

고성능AE감수제를 이용한 모르타르의 유동특성 평가에 관한 연구

Effect of Polycarboxylate Type Superplasticizer on the Rheological Properties of Mortar

정 연 식* 임 채 용** 양 승 규*** 엄 태 선**** 이 종 열*****
Jung, Youn Sik Lim, Chae Yong Yang, Seung Kyu Um, Tae Sun Lee, Jong Ryul

ABSTRACT

Polycarboxylate type superplasticizers(PC) have got widely used for making not only high performance concrete but low grade concrete as well. It is known that fluidity of cement with PC is affected by the characteristics of cement especially sulphate ion concentration and hydration activity. But the characteristics of PC also affect the fluidity.

The fluidity of cement mortar with various types of PC was measured and critical dosage(CD) and dispersing ability(DA) was calculated. CD and DA is strongly dependent on the type of PC. And the variation of fluidity on time was affected by the type of PC also. So, it is advisable to investigate the property of PC before production of concrete and adjust it to meet the requirements of concrete depending on the materials, the time of transport and so on.

1. 서론

최근 건설기술의 발전에 따라 다양한 성능과 기능을 가진 고성능콘크리트에 대한 수요가 증가하고 있는 상황이다. 특히 최근 건축분야에서 고층건물의 건설 및 장대교량의 등장으로 고강도, 고유동 콘크리트에 대한 요구가 증가하고 있는 추세이다.

고강도, 고유동 콘크리트의 제조를 위해서는 감수율이 높고, 작업성 유지성능이 우수한 고성능AE감수제의 사용이 필수적이며, 이러한 목적으로 개발된 것이 폴리카르본산계 고성능AE감수제(이하 PC계 혼화제)이며, 최근에는 고성능콘크리트의 제조 뿐 아니라 일반 콘크리트의 제조에도 일부 사용될 정도로 PC계 혼화제의 사용이 증가하고 있는 추세이다.

리그닌계, 나프탈렌계 및 멜라민계 등의 기존 혼화제의 경우 혼화제의 제조 원료, 성분 및 성능이 유사한 반면, PC계 혼화제는 고분자를 합성하는 원료의 종류 및 혼합비, 합성 온도, 압력 등의 공정조건 등에 따라 다양한 특성을 가진 고분자의 합성이 가능하고, 이에 따라 콘크리트 특성에 미치는 영향이 크게 달라지는 것으로 알려져 있다. 따라서 PC계 혼화제를 사용하여 콘크리트 배합설계를 하는 경우 요구 특성에 맞는 적절한 혼화제의 종류 및 첨가량을 결정하는 것이 콘크리트 품질관리에 매우 중요한 요소라고 생각된다.

따라서 본 연구에서는 국내 및 일본에서 판매되고 있는 수 종류의 PC계 혼화제를 입수하여 혼화제 자체의 특성을 평가하고, 각각의 혼화제가 모르타르의 유동성에 미치는 영향에 대하여 평가하였다.

* 정희원, 쌍용양회공업(주) 기술연구소 콘크리트연구실 선임연구원, 공학박사

** 정희원, 쌍용양회공업(주) 기술연구소 콘크리트연구실 주임연구원

*** 정희원, 쌍용양회공업(주) 기술연구소 콘크리트연구실 주임연구원

**** 정희원, 쌍용양회공업(주) 기술연구소 콘크리트연구실장, 공학박사

***** 정희원, 쌍용양회공업(주) 기술연구소장

2. 실험계획 및 방법

2.1 사용 재료

혼화제 종류별 유동성을 평가하기 위해 S사의 보통포틀랜드시멘트를 사용하여 모르타르를 제조하였으며, 시멘트의 물리적 특성을 표1에 나타내었다.

PC계 혼화제는 국내에 유통되는 국산 및 일본산 7종을 사용하였으며, 각각의 혼화제에 대해 고형분 함량 및 점도를 측정하였다. 사용된 혼화제의 특성은 표2와 같다.

표 1. 시멘트의 물리적 특성

분말도 (cm ² /g)	밀도 (g/cm ³)	용결		압축강도(MPa)				
		W/C (%)	초결 (min)	종결 (hr:min)	1일	3일	7일	28일
3430	3.15	24.9	215	6:20	8.82	23.0	30.3	39.6

표 2. 혼화제의 특성 및 성상

구 분	A	B	C	D	E	F	G
고형분율 (%)	22.7	28.4	20.5	31.1	26.1	24.9	27.0
점도 (cps)	16.2	46.7	11.4	33.5	10.3	25.0	26.1

2.2 시험 조건

모르타르의 유동성 평가를 위한 배합조건 및 혼합, 측정방법은 표3 및 표4와 같으며, 혼화제의 첨가율은 미니슬럼프콘을 이용한 모르타르의 상대플로우 면적비가 2~12 이내가 되도록 조절하였다.

표 3. 모르타르의 배합조건

W/C	시멘트	표준사	1차혼합수	2차혼합수	혼화제 첨가율
35%	675 g	1350 g	20 g	216.3 g	적절한 유동성이 되도록 조절

표 4. 모르타르의 혼합 및 플로우 측정 방법

<혼합 방법>							
0분	1분	15분	2분	2.5분	3.5분	4분	7분
모래, 1차수투입 저속 혼합	시멘트 투입	저속 혼합	2차수 투입	저속 혼합	모르타르 넣어 내림	고속	혼합 종료
<플로우 측정방법>							
7~9분			30분		31~33분		
스크레이퍼로 10회 혼합 후 미니 슬럼프콘을 이용하여 플로우 측정			고속으로 재혼합		스크레이퍼로 10회 혼합 후 미니 슬럼프콘을 이용하여 플로우 측정		

잔골재로는 JIS 표준사를 사용하였으며, 물-시멘트비는 35%, 시멘트-골재의 비는 1:2로 하였다. 먼저 모래와 혼합수 20g을 투입하여 1분간 혼합하여 골재를 습윤상태로 한 후 시멘트를 넣고 30초간 혼합하였다. 여기에 혼화제를 포함한 혼합수를 투입하여 표 4와 같이 총 7분 동안 모르타르를 제조하였으며, 제조한 모르타르는 혼합 직후 및 30분 경과 후 플로우를 측정하였다. 슬럼프콘은 상부Φ50x하부Φ100x높이150 mm의 모르타르용을 사용하였으며, 측정값으로부터 식(1)에 의해 상대플로우면적비를 계산하였다.

$$\text{식 (1) } \text{---} \text{ 상대플로우면적비} = \left(\frac{\text{측정플로우값}}{100 \times 100} \right) - 1$$

혼화제의 첨가율에 따른 상대플로우면적비의 관계로부터 그림4와 같이 직선회귀식을 구하여 그 값의 X절편을 혼화제의 한계첨가량(이하 CD), 첨가량에 대한 상대플로우면적비의 증가율을 분산효율(이하 DA)로 정의하여 각 혼화제별 CD와 DA를 계산하였다.

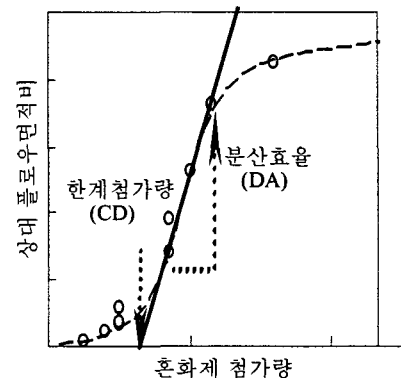


그림 4. 한계첨가량 및 분산효율

3. 실험결과 및 고찰

3.1 혼화제 종류별 모르타르 유동성

혼화제 종류별 첨가량에 따른 모르타르의 유동성 평가 결과는 그림 5 및 그림 6과 같으며, 혼화제의 첨가량은 혼화제 고형분의 차이를 고려하여 고형분 기준 첨가량으로 나타내었다.

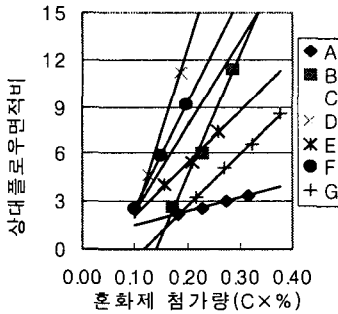


그림 5 혼화제 종류별 모르타르 유동성(직후)

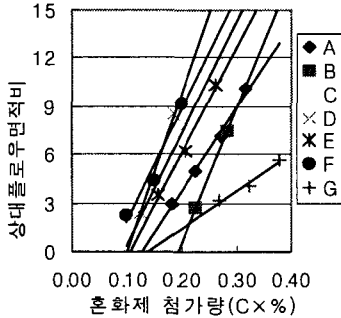


그림 6 혼화제 종류별 모르타르 유동성(30분)

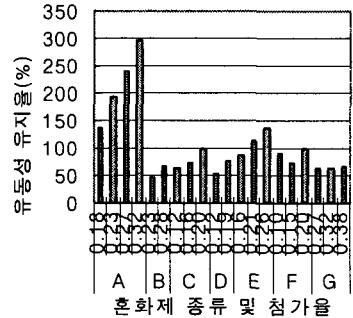


그림 7 혼화제 종류별 유동성 유지율

고형분 기준 혼화제의 첨가량이 동일하게 한 결과이나 혼화제 첨가량 증가에 따른 상대플로우면적비의 증가가 크게 다르며, 또한 혼합 직후와 30분 후의 유동성이 다르게 나타났다. 혼합 직후 유동성은 D, F, C가 크게 나타났으며, A, G의 경우 동일 첨가량에서도 유동성이 낮으며, 혼화제 첨가량이 증가하여도 유동성의 증가가 크지 않게 나타났다.

30분 후의 유동성도 혼화제의 종류에 따라 유동성 차이가 크게 나타났으며, 대부분의 혼화제 종류에 따른 유동성 차이는 초기와 유사하였으나, 혼화제 A는 초기에 비해 유동성이 크게 증가하였으며, 혼화제 G는 크게 감소하는 경향을 나타내었다.

그림 7은 혼합 직후 유동성 대비 30분 후 유동성의 변화를 나타낸 것으로 다음의 식 (2)에 의해 유동성 유지율을 계산하였다.

$$\text{식 (2) } \text{유동성유지율} = \left(\frac{\text{30분상대플로우면적비}}{\text{초기상대플로우면적비}} \right) \times 100$$

유동성 유지율은 혼화제의 종류 및 첨가량에 따라 달라졌으며, 특히 혼화제 A의 경우 초기 유동성은 낮으나 30분 후에는 크게 증가하였다. 동일한 혼화제에서도 첨가량이 증가하면 유동성 증가와 함께 유동성 유지율도 증가하는 경향을 나타내었다.

3.2 한계첨가량 및 분산효율

기존 혼화제와 시멘트의 상성에 관한 연구결과에 의하면 혼화제의 DA 및 CD는 시멘트의 특성에 따라 달라지는 것으로 알려져 왔으며, 특히 DA는 액상중의 황산이온(SO_4^{2-})농도, CD는 시멘트의 초기 수화활성에 따라 크게 영향을 받는 것으로 알려져 있다.

그러나 혼화제의 원료가 되는 고분자 자체의 특성에 따라서도 흡착성능 및 분산성능이 다르기 때문에 DA 및 CD값에 영향을 미치게 된다. 혼화제 첨가량에 따른 상대플로우면적비의 회귀식으로부터 구한 DA 및 CD를 표4에 나타내었다.

DA는 혼화제 첨가량에 따른 상대플로우면적비의 증가율을 나타내는 값으로 이 값이 큰 혼화제는 적은 첨가량의 변화에도 콘크리트의 유동성 차이가 큰 것을 나타낸다. 시험결과 혼화제D의 경우 초기 및 30분에도 높은 값을 나타내고 있어 혼화제의 흡착 및 분산성능이 큰 것으로 예상되며, 혼화제G는 초기 및 30분 모두 낮은 값을 내고 있어 혼화제 원료의 성능이 낮음을 알 수 있다. 혼화제A 및 E는 초

기에 비해 30분 후의 DA가 크게 증가하였으며, 이는 초기에는 혼화제 첨가량 증가에 따른 유동성 증가가 작으나 시간의 경과에 따라 흡착량이 크게 증가하기 때문인 것으로 판단된다.

표 4. 모르타르의 혼합 및 플로우 측정 방법

구 분		A	B	C	D	E	F	G
초기	DA	8.8	76.9	53.8	106.0	32.6	66.4	32.8
	CD	-0.07	0.14	0.06	0.08	0.03	0.06	0.12
30분	DA	51.74	83.11	69.68	97.95	65.26	69.42	23.89
	CD	0.13	0.19	0.10	0.10	0.11	0.07	0.14

CD는 모르타르를 유동하게 하기 위한 최소의 첨가량을 나타내는 값으로, 이 값이 큰 혼화제의 경우 적은 첨가량에서는 시멘트 분산성을 발휘하지 못하는 것으로 판단할 수 있다. CD는 시멘트가 수화가 진행되어 수화물 생성량이 증가할수록 증가하는 것으로, 본 실험에서도 초기에 비해 30분의 CD값이 증가하였다. 혼화제의 종류에 따라 초기 및 30분의 CD값은 차이를 나타내었으며, 특히 혼화제B의 경우 기타 혼화제에 비해 높은 CD값을 나타내 적은 첨가량에서는 혼화제의 성능을 제대로 발휘할 수 없을 것으로 판단된다.

4. 결론 및 향후계획

PC계 혼화제는 기존 혼화제에 비해 시멘트 입자에 대한 흡착율이 낮고, 흡착 속도도 느린 것으로 알려져 있다. 또한 혼화제 제조시 원료가 되는 고분자의 특성이 다양하고, 특성이 다른 고분자를 혼합하여 제조함으로써 혼화제 종류에 따라 유동성 및 유지성능이 크게 달라지게 된다.

본 실험에서도 동일한 계열인 PC계 혼화제라 하더라도 혼화제 제조사 및 종류에 따라 유동특성이 크게 달라짐을 확인할 수 있었다. 따라서 콘크리트의 배합설계시 사용하는 시멘트, 골재, 배합조건 및 운반시간 등에 따라 적절한 특성을 갖는 혼화제를 선정하여 사용하여야 할 것으로 판단된다.

향후, 액상분석 및 수화물 분석을 통해 혼화제의 특성이 혼화제의 흡착거동 및 시멘트의 수화특성에 미치는 영향에 대한 연구를 추진할 예정이다.

참고문헌

1. 山田一夫, 作用機構から考えた高性能AE減水劑の分散能力を表す二つの作用パラメータ-限界添加量と分散効率-, 콘크리트工學論文集, Vol.1 0, No.3, p.p.61-68, 1999.
2. 山田一夫, 混和劑の吸着現象から解析したポリカルボン酸系混和劑を添加したセメントペーストの流動化機構, 콘크리트工學年次論文報告集, Vol.20, No.2, p.p.73-78, 1998.
3. 根岸久美, ポリカルボン系高性能A E減水劑添加時のペーストの流動性に代するセッコウと水溶性アルカリの影響, セメント(콘크리트論文集, Vol.5 2, p.p.152-157, 1998.
4. 太田晃, ポリカルボン酸系分散劑の分散作用に代する検討, セメント・콘크리트論文集, Vol.52, p.p.138-143, p.p.1998.