

## [38] 膨張性能早期判定方法に関する研究

正会員 ○戸川一夫 (和歌山工業高等専門学校)  
正会員 中本純次 (同上)  
正会員 中野錦一 (大阪セメント株式会社)  
松原 篤 (同上)

### 1. まえがき

膨張コンクリートは普通コンクリートにくらべて、数々の利点を有している。膨張コンクリートの使用が今後さらに進展していくためには、膨張コンクリートの品質管理、とりわけ膨張率に関する早期判定方法を確立しておくことも一つに挙げられよう。膨張コンクリートの膨張性能を早期に判定する方法に関してはルシャテリエ法<sup>1)</sup>を準用した煮沸法あるいは一軸拘束器具を用いて急結モルタルと高温養生の組合わせによる急速硬化法等が報告されている。筆者らの方法は文献<sup>2)</sup>の方法に準じたものではあるが、異なる点は急結剤を使用しないで沸騰水中に一軸拘束モルタル供試体を浸漬するところにあり、注水後3時間でかなり精度よくコンクリートの膨張材量および膨張率を間接的に判定可能と考えられたのでここに報告する。

### 2. 実験概要

使用材料：セメントは主として普通ポルトランドセメントを用い、一部に早強ポルトランドセメント、B種高炉セメントを使用した。膨張材としてはカルシウムサルホアルミネート系の膨張材Aと石灰系の膨張材Bの2種類を用いた。混和剤として、AE剤と、減水剤として標準型、促進型および遅延型を用いた。細骨材は日高川の川砂(比重2.58, F.M. 2.77)である。粗骨材は由良産の硬質砂岩碎石(最大寸法20mm, 比重2.61)<sup>3)</sup>である。

試験方法：早期判定試験にはJIS素案の膨張モルタルの膨張率試験方法で提案されている一軸拘束器具を用いることにした。膨張率の測定はダイヤルゲージ(1/1000mm)を用いて、モルタル打込み前を基長として、高温養生後の長さ変化率を膨張率とした。供試体の作製方法はセメントと膨張材はあらかじめよく混ぜ合わしておき全材料投入後3分間強制練りミキサーで練り混ぜた後、練り上がったコンクリートをウエットスクリーニングして採取したモルタルを直ちに拘束器具をあらかじめセットしたセメント強さ試験用の三連型わくに2層に分けて詰め、モルタル表面をナイフで3mm程度余盛つて仕上げた後、厚さ1cmの鉄板上面にふたをし、ボルトじめをした。鉄板でふたをすることによって、沸騰水中でモルタルが洗い流されないようにしたこと、供試体を三軸拘束することで、早期から高温にさらされるモルタルにひびわれが発生するのを防ぎ、さらに温水中におくことで水和物の脱水を防いだ。これらのことが結果的には膨張性能を精度よく判定できる一因になったと考えられる。成型したモルタル供試体は注水後から所定の時間経過(前置き時間)した後、温水中に所定時間浸漬し、取り出して脱型し、流水中に所定時間置いた後(後置き時間)、長さを測定した。なお、試験値は同一モルタルにつき3本の供試体の平均値である。

標準養生供試体長さ変化測定方法には供試体中心部に電気抵抗線ひずみゲージを貼付する部分を除いて全長ネジ切りを施こしたφ11mmのPC鋼棒(C種1号, SBPR110/125, 高周波熱練K.K製)を配置し、両端部鋼板(11×11×2.5cm)を内外2個のナットで固定したφ10×40cmの円柱供試体を用いた。長さ変化は基長をコンクリート打込み直後として、電気抵抗線ひずみゲージによって測定した。供試体はコンクリート打込み直後から、ぬれ布とビニールシートで材令1日まで包み、材令1日で脱型後、材令14日まで水中養生(20°C)し、材令14日での長さ変化を膨張量とした。試験値は同一コンクリートにつき3本の平均値とした。

### 3. 実験結果と考察

#### (1) 膨張性能早期判定方法について

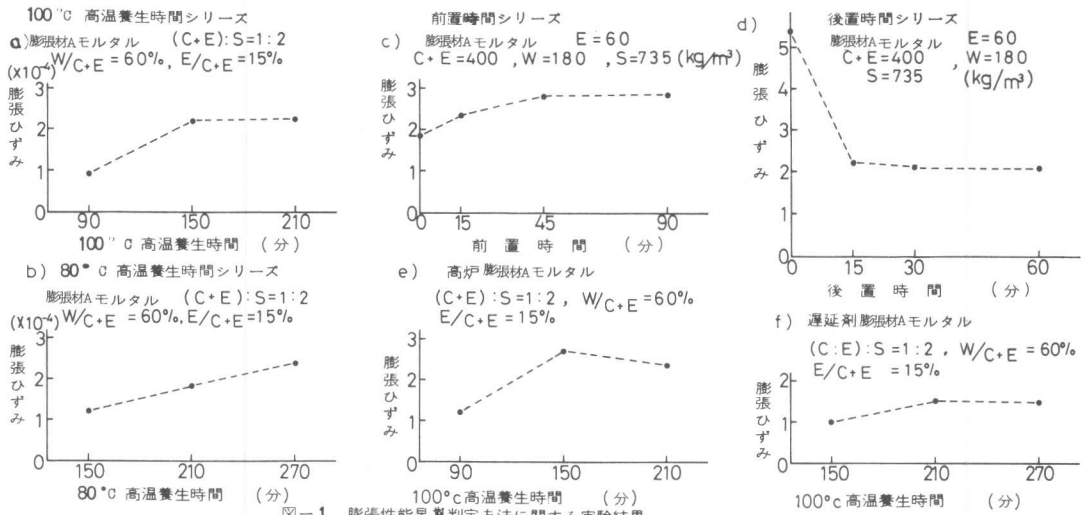


図-1 膨張性能早期判定方法に関する実験結果

早期判定方法の考え方の基本は膨張コンクリートおよび高温養生モルタルの膨張率は膨張材量によつて一義的に定まること、したがつて高温養生モルタルの膨張率からモルタル中の単位膨張材量が解かれれば、粗骨材容積比を介してコンクリートの単位膨張材量が推定できるところにある。

ウェットスクリーンモルタルを型わくに詰めて、注水後15分して、高温養生を開始して、養生温度および養生時間と膨張性状との関係を調べて、早期判定に必要な養生温度、養生時間を定めるために実験を行なつた。この場合後置き時間はすべて15分としている。結果を図-1の(a)(b)に示す。結果から判断して、100°C温水中で150分養生すれば膨張率は一定値に近づくことがわかる。80°Cの場合は270分養生しても膨張率が一定値に近づく様相は示されない。判定時間の短縮を目的とすれば100°C温水養生を150分を行なうことが必要十分条件になると考えられる。なお、100°C温水に浸漬したペーストのX線回折、熱分析、電子顕微鏡写真(写真-1)から、X線的にはエトリンガイトは非晶質化しているが、熱分析結果からエトリンガイトの存在が認められており、顕微鏡写真では六方晶板の $Ca(OH)_2$ とエトリンガイトと思われる微結晶の存在が確認できた。

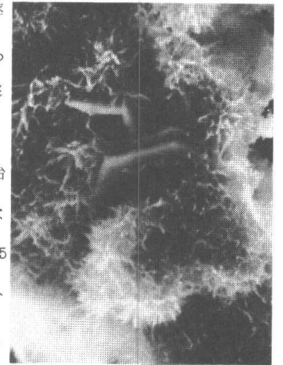


写真-1. 膨張材AセメントペーストSEM写真(X5000)

100°C高温養生を開始するまでの前置き時間あるいは高温養生後の後置き時間が膨張性状におよぼす影響を調べて、図-1の(c)(d)に結果を示す。前置き時間は長くなるほど、得られる膨張率は大きくなる傾向がある。そのため、できるだけ早く判定しえる方法をとの考えに立てば、注水後から15分あれば、ウェットスクリーニング、型詰め等の作業が可能であるので、前置き時間を15分と正確に定めることにした。後置き時間と膨張率との関係は、後置き時間が短いほど、えられる膨張率は大きくなる様相であるが、温水中から取り出し直後では供試体が熱すぎて取扱いが容易でなく、膨張率の測定結果はバラツキが大きく、したがつて、後置き時間を15分程度とすれば、得られる膨張率はほぼ一定値におちつき、測定値けバラツキが小さかつたので、後置き時間は15分と正確に定めることにした。本実験で採用した早期判定方法のタイムテーブルを図-2に示す。

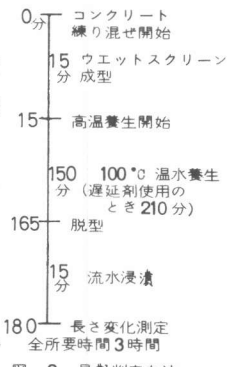


図-2 早期判定方法

B種高炉セメントを用いたときの高温養生時間と膨張率との関係を調べて図-1(e)に示す。B種高炉セメントを用いた場合でも高温養生時間は150分あれば十分であることが判明した。

遅延剤を用いたときの高温養生時間と膨張率との関係について図-1(f)に結果を示す。遅延剤を混和することによつて凝結時間が遅れるため、遅延剤を混和したときには膨張率が一定値に近づくのに要する高温養生時間は

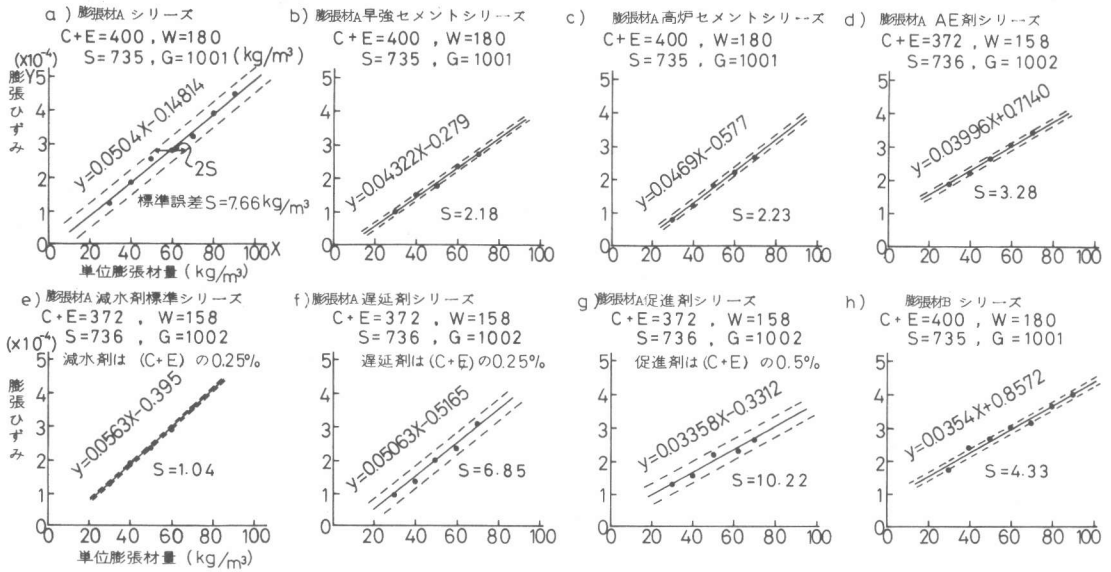


図-3 各種膨張モルタルの単位膨張材量の判定

210分必要であることが示された。したがって、図-2のタイムテーブルにおいて遅延剤を用いたときの高温養生時間は210分としている。

(2) 各種膨張モルタルの単位膨張材量の判定について

図-2に示す高温養生過程にしたがって、各種のウエットスクリーンモルタルの膨張材量と膨張率との実験結果を図-3にまとめて示す。

各種膨張モルタルの膨張率は膨張材量とほぼ直線関係にあることが示されたことになる。したがって、あらかじめ膨張率と

膨張材量との関係を求めておけば任意のウエットスクリーンモルタルの膨張率から膨張材量を推定できるわけである。たとえば、膨張材A膨張モルタルおよび膨張材B膨張モルタルでは、それぞれ  $7.7 kg/m^3$ 、 $4.3 kg/m^3$  の標準誤差でもって単位膨張材量を推定できるのである。なお、コンクリートの単位膨張材量を推定する場合の誤差に関しては、コンクリートには粗骨材が含まれているため、粗骨材量に見合う分だけコンクリートの単位膨張材量はモルタルの単位膨張材量より少なくなるわけであり、誤差の値も小さくなるのである。

(3) 膨張コンクリートの膨張性能の判定

標準養生をした膨張コンクリートの膨張率と膨張材量との関係の2例を図-4に示している。膨張コンクリートの膨張率はこれまでの報告にあるように、膨張材量と相関関係にあることがうかがわれる。また、膨張材Bコンクリートおよび膨張材Aコンクリートでは、それぞれ、標準誤差  $1.6 kg/m^3$ 、 $1.3 kg/m^3$  の精度でもって膨張材量を推定することができる。

図-5には標準養生14日におけるコンクリートの膨張率とウエットスクリーンされたモルタルを高温養生した場合の膨張率との関係をプロットしている。両者の間にはいずれの場合にも直線関係が認められており、高温養生したモルタルの膨張率からコンクリートの膨張率を求めることができるわけである。したがって、あらかじめ配合がわかっているコンクリートで図-5に示すような関係を求めておけば、高温養生モルタルで膨張率試験を行ないさえすれば、単位膨張材量に関係なく、コンクリートの膨張性能を精度よく推定することが可能となる。たとえば、膨張材Aコンクリートおよび膨張材Bコンクリートでは、コンクリートの膨張率をそれぞれ  $68 \times 10^{-6}$ 、 $98 \times 10^{-6}$  の標準誤差でもって、かなり良い精度で推定できることになる。

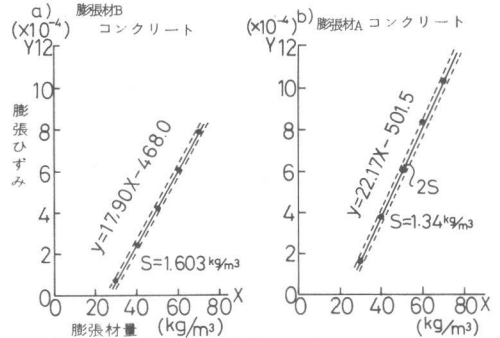


図-4 膨張コンクリートの膨張材量の判定

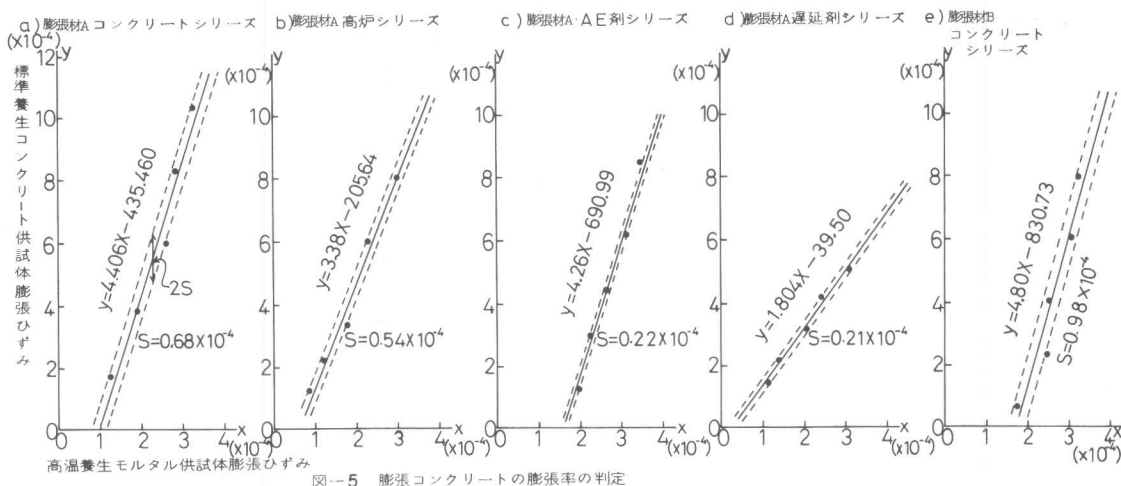


図-5 膨張コンクリートの膨張率の判定

#### 4. あとがき

JIS素案の膨張モルタルの膨張率試験方法で提案されている一軸拘束器具を用いて、沸騰水中で供試体を三軸拘束状態にして高温養生を行なうことで、注水後3時間で、膨張モルタル中の膨張材量がかなりの精度で推定できることが明らかになった。また、あらかじめ、膨張モルタルの膨張率と膨張コンクリートの膨張率との関係を求めておけば、膨張モルタルの膨張率を知るだけで、膨張コンクリートの膨張率を推定することができると考えている。

なお、膨張性能早期判定実験に際して、つぎの事項に注意を払うことが肝要であると思われたので、それらを列挙しておく。

- (1) 一軸拘束器具の使用に際して、鋼棒が真直ぐであること、両端板がねじれて固定されていないこと、さらに平行であること、固定ナットにゆるみがないこと、両端板間の間隔が規定通りであること。
- (2) ダイアルゲージで長さを測定する時、測定には供試体の同一方向、同一位置をあてること、鋼棒両先端部はよく磨かれていて、測定位置が変わることによつてダイアルゲージの読みが大幅に変化しないものを選んでおくこと。
- (3) 測定器具を置く場所および測定場所は常温であること。
- (4) ウェットスクリーニングモルタルは採取後1分間程度よく混ぜ合わせる事、供試体は高温養生が完了するまで常に水平にして傾けないこと。

#### 参 考 文 献

- 1) 月岡、川久保： 膨張性混和材の含有量判定簡易試験方法について、コンクリート構造物のひびわれに関するシンポジウム発表報文集、日本コンクリート工学協会、1977。
- 2) 長滝、高田、近藤： 単位膨張材量早期判定方法について、コンクリート品質の早期判定に関するシンポジウム発表論文集、日本コンクリート工学協会、1979。
- 3) 日本建築学会： 膨張材を使用するコンクリートの調査設計・施工指針案・同解説、日本建築学会、1978。

#### 謝 辞

本実験を行なうにあつて、実験にご協力下されました和歌山工業高等専門学校土木工学科、平野技官ならびにコンクリート工学卒研究生の諸氏に深謝いたします。