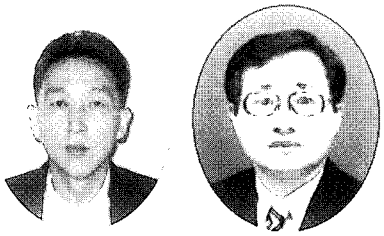
특 집

‖ 최신 혼화재료 ‖

슬럼프 로스 저감형 고성능 AE 감수제의 특성 및 활용

- Properties and Applications of High-Range AE Water Reducer -



황인동* *Hwang, In Dong*　　최의용** *Choi, Eui Yong*　　이호석*** *Lee, Ho Seok*

1. 서 론

1960년대 및 1970년대에 일본과 독일에서 나프탈렌계 및 멜라민계 고성능 감수제의 개발이 된 이후로 세계적으로 고성능 콘크리트의 기술 개발이 한층 더 본격화되었다. 하지만, 상기의 고성능 감수제들은 때때로 시멘트와 상용성(compatibility)의 문제를 야기하곤 했다. 그리하여 고성능 감수제의 기술 개발의 방향은 콘크리트 제조 시 슬럼프 로스를 저감시키는 방향으로 전개되었다. 첫 번째 방법으로는 기존의 고성능 감수제에 지연제나 다른 종류의 첨가제들을 투입하는 방법이고, 두 번째의 방법은 화학적 구조와 기존의 고성능 감수제와는 확실히 다른 폴리카르본산계형 고성능 감수제를 개발하는 것이었다. 본고에서는 전 세계적으로 관심이 많고 기술 개발에 박차를 가하고 있는 폴리카르본산계 고성능 감수제에 관하여 그 특성 및 활용에 대해서 기술하고자 한다. 폴리카르본산계 혼화제는 구성이 화학적으로 아크릴과 유사한 구조를 갖거나 두계의 단량체(monomer)를 공중합체(co-polymer)로 형성하여 제조되기 때문에 아크릴계라고도 명명되어진다. 폴리카르본산계 혼화제의 특성은 높은 감수율에서도 콘크리트의 작업성을 유지하거나 충분한 유동성을 확보할 수 있어 작업속도의 증가시킬 수 있고 복잡한 구조물의 경우 자기 충전성을 확보할 수 있다. 하지만 다른 혼화제와 비교하면 가격이 높고 사용량이 비교적 많으며 생산 시 표면수의 변화 등에 민감하여 골재 등의 콘크리트 재료의 품질관리가 어렵다는 단점이 있다. 이러한 단점에도 불구하고 일본, 대만 및 유럽, 북미에서 폴리카르본산계 고성능 감수제의 사용은 점점 늘어가고 있는 추세이며, 특히 자기 충전 콘크리트에서는 거의 모두 폴리카르본산계 고성능 감수제를 사용하고 있는 실정이다. 또한 콘크리트 2차 제품에서도 조기 강도의 발현 및 인건비 절감 등의 이유로 폴리카르본산계 고성능 감수제의 사용이 증가하고 있다. 이러한 사용 추세에도 불구하고 적절한 사용을 위한 KS규격의 재정이 아직 이루어지지 않아 각각 별도의 시방으로 시행되고 있거나 콘크리트용 화학혼화제의 규격(KS F 2560)을 이용하고 있는 실정이다.

* (주)세일콘 부설연구소
** (주)세일콘 부설연구소
*** 정회원, (주)토암산업 사장

2. 폴리카르본산계 혼화제의 화학구조와 분산기구

폴리카르본산계 혼화제의 화학적 구조는 〈그림 1〉과 같다. 각 제조사들은 측쇄의 길이나 주쇄의 단량체를 변화시켜 특성을 부

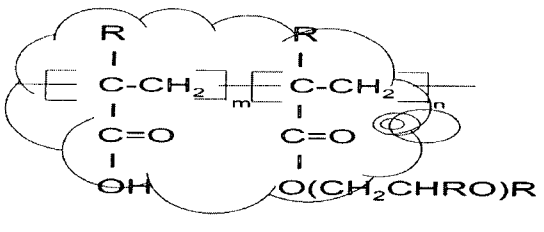


그림 1. 폴리카르본산계 고성능 감수제의 기본적 화학 구조

여하는 것이 일반적이며, 주로 측쇄에 크기가 큰 친수그룹(group)을 흡착그룹으로 Alkyl 또는 Allyl로 결합시킨다. 측쇄의 길이는 유동성의 유지 능력을 좌우하며 주쇄에 결합된 흡착그룹은 흡착 속도에 영향을 주며 이는 대개 특허권의 분쟁을 피하기 위한 제조사들의 제조 방법적이거나 경제성 부여를 위한 하나의 방법으로 추정된다. 또한 그룹의 결합비율은 대단히 중요한데 적합한 분산성과 작업성을 유지하기 위하여 적절한 배열을 이루어야 하며 이를 결합 밀도 등으로 설명하고 적절하게 조화를 이루어야만 우수한 성능을 확보할 수 있다. 이에 대하여서는 〈표 1〉에서와 같이 알려져 있으며 보통 분자량은 20,000에서 40,000이 바람직하다. 현재 국내외에서 시판되는 제품들을 살펴보면 〈표 2〉과 일본을 위주로 하여 유럽에서 폴리카르본산계 고성능 감수제가 제조되고 있다. 최근에 국내에서도 경기화학 및 LG화학에서도 국산화에 성공하여 제품을 시판하고 있으며 몇 개의 다른 기업 및 연구소 등이 개발에 박차를 가하고 있다. 폴리카르본산계 고성능 감수제는 분산-유지 성능을 동시에 포함하는 1액형과 분산제 및 유지제를 각각 분리하여 판매하는 2액형으로 분류 할 수 있다. 1액형과 2액형의 차이는 2액형의 경우 이온성이 커 분산능력이 큰 감수제와 비이온성에 가까운 유지제로 구성되어 필요시 감수능력이나 유지 능력을 크게 하여 우리나라의 시멘트의 특성에 절절히 조합할 수 있는 장점이 있으나 1액형에 비하여 사용량이 많은 것이 단점이다. 하지만, 국내 대부분의 화학혼화제 제조사들은 위에서 언급한 폴리카르본산계 고성능 감수제의 생산사로부터 원료의 개념으로 폴리카르본산계들을 구입하여 자체 실험을 통해 최종 혼화제의 배합을 조정하여 제품을 레미콘사 및 건설사에 공급하므로 1액형 2액형의 의미는 최종 소비자들에게는 큰 의미가 없다고 할 수 있다.

표 1. 폴리카르본산계 혼화제의 화학구조에 따른 성능의 변화

분산특성	주쇄의 크기	측쇄의 크기	측쇄의 수
저분산저유지	Long	Short	Large
고분산	Short	Long	Small
고유지	Short	Medium	Medium

표 2. 국내외 폴리카르본산계 고성능 감수제의 생산 사

제조사명	국가	제조사명	국가
일본촉매화학	일본	BASF	스페인
일본유지	일본	Bozzeto	이태리
동방화학	일본	MAC	이태리
Takemoto	일본	경기화학	한국
KaO	일본	LG화학	한국

3. 폴리카르본산계 혼화제의 성능

입자 반발력을 이용하는 혼화제의 경우 콘크리트의 제조 시 슬럼프는 내구성과 상관하며 〈그림 2〉와 같이 슬럼프는 약 12 cm에서 극대화한다고 보고된 바 있다. 이는 콘크리트의 입자 배열이 불균일하거나 폴리카르본산계의 경우 〈그림 3〉에서와 같이 시멘트 입자의 친수화가 입자의 점도에 기여하여 골재의 분리가 발생하지 않게 되어 슬럼프의 증가 시에도 내구성이 향상된다. 그러므로 높은 슬럼프를 유지하여 다짐 불량 등에 의하여 발생 할 수 있는 피해를 사전에 예방할 수 있게 하는 무 다짐 콘크리트나 초고층에 이용되는 콘크리트 등에서는 탁월한 효과를 보인다. 입체장애 효과는 혼화제 분자가 시멘트 입자의 응집을 방해하는 효과로써 슬럼프가 유지되는 메커니즘을 설명하는 것으로 폴리카르본산계 혼화제뿐만 아니라 수용성 고분자 계면활성제를 사용하여도 동일한 효과를 얻을 수 있다. 대표적인 비이온성 수용성 고분자로 셀룰로오스 등이 있으며 셀루로오스와 음이온성 계면활성제를 동시에 사용하는 경우 감수력과 슬럼프의 유지가 가능하나 셀루로오스, polysaccaride 등의 비이온성 계면활성제는 분자량이 매우 커 콘크리트의 표면을 포위하여 시멘트의 경화반응을 지연시킨다.

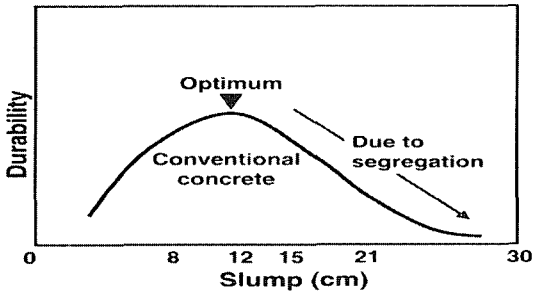


그림 2. 유동화 콘크리트에서의 슬럼프와 내구성과의 관계

폴리카르본산의 분산 메커니즘은 이미 기술한 바와 같이 입자의 친수화로 설명되며 사용 시 매우 큰 분산성을 획득할 수 있으나 시멘트 입자에 대한 폴리카르본산계 혼화제의 입자의 수가 적정량을 초과하지 않을 경우 고분자의 친수그룹이 효과를 발휘하지 못하게 된다. 〈표 3〉은 각 제조사별 표준사용량과 시멘트에 작용하는 폴리카르본산계 혼화제의 절대 비교이다. 폴리카르본산계의 경우 일반적으로 시멘트 중량의 약 1.0 % 정도로 사용되고 있으며 시멘트에 작용하는 폴리카르본산 분자는 중량비로 할때

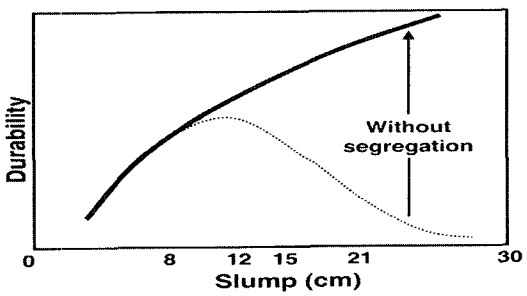


그림 3. 폴리카르본산계를 사용한 콘크리트의 슬럼프와 내구성과의 관계

약 0.2 % 작용되는 것으로 추정된다. 이는 나프탈렌계나 멜라민계의 0.2와 유사하다고 볼 수 있다.

3.1 폴리카르본산의 성능 시험방법

폴리카르본산의 성능 시험 방법은 다양하게 소개되고 있으며 〈표 4〉와 같다. 이중 슬럼프 플로우와 V-lot time은 가장 일반적으로 수행되는 방법으로 일본의 Ouchi 등은 폴리카르본산계 혼화제는 0.7 % 이상에서 성능이 발휘됨을 지적하였으며 사용량이 커질수록 플로우 값이 V-lot time 값의 증가값 보다 커짐을 발표하였다. 또한 보통 시멘트보다 중용열 시멘트나 저발열 시멘트에서 혼화제의 사용량은 작게 사용되었으며 최소 사용량은 플로우 값의 비와 10에 대한 V-lot time의 비와 상관 곡선의 절편으로 찾을 수 있어 폴리카르본산계 분산제를 평가하기 매우 적절한 방법으로 볼 수 있다. 슬럼프 플로우의 상대적인 증가는 골재의 분리를 추정할 수 있으며 플로우가 증가하고 V-lot time이 감소할 경우 사용량을 줄이고 물-시멘트비를 증가시켜야 할 필요가 있다. 이는 콘크리트의 혼합 시 입자간의 자유수의 부족에 기인하는 것으로 생각된다.

표 3. 각 제조사별 표준사용량의 비교

제조사명	표준사용량 (C × wt %)	함량(%)	절대량 (C × wt %)	비교
A사	0.5	40	0.2	나프탈렌계
B사	1.2	20	0.24	폴리카르본산계
C 사	1.0	20	0.2	폴리카르본산계
D 사	1.0	20	0.2	폴리카르본산계

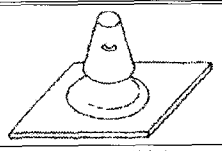
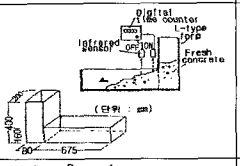
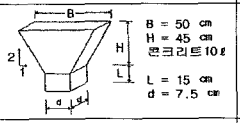
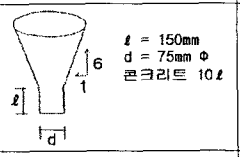
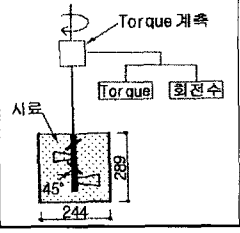
3.2 폴리카르본산계 혼화제의 규격

현재 사용되고 있는 폴리카르본산계 혼화제는 고성능 감수제의 범위에 포함되나 이들은 특별한 기능이 부여되므로 별도의 규격이 필요하다. 그러나 국내의 경우 아직 적합한 규격이 선정되어 있지 않아 관련 시공자나 감독자가 특별히 지정하거나 설계의 특별 시방서에 의존하고 있다. 그러나 일본의 경우 고성능 콘크리트(high performance concrete)에 관하여 일본토목학회는 슬럼프 플로우가 65 cm ± 5, V-lot time이 10 ~ 20초, 연행공기량 4.5 ± 1.5 %로 규정하고 있다. V-lot와 같은 유출속도는 콘크리트 중의 골재 분리에 의한 유출구의 저항값을 상대적으로 측정할 수 있는 방법으로 골재의 분리가 발생할 경우 슬럼프 플로우값이 증가하여도 유출 속도가 감소하므로 매우 유용한 시험방법이라고 할 수 있다.

3.2 시멘트의 사용량

시멘트의 사용량은 무다짐 콘크리트 등이 일반화 된 일본의 경우 〈그림 4〉와 같이 단위 부피당 600 kg을 초과하는 추세로 우리나라 역시 콘크리트의 고성능화에 따라 단위부피당 시멘트의 량이 500 kg을 초과하는 배합강도 40 N/mm^{2}이 일반화되고 있다. 폴리카르본산계 혼화제의 경우 보통 시멘트의 사용량이 단위 부피당 500 kg을 초과하지 않은 경우 초유동 콘크리트의 재현이 불량하며 사용량이 높아지며 유동성의 증가에 따른 응결시간이 증가하여 바람직하지 않다. 그러므로 시멘트의 사용량이 작은 저 강도의 배합서 폴리카르본계 혼화제는 좋은 성능을 발휘하기 힘들다.

표 4. 폴리카르본산계 혼화제의 시험방법

특성	시험명	시험장치	현장적용성
유동성	슬럼프 플로우 시험		간편, 배합시험 · 현장관리 시험에 적용가능
	L플로우 시험		비교적 간편, 배합시험에 적용가능
	V로트 시험		간편, 배합시험 · 현장관리 시험에 적용가능
	O로트 시험		간편, 배합시험 · 현장관리 시험에 적용가능
	회전날개형 시험		장치가 필요, 배합시험에 적용가능

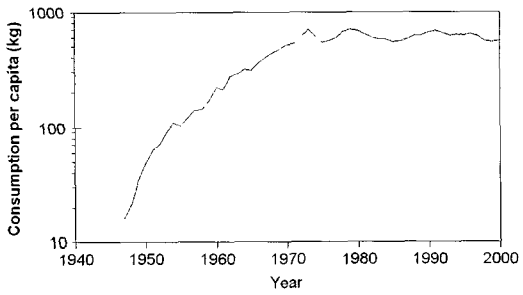


그림 4. 일본에서의 단위 부피당 시멘트 사용량의 추의

4. 폴리카르본산의 기기 분석적 분석

폴리카르본산에 대한 기기분석적 분석으로는 GPC와 IR에 의한 분석이 유용하며 GPC의 경우 분자량 분포를 확인할 수 있는데 이때 칼럼과 검출기는 분자량을 확인하는데 특히 중요하다.

또한 IR의 경우 관능기를 특성 피크로 확인 할 수 있다. 〈그림 5〉은 국내 시판되는 제품의 GPC에 의한 상대 분자량을 측정한 것으로 평균분자량은 약 19,000 정도로 측정되었다. IR의 경우 〈그림 6, 7〉과 같이 측정되었으며 국내 A사의 경우 1,400에서 1,600 cm^{-1}에서 특성 피크가 관찰되었다. 또한 국내 B사의 경우 역시 동일한 특성 피크를 보여 분자 구조가 매우 유사함을 알 수 있다. 그러나 이러한 분석의 결과로는 품질관리상의 재료의 변화 유무를 알 수는 있으나 성능을 판별 할 수는 없으므로 반드시 콘크리트 배합을 통하여 성능을 확인하여야 하고 기록을 할 경우 동일한 구조와 분자량에 대한 콘크리트 성능 시험은 추후에는 하지 않아도 되는 장점이 있다.

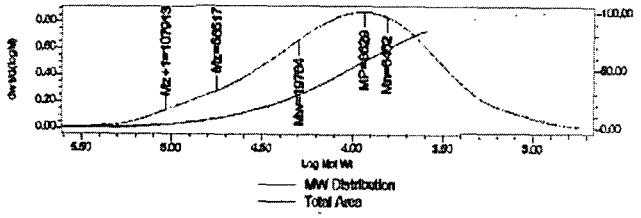


그림 5. 폴리카르본산계 혼화제의 GPC 스펙트럼(국내 A사)

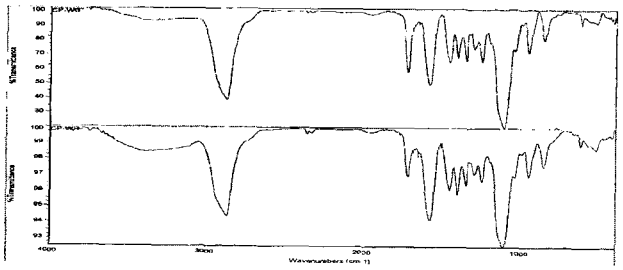


그림 6. 폴리카르본산계 혼화제의 적외선 분광 스펙트럼
(국내 A사 상 : 유지제, 하 : 감수제)

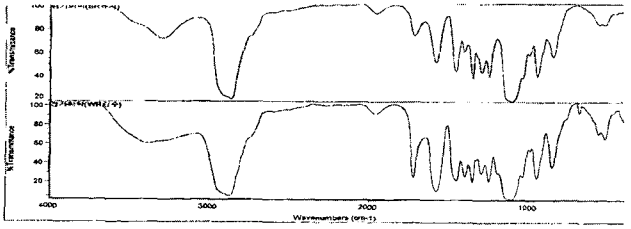


그림 7. 폴리카르본산계 혼화제의 적외선 분광 스펙트럼
(국내B사 상 : 유지제, 하 : 감수제)

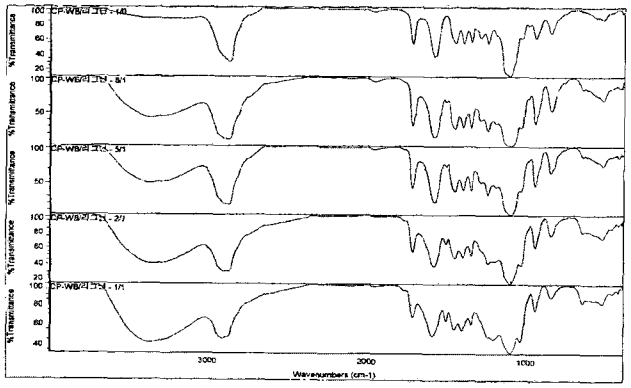


그림 8. 리그닌 + PC(위로부터 리그닌 : PC = 0:1, 1:6, 1:5, 1:2, 1:1 혼합) 국내 A사

〈그림 8〉은 리그닌과 혼합된 폴리카르본산계 혼화제의 IR 분석 결과이다. 리그닌의 혼합 비율에 의하여 약 1,100, 1,550 cm^{-1}에서의 술폰산의 피크 변화가 증가하고 있음을 볼 수 있다. 또한 콘크리트에 적용하는 경우 동일 작업성의 콘크리트 확보를 위하여서는 리그닌의 혼합비율에 따라 혼화제의 사용량은 증가한다.

5. 폴리카르본산계 혼화제의 활용

유럽, 일본 등에서의 폴리카르본산계 혼화제는 이미 초유동 콘크리트용과 콘크리트 2차 제품에 이용하는 제품을 구별하고 있다. 이는 콘크리트의 특성상 2차 제품에서는 유동성의 지속보다는 경화 시간의 단축이 필요하기 때문이며〈그림 9〉, 국내의 B사는 이를 2액형의 형태로 각각 제조하여 시판하고 있다. 그러나 이미 알려진 바와 같이 폴리카르본산은 감수율이 매우 높고 유동성의 지속이 가능하여 현재 40 N/mm^2의 콘크리트에서는 상당히 많은 현장에서 적용되고 있다. 또한 2차 제품으로는 국내의 콘크리트 박스 제조업체인 T의 경우 생산성 향상을 위하여 현재 최종 시험 단계에 있으며 폴리카르본산을 이용할 경우 생산량을 약 3배정도 증가시킬 수 있어 화학 혼화제의 높은 가격에도 불구하고 상당한 의욕을 보이고 있다.

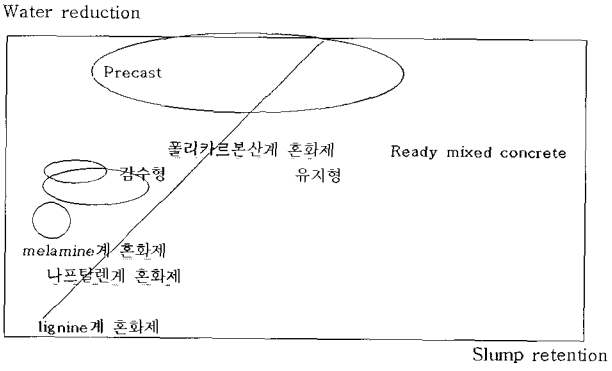


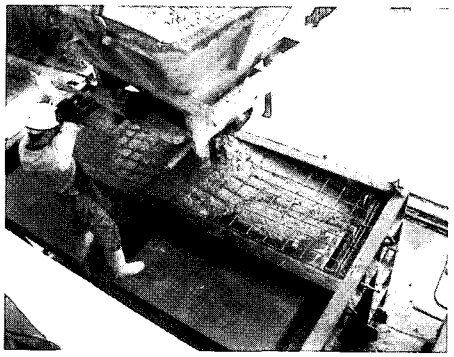
사진 9. 콘크리트용 화학 혼화제의 용도에 의한 분류

한국도로 공사의 경우 한국 도로교통 연구원의 연구 결과에 의거하여 〈표 5〉와 같이 현재 30 N/mm^2과 40 N/mm^2의 콘크리트에서 고성능 AE 감수제로써 폴리카르본산계를 사용할 것을 권장하고 있다. 그러나 이미 보고된 바와 같이 폴리카르본산계의 매우 우수한 유동 특성이 시멘트의 결합수와 자유수에 의한 영향이 크며, 표면수나 화학 혼화제의 사용에 따른 오차에 의한 유동성의 변동의 변화가 크기 때문에 배합에서 제시된 슬럼프의 값이 15 cm로 한정될 경우 사용상에 어려움 있다. 최근의 혼화재의 사용은 폴리카르본산계 혼화제가 사용된 고강도의 콘크리트에서 플라이 애쉬, 슬래그 등의 사용이 보편화되고 있으며 콘크리트의 제조가 이론수량에 접근하는 추세에서 보통 시멘트만을 사용하는 경우 보다 발열량의 감소 등에서 유리하나 2차 제품의 제조의 경우 초기 강도 감소에 따른 운전비의 증가가 발생 할 수 있다. 그러나 폴리카르본산

표 5. 시멘트 콘크리트 설계 기준(한국 도로 교통 연구원)

구분		G_{max}	Slump	Air	W/C	S/a	W	C	S	G	혼화재료	AE감수제	유동화제	고성능 AE감수제
		mm	cm	%	%	%	kg/m^3					c × %		
고강도	450	13/19	15	4~7	32	42	160	500	684	970	-	-	-	1.5
		19			31	43	156	503	704	958	-	-	-	1.0
	400	19	15	4~7	36	41	173	480	660	977	-	-	-	0.9
					35~34	42	173	405	656	931	101	-	-	1.5

* 단, 혼화재료는 플라이 애쉬이며, W/C에서 C는 시멘트와 플라이 애쉬를 더한 값이다. 혼화제량은 플라이 애쉬를 제외한 시멘트의 중량 %이다.



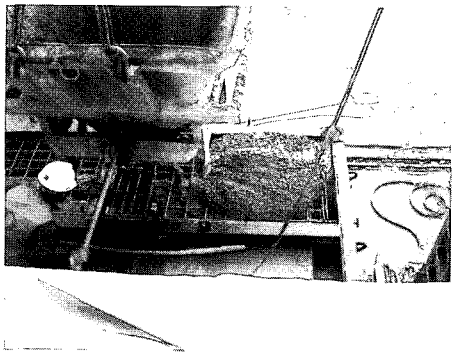


그림 10. 콘크리트 박스의 콘크리트 타설(좌: 나프탈렌계 혼화제 사용, 우: 폴리카르본산계 혼화제 사용)

그림 11. 콘크리트 박스 표면 작업

계의 혼화제를 이용하여 제조된 콘크리트를 이용하여 콘크리트 박스를 제작하는 경우 〈표 6〉과 같이 타설 시간은 믹서 트럭 1대를 타설하는 데 소요되는 시간은 45분에서 15분으로 단축되었으며〈그림 10〉 8시간/일을 기준으로 하여 인원은 5명(타설 2인, 다짐 2인, 기타 1인)에서 2인(타설 1, 기타 1)〈그림 11〉으로 구성하여 경제성을 확보할 수 있을 것으로 추정되었다.

그러나 표면 점검 시 발견되는 펀칭 홀은 혼화제와 크게 상관하지 않았다〈그림 12〉. 이는 철제 거푸집의 표면에서 작용하는 소수성이 타설 시 발생하는 공기포를 흡착하여 부착되어 탈락하지 않는 것으로 고-액 계면상의 물리적 힘에 의한 것으로 추정된다. 이러한 현상의 방지를 위하여서는 콘크리트의 계면 장력을 작게 하거나 거푸집 표면을 표면 장력을 크게 하는 방법이 있다.

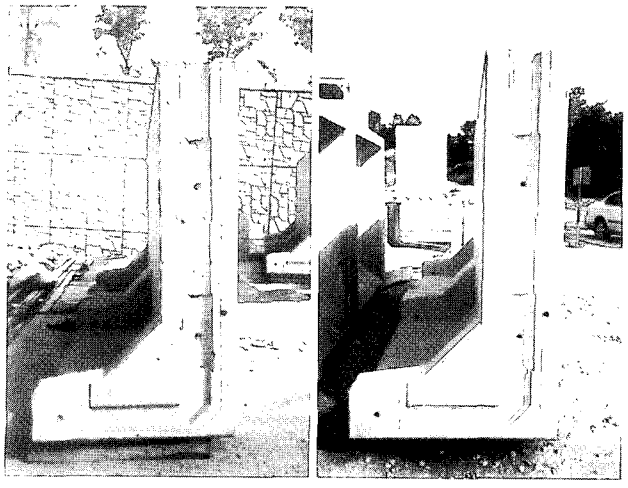


그림 12. 콘크리트 표면 비교
(좌: 나프탈렌계 혼화제 사용 우: 폴리카르본산계 혼화제 사용)

표 6. 폴리카르본산계 혼화제를 이용한 콘크리트 박스의 제조 내역

혼화제의 종류	콘크리트 mixing time(초)	타설 시간 (분/6 m^3)	인원 (인/8시간)
리그닌계	45	45	5
나프탈렌계	45	45	5
폴리카르본산계	45	15	2

6. 폴리카르본산계 혼화제의 사용의 전망과 문제점

폴리마르본산계 혼화제를 사용은 혁신적인 건설 공정 변화를 이루고 있는 가장 큰 이유로는 아래와 같다.

① 높은 감수율에 의한 강도의 기여 및 초기강도 확보에 따른 공정의 단축
② 우수한 유동성 확보에 의한 콘크리트 타설 시간 및 인원의 절감
③ 유동성 유지에 의한 폐 콘크리트의 방지
④ 조기강도 확보에 따른 구조물의 균열 억제
⑤ 콘크리트의 점도 감소에 따른 경제성 확보 등

현대의 집약된 산업 발전은 건설 산업에 있어 집적된 콘크리트 구조물의 개발을 요구하고 있으며 이러한 요구는 콘크리트에서 고내구성과 더불어 편리성을 도모하고 있다. 또한 교통량의 증가와 도심의 확대 및 고밀도화와 환경문제는 기존의 콘크리트의 생

표 7. 폴리카르본산계 혼화제를 사용한 레미콘의 배합

호칭강도 (N/mm^2)	물 (kg)	시멘트 (kg)	S/a (%)	W/C (%)	혼화제 사용량 c × (%)	슬럼프 (cm)
35	160 ~ 170	430 ~ 450	45 ~ 50	30 ~ 35	1.2 ~ 1.4	18 이상
40	155 ~ 165	450 ~ 470	43 ~ 47	30 ~ 35	1.2 ~ 1.4	18 이상
45	150 ~ 160	480 ~ 520	42 ~ 45	28 ~ 33	1.2 ~ 1.4	18 이상
50	150 ~ 160	550 ~ 600	40 ~ 43	28 ~ 33	1.2 ~ 1.4	18 이상

표 8. LNG지하 탱크용 초유동 콘크리트의 배합 변수

W/C (%)	W/B (%)	단위수량 (kg/m^2)	골재의 부피 (Vol.%)	S/a (%)	표면수 변동량(kg/m^2)	화학 혼화제 사용범위(%)
38~44	35~35.8	180	0.28~0.32	50.8	180±5,±10	2.3±0.2,±0.4

산에 대한 매우 큰 부담이 되고 있어 이를 타개를 위한 방법 중의 하나로 폴리카르본산계 혼화제가 이용될 것으로 전망하고 있다. 2002년 경기화학과 LG화학을 필두로 국내의 폴리카르본산계 혼화제 사업의 활성화는 이러한 전망이 보다 낙관적으로 될 수 있는 징조로 보여 진다. 국내 전체의 혼화제 사용규모는 년간 총 약 1,000억 규모이나 현재 폴리카르본산계 혼화제의 사용 규모는 약 50억 미만으로 추정되고 있다. 그러나 폴리카르본산계 혼화제의 장점에도 불구하고 현재의 대부분의 콘크리트 공사에서 가장 많이 사용되는 호칭강도는 21 ~ 24 MPa로써 폴리카르본산을 사용하기 위한 적합한 수준의 결합재 양이 되지 않고 있다. IMF 이후의 불경기의 지속으로 레미콘 산업의 원가 절감을 절실히 요구하여 시멘트의 사용량이 점차 감소하는 토목현장과는 다른 현상을 보이고 있다. 그러나 국내의 삼성, LG건설 등을 주축으로 한 고층화 사업의 경우 내부 공간 확보와 공기 단축을 위해 고강도 고내구성의 콘크리트 제조를 기초로 하여 폴리카르본산계 혼화제는 향후 수년간 소수의 현장과 간접자본 시설물의 공사에 국한될 것으로 사료된다.

반면 레미콘사의 경우 사용자의 고강도의 요구의 증가는 폴리카르본계 혼화제의 관심을 유발하여 현재 이미 폴리카르본산계 혼화제를 이용한 고강도 배합을 완료한 것으로 알려져 있으며 일반적인 콘크리트의 배합은 〈표 7〉과 같다. 이들은 초유동 콘크리트의 특수목적 보다는 고강도 콘크리트의 제조에 목적을 두고 있으며 경제성을 토대로 실시된 것이다.

그러나 폴리카르본산계 혼화제의 사용에 있어 배합 변수는 〈표 8〉과 같으나 현재 콘크리트의 제조 시 대부분 재료를 야적하고 있어 이들에 대한 관리가 열악하며 폴리카르본산계 혼화제를 사용할 경우 변수의 변동량을 관리하는 것이 가장 큰 문제로 대두되고 있다.

7. 결 론

폴리카르본산계 혼화제는 1995년부터 시작된 초유동 콘크리트의 발달, 교통량의 증가에 의하여 국내에서 사용이 현저히 증가되어가며 일반화되는 추세이므로 혼화제의 적절한 사용이 필요하다. 이미 고강도 콘크리트와 무다짐 콘크리트 등에 이용되는 폴리카르본산계 혼화제의 콘크리트의 물리적 특성과 거동은 잘 알려진바 이의 보다 명확한 분석을 위하여 기기분석과 콘크리트의 물성 실험과의 연관성이 도입되어야 할 필요가 있다. 또한 폴리카르본산계 혼화제는 콘크리트 제조 시 이론 수량에 도달함으로써 고강도를 확보할 수 있으며 입체장애을 이용하여 슬럼프의 유지를 확보할 수 있고 자기 충전 방식을 통한 생산성을 향상시킬 수 있다. 그러므로 국내의 레미콘 산업의 품질 고급화에 기여할 것으로 사료되나 이러한 고기능성의 확보를 위하여서는 무엇보다도 재료의 관리가 선결되어야할 것이다.

참고문헌

1. 박칠림, "고강도 콘크리트의 실용화에 관한 국내외 연구동향", 콘크리트학회지, 제2권, 3호, 1990. 9, pp.27~36.
2. "Effect of molecular structure of polycarboxylate polymers on cement particle dipersibility," JSCE, No.662/v-49, 2000. 11., pp.121~135.
3. 이종열, 정연식, 하재담, "고성능 AE감수제의 작용기구와 콘크리트 적용현황(II)", 레미콘, 한국레미콘공업협회, 제68호, 2001. 7., pp.26~40.
4. 김무한, 송하영, "유동화콘크리트의 특성", 콘크리트학회지, 제13권, 2001.