

和歌山工業高等専門学校 正会員 戸川 一夫
同上 同上 中本 純次

1. まえがき：本研究はカルシウムサルホアルミネート系および石灰系の膨張材をそれぞれ用いた膨張コンクリートの膨張収縮特性と打込み直後より風にさらされる時間の変化との関係を実験的に調べ、また膨張収縮特性を供試体中に埋込んだペーストのX線回折結果、示差熱重量分析結果およびポロシター測定結果、さらにはコンクリートの重量測定結果と関連づけて考察したものである。

2. 実験概要：セメントは普通ポルトランドセメント、細骨材は川砂、粗骨材は最大寸法20mmの硬質砂岩碎石を用いた。コンクリートの配合は表-1に示す。膨張材はCSA（電気化学工業K.K製）とエクспан（小野田セメントK.K製）を使用し、単位膨張材量はCSAで60kg/m³、エクспанで55kg/m³である。供試体の形状寸法を図-1に示す。軸方向拘束はφ11mmのPC鋼棒（C種1号SBPR110/2S、 $E_s = 2.04 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$ 、高周波熱錬K.K製）、軸直角方向拘束は外径89mm、肉厚2.9mm、中10mmのスチールリング2個を配置した。長さ変化は打込み直後と基長としてPC鋼棒に貼付した3線式の電気抵抗線ひずみゲージによる方法、ならびに両端にφ5mmの半球のくぼみをつけたPC鋼棒の長さ変化をダイヤルゲージで測定する方法、さらには材令1日を基長としてホイットモアによる測定する方法の3種を併用した。結果の整理は電気抵抗線ひずみゲージ法による結果で行なった。供試体の養生については打込み直後から風（風速8.5m/sec）にさらされる時間を変化させており、風にさらされる時間を0、30分、3時間の3段階とした。所定時間風にさらすとその後から材令1日までぬれ布とビニールシートで供試体をつつみ、材令1日で脱型後水中養生（20±2℃）を材令14日まで行ない、材令14日から気中養生（20±2℃、RH50%）に移した。

3. 結果と考察：図-2に材令1日までの長さ変化特性を示す。本実験では膨張コンクリートの材令1日までの長さ変化は風にさらされる時間が変わってもほとんど影響されないことが明らかになった。さらに表-2に水中養生中の最大膨張量を記すが、最大膨張量も風にさらされる時間が変化してもほとんど差がないことがわかった。乾燥収縮については同じく表-2に示すが、膨張コンクリートの乾燥収縮量（最大膨張からの収縮量）は普通コン

表-1 コンクリートの配合

C+E (kg/m ³)	W (kg/m ³)	W/C+E (%)	S/G (%)	S (kg/m ³)	G (kg/m ³)
400	180	45	43	732	1002

E：単位膨張材量

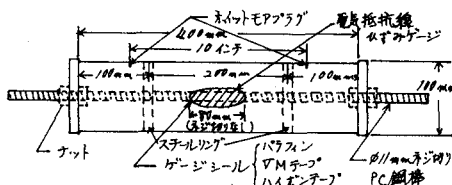


図-1. 供試体

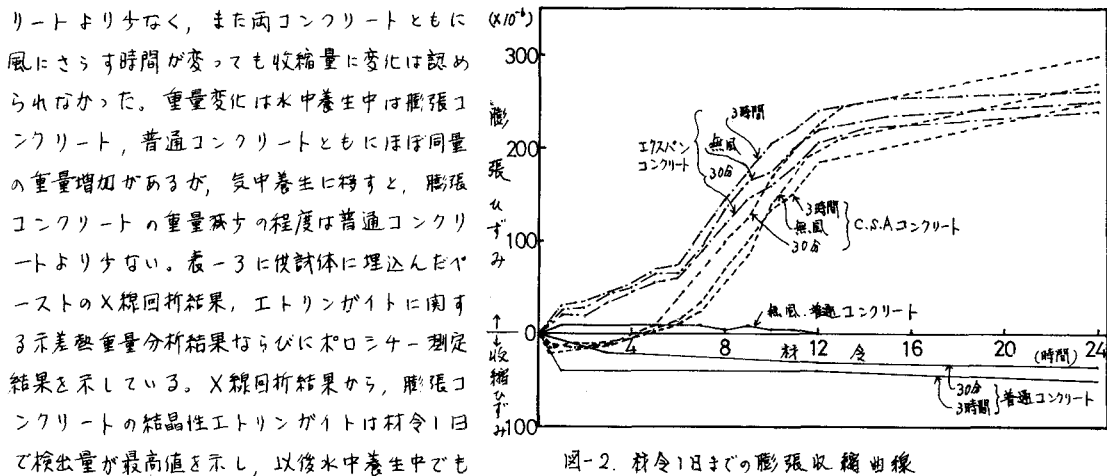


図-2. 材令1日までの膨張収縮曲線

材令の経過とともに減少する傾向が認められ、養生養生に移すと消失してしまうようである。普通コンクリートの場合は結晶性のエトリンガイトは材令1日でわずかに検出されるが、以後の材令では全く消失してしまう。したがって、結晶性のエトリンガイトは圧力下あるいは乾燥条件下で容易に非晶質化することがわかる。示差熱重量分析結果からエトリンガイトの脱水曲線より推定されるエトリンガイトの生成量は膨張コンクリートでは材令1日より材令の経過

表-2 膨張・収縮、重量測定結果

コンクリート種類 風時間	膨張・収縮量 (mm)		重量増減 (%)	
	膨張量	収縮量	重量増加	重量減少
C-0	4.35	4.80	6.5	1.65
C-30分	4.40	4.50	7.5	1.80
C-3時間	4.50	5.00	8.0	1.75
E-0	3.95	5.30	5.3	1.83
E-30分	3.90	5.05	6.5	2.02
E-3時間	3.95	4.80	8.1	2.10
N-0	6.5	6.70	7.6	2.55
N-30分	1.0	6.40	7.2	2.54
N-3時間	0	6.85	6.5	2.77

N:普通コンクリート, C:CSAコンクリート, E:エクスパンコンクリート

表-3 X線回折、示差熱重量分析、空隙量測定結果

コンクリート種類 風時間 材令	X線回折結果		エトリンガイト 水量 (%)		細孔量 (%)			
	エトリンガイト 量 (wt%)	Ca(OH) ₂ 量 (wt%)	水量 (%)	66~118Å	118~300Å	300Å~	全空隙量	全空隙量
N-0-1	8	18.0	0	4.9	14.5	39.0	53.5	
N-0-3	0	17.7	0	4.3	13.9	22.7	36.6	
N-0-10	0	17.3	0	3.9	13.6	20.2	33.8	
N-0-100	0	18.5	0	5.2	13.8	1.0	14.8	
N-3-1	1.0	16.5	0	3.9	11.4	31.5	42.9	
N-3-3	0	17.5	0	4.7	14.3	23.2	37.5	
N-3-10	0	18.0	0	7.2	16.1	16.7	32.8	
N-3-100	0	19.0	0	4.4	15.0	7.0	10.7	
C-0-1	2.7	18.5	3.7	3.4	7.4	58.0	65.4	
C-0-3	2.1	13.8	3.8	3.4	8.6	35.3	43.9	
C-0-10	1.3	14.4	5.5	3.8	9.9	32.5	42.4	
C-0-100	0	17.8	5.2	3.7	9.3	18.6	27.9	
C-3-1	2.0	14.5	2.0	1.3	4.0	49.0	53.0	
C-3-3	1.5	14.0	3.8	1.3	4.4	34.0	38.4	
C-3-10	1.0	14.0	5.5	2.6	6.8	28.5	35.3	
C-3-100	0	18.2	5.2	2.6	5.6	21.5	27.1	
E-0-1	2.3	17.1	2.7	2.4	8.1	69.2	77.3	
E-0-3	1.3	14.9	3.8	2.8	9.6	45.0	54.6	
E-0-10	1.1	18.2	6.0	3.2	12.3	32.6	44.9	
E-0-100	0	16.2	6.3	4.2	11.4	22.3	33.7	
E-3-1	1.8	13.7	2.0	2.4	6.3	48.0	54.3	
E-3-3	1.0	14.0	3.0	2.5	7.0	41.5	48.5	
E-3-10	1.0	17.0	6.0	2.2	6.3	31.5	37.8	
E-3-100	0	18.0	5.8	2.9	6.8	19.5	26.3	

N:普通コンクリート C:CSAコンクリート E:エクスパンコンクリート

細孔量は材令とともに増加するが、300Å以上の細孔量は材令とともに減少する。普通コンクリートでは300Å以下の細孔量は材令に関係なくほぼ一定であり、300Å以上の細孔量は材令とともに減少している。膨張コンクリートと普通コンクリートの細孔径分布を比較してみると、膨張コンクリートは普通コンクリートより300Å以上の細孔量が常に多く、300Å以下の細孔量が常に少ないことが特徴である。より細かい細孔から水が蒸散すると収縮力はより強くなること、膨張コンクリートは結合水を多くとる非結晶性のエトリンガイトの生成量が多いこと等を考え合わせると、膨張コンクリートは普通コンクリートよりも乾燥収縮量は小さくなると説明がけられるわけである。

4. あとがき: 本実験結果からえられた結論を要約すると下記の通りである。

- 1) コンクリート打込み直後より風にさらす時間が0~3時間と変わっても、膨張コンクリートの膨張ならびに乾燥収縮量に差異は認められなかった。
- 2) 膨張コンクリートの膨張には非結晶性のエトリンガイトが寄与していると考えられる。
- 3) 膨張コンクリートは普通コンクリートよりも乾燥収縮量が少ないことがわかった。その理由として、膨張コンクリートは普通コンクリートとくらべて300Å以下の細孔量が少ないこと、さらには乾燥養生中、コンクリートの重量減少が少ないことがあげられる。

謝 辞: 本研究を行なうにあたり、種々ご教唆下さいました京都大学岡田教授、岐阜大学小柳教授、実験にご協力下さいました大阪セメント株式会社、中野主任研究員、松原副主任研究員に深謝いたします。