

지연제를 사용한 콘크리트의 物性改善效果에 대한 考察

金 基 亨*
金 成 秀**
金 眞 徹***

*漢陽大 土木工學科 博士課程
**漢陽大 土木工學科 博士課程
***漢陽大 土木工學科 碩士課程

1. 머리말

레디믹스트 콘크리트의 운반거리가 멀어져 운반시간이 장시간 소요되는 경우나 월평균 기온이 25°C를 넘는 시기에 시공하는 서중콘크리트의 경우 기온이 높으면 콘크리트를 타설할 때 콘크리트의 온도가 높아져서 소요수량의 증가, 슬럼프값의 저하, 타설후 콘크리트의 급속한 응결, 수화열로 인한 온도상승의 증가 및 재령 28일 이후에 있어서 강도의 감속등과 같은 불리한 결과를 초래하기 때문에 응결지연제는 콘크리트의 응결경화를 지연시키고 콘크리트의 시공시간을 연장하는데 효과적으로 이용된다. 일반적으로 콘크리트용으로 사용되는 응결지연제는 리그닌술폰산제, 옥시카본산제 및 인산염 등과 같은 무기화합물의 지연제와 분자가 매우 큰 유기질의 지연제가 있으며, 보통 지연제의 포틀랜드시멘트의 응결 경화의 지연

은 종류에 따라 상이하지만 주로 시멘트 조성 광물중 $3CaO \cdot SiO_2$ 의 水和反應을 지연시키기 때문에 알려져 있다. 본 실험에서는 응결지연의 효과가 우수하며 아울러 유동성을 향상시키는 데도 유효하다고 알려진 신제품의 지연제를 유동성을 상실한 콘크리트에 첨가하여 유동성을 회복시키고 응결을 지연시킨 굳지 않은 콘크리트의 물성 및 경화한 콘크리트의 강도에 관하여 실시한 기초실험결과의 일부를 소개하고자 한다.

2. 실험개요

2-1 사용재료

(1) 시멘트 : 실험에 사용한 시멘트는 보통포틀랜드 시멘트이며 화학성분 및 물리적 성질은 표-1과 같다.

표-1 시멘트의 화학성분 및 물리적 성질

분석값 시멘트 종류	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	SO ₃ (%)	lg · less (%)	비 중	비표면적 (m^2/g)
OC	21.8	5.84	3.56	60.62	3.54	2.58	0.95	3.15	3.422

표-2 골재의 물리적 성질

항목 종류	Gmax (mm)	비 중	흡 수 율 (%)	조 립 륜 (F.M)	유 기 불순물	단위용적 중량 (kg/m ³)	실 적 율 (%)
잔 골 재	-	2.62	1.50	2.50	양 호	1,620	61.8
굵은골재	25	2.68	0.90	7.20	-	1,734	64.7

(2) 골재 : 한강산 잔골재와 굵은골재로서 물리적 성질은 표-2와 같다.

(3) 지연제 : 응결지연효과가 우수하며, 공기연행성을 가진 Lignon이라 불리는 비중 0.4, 담갈색 분말의 Fritz회사제품을 사용하였다.

표-3 콘크리트 배합표

Mix No	Gmax (mm)	S/a (%)	W/c (%)	Slump (cm)	단 위 량(kg/m ³)			
					W	C	S	G
1	25	40	48.2	8.2	169	350	726	1016
2	"	"	56.3	12	197	350	720	1100

2-2 실험방법 및 콘크리트배합

(1) 슬럼프 및 공기량 실험 : 지연제를 첨가하기전 베이스콘크리트의 슬럼프 및 공기량을 각각 KSF2402와 KSF2421에 의해 측정후 일정시간이 경과한 다음 지연제를 시멘트중량에 대하여 3단계로 첨가하여 베이스콘크리트의 슬럼프 값이 될때까지 경과시간 별로 슬럼프와 공기량을 측정하였다.

(2) 콘크리트 배합 굵은골재 최대치수 25mm, 단위시멘트량 350kg, 베이스콘크리트의 슬럼프를 8±1cm 및 12±1cm를 목표로 배합설계한 것이 표4로써 굳지 않은 콘크리트의 슬럼프와 공기량을 측정하였다. 그리고 콘크리트의 압축강도 측정을 위해서는 다음 3종류의 콘크리트를 제조하였다. ① 베이스콘크리트(BC라 약함) ② 믹싱후 일정시간이 지난 다음 지연제를 첨가하여 시간이 경과한 후 베이스콘크리트의 슬럼프에 도달한 지연제 첨가콘크리트(DC라 약함) 및 ③ 지연제 첨가콘크리트와 베이스콘크리트와 동일한 배합의 콘크리트를 1:1 혼합한 콘크리트 (MC라 약함)를 ϕ10×20cm 원주형 몰드로 공시체를 제조한 후 21±1°C의 수중에서 양생에서 재령 7일 및 28일에 KSF2405에 의해 압축강도를 측정하였다.

3. 실험결과에 대한 고찰

3-1 응결지연효과

콘크리트 타설시 온도가 30°C이상 또는 1일 평균기온이 25°C를 넘는 시기에 시공하는 서중콘크리트나 레디믹스트 콘크리트를 장시간에 걸쳐 운반하는 경우 등과 같은 조건에서는 콘크리트의 품질변화가 종종 문제점으로 지적되고 있다. 그래서 레디믹스트 콘크리트나 서중콘크리트시공시 콘크리트의 품질유지를 위한 대책의 일환으로 응결지연제를 혼화제로 사용한다. 지금까지의 응결지연제는 성분에 따라 얼마간 다르기는 하지만 일반적으로는 시멘트 수和生成物中の Ca²⁺이온과 지연제가 반응하여 C₃S 등의 시멘트 광물의 표면에 흡착되어 물과 시멘트와의 접촉을 일시적으로 차단하는 효과가 있으며, 첨가량에 따라 그림-1에서와 같이 응결지연효과의 차이가 매우 상이함을 알 수 있다.

그런데 본 실험에 사용한 지연제는 과거에서부터 사용되어온 지연제와는 사용방법이 상이하여, 믹싱한 콘크리트가 어느정도 시간이 경과하여 유동성을 상실하는 단계에 첨가하므로서 유동성을 크게 향상시킬 뿐만아니라 지연효과도 우수함을 그림-2, 및 그림-3으로 알 수 있다. 이 그림은 베이스콘크리트의 슬럼프가

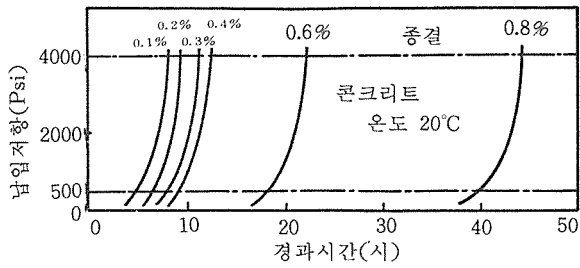


그림-1 지연체의 첨가량과 응결시간과의 관계

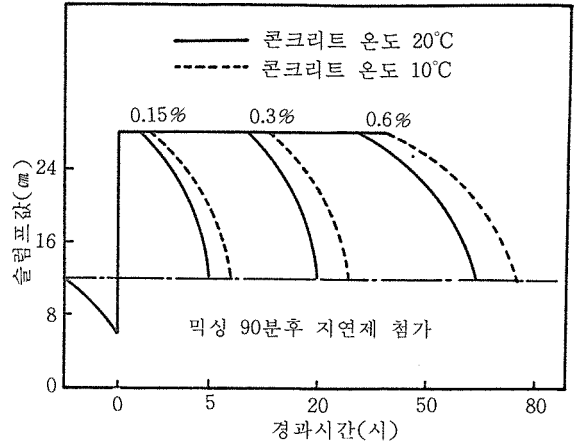


그림-3 지연제 첨가후 경과시간에 따른 슬럼프값의 변화(목표 슬럼프 12cm)

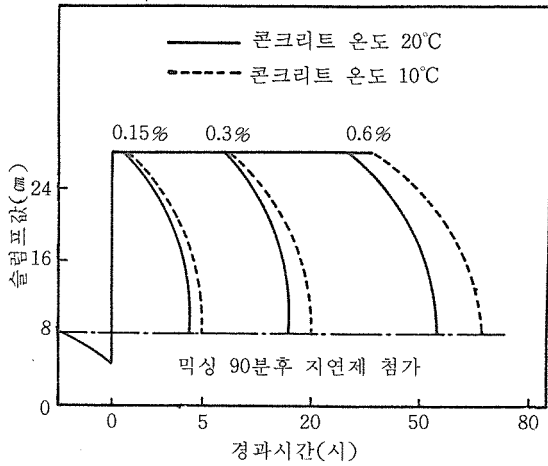


그림-2 지연제 첨가후 경과시간에 따른 슬럼프값의 변화(목표 슬럼프 8cm)

각각 $8 \pm 1\text{cm}$, $12 \pm 1\text{cm}$ 및 콘크리트 온도가 각각 10°C , 20°C 일때 믹싱후 90분이 경과한 다음 슬럼프의 손실이 생겼을 때 지연제를 각각 0.15%, 0.3% 및 0.6%의 3 단계로 첨가하므로써 목표로하는 지연효과를 얻을 수 있었다.

이때 일반적으로 사용되는 지연제와 마찬가지로 콘크리트의 온도가 높은 20°C 일때 지연효과가 얼마간 떨어짐을 알 수 있었으며, 뿔中콘크리트를 목표로 한다면 콘크리트 온도 30°C 및 40°C 정도 조건하에서의 실험결과가 더욱 필요하다고 생각된다.

3-2 슬럼프 손실 개선

보통방법으로 제조된 콘크리트는 공사 현장에 운반하여 타설전에 유동성을 일시적으로 증대시켜 단위수량이 적으면서 양호한 시공성을

가지도록 하는 목적으로 유동화제를 사용한다. 일반적인 유동화제는 응결지연작용이나 과잉의 공기연행성 등이 없는 것이 특징이라 할 수 있다. 본 실험에 사용한 지연제는 지연효과가 우수할 뿐만 아니라 일정시간이 경과한 다음 유동성이 상실되었을 때 적정량을 첨가하므로써 유동성을 크게 개선시키는 효과가 있음을 그림-4 및 그림-5로서 알 수 있다.

그림-4와 그림-5는 다같이 슬럼프 12±1cm 베이슨콘크리트를 믹싱 후 2시간 40분 및 3시간 30분 경과한 다음 슬럼프를 측정해 본 결과 각각 3cm 및 0으로 변한 콘크리트에 지연제를 0.15% 및 0.3% 첨가하여 각각 재믹싱하므로써

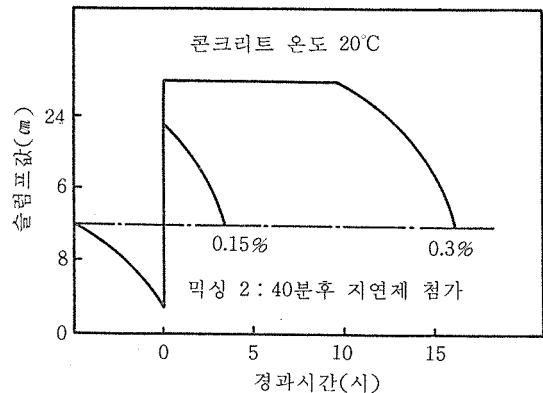


그림-4 지연제 첨가후 경과시간에 따른 슬럼프값의 변화(목표 슬럼프 12cm)

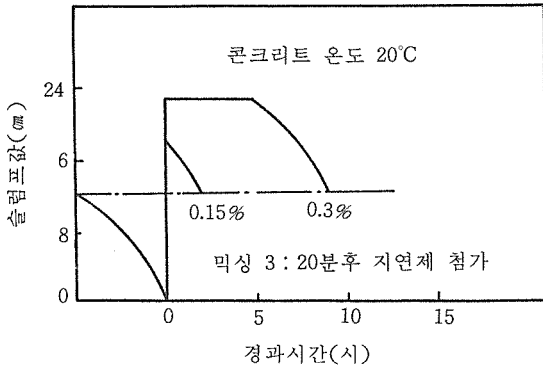


그림-5 지연제 첨가후 경과시간에 따른 슬럼프값의 변화(목표 슬럼프 12cm)

슬럼프값을 각각 20cm 전후로 크게 향상시키는 좋은 결과를 얻었다. 또한 베이스콘크리트의 슬럼프 12cm로 회복되는데 소요되는 시간은 지연제를 0.3% 첨가할 경우, 믹싱 직후에서 환산해보면 12시간 및 18시간 이상 됨을 알 수 있다. 다시 말해서 슬럼프 12cm의 베이스콘크리트가 3시간 30분이 경과되어 슬럼프가 0이 되었다 하더라도 지연제를 0.15% 및 0.3% 첨가하므로써 각각 5시간 정도와 13시간 정도는 시공성이 양호한 굳지않은 콘크리트 상태로 유지할 수 있음을 알 수 있음을 알았다.

3-3 공기연행 효과

보통 사용되는 지연제를 콘크리트에 첨가하

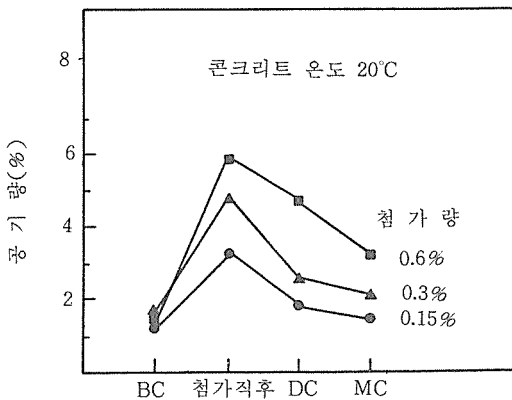


그림-6 지연제의 첨가에 따른 공기량의 변화(목표 슬럼프 8cm)

더라도 非空氣連行性이 일반적이거나 본 실험에 적용한 지연제의 경우 지연효과 및 유동성 손실 개선효과 이외에도 공기를 연행하는 효과가 있음을 표-4, 그림-6 및 그림-7로서 알 수 있다. 그림-6 및 그림-7의 베이스콘크리트의 슬럼프값이 각각 8cm, 12cm인 콘크리트의 지연제를 첨가하여 재믹싱한 직후에 공기량을 측정해 본 결과 지연제 첨가량의 대소에 따라 공기량이 크게 증대되었음을 알 수 있었으며, 베이스콘크리트의 슬럼프값으로 돌아오는데 걸리는 시간은 첨가량에 따라 상이하지만 5~70시간 정도가 소요되었으며, 이때의 공기량은 얼마간 저하되고 있음을 알 수 있었다.

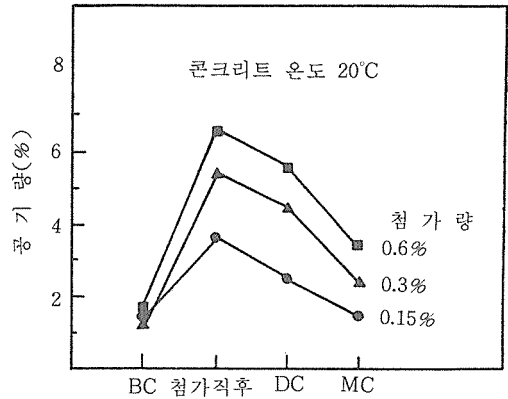


그림-7 지연제의 첨가에 따른 공기량의 변화(목표 슬럼프 12cm)

그러나 이 공기량의 크기, 분포상태 및 공기포사이의 간격 등에 대한 검토와 아울러 콘크리트의 耐久性에 유효한지 여부에 대해서도 충분한 검토의 여지가 있다고 생각된다.

3-4 경화한 콘크리트의 강도

베이스콘크리트의 슬럼프 $8 \pm 1cm$, $12 \pm 1cm$ 를 목표로 하여 믹싱한 콘크리트를 90분이 경과한 다음 슬럼프가 각각 4cm 및 7cm 정도로 저하되었을 때 지연제를 0.15, 0.3 및 0.6%를 첨가하여 5시간 이상 70시간 정도 경과한 후에 공시체를

표-4 굳지않은 콘크리트의 물성시험 결과

콘크리트 노출 (%)	슬럼프 (cm)	첨가량 (%)	첨가전공기량 (%)	첨가후공기량 (%)	지연시간 (시)*1
10±2	8±1	0.15	1.4	3.1	5 : 10
		0.3	1.6	4.0	21 : 00
		0.6	1.2	6.4	69 : 30
	12±1	0.15	1.5	3.4	6 : 00
		0.3	1.3	3.5	29 : 30
		0.6	1.6	7.0	70 : 00
20±2	8±1	0.15	1.2	3.2	4 : 10
		0.3	1.4	4.8	18 : 30
		0.6	1.3	5.9	55 : 10
	12±1	0.15	1.5	3.6	4 : 50
		0.3	1.8	5.2	19 : 40
		0.6	1.5	6.7	53 : 20

*1 믹싱직후의 슬럼프값으로 돌아오는 경과시간

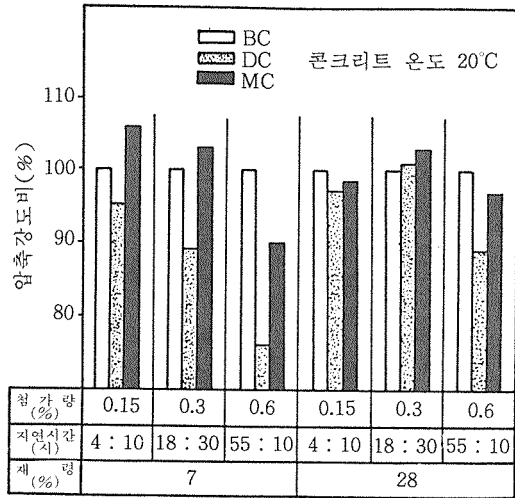


그림-8 지연제 첨가량 및 지연시간에 따른 압축강도비의 변화(슬럼프 8cm)

표-5 콘크리트의 압축강도 측정결과
(콘크리트온도 20°C)

슬럼프 (cm)	콘크리트 종류	지연제첨 가량(%)	공기량 (%)	압축강도(kg/cm ²)	
				7일	28일
8±1	BC	0	1.2	189(100)	265(100)
	DC	0.15	1.8	180(95)	250(97)
	MC	"	1.5	201(106)	261(98)
	BC	0	1.4	196(100)	274(100)
	DC	0.3	2.5	175(89)	276(101)
	MC	"	2.0	201(103)	282(103)
	BC	0	1.3	186(100)	261(100)
	DC	0.6	4.6	142(76)	233(89)
	MC	"	3.1	168(90)	254(97)
12±1	BC	0	1.5	175(100)	261(100)
	DC	0.15	2.5	168(96)	256(98)
	MC	"	1.8	179(102)	264(101)
	BC	0	1.8	182(100)	267(100)
	DC	0.3	3.2	175(96)	259(97)
	MC	"	2.5	189(104)	263(98)
	BC	0	1.5	179(100)	252(100)
	DC	0.6	5.3	147(82)	216(86)
	MC	"	3.2	168(94)	247(96)

* 주 : BC, DC 및 MC로 표기한 3종류의 콘크리트는 앞의 콘크리트 배합을 참조하기 바람.

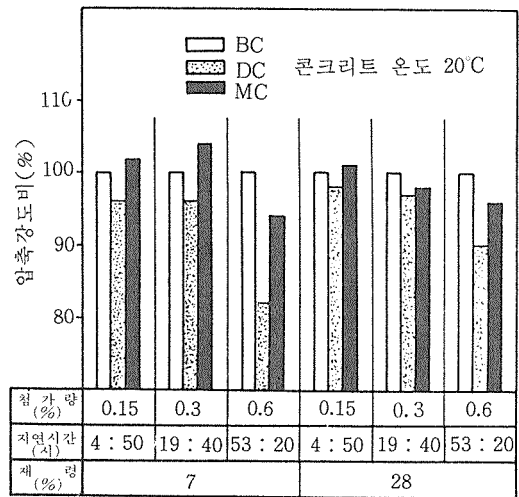


그림-9 지연제 첨가량 및 지연시간에 따른 압축강도비의 변화(슬럼프 8cm)

제조하여 재령 7일 및 28일에 압축강도를 측정 한 결과가 표-5이다.

콘크리트의 압축강도를 측정 한 표-6의 결과를 슬럼프, 첨가량 및 재령별과 압축강도비로 정리한 것이 그림-8 및 그림-9로서 이들 두 그림의 압축강도비의 경향은 유사하게 나타났으며, 지연제의 첨가량 0.15 및 0.3%에서 MC 콘크리트의 압축강도비가 베이스콘크리트보다

다소 유리하게 나타나는 경향임을 알 수 있으나, DC콘크리트는 베이스콘크리트의 압축강도에 비해 얼마간 불리하게 나타남을 알 수 있다. 그러나 지연제의 첨가량이 0.6%정도 증가하므로써 콘크리트 믹싱후 경과시간이 50시간이상 대폭지연되므로 특히 DC콘크리트의 압축강도비의 저하도 크게 나타남을 알 수 있었다. 이러한 경향은 재령 7일에서는 변동의 폭이 크게 나타났으나 재령 28일에서는 지연제 첨가량 0.6%의 DC 콘크리트를 제외하고서는 압축강도비가 베이스콘크리트와 거의 필적되는 값을 확인할 수 있었다.

이상의 압축강도 실험결과를 종합해 볼때 지연제의 첨가량을 시멘트중량에 대하여 0.3%이내로 첨가하여 믹싱후 경과시간을 15시간 정도 이내로 콘크리트를 타설할 경우 콘크리트 품질에 큰 변동이 없을 것으로 유추되지만, 콘크리트의 온도조건 및 제조설비의 상태에 따른 폭넓은 연구실험결과를 추가하므로써 확신을 가진 결론을 내릴 수 있을 것 같다.

4. 맺음말

여름철 무더운 날씨에 뿔중콘크리트를 시공하는 공사현장이나 레미콘의 장시간운반 또는 예측할 수 없는 현장의 사정으로 콘크리트의 타설작업이 지연될 경우, 콘크리트의 슬럼프값, 공기량 등의 손실과 아울러 응결, 경화가 시작된 단계의 콘크리트는 타설이 부적합하여 폐기하는 경우가 종종 발생하므로써 대책이 요망된다. 또한 레미콘공장의 레미콘트럭에서 발생하는 슬릿시콘크리트등을 폐기하지 않고 유효하게 사용하기 위한 대책에 대한 연구도 발표되고 있어 본 원고에서는 새로 개발된 지연제를 믹싱 후 일정시간이 경과한 콘크리트에 첨가하여 실시한 실험결과를 검토한 내용을 약술하면

다음과 같다.

1) 지연제 첨가량의 대소에 따라 콘크리트의 지연시간을 50시간이상 장시간 지연이 가능함을 알았으며 지연제를 0.3% 정도 첨가하여 20시간 정도 이내에서는 베이스콘크리트의 유동성을 유지함과 동시에 콘크리트의 품질확보 및 슬릿지 발생억제의 가능성을 시사하였다.

2) 지연제 첨가량의 대소에 따라 유동성이 상실되는 단계의 굳지 않은 콘크리트의 유동성을 크게 개선시켜 유동화제효과가 있음을 알 수 있었다.

3) 지연제 첨가량의 대소에 따라 공기량이 증대됨을 알 수 있었으나 경화된 콘크리트의 강도 및 내구성에 미치는 영향에 대해서는 충분한 검토가 요망된다.

4) 지연제를 시멘트중량에 대하여 0.3% 정도 이내로 첨가한 콘크리트를 20시간 정도 지연시켜 타설했을 경우 콘크리트의 강도면에서는 크게 불리하지 않은 결과를 얻었다. *

참고문헌

1. 文翰英, “建設材料學”, 東明社, 1990.
2. 文翰英, 崔在眞, “레디믹스트 콘크리트의 슬럼프損失量の 推定 및 슬럼프 損失에 영향을 미치는 要因分析”, 大韓土木學會 論文集 第6卷 第2號 1986, 6.
3. 佐藤健, “促進劑·遲延劑·超遲延劑”, セメント・コンクリート 1982. 9
4. 文翰英, “流動化콘크리트의 特性에 관한 考察”, 大韓土木學會誌, 第30권, 第1虎, 1982. 2.
5. 日本材料學會, “コンクリート用化學混和劑”, 朝倉書店, 1972. 5.
6. M. R. RIXOM, “Chemical Admixtures for Concrete”, E. & F. N. Spon Ltd. 11 New Fetter Lane.