

# 고로슬래그미분말을 대량 활용한 콘크리트의 유동성 및 공학적 특성에 관한 실험적 연구

## An Experimental Study on the Fluidity and Engineering Properties of Concrete Using Ground Granulated Blast-Furnace Slag

조봉석\*    남정수\*    이의배\*\*    백용관\*\*\*    김규용\*\*\*\*    김무한\*\*\*\*\*  
Cho, Bong-Suk    Nam, Jeong-Soo    Lee, Eui-Bae    Back, Yong-Kwan    Kim, Gyu-Yong    Kim, Moo-Han

### ABSTRACT

As a part of efforts to obtain high quality and economical efficiency of concrete, blast-furnace slag has been utilized by means of cement replacement. Therefore superior performance can be ensured, environmental pollution can be prevented and economical advantage can be obtained with utilization by cement replacement. But the studies on the blast-furnace slag are not systematic and reasonable.

So, it was planned that basic data in regard to technique of manufacturing and economic improvement of concrete is showed with experimental comparison and investigation of Fluidity and engineering properties of concrete utilizing blast-furnace, industry by-product, as cement replacement in this study.

### 1. 서론

최근 기존 콘크리트구조물의 품질 및 성능저하와 더불어 주상복합 및 대형 건설구조물의 수요가 점차 증가하고 있어 주요 건설재료인 콘크리트의 품질, 제조 및 시공기술 등에 관한 고품질화가 요구되고 있으며, 천연자원의 고갈 및 각종 환경규제의 강화에 의해 레미콘업계는 건설재료 수급 측면에서 심각한 어려움을 겪고 있는 실정이다.

이에 따라 레미콘업계에서는 콘크리트의 수화발열속도 저감, 온도상승 억제, 장기강도 향상, 수밀성 증대에 의한 내구성 향상 및 염화물 이온 침투억제에 의한 철근의 발청 억제 등의 효과를 통해 콘크리트의 품질 및 성능을 개선시키면서 동시에 경제성 문제를 해결할 수 있는 고로슬래그미분말을 콘크리트용 혼화재로 활용하고 있으며, 이러한 배경에서 KS F 4009 「레디믹스트 콘크리트」가 개정·고시되었다.

그러나 고로슬래그미분말을 시멘트 대체재로 활용할 경우 초기강도발현 수준이 낮아 거푸집 제거시기가 늦어질 수 있으며, 동절기에는 강도발현이 지연되고 양생 불충분시 균열발생과 동해가 우려되고, 중성화가 촉진되는 등 콘크리트 품질저하와 현장품질관리가 곤란하다는 문제점이 제기되고 있어, 고로슬래그미분말을 시멘트 대체재로 활용한 콘크리트의 특성에 관한 검토가 필요하다.

따라서 본 연구에서는 고로슬래그미분말의 대체율에 따른 유동성 및 공학적 특성을 실험·실증적으로 비교·검토함으로써 콘크리트용 혼화재로서 고로슬래그미분말의 활용 및 품질관리를 위한 기초자료를 제시하고자 한다.

\* 정회원, 충남대학교 대학원 건축공학과, 석사과정

\*\* 정회원, 충남대학교 대학원 건축공학과, 박사과정

\*\*\* 정회원, 한국원자력 안전기술원, 시설안전팀장·공학박사

\*\*\*\* 정회원, 충남대학교 건축공학과, 조교수·공학박사

\*\*\*\*\* 정회원, 충남대학교 건축공학과, 교수·공학박사

표 1. 고로슬래그미분말을 활용한 콘크리트의 실험계획 및 배합

물결합재비 (%)	목표 슬럼프 (mm)	고로슬래그미분말 대체율 (%)	잔골재율 (%)	단위수량 (kg/m <sup>3</sup> )	단위중량 (kg/m <sup>3</sup> )				측정 및 평가항목	
					시멘트	고로슬래그미분말	잔골재	굵은골재	굳지않은 성상	경화성상
45	230±20	0	47	168	373	0	817	957	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 슬럼프</li> <li>• 슬럼프-플로우(cm) (비빔직후, 40분, 60분)</li> <li>• 공기량(%)</li> <li>• 단위용적중량(kg/ℓ) (비빔직후, 60분)</li> <li>• 용결시험 (h : m)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 압축강도 (MPa)</li> </ul>
		25			280	93	814	953		
		50			187	187	811	950		
		75			93	280	808	946		
55	180±20	0	50	175	318	0	882	917		
		25			239	80	880	914		
		50			159	159	877	911		
		75			80	239	874	908		

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획 및 배합

본 연구에서는 고로슬래그미분말의 대체율에 따른 콘크리트의 유동성 및 공학적 특성을 평가하기 위하여 표 1에 나타난 바와 같이 물결합재비를 45 및 55%의 2수준, 결합재 중량에 대한 고로슬래그미분말의 대체율을 0, 25, 50 및 75%의 4수준으로 설정하였다.

2.2 사용재료 및 비빔방법

본 연구에서 사용된 재료의 물리적 성질은 표 2와 같으며 콘크리트의 비빔방법은 고로슬래그미분말, 시멘트 및 잔골재를 먼저 건비빔한 후, 물, 고성능 AE감수제 및 굵은골재를 투입하여 총 210초간 비빔을 실시하였다.

표 2. 사용재료의 물리적 성질

사용재료	물리적 성질
시멘트	1종 보통포틀랜드시멘트 (밀도: 3.15g/cm <sup>3</sup> , 분말도: 3,630cm <sup>2</sup> /g)
혼화재	고로슬래그미분말 (밀도: 2.91g/cm <sup>3</sup> , 분말도: 4,739cm <sup>2</sup> /g)
골재	굵은골재 부순자갈 (최대치수: 25mm, 밀도: 2.68g/cm <sup>3</sup> , 조립율: 6.94)
	잔골재 제염사 (최대치수: 5mm, 밀도: 2.58g/cm <sup>3</sup> , 조립율: 2.41)
혼화제	고성능AE감수제

3. 실험결과 및 고찰

3.1 굳지않은 콘크리트의 측정결과 분석 및 검토

3.1.1 공기량, 단위용적중량 및 고성능AE감수제 첨가율의 변화

그림 1 및 2는 고로슬래그미분말 대체율에 따른 공기량과 단위용적중량의 변화를 나타낸 것으로 경과 시간에 따라 공기량은 저하하고 있으며, 단위용적중량의 경우 다소 증가하고 있는 것으로 나타났다.

또한, 그림 3은 목표 슬럼프를 만족시키기 위한 고성능AE감수제 첨가율의 변화를 나타낸 것으로 물결합재비 45%의 경우 고로슬래그미분말 대체율 0, 25, 50 및 75%에서 각각 0.7, 0.7, 0.7 및 0.6%의 수준으로 나타났으며, 물결합재비 55%의 경우 각각 0.8, 0.6, 0.5 및 0.5%의 수준으로 고로슬래그미분말 대체율이 증가할수록 고성능AE감수제의 첨가율은 다소 감소하는 경향을 나타내고 있어 고로슬래그미분말에 의한 유동성의 향상을 확인할 수 있었다.

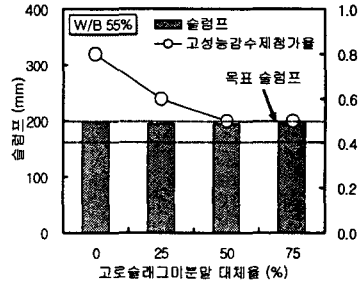
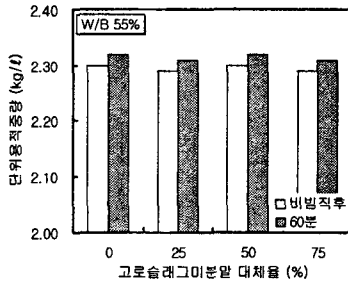
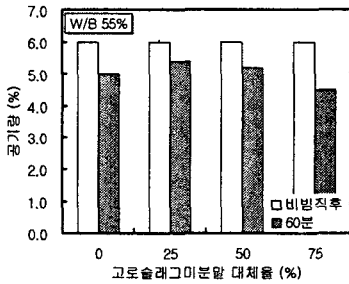
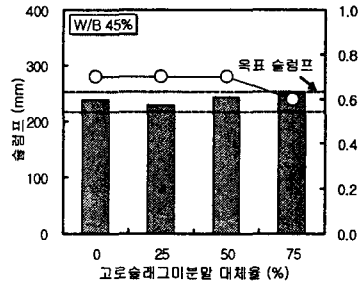
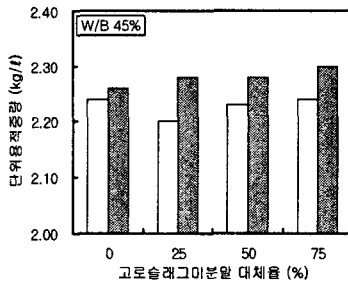
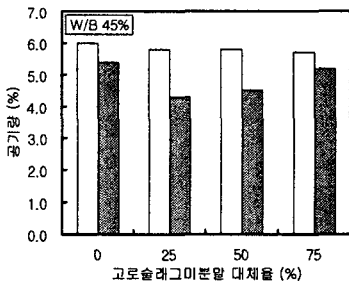


그림 1. 공기량의 변화

그림 2. 단위용적중량의 변화

그림 3. 슬럼프 및 고성능감수제첨가물 첨가율의 변화

### 3.1.2 경과시간에 따른 슬럼프 변화

그림 4는 물결합재비 45 및 55%에 있어서 고로슬래그미분말 대체율별 경과시간에 따른 슬럼프의 변화를 나타낸 것으로, 고로슬래그미분말 대체율이 증가할수록 수화발열 및 응결이 늦어지므로 경과시간에 따른 유동성 유지성능이 우수한 것으로 판단된다.

### 3.1.3 응결성상의 변화

그림 5는 고로슬래그미분말 대체율별 경과시간에 따른 관입저항치의 변화를 나타낸 것으로, 고로슬래그미분말 대체율별 초결 도달시간은 물결합재비 45%의 경우 고로슬래그미분말 대체율 0, 25, 50 및 75%에서 각각 7시간 40분, 8시간 18분, 8시간 46분 및 8시간 32분의 수준으로 나타났으며, 55%의 경우 각각 8시간 29분, 8시간 36분, 8시간 28분 및 8시간 47분의 수준으로 물결합재비에 관계없이 대체적으로 유사한 것으로 나타났으며, 고로슬래그미분말을 사용한 경우 고로슬래그미분말 대체율 0%에 비하여 초결 도달시간이 다소 지연되는 것으로 나타났다. 또한 종결 도달시간은 물결합재비에 관계없이 고로슬래그미분말의 대체율이 증가할수록 지연되는 것으로 나타났다.

## 3.2 경화콘크리트의 측정결과 분석 및 검토

그림 6은 물결합재비 45 및 55%에 있어서 고로슬래그미분말 대체율에 따른 압축강도의 변화를 나타낸 것으로, 초기 재령인 재령 7일까지는 대체율 0%보다 낮은 압축강도를 발현하는 것으로 나타났다.

그러나 재령 28일에서는 고로슬래그미분말 대체율 0%와 비교하여 높은 수준을 발현하고 있으며, 이러한 경향은 재령 28일 이후 모든 재령에서 유사하게 나타났다.

압축강도 측정결과 고로슬래그미분말 대체율이 높을수록 고로슬래그미분말을 콘크리트용 혼화제로 활용할 경우 초기강도 발현비율이 낮은 것으로 나타났으나, 장기재령으로 갈수록 높은 수준의 압축강도를 발현하는 것으로 나타났다.

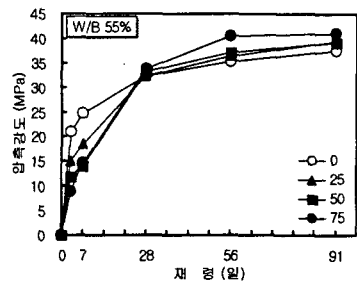
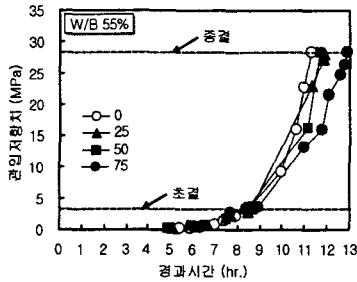
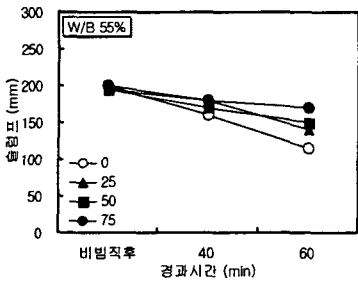
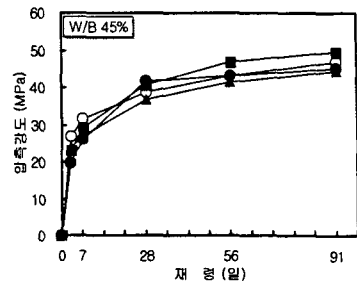
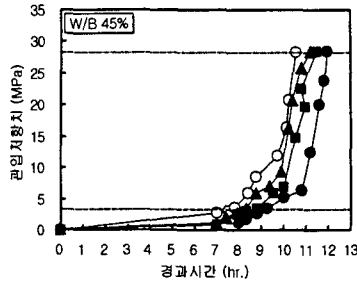
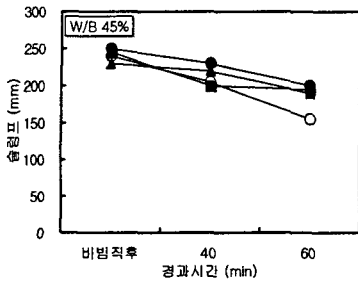


그림 4. 슬럼프의 변화

그림 5. 관입저항치의 변화

그림 6. 압축강도의 변화

#### 4. 결론

고로슬래그미분말을 대량 활용한 콘크리트의 유동성 및 공학적 특성에 관한 실험적 연구를 비교·분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 목표 슬럼프를 만족시키기 위한 고성능AE감수제 첨가율은 고로슬래그미분말의 대체율이 증가할수록 감소하는 경향을 나타내고 있어 고로슬래그미분말의 대체율이 증가함에 따라 콘크리트의 유동성 향상 효과가 있는 것으로 판단되며, 경과시간에 따른 슬럼프 유지성능도 전반적으로 우수한 것으로 나타났다.
- 2) 초결 및 종결 도달시간은 물결합재비에 관계없이 고로슬래그미분말을 대체한 경우 다소 느린 것으로 나타났다.
- 3) 고로슬래그미분말을 대량 활용한 콘크리트의 압축강도는 초기재령인 7일까지는 고로슬래그미분말 대체율이 증가할수록 다소 낮은 강도를 발현하는 것으로 나타났으나, 재령 28일 이후에는 고로슬래그미분말 대체율이 증가할수록 높은 수준의 압축강도를 발현하는 것으로 나타났다.

#### 참고문헌

1. 김무한 외, 고로슬래그미분말을 사용한 고유동·고강도 콘크리트의 잔골재 조립율에 따른 유동특성, 대한건축학회, 2000. 10, pp. 439~442
2. 김무한 외, 고로슬래그미분말의 분말도 및 대체율에 따른 콘크리트의 공학적 특성 및 내구특성에 관한 연구, 한국건축시공학회지, 제5권 1호, 2005, pp. 81~88
3. 김무한 외, 고로슬래그미분말 대체율에 따른 고품질 콘크리트의 공학적 특성에 관한 실험적 연구, 대한건축학회 가을 학술발표논문집, 제23권 제2호, 2003. 10, pp. 367~370