

電力中央研究所 正会員 ○ 久 沼 博 志
電力中央研究所 正会員 青 柳 征 夫
電力中央研究所 栗 山 武 雄

1 まえがき 地中線シュールドトンネル二次覆工コンクリートのひびわれ防止対策の一つとして二次覆工コンクリートに膨張コンクリートの使用を試みた。また、ひびわれ発生原因である湿度収縮および乾燥収縮がひびわれ発生に及ぼす影響を定量的に把握するために、コンクリートのクリープを考慮に入れた応力解析を実施した。本研究は、このクリープ解析に必要な膨張コンクリートの圧縮クリープ特性を求めたものである。

2 実験の概要 実験に使用したコンクリートは、膨張材を混和した2種類と混和しないもの(設計基準強度 210kg/cm^2)であり、その配合を表-1に示す。配合⑧は収縮補償を、また配合⑨はケミカルプレストレスの導入を目的とした膨張コンクリートである。密封供試体($\phi 15 \times 60\text{cm}$)は、水分の逸散(乾燥収縮)が主にならないように厚さ 0.2mm の銅板製円筒で被覆した。また、ひずみの測定にはカールソン型ひずみ計を用いた。圧縮クリープ試験装置は、長期間にわたってコンクリート供試体に一定の持続荷重を賦与することができるものであり、試験は、載荷材令3日、7日および28日に対してそれぞれ 25kg/cm^2 、 55kg/cm^2 および 77kg/cm^2 の平均載荷応力で試験した。この試験装置は 20°C および 40°C 恒温室に設置されており、供試体温度をそれぞれ $20 \pm 1^\circ\text{C}$ および $40 \pm 1^\circ\text{C}$ の一定温度に制御することができる。

3 実験結果と考察 コンクリートの配合、載荷材令、温度および養生条件を実験パラメータとする載荷6ヶ月後の単位応度当りのクリープひずみを図-1に示す。図中の数字は配合④、載荷材令28日、 20°C および密封条件のクリープを100として表わしたものである。

1) 圧縮クリープに及ぼす載荷材令の影響 密封条件のコンクリートについて載荷材令28日の半年間におけるクリープひずみを基準として、圧縮クリープに及ぼす載荷材令の影響を相対的に表わすと図-2に示すとおりである。(a)実験に供した3種類のコンクリートとも若材令ほどクリープが大きかった。

表-1 コンクリートの示方配合

記号	粗骨材の最大寸法 (mm)	スランパの範囲 (%)	空気量の範囲 (%)	水結合比 $W/(C+E)$ (%)	細骨材率 S/a (%)	単位量 (kg/m ³)						混和材料
						水	セメント	粗骨材	細骨材	膨脹材	減水剤	
						W	C	S	G			
④	20	17 ± 2.5	5.5 ± 1	63.0	46.5	188	299	795	925			ポリス5L #303:2A
⑧	20	17 ± 2.5	5.5 ± 1	61.8	46.5	185	269	796	927	CSA100R 30		ポリス5L #303:2A
⑨	20	17 ± 2.5	5.5 ± 1	44.0	44.0	187	370	707	910	CSA #20 55		ポリス5L #303:15A

表-2 実験条件

配合	載荷材令 (日)	温度($^\circ\text{C}$)	載荷応力 (kg/cm^2)	載荷応力 強度	備 考
④	3	20	25	0.26	密封 (0.2mm の銅 管で被覆)
	7		55	0.36	
	28		77	0.31	
⑧	3	20	25	0.22	
	7		55	0.31	
	28		40	0.31	
⑨	3	20	25	0.16	
	7		55	0.29	
	28		77	0.30	
	3	40	25	0.16	水 中 ($\text{R.H. } 90\%$)
	7		55	0.29	
	28		77	0.29	

* 供試体は、各条件に対して載荷用3本である。

(b) 30kg/m^3 の水和熱抑制型膨張材を混和したコンクリートのクリープは普通コンクリートと同程度であった。(c) 55kg/m^3 の膨張材を混和したコンクリートで3日載荷のものは他の配合に比較してクリープが大きかった。これは膨張材を混和したためエトリンガイドの生成によってコンクリートがボラスになったことに因るものと推定される。(d)載荷材令が7日の場合には配合の相異がクリープに及ぼす影響はほとんど認められず、クリープひずみは載荷材令28日の1.5倍程度であった。(e)クリープの材令依存性に関する電中研の実験式、CEB-FIP国際指針、およびZ.P.Bazantの実用算定式と実験結果の比較から、 55kg/m^3 の膨張材を混和したコンクリートの載荷材令3日を除いて、圧縮クリープの材令依存性はCEB-FIP国際指針の値に最も近いことが示された。

2) 圧縮クリープの温度依存性 温度範囲が $20^\circ\text{C} \sim 80^\circ\text{C}$ の場合にはコンクリートが高温にさらされるほどクリープは増大することが既往の研

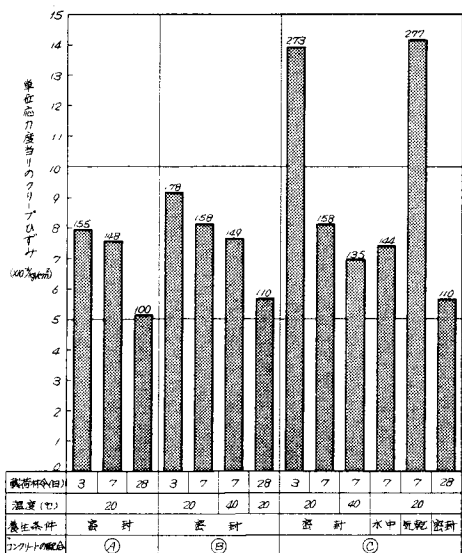


図-1 圧縮クリープと実験条件の関係

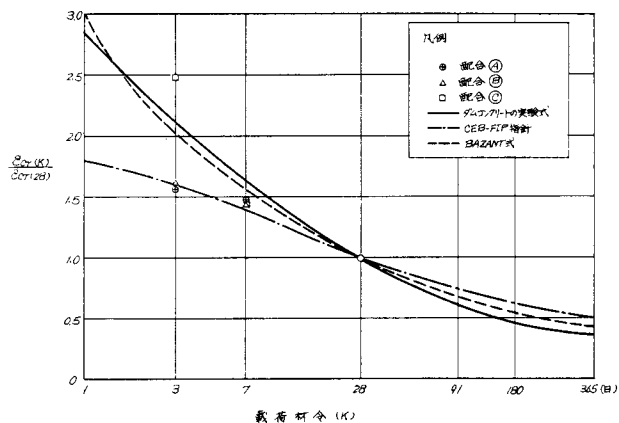


図-2 クリープの材令依存性

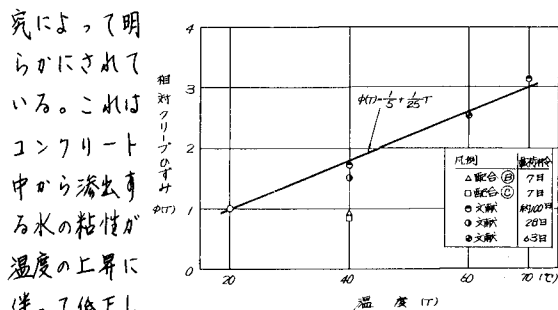


図-3 クリープの温度依存性

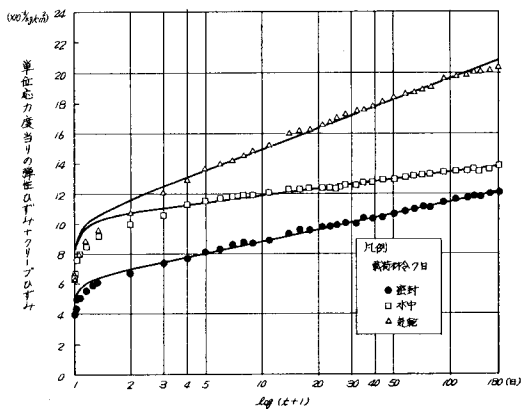


図-4 単位クリープ曲線と養生条件の関係(配合③)

係数の逆数がほぼ温度上昇に伴うクリープ増大量と等しいことから、コンクリート中の水分が移動しやすくなるためであるといわれてきた。コンクリートが若材令の場合を除いて、クリープに及ぼす温度の影響は、図-3に示すように、種々の温度(T)におけるクリープを20℃のクリープに対する相対値で表示した温度関数 $\phi(T)$ によって表わされる。一方、若材令のコンクリートの場合には、クリープに及ぼす温度の影響は二つの側面を持っており、温度の上昇は滲出水の粘性低下によってクリープ速度を増加させると同時に、セメントの水和反応を促進するために材令効果によってクリープ速度を減少させることである。若材令の場合にはとくに後者の影響が顕著であり、そのため温度上昇に因るクリープ増加は少なくなる。図-3から明らかなように、配合②と配合③のコンクリートについて材令5日に40℃に加熱を開始し、材令7日に載荷した場合のクリープは20℃のものとはほとんど同程度であり、わずかに小さい値であった。これは加熱に伴う材令促進効果が顕著に表われたものと考えられる。

3) 圧縮クリープに及ぼす養生条件の影響 配合③のコンクリートに対して銅管密封条件、水中放置条件および気中乾燥条件で得られた単位クリープ曲線を図-4に示す。気乾条件のクリープ実験は温度20℃、相対湿度60%の条件で実施した。密封条件と水中条件では載荷期間が6ヶ月におけるクリープひずみはほとんど同じであるが、密封条件よりも水中条件の方が載荷初期に大きなクリープを生じるという特徴があり、載荷期間が長期に及ぶ場合には相対的に水中条件のクリープが小さくなる。気乾条件のクリープは他の二つの条件の場合よりも著しく大きく、載荷6ヶ月後のクリープは密封条件および水中条件のそれぞれ1.75倍および1.92倍であった。