

# [37] 初期のモルタル膨張計測法の提案

正会員 ○ 末永 龍夫 (鹿島建設技術研究所)  
 正会員 柿崎 正義 (鹿島建設技術研究所)  
 板垣 謙一 (電気化学工業)  
 本多 信一 (鹿島建設建築本部)

## 1. まえがき

初期のモルタル膨張を計測する方法としては、ASTM方法(C-827-75T)、米国工兵隊規格法(CRD-C-589-62)、建築学会法(JASS 5T-701)等の方法がある。これらの測定方法は、測定者の技術および経験回数によって試験精度におよぼす影響が大きく一長一短がある。

そこで、本報告は無収縮性モルタルの膨張性状を、前記に示した既往のモルタル膨張測定方法と筆者が提案するシリコン油による方法にて測定し、測定方法とモルタル温度(10℃, 20℃, 30℃)の相違による膨張率について比較検討を行ない、同時に最適な初期モルタル膨張計測法について述べたものである。

## 2. 使用材料および調査

### 2.1 使用材料

セメントはA社製フライアッシュセメントB種を使用した。表-1に物理試験値を示す。

無収縮性混和材は、D工業社製セメント系無収縮材を使用した。表-1に物理試験値を示す。

細骨材は、山砂の骨材を使用した。表-2に細骨材の特性値を示す。

水は、水道水を使用した。

### 2.2 調査

表-3に無収縮性モルタルの調査を示す。目標フロー値は280±10とし、練上り温度および養生温度は、10℃, 20℃, 30℃の3条件とした。

セメントと砂の重量比は「1:2」とし、無収縮性混和材の使用量は、セメント重量の内割で16%とした。

## 3. 試験方法

### 3.1 ASTM方法(C-827-75T)

図-1にASTM測定装置を示す。試験器具には、内径5cm、内高10cmの金属製型わく、インジケータースポール、ランプ、集光レンズ等を用いた。

供試体は、モルタルをすばやく型わくの上面まで詰め、その表面の中央部にインジケータースポールの頭を軽くたたいてモルタルの中に半分埋め、そして外側から3回たたいて作成した。

測定は、加水後5分以内にインジケータースポールの映像を約4m離れたチャート紙に映し出してその映像位置

表-1 物理試験値

項目 種類	比重	粉末度		水分		凝結		フロ ロイ 値 (%)	強度 (Kg f/cm <sup>2</sup> )							
		比 面 (cm <sup>2</sup> / g)	88μ 残 分 (%)	量 (%)	量 (%)	(h- m)	(h- m)		曲げ強度			圧縮強度				
									3日	7日	28日	3日	7日	28日		
フライアッシュ セメントB種	2.99	3270	2.0	27.0	3-16	4-44	276	31.3	45.3	66.8	124	194	338	-	-	-
セメント系 無収縮材	2.63	12550	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

表-2 細骨材の特性値

細骨材の粒度分布 (フルイに留まる累計率 (%))							粗粒率	表 乾 比 重	吸 水 率 (%)	単 位 容 積 重 量 (kg/m <sup>3</sup> )	実 積 率 (%)	
1.0mm	5.0mm	2.5mm	1.2mm	0.6mm	0.3mm	0.15 0.15mm 以下						
0	1.6	19.3	36.4	53.9	80.6	95.2	100.0	2.87	2.56	1.21	1706	67.45

表-3 調査表

温 度	W / C (%)	1 M <sup>3</sup> 当りの材料重量 (Kg)			
		セメント	セメント系 無収縮材	細骨材	水 量
10℃	35.0	553	105	1,316	230
20℃	34.0	557	106	1,326	225
30℃	35.0	553	105	1,316	230

を記して開始した。

測定は、最初の90分まで5分毎に行ない、次の1時間を10分毎にそれ以後20分毎に、加水後6時間まで行い、翌日(18～24時間)に再度測定して終了とした。

なお、インジケータボールの拡大倍率は、モルタルが硬化したボールの上に、水平にSteel Rod(直径2mm)のをせ、その映像高さを測定して出した。今回の測定倍率は77.9～79.4倍で行った。

膨張率の計算は次式によった。

$$V = \frac{I}{M \cdot H} \times 100\% \quad \text{ここに、} V : \text{膨張率}(\%), M : \text{拡大倍率}$$

$$I : \text{チャート上の目盛り}(\text{mm}), H : \text{供試体の原寸高さ}(\text{mm})$$

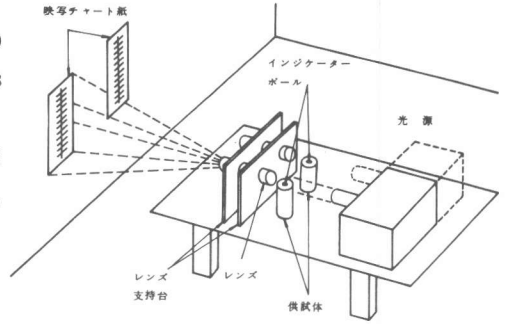


図-1 ASTM測定装置略図

### 3.2 米国工兵隊規格法(CRD C589 62改良式)

図-2に米国工兵隊規格法の測定方法を示す。試験器具には、内径5cm、内高10cmの金属製型わく、薄板ガラス(径45mm、厚1mm)、レベル調整用金型、深測用マイクロメーターを用いた。基点は充填直後からとした。

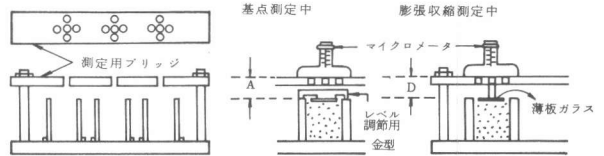


図-2 米国工兵隊規格法略図

モルタルは、練りませ後型わくに二層に分けて詰め、表面をナイフでならし、モルタル中央に薄板

ガラスをのせ、さらにレベル調整用金型をのせて型枠面と薄板ガラス面が同一レベルとなるように押して作成した。基点の測定は、ただちに測定ブリッジを固定してブリッジ上面からレベル調整用金型の上面までの深さをマイクロメーターで行った。膨張量は、供試体1個につき5点で供試体が3個あり、計15点の平均値で示した。

膨張収縮率は次式によった。

$$\text{膨張収縮率} = \frac{A - D}{100} \times 100\% \quad \text{ここに、} A : \text{基点(モルタルの充填直後よりブリッジ上面からレベル調整}$$

$$\text{用金型までの距離、なお後でレベル調整用金型の厚さをたす)}$$

$$D : \text{材令} n \text{日におけるブリッジ上面から薄板ガラス面までの距離}$$

### 3.3 建築学会法(JASS 5T-701)

測定は、JASS 5T-701「プレバッドコンクリート用注入モルタルの試験方法・b項 注入モルタルの膨張率・ブリージング率試験方法」によった。試験器具には、目盛付き1000ccメスシリンダーを使用した。

試料のモルタルは、1000ccのメスシリンダーに約800ccを入れ、経過時間3時間まで30分毎にモルタルの上面の読みVcc、ブリージング水面の読みWccを記録し、下式によって膨張率を計算した。

$$\text{膨張率} = \frac{W - V}{V} \times 100\%$$

### 3.4 シリコン油による方法(提案する測定方法)

図-3に測定装置の略図を示す。試験器具は、内径5cm、内高10cmの金属製型わく3連式(固定する)、深測用マイクロメーター、シリコン油を用いた。供試体は、モルタルをすばやく型わくの内高約8cm位まで詰めその

上面へ静かにシリコン油を 1 cm 注いで作成した。

基点 (A) は、深測用マイクロメーターを用いて、加水後 5 分以内にブリッジ上面からシリコン油上面までの距離とした。測定開始は、基点 (A) から行った。測定間隔は、最初の 90 分まで 5 分毎に行い、次の 60 分を 10 分毎に、それ以後 20 分毎に加水後 6 時間までに行い翌日に再度測定して終了とした。膨張率の計算は次によった。

$$V = \frac{A - D}{H} \times 100\%$$

ここに、V：膨張率 (%), H：供試体の原寸高さ (mm)

A：基点 {モルタルの充填直後 (加水後 5 分以内) の読み}

D：材令 n 時における読み (ブリッジ上面からシリコン油面までの距離)

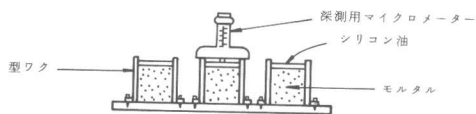


図-3 シリコン油法略図

#### 4. 試験結果と考察

##### 4.1 ASTM方法

図-4~図-6にASTM方法による膨張、収縮の結果を示す。これより練上り温度 10℃における収縮率は経過時間につれて  $45 \times 10^{-4}$  となり、また 20℃の最大膨張率は打込み後 35 分で  $85 \times 10^{-4}$  を示し、それ以後ゆるやかに減少し膨張率  $20 \times 10^{-4} \sim 30 \times 10^{-4}$  でほぼ安定していた。30℃の最大膨張率は、打込み後 25 分で  $124 \times 10^{-4}$  を示したが、 $54 \times 10^{-4}$  で安定していた。

以上の結果から、ASTM方法は測定開始時が加水後 5 分以内であるので、モルタルの初期の容積変化を容易に測定することができる。しかし、ASTM方法は次の点で測定誤差を生じやすいと考えられる。

- (1) インジケーターボールは少しの振動で沈下しやすいために、測定開始時のまだ固まらない状態の測定値のバラツキが大きくなりやすい。
- (2) インジケーターボールを映写させる光源の発する熱が供試体におよぼす影響が大きい。
- (3) 映写チャートに、インジケーターボールの映像を拡大させるために、光源と映写チャートの間隔が約 5 m となりかなり広い測定室が必要とされる。
- (4) インジケーターボールが、硬化する過程で動くことがあるので、焦点を合わせるのに熟練を要する。

##### 4.2 米国工兵隊規格方法

本方法で測定したモルタルの膨張率は、練上

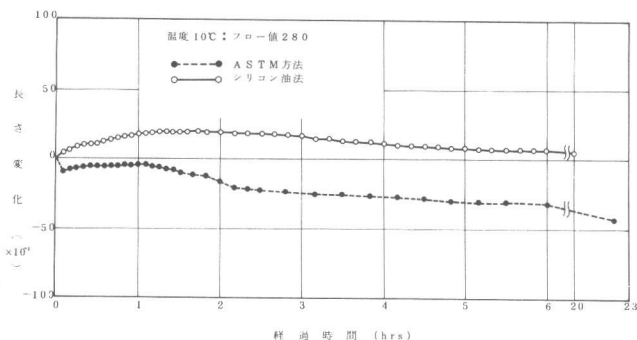


図-4 ASTM方法およびシリコン油法による長さ変化と経過時間との関係

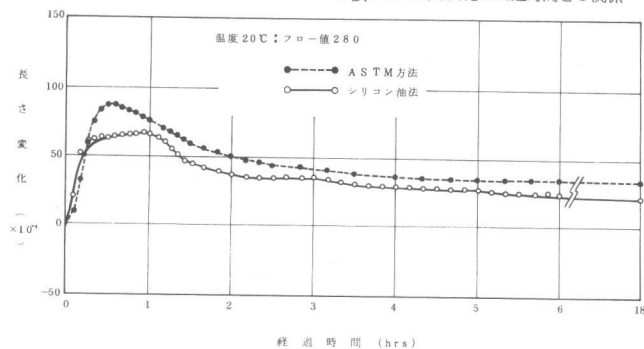


図-5 ASTM方法およびシリコン油法による長さ変化と経過時間との関係

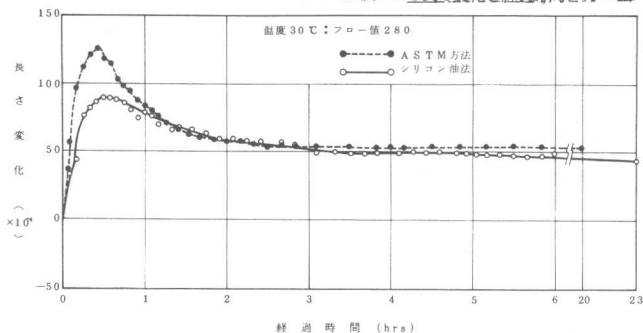


図-6 ASTM方法およびシリコン油法による長さ変化と経過時間との関係

り温度 10℃ のとき  $20 \times 10^{-4}$  , 20℃ のとき  $43 \times 10^{-4}$  , 30℃ のとき  $36 \times 10^{-4}$  となり測定材令 1 日から 7 日まで一定であった。この結果からわかるようにこの測定方法は、

(1) モルタルを充填した後測定してレベル調整用型わくを 24 時間のせて置くために、材令 1 日以前のまだ固まらないモルタルの容積変化が測定できず、硬化した後の測定値しかわからない。

(2) 測定装置が複雑であるために、測定用ブリッジや金属製型わくの寸法精度が多少違うと測定誤差を招きやすく、測定者によって測定値のバラツキが大きくなりやすい。

等で充填後 1 日以内の容積変化を測定するには不向きである。しかし、ASTM 方法に比較して、測定する装置が小さいために大きな測定室を必要としないところが利点である。

### 4.3 建築学会法

本方法で測定したモルタルの膨張率は、練上り温度 10℃ のとき  $-2 \times 10^{-4}$  , 20℃ のとき  $55 \times 10^{-4}$  , 30℃ のとき  $73 \times 10^{-4}$  となり、経過時間 30 分から 3 時間まで一定の値を示した。この結果から本方法の特徴をあげると、

(1) 膨張量の測定は、メスシリンダーを使用するため比較的容易に測定できる。

(2) 収縮側の測定は、メスシリンダーにモルタル分が付着するために測定が困難である。

(3) メスシリンダーの目盛りは、測定精度が悪い。作業上、目盛が各シリンダーでバラツキている。

等でモルタルの膨張収縮の傾向を見るには十分であるが、試験精度が比較的悪いのが難点である。

### 4.4 シリコン油による方法

図 - 4 ~ 図 - 6 にシリコン油方法による膨張収縮の結果を示す。

これより、最大膨張率は練上り温度 10℃ では  $18 \times 10^{-4}$  , 20℃ では  $66 \times 10^{-4}$  , 30℃ では  $90 \times 10^{-4}$  で打込み後 4 ~ 5 時間で現われており、経時変化による膨張特性は ASTM 方法と同様であった。

表 - 4 に各測定方法の練上り温度別の最大膨張率を示す。これからシリコン油による膨張量は、ASTM 方法と米国工兵隊規格方法の中間的な値を示していた。ASTM 方法の供試体にシリコン油を注いで測定すれば、ASTM 値とシリコン油の測定値はより近似した値になると思われる。提案するシリコン油による方法は、ASTM 方法と米国工兵隊規格法の利点を生かした測定方法であり、モルタルの初期膨張計測をする上で簡便かつ迅速に測定できる。測定方法の特徴は、

(1) 測定は、ASTM 方法と同じく加水後 5 分以内に開始でき、モルタル充填後 24 時間以内の初期の容積変化が測定できる。

(2) ASTM 方法の欠点であった光源の熱の影響および測定室の広さ制限をなくし、米国工兵隊規格方法で使用しているマイクロメーターを使うことによって簡易化をはかっており測定誤差も比較的少ない。

(3) 測定装置が簡単なために、現場でのモルタル膨張性状の測定が行いやすい。

以上からシリコン油による方法は、初期のモルタル膨張計測を行う方法としては利点が多い。

表 - 4 測定方法の相違による最大膨張率

測定方法	練り上り・養生温度		
	10℃	20℃	30℃
ASTM法	$-42 \times 10^{-4}$	$85 \times 10^{-4}$	$124 \times 10^{-4}$
シリコン油法	$18 \times 10^{-4}$	$66 \times 10^{-4}$	$90 \times 10^{-4}$
米国工兵隊法	$20 \times 10^{-4}$	$43 \times 10^{-4}$	$36 \times 10^{-4}$
建築学会法	$-2 \times 10^{-4}$	$55 \times 10^{-4}$	$73 \times 10^{-4}$

## 5. まとめ

初期のモルタルの膨張性状を各測定方法で測定した結果、提案するシリコン油による方法は、材令 1 日以内の初期のモルタル容積変化が測定できる、本方法は測定室が狭くてよい、測定装置が簡単に現場計測できるという点で実的な初期モルタル膨張計測法と考えられる。今後は、試験精度をより高精度になるよう改善し、また養生条件が変化した場合の膨張性状についても検討を加えていきたい。

最後に、試験に協力していただいた電気化学工業㈱の関係各位に感謝の意を表する。