

主として日野川橋の試験について

今 村 浩 三*
渡 辺 元 人*

1. まえがき

名神高速道路の日野川橋（滋賀県蒲生町）の施工にあたって行なった試験の中で、カールソン計器によるクリープ、乾燥収縮および日照による桁断面内の温度分布の測定と解析について述べる。

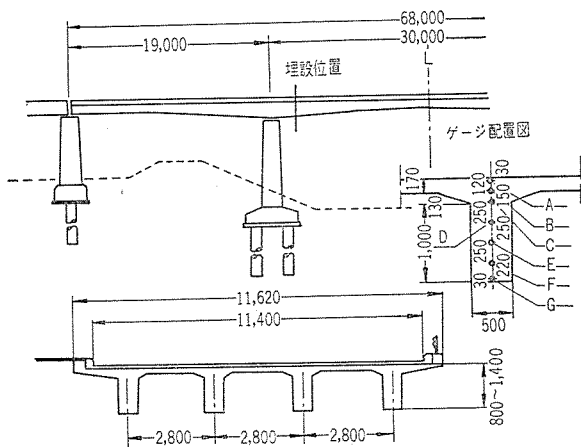
また同じく日光川橋（愛知県一宮地区）で行なったアスファルト舗装施工時の桁断面内温度分布測定についてもあわせて報告する。

日野川橋は、橋長 240.10 m、幅員 10.40 m×2、3 径間連続桁（スパン 39.50+40.00+39.50）2 連で、1 連を 3 ブロックにわけ、BBRV 方式により順次に延ばしてゆく施工方式を取った。

本橋の特徴は、主桁の平面線形は、すべて路線中心のクロソイド曲線に平行な曲線で、横断勾配は 3.8~7% に変わり、橋脚の斜角は河川の流心の関係で、57°~63° と各橋脚で 1° ずつ変っている。このため各主桁のスパン長がすべて異なっている。この橋梁区間での曲線半径は、 $R=1260\sim600$ m と大きいので、設計計算にはこの影響を無視し、またスパン長も路線中心線長を取った。中間支点では下床版を有する箱断面とし、曲線桁のねじりに対する抵抗性を期待した。

試験を行なったのは名古屋側の一連で、この区間では $R=780\sim600$ m、斜角 60°~63° 横断勾配 5~7% である（折込付図 参照）。

図-1



* 日本道路公団高速道路名古屋建設局特殊設計課

日光川橋は、桁長 68.00 m、幅員 10.40 m×2、3 径間連続桁（スパン 18.50+30.00+18.50）で、フレシネー工法によった（主桁断面は図-1 を参照）。

2. 日野川橋のコンクリートの配合、ヤング係数、乾燥収縮度

(1) コンクリートの配合

コンクリートの配合は、表-1 に示すとおりである。

表-1

粗骨材の最大寸法 (mm)	単位水量 W (kg)	単位セメント量 C (kg)	水セメント比 w/c (%)	単位細骨材量 S' (kg)	単位粗骨材量 G (kg)	絶体細骨材比 S/A (%)	ポゾリス No. 5 (%)
25	144	390	36.9	620	1280	33	0.5

セメントは小野田早強セメントである。

(2) コンクリートのヤング係数の測定

各スパンの中央部分のコンクリート打設時に採取したテストピース (150×300) で、ワイヤーストレインゲージによりヤング係数を測定した。その結果を表-2 に示す。テストピースは現場養生で、3 個のテストピースの強度、ヤング係数のばらつきは少なかった。ヤング係数は、導入応力付近の約 110 kg/cm² までの応力に対して直線として、最目乘法で小求めた。

表-2

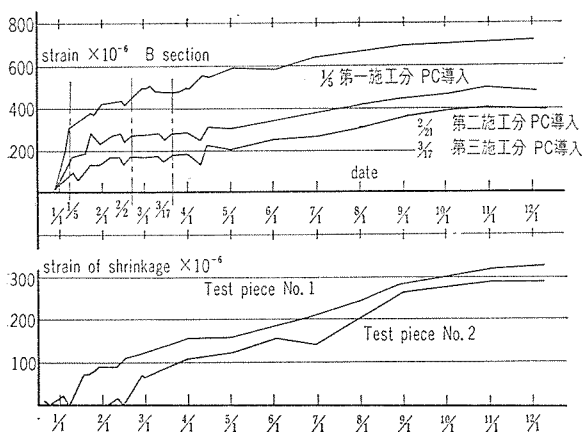
	コンクリート打設年月日	導入時令	導入時圧縮強度 kg/cm ²	導入時ヤング係数 kg/cm ²	28 日圧縮強度 kg/cm ²	28 日ヤング係数 kg/cm ²
第1ブロック	37.12.18	12 日	578	386 000	736	399 000
第2 "	38. 2. 5	14	508	370 000	635	448 000
第3 "	38. 3. 7	8	425	309 000	536	377 000

(3) コンクリートの乾燥収縮

乾燥収縮の測定は、テストピースにより行なった。断面 15×50、長さ 100 cm のスラブを主桁も同じ鉄筋比で 2 個製作した。コンクリートの採取はヤング係数のものと同じである。テストピースの設置場所は、中間支点の箱桁内部で、φ16 mm の鉄筋をコロとして 2 点で支持した。

それぞれのテストピースに対し、カールソンひずみ計 (CS-10 D) で測った結果を表-2 に示す。ひずみは、

図-2



プレストレス導入時を 0 として求めたもので、3~5 カ月で 15×10^{-5} 、1 年で 30×10^{-5} を示し、終極値に達していると思われる。

3. クリープ係数の計算

(1) ひずみの測定

カールソン (CS-10 D) の埋設位置を 図-3 に示す。

図-3

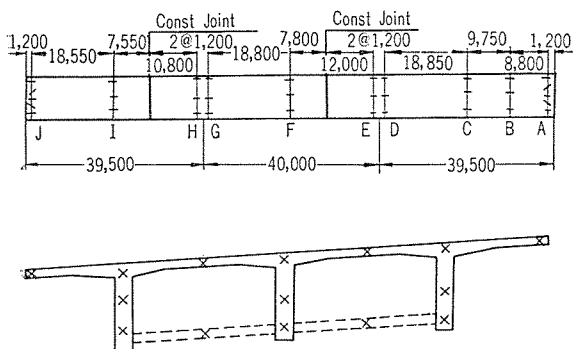


図-2 は、代表的な測定断面 B-B のひずみ-時間グラフである。

測定したひずみには、主としてつぎの影響がふくまれている。

- 1) コンクリートの乾燥収縮
- 2) 測定点の温度、断面内の温度差による応力
- 3) PC鋼線の引張応力度の変化による応力
- 4) コンクリートのクリープ

測定したひずみからクリープひずみを求めるには 1) ~ 3) の影響を補正しなければならない。

2) については、カールソンひずみ計自体によって温度を求められるので、コンクリートの熱膨張係数を 10×10^{-6} として補正した。また温度差による影響は、桁に温度差を生じてないと考えられる早朝の計測によって避けた。

(2) クリープ係数の計算式¹⁾

プレストレス導入後、ただちにグラウトを施工してP

C鋼線とコンクリートとの間に付着が生じたとし、コンクリートのクリープ係数が 0 から $\varphi(t)$ に達する間にコンクリートの乾燥収縮度は 0 から $\varepsilon_s(t)$ に達するものとし、またコンクリートのクリープ、乾燥収縮と、リラクゼーションによるPC鋼線応力の減少によるコンクリートのひずみ $\frac{\sigma_{cp}\varphi}{E_c}$ とクリープ係数 φ との間に直線関係が成立するものとする、近似的につぎの式が成立する。ここで $\varepsilon_{\varphi}(t)$ はひずみの増加、 $\frac{\sum \sigma_{cp}}{E_c}$ は

$$\varepsilon_{\varphi} = \varepsilon_s(t) + \frac{\sum \sigma_{cp}}{E_c} \varphi(t) - \frac{\sigma_{cp}}{E_c} \left[1 + \frac{\varphi(t)}{2} \right] \dots (1)$$

プレストレス導入直後のひずみである。

$t=t_1$ のときに、付加荷重によりコンクリートに σ_{cp1} の応力が生じたとすると、 $t=t_2$ のときのコンクリートのひずみの増加はつぎの式で計算される。

$$\varepsilon_{\varphi 2} = \varepsilon_{\varphi 1} + \varepsilon_s t_2 - \varepsilon_s t_1 + \frac{\sum \sigma_{cp} + \sigma_{cp1}}{E_c} [\varphi(t_2) - \varphi(t_1)] - \frac{\sigma_{cp2}}{E_c} \left[1 + \frac{\varphi(t_2) - \varphi(t_1)}{2} \right] + \varepsilon_{p1} \dots (2)$$

ここに、 ε_{p1} は $t=t_1$ で生じた弾性ひずみで、 σ_{cp2} は、 t_1 と t_2 の間に生じたコンクリートの応力の変化である。

(3) クリープ係数の算定

クリープ係数は式 (1)、(2) によって算定できる。

4. (1) で述べたように温度の影響はすでに補正してある。

コンクリートの乾燥収縮はすでに求めてあるが、この測定値は、土木学会PC設計施工指針の数値より相当大きい。供試体の寸法、表面積と断面積の比などが影響していると思われるが、クープ係数の算定には実測値の 60% を用いることにした。

PC鋼線の引張応力度の変化による影響は計算により求められる。この橋は、各スパンの施工時期が異なり、クリープにより不静定力を生ずる。これにより弾性変形とそれによるクリープが生ずる。これを知るには、クリープの時間的進行を知らねばならない。

設計計算では、クリープによる二次モーメントはクリープ係数を $\varphi(t) = 0.5 t / (1.5 + 0.25 t)$ として全死荷重モーメントの約 10% となるので、測定の精度との関連上クリープ係数の算定には、クリープによっては不静定力は生じないとした。

クリープ、乾燥収縮およびリラクゼーションによるPC鋼線図心位置のプレストレスの減少量すなわちPC鋼線引張応力度の減少量はつぎの式で求まる。

$$\eta = \frac{\sigma_{cp}}{\sigma_{cpt}} = \frac{E_p \cdot \varepsilon_{p\varphi}}{\sigma_{pt}} + \psi \dots (3)$$

ここに $\sigma_{cp} / \sigma_{cpt}$ はプレストレスの減少率、 σ_{pt} はPC鋼線の初期引張応力度、 ψ はリラクゼーションである。

(4) クリープ係数の計算

表-3 $\times 10^{-6}$

経過日数	0	36	58	148	195	294	340
測定位置	1月5日	2.11	3.5	6.3	7.20	10.27	12.12
① $y=34.6$ cm	78	162	164	256	296	400	396
② -35.4	162	272	282	348	400	492	475
③ -127.4	312	453	507	609	653	791	714
PC鋼線図心	279	413	455	552	597	655	661
-107.2	0	134	176	273	318	376	382
$\epsilon_p(t)$							
摘 要	第1ブロック導入直後	第2ブロック連結直前	第3ブロック連結直前		地覆工直前	舗装工直前	

いま B-B 断面においてクリープ係数を計算して見る。
表-3 は断面の測点のひずみである。

経過日数 $t=36$ 日でクリープ係数 φ_{36} 日 を求める。

2月15日付近のテストピースの乾燥収縮ひずみ 70×10^{-6} の 60% を取って $\epsilon_s = 42 \times 10^{-6}$

PC鋼線のリラクゼーションは、導入直後までに大部分が進行しているとして、初期引張応力度 100 kg/mm^2 で1%と考え、式(3)でプレストレスの減少率を計算する。

$$\eta = \frac{\sigma_{cp}}{\sigma_{cpt}} = \frac{2 \times 10^6 \times 134 \times 10^{-6}}{10000} + 0.01 = 0.038$$

$$\frac{\sigma_{cp}}{E_c} = \frac{\sigma_{cpt}}{E_c} \times \eta = 516 \times 10^{-6} \times 0.038 = 19 \times 10^{-6}$$

σ_{cpt}/E_c は、プレストレスによる弾性ひずみで、この場合は桁自重によるひずみを計算によって求め、プレストレスを与えた直後の計測されたひずみから差し引いて求めたものである。

以上の数値を式(1)に代入して

$$134 \times 10^{-6} = 42 \times 10^{-6} + 279 \times 10^{-6} \times \varphi_t - 19 \times 10^{-6}$$

$$\left(1 + \frac{\varphi_t}{2}\right) \varphi_t = \varphi_{36 \text{ 日}} = 0.41$$

が求められる。

$t=58$ 日、第2ブロック連結による不静定曲げモーメントは、設計計算書によれば自重によるものとプレストレスによるものとほぼ等しく、測定結果もそのことを示して弾性ひずみはない。またクリープ変形による二次モーメントが発生しているが、前述のように設計計算書からひずみにして -1.4×10^{-6} 程度であるからこれを無視して $\Sigma \sigma_{cp}/E_c$ には変化がないとする。

$\psi = 0.015$ と仮定して

$$\eta = \frac{2 \times 10^6 \times 176 \times 10^{-6}}{10000} + 0.015 = 0.050 \quad 2 \frac{\sigma_{cp}}{E_c}$$

$$= 516 \times 10^{-6} \times 0.050 \times 2 = 26 \times 10^{-6}$$

$$\epsilon_s = 60 \times 10^{-6}$$

以上を式(1)に代入して

$$\varphi(t) = \varphi_{58 \text{ 日}} = 0.53$$

同様に $\varphi_{148 \text{ 日}} = 0.85$, $\varphi_{195 \text{ 日}} = 0.94$ をうる。

$t=294$ 日、地覆工の後に対して式(2)を適用する。

$$\epsilon_{p\varphi_1} = 318 \times 10^{-6}, \quad \epsilon_{p\varphi_2} = 376 \times 10^{-6}, \quad \varphi_1 = 0.94$$

$$\Sigma \sigma_{cp}/E_c = 279 \times 10^{-6}, \quad \epsilon_{cp1} = \sigma_{cp1}/E_c = -14 \times 10^{-6}$$

(計算値)

$$\epsilon_{p\varphi_2} - \epsilon_{p\varphi_1} - \epsilon_{cp1} = 72 \times 10^{-6}$$

リラクゼーションはすでに完了しているとして

$$\eta = \frac{2 \times 10^{-6} \times 72 \times 10^{-6}}{10000} = 0.014 \quad 4$$

$$\frac{\sigma_{cp2}}{E_c} = 516 \times 0.014 \quad 4 = 7 \times 10^{-6},$$

$$\epsilon_s t_2 - \epsilon_s t_1 = 90 \times 10^{-6} \times 0.60 = 54 \times 10^{-6}$$

以上の数値を式(2)に代入して

$$72 \times 10^{-6} = 54 \times 10^{-6} + (279 - 14) \times 10^{-6}$$

$$\times (\varphi_{t_2} - 0.94) - 7 \times 10^{-6} \times \left(1 + \frac{\varphi_{t_2} - \varphi_{t_1}}{2}\right)$$

$$\therefore \varphi_{t_2} = 1.04$$

いま弾性変形量に変化ないとして求めると

$$\epsilon_{p\varphi} = 376 \times 10^{-6}, \quad \eta = \frac{2 \times 376}{10000} + 0.02 = 0.0952$$

$$\sigma_{cp}/E_c = 516 \times 10^{-6} \times 0.0952 = 49 \times 10^{-6}$$

$$\epsilon_s = 290 \times 10^{-6} \times 0.6 = 174 \times 10^{-6}$$

以上を式(1)に代入して

$$376 = 174 + 279 \times \varphi_t - 49 \times \left(1 + \frac{\varphi_t}{2}\right)$$

$$\varphi_t = 0.99$$

となって前記 1.04 と大差ない値をうる。これは σ_{cp1} が小さいこと、 φ の変化の度合いがゆるやかになっている時期であるためと思われる。

地覆工の後と同様に舗装工の後、 $t=340$ 日で求めると $\varphi_t = 1.17$ となる。

以上他の断面に対して同様な計算を行なった結果を図-4に示す。

4. 日野川橋の日照による温度差とその応力

(1) 測定の結果

舗装施工前であったが、カールソン温度計とひずみ計で桁の断面内温度分布を測った。図-5は計測位置とそ

図-4

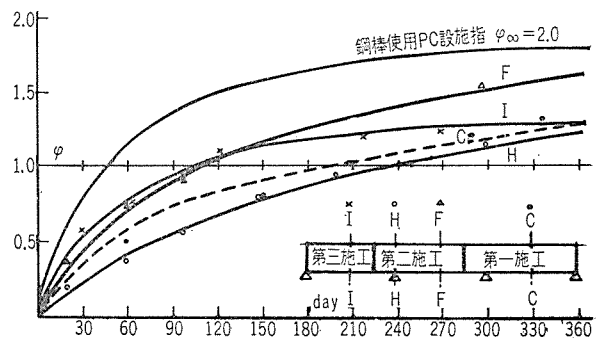
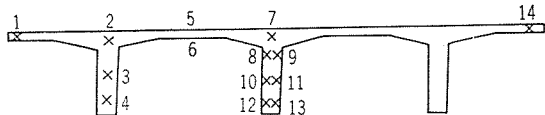


図-5



測定ゲージ No.	1	2	3	4	5	6	7	9	11	13	14
12月30日気温11°C 晴	11°C	11°C	9°C	9°C	11°C	11°C	11°C	9°C	9°C	9°C	11°C
1月14日気温-3°C	-6	-4	-2	-2	-6	-6	-5	-2	-2	-2	-6
3月21日気温18°C快晴	18	18	11	11	18	14	16	11	11	11	16

の結果である。

腹部では、一般に考えられるような温度勾配は生じてなく、温度は一定である。

床版については、3月21日快晴のとき、上下で4°Cの差が認められる。

(2) 温度差応力の計算²⁾

シューの摩擦を無視すれば、桁に温度応力を生じる原因は断面内の温度勾配である。

いま簡単に腹部と床版に温度差を生じたとして実測値により検討して見る。

ヤング係数は、温度変化は1日を週期とする比較的短い間に起るもので、応力の算定にはクリープを考えず、2.(2) で求べた材令 28 日における数値を用いる。

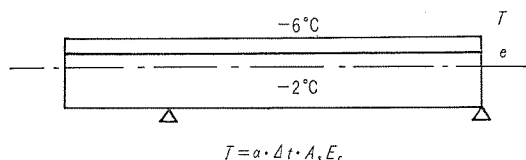
1) 1月24日

腹部の温度は -2°C、床版の温度は -6°C として計算する。

断面は、中間支点で箱桁となっているが、中立軸の位置は一定として、中央部分の値を用いる。ただし応力を求めるときは、その断面の値を用いる。

まず $T = \alpha \cdot \Delta t \cdot A_s \cdot E_c$ なる力で床版の両端を拘束したとし、床版の応力を求め、つぎに T を逆方向に桁に作用させて応力を求め、この2つを加えれば温度差応力が求められる。ここに α : コンクリートの熱膨張係数、 Δt : 床版と腹部の温度差、 A_s : 床版断面積である (図-6)。

図-6



$\alpha = 10 \times 10^{-6}$

$\Delta t = -6 - (-2) = -4$

$A_s = 20 \times 1155 = 23100 \text{ cm}^2$

$E_c = 399000 \text{ kg/cm}^2$

$T = 10 \times 10^{-6} \times 4 \times 2.31 \times 10^4 \times 3.99 \times 10^5$
 $= 369 \times 10^3 \text{ kg}$

床版には引張応力が生じる。

$\sigma_s = T/A_s = 369 \times 10^3 / 2.31 \times 10^4 = 16 \text{ kg/cm}^2$

桁の応力を求める

$M_t = T \cdot e = 369 \times 10^3 \times 44.6 = 165 \times 10^5 \text{ kg-cm}$

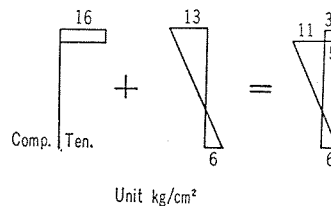
$\sigma_{t1} = \frac{T}{A_c} \pm \frac{M_t}{Z_1}$
 $\sigma_{t2} = \frac{T}{A_c} \pm \frac{M_t}{Z_2}$

ここに A_c : 桁の断面積、 Z_1, Z_2 : 上縁、下縁の断面係数である。

スパン中央部分で

$\sigma_{t1} = \frac{369 \times 10^3}{4.86 \times 10^4} \pm \frac{165 \times 10^5}{3.14 \times 10^6} = +13 \text{ kg/cm}^2$
 $\sigma_{t2} = \frac{369 \times 10^3}{4.86 \times 10^4} \pm \frac{165 \times 10^5}{1.21 \times 10^6} = -6$

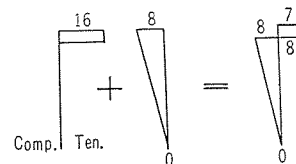
図-7



支点部分で

$\sigma_{t1} = \frac{369 \times 10^3}{7.12 \times 10^4} \pm \frac{165 \times 10^5}{4.04 \times 10^6} = 9 \text{ kg/cm}^2$
 $\sigma_{t2} = \frac{369 \times 10^3}{7.12 \times 10^4} \pm \frac{165 \times 10^5}{3.00 \times 10^6} = 0$

図-8



2) 3月21日

すでに連続桁となっているので、温度勾配によって不静定力を生じる。この日のデータによれば、腹部には温度勾配はなく、床版と腹部の温度差のみである。

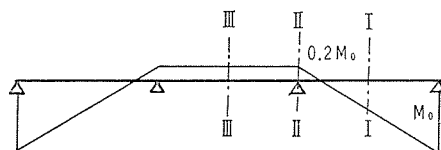
先の場合と同様に考え、端部にモーメント M_t が作用すれば、たわみ角は $\beta = \frac{M_t}{EI} \cdot \frac{l}{h}$ となり 図-9 の曲げモーメントが生じる。ここに l : スパン、 h : 桁高である。

3月21日の床版の温度を平均 16°C、腹部を 11°C とすれば、温度差 5°C で、床版に圧縮力が生じる。

$T = 10 \times 10^{-5} \times 5 \times 2.31 \times 10^4 \times 3.99 \times 10^5$
 $= 461 \times 10^3 \text{ kg}$

$M_t = -461 \times 10^3 \times 44.6$

図-9



$$= -206 \times 10^5 \text{ kg-cm} - 0.2 M_t = 41 \times 10^5 \text{ kg-cm}$$

$$\sigma_s = 461 \times 10^3 / 2.31 \times 10^4 = 20 \text{ kg/cm}^2$$

サイド スパン中央 (I-I 断面)

$$M_I = \frac{1}{2} (-206 + 41) \times 10^5 = -83 \times 10^5 \text{ kg-cm}$$

$$\sigma_{t1} = \frac{-461 \times 10^3}{4.86 \times 10^4} \pm \frac{-83 \times 10^5}{3.14 \times 10^6} = -12 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{t2} = \frac{-461 \times 10^3}{4.86 \times 10^4} \pm \frac{-83 \times 10^5}{1.21 \times 10^6} = -2$$

中間支点 (II-II 断面)

$$M_{II} = 41 \times 10^5 \text{ kg-cm}$$

$$\sigma_{t1} = \frac{-461 \times 10^3}{7.12 \times 10^4} \pm \frac{41 \times 10^5}{4.04 \times 10^6} = -5 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{t2} = \frac{-461 \times 10^3}{7.12 \times 10^4} \pm \frac{41 \times 10^5}{3.00 \times 10^6} = -7$$

センター スパン中央 (III-III 断面)

$$M_{III} = 41 \times 10^5 \text{ kg-cm}$$

$$\sigma_{t1} = \frac{-461 \times 10^3}{4.86 \times 10^4} \pm \frac{41 \times 10^5}{3.14 \times 10^6} = -8 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{t2} = \frac{-461 \times 10^3}{4.86 \times 10^4} \pm \frac{41 \times 10^5}{1.21 \times 10^6} = -12$$

応力図を 図-10 に示す。

III-III 断面では、

設計荷重時応力 -18 kg/cm^2 (パーシャルプレストレス) と温度応力 -12 kg/cm^2 (床版と腹部の温度差 5°C) の和は 30 kg/cm^2 の引張応力に達する。

5. 日光川橋の舗装施工時の温度の測定

名神高速道路では、自動車の高速走行上路面の平坦性が大変重要視された。

アスファルト舗装施工時の舗装材の高熱による桁のたわみと応力が問題となったので、日光川橋でたまたま温度測定の良い機会を得た。

カールソン温度計の埋設位置を 図-1 に示す。

測定は、基層の施工が 9 時に始まり、16 時に表層の施工が始り、すべてのゲージの指示温度が下降を示すまで続けた。

舗装に関するデータは、基層が 35 mm で、ならし始めの温度が $130 \sim 140^\circ\text{C}$ の範囲で、また表層は 40 mm で $120 \sim 130^\circ\text{C}$ の範囲である。

測定結果によるとコンクリートの熱伝導は大変悪く、腹部の温度はほとんど上昇しない。A ゲージでは、舗

図-10

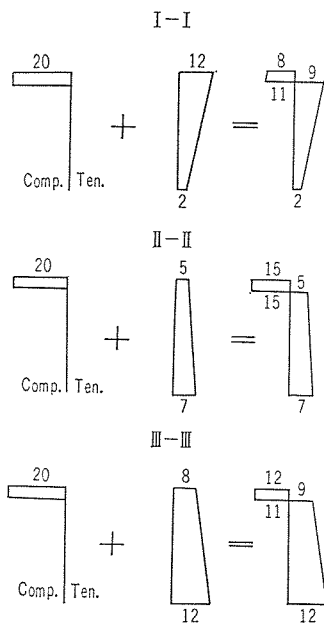
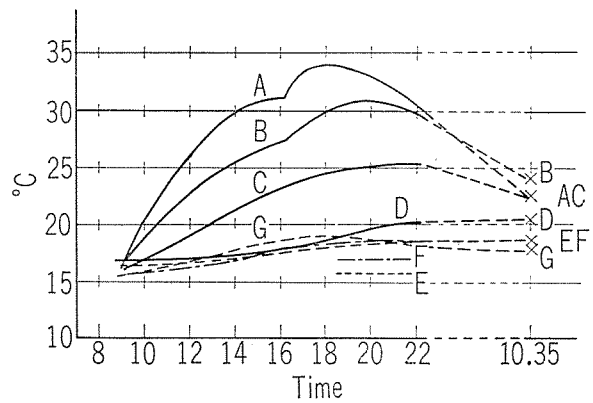


図-11



装開始前の 16°C から 7 時間後の表層施工前に 31°C に上昇してほぼ平衡していると見られる。これは基層の温度と同じと見なされる。表層施工によって温度は再び上昇するが、アスファルトの熱伝導が悪いためか 4°C の上昇のち下降を示している。

B ゲージについては A ゲージより上昇カーブも緩く、平衡に達するのも A ゲージより 1 時間半おけている。

C ゲージでは、平衡に達するまでに 12 時間半かかっている。

D ゲージでは、舗装の温度の影響がやっと認められる程度である。

E, F ゲージは、舗装の影響は認められない。

G ゲージでは、気温の影響が認められる。

この測定結果から推定すると、コンクリートの熱伝導率が低いため、日照などによる短時間の温度変化は、床版のみに影響している。床版中心の B ゲージと 40 cm 離れた腹部の D ゲージとの温度差は最大 11.7°C であった。

6. むすび

(1) 日野川橋のクリープについて

実測値にもとずいて算定したクリープ係数は、1 年で $1.2 \sim 1.6$ 程度になっている。終極値については、この段階ではなんともいえないが、グラフの傾向から $\varphi_\infty = 2.0$ かそれより小さい値になりそうである。

本橋は先に述べように、連続桁を 3 つの段階で施工し地覆、舗装の施工は相当あとになっている。一つの断面に対して各施工区分ごとに弾性応力-弾性ひずみが変わり、またクリープ、乾燥収縮、レラクゼーションによる PC 鋼線応力の減少によっても不静定反力を生じて、これによるクリープが加わる。このような状態を完全にひずみの実測値だけでもとずいて理論解析するのは、後荷重による弾性ひずみが小さいことなどから、測定の精度上も大変困難である。ここでは PC 鋼線応力の減少に

よって不静定反力を生じないとし、また後荷重による弾性ひずみを計算で求めることを併用して比較的簡単に妥当なクリープ係数を求め得た。

なおここでは報告しなかったが、プレストレス導入直後の弾性ひずみと 2.(2) のヤング係数から求めたプレストレスは、各断面で大体計算に近い値を示していたことを付記する。

(2) 日照および舗装温度について

コンクリートの熱伝導の悪いことと、熱容量の大きい点で、桁断面で温度の分散が悪く、床版と腹部の温度差で割合大きな応力を生じる。

日野川橋では、春の快晴日で約 5°C の温度差に対し、センターパン中央で、下縁で 12 kg/cm² の引張応力を生じることになる。夏期の測定³⁾によれば 12 kg/cm² の引張応力を生じる。舗装後のデータがないが、舗装後は舗装の熱伝導による遮熱効果によって日照の温度差、温度勾配はいちじるしく減じられることが、日光川橋の表層施工時の A ゲージのデータから想像される。

舗装施工時の温度応力については、解析を行なわな

ったが、日野川橋と同様にして応力を求めると大変大きな応力が生じるものと思われる。

この場合、コンクリートのヤング係数の温度に対する変化、比較的ゆっくり起る熱応力に対するコンクリートのクリープ、また熱応力の計算式が特に問題となる。

7. あとがき

日野川橋については、日本道路公団が、北海道ピー・エス・コンクリート KK に試験工事として発注したもので、その報告書から編集させて頂いた。報告書作成の同社畑中氏、現場の武田氏、公団竜王工事事務所の福井氏、日野川橋の工事担当者に感謝します。

日光川橋の測定については、公団一宮工事事務所の金田氏に大変御苦労をかけました。感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) 猪股俊司：プレストレス コンクリート 設計法，土木学会誌第 41 卷，第 5 号
- 2) 小寺重郎：プレストレス コンクリートげたの温度応力，セメントコンクリート No. 173 1961. 7
- 3) 第 4 回 P C 協会年次学術講演会講演概要

1964. 9. 10 ・ 受付

プレストレス・コンクリート
興和コンクリート株式会社

取締役社長 工学博士 田中茂美
本社 東京都中央区銀座西6丁目6番地(台同ビル)
電話 東京(571) 代表 8655~7

営業所 東京・大阪・名古屋
工場 大月・豊橋・神戸

日本道路公団
名神高速道路跨道橋