

論文

[1057] レディーミックスセルフレベルング材の表面の性質に及ぼす流動化剤の影響

松久 真人\*<sup>1</sup>・林 浩志\*<sup>2</sup>・木之下 光男\*<sup>3</sup>・三浦 義雅\*<sup>4</sup>

1. はじめに

従来より床下地材の省力化工法の一つとしてセルフレベルング材（以下S L材と略す）が使用されている。そのなかで近頃、S L材は専用プラントで練り混ぜ生コン車で現場に届ける大量打設可能なレディーミックスS L材が主流になってきた。このS L材を特に冬場の気温が低い時に打設をすると、表面に白い粉が析出する白華現象が見られる。白華現象は、仕上げの際に仕上げ材とS L材との接着を阻害する原因となるため、ポリッシャーがけ等による白華物除去作業を必要とするなどやっかいな問題になっている。

レディーミックスS L材は、生コン車で輸送することから6時間程度の可使用時間を必要とするため、流動性及び流動性保持性能に優れた流動化剤が検討又は使用されている。例として、ナフタレン系やメラミン系そしてフェノールその他誘導体を用いた芳香族スルホン酸系のホルマリン高縮合物を主成分とするもの[1]や、分子骨格に流動性保持機能を備えたポリカルボン酸系の流動化剤[2]などである。筆者らはかかる目的のために、優れた性能を示す特殊アクリル系流動化剤を新規に開発し報告しているが[3]、流動化剤の種類を種々変更使用して検討した結果、白華発生量も大きく異なることが見出された。

コンクリートやモルタルの白華現象については、過去にも多数研究され[4]その諸要因やメカニズムについて論じているが、S L材に関しての流動化剤の構造と白華の発生メカニズムを関連づけた研究は今だされていないのが現状である。

本研究では白華発生の防止を最終目標として、白華量や表面接着強度に及ぼす流動化剤の影響について、特に流動性とその保持性能に優れたグラフトポリマー系の流動化剤を中心に、その構造と物性値、ブリージング現象などに関連させて検討を行なった。

2. 実験概要

2.1 使用材料及び配合

(1) 使用材料

本実験で使用した材料は、結合材として高炉セメントB種（O社製）、副産Ⅱ型無水石膏（S社製）、骨材として石灰石砕砂（F社製、最大粒径：1.2mm、FM2.00）、添加材として増粘剤、消泡剤等を使用した。また、流動化剤は表-1の5種類のタイプについて使用し

表-1 実験に使用した流動化剤一覧

流動化剤	成分
A	特殊アクリル系
B	ポリカルボン酸系
C	ポリカルボン酸系
D	メラミン系
E	ナフタレン系

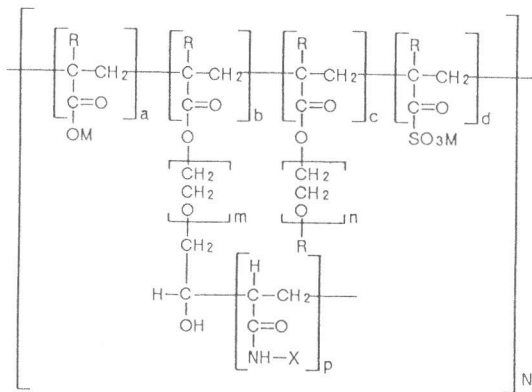
\* 1 小野田セメント（株）建設材料研究所、研究員、工修（正会員）

\* 2 小野田セメント（株）建設材料研究所、研究員

\* 3 竹本油脂（株）第三事業部、主任研究員、工修（正会員）

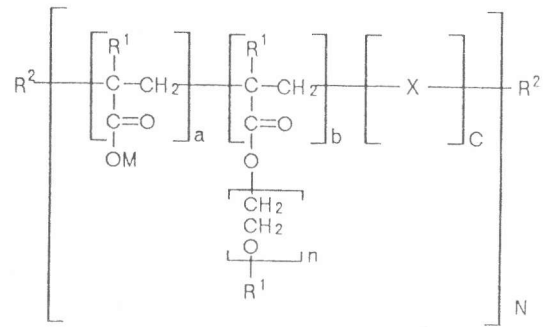
\* 4 竹本油脂（株）第三事業部、研究員

た。そして特殊アクリル系流動化剤 (A)、ポリカルボン酸系流動化剤 (B)、(C) の3種類の化学構造式を図-1から図-3に示す。



R=H or CH<sub>3</sub> M:Alkali Metal  
X:H or Alkylsulfonate

図-1 流動化剤 (A) の化学構造式



R<sup>1</sup>=H or CH<sub>3</sub> M:Alkali Metal  
R<sup>2</sup>=CH<sub>2</sub>CH(CH<sub>3</sub>)CH<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>M

図-2 流動化剤 (B) の化学構造式

## (2) 配合

S L材の配合を表-2に示した。水結合材比は一定(48%)とし、目標フロー値(220±10mm)が得られるように流動化剤の適正添加量を決定した。尚、ナフタレン系流動化剤(E)については、添加量を増しても適正フロー値をクリアしなかったため、特殊アクリル系流動化剤と同一添加量にした。

### 2. 2 実験方法

#### (1) 分子量分布の測定

ゲル浸透クロマトグラフ(カラム: shodex OH pack、溶解液: NaNO<sub>3</sub> 0.05mol/l)により測定した。

#### (2) S L材の練り混ぜ方法

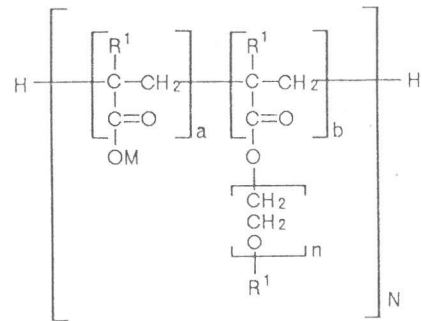
練り混ぜ方法は、2ℓ用ホバートミキサーを用いて、低速1分練り、その後高速2分で練り混ぜた。

#### (3) ブリージング量と

##### ブリージング率の測定 [5]

5℃、70%R.H.条件下でS L材を(2)

の方法で練り混ぜ円柱の容器(φ140×70mm)に所定量打設し、その後、四塩化炭素をS L材の上に注入した。注入後、四塩化炭素上面に湧出したブリージング水を30分ごとにピペットを用いて取りメスシリンダーで測定した。ブリージング率は、JIS A1123(コンクリートのブリージング試験方法)に準じた式により算出した。



R<sup>1</sup>=CH<sub>3</sub>

図-3 流動化剤 (C) の化学構造式

表-2 S L材の配合(重量比)とフロー値

流動化剤	結合材	骨材	添加材	水	流動化剤*	フロー値(mm)
A	50	50	0.15	24	0.175	216
B	50	50	0.15	24	0.154	227
C	50	50	0.15	24	0.128	221
D	50	50	0.15	24	0.45	213
E	50	50	0.15	24	0.28	197

\* 流動化剤の固形分を示す

#### (4) 骨材の沈下による分離試験

S L材を円柱の容器 ( $\phi 50 \times 200 \text{mm}$ ) に打設し、24時間後半硬化状態のS L材を上層、中層、下層に切断し目開き0.15mmのふるいを使用してそれぞれの層のS L材を水ふるいし、残留骨材を一昼夜100℃で乾燥させその重量を測定した。そして、全骨材重量に対する各層ごとの骨材分配率を算出した。

#### (5) 白華量と白華成分の測定

白華量は、コンクリート床に厚さ10mmで30cm×30cm角にS L材を打設し5℃、70% R.H.の条件下で1週間養生し、ハケで表面に発生した白華の粉をかき集めて求めた値を1m<sup>2</sup>当たり換算して白華量とした。かき集めた白華成分は、粉末X線回折装置 (Rigaku社製) により成分の同定を行なった。

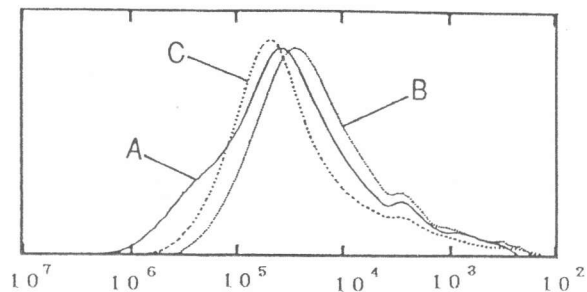
#### (6) S L材の物性測定

S L材は(2)の方法にて練り混ぜ、このS L材の5℃、70% R.H.条件下における物性値として、日本建築学会の建築工事標準仕様書によるS L材の品質基準JASS15M-103に準じてフロー値及び材令7日の表面接着強度と凝結時間 (JIS A5201) を測定した。

### 3. 実験結果と考察

#### 3. 1 各流動化剤の化学構造の特徴

実験に用いた流動化剤 (A) (B) 及び (C) の分子量分布の比較を図-4に示す。尚、Mnは数平均分子量を示す。図-1から図-3より各流動化剤の特徴は、次の通りである。特殊アクリル系流動化剤 (A) の化学構造は、官能基としてカルボキシル基及びスルホン基を有し、かつ部分的にカルボキシル基にエステル結合を介して結合したグラフト鎖 (ポリエチレングリコール鎖) を有するグラフトポリマーに、さら



特殊アクリル系流動化剤 (A) : Mn=6600  
ポリカルボン酸系流動化剤 (B) : Mn=4200  
ポリカルボン酸系流動化剤 (C) : Mn=6000

図-4 流動化剤の分子量分布

にポリアクリルアミド鎖 (誘導体を一部含む) をグラフトした構造であることを特徴とする<sup>3)</sup>。ポリカルボン酸系流動化剤 (B) は、ポリエチレングリコール鎖とカルボキシル基及び末端にスルホン基を有するグラフトポリマーであり、ポリカルボン酸系流動化剤 (C) は、ポリエチレングリコール鎖とカルボキシル基を有するグラフトポリマーであることを特徴としている。

#### 3. 2 各流動化剤を添加したS L材のブリージング挙動

図-5に特殊アクリル系流動化剤 (A)、ポリカルボン酸系流動化剤 (B)、(C) の流動化剤を使用したS L剤のブリージング水量の経時変化を示す。S L材打設後2時間までポリカルボン酸系流動化剤 (B) を添加したS L材のブリージング水の湧出速度が最大となりその後減少する。しかし、ポリカルボン酸系流動化剤 (C) や特殊アクリル系流動化剤 (A) は打設後同じく2時間で最大の湧出速度を示すがブリージング量がポリカルボン酸系流動化剤 (B) の半分以下であることがわかった。

ポリカルボン酸系流動化剤 (B) が特殊アクリル系流動化剤 (A) よりブリージング速度が

大きい理由として、特殊アクリル系流動化剤 (A) の構造の特徴であるアミド基含有グラフト鎖が S L 材内部の水を捕えて、その内部に保持するような保水効果のためにこの様な差がでたのではないかと考えられる。

図-6 に S L 材打設 24 時間後の最終時まで累計したブリージング水量とブリージング率を示す。この図-5 と図-6 より特殊アクリル系流動化剤 (A) はブリージング量とブリージング率ともにポリカルボン酸系流動化剤 (B) やポリカルボン酸系流動化剤 (C) より小さい値を示している。

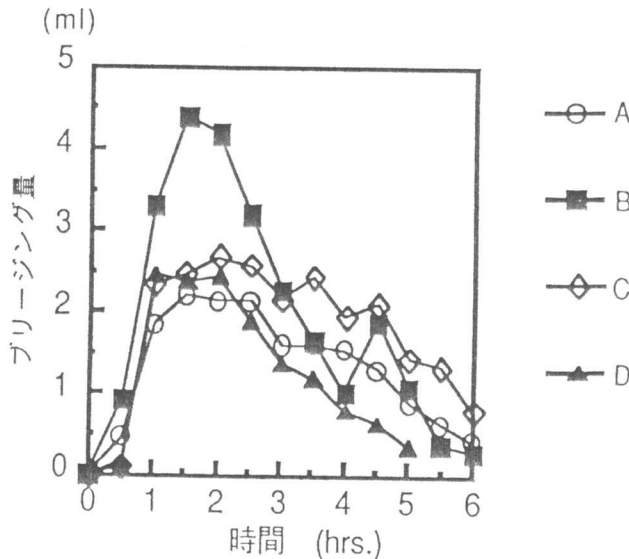


図-5 ブリージング量の経時変化

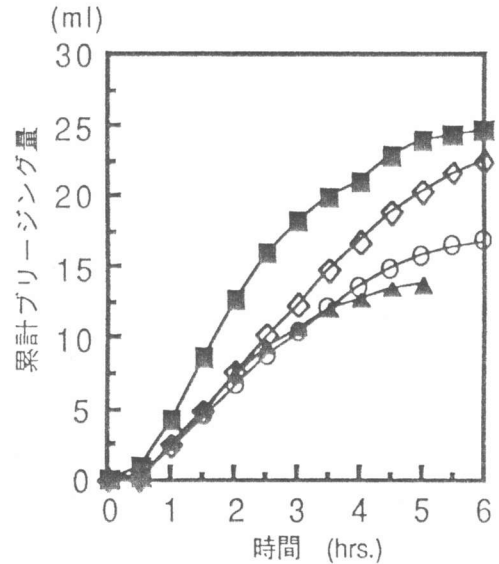


図-6 ブリージング量 (累計) の経時変化

### 3. 3 白華発生とブリージング挙動

図-7 に各流動化剤を添加したときの S L 材のブリージング率の違いによる白華量を示す。この図より、ブリージング率が大きくなるにつれて白華量が多くなる傾向を示している。白華量はポリカルボン酸系流動化剤 (B) が最も多く続いてポリカルボン酸系流動化剤 (C)、ナフタレン系流動化剤 (E)、メラミン系流動化剤 (D)、特殊アクリル系流動化剤 (A) の順に少なくなっている。

また、図-8 に粉末 X 線回折法により白華の定性分析を行なった結果を示す。この図より白華の成分は、ほとんどが  $\text{CaCO}_3$  であることが確認された。

文献 4) の報告でもあるように S L 材の白華発生のメカニズムもコンクリートやモルタルのように、ブリージング水中の  $\text{Ca}$  イオンが S L 材表面に移動した場合、空気中の  $\text{CO}_2$  を吸収して  $\text{CaCO}_3$  になることにより起こるものと推察される。

特殊アクリル系流動化剤 (A) を使用するとブリージング率が小さく白華量が少なくなる理

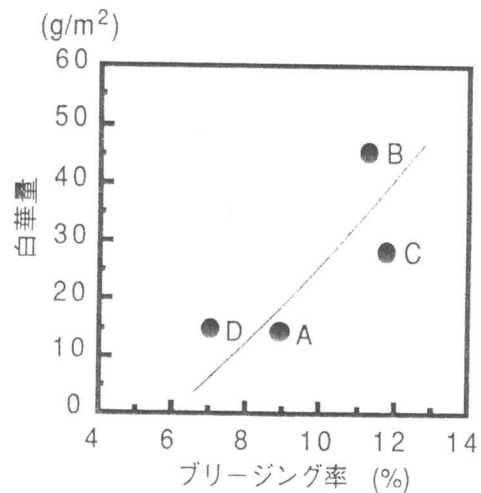


図-7 ブリージング率の違いによる白華量

由として、特殊アクリル系流動化剤 (A) の化学構造の特徴である、グラフト鎖が、セメントの水和に寄与する水以外の余剰水を抱き込むような保水作用をしてSL材内部に取り込んでいるため表面に湧出すクリーニング水が少なくなり、その結果として白華量も少なくなるのではないかと考えられる。

### 3. 4 骨材の沈下による分離に対する白華量及び表面接着強度

図-9及び図-10にSL材の上層についての骨材分配率に対する白華量及び表面接着強度の結果を示す。骨材分配率とは、全骨材量に対する各層の骨材量を示す。上層、中層、下層の骨材分配率が同一の場合、SL材の骨材が分離していないことになる。その時の骨材分配率は、各層約33.3%である。上層に関しては、骨材分配率が33.3%より小さくなるほど骨材の沈下による分離が大きくなるということを示す。このような観点から上層について示した図-9と図-10を見ると、骨材分離が大きくなるほど白華量が多くなり、表面接着強度は逆に小さくなる傾向が見られる。

特に、特殊アクリル系流動化剤 (A) に着目すると上層の骨材分配率が他に比較し大きく、そして表面接着強度が大きくなっている。この理由として、特殊アクリル系流動化剤 (A) の特徴であるアミド基含有グラフト鎖により水和反応に寄与しない余剰水を捕えることにより骨材分離がなくなり、表層に脆弱部分が形成されなくなったことが表面接着強度の増大につながったものと考えられる。

### 3. 5 SL材の凝結時間と白華量

図-11に凝結時間に対する白華量の結果を示す。同じポリカルボン酸系流動化剤

でもその構造が異なることにより凝結時間が大きく変わることがわかる。凝結時間が早い特殊アクリル系流動化剤 (A) やメラミン系流動化剤 (D) は、白華量も少なく、凝結時間の短

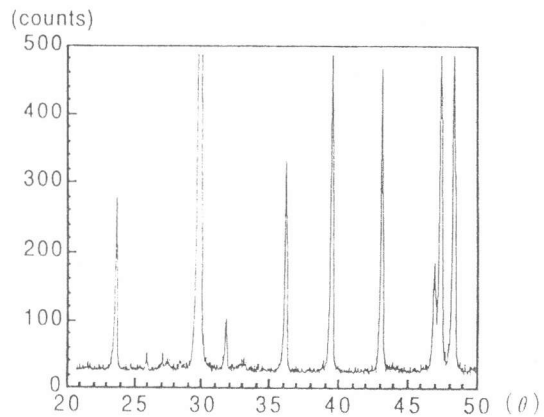


図-8 白華粉末のX-rayチャート

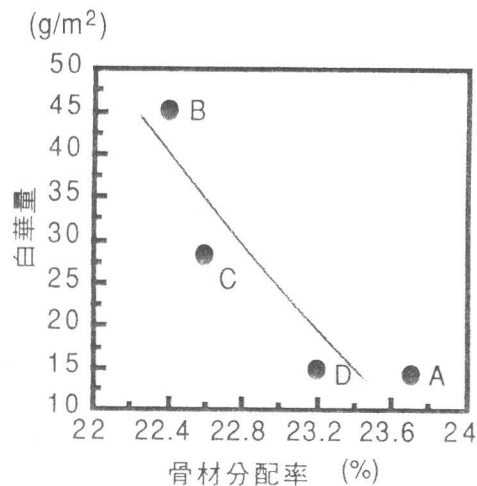


図-9 骨材分配率に対する白華量

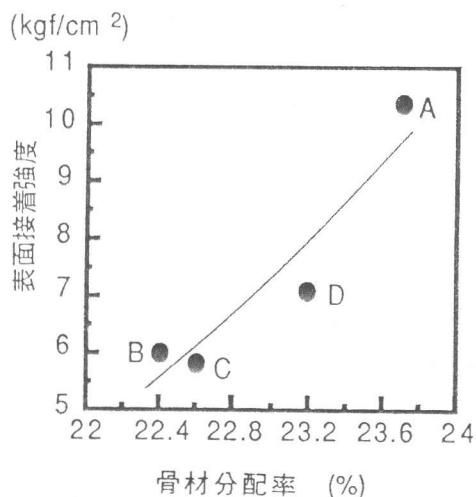


図-10 骨材分配率に対する表面接着強度

い流動化剤を使用すると白華量が少なくなる傾向にある。凝結時間の制御が白華防止対策面からも有効であると思われる。

以上、各流動化剤について検討したが、ナフタレン系流動化剤（E）については、増粘剤等の影響がありSL材としての性能が得られなかったため、他の流動化剤と比較検討はできなかった。

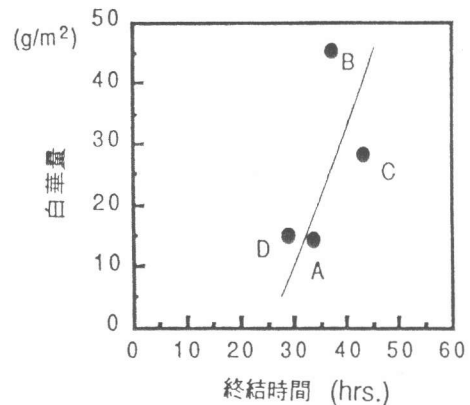


図-11 凝結時間に対する白華量

4. まとめ  
各種流動化剤を添加したSL材の白華現象、表面接着強度を、流動化剤の構造と物性値、ブリージング現象などに関連させて検討した結果、次のような知見が得られた。

- (1) SL材の白華発生メカニズムは、ブリージングによる余剰水中のCaイオンが表面に移動した場合、空気中のCO<sub>2</sub>を吸収してCaCO<sub>3</sub>になることにより起こるものと推察される。
  - (2) 特殊アクリル系流動化剤（A）のアミド基含有グラフト鎖は、SL材内部の水を捕えるような保水作用があることがわかった。
  - (3) 特殊アクリル系流動化剤（A）を使用したSL材の白華量が少ない理由は、特殊アクリル系流動化剤（A）の化学構造の特徴であるアミド基含有グラフト鎖による保水作用によりブリージング率を抑制することができ結果として白華量を低減していると考えられる。さらに、凝結時間の短いことも白華量低減に寄与しているものと考えられる。
  - (4) アミド基含有グラフト鎖を導入した特殊アクリル系流動化剤（A）を使用することにより、骨材の沈下による分離が少なく、表面接着強度を向上させることができる。
- 以上から、特殊アクリル系流動化剤は、SL材の優れた表面の性質を得る上で適した流動化剤であるといえる。

#### 参考文献

- [1] 八巻真寛・浜田真治・玉生征人：高性能AE減水剤を用いたコンクリートの性状、セメント技術年報、Vol.41、pp78-81、1987
- [2] 木之下光男・山口昇三・山本常夫・友沢史紀：新型高性能AE減水剤の構造と特性、セメント・コンクリート論文集、No.44、pp222-227、1990
- [3] 松久真人・副田孝一・木之下光男・三浦義雅：レディーミックスセルフベリング材の物性におよぼす特殊アクリル系流動化剤の影響、コンクリート工学年次論文報告集、Vol.15、pp275-280、1993
- [4] 斉藤鶴義・石井四郎：セメント製品の白華について、小野田研究報告、Vol.19、pp84-99、1967
- [5] 沢出 稔・池谷純一：セメントモルタルおよびコンクリートのブリージング水の挙動に関する速度論的解析、清水建設研究報告、No.52、pp1-11、1990