

고로슬래그 미분말 치환율에 따른 수중불분리성 콘크리트의 압축강도 발현에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on the Compressive Strength Development of Antiwashout underwater Concrete with Blended Ratio of Finely Ground Granulated Blast Furnace Slag

김 명 식*
Kim, Myung Sik

이 환 우*
Lee, Hwan Woo

양 영 인**
Yang, Young In

정 해 동**
Jeong, Hae Dong

ABSTRACT

This experimental study was carried out to estimate the effects of mixing dosage rate and blain on the compressive strength properties of antiwashout underwater concrete admixed with finely ground granulated blast furnace slag. The experimental parameters are slag contents(0, 20, 30, 40, 50, 60%).

As a result, the compressive strength have a high correlation with slag blended ratio. Thus, it is possible to calculate the modulus of modified age using compressive strength of antiwashout underwater concrete blended with slag.

1 서론

근년에 와서 수중 또는 바다 속에 대형 해양구조물의 기초 및 수중부위에 수중불분리성 콘크리트를 사용하여 수중 콘크리트를 타설하는 현상이 급격히 증가하고 있는 추세이다. 그러나 해양 환경하에서 건설되는 콘크리트 구조물의 경우 염화물 등 각종 유해 이온의 침투로 인하여 발생하는 콘크리트의 균열발생 등과 같은 문제점이 야기되고 있다. 수중콘크리트에 발생하는 이러한 문제점을 개선하기 위한 대책의 일환으로 고로슬래그 미분말을 활용하여 수중불분리성 콘크리트의 품질향상을 위한 연구가 진행되고 있는 실정이다. 고로슬래그 미분말은 잠재 수경성을 갖고 있기 때문에 포틀랜드 시멘트와 혼합할 경우 수산화칼슘이나 유산염과의 작용에 의해 경화가 촉진되며, 수화발열저감, 높은 화학저항성, 상기강도 증대, 내구성 향상 등의 이점을 발휘한다. 따라서 고로슬래그 미분말을 시멘트의 일부로 치환한다면, 콘크리트의 제성질을 향상시킬 뿐만 아니라 산업부산물의 활용, 콘크리트의 원가 절감의 효과가 있을 것으로 판단된다.

*성회원, 부경대학교 건설공학부 교수

† 성회원, 부경대학교 토목공학과 석사과정

2. 실험개요

2.1 사용재료

(1) 시멘트 및 고로슬래그 미분말

본 실험의 사용재료로 시멘트는 국내 S사에서 생산되는 제1종 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하고, 고로슬래그 미분말은 포항제철에서 생산되는 슬래그를 미분말화하여 얻은 비표면적 4500cm²/g으로 한 고로슬래그 미분말을 사용하였다

(2) 골재

굵은 골재는 경남 용원 석산에서 생산된 부순자갈(비중:2.62, 조립율:6.73)을 사용하였고, 잔골재는 전남 진도 앞바다에서 채취한 해사(비중:2.62, 조립율:2.75)를 상용수로 제염하여 사용하였다.

(3) 혼화재료

국내 A사에서 생산되는 켈룰로오즈 에테르계의 수중불분리성 혼화제와, 멜라민계의 유동화제를 사용하였다.

2.2 배합설계

본 연구에서는 표에 나타난 바와 같이 설계기준강도(f_{ck})를 240kgf/cm², 단위수량을 220kg/m³, 잔골재율(s/a)을 40%, 공기량을 4%이하, 슬럼프플로우를 50±5cm로 고정하고, 고로슬래그 미분말의 치환율을 변화시켰다. 그리고 수중불분리성 혼화제(AWA)를 단위수량에 대하여 1.2%, 유동화제(SP)을 단위시멘트량에 대하여 1.5%로 하여 배합설계를 실시하였다.

표 . 시방배합표

Symbol	σ_{ck} (kgf/cm ²)	G_{max} (mm)	Slump flow (cm)	Air content (%)	s/a (%)	W/C (%)	Unit weight (kg/m ³)						
							W	C	S	G	AWA	SP	BS
ST	240	25	50±5	4	40	50	220	440	619	968	2.64	6.6	0
BS20	240	25	50±5	4	40	50	220	352	619	968	2.64	6.6	88
BS30	240	25	50±5	4	40	50	220	308	619	968	2.64	6.6	132
BS40	240	25	50±5	4	40	50	220	264	619	968	2.64	6.6	176
BS50	240	25	50±5	4	40	50	220	220	619	968	2.64	6.6	220
BS60	240	25	50±5	4	40	50	220	176	619	968	2.64	6.6	264

2.3 실험방법

2.3.1 굳지않은 콘크리트에 대한 시험방법

본 연구에서는 잔골재(1/2), 굵은골재, 시멘트, 고로슬래그 미분말, 잔골재(1/2), 수중불분리성 혼화제를 믹서에 넣고 30초간 건비빔 한 후 물을 투입하여 1차 혼합비빔을 60초간 실시한 다음 마지막으로 유동화제를 투입하여 2차 혼합비빔을 150초간 실시하였다

(1) 세로분리저항성시험

수중분리도시험은 대한토목학회에서 규정한 「콘크리트용 수중불분리성 혼화제 품질규준」의 「수중분리도 시험」에 준하여 pH(딤수, 증류수, 해수)와 헨탁물질량(증류수)을 측정하였다.

(2) 유동성시험

유동성시험은 대한토목학회에서 규정한 「콘크리트용 수중불분리성 혼화제 품질기준」의 「수중불분리성 콘크리트의 슬럼프플로우 시험」에 준하여 실시하였다.

2.3.2 경화된 콘크리트에 대한 시험방법

본 연구에서 제작한 수중제작공시체는 대한토목학회에서 규정한 「콘크리트용 수중불분리성 혼화제 품질기준」의 「수중 제작 공시체 제작 방법」에 준하여 담수와 해수에서 제작하였으며, 각각 담수와 해수에서 7일, 28일, 56일, 91일간 표준양생을 실시하였다.

(1) 단위중량시험

압축강도시험은 담수와 해수에서 양생된 수중제작공시체를 KS F 2405(콘크리트의 압축강도 시험 방법)에 준하여 재령 7일, 28일, 56일, 91일에 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 굳지않은 콘크리트의 실험결과 및 고찰

3.1.1 재료분리저항성

콘크리트를 수중에서 타설할 경우 시멘트의 유실 및 재료분리 정도를 알아보기 위해 현탁물질량과 현탁액의 pH를 측정하여 각각 그림 1과 2이다.

이 그림에서 고로슬래그 미분말의 치환율이 증가할수록 현탁물질량은 증가하지만 pH는 감소하는 것으로 나타났다. 일반적으로 콘크리트를 수중에 칠 때 물의 씻김작용으로 인해 강알칼리성의 시멘트가 유실되기 때문에 현탁액의 현탁물질량과 pH는 비슷한 경향을 나타내게 되는데, 본 연구에서는 고로슬래그 미분말의 치환율이 증가할수록 현탁액 내에 pH가 낮은 고로슬래그 미분말의 유실량이 증가하기

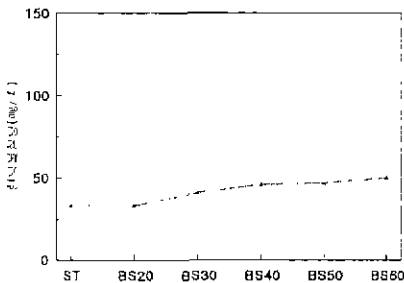


그림 1 고로슬래그 치환율 변화에 따른 현탁물질량

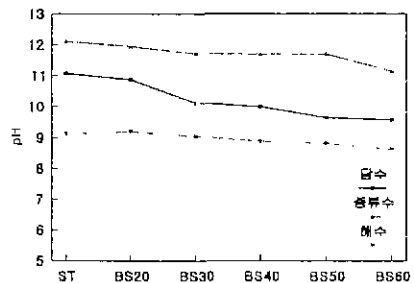


그림 2. 고로슬래그 치환율 변화에 따른 pH

때문에 현탁물질량은 증가하지만, pH는 감소하는 것으로 생각된다.

그림 1과 2에서 실험조건에 관계없이 현탁물질량은 대한토목학회에서 규정한 150mg/ℓ 이하를 모두 만족하는 것으로 나타났다. 그러나 pH는 고로슬래그 미분말을 혼입하지 않았을 때를 제외하곤 대한토목학회에서 규정한 12이하를 모두 만족하는 것으로 나타났다.

3.1.2 유동성

고로슬래그 미분말로 치환한 수중불분리성 콘크리트의 슬럼프플로우값은 그림 3과 같다

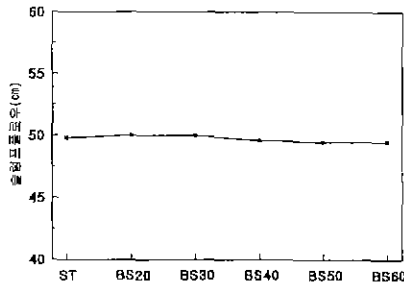


그림 3. 고로슬래그 치환율에 따른 슬럼프플로우

이 그림에서 보듯이 고로슬래그의 치환율의 변화에도 불구하고 보통 콘크리트와 슬럼프값은 거의 유사하다. 이는 수중불분리성 혼화제가 콘크리트의 점성을 증가시키고 고로슬래그 미분말이 유동성을 향상시키는 두 작용이 서로 상쇄되어 이와 같은 결과가 나온 것으로 생각된다.

3.2 경화된 콘크리트의 실험결과 및 고찰

그림 4와 5는 각 치환율별 수중불분리성 콘크리트의 압축강도를 측정된 결과를 나타낸 것이다.

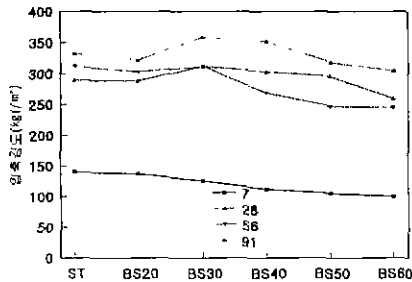


그림 4. 고로슬래그의 치환율에 따른 압축강도 (담수)

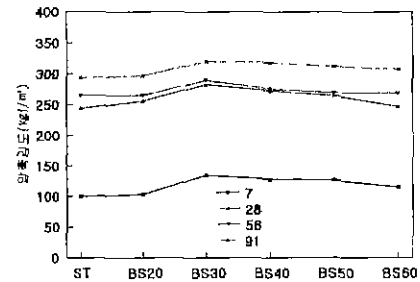


그림 5. 고로슬래그의 치환율에 따른 압축강도 (해수)

그림에서 보면 치환율에 관계없이 담수와 해수에서 제작·양생한 공시체의 압축강도는 모두 설계기준강도인 240kgf/cm²을 만족하고 있다. 담수에서 제작·양생한 경우 압축강도는 치환하지 않은 것이 치환한 것보다 높게 나타나는 것도 있으나, 해수에서는 치환율에 관계없이 모두 치환한 것이 치환하지 않은 것보다 크게 나타났는데, 이것은 고로슬래그미분말의 염분차폐성능이 우수하고, 해수에 포함된 SO₄²⁻에 의해 잠재수경성을 가진 고로슬래그미분말의 수화반응이 촉진되었기 때문으로 생각된다.

4. 결론

(1) 고로슬래그 미분말의 치환율이 증가할수록 현탁물질량은 증가하지만 pH는 감소하는 것으로 나타났다. 일반적으로 콘크리트를 수중에 칠 때 물의 씻김작용으로 인해 강알칼리성의 시멘트가 유실되기 때문에 현탁액의 현탁물질량과 pH는 비슷한 경향을 나타나게 되는데 본 연구에서는 고로슬래그 미분말의 치환율이 증가할수록 현탁액 내에 pH가 낮은 고로슬래그 미분말의 유실량이 증가하기 때문에 현탁물질량은 증가하지만, pH는 감소하는 것으로 생각된다

(2) 고로슬래그의 치환율의 변화에도 불구하고 보통 콘크리트와 슬럼프값은 거의 유사하다. 이는 수중 불분리성 혼화제가 콘크리트의 점성을 증가시키고 고로슬래그 미분말이 유동성을 향상시키는 두 작용이 서로 상쇄되어 이와 같은 결과가 나온 것으로 생각된다.

(3) 담수에서 제작·양생한 경우 압축강도는 치환하지 않은 것이 치환한 것보다 높게 나타나는 것도 있으나, 해수에서는 치환율에 관계없이 모두 치환하지 않은 것이 치환한 것보다 크게 나타났는데, 이것은 고로슬래그미분말의 염분차폐성능이 우수하고, 해수에 포함된 SO_4^{2-} 에 의해 잠재수경성을 가진 고로슬래그미분말의 수화반응이 촉진되었기 때문으로 생각된다.

참고문헌

1. 김명식, “수중비분리콘크리트의 특성에 대한 기초적 연구”, 한국농공학회지, 제 28권, 제6호, pp.75-82, 1996.
2. 문한영, 김진철, 정용, “수중불분리콘크리트의 기초적 물성에 대한 연구”, 대한토목학회논문집, 1998.5.
3. 대한토목학회, 「콘크리트용 수중불분리성 혼화제의 품질규준(안)」
4. 문한영 외 3인, “고로슬래그미분말을 활용한 수중불분리성 콘크리트”, 한국콘크리트학회 1998년도 가을 학술발표회 논문집, 제 10권, 제2호, pp.83-86, 1998.11.
5. 이상명, “제작환경에 따른 수중불분리성 콘크리트의 특성에 관한 실험적 연구”, 부경대학교 대학원