

## 論文 モルタルの流動特性におよぼす細骨材表面水の影響

森田 和宏<sup>\*1</sup>・日比野 誠<sup>\*2</sup>・丸山 久一<sup>\*3</sup>

**要旨：**細骨材表面水率の変動が自己充填コンクリートを想定したモルタルの流動特性に及ぼす影響を調べた。細骨材表面水率を 0.5～5.0%の範囲で変化させ、練上がり直後の流動特性と時間経過に伴う流動特性の変化を測定した。その結果、表面水率が 1.0%のときに 5.0%と比較して練上がり直後のフロー値が大きいこと、および時間経過に伴うフロー値の低下量が大きくなることが明らかになった。さらに、練混ぜ方法の観点から要因の検討を行った結果、セメントと細骨材の空練りを行った場合に細骨材表面水率の影響が顕著に現れることが明らかになった。

**キーワード：**細骨材表面水、流動特性、経時変化、空練り、高性能 AE 減水剤

## 1. はじめに

自己充填コンクリートは、細骨材表面水率のばらつきによってその流動特性が大きく変動することが知られている<sup>1)</sup>。実際の生コンプラントでは、細骨材表面水率は一日を通して時々刻々と変化している<sup>1)</sup>のに対し、細骨材表面水率の測定は多くのプラントで一日二～三回しか行われないのが現状である<sup>2)</sup>。したがって、測定結果に基づく練混ぜ水補正量の設定値と実際の細骨材表面水量との間に差が生じ、練混ぜ水量の補正が適切に行われないためにコンクリートの品質が変動するのである。この変動を緩和する手段として、分離低減剤を少量添加する方法が提案され、併用系高流動コンクリートとして現在までに多くの構造物に適用されている<sup>2)</sup>。しかしながら、実験室レベルの試験練りにおいては、バッチ毎に細骨材表面水率を測定し練混ぜ水量の補正を行っているのにも拘らず、コンクリートの流動特性が変動することは経験的に知られている。つまり、同じ配合であっても実験を行う日によって流動特性が異なるのである。

本研究は、このような変動の原因を解明するために、細骨材表面水の量と練混ぜ方法に着目

して、モルタルの流動特性におよぼす細骨材表面水率の影響を検討したものである。

表-1 モルタルの使用材料

| 材料<br>(記号)               | 種 類          | 特性値                                                                                         |          |
|--------------------------|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| セメント<br>(C)              | 普通ポルトランドセメント | 密度:3.15g/cm <sup>3</sup> ,<br>ブレン比表面積 3500cm <sup>2</sup> /g                                |          |
| 細骨材<br>(S)               | 珪砂           | 混合比: 3号:4号:5号=3:2:5<br>0.15mm以下の微粒分=0%<br>表乾密度:2.59g/cm <sup>3</sup><br>吸水率:0.74%, 粗粒率:2.84 |          |
| 高性能<br>AE<br>減水剤<br>(SP) | 分 類          | 主 成 分                                                                                       | 固形<br>分量 |
|                          | ポリカルボン酸系     | ポリカルボン酸エーテル系と架橋ポリマーの複合体                                                                     | 17 %     |
|                          | ナフタリン系       | ポリアルキルアリスルホン酸塩と反応性高分子                                                                       | 30 %     |

## 2. 実験概要

表-1 に実験に使用した材料とその特性値を示す。高性能 AE 減水剤 (以下、SP と略す) は、分散機構の違いによる影響を調べるために、ポリカルボン酸系とナフタリン系の 2 種類使用した。なお、ともにスランプ保持成分を含むもの

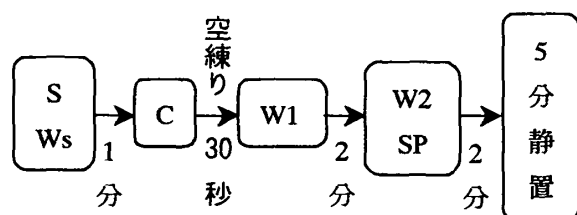
\*1 長岡技術科学大学大学院 工学研究科建設工学専攻 (正会員)

\*2 長岡技術科学大学助手 環境・建設系 工博 (正会員)

\*3 長岡技術科学大学教授 環境・建設系 Ph.D. (正会員)

である。

モルタルの練混ぜ方法を図-1 に示す。練混ぜは JIS R 5201 に定めるミキサを用い、練混ぜ量は 1 バッチ 1.5 リットルとした。細骨材絶対容積はモルタル容積の 40%とした。練上がり後、流動特性を安定させるために 5 分間静置した後、フロー試験<sup>3)</sup>と漏斗試験<sup>3)</sup>を行った。試験は練上がり後、5, 20, 35, 65 分後の合計 4 回行った。各試験の直前には 10 秒間練直しを行った。細骨材表面水率の調整は、気乾状態の砂に設定表面水率に相当する水を 15 秒間で連続投入し、その後 1 分間練り混ぜて行った。モルタル容積の 40%に相当する細骨材量は  $1036\text{kg/m}^3$  なので細骨材表面水率 1%は約  $10\text{kg/m}^3$  の練混ぜ水に相当する。1 次水は、セメント容積の 70%から設定表面水量を差引いた量とした。したがって、細骨材表面水率を変化させた場合でも理論的な配合は同一である。



Ws:細骨材表面水率調整水

W1:1 次水 (セメント容積の 70% - Ws)

W2:2 次水

(注)ミキサは低速回転

図-1 モルタルの練混ぜ方法 (空練り 30 秒)

### 3. モルタルの流動特性に及ぼす細骨材表面水の影響

#### 3.1 細骨材表面水率の変動と初期流動特性との関係

モルタルの配合は自己充填コンクリートを想定し、細骨材表面水率 1%のときにフロー値が 260mm 程度、漏斗流下時間が 8 秒程度となるように水粉体容積比 (以下、w/p と略す) と SP 添加量を決定した。

細骨材表面水率を 0.5~5.0%の範囲内で変化

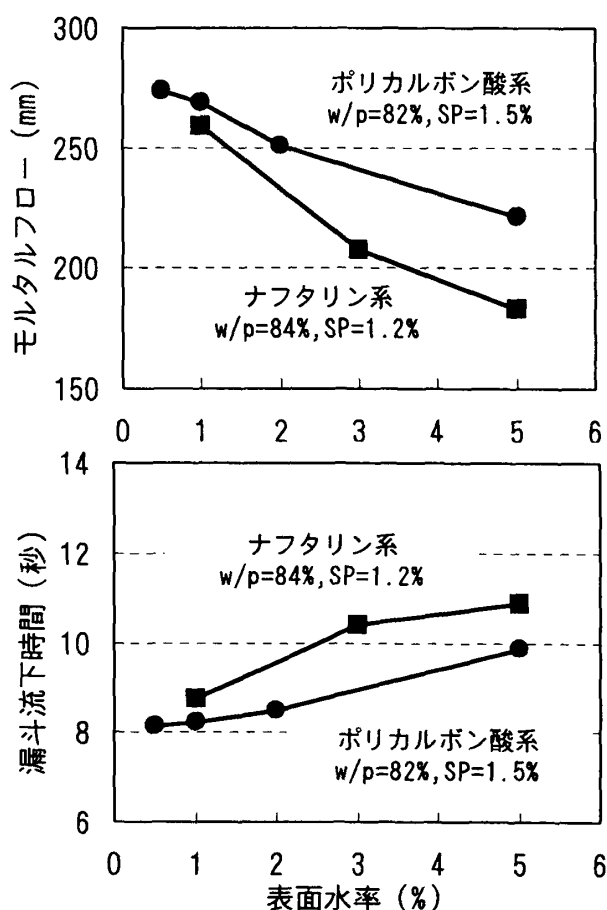


図-2 表面水率と初期流動特性の関係

させ、練上がり 5 分後にフロー試験と漏斗試験を行った結果を図-2 に示す。細骨材表面水率の増加に伴いモルタルフローは減少し、漏斗流下時間は増加している。モルタルフローの変化量は、ナフタリン系の SP を添加したモルタルの方がポリカルボン酸系の SP を添加したものよりも大きくなっている。漏斗流下時間の変化量は、ナフタリン系の SP を添加したモルタルの方がわずかに大きくなっているものの、ポリカルボン酸系の SP を添加したものとの間に顕著な差は認められない。細骨材表面水率の相違によるモルタルの流動特性の変化は、その変化量には若干の差はあるものの、ポリカルボン酸系とナフタリン系でほぼ同様である。したがって、今回の実験の条件では、細骨材表面水率の相違がモルタルの流動特性に及ぼす影響は SP の種類に依らないと推測できる。

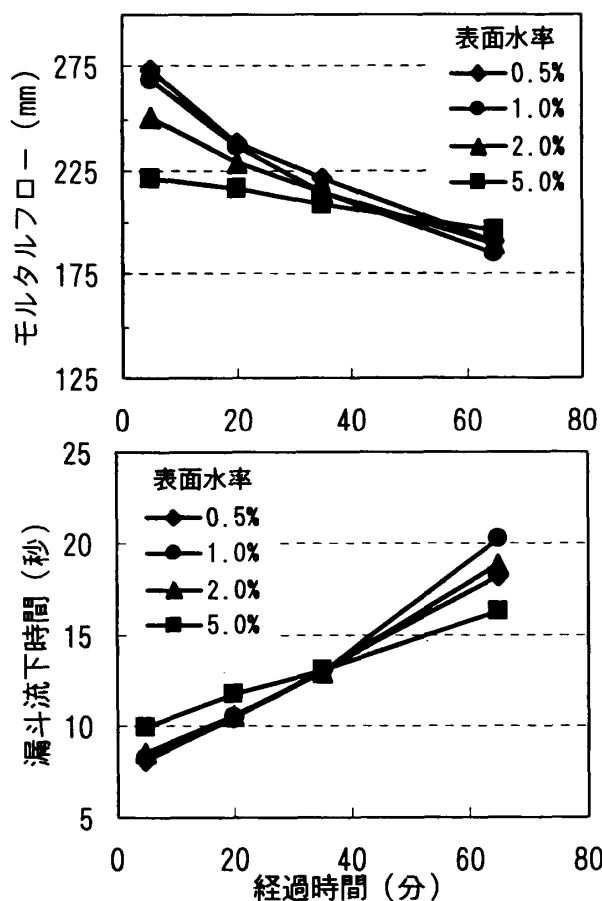


図-3 流動特性の経時変化  
(ポリカルボン酸系)

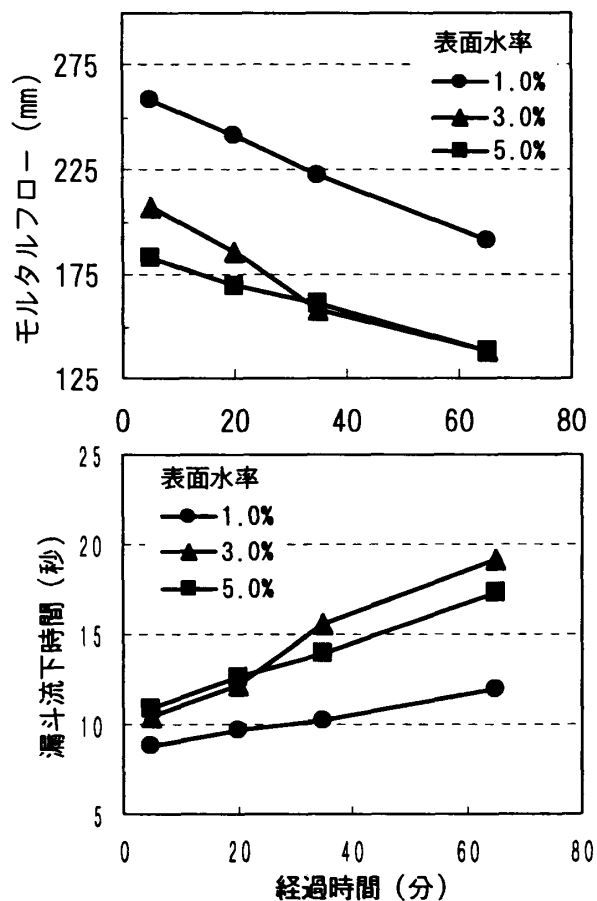


図-4 流動特性の経時変化  
(ナフタリン系)

### 3.2 細骨材表面水率の変動と流動特性の経時変化との関係

細骨材表面水率を 0.5～5.0%の範囲内で変化させ、練上がり後 5, 20, 35 および 65 分後に流動特性を測定した結果を図-3, 4 に示す。モルタルの配合は前節と同一である。

SP の種類に拘らず、時間の経過に伴いモルタルフローは減少し、漏斗流下時間は増加している。しかしながら、ポリカルボン酸系とナフタリン系では流動特性の変化の傾向が異なっていることが見て取れる。モルタルフローの経時変化に着目して比較すると、ポリカルボン酸系の SP を添加したモルタルでは、細骨材表面水率の違いに拘らず 65 分後のモルタルフローがほぼ同一となるように低下している。ただし、練上がり 5 分後では細骨材表面水率が 5% の場合、

1% の場合と比較してモルタルフローが小さいので、細骨材表面水率が増加するとモルタルフローの経時変化は小さくなる結果となった。これに対してナフタリン系の SP を添加したモルタルでは、モルタルフローの経時変化は細骨材表面水率 1% と 5% でその軌跡はほぼ平行である。したがって、細骨材表面水率が 5% までの範囲であればモルタルフローの経時変化は細骨材表面水率の影響を受けないと考えられる。また、漏斗流下時間に対しても同様の傾向が認められる。つまり、流動特性の経時変化はポリカルボン酸系の SP を添加した場合には細骨材表面水率の増加に伴い減少するが、ナフタリン系の SP を添加したモルタルでは細骨材表面水率の相違は流動特性の経時変化に対して影響を及ぼさないと考えられる。

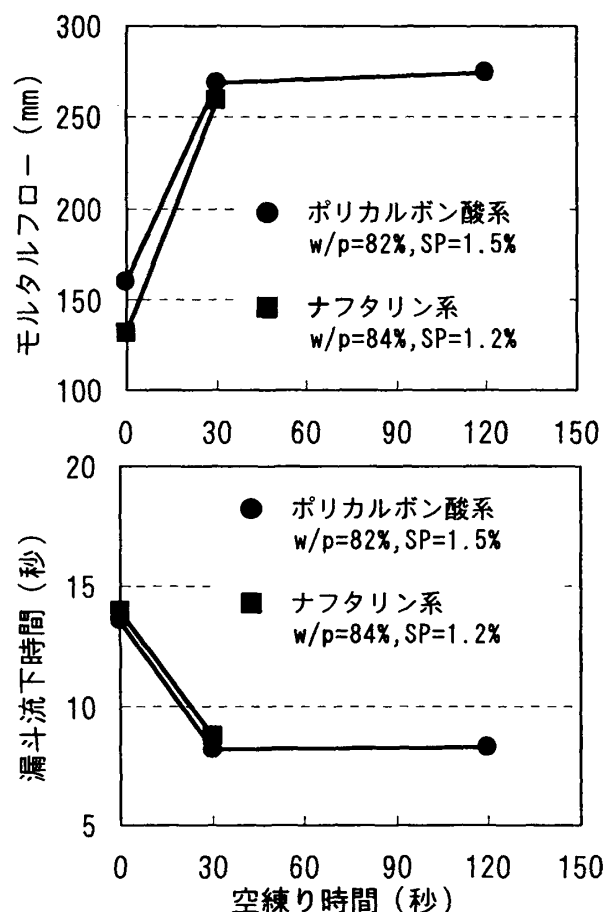


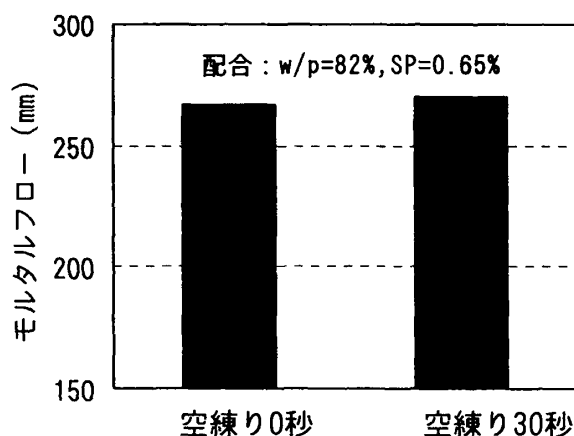
図-5 空練り時間と初期流動特性の関係

#### 4. 空練りが流動特性に及ぼす影響

細骨材表面水率の相違に伴う流動特性の変化の要因について練混ぜ方法の観点から検討を行った。図-1 に示したモルタルの練混ぜ方法において、細骨材表面水率の相違の影響を直接受けると考えられるセメントと細骨材の空練りに着目した。

##### 4.1 モルタルの流動特性に及ぼす空練りの影響

空練りがモルタルの流動特性に及ぼす影響を調べるために空練り時間を 0 秒、つまり空練りを行わずにモルタルを練り混ぜ、その流動特性を測定した。練混ぜ方法は、図-1 に示す順序と同一であるが、空練り時間だけを変化させた。モルタルの配合は空練りを 30 秒行った場合同一とし、細骨材表面水率は 1% に固定した。また、ポリカルボン酸系の SP を添加した場合、

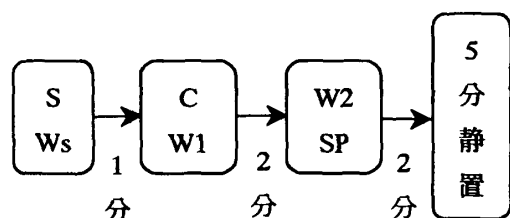
図-6 モルタルフローと空練り時間  
(石灰石微粉末単味)

時間を 120 秒まで延長し、練混ぜ時間の影響を検討した。空練り時間とモルタルの流動特性との関係を図-5 に示す。空練りを行わなかった場合（空練り 0 秒）にモルタルフローは著しく小さくなり、漏斗流下時間は大きくなっている。しかも、SP の種類によらずこの傾向は一致している。ポリカルボン酸系の場合、空練り時間 30 秒と 120 秒のときで流動特性はほとんど変化していないので空練り時間の影響はほとんどないと考えられる。今回の実験では、細骨材表面水率を 1% としたため、空練り時の w/p は約 3% である。伊東ら<sup>4)</sup> は水セメント比と混合トルクの関係について報告した。それによれば w/p が 3% 程度では混合トルクが非常に小さいことになる。また、菅俣ら<sup>5)</sup> はミキサの電流値が大きい練混ぜほど練混ぜ時間によって流動特性が急激に変化することを報告している。これらのことから、空練り時では w/p が低く、練混ぜトルク（ミキサの電流値）が小さかったために空練り時間の延長したことによる影響が現れなかったものと考えられる。したがって、空練りの有無によってモルタルの流動特性は大きく変化するが、空練り時間は流動特性に影響を及ぼさないことが分かった。

##### 4.2 空練り時の水和反応の影響

空練りの実施による影響の要因を調べるために、石灰石微粉末（密度 2.71g/cm<sup>3</sup>，ブレン

比表面積  $4600\text{cm}^2/\text{g}$ ) を用いて同様の検討を行った。石灰石微粉末を用いた理由は、空練りの影響が粒子の凝集分散状態によるものかセメントの水和反応によるものか分離するためである。モルタルの配合は w/p をセメントのときと同一の 82% とし、空練りを 30 秒行ったときにモルタルフローが 260mm 程度になるように SP 添加量を調整し  $\text{SP}=0.65\%$  とした。細骨材表面水率を 1% に固定し、空練り時間を 0 秒と 30 秒の二水準としてモルタルをつくりモルタルフローを測定した。結果を図-6 に示す。空練りの有無によりモルタルフローはほとんど変化していない。したがって、空練りの有無によるモルタルの流動特性の変化はセメントの水和反応による影響であると考えられる。



Ws: 細骨材表面水率調整水

W1: 1 次水 (セメント容積の 70% - Sw)

W2: 2 次水

(注) ミキサは低速回転

図-7 モルタルの練混ぜ方法 (空練り無)

## 5. 細骨材表面水率の相違と空練りの影響

前章までの考察で、空練りの有無がモルタルの流動特性に影響を及ぼしていることが明らかになった。そこで、空練りを行わずに細骨材表面水率の相違がモルタルの流動特性に及ぼす影響を検討した。練混ぜ方法を図-7 に示す。モルタルの配合は自己充填コンクリートを想定し、細骨材表面水率が 1% のときにフロー値が 260mm 程度、漏斗流下時間が 8 秒程度となるように SP 添加量を調整して決定した。w/p は 3 章のモルタルと同一とした。細骨材表面水率を 0.5 ~ 5.0% の範囲で変化させ、練上がり 5 分後に測

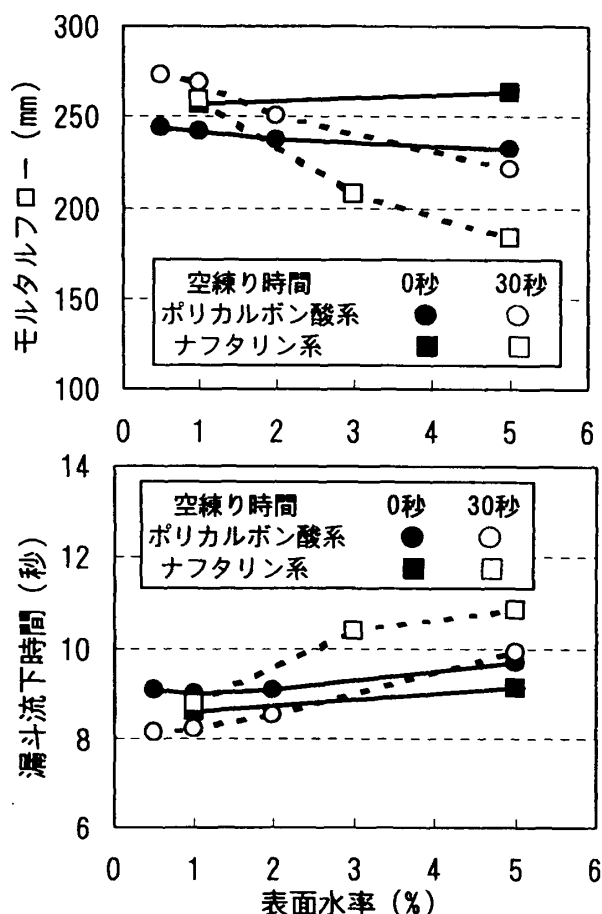


図-8 表面水率と初期流動特性の関係

結果を図-8 に示す。同図には空練りを 30 秒行った 3 章の結果 (破線) も併せて示している。空練りを 30 秒行った場合と比較して細骨材表面水率の相違に対する流動特性の変化が小さくなっている。モルタルフローの変化に対する効果は顕著である。つぎに流動特性の経時変化を調べた結果を図-9, 10 に示す。細骨材表面水率は 1% と 5% の 2 水準とした。空練りを行わない場合、モルタルフローの経時変化はほとんどなく、SP のスランプ保持成分が期待どおりに機能している結果であると推測できる。また、細骨材表面水率の違いによる影響は認められない。漏斗流下時間は時間の経過に伴い増加しているが、その増加傾向に細骨材表面水率の相違は影響を及ぼしていない。結果として、練混ぜ過程の中で空練りを行わないことで細骨材表面水率の相違による影響を排除できることが示唆された。

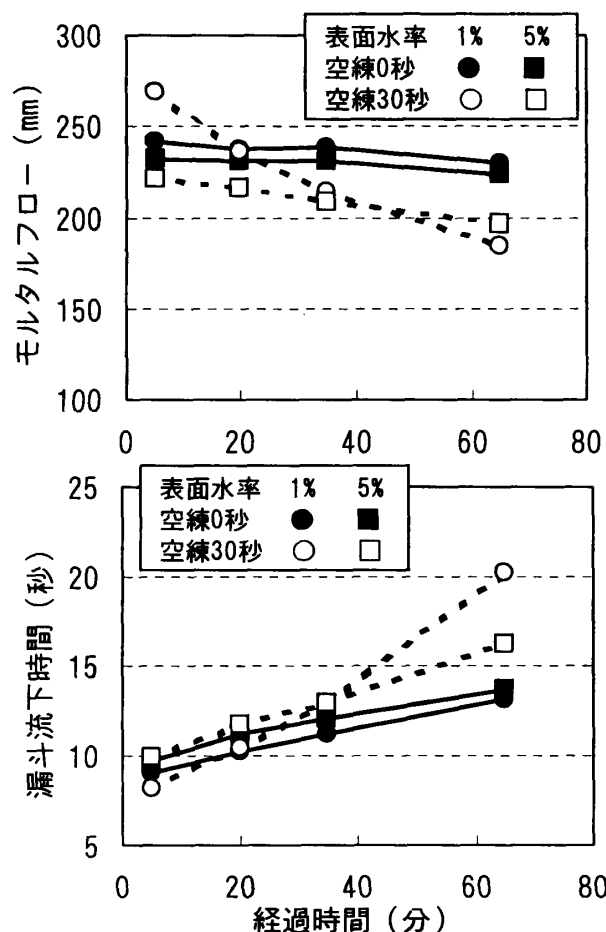


図-9 流動特性の経時変化  
(ポリカルボン酸系)

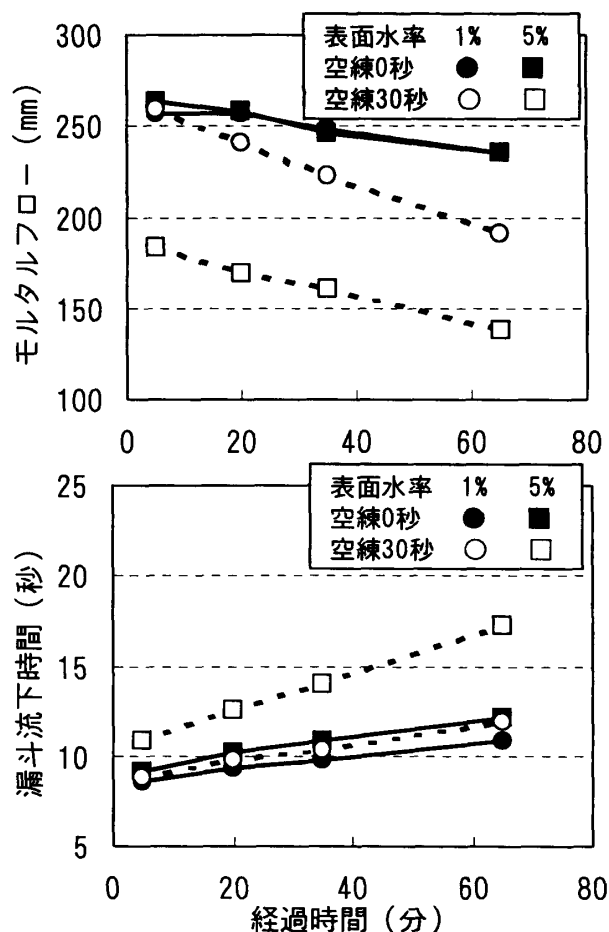


図-10 流動特性の経時変化  
(ナフタリン系)

## 6. まとめ

本研究で得られた知見を以下にまとめる。

- (1) 細骨材表面水率の相違がモルタルの流動特性に及ぼす影響は、セメントと湿潤状態の砂だけを練混ぜる空練りの有無によって異なり、空練りを行った場合にその影響が現れる。この傾向は、高性能 AE 減水剤の種類に依らない。
- (2) 空練りを行った場合、細骨材表面水率が低いほど練上がり直後のモルタルフローは大きくなり、経時変化による低下量も大きくなる。空練りを行わない場合にはこのような現象は生じない。
- (3) セメントと水が接した瞬間の反応がそれ以降の流動性、特に高性能 AE 減水剤のスランプ保持機能に影響を及ぼしている。

## 参考文献

- 1) 三浦律彦ほか：細骨材の表面水率の変動が超流動コンクリートの品質に及ぼす影響，コンクリートの製造システムに関するシンポジウム論文集，pp.37-42，1992.5
- 2) 土木学会コンクリート委員会：高流動コンクリート施工指針，土木学会，コンクリートライブラリー，No.93，pp.179-209，1998.7
- 3) 岡村 甫ほか：ハイパフォーマンスコンクリート，技報堂出版，pp.130-131，1993.9
- 4) 伊東靖郎ほか：S.E.Cコンクリートの特性と展望，セメント・コンクリート，pp.20-29，1981.4
- 5) 菅俣 匠ほか：高性能 AE 減水剤の作用効果に及ぼす練混ぜ方法の影響，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.20，No.2，pp.325-330，1998.7