

羽田～浜松町間モノレール線 PC 軌道桁の製作架設工事報告

網 本 克 己*
渡 辺 史 郎**

1. ま え が き

昭和 39 年 9 月 17 日開業した、東京モノレール株式会社の羽田モノレール線 13.1 km の軌道は、国鉄横断および平行部、五色橋、東品川などのスパンが 20 m を越える部分 1544 m、および本線分岐器部分をのぞき、すべて PC コンクリート桁を使用した。

本建設工事の PC 軌道桁は、昭和 37 年当初 1/2 模型による載荷試験を行ない設計条件の確認を行ない（本誌 38 年 6 月号に記載）、つぎに 38 年 2 月より本断面の約 2/3 の軌道桁である読売遊園地モノレールの桁を製作し（本誌 38 年 12 月号に記載）、製作方法の再検討をし、引続き羽田線の製作を開始した。

以下、設計、製作、架設について概要を述べる。

2. 設 計

(1) 仕 様

本線路の仕様はつぎのとおりである。

線路延長：13 100 m 複線区間 12 049 m

線路勾配：最急 60/1 000

曲線半径：最小 100 m（鋼桁） 120 m（PC 桁）

縦 曲 線：最小 700 m

カ ント：最大 0.15 速度 100 km/h に均衡

緩和曲線：クロソイド曲線とし次式で計算した。

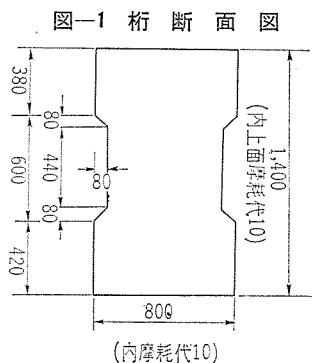
$$l = V^3 / 12.1 \times R$$

ただし l ：緩和曲線長（m）

V ：速度（km/h）

R ：曲線半径（m）

(2) 軌道桁



PC 軌道桁はすべて同一断面（図-1）の単純支持とし、曲線桁は半径を 150 m、カント 0.15 を標準とした。なお半径 120 m のものについては特別設計を行なった。

PC の方式は、製造場所、能力、工程上より、オリエンタルコンクリート KK（フレシネー方式）、大成建設（レオバー方式）、鹿島建設（ディビダーク方式、フレシネー方式）の三社に施工を依頼したため、各社の特長となる三方式を採用し、橋長 10～20 m について設計した。

(3) 設計荷重

a) 死荷重：自重 2.4 t/m³

給電軌条その他付加荷重 120 kg/m

b) 活荷重：1 軸につき $P=11$ t とし、図-2 の軸距である。

図-2 活荷重軸距



c) 衝撃荷重：活荷重につぎの係数を乗じたもの

$$\text{衝撃係数 } i = \frac{20}{50 + l} \leq 0.3$$

ただし、 l ：支間（m）

d) 横荷重：1 軸重の 0.15 が各軸に、桁上面より 650 mm の位置に桁縦軸に直角に働く。

e) 風荷重：①活荷重載荷時、鉛直斜影面積に 80 kg/m²、すなわち各軸 1.6 t が桁上面より 825 mm の位置に水平に働く。

②無載荷時、桁鉛直面に 300 kg/m² とする。

(4) 荷重の組合せ

a) 常時荷重：①死荷重＋活荷重＋衝撃荷重＋横荷重＋風荷重

②死荷重＋風荷重（無載荷時）

b) 破壊荷重：（死荷重＋風荷重）× 1.3＋（活荷重＋衝撃荷重＋横荷重）× 2.5

(5) 材料の強度

a) コンクリート： $\sigma_{28}=400$ kg/m²

b) PC 鋼線： $\sigma_{pu}=155$ kg/mm²， $\sigma_{py}=135$ kg/mm²

PC 鋼棒： $\sigma_{pu}=105$ kg/mm²， $\sigma_{py}=80$ kg/mm²

c) 鉄筋：径 13 mm 以下

SS 41 $\sigma_{sa}=1 400$ kg/cm²

* KK 日立製作所 車輛事業部 モノレール技術部長

** 日立モノレールコンサルタント KK 第 1 建設部副部長

径 16 mm 以上

SSD 49 $\sigma_{sa}=1600 \text{ kg/cm}^2$

(6) 設計計算

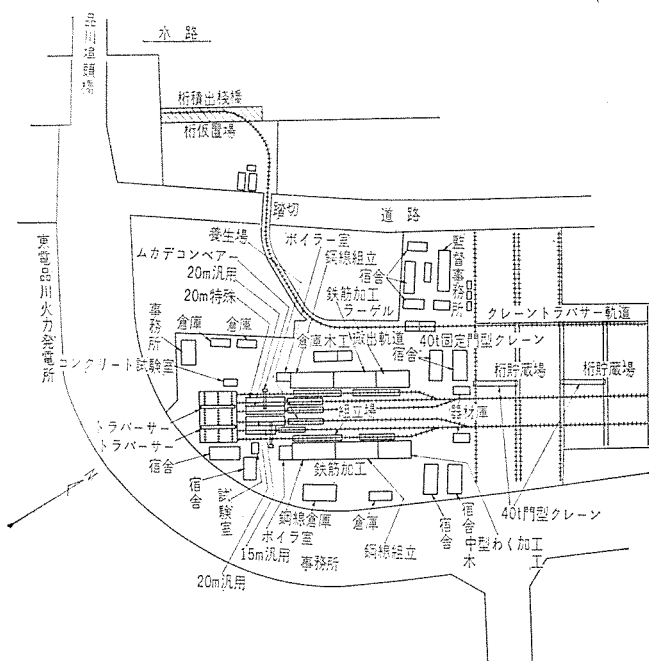
設計計算は先に発表された試験結果、および読売遊園地の桁と同様であるので省略する。設計図の1例は、折込付図のごとくである。

3. 桁 製 作

1300本の桁製作期間はわずか12ヵ月で、1セットのモールド設備が25本/月として5セット必要とした。うち1セットは読売遊園地用の設備(桁断面幅600mm, 高1050mm)を型わくのみ交換して使用することとし、外に4セットの製作設備を新設せねばならなかった。桁貯蔵場をふくめて1万坪に近い土地を路線の近くに求めることは非常に困難であったが、幸い東京都より、品川埠頭都有地を借りることができ、38年1月より工場設備の工事に着手し、4月に完成した。

工場の配置は図-3のごとく2基のモールドを1系統として作業が流れるようにし、桁製作施工者を2社とした。

図-3 桁製作場平面図



桁の貯蔵および搬出設備は統合するほうが有利であったので、架設調整をもふくめて1社とした。なお軌道支柱の着工が遅れたために、架設が進まず桁の貯蔵量が増加し、最大500本を越えたので貯蔵場を拡大するとともに自走門型クレーンも当初1基であったのを2基に増設した。

この工場は、38年6月より39年4月までフル運転を行ない、39年8月撤去した。

オリエンタルコンクリートKK多摩工場の設備は、15m桁用汎用モールドであったが、品川工場の設備撤去後20m桁用に改装し存置されている。

(1) 特 徴

日立アルウェーグ式モノレールの特徴は、この桁製作にある。前記の可撓モールドは、両側の強固な支柱列に上下2段に据付けられたスクリージャッキにより固定されている。全ジャッキには、cm目盛のゲージがあり、あらかじめ計算された量に各ゲージを合わせるようジャッキを操作すれば、桁の両側型わくは所望の曲線および傾き(カント)をもった曲面となる。このジャッキは20m桁用モールドで48個、15m桁用モールドで36個である。

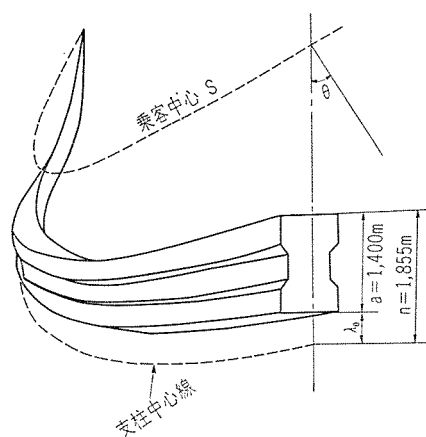
走行面は、側型わく上部に取付けられたフィニッシャーのガイドレールを、2m間隔に取付けたスクリージャッキにより、調整した。

直線桁は、ジャッキの押量は同一で良いが、曲線部の

表-1 桁製作数量

橋 長 (m)	種 類	数 量 (本)				備 考
		レオバー	ディビ ダーク	フレシ ネー	計	
20.0	直 線	183	161	27	371	
20.0	曲 線	367	—	11	378	
17.5	直 線	—	30	28	58	
17.5	曲 線	—	—	33	33	
15.0	直 線	—	57	44	101	
15.0	曲 線	—	92	40	132	
10.0	直 線	—	—	124	124	
10.0	曲 線	—	—	111	111	
計		550	340	418	1308	

図-4 軌道線型



少しでも入る桁は、前述のジャッキの押量をすべてcmまで正確に電子計算機で計算した。

ジャッキ量の計算は、まず桁両端の位置を計算する。両端を結ぶ弦より、上下ジャッキ位置の偏倚量を計算する。ジャッキの押し量を少なくするため、基準弦を移動

させるとともに、桁の中心が鉛直になるよう回転し、最少押し量を計算した（図—4 参照）。

（２） 製作作業

作業方法については、さきに紹介した読売遊園地の桁製作と同様であるが、異なる点をあげれば、

a) コンクリート：生コンクリートを使用した。その配合は表—2 のとおりである。

表—2 生コンクリート配合表

粗骨材 最大寸法 (mm)	スランブ (cm)	単位水量 (kg)	単位セメント 量 (kg)	水 セメント比 %	骨 材 重 量 (kg)			セメントは早強 $\sigma_3=300\text{ kg/cm}^2$ $\sigma_{14}=400$ " $\sigma_{28}=500$ "
					細骨材	粗骨材	合 計	
25	7	178	445	40	585	1 202	1 787	

生コン工場は、アサノ生コンクリートKKおよび、三菱生コンクリートKKの2社が近くにあったので、両社より供給を受け、20 m 桁1本 10 m³ のコンクリート打込み所要時間は 45 分であった。表面仕上げは、コンクリート打込後1時間以内とした。

b) 養 生：表面仕上後モールドの上面は、木製パネルで蓋をし、両端の扉をしめ、上面に水を張って約3時間放置後、蒸気を吹き込み、室温を 50°C まで上げ、約3時間保ってから蒸気を止め、翌朝まで放置した。翌朝脱型し、ただちに養生室に引込み、さらに 24 時間最高 60°C で養生を行なった。しかし、この第2次養生は冬期以外はフルに行なわなかった。

モールド場および養生場には、温度計を各3ヵ所取付け、ボイラー室で室温を管理し得るようにした。

コンクリートの供試体（ $\phi 100 \times 200$ ）は、桁とともに養生し、2次養生を終ったときに圧縮試験を行なった。

c) 品質管理：2次養生が終り、養生室からでてきた桁は、両側面の案内面（上部）、安定面（下部）のとおり、上面のキャンバーをおのおの 14 点、桁幅3点、直角度3点、桁長4点を測定した。また同時に、コンクリートの締固め、空げきの状態を検査し、第1次検査の合否を決定するとともに、モールドが正常であるかを常にチェックし、不信があれば、ただちにモールドを検査した。

d) 緊 張：第1次検査の終わった桁は、モールド台車上で第1次緊張を行なった。これは、桁をモールド台車より取外したとき、コンクリートに引張応力を生じない範囲の最小の緊張力とした。

コンクリート打設後4日目に貯蔵場に引込み、ここで門型クレーンによりモールド台車より外し、貯蔵場に仮置した。

材令7日～10日に第2次緊張を行ない、シース内のグラウトをした。

e) グラウト：レオーバー方式は緊張端がグラウトで定着されるので、圧縮強度を測定し、250 kg/cm² 以上になってから、受圧板を取外すこととした。

グラウトの1バッチ(84 l)の配合は表—3 であった。

冬期は、グラウト強度の増加が遅く、受圧板の取外しが遅れた。このため、桁架設に支障を生ずる恐れのある場合は、シートをかけ養生した。幸い、冬期に晴天が続き、日中の温度が高かったので問題は生じなかった。

f) 納入検査：グラウトおよび端面埋戻しの終わった桁は、化粧仕上げを行ない、側面どおり、上面のキャンバー、桁長の

表—3 グラウト配合

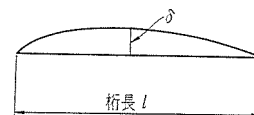
セメント	水	Al	ポゾリス	コンシステンシー	ブリージング
100 kg	40 kg	5 g	0.25 g	18 秒	1.8 %

再測定と桁埋込品（給電軌条取付インサート、保護板取付インサート、ATC 用パイプ、給電用パイプ、下面インサート、フィンガープレート座、支承金物等）の検査、コンクリートの強度、グラウト強度、緊張管理などの資料を提出させ、納入検査を行なった。クリープによるキャンバーの変化は、架設後測定したが、バラツキが大きく、クリープ係数は 1.5～2.5 に相当した。

寸法の検査基準は設計値に対し、つぎの公差以内にあることとした。

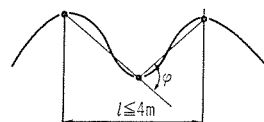
①桁全体の通り、高低

$$\delta = \pm l/2\,500$$



②部分的通り、高低

$$\varphi = \pm 4/1\,000 \text{ ラジアン}$$



③局部的凹凸差 2 mm

④水準（上面および側面） 5/1 000 ラジアン

⑤直角度（上面と側面） 10/1 000 ラジアン

⑥桁幅（案内面および安定面） ± 4 mm

⑦桁長 ± 5 mm

測定は、糸張およびレベルで、平均 2 m 間隔に測定した。

走行面については、架設後、自記式の波状測定機を製

作し、軌道面の測定を行ない、高低狂いの修正を行なった。

4. 桁 架 設

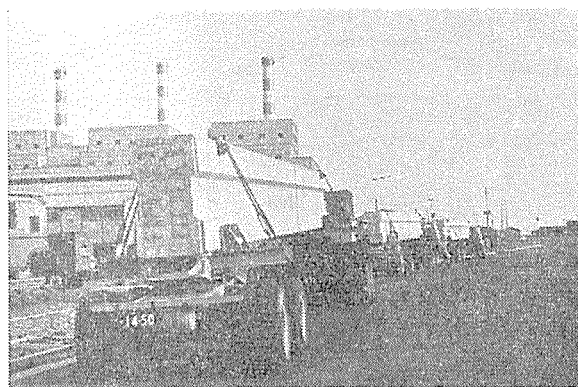
(1) 架設計画

桁架設は全工事の内、工程に押えられた困難な工事であると予想されたので、早くから主に研究を重ねた。

モノレールの桁は、1ヵ所に2本しかない代りに延長が長いので、一般橋梁架設とは趣を異にし、機動性があり、能率の良いものでなければならない(写真-1)。

羽田線の場合、工程上 on rail の機械で1ヵ所から順次架設して行くことは不可能と考えられたので、海上部はフローティング クレーンにより、陸上部はトラック

写真-1 桁 の 運 搬



クレーンを主力にすることとした。フローティング クレーンは20m 釣りビームを使用するので、釣り能力50tが必要であった(写真-2, 3)。

トラッククレーンは計画当時、国産では能力25t までしかなかったので、当社で54t の最大釣り上げ能力を有する大型トラッククレーンを設計製作した。

写真-2 トラック クレーン架設

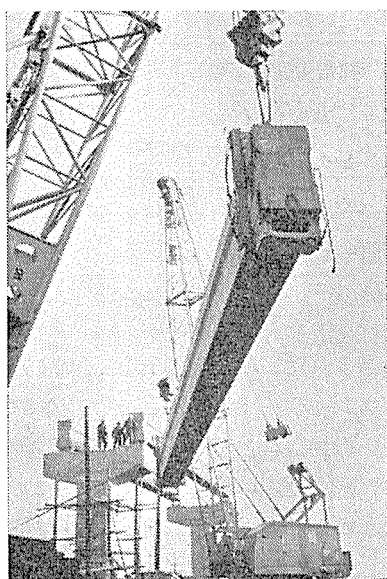


写真-3 フローティング クレーン架設

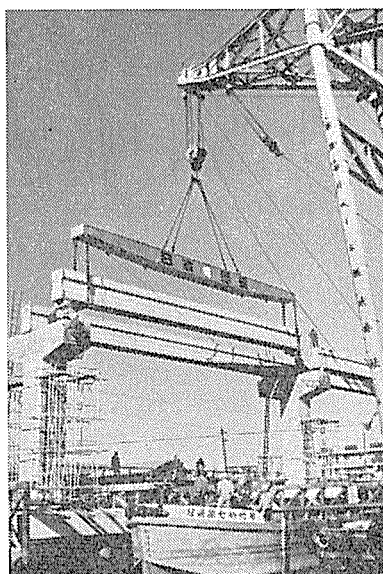
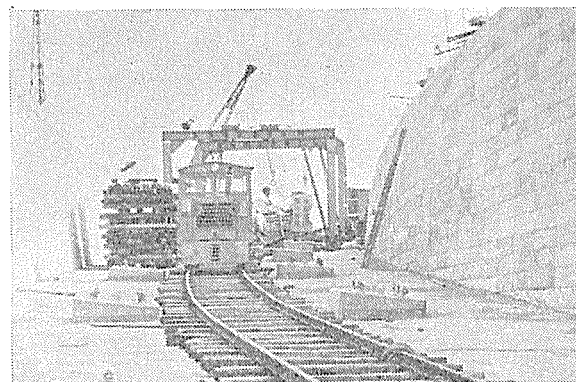


写真-5 T型デリック架設



トンネル区間は、坑口より軌道を布設して桁を所定位置まで運搬し、ゴムタイヤ(ソリッド)を装した門型クレーンでつり、架設することとした(写真-4)。

写真-4 ず い 道 架 設



以上で、全路線の85%は架設の見込みが立った。残り15%のうち、10%は50tクレーンの作業には幅の狭い運河地帯、5%は桁下に橋梁などの構築物があるとか埋立したばかりの泥土があって、接近できない区間であった。

この2つの場合について種々研究した結果、前者の場合はT型デリックを製作し、下に運んだ桁をつり上げた。デリックの反対側に据付けるべき桁を先にあげ、支柱上に仮置きし、つぎに同じ側の桁をあげて正規の位置に据付ける。T型デリックを撤去した後、仮置した桁をコロ引きして正規の位置に据付けることとした(写真-5, 6)。

後者の場合は手延付架設ガーダー1台、門構2組、桁運搬用複線台車1台、ウインチ台車1台を使用することとした。この方法は、前記各機器の組立および桁を運搬台車に積込むための基地が必要であり、この基地と架設地点の距離が作業能率に大きく影響することになる。

写真-6 T型デリック架設後の桁の横引き

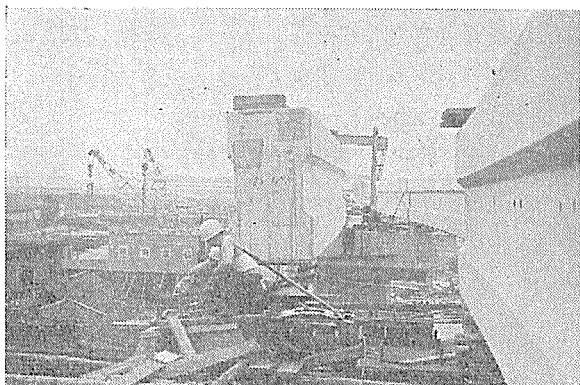
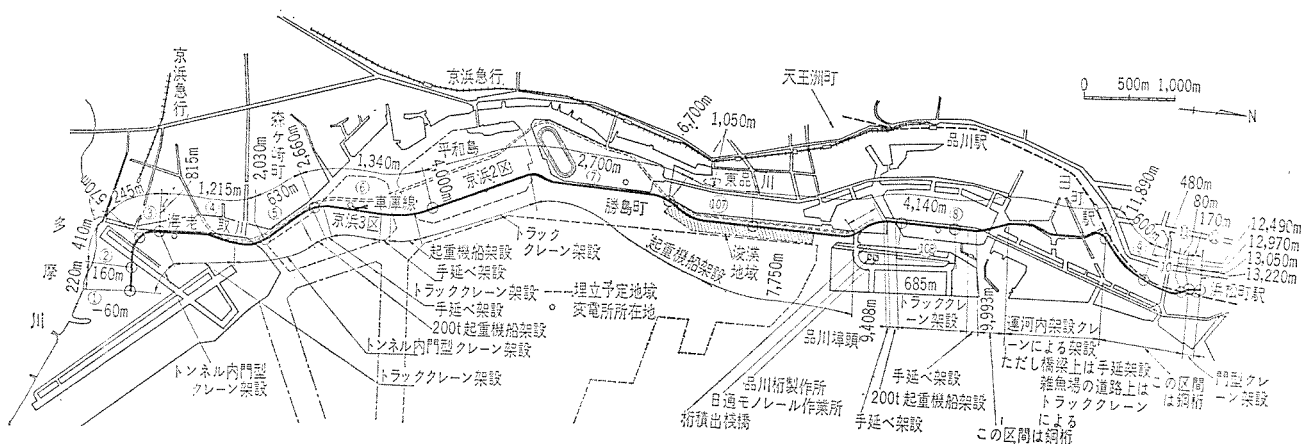


写真-7 手延ガーダー架設



図-5 全線架設工法区分



(2) 架設作業

桁架設の工程は4ヵ月遅れ、38年11月より開始した。しかし、作業の終了は39年6月より遅延することは許されないので、膨大な機器の投入と、人海戦術による昼夜をわかつた作業となった。架設工法区分の概要は図-5のごとくであり、その数量は表-4であった。

この工事のために製作した機器は概算で2億円、動員した作業延人員は約4万人であった。

表-4 架設工法別数量

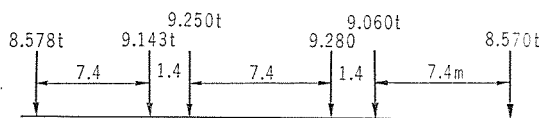
架 設 工 法	数 量 (連)			
	10 m	15 m	20 m	計
トンネル	12	129	—	141
トラッククレーン 50 t	58	45	289	392
〃 25 t	22	11	43	76
フロティングクレーン	111	40	376	527
T型デリック	24	—	70	94
手 延	8	8	62	78

5. 桁 の 試 験

直線桁 (桁長 20 m 縦曲線半径 1500 m 凹) と曲線桁 (半径 120 m) について、列車走行時の動的試験を行った。列車には定員荷重を積み、走行条件は直線桁については 0, 30, 50, 70, 90 km/h および制動、起動、曲線桁については 0, 30, 40, 50, 60 km/h および制動、起動とした。

測定箇所はスパン中央断面および支承付近断面とし、それぞれについて4隅のひずみ度、上下左右前後のたわみ度、ねじれ、および振動加速度を測定した。その結果は目下解析中である、応力度、たわみ、ねじれについては計算値の約 80%、また振動による応力変動は 10% 前

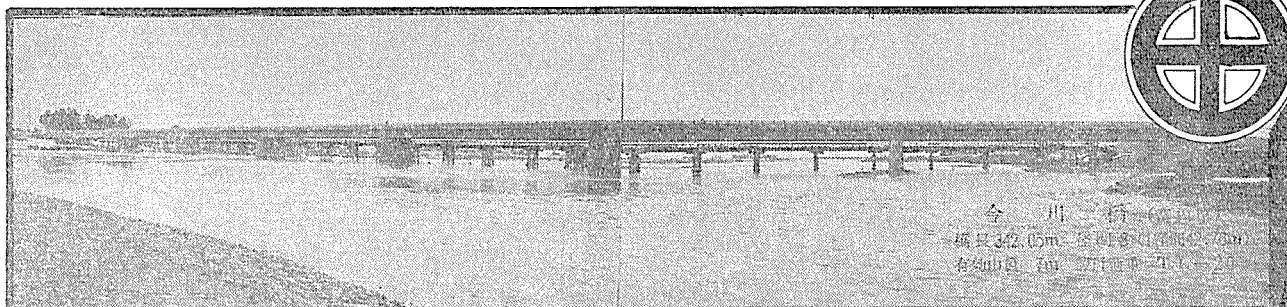
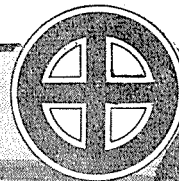
図-6 試験用列車荷重



後という結果を得た (図-6)。

6. む す び

最後に、桁製作を担当された、鹿島建設KK、大成建設KK、オリエンタルコンクリートKK、および桁の貯蔵、運搬、架設、調整を担当された日本通運KKの関係者各位のご協力に対し、深く感謝の意を表するとともにそのご努力を賞讃するものである。 1964.10.30・受付



今川橋(富山県)
橋長342.05m 径間8(1径間42.70m)
有効幅員7m 設計荷重 T.L.-20

今川橋(富山県) 橋長 342.05 m 径間 8 (1径間 42.70 m)
有効幅員 7 m 設計荷重 T.L.-20

プレストレスト・コンクリート 構造物

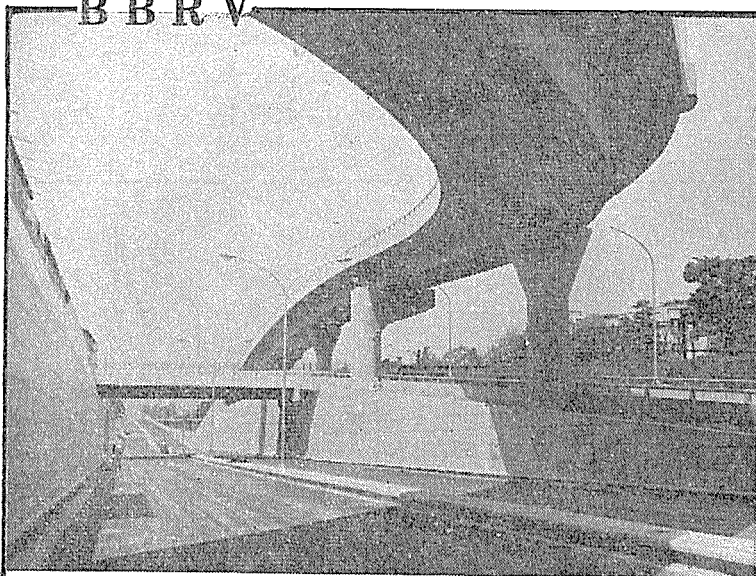
旧称 北日本PSコンクリート株式会社

田島工業株式会社

施設製造
計工造

本社 富山市中島6 電話 代表(富山)②-6127
東京支店 東京都港区芝三田4の38 電話(451)7404 (452)2780 (452)1891~2
大阪支店 大阪市南区塩町通3の14 芦地ビル内 電話(251)8437 代表(271)2491
名古屋出張所 名古屋市中区御幸本町通り3丁目 御幸ビル内 電話(23)-3121
工場 ④富山市 ⑤相模原市

BBRV



プレストレスト・コンクリート

- 構造物の設計・施工
- 製品の製造・販売
(ケタ、ハリ、矢板、床板、屋根版他)
- コンクリートポール・パイル・ブロック

首都高速道路公団 421工区高架橋

橋長 203.77m 幅 6.0~8.7m

型式 BBRV方式 ポストテンショニング
連続箱桁及単純桁橋

PSコンクリートに関するお問合せは下記へどうぞ



北海道ピー・エス・コンクリート株式会社

本社・東京営業所	東京都豊島区巣鴨6丁目1344番地(大塚ビル)	東京(983)4176(代)
札幌営業所	札幌市北三条西4丁目(第一生命ビル)	札幌(24)5121
静岡事務所	静岡県静岡市泉町7の44(マルエムビル)	静岡(85)6618
名古屋事務所	名古屋市中区門前町1丁目4番地(太協ビル新館)	名古屋(23)4374
大阪事務所	大阪市北区万才町43番地(浪速ビル東館)	大阪(361)0995~6
札幌別工場	北海道札幌別郡登別町字千歳	札幌別 66・220
掛川工場	静岡県掛川市富部	掛川 1420・1421