

# オークランド・ハーバー橋拡幅工事

—下部構造のプレストレスト工事に従事して—

小 寺 重 郎\*  
小 林 勲\*

## 1. ま え が き

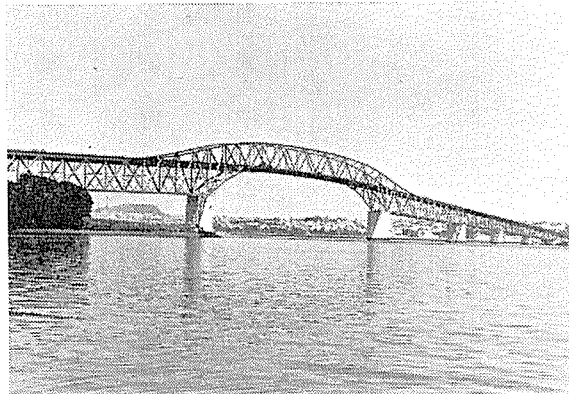
ニュージーランド国のオークランド・ハーバ橋拡幅工事は、1966年国際入札となり、石川島播磨重工業（株）がこれを受注し、1966年9月より着工した。現在、下部構造を完成し、上部桁を架設している最中である。この下部構造のうち、特にプレストレスト工法に関してわれわれがお手伝いしたので、ここに報告させていただく次第である。

本工事は、4車線の現橋（写真—1 参照）では交通容量を越える日も間近になったので、両側に2車線ずつ拡幅して、8車線の橋梁とする拡幅工事である。

上部構造は現橋が鋼トラスであり、拡幅橋は鋼トラスに隣接平行して鋼床版箱桁が架けられる。ここで最も注目されることは、現橋の基礎がケーソンであるのに対し、拡幅橋が特に新しいケーソン等の基礎をもうけず、現橋の橋脚より、両側に鋼ブラケットを張出し、この上に桁が乗せられることである。鋼ブラケットを現橋脚に定着

させる方法は、PC鋼棒を用いたプレストレスト工法である。この方法によって、新設拡幅橋の下部工事費は相当なコストダウンになっている。

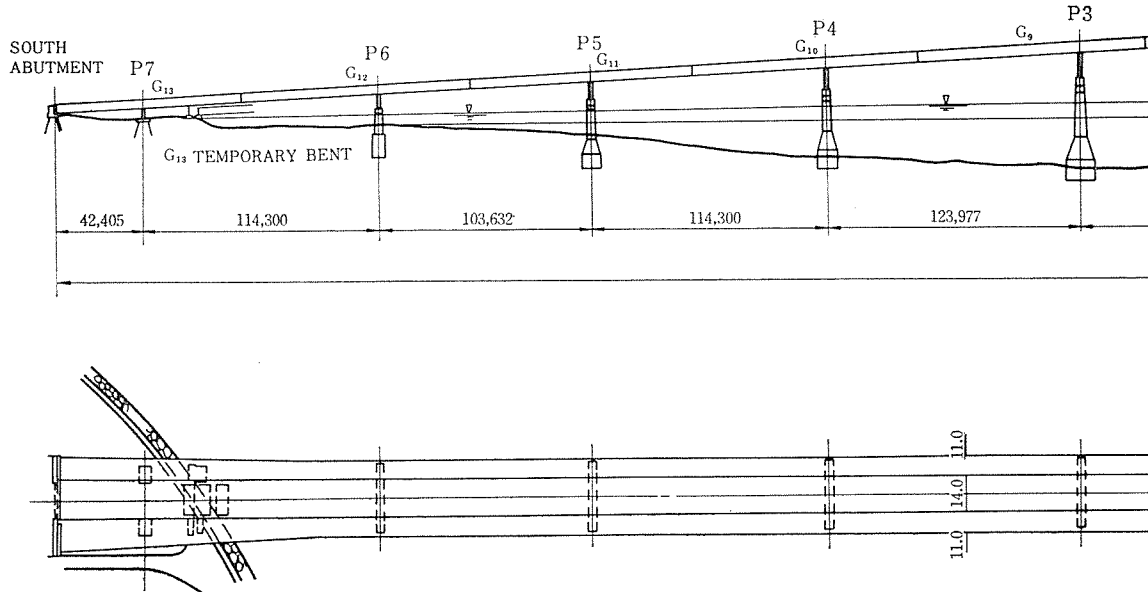
写真—1 現橋のオークランド・ハーバー橋



## 2. 工 事 概 要

工事概要はつぎのとおりである。図—1 ならびに図—2 に橋梁全般図を示す。

図—1 オークランド・ハーバー橋



\* 八千代エンジニアリング株式会社

橋梁延長：1 096.4 m  
 支 間 割：42.4+114.3+103.6+114.3  
           +124.0+177.2+243.8+176.8 m  
 幅 員：現 橋 約 14 m（4 車線）  
           拡幅橋 約 11.0 m×2（2 車線×2）  
 形 式：8 径間連続鋼床版箱桁  
 航路空間：航路幅 223 m，航路高 43 m  
 活 荷 重：(1) AASHO H 20-S 16-44  
           (2) 160 000 lb タンク，または 230 000 lb  
               キャリアー  
 路面舗装：アスファルト  
 所要鋼重量：鋼床版箱桁部 約 8 500 t  
               橋脚補強金物・支承金物 約 500 t  
               P C 鋼棒 約 30 t  
 工 期：1966 年 9 月～1969 年 7 月（35 ヶ月）  
 工 事 費：約 37 億 1 300 万円  
 請負業者：石川島播磨重工業（株）

（下部工事技術応援 八千代エンジニアリング株式会社）

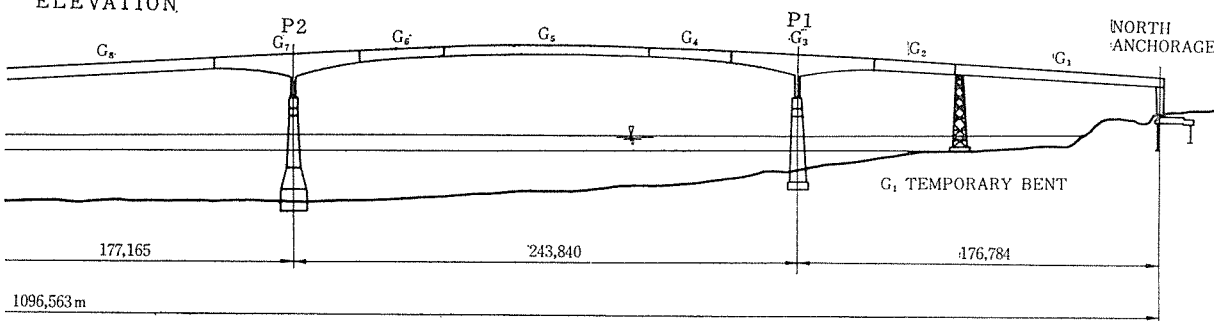
本工事は、ニュージーランドの Auckland Harbour Bridge Authority がイギリスのコンサルタントである Freeman Fox and Partners に委託し、同社の設計ならびに施工監督のもとに施工されたものである。下部工事の施工は、われわれが施工技術者となって、ニュージーランドの土木施工会社が実際に行なった。

### 3. 上部工事

本題の下部工事の説明に入る前に、簡単に拡幅橋の上

#### 拡幅工事一般図

##### ELEVATION



##### PLAN

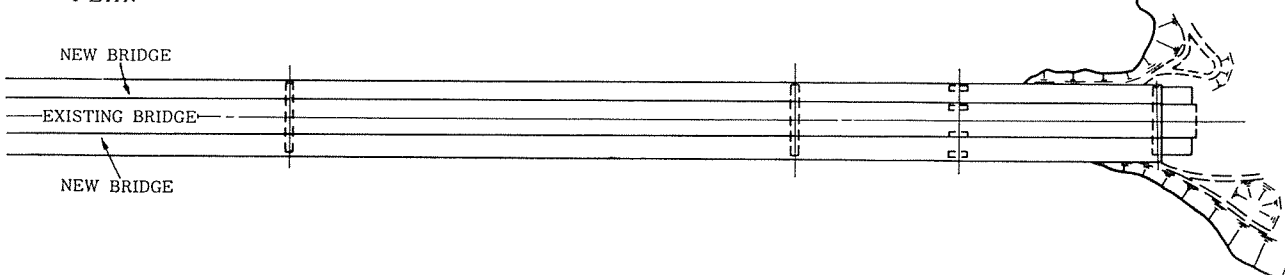
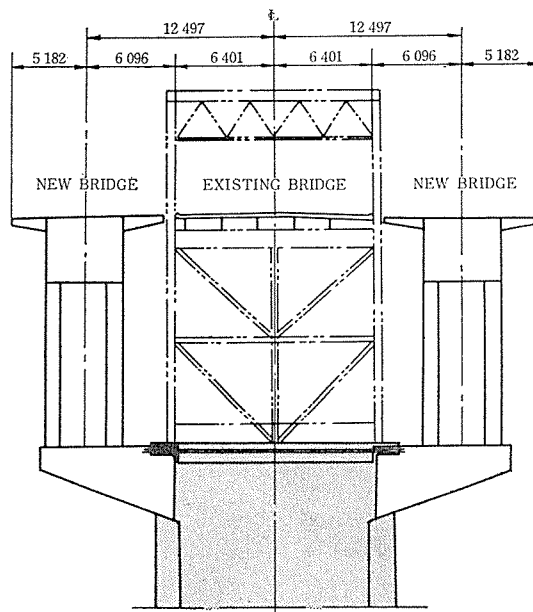


図-2 拡幅工事断面図



部工事の特長を上げることとする。

(1) 鋼床版箱桁は、工場、現場ともに全溶接が採用されている。母材は高張力鋼で、しかも溶接性の良いものが用いられている。

(2) 架設方法は、コンサルタントの架設計画が、約 168 個の小ブロックを現場溶接するものであったが、施工者が、わずか 24 個の大ブロック架設方法に変更し、これによって工期を短縮し、工事費の節減を計った。

(3) 架設機械は、1 ブロックが長さ約 100 m，幅 14 m，重さ 400 t もあり、さらに航路高が 43 m もあるため、2 隻の起重機船を日本で特別に設計製作し、はる

ばる太平洋を越えてニュージーランドまで曳航した。

(4) 大ブロックの鋼桁を日本の工場で作製して、ニュージーランドまで運ぶため、特殊運搬船が作られた。一回に3本の桁を載せて、40日サイクルで日本とニュージーランド間を8回ピストン輸送するわけである。

(5) 鋼桁の塗装方法はジンクロめっきといい、完全に近い防食法をとっている。

以上簡単に上部工事についてふれたが、別の機会に鋼橋の特殊架設ということで発表されることと思う。

#### 4. 下部工事

##### (1) 工事全般

拡幅橋のための下部工事について、図-1を参照しながら説明する。

つぎの構造物を現橋の両側に新設した。

北橋台×2基：場所打ちコンクリート杭

南橋台×2基：鋼管杭

橋脚P<sub>7</sub>×2基：鋼管杭

橋脚P<sub>1</sub>~P<sub>6</sub>：鋼ブラケットの張出し（プレストレス）

架設用仮基礎G<sub>1</sub>：水中フーチング

架設用仮基礎G<sub>13</sub>：フーチング

以下の報告には、プレストレス工法を用いる橋脚P<sub>1</sub>~P<sub>6</sub>の鋼ブラケット張出し工事についてのみ記す。

##### (2) 鋼ブラケットの張出しの設計

設計はすべてコンサルタントの Freeman Fox and Partners が行ったものであり、施工者はその設計計算書を見ることができなかった。しかし、PC鋼棒の緊張力決定等に一部設計のお手伝いをし、その設計方針が幾分わかったので、一応説明する。

図-3を見るとわかるとおり、橋脚P<sub>1</sub>~P<sub>6</sub>は拡幅橋のために新しい基礎をもうけず、現橋の橋脚より鋼ブラケットを張出し、この上に桁を乗せるわけである。したがって、拡幅橋の荷重が現橋脚に加えられ、基礎反力は約2倍になるわけである。これは、現橋も拡幅橋も同一コンサルタントが、設計ならびに施工監督しているので、このような設計が生れたことと思う。さて、この鋼ブラケットを橋脚に圧着するのにPC鋼棒を用いてプレストレスを与える。現橋の橋脚頭部の構造は、上部鋼トラスのトレスルの化粧壁になっているので、この化粧壁の一部をはつり取り、PC鋼棒を配置して、新コンクリートを打設する。

この構造の設計理論は、上部荷重ならびに鋼ブラケットの自重による回転モーメントに対して、鋼ブラケット

図-3 橋梁拡幅のための現橋脚より鋼製ブラケットの張出し図

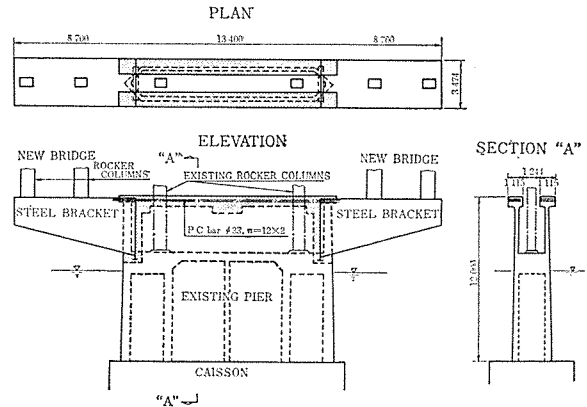
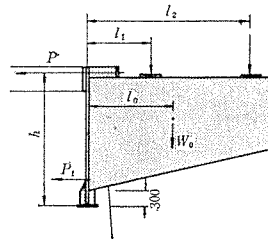


表-1 鋼ブラケットの設計条件

橋脚	鋼ブラケット		上部構造荷重				PC鋼棒プレストレス		
	W <sub>0</sub> (t)	l <sub>0</sub> (m)	R <sub>1</sub> (t)	l <sub>1</sub> (m)	R <sub>2</sub> (t)	l <sub>2</sub> (m)	P (t)	h (m)	P' (t)
1	28.4	2.76	956	1.15	956	5.26	960	8.31	1142
2	28.4	2.76	916	1.15	916	5.26	960	8.31	1142
3	28.0	2.76	533	1.15	533	5.26	720	8.31	874
4	22.3	3.60	444	3.74	444	7.85	1080	5.13	1270
5	22.4	3.60	382	3.66	382	7.85	960	5.13	1172
6	21.8	3.70	403	3.66	403	7.80	1080	4.52	1267



- 記号
- W<sub>0</sub> : 鋼ブラケットの重量
  - l<sub>0</sub> : 鋼ブラケットの重心までの距離
  - R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub> : 上部構造の荷重
  - l<sub>1</sub>, l<sub>2</sub> : 上部構造荷重までの距離
  - P : 有効プレストレス
  - P' : 初期プレストレス
  - h : プレストレスの高さ
  - P<sub>1</sub> : 一時的プレストレス

頂部にプレストレスを与えて抵抗しようとするものである。表-1に設計条件を示す。

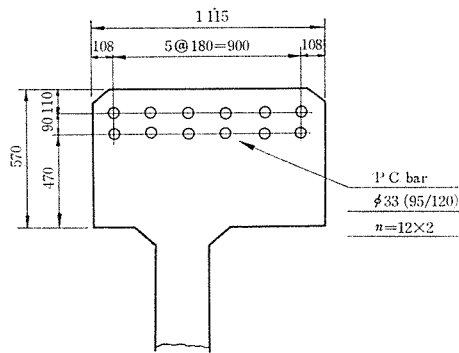
a) PC鋼棒の緊張力算定 a点を回転中心として、荷重R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, W<sub>0</sub>による回転モーメントに対し、PC鋼棒によるプレストレスの抵抗モーメントが等しくなるようにする。

$$\sum M_a = 0 \quad \therefore R_1 l_1 + R_2 l_2 + W_0 l_0 - Ph = 0$$

上式よりPC鋼棒の緊張力Pを算定するわけであるが、もちろんPC鋼棒のレラクセーションならびにコンクリートのクリープ、乾燥収縮によるPC鋼棒の緊張力の減少量と、さらにPC鋼棒とシースとの摩擦損失量との合計約19%を付加する。この結果、ブラケット頭部に900t~1200tのプレストレスを与える必要があり、PC鋼棒φ33mm ディビダーク3種(SBPC 95/120)を24本配置する。図-4は片側に12本配置したものである。

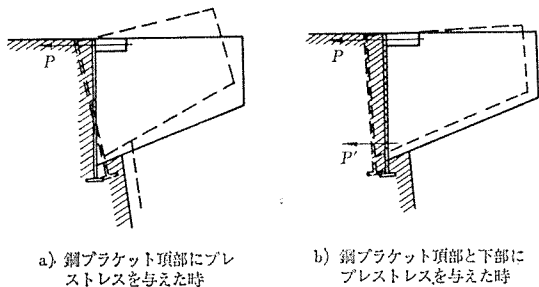
ここで、PC鋼棒を単にプレストレス材として扱ったが、別の見地からみると、PC鋼棒が、左右の鋼ブラケットを結んでおり、タイバーの働きをしている。したがって、もし、グラウトの付着が切れた場合でも安全である。

図-4 P C 棒配置詳細図



**b) 鋼ブラケット背面のコンクリート応力度** 鋼ブラケット背面が橋脚コンクリートの弾性床上にのっているものとし、鋼ブラケットは剛体と仮定する。鋼ブラケットをすえ付けて、上部荷重をのせる前に、鋼ブラケットの頂部をプレストレスで圧着すると、鋼ブラケットの下部が前面に動き、前面のコンクリートを押し出してしまう（図-5 a) 参照）。そこで、鋼ブラケットの下部に P C 鋼棒を用いて、一時的プレストレス  $P_t$  を与える（図-5 b) 参照）。この一時的プレストレスは、上部荷重が鋼ブラケットの上に乗せられたのちに解放される。

図-5 鋼製ブラケット背面のコンクリート応力度



a) 鋼ブラケット頂部にプレ  
ストレスを与えた時

b) 鋼ブラケット頂部と下部に  
プレストレスを与えた時

つぎにコンクリートの応力度を計算する施工段階を示す。

- ① 鋼ブラケットをすえ付け、コンクリート硬化後、鋼ブラケットの頂部ならびに下部の P C 鋼棒を緊張する。
- ② その後、この鋼ブラケットの上に鋼桁を乗せる。
- ③ 鋼ブラケット下部の一時的プレストレスを解放する。
- ④ 橋梁しゅん工時（全死荷重載荷）
- ⑤ 設計荷重時（2年後、活荷重載荷）

以上の各段階について、コンクリート応力度計算をした結果、鋼ブラケット頂部の背面で、最大  $60 \text{ kg/cm}^2$  であった。

**(3) 鋼ブラケット張出しの施工**

前述の設計にもとずいて、鋼ブラケットの張出しをづぎのように施工した。

**a) 現橋脚のコンクリートはつり（写真-2~4 参照）**

写真-2 橋脚改造のための足場

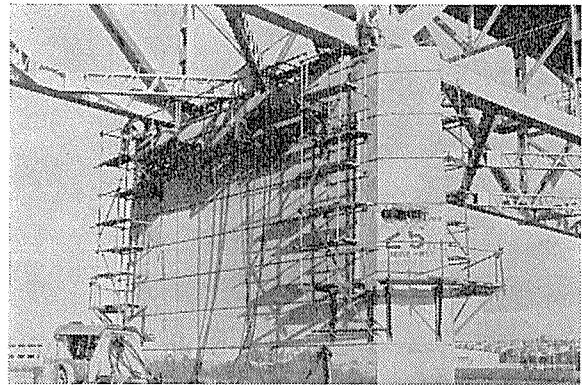
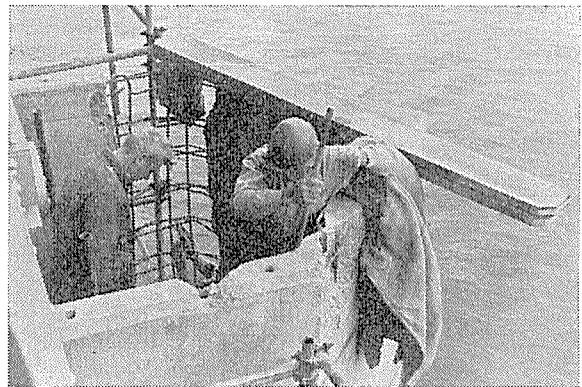


写真-3 発破による橋脚コンクリートの破壊



現橋脚周囲に足場をとりつけ、壁の頂面よりボーリング機械で必要長の穴をあけ、爆薬をつめて頂部よりコンクリート壁を順次破壊した。両側面のコンクリートは爆薬で両側のコンクリートをはつり取ったのち、大ブロックのまま、起重機船で取りのぞいた。

写真-4 大きなコンクリートブロックを起重機船ではつり取った瞬間

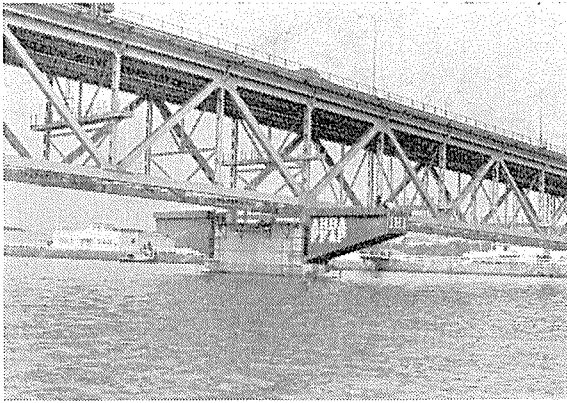


**b) 鋼ブラケットのすえ付け（写真-5 参照）** コンクリートをはつり取った両側面の中心に、鋼ブラケットをすえ付けるためのシューを配置し続いて日本で製作されて運搬されてきた約  $28 \text{ t}$  の鋼ブラケットが、起重機船で先のシューの上ですえ付けられ、ターンバックルで一時固定された。

**e) 型わく・鉄筋配置** 化粧壁頭部ならびに両側面に新しく打たれるコンクリートのための型わくを現橋に合せて組み、続いて鉄筋を配置した。

**d) P C 鋼棒加工ならびに配置** まず、P C 鋼棒の

写真-5 鋼ブラケットすえつけ終了



表面を清掃し、つぎに長さ約 10 m の PC 鋼棒にシースをかぶせた。これを型わく内の所定の位置に配置して、両側の PC 鋼棒をカップラーで連結した。グラウトホースはシースの両端ならびに中間に配置した。なお、PC 鋼棒は住友電工（株）の製品である。

e) 新しいコンクリートの打設 コンクリートの運搬はつぎの経路で行なわれた。

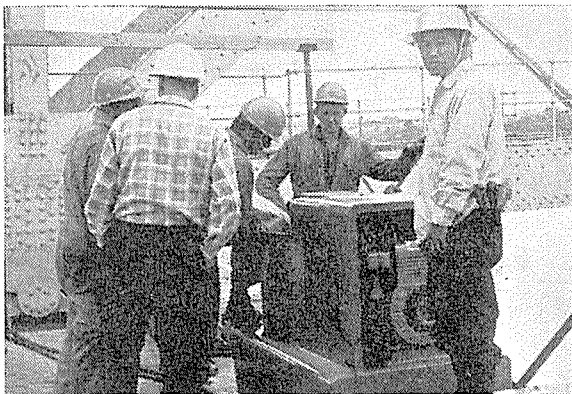
- ① 生コンクリート工場から、トラック ミキサー車で岸壁まで運搬される。
- ② 岸壁で船上のトラック ミキサー車に移しかえられ、この船は橋脚まで曳航される。
- ③ 橋脚付近で、トラック ミキサー車からバケットに受け、これを起重機で約 20 m 持ち上げホッパーにあける。
- ④ ホッパーから出てベルトコンベヤーに乗り打設位置まで運ばれる。

以上の所要時間は 50~70 分であるため、スランプ低下が起こる恐れがある。コンクリートのスランプは 8±2 cm として管理した。

f) 緊張ならびにグラウト作業 (写真-6 参照)

コンクリートの材令が 21 日になったとき、始めにブラケット下部に配置されている一時的 PC 鋼棒 2~4 本を緊張し、続いてブラケット頂部に配置されている PC 鋼棒 24 本を緊張した。緊張用のジャッキは山本扛重機(株)

写真-6 緊張後グラウト作業中



の製品で、ジャッキをすえ付ける空間が狭かったので、特別に製作した。

緊張が終ると、続いてシース内にセメントミルクのグラウトを行なった。ミルクのフロー値は日本の流下試験装置（Jロート）を用いて、7~9 秒で管理した。

最後に、鋼桁がブラケット上に載せられたとき、先に緊張してあった鋼ブラケットの下部にある PC 鋼棒の緊張力を解放して、PC 鋼棒を取りのぞいた。

以上で、一橋脚の拡幅工事が終わったわけであり、その工程を表-2 に示す。なお、写真-7, 8 に上部桁の架設始めの状況を示した。

(4) 施工上の問題点

施工途上に生じた問題点を列記してみる。

a) PC 鋼棒付近のコンクリート応力度 先の計算では、鋼ブラケットを剛体と考え、プレストレスが鋼ブ

表-2 橋脚改造の工程表

工種	日数	0	30	60	90	120	150
準備・足場		—					
コンクリート視り			—				
型わく・鉄筋				—	—		
コンクリート打設				—	—	—	
ブラケット据付け				—			
緊張・グラウト						—	
雑工							—

写真-7 特殊運搬船 1 隻, 特殊起重機船 2 隻, 大型バージ 1 隻

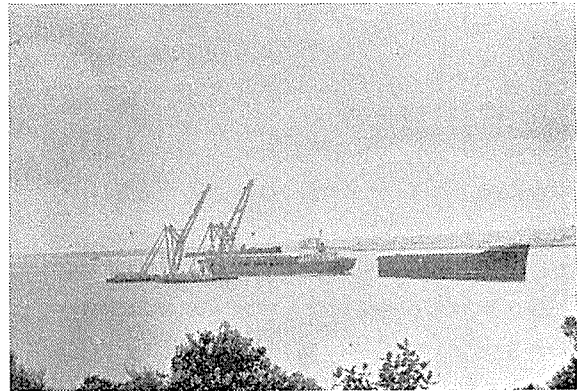
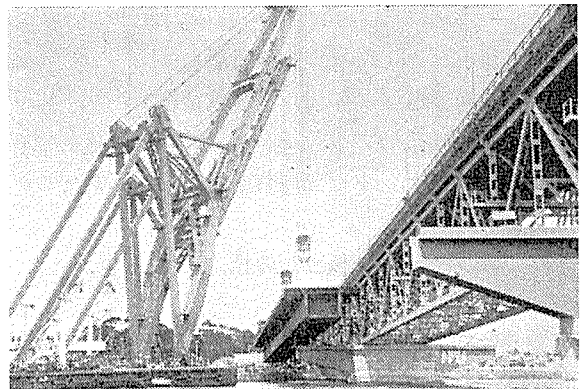
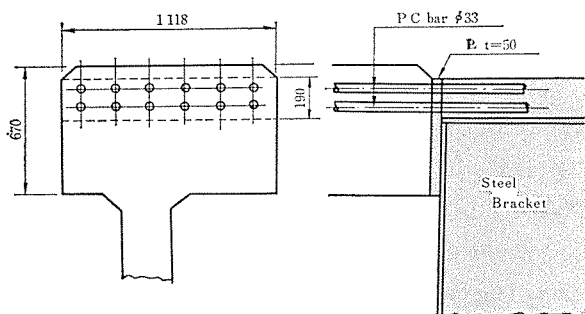


写真-8 上部鋼桁の架設



ラケット全体に加わるものとしたが、もしプレストレスが鋼ブラケット頂部のPC鋼棒付近にのみ加わった場合を考えると、図-6の斜線部分のみにプレストレスが加わり、コンクリートの応力度は  $280 \text{ kg/cm}^2$  となる。実際には先の計算の  $60 \text{ kg/cm}^2$  との中間にあると思われる。

図-6 PC鋼棒定着部付近のコンクリート応力度



**b) コンクリート打設** 施工仕様書に拡幅橋工事のために現橋をいっさい使用してはならないと規定されているため、コンクリート運搬が海上輸送になり、運搬に長時間を要した。そこで、コンクリートの運搬中にスランプ低下の起こったものには、打設前にコンクリートの混和剤であるプラスチメントを添加して、スランプの改善を計った。

**c) グラウトの収縮防止** グラウトのセメントミルクの収縮を防ぐため、アルミ粉をミルクに混ぜたが、この際、風で飛散したり、ミルクの一部分のみに混入するのをさけるため、あらかじめ少量のフライアッシュと混合しておいたアルミ粉を用いたところ、その結果は良好であった。

**d) 日本製品のPC鋼棒** わざわざ日本からPC鋼棒を運ぶことは輸送費はもちろん、梱包にも相当の費用がかかる。しかしながら、ニュージーランドは大部分の品物を輸入をしているため、日本製品でない場合はイギリスの Macalloy Bar を輸入しなければならず、納入期間に問題があった。設計者が日本のPC鋼棒の品質の優秀さを認め、進んで日本製品を使うこととした。

**e) 新旧コンクリートの打ち継ぎ** 一般に新旧コンクリートを打ち継いだ場合、新コンクリートの乾燥収縮によって、打継面にせん断力が起る。今回もこの問題を心配していたところ、旧コンクリートの壁に二、三のき

れつがあったため、これがふさがることによって問題が解決したようである。

**f) 施工中の現橋脚に対する偏心荷重** 桁架設は両側同時に行なわず、まず片側の桁のみ鋼ブラケットの上に乗せる。このとき、現橋脚に対して大きな偏心荷重が加わる。実際に片側桁架設が終ったときの橋脚の傾斜を調べたところ、15 m で 2 mm 程度の傾斜でごくわずかであった。

## 5. おわりに

一般にプレストレスコンクリートについては、よく知られ、その設計ならびに施工が多く行なわれているが、ここに紹介したような、プレストレスを利用してコンクリート構造物と鋼構造物を連結した構造は少ないと思われる。ここでは下部工事費の節減のために、実に大胆な設計であったと思う。

われわれもこのような設計を大いにとり入れてよいのではないだろうか。一例として、河川内に基礎のある橋脚等で、橋脚頭部が複雑な構造になっている場合は、橋脚を鋼構造にしたい場合がある。しかし脚柱は水中にあるのでコンクリートにしたい。こんなとき、鋼とコンクリートの結合構造が、大いに利用されてよいのではないだろうか。

イギリスのコンサルタントとともに仕事をして、日本のコンサルタントが世界に進出するためには、よりいっそうの努力をしなければならないことを痛感した。また、外国の労務者は作業中の安全に関して、他人にいわれるのではなく、自分自身でよく守っている。幸いに、大きな怪我人もなく下部工事を終了できたことはなによりであった。イギリスのコンサルタントとのクレーム（損害請求）問題についても、種々勉強になったが、紙面の都合上、別の機械に報告させていただくこととする。

現在、上部工事は最盛期にあり、現地へ遠征している方々は、イギリス人、ニュージーランド人とともに、この橋梁の完成を志して、日夜努力されていることと思う。

おわりに、この画期的な橋梁工事にわれわれを参加させて下さった石川島播磨重工業（株）の各位に感謝申し上げます。特に橋梁設計の楯次長、現場の下茂所長、菅技師、梅本技師の御指導、御協力に重ねて感謝申し上げます。

1968.6.8・受付