

論文 分離低減剤の流動性安定効果に関する一考察

日比野誠*¹・菅俣 匠*²・大内雅博*³・岡村 甫*⁴

要旨：流動性安定効果の原因を検討する基礎として分離低減剤の性質について調べた。一般的に使用されている添加率を超えた範囲で分離低減剤を添加したペーストを作製しその流動特性を調べ、分離低減剤がペーストの流動特性におよぼす影響からその性質を評価した。また、それら分離低減剤の性質と流動性安定効果との関連について考察を行った。その結果、分離低減剤の性質として吸水作用、増粘作用および分散作用があることが明らかとなり、安定効果との関連では分離低減剤が高性能減水剤の効果に影響を及ぼしていると考えられる。

キーワード：分離低減剤，吸水作用，増粘作用，分散作用，安定効果

1. はじめに

コンクリート構造物の耐久性および信頼性向上を目的に開発された自己充填コンクリートは、高い変形性と材料分離抵抗性という相反する性質を兼ね備えたコンクリートである。したがってその充填性能は製造時における骨材の表面水率や粒度の変動、計量誤差などの影響を受け易く、自己充填性を実現する配合は非常に限られた範囲に限定されとの報告がある¹⁾。これに対し近年、分離低減剤または増粘剤と呼ばれる高分子材料を自己充填コンクリートに少量添加することにより、製造時の品質のばらつきを抑制し、充填性を向上することができる^{2) 3)}と報告されている。

筆者らは既報⁴⁾において、自己充填性が得られると考えられるモルタルを用いて、水セメント容積比と高性能減水剤添加率の変動に対する流動性の安定効果を評価した。その結果、セルロース系分離低減剤およびウェランガムを添加したモルタルは高性能減水剤添加率の変動に対して安定性があることを明らかにした。そこで本研究では、分離低減剤の性

質と安定効果との関連について検討を行った。まず分離低減剤の性質を調べるためにペースト試験を行った。高性能減水剤の影響と細骨材の表面水率の変動に伴う単位水量の変動を除くためペーストを用いてその流動特性を調べ、分離低減剤の性質を評価した。つぎに、ここで明らかとなった性質と流動性安定効果との関連について考察した。

現在、分離低減剤や増粘剤と称して様々な化学混和剤が自己充填コンクリートに使用されているが、その分類や定義は未だ確立されていない。そこで本報告では JIS A 6204 に定められている高性能減水剤以外の化学混和剤で、フレッシュコンクリートの品質向上を目的に添加されるものを分離低減剤と呼ぶこととした。化学的な性質として水溶性および固体粒子への吸着性を考慮し、表-1 に示す4種類の分離低減剤を使用した。

2. ペーストの流動特性と分離低減剤の性質

本報告では、ペーストの流動特性を示す指

*1 東京大学大学院 工学系研究科 社会基盤工学専攻 工修 (正会員)

*2 (株)エヌエムビー中央研究所 (東京大学受託研究員) (正会員)

*3 東京大学助手 大学院工学系研究科 社会基盤工学専攻 工博 (正会員)

*4 東京大学教授 大学院工学系研究科 社会基盤工学専攻 工博 (正会員)

表-1 使用した分離低減剤

分類	主成分	標準添加率 (単位水量×%)
セルロース系 水溶性高分子	セルロース エーテル	0.2
水溶性 ポリサッカライド	ウェランガム	0.05
不水溶性 バイオポリマー	β-1,3-グルカン	0.6
グリコール系 水溶性高分子	特殊水溶性高分子	2.5

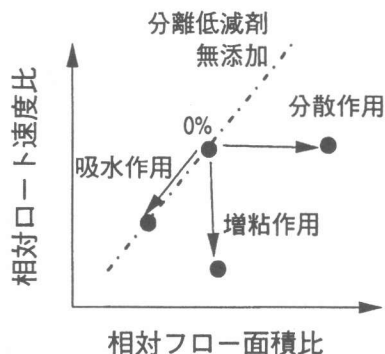


図-1 ペーストの流動特性と分離低減剤の性質

標として相対フロー面積比および相対ロート速度比を用いた。相対フロー面積比はペーストの変形性を示し、相対ロート速度比は粘性を示す指標である。分離低減剤添加率を0%から徐々に増加させその時の流動特性の変化を、図-1に示す挙動を判断することで分離低減剤の性質を評価した。吸水作用は水セメント容積比の減少と等価であり、添加率の増加に伴い無添加のペーストと平行に流動特性が変化する効果と定義した。増粘作用は粘性を表わす相対ロート速度比に着目し、変形性を変えずに粘性を増す効果とし、分散作用はその逆で粘性を変えずに変形性を増大させる効果と定義した。

3. 分離低減剤がペーストの流動特性に及ぼす影響

3.1 実験概要

分離低減剤の性質を調べるためにペースト

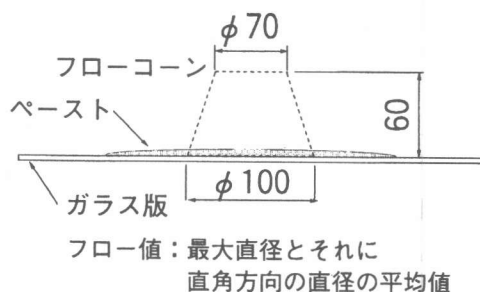


図-2 フロー試験

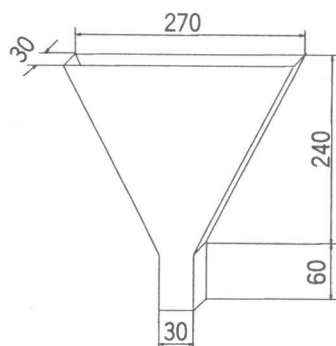


図-3 ロート試験

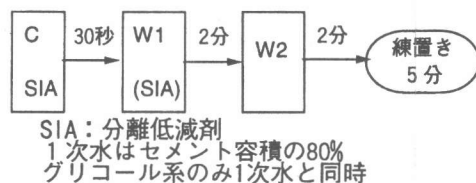


図-4 ペーストの練混ぜ方法

試験を行った。分離低減剤の添加率を一般的に使用されている標準添加率の3～6倍までの範囲で変化させ、フロー試験(図-2)とロート試験(図-3)を行い、それぞれの結果を式(1)、式(2)に代入し相対フロー面積比(Γ)と相対ロート速度比(R)を算出した⁵⁾。

$$\Gamma = (F/F_0)^2 - 1 \quad (1)$$

$$R = 10/t \quad (2)$$

ここに、 F ：フロー値(mm)、 F_0 ：フローコーンの直径(100mm)、 t ：ロート流下時間(sec)

セメントは低熱ポルトランドセメント(比

重:3.24, プレーン比表面積:3320cm²/g) を使用した。練混ぜは, JIS R 5201 に定めるミキサーを用い, 1 バッチ 1.5 リットルとした。ペーストの練混ぜ方法を図-4 に示す。

3.2 β グルカンの影響

水セメント容積比だけを変化させたペーストの流動特性を図-5 に示す。水セメント容積比の減少に伴い相対フロー面積比と相対ロート速度比は直線的に減少している。つまり水セメント容積比の変動はペーストの変形性と粘性の両者を一定の割合で変化させていることが分かる。

水セメント容積比を一定 (130%) に固定し, β グルカンの添加率を増加させた時の相対フロー面積比と相対ロート速度比の関係を図-6 に示す。実線は分離低減剤を徐々に増加させた結果で, 実線に続く破線は標準添加率以上添加した結果である。なお, この図には図-5 の結果, すなわち, 水セメント容積比だけを変化させた結果を一点鎖線で示してある。 β グルカンを添加したペーストは, 添加率の増加に伴って無添加のペーストと平行に相対フロー面積比と相対ロート速度比が減少している。このことは, β グルカンを添加することと水セメント容積比を減少させることは等価であって, β グルカンの効果は吸水作用が主であることを意味している。

β グルカンの添加率を標準添加率の3倍以上 (2.0%) 添加した結果を図-7 に示す。添加率の増加に伴う変形性の低下, 粘性の増加は水セメント容積比の減少とほとんど変わり無く, このことは広い範囲にわたって β グルカンに吸水作用があることを意味している。

3.3 グリコール系分離低減剤の影響

水セメント容積比を一定にし, グリコール系分離低減剤の添加率を増加させた場合の相対フロー面積比と相対ロート速度比の関係を図-8 に示す。無添加のペーストと比較して, 添加率の増加に伴う相対ロート速度比の減少が大きくなった。相対ロート速度比は

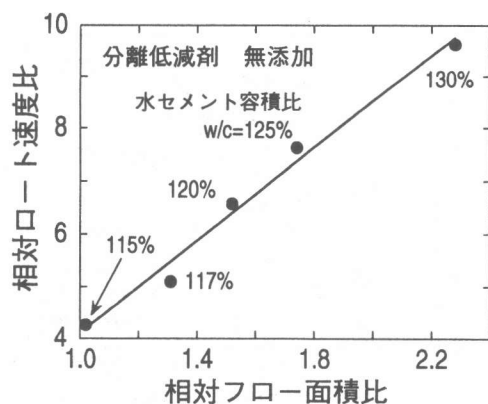


図-5 ペーストの流動特性

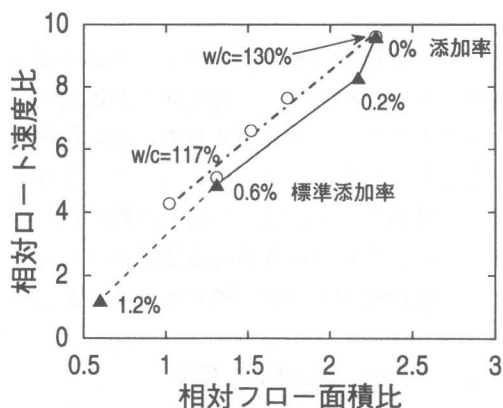


図-6 β グルカンがペーストの流動特性に及ぼす影響

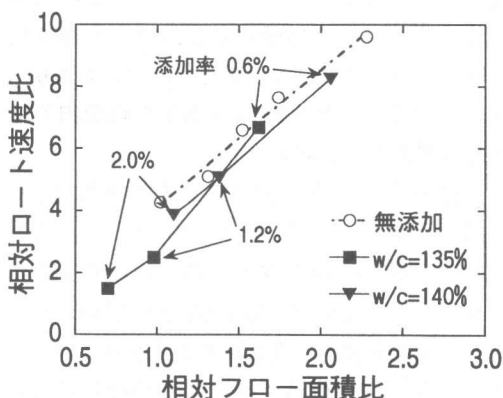


図-7 β グルカンがペーストの流動特性に及ぼす影響

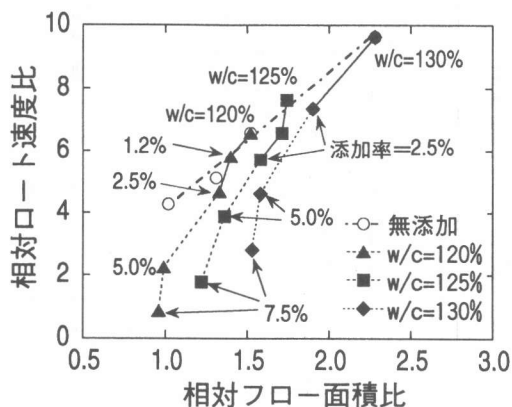


図-8 グリコール系分離低減剤がペーストの流動特性に及ぼす影響

粘性を示す指標であり、このように添加率の増加に伴って相対ロート速度比を無添加の配合よりも大きく減少させるものには増粘作用があるといえる。しかしながら、この傾向を図-1に照らすと、吸水作用と増粘作用の中間にあり、グリコール系分離低減剤には吸水作用と増粘作用の両方の性質があることが分かる。

3.4 ウェランガムの影響

水セメント容積比を一定にし、ウェランガムを標準添加率（0.05%）の範囲内で添加したペーストの相対フロー面積比と相対ロート速度比の関係を図-9に示す。添加率の増加に伴い相対フロー面積比と相対ロート速度比の関係は無添加のものと平行に減少しており、ウェランガムは標準添加率以下の範囲内では吸水作用があると考えられる。

図-10に標準添加率の5倍まで添加した結果を示す。標準添加率の2倍（0.1%）以上添加した場合、相対ロート速度比は減少せず相対フロー面積比が増加する傾向が認められ、粘性を変化させずに変形性を増大させている。このことは高性能減水剤に似た分散作用をもっていることを意味している。ウェランガムの分子量は約200万程度と推定され、過剰量の高分子を粒子の分散系に添加した時におこ

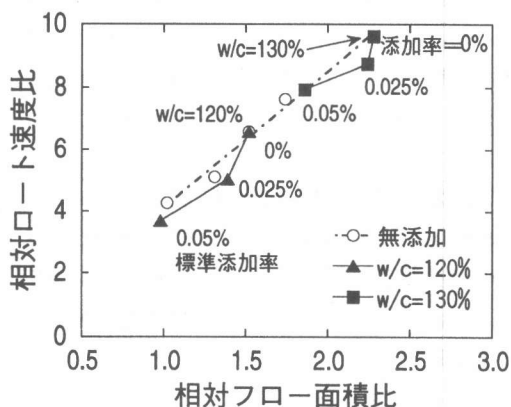


図-9 ウェランガムがペーストの流動特性に及ぼす影響

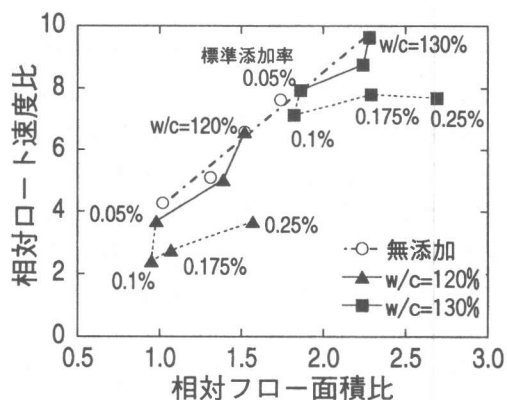


図-10 ウェランガムがペーストの流動特性に及ぼす影響

るデプレッション分散安定効果⁶⁾が原因と考えられる。

3.5 セルロース系分離低減剤の影響

図-11にセルロース系分離低減剤を単位水量に対して0.1%添加した結果を示す。添加に伴い、ペーストの流動特性は無添加の配合と平行に変化している。したがって、標準添加率の約半分の添加率では吸水作用のみ存在するといえる。

次に標準添加率の6倍まで添加した結果を図-12に示す。0.2~0.8%の範囲では相対フロ

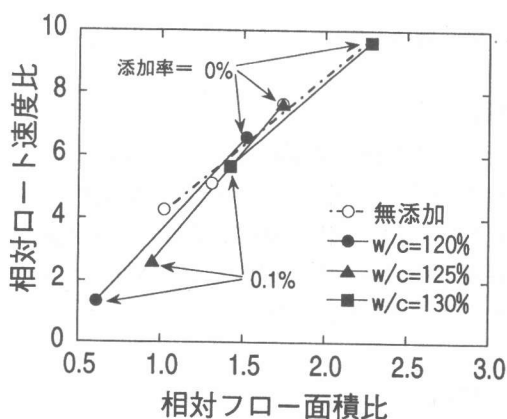


図-11 セルロース系分離低減剤がペーストの流動特性に及ぼす影響

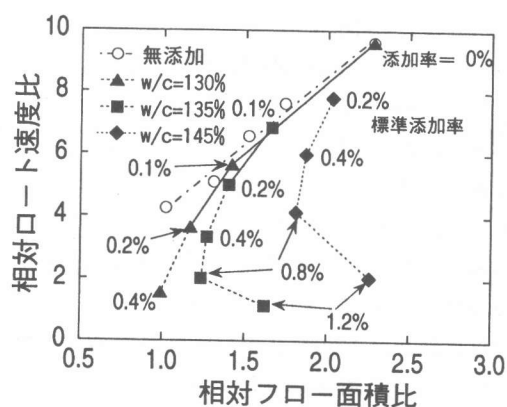


図-12 セルロース系分離低減剤がペーストの流動特性に及ぼす影響

一面積比の減少はほとんど無く相対ロート速度比が減少しており、この範囲では吸水作用のみではなく、増粘作用があると考えられる。さらに、1.2%まで添加すると相対フロー面積比が増大し始めており、この範囲では逆に分散作用があると考えられる。ウェランガムと同様にこの範囲ではデプレッション分散安定効果があると推測される。

4. 分離低減剤の性質と流動性安定効果

今回使用した4種類の分離低減剤の性質をまとめると表-2のようになる。

図-13に既報⁴⁾で明らかとなった流動性に

表-2 分離低減剤の性質

分離低減剤	性質
β グルカン	吸水作用
グリコール系	吸水作用 増粘作用
セルロース系	吸水作用 増粘作用 分散作用 (添加量: 多)
ウェランガム	吸水作用 (添加量: 少) 分散作用 (添加量: 多)

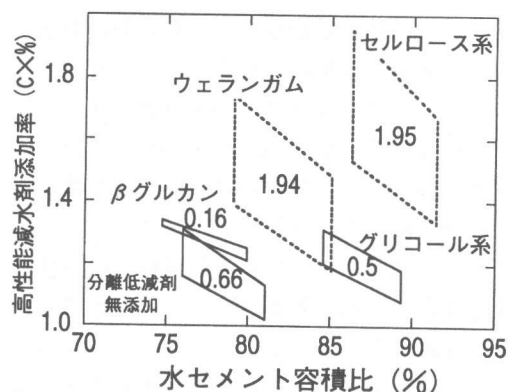


図-13 モルタル配合の範囲
 $\Gamma = 5 \sim 6$, $R = 1 \sim 1.5$

に対する安定効果の結果を示す。細骨材の表面水率の変動、および高性能減水剤の計量誤差をそれぞれ水セメント容積比と高性能減水剤添加率の変化で再現し、この2つの配合要因の変動に対して安定効果を一定の流動特性を実現できる配合の範囲で評価したものである。図中の数字は四辺形の面積を示しており、数値が高いほど安定効果が大きいことを意味する。分離低減剤の添加率はすべて標準添加率である。

そこで本研究で分かった分離低減剤の性質と安定効果との関連について考察を行った。まず吸水作用に関して、標準添加率までの範囲で吸水作用が主なものは β グルカンとウェランガムである。図-6と図-9より無添加

のペーストの水セメント容積比と比較すると β グルカンはウェランガムの約2倍以上の吸水効果があると考えられる。しかしながら、**図-13**において β グルカンの安定性はウェランガムの1/10程度しかなく、吸水効果の大きさは流動性安定効果の要因ではないと考えられる。また、ウェランガムは高性能減水剤をウェランガム分子中に拘束するとの報告があり³⁾、ウェランガムの安定効果には高性能減水剤との影響があるものと考えられる。

また増粘作用について、グリコール系とセルロース系の増粘作用の強さを直接比較することは現段階では困難で、増粘効果の評価についてはさらに検討が必要であると考えられる。さらにセルロース系増粘剤はセメント粒子表面に吸着するとの報告があり⁷⁾、高性能減水剤のセメント粒子表面への吸着を妨げその分散効果を低下させると考えられる。また、グリコール系には固体粒子表面への吸着性はなくこのような高性能減水剤への影響はないものと考えられる⁸⁾。したがって、セルロース系分離低減剤の安定効果には増粘作用の強度と高性能減水剤との影響がその要因と考えられる。

5. まとめ

4種類の分離低減剤を用いて、ペースト試験を行い分離低減剤の性質および安定効果との関係について検討した結果、以下のことが明らかとなった。

(1) 分離低減剤の性質として増粘作用、吸水作用および分散作用があり、標準添加率の範囲内では、 β グルカンおよびウェランガムには吸水作用、グリコール系およびセルロース系分離低減剤には吸水作用と増粘作用の両方がある。

(2) 分離低減剤の吸水作用は高性能減水剤を併用した場合の流動性に対する安定効果にはほとんど影響を及ぼさないと考えられる。

(3) 流動性に対する安定効果には、分離低減剤が高性能減水剤の分散効果に及ぼす影響

が強く関係しているものと考えられる。

謝辞

本研究を遂行するにあたり、建設省土木研究所 小澤一雅氏から終始有益な御助言を頂きました。また、実験に際し、東京大学大学院 大隈充浩氏には多大な御協力を頂きました。付記し深く感謝致します。

参考文献

- 1) 井波良太，足立一郎，魚本健人：高流動コンクリートの性能評価試験に関する一考察，高流動コンクリートシンポジウム論文報告集，pp145-150，1996.3
- 2) 新藤竹文：分離低減剤を用いた超流動コンクリートの実用化に関する研究，東京大学学位論文，pp48-54，1993.9
- 3) 坂田 昇，丸山久一，南 昌義：増粘剤ウェランガムがフレッシュコンクリートの自己充填性に及ぼす影響，土木学会論文集 No.538/V31，pp57-68，1996.5
- 4) 日比野誠，大隈充浩：分離低減剤の効果について，自己充填コンクリートセミナー論文報告集，コンクリート技術シリーズ No.19，pp.59-64，1997.5
- 5) 岡村 甫，前川宏一，小澤一雅：ハイパフォーマンスコンクリート，技法堂出版，pp39,42，1993
- 6) 太田 晃：超高強度コンクリート用高性能AE減水剤の現状，コンクリート工学 Vol.34，No.5，pp.23-32，1996.5
- 7) 早川和良，山川 勉，大即信明：水中不分離性混和剤の分布と溶出に関する基礎実験，土木学会 水中不分離性コンクリートに関するシンポジウム論文集，pp.15-20，1990.8
- 8) 泉 達男，田所敬章，村原 伸，水沼達也：増粘剤の吸着特性がモルタルの物性に及ぼす影響，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.17，No.1，pp.63-68，1995.6