

乾燥を受けるモルタルの収縮と質量減少に関する実験的研究

Experimental study on drying shrinkage and mass reduction of mortar

北海道大学工学部 ○学生員 竹部公章(Hiroaki Takebe)
北海道大学大学院工学研究科 正 員 出雲健司(Kenji Izumo)
北海道大学大学院工学研究科 フェロー 大沼博志(Hiroshi Ohnuma)

1. はじめに

セメント系材料の欠陥には様々なものがあるが、ひび割れなどの重大な欠陥を引き起こす原因の一つとして乾燥収縮や自己収縮に代表される収縮がある。乾燥収縮には多くの要因が関連するが、その中でも水セメント比は基本的要因の一つであり、これに着目した研究^{例えば1)}が数多く存在している。また、フライアッシュは自己収縮を低減させると報告²⁾されているが、乾燥を受ける収縮ではまだ報告事例は少ない。さらに、養生温度の影響も考えられるが、データが極めて少ないのが現状である。

乾燥を受けるセメント系材料は水分の逸散による乾燥収縮と、水和反応に起因する自己収縮を同時に生ずると報告³⁾されている。本研究では、乾燥を受けるモルタル

の収縮ひずみ(以下、収縮ひずみ)を測定上乾燥収縮と自己収縮に区別することが不可能なため一つの収縮として捉えた。

本研究のパラメータとして、水セメント比の影響、フライアッシュの置換による影響、さらに温度の影響を調べ、乾燥を受けるモルタルの収縮と質量減少について実験的に検討した。また、既往のコンクリートのデータ⁴⁾との比較を行い、モルタルとコンクリートにおける収縮と質量減少の関係について考察した。

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合

モルタルの配合を表-1に示す。セメントには普通ポルトランドセメント OPC (密度: 3.15g/cm³)、細骨材に

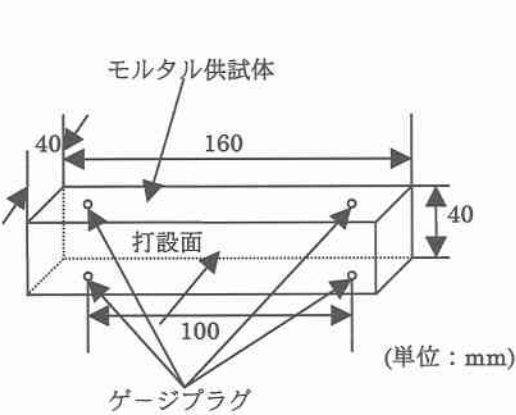


図-1 モルタル供試体概要

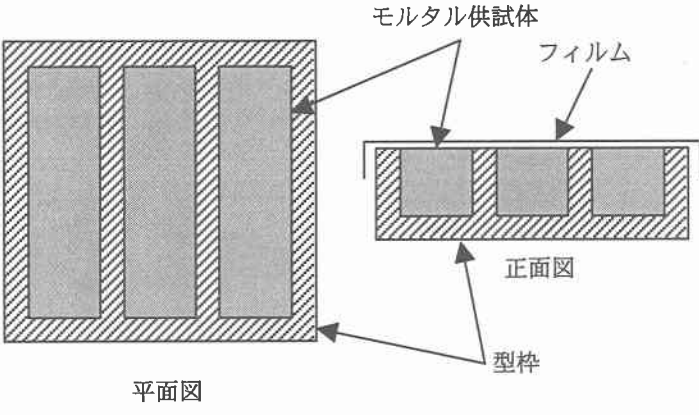


図-2 型枠概要

表-1 モルタルの配合

記号	紛体名	水粉体重量比 W/B	水粉体容積比 w/b	単位重量(kg/cm ³)				混和剤 sp%
				水 W	セメント C	フライアッシュ FA	細骨材 S	
M25	OPC	0.25	0.788	265	1060	0	1022	2.00
M25-FA1	OPC+UL/BA	0.31	0.788		424	432	1022	0.76
M25-FA2	OPC+MT1	0.30	0.788		424	446	1022	0.52
M25-FA3	OPC+DB3	0.29	0.788		424	493	1022	0.52
M35	OPC	0.35	1.103		757	0	1281	0.60
M45	OPC	0.45	1.418		589	0	1426	0.40
M55	OPC	0.55	1.733		482	0	1517	0.40
M65	OPC	0.65	2.048		408	0	1581	0.40

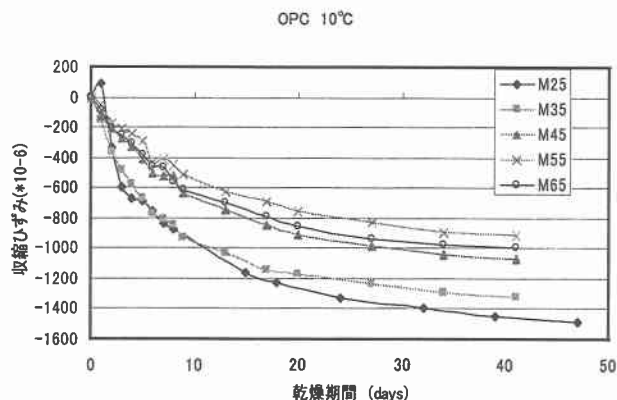


図-3 水セメント比の異なるプレーンモルタルの収縮ひずみと乾燥期間の関係 10℃

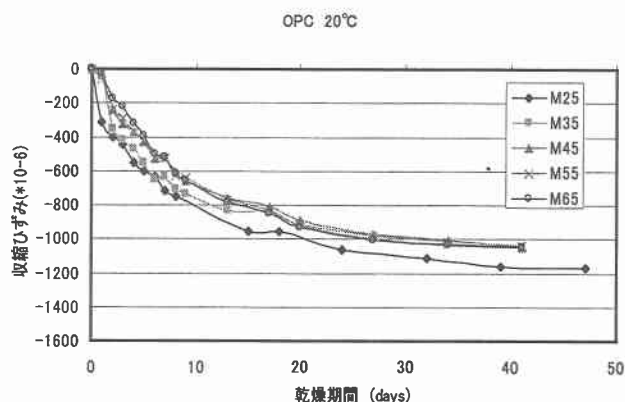


図-4 水セメント比の異なるプレーンモルタルの収縮ひずみと乾燥期間の関係 20℃

は鶴川産海砂（密度：2.70g/cm³）を用いた。フライアッシュにはUL/BA(密度：2.14 g/cm³、ブレン値：2960cm²/g、SiO₂：68.4%)、MT1(密度：2.21 g/cm³、ブレン値：2660cm²/g、SiO₂：56.2%)、DB3(密度：2.44 g/cm³、ブレン値：6650cm²/g、SiO₂：54.3%)の3種類を用いた。混和剤には市販のポリカルボン酸系高性能 AE 減水剤を用いた。水セメント比は 25%、35%、45%、55%、65% の 5 種類とし、フライアッシュで置換するのは水セメント比 25%のモルタルとした。なお、フライアッシュのセメントに対する容積置換率は 60%とする。なお、モルタルの練り混ぜ時間は粉体と細骨材を 30 秒空練りした後、フライアッシュの入っている粉体のみさらに 30 秒空練りし、水と混和剤を投入して 90 秒練り混ぜ、ミキサーの周りのモルタルを掻き落とした後さらに 90 秒練り混ぜた。

2.2 試験項目および方法

(1) 収縮ひずみ

収縮ひずみの測定法は、JIS A 1129 に準拠して供試体にゲージプラグを打ち込み、コンタクトゲージを用いて行った。モルタルの供試体は 40×40×160mm 型枠で同時に 3 本作製した。モルタル供試体の概要を図-1 に、型枠の概要を図-2 に示す。試料の打ち込み後は室温 10℃ および 20℃、相対湿度 57±5%の恒温恒湿槽で封緘養生した後、1 週間後脱型し測定を開始した。なお、3 本のデータの平均値を測定値とした。

(2) 質量減少率

脱型してゲージプラグを打ち込んだ直後の質量を測定し、その後減少した質量から質量減少率を算出し、3 本のデータの平均値を測定値とした。

3. 実験結果および考察

本研究の材齢期間内で得られた知見を以下に示す。

3.1 水セメント比の影響

(1) 収縮ひずみと乾燥期間

図-3、図-4 に水セメント比の異なるプレーンモルタルの収縮ひずみと乾燥期間の関係を示す。10℃では水セ

メント比の違いによる収縮ひずみの差はあるが、それらが水セメント比による影響であるかは現時点では判断できない。20℃では水セメント比 25%のモルタルを除いて収縮ひずみが同じような挙動を示した。

(2) 質量減少率と収縮ひずみ

図-5 に、水セメント比の異なるプレーンモルタルの質量減少率と収縮ひずみの関係を示す。図-6 に、この関係の概念図を示す。水セメント比 25%のモルタルを除いて、温度によらず屈曲点の存在が確認できる。屈曲点以前は、水セメント比が大きくなるほど、質量減少率に対する収縮ひずみの勾配が大きくなる。しかし、屈曲点以降は温度に依らず水セメント比 25%のモルタルを含めた全てのモルタルで、勾配がほぼ等しくなった。また、同じ水セメント比のプレーンモルタルを温度別に比較すると、水セメント比 25～45%では同じような挙動を示したが、水セメント比が 55%、65%になると、10℃のほうが 20℃よりも屈曲点以前の勾配が大きくなるという違う挙動を示した。

(3) コンクリートとの比較

図-7 に、今回作製したモルタルと既往のコンクリートのデータ⁴⁾との収縮ひずみと乾燥期間の関係を示す。コンクリートの水セメント比は 25%、45%、60%である。同じ水セメント比で比較した場合、コンクリートの方がモルタルよりも収縮ひずみが小さくなった。図-8 に質量減少率と収縮ひずみの関係を示す。この図に示されるように、水セメント比の小さい 25%と 45%のとき、同じような挙動を示した。しかし、水セメント比 55%のモルタルよりも水セメント比の高い水セメント比 60%のコンクリートの方が屈曲点以前の勾配が小さくなるという挙動を示した。これらより同じ水セメント比のとき、水セメント比が低いとモルタルとコンクリートの質量減少率と収縮ひずみの関係は同じような挙動を示すが、水セメント比が高くなると違う挙動を示すと考えられる。

3.2 フライアッシュの影響

(1) 収縮ひずみと乾燥期間

図-9、図-10 に水セメント比 25%のセメントを、フライアッシュで置換したモルタルの収縮ひずみと乾燥期間の関係を示す。プレーンモルタルに比べてフライアッシュ置換したモルタルの場合、どのフライアッシュで置換しても収縮ひずみがやや小さくなっているのが分かる。特に 10℃のモルタルでその効果がはっきりと出ているのが分かる。20℃のモルタルでは 10℃ほどの効果は見られないが、それでも全てのフライアッシュで収縮ひずみの低減が見られた。

(2) 質量減少率と収縮ひずみ

図-11 にフライアッシュ置換したモルタルの質量減少率と収縮ひずみの関係を示す。図-12 にこの関係の概念図を示す。水セメント比 25%のプレーンモルタルには屈曲点が存在しなかったが、フライアッシュ置換したモルタルには温度によらず全てに屈曲点の存在が確認できた。屈曲点以前はフライアッシュ置換したモルタルが、プレーンモルタルに比べて質量減少率に対する収縮ひずみの勾配が大きく、屈曲点以降フライアッシュ置換したモルタルの勾配が小さくなくても、プレーンモルタルよりはわずかに勾配が大きのまま推移していた。また、同じフライアッシュで置換したモルタルを温度別に比較すると、質量減少率と収縮ひずみの関係において多少のずれが認められたものの、ほぼ同じような挙動を示した。

4. まとめ

(1) プレーンモルタルは、水セメント比 25%のモルタルを除いて温度によらず質量減少率と収縮ひずみの関係に屈曲点が存在し、屈曲点以前は水セメント比が大きくなると質量減少率に対する収縮ひずみの勾配が大きくなった。屈曲点以降は水セメント比に関わらず勾配がほぼ一定となった。

(2) 同じ水セメント比のプレーンモルタルを温度別で比較すると、質量減少率と収縮ひずみの関係は、水セメント比 25～45%のときは質量減少率に対する収縮ひずみの関係は同じような挙動を示したが、水セメント比 55%、65%では屈曲点以前の勾配に差が生じ、10℃の方が 20℃

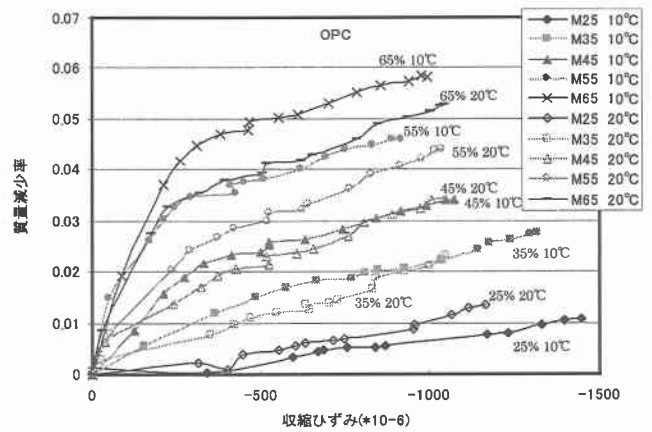


図-5 水セメント比と温度の異なるプレーンモルタルの質量減少率と収縮ひずみの関係

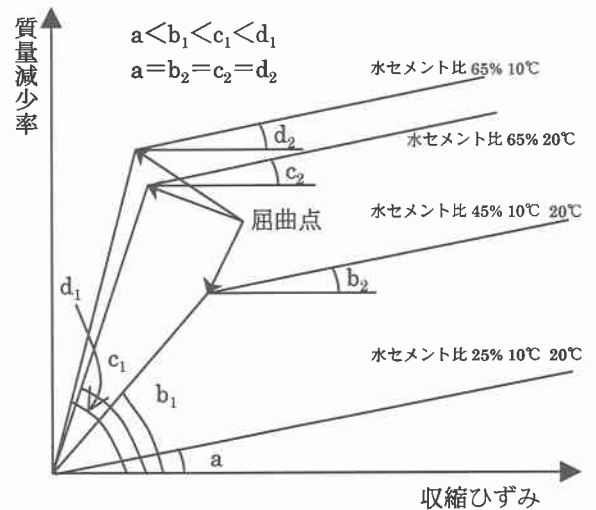


図-6 水セメント比と温度の異なるプレーンモルタルの質量減少率と収縮ひずみの関係の概念図

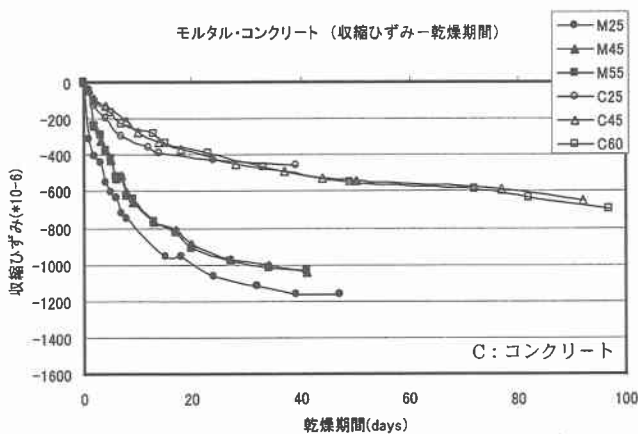


図-7 プレーンモルタルとコンクリートの収縮ひずみと乾燥期間の関係

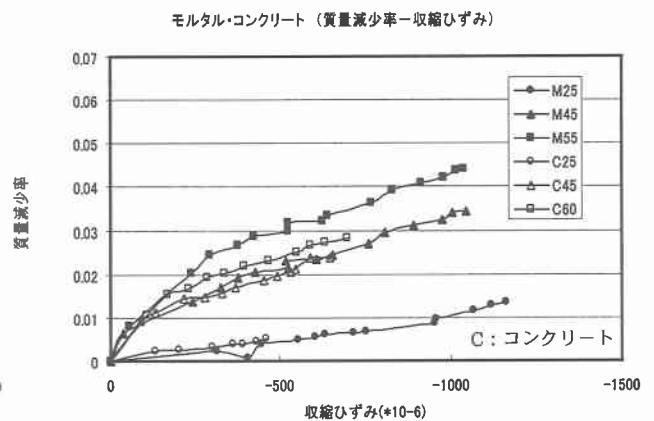


図-8 プレーンモルタルとコンクリートの質量減少率と収縮ひずみの関係

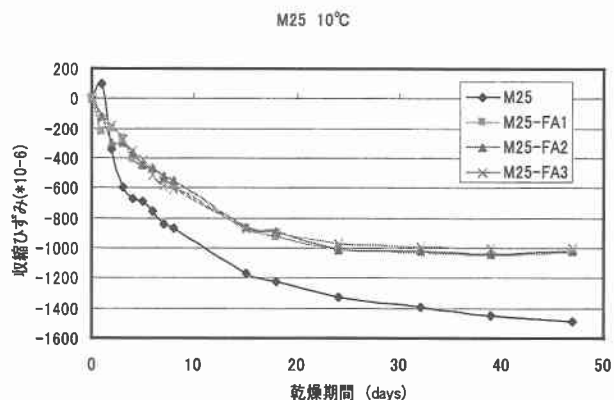


図-9 プレーンモルタルとフライアッシュ置換したモルタルの収縮ひずみと乾燥期間の関係
10℃

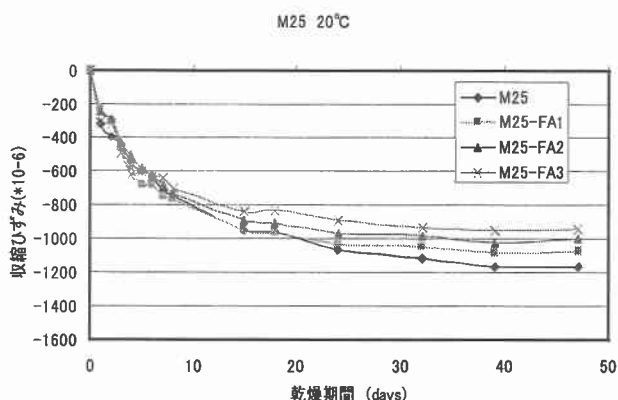


図-10 プレーンモルタルとフライアッシュ置換したモルタルの収縮ひずみと乾燥期間の関係
20℃

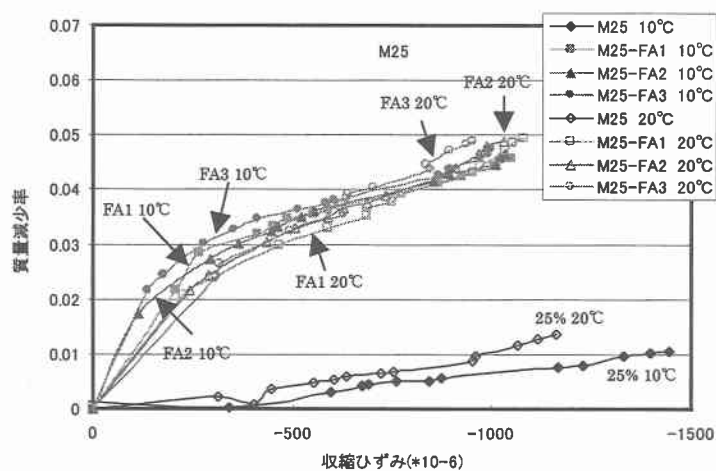


図-11 プレーンモルタルとフライアッシュ置換したモルタルの質量減少率と収縮ひずみの関係

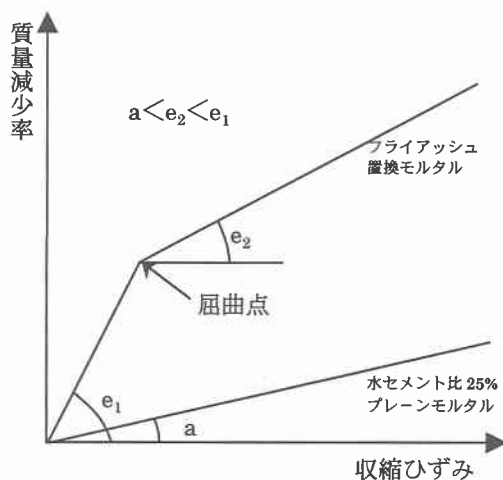


図-12 プレーンモルタルとフライアッシュ置換したモルタルの質量減少率と収縮ひずみの関係概念図

に比べ、その勾配が大きくなるという違う挙動を示した。
(3) コンクリートはモルタルに比べ、収縮ひずみは小さくなった。質量減少率と収縮ひずみの関係は水セメント比が小さいときはモルタルと同じような挙動を示したが、水セメント比が高くなると違う挙動を示した。
(4) フライアッシュ置換したモルタルはプレーンモルタルに比べて収縮ひずみが低減し、質量減少率に対する収縮ひずみの勾配が大きくなった。また、水セメント比 25% のプレーンモルタルでは存在しなかった屈曲点がフライアッシュ置換したモルタルでは存在した。
(5) 同じフライアッシュで置換したモルタルを温度別に比較すると、質量減少率と収縮ひずみの関係において、多少のずれが認められたものの、ほぼ同じような挙動を示した。

参考文献：

- 1) 阪田憲次他：コンクリートの乾燥収縮ひずみ予測式の提案、セメント・コンクリート論文集、No.43、pp.244-249 1989
- 2) 矢野めぐみ他：高流動コンクリートの自己収縮に関する実験的研究、セメント・コンクリート論文集、No.54 (投稿中)
- 3) 石田聡他：乾燥条件の違いによるコンクリートの収縮特性、セメント・コンクリート論文集、No.52、pp.626-630 1998
- 4) 曾我公平他：コンクリートの乾燥収縮の基礎的実験、土木学会北海道支部論文報告集 第 56 号(A)、pp.680-683 2000