

<콘크리트 혼화재>

고급화 · 특수화 품질경쟁으로 과포화시장 경쟁 극복해야 ...

혼화재료란 콘크리트 배합시 첨가되는 물, 골재, 시멘트 등 주요성분 이외의 제4성분으로 콘크리트의 제성질을 개선하거나, 특성을 부여하기 위해 사용되는 재료를 말한다. 혼화재료는 사용량, 재료의 작용, 효과, 사용목적 및 재료의 조성 등을 기준으로 약간 다르게 분류되는데, 우리나라 및 일본에서는 단위시멘트량에 대한 첨가량에 따라 분류한다.

단위시멘트당 3% 이상이 사용됐을 경우는 혼화재로, 3% 미만이 사용될 경우 혼화제로 구분되는데, 흔히 혼화재로 통용된다. 대표적인 예로 혼화재는 고로슬래그분말, 플라이애쉬, 시멘트팽창재와 같이 다량으로 사용되는 것이며 혼화제는 AE제, 감수제, 지연제 등과 같이 첨가제로서 소량 사용된다.

혼 화 재

현재 국내 사용되고 있는 혼화재로는 포졸란 작용이 있는 플라이애쉬, 신더애쉬, 실리카흙 등이 있고, 고로슬래그, 콘크리트용 팽창재, 착색재, 내마모재, 시멘트용 폴리머 등이 있다.

플라이애쉬는 신더애쉬, 실리카흙 등과 함께 포졸란 작용이 있는 경우로 화력발전소에서 미분탄을 연소시켜 신더애쉬와 병산한다.

최근 미국에서는 레미콘 생산량의 약40% 정도에 플라이애쉬가 혼용되고 있다.

실리카흙은 실리콘, 페로실리콘(FeSi), 실리콘 합금 등을 제조할 때 생기는 폐가스 중에 포함된 SiO₂를 집진기로 채집하여 얻은 초미립자의 부산물로 비료의 고결방지재, 규산칼슘원료 등으로 사용돼 왔다.

혼화재와 혼화제의 비교		
항 목	혼 화 재	혼 화 제
상 태	일반적으로미분말	액체 또는 분말 (통상물예회석하여 사용하고, 슬러리 상태의 것은 물에 잘용해하여 사용)
무 기 계 유 기 계 별	일반적으로무기계 (시멘트용폴리머는유기계이나 다량으로사용하므로혼화재로간주한다.)	일반적으로유기계 (방청제및응결촉진제의주재료는무기계, 방수제는 유기·무기계)
사 용 량	다량(단위시멘트량의3% 이상)	소량(단위 시멘트량의 1% 이하)
사 용 방 법	배합설계시중량고려 (단, 폴리머는제외)	배합설계시중량무시 (시멘트중량의백분율로표시)
시 멘 트 · 반 응 성	일반적으로시멘트와수화반응 (착색재, 내마모재, 시멘트용폴리머는반응하지 않음)	대부분혼화제가시멘트수화물과반응 (수축조절제, 방청제, 방동제의반응은 적음)

콘크리트에는 1950년 노르웨이에서 처음 사용되기 시작했다.

실리카흙은 고강도화, 수밀성 증대 및 내동결융해성 향상, 작업성 증대 등의 목적으로 사용되며 블리딩 감소, 재료 분리감소, 섬유분산효과, 백화방지, 용이한 표면마무리 등 다양한 분야에 활용될 수 있다.

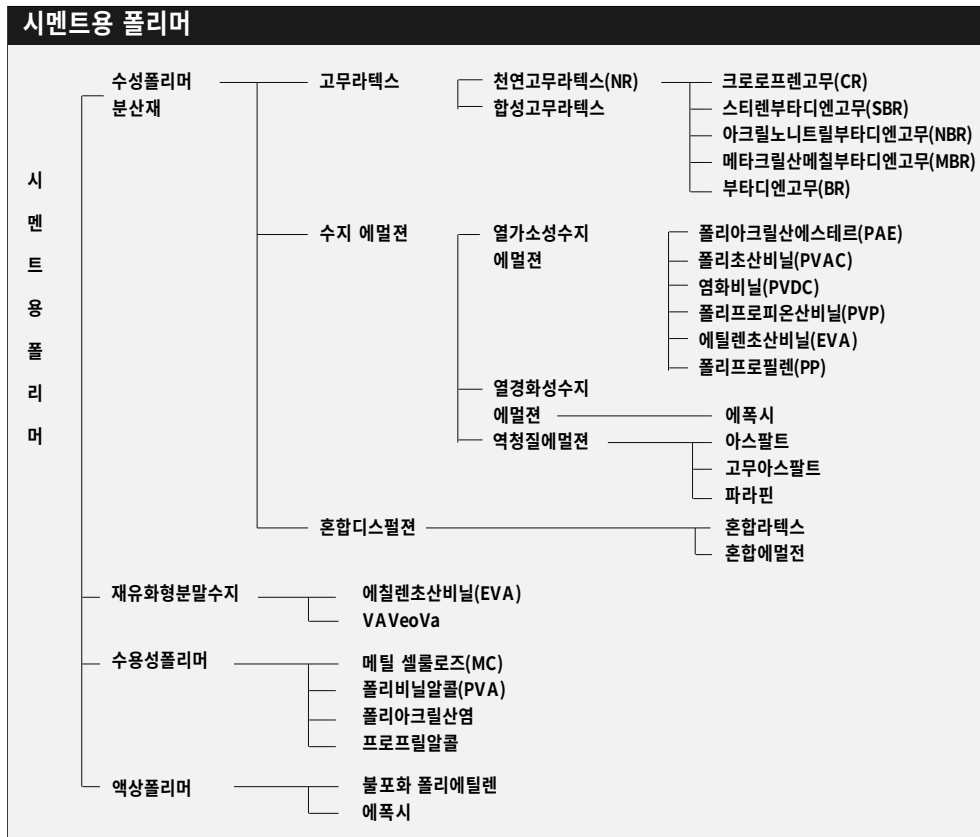
고로슬래그는 콘크리트반죽 혼합시에 콘크리트믹서에 투입되어 소위 혼화재 방식으로 사용되기 시

작해 현재는 건조 고로슬래그분말형태가 쓰이고 있다.

고로슬래그분말은 콘크리트 믹서에 직접 투입하나 혼화재라는 개념보다는 콘크리트 믹서내에서 고로시멘트를 제조한다는 논리에 따라 일본·미국 등에서는 혼화재료로 분리되지 않는 것이 지배적이다.

AE제의 품질규격			
규격	KSF 2560, JIS A 6024	ASTM C 233, C260-1976	CSA A 266, 1-1973
항 목	한국, 일본	미 국	캐나다
공 기 량	기준콘크리트는 2.0%이하 시험콘크리트는 기준콘크리트 의 $3.0 \pm 0.5\%$ 를 가한 것	표준콘크리트는 5.5% 시험콘크리트는 $5.5 \pm 0.5\%$	비교용콘크리트(R)는 5~7% 시험콘크리트(T)는 비교용콘 크리트 $\pm 0.5\%$
배 합	굵은골재최대치수 20mm 골재 품질 및 입도 지정. 시멘트는 보통시멘트 3종류 등 량배합 SL-8 ± 1 cm의 경우 C-280kg/cm ³ SL-18 ± 1 cm의 경우 C-300kg/cm ³ (쇄석을 사용한 경우 단위시 멘트량을 20kg/cm ³ 증가) s/a는 기준콘크리트의 40~50 %, 시험콘크리트에서는 기준 콘크리트로부터 1~3% 감소	굵은골재최대치수 25mm 골재 품질 및 입도 지정 시멘트는 I 형(II형) 시멘트 3종배합 시방이외의 경우 C-370kg/cm ³ SL-6.3 ± 1.3 cm	굵은골재최대치수 25mm 골재 품질 및 입도 지정 시멘트는 CSA 규격 A5 3종 등량배합 C-267kg ± 3 kg/cm ³ SL-7.6~10.2cm(비교용콘크 리트) SL-비교용콘크리트 $\pm$ 1.3cm(시험콘크리트)
감 수 율	6% 이상		
블 리 이 딩 량 비	75% 이하	블라이딩이 표준콘크리트보다 2% 이상 크지 않은 경우	
응 결 시간 차	시발, 종결 ± 60 분	시발, 종결 ± 1 시간 15분	시발 ± 1 시간
압 축 강 도 비	재령 3일 95% 이상 재령 7일 95% 이상 재령 28일 90% 이상	재령 3일 90% 재령 7일 90% 재령 28일 90% 재령 6월 90% 재령 1년 90%	재령 3일 100% 이상 (T/R*100*1.05) 재령 7일 100% 이상 (T/R*100*1.05) 재령 28일 100% 이상 (T/R*100*1.05) 재령 6월 100% 이상 (T/R*100*1.05) 재령 1년 100% 이상 (T/R*100*1.05)
휨 강 도 비		재령 3일 90% 재령 7일 90% 재령 28일 90% 재령 6개월 90% 재령 1년 90%	
길이 변화 비 (%)	12% 이하	건조 14일 후와 비교해 표준콘 크리트의 120% 이하(만일 표 준콘크리트 14일 후의 수축이 0.03% 이하이면 표준보다 큰 것도 0.006% 이하)	필요한 경우 실시 R의 변화가 0.03%를 넘을 때 T/R < 1.20 R의 변화비가 0.03%를 넘지 않을 때 (T-R) < 0.006
내 동 결 용 해 성	80% 이상	80% 이상	100% 이상 (T/RX100X1.10) 특히 필요한 경우 기포간격 계 수를 측정하여 T < 0.2mm

콘크리트용 팽창재는 시멘트 및 물과 함께 혼합하였을 경우 수화반응에 의해 Ettringite 또는 수산화칼슘 등을 생성하고 모르타르 또는 콘크리트를 팽창시키는 작용을 하는 것으로 K.S.M 형으로 분류된다.



K팽창재는 $3\text{CaO} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3$, CaSO_4 와 석고(CaSO_4) 및 산화칼슘(CaO)으로 이루어져 있어 팽창성의 Ettringite를 생성하는 것을 말한다.

S형 팽창재는 알루미늄산3칼슘($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$)과 석고의 혼합물로 Ettring-ite을 생성하며 일반적으로 알루미늄산 3칼슘의 함유물이 많은 시멘트 클링커에 석고를 다량으로 혼합 분쇄시켜 제조한다.

M형 팽창재는 알루미늄시멘트 주광물($\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$)과 석고의 혼합물로 마찬가지로 Ettring-ite 를 생성한다.

착색재는 콘크리트에 색을 입히는 혼화재로 물에 용해되는 염료, 물과 용매에 용해되지 않는 안료로 대별되는데, 콘크리트에는 주로 안료가 사용된다.

콘크리트용 안료는 분산성, 내광성, 내알칼리성 등이 우수해야 하며 색의 농도가 진해야 하고, 입자 미세, 콘크리트 물성 보존 등의 기능을 갖추어야 한다.

시멘트수화물은 경화시간이 길고, 인장 강도가 낮으며 건조수축이 크고, 내약품성이 떨어진다는 결점을 가지고 있는데 이러한 결점들을 보완하기 위해 사용되는 것이 시멘트용 폴리머이다.

시멘트용 폴리머에는 수성폴리머분산재, 재유화형분말수지, 수용성폴리머, 액상폴리머 등으로 분류된다.

혼 화 제

혼화제로는 워커빌리티와 내동해성을 개선시킬 목적으로 사용되는 AE제(Air Entraining Admixture), 워커빌리티를 개선하여 단위수량이나 단위시멘트량을 감소시킬 목적으로 사용되는 감수제, 응결·경화시간 조절제, 방수제, 기타 수축조절제, 방청제, 발포제, 기포제, 방동·내한제 등이

있다.

AE제(Air Entraining Admixture)는 콘크리트등의 내부에 미소한 기포를 일정하게 분포시키기 위해 사용하는 혼화제로 콘크리트의 워커빌리티 개선, 내동결융해성에 대한 저항성 향상에 특별한 효과가 있다.

AE제는 계면활성제와 마찬가지로 계면에너지를 저하시키는 역할을 하며 수용액의 전기적 성질에 따라 음이온계 AE제, 양이온계 AE제, 양성계 AE제, 비이온계 AE제로 분류된다. 콘크리트용으로는 음이온계 AE제가 가장 많은데, 수지비누, 유산에스테르 및 황화물계가 있다.

감수제는 워커빌리티를 개선하여 단위 수량이나 단위시멘트량을 감소시킬 목적으로 사용되는 혼화제로 감수제, AE감수제, 고성능감수제 등이 있다.

감수제 · AE감수제의 품질기준															
기 관 항 목		미국 ASTM C 494-82			영국 BS-5075-82 Part 1			캐나다 CSA A 266.2 M78		우리나라 KSF2560					
		A형 감수제	D형 감 수 지연제	E형 감 수 촉진제	감수제 표준형	감수제 지연형	감수제 촉진형	WN형 감수제 표준형	WR형 감수제 지연제	감수제			AE감수제		
										표준형	지연형	촉진형	표준형	지연형	촉진형
단위수량비		95이하			-			95이하	95이하	96이하			90이하	90이하	92이하
블리이딩량비(%)		-	-	-		-		-		100이하			70이하		
압축강도비 (%)	3일	110이상	110이상	125이상	-	-	125이상	115이상	105이상	105이상	125이상	115이상	105이상	125이상	
	7일	110이상	110이상	110이상	110이상	110이상	-	115이상	110이상	110이상	115이상	110이상	110이상	115이상	
	28일	110이상	110이상	110이상	110이상	110이상	100이상	115이상	110이하	110이상	110이상	110이상	110이상	110이하	
	6개월	100이상	100이상	100이상	-	-	-	100이상	-	-	-	-	-	-	
	1년	100이상	100이상	100이상	-	-	-	100이상	-	-	-	-	-	-	
휨강도비 (%)	3일	100이상	100이상	110이상	-			-	-			-			
	7일	100이상	100이상	100이상	-			-	-			-			
	28일	100이상	100이상	100이상	-			-	-			-			
길이변화율(%)		135이하			-			135이하	120이하	120이하	120이하				
응결시간의 차 (시간 : 분)	시발	-1:00 ~	+1:00 ~	-1:00 ~	-1:00	+1:00	+1:00 ~	-1:20 ~	+1:00 ~	-1:00	+1:00	+3:30	-1:00	+1:00 ~	0:30
		+1:30	+3:30	-3:~30	이내	이상	이상	+1:20	+3:00	+1:30	~+3:30	이하	~+1:30	~+3:30	이하
		-1:00 ~	+3:30	-1:00	-1:00	-	-1:00 ~	-	-1:00	+3:30	0:00	-1:00	+3:30	0:00	
	종결	+1:30	이하	이하	이내		이하		~+1:00	이하	이하	~+1:30	이하	이하	
동결융해에대한 저항성 저하율(%)		80이상			-			100이상	-	-	-	80이상			

감수제 · AE감수제는 시멘트분산작용, 공기연행작용에 의해 시멘트 효과를 증대시키고 콘크리트의 단위수량을 대폭 감소시킨다.

감수제 · AE감수제는 콘크리트의 워커빌리티를 대폭 개선할 뿐만 아니라 중화콘크리트의 제성질을 개선하여 경제성을 향상시키기 때문에 레미콘, 콘크리트 2차 제품, 현장타설콘크리트에 광범위하게 사용되고 있다.

고성능 감수제(Super-Plastizer : SP) 또는 유동화제로 사용되는 나프탈린 설폰산포름알데히드의 Na 염은 분산성이 우수하고 경화지연과 공기연행성이 적게 발생해 최근 각각 목적에 적합한 SP의 연구가 활발히 진행되고 있다.

시멘트 수화반응을 자극하여 콘크리트에 급결성을 부여하는 급결제에는 액상형과 분말형이 있다.

약제별 분류로는 무기염계, 유기질계, 시멘트광물계로 나누는데, 무기염계에는 알루미늄산소다, 탄산소다, 규산소다가 있고 시멘트광물계에는 알루미늄산 칼슘류 및 칼슘설폰알루미네이트가 있다.

콘크리트의 응결과 경화를 촉진하는 촉진제로는 염화칼슘, 황산칼슘 등의 무기질 촉진제와 트리에탄올아민 등의 아민류, 초산 아크릴산 등 유기산 Ca염이 주로 사용된다.

모르터의 흡수 및 투수에 대한 저항성능을 높이기 위해 혼입되는 방수제는 시멘트수화반응을 촉진시키는 CaCl_2 와 불용성의 규산칼슘($\text{nCaO} \cdot \text{SiO}_2$)을 생성하여 공극을 충전시켜 치밀한 조직을 갖게 하는 규산소다($\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{nSiO}_2$) 등이 있다.

이외 실리카겔 분말계, 고급지방산계, 파라핀에멀전계 및 아스팔트에멀전계 제제들이 있다.

기타 콘크리트 혼화제로는 건조시 일어나는 수축을 방지하기 위한 수축조절제, 수중불분리성 혼화제, 방청제, 발포제 및 기포제, 방동·내한제 등이 있다.

방청제는 콘크리트내 철근의 부식방지를 위한 것이며, 수중불분리제의 경우는 수중공사시 주위의 물에 의해 시멘트 골재가 분리되는 것을 방지하는 역할을 한다.

콘크리트 성질 개선에 따른 혼화제의 종류																
대상 콘크리트	사용혼화제의 종류 개선목적	A E 제	응 결 제	결 지 연 제	감 수 제	고성능 감수제		A E 감수제		고성능 AE 감수제		유 동 화 제		중 점 제	기 타 혼화제	사 용 방 법
						표준형	지연형	표준형	지연형	표준형	지연형	표준형	지연형			
굳지 않은 콘크리트 의 성질 개선	단 위 수 량 감 소	●			●	●	●	●	●	●	●	●	●			반죽전
	단 위 시멘트감소				●	●	●	●	●	●	●	●	●			또는
	소 성 향 상	●			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	수중콘크리트용	반죽중
	점 착 성 향 상	●				●	●	●	●	●				●	수중콘크리트용	콘크리트
	공 기 연 행	●				●	●	●	●	●				●	발포제, 기포제	에 혼합
	슬럼프손실감소				슬럼프로스 저감형											
	재 료 분 리 저 항	●			●		●	●	●	●	●	●	●	●	수중용, 발포제	
	펌프압송성향상	●					●	●	●	●	●	●	●	●		
	마 무 리 성 개 선	●					●	●	●	●	●			●		
	응 결 시 간 지 연			●			●			●		●			초지연제	
	응 결 시 간 축 진		●						●							
	불 리 이 딩 감 소	●			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	수중용, 발포제
	동 결 방 비															내한제
	초기수화열감소			●			●			●		●				수화열감소제
	초기균열감소	●			●	●		●		●	●	●	●	●	●	초지연, 수축저감제
성질 개선	마 무 리 개 선	●				●	●	●	●	●				●		
	초기강도증대			●	●	●	●		●	●		●				
	경화 장 기 강 도 증 대				●	●	●	●	●	●	●	●	●			
	수 화 열 감 소			●	●	●	●	●		●	●	●	●			
	충격저항성증대				●					●	●					
	길 이 변 화 감 소				●	●	●	●		●	●	●	●			폴리머콘크리트용
	내 동 결 용 해 성	●					●	●	●	●						
	흡 수 성 감 소	●			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	방수, 폴리머
	투 수 성 감 소	●			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	방수, 폴리머
	중성화속도감소	●					●	●	●	●	●					폴리머, 중성화저감제
향 상	A A R 의 감 소	●				●	●	●	●	●						폴리머, AAR저감제
	내 약 품 성 향 상															폴리머콘크리트용
	철 근 부 식 방 지															방청제
	특수 경 량 콘 크 리 트	●	기포제, 발포제(발포된기포를첨가하여사용해도됨)													
콘크리트	프리팩트콘크리트		프리팩트 콘크리트용 혼화제													
리트	팽 창 콘 크 리 트		발 포 제													
의 제조	초고강도콘크리트					●				●	●	●	●			
	수 중 콘 크 리 트															수중콘크리트용
	뿔어붙이기콘크리트															급결제, 뿔어붙이기전 사용

열 화 방 지 제

최근 환경오염 등에 의한 콘크리트의 열화가 심각해짐에 따라 콘크리트 열화방지제에 대한 관심이 높아지고 있다.

콘크리트 열화는 물리적·화학적 요인에 의해 그 원인을 찾을 수 있다.

콘크리트는 강알칼리로 1800°C 이상에서 열을 받으면 부착성을 상실하여 Crack이 형성된다.

또한, 대기중의 아황산가스, 산성비 등에 의해 산과 접촉시 중성화가 일어나 약화되는 경향이 있다.

골재와의 상호 화학적 반응에 의해서도 콘크리트내의 용적이 발생해 Crack이 형성될 수 있다.

최근 교통량이 많아지면서 배기가스 유출량이 증가, 산성비로 이어짐에 따라 콘크리트의 열화가 심해지고 있으며 이에따라 콘크리트 열화방지제의 중요성이 부각되고 있다.

콘크리트 열화방지제는 프로세스에 따라 콘크리트 내부 첨가형태와 표면 도포형태로 구분할 수 있다.

콘크리트 표면보호제는 m2단위로 계량하며 고분자계와 무기질계로 나뉜다.

고분자계는 폴리에스테르계, 에폭시계, 스티렌계 등으로 세분화되며 이것들을 다시 변성 사용하고 있다.

콘크리트 열화방지용 도장재료의 규격은 중요한 요인인데 특히 최근 중시되는 것은 Crack 추종성능이다.

국내 콘크리트 혼화제 수요추이							(단위 : M/T, %)		
구 분	1988	1989		1990		1991		1992	
	수 량	수 량	증감률	수 량	증감률	수 량	증감률	수 량	증감률
쌍 용 양 회	2,543	2,605	2.4	2,560	▽1.7	2,806	9.6	2,671	▽4.8
진 성 레 미 콘	1,280	1,226	▽4.2	1,049	▽14.4	1,382	31.7	1,302	▽5.8
고 려 산 업 개 발	1,238	1,276	3.0	1,391	9.0	1,442	3.7	1,532	6.2
동 양 시 멘 트	1,206	1,416	17.4	1,667	17.7	1,797	7.8	1,606	▽10.6
한 일 시 멘 트	755	794	5.2	784	▽1.3	979	24.9	952	▽2.8
아 세 아 시 멘 트	591	515	▽12.9	570	10.7	612	7.4	597	▽2.5
아 주 산 업	417	730	75.1	752	3.0	1,028	36.7	1,055	2.6
기 타	12,782	16,128	26.2	20,440	26.7	30,519	49.3	33,895	11.1
합 계	20,812	24,690	18.6	29,208	18.3	40,565	38.9	43,610	7.5

국내 혼화제 시장

국내 혼화제 시장은 92년 약 4만3600톤규모로 금액으로는 약 150억원에 달하고 있다.

연도별 수요추이를 보면 88년 2만812톤, 89년 2만4690톤, 90년 2만9208톤을 기록했고 91년 4만565톤 소비로 90년대비 38.9%의 높은 성장률을 보였다.

92년에는 4만3610톤소비로 91년대비 7.5%의 성장을 보였다.

국내 혼화제 시장은 현재 80% 이상이 국내자급되고 있는 것으로 나타났으나, 특수혼화제 생산은 거의 이뤄지지 않고 있어 고부가가치 혼화제의 경우는 대부분 수입에 의존하고 있다.

현재 국내 혼화제 생산기술 수준은 선진국에 비해 낮은 편으로 국내 기술은 기존의 일본, 미국, 독일 등을 뒤따라가는 수준에 그치고 있다.

국내 혼화제 생산 기업으로는 이건설업이 시장의 약 20%를 점유하고 있고 한국그레이스 18%, 대주가 15%를 각각 점유하고 있다.

이외에 마스터 빌더, 세일콘, 아남, 삼영, 진흥, 동남, 태영 등이 시장을 분할하고 있다.

동남 등 일부기업에서는 일부품목들을 수입·판매하고 있는 것으로 나타났다.

기업별 콘크리트 혼화제 수요를 보면 92년에 레미콘 출하량 534만2000루베에 이르는 쌍용양회가 약 2671톤의 혼화제를 사용했고, 레미콘 출하량 359만4000루베의 동양시멘트가 1606톤, 고려산업개발이 1532톤, 진성레미콘이 1302톤을 소비했다.

이외에 아주산업 1055톤, 한일시멘트 952톤, 아세아시멘트가 597톤을 각각 소비한 것으로 추정된다.

현재 국내에서 사용되고 있는 콘크리트 혼화제는 수백종에 달하고 있는데, 시장이 과포화상태에 있어 품질경쟁에 있어서의 우위획득이 중요한 관건으로 부각되고 있다.

국내 콘크리트 혼화제시장은 환경적 영향에 의한 콘크리트열화 등이 증가함에 따라 중요성 내지 수요량이 지속적으로 증가할 것으로 전망된다.

구조물의 고급화, 설계의 가속화에 따라 콘크리트 혼화제의 용도도 세분화, 특수화돼가고 있다.

또한 특수구조물 시공에 따라 유동화제, 수중용혼화제의 수요가 증가할 것으로 전망된다.

<화학저널 1993/11/29>