

일반혼화제의 특성과 이용

정 헌 수
중앙대학교 공과대학 건축학과 교수

1. 머리말

콘크리트용 混和劑材란 시멘트, 물, 골재 이외의 것으로 콘크리트 배합시 첨가시킴으로 모든 성질을 개선 향상시킬 목적으로 사용되는 재료를 총칭하여 말한다. 혼화제는 혼화재료중 사용량이 비교적 적고 그 자체의 용적이 콘크리트 배합의 계산에서 무시되고 있다. 최근 건설공사가 고도화, 복잡화 됨에 따라 콘크리트 성능에 대한 요구가 다양화되고 콘크리트 자체의 내구성 또는 신뢰성 향상에 대한 연구의 필요성이 대두되고 있다. 특히 펌프압송에 의존하는 작금의 타설방법은 가수(加水)를 지양하고 유동화제의 필요성이 어느때보다 절실하다. 해사사용으로 콘크리트 건물의 내구성이 요즘처럼 크게 위압받은적도 없으나 염화물에 의한 철근부식을 억제하는 방청제 등 혼화제의 개발연구가 시급한 실정이다.

또한 수심 깊은 곳에서 타설하는 경우의 수중콘크리트용 혼화제의 개발이나 시공사례보고서를 접하기 어렵지 않은 시대에 살고 있다.

혼화제는 물리적, 화학적 작용에 의해 푸레쉬 콘크리트 및 경화콘크리트의 성질을 개선하며 경제성 향상 등의 목적으로 사용되고 있다. 혼화제는 대단히 많은 종류가 있으며 사용방법이나 효과도 다양하기 때문에 사용 목적을 달성하기 위해서는 각 현장에 알맞은 혼화제 선정이 필요하다.

2. 혼화제의 분류

혼화제의 분류방법은 재료의 종류에 의한 것과 사용

목적 또는 효과에 의한 것으로 크게 분류할 수 있으며, 후자쪽의 방법을 대부분 선택하고 있다. <표-1>에는 대한토목학회와 일본토목학회의 콘크리트 표준시방서에서 혼화제가 용도별로 분류된 것을 비교해서 나타낸 것이다.

3. 혼화제의 특성과 이용

본 연구에서는 고성능 감수제와 AE 감수제를 제외한 일반 혼화제의 특성에 대해서 살펴보기로 하겠다.

3.1 유동화제

분산질과 분산媒의 경계면에 분산제를 작용시켜서 고체의 입자입자에 응집하는 것을 방지한다. 분산제에 의한 안정화 작용은 경계면에 吸着한 분산제가 기계적으로 입자를 보호하는 입체보호 작용과 분산제가 입자에 동일 종류의 전하를 주어 그 전기적 반발력에 의해서 입자의 경합을 방지하고, 전기적 반력이 2개로 분류시킨다.

(그림1)에는 분산제의 시멘트 입자에서의 흡착과 그 결과로 생긴 표면전위(세타전위)와 시멘트 페이스트의 정도저하(분산성의 증대)가 잘 대응하고 있는 것을 나타내고 있다.¹⁾

유동화제의 유동화 효과로는 분산성의 증대에 의한 시멘트 페이스트 점도의 저하인 것이다.

표1

대한토목학회	일본토목학회
(1) 계면활성작용에 의하여 워커빌리티와 동결융해 작용에 대한 내구성을 개선시키는 것 AE제, 감수제	(1) 워커빌리티와 내동해성의 개선 AE제, AE감수제
(2) 응결경화시간을 조절하는 것 ... 촉진제, 지연제, 급결제	(2) 워커빌리티 향상, 단위수량 및 단위 시멘트량의 저감 감수제, AE 감수제
(3) 방수효과를 나타내는 것 방수제	(3) 배합이나 기타의 성능을 변화시키지 않고 유동성을 큰 폭으로 개선 유동화제
(4) 기포의 작용에 의하여 충전성을 개선하거나 중량을 조절하는 것 기포제, 발포제	(4) 큰 감수효과에 의해 강도를 현저하게 높일때 ... 고강도용 감수제
(5) 기타 보수제, 접착제, 철근의 방청제	(5) 응결경화시간의 조절 촉진제, 급결제, 지연제, 초지연제
	(6) 기포의 작용에 의해 충전성을 개선하거나 중량을 조절 기포제, 발포제
	(7) 점성을 증가 또는 응집작용에 의한 재료분리를 억제 수중 콘크리트용 혼화제 펄프압송제
	(8) 유동성을 개선하고 적당한 팽창성을 주어서 충전성과 강도를 개선 프리캐스트 콘크리트용 혼화제, 同고강도형 혼화제, 광극충진 몰탈용 혼화제
	(9) 염화물에 의한 철근부식을 억제 ... 철근콘크리트용 방청제
	(10) 기타 방수제, 보수제, 내한제, 건조수축저감제, 수화열억제제, 분진저감제 등.

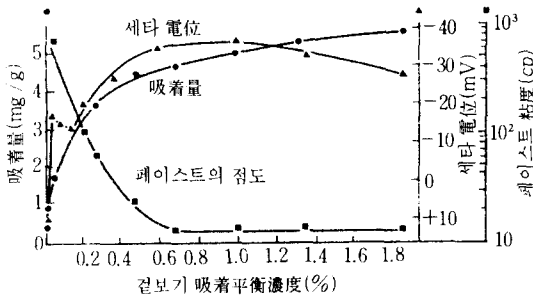


그림1. 분산제의 흡착량, 세타전위, 점도의 관계

3.2 초지연제

(그림2)는 초지연제 첨가량과 응결시간과의 관계를 나타낸 것이다.²⁾ 전반적으로 초지연제 첨가량이 증가할수록 응결시간도 증가하며 특히 첨가량이 0.3~0.4% 이상으로 많이 첨가하면 응결시간이 현저하게 증가한다.

(그림3)은 경과시간과 slump와 관계를 나타낸 것으로 초지연제 첨가량이 없는 것보다 첨가량이 0.2, 0.3% 쪽이 slump 저하가 완만하여 초지연제의 slump저하억

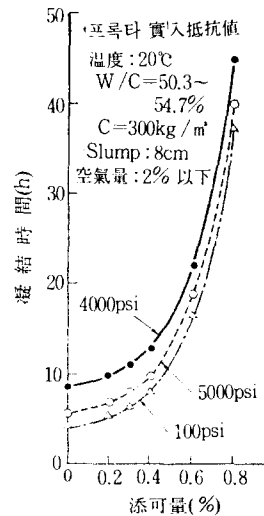


그림2. 초지연제 첨가량과 응결시간

제 효과가 있는 것을 알 수 있다.²⁾

(그림4)는 초지연제 첨가량과 압축강도와와의 관계를 나타낸 것으로 지연작용은 초기재령시의 강도발현에 영

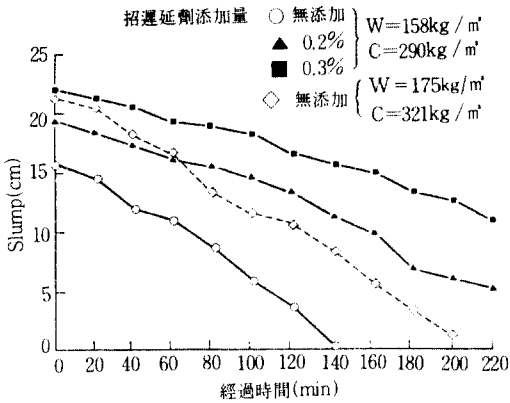


그림3. 초지연제의 Slump 저하억제효과

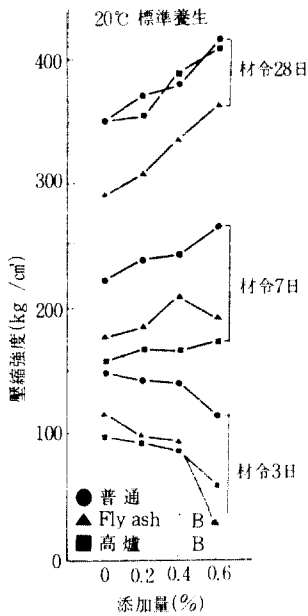


그림4. 초지연제의 첨가량과 압축강도

향을 주며 첨가량이 많을 수록 그 경향은 현저하며, 플레인콘크리트에 비해 강도가 저하하고 있다.³⁾ 재령 7일을 경계로 재령 28일에서는 압축강도가 무첨가시보다 상회하는 결과를 나타내고 있다.

3.3 수축저감제

건조수축에 의해서 발생하는 크랙이 내구성, 수밀성,

미관상의 장애를 유발하기 때문에 건조수축은 콘크리트의 근본적인 문제로서 클로즈업되고 있다. 건조수축을 저감하는 방법은 많이 고안됐으며 그중에도 혼화재료의 사용이 여러가지로 시도되어 실용화 되어오고 있다. 단위수량을 감소할 수 있는 감수제나 유동화제도 간접적으로 건조수축을 저감하는 일종의 수축저감제이다.

(그림5)는 수축저감량과 수축비와의 관계를 수축저감제 종류 A, B별로 나타낸 것이다.⁴⁾ 수축저감제의 종류에 따라 다소 차이를 보이고 있으며, 수축비를 60%로 할 경우 수축저감제량이 약 6~12kg/cm³ 정도이다.

(그림6)은 양생온도가 다른 경우의 초기 강도발현성을 압축강도와 재령별로 나타냈다.⁴⁾ 양생온도가 5°C에서 20°C로 변화할때 조기재령에서는 양생온도가 높을수

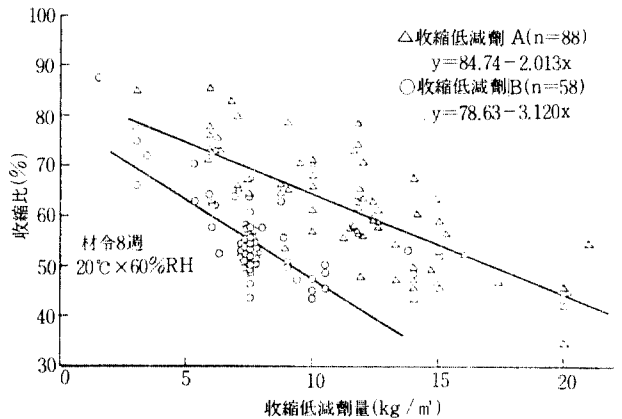


그림5. 수축저감제량과 건조수축의 저감화

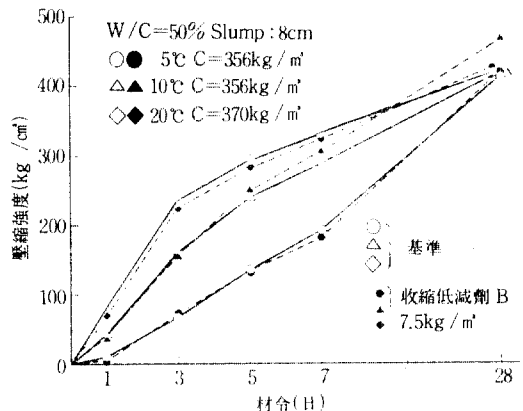


그림6. 양생온도가 다른 경우의 초기강도 발현성

록 압축강도가 크게 나타났으며, 플레인 콘크리트와 수축저감제를 첨가한 콘크리트와의 압축감도는 양생온도에 관계없이 큰 차이를 보이고 있지 않으며 재령 28에서는 오히려 약간 큰 압축강도를 나타내고 있다.

3.4 급결제

급결제는 콘크리트의 응결, 경화속도를 조절하는 혼화재료로서 시멘트의 수화반응을 빠르게 하고, 응결시간을 현저히 단축하는데 이용하는 혼화제이다.

(표2)는 무기염계 급결제를 첨가한 콘크리트 압축강도와 길이 변화율 관계를 실내시험에서 얻은 결과의 일례를 나타냈다.⁵⁾ 콘크리트 강도는 재령과 더불어 증가했으며 기준콘크리트에 비해서 재령 28일에서 70~78% 정도, 재령91일에서는 75~82% 정도되고 있다. 길이변화율은 기준콘크리트에 비해 재령 3개월에서 18~46% 정도 감소했으며, 재령 6개월에서는 7~30% 정도 감소했다.

3.5 발포제, 기포제

기포 콘크리트의 역사는 한냉지인 北歐에서 발달하여 1929년경부터 공업화되어 왔다고 전해진다. 발포제, 기포제는 몰탈 콘크리에 경량성, 단열성, 불연내화성 등의 성질을 부여시키기 위해서 사용된다.

발포제의 첨가량에 대해서는 기포콘크리트의 비중 용도 등에 의해서 결정되지만 시멘트에 대해 보통 0.02~2 wt%의 범위에서 사용하고 있다. 발포제의 사용에 있어서는 발포제의 종류에 의해서 발생하는 이온, gas의 종류를 고려할 필요가 있다. 산소나 염소이온이 발생하는 것은 철근의 발청을 촉진시키기 때문에 주의할 필요

가 있으며, 탄산가스를 발생하는 것은 콘크리트의 중성화를 촉진시키는 결점이 있기 때문에 바람직하지 않다.

3.6 방청제

콘크리트는 보통 시멘트의 수화에 의해서 생기는 수산화칼슘(Ca(OH)₂)에 의해서 강 알칼리성(PH=12.5~13)을 나타내며, 그속에 매입된 철근의 표면은 얇은 不動態 被膜으로 피복되어 부식으로부터 보호된다. 그러나 콘크리트중에 일정량 이상의 염화물이 존재하면 염소이온의 작용에 의해서 不動態 被膜이 파괴되고 부식되기 쉬운 상태로 되며 또 콘크리트가 중성화한 경우에는 부식의 진행이 가속화된다. 이때문에 철근콘크리트조에 사용하는 콘크리트에는 될 수 있는 한 염화물이 혼입하지 않도록 하는 것이 중요하고 해사의 세척이 불충분한 경우등 염화물이 어느정도 혼입하는 것을 고려할 때에는 적절한 방청제를 사용하는 등의 조치를 취해야만 한다. (그림7)은 방청제 첨가량과 부식량(부식감량 또는 부식면적율)의 경시변화와의 관계를 나타낸 것이다. 방청제를 사전에 대량으로 첨가한 경우에 철근부식에 의한 크랙의 발생을 억제하는 것이 가능하고 철근의 부식량도 방청제의 첨가량에 따라서 적게되는 것을 보여주고 있다.

3.7 방수제

몰탈 또는 콘크리트 내부의 공극을 충전하고 불투수층을 형성함에 따라 수밀성을 높이기 때문에 이용하는 혼화제이다. 방수제가 수밀성을 높이는 기능은 다음과 같다.

① 시멘트의 수화반응을 촉진시켜서 생기는 시멘트 gel에 의해서 조기에 공극을 충전시킨다.

표2. 콘크리트의 압축강도와 길이 변화율

總結劑		W/C (%)	s/a (%)	單位量(kg / m ³)				Slump (cm)	空氣量 (%)	壓縮強度 (kg / cm ²)					길이變化率(%)	
Type	使用量 (Cx%)			C	W	S	G			1日	3日	7日	28日	91日	材 令 3개월	材 令 6개월
基準	0							4.0	2.1	98	231	332	498	574	0.076	0.086
D	6	47	60	391	184	1058	708	—	—	164	249	291	387	438	0.062	0.080
A	3							—	—	151	222	268	349	430	0.041	0.061
B	5							—	—	169	242	295	363	472	0.056	0.076

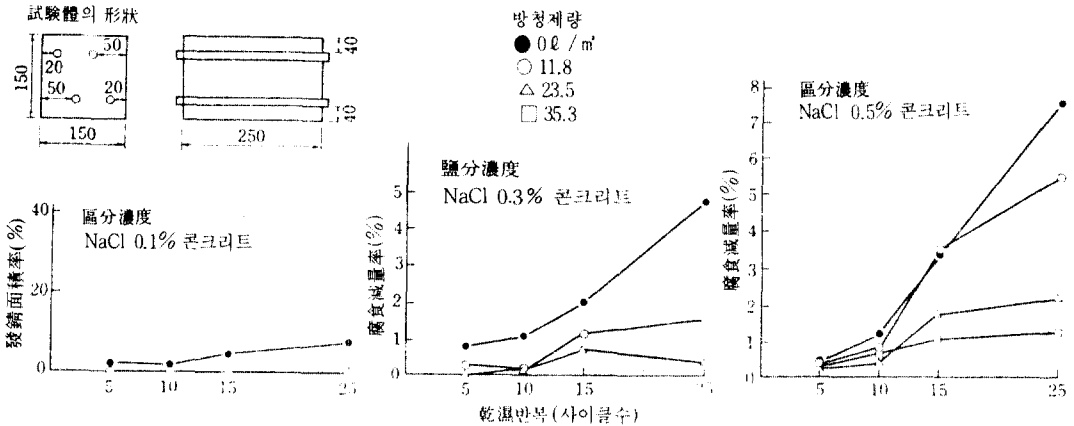


그림7. 방청제의 첨가량과 철근 부식량의 관계

② 미세한 물질을 혼입해서 콘크리트 속의 공극을 충전시킨다.

③ 공극에 수밀성을 높이는 막을 형성시킨다.

④ 塗布해서 可溶性분을 침투시켜 시멘트의 수화반응 과정에서 생기는 水溶性분과 결합시켜 不溶性의 결정체를 生成시킨다. (그림8)은 塗布防水劑의 침투효과에 관한 실험결과를 나타낸 것으로 방수제를 칠한 경우가 무처리인 경우보다 상당히 적은 투수계수를 나타내고 있다.⁷⁾

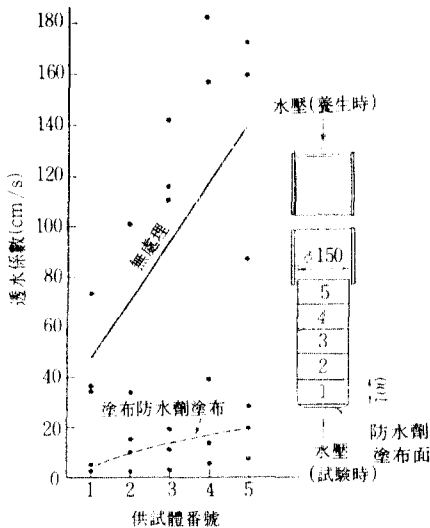


그림8. 塗布防水劑 투수효과에 관한 실험결과

4. 혼화제의 작용

혼화제는 많은 종류의 특성을 갖고 있으며 사용목적에 따라서 가장 적당한 것을 선택해야 한다. 혼화제를 선택할때 다음순서로 생각해야 할 것이다.

- 1) 사용목적에 따라 혼화제의 종류를 선택한다.
- 2) 혼화제가 각종 규정, 기준에 적합한지를 확인한다.
- 3) 실제 사용하는 재료와 동일 조건하에서 예비실험전의 사용조건을 결정한다.
- 4) 경제성을 가미한 검토가 필요하다.

(표3)에 콘크리트 성질을 개선해야 할 목적과 거기에 대응하는 혼화제의 종류를 나타냈다. 크게 대상 콘크리트를 굳지 않은 상태에서의 諸 성질을 개선할때, 경화시의 성질 개선, 경화콘크리트의 성질개선, 내구성 향상 그리고 특수 콘크리트 제조를 목표로 분류하여 이 요구에 대응하는 사용혼화제의 종류를 나열하여, 적용되는 것을 ○표로 표시했으므로 여기에 해당되는 것만을 사용할 것을 권장하는 표이다.

5. 결론

혼화제의 사용범위는 이상에서 살펴본 것처럼 아주 다양해서 굳지 않은 콘크리트의 단위수량과 시멘트량 절감에서 부터 펌핑 성능개선 등 필요로 하는 목적에 부

표3. 콘크리트의 개선목적과 대응하는 혼화제의 종류

對象 콘 크 리 트	使用混和劑의 종류 改善目的	A		凝 結 水	減 水 劑	高 性 能 減 水 劑	AE減水劑			高性能 AE 減水劑		流動化 劑		增 粘 劑	기타 混和劑
		E 劑	促 進 劑				遲 延 劑	標 準 形	遲 延 形	促 進 形	標 準 形	遲 延 形	標 準 形		
				○											
개선 목적은 콘크리트의 性質	單位水量低減	○			○	○	○	○	○	○	○	○	○		
	單位시멘트量 低減				○	○	○	○	○	○	○	○	○		
	프라스틱 向上	○			○	○	○	○	○	○	○	○	○		水中콘크리트용
	粘着性 向上						○	○	○	○					水中콘크리트용
	空氣連行	○					○	○	○	○					發泡劑, 起泡劑
	스립프로스 低減				스립프로스 低減形減水劑 · AE減水劑										
	材料分離低減	○			○		○	○	○	○	○	○	○		水中콘크리트용, 發泡劑
	폼pong 改善	○					○	○	○	○	○	○	○		
凝結硬化中의 콘크리트의 성질개선	凝結時間遲延			○							○				超遲延劑
	凝結時間促進		○												
	브리딩 低減	○			○	○	○	○	○	○	○	○	○		水中콘크리트용, 發泡劑
	凍結防止														耐寒劑
	初期水和熱의 低減			○				○			○		○		水和熱低減劑
	初期균열의 低減	○			○	○		○		○	○	○	○		超遲延劑, 收縮低減劑
	끝마무리성의 改善	○					○	○	○	○					
	初期強도의 增大			○	○	○	○	○	○			○			
콘크리트의 性質 개선	長期強도의 增大				○	○	○	○	○	○	○	○	○		
	水和熱의 低減			○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
	衝擊抵抗性的 增大									○	○				포리마콘크리트용
	길이변화의 低減				○	○	○	○	○	○	○	○	○		收縮低減劑
	耐凍結融解性 向上	○					○	○	○	○					
내 구 성 성 질 개선 목적	吸收性的 低減	○			○	○	○	○	○	○	○	○	○		防水劑, 포리마 콘크리트용
	透水性의 低減	○			○	○	○	○	○	○	○	○	○		防水劑, 포리마콘크리트용
	中性化速度的 低減	○			○	○	○	○	○	○	○	○	○		포리마콘크리트용, 中性化低減劑
	AAR의 低減	○					○	○	○	○					포리마콘크리트용, AAR低減劑
	耐藥品性 向上														포리마콘크리트용
	鐵筋腐蝕防止														鐵筋防錆劑
특 수 콘 크 리 트 의 製 造	輕量콘크리트	○			發泡劑, 起泡劑										
	프리캐스트콘크리트				프리캐스트콘크리트용 混和劑										
	膨脹콘크리트				發泡劑										
	超高強度콘크리트				○					○	○	○	○		
	水中콘크리트														水中콘크리트용
스프레이콘크리트														急結劑	

합하는 혼화제의 선택이 필요하며, 응결되어 가는 과정에서의 성능개선, 알칼리 골재 반응 저감이나, 철근부식 방지용 등 내구성 증진용이나 최근에는 수중 콘크리트용 혼화제까지 그 목적과 용도에 관한 특성들을 살펴보

았다. 콘크리트의 종류, 사용재료, 시공 조건 등에 따라서는 충분히 고려하여 알맞는 혼화제의 선택과 사용량을 결정해야만 할 것이다. 산성비에 영향이나 알칼리골재 반응 등의 영향이 콘크리트 구조물의 조기열화를 가

저와 내구성을 손상시키는 환경 변화의 가능성을 예측할 수 있으며 이에 대처할 혼화제의 개발 연구에 박차를 가해야 할때가 아닌가 생각된다.

참 고 문 헌

1. 服部: 콘크리트 工學, Vol.14, No.3, pp.12-19, 1976.
2. 富宿·山根·清水·有賀: 招遲延劑을 用いた 콘크리트による地上 制御型 構眞柱の施工, 콘크리트工學, Vol.21, No.6, 1983.6.
3. 山本, 金岡-山田, 管·星野·鈴木: 遲延性 流動콘크리트に 關する 實驗的研究(その2), 建築學會大會梗概集, 1982.
4. 富田六郎: 收縮低減劑(最近のコンクリート用混和劑), 콘크리트工學, Vol.26, No.3, March 1988.
5. 岡澤智·能町宏: 乾式吹付け콘크리트用 液狀急結劑 QP-500L について, 日曹 マスタービルダース 研究所報, No.5, 1982.
6. MASUDA YOSHIRO: 防せい劑 (最近のコンクリート用混和劑), 콘크리트工學, Vol.26, No.3, 1988.
7. 村田二郎·神山行男·本間住昭: 浸透性塗布防水劑に關する2, 3の 實驗, セメント技術報告, Vol.24, 昭45.12
8. 中島造二: 混和劑の特質と適用, 콘크리트工學, Vol.26, No.3, March 1988.
9. 정현수: 콘크리트의 品質管理, 레미콘, 1985年12月.