

# ケミカルプレストレスに及ぼすクリープ損失について

鹿児島大学大学院 学生員 大内田直也

鹿児島大学工学部 学生 一田智徳

鹿児島大学工学部 正会員 松本進

表 1 使用材料

材料		特性
結合材	セメント	早強ポルトランドセメント (密度:3.14g/cm <sup>3</sup> ,比表面積4530cm <sup>2</sup> /g)
	膨張材	エトリンガイト系膨張材(CSA) (密度:2.93g/cm <sup>3</sup> ,比表面積2280cm <sup>2</sup> /g)
細骨材		富士川産川砂 (密度:2.63g/cm <sup>3</sup> ,吸水率:1.93%)
拘束材	短繊維	耐アルカリ性ガラス繊維 (密度:2.7g/cm <sup>3</sup> , 13μm × 19mm)
	鉄筋	ねじ切り鉄筋 8mm × 160mm
混和剤		高性能AE減水剤(ポリカルボン酸系) 増粘剤(メチルセルロース)

## 1.はじめに

これまでに、膨張モルタルの中に拘束材として短繊維を混入することにより、ケミカルプレストレスの導入に関する研究を行ってきた。<sup>1)</sup> しかし、ケミカルプレストレスのクリープ損失に関する研究は少ないことから、本報告はこのクリープ損失に関する実験並び解析結果を示したものである。

## 2.実験概要

### 2-1 実験供試体

表 1 に実験の使用材料、表 2 に配合要因と配合表を示す。

実験用供試体は図 1 に示すようで、40 × 40 × 160mm のモルタルバーを使用した。 、 の拘束供試体においては供試体断面中央に膨張を拘束するため、拘束材として直径 8mm のねじ切り鉄筋及び、繊維長 19mm の耐アルカリ性ガラス短繊維をそれぞれ体積比 1、2、3% を混入した。 においては、ねじ切り鉄筋のみを、

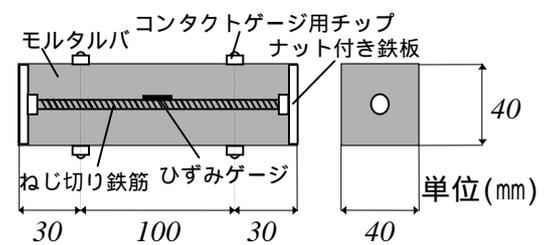


図 1 供試体概要図

は無拘束の供試体である。なお、鋼材の歪および供試体の膨張

量を測定を行った。膨張材混入率はモルタルの自由膨張が約  $2000 \times 10^{-6}$  となる体積比 3.4% とした。打設後水中養生を 7 日間行い、その間の歪変化量を測定した。

なお、モルタルの弾性係数は曲げ試験後の折片を用いて求めた。

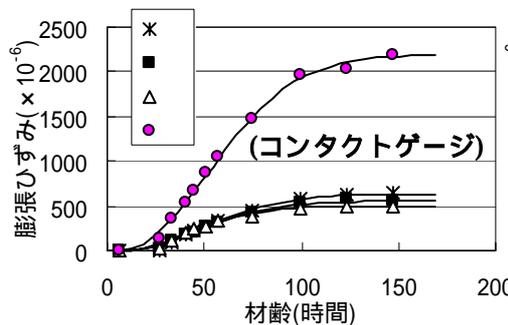


図 2 膨張ひずみ

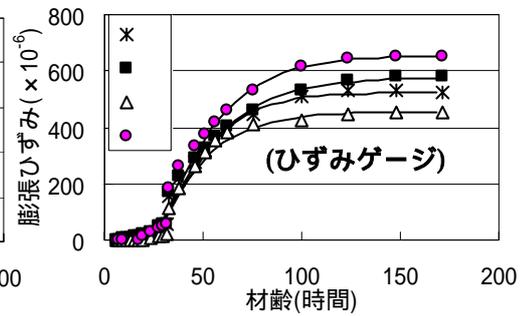


図 3 膨張ひずみ

c	0.1422	0.1562	0.1878	0.2256
d	1.9995	2.0000	1.9995	1.9987

c	0.7142	0.7940	0.7115	0.9000
d	1.1829	1.2454	1.1322	1.1000

## 3.実験結果及び考察

### 3-1 膨張ひずみについて

図 2、3 は膨張ひずみの実測値とその推定(曲線を示す。ここでの膨張ひずみの推定式は次式によって求めた。

$$\epsilon_x(t, t_{fs}) = \epsilon_{ex} [1 - \exp\{-c \cdot (t - t_{fs})^d\}]$$

ここで、 $\epsilon_x(t, t_{fs})$  は膨張ひずみ、 $\epsilon_{ex}$  はモルタルの凝結時間からの最大変化ひずみ量、 $t$  は凝結の終結、 $c$ 、 $d$  は実験定数を示す。

実験により求められた、実験定数等は図 - 2、3 中に示す。

表 2 配合要因と配合表

水 結合材比 W/B(%)	繊維 混入率 VF(vol.%)	膨張材 混入率 VE(vol.%)	単位量(kg/m <sup>3</sup> )							弾性 係数 N/mm <sup>2</sup>	圧縮 強度 N/mm <sup>2</sup>	名称
			水 W	セメント C	膨張材 E	細骨材 S	繊維 F	減水剤 SP	増粘剤 MC			
50	1	3.4	350	700	99.28	997	27	0	0	23150	47.6	
	2					970	54			19800	53.8	
	3					943	81	14	0.9	18327	58.6	
	0					1024	0	0	0	26890	45.0	

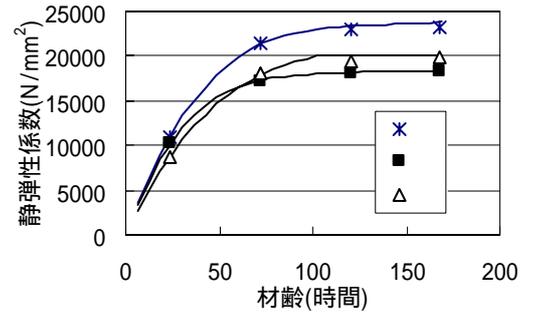
3-2 経時変化による静弾性係数について

一般的に、コンクリートのヤング係数( $E_c$ )は圧縮強度( $f_c$ )の平方根に比例することから材齢( $t$ (日))との関係を次式のように表した。

$$f_c = t / (a + b \cdot t) \cdot c \quad ; \quad E_c = aa \cdot (f_c)$$

ここで、 $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $aa$  実験定数を示す。

図 4 に静弾性係数の実測値と推定値(曲線)を示す。得られた実験定数は同図中に示す。



a	0.500	1.552	0.373
b	0.700	0.592	0.148
c	48.720	42.630	11.414
aa	3465	2918	2279

図 4 静弾性係数

3-3 クリープ係数  $t$  について

クリープの解析は土木学会の実用解法 を参考にした。<sup>2)</sup>

図 5 は鋼材のプレストレス力が  $t_1 \sim t_2$  間に、 $P$  増加した時の平均

変化量  $P_{st1} - P_{st2} = P/2$  となることを示している。この間のモルタルの歪  $c$  および鋼材の歪  $s$  が等しくなるという条件および膨張モルタルの変形の適合条件 (図 - 6 参照) からクリープ係数は以下のようにになる。

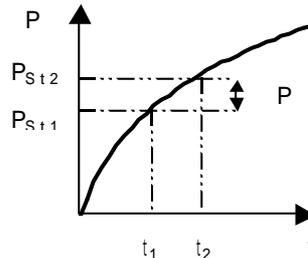


図 5 プレストレス力の変化

$$t = \left( \frac{b - c_{tn} \cdot P / P_{stn} - s_{tn} \cdot P / P_{stn}}{c_{tn} + c_{tn} \cdot P / 2 \cdot 1 / P_{stn}} \right)$$

ここで、 $n$  : 材齢時における 6 時間毎の順番、 $b$  :  $c_{en} - c_{e(n-1)}$  (自由膨張)、 $c_{tn}$  :  $t$  時におけるモルタルの圧縮ひずみ ( $s_{tn} \cdot E_s \cdot A_s) / (A_c \cdot E_{ctn})$ 、 $P_{stn}$  : 材齢時における鉄筋のひずみから求まるプレストレス量、 $s_{tn}$  : 材齢時における鉄筋のひずみ

この式よりクリープ係数を求めたものが図 7 である。図から経時変化に伴うクリープ係数は初期材齢において非常に大きく、材齢が増加するに伴って極めて小さくなることが判る。なお、繊維の拘束による影響は、繊維量が多ければ初期材令時のクリープ係数は大きくなる傾向が見られる。

3-4 ケミカルプレストレスについて

3.3 から、経時変化に伴うクリープ係数が求められたので、ひずみの適合条件から  $b - s = (1 + t) e$  から弾性ひずみを求め、そのときのモルタルの断面積と弾性係数を使って、ケミカルプレストレスを求めた。その結果を図 8 および図 - 9 に示す。当然のことながらケミカルプレストレスは弾性歪と同様に 100 時間程度でピークに達し、その後はほぼ一定であることがわかる。繊維混入量の相違による影響は、明確ではないが、混入量が多いと初期材令時のクリープが大きいため結果としてケミカルプレストレスは小さくなる。一方、繊維の混入量が小さい場合にはその逆になる傾向があるように見えるが、量的な関係は現時点では明らかではない。

4.おわりに

ケミカルプレストレスの損失にかかわるクリープの影響がある程度判明したものの、今後繊維量や膨張材料の影響をさらに明らかにする予定である。

(参考文献)

- 1) 上原尚也, 松本進: 短繊維により拘束したモルタルの膨張特性, コンクリート工学年次論文集, Vol.26, No.1, 2004.7
- 2) 土木学会: プレストレストコンクリート標準示方書, 1979 - 1

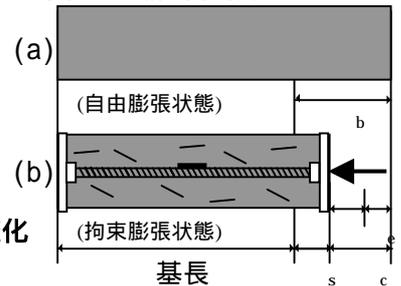


図 6 膨張モルタルの変形

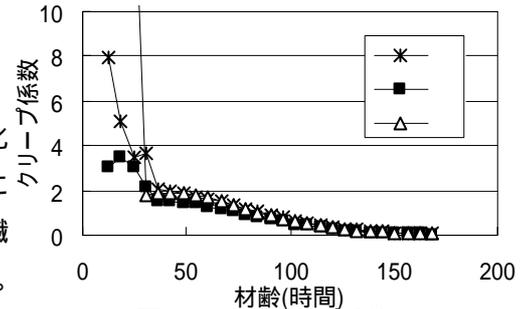


図 7 クリープ係数

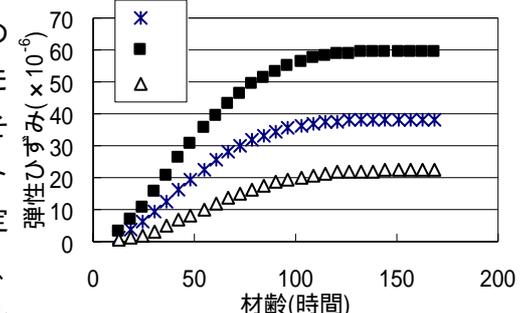


図 8 弾性ひずみ

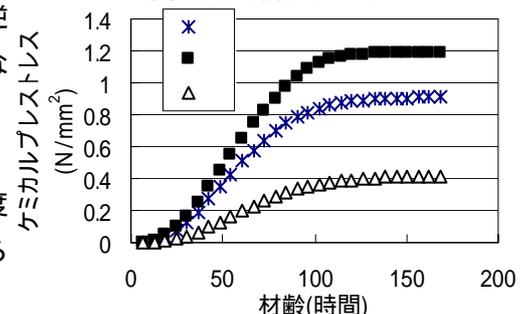


図 9 ケミカルプレストレス