



土 木 研 究 所 資 料

第 654 号

平 行 線 ケ ー ブ ル 架 設 調 査

上吉野川橋平行線ケーブル架設調査
と長大吊橋の架設歩掛りの推定

昭和 46 年 3 月

建 設 省 土 木 研 究 所

平行線ケーブル架設調査

上吉野川橋平行線ケーブル架設調査と長大吊橋の架設歩掛りの推定

機械研究室

磯部 金治

吉田 六三

目 次

まえがき	1
1. 調査目的	3
2. 調査内容	3
2.1 調査方法	3
2.2 調査結果	4
2.2.1 調査対象吊橋の構造と調査概要	4
2.2.2 架設作業分析	12
2.2.3 架設作業時間	20
2.2.4 長大吊橋の架設工期の推定	24
3. ま と め	30
3.1 エアースピニング工法	30
3.2 プレハブストランド工法	30
3.3 両工法の特質と問題点	30
あとがき	32
参考文献	32

ま え が き

機械研究室では39年度より長大吊橋の平行線ケーブル架設方法、架設用機械設備、作業分析、歩掛り等の検討の為、平行線ケーブルで架橋を行う架設実験や小型吊橋の架設調査を行ってきた実験・調査の経過は表-1に示す通りである。

この報告書は水資源開発公団、早明浦ダム建設所が建設を行っている上吉野川橋の架橋に長大吊橋の架設調査の一環としてエアースピニング工法及びプレハブストランド工法を採用したので、それ等の架設工法についての歩掛り調査を行い、同時に日本道路公団大阪支社、本州四国連絡道路調査事務所が行った架設歩掛りの調査資料を基に、両工法の特質について検討し、長大吊橋の歩掛りと架設工期を推定しようとしたものである。

この吊橋は本邦での吊橋架設では若戸大橋に次ぐ長主径間長であり、上部工事は44年12月から開始され、完成予定は46年2月末を目標としている。主ケーブルは平行線ケーブルが採用され、上流側はエアースピニング工法、下流側はプレハブストランド工法で7ストランドの各ストランドが交互に架設された。詳細な作業歩掛りは各工法においても63ストランドまでであり、一部中間に補足調査を行った。長大吊橋の架設工期の推定に使用したデータは63ストランドを基に行っている。

なお調査データは41年度より行った小型吊橋の架設調査と比較ができるようにしてある。

表一 平行線ケーブル架設に関する調査、実験の経過

年度	土 木 研 究 所	国内の他の試験、研究
36 38	1. 文献調査。(報告書一本・四資料12空中架設法による平行線ケーブルの架設, 37-3) 2. Verrazano Narrows 橋の架設調査。 (報告書一集第23号ベラザノ・ナローズ吊橋のケーブル架設について, 38-10) (橋梁研)	
39	1. 中央径間 7.5 m の模型製作 2. 1,500 m 級吊橋の曳索駆動設備の動力等の試算を行なう (報告書-39年度調査概要) 3. 実験設備の設計検討	プレハブストランドの製作検討 (神鋼)
40	1. 中央径間 150 m の屋外実験設備を製作し, 292本の索線構成による単ストランドの架設実験を2回実施 2. 神鋼の委託による索線 292本の単ストランドの架設実験を1回実施	1. エアスピニング装置の製作, 単ストランドの架設実験 (神鋼), 40-12 2. 土研委託, 単ストランドの架設実験 (神鋼) 41-3
41	1. 40年度の実験結果の整理検討 (報告書-土研資料第189号平行線ケーブル架設調査-架設試験-, 41-6) (報告書-土研資料第193号, 平行線ケーブル架設試験, 長大橋平行線ケーブルのスピニング装置に関する実験報告書, 41-7) 2. 中小橋の施工例の調査 3. 国内の研究の現状を調査し, 平行線ケーブル架設に関する技術的な討論を行なうため, 関係者による検討会を催す。 (報告書-土研資料第281号, 平行線ケーブル架設調査, 平行線ケーブル架設法の現状と問題点 42-4)	1. エアスピニング装置の製作, 単ストランドの架設実験 (八幡), 41-7 2. 「金谷橋」のエアスピニングによるケーブル架設 (八幡), 41-10 3. スクイジングマシン及びラッピングマシンの製作ならびに同作業実験 (神鋼), 41-9 4. エアスピニングによる多ストランドの架設実験 (八幡), 42-1 5. プレハブストランド基礎アンカ索に使用 (神鋼), 41-4 6. プレハブストランドの製作検討 (鋼管), 41-9 7. プレハブストランド屋根吊索に使用 (神鋼) 41-11
42	中小橋の施工例の調査 土木技術資料, 10-8, 1968, 8, P19 (箱ヶ瀬橋用ケーブルのワイヤおよびその断手に関する報告, 多田, 国広, 大石)	1. 「金谷橋」のプラスチックカバーリング施工 (神鋼, 八幡), 42-4 2. 「箱ヶ瀬橋」のエアスピニングによるケーブル架設 (八幡), 42-9 3. プレハブストランドに関するベツレーム社 (米) との技術提携 (富士鉄), 42-7 4. プレハブストランドによる架設実験 (八幡, 神鋼), 42-8 5. プレハブストランドによる架設実験 (鋼管) 6. プレハブストランド屋根吊索に使用 (神鋼) 42-8, 42-11 7. プレハブストランドによる歩道橋架設 (富士鉄), 43-1 8. 「金比羅橋」プレハブストランドによるケーブル架設 (鋼管), 43-2
43	1. 中小橋の施工例の調査。 (報告書-土研資料第397号, 平行線ケーブル架設調査-中小橋の平行線ケーブルによる施工例 41-6)	
45	1. 中小橋の施工例の調査 (報告書-土研資料第654号, 上吉野川橋平行線ケーブル架設調査)	1. 上吉野川橋実橋調査 (45-9) 日本道路公団, 大日本コンサルタント, KK 長大橋設計センター

1. 調査目的

長径間吊橋に使用されている平行線ケーブルの架設方法であるエアースピニング工法(AS)とプレハブストランド工法(PWS)の架設方法、架設用機械設備及び両工法の架設歩掛り、仕上り精度等の現地調査を行い両工法による特質、問題点等について調査研究し、今後我が国で行う長径間吊橋の架設工法に役立てる資料を得る。

2. 調査内容

2.1 調査方法

吉野川の上流に建設される早明橋ダムの附帯工事として、ダム上流部に建設される上吉野川橋に長大吊橋の架設工法の検討のため、平行線ケーブル架設工法が採用された。上流部メーンケーブルはエアースピニング工法(AS)、下流部はプレハブストランド工法(PWS)が採用されたので、これ等の架設歩掛り、作業分析、サイクルタイムの測定を行った。ストランドはそれぞれ7ストランドであり、各ストランドを交互に架設をして行った。それ等の作業状況を兩岸及び各吊橋上へ調査員をおき、詳細に渡って調査した。調査の対象は63ストランドまでである。架設方法は表-12、図-4に示してあり、それ等の調査方法を表-2に簡単にまとめておいた。

表-2 調査方法

測定項目	測定方法
サイクルタイム	素線の引き出し準備からスピニングホイール(AS工法)、又はストランドキャリア(PWS工法)へ素線をかけ、その引き出し作業、サグ調整(AS工法)、碇着・移設(PWS工法)までの作業サイクルを多くの調査員を兩岸、兩岸塔頂サドル、キャットウオーク上へおき図-3、図-7に示す各作業項目ごとに詳細な調査を行う。(図-5、図-7)
作業分析	AS工法では素線の引き出し、サグ調査が連続して行わなければならないので、効率的な架設には人員の配置とその作業者の作業状況の把握をする必要がある。そのためにあるストランドの1つのサイクルをとり、キャットウオーク・サドル・アンカー個所で作業を行う作業者の行動の追跡を行った。(図-6)
ストランドスプレッド	各ストランドについてワイヤのバラツキの様子を中央径間で測定する。(表-15)
ストランドの施工精度	PWSストランドのサドルマーキングを両塔頂サドル上で測定(表-15)
ストランド回転量	PWSストランドではストランドのねじれが問題となる。左岸側アンカーを基準としてねじれ量の測定を行う。(表-15)

測 定 項 目	測 定 方 法
ケーブル架設時間調査	全体の工期をつかむためにAS, PWS 工法の各項目別に現地調査及び日報より調べる。(図-6,7)
上部工事各種別時間調査	作業日報よりその日に最も時間をかけた作業項目をとり整理する。(図-8)
そ の 他 調 査	ストランドをサドルへ設置した状況(索線のおさまり), 風速計による風の強さとサグ調整の関係シエイクアウト本数と時間調査を行う。尚サイクルタイム測定中のキャリヤの区間スピード等も測定した。

2.2 調査結果

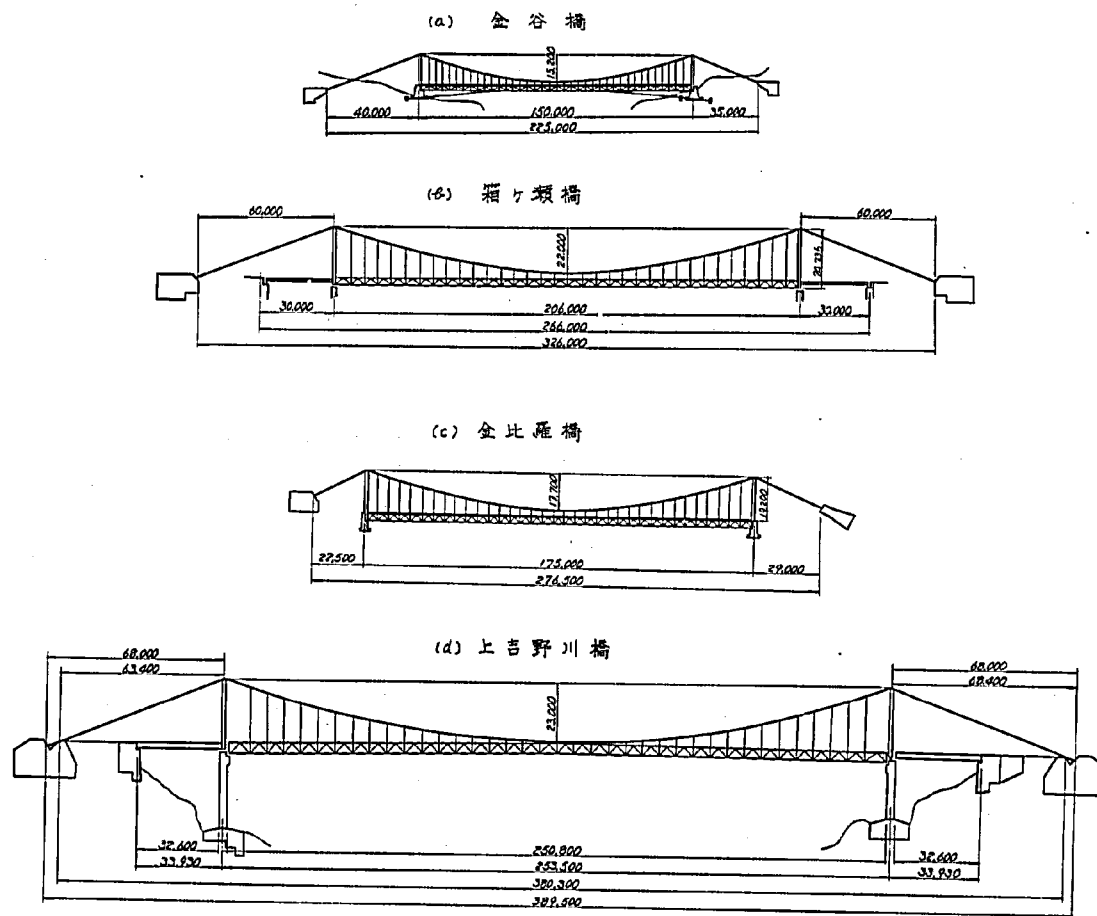
2.2.1 調査対象吊橋の構造と調査概要

調査対象の吊橋の概要と構造を表-3, 図-1に示しておいた。この表及び図には今まで機械研究室で調査した小型吊橋の仕様も比較できるようにしてある。

表-4は架設用機械設備, 作業用足場, 通信方法, 作業人員調査を行った集計表である。同じく他の調査と並行して示してある。表-5~11, 図-2は今回の架設に用いられた索線及び継手の材料試験, 分析試験及び性能試験を示しておいた。

表-3 平行線ケーブル架設調査を行った吊橋の概要

橋 名	金 谷 橋	箱 ヶ 瀬 橋	金 比 羅 橋	上 吉 野 川 橋
架 設 場 所	長野県北安曇郡小谷村	福井県大野郡和泉村	群馬県多野郡鬼石町	左岸：高知県長岡郡本山町 右岸：高知県土佐郡土佐村
発 注 者	林野庁長野管区局	電源開発K.K	水資源開発公団	水資源開発公団
河 川 名	清 川	九 頭 竜 川	神 流 川	吉 野 川
工 事 名	治山治業による林道工事	長野ダム附帯工事	下久保ダム附帯工事	早明浦ダム附帯工事 (県道付替工事)
施 工 業 者	八幡製鉄K.K	K.K官地鉄工所 八幡製鉄K.K	日本鋼管K.K	K.K後河橋製鋼所及び K.K官地鉄工所による上吉 野川橋・上野工共同企業体
ワイヤ製造業者	八幡製鉄、鈴木金属神岡々線	同 左	日本鋼管K.K	新日本製鉄K.K、東京製鋼 (PWS)、神戸製鋼所、神鋼 鋼線 (AS)
機 の 型 式	二絞補剛橋吊橋	同 左	同 左	単圧間、2ヒンジ、補剛ト ラス吊橋、一等橋
活 荷 重	T-9	TL-14	TL-14	T-20 (床組、ハンガーに 対して) 350号 (補剛トラス、主 ケーブルに対して)
橋 長 (m)	150.0	266.0	175.0	320.5
径 間 割 (m)	150 (吊橋)	(吊橋) 30.0+20.6+30.0	175 (吊橋)	32.6+25.0.8+32.6 (合成クサ)(吊橋)(合成クサ)
中 央 径 間 (m)	150.0	206.0	175.0	253.5 (主塔中心間隔)
側 径 間 (m) (ケーブルスパン、アン カーブロックまで)	(40) (35)	30 (60)	(225左) (290右)	33.93 (アバットまで) 68.0 (側部ナットまで63.4)
巾 員 (m)	3.6	4.1	4.5	6.0
ケ ー ブ ル 架 設 方 法	エアースピニング工法 単ストランド	エアースピニング工法 7ストランド	プレハブストランド工法 19ストランド	上流側・エアースピニング工法 7ストランド(7×204本) 下流側・プレハブストランド工法 7ストランド(7×2× 102本)
主 ケ ー ブ ル 本 数	2	2	2	2
一本の主ケーブルについて	素 線 径 (mm)	5φ三鉛ノリ鋼線	同 左	同 左
	素 線 数	1ストランド×432=432本	1ストランド×168=168本	19ストランド×37=703本
	断 面 積 (cm ²)	114mm ²	143mm ²	146mm ²
	引 張 応 力 度 (kg)	—	—	278.9
	許 容 応 力 度 (kg)	—	—	5.317.0
	最 大 水 平 張 力 (t)	—	—	1,383.6 (活荷重と温度変化339.9t 含む)
	最 大 張 力 (t)	—	—	1,483.0
ハンガー・ストランド	ハンガーの耐力(t)	—	—	421.4 (死荷重、活荷重、衝撃荷重)
	ス ト ラ ン ド	—	—	プレハブストランド52×5φ
	保 証 破 断 力 (t)	—	—	155.0 (安全率3.7)
ケ ー ブ ル 長 (m)	216.9	342.9	240.0	404.0 (アンカーロープまで無応力状態)
ケ ー ブ ル サ グ (m)	15.2	22.0	17.7	21.177 (側径間1.674m)
サ グ 比	1/9.87	1/9.36	1/9.9	1/1197 (側径間1/4062)
ケ ー ブ ル 架 設 年 月 日	昭和41年8月	昭和42年9月	昭和43年2月	昭和45年8月
ケ ー ブ ル 架 設 要 日 数	(実働12日)	—	20日(実働15日)	—



図—1 調査対象吊橋の仕様

表-4 平行線ケーブル架設調査吊橋の機械設備、作業用足場その他の概要

項目	橋名	金谷橋	箱ヶ瀬橋	金比羅橋	上吉、野川橋
ケーブル架設方法	エアースピニング工法 (単ストランド)	エアースピニング工法 (7ストランド)	プルプストランド工法 (19ストランド)	エアースピニング工法 (上述同) (4系統/1回-スト ランド204本)	プルプストランド工法 (下流側) (102系統/1回-2×7× 102本)
原呼称	いすゞDA220 ディーゼル機関	同 左	エンドレスウインチ 1式	電動機 - 油圧モータ	
出力	75 PS	45 PS	ケーブルクレーン(15t)2台	37KW-4P(200V)	
定回転速度	2,400rpm	1,400rpm	ウインチ(15PS)3台	1,770rpm	
変速装置	トルクコンバータ 同付PM1619T/C 4要素 1段	同 左	ギデリック(20PS) 1台	—	—
逆転減速装置	1/23.5逆転クラッチ付	同 左	—	—	—
リールブレーキ装置	リールごと自動制御	油圧機構による集中手 動制御	—	リールを木材により 自動制御	—
リールリング方式	工場7-リング(ドラム)	現場7-リング(ドラム)	工場7-リング(82字型)	工場7-リング(ドラム)	工場7-リング(ドラム)
スクイジングマシン	—	20tジャッキ4台型	10tジャッキ3台型	—	—
ラッピングマシン	0.2KW ポビン数2 巻線張力40~50kg	ポビン数2	(ラッピングせず)	—	—
その他	—	—	—	—	キャットウォーク上に案内 ロープ(φ10mm 鋼線 1kg/1個)
架設用小道具	—	—	—	フック及びビッドロープ(1/4) 現場用ワイヤナゲ調整 用チェーン	—
作業用足場(キャットウォーク)				三角形断面型 (ダイヤモンド型)	四辺形断面型 (パラレル型)
形式	—	—	—	2.6m	2.6m
巾	1.5m	2.2m	左岸スパン (ストランド引出し側) のみ2~3m間隔にワ イヤロープを張渡す	5φ×1,650×2,600を2.6φ鋼管 間隔50×50 コイルスパンで 連結	5φ×1,650×2,600を2.6φ鋼管 間隔50×50 コイルスパンで 連結
金網	20番亀甲金網	5φ×50×70溶接金網	—	—	—
橋梁材間隔	約1m	1.5m(中間に補間)	—	1.5m	1.5m
クロスウオーク	なし	1ヶ所(センター)	—	クロスフレーム中央1ヶ所	—
キャットウォーク ノットロープ	—	—	—	主径間 4×40φ(7×19) 側径間 3×40φ(7×19)	同 左
架設用耐風索 (ストームケーブル)	—	—	—	1×56φ(7×37)	2×40φ(7×19)
ハンガーロープ	—	—	—	斜ハンガー 40本×22φ(6×24)	鉛直ハンガー 28本×16φ(6×24)
曳索 (トラウエイサポートロープ)	—	—	—	内側 16φ(7×19) 外側 56φ(7×37)	同 左
ホーリングロープ	—	—	—	22φ(6×F129)	同 左
主塔ステロープ (タイロープ)	—	—	—	2×38φ、2×120t センターホールジエッキ	—
ギヤロウスフレーム	—	—	—	中央径間(5ヶ所) 側径間(1ヶ所)	同 左
ケーブルキャリヤ	—	—	—	中央キャリヤ 1×56φ	—
通信方式	2系統 有線(並列) 電話(無線) ケーブル(無線) トランスミッター ハブを含む、 指針タイムス タイル用)	1系統 有線(並列電 話)(作業員 配置全面所)	1系統 トランスミ ッター(ナゲ 調整用のみ)	通信用及び信号用各1系統(器具は上下流と併用) 駆動用イヤホンマイク(駆動装置、アンテナ) 電話(スプレッド、グループ、主経間、点) トラウエイ駆動用ケーブル、赤黄色電線、押しボタン その他トランスミッター、無線機、手旗	—
架設中のナゲ調整	作業足場上にて直接測定	同 左	トランスミッターによる測定	キャットウォーク上にて測定	—
指 示	1+3(ナゲ担当)	2	2	1	—
オペレータ	1	2	1	1	—
リールスタンド	2	1	2	2	—
アンカーシェ	2×2=4	3×2=6	3	2×2=4	—
クワレーベンド	2×2=4	4×2=8	2	3×2=6	—
トラウエイベンド (アンカーシェの所)	2×3=6	2×5=10	—	2×2=4	—
側径間中間点 (ガイドとナゲ調整)	—	—	—	2×2=4	—
中央径間(ナゲ調整)	—	—	—	2	—
中央径間点(H/F)	—	—	—	2	—
その他	—	—	2	1(ケーブルH/F)	—
計	21	29	12	27	—

表-5 リーリング作業記録 (AS 用)

(神戸製鋼所 長大橋工事部)

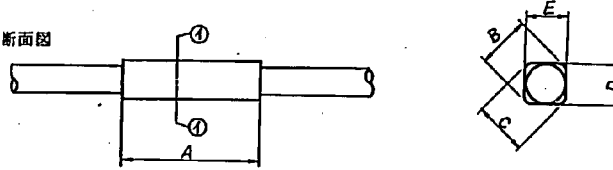
リールNo	年 月 日	線 材 (kg)	工場継手の数	備 考
1	1970.6. 2~ 3	6,640	13	
2	6. 4~ 5	6,657	14	
3	6. 5~ 6	6,635.5	15	
4	6. 6~ 8	6,660.5	13	
5	6. 8~ 9	6,674.5	13	
6	6. 9~10	6,817	15	
7	6.10~11	6,814.5	14	
8	6.11~12	6,695	19	
9	6.12~13	6,814	19	
10	6.13~14	6,657	18	
11	6.14~16	6,630	19	
12	6.16~17	6,582	18	
13	6.17~18	6,590.5	18	
14	6.18	6,716.4	17	
計	1970.6. 2~18	93,583.9	225	神 鋼 材 41,045.5 新日鉄材 52,538.4

表-6 工場継手の試験成績表 (AS 用)

(神戸製鋼所長大橋工事部)

測定位置 項 目	A	B	C	D	E	破断荷重(%)	破 断 位 置	
							ワイヤ 平行部	継手部
リールNo1~14 の 平 均	5243	1041	1042	949	951	3356	7	7
範 囲	52.15~52.80	10.20~10.80	10.15~10.70	9.25~ 9.65	9.35~ 9.80	3.285~3.400		

継手の平面図及び断面図



①-① 断面

表-7 リーリング閉工場継手予備試験，立会試験（AS用）

昭和45年5月29日

（株式会社神戸製鋼所長大橋工部 漢）

項目 規格 サソプル	引張り荷重	外 径	長 さ	切 断 位 置
	3,000kg以上(kg)	— (mm)	— (mm)	
1	3,410	10.50	52.50	継手端部
2	3,405	10.40	52.50	・
3	3,420	10.60	52.20	・
4	3,410	10.60	52.50	ワイヤ平行部
5	3,410	10.70	52.80	継手端部
6	3,420	10.70	52.30	ワイヤ平行部
7	3,415	10.60	52.30	・
8	3,420	10.60	52.80	継手端部
9	3,420	10.50	52.20	ワイヤ平行部
10	3,410	10.50	52.80	継手端部
11	3,420	10.30	52.30	・
12	3,410	10.50	52.30	・
13	3,420	10.55	52.30	抜け出し
14	3,410	10.45	52.55	ワイヤ平行部
15	3,420	10.45	52.10	・
16	3,425	10.50	52.50	継手端部
平 均	3,415	10.53	52.43	

表-8 平行線ケーブル架設用素線試験成績表（AS用）

昭和45年5月14日

（神戸々線鋼索株式会社 119Coils412,470kg）
株式会社神戸製鋼所納入

試 験 項 目	規 格 (上吉野川橋主索素線仕様)	成 績				備 考
		最 小	最 大	平 均	R	
直 径	5.00±0.06mm	4.99	5.05	5.019	0.06	
切 断 荷 重	>3,140 Kg	—	—	6	—	
引 張 り 強 さ	>160 Kg/mm ²	166.5	175.0	170.6	8.5	min $\bar{x}$ 165
伸 び	>4.0%250mm	4.8	7.2	5.9	2.4	
捻 回	>18回/100d	19.0	23.0	21.0	4.0	
破 断 回 数	>1分/4回	6.0	7.0	6.4	1.0	
亜 鉛 付 着 量	>300 g/mm ²	355.0	450.0	397.7	95.0	
アルカリ試験	> 分	—	—	—	—	
付 着 性	粘径50mm×8回	良	—	—	—	
延 性	15mm×8回	良	—	—	—	
0.7%耐力	>118 Kg/mm ²	120.0	130.0	122.7	10.0	
曲 り く せ	S : Z	—	—	—	—	

表-9 平行線ケーブル架設用素線分析表(AS用)

昭和45年5月14日

(神鋼々線鋼索株式会社 119 coils)
株式会社神戸製鋼所

鋼 番	C	M _s	S _s	P	S	C _s	N _s	C _r	備 考
S8273	0.79	0.71	0.24	0.015	0.009	0.03	0.03	0.04	直線性:良好 外 観:良好
S8018	0.77	0.68	0.25	0.015	0.013	0.03	0.03	0.08	
S8075	0.79	0.76	0.25	0.007	0.011	0.03	0.02	0.10	

表-10 平行線ケーブル架設用素線試験成績表(AS用)

昭和45年5月14日

(新日本製鉄 133 Coils 54811.4Kg)
神鋼々線 ロッド数 117

試 験 項 目	規 格 (上吉野川橋主索素線仕様)	成 績				備 考
		最 小	最 大	平 均	R	
直 径	5.00±0.06mm	(5.01) 5.00	(5.04) 5.06	(5.024) 5.018	0.06	
切 断 荷 重	>3,140 Kg	(3.290) —	(3.430) —	(3.379) —		
引 張 り 強 さ	> 160 Kg/mm	(165.0) 168.0	(174.0) 178.0	(170.6) 173.8	10.0	min x 165
伸 び	>4.0%/250mm	(5.2) 4.8	(6.8) 6.6	(5.98) 5.8	1.8	
捻 回	>18回/100d	(19.0) 20.0	(24.0) 25.0	(21.0) 23.8	5.0	
硫 酸 銅 試 験	>1分×4回	5.0	7.0	(4.0)(良) 6.2	2.0	均一性(60sec)
亜 鉛 付 着 量	>300 g/m ²	(358.0) 364.0	(455.0) 451.0	(401.0) 384.2	87.0	
アルカリ試験	> 一分	—	—	—	—	
付 着 性	軸径 50 mm×8回	良	—	(良) —	—	
延 性	15 mm×8回	良	—	(良) —	—	
0.7 % 耐 力	>118	(121.5) 120.5	(126.0) 132.0	(124.0) 128.4	11.5	
曲 り く せ	S : Z	—	—	—	—	

()印は45年5月15日、公団、その他立会試験(8ロッドの平均)

表-11 平行線ケーブル架設用素線分析表(AS用)

昭和45年5月14日

(新日本製鉄 133 coils)
神鋼々線

鋼 番	C	M _s	S _i	P	S	C _s	N _i	C _s	備 考
L26173	0.79	0.73	0.26	0.015	0.008	0.04	—	—	直線性：良好
L31759	0.78	0.69	0.27	0.015	0.008	0.03	—	—	外 観：良好
L31812	0.80	0.69	0.24	0.013	0.011	0.03	—	—	

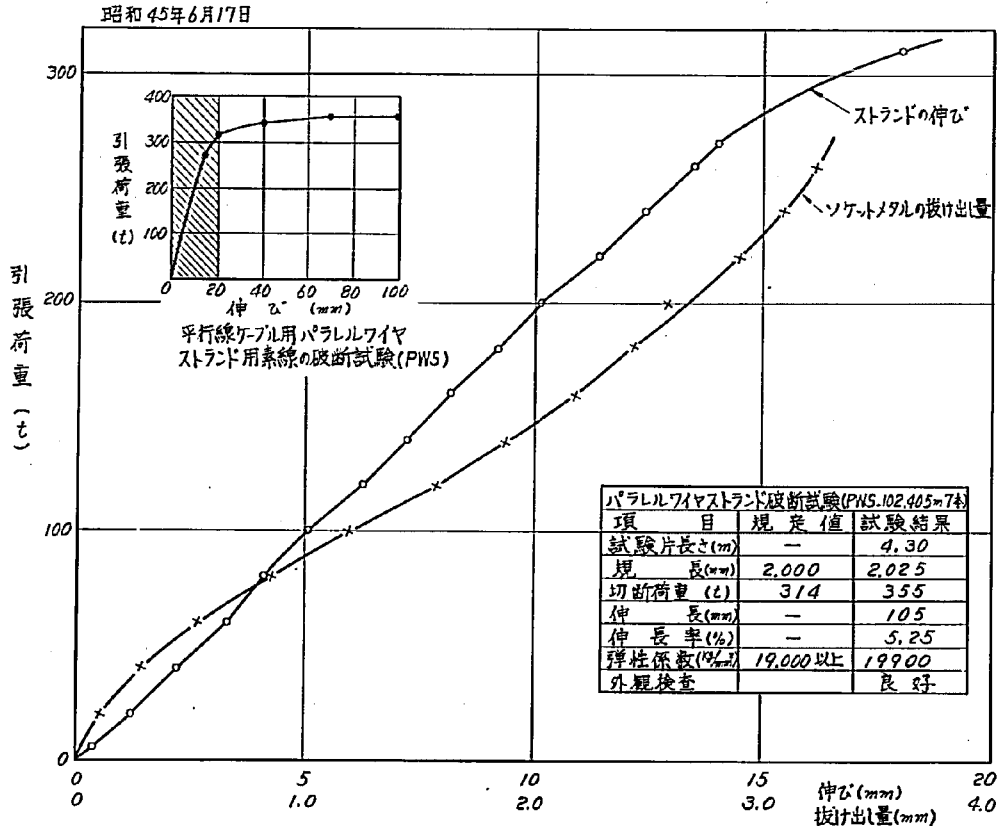


図-2 平行線ケーブル用パラレルワイヤストランド用素線の破断試験 (PWS)

2.2.2 架設作業分析

図-3は今回の作業ブロック線図である。調査対象は架設用仮設備工事と架設準備が終了した状態より架設作業を経て、各ストランドの調整までである。

表-12、図-4はエアースピニング工法及びプレハブストランド工法に於ける架設方法について示してある。エアースピニング工法は二溝を有するスピニングホイールに2本の索線をかけ架設を行うもので同時に4本の索線が架設される。プレハブストランド工法は小ストランド102本の索線を一度に引き出し、架設を行うもので2小ストランドで1つのストランドを形成する。架設は各工法交互に行っている。

図-5はエアースピニング工法の架設サイクルタイムについての各ストランドの調査結果が示してある。架設サイクルタイムは作業経験を積むにしたがい短くなっている。すなわちサイクル数が大きくなる程、ストランド数が増す程サイクルタイムが減少している事がわかる。表-13はエアースピニング工法の各作業分析とスピニングホイールの作業スピードについて調査したものである。デッドワイヤーのサグ調整作業は熟練するとスピニングホイールの移動時間中に行われる事がわかる。長大吊橋をAS工法で行う場合は索線の引き出し時間が架設時間の大部分を占めることになる(図-7参照)。

表-14は架設中のスピニングホイール又はストランドキャリヤの各径間に於ける平均スピードを示したものである。今までの調査結果も同時に示してある。エアースピニングの場合は平均120m/分前後であるが長大橋の場合はスピードアップを行わないと架設工期が増大する(図-10参照)。

図-6はエアースピニング中のタイムスタディを行ったもので各作業者の作業状況、作業時間がわかり、人員配置等の参考資料となる。

表-15は今回の調査によるストランドの出来映えについての調査結果が示してある。設計強度と出来映えについての関係がつかみにくい施工性との関連もあり今後検討の要があろう。

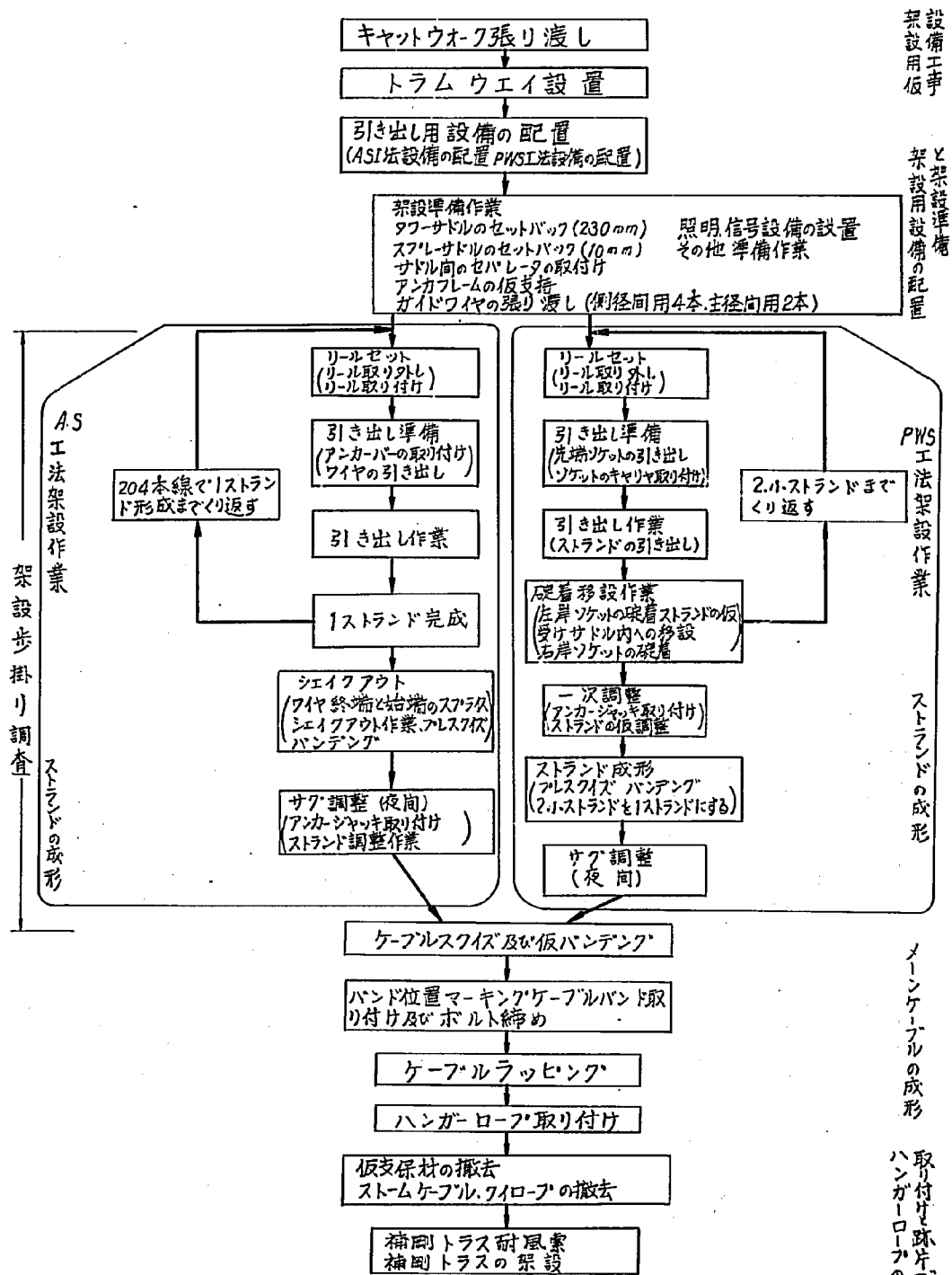
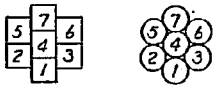
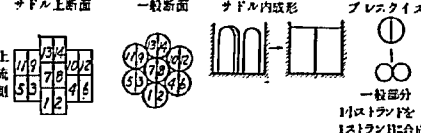


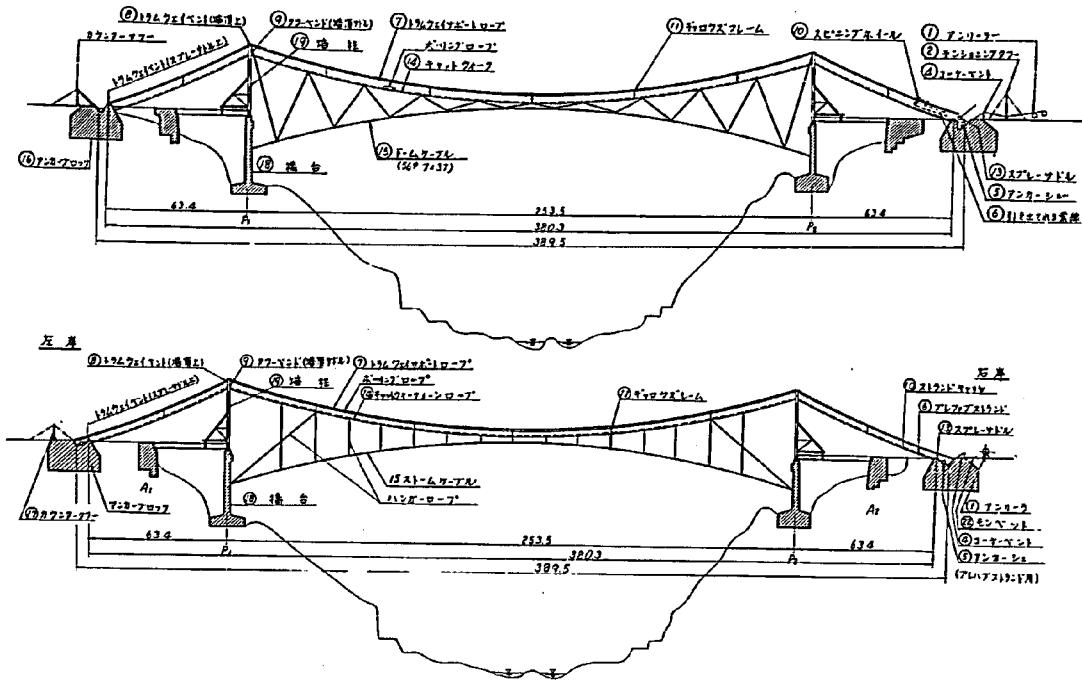
図-3 AS、PWS工法の作業ブロック線図

補剛トラスの架設

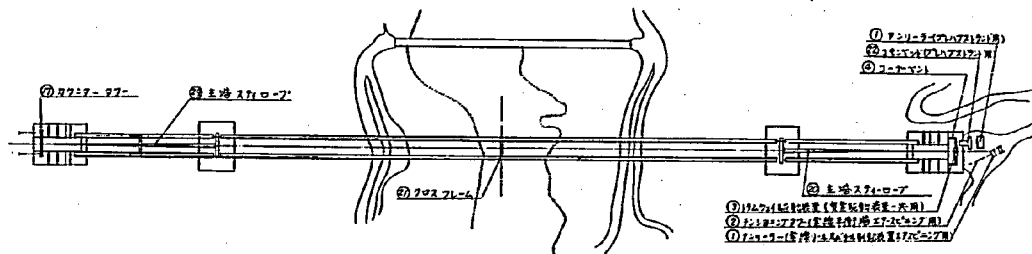
表一 2 上吉野川橋平行線ケーブル架設方法

工法	AS 工法 (上流側ノーニングケーブル)	PWS 工法 (下流側ノーニングケーブル)
架設概要とケーブルの構成	右岸におかれた駆動装置、テンションタワー及びアンラーより引き出された5本ケーブルを二束をもつスピニングホイールにより引き出し対岸に渡し、上流側ノーニングケーブルを構成する。ストランドは204本とし、7ストランド合計1,428本のケーブルを束ねて等下図に示すようなノーニングケーブルとする。 ナドル上断面 一般断面 	右岸におかれた駆動装置をAS工法と共用する。従ってAS用スピニングホイールとPWSストランドキャリヤは対岸位置におかれ、それぞれが対岸へ行った時に駆動装置運搬者が対岸のスピニングホイール又はストランドキャリヤの位置がわかる様になっている。PWS工法は1ストランド102本を一回に引き出し、2小ストランドを1本のストランドにプレススクイズして1ストランドを構成する。ノーニングケーブルの本数、ストランド数はAS工法と同じである。 ナドル上断面 一般断面 ナドル内成形 プレスタイズ  上流側 一般断面 1小ストランドを2小ストランドに合成
引き出し方	ケーブルの引き出しは右岸より行なう。右岸側に2組のケーブルアンラー、テンションタワー、1組のスピニングホイール駆動装置をもちてある。左岸側にはトラムウェイ駆動用カウンタータワーをもちてある。トラムウェイロープはコーンベントによりエンドレスになっており、スピニングホイールは下流側のPWS用ストランドキャリヤと対岸位置にあって、駆動装置運搬者にスピニングホイール位置が直接観視できるようにしている。従ってスピニングホイールが底流の場合もコントロールしやすい。アンラー、テンションタワー、方向変換ロープを通した5本の2本のケーブルの端末は仮固定を行なう。そのケーブルを二束をもつスピニングホイールにかけ、トラムウェイ駆動装置によりケーブルの運搬を行なう。従ってスピニングホイールスピードVで運搬すると活素線の引き出し、スピードは2Vとなる。引き出し速度の調整はテンションタワーのフローティングロープの重量調整とカウンターウェイト及びアンラーの手動ブレーキにより行なう。スピニングホイールは回転を行ないながら2本の活素線と2本の活素線合計4本のケーブルの束を行なう。ナドルへ収めるケーブルはあらかじめ決められた位置へ順番に収められる。対岸のアンカーシープへケーブルをかけたならば、スピニングホイールは空回りで引き出す。次の引き出し準備は、全てのナグ調整後スピニングホイールへケーブルを引っかける。順次くり返し作業を行なって51回、204本のケーブルの架設が完了したならば端末をスライスする。	ストランドの引き出しは右岸より行なう。工場製作された素線102本のPWS用小ストランドのロープをアンラーにセットし、ストランドのソケット先端を引き出してそれへストランドキャリヤ用のアダプタを取り付けてアンラーを回転しながらクロックレオンで先端を吊ってストランドキャリヤへ取り付ける。引き出しスピードは20-30m/分程度に2名がついてストランドキャリヤをワーク上においてある縦ロープへ乗せて行く。各点の監視員は電話でストランド先端位置を刻々とアナウンスして運搬者に連絡をとる。ストランドキャリヤがタワーベント及びスプリングベントへ来た時は速度10m/分以下に落して通過する。アンラーは常に前方のストランドを監視し、引張られることなく送り出す。引き出しスピードは早過ぎるとストランドのワイヤスリップ損傷が増加するので、引き出し速度はある程度押さえないといけない。ストランドには予めワイヤスリップ防止用のクランプが取り付けられている。これは架設中は外さない様にし、引き出し用ロープは通過できる。対岸アンカーへの引き込みはアンカーから台付けを取り引き込む。ソケットをトラムウェイから吊りアンカーに止める。反対側のソケットは差し込みワイヤとクロックレオンを使って引き出し、レッドワイヤー及びソケットの大地によりストランドの振れの点検の後、台付けワイヤを用いてクランチで引き込み、強く緊張させておく。振れの追跡調査で補正の必要の場合は台付けワイヤで回転させて修正する。
ナグ調整・移動・固定	AS工法ではナグ調整は順番に行なわなければならない。ナグ調整はスピニングホイールが右岸塔頂ナドルを通過した直後より始まり、順次中央塔間、死素線-左岸側塔間、死素線及び左岸側塔間-中央塔間-右岸側塔間の各活素線の2本のケーブルを順番に行なう。各ナグ調整後は次のナグ調整が終わるまでケーブルはクランプをしておく。ナグ調整用のガイドワイヤーは準備作業で設置してある。調整方法はスピニングホイールより架設受け台へかけたケーブルをナドルへ移し、ドッグ及びビッパラーなどのナグ調整用道具により引きながら電話連絡によりストランドホームの所で視察の目盛に合せて調整する。調整後は次の区間の調整が終わるまで、ワイヤスリップにクランプしておく。この調整後第二段階の調整で順番は主塔間へ送り込む二段階式としている。主塔間と側塔間のナグ比は約4:1である。	ナドルへの移送 PWSストランドでは引き出し用ロープ上のストランドをナドルへ収める作業を行なう。振れ検査と修正の後、主塔上で吊上げ用台付け及びワイヤで吊ってストランド成形用具とUクランプ及びスチールテープでストランドを成形し、吊上げ用アンカーを引き込みながらストランドがキャットウォークより登り上ったナドル内へ収める。ワイヤスリップは側塔間、ナドル内に残さない様に主塔間へ送り込む。右岸側アンカーにソケットが到着しない場合はキャットウォーク、キャローズプレームからストランドを吊り、ストランドの所要長を短くする。 アンカー引き込みと第一調整(上越し) ナドルの移送時に引き込まれたソケットをアンカーへ受けて、両岸のアンカーへドッグ及びビッパラーを取り付ける。塔上にはビッパラーを用意する。それ等を用いて引っ張り、所定のナグ上越しを行なう。左岸塔頂マーク(調整固定点)を合せる様に縦移動を行なう。その場合ワイヤスリップが生じない様にクランプ及びブラスチックテープを巻く。縦移動(上越し)は2小ストランド架設後行なう。その後ワイヤスリップ防止クランプを取り出す。
レニエイクアウト	架設完了後のケーブルのナグが許容範囲にないものは切り詰ぎを行なって修正する。ナグ調整が良好であるこの作業は少なくて済む。 レニエイクアウトの規準  上流側 ナグ1mm 当り 0.1mm 切り詰ぎ 側面側 ナグ1mm 当り 0.1mm 切り詰ぎ	AS工法と同じ方法でワイヤスリップの若いものをレニエイクアウトし、スリップを再分散させる。
プレスクリュー・ナグ調整	プレスクリューでプレススクイズし、2mmごとにバンディングしておく。	ナドル内成形、塔頂ナドルのUクランプ、スチールテープを引き抜き、素線は大ハンマーで叩いて平滑に仕上げる。プレススクイズは2小ストランドを10mm幅にマニチューブでプレススクイズし、クレモノロープでとめておき、プレスクリューでブラスチックテープを切りながら2小ストランドを1ストランドに束ねる。その後2mm幅にバンディングしておく。ストランド成形後の縦横比が大きくなって成形不可能になったり、吊り上げた場合振れ現象に対しては板ナドル等を用いる。
ストランド調整	アンカー・ドッグの取り付けを行ないストランドの調整を行なう。ストランドの調整はガイドワイヤーを基準に行なう。	AS工法と同じ

エア、スピニング工法仮設備一般図（上流側）



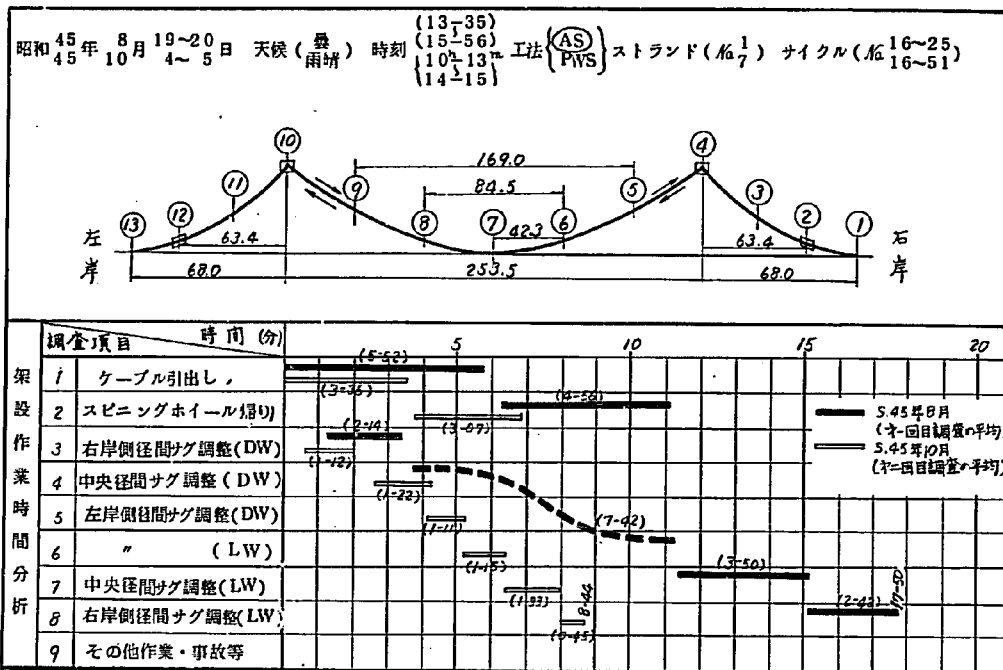
プレファブ、ストランド工法仮設備図（下流側）



スピニング装置配置図

図-4 AS、PWS 工法架設設備図

表 -13 上吉野川橋平行線 ケーブル架設試験作業分析



スピニングホイールの速度試験	区間	スピニング測定区間	No. 1				No. 7				備考
			往		復		往		復		
			分一秒	$\frac{m}{sec}$ ($\frac{m}{分}$)	分一秒	$\frac{m}{sec}$ ($\frac{m}{分}$)	分一秒	$\frac{m}{sec}$ ($\frac{m}{分}$)	分一秒	$\frac{m}{sec}$ ($\frac{m}{分}$)	
右岸	1-4	1-22	0.83(49.8)	-	-	-	-	-	-		
	2-4	-	-	-	-	-	-	-	-		
中央径間	4-10	3-13	1.31(78.6)	2-47	1.52(91.2)	2-06	2.01(120.6)	1-44	2.44(146.4)		
	5-9	1-58	1.43(85.8)	1-42	1.66(99.6)	1-22	2.06(123.6)	1-09	2.45(147.0)		
	6-8	-	-	-	-	-	-	-	-		
	7-8	-	-	-	-	-	-	-	-		
左岸	10-12	-	-	-	-	-	-	-	-		
	10-13	-	-	-	-	-	-	-	-		

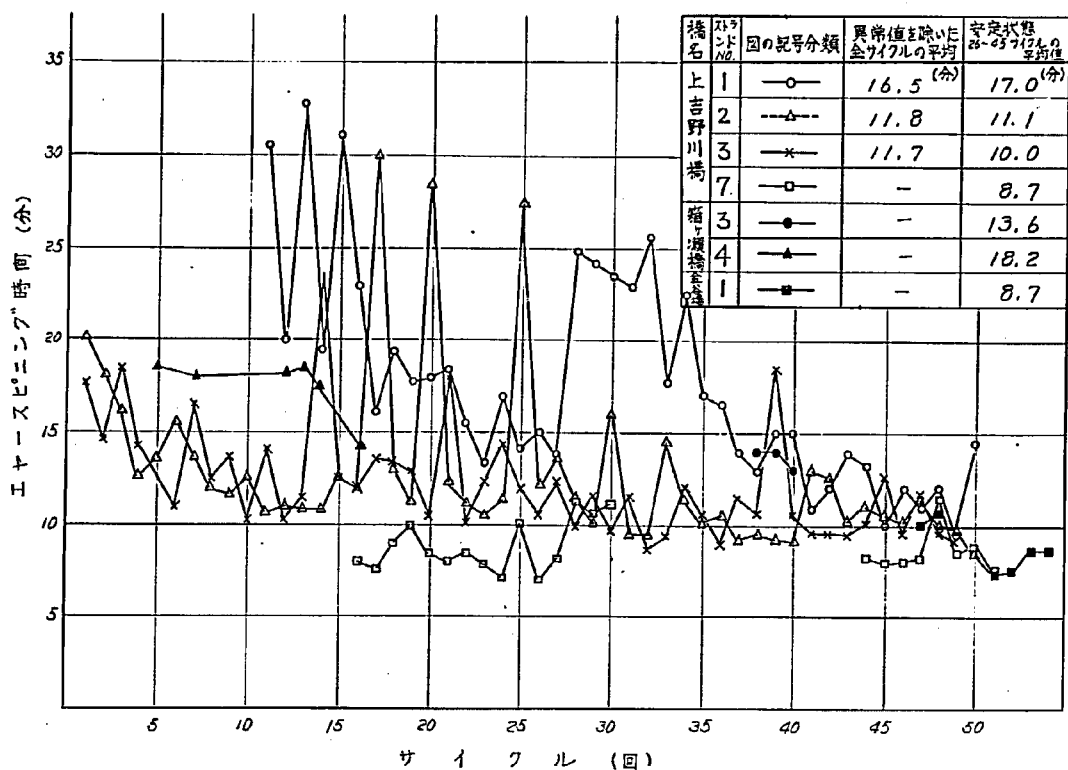


図-5 実橋調査に於ける平行線ケーブル架設サイクルタイム

表-14 実橋調査による平行線ケーブル架設用スピニングホイールの作業スピード

(単位 m/分)

作業場所	土木研究所の架設実験		神戸製鋼 受託実験	八幡製鉄 実験	金谷橋	箱ヶ瀬橋	上吉野川橋	
	第1回	第2回					A S	P W S
架設規模 (主径間長)	150(m)	150(m)	150(m)	150(m)	150(m)	206(m)	253.5(m)	
目標最高速度	320	320	378	180	180	(90) 180	-	-
平均速度	119	111	160~180	110~120	95	(80) 110	(85) 120	※ 7.79
最高速度	152	156	372	180	180	192	(90) 160	-

※ 側径間も含む

()は側径間

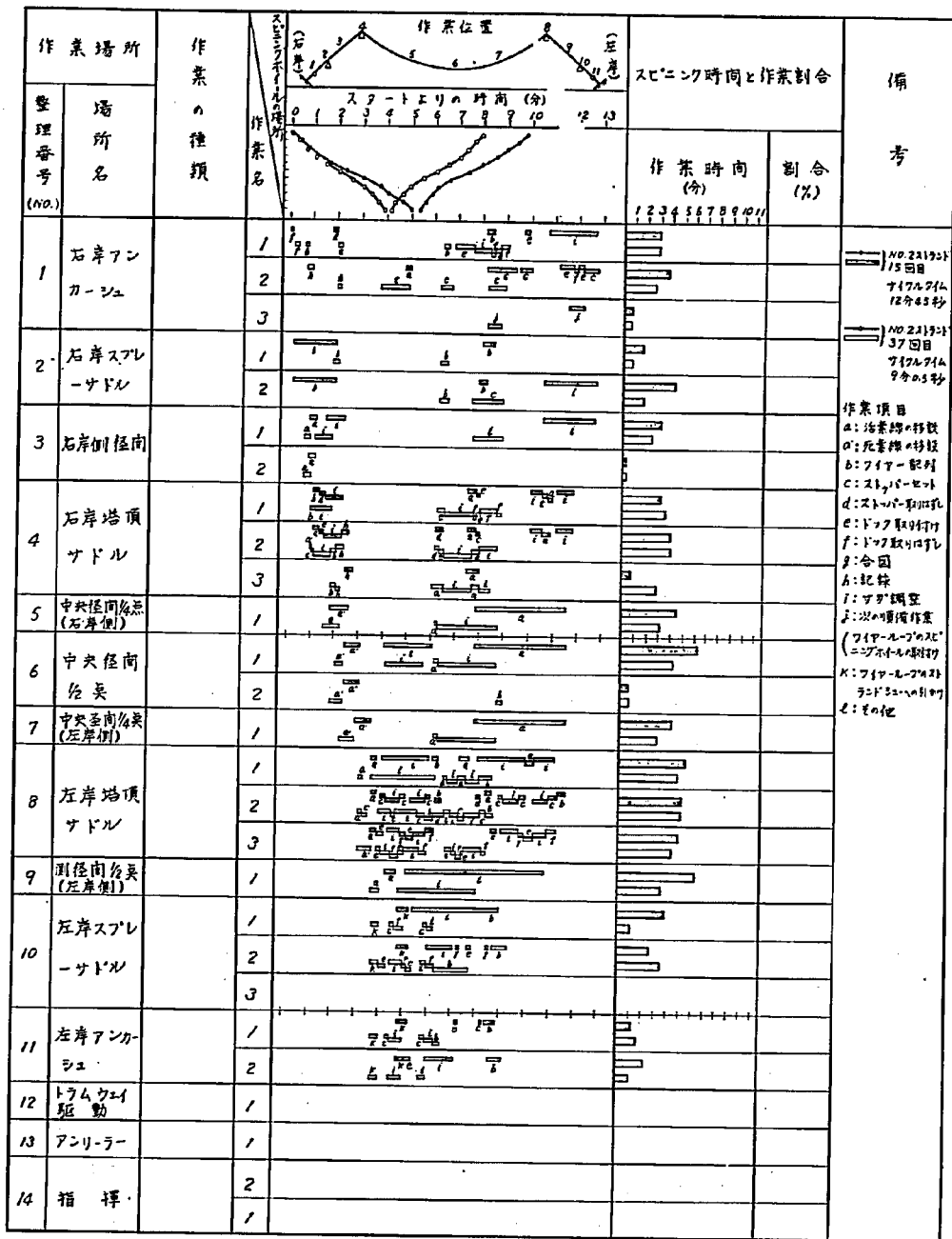


図-6 AS工法に於ける作業分析

表-15 (a) ストランドの施工精度 (PWSのサドルマーキング)

ストランドNo	右岸タワーサドル	左岸タワーサドル	合 計
1 (1/2)	70 mm	45 mm	115 mm
2 (5/3)	マーキング判別不明		
3 (4/6)	63	53	116
4 (7/8)	58	62	120
5 (9/11)	33	85	118
6 (10/12)	42	75	117
7 (13/14)	28	87	115

※ マイナス符号は主径間側への移動を示す。
ストランドNoの()書きは架設順序を示す。

表-15 (b) PWS工法ストランド回転量

ストランドNo		最大回転量 (回)	最終回転量 (回)	備 考
1-1	ストランド引き出し直後	—	—	
	サドル移設後	右 1.0 (10)	右 0.3	9月4日測定
1-2	ストランド引き出し直後	—	—	
	サドル移設後	右 0.9 (12)	右 0.3	9月4日測定
2-1	ストランド引き出し直後	左 1.5 (15)	左 1.1	
	サドル移設後	右 1.25 (9)	右 0.13	右岸塔頂サドル(13)まで
2-2	ストランド引き出し直後	左 0.9 (4)	左 0.2 (13)	
	サドル移設後	右 0.85 (16)	右 0.6	
3-1	ストランド引き出し直後	右 0.75 (14)	左 0.1	
	サドル移設後	—	—	
3-2	ストランド引き出し直後	左 1.4 (10)	左 1.0	右岸塔頂サドル(13)まで
	サドル移設後	—	—	

ストランド断面

回転量

※ 測定基準点は左岸側アンカーとする。
()内数値は図の番号の位置である。

表-15 (c) ストランドスプレッド(AS, PWS工法)

測定項目			A S 工 法			P W S 工 法			
	測定年月日	9月8日	9月13日	9月15日	9月8日	9月16日	9月16日		
	ストランド本	1	2	3	1	2	3		
	時間(時-分)	9-40	13-48	15-40	10-20	8-35	16-00		
	気温(℃)	30	—	26	—	26	28		
	スプレッド	縦径(mm)	338	85	145	160	136	200	
		横径(mm)	150	145	145	125	120	100	
	サグ補正 ワイヤ数本	2	1	2	0	0	—		
	ワイヤの バラツキ率	グ ー プ の 番 号	1	—	—	—	—	—	—
			2	—	—	—	—	—	—
			3	8	—	—	4	—	—
4			12	2	—	37	—	—	
5			29	23	6	—	—	—	
6			—	—	—	—	—	—	
7			—	—	—	—	—	—	
8			—	—	—	25	—	—	
9			23	2	1	16	—	—	
10			4	—	1	6	—	—	
11			—	—	—	—	—	—	
12			—	—	—	—	—	—	

2.2.3 架設作業時間—工期

2.2.2では各作業分析とサイクルタイムの調査検討を行ってきたがこれ等の時間から単純に作業時間の積上げを行うと長時間の作業時間とくい違いが生ずる。

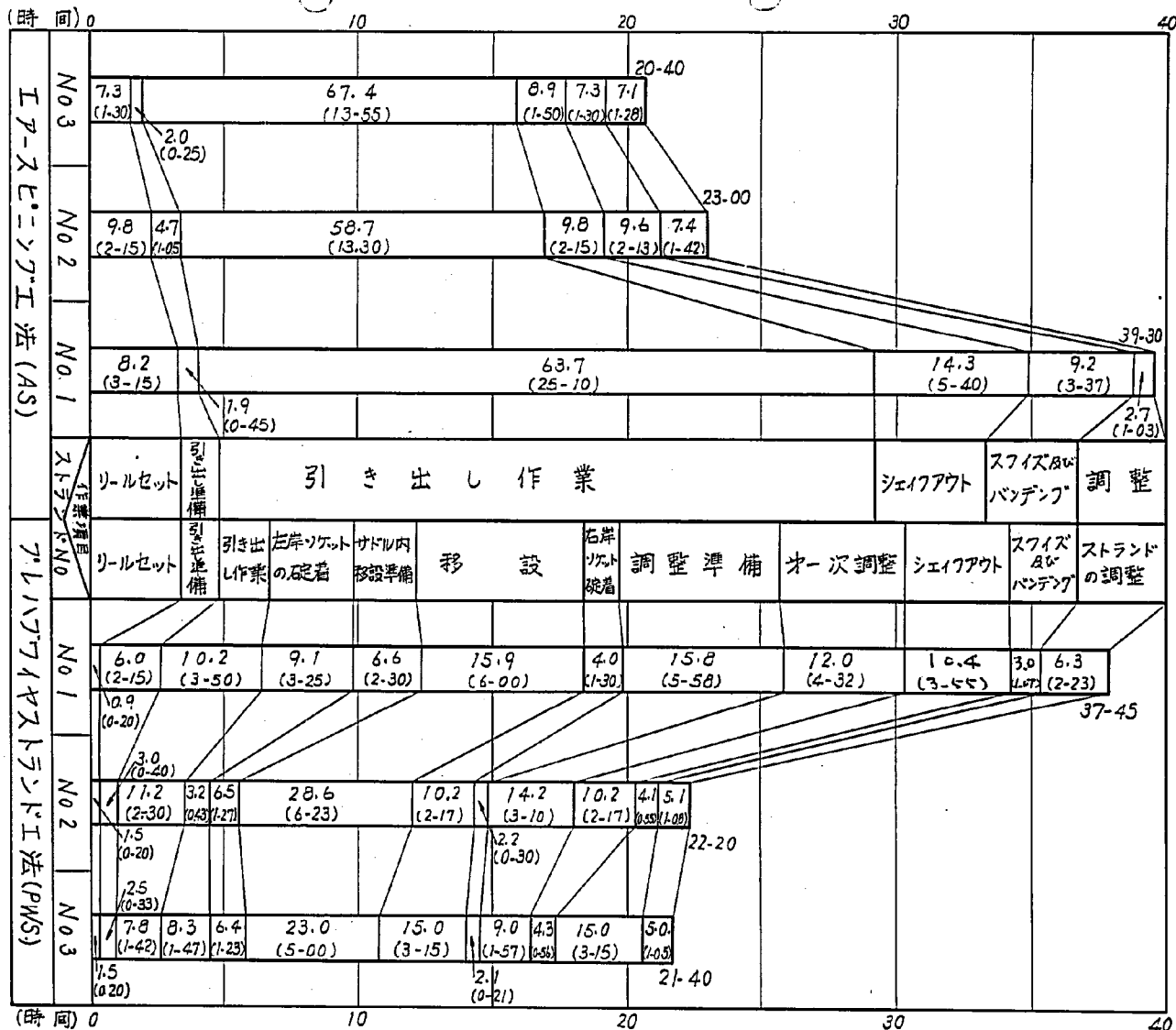
これは作業時間率として計算されるが、エーススピニング工法の架設サイクルタイムの例では短期サイクルタイムに対して40%の増大をしている。これはスピニング時間の外、継線作業とか、風によるサグ調整待ちとか、サグ調整のやり直し等があり作業時間が増大していると思われる。図-7はエーススピニング工法及びプレハブストランド工法の各ストランドの架設に要する各作業種別の作業時間の積上げと、それぞれの作業時間が合計時間に占める割合を示す。この調査で見るとかぎり出来映えとか、作業人員、作業量については異なるけれども両工法の時間的な差はない。

長大吊橋の作業歩掛り及び工期の推定はこの作業調査の63ストランドのデータを基に推定している。

図-8は図-7に示した各作業時間調査を行った各ストランドごとの作業日報を図解したものである。

図-9は架設準備を含め吊橋の上部工事について作業種別に作業の進捗状況を示したものである(図-3参照)。

図-7 AS, PWS工法の各ストラップに於ける作業種別作業時間割合(%)



月 日	作業の種類と作業時間										作業時間計	
	8	10	12	14	16	18	20	22	24		AS工法	PWS工法
8月11日(火)	カドワイヤの張設										7-00	—
13(木)	ドラムフェース設置の取付準備 (No.1 ランセット) AS No.1(1-717L)										AS工法作業 PWS工法作業	6-15 6-30
17(月)	ケーブルフェースの取付準備 電圧減速、照明の設置、通気管の取付										引き出し準備 引き出し作業	7-00 8-00
18(火)	AS No.1(1-717L)										定着作業 一次調整	1-50
19(水)	AS No.2(3-9717L)										シェフアクトパニング ストランドの調整	5-30
20(木)	AS No.100(15-717L) AS No.1(16-27717L)										7-00	—
9月1日(火)	光導引き出し、ケーブル取付 PWS No.1(1-717L) PWS No.1-1										—	6-15
2(木)	ケーブル引き出し取付(ケーブル取付準備) PWS No.1(1-717L) PWS No.1-1										—	8-40
3(金)	PWS No.2(ケーブル引き出し取付準備) AS No.1(ケーブル取付準備) PWS No.2(1-717L) PWS No.1(1-717L)										—	8-00
4(土)	ストランドの取付準備(ケーブル取付準備) AS No.1(ケーブル取付準備) PWS No.1(ケーブル取付準備) (ケーブル取付準備)										—	8-30
5(日)	(ケーブル取付準備) (2 ストランドのケーブル)										—	8-00
7(火)	AS No.1(28-35717L) AS No.1(36-51717L)										7-25	—
8(水)	AS No.2(4-12717L) AS No.2(5-717L) AS No.1(5-717L) AS No.1(5-717L) AS No.1(5-717L) AS No.1(5-717L) AS No.1(5-717L) AS No.1(5-717L) AS No.1(5-717L) AS No.1(5-717L)										8-50 5-20	2-25
9(木)	AS No.2(5-717L) AS No.2(5-717L) AS No.2(5-717L) AS No.2(5-717L) AS No.2(5-717L) AS No.2(5-717L) AS No.2(5-717L) AS No.2(5-717L) AS No.2(5-717L) AS No.2(5-717L)										5-20 3-50	—
10(金)	PWS No.2-2 AS No.2(5-717L) AS No.2(5-717L) AS No.2(5-717L) AS No.2(5-717L) AS No.2(5-717L) AS No.2(5-717L) AS No.2(5-717L) AS No.2(5-717L) AS No.2(5-717L)										3-10 3-50	3-10 1-45
11(土)	AS No.2(5-717L) AS No.2(5-717L) AS No.2(5-717L) AS No.2(5-717L) AS No.2(5-717L) AS No.2(5-717L) AS No.2(5-717L) AS No.2(5-717L) AS No.2(5-717L) AS No.2(5-717L)										7-50	—
12(日)	PWS No.3 PWS No.2										—	5-35 2-45
13(月)	AS No.2(41-51717L) AS No.2(41-51717L) AS No.2(41-51717L) AS No.2(41-51717L) AS No.2(41-51717L) AS No.2(41-51717L) AS No.2(41-51717L) AS No.2(41-51717L) AS No.2(41-51717L) AS No.2(41-51717L)										3-40	3-40
14(火)	AS No.3(11-10717L) AS No.3(11-10717L) AS No.3(11-10717L) AS No.3(11-10717L) AS No.3(11-10717L) AS No.3(11-10717L) AS No.3(11-10717L) AS No.3(11-10717L) AS No.3(11-10717L) AS No.3(11-10717L)										8-45	—
15(水)	AS No.3(27-40717L) AS No.3(27-40717L) AS No.3(27-40717L) AS No.3(27-40717L) AS No.3(27-40717L) AS No.3(27-40717L) AS No.3(27-40717L) AS No.3(27-40717L) AS No.3(27-40717L) AS No.3(27-40717L)										6-25	—
16(木)	AS No.3 PWS No.3 PWS No.2										1-05	6-50 6-30
17(金)	AS No.4(7-10717L) PWS No.4-1 PWS No.4-2 PWS No.3 AS No.2(3調整準備)										4-35	7-05
18(土)	AS No.4(1-5717L) AS No.4(9-25717L) PWS No.3 AS No.2(3調整準備)										5-30 2-00	1-50
計												

図-8 平行線ケーブル架設日報

項目		4月	5月	6月	7月	8月	集計	備考
国連作業	仮設備関係	21-22日	10-11日				21名 17日間	主ケーブル1本につき1組 設け両主塔間のみ動く
	ケーブルキャリアの架設 (50HP-115t)							
	仮架りケーブルの架設 (50HP-80t)							
	橋梁本体							
ギヤントワークの架設	架設準備工							
	ギヤントワークケーブル の架設		14-15日					ストームケーブルはケー ブルキャリアで架設 主塔側では両側トラス 組立間のゴンドラに吊り 上げ、ケーブルにて吊り上 げる。塔用支柱も含め、 中央より左右対称に行 う。側塔側はアンカー部より、 順次進めず
	ギヤントワーク床 組の架設							
	メインロープハンガー 取付け準備の取付け							
	ストームケーブルの架設							
ケーブルの架設準備	塔アンカー							
	サドル							
	アンカー部							
	駆動装置 架設準備		10-11日					両側は一時河床部 へ仮置場を作り、右 岸へはトラック運搬と ブローアップ、左岸は 中央キャリアーでアン カー部へ引き込 む
主ケーブルの架設								
ケーブルバンドのハン ガーロープ取付け								
ラッピングの塗装作業								
仮設備撤去								
公休他								
その他作業								

図-9 上吉野川橋上部工事架設日報

2.2.4 長大吊橋の架設工期の推定

今までに検討を行ってきた資料を基に長大吊橋の架設時間の検討を行ってみた。長大吊橋は今回調査した橋の規模に比べ索線数、ケーブル長さ、ストランド数が数倍ないし数拾倍となり、それにつれて各種の架設用機械設備、機材も異なり作業準備、調整作業も複雑となって単純に作業時間の算出はできないが、上吉野川橋の調査結果を用いて計算してある。今回のデータを基に計算する場合、架設時間に影響を及ぼす要因は橋の規模に関するものとして吊橋の径間長さ、及び設計荷重とそれに伴う索線の数、ストランド数である。

作業条件としては1回に引き出せる索線の数、引き出し作業スピード、リールに巻いて一度に運搬できる索線の長さ(重量)、1ストランドの索線数、エアスピニング工法か、プレハブストランド工法等の工法の違いである。又架設工期では1日の仮定した作業時間により変る。表-16は各種の吊橋の仕様を仮定し、図-7の63ストランドの調査結果を基に上記に示した作業条件の影響を考慮してエアスピニング工法及びプレハブストランド工法の架設時間及び工期を計算した結果が示してある。表のA橋は第二関門大橋、B橋は大鳴戸橋、C橋は本州四国連絡用長大吊橋を想定したものである。図-10は表-16の仮定条件による各長大吊橋についてスピニングホイール又はストランドキャリアの平均作業スピード、1回に運搬できる索線の長さ(重量)、1ストランドの索線数の変化によるエアスピニング工法及びプレハブストランド工法の作業時間と作業工期(休日、休止日は含まず)の変化について示したものである。工期を計算した条件は各ストランドごとに引き出し準備、シェイクアウト、スクイズ、調整、時間を見込み、それ等の時間は主径間長さ、1ストランドの索線数、1リールの重量と小ストランド又はリールの取換回数に関する割増しを行った。小ストランドの引き出し準備、シェイクアウト、スクイズ、調整等は引き出し作業と並行して行われると仮定して工期の算出に見込んでいない。

長大吊橋の架設工期の推定で上吉野川橋のデータと工法を仮定して計算した工期は表-16、図-10(a~c)に示すように非常に長期間かかる。これは仮定した引き出し時間が遅く、一度に引き出す索線数も少なく、かつ片側より引き出しを行っているためキャリアの帰路時間の無駄があり、サグ調整作業が引き出し作業と並行して行われないことに原因する。図-10(d)は外国の長大吊橋に採用された工法と上吉野の実績値を組合わせて我が国の長大吊橋のAS、PWS工法の架設工期を推定したものである。左右のメーンケーブルは並行・独立して架設が行われると仮定し、引き出し方法は両岸から同時に引き出し、中央径間で反対側からきたキャリアにかけ換える方法と、かけ換えを行わないで対岸まで引き込み帰るときは対岸のリールより索線を引き出す方法、及び片側のみで引き出す方法について検討した。一度にキャリアで引き出す索線数はAS工法では4~12本、

PWS工法では25~408本について検討してある。従って第一、第二の方法では1回に架設できる素線数は引き出し素線数の2倍となる。各ストランド又は素線の引き出し前の準備、及び架設後のサグ調整、小ストランド調整、碇着等は次の架設中に行われるとし、大ストランドごとに架設準備(リールセット時間)、調整、シェイクアウト、スクイズ、バンドニング、サグ調整等を行う時間を見込んだ。それ等の時間は中央径間長さの割増しを行ってある。サイクルタイムに見込んだ固定時間は、キャリアへの取り付け時間、中央でのかけ換え時間及び対岸に於ける取り外し時間である。工期の計算は、サイクルタイムの集計値に夜間のサグ調整を除く各ストランドごとの調整時間の合計時間を1日の基本作業時間10時間で割った日数に6日ごとに1日の休日を加え、風、雨天による休止日数としてその全日数の1割増しで計算してある。その結果によれば各架設工法により工期は大きな差がでる。しかし、現在までの最も効率的な工法を用いても主径間1500m級の長大橋の架設工期はAS工法及びPWS工法でそれぞれ約300日以下には短縮できない。

表-16 AS, PWS 工法に於ける長大吊橋の架設工期の比較

項 目	上 吉 野 川 橋	長 大 吊 橋			備 考
		A	B	C	
橋 長 (m)	320.5	1,068.0	1,440.0	2,700.0	
主 張 間 (m)	253.5	712.0	788.5	1,500.0	
側 張 間 (m)	33.93	178.0	324.25	600.0	
アンカーロープ間 (m)	389.5 (680)	—	—	—	
側張間ナドル間 (m)	380.3 (634)	1,068.0	1,437.0	2,700.0	
側張間比アンカーナドル (t)	0.25	0.25	0.41	0.4	
ケーブルナグ (m)	21.77 (1/11.97)	6.44 (1/11.0)	6.60 (1/11.9)	13.64 (1/11.0)	
ケーブル長さ (m)	404.0	1,134.0	1,520.0	2,867.0	
ケーブル索線径 (mm)	5	5	5	5	
主ケーブルの数	2 (上流 AS 下流 PWS)	2	2	2	
一本の 主ケーブルに ついて	索線数 (本)	7ストランド×204=1,428	1,401.4	37ストランド×410=15,170	74,664
	断面積 (cm ²)	280.3	275.1	2,978.0	14,687.0
	外 径 (mm)	—	667	677	—
	鋼 重 (t/m)	0.2195	2.154	2.332	11.5
エ ア ー ス ビ ニ ン グ 工 法 (AS 工法)	エアースピニング工法 (AS) 二組の二綱を有するスピニングホイールへ、それぞれ二本の索線をかけ、両岸より引き出して対岸へ渡し、対岸のアンカーロープへ索線 を固定する (上吉野の場合は片側、上流側である)。スピニングホイールは空荷で元の位置へ戻る。従って一回のスピニングでそれぞれ 4本の索線が上下流にかけられる。1ストランドの索線 (204本) の架設が終わるとレエキクアウト作業、スクイズ及びハンディンク作 業、調整作業が行なわれる。ロールの運搬重量は上吉野の場合と同じである。従って長大橋となると1ストランドの架設には、ケーブル長 さに応じて途中で準備作業 (ロールセット、ロール引き出し、アンカーへの固定等の引き出し準備) が入る。以上の作業方法をとるので架設 時は上・下流で作業人員が必要となる。				
	ロールセット	1.5	4.5	6.0	12.0
	引き出し準備	0.42	1.3	1.7	3.3
	(引き出し作業)	索 (8.7)	(23.9)		
	スピニング作業	13.92	2.3	33.4	63.2
	レエキクアウト	1.83	2.3	2.5	3.1
	スクイズ及びハンディンク	1.5	1.9	2.1	2.6
	調整	1.47	1.9	2.0	2.5
	ストランドの数	7	69	74	366
	合計時間	14.49	24.71	35.74	31.742
ブ レ ー ハ ブ ワイ ヤ ス ト ラ ン ド 工 法 (PWS 工法)	ブレハブワイヤストランド工法 (PWS) 二組のストランドキャリヤへそれぞれ小ストランドをかけ、両岸より引き出して対岸へ渡し、小ストランドの調整、ナドルへの移 設を行う。大ストランドの索線数だけ小ストランドの架設、調整が終わると大ストランドについての調整を行う。				
	ロールセット	0.33	1.0	1.3	2.5
	引き出し準備	0.55	1.6	2.2	4.1
	引き出し作業	1.7	15.3	27.3	96.4
	対岸ソケット設置	1.78	5.3	7.1	13.3
	ナドルへの移設作業 (準備も含む)	6.38	19.2	25.5	47.9
	引き出し側ソケット の設置	3.25	9.8	13.0	24.4
	調整準備及び 第一次調整	2.4	7.2	9.6	18.0
	レエキクアウト及び スクイズハンディンク	4.18	2.7	2.8	3.7
	ストランドの調整	1.08	0.7	0.8	1.1
全 及 作 業 日 数	1大ストランドに 対する小ストランド数	2	6	8	15
	大ストランド数	7	69	74	366
	合計時間	151.55	4,341	6,710	7,751.9
	合計日数	15.1	174.4	281	3,932

※(1) ナイクルタイムの繰上げ時間 (スピニングホイールの平均スピード主張間で120m/分) ③3.ストランドでは9.97 (ナイクルタイム平均11.73分)

・工期は一日10hで換算

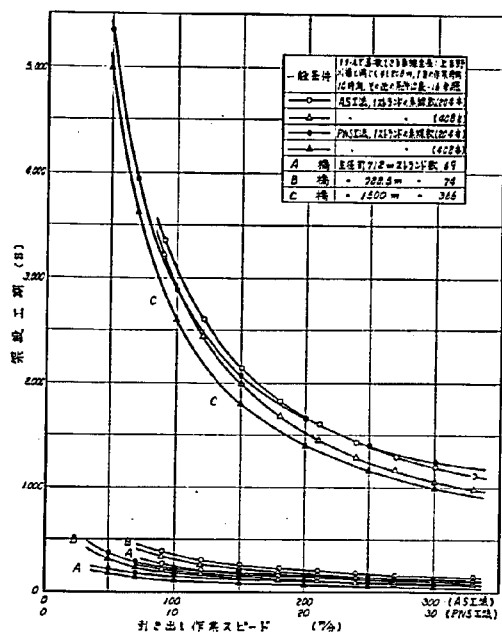
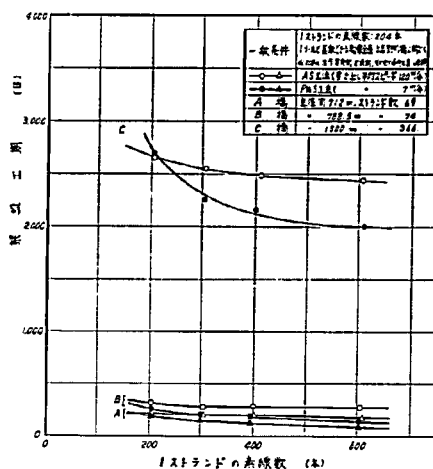
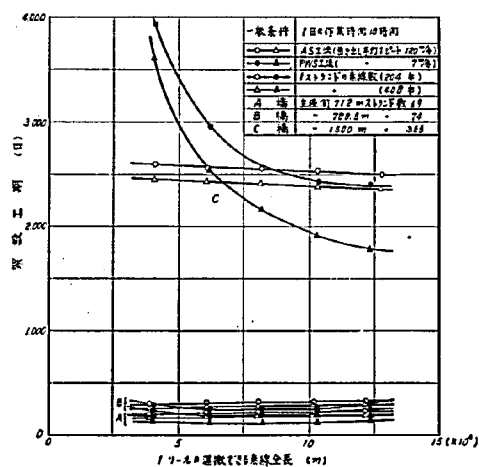


図-10(a) 引き出し作業スピードと架設工期



☒ - 10(b)

1 ストランドの素線数と架設工期



図一10(c) 索線運搬量と架設工期

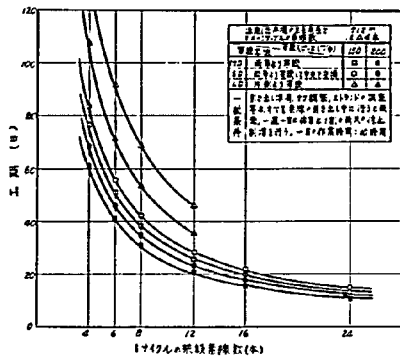


図-10(d)

1サイクルの架設素線数の変化と架設工期 (AS 工法)

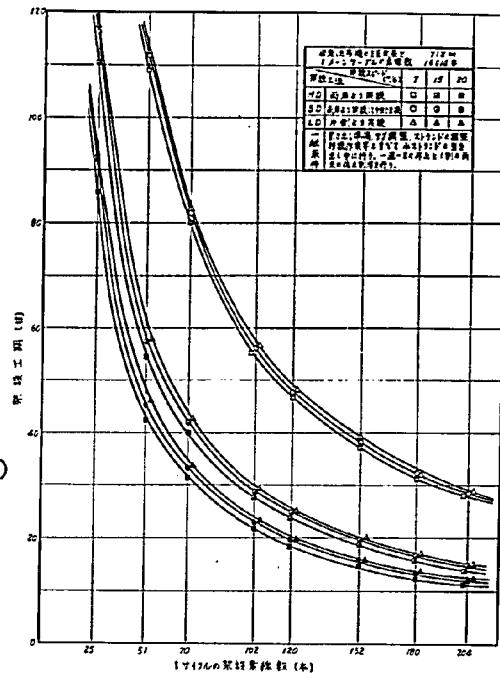


図-10 (e) 1サイクルの架設素線数の変化と架設工期 (PWS 工法)

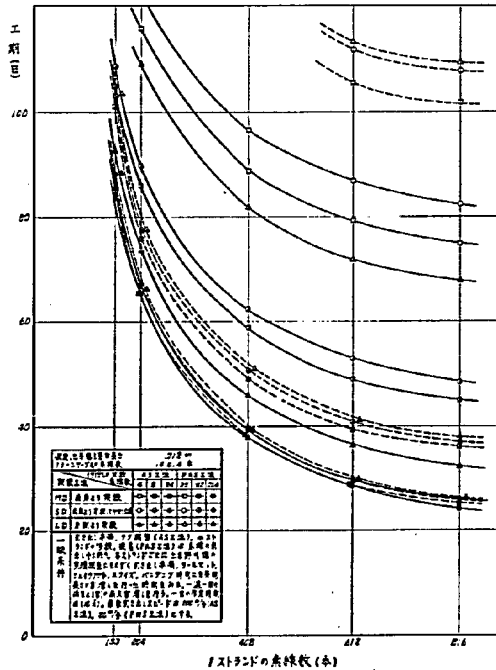


図-10 (f)

1 ストランドの変化と架設工期 (AS・PWS 工法)

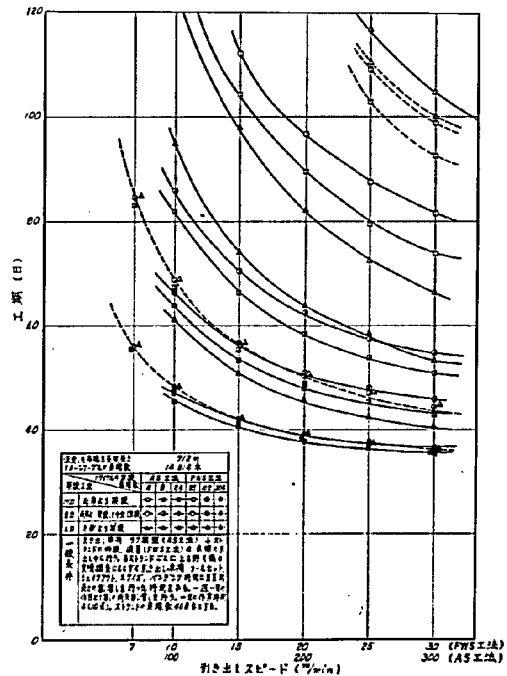


図-10 (g)

引き出しスピードと架設工期 (AS・PWS 工法)

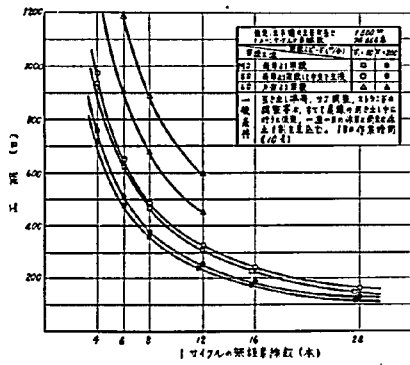


図-10 (h)

1 サイクルの架設素線数の変化と架設工期
(AS 工法)

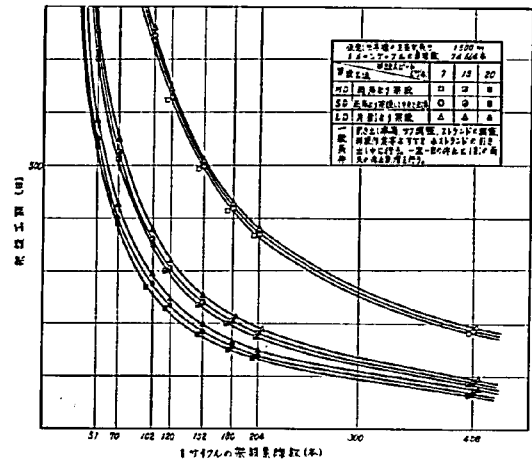


図-10 (i)

1 サイクルの架設素線数の変化と架設工期 (PWS 工法)

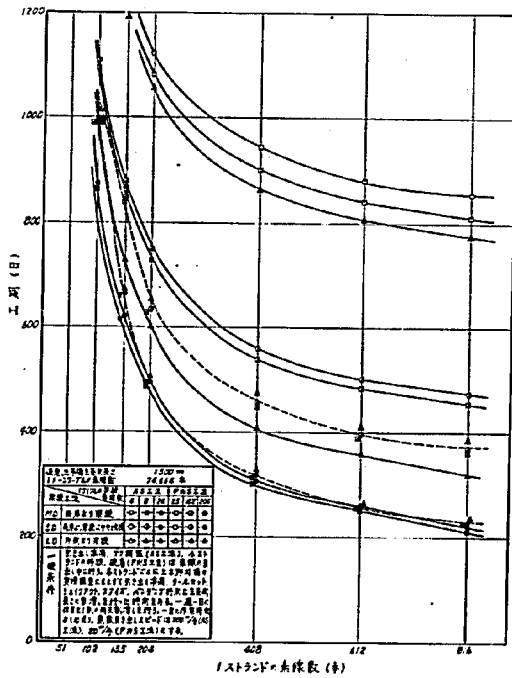


図-10 (j)

1 ストランドの変化と架設工期 (AS-PWS 工法)

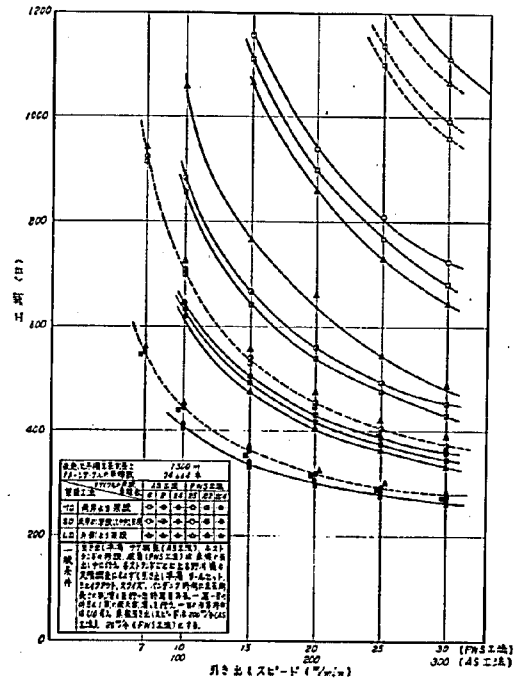


図-10 (k)

引き出しスピードと架設工期 (AS-PWS 工法)

3. ま と め

3.1 エアースピニング工法

今回のエアースピニングのスピニングホイールの作業スピードは最高 150 m/分 前後であり、表-14に示すようにエアースピニング工法で行われた他の2地点の場合より少なかったが、後半のストランドでは作業の慣れによる平均作業スピードは向上している。後半では図-5に示すように $8\sim 10\text{ 分/1 サイクル}$ で行われている。

サグ調整時間は調整場所によっては手持ちとなっており、スピニングホイールスピードを上げればサイクルタイムを減少させる事が可能である。図-7によるスピニング時間が 67.4% と架設時間に大きな位置を占めている。エアースピニング工法の $\#3$ ストランドの平均架設サイクルは 11.7 分/1 サイクル となっている。サイクルタイムの集計値と作業時間の実績値では後者が 40% 大きい。これは継線作業、風によるサグ調整の遅れ、サグ再調整等が入り込んでいていると思われる。

今回の調査では山間部での架設であったので、エアースピニング工法による風によるサグ調整の中断は、調査中では発生しなかったが、中央径間 $\frac{1}{2}$ 点附近では風速 10 m/sec 位で索線が横ずれしてサグ調整時間を難かしくしていた。長径間ではこれが拡大されると思われるので $10\sim 15\text{ m/sec}$ 以上の風速ではサグ調整は困難である。

3.2 プレハブストランド工法

プレハブストランドの架設サイクルは約 50 分 で1ストランドについて全体の作業サイクルに占める時間は図-7からわかるようにわずかである。しかし長大橋になれば1リールで運搬できる索線の長さが制限されるので、一度に架設できる小ストランドの索線数が小さくなり、1ストランドの架設に占める引き出し時間の割合が増大しプレハブストランド工法の特徴がなくなると思われる。図-10よりわかるようにその傾向がでている。

プレハブストランドの場合は塔頂サドルへの移設作業が重要となる。全体の作業時間割合は移設準備、右岸ソケット碇着を含めて $\#3$ ストランドで 44% となっている。今後サドルへの移設方法、サドルの形状等の検討が必要と思われる。

3.3 両工法の特徴と問題点

今回の調査によるとエアースピニング工法とプレハブストランド工法では架設時間は $\#3$ ストランドでそれぞれ 20.7 時間 であり、差は程んど認められない。しかし長大吊橋の場合は1ストランドの索線数、リールに巻いて運搬できる索線長さ、スピニングホイール又はストランドキャリアの移動時間により変化し、 $\#3$ ストランドの実績により長大吊橋の架設工

期を推定すると図-10のようになり、プレハブストランド工法が工期的に短縮できる。この推定は各小ストランド又は各リールの取り換え、引き出し、準備、調整作業が素線又はストランドの架設中に並行して行われることを条件としている。

仕上り精度については塔頂サドルへの設置はエアースピニング工法の方がはるかに良い。塔頂サドルの設置状況とケーブル強度の関係を問題にしないならばプレハブストランド専用サドルを考慮して移設が簡単にできる方法をとれば移設作業時間が短縮できる。

素線のばらつきは中央径間中心点附近ではプレハブストランドの方が少ないが調整時、塔頂サドルで上層素線と下層素線にすべりを生じ、側径間の下層素線にたわみ等が生じた。

上吉野のデータを用いて単純に計算しても図-10に示すように架設工期は長期間を要するので、架設方法或いはスピニングホイール又はストランドキャリアの移動時間、サグ調整、継線作業等の改良を計って合理化する必要がある。たとえば素線又はストランドの引き出しの場合4ヶ所から素線の送り出しができるようにして、上下流側往復で引き出し作業を行う方法等を考えれば引き出し作業は短縮することができる。

長大吊橋の場合1リールで移動できる素線長さが制限されるのでプレハブストランド工法では、長大吊橋になる程1回に引き出しを行う小ストランドの素線数が少なくなりプレハブストランド工法のメリットが減少する。従ってこの場合は引き出し準備作業等を引き出し作業と並行させて全体の作業時間を短縮させる工法、或は工場リーリング設備などを現地へ作って素線数の大きな小ストランドを連続して引き出す工法の採用を検討する必要がある。

外国で採用されたエアースピニング工法と上吉野川橋で行われた架設工法の実績値を用いて架設工期を推定すると図-10(d)のようになり工期は架設工法により大きな差が生ずる。現在までの最も効率的な工法を用いても主径間1,500m級の長大橋の架設工期はAS、PWS工法でそれぞれ約300日以下には短縮できない。

あ と が き

上吉野川橋のデータを用いて長大吊橋の架設工期と問題点について検討したが主径間250mのものと長径間1,000m以上のものとの検討にはかなりの無理があろうが、今回の調査が細部について行われたので架設工期についてのだいたいの目安がつかめたと思われる。

46年度には関門吊橋の工事が始まるので機会があれば、この方面の検討を含めて長大吊橋の架設工事についての検討ができよう。

この稿を終るに当って調査の便宜を計ってくれた日本道路公団大阪支社並びに水資源開発公団早明浦ダム工事々務所の関係者に感謝するものである。なお現地調査並びに解析に当って当研究室の中野新市、小室日出男両技官の協力を得たものである。

参 考 文 献

佐々木「平行線ケーブル架設調査—中小橋の平行線ケーブルによる施工例」 土木研究所資料

43年7月 第397号

日本道路公団大阪支社 本州四国連絡道路調査事務所「上吉野川橋実橋調査(その1)—ケーブル架設歩掛り調査 45年9月(KK長大橋設計センター)

大橋 「関門架設の工事計画」 建設の機械化 1968. 3月 217号

神戸市企画局調査部 「海外長大吊橋の上部工事(Ⅱ)……… ケーブル関係」

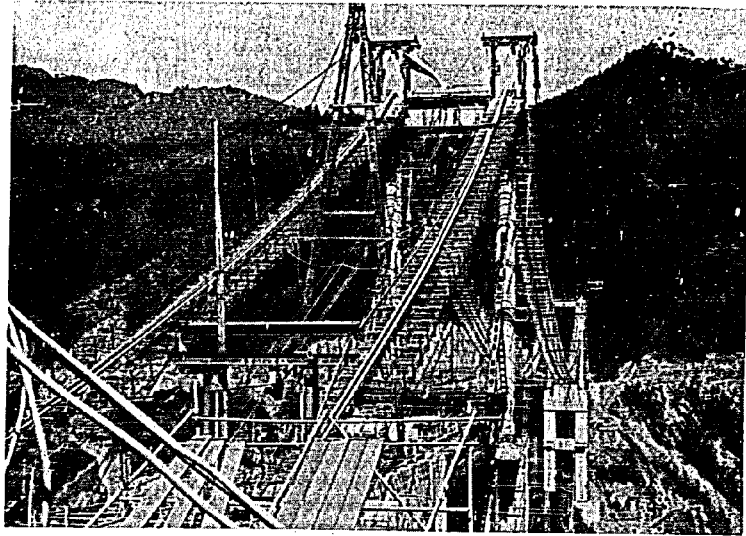


写真-1. 右岸側より塔頂を見る（右側 PWS 工法）（a）

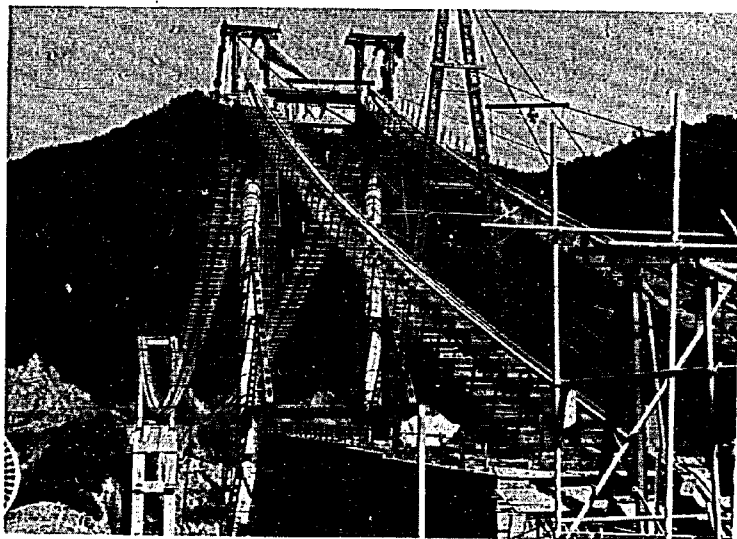


写真-2. 右岸側より吊橋を見る（b）

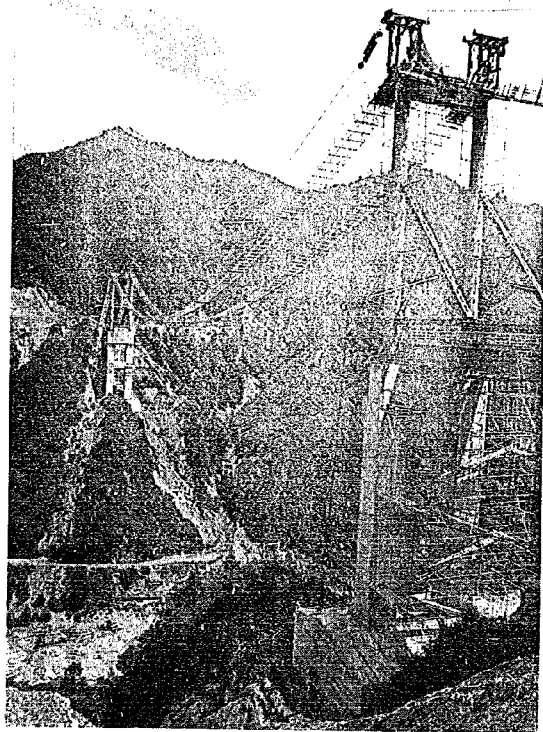


写真-3. 右岸側より吊橋を見る (C)

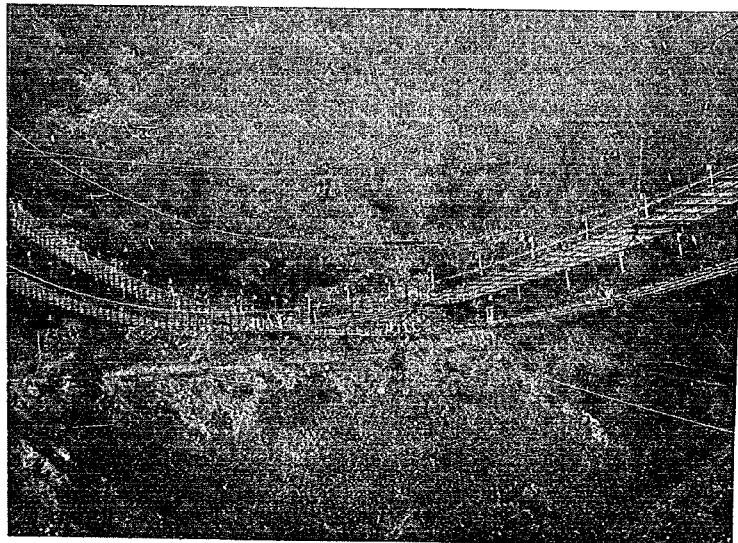


写真-4. 吊橋の中央径間

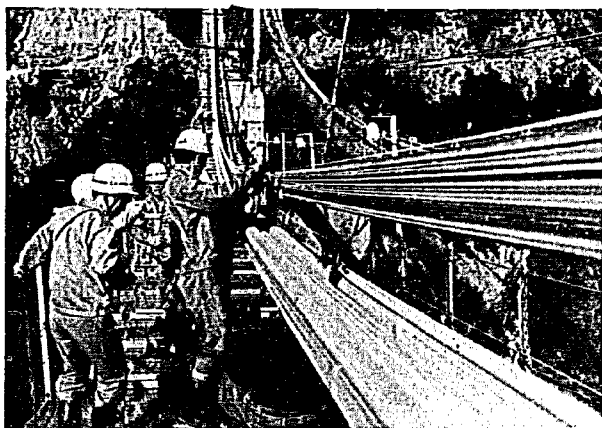


写真-5. AS工法ストランドの調整



写真-6. 塔頂より中央径間を見る
(AS工法ストランド用キャットウォーク)

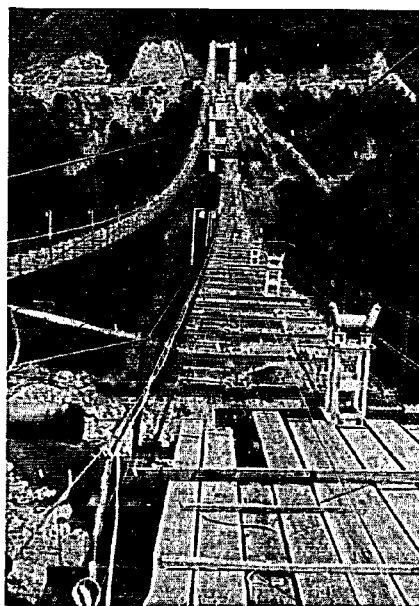


写真-7. 右岸側塔頂サドルより中央径間
プレハブストランド側のキャットウォークを見る

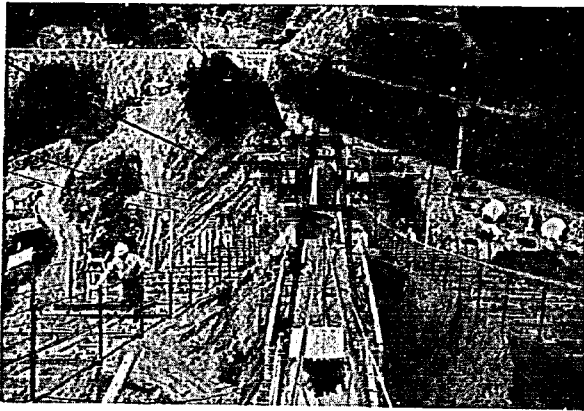


写真-8.

右岸側塔頂より右岸側径間を見る



写真-9. 左岸側径間のプレハブストランド架設状況
(1ストランドは2回の小ストランドの引き出しによる)

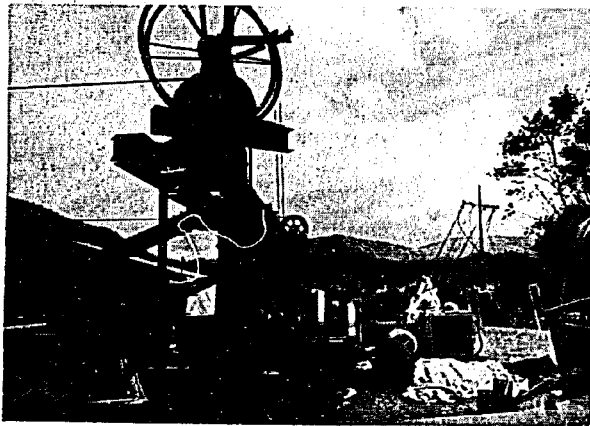


写真-10. 曳索駆動装置とコーナーベンド

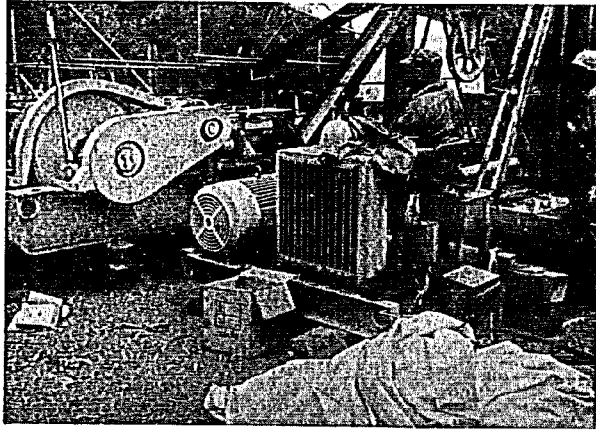


写真-11. 曳索駆動装置

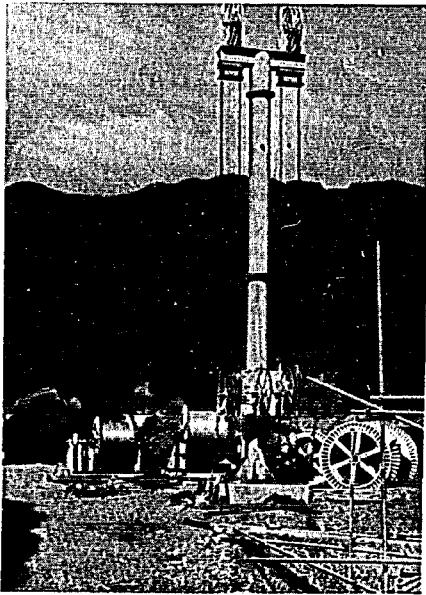


写真-12. エアスピニング用アンローラーと
テンショングタワー (a)



写真-13. エアスピニング用アンローラーと
テンショングタワー (b)

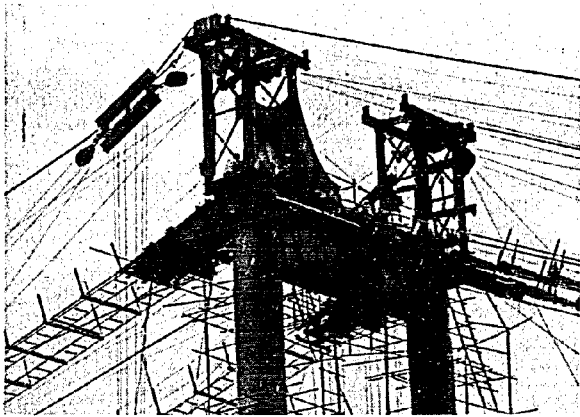


写真-14. 塔 頂

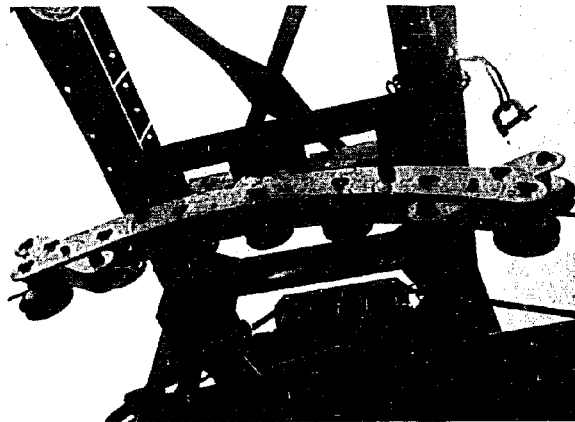


写真-15. 塔頂に於けるトラムウェイガイドロープ

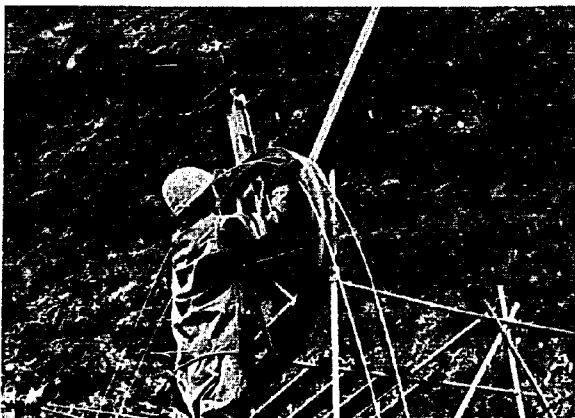


写真-16. スピニングホイール（AS工法用）

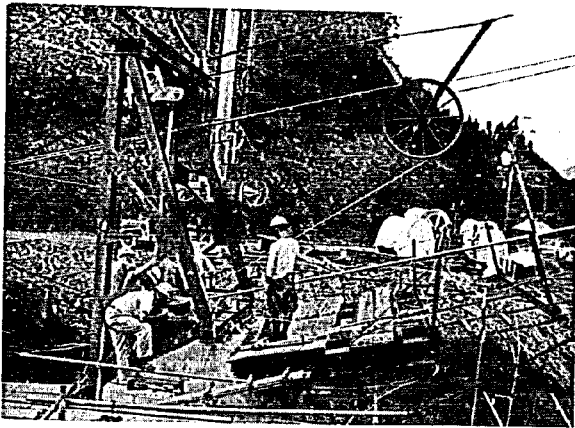


写真-17. 右岸側径間より索線の引き出しを開始する

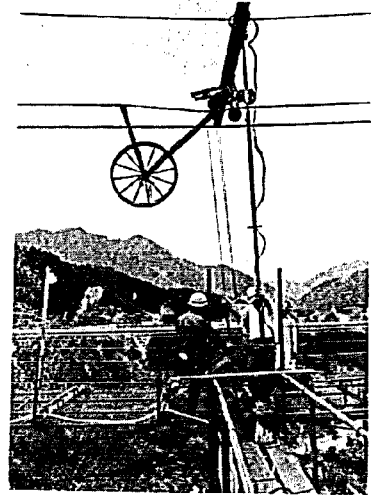


写真-18. クロスフレームに於ける索線
運搬中のエースピニングホイール

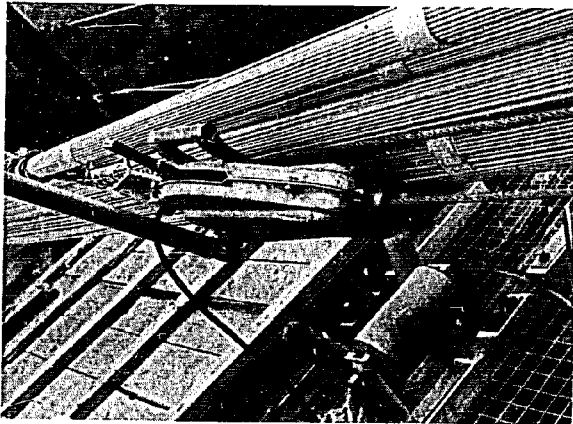


写真-19. ワイヤースグ調整用チルホール

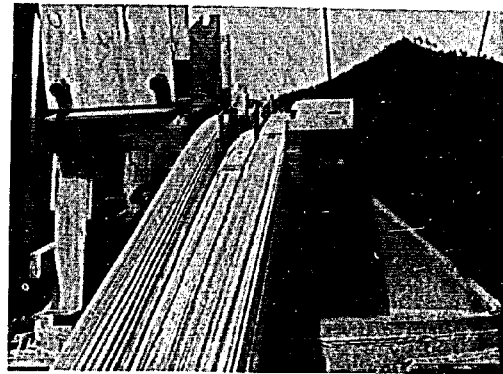


写真-20. 塔頂サドルに於けるエースピニ
ングストランド

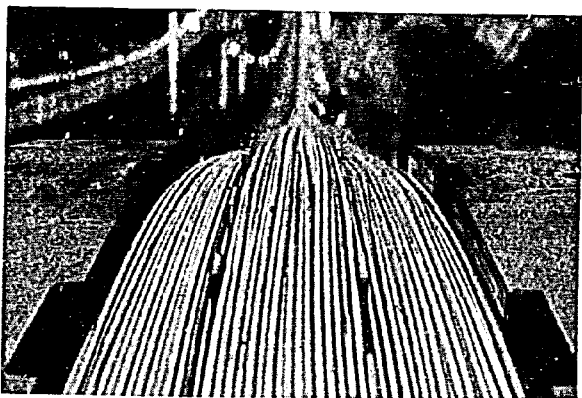


写真-21. 塔頂サドルへおさまったプレハブストランド

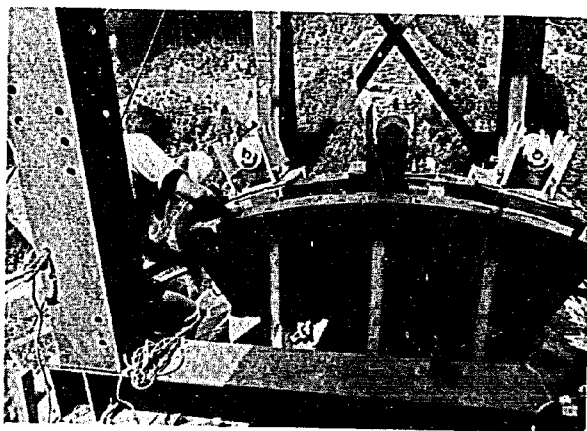


写真-22. エアースピニング用塔頂サドル

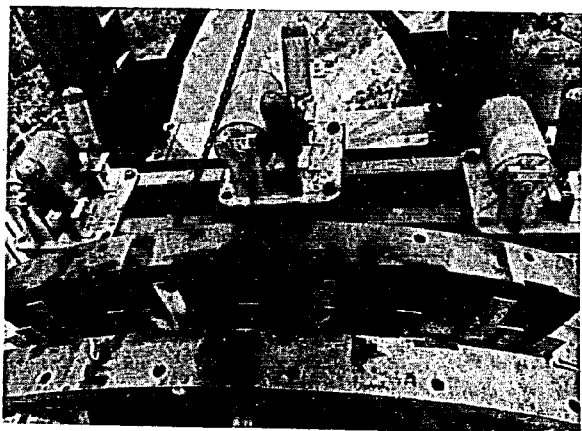


写真-23. プレハブストランド用塔頂サドル

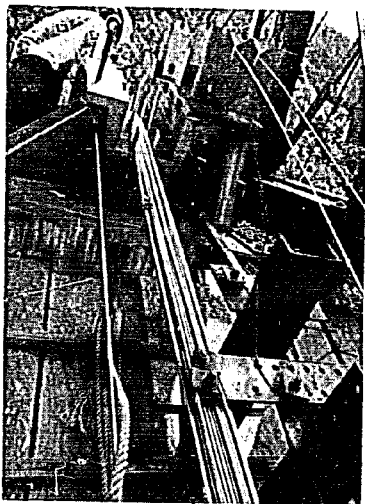


写真-26. エアスピニング工法による
塔頂サドルの架設状況

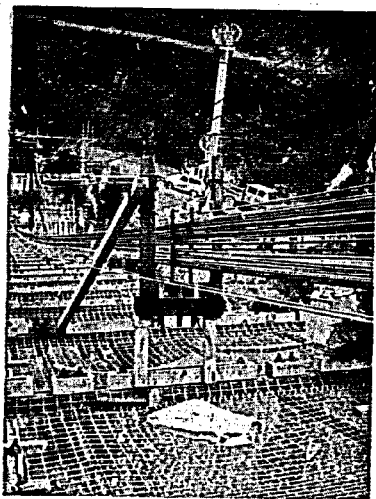


写真-27. エアスピニング用ストラ
ンドホームーと索線のばらつき

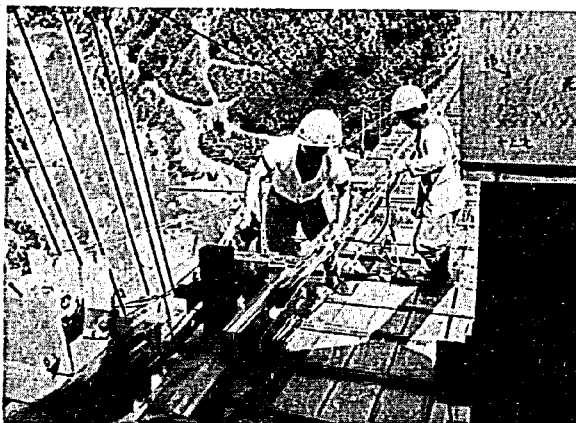


写真-24. 塔頂サドルに於けるサグ調整作業(AS工法)

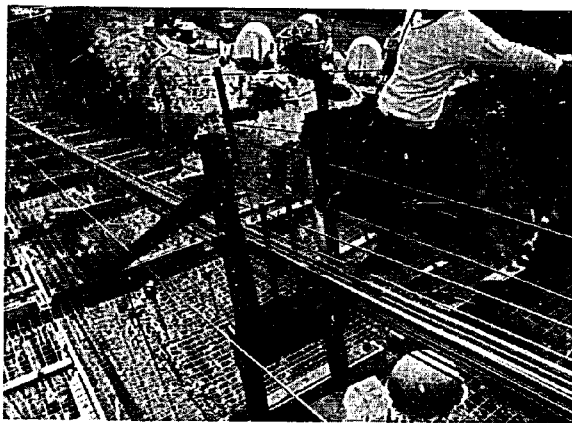


写真-25. エアスピニング用ストラ
ンドホームーとサグ調整作業

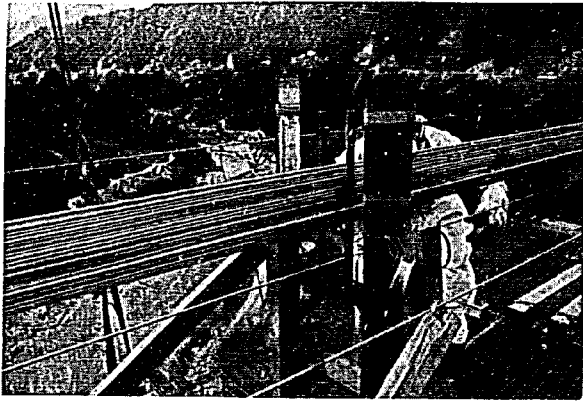


写真-28. 中央径間に於けるサグ調整とストランドホルマー(AS工法)

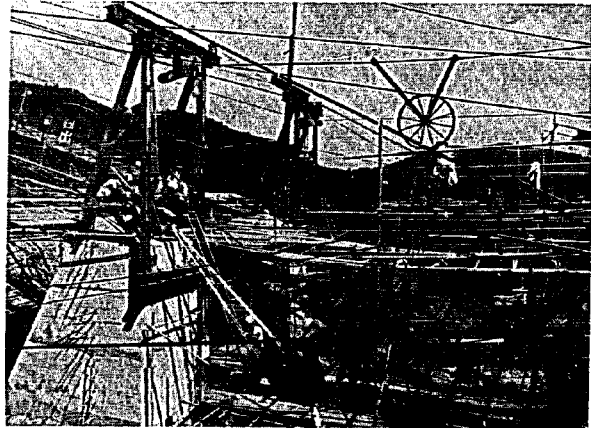


写真-29. 右岸側アンカーサドル及びアンカーシーブ(AS工法)

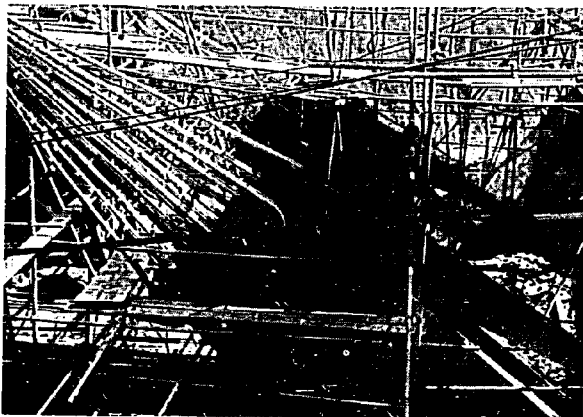


写真-30. 右岸側アンカーシーブ索線の固定(AS工法)

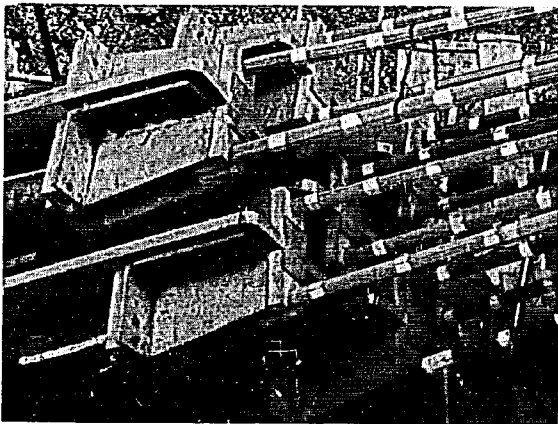


写真-32. プレハブストランド用アンカー (b)

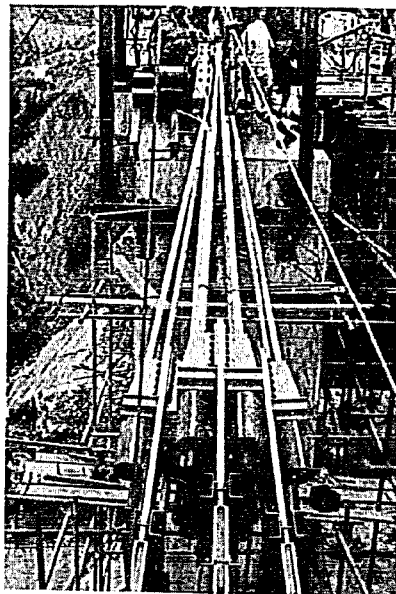


写真-31. プレハブストランド用アンカー (a)

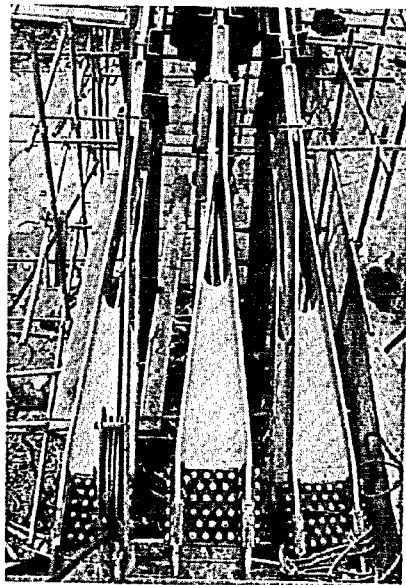


写真-33. プレハブストランド用アンカー (c)