

ヘッダーせる PC 鋼棒について

水 馬 克 久*

1. 緒 言

PC 鋼棒は、両端に冷間ねじ転造加工を施し、かつ 2 個のナットを使用してコンクリートに圧縮力を加へるために使用されている。

しかし考えて見ると、ボルトのように一方は頭になっているものがあり、かつ PC 鋼棒でも長尺物でない限り、片端より緊張作業が行なわれている。したがって短い PC 鋼棒における非緊張側の転造ねじ（普通は短い寸法ネジ加工）とナットは単にボルトにおける頭の代用にしか過ぎない、しかし転造ねじ加工は、PC 鋼棒が高抗張力のため、転造ダイスの消耗がはなはだしくかなりの経費を必要とし、またナットも必要であるから、両者を合せるとかなりの費用となる。そこで PC 鋼棒の片端に頭を簡単に整形することができれば、少なくともナットに要する費用だけでも低減することができる。しかし PC 鋼棒に頭をつけるに要する費用が、転造ネジ加工費とナットの費用を合せたものより高価では無意味であり、一方品質の面よりは頭部の首下の部分の強度が少なくとも転造ねじの部分の強度より大なることが必要で、できれば平行部の強度と同一であることが望ましい、筆者等は種々検討した結果、亜熱間で頭を整形することが最も良いという結論に達し、約 1 年間研究の結果、昭和 38 年末この技術を工業的に完成し、昭和 39 年 1 月より日本国有鉄道新幹線まくらぎ用の PC 鋼棒に、片端頭打ちしたものを納入しその数量はすでに 12 万本を越えて良い成績をあげている。

2. 頭付 PC 鋼棒の製造方法に関する検討

上記の品質的要求を満足する頭付 PC 鋼棒（以下ヘッダー PC 鋼棒と称す）をつくるにはつぎに述べる 2 方法がある。

a) 高抗張力ボルトのごとく、素材の内に頭を熱間にて整形して、その後熱処理を行なって抗張力を高くする方法。

b) 素材を熱処理して高抗張力の鋼棒を製造し、機械的性質の低下しない方法で頭を整形する方法。

以上 2 つの方法を比較すると a) の方法の長所は、頭を整形する際に普通の鍛造温度（約 1200°C）まで加熱することができる。しかし短所としては、熱処理の際に発生するひずみは鋼棒には頭がついているので連続的に矯正することは不可能である。したがって、ハンマーまたはプレスで 1 本づつ矯正せねばならないので非生産的である。b) の方法は筆者等が開発した方法であり、簡単に述べると熱処理が終って高抗張力を有する材料を 300~350°C 位に加熱して頭を整形する方法である。加熱温度が低く、かつ高抗張力の材料のため頭の整形は a) の方法に比べてやや困難だという短所があるが、熱処理の際発生するひずみは頭を整形する前に矯正するので連続的に矯正機を通して行なうことができるし、また高抗張力の素材として貯蔵できるという長所を有している。

3. ヘッダー作業について

(1) ヘッダー作業の工程

ヘッダーを行なう工程は図-1 に示すごとく、熱処理にて必要な機械的性質を付与し、矯正機により熱処理の際発生したひずみを除去し、さらに傷検査を行なって傷のないことを確認した材料を必要な寸法に切断した後行なわれる。片端ヘッダーした鋼棒は、他端にネジ転造を行ない製造工程は終了する。

(2) ヘッダー作業の説明

ヘッダーは、前述したごとく寸法切断の終わったものに行なうのであるが、写真-1 はヘッダー作業を行なっているところを示している。写真-2 にヘッダー作業が終

図-1 PC 鋼棒の製造方法

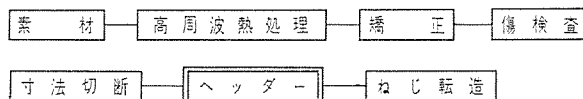
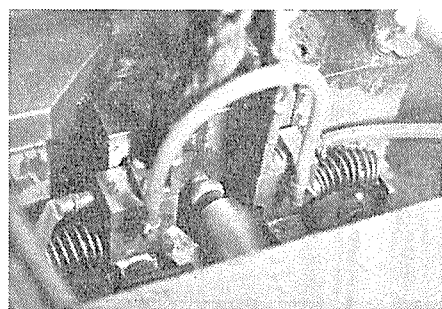


写真-1



写真-2



* 高周波熱練 KK

了した状態を示す、すなわち写真—2よりわかるごとく、ヘッダー作業を行なうには鋼棒の先端がその必要部分、高周波加熱コイル中に入る位置でチャックにして固定される。つぎに加熱コイルにあらかじめきめられた時間高周波電流が送られ、鋼棒は必要な温度まで加熱される。加熱終了と同時に加熱コイルは左右に開かれ、押棒が前進して鋼棒の先端がつぶされて、頭が整形される。押棒が後退しその後鋼棒を固定していたチャックが開き、鋼棒は取り出される。写真—3はヘッダーの終了したPC鋼棒を示す。

(3) ヘッダーの作業条件

ヘッダーPC鋼棒の機械的性質は、整形時の加熱温度と据込比により異なるので、この両者を種々変へて最適の作業条件を見出した。この結果、最高加熱温度は450℃、据込比は2.3とすれば、引張試験の際鋼棒は平行部にて切断し、頭部には何ら異状の起らないことが確認された。したがって必要な加熱長さは公称12φおよび11φ鋼棒をヘッダーする場合、それぞれ25mm、23mmとし、かつ加熱時間は4～5秒と作業条件をきめた。

(4) 頭部の形状

公称径12φおよび11φのヘッダーPC鋼棒の頭部を写真—4および写真—5に示す。

表—1は公称径12φおよび11φPC鋼棒の頭部の形状寸法の測定結果を示す。

表—1 ヘッダー頭部の形状寸法

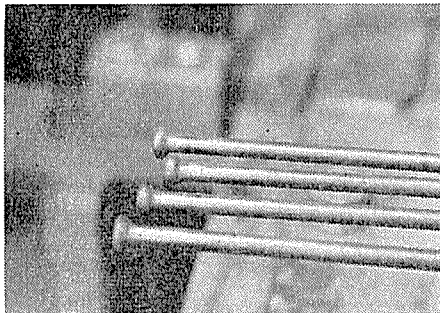
直径	公称径 12φ		公称径 11φ	
	直径 (mm)	厚さ (mm)	直径 (mm)	厚さ (mm)
	18.5~20.0	8.5~10.7	17.0~18.2	8.0~9.3
	$\bar{x}=19.0$	$\bar{x}=8.9$	$\bar{x}=17.4$	$\bar{x}=8.4$
	$R=1.5$	$R=1.5$	$R=1.2$	$R=1.3$

4. ヘッダー PC 鋼棒の機械的性質

機械的性質の試験としては、引張試験、長時間引張試験、くり返し引張疲労試験の3種類の試験を行なった。なお、試験は公称12φおよび11φの国鉄まくらぎ用PC鋼棒について行なった。

(1) PC 鋼棒に必要な機械的性質

写真—3



新幹線まくらぎ用12φPC鋼棒、および在来線まくらぎ用11φPC鋼棒については表—2に示すごとき機械的性質が要求されている。したがって転造ネジの代り

表—2 従来のPC鋼棒の機械的性質

	公称径	平行部			ネジ部
		引張荷重 (kg)	降伏点荷重 (kg)	伸び%	破壊荷重 (kg)
新幹線用	12φ	12600以上	11700以上	7以上	12100以上
在来線用	11φ	10500以上	9600以上	7以上	10000以上

にヘッダーを行なう場合は、少なくとも首下の強度がネジ部の破壊荷重以上の引張強度を有することが必要であり、できれば引張試験を行なった際に首の部分で破断せず平行部で破断することが望ましい。

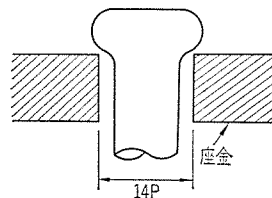
(2) 引張試験

東京衝機製の100tのアムスラー引張試験機により引張試験を行なった。なおこの際首部には図—2に示すごとき円板状の座金を使用した。その引張試験結果を表—3に示すが、その試験結果よりわかるごとく、その最低

表—3 引張試験結果

公称径 12φ	公称径 11φ
破断荷重 (kg)	破断荷重 (kg)
$\bar{x} = 13490$	$\bar{x} = 11480$
$R = 610$	$R = 170$
13170~13780	11370~11540

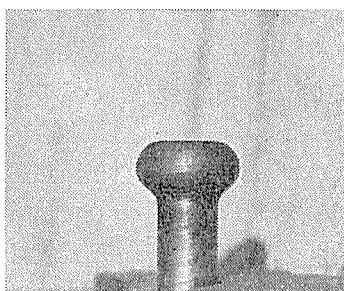
図—2 引張試験座金



値においても平行部の規定の引張荷重値より高く出ている。写真—6は引張試験における破断個所を示す。の写真よりわかるごとく破断個所はすべて平行部である。頭部の首部では、破断

したものは1本もなかった。つぎに図—3に示すごとき勾配のついた座金を使用しαを3°、6°、9°、12°と4種類にかえて曲げ引張試験を行なったが、その結果はほとんど破断荷重の低下が見られずかつ破断個所も平行部であった。

写真—4 12φヘッダ頭部



写真—5 11φヘッダー頭部

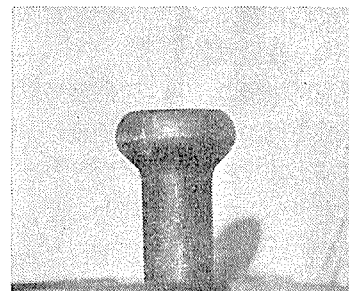
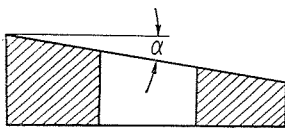


図-3 勾配座金

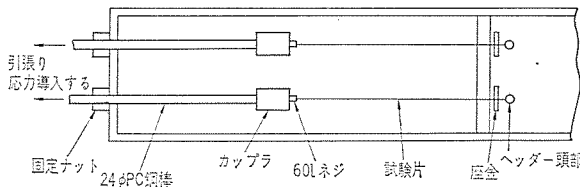


(3) 長時間引張試験

静的な短時間の引張試験の結果が良くても長時間引張試験の場合には、疲労または腐蝕などの原因で破断することがあるので、弊社平塚工場の屋外に設置したアバットで長時間の引張試験を行なった、その試

験状況を図-4に示す。なお、試験は静的引張試験の場合と同様に頭部の首のところへ平行な座金および勾配座金を使用した2種類の場合について行なった、引張荷重としては国鉄新幹線まくらぎ用PC鋼棒の規格は9000kg±200kgとなっているか、10%高い10000kg±100kgとした。また勾配座金は4°、6°の2種類のものを使用し、試験時間としては48~50時間とした、試験結果は表-4および表-5に示すごとく、いずれの場合でも破断が起らず、十分安全に実用にたえることが判明

図-4 アバットにおけるPC鋼棒の試験状態



した。なお48時間の試験時間については短いようにも考えられるが、過去に発生した事故の95%までは48時間以内に発生しており十分意味があると考へる。

表-4 アバット試験結果 (公称径 12φ)

No.	導入荷重 (kg)	経過時間 (hr)	結 果
1	10000	50	異常なし
2	"	"	"
3	"	48	"
4	"	"	"

表-5 勾配座金を使用したアバットの試験結果

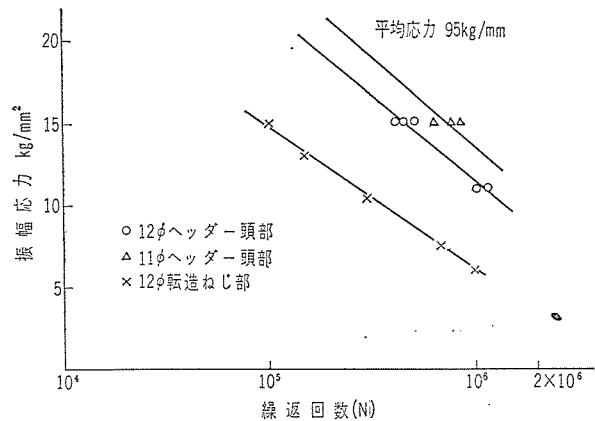
No.	導入荷重 (kg)	4 度 の 場 合		6 度 の 場 合	
		経過時間	結 果	経過時間	結 果
1	10000	50 (hr)	異常なし	50 (hr)	異常なし
2	"	"	"	"	"
3	"	48	"	48	"
4	"	"	"	"	"

した。なお48時間の試験時間については短いようにも考えられるが、過去に発生した事故の95%までは48時間以内に発生しており十分意味があると考へる。

(4) 疲労試験

東京衡機製の50t 万能疲労試験機でくり返し引張疲労試験を行なった。荷重速度は400回/分でくり返し回数は 2×10^6 とした。平均応力は 95 kg/mm^2 とし、振幅応力を変えて試験を行なった、その試験結果は図-5に示す。なお図中には以前行なった転造ネジ部の疲労強度を比較のために併記したが、亜熱間ヘッダーした頭部

図-5 疲労試験結果



の 2×10^6 の時間強度は転造ネジ部の約2倍に近いことがわかる。

(5) 頭部の硬度および顕微鏡組織

11φPC鋼棒の頭部を軸芯で縦割りにした断面における硬度

図-6 11φPC鋼棒頭部断面硬度分布

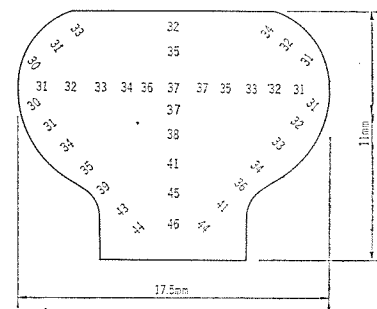


写真-6 引張試験の結果平行部で破断した一例を示す写真

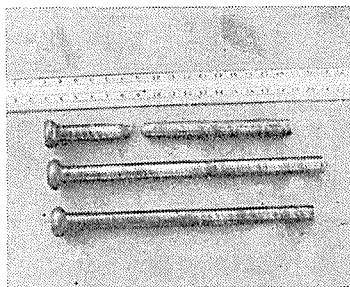
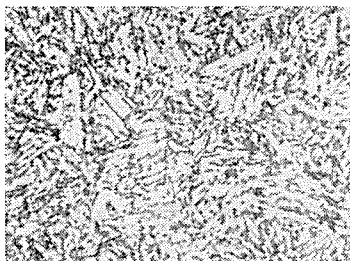


写真-7



分布をロックウェル硬度計にて測定した結果を図-6に示す。すなわち首の部分の硬度に近いことがわかるであろう。写真-6および7は硝酸アルコール溶液で腐蝕した1000倍の顕微鏡組織であり、それぞれ素材および変形量の異なる所の組織を示す。両者ともソルバイト組織ではあるが、塑性変形の多い方の写真-7の組織は、写真-6の組織に比して組織が流れており、かつ多少細かくなっていることがわかる。

(6) 材料傷と強度との関係

亜熱間ヘッダーは、先に説明したごとく鋼材を亜熱間まで加熱して据込む方法である。したがってリベット用圧延鋼材に行なわれているダンプテスト、すなわち950°Cまで加熱し、据込比3で据込んで、表面の傷を検査

する方法と異なるのは、加熱温度が低いという点のみである。したがってヘッダーの際、素材に傷があれば、傷が開いてよく見えるようになる。工業的生産においては全然傷のない材料を選択すると高価になるので、材料傷があつてヘッダーの際、傷口が開くとその機械的性質はいかほど低下するかを調査した。

機械的試験としては引張試験、長時間引強試験、疲労試験を行ない、試験片としては写真-8に示すとき、傷の幅1~1.6mmに開いたものを使用した。

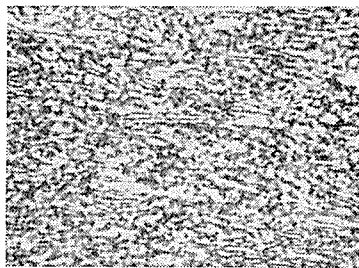


写真-8

試験結果は傷のないものに比してなんら機械的性質の低下は認められず十分使用できることが判明した。しかし弊社では安全を期して傷の幅0.5mm以上のものは不合格としている。なお弊社で行なつたヘッダーにする材料傷の発見率は総数3500本に対し179本、すなわち約5%であり、その大いさは0.5mmまでのもの129本、0.5mm以上のもの39本であった。

4. ヘッダー可能のPC鋼棒

理論的には以上に述べた亜熱間ヘッダーは、いかなる太さのものにも適用することができるが、現在弊社に設置したヘッダー機械により製作可能のヘッダーPC鋼棒の最大直径は公称16φまでである。表-6に現在弊社でヘッダー可能のPC鋼棒の直径とそれぞれの直径のものの頭部の形状寸法をまとめて示す。なおこの形状のもの

表-6 各直径におけるヘッダー頭部形状

公称径	形状寸法	直径	厚さ
10φ		15.0~16.0	7.0~8.0
11φ		17.0~18.2	8.0~9.3
12φ		18.5~20.0	8.5~10.0
14φ		21.5~22.8	9.5~11.0
16φ		23.5~25.0	10.5~12.0

のであれば4種までの強度のものの引張試験はいずれも平行部にて破断し、頭部は何ら変形を起さない。なお、24φ、27φ用ヘッダー機械も現在設計中である。

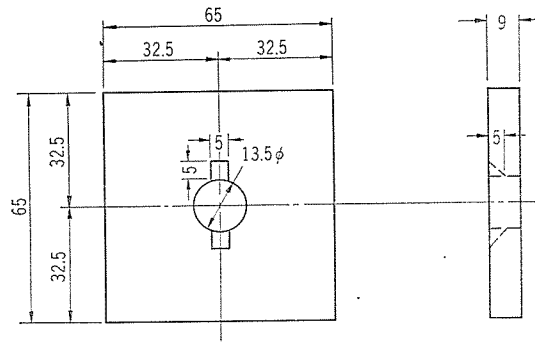
5. ヘッダーPC鋼棒の利用方法

ヘッダーPC鋼棒を開発した当初の目的は、いったんヘッダーを行なうことによりネジ加工およびナットを節約することであったが、この他にも埋殺し定着に利用してアンカープレートを節約することも可能である。

(1) 一般的な場合

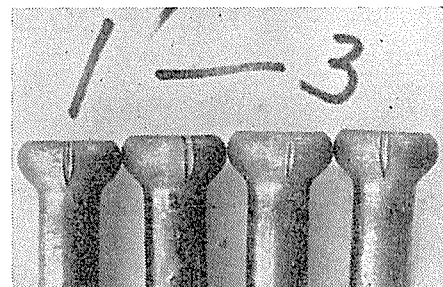
ヘッダーPC鋼棒の形状についてはすでに述べたが、

図-7 新幹線まくらぎ用アンカープレート



この場合使用するアンカープレートの形状について説明する。図-7は新幹線まくらぎ用のアンカープレートの一形状寸法を示す。すなわちアンカープレートはネジ加工を行なつたPC鋼棒の場合のアンカープレートと同じ形状の穴を有するものを使用すれば良く、穴に特に傾斜をつける必要はない。応力導入を行なえばアンカープレートの穴のPC鋼棒の頭部が当る角は塑性変形を起して、球面座金のごとくに変形する。したがって応力導入の際の引出し長さは、アンカープレートの穴の角部の変形量だけ一般の場合より長くなるので、緊張荷重の確認はジャッキの荷重計によらねばならぬ、なお図中にある斜めの溝はグラウト作業における空気抜き穴である。また

写真-9



新幹線まくらぎの場合、応力導入の際に生ずるアンカープレートの穴の角の変形量(引込量)は2.5mmであった。

(2) 埋殺し定着の場合

京都大学六車助教授の研究¹⁾によれば、埋殺し定着の際に使用しても十分効果のあることがわかった。すなわち試験に使用されたPC鋼棒の形状は図-8のとおりであり、その機械的性質は新幹線用PC鋼棒の規格に合格したもの、すなわち降伏荷重11700kg以上のものであ

図-8 PC鋼棒の形状

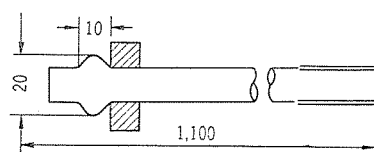
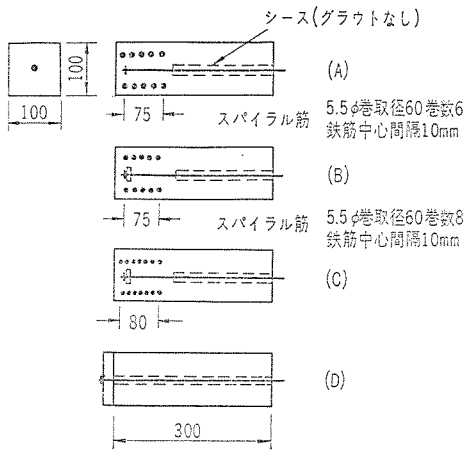


図-9 供試体の種類



る。コンクリートの供試体の種類は 図-9 に示すごとく 4 種類であり、試験としてはひびわれおよび破壊耐力と

ヘッダー部めり込み長さについて行なわれた。その結果、 12ϕ ヘッダー P C 鋼棒の埋殺し定着には外径 30ϕ 、厚さ 6mm 以上、巻取径 60mm 、有効巻数 $6\sim 8$ 巻、鉄筋間隔 $10\sim 15\text{mm}$ の仕様で行なえば十分であると判定されている。

6. 結 言

以上弊社で通産省の試験研究補助金を受けて開発した 亜熱間ヘッダーの方法、亜熱間ヘッダー P C 鋼棒頭部の機械的性質が転造ネジ部の機械的性質より優れていること、ヘッダー P C 鋼棒の利用方法などについて述べた。純国産のこの技術が広く御利用戴ければ幸甚である。

参 考 文 献

- 1) 六車 照：ヘッダー付 P C 鋼棒埋殺し定着基礎実験 (1) 昭 39.5.

Freyssinet Prestressing METHODS

● コンサルタント ー 計画・調査・設計・監理・試験・技術指導
 ● 販 売・貸 与 ー フレシパッド (橋梁用ゴム支承版)・FMシース
 フレシネーコーン・P C 鋼線・各種 P C 機材

仏国 STUP フレシネー工法極東総代理店
 英国 PSC Equipment Ltd. 極東総代理店

F. K. K.

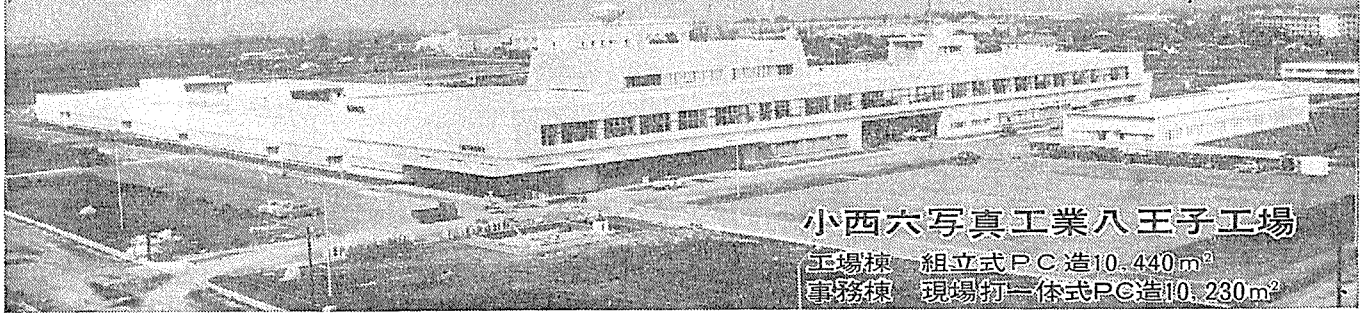
極東鋼弦コンクリート振興株式会社

取締役社長 藤 田 亀 太 郎

本社 東京都中央区銀座西六の六(合同ビル) TEL (571) 8 6 5 1 (代)

プレストレストコンクリート

建設工事 / 設計・施工・製品の製造・販売



小西六写真工業八王子工場

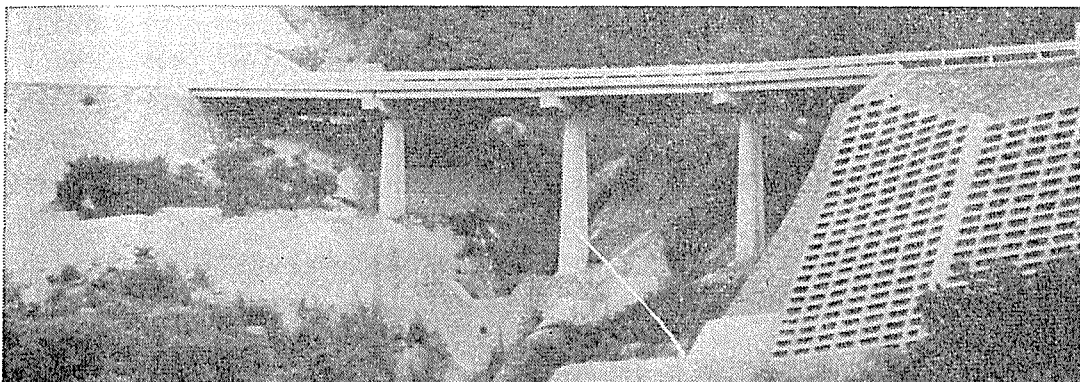
工場棟 組立式PC造10,440m²

事務棟 現場打一体式PC造10,230m²

KK オリエンタルコンクリート株式会社

取締役会長 松井春生 取締役社長 小林郁文

本社 東京都千代田区五番町5 電話東京(261)1171(代)
営業所 東京・大阪・福岡
出張所 北海道・仙台・名古屋・広島・高松・宮崎
工場 多摩・尻無川・鳥栖・滋賀・旭川



箱根バイパス方式PC構造物
箱根バイパス方式PC構造物
箱根バイパス方式PC構造物

プレストレスト コンクリート製品の製造と建設工事の設計施工

日本鋼弦コンクリート株式会社

取締役社長 仙波 隆

本社 東京都中央区銀座東1丁目3番地 電話(561)0842~3
9301~4(交換)
営業所 滋賀(Tel甲西147) 天竜(Tel磐田2330) 松本(0263-3-0143)
工場 多摩工場(Tel 04236-2681~3) 滋賀工場・天竜工場・松本工場