

軽量コンクリートの乾燥収縮とクリープ

奥 島 正 一*
小 阪 義 夫**
大 井 孝 和*

1. ま え が き

数年前からわが国で試作されていた人工軽量骨材も昨年来商品として市販されるにいたり、われわれも人工軽量骨材コンクリートを用いた建築物に接することができるようになったが、今後この骨材の使用も漸増してゆくものと思われる。

国産人工軽量骨材を用いたコンクリートの物性については各所で研究されているが、筆者らもこの種コンクリートの乾燥収縮ひずみと圧縮クリープひずみの試験を行ってきたので、その結果について述べることにする。この試験に用いた骨材は膨張頁岩を破碎して焼成したものであるが、試験の着手が昭和 38 年であったので、当時は商品として市販されていたものでなく一つの試作品の段階にあった。この点をあらかじめお断りしておきたい。なお、本報告は昨年本誌(Vol. 6, No. 3, 昭 39.6)に中間報告として述べたものを材令 70 週まで継続したものについて述べたものであるが、読者の便をはかり、使用材料、試験体の寸法その他については簡単に再録することとした。

2. 使用材料

a) セメント 普通ポルドラントセメント用いた。その強度は表-1のごとくである。

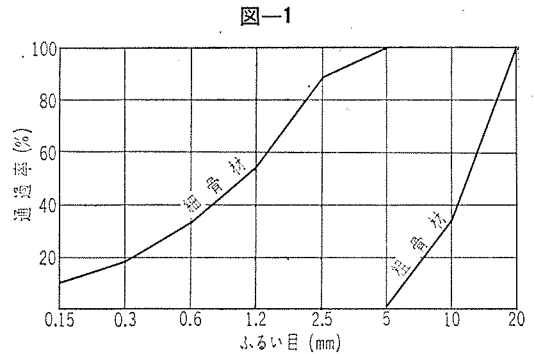
表-1

材 令 (日)	曲げ強度 (kg/cm ²)	圧縮強度 (kg/cm ²)
3	29.7	132
7	46.7	221
28	58.4	409

表-2

骨材種類	比 重	単位容積重量 (t/m ³)	吸水率 (%)
細 骨 材	1.41	0.95	22.4
粗 骨 材	1.23	0.74	11.4

* 大阪大学工学部 ** 名古屋大学工学部



b) 骨 材 粗細骨材とも M 社製のもので、その比重、単位容積重量、24 時間吸水率は表-2のごとくであり、その粒度は図-1のごとくである。

3. 試験体の製作と試験方法

コンクリートの調査は表-3に示すごとく 6 種とした。表にある全水比とはコンクリート練りまぜのときの

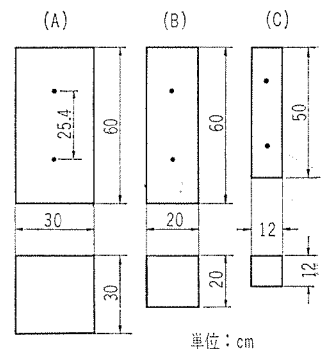
表-3

調査 No.	全水比 (%)	調 合 比				スラップ (cm)	空気量 (%)	生コンクリート比重
		水 (kg)	セメント (kg)	細骨材 (kg)	粗骨材 (kg)			
1	63.5	349	550	439	439	4.6	3.3	1709
2	75.7	352	465	455	455	4.7	2.8	1682
3	87.6	346	395	474	474	11.0	3.5	1640
4	93.2	345	370	460	460	11.3	2.9	1655
5	106.0	355	335	464	464	12.1	3.0	1617
6	122.3	373	305	466	466	16.3	2.4	1606

骨材含水量と投入水量との和とセメント重量との比を示すものである(表-3)。

試験体の形状寸法は図-2のごとくである。乾燥収縮試験は図のごとく 3 種のものについて行なったが、クリープ試験では加力装置のつごうで

図-2



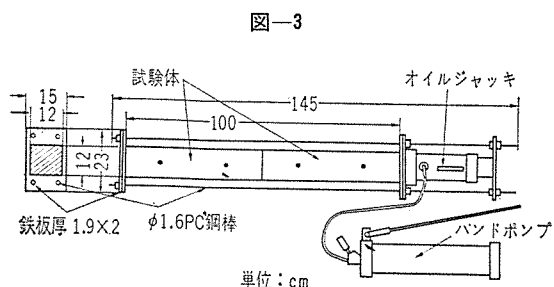
単位: cm

図-2 中の (c) のものについてのみ行なった。

試験体の数は各調合、各寸法についてそれぞれ2本あって、コンクリート打込み後湿布で表面をおおい、材令3日で脱型、ただちにひずみ測定用鋼製プラグを図-2の黒点の位置に埋込んで乾燥収縮ひずみ測定を始めた。なお、コンクリート打込みは昭和38年6月8日、14日、21日の3日にわたって行なった。試験体製作と同時に強度測定用標準試験体を作り、その脱型を角柱試験体と同時にしない、その一部は角柱試験体のそばに静置するとともに他は水中養生を行なって両者ともに材令28日で圧縮試験を行なった。

乾燥収縮試験用の試験体は、筆者の恒温室が狭少のためやむを得ず実験室内におくこととし、床上30cmの位置で直立させた。

クリープ試験用の試験体も乾燥収縮試験体と同様に空中に保存し、材令4週で載荷した。載荷はオイルジャッキによったが、その加力方法は図-3のごとくである。



ひずみの測定は Hugenberger の Setzdehnungsmesser (検長 25.4 cm) を用い試験体の相対する二つの側面で測定して、それらの平均値をその試験体の測定値として、試験体2つの測定値の平均値をもって各調合、各試験体の値とした。ただし乾燥収縮試験開始当初は測定者が不なれのため測定誤差の大きいことが認められたので、若い材令についての再試験を行なった。再試験用試験体は 15×15×53 cm の1種のみとし、材令1日で静かに脱型したのち、材令3日から測定を開始した。ただし試験体の保存方法は前記の試験体と同様にした。

表-4

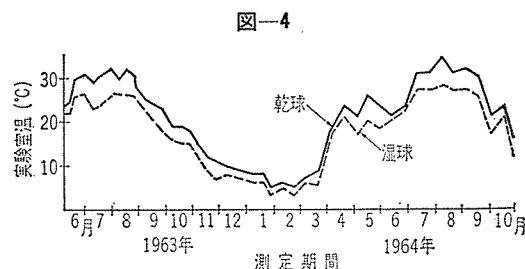
調合 No.	比 重		圧縮強度 (kg/cm ²)		F ^{28/3} 点におけるセカントモデュラス (×10 ⁵ kg/cm ²)		動ヤング係数 (×10 ⁵ kg/cm ²)	
	水中養生	空中養生	水中養生	空中養生	水中養生	空中養生	水中養生	空中養生
1	1707	1679	385	391	1.76	1.60	1.86	1.81
2	1665	1633	321	319	1.67	1.49	1.75	1.69
3	1646	1572	224	227	1.55	1.41	1.56	1.54
4	1640	1558	228	242	1.50	1.15	1.56	1.51
5	1643	1530	193	183	1.28	1.17	1.49	1.39
6	1658	1540	182	195	1.27	1.23	1.46	1.42

4. コンクリート強度

試験体と同時に打込んだ標準試験体の材令28日における比重、圧縮強度、ヤング係数などは表-4のごとくである。表-4によると圧縮強度が、水中養生、空中養生のものでほとんど差がないが、それは空中養生時の日中室温が24~28°C、湿度が約60~70%であったためと思われる。

5. 測定期間中の室温の変化

前にも述べたように乾燥収縮試験体、クリープ試験体は、恒温室が狭少のため、普通の室内に静置させたので、ひずみ測定期間中、その室温および湿度は毎月変化した。室内における乾球、湿球の変化は図-4のごとくである。



6. 乾燥収縮ひずみ測定結果

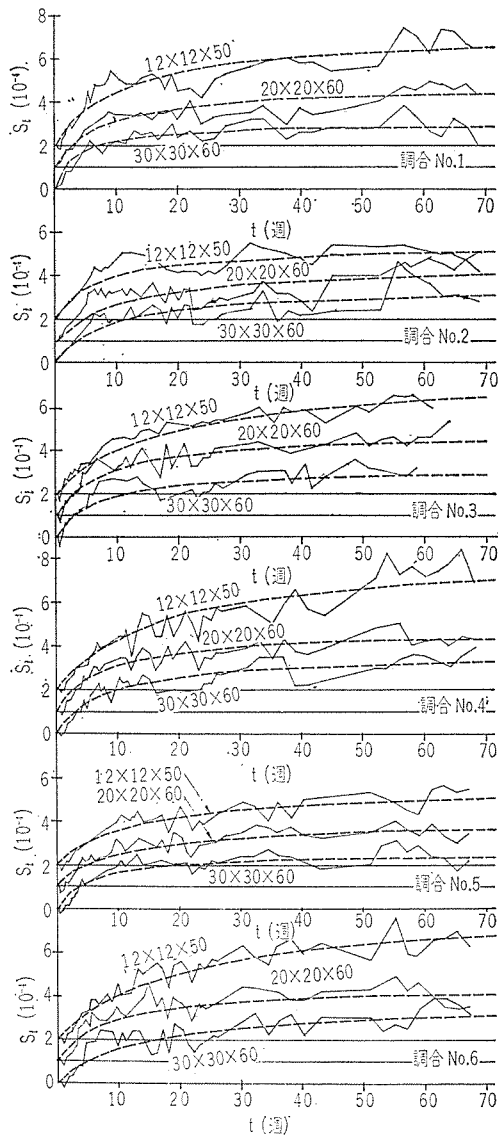
ひずみ測定の期間中室温が変動しているため、測定値を温度20°Cにおける場合に補正することとした。すなわちこのコンクリートの膨張係数を調合No.1~4のものに対しては $0.6 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ 、No.5~6のものに対しては $0.5 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ として(この値の決定に対しては中間報告、本誌Vol.6, No.3, 昭39.6を参照されたい)各測定値を修正した。ただし湿度による膨張係数が不明であるのでこれに対しては修正していない。なお前にことわったように材令9~10週までは3種の断面寸法に対し、15×15cm断面の再試験結果を代用してある。こうして修正した乾燥収縮ひずみと材令の関係を示すと図-5のごとくになる。

いま図-5のひずみと材令の関係をつぎの式(1)で示すこととする。

$$S_t = \frac{t}{A+Bt} \dots (1)$$

ここに S_t : コンクリート材令 t 週における乾燥収縮ひずみ度 (単位 10^{-4})、 t : コンクリートの材令 (単位 週)、 A, B : 各調合、各

図—5



断面寸法について実験値から定まる係数。

図—5 の結果から係数 A, B を求めると 表—5 のようになり、この係数を用いて S_t を式 (1) で計算すると 図—5 中に併記した破線曲線のようにになる。

図—5 をみると乾燥収縮ひずみは断面の大きさによりその進み方が異なる。すなわち、30×30 cm 断面は材令 70 週目までになるとあまり増大しないが、断面がこれより小さくなると材令 70 週目になってもまだ増大の傾向を示している。したがって最終乾燥収縮ひずみ S_n を求めるために実験式 (1) において $t = \infty$ とおいて計算すると S_n の計算値は 表—5 の第 5 欄に示したようになる。この S_n の値をみると断面 12×12 cm のものに結果のやや不確かなものがあると思われるが、概していえば、単位セメント量の多いものの方が単位セメント量の少ないものより、やや最終乾燥収縮ひずみ度が大きいと思われる。しかし単位セメント量の多少よりも最終乾燥収縮ひ

表—5

調査 No.	試験体断面 (cm×cm)	A	B	$S_n \times 10^{-4}$	$S_n \times 10^{-4}$ (前報の値)
1	12×12	2.16	0.194	5.15	4.32
	20×20	2.00	0.270	3.70	3.33
	30×30	1.15	0.335	2.99	3.15
2	12×12	2.03	0.291	3.44	3.08
	20×20	2.93	0.287	3.48	2.38
	30×30	2.39	0.294	3.40	2.84
3	12×12	3.07	0.181	5.53	5.00
	20×20	2.09	0.259	3.86	3.73
	30×30	2.07	0.311	3.22	3.19
4	12×12	2.84	0.159	6.25	6.18
	20×20	2.09	0.274	3.65	4.05
	30×30	2.20	0.276	3.62	3.32
5	12×12	3.60	0.281	3.56	6.55
	20×20	3.44	0.336	2.98	2.96
	30×30	2.16	0.390	2.56	2.57
6	12×12	3.28	0.164	6.10	6.45
	20×20	2.20	0.290	3.45	4.28
	30×30	3.34	0.275	3.64	2.28

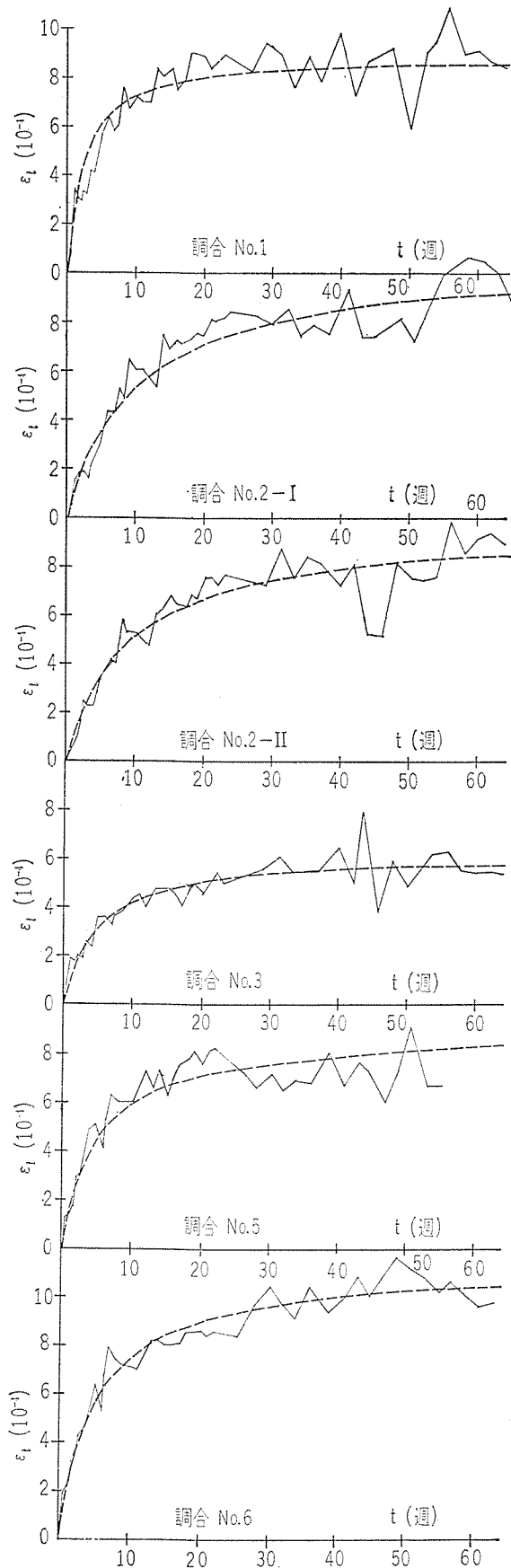
ずみに大きく影響を与えるものは断面の大小いかんであり、この実験では断面 12×12 cm のものは断面 20×20 cm、または 30×30 cm のものに比してかなり収縮ひずみ度が大きいことがわかる。なお参考のために材令約 25 週までの測定値から推定した最終乾燥収縮ひずみ度 S_n (前報に記した値) を 表—5 最終欄に再録してあるが、これらをくらべると材令 25 週目までで求めた値は材令 70 週目まで求めたものに比し幾分相違していたことが分る。

いま普通コンクリートについて行なわれた坂・六車氏¹⁾の結果と比較してみよう。両氏は 28 日強度 292~454 kg/cm² のものについて湿度 80~90% の大気養生の場合で測定した結果、その最終乾燥収縮ひずみ度の推定値は断面 10×10 cm, 20×22 cm, 30×30 cm に対しそれぞれ 4.4~5.0×10⁻⁴, 2.3~2.7×10⁻⁴, 1.8~2.2×10⁻⁴ であると発表した。これに対し本実験の結果は、断面 10×10 cm, 20×20 cm, 30×30 cm に対しそれぞれほぼ 5~6×10⁻⁴(表—5 には 3.5×10⁻⁴ のものもあるが前報告の S_n を参考にしてこの程度と思われる), 3.0~3.9×10⁻⁴, 2.6~3.6×10⁻⁴ 位で普通コンクリートに比し乾燥収縮ひずみ度はいずれの場合もやや大きいことが認められる。

7. クリープひずみ測定結果

クープ試験体は調査 1, 2, 3, 5, 6 について製作し、材令 4 週で載荷した。載荷応力度は空中養生標準試験体の 28 日強度 F_{28} に対し No. 1, 2 では 0.45 F_{28} 、他は 0.33 F_{28} とした。ただし No. 2 についてはさらに 0.33 F_{28} の

図-6



ものについても試験した。No. 2 で $0.45 F_{28}$ 載荷したものを 2-I, $0.33 F_{28}$ 載荷したものを 2-II と記号する。なおそれぞれの場合試験体個数は 2 とし、その測定値の平均値をもって、その場合の測定結果とした。

乾燥収縮ひずみ度を修正したクリープひずみ度の載荷後の時間についての測定結果は図-6のごとくである。この関係をつぎの式(2)で表わすことにする。

$$\epsilon_t = \frac{t}{A_t + B t} \dots\dots\dots(2)$$

ここに ϵ_t : 載荷後 t 週のクリープひずみ度 (単位 10^{-4}), t : 載荷後の時間 (単位 週), A, B : 各調合, 各載荷応力度について実験値から定まる係数。

図-6 の結果から係数 A, B を求めると表-6 のようになり、この係数を用いて ϵ_t を式(2)で計算すると図-6 中に併記した破線曲線のようにになる。図-6 によると載荷後約 65 週でもなおクリープを生じていると思われるので、最終クリープ量を知るために実験式(2)において $t = \infty$ とするとこれより求められる最終クリープ推定値 ϵ_n は表-6 第 5 欄に示したようになる。なお前報で推定した ϵ_n の値も参考のため表-6 最終欄に掲げておいた。この ϵ_n の計算値と載荷時の弾性ひずみ ϵ_s より最終クリープ係数 φ_n を計算してみると表-7 第 4 欄のごとくなり φ_n は調合, 載荷応力度などにより異なるが約 1~2 程度となり、単位セメント量の多いものは少ないものよりも φ_n の値は小さくなることが認められる。

8. む す び

ここでは、頁岩を原料とする人工軽量骨材コンクリートの乾燥収縮ひずみ度とクリープひずみ度に関する試験

表-6

調 合 No.	応力度 (kg/cm ²)	A	B	$\epsilon_n \times 10^{-4}$	$\epsilon_n \times 10^{-4}$ (前報の値)
1	174	0.257	0.112	8.9	11.1
2-I	144	0.917	0.094	10.7	12.9
2-II	106	0.926	0.103	9.7	12.6
3	75	0.814	0.158	6.3	5.7
5	62	0.576	0.112	8.9	9.8
6	62	0.471	0.089	11.3	10.4

表-7

調 合 No.	$\epsilon_s \times 10^{-4}$	$\epsilon_n \times 10^{-4}$	φ_n	φ_n (前報の値)
1	10.4	8.9	0.86	1.06
2-I	9.2	10.7	1.16	1.40
2-II	6.8	9.7	1.43	1.86
3	5.2	6.3	1.21	1.10
5	5.0	8.9	1.78	1.94
6	4.9	11.3	2.31	2.13