

伊予鉄バスターミナル PC 部分の設計と施工について

塩 路 寅 雄*
山 本 肇**

1. はしがき

この建物の敷地は、ほぼ 50×65 m の大きさであるが東北隅に既設の建物が大きく食い込んでいるために、非常に不整形な形となっている。また 1 階はバスターミナルとなっているので、建物の内部に柱を立てる場合、位置的にある程度の制限を受け、必ずしも構造的に有利なところに柱を立てることは許されないで、鉄骨造や、SRC 造の場合の種々な案を検討してみたが、どの案も決して経済的にならないことがわかった。なお内部に柱がない方が、バスの走行上より有利であることは確かであったので、2 層の構造で設計することに踏み切った。

2. 建物概要

工事名称：伊予鉄バスターミナル
 工事場所：松山市湊町 5 丁目 1 番地 1
 建物用途：地階 切符売場およびマーケット
 1 階 バスターミナル
 2 階および R 階 駐車場
 建物規模：地下 1 階 地上 2 階建
 建築面積 3 107.6 m²
 延床面積 6 911.4 m²
 建築主：伊予鉄道株式会社
 設計：株式会社三座建築事務所
 構造指導：京都大学名誉教授 坂 静雄博士
 構造設計：株式会社塩路建築事務所
 施工：株式会社 大林組
 同(PC部分)：住友建設株式会社
 工期：昭和 43 年 1 月～昭和 44 年 1 月

3. 設 計

(1) スパン方向のはり断面

まず積載荷重については、2 階および R 階に駐車される車は乗用車が主であるが、小型乗用車程度までは載せ

られるようにという条件であるので、一般の駐車場の積載荷重(床用 550 kg/m²、柱・はり用 400 kg/m²、地震用 200 kg/m²)の値を採用した。2 階床伏図および軸組図を示すと、図—1 および 図—2 のとおりであるが、スパン方向のはり成をできるだけ小さくするために 5.0 m 間隔に PC の大ばりあるいは小ばりを並列にならべた。ここでプレストレスの有効幅について検討したが、この建物の場合、スパンが 41.0～33.0 m に対して、はり間隔は非常に小さく、また端部には剛性の高い桁ばりがあるので、有効幅として、はり間隔をとり中央におけるはり断面を 図—3 のように仮定した。このためはり床版を一体にコンクリート打ちすることができ、打継ぎの繁雑さも減り、施工をスピードアップするのに役立った。また 2 階も R 階も水勾配が必要で、丁度はり中央が水上となるので、これを構造として有効に利用し、はり成は中央で 2.00 m (2 階) あるいは 2.20 m、端部で 1.80 m とした。

(2) 架構順序および緊張方法

はりの単位長さ当りの荷重は次のとおりである。

はり自重 (つなぎばりおよび木毛板を含む)	$w_d = 3.01 \text{ t/m}$
床 仕 上	$w_f = 0.58 \text{ t/m}$
積 載 荷 重	$w_L = 2.00 \text{ t/m}$
計	$\Sigma w = 5.59 \text{ t/m}$

また中央のはり成は、小ばりの場合で決ってしまうので、大ばりにプレストレスを入れる時期としては、はり自重に対して両端支持の状態の方が有利である。ここでラーメンの架構順序は次のようにした。

- ① 柱をはりの下端までコンクリートを打ち、所要の強度が出た後、柱に緊張力を導入する。
- ② はり(床版も桁ばりも含めて)のコンクリートを打ち、所要の強度が出た後、緊張力を導入する。
- ③ 柱頭とはりとの接合部のコンクリートを打ち、所要の強度が出た後、接合部に緊張力を導入する。
- ④ 2 階についても、この順序で繰返して行なう。
- ⑤ スロープは、本体の施工後適宜施工する。

* 株式会社塩路建築事務所

** 株式会社大林組建築本部工務部

図-1 2階床伏図

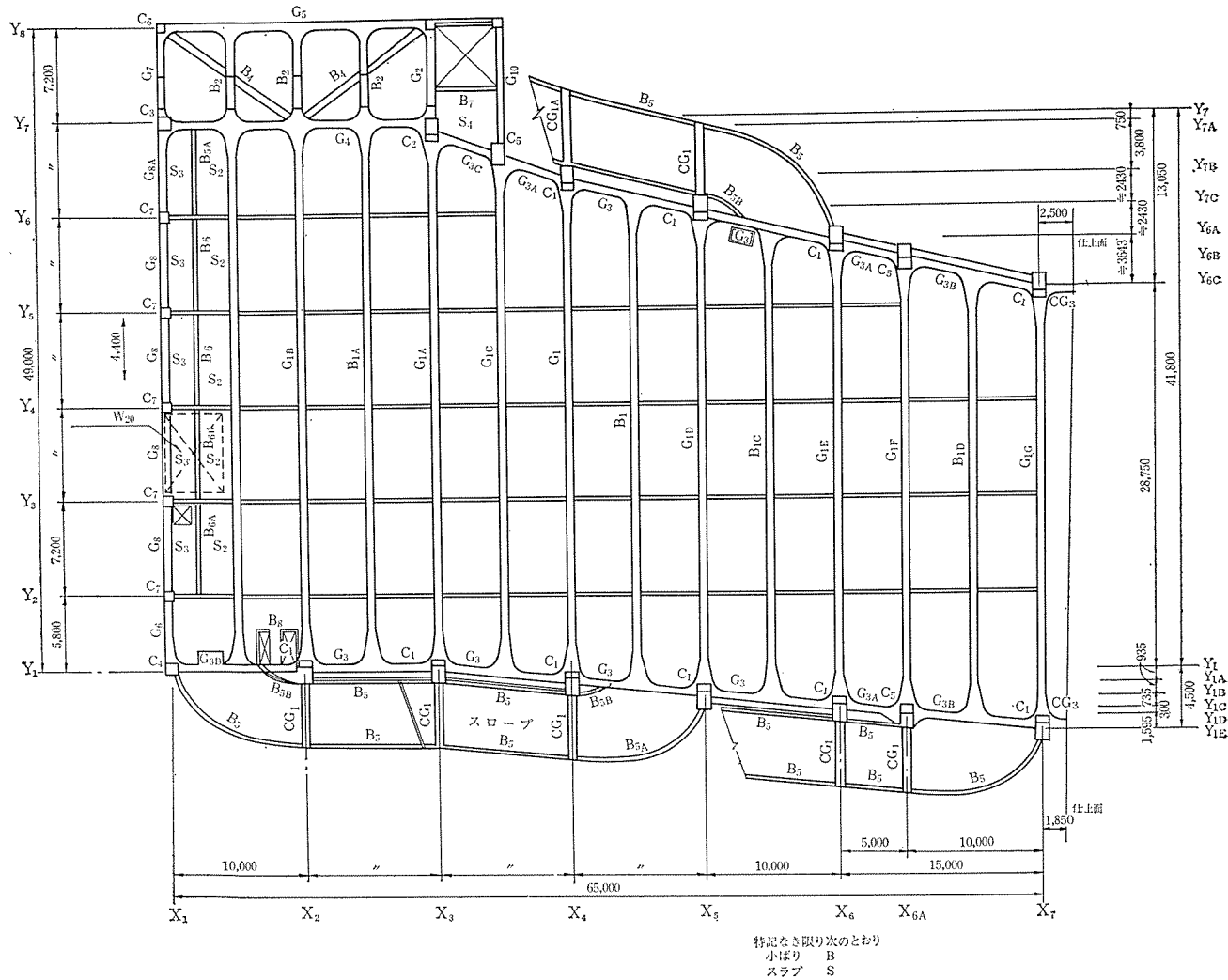


図-2 X₃ 通り

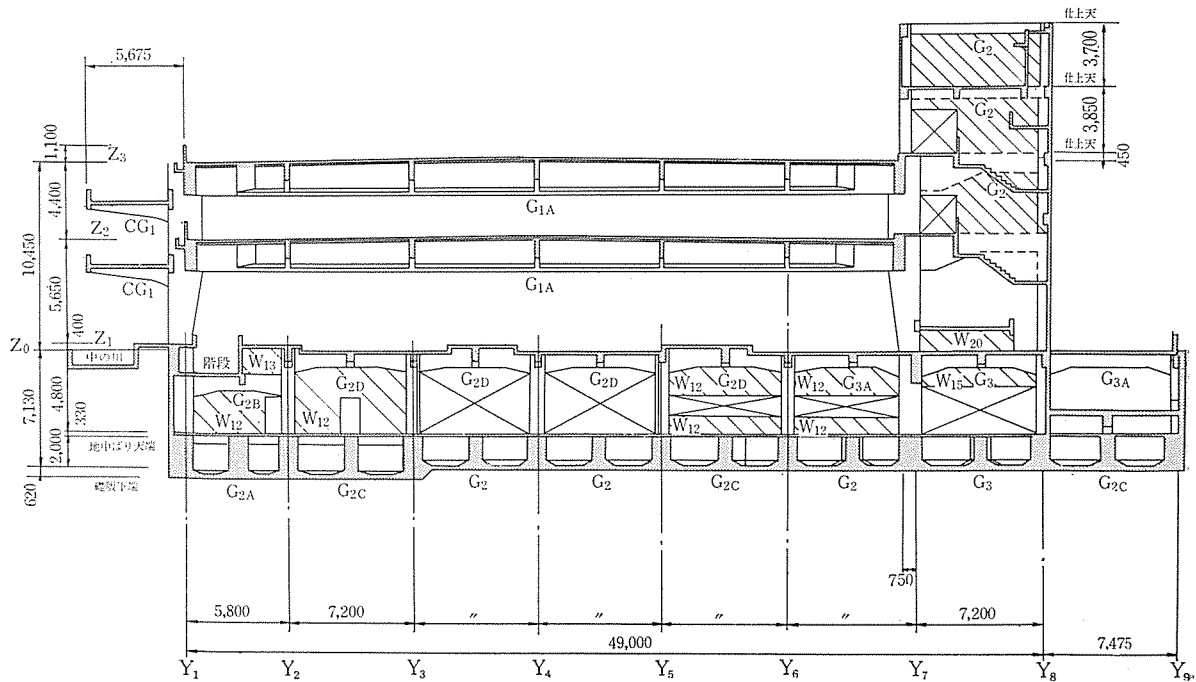
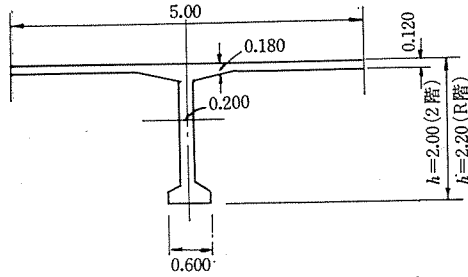


図-3 はり中央断面



ここで緊張方法であるが、柱は打継ぎが多く、したがって、鋼材の継手箇所も多いので、鋼棒第4種 24φ を用いた。スロープ受ばりも短いので、同様に鋼棒を用い、有効緊張力は 31.2t/本 とした。

次に一般のはりについては、スパンが大きく、また緊張力も大で定着方法が簡単で、しかも経済的ということから、S.W.A. 工法を採用した。すなわち 12.4φ のワイヤ スtrand 6本を1ケーブルに束ねて定着する方法であるが、中央における有効緊張力を 60.0t/本 とした。なお、コンクリート強度はつぎのとおりである。

PC部分 $F_{28} = 420 \text{ kg/cm}^2$

RC部分 $F_{28} = 250 \text{ kg/cm}^2$

(3) $X_1 \sim X_3$ 通り間の架構順序

この部分を1スパンで設計すると、スパンが 50m 近くとなり、どうしてもこの部分のはり成を一般のところよりも大きくしなければ収まらない。ところが、はり成を大きくすると、このはり下端 3.80m という条件にひっかかって、そのために階高をその分だけ大きくしなければならないという不利なことになる。そこで直角2方向にPCばりを入れることになるが、 Y_7 、 Y_8 通りにスパン 20.0m のPC大ばりを架けた。このためスパン方向のはり成を揃えることができたが、この部分の架構順序が幾分複雑となった。その架構順序はつぎのとおりとした。

- ① 1階の柱をはりの下端までコンクリートを打ち、所要強度が出た後緊張力を導入する。
- ② X_1 通りと X_2 通りの中間の B_{1A} 、 X_3 通りの G_{1A} 、 Y_1 通りの G_{3A} 、 G_3 、 Y_7 通りの G_4 で囲まれる範囲のコンクリートを打つ。
- ③ コンクリートの所要強度が出た後、 G_{1A} 、 G_{1B} 、 B_{1A} 、 B_{1B} の中央に特に荷重 20.0t を与えてから各はりに緊張力を導

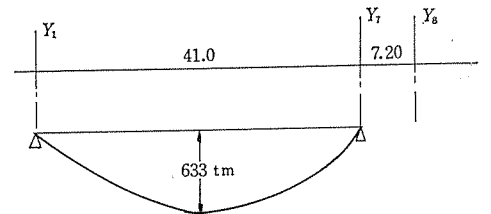
入する。

- ④ Y_7 通りと Y_8 通り間のはり G_2 、 B_2 、 G_5 のコンクリートを打ち所要強度が出た後、緊張力を導入する。
- ⑤ G_4 と連続している桁ばり G_{3B} のコンクリートを打つ。
- ⑥ 柱とはりの接合部のコンクリートを打ち所要強度が出た後この部分に緊張力を与え、ラーメンを形成する。
- ⑦ 2階についても①～⑥までを同様に繰返して2層のラーメンを形成する。
- ⑧ G_{1A} 、 G_{1B} 、 B_{1A} 、 B_{1B} の中央に、特に与えた荷重 20.0t を除去する。
- ⑨ 床仕上げを行なう。
- ⑩ 竣工後、積載荷重が載る。

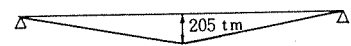
なお、③で述べた G_{1A} 等の中央に与えた荷重について

図-4 G_{1B} と B_2 の曲げモーメント図

- 1) 木毛板を含む G_{1B} の自重による (2, R階共通)



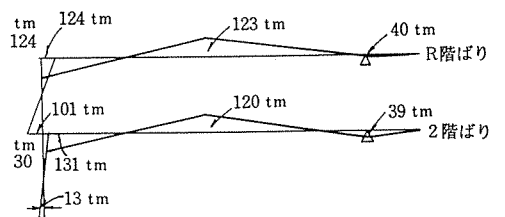
- 2) G_{1B} の中央に荷重 20t を与える (2, R階共通)



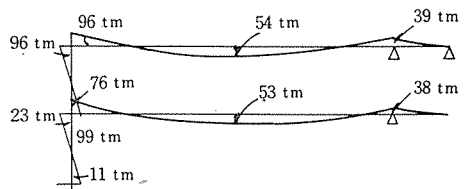
- 3) G_{1B} と B_2 を連続させる (2, R階共通)



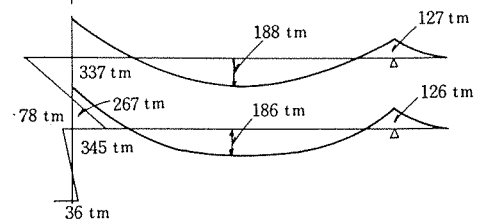
- 4) ラーメン完成後、 G_{1B} の荷重 20t を除く



- 5) 仕上げ荷重による



- 6) 積載荷重による



ては、丁度 $X_1 \sim X_3$ 通り間は、地階があるので、地中ばりのその位置にPC鋼棒をそれぞれ2本ずつアンカーしおのおのはりをはさむようにして立ち上げ、このPC

鋼棒を緊張することにより、所定の荷重を与えたが、この方法は比較的簡単にして、正確な荷重を与えることができた。

(4) 設計応力について

設計応力について、それぞれのはりの場合を記述することは頁数の関係で省略するが、 X_2 通りの G_{1B} , B_2 の連続スパンのはりの場合は図-4のとおりであった。

なお、このはりの配筋詳細図は図-5のとおりであり、標準の柱 C_1 は図-6のとおりである。

4. 施工

(1) 型わく工事

当工事は敷地に余裕がなく部材も大きいので柱、はりとも現場打ちとし、型わくは全て1類合板(12mm厚, 5プライ, 600×1800)を使用した。

柱型わくは一般のRC構造の場合のようにはりと連結せず独立して建てられるので、セフティチェーンとターンバックルで控えトラ

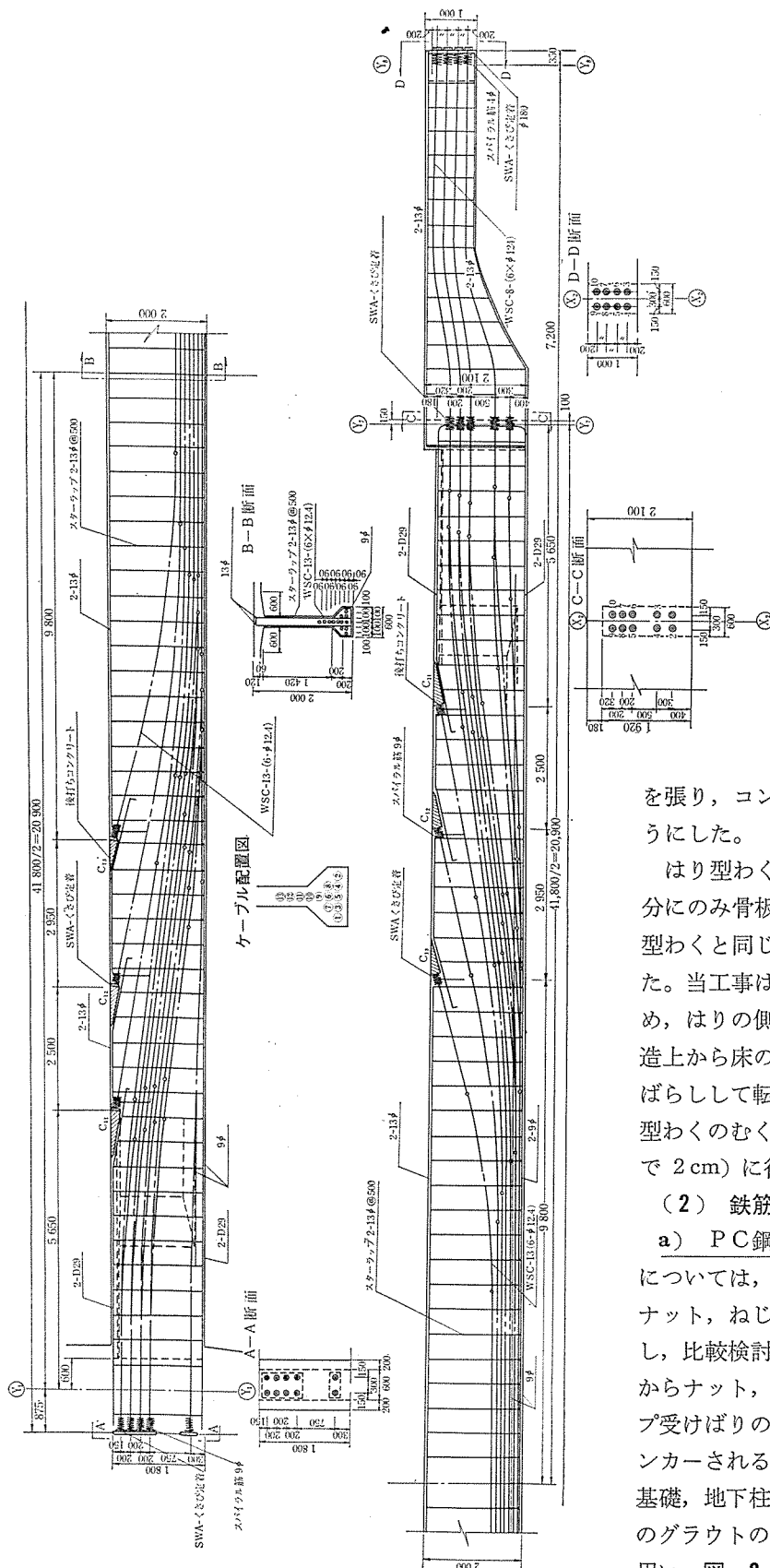
を張り、コンクリート打設によって移動しないようにした。

はり型わくは、図-7のように、ハカマ形の部分にのみ骨板を使用し、ウェブの部分は普通の壁型わくと同じく、縦横の鋼管端太によって組立てた。当工事ははり長さが異なり床に勾配があるため、はりの側板の形は全て違って来る。さらに構造上から床の開口が限定されるので、はり側を大げらして転用することができなかつた。はり底型わくのむくりは側板相互が開かない程度(中央で2cm)に行なつた。

(2) 鉄筋およびPC鋼材配置工事

a) PC鋼棒アンカー PC鋼棒のアンカーについては、種々の工法(ソロバンナット, 普通ナット, ねじ切プレート)についてそれぞれ実験し、比較検討し、強度面での信頼性および経済性からナット, プレート併用形を採用した。スロープ受けばりのように地上部分のコンクリートにアンカーされるものは、図-8の工法で行なつた。基礎, 地下柱などに定着される鋼棒は、地上からのグラウトの困難を避けるため、防錆・縁切剤を用い、図-9の工法とした。

図-5 G_{1B} , B_2 配筋詳細図



b) 配筋・PC鋼材配置 柱・はりともPC鋼材の量に比べて、鉄筋量が非常に少ない。組立時にはこの鉄

筋にPC鋼材を支えさせねばならないので、柱の筋違鉄筋溶接などの補強が必要であった。柱PC鋼棒は曲線状

図-6 C₁柱配筋詳細図

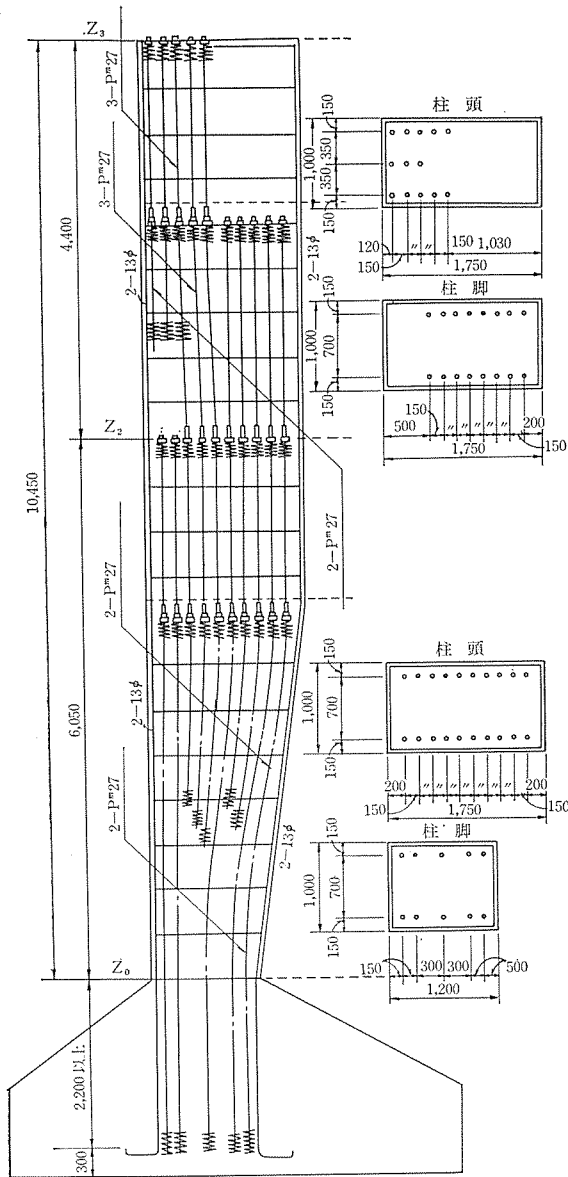


図-8 鋼棒アンカー (I)

図-9 鋼棒アンカー (II)

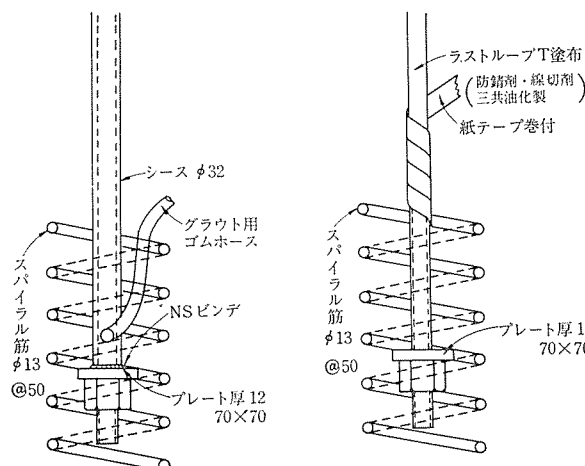


図-7 はり中央部型わく詳細図

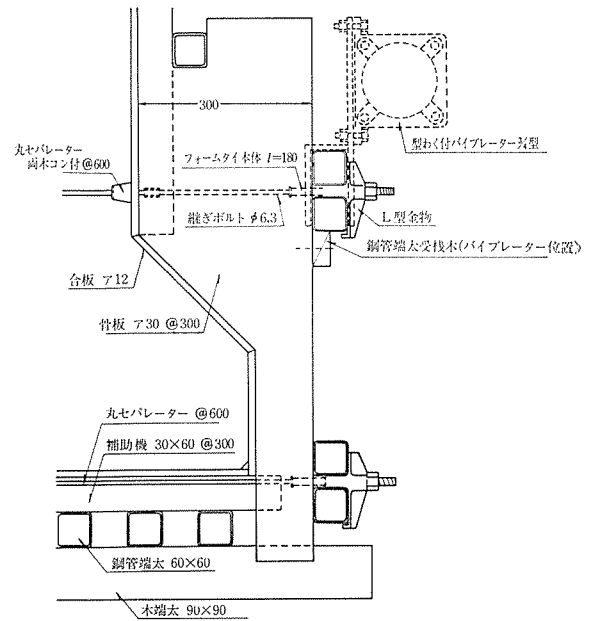


写真-1 鋼棒アンカー (I)

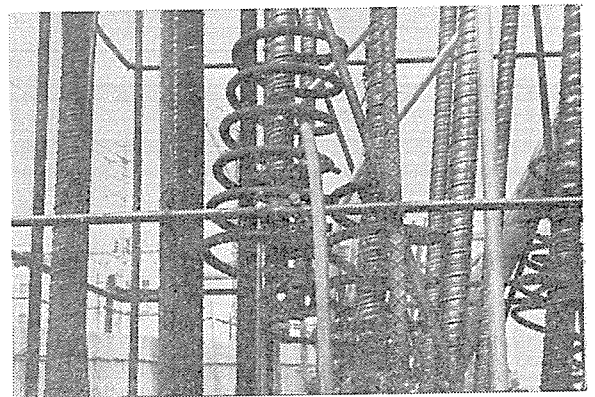
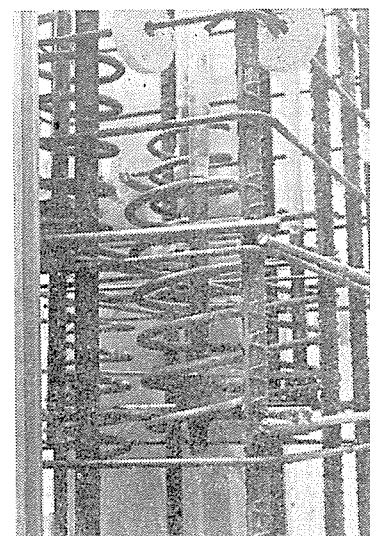
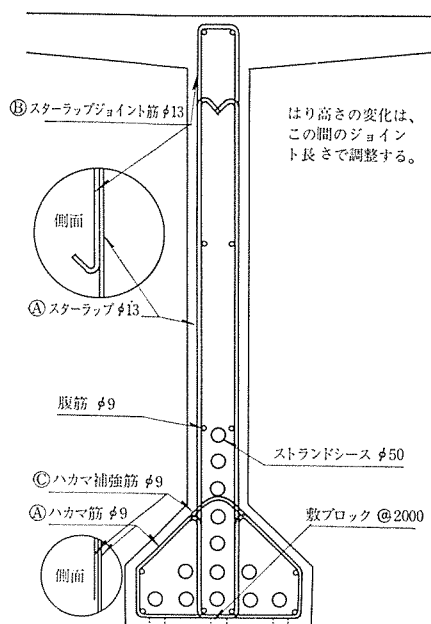


写真-2 鋼棒アンカー (II)



に配置されているが、曲げ加工を行わず、柱鉄筋に溶接した受鉄筋に結束することによって所定の曲線を付けた。はりストランドは建家南側の幅 5 m、長さ 65 m の構台上でドラムから引出し所定の長さに切断し、6 本を 1 ケーブルとして、PC ばり南端からシース内にそう入した。PC ばり端部は PC ストランド、RC 構造の桁ばり鉄筋、柱 PC 鋼棒などが交差するので、あらかじめ組立順序、組立方法を十分に検討し、実施することが必要である。組立が終わった後に、PC 鋼材の位置が悪く手直しする場合は、鉄筋をばらすなど工事の手もどりが大きい。したがって、組立作業中、たえず PC 鋼材の位置に注意しそのつど修正するようにした。なお、PC ばりのスターラップは床勾配のために 1.800~2.000 m と長さが増えるが、幅止め筋とのジョイント長さで調整することとし、スターラップ、幅止め筋とも均一な加工とした。

図-10 はり筋組立完了図



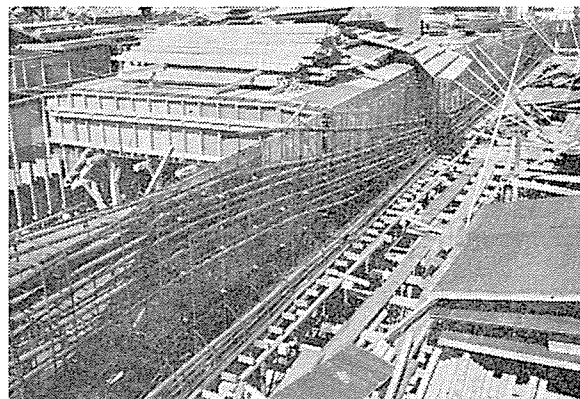
(3) コンクリート工事

a) 調 合 コンクリートの調合は、繰返し行なった試験練りおよび実大ばり打込試験の結果、表-1 のように実施した。直径 55 mm のシース 10 数本が配置された高さ 200 cm、ウェブ厚 20 cm のはりへの打込みということで練り上りスランプは、夏季(7~9月) 12 cm、秋季(10月) 10 cm とした。コンクリートは現場

表-1 コンクリート調合

区分 種類	水セメント比 (%)	砂率 (%)	スランプ (cm)	水 (kg)	セメント (kg)	砂 (kg)	砂利 (kg)	ポゾリス No. 8 (kg)
夏季調合	36.9	37.7	12	177	480	642	1 068	1.20
秋季調合	36.0	37.7	10	173	480	642	1 068	1.20

写真-3 はりのシース配置状況



までの運搬時間が約 15 分の生コン工場のものを使用した。材料は下記のとおりである。

セメント：徳山普通ポルトランドセメント

粗骨材：重信川産 川砂利砕石 比重 2.61

最大粒径 25 mm

細骨材：重信川産 比重 2.58 最大粒径 5 mm

混和剤：ポゾリス No. 8 硬化遅延剤

b) 打 設 着工当初からコンクリート打設方法は最大の問題であったが、東名道路における低スランプコンクリートのポンプ車による打設例などを参考にし、試験打ちの結果ポンプ打ちを採用した。その他、荷上げ、荷さばき用に設置したタワークレーンをコンクリート打設の補助手段として用いた。当工事で用いたコンクリートポンプの概要は下記のとおりである。

石川島播磨重工業製 PTC 30 TP 型

使用管径 4 in (一部 6 in を使用)

最長配管長さ 垂直 10.5 m

水平 80.0 m

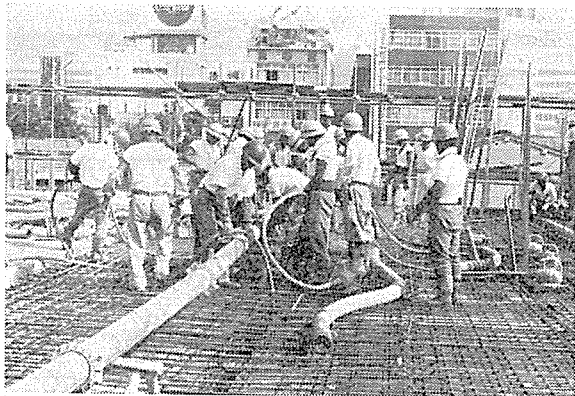
曲がり 4 か所

当工事における平均打設量 10.2 m³/台時

8月に行なった2階床コンクリートの打設時にポンプ車の閉塞事故が数回発生したが、バケットに入れたコンクリートをタワークレーンで打込むことによって、ワールドジョイントの起るのを防いだ。ポンプ車の閉塞事故の原因は、主として生コン車の到着時間の不規則によるもので、コンクリート取込みまでの待ち時間が長くなるとスランプロスが大きくなり、逆に生コン車が途切れると、パイプ内のコンクリートが凝結を始め、圧送不能となるものである。ポンプ車で低スランプのコンクリートを打設する場合には、プラントとの連絡を特に密にし生コンの取込みをスムーズにするとともに、夏季のポンプ配管にはムシロなどをかぶせ水打養生により温度上昇を防ぐことが必要と思われる。

床ばりのコンクリートは、各階とも、PCば

写真-4 ポンプ車によるコンクリート打設

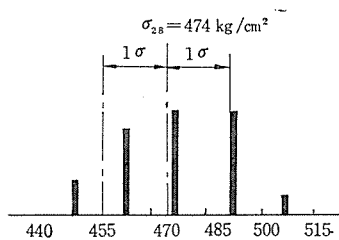


り2本を含む8工区に分けて打設した。ポンプ車2台を2本のPCはりのおおのにおのに配管し、はりの一端から順次床天端まで打ち上げ、はり2本を併行した。

コンクリートの養生は、スプリンクラーなどにより約3日間散水養生をした。

c) 管 理 供試体はコンクリート打設日ごとに午前と午後おのおのに12個ずつ採取し、材令7日(緊張時兼用)、28日の標準養生と、現場養生の強度を測定した。現場養生28日圧縮強度の平均値は474 kg/cm²、標準偏差は18 kg/cm²であった。ポンプ車取込時のスランプは7~12.5 cmであった。

図-11 28日圧縮強度の分布



(4) 柱頭部工事

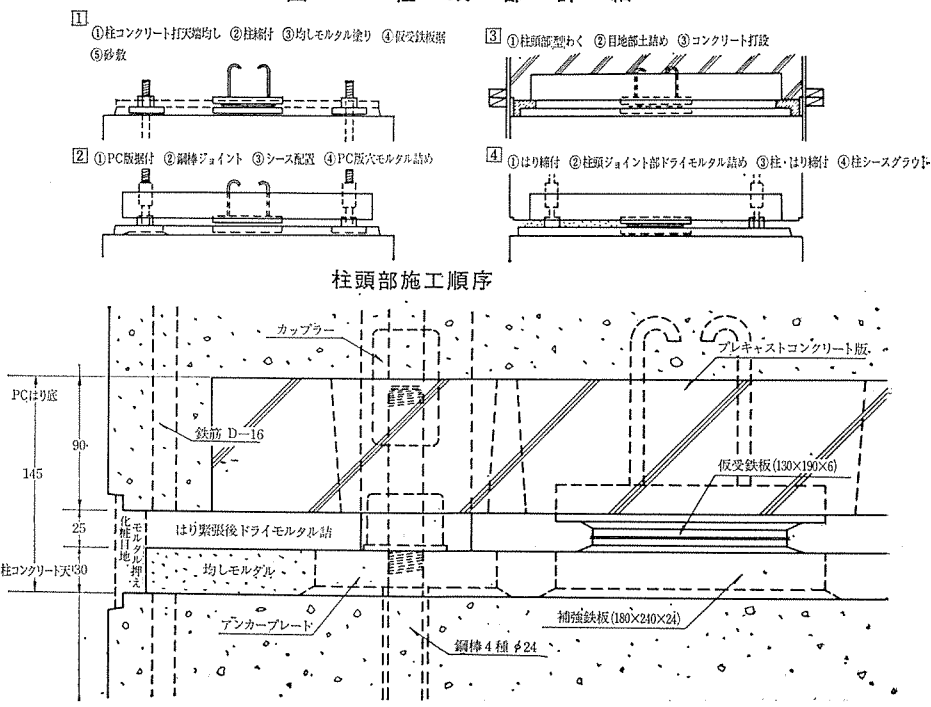
a) 工 法 はり緊張時に柱頭部で単純支持状態となり、はりの縮みによるすべりを妨げないよう 図-12 のような工法を採用した。すなわち、プレキャストコンクリート版を用いることにより、柱、はり間に空げきを設け、はり自重は柱重心位置に設置した仮受鉄板で支える工法である。仮受鉄板には減摩剤として、ペーストタイプ、グリースタイプのモリコートを塗布したが、その摩擦係数は実験によって0.035~0.07程度であることを確認した。仮受鉄板を通じて床はりコンクリート重量を受けるので、

鉄板付近には局部圧縮力が働く。したがって、この鉄板はなるべく大きい方がよいが、一方鉄板接触面の平滑精度および支点での回転を考慮すれば接触面積は小さい方がよい。この二つの相反する要求を満たすため、仮受鉄板の上下には24mm厚の補強鉄板を用いることとした。コンクリートは、補強鉄板によって局部圧縮力を受けるが、この鉄板の大きさはコンクリートの許容局部圧縮応力を350 kg/cm²として算出し、仮受鉄板は補強鉄板より2辺が50mm小さいものを使用した。

柱頭部の施工順序はつぎのとおりである。

- ① はり下145mmを柱天端としてコンクリートをならす。
- ② PC鋼棒定着用アンカープレートをナットとの取合わせを良く設置し、柱鋼棒を緊張する。
- ③ 下側補強鉄板モルタルで水平に据え、アンカープレートの天端にそろえてならしモルタルを塗る。
- ④ 砂を25mm厚に敷きつめる。
- ⑤ プレキャストコンクリート版をPC天端がはり下端になるよう水平にすえ付ける。
- ⑥ あらかじめ減摩剤を塗って1組にした仮受鉄板および上側補強鉄板をすえる。
- ⑦ 柱頭部PC鋼棒をジョイントし、グラウト用ゴムホースを取り付けたシースを設置する。
- ⑧ プレキャストコンクリート版の鋼棒周囲の穴にモルタルを詰める。
- ⑨ 柱周囲の型わくとプレキャストコンクリート版との間にセメントを混ぜた土を詰めて、水によって砂

図-12 柱頭部詳細



が流されたりコンクリートが目地内に入らないようにする。

⑩ 柱頭部の柱筋，はり筋を組み，はりシースの配置，ストランドのそう入を行なう。

⑪ 型わく組立，コンクリートの打設を行なう。

⑫ 柱周囲の型わくを解体し目地部土をはつり取る。

⑬ はりストランド緊張工事を行なう。

⑭ 目地を水洗いした後，ドライモルタルを柱周囲から突き棒で突き固めながら詰め込む。

⑮ モルタルが硬化し所定の強度がでた後，柱頭部の鋼棒の緊張を行ない柱とはりを一体化する。

写真-5 タワークレーンによるプレキャストコンクリート版のすえ付け



b) 仮受鉄板の移動量とその処置 はりストランドを緊張する際，2枚の仮受鉄板ははりコンクリートの縮み量だけ上下でずれる。このはりの移動を柱鋼棒が阻止しないように，柱頭部の鋼棒シースは一般部分のシースより大きいものを使用した。シース径は，移動量をあらかじめ計算しておき，最大のはりを基準にして決定したが， $\phi 24$ の鋼棒に対し $\phi 40$ のシースを用いた。縮みと回転による移動量の計算は1本ずつ独立した単純ばりとして行ない，PCばりが連続している影響は無視したがその計算値と実測値の比較を表-2に示す。

(5) 緊張工事

a) 鋼棒緊張 緊張時のコンクリート強度は， 300 kg/cm^2 と決められており，当初から柱・はりともに緊張開始は材令7日を目標にしていたので，材令7日と緊張時用の強度試験を兼ねて行なった。その結果，最低 295 kg/cm^2 ，最大 383 kg/cm^2 で材令7日で所定の強度は得られたものと考えられる。柱・はりの緊結は目地ドライモルタルを詰めた後，材令3日で行なった。

柱およびスロープ受けばりの鋼棒の緊張には DW 型ジャッキを用い，鋼棒の伸びはこの目盛の数値を読みとった。この目盛は鋼棒が 2mm ねじであるのでナットが

表-2 2階柱頭部移動量の計算値と実測値の比較 (単位 mm)

		δG_{1B}	δG_{1A}	δG_{1C}	δG_1	δG_{1D}	δG_{1E}	δG_{1F}	δG_{1G}
Y ₇ 側 (北側)	計算値	—	7.0	10.2	9.1	9.0	9.3	8.2	8.3
	実測値	—	8.1	6.8	6.9	7.6	9.0	9.1	8.0
Y ₁ 側 (南側)	計算値	7.0	7.0	—	9.1	9.0	9.3	8.2	8.3
	実測値	6.3	7.4	—	8.4	9.4	9.8	7.9	7.0

1回転すれば 2.0 となるよう調整されている。伸びの測定は 5t ピッチで行ない，緊張力に対して直線的に比例していることを確認しながら，鋼棒の図心位置に近いものから順に緊張した。最終緊張力の管理は，油圧計の目盛りと鋼棒の伸びの両方で行ない，最終伸びが計算値の -5% ~ +10% の範囲にあることを確認した。

b) ストランド緊張 ストランド端部の定着装置は S.W.A. (Star Wedge Anchor) 工法を用いた。S.W.A. 工法にはくさび定着・フィッチング定着・両者併用の3タイプがあるが，当工事ではくさび定着工法を用いた。この工法は六つ割りの円錐からなるくさびと一つのくさび受けとで，コンクリートにアンカーするもので，ストランドはくさび相互で圧されることになり，把持力は均等化される。

はりストランドの緊張には，S.W.A. ジャッキおよび電動式油圧ポンプを用いたが，その概要は下記のとおりである。

- S.W.A. ジャッキ 使用圧力 450 kg/cm^2
- 緊張側 最大荷重 75 t
- シリンダー径 165 mm
- 受圧面積 169 cm^2
- 最大ストローク 200 mm
- 定着側 最大荷重 15 t
- シリンダー径 100 mm
- 受圧面積 34 cm^2
- 最大ストローク 30 mm
- 電動式油圧ポンプ 最高圧力 550 kg/cm^2
- 山本扛重機製 MTE 型 0.75 kW 220 V

写真-6 S.W.A. 工法定着装置

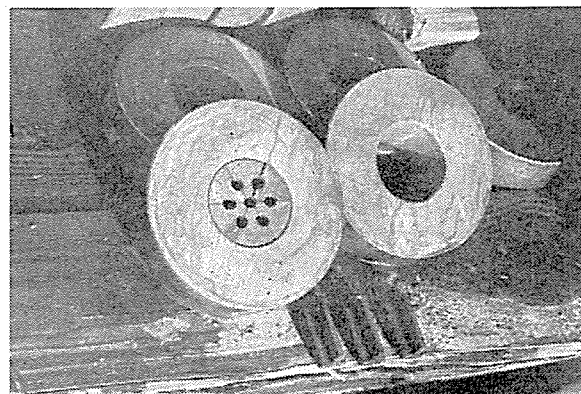
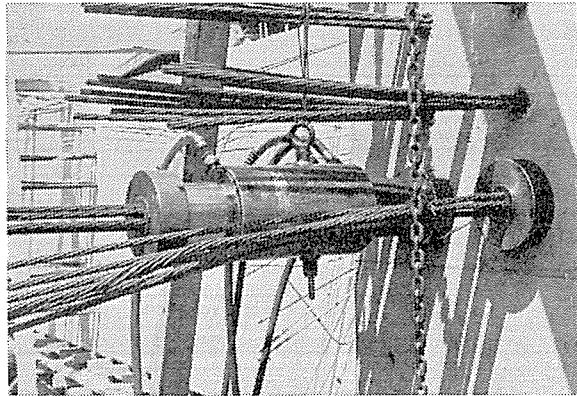


写真-7 はりストランド緊張



はりストランドはジャッキ2台をはり両端に配置し、両端の伸びが各荷重段階で15%以上の差ができないように調整しつつ緊張した。伸びの測定は5tで基準点を印し、10tから以降10tピッチで行なった。当初、長スパンであり、摩擦係数のとり方などにより伸びの計算値と実測値が相等異なるのではないかと思われたが、結果はきわめて近似した値となった。緊張力の計算には、日本建築学会のプレストレストコンクリート設計施工規準の近似式を用い、ストランドケーブルの長さ1mあたりの摩擦係数は0.0035を採用し、5m間隔にならんだ隣接はりの緊張による影響は緊張本数の差を2本以内にするので無視した。

(6) グラウト工事

グラウトの調査は、表-3のように実施したが、同一の調査であっても、温度条件などによってその性状が異なるので、フロー値は水またはセメントを加えることによってそのつど調整した。柱鋼棒のグラウトは、柱・は

表-3 グラウトの調査

流下時間範囲 (sec)	水セメント比 (%)	ボゾリス No. 8 (C×%)	アルミ粉末 (C×%)	フライアッシュ (C×%)
15~20	30~45	0.25	0.005	20

りを緊結した後に柱脚から柱頭へ、柱頭からはり天端へとシース内を水洗いしてから、手動式グラウトポンプを用いて行なった。

はりは緊張後ビニールパイプを定着部くさびの中央穴にモルタルで取付け、このパイプを通して、一端から他端へと電動式グラウトポンプによって慎重にグラウトした。いずれの場合も、排出口から注入口と同濃度のグラウトが出るのを確認した後、ポンプの圧力を3~5 kg/cm²まで上げて栓をした。

5. あとがき

今後はこういったバスターミナルあるいは上階に駐車場を備えた建物が、どんどん計画されることであろうがそのようなときに何らかの御参考になれば幸いと存じます。

最後に、このようなわが国でも例の少ない、長スパンPC構造が、予定の工期内に竣工したことは、設計より施工にまで御指導頂いた坂 静雄京大名誉教授始め、建築主、(株)三座建築事務所等関係各位の御指導、御協力の賜と感謝しておりますが、紙面をかりて、心から御礼申し上げます。

1969.3.4・受付

転勤（または転居）御通知の御願い

御勤務箇所（会誌発送、その他通信宛先）の変更の御通知をお願いいたします。

会誌発送その他の場合、勤務箇所の連絡先が変更になっていて、御知らせがないため郵便物の差しもどしをうけることがたびたびあります。不着の場合お互いに迷惑になるばかりでなく、当協会としても二重の手数と郵送料とを要することになりますので、変更の場合はハガキで結構ですからただちに御一報下さるよう御願い致します。

御転勤前後勤務先に送ったものがそのまま転送されないで御入手になれない場合等は、当方として責任を負いかねますから御了承願います。

常にエポキシ樹脂による

新工法の先鞭をつける

ショーボンド

ショーボンドは 過去10年間 絶えず
新しい工法の研究を行なってきました

新しい橋梁の伸縮継手装置
カットオフ・ジョイント工法

コンクリートのクラック補修
ショーボンド・グラウト工法

橋面舗装の軽量化をはかる
レジンファルト薄層舗装工法

桁及び床版の耐荷力の増強を図る
橋梁床版補強工法

橋梁のプレハブ化を促進する
ショーボンド合成桁工法

鉄・コンクリートの防水・防蝕に
ショーボンド・ライニング工法



(ストリンガー増設工法による橋梁床版補強工事)

株式会社 **ショーボンド**

本社：東京都千代田区神田小川町2-1(木村ビル) TEL. 292-6941(代表)
営業所：東京・横浜・千葉・宇都宮・前橋 *大阪・京都・神戸・和歌山*名古屋
・静岡・岐阜・三重*福岡・広島・岡山・高松 *札幌・仙台・新潟・富山
工場：川口・四日市