

## 鶴見川橋 (Dywidag 工法) の上げ越し計画と実施について

東 正 利\*  
山 内 敬 康\*  
富 樫 滋 男\*

### 1. まえがき

Dywidag 工法による橋梁の上げ越しは、本工法架設上のもっとも基本的な問題点として、その成果を注目している事項の一つである。

本稿は、第三京浜道路に架設された鶴見川橋の概要を述べ、さらに橋体の上げ越しを主題とする計画、実施の経緯ならびにそれらの処理や問題点について報告を行なうものである(口絵写真 参照)。

### 2. 工事の概要

鶴見川橋の工事概要は、図-1 に示されるとおりである。

本橋の構造形式は中央ヒンジ連続T型ラーメン橋で、橋体は橋脚と剛結されている。中央ヒンジは水平移動と回転が自由なゲレンク構造で、垂直力のみを伝達する。側径間桁端は、コンクリートロッカー支承を介して橋台上に支持される。

橋台、橋脚の基礎はともに軟弱な上部層(10~20 m)

を貫ぬく硬質粘土層( $N$  値 70 以上)に、ニューマチックケーソン工法による潜函基礎を施工した。とくに橋脚基礎は、上部工の荷重が大きい( $N_0$  = 常時約 3 700 t,  $M_0$  = 地震時 13 000 t-m) ので、ケーソン支持面を台形状にひろげ、約 200 m<sup>2</sup> (14.0 m × 14.0 m) の支持面積をもつように設計された。

橋脚は河川計画などの制約から径 4.80 m の円柱橋脚として設計された。したがって橋脚は橋体総幅員 15.250

写真-1 柱頭部の施工

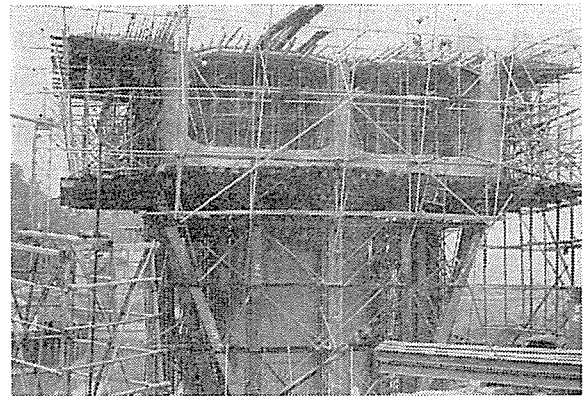
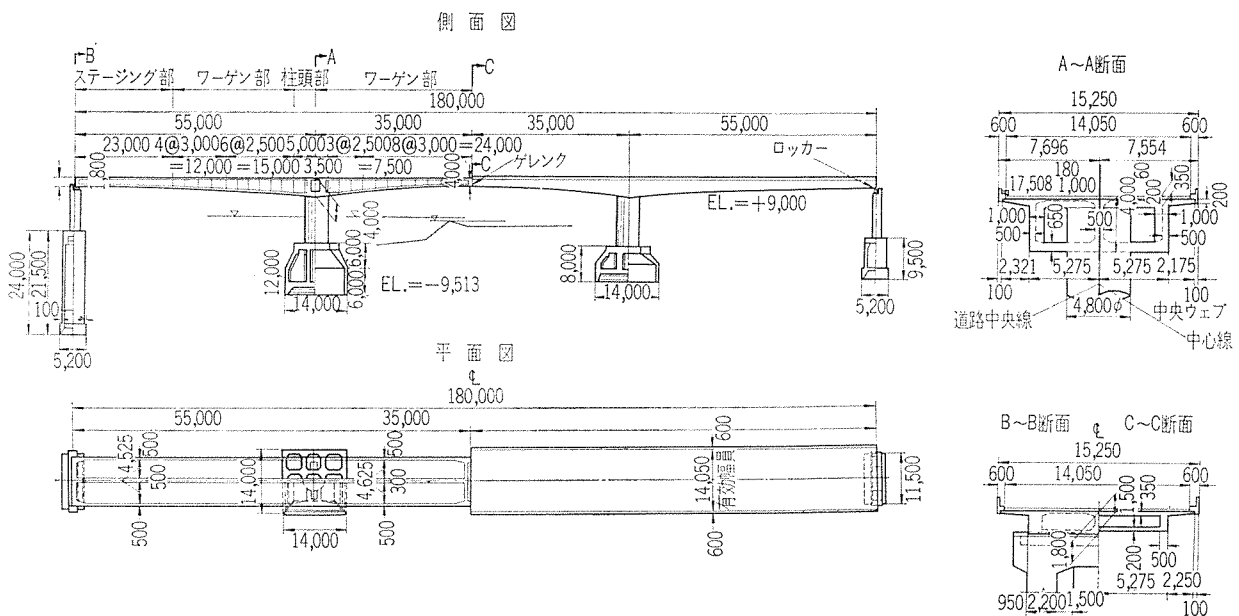


図-1 一般図



\* 日本道路公団高速道路建設局 第三京浜道路第三工事事務所

写真-2 ワーゲン作業

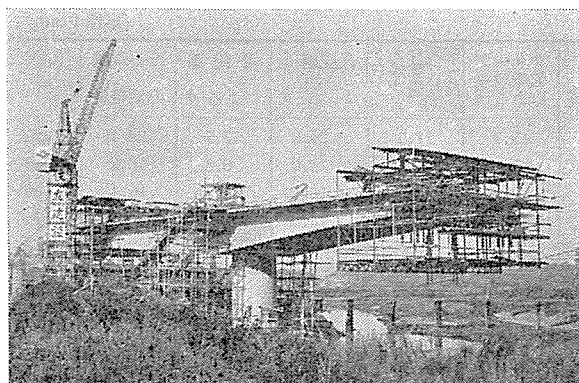


写真-3 側径間支保工（施工中）

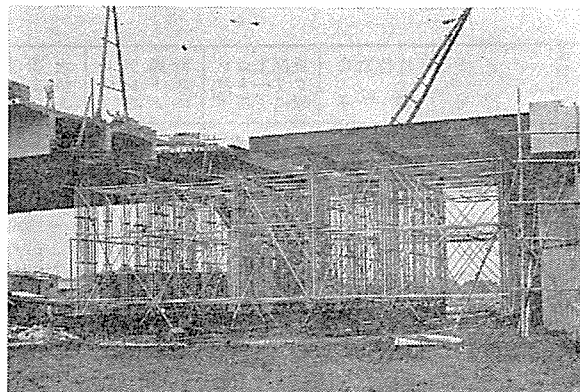


表-1 計画上げ越し量の要素

No.	計画上げ越しに計上されたたわみの種類	記号	主たる算定条件および仮定
①	片持り施工時	$\delta_1$	橋体の単位重量 $\gamma_c = 2.50 \text{ t/m}^3$ 橋体のコンクリートのヤング係数 $E_{c1} = 350\,000 \times 0.75 = 263\,000 \text{ kg/cm}^2$ Wagen 自重 75.0 t (カウンターウェイト型)  トラス構造 プレストレス導入時 $\sigma_c = 230 \text{ kg/cm}^2$ 導入緊張力 最大 32.5 t/本 プレストレスは緊張した断面より一つ手前の既設の断面より有効に働らくものとする。  水荷重 43.0 t (橋脚中心から 30.0 m 点)
	1) 片持り施工時の自重によるたわみ	$\delta_{1-1)}$	
	2) 片持り施工時の Wagen (型わく, カウンターウェイトをふくむ) による桁のたわみ	$\delta_{1-2)}$	
	3) Wagen 自身のたわみ	$\delta_{1-3)}$	
	4) 片持り施工時のプレストレスによるたわみ	$\delta_{1-4)}$	
	5) Wagen の撤去によるたわみ	$\delta_{1-5)}$	
②	中央径間ゲレンク部水荷重設置によるたわみ	$\delta_{1-6)}$	水荷重 43.0 t (橋脚中心から 30.0 m 点)
	支保工施工のたわみ	$\delta_2$	
	1) 支保工上コンクリート打設 (自重) によるたわみ	$\delta_{2-1)}$	
③	2) 桁端プレストレス導入によるたわみ	$\delta_{2-2)}$	舗装 (アスコン 6 cm) 1.85 t/m, 高欄 0.63 t/m 地覆 0.89 t/m 計 $\gamma = 3.37 \text{ t/m}$ 桁のクリープ係数 $\varphi = 2.0 \times k$ クリープ係数の割増係数 ( $k$ ) DIN を適用し, 材令は施工計画表による。 平均クリープ係数の算定 クリープ係数が応力に比例するものとする。 乾燥収縮度 $\epsilon_s = 15 \times 10^{-5} \varphi_t / \varphi_{\infty}$ , $\varphi_{\infty} = 4.40$ 各施工段階の乾燥収縮度—クリープ係数に準ずる。 各断面の平均乾燥収縮度は自重による応力とは無関係で乾燥。 収縮によるプレストレスの減少は鋼棒全数に平均するものとする。 クリープおよび乾燥収縮によるプレストレスの減少 $\sigma_{p\varphi} = \frac{n \cdot \varphi \cdot \sigma_{cp} + E_p \cdot \epsilon_s}{1 + n \frac{\sigma_{cp} t}{\sigma_{pt}} + \left(1 + \frac{\varphi}{2}\right)} \quad n = \frac{E_p}{E_u} = \frac{20\,500}{27\,500} = 7.45$ 鋼棒のヤング係数 $E_p = 2\,050\,000 \text{ kg/cm}^2$ 鋼棒のリラクゼーション 3% プレストレス減少によるクリープたわみ $\delta = 0.515 \times (\text{プレストレス減少によるたわみ}) \times \varphi_{\infty}$
	3) 水荷重除去によるたわみ	$\delta_{2-3)}$	
④	静荷重によるたわみ	$\delta_3$	鋼棒のヤング係数 $E_p = 2\,050\,000 \text{ kg/cm}^2$ 鋼棒のリラクゼーション 3% プレストレス減少によるクリープたわみ $\delta = 0.515 \times (\text{プレストレス減少によるたわみ}) \times \varphi_{\infty}$
	橋体のクリープおよび乾燥収縮によるたわみ	$\delta_4$	
	1) クリープによる弾性変形 (自重, 静荷重, プレストレス)	$\delta_{4-1)}$	
	2) プレストレス減少によるたわみ (鋼棒のリラクゼーションによる引張応力度の減少率によるもの)	$\delta_{4-2)}$	
⑤	3) プレストレス減少によるクリープたわみ	$\delta_{4-3)}$	橋脚のコンクリートのヤング係数 $E_{c2} = 210\,000 \text{ kg/cm}^2$ 橋脚のクリープ, 乾燥収縮 $\varphi = 2.0$ ケーソン基礎の沈下見込量 5 mm (ただし橋台ケーソンの沈下は 0 とする)
	橋脚のクリープ, 乾燥収縮およびケーソン基礎の沈下	$\delta_5$	
	橋脚の沈下	$\delta_6$	
⑥	橋脚の沈下	$\delta_6$	温度差 $7.3^\circ\text{C}/2$ コンクリートの熱膨張係数 $10^{-5}/^\circ\text{C}$
	橋脚の沈下	$\delta_7$	
⑦	橋脚の沈下	$\delta_7$	1.0 t/m ゲレンク部のクリープたわみ ( $\delta_4$ ) の 60% をゲレンク部に上げ越し, 2次曲線 (凹) で橋脚方向 15 m 区間にすり付けるものとする。
	橋脚の沈下	$\delta_8$	
⑧	たわみ差の調整		

表-2 計 画 上 げ 越 し 量 総 括 表

(単位: mm)

区分	項目 の符号	片持施工 時の δ	支保工コン クリート打 設による δ	桁端プレ スによる δ	水 荷 重 除 去 による δ	静荷重に よる δ	クリープ 乾燥収縮 による δ	橋脚のクリ ープ乾燥収 縮基礎沈下 による δ	温度差に よる δ	活 荷 重 による δ	たわみ差 の調整量	上 げ 越 し 量
ワ ー ゲ ン 部	W-21	27.5	-23.4	21.9	-19.5	13.8	40.7	11.9	20.9	7.7	24.1	125.6
	W-19	28.9	-21.4	20.1	-17.1	11.9	37.0	11.5	18.0	6.8	16.2	111.9
	W-17	22.0	-19.3	18.1	-14.6	9.9	32.0	11.1	15.5	5.9	10.1	90.7
	W-15	21.8	-17.3	16.3	-12.2	8.0	26.5	10.8	13.5	5.1	5.5	78.0
	W-13	14.4	-15.3	14.4	-10.0	6.0	20.5	10.4	11.0	4.3	2.7	58.4
	W-11	9.0	-13.3	12.5	- 8.0	4.5	18.0	10.0	9.5	3.5	1.5	47.2
	W- 9	9.9	-11.3	10.7	- 6.1	3.2	11.5	9.6	7.5	2.8	1.0	38.8
	W- 7	6.6	- 9.3	8.8	- 4.7	2.2	7.0	9.1	6.0	2.1	0.7	28.5
	W- 5	3.3	- 7.3	6.9	- 3.3	1.3	4.5	8.8	4.5	1.6	0.4	20.7
	W- 2	- 0.7	- 5.7	5.3	- 2.3	0.8	2.5	8.4	3.3	1.2	0.3	13.1
W- 1	1.2	- 4.0	3.7	- 1.6	0.4	1.5	8.1	2.3	0.8	0	12.4	
柱 頭 部	C-A	- 0.4	- 2.3	2.2	- 0.8	0.2	0.4	7.8	1.3	0.5	0	8.9
	C-B	0	0	0	0	0	0	7.3	0	0	0	7.3
	C-C	2.1	4.7	- 9.2	0.7	0.2	6.5	6.6	-2.0	0	0	9.6
ワ ー ゲ ン 部	W- 3	1.9	7.7	-13.7	1.1	0.3	10.3	6.3	-2.5	0		11.4
	W- 4	1.6	10.5	-18.3	1.4	0.6	14.3	6.0	-3.5	0		12.6
	W- 6	2.0	13.5	-22.9	1.6	0.8	18.2	5.6	-4.0	0		14.8
	W- 8	5.1	16.5	-27.5	2.0	1.3	21.7	5.3	-5.0	0		19.4
	W-10	6.1	19.8	-31.8	2.2	1.7	24.8	5.0	-5.3	0		22.5
	W-12	5.5	22.5	-36.0	2.4	2.3	27.5	4.6	-5.5	0		23.3
	W-14	4.7	25.5	-40.7	2.6	3.1	29.9	4.2	-5.8	0		23.5
	W-16	- 0.1	28.0	-44.7	2.7	3.8	30.7	3.8	-5.9	0		18.3
	W-18	- 5.4	29.3	-48.0	2.7	4.4	30.1	3.5	-5.7	0		10.9
	W-20	-10.2	29.5	-48.8	2.6	4.8	28.3	3.1	-5.5	0		3.8
ス テ ー ジ ン グ 部	S-(1)		29.6	-50.3	2.6	5.0	27.8	2.9	-5.3	0		12.3
	S-(2)		30.2	-48.3	2.2	5.5	22.3	2.2	-4.5	0		9.6
	S-(3)		25.5	-38.6	1.6	4.3	14.1	1.5	-3.3	0		5.1
	S-(4)		14.7	-19.7	0.9	2.5	4.4	0.7	-1.8	0		1.7
	S-(5)		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0		0

[注] ① 当該施工直前の上げ越し量は、当該施工上げ越し項目以降の上げ越し量の総計により与えられる。  
 ② 正符号は計画高よりも上にあがり、負符号は下にさがることを示す。  
 ③ この上げ越し量にはワーゲン自体のたわみは考慮してない。

m を傘状に支持している。

施工の推移を略述すればつぎのとおりである。

ケーソン基礎による橋脚が完成されたのち橋脚上はステージング工法による幅 14.50 m、長さ 8.50 m の柱頭部が構築される(写真-1 参照)。この柱頭部に中央径間用 1号ワーゲンが組立てられ、中央径間側 No. 1, 2 ブロックが張出される。さらに側径間用 2号ワーゲンが組立てられ No. 3, 4 ブロックが張出される。以降 図-1 のブロック No. にしたがって 21 ブロックまでをワーゲン施工する(写真-2 参照)。

側径間の残りの橋体部分 23.00 m は、通常のスステージング工法により施工され、ワーゲン部 20 ブロックと一体化される(写真-3 参照)。この際ロッカーの反力調整用水荷重 27 t が載荷される(口絵写真 参照)。P<sub>1</sub>、P<sub>2</sub> 両橋脚のそれぞれの 21 ブロックは、最後に中央グレングにより連結され、中央ヒンジ連続 T 型ラーメン橋が完成する。

ワーゲン部のブロック長は 2.50 m および 3.00 m で、

そのコンクリート量は 23.0 m<sup>3</sup>~33.5 m<sup>3</sup> 程度に均等化されている。ワーゲン施工のサイクルは、標準工程 5 日、夏期 4 日、冬期 6~7 日である。冬期にはコンクリート強度(緊張可能強度 σ=320 kg/cm<sup>2</sup>)の発現を促進し、所期の工程を消化するため、電熱線養生および放熱養生を行なった。また、夏期に施工する特にコンクリート量の大きい柱頭部(227 m<sup>3</sup>)の打設には打ち継ぎによるコールドジョイントを防止し、またウォーカビリチーを改善するために凝結遅延剤(リターダー)の添加を実施した(リタール 0.3~1.0%/使用セメント重量)。

鋼棒(φ27, 2種 SBPC 95)は、柱頭部で 244 本が配置されるが、漸次各ブロック当り 12 本~28 本が緊張定着され、次第にその数は減減される。最後に残された鋼棒は 21 ブロックで 20 本、側径間桁端では、新に追加されたものをふくめて 126 本が緊張定着される。緊張作業は規定せられた緊張管理表により厳密に管理されるが、規定の伸びの不足に対しては減磨剤の使用を実施した。

グラウトは各緊張ごとに行なうのを原則としたが、冬期グラウトの凍結のおそれがある場合の注入は温暖な時期を待つこととした。

### 3. 計画上げ越し量の概要

本橋で考慮された計画上げ越しの要素は表-1のとおりである。表-1の算定条件および仮定にもとづき計画された上げ越し量は表-2のとおりである。

### 4. 施工時における上げ越し管理

本橋で実施された上げ越し管理の手順ならびにその考え方を述べると以下のとおりである。

#### (1) 計画上げ越しの現場修正

表-2に示される計画上げ越し量は、計画時に予定された条件や仮定により計算された暫定的な上げ越し量である。したがって、各施工段階時の上げ越し設定に当って、この条件や仮定等がいちじるしく変更されて認められる場合ならびに計画以外の上げ越し要素が新たに追加された場合などには、計画上げ越し量の修正を行なう必要が生じる。

計画上げ越し量に修正を施す主たる事項はつぎのとおりである。

1) 計画工程の変更にもなう橋体および橋脚のコンクリートのクリープ、乾燥収縮の進行の修正：本橋の場合は6.に述べるところにより、特に上げ越し成果に悪影響を与える工程の無理な短縮は行なわないこととし、できる限り計画工程に近づけるよう配慮されたので、コンクリートのクリープ、乾燥収縮による修正は行なわれず、計画たわみを既定条件とした。

2) ステージング部における支保工、型わく材の沈下、変形による上げ越し要素の追加：載荷試験により確認される上げ越し量を採用することとした(7.参照)。

3) 計画時の条件が施工時に相異を生じたことによる修正：例えば、ワーゲンの配量や構造の変更、橋脚の沈下状況の相異など(7.参照)。

4) 計画上げ越しの仮定および算定が不十分または間違っていることによる誤差の修正

5) 橋体の設計変更にもなう修正：本橋の場合、計画上げ越し設定後、中央径間横桁の追加、ゲレンクの構造変更、鋼棒の定着箇所の一部変更などが設計変更されたが、実施上げ越しに対する影響は僅少であると認められたので、修正は行なわないこととした。

上記の該当事項に修正の必要が生じた場合は、その修正値を計算し、当該各施工ブロックおよび施工段階ごと

表-3 現場上げ越し実測成果表 (C-P<sub>2</sub>-21)

鶴見川橋(上部工)工事

(区 分) P <sub>2</sub> (下り線)側		測定日時		7月23日 午 9.00時		コンクリート打設		月 日 時~ 時		温 時		上ス		下ス		温度		3.65℃に													
2号ワーゲン撤去後		天 候		曇		緊 張		月 日		度		ス		ス		差		対する差													
		気 温		28℃		ワーゲン移動		(1号) (2号)		成 果		ラ		ラ		1.0		⊖ 2.65													
						月 日		月 日		時 分		25.0		23.0		2.0		⊖ 1.65													
区 画		ステージング部		20		18		16		14		12		10		8		6		4		3		2		1		0		備 考	
実 測 点		NO.1		18.417	387	341	310	283	246	231	181	148	105	077	011	17.971	966	935	918	890	866	829	813	788	776	753					
"		NO.2		18.279	241	206	168	124	083	066	022	17.988	960	947	876	838	818	785	749	726	713	688	664	631	614	610					
"		NO.3		18.139	100	083	036	17.958	980	940	904	867	849	802	736	701	686	663	630	613	586	562	543	511	493	483					
① 平均実測高				18.278	243	210	171	135	103	079	036	001	17.971	942	874	837	823	791	766	743	722	693	673	643	629	615					
② 温度差(補正量mm/°C)				(4.0)	(3.3)	(2.7)	(2.1)	(1.6)	(1.2)	(0.8)	(0.5)	(0.3)	(0.1)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)		
③ 実測補正高(①+②)				18.268	235	203	165	131	100	077	035	000	17.971	942	874	837	823	790	764	741	719	689	667	636	620	604					
④ 計 画 高				18.289	223	190	155	119	089	058	027	17.997	966	936	876	839	813	787	764	735	709	685	659	640	621	605					
⑤ 側後間たわみ差による修正(上り線実績)				19	17	16	14	12	10	9	7	5	3	2	0																
⑥ 修正計画高(④+⑤)				18.275	240	206	169	131	099	067	034	002	17.999	938	876	839	813	787	764	735	709	685	669	640	621	605					
⑦ 修正計画高の補正值				(4.0)	(3.3)	(2.7)	(2.1)	(1.6)	(1.2)	(0.8)	(0.5)	(0.3)	(0.1)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)		
⑧ 計画高との差(①-(⑥+⑦))				0	-1	2	1	3	3	11	2	-1	2	4	-2	-2	10	4	1	8	8	7	2	1	5	6					
⑨ 最終計画高				18.289	221	184	147	110	080	049	019	17.989	959	929	869	828	799	770	741	706	672	637	603	569	535	502					
備 考																															
				凡 例 — 実測補正高 --- 計 画 高 --- 修正計画高																											
		ステージング部 20 18 16 14 12 10 8 6 4 3		柱頭部 1 2 5 7 9 11 13 15 17 19 21																											
		23.00		4@3.00=12.00 6@2.50=15.00 8.50 8@3.00=24.00																											

に、表-3 に示される成果表の「⑤ 修正値」欄に記入し、「⑥ 修正計画高」が決定せられた。

(2) 修正計画高の補正(実施上げ越し高)

この修正計画高は実施上げ越し高(型わくの最終セット高)を決定するものでないことに留意しなければならない。

先に述べた修正項目は、当該施工以降の上げ越しに対して定常的な固有の上げ越し修正値として取扱うことができるものである。このほかに、あらかじめ修正値として算定することができないか、または適当でない経時的ないしは不規則な変化をともなう種の修正がある。このように非定常的な要素をもつ種類の修正値は、「⑤ 修正値」と区別するのが管理上便利であるので、これを「修正計画高の補正值」と呼ぶこととし、別途に取扱うこととした。

したがって、修正計画高をさらに補正したものが実施上げ越し高である。

“修正計画高の補正”を必要とする主たる事項はつぎのとおりである。

a) 橋体上・下スラブ面の温度差による EL. の補正

表-2 により、計画温度差は  $\oplus 3.65^{\circ}\text{C}$  の状態(上スラブの温度が高い状態)を基準として設定されているので、この標準温度差に対する実施上げ越し時の温度差の補正を行なう(温度差 0 に対する補正ではない)。

また表-1 による温度補正は橋体のでき上がり時の補正量であって、側径間ワーゲン部の施工時の温度補正は中央径間とまったく同様に片持ばりの補正方式で取扱わなければならない。これは後に述べる図-6 と図-7 とを対比すればわかるように、補正量および補正の符号が側径間完成と同時にまったく異なった状態になるからである。

5. で述べるように、ワーゲン部施工時の単位温度当り補正值は、中央径間に対しては 21 ロット  $\oplus 5.0 \text{ mm}/^{\circ}\text{C}$  と柱頭部中心  $0 \text{ mm}/^{\circ}\text{C}$  を結ぶ 2 次曲線を、また側径間に対しては 20 ロット  $\oplus 4.0 \text{ mm}/^{\circ}\text{C}$  と柱頭部中心  $0 \text{ mm}/^{\circ}\text{C}$  を結ぶ 2 次曲線を補正曲線とした。また、橋体完成時の補正值は中央径間に対しては施工時と同様とし、側径間に対しては側径間中央  $\ominus 0.5 \text{ mm}/^{\circ}\text{C}$  と柱頭部中心および橋台  $0 \text{ mm}/^{\circ}\text{C}$  を結ぶ 2 次曲線を補正曲線とした。

以上によって補正された「⑦ 修正計画高の補正值」は「⑥ 修正計画高」と合算され、「実施上げ越し高」を決定する。型わくの最終セットは、この実施上げ越し高によって、ただちに実施されなければならない。

(3) 上げ越しの成果とその補正

上げ越しの成果測定は、各施工段階ごとに行なわれる。すなわち、コンクリートの打設完了時、当該施工区

間の緊張を終了したとき、型わくの最終調整を行なう直前、ワーゲンおよび支保工の撤去時、水荷重載荷および撤去時、ゲレンクセットの前後、高欄・縁石施工の前後、舗装施工の前中後、その他定期的上げ越し推移測定時点やさらに測定の追加が必要であると認められるとき実施される。

(4) 施工誤差と上げ越し成果の検討

実測補正高(上げ越し成果)は、施工前にあらかじめ決定記入されている「⑥ 修正計画高」と対比せられ、現在施工時の上げ越し量が確認されると同時に、「⑦ 計画高との差」について、さらにつぎの施工段階で再修正を行なう必要がないかどうか、またその誤差はどのような原因によるものか等が検討され、つぎの施工段階の上げ越し量を決定する管理資料とする。

「計画高との差」は、先に“計画上げ越しの修正”で述べたところにより、該当修正項目がある程度、合理的に処理されているものであれば、

- 1) 施工の誤差
  - 2) 修正計画高の補正值
  - 3) 実測高の補正值
- } の測定誤差

によるものと考えた方がよい。

継続的な上げ越し成果に、定常的な誤差が累加される傾向が生じた場合、ならびに異常な変動が生じた場合には、計画上げ越し量およびその修正値に検討を加える必要があるが、日常管理的な誤差の変動については、上記 1)~3) により説明できるものが多い。事実後で述べるように、温度差による橋体の水平変位は、上げ越し量全体に大きな比重を占め、その測定誤差による影響はきわめて大きいものである。

したがって、上記の通常の状態の誤差変動についてはこれをすべて「施工による誤差」と呼ぶこととし、つぎの施工段階において修正された。ただし、大きな誤差を生じた場合、ゲレンク部の最終調整を行なう段階では、極端な EL. の変動を避けるためにつぎの数ロットに分割して修正することとした。

5. 橋体の上・下スラブの温度差と温度たわみについて

橋体の上・下スラブの温度差による、たわみの補正は、上げ越し計画ならびに実施に当って、重要な要素であることはすでに述べたところである。

柱頭部および橋台付近でのこの影響は僅少であるが、特に温度差の大きい場合のワーゲン部 11 ロット以降の補正量は無視できない。

温度差による既成橋体桁端のたわみの一例を上げると図-2, 3 のようである。

図-2 温度差による桁のたわみ測定例(1)

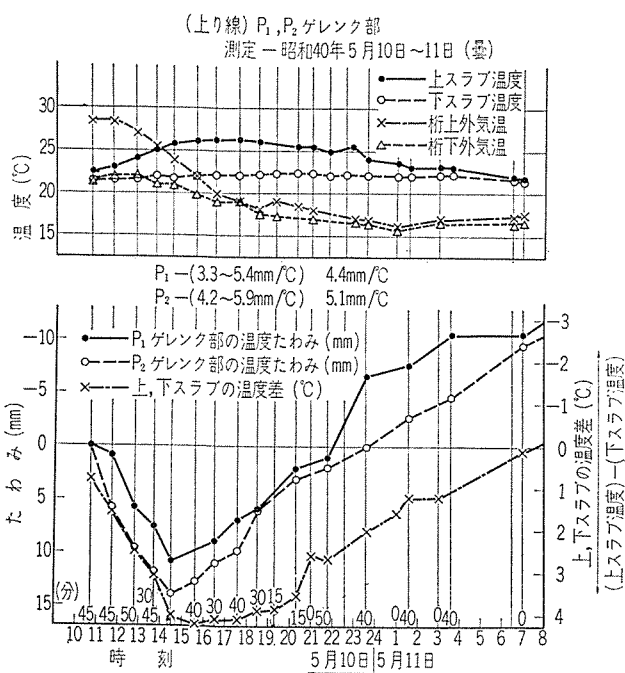


図-3 温度差による桁のたわみ測定例(2)

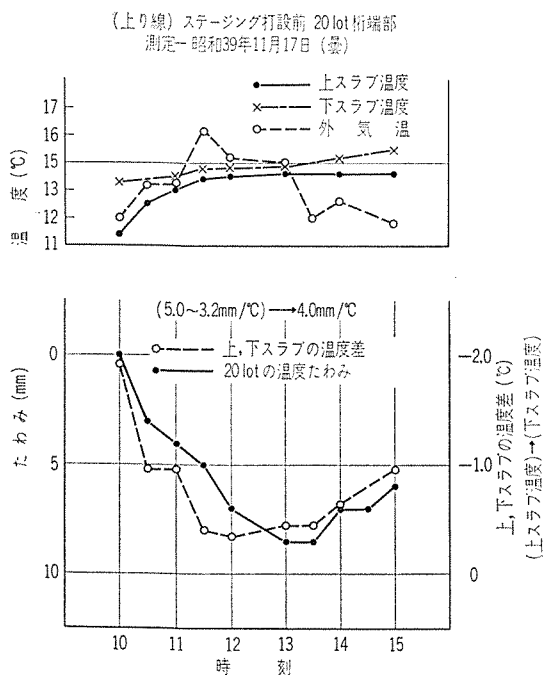


図-4 温度差 1°C 当り温度たわみ実測値(例)

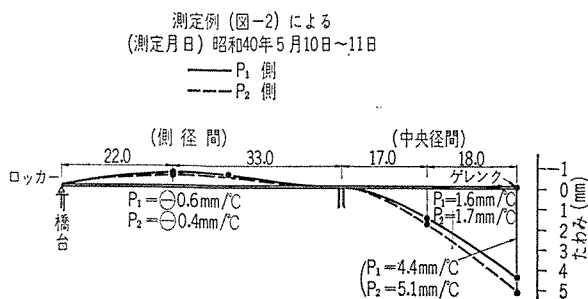


図-5 温度測定断面図  
(応力測定用ひずみ計の兼用をふくむ)

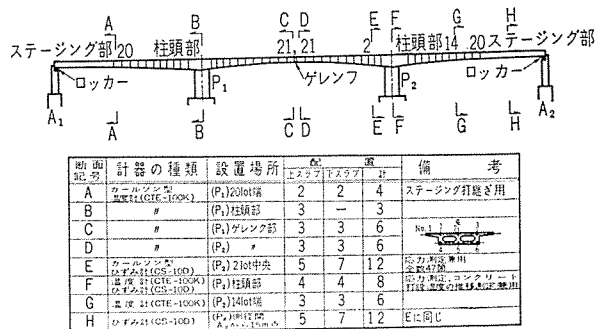


図-5 は夏期の上り線 21 ロット(ゲレンク部)の例、図-6 は冬期のステージング部打継ぎ直前の 20 ロットの例である。

図-2 などから得られる橋体完成時の「温度差 1°C 当り温度たわみ」の傾向は、図-4 (例) のようである。

橋体の温度測定箇所は、応力測定に使用するひずみ計の兼用をふくめ図-5 のとおりである。

橋体の各測定場所の測定値は、同一時刻、同一スラブ面に対し、橋体の場所、測定断面の左右、上下線の別によって 1~2°C 内外のバラツキが生じる。このことは、橋体温度は測定誤差のほかに、橋梁の立地条件、断面寸法、架橋の方位、熱の照射面の方向などにより異なることを意味する。したがって、図-2~4 などの温度測定値は、測定断面の平均温度差を採用することとしたのである。

これら一連の資料から、気象条件、橋体温度、温度差、温度たわみの間の関係について、つぎのようなことがいえるようである。

- 1) 下スラブの温度は、外気温、天候等の気象条件の変化による影響にたいし鈍感である(3°C 以上の日変化を示すことはまれである)。
- 2) 上スラブの温度は、気象条件の変化にともなって相当な変化が見られる。
- 3) したがって、上・下スラブの温度差は、主として上スラブの温度変化の推移にともなうと見られる。
- 4) 橋体の温度におよぼす外気温との時差は、概して 3~4 時間と見られるが、単に外気温だけの影響だけではなく、輻射熱の大小、風、橋体の保温力の惰性が相当に影響しているものと考えなければならない。
- 5) 冬期における温度差は ±4°C 程度で、概して温度差は少ない。
- 6) 冬期における温度差は、図-3 に見られるように下スラブ温度が上スラブ温度よりも高い場合が比較的多い。本橋の場合 ⊖3°C~⊖4°C に達した。
- 7) 春、夏、秋期の大部分は、下スラブ温度より上スラブ温度が高い。

報 告

8) 夏期の急激な外気温、輻射の変化にともなう温度差は  $\oplus 7^{\circ}\text{C} \sim \oplus 8^{\circ}\text{C}$  に達した。

9) 図-4 に見られるようにゲレンク部 (21 lot) の変位は、 $4 \sim 5 \text{ mm}/^{\circ}\text{C}$ 、中央径間中央部付近で、 $-0.4 \sim -0.5 \text{ mm}/^{\circ}\text{C}$  程度である。

10) ゲレンク部の夏期における最大温度たわみは、約 40 mm、冬期における最大温度浮き上がりは 30 mm に達する。

計画上げ越し(表-2)における 21 ロットの単位温度当り補正量は  $20.9 \text{ mm}/3.65^{\circ}\text{C} = 5.5 \text{ mm}/^{\circ}\text{C}$  で実測値ときわめてよく合致している。しかし、図-4 に示される側径間の温度差によるたわみは、上スラブが高い時に  $\ominus$  たわみ(浮き上がり)、下スラブが高い時に  $\oplus$  たわみを生ずる。したがって表-3 による「温度差による  $\delta$ 」の側径間の上げ越しに対し  $\ominus$  側(たわみに対しては  $\oplus$  側)の設定を行なったことは不合理であることが判明した。上記のような経過によって、最終上げ越しの設定は中央径間  $\oplus 5^{\circ}\text{C}$ 、側径間  $\ominus 3^{\circ}\text{C}$  の温度差に対し上げ越しを行なうこととした。たわみ曲線は 2 次曲線である。

施工時の温度差による補正は、4.(2),(3)および表-1 ⑥ に示されるように  $\oplus 7.3^{\circ}\text{C}/2 = \oplus 3.65^{\circ}\text{C}$  を基準としているので、各施工段階および橋体完成後の補正は、この基準に対して行なわれた。

なお、舗装時における温度差ならびに温度たわみについては、9. で述べることとする。

6. 橋体のクリープ、乾燥収縮によるたわみについて

Dywidag 橋における橋体コンクリートのクリープおよび乾燥収縮によるたわみは、本工法の上げ越し計画ならびに実施の中で、もっとも重視されるものの一つである。

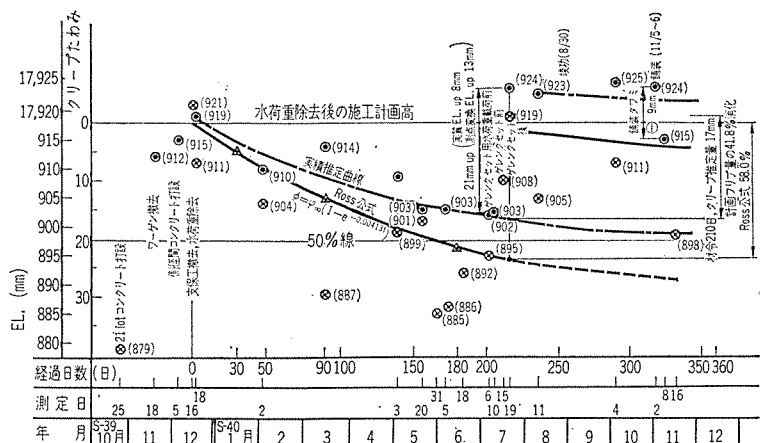
本橋の場合のこれによる計画上げ越し量

は、総計上げ越し量 125.6 mm のうち 40.7 mm (33%) ほどであるが、さらにスパンの長い片持ばり方式の橋梁では、この要素が絶対上げ越し量に占める比重は加速度的に大きいものとなる。

しかし、橋体のクリープ、乾燥収縮によるたわみの影響が重大視される理由は、単に上げ越しの絶対量が大きいということにとどまらず、クリープ特有の経時的変化をとまらなうからである。すなわち、計画時のクリープ曲線の仮定、最終クリープ量の推定時点や施工時におけるコンクリートの品質、工程の変更によるコンクリート材令の変化およびプレストレス導入時点の変動や、橋体完成後または交通供用後の縦断線形におよぼす残留たわみ量をどのように算定して取扱い、また許容するか等の問題があるからである。

本橋の橋体のクリープによるたわみの実測成果の一例を示すと図-6 のようである。この表は上り線 ( $P_1$ ) 側 21 ロットの測点(ゲレンク中心から 50 cm 橋脚寄りの点)の例である。また、クリープの推定曲線はロッカー反力

図-6 クリープたわみ経過図



注: 1.  $\otimes$  実測値  
 2. 温度差補正は温度差の法則に補正し、単位温度当り補正量は  $5.0 \text{ mm}/^{\circ}\text{C}$  とした。  
 3. 測点 No.2 No.3  
 No.1  
 (1) 7/15 は測点 No.1, 2, 3 の平均値  
 (2) 7/15, 8/11 は測点 No.2 のみの平均 EL 換算値  
 (3) 10/4, 11/2 は測点 No.1, No.2 の縁石上移値による EL 換算値  
 4. 7/19 の EL up は中央ゲレンクセットに併り  $P_1, P_2$  間高域の高低差の調整を行なうために載荷した  $P_2$  側の水荷重の除去によるものと 3.(2) の換算値との総和である。  
 5. クリープの発現は、仮に交通供用前水荷重撤去時としてみた。

表-4 クリープたわみ実測表(上り線)  
 測定日: 7月6日—(ゲレンクセット用水荷重撤去直前)

区 分	橋平均材令	当該コンクリート打設後の材令	実測クリープたわみ量 (mm)	計画クリープたわみ量 (mm)	クリープ消化率 (%)	残りクリープたわみ量 (mm)
$P_1$	300 日	21ロットコンクリート打設後の材令 240 日	17	40.7	41.8	23.7
		側径間打設後の材令 220 日	8	30.7	34.4	22.7
$P_2$	180 日	21ロットコンクリート打設後の材令 120 日	14	40.7	26.1	26.7
		側径間打設後の材令 100 日	測定不能	30.7	—	—

注: 実測クリープたわみ量は、反力調整用水荷重除去 ( $P_1$ ; 39年12月16日,  $P_2$ ; 40年3月23日) 以降のたわみ量である。

調整用水荷重を撤去した時点を仮の始発点としている。

この測定は、特にクリープ経過測定のために工期を3ヵ月間延期しゲレンクセット、高欄縁石などの施工を一時的中止して、ゲレンク連結前のクリープたわみの測定を実施したものである。

代表的な点のクリープたわみの実測値は表-4,5のとおりである。表-4のたわみ量はA<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>のそれぞれのロッカーの反力調整用水荷重を除去した以降のたわみである。したがって、全体のクリープ消化率は本表よりもかなり大きい値になるはずであるが、各ロットのコンクリート打設、緊張日時ごとにクリープたわみだけを測定値から分離することは、施工段階ごとに変形する他の要素による垂直変位が大きいので分析不可能であった。計算によれば、水荷重除去までの平均材令に対するたわみは

表-5 橋脚のクリープ、乾燥収縮、基礎の沈下  
(上り線) P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> 橋脚 測定日 昭和40年6月18日

区分	橋脚打設後の材令	クリープ沈下量	設計値	残りのクリープ沈下量	クリープ沈下進行率
P <sub>1</sub>	昭 39.5.30 360日	6mm	7.3mm	1.3mm	82.2%
P <sub>2</sub>	昭 39.7.10 320日	3mm	7.3mm	4.3mm	41.1%

P<sub>1</sub> ゲレンク-15.9 mm, P<sub>2</sub> ゲレンク-8.8 mm 程度である。以上によりクリープの消化率は P<sub>1</sub> 中央径間側で42~80%, P<sub>2</sub> 中央径間側で 34~56% と推定される。

したがって、上げ越しの最終調整表-6の設定に当たっては、上げ越しの安全を見込み、上り線全橋体について計画値の60%の残留クリープたわみがあるものと推定した。

### 7. たわみ差による調整項について

橋体完成後のたわみ誤差の修正値として往々 ⊕αが見込まれる。これは主としてクリープたわみが計算以上に進行し、橋体に垂れ下がりを生じた場合の安全弁として追加されているものである。

調整項による上げ越しは、表-3, 表-7 に示されるようにゲレンク部に対して与えられ、橋脚方向 20 m の区間に2次曲線としてすり付けられた。

本橋のゲレンク部におけるこの上げ越し量は 24 mm 程度で、クリープ、乾燥収縮によるたわみ量の30%に過ぎないものである。したがって、異常なクリープたわみに対しては全面的に有効なものではない。

異常なクリープ進行の最大の理由は、ワーゲン施工の

表-6 最終調整上げ越し計画表(高欄、縁石設置時)

区分	静荷重 設計値	橋体のクリープ乾燥収縮 設計値の60%	橋脚のクリープ、乾燥収縮、沈下 柱頭部で3mm	温度差 (4.8mm/°C)			活荷重 1t/m <sup>2</sup>	たわみの調整 設計値	最終調整上げ越し量 ①	設計値 ②	設計値と最終調整値との差 ②-①
				⊕ 1°C 当り	中央径間 ⊕ 5°C	側径間 ⊖ 3°C					
C-12	13.8	24.4	4.9	4.80	24.0	-14.4	11.8	20.0	98.9	119.1	20.2
C-11	11.9	22.2	4.7	4.19	21.0	-12.6	10.2	12.8	82.8	101.4	18.6
10	9.9	19.2	4.6	3.62	18.1	-10.9	8.8	7.2	67.8	84.5	16.7
9	8.0	15.9	4.4	3.09	15.5	-9.3	7.4	3.2	54.4	69.4	15.0
8	6.0	12.3	4.3	2.61	13.1	-7.8	6.2	0.8	42.7	54.9	12.2
7	4.5	10.8	4.1	2.16	10.8	-6.5	5.0	0	35.2	47.0	11.8
6	3.2	6.9	3.9	1.76	8.8	-5.3	3.8	0	26.6	35.6	9.0
5	2.2	4.2	3.8	1.38	6.9	-4.1	2.8	0	19.9	27.1	7.2
4	1.3	2.7	3.6	1.05	5.3	-3.2	2.0	0	14.9	21.1	6.2
3	0.8	1.5	3.5	0.78	3.9	-2.3	1.5	0	11.2	16.5	5.3
2	0.4	0.9	3.3	0.54	2.7	-1.6	0.8	0	8.1	13.1	5.0
C-1	0.2	0.2	3.2	0.30	1.5	-0.9	0.5	0	5.6	10.2	4.6
0	0	0	3.0	0	0	0	0	0	3.0	7.3	4.3
S-1	0.2	3.9	2.7	-0.15	-0.8	0.5	0	0	7.3	11.3	4.0
2	0.3	6.2	2.6	-0.21	-1.1	0.6	0	0	9.7	14.4	4.7
3	0.6	8.6	2.5	-0.27	-1.4	0.8	0	0	12.5	17.4	4.9
4	0.8	10.9	2.3	-0.32	-1.6	1.0	0	0	15.0	20.6	5.6
5	1.3	13.0	2.2	-0.36	-1.8	1.1	0	0	17.6	23.3	5.7
6	1.7	14.9	2.0	-0.40	-2.0	1.2	0	0	19.8	26.2	6.4
7	2.3	16.5	1.9	-0.44	-2.2	1.3	0	0	22.0	28.9	6.9
8	3.1	17.9	1.7	-0.48	-2.3	1.4	0	0	24.1	31.4	7.3
9	3.8	18.4	1.6	-0.49	-2.5	1.5	0	0	25.3	32.4	7.1
10	4.4	18.1	1.4	-0.50	-2.5	1.5	0	0	25.4	32.3	6.9
11	4.8	17.0	1.3	-0.49	-2.5	1.5	0	0	24.6	30.7	6.1
12	5.0	16.7	1.2	-0.49	-2.5	1.5	0	0	24.4	30.4	6.0
13	5.5	13.4	0.9	-0.45	-2.3	1.4	0	0	21.2	25.5	4.3
14	4.3	8.5	0.6	-0.35	-1.8	1.1	0	0	14.5	16.6	2.1
15	2.5	2.6	0.3	-0.20	-1.0	0.6	0	0	6.0	5.8	-0.2
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



無理な工程短縮があげられるが、同時にコンクリートの品質管理、プレストレスの管理等の施工管理上の原因も考えられる。

たわみ差の調整による上げ越しは、元来残留上げ越しとして好ましいものではないから、これはできるだけ少なくしてすむように努めなければならない。したがって、先の工程管理や施工管理全般にわたって完全を期するよう努力することが、この問題を解決する一助となる。

## 8. 上げ越しの最終調整

### (1) 最終上げ越し計画の設定

各施工段階ごとに積上げられた上げ越しの成果は、舗装 EL. の基準となる縁石のすえつけ前に、各上げ越し要素ごとに整理、検討し、 $P_1$ 、 $P_2$  両側の橋体全部を通して上げ越しの最終調整を行なう必要がある。

ゲレンク セット後に残されたたわみ要素は、静荷重（舗装、高欄、縁石等の自重）、活荷重、桁の温度差、たわみ差の調整ならびに前に述べた橋体のクリープ乾燥収縮の残留量、橋脚のクリープ乾燥収縮および基礎沈下の残留量等である。これらについて、既成橋体に対し先の実績成果等から導き出された既成たわみおよび推定残留たわみを考慮して、最終上げ越し計画を立て、橋梁全体の縦桁線形の調整を計ろうとするものである。

本橋の最終調整上げ越し計画は表-6 に示されるとおりである。

最終上げ越しが設定された時点（ゲレンク セット時点）での、橋体そのものの既成上げ越し成果については、それが万一不満足なものであっても修正は不可能である。したがって、最終上げ越しの調整は、舗装の仕上り縦断形ならびに高欄の見掛け上の流れを、その後のたわみに対して修正しようとするにすぎない。

本橋の舗装設計厚は 60 mm であって、最小厚 40 mm、最大厚 80 mm まで許容される。したがって上スラブ仕上げ面の最終上げ越し誤差が  $\pm 20$  mm 以上にならない範囲内では、舗装厚ならびに舗装仕上りの縦断線形に支障をきたすことはない。

### (2) ゲレンク部の横方向上げ越し

ゲレンク部の前後各 5 mm 区間の桁の張出しに対し、図-7 に示されるような横方向の上げ越し 5 mm~0 mm を追加した。

### (3) 舗装時の修正縦断形

計画上げ越しとして算出される舗装完成時のゲレンク部における残留上げ越しの状況は図-8 に示されるように、常時（温度差 0）約 85 mm 程度の富士山型パラボラを呈することとなる。橋体材令の経過、活荷重の載荷、柱頭部の沈下、夏期の温度差の $\oplus$ 側の傾向に対し、

図-7 ゲレンク部の横方向上げ越し

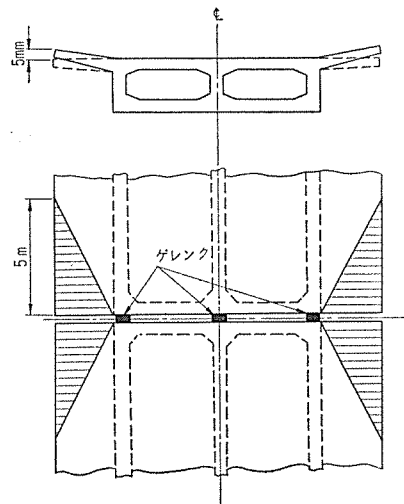
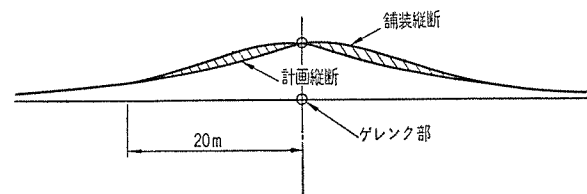


図-8



この残留量は次第に遞減、消化されていくはずであるが、高速道路の完成時の舗装縦断としては、走行感覚上好ましくないという結論に達したので、図-8 に示されるオワン型のパラボラをすり付けることとした。ただしこの舗装縦断は、今後の上げ越しの推移いかんによっては、さらに変更されるものである。

## 9. 舗装時の温度差ならびに、たわみについて

橋体の温度たわみが橋体の温度差の変化にきわめて鋭敏な応答を示すことは前に述べたとおりであるが、アスファルト加熱混合式の舗装施工時には、通常的气象条件等による温度、温度差および温度たわみとは比較にならないほどの極端な状態が生じる。

この結果、コンクリートのクリープ、乾燥収縮、PC鋼棒のリラクゼーション等が通常の状態以上に誘起されるなどの問題がある。したがって、舗装による上スラブの加熱が集中的に短時間に行なわれたのち、常温に戻った際、橋体の EL. は舗装前の状態に回復できないかもしれない（ただし舗装の自重によるたわみ分を除く）。また、橋体の温度応力がたわみにおよぼす2次的影響や伸縮継手部における伸び量の規制等の構造上の問題も生じる。

本橋の舗装に当っては、これらの問題をできる限り避けるように検討を加え、さらに今後の参考に資するため舗装時の温度差およびたわみの測定を実施した。

その結果、サーフェイス厚 6 cm は、各 3 cm の 2 層に分割施工されるので、その一層目を 図-9 に示されるようにさらに横方向に 4 列 (3.60~4.50 m) に分け、各列は 8 時間以上の間隔をおいて施工することとした。

なお、アスファルト合材の施工時温度は 130~160°C である。この測定の結果の一例を示すと 図-9~11 のとおりである。

これら一連の成果によって、つぎのようなことがいえる。

1) 上スラブの最高温度は 40.6°C を記録した。なおこの箇所の温度上昇は 27°C、外気温 20°C であった (5

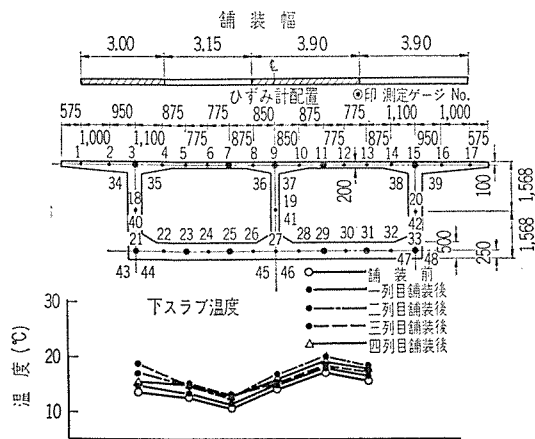
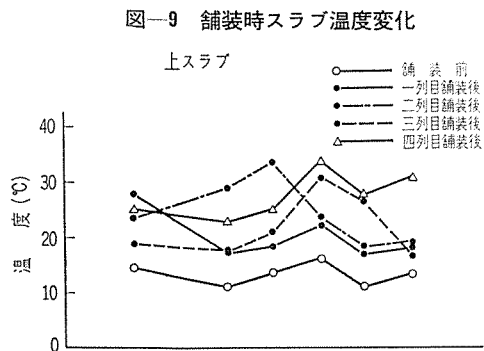


図-10 舗装時の橋体平均温度変化

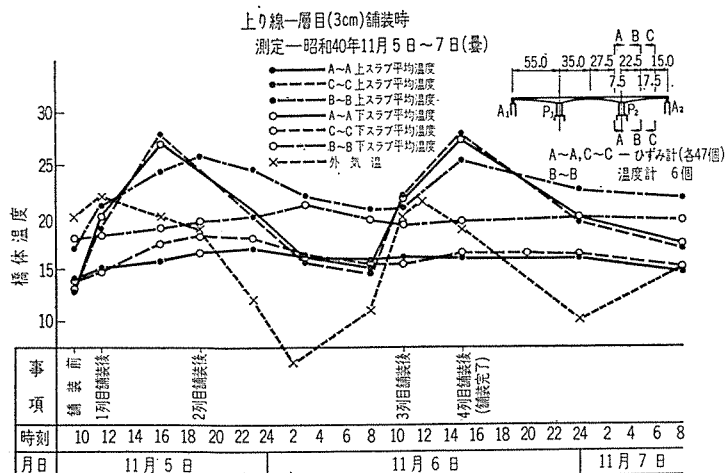
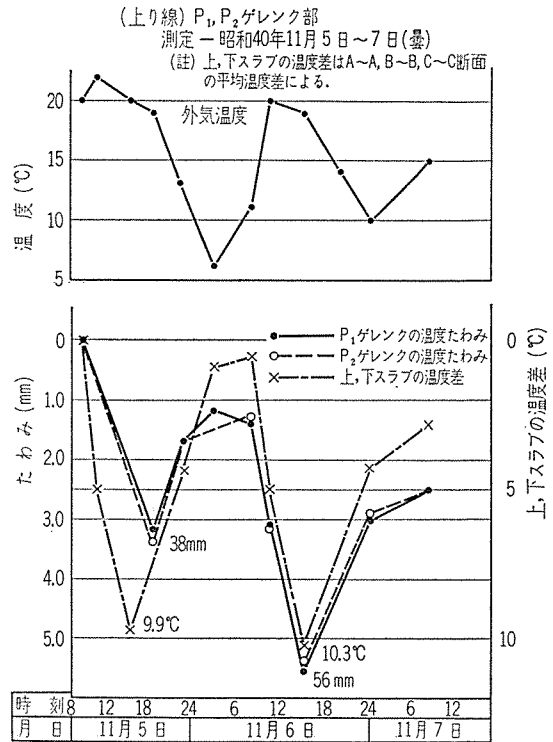


図-11 舗装時の温度差による桁のたわみ測定



日 16 時、2 列目舗装後)。

- 2) 下スラブは、ほとんど舗装の温度の影響を受けない。
- 3) 上スラブの最高温度は、舗装後 2~4 hr 後に記録された (計器はスラブ表面から約 10 cm スラブ内にある)。
- 4) 温度影響が完全に解けるには 16~18 hr を要する。
- 5) 平均温度差の最高は 11.5°C であった。このときのゲレンク部の最大たわみは 56 mm を記録した。
- 6) ゲレンク部のたわみ度は 4.9~5.5 mm/°C 程度で、温度差の小さいときと大差はない。

7) 伸縮継手の伸びは 6 mm を記録した。

8) 舗装の自重によるたわみは 8 mm 程度 (設計値 13.8 mm、ただし高欄、縁石によるたわみをふくむ) であり、温度解消によるたわみの復元率は 100% に近かったと思われる。

以上によって、舗装時の温度影響は、各列の施工サイクルを遅らし、施工時間の重複を避けるようにすれば上げ越しにおよぼす悪影響はないことが確認された。

## 10. おわりに

以上に述べたように、Dywidag 工法における上げ越しは、

- 1) プレストレスト コンクリートであるとい

うこと。

2) 片持ばり施工を段階的に行なうということ。

3) スパンが長大となるということ。

等のために、上げ越しの量および多様性において他の形式の橋梁とは比較にならないほどの重大な意義をもってゐる。その問題を要約すれば以下のようなものである。

1) 計画された上げ越しは、施工中の条件に大過なく実施され、完成時の上げ越しと合致するか。

2) 橋体完成後のクリープ、乾燥収縮、橋脚沈下等の経時変化の進行は所定の量に納まってくれるか。

3) 交通開始後の橋体の温度差や活荷重による上げ越し量の変動を、計画上げ越しでどのように考え、取扱うか。

4) 上記 2), 3) による交通開始後に残され、または変動する残留上げ越しは、縦断線形上(車両走行上)どの程度許容されるのか。等である。

先にも述べたように、これらを決定する上げ越しの要素はきわめて複雑多様で、その総体的状況は非定常的である。したがって、上げ越しの計画ならびに実施に当っては、綿密な根拠の上になされなければならないことはもちろんであるが、本工法のもつ上げ越しの特性を認めなければならない。

本橋の完成時上げ越しの絶対量はせいぜい 100 mm 内外であって、上げ越しの処理としては少々過敏に過ぎるかもしれないが、本橋が高速道路として、また道路公団で採用された初期の Dywidag 橋の実施例として、この課題に回答する試験的な段階にあるので、今後も測定を継続する予定である。

Dywidag 工法による橋梁の架設が、従来の支保工を用いる現場打ち工法、またはプレキャスト桁による架設工法で、技術的または経済的になし得なかった長径間の橋梁の架設を可能とするに至り、さらに今後の道路計画の大規模化、多様化にともなうスパンの長大化、架設条件の制約による支保工の回避等の要求にしたがい、この分野での本工法のもつ利点がますます有効に生かされることと思われる。このような利点の代償として起きた、上げ越しの問題は、計画ならびに実施の上に合理的な処策を施さなければならないと同時に、本工法の本質的な特徴としてある程度の誤差は許容されなければならないものと思われる。

以上、鶴見川橋架設工事の上げ越しの計画、実施方法、測定成果等の報告を行なった。

不十分な記述であり、加えて菲才のゆえに思い違いや、誤まりの点につきましては御叱正頂ければ幸いと存じます。

1966.2.24・受付

## 水道管の革命!!



安くて強い

### “プレストレストコンクリート管”

特 長

1. 設計水圧に応じた合理的な管が製造出来る。
2. 同じ水圧または口径に対して鉄管類より遥かに安い。
3. 高圧に堪えて破壊することなく特殊な複元性がある。
4. 内面が平滑で永久に変化しない為流量が減少しない。

本 社 東京都中央区日本橋本石町3-6

電 話 (241) 2111 (代表)

工 場 横浜・名古屋・大阪・岩国

帝国ヒューム管株式会社





# 理研油圧パワー

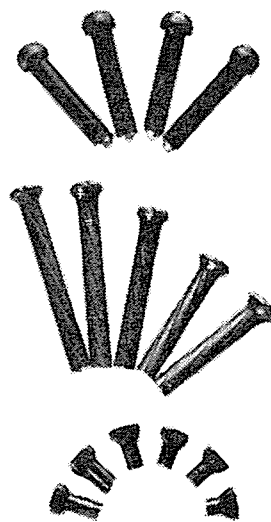
## 超高圧 700kg/cm<sup>2</sup>

### 理研 P C 鋼線用 油圧・冷間ヘッドイングマシン

50トン用 7<sup>m</sup>/<sub>m</sub>迄 抗張力 140kg/mm<sup>2</sup>において  
70トン用 12<sup>m</sup>/<sub>m</sub>迄



- 操作はワンタッチ
- 作業時間は数秒
- 超高圧により極めて軽量小型
- 価格定廉



## 理研機器株式会社

東京都港区芝浜松町4丁目21番地  
電話 芝(431) 1176~1179・1170

国電浜松町駅下車 300m 田町寄り線路際

大阪営業所 大阪市北区樋之上町65番地  
電話 (361) 9796・3509番