

메타카올린과 고로 슬래그를 혼합한 시멘트 페이스트의 유동특성의 변화

신진호* · 유창달 · 송종택
<단국대학교 신소재공학과>

1. 서 론

현대의 고층건축구조물에서 사용되는 재료들은 고강도와 고유동성을 요하고 있으며 이와 같은 특성을 얻기 위하여 시멘트에 여러 가지 광물질 혼합재와 유동화재등을 첨가하는 것이 널리 알려져 있다.¹⁻⁴⁾

메타카올린(Metakaolin, 이하 MK라 함)은 시멘트의 혼합재로 약 10%전후를 시멘트에 혼합 사용함으로써 초기강도, 내구성등 콘크리트의 각종 물성을 현저하게 개선시키는 효과가 있다고 보고되어 지고 있다.¹⁻⁴⁾ 그러나 MK를 첨가하면 유동성이 급격하게 저하되므로 고로 슬래그(이하 슬래그라 한다) 같이 사용하는 방법이 있다.³⁻⁵⁾ 유동성을 향상시키기 위해 고유동화재가 현재 현장에서 널리 쓰이고 있으며, 본 시험에서는 폴리카복실레이트계 유동화재(이하 PCA라 함)를 사용하였다. 그러나 PCA는 페이스트의 표면층의 물을 감소시켜 층간수의 물을 늘여서 유동성을 향상시키기 때문에 그 사용이 제한적이며, 유효한 첨가량이 존재한다.⁶⁻⁷⁾ 또한 PCA는 균일하게 흡착하지 않기 때문에 치환된 광물질의

종류와 치환량에 따라 유동성과 점성등의 특성이 변하게 된다.⁸⁾

2. 실험방법

2.1. 재 료

실험에 사용된 재료는 H사의 보통 포틀랜드시멘트(OPC), K사의 MK 및 S사의 슬래그를 사용하였으며, 화학조성은 Table 1에 나타내었다. PCA는 메톡시폴리에틸렌글리콜모노메타크릴레이트/메타크릴산의 몰비가 0.3이고 에틸렌옥사이드의 반복단위가 46인 Combo형 폴리카복실레이트계 유동화재를 실험실에서 제조하여 사용하였다.⁷⁾

2.2. 유동특성 시험

미니슬럼프 시험은 시멘트 페이스트의 배합에 따른 적절한 PCA의 첨가량과 유동성을 알아보기 위하여 PCA 첨가량을 달리하여 측정하였다. 실험은 2-3-2교반 법에 의해 교반을 하였으며

Table 1. Chemical Compositions of Materials.

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	F/CaO	K ₂ O/ Na ₂ O	IL	Blaine (cm ² /g)
OPC	21.62	5.20	3.28	62.80	2.39	2.20	1.61	-	1.00	3200
MK	56	37	2.4	2.4	0.3	-	-	0.9	-	12,000
SLAG	35.06	15.09	0.73	43.84	4.27	0.09	-	-	0.01	3440

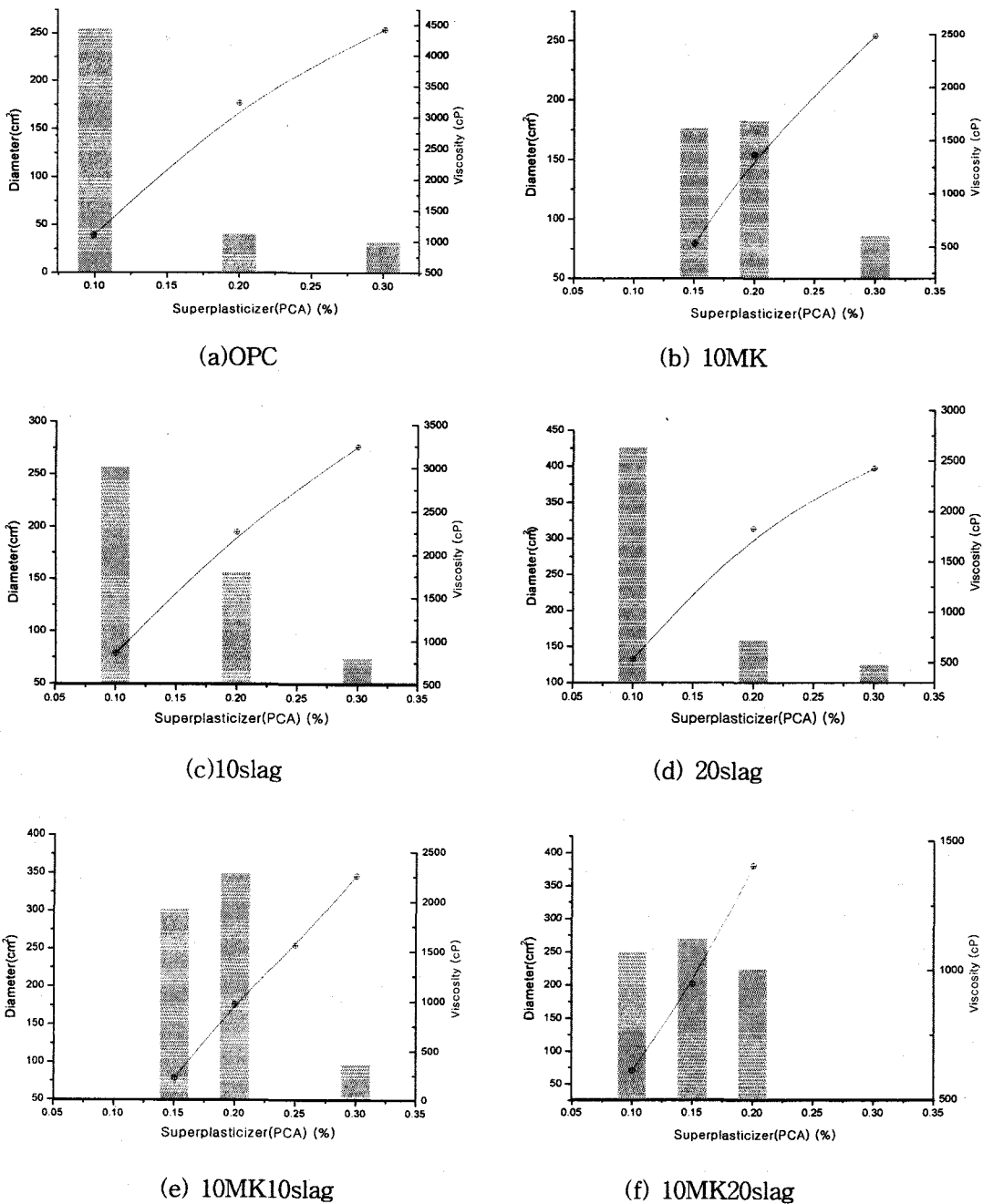


Figure 1. Change of Superplasticizer on the Viscosity and fluidity of cement pastes containing MK and slag. (line : Mini-Slump, bar : viscosity)

미니슬럼프 콘에 시멘트 페이스트를 채운 다음 1분간 정체한 후, 미니슬럼프 콘을 들어올려 페이스트의 퍼짐이 멈추었을 때 중심을 지나서 대각선 4방향의 평균직경을 재어 넓이를 구하여 그 결과를 표시하였다.⁷⁾

점도측정은 배합된 페이스트를 3분간 교반 후 원통형 용기에 넣고 스피ndl을 50rpm으로 10분간 회전시킨 후 점도를 측정하였다. 시험에 사용된 Viscometer는 Brookfield사의 RVDV II+(USA)이며, spindle은 SC4-21과 29 두 종류를 사용하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

3.1. 유동성 및 점성

Figure 1은 OPC에다 MK와 슬래그를 단독 또는 함께 혼합한 시멘트 페이스트의 유동성(line)과 점성(bar)을 PCA의 첨가량에 따른 변화를 나타낸 것이다. 10MK는 0.15wt%미만의 PCA를 첨가하면 미니슬럼프 값을 측정할 수 없으나 0.15wt%이상 첨가하게 되면 OPC와 비슷한 유동성을 나타내게 되며, 0.3wt%이상에서 OPC보다 좋은 유동성을 보인다. 즉, 10%의 MK를 혼합한 페이스트는 PCA 첨가량을 증가시키며, MK를 혼합하지 않은 페이스트보다 높은 유동성을 나타 낼 수 있다. 슬래그 단독 첨가에서 슬래그의 첨가량이 증가하면 유동성이 증가하고 있으나, 20%의 슬래그 치환에서 0.3wt% 초과 PCA를 첨가하게 되면 재료분리 현상이 일어나게 되어 PCA 사용이 제한된다. MK와 슬래그를 혼합한 시멘트 페이스트의 유동특성을 관찰하면 낮은 PCA 첨가량에서는 동일한 양의 슬래그만 치환한 페이스트에 비하여 낮은 유동성을 보이나, 10MK10slag는 0.2wt% 초과, 10MK20slag는 0.15wt% 초과에서 동일한양의 슬래그만 치환한 페이스트보다 높은 유동성을 보인다. 따라서 MK와 슬래그를 같이 치환하면 슬래그만 치환한 페이스트보다 높은 유동성을 나타낸다.

점성의 변화를 관찰하면, MK를 치환하면 PCA의 초기 사용량은 증가하지만, 점성을 유지하는 첨가량의 범위가 넓어지게 된다. 슬래그는 치환량이 증가할수록 점성이 낮아진다. OPC, 10MK, 20slag와 10MK10slag는 PCA 첨가량이 각각 0.1wt%, 0.2wt%, 0.1wt%와 0.2wt% 이후 크게 감소한다. 10slag는 완만한 감소를 보이고, 10MK20slag는 변화가 작음을 알 수 있다. 따라서 PCA를 0.15wt% 이상 사용하면 MK와 슬래그를 같이 치환하여 점성을 높일 수 있다.

MK와 슬래그를 혼합한 시멘트 페이스트를 고찰하면, 10MK10slag는 0.2wt%의 첨가량에서 10slag와 비교하면 비슷한 유동성을 보이나 점성이 높으며, 10MK20slag는 10MK보다 점성은 낮아지나 유동성은 2.5배 증가를 하며 20slag 보

다 점성과 유동성이 높다. 동일한 PCA 사용량에서 MK와 슬래그를 혼합한 페이스트는 유동성과 점성 모두 높게 나타나고 있으므로 점성을 유지하면서 유동성을 향상시키게 된다.

4. 결 론

메타카올린과 슬래그를 단독 혹은 함께 혼합한 시멘트 페이스트에 PCA량을 변화시켜 유동특성을 관찰한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 메타카올린을 첨가한 시멘트 페이스트의 유동성이 첨가되지 않은 시멘트 페이스트의 유동성보다 높은 경우, 그 첨가량은 ;
0.15wt% 초과시 10MK20slag가 20slag보다 높은 유동성을 보이며,
0.2wt% 초과시 10MK10slag가 10slag보다 높은 유동성을 보이며,
0.3wt% 이상일 경우 10MK가 OPC 단독 페이스트보다 높은 유동성을 나타낸다.
2. 메타카올린이 치환된 시멘트 페이스트는 점성이 유지되는 PCA 첨가범위가 0.2wt%까지 증가한다. 슬래그는 첨가되지 않은 페이스트와 유사한 점도 변화를 보인다.
3. 메타카올린과 슬래그를 혼합하여 사용하면 10MK 10slag의 경우 0.2wt%의 PCA 사용에서 점성이 OPC의 2배, 10MK의 1.3배, 10slag의 1.3배, 20slag의 3.1배에 달하며, 10MK20slag는 0.1에서 0.2wt%까지 1000cP 이상의 평균 점도를 나타낸다.

< Reference >

1. 양승규 외 5명, “혼합재를 첨가한 시멘트의 레올로지 특성”, 콘크리트학회 논문집, 15(1), 271-276, (2003).

2. 김용태 외 4명, “콘크리트 혼화재료로서의 메타카올린의 기초적인 특성 연구”, Proceedings of the KCI, 13(2), 281-286, (2001)
3. 안태호 외 3명, “고성능 콘크리트 제조시 메타카올린의 응용가능성”, 29회 시멘트 심포지엄, 115-122, (2002).
4. Zongjin Li et al., “Property improvement of Potland cement by incorporating with metakaolin and slag”, Cem. Concr. Res., 33 pp.579-584(2003)
5. 김재영, “저 분말도 포틀랜드 시멘트 및 고로 슬래그 혼합시멘트의 수화특성”, 석사학위논문, (1998).
6. Zhang Chengzhi et al., “THE FILLING ROLE OF POZZOLANIC MATERIAL”, Cem. Concr. Res., 26 pp.943-947(1996)
7. 유호석, “폴리카복실레이트계 고유동화제의 합성 및 이를 첨가한 시멘트 페이스트와 모르타르의 특성”, 박사학위논문, (2004)
8. K. Yoshioka, et al., “Adsorption characteristics of superplasticizers on cement component minerals,” Cem. Conc. Res., 32 pp.1507-1513 (2002).