

# 고로슬래그 미분말에 내구성향상 혼화제를 첨가한 콘크리트의 기초물성에 관한 실험적 연구

## An Evaluation on Concrete incorporating blaine blast furnace slag powder adding Durability Improvement Agent

**이 종 록\***      **임 상 준\***      **송 인 명\*\***      **윤 재 환\*\*\***      **정 상 진\*\*\*\***  
Lee, Jong-Rok      Lim, Sang-Jun      Song, In-Myung      Yun, Jae-Hwan      Jung, Sang-Jin

### Abstract

As recent buildings often use low-quality concrete materials, are constructed defectively, and are put in extreme environmental conditions, many of them show the shortening of life resulting from the corrosion of reinforcing rods by salt damage, carbonization, freezing and thawing, cracking. This in turn raises the cost of repair and maintenance, so it is required to extend the life of structures through enhancing the durability of concrete. In response to the demand, researches on high-durability concrete are being made actively focused on the maximum water-cement ratio, the maximum unit quantity, the minimum cover thickness, the addition of mineral admixtures, etc. With this background, the present study examined the basic physical properties of concrete containing admixtures for enhancing the durability of concrete.

키 워 드 : 내구성향상 혼화제, 고로슬래그 미분말, 압축 강도

Keyword : Durability Improvement Agent, Blaine blast furnace slag powder, Compressive strength

## 1. 서 론

최근 건축 구조물에 있어 가장 일반적으로 사용되고 있는 재료인 콘크리트는 경제적인 콘크리트의 필요성이 요구되고 있는 추세이다. 이로 인하여 산업부산물인 고로슬래그와 플라이애시를 콘크리트의 재료로 재활용하는 빈도가 높아지고 있으며, 그 결과 콘크리트의 작업성 개선 및 수밀성 증진, 수화열 저감 및 장기강도 증진 등의 효과가 있는 것으로 보고되고 있다.1)2) 반면, 미연탄소분에 의한 AE제 흡착 등으로 인한 콘크리트의 초기강도 저하와 침식·탄산화 등의 조기열화라는 제한적 요소를 내포하고 있어 상당한 주의가 필요한 실정이다.

이처럼 콘크리트의 성능저하요인인 중성화반응, 염해, 동결융해, 건조수축 등을 내구성향상 혼화제를 첨가한 콘크리트에서 검토함으로써 내구성에 대한 심도 있는 검토를 통해 향후 내구성 향상에 기여할 수 있는 방안을 모색할 필요가 있다.

따라서 본 연구는 광물질 혼화재중 고로슬래그 미분말을 치환한 콘크리트에 내구성향상 혼화제를 첨가한 콘크리트의 기초물성을 검토하여 고내구성 콘크리트 제조의 기초자료를 제시하는데 그 목적이 있다.

## 2. 실험 계획

### 2.1 실험계획

고로슬래그 미분말 치환율은 30%를 기준으로 하고 15%, 45%를 각각 비교인자로 두어 이를 OPC 배합과 비교하였다. 이는 고로슬래그 미분말에 대한 국내 레미콘 공장의 치환율 범위가 10~25% 수준인 데서 기인한다. 또한 고로슬래그 미분말에 내구성향상 혼화제를 첨가한 콘크리트의 기초물성을 검토하기 위해 슬럼프 및 공기량 시험과 압축강도, 인장강도를 측정하였다.

### 2.2 사용재료

실험 재료는 보통포틀랜드시멘트, 분말도 4386 $\text{cm}^2/\text{g}$ 인 고로슬래그 미분말, 잔골재, 굵은골재, AE제, 내구성향상 혼화제를 사용하였다. 사용재료 및 재료의 품질은 표 1과 같다.

표 1. 사용재료 및 품질

구 분	품 질
시멘트	보통포틀랜드시멘트, 밀도: 3.15 $\text{g}/\text{cm}^3$ , 비표면적: 3330 $\text{cm}^2/\text{g}$
혼화재	고로슬래그 미분말 3종, 밀도: 2.90 $\text{g}/\text{cm}^3$ , 비표면적: 4386 $\text{cm}^2/\text{g}$
잔골재	밀도: 2.62 $\text{g}/\text{cm}^3$ , 조립률: 2.26, 흡수율: 1.3
굵은골재	밀도: 2.69 $\text{g}/\text{cm}^3$ , 조립률: 6.91, 흡수율: 1.2
혼화제	AE제, 밀도: 1.2 $\text{g}/\text{cm}^3$
	글리콜-에테르계 혼화제, 밀도: 0.98 $\text{g}/\text{cm}^3$

\* 단국대학교 석사과정, 정희원

\*\* 단국대학교 박사과정, 정희원

\*\*\* 수원대학교 건축공학과 도시공학부 부교수, 정희원

\*\*\*\* 단국대학교 건축공학과 교수, 정희원

### 2.3 배합계획

물시멘트비는 50%, 단위수량은 185kgf/m<sup>3</sup>로 고정시켜 OPC에 고로슬래그를 0%, 15%, 30%, 45% 치환하여 제작된 콘크리트에 내구성향상 혼화제를 0~4%까지 첨가하였다. 목표슬럼프는 18 ± 2cm, 목표공기량은 4.5 ± 1.5%를 기준으로 정하였고, 목표공기량을 얻기 위해 AE제를 혼합하였다. 배합조건은 표 2와 같다.

표 2. 콘크리트 배합조건

기호	W/B (%)	단위수량 (kgf/m <sup>3</sup> )	S/a (%)	질량(kg/m <sup>3</sup> )						혼화제 (%)
				W	C	BS	S	G	AE	
OPC	50	185	45	185	372	0	769	965	0.003	0
										1
										2
										3
										4
B15	50	185	46	185	315	56	785	946	0.003	0
										1
										2
										3
										4
B30	50	185	47	185	259	111	800	926	0.003	0
										1
										2
										3
										4
B45	50	185	48	185	204	167	815	906	0.003	0
										1
										2
										3
										4

\* OPC : 보통포틀랜드 시멘트 BS : 고로슬래그 미분말  
 예) B30-2 : 고로슬래그 미분말 30% 치환에 내구성향상 혼화제 2% 치환

### 2.4 시험체 제작 및 양생

시험체는 KS F 2403(콘크리트의 강도 시험용 공시체 제작 방법)에 따른 방법에 의거하여 Ø10 × 20cm의 원형몰드를 제작하고 재령일까지 수조에서 20 ± 3℃의 온도를 유지하여 표준수중양생을 실시하였다.

## 3. 시험방법

### 3.1 굳지 않은 콘크리트 시험

굳지 않은 콘크리트의 유동특성을 평가하기 위하여 콘크리트의 슬럼프 시험을 하였다. 슬럼프 시험은 혼합직후의 것을 KS F 2402(포틀랜드 시멘트 콘크리트의 슬럼프 시험방법) 규정에 의거하여 측정하였다.

공기량 시험은 KS F 2421(굳지 않은 콘크리트의 압력법에 의한 공기 함유량 시험 방법)에 의한 방법으로 측정하였다.

### 3.2 강도시험

압축강도시험은 KS F 2405에 따라 양생 재령 3일, 7일, 28일의 시험체를 대상으로 실시하였다.

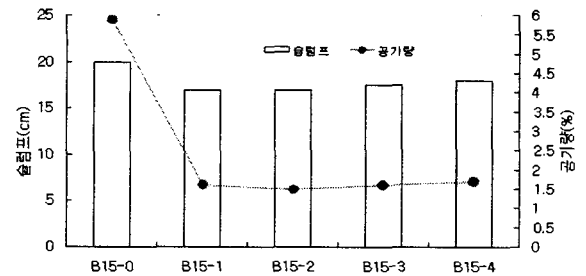
인장강도 시험은 KS F 2423에 의거하여 할렬 인장강도를 측정하였다.

## 4. 실험결과 및 고찰

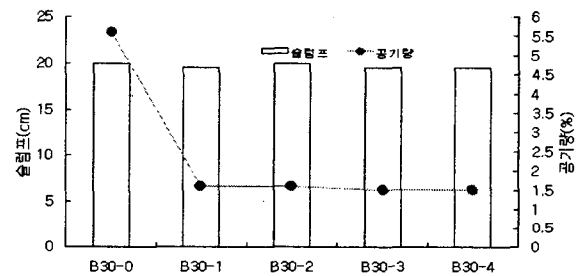
### 4.1 슬럼프 및 공기량

그림 1은 OPC에 고로슬래그를 0%, 15%, 30%, 45% 치환하여 제작된 콘크리트에 내구성향상 혼화제를 0~4%까지 첨가한 콘크리트의 슬럼프와 공기량을 나타낸 것이다.

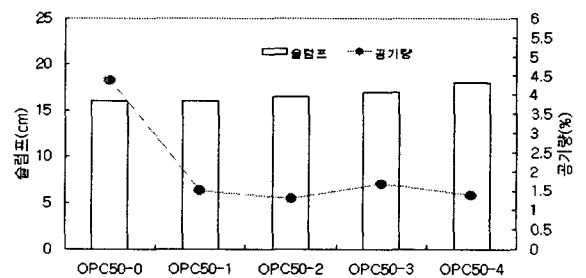
모든 배합에서 내구성향상 혼화제 첨가에 의한 슬럼프 저하는 거의 없었으며, 공기량에 있어서는 약 3%정도의 감소를 보였다.



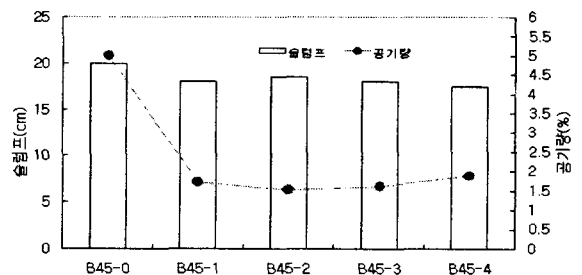
a. OPC의 슬럼프 및 공기량



b. B15의 슬럼프 및 공기량



c. B30의 슬럼프 및 공기량



d. B45의 슬럼프 및 공기량

그림 1. 슬럼프 및 공기량

## 4.2 압축강도

실험결과 보통포틀랜드 시멘트 및 결합재별 혼화제 치환율에 따른 압축강도의 관계를 그림 2, 그림 3에 나타내었으며 압축강도의 특성은 다음과 같다.

### 4.2.1 기준 배합(보통포틀랜드시멘트만 사용한 경우)

모든 재령에서 내구성향상 혼화제를 첨가한 시험체가 첨가하지 않은 경우에 비해 높은 강도 발현성을 나타내었다.

특히 초기 강도에 있어서 약 3MPa 정도의 강도 증진효과를 보였다.

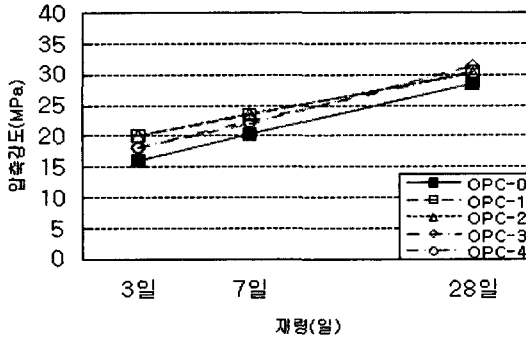


그림 2. OPC의 혼화제 치환율과 압축강도의 관계

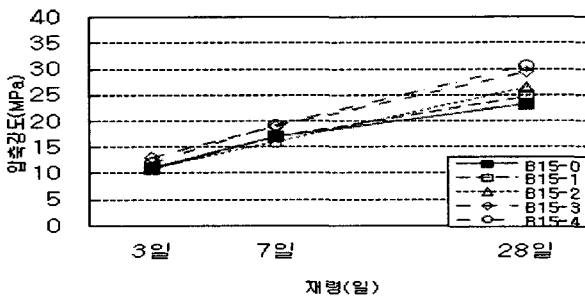
### 4.2.2 보통포틀랜드시멘트 + 고로슬래그 미분말을 사용한 경우

그림 3은 각 고로슬래그 미분말 치환율별 내구성향상 혼화제의 첨가율에 따른 재령별 압축강도의 성상을 나타내고 있다.

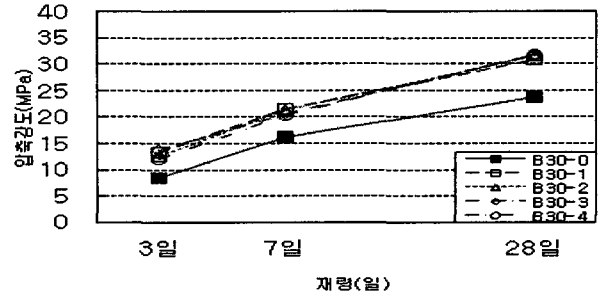
우선 내구성향상 혼화제를 첨가하지 않은 B15-0, B30-0, B45-0의 28일강도가 OPC-0의 7일강도 수준(약 20MPa)에 머무른 것을 볼 수 있다. 이것은 고로슬래그 미분말의 치환율이 클수록 OPC에 비해 초기강도가 현저히 작아지는 경향 때문이다.<sup>3)</sup>

반면, 내구성향상 혼화제를 첨가한 경우, 강도발현율이 증가하여 재령 28일에서 OPC배합의 28일 강도와 동등한 강도값을 나타낼을 알 수 있다. 이는 내구성향상 혼화제를 사용한 경우 공기량의 감소에 의해 강도증진효과를 보인 것으로 사료된다.

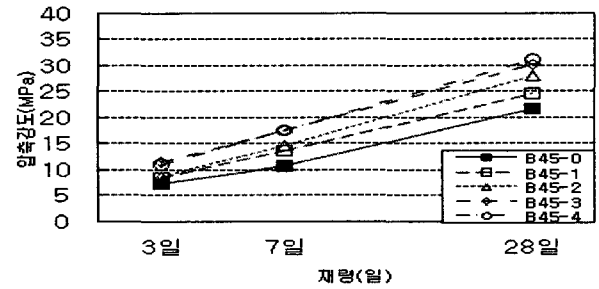
그림 2와 그림 3의 OPC-0, B15-0, B30-0, B45-0을 비교해 보면, 고로슬래그 미분말의 치환율이 클수록 초기강도가 저하함을 알 수 있다. 반면 재령 28일에서는 치환율이 15%, 30%로 증가할수록 강도 값이 각각 23.2MPa, 23.7MPa로 증진되었지만, 치환율 45%에서는 21.7MPa로 오히려 낮은 강도발현율을 보였다.



a. B15의 혼화제 치환율



b. B30의 혼화제 치환율



c. B45의 혼화제 치환율

그림 3. 내구성향상 혼화제 치환율과 압축강도의 관계

## 4.3 인장강도

그림 4에서 보는 바와 같이 인장강도 역시 내구성향상 혼화제의 첨가로 강도증진 효과가 있는 것을 확인할 수 있으며 첨가량에 따른 인장강도의 증진은 미미한 것으로 나타났다.

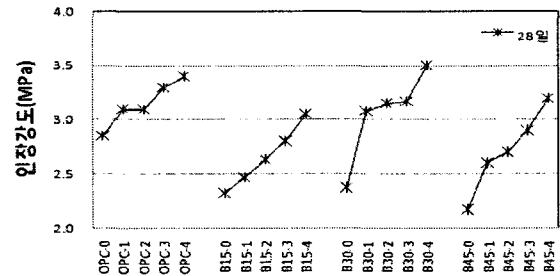


그림 4. 내구성향상 혼화제 첨가량과 인장강도

## 5. 결론

본 연구로부터 얻은 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 내구성향상 혼화제가 슬럼프에 미치는 영향은 거의 없으며, 공기량은 약 3%정도 감소하는 것으로 나타났다.
- 2) 내구성향상 혼화제 첨가 시 강도저하 요인은 확인되지 않았으며, 내구성향상 혼화제를 첨가함으로써 고로슬래그 미분말을 치환함으로써 생긴 초기강도발현 저하현상이 억제된 점이 확인되었다.
- 3) 고로슬래그 미분말의 치환율이 증가할수록 초기재령에서

는 강도값이 다소 저하되지만, 재령 28일에서는 OPC와 유사한 값을 보였으며, 반면 고로슬래그 미분말 치환율 45%에서는 재령 28일에 있어서도 오히려 낮은 강도발현율을 보였다.

이상을 종합해 볼 때 내구성향상 혼화제를 첨가했을 경우 강도증진이 있었으나, 첨가량의 증가에 따른 강도증진은 미미한 것을 확인할 수 있었다. 또한 내구성향상 혼화제의 첨가로 인한 공기량 감소 경향이 동결융해에 어떠한 영향을 미칠 지 현재 진행 중인 플라이애시와의 향후 실험을 통해 검토해야 할 것으로 판단된다.

### 참 고 문 헌

1. 정상진 외 10인, 건축재료학, 보성각, pp.90, 1999
2. 정재동, 콘크리트재료공학, 보성각, pp.90 1999
3. 한국콘크리트학회, 최신 콘크리트 공학, pp.125, pp.322~345, 2005. 02
4. 정재동 외 1인, '고내구성 콘크리트의 염해저항성에 관한 실험적 연구', 한국건축시공학회 논문집
5. 한국콘크리트학회, '콘크리트 구조물의 내구성능 설계', 2006. 07
6. 정상진 외 5인, '고로슬래그시멘트를 사용한 초고강도콘크리트의 강도발현 특성', 2006.10