

콘크리트 유동화제가 시멘트 입자의 표면 젖음성 및 콘크리트 몰타르 경화물성에 미치는 영향

김영호[†]

한경대학교 화학공학부
(2010년 6월 15일 접수, 2010년 6월 18일 채택)

Effects of Concrete Superplasticizers on the Cement Wettability and the Strength Properties of Concrete Mortar

Young-Ho Kim[†]

Division of Chemical Engineering, Hankyong National University, Ansong 456-749, Korea
(Received June 15, 2010; Accepted June 18, 2010)

비이온계 및 음이온계 콘크리트 유동화제가 시멘트 입자의 젖음성 및 콘크리트 경화물성에 미치는 영향을 조사하였다. 시멘트 입자의 젖음성은 혼화제의 유동화제에 따라서 큰 차이를 보였으며, 용액의 표면에너지가 낮을수록 그리고 시멘트에 대한 젖음성이 좋을수록 콘크리트 몰타르의 유동성 및 압축강도가 높았다. 콘크리트 몰타르 유동성 및 강도는 표면개질 성능이 우수한 비이온계인 카르복실레이트 계의 경우가 시멘트 표면 접촉각이 13° 정도로 낮아서 그 성능이 가장 우수하였으며 이온계인 리그닌계, 멜라민계, 나프탈렌계는 시멘트에 대한 표면젖음성이 작아 상대적으로 그 성능이 낮았다. 카르복실 계에 리그닌계를 혼합한 경우에 단독 사용하는 경우보다 젖음성이 더 높고 몰타르의 유동성이 더 좋으며 콘크리트 압축강도가 향상되었다.

In this research, the effects of the concrete superplasticizers on the wettability of cement particle and concrete strength were studied. The wettability of the cement particles strongly depended on the type of the superplasticizer. When the superplasticizer had a higher wettability with the cement particles, it revealed a good fluidity of the concrete mortar and a higher concrete strength. Non-ionic superplasticizers (polycarboxylic type) had a relatively good performance on the mortar fluidity and concrete strength properties compared to anionic superplasticizers (lignosulfate, sulfonated naphthalene formaldehyde, sulfonated melamin formaldehyde). It was observed that the blending of the polycarboxylic and the lignosulfate type concrete superplasticizers resulted in synergistic effects on the concrete mortar fluidity and concrete strength properties.

Keywords: superplasticizer, fluidity, cement, concrete

1. 서 론

콘크리트는 시멘트와 물과의 수화 반응에 의한 시멘트의 고형 반응에 의하여 모래와 자갈 등의 무기소재와 결합된 구성 물질이다. 시멘트는 주성분이 생석회에서 출발하는 탄화칼슘계 성분이 주성분으로서 모래입자 사이에서 수분과의 화학반응을 통하여 고형화가 일어나는데 모래와 모래사이의 결합을 유도하는 성질을 가지고 있다. 최근에는 이러한 고형화를 촉진시키고 보다 효율적으로 콘크리트를 고형화하기 위하여 각종 유동화제(화학 첨가제)가 많이 사용되고 있다[1]. 이러한 유동화제는 시멘트의 분산성을 향상시키는 계면활성물질로서 시멘트의 입자표면에 흡착하여 골재(모래 및 자갈) 사이에서 보다 균일하게 시멘트를 분산시켜 콘크리트의 조직을 치밀하게 하며 최종적으로 콘크리트 강도를 향상시키게 된다. 아울러 작업 시 사용되는 물의

양을 감소시켜 작업성을 향상시키고, 또한 모래와 모래 표면 사이에 윤활성을 향상시켜 시멘트 혼합물의 유동성을 좋게 하여 작업에 유리하도록 하는 기능을 한다[2]. 이러한 유동화제는 주로 값이 싼 음이온계 계면활성제이며 최근에는 보다 고효율을 유지하기 위하여 비이온계 계면활성 물질인 카르복실계의 활용이 점차 증가되고 있다.

시멘트와 같이 수용액에서 분산된 콜로이드 입자들은 표면 전하에 의한 서로간의 반발력에 의하여 서로 엉기지 않고 고르게 분산되는 전기적 반발력과 입자간 반데르발스 힘에 의한 당김력의 상호작용으로 입자의 분산 안정성이 결정되는 DLVO 이론[3] 등이 있으며 특히 고분자성 계면활성 물질이 입자표면 흡착되는 경우에는 상기 두 가지 요인 이외에도 흡착분자들에 의한 입체적 장애, 표면젖음성 변화에 의한 입자-용액 간 상호 작용력의 변화 및 입자간의 삼투압(disjoining pressure) 등이 안정화에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Figure 1). 정전기적 반발력은 음이온계의 계면활성물질인 경우 시멘트입자 표면에 흡착된 음이온계 계면활성물질의 경우 입자표면 음전하를 상승

[†] 교신저자(e-mail: ynhkim@hknu.ac.kr)

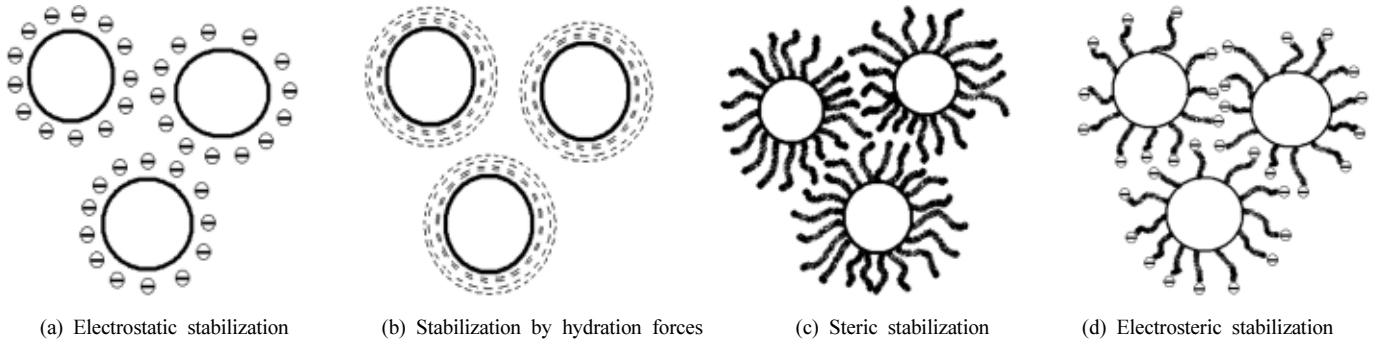


Figure 1. Stabilization mechanisms of cement colloidal particles.

시켜서 입자간 반발력을 발생시켜서 입자의 엉김을 방지하는 원리이다. 음이온계로서 대표적인 물질은 펄라민계, 리그닌계, 나프탈렌계 등이 주로 사용되고 있으며 이러한 혼화제는 음이온기를 포함하고 있어서 수용액에서 시멘트에 흡착하여 시멘트의 표면에 정전기력을 유발하여 입자간 반발력 향상에 기여하는 것으로 알려져 있다. 그러나 비이온계인 카르복실계 유동화제의 경우는 고분자 사슬에 의한 기하학적 구조적 영향에 의한 입자의 응집 방지가 주요기능인 것으로 사료된다[3]. 입자 표면에 흡착된 고분자성 물질은 자체 사슬에 의하여 입체장해를 일으키고 이로 인하여 입자간은 삼투압적인 반발력이 유발되게 된다.

계면활성물질은 비이온계에 이온계가 혼합되는 경우에는 여러 가지 시너지 효과가 발생하는 것으로 알려져 있으며 그 이유는 두 물질 공존 흡착 시 수용액에서 비이온계는 입자의 젖음성을 크게 향상시키고 이온계는 정전기력을 유발시킴에 의한 것으로 알려져 있다[4]. 또한 비이온계 및 이온계 혼합 시에는 단일물질에 비하여 표면 흡착량이 크게 증대됨으로 시멘트 입자의 표면에너지를 보다 감소시키는 역할도 기대할 수 있다[4].

콘크리트의 경우 몰타르 상태에서는 유동화제가 시멘트 및 모래에 흡착하여 입자들의 젖음성을 향상시키므로 모르타르의 유동성을 향상시킨다. 또한 이는 시멘트 및 골재 표면에 흡착 층을 이루어 골재표면을 친수화 시키고 유동성을 증대시킨다.

본 연구에서는 음이온계 및 비이온계 콘크리트 유동화제들에 대한 시멘트의 표면 젖음성 향상과 분산성 향상에 기여하는 정전기력 및 표면젖음성에 대하여 유동화제의 혼화가 미치는 영향을 관찰하고 나아가 이가 콘크리트의 모르타르 유동성 및 강도 등의 물성에 미치는 영향을 조사하였다.

2. 실험

2.1. 재료

시멘트는 (주)쌍용양회의 일반 상품을 이용하였고, 모래는 시약급 모래(30 mesh, 대정화학)를 정제 없이 이용하였다. 유동화제 사용된 계면활성물질은 음이온계 및 비이온계를 이용하였다. 음이온계로서 Lignosulfate (LS) (Aldrich, EP), Sulfonated Naphthalene Formaldehyde (PNS) (Aldrich, EP grade), Sulfonated Melamin Formaldehyde (PMS) (Aldrich, EP grade)이었고 비이온계로는 Polycarboxylic Acid (PC) (Aldrich, EP grade)를 정제 없이 이용하였다. 모든 유동화제는 실제 현장에서 일반적으로 1 wt%를 사용하므로 이에 맞추어 1 wt% 농도로 일정하게 용해하여 사용하였다. 실험에 사용된 물은 초순수(18.2 MΩ)를 이용하였다.

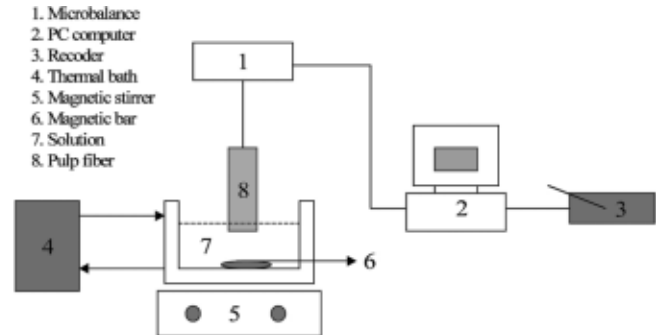


Figure 2. Schematics of devices for wettability test by Washburn method.

2.2. 실험방법

2.2.1. 혼화제 수용액의 표면장력 측정

혼화제가 시멘트의 분산 및 최종 콘크리트 강도에 가장 큰 영향을 미치는 시멘트 입자의 표면 젖음성은 수용액의 표면에너지(표면장력)와 깊은 연관이 있다[6]. 따라서 이를 검토하기 위하여 각 혼화제용액에 대한 표면장력을 측정하였다.

혼화제의 표면장력은 용액 대비 1 wt%를 사용하였으며 콘크리트 물성조건과 동일하게 pH 14를 유지하였다.

표면장력 측정은 Wilhelmy 평판법[7]을 이용하였다. 측정시료 표면에 백금 평판을 접촉시켜서 이때 발생하는 표면의 힘을 미세 밸런스로 측정하여 표면에너지를 측정하는 방법으로서 사용된 측정기기는 표면장력계(KSV Sigma-70, Finland)를 사용하였다. 매 실험 전에 백금 평판은 중크롬산으로 세척 후 알코올버너로 가열하여 잔류 유기물을 제거 후 표면 접촉각이 0이 되는 조건에서 측정하였다.

2.2.2. 혼화제 첨가에 따른 시멘트의 젖음성 평가 및 용액/입자 간 접촉각의 측정

시멘트의 혼화제 물질이 흡착하는 경우 시멘트 분산성은 입자 표면이 수용액에 대한 젖음성 정도와 깊은 관계가 있다[6]. 이는 유동화제의 흡착 량과 관계가 깊은 것으로서 젖음성 평가를 위하여 본 연구에서는 시멘트 입자 층에 대한 유동화제 수용액의 흡수성을 측정하였다. 측정방식은 Washburn tube 방식[8]에 의해 행하였다. 즉, 직경 0.85 cm 및 길이 5 cm의 피펫튜브에 정확히 2.8 g의 건조된 시멘트 입자를 공극률이 일정하도록 같은 높이로 채운 후 마이크로 저울(Sigma-70, KSV Instrument, Finland)에 장착하여 각 용액의 흡수도를 측정하였다(Figure 2). 실험 방법은 시료를 채운 튜브를 저울 상단에 매달고 하단에 50 mL 비이커를 이용하여 시험할 용액을 일정량(약 30 mL)을

정량하여 넣고 시료튜브의 밑 부분을 용액에 접촉시킨 후 시간에 따른 무게 증가 변화로서 액의 흡수정도를 측정하였다. 시료튜브가 액에 접촉하는 동안 용액은 튜브 내 시멘트 층에 흡수정도가 무게로서 측정되었으며 이때 용액의 온도는 25 °C로 일정하게 유지하였으며 유동화제의 농도는 1.0 wt%로 유지하였다.

흡수도 실험으로부터 시멘트 입자에 대한 접촉각은 다음의 Washburn 식 (1)에 의해 가능하였다.

$$M^2 = \frac{c\rho^2\gamma\cos\theta}{\eta}t \quad (1)$$

- M : 흡착 질량
- ρ : 밀도
- γ : 표면장력
- θ : 접촉각
- η : 점도

식 (1)로부터 접촉각을 계산하기 위해서 필요한 모세관 상수 c 는 무기입자인 시멘트 등에 대하여 접촉각이 거의 0으로 알려져 있는 n-hexane에 대한 흡수도 실험 (시간(t)에 따른 질량의 제곱(M^2))을 그 그래프로 도식하여 기울기로부터 얻었으며 이를 기중으로 각각의 PC 첨가에 따른 시멘트 입자의 젖음성을 평가하였다. 시멘트 입자에 대한 각 용액의 접촉각은 다음 식 (2)에 따랐다. 즉 시간의 흡착량 질량의 제곱을 시간에 따라 도식하여 그 기울기(slope)를 계산하여 식 (2)에 대입하여 접촉각을 계산하였다.

$$slope = \frac{c\rho^2\cos\theta}{\eta}t \quad (2)$$

n-hexane은 시멘트와 같은 무기 입자에 대하여 젖음성이 매우 우수하여 접촉각이 거의 0에 가까운 물질로 알려져 있다. 따라서 식 (2)에 대한 n-hexane의 실험으로 얻어진 값을 넣어 c 값을 계산 할 수 있다. n-hexane의 표면장력은 17.98 mN/m 밀도는 0.66 g/mL이고 점도는 0.32 mN · s/m²이다. 본 실험에 사용된 시멘트에 대한 c 값은 1.29079 × 10⁻⁴이었다. 이 c 값을 식 (2)에 대입하고 각 PC에 대한 실험결과와 시간에 따른 수용액 흡수량 slope으로부터 시멘트의 접촉각을 계산하였다.

2.2.3. 시멘트 입자의 제타전위 측정

콘크리트의 고강도를 실현하기 위하여 시멘트입자의 분산성이 매우 중요하다. 음이온계 유동화제의 경우 표면전위에 영향을 미치게 되므로 이에 대한 영향을 고찰하기 위하여 분산된 시멘트 입자에 대한 제타전위를 측정하였다.

유동화제 1 wt%로 수용액에 강한 교반 하에서 미량의 시멘트를 추가한 후 현탁된 분산액을 이용 시멘트입자 표면의 제타전위를 측정하였다. 제타전위는 광산란법에 의하여 행하였으며 측정 기기는 제타전위측정기(Malvern ZetaSizer 300HSA)을 이용하였다.

2.2.4. 콘크리트 몰타르 유동성 평가

시멘트와 모래 그리고 물을 혼합한 후 1 wt%의 혼화제를 혼합 후 깔데기형 원주통(상부직경 10 cm, 하부직경 70 cm, 높이 450 cm)에 채운 후 30 min 후에 원주(Figure 3)를 제거한 후에 콘크리트의 수평

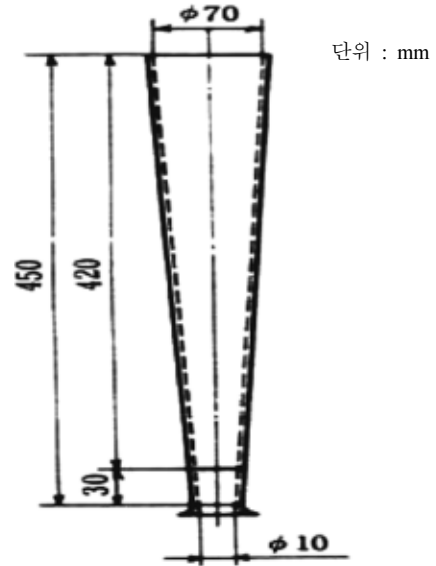


Figure 3. Device for the concrete mortar fluidity test.

퍼짐의 반경을 측정하였다.

콘크리트 몰타르 배합은 시멘트와 모래의 1 : 1의 비율의 몰탈에 유동화제를 시멘트양의 1.0 wt%를 사용하여 Figure 3과 같은 시험도구를 사용하여 몰탈의 흐름성을 시간을 두고 측정하였다. 시멘트 몰탈 배합은 시멘트 500 g, 모래(5호사) 500 g, 유동화제 5 g, 물 165 g으로 하였다. 모래 5호사는 16 mash을 통과하는 입자사이즈를 말한다. 유동성 평가는 시간에 따른 원주형 콘크리트의 높이 변화로서 평가하였다. 모든 시험은 유동성 시험법(KS F 2402)에 따라서 행하였다.

2.2.5. 콘크리트 몰타르 내구성 시험

콘크리트의 내구성은 강도시험을 행하여 측정하였다. 강도측정은 공시체표준시험(KS F 2405)에 따라 행하였다. 본 측정에서는 flow의 강도변화를 최소화하기 위하여 모든 시료에 소량의 소포제를 일정량으로 사용하였다. 강도시험은 콘크리트 몰타르를 표준공시체에 투입하여 2일 후에 탈영하여 수조양생을 한 후 30일 경과 후에 압축강도를 측정하였다. 양생완료 후 콘크리트 몰타르 강도시험은 만능시험기((주)우진정밀)를 이용하여 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

Figure 4에 각 유동화제 수용액에 대한 표면장력 측정결과를 나타내었다. 측정결과 폴리카르복실계(PC)의 경우 표면장력이 약 40 mN/m로 현저히 낮음을 알 수가 있고 멜라민계(PMS)의 경우에는 표면장력이 순수물과 거의 같은 70 mN/m 정도로 표면활성도가 아주 낮음을 알 수가 있다. 즉 비이온계인 PC 계의 경우 표면활성도가 상대적으로 매우 높음을 알 수가 있다.

표면장력은 시멘트 입자에 대한 젖음성과 관련이 있는데, 표면장력이 낮을수록 젖음성이 좋은 것으로 알려져 있다[6]. Young[9]의 이론에 의하면 액체의 표면장력이 낮을수록 입자와 용액 간 접촉각이 작아져서 용액의 젖음성이 향상되고 시멘트 입자의 분산성이 우수하여 콘크리트 몰타르의 유동성이 좋아질 것으로 추측된다. 따라서 폴리카르복실계(PC) 유동화제의 경우 가장 낮은 표면장력을 가지므로 가장 높은 유동성을 보일 것으로 판단된다.

Table 1. Results of Wet-Cocreate Mortar Mobility and Pressure Strength of Dry Cocreate

Sample	Slump (cm)			Air (vol%)			Concrete strength (kg/m ²)		
	0 min	60 min	120 min	0 min	60 min	120 min	3 day	7 day	28 day
PNS	20	4	0	4.3	2.6	N	335	487	512
PMS	20	4	0	4.5	3.7	N	332	465	523
LS	20	4	0	4.5	3.5	N	332	460	530
PC	20	22	20	4.8	4.3	4.3	316	476	546
PC + PNS (5%)	0	0	0	N	N	N	N	N	N
PC + PMS (5%)	0	0	0	n	N	N	N	N	N
PC + LS (5%)	20	22	20	4.7	4.3	4.3	325	482	627

PC content is 95% in premixed samples.

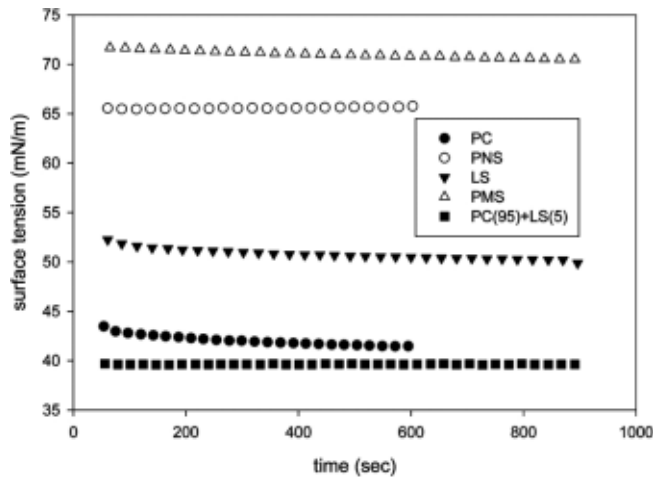


Figure 4. Dynamic surface tensions of various additives in aqueous solution.

리그닌계(LS)의 경우에는 표면장력의 경시가 약 50 mN/m로서 비교적 느린 표면흡착 속도를 보이고 있다. 또한 PC의 경우에는 최종 표면장력은 상대적으로 매우 낮으나 매우 느린 경시변화를 보이고 있다. 이는 PC의 경우 비이온계로서 이온계인 다른 유동화제에 비하여 분자량이 매우 커서 확산 및 흡착속도가 느리기 때문으로 보인다.

Figure 4에서 PC계 및 LS계 혼합 유동화제 표면장력이 경시변화를 보였다. PC계에 약간의(5%) LS계 유동화제를 혼합 시 표면장력 저하속도(경시변화)가 현저히 크을 알 수가 있다. 즉 표면장력 값이 40 mN/m 이하까지 감소되는 것을 확인할수 있는데, 이는 음이온계인 LS계와 비이온계인 PC계가 혼합 시 시너지효과를 보이는 결과이다. 일반적으로 비이온계와 이온계의 혼합이 계면흡착량을 늘리고 따라서 계면활성도가 향상되는 것으로 알려져 있으며[7], 본 연구에서도 음이온계인 LS를 비이온계인 PC계에 소량 혼합 시 유사한 결과를 보이고 있다.

Table 1에 콘크리트 몰타르의 유동성 및 압축강도 시험결과를 보였다. Table 1에 보인바와 같이 몰타르의 유동성 및 압축강도는 비이온계인 PC계의 경우 620 kg/m² 정도로 타 혼화제의 500여 kg/m²에 비하여 상대적으로 가장 높음을 알 수가 있다. 각 음이온계 유동화제의 경우는 유동성에는 서로 큰 차이가 없으며 압축강도는 리그닌계(LS)의 경우가 비교적 높은 것을 알 수가 있다. Table 1의 결과를 볼 때 콘크리트 몰타르의 유동성과 압축강도와는 밀접한 관계가 있으며 유동성이 높을수록 경화 후 압축강도가 크을 알 수가 있다.

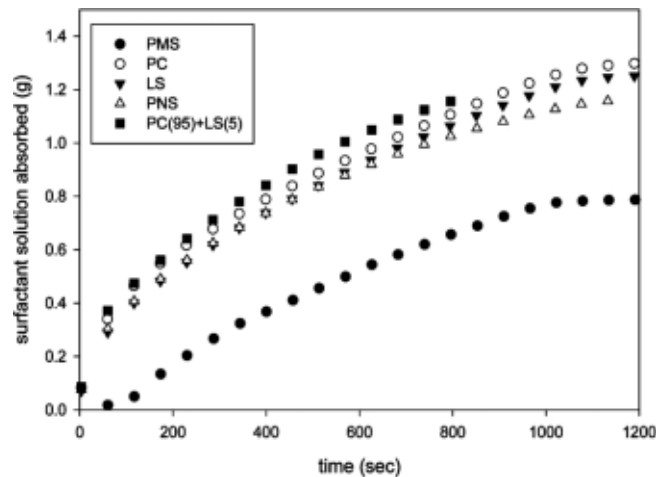


Figure 5. Absorption of various surfactant solutions by the cement.

Table 1에는 또한 비이온계인 PC계에 음이온계인 LS계를 혼합한 효과를 보이고 있다. Table 1에 보인 바와 같이 두 혼화제의 혼합 시 유동성이 향상되며 몰타르의 최종 경도가 높아진 것을 알 수가 있다. 이는 Figure 4에서 보인 계면활성도의 향상의 결과와도 일치하며 두 성분을 혼합하여 첨가하는 경우 시멘트의 젖음성이 향상되어 시멘트 분산성이 증가하며 이로 인하여 콘크리트 강도를 높이는 효과를 얻게 되는 것으로 보인다.

시멘트의 젖음성은 용액에서 시멘트 입자의 분산성과 깊은 관련이 있는데 젖음성이 좋을수록 분산성이 우수하고 결과로 콘크리트 몰타르의 유동성이 높고 또 최종 강도도 높다고 할 수 있다. Figure 5에 시멘트에 대한 혼화제 용액의 흡수도 측정 결과를 보이고 있다. 음이온계인 멜라민계 및 리그닌계의 경우 흡수성이 거의 비슷하며 PC 계열의 경우에는 흡수성이 상대적으로 매우 높다. 이는 Figure 4에서 보인 각 혼화제 수용액의 표면장력 값의 결과와도 일치함을 보인다. 즉 표면장력 값이 낮을 수록 용액의 흡수성이 향상되는데 이는 낮은 표면장력에 의하여 상대적으로 높은 젖음성을 유지하여 시멘트 입자의 분산성을 높이는 것으로 보인다. 또한 이로 인하여 Table 1에 보인바와 같이 높은 유동성 및 강도 결과를 가져오는 것으로 판단된다. 특히 PC계에 소량의 리그닌계의 혼합 시에 흡수성이 현저히 높아지는데 이의 결과도 이의 원인에 의하는 것으로 보이며 결과적으로 높은 흡수성 및 시멘트 분산성을 유도하는 것으로 보인다. 그러나 본 연구 범위에서는 멜라민계(PMS)나 나프탈렌계(PNS)를 카르복실계(PC)에 혼합하였을 경우는 시너지 효과가 나타나질 않았다.

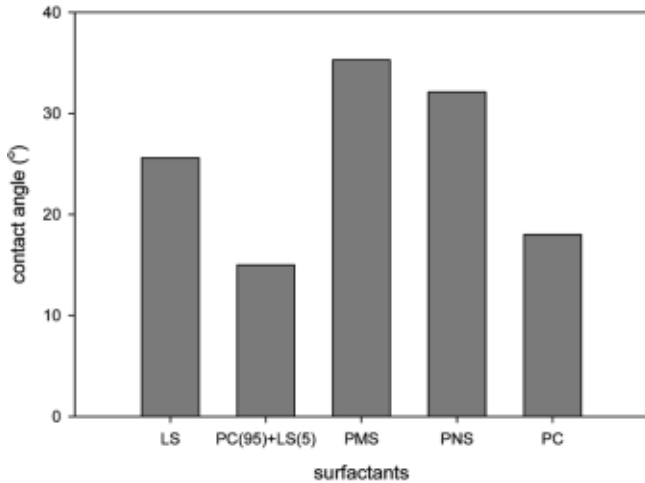


Figure 6. Zeta Potentials of cement particles at various superplasticizer solutions.

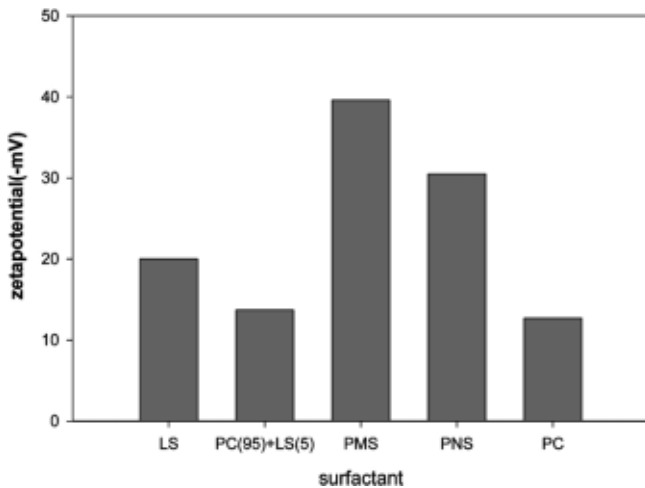


Figure 7. Zeta Potentials of cement particles at various superplasticizer solutions.

Figure 6에는 상기한 혼화제 및 혼화제 혼화에 따른 시멘트 입자에 대한 접촉각을 나타내었다. Figure 5의 결과와 마찬가지로 흡수도가 높을수록 수용액에 대한 시멘트 입자에 대한 기/액/고 접촉각이 낮음을 알 수 있고 가장 흡수도가 우수한 카르복실계(PC)의 경우 약 18° 정도로 가장 낮으며 이에 리그닌계(LS)를 첨가한 경우 그 값이 15° 이하로 더욱 낮아짐을 알 수가 따라서 우수한 혼화제는 접촉각을 낮게 유지하여야 한다고 할 수가 있다.

분산계에서는 음이온계 계면활성제에는 입자에 흡착하여 제타 전위를 향상시키는 것으로 알려져 있다[2]. 본 연구에서와 같이 시멘트 입자의 분산은 계면 젖음성뿐만 아니라 표면전하량인 제타전위와도 관계가 있을 수가 있다. 특히 음이온계 혼화제의 경우 시멘트 입자에 흡착 후 제타전위를 발생시키고 이로 인하여 분산성이 향상되어 콘크리트 몰타르 유동성 및 최종 경화 강도가 높아질 수 있다. 이를 확인하기 위하여 제타전위를 측정하였으며 이를 Figure 7에 보였다. 음이온계인 멜라민계(PMS)와 나프탈렌계(PNS)의 경우가 제타전위가 -30 mV 정도로 높았으며 카르복실계(PC) 계열은 -(13~15) mV 정도로 매우 낮은 것을 알 수 있다. 이는 음이온계의 경우 시멘트 표면에 흡착

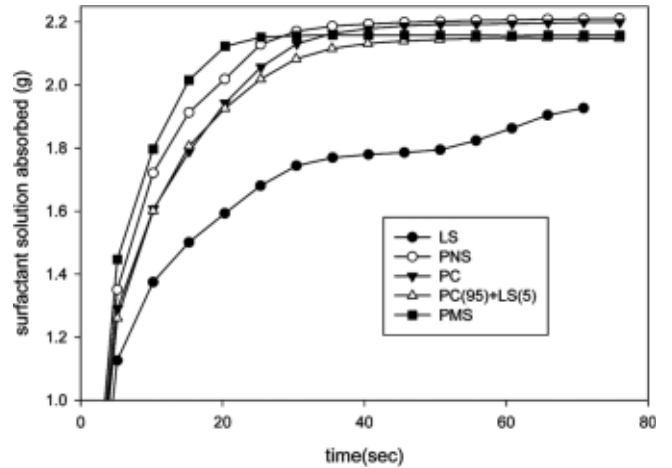


Figure 8. Absorption trend of the various surfactant solutions on the sand.

하여 이온성을 띄게 하지만 비이온성인 PC의 경우에는 흡착이 이루어 지더라도 제타전위가 발생하지 않는 것을 의미하며 유동화제가 흡착이 이루어짐을 보이고 있다. 또한 유동화제의 혼화 시에는 제타전위는 각 성분의 혼합비에 의한 평균값을 갖는 것으로 보인다. 결과로 제타전위와 몰타르 유동성 및 최종 강도와는 큰 연관이 없으며 이는 시멘트 분산선성은 제타전위보다는 상대적으로 수용액에서 계면 젖음성과 더 밀접한 관계가 있는 것으로 보인다. 즉, Figure 1에서 시멘트 분산 메커니즘은 Figure 1(b) 혹은 Figure 1(c) 등의 입자표면 젖음성 혹은 기하학적 안정화가 주요 요인으로 판명된다. 이는 본 연구 결과에서 이온계 유동화제 보다는 구조적으로 흡착성이 우수하며 고분자성이며 또한 친수성 polyethyleneoxide 기를 함유한 카르복실계(PC)의 경우가 몰타르 유동성 및 경화 강도에 상대적으로 매우 우수한 결과를 보이는 것파도 일치한다.

Figure 8은 각 혼화제에 대하여 골재인 모래에 대한 젖음성 시험 결과를 보이고 있다. 리그닌계(LS) 경우가 모래에 대한 젖음성이 상대적으로 매우 낮는데, 이로 인하여 리그닌계(LS)의 경우 콘크리트 몰타르 유동성이 불량한 것으로 추측된다. 시공 현장 경험으로도 리그닌계(LS)는 유동성이 떨어지는 것으로 알려져 있으므로 본 실험 데이터와 일치하는 것으로 추측된다. 멜라민계(PMS)의 경우 초기에는 젖음성이 좋으나 궁극적으로는 PC계 등 타 혼화제와 혼화시 젖음성이 우수한 것으로 보인다. Figure 8에 보인 골재인 모래에 대한 젖음성 결과로 보아서 콘크리트 모르타르의 유동성 및 경화 후 강도 결과와는 크게 일치하지 않는 것으로 보인다. 따라서 콘크리트 몰타르의 유동성과 경화 후 강도는 유동화제에 의하여 골재에 대한 표면 개질 보다는 시멘트 표면의 개질에 따른 물성변화가 주요한 인자인 것으로 판단된다.

4. 결 론

조성이 다른 음이온계 및 비이온계 콘크리트 혼화제에 대한 평가를 실시하였다. 혼화제 용액의 표면장력 및 시멘트 입자의 표면 젖음성 등이 콘크리트 몰타르의 유동성과 경화 강도에 영향을 미쳤다. 시멘트에 대한 젖음성이 좋을수록 그리고 용액의 표면에너지가 낮을수록 콘크리트 몰타르의 유동성 및 최종 압축강도가 높았다.

콘크리트 몰타르 유동성 및 강도는 표면개질 성능이 우수한 비이온계인 카르복실계의 경우가 가장 우수하였으며 이온계인 리그닌계, 멜

라민계, 나프탈렌계는 상대적으로 그 성능이 낮았다. 그러나 카르복실계에 리그닌계를 혼합한 경우에는 단독 사용하는 경우보다 그 성능이 향상되었다.

참 고 문 헌

1. J. J. Choi, *J. of the Korea concrete institute*, **13**, 32 (2001).
2. H. J. Kim, *J. of the Korea concrete institute*, **3**, 31 (1991).
3. N. Toshma, F. fievt, M. P. Pileni, and K. Kimura, *Surfactant Sci. Ser.*, **92**, Marcel Dekker, NY (1984).
4. P. C. Himenz and R. Rajagopalan, *Principles of Colloidal and Surface Chemistry*, 3rd. ed. Marcel Dekker, NY (1986).
5. M. A. Osman and B. A. Keller, *Applied Surface Science*, **99**, 261 (1993).
6. H. Hirai and H. Wakabayashi, *Bull. Chem. Soc. Japan*, **59**, 367 (1986).
7. S. Ross, *Colloidal Systems and Interfaces*, John & Wiley, NY, 229 (1988).
8. X. Pepina, S. Blanchona, and G. Couarraze, *Powder Technology*, **99**, 264 (1998).
9. H. Kamusewitz and W. Possart, *International Symposium on Contact Angle, Wettability and Adhesion*, 101 (2006).