

清水建設(株) 正員 ○國島 正彦

〃 〃 松本 孝

〃 〃 岡田 武二

1. はじめに

コンクリートの基本的性質の1つであるクリープ特性について、低温下における挙動を明らかにした実験資料は少ない。そこで、温度が、 -30°C 、 -10°C 、 20°C の場合の一軸圧縮クリープ試験を行ない、さらに温度勾配と荷重の作用したPCはりの変形およびモーメントの経時変化を実験的に求めた。そして、実際の構造物への適用を検討するために、一軸圧縮クリープ試験結果を用いてクリープ解析を行ない、PCはりの実験結果と比較検討した。本研究を行なうに際し、有益な御助言と御示唆を頂いた、東京大学助教授岡村甫先生に厚く御礼申し上げます。

2. 使用材料および試験方法

コンクリートの配合は、表-1に示す通りである。セメントは普通ポルトランドセメント、骨材は富士産の川砂利(最大寸法25mm比重2.63、 $FM=6.93$)および川砂(比重2.61、 $FM=2.97$)を使用した。

一軸圧縮クリープ試験は、 $15 \times 15 \times 55 \text{ cm}$ の供試体(低温用ひずみ計を埋込んだ)を、重鉤式荷重装置に3個セットし、載荷応力度約 100 kg/cm^2 の条件で行なった。枕令75日まで水中養生(20°C)した供試体を直ちにシールし、所定の温度(-30°C 、 -10°C)まで冷却した後載荷した。載荷後約3ヶ月で一旦除荷し、クリープ回復を測定すると共に、同様の温度履歴をうけた供試体を再び載荷した。

PCはりの実験は、 $20 \times 20 \times 380 \text{ cm}$ の試験体($\phi 17 \text{ mm}$ PC鋼棒2本によって、約 60 kg/cm^2 のプレストレスを軸方向に与えた)を -10°C の大型冷凍庫内に設置し、側面に断熱板を設け、中央部底面 220 cm の区間に、 -40°C の冷凍庫をとりつけ、約10時間で、 $12 \sim 13^{\circ}\text{C}$ の温度勾配(コンクリート温度、表面 -17°C 、底面 -30°C)を与えて行なった。はりの端部にはH型钢を剛結し、図-2に示すように $\phi 9.2 \text{ mm}$ PC鋼棒を緊張して、はりにモーメントを作用させた。2個の試験体のうち、一つは、はりに生ずる曲げ変形を打消すようにモーメントを与え、他の一つは、一定のモーメントを持続させ、はりのたわみ変化を求めた^{註1)}。

3. コンクリートの力学的特性; 表-2に示す通りである。

4. 一軸圧縮クリープ試験結果

クリープおよびクリープ回復と載荷後の枕令との関係を整理すると、表-3および図-3に示す通りである。低温下のクリープは、 20°C の場合にくらべて小さく、載荷後1日では、約70%、10日では約60%、90日では約50%となり、載荷時間が長くなるほど 20°C の場合に対する比率は小さくなる傾向が認められた。 -30°C のクリープは -10°C の場合より幾分小さいが、大差はなく、クリープ係数について整理すると本実験の範囲内では、次式が得られた。

表-1 コンクリートの配合

W/C	S/a	W	C	S	G
43%	39%	153	355	720	1135

スランピング15cm Air 4.5% ポグリス No.8 (kg/m^3)

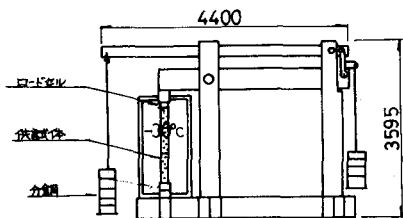


Fig-1 一軸圧縮クリープ試験装置

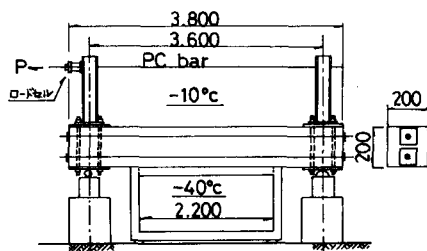


Fig-2 PCはり試験装置

表-2 コンクリートの力学的特性

枕令	$O_{20}=440$ $O_{91}=499$ (kg/cm ²)			(kg/cm ²)		
	75日	155日		75日	155日	
温度	20°C	-10°C	-30°C	20°C	-10°C	-30°C
σ_c	518	701	914	537	697	911
$E_c \times 10^4$	311	318	372	323	334	376

含水率 約4.4%

$$Q(t) = 0.086 \log t + 0.019 \quad (1)$$

但し t : 載荷後の枚令(時間)

クリープ回復は、はっきりしたことは不明であるが、除荷後10日の -10°C の場合は、 20°C の場合の約70%と小さくなった。

約3ヶ月間低温で養生した供試体のクリープ特性は、力学的特性(表-2参照)と同様に、冷却直後に試験した場合と大差ないという当然の結果が得られた。

5. 温度勾配および荷重を与えたPC部材のクリープ特性

クリープ解析の手法は、簡単のため有効

弾性係数法を用いた。計算にあたっては、1) $-10^{\circ}\text{C} \sim -30^{\circ}\text{C}$ の範囲で(1)式が成立 2)弾性係数は一定; $E_c = 350000 \text{ kg/cm}^2$ と仮定した。実験値と計算値(弾性解析およびクリープ解析)を整理すると、図-4および図-5に示す通りである。変形を打消すためのモーメントは、クリープの影響で、約80%に低減することなど、一軸圧縮クリープ試験結果から得た実験式を用いて、温度勾配および荷重の作用したPC部材のクリープ特性を、ほぼ推定できることが示された。したがって、低温下では、 20°C の場合よりクリープが小さくなることを考慮する必要がある。しかし、 -10°C と -30°C とにおけるクリープ特性の差異はないものとしても大きな誤まりはないと考えられる。

6. おわりに

比較的含水量の大きなコンクリートを、枚令75日以降で冷却した後、載荷したクリープ試験結果の範囲内で次のことがいえるものと思われる。

1) -10°C および -30°C の場合のクリープは、 20°C の場合に較べて小さく、載荷後1日で約70%、3ヶ月で約50%となる。 -10°C の場合より -30°C の場合のクリープは、線分小さいが大差はない。

2) -10°C から -30°C の範囲で、一定の温度勾配のあるPCはりのクリープ特性を、一軸圧縮クリープ試験結果から得た(1)式を用いた簡単な方法で推定できた。したがって、この温度範囲で、一定の温度勾配が作用するPC部材のクリープによる温度応力の緩和を検討する場合には、クリープが常温の場合より小さくなることを考慮すれば、温度が異なる影響を無視して簡単に取扱っても大きな誤まりはないものと思われる。

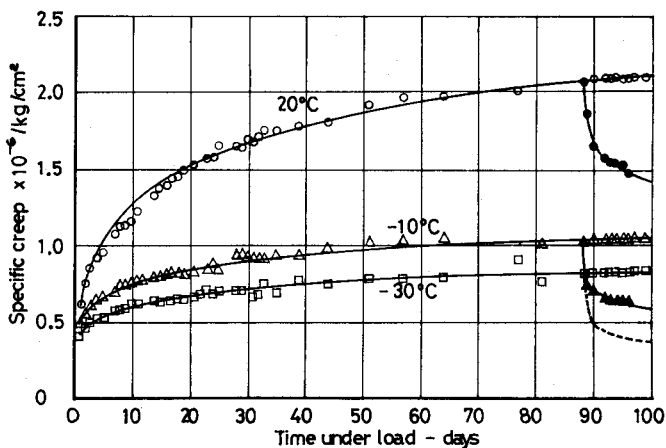


Fig-3 一軸圧縮クリープ試験結果

表-3 クリープ率-温度関係

温度	弾性係数 E_c	載荷後の枚令 (日)					弾性係数 E_c	載荷後の枚令 (日)	
		1	10	28	81			1	10
		ϵ_c	ϵ_c	ϵ_c	ϵ_c			ϵ_c	ϵ_c
20°C	3.36	0.62	1.16	1.65	2.11	3.22	0.50	1.04	
		ϕ 0.19	0.35	0.49	0.63		ϕ 0.16	0.32	
-10°C	3.27	0.48	0.75	0.94	1.14	3.09	0.43	0.69	
		ϕ 0.15	0.23	0.27	0.35		ϕ 0.14	0.23	
-30°C	2.87	0.41	0.62	0.70	0.89	2.78	0.42	0.69	
		ϕ 0.14	0.21	0.24	0.31		ϕ 0.14	0.24	

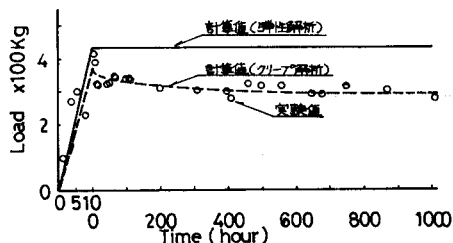


Fig-4 拘束モーメント(Pe)の変化

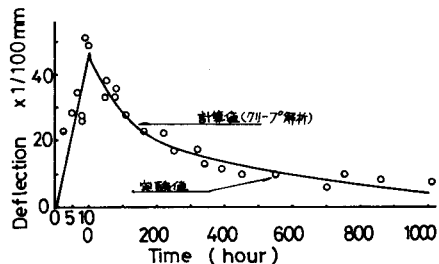


Fig-5 はりのたわみ変化

註1) 試験方法について、電力中央研究所主査研究員青柳征夫博士から御助言を頂きましたことを深く感謝致します。