

高性能減水劑를 사용한 콘크리트의 流動性 損失을 低減시키기 위한 研究

A Study for Reducing the Slump Loss of Concrete Using High Range Water Reducing Admixture

文翰英* · 金基亨**

Moon, Han Young · Kim, Ki Hyung

Abstract

This study gives results of laboratory investigations to minimize the slump loss of concrete using high range water reducing admixture (HRWR). Various factors influencing on the slump loss such as cement type, HRWR type and dosage time are investigated. The acquired results indicated that 30 minutes delayed dosage of HRWR is very effective on reducing the slump loss though this tendency makes a difference to some extent according to cement and HRWR type. For the most part, the more usage of HRWR increases, the higher the slump loss occurs and concrete using ordinary portland cement has the highest slump loss and concrete using fly ash 20% replacement cement with HRWR of naphthalene type has the good effect on reducing the slump loss.

요 지

고성능감수제를 사용한 콘크리트의 유동성 손실을 저감시키기 위한 연구의 일환으로 시멘트의 종류, 고성능감수제의 종류, 사용방법 및 사용량이 균지않은 콘크리트의 유동성 손실에 미치는 영향을 파악하기 위하여 시멘트플, 모르타 및 콘크리트의 유동성 손실과 관련된 실험을 통하여 얻어진 결과에 대하여 고찰하였다. 본 연구결과 고성능감수제의 첨가시기는 시멘트 및 고성능감수제의 종류에 따라 다소 차이가 있으나 30분후 첨가방법이 유동성 손실을 줄이는데 유효하였으며, 대체로 고성능감수제 사용량이 많을수록 유동성 손실이 크게 나타났으며 보통포틀랜드시멘트 콘크리트가 유동성 손실이 가장 크고 플라이애쉬 20% 혼합시멘트 콘크리트에 나프탈린계 고성능감수제를 30분후 첨가한 경우 유동성 손실이 매우 작은 효과가 있었다.

1. 서 론

균지않은 콘크리트의 施工性を 향상시키며 나아가

경화한 콘크리트의 품질을 개선하기 위한 목적으로 개발 보급된 고성능감수제는 균지않은 콘크리트의 물-시멘트비를 대폭 감소시켜 주므로써 토목 건축 공사 현장은 물론 콘크리트 공장제품 등 고강도 콘크리트를 제조하는데 유효한 수단으로 널리 응용

* 정희원 · 한양대학교 공과대학 토목공학과 교수
** 정희원 · 한양대학교 대학원 토목공학과 박사과정

되고 있다.

주지하는 바와 같이 굳지않은 콘크리트의 워커빌리티를 향상시키므로써 콘크리트의 타설 및 진동다짐 작업 등이 용이하여 省力化가 가능하므로 인건비를 절감할 수 있는 효과와 아울러 콘크리트의 高品質化가 가능하게 되었다.

그러나 고성능감수제를 사용한 水中콘크리트, 장시간 운반 레디믹스트 콘크리트 및 펌프 콘크리트의 경우 믹싱후 시간이 경과하는데 따른 워커빌리티의 저하현상이 큰 점이라든지⁽¹⁻⁴⁾ 고성능감수제의 사용량이 적절하지 못하므로써 야기되는 문제점⁽⁵⁻⁷⁾ 등이 충분히 해결되지 않고 있어 현장타설 콘크리트의 경우 사용상의 제약을 받고 있는 실정이다.^(8,9)

그러므로 고성능감수제를 사용한 콘크리트의 믹싱후 경과시간에 따른 유동성 손실을 저감시켜 줄 수 있다면 고성능감수제를 사용한 콘크리트의 응용범위를 크게 확대할 수 있을 뿐만 아니라 현장타설 콘크리트의 高品質化, 高強度化에 크게 기여하는 계기가 될 것으로 기대된다.

일반적으로 고성능감수제를 사용한 콘크리트의 유동성 손실이 큰 점은 시멘트의 수화반응에 의한 응결, 시멘트의 SO₃양 및 C₃A, C₄AF와 같은 알루미네이트 화합물의 함량,^(1,10) 또한 시멘트 입자의 물리적인 응집⁽¹¹⁾ 등 많은 요인들이 복합되어 미묘하게 나타나므로 유동성 손실 메카니즘에 대한 일의적인 이론이나 해결방안이 명확하지 않은 실정이다.

그래서 필자는 고성능감수제를 사용한 시멘트복합체인 시멘트풀, 모르터의 유동성 손실에 착안하여

시멘트계 입자의 고성능감수제 흡착특성, 현탁액 중의 시멘트계 입자의 응집상태 등과 같은 물리화학적 분야에 대하여 검토한 바 있다.⁽¹²⁾

본 연구에서는 고성능감수제를 사용한 콘크리트의 유동성 손실을 줄이기 위한 연구의 일환으로 유동성 손실에 영향을 미치는 요인 중에서 시멘트의 종류, 고성능감수제의 종류, 사용량 및 사용방법이 고강도용콘크리트의 유동성 손실에 미치는 영향을 파악하기 위하여 고성능감수제 첨가시기 4종류와 시멘트 3종류, 고성능감수제 2종류를 선택하여 시멘트풀, 모르터 및 콘크리트의 유동성 손실과 관련된 실험을 실시하여 얻어진 결과를 비교 고찰하였다.

2. 실험 개요

2.1 사용재료

(1) 시멘트 : 시멘트는 보통포틀랜드시멘트, 중용열포틀랜드시멘트 및 플라이애쉬 20% 혼합시멘트 3종류로써, 플라이애쉬는 국내 화력발전소에서 발생된 것으로 각각의 화학성분 및 물리적 성질은 표 1과 같다.

(2) 고성능감수제 : 멜라민계 고성능감수제(이하 NP HRWR로 약함)와 나프탈린계 고성능감수제(이하 RH HRWR로 약함) 2종류를 사용하였으며, 주 성분 및 물리적 성질은 표 2와 같다.

(3) 골재 : KS L 5100 의 표준모래를 모르터 시험용 잔골재로 사용하였으며, 콘크리트 시험용으로 한강산 강모래와 강자갈을 사용하였으며, 물리적 성질은 표 3과 같다.

표 1. 시멘트 및 플라이애쉬의 화학성분 및 물리적 성질

항 목	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	SO ₃ (%)	Ig. loss (%)	비중	비표면적 (cm ² /g)
보통시멘트(OPC)	21.8	5.84	3.56	60.62	3.54	2.58	0.95	3.15	3422
중용열시멘트(MPC)	23.33	4.19	4.00	62.08	2.33	1.83	0.62	3.20	3100
플라이애쉬(F)	56.4	26.60	5.50	0.02	0.30	-	6.25	2.15	4835

표 2. 고성능감수제의 주성분 및 물리적 성질

항목	주 성분	색	비 중	PH	표준사용량(Cx%)
NP 20(NP HRWR)	멜라민 설폰산염 축합물	담갈색	1.12~1.14	8±1	0.4~1.8
RH 716(RH HRWR)	나프탈린 설폰산염 축합물	흑갈색	1.17~1.19	8±1	0.9~1.4

2.2 실험방법

(1) 유동성 시험 : 시멘트풀의 유동성 시험은 프릭팩트콘크리트용 주입모르타의 유동성 측정용 깔대기 용기(P funnel)를 사용하였으며 시료의 流下時間을 초(sec)로서 측정하였다. 시멘트풀은 물-시멘트비 35%이며 고성능감수제는 시멘트 중량에 1%를 사용, 첨가방법은 동시, 3분후, 30분후 및 60분후 4단계이며 모르타 믹서로서 시료를 제조하였다.

(2) 플로우 시험 : 모르타의 콘시스턴스 측정은 표준배합으로 제조된 모르타 시료의 플로우 값 $170 \pm 5 \text{ mm}$ 의 반죽을 $190 \pm 5 \text{ mm}$ 가 되도록 고성능감수제 첨가시기를 변화시켜 제조하였다. 그리고 믹싱후 경과시간 90분까지 30분 간격으로 KS L 5105에 의하여 플로우 값을 측정하였다.

(3) 슬럼프 시험 : 콘크리트의 워커빌리티는 KS F 2402에 의하여 슬럼프 값을 측정하였다. 이때 콘크리트의 시료는 변속장치가 부착된 가정식 믹서로 27 rpm 속도로 3분간 혼합하여 슬럼프 $7 \pm 1.5 \text{ cm}$ 의 콘크리트를 만들어 고성능감수제를 첨가한 후 약 90초간 혼합하여 슬럼프 $17 \pm 1.5 \text{ cm}$ 의 콘크리트를 제조하였다. 그 이후 부터는 2 rpm 속도로 교반하면서 경과시간 120분까지 30분 간격으로 슬럼프를 측정하였다.

2.3 콘크리트의 배합

단위시멘트량 450 kg/m^3 을 사용하여 베이스콘크리트의 슬럼프 값 $7 \pm 1.5 \text{ cm}$ 가 되도록 제 조건을 정한 콘크리트의 배합이 표 4이다. 그리고 보통포

틀랜드시멘트에 플라이애쉬를 20% 혼합한 콘크리트(이하 FC 20으로 약함)도 제조하였다.

3. 유동성 실험결과

3.1 시멘트풀 및 모르타의 유동성 실험결과

보통포틀랜드시멘트에 멜라민계와 나프탈린계의 고성능감수제를 사용하여 제조한 시멘트풀 및 모르타의 유하시간 및 플로우 값을 경과시간 별로 90분까지 측정된 결과를 정리한 것이 표 5이다.

3.2 콘크리트의 워커빌리티 실험결과

시멘트 3종류, 고성능감수제 2종류로 제조한 콘크리트를 경과시간 120분 까지의 슬럼프 값을 측정하여 정리한 결과가 표 6이다. 이 표에서 베이스콘크리트의 제조방법은 3종류로 정하였다.

4. 고성능감수제를 사용한 콘크리트의 유동성 실험결과에 대한 고찰

4.1 고성능감수제의 사용방법이 유동성 손실에 미치는 영향

고성능감수제를 사용한 콘크리트의 유동성 손실(slump loss)을 줄이는데 유효한 고성능감수제의 최적첨가시기를 알아보기 위하여 고성능감수제 첨가시기 4단계, 동시첨가(0), 3분후 첨가, 30분후 첨가 및 60분후 첨가방법으로 시멘트풀, 모르타 및 콘크리트를 제조하여 정리한 것이 그림 1 및 그림 2이다.

표 3. 골재의 물리적 성질

항목 종류	굵은골재 최대치수(mm)	비중	흡수율 (%)	조립률	유기불순물	단위용적 중량(kg/m^3)	실적률 (%)
잔골재	-	2.62	1.50	2.50	양호	1620	61.8
굵은 골재	25	2.68	0.90	7.20	-	1734	64.7

표 4. 콘크리트의 배합표

시멘트의 종류	G_{\max} (mm)	Slump (cm)	W/C (%)	S/a (%)	단 위 량(kg/m^3)					비 고
					W	C	F	S	G	
보통포틀랜드시멘트	25	7 ± 1.5	44	40	197	450	0	687	1050	OPC
중용열포틀랜드시멘트	25	7 ± 1.5	42	40	187	450	0	697	1065	MPC
플라이애쉬 혼합시멘트	25	7 ± 1.5	45	40	204	360	90	676	1034	FC20

표 5. 굳지않은 시멘트플 및 모르타의 유동성 실험결과

고성능 감수제 종류	종류 경과시간(분) 사용방법	시멘트플의 유하시간(초)				고성능감수제 사 용 량 (C×%)	모르타의 플로우 값(mm)				고성능감수제 사 용 량 (C×%)
		0	30	60	90		0	30	60	90	
멜라민계 (NP HRWR)	동 시	29	40	60	85	1	195	179	175	169	0.9
	3분후	24	26	29	37		197	181	176	174	
	30분후	22	23	25	31		195	182	179	175	
	60분후	26	27	30	38		193	180	177	167	
나프탈린계 (RH HRWR)	동 시	28	35	42	58	1	196	179	176	168	0.6
	3분후	23	27	28	30		198	189	184	177	
	30분후	21	23	25	26		193	187	184	181	
	60분후	25	29	30	31		192	183	180	178	

표 6. 굳지않은 콘크리트의 경과시간별 슬럼프 측정값

시멘트 종류	고성능 감수제 종류	고성능 감수제 사용방법	사용량 (C×%)	베이스 슬럼프(cm)			슬럼프(cm)					콘크리트 온도 (℃)	온도 (℃)
				3 (분)	30 (분)	60 (분)	0 (분)	30 (분)	60 (분)	90 (분)	120 (분)		
보통포틀랜드 시멘트	N P HRWR	동 시	1.5	-	-	-	17.5	7.8	6.5	6.0	5.1	25	24
		3분후	0.72	6.7	-	-	16.5	9.5	6.3	5.0	4.5	25	24
		30분후	0.92	6.3	5.9	-	16.3	10.4	8.2	7.0	5.3	24	23
		60분후	1.17	6.3	5.7	4.5	17.3	8.4	6.9	5.0	3.0	26	26
	R H HRWR	동 시	0.81	-	-	-	16.8	7.9	7.3	5.9	5.5	25	26
		3분후	0.50	6.9	-	-	17.5	10.2	8.4	7.2	5.8	26	26
		30분후	0.56	6.5	5.7	-	17.0	10.0	9.3	7.6	6.6	26	27
		60분후	0.63	7.0	5.8	4.3	17.6	11.8	10.3	7.9	5.8	26	24
중용열포틀랜드 시멘트	N P HRWR	동 시	0.96	-	-	-	17.5	10.0	9.4	8.6	7.0	25	24
		3분후	0.61	6	-	-	17.7	10.8	8.6	7.8	6.7	25	25
		30분후	0.63	7.0	5.8	-	17.8	13.0	11.3	8.8	7.7	24	23
		60분후	0.72	6.5	6.0	4.9	17.2	10.7	9.3	7.0	5.9	25	25
	R H HRWR	동 시	0.58	-	-	-	16.4	9.3	8.3	7.4	7.3	25	24
		3분후	0.36	7	-	-	16.5	10.7	9.0	7.4	7.2	25	26
		30분후	0.39	6.9	6.0	-	17.9	13.2	10.1	8.1	6.9	25	27
		60분후	0.40	6.5	6.0	5.5	16.9	10.6	9.0	7.1	5.3	25	25
플라이애쉬	N P HRWR	동 시	1.28	-	-	-	17.5	13.4	11.0	9.9	9.5	25	24
		3분후	0.64	6.3	-	-	16.4	11.6	8.5	8.4	7	25	24
		30분후	0.63	6.8	6.5	-	16.5	13.5	10.8	10.4	8.7	24	24
		60분후	0.70	7.0	6.2	5.0	17.6	14.1	11.0	8.2	6.2	26	25
20% 혼합시멘트	R H HRWR	동 시	0.67	-	-	-	17.0	12.2	9.7	9.7	7.6	25	24
		3분후	0.42	6.5	-	-	17.4	10.6	9.8	8.2	7.7	25	24
		30분후	0.47	6.6	5.5	-	16.6	15.2	13.4	12.5	12.5	26	26
		60분후	0.53	7.0	6.5	5.8	17.5	12.8	11.2	9.1	8.1	25	24

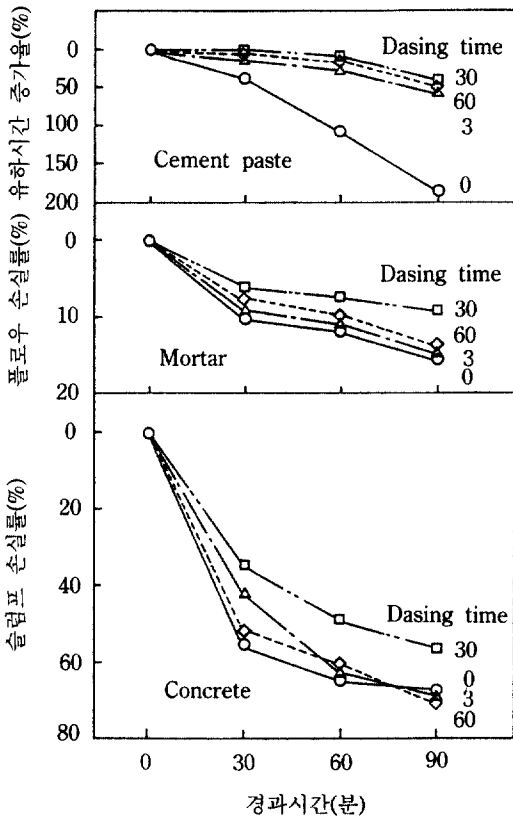


그림 1. 고성능감수제 첨가시기에 따른 유동성 손실 (NP HRWR)

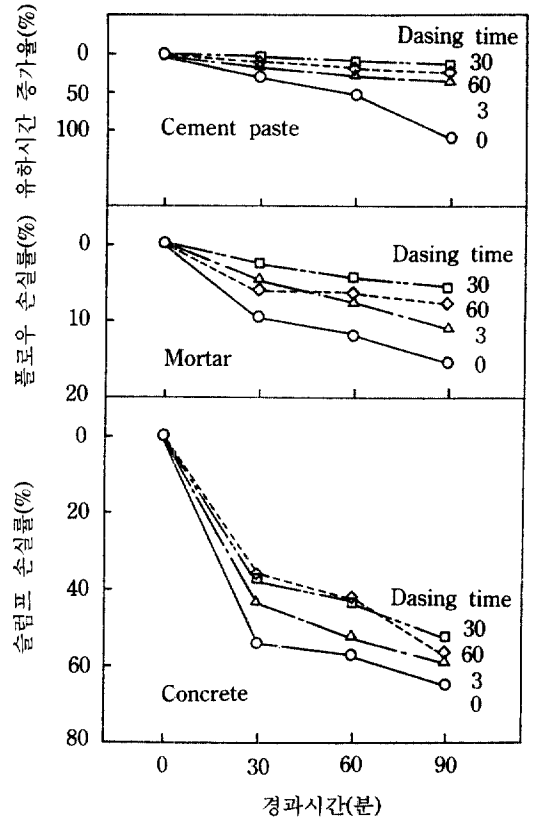


그림 2. 고성능감수제 첨가시기에 따른 유동성 손실 (RH HRWR)

이들 그림 중 시멘트풀의 제조 직후의 유하시간에 대한 경과시간별 유하시간의 증가비율을 유하시간 증가율로 정의하였다.

이 두 그림에서 다같이 고성능감수제 첨가시기에 따라 유동성 손실이 상이함을 알 수 있으나 시멘트풀, 모르터 및 콘크리트의 유동성 손실 경향이 유사하였으며 대체로 동시첨가방법의 유동성 손실이 큰 반면 30분후 첨가방법이 유동성 손실을 줄이는데 유효한 첨가방법임을 알 수 있다.

고성능감수제의 30분후 첨가방법이 유동성 손실을 줄이는데 효과가 있는 이유는 시멘트의 1차초기수화반응이 종료되는 잠복기(dormant period)에 해당되는 믹싱후 30분 전후에 상당하므로 水和反應의 一時的 休止時期로서 고성능감수제의 소모가 적은 탓에 기인되었다고⁽¹³⁾ 사료되며, 아울러 동시첨가시 시멘트 입자는 고성능감수제 흡착성이 크므로 시멘

트 입자의 분산에 기여하는 고성능감수제의 양이 줄어들어 유동성을 저해하기 때문에 유동성 손실이 크다는 연구⁽¹⁴⁾와도 유사한 결과로 생각된다.

고강도용 콘크리트의 유동성 손실을 줄이는 데는 고성능감수제의 동시첨가방법보다는 지연첨가방법이 유리하다는 연구내용들^(15,16)과도 비슷한 연구결과로 생각되므로 기온이 높은 서중콘크리트나 장거리 운반 레디믹스트 콘크리트로서 시공할 경우 등에서는 고성능감수제를 믹싱후 지연첨가 하거나 또는 분할첨가방법에 대하여 검토하는 것이 바람직하겠다.

이번에는 시멘트의 종류를 중용열포틀랜드시멘트와 플라이애쉬 20% 혼합시멘트를 각각 사용하여 4단계의 고성능감수제 첨가시기별로 제조한 콘크리트를 경과시간 120분간 슬럼프 변화에 대하여 실시한 실험결과가 그림 3 및 그림 4이다.

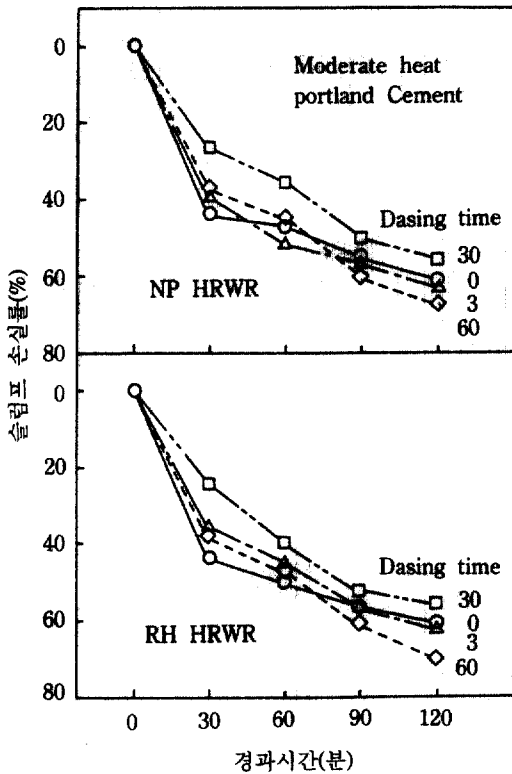


그림 3. 고성능감수제 첨가시기에 따른 유동성 손실 (중용열포틀랜드시멘트)

이들 그림에서 알 수 있듯이 시멘트의 종류 및 고성능감수제의 종류에 따라 슬럼프 손실률이 얼마간 상이하므로 일정한 경향을 찾기 어려웠으나 대체로 30분후 첨가방법으로 제조된 콘크리트의 유동성 손실이 가장 작았으며 60분후 첨가방법으로 제조된 콘크리트의 유동성 손실이 가장 크게 나타나고 있으며 앞의 그림 1 및 그림 2의 보통포틀랜드시멘트로서 제조한 콘크리트와 다소 상이한 경향을 나타내었다. 한편 플라이애쉬 20% 혼합시멘트에 나프탈린계 고성능감수제를 사용하여 30분후 첨가방법으로 제조한 콘크리트의 슬럼프 손실이 현저하게, 적은 좋은 결과를 나타내었다.

4.2 시멘트의 종류가 유동성 손실에 미치는 영향

고성능감수제를 사용한 콘크리트의 믹싱후 경과시간에 따른 유동성 손실이 큰 점 또는 워커빌리티

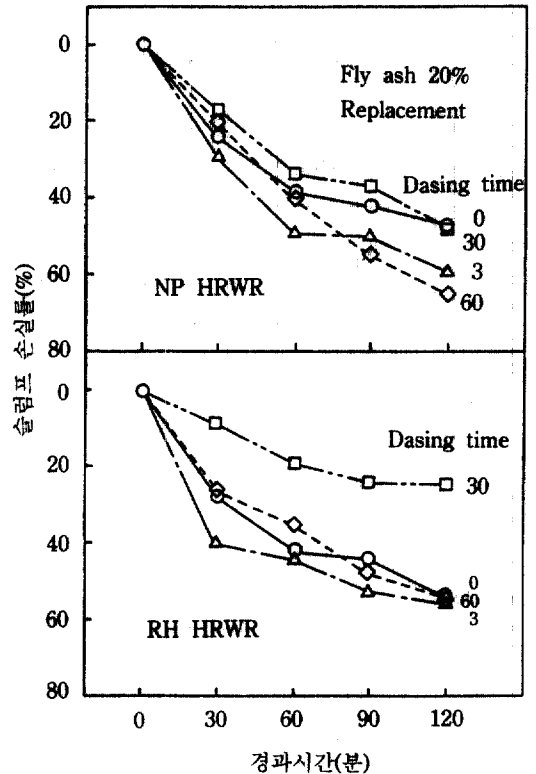


그림 4. 고성능감수제 첨가시기에 따른 유동성 손실 (플라이애쉬 20% 혼합시멘트)

특성 등 굳지않은 콘크리트의 물성이 보통콘크리트와 상이한 점에 대해서는 주지하는 바와 같다.^(17,18)

그래서 여기서는 고성능감수제를 사용한 콘크리트의 유동성 손실이 큰 점 때문에 현장 시공시 야기되는 문제점을 해결해보기 위한 대책의 한 방안으로 먼저 3종류의 시멘트와 2종류의 고성능감수제를 사용하여 믹싱후 경과시간별 슬럼프 손실률을 측정한 실험결과의 일부를 정리한 것이 그림 5 및 그림 6 이다.

고성능감수제 첨가방법 4 종류 중에서 동시첨가 및 30분후 첨가한 실험 결과가 그림 5 및 그림 6 으로서 고성능감수제의 종류에 관계없이 플라이애쉬 20% 혼합시멘트, 중용열포틀랜드시멘트 및 보통포틀랜드시멘트 순으로 유동성 손실이 크게 나타났다. 이러한 결과는 E. Hanna⁽¹⁰⁾ 長瀧⁽¹⁹⁾ 연구와도 일치하는 결과로서 보통포틀랜드시멘트와 중용열포틀랜드시멘트 만을 비교할 때 조성광물중 C₃A, C₄AF와

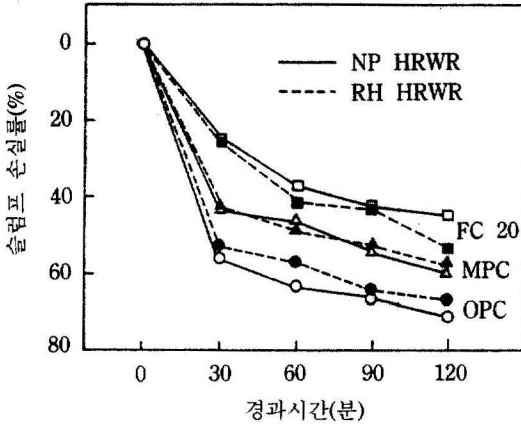


그림 5. 고성능감수제를 사용한 콘크리트의 유동성 손실(동시첨가)

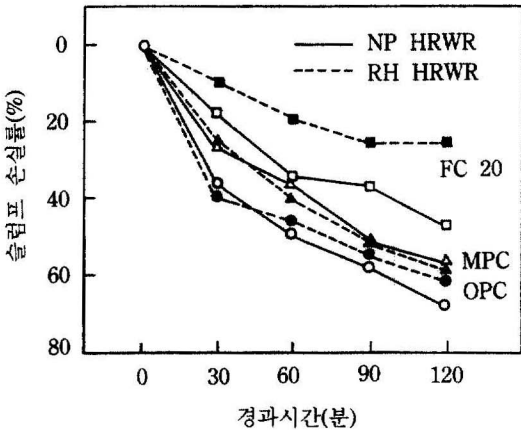


그림 6. 고성능감수제를 사용한 콘크리트의 유동성 손실(30분후첨가)

같은 알루미늄이계 화합물을 많이 함유하고 있는 보통포틀랜드시멘트로 제조한 콘크리트가 중용열포틀랜드시멘트콘크리트보다 유동성 손실이 크다고 한다. 그 이유로서는 보통포틀랜드시멘트가 고성능감수제의 흡착성이 큰 점 즉 초기수화반응성이 큰 알루미늄이계 화합물에 선택적으로 많이 흡착되어 소비되므로써 시멘트풀 속의 실리케이트상의 분산에는 액상에 남은 소량만이 유효하게 작용하기 때문에 시멘트 입자가 응집하기 쉬운 상태로 되기 때문에 유동성 손실이 크다고 생각된다.

한편 플라이애쉬 20% 혼합시멘트로 제조한 콘크

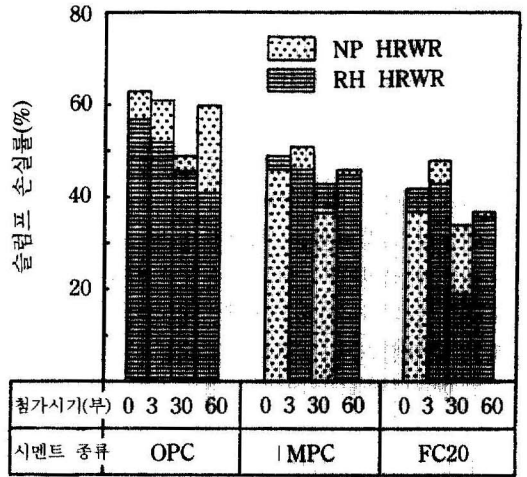


그림 7. 고성능감수제 종류에 따른 콘크리트의 유동성 손실(믹싱후 경과시간 60분)

리트의 경우 유동성 손실이 가장 작은 이유는 플라이애쉬를 혼합하는 만큼 보통포틀랜드시멘트의 조성광물중 알루미늄이계의 화합물이 감소하기 때문에 따른 고성능감수제의 분산효과가 증진될 뿐 아니라 입자가 동글고 표면이 매끄러운 플라이애쉬 입자의 시멘트풀 속에서의 ball bearing 같은 물리적인 작용⁽²⁰⁾으로 인한 효과 등을 들수 있으며 아울러 초기수화반응이 큰 화합물인 C_3A , C_3S 의 감소에 따른 수화의 지연 등의 복합적인 영향을 들수 있겠다.

그림 6의 고성능감수제를 믹싱 30분후 첨가의 경우에도 시멘트 종류별 유동성 손실 경향은 그림 5와 대체로 유사하게 나타났으며, 각각 20% 에서 70% 정도까지 큰 슬럼프 손실률을 나타내서 콘크리트를 장시간 운반하는 경우 또는 서중콘크리트로 시공할 경우 등에는 시멘트 종류의 선택이 매우 중요함을 나타내는 결과로 생각된다.

이번에는 고성능감수제 사용방법 4종류로 제조한 콘크리트의 믹싱후 경과시간 60분에서 시멘트 종류별 고성능감수제 종류별 슬럼프 손실률로 정리한 것이 그림 7이다.

이 그림에서 시멘트의 종류, 고성능감수제의 첨가시기 및 종류에 따른 어떤 일의성을 찾을 수가 없었으나 나프탈린계 고성능감수제(RH HRWR)를

사용한 콘크리트의 유동성 손실이 대체로 멜라민계 고성능감수제(NP HRWR)를 사용했을 때보다 작은 이유는 고분자 구조상 시멘트 입자에 電荷를 주는 親水期의 양이 많아 시멘트 입자의 分散效果가 크며 또한 水和遲延作用²¹⁾을 하여 유동성 손실에 유리하게 작용했다고 생각된다.

이상의 실험결과를 종합해 보면 고성능감수제를 사용한 콘크리트의 유동성 손실을 줄이는데는 보통 포틀랜드시멘트에 플라이애쉬를 적당비율 혼합사용하고 나프탈린계 고성능감수제를 30분후 첨가하는 제조방법이 얼마간 효과가 있음을 알 수 있다.

4.3 고성능감수제의 사용량이 유동성 손실에 미치는 영향

고강도용콘크리트의 유동성 손실을 줄이는 한 수단으로 고성능감수제의 적정 사용량에 대하여 검토하고자 슬럼프 17±1.5 cm의 콘크리트를 제조하는데 소요되는 고성능감수제 사용량을 시멘트별, 고성능감수제 첨가시기별 및 종류별로 정리한 것이 그림 8이다.

이 그림에서 고성능감수제 사용량은 동시첨가방법이 가장 크게 요구되었으며, 시멘트 3종류 중에서는 알루미네이트계 화합물이 상대적으로 많은 보통포틀랜드시멘트가 가장 크며, 플라이애쉬 20% 혼합시멘트, 중용열포틀랜드시멘트 순으로 작게 나타났다.

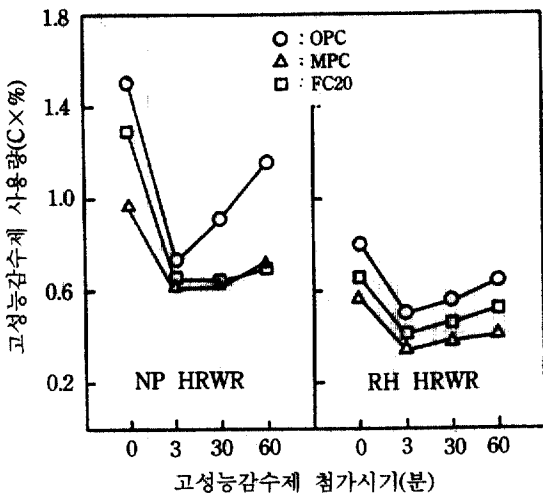


그림 8. 고성능감수제 첨가시기와 사용량과의 관계

고성능감수제 첨가시기에 따른 사용량은 고성능감수제의 종류에 따라 얼마간 상이하였으며, 대체로 믹싱후 첨가방법이 동일한 슬럼프값을 얻는데 있어서 고성능감수제 사용량을 줄이는데 유효함을 알 수 있었다. 이와 유사한 연구결과는 服部²²⁾에 의해서도 발표된 바 있다.

또한 고성능감수제 첨가시기가 지연될수록 사용량이 많이 요구되는 이유 중에는 고성능감수제 첨가전 배이스콘크리트의 슬럼프가 얼마만큼 저하된데 따른 결과로 생각된다. 그리고 고성능감수제 종류에 따른 사용량은 멜라민계보다는 나프탈린계가 전반적으로 훨씬 적게 요구되었다.

위의 실험결과로서 고성능감수제를 사용한 콘크리트의 슬럼프값을 1 cm 증가시키는데 소요되는 고성능감수제의 사용량을 구하여 정리한 것이 그림 9이다.

이 그림에서 고성능감수제를 동시첨가하여 보통포틀랜드시멘트로 제조한 콘크리트의 고성능감수제의 사용량이 가장 크며, 3분후 첨가하여 제조한 콘크리트의 사용량에 약 2배 정도되는 많은 사용량을 알 수 있다.

이 그림으로 고성능감수제를 사용한 콘크리트의 슬럼프값을 증가시키는데 소요되는 고성능감수제의 사용량을 추산하는 자료로 삼을 수 있겠다.

이번에는 시멘트 3종류, 고성능감수제 2종류를 사용하여 슬럼프 17±1.5 cm의 콘크리트를 제조하는데 소요된 고성능감수제 사용량과 경과시간 30분, 60분 및 120분 후의 콘크리트의 슬럼프 손실률과의 관계를 정리한 것이 그림 10, 그림 11 및 그림 12이다.

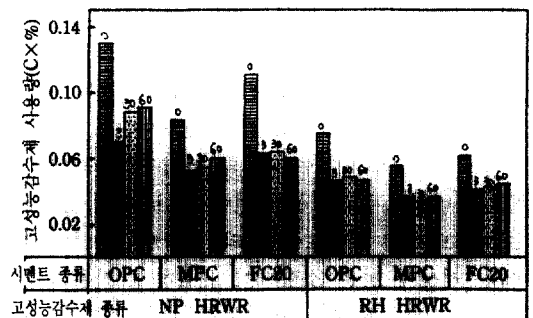


그림 9. 슬럼프 1 cm 증가시키는데 소요되는 고성능감수제의 사용량

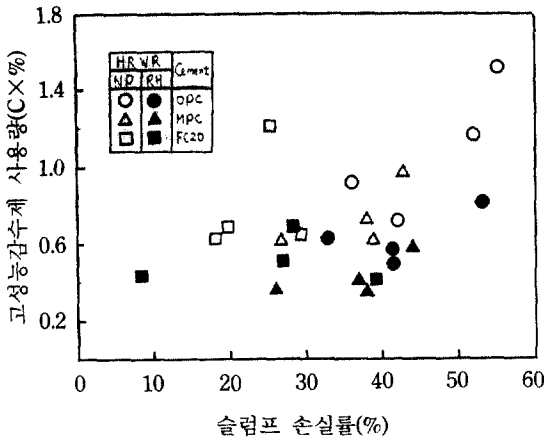


그림 10. 고성능감수제 사용량과 유동성 손실과의 관계(경과시간 30분)

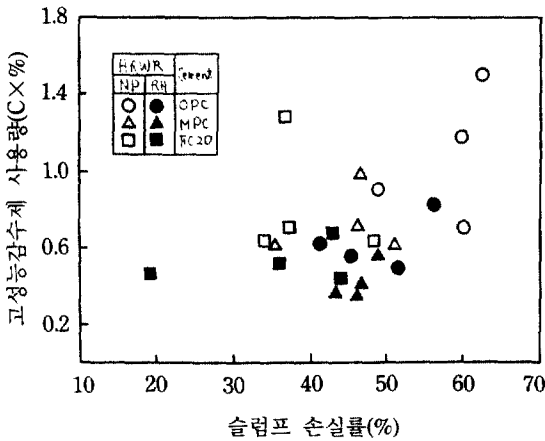


그림 11. 고성능감수제 사용량과 유동성 손실과의 관계(경과시간 60분)

이들 그림에서 콘크리트 믹싱후 경과시간이 길수록, 고성능감수제 사용량이 많을수록 슬럼프 손실률이 크게 나타나는 경향을 보였다. 그리고 2종류 고성능감수제를 사용한 콘크리트의 동일한 슬럼프 손실률로서 고성능감수제 사용량을 비교해보면 나프탈린계와 멜라민계보다 시멘트의 종류에 관계없이 적게 요구됨을 알 수 있다.

이상의 결과를 종합해 보면 고성능감수제를 사용한 콘크리트의 경우 고성능감수제를 동시첨가 하거나, 보통포틀랜드시멘트와 멜라민계 고성능감수제를 사용했을 때 동일한 슬럼프를 얻기 위하여 고성능감수제의 사용량이 많이 요구되었으며, 아울러 유

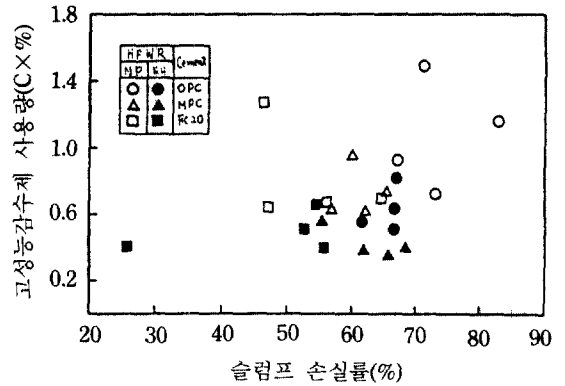


그림 12. 고성능감수제 사용량과 유동성 손실과의 관계(경과시간 120분)

동성 손실도 크게 나타났다.

5. 결 론

본 연구실험 범위내에서 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 고성능감수제를 사용한 콘크리트의 유동성 손실을 줄이기 위하여 고성능감수제 첨가시기에 대하여 검토해 본 결과 시멘트의 종류 및 고성능감수제의 종류에 따라 다소 차이가 있으나 동시첨가 및 60분후 첨가방법은 유동성 손실이 큰 반면 30분후 첨가방법이 유동성 손실을 줄이는데 유효하였다.

(2) 시멘트의 종류가 유동성 손실에 미치는 영향에 대하여 고찰해본 결과 알루미늄이네이트계 화합물이 많은 보통포틀랜드시멘트 콘크리트가 유동성 손실이 가장 컸으며, 플라이애쉬 20% 혼합시멘트 콘크리트에 나프탈린계 고성능감수제를 30분후 첨가한 경우 유동성 손실이 크게 감소되는 결과를 얻었다.

(3) 동일한 워커빌리티를 가진 콘크리트에 소요된 고성능감수제의 사용량은 3종류의 시멘트중 보통포틀랜드시멘트가 크게 요구되었으며, 시멘트 및 고성능감수제 종류에 관계없이 동시첨가방법에서 많이 요구되었으며, 대체적으로 사용량이 많을수록 굳지 않은 콘크리트의 유동성 손실이 크게 나타났다.

(4) 시멘트 3종류를 사용한 굳지않은 콘크리트의 믹싱후 동일한 슬럼프 손실률을 나타낼 때의 고성능감수제의 사용량을 비교해 본 결과 나프탈린계

고성능감수제가 적게 소요되었으며, 시멘트의 종류 및 고성능감수제 첨가시기에 따라 다소 차이가 있으나 나프탈렌계를 사용한 콘크리트의 유동성 손실이 작은효과가 있었다.

감사의 글

본 연구는 1991년 한국과학재단의 기초연구비에 의하여 수행한 연구의 일부로서 재단당국에 깊이 감사를 드립니다.

참고 문獻

1. 長瀧重義 外 2名, 高性能減水劑를 添加した 콘크리트의 슬럼프로스, 세멘트·콘크리트, No.416, Oct. 1981, pp.28-33.
2. Robert W. Previte, Concrete Slump Loss, *ACI Journal*, Vol.74, No.8, Aug. 1977.
3. N.P. Mailvaganam, Slump Loss in Flowing Concrete, "Superplasticizers in Concrete" *Proceedings of an International Symposium*, Vol.2, May. 1978.
4. M.A. Samarai 外 2名, Effect of Retempering with Superplasticizer on Properties of Fresh and Hardened Concrete Mixed at Higher Ambient Temperatures, "Superplasticizers and Other Chemical Admixtures in Concrete Proceedings", *Third International Conference*, Ottawa, Canada, 1989, pp. 273-285.
5. 山本泰彦 外 2名, 高性能減水劑의 添加量가 콘크리트의 壓縮強度에 及ぼす 影響, 세멘트 技術年報 31, 1977.
6. Malhotra, V.M., Effect of Repeated Dosages of Superplasticizers on Slump, Strength and Freeze-Thaw Resistance of Concrete, *Materials and Structures, Research and Testing(RILEM, Paris)*, Vol. 14, No.80, Mar.-Apr. 1981, pp.79-89.
7. 文翰英, 高強度콘크리트의 應用과 問題點, 콘크리트工學 講座(IV), 大韓土木學會誌, 第27卷, 第3號, 1979. 6, pp.30-40.
8. 橋本親典 外 2名, 流動化콘크리트의 슬럼프로스가フレッシュ콘크리트 變形性에及ぼす 影響, 세멘트 技術年報 39, 昭和 60, pp.186-189.
9. 溝淵利明, 場所打ち 高強度콘크리트의 現狀, 콘크리트工學 Vol.30, No.6, 1992. 6, pp.71-77.
10. E. Hanna 外 2名, Rheological Behavior of Portland Cement in the Presence of a Superplasticizer, "Superplasticizers and Other Chemical Admixtures in Concrete." *Proceedings Third International Conference*, Ottawa, Canada, 1989, pp.171-187.
11. 服部健一, 슬럼프로스의 메카니즘 および 其의 對策, 材料, 第29卷, 第318號
12. 文翰英, 金基亨, 高性能減水劑를 사용한 시멘트複合體의 流動性 損失에 대한 研究, 콘크리트學會誌 Vol.4, No.2, 1992. 6.
13. 鈴江重俊 外 2名, 高性能減水劑의 세멘트への 吸着舉動, 세멘트 技術年報, 35, 昭和 56, pp. 202-205.
14. 八卷眞覽 外 2名, 콘크리트의 流動性에 及ぼす 플란트 添加型 流動化劑의 添加方法의 影響, 세멘트 技術年報 37, 昭和 58, pp.160-162.
15. 坂井悅郎 外 2名, 高性能減水劑의 遲延添加에 關する 一考察, 세멘트 技術年報 43, 1989, pp.85-87.
16. V. PENTTALA, Possibilities of Increasing the Workability Time of High Strength Concrete, "Properties of Fresh Concrete." Edited by H.-J. Wierig pp.92-100.
17. 國府勝郎 外 2名, 高性能減水劑를 使用した 低水 세멘트 몰탈과 及ぼす 베스트의 콘시스턴스, 세멘트·콘크리트, No.416, Oct. 1981, pp.22-27.
18. 服部健一 外 2名, 高性能減水劑를 添加した 세멘트베스트의 레오로지-와 콘크리트의 콘시스턴스, 세멘트 技術年報 38, 昭和 59, pp.126-129.
19. 長瀧重義 外 2名, 高性能減水劑를 添加した 콘크리트의 슬럼프로스, 세멘트 技術年報, 35, 1981.
20. 深谷泰文, 세멘트콘크리트의 流動特性, 세멘트·콘크리트, No.541, Mar. 1992, pp.53-59.
21. 岡田 英三郎, 流動化劑의 化學와 流動化機構, "세멘트·콘크리트 化學와 其의 應用", 세멘트協會, 昭和 62, pp.133-140.
22. 服部健一 外 2名, 高性能減水劑의 세멘트粒子への 吸着, 세멘트·콘크리트, No.416, Oct. 19 81, pp.10-19.

(接受: 1992. 7. 10)