

徳島大学工学部 正 員 荒木謙一
 同 同 戸川一夫
 徳島大学大学院 学生員 ○藤江義郎
 広島県庁 田原克尚

1. まえがき

近年膨張性混和材の膨張特性を積極的に利用する方向として膨張材を添加したコンクリートの膨張を拘束することによってコンクリートにプレストレスを与えるいわゆるケミカルプレストレスコンクリートが考えられ、矢板、ヒューム管など高耐力のケミカルプレストレス製品が実用化の域に達している。この場合、導入されたプレストレス量を正確に算定することが最も問題となり、それにはコンクリートのクリープ特性を知る必要がある。

膨張性混和材（以下 C S A と称す）を添加したコンクリートのクリープは普通のコンクリートにくらべ、膨張作用をおこすエトリンジタイトの強度ならびに剛性がセメントの水和物より弱いため、大きくなることが予想される。その程度は、C S A の添加量、養生方法、導入されるプレストレスおよび導入時の材齢などにより左右されると思われる。本研究は、上記の観点から C S A を添加したコンクリートについて、無添加のコンクリートと対比させながらそのクリープ特性を基礎的に研究しようとしたものである。

表-1. コンクリートの示方配合

配合 No.	粗骨材 最大寸法 (mm)	スランプ 高さ (cm)	空気量 率 (%)	水灰比 (W/A)	単位材料 量 (kg/m ³)	単位重量 (kg/m ³)					単位材料 量 (kg/m ³)
						W	C+M C+S+A	S	G	混和材料 C S A	
I-0	20	2.5	4	4.0	38	133	380	674	1100	—	0.95
I-11	20	2.5	4	4.0	38	133	380	674	1100	41.8	0.95
I-15	20	2.5	4	4.0	38	133	380	674	1100	57.0	0.95
I-17	20	2.5	4	4.0	38	133	380	674	1100	64.6	0.95
II-0-45	20	2.5	4	4.5	39	171	380	682	1088	—	0.95
II-15-45	20	2.5	4	4.5	39	171	380	682	1088	57.0	0.95
II-0-50	20	2.5	4	5.0	40	190	380	688	1017	—	0.95
II-15-50	20	2.5	4	5.0	40	190	380	688	1017	57.0	0.95

2. 実験概要

セメントは普通ポルトランドセメントをもちいた。粗骨材は最大寸法を 20 mm とし徳島県産大麻砂石（硬質砂岩）を、細骨材は吉野川産川砂を使用した。膨張材は C S A（電気化学工業社製）を使用し、A E 減水剤としてボツリス No.

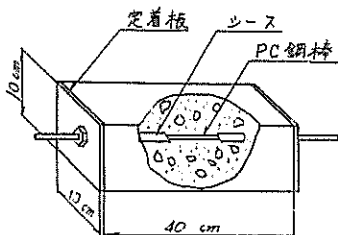
5 LA を使用した。表-1 に各種コンクリートの配合を示す。クリープ供

試体ならびに乾燥収縮測定用供試体の作製には 10 × 10 × 40 cm の鋼製型枠を使用し、その断面中心にあらかじめ φ 14 mm のスースを配置し、スースの中に φ 12 mm（鉄筋比 $\rho = 1.1\%$ ）の鋼棒を挿入してコンクリートを打ち込んだ。また、弾性係数、および圧縮強度試験用供試体の型枠は φ 10 × 20 cm の円柱型枠を使用し、その中心位置に脱型後 φ 11 mm（鉄筋比 $\rho = 1.1\%$ ）の鋼棒を挿入するための φ 12 mm の中空真ちゅう管を配置し、コンクリートを打ち込んだ。各供試体はコンクリート打ち込み後材令 1 日で脱型し、P C 鋼棒をセットしてある供試体の両端部に定着板（10 × 10 × 1.5 cm）を取り付け、ナットで固定した。ナットの締めつけは脱型時の原長を保持する程度におこなった。圧縮強度試験用供試体も同様にナットで膨張を拘束して養

表-2. P C 鋼棒の機械的性質

鋼棒規格 (mm)	直径 (mm)	引張強さ (kg/mm ²)	引張強さ (kg/mm ²)	引張強さ (kg/mm ²)	引張強さ (kg/mm ²)
φ 11	10.10	114.50	14.3	12.9	2.5
φ 12	11.16	138.20	14.2	12.9	2.5

図-1. クリープ測定用供試体



生を開始した。養生はクリープ試験

をおこなう載荷時まで水中養生

(水温 $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{deg}$) とした。所

定の材令に達したなら PC オイル

ジャッキによりその時点の圧縮強

度の約 20 % のワレストレスを導

入し、温度 $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{deg}$ 、湿度 6

0 % の恒湿恒湿室内で空中養生を

おこないクリープ試験を開始した。

なお、乾燥収縮測定用供試体は

載荷時材令までクリープ試験用供

試体とまったく同一の拘束条件で水

中養生し、クリープ実験開始ととも

に PC 鋼棒をぬきとって非載荷の状

態で空中養生し、乾燥収縮を測定し

た。図-1 にクリープ試験用供試体

を示す。鋼材のレラクセーションと

コンクリートのクリープによるワレ

ストレスの減少をなくすため、載荷

時材令からそれぞれ 1, 3, 5, 7, 14, 2

8, 42, 56, 91, に PC ジャッキの荷重調整を初期の持続荷重を常時保

持できるように PC 鋼棒をひきながら荷重調整をおこなった。

3. 本実験結果とその考察

表-3 に本実験結果を示す。

1) CSA 添加量の影響

図-2 に CSA 添加率を変化させた場合の単位応力あたりのクリー

プ量と載荷期間との関係を示す。また、図-3 に推定最終クリープ係

数を示す。CSA を添加したコンクリートは CSA 無添加のコンクリ

ートと比較して材令 257 日の時点で大約 2 倍のクリープ量を示して

いる。なお、CSA 添加率の差によるクリープ量の差異はあまりみら

れなかつた。これは自由膨張する CSA コンクリートとちがい、拘束

された供試体ではコンクリートの内部組織が密になり、強度低下があまりみられなかつたことによる

ものと思われる。この結果は長滝らの報告とほぼ同様の傾向を示している。推定最終クリープ係数に

ついては CSA コンクリートが普通コンクリートの約 2 倍になっている。

2) 載荷時材令の影響

図-4 に単位応力あたりのクリープ量と載荷期間との関係を示す。また、図-5 に推定最終クリ

表-3. クリープ試験結果

項目	CSA 添加率 (%)	水中養生期間 (日)	試験日 (日)	試験圧強 (MPa)	試験圧強 (MPa)	圧縮率 (%)	変入率 (%)	載荷期間 257 日 (日)	載荷期間 257 日 (日)	載荷期間 257 日 (日)	推定最終クリープ係数
0-14	0	14	40	42.8	31.1	510	0.02	5.1	5.1	1.6	1.6
11-14	11	14	40	37.2	34.9	355	71	8.5	2.9	3.0	3.2
15-14	15	14	40	37.9	34.1	330	66	9.0	2.9	3.1	3.3
17-14	17	14	40	37.8	33.6	326	65	8.4	3.0	2.8	3.4
0-3	0	3	40	32.6	29.6	271	54	8.8	3.4	2.6	2.7
15-3	15	3	40	34.2	31.1	269	53	12.7	3.2	4.0	4.0
0-28	0	28	40	31.9	30.5	350	110	4.8	3.3	1.4	1.4
15-28	15	28	40	31.6	31.1	357	87	8.8	3.2	2.7	2.9
0-45-14	0	14	45	35.4	32.2	314	63	6.4	3.1	2.1	2.3
0-50-14	0	14	50	35.1	31.9	290	58	10.0	3.1	3.2	3.2
15-45-14	15	14	45	34.7	35.4	258	52	9.9	2.8	3.5	3.7
15-50-14	15	14	50	34.9	34.1	230	46	14.5	2.9	4.9	4.7

1) 載荷期間 91 日における単位ワレストレス σ_{91} 、および、ワレストレス係数 σ_{91}/σ_{257}
 2) 載荷期間 200 日における単位ワレストレス σ_{200} 、および、ワレストレス係数 $\sigma_{200}/\sigma_{257}$
 ただし、推定最終ワレストレス係数は $\sigma_{257}/\sigma_{200}$ (5: 91-200 日、6: 載荷時のワレストレス係数) を用いて算出された。また、 σ_{200} は推定して最終ワレストレス係数を算出した。

図-2. CSA 添加率を変化させた場合の単位応力あたりのクリープ量と載荷期間との関係

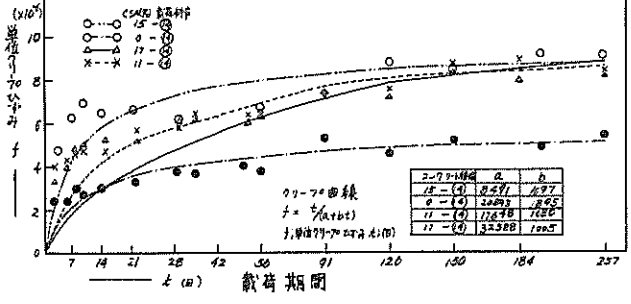
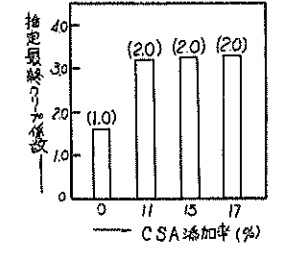


図-3. CSA 添加率と推定最終ワレストレス係数との関係



ただし、() 内の値は CSA 無添加のコンクリートに対する各 CSA コンクリートの最終ワレストレス係数の比を示す。

70係数と載荷時材令との関係を示す。

推定最終クリープ係数と載荷期間との関係は普通コンクリート、CSAコンクリートとと同様の傾向を示す。すなわち、載荷時材令が若いほど推定最終クリープ係数は大きくなっており、材令3日で載荷したコンクリートの推定最終クリープ係数は材令28日で載荷したコンクリートの推定最終クリープ係数に比較し、CSAコンクリートで約1.4倍、普通コンクリートで約1.9倍を示した。

しかし、載荷時材令14日のクリープ係数は28日のクリープ係数よりむしろ大きくなってきている。また、CSAコ

ンクリートと普通コンクリートとの推定最終クリープ係数の比は、載荷時材令3日で約1.5倍、材令14日で約2倍、材令28日で約2倍となっている。載荷時材令が大きくなると両者のクリープ係数の比が大きくなるのは、CSAコンクリートと普通コンクリートとの強度差が若材令ではあまり生じないが、材令がすすむにしたがって強度差があらわれてくることに原因があると思われる。

図-6は推定最終クリープ係数と圧縮強度との関係プロットしたものである。圧縮強度が一定とクリープ係数は小さくなっており、同一圧縮強度においてはCSAコンクリートのクリープ係数は普通コンクリートの約1.5倍程度である。同一強度の場合でもCSAコンクリートのクリープ量が大きくなるということは、エトリンジャーの塑性変形量がセメント水和物の塑性変形量よりも大きいこ

図-4 単位応力あたりのクリープ量と載荷期間との関係

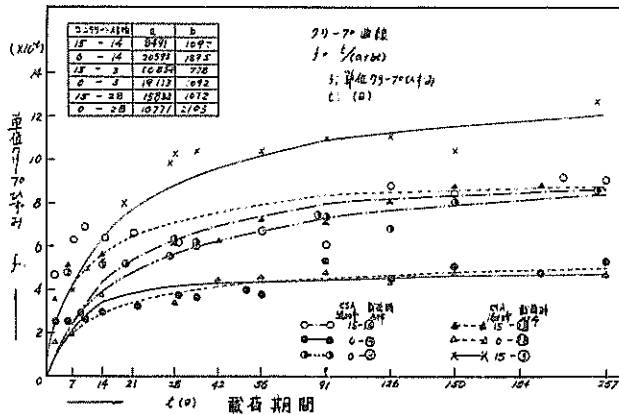


図-5 載荷時材令と推定最終クリープ係数との関係

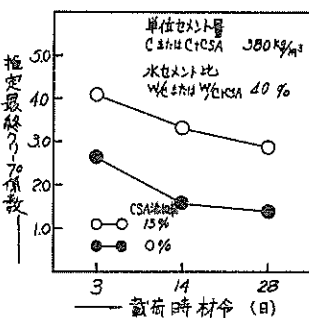


図-6 推定最終クリープ係数と圧縮強度との関係

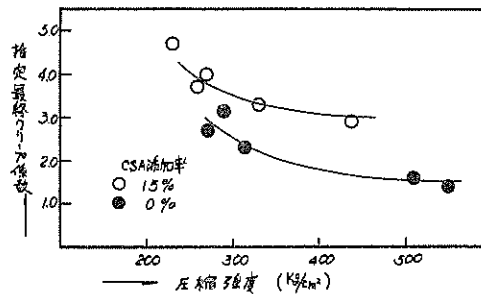
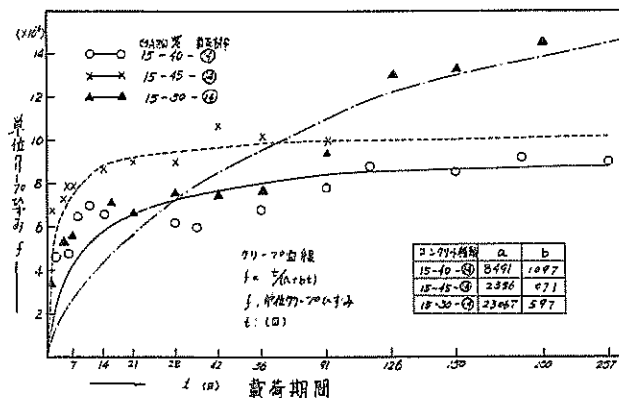


図-7 CSA5%混入コンクリートの単位応力あたりのクリープ量と載荷期間との関係



とを示しているように思われる。

3) 単位水量の影響

図-7と図-8とはそれぞれ普通コンクリートとCSAコンクリートの単位水量を変化させた場合の単位応力あたりのクリープ量と載荷期間との関係を示す。図-9は推定最終クリープ係数と単位水量との関係を示す。CSAコンクリート、普通コンクリートともに単位水量はクリープ量に影響し、単位水量がまきか(水セメント比がスになるが)クリープ量ならびに推定最終クリープ係数は増加している。本実験範囲内では単位水量が10%増加すれば推定最終クリープ係数はCSAコンクリート、普通コンクリートともほぼ0.4程度増加している。単位水量の増加によってほぼ同程度のクリープ量の増大がみられたことは、エトリンジャイトの塑性変形特性がCSAコンクリートのクリープ特性に直接関係していることを示していると考えられる。

4. 総括

CSAコンクリートのクリープは一般にCSA無添加の普通コンクリートよりも大きくなると推定されるが、単位セメント量380 kg/m³、スランプ2.5 cmのかたわリコンクリートを対象とした本実験の範囲内で実験結果を要約するとつぎのようになる。

4. 総括

CSAコンクリートのクリープは一般にCSA無添加の普通コンクリートよりも大きくなると推定されるが、単位セメント量380 kg/m³、スランプ2.5 cmのかたわリコンクリートを対象とした本実験の範囲内で実験結果を要約するとつぎのようになる。

- 1) CSAコンクリートの圧縮クリープ、および、クリープ係数はCSA無添加の普通コンクリートにくらべて大きくなり、同一載荷材令で1.6～2倍の大きさを示した。しかし、CSA添加率の相違によるクリープ係数の差はあまりみられなかった。
- 2) CSAコンクリートの圧縮クリープ、および、クリープ係数は普通コンクリートと同様に載荷時材令が違むにつれて徐々に小さくなり、また、圧縮強度の増加とともに小さくなる。同一圧縮強度の場合、CSAコンクリートの推定最終クリープ係数は普通コンクリートの大約1.5倍を示した。
- 3) CSAコンクリートのクリープ特性はエトリンジャイトの塑性変形特性に直接関係していると考えられる。

5. 参考文献

- 1) 長滝重義ほか「膨張セメントコンクリートのクリープ性状」。

土木学会第25回年次学術講演会講演要 第5部 (1970) P.169～170

図-8. 普通コンクリートの単位応力あたりのクリープ量と載荷期間との関係

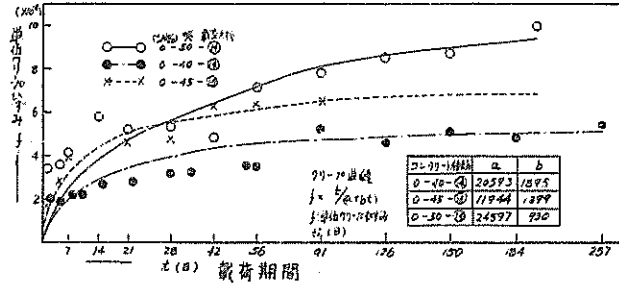


図-9. 推定最終クリープ係数と単位水量との関係

