

(V-13) 若材令モルタルの熱膨張係数の時間依存性

新潟大学 大学院 学生員 高橋市朗

新潟大学 工学部 正 員 竹田光明

新潟大学 工学部 正 員 米山絃一

1. はじめに

マスコクリートの温度応力などの研究に伴い、熱膨張係数の性状もここ最近かなり明らかにされてきたが、若材令（初期硬化過程）でのその時間依存性などはまだはっきりと解明されていないのが実状である。またマスコクリート部材の設計に於いて、温度変化による体積変化を考慮する場合の熱膨張係数としては、一般に $10 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ が用いられているが、若材令に於けるこの値の妥当性には、測定方法も難しく、データが少ないことから、不安が残る。本研究は、若材令マスコクリートの温度応力の的確な算定に資する事を目的として、4種類のセメント結合材を用いてモルタル供試体を作製し、材令12時間から14日までの熱膨張係数の推移を把握し検討した。

2. 実験概要

本実験では $10 \times 10 \times 30\text{cm}$ の供試体（図-1）を用いて、従来使用されていた埋め込み型歪み計を使用せず、供試体外部に熱膨張係数の小さいインバー鋼（ $1.11 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ ）と歪み計（パイゲージ）を取り付けて測定を行った。なお各種モルタルの熱膨張係数はインバー鋼の熱膨張係数およびパイゲージの温度変化による変形歪みと零点移動の影響を補正して、算出したものである。

1) 使用材料、配合及び材令

普通ポルトランドセメント、中熱セメント、フライッシュセメント（普通ポルトランドセメントに対して粉末度 $3130\text{cm}^3/\text{g}$ のフライッシュを30%置換）および高炉スラグセメント（普通ポルトランドセメントに対して粉末度 $8080\text{cm}^3/\text{g}$ の高炉スラグ微粉末を70%置換）の4種類の結合材を使用した。また骨材としてはF.M. 2.24、比重2.60の川砂を、配合についてはいずれも水結合材比を50%、砂と結合材の重量比を2.25とした。各供試体とも打ち込み後、12, 18, 24時間、2, 4, 7および14日の7つの材令で測定を行った。

2) 供試体

$10 \times 10 \times 30\text{cm}$ の供試体を作製し使用した。供試体の上端下端にはそれぞれ4本のアンカーを設置し、それによって歪み計やインバー鋼を取り付けるための治具を固定した。また供試体内部には供試体1個につき3

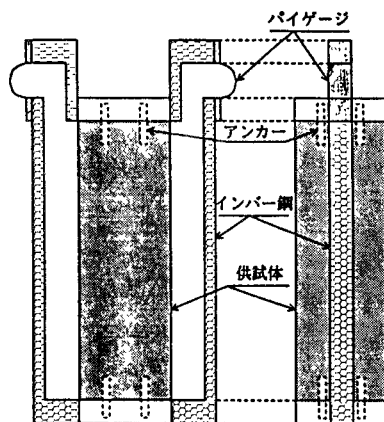


図-1 歪み計測の概略図

本の熱電対を、打ち込み直後から埋め込んだ。供試体は打ち込み直後からラップで密封し、 20°C の恒温室に静置し、24時間後脱型を行い、測定時まで密封したまま、同じく 20°C の恒温室で養生を行った。

3) 測定方法

熱膨張試験には断熱材で外側を被覆した保温性の高い水槽を用い、水の温度範囲は約 20°C の常温 $\sim 70^\circ\text{C}$ 強までとした。所定材令毎に3個の供試体を同時に 70°C 強の水槽へ入れ、あらかじめ供試体内部に埋め込んである3本（計9本）の熱電対で供試体内部の温度を、また水槽内の熱電対で水温を、そしてパイゲージで供試体の歪みを、それぞれ共に5分毎に追尾した。供試体内部の温度が均一になった時点（供試体を水槽に静置後約50分）での熱膨張係数を温度上昇時のものとし、その状態から24時間まで随時、温度下降時の温度を測定し、温度が安定した時点の熱膨張係数を下降時のものとした。

3. 結果及び考察

各種セメントモルタルの熱膨張係数の推移を図-2の（a）、（b）、（c）、（d）に示す。

普通ポルトランドセメントモルタルの（a）の場合は、温度上昇時および下降時の熱膨張係数は、共に材令1日以降安

定した値であり、材令14日までの変化はあまり大きくない。しかしながら、材令12時間から18時間までの間では、熱膨張係数が一度小さくなり、18時間から1日にかけて再び大きくなっている。この現象は次のように考えられる。供試体を所定材令まで7mmで密封しておいた訳であるが、供試体を温水に静置することによるキャピラリー空隙への温水の浸透が膨潤圧を引き起こすけれども、その圧力がゲルの形成によって次第に拘束されること、さらに材令の経過にともなってゲルが増加してキャピラリー空隙が少なくなると、モルタルの熱変形がキャピラリーを除いた部分にのみ依存することなどによるものと考えられる。また材令14日までは、温度上昇時の値の方が、下降時のものより少し大きめである。

(b) の中庸熱セメントモルタルの場合は、次のようなことが認められる。温度上昇時の熱膨張係数は、普通セメントの場合と同様に、材令12時間から18時間までの間では一度減小し、その後の材令1日から4日までは増大している。普通セメントの場合と異なる現象は、材令4日で温度上昇時の熱膨張係数が極大となり、材令7日、14日と経るに従って漸減することである。この極大現象は、セメントの化合物組成の違いによる水和過程の相違が影響しているものと感じられるが、今後検討する必要がある。また温度下降時の熱膨張係数においても材令4日で極大現象がみられる。

フライッシュセメントモルタル (c) の温度上昇時の熱膨張係数の推移のパターンは、普通セメントモルタルの場合と同様のパターンである。しかしながら、材令18時間までの値の減小傾向が普通セメントの場合より強く現れ、また材令2日以後の安定期における値は逆に普通セメントの場合より大きくなっている。すなわち普通セメントの推移パターンを誇張した形となっている。

高炉スラグセメントモルタル (d) の場合、顕著な特徴が見られる。すなわち、温度上昇時において、材令18時間までの値の減小期が現れないこと、その後の材令14日までに値の安定期が現れずに、この間の値が漸増し、材令14日までに $7 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$ も増加していることである。この単純漸増現象の原因の一つとして、スラグの粉末度が非常に大きかったことが推察されるが、そのメカニズムについては不明である。また温度下降時の熱膨張係数については、データが欠けている材令もあるが、概して他のセメントと同様に温度上昇時の値より幾分小さくなることがうかがえる。

4. まとめ

インバー鋼とバグージを用いた外部計測法による、若材令モルタルの熱膨張係数実験の結果から、まとめとして次のことが言える。

- 1) 若材令モルタルの熱膨張係数には時間依存性が認められる。
- 2) 熱膨張係数の時間依存性は結合材の種類の相違によって異なる。
- 3) 温度上昇時の熱膨張係数は温度下降時のそれより幾分大きくなる。
- 4) 粉末度約 $8080\text{cm}^3/\text{g}$ の高炉スラグ微粉末を混和した高炉スラグセメントモルタルの熱膨張係数は、材令に伴って漸増し、材令14日までに $7 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$ も増加することがある。

- 5) 外部計測法は、振動の影響を受けやすいという弱点を有するため、
今後は短時間に温度制御が可能な装置を用いて、研究をさらに進める必要がある。

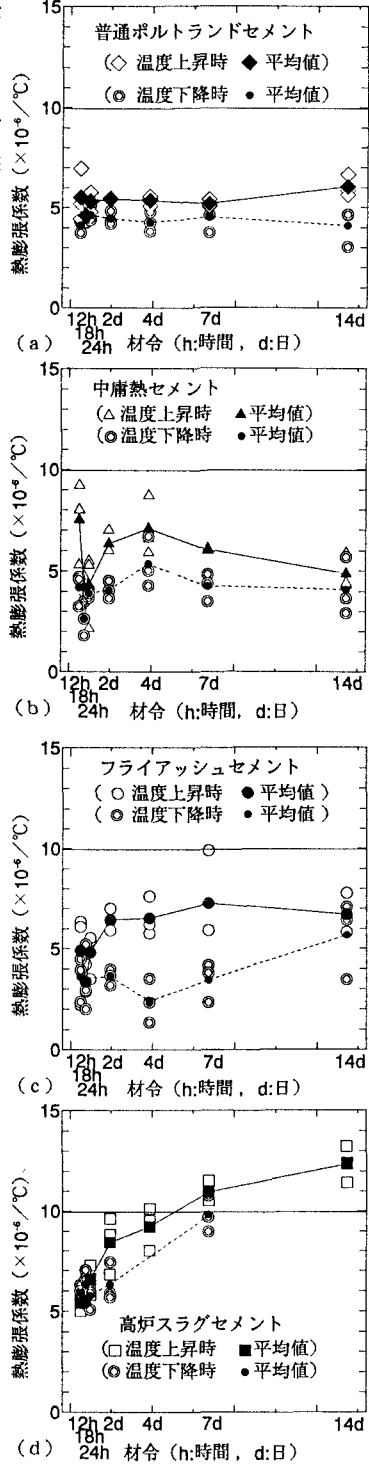


図-2 各種セメントモルタルの熱膨張係数の推移