

고로슬래그미분말을 활용한 수중불분리성콘크리트

Properties of Antiwashout Underwater Concrete Using the GGBF Slag

문 한 영 * 김 성 수 ** 이 병 덕 *** 이 재 준 ****
Moon, Han-Young Kim, Seong-Soo, Lee, Byung-Duck Yi, Jae-Jun

ABSTRACT

Recently, underwater concrete constructions are increasing. Therefore it is considered important to control the quality of underwater concrete. In this paper, we have an intention of evaluating fundamental properties of underwater concrete using the Ground Granulated Blast Furnace Slag (GGBF Slag). Thus, it has been investigated that the slump flow of the concrete, pH value and suspended solids in solution, compressive strength on both of specimens made above and below water. Also the percentage of GGBF Slag was found to alter the filling-up in underwater concrete.

1 서론

최근 광안대로와 영종도 신국제공항을 잇는 연육교 등 대형 해양구조물의 기초 및 수중부위에 수중 불분리성콘크리트를 사용하여 수중 콘크리트를 타설하는 현상이 급격히 증가하고 있는 추세이다.

그러나 해양 환경하에 건설되는 콘크리트 구조물의 경우 염화물 등 각종 유해 이온의 침투로 인하여 발생하는 콘크리트의 열화 및 철근부식과 더불어 매시브한 콘크리트 구조물의 경우 온도상승으로 인한 콘크리트의 균열발생 등과 같은 문제점이 야기되고 있다.

그래서 수중콘크리트에 발생하는 이러한 문제점을 개선하기 위한 대책의 일환으로 고로슬래그미분말을 활용하여 수중불분리성콘크리트의 품질향상을 도모하기 위한 연구가 진행되고 있는 실정이다.

제철산업의 부산물로 발생하는 고로슬래그미분말은 콘크리트용 혼화재료로 널리 활용되고 있으며, 특히, 굳지않은 콘크리트의 유동성 향상 및 경화한 콘크리트의 장기강도 증진 뿐만 아니라 콘크리트의 수화열을 저감시켜 온도상승에 따른 온도균열 억제하는 등의 효과가 인정되고 있다.⁽¹⁾

본 연구에서는 분말도 4,500cm²/g인 고로슬래그미분말을 40%, 50% 및 60%로 대체하여 제조한 수중불분리성콘크리트의 수중불분리도, 슬럼프플로우, 충전성 및 경화한 콘크리트의 압축강도를 측정하여 수중불분리성 콘크리트의 기초적 성질에 대하여 고찰하였다.

* 정회원, 한양대학교 공과대학 토목공학과 교수

** 정회원, 대전대학교 이공대학 토목공학과 교수

*** 정회원, 한국도로공사 도로연구소 재료연구실 연구원

**** 정회원, 한양대학교 대학원 토목공학과 석사과정

2. 실험개요

2.1 실험재료

- (1) 시멘트 : 비중 3.15, 비표면적 $3,112\text{cm}^2/\text{g}$ 인 S회사의 보통포틀랜드시멘트를 사용하였다.
- (2) 골재 : 잔골재는 비중 2.60 흡수율 1.0%, 조립률 2.80인 바다모래를 세척하여 사용하였으며, 굵은 골재는 비중 2.67, 흡수율 0.7%, 조립률 6.86인 부순돌을 사용하였다.
- (3) 수중불분리성혼화제 : 국내에서 주로 많이 사용되고 있는 수용성 셀룰로오스계 수중불분리성혼화제 2종류와 멜라민계의 유동화제를 사용하였다.
- (4) 광물질혼화제 : 광양제철소에서 발생된 고로슬래그미분말(이하 GGBF 또는 슬래그미분말로 약함)을 사용하였으며, 화학성분 및 물리적 성질은 표 1과 같다.

표 1. 고로슬래그 미분말의 화학성분 및 물리적 성질

SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MgO (%)	SO ₃ (%)	Ig.loss (%)	Specific gravity	Blaine (cm ² /g)
32.3	14.8	0.4	44.1	5.5	1.0	1.1	2.80	4,580

2.2 실험방법

- (1) 현탁물질량 및 pH 측정 : 현탁물질량과 pH는 일본토목학회의 「수중불분리성콘크리트의 설계시공 지침(안)」의 수중불분리도 측정 방법에 의하여 실시하였다.⁽²⁾
- (2) 슬럼프플로우 시험 : 슬럼프플로우는 대한토목학회 기준 「수중불분리성콘크리트의 슬럼프플로우 시험방법」에 의하여 슬럼프콘을 들어올린 다음 경과시간 5분 후 직각 방향으로 두 곳의 직경을 측정하여 평균값을 cm로 측정하였다.⁽³⁾
- (3) 충전성 시험 : 24×24×50cm 투명 아크릴 상자 속에 물을 가득 채운 후 그림 1에서와 같이 왼쪽 상자에 콘크리트를 40cm 높이까지 채우고 3분간 정지한 후 분리판을 들어 올려 경과시간 5분, 10분 후의 높이차를 cm로 측정하였다.
- (4) 콘크리트 압축강도 시험 : 수중불분리성콘크리트용 공시체는 대한토목학회 기준 「수중불분리성콘크리트의 압축강도 시험 수중제작 공시체의 제작방법」에 의하여 제조한 후 각 재령별 압축강도를 측정하였다.⁽³⁾
- (5) 콘크리트 배합 : 굵은골재 최대치수 25mm, 물-결합재비 50%, 단위수량 210kg/m³, 잔골재율 42%로 정하고, 고로슬래그미분말을 시멘트 중량의 40, 50 및 60%로 대체하였으며, 수중불분리성혼화제는 단위수량의 1.2%를 사용하였으며, 유동화제는 시멘트 중량의 1.8%를 사용하였다.

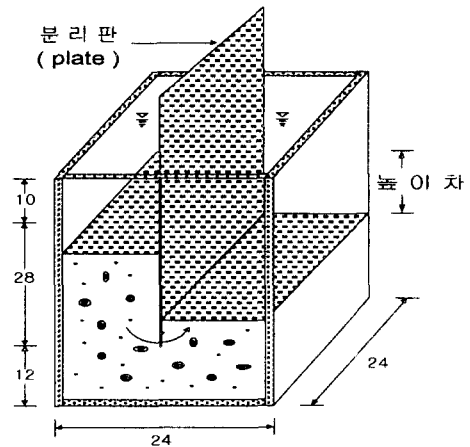


그림 1. 충전성 실험장치 (단위, cm)

3. 실험결과에 대한 고찰

(1) 수중불분리성콘크리트의 수중불분리도

콘크리트를 수중에서 타설할 경우 시멘트의 유실 및 재료분리 정도를 알아보기 위하여 현탁물질량(SS)과 현탁액의 pH값을 측정하였다. 이 그림에서 슬래그미분말의 대체율이 커질수록 현탁물질량이 증가하는 반면, pH값은 약간 감소하는 경향을 나타내었다.

이러한 현상은 수중불분리성콘크리트 중의 슬래그미분말이 시멘트보다 많이 유실됨으로써 현탁물질량은 증가하였으며, pH값은 오히려 감소하는 결과를 나타내었다고 생각된다.⁽¹⁾

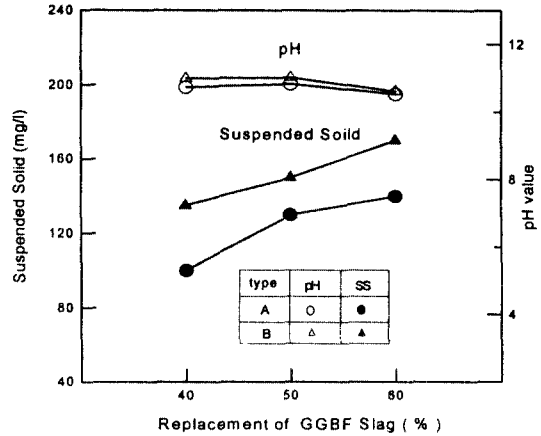


그림. 2 수중불분리성콘크리트의 수중불분리도

(2) 수중불분리성콘크리트의 슬럼프플로우

시멘트를 3단계의 슬래그미분말로 대체한 수중불분리성콘크리트의 슬럼프플로우값을 측정, 정리한 것이 그림 3이다. 이 그림에서 슬래그미분말 대체율의 변화에도 불구하고 슬럼프플로우값은 보통 콘크리트와는 달리 거의 변화가 없음을 알 수 있다.

그 이유는 수중불분리성혼화제가 슬래그미분말 혼합 콘크리트의 점성을 크게 증가시킴으로 인하여 슬래그미분말이 수중불분리성 콘크리트의 유동성을 향상시키는 효과를 억제한 결과로 생각된다.

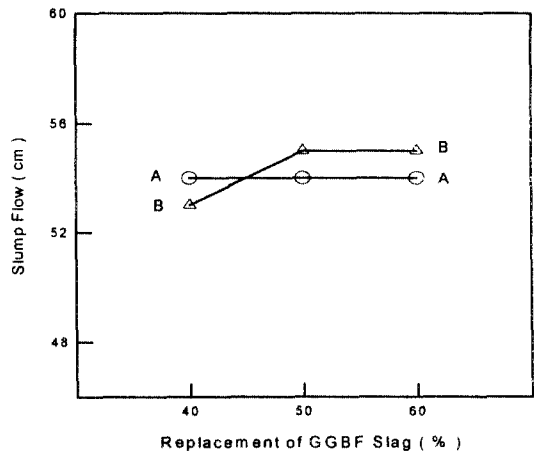


그림 3. 수중불분리성콘크리트의 슬럼프플로우

(3) 수중불분리성콘크리트의 충전성

수중불분리성콘크리트의 수중 타설시에는 육상 콘크리트 시공시와는 달리 진동기 등에 의한 다짐이 불가능한 문제점이 있다.

그러므로 수중 콘크리트의 시공성은 굳지 않은 콘크리트의 점성, 유동성 및 충전성에 의하여 크게 좌우된다.

그래서 수중불분리성콘크리트의 유동성 및 충전성을 향상시킬 목적으로 수중불분리성혼화제 2종류와 슬래그미분말을 3단계로 대체하여 제조한 콘크리트의 충전성을 측정하여 정리한 것이 그림 4이다.

이 그림에서 알 수 있듯이 슬래그미분말의 대체율이 증가할수록 충전높이차는 점차 감소하는 경향을 나타냄으로써, 슬럼프플로우 시험 결과와는 달리 슬래그미분말 혼합 수중불분리성콘크리트의 시공성을 향상시킨 좋은 결과로 생각된다.

(4) 수중불분리성콘크리트의 압축강도

슬래그미분말을 시멘트와 40, 50 및 60%로 대체하여 제조한 수중불분리성콘크리트의 재령별 압축강

도를 나타낸 것이 그림 5이다.

이 그림에서 보통 콘크리트와 동일하게 슬래그미분말의 대체율이 증가할수록 초기재령에서의 강도발현이 다소 지연되었으나, 재령 28일에서는 슬래그미분말의 잠재수경성의 효과에 의하여 시멘트 경화체의 조직이 밀실해짐에 따라 강도가 개선된 결과로 생각된다.

특히, A회사 수중불분리성혼화제를 사용한 콘크리트의 재령 28일의 압축강도는 슬래그미분말의 대체율 60%에서 압축강도가 약 100kg/cm^2 정도로 크게 증진되는 효과를 얻었다.

4. 결 론

(1) 슬래그미분말을 시멘트와 대체한 수중불분리성콘크리트의 수중불분리도는 대체율이 커질수록 슬래그미분말이 시멘트보다 많이 유실되어 수중에서의 현탁물질량은 증가하였으나, pH값은 오히려 감소하는 결과를 나타내었다.

(2) 슬래그미분말을 3단계로 대체한 수중불분리성콘크리트의 슬럼프플로우값은 슬래그미분말의 대체율에도 불구하고 거의 변화가 없었으나, 슬럼프플로우와 달리 대체율이 증가함에 따라 수중불분리성콘크리트의 충전성이 향상되는 결과를 나타내었다.

(3) 슬래그미분말 혼합 수중불분리성콘크리트의 압축강도는 초기재령에서 대체율이 증

가할수록 다소 지연되었으나, 재령 28일에서는 반대로 슬래그미분말의 잠재수경성의 효과에 의하여 대체율 60%에서의 압축강도가 약 100kg/cm^2 정도로 크게 증진되는 효과를 얻었다.

참고문헌

1. 문한영, 김진철, 정 용, "수중불분리콘크리트의 기초적 물성에 대한연구", 대한토목학회논문집, 1998.5
2. 日本土木學會, "水中不分離性コンクリート設計・施工指針(案)", 1991.
3. 대한토목학회 "콘크리트용 수중불분리성혼화제의 품질규준(안)"

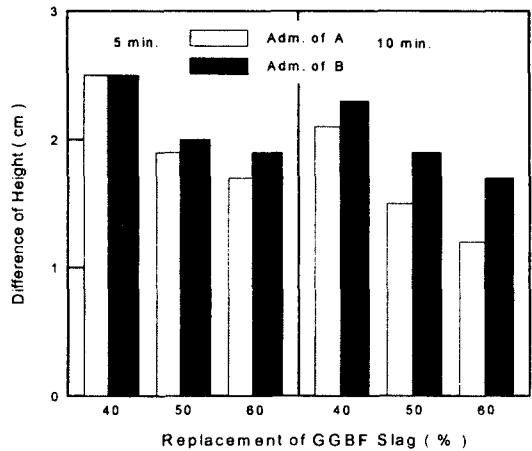


그림 4. 수중불분리성콘크리트의 충전성

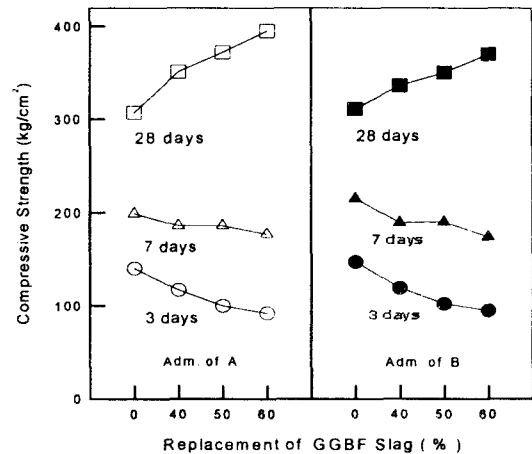


그림 5. 수중불분리성콘크리트의 압축강도