

# レオバ工法を使った建築物

(金城学院大学書庫新築工事)

佐 竹 幹 弘\*

## 1. はじめに

レオバ工法が建築工事で最初に使われたのは、当工事に先立って、静岡県金谷町の第一製薬静岡工場第一期工事であり、また当工事とときを同じくして茨城県石岡の大日本文具茨城工場においても使用された。

レオバ工法がわが国に西ドイツから導入されたのは1961年で、翌年から使用され、橋梁の主桁およびレオンハルト工法と併用されていたが、1965年1月から建築に使われるようになった。前記2例の工事の規模はつぎに示す。

### (1) 第一製薬静岡工場

延べ 10 000 m<sup>2</sup> のうち工場部分の約 8 000 m<sup>2</sup> が P C 構造で、2階ばり、R階ばりに P C が使用された。

2階ばりは、はり長さ約 10 m のプレキャストばり 48 本

コンクリート強度は  $\sigma_{28} = 450 \text{ kg/cm}^2$

R階ばりは、はり長さ約 49 m 3 径間連続ばりで、小ばりおよび床版と一体打ちし、1次から3次に分けてプレストレスが導入された。コンクリート強度は  $\sigma_{28} = 400 \text{ kg/cm}^2$ 、使用されたタイプは S-66 と K-66 で、使用ケーブル長さは約 4 650 m である。

### (2) 大日本文具茨城工場

R階に使用されたはりの長さは 18 m T型ばり 72 本で、はり間隔 76 cm、現場一体打で、プレストレス導入は1次、2次に分けて行なわれた。使用ケーブルはレオバ S-66 タイプで、各はりに 1 本ずつ配置した。

## 2. レオバ工法の概要

レオバ工法についてはすでに本誌 Vol. 4, No. 4, August, 1962 に紹介してあるが、その概要を紹介する。

使用鋼線と定着法によって表-1 に示す種類があり、引張棒をかいして緊張し、緊張後のグラウトの硬化を待って引張棒をはずし、最終的には硬化ペーストによって定着される点に特徴がある(図-1)。

\* 大成建設KK 大阪支店

図-1 レオバケーブルの構造

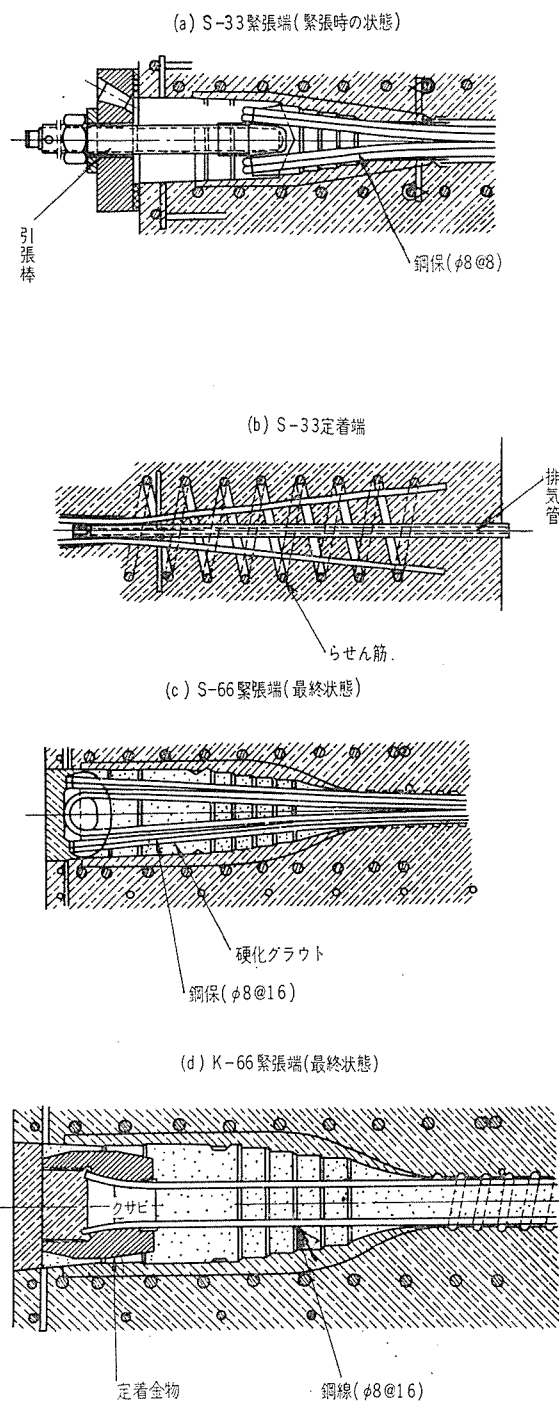


表-1 レオバ ケーブルのタイプ別諸元

タイプ	径 (mm)	本数	引張強度 (kg/mm <sup>2</sup> )	鋼線または鋼棒 1本あたりの断面 $A_p$ (mm <sup>2</sup> )	設計荷重時 許容緊張力 $P_{ea}$ (t)
S-24	5	12	170	19.63	24
S-33	8	8	160	50.24	38.60
S-66	8	16	160	50.24	77.20
K-66	8	16	160	50.24	77.20

(1) S タイプ

Sタイプには表-1に示すような3種類があり、共通した特徴は、緊張端のPC鋼線を小さな半径に折り曲げてI型(S-24, S-33)または十字型(S-66)の定着鋼片に懸けるループエンド方式である。この定着端は図-1のように鋼線を波づけて拡散し、コンクリートの中に直接埋込む。緊張は、定着鋼片に引張棒をねじ込み、レオバジャッキに連結して緊張力を導入したのち、グラウト注入を行ない、その硬化後、ナット、支圧板、および引張棒を取りさる。定着鋼片はその硬化ペーストによって定着され、PC鋼線のループ形状は、特殊曲げ器によって加工され、波づけにはレオバ波づけ機が用いられる。

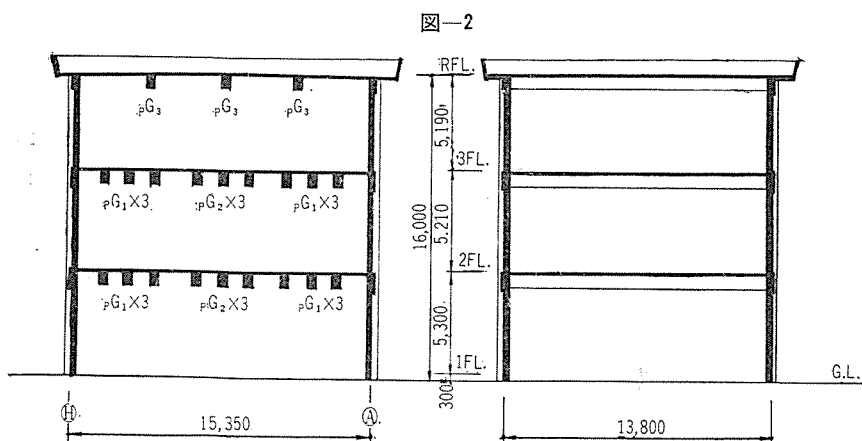
(2) K タイプ

このタイプは K-66 1種で、両端緊張および PC ケーブルの連結するために用いられる。PC鋼線を定着鋼片とクサビで定着してから緊張を行なう。Kタイプは S-66 タイプとも併用される。第一製薬R階にはこのタイプを使用した。

当工法は、1ケーブルについて緊張力の導入を何回にも分けて行なうことができる。床版の横締めなどのように薄い部材に使用する場合、S-24, S-33 タイプにだ円型シーすを使用し中立軸からの偏心を大きくすることもできる。この場合レオバ間隔材を使い鋼線の配列は整然とさせられないようにする。

3. 金城学院大学書庫構造概要

建築主：金城学院大学



設計：志村建築設計事務所

施工：大成建設KK

規模：PC構造3階建(基礎、柱、壁、ひさしはRC)階高 16m

建築面積 211 m<sup>2</sup>

延面積 618.3 m<sup>2</sup>

2, 3階PCばり：長さ 13.80m 6本各3ケーブル

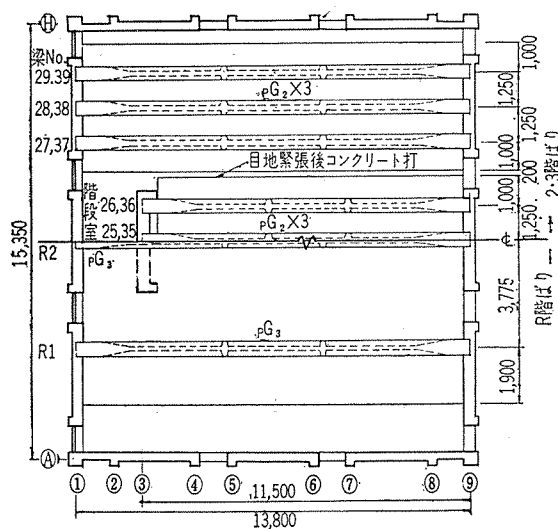
〃 11.50m 3本各2 〃

R階 PCばり：長さ 13.80m 3本各2 〃

各階とも鋼製書架が2層設けられ、積載荷重が約 1.5 t/m<sup>2</sup> あるのと、スパンが 13.30 m あるため PC 構造になっている。PCばりはT型単純ばりで、壁(構造上は柱)上に支持され、地震力は外周4辺の厚壁に分担させられている。

当工事の工法について種々検討した結果、立地条件および建物の構造から、はりスラブを一体として、各階とも現場打ちで施工することになった(図-2, 3)。

図-3



4. PCばりの構造

図-4, 5のごとく、T型ばりを3本横に連続したものが2, 3階では3組、R階では1組から成っており、妻側の部分および長さの異なる部分は、緊張の拘束とそりおよび縮みの差による不要の応力に加わるのを避けるために、目地を作っておき、緊張後コンクリートで埋めるようになっている。また緊張端近くの床版にはひびわれ防止のために異形鉄筋で補強が行なわれた。

図-4 pG<sub>1</sub> の ケーブル 配置

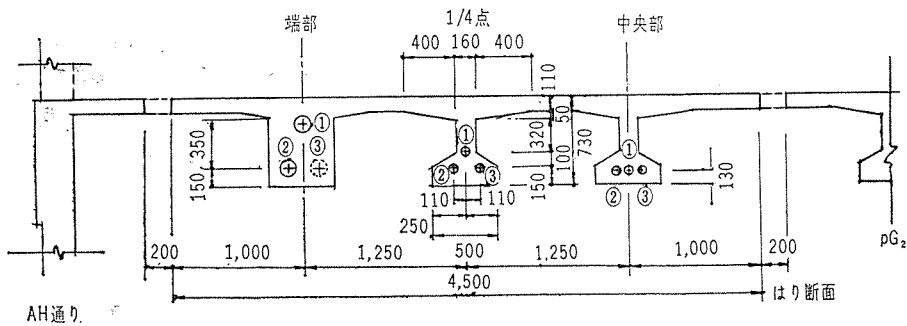
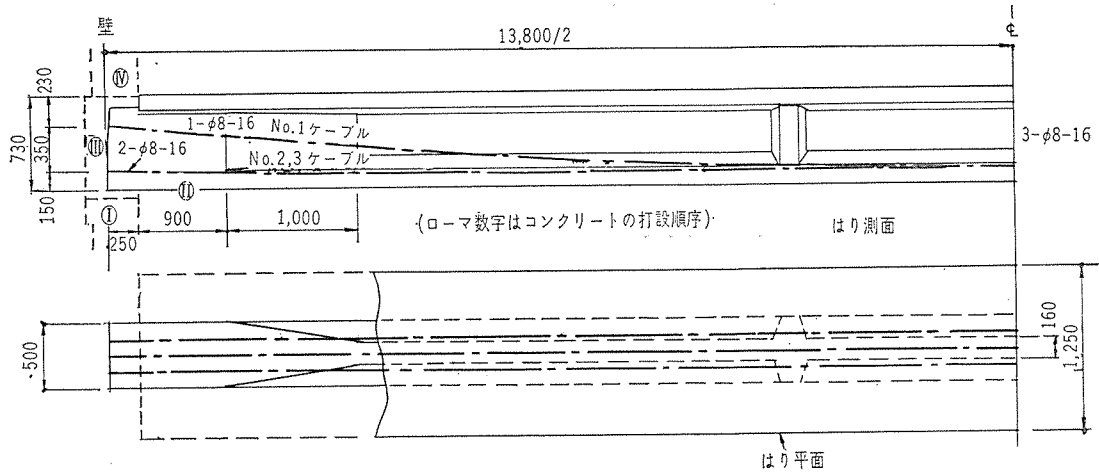


図-5 pG<sub>2</sub> の ケーブル 配置

るので早強セメントを使用した。打設時期が7~9月初め気温の高いときに行なわれ、床版に乾燥収縮クラックの発生が心配されるので、セメント量の減少を計るべく数度試験練りを行なった結果、表-2,3に示す配合になった。

2,3階ばりのコンクリートが富配合であるため、配合決定後あらかじめプラントからコンクリートを1台取り、経過時間とスランプの低下率を調べた結果、出荷から現場到着まで30分、さらに現場で50分間合計80分間の低下は約3.5cmであった。これと同時に養生方法の検討をするために1.5m×1.5mの床版で6種の実験をした結果、タンピング後こて押え2回、2回目は硬化直前に行ない、散水養生を行なう方法が

よい結果が得られ経済的でもあったので、これが採用された。実施の場合には、乾燥収縮によるクラックは皆無であった。

コンクリートの打設は、はり、スラブ同時であり、普

## 5. 施 工

### (1) コンクリート

現場打コンクリートであるために、工期的に不利にな

表-2 コンクリートの配合

種 別	諸 元	所要強度 $\sigma_{28}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	最大粗骨材 寸法 (cm)	スランブ (cm)	単位水量 W(kg)	単位セメント 量 C(kg)	水セメント 比 w/c(%)	絶対細骨材 率 S/A(%)	細骨材 S(kg)	粗骨材 G(kg)
2,3階ばり		425	25	5~10	167	440	38	35	614	1158
R		350	25	5~10	165	360	45.8	37.5	668	1177

材料セメント—宇部産高級セメント，砂—産地木曾川，最大粒径 5 mm，粗粒率 2.87，砂利—産地木曾川，最大粒径 25 mm，粗粒率 6.77，碎石率 40~50%

表-3 コンクリート強度

使 用 箇 所	所要4週 強 度 (kg/cm <sup>2</sup> )	圧縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> )				
		材 令	$\sigma_3$	$\sigma_5$	$\sigma_7$	$\sigma_{28}$
			養生方法	放 置	標 準 養 生	
2,3階 ばり	425	試験練り	314	372	410	462
		実 績	310 (316)	378 (375)	412 (422)	475 —
R 階 ばり	350	試験練り	212	257	306	—
		実 績	—	—	—	—

( ) 内は3階ばり

通コンクリートと同じ段取りで行なったが，スランブが小さいため足しを密に敷く必要があった。締固めは220 V の 10 000 回転のフレキシブル パイプレータ 4 台で行なった。

養生は前記の方法の他に，P Cコンクリート打設部分全体をシートで覆い，打設中に雨が降る場合と炎天に対する備えをしておいた。2階ばりの打設中に雨が降ってきたが中止することなく打設できた。

(2) ケーブルの配置

pG<sub>1</sub> は 図-4 のように平面的に直線のものとして pG<sub>2</sub>, pG<sub>3</sub> の 2本のケーブルが 180° ツイストされて配置するものがあり，配置の施工精度を保つために，あらかじめ鉄筋で作った支持台を 1~1.5 m 間隔にスターラップに取付け，現場での作業を容易にした。特に留意した点はケーブルの平面的な蛇行は緊張時の摩擦を大きくする原因になるので，コンクリートの打設時に平面的な移動がないよう支持台に転び止めを設けた。高さの精度ははりせいの 1/200 以下に保つよう注意した。

(3) プレストレス導入

プレストレスの導入は2次に分けて行ない，1次緊張は  $\sigma > 250$  kg/cm，2次は  $\sigma > 350$  kg/cm<sup>2</sup> とした。1次緊張は自重とバランスし，なおかつ上部の作業が多少行なえることを目安として導入し (積載荷重 400 kg/cm<sup>2</sup>

表-4

はり	ケーブルの数 (本)	自重とバ ランスす る緊張 U (t)	1 次 緊 張		2 次 緊 張		鋼線の 伸び量 (mm)	摩擦係数 ( $\mu$ )	
			1ケーブル あたり (t)	合 計 (t)	1ケーブル あたり (t)	合 計 (t)		最小	最大
pG <sub>1</sub>	3	45	40	80	75~80	230.5 ~234.5	63~67	0.05	0.4
pG <sub>2</sub>	2	35	35 40	75	80~81.5	160.5 ~163	55.5~57	0.2	0.35

見込み)，これら1次緊張は1ケーブルあたり40 t 以下に押えた。

導入方法は，3本のはりがスラブで横に連なっているため応力がかたよると床版(フランジ)に

ひびわれの発生するおそれがあるから，中央のはりから左右へ分散して導入された。

2次緊張は1次緊張と同様に分散して導入を行なった。最終緊張力は，緊張力—伸び関係グラフにあらかじめ摩擦係数を仮定した ( $\mu=0.1\sim0.4$ ) 伸び曲線を書いておき，緊張時にプロットしながら決定した。

$\mu$  は 0.05~0.4 の範囲にあり，ケーブルの配置によっても異なるが，摩擦による緊張力損失は最大6%であった(表-4)。

6. 測 定 の 結 果

(1) 緊張時のはりの縮みとそり

緊張時におけるはりの縮み量とそり量の測定結果を表-5~7 に示す。

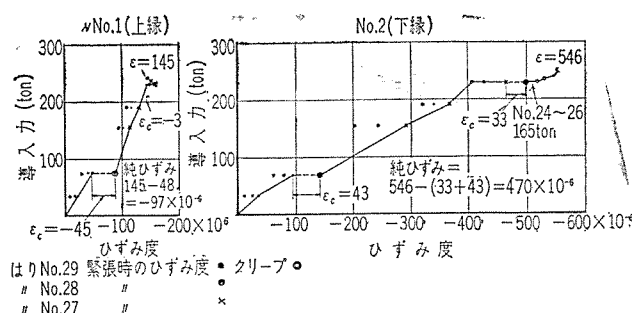
表に示すように緊張時の縮み量は pG<sub>1</sub> (No. 28) で 5 mm，11.5 m ばり (No. 26) で 3.5 mm である。

そり量は pG<sub>1</sub> で最大 19 mm (No. 28)，pG<sub>2</sub> で 10 mm であるこの値に対し計算値は pG<sub>1</sub>—18.1 mm，pG<sub>2</sub>—7.9 mm である。

(2) 緊張時のコンクリート強度と弾性係数

緊張時のコンクリート強度は材令3日で 310 kg/cm<sup>2</sup>，5日で 370 kg/cm<sup>2</sup> で，静弾性係数は  $2.7 \times 10^5 \sim 3 \times 10^5$  kg/cm<sup>2</sup> であった。

図-6 pG<sub>1</sub> (No.28) 中央断面のひずみ度変化



(3) はり (pG<sub>1</sub>) 中央断面における応力度

2階ばりにはあらかじめカールソン型ひずみ計を埋設しておいたが，pG<sub>1</sub> の中央断面上下縁の測定ひずみ度について緊張期間中のクリープ変形(硬化収縮もふくむ)を考慮して

表-5 緊張時のそり (mm)

はり No.	21	22	23	24	25	26	24'	25'	26'	27	28	29
7月10日 12.00 1次緊張後	3.5	5.0	4.0	3.0	3.0	2.5	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	2.0
7月11日 10.00 最終緊張前	3.5	5.0	4.0	4.5	3.5	4.5	4.0	3.5	4.0	5.0	5.0	3.0
7月11日 15.00 27~29 最終後*					4.0	5.5				14.5	15.0	11.5
7月12日 15.00	14.5	18.5	16.5	10.5	9.0	10.5	11.0	10.0	10.0	18.2	19.0	16.0

測点は、はり pG<sub>1</sub> の中央部、24'~26' は pG<sub>2</sub> の中央部

\* 目地部分の幅が狭いため鉄筋による拘束があったため、27~29の緊張が26~25に影響している。

表-6 導入力 (t)

はり No.	21	22	23	24	25	26	27	28	29
7月10日 12.00	80	80	80	70	70	70	80	80	80
7月11日 10.00	"	"	"	"	"	"	"	"	"
" 15.00	"	"	"	"	"	"	210	230.5	225
7月12日 15.00	234.5	230.5	233	163	156.5	160.5	232	236	232

表-7 はりの緊張時縮みの量

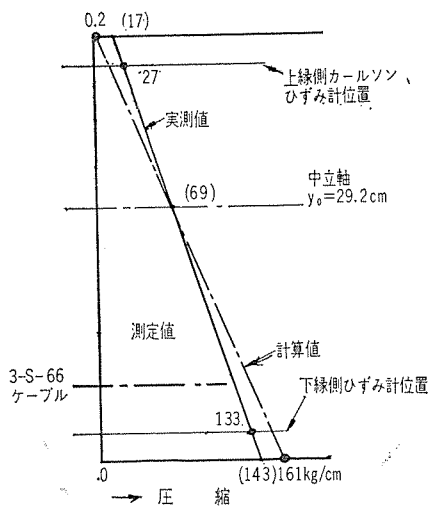
日 時	位 置	はり端下縁 (スケール による)	はり端上縁 (1等基準 尺による)
7月9日 16.15	75 t 導入後	-1 mm	0 m
7月10日 10.00	"		-1.5
" 13.00	"		-1.5
7月11日 10.00	"		-1.0
" 15.00	230.5 t 導入後	-4 m	
7月12日 15.00	236.5 " "	-5 m	0

備考：はり端上縁の標点間距離は 13.079 m

緊張時の純弾性ひずみ度を整理すると図-6に示すように、上縁側(かぶり 5 cm)  $-97 \times 10^{-6}$  下縁側  $-470 \times 10^{-6}$  のひずみ度となる。

コンクリートの弾性係数  $E_c = 2.8 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$  とし、て応力度に換算し計算応力度と比較すると図-7に示すような応力度図となる。

図-7 応 力 度 図



$E_c = 2.8 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$  として  
測定値を応力度に換算する。

図-7に見られるように計算上の中立軸と測定結果はほぼ一致し、プレストレスによる軸力は

$$P = 69 \text{ kg/cm}^2 \times 3.231 \text{ cm}^2 = 223 \text{ t} \approx 233 \times 0.961$$

となり、所要の緊張力が導入されたことを示している。

床版の緊張時における応力および積載荷重(上階のコンクリート打設による荷重約  $800 \text{ kg/m}^2$ )がかかったときのはり端付近の壁に起こる不静定応力の測定結果は目下解析中である。

写真-1



写真-2

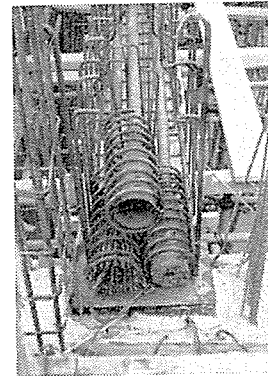


写真-3

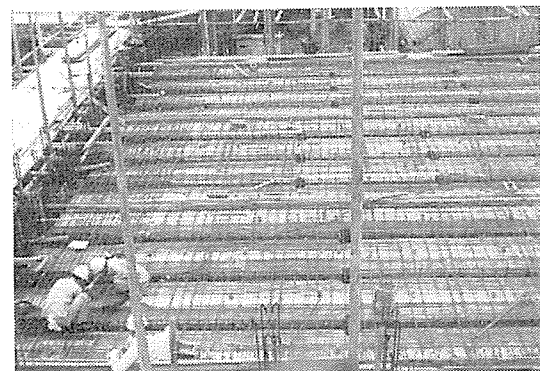


写真-4



写真-6

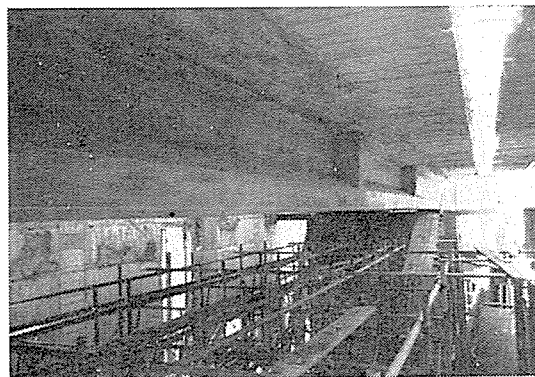


写真-5



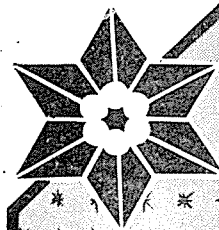
### 7. む す び

当初の計画は架設方式であったが、施工および構造面で不利な点があったため、工程的に不利ではあるが、工期の余裕もあることから、現場打ちで行なわれた。

当工事をふくめ建築工事にレオバ工法を使用したのは3件のみであったため、土木工事におけるデータを基礎にし、さらに当社技術研究部で各部材の応力の測定を行ないつつ施工された。現在までのところ無事工程どおり工事が行なえたことを、工事にあたって種々協力して下さった設計事務所の方々や、関係者各位に感謝する次第である。

1965.9.13・受付

東京製鋼製品



**PPC**

**JIS G 3536**

鋼線・鋼より線  
 BBR工法鋼線  
 多層鋼より線 (19,37本より)

製造元 **東京製鋼株式会社**  
 発売元 **東鋼商事株式会社**

東京都中央区日本橋室町2丁目8番地 古河ビル四階  
 電話 (211) 285.1 (大代表)