

II형 무수석고 및 고유동화제 첨가가 시멘트 페이스트의 유동성에 미치는 영향

김재호·김도수·이범재·노재성

충남대학교 공과대학 정밀공업화학과
(1997년 10월 25일 접수, 1998년 3월 30일 채택)

Effect of Adding of II-Anhydrite and Superplasticizer on the Fluidity of Cement Paste

Jae-Ho Kim, Do-Su Kim, Beom-Jae Lee, and Jae-Seong Rho

Dept. of Fine Chemicals Engineering and Chemistry, College of Engineering, Chungnam National Univ., Taejeon 305-764, Korea
(Received October 25, 1997, Accepted March 30, 1998)

요약 : II형 무수석고의 평균 입경과 치환율이 시멘트페이스트의 유동성에 미치는 영향에 대해 비교하였다. 나프탈렌계(NSF)와 폴리카르본산계(NT-2) 등 2가지 고유동화제의 첨가량을 0~2.0 wt%으로 변화시켰을 때 3종으로 구분한 II형 무수석고의 평균입경(4, 14, 35 μm)과 치환율(3, 5, 10, 15 wt%)의 변화에 따른 영향을 측정하였다. 이들 변수들에 따른 영향을 측정하기 위하여 시멘트페이스트의 초기 유동성 및 경과시간별로 겔보기 점도를 관찰하였다. 시멘트페이스트의 초기유동성은 II형 무수석고의 평균입경에 의한 영향보다는 II형 무수석고의 치환율 증가에 의한 영향이 더욱 큰 것으로 나타났다. II형 무수석고의 치환율을 10 wt%로 고정시 NT-2, 1.0 wt% 첨가로 시멘트페이스트의 유동성은 동일 첨가량의 NSF보다 크게 향상되었다. 이는 측정된 변수들의 여러 범위중에서 가장 우수한 시멘트 페이스트의 유동성을 보여주는 경우이다. NT-2, 1.0 wt% 첨가에서 II형 무수석고의 치환율 증가에 따라 시멘트 페이스트의 겔보기 점도가 현저하게 감소하였다. 이로부터 시멘트 페이스트의 유동성 향상을 위해서는 NT-2의 첨가와 더불어 시멘트를 II형 무수석고로 일정비율 치환하는 것이 더욱 효과적임을 알 수 있었다.

Abstract : A comparative study on the effects of mean particle diameter and substitutional ratio of II-anhydrite on the fluidity of cement paste has been conducted. Three different mean particle diameters(4, 14 and 35 μm) and four different substitution ratios(3, 5, 10 and 15 wt%) have been tested while the dosage of two superplasticizers - naphthalenic(NSF) and polycarboxylic(NT-2) - has been varied from 0 to 2.0 wt%. To investigate the effects of those parameters, the variation in fluidity and apparent viscosity of the cement paste has been observed as a function of the elapsed time. The initial fluidity of the cement paste is more affected by the increase in substitution ratio than by the mean particle size of the II-anhydrite. When the substitution ratio of the II-anhydrite is fixed at 10 wt%, addition of 1.0 wt% NT-2 improves the fluidity of paste cement more than that for NSF. This case has showed the best improvement of the fluidity in the range of parameters investigated. At the addition of 1.0 wt% NT-2, apparent viscosity of the cement paste has been noticeably decreased as substitutional ratio of II-anhydrite increases. It was found that it would be more effective to substitute II-anhydrite at a certain ratio to improve the fluidity of the cement paste, in addition to adding NT-2.

1. 서론

시멘트·콘크리트의 고성능화를 위해서 플라이 애쉬, 실리카 흙, 고로슬랙 등의 시멘트 수화시 포졸란 반응성을 보이는 미분말이외에 최근에는 II형 무수석고를 주로 한 혼화재의 사용이 급증하고 있다. 일반적으로 II형 무수석고는 화학적으로 안정하고 용해도가 적으나 K_2SO_4 , Na_2SO_4 , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 및 이들의 복합염과 같은 수화촉진제의 첨가에 의해 수경성을 발휘하여 증기양생하에서 시멘트·콘크리트의 조기강도 증진 및 건조수축에 대한 저항성 등을 크게 향상시킬 수 있다[1]. 이러한 II형 무수석고는 주로 천연에서 산출되거나 불산무수석고와 같은 화학석고가 산업부산물로도 많이 발생되고 있다. 실제로 II형 무수석고의 사용에 대한 여러 보고[2, 3]에서 조기강도의 증가(3일강도 800 kgf/cm^2 이상), 내구성 향상 등의 물성개선에 큰 역할을 담당하고 있는 것이 확인되고 있다. 그러나 고성능 콘크리트의 제조를 위해서는 강도, 내구성 등의 물성개선이외에 유동성을 향상시키는 것이 필요하다. 즉, 시멘트·콘크리트의 성능개선을 위하여 첨가되는 분말혼화제에 의해 유동성이 저하될 경우 이를 억제하기 위한 고유동화제 사용은 필수적이다.

이러한 목적에 이용되는 고유동화제중 나프탈렌계 고유동화제(naphthalenic superplasticizer)는 시멘트 입자표면에 흡착시 분자구조내 술포산기($-\text{SO}_3^-$)에 의한 강한 정전기적 반발력(electrostatic repulsive force)의 작용으로 입자상호간 우수한 분산능을 발휘시켜 시멘트의 유동성을 크게 증진시킨다[4]. 따라서 현재에도 나프탈렌계 고유동화제는 현장시공시 작업성 개선을 위하여 폭넓게 사용되는 대표적 유동화제이다. 또한 대폭의 감수효과(water-reducing effect)에 의한 시멘트·콘크리트의 강도 증진을 위한 혼화제로도 널리 적용되고 있다. 실제로 Nakane 등[5]의 연구결과 나프탈렌계 고유동화제의 사용만으로도 800 kgf/cm^2 이상의 고강도 콘크리트를 제조하는 것이 가능하다고 보고한 바 있다. 그러나 나프탈렌계 고유동화제는 분말혼화제 첨가에 따른 유동성 손실이 발생할 경우 혼련 후 초기 유동성은 향상시키나 시간 경과에 따른 유동성 손실(slump loss)율이 큰 단점을 지니고 있다. 따라서 시간경과에 따른 유동성 손실을 최대한 억제하여 일정수준이상 유동성을 안정하게 유지시키는 것이 필요하다. 이를 위해 폴리카르본산계 유동화제의徐放효과(slump releasing effect)에 의한 시멘트·콘크리트의 유동성 유지 및 유동성 손실 억제방법이 유력하게 채택되고 있다. 즉,

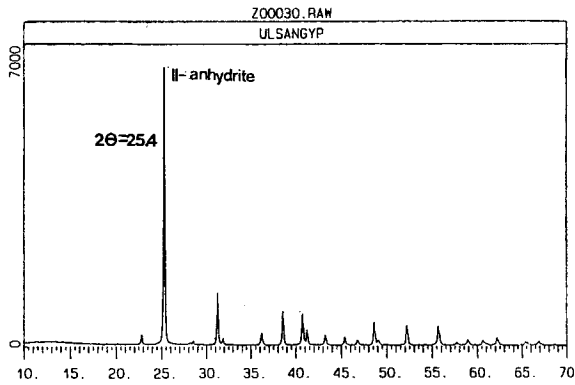


Fig. 1. XRD pattern of II-anhydrite.

Table 1. Chemical Composition of Cement and II-Anhydrite

Component Powders	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	Ig-loss
Cement	20.1	6.7	4.4	62.8	1.9	-	2.2	-	1.03
II-Anhydrite	0.26	0.08	0.10	41.78	0.67	56.35	-	-	0.24

시멘트-물계에 폴리카르본산계 유동화제 첨가시 시멘트 수화에 의해 용출되는 알칼리 성분(Ca(OH)₂)이 유동화제의 분자내 관능기를 가수분해시켜 연속적으로 유동성분을 서서히 공급시킴으로써 경시적으로 시멘트의 유동성을 안정하게 유지시킨다[6]. 아울러 시멘트 입자표면에 폴리카르본산 분자내 측쇄관능기(branched functional group)의 특이 흡착형태(tail-loop type)에 기인한 시멘트 입자간 입체장애 효과(steric effect)에 의해 입자 상호간의 물리적 응집을 억제시킬 수 있다.

따라서 본 연구에서는 불산 제조공정으로부터 부생되는 II형 무수석고(II-Anhydrite, 이하 II-A로 약함)의 혼입 및 고유동화제의 첨가량 변화가 시멘트 페이스트의 유동성 변화에 미치는 영향을 2 가지 영향인자로 구분하여 파악하였다. 즉, 시멘트에 혼입하는 II-A의 평균 입경차이(3종)와 고유동화제(2종)의 첨가량 변화를 영향인자-1, 입도가 고정된 II-A의 시멘트에 대한 치환율 증감 및 고유동화제의 첨가량 변화를 영향인자-2로 구분하여 시멘트 페이스트의 유동성 변화에 미치는 영향을 살펴보았다. 이 때 고유동화제는 나프탈렌계(이하 NSF로 표기)단독 및 NSF에 폴리카르본산계(이하 PC로 표기)를 일정비율 혼합하여 제조한 NT-2, 2종을 사용하였으며 이들의 첨가량 변화에 따른 시멘트 페이스트의 유동성을 상호 비교하였다. 각 영향인자가 시멘트 페이스트의 유동성에 미치는 영향은 페이스트의 초기 유동성변화, 시간경과에 따른 겔보기 점도변화를 통하여 파악하였다.

2. 실험

2.1. 실험 재료

2.1.1. 시멘트 및 II형 무수석고

시멘트는 국내 S사의 보통포틀랜드 시멘트이며, II형 무수석고는 국내 U에서 450°C에서 불산제조공정(CaF₂ + H₂SO₄ → 2HF + CaSO₄)중에 부생되는 불산 무수석고를 이용하였다. Fig. 1은 불산 무수석고의 분말 XRD분석결과로 2θ = 25.4에서 II형 무수석고의 결정상 피크를 확인하였다.

실험에 사용한 시멘트 및 II-A의 화학조성은 Table 1과 같다.

Table 2. Preparation of Cement Paste Specimens by Using of Raw Material

Specimens	Mixing Ratio of Raw Material (wt%)						W/S (wt%)
	Cement	II-Anhydrite			Superplasticizer		
		A-1	A-2	A-3	NSF	NT-2	
Factor-1	CA-1	90	10				35
	CA-2	90		10			
	CA-3	90			10		
Factor-2	CS-1	97		3		0~2.0	
	CS-2	95		5		0~2.0	
	CS-3	90		10			
	CS-4	85		15			

2.1.2. II형 무수석고의 체분리 및 평균 입경측정

II-A는 2차 응집상으로 입도가 균일하지 못하므로 이를 분쇄하여 3종류로 체분리(sieving)하여 시멘트에 치환·첨가하였다. 체분리에 의해 분급된 각 II-A의 평균입경은 Malvern particle size analyser를 이용한 습식법으로 측정하였다. II-A의 입도분석 결과 평균입경은 각각 35 μm, 14 μm, 4 μm이었으며 이를 각각 A-1, A-2, A-3로 명명하였다.

2.1.3. 고유동화제

나프탈렌계 고유동화제(이하 NSF로 표기함)는 국내 J사(고형분 함량 : 42 wt%)의 시판제품을 사용하였으며 NSF첨가에 의한 유동성 손실을 억제하기 위하여 사용한 NT-2는 합성한 폴리카르본산계 고유동화제(이하 PC로 표기함)을 NSF에 20 wt% 혼합하여 제조한 것을 사용하였다.

2.1.4. 시멘트 페이스트 시편의 제조

초기 유동성 및 겔보기 점도측정을 위한 시멘트 페이스트 시편은 II-A의 평균입경별로 구분하여 시멘트에 10 wt%씩 치환·첨가하여 제조하였으며 이를 각각 CA-1, CA-2, CA-3라 명명하였다. 한편, 시멘트에 3종의 II-A중 평균입도 14 μm인 A-2의 치환율을 3, 5, 10, 15 wt%씩 증가시켜 제조한 시멘트 페이스트의 시편을 각각 CS-1, CS-2, CS-3, CS-4라 명명하였다. 이 때 고유동화제는 각 시편에 대하여 0~2.0 wt% 첨가범위에서 균일하게 첨가하였으며 시멘트 페이스트의 제조시 물/고형분비(water to solid ratio, W/S)는 35 wt%로 고정시켰다. Table 2에는 영향인자별로 구분하여 제조한 시멘트 페이스트 시편의 혼합표를 나타내었다.

2.2. 실험 방법 및 장치

2.2.1 시멘트 페이스트의 초기 유동성(Mini-slump)

W/C = 35%에서 각 원료물질을 Table 2와 같이 혼합한 후 가경식 교반기를 이용하여 교반속도 250 rpm에서 일정시간 균일하게 혼합하였다. 혼합시료를 miniature cone에 투입하여 1분 후 cone을 들어올려 퍼진 상태에서 시멘트 페이스트의 직경을 6곳에서 측정하였다. 이를 면적(cm²)으로 환산한 값을 mini-slump로 하여 영향인자에 따른 시멘트 페이스트의 초기 유동성을 상호 비교하였다. 여기서 온도는 15°C하에서 실험을 실시하였다. 시멘트 페이스트의 초기 유동성 측정을 위한 실험장치는 Fig. 2와 같다.

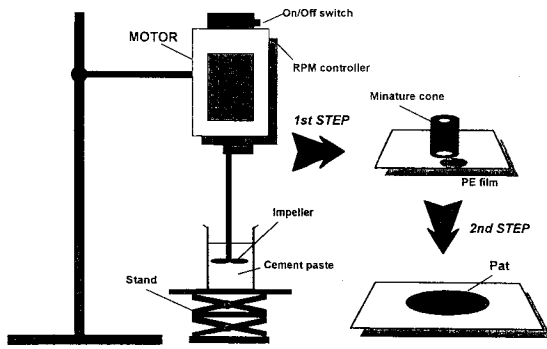


Fig. 2. Schematic diagram of experimental apparatus for mini-slump.

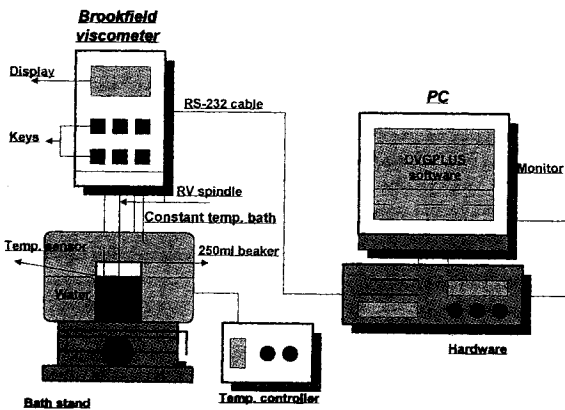


Fig. 3. Schematic diagram of experimental apparatus for apparent viscosity.

2.2.2. 시멘트 페이스트의 겔보기 점도(apparent viscosity) 변화

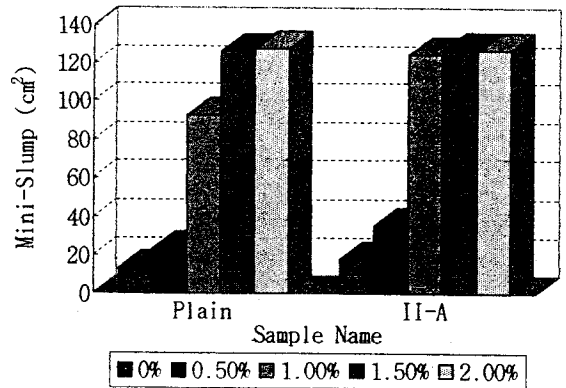
Table 2와 같이 혼합한 시편을 No. of spindle = 6, rotational speed of spindle = 12RPM, const. temp = 20°C에서 혼합직후부터 2 시간까지 3분 간격으로 Brookfield 회전형 점도계를 이용하여 시간 경과에 따른 시멘트 페이스트의 겔보기 점도를 영향인자별로 측정하였다. 이를 통해 II-A 및 고유동화제 첨가에 따른 시멘트 페이스트의 유동 안정성을 파악하였다. 시간경과에 따른 시멘트 페이스트의 겔보기 점도변화 측정을 위한 실험장치는 Fig. 3과 같다.

3. 결과 및 고찰

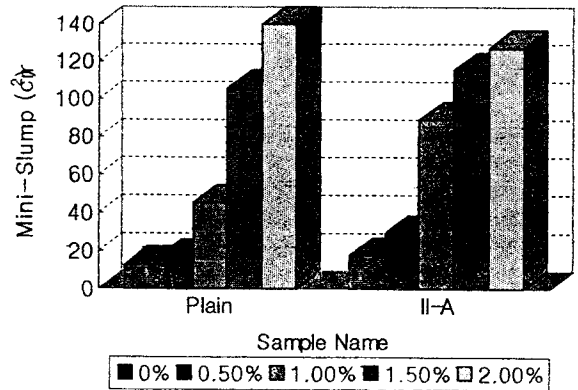
3.1. 시멘트 페이스트의 초기 유동성

3.1.1. II-A의 평균 입경치 및 고유동화제의 영향

Fig. 4는 고유동화제의 첨가량을 0~2.0 wt%로 증가시켰을 때 plain 및 II-A를 치환·첨가한 시멘트 페이스트의 초기 유동성을 측정된 결과이다. 고유동화제는 (A) NT-2 (B) NSF의 첨가량을 0~2.0 wt%로 증가시켰으며 II-A는 시멘트 대비 10 wt%를 치환·첨가하였다. NSF, NT-2의 첨가량 증가에 따라 (A), (B) 두 경우 모두 유동성이 크게 향상되었으나 동일한 첨가량에서 NT-2를 첨가한 것이 NSF보다 유동성이 크게 나타났다. 즉, NT-2를 1.0 wt% 첨가시 (A)에서는 NSF를 1.5 wt% 첨가한 페이스트의 유동성과 유사한 값을 보였으며 (B)에서는 유동성이 오히려 크게 나타났다. 이는 NSF가 시멘트에 흡착시 주로 술폰산기(-SO₃⁻)에 의한 정전기적 반발력 효과로 시멘트 입자간의 응집을 억제하고 유동성을 향



(A) NT-2



(B) NSF

Fig. 4. Effects of superplasticizer and II-A on the initial fluidity of cement paste.

상시키는 반면 폴리카르본산계 가 혼용된 NT-2는 분자중 카르본산기(-COO⁻)에 의한 시멘트 입자간 정전기적 반발력이외에 시멘트 입자표면에 대한 특이 흡착(tail-loop)에 의한 입체장애효과로 유동성이 향상되기 때문이다[7, 8]. 또한 고유동화제의 첨가량에 따른 유동성 향상은 II-A를 치환·첨가한 페이스트에서 더욱 현저함을 알 수 있었다. 즉, NSF보다 NT-2가 시멘트 페이스트의 초기 유동성 향상에 효과적이었으며 이러한 경향은 II-A를 일정비율 치환·첨가시 더욱 두드러졌다.

한편, Fig. 5는 고유동화제의 첨가하에서 시멘트에 평균입경별 (A1~A3)로 II-A를 10 wt% 치환·첨가시 시멘트 페이스트의 초기 유동성을 비교한 결과이다. (A) NT-2를 1.0 wt% 첨가로 페이스트의 유동성이 크게 향상되었으나 1.5 wt%를 첨가해도 큰 차이는 확인되지 않았다.

또한 NT-2의 동일한 첨가량에서 II-A의 입경이 작을수록 약간씩 유동성이 향상되었으나 두드러진 차이는 없는 것으로 나타났다. 한편 NSF를 첨가한 (B)에서는 고유동화제의 첨가량 증가에 따라 유동성은 향상되었으나 1.0 wt%의 첨가량을 제외하곤 II-A의 입경 차이가 페이스트의 유동성에 큰 영향을 주지 않는 것으로 확인되었다. 따라서 페이스트의 유동성은 II-A의 입경차이에 의한 영향보다는 고유동화제의 첨가량 증감에 따른 영향이 지배적임을 알 수 있었다. 이는 II-A입자의 표면특성상 수분흡착능이 낮으며 분쇄에 의한 입자형태의 구형화로 시멘트 입자사이에서의 ball-bearing 효과 때문인 것[9, 10]으로 판단된다. 또한 NSF에 비하여 NT-2의 첨가가 페이스트의 유동성 향상에 효과적이었으며 이는 Fig. 4의 결과와 일치하였다.

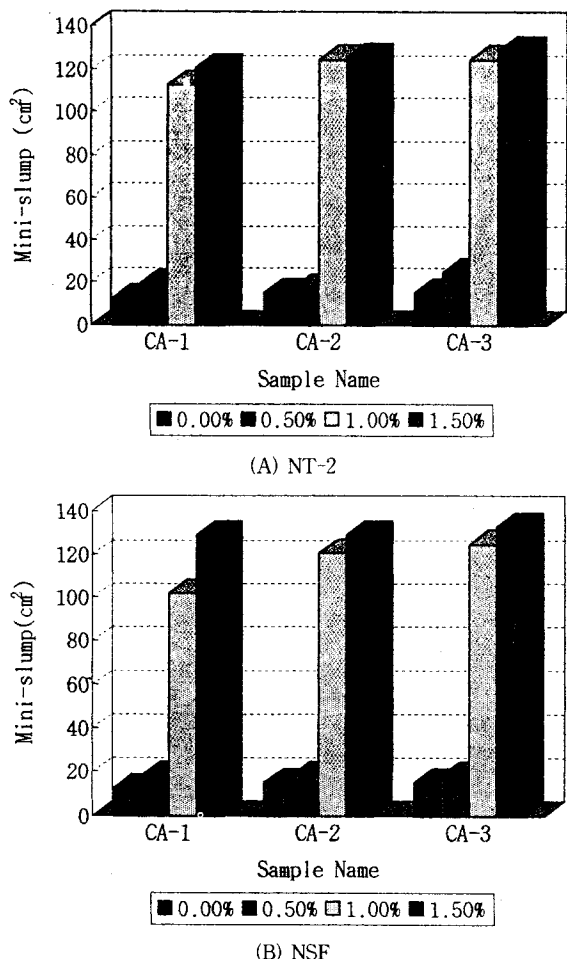


Fig. 5. Effect of mean particle size of II-A on the initial fluidity of cement paste (Superplasticizer = NT-2, NSF, Substitutional ratio of II-A = C×10 wt%).

3.1.2. II-A의 치환율 증감 및 고유동화제의 영향

Fig. 6은 NT-2 첨가하에서 II-A의 치환율을 3, 5, 10, 15 wt%로 증가시켜 시멘트에 치환 첨가시 시멘트 페이스트의 유동성 변화를 나타낸 것이다. II-A의 치환율 증가에 따라 NT-2의 동일한 첨가량에서도 페이스트의 유동성이 향상되는 경향을 보였으며 5 wt% 미만의 비교적 낮은 치환율에서는 NT-2의 첨가량 증가에 비례하여 페이스트의 유동성이 대폭 향상되었다. 그러나 10 wt% 이상의 치환율에서는 NT-2의 첨가량 1.0 wt% 이하에서의 유동성 향상은 확인되나 1.0 wt% 이상에서는 큰 차이를 보이지 않았다. 이는 II-A의 치환율이 5 wt% 미만에서는 입자표면에 대한 고유동화제의 흡착효과로 5 wt% 이상의 치환율에서는 미흡착 입자의 존재로 고유동화제의 효과가 상대적으로 저하하기 때문으로 판단된다[11]. 결국 II-A의 낮은 치환영역에서는 NT-2의 첨가에 따른 영향이 지배적이나 II-A의 높은 치환영역에서는 치환율 증가에 따른 영향이 더 크게 나타났다. 또한 시멘트에 II-A를 10 wt% 이상 치환된 경우 효과적인 페이스트의 유동성 향상을 위해서는 NT-2를 1.0 wt% 이상 첨가하는 것은 바람직하지 않은 것으로 사료된다.

3.2. 시멘트 페이스트의 겔보기 점도 변화

3.2.1. II-A의 평균 입경차이 및 고유동화제의 영향

Fig. 7은 시멘트 단독에 대해 고유동화제로 (A) NT-2 (B) NSF

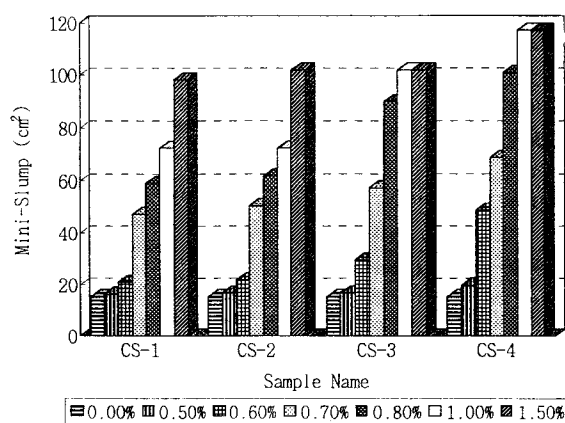


Fig. 6. Effect of substitutional ratio of II-A on the initial fluidity of cement paste (Superplasticizer = NT-2 and NSF Substitutional ratio of II-A = C×3, 5, 10, 15 wt%).

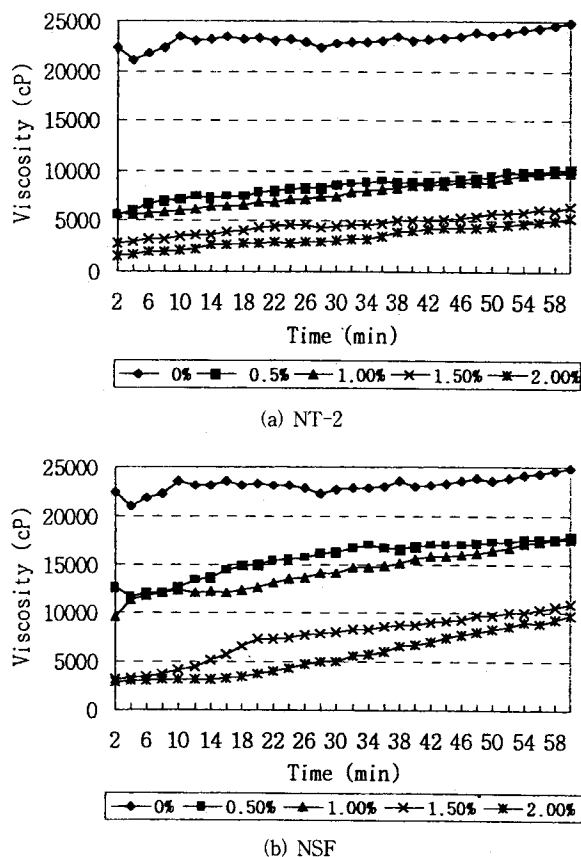
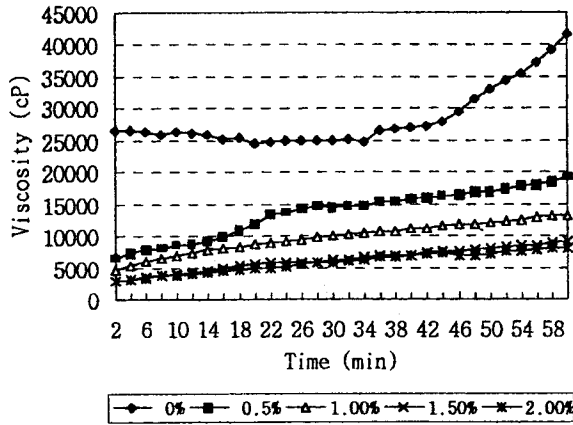
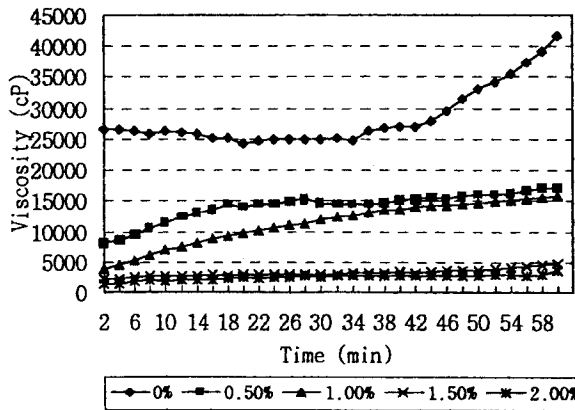


Fig. 7. Effect of superplasticizer on the apparent viscosity of cement paste (Superplasticizer = NT-2 and NSF).

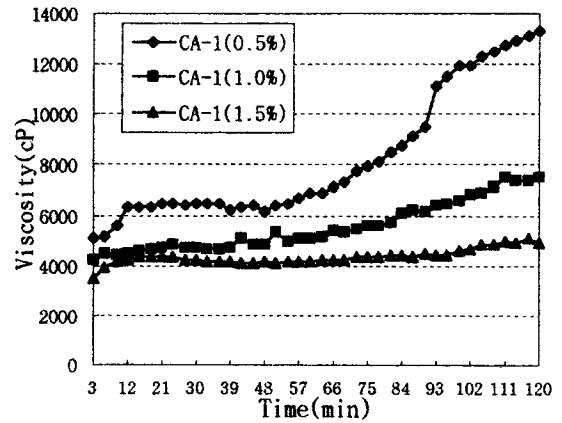
를 각각 첨가한 경우 60분 경과시 페이스트의 겔보기 점도를 측정 한 결과이다. NT-2 0.5 wt%의 첨가로 무첨가에 비해 겔보기 점도가 크게 저하하였고 첨가량 증가에 따라 지속적으로 겔보기 점도가 감소하였다. 또한 경과시간에 따라 페이스트의 점도상승율이 대단히 완만한 것으로 확인되었다. 반면 NSF 첨가시 NT-2와 동일한 첨가량에서도 페이스트의 겔보기 점도가 높게 나타나 상대적으로 페이스트의 유동성이 떨어졌으며 이는 3.1에서 기술한 페이스트의 초기 유동성 측정결과와 일치하였다. 또한 시간경과에 따른 점



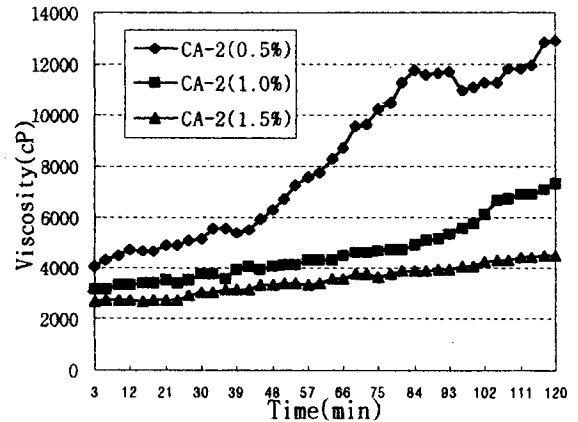
(a) NT-2



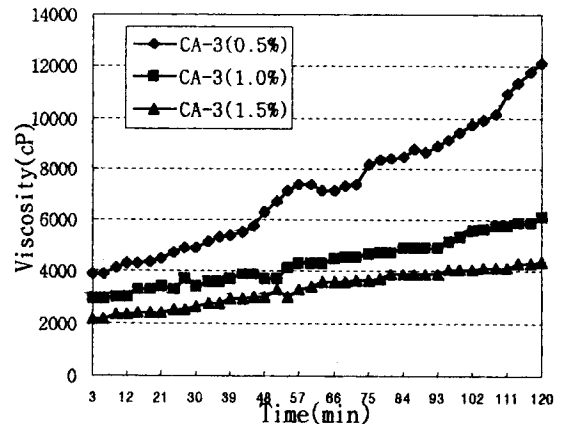
(b) NSF



(A) CA-1



(B) CA-2



(C) CA-3

Fig. 8. Effect of superplasticizer on the apparent viscosity of cement paste (Superplasticizer = NT-2 and NSF, Substituted ratio of II-A = C×10 wt%).

도상승율이 NT-2의 경우보다 크게 나타나 상대적으로 유동성 손실이 큰 것으로 판단되므로 NT-2가 NSF보다 페이스트의 유동성 유지에 효과적임을 알 수 있었다.

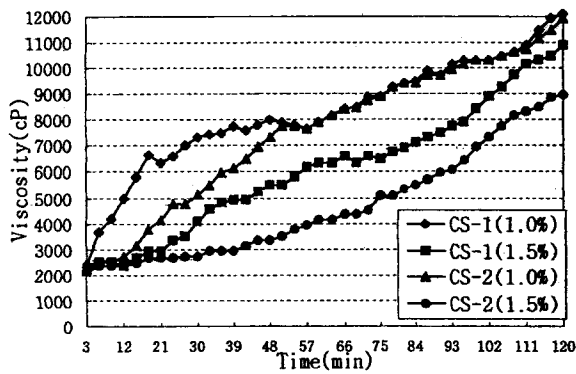
Fig. 8은 시멘트에 II-A를 10 wt% 치환·첨가하였으며 고유동화제로 (A) NT-2 (B) NSF를 첨가시 페이스트의 겔보기 점도를 60분까지 측정하였다. NT-2 1.0 wt% 첨가시 NSF에 비하여 겔보기 점도가 낮았으나 시간경과에 따른 점도상승의 폭이 완만함으로 써 페이스트의 유동성 유지에 효과적인 반면 1.5 wt% 이상 첨가하면 오히려 NSF에 비해 다소 높은 점도상승율을 보였다. 따라서 II-A 치환·첨가시 페이스트의 유동성 유지에 효과적인 NT-2의 첨가량은 1.0 wt%가 바람직하리라 판단된다. Fig. 9는 II-A의 평균입경이 다른 A-1, A-2, A-3를 시멘트에 10 wt%씩 치환·첨가한 (A) CA-1, (B) CA-2와 (C) CA-3에 각각 NT-2의 첨가량을 0.5, 1.0, 1.5 wt%로 증가시킨 후 2시간까지 페이스트의 겔보기 점도를 측정하여 결과를 나타내었다.

NT-2의 첨가량 증가 및 II-A의 평균입경이 작을수록 페이스트의 겔보기 점도가 저하하였으나 NT-2의 첨가량에 비해 II-A의 입경차이에 의한 페이스트의 점도저하는 두드러지지 않은 것으로 확인되었다. 따라서 II-A의 입경차이가 페이스트의 유동성에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다.

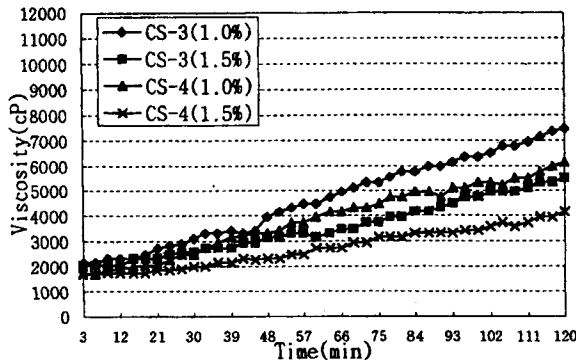
Fig. 9. Effect of mean particle size of II-A on the apparent viscosity of cement paste (Superplasticizer = NT-2, Substituted ratio of II-A = C×10 wt%).

3.2.2. II-A의 치환율 증감 및 고유동화제의 영향

Fig. 10은 NT-2, 1.0~1.5 wt% 첨가시 2시간까지 II-A의 치환율 증가에 따른 페이스트의 겔보기 점도를 측정하여 결과를 나타내었다. NT-2의 첨가량 및 II-A의 치환율을 증가로 인해 페이스트의 점도가 크게 저하하였으나 전술한 바와 같이 5 wt%미만의 낮은 II-A의 치환율 영역에서는 NT-2 첨가량에 따른 영향이 지배적이며 높은 치환율 영역에서는 치환율에 따른 영향이 더 큰 것으로 나타났다. 또한 시간경과



(A) CS-1 and CS-2



(B) CS-3 and CS-4

Fig. 10. Effect of substitutional ratio of II-Anhydrite on the apparent viscosity of cement paste (Superplasticizer = NT-2, Substitutional ratio of II-A=C×3, 5, 10, 15 wt%).

에 따른 점도상승율은 II-A의 치환율 증가에 따라 완만한 경향을 보여 페이스트의 유동성 유지를 위해서는 II-A를 일정비율 치환하는 것이 시멘트 단독에 비해 효과적이라 판단된다.

4. 결 론

나프탈렌계 및 폴리카르본산계 고유동화제 첨가하에서 불산 제 조공정시 부생되는 II형 무수석고를 평균입도차이와 치환율 증가에 대한 2가지 영향인자로 구분하여 시멘트에 적용시 시멘트 페이스

트의 유동성에 미치는 영향을 측정된 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 고유동화제 첨가하에서 시멘트 페이스트의 초기 유동성은 II-A를 10 wt% 치환 첨가시 향상되었으며 NSF보다 NT-2의 첨가가 유동성 향상에 더욱 효과적이었다. 또한 동일한 조건에서 시멘트 페이스트의 초기 유동성은 NT-2, 0.8~1.0 wt%의 첨가로도 NSF 1.5 wt%와 동등이상의 향상효과가 있었다.

2) II-A의 입경이 작을수록 고유동화제의 첨가로 약간씩 유동성은 향상되었으나 II-A의 입경차이가 페이스트의 유동성에 큰 영향을 주지 않았다. 페이스트의 유동성은 II-A의 입경차이에 의한 영향보다는 치환율 증감에 의한 영향이 더욱 큰 것으로 나타났다.

3) 시멘트 페이스트의 결보기 정도는 NSF보다 NT-2첨가시 저하하였으며 시간경과에 따른 점도상승율도 상대적으로 완만한 것으로 나타났다. 이는 NT-2의 첨가로 시멘트 페이스트의 유동성 및 유지능능이 보다 개선되었으며 유동성 유지에 효과적인 NT-2의 첨가량은 1.0 wt%인 것으로 확인되었다.

4) NT-2의 첨가량 증가 및 II-A의 평균입경 감소로 페이스트의 결보기 정도는 저하하였으나 NT-2의 첨가량에 의한 페이스트의 점도저하가 더욱 두드러진 것으로 나타났다. 또한 시간경과에 따른 페이스트의 결보기 점도상승율은 II-A의 치환율 증가에 따라 완만한 경향을 보여 페이스트의 유동성 유지를 위해서는 II-A를 일정 비율 치환·첨가하는 것도 효과적이라 판단된다.

참 고 문 헌

1. 송종택, 윤영모, 단국대학교 논문집, (1996).
2. Etsuo SAKAI, Masaki DAIMON, *Inorganic Material*, 2, 25, 375(1995).
3. 三原敏夫外 3人, *セメント・コンクリート*, 548, 50(1992).
4. J. S. Rho, KCI. International Workshop on the Production Properties and Application of High Strength Concrete using Superplasticizer, Oct, 21, Seoul, Korea, (1993).
5. Sunao NAKANE and Kenichi ICHISE, *Gypsum and Lime*, 246, 37(1993).
6. 能町 宏, *コンクリート工學*, 33, 6, 70(1995).
7. 大門正機, 坂井悦郎, *セメント・コンクリート*, 595, Sep(1996).
8. O. Akira, *コンクリート工學*, 34, 5, 24(1996).
9. 石田誠, *コンクリート工學*, 31, 3, 30(1993).
10. 日本建築學會, “高性能AE減水劑コンクリートの調査・製造および施工指針(案)・同解説, 付3, 125(1992).
11. 飛坂基夫, *セメント・コンクリート*, 548, 10, Oct, (1992).