

膨張コンクリートの練り混ぜ時間と膨張特性との関係

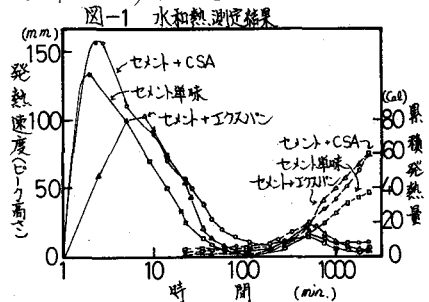
和歌山工業高等専門学校 正員 戸川一夫

同上 ○正員 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用いた三軸拘束膨張コンクリートの練り混ぜ時間と膨張特性との関係を、併試体中に埋込んだ同配合ペーストのX線回折、示差熱重量分析および空隙量測定結果と関連づけて究明したものである。

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(比重2.55, 粗粒率282), 粗骨材は硬質砂岩碎石(比重2.61, $G_{max} 20mm$), 膨張材はカルシウムサルホアルミネート系のCSAと石灰系のエクスパンを使用した。コンクリートの配合は、単位結合材量を400 $\frac{kg}{m^3}$, 水結合材比を45%, 細骨材率を43%とした。単位膨張材量はCSAのとき60% $\frac{kg}{m^3}$ エクスパンのとき55% $\frac{kg}{m^3}$ である。拘束用PC鋼棒は $\phi 11mm$ であり、ひすずゲージを貼付する中央部80mmを除いて全長にねじ切りを施している。供試体は、 $\phi 10 \times 40cm$ の中心部にPC鋼棒を挿入し、外径89mm, 幅10mm, 肉厚2.9mmの2個のスチールリングで軸直角方向の拘束をし供試体両端には110 $\times$ 110 $\times$ 25mmの鋼板をそれぞれ2個のナットで固定している。供試体の長さ変化は、PC鋼棒の長さ変化をコンクリート打設時よりダイヤルゲージと電気抵抗線ひすずゲージで測定する方法およびコンクリートの長さ変化を材令/日よりホイットモア測長器で測定する方法を併用した。練り混ぜ時間は、強制練りミキサーに全材料を同時に投入して注水後1分、3分および20分の3段階を計画した(図-1参照)。1分は、まだ発熱がそれほどおこっていないとき、3分は発熱ピークに達したとき、20分は発熱が低下して一定状態になったときである。同一種類のコンクリートは同一バッチからえることにした。

コンクリートはプラスチック円筒型枠に幅3cmの打設口を設けて打設し、締め固めたのちホイットモアプラグを埋め込んだ。養生方法は、供試体作製直後から材令/日までぬれ布養生し、材令/4日まで水中養生(20 $\pm$ 2 $^{\circ}C$)を行なった。また、所定の材令において埋め込んだペーストのX線回折、示差熱分析および空隙量測定を行なった。



3. 実験結果および考察: X線回折結果から、エトリンガイトはCSAおよびエクスパンセメントペーストともに注水後

表-1 X線回折結果

	エトリンガイト(mm)		Ca(OH) ₂ (mm)	
注水時間	CSA+セメント	エクスパン+セメント	CSA+セメント	エクスパン+セメント
3分	6	6	34	29
15分	6	5	41	9
30分	6	7	36	13
60分	4	4	38	17
90分	12	6	30	12

3分から生成されており90分まではほぼ同量生成されている。

また、Ca(OH)₂はCSAセメントペーストのオガエクスパンセメントペーストよりも多量に生成されている(表-1参照)。

材令/日までの長さ変化を図-2に、材令/4日までの長さ変化を図-3に示す。両膨張コンクリートともに打込み直後よりわずかに膨張し、注水後4時間くらいで著しい膨張が開始することが認められた。また膨張量は練り混ぜ時間に影響されないことがわかる。しか

しながら20分練り混ぜて、スランプ合せのために加水したものは両膨張コンクリートともに膨張量は 80×10^{-6} 程度低下することが示されている。X線回折結果、示差熱重量分析結果および空隙量結果を表-2に示す。膨張コンクリートは示差熱重量分析結果からえられたエトリンガイトの生成量は、初期養生中に材令の経過とともに増加していく。普通コンクリートでは全く検出されていない。X線回折で検出される結晶性エトリンガイトについては、膨張コンクリートは湿潤養生中の材令/日で最も多く材令3日、材令10日で減少傾向にある。また、普通コンクリートについては結晶性エトリンガイトは材令/日で若干検出されてはいるが材令3日以降になると消失してしまう。したがって、両膨張コンクリートの初期水中養生時の膨張には、とくに非結晶性のエトリンガイトが多く生成されるほど膨張量が大きくなると考えられる。また、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の形成過程が膨張コンクリートでは固相反応であるのに対し、普通コンクリートでは液相反応であり固相反応により生成した $\text{Ca}(\text{OH})_2$ はこれもまた膨張に寄与するといわれている。表-3に示すように、結晶性のエトリンガイトは持続応力下におくと減少している。したがって水中養生中材令/日から10日にかけて結晶性エトリンガイトがみかけ上少なくなるのは、生成されたエトリンガイトがケミカルプレストレスによる圧力下でしだいに非晶質化していくためであると考えられる(表-3参照)。空隙量測定結果から、膨張コンクリートと普通コンクリートとを比較すると前者の方が後者よりつねに多くの空隙を有し、とくに $300 \text{ \AA}$ 以上の細孔径量が多いことが認められる。エトリンガイトが生成されること自体は反応式からみると硬化体を収縮側にさせることになるが、それにもかかわらず膨張を示すことは結果的に硬化体が空隙量の増加を伴うことになるわけである。なお、CSAおよびエクспанを用いた膨張コンクリート間の性状の差異はみられなかった。

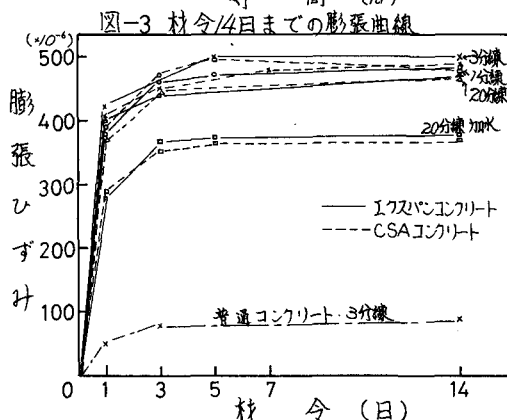
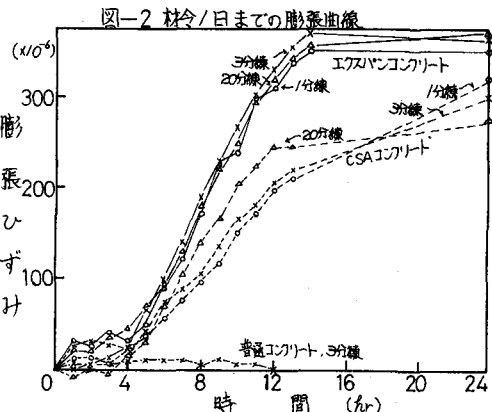


表-2 X線回折、示差熱重量分析、空隙量試験結果

エイトリ	X線回折 エイトリ	Ca(OH) ₂	空隙量(%)		エイトリ 膨張(%)
			66~300 Å	300~∞ Å	
N-3-1	6	180以上	14.5	37.4	53.5
N-3-3	0	177以上	13.9	22.6	36.6
N-3-10	0	173以上	14.6	13.3	33.8
E-3-1	23	171	8.1	69.2	77.3
E-3-3	13	149	9.6	45.0	54.6
E-3-10	11	182以上	12.3	32.6	44.9
C-3-1	27	185	7.4	58.0	65.4
C-3-3	21	138	8.6	35.3	43.9
C-3-10	13	144	9.9	32.5	42.4
E-20-1	15	176以上	7.9	62.1	70.0
E-20-3	13	178以上	8.1	46.0	54.1
E-20-10	10	173以上	8.6	42.0	50.6
C-20-1	30	182以上	11.9	56.0	67.9
C-20-3	28	184以上	5.5	45.3	50.8
C-20-10	23	183以上	7.6	37.4	45.0

表-3 純粋エトリンガイトとセメントペーストのエイトリンガイトに関するX線回折結果

純粋エトリンガイト			セメントペースト	
持続応力	乾燥	湿潤	持続応力	0.04 MPa
0			1日	22 mm
20 (材令90)	150 mm	160 mm	4日	0 mm
40 (材令90)	100 mm	100 mm	7日	0 mm
	50 mm	100 mm	21日	0 mm