

橋脚ばり回転工法について

川 崎 迪 一*
 大 川 勝 敏**
 小 谷 正 雄***

1. ま え が き

近年、自動車交通量の増大に対処するため、道路整備を進めるに際して、用地買収を少なくする等から、既存の街路上に高架道路を建設する例が多くなっている。この場合、橋脚形式ははり下空間の有効利用を図る観点から、一本足橋脚がよく採用されている。

しかし、工事が交通供用中の街路上で行われるので、交通安全確保という点から、「はり部」の施工にあたって支保工設置による交通障害と、落下物による危険防止などが問題となる。

この解決策として、建設省中国地方建設局広島国道工事事務所においては、現在国道2号線西広島バイパス工事の一環として、建設中の広島高架橋に係る一本足橋脚のうち9基について、わが国で初めての「橋脚ばり回転

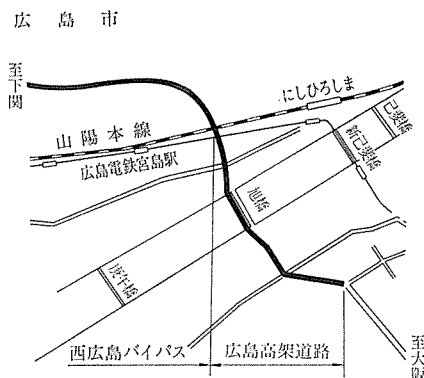


図-1 位置 図

工法」により施工を行った。以下にその概要を報告する。

2. 工事の概要

観音高架橋下部工事は、広島市を縦貫している一般国

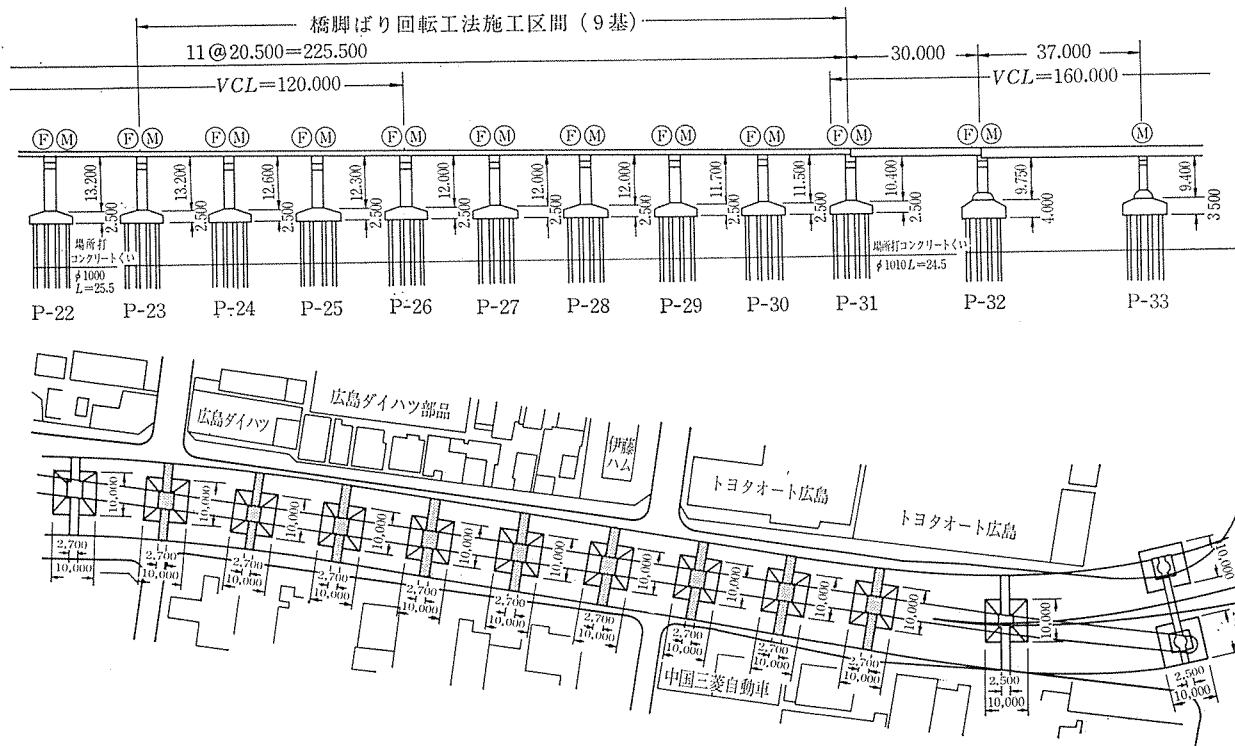


図-2 平面および縦断 図

* 建設省中国地方建設局 広島国道工事事務所長
 ** 同 上 調査設計課長
 *** 同 上 建設監督官

道2号線の交通量激増に対処するため、現国道上(幅員30m)の中央部に交差点の立体化を目的とした、広島高架道路(1.5km)のうち、延長約410mの下部工事を行うものである。

なお、上部工は上下線それぞれ2車線(全幅18m)であるが、当面は上り2車線のみで暫定供用開始する計画である。

次に本工事の概要を記す。

- 工事名称：観音高架橋下部工事
- 基 礎：16基，基礎杭(場所打杭 $\phi 1000$, $l=24.5$ m, 206本)
- 橋脚形式：一本足橋脚10基(9基回転，コンクリートラーメン橋脚4基)
- 工事期間：昭和47年3月～昭和48年3月

3. 橋脚ばり回転工法

橋脚ばり回転工法とは、「はり部」の製作を交通にできるだけ支障を与えないよう道路の縦断方向に行い、脚柱とはりの間に設置した回転板と、はり上に設置した回転装置により、はりを所定の位置まで回転させ、次にPC鋼

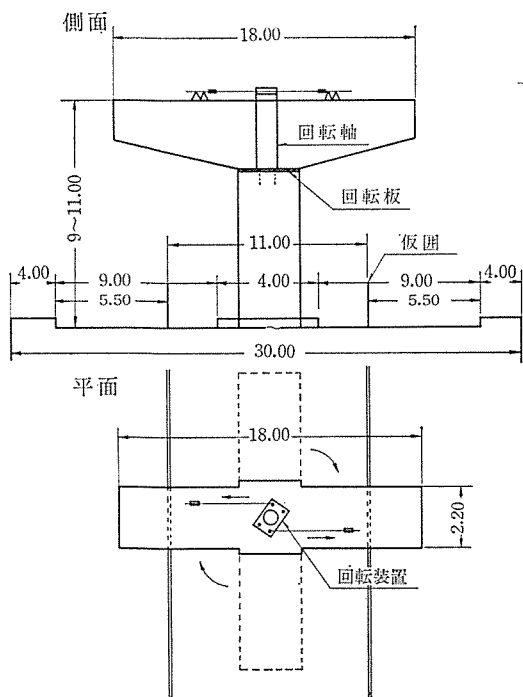


図-4 回転工法の概要図

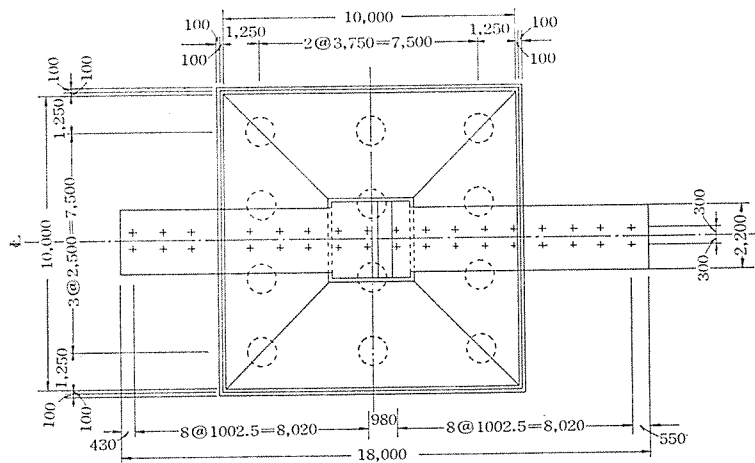
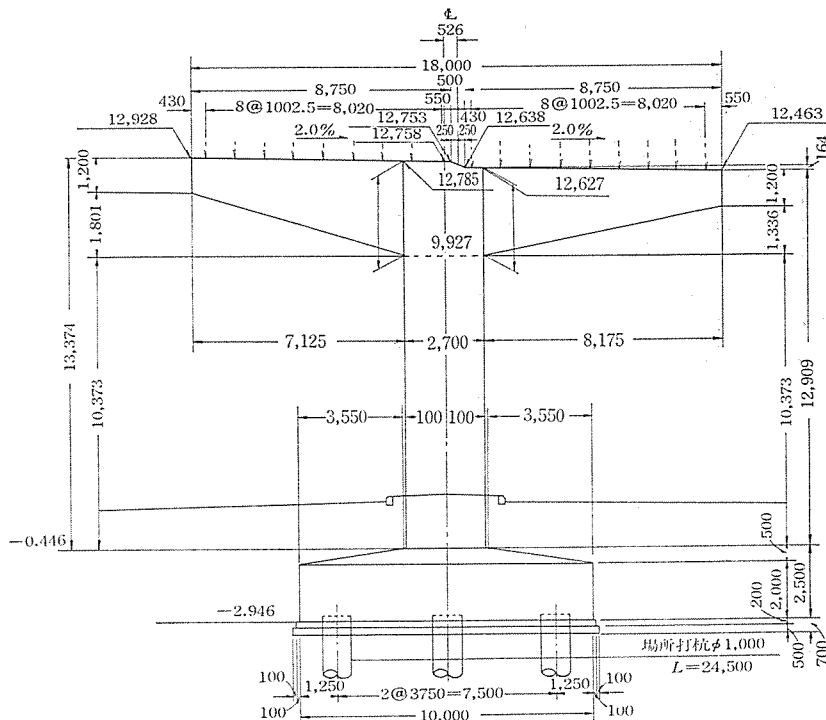
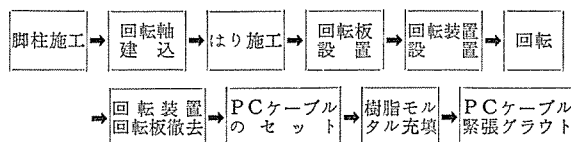


図-3 橋脚一般図

材と接着剤等によって脚柱とはりを接着，緊結させ橋脚を一体にする工法で，その概要を図-4に示す。

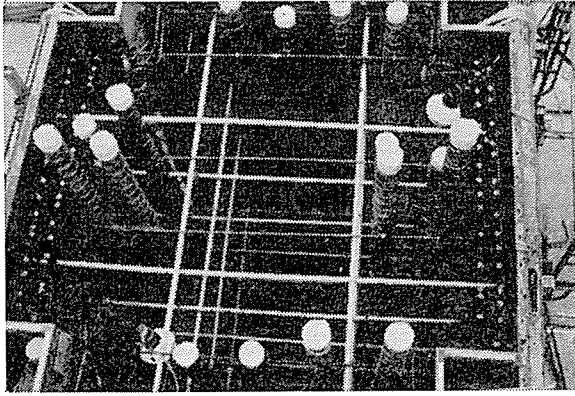
次に回転工法の施工順序の概略を示すと，次のようになる。



4. 回転装置と回転工法の施工

3.で示した回転工法の施工順序に従って，以下に回転装置の概要および回転工法について説明する。

(1) 脚柱の施工とPCストランドワイヤー



写真—1 ケーブル配置状況

脚柱施工時にあらかじめはりと柱を緊結するPCストランドワイヤー（引張荷重 270 t）を、写真—1 のように配置する。この場合PCストランドワイヤーは、回転に支障のないように設置しておかなければならない。

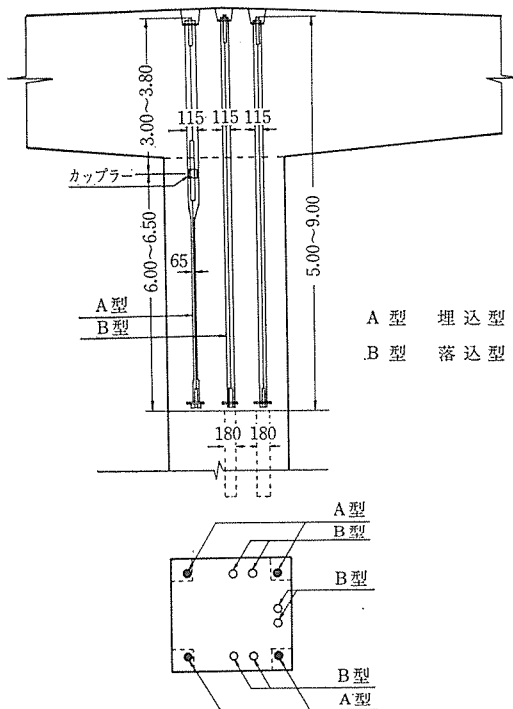
縦締めPCケーブルのセット方法は、図—5 に示すように A、B型と、図—6 に示すC型の3方法が考えられたが、本施工ではA、B型を併用した。

① A型は柱の中に定着具を埋め込み、柱とはりの結合部でカップラージョイントする方法。

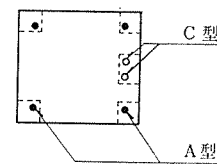
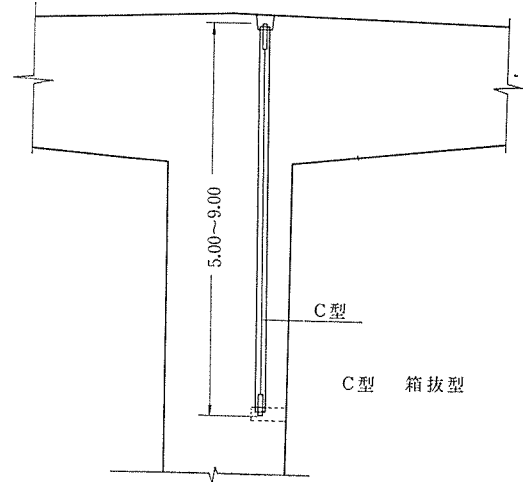
② B型は柱の中にケーブルを落とし込む管を設置し、そこにケーブルの必要長を落とし込み、回転後引き上げてセットする落とし込み方法（詳細は図—7参照）。

なお、引上げに必要なワイヤーをストランドワイヤーの上端部に取り付けておかなければならない。

③ C型は回転後、はり上部より差し込み、柱の途中



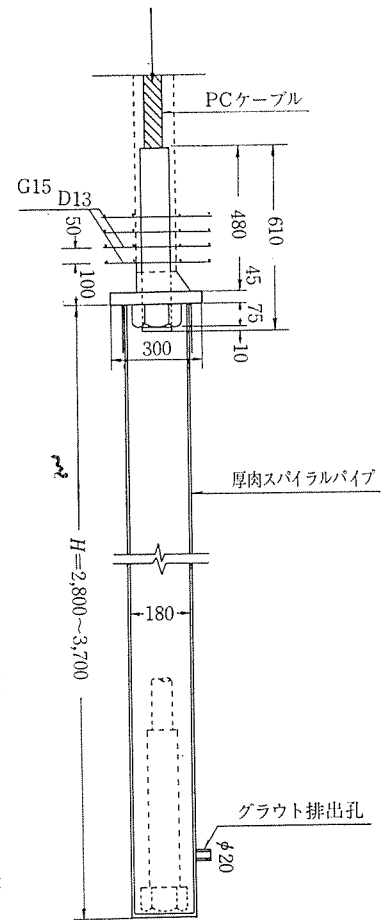
図—5 縦締めケーブルセット図 (A、B型)



図—6 縦締めケーブルセット図 (C型)

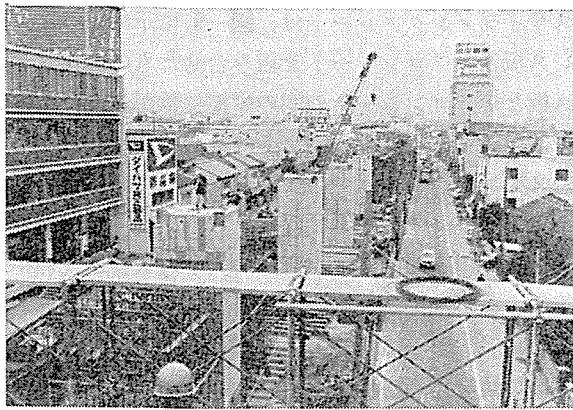
で定着用切欠き部で定着する箱抜き方法。

PCストランドワイヤーの定着方法として、A、B型の2種類を併用した理由は、A、B型いずれか一つの方法にすると、定着部またはジョイント部が、柱の一定高さの位置に集中し、応力上および施工性に問題があり、図—5 に示すとおり、A型はジャッキを設置する柱の四隅に使用し、B型はその他の箇所に使用した。C型の箱抜き方法は、欠損断面に対する応力集中現象や、跡埋めコンクリートの乾燥収縮クラックおよび美観上の問題等の理由で、この方法は採用しなかった。

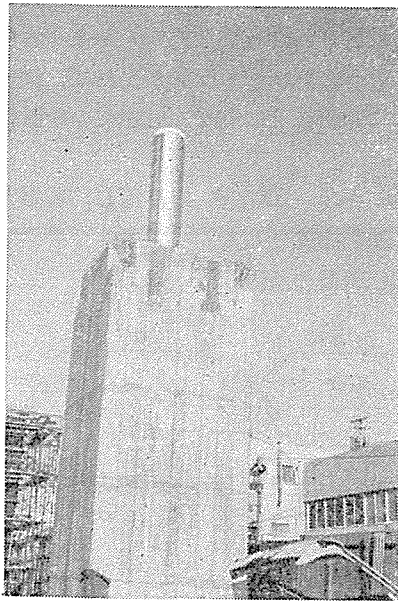


図—7 落込み型詳細図

次に柱上面の四隅は、写真—2 のように将来回転板設置のため、はりをジャッキアップする受け座が必要なの



写真一2 柱上面の切り欠き状況



写真一3 回転軸建込み状況

で、切り欠いておかなければならない。また柱上面は、回転軸設置のため、平坦に仕上げることが要求される。

(2) 回転軸建込み

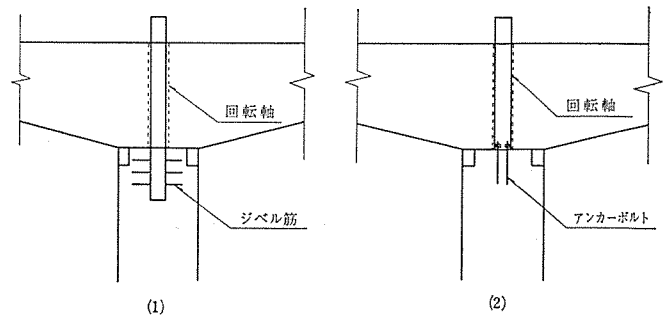
回転軸は、外径 609.6 mm、厚さ 10 mm の鋼管を使用した。回転軸の外径 609.6 mm は、人が中で作業する作業可能な最小径となっている。鋼管の外側にははりのコンクリートとの絶縁材として、スチロライト（厚さ 10 mm）を巻き、さらに、その外側に薄鉄板を巻き絶縁を図った（写真一3 参照）。

回転軸の柱への固定方法としては、当初 図一8 (1) に示す方法が考えられたが、施工誤差による回転軸の偏心修正が困難であることから、図一8 (2) を採用した。

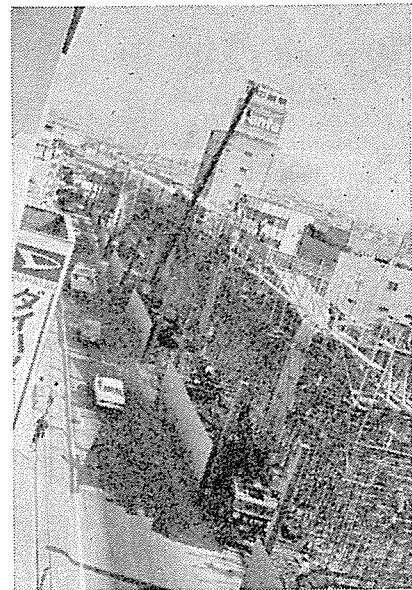
この方法は、柱コンクリート打設時に、アンカーボルト（φ28×600、16 本）を取り付けたプレートを埋め込み、回転軸を柱天端でナットにより固定する。

(3) はりの施工

はりを回転させる場合、先に記述したように、写真一4 のようにはりを道路の縦断方向に施工する。写真でわか



図一8 回転軸固定方法図



写真一4 はりの製作状況

るように作業は柵内で施工するため、はりの支保工はビティ支保工とすることができる。このためはりの製作日数は、相当短縮される。

さて、はりの施工に際し、必要な事柄を掲げると、次のとおりである。

- 1) はりの配筋前に柱上面に絶縁材を設置する（本工事では塩化ビニールシートを使用）。
- 2) 回転後、緊結用 P C ケーブル孔を合致させるために、定規等により正確にはり部縦締めシースの位置を決める。
- 3) 回転装置用のジャッキのアンカーを、はり上面に埋め込む。
- 4) 偏心の関係で、回転時にカウンターウェイト（バランス調整）を載せる場合、止め金具を設置する。
- 5) 回転作業は高所で行うため、安全柵が必要でその支柱孔を設けておく。

(4) 回転板の設置

回転工法に使用する回転板は、写真一5 に示すようにレールとなるリング状のステンレス板と、3 個のスライディングプレートからなっている。リング状のステンレ

ス板は、回転角度および取付け、取外しの関係から分割にしている。はりは3点で支持されているので、もっとも安定した支持状態となる。

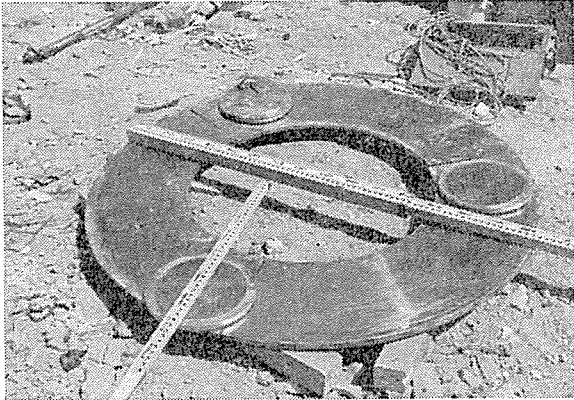


写真-5 回転板

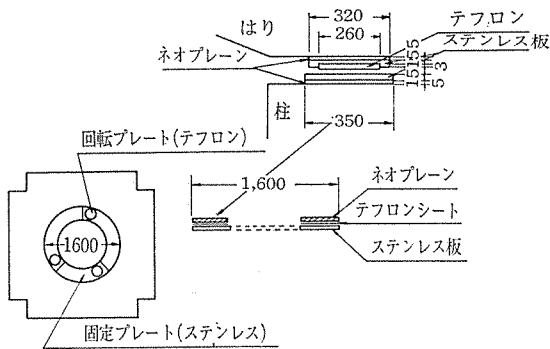
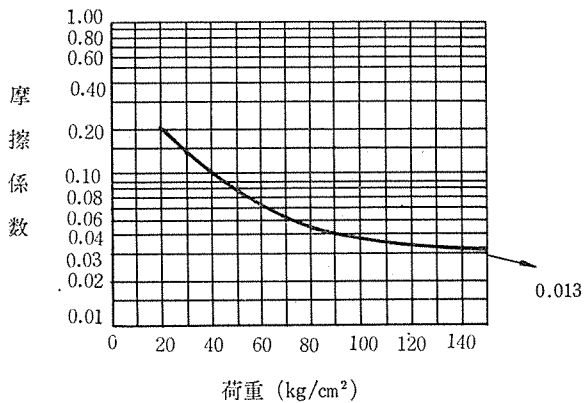


図-9 回転板詳細図

荷重対摩擦係数曲線



速度対摩擦係数曲線

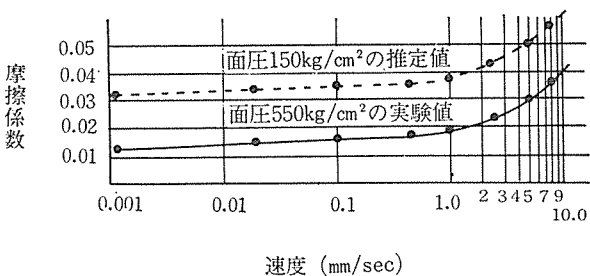


図-10 テフロンシートの摩擦関係曲線

スライディングプレートは、図-9に示すようにステンレス板とテフロンシートを組み合わせたもので、ステンレス板とテフロンシートの間の摩擦係数が非常に小さいので、後述する回転装置によりはりに偶力が加わると、このステンレス板とテフロンシートの間で、回転が行われる。

テフロンの摩擦係数は、荷重の大小および速度の早遅に関係するが、一般の場合、面圧 150 kg/cm²、回転速度 2 mm/sec で図-10の摩擦推定値は 4% になる。後で述べるが観音高架橋の場合、摩擦係数は 4~9% であった。

回転板の設置は、はりの支保工撤去後、柱四隅のジャッキ受座に設置された電動油圧ジャッキ4台で、はりを押し上げて行う。回転板の設置が終われば、はりをジャッキダウンして回転板上に載せ、回転板の設置作業が完了する。

油圧ジャッキは、100 t/台 を使用し、荷重を均等に受けるように連動方式とした。

(5) 回転装置の設置

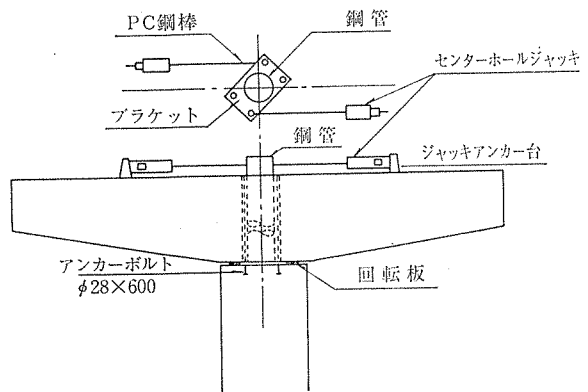


図-11 回転装置詳細図

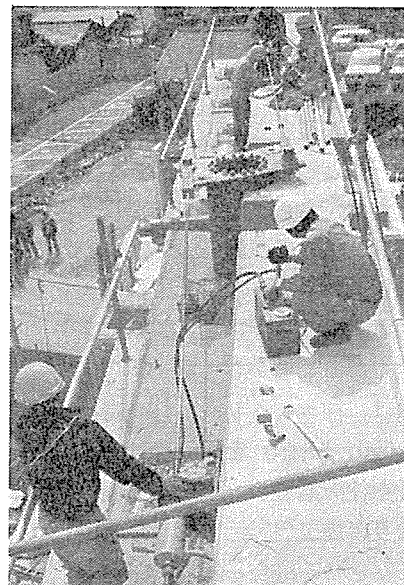


写真-6 回転装置

回転力を与える回転装置は、図-11に示すように、はりに固定したジャッキアンカーに2台の油圧ジャッキ(センターホールジャッキ 50 t/台)をセットし、一方回転軸上面にP C鋼棒取付用のブラケットを取り付け、その後ジャッキとブラケットにP C鋼棒を連結させる(写真-6参照)。

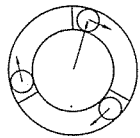
(6) 回 転

はりの回転は、センターホールジャッキ2台の操作により、回転が開始する。回転は、テフロンとステンレス板の摩擦抵抗以上の引張材のトルクによって回転し、図-12で $M_w \leq MP$ となったとき回転を始めるが、始動時に抵抗力は最大となり、動き始めると小さくなる。

本工事での摩擦係数に関する実測結果およびピー・エスコンクリート株式会社が行った実験例を示すと、表-1のとおりである。

また回転に際しては、回転橋脚9基のうち、偏心量の

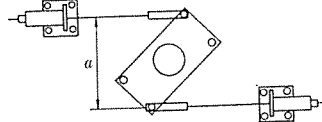
摩擦抵抗



$$M_w = W \cdot f \cdot r$$

W: はり重量
f: 摩擦係数
r: 半径

回転トルク



$$M_p = P \cdot a$$

P: 引張力
a: 距離

図-12

表-1

工 事 名	観音高架工事		試験工事	
	最大	最小	最大	最小
はり重量 (W)	220.0 t		21.4 t	
半 径 (r)	1.25 m		0.40 m	
引 張 力 (P)	20 t	8 t	3.5 t	2.3 t
距 離 (a)	0.95 m		0.23 m	
みかけの摩擦係数	9%	4%	9%	6%

大きい5基について、6~12tのカウンターウエイトを載せ、回転を行った。その関係を表-2に示す。

さて、今回行った回転作業の所要時間は、ジャッキのストロークが短い(20 cm)関係で、盛替えを数回行い、回転および盛替えの1回あたりの所要時間

間は、平均2分と4分を要し、90°回転する全体時間は40分程度であった。なお、各橋脚ばりの回転に要した時間を参考までに表-3に示す。

次に回転力を与えるP C鋼棒の引張力は、回転開始では18~20 t/本で、回転中は8 t/本となり、一方摩擦係数については、0.1と設計したが、実際は表-1のように下まわる数値となっている。なお摩擦に関し、回転軸に巻き付けている絶縁材を除去した場合と、そのままの状態での、P C鋼棒の引張力を検討したが、大きな差は認められなかった。

なお、今回行った最初の回転ばりは P₃₁で、はり重量

表-3 回 転 時 間

橋脚 No.	作業時間 (min)		
	回 転	盛 替	計
P ₃₁	17	49	66
P ₃₀	15	22	37
P ₂₉	20	13	33
P ₂₈	14	24	38
P ₂₇	16	23	39
P ₂₆	20	24	44
P ₂₅	17	18	35
P ₂₄	18	16	34
P ₂₃	17	19	36

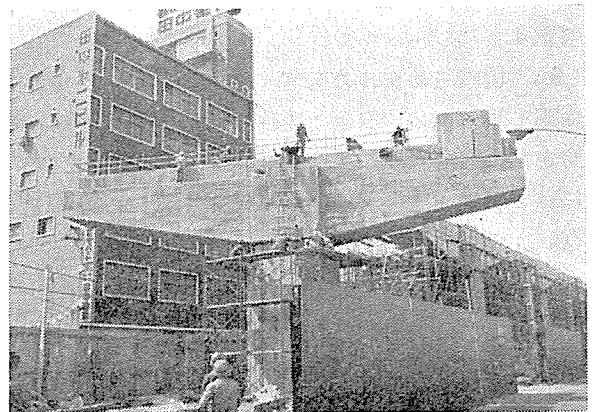


写真-7 回 転 状 況

表-2 偏心荷重によるカウンターウエイト量

橋脚 No.	はり重量 (t)	はり中心の柱中心に対する偏心量(m)	アンバランスモーメント (t・m)	カウンターウエイト (t)	載荷位置 (m)	回転時アンバランスモーメント (t・m)
P ₂₃	218	-0.525	-78.9	12.0	6.575	0
P ₂₄	214	0.110	21.1	—	—	21.1
P ₂₅	218	0.191	22.9	—	—	22.9
P ₂₆	221	0.052	1.3	—	—	1.3
P ₂₇	214	-0.103	-17.7	—	—	-17.7
P ₂₈	214	-0.258	-45.2	6.0	7.000	-3.2
P ₂₉	214	-0.413	-73.2	12.0	6.100	0
P ₃₀	226	-0.523	-87.7	12.0	7.000	-3.7
P ₃₁	286	-0.508	-94.0	12.0	7.000	-10.0

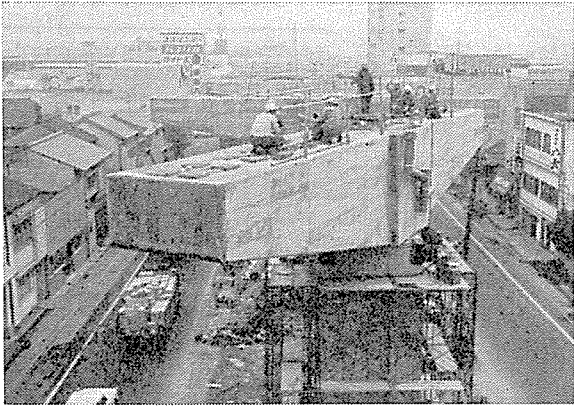


写真-8 回転状況

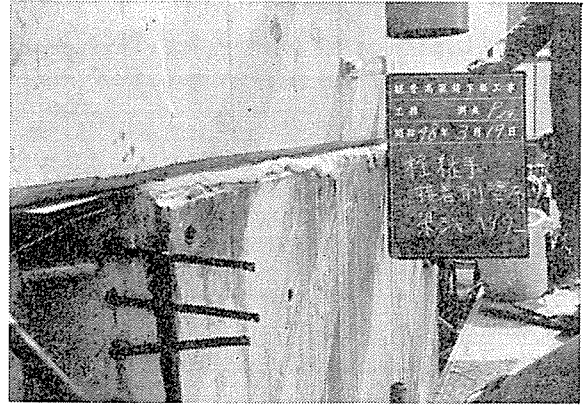


写真-9 接着充填状況

(290 t) が最大で、しかも偏心量も大きく、さらに回転作業の関係から、交通止めして回転を行ったが、安全性の高いことを確認し、2回目からは交通開放のまま回転作業を行なった(写真-7, 8 参照)。

(7) 回転装置、回転板の撤去

回転装置を取り外し、再度はりをジャッキアップして回転板を撤去する。

(8) PC ケーブルのセット

柱四隅のストランドワイヤーは、カップラージョイントとし、落とし込み方法については、レッカー車にて引上げ、ストランドワイヤーをはりの定着部にセットする。

PCケーブルのセット完了後、はり高および角度の微調整を4台のジャッキで行う。

(9) 樹脂モルタルの充填

樹脂モルタルは、樹脂と珪砂を1:1の流動性のある配合とし、柱とはりの接合部に厚さ10cm敷き均す。次にはりをジャッキダウンして接着をし、表面仕上げを行う。

樹脂モルタルの可使用時間は2時間であるが、作業は1時間程度で完了していた。写真-9に接着状況を示す。

(10) PC ストランドワイヤーの緊張、グラウト

はりと柱を緊結するPCストランドワイヤーを緊張、

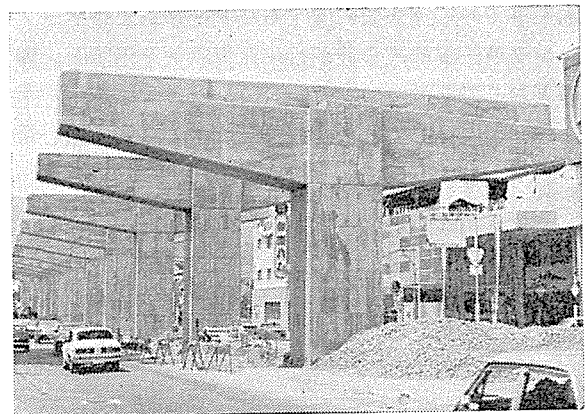


写真-10 回転を完了した橋脚ばり

グラウトし、カウンターウェイトおよび回転軸を取り除き回転軸跡に中埋めコンクリートを打設して完成する。

写真-10は、回転を完了した一本足橋脚ばりを示す。

(11) 回転工法における作業日数および使用機械

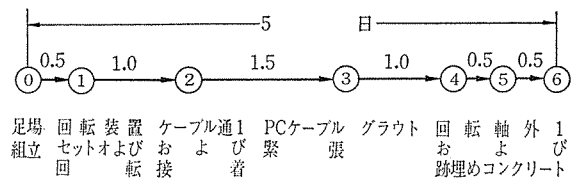


図-13 工程表

表-4 主要機材一覧表

	回転装置セット回転	ケーブル通し接着	PCケーブル緊張	グラウト	回転軸外し跡埋めコンクリート
使用機器	回転板 50 t センターホールジャッキ 2台 0.5 kW 油圧ポンプ 2台 100 t ジャッキ 4台 1.5 kW 2連式油圧ポンプ 2台 レッカー-16 t 1台	— — — 100 t ジャッキ 4台 1.5 kW 2連式油圧ポンプ 2台 レッカー-16 t 1台	270 t 緊張ジャッキ 1台 — — — レッカー-16 t 1台	ローラー式グラウトミキサ 1台 FKK グラウトポンプ 1台 — — —	— — — — レッカー-16 t 1台
摘要	カウンターウェイト 12 t	ケーブル本数 平均 14 本	ケーブル本数 平均 14 本	—	—

はりの回転施工で、足場組立てから中埋めコンクリート打設までに要した作業日数は、1基あたりおおむね5日間であった。工程内訳は図-13に示すとおりである。次に、回転作業に使用した主要機械を表-4に示す。

5. はりと柱の接合部の応力検討

接合部の設計においては、橋軸方向および橋軸直角方向とも、主桁載荷重、設計荷重時、活荷重偏心載荷重、地震時等あらゆる状態においても、負の応力が生じないようにする必要がある。また地震時については、軸力、曲げモーメント以外に片側開通時について、目地部に生ずるねじりモーメントおよび両車線開通時の水平せん断力等各形態につき、次のように検討した。

- 橋軸直角方向 上り線開通時(常時・地震時)
- 上下線開通時(常時・地震時)
- 橋軸方向 上り線開通時(地震時)
- 上下線開通時(地震時)

また、目地部の設計に対する断面力は、常時については目地構造を考慮して、荷重の割増しを行う。荷重割増しは昭和36年10月21日の建設省道路局長通達により、日本道路公団が定めた「継目部の設計」を適用した。

この規定は主として、PCプレキャストブロック桁に適用されるが、本工法の目地部においても、本質的には同様であり適用した。

この場合せん断応力度 τ_a は、目地接合部の弱点を考慮して、コンクリートの設計基準強度 $\sigma_{ck}=180 \text{ kg/cm}^2$ に相当する $\tau_a=6.0 \text{ kg/cm}^2$ として検討した。

「PCブロック工法研究会研究報告」によると、プレキャストブロック間の目地にコンクリート接着剤(特にエポキシ樹脂)を用いた場合、圧縮強さ、引張強さ、せん断強さは、大体母材コンクリート強度の80%程度と報告されている。したがって、今回の場合、下部工であることを考慮して、母材コンクリートの設計強度 $\sigma_{ck}=350 \text{ kg/cm}^2$ のおよそ50%の $\sigma_{ck}=180 \text{ kg/cm}^2$ を採用した。

以下参考までに、P₂₃ について計算例を示す。

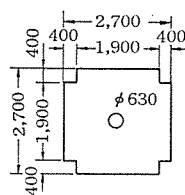
応力計算例 (P₂₃ について)

(1) 断面力

断面力	はり (d_1)	上部工死荷重(d_2)		上部工活荷重(l)	
		上り線	下り線	上り線	下り線
M tm	-78.69	1 036.61	-1 285.34	426.97	-505.37
N tm	223.40	255.20	258.10	84.30	84.30

(モーメントは左回りを正とする)

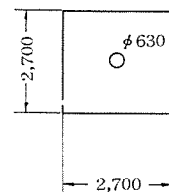
(2) 断面諸定数



$$A_{01} = 6\,338 \text{ m}^2$$

$$I_{01} = 3\,566 \text{ m}^4$$

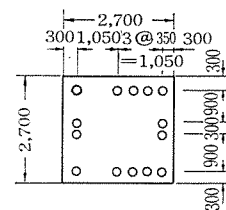
$$Z_{01} = 2\,641 \text{ m}^3$$



$$A_{02} = 6\,978 \text{ m}^2$$

$$I_{02} = 4\,421 \text{ m}^4$$

$$Z_{02} = 3\,275 \text{ m}^3$$



$$e_p = 0.15 \text{ m}$$

$$A_c = 2.72 = 7.290 \text{ m}^2$$

$$I_c = \frac{2.74}{12} = 4.4287 \text{ m}^4$$

$$Z_c = 3.281 \text{ m}^3$$

(3) 荷重による断面力と応力度

a) 常時 断面力は規定により次のように割増しする。

$$1.05 \times \text{死荷重} \begin{Bmatrix} M_D \\ N_D \end{Bmatrix} + 1.20 \times \text{活荷重} \begin{Bmatrix} M_L \\ N_L \end{Bmatrix}$$

断面力	はり自重 (d_1')	上部工死荷重(d_2')		上部工活荷重(l')	
		上り線	下り線	上り線	下り線
M tm	-82.62	1 088.44	-1 349.61	512.36	-606.44
N tm	234.60	267.96	271.01	101.16	101.16

曲げ応力度

$$\text{はり自重} \quad \sigma_{d1} = \frac{N_{d1'}}{A_{01}} \pm \frac{M_{d1'}}{Z_{01}}$$

$$\text{上部工死荷重} \quad \sigma_{d2} = \frac{N_{d2'}}{A_c} \pm \frac{M_{d2'}}{Z_c}$$

$$\text{上部工活荷重} \quad \sigma_l = \frac{N_l'}{A_c} \pm \frac{M_l'}{Z_c}$$

(単位: t/m²)

曲げ 応力度	はり自 重 (σ_{d1})	上部工死荷重(σ_{d2})		上部工活荷重(σ_l)	
		上り線	下り線	上り線	下り線
上縁	5.7	368.5	-373.5	170.1	-170.9
下縁	68.3	-294.9	449.1	-142.3	198.7

プレストレス

縦締用PCケーブル F270を14本用いるものとし、その有効引張力 $P_e=156 \text{ t/本}$ ($P_{ea}=160.7 \text{ t/本}$) として、プレストレスの計算を行う。

$$\sum P_e = 156 \times 14 = 2\,184 \text{ t}$$

$$e_p = -0.150 \text{ m}$$

$$\sigma_{cpe} = \frac{\sum P_e}{A_{cz}} \pm \frac{\sum P_e \cdot e_p}{Z_{o2}} = \frac{2184}{6978} \mp \frac{2184 \times 0.150}{3275}$$

$$= 313 \mp 100.0 = \begin{matrix} 213.0 \text{ t/m}^2 \\ 413.0 \text{ t/m}^2 \end{matrix}$$

合成応力度

上り線開通時

$$\sigma_c = \sigma_{d1'} + \sigma_{d2'} + \sigma_{l'} + \sigma_{cpe}$$

$$= \begin{matrix} 5.7 & 368.5 & 170.1 & 213.0 \\ 68.3 & -294.9 & -142.3 & 413.0 \end{matrix}$$

$$= \begin{matrix} 757.3 \text{ t/m}^2 < 1150 \text{ t/m}^2 \\ 44.1 \text{ t/m}^2 > 0 \text{ t/m}^2 \end{matrix}$$

上下線開通時（活荷重は下り線のみ載荷）

$$\sigma_c = \sigma_{d1'} + \sigma_{d2'} + \sigma_{l'} + \sigma_{cpe}$$

$$= \begin{matrix} 5.7 & 368.5 & -373.5 & -170.9 & 213.0 \\ 68.3 & -294.9 & 449.1 & 198.7 & 413.0 \end{matrix}$$

$$= \begin{matrix} 42.8 \text{ t/m}^2 > 0 \text{ t/m}^2 \\ 834.2 \text{ t/m}^2 < 1150 \text{ t/m}^2 \end{matrix}$$

b) 地震時

橋軸直角方向

地震時水平力によるモーメント

はり自重 $M_{H1} = N_{d1} \cdot K_H \cdot h_1$

上部工死荷重 $M_{H2} = N_{d2} \cdot K_H \cdot h_2$

ただし N ; 軸力, K_H ; 水平震度 ($K_H = 0.2$),
 h ; アーム長

	はり自重	上部工死荷重	
		上り線	下り線
軸力 N (t)	223.40	255.20	258.10
水平力 $N \cdot K_H$ (t)	44.7	51.0	51.6
アーム長 h (m)	1917	3214	2924
モーメント M_H (tm)	85.67	163.91	150.88

曲げ応力度

はり自重 $\sigma_{d1} = \frac{N_{d1}}{A_{o1}} \pm \frac{M_{d1}}{Z_{o1}}$

上部工死荷重 $\sigma_{d2} = \frac{N_{d2}}{A_{o1}} \pm \frac{M_{d2}}{Z_{o1}}$

地震時水平力

はり自重 $\sigma_{H1} = \pm \frac{M_{H1}}{Z_c}$

上部工死荷重 $\sigma_{H2} = \pm \frac{M_{H2}}{Z_c}$

曲げ 応力度	はり 自重 (σ_{d1})	上部工死荷重 σ_{d2}		地震時水平力 (σ_{d2})		
		上り線	下り線	はり自重 (σ_{H1})	上部工死荷重 (σ_{H1})	
					上り線	下り線
上縁	5.4	350.9	-356.4	$\pm(\mp)26.1$	$\pm(\mp)50.0$	$\pm(\mp)46.0$
下縁	65.0	-280.9	427.2			

合成応力度

上り線開通時

$$\sigma_c = \sigma_{d1} + \sigma_{d2} + \sigma_{H1} + \sigma_{H2} + \sigma_{cpe}$$

$$= \begin{matrix} 5.4 & 350.9 & 26.1 & 50.0 & 213.0 \\ 65.0 & -280.9 & -26.1 & -50.0 & 413.0 \end{matrix}$$

$$= \begin{matrix} 645.4 \text{ t/m}^2 < 1900 \text{ t/m}^2 \\ 121.0 \text{ t/m}^2 > 0 \end{matrix}$$

上下線開通時

$$\sigma_c = \sigma_{d1} + \sigma_{d2} + \sigma_{H1} + \sigma_{H2} + \sigma_{cpe}$$

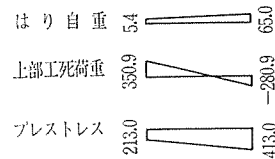
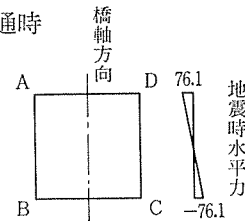
$$= \begin{matrix} 5.4 & 350.9 & -356.4 & -26.1 \\ 65.0 & -280.9 & 427.2 & 26.1 \end{matrix}$$

$$+ \begin{matrix} -50.0 & -46.0 & 213.0 \\ 50.0 & 46.0 & 413.0 \end{matrix}$$

$$= \begin{matrix} 90.8 \text{ t/m}^2 > 0 \\ 746.4 \text{ t/m}^2 < 1900 \text{ t/m}^2 \end{matrix}$$

橋軸方向

上り線開通時



合成応力度

$$\sigma_A = 5.4 + 350.9 + 76.1 + 213.0 = 645.4 \text{ t/m}^2 < 1900 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_B = 5.4 + 350.9 - 76.1 + 213.0 = 493.4 \text{ t/m}^2 > 0$$

$$\sigma_C = 65.0 - 280.9 - 76.1 + 413.0 = 121.0 \text{ t/m}^2 > 0$$

$$\sigma_D = 65.0 - 280.9 + 76.1 + 413.0 = 273.2 \text{ t/m}^2 < 1900 \text{ t/m}^2$$

地震時水平力により生ずるねじりモーメントの検討

$$M_T = K_H \times (M_{d1} + M_{d2})$$

$$= 0.2 \times (-78.69 + 1036.61) = 191.58 \text{ tm}$$

ねじりモーメントによるせん断応力度

$$\tau_T = \frac{M_T}{\alpha \cdot bc^2}$$

ここで M_T ; ねじりモーメント

α ; b/c による形状係数

b ; 短形の長辺の長さ

c ; 短形の短辺の長さ

$$b = c = 2.700 \text{ m}$$

$$b/c = 1 \text{ のとき } \alpha = 0.208$$

よって

$$\tau_T = \frac{191.58}{0.208 \times 2.70^3} = 46.8 \text{ t/m}^2$$

全水平力によるせん断応力度

$$H = N_{d1} \cdot K_H + N_{d2} \cdot K_H$$

$$= 44.7 + 51.0 = 95.7 \text{ t}$$

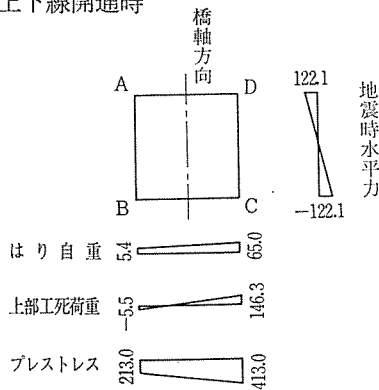
$$\tau_H = \frac{H}{A_c} = \frac{95.7}{2.70^2} = 13.1 \text{ t/m}^2$$

$$\tau_T + \tau_H = 46.8 + 13.1 = 59.9 \text{ t/m}^2 < 112.5 \text{ t/m}^2$$

ここで、ねじりせん断応力度を考慮したときの許容応力度 τ_a は

$$\tau_a = 60 \text{ t/m}^2 \times 1.25 \times 1.5 = 112.5 \text{ t/m}^2$$

上下線開通時



合成応力度

$$\sigma_A = 5.4 - 5.5 + 122.1 + 213.0 = 335.0 \text{ t/m}^2 > 0$$

$$\sigma_B = 5.4 - 5.5 - 122.1 + 213.0 = 90.8 \text{ t/m}^2 > 0$$

$$\sigma_C = 65.0 + 146.3 - 122.1 + 413.0$$

$$= 502.2 \text{ t/m}^2 < 1900 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_D = 65.0 + 146.3 + 122.1 + 413.0$$

$$= 746.4 \text{ t/m}^2 < 1900 \text{ t/m}^2$$

地震水平力によるせん断応力度は

$$\text{全水平力 } H = N_{d1} + N_{d2}$$

$$= 44.7 + 51.0 + 51.6 = 147.3 \text{ t/m}^2$$

$$\tau_H = \frac{H}{A_c} = \frac{147.3}{2.70^2} = 20.2 \text{ t/m}^2 < 90 \text{ t/m}^2$$

ここで地震時における許容せん断応力度 τ_a は

$$\tau_a = 60 \text{ t/m}^2 \times 1.5 = 90 \text{ t/m}^2$$

6. 接合部の実験について

接合については、橋梁ブロック工法の経験から、コンクリートあるいは樹脂を使用することが考えられるが、橋梁ブロック工法とは施工的に異なるため、実験によって確かめることにした。

実験は、各種の充填材料を選び、それらの材質と充填効果について行ったが、各材料とも品質強度は大差なくまた作業性については、作業速度および高所作業の関係から、作業の単純化を考慮して、ここでは樹脂モルタルを使用した。なお実験での配合および品質強度を以下に示す。

a) 膨張コンクリート

(0.5 m³ あたり)

早強セメント	CSA	砂	砂 利	減水剤	水	W/C
178 kg	22 kg	372 kg	468 kg	2.4 kg	95 kg	47.5%

b) 無収縮性モルタル

(0.5 m³ あたり)

早強セメント	タスコ	砂	水	W/C
382 kg	47 kg	429 kg	185 kg	44%

c) 樹脂モルタル

(50 l あたり)

主 剤	硬 化 剤	砂
41.6 kg	13.8 kg	41.6 kg

材料の品質強度

	圧縮強度	引張強度	せん断強度	弾性係数
膨張コンクリート	468	30.8	—	267 000
無収縮性モルタル	644	28.4	—	202 000
樹脂モルタル	651	31.7	14.2	102 000

7. 問題点とその解決法

(1) 落込み管

今回使用した落込み管は、φ180の厚肉スパイラルパイプで、定着アンカーとの径差がありすぎたため、コンクリートモルタルが流入し、PCストランドワイヤーの引上げ作業を、困難にしたことがあった。

この解決策としては、落込み管の孔径を施工可能範囲に縮小し、定着アンカーとの径差をなくして、ブラックテープ等で巻き付け、モルタルの流入を防ぐ。また万一の場合に備えて、落込み管の底部に上底を設け、PCストランドワイヤーにモルタルが付着しない方法も考えられる。

(2) ジャッキ受座の切り欠き部

回転板の設置、撤去、接合部の目地処置および微調整等の作業で、はりは脚柱切り欠き部にセットした4台のジャッキにより数回支持される。したがって、ジャッキ作用位置の支圧応力の検討および補強鉄筋等により、はり自重に対し、安全に設計しなければならない。観音高架橋では、この切り欠き部の大きさは400×400 mmであり、ジャッキ送り台を有効に扱えなかった点を考えると、少なくとも450×450 mmの形状が必要のように思われる。

(3) シース孔合せおよび縁切り

はり柱のシース孔合せは、回転前の段階ではりが製作されるので、孔の位置決めが重要である。一般的には柱部の現寸を回転前の状態で、その位置を決めるが、本工事では、鉄筋で形どった定規を回転軸を中心に逆回転

報 告

させた。しかし回転軸にも多少の施工誤差があり、回転軸のみ基準にすることは、いささか問題もあり、柱側面からの現寸定規を用い、両方で位置決めを行えば、なお正確にシース孔が合致するものと考えられる。

また、はり部と柱部の縁切りは、ビニールを使用したのが、溶接、ガス等によって部分的に溶け、その穴からモルタルが流れ込み、接合面の仕上げが良くない場合があった。したがって、定規と縁切りを兼ねた合板等を用いれば、この問題は解消されるであろうと思われる。

(4) スtrandワイヤー引上げ

柱内部に落し込まれたStrandワイヤーをはり回転後、はり上の定着部まで引き上げなければならないが、この引上げは、Strandワイヤー頭部に取り付けられたワイヤーを、レッカー車を使用して吊り上げるものであるが、ワイヤーでなくカップラーセット等の引上げ装置が開発されれば、施工的にさらに容易になるとと思われる。

む す び

都市内の高架道路工事の場合、まず問題となることは、現道の交通障害ということであるが、この回転工法採用することにより、一本足橋脚については、現道の交通への支障はなく、また車両および通行者に対する落下物等の危険の恐れがなく、安全にかつ短期間の内に施工が可能である。

今後各地で、高架道路の建設計画が進められているので、その建設にあたって、この回転工法の特徴が大いに利用され生きるものと思うが、本報告がその一助にでもなれば幸甚である。

なお、おわりに回転工法を採用して、広島高架橋の建設を行った、三井建設株式会社およびこの工法を開発したピー・エスコンクリート株式会社に敬意を表する。

1973・6.28 受付



SEE工法
その他各種工法

プレストレスト・プレキャストコンクリート

栃木県庁議会棟

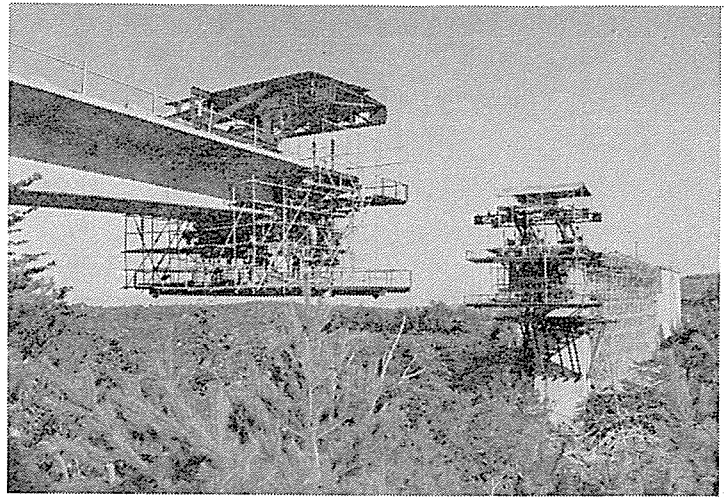
黒沢建設株式会社

取締役社長 黒沢亮平

東京都新宿区三光町25番地 三立ビル TEL 03-356-3573(代)

PC工場 神奈川県秦野市三屋字川原135番地 TEL 0463-75-1324

PC架設機
の
設計・製作



180T-M
現場打架設車

三信工業株式会社

東京都千代田区神田錦町1-4 (滝本ビル5階)

TEL (294) 5 1 3 1・5 1 3 2

PAT No. 467154
532878

LPPセンターホール
ジャッキ

PC同時緊張機
PAT No. 569584

PC・各工法用ジャッキ・ポンプ・油圧機器・試験機

OX山本扛重機株式会社

東京都中央区新富1-6-3
TEL 東京(551)局2115~9