

## 콘크리트용 혼화제

### 혼화제의 사용현황 및 전망

#### Prospect and Present Application Status of the Admixtures



박 승 범\*



정 상 진\*\*

#### 〈편집자 주〉

포틀랜드시멘트가 출현하여 사용되기 시작한 이래 콘크리트는 건설산업분야의 대표적인 재료로 자리매김 되어 전체 건설재료의 반이상을 차지하고 있으며 콘크리트가 반영구적인 재료라는 인식에 상당한 변화가 생기고 있다.

콘크리트의 품질 확보와 문제점 해결방안으로서 20세기 전반기까지는 주로 시멘트의 종류를 달리 하는 경우가 많았으며 후반기부터는 각종 혼화재료(혼화제 및 혼화제)를 사용하여 콘크리트의 결점을 제거하고 다양한 품질의 콘크리트를 생산하고 있다.

사실상 시멘트의 성능을 개선하는데는 엄청난 추가 설비투자가 계속되어야 하지만 특수목적의 혼화재료를 개발하는 것은 개발비용이나 설비비 측면에서 비교적 용이하다. 그러므로 앞으로도 무결점 혹은 고품질의 콘크리트 생산을 위해서는 새로운 혼화재료의 개발 및 적용이 가속화될 것으로 전망된다.

따라서 이번 특집에서는 최근 콘크리트의 품질 확보를 위해 필수적으로 사용되는 각종 혼화재료의 특성과 적용상의 유의사항 등을 중점적으로 기술하여 현장 콘크리트공사의 품질향상에 조금이나마 도움이 되었으면 한다.

(특집주간 : 한국건설기술연구원 이장화 수석연구원)

#### 1. 머리말

혼화재료(admixture, additive)란 콘크리트를 만들 때 시멘트, 물, 골재 이외에 적당량의 재료를 첨가함으로써 콘크리트에 여러 성능을 부여하고 그 품질의 향상을 도모할 목적으로 사용되는 재료를 말한다. 이 중 첨가량이 소량으로서 배합계산에서 그 양을 무시할 수 있는 것(통상 사용량이 시멘트 무게의 1%정도 이하)을 혼화제(混和劑)라고 하고, 반면에 첨가량이 비교적 다량으로 배합계산상 그 양을 무시할 수 없는 것(보통 사용량이 시멘트 무게의 5%정도 이상)을 혼화재(混和材)라 부르고 있으나 양자간에 명확한 구분은 없다.

혼화제는 1930년대에 미국에서 AE제, 감수제가 발명된 것을 시작으로 하여, 그후 다용도의 여러 특수성을 부여하기 위한 혼화제의 개발이 촉진되어 왔다. 그리고 혼화제는 1870년경 W. Michaelis가 제철용 용광로의 부산물인 고로 슬래그 및 화산재 등의 포졸란 재료를 포틀랜드 시멘트와 혼합하면 그 성능이 현저히 개선된다고 밝힌 것을 시

\* 정회원, 충남대학교 토목공학부 교수, 공박  
\*\* 정회원, 단국대학교 건축공학과 부교수, 공박

작으로 하여, 그 후 인공 포졸란으로서 화력발전 연소용 미분탄의 폐진으로서 얻어지는 플라이애시(fly ash) 및 팽창재 등의 연구개발이 실시되어 실용화되고 있는 실정에 있다.

본 보고서에서는 혼화제에 대해서만 다음과 같이 기술하고자 한다.

## 2. 혼화제의 사용목적

혼화제는 물리적, 화학적, 물리화학적 작용으로 굳지 않은 콘크리트, 경화중이거나 경화후의 콘크리트 성질을 개선하기도 하고, 경제성을 높이는 등의 목적으로 사용된다. 또한 어떤 종류의 혼화제는 콘크리트에 새로운 특성을 부여하기 위해 사용된다.

혼화제는 많은 종류가 시판되고 있고, 목적에 따라 그 이상의 사용효과를 갖고 있는 것이 있다.

또한 사용방법이나 효과도 다양하기 때문에 사용목적을 달성하기 위해서는 현장에 적합한 혼화제의 선정이 필요하다.

## 3. 혼화제의 분류

### (1) 혼화제(混和劑)

- ① 계면(표면)활성작용(surface active reaction)에 따라 워커빌리티, 내동해성을 개선하는 것 : AE제, 감수제(촉진형, 지연형, AE감수제 포함), 고성능 감수제 등.
- ② 응결·경화시간을 조절하는 것 : 지연제, 촉진제, 급결제.
- ③ 방수효과를 나타내는 것 : 방수제.
- ④ 기포의 작용에 따라 충전성의 개선 또는 중량을 경감시키는 것 : 기포제, 발포제.
- ⑤ 유동성을 좋게 하는 것 : 유동화제.
- ⑥ 기타 : 증점제(增粘劑), 보수제(保水劑), 방청제(防鏽劑), 수화열 저감제 등

### (2) 혼화재(混和材)

- ① 포졸란 작용이 있는 것 : 플라이애시, 고로슬래그, 실리카질 미분말.

- ② 경화과정에서 작용이 있는 것 : 팽창재.
- ③ 고압양생으로 큰 강도를 내는 것 : 규산질 분말.
- ④ 착색시키는 것 : 착색제.
- ⑤ 기타 : 폴리머, 증량제 등.

## 4. 혼화제의 특성 및 사용

### (1) AE제(air entraining agent)

AE제란 콘크리트용 계면활성제의 일종으로 미소한 독립된 공기포를 콘크리트 중에 골고루 분산시키기 위해 사용하는 재료이다. 이때 AE제에 의해 기포가 된 공기포를 연행공기(entrained air)라 하고 AE제를 가하지 않아도 콘크리트 중에 비교적 큰 기포로서 불규칙적으로 분포된 기포를 갇힌공기(entrapped air)라 하여 구별하고 있으며, AE제를 사용한 콘크리트를 AE콘크리트(air entrained concrete)라 한다.

연행공기는 미소한( $10\sim 100\mu$ )기포이고 콘크리트 중에 연행하면 시멘트, 골재입자 주위에서 볼베어링(ball bearing)과 같은 작용을 함으로써 워커빌리티가 크게 개선되고 재료의 분리 및 블리딩이 감소하며, 공기량이 1% 증가함에 따라 슬럼프가 약 2.5cm 증가한다. 또 경화된 콘크리트에서는 연행공기가 동결시의 체적팽창에 의한 내부압력에 대해 완충작용을 하기 때문에 동결융해에 대한 저항성도 증대된다. 그러나 많은 연구보고에 의하면 AE제를 사용한 콘크리트의 강도는 물·시멘트비가 일정할 경우 공기량만을 증가시켜 주면 공기량이 1% 증가함에 따라 압축강도는 약 4~6%, 휨강도는 약 2~3%, 탄성계수는 약  $7\sim 8 \times 10^3 \text{kg/cm}^2$  정도 감소하고 철근과의 부착강도가 적어지는 단점도 있다고 한다.

한편, 내구성을 고려한 콘크리트의 AE공기량표준은 표 1과 같다.

AE제의 규격에 대해서는 KS F 2560에 규정되어 있으며, AE제의 종류로는 빈솔레진(vinsol resin), 다렉스(darex), 프로텍스(protex), 포졸리스(pozzolith), 스푸마(spuma), 팬폼(pan foam) 등이 있다.

표 1 콘크리트 내구성을 고려한 AE 공기량 표준

콘크리트의 종류	굵은골재의 최대치수(mm)	적절한 공기량(%)
부근 콘크리트	16	7.0
	19	6.0
	25	5.0
	40	4.5
	50	4.0
	80	3.5
철근 콘크리트	25~40	2.0~6.0
포장 콘크리트	40 이하	4.0~5.0
댐 콘크리트	40	3.0~5.0
	80	2.5~4.5
	150	2.0~4.0

표 2 콘크리트용 화학혼화제의 품질

(KS L 2560)

품질 항목	종류	AE제	감수제			AE감수제		
			표준형	지연형	촉진형	표준형	지연형	촉진형
감수율(%)	6 이상	4 이상	4 이상	4 이상	10 이상	10 이상	8 이상	
분리도량의 비(%)	75 이하	100 이하	100 이하	100 이하	70 이하	70 이하	70 이하	
응결시간의 차(mm)	초결	-60~+60	-60~+90	-60~+120	+30이하 (0 이하)	-60~+120	+60~+20 이하	
	종결	-60~+60	-60~+90	-60~+120 이하	0 이하	-60~+90 이하	+120~0 이하	
압축강도의 비(%)	재령 3일	95 이상	115 이상	105 이상	125 이상	115 이상	115 이상	
	재령 7일	95 이상	110 이상	110 이상	115 이상	110 이상	110 이상	
	재령 28일	90 이상	110 이상	110 이상	110 이상	110 이상	110 이상	
길이 변화비(%)	120 이하	120 이하	120 이하	120 이하	120 이하	120 이하	120 이하	
상대동탄성계수(%)	80 이상	-	-	-	80 이상	80 이상	80 이상	

(2) 감수제 및 AE감수제

감수제(water reducing agent)는 소정의 반죽 질기(consistency)를 얻는데 필요한 단위수량을 감소시키고 콘크리트의 워커빌리티등을 개선시키기 위해 사용하는 혼화제로 공기연행작용이 없는 감수제(감수율 3~8%)와 공기연행작용을 함께 하는 AE감수제, 즉 분산작용 및 공기연행작용이 합성되어 단위수량을 크게 감소(감수율 12~16%)시키는 것으로 나뉜다.

한편, 이들 감수제는 AE제에서는 기대할 수 없는 콘크리트의 응결시간을 조절하는 작용을 함께 하기 때문에 응결특성이 변화가 없는 것을 표준형, 지연되는 것을 지연형, 또 촉진되는 것을 촉진형이라 한다. 이와 같은 감수작용은 공기연행성도 있는 경우에 AE작용과 시멘트 입자의 분산작용에 의한 것으로 생각된다. 이 분산작용이란 계면활성의 하나로 볼 수 있고 감수제의 사용으로 얻을 수 있는 효과는 다음과 같다.

- ① 굳지 않은 콘크리트의 워커빌리티를 개선하고 재료의 분리를 방지한다.
- ② 시멘트의 효율을 증가시켜 동일 슬럼프를 얻기 위한 단위수량을 줄일 수 있고 강도도 증가되며, 동일한 강도를 만들기 위한 경우라면 시멘트량을 8~10% 정도 절약할 수 있다.
- ③ 동결융해에 대한 저항성이 증대된다.
- ④ 수밀성이 향상되고 투수성이 감소된다.
- ⑤ 내약품성이 커진다.
- ⑥ 건조수축을 감소시킨다.

표 3 계면활성제의 주요 효과

주요한 효과	계면활성제의 종류	AE제	감수제			AE감수제		
			표준형	지연형	촉진형	표준형	지연형	촉진형
굳지 않은 콘크리트	단위 수량 감소	○	△	△	△	◎	◎	◎
	단위 시멘트량 감소	-	◎	◎	◎	◎	◎	◎
	공기연행성	◎	-	-	-	◎	◎	◎
	워커빌리티 개선	◎	○	○	○	◎	◎	◎
	분리도 감소	◎	△	△	△	◎	◎	◎
콘크리트	콘크리트의 응결지연	-	-	◎	x	-	◎	x
	콘크리트의 응결촉진	-	-	x	△	-	x	△
	워커빌리티(pumpability) 개선	○	◎	◎	◎	○	○	○
	피니시빌리티(finishability) 개선	○	○	○	○	○	○	○
콘크리트	슬럼프 저하방지	-	○	◎	-	○	◎	-
	강도증대	-	○	-	◎	○	-	◎
	수화열 감소	-	○	◎	x	○	◎	x
	수밀성 증대	○	○	○	○	◎	◎	◎
	동결융해에 대한 저항성 증대	○	○	○	○	◎	◎	◎
콘크리트	동결융해작용에 대한 저항성 증대	◎	-	-	-	◎	◎	◎
	화학적침식에 대한 저항성 증대	○	○	○	○	◎	◎	◎
	마모에 대한 저항성 증대	-	○	○	○	○	○	○

콘크리트용 화학혼화제(계면활성제)의 품질 및 주요 효과는 표 2~3과 같다.

각종 콘크리트에 사용되는 계면활성제는 다음 표 4와 같이 분류할 수 있다.

(3) 고성능감수제(super-plastizer) 및 유동화제

고성능 감수제, 유동화제는 1960년 초 독일과 일본에서 처음 개발된 감수제의 일종으로서 시멘트의 응결지연성 및 공기연행성이 없기 때문에 다량첨가가 가능하고 단위수량의 대폭감소 및 대단

표 4 각종 콘크리트에 사용되는 계면활성제

조건	계면활성제의 종류 콘크리트의 종류	AE제			감수제			AE감수제		
		표준형	지연형	촉진형	표준형	지연형	촉진형	표준형	지연형	촉진형
재료	자갈 콘크리트	◎			○					◎
	부순골재, 고로 슬래그를 이용한 콘크리트	◎			○					◎
부재	경량 콘크리트	◎			○					◎
	매스 콘크리트	○	○	◎	×	○	◎			×
시공	고강도 콘크리트	△			○					◎
	한중 콘크리트	◎		×			◎	×		◎
특수	서중 콘크리트	○	○	◎	×	○	◎			×
	해수의 작용을 받는 콘크리트	○		○						◎
조건	수밀 콘크리트	◎			○					◎
	동결융해작용을 받는 콘크리트	◎		×						◎
시공방법	방사선 차폐용 콘크리트	○	○	○	×	◎	◎			×
	PS 콘크리트	○	△	△	×	◎	◎			×
시공방법	슬럼프 광범	◎		△						◎
	프리캐스트 콘크리트	△	○	◎	×	○	◎			×

(주) ◎특히 바람직함, ○바람직함, △사용가, ×사용불가

히 우수한 시멘트 입자의 분산능력을 갖고 있다.

고성능 감수제는 그 사용방법에 따라 고강도 콘크리트용 감수제와 유동화제로 나누어지지만 기본적인 성능은 동일하다. 즉, 고성능 감수제의 뛰어난 감수작용을 이용하여 보통 콘크리트와 같은 작업 성능을 가지면서 물·시멘트비 저감을 주목적으로 사용하는 경우는 고성능 감수제, 또 고성능 감수제로 감수시키지 않고 동일한 물·시멘트비로서 작업성능이 뛰어난 콘크리트 제조를 목적으로 하는 경우에는 일반적으로 유동화제로 불린다. 고성능 감수제, 유동화제의 분류로는 ① 폴리 알킬 아릴 설펜산염계, ② 맬라민 포르말린 수지 설펜산염계, ③ 방향족 다환축합물 설펜산염계, ④ 기타로 나눌 수 있다. 고성능 감수제가 콘크리트 성질에 미치는 영향 및 첨가량과 감수율과의 관계는 표 5와 그림 1과 같다.

(4) 촉진제(accelerater agent)

시멘트의 응결·경화를 염류의 첨가에 의해 촉진 또는 지연시킨다. 촉진제는 시멘트의 수화작용을 촉진하는 혼화제로서 감수제 및 AE감수제의 촉진형 이외에 염화칼슘이 많이 사용되고 있다.

그러나 염화칼슘은 특수한 경우 이외는 단독으로 사용되는 일이 거의 없고, 일반적으로 감수제

또는 AE감수제와 병용하여 촉진형의 감수제 또는 AE감수제로서 사용되고 있다. 염화칼슘은 응결·경화 촉진제로서 우수한 성능을 지니고 있으나 철근의 부식을 촉진하기 때문에 프리스트레스트 콘크리트 및 부식의 우려가 있는 철근 콘크리트에는 사용하지는 않으며, 일반적으로 시멘트 중량에 대해 2% 이하를 사용하고 있다. 또 최근에는 해사의 사용량이 급증하고 있어 총량규제 관점에서 일반적으로 철근 콘크리트에 염화칼슘은 거의 사용하지 않고 있는 실정이다.

촉진제는 콘크리트의 초기강도 발현의 촉진 및 거푸집 존치기간의 단축 또는 한랭공사시 초기동해방지 등에 유용하게 사용되고 있으나 2% 이상 사용하면 큰 효과가 없고 오히려 급결 및 강도저하를 나타낼 수가 있으며 콘크리트의 응결이 빠르므로 운반, 타설, 다짐작업을 신속히 해야 한다.

표 5 고성능 감수제가 콘크리트 성질에 미치는 영향

분산제	첨가량	W/C (%)	슬럼프 (cm)	공기량 (%)	압축강도(kg/cm <sup>2</sup> )		
					3 일	7 일	28 일
보통	0	39	5.5	0.8	180	313	425
나프탈렌	0.25	39	11.4	1.1	221	377	475
	0.50	39	25.0	0.8	255	432	495
	0.75	39	25이상	0.6	199	302	380
	1.00	39	25이상	0.6	160	270	345
리그닌 설펜산 칼슘	0.25	39	10.0	3.0	213	366	467
	0.50	39	17.3	7.1	210	354	448
	0.75	39	21.4	10이상	125	273	338
	1.00	39	21.3	10이상	미경화	미경화	176

(주) 시멘트 440kg/m<sup>3</sup>, S/a=36.3%, slump=5.5±1.0cm

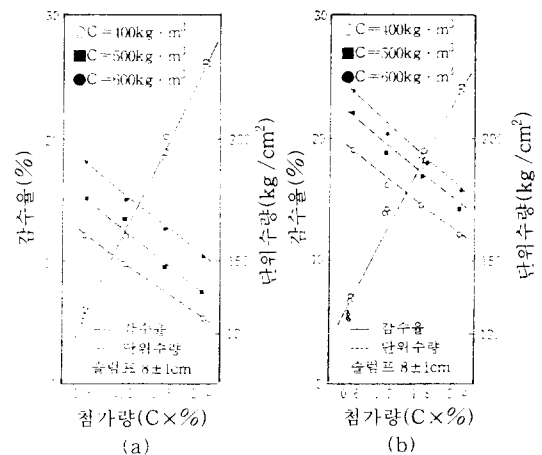
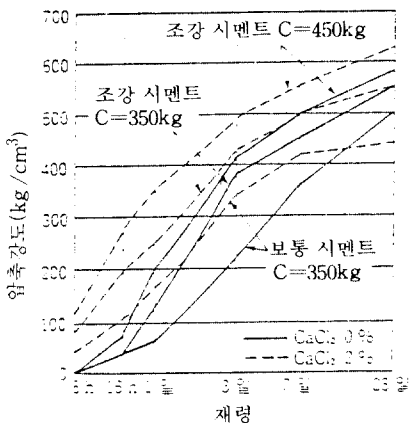
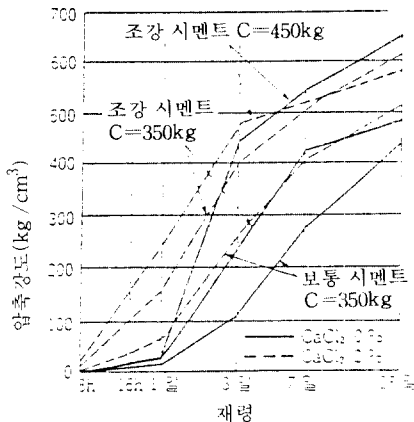


그림 1 고성능 감수제의 첨가량과 감수율과의 관계

또 지하철이나 전철구간에 있는 터널의 철근 콘크리트는 균열이 생기기 쉽고 프리스트레스트 콘크리트의 PS강재가 부식할 우려가 있으며, 염화칼슘을 사용한 콘크리트는 황산염에 대한 화학저항성이 작기 때문에 주의할 필요가 있다. 염화칼슘을 사용한 포틀랜드시멘트의 압축강도는 그림 2와 같다.



(a) 21°C 양생



(b) 10°C 양생

그림 2 염화칼슘을 혼합한 포틀랜드 시멘트의 압축강도

### (5) 지연제(retarder)

지연제는 콘크리트의 응결 및 초기경화를 지연시킬 목적으로 사용하는 혼화제로서 지연효과를 가진 물질로서는 당류, 옥시카본산염, 폴리 하이 드록시 화합물, 리그닌 설폰산염 및 인산염 등의

무기화합물이 있다. 지연제에는 통상 순수지연제와 감수성을 가진 지연제가 있고 야간작업을 하지 않고 연속작업을 가능케 하는 초지연제도 있다.

지연제의 용도로는 서중 콘크리트 시공시 워커빌리티의 저하 및 레디믹스 콘크리트의 운반거리가 멀어 장시간 소요되는 경우에 효과적이고, 또 수조, 사일로 및 대형구조물 등 연속타설을 필요로 하는 콘크리트 구조에서 작업이음(cold and weak joint) 발생 등의 방지에 효과적이다. 콘크리트의 응결시간 측정에는 보통 프록터의 관입저항침에 의한 시험방법이 사용되고 있다.

### (6) 급결제(quick setting agent)

급결제는 시멘트의 응결을 극도로 촉진하여 단 시간에 굳게 하기 위해 사용하는 혼화제로서 사용량, 사용시의 온도, 물·시멘트비, 사용 시멘트의 종류에 따라 다르기 때문에 사용할 때는 충분한 조사가 필요하다.

급결제는 뿔어붙이기 공법(shotcrete), 그라우트에 의한 누수방지공법 등에 이용되며 뿔어붙이기 공법에 이용되는 급결제는 알루미늄염(알루미늄 산소다, 황산알루미늄 등)과 탄산염을 주성분으로

표 6 각종 급결제를 첨가한 시멘트의 응결시간

종 류	첨가량 (%)	W/C (%)	초결 (hr:min)	종결 (hr:min)	비 고
-	-	27.0	1:50	3:00	정상
CaCl <sub>2</sub>	1.0	28.7	1:28	2:30	정상
	4.0	31.1	1:20	0:55	급결
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	1.0	30.7	0:70	0:10	급결
	2.0	31.7	0:40	0:50	급결
NaAlO <sub>2</sub>	1.0	45.0	0:08	0:42	급결
	3.0	45.0	0:04	0:52	급결

표 7 시판 콘크리트 급결제의 분류와 특징

type	주성분	비 중		분말도 (cm <sup>2</sup> /g)	표준첨가량 사용범위		특 징
		검보기비중	진비중		C에 대한 중량비(%)		
A	무기염계	0.7~0.9	2.4	1000~2400	3	3~5	고알칼리형
B	무기염계	0.7~0.9	2.4	1000~4200	5	4~6	저알칼리형
C	시멘트계	0.8	2.6	4200	5	4~10	용수에 강함
D	무기염계	액상	1.3	-	5	4~6	습식주입용
E	CAS계	1.0	2.9	5400	10	10~30	저알칼리형, 안정형
F	천연광물	0.8~1.0	2.4	7500	5	4~7	강도저하가 낮음

한 것이 많고, 지수용으로는 규산소다를 주성분으로 한 것이 많다. 또 급결제의 사용은 1~2일의 단기강도는 현저히 증대하지만 장기강도의 발현은 보통 느린 경우가 많다. 각종 급결제를 첨가한 시멘트의 응결시간은 표 6과 같고 시판되고 있는 급결제의 분류별 특징은 표 7과 같다.

(7) 방수제(防水劑, water-proof agent)

방수제는 콘크리트의 흡수성, 투수성을 감소시키기 위해 사용하는 혼화제로서 굳지 않은 콘크리트 속의 작은 공극을 충전시키고 폐쇄시키며, 시멘트의 수화반응에 따라 생기는 가용성 물질을 불용화(不溶化)하고, 또 콘크리트 내부에 불투수층 또는 폐수막(廢水膜)을 형성시키는 역할을 한다.

방수제의 종류에는 다음과 같은 것이 있다.

무기질계 : 염화칼슘, 규산소다, 실리카질 분말, 지르코늄 화합물 등.

유기질계 : 고급지방산, 파라핀 에멀션, 수지 에멀션, 고무 라텍스, 폴리비닐알코올, 실리콘

이들 방수제 중에는 방수효과를 증대시켜도 콘크리트의 다른 성질을 해치는 것도 있어 선택시 충분한 주의를 해야 하며, 보통 방수공사는 감수제 또는 AE제를 사용하여 부배합의 위커블한 콘크리트를 만들어 정확하게 시공해야 한다.

(8) 수중 콘크리트용 혼화제

콘크리트에 수용성 고분자를 첨가, 점조성(粘調性)을 부여하여 수중 자유낙하에 의한 물의 세척작용을 받아도 시멘트와 골재의 분리를 막아 수중 콘크리트의 용이한 시공을 가능케하는 혼화제를 말하며, 이 수용성 고분자를 수중 콘크리트용 혼화제(분리저감제)라 한다. 분리저감제의 주성분은 수용성 고분자로 되어 있는 셀룰로오스계와 아크릴계의 두가지 종류가 있으나 주로 셀룰로오스계가 사용되고 있다.

그밖에 혼화제에는 방동내한제(防凍耐寒劑), 즉시탈형 콘크리트용 혼화제, 역방향타설 콘크리트용 팽창성 혼화제, 수화열억제제 등이 있다. 한

편, 혼화제의 사용량은 그 종류 및 용도 그리고 제조회사 등에 따라 다소의 차이가 있으나, 일반적으로 사용되는 혼화제의 대략적인 사용량은 표 8과 같다.

표 8 혼화제의 사용량

혼 화 제	사용량(시멘트 증량에 대한 백분율%)
AE제 : 빈졸레진(분말)	0.004~0.012
빈졸 NVX	0.02~0.08
다렉스(원액)	0.02~0.08
감수제 : 포졸리스 No.5 (일반용)	0.5
포졸리스 No.8 (덤용)	0.25
포졸리스 No.10 (조강용)	1
포졸리스 No.100 (포장용)	0.2
Mighty 150 (유동화용)	0.6~2.4
Sanflo FBF (유동화용)	0.3~1.5
NP 10 (유동화용)	0.24~1.2
촉진제 : 염화칼슘(CaCl <sub>2</sub> )	1~2
지연제 : 포졸리스 No.8	응결, 경화시간, 온도에 따라서 조절한다.
리타르	
급결제 : 탄산소다, 알루미늄산소다, 규산소다	0.005~0.02
발포제 : 알루미늄 분말	

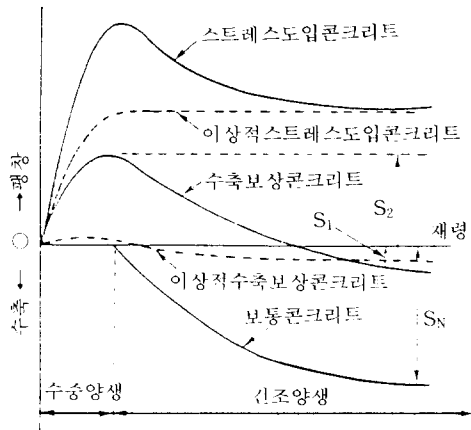


그림 3 팽창콘크리트의 팽창 특성

(9) 팽창재(膨脹材, expansive producing admixtures)

모르터 및 콘크리트는 인장강도가 적고 경화시 발생하는 수화열에 의한 내부응력 발생 및 건조수축이 철근이나 기타로 구속되면 인장응력이 생기고 때로는 균열을 발생시켜 누수문제, 탄산화와

염분의 침투에 기인한 철근의 부식 등 콘크리트의 불성에 악영향을 미치게 되므로 이 수축성을 개선할 목적으로 개발된 것이 팽창 시멘트 또는 팽창재이다. (그림 3 참조)

팽창재에는 대표적인 것으로 칼슘 설포알루미늄산염(calcium sulfo-aluminate, CSA)계와 석회(CaO)계가 있다. CSA계는 보오크사이트, 석회석, 석고를 원료로 하여 1200~1400℃에서 소성한 것이고, 시멘트 경화체 중에서 팽창성의 에트링가이트(ettringite,  $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3CaSO_4 \cdot 32H_2O$ )를 생성한다. 또한, 석회계는 석회석 및 점토를 원료로 하여 1400~1500℃로 소성한 것이고 CaO의 수화반응에 의한  $Ca(OH)_2$  생성시의 팽창압을 이용한 것이다.

팽창재를 혼입한 팽창 콘크리트는 수축균열의 발생을 방지할 목적으로 재조된 것으로서 수축보상형(shrinkage compensating concrete)과 화학적 프리스트레싱형(self-stressing concrete)으로서 적용되고 있다. 이밖의 철의 산화에 의한 팽창작용을 이용하여 교량의 지지부를 설치하거나 기계장치의 지지부 등의 그라우트 모르타르용으로 사용한다. 또 물탱크, 지붕슬래브, 지하벽 등의 방수이음부를 없애는 콘크리트 포장, 휴관 등에 이용하고 지나친 사용은 팽창균열을 일으키므로 주의해야 한다.

#### (10) 방청제(防鏽劑, corrosion-inhibition agent)

철근 콘크리트용 방청제는 잔알재로서 해사를 대량 사용해야 하는 경우 철근 콘크리트의 방청을 목적으로 사용하는 혼화제이다. 균열이 없는 양호한 콘크리트 중에는 시멘트 수화에 따르는 강알칼리 환경으로 철근 표면에는 얇은 부동태 피막을 형성하여 부식을 막아 주고 있으나, 콘크리트 중에 어느 한도 이상의 염분이 존재하면 이 부동태 피막을 국부적으로 파괴하여 부식반응이 촉진되고, 그 결과 녹의 생성에 따른 팽창압력에 의해 표피부의 균열 분리를 가져와 내구성을 현저히 저하시키게 된다.

염분에 의한 부식촉진작용은 전기화학적 반응에 의한 것이고, 이것을 방지할 목적으로 사용되

는 것이 방청제이다. 방청제의 종류로는 양극형 방청제, 음극형 방청제, 흡착형 방청제의 세 가지로 나눌 수 있으며, 방청제는 장기간에 걸쳐 우수한 지속적인 방청효과를 발휘해야 하고 콘크리트의 응결, 경화 및 내구성을 해치지 않으며 취급이 용이하고 인체에 유해하지 않아야 한다. 그러나 방청제의 사용은 사용하는 해사중의 염분함유량을 줄여 주고 콘크리트의 배합 및 적절한 철근의 피복두께의 확보 등 구조상의 배려가 동시에 이루어지는 것이 중요하다.

### 5. 혼화제에 대한 전망과 기대


최근의 혼화제를 살펴보면 콘크리트의 단점을 해소하고, 설계·시공법에 새로운 변화를 가져오는 혼화제가 출현하고 있다. 새로운 혼화제가 개발되는 배경에는 종래보다 높은 품질, 경제성, 특수한 환경하에서도 사용가능한 것 등을 들 수 있다. 향후에는 혼화제 성능이 보다 다양하게 요구하게 될까 동시에 콘크리트 구조물의 조기 열화문제에서부터 내구성 향상에까지 기여할 혼화제 개발에 좀 더 기대하고 싶다.

또한 최근의 혼화제 개발은 신소재나 신공법과 깊은 관계에 있기 때문에 종래의 콘크리트 혼화제 메이커가 개발하는 것 이외에 학계나 산업계 등과 연계하여 개발되었으면 한다.

혼화제의 일반적 성질 등이 콘크리트 재료의 품질(시멘트 종류, 제조회사, 골재품질 등)이나 시공조건에 따라 사용효과가 상이하다. 또한 혼화제의 사용에는 장점과 단점이 있다. 따라서 장점을 충분히 발휘할 수 있도록 적절한 사용방법에 대한 교육이 필요하다. 특히 콘크리트에 대한 요구성능이 다양화 되면서 수종의 혼화제를 병용하는 경우가 있기 때문에 이런 경우 그 영향에 대해서도 충분히 검토할 필요가 있다.

끝으로 콘크리트 구조물은 공공성이 높고, 반영구적인 것이기 때문에 콘크리트 구성요소의 하나인 혼화제의 적용에도 세심한 배려가 있어야 한다고 사료된다.

## 참 고 문 헌

1. 박승범, 최신토목재료학, 문운당, 1995.
2. 박승범, 최신토목재료 실험, 문운당, 1993
3. 오병환, “플라이 애쉬 및 플라이 애쉬 콘크리트의 제반 특성 및 이용”, 韓國콘크리트학회, Vol.3, N0.3, 1991.9, pp.5-22.
4. 변근주, “혼화재료”, 한국레미콘협회, 1990
5. 服部 コンクリート工學, Vol.14, No.3, 1976, pp.12-19.
6. 中島浩二, 混和濟의 特質과 適用, 日本콘크리트工學, 1988.3
7. 정상진 外 공저, 건축재료학, 보성각, 1995
8. 정현수, 일반혼화제의 특성과 이용, 韓國 콘크리트학회, Vol.3, N0.3, 1991.9, pp.43-49. 

## 콘크리트학회 전문서적 보급안내

### 철근콘크리트 구조설계매뉴얼(신간)

#### ■ 한국콘크리트학회 편

본서는 극한강도 설계공식에 근거하여 도표와 설계예제를 작성하였으며, 그림을 이용하여 설계를 쉽고 빠르게 할 수 있고 또, 설계과정에서 반복되는 계산을 함축하여 계산과정을 단축시켜 설계실무에 편리하도록 집필되어 있다.

- A4 · 3권/ 총가 37,000원(회원 10% 할인), 우송시 송료 2,700원 별도부담
- 제1권 : 보 · 브라켓 · 기초의 설계
- 제2권 : 기둥 · 벽체의 설계
- 제3권 : 슬래브의 설계

### 콘크리트구조물의 비파괴검사 및 안전진단(신간) -제2회 기술강좌 교재 보정판-

#### ■ 한국콘크리트학회 편

이 책은 건설현장 기술자들이 유용하게 활용할 수 있는 비파괴시험의 관련 원리 및 적용방법에 대한 최신 기술은 물론, 건축 · 토목공사용 콘크리트구조물의 안전진단 및 유지관리 · 보수방법과 콘크리트의 내구성 향상과 관련 시험방법에 관한 내용을 이해하기 쉽게 상세히 기술하고 있다.

- B5 · 408면/ 定價 17,000원(회원 10% 할인), 우송시 송료 2,100원 별도부담

### 최신 콘크리트공학

#### ■ 한국콘크리트학회 편

이 책은 콘크리트 기본 구성재료의 특성 및 요건 등을 분석하고, 이들 구성재료를 이용한 배합설계, 굳지 않은 콘크리트의 기본성질, 혼합, 운반 및 타설과정의 특기사항, 양생, 콘크리트의 시험, 품질관리, 내구성 뿐만 아니라 최근에 개발되고 있는 새로운 콘크리트의 제조 및 제반 특성에 이르기까지 포괄적인 내용을 실고 있다.

- B5 · 682면/ 定價 18,000원(회원 10% 할인), 우송시 송료 2,100원 별도부담