

# 고로슬래그 미분말을 사용한 2성분계 고강도 콘크리트의 강도 및 중성화 특성

## Evaluation of Carbonation and Strength of High Strength Binary Concrete Used Ground Granulated Blast Furnace Slag

김 현 중\*      김 흥 삼\*\*      이 찬 영\*\*\*      정 해 문\*\*\*\*      안 태 송\*\*\*\*  
Kim, Hyun Joong   Kim, Hong Sam   Lee, Chan Young   Cheng, Hai Moon   Ahn, Tae Song

### ABSTRACT

There are many methods to improve the performance of concrete. Especially, admixture materials used in concrete as the replacement materials of cement, could fluidity, strength and durability of concrete. So recently, the terminology "High-Performance Concrete(HPC)" has been introduced into the construction industry. Most high-performance concrete have a high cementitious content and a low water-cementitious material ratio. The proportions of the individual constituent vary depending on local preferences and local materials.

Therefore, many trial batches are usually necessary before a successful mix is developed. The objective of this experiments is to investigate the fundamental properties of high performance concrete based binary cementitious materials such as ordinary portland cement and ground granulated blast furnace slag. In this study, Use granulated blast furnace slag (30%, 45%, 60%) and water cementitious content (26%, 30%, 34%) take the gauge of capacity that strength, carbonation and XRD, X-Ray Diffraction test

### 요 약

콘크리트는 골재, 시멘트와 물이 주 구성성분이나 성능 및 내구성 향상으로 고품질화, 현장작업의 능률향상, 운반, 경제성 등의 목적을 위하여 다양한 형태의 혼화재료가 사용되고 있다. 특히, 혼화제가 시멘트 대체재로 사용되면서 콘크리트의 고강도화, 내구성 증진, 수화열 감소 등의 효과를 얻고 있다.

그러나, 이러한 혼화제를 사용함에 있어 성능평가 및 기준이 아직 국내에서는 정립되지 않고 있어 현장의 품질관리를 위해 현재 많이 사용되고 있는 플라이애쉬, 실리카 흙, 고로슬래그 미분말, 최근 환경친화성이 우수한 혼화재료인 메타카올린 등을 적용한 2성분계 콘크리트의 물-결합재비 및 혼입율에 따른 역학적 특성에 대한 검토가 필요한 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 현재 많이 사용하고 있는 혼화제중 고로슬래그의 중성화 특성을 확인하고자 고로슬래그 미분말을 사용한 60MPa~80MPa의 고강도 콘크리트를 제작하여 물결합재비 26%, 30%, 34%의 변수와 고로슬래그 미분말 치환율을 30%, 45%, 60%로 달리하여 강도 및 중성화 시험을 실시하였으며 X선 회절분석(XRD, X-Ray Diffraction)을 이용하여 화학 조성물 성분변화를 분석하였다.

\* 정회원, 한국도로공사 도로교통기술원 연구원·공학석사

\*\* 정회원, 한국도로공사 도로교통기술원 전임연구원·공학석사

\*\*\* 정회원, 한국도로공사 도로교통기술원 책임연구원·공학박사

\*\*\*\* 정회원, 한국도로공사 도로교통기술원 수석연구원·공학박사

## 1. 서론

고성능 콘크리트에 대한 연구 및 시공은 선진국의 경우, 고강도, 고내구성의 개념에서 활발하게 이루어져 왔으며, 일본의 경우 고유동 콘크리트에 대한 연구 및 시공이 활발하게 진행되고 있다. 최근에는 전 세계적으로 초고강도, 초유동성과 내구성을 겸비한 고성능 콘크리트가 주류를 이루고 있는 실정이다. 반면, 국내의 경우 토목구조물에서 주로 최대 45MPa 이하의 강도로 사용되고 있으나 사회간접자본 확충을 위한 대형 토목구조물의 건설이 급증하고, 교량 등의 대형화와 장기간화 됨에 따라 구조물의 자중경감과 부재의 단면축소 등을 통한 경제성을 확보한 구조물의 필요성이 커지고 있다.

따라서, 본 연구에서는 도로공사의 교량 구조물 적용에 적합한 고성능 콘크리트의 배합도출을 목적으로 고로슬래그미분말을 사용한 고성능 콘크리트의 기초 물성을 평가하여 향후 도로공사의 교량구조물 적용에 필요한 고성능 콘크리트의 표준배합 도출 등을 위한 기초적 자료로 활용코자 하였다.

## 2. 실험개요

### 2.1 사용재료

본 연구에서 사용한 시멘트는 국내 A사의 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였으며, 혼화제는 폴리칼본산계 고성능감수제를 사용하였고, AE제는 빈줄계를 사용하였다. 잔골재는 밀도 2.59 조립률 2.77의 세척사로서 복인천산을 사용하였고, 굵은 골재는 밀도 2.63 조립률 6.67로서 경기도 화성산을 혼합사용하였다.

### 2.2 시험내용 및 시험방법

2성분계 고강도 콘크리트의 기초 배합 도출을 위하여 기존의 문헌 및 연구결과를 참조로 물-결합재비는 26, 30 및 34%로 하고 고로슬래그미분말의 혼합율은 30, 45 및 60%로 하였다. 이때 유동성은 슬럼프플로우 450±50mm를 만족하도록 단위수량과 고성능 감수제를 사용하여 배합설계하였고, 공기량은 4.0±1.0%를 만족하도록 하였다.

평가항목으로는 재령별 압축강도를 평가하였으며, 중성화 시험의 경우 시편의 표면에 에폭시처리를 하여 상대습도 60%, 온도 40℃, CO<sub>2</sub>농도 5%의 균일한 환경에서 14일, 28일, 56일 및 75일에서 측정하였다. 한편, 촉진재령 75일에서 중성화 및 미 중성화영역을 대상으로 XRD분석을 실시하였다.

## 3. 시험 결과 및 고찰

### 3.1 고로슬래그 미분말(이하 “BS”)의 혼입률에 따른 콘크리트의 압축강도

그림 1은 물-결합재비에 따른 고로슬래그 미분말의 혼합율별 압축강도 측정결과를 정리하여 나타낸 것이다. 고로슬래그 미분말의 경우는 높은 고로슬래그 미분말 혼입율로 인하여 재령 7일까지 Plain에 비하여 압축강도가 크게 저하하는 것으로 나타났지만, 이후 장기재령으로 갈수록 고로슬래그 미분말의 잠재수경성반응으로 인하여 압축강도가 크게 발현되었다.

특히, 물결합재비에 따른 압축강도 특성이 다르게 나타났는데, W/B=26, 30%에서는 고로슬래그 미분말 혼입율이 증가할수록 압축강도가 Plain 콘크리트에 비하여 약 10MPa가량 크게 증가되는 것으로 나타났지만, W/B=34%에서는 압축강도가 Plain 콘크리트와 거의 같은 수준으로 나타남으로써, 낮은 물결합재비에서 고로슬래그 미분말을 사용할 경우 압축강도 증진에 효과가 있는 것으로 사료된다.

### 3.2 고로슬래그 미분말의 혼입률에 따른 콘크리트의 촉진중성화

고로슬래그 미분말을 혼입한 고강도 콘크리트의 촉진중성화 특성을 파악하기 위하여 상대습도 60%, 온도 40℃, CO<sub>2</sub>농도 5%의 촉진조건에서 14일, 28일, 56일 및 75일에서 측정된 결과를 정리한 것이 표 1이다.

촉진 중성화 시험 75일 현재 고로슬래그 미분말 혼입률이 30%인 경우는 거의 중성화가 진행되지 않았으며, 물-결합재비가 30 및 34% 조건에서 고로슬래그 미분말의 혼입률이 각각 45 및 60%인 경우 2~6mm 범위의 중성화 깊이를 보였다. 특히, 물-결합재비가 34%이고 혼입률이 60%인 배합의 경우가 가장 컸으며, 전반적으로 물-결합재비가 크고 고로슬래그 미분말의 혼입률이 증가할수록 중성화 깊이는 크게 나타났다.

한편, 중성화가 가장 큰 고로슬래그 미분말 60% 혼입한 경우를 대상으로 미중성화 영역과 건전부위를 대상으로 XRD 분석을 실시한 결과가 그림 3이다. 이 그림에서 고로슬래그 미분말이 60% 정도 혼입되어 있어 미중성화 영역의 수산화칼슘 피크가 보통포틀랜드 시멘트만을 사용한 배합에 비하여 상대적으로 작지만, 중성화된 영역의 피크보다 크게 나타났다.

표 1 물-결합재비별 고로슬래그 미분말 혼입률에 따른 촉진 중성화 깊이(mm)

촉진재령	콘크리트의 촉진 중성화 깊이 (mm)								
	물-결합재비 : 26%			물-결합재비 : 30%			물-결합재비 : 34%		
	BS30	BS45	BS60	BS30	BS45	BS60	BS30	BS45	BS60
28일	0	0	0	0	0	1.79	0	0	3.61
56일	0	0	0	0	1.64	2.98	0	0	4.84
75일	0	0	3.85	0	1.98	5.65	0	2.60	6.17

## 4. 결 론

- (1) 물결합재비에 따른 압축강도는, W/B=26, 30%에서는 고로슬래그 미분말 혼입율이 증가할수록 압축강도가 Plain 콘크리트에 비하여 약 10MPa가량 크게 증가되었으나, W/B=34%에서는 Plain 콘크리트와 거의 같은 수준으로 낮은 물결합재비에서 고로슬래그 미분말을 사용할 경우 압축강도 증진에 효과가 있는 것으로 사료된다.
- (2) 촉진 중성화 시험 75일 현재 고로슬래그 미분말 혼입률이 30%인 경우는 거의 중성화가 진행되지 않았으며, 물-결합재비가 30 및 34% 조건에서의 혼입률이 각각 45 및 60%인 경우 2~6mm 범위의 중성화 깊이를 보였으며, 전반적으로 물-결합재비가 크고 고로슬래그 미분말의 혼입률이 증가할수록 중성화 깊이는 크게 나타났다.

## 감사의 글

본 연구는 05년도 건설핵심기술연구개발사업(과제번호 : 05건설핵심기술D-11)의 연구비지원으로 수행되었으며 이에 깊이 감사드립니다.

## 참 고 문 헌

1. 송하영외 3인, “초고강도 콘크리트의 특성에 미치는 시멘트종류 및 혼화재 종류의 영향에 관한 실험적 연구”, 대한건축학회 추계학술발표 논문집 제24권 2호(통권 제48집), 2004.10, pp. 375~378
2. J. Kropp and H. K. Hilsdorf, "Performance Criteria for Concrete Durability, E&FN SPON, 1995.

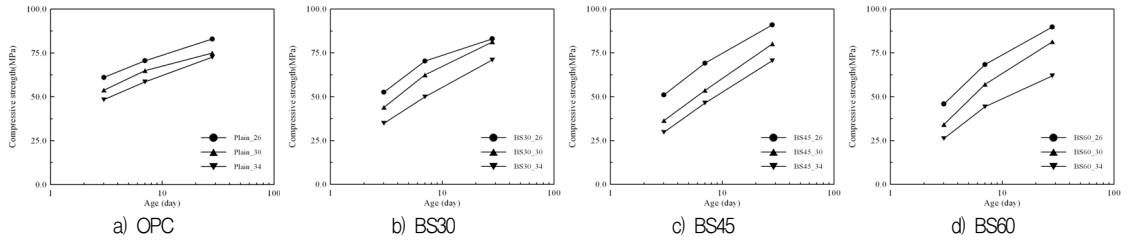


그림 1 물-결합재비에 따른 슬래그 미분말 혼합율별 콘크리트의 압축강도

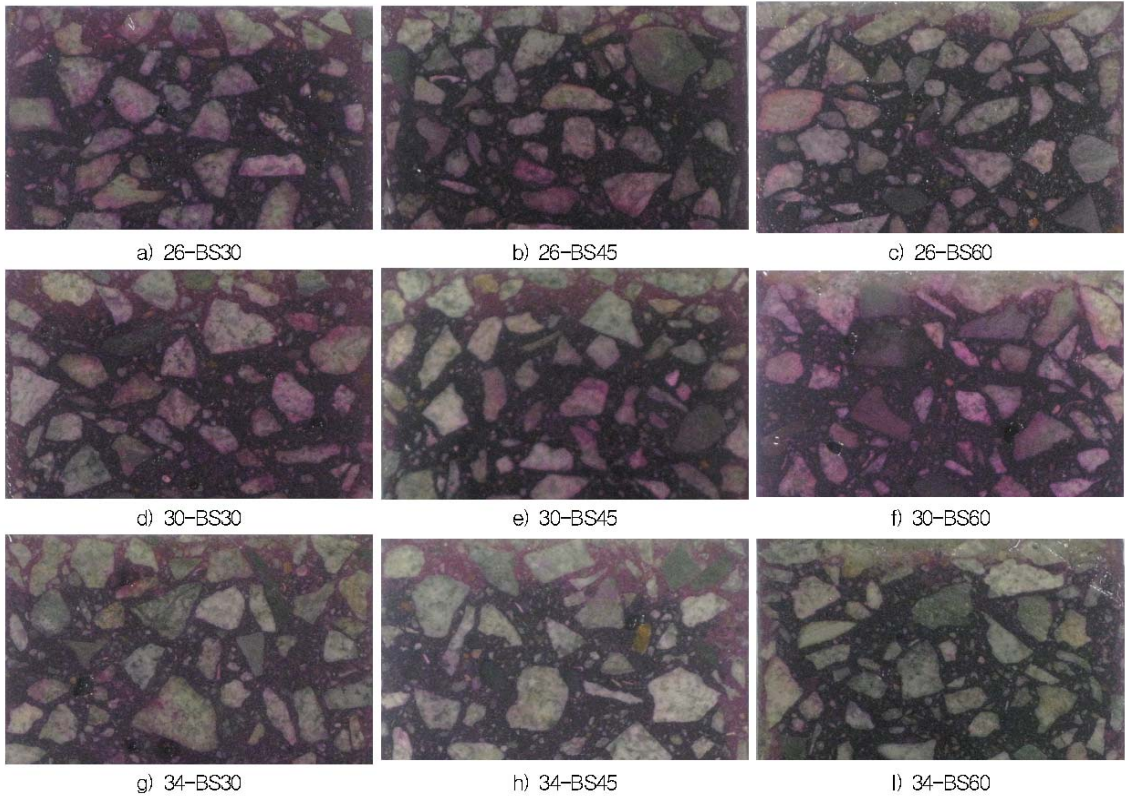


그림 2 물-결합재비 및 고로슬래그 미분말의 혼입율에 따른 촉진중성화 시험결과(75일)

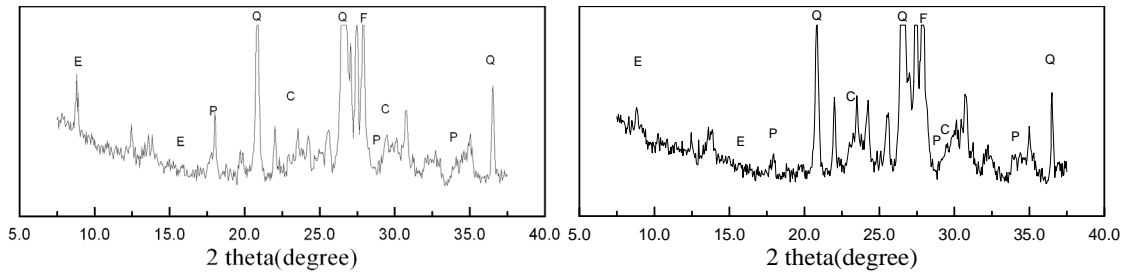


그림 3 고로슬래그 미분말 혼합 콘크리트의 중성화 및 미중성화 영역의 XRD 분석 결과(34-BS60)