理機能(早島のみ)

(a) システム立ち上げ処理として、復電リスタートによる全体の自動立ち上げ又は各処理装置個別立ち上げを行なう。

(b) 実行系のデータは一定周期で磁気ディスクに待避し、CPU異常時の後の立ち上げ時には待避したデータを主メモリに転送し再立ち上げを可能としている。

(c) 各処理部CPU間でシステムネットワーク経由で相互監視を行なうとともにグラフィックパネル処理部の時刻をマスターとし、一定周期で他のCPUに送信し時刻の一致化を図っている。

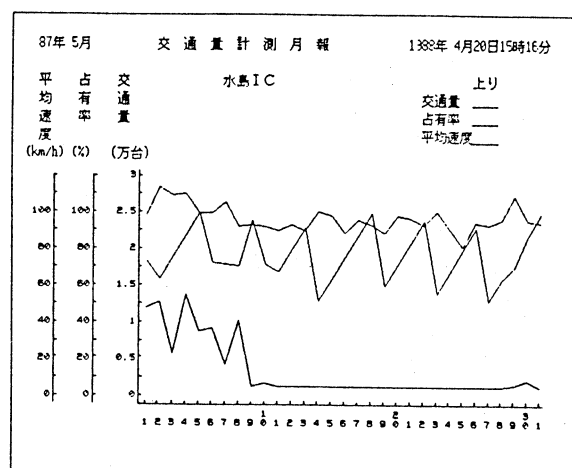
6) グラフィックパネル・交通規制表示盤への表示出力

(a) 計測・表示内容・状態・警報データをグラフィックパネル処理部で処理後、グラフィックパネルにリアルタ

88年 4月19日		道路情報可変表示 日報		1988年 4月20日15時11分	
表示時刻	場 所	方 向	形 状	表示内容	
0:22~8:02	水島IC		HC2	走行注意	消滅 海峽部 横風
0:22~8:02	坂出IC	1	HC2	走行注意	消滅 海峽部 横風
0:23~8:00	瀬ノ池SA	下り	HA	海峽部	横風走行注意
1:11~8:01	早島PA		HA2	海峽部	横風走行注意
1:11~8:01	瀬ノ池SA		HA2	海峽部	横風走行注意
2:01~7:59	水島IC	下り	HA	海峽部	横風走行注意
3:15~10:01	坂出IC	1	HC2	走行注意	坂出 坂出北 低連車作業中
9:42~9:42	見島IC	下り	HA	海峽部	強風50K規制中
10:00~10:57	坂出北IC		HC2	走行注意	坂出北 早島 低連車作業中
10:01~10:57	坂出IC	1	HC2	走行注意	坂出 早島 低連車作業中
10:05~10:19	菅の州	上り	HA	この先	低連車作業中
10:18~10:38	BB1A	上り	HA	回 与島	低連車作業中
10:19~10:38	菅の州	上り	HA	5 キロ 先	低連車作業中
10:38~10:55	菅の州	上り	HA	10 キロ 先	低連車作業中
10:38~10:45	BB1A	上り	HA	この先	低連車作業中
10:45~10:55	横石島	上り	HA	この先	低連車作業中
10:45~10:55	BB1A	上り	HA	5 キロ 先	低連車作業中
10:55~11:27	BB1A	上り	HA	見島-早島	低連車作業中

次画面データ有り

(a)

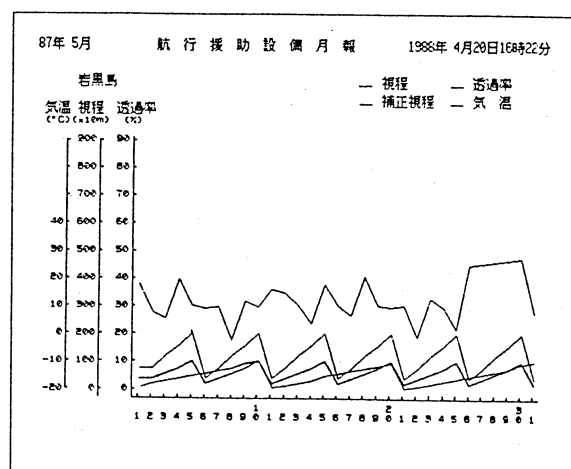


(c)

88年 4月19日		非常電話着信日報		1988年 4月20日15時36分	
受付時刻	場 所	電話番号	連絡内容		
9時43分	見島IC	(18.6P)	1 130 48	その他	
10時13分	BB1A	(26.9P)	3 149 02	故障	
11時06分	BB1A	(26.9P)	3 149 02	その他	
16時16分	水島IC	(9.3P)	2 211 30	その他	
16時27分	見島IC	(16.0P)	2 224 56	その他	
16時33分	見島IC	(15.2P)	1 124 41	その他	
16時40分	水島IC	(8.3P)	1 111 16	その他	

次画面データ無し

(b)



(d)

図-3 CRT表示例

ィムで表示出力する。なお、放送状態表示は本設備でのデータ処理はなく放送制御装置より表示出力する。

(b) 交通規制卓からの入力により工事又は事故による交通規制状況（地点・区間・規制内容・連絡状況等）あるいは气象台から岡山・香川各県に発表となった注意報、警報を交通規制表示盤及びグラフィックパネル上の気象情報表示窓に表示する。

(c) 坂出側グラフィックパネルにはASTEC・ASMECS及び早島側設備からの非常電話着信データ・交通規制卓操作データ・气象台データを受取り表示出力する。

7) データ検索処理

(a) 早島側・坂出側両設備が正常の場合早島側設備から坂出管轄のASMECSデータを要求することにより、坂出側設備のハードディスク中から読み出し要求結果を受信する。また、夜間坂出側は無人となるためシステムの制御移管を人の手を介して行ない、全ての処理を早島側設備が行なう。

(b) 坂出側設備からのデータ検索要求によりハードディスク中から読み出し、検索結果を坂出側設備に送信する。

8) データバックアップ

早島側設備・坂出側設備、ASTEC又はASMECSが異常の場合において、極力正常な運用を行なうために下記のとおりデータ送受信、転送又は保存等を行なう。

(a) ASTEC、ASMECSのデータ収集システムに対応し、早島側・坂出側設備とのデータの流れを表-5に示すようにASTEC、ASMECSデータを送受信する。

(b) 早島側設備の異常発生におけるデータの欠落に対し、

坂出側設備において常時10日分の全区間のASTEC、ASMECSデータを保存し、早島側設備が復旧した場合上記のデータを早島側設備へ送信する。また、坂出側設備の異常時においては早島側設備において全区間のASTEC、ASMECSデータを保存する。

(c) 早島側・坂出側のASTEC、ASMECSが異常の場合も同上の処理ができる。

(2) グラフィックパネル

1) 交通管理及び施設管理上必要な主要設備の動作状況、計測値及び警報等が一目でわかる様に下記の項目を表示する。(写真-1参照)

- (a) 可変速度規制標識内容（数値表示・2色表示）
- (b) 日交通量、時間交通量、平均速度（数値表示）
- (c) 平均風向（16方位点灯表示）



写真-1 グラフィックパネル表示例

表-5 早島側設備と坂出側設備のデータの流れ

No.	データ区分	データの流れ	No.	データ区分	データの流れ
1	ASTEC 正常時	早島側設備 ↑ 通常データ (全区間) A S T E C 坂出側設備 通常データ (全区間) ↑ A S T E C	7	ASMECS 正常時	早島側設備 ↑ 通常データ (早島管轄) A S M E C S 坂出側設備 通常データ (坂出管轄) ↑ A S M E C S
2	早島側 ASTEC 異常時	早島側設備 A S T E C 坂出側設備 通常データ (全区間) ↑ A S T E C	8	早島側 ASMECS 異常時	早島側設備 A S M E C S 坂出側設備 通常データ (全区間) ↑ A S M E C S
3	早島側 ASTEC 異常→ 回復時	早島側設備 ↑ 通常データ (全区間) A S T E C 坂出側設備 通常データ (全区間) ↑ A S T E C	9	ASMECS 異常→ 回復時	早島側設備 ↑ 通常データ (早島管轄) A S M E C S 坂出側設備 通常データ (坂出管轄) ↑ A S M E C S
4	非常電話	早島側設備 ↑ 非常電話受信データ 非常電話受付卓 坂出側設備	10	坂出側 ASMECS 異常時	早島側設備 ↑ 通常データ (全区間) A S M E C S 坂出側設備 A S M E C S
5	交通規制	早島側設備 ↑ 操作データ 交通規制卓 坂出側設備	11	データ 検 索	早島側設備 坂出側設備
6	気 象 台 デ ー タ	早島側設備 ↑ 气象台データ (全区間) A S T E C 坂出側設備	12	データ 要 求	早島側設備 坂出側設備

- (d) 平均風速、道路視程、時間風雨量（数値表示）
- (e) 震度（数値表示）
- (f) 道路情報可変表示設備表示内容（文字表示）状態（点灯表示）
- (g) JR 列車運行情報（1 色帯表示）
- (h) 航空障害灯、橋梁灯（点灯表示）
- (i) 手動通報位置、ポンプ運転状態（点灯表示）
- (j) 海上視程（数値表示）
- (k) エレベータ故障、設備重故障（点灯表示）
- (l) 交通規制状況（2 色帯表示）
- (m) 気象台情報（岡山県・香川県文字表示）
- (n) 非常電話着信表示（点灯表示）
- (o) スピーカー放送状態（点灯表示）
- (p) 年・月・日・時・分（数値表示）曜日（文字表示）
- 2) 各 IC・SA・PA 及び橋梁等に設置される ITV カメラの映像を早島では 6 台、坂出では 3 台のモニタ TV で写し出している。

(3) 広域道路情報交換

瀬戸中央自動車道の供用に伴い安全で円滑な道路交通の確保と緊急事象発生時の道路交通への影響を最小限とするため、表-6 に示す広域情報交換内容を各接続道路の道路管理者（日本道路公団広島管理局、建設省中国地方建設局岡山国道工事事務所、建設省四国地方建設局香川工事事務所）間で相互に道路情報の交換を行なっている。

1) 本四公団提供データ

- (a) 交通量データ（正面山北、児島 IC、番の州高架橋の大型・小型車交通量、占有率、平均速度等）
- (b) 気象データ（早島 IC、稗田、児島 IC、下津井瀬戸大橋 4A、南北備讃瀬戸大橋 4A、坂出 IC の気温、路面温度、風向風速、視程等）
- (c) 道路情報可変表示板表示内容（早島 IC 下 HA 型、水島 IC 上下 HA 型、児島 IC 上下 HA 型、鴻ノ池 SAHA2 型、

南北備讃瀬戸大橋 7A 上 HA 型、坂出北下 HA 型）

(d) 地震データ（下津井瀬戸大橋 4A、南北備讃瀬戸大橋 3P、番の州高架橋 10P）

2) 道路公団提供データ（道路情報可変表示板表示内容）

(a) 早島 IC 上 A 型、倉敷 IC 上下 A 型、玉島 IC 上下 A 型、浅口 PA 広域情報板

3) 建設省岡山国道工事事務所（道路情報可変表示板表示内容）

(a) 国道 2 号、30 号、180 号線に設置されている A 型 8 面、A2 型 3 面分

4) 建設省香川工事事務所（道路情報可変表示板表示内容）

(a) 国道 11 号、32 号線に設置されている A 型 4 面、A2 型 4 面分

4. 機器の仕様

(1) 集中局処理装置・集中局情報転送装置

集中局処理装置（早島）・集中局情報転送装置（坂出）の構成は 3 の項と同様、図-2 のシステム構成図に、主な機器仕様一覧は表-7 に、早島側設備集中局処理装置の外観を写真-2 に示す。ここでコンソールディスプレイ・コンソールプリンタは本設備のシステム管理及びメンテナンス用である。また、早島側・坂出側両設備間の通信は PCM-GPNET 経由で 2 回線を使用し、伝送速度 48kbps、伝送制御手順は CCITT 勧告 X.25LAPB (Link Access Protocol Balanced) で行っている。

(2) データ端末装置

この装置は、カラー CRT、ハードコピー、日本語プリンタから構成され、データの読出し、プリントアウトを行なう。表-7 に機器仕様を図-3 に CRT 表示例を示す。

(3) グラフィックパネル

この装置は、表示部、制御部及び標準時計部から構成

表-6 広域情報交換内容

送 信 元	受 信 先	本 四 公 団 (早 島 管)	道 路 公 団 (広 島 管)	建 設 省 (岡 山 国 道)	建 設 省 (香 川 工 事)	備 考
本 四 公 団 (早 島 管)	交通量データ		-	5分周期データ	5分周期データ	
	道路情報 可変表示板データ		2.5分状変データ	2.5分状変データ	2.5分状変データ	
	気象データ		-	5分周期データ	5分周期データ	
	地震データ		-	状変データ	状変データ	
	山陽道 広域情報板データ		-	5分周期データ	-	
	山陽道道路情報 可変表示板データ		-	5分周期データ	-	
	山陽道 広域情報板データ	2.5分周期データ		(5分周期データ)	-	岡山国道は早島管経由
道 路 公 団 (広 島 管)	山陽道道路情報 可変表示板データ	2.5分周期データ		(5分周期データ)	-	"
建 設 省 (岡 山 国 道)	道路情報 可変表示板データ	状変データ	-		-	
建 設 省 (香 川 工 事)	道路情報 可変表示板データ	2.5分状変データ	-	-		

表-7 機器仕様一覧

項目	場所	早島管理事務所	坂出管理事務所
集中局装置	データ処理部	主メモリ	8Mバイト×2
		固定ディスク	132Mバイト×2
		フレキシブルディスク	1Mバイト×2
		磁気テープ	1600BPI
			2,400フィート
コンソールディスプレイ コンソールプリンタ		画面サイズ	12インチ
		印字速度	110CPS
伝送処理部(1)(2) 交通規制処理部 入出力処理部 グラフィックパネル 処理部		主メモリ	8Mバイト×2
		固定ディスク	40Mバイト
		フレキシブルディスク	1Mバイト
		カートリッジM/T	7,700BPI
情報転送装置			主メモリ
			8Mバイト
			固定ディスク
データ端末装置	カラーCRT		135Mバイト×2
			フレキシブルディスク
			1Mバイト×2
		画面サイズ	20インチ
		解像度	720×550
ハードコピー		表示色	7色
		印字方式	熱転写式
日本語プリンタ		印字色	7色
		印字方式	ワイヤドットインパクト式
ラインプリンタ		印字速度	120CPS
		印字速度	140行/分(漢字)
グラフィックパネル 表示部	方式	モザイク方式(50×50)	
		表示	
		各IC.PA.SA.橋梁等、主要施設の位置	
時計部	表示素子	LED	
		標準時計	
		FM電波午前7時正時報による	



写真-2 早島側集中局処理設備外観

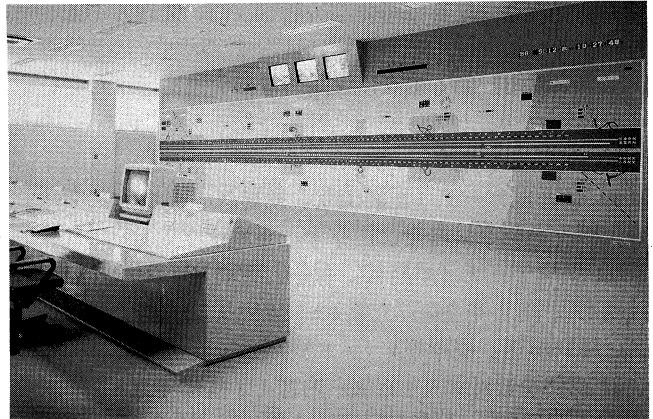


写真-4 坂出側グラフィックパネル外観

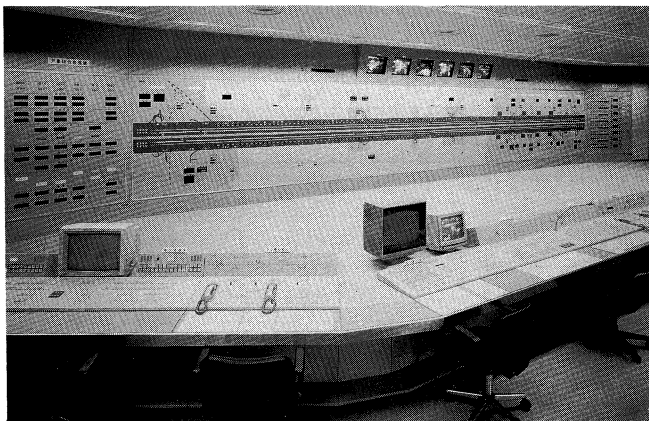


写真-3 早島側グラフィックパネル外観

5. あとがき

以上、早島(管)坂出(管)に設置した集中局設備の概要を述べた。

児島・坂出ルートは1ルート完成形で設備の設計・施行が行なわれたが、神戸・鳴門ルート、尾道・今治ルートでは暫定形での施行で設備設計・施工上十分に検討する必要があると思われる。本設備が今後供用される設備の参考となれば幸いである。最後に、本設備を完成させるに当たり多数の関係各位から賜った御協力に心から感謝する次第である。

され、表-7に機器仕様を、写真-3にグラフィックパネル外観を示す。グラフィックパネルの特徴的なことは、表示素子はすべてLEDを使用し、信頼性を高めている。

瀬戸中央自動車道の遠隔監視制御システム

Automatic Supervisory and Control System of Seto Chuo Expressway

第 二 管 理 局 電 気 通 信 課 長 西 野 盛 雄

Morio Nishino

第 二 管 理 局 電 気 通 信 課 長 代 理 笠 松 邦 安

Kuniyasu Kasamatsu

建設省 大分工事事務所 電気通信課 係長
(前) 第二建設局 電気通信課

山 見 一 馬

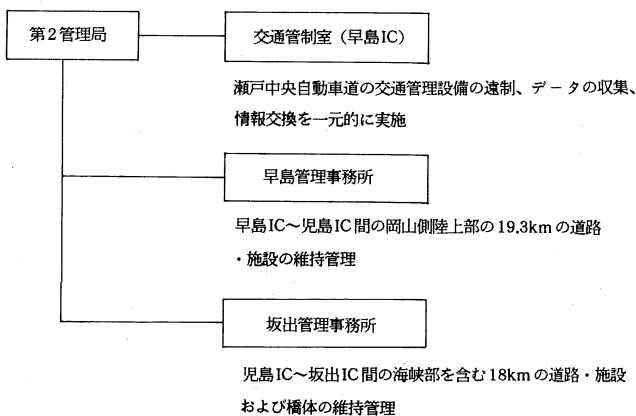
Kazuma Yamami

1. まえがき

瀬戸中央自動車道の遠隔監視制御システムは、大鳴門橋関連区間に導入された遠隔監視制御システムと本質的に異なるものではないが、早島IC～坂出ICまで37.3kmが全線供用されること、また、海峡部に6つの大きな橋梁を有するなど、異なる条件をもっているため、大鳴門橋関連区間での経験をもとに計画、設置したので、その概要を紹介する。

2. 管理体制とシステム計画

交通管理・維持管理設備は、早島IC～坂出ICまでの本線上に設置されているが、これらの設備の遠隔監視制御は管理体制にもとづいたシステムが構築されなければならない。瀬戸中央自動車道の管理体制は図-1のとおりである。交通管理・維持管理設備（電気通信設備）のうち交通管理設備は、早島管理事務所に併設された交通管制室において一元的に監視、制御できるシステムとし、また電力設備、通信設備に代表される維持管理設備は早島、坂出の両管理事務所において各々管理区間ごとに監視制御するシステムとする。



但し、坂出管理事務所においても管理区間内の交通管理設備のモニターができる。

図-1 管理体制

また、交通管理設備の監視、制御のバックアップおよび状況のモニターが坂出管理事務所でもできる必要があり、また24H体制をとらない坂出管理事務所管内の維持管理設備の監視体制が早島管理事務所においてもできる必要がある。

これらの条件を満足するよう通信回線、伝送制御方式および遠制システム（ASTEC*ASMECS**）を構築した。

※ASTEC（Automatic Supervisory TElemeter and teleControl system）

※※ASMECS（Automatic Supervisory MEasurement and Control System）

3. 通信回線（伝送路）

前述の管理体制と遠制システムを満たすためには、交通管理制室、早島管理事務所、坂出管理事務所および本線上あるいは一般道等に設置された交通管理・維持管理設備が有機的に通信回線により接続されており、しかも迂回伝送路を含めた体系で制御、監視および計測データの伝送ができるようになっていなければならない。

これらの多量なデータを外乱等の影響を受けずに円滑に伝送するため、本線上に光ファイバーケーブルを布設して、各ICあるいは橋梁に設置した通信機械室を結び、この光ファイバーケーブルによる光伝送路を主伝送路とするとともに、この主伝送路の障害時にも迂回伝送路が確保できるよう、多重無線回線により早島管理事務所と坂出管理事務所を結んでいる。

通信回線系統図は、図-2のとおりであるが、光通信回線、多重無線回線とも雑音および波形歪等の影響による伝送品質が劣化しない、しかもデータ伝送に適したPCMデジタル伝送方式を採用している。

これらデジタル伝送方式は、図-3のようにデジタルハイアラキーを構築している。

表-1に光通信回線の仕様を、表-2に多重無線回線の仕様を示し、写真-1に正面山中中継所の外観を、写真-2に光ケーブルを示す。

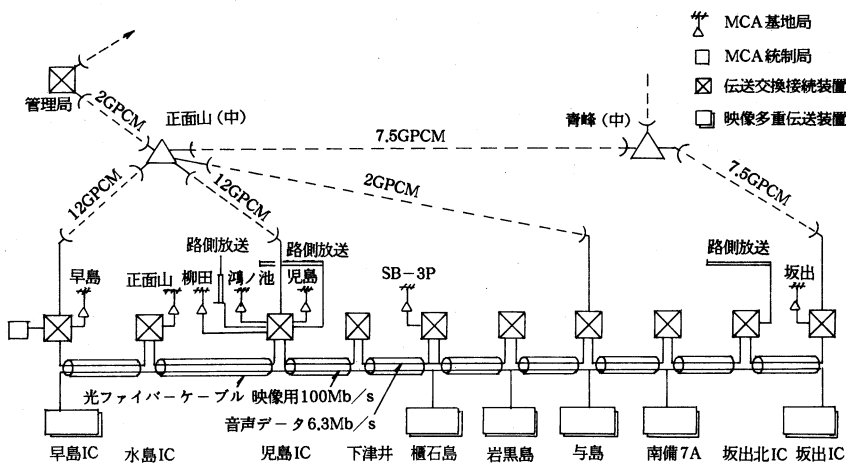


図-2 通信回線系統図

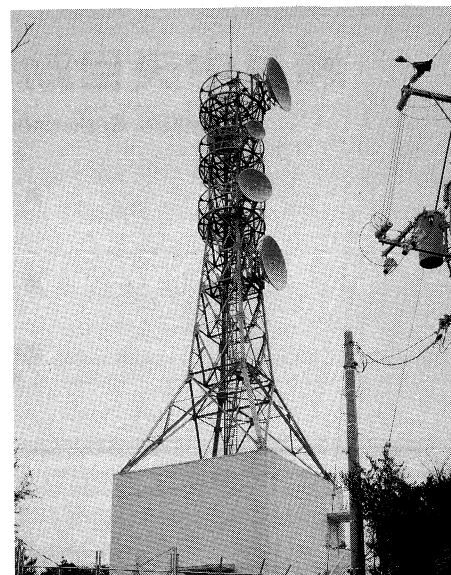


写真-1 正面山中継所

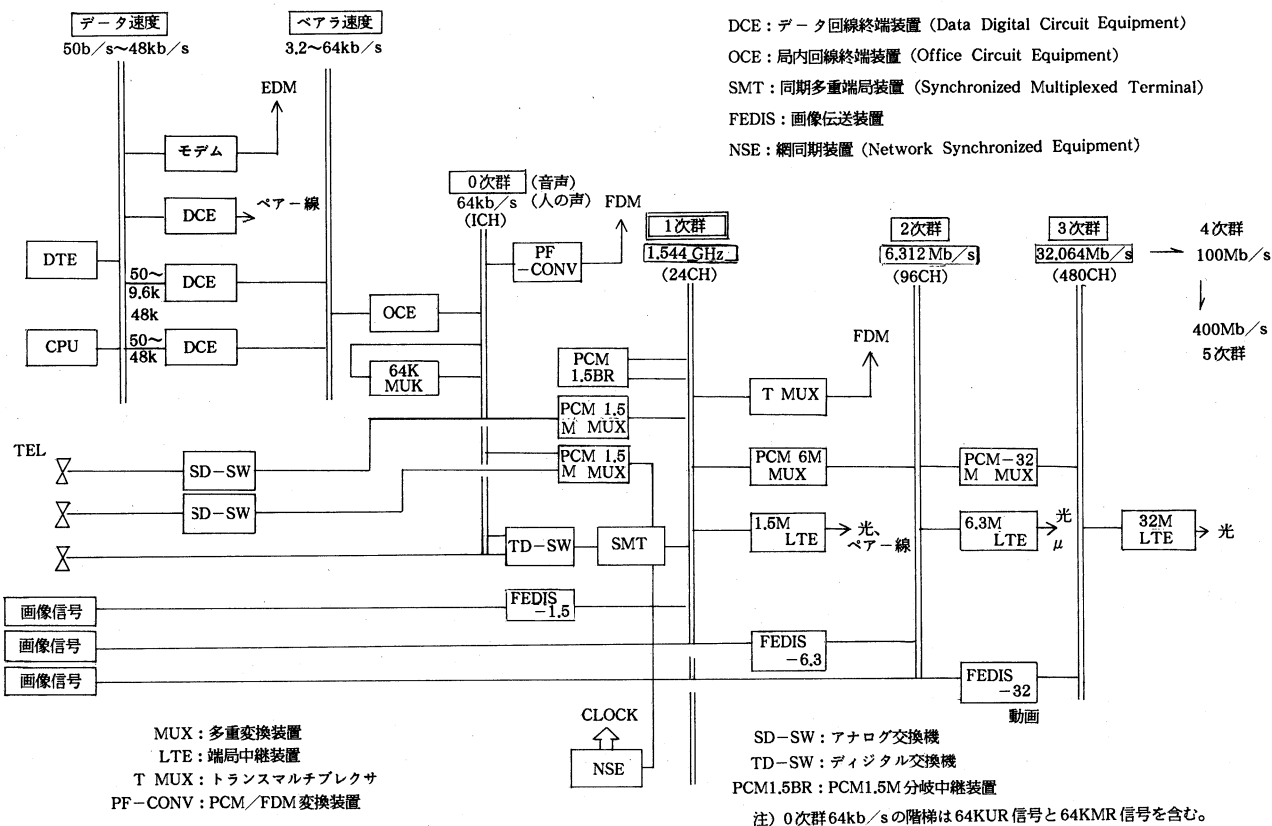


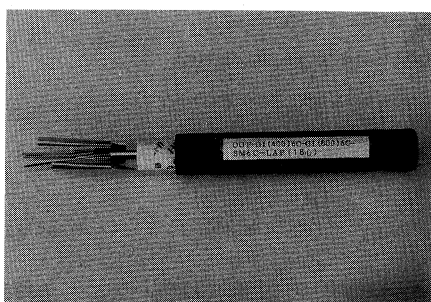
図-3 デジタルハイアラキー

表-1 光通信回線の仕様

(1) 音声・データ系		(2) 映像系	
項 目	規 格	項 目	規 格
伝 送 容 量	電話換算 96CH	伝 送 容 量	電話換算 1440CH (映像3画面分)
変 調 方 式	PCM-IM	変 調 方 式	PCM-IM
多重化方式	パルススタック同期による独立同期方式	多重化方式	パルススタック同期によるビット単位多重化方式
信 号 速 度	6.312Mb/s±190b/s	信 号 速 度	97.728Mb/s±190ppm
信 号 形 式	バイポーラ	信 号 形 式	バイポーラ
使用光ファイバケーブル	グレーティングインデックス形 マルチ光ファイバケーブル	使用光ファイバケーブル	シングルモード 光ファイバケーブル

表-2 多重無線回線の仕様

	2 G	7.5 G	12 G
周波数の範囲	1,850MHz～2,100MHz	7,425MHz～7,750MHz	12.2GHz～12.44GHz
回 線 容 量	24CH	96CH	96CH
変 調 方 式	4 相位相変調	4 相位相変調	4 相位相変調
変 調 速 度	797.5Kb/s	3,299,455Mb/s	3,254M/bs

写真-2
光ケーブル

4. 伝送制御方式

データを確実に伝送するためには、回線接続の確認、相手の確認、データ伝送が正しく行なわれたか否かの確認が必要である。これらの一連の手続きを伝送制御と呼ぶがこの伝送制御手順は大きく三つに分類される。

①ベシック

②HDLC (High Level Datalink Control Procedures - Frame Structure)

③無手順

ASTEC、ASMECSにおいては、信頼性の高い高速伝送が可能でかつコンピュータ同士の接続にも適したHDLCを採用している。

HDLCの特徴

①任意のビットパターンの伝送が可能

②受信側からの応答を待たずに、連続してデータを伝送できる。

③誤り制御が厳密

HDLCのフレーム構成

フラグ 8bit	アドレス 8bit	制御部 8bit	情報部 (任意)	FCS 16bit	フラグ 8bit
-------------	--------------	-------------	-------------	--------------	-------------

(フラグシーケンス)

フレームの最初と最後には8bitのフラグシーケンスがつけられるがこれは、送受信間でフレームの同期をとるための信号。

(アドレス)

コマンドのアドレス部には、そのコマンドを受けとる二次局または複合局のアドレスを書き、レスポンスのアドレス部には、そのレスポンスを送信した二次局または複合局のアドレスを書く。

(制御部)

制御部は、コマンドとしては相手局に対する動作の指令またレスポンスとしては、その指令に対する応答。

(FCS)

FCS (Frame Check Sequence) は誤り制御のためのシーケンス。

5. 遠隔監視制御システム

瀬戸中央自動車道の遠隔監視制御システム（以下「遠制システム」という。）は大鳴門橋関連区間と同様、維持管理設備用として ASMECS、交通管理設備用として ASTEC の二つのシステムを導入している。いずれのシステムも伝送制御方式のところで述べたとおり HDLC を採用し、9600b/s の伝送速度である。

5.1 ASMECS (自動監視計測制御システム)

電力設備、通信設備および道路照明設備等の維持管理設備の遠制システムとして ASMECS を導入している。ASMECS の系統図は、図-4 のとおりであり集中局送受信装置は、早島管理事務所および坂出管理事務所に、また端末局は IC あるいは橋梁部に設けられた通信機械室に設置されている。さらに各端末局装置は、受変電設備、通信設備、道路照明設備等が端末設備として接続されている。

ASMECS の場合は、図-4 の系統図でもわかるように早島（管）および坂出（管）に集中局送受信装置が設置されており、各々当該管理区間の端末設備を遠隔監視計測制御ができるようにしている。

ただし、坂出（管）は 24H 体制となっていないため夜間・休日については、早島（管）にて管理代行ができるように図-5 に示すようにしている。

また、光ファイバケーブルの障害時、あるいは一方の集中局送受信装置の障害についても迂回伝送路あるいは管理代行によりバックアップできるように図-6 に示すようにしている。

管理代行時には、他の管理事務所管内の端末設備もポーリングすることとなるため、ポーリング周期がおおよそ倍の時間（9 秒）ということになる。

図-7 に ASMECS の動作基本図を示す。

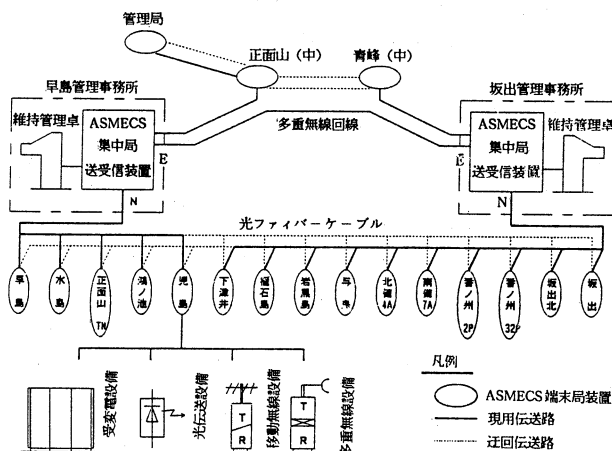


図-4 ASMECS系統図

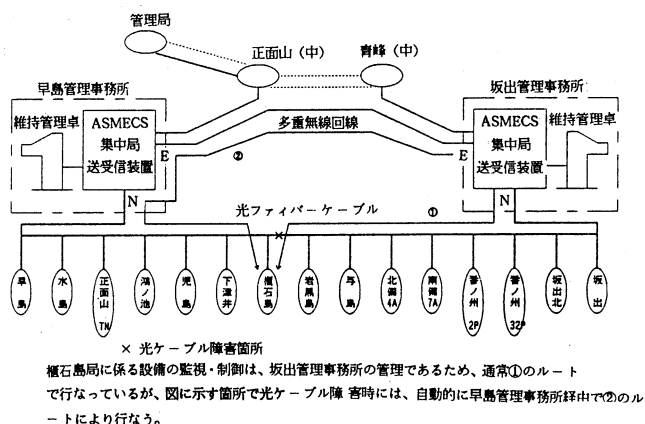
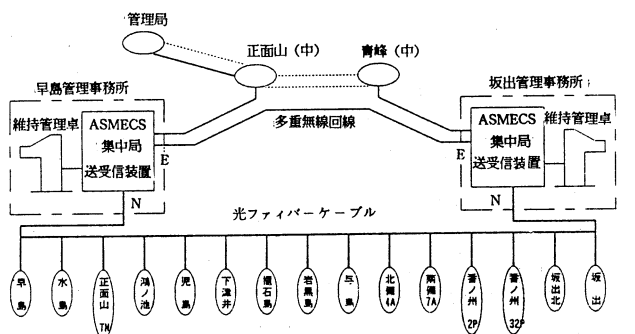
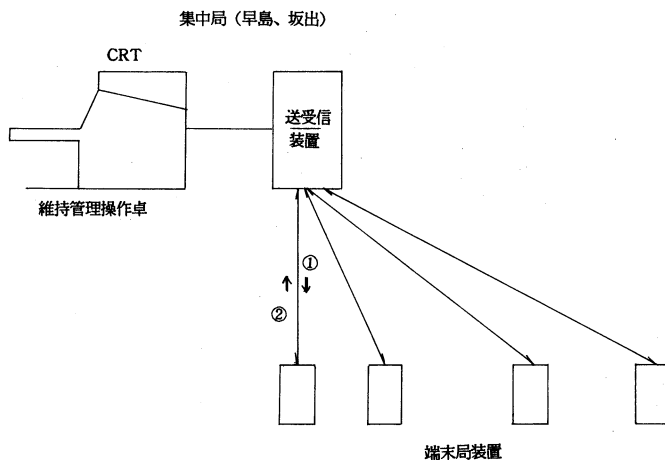


図-5 光ファイバケーブル障害時の迂回制御系統



管理代行とは、他系局の管轄局の監視、制御、計測等を代行するもので、主に夜間、無人となる坂出管理事務所にて代わって、早島管理事務所にて管理を行なうものである。
また、装置異常の発生、メンテナンス等により装置が停止した時、一方の管理事務所にて全系の管理を行なうものである。

図-6 管理代行時の制御系統



計測動作

常時計測項目（電力系）は常時監視動作により収集する。

定期測定項目（通信系）は、制御動作により、点検準備指令が送信され測定器に電源が投入される。40分後点検開始指令が送信され、30分後に点検終了指令が送信される。これにより、測定器の電源が切断される。

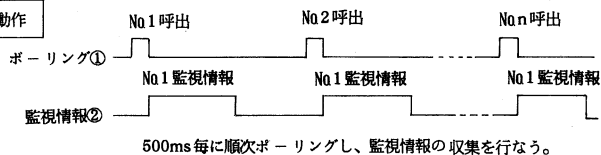
記録動作

各動作の記録は次の条件により記録される。

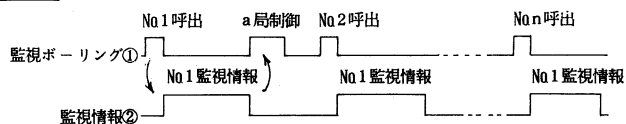
監視情報：状態変化を検出した時の日時、動作状態

制御情報：制御操作を行なった時、及び自動制御が行なわれた時、日時及び、制御内容を自動記録する。

監視動作



制御動作



a 局の制御情報は監視動作のポーリング呼出後、該当局の監視情報の受信終了を待って、制御信号を送信する。
a 局がポーリングされ、監視情報を検索し、該当項目が動作していない時には、再度、制御信号を自動送信する。

定期計測項目

	毎日点検	週点検
開始準備指令	毎日 7 時 20 分	毎週月曜 4 時 20 分
点検開始指令	" 8 時 00 分	" 5 時 00 分
点検終了指令	" 8 時 30 分	" 5 時 30 分

計測データ：常時計測 - 毎正時に記録（電力系）

毎日点検 - 計測・良否判定結果により異常データのみ記録

週点検 - 計測した全データを記録

図-7 動作基本図 (ASMECS)

表-3 交通管理設備一覧表

設備名	設置場所	概要
道路情報可変設備板	本線および一般道	HA型12、HA2型2、HB型6、HB2型4、HC型9、HD型7、計40
可変速度規制標識	本線	回転式43面 電光式32面
非常電話設備	陸上部1km毎、海峡部500m毎、トンネル200m毎	上り66台、下り63台 計129台
車両検知器	正面山TN北、児島IC南、番の州、有城	ループ式車輻検知装置(直流方式3、FS方式1)
ITV設備	各IC、鴻ノ池SA、与島PA、海峡部各塔	カメラ29台(CCD方式) モニタ(早島6台、坂出3台)
放送設備	各SA、PA、海峡部、坂出IC	陸上部2ブロック、海峡部4ブロック、スピーカ129個
気象観測設備	早島IC、神田、児島IC、SB4A、BB4A、坂出IC	項目: 気温、路面速度、露点温度、平均風速、風向、雨雪量、視程、降水検知、凍結
動態観測設備	HB、NBB、B4A、BB7Aほか	風向風速計6、地震計8、加速度計68、変位計18
路側通信設備	鴻ノ池SA、児島IC周辺、坂出IC周辺	垂直空中線方式1(空中線2基)、漏洩同軸ケーブル方式2
速度警告設備	鷺羽山TN北、番の州32P	センサ、赤外線発光ダイオード(発光素子)、シリコンフォトダイオード(発光素子)

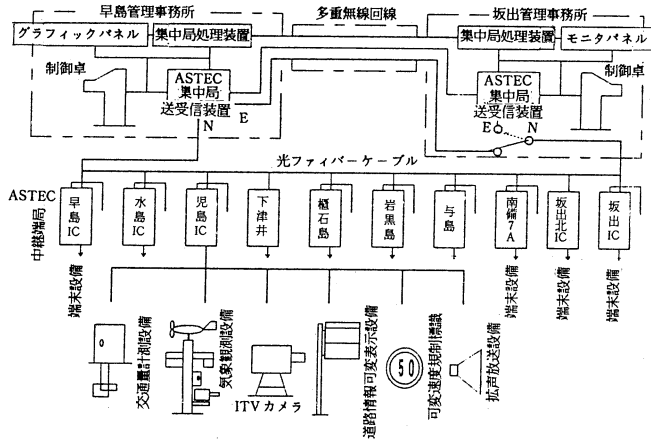


図-8 ASTEC系統図

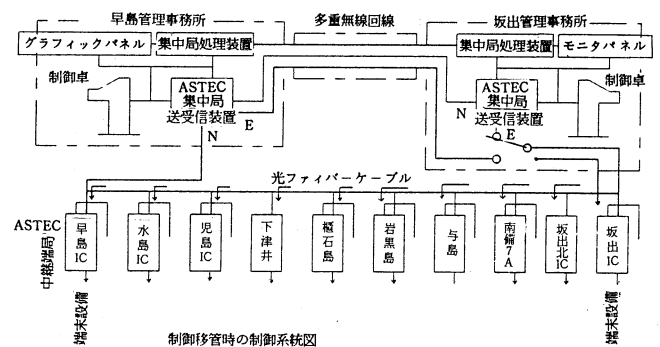


図-10 制御移管時の制御系統図

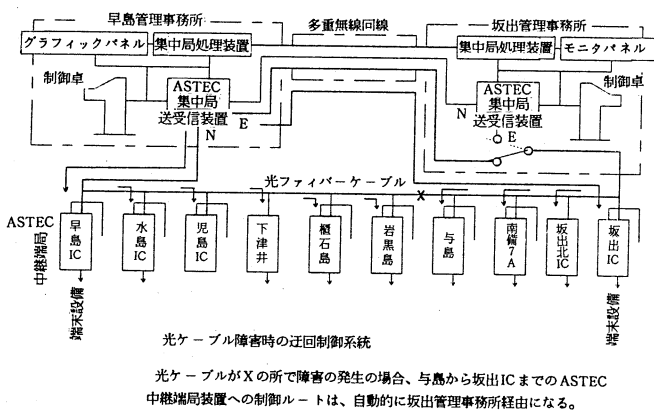


図-9 光ファイバケーブル障害時の迂回制御系統図

5.2 ASTEC（交通管理用自動監視制御システム）

表-3に示す交通管理設備の遠制システムとして、ASTECを導入している。

ASTECの系統図は、図-8のとおりでありASMECS

と同様集中局送受信装置は、早島管理事務所および坂出管理事務所の中継局装置はICあるいは橋梁部に設けられた通信機械室に設置されている。中継局はさらに端末設備となる交通管理設備と接続されている。

ASTECの場合、その端末設備が交通管理設備となっているため、通常はすべて早島（管）にて遠隔監視制御することとしている。

したがって主伝送路である光ファイバケーブルの障害時には、図-9のとおり迂回路となる多重無線回線を経由して中継局、さらに端末設備をポーリングすることとなる。

また、早島（管）の集中局送受信装置の障害時には図-10に示す制御移管することにより、すべての中継局、さらに端末設備を坂出（管）の集中局送受信装置よりポーリングができるようにしている。図-11は道路情報板の制御概念を示すものである。

これらの遠隔監視制御システムは、瀬戸中央自動車道の開通以来交通管制業務および維持管理の重要な役割を果たして来たものであり、今後も交通管理業務及び維持

報 技 四 本

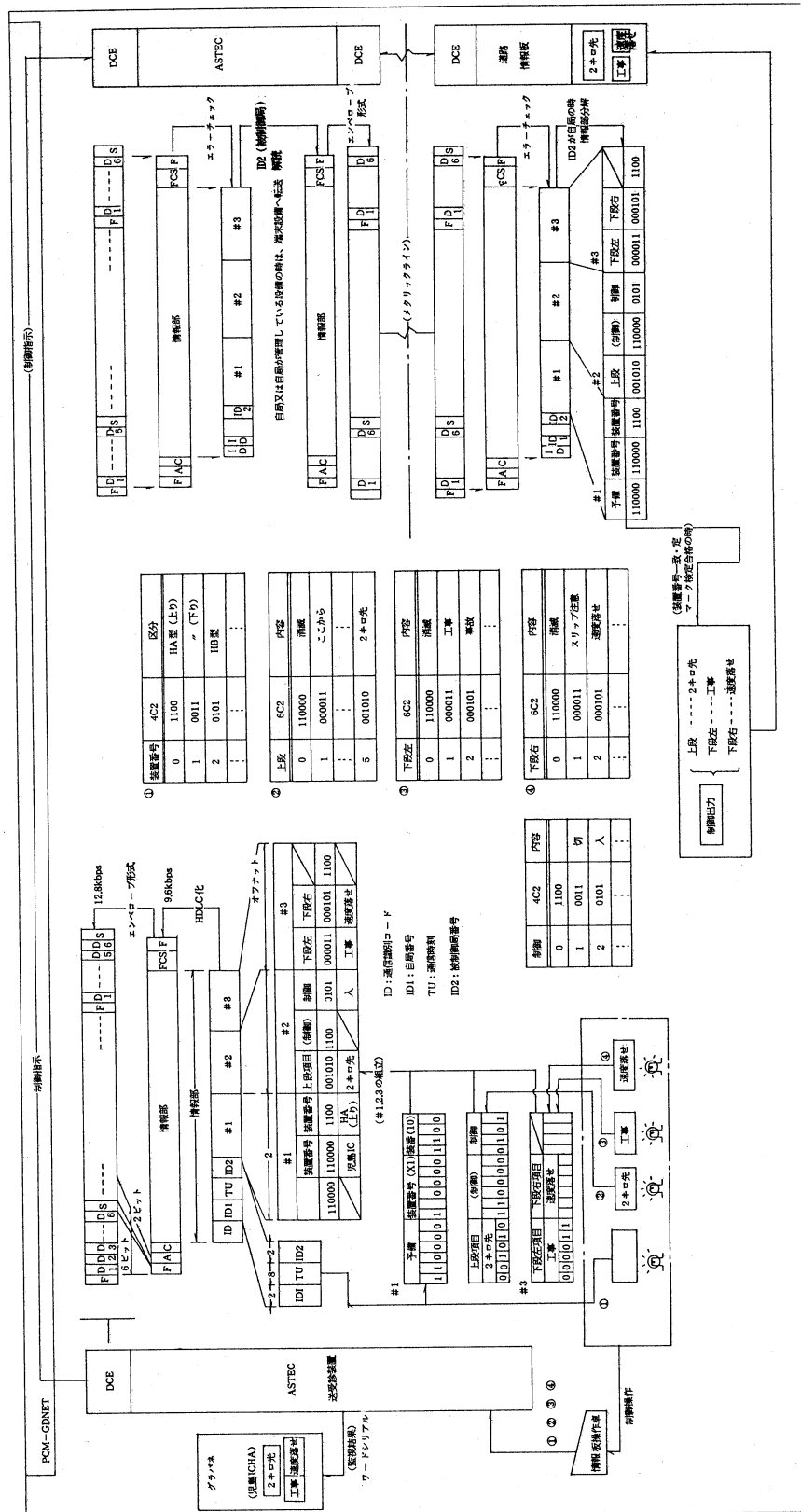


図-11 道路情報板の制御概要図

第6回日中道路交流会議報告

The 6th Japan-China Road Exchange Conference

企画開発部 調査役 山根 哲雄

Tetuo Yamane

はじめに

1988年は日中平和友好条約締結10周年にあたり、1972年の日中国交正常化以来、日中間の人的交流、貿易額は飛躍的に発展しており、現在中国は日本にとって第5のまた日本は中国にとって第2の貿易相手国である。1988年8月には竹下総理が訪中され、ODAの拡大などが約束されており、両国関係の強化・拡大の礎はより強固なものとなっていることは皆さん方もよく御承知の事である。又、最近でも同年7月に張辛泰鉄道部副部長（日本では省庁次官に相当）を団長とする大型橋梁工程技術考察団をはじめとし、たくさんの中国技術者が本四公団を訪れており、当公団との交流も多くなっている。

1984年5月に水野建設大臣が訪中され、李清交通部長（交通部は日本の建設省・運輸省に相当し、都市域外の道路・港湾の建設管理、その他陸運、水運を担当する。又部長は大臣に相当する）との間で、日中間における道路技術の協力を推進するため「日中道路交流会議」を同年中に日中双方で開催することが決定された。1984年8月には李振江公路局長を団長とする中国側代表団が来日し、東京で第1回交流会議が開催された。さらに同年11月に渡辺修自日本道路公団理事を団長とする日本側代表団が訪中し、第2回交流会議が開催され、本会議には本四公団からも長坂進第三建設局長も出席されている。1985年度以降は日中両国で交互に開催されてきている。

この度第6回会議が中国において開催されることになり、本四公団萩原副総裁を団長とし建設省道路局堀国道一課長を顧問として筆者を含む総員9名の訪中団が結成され、1988年10月10日から10月19日までの間中国を訪れた。一行は北京・成都・重慶・上海の4都市においてそれぞれ会議を開催し、日本及び中国道路建設の現況と今後の課題、また長大橋の設計・施工・維持管理等について意見交換を行うと同時に、幾つかの現場を視察し、日中双方が当該分野における理解を深めた。本報告は各地の会議並びに道路視察の模様と、それらを通して得られた中国の道路事情、橋梁建設の現況についてまとめたものである。

10月10日 東京→北京

10月11日 北京 中国交通部表敬訪問

中国土木工程学会表敬訪問
13日 開会式及び第1～3回交流会議
京石公路、永定河大橋視察
10月14日 成都 四川省交通庁表敬訪問
15日 第4回交流会議
成灌公路視察
10月16日 重慶 第5回交流会議
17日 交通部重慶公路科学研究所視察
第6回交流会議
長江第2大橋架橋地点視察
10月18日 上海 日本総領事館表敬訪問
第7回交流会議及び閉会式
10月19日 上海→東京

尚、本訪中団は財団法人日中経済協会の建設交流事業の一環として派遣されたものである。

1. 交流会議

11日午前中国交通部に王展意副部長を表敬訪問し、約1時間にわたり友好的な雰囲気の中で懇談が行われた。副部長から最近数年間の建設省と交通部の協力関係や、日本の民間団体との友好関係について、今後とも益々発展させたいとの表明があった。さらに最近の中国の道路建設の進展、特に道路延長の著しい増大、高速道路の建設開始、道路建設技術の進歩について説明があった。

続いて訪れた中国土木工程学会は、会員5万人を有し、著名な橋梁専門家の茅以升氏が名誉理事長を、同じく橋



写真-1 会議の模様

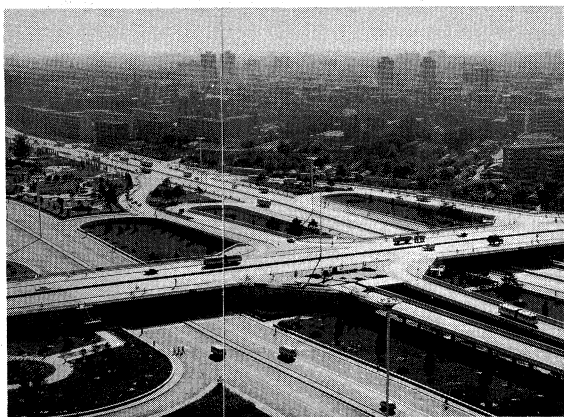


写真-2 市内環状道路



写真-3 北京市内の自動車

梁専門家の李国豪氏が理事長を務め、又3つの理事職を交通部、建設部、鉄道部の各副部長が兼任し、11の分科会を組織して活発な活動を行っている全国的規模の民間学術団体である。李承剛秘書長他学会の方々から本会の組織、活動、中国の建設事情等の説明を受けた。

交流会議は同日午後から北京市国際クラブ会議室において開会式から始まった。1回の会議は約3時間で、以下に示す最近の話題について日中双方が発表し質疑が行われた。

日本側主題

日本の道路行政と道路設備状況	堀顧問(建設省)
高速道路の整備計画	高橋勇(道路公団)
長大橋の設計施工維持管理	山根哲雄(本四公団)
架橋における最新の技術	桂樹正隆(大分県)
	三宅勝(三菱重工)
橋面舗装	南雲貞夫(熊谷道路)

中国側主題

1987年の中国の道路建設概況	張之強(交通部公路局)
北京市京石公路の建設技術	陳悦海(北京市公路管理处)
永定河大橋の建設技術	連長蔭(第一公路工程総公司)
コンクリートアーチ橋(烏江大橋)の架設	

胡玉山(四川省交通庁)

黄浦江大橋の建設

郭耀祥(上海市政工程管理局)

本四公団から瀬戸大橋の建設記録ビデオ”橋は生きている”(英語名 Bridge to the Future)を持参したが大変好評で各訪問先で上映した。

北京における交流会議では、日本における高速道路の建設計画、手続き、投資計画について質問があり、交通部が高速道路建設に際し、国家指導者に対して高速道路の有する大きな経済効果の理解を求めたうえ、早期に整備しようとする意欲がうかがわれた。13日は郊外に最近建設された6車線の自動車専用道路である京石公路の視察や昌平公路、市内環状道路、盧溝橋等の視察を行った。北京では有名な自転車の多さもさることながら、自動車台数も著しく増加しているようで、市内へのトラックの乗入れが禁止されているにもかかわらず、道路は車であふれ、想像していた以上の自動車の混雑ぶりに目を見張った。

四川省は山岳地帯が広く、長江の中流域であり河川も多いことから、橋梁技術が進んでおり、PC橋、アーチ橋、斜張橋等に長スパンのものが建設されている。今後は高等級道路の建設に力が入れられていくが、成都・重慶間道路において長大橋を建設しなければならず、日本との益々の技術交流を望むとのことであった。

重慶では大河長江にPC連続桁橋の重慶長江大橋が、1985年に架けられ、現在径間230mの斜張橋石門大橋が支川嘉陵江に建設中であることから、長大橋の建設技術について興味をもたれた。翌17日は重慶長江大橋の上流李家沱に計画されている長江第2大橋架設地点を視察した。計画では本橋が中央径間430mのPC斜張橋で、橋梁総延長約1,400mの長大橋であったがまだフィージビリティの段階のようである。

18日午後上海鳴飯店会議室において、北京より張之強交通部公路局工程處處長を迎え最後の交流会議が開催され、続いて閉会式が行われた。上海は黄浦江大橋の建設を開始するところであり、長大橋の設計施工技术について関心が高かった。会議終了後会議に使用したビデオ、スライド等の資料を交通部に贈呈した。

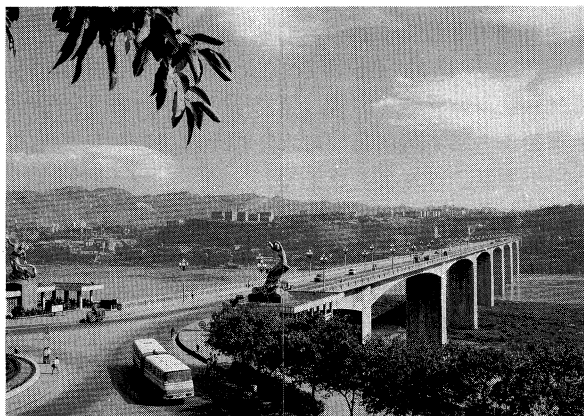


写真-4 重慶長江大橋

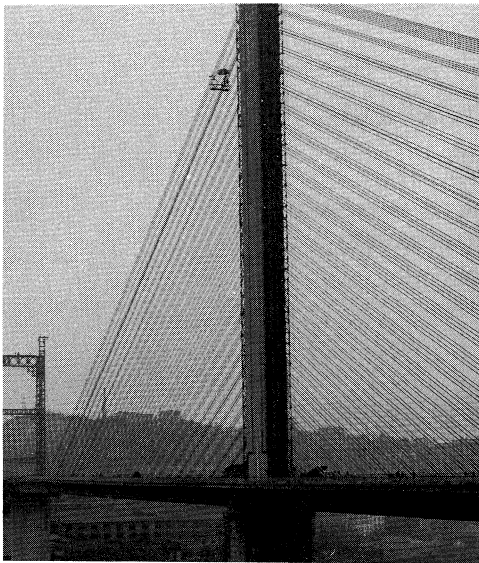


写真-5
石門大橋

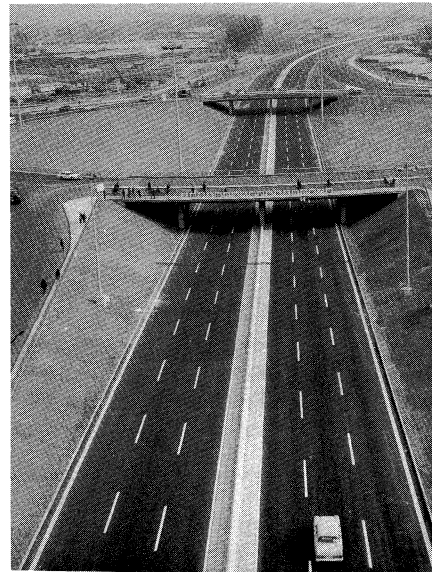


写真-6
京石公路

2. 中国の道路

2.1 道路建設の現況

1987年末までに建設された都市内道路を除く道路総延長は98万Km、橋梁総数は155,900橋（延長4,553km）に達している。1979年以降道路は年平均14,000kmの割合で建設されている。このような努力にもかかわらず道路密度は先進諸国の約4分の1であり、完成した道路の3%は1,2級道路と高等級道路の占める割合が小さく、32%は等級外道路、70%が未舗装道路である。このため都市農村の商品経済の発展する需要に応じることができない状態である。一方、自動車台数は現在約500万台（トラクターを除く）であるが、特に大都市における自動車の増加は著しく今後全国的規模で増大していくものと予想される。従って今後の課題は高等級道路の建設、特に高速道路網の建設や未舗装道路の整備に力を入れていくことになるであろう。

1987年の道路建設は、投資額において中央政府及び地方政府で合計35億元（1元は約35日本円）と過去最高となった。さらに「以工代賑」方式により辺境地区の道路建設を実施した。以工代賑とは、建設に従事した労働者への賃金の一部として食料、布等の現物支給を行う方式である。道路延長の増加は19,400kmに達し、そのうち新設もしくは改築された1,2級道路は4,800km以上である。一方新設橋梁は約5,000橋（延長165km）に達した。

さらに特徴的なこととして、混合交通の解消、走行速度の向上、交通事故の減少を目的として自動車専用道路を建設したことである。同年に完成した自専道は次のとおりである。

京石公路 北京市六里橋～趙辛店間（6車線）

河北省滄州～山東省德州（2車線）

第7次五箇年計画（1986年～1990年）における道路建設目標は道路の新設が6万kmであり、うち高速道路及び1級道路1,600km、2級道路1万km、道路改良は8万kmである。

また道路建設を積極的に推進するとともに投資効果をあげるため、次のような施策をとり入れている。

(a) 重要な経済幹線道路は、国が建設規模と等級をコントロールし、建設資金面の手助けと技術的な指導を行い、地方は道路の設計、施工、資金調達等具体的業務を行う。また第7次五箇年計画を進める上で投資効果を上げるためF/Sを実施し各事業のバランスをとり、重点施工、部分供用等を実施する。

(b) 入札制度を推し進め、設計終了後部門や地区を越えた請負者を募り建設を行う。外資、世銀借款を利用する事業は国際的に請負者を募り、国内資金を使用する場合は国内に限る。共同企業体方式の参加を募り、国際的な場合は中国企業との連合を認める。競争が積極的に行われ、投資の節約、工期の短縮、品質の向上等の目的を達することができる。

2.2 高速道路計画

1975年頃は、交通部が主張する高速道路建設は多額の投資を必要とする等の理由で中国の国情に合わないとする意見が多かったが、1980年度初めになるとその必要性が認められるようになった。

第7次五箇年計画の中で中国で初めて表-1に示す高速道路の建設計画が折り込まれ、現在7つの路線で高速道路を建設中である。1988年10月上海において20.5km

表-1 高速道路の構造規格

区 分	設 計 速 度 (km/h)	平均交通量 (台/日)	車 道 巾 員 (m)	道 路 巾 員 (m)	最小曲線半径 (m)	停 止 距 離 (m)	最大縦断勾配 (%)	橋梁設計荷重 (t)	橋 面 車 道 数	舗 装
平 地	120	2,500以上	2×7.5	26	650	210	3	トラック超20 トレーラー120	4	高 級
山 地	80		2×7	23	250	110	5			

表-2 中国の高速道路

No.	路 線	延長 (km)	備 考
1	上海～嘉定	21	1988年10月31日供用開始 上海～煙台 (山東省) 間の第1期工事 工期3年10ヶ月
2	広州～仏山	23	1988年完成予定
3	瀋陽～大連	375	1988年瀋陽～鞍山間92km供用予定。1990年全線供用 予定。1級道路で施工中であるが高速で供用予定。
4	北京～天津～塘沽	142	1990年完成予定
5	上海～松江	20	1990年完成予定
6	西安～臨潼	24	1990年完成予定
7	広州～深圳	150	建設中
8	上海～南京	約280	JICA F/Cを実施。橋が多く工費がかかる。 第3次円借 (1990～1995年) に入っていないが、交通部 は希望
9	広州～珠海		F/S段階
10	上海～杭州～寧波		F/S段階

の中国で初めての高速道路が開通した。これを皮切りに
今世紀内に5,000～7,000kmの高速道路を建設すべく交
通部は努力しているところである。現在建設中あるいは
計画中の高速道路を表-2に示す。

3. 中国の道路橋

3.1 橋梁建設の現況

中国における長大橋建設の現況について、交流会議で
得た資料からその概要を表-3に示す。

中国では鋼材は非常に貴重な材料であるため入手が難
しく、また輸送が困難なこともあって、RC、PC構造が
主となっている。PC連続桁のスパンは170m級が建設さ
れており、架設車を用いた張出し施工も取り入れられて
いる。RCアーチ橋はスパン240m級のものが建設されて
いるが、その施工法は回転工法やケーブル式架設工法等
特殊な工法が用いられている。PC斜張橋の建設には目覚
ましいものがあり、径間230m、240m級のものが次々
に建設されており、上海では中央径間423mのRC床版
と鋼桁を有する斜張橋が1988年末に建設が開始されてい
る。その他重慶では長江第2大橋が中央径間430mの斜
張橋で検討されている。烏江大橋の架設に用いられてい
る回転工法は1977年初めて径間70mのRCアーチ橋に
用いられ、その後工夫改良が行なわれて、これまで中国

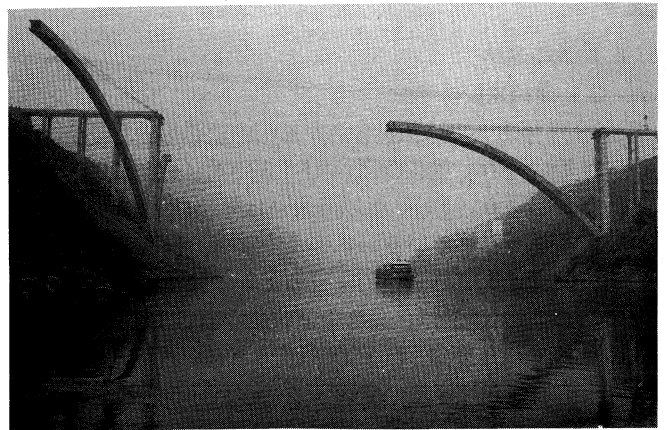


写真-7 回転中のアーチリブ

においてはRC箱桁橋、アーチ橋、斜張橋の30橋余りが
本工法を採用して建設されており、本橋はその最大規模
のものである。その施工法は兩岸で製作された1本620t、
径間長にして100mに相当する1/2のアーチリブを、上流
側と下流側一対でバランスを取りながら約30分の所要時
間で90°回転させ架設位置に据付けるものである。そ
の技術にはこれまで蓄積されてきたさまざまなノウハウ
が含まれており、中国では施工機械設備が少ないため、こ
のような工法の工夫が発展しているものと思われる。

今回紹介された橋梁は機械化施工が遅れているにもか

表-3 道路橋一覧表 (会議において提供された資料より)

橋 梁 名	場 所	橋 長 (m)	主 橋 の 径 間 (m)	型 式	上 部 工 の 施 工 法	備 考
泸州長江大橋	泸州 (四川省)	1,252.5	3×170+2×105	5径間連続PC双室単箱桁		完成
山民江大橋	四 川 省	476	240+2×66+2×55	PC3室単箱桁斜張橋		工事中
宜宾烏鳴溪大橋	宜宾 (四川省)		150	RCアーチ橋	ケーブル式架設工法 (中国最大)	完成
渡口07橋	四 川 省		170	"	アーチ式鋼フレームによる場所打施工 (中国最大)	完成
烏江大橋	涪陵 (四川省)	352	200	"	回転工法 (中国最大)	工事中
宜宾小南門橋	宜宾 (四川省)		240	"		工事中、中国最大
嘉陵江大橋	閬中 (四川省)	607	3×84+2×48.8	5径間連続PC単室単箱桁	架設車による張出し架設工法	工事中
宝珠大橋	広元 (四川省)	411	3×120	3径間連続RCアーチ橋	ケーブル式架設	工事中
石門大橋	重 慶	730	230+200	2径間連続PC斜張橋	張出し架設	工事中
永定河大橋	古老 (北京)	1,120	5×35.5,4×35.5	4又は5径間連続PC箱桁	鋼支保工による場所打施工	完成
黄浦江大橋	上 海	846	211.5+423+211.5	3径間連続斜張橋		1988年末着工、中国最大
長江第二大橋	重 慶		220+430+220	"		計画段階

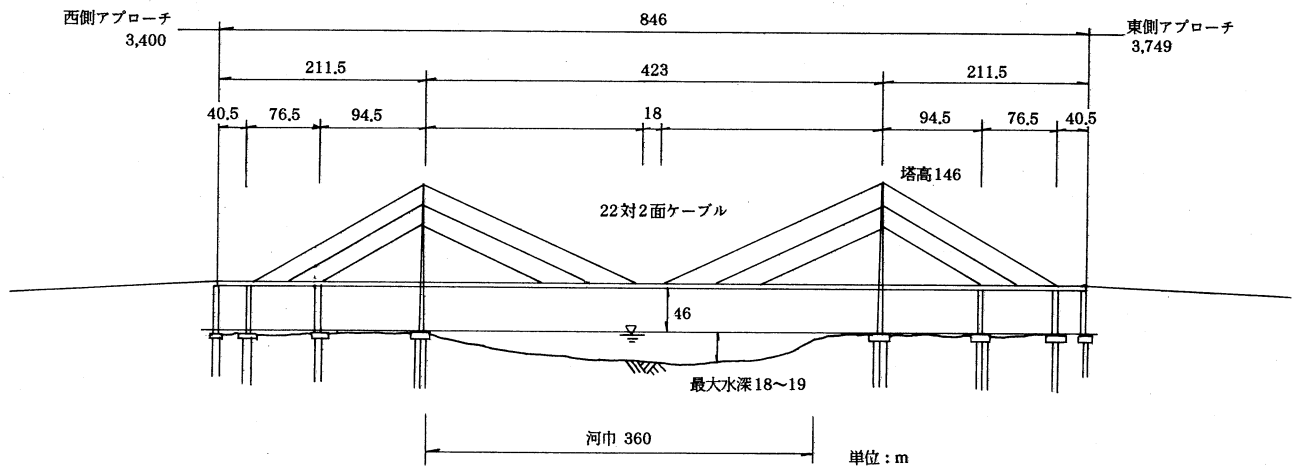


図-1 黄浦江大桥

かわらず、非常に短期間の建設計画が立案され、実際に建設されている。黄浦江大桥の工期約3年の計画、あるいは永定河大桥の工期15ヶ月の実績等に工期短縮への大変な努力が払われているものと推察される。

3.2 黄浦江大桥

黄浦江大桥の架橋位置は上海市内を流れる黄浦江と蘇州江との分岐点より、黄浦江の上流約2.5kmの地点である。本橋は1987年から翌年にかけてJICAベースでF/Sが実施されたが、これに基づいて上海市市政管理局において見直しが行われ、建設のはこびとなったものである。本橋は上海環状道路の一部を構成し、上海第2空港、上海博覧会への連絡道として一日5万台の交通量を見込んでいる。

(a) 横断構成

6車線の自動車専用道路であるが、主橋梁部のみ観光用遊歩道を設置し、観光客は端橋脚に取りつけたエレベーターにより昇降する。

(b) 設計条件

活荷重：自動車超20t、トレーラー120t 歩行車400kg/m²

風荷重：地上10mで34.7m/sec (12級の風)

地震荷重：裂度7.7度

地質：20mの粘土層、45～50mの砂、礫混り砂層

(c) 斜張橋の構造

桁構造：RC床版と鋼桁

塔：RC構造

(d) 総事業費

8.2億RMB (約300億円) うち外貨38百万ドル (約49億円) であり、事業費の約半分は用地及び移転費である。事業に必要な資金の調達是中国交通銀行からの借入れの他、アジア開発銀行とも交渉中である。

(e) 工期

1988年末～1991年末の約3年間を予定し、1988年9月より工事の入札を開始した。

おわりに

交流会議の出席者は日本の進んだ道路、長大橋の建設技術に大変な関心を示し、終始熱心な議論が行われた。また各地の交流機関ではそれぞれ心からの歓迎を示す飾り付けや、会議で使用するビデオに日本語による説明を吹き込む等の配慮がなされており、技術の習得もさることながら、このような配慮が大切であることを実感した。日本ではゆとりと快適性のある道路整備が課題であり、これを中国の歴史と文化に学び、中国は日本の進んだ建設技術を参考として今後の道路建設に役立てることができ、本交流会議は大変有意義なものであった。

最後に本交流会議資料の作成にあたり、本四公団職員の方々の御協力を賜り、紙上をもって厚く御礼申し上げます。尚、詳細な報告については「第6回日本道路交流訪中代表団派遣報告書(財)日中経済協会」を参照されたい。

海洋架橋技術委員会の設置

本州四国連絡橋公団発足以来、土木学会に設置された本州四国連絡橋の鋼上部構造、耐風、耐震・基礎に関する研究小委員会は、1ルート4橋の完成を機に昨62年度をもって委託を終了した。上記委員会においては、各種設計・製作基準類の整備をはじめ各界の専門家により技術的な問題に関する調査研究を実施し、国内外の土木技術をリードする調査研究機関として活躍してきた。

本年度からは、明石海峡大橋、来島大橋をはじめとする橋梁の建設に残された諸問題を検討する機関として(財)海洋架橋調査会に耐風、耐震・基礎に関する研究委員会を設置した。さらに、海洋架橋調査会が行う種々の研究調査や、その他海洋架橋に係る全般的な事柄について審議、検討を行う場として海洋架橋技術委員会を新しく設置した。

海洋架橋技術委員会は、松崎彬磨委員長をはじめ以下に紹介する20名の委員で構成されている。

海洋架橋技術委員会 委員構成(敬称略)

委員長	松崎 彬磨	(社)日本道路協会理事
委員	村上 永一	(社)日本道路協会名誉会員
"	川崎 偉志夫	(社)日本道路協会
"	浅間 敏雄	千葉工業大学教授
"	久保村 圭助	芝浦工業大学教授
"	多田 安夫	(社)日本道路協会橋梁委員会委員
"	下川 浩資	(社)日本道路協会橋梁委員会委員
"	高山 昭	(社)日本鉄道施設協会
"	吉田 巖	(社)日本道路協会理事
"	前田 邦夫	首都高速道路公団理事
"	松橋 数保	阪神高速道路公団審議役
"	澤井 廣之	東京湾横断道路(株)専務取締役
"	杉田 美昭	日本道路公団理事
"	西野 文雄	東京大学教授
"	吉中 龍之進	埼玉大学教授
"	岩崎 敏男	建設省土木研究所研究調整官 (耐震・基礎委員会委員長)
"	宮田 利雄	横浜国立大学教授 (耐風委員会委員長)
"	榎波 義幸	建設省国道第二課長
"	佐伯 彰一	建設省土木研究所構造橋梁部長
"	上田 治	建設省土木研究所地震防災部長
"	杉田 秀夫	(財)海洋架橋調査会常務理事

第1回委員会を2月1日に次の議題で開催した。

1. 本州四国連絡事業の概要
2. 昭和63年度委員会の活動報告
3. 明石海峡大橋ケーブル用高強度鋼線の検討
4. 明石海峡大橋特殊水中コンクリート

今後、年2回の予定で開催を予定している。

第20回技術委員会の開催

第20回技術委員会が2月9日、10日神戸において開催された。今回から新しく8名の方に委員に加わっていたが、以下に紹介する構成とした。(新委員には○印を付している。)これにより、多様化する種々の事柄について、

従来にもまして幅広く、専門的な意見が頂けるものと思われる。

本州四国連絡橋公団技術委員会 委員構成(敬称略)

渡邊 偕年	(財)鉄道総合技術研究所専務理事
岡本 舜三	東京大学名誉教授
奥村 敏恵	東京大学名誉教授
加藤三重次	(社)日本建設機械化協会会長
久保慶三郎	東京大学名誉教授
国分 正胤	東京大学名誉教授
佐藤 肇	(社)日本港湾協会名誉会長
成田 信之	建設省土木研究所所長
平井 敦	東京大学名誉教授
福岡 正巳	東京理科大学教授
星 埜 和	東京大学名誉教授
松崎 彬磨	海洋架橋技術委員会委員長
村上 朗郎	京都大学名誉教授
八十島 義之助	東京大学名誉教授
○田島 二郎	埼玉大学教授
○岡内 功	中央大学教授
○山田 善一	京都大学教授
○伊藤 学	東京大学教授
○川本 眺万	名古屋大学教授
○栗林 栄一	豊橋技術科学大学教授
○白石 成人	京都大学教授
○岡村 甫	東京大学教授

今回の議題は、明石海峡大橋に関する以下のような項目であった。

1. 明石海峡大橋ケーブル用高強度鋼線の検討
2. 明石海峡大橋特殊水中コンクリート
3. 明石海峡大橋主塔基礎工事について

限られた時間ではあったが、熱心な審議が行われ、貴重なご意見を頂戴した。10日には小豆島において、明石海峡大橋2P鋼ケーソンの調査を行い、天候にも恵まれ、和やかな雰囲気の中で予定を終了した。

明石海峡大橋2P鋼ケーソン曳航

明石海峡大橋2P鋼ケーソンの曳航が、1月23日から2月1日にかけて行われた。

2P鋼ケーソンは、直径80m、高さ65mの二重壁を有する浮体構造物で、曳航喫水は約8m、本体重量は約16,000tである。

曳航は、4隻のオーシャンタグボートを主曳航船として、曳航船団の全馬力約49,000psにて、23日午後NKK、津製作所海洋ドックを出発し、伊勢湾から熊野灘、潮ノ岬、日ノ御崎など太平洋沿岸を経由し、紀伊水道から大坂湾に入り、明石海峡を通過して瀬戸内海の小豆島沖までの全行程302マイルを8日間かけて、2月1日朝、無事到着した。

今後ケーソン沈設までの間小豆島沖で、ケーソン上に搭載された各種機器の調整及び、試運転、習熟訓練を行い、3月から4月にかけて、明石海峡大橋神戸側主塔基礎現位置に沈設する予定である。

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適用している基準類は以下のとおりです。この基準類は、(財) 海洋架橋調査会 (TEL03-555-8361) で販売しています。

* 仕様書・要領等

土木工事共通仕様書 [62.2一部改訂]	昭和59年8月
測量・調査・設計等共通仕様書	昭和60年8月
電気通信施設標準仕様書集	昭和61年4月
電気通信施設工事等共通仕様書	昭和60年4月
電気通信施設管理規程自家用電気工作物保安規程	昭和60年10月
電気通信施設保守基準	
電気通信設備標準図集	昭和58年
図面作成要領	昭和59年10月
溶接構造部材における溶接欠陥と疲労き裂の発生の一例	昭和58年1月
植生のり面工施工要領	昭和62年4月

* 設計基準類 (上部工・設計編)

上部構造設計基準・同解説 [59.2一部改訂]	昭和55年6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 (案)・同解説	昭和55年3月
吊橋主塔の塔頂補強構造解析要領 (案)	昭和52年3月
鋼床版設計要領 (案) [58.10一部改訂]	昭和53年3月
ハンガー設計要領 (案)	昭和53年3月
ケーブルバンド設計要領 (案)	昭和53年3月
トラス格点構造設計指針 (案)	昭和51年3月
吊橋リンク・支承構造設計指針 (案)	昭和51年3月
鋼橋直結軌道および緩衝桁軌道伸縮装置設計要領・同解説	昭和59年3月
下路管理路設計マニュアル (案)	昭和53年9月

* 設計基準類 (上部工・製作・材料編)

鋼橋等製作基準・同解説 [60.3一部改訂]	昭和52年3月
鋳鍛鋼品製作基準・同解説	昭和55年3月
鋼橋等塗装基準・同解説 [58.5一部改訂]	昭和55年3月
橋面舗装基準 (案)	昭和58年4月
鋼床版現場溶接施工要領 (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
材料規格	昭和60年8月
高力ボルト類規格	
リンク支承関係規格	
HBS鋼材規格	昭和53年10月
鋼材規格解説	
HBSケーブル材料規格	昭和54年6月
HBS塗料規格	昭和55年3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 [56.8一部改訂]	昭和52年3月
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要領・同解説 (案)	昭和54年11月
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施工基準・同解説	昭和50年3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

本四技報編集委員会名簿 (アイウエオ順)

編集委員長	飯島武明	
編集委員	秋山晴樹	井根勝重
	梶原博通	黒田大三郎
	斉藤哲男	櫻井洋
	才川勉	篠崎博
	高城信彦	田中博
	佃長次	戸沢隆
	富田大造	中村守
	新田篤志	藤井秀夫
	森邦久	山名至孝
	山中清	吉田好孝
	吉岡正道	
	小暮三郎	(海洋架橋調査会)

本四技報 第50号

発行 平成元年4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 東京都中央区新富2丁目14番4号

住友新富ビル6F 電話 03 (555) 8361

発行者 井上義光

印刷 中井編集デザイン事務所

定価 1,900円

