

上姫川橋の長期応力の測定結果について

西 本 藤 彦*

1 まえがき

上姫川橋は PRC 工法を採用した最初の施工例である。¹⁾ 施工に際して PRC 工法および RC ラーメン橋としての応力特性を調べるために、主要断面にカールソン型ひずみ計を埋設して、長期にわたってひずみの変化を調べた。

2 測定の概要 (図-1 参照)

(イ) 乾燥収縮の測定

側径間で P、S 力の導入しない断面 A-A の中立軸の位置でのひずみを測定した。

(ロ) 弾性ひずみ+クリープひずみ+収縮ひずみの測定

この測定は、橋脚のフーチングより 8.7 m の B-B 断面の位置で、累加荷重による弾性ひずみ+クリープひずみ+収縮ひずみの合計した値を測定した。

(ハ) 弾性ひずみ+クリープひずみ+収縮ひずみ+(クリープ+収縮による 2 次不静定力に基づくひずみ)の測定

主径間では累加荷重によるひずみのほかに、ラーメン閉合後に進行するクリープと収縮により新たに不静定力が生ずる。この不静定力によりさらに弾性ひずみとクリープひずみが発生する。これらのひずみを C-C 断面で測定した。

3 クリープ曲線と収縮の進行に対する仮定

クリープの時間的経過は近似的に次式が適用される。

$\varphi_t = \varphi_{\infty}(1 - e^{-kt})$(1) この式で t を日数に取り、クリープは 2 箇年で 95% 完了するものとすれば、(1) 式は $\varphi_t = \varphi_{\infty}(1 - e^{-0.00413t})$(2) となる。

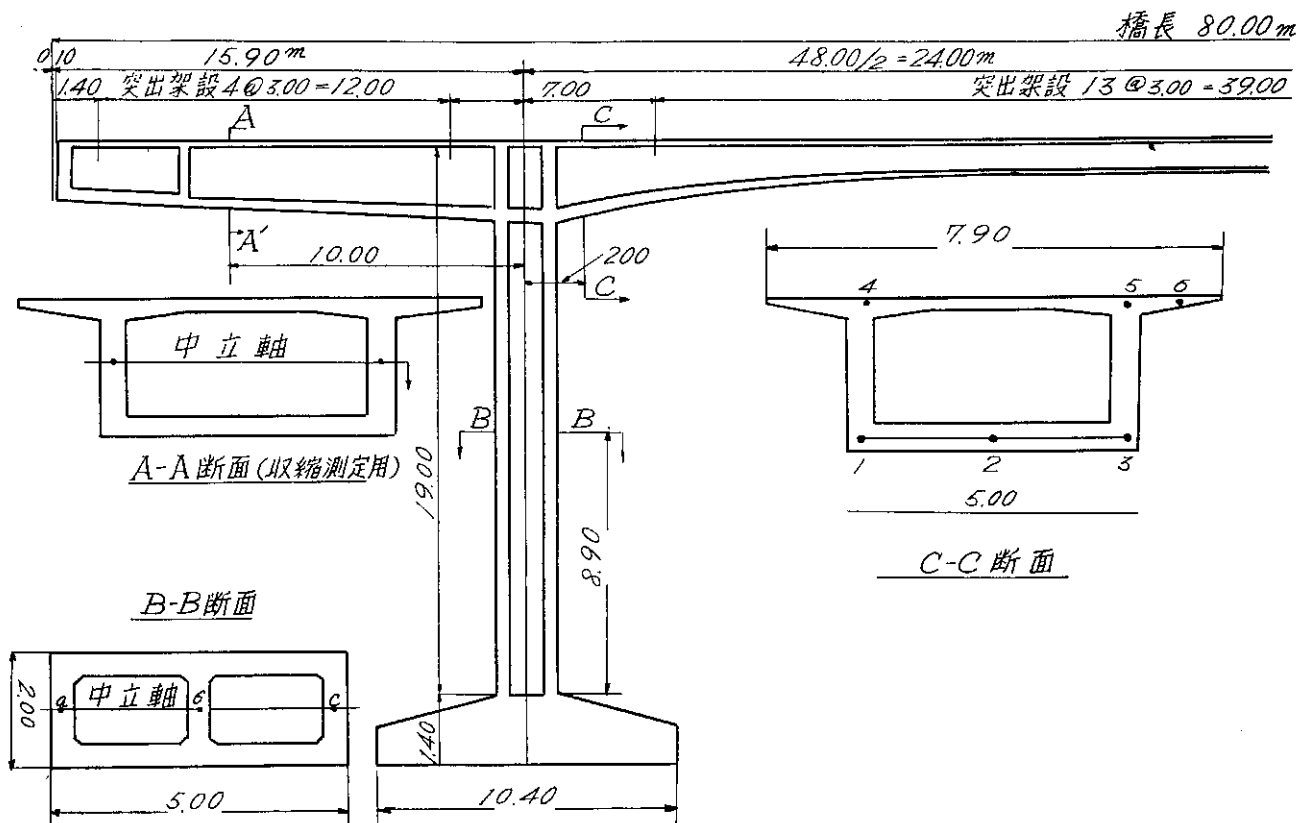


図-1

* コンクリート研究室主任研究員

本橋のように、ブロック突き出し工法で架設する場合、荷重が増えて行くごとにクリープ係数を変えていく。

$$\varphi_{t_n} = \varphi_{\infty} (e^{-k_1 t_n} - e^{-k_2 t_1}) \dots (3)$$

t_i : コンクリート打設日から観測日までの日数

t_n : コンクリート打設日から載荷日までの日数

このクリープ係数を用いて、各荷重ごとのクリープひずみを計算し累計すると、観測時点でのクリープひずみを得られる。

乾燥収縮の進行はクリープ曲線と相似であると仮定した。

収縮量の終局値を ϵ_s とすると時間 $t=t$ のときの収縮量 $\epsilon_{s,t} = \epsilon_s \times \frac{\varphi_t}{\varphi_{\infty}}$ となる。

4 ラーメン閉合後に発生する二次不静定力について

本橋のように突出架設工法では、架設時が静定、架設後不静定構造となるため、主径間では死荷重モーメントがコンクリートのクリープにより変化し新たに時間とともに増大するモーメント M_{tx} と軸力 H_{tx} が発生する。

この2次不静定力は、構造物全体をステージング施工したときに生ずる無筋コンクリートとしての不静定力 M_o, H_o を $[1 - e^{-(\varphi_t - \varphi_{t_0})}]$ 倍したものになる。

φ_t : $t=0$ より観測時点 $t=t$ までに発現する構造物全体としてのクリープ係数

φ_{t_0} : $t=0$ よりラーメン閉合時 $t=t_0$ までに発現する構造物全体としてのクリープ係数

しかし実際には PRC 構造であるので、鉄筋や PC 鋼の拘束により、クリープ係数は小さい値となる。

拘束の度合は、曲げ荷重、軸力に対しそれぞれ違った値を示し、本橋のような変断面では断面ごとに拘束の影響が変化し、構造系全体としての値は簡単に求まらない。

主要断面の拘束クリープ係数は、無筋コンクリートより 15~30% 小さい値であったので、クリープ係数を、20% 減じた。ゆえにクリープにより生ずる二次不静定力は次式で表わされる。

$$\left. \begin{aligned} M_{tx} &= M_o [1 - e^{-0.8(\varphi_t - \varphi_{t_0})}] \\ H_{tx} &= H_o [1 - e^{-0.8(\varphi_t - \varphi_{t_0})}] \end{aligned} \right\} \dots (4)$$

また、収縮により発生する2次不静定力も同様な方法により求まる。

5 ひずみの求め方

今ある断面に一定荷重が $t=t_1 \sim t_2$ まで持続して作用する場合、 $t=t_1$ で弾性ひずみ ϵ_1 、 $t=t_1 \sim t_2$ までにコンクリートのクリープにより ϵ_2 なるひずみが発生するが、本橋は PRC 構造なので、同時にコンクリート部と鋼部との間に断面力移行が進行し、この移行力は進行しながらさらに弾性ひずみ ϵ_3 とクリープひずみ ϵ_4 を発生させると考える。その他に、収縮ひずみ ϵ_5 が発生する。もちろん計算では鉄筋や PC 鋼の拘束による影響を考慮した。

たとえば、非対象鉄筋コンクリート断面に、一定荷重 ($N_R; b.o, M_R; b.o$) が加わった場合のひずみの計算は、次式による。(収縮ひずみも考慮した)

$$\left. \begin{aligned} \epsilon_i &= \frac{N_R; b.o}{E_c \cdot F_{b,r}} (1 + \varphi_{t_n}) \\ &\quad - \epsilon_{s,t} + \frac{N_{R+s}; b,t}{E_c \cdot F_{b,r}} (1 + \varphi \cdot \varphi_{t_n}) \\ \theta &= \frac{M_R; b.o}{E_c \cdot J_{b,r}} (1 + \varphi_{t_n}) \\ &\quad + \frac{M_{R+s}; b,t}{E_c \cdot J_{b,r}} (1 + \varphi \cdot \varphi_{t_n}) \end{aligned} \right\} \dots (5)$$

ϵ_i は軸方向ひずみ、 θ は回転角を示す。

6 測定結果

図-2は乾燥収縮ひずみの実測値と計算値をプロットしたものである。

計算値を点、実測値は折線で示している。

このグラフより、打設後3箇月までは実測値の進行速度が計算値より大きい、終局ではほぼ一致する。

これは収縮量がクリープの進行に比例するとした最初の仮定に問題がある。すなわち、収縮はクリープより早く進行すると思われる。

しかし重要なのはその終局値であり、本設計で仮定した収縮ひずみ 13×10^{-5} は妥当なものと思われる。

図-3は弾性、クリープ、収縮などのひずみを合計した

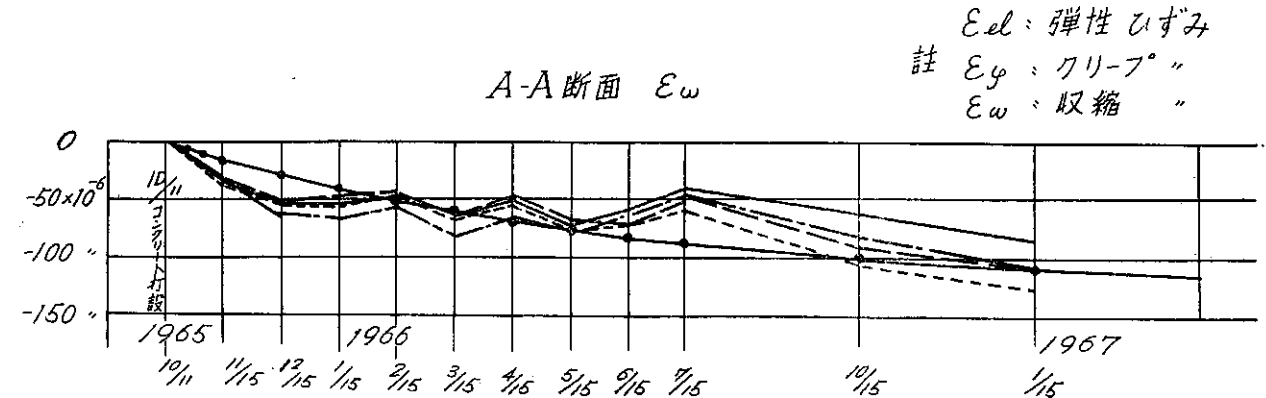


図-2

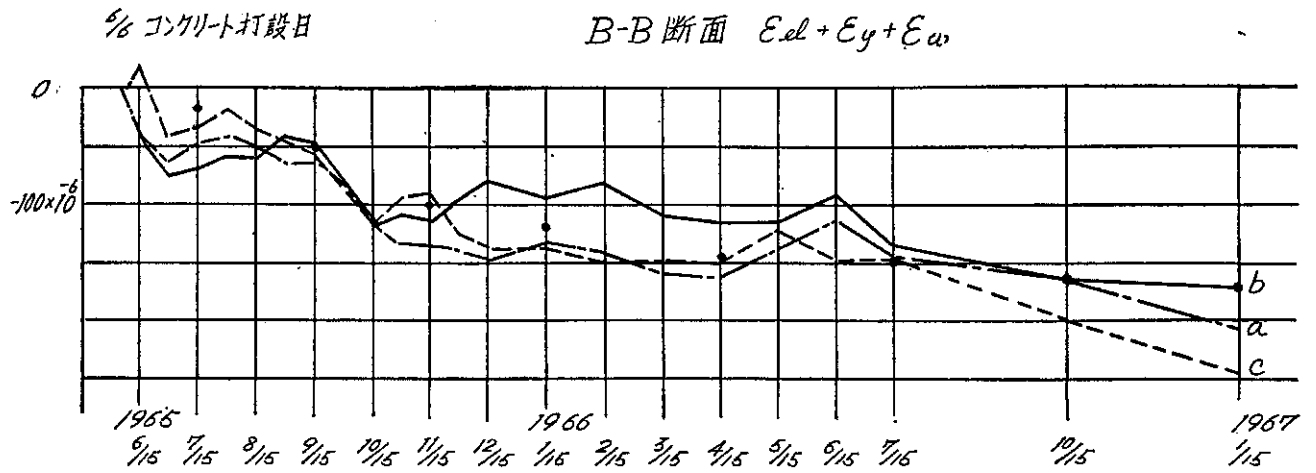


図-3

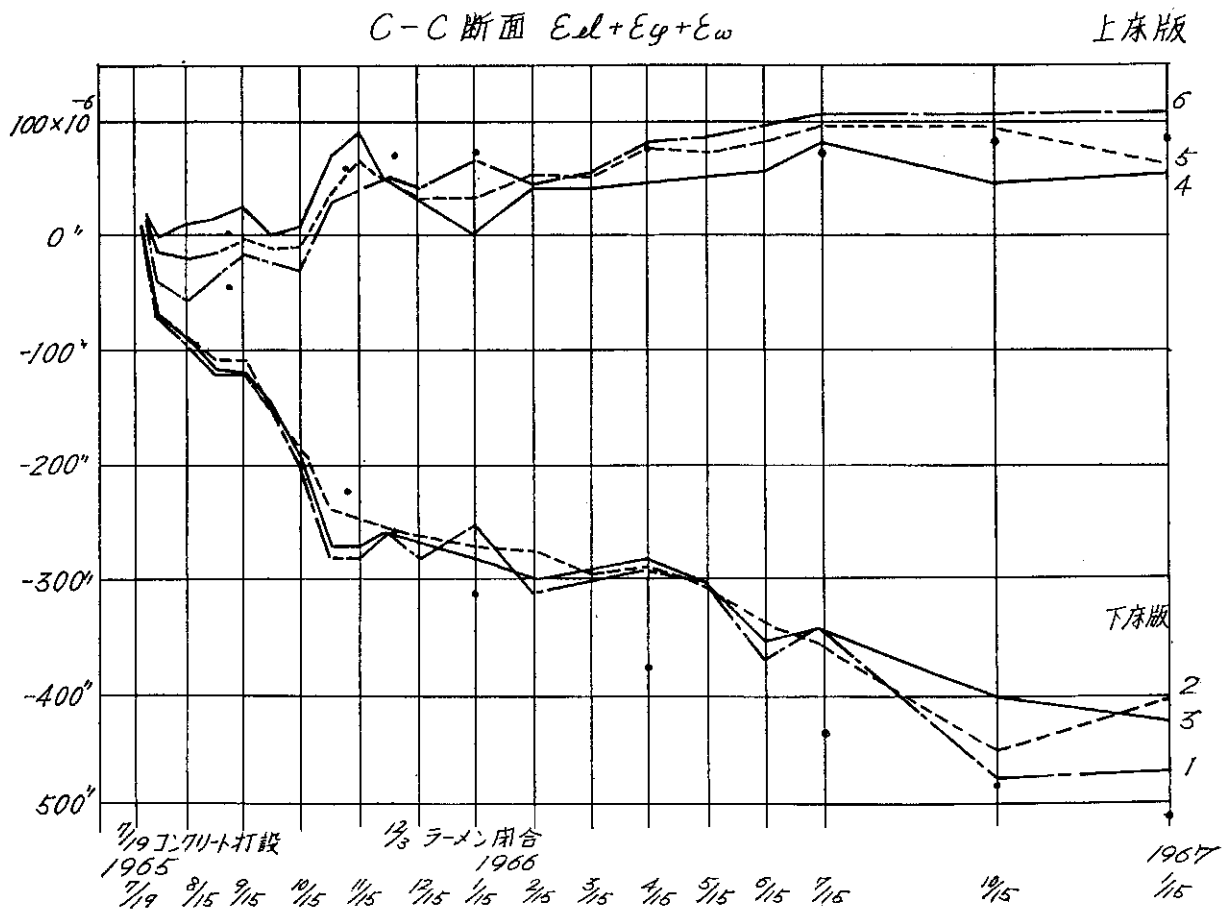


図-4

もの、図-4は弾性、クリープ、収縮、二次不静定力などによるひずみを合算したものである。

これらの図-3、4に示した計算値は $\varphi_{\infty} = 2.5$ 、 $\epsilon_s = 13 \times 10^{-5}$ と仮定して得られたものであり、実測値とほぼ一致するのでこの仮定も正しいものと考えられる。

7 あとがき

以上クリープの概要と測定結果について報告したが、

この測定は現在も継続中である。

今回発表したデータの測定期間は、昭和40年6~12月まで毎日1回、41年1~7月まで毎月1回、その後3箇月ごとに行ない、41年1月まで測定したものである。

最後に、北大横道研究室の方々の御指導と函館開発建設部道路課の御協力を載しましたことを深く感謝致します。

参 考 文 献

- 1 “上姫川橋の施工について” 土木試験所月報第 158号.
- 2 “PRC 桁のクリープ応力の一解法” 北大工学部横道研究室, 横道英雄, 角田与史雄, 北海道土木技術会, S.39.3月.
- 3 “PRC 桁におけるクリープおよび収縮の影響について” 北大工学部横道研究室, 横道英雄, 角田与史雄, 土木学会第 20 回年次学術講演会概要.
- 4 “Theorie der Verbundkonstruktionen” Konrad Sattler.

研究室だより

鎌田新悦技官に理学博士の学位授与さる

当試験所の応用理化学研究室主任研究員鎌田新悦技官は,かねてより東北大学理学部に学位論文を提出中であったところ, 同部教授会を通過して文部省に申請されていたが, 1月18日付で理学博士の学位を授与された。

同技官の主論文は「河川の結氷とこれに伴う水理に関する研究」で, 土木試験月報第 86号, 96号, 109号, 125号, 土木試験所報告第 38号, 42号雪氷 Vol. 28, No. 1 に分割発表済である。鎌田技官は昭和 10 年秋田市に生まれ, 33 年東北大学理学部地球物理学科を卒業後当試験所に勤務, 水工研究室, 応用理化学研究室を経て, 37 年応用理化学研究室内主任研究員となり, 当所研究陣の中堅幹部として活躍している。

論文要旨

『河川の結氷とこれに伴う水理に関する研究』

北海道のような冷害地においては, 河川は冬期間において結氷をし, 結氷期間は年間 3 箇月にも及ぶ。河川の結氷は地球物理学的にも, また河川工学的にも幾多の興味ある問題を有している。本論文は 5 箇年の観測にもとづき, 河川の結氷過程, 多雪地帯の河氷の成長機構, 河氷の上下変位と河岸への影響, 河氷によって閉ざされた閉水路の水理的特性, 河床からの乱流熱拡散による河氷の融解, 河川の縦断方向における河氷の分布などの考察を含む 5 章 15 節から成っている。とくに従来の河氷の研究は, 河氷下の流れを考慮したものが少なかったが, 本論文は, 常に河氷を流れの場において考察を行なったもので, 河氷と流れの諸特性の理論的な結合によって, 結氷河川についての多くの実際的結論を与えている。

河川研究室の動き

この稿も回を重ねて 12 回, ときには, 便りをするほどのことのない月もあって苦労したが, 結構目を通してくれる人達が多いことを知り, 今回まで続けてきた次第である。今月は昭和 41 年度実施分の取りまとめに専念しているので, 目立った対外活動はなかったが, 3 日には石狩川開発建設部関係の 41 年度分成果報告と 42 年度の実施打合わせが, 本局, 石建, 土試の関係者出席のもとに開かれた。屋内実験室では, 村端技官担当の護岸の模型実験が続行中であり, 屋外では, 広田技官担当の融雪材構解析のための観測が行なわれている。定例のゼミナールは 31 日, 土質研究室の四方主任研究員によって開かれた。