

合成桁（子飼橋）の温度分布と変形の測定ならびに、これらの結果から算定した温度応力について\*

吉村 虎 蔵\*\*  
村 上 夫\*\*\*  
村 橋 久 昭\*\*\*

要 旨 非線形の温度分布をうける桁に生ずる温度応力および変形の算定の一般式を示し、これらを使つて子飼橋の合成桁について8月と11月の2回測定された温度分布から、温度応力と桁の変形を算定し、桁の変形の実測値と計算値との比から応力の精度を評価検討した。この結果、現行の示方書による温度応力と本橋の場合の応力は非常な差異のあることが知られた。

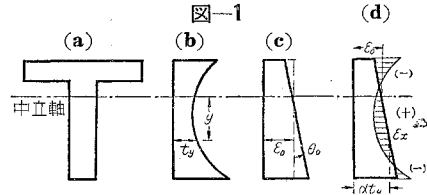
1. 緒 言

鋼桁とコンクリート床版を合成した桁では、その内部の温度の非直線的な分布によつて発生する温度応力を特に考慮すべきことは周知のとおりであるが、現行の規定<sup>1)</sup>では鋼桁とコンクリート床版とに温度差を与え、温度分布はそれぞれの内部では一定であるとして計算を簡便化している。この方法で算定した応力と実際の温度応力との比較研究は重要なことと思う。さきに成岡教授等<sup>2)</sup>は新喜多大橋で温度分布を測定し、温度分布に関する理論的解析を行い、なお温度応力については、床版を単独の板と見なした場合<sup>3)</sup>と現行示方書的な温度分布を仮定した場合における応力を算定した貴重な研究を発表した。筆者は子飼橋について、銅・コンスタンタン熱電対を使用して温度分布を測定したが、この場合、一日の温度差の最大値をうるように測定時間を考慮し、さらに温度変化による桁の変形を測定した。しかるのち測定した温度分布をそのまま使つて、合成桁としての各断面の応力を算定し、桁の理論的変形と実測変形を比較して、計算した温度応力の精度を判断する目安とした。このように実測温度分布から直接求めた桁としての温度応力と、現行規定により得た応力を比較したところ、本橋では温度応力の分布が非常に相違することが知られた。

2. 桁の温度応力と変形の算定式

単純に支えられた桁を考える。桁は温度変化をうければ変形し、その温度分布が非線形であるならば桁の内部には温度応力が発生する。図-1(a)の断面の桁が図-1(b)に示す温度分布(いまの場合温度上昇とする)となつたとき、桁の応力および変形を求めよう。

温度変化のために、断面がハリの簡易解と同様に平面



を保持したまま変形すると仮定すれば、図-1(c)のように桁の単位長については、 $\epsilon_0$ だけ一様に伸びたのち $\theta_0$ だけ断面が回転するものと考えることができる。ゆえに中立軸より $y$ なる繊維では、温度応力の原因となるひずみ度 $\epsilon_x$ は図-1(d)のハッチ部分で示され、次式で表わされる。

$$\epsilon_x = (\epsilon_0 + \theta_0 y) - \alpha t_y \dots\dots\dots (1)$$

$y$ は中立軸より下向を正、 $\theta_0$ は反時計まわりを正(このとき桁は下方にたわむ)とする。 $\alpha$ は線膨張係数。

さて、桁の任意断面では温度応力の和は0であるから $E \epsilon_x = \sigma_x$ 、断面の微小要素を $dA$ とすると

$$\int \sigma_x dA = 0 \dots\dots\dots (2)$$

また温度応力の中立軸に対するモーメント和も0であるから

$$\int \sigma_x y dA = 0 \dots\dots\dots (3)$$

式(1)を式(2),(3)に入れて、 $\theta_0, \epsilon_0$ について解くと次式が得られる。

$$\left\{ \begin{aligned} \epsilon_0 &= \frac{\int \alpha t_y dA}{\int dA} \dots\dots\dots (4) \\ \theta_0 &= \frac{\int \alpha t_y y dA}{\int y^2 dA} \dots\dots\dots (5) \end{aligned} \right.$$

従つて温度応力の一般式は

$$\sigma_x = E \epsilon_x = E \left\{ \frac{\int \alpha t_y dA}{\int dA} + \frac{\int \alpha t_y y dA}{\int y^2 dA} y - \alpha t_y \right\} \dots\dots (6)$$

また Mohr の定理によつて、 $\theta_0$ -荷重をもつ共役バリの曲げモーメントによつて任意点のたわみ、せん断力によつて任意点のたわみ角が求められる。上記と同様の式がいくつかの文献<sup>4),5),6)</sup>にも見られる。また式(6)は平板における温度応力の算式<sup>3)</sup>と同形のものである。断面内で温度が直線的に分布する場合はもちろん応力は発生しない。

なお、不静定構造物の部材が図-1のような非線形の温度分布をうける場合は、上式により算定した応力のほかに、上記の変形を拘束する不静定力のために生ずる曲げモーメントや軸力による応力がさらに重視さるべきで

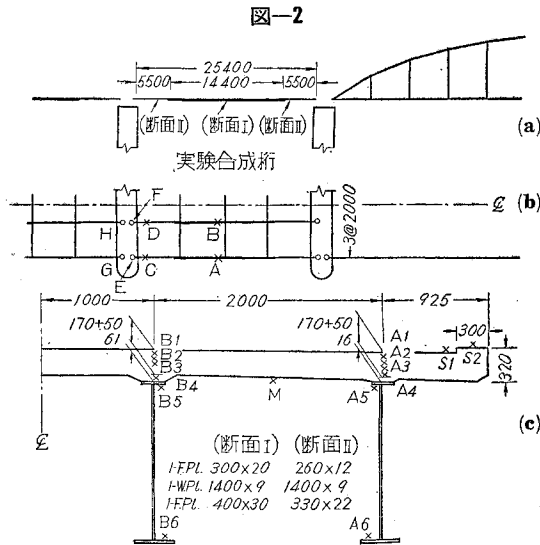
\* 第14回土木学会学術講演会にて発表 昭34.6  
\*\* 正員 工博 熊本大学教授, 工学部応用力学教室  
\*\*\* 熊本大学, 応用力学教室

ある。

温度応力や長時間の間に生ずる応力を直接測定するためには、現在市販の計器としてカールソン型ひずみ計や振動線型ひずみ計等があるが、この実験当時、筆者にはそれらの入手が容易でなかつたし、またこれらの計器を使用して直接温度応力を測定することを計画するとしても、現在の計器の精度では種々難点があると考える<sup>2)</sup>。本実験では桁の内部温度を測定してその測定温度分布を上式に入れて温度応力を算定した。しかし算定した応力が現実に発生しているか、どうかあるいはその精度が不明であるから、同じく上式を使って算出した変形量と実測した変形量とを比較して上記の理論式を検討し、あわせて算定した応力を評価する目安としたわけである。

### 3. 温度分布の測定

実験桁は熊本市子飼橋の合成桁（1等橋、有効巾員 7.25 m、支間 25.4 m、主桁数 4）である。その断面の諸元を図-2に示す。



温度測定にあたっては、銅・コンスタンタン熱電対を用いた。電対の埋込み位置は図-2(b)に示す A, B 2点で、各点において図-2(c)に示すように床版内部に 4 点（本橋では床版厚 17 cm、コンクリート舗装厚 5 cm であつて、17+5=22 cm を以下床版と略称する）、床版上下縁にそれぞれ 2 点と 1 点を設け、鋼桁では上突縁と下突縁に 1 点ずつ設けた。測点名は図-2(c)に示すとおりで、床版内の電対の深さは図-4に示す。床版中の電対はあらかじめ 50×50 高さ 220 mm のモルタルブロック中に所定の間隔に埋め込み、このブロックを床版コンクリート打設時に、A, B 点に設置した。なお鋼桁にはその表面に電対を平らに接触せしめ、この上に綿をかぶせて電対が外気の影響をうけるのを避けさせた。この方法による測定温度が鋼桁の内部温度を十分正確に示すこと

は、室内実験で、70×150×30 mm の鋼板を乾燥器に入らせしめたときの鋼板内部と、表面の温度を測定することによって確かめられている。

筆者等が用いた温度測定装置を用いて、製作使用した熱電対の常数を、温度上昇時と下降時に測定した結果は図-3のとおりであつて、物理常数表<sup>8),9)</sup>に所載の値の示す線とよく一致するものであつた。なお、使用のポテンシオメーターは最小目盛 0.05 mV、常数測定時にはかくはん器つき恒温水槽、精度 0.1°C の水銀温度調節器、最小目盛 0.1°C の標準温度計を用いた。また Cold Junction は水を入れたまほうびんの中に挿入して 0°C を保持させた。

図-3

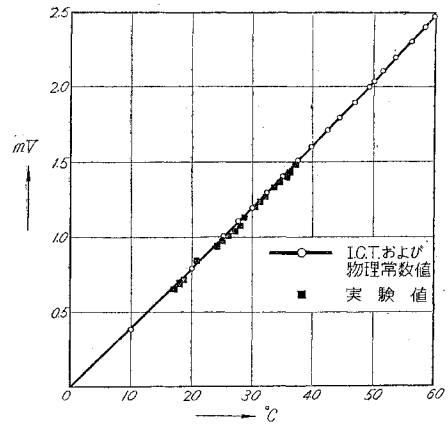


写真-1

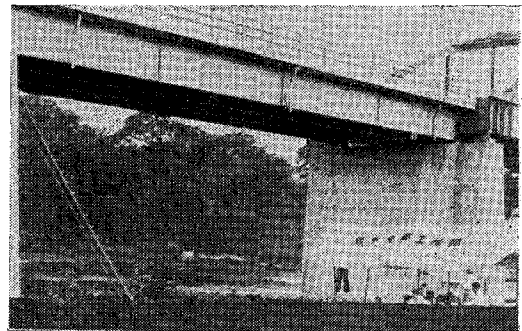


写真-2

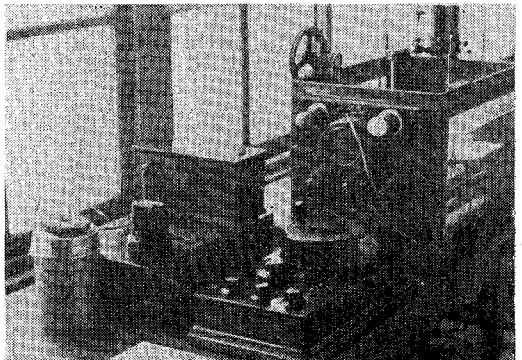


写真-1 は実験現場、写真-2 は熱電対常数の測定の状況を示す。

温度分布の測定結果を表-1, 2 に示す。これらを図示して図-4 (a), (b), (c) 等が得られる。図中の曲線は各時刻の温度分布を画いたものであり、図中の破線については後述する。11月測定の際の橋面上気温・桁下気温・内部温度と時間との関係を耳桁について画けば図-5 のようになる。

表-1 温度測定値 (Nov. 15, 1957)

時刻	耳 桁 中 桁															
	S1	M	A1	A2	A3	A4	A5	A6	B1	B2	B3	B4	B5	B6		
時分																
3.00	0.30	0.50	0.41	0.45	0.47	0.45	0.51	0.28	0.45	0.48	0.49	0.46	0.50	0.33		
4.00	0.27	0.47	0.37	0.43	0.44	0.42	0.48	0.25	0.42	0.45	0.46	0.44	0.48	0.29		
5.00	0.24	0.44	0.35	0.41	0.42	0.40	0.45	0.23	0.38	0.42	0.43	0.42	0.45	0.26		
6.00	0.22	0.42	0.34	0.40	0.40	0.38	0.44	0.22	0.35	0.39	0.41	0.40	0.43	0.25		
7.00	0.20	0.40	0.31	0.38	0.38	0.37	0.43	0.21	0.33	0.37	0.39	0.38	0.41	0.23		
8.00	0.29	0.38	0.30	0.36	0.36	0.35	0.42	0.25	0.32	0.34	0.36	0.35	0.40	0.26		
9.30	0.50	0.43	0.39	0.36	0.37	0.38	0.49	0.43	0.36	0.36	0.34	0.36	0.45	0.36		
10.00	0.58	0.46	0.46	0.39	0.39	0.42	0.52	0.47	0.42	0.38	0.36	0.36	0.47	0.39		
11.00	0.78	0.54	0.57	0.46	0.43	0.44	0.56	0.56	0.51	0.41	0.37	0.38	0.52	0.50		
12.00	1.00	0.65	0.73	0.53	0.48	0.50	0.63	0.62	0.57	0.47	0.42	0.42	0.56	0.60		
13.00	1.07	0.73	0.83	0.60	0.55	0.55	0.71	0.74	0.64	0.55	0.49	0.46	0.60	0.71		
14.00	1.00	0.78	0.87	0.68	0.61	0.60	0.75	0.80	0.73	0.64	0.55	0.54	0.66	0.78		
15.00	0.89	0.82	0.88	0.72	0.65	0.66	0.80	0.85	0.77	0.68	0.63	0.61	0.72	0.86		
16.00	0.85	0.86	0.90	0.75	0.66	0.72	0.83	0.87	0.80	0.71	0.67	0.66	0.74	0.86		

註：表は起電力を mV で示す。100/4 倍すれば °C となる。

表-2 温度測定値 (Aug. 17, 1957)

時刻	耳 桁 中 桁															
	S1	A1	A2	A3	A4	A6	B1	B2	B3	B4	B6					
時分																
1.00	0.94	1.01	1.06	1.09	1.07	0.98	1.12	1.15	1.17	1.16	0.95					
3.00	0.91	0.97	1.00	1.02	1.02	0.90	1.05	1.07	1.07	1.06	0.91					
5.00	0.86	0.90	0.93	0.96	0.96	0.88	0.97	1.00	1.02	1.01	0.90					
7.00	0.96	0.91	0.93	0.94	0.96	1.01	0.97	0.98	0.98	0.98	0.92					
9.00	1.57	1.28	1.13	1.08	1.11	1.44	1.18	1.09	1.06	1.06	1.26					
11.00	1.58	1.45	1.31	1.19	1.15	1.34	1.36	1.25	1.20	1.15	1.28					
13.00	1.63	1.55	1.45	1.31	1.26	1.35	1.45	1.36	1.25	1.20	1.34					

註：表は起電力を mV で示す。100/4 倍すれば °C である。  
天候急変のため 13 時に実験中止。

図-4 (a)

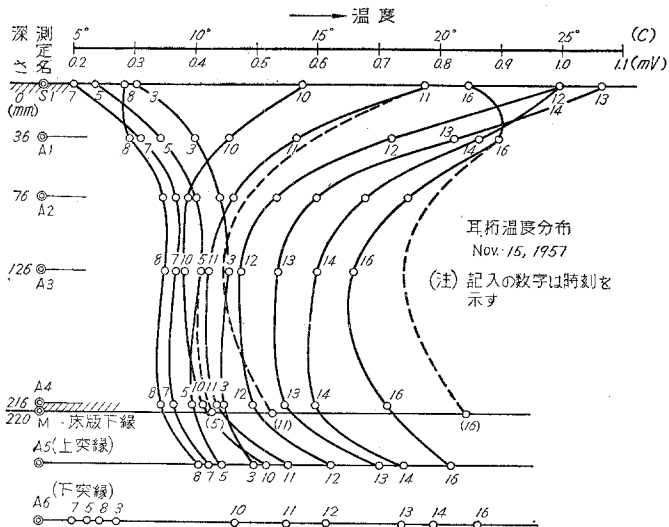
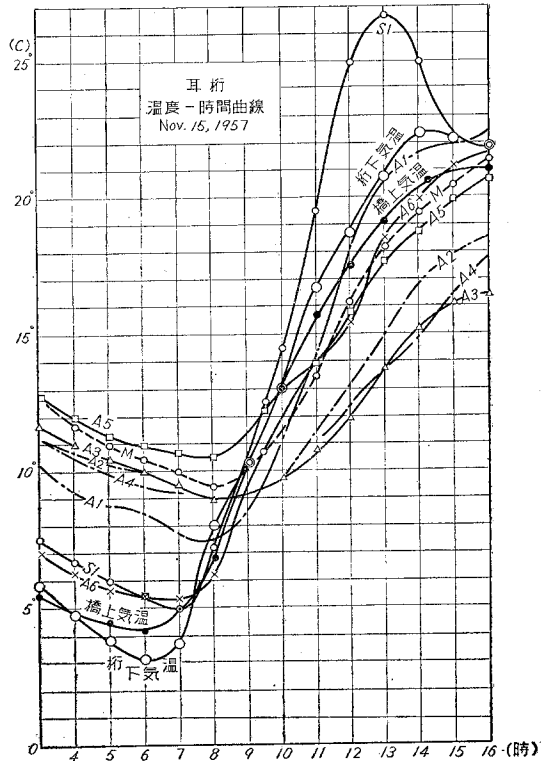


図-5



#### 4. 桁の変形の測定

温度による桁の変形の測定にあつては、図-2 (b) の A, B 点 (たわみ測定の場合厳密には桁の midpoint) のたわみと桁の左岸側の橋脚上で桁端の回転角を測定した。

たわみの測定にはダイヤルゲージ (1/10 mm よみ) を鋼線で下げて行つた (写真-3) が、温度変化のため鋼線の伸縮が生ずるので、これを補正するために補正用のダイヤルゲージを橋脚に接近して C, D 点 (図-2 (b)) に

設け、A・C, B・D 間のたわみを測定した。このようにしても鋼線は日光の斜射などのため、測定の全期間を通じて A・C, B・D の鋼線は同一温度状態となり得ないから、鋼線の温度状態が同一と思われる時刻のたわみだけが測定値としての資料となるわけで、本橋のように桁下間隔が約 8 m にもおよぶ場合の長時間のたわみ測定としてはやむをえないと考える。

桁端の回転角は、図-2 (b) の E, F, G, H 点で鋼桁の上下縁に近くダイヤルゲージ (1/100 mm よみ) を取りつけて桁端の移動量を読み、これから回転角を求めた。この場合、耳桁、中桁それぞれについて不動点を橋脚上のアンカーボルトに設けて、左右の桁の下突

写真-3

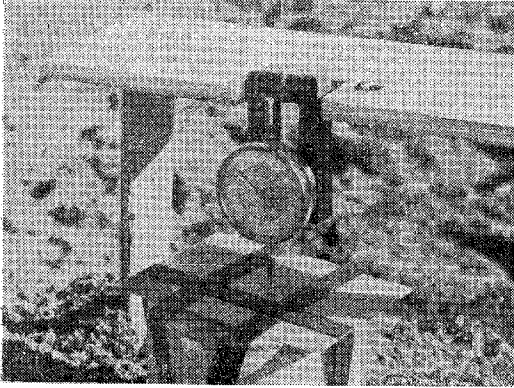


図-6

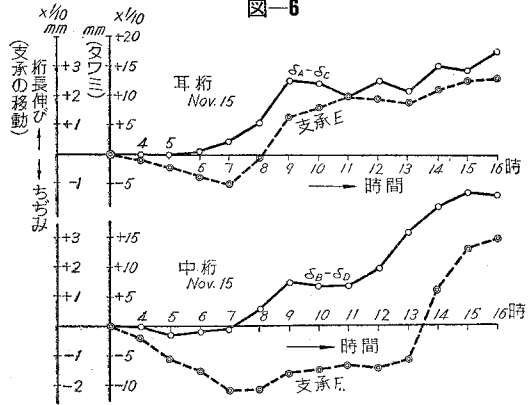


図-4 (b)

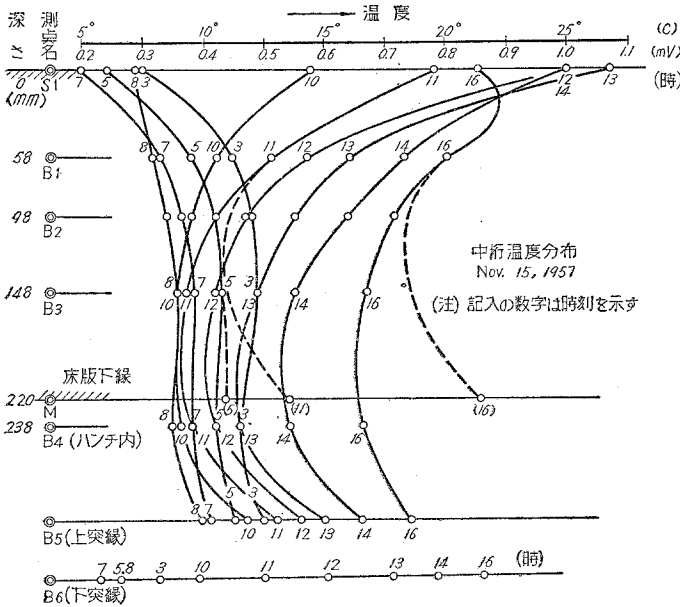
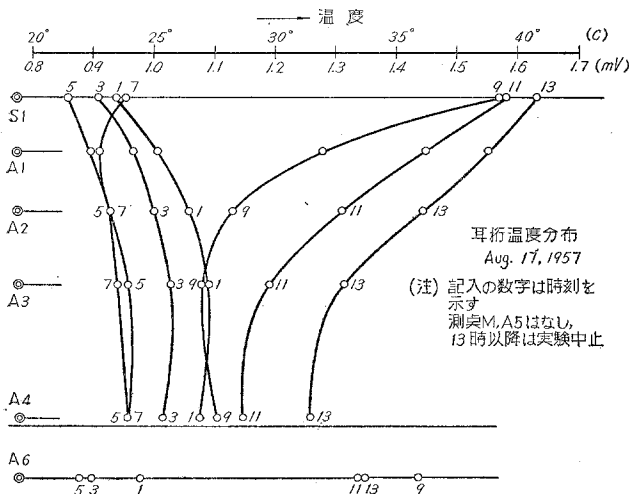


図-4 (c)



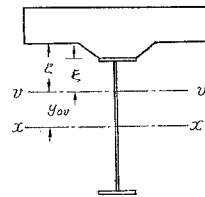
縁の移動をべつべつにより、上突縁の移動は左右の桁端の相対移動量をよんだ。この回転角についても、耳桁では時刻によつて下突縁付近は日射をうけて高温となり、他の桁と温度分布がいちじるしく異なり、桁端の移動状態もさほど単純でないで、鋼桁が日光の斜射をうけない状態の測定値だけが、採用されるべきである。

11月測定時における A~C 間のたわみ差 ( $\delta_A \sim \delta_C$ )、および B~D 間のたわみ差 ( $\delta_B \sim \delta_D$ )、ならびに支承 E における下突縁の移動および支承 F における移動を図示すれば、図-6 が得られる。たわみの曲線が 8~9 時の間で急昇するのは耳桁の下突縁が日射をうけたためであろう。同図に見るように桁の変形は単純とはいいたいがたい。

### 5. 温度応力の算定とその考察

桁の断面は 図-2(c) に示すとおりで、コンクリートのヤング率は 4 週時において  $3.0 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$  の値が、実験結果から得られたので、これによつて断面の諸係数を求めれば 表-3 が得られる。

図-7



前にも記したとおり温度分布および変形の測定中、一方の耳桁がある時間その下突縁や腹版の一部に日射をうける場合があり、たわみの測定装置(鋼線)についても同様の現象が生じ、測定の全期を通して、変形の計算値と実測値との比をもつて算定温度応力の精度を論ずるわけにゆかないので、まず 11 月測定の場合の 5 時と 11 時、

表—3

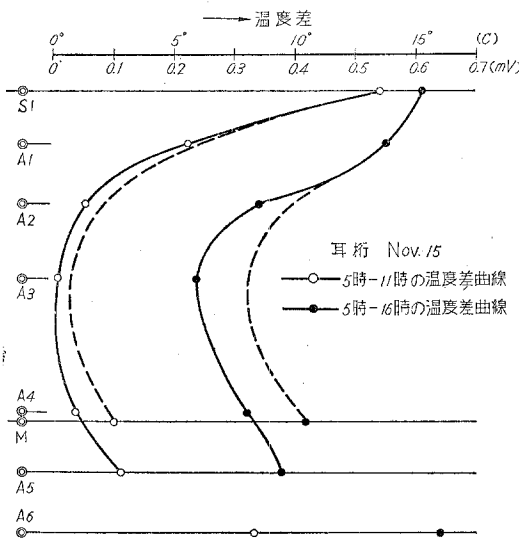
		耳 桁		中 桁	
		断面(I)	断面(II)	断面(I)	断面(II)
$y_{cp}$	cm	53.65	59.86	55.30	61.21
$I_p$	$\times 10^6 \text{ cm}^4$	3.142	2.372	3.278	2.438
$\zeta$	cm	19.95	13.74	22.80	16.09
$\xi$	cm	18.95	11.34	16.70	9.99

註：表中の記号については 図—7 参照。

5時と16時の間の温度差について温度応力と変形を考察し、さらに11月測定の時と8月測定の時との間の温度差による応力を考察した。

ここに注意すべきは、以下算定した温度応力は、いずれも11月の5時の温度応力を0としたときの各時刻の応力であるが、例えば 図—4(a)の13時の温度勾配・内部における温度差は、同じ桁の5時と11時の間の温度差曲線(図—8)のそれらと全く同等と見られ、以下の算定応力が非現実的なものでないということである。このような計算法をとつたのは、変形の理論値との比較を企図したからである。

図—8



表—4(a) 耳桁 5~11時の温度差による応力・変形

断面	X	床版応力 $\text{kg/cm}^2$			鋼桁応力 $\text{kg/cm}^2$			たわみ $(\theta_A - \delta_C)$			mm			回転角 $\times 10^{-4} \text{ rad.}$		
		上縁	中央	下縁	上突縁	下突縁	実験	マサツ計算	比	実験	マサツ計算	比	実験	マサツ計算	比	
		$\times 10^{-6}$														
(I)	X	$\alpha=10$	-35	+6	+4	-0.4	-6.254	0.89	1.00	0.74	4.49	1.40	2.73	0.92		
		$\alpha=12$	-42	+8	+5	-0.4	-73.04	和=1.89		0.62	5.39	和=4.13		0.77		
	Y	$\alpha=10$	-33	+7	+2	+11	-72.27			0.63	4.01			1.03		
		$\alpha=12$	-40	+8	+3	+13	-92.72			0.70	4.81			0.86		
	マサツ	+3	+1	-1	-2	-30										

註：比 =  $\frac{\text{マサツ+計算}}{\text{実験}}$

以下の計算のもととなる温度差曲線を耳桁について例示すれば 図—8のごとくである。他の場合については図を省略する。図中の破線については後述する。

鋼桁の温度分布については、上突縁と下突縁の間は直線的に変化すると仮定した。このように腹鉄内の温度分布を台形分布にするか、下突縁と腹鉄が等温の矩形分布にするかによつて、どのように温度応力が変化するかはのちに検討を行うが、本論文の結論的なことにはほとんど関係がなかつた。

温度差曲線から計算した桁の中央部の断面(I)における応力およびたわみ比、回転角比を 表—4(a),(b),(c)に示す。断面(II)(図—2参照)についても同様の値が得られる。

表中 X, Y は次のごとく区別されている。すなわち X 欄は上記の実測の温度分布曲線から作製した実線の温度差曲線から算定したもので、Y 欄は床版裏面の電対 M 図—2(c)の測定温度によつて主桁間の床版内部温度分布を推定して応力と変形を算定したものである。既述のように A1, A2, A3, A4; B1, B2, B3, B4の測点は主桁直上の床版内部測点であつて、主桁と主桁との間の床版内部温度分布は M の測定温度から判断するとき、前者の分布と差異のあることが知られたからである。推定した温度分布は 図—4(a),(b), 図—8に破線で示した。結論的には X, Y とも応力には大差なく、いずれも床版上縁の応力がきわめて大きいことが顕著な現象である。

また、線膨張係数は鋼およびコンクリートともに同じ値として、 $\alpha=10 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ ,  $\alpha=12 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ の2種について試算を行つた。これは土木学会コンクリート標準示方書ではともに  $10 \times 10^{-6}$ 、鋼道路橋設計示方書では鋼の  $\alpha=12 \times 10^{-6}$ 、建築学会の鉄筋コンクリート構造計算規準ではともに  $\alpha=10 \times 10^{-6}$ 、物理常数表では鋼の  $\alpha=12 \times 10^{-6}$ となつているからである。

なお、上に考慮した方法で変形の計算値と実測値との比を求めると、その比率が過小となるので、図—6の支承の動きから見て支承と桁との間に働らく摩擦力を考慮に入らねばと考えられる。今の場合、耳桁と中桁との死荷重反力はそれぞれ 19.8t, 16.9tであるから、摩擦係数を 0.25<sup>(10)</sup>としてこのための応力ならびに変形値を表中の「マサツ」欄に記入した。これを考慮することによつて変形比が全般的に良好となる。

Xの欄で  $\alpha=12 \times 10^{-6}$ として下突縁と腹鉄の温度を等温とした矩形分布の場合と前記の計算すなわち台形分布のときとの、応力値を 表—5(a),(b)に比較した。耳桁についてのみ示したが、これらの結果から応力値にはほとんど影響のないことが知られる。

また 表—5(c)には11月測定の時と8

表-4 (b) 耳桁 5~16 時の温度差による応力・変形

断面	I	X	床版応力 kg/cm <sup>2</sup>			鋼桁応力 kg/cm <sup>2</sup>			たわみ (δ <sub>A</sub> -δ <sub>C</sub> )		mm	回転角 × 10 <sup>-4</sup> rad.			
			上縁	中央	下縁	上突縁	腹縁	下突縁	実験	マナツ計算		比	実験	マナツ計算	比
			× 10 <sup>-6</sup>						和 = 2.69						
			-22	+7	+2	-11	-23.40	0.89	1.80	0.79	6.07	1.40	3.64	0.83	
			-27	+9	+2	-13	-24.08			0.66	7.28		5.04	0.69	
			-19	+5	-2	+11	-22.89			0.93	5.14			0.98	
			-22	+6	-2	+13	-33.46			0.78	6.16			0.82	
			+3	+1	-1	-2	-30								

註：比 = (マナツ+計算) / (実験)

表-4 (c) 中桁 5~11 時の温度差による応力・変形

断面	I	X	床版応力 kg/cm <sup>2</sup>			鋼桁応力 kg/cm <sup>2</sup>			たわみ (δ <sub>D</sub> -δ <sub>B</sub> )		mm	回転角 × 10 <sup>-4</sup> rad.			
			上縁	中央	下縁	上突縁	腹縁	下突縁	実験	マナツ計算		比	実験	マナツ計算	比
			× 10 <sup>-6</sup>						和 = 1.48						
			-37	+6	+9	+3	-11	1.73	0.74	0.74	0.86	3.08	1.17	0.91	0.68
			-44	+8	+11	+3	-13	2.08			0.71	3.69		2.08	0.56
			-33	+7	0	+24	-15	1.17			1.26	2.06			1.01
			-40	+8	0	+28	-15	1.41			1.05	2.47			0.84
			+3	+1	-1	-2	-26								

註：比 = (マナツ+計算) / (実験)

表-5 (a) 耳桁 5~11 時の温度差による応力比較 (α=12×10<sup>-6</sup>)

断面	I	床版応力 kg/cm <sup>2</sup>			鋼桁応力 kg/cm <sup>2</sup>		
		上縁	中央	下縁	上突縁	腹縁上縁	下突縁
矩形分布	断面(I)	-41	+9	+6	+8	-131	+16
	断面(II)	-41	+9	+6	+9	-129	+12
台形分布	断面(I)	-42	+8	+5	+0.4		-7
	断面(II)	-42	+8	+7	+1		-12

表-5 (b) 耳桁 5~16 時の温度差による応力比較 (α=12×10<sup>-6</sup>)

断面	I	床版応力 kg/cm <sup>2</sup>			鋼桁応力 kg/cm <sup>2</sup>		
		上縁	中央	下縁	上突縁	腹縁上縁	下突縁
矩形分布	断面(I)	-26	+10	+4	-4	-168	+22
	断面(II)	-26	+10	+4	-3	-166	+29
台形分布	断面(I)	-27	+9	+7	-13		-2
	断面(II)	-27	+9	+2	-13		-2

表-5 (c) 耳桁 11 月測定の 5 時と 8 月測定の 11 時の温度差による応力の比較

断面	I	床版応力 kg/cm <sup>2</sup>			鋼桁応力 kg/cm <sup>2</sup>		
		上縁	中央	下縁	上突縁	腹縁上縁	下突縁
矩形分布	断面(I)	-47	+6	+6	+96	-158	+16
	断面(II)	-47	+6	+10	+102	-153	+28
台形分布	断面(I)	-40	+3	+6	+69		-17
	断面(II)	-49	+4	+7	+82		-20
		-40	+4	+6	+72		-19
		-48	+4	+8	+86		-23

表-6 現行規定による応力

床版応力 kg/cm <sup>2</sup>			鋼桁応力 kg/cm <sup>2</sup>			摘 要
上縁	中央	下縁	上突縁	下突縁		
±3	±7	±10	±302	±57		Δt = ±15°C

月測定の 11 時の温度差による応力を示した。腹縁の温度が矩形分布と台形分布の 2 つの場合について比較したが、結果は両者にほとんど差がなく、やはり前記同様、床版上縁の応力が大きいことが特長である。図-5 (a), (b), (c) の矩形分布の場合、上突縁と腹縁との境界における応力がいちじるしく大きい、実際の場合、このように上突縁と腹縁とは急激な温度変化をせず徐々に変化するから<sup>1)</sup>この計算値は過大であると思われる。

なお現行規準<sup>1)</sup>に従い、床版と鋼桁との温度差を 15°C として応力を計算すれば、表-6 のとおりで表-4, 5 の応力の傾向との相違がはつきり表われている。すなわち床版上縁応力と鋼桁上突縁応力との差異がそれである。本橋の場合、L-荷重による床版上縁応力が耳桁で 20 kg/cm<sup>2</sup>、中桁で 22 kg/cm<sup>2</sup>であることを知るとき、注目すべき値であると思われる。

以上の数種の試算の結果、応力値はほとんど変化のないのに対して、変形比はかなり変

動し、しかも耳桁と中桁のそれらが同比率とならないが、この原因としては、摩擦力の評価や、桁の格子桁的挙動の影響を無視しているからと思われる。いずれにしても、応力値に変動の少ないことに注目すべきであろう。

## 6. 結 論

非線形の温度分布をうける桁の温度応力および桁の変形の算定式を示し、子橋における 8 月と 11 月との 2 回にわたる合成桁の温度分布の測定結果から、温度応力と桁の変形量を算定した。それらの結果から本橋については次のことがいえると思う。

(1) 実験結果では床版上縁の温度応力が約 40 kg/cm<sup>2</sup> の圧縮応力に達すると考えられるに対して、現行示方書による応力値は僅少である。床版内部および鋼桁における応力値は実験結果では僅少であるが、現行示方書による応力値は鋼桁上突縁の応力が大きい。

(2) 数種の試算からみて、応力値を最も支配するのは、床版内部の温度差または温度勾配である。床版内部で同一時刻における最大温度差は、本実験では約 15°C であるが (例えば 11 月の 13 時、8 月の 9 時の温度分布曲線)、これよりもさらに大なる温度差が発生することがあると思われる。このような場合、床版上縁ではさらに大きい応力値となることが予想される。またこのような場合、床版内部では表示した値よりも大きい引張応力が生ずるとと思われる。

(3) 鋼桁上突縁から腹縁への温度変化は急激に変わることではないから、表-5 の矩形分布および表-6 の結

果のように上突縁付近に同表に示すような応力値が発生するとは思われない。

(4) 夜間の早朝にかけて得られた温度分布から応力を求めれば、応力の符号は上と逆になるが、これらの温度勾配は上記の場合よりも小さいし、温度差も上記ほどに達しない。従つて一般に応力値は逆符号といいながらさほど大きい値に達しないと思われる。本実験では11月測定の場合内部の温度差が最大で、約5°Cが測定された。温度勾配もこの時刻のそれが最大である。

この実験にあつては、当時建設省熊本工務所事務の古賀雷四郎氏・北村律太郎氏の御厚意を得、熱電対については本学 西岡栄香教授の助言を得た。また実験・計算にあつて緒方典介・西村舜治両君の助力があつた。付記して謝意を表する。

### 参考文献

- 1) ドイツ合成術方書、または安宅：合成術、p.79 (オーム社)
- 2) 成岡・平井・山口：実在橋梁・構造物の応力測定及び測定結果に関する研究発表会、(昭 31.9.7)  
同上：Proc. of Symposium on the Stress Measurements for Bridge and Structures (J.S.P.C., Dec., 1957)
- 3) Timoshenko & Goodier: Theory of Elasticity, p.401 (1951)
- 4) Suehiro, K. & T. Inokuty: Some Hints Regarding Deflections of Ships due to Temperature Difference, 造船協会々報, 第19号, 大正5, または太田友弥: 船体強弱学 p.181-186
- 5) Goodier, J.N.: Thermal Stress and Deformation, JI. Applied Mech., Sept., 1957
- 6) Gatewood, B.E.: Thermal Stresses, 1957 (McGraw-Hill)
- 7) 吉村・他: 鋼構造物の応力測定に使用する場合のガールソン型歪計の応力校正係数および温度係数に関する基礎的実験について、熊本大学工学部研究報告, 第8巻第2号, 昭34.9
- 8) 芝 亀吉編: 物理常数表, p.243 (岩波書店)
- 9) International Critical Tables, Vol.I, p.58, 1926
- 10) 鋼道路橋設計方書第68条
- 11) 吉村・他: 第2 瀬川橋の応力測定 (未刊)
- 12) 宮内・他共著: 温度測定並に自動制御 (コロナ社)

#### 論文集 61号・別冊 (3-1)

B 5 判 44ページ 発電用河川流量の研究

正員 工博 大久保達郎・相馬 敬司  
工博 西原 宏

定価 150 円 (〒 10 円)

#### 論文集 61号・別冊 (3-2)

B 5 判 21ページ サージタンクの相似律 (英文)

正員 工博 林 泰 造

定価 100 円 (〒 10 円)

#### 論文集 61号・別冊 (3-3)

B 5 判 48ページ 骨材の表面積と新表面積法による構築混合物の検討とその応用に関する研究

正員 太田 誠 一 郎

定価 220 円 (〒 20 円)

土木技術研究会編

実用便利主義に徹した日誌兼用小型便覧!!

# 土木技術者の手帖 1960

この手帖は、土木技術者、土木行政者、工事人が常時携帯して、必要に応じて直ちに使用できる日誌兼用の小型便覧で、設計・施工・行政に必要な最新のデータを網羅してあります。今まで2年間、御愛用を戴いた方々の御意見を徹して、1960年度版は一段と新工夫を致し、鉄筋コンクリートの設計図表を新たに加え、道路篇は新構造令に基づいて全面的に書き換えるなどさらに実用的に改訂しました。

◆特典◆ 200部以上経て御注文の場合には御社名金箔押しその他サービスあり。年末贈答用として好評を戴きました。

〔横 8.5cm 縦12cm 448頁 ビニール製 鉛筆付〕  
〔京浜-京阪神色刷地図付 定価 200 円 16円〕

最新のデータに溢れる堂々 320 頁に及ぶ技術便覧 / スマートな製本、最上の紙質、この頁でこの驚異的廉価!

【主要内容】 日誌・年令表・備忘録・土木便覧——数理諸表・構造力学・測量・土質力学・基礎・材料・コンクリート・鉄筋コンクリート・PS コンクリート・木構造・木橋・鋼構造・溶接・鋼鉄道橋・鉄道・鋼道路橋・道路・舗装・水理・発電水力・河川・砂防・港湾・空港・上水・下水・土地改良・施工機械・積算付録——業者名簿、当用漢字、郵便料金、国鉄料金、力学記号、新かなづかい、商業数表。

## ★建築家の手帖 1960

[432 頁 200 円 16 円]

## ★建築設備手帖 1960

[362 頁 150 円 16 円]

測量実務業務書最新刊 第3回配本 12月20日

### 水準・スタジア・平板測量

日大教授 岡積 満著

[A 5・196 頁・380 円 40 円]

直接水準測量に用いる器械・器具、直接水準測量の誤差及び観測値の処理、気圧水準測量、スタジア測量の作業、スタジア測量の精度、平板測量作業、平板測量の誤差

第2回配本 第4巻 好評発売中

### 三角・天文測量

地理調査所 原口 昇 東北大学 今野彦貞共著

[200 頁 価 400 円 40]

## 森北出版株式会社

東京都千代田区神田小川町3の10  
振替東京 34757 電(29)2616・4510

# 石川島 橋梁



左、春海道路橋（活荷重合成桁）  
右、晴海鉄道橋（ローゼ桁）

- 鉄 骨
- その他鉄構物

当社は古くより各種橋梁を数多く製作して参りました。例えば東京を貫く隅田川の主要な橋梁は殆んど、当社の製作によるものであり、最近では、関東地方建設局御注文の“一の橋”（本邦初の3径間連続ボックスガーター）、“法師大橋”（上路逆ランガーガーター）、中部地方建設局御注文の“神田橋”（二鉸補剛構付吊橋）、東北地方建設局御注文の“天ヶ瀬橋”（HT使用90M1径間トラス）を始め、目下製作中の道路公団御注文による名神高速道“瀬田川橋”（四径間連続鉸桁）等があります。

これらの橋梁は全て合理的近代設計によるもので、当社の合理化された設備により製作され、益々その真価を発揮しています。

## 石川島重工業株式会社

本 社 東京都千代田区大手町2丁目4番地（新大手町ビル）  
電話 東京211局-2171（大代表）3171（代表）