

養生条件がモルタルの自己収縮に与える影響

Effect of Curing Condition on Autogenous Shrinkage of Mortar

北海道大学工学部土木工学科
北海道大学大学院工学研究科学生員 ○梅原 正剛(Tadayoshi UMEHARA)
正会員 出雲 健司(Kenji IZUMO)

1. はじめに

近年、高性能AE減水剤の使用により水セメント比が低いにもかかわらず、高強度・高流動のコンクリートの施工が可能になっている。しかし、これらのコンクリートでは、水セメント比が低いことにより大きな自己収縮が生まれ、コンクリートにひび割れが生じる原因の一つになっている。

本研究は、様々な養生条件が自己収縮に与える影響を明らかにすることを目的とし、水セメント比が異なる3種類のモルタルにおいて、練混ぜ直後からの自己収縮ひずみを測定したものである。

自己収縮研究委員会¹⁾では、「セメント系材料において、セメントの水和により凝結始発以後に巨視的に生じる体積減少を自己収縮という」と定義しているが、本論文でいう自己収縮とは、セメントが硬化する以前の打設直後からの体積変化をさすものとする。

2. 実験概要

2.1 使用材料と配合

使用したセメントは、普通ポルトランドセメント（密度：3.16 g/cm³）、細骨材に密度2.70 g/cm³の鶴川産の海砂、混和剤にポリカルボン酸系高性能 AE 減水剤を使用した。モルタルの配合は、表1の通りである。配合は、水セメント比を25%、35%、55%の3種類に設定し、それぞれにおいて試し練りを行い、目標フロー値が200±20mm になるように適量の混和剤を添加した。また、モルタルの練り混ぜには、1.5 l のホバート型ミキサを使用した。

2.2 試験項目とその方法

自己収縮ひずみの測定は、堀田ら²⁾の研究に準じて、低弾性の埋め込み型ひずみゲージを用いた。ひずみゲージの前処理として、48時間以上、水につけておいた。供試体内部温度は、銅・コンスタンタン熱電対により測定した。ひずみゲージ・熱電対を設置した供試体の概要を図1に示す。モルタル供試体は、φ50×100mm の鋼製型枠で作成した。練りあがり直後、型枠に試料を投入すると同時に、型枠の中央にひずみゲージと熱電対を埋設した。また、モルタルが硬化時に長さ変化を起こし、型枠とモルタルとの間に生じる摩擦を低減するために、型枠の内側にテフロンシートを敷いた。試料打ち込み後は、水分の逸散を防ぐために、上部端面をシールし封緘した。封緘養生するのは、そのまま脱型せずに10℃または、20℃の恒温槽で養生した。水中養生するものは、打設24時間後に脱型し、すぐに水温10℃または20℃の水槽の中に入れて養生した。モルタルの熱膨張係数を $15 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ 、ひずみゲージの熱膨張係数

を $10 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ として温度補正をおこなった。

また、自己収縮ひずみを測定するのと同じ配合・同じ条件で、圧縮試験用の供試体を作成した。材齢が0.5日、1日、3日において圧縮試験を行った。

表1 モルタルの配合

記号	単位量(kg/m ³)			s p (%)
	W	C	S	
M25	265	1060	1025	1.5
M35		757	1283	0.5
M55		482	1518	0.4

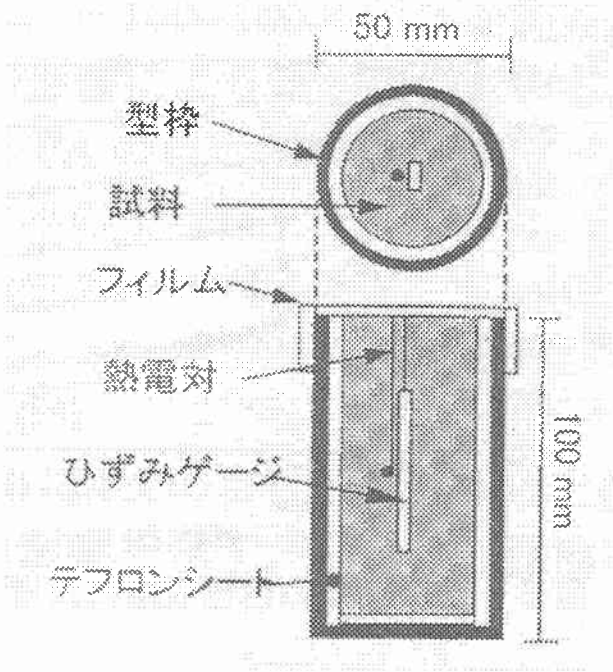


図1 供試体の概要

3. 実験結果と考察

3.1 養生条件の影響

図2から図7は自己収縮ひずみの変化を、水セメント比・養生温度ごとに示したものである。図2は水セメント比が25％・養生温度10℃、図3は25％・20℃、図4は35％・10℃、図5は35％・20℃、図6は55％・10℃、図7は55％・20℃である。(グラフ中の記号は水セメント比、養生条件、養生温度の順に記したものである。養生条件のSは封緘養生、Wは水中養生を意味する。)

M25では、養生温度に関わらず、打設後約24時間の間に大きく収縮した。水中養生においては、浸水直後に大きく膨張した。また封緘養生と水中養生とでは正反対の挙動を示し、その後、封緘養生においては収縮が増大した。

次にM35においては、M25ほどではないが、打設直後の収縮、浸水直後の大きな膨張が見られた。打設直後の収縮の量がそれほど大きくないために、M35の水中養生では最初の体積よりも大きくなっている。

そして、M55においては、M25やM35ほどではないものの、打設直後、浸水直後のひずみの変化が見られた。M55の封緘養生では、材齢約15日以降は、ほぼ自己収縮ひずみの変化は見られなかった。水中養生はゆるやかに膨張していった。

以上のことから、水セメント比・養生温度にかかわらず、封緘養生においては収縮するのに対し、材齢24時間後以降の水中養生においては、逆に膨張していることがわかる。

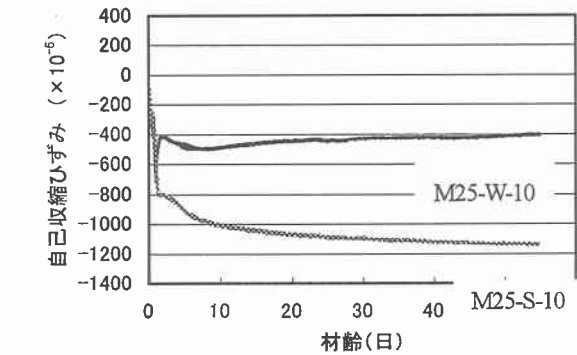


図2 M25・養生温度10℃の自己収縮ひずみ

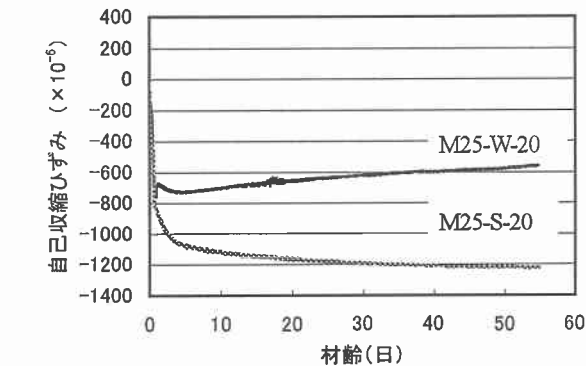


図3 M25・養生温度20℃の自己収縮ひずみ

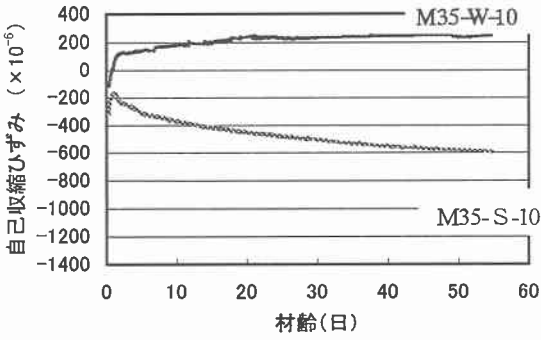


図4 M35・養生温度10℃の自己収縮ひずみ

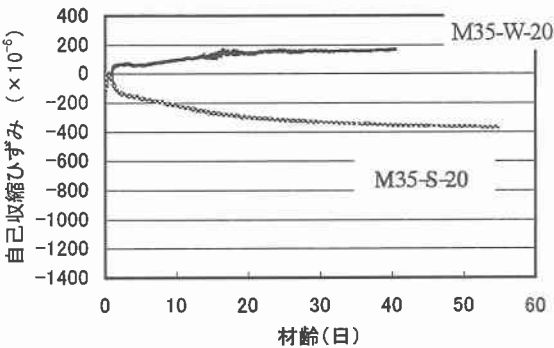


図5 M35・養生温度20℃の自己収縮ひずみ

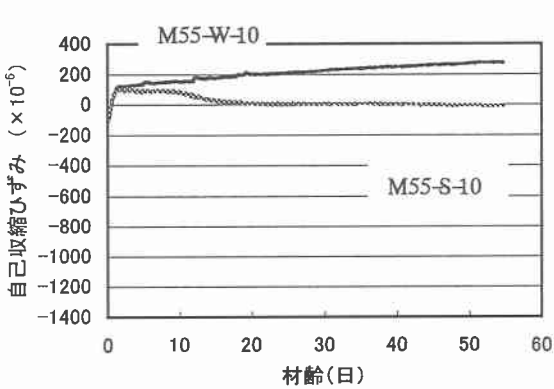


図6 M55・養生温度10℃の自己収縮ひずみ

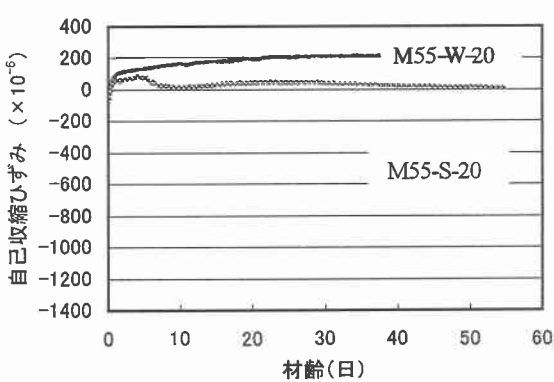


図7 M55・養生温度20℃の自己収縮ひずみ

表2 圧縮強度

材 齢	0.5 日	1 日	3 日
M25-S-10	0	2.57	39.04
M25-S-20	3.1	36.07	61.53
M35-S-10	0	1.87	24.36
M35-S-20	1.22	12.78	31.25
M55-S-10	0	0.55	8.21
M55-S-20	0.72	4.36	15.13

(単位は N/mm^2)

図2から図7をみると、水中養生では全ての配合で、浸水直後に膨張した。各配合とも10℃で養生した場合と20℃で養生した場合において、養生温度10℃のほうが浸水直後に大きなひずみ変化をしている。そこで、表2に圧縮試験の結果を示す。材齢が1日の時点で同一水セメント比における養生温度が10℃と20℃の圧縮強度を比較すると、20℃で養生したほうが大きかった。したがって10℃で養生したほうが浸水直後のひずみ変化が大きいのは、セメントと水がまだ十分に反応しておらず、20℃と比べると、セメント硬化体の構造が強くないためと考えられる。

3.2 水セメント比の影響

水セメント比が自己収縮に与える影響をみるために図8、図9を示す。これらは、自己収縮ひずみの変化を養生条件・養生温度ごとに示したものである。図8から、封緘養生では水セメント比が小さいほうが、自己収縮ひずみが大きくなるのがわかる。また、水セメント比が小さいほど、自己収縮ひずみの進行速度が大きいこともわかる。図9から封緘養生ほどではないが、水中養生においても水セメント比が小さいほうが、自己収縮ひずみが大きくなった。

養生温度が10℃も同様に、封緘養生・水中養生にかかわらず、水セメント比が小さいほど自己収縮ひずみが大きくなった。

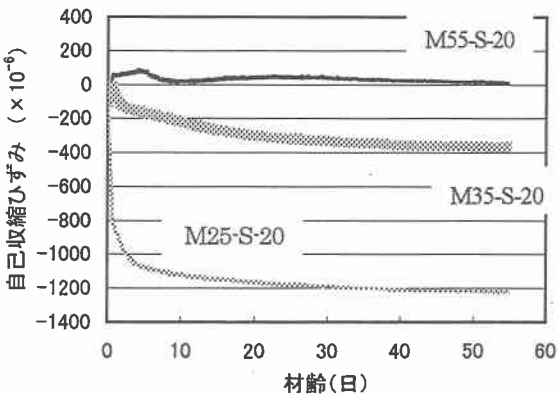


図8 封緘養生・養生温度20℃の自己収縮ひずみ

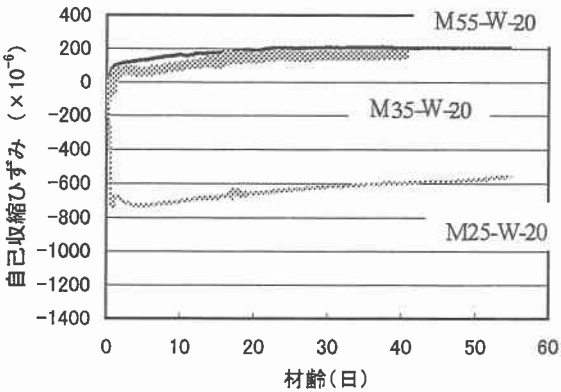


図9 水中養生・養生温度20℃の自己収縮ひずみ

3.3 養生温度の影響

養生温度が自己収縮に与える影響をみるために図10から図12を示す。図10はM25・封緘養生、図11はM35・封緘養生の場合である。M35では養生温度10℃と20℃を比べると、10℃において自己収縮ひずみが大きく出ているのに対し、M25の場合は20℃のほうが大きく出ている。既往の研究³⁾では封緘養生の場合、養生温度が低いほうが自己収縮ひずみの終局値が大きくなるといわれている。しかし今回の実験では、材齢56日までをみると、20℃の自己収縮ひずみが大きくなっている。グラフの傾きを見ると、このまま測定を続けると10℃で養生したほうの自己収縮ひずみが大きくなると思われる。

図12のように、M25・水中養生した場合は、養生温度10℃のほうが大きく膨張している。M35の場合も同様であった。

M55の場合には、封緘養生でも水中養生でも、養生温度による自己収縮ひずみの違いはそれほど見られなかった。

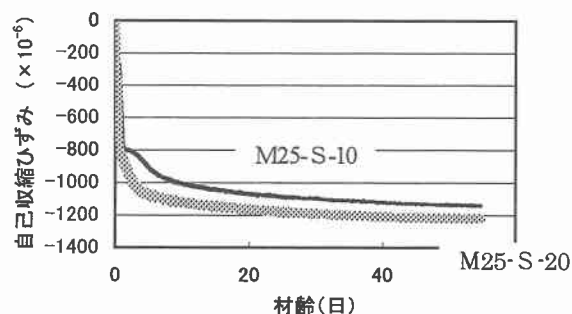


図10 M25・封緘養生の自己収縮ひずみ

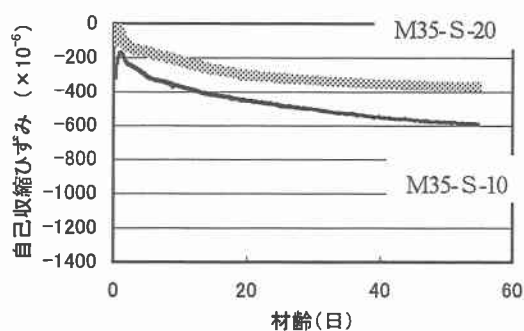


図11 M35・封緘養生の自己収縮ひずみ

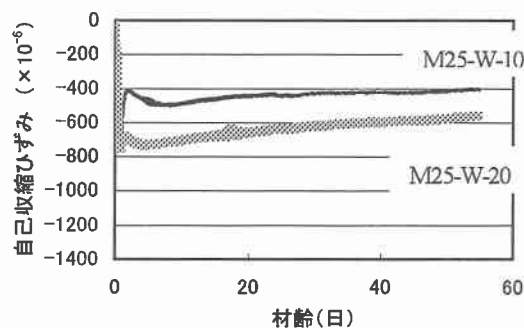


図12 M25・水中養生の自己収縮ひずみ

4. まとめ

- (1) 封緘養生と水中養生の自己収縮ひずみを比べると、水セメント比・養生温度にかかわらず、封緘養生では収縮するのに対し、水中養生では逆に膨張した。
- (2) 水セメント比の異なるモルタルの自己収縮ひずみを比べると、養生温度・養生条件にかかわらず、水セメント比が小さいほうが、大きく収縮した。
- (3) 封緘養生の場合、水セメント比が35%においては、養生温度が10℃と20℃の自己収縮ひずみを比べると、10℃で養生したほうが収縮した。
- (4) 水中養生の場合、水セメント比が25%、35%においては、養生温度が10℃と20℃の自己収縮ひずみを比べると、10℃で養生したほうが膨張した。
- (5) 水セメント比が55%では、封緘養生・水中養生どちらの場合においても、養生温度に対して自己収縮ひずみの差は見られなかった。
- (6) 同一水セメント比で比較すると、養生温度が10℃のほうが20℃と比べて浸水直後に大きく膨張しているのは、セメントと水がまだ十分に反応しておらず、セメント硬化体の構造が強くないためと思われる。

参考文献

- 1) 日本コンクリート工学協会：自己収縮研究委員会報告書、1996.11
- 2) 堀田智明、名和豊春：セメント系材料の自己収縮に関する研究、日本建築学会構造系論文集、第542号、pp.9-15、2001.4
- 3) 田澤栄一、宮澤伸吾、重川幸司：水和反応による硬化セメントペーストのマクロな体積減少、セメント・コンクリート論文集、No.45、pp.122-127、1991