

P B S工法による合成構造柱体の乾燥収縮・クリープによる応力変化の算定法

Stress Changes due to Drying Shrinkage and Creep of Concrete for
a Prestressed Composite Column of PBS Method

栗原安男*・跡部俊郎*・能町純雄**・木田哲量***

Yasuo, Kurihara, Toshiro, Atobe, Sumio, G. Nomachi, Tetukazu, Kida

ABSTRACT: Composite column of PBS method consists of precast concrete blocks and filled-in concrete and steel pipe pile. The authors conducted the serial tests in order to clarify the stress changes of introduced prestress due to the drying shrinkage and creep by means of monitoring strains and carried out the mechanical tests for comparing the theoretical values. The results of this study show that the stress losses due to the drying shrinkage and creep could be taken by a few theoretical formulas and that the stress state in this composite structure could be obtained by creep factor and strain of drying shrinkage stated in the Standard Specification for Design and Construction of Concrete Structures by JSCE.

KEYWORDS: Composite structure, Drying shrinkage, Creep, Effective stress

1. はじめに

近年、海洋構造物は施設の沖合化、大型化に伴い施工環境の過酷な大水深、軟弱地盤、高波浪等の条件下での工事が多くなってきている。このような施工条件下では、海上作業を極力少なくすることが重要であり、現場施工の機械化、部材のプレハブ化が進められている。海上工事のプレハブ化工法の一つに、プレキャストコンクリートブロック（以下プレキャストブロックと言う）と鋼管杭を組み合わせて合成構造を作る工法にP B S工法（Piles and Blocks Structure Method）がある。¹⁾

この工法は、海中に打設した鋼管杭の外側にあらかじめ陸上で製作したプレキャストブロックを順次積み上げた後、P C鋼棒により縦方向にプレストレスを導入して一体とし、海中にラーメン構造体を構築するものである。本工法は、杭突出部の任意の位置にラーメン構造の剛結点を形成出来るため、外力により発生する曲げモーメントの分散および変位の低減が図れることに特長がある。ただし、本合成構造はプレキャストブロック、中詰めコンクリートおよび鋼管により構成されており、各々にプレストレスが導入されるため、乾燥収縮およびクリープ等による応力の変化が複雑になっている。本構造は鋼管とコンクリートの合成構造であるため、鋼管によりクリープひずみや乾燥収縮ひずみが拘束されコンクリートに導入したプレストレス量は減少する。^{2) 3)} この拘束による導入プレストレスの減少量の算定が構造物の設計計算上および実構造物の安全上重要な問題となる。この問題を解明する目的で試験体を作製し、ひずみの経時変化を長期にわたり測定した。また、この測定値をもとに現在提案されている理論計算により導入プレストレスの減少量を算定し、加力実験結果との比較を行なった。

本論文では、プレストレスを導入したコンクリートと鋼管との合成構造における乾燥収縮・クリープ特性およびこれらが導入プレストレスに与える影響について、実験結果をもとに述べる。

2. 実験の概要

2-1 試験体

表-1に試験体の一覧表を示す。試験体は合成構造の乾燥収縮ひずみ、クリープひずみを把握するために種々のパラメータにより15体作製した。試験体を大きく分類すると鋼管およびP C鋼棒のない試験体(①～③)、P C鋼棒のみの試験体(④～⑥)、鋼管のみの試験体(⑦～⑨)および鋼管とP C鋼棒のある試験体(⑩～⑮)の4種類に分けられる。①～③試験体は自由乾燥収縮ひずみ、④～⑥試験体は自由乾燥収縮ひずみと自由クリープひずみ、⑦～⑨試験体は拘束乾燥収縮ひずみ、⑩～⑮試験体は拘束乾燥収縮ひずみと拘束クリープひずみを測定する目的で作製した。また、養生方法（水中、気中）、製作方法（ブロック構造、一体構造）、鋼材比（2.1%、4.3%）、およびプレストレスの導入量（40Kgf/cm²、80Kgf/cm²）等を試験体のパラメータとした。

* 正会員 三井建設株式会社（〒101 東京都千代田区岩本町3-10-1）

** 正会員 北海道大学名誉教授

*** 正会員 日本大学生産工学部土木工学科

図-1に代表的な試験体の形状を示す。ブロック構造は9分割したプレキャストブロックの間にエポキシ樹脂を塗布し一体化した後、中詰めコンクリートを打設した。なお、プレキャストブロックには縦筋(φ3×8本)とフープ筋(φ3@40)を配した。一体構造の縦筋はブロック構造と同様にするため、ブロックの長さに合わせて短い鉄筋とした。

表-2に試験体の作製から加力実験までの経過を示す。なお、気中養生は屋内で行い、平均気温は約22℃、平均湿度は約60%であった。

2-2 材料特性

実験に用いたコンクリートの配合及び材料特性を表-3、表-4に示す。セメントは普通ポルトランドセメントを使用し、粗骨材は試験体の最小部材厚が2.1cmと薄いため最大寸法10mmの豆砂利を使用した。

なお、PC鋼棒(D種1号)、鋼管(STK41)等の鋼材は全てJIS規格品を使用した。

2-3 加力実験

試験体はプレストレス導入後、約2年間の乾燥収縮ひずみおよびクリープひずみを測定した後、780日目に加力実験を行い、残留プレストレス量の確認を行った。

加力方法は、図-1に示すような2点载荷による繰返し载荷とした。なお、载荷点間の距離は30cm、支点間距離は120cmとした。

表-2 試験体の経過

0日	・プレキャストブロックコンクリート打設(気中養生)
42日	・中詰めコンクリート打設、・一体構造コンクリート打設
61日	・プレストレス導入
64日	・水中養生開始(試験体①、④、⑦、⑩) ・クリープおよび乾燥収縮ひずみの測定開始
780日	・試験体の加力実験(残留プレストレス量の確認実験)

表-3 コンクリートの配合表

Gmax (mm)	セメントの 種類	スランプ (cm)	空気量 (%)	W/C (%)	S/a (%)	単位重量 (kg/m ³)				
						C	W	S	G	AE減水剤
10	普通	10	4	35.5	37.2	440	156	637	1082	1.1

表-4 コンクリートの材料特性

名称	養生条件	材 齢 (日)	圧縮強度 (kgf/cm ²)	引張強度 (kgf/cm ²)	曲げ強度 (kgf/cm ²)	ヤング係数 (×10 ⁵ kgf/cm ²)
プレキャスト ブロック	水 中	780	680	40.4	73.7	4.04
		61	426	23.5	46.5	2.56
		780	447	30.2	67.3	2.85
中詰め コンクリート および 一体打ち コンクリート	水 中	28	484	25.3	64.1	3.23
		740	733	41.8	81.2	4.08
	気 中	19	479	23.8	35.0	2.66
		740	527	32.0	70.3	2.98

3. 合成構造におけるコンクリートのひずみと応力度

3-1 合成構造におけるクリープと乾燥収縮

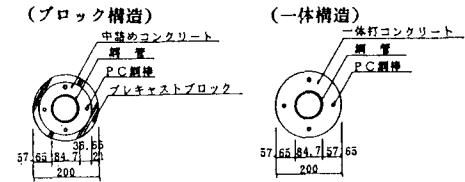
コンクリートは材料特性として、荷重を持続して加えると時間の経過とともにひずみが次第に増大していく性質(クリープ)と硬化乾燥にしたがって収縮する性質(乾燥収縮)を有していることは周知のとおりである。コ

ンクリートが拘束を受けていない場合、コンクリートのひずみはクリープにより増大するが新たな応力の発生

表-1 試験体一覧

NO	試験体名	導入プレ ストレス (kg/cm ²)	養生 方法	製作 方法	鋼 管		
					形 状	As/Ac	リブ
①	PLNB-0-W	0	水中	ブロック	φ=81 (紙型棒) t=0	0%	—
②	PLNB-0-A	0	気中	ブロック			—
③	PLN1-0-A	0	気中	一体打			—
④	PLNB-40-W	40	水中	ブロック			—
⑤	PLNB-40-A	40	気中	ブロック			—
⑥	PLN1-40-A	40	気中	一体打			—
⑦	SPB-0-W	0	水中	ブロック	φ=80.7 t=2.0	2.1	—
⑧	SPB-0-A	0	気中	ブロック			—
⑨	SP1-0-A	0	気中	一体打			—
⑩	SPB-40-W	40	水中	ブロック			—
⑪	SPB-40-A	40	気中	ブロック			—
⑫	SP1-40-A	40	気中	一体打			—
⑬	SPRB-40-A	40	気中	ブロック	φ=80.7 t=4.2	4.3	○
⑭	SP2B-40-A	40	気中	ブロック			—
⑮	SPB-80-A	80	気中	ブロック	φ=80.7 t=2.0	2.1	—

試験体の断面図



試験体の側面図

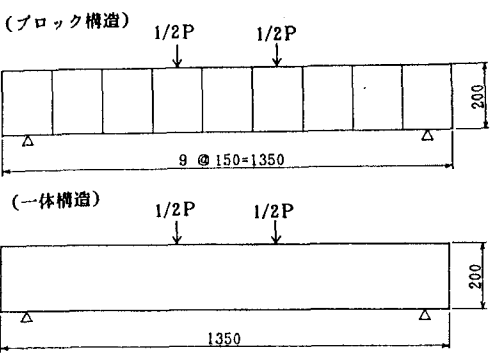


図-1 試験体の形状

2) S o n t a gによる解法 (" B 方法")

Sontagは、 $t = 0 \sim t$ の間に变化する応力とひずみの関係より式 (10) の微分方程式を導いている。²⁾

$$\frac{d \Delta \sigma_c}{d \Phi_t} + \alpha \cdot \Delta \sigma_c - \alpha \left(\frac{\varepsilon_s E_c}{\Phi_n} + \sigma_0 \right) = 0 \quad (10)$$

式 (10) の微分方程式よりコンクリートのクリープおよび乾燥収縮による変化応力度はそれぞれ式 (11)、(12) で求めることができる。

$$\Delta \sigma_{cc} = \sigma_0 \cdot (1 - e^{-\alpha \Phi_t}) \quad (11)$$

$$\Delta \sigma_{cs} = \frac{\varepsilon_s E_c}{\Phi_n} \cdot (1 - e^{-\alpha \Phi_t}) \quad (12)$$

$$\text{ここに、} \quad \alpha = \frac{E_s A_s + E_p A_p}{E_c A_c + E_s A_s + E_p A_p}$$

4. 実験結果とその解析

4-1 試験体の経時変化

試験体に取り付けたひずみゲージの測定結果および測定値を指数関数で表わした実験曲線を図-3～図-6に示す。試験体のひずみの測定は約500日間行なったが、ブロック構造の拘束乾燥収縮ひずみ (⑧試験体) については計器の故障により130日間で計測を終えた。なお、拘束クリープひずみの測定値は鋼管を有しプレストレスを与えた試験体 (⑪、⑫) のひずみから鋼管を有しプレストレスを与えていない試験体 (⑧、⑨) のひずみを差し引いた値である。

表-5に実験曲線より得られた乾燥収縮ひずみとクリープ係数を示す。表-5のクリープの測定値のうち () 内は実験曲線による拘束クリープひずみ (ε_{cc}') と同量の自由クリープひずみが生じたと仮定して求めた見掛けの自由クリープ係数である ($\Phi' = \varepsilon_{cc}' \times E_c / \sigma_0$)。また、比較のために式 (13) および式 (14) により算定した乾燥収縮ひずみ、クリープ係数を併記する。

・乾燥収縮ひずみ⁴⁾

$$\varepsilon'_{cs}(t, t_0) = \varepsilon'_{s0} \cdot [\beta_s(t) - \beta_s(t_0)] \quad (13)$$

・クリープ係数⁴⁾

$$\Phi(t, t_0) = \Phi_{d0} \cdot \beta_d(t - t_0) + \Phi_{f0} \cdot [\beta_f(t) - \beta_f(t_0)] \quad (14)$$

なお、ブロック構造の試験体ではブロックと中詰めコンクリートでコンクリートの打設時期が異なっているが、単純化するためにブロックと中詰めコンクリートの断面を考慮してその中間に打設時期を設定し、一体打ちコンクリートとして取り扱った。

自由乾燥収縮ひずみは時間的にバラツキはあるものの比較的よく指数関数で表現することができている。実験曲線から得られたブロック構造の自由乾燥収縮ひずみは、示方書の値とほぼ一致していた。これに対して、一体構造では示方書の値の約1.2倍と若干大きめとなったが、乾燥収縮に影響を与える種々の要因の複雑さ等を考慮すると、測定値はほぼ妥当であると考えられる。

合成構造における乾燥収縮ひずみは鋼材の拘束により自由な収縮を妨げられる。自由乾燥収縮ひずみと拘束乾燥収縮ひずみの差には、拘束により生じる引張応力に対する弾性ひずみと引張応力によるクリープひずみが含まれている。拘束乾燥収縮ひずみの実験式は自由乾燥収縮の実験式 (ε_{st}) に対して、式 (9) により Φ_t を種々変化させ測定値と一致したときのクリープ係数を求めて決定した。

図-3および図-4によると拘束乾燥収縮ひずみは、自由乾燥収縮ひずみの約2/3程度であり鋼材により拘束を受けていることが

わかる。クリープ係数を比較すると測定値は示方書の値の1.2～1.7倍と大きくなっている。自由乾燥収縮が鋼材により拘束された時に発生する応力は引張応力であるのに対して、示方書の値は圧縮応力に対するものであるため両者ではクリープの機構が違うものと考えられる。また、付着力が長時間作用すると引張クリープと同時に付着クリープが発生するといわれている。⁵⁾ 拘束乾燥収縮のクリープは引張クリープや付着クリープであるため、従来の圧縮応力に対するクリープ係数とは若干異なってくるものと考えられる。

合成構造における拘束クリープひずみは、導入プレストレスによる圧縮クリープひずみ、拘束により生じる引張応力の弾性ひずみおよび引張クリープひずみで表わされる。従って、拘束乾燥収縮のクリープ係数と同様に、従来の圧縮力に対するクリープ係数とは若干異なってくるものと考えられる。

測定値の拘束クリープ係数は示方書の自由クリープ係数の約1.2倍と大きくなっているが、拘束クリープひずみ

表-5 乾燥収縮ひずみとクリープ係数

		測 定 値		示方書 (w=60%)	
		Φ	ε	Φ	ε
乾 収 縮	一 体 構 造	3.0	221×10^{-6}	2.42	190×10^{-6}
	ブ ロ ッ ク 構 造	3.5	156×10^{-6}	2.02	150×10^{-6}
ク リ プ	一 体 構 造	3.0(2.11)	—	2.42	—
	ブ ロ ッ ク 構 造	2.5(1.83)	—	2.02	—

はない。これに対して、鋼材とコンクリートの合成構造ではコンクリートが鋼材に拘束されて自由にクリープすることができず、クリープひずみは鋼材のない場合に比べ小さくなり、コンクリートには引張応力が生じる。図-2において、 ε_c は自由クリープひずみであり、 ε_c' は鋼材により拘束された場合の拘束クリープひずみである。また、 $(\Delta\sigma_c/E_c + \varepsilon_{tc})$ は鋼材に拘束され自由にクリープできないひずみであり、クリープが鋼材に拘束されることにより生じる引張応力(変化応力度: $\Delta\sigma_c$)による弾性ひずみと変化応力度によるクリープひずみ(ε_{tc})に分けられる。従って、鋼材により縮めなかったクリープひずみは式(1)で表わされる。

$$\varepsilon_c - \varepsilon_c' = \frac{\Delta\sigma_c}{E_c} + \varepsilon_{tc} \quad (1)$$

乾燥収縮においてもクリープと同様に、自由乾燥収縮ひずみを ε_s とすれば、鋼材により縮めなかった乾燥収縮ひずみ($\varepsilon_s - \varepsilon_s'$)は式(2)で表わされる。

$$\varepsilon_s - \varepsilon_s' = \frac{\Delta\sigma_s}{E_c} + \varepsilon_{ts} \quad (2)$$

ここに、 $\Delta\sigma_s$:乾燥収縮が鋼材に拘束されることにより生じる引張応力(変化応力度)

ε_{ts} : $\Delta\sigma_s$ によるクリープひずみ

なお、合成構造においてクリープ、乾燥収縮により新たに生じる応力度は時間とともに変化するので、これらの応力度によるクリープひずみは応力度を一定としたときのクリープひずみとは異なるものと考えられる。

3-2 変化応力度

プレストレストコンクリート構造を含む鋼・コンクリート合成構造の乾燥収縮・クリープ解析に関しては、橋梁における合成桁の発展とともに数多くの解法が提案され実用に供されてきた。本合成構造においては、合成桁の解法のうち、代表的な2つの解法により変化応力度の算定を行なった。

1) Chichokiによる解法("A方法")

Chichokiは、応力度が変化する場合の応力度とひずみの関係を表わす式(3)において $t = t$ におけるクリープ係数(Φ_t)およびコンクリートの応力度(σ_t)をそれぞれ式(4)、(5)で表わし、式(3)を直接積分する解法を示している。²⁾

$$\frac{d\varepsilon_t}{dt} = \frac{1}{E_c} \left(\sigma_t \cdot \frac{d\Phi_t}{dt} + \frac{d\sigma_t}{dt} \right) \quad (3)$$

$$\Phi_t = \Phi \cdot (1 - e^{-kt}) \quad (4)$$

$$\sigma_t = \sigma_0 + (\sigma_\infty - \sigma_0) \cdot \frac{\Phi_t}{\Phi_\infty} = \sigma_0 + \Delta\sigma_\infty \cdot (1 - e^{-kt}) \quad (5)$$

式(4)、(5)を式(3)に代入して積分すると、 $t = 0 \sim t$ までに变化したひずみ($\Delta\varepsilon_c$)はコンクリートの变化応力度の関数として表わすことができる。

また、クリープによる変化応力度は内部応力であるので、 $\Delta\varepsilon_c$ によるコンクリートおよび鋼材の変化応力度に対して $\int_A \Delta\sigma dA = 0$ の関係が成り立つ。

以上の条件を本合成構造に適用すると $\Delta\varepsilon_c$ はクリープ係数(Φ_t)の関数として表わされ、コンクリートの变化応力度は式(6)で求めることができる。

$$\Delta\sigma_{cct} = \frac{2}{2 + \Phi_t} \cdot E_c \cdot \Delta\varepsilon_c - \frac{2\Phi_t}{2 + \Phi_t} \cdot \sigma_0 \quad (6)$$

ここに、

$$\Delta\varepsilon_c = \frac{1}{E_s \cdot A_s + E_p \cdot A_p + \frac{2}{2 + \Phi_t} \cdot E_c \cdot A_c} \cdot \frac{2\Phi_t}{2 + \Phi_t} \cdot \sigma_0 \cdot A_c \quad (7)$$

乾燥収縮による変化応力度も内部応力であるので、クリープと同様に考えるとコンクリートの变化応力度は式(8)で求めることができる。

$$\Delta\sigma_{cst} = (\Delta\varepsilon_s - \varepsilon_{st}) \cdot \frac{2}{2 + \Phi_t} \cdot E_c \quad (8)$$

ここに、

$$\Delta\varepsilon_s = \frac{1}{E_s \cdot A_s + E_p \cdot A_p + \frac{2}{2 + \Phi_t} \cdot E_c \cdot A_c} \cdot \frac{2}{2 + \Phi_t} \cdot \varepsilon_{st} \cdot E_c \cdot A_c \quad (9)$$

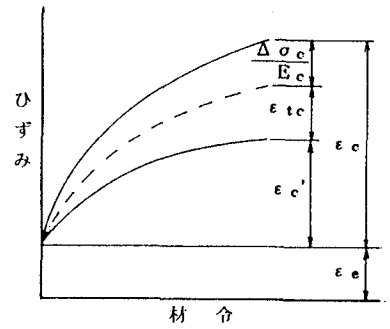


図-2 合成構造のクリープひずみ

量（見掛けの自由クリープ係数 $\Phi=2.11$, 1.83）は示方書の自由クリープひずみ量（クリープ係数 $\Phi=2.42, 2.02$ ）の90%程度であり、若干小さくなっている。合成構造のクリープひずみは鋼材により拘束されるため自由クリープひずみより小さくなる。従って、測定値には鋼材の拘束による影響があらわれているものと考えられる。本実験による測定値は、示方書の値に比べて乾燥収縮ひずみでは比較的妥当な値を得ることができた。また、見掛けの自由クリープ係数は示方書の自由クリープ係数より若干小さくなっており、鋼材の拘束による影響があらわれていると考えられる。

コンクリートの乾燥収縮やクリープは数多くの要因の影響を受ける複雑な現象である。これに対して、本実験では一体構造、ブロック構造とも1体の試験体についての測定結果であるため、測定値のバラツキによる誤差等も考えられ十分であるとは言いが、試験体のおかれている環境を反映したものであり、以後の解析はこの実験値を基本に行うものとする。

4-2 導入プレストレスの応力損失

“4-1 試験体の経時変化”により求めた試験体のひずみを使用して推定した値と土木学会コンクリート標準示方書に定める値を用いて“3-2 変化応力度”で述べた“A方法”および“B方法”により算定した応力損失および加力実験結果を表-6に示す。表に示した応力損失のうち、 $\Delta\sigma_1$ はクリープによる拘束応力損失、 $\Delta\sigma_2$ は乾燥収縮による拘束応力損失、 $\Delta\sigma_3$ はPC鋼棒の引張力の減少による応力損失を示す。

コンクリートの乾燥収縮ひずみは周辺の湿度が高くなると小さくなり、水中では若干膨張する傾向にあるがひずみ量が小さいため、本解析では水中養生の試験体の乾燥収縮ひずみ量を0（ゼロ）とした。なお、水中養生の試験体（⑩）については実験データがないため示方書の値のみを示す。

鋼管によりひずみを拘束された試験体の加力実験結果は、多少のバラツキはあるものの測定値から求めた残留応力および示方書の値を使用した残留応力と比較的よく一致していた。なお、本実験の解析結果では

“B方法”による残留応力は“A方法”に比べ若干小さくなる傾向にある。これはクリープによる拘束応力損失が大きく影響している。クリープによる拘束応力損失はクリープ係数の大きさに直接影響を受ける。従って、一体構造、ブロック構造とも測定されたクリープ係数を使用した応力損失の計算値は、示方書の値を使った計算値より大きくなる。これに対して、乾燥収縮による拘束応力損失は自由乾燥収縮ひずみの大きさとともにクリープ係数の大きさにも影響を受ける。この傾向はブロック構造に顕著にあらわれている。表-5に示すように自由乾燥収縮ひずみの測定値は示方書の値とほぼ同じであったが、クリープ係数は約1.7倍となっているため“A方法”

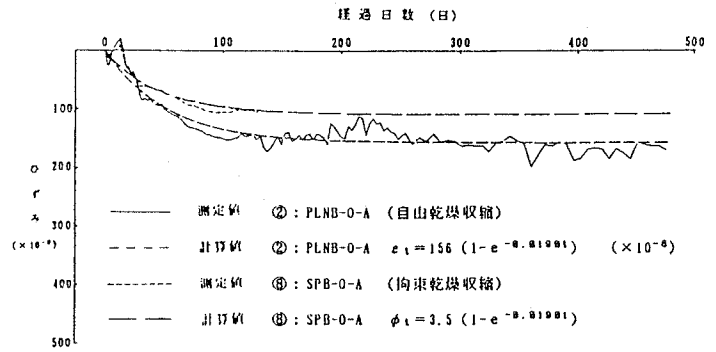


図-3 乾燥収縮ひずみの経時変化（ブロック構造）

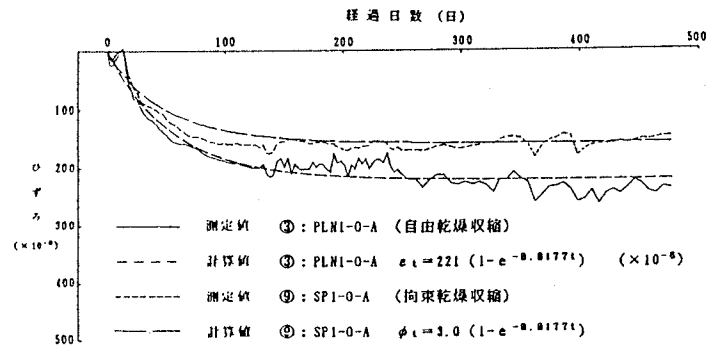


図-4 乾燥収縮ひずみの経時変化（一体構造）

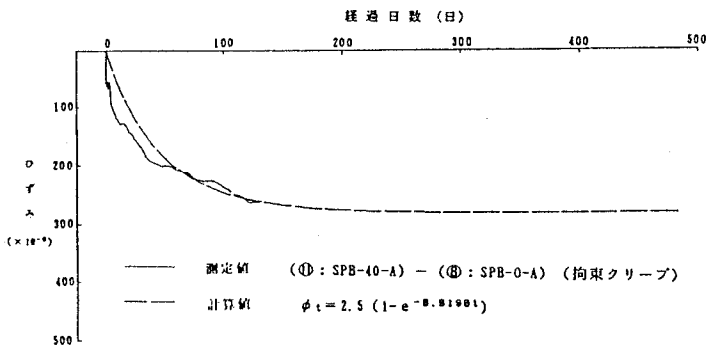


図-5 クリープひずみの経時変化（ブロック構造）

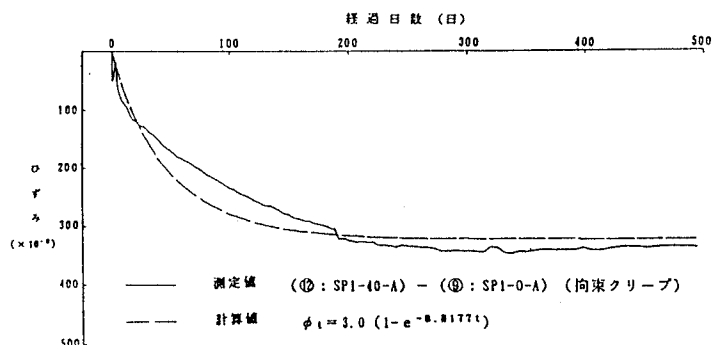


図-6 クリープひずみの経時変化（一体構造）

では測定値による拘束乾燥収縮ひずみは示方書の値より小さくなり、応力損失も小さくなっている。また、“B方法”では自由乾燥収縮ひずみ量として最終収縮ひずみ量を用いるため、示方書の収縮ひずみ量は測定値に比べ、1.1倍程度大きくなったが、応力損失はほぼ同じ値となった。従って、乾燥収縮による応力損失を求めるときは、自由乾燥収縮のひずみ量とともにクリープ係数も重要な要素となる。

水中養生の⑩試験体ではクリープ係数が小さく応力損失も少ない。なお、示方書の値を使った計算値は加力実験結果とよく一致していた。

合成構造における導入プレストレスの損失量を算定するには、乾燥収縮ひずみやクリープ係数が重要な要素となってくるが、これらの値は構造物周辺の環境、部材の形状寸法およびコンクリートの配合、骨材やセメントの性質、コンクリートの締固め・養生条件等、種々の要因により影響を受ける。これに対して、示方書の値はこれらの条件を勘案し、数多くのデータをもとに定められたものであるため、構造物周辺の環境や部材の形状寸法等を適切に評価すれば、本合成構造の解析においても一般の構造物と同様に応力状態を比較的良好に再現できるものと考えられる。

表-6に示すように、示方書および試験体のひずみの経時変化より求めた乾燥収縮ひずみやクリープ係数を使用した残留応力の計算結果は、加力実験結果と比較的良好に一致しており、“A方法”および“B方法”による計算方法は、本構造の拘束応力損失を計算するうえで妥当な方法であると考えられる。

表-6 計算値と加力実験結果の比較 (kgf/cm²)

	導入応力		応 力 損 失			残留応力	加力実験結果	備 考
			$\Delta \sigma_1$	$\Delta \sigma_2$	$\Delta \sigma_3$			
⑩	38.7	I	—	—	—	—	33.5	ブロック構造 (水中)
		II	4.2	0	1.7	32.8		
		III	—	—	—	—		
		IV	4.4	0	1.6	32.7		
⑪	38.8	I	11.6	5.9	6.2	15.1	17.5	ブロック構造 (気中)
		II	9.4	6.4	5.6	17.4		
		III	14.9	5.7	4.0	14.2		
		IV	12.6	5.6	4.0	16.6		
⑫	40.1	I	14.3	8.9	7.8	9.1	16.8	一体構造 (気中)
		II	11.7	8.0	6.9	13.5		
		III	17.6	8.7	5.1	8.7		
		IV	14.9	7.1	4.7	13.4		
⑬	39.1	I	11.7	5.9	6.3	15.2	17.5	ブロック構造 (気中)
		II	9.5	6.4	5.8	17.4		
		III	15.1	5.7	4.2	14.1		
		IV	12.7	5.6	4.1	16.7		
⑭	38.2	I	14.1	8.1	4.8	11.2	9.6	ブロック構造 (気中)
		II	11.4	9.1	4.5	13.2		
		III	20.4	7.6	2.0	8.2		
		IV	17.6	7.9	2.3	10.4		
⑮	77.4	I	23.2	5.9	11.5	36.8	37.2	ブロック構造 (気中)
		II	18.8	6.4	10.3	41.9		
		III	29.9	5.7	7.9	33.9		
		IV	25.2	5.6	7.6	39.0		

(注) I：“A方法”による実験値を用いた計算値
II：“A方法”による示方書の値を用いた計算値
III：“B方法”による実験値を用いた計算値
IV：“B方法”による示方書の値を用いた計算値

5. おわりに

本実験では試験体を製作してから約2年間放置し、約500日間のクリープひずみや乾燥収縮ひずみのデータを測定し⁶⁾、測定データや示方書の値をもとにした残留プレストレス量の計算値と加力実験結果の比較を行なった。なお、本実験ではできるだけ多くのケースを検討するために1ケースに1試験体という実験であった。従って、実験値のバラツキについては十分検討できなかったが実験結果をまとめると次のようになる。

- 1) 本合成構造のクリープおよび乾燥収縮による拘束応力損失は、ChichokiやSontagの解法にもとづく計算式により比較的簡単に算定できる。
- 2) クリープおよび乾燥収縮に対する示方書の値は、本合成構造のような特殊な構造についても応力損失の算定において構造物の応力状態を比較的良好に再現できる。
- 3) 水中養生における本合成構造の応力損失を算定する場合、乾燥収縮量を0(ゼロ)として解析して良いと考えられる。

参 考 文 献

1) PBS協会：PBS工法「設計・施工マニュアル」
2) 橘 善雄：連続合成桁橋、理工図書 1966
3) 日本道路協会：道路橋示方書 II鋼橋編、1990
4) 土木学会：コンクリート標準示方書
5) 向井 毅：鉄筋で拘束されたコンクリートの乾燥収縮およびき裂に関する検討、コンクリートジャーナル Vol.8, No.11 Nov.1970
6) 栗原 安男 他：プレストレスを導入した合成構造の乾燥収縮・クリープによる応力変化の研究、コンクリート工学論文集、Vol.2, No.2, 1991.7