

## コンクリート打継目近辺の温度とひずみ測定

田 中 徹 也\*  
山 本 忠 守\*\*  
亀 島 海 人\*\*\*

### 1. ま え が き

北陸自動車道金沢東 IC～金沢西 IC 区間 8.9 km のうち 2.5 km が PC 連続中空床版橋で、3 径間（一部 4 径間）連続を 1 径間ごとに移動式支保工（写真-1）を転用しながら施工してゆく分割施工法を採用した。本報告は打継目におけるコンクリートの温度とひずみを測定し、新旧コンクリートの温度差による内部応力、いわゆる温度応力の大きさを推定しようとするものである。通常温度応力が特に問題となるのは非常にマッシブなコンクリート構造物を段階的に施工してゆく場合（例えばダム等）であるが、本橋の場合も桁高が比較的低いにもかかわらず打継目では大きな接触面で新旧コンクリートが相対しているの“温度応力”に着目するものである。なお移動式支保工についての詳細は本紙 78 年 Vol. 20 No. 3 を参照されたい。

### 2. 概 要

分割施工におけるコンクリートの打継目近辺は新コンクリート打設直後、硬化熱により新旧コンクリート間に温度差を生じる。また、新コンクリートは版厚方向に温度差を生じる。これらの温度差により打継目近辺の新コンクリート側に引張応力が発生し、場合によっては打継目面に対しほぼ直角にひびわれ発生が起こることがある。このため現在行っている鉄筋補強（写真-2）で十分なのかどうかを検討する必要が生じたので、以下のような方法で観測を行った。

図-1 の位置にカールソン温度計、ひずみ計を埋設してコンクリートの温度とひずみを観測した。カールソン温度計の位置には熱電対も埋設して温度を確認した。またスラブの表面でひびわれの観測を行った。

測定は System I 施工時の張出し部（自由端）と System II 施工時の打継目（拘束）の 2 回である。System I と System II の材令差は測定時は 11 日である。コ

\* 日本道路公団広島建設局構造設計課長

\*\* 日本道路公団新潟建設局構造設計課

\*\*\* ピー・エス・コンクリート株式会社福岡支店土木部



写真-1

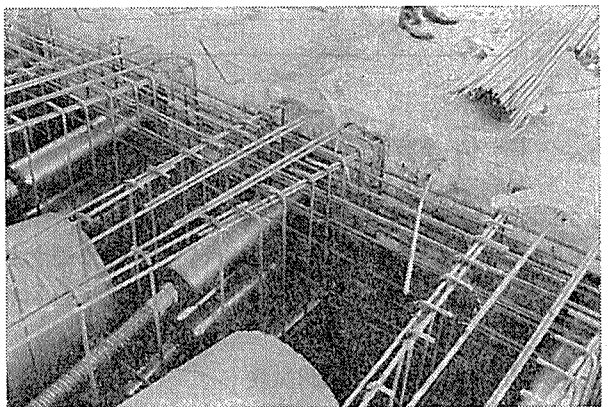


写真-2

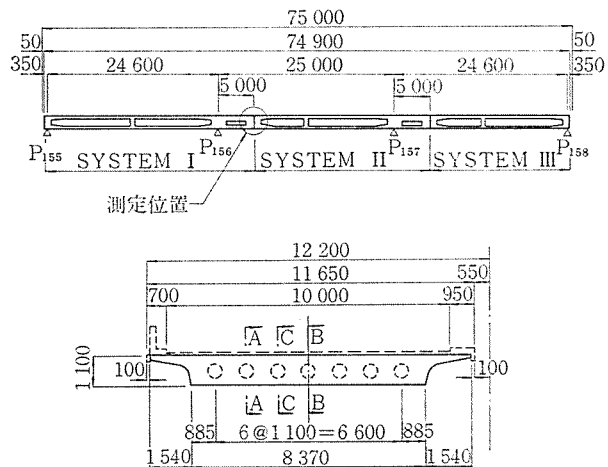


図-1 形状寸法および測定位置

ンクリートの配合は  $\sigma_{ck}=350 \text{ kg/cm}^2$ , 単位セメント量 350 kg, 単位水量 156 kg, スランプ 3~8 cm, 空気量 2~4%, セメントは早強セメントでスランプは実測で 7~8 cm である。またこれらの観測とは別に同配合の生コンクリートでテストピースを作り, 静弾性係数とポアソン比を調べた。図-2 はカールソン温度計とひずみ計の埋設位置である。

3. 結 果

コンクリート温度とひずみの測定結果は図-3~図-6 のとおりである。温度, ひずみ各履歴曲線は代表的なものだけを表わした。温度履歴曲線を見ると 図-3 では打設後約 36 時間後に最高温度となり, 図-4 では約 24 時間後に最高温度となっているが, この差違は外気温の影響と思われる。ひずみ履歴曲線を見ると 図-5 の自由端の場合は最初に引張ひずみが現われ, 約 30 時間経過後に圧縮ひずみが現われ, 図-6 の拘束されている状態で新コンクリート側の I'~III' は約 24 時間以後は引張ひ

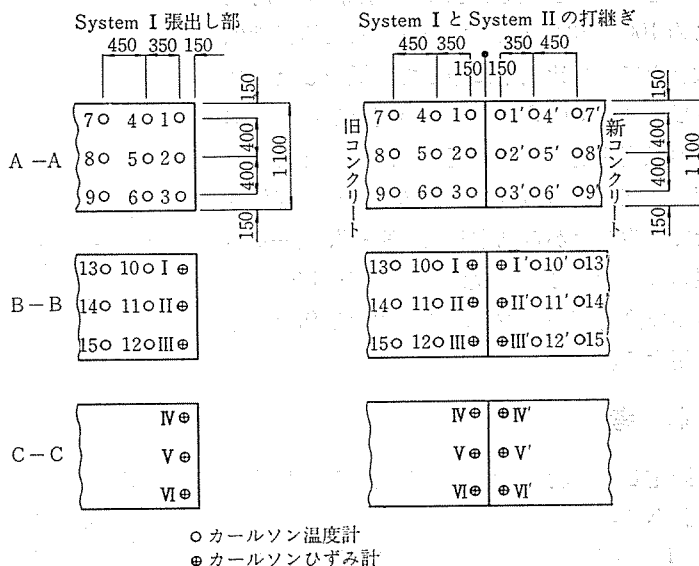


図-2 カールソン温度計, ひずみ計埋設位置

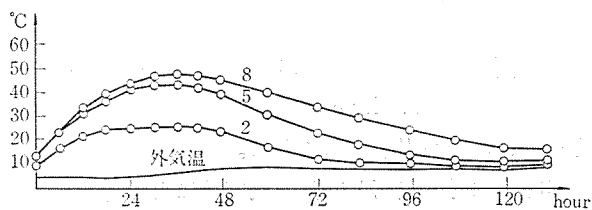


図-3 1 回目の温度履歴曲線

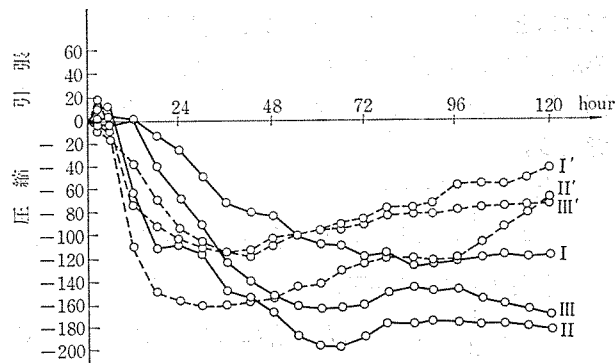


図-6 2 回目のひずみ履歴曲線

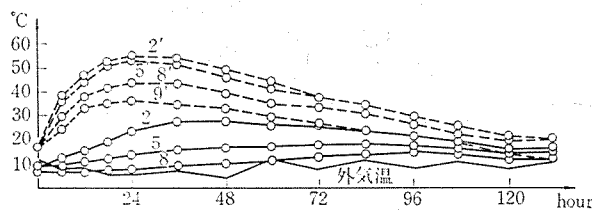


図-4 2 回目の温度履歴曲線

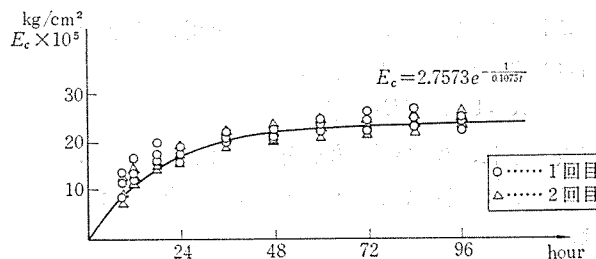


図-7 コンクリートの材令と静弾性係数の関係

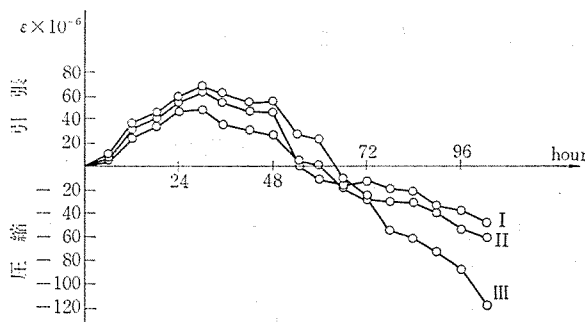


図-5 1 回目のひずみ履歴曲線

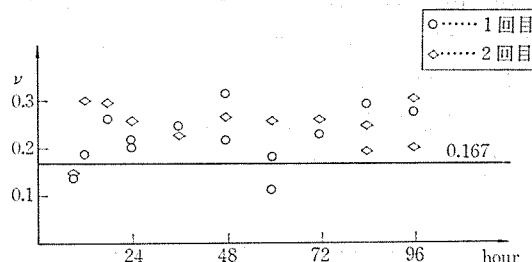


図-8 コンクリートの材令とポアソン比の関係

報 告

ずみとなり、その大きさは24時間→120時間に約 $100 \times 10^{-6}$ となっている。また静弾性係数とポアソン比測定に際しては採取したテストピース(10×20 cm)の温度をそれぞれ本体の温度測定の最高温度(1回目)と最低温度(2回目)の温度履歴と同じように変化させて養生しながら測定した(図-7, 図-8参照)。ポアソン比はかなりバラツキがみられるので測定値の下方とほぼ一致する0.167を使用する。

4. 考 察

測定した温度とひずみから次のような計算を試みる。

(1) 新旧コンクリートの温度差による応力

図-9で新旧コンクリート間の温度勾配が最大となるのは打設後24時間で120時間後ではほとんど0である。拘束による引張ひずみが約24時間後から発生しているので24時間→120時間の間での温度差が応力となると考える。

上側(4-1-1'-4');

$$\Delta\theta = \frac{1}{2}(50.4 + 47.9) - \frac{1}{2}(18.7 + 9.3) = 35.2^\circ\text{C}$$

中央(5-2-2'-5');

$$\Delta\theta = \frac{1}{2}(55.4 + 53.7) - \frac{1}{2}(22.4 + 10.3) = 38.2^\circ\text{C}$$

下側(6-3-3'-6');

$$\Delta\theta = \frac{1}{2}(46.4 + 45.3) - \frac{1}{2}(20.3 + 10.3) = 30.6^\circ\text{C}$$

これらの温度差より塚山氏の式を用いて計算する。新旧コンクリートの拘束度は,

$$R = 1 / \{1 + (E_N / E_0)^{0.7}\}$$

で表わされ、 $E_N \approx E_0$  ( $E_N$  と  $E_0$  はそれぞれ新、旧コンクリートの弾性係数)とすれば  $R \approx 0.5$  となる。応力は,

$$\sigma = \pm \alpha \cdot E_c \cdot \Delta\theta \cdot R$$

で表わされる。ここで  $\alpha$  はコンクリートの線膨張係数で  $10 \times 10^{-6}$ ,  $E_c$  はコンクリートの弾性係数で図-7の式においても  $t=72$  hour (平均) を代入すると  $E_c = 2.42 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$ ,  $\Delta\theta$  は新旧コンクリートの温度差である。それぞれの値を代入すると,

$$\begin{aligned} \text{上側;} \sigma &= 10 \times 10^{-6} \times 2.42 \times 10^5 \times 35.2 \times 0.5 \\ &= 42.6 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{中央;} \sigma &= 10 \times 10^{-6} \times 2.42 \times 10^5 \times 38.2 \times 0.5 \\ &= 46.2 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

上側(7-4-1-1'-4'-7) 中央(8-5-2-2'-5'-8')  
下側(9-6-3-3'-6'-9')

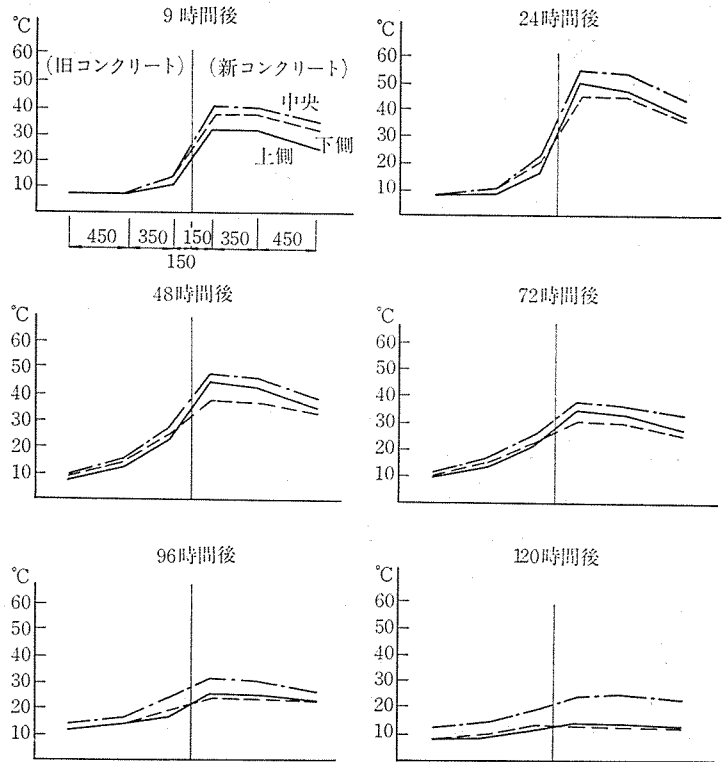


図-9 新旧コンクリートの温度分布

$$\begin{aligned} \text{下側;} \sigma &= 10 \times 10^{-6} \times 2.42 \times 10^5 \times 30.6 \times 0.5 \\ &= 37.0 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

それぞれの値が引張応力である。

(2) 部材の表面と内部の温度差による応力

部材の厚さ方向に温度差がある版の温度応力は,

$$\begin{aligned} \sigma_t &= -\frac{\alpha \cdot T \cdot E}{1-\nu} + \frac{1}{2C(1-\nu)} \int_{-C}^C \alpha \cdot T \cdot E \cdot dZ \\ &\quad + \frac{3Z}{2C^3(1-\nu)} \int_{-C}^C \alpha \cdot T \cdot E \cdot ZdZ \end{aligned}$$

で与えられ温度  $T$  を  $Z$  方向(鉛直方向)だけの2次関数とすれば,

$$\begin{aligned} T &= T_1 + (T_0 - T_1) \cdot \left(1 - \frac{Z^2}{C^2}\right) \\ &= T_0 - \frac{1}{C^2} (T_0 - T_1) Z^2 \end{aligned}$$

となり、これを上の式に入れると

$$\sigma_t = \frac{\alpha \cdot E}{1-\nu} (T_0 - T_1) \cdot \left(\frac{1}{3} - \frac{Z^2}{C^2}\right)$$

となる。打設後24時間で  $T_0 = 55.4^\circ\text{C}$  (版中央),  $T_1 = 46.4^\circ\text{C}$  (表面) のとき部材中央で  $\sigma_t = 7.7 \text{ kg/cm}^2$  の引張応力, 表面では  $\sigma_t = 15.5 \text{ kg/cm}^2$  の圧縮応力が作用する計算になる。

(3) 乾燥収縮差による応力

新旧コンクリートの乾燥収縮差によって生ずる応力

は、 $\sigma_s = E_c \cdot \Delta \epsilon_s \cdot R$  で与えられ、新旧コンクリートの材令差 11 日では、 $\Delta \epsilon_s \approx 30 \times 10^{-6}$  程度では  $\sigma_s = 3.6 \text{ kg/cm}^2$  となり、旧コンクリート側に圧縮、新コンクリート側に引張応力となって生ずる。

以上 (1)~(3) ではコンクリートを完全弾性体と仮定し、クリープ等を見捨て、温度差はすべて内部応力に換算できるものと仮定した。一方、ひずみ量から推定すると引張応力が  $100 \times 10^{-6} \times 2.42 \times 10^5 \approx 24 \text{ kg/cm}^2$  である。実際にはコンクリートは特に若材令においては塑性変形の割合が大きいとされており、引張応力の大きさも  $24 \text{ kg/cm}^2$  より小さい。ひびわれ観測の結果、ひびわれを見出すことができなかつたことから (1)~(3) の値にはならなかつたと推定される。

## 5. 結 論

- 1) 温度差から弾性理論に基づいて計算した値と実測したひずみから推定した値を比較すると大きな差違を生じている。したがって本報告を含むマシブなコンクリート構造物では弾性理論だけで説明するのは困難ではないだろうか。
- 2) 若材令のコンクリートでは塑性ひずみの割合が大きいので測定したひずみから推定した引張応力は  $24 \text{ kg/cm}^2$  より小さい。したがって補強は当初設計どおり

(D 13-24 本を打継目に配筋する) でよいと思われる。  
 3) コンクリート最高温度は冬で  $55^\circ\text{C}$ 、夏で  $65^\circ\text{C}$  くらいで上昇温度は約  $40^\circ\text{C}$  であった。構造物に悪影響を及ぼすほどの温度ではないので、コンクリートの表面より熱が急激に発散して大きな温度差を生じることのないような養生方法 (養生マットで完全に被い湿潤状態を 3~4 日間保つ) を行った。

最後に本実験にあたり、金沢大学工学部助教授の吉田博氏の御指導、御助言を賜わり、誌上を借りて厚く御礼申し上げます。

## 参 考 文 献

- 1) 内田聡吉：コンクリートの硬化温度と打継により生じる温度応力，プレストレストコンクリート，Vol. 6 No. 2, April 1964
- 2) 飯村耕作，奥田由法：新旧コンクリートの打継目近辺における温度とひずみ測定，プレストレストコンクリート，Vol. 16, No. 4, Aug. 1974
- 3) 小寺重郎：プレストレストコンクリートげたの温度応力，セメントコンクリート，1961. 7
- 4) 森 忠次：一辺が拘束された三角形ならびに四角形板の熱応力と拘束度について，土木学会論文集，昭和 38 年 1 月
- 5) 塚山隆一：大断面鉄筋コンクリートの温度変化とひびわれの関係，土木学会第 19 回講演集，1964
- 6) 近藤泰夫，坂 静雄：コンクリート工学ハンドブック第 10 版，朝倉書店

## ▶ 刊行物案内 ▶

### PC 定着工法 (16 工法)

会誌 Vol. 19-No. 3 が品切れとなり、これに代わるべく、内容も一部改訂し、本書が発刊となりました。

現在、わが国で使用されている PC 定着工法 (16 工法) について、その概要、定着具、緊張方法、その他使用すべき鋼材およびシース、ジャッキ、工法の特長や注意事項等について、わかり易く説明してあります。

本書は学校・官庁始めコンサルタント、施工会社等の新入社員教材用としてご利用頂けるものと確信いたしております。

ご希望の方は代金を添えて、ハガキ (なるべく) または電話で (社) プレストレストコンクリート技術協会へお申し込み下さい。

体 裁：B5 判 71 頁

定 価：1800 円 (会員特価 1500 円) 送料 200 円

送 金：振替口座番号 東京 7-62774 または 三井銀行銀座支店 (普通預金) 920-790