

天草 PC 橋のクリープおよび乾燥収縮の 測定について<中間報告>

栗 原 利 栄*
八 尋 勇 次**

1. ま え が き

九州本土と天草諸島を結ぶ天草五橋が開通してすでに2年以上経過した。開通後の交通量は予想以上のものになっており、その後も着実な伸びを示している。

さて五橋のうち、3号橋(中の橋)(写真-1)および4号橋(前島橋)(写真-2)はディビダーク工法によって架設されたPC橋である。いずれもスパン中央にせん断ヒンジを有する長大橋であるため、桁コンクリートのクリープおよび乾燥収縮の取り扱いには応力計算のみなら

写真-1 3号橋の近影

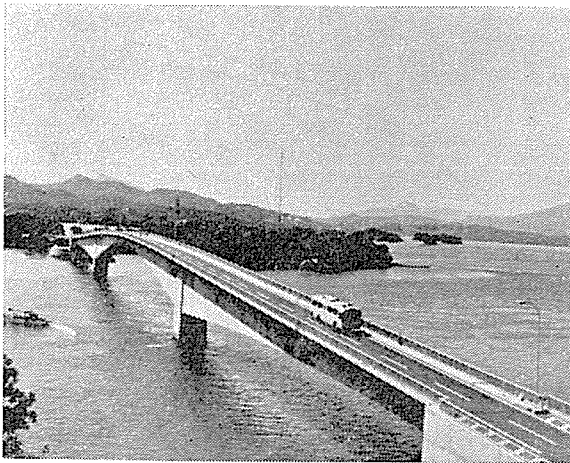
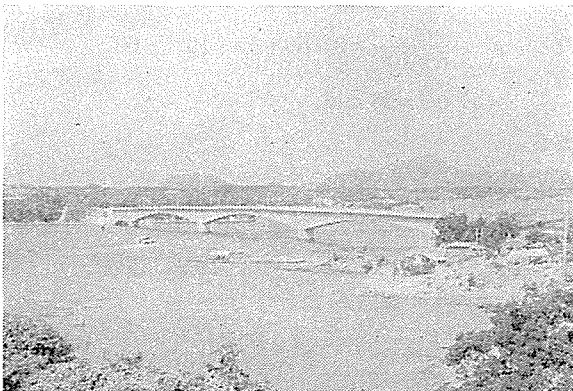


写真-2 4号橋の近影



* 日本道路公団, 技術部構造設計課長

** 日本道路公団, 高速道路計画部高速道路設計第二課

ず、桁の上げ越しあるいはたわみ、ひいては車両の走行性の問題等とも関連し、設計・施工上の大きな問題点の一つであった。

本文では、天草PC橋におけるクリープおよび乾燥収縮の取り扱い(設計計算時)、ならびに橋梁完成後も継続している測定試験の現状について述べるものとする。

2. クリープおよび乾燥収縮の計算

コンクリートのクリープ、乾燥収縮によるプレストレスの減少の計算および張出し架設時の上げ越し、たわみの計算においては、PC設計施工指針にしたがい、桁全体の平均値として、つぎのような諸係数を用いている。

クリープ係数 $\varphi=2.0$

乾燥収縮度 $\epsilon_s=15 \times 10^{-5}$

コンクリートの弾性係数 $E_c=3.5 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$

(ただし $\sigma_{28}=400 \text{ kg/cm}^2$)

PC鋼棒のレラクセーション $\eta=3\%$

上げ越しの計算に用いたクリープ係数、乾燥収縮度は、わが国における従来からのディビダーク式PC橋に比していくぶん大きな値をとっており、またPC鋼棒のレラクセーションの影響も考慮している。

(注: 従来これら諸数値は、各橋梁によってまちまちであったが、昭和41年7月に土木学会よりディビダーク工法設計施工指針(案)が作成され、計算上使用すべき諸係数が明記された)。

ここに桁の上げ越しとは、橋梁完成後、コンクリートのクリープ、乾燥収縮が終了したのち橋梁が所定の高さになるようにするため、張出し架設の各段階において、その後に作用する荷重あるいはクリープなどによって生ずると予想される桁の変形を考慮に入れて、桁を上げ越しておくことを意味し、設計計算においては桁全体の平均値として上記の諸係数を用いている。

しかしながら、これら2橋とも桁の施工工期がかなり長く、桁の橋脚付近と先端との材令がかなり相異なることとなるので、このような材令の相異による各部のクリープ係数の相異を考慮に入れ、念のため比較計算を行なった。計算上の仮定、計算方法等は「工事報告・天草五

図-1 クリープたわみの比較計算
(3号橋・中央ヒンジ位置)


	たわみ量 (mm)							
	0	50	100	150	200	250	300	350
設計計算 ($\phi=2.0$)				184			(150)	334
修正計算 (ϕ ; 変化)			122			(150)		272

註) 図中 (150mm) は美観上の上げ越しである。

橋」(昭和42年5月,土木学会)に示されているので省略することとし, 3号橋における比較計算の結果を 図-1 に示す。図-1 において, 設計計算 ($\phi=2.0$) とは桁全体のクリープ係数を一定とした場合, 修正計算 (ϕ ; 変化) とは上記のように材令によってクリープ係数を変化させた ($\phi=1.3\sim 3.3$) 場合をいう。

図よりわかるとおり修正計算によるクリープたわみ量 (122 mm) は, 設計計算値 (184 mm) に比べ 66% となり, この傾向は 4号橋の場合においてもほぼ同じとなる。

これらの計算例および同形式のディビダーク式PC橋における比較計算例より判断すれば, クリープたわみに対しては桁全体を $\phi=2.0$ として計算しておけば一般に安全側となるようである。

なお 図-1 中の (150 mm) は美観上の上げ越し量である。この美観上の上げ越しは日中における日照による桁のたれ下がり (3号橋および4号橋における実測によれば, 夏期においては上, 下スラブの温度差は最大 8~10°C, たわみ量は 4~5 cm, すなわち 0.5~0.6 mm/°C となり, 計算値とよく一致する) および上げ越しの負の誤差を嫌うため等の理由により計算値以外に余分に加えたものである。この量は, 中央ヒンジの位置において3号橋では 15 cm, 4号橋では 10 cm, 橋脚中心線上でのおの0となるような放物線 () ですりつけている。

3. クリープおよび乾燥収縮の測定

橋梁完成後, これら2橋におけるコンクリートのクリープおよび乾燥収縮の挙動を把握すべく, おのおの2種の測定試験を継続している。

一つは箱形主桁の内部に設置したひずみ測定器によるクリープおよび乾燥収縮ひずみの測定 (便宜的にクリープおよび乾燥収縮の測定と呼び本章で述べる), 他はレベルによる橋面高の水準測量 (便宜的にたわみの測定と呼び次章 4. で述べる) である。

桁コンクリートのクリープおよび乾燥収縮の測定は, 各橋とも主桁完成直後, 桁内に長さ 60 m の鉄筋を配し, 一方を固定し他方を 写真-3 に示すような自記ひずみ測定器 (測定値の読みとり倍率5倍) に連結, 作動さ

写真-3 ひずみ測定器

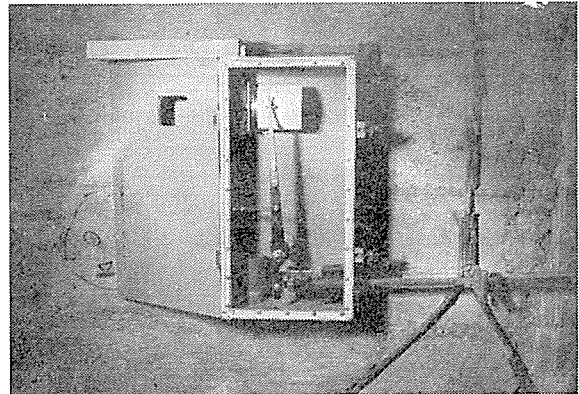


図-2 クリープおよび乾燥収縮ひずみ (3号橋)

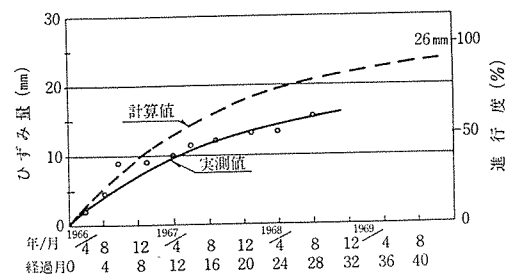
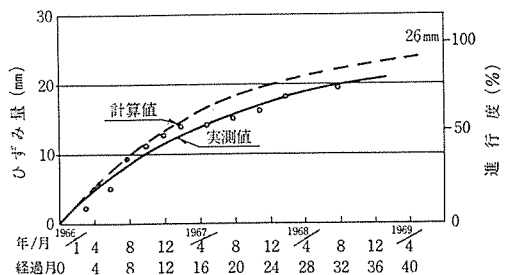


図-3 クリープおよび乾燥収縮ひずみ (4号橋)



せ記録するものである。

主桁完成後から昭和43年8月現在の測定結果を 図-2, 3 に示す。

図中の計算最終ひずみ量は

$$\begin{aligned} \Delta l &= \frac{\sigma_c}{E_c} \cdot \phi \cdot l + \epsilon_s \cdot l \\ &= \frac{50}{3.5 \times 10^5} \times 2 \times 60 + 15 \times 10^{-5} \times 60 \\ &= 17 + 9 = 26 \text{ mm} \end{aligned}$$

である。

クリープおよび乾燥収縮の進行度は, ディビダーク社の Finsterwalder が同社で施工した橋梁における実測の結果から提案している次式 (Der Bauingenieur, Heft 10, 1964, S. 409) によった。

$$\phi_t = \phi_\infty (1 - e^{-0.6932t}) \quad t; \text{経過年}$$

図-2 および 図-3 によれば, 実測値と計算値の間に 10~20% の差があるが, この差は主桁施工中の桁コンクリートのクリープおよび乾燥収縮を考慮すればさらに小

さいものとなる。

4. たわみの測定

たわみの測定はレベルによって行なっている。測点は3号橋では約 10 m ピッチ、4号橋では約 18 m ピッチに設けられている。測定は早朝すなわち日照の影響の少ない時期を選んで行なっているが、3号橋においては念のため上・下スラブにカールソングージを埋設してスラブの温度差をチェックし、必要に応じてレベルによる測定値を補正している。

主桁完成後から昭和 43 年 8 月現在までの桁のクリープたわみの経緯を示すと 図-4~7 のようになる。

図-4 および 図-6 より、3号橋における主桁完成後

2年半のクリープたわみ量は約 13 cm、現在残存上げ越し量 18 cm (このうち 15 cm は美観上の上げ越し量) である。

図-6 において、主桁施工中のクリープの進行度を考慮すれば計算値と実測値の曲線はさらに接近したものとなる。図-2、図-4 および 図-6 から推定すれば、3号橋におけるクリープ係数の仮定 ($\phi=2$) は妥当な値であり、クリープの進行度は昭和 43 年 8 月現在 85% 程度と思われる。

また 図-5 および 図-7 より、4号橋における主桁完成後2年半のクリープたわみ量はそれぞれつぎのとおりである。

測点 B ($G_3 \sim G_4$ 間) 約 13 cm

図-4 たわみの経緯 (3号橋)

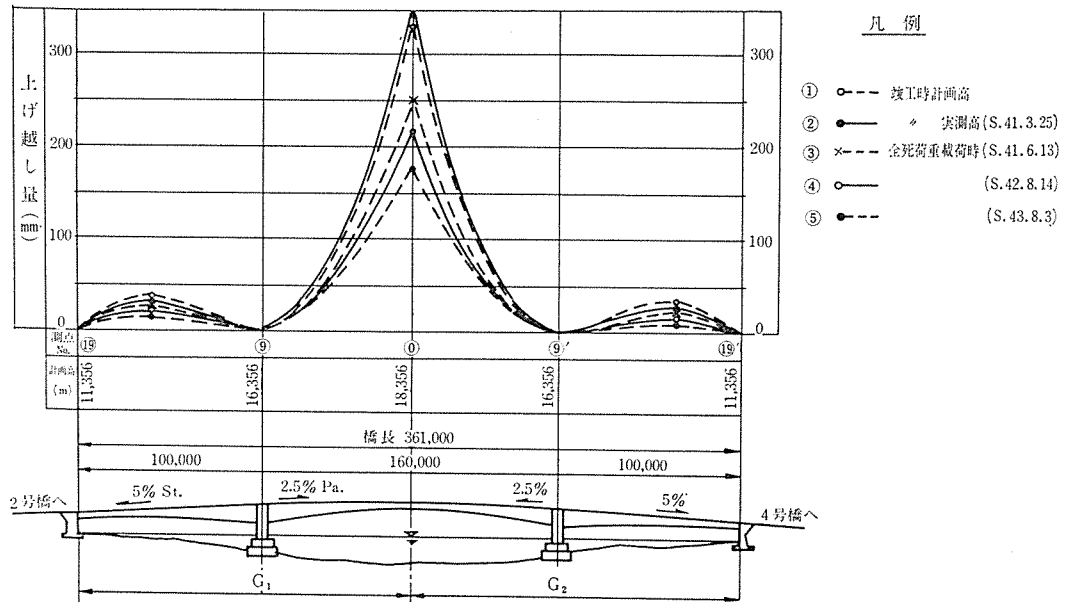


図-5 たわみの経緯 (4号橋)

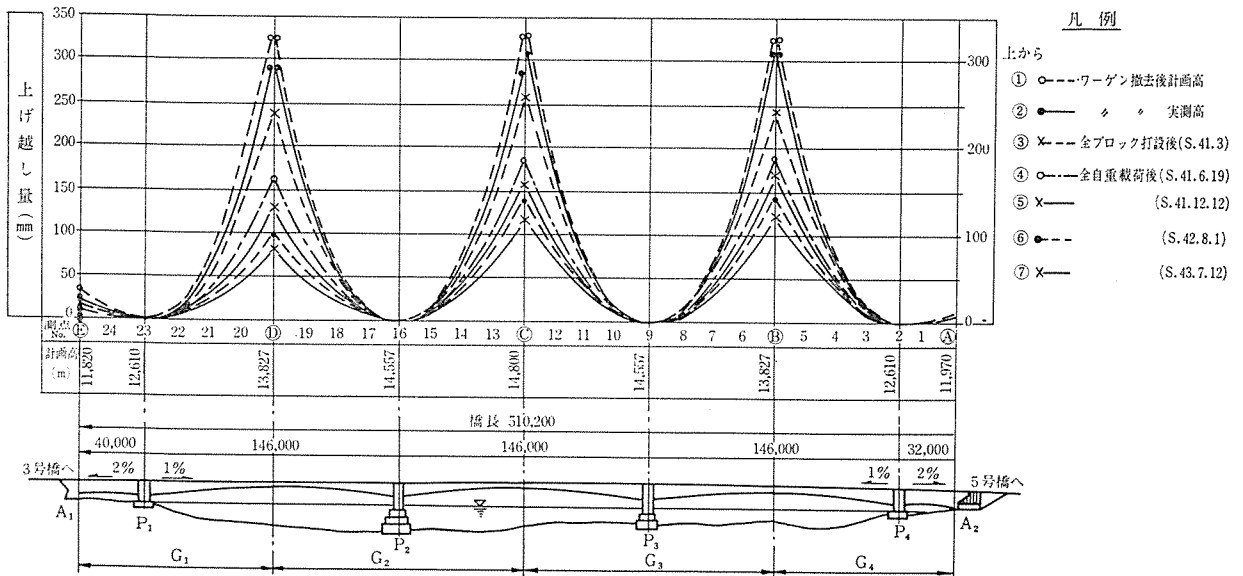
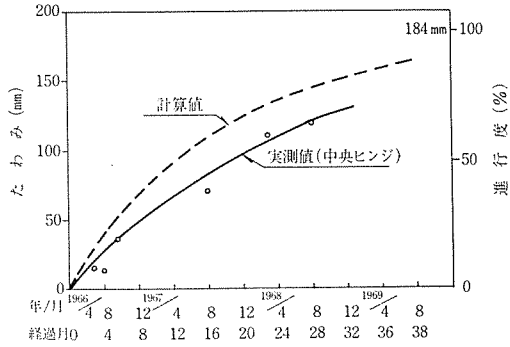


図-6 たわみの進行状況 (3号橋)

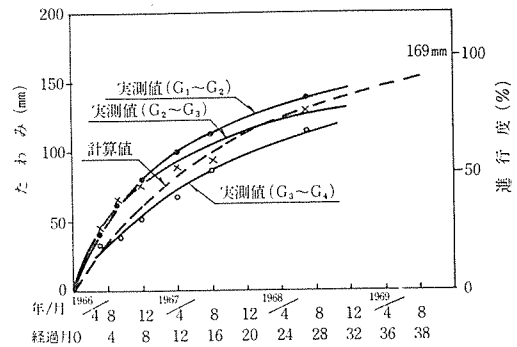


測点C (G₂~G₃ 間) 約 13 cm
 測点D (G₁~G₂ 間) 約 14 cm

また現在残存上げ越し量はそれぞれ 12 cm, 11.5 cm, 8.5 cm である (うち 10 cm は美観上の上げ越し量)。測点Dではワーゲン撤去時の桁の弾性変形が小さかった等の理由より、主桁完成当時から計画高との間に 3 cm 程度の誤差があり、その分だけ全体的に低くなっているが、クリープ変形の絶対量は測点BおよびCと大差ない。

図-3, 図-5 および 図-7 より推定すれば、4号橋におけるクリープ係数の仮定 ($\phi=2$) は妥当と思われ、クリープの進行度は、昭和 43 年 8 月現在 90% 程度と思われる。

図-7 たわみの進行状況 (4号橋)



5. あとがき

以上天草 3 号橋, 4 号橋のクリープおよび乾燥収縮の設計計算上の取り扱いならびに橋梁完成後の測定状況について概説したが、わずか 2 年程度の実測データから天草 PC 橋のクリープの挙動を結論づけるのは多少問題でもあるので中間報告とし、なお長期にわたる測定を続け理論的解析も行なってみる予定である。現段階でのこの報告が諸賢の御参考になれば幸いである。

最後に本文作成にあたって資料をよせられた鹿島建設 吉田正吾氏, 住友建設 佐藤浩一氏に紙上より御礼申し上げます。
 1969.1.13・受付

東京製鋼製品



P C

JIS G 3536

鋼線・鋼より線
 BBR工法鋼線
 多層鋼より線 (19~127本より)

製造元 東京製鋼
 発売元

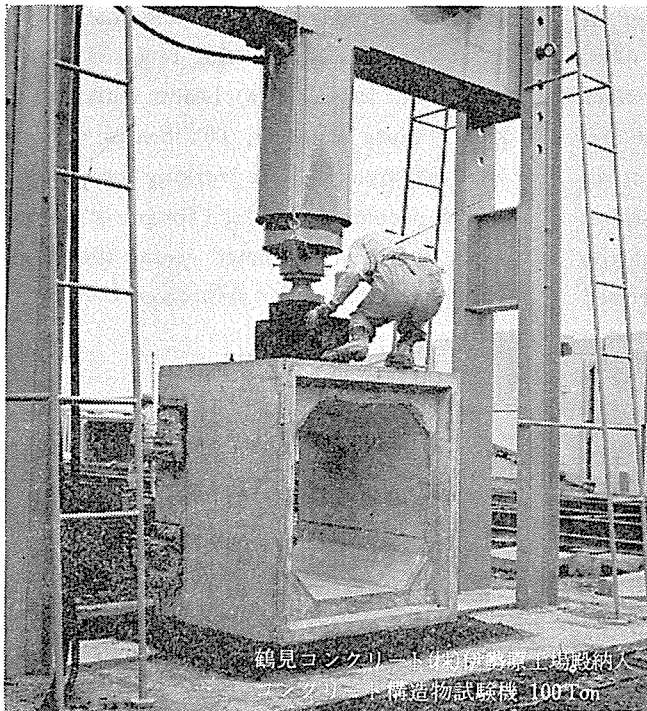
東京都中央区日本橋室町2丁目8番地 古河ビル四階
 電話 (211) 2851 (大代表)

丸東リーレ式

コンクリート構造物試験機

梁・カルバート・プレハブ材・プレキャスト製品など大型のコンクリート構造物の圧縮・曲げ試験がクローズ・アップされています。これらの試験機は、被試験供試体の形体に最も適した負荷部と、正確で操作の簡単な計測部との組み合わせが性能のきめ手となります。

当社のコンクリート構造物試験機は、ワンタッチ方式としてご好評を博している丸東リーレ式計測部を備え、多数の製作実績と共に必ずご満足頂ける試験機であります。



計測部の特長

- 1). 振子無交換式容量変換装置付
容量変換 5段式
- 2). 容量と面盤の連動同時変換式
- 3). 過負荷防止装置付
- 4). 大型目盛盤(最小目盛1/500~1/600)付
- 5). オイル・パス式多連アクシアル・ポンプ付

負荷部の特長

- 1). 簡単かつ操作便利なフレーム構造
- 2). 加圧頭の高精度な平衡装置付

詳細資料をお送りいたします。
誌名ご記入の上お申込下さい。



株式会社 丸東製作所

〒 135-91
コンクリート実験室
京都出張所
北海道出張所

東京都江東区深川白河町2-7 電話(03)642-5121(代)
東京都江東区深川白河町2-9 電話(03)642-5121(代)
京都市中京区壬生西土居の内町3-1 電話(311)7992
札幌市南十条西十三丁目 電話(56)1409