

コンクリートの体積変化におよぼす外気温の影響（第3報）

—材令2年までの結果による検討—

中西正俊

§ 1. まえがき

コンクリートの乾燥収縮によるひび割れは「収縮ひずみが拘束されてコンクリートの伸び能力を越えたときとところに発生する」といわれているが、実際の建物についての拘束状態は不明な点が多い。また、コンクリートの乾燥収縮ひずみの測定は、実験室において特定条件下で、小型の供試体で行なわれたものが多く、実大の部材について行なわれたものは少ないようである。乾燥収縮ひずみと気象条件との関係については、温度、風速等との関係を実験室において検討したものは多いが、屋外において、現実の複合した気象条件との関係を検討したものは少ないようである。

筆者はすでに、実大試験体によるコンクリートについて、材令1年までの、みかけのひずみと気象条件との関係について検討した結果を報告した¹⁾。

ここで報告する事項はつぎのとおりである。

- 材令2年までのコンクリート内部温度とみかけのひずみの測定結果。
- 同上測定結果から統計的に算出した膨張係数による温度補正ひずみ（乾燥収縮とクリープひずみ）の計算結果。
- 同上温度補正ひずみの終局値の推定結果。
- みかけのひずみと温度補正ひずみの動きを短期（日単位）でみたときの気象条件との関係。

§ 2. 実験計画

詳細はすでに報告した¹⁾。ここでは概要のみを示す。実大試験体は、2次元、2スパン、壁つきおよび壁なしラーメン構造であり、当研究所分室構内に作成した。柱の断面は50×50cm、はりの断面は30×60cm、地中ばりの断面は30×90cm、壁は15cm厚でシングル配筋（10HD、@20cm）とした。柱心～柱心間隔は600cm、はり心～地

中はり心間隔は400cmとした。基礎、地中ばりは、昭和44年2月15日に、地上部分は同3月10日にコンクリートを打設した。

コンクリートの内部温度および長さ変化の測定は、熱電対、カールソンひずみ計、コンタクトストレインゲージ、差動トランス等で行なったが、ここではカールソンひずみ計による結果を示す。

測定は、原則として休日を除く毎日午前10時頃1回行なった。ひずみ計の総数は60個である。今回報告するのは、昭和44年3月13日（基長）から昭和46年3月10日までの、728日間に測定したもので、測定回数は585回である。

§ 3. 測定結果

測定結果のうち代表的なものについて報告する。すなわち表-1に示すように測定位置別にまとめて平均した

No.	測定点の数	測定位置	**
10	3	JIS 試験体 (10×10×40cm) 中央	図-1
11	3	小型試験体 (20×20×40cm)* 中央他	" 2
12	4	壁なしラーメン はり 30×60cm 断面中央	" 3
14	6	" 柱 50×50cm "	" 4
15	7	壁ダミー (61×61×15cm) "	" 5
16	2	JIS 試験体* "	" 6
17	15	壁つきラーメン 地上水平方向	" 7
2	4	" 地中ばり90×30cm断面中央	" 7
13	4	壁なしラーメン " " "	" 3

* 恒温恒湿室で4年間保存した後、屋外養生したもので、基長は屋外養生開始時とした

** 測定結果はすべて「測定点の数」欄に示した数の測定値の平均値である

表-1 測定位置

値をプロットした。その結果を図一1~7に示す。

ただし、

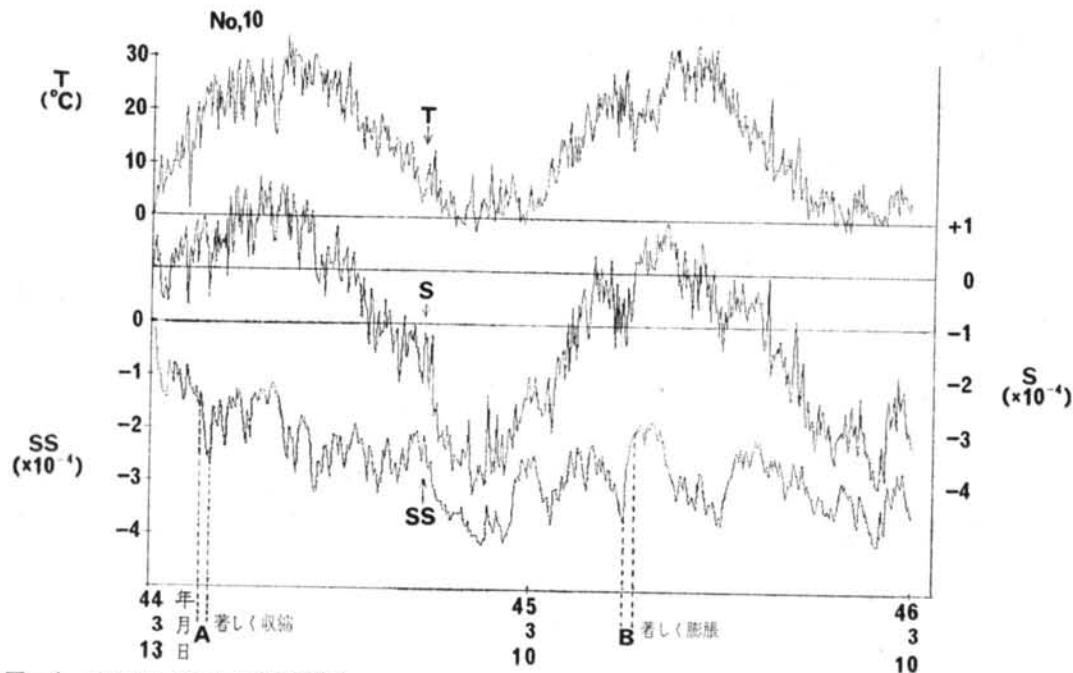
T: カールソンひずみ計によるコンクリート内部温度

S: カールソンひずみ計によるコンクリートのみかけ

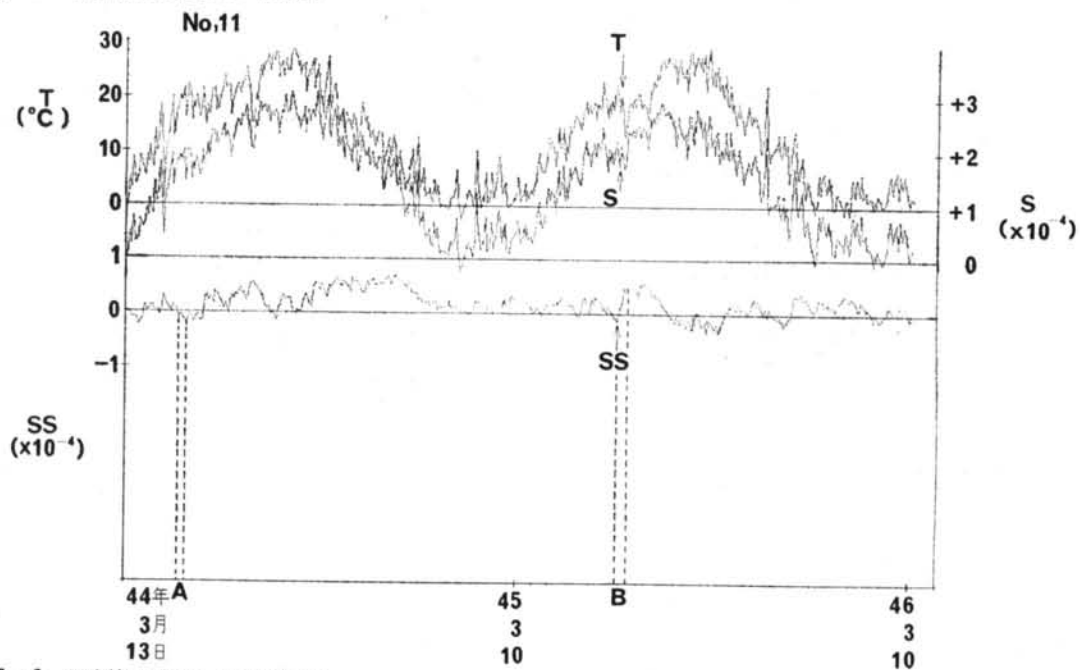
ひずみ

SS: 同温度補正ひずみ

であり、SSの計算に用いた温度膨張係数は§ 4.に示す。



図一1 測定結果 (No.10, JIS 試験体)



図一2 測定結果 (No.11, 小型試験体)

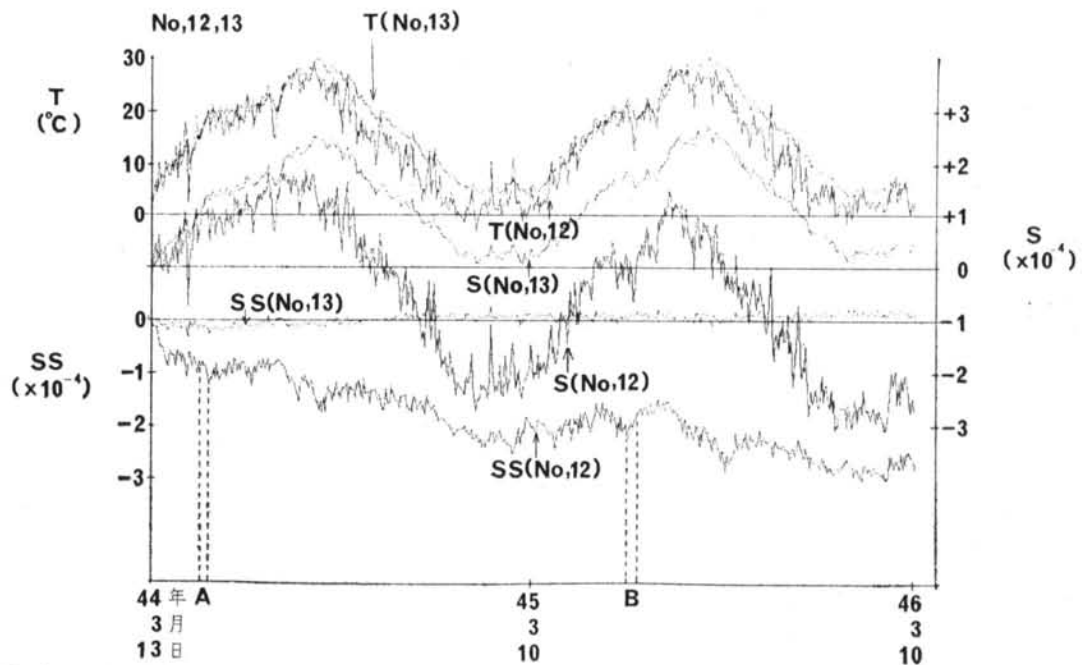


図-3 測定結果 (No.13, 12, 壁なしラーメンの地中ばりとはり)

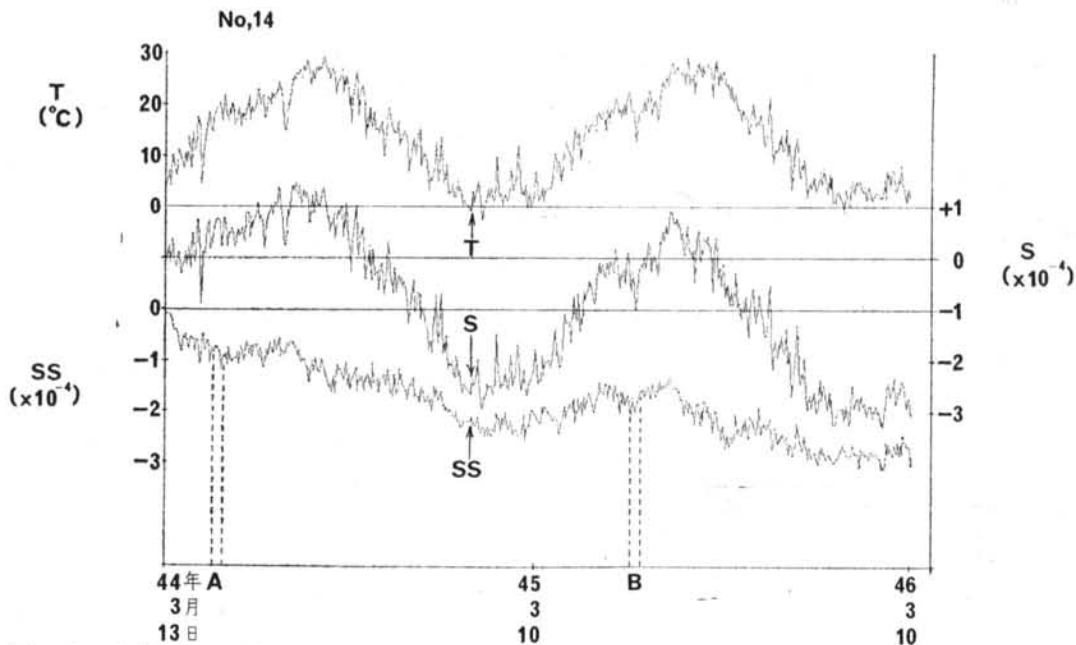
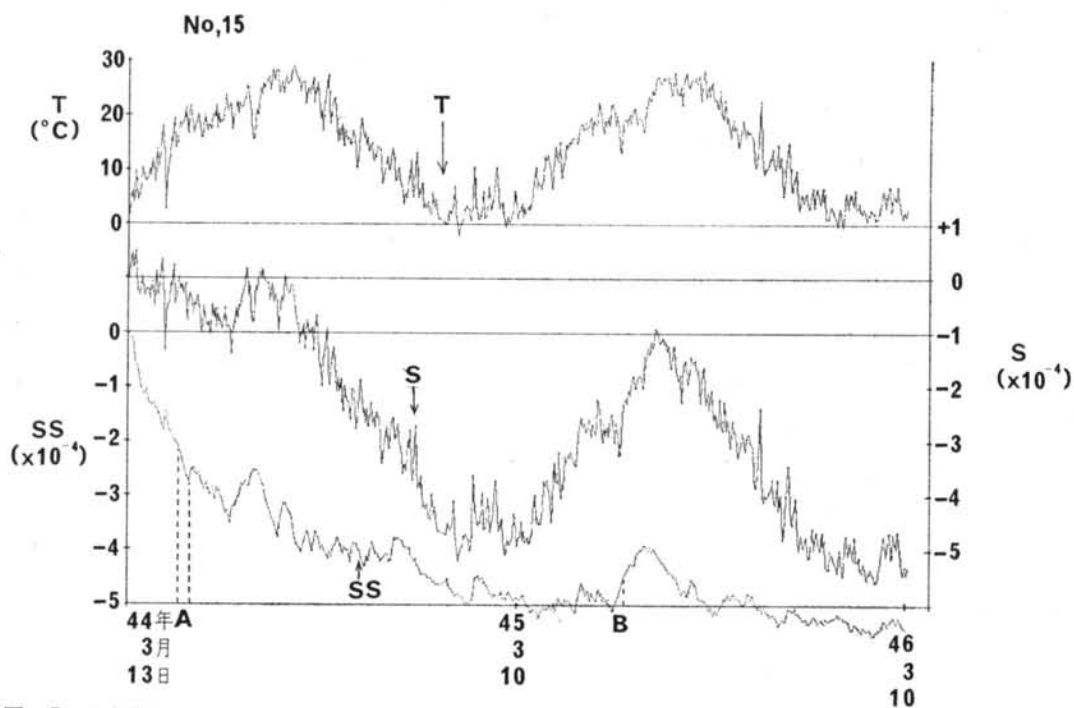
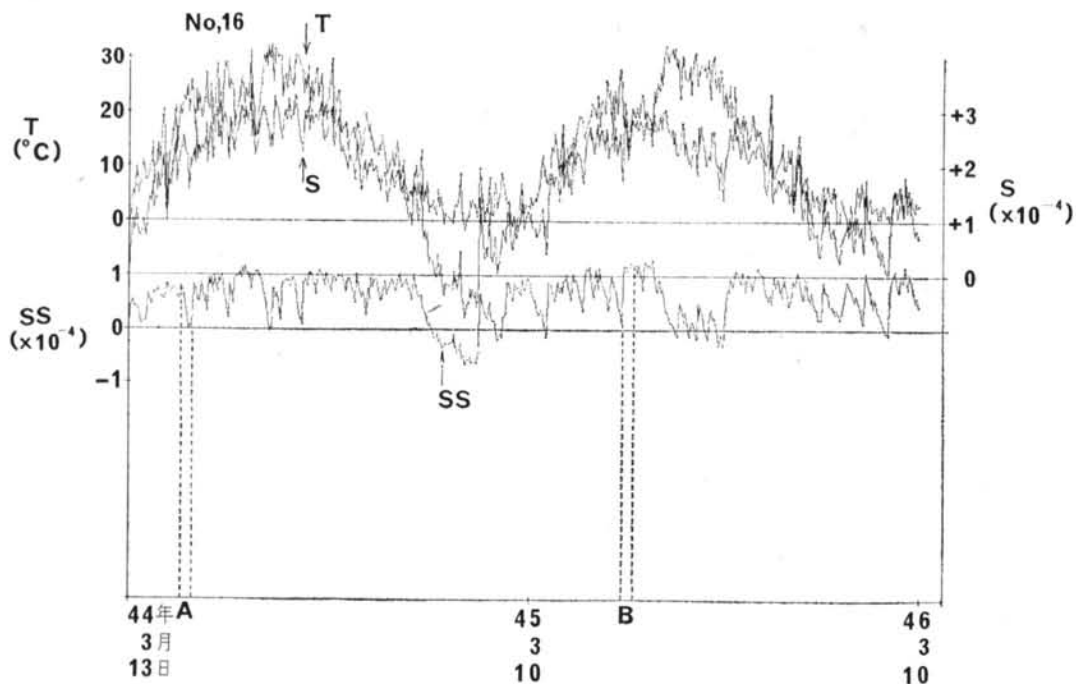


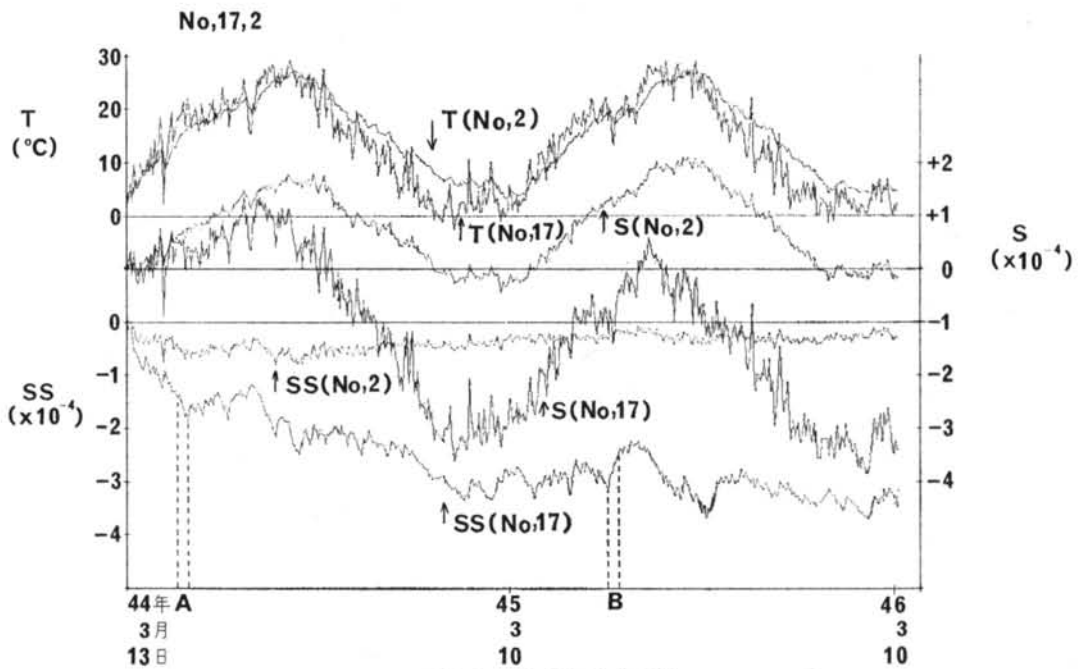
図-4 測定結果 (No.14, 壁なしラーメンの柱)



図一五 測定結果 (No.15, 壩ダミー)



図一六 測定結果 (No.16, JIS 試験体一材令4年後を基長とした)



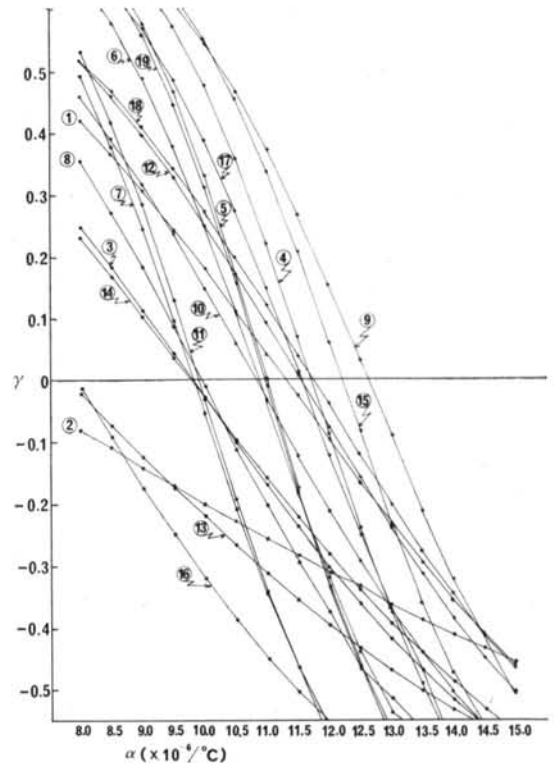
図一七 測定結果 (No. 2, 17, 壁つきラーメンの地中ばりと地上水平方向平均)

§ 4. 温度膨張係数

コンクリートの膨張係数は $10 \sim 12 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 程度であるが、ここでは各測定場所 (表一2に示す) 別につきの方法で計算し、温度補正ひずみの計算に用いた。

- (1) カールソンひずみ計により算出したコンクリート内部温度の差 (当日の値と前日の値との差) を2日連続して測定したデータすべてについて計算し、その値を ΔT_i ($i=1, 460$) とする。
- (2) 温度膨張係数を $8 \sim 15 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 、間隔 $0.5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ で計算した温度補正ひずみの差 (1)と同様) ΔSS_i を求める。
- (3) 各々の温度膨張係数に対する ΔSS_i と ΔT_i の相関係数 r を求める。No. 1~19についての結果を図一8に示す。
- (4) 相関係数が0となるように温度膨張係数 α を定める。この結果を表一2に示す。また、この値を用いて計算した温度補正ひずみ SS はすでに図一1~7で示した。

表一2に示すように温度膨張係数の平均は $10.8 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ となり従来の値と一致する。なお付言すると拘束の有無によっては、このような方法で求めたみかけ上の温度膨張係数は当然異なるわけで、拘束のある部材のそれ



図一八 温度膨張係数 α と相関係数 r (ΔSS と ΔT との)

No.	測定点 の数	測 定 位 置	温度膨張係数 $\alpha(\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C})$	温度補正 ひずみ S, S' の計算結果
1	4	壁つきラーメン はり 30×60cm 断面中央	11.3	図-7
2	4	" 地中ばり 30×90cm "	10.0**	
3	6	" 柱 50×50cm "	9.8	
4	2	" 壁15cm厚中央水平 GL+2,550mm	11.7	
5	3	" " +1,550mm	11.0	
6	2	" " +1,050mm	10.9	
7	2	" " + 550mm	9.8	
8	2	" " + 50mm	9.9	
9	4	" 壁垂直	12.6	
10	3	JIS試験体 (10×10×40cm) 中央	10.8	図-1
11	3	試 験 体 (20×20×40cm)* 中央他	9.9	
12	4	壁なしラーメン はり 30×60cm 断面中央	11.5	" 3
13	4	" 地中ばり 30×90cm "	10.0**	" 3
14	6	" 柱 50×50cm "	9.8	" 4
15	7	壁ダミー (61×61×15cm) 中央	12.2	" 5
16	2	JIS試験体**	7.9	" 6
17	15	壁つきラーメン 地上水平方向	11.5	" 7
18	10	" 地上垂直方向	11.7	
19	11	" 壁水平方向	11.0	
No. 2, 13を除いたものの平均値			10.8	

* 表-1の注参照

** 統計的な決定ができないため一応このように仮定した

表-2 統計的に決定した温度膨張係数 α

は拘束のない部材のそれより当然小さいことが予想される。

さて表-2によるとNo15の壁ダミーは $\alpha = 12.2 \times 10^{-6} / ^{\circ}\text{C}$ に対してNo17の壁つきラーメンは $\alpha = 11.5 \times 10^{-6} / ^{\circ}\text{C}$ であり予想通りであるが、No. 3, 14の柱では $\alpha = 9.8 \times 10^{-6} / ^{\circ}\text{C}$ に対してNo. 9の壁垂直方向は $\alpha = 12.6 \times 10^{-6} / ^{\circ}\text{C}$ となり、壁垂直方向の拘束が小さいことを暗示している。

§ 5. 温度補正ひずみの終局値の推定

JIS試験体、小型試験体および壁ダミーについては温度補正ひずみは乾燥収縮ひずみと考えられるが、その他のものについては、温度補正ひずみはクリープひずみも含まれるため乾燥収縮ひずみのみとはならない。

計算された温度補正ひずみの終局値をのぎの方法で推定した。

材令を x 、温度補正ひずみを y としたとき、 x 、 y の

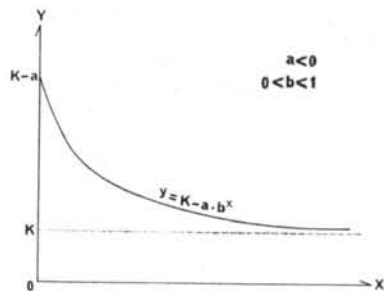
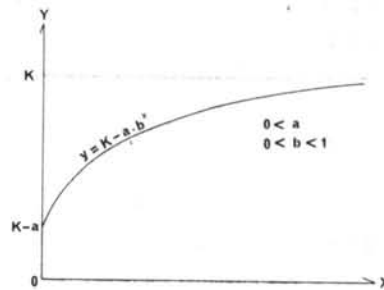


図-9 修正指数曲線の型

No.	K	a	b
1	-2.2	136.5	1.0018
2	-28.2	-0.9	1.0005
3	141.0	238.6	1.0011
4	-491.5	-386.8	0.9980
5	-552.9	-467.3	0.9983
6	-486.4	-424.6	0.9981
7	-350.8	-314.2	0.9960
8	-335.6	-304.5	0.9944
9	-1,370.1	-118.9	0.9995
10	-399.7	-267.0	0.9974
11	30.9	-1.7	1.0054
12	35.7	116.4	1.0019
13	13.9	-1.6	1.0010
14	109.7	178.8	1.0015
15	-583.4	-404.3	0.9962
16	74.8	-0.3	1.0097
17	-606.4	-498.8	0.9987
18	205.7	352.9	1.0009
19	-434.4	-357.6	0.9974

注) yの単位は 10^{-4} である

表-3 修正指数関数 $y = K - a \cdot b^x$ にあてはめた時の係数関係が修正指数曲線

$$y = K - a \cdot b^x$$

であらわされるとすると、

$$0 < b < 1$$

であれば、

$$\lim_{x \rightarrow \infty} y = K$$

となる。

修正指数曲線の型を図-9に示す。

いま、

データの個数: n

個々のデータ: y_1, y_2, \dots, y_n

としたとき係数 K, a, b は次式で表わせる²⁾、

$$K = \frac{1}{m} \left\{ S_1 + a \left(\frac{B-1}{b-1} \right) \right\}$$

$$a = \frac{(S_1 - S_2)(b-1)}{(B-1)^2}$$

$$b = m \sqrt[m]{B} = \exp\left(\frac{1}{m} \log_e B\right)$$

$$B = \frac{S_3 - S_2}{S_2 - S_1}$$

$$S_1 = \sum_{i=1}^m y_i, S_2 = \sum_{i=m+1}^{2m} y_i, S_3 = \sum_{i=2m+1}^{3m} y_i$$

$$m = \left[\frac{n}{3} \right] \quad [] : \text{ガウス記号}$$

ただし $y_i \geq 0$ とし、 y_i に対応する x の値はつぎのと

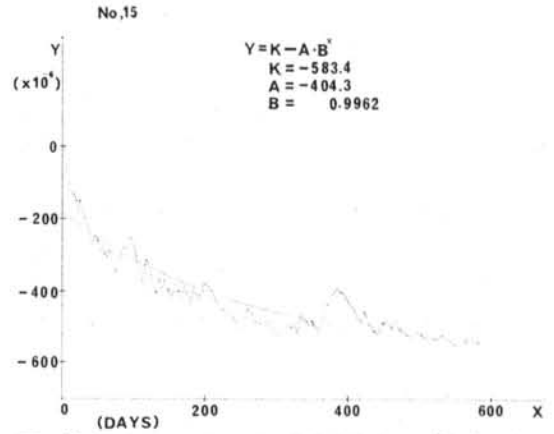


図-10 温度補正ひずみと修正指数曲線 (No.15, 壁ダミー)

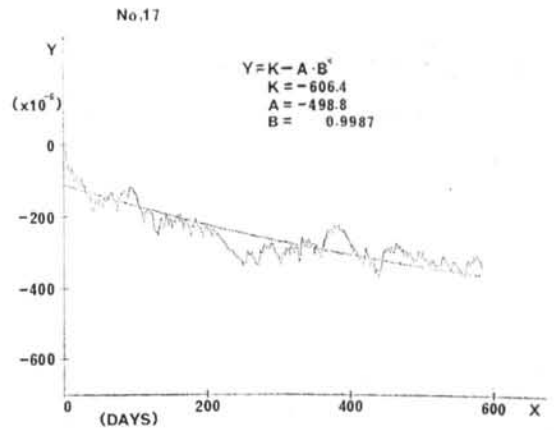


図-11 温度補正ひずみと修正指数曲線 (No.17, 壁つきラレーメンの地上水平方向平均)

No.	場	所	材令2年の値 ($\times 10^{-4}$)
4	壁水平	GL+2,550	-3.7 (0.75)
5	"	" +1,550	-3.8 (0.69)
6	"	" +1,050	-3.5 (0.72)
7	"	" + 550	-3.2 (0.91)
8	"	" + 50	-3.3 (0.98)
9	壁垂直		-4.7
10	JIS試験体		-3.4 (0.85)
15	壁ダミー		-5.4 (0.93)
17	壁つきラレーメン地上水平		-3.7 (0.61)
19	"	壁 水平	-3.6 (0.83)

() 内は表-3の K の値を1としたときの比率

表-4 材令2年における温度補正ひずみの修正指数関数による計算値

おりとする。

x_i	0	1	2	...	$n-1$
y_i	y_1	y_2	y_3	...	y_n

すなわち、 x_1, x_2, \dots, x_n は等間隔データとみなされる。またデータは個数の等しい3群に分けられ計算される。

以上の方法で計算した K , a , b の値を表-3に示す。またNo.15, 17については測定値と近似曲線を図-10, 11に示す。

表-3で $b > 1$ のものは修正指数曲線では近似できないことを示す。0 < $b < 1$ のものについて材令2年における、修正指数曲線による計算値は表-4に示す。材令2年における測定値とは若干異なり、短期間の気象条件による変動の影響が除かれている。

§ 6. ひずみ差と気象条件との関係

6.1 測定期間中の気象データ

測定期間(昭和44年3月10日~同46年3月10日)中の気象データは東京管区気象台が観測したもの³⁾を使用した。ひずみとの関係を調べたのは次に示す8種類のデータである。

項目	記号	記事	項目	記号	記事
気圧(海面)	P	日平均(4回)	風速	W	24時間平均
気温	TE	" (8回)	雲量	C	日平均(4回)
蒸気圧	VP	" (4回)	降水量	R	24時間合計
相対湿度	RH	" (4回)	日照時数	S	日合計

日平均8回は3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24各時の、4回は3, 9, 15, 21各時の平均である。上記のデータを選定した理由はすでに報告した¹⁾。上記8種類のデータは相互に関連することが考えられるため相関係数を計算した。表-5に相関行列を示す。これによると気温と蒸気圧との間の相関係数は0.942で正の相関がもっとも強い。また雲量と日照時数との間の相関係数は-0.786で負の相関がもっとも強い。また蒸気圧と日照時数との間の相関係数は0で相関は全くないことを示す。

6.2 みかけのひずみ差と気象データとの関係

データの処理方法は全て前回¹⁾と同様にした。すなわち、みかけのひずみ S については、当日の値から前日の値を引いたものとし、気象データについては、8種類すべてのデータについて各々次のようにした。

当日の値(記号: 1)

前日の値(記号: 2)

前々日の値(記号: 3)

また、気圧 P , 気温 TE , 蒸気圧 VP , および相対湿度 RH については、次のような差をもつけ加えた。

当日の値から前日の値を引いたもの(記号: 1-2)

前日の値から前々日の値を引いたもの(記号: 2-3)

上記の処理方法による、みかけのひずみ差と気象データの単相関係数の一部を表-6に示す。

測定位置9カ所すべてについて $|r| < 0.1519$ のものはつぎのとおりである。

P : 2-3	W : 1, 3
TE : 1, 2, 3	C : 1, 3
VP : 1, 2, 3	R : 1

	気 圧 P	気 温 TE	蒸 気 圧 VP	相 対 湿 度 RH	風 速 W	雲 量 C	降 水 量 R	日 照 時 数 S
気 圧 P	1	-.346***	-.373***	-.237***	-.298***	-.180***	-.238***	.096*
気 温 TE		1	.942***	.503***	.043	.299***	.057	-.023
蒸 気 圧 VP			1	.668***	.022	.419***	.185***	0
相 対 湿 度 RH				1	-.071	.618***	.417***	-.573***
風 速 W					1	.022	.202***	.103*
雲 量 C						1	.284***	-.786***
降 水 量 R							1	-.344***
日 照 時 数 S								1

* 危険率5%で有意 $|r| \geq 0.0912$
 *** " 0.1% " $|r| \geq 0.1519$

表-5 気象データの相関行列 (期間 自44.3.10 至46.3.10)

RH: 3

S: 3

第1回目の多重回帰分析では上記の気象データを除いた。その結果の一部を表-7に示す。その結果によると、単相関係数の符号と偏回帰係数の符号とが相異なるものが多いが、9カ所の測定位置について符号の相異がほとんどなく、かつ、重み係数が比較的大きいものはつぎのとおりである。

TE: 1-2

S: 2

RH: 1

R: 3

第2回目の多重回帰分析では、9カ所の測定位置のうち1カ所のみが $|r| \geq 0.1519$ である次の気象データを更に除いた。

RH: 1

R: 3

S: 1

その結果の一部を表-8に示す。同様にして符号の相異がなく、重み係数の大きい気象データは次のとおりである。

TE: 1-2

S: 2

項目	測定位置 No.					
	10	11	12	15	17	
$y = \left\{ \begin{array}{l} \text{平均} \\ \text{標準偏差} \end{array} \right.$	-1.228	-.170	-.505	-.803	-.677	
	16.880	6.665	12.777	6.709	7.689	
重み係数(標準偏差×偏回帰係数)	P 1-2	5.76*	-.73	-.68	-4.30	-.26
	TE 1-2	23.80	17.11	18.31	16.06	16.62
	VP 1-2	-1.42*	-4.98*	-1.86*	-8.73*	-3.91*
	RH 1-2	-.24	3.74*	1.81*	7.28*	2.90*
	TE 2-3	-6.00	-8.97*	-12.32*	-13.04*	-11.66*
	VP 2-3	1.13	.57	2.08	1.65	1.83
	RH 2-3	-11.96*	-14.40*	-11.16*	-24.68*	-14.40*
	P 1	2.32	-.21	-.81	1.15	-.71
	PH 1	3.62	3.72	3.13	6.07	3.92
	S 1	-9.09*	-15.17*	-9.95*	-27.02*	14.32*
	P 2	3.69	3.48	2.83	6.73	3.47
	RH 2	-3.28*	-5.98*	-4.89*	-11.39*	-6.27*
	W 2	1.37*	2.85*	1.60*	3.95*	2.66*
	C 2	-8.93*	-9.69*	-7.49*	-17.61	-9.94*
	R 2	-3.78*	-6.43*	-3.20*	-10.36*	-5.08*
	S 2	-10.55	-3.94	-3.94	-5.10	4.19
P 3	3.16	3.24	.64	3.96	2.02	
R 3	3.69	4.29	5.47	7.94	6.49	
重相関係数	.7940	.8765	.7961	.9442	.8467	

*印は単相関係数の符号と偏回帰係数の符号とが異なることを示す。

重み係数のつぎにある記号は本文(6.1, 6.2)中に示す。

表-7 みかけのひずみ差 y ($\times 10^{-6}$)と気象データとの多重回帰分析結果(その1)

気象データ*	区分*	測定位置No.(表-1, 2参照)				
		10	11	12	15	17
P	1	-.163	-.154		-.163	-.160
	2	.182	.265	.180	.275	.226
	3	.242	.260	.244	.289	.275
	1-2	-.372	-.450	.330	-.471	-.415
TE	1-2	.725	.743	.633	.680	-.653
	2-3		.204	.349	.325	.347
VP	1-2	.226	.380	.253	.410	.327
	2-3	.331	.356	.341	.378	.373
RH	2	.277		.158		.166
	1-2	-.180				
	2-3	.369	.279	.243	.252	.248
W	2	.184	.245	.181	-.237	-.223
C	2	.186				
R	2	.241				
	3					
S	2	.306				

* これらの記号は本文(6.1, 6.2)中に示す

[ただし危険率0.1%で有意($|r| \geq 0.1519$)なものを示す]

表-6 みかけのひずみ差と気象データの単相関係数 r

項目	測定位置 No.					
	10	11	12	15	17	
重み係数(標準偏差×偏回帰係数)	P 1-2	6.46*	2.17*	-1.72	.40*	-.26
	TE 1-2	23.90	15.79	18.85	16.70	16.60
	VP 1-2	1.47	-.35*	.81	-.66*	.07
	RH 1-2	-2.20	-.015	.99*	1.02*	.96*
	TE 2-3	-4.50	-6.71*	-10.83*	-9.10*	-9.56*
	VP 2-3	.98	-.14*	1.96	.35	1.45
	RH 2-3	-2.52*	-.25*	-.49*	.41	.14
	P 1	.39*	-2.69	-4.09	-5.91	-4.63
	P 2	1.33	-1.50*	.33	-2.23*	-.59*
	RH 2	-1.43*	-1.21*	-3.18*	-2.81*	-2.99*
	W 2	.19*	1.32*	.46*	1.32*	1.14*
	C 2	-4.18*	-1.57*	-2.11	-3.02	-2.18*
	R 2	.36	-.64*	.81	-.36*	.47
	S 2	-10.80	-3.14	-4.73	-3.72	-4.61
	P 3	.20	-.24*	-3.73*	-2.50*	-3.18*
	重相関係数	.7839	.8264	.7712	.8206	.7484

*印は単相関係数の符号と偏回帰係数の符号とが異なることを示す

表-8 みかけのひずみ差 y ($\times 10^{-6}$)と気象データとの多重回帰分析結果(その2)

すなわち、みかけのひずみ差は次の気象データによる影響が大きい。

当日気温と前日気温との差

前日日照時数

これは前回報告¹⁾の結果とも矛盾せず、かつ常識的な結果と考えられる。表—8によると「当日気温と前日気温との差」の重み係数の絶対値は「前日日照時数」のその2～4倍である。

6.3 温度補正ひずみ差と気象データとの関係

6.2で使用した気象データのうち、気温に関する項目はすべて除いた。その他はまったく6.2と同様である。温度補正ひずみ差と気象データとの単相関係数の一部を表—9に示す。

測定位置9カ所のすべてについて、 $|r| < 0.1519$ のものは次のとおりである。

$P : 2$ $W : 1, 2, 3$

$VP : 2, 3$ $R : 3$

$RH : 3$

第1回目の多重回帰分析では上記の気象データを除いた。その結果の一部を表—10に示す。その結果によると9カ所の測定位置について符号の相異がないものは全くないことがわかる。

気象データ*	区分*	測定位置 No. (表—1, 2参照)				
		10	11	12	15	17
P	1	-.317	-.192		-.225	-.242
	3	.170				
	1-2	-.362	-.256		-.222	-.163
	2-3			-.187		-.221
VP	1	.171				
	2-3	.286	.221	.190	.210	.215
RH	1	.393	.299		.285	.173
	2	.342	.233	.369	.387	.435
	1-2			-4.03		-.282
	2-3	.383	.311	.400	.341	.408
C	1	.233		-.180	.161	
	2	.354	.219	.332	.337	.414
	3			.161	.185	.235
R	1	.242	.212			
	2	.396	.485	.373	.532	.482
S	1	-.273	-.183	.266	-.165	
	2	-.429	-.323	-.515	-.489	-.571

*これらの記号は本文(6.1, 6.2)中に示す

[(ただし危険率0.1%で有意なもの $|r| \geq 0.1519$)のみを示す]

表—9 温度補正ひずみ差と気象データとの単相関係数 r

第2回目の多重回帰分析では次のものを更に除いた。

(1)第1回目の分析で重み係数はかなり大きい、重み係数と相関係数の符号が相異なるもの。

$C : 1$

$S : 1$

(2)9カ所の測定位置で、相関係数が有意なものが1～2カ所しかないもの。

$P : 3$ $VP : 1-2$

$VP : 1$ $S : 3$

第2回目の分析結果の一部を表—11に示す。その結果によると、符号の相異がほとんどなく、重み係数が比較的大きいものは次のとおりである。

$R : 1$ $C : 2$

$RH : 2$ $R : 2$

この結果をみると、当日の降水量の重み係数が大きい、これは不合理である。そのため第3回目の分析では更に次のものを除いた。

(1)当日データ

$P : 1$

項 目	測定位置 No. (表—1, 2参照)					
	10	11	12	15	17	
$y = \begin{cases} \text{平均} \\ \text{標準偏差} \end{cases}$	平均	-1.228	-.170	-.505	-.803	-.677
	標準偏差	16.880	6.665	12.777	6.709	7.689
重み係数 (標準偏差×偏回帰係数)	P 1-2	6.32*	.95*	-12.59	-1.68	-4.64
	VP 1-2	-9.15*	-5.02*	1.01*	-4.77*	-3.20
	RH 1-2	-5.98*	-3.44*	-0.60	-3.44	-2.24
	P 2-3	-.77	-.55	4.94*	.71*	1.53*
	VP 2-3	-2.27*	-1.26*	-10.15*	-2.80*	-4.36*
	RH 2-3	0	0	-1.54*	-2.46*	-2.89*
	P 1	-4.50	-.80	20.50*	2.65*	8.06*
	VP 1	11.10	5.36	-10.00*	4.72	.80
	RH 1	3.53	2.41	2.73*	.96	1.45
	C 1	-4.20*	-1.98*	-4.70	-1.98*	-2.78
	R 1	2.78	1.72	8.15*	2.78	3.65
	S 1	-2.18	-1.87	.70	.35*	1.40
	P 3	1.32	-.42*	-16.68*	-3.79*	-7.95*
	C 3	-11.41*	-5.73*	-4.98*	-5.58*	-1.89*
	S 3	-4.73	-2.72	1.08*	-.88	-4.41
	RH 2	.80	-.48*	-6.59*	-1.77*	-2.73*
	C 2	-2.74*	-1.62*	.54	-2.24*	-1.59*
	R 2	-.17*	1.04	1.48	.09	.09
S 2	9.82*	3.20*	8.75*	4.98*	6.02*	
重相関係数	.4780	.3930	.8020	.3083	.6185	

*印は単相関係数の符号と偏回帰係数の符号とが異なることを示す

重み係数のつきにある記号は本文(6.1, 6.2)中に示す

表—10 気象データと温度補正ひずみ差 y ($\times 10^{-6}$)との間の多重回帰分析結果(その1)

RH: 1

R: 1

(2)相関係数rの符号が、測定位置によって異なるもの(表-9参照)。

RH: 1-2

第3回目の分析結果の一部を表-12に示す。その結果よると、符号の相異がないものは次のとおりである。

RH: 2-3

C: 2

R: 2

RH: 2-3は第3回目の分析ではじめて符号の相異

項 目	測 定 位 置 No.					
	10	11	12	15	17	
重み係数(標準偏差×偏回帰係数)	P 1-2	5.46*	2.36*	.85*	2.06*	1.53*
	RH 1-2	-6.07*	-3.70*	-1.57	-3.83	-3.53
	P 2-3	4.13*	2.35*	-2.18	1.07*	.88*
	VP 2-3	-13.62*	-7.99*	-1.14*	-9.15*	-8.64*
	RH 2-3	-.23*	-2.30*	-5.25*	-.97*	-2.75*
	P 1	-7.21	-3.75	.29*	-3.34	-2.54
	RH 1	-.21*	.21	2.81*	-.48*	1.14
	R 1	9.30	4.79	2.04*	6.70	7.55
	C 3	.54	-.19*	-1.43*	-.87*	-1.44*
	RH 2	3.12	1.99	.72	2.94	3.08
	C 2	8.40	4.17	6.33	6.33	7.09
	R 2	5.95	3.92	1.58	4.16	3.84
	S 2	5.79*	.81*	9.13*	2.85*	4.90*
	重相関係数	.6077	.5599	.6628	.7524	.7900

*印は単相関係数の符号と偏回帰係数の符号とが異なることを示す

表-11 気象データと温度補正ひずみ差y(×10⁻⁶)との間の多重回帰分析結果(その2)

項 目	測 定 位 置 No.					
	10	11	12	15	17	
重み係数(標準偏差×偏回帰係数)	P 1-2	4.33*	1.13*	-1.30	.99*	.47*
	P 2-3	1.78*	1.65*	3.16*	1.33*	.75*
	VP 2-3	-1.67*	-.66*	-2.46*	-.12*	-.30*
	RH 2-3	2.73	1.52	4.34	1.17	1.44
	C 3	.58	-.92*	-.25*	-.11*	.02
	RH 2	-2.55*	-1.30*	-1.69*	-.92*	-1.04*
	C 2	5.35	3.08	5.53	2.97	2.89
	R 2	.11	.64	.14	.63	.30
	S 2	11.76*	4.66*	10.91*	5.65*	6.74*
	重相関係数	.5493	.4961	.6094	.5782	.6145

*印は単相関係数の符号と偏回帰係数の符号とが異なることを示す

表-12 気象データと温度補正ひずみ差y(×10⁻⁶)との間の多重回帰分析結果(その3)

がなくなった(表-10, 11, 12参照)。

多重回帰分析では因子の選び方が重み係数の符号にも影響を与えることがある。いずれにせよ、温度補正ひずみ差では、みかけのひずみ差における当日と前日との気温差のような決定的なものはないが、影響があると考えられるものは次の2つである。

前日雲量

前日降水量

これらはわれわれの常識と反するものではない。

以上の結果を考慮した上で、測定期間中の温度補正ひずみが著しく収縮した時期(図-1~7において④で示す)と、著しく膨張した時期(同⑤)についての気象データを表-13に示す。同表によると雲量と降水量の差はあきらかであるが日照時数についても影響因子を考えてよさそうである。以上のように多重回帰分析には、因子のとりあげ方によっては実際は重要な因子であっても重み係数の符号が逆になる(表-9, 10, 11, 12のS2)ことがあることを示す。

時 期 年月日	雲量	降水量 (mm)	日照 時数 (hr)	相対 湿度 (%)	風速 (m/ sec)	気温 (°C)	気圧 (mb)	蒸気圧 (mb)
④ 44. 4.29	8.8	—	7.6	72	5.3	18.7	1015.7	15.5
30	10.0	4.5	6.1	69	3.9	19.9	1006.2	16.4
5. 1	1.0	—	12.2	47	4.1	20.2	1012.5	10.5
2	0.0	—	11.9	57	4.3	20.5	1020.3	13.2
3	0.0	—	12.3	54	3.8	20.9	1023.0	12.9
4	3.3	—	11.1	63	2.8	19.4	1021.4	13.8
5	3.3	—	10.0	60	4.6	19.5	1012.4	13.1
6	9.8	0.0	4.3	50	5.8	21.8	1006.4	13.0
7	7.5	—	6.3	50	4.3	17.0	1015.2	9.5
8	0.0	—	11.8	55	4.4	19.9	1010.8	12.7
⑤ 45. 6.10	10.0	0.0	0	63	4.3	22.1	1011.1	16.8
11	10.0	2.5	0	72	3.8	20.6	1007.7	17.7
12	10.0	10.5	0	94	2.2	19.1	1006.0	20.5
13	10.0	0.0	0.6	78	2.3	22.7	1009.4	21.1
14	10.0	15.0	0	86	2.1	23.1	1012.2	24.3
15	10.0	51.5	0	96	4.1	18.1	1013.4	20.3
16	10.0	26.5	0	88	3.4	15.0	1019.6	15.0
17	10.0	6.5	0	90	3.1	15.7	1015.7	16.0
18	10.0	3.0	0	88	2.3	19.1	1013.4	18.9
19	10.0	26.0	0	97	2.8	19.5	1006.8	22.1

表-13 測定期間中の温度補正ひずみが著しく収縮した時期(④)と著しく膨張した時期(⑤)の気象データ

§ 7. 結論

本実験の範囲内での結論は次のとおりである。

- (1) カールソンひずみ計によるコンクリート内部温度とひずみから統計的に算出した、ある拘束下におけるコンクリートのみかけの温度膨張係数の平均は $10.8 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ となり、従来の値と一致する。なお膨張係数の値から拘束の程度も想像でき、壁つきラーメンの壁垂直方向の拘束は小さいようである。
- (2) 上記の温度膨張係数を使用して算出したコンクリート乾燥収縮とクリープひずみ (= 温度補正ひずみ) は壁ダミーで -5.4×10^{-4} (推定終局値に対する比率は0.93)、壁つきラーメン地上水平方向の全平均で -3.7×10^{-4} (同比率は0.61)であった。なお壁つきラーメンの壁水平方向が $-3.2 \sim -3.8 \times 10^{-4}$ であるのに対して同垂直方向は -4.7×10^{-4} とかなり大きい。
- (3) 長さ変化の動きを短期間 (日単位) でみたとき、8種類の気象条件のうちでみかけのひずみに影響を与えるものは、“当日気温と前日気温との差”が最大で、つぎは“前日日照時数”であるが、前者は後者

の2~4倍の影響力があり決定的といえる。また温度補正ひずみに影響を与えるものは決定的なものがなく影響があると考えられるものは“前日雲量”と“前日降水量”であり、いずれも常識と一致する。

§ 8. あとがき

コンクリートの長さ変化量および終局値に達するまでの時間は事前対策として、ひびわれ発生条件、ひびわれ発生間隔と幅の算定ならびに事後対策としてひびわれ補修に関連して必要なデータであるが、本実験で一応の傾向をうかがい知ることができた。また、みかけひずみの動きを日単位でみたとき気温変動による影響がもっとも大きいという前回と同様の結果が再確認された。

また、場所によっては温度膨張係数ならびにひずみにかなり差があり、拘束度の相異によるものではないかと考えられる。

なお、この試験体に発生したひびわれ、ならびにその検討は引続き報告する予定である。

〈参考文献〉

- 1) 中西正俊：“コンクリートの体積変化におよぼす外気温の影響 (第2報)” 清水建設研究所報 Vol.18 1971. 10
- 2) “DIALS ライブラリープログラム (L39)” 日本電信電話公社
- 3) “東京気象表” 東京管区気象台、気象協会
- 4) 内田祥哉：“性能による構法選択のための基礎的研究 (その3) (性能の重みづけ)” 日本建築学会論文報告集, 第186号 昭和46年8月