

규불화염계 혼화제를 사용한 콘크리트의 특성 및 현장적용성 평가

The Properties of Concrete(BlueCon) using Fluosilicate Salt Based Admixtures and Estimation of Field Application

최세진*	조재형**	김도수***
Choi, Se Jin	Cho, Jae Hyung	Kim, Do Su
오주열****	이성용****	이성연*****
Oh, Joo Yeol	Lee, Seong Yong	Lee, Seong Yeon

Abstract

This study was performed to know the properties and estimation of field application of concrete(Bluecon) using fluosilicate salt based admixture made from by-product during phosphoric acid manufacturing process. Mix proportions for experiment were modulated at 0.45 of water-binder ratio and 0.5-2.0% of adding ratio of fluosilicate salt based inorganic compound. Evaluation for Field application of concrete was carried out batch plant test at remicon factory and building construction.

According to results, it was found that slump of concrete(Bluecon) using fluosilicate salt based admixture is higher about 10 to 20 mm than plain concrete, and air content is similar to each other. And the water permeability and crack of bluecon is lower than that of plain concrete.

1. 서론

최근 콘크리트구조물의 고층화, 대형화, 고성능화 등에 따라 콘크리트에 요구되는 성능도 점차 다양화되어 가고 있으며, 이로 인해 고강도콘크리트, 고유동콘크리트, 고성능콘크리트, 수밀콘크리트 등 특수콘크리트에 대한 수요가 점차 증대하고 있다. 이러한 콘크리트에 요구되는 다양한 특성을 만족시키고 콘크리트의 성능을 개선시키기 위하여 현재 많은 종류의 혼화재료가 개발 및 적용되고 있으며, 더 이상 혼화재료는 선택사항이 아닌 현대 콘크리트산업의 필수불가결한 재료로 널리 사용되고 있다.

최근에는 인산(H_3PO_4) 및 불산(HF)을 제조하는 공정중에 액상형태의 부산물로 회수되는 불화규산(H_2SiF_6)을 활용하여 안정한 액상형태로 제조되는 규불화염계 화합물이 콘크리트의 강도를 증진시키는 동시에 수밀성 증진 및 수화열억제 등의 복합적 기능을 통해 경화 후 콘크리트의 건조수축, 소성수축 및 온도응력에 의한 균열저감 등 수밀성 및 경화후 물성에 긍정적인 영향을 준다는 여러 연구 및 적용사례가 보고 되고 있다.

* 정회원, (주)삼표 기술연구소 책임연구원, 공학박사

** 정회원, (주)삼표 R/C본부 프로젝트팀장

*** 정회원, (주)트라이포드 기술경영이사, 공학박사

**** 정회원, 대성산업 건설부문, 한남동 이태리하우스 현장, 과장

***** 정회원, (주)삼표 R/C본부장, 공학박사

본 연구는 이러한 규불화염계 혼화제를 사용한 콘크리트의 특성을 슬럼프, 공기량, 압축강도, 수밀성 등 실내시험과 레미콘 B/P 시험을 거쳐 실제 콘크리트 구조물에 적용하여 각종 공학적 특성을 비교·검토함으로써 현장적용성을 평가하고자 하였다.

2. 규불화염계 혼화제 메카니즘

규불화염계 무기 조성물이 고알카리의 콘크리트에 첨가되면 규불화염중 규불화이온(SiF_6^{2-})이 가수분해에 의해 가용성 실리카와 미반응 불소이온(F^-)으로 전이된다. 가용성 실리카는 시멘트 수화반응에 의해 생성된 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 와 반응하는 포졸란 반응에 기여하고, 불소 이온은 시멘트 수화과정중 용출되는 Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ 및 K^+ 등의 알카리 이온과 반응하여 CaF_2 , MgF_2 , NaF 및 KF 등의 난용성 금속불화물을 생성시키며, 이러한 생성과정은 시멘트 수화열을 상쇄시키는 열역학적 흡열과정($\Delta H > 0$)으로 진행되면서 난용성 금속불화물을 안정화시킨다. 알카리 상태에서 난용성 금속불화물은 더욱 안정화되며, $1\mu\text{m}$ 이하의 미세한 미립상으로서 콘크리트의 결합부분을 충전하여 수밀성을 증진시키는 작용과 함께 경화전·후 수축에 대한 저항성을 부여한다. 난용성 금속불화물의 생성시 수반되는 흡열반응은 시멘트 수화열을 흡수하여 콘크리트의 온도응력에 의한 균열발생을 저감하고, 수화과정중 생성된 가용성 실리카의 포졸란 효과에 의해 콘크리트의 수밀성, 강도 및 내구성이 향상된다. 이들 효과는 상호 복합적으로 작용하여 콘크리트의 수밀성, 균열저감성과 내구성 향상에도 기여한다.

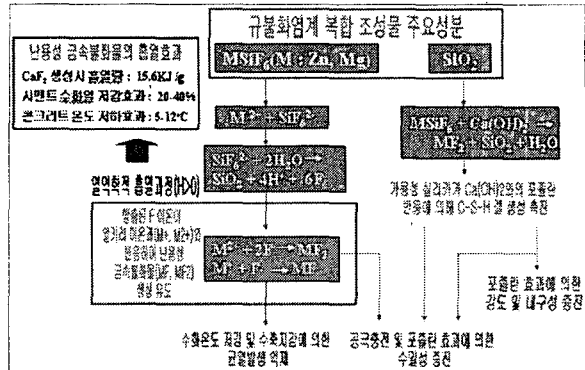


그림 1 규불화염계 혼화제의 메카니즘 모식도

3. 실험 및 평가 개요

3.1 실험계획 및 방법

본 연구에서는 표 1에서 보는 바와 같이 W/B 50%, 단위수량 $180\text{kg}/\text{m}^3$, 플라이애시 치환율 10%인 배합에 대하여 규불화염계 혼화제(SWP-2) 첨가율을 0%(Plain), 0.5, 1.0, 1.5, 2.0%로 설정하였다.

시멘트는 비중 3.15, 분말도

$3,300\text{cm}^2/\text{g}$ 의 1종 보통 포틀랜드 시멘트를, 플라이애시는 비중 2.12, 분말도 $2,976\text{cm}^2/\text{g}$, 강열감량 4.1%의 것을 사용하였다. 잔골재 및 굵은골재는 최대치수 5mm의 세척사 및 25mm 부순자갈을 사용하였다. 규불화염계 혼화제의 특성은 표 2와 같다.

3.2 현장시험 개요

B/P시험은 실제 레미콘공장의 배처플랜트에서 규불화염계 혼화제를 첨가하지 않은 콘크리트와 0.5% 첨가한 콘크리트를 제조하여

표 1. 실험계획 및 배합

배합명	W/B (%)	단위수량 (kg/m^3)	FA (%)	S/a (%)	SWP-2 (%)	측정항목
SWP-2-0.0	50.0	180	10	45.0	0.0	·공기량(%) ·슬럼프(cm) ·압축강도(MPa) -3, 7, 28, 56일
SWP-2-0.5					0.5	
SWP-2-1.0					1.0	
SWP-2-1.5					1.5	
SWP-2-2.0					2.0	

표 2. SWP-2의 특성

구성성분		외관	pH	비중
주성분	부성분			
규불화염, 가용성 실리카	방향족계 고분자축합물, 질산염	암갈색 수용액	2.8	1.16

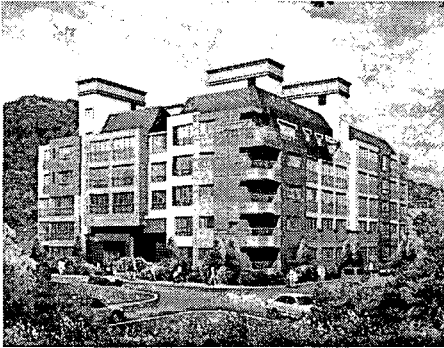


그림 2 적용 현장 조감도

슬럼프, 공기량, 압축강도 및 투수시험을 실

시하였으며, 현장시험은 그림 2와 같이 서울 한남동 다세대구조물의 기초 바닥과 지하층 옹벽에 규불화염계 혼화제를 사용한 콘크리트를 타설하였으며 시공현장의 개요는 표 3과 같다. 또한 현장에 타설된 콘크리트의 배합은 표 4와 같이 기준강도가 21MPa, 목표슬럼프가 120mm인 콘크리트를 사용하였다.

또한, 규불화염계 혼화제의 수밀성 평가는 KS F 4926 「콘크리트 혼입용 방수제」 규격에서 제시하고 있는 내흡수 성능 및 내투수 성능 시험에 의거하여 혼화제를 첨가하지 않은 시험체와 첨가한 시험체의 시험값을 비교·평가하였다.

4. 시험결과 및 고찰

4.1 실내시험

그림 3은 SWP-2를 첨가한 콘크리트의 슬럼프변화를 나타낸 것으로 첨가량 1.5%에서 무첨가 대비 약 9% 정도의 유동성 향상결과를 보였으며, 2.0%의 경우 무첨가와 유사한 슬럼프를 나타내었다. 또한, 공기량의 변화를 나타낸 그림 4에서 보는 바와 같이 SWP-2의 첨가에 따라 유의할 만한 차이는 보이지 않고 있다.

그림 5는 SWP-2 첨가율에 따른 재령별 콘크리트의 압축강도 변화를 나타낸 것으로서 SWP-2 첨가에 의해 콘크리트의 압축강도가 향상되었으며, 재령이 증가함에 따라 더욱 현저한 차이를 보이고 있음을 알 수 있다. 이는 규불화염

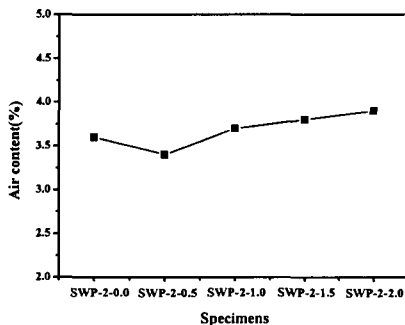


그림 4 공기량의 변화

표 3. 현장 개요

일시	2005. 7~ 2005. 8
위치	서울시 용산구 한남동 728-7 번지
시공사	대성산업 건설부문
적용부위	기초바닥, 지하층 옹벽
첨가율	B × 0.5%
타설방법	레미콘공장의 B/P 첨가후 펌핑타설
배합기준	25-21-12
현장시험 평가항목	공기량, 슬럼프, 압축강도

표 4. 콘크리트 현장배합표

기준 강도 (MPa)	W/B (%)	S/a (%)	단위질량 (kg/m ³)						
			결합재		물	잔골재	굵은골재	혼화제	
			C1	C2	(W)	(S)	(G)	AD	SWP-2
21	55	48.8	250	55	167	867	915	2.14	1.53

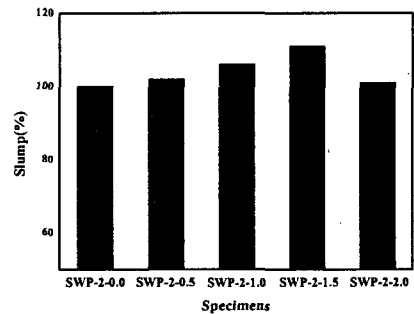


그림 3 슬럼프의 변화

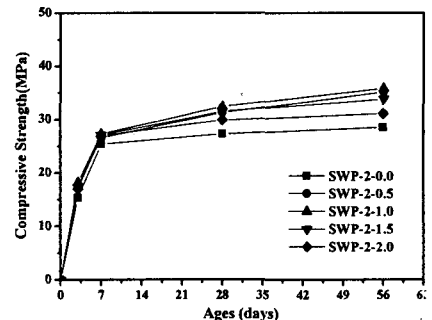


그림 5 재령별 압축강도 변화

이 경화콘크리트중 결합부인 공극, 수화물 간극 등을 충전하여 defect-free한 치밀한 경화조직을 형성하고, 가용성 실리카의 포졸란 효과에 의해 압축강도가 향상된 것으로 판단된다.

4.2 현장시험

표 5는 현장시험결과를 나타낸 것으로서 표에서 알 수 있는 바와 같이, 플레인콘크리트의 경우와 비교하여 SWP-2를 0.5% 첨가한 콘크리트는 슬럼프의 경우 약 2cm 정도 향상되었으며, 공기량의 경우 실내시험의 경우와 같이 유사한 값을 보이고 있음을 알 수 있다. 또한, 압축강도의 경우 재령 3일에서는 플레인과 SWP-2 첨가 콘크리트가 각각 11.2, 10.9MPa로서 유사한 값을 나타내고 있으나, 재령 28일에서는 SWP-2를 첨가한 콘크리트가 26.0MPa로서 24.6MPa를 나타낸 플레인에 비해 약 6%정도 향상된 값을 나타내었다.

특히 콘크리트의 수밀성을 평가하기 위하여 측정된 염소이온 침투깊이와 투수량의 경우 플레인은 각각 4.1mm와 27.4g을 나타낸 반면, SWP-2를 첨가한 콘크리트는 각각 2.8mm와 17.4g을 나타냄으로서 플레인에 비해 염소이온침투깊이의 경우 약 68%, 투수량의 경우 약 64%정도로서 수밀성이 향상된 것을 알 수 있다.

또한, KS F 4926 「콘크리트 혼입용 방수재」 규격에 의거하여 SWP-2를 0.5% 첨가한 콘크리트의 시험결과를 나타낸 표 6 및 그림 6에서 알 수 있는 바와 같이 압축강도비의 경우 플레인을 1로 보았을 때 1.07~1.08을 나타내었으며, 물흡수계수비의 경우 0.59, 투수비의 경우 0.56으로서 모두 KS 규격을 만족하고 있음을 알 수 있다.

5. 결론

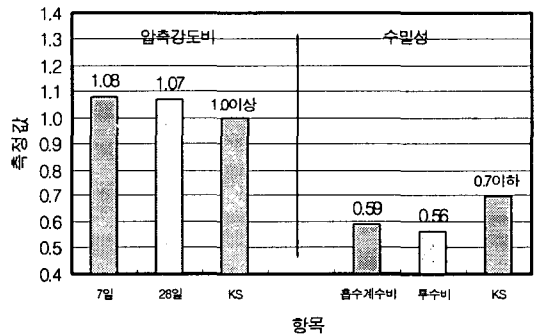
규불화염계 혼화제를 사용한 콘크리트의 특성 및 현장적용성을 평가한 결과 유동성의 경우 일반콘크리트에 비해 다소 향상되었으며, 공기량은 유사하게 나타났다. 또한 압축강도와 수밀성의 경우 일반콘크리트에 비해 향상된 결과를 얻을 수 있었다.

표 5 현장시험 결과

항 목	Plain (SWP-2 : 0%)	SWP-2-0.5%
슬럼프 (cm)	15	17
공기량 (%)	6.5	6.0
압축강도 (MPa)	3일	11.2
	7일	15.2
	28일	24.6
염소이온 침투깊이 (mm)	4.1	2.8
투수량 (g)	27.4	17.4

표 6 KS F 4926 「콘크리트 혼입용 방수재」 시험값

항 목	시험값	KS 규준
압축강도비 (%)	7일	1.08
	28일	1.07
물흡수계수비	0.59	0.7이하
투수비	0.56	0.7이하



참고문헌

1. P. Kumar Mehta, Concrete Structure, Properties, and Materials, Prentice Hall, pp. 17-41.
2. 최세진, 김도수, 길배수, 이성연, 여병철, 규불화염계 혼화제를 사용한 콘크리트의 수밀성 및 균열저감 특성에 관한 연구, 레미콘지, 제83호, pp.30~38, 2005 봄
3. 김도수, 길배수, 김종진, 전영식, 윤길호, 한승구, 균열저감형 수밀 콘크리트의 지하구조물 기초바닥 현장 적용사례, 콘크리트학회지, 제17권 3호, pp.50~53, 2005.5