

고성능AE감수제를 사용한 시멘트복합체의 유동성 유지성능

Fluidity Retention of Cement-Based Composites Using High range water reducing AE agent

김 기 형* 김 인 수**

Kim, Ki-Hyung Kim, In-Soo

ABSTRACT

Fluidity retention of concrete used high range water reducing AE agent(HWAE) is varied according to type, dosage amount and dosing method of HWAE. The type and substitution ratio of mineral admixture also have influence on the fluidity retention of concrete using HWAE.

For the purpose of improving the fluidity retention in concrete used HWAE, 3 types of HWAE and ground granulated blast furnace slag(SG) are applied in cement-based composites such as cement paste, mortar and concrete respectively.

According to using the HWAE of naphthalene sulfonates and SG, the fluidity retention of mortar and concrete is improved remarkably. And after 30 min. dosing method of HWAE is very effective in improving the fluidity retention and strength of concrete regardless of type of HWAE.

1. 서론

최근 콘크리트의 성능개선 방안으로서 높은 감수성능과 더불어 경과시간에 따른 유동성 유지성능이 우수한 특성을 갖는 고성능AE감수제(High range water reducing AE agent, HWAE로 약함)의 개발 및 실용화에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다.

고성능AE감수제는 주성분에 따라서 시멘트 분산성능 및 유동성 유지기구가 각각 다르며 부적절하게 사용하면 시멘트의 응결을 지연시켜 초기재령에서 강도가 저하되는 사례가 다수 발생하기도 하기때문에^{1,2)} 유동성 유지성능의 향상과 더불어 경화한 콘크리트의 강도 및 내구성 등의 품질의 안정성을 확보하는 것도 매우 중요한 과제이다.

* 김희원, 여주대학 토목과 조교수

** 김희원, 여주대학 건축과 부교수

본 연구에서는 고성능AE감수제를 사용한 콘크리트의 유동성 유지성능을 향상시키기 위한 연구의 한방안으로 주성분이 다른 3종류의 고성능AE감수제를 사용하고 고로슬래그 미분말을 혼화제로 활용하여 시멘트풀, 모르터 및 콘크리트 등의 시멘트복합체의 유동성 유지성능을 실험적으로 비교분석하여 효율적인 유동성 유지방안을 제시하고자 하였다.

2. 실험개요

2.1 사용재료

(1) 시멘트 및 고로슬래그 미분말 : 국내 S사의 보통포틀랜드시멘트(OPC)와 광양제철소에서 발생하는 고로슬래그를 미분쇄한 고로슬래그 미분말(이하 슬래그 미분말 또는 SG로 약함)로서 화학성분 및 물리적 성질은 표 1과 같다.

표 1. 시멘트 및 슬래그 미분말의 화학성분 및 물리적 성질

항목	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO(%)	MgO(%)	SO ₃ (%)	Ig. loss(%)	비중	비표면적 (cm ² /g)
OPC	21.95	5.59	2.81	60.12	3.32	2.11	2.58	3.15	3,112
SG	32.3	14.8	0.4	44.1	5.5	1.0	1.1	2.91	4,500

(2) 고성능AE감수제 : 주성분이 다른 3 종류의 고성능AE감수제를 사용하였으며 화학성분 및 물리적 성질은 표 2와 같다.

표 2. 화학성분 및 물리적 성질

종 류	화학성분	색	pH	표준침가량 (C×%)
A	Amino Sulfonates	짙은 갈색	9±1	1.0~2.5
B	Polycarboxylic ether	"	8±1	0.5~1.0
C	Naphthalene Sulfonates	"	8±1	0.3~1.2

(3) 골재 : 모르터 제조용 잔골재로서는 KS L 5100에서 정하고 있는 주문진산 표준사를 사용하였으며 콘크리트 제조용으로 한강산 강모래와 강자갈을 사용하였으며 비중이 각각 2.61, 2.65이고 굵은 골재 최대지수는 19mm였다.

2.2 실험기기 및 실험방법

(1) 시멘트 현탁액의 침강시험 : 고성능AE감수제를 1% 첨가한 물-시멘트비 100%의 현탁액을 모르터 믹서로 3분간 믹싱하여 제조한 후 500ml 메스실린더에 넣고 침강량과 평균침강속도를 측정하여 시멘트 입자의 응집의 정도를 나타내는 지수로 나타내었다.

(2) 시멘트풀의 유동성 시험 : 모르터 믹서로 1분간 믹싱하여 시멘트풀을 제조한 후 윗지름 195mm, 높이 135mm, 노즐지름 13mm의 깔대기모양의 용기에 넣고 시멘트 풀의 유하시간을

측정하였다.

(3) 모르터의 플로우 및 플로우 손실 시험 : 시멘트(C)와 잔골재(S)의 중량비 1:2로 하여 모르터를 제조한 후 KS L 5105에 의하여 플로우값 및 경과시간에 따른 플로우 값의 변화를 측정하였다.

(4) 콘크리트의 유동성 손실 시험 : 용량 50ℓ의 강제식 믹서를 사용하여 시멘트, 잔골재를 1분간 dry mixing한 후 고성능AE감수제, 혼합수 및 굵은골재를 투입하여 2분간 믹싱하여 콘크리트를 제조한 후 경과시간에 따라서 KS F 2402에 의하여 슬럼프 값을 측정하였다.

(5) 콘크리트의 강도시험 : 콘크리트를 $\Phi 10 \times 20\text{cm}$ 원주형 공시체로 제작하여 표준양생한 후 재령에 따라 KS F 2403의 규정에 의해서 압축강도를 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 고성능AE감수제가 시멘트복합체의 유동성에 미치는 영향

고성능AE감수제의 주성분이 시멘트풀 및 모르터의 유동성에 미치는 영향을 알아보기 위하여 3 종류의 고성능AE감수제를 사용하여 시멘트풀 및 모르터를 제조하여 각각 깔대기 유하시간과 플로우값을 비교한 것이 그림 1이다. 이 그림에서 아미노술폰산을 주성분으로 하는 고성능AE감수제(A)를 사용한 경우 시멘트풀의 유하시간이 길고 모르터의 플로우값이 가장 작았으며 폴리카르본산계(B)와 나프탈린계의 고성능AE감수제(C)가 유동성 향상에 유리하게 나타났다. 고성능AE감수제의 종류에 따라서 시멘트풀 및 모르터의 유동성에 차이가 있는 이유는 주성분에 따라서 시멘트 입자의 분산기구 및 성능이 다르기 때문으로 판단된다.

이번에는 아미노술폰산계 고성능AE감수제의 사용량과 사용방법을 각각 3단계로 변화시켜 경과시간 60분까지의 시멘트현탁액 중의 시멘트 입자의 평균 침강속도와 믹싱후 경과시간 60분에서의 모르터의 플로우값과의 관계를 나타낸 것이 그림 2이다. 고성능AE감수제의 사용량이 많을수록 침강속도는 감소하고 반대로 플로우값은 크게 나타났으며 첨가시기에 따라서는 30분 후 첨가가 유동성 향상에 유리하게 나타났다.

이상의 결과는 고성능AE감수제를 사용한 시멘트복합체의 유동성이 시멘트현탁액 중의 시멘트 입자의 응집에 따른 침강속도와 밀접한 관계가 있음을 시사하고 있으며, 魚本에 의하면⁽³⁾ 시멘트풀 중의 시멘트 입자의 응집정도가 적을수록 시멘트풀의 유동성이 커진다는 연구결과와 유사하다.

3.2 고성능AE감수제를 사용한 시멘트복합체의 유동성 유지성능

고성능AE감수제의 사용방법이 모르터의 유동성 유지성능에 미치는 영향을 알아보기 위하여

아미노술폰산계 고성능AE감수제를 사용하여 첨가시기를 5단계로 하여 모르터를 제조한 후 경과시간에 따라서 플로우 손실률로 정리한 것이 그림 3이다. 30분후 첨가한 경우가 동시첨가에 비해서 경과시간 120분에서 약 15%정도 플로우 손실률이 저감되어 유동성 유지 성능이 가장 우수한 것으로 나타났다. 경과시간에 따른 시멘트 입자의 응집성과 모르터의 유동성 손실과의 상관성을 알아보기 위하여 시멘트현탁액 중의 시멘트 입자의 침강량 및 평균침강속도를 구하여 모르터의 플로우 손실률과 비교한 것이 표 3이다. 침강량 및 침강속도가 가장 작은 30분후 첨가가 플로우 손실률이 가장 작아서 유동성 유지성능이 가장 양호함을 알 수 있다.

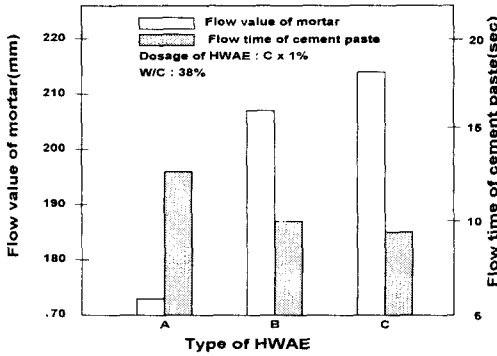


그림 1. 고성능AE감수제 종류에 따른 시멘트 플 및 모르터의 유동성

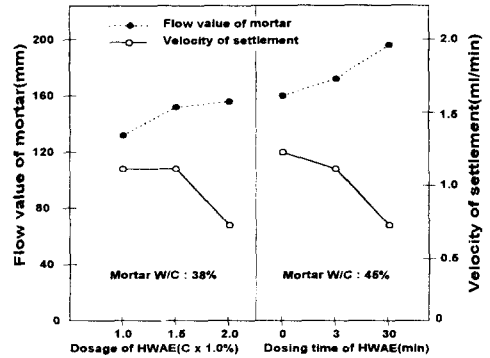


그림 2. 시멘트현탁액 중의 시멘트 입자의 평균침강속도와 모르터의 플로우값

고성능AE감수제의 종류 및 첨가시기에 따른 콘크리트의 유동성 유지성능을 정리한 것이 그림 4이다. 이 그림에서 콘크리트의 슬럼프 손실률은 나프탈린계 및 폴리카르본산계가 비교적 유동성 유지성능이 양호함을 알 수 있다. 또한 30분후 첨가하면 동시첨가한 경우보다 경과시간 120분에서 나프탈린계, 폴리카르본산계, 아미노술폰산계 각각 12%, 7%, 6% 정도 슬럼프 손실률을 저감하는 효과를 얻었다.

고성능AE감수제의 사용방법에 따른 경과시간 120분에서의 슬럼프 손실률과 재령 28일 압축강도를 비교한 것이 그림 5이다. 30분후 첨가의 경우가 동시첨가의 경우보다 슬럼프 손실률의 저감 및 강도향상에 유리하며 나프탈린계 고성능AE감수제를 사용한 경우 가장 좋은 성과가 나타났다.

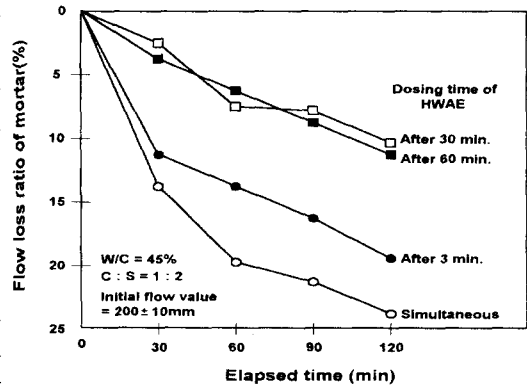


그림 3. 고성능AE감수제 첨가시기에 따른 모르터의 플로우 손실률

표 3. 시멘트 입자의 침강량, 평균침강속도 및 모르터의 플로우 손실률

항목 첨가시기	침강량 (ml)						평균 침강속도 (ml/min)	*모르터의 플로우 손실률 (%)
	0	15	30	60	90	120 [min]		
Simultaneous (0 min)	0	23	52	75	83	86	0.72	24.1
After 3 min	0	20	40	70	80	83	0.69	18.7
After 30 min	0	13	23	43	68	70	0.58	10.4
After 60 min	0	13	24	45	70	72	0.60	11.3

* : 120 분 경과

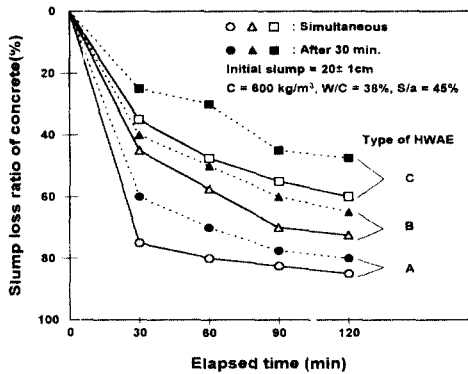


그림 4. 고성능AE감수제의 종류 및 첨가시기에 따른 콘크리트의 슬럼프 손실률

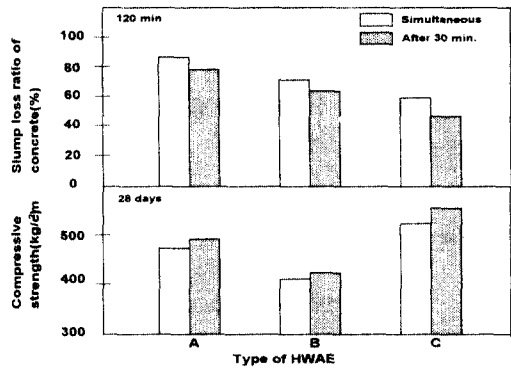


그림 5. 고성능AE감수제를 사용한 콘크리트의 슬럼프 손실률과 압축강도

3.3 슬래그 미분말을 활용한 시멘트복합체의 유동성 유지성능 향상

슬래그 미분말의 혼합률이 모르터의 유동성 유지성능에 미치는 영향을 알아보기 위하여 슬래그 미분말의 혼합률을 변화시키고 나프탈린계 고성능AE감수제를 사용하여 제조한 모르터의 플로우 손실률을 나타낸 것이 그림 6이다. 슬래그 미분말의 혼합률이 증가할수록 플로우 손실률이 감소하는데 이것은 수화반응의 지연효과와 수화초기단계에서 화학적으로 불활성인 슬래그 분말이 분산효과를 오래 지속하였기 때문으로 판단된다.

슬래그 미분말을 활용한 콘크리트의 유동성 유지성능 향상방안을 알아보기 위하여 슬럼프 손실률로 정리한 것이 그림 7이다. 이그림에서 알 수 있듯이 슬래그 미분말 50% 혼합과 고성능AE감수제 30분후 첨가시에 각각 17%, 39% 씩 분담하여 슬럼프 손실률이 총 56% 저감되는 효과가 나타났으며 30분후 첨가효과가 슬래그 미분말 혼합효과보다 약 2.3배 정도 유동성 유지성능을 향상시키는 데 유효함을 알 수 있다.

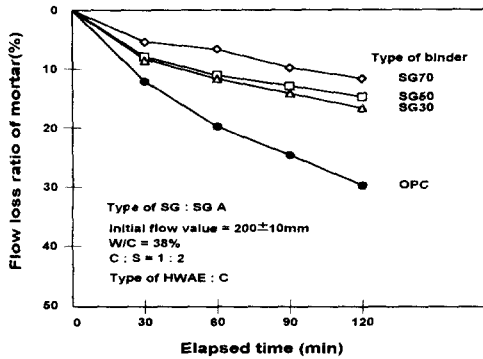


그림 6. 슬래그 미분말의 혼합률과 모르터의 플로우 손실률

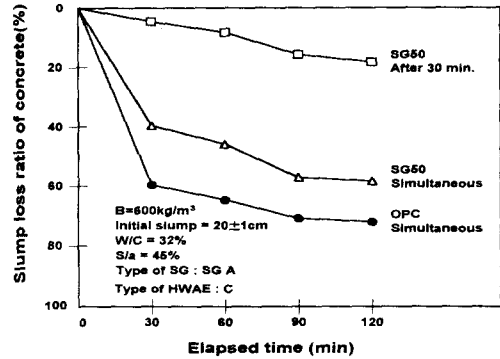


그림 7. 슬래그 미분말을 사용한 콘크리트의 슬럼프 손실률

4. 결론

(1) 고성능AE감수제의 주성분에 따라서 모르터의 유동성은 다르며 나프탈린계의 고성능AE 감수제가 시멘트풀의 유하시간이 작고 모르터의 플로우값이 크게 나타나서 유동성 향상에 유리하였으며 고성능AE감수제의 사용량이 많을수록 또는 30분후 첨가가 시멘트 입자의 응집이 적고 분산효과가 커서서 유동성향상에 유효하였다.

(2) 고성능AE감수제를 사용한 콘크리트의 유동성 유지성능은 나프탈린계, 폴리카르본산계, 아미노술폰산계의 순으로 크게 나타났으며 시멘트 현탁액중 시멘트 입자의 침강속도와 밀접한 상관성이 있으며 시멘트 입자의 침강속도가 작을수록 모르터 및 콘크리트의 유동성 유지성능이 향상되었다.

(3) 슬래그 미분말의 혼합률이 증가할수록 모르터의 유동성 유지성능은 향상되었으며 슬래그 미분말을 50% 혼합사용하고 고성능AE감수제를 30분후 첨가한 경우 보통포틀랜드시멘트에 농시척가로 제조한 콘크리트보다 약 56% 정도 유동성 유지성능이 향상되는 효과를 얻었다. 한편 30분후 첨가효과가 슬래그 미분말 혼합효과보다 유동성 유지성능을 향상시키는 데 유효하였다.

참 고 문 헌

- (1) 兒下和巳, 高強度化のための材料-混和劑-, 콘크리트工學, Vol.32, No.7, 1994.7.
- (2) 北川和重 外, 新規高性能AE減水劑を用いたコンクリート物性, 콘크리트工學 年次論文報告集, Vol.18, No.1, 1996.
- (3) 魚木健人 外, セメントペーストの凝集構造に関する基礎的研究, 콘크리트工學 年次論文報告集, Vol.19, No.1, 1997.