

고로슬래그미분말을 혼입한 수중불분리콘크리트의 특성에 관한 연구

A Study on the Characteristics of Antiwashout Underwater Concrete Using Finely Ground Granulated Furnace Blast Slag

이 상 명*
Lee, Sang-Myung

최 홍 윤*
Choi, Hong-yoon

이 환 우**
Lee, Hwan-Woo

김 명 식**
Kim, Myung-Sik

ABSTRACT

Recently, the use of the underwater concrete constructions with the antiwashout underwater concrete is increasing. In this study, we investigate the properties of pH, suspended solids, slump flow, box test, air contents of fresh antiwashout underwater concrete and the Unit weight, compressive strength of hardened antiwashout underwater concrete which Ground Granulated Blast Furnace Slag contents 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60% at 7days and 28days age which is produced and cured in the water and sea water. As a result, Ground Granulated Blast Furnace Slag contents 30% was excellent.

1. 서론

최근 광안대로, 서해대교, 영종대교 등과 같은 대형 해양구조물의 기초 및 수중부위에 수중불분리콘크리트를 사용하여 수중에 타설하는 현상이 급증하고 있으나, 이러한 해양환경에서 건설되는 콘크리트 구조물의 경우 염화물 등으로 인한 콘크리트의 열화 및 철근부식 등의 문제점들이 상당히 대두되고 있다.

고로슬래그미분말은 잠재수경성이 있으며 그 자체는 경화하는 성질이 미약하지만, 알칼리에 의해서 경화하는 성질을 가지고 있으며, 포틀랜드시멘트와 혼합한 경우에는 수산화칼슘과 황산염의 작용에 의해서 경화가 촉진되어 포틀랜드시멘트만을 단독으로 사용했을 경우에는 얻을 수 없는 수화발열속도의 저감 및 콘크리트의 수화열저감, 장기강도의 향상, 수밀성의 향상, 염화물이온 침투억제에 따른 철근의 발청 억제 효과, 화학저항성향상, 알칼리 실리카 반응의 억제 효과, 블리딩저감과 유동성의 증대 등의 우수한 특성을 얻을 수 있다. 이러한 특성들로 인해 제철산업의 부산물로 생성되어 혼화재료로 널리 활용되고 있는 고로슬래그미분말의 활용방안에 대한 연구가 많이 진행되고 있다.

따라서 본 연구에서는 고로슬래그미분말(이하 BS라 한다.)의 혼입율을 변화시킨 굳지않은 수중불분리콘크리트의 수중분리도, 유동성, 충전성, 공기량시험과 경화된 수중불분리콘크리트의 단위중량시험과 압축강도시험을 통해서 고로슬래그미분말의 혼입률을 변화시킨 수중불분리콘크리트의 특성에 관해서 연구하고자 한다.

* 성회원, 부경대학교 토목공학과 석사과정

** 성회원, 부경대학교 토목공학과 교수

2. 실험 개요

2.1 사용재료

시멘트는 국내 S사에서 생산되는 비중 3.14인 보통포틀랜드시멘트를 사용하였으며, BS는 포항제철에서 생산되는 분말도 4500cm³/g인 BS를 사용하였으며, 물리적 성질 및 화학성분은 표 1과 같다. 굵은 골재는 최대치수 25mm, 비중 2.60, 조립율 6.83인 경남 진해 용원 석산에서 생산되는 부순자갈을 사용하였고, 잔골재는 전남 진도 앞바다에서 채취한 비중 2.58, 조립율 2.73인 바다모래를 제염하여 사용하였고, 혼화제는 국내 A사에서 생산되는 셀룰로오즈계의 수용성 수중불분리혼화제를 사용하였고, 콘크리트의 유동성을 확보하기 위해서 멜라민계의 유동화제를 사용하였다.

표 1. 고로슬래그미분말의 물리적 성질 및 화학성분

Blain (cm ³ /g)	Specific Gravity	SiO ₂	Al ₂ O ₃	S	CaO	MgO	TiO ₂	FeO	Fe ₂ O ₃	MnO
4500	2.93	34.17	13.50	0.972	42.39*	6.52	1.64	0.45	0.45	0.32

2.2 실험방법

2.2.1 굳지않은 콘크리트

(1) 수중분리도시험

수중분리도시험은 대한토목학회에서 규정한 「콘크리트용 수중불분리성 혼화제 품질기준」의 「수중낙하시험 방법」에 준하여 현탁액의 현탁물질량과 현탁액의 pH를 측정하였다.

(2) 유동성시험

슬럼프플로우시험은 대한토목학회에서 규정한 「콘크리트용 수중불분리성 혼화제 품질기준」의 「수중불분리성 콘크리트의 슬럼프플로우 시험방법」에 준하여 실시하였다.

(3) 충전성시험

충전성시험은 12×12×60cm인 투명 아크릴상자의 왼쪽에 콘크리트를 50cm높이까지 채운 후, 분리판을 들어올린 다음 5분 경과 후에 높이차를 측정하였다.

(4) 공기량시험

공기함유량시험은 「KS F 2421 굳지않은 콘크리트의 압력법에 의한 공기함유량 시험(공기실 압력 방법)」에 준하여 워싱턴 에어메터를 사용하여 측정하였다.

2.2.2 경화된 콘크리트

(1) 단위중량시험

단위중량시험은 굳지않은 수중불분리콘크리트의 수중분리도, 유동성, 충전성 등의 추정이 가능하기 때문에, 본 연구에서는 BS의 혼입률에 따라 담수와 해수중에서 각각 제작·양생된 수중불분리콘크리트의 압축강도시험용 공시체의 중량을 측정하여 단위중량으로 환산하였다.

(2) 압축강도시험

압축강도시험은 「KS F 2405 콘크리트의 압축 강도 시험방법」에 준하여 실시하였으며, 각각 담수와 해수에서 제작·양생하여 재령 28일에 측정하였다.

2.3 실험파라미터

본 연구에서는 설계기준강도(fck)를 240kgf/cm², 물-결합재비(W/B)를 50%, 슬럼프플로우를 50±5cm, 공기량 4%이하를 기준으로 기본적인 시방배합표를 작성하여, BS의 혼입율을 0~60%로 각각 10%씩 변화시켜 굳지않은 수중불분리콘크리트의 특성을 파악하였으며, BS의 혼입률변화에 따라 각각 BS 0, BS10, BS20, BS30, BS40, BS50, BS60으로 나타냈다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 굳지않은 콘크리트

3.1.1 수중분리도

그림 1은 고로슬래그미분말의 혼입률 변화에 따른 수중불분리콘크리트의 현탁물질량과 pH를 측정 한 결과로, 현탁물질량과 pH 모두 대한토목학회규준을 만족하고 있었으며, 고로슬래그미분말의 혼입률 변화에 따른 차이가 크게 나타나지 않았으며, 고로슬래그미분말의 혼입률 30%에서 가장 많은 현탁물질량이 나타났으나, pH에는 큰 영향이 없는 것으로 보아 시멘트나 고로슬래그미분말의 유실보다는 다른 불순물의 영향인 것으로 생각되며, BS의 혼입율에는 뚜렷한 경향을 나타내지 않고 있다.

3.1.2 유동성

그림 2는 수중불분리콘크리트의 슬럼프플로우를 나타낸 그림으로, 고로슬래그미분말의 혼입률의 변화에 관계없이 모두 설계기준인 슬럼프플로우 $50 \pm 5\text{cm}$ 를 만족하는 것으로 나타났으며, 고로슬래그미분말의 혼입률이 30%일 때가 가장 양호한 유동성을 나타냈다.

3.1.3 충전성

그림 3은 수중불분리콘크리트의 충전성을 평가하기 위한 Box test 시험결과를 나타낸 그림으로, 고로슬래그미분말을 전혀 혼입하지 않은 BS 0의 경우보다는 모두 양호한 결과를 나타냈으나, BS혼입율의 증가에 대해서는 큰 차이를 보이지 않았다.

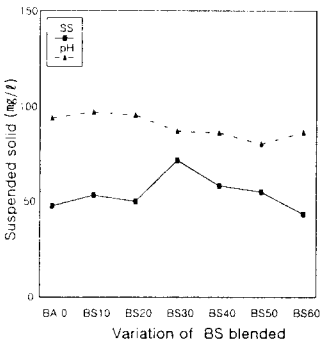


그림 1. 고로슬래그미분말의 혼입률 변화에 따른 수중분리도

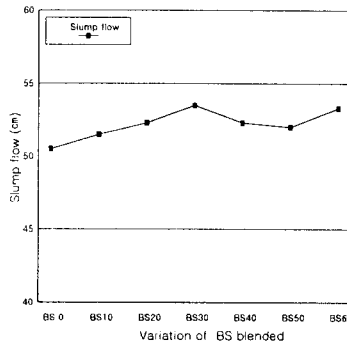


그림 2. 고로슬래그미분말의 혼입률 변화에 따른 슬럼프플로우

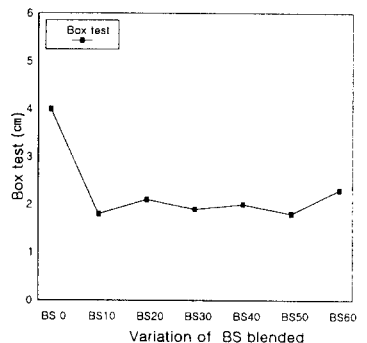


그림 3. 고로슬래그미분말의 혼입률 변화에 따른 충전성(Box Test)

3.1.4 공기량

그림 4는 고로슬래그미분말의 혼입률의 변화에 따른 수중불분리콘크리트의 공기량에 대한 측정 결과이다. 그림 4에서 고로슬래그미분말의 혼입률이 증가할수록 공기량이 점차 증가하는 경향을 나타내는데, 이는 분말도가 큰 고로슬래그미분말의 혼입률 증가에 따른 것으로 사료된다.

3.2 경화된 콘크리트

3.2.1 단위중량

그림 5는 BS의 혼입률변화에 따른 채령 28일의 단위중량을 나타낸 것으로, BS의 혼입률 40%까지는 담수에서 제작·양생한 공시체의 단위중량이 다소 높게 측정되었지만, BS 혼입률 50, 60%는 해수에서 제작·양생한 공시체의 단위중량이 다소 높게 측정되었다.

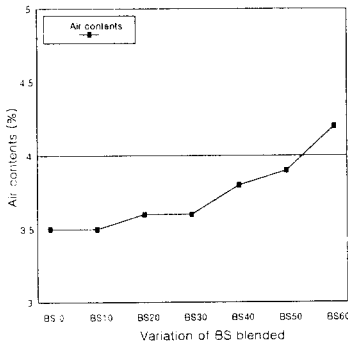


그림 4. 고로슬래그미분말의 혼입률 변화에 따른 공기량

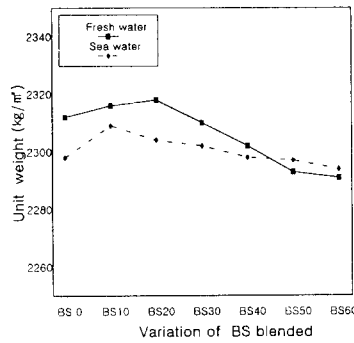


그림 5. 고로슬래그미분말의 혼입률 변화에 따른 단위중량

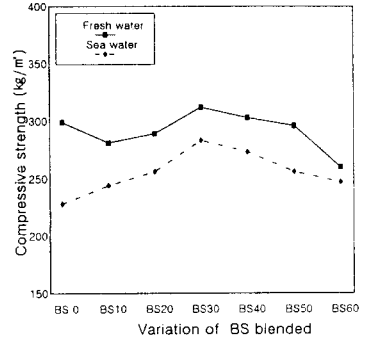


그림 6. 고로슬래그미분말의 혼입률 변화에 따른 압축강도

3.2.2 압축강도

그림 6은 BS혼입률 변화에 따른 제령 28일의 압축강도를 나타낸 것으로, 담수에서 제작·양생한 공시체가 해수에서 제작·양생한 공시체보다 전체적으로 높게 평가되었다. 특히 해수에서 제작·양생한 공시체의 경우에는 BS를 혼입하지 않은 경우보다 BS를 혼입한 공시체의 압축강도가 다소 높게 평가되고 있는데, 이는 BS가 첨가된 수중불분리콘크리트가 해수에 대한 저항성을 증가시키기 때문인 것으로 사료된다.

4. 결론

- (1) 굳지않은 수중불분리콘크리트의 수중분리도, 유동성, 충전성 등을 비교한 결과, BS혼입률 30%일 때가 전체적으로 우수한 것으로 나타나고 있으나, 공기량은 BS의 혼입률이 점차 증가할수록 증가하는 경향을 나타내고 있는데, 이는 분말도가 상대적으로 큰 BS의 혼입률이 증가하기 때문인 것으로 사료된다.
- (2) 경화된 수중불분리콘크리트의 단위중량과 압축강도는 전체적으로 담수에서 제작·양생한 공시체가 해수에서 제작·양생한 공시체가 다소 높게 판단되었다. 특히 해수에서 제작·양생한 공시체의 압축강도는 BS를 혼입하지 않은 경우보다 BS를 혼입한 공시체의 압축강도가 다소 높게 평가되고 있는데, 이는 BS가 첨가된 수중불분리콘크리트가 해수에 대한 저항성을 증가시키기 때문인 것으로 사료된다.

참고문헌

- 1) 關博, 日本土木學會, 水中不分離性 콘크리트設計施工指針(案)의아웃라인세멘트·콘크리트, No.541, pp.49-52, 1992.
- 2) 김명식, “수중비분리콘크리트의 특성에 대한 기초적 연구”, 한국농공학회지, 제38권, 제6호, pp.74-82, 1996.
- 3) 어영선, “수중불분리콘크리트의 최적 물-시멘트비에 관한 실험적 연구”, 부경대학교 석사논문, 1998. 8.
- 4) 최의식, “해사를 사용한 수중불분리콘크리트의 강도발현에 관한 기초적 연구”, 부경대학교 석사논문, 1998. 8.
- 5) 문한영, “콘크리트용 수중불분리성혼화제 품질규준”, 대한토목학회지, 제45권, 제3호, pp.71-77, 1997. 1.