

V-99 若杉令における膨張コンクリートのクリープ性状

東京工業大学 正会員 長巻重義
東京工業大学 正会員 ○後藤祐司

1. まえがき

最近、膨張コンクリートの各種構造物および工場製品への利用が盛んになり、膨張性混和材の使用量も増大している。それに伴い、膨張コンクリートの諸物性に関する研究も数多く報告されるようになった。著者等もここ数年に亘って、膨張コンクリートの基礎性状について一連の研究を行ない、いくつかの報告を行なったが、今回その一環として、膨張コンクリートのクリープ性状に関する研究を行なった。

普通コンクリートのクリープ試験を行なう場合、一般に応力を与えた供試体の収縮歪(全収縮歪)と、無応力の供試体の収縮歪(乾燥収縮歪)との差を求め、これをフリープ歪と定義している。しかしながら膨張コンクリートの場合、無応力の供試体と応力を与えた供試体との変形性状が全く相違するので、上述の定義を適用することができない。そこで筆者らは、載荷応力の水準を種々変化させて全収縮歪を測定し、各載荷応力に対する全収縮歪をプロットし、この勾配より単位クリープを求め、膨張コンクリートのフリープを定義することと考えた。この方法では、載荷応力と全収縮歪との間に線型関係が成立することが必要である。

膨張コンクリートのフリープは普通コンクリートと異なり、載荷時までの状態に著るしく影響を受けられるので、特に膨張時の拘束状態および膨張性混和材の混入率の相違がフリープ歪に及ぼす影響に主眼を置いて試験を行なった。

2. 試験の概要

(1)使用材料；セメントおよび膨張性混和材はいずれも電気化学工業製のもので、それらの物理成績、および化学成分は1表に示すようであった。骨材は、細骨材(比重2.61, FM 2.70), およ

1表 セメントおよび混和材料の試験成績

セメント及び 混和材料	比 重	粉 末 度		凝 結					召 上 値 (mm)	強 度 (kg/cm ²)					
		比表面積 (cm ² /g)	88μ 残分 (%)	水量 (%)	始発 (時分)	終結 (時分)	温度 (℃)	湿度 (%)		曲 げ			圧 縮		
										3日	7日	28日	3日	7日	28日
電化普通セ	3.16	3220	1.7	25.8	2-43	3-45	20.2	84	258	31.8	49.2	70.4	129	228	417
電化普通セ89% + 膨張性混和材	3.13 (2.95)	3080 (1960)	5.2 (432)	25.8	2-48	3-45	20.0	85	248	19.9	34.9	55.0	101	170	282

注 () 内の数字は膨張性混和材の値

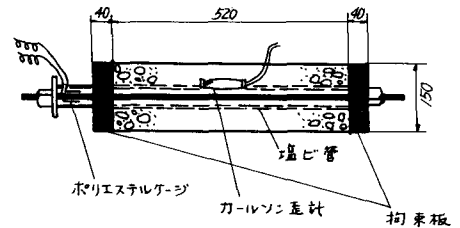
注()内の数字は膨張性混和材の値

セメント及び 混和材料	化 学 成 分 (%)								
	ig. loss	insol	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	total
電化普通セ	0.4	0.2	22.1	5.1	3.1	64.8	1.5	1.7	98.9
膨張性混和材	0.4	1.4	3.3	12.5	1.3	53.0	0.5	27.2	99.6

び粗骨材（比重 2.67, 最大寸法 25mm）とも、富士川産のものを使用した。コンクリートの配合は、目標スランプ 7cm, 目標空気量 4% で、単位セメント・膨張材量 350 kg/m^3 , 水セメント・膨張材比 = 40.5%, $s/a = 31\%$ とした。なお膨張材使用量は、セメントの内割で、0%, 11%, 15%, 17% の 4 種とした。

(2) 試験方法；フリー・プ試験に使用した供試体は、1 図に示すように、 $15 \times 15 \times 53 \text{ cm}$ の梁型供試体である。載荷時の圧縮強度を試験する供試体も、まったく同型の供試体により試験した。コンクリート打設前に、拘束板を塩ビ管の反力を利用して PC 鋼棒で支えておき、この拘束板を型枠の端板としてコンクリートを打設した。この方法によれば、打込み直後から起るコンクリートの膨張も拘束できる。打設後、枚令 1 日で型枠による拘束を取り除くため、型枠側板を取りはずし、更に枚令 2 日で底板を脱型し、それぞれ所定の方法で養生した。即ち、一部の供試体はそのままの状態、また一部の供試体は枚令 2 日までに発生したセルフプレストレスに加え、更に 10 kg/cm^2 の機械的プレストレスを導入した後、それぞれ 20°C の水中で養生した。更に自由膨張供試体として、普通型枠に塩ビ管だけ配置した供試体を、枚令 2 日で脱型し、同様の養生を行なった。その後、枚令 10 日において、拘束供試体は、この時点までに生じているプレストレスを解除した後、又自由膨張供試体はそのまま、それぞれ、20, 40, および 80 kg/cm^2 のプレストレスを導入して載荷を行ない、その後 20°C の水中でクリープ歪の測定を開始した。

1 図 試験に使用した供試体



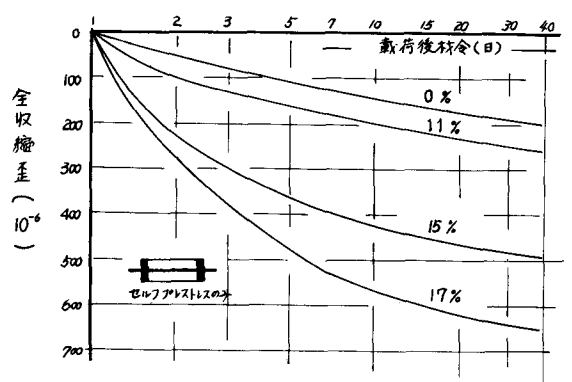
2 図 膨張材混入率の相違が全収縮歪に及ぼす影響

— 80 kg/cm^2 のプレストレスで載荷したもの —

3. 試験結果および考察

2 図は、膨張材の混入率の相違が、全収縮歪に及ぼす影響を示した一例であり、枚令 10 日までセルフプレストレスが載荷され、その後、載荷応力 80 kg/cm^2 が保持された場合を示した。この図によれば、載荷後の枚令は、いまだ 40 日と短期間であるが、混入率の増加に伴い、著るしく全収縮歪が増加していることが認められる。更にこの図を詳細に検討すると、各膨張材混入率に対する全収縮歪の相違は、枚令の初期において著るしいが、枚令が経過するにつれ、全収縮歪の増加の割合は、いずれの混入率の場合でも、ほぼ一定の値を示している。

3 図は、載荷応力の相違が全収縮歪に及ぼす影響を各混入率ごとにプロットしたもので、載荷後枚令 30 日のものが示してある。この図によれば、載荷応力と全収縮歪の間には、混入率 17% 以外は直線関係を見出すことができた。更にこの直線の傾きが、混入率の増加に伴い大きくなっているこ



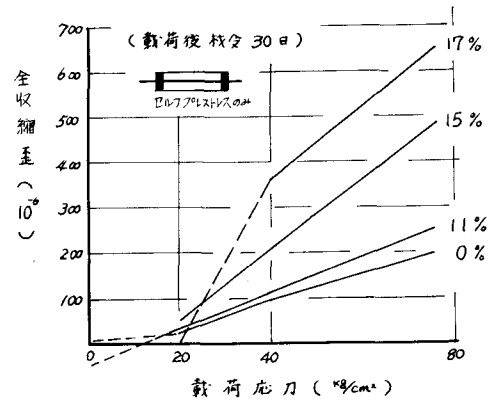
とも認められる。このように載荷応力と全収縮率との間の直線関係を求めることができれば、この直線の勾配より単位応力当りのクリープ率、すなわち単位クリープを求めることができるわけである。

この図の勾配から単位クリープを求めた値、およびそれと載荷時のコンクリートの弾性率で割った値、すなわち検査30日におけるフリープ係数を表に示した。この表には更に、同一応力強度比 ($0.2 \times \sigma_{10}$) に対するフリープ率を同時に示した。この表によれば単位フリープは、混入率 15% の場合、膨張材を混入しないコンクリートに比較しておよそ3倍近い値、又フリープ係数で比較してもおよそ2倍近い値を示している。更に、 $0.2 \times \sigma_{10}$ に対するフリープ率も混入率の増加に伴い、大きくなっており、膨張コンクリートのフリープ率が、普通コンクリートに比較して、かなり大きな値を示すことが認められた。

4 図は載荷時の圧縮強度と、全収縮率との関係と、載荷応力 40 kg/cm^2 および 80 kg/cm^2 の供試体に關して示したものである。どちらの場合も、膨張コンクリートの圧縮強度の低下に伴い、全収縮率が、直線的に増加していることが、明瞭に認められる。したがって、膨張コンクリートのフリープ率は膨張材の混入の多少にかかわらず、その圧縮強度から、ある程度予想できる可能性が示された。

5 図は載荷時までの膨張率が、載荷後の全収縮率に及ぼす影響を示したもので、予想されたように膨張率の増加に伴い、全収縮率は増加しているが、圧縮強度とフリープ率の関係ほどははっきりした直線性は示しておらず、特に膨張量の小さいところで、全収縮率の増加が小さいことが認められる。この理由としては、既往の研究によりある程度以下の膨張量（配合によって異なるが、およそ 500×10^{-6} 程度と思われる）以下では膨張を起しても、圧縮強度は低下しないことが明らかにされており、強度に強く関係すると思われるフリープ率や膨張量の少ないところでは、それほど増加しなかつたものと考えられる。

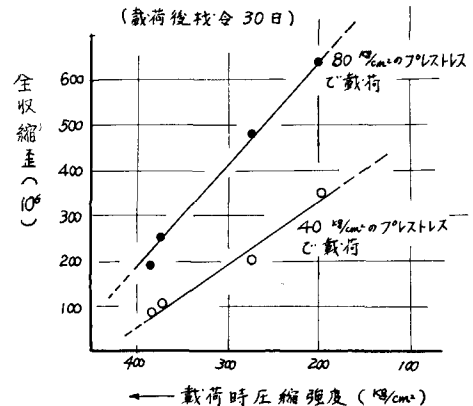
3 図 各膨張材混入率に対する載荷応力と全収縮率の関係



3 表 各混入率に対する、単位フリープ、フリープ係数および $0.2 \sigma_{10}$ におけるフリープ率

混入率	単位フリープ $10^{-6}/\text{kg/cm}^2$	弾性率 $10^{-6}/\text{kg/cm}^2$	フリープ係数 μ_{30}	圧縮強度 kg/cm^2	$0.2 \sigma_{10}$ におけるフリープ率 10^{-6}
0 %	2.5	4.1	0.61	387	194
11 %	3.8	4.6	0.83	373	283
15 %	7.3	5.8	1.26	275	402

4 図 載荷時の圧縮強度が全収縮率に及ぼす影響



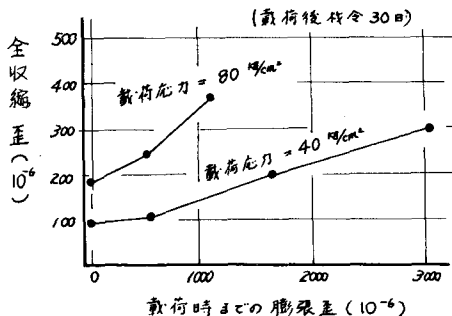
このように4図および5図の結果を合わせて検討すると、膨張コンクリートのフリープは、その圧縮強度への依存性が、非常に大きいことが判明する。

6図の左下に示した模式図は、各拘束状態における膨張性状を表わしたもので、拘束を行なった供試体は、自由膨張させた供試体に比較して著しく膨張量が減少しており、又材令2日にそれまでに生じていたセルフプレストレスに加え 10 kg/cm^2 のプレストレスを導入した供試体の膨張量はセルフプレストレスのみの供試体よりも更に膨張が拘束されて小さくなっている。このように、拘束の程度が大きくなるにつれて膨張量が減少しているが、この減少した膨張量がいわゆるフレクリーフと呼ばれるもので、セルフプレストレスおよび 10 kg/cm^2 のプレストレス等の応力によって、載荷前にすでにフリープが起っていると考えられる。6図はこのような載荷前の拘束状態の相違が載荷後の全収縮率に及ぼす影響の一例を示した図である。この図から、自由膨張させた供試体の全収縮率が他の拘束した供試体に比較して著しく大きくなっていること、および材令2日で 10 kg/cm^2 のプレストレスを加えて、フレクリーフさせた供試体は、セルフプレストレスのみの供試体よりも幾分小さな全収縮率を示していることが認められ、フレクリーフの及ぼす影響の顕著に現われている。

4. あとがき

今回の試験により、膨張コンクリートのフリープ率は、普通コンクリートに比較して、かなり大きいこと、そのフリープ率の増加は、膨張コンクリートの圧縮強度に強く影響されること、および載荷前の拘束状態が、載荷後のフリープ率に及ぼす影響が大きいこと等が認められた。しかしながら、未だ材令も十分に経過しておらず、また養生方法も水中のみであるので、ここに得られた結果をもって、すべての膨張コンクリートのフリープ性状と断定するには問題が残る。今後乾燥条件下に關しても試験を行ない膨張コンクリートのフリープ性状に關して、総合的に検討したいと考えている。

5図 載荷時までの膨張率の相違が載荷後の全収縮率に及ぼす影響



6図 膨張時の拘束状態が載荷後の全収縮率に及ぼす影響の一例

