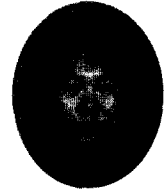

굳지않은 콘크리트의 슬럼프손실 저감을 위한 혼화재의 활용

Utilization of Mineral Admixtures for the Reduction of Slump Loss in Fresh Concrete



문한영*

Moon, Han-Young



문대중**

Moon, Dae-Joong

ABSTRACT

In order to reduce the slump loss of fresh concrete, we investigated the slump of concrete according to elapsed time after mixing, and the concrete was manufactured to depending on the mixing ratio of ground granulated blast-furnace slag(SG) and fly ash(FA), and the dosing method of chemical admixtures.

In the results of this study, when of SG or of FA was mixed with ordinary portland cement, it could make to be reduced the slump loss of concrete mixed with only ordinary portland cement. The concrete mixed with 50% of SG and 5% of FA resulted in effective reduction for the slump loss. In addition, when some parts of chemical admixtures were dosed in 15 minutes after mixig, it was the most effective method to reduce the slump loss of concrete.

On the other hand, we found that the compressive strength of ternary ordinary and high strength concrete until 28days was small, but that of ternary concrete at 91days was highly increased about 31% and 15% extent.

Keyword : chemical admixture, mineral admixture, slump loss, dosing after dividing method, binary and ternary concrete

* 정회원, 한양대학교 공과대학 토목공학과 교수

** 정회원, 한양대학교 대학원 토목공학과 박사과정

• 본 논문에 대한 토의를 1998년 6월 30일까지 학회로 보내주
시면 1998년 8월호에 토의회답을 게재하겠습니다.

1. 서론

최근 콘크리트의 성능이 한층 향상되므로써 신설되고 있는 토목, 건축용 콘크리트 구조물들은 점차 대형화, 고층화 및 경량화되고 있는 추세이며 콘크리트 구조물의 응용범위가 더욱 확대되고 있는 실정이므로 레디믹스트 콘크리트의 공급량도 크게 증가하고 있다.

주지하는 바와 같이 레디믹스트 콘크리트를 장거리의 공사현장으로 공급해야 하거나 교통대란과 같은 예상할 수 없는 불가피한 상황이 발생하여 콘크리트의 타설시간이 지연되는 경우 또는 서중콘크리트를 타설하는 경우 및 고성능감수제를 사용하여 고강도용 콘크리트를 제조할 경우 등 굳지않은 콘크리트의 슬럼프값이 크게 떨어져서 콘크리트의 타설 및 마감작업이 어려워지므로 지하된 슬럼프값을 회복시키기 위하여 물을 첨가하는(加水) 등으로 인하여 경화한 콘크리트의 강도, 내구성 및 수밀성 등이 크게 저하되는 문제점이 발생하게 된다.^(1, 5)

그래서 콘크리트의 슬럼프손실을 줄이기 위한 연구가 服部⁽⁶⁾, Penttala^(7, 8), Swamy⁽⁹⁾, 文⁽¹⁰⁾, 坂井⁽¹¹⁾ 등에 의하여 진행되어 왔으며, 굳지않은 콘크리트의 응결시간을 지연시키고 슬럼프를 장시간 유지하기 위하여 응결지연제를 사용하여 콘크리트의 응결시간을 수시간에서 수십시간까지 연장하고자 하는 연구도 진행되고 있다.⁽¹²⁾

굳지않은 콘크리트의 믹싱후 슬럼프값을 장시간 유지할 수 있다면 공사현장의 타설가능시간을 대폭 연장할 수 있어 장거리의 경우 장시간 수송, 대량시공시 이음부를 설치하지 않고도 굳지않은 콘크리트의 연속시공 및 콘크리트 구조체의 일체화 등 잇점이 있다.

본 연구에서는 굳지않은 콘크리트의 슬럼프손실을 줄이기 위한 연구의 한 방안으로 고로슬래그 미분말과 플라이애쉬의 혼합비율을 몇단계로 변화시켜 보통포틀랜드시멘트와 2성분 및 3성분으로 혼합한 콘크리트의 경과시간에 따른 슬럼프손실을 검토하였으며, 아울러 화학성분이 상이한 혼화제의 종류와 사용방법을 달리하여 제조한 콘크리트의 경과시간별 슬럼프값의 변화에 대하여도 비교, 고찰하였다.

2. 굳지않은 콘크리트의 슬럼프손실 메커니즘에 대한 이론적 고찰

굳지않은 콘크리트의 워커빌리티는 운반 및 타설시의 유동성, 보수성, 재료분리 등에 대한 안정성 및 다짐성능의 정도를 평가하는 기준으로서 믹싱후 시간이 경과함에 따라 워커빌리티가 감소하게 되며, 이러한 현상을 슬럼프손실(slump loss)이라 한다.

일반적으로 굳지않은 콘크리트의 슬럼프손실은 시멘트페이스트의 화학적 변화의 한 과정과 경과시간에 따른 시멘트입자의 응집에 의한 물리적 요인에 의한 복합된 현상으로 시멘트페이스트 및 모르타의 유동성으로 평가되고 있다.

服部⁽⁶⁾는 시멘트페이스트 속의 개개의 시멘트입자가 경과시간에 따라 다른 입자와 충돌하여 응집되어 2차입자로 생성되고 또다른 입자와 충돌하여 3차입자로 되는 응집과정이 반복되어 3차원인 망상구조의 입자가 형성되므로써 시멘트입자의 브라운 운동과 중력, 기계적 교반에 따라서 유동성 손실이 발생한다고 한다.

한편 화학적 요인으로서 시멘트페이스트가 수화반응에 의해 응결, 경화되는 과정, 즉 시멘트의 수화가 진전됨에 따라 시멘트입자의 형상이 변하고 시멘트입자 사이에 가교가 생성되어 수화핵이 증대하면서 유효제 역할을 하는 자유수가 감소하므로써 경과시간에 따라 유동성이 감소된다고 한다.⁽¹³⁾

長瀧 등은⁽¹⁴⁾ 시멘트입자의 응집만으로 콘크리트의 슬럼프손실 현상을 파악하는데 불충분하며 초기수화반응의 화학적 변화만으로도 슬럼프손실 전부를 설명하기 어렵다고 한다.

吉川 등은⁽¹⁵⁾ 고로슬래그 미분말을 혼합하게 되면 물을 흡수하는 능력이 작으며, 보통포틀랜드시멘트에 비하여 고성능감수제의 흡착량이 작을 뿐만 아니라, 보통포틀랜드시멘트를 골고루 분포시키게 되어 분산제를 유효하게 작용시키므로 유동성 손실을 감소시키는 효과가 있다고 한다. 또한 플라이애쉬는 표면이 매끄럽고 구형입자이므로 시멘트와 같이 사용하게 되면 시멘트와 골재 접촉면의 마찰저항을 감소시키는 볼베어링 효과가 있는 점, 페이스트의 용적을 증가시키는 점, 시멘트 입자의 응집을 파괴 또는 분산시키는 점 등으로 유동성을 증가시킨다고 한다.^(16, 17)

3. 실험개요

3.1 사용재료

(1) 시멘트 및 혼화제

시멘트는 보통포틀랜드시멘트(이하 OPC로 약함)를 사용하였으며, 혼화제는 국내 광양제철소에서 발생하는 고로슬래그를 미분쇄한 고로슬래그 미분말(이하 SG로 약함)과 화력발전소에서 연료로 사용하고 부산물로 발생하는 플라이애쉬를 전기 집진기로 채집하여 정제한 것(이하 FA로 약함)을 사용하였으며, 화학성분 및 물리적 성질은 Table 1과 같다.

Table 1 Chemical composition and physical properties of cement and mineral admixtures

Items Type	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	SO ₃ (%)	Ig. loss (%)	Specific gravity	Blaine (cm ² /g)
OPC	22.06	6.62	2.82	60.43	3.34	2.12	2.59	3.15	3,112
SG	32.56	14.92	0.40	44.46	5.54	1.01	1.11	2.80	4,580
FA	66.52	24.46	2.79	1.96	0.88	-	3.39	2.15	3,274

(2) 화학 혼화제

AE감수제는 리그닌계(이하 LG로 약함)이며, 고성능감수제는 나프탈린계(이하 NP로 약함)와 폴리 카복실산계(이하 PL로 약함)를 사용하였으며, 화학 성분은 Table 2와 같다.

(3) 골재

잔골재는 비중 2.61인 해사를 물로 씻어 염분을 제거하였으며, 굵은골재는 최대치수 20mm, 비중 2.65인 한강산 강자갈을 사용하였으며, 물리적 성질

은 Table 3과 같다.

3.2 실험방법

(1) 슬럼프손실 실험

시멘트, 고로슬래그 미분말 또는 플라이애쉬와 잔골재를 투입하여 30초 동안 건식으로 비빈 후, 혼합수와 혼화제 1/2를 투입하여 30초간 믹싱하여 굵은골재와 나머지 혼화제를 넣고 1분 30초동안 믹싱하는 방법. 한편 위의 방법에서 혼화제 사용량의 1/2만을 투입하여 콘크리트를 제조한 후 경과시간 15분에서 나머지 1/2의 혼화제를 후첨가하는 혼합방법으로 KS F 2402에 의해 경과시간에 따른 슬럼프값을 측정하였다.

(2) 강도시험

φ10×20cm 원주형 공시체를 제조한 후, 20±1℃의 수중에서 양생하여 재령 3, 7, 28 및 91일의 압축강도를 KS F 2405에 의하여 측정하였다.

3.3 콘크리트의 배합

콘크리트 배합의 인자로서 슬럼프 22±2cm, 물-결합재비 32와 40%, 잔골재율 42%, 공기량 4±0.5% 및 단위결합재량 380과 500kg/m³으로 정하였으며, 이 때 보통포틀랜드시멘트에 고로슬래그 미분말 및 플라이애쉬를 2성분 및 3성분으로 혼합한 보통강도용 17배합과 고강도용 16배합을 정한 것이 Table 4 및 Table 5이다.

Table 2 Chemical component and physical properties of chemical admixtures

Items Type	Main component	Specific gravity	Characteristic	pH	Recommended dosage(C×%)
LG	Lignin sulfonate compsoites	1.25±0.005	Dark brown	8±1	0.2~0.5
NP	Naphthalene sulfonate composites	1.19±0.005	Dark brown	9±1	0.6~2.4
PL	Polycarboxylic ether complex	1.04~1.06	Dark brown	8±1	0.5~3.0

Table 3 Physical properties of fine and coarse aggregate

Items Type	G _{max} (mm)	Specific gravity	Absorption(%)	F.M.	Unit weight(kg/m ³)	Percentage of solids (%)
Fine agg.	-	2.61	1.50	2.66	1,620	61.8
Coarse agg.	20	2.65	0.90	6.85	1,734	64.7

Table 4 The mix proportions of ordinary strength concrete using SG and FA

Items Type	G _{max} (mm)	Slump (cm)	Air (%)	W/B (%)	S/a (%)	Unit content(kg/m ³)						DOC*(B×%)	
						W	C	S	G	SG	FA	LG	PL
OPC	20	22±2	4±0.5	40	42	152	380	749	1050	-	-	1.28	-
SG30	"	"	"	"	"	"	266	743	1042	114	-	0.61	-
SG50	"	"	"	"	"	"	190	740	1037	190	-	0.43	-
FA10	"	"	"	"	"	"	342	742	1040	38	38	0.48	-
FA20	"	"	"	"	"	"	304	735	1031	-	76	0.55	-
FA30	"	"	"	"	"	"	266	730	1024	-	114	0.6	-
SG10FA20	20	22±2	4±0.5	40	42	152	266	734	1030	38	76	0.4	-
SG10FA30	"	"	"	"	"	"	228	728	1020	"	114	0.64	-
SG20FA20	"	"	"	"	"	"	"	732	1026	76	76	0.53	-
SG30FA10	"	"	"	"	"	"	"	742	1040	114	38	0.85	-
SG40FA5	"	"	"	"	"	"	209	744	1043	152	19	0.95	-
SG50FA5	"	"	"	"	"	"	171	742	1040	190	19	0.95	-
OPC	20	22±2	4±0.5	40	42	152	380	749	1050	-	-	-	1.08
SG20FA10	"	"	"	"	"	"	266	744	1043	76	38	-	0.5
SG30FA10	"	"	"	"	"	"	228	742	1040	114	38	-	0.5
SG40FA5	"	"	"	"	"	"	209	744	1043	152	19	-	0.75
SG50FA5	"	"	"	"	"	"	171	742	1040	190	19	-	0.75

*DOC : Dosage of chemical admixtures B : Unit binder content (kg/m³)

Table 5 The mix proportions of high strength concrete using SG and FA

Items Type	G _{max} (mm)	Slump (cm)	Air (%)	W/B (%)	S/a (%)	Unit content(kg/m ³)						DOC*(B×%)		
						W	C	S	G	SG	FA	NP	PL	LG
OPC	20	22±2	4±0.5	32	42	160	500	697		-	-	1.2	-	0.3
SG30	"	"	"	"	"	"	350	691	968	150	-	0.67	-	"
SG50	"	"	"	"	"	"	250	686	962	250	-	0.52	-	"
FA10	"	"	"	"	"	"	450	689	967	-	50	0.47	-	"
FA20	"	"	"	"	"	"	400	681	956	-	100	0.63	-	"
FA30	"	"	"	"	"	"	350	673	944	-	150	0.80	-	"
SG10FA20	20	22±2	4±0.5	32	42	160	350	678	951	50	100	0.52	-	0.3
SG10FA30	"	"	"	"	"	"	300	671	941	"	150	0.69	-	"
SG20FA20	"	"	"	"	"	"	"	677	950	100	100	0.60	-	"
SG40FA5	"	"	"	"	"	"	275	667	930	200	25	1.0	-	"
SG50FA5	"	"	"	"	"	"	225	643	904	250	25	0.8	-	"
OPC	20	22±2	4±0.5	32	42	160	500	697		-	-	0.50	0.50	-
SG20FA10	"	"	"	"	"	"	350	690	968	100	50	-	0.66	-
SG30FA10	"	"	"	"	"	"	300	671	941	150	50	-	0.6	-
SG40FA5	"	"	"	"	"	"	275	667	930	200	25	-	0.5	-
SG50FA5	"	"	"	"	"	"	225	643	904	250	25	-	0.46	-

*DOC : Dosage of chemical admixtures B : Unit binder content (kg/m³)

4. 실험결과 및 고찰

4.1 보통강도용 콘크리트의 슬럼프손실 저감 효과에 대한 고찰

보통포틀랜드시멘트에 혼화재를 혼합하므로써 굳지않은 콘크리트의 슬럼프손실이 저감되는 이유를

이치 등⁽¹⁸⁾은 시멘트 조성광물 중 SO₃와 C₃A 및 C₄AF의 알칼리 부분을 감소시키므로써 시멘트페이스트의 점성이 저하하고 초기수화반응을 지연시키기 때문이라고 한다. 또 다른 이유로서는 플라이애쉬의 불베어링 효과⁽¹⁹⁾ 및 고로슬래그 미분말이 시멘트 입자의 응집을 분산시키는 효과 등이 콘크리트의 슬럼프

프손실을 저감하는데 유효하다고 한다.⁽¹⁵⁾

그래서 재령 28일 강도 300kg/cm² 정도를 목표로 한 보통강도용 콘크리트의 슬럼프손실을 저감시키기 위한 방안으로 보통포틀랜드시멘트에 고로슬래그 미분말 30, 50%와 플라이애쉬 10, 20 및 30%로 각각 혼합하고, AE감수제를 사용하여 물-결합재비 40%, 단위결합재량 380kg/m³로 정한 콘크리트를 제조하였다. 굳지않은 콘크리트의 믹싱후 경과시간에 따른 슬럼프값을 보통포틀랜드시멘트만을 사용한 콘크리트의 각 경과시간별 슬럼프손실률에 대한 슬럼프손실 저감률로 정리한 것이 Fig. 1이다.

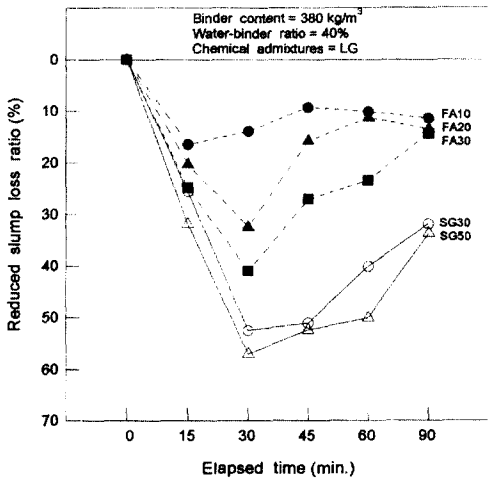


Fig. 1 Reduced slump loss ratio of binary ordinary strength concrete using SG and FA

이 그림에서 고로슬래그 미분말 및 플라이애쉬의 혼합률이 증가함에 따라 슬럼프손실이 저감되는 효과가 있었으며, 믹싱후 경과시간 30분에서 슬럼프손실 저감률이 가장 크게 나타났다. 특히 고로슬래그 미분말을 혼합한 콘크리트가 슬럼프손실 저감률이 큰 효과가 있었다.

이번에는 고로슬래그 미분말과 플라이애쉬의 혼합비율을 각각 달리한 3성분계 콘크리트에 혼화제 두 종류를 사용하여 제조한 콘크리트의 경과시간에 따른 슬럼프손실률로 정리한 것이 Fig. 2이다.

이 그림에서 보통포틀랜드시멘트만을 사용한 콘크리트는 경과시간 90분에서 슬럼프손실률이 약 90% 정도로 크게 나타났으나, 고로슬래그 미분말과 플라이애쉬를 3성분계로 혼합하고 폴리카복실산계 고성

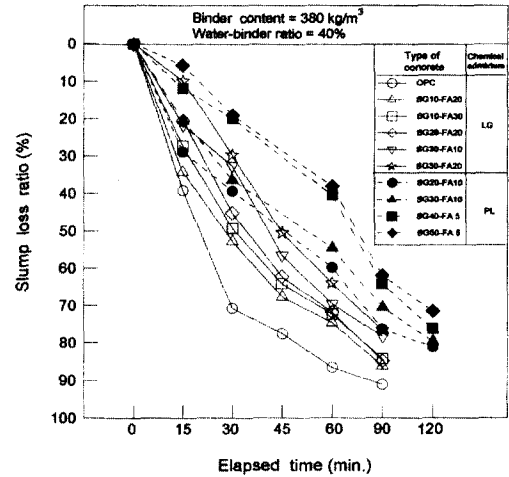


Fig. 2 Slump loss ratio of ternary ordinary strength concrete using SG and FA

능감수제를 사용하므로써 경과시간 120분에서 70~80% 정도의 슬럼프손실률을 나타내었다. 특히 고로슬래그 미분말과 플라이애쉬의 혼합비율이 각각 50%와 5%인 3성분계 콘크리트가 슬럼프손실률이 가장 작은 효과가 있음을 알 수 있었다.

다음은 굳지않은 보통강도용 콘크리트의 슬럼프손실을 줄이는데 효과가 있었던 2성분계 및 3성분계 콘크리트의 슬럼프손실률을 정리한 것이 Fig. 3이다.

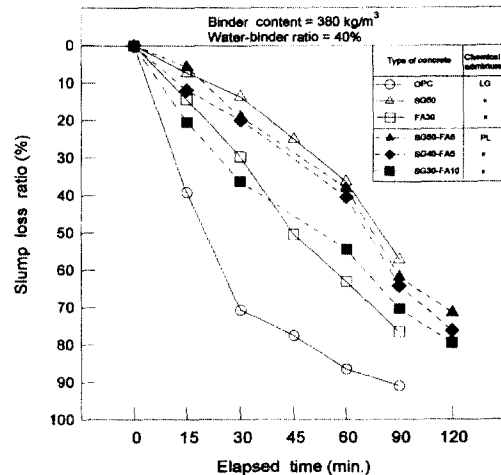


Fig. 3 Slump loss ratio of ordinary strength concrete using SG and FA

이 그림에서 혼화제의 혼합률이 클수록 슬럼프손실률을 저감하는 효과가 컸으며, 특히 고로슬래그 미

분말 50% 혼합 2성분계 콘크리트와 고로슬래그 미분말 50%와 플라이애쉬 5% 혼합 3성분계 콘크리트가 슬럼프손실률을 저감하는데 가장 유효하였다.

4.2 고강도용 콘크리트의 슬럼프손실 저감효과에 대한 고찰

고로슬래그 미분말과 플라이애쉬를 각각 혼합하고 나프탈린계 고성능감수제를 사용한 단위결합재량 500kg/m^3 , 물-결합재비 32%인 고강도용 콘크리트를 제조하여 믹싱후 경과시간에 따른 슬럼프값을 측정 한 후, 보통포틀랜드시멘트만을 사용한 고강도용 콘크리트의 각 경과시간별 슬럼프손실률에 대한 2성분계 혼합 콘크리트의 슬럼프손실 저감률로 정리한 것이 Fig. 4이다.

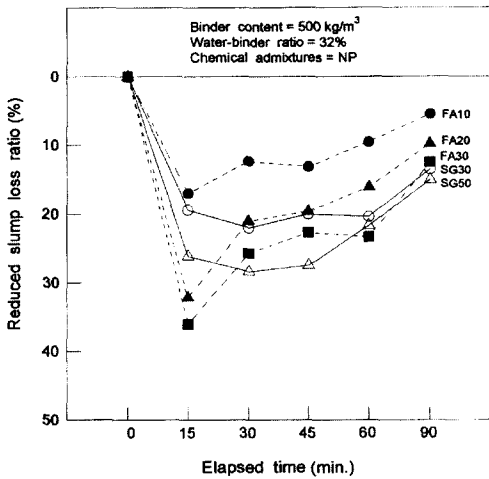


Fig. 4 Reduced slump loss ratio of binary cement high strength concrete using SG and FA

이 그림에서 고로슬래그 미분말 및 플라이애쉬를 혼합함에 따라 굳지않은 콘크리트의 슬럼프손실을 줄이는데 유효하였으며, 믹싱후 경과시간 15분에서 플라이애쉬와 고로슬래그 미분말의 혼합비율이 클수록 슬럼프손실 저감률이 큰 효과가 있었다. 한편 90분에서는 플라이애쉬 및 고로슬래그 미분말을 각각 30% 및 50% 혼합한 고강도용 콘크리트가 보통포틀랜드시멘트만을 사용한 고강도용 콘크리트보다 약 15% 정도 슬럼프손실 저감률이 큰 효과를 얻을 수 있었다.

이는 혼화제의 혼합비율이 증가함에 따라 시멘트의 조성광물 중 초기수화반응이 큰 C_3S , C_4A 가 감소

되므로써 이들 광물에 흡착되는 고성능감수제의 양이 감소되었기 때문으로 생각된다.

이번에는 고강도용 콘크리트에서 혼화제의 종류 및 혼합비에 따라 슬럼프손실 저감률이 상이한 점에 착안하여 고성능감수제 2종류와 고로슬래그 미분말과 플라이애쉬의 혼합비율을 각각 적절히 조합한 3성분계 콘크리트 9종류를 제조한 후 경과시간 90분까지의 슬럼프손실값을 측정하여 혼화제를 사용하지 않은 고강도용 콘크리트의 각 경과시간별 슬럼프손실률에 대한 혼화제 혼합 고강도용 콘크리트의 슬럼프손실 저감률로 나타낸 것이 Fig. 5이다.

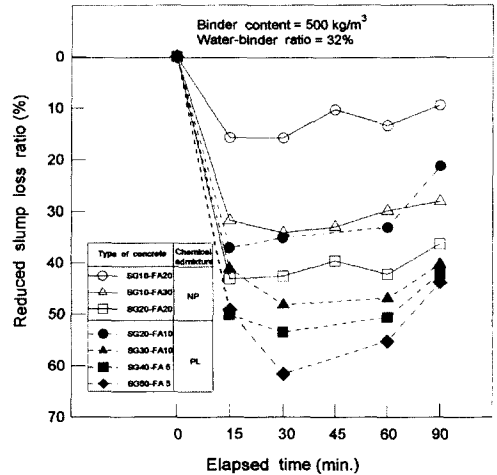


Fig. 5 Reduced slump loss ratio of ternary high strength concrete using SG and FA

이 그림에서 혼화제 두종류를 적절히 혼합하고 폴리카복실산계 고성능감수제를 사용한 고강도용 콘크리트의 슬럼프손실 저감률이 경과시간에 관계없이 나프탈린계 고성능감수제를 사용한 고강도용 콘크리트보다 큰 효과가 있었다. 특히 고로슬래그 미분말과 플라이애쉬의 혼합비율이 50%와 5%이고, 폴리카복실산계 고성능감수제를 사용한 고강도용 콘크리트의 슬럼프손실 저감률이 가장 좋은 효과를 나타냄을 알 수 있었다.

이상과 같이 혼화제를 혼합하므로써 슬럼프손실이 감소되는 이유는 고로슬래그 미분말이 물을 흡수하는 능력이 작으므로 혼화제의 흡착량이 적으며, 플라이애쉬는 구형입자로서 볼베어링 역할에 의해 시멘트 입자 및 골재 사이의 마찰저항을 작게 하는 물리적인

요인과 시멘트량이 감소하여 조성광물중 알칼리 부분이 감소되므로 초기수화가 지연되는 현상 등 화학적 요인이 복합적으로 작용하였다고 생각된다.

4.3 슬럼프손실 저감을 위한 혼화제의 분할 후 첨가방법에 대한 효과

굳지않은 콘크리트의 슬럼프손실 저감 대책의 한 방안으로 혼화제를 사용량의 1/2씩 분할하여 믹싱시와 믹싱한 후 경과시간 15분에 후첨가하는 혼합방법

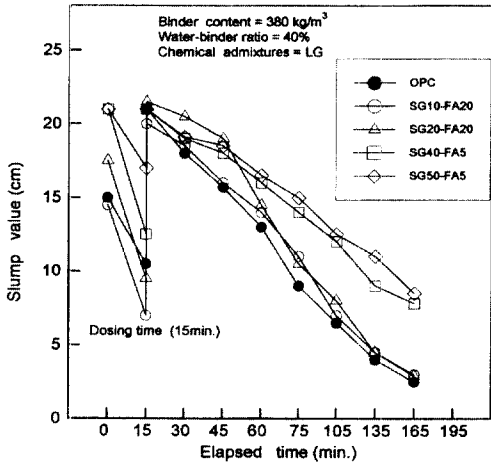
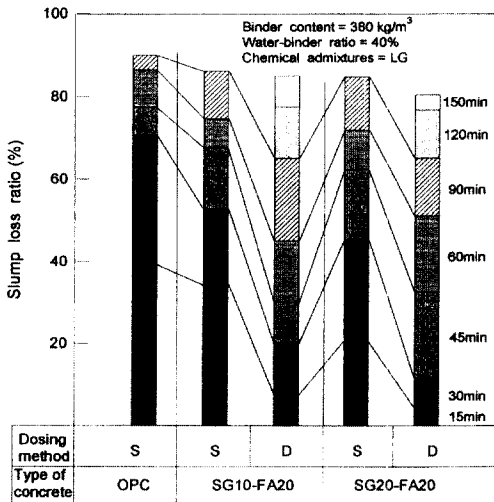


Fig. 6 Slump value of ternary ordinary strength concrete by means of dosing after dividing method



S: Simultaneous dosing method, D: dosing after divided method

Fig. 7 Slump loss ratio of ternary ordinary strength concrete according to dosing method

으로 제조한 콘크리트의 슬럼프손실값을 측정하여 보통강도용 3성분계 콘크리트의 슬럼프손실값으로 정리한 것이 Fig. 6이며, 첨가방법에 따른 슬럼프손실률로 정리한 것이 Fig. 7이다.

이들 그림에서 고로슬래그 미분말과 플라이애쉬를 각각 혼합한 3성분계 콘크리트에 AE감수제를 분할 후첨가방법으로 제조한 콘크리트의 슬럼프손실률이 동시첨가방법으로 제조한 콘크리트의 슬럼프손실률보다 현저히 감소되는 효과가 있었다.

다시말해서 동일한 3성분계 콘크리트이지만 동시첨가방법에 의한 콘크리트의 경우 경과시간 90분에서 슬럼프손실률이 85%를 상회하는 큰 값인데 비해, 분할 후첨가방법에 의한 콘크리트는 경과시간 150분에서도 슬럼프손실률이 약 80% 정도에 지나지 않는 좋은 감소효과를 나타내었다.

다음은 고강도용 콘크리트의 경과시간에 따른 슬럼프손실값을 정리한 것이 Fig. 8이며, 이를 첨가방법 및 결합재 종류에 따른 슬럼프손실률로 정리한 것이 Fig. 9이다.

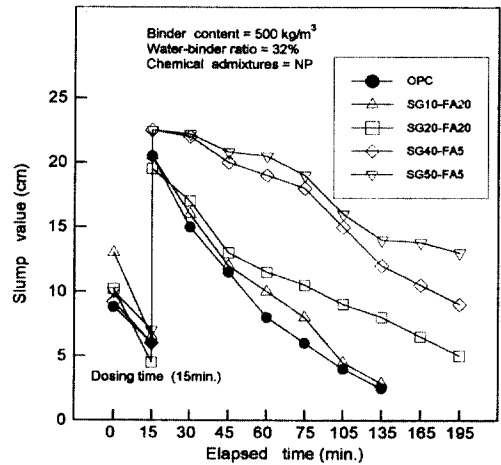
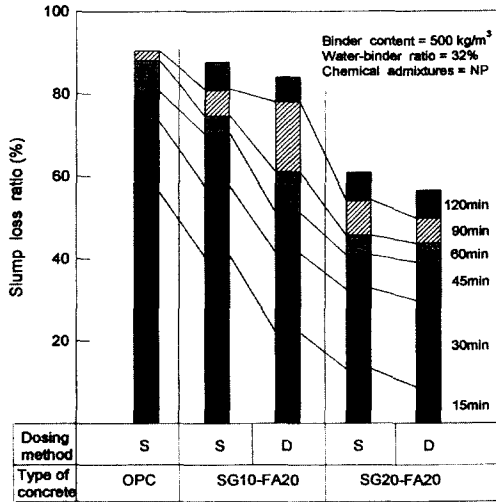


Fig. 8 Slump value of ternary high concrete by means of dosing after dividing method

이들 그림에서 3성분계 고강도용 콘크리트의 경우에도 보통강도용 콘크리트의 슬럼프손실률과 마찬가지로 콘크리트의 믹싱후 경과시간 15분에서 고성능 감수제를 분할 후첨가한 방법으로 제조한 콘크리트의 슬럼프손실률이 동시첨가방법보다는 약간 작게 나타났으며, 고로슬래그 미분말 50%와 플라이애쉬



S: Simultaneous dosing method, D: dosing after divided method

Fig. 9 Slump loss ratio of ternary high strength concrete according to dosing method

5% 혼합 3성분계 콘크리트가 슬럼프손실을 줄이는데 유효하였다.

혼화제의 분할 후 첨가방법에 따른 슬럼프손실 저감 효과는 시멘트 조성광물 중 초기수화 반응이 큰 C_3S , C_4A 등의 표면에 수화생성물이 생성되기 시작하여 믹싱후 15분에 첨가하는 1/2의 고성능감수제의 흡착량이 작아지므로써 액상으로 존재하는 고성능감수제의 일부가 시멘트 입자의 분산에 유효한 영향을 미치므로써 슬럼프손실률이 동시첨가방법보다 감소

되었다고 생각된다.

한편 고강도용 콘크리트에서 혼화제의 혼합비율이 증가함에 따라 시멘트의 조성광물 중 C_3S , C_4A 및 C_1A,F 에 흡착되는 고성능감수제의 양이 감소되므로 시멘트 입자분산이 큰 점 및 초기수화반응의 지연 등 복합효과가 슬럼프손실을 감소시키는데 유효하였다고 생각된다.

4.4 혼화제를 활용한 슬럼프손실 저감 콘크리트의 강도에 대한 고찰

고로슬래그 미분말 및 플라이애쉬를 혼화제로 활용하므로써 콘크리트의 슬럼프손실을 줄이는 효과가 있으나, 초기재령의 강도증진이 작은 문제점이 있으므로 재령 3일에서 91일까지의 압축강도를 측정하여 재령별 강도발현 상태를 정리한 것이 Table 6이다.

이 표에서 혼화제를 사용하지 않은 보통강도용 및 고강도용 2배합의 재령 28일 압축강도 100에 대하여 2성분계 10배합 및 3성분계 14배합 콘크리트의 재령별 압축강도비로 나타내었다.

Table 6에서 재령 91일까지 압축강도를 측정된 보통강도용 4배합 및 고강도용 4배합 콘크리트를 혼화제를 사용하지 않은 콘크리트와 각각 비교하여 정리한 것이 Fig. 10 및 Fig. 11이다.

Fig. 10은 혼화제를 사용하지 않은 보통강도용 콘크리트의 재령 28일 압축강도 323kg/cm^2 에 대한 재령별 압축강도비로 나타낸 것으로서 4종류의 3성분

Table 6 Compressive strength of concrete (kg/cm^2)

Type	Age(days)	380(kg/m^3)				500(kg/m^3)			
		3	7	28	91	3	7	28	91
OPC		191(59)	260(81)	323(100)	429(133)	296(58)	404(79)	511(100)	536(105)
SG30		98(30)	181(56)	317(98)	-	236(46)	320(63)	574(112)	-
SG50		4(1)	123(38)	234(72)	-	42(8)	264(52)	443(87)	-
FA10		145(45)	200(62)	284(88)	-	277(54)	415(81)	446(87)	-
FA20		105(33)	200(62)	269(83)	-	254(50)	353(69)	417(82)	-
FA30		88(27)	184(57)	243(75)	-	122(24)	268(52)	397(78)	-
SG10-FA20		159(49)	217(67)	312(97)	-	160(31)	274(54)	408(80)	-
SG10-FA30		45(14)	101(31)	247(76)	-	112(22)	199(39)	352(69)	-
SG20-FA20		89(28)	211(65)	295(91)	-	144(28)	273(53)	387(76)	-
SG20-FA10		108(33)	175(54)	322(100)	445(138)	153(30)	266(52)	427(84)	569(111)
SG30-FA10		83(26)	162(50)	306(95)	523(162)	131(26)	229(45)	449(88)	595(116)
SG40-FA5		75(23)	139(43)	284(88)	526(163)	126(25)	207(41)	415(81)	614(120)
SG50-FA5		50(15)	112(35)	252(78)	531(164)	96(19)	164(32)	370(72)	613(120)

(): Compressive strength ratio by strength of concrete without mineral admixtures at 28 days

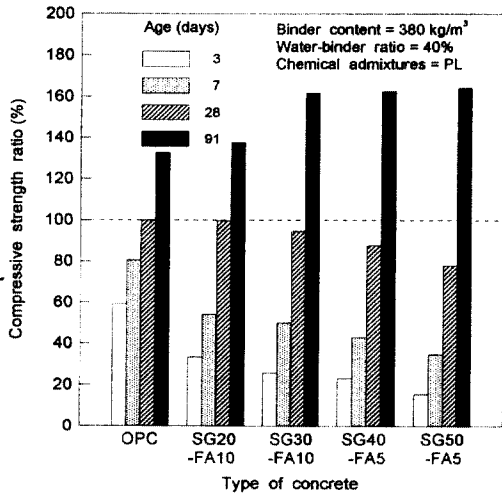


Fig. 10 Compressive strength ratio of ternary ordinary strength concrete

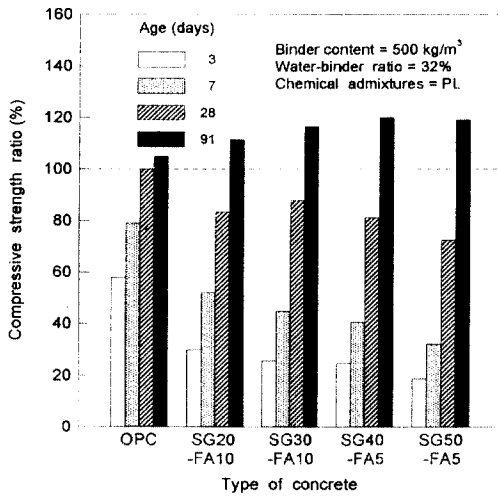


Fig. 11 Compressive strength ratio of ternary high strength concrete

계 콘크리트의 압축강도비가 재령 3일 및 7일에서는 월등히 작았으나, 재령 91일에서는 고로슬래그 미분말 50%, 플라이애쉬 5% 혼합 3성분계 콘크리트의 압축강도는 531kg/cm^2 로서 보통포틀랜드 시멘트만을 사용한 콘크리트의 재령 91일 압축강도비보다 31%나 크게 증진되는 좋은 결과를 나타내었다.

한편 Fig. 11의 고강도용 콘크리트의 경우에는 Fig. 10의 보통강도용 콘크리트의 강도증진에는 못 미치는 결과이지만 고로슬래그 미분말 50%와 플라이애쉬 5% 혼합 3성분계 콘크리트의 압축강도는

613kg/cm^2 로 약 15% 증진되는 효과를 얻었다.

이와 같이 고로슬래그 미분말 및 플라이애쉬를 혼합하므로써 시멘트량이 감소하여 시멘트 조성광물중 C_3A 및 C_3S 가 줄어들어 초기재령에서 시멘트의 수화가 지연되어 재령 28일까지의 강도발현은 작았으나, 재령 91일의 압축강도가 크게 발현되는 것은 시멘트의 수화생성물 중 수산화칼슘 등의 알칼리 자극제에 의한 고로슬래그 미분말의 잠재수경성⁽¹⁹⁾ 및 플라이애쉬의 포졸란 반응⁽²⁰⁾이 크게 활성화되었기 때문으로 생각된다.

5. 결론

본 연구의 실험결과를 요약하여 정리하면 다음과 같다.

(1) 고로슬래그 미분말을 혼합한 보통강도용 콘크리트가 플라이애쉬를 3단계로 혼합한 콘크리트보다 슬럼프손실률이 작았으며, 혼화제 2종류 중 폴리카복실산계 고성능감수제를 사용하고 고로슬래그 미분말 50%, 플라이애쉬 5%를 혼합한 3성분계 콘크리트가 슬럼프손실률을 크게 감소시키는 효과가 있었다.

(2) 고로슬래그 미분말을 혼합한 고강도용 콘크리트의 믹싱후 경과시간 90분에서 혼화제를 사용하지 않은 콘크리트보다 슬럼프손실률을 얼마간 저감시킬 수 있었다. 또한 폴리카복실산계 고성능감수제를 사용하여 고로슬래그 미분말 50%와 플라이애쉬 5%를 혼합한 굳지않은 고강도용 콘크리트의 슬럼프손실률을 줄이는데 가장 좋은 효과를 얻었다.

(3) 고로슬래그 미분말과 플라이애쉬의 비율을 몇 단계로 달리하여 혼합한 3성분계 콘크리트에 혼화제를 1/2씩 분할하여 15분 후 첨가한 방법이 동시에 전부 첨가한 방법보다 굳지않은 콘크리트의 슬럼프손실률을 저감시키는 효과가 있었다. 특히 보통강도용 콘크리트에서 분할 후 첨가방법에 의한 굳지않은 콘크리트의 슬럼프손실률이 현저히 감소되는 좋은 성과를 얻었다.

(4) 혼화제를 혼합한 보통강도용이나 고강도용 콘크리트 모두 재령 28일 이전의 초기재령에서의 압축

강도는 혼화재를 혼합하지 않은 콘크리트보다 매우 작았다. 그러나 고로슬래그 미분말 50%, 플라이애쉬 5%를 혼합한 3성분계 콘크리트의 재령 91일에서의 압축강도는 보통강도용 및 고강도용 콘크리트에서 각각 31%와 15% 크게 증진됨을 알 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 한양대학교 산업과학연구소 연구비 지원에 의하여 수행되었으며, 이에 연구비를 지원해 주신 학교당국에 깊이 감사드립니다.

참고 문헌

1. J. G. L. Munday, "Transportation effects on concrete workability", *Advances in ready mixed concrete technology*, Pergamon Press, 1976, pp.343~353.
2. 崔在眞, "레디믹스트 콘크리트의品質에 影響을 미치는 要因分析과 그 對策에 對한 研究", 漢陽大學校 博士學位論文, 1987.7.
3. 三浦正夫 外, '高性能減水劑의 應用', "流動化콘크리트 への 適用例-暑中콘크리트", 콘크리트工學, Vol. 18, No. 7, July, 1980, pp.52~57.
4. 長瀧重義 外 2名, "高性能減水劑를 添加した 콘크리트 への 스톱로스", *세멘트技術年報* 35, 1981, pp.210~213.
5. 이용의, "콘크리트 건축구조물의 성공적인 품질관리", 콘크리트 학회지, Vol. 7, No. 2, 1995.4, pp. 43~51.
6. 服部健一, "스톱로스의 메카니즘およびその對策", *材料* 29卷, 318號, 1980, pp.34-40.
7. V. Penttala, "Possibilities of Increasing the Workability Time of High Strength Concrete", *Properties of Fresh Concrete*, Edited by H.-J. Wierig, Chapman and Hall, 1990, 10, pp.92~100.
8. V.E. Penttala, "Effects of Delayed Dosage of

Superplasticizer on High- Performance Concrete, 'Utilization of High-Strength Concrete', *Proceedings of Symposium in Lillehammer, Norway*, Edited by Ivar Holand and Erik Sellevold, June 20-23, 1993, pp.631~638.

9. R. N. Swamy, "The Role of Mineral Admixtures in Enhancing the Quality of Concrete", *Properties of Fresh Concrete* Edited by H.-J. Wierieg, pp.125~133.
10. 文翰英, 金基亨, "高性能減水劑를 使用한 콘크리트의 流動性 損失을 低減시키기 위한 研究", *大韓土木學會論文集*, 第 12卷, 第 3號, 1992년 9월, pp.81~90.
11. 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.
12. 竹内 徹, 長瀧重義 外 2名, "콘크리트의 스톱로스의 長時間保持에 關する 實驗的 研究", *土木學會論文集*, No. 571, V-36, 1997.8, pp.15~25.
13. 梅屋 薫, 大坪泰文, "세멘트베스트의 레오로지-特性", *콘크리트工學*, Vol. 19, No. 11, Nov., 1981.
14. 長瀧重義 外 2名, "流動化콘크리트의 스톱로스", *세멘트技術年報* 37, 1983, pp.163~166.
15. 古川茂 外 1名, "高爐슬라그微粉末의 콘크리트 への 適用에 關するシンポジウム", *論文集*, 1987
16. 長瀧重義 外 2名, "フライアッシュ세멘트베스트의 流動性 與 高性能減水劑의 吸着", *세멘트技術年報* 36, 1982, pp.57~60
17. 文翰英, 徐政右, "플라이애쉬를 混合한 굳지않은 콘크리트에 있어서 유기혼화제의 기능에 關한 研究", *大韓土木學會論文集*, 第 8卷, 第 2號, 1988.6, pp.117~123.
18. 内田清彦 外 2名, "低發熱세멘트와 粒度構成", *세멘트, 콘크리트論文集*, Vol. 43, 1989, pp.60~65.
19. 文翰英, 崔然正, "고로슬래그 미분말을 混和材로 使用한 高強度 콘크리트의 強度特性에 對한 研究", *大韓土木學會論文集*, 第 16卷, 第 3號, 1996. 7, pp.463~472.
20. 文翰英, 徐政佑, 孫亨虎, "플라이애쉬를 混合한 콘크리트의 配合 및 強度特性에 關한 研究", *大韓土木學會論文集*, 第 8卷, 第 3號, 1988. 9, pp.43~51.

요 약

굳지않은 콘크리트의 슬럼프손실을 저감시키기 위한 목적으로 고로슬래그 미분말 및 플라이애쉬의 혼

합비율과 혼화제의 첨가방법을 변화시킨 콘크리트의 믹싱후 경과시간에 따른 슬럼프 변화에 대하여 고찰하였다.

연구결과 보통포틀랜드시멘트에 고로슬래그 미분말 또는 플라이애쉬를 혼합한 콘크리트가 혼화제를 혼합하지 않은 콘크리트보다 슬럼프손실을 줄일 수 있었으며, 고로슬래그 미분말과 플라이애쉬를 각각 50 및 5%를 혼합한 3성분계 콘크리트의 경우 슬럼프손실을 저감시키는데 유효하였다. 또한 혼화제의 일부를 15분후 분할하여 후첨가하는 혼합방법이 굳지않은 콘크리트의 슬럼프손실을 저감시키는데 가장 큰 효과가 있었다.

한편 혼화제를 혼합한 3성분계 보통강도용 및 고강도용 콘크리트의 재령 28일까지의 압축강도는 혼화제를 혼합하지 않은 콘크리트보다 작았으나 재령 91일 압축강도는 31% 및 15% 정도 크게 증가하였다.

(접수일자 : 1998. 2. 7)