

(18) 松川浦大橋 (仮称) の設計・施工

福島県相馬港湾建設事務所 高野 勝昭
 新構造技術株式会社 正会員 曾川 文次
 新構造技術株式会社 ○河原 史直
 川田・オリエンタル共同企業体 秋山 照義

1. まえがき

松川浦大橋(仮称)は、福島県相馬市に所在する松川浦漁港の修築事業の一環として既存漁港の原釜地区と新設漁港の鶴尾崎地区を航路を跨いで連絡する道路橋である。本橋は松川浦県立自然公園に隣接する立地環境にあるため計画検討においては学識経験者、相馬市、地元の漁協関係者及び福島県などにより構成された「松川浦大橋(仮称)検討委員会(委員長:窪田陽一埼玉大学助教授)」により広範な意見のもとに景観に対する配慮がなされ、3

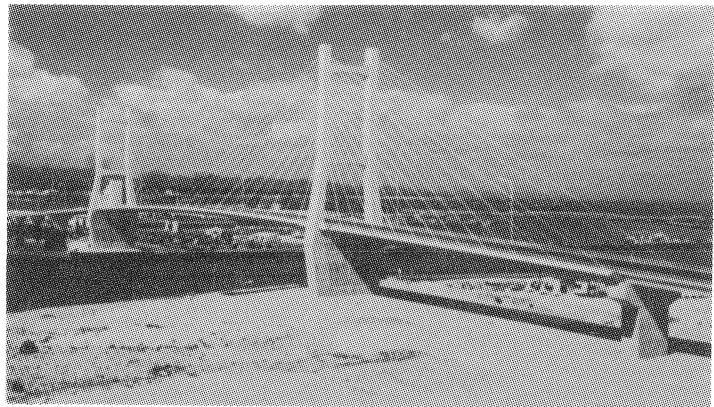


写真-1 フォトモンタージュ

径間連続コンクリート斜張橋に決定した。また、施工にあたっては「松川浦大橋(仮称)架設計画検討委員会(委員長:池田尚治横浜国立大学教授)」を設置し、専門的な検討が加えられた。

本論文は、松川浦大橋(仮称)の内、斜張橋部の設計及び施工の概要について述べるものである。

2. 工事概要

本橋の工事概要は以下の通りである。

工事名: 漁港改修工事

松川浦大橋PC斜張橋上部工

工事箇所: 福島県相馬市尾浜字追川地内 松川浦漁港

橋種: コンクリート道路橋

工期: 平成3年7月~平成6年3月

橋梁形式: 3径間連続コンクリート斜張橋

橋格: 1等橋(第3種3級 A交通)

橋長: 286.6m(主橋部)

支間割: 70.0m+145.0m+70.0m(主橋部)

有効幅員: 車道部7.25m、歩道部2.25m

区分	種別	仕様	単位	数量	
主塔	コンクリート	$\sigma_{ck}=400 \text{ kgf/cm}^2$	m ³	631.8	
	鉄筋	SD30	t	120.0	
	鉄骨	SS41	〃	24.5	
主桁	コンクリート	$\sigma_{ck}=400 \text{ kgf/cm}^2$	m ³	2582.0	
	鉄筋	SD30	t	732.2	
	P C 鋼材	主桁連続	SEEE PAC 7T13B	〃	6.4
		主桁架設	SBPR95/120 ϕ 32	〃	7.0
	横桁	SEEE ㄱ型	〃	8.8	
	斜材ケーブル	SEEE F-PH型	t	90.7	

表-1 主要工事数量(上部工)

平面線形: R = ∞

勾配: 縦断5% (VCL=145.0m)、横断2.0%

基礎形式: 直接基礎

橋脚: 1室中空断面(RC構造)

主塔: H形(RC構造)

主桁: 箱桁断面(RCおよびPC構造)

斜材: 準ハープ型、2面吊り

工事数量: 表-1に示す。

3. 構造および設計

全体一般図を図-1に示す。

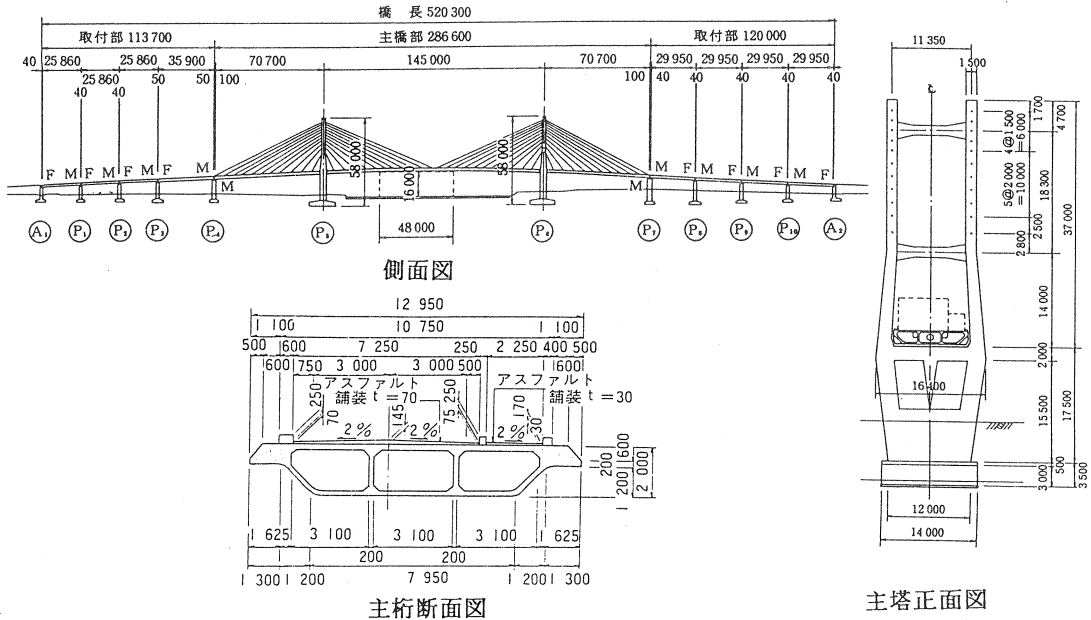


図-1 松川浦大橋全体一般図

3-1. 基本構造の計画

主要な基本構造は以下の経緯で決定した。

- 1) スパン割; 松川浦の航路部は潮流が激しく橋脚を海中部に設置すると、①漁船の繰船上、橋脚が障害となり危険である、②海中施工となり施工性が悪い、③海中施工は工費がかさみ主橋部の橋長延長と工費的に差が少ない、などの理由により航路部の橋脚は護岸背面の陸上部に設置することとし、フーチングの大きさ等を考慮して中央径間長を14.5mとした。また、側径間長は、死荷重による主塔のアンバランスモーメントを小さくし、主桁端支点の死荷重による反力力の発生を抑えるなどの全体構造の力学的バランスを考慮して7.0mに決定した。
- 2) 構造形式; 主桁の支持形式は呼子大橋での研究成果などを参考にして橋軸方向地震時に地震力の低減が計れるフローティングタイプ(主塔と橋脚は剛結、主桁は主塔部で支承による鉛直支持をしない形式)を採用した。
- 3) 主桁断面形状; 本橋は海岸地域にあるので塩害に対して有効な箱型断面を採用した。桁高は箱桁の施工性より最小限度と考えられる2.0mに決定した。断面形状は床版をRC床版とした3室構造とし、耐風安定性の向上を考慮して、外ウェブを傾斜させ、ウインドノーズを有する断面とした。
- 4) 斜材配置; 主桁のブロック長は一般的な2主桁中型ワーゲンを想定し、検討した結果、3.0mから3.5m程度が適当となった。また、斜材の吊点間隔は架設時応力度、ワーゲン能力を考慮し、2ブロック張出すごとに1段斜材を配置することとし、6mから7mとした。その結果、斜材段数は11段となった。斜材の側面配置形状は、主桁の地震時移動量及び主桁曲げモーメントの活荷重特性を考慮して準ハープ形に決定した。
- 5) 主塔形状; 施工性に優れ、主塔高と幅員の関係から景観上のバランスのとれるH型を採用した。

3-2. 解析

橋軸方向の断面力の算出は平面骨組構造解析により行い、コンクリートのクリープ・乾燥収縮による断面力の算出には構造系の変化と部材の材令差を考慮した。また、活荷重断面力は影響線解析により算出した。

地震による断面力は橋軸方向・橋軸直角方向ともに動的立体骨組構造解析(応答スペクトル法)により算出した。横桁の断面力は主桁を橋軸方向に一定区間取り出してモデル化し、平面格子構造解析により算出した。

3-3. 主桁の設計

本橋は航路を跨ぐため桁下に支保工などが立てられないなどの理由から張り出し架設工法を採用した。

3-1. 3) で述べたように本橋の主桁は桁高2.0m、(桁高/スパン)比=1/72.5と近年の斜張橋の中では比較的剛性が高い。これは、主桁の応力レベルが低く抑えられていることを示している。このことと、斜材により主桁に作用する軸力を十分に活用することによって主桁にRC構造を容易に取り入れられると判断された。これにより主桁内の鋼材量を図-2に示すように低く抑えることができ、また、従来のPC斜張橋に見られる主桁内プレストレスと斜材による主桁軸力の卓越に伴う主桁断面の増厚の必要等の不合理が回避できた。

以下に主桁の設計方針および設計結果を示す。

1) 死荷重作用時は各断面でクリープによる引張力を発生させないために全断面圧縮状態とする。全断面を有効とした曲げ応力度計算(以下、全断面有効計算と呼ぶ)で引張応力度の出る断面では上下床版にPC鋼材を配置し、プレストレスの導入をする。鋼材配置は、主桁内のPC鋼材の偏心による二次力の発生を防ぐために鋼材図心と断面図心を一致させる(軸力配置)。本橋の場合、図-2に示すように、PC鋼材(SEE PAC 7T13B)を側径間端部および中央径間中央の上下床版に10本から19本軸力配置した結果、コンクリートの応力度は $4\text{kgf/cm}^2 \sim 48\text{kgf/cm}^2$ と全断面圧縮状態となった。

2) 設計荷重作用時において全断面有効計算により、曲げ応力度がPC部材としてのコンクリートの許容引張応力度を越える断面ではRC部材として計算を行い、鉄筋による断面補強を行う。この場合、鉄筋の許容引張応力度は 1400kgf/cm^2 に制限する。また、曲げひびわれ幅についてはコンクリート標準示方書に準拠して照査を行う。設計荷重作用時の曲げひびわれ幅の計算は海岸部であるので腐食性環境とし、活荷重50%載荷として行なうこととする。本橋の場合、下縁側(Mmax時)では図-2の軸方向鉄筋下床版のD16以外の鉄筋が配置されている部分でRC計算を行っている。上縁側(Mmin時)では全断面圧縮状態であった。曲げひびわれの照査は下縁側のRC計算で鉄筋応力度が最大となった断面(側径間の上から3段目の斜材定着部周辺、 $\sigma_s = 1173\text{kgf/cm}^2$)で行った結果、許容ひびわれ幅0.25mmに対し0.14mmと小さな値となった。

3) 架設時において全断面有効計算を行い、上縁でコンクリートに 30kgf/cm^2 程度以上の引張応力度の出る断面では、架設鋼棒によりコンクリート引張応力度をひびわれ防止のため 30kgf/cm^2 程度までに抑える(架設計画検討委員会でコンクリートのひびわれ防止引張応力度を決定)。次に、曲げ応力度がPC部材としての

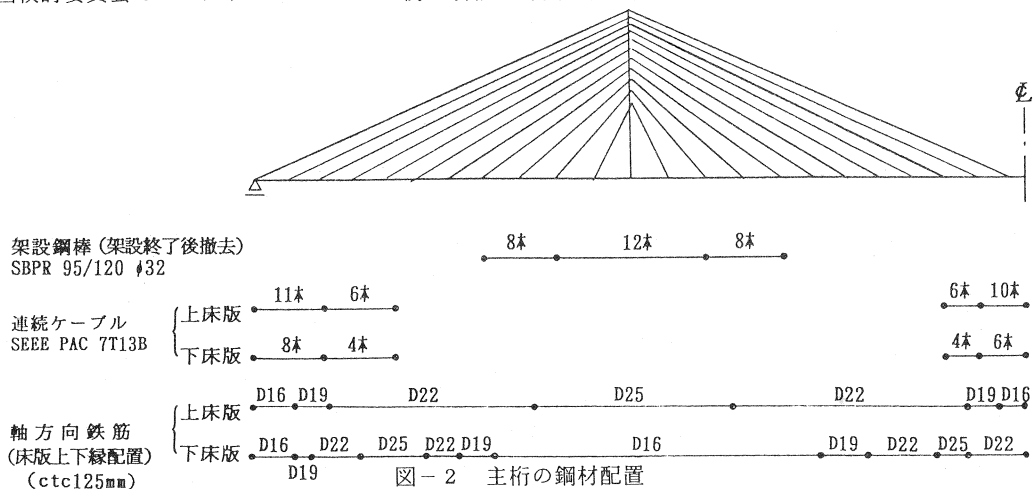


図-2 主桁の鋼材配置

コンクリートの許容引張応力度を越える断面ではRC部材として計算を行い、鉄筋による断面補強を行う。この場合、鉄筋の許容引張応力度は設計荷重作用時の $1400\text{kgf}/\text{m}^2$ に施工時割増しを考慮して $1750\text{kgf}/\text{m}^2$ とする。また、同時に曲げひびわれ幅の照査も行う。曲げひびわれ幅の照査は一時的であるので一般の環境とする。なお、架設鋼棒は、架設終了後撤去する。本橋の場合、架設鋼棒(SBPR 95/120 $\phi 32\text{mm}$)を図-2に示す範囲で上床版下側にアウトケーブルで配置した。また、図-2の軸方向鉄筋上床版のD16以外の鉄筋が配置されている部分でRC計算を行っている。曲げひびわれの照査は上縁引張のRC計算で鉄筋応力度が最大となった断面(中央径間の最下段の斜材定着部周辺、 $\sigma_s=1610\text{kgf}/\text{m}^2$)で行った結果、許容ひびわれ幅0.24mmに対し0.20mmと許容値を満足した。

4) 地震時においても全断面有効計算を行い、曲げ応力度がP C部材としてのコンクリートの許容引張応力度(便宜的に設計荷重作用時の許容値とする)を越える断面はRC部材として計算を行い、鉄筋による断面補強を行う。この場合、鉄筋の許容引張応力度は $2700\text{kgf}/\text{m}^2$ とする。本橋の場合、橋軸方向地震時、橋軸直角方向地震時ともに設計荷重作用時および架設時で決定した鋼材配置で許容値を満足した。

5) 「道示」に従って終局荷重作用時の照査を行う。本橋の場合、設計荷重作用時(下縁側引張)および橋軸方向地震時において決定された鉄筋径が、終局荷重作用時の照査で変更になる断面があった。

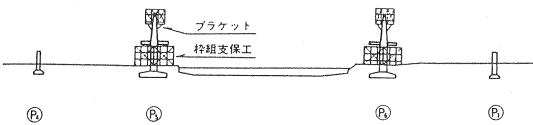
3-4. 横桁の設計

横桁は各斜材定着部および主塔位置に設けた。設計は「道示」に従って行なった結果、最下段斜材定着横桁でSEEE F230を2本、その他の斜材定着横桁でSEEE F190を2本配置してP C部材として設計した。なお、主塔位置の横桁は斜材定着横桁でないでRC部材として設計している。

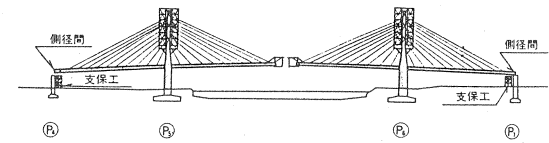
3-5. 主塔の設計

主塔はRC部材として、橋軸方向および橋軸直角方向について検討し、主に橋軸直角方向地震時の応力が

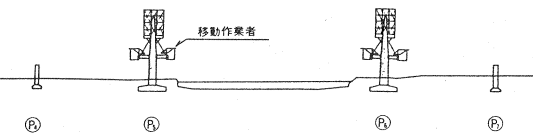
STEP 1 主塔を総足場にて6ブロック施工後、鋼製ブラケットを取り付け足場を盛り替えて枠組支保工にて柱頭部を施工する。



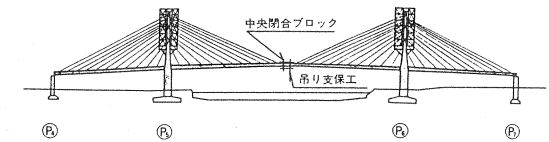
STEP 4 側径間側張出し施工完了後、側径間を地上からの支保工にて施工し、中央径間側残りのブロックの張出し施工を行なう。



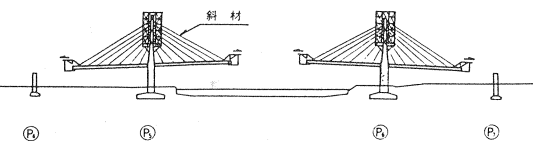
STEP 2 柱頭部斜材架設完了後緊張を行ない支保工を解体する。移動作業車を組み立てる。



STEP 5 中央閉合ブロックを吊り支保工にて施工する。



STEP 3 斜材張力調整を行ないながら、主桁主塔共に順次ブロック施工を行なう。



STEP 6 構造完成後、斜材の最終張力調整を行ない橋面工を施工する。

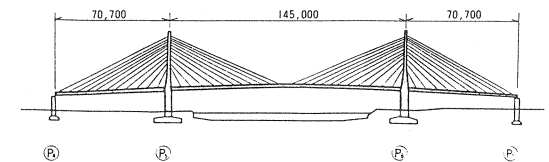


図-3 施工順序図

支配的であった。なお、主塔柱には斜材の定着位置の精度を増すために鉄骨を埋設した。

3-6. 斜材の設計

斜材は取扱いが容易で、定着部がコンパクトにできるものを選定し(SEEE F-PH型)、1面1段あたり2本とした。また、斜材の許容引張力は、架設時:0.6Pu、設計荷重作用時:0.4Puとした。

3-7. 耐風安定性の照査

本橋では阪神道路公団の「耐風設計における動的照査法(案)」に基づいて低風速域での渦励振、高風速域での発散振動について耐風安定性の照査を行い、問題のないことを確認した。

4. 上部工の施工

4-1. 施工概要

本橋の施工は、図-3に示す順序で行った。張出し施工時の標準サイクルは、主桁左右各2ブロックの対称施工と主塔1ブロックの施工および斜材左右各1段のケーブル架設・緊張から成っている。

工事は平成3年9月に準備工を開始し、平成4年9月現在で斜材全11段のうち10段目の架設・緊張を完了し、側径間支保工部の施工を行っている。

4-2. 主塔の施工

主塔はリフト高さ3.0~3.5mの全11ブロックおよび上・下段横梁から成り、主鉄筋・斜材ケーシングパイプ配置用鉄骨(写真-2)を2ブロック毎に圧接・接続した後、バケットにより1ブロック毎にコンクリートを打設した。なお、足場は斜材の架設・緊張のための足場としても使用するため、総足場とした。

また、主桁張出し部のサイクル施工で主塔施工がクリティカルパスにならないようにするため、全11ブロックのうち6ブロックおよび下段横梁の施工を主桁施工に先立ち完了した。

4-3. 主桁の施工

長さ16mの柱頭部をステージングで施工し、仮固定工により主桁と橋脚を剛結構造とした後、移動作業車を組立て、1段目の斜材を架設・緊張した。その後はサイクル工程に従い、左右対称に張出し部(ブロック長3.5mおよび3m)の施工を行った。なお、コンクリートはポンプ車による配管打設とした。

写真-3に最大張出し(片側18ブロック)施工時の状況を示す。対称張出し部の施工後、側径間閉合部(ブロック長5.7m)・中央径間側片張出し部(ブロック長3m@2)および中央径間閉合部の施工を行う。

4-4. 斜材の架設・緊張

斜材の架設は、1次展開(主塔側仮定着)を行った後、2次展開(主桁側定着)を行うが、本緊張を主塔側で実施する関係上、斜材ケーブル自重によるサグを取り除くための予備緊張は、主桁側定着時に行った。

斜材の緊張は、施工時および設計時の各部応力度を許容値以下に抑えるため、1斜材につき本緊張・張力緩和・最終調整の3回を実施する必要がある。このうち、張出し施工時には最上段斜材の本緊張(約100t/ケーブル)と1段下の斜材の張力緩和(約40t/ケーブル)を行った。

緊張管理は張力管理が主となるが、マンメータの代わりにジャッキの油圧口に取り付けた圧力センサーの

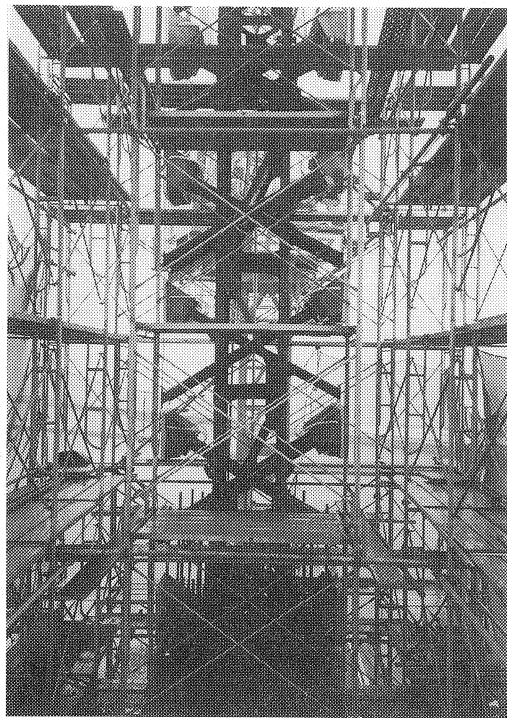


写真-2 主塔鉄骨配置状況

読み値をデジタル指示器に0.1t単位で表示することで正確を期した。

4-5. 施工上の留意点

張出し施工時に使用した移動作業車は写真-5に示すとおり2主構・4レール構造である。この構造は、以下の条件を考慮して、主桁各ウェブの主応力およびたわみが同程度になるように決定した。

- 1) 張出し施工時の主桁はRC構造。
- 2) 主桁断面が斜ウェブを有する3室箱桁で、ウェブ厚が薄い。
- 3) 作業車の重量制限より、2主構造。

平成4年9月現在、張出し施工をほぼ完了しているが、ひびわれの発生は見られない。

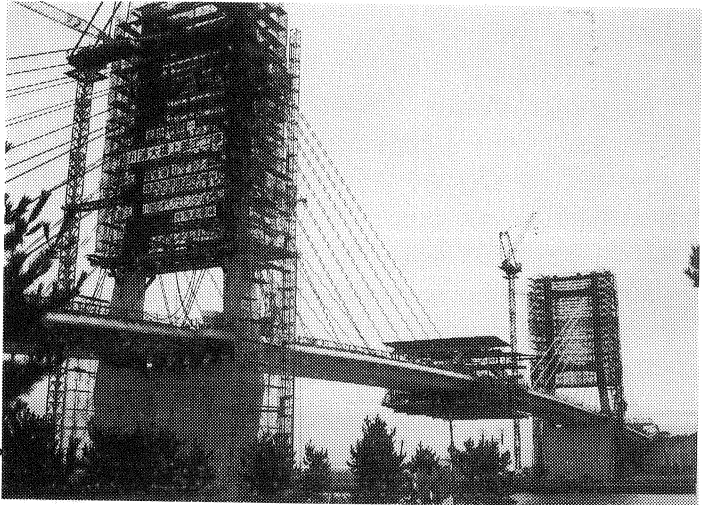


写真-3 張出し施工状況

5. あとがき

本橋は松川浦漁港の輸送施設として期待されるところであるが観光資源としても大いに期待されている。

最後に「松川浦大橋(仮称)検討委員会」窪田陽一委員長並びに「松川浦大橋(仮称)架設計画検討委員会」池田尚治委員長をはじめとする各委員の皆様および関係各位の御尽力に対し謝意を表する次第です。

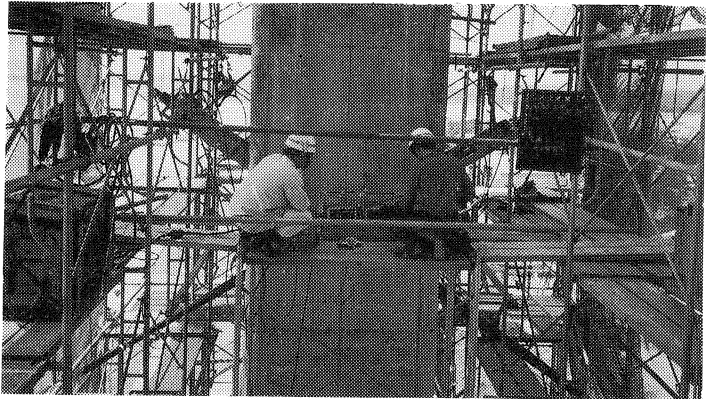


写真-4 斜材緊張状況

参考文献

- 1) 曾川・渡辺:「PC斜張橋の構造特性に関する一研究」プレストレストコンクリート, VOL. 26, No. 5, 1984
- 2) コンクリート標準示方書 設計編 土木学会、昭和61年
- 3) 耐風設計における動的照査法(案) 阪神道路公団、昭和59年3月
- 4) 高野勝昭:「松川浦大橋(仮称)の計画・設計概要」橋梁, VOL. 26, No. 10, 1990

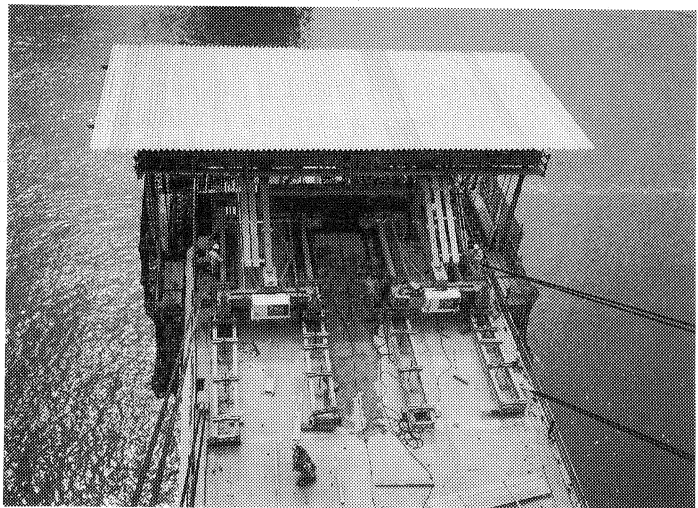


写真-5 移動作業車