

# 고로슬래그 미분말을 혼합한 고강도 수중불분리성 콘크리트

## High-strength Antiwashout Underwater Concrete Containing the GGBF Slag

문한영<sup>\*</sup>                      송용규<sup>\*\*</sup>                      전중규<sup>\*\*</sup>                      김태욱<sup>\*\*\*</sup>  
Moon, Han-Young      Song, Yong-Kyu      Jeon, Joong-Kyu      Kim, Tae-Wook

### ABSTRACT

Recently, the antiwashout underwater concrete with an antiwashout admixture has been increasingly used for underwater structures. However, the credibility of antiwashout underwater concrete was brought up as problems because it was seldom applied to fields.

In this study, experiments were made on the basic properties of antiwashout underwater concrete replaced with GGBF Slag from 40% to 60% to improve its properties.

Resultant to the test, we got the results as follows; the difference of U-type heght was decreased, and the slump flow was increased. Whereas the amount of suspended solids became high as to increasing the replacement ratio of GGBF Slag, pH value became low.

Beacause the ratio of compressive strengths (in water compared to in air) at 28days was obtained over 90%, its value is satisfied with 70% of a criterion.

### 1. 서 론

근년에 와서 수중 또는 바다 속에 초대형 지하 연속벽과 같은 수중 고강도 매스콘크리트 구조물을 축조해야 할 필요성이 절실히 요구되면서 지금까지의 수중콘크리트 공법과는 달리 수화열이 적으면서, 고강도 수중콘크리트의 개발이 필요 불가결한 실정에 놓이게 되었다. 그런데 최근 수중콘크리트 공법으로 개발된 수중불분리성 콘크리트의 장점이 크게 인정되면서 수중불분리성 콘크리트는 일반적인 수중콘크리트 공법과 더불어 시공실적이 크게 증가되고 있는 실정이다. 그래서 수중불분리성 콘크리트공법에 의한 고강도 수중불분리성 콘크리트를 제조하기 위한 목적으로 고로슬래그미분말의 적용에 착안하게 되었다.

본 연구에서는 고로슬래그미분말을 시멘트중량의 3단계로 대체하여 500 kgf/cm<sup>2</sup>을 목표로 제조한 고강도 수중불분리성 콘크리트의 기초물성에 대한 실험을 실시하였다.

### 2. 실험개요

#### 2.1 사용재료

\* 정회원, 한양대학교 공과대학 토목공학과 교수  
\*\* 정회원, 한양대학교 대학원 토목공학과 박사과정  
\*\*\* 정회원, 한양대학교 대학원 토목공학과 석사과정

- (1) 시멘트 및 혼화재 : 보통포틀랜드시멘트(이하 OPC로 약함) 및 고로슬래그미분말(이하 슬래그분말 또는 BFS로 약함)의 화학성분 및 물리적 성질은 표 1과 같다.

표 1 시멘트 및 슬래그분말의 화학성분 및 물리적 성질

Items Types	SiO <sub>2</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	CaO (%)	MgO (%)	SO <sub>3</sub> (%)	Ig. loss (%)	Specific gravity	Blaine (cm <sup>2</sup> /g)
OPC	21.95	6.59	2.81	60.10	3.32	2.11	2.58	3.15	3,112
BFS	34.34	15.76	0.09	42.19	6.81	0.16	0.00	2.90	4,380

- (2) 골재 : 굵은골재는 최대치수 25mm, 비중 2.66, 흡수율 0.78% 및 조립률 6.47인 부순돌을 사용하였으며, 잔골재는 비중 2.59, 흡수율 0.80% 및 조립률 2.80인 바다모래를 세척하여 사용하였다.
- (3) 화학혼화재 : 주성분이 Hydroxypropyl Methylcellulose인 수중불분리성혼화제(이하 수중혼화제로 약함)와 멜라민계 고성능감수제를 사용하였다.

## 2.2 실험방법

- (1) 수중낙하시험 : 대한토목학회 『콘크리트용 수중불분리성혼화제 품질규준(안)』의 수중낙하시험방법에 의하여 수중에서의 재료분리도를 측정하였다.
- (2) 응결시간 : 수중불분리성 콘크리트 시료를 5mm체로 체가름하여 응결시험용 공시체를 제조한 후 KS F 2436에 의하여 응결시간을 측정하였다.
- (3) 슬럼프플로우 : 대한토목학회 『수중불분리성 콘크리트의 슬럼프플로우 시험방법』에 의하여 측정하였으며, 경과시간에 따른 슬럼프플로우 손실률을 알아보기 위하여 믹싱직후 0, 30 및 60분에 슬럼프플로우값을 측정하였다.
- (4) U형 박스 높이차 : 그림 1과 같은 박스용기에 물을 미리 채우고 콘크리트 시료를 박스의 한 쪽에 50cm 높이까지 채운 후 칸막이를 들어 올려 콘크리트가 철근 사이를 유동하여 다른 한쪽으로 상승된 높이와 원래의 콘크리트가 하강된 높이차(H)를 cm단위로 측정하였다.

## 3. 실험결과에 대한 고찰

### 3.1 고강도 수중불분리성 콘크리트의 응결

슬래그분말을 3단계로 혼합한 수중불분리성콘크리트의 응결시간을 측정한 결과가 그림 2로써, 이 그림에서 알 수 있듯이 슬래그분말의 대체율이 증가할수록 수중불분리성 콘크리트의 응결시간이 크게 지연되는 결과를 나타내었으나, 대한토목학회의 수중불분리성혼화제를 첨가한 콘크리트의 품질규준(안)의 초결 5시간 이상 및 종결 30시간 이하를 만족하는 결과를 얻었다. 그런데 슬래그분말의 대체율이 증가함에 따라 응결시간이 지연되는 이유는 시멘트 클링커 광물중 C<sub>3</sub>A, C<sub>3</sub>S의 양이 줄어들어 시멘트의 수화를 지연시킬 뿐만 아니라 수중혼화제가 시멘트입자에 흡착되어 수화반응을 방해하므로써 응결시간이 보통콘크리트보다 크게 지연된 것으로 생각된다.

### 3.2 고강도 수중불분리성 콘크리트의 재료분리정도

슬래그분말 40, 50 및 60% 대체한 수중불분리성 콘크리트의 재료분리정도를 측정하기 위하여 수중

낙하시험을 실시하여 현탁물질량 및 pH값을 측정하여 정리한 것이 그림 3이다. 이 그림에서 슬래그분말의 대체율이 커질수록 현탁물질량이 약간 많아지는 반면 pH값은 약간 낮아지는 경향을 나타내었다.

슬래그분말의 대체율이 증가할수록 현탁물질량이 증가한 이유는 슬래그분말은 수중혼화제에 흡착되는 양이 적을 뿐만 아니라 수중에서 물과 접촉하면 입자가 분리되기 때문에 시멘트만을 사용한 수중 불분리성 콘크리트의 현탁물질량보다 많아졌다고 생각된다. 한편, pH값이 낮아지는 이유는 현탁물질량 중에 포함된 슬래그분말의 대체량만큼 시멘트량의 감소로 인하여 낮아진 것으로 생각된다.

### 3.3 고강도 수중불분리성 콘크리트의 유동특성

슬래그분말로 대체한 수중불분리성 콘크리트의 슬럼프플로우 및 U형 박스에 의한 높이차를 측정하여 이들 상관관계로 나타낸 것이 그림 4이다. 이 그림에서 알 수 있듯이 슬럼프플로우가 증가하는데 따라 박스에 의한 높이차가 크게 감소되는 결과를 나타냄으로서 슬래그분말 대체율의 증가가 수중 불분리성 콘크리트의 유동성을 크게 향상시키는데 유효한 것으로 생각된다.

### 3.4 고강도 수중불분리성 콘크리트의 압축강도

수중불분리성 콘크리트의 압축강도용 공시체를 수중 및 기중에서 제조하여 각각 재령 3, 7 및 28일 까지의 압축강도를 정리한 것이 그림 5이다. 이 그림에서 알 수 있듯이 슬래그분말의 대체율이 증가하는데 따라 재령 3 및 7일에서의 압축강도는 크게 감소하였으나, 재령 28일에서는 슬래그분말의 대체율이 증가함에도 불구하고 슬래그분말의 잠재수경성에 의하여 압축강도가 크게 회복되어 슬래그분말을 사용하지 않은 콘크리트와 비슷한 압축강도를 나타내었다. 한편, 슬래그분말 대체율에 따른 재령별 기중 및 수중에서 제조한 콘크리트의 압축강도와의 관계로 정리한 것이 그림 6으로서, 슬래그분말 대체율 및 재령에 따라 수중/기중 압축강도비가 약간 상이한 결과를 나타내었다. 그러나 이 값은 대한토목학회 『콘크리트용 수중불분리성혼화제 품질기준(안)』에서 정하는 재령 7일에서 60%이상, 재령 28일에서 70%이상의 기준값을 훨씬 상회하는 높은 압축강도비를 나타냄을 알 수 있었다.

## 4. 결 론

- (1) 슬래그분말의 대체율이 증가하는데 따라 수중불분리성 콘크리트의 응결시간은 시멘트만을 사용한 수중불분리성 콘크리트보다 크게 지연되었으나, “수중불분리성혼화제를 첨가한 콘크리트의 품질기준(안)”의 초결 5시간이상, 종결 30시간이하를 만족하는 결과를 얻었다.
- (2) 슬래그분말로 대체한 수중불분리성 콘크리트의 현탁물질량은 시멘트만을 사용한 수중불분리성 콘크리트의 현탁물질량보다 증가하였으나, pH값은 오히려 낮아지는 결과를 나타내었다.
- (3) 수중불분리성 콘크리트의 유동성을 측정한 결과 슬래그분말의 대체율이 커질수록 슬럼프플로우값은 증가하였으며, U형 박스의 높이차는 크게 감소됨으로서 유동성을 향상시키는데 유효할 것으로 생각되었다.
- (4) 슬래그분말을 대체함으로써 수중불분리성 콘크리트의 초기재령에서의 압축강도는 작았으나, 재령 28일에서는 슬래그분말의 잠재수경성에 의하여 압축강도가 크게 회복되었으며, 수중/기중 압축강도비가 90%이상으로 대한토목학회의 기준값 70%를 훨씬 상회하는 좋은 결과를 얻었다.

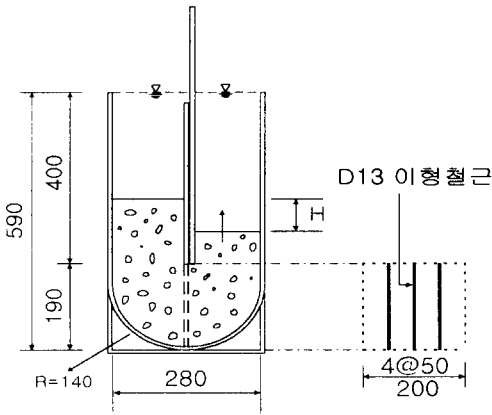


그림 1 박스 높이차 측정장치 (단위 : mm)

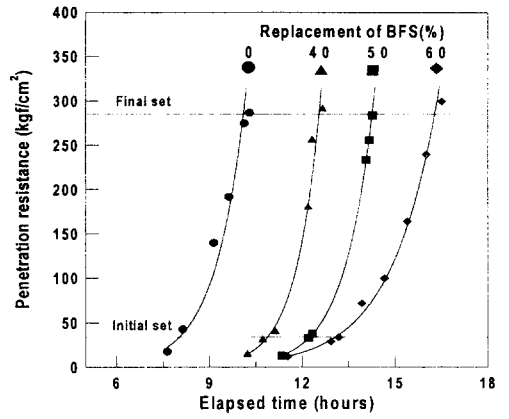


그림 2 응결특성

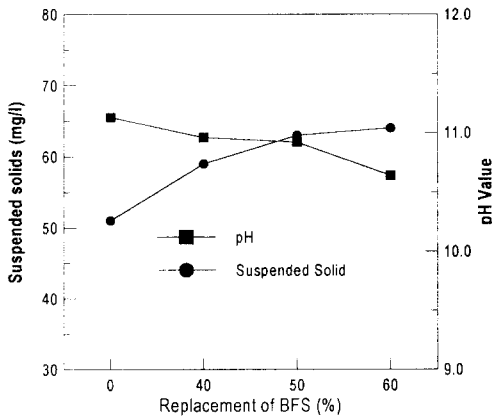


그림 3 수중에서의 재료분리정도

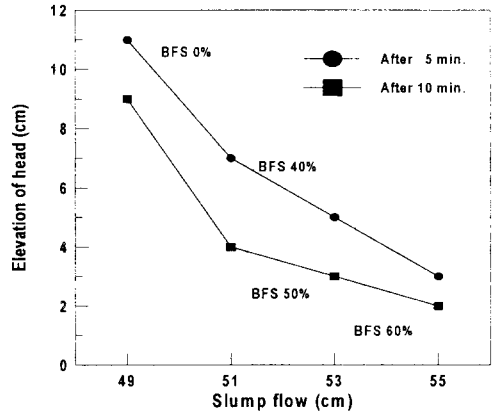


그림 4 슬럼프플로우와 박스높이차와의 관계

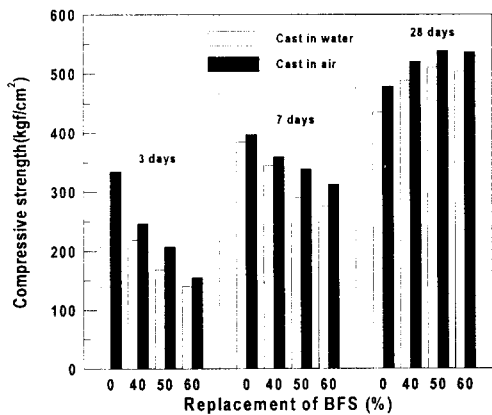


그림 5 기중 및 수중콘크리트의 압축강도

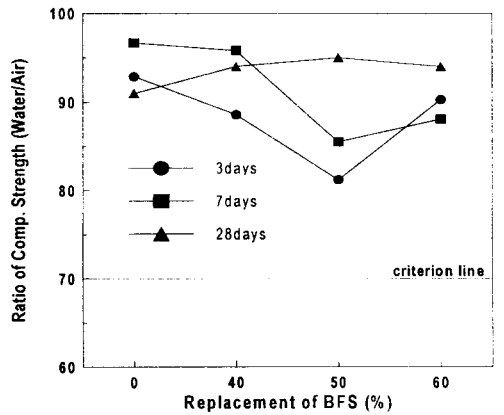


그림 6 BFS 대체율에 따른 수중/기중 압축강도비