

2002 年度修士論文

AE 助剤と高性能 AE 減水剤の相互作用

2003 年 1 月

指導教員 大内 雅博

高知工科大学大学院工学研究科基盤工学専攻

社会システム工学コース 1055128

赤崎 博行

目次

要旨

Abstract

第 1 章 序論

1.1 本研究の背景 1

1.2 本研究の目的 1

第 2 章 AE 助剤添加量と空気量の関係

2.1 実験目的 2

2.2 使用材料と実験条件 2

2.3 AE 助剤添加量と空気量の関係 5

第 3 章 AE 助剤が高性能 AE 減水剤の効き目に及ぼす影響

3.1 自由水と高性能 AE 減水剤の関係 6

3.2 AE 助剤と高性能 AE 減水剤の関係 7

第 4 章 結論

結論 14

今後の課題 14

参考文献 15

謝辞 16

付録 18

論文要旨

AE 助剤と高性能 AE 減水剤の相互作用

社会システム工学コース 1055128 赤崎 博行

現在、自己充填コンクリートでは、高性能 AE 減水剤に AE 減水剤を併用することによって所要の自己充填性と空気量を確保している。しかし、AE 助剤と高性能 AE 減水剤とが相互に影響しあう現象が報告されており、同コンクリートの普及の妨げとなっている可能性がある。

本研究では自己充填コンクリート用として最も一般的に使用されている AE 助剤と高性能 AE 減水剤を使用し、モルタルを対象として AE 助剤がセメント粒子の水和反応および高性能 AE 減水剤の粒子分散効果に及ぼす影響を実験結果より考察した。

AE 助剤を添加したものとしないもののフレッシュモルタルのフロー試験とロート試験結果から、AE 助剤が水和反応に及ぼす影響は認められなかったが、高性能 AE 減水剤の粒子分散作用には影響が認められた。すなわち、AE 助剤の作用により練り混ぜ当初は高性能 AE 減水剤の分散作用が低下するが、徐々に回復し、そして AE 助剤を添加していないものを上回るようになった。AE 助剤が一時的に高性能 AE 減水剤の高分子を一時的に拘束する現象と見なした。

さらに、高性能 AE 減水剤添加量および AE 助剤添加量の大きさによる、AE 助剤が高性能 AE 減水剤を拘束する作用の程度の違いを明らかにした。

Interaction between Air Entraining Agent and Superplasticizer

- abstract -

1055128 Hiroyuki AKASAKI

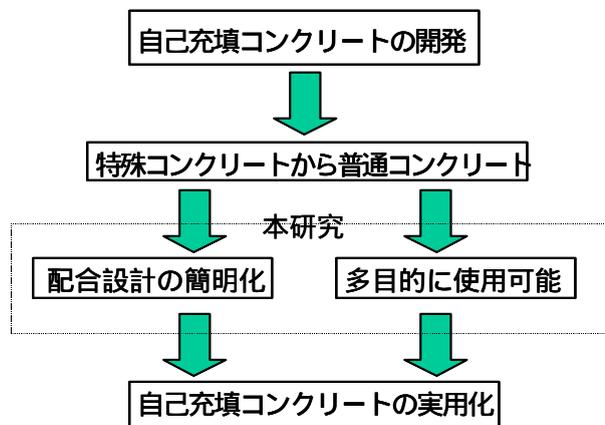
Both superplasticizer and air-entraining agent are employed in self-compacting concrete to achieve self-compactability and sufficient air content. However, it is reported that interaction between superplasticizer and air-entraining agent exists and then it can cause unexpected variety of workability of fresh concrete.

In this study, the interaction between superplasticizer and air-entraining agent was investigated by using fresh mortar's flow and funnel test results. It was found that the effect of superplasticizer was temporary obstructed by air-entraining agent and that it was recovered.

The degree of obstruction by air-entraining agent was also clarified by experiments with variety of the dosage of superplasticizer and air-entraining agent.

Key Words

Air-entraining agent, superplasticizer, self-compacting concrete, fresh mortar, flow test, funnel test, air content test, hydration



第2章 AE 助剤添加量と空気量の関係

2.1 実験目的

実験目的は、自己充填コンクリート用モルタルを練り、AE 助剤を添加したものと、添加していないものをフロー試験とロート試験及び空気量試験から、AE 助剤と高性能 AE 減水剤の相互作用について考察することを目的とする。

2.2 使用材料と実験条件

セメント

セメントは、住友大阪セメント株式会社赤穂工場の低熱ポルトランドセメントを使用した。低熱セメントの物理試験成績は表 2 - 1 に示す。

表 2 - 1 : 低熱ポルトランドセメントの物理試験成績表

入荷日	密度 g/cm ³	比表面積 cm ² /g	凝結			安定性 パット法	圧縮強度 N/mm ²			水和熱J/g	
			水量 %	始発 h-m	終結 h-m		7d	28d	91d	7d	28d
			平成 14年 10月	3.24	3350	2.63	3-10	4-30	良	16.0	52.0

* 詳しい成績表は、付録に記載

本研究では、このセメントの物理試験の成績を使用する。

細骨材

細骨材は、碎石砂と海砂の2種類を使用する。両細骨材とも高知菱光コンクリート工業株式会社の細骨材を使用する。各細骨材の比重及び吸水率の試験成績表は表 2 - 2 に示す。

表 2 - 2 : 碎石砂および海砂の比重、吸水率の試験成績表

	実験室試験値		成績表	
	表乾比重	吸水率 (%)	表乾比重	吸水率 (%)
海砂	2.56	2.05	2.56	1.26
砕砂	2.55	1.85	2.54	1.39

- ・ 碎石砂産地：春野町西分
- ・ 海砂産地：須崎市池ノ浦ツツラ崎沖

* 詳しい物理試験成績表は、付録に記載

混和剤

混和剤は、AE 助剤と高性能 AE 減水剤の相互作用を追究するため AE 助剤を 1 種類、高性能 AE 減水剤を 2 種類で本研究を行う。

AE 助剤の種類は、適切な空気量をモルタルに混入させるため、株式会社エヌエムビー製造の AE 助剤を採用する。主成分は、高アルキルカルボン酸塩系陰イオン界面活性剤のマイクロエア 775S を使用する。

高性能 AE 減水剤の種類は、消泡剤成分が含まれていないものと、含まれていないものの 2 種類を採用する。共に株式会社エヌエムビー製造の高性能 AE 減水剤である。

主成分は、ポリカルボン酸エーテル系と架橋ポリマーの複合体である。

- ・ 消泡剤成分を含まない高性能 AE 減水剤：SP 8 S
- ・ 消泡剤成分を含む高性能 AE 減水剤：SP 8 SBsx2

の 2 種類を本研究で使用する。

実験方法と条件

自己充填性フレッシュモルタルの性状評価試験

フレッシュモルタルの性状評価試験は、モルタル用のフロー試験機、V ロート試験機及びエアーマーター試験機を用いて行う。(図 2 - 1)

フロー試験機

フロー試験で、モルタルの変形性について試験する。この結果から、変形性の指標として相対フロー面積 G_m を算出する。

$$G_m = (d_1 \times d_2 - 100^2) / d_0^2$$

G_m : 相対フロー面積

d_1 : フローの最長直径 (mm)

d_2 : d_1 に対して直角方向の直径 (mm)

d_0^2 : フロー試験機の底面の直径 (100mm)

V ロート試験機

V ロート試験では、モルタルの粘性について試験する。この結果から、粘性指標として R_m を算出する。

$$R_m = 10 / \text{流下時間 (秒)}$$

エアーマーター試験機

エアーマーター試験で、モルタル中の空気量について測定を行う。

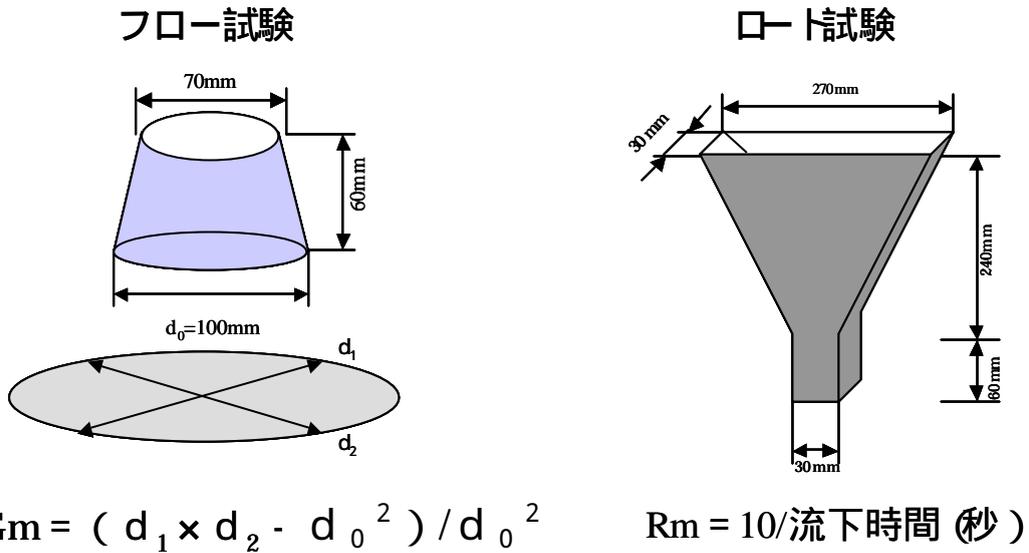


図 2 - 1 : フロー試験及びロート試験の試験機と評価指標

実験方法

モルタルミキサーでフレッシュモルタルを練り上げる。モルタルの練り混ぜ手順は、図 2 - 2 で示す手順で行う。練り上がり後、フロー試験、ロート試験、空気量試験を行う。その後練り上がり時間から、30、60、90、120 分ごとにフロー試験、ロート試験、空気量試験を行って経時変化によるモルタルの性状の変化をとる。図 2 - 3 実験の手順を示す。

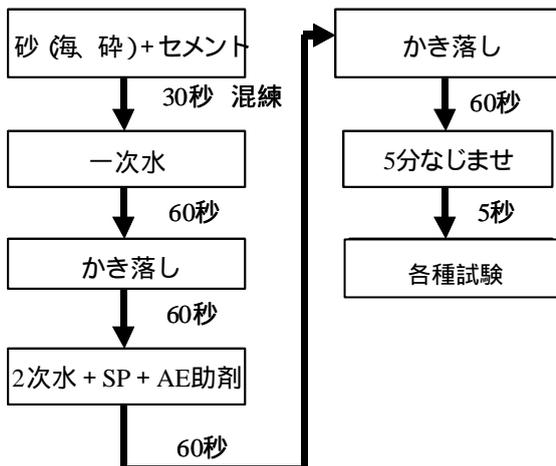
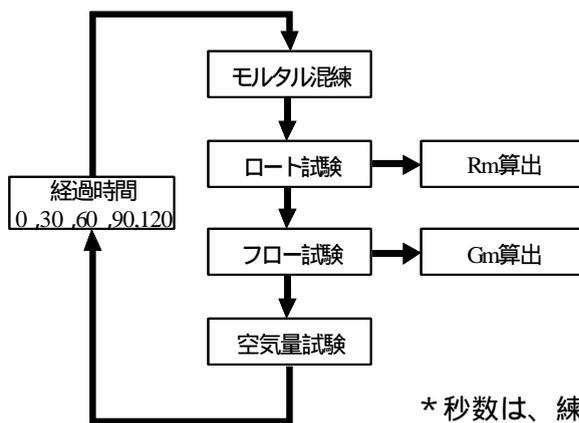


図 2 - 2 : モルタルの練り混ぜ手順



* 秒数は、練り混ぜ時間

図 2 - 3 : 実験の手順

実験環境

モルタルの練り混ぜは、恒温恒湿装置(室温 20 湿度 60%一定)の中で練り混ぜを行う。

モルタル配合条件

モルタル中細骨材容積比を 44%、砕砂：海砂を 1：1 で粉体は、低熱セメント単体とする。

2.3 AE 助剤添加量と空気量の関係

高性能 AE 減水剤に消泡剤成分が含まれているので、AE 助剤を添加した際の空気量の変化を調べた。

図 2 - 4 は、AE 助剤添加量と空気量の関係について表したものである。この図から、AE 助剤を添加するに連れ空気量は増えるが、高性能 AE 減水剤添加量を変えても AE 助剤の添加量が同じであれば、モルタル中に入る空気量はほぼ同じであると言える。

このことから、空気量は AE 助剤の添加量のみでほぼ決まると言える。

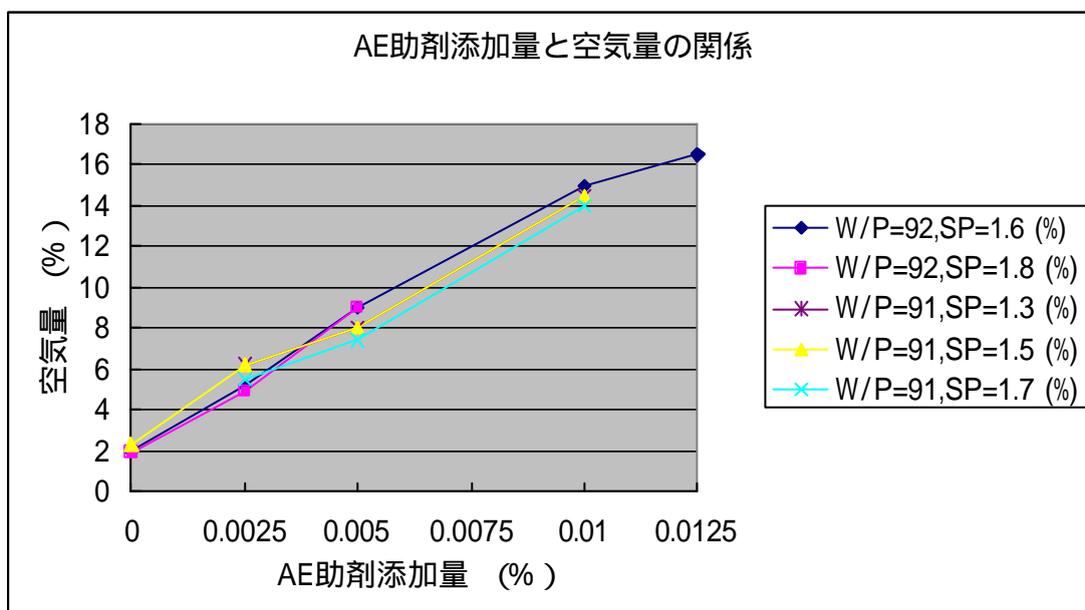


図 2 - 4 : AE 助剤添加量と空気量の関係

第3章 AE 助剤が高性能 AE 減水剤の効き目に及ぼす影響

3.1 自由水と高性能 AE 減水剤の関係

高性能 AE 減水剤添加量 1.6%の図 3 - 1 と高性能 AE 減水剤添加量 1.8%の図 3 - 2 (共に w/p = 92%) は、自由水の効果 ($Rm/Gm^{0.4}$) と練り上がり経過時間の関係を示す。

これから、AE 助剤がセメントの水和反応に及ぼす影響を実験から考察しましたものです。AE 助剤を添加しないものと、AE 助剤を添加したものを横軸が練り上がりからの経過時間と、縦軸が自由水の量の指標との関係を求めました。

この図から、適度な AE 助剤添加量であれば、AE 助剤の添加量が変わっても自由水の変化はほぼ同じであった。そのため、AE 助剤を添加してもモルタル中の自由水に影響を及ぼすことがないと言える。しかし、AE 助剤の添加量が多すぎると少しだけ差が出ている。この確かな原因は分からないがエラーデータと考えられる。

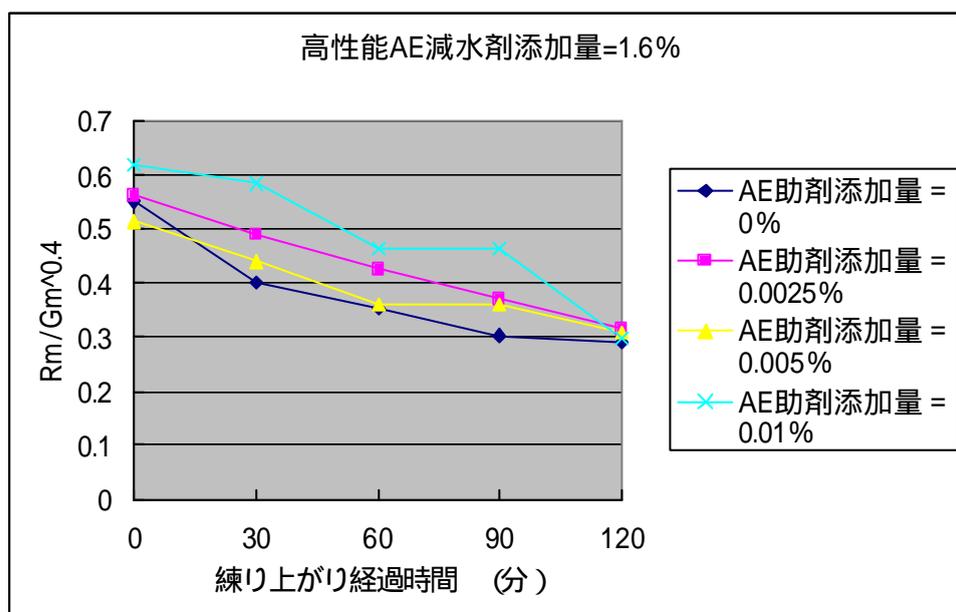


図 3 - 1 : 自由水の効果と練り上がり経過時間の関係

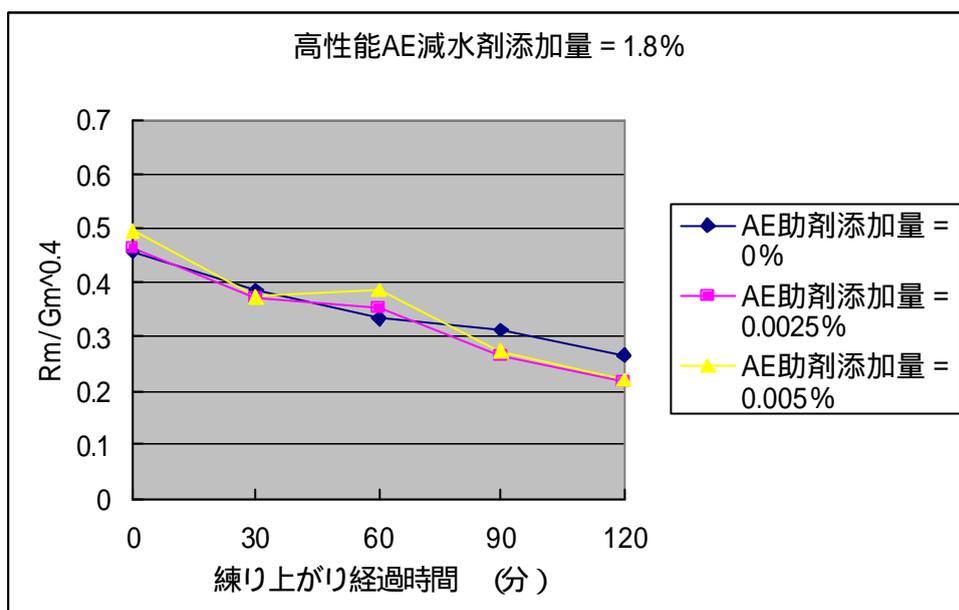


図 3 - 2 : 自由水の効果と練り上がり経過時間の関係

3.2 AE 助剤と高性能 AE 減水剤の関係

高性能 AE 減水剤添加量 1.6%の図 3 - 3 と高性能 AE 減水剤添加量 1.8%の図 3 - 4 (共に w/p = 92%) は、相対フロー比 (変形性) と経時変化の関係を示したものである。

AE 助剤を添加したものは、経時変化 30 分で急激に低下している。しかし、AE 助剤を添加していないのは、徐々に低下していることがわかった。そして、経時変化 0 分、120 分で AE 助剤添加したものと添加していないものが、変形性指標数 5 前後から変化が始まり 1.5 前後で終着している。そのため、AE 助剤を添加したものと添加していないもので変化の軌道は違っているが、経過時間が 120 分で交わっていることから、AE 助剤が高性能 AE 減水剤中の架橋ポリマーの活動を遅延しているのではないかと考えられる。

また、AE 助剤添加量が 0.01%は、経時変化 0 分のとき変形性の指標数が 4 まで低下していることがわかる。そのため、AE 助剤により高性能 AE 減水剤の効能が低下しているのではないかと考えられる。

このことより、以下の二つがことが予測される。

- ・ AE 助剤が高性能 AE 減水剤中の架橋ポリマーの活動を遅延させている
- ・ AE 助剤により高性能 AE 減水剤の効能が低下している

これを、明確にするため高性能 AE 減水剤の効きめについて考察する必要がある。

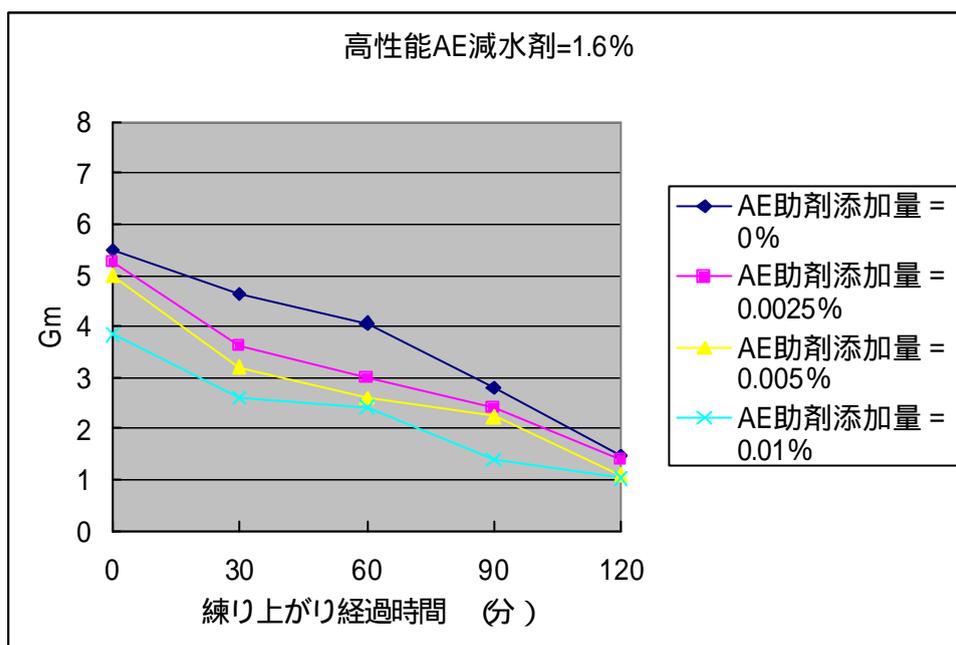


図 3 - 3 : 高性能 AE 減水剤添加量 1.6%の相対フロー比（変形性）と経時変化の関係

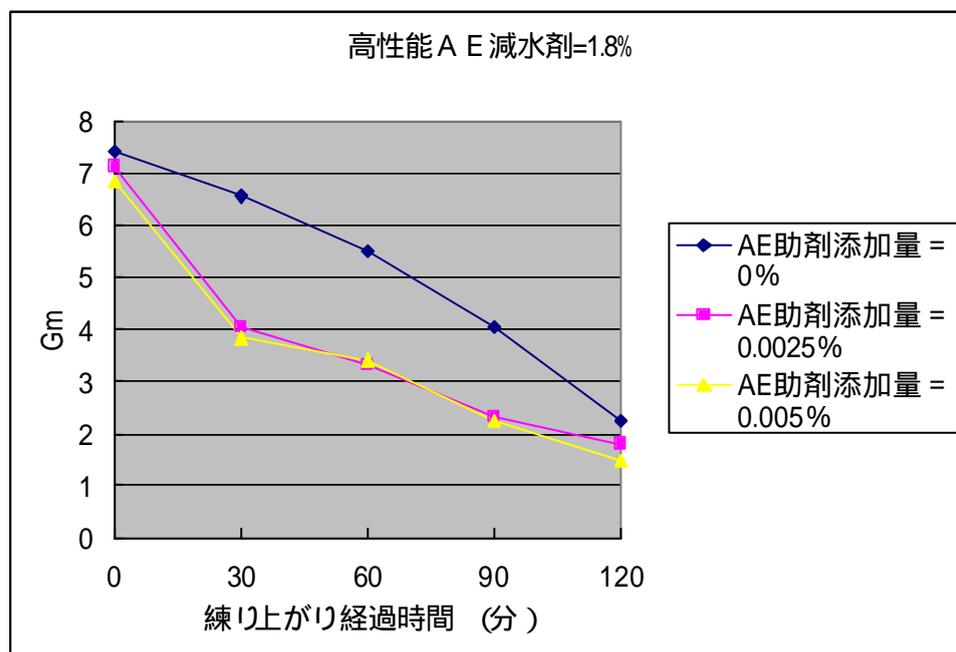


図 3 - 4 : 高性能 AE 減水剤添加量 1.8%の相対フロー比（変形性）と経時変化の関係

・ AE 助剤が高性能 AE 減水剤の分散作用に及ぼす影響

次に、AE 助剤が高性能 AE 減水剤の分散作用に及ぼす影響について実験をした結果を図 3 - 5 に示す。

AE 助剤を添加しないものと AE 助剤を添加したものを、横軸が練り上がりからの経過時間と、縦軸が SP の分散作用の指標との関係を求めた。

AE 助剤の添加量がないのは、はじめに高性能 AE 減水剤が効き出し徐々に低下している。AE 助剤を添加したのは、高性能 AE 減水剤の効き目がほぼ一定している。

しかし、ある時点で SP の分散作用が逆転している。そのため、AE 助剤を添加したのは、はじめに高性能 AE 減水剤が AE 助剤に拘束されるが徐々に解放されると言える。

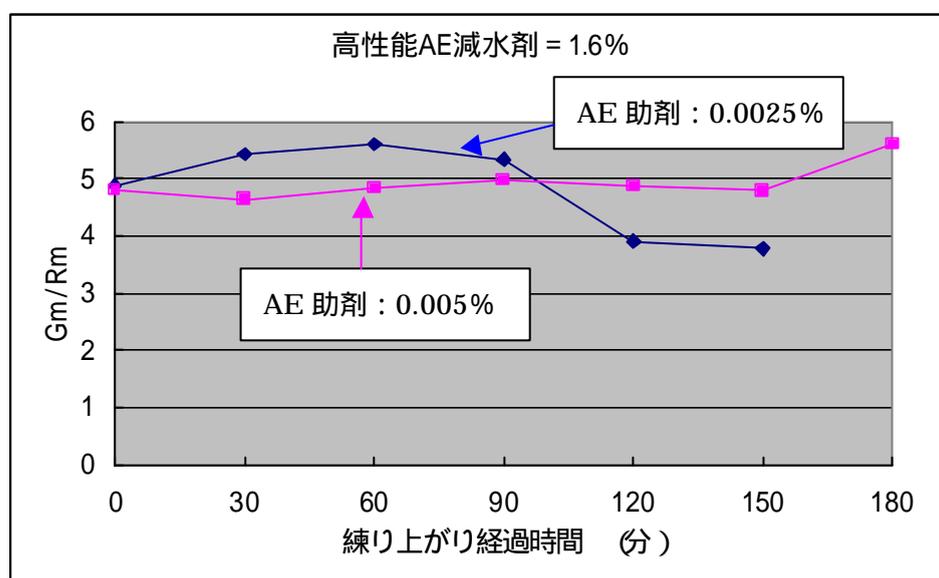


図 3 - 5 : AE 助剤が高性能 AE 減水剤の分散作用に及ぼす影響

そこで、AE 助剤が高性能 AE 減水剤の分散作用に及ぼす影響について考察した。これを、図 3 - 6 に示す。

今回使用した高性能 AE 減水剤は、架橋ポリマーが含まれている。架橋ポリマー成分なしの高性能 AE 減水剤は、時間と共に高性能 AE 減水剤の分散作用が低下するが、架橋ポリマー成分の入った高性能 AE 減水剤は、分散作用が増加し徐々に低下し、流動性を保持させている。

一方、架橋ポリマーの入った高性能 AE 減水剤と AE 助剤を同時に使用するとある時点まで、AE 助剤が高性能 AE 減水剤を拘束するがその後に解放される。そのため、高性能 AE 減水剤が AE 助剤に拘束されるが、徐々に解放されると考えた。

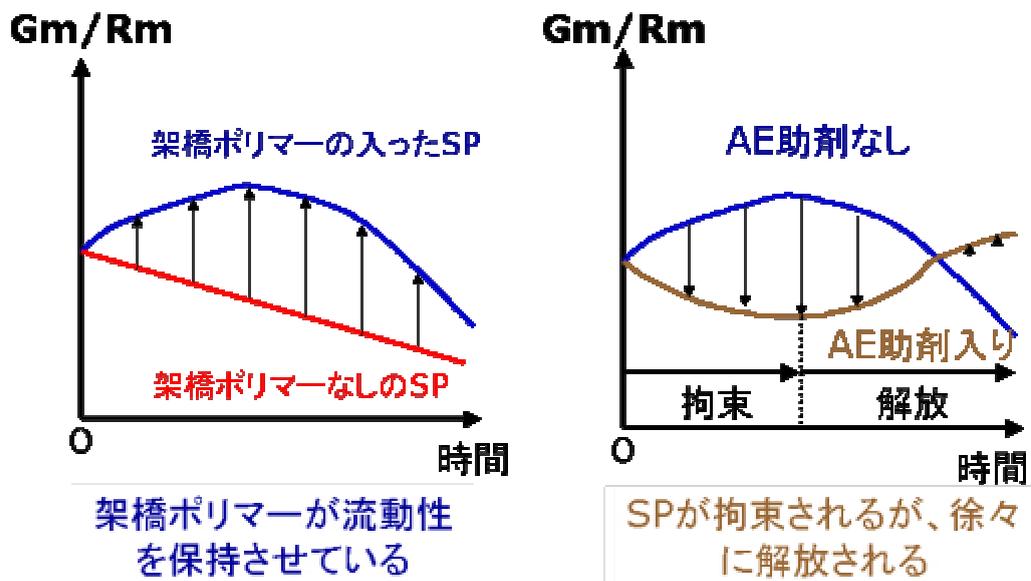


図 3 - 6 : AE 助剤が高性能 AE 減水剤の分散作用に及ぼす影響について考察された図

次に、高性能 AE 減水剤添加量の大小によって高性能 AE 減水剤が AE 助剤に拘束される影響について実験を行ったものを図 3 - 7 に示す。

標準とする高性能 AE 減水剤添加量 1.6% を 2.0% に増やして比較した。横軸が練り上がりからの経過時間と縦軸が AE 助剤による Gm/Rm の低下量との関係と比較した。高性能 AE 減水剤添加量が増えると低下量が増えている。このことから、高性能 AE 減水剤添加量が増えると AE 助剤により多く拘束されると考えられる。

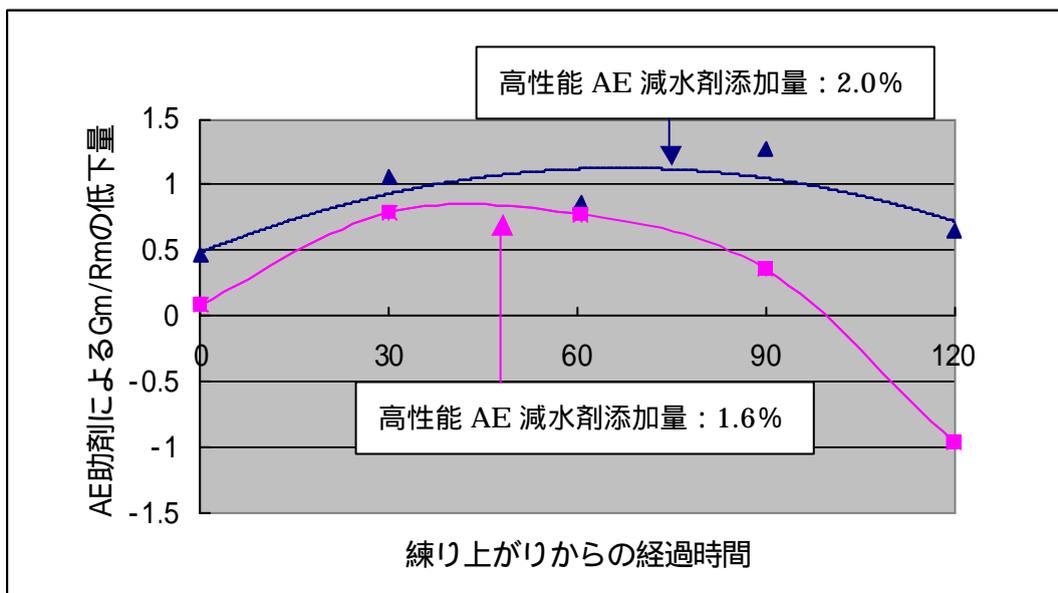


図 3 - 7 : 高性能 AE 減水剤添加量の大小によって高性能 AE 減水剤が AE 助剤に拘束される影響

次に、AE 助剤添加量の大小によって SP が AE 助剤に拘束される影響について実験を行ったものを図 3 - 8 と図 3 - 9 に示す。

高性能 AE 減水剤添加量が 1.6% (図 3 - 8) のときの AE 助剤添加量なしと AE 助剤添加量を変えたもの関係を求めた。

AE 助剤添加量が 0.0025% と 0.005% は、適度な AE 助剤添加量であるため SP の分散作用はほぼ同じであるが、AE 助剤添加量が 0.01% のように過大になれば、さらに低下している。

そのため、AE 助剤添加量が適度であれば、SP の分散作用はほぼ同じであるが、AE 助剤添加量が過大になれば、SP の分散作用は、さらに低下すると考えられる。

高性能 AE 減水剤添加量が 1.8% (図 3 - 9) も同じことが言える。

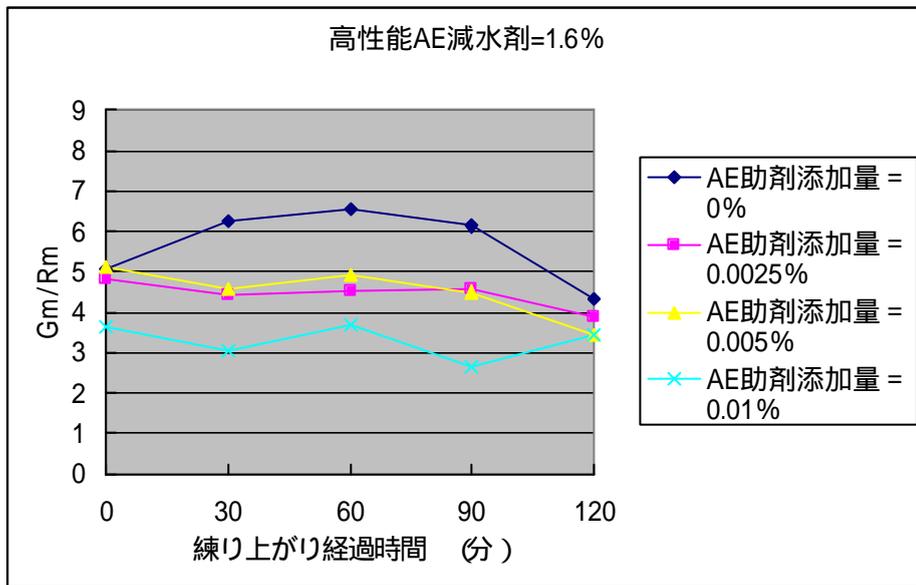


図 3 - 8 : 高性能 AE 減水剤添加量 1.6% の Gm/Rm の指標と経時変化

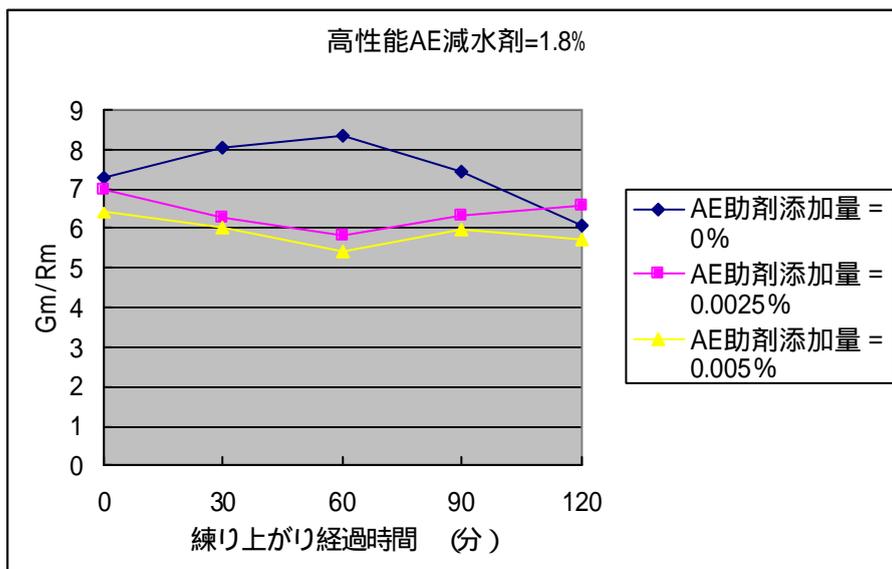


図 3 - 9 : 高性能 AE 減水剤添加量 1.8% の Gm/Rm の指標と経時変化

以上のことを、高性能 AE 減水剤添加量の大小によって高性能 AE 減水剤添加量が AE 助剤に拘束される影響についてと、AE 助剤添加量の添加量の大小によって高性能 AE 減水剤添加量が AE 助剤に拘束する影響について考察した。

まず、図3 - 10は、高性能 AE 減水剤添加量の大小によって高性能 AE 減水剤添加量が AE 助剤に拘束される影響についてのイメージ図である。

これは、AE 助剤が適度の場合で、高性能 AE 減水剤添加量が適度であれば、セメント粒子と吸着する高性能 AE 減水剤と未吸着高性能 AE 減水剤があるが、AE 助剤は未吸着分 SP を拘束する。AE 助剤の中には、高性能 AE 減水剤 SP を拘束しないものもある。

一方、高性能 AE 減水剤 SP 添加量が過大な場合は、セメント粒子に吸着する高性能 AE 減水剤が増えるが、未吸着高性能 AE 減水剤も増える。

AE 助剤は、この未吸着分高性能 AE 減水剤のみを拘束する。また、高性能 AE 減水剤添加量が適度の場合のとき、高性能 AE 減水剤を拘束しなかった AE 助剤は、高性能 AE 減水剤添加量が過大になれば、高性能 AE 減水剤を拘束する。

そのため、AE 助剤は未吸着分高性能 AE 減水剤のみを拘束されるが、AE 助剤に拘束された未吸着分の高性能 AE 減水剤は後に解放されると考えた。

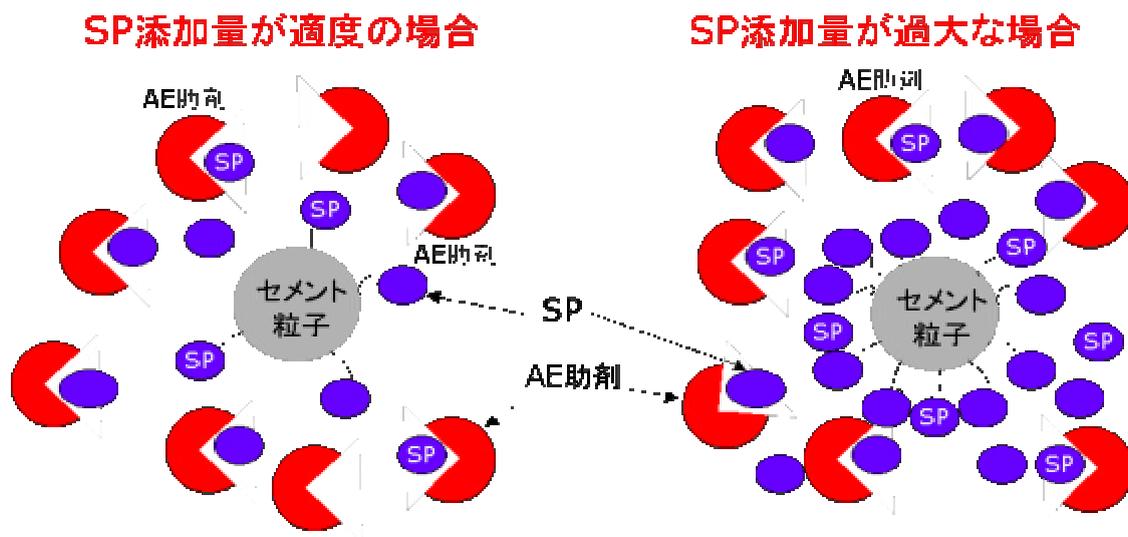


図3 - 10：高性能 AE 減水剤添加量の大小によって高性能 AE 減水剤添加量が AE 助剤に拘束される影響についてのイメージ図

図3 - 11は、AE 助剤添加量の添加量の大小によって高性能 AE 減水剤が AE 助剤に拘束される影響についてのイメージ図である。

これは、高性能 AE 減水剤添加量が適度な場合で、AE 助剤添加量が適度であれば、セメントに吸着する高性能 AE 減水剤と未吸着高性能 AE 減水剤がある。

AE 助剤は未吸着高性能 AE 減水剤だけを拘束する。AE 助剤の中には、高性能 AE 減水剤を拘束しないものもある。

一方、AE 助剤添加量が過大な場合は、AE 助剤が未吸着分高性能 AE 減水剤を拘束するのみだけでなくセメントに吸着している高性能 AE 減水剤も拘束する。

そのため、AE 助剤添加量が過大になると AE 助剤が未吸着高性能 AE 減水剤以外にセメントに吸着した高性能 AE 減水剤も拘束すると考えた。

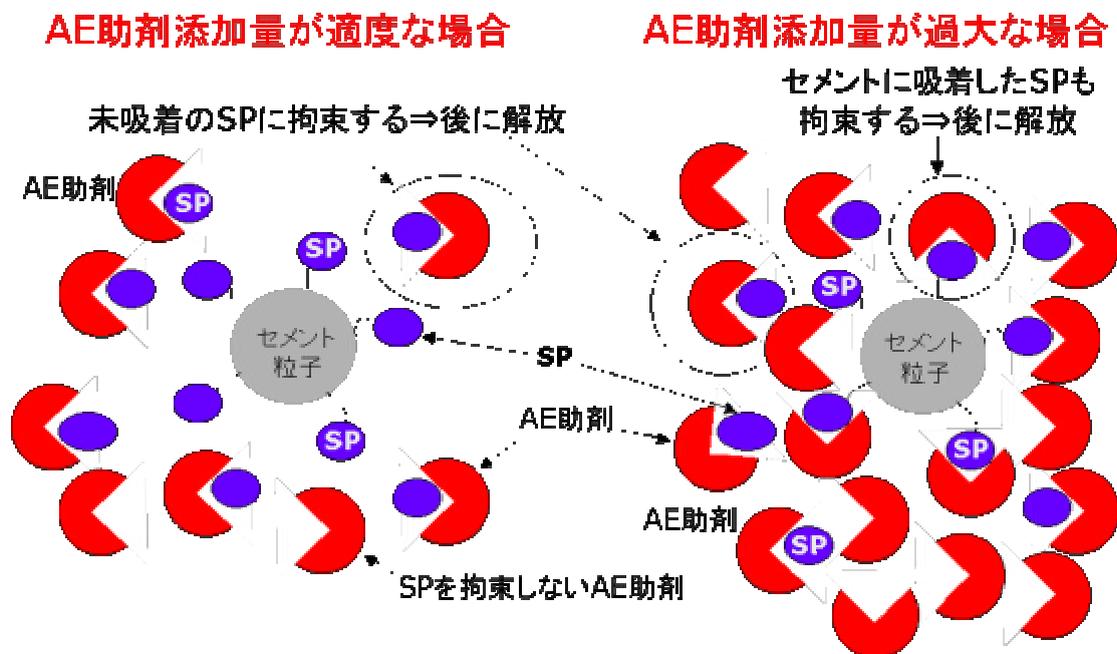


図3 - 1 1 : AE 助剤添加量の添加量の大小によって高性能 AE 減水剤が AE 助剤に拘束する影響についてのイメージ図

4 . 結論

結論

[1]AE 助剤の水和反応への影響は見られなかった。

[2]AE 助剤と高性能 AE 減水剤を同時に使用すると、AE 助剤が高性能 AE 減水剤中の架橋ポリマーの作用を遅延させた。

[3]高性能 AE 減水剤添加量が過大だと、AE 助剤に拘束される高性能 AE 減水剤の量も多くなる。

[4]AE 助剤添加量が適度であれば未吸着高性能 AE 減水剤のみ拘束するが、過大になるとセメントの吸着分も拘束する。

今後の課題

[1]本研究は、モルタルの性状試験から AE 助剤と高性能 AE 減水剤の相互作用を解明したが、化学的にどの様に作用しているかは未解明のため化学的に詳しく解明する必要がある。

[2]本研究では、定式化できなかったため定式化し現状より、配合設計が容易にする必要がある。

参考文献

- [1]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」,技報堂出版 1997.6.30
- [2]戸祭邦之：「コンクリートの実像 - その性能と性状 - 」, 理工図書 1999.2.15
- [3]辻幸和・安藤哲也：「よくわかるコンクリート技術」, セメントジャーナル 1998.8.21
- [4]「コンクリート混和剤の開発技術」, 株式会社シーエムシー 1995.9.18
- [5]大内雅博：「フレッシュコンクリートの自己充填性評価システム」
- [6]枝松良展：「モルタルの変形性を表す細骨材・粉体の材料特性の定量化」

謝辞

本論文は、高知工科大学大学院助教授 大内 雅博博士，副査高知工科大学大学院教授 社会システム工学コース長 島 弘博士、高知工科大学大学院教授 藤澤 伸光博士にご審査頂きました。心よりお礼申し上げます。

大内 雅博先生には、本研究を進めていく上で様々な学術的指導を頂いただけでなく、著者の進路におきましても大変お世話になりました。そして、社会人として人として必要な態度や姿勢教えていただきました。

岡村 甫教授（高知工科大学学長）には、研究内容や実験方法で著者が困った時に、お忙しい中ご指導いただきました。また、著者の進路におきましても大変お世話になりました。

島 弘先生には、研究内容や学術指導で大変厳しいお言葉を数多く頂きましたが、その厳しいお言葉のおかげで著者がここまで成長できたと思います。また、EASEC-7ではお手伝いしたのですが、逆に島先生の足を引っ張るようなことがありましたが、この学会で色々な方と知り合い交流できる機会を作って頂いたことで著者の将来が大きく変わったと思います。

上野 勝先生（高知工科大学助手）には、実験器具の使用法や実験方法また、実験中の安全の気配りなど、何もわかっていなしに著者に大変親切にご指導いただきました。また、著者の相談ごとにも親身になって相談に乗ってくださったことで、大きな励ましになりました。

また、著者がコンクリートの研究をするきっかけになりまた、著者の目標となる憧れ、尊敬する。石田 哲也博士（東京大学助教授）、日比野 誠博士（長岡技術大学講師）、土屋 智史（株式会社 コムスエンジニアリング）このお三方には、著者が学部生の頃から大変お世話になりました。特に、土屋氏には、兄のように色々と相談に乗って頂きました。

この他にも、前田建設工業株式会社の皆様や高知県東部生コンクリート協同組合の寺石氏には、大変お世話になりました。心よりお礼申し上げます。

本論文を作成するにあたり、コンクリート研究室の皆様にはお世話になりました。深くお礼も申し上げます。特に、木村 卓嗣君、福田 道也君そして、米田 大樹君には、著者

が研究に行き詰まった時に一緒に、問題を解決してくれたことを心より感謝しております。この他にも、留学生の皆や森本 真一郎君にも色々助けていただきました。また、学部 2 年生の山本 昌芳君には、著者の実験のサポートを毎晩夜遅くまで付き合ってくれたことを深く感謝いたします。

最後に、著者が修士課程に進学することに理解してくれた両親に感謝いたします。

付 録

・凍結融解作用

凍結融解のメカニズム

凍結融解作用によるコンクリートの劣化は、コンクリート内部に存在する水が内部で凍ったり融けたりすることによって起こる。水が氷になることで体積膨張がコンクリート内のペーストの微細構造に影響を与え、膨張圧が大きくなればその微細構造を破壊する。融ければこの膨張圧は解放される。これが数回の凍結と融解ならば影響は大きくはないが、凍結と融解が繰り返されることによって、コンクリートが劣化する。この作用による損傷は、コンクリートの曝露表面のスケーリングから始まり、内部に層状の氷が形成されるにつれてコンクリートの完全な破壊へと進行する。

凍結融解の対策

凍結融解作用を防止するには、コンクリート中に故意に空気泡（連行空気泡）を含ませる。そのために、コンクリートに AE 助剤を添加する。

AE 助剤の添加によってコンクリートに入る連行空気泡は、毛細管孔よりはるかに大きく、圧力緩衝材として十分な大きさである。また、連行空気泡は径が大きい割には硬化後のコンクリート内部では水分が少ない状態にあることが分かっている。連行空気泡が近くに存在していれば、毛細管孔内で凍結が始まっても、氷結からの圧力は、ゲル孔を通じて連行空気泡の中に逃がすことが出来る。

この他にも、AE 助剤を添加せずに W/C を下げることによって、耐凍結融解性を増す方法もあるが、AE 助剤を添加したものと比べると耐久性指数が約 60% 違うことわかっている。

このようなメカニズムにより、コンクリートに AE 助剤を添加することで、凍結融解作用の対策になる。

空気量と凍結融解作用の関係

一言に、空気量を増やせば耐凍結融解性になるとは言い切れない。確かに、コンクリート中の空気泡を混入させることにより、耐凍結融解性に対し有効的な方法である。しかし、コンクリート中の空気量を増やすことによって、コンクリートの圧縮強度を低下させる作用がある。

空気量と圧縮強度の関係は、コンクリート中に空気量が 1% 増えれば、コンクリート中の圧縮強度は約 2 N/mm² (約 5%) 低下することが他の研究から分かっている。そのため、耐凍結融解性に必要なコンクリート中の空気量は、約 3 ~ 6% とされている。一般に、ばらつきを考慮して、コンクリート中の空気量を 4 ~ 5% に設定するのが普通である。

・ AE 助剤

AE 助剤は、コンクリート中に直径が 30 ~ 150 μm 程度の大きさの、独立した無数の微細な空気泡を連行し、ワーカビリティや凍結融解に対する耐久性を向上させるために用い

る混和剤である。

空気泡は、空気が液体膜で包まれた状態である。そのため、粉体粒子や細骨材の微粉分の間にある空気泡やコンクリートを練り混ぜた時に巻き込んだ空気泡と水の界面に作用し、無数の微細な独立した空気胞を発生させる。

AE 助剤を添加していないコンクリート中の空気泡は、練り混ぜをしている時に起泡したり消泡したりしているため、コンクリート中の空気量が常に増減している。

AE 助剤を添加したコンクリート中の空気泡は、空気泡内の空気と液体膜の間に AE 助剤が吸着し界面活性剤作用が働き、液体膜が強化されて微小径の空気泡が発生する。そのため、空気泡が壊れにくくなる。

AE 助剤を使用した空気泡は、コンクリートの練り混ぜ中や打設中にも壊れない。また、球状のためにコンクリート中でボールベアリングの様な働きをするため、コンクリートの流動性、作業性が向上する働きがある。しかし、空気量が増えるので、コンクリートの圧縮強度は低下する。

主な効果であるワーカビチーの改善と凍結融解に対する抵抗性の向上などは、コンクリートの施工性の改善、耐久性の向上を図るうえで重要である。

・高性能 AE 減水剤

高性能 AE 減水剤のメカニズムはいろいろあるが、わかりやすいのは徐放効果を利用した混和剤である。徐放効果とは減水剤の一部をカプセル状のもので包み、コンクリートのアルカリに触れて徐々にそのカプセル状のものが取れ、減水剤が現れて減水効果を発揮するような効果である。徐放効果を発揮する時間を少しずつずらせば、次々に減水剤が現れて、新たに減水剤を加えたような働きをする。

細骨材の密度及び吸水率試験表



高知菱光コンクリート工業(株)

試験年月日		平成 14 年 11 月 15 日		平成 14 年 11 月 15 日	
試料	種類	海砂		細砂(砕砂)	
	産地	須崎市池ノ浦ツツラ崎沖		香野町西分	
	採取月日	平成 14 年 11 月 12 日		平成 14 年 11 月 12 日	
	採取場所	高知菱光 土場		トラック	
測定番号		1	2	1	2
① フラスコ No.		1	2	1	2
② フラスコと水の質量 (g)		704.1	693.6	704.1	693.6
③ 試料の質量 (g)		561.2	527.3	539.4	522.4
④ [フラスコ+水+試料]質量 (g)		1049.5	1017.6	1033.9	1013.7
⑤ 水の温度 (°C)		19.0	19.0	19.0	19.0
⑥ 水の密度 (g/cm³)		0.9984	0.9984	0.9984	0.9984
⑦ 表乾密度 ③×⑤/(②+③-④) (g/cm³)		2.60	2.59	2.57	2.58
⑧ 平均値 (g/cm³)		2.60		2.58	
⑨ 平均値との差 [0.01 以下]		0.01		0.01	
⑩ 規格値 [総合判定] (g/cm³)		2.60±0.02 [合格]		2.57±0.02 [合格]	
⑪ 絶乾密度 ⑦/(1+⑦/100) (g/cm³)		2.57	2.56	2.54	2.54
⑫ 平均値 (g/cm³)		2.56		2.54	
⑬ 平均値との差 [0.01 以下]		0.01		0.00	
⑭ 規格値 [総合判定] (g/cm³)		2.5 以上 [合格]		2.5 以上 [合格]	
⑮ 試料の質量 (g)		524.3	540.7	544.9	523.2
⑯ 乾燥後の試料の質量 (g)		517.9	533.8	537.6	515.9
⑰ 吸水率 (⑮-⑯)/⑯×100 (%)		1.24	1.29	1.36	1.42
⑱ 平均値 (%)		1.26		1.39	
⑲ 平均値との差 [0.05 以下]		0.03		0.03	
⑳ 規格値 [総合判定] (%)		3.5 以下 [合格]		3.0 以下 [合格]	
備考					
試験者 玉川 裕司					

セメント試験成績表

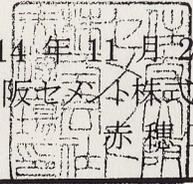
11月発注分

平成 14 年 11 月 5 日
住友大阪セメント株式会社
赤穂工場

種類		低熱ポルトランドセメント	
		JIS規格値	試験成績
品質			
密度	g/cm ³	—	3.24
比表面積	cm ² /g	2500 以上	3350
凝 結	水量 %	—	26.3
	始発 h·m	60min 以上	3-10
	終結 h·m	10 h 以下	4-30
安定性	パット法	良	良
圧縮強さ N/mm ²	7d	7.5 以上	16.0
	28d	22.5 以上	試験中
	91d	42.5 以上	試験中
水和熱 J/g	7d	250 以下	198
	28d	290 以下	試験中
酸化マグネシウム	%	5.0 以下	0.66
三酸化硫黄	%	3.5 以下	2.17
強熱減量	%	3.0 以下	0.46
全アルカリ	%	0.75 以下	0.52
塩化物イオン	%	0.02 以下	0.006
けい酸二カルシウム	%	40 以上	55
アルミン酸三カルシウム	%	6 以下	3
備 考			
平成 14 年 10 月 高知工科大学工学部 社会システム工学科 向け 25kg × 50袋サンプル			

セメント試験成績表

平成 14 年 11 月 29 日
住友大阪セメント株式会社
赤穂工場



種類		低熱ポルトランドセメント	
		JIS規格値	試験成績
品質			
密度	g/cm ³	—	3.24
比表面積	cm ² /g	2500 以上	3350
凝 結	水量 %	—	26.3
	始発 h-m	60min 以上	3-10
	終結 h-m	10 h 以下	4-30
安定性	パット法	良	良
圧縮強さ N/mm ²	7d	7.5 以上	16.0
	28d	22.5 以上	52.6
	91d	42.5 以上	試験中
水和熱 J/g	7d	250 以下	198
	28d	290 以下	258
酸化マグネシウム %		5.0 以下	0.66
三酸化硫黄 %		3.5 以下	2.17
強熱減量 %		3.0 以下	0.46
全アルカリ %		0.75 以下	0.52
塩化物イオン %		0.02 以下	0.006
けい酸二カルシウム %		40 以上	55
アルミン酸三カルシウム %		6 以下	3
備 考			
平成 14 年 10 月 高知工科大学工学部 社会システム工学科 向け 25kg × 50袋サンプル			