

## 渋谷高架橋の設計と施工について (3)

——ピロンを併用した Dywidag 工法——

津 野 和 男\*  
上 野 芳 久\*\*  
木下 藤 田 和 仁\*\*

本誌6巻2号および4号には一般に行なわれている片持ばり工法について記したが、今回は Pylon を併用した Dywidag 工法 (Freivorbau mit Hilfspylon) の設計と施工についてその概要を述べる。

### 1. ま え が き

高速道路3号線 312 工区は、2区間に分れ、171 m (45+81+45 m) の部分に引続き 90 m (45+45 m) の部分も前者と同様 Dywidag 工法により、このほど完成した。

この工区では、渋谷駅に近い方の径間の下は都電が通過しており、さらに相当量の自動車交通があるので、これらの交通に支障を与えることなく、高架を完成することが要求された。

このために支保工による片持ばり工法の両者を比較検討した結果、安全性の大きい片持ばり工法で施工することに決定した。

都電がこの高架の下を斜めに曲線を画いて通過しており、自動車の交通流もまた斜めになっているので、支保工は相当大きな支間のものが必要であり、かつ都電の架線に対しある程度のクリアランスをうるためには、桁高の低い I 型桁を数多く使用することが必要である。なおこれら支保工の組立、撤去は夜間短時間に都電架線の電流を切って実施しなければならず、また交通車両が支保工に衝突することを防ぐ設備も施さなければならない。

これらの点を考慮すれば支保工による施工は、経済性においても有利ではない。

青山側の径間は交通上の障害もなく、また、地上よりの高さも低いので支保工上で施工し、渋谷側は片持ばり施工を実施した。

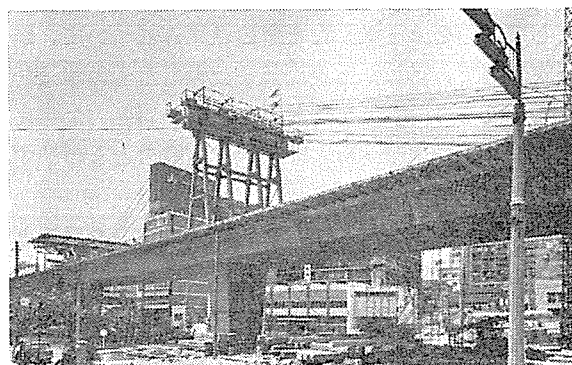
本高架橋では、美観と都電架線のクリアランスの関係上、桁高が一定の連続桁形式を採用している。

したがって、桁の中央から桁端部までは、PC鋼棒の図心が桁の下方にあるので、支点から桁の中央までは、設計荷重により必要なプレストレスで312工区(その1)

で実施したと同様な方法で Vorbau できるが、桁の中央から桁端までは、カンチレバーモーメントに抵抗するプレストレスを別に導入しなければならない。このプレストレスの効率をよくするために Pylon (塔柱) を設けて桁の端部をこの柱から張った鋼棒によってつり上げる形で Vorbau した。

このつり鋼棒には住友標準の3種  $\phi 27$  S.B.P.C 95/120 を用いた (写真—1)。

写真—1 Pylon とつり鋼棒



### 2. 設 計

#### (1) 概 要

青山側径間および、中央橋脚より渋谷側に 4.20 m 間を支保工上で施工し、渋谷側径間 12 ブロック中、1～4 ブロックを各断面で定着されている鋼棒 (42～24 本、上スラブに配置) にプレストレスを導入しながら、ワーゲンを進めコンクリート打設を行なう。

4 ブロック打設、緊張が終ると青山側径間の全桁鋼棒にプレストレスを導入し、支保工を撤去する。

つぎに、5、6 ブロックを同様に Vorbau Wagen にてコンクリート打設、鋼棒緊張、前進を行なうが、6 ブロック打設後の中央橋脚上でのカンチレバーモーメントが非常に大きくなり、桁の上縁、下縁の応力度が、

$$\sigma_0 = 4 \text{ kg/cm}^2, \quad \sigma_u = 128 \text{ kg/cm}^2$$

にもおよぶ。

それゆえ、7 ブロック以後の施工に当っては、図—1 に示す Pylon (塔柱) を中央橋脚上に組立て、ブロック以後の各ブロック打設により新たに中央橋脚上に生じる

\* 首都高速道路公団

\*\* 鹿島建設株式会社

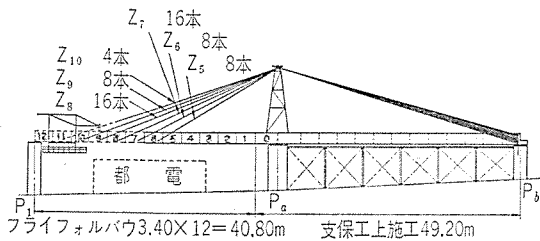
モーメントを打消すように、つり鋼棒を緊張して正の曲げモーメントを桁に生ぜしめる。

このようにして 12 ブロックまで施工すると完成したときの桁の曲げモーメント、支点反力などが全体を支保工で施工した場合の値と異なったものになり、施工完了後、クリープが進行するにつれて曲げモーメント、反力の移動が生じる。この移動を許すと本設計では不経済な結果となるので、施工完了時の曲げモーメント、反力を初めから支保工上で全体を施工したときのそれに一致させるために反力の調整を行なう。

当工事においては、ちょうどつり鋼棒を使用しているのでこれを利用すれば容易にこの目的を達することができるのである。

すなわち、図-2 に示すように、静定系で緊張されているつり鋼棒を、桁を不静定系にした後に解放すると不静定反力が生ずる。この反力を利用して曲げモーメント

図-1 施 工 図



の調整を行ない、支保工で施工した場合と同様の応力度状態で工事を完了させたのである。

そのときの各支点における、反力の移動は表-1 に示す。また、つり鋼棒の操作を表-2 に示し、そのときの中央橋脚上での桁の応力度変化を表-3 に示す。

(2) 施工中のつり鋼棒の緊張方法と計算例

つり鋼棒 $Z_6$  (図-1 参照) に所定の緊張量を与えてもつぎの段階で7ブロックのコンクリート打設、および $Z_6$ の緊張などにより $Z_6$ の緊張量は変動する。

図-2

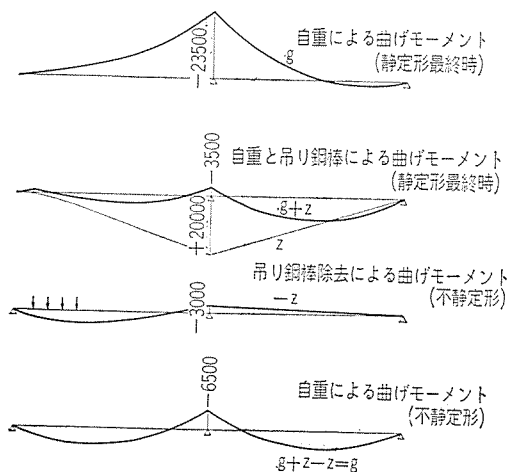


表-1 反力の変動

	$R_{P1}$	$R_{Pa}$	$R_{Pb}$
静 定 時 { 自 重	—	2 184.1	30.4
最 終 反 力 { ワーゲン	—	138.9	— 67.9
12 ブロック型わく除去	30.6	— 1.3	0.2
ワーゲン撤去	— 67.0	— 4.8	0.8
渋谷側桁鋼棒緊張, つり鋼棒除去	383.5	— 766.7	383.5
反力調整(つり鋼棒による)	48.8	— 97.6	48.8
計	396	1 453	396
設計時 (全体を支保工施工)	395	1 453	395
差	1	0	1

$R_{P1}$ : 渋谷側橋脚上反力  
 $R_{Pa}$ : 中央橋脚上反力  
 $R_{Pb}$ : 青山側橋脚反力

表-2 つり鋼棒緊張順序

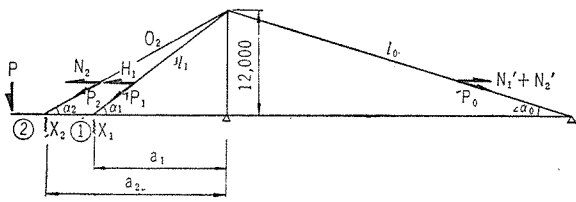
	記 号	本 数	緊 張 量
7 BL, 打設前	$Z_5$	8 本	28 t/本 で緊張
8 BL, 打設前	$Z_6$	8 本	30 t/本 "
9 BL, 打設前	$Z_7$ 前半	8 本	32 t/本 "
	$Z_5$	8 本	除去
10 BL, 打設前	$Z_7$ 後半	8 本	32 t/本 で緊張
	$Z_8$ 前半	8 本	34 t/本 "
11 BL, 打設前	$Z_8$ 後半	8 本	34 t/本 で緊張
	$Z_9$	8 本	37 t/本 "
12 BL, 打設前	$Z_{10}$	4 本	33 t/本 "
13 BL, 打設前 モーメント, 反力調整量	$Z_7$	16 本	40 t/本まで緊張量増加
	$Z_8$	16 本	37 t/本 "
	$Z_9$	8 本	39.5 t/本 "
	$Z_{10}$	4 本	37 t/本 "

記号は 図-3 参照

表-3 6 BL 打設以後の7点 ( $P_a$ 上) の応力度の変化

	$\sigma_o$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_u$ (kg/cm <sup>2</sup> )
6 ブロック打設後	3.9	128.0
つり鋼棒 $Z_6$ 緊張後	40.4	88.3
7 ブロック打設後	5.6	129.4
つり鋼棒 $Z_6$ 緊張後	46.4	85.2
8 ブロック打設後	7.6	131.0
つり鋼棒 $Z_7$ 前半緊張後	52.2	82.5
" $Z_6$ 除去	15.7	122.1
" $Z_7$ 後半緊張後	60.4	73.7
9 ブロック打設後	17.5	124.3
つり鋼棒 $Z_8$ 前半緊張後	65.8	71.9
" $Z_6$ 除去	25.0	116.1
" $Z_8$ 後半緊張後	73.4	63.6
10 ブロック打設後	26.4	119.0
つり鋼棒 $Z_9$ 緊張後	79.8	61.1
11 ブロック打設後	28.8	121.2
つり鋼棒 $Z_{10}$ 緊張後	52.9	95.2
反力調整後	91.0	53.8

図-3



この変動量を求め、あらかじめ緊張力の調整を行ない各ブロック打設後に各鋼棒に所定の緊張力が導入されるようにする。計算はつり鋼棒のアンカー点を、おのおの弾性支承と考え、各状態に対する不静定反力を求め、これが鋼棒に働く変動力と考える。

弾性支承のバネ定数は図-4で

$X_1, X_2$  による  $l_1, l_2$  の伸びは  $E_S = 6 E_C$  とすると

$$P_1 = \frac{X_1}{\sin \alpha_1}, \quad P_2 = \frac{X_2}{\sin \alpha_2}$$

$$\Delta l_1 = \frac{P_1 \cdot l_1}{E_S \cdot A_1} = \frac{P_1 \cdot l_1}{6 E_C \cdot A_1}, \quad \Delta l_2 = \frac{P_2 \cdot l_2}{E_S \cdot A_2} = \frac{P_2 \cdot l_2}{6 E_C \cdot A_2}$$

$\Delta l_1, \Delta l_2$  を鉛直方向の変位になおすと、

$$\left. \begin{aligned} \delta_{l1} &= \Delta l_1 \cdot \sin \alpha_1 = \frac{X_1 \cdot l_1}{6 E_C \cdot A_1} \\ \delta_{l2} &= \Delta l_2 \cdot \sin \alpha_2 = \frac{X_2 \cdot l_2}{6 E_C \cdot A_2} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(1)$$

$X_1, X_2$  による  $l_0$  の伸び

$$N_1 = \cot \alpha_1 X_1 = N_1', \quad N_2 = \cot \alpha_2 X_2 = N_2'$$

$$P_0 = \frac{N_1' + N_2'}{\cos \alpha_0} = \frac{N_1 + N_2}{\cos \alpha_0}, \quad \Delta l_0 = \frac{P_0 \cdot l_0}{E_S \cdot A_0} = \frac{P_0 \cdot l_0}{6 E_C \cdot A_0}$$

$\Delta l_0$  による Pylon の水平変位  $\delta_H$

$$\delta_H = \Delta l_0 \cdot \cos \alpha_0 = \frac{P_0 \cdot l_0}{6 E_C \cdot A_0} \times \cos \alpha_0 = \frac{(N_1 + N_2) l_0}{6 E_C \cdot A_0}$$

$\delta_H$  による①, ②点での鉛直変位

$$\frac{\delta_H}{12.0} = \frac{\delta_V}{a}, \quad \delta_{V01} = \frac{\delta_H \cdot a_1}{12} = \frac{(N_1 + N_2) l_0 \cdot a_1}{12 \times 6 E_C \cdot A_0}$$

$$\delta_{V02} = \frac{\delta_H \cdot a_2}{12} = \frac{(N_1 + N_2) l_0 \cdot a_2}{12 \times 6 E_C \cdot A_0}$$

$N_1 = \cot \alpha_1 X_1, \quad N_2 = \cot \alpha_2 X_2$  より

$$\left. \begin{aligned} \delta_{V01} &= \frac{(\cot \alpha_1 X_1 + \cot \alpha_2 X_2) l_0 a_1}{12 \times 6 \times E_C \cdot A_0} \\ \delta_{V02} &= \frac{(\cot \alpha_1 X_1 + \cot \alpha_2 X_2) l_0 a_2}{12 \times 6 \times E_C \cdot A_0} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(2)$$

ゆえに荷重  $P$  による①, ②点での鉛直方向変位は、式(1),(2)を加えて、

$$\left. \begin{aligned} \delta_1 &= \frac{1}{6 E_C} \left\{ \frac{l_1}{A_1} X_1 + \frac{(\cot \alpha_1 X_1 + \cot \alpha_2 X_2) l_0 a_1}{12 \times A_0} \right\} \\ \delta_2 &= \frac{1}{6 E_C} \left\{ \frac{l_2}{A_2} X_2 + \frac{(\cot \alpha_1 X_1 + \cot \alpha_2 X_2) l_0 a_2}{12 \times A_0} \right\} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(3)$$

ここで、 $X_1, X_2$  を  $P=1t$  に対する反力として求めると  $\delta_1, \delta_2$  はバネ定数となるが、桁のたわみとの関係上

$\delta_1, \delta_2$  に  $E_C I$  を掛けた値を求め、これをバネ定数  $K_1$  とする。

$$\left. \begin{aligned} K_1 &= \frac{I}{6} \left\{ \frac{l_1}{A_1} X_1 + \frac{(\cot \alpha_1 X_1 + \cot \alpha_2 X_2) l_0 a_1}{12 A_0} \right\} \\ K_2 &= \frac{I}{6} \left\{ \frac{l_2}{A_2} X_2 + \frac{(\cot \alpha_1 X_1 + \cot \alpha_2 X_2) l_0 a_2}{12 A_0} \right\} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(4)$$

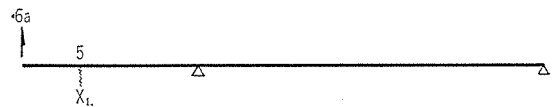
一例として  $Z_6$  緊張時の  $Z_6$  緊張値、および  $Z_5$  調整値の算出方法を述べると、図-4(a)の系で6点に  $P=1t$  がかかったときの5点での  $\delta_{EI}$  を  $\delta_{55}$  とし、5点に  $1t$  がかかったときの5点での  $\delta_{EI}$  を  $\delta_{55}$  とする。また、5点でのバネ定数を  $K_5$  とすると

$$\delta_{56} + \delta_{55} X_1 + K_5 = 0$$

$$\delta_{56} = 12627 \quad \delta_{55} = 10674 \quad K_5 = 32119 X_1$$

$$\therefore X_1 = -0.295$$

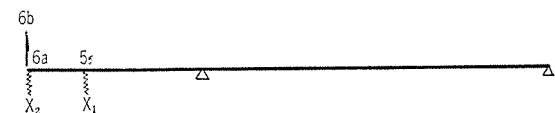
図-4 (a)



つり鋼棒はフォルパウ側4本、支保工側4本を一群として計8本を同時に緊張するから  $Z_5=8$  本、 $Z_6=8$  本の緊張は、おのおの二回にわけて行なう。そこで初めに緊張する一群(フォルパウ側4本、支保工側4本)を  $Z_{5a}$  とし残りを  $Z_{5b}$  とする。同様に  $Z_6$  も  $Z_{6a}, Z_{6b}$  にわける。

ゆえに、 $X_1 = -0.295$  を  $X_{5a} = -0.1475, X_{5b} = -0.1475$  とする。これが  $Z_{6a}$  による5点での反力である。

図-4 (b)



$Z_{6b}$  による  $X_{5a}, X_{5b}, X_{6a}$  は図-4(b)より

$$\delta_{56} = 12627, \quad \delta_{55} = 10674, \quad \delta_{66} = 15034,$$

$$K_5 = \frac{5.134}{6} \left\{ \frac{26.00}{5.39 \times 8 \times 10^{-4}} X_1 \right.$$

$$\left. + \frac{46.42 \times 21.95}{12 \times 5.39 \times 12 \times 10^{-4}} (1.600 X_1 + 1.878 X_2) \right\}$$

$$K_{6a} = \frac{5.134}{6} \left\{ \frac{28.87}{5.39 \times 4 \times 10^{-4}} X_2 \right.$$

$$\left. + \frac{46.42 \times 25.40}{12 \times 5.39 \times 12 \times 10^{-4}} (1.600 X_1 + 1.878 X_2) \right\}$$

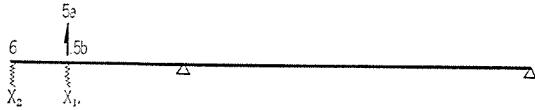
$$\delta_{56} + \delta_{55} X_1 + \delta_{56} X_2 + K_5 = 0$$

$$\delta_{66} + \delta_{65} X_1 + \delta_{66} X_2 + K_6 = 0$$

$$X_1 = -0.2287 \quad X_2 = -0.1452$$

ゆえに、 $X_{5a} = X_{5b} = -0.1144 \quad X_{6a} = -0.1452$

図-4 (c)



$Z_{5a}$  による  $X_{5b}$ ,  $X_{6a}$ ,  $X_{6b}$  は 図-4 (c) より

$$\delta_{55} = 10\,674, \quad \delta_{65} = 12\,627, \quad \delta_{66} = 15\,034,$$

$$\frac{5.134}{6} = A, \quad \frac{1}{5.39 \times 10^{-4}} = \frac{1}{B},$$

$$\frac{46.42}{12 \times 5.39 \times 10^{-4}} = \frac{1}{C} \text{ とすると,}$$

$$K_5 = A \left\{ \frac{26.00}{4B} X_1 + \frac{21.95}{12C} (1.600 X_1 + 1.878 X_2) \right\}$$

$$K_6 = A \left\{ \frac{28.87}{8B} X_2 + \frac{25.40}{12C} (1.600 X_1 + 1.878 X_2) \right\}$$

$$\left. \begin{aligned} \delta_{55} + \delta_{55} X_1 + \delta_{56} X_2 + K_5 &= 0 \\ \delta_{65} + \delta_{65} X_1 + \delta_{66} X_2 + K_6 &= 0 \end{aligned} \right\}$$

$$X_1 = -0.0891 \quad X_2 = -0.2136$$

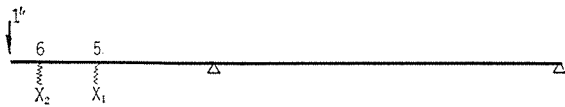
ゆえに,  $X_{5b} = -0.0891$ ,  $X_{6a} = X_{6b} = -0.1068$

8 BL, 打設によるつり鋼棒緊張量の変動は 図-4(d)より

$$\delta_{50} = 15\,067, \quad \delta_{60} = 18\,043, \quad \delta_{55} = 10\,674, \quad \delta_{56} = 12\,627, \\ \delta_{66} = 15\,034$$

$\delta_{50}$ ,  $\delta_{60}$  は 8 BL 重心位置に 1 t かかったときの  $\delta_{EI}$ .

図-4 (d)



$$K_5 = A \left\{ \frac{26.00}{8B} X_1 + \frac{21.95}{16C} (1.600 X_1 + 1.878 X_2) \right\}$$

$$K_6 = A \left\{ \frac{28.87}{8B} X_2 + \frac{25.40}{16C} (1.600 X_1 + 1.878 X_2) \right\}$$

$$\left. \begin{aligned} \delta_{50} + \delta_{55} X_1 + \delta_{56} X_2 + K_5 &= 0 \\ \delta_{60} + \delta_{65} X_1 + \delta_{66} X_2 + K_6 &= 0 \end{aligned} \right\}$$

$$X_1 = -0.2202, \quad X_2 = -0.3027$$

8 BL の重量は 83.633 t

$$R_5' = 83.633 \times 0.2202 = 18.416 \text{ t}$$

$$R_6' = 83.633 \times 0.3027 = 25.316 \text{ t}$$

ワーゲン前進によるつり鋼棒緊張量の変動は 図-4 (e)より (ワーゲンの重心はほぼ  $Z_8$  のアンカー点 8 まで移動する),

$$\delta_{58} = 16\,516, \quad \delta_{57} = 14\,555, \quad \delta_{56} = 12\,627, \quad \delta_{55} = 10\,674, \\ \delta_{68} = 19\,817, \quad \delta_{67} = 17\,409, \quad \delta_{66} = 15\,034,$$

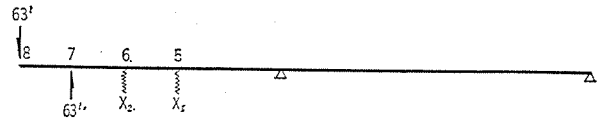
$$K_5 = A \left\{ \frac{26.00}{8B} X_1 + \frac{21.95}{16C} (1.600 X_1 + 1.878 X_2) \right\}$$

$$K_6 = A \left\{ \frac{28.87}{8B} X_2 + \frac{25.40}{16C} (1.600 X_1 + 1.878 X_2) \right\}$$

$$\left. \begin{aligned} (\delta_{58} - \delta_{57}) + \delta_{55} X_1 + \delta_{56} X_2 + K_5 &= 0 \\ (\delta_{68} - \delta_{67}) + \delta_{65} X_1 + \delta_{66} X_2 + K_6 &= 0 \end{aligned} \right\}$$

$$X_1 = -0.0237, \quad X_2 = -0.0445$$

図-4 (e)



ワーゲンの重量は 63 t であるから,

$$R_5'' = 63 \times 0.0237 = 1.493 \text{ t}$$

$$R_6'' = 63 \times 0.0445 = 2.804 \text{ t}$$

ゆえにワーゲン前進, および 8 BL 打設により増加する反力は

$$R_5 = R_5' + R_5'' = 18.416 + 1.493 = 19.909 \text{ t}$$

$$R_6 = R_6' + R_6'' = 25.316 + 2.804 = 28.120 \text{ t}$$

したがってあらかじめ増加する引張力を減らしておくようにしなければならない。

$Z_6$  の所定の緊張力に 30 t/本 で全体の鉛直分力は  $N_{V6}' = 112.80 \text{ t}$  となるから

$$N_{V6a} = N_{V6b} = (N_{V6}' - R_6) \div 2 = 42.340 \text{ t}$$

$$N_{V5a} = N_{V5b} = -R_5 \div 2 = -9.955 \text{ t}$$

最終的にのおおのつり鋼棒が上記の鉛直分力を持つように緊張力を定めればよい。

前述の 1 t に対する不静定反力  $X_i$  を用い各点における釣り合いの式より

$$\left. \begin{aligned} T_{5a} - 0.0891 T_{5b} - 0.1475 T_{6a} - 0.1144 T_{6b} &= -9.955 \\ -0.0891 T_{5a} + T_{5b} - 0.1475 T_{6a} - 0.1144 T_{6b} &= -9.955 \\ -0.1068 T_{5a} - 0.1068 T_{5b} + T_{6a} - 0.1452 T_{6b} &= 42.340 \\ -0.1068 T_{5a} - 0.1068 T_{5b} + T_{6b} &= 42.340 \end{aligned} \right\}$$

$$T_{5a} = T_{5b} = 2.40 \text{ t}, \quad T_{6a} = 49.07 \text{ t}, \quad T_{6b} = 42.85 \text{ t}$$

$T$  は鉛直方向の緊張力であるから, これを斜方向になおすと,

$$Z_{5a} = T_{5b} = 1.1 \text{ t}, \quad Z_{6a} = 26.1 \text{ t}, \quad Z_{6b} = 22.8 \text{ t}$$

の調整量および導入量となる。

写真-2 鉛シューとメナーゼヒンジ鉄筋

以上のごとき方法で各つり鋼棒の操作を本工事では実施している。

### (3) 支 承

桁端部の支承は 2 組づつのロッカーシューを用い, 中央橋脚上のシューは, 橋脚天端の面積に比べて反力が非常に大きいことと, 桁のこの点におけるたわみ角



が小さいことなどを考慮した結果、鉛シューを用いた。また、本橋では地震時に生ずる上部構による水平力を中央橋脚で持たせることにし、鉛シューの中央に45°の傾斜で直交させたDφ32mmの鉄筋88本を用いメナーゼヒンジ構造を採用している(写真-2)。

鉛(アンチモン1%含有)の許容支圧力は、“Beton und Stahlbetonbau, 1961, 5”の実験報告より

静的、または、くり返し荷重に対して 80 kg/cm<sup>2</sup>  
 まれで、短期的な荷重に対して 120 kg/cm<sup>2</sup>

とし、幅50cm、長さ4.55m、厚さ6.5cmのものをを用いている。

鉛は石灰質をふくんだ水にあうと電解作用を起すものであり、さらにコンクリートは容易に遊離石灰を遊出するので、鉛とコンクリートの接触面には十分な絶縁皮膜を必要とする。そこで本工事では鉛シューの全面にアイガス、マスチックを十分に塗り、石灰水による電解作用から鉛を保護するようにしている。

### 3. 施 工

#### (1) 概 要

青山側径間、および Vorbau 側 4.2m 間はビィティ足場、三角サポートの組合せによる支保工を用いて施工し、コンクリートの打設順序は桁を3つにわけ、各区分をそれぞれ初めに底スラブと主桁、ついで上スラブという順序で打設している。表-4 は支保工施工部分に使用したコンクリートの配合を示し、表-5 はフォルバウ施工部分に使用した早強コンクリートの配合を示したものである。

スランプは 4±2cm とし、早強コンクリートの平均48時間強度は 272 kg/cm<sup>2</sup> であった。本工事の標準工程表を表-6 に示す。

表-4 普通コンクリート配合表 (m<sup>3</sup> 当り)

普通セメント	404kg
水	141
砂	646
砂利 (最大25mm)	1269
プラシチメント	1.01

表-5 早強コンクリート配合表 (m<sup>3</sup> 当り)

早強セメント	404kg
水	142
砂	644
砂利 (最大25mm)	1265
プラシチメント	1.01

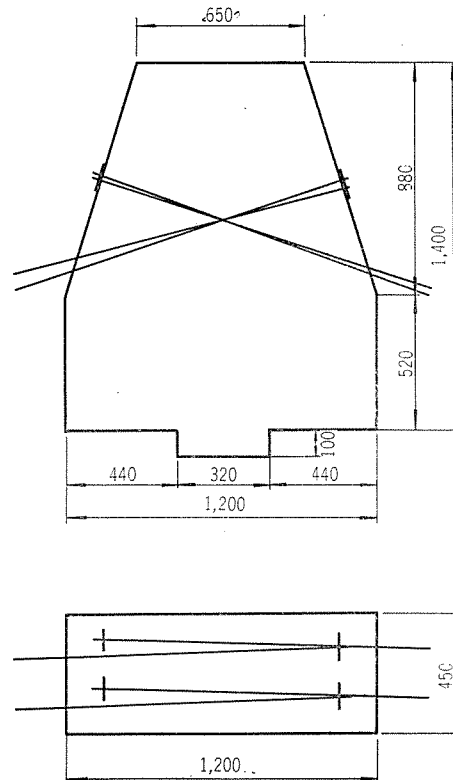
表-6 標準工程表

	1		2		3		4		5		6	
	12	24	12	24	12	24	12	24	12	24	12	24
コンクリート打設	■											
養生		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
プレストレス導入												
ワーゲン移動												
吊り鋼棒作業												
型枠、鉄筋、鋼棒												
検測、手直し												

#### (2) Pylon およびつり鋼棒作業

Pylon は写真-1 に示すように総重量 37.5t、高さ 14.4m のラーメン構造とし、各桁の上に主部材であるHビーム(350×350×12×19)がくるように設計されている。この上につり鋼棒定着用のコンクリートブロック 25t を置き、これに図-5 に示すようにつり鋼棒を定着する。Pylon 本体にはブロック重量 43t とつり鋼棒の鉛直分力 1121t が作用する。また、この橋梁はわずかながら円カーブが入っているため、つり鋼棒緊張に際し

図-5 Pylon 上コンクリートブロック



Pylon 上端に最大 45t の水平力が作用する。以上の荷重に対し Pylon 本体の設計をし、さらに頭部には頻繁に行なわれるつり鋼棒緊張作業が、容易かつ安全に行なえるよう、十分な踊場がもうけられた。

Pylon の上に乗せるつり鋼棒アンカー用のコンクリートブロックには、 $\sigma_{28}=400 \text{ kg/cm}^2$  のコンクリートを用い1つのブロックで4~6本のつり鋼棒アンカーする。ブロックにはあらかじめ計算で求められた鋼棒の方向にテーパ付きのシース、およびアンカープレートを埋込んでおく。こうして用意されたブロックをPylonの上にならべ6本の鋼棒で横締めし一体とする。つり鋼棒の一端はこのブロックにとおしてアンカーし、他端はこれもあらかじめ各桁の中に埋込んでおく。テーパ付きシース中のアンカー鋼棒とカップラーで結合をする。

つり鋼棒の最上端でのネジ山は、鋼棒のタルミを考慮して60cmのネジ切りのものとした。つり鋼棒の緊張は

写真-3 上スラブ面でのつり鋼棒結合



支保工側と Vorbau 側のものを一対とし、4組、計8本を同時に緊張した(写真-3, 4参照)。

写真-4 Pylon 上ブロックでのつり鋼棒定着



(3) 上げ越しの計画と結果  
上げ越しの計算に用いた諸数値はコンクリートの弾性係数  $E_c = 3.5 \times 10^3 \text{ kg/cm}^2$ , クリーブ係数  $\phi = 1.6$ , 乾燥収縮度  $\epsilon_s = 15 \times 10^{-5}$  とした。

これらの数値を用いて計算した結果、施工完了後  $t = \infty$  時において、最大(スパン中央点)  $-14.3 \text{ mm}$  の塑性たわみが生じることになる。それゆえ、施工に当って  $14.3 \text{ mm}$  の下がりに対して上げ越しをする必要がある。

施工中に生じるクリープは Vorbau 側施工期間が2か月あまりでありクリープ変形量が非常に小さいため、無視するものとした。通常カンティレバー工法では、クリープコンクリート打設、プレストレス導入、ワーゲン移動によるたわみを考慮して上げ越しを行なうのであるが、本工事では、他はつり鋼棒緊張によるたわみも考えねばならない。しかも、張出し長さに対して、断面2次モーメントが小さいため、つり鋼棒の一操作により最大  $191 \text{ mm}$  ものたわみが生じる場合もあり、つり鋼棒作業の上げ越しに対する影響は非常に大きなものである。

図-6 は、上げ越しの実測結果を示したものである。

5 BL の先端で計画との誤差  $-33 \text{ mm}$  が認められる。この原因として、つり鋼棒緊張時と、コンクリート打設時の温度差による誤差の累積などが考えられる。表-7 は現場で測定した午前午後のレベルの測定結果を示したも

図-6 上げ越しの計画と結果

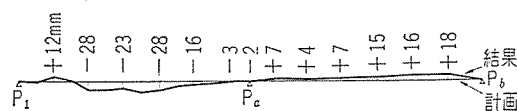


表-7 温度差によるたわみ

	6月7日 10時	6月7日 13時	差	6月8日 8時半	6月8日 13時	差
	T.P.					
0 BL, 前面	29.134	29.133	- 1	29.133	29.133	0
1 BL, "	107	105	- 2	104	104	0
2 BL, "	123	120	- 3	121	119	- 2
3 BL, "	139	136	- 3	137	133	- 4
4 BL, "	136	127	- 9	132	126	- 6
5 BL, "	128	117	-11	124	117	- 7
6 BL, "	146	134	-12	144	136	- 8
7 BL, "	157	141	-16	152	141	-11
8 BL, "	176	156	-20	169	156	-13
9 BL, "	199	176	-23	191	176	-15
10 BL, "	246	219	-27	236	219	-17
11 BL, "	253	223	-30	245	226	-19

のである。この差は本橋の場合  $30 \text{ mm}$  にもおよぶことがあり、われわれとしても、これをひと口に微小とはいえないものがある。現場の複雑な条件のもとで、種々に影響し合うこのファクターを計算に折り込み、実施して行くことは困難な点も多いが、より正確な結果を期待するために、なんらかの対策を今後考えてゆきたいと思っている次第である。

#### 4. 付 記

##### (1) つり鋼棒緊張後に生ずるたわみ

つり鋼棒緊張と同時に桁のたわみが生じるが、その後一兩日をへて、さらにたわみ量が若干増大する傾向が認められた。この傾向は、つり材を用いない普通の Vorbau の場合にも観察されたことがあり、疑問を感じているが、非弾性体としての性格をも兼ねそなえているコンクリートの未知の性質のひとつではなからうかと考えている。より正確な施工を期すために、諸賢の助言をこう次第である。

##### (2) 温度変化によるたわみ

本工法においては桁自身の上下面温度差によるたわみのほかに、つり鋼棒の温度伸縮が加わることが考えられる。事実温度変化によるものと推定される不明な変位が測定されており、型わく組立て時の基準点測量は、比較的溫度変化の少ない一定の時刻に実施する必要があるのではないかと考えられる。

#### 参 考 文 献

- 1) Mainbrücke Schweinfurt Spannungsnachweis der Bauzustände Vorbau Feld 4.
- 2) Beton und Stahlbetonbau 1961, 5.
- 3) 報徳橋架換工事報告 (I) Vol. 5, No. 4, 本誌.

1964. 10. 29・受付