

コンクリートの自由収縮量の推定に関する基礎的研究

中西正俊
松本信二
(広島支店)
烏田専右

§ 1. まえがき

コンクリート造構造物にみられるひびわれの発生原因は多いが、その最大の原因の1つはコンクリートの乾燥収縮である。乾燥収縮ひびわれは、壁・スラブ等の薄い部材に多い。これは、部材の大きさによって乾燥速度が異なるため、薄い部材の内部に引張応力が発生し、これがコンクリートの引張強度を超過したためである。

$$S_c = 0.9 \left(\frac{Sp - Sa}{1 + \frac{EaAa}{EpAp}} + Sa \right) \quad \dots(1)$$

$$S_c = \left[Sp - \frac{Sp - Sa}{1 + \frac{2}{3} \left(\frac{1 - 2\mu a}{1 - \mu a} \right) \frac{Ep}{Ea} \cdot \frac{p}{(1 - p - \nu)}} \right] (1 + \nu) \quad \dots(2)$$

$$S_\infty = 2.3 \times 10^{-2} \times \frac{\frac{W}{C} - 0.18h}{\frac{C}{W} + 0.32} \cdot (1 - Va)^2 \cdot \sqrt{1 - \psi} \cdot e^{-0.035 \frac{2V}{S}} \quad \dots(3)$$

(1)式は大野和男氏¹⁾の、(2)式は仕入豊和氏²⁾の、(3)式はH. Hilsdorf氏³⁾の推定式である。さて、一定の環境条件での自由収縮過程を表わす方程式としてはつぎのような3種類が考えられる。

$$S = a(1 - e^{-bt}) \quad \text{または} \quad S = a(1 - e^{-bt^n}) \quad \dots(4)$$

$$S = \frac{t}{a + bt} \quad \dots(5)$$

$$\frac{\partial S}{\partial t} = k \left(\frac{\partial^2 S}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 S}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 S}{\partial z^2} \right) \quad \dots(6)$$

(4)式はA. D. Ross氏⁴⁾、I. Lyse氏^{5), 6)}等によって提案されている実験式で、係数 a は終局収縮ひずみをあらわす。(5)式は日本建築学会のプレストレストコンクリート設計施工規準⁷⁾で採用されている式で、終局収縮ひずみは $1/b$ となる。(6)式はコンクリートの乾燥収縮過程を熱拡散とみなした理論式で、G. Pickett氏^{8), 9)}により基礎的な研究がなされた。この拡散方程式によれば種々の乾燥状態について、任意の乾燥材令 t における、与えられた大きさ $(2a \times 2b \times 2c)$ をもつコンクリート部材

調査によると、このようなひびわれは、通常、コンクリート打設1~3ヵ月後に発生するようである。

このような乾燥収縮ひびわれを防止するためには、終局乾燥収縮ひずみならびに乾燥収縮過程を定量的に把握する必要がある。

コンクリートの終局乾燥収縮ひずみの推定式としてはつぎのようなものがある。

内部の任意の位置 $(x/a, y/b, z/c)$ での収縮ひずみを1つの式で表わすことができる。

§ 2. 目的

本研究では、収縮拡散方程式を工学的に利用することができるかどうかを調べるために、つぎの2点について検討を行なったものである。

- 1) 異なる乾燥面をもつコンクリートおよびモルタルの収縮過程の比較
- 2) 乾燥収縮低減を目的とする混和材を用いたときの収縮過程の比較

コンクリートの乾燥収縮過程を拡散方程式で表示すると、利点のある反面、つぎのような問題点もある。すなわち、コンクリートを均質・等方質な物体とみなすことと、境界条件の決定法等である。

なお、拡散方程式に関する理論は G. Pickett によって体系づけられており、この式の中で用いる拡散係数 k は、コンクリートの乾燥状態およびセメントの水和反応の程度により変化するとされているが、今回は k の経時変化は考慮しない。またセメント水和物の炭酸化による収縮についても考慮していない。

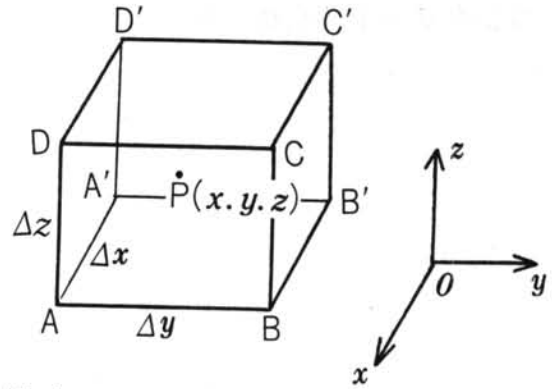


図-1

§ 3. 収縮拡散方程式

3.1 収縮拡散方程式の導入

コンクリートを、均質・等方質な物体として、コンクリート内の1点 $P(x, y, z)$ を中心とする稜の長さ $\Delta x, \Delta y, \Delta z$ の微小直方体を考える。

いま P における湿度を $H(x, y, z, t)$ とすれば、図-1の $ABCD$ 面を通して時間 Δt に直方体に流入する湿気量は湿度こう配

$$\left(\frac{\partial H}{\partial t}\right)_x + \frac{\Delta x}{2}$$

に比例し、

$$\lambda \left(\frac{\partial H}{\partial x}\right)_x + \frac{\Delta x}{2} \Delta y \Delta z \Delta t = \lambda \left(\frac{\partial H}{\partial x} + \frac{\partial^2 H}{\partial x^2} \cdot \frac{\Delta x}{2}\right) \Delta y \Delta z \Delta t \quad \dots(7)$$

で与えられる。ここで λ は透湿率である。また時間 Δt に $A'B'C'D'$ 面を通して流入する湿気量は、

$$-\lambda \left(\frac{\partial H}{\partial x}\right)_x - \frac{\Delta x}{2} \Delta y \Delta z \Delta t = -\lambda \left(\frac{\partial H}{\partial x} - \frac{\partial^2 H}{\partial x^2} \cdot \frac{\Delta x}{2}\right) \Delta y \Delta z \Delta t \quad \dots(8)$$

で与えられる。

故に上記2つの相対する面を通して流入する湿気量の和は、 $\lambda \frac{\partial^2 H}{\partial x^2} \Delta x \Delta y \Delta z \Delta t$ となる。

他の面を通して流入する湿気量も加えて、時間 Δt に直方体 $ABCD A'B'C'D'$ に流入する湿気量の総和は、

$$\lambda \left(\frac{\partial^2 H}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 H}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 H}{\partial z^2}\right) \Delta x \Delta y \Delta z \Delta t \quad \dots(9)$$

となる。この湿気量を得て直方体の湿度は、 $\frac{\partial H}{\partial t} \Delta t$

だけ大きくなる。湿気量の増加が湿度の増加に比例するものとすれば、

$$\frac{\partial H}{\partial t} \Delta t (\Delta x \Delta y \Delta z) = K \left(\frac{\partial^2 H}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 H}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 H}{\partial z^2}\right) \Delta x \Delta y \Delta z \Delta t \quad \dots(10)$$

これから

$$\frac{\partial H}{\partial t} = K \left(\frac{\partial^2 H}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 H}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 H}{\partial z^2}\right) \quad \dots(11)$$

を得る。ここで K は湿度拡散係数である。

一方、コンクリート内部の相対湿度と収縮ひずみとの関係は、相対湿度が40%以上では直線関係にある。

これに関しては、近藤実氏の研究^{10),11)}、原田有氏他の研究^{12),13),14)}がある。近藤実氏の研究によれば、相対湿度と収縮ひずみとの関係は、毛細管張力と残留毛細管水の2つを考慮することによって説明できる。

以上のことから、収縮に関しても湿度に関する式と同様に考え、次式を得る。

$$\frac{\partial S}{\partial t} = k \left(\frac{\partial^2 S}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 S}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 S}{\partial z^2} \right) \quad \dots(12)$$

ここに S : 収縮ひずみ
 t : 時間
 k : 収縮拡散係数

3.2 初期条件および境界条件

コンクリートの寸法を $2a \times 2b \times 2c$ とし、座標の原点を中心にとる。(図-2)

初期条件

$$t = 0 \text{ のとき } S = 0 \quad \dots(13)$$

境界条件

$$x = 0 \text{ のとき } \frac{\partial S}{\partial x} = 0 \quad \dots(14)$$

$$y = 0 \text{ のとき } \frac{\partial S}{\partial y} = 0 \quad \dots(15)$$

$$z = 0 \text{ のとき } \frac{\partial S}{\partial z} = 0 \quad \dots(16)$$

$$x = \pm a \text{ のとき } \frac{\partial S}{\partial x} = \pm \frac{f}{k} (S_{\infty} - S) \quad \dots(17)$$

$$y = \pm b \text{ のとき } \frac{\partial S}{\partial y} = \pm \frac{f}{k} (S_{\infty} - S) \quad \dots(18)$$

$$z = \pm c \text{ のとき } \frac{\partial S}{\partial z} = \pm \frac{f}{k} (S_{\infty} - S) \quad \dots(19)$$

ここに f : 表面係数
 S_{∞} : 終局収縮ひずみ

(17)~(19)は Newton の冷却則に相似させた。

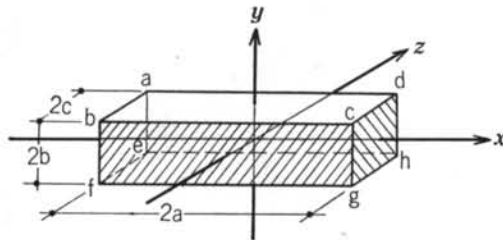


図-2

$$S = \int_0^{\infty} e^{-k\mu^2 t} (C_1 \cos \mu y + C_2 \sin \mu y) d\mu + C_3 y + C_4 \quad \dots(28)$$

よって

$$\frac{\partial S}{\partial y} = \int_0^{\infty} \mu e^{-k\mu^2 t} (-C_1 \sin \mu y + C_2 \cos \mu y) d\mu + C_3 \quad \dots(29)$$

(15)から

$$C_2 \int_0^{\infty} \mu e^{-k\mu^2 t} d\mu + C_3 = 0 \quad \dots(30)$$

3.3 収縮拡散方程式の解

まず2面乾燥の場合から求める。図-2で a, b, c, d 面および e, f, g, h 面のみから乾燥させる場合の基礎方程式はつぎのようになる。

$$\frac{\partial S}{\partial t} = k \frac{\partial^2 S}{\partial y^2} \quad \dots(20)$$

このときの条件式は、(13)、(15)、(18)をとればよい。(20)式の解を

$$S = T(t) \cdot Y(y) \quad \dots(21)$$

とおき、(20)式に代入すると、

$$\frac{T'}{T} = k \frac{Y''}{Y} \quad \dots(22)$$

左辺は T だけの、右辺は Y だけの関数だから、(22)式が成立するためにはそれぞれが定数 $(-k\mu^2)$ と考えられる。故につぎの2つの常微分方程式が得られる。

$$Y'' + \mu^2 Y = 0 \quad \dots(23)$$

$$T' + k\mu^2 T = 0 \quad \dots(24)$$

(23)の一般解は、 C_1, C_2 を定数とすれば、

$$Y = C_1 \cos \mu y + C_2 \sin \mu y \quad \dots(25)$$

(24)の一般解は C_3 を定数とすれば、

$$T = C_3 e^{-k\mu^2 t} \quad \dots(26)$$

したがって(20)の特解は

$$S = T(t) \cdot Y(y) = e^{-k\mu^2 t} (C_1 \cos \mu y + C_2 \sin \mu y) \quad \dots(27)$$

上式で C_3 は C_1, C_2 と同様任意定数であるからこれを C_1, C_2 に含ませた。よって(20)の一般解は上の特解の総和で表わすことができるとともに、 μ の連続性からつぎの積分で表わすことができる。

これが t に関係なく成立するためには,

$$C_2 = 0, C_3 = 0$$

よって(28), (29)はつぎのようになる.

$$S = \int_0^{\infty} C_1 e^{-k\mu^2 t} \cos \mu y d\mu + C_4 \quad \dots(31)$$

$$\frac{\partial S}{\partial y} = - \int_0^{\infty} C_1 \mu e^{-k\mu^2 t} \sin \mu y d\mu \quad \dots(32)$$

(18)から

$$\pm \int_0^{\infty} C_1 \mu e^{-k\mu^2 t} \sin \mu b d\mu = \pm \frac{f}{k} \left(S_{\infty} - \int_0^{\infty} C_1 e^{-k\mu^2 t} \cos \mu b d\mu - C_4 \right) \quad \dots(33)$$

これが t に関係なく成立するためには,

$$C_4 = S_{\infty}$$

$$\mu \tan \mu b = \frac{f}{k} \quad \therefore \mu b \tan \mu b = \frac{f}{k} b$$

ここで

$$\frac{f}{k} b = B, \quad \mu b = \beta, \quad T_b = \frac{kt}{b^2}$$

とおくと, (31)は

$$S = \sum_{n=1}^{\infty} C_1 e^{-\beta_n^2 T_b} \cos \frac{y}{b} \beta_n + S_{\infty} \quad \dots(34)$$

ただし, β_n は $\beta \tan \beta = B$ の n 番目の根である.

(13)から

$$\sum_{n=1}^{\infty} C_1 \cos \frac{y}{b} \beta_n + S_{\infty} = 0 \quad \dots(35)$$

(35)の両辺に

$$\sum_{n=1}^{\infty} \cos \frac{y}{b} \beta_n$$

をかけて, y について $-b$ から b まで積分すると,

$$\int_{-b}^b \sum_{n=1}^{\infty} \left(C_1 \cos^2 \frac{y}{b} \beta_n + S_{\infty} \cos \frac{y}{b} \beta_n \right) dy = 0$$

$$\therefore C_1 = - \frac{\int_{-b}^b S_{\infty} \cos \frac{y}{b} \beta_n dy}{\int_{-b}^b \cos^2 \frac{y}{b} \beta_n dy} = - \frac{2S_{\infty} \cdot \frac{b}{\beta_n} \sin \beta_n}{b \left(\frac{\sin 2\beta_n}{2\beta_n} + 1 \right)}$$

$$= -2S_{\infty} \cdot \frac{\sin \beta_n}{\sin \beta_n \cos \beta_n + \beta_n} \quad \dots(36)$$

これを(34)に代入すると

$$S = S_{\infty} \left(1 - \sum_{n=1}^{\infty} e^{-T_b \beta_n^2} \cdot \frac{\sin \beta_n}{\sin \beta_n \cdot \cos \beta_n + \beta_n} \cdot \cos \frac{y}{b} \beta_n \right) \quad \dots(37)$$

6面乾燥の場合も, x, y, z は関して独立に考えられるから(37)を拡張して, 次の解を得る.

$$S = S_{\infty} \left(1 - \sum_{n=1}^{\infty} e^{-T_a \alpha_n^2} \cdot G \alpha_n \cdot \cos \frac{x}{a} \alpha_n \cdot \sum_{m=1}^{\infty} e^{-T_b \beta_m^2} \cdot G \beta_m \cdot \cos \frac{y}{b} \beta_m \cdot \sum_{l=1}^{\infty} e^{-T_c \gamma_l^2} \cdot G \gamma_l \cdot \cos \frac{z}{c} \gamma_l \right) \quad \dots(38)$$

ただし

$$T_a = \frac{kt}{a^2}, \quad T_b = \frac{kt}{b^2}, \quad T_c = \frac{kt}{c^2}$$

$$G\alpha_n = \frac{\sin\alpha_n}{\sin\alpha_n \cos\alpha_n + \alpha_n}, \quad G\beta_n = \frac{\sin\beta_n}{\sin\beta_n \cos\beta_n + \beta_n}, \quad G\gamma_n = \frac{\sin\gamma_n}{\sin\gamma_n \cos\gamma_n + \gamma_n}$$

$\alpha_n, \beta_n, \gamma_n$ は $\alpha \tan \alpha = A, \beta \tan \beta = B, \gamma \tan \gamma = C$ の n 番目の根とする。

$$A = \frac{f}{k} a, \quad B = \frac{f}{k} b, \quad C = \frac{f}{k} c$$

つぎに、2面乾燥のときの収縮ひずみを S_2 、6面乾燥のときの収縮ひずみを S_6 とする。
試験体全体の平均収縮ひずみを各々 S_{AV2}, S_{AV6} とすると、

$$S_{AV2} = \frac{1}{2b} \int_{-b}^b S_2 dy = S_{\infty} \left(1 - \sum_{n=1}^{\infty} e^{-T_b \beta_n^2} \cdot \frac{G\beta_n}{\beta_n} \cdot \sin\beta_n \right)$$

$$S_{AV6} = \frac{1}{8abc} \int_{-a}^a \int_{-b}^b \int_{-c}^c S_6 dx dy dz$$

$$= S_{\infty} \left(1 - \sum_{n=1}^{\infty} e^{-T_a \alpha_n^2} \cdot \frac{G\alpha_n}{\alpha_n} \cdot \sin\alpha_n \cdot \sum_{m=1}^{\infty} e^{-T_b \beta_m^2} \cdot \frac{G\beta_m}{\beta_m} \cdot \sin\beta_m \cdot \sum_{l=1}^{\infty} e^{-T_c \gamma_l^2} \cdot \frac{G\gamma_l}{\gamma_l} \cdot \sin\gamma_l \right) \quad \dots (40)$$

した。

以下をまとめると表-1のようになる。

§ 4. 実験の計画

4.1 概要

モルタル、コンクリートの試験体を6面乾燥させたとき、2面乾燥させたときでは、乾燥収縮過程がどのようにちがうか、また、モルタル、コンクリートに収縮低減を目的とする混和材を混入したとき、乾燥収縮過程にどのような影響を与えるか、について検討を行なった。

したがって試験体の大きさ、養生条件、乾燥条件はすべて同一とした。

4.2 実験に用いた因子と水準

- a) 乾燥面 6面乾燥, 2面乾燥, 乾燥面なし(全面シール)の3種類とした。全面シールした試験体は、乾燥収縮以外の収縮ひずみを知るためのものである。
- b) 混和材 混和材を入れないもの、 CaO, SO_3 を主成分とした収縮低減材(混和材A)を混入したもの、 Al_2O_3, CaO, SO_3 を主成分とした膨張材(混和材B)を混入したもの、以上の3種類とした。
- c) 調合 コンクリートおよびモルタル各1種類と

要 因	水 準
乾燥面	6面乾燥, 2面乾燥, 全面シール
混和材	なし, 混和材A, 混和材B
調 合	コンクリート, モルタル

表-1 要因ならびに水準

4.3 調合

水セメント比60%とし、表-2に示す調合とした。

4.4 実験に用いた材料

セメント：N社製普通ポルトランドセメント
骨 材：砂利20mm以下, 砂5mm以下
混和材A：セメント量の内割5%使用
混和材B：セメント量の内割11%使用
水：水道水

なお、使用したセメント、混和材の成績表を表-3および表-4に示す。

種別	セメント (kg/m ³)	砂 (kg/m ³)	砂利 (kg/m ³)	水 (kg/m ³)	混和材 A (kg/m ³)	混和材 B (kg/m ³)	W/C %wt	S/A %ol
I	342	881	875	205	—	—	60	50.2
II	325	881	875	205	17	—	60	50.2
III	304	881	875	205	—	38	60	50.2
IV	586	1,172	—	352	—	—	60	—
V	557	1,172	—	352	29	—	60	—
VI	522	1,172	—	352	—	64	60	—

表-2 コンクリートおよびモルタルの割合

比重	粉末度ブレン	凝結			マグネシヤ	無水硫酸	強熱減量	ケイ酸三石灰	アルミン酸三石灰
		水量	始発	終結					
3.14	3200cm ³ /g	26.8%	2:08	3:20	1.1%	1.9%	0.8%	49%	9%
フロー値	曲げ強さ (kg/cm ²)			圧縮強さ (kg/cm ²)					
	3日	7日	28日	3日	7日	28日			
24mm	30.1	47.2	67.6	126	225	412			

表-3 セメント成績表(製造者の報告による)

	lg・Loss	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	計
混和材A	20.4	1.4	1.1	0.2	48.8	1.2	26.7	99.8
混和材B	0.5	1.7	12.2	0.6	48.8	3.3	32.2	99.3

表-4 混和材の成分表(製造者の報告による)

4.5 試験方法

試験体の寸法は10cm×10cm×40cmとした。くり返し回数2回とし、合計36個の試験体を作成した。

型わくは測定計器取付の便宜上木製(12mm厚合板)とした。コンクリート打込みの翌日脱型し、6日間水中養生を行なった。材令7日で水中から出し、シールすべき面はパラフィンでシールしてから、21±3℃、45±5%R。

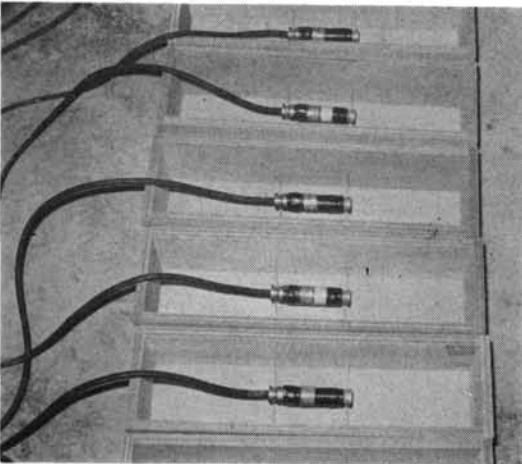


写真-1

H. の恒温恒湿室へ入れた。

収縮ひずみの測定は、試験体の中心部に検長10cmのカールソン型ひずみ計(共和電業KK製)を入れて行なった。

また、参考値として表面のひずみを、検長300mmのコンタクト・ストレインゲージで測定した。

2面乾燥の試験体は、図-3のa, b, c, d面およびe, f, g, h面のみを乾燥させ、他の4面はシールした。

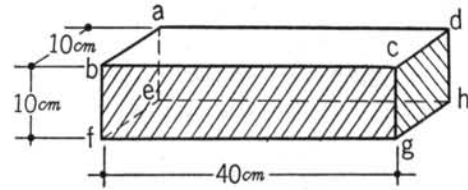


図-3

§ 5. 実験の結果

標準養生を行なった試験体の圧縮強度試験の結果を表-5に示す。

カールソンひずみ計による試験体中央部の収縮ひずみの測定結果を図-4~9に示す。これらはいずれも試験体2個の平均値である。

種別	1週(kg/cm ²)				4週(kg/cm ²)			
	1	2	3	平均	1	2	3	平均
I	211	215	199	208	324	245	356	308
II	197	203	198	199	290	310	313	304
III	202	188	201	197	306	297	287	297
IV	192	166	173	177	288	254	265	269
V	186	183	194	188	281	277	292	287
VI	154	170	161	162	238	260	247	248

表-5 圧縮強度

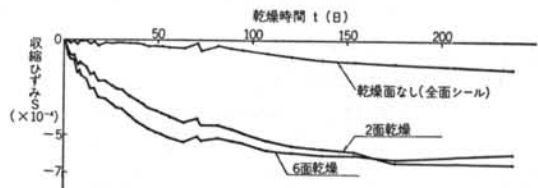


図-4 (I; コンクリート, 混和材なし)の収縮ひずみ測定結果

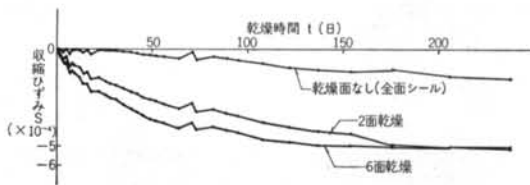


図-5 (II; コンクリート, 混和材A) の収縮ひずみ測定結果

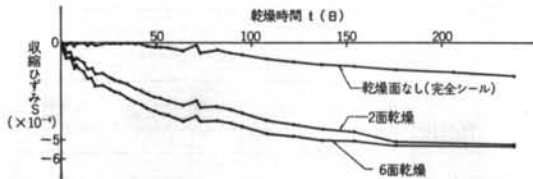


図-6 (III; コンクリート, 混和材B) の収縮ひずみ測定結果

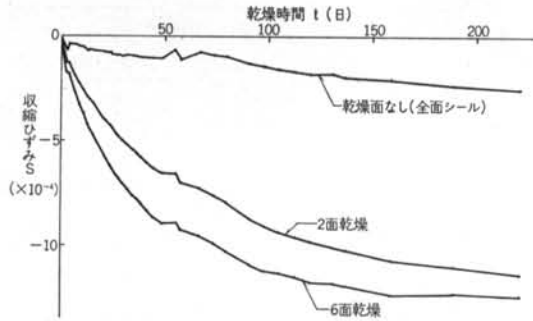


図-7 (IV; モルタル, 混和材なし) の収縮ひずみ測定結果

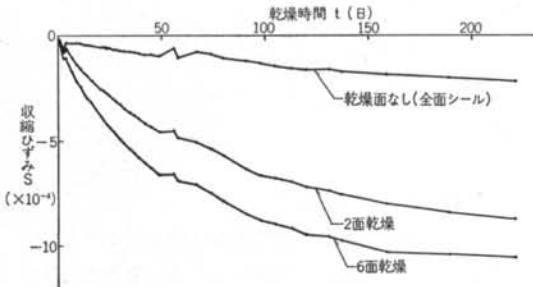


図-8 (V; モルタル, 混和材A) の収縮ひずみ測定結果



図-9 (VI; モルタル, 混和材B) の収縮ひずみ測定結果

§ 6. 実験結果の解析

6.1 拡散方程式による理論値の計算

(39)式および(40)式で, $a : b : c = 4 : 1 : 1$ とおき, IBM1620により数値計算を行なった. 計算を行なった範囲は

$$0.1 \leq A = \frac{f}{k} a \leq 30.0$$

$$0.005 \leq Ta = \frac{k}{a^2} t \leq 10.0$$

である. 計算の結果のうち $A=0.1, 1.0, 10.0$ の場合を表-6, 7, 8および図-10, 11, 12に示す.

また計算を行なった FORTRAN によるプログラムを表-9, 10に示す.

A	B	C	TA	TB	TC	SAV6	SAV2	SAV6-SAV2
1.0000	0.2500	0.2500	0.0500	0.0500	0.0500	0.00667	0.01188	-0.00521
1.0000	0.2500	0.2500	0.0700	0.11200	0.11200	0.00623	0.02776	-0.02153
1.0000	0.2500	0.2500	0.1000	0.16000	0.16000	0.00581	0.05357	-0.04776
1.0000	0.2500	0.2500	0.1500	0.25000	0.25000	0.01332	0.08398	-0.07066
1.0000	0.2500	0.2500	0.2000	0.32000	0.32000	0.01771	0.10791	-0.09020
1.0000	0.2500	0.2500	0.3000	0.48000	0.48000	0.02663	0.15188	-0.12525
1.0000	0.2500	0.2500	0.4000	0.64000	0.64000	0.03308	0.19378	-0.16070
1.0000	0.2500	0.2500	0.5000	0.80000	0.80000	0.03868	0.23365	-0.19497
1.0000	0.2500	0.2500	0.6000	0.96000	0.96000	0.04313	0.27153	-0.22840
1.0000	0.2500	0.2500	0.7000	1.12000	1.12000	0.04656	0.30749	-0.26093
1.0000	0.2500	0.2500	0.8000	1.28000	1.28000	0.04897	0.34128	-0.29231
1.0000	0.2500	0.2500	0.9000	1.44000	1.44000	0.05113	0.37300	-0.32187
1.0000	0.2500	0.2500	1.0000	1.60000	1.60000	0.05312	0.40369	-0.35057
1.0000	0.2500	0.2500	1.5000	2.40000	2.40000	0.07216	0.57778	-0.50562
1.0000	0.2500	0.2500	2.0000	3.20000	3.20000	0.08325	0.72828	-0.64503
1.0000	0.2500	0.2500	3.0000	4.80000	4.80000	0.10431	1.12321	-1.01890
1.0000	0.2500	0.2500	4.0000	6.40000	6.40000	0.12537	1.51992	-1.39455
1.0000	0.2500	0.2500	5.0000	8.00000	8.00000	0.14644	1.91841	-1.77197
1.0000	0.2500	0.2500	6.0000	9.60000	9.60000	0.16751	2.31868	-2.15117
1.0000	0.2500	0.2500	7.0000	11.20000	11.20000	0.18858	2.72073	-2.53215
1.0000	0.2500	0.2500	8.0000	12.80000	12.80000	0.20965	3.12456	-2.91491
1.0000	0.2500	0.2500	9.0000	14.40000	14.40000	0.23072	3.53017	-3.29945
1.0000	0.2500	0.2500	10.0000	16.00000	16.00000	0.25179	3.93756	-3.68577

表-6

A	B	C	TA	TB	TC	SAV6	SAV2	SAV6-SAV2
1.0000	0.2500	0.2500	0.0500	0.0500	0.0500	0.0217	0.1838	-0.1621
1.0000	0.2500	0.2500	0.0700	0.11200	0.11200	0.0221	0.2433	-0.2212
1.0000	0.2500	0.2500	0.1000	0.16000	0.16000	0.0225	0.3117	-0.2892
1.0000	0.2500	0.2500	0.1500	0.25000	0.25000	0.0230	0.3888	-0.3658
1.0000	0.2500	0.2500	0.2000	0.32000	0.32000	0.0235	0.4722	-0.4487
1.0000	0.2500	0.2500	0.3000	0.48000	0.48000	0.0240	0.5613	-0.5373
1.0000	0.2500	0.2500	0.4000	0.64000	0.64000	0.0245	0.6563	-0.6318
1.0000	0.2500	0.2500	0.5000	0.80000	0.80000	0.0250	0.7578	-0.7328
1.0000	0.2500	0.2500	0.6000	0.96000	0.96000	0.0255	0.8653	-0.8398
1.0000	0.2500	0.2500	0.7000	1.12000	1.12000	0.0260	0.9793	-0.9533
1.0000	0.2500	0.2500	0.8000	1.28000	1.28000	0.0265	1.0993	-1.0728
1.0000	0.2500	0.2500	0.9000	1.44000	1.44000	0.0270	1.2258	-1.1988
1.0000	0.2500	0.2500	1.0000	1.60000	1.60000	0.0275	1.3593	-1.3318
1.0000	0.2500	0.2500	1.5000	2.40000	2.40000	0.0280	1.5933	-1.5653
1.0000	0.2500	0.2500	2.0000	3.20000	3.20000	0.0285	1.8278	-1.8003
1.0000	0.2500	0.2500	3.0000	4.80000	4.80000	0.0290	2.0623	-2.0373
1.0000	0.2500	0.2500	4.0000	6.40000	6.40000	0.0295	2.2968	-2.2723
1.0000	0.2500	0.2500	5.0000	8.00000	8.00000	0.0300	2.5313	-2.5073
1.0000	0.2500	0.2500	6.0000	9.60000	9.60000	0.0305	2.7658	-2.7423
1.0000	0.2500	0.2500	7.0000	11.20000	11.20000	0.0310	2.9998	-2.9788
1.0000	0.2500	0.2500	8.0000	12.80000	12.80000	0.0315	3.2338	-3.2138
1.0000	0.2500	0.2500	9.0000	14.40000	14.40000	0.0320	3.4678	-3.4488
1.0000	0.2500	0.2500	10.0000	16.00000	16.00000	0.0325	3.7018	-3.6838

表-7

A	B	C	TA	TB	TC	SAV6	SAV2	SAV6-SAV2
10.0000	2.5000	2.5000	.00050	.00000	.00000	.03799	.01707	.02091
10.0000	2.5000	2.5000	.00100	.01000	.01000	.07082	.03216	.03866
10.0000	2.5000	2.5000	.00150	.02400	.02400	.10068	.04615	.05452
10.0000	2.5000	2.5000	.00200	.03200	.03200	.12834	.05934	.06907
10.0000	2.5000	2.5000	.00300	.04800	.04800	.17801	.08402	.09458
10.0000	2.5000	2.5000	.00400	.06400	.06400	.22369	.10890	.11679
10.0000	2.5000	2.5000	.00500	.08000	.08000	.26473	.13441	.13031
10.0000	2.5000	2.5000	.00600	.09600	.09600	.30245	.16092	.13363
10.0000	2.5000	2.5000	.00700	.11200	.11200	.33739	.18830	.14908
10.0000	2.5000	2.5000	.00900	.14400	.14400	.40036	.25099	.17954
10.0000	2.5000	2.5000	.01000	.16000	.16000	.42892	.27237	.20654
10.0000	2.5000	2.5000	.01500	.24000	.24000	.54945	.30169	.24755
10.0000	2.5000	2.5000	.02000	.32000	.32000	.64234	.31188	.27035
10.0000	2.5000	2.5000	.03000	.48000	.48000	.77264	.40094	.28113
10.0000	2.5000	2.5000	.04000	.64000	.64000	.89441	.46856	.28653
10.0000	2.5000	2.5000	.05000	.80000	.80000	.99711	.48443	.24271
10.0000	2.5000	2.5000	.06000	.96000	.96000	.94051	.47267	.21283
10.0000	2.5000	2.5000	.07000	1.12000	1.12000	.96182	.47898	.18244
10.0000	2.5000	2.5000	.08000	1.28000	1.28000	.97548	.47082	.15486
10.0000	2.5000	2.5000	.09000	1.44000	1.44000	.98424	.45841	.12982
10.0000	2.5000	2.5000	.10000	1.60000	1.60000	.98984	.44184	.10801
10.0000	2.5000	2.5000	.15000	2.40000	2.40000	.99887	.45839	.06048
10.0000	2.5000	2.5000	.20000	3.20000	3.20000	.99987	.46534	.01452
10.0000	2.5000	2.5000	.30000	4.80000	4.80000	.99999	.46981	.00181
10.0000	2.5000	2.5000	.40000	6.40000	6.40000	1.00000	.46977	.00022
10.0000	2.5000	2.5000	.50000	8.00000	8.00000	1.00000	.46997	.00002

表-8

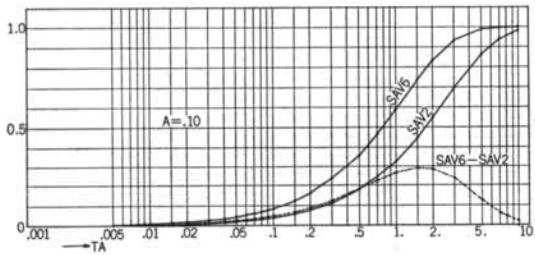


図-10

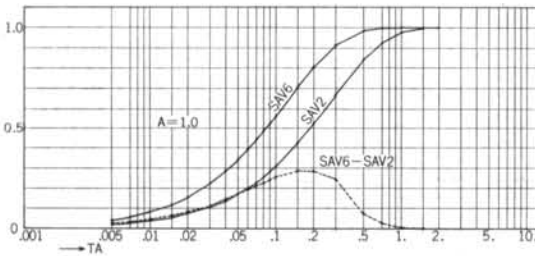


図-11

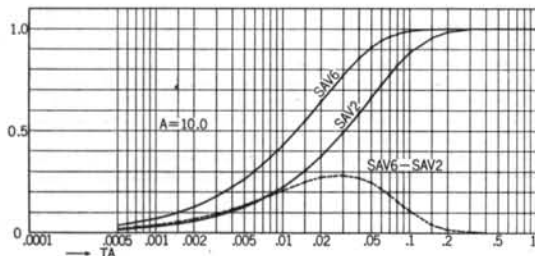


図-12

```

THE CALCULATION OF DIFFUSION EQUATION (MATSUMOTO 44.3)
DIMENSION AN(20),BN(20),FA(20),FB(20),TA(20),TB(20),SSA(20),SSB
(1(20,20),SSC(20,20)
READ 301,(TA(I),I=1,26)
301 FORMAT (F10.0)
N=0
100 READ 101,A
101 FORMAT (F10.0)
M=N+1
B=A/A
CALL SDTAND(A,AN)
CALL SDTAND(B,BN)
PRINT 800
800 FORMAT (6X,1HA,6X,1HB,6X,1HC,6X,2HTA,6X,2HTB,6X,2HTC,7X,4HSAV1,6X,4
1HS,6X,4HSAV1-SAV2//)
DO 400 I=1,26
400 TB(I)=TA(I)*I
DO 500 K=1,20
500 FB(K)=B/(A+AN(K)**2)
IF (FB**2) 510,510,11
510 FB(K)=2*B/(B+BN(K)**2)
DO 600 I=1,26
600 K=1,20
AV(TA(I))=AN(K)**2
IF (AV**2) 9,9,9
9 AV=227.9
B SSA(I,K)=EXP(-AV)*FA(K)#A/AN(K)**2
BY=TB(I)*BN(K)**2
IF (BY**2) 10,10,11
10 SSB(I,K)=EXP(-BY)*FB(K)#B/BN(K)**2
400 CONTINUE
DO 700 I=1,26
SS=0
DO 702 K=1,20
SA=SA+SSA(I,K)
702 SSB=SSB+SSB(I,K)
S1=1-SA+SSB
S2=1-SSB
S=S1-S2
700 PRINT 701,A,B,SA,TA(1),TB(1),S1,S2,S
701 FORMAT (2X,3F10.4,6F10.5//)
PRINT 900
900 FORMAT (1H1)
IF (M-1) 100,998,998
998 CALL EXIT
END

```

表-9

```

COMMENT *** THE SUBROUTINE OF DELTA COMPUTATION.
SUBROUTINE SDTAND (H,R)
DIMENSION R(20)
TANF(X)=SINF(X)/COSF(X)
P=3.1415927
Q=P*.5
N=0
11 Z=N
Z=Z*P
O=G
A=0.
12 F=D*TANF(D)-H
IF (F) 13,17,15
13 A=A+Q
D=C+ATAN(A/(D+O))
GO TO 12
14 F=D*TANF(D)-H
15 C=COSF(D)
U=D/(C*C)+TANF(D)
H=F/U
IF (H**5) 17,17,16
16 D=D-H
GO TO 14
17 N=N+1
R(N)=D
C=D-G
IF (Z-N) 20,20,11
20 RETURN
END

```

表-10

6.2 終局収縮ひずみの推定

収縮ひずみの実測値から収縮拡散係数 k および表面係数 f を決定するためには、終局ひずみ S_{∞} をきめなければならない。コンクリートの収縮が終るには2~5年かかるし、乾燥時間が長くなるにしたがって炭酸化による影響もでてくる。終局ひずみ S_{∞} の推定は(1)~(3)式によることもできるが、ここでは、6面乾燥の場合の収縮ひずみと2面乾燥の場合の収縮ひずみのとの差から、つぎのような方法で S_{∞} を推定した。

6面乾燥ひずみ SAV_6 と2面乾燥ひずみ SAV_2 との差を、計算結果(表-6, 7, 8; 図-10, 11, 12) からみると、 A (あるいは B, C) がいかなる値の場合にも、 $SAV_6 - SAV_2$ の値は $0 \leq t < \infty$ でただ1つの最大値を

もち、 $S_{AV6}-S_{AV2}$ が最大となるときの S_{AV6} の値は、ほぼ一致しているようである。そこで $S_{AV6}-S_{AV2}$ が最大となる近辺をさらに詳しく計算を行なった。この結果のうち、 $A=0.1, 1.0, 10.0$ の場合を表-11, 12, 13お

A	B	C	TA	TB	TC	SAV#	SAV2	SAV#-SAV2
1.0000	0.250	0.250	1.3000	24.0000	24.0000	73693	66866	78827
1.0000	0.250	0.250	1.3200	24.3200	24.3200	74159	65282	82877
1.0000	0.250	0.250	1.3400	24.6400	24.6400	74613	65716	82891
1.0000	0.250	0.250	1.3600	24.9600	24.9600	75067	66153	82920
1.0000	0.250	0.250	1.3800	25.2800	25.2800	75521	66589	82938
1.0000	0.250	0.250	1.4000	25.6000	25.6000	75975	67028	82946
1.0000	0.250	0.250	1.4200	25.9200	25.9200	76429	67470	82950
1.0000	0.250	0.250	1.4400	26.2400	26.2400	76883	67914	82953
1.0000	0.250	0.250	1.4600	26.5600	26.5600	77337	68360	82955
1.0000	0.250	0.250	1.4800	26.8800	26.8800	77791	68807	82957
1.0000	0.250	0.250	1.5000	27.2000	27.2000	78245	69253	82959

表-11

A	B	C	TA	TB	TC	SAV#	SAV2	SAV#-SAV2
1.0000	2500	2500	18300	2485000	2485000	74167	65650	28517
1.0000	2500	2500	18800	2488000	2488000	74750	66248	28542
1.0000	2500	2500	19100	2491000	2491000	75333	66839	28559
1.0000	2500	2500	19400	2494000	2494000	75916	67432	28567
1.0000	2500	2500	19700	2497000	2497000	76500	68027	28567
1.0000	2500	2500	20000	2500000	2500000	77083	68624	28560
1.0000	2500	2500	20300	2503000	2503000	77667	69222	28554
1.0000	2500	2500	20600	2506000	2506000	78250	69821	28549
1.0000	2500	2500	20900	2509000	2509000	78833	70421	28543
1.0000	2500	2500	21200	2512000	2512000	79417	71021	28537
1.0000	2500	2500	21500	2515000	2515000	80000	71621	28531
1.0000	2500	2500	21800	2518000	2518000	80583	72221	28525
1.0000	2500	2500	22100	2521000	2521000	81167	72821	28519
1.0000	2500	2500	22400	2524000	2524000	81750	73421	28513
1.0000	2500	2500	22700	2527000	2527000	82333	74021	28507
1.0000	2500	2500	23000	2530000	2530000	82917	74621	28501
1.0000	2500	2500	23300	2533000	2533000	83500	75221	28495
1.0000	2500	2500	23600	2536000	2536000	84083	75821	28489
1.0000	2500	2500	23900	2539000	2539000	84667	76421	28483
1.0000	2500	2500	24200	2542000	2542000	85250	77021	28477
1.0000	2500	2500	24500	2545000	2545000	85833	77621	28471
1.0000	2500	2500	24800	2548000	2548000	86417	78221	28465
1.0000	2500	2500	25100	2551000	2551000	87000	78821	28459
1.0000	2500	2500	25400	2554000	2554000	87583	79421	28453
1.0000	2500	2500	25700	2557000	2557000	88167	80021	28447
1.0000	2500	2500	26000	2560000	2560000	88750	80621	28441
1.0000	2500	2500	26300	2563000	2563000	89333	81221	28435
1.0000	2500	2500	26600	2566000	2566000	89917	81821	28429
1.0000	2500	2500	26900	2569000	2569000	90500	82421	28423
1.0000	2500	2500	27200	2572000	2572000	91083	83021	28417
1.0000	2500	2500	27500	2575000	2575000	91667	83621	28411
1.0000	2500	2500	27800	2578000	2578000	92250	84221	28405
1.0000	2500	2500	28100	2581000	2581000	92833	84821	28399
1.0000	2500	2500	28400	2584000	2584000	93417	85421	28393
1.0000	2500	2500	28700	2587000	2587000	94000	86021	28387
1.0000	2500	2500	29000	2590000	2590000	94583	86621	28381
1.0000	2500	2500	29300	2593000	2593000	95167	87221	28375
1.0000	2500	2500	29600	2596000	2596000	95750	87821	28369
1.0000	2500	2500	29900	2599000	2599000	96333	88421	28363
1.0000	2500	2500	30200	2602000	2602000	96917	89021	28357
1.0000	2500	2500	30500	2605000	2605000	97500	89621	28351
1.0000	2500	2500	30800	2608000	2608000	98083	90221	28345
1.0000	2500	2500	31100	2611000	2611000	98667	90821	28339
1.0000	2500	2500	31400	2614000	2614000	99250	91421	28333
1.0000	2500	2500	31700	2617000	2617000	99833	92021	28327
1.0000	2500	2500	32000	2620000	2620000	100417	92621	28321
1.0000	2500	2500	32300	2623000	2623000	101000	93221	28315
1.0000	2500	2500	32600	2626000	2626000	101583	93821	28309
1.0000	2500	2500	32900	2629000	2629000	102167	94421	28303
1.0000	2500	2500	33200	2632000	2632000	102750	95021	28297
1.0000	2500	2500	33500	2635000	2635000	103333	95621	28291
1.0000	2500	2500	33800	2638000	2638000	103917	96221	28285
1.0000	2500	2500	34100	2641000	2641000	104500	96821	28279
1.0000	2500	2500	34400	2644000	2644000	105083	97421	28273
1.0000	2500	2500	34700	2647000	2647000	105667	98021	28267
1.0000	2500	2500	35000	2650000	2650000	106250	98621	28261
1.0000	2500	2500	35300	2653000	2653000	106833	99221	28255
1.0000	2500	2500	35600	2656000	2656000	107417	99821	28249
1.0000	2500	2500	35900	2659000	2659000	108000	100421	28243
1.0000	2500	2500	36200	2662000	2662000	108583	101021	28237
1.0000	2500	2500	36500	2665000	2665000	109167	101621	28231
1.0000	2500	2500	36800	2668000	2668000	109750	102221	28225
1.0000	2500	2500	37100	2671000	2671000	110333	102821	28219
1.0000	2500	2500	37400	2674000	2674000	110917	103421	28213
1.0000	2500	2500	37700	2677000	2677000	111500	104021	28207
1.0000	2500	2500	38000	2680000	2680000	112083	104621	28201
1.0000	2500	2500	38300	2683000	2683000	112667	105221	28195
1.0000	2500	2500	38600	2686000	2686000	113250	105821	28189
1.0000	2500	2500	38900	2689000	2689000	113833	106421	28183
1.0000	2500	2500	39200	2692000	2692000	114417	107021	28177
1.0000	2500	2500	39500	2695000	2695000	115000	107621	28171
1.0000	2500	2500	39800	2698000	2698000	115583	108221	28165
1.0000	2500	2500	40100	2701000	2701000	116167	108821	28159
1.0000	2500	2500	40400	2704000	2704000	116750	109421	28153
1.0000	2500	2500	40700	2707000	2707000	117333	110021	28147
1.0000	2500	2500	41000	2710000	2710000	117917	110621	28141
1.0000	2500	2500	41300	2713000	2713000	118500	111221	28135
1.0000	2500	2500	41600	2716000	2716000	119083	111821	28129
1.0000	2500	2500	41900	2719000	2719000	119667	112421	28123
1.0000	2500	2500	42200	2722000	2722000	120250	113021	28117
1.0000	2500	2500	42500	2725000	2725000	120833	113621	28111
1.0000	2500	2500	42800	2728000	2728000	121417	114221	28105
1.0000	2500	2500	43100	2731000	2731000	122000	114821	28099
1.0000	2500	2500	43400	2734000	2734000	122583	115421	28093
1.0000	2500	2500	43700	2737000	2737000	123167	116021	28087
1.0000	2500	2500	44000	2740000	2740000	123750	116621	28081
1.0000	2500	2500	44300	2743000	2743000	124333	117221	28075
1.0000	2500	2500	44600	2746000	2746000	124917	117821	28069
1.0000	2500	2500	44900	2749000	2749000	125500	118421	28063
1.0000	2500	2500	45200	2752000	2752000	126083	119021	28057
1.0000	2500	2500	45500	2755000	2755000	126667	119621	28051
1.0000	2500	2500	45800	2758000	2758000	127250	120221	28045
1.0000	2500	2500	46100	2761000	2761000	127833	120821	28039
1.0000	2500	2500	46400	2764000	2764000	128417	121421	28033
1.0000	2500	2500	46700	2767000	2767000	129000	122021	28027
1.0000	2500	2500	47000	2770000	2770000	129583	122621	28021
1.0000	2500	2500	47300	2773000	2773000	130167	123221	28015
1.0000	2500	2500	47600	2776000	2776000	130750	123821	28009
1.0000	2500	2500	47900	2779000	2779000	131333	124421	28003
1.0000	2500	2500	48200	2782000	2782000	131917	125021	27997
1.0000	2500	2500	48500	2785000	2785000	132500	125621	27991
1.0000	2500	2500	48800	2788000	2788000	133083	126221	27985
1.0000	2500	2500	49100	2791000	2791000	133667	126821	27979
1.0000	2500	2500	49400	2794000	2794000	134250	127421	27973
1.0000	2500	2500	49700	2797000	2797000	134833	128021	27967
1.0000	2500	2500	50000	2800000	2800000	135417	128621	27961
1.0000	2500	2500	50300	2803000	2803000	136000	129221	27955
1.0000	2500	2500	50600	2806000	2806000	136583	129821	27949
1.0000	2500	2500	50900	2809000	2809000	137167	130421	27943
1.0000	2500	2500	51200</					

種類	k (cm ² /day)		f (cm/day)	
		平均		平均
I	0.23 0.26	0.25	0.13 0.11	0.12
II	0.12 0.14	0.13	0.11 0.09	0.10
III	0.13 0.11	0.12	0.10 0.10	0.10
IV	0.17 0.15	0.16	0.12 0.13	0.12
V	0.13 0.13	0.13	0.07 0.07	0.07
VI	—	0.06	—	0.08

注) VIの k, f は平均値のみを計算

表—15 k, f の値

6.4 理論値と実測値の比較

表—15で求めた k と f から、

$$0.0005 \leq Ta \leq 0.5$$

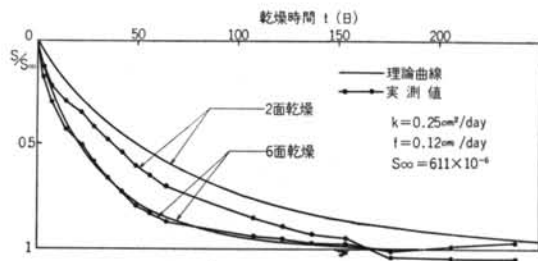
の範囲で計算を行なった。その結果を図—15~20の実線で示す。(図中の点は実測値である。)

理論曲線の k, f は、乾燥時間が28日および14日(または16日)のときの実測値を基準として求めたものであり、基準とする値のえらび方によって、 k, f の値は変化すると思われる。2面乾燥の実測値が理論値に対して収縮ひずみが常に大きくなっているのは、2面乾燥試験体のシールの方法に問題があると思われる。

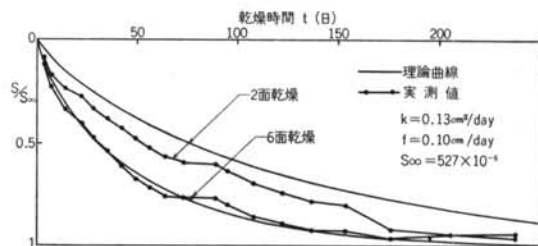
6.5 完全にシールした試験体の収縮について

図—4~9によると、完全にシールしたときの収縮ひずみは6面乾燥の場合の15~20%である。この収縮は、セメントの水和反応によりコンクリート内部の毛細管水が減少するため生じるものである。

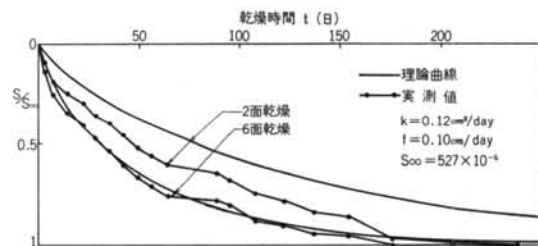
このような内部乾燥は、外部からの乾燥と独立に行なわれるとすれば、 k, f, S_{∞} を決定する際に、この内部乾燥による収縮ひずみを考慮する必要がある。しかし、乾燥過程にあるコンクリートの水和反応の程度は内部の湿度に関係することから、乾燥収縮と同様に拡散現象と考えられる。このことから、本研究では、 k, f, S_{∞} の決定に対しては、内部乾燥による収縮もあわせて考慮した。ただし、シール技術上の問題も含めて、今後検討を要する問題である。



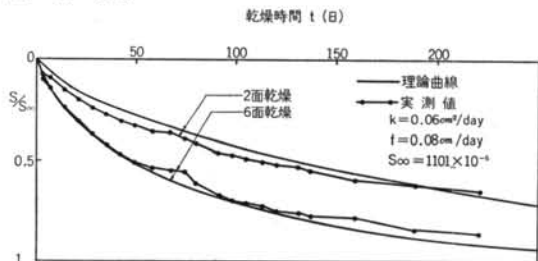
図—15 (I)



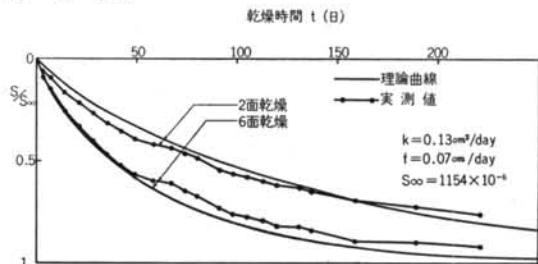
図—16 (II)



図—17 (III)



図—18 (IV)



図—19 (V)

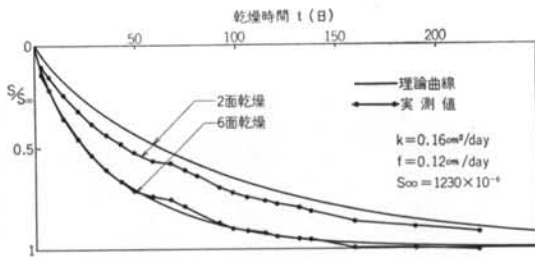


図-20 (VI)

§7. まとめ

- 1) 6面乾燥および2面乾燥の収縮過程の相違から、コンクリートおよびモルタルの終局自由収縮ひずみの推定を試みた。本実験における推定値は表-14のとおりである。
- 2) 本実験より求めた収縮拡散係数 k 、表面係数 f は表-15のとおりである。表面係数 f は、乾燥湿度が低くなるほど小さくなるが、本実験(45±5%R.H.)では0.07~0.13であった。
- 3) コンクリート試験体を2面のみから乾燥したときの収縮ひずみは、計算値より大きな値を示す。また、試験体を完全にシールしたときの収縮ひずみは6面乾燥の場合の15~25%であった。これらの点については、シール技術上の問題も含めて今後検討を要す。
- 4) 収縮低減材等を混入したコンクリートおよびモル

<参考文献>

- 1) 大野和男：“モルタルおよびコンクリートの乾燥収縮ときれつ防止に関する研究” 北大研究報告9号(1953.12)
- 2) 仕入豊和：“セメントペースト量とコンクリートの乾燥収縮量に関する実験的研究” 日本建築学会研究報告集58号(1963.6)
- 3) H. Hilsdorf：“Prediction of Shrinkage and Creep Coefficients for Structural Concrete” 日米科学セミナー(1968)
- 4) A. D. Ross：“Creep and Shrinkage in Plain, Reinforced and Prestressed Concrete” Institution of Civil Engineering, Vol. 21, No. 1(1943)
- 5) Inge Lyse：“Shrinkage and Creep of Concrete” Journal of A. C. I. Vol. 56.(1960)
- 6) Inge Lyse：“The Shrinkage and Creep of Concrete” Magazine of Concrete Research Vol. 11, No. 33(1959)
- 7) 日本建築学会：“プレストレストコンクリート設計施工規準・同解説” 1961
- 8) G. Pickett：“Shrinkage Stresses in Concrete(Part I)” Journal of A. C. I. Vol. 17, No. 3(1946)
- 9) G. Pickett：“Shrinkage Stresses in Concrete(Part II)” Journal of A. C. I. Vol. 17, No. 4(1946)
- 10) 近藤実：“硬化セメントペースト中の水の形態と水分の拡散を考慮した乾燥収縮の関係” セメント技術年報XII(1958)
- 11) 近藤実：“硬化セメントペースト中の水分の形態、強さ、弾性係数および乾燥収縮の研究” セメント技術年報 XIV(1960)
- 12),13),14) 原田有, 仕入豊和, 椎名国雄：“乾燥・湿潤にともなうコンクリートの内部温度分布ならびに変形に関する研究” 日本建築学会関東支部研究発表会梗概集第36回(1965), 第37回(1966), 第38回(1967)
- 15) 岡田清也：“ソイルセメントの乾燥収縮応力に関する二, 三の考察” 土木学会論文集第142号(1967)

タルの収縮ひずみは、無混入のものと比較して10~20%程度小さい。また、収縮拡散係数 k も小さくなる。

- 5) 以上を総括すると、収縮拡散方程式の計算値と実測値の間に大きな矛盾はない。

§8. あとがき

本研究では、収縮拡散方程式を取扱う上での問題点を概略的につかむことができた。目標は、自然環境における収縮量を推定することにあるが、環境条件により影響を受ける表面係数 f や終局収縮ひずみ S_{∞} に関する研究を進めていくことによって、自然環境における収縮量の推定も可能となろう。

終局収縮ひずみ S_{∞} の各種の条件による推定式は、たとえば(3)式等があるが、これでは途中の経過は不明で、コンクリート部材内部の位置による差もわからない。

本研究で用いた拡散方程式は、 S_{∞} , f , k を与える必要があり、自然環境における収縮ひずみの推定は、上記各種の方法を併用することにより可能だと思われる。

コンクリートの乾燥収縮ひびわれは、薄い部材の収縮ひずみが他の部材より大きいため、これは本文でとりあげたが、また、薄い部材の乾燥速度が大きいための、強度発現の相対的低下も、原因の1つと考えられる。このような、コンクリート部材の形状による強度発現の差も、拡散方程式によって理論的に検討が可能だと思われる。