

부순모래 콘크리트의 황산염해에 관한 연구

A Study on the Sulfate Attack of Concrete Using in Crushed Aggregates

김 광 열* 김 강 민* 백 동 일** 김 명 식*** 김 종 수***
 Kim, Kwang Yuil Kim, Kang Min Beak, Dong Il Kim, Myung Sik Kim Jong Soo

ABSTRACT

As this study is to test effects of sulfate attack on deterioration of concrete using in crushed aggregates. Besides tests have been carried out with concrete by river sand and crushed sand by fine sand, concrete mixes various proportions of silica fume and fly ash(up to 15% by weight fo cement) were prepared and immersed in pure water, sodium sulfate solution for 28 and 60days. Test on the change in the weight and compressive strength of concrete according to the duration of immersion time and the content of silica fume and fly ash was performed.

1. 서론

콘크리트 구조물의 성능저하는 내구성의 저하로 인한 경우가 대부분이다. 내구성에 영향을 미치는 인자는 매우 다양하고 복잡적이어서 내구성 개선을 위해 연구가 활발히 진행되고 있지만 현재까지 명확히 규명되지 못한 부분들이 많다. 특히 콘크리트의 침식에 많은 영향을 미치고 있는 황산염해에 관한 연구는 매우 미비하다.

천연강모래의 급격한 고갈에 기인해 부순모래의 사용량이 급증하고 있으므로 본 연구에서는 부산 근교의 김해지역 석산에서 생산된 부순모래를 사용하여 제작된 부순모래 콘크리트의 황산염 침해 저항성을 평가하였다. 본 연구에서는 기 연구된 부순모래의 최적 배합비로 혼합된 혼합모래를 사용하고 내구성 향상에 효과가 있다 알려져 있는 Silica Fume과 Fly Ash의 사용량을 변화시켜 부순모래 콘크리트의 황산염 침해에 대한 저항을 연구하였다.

2. 실험개요

2.1 재료의 특성

본 실험에서는 비중이 3.14인 국내 S사에서 생산되는 보통포틀랜드시멘트를 사용하였다. 굵은골재 및 잔골재는 부산근교에 위치한 김해지역 석산에서 생산된 $G_{max}=25mm$ 의 부순자갈과 부순모래를 사용하였으며 부순골재의 품질특성은 표 1과 같다. 혼화제는 노르웨이 Elkem Co.에서 생산되는 분말 Silica Fume과 석탄화력발전소에서 미분탄 연소 후 부산물로 생산되는 Fly Ash를 사용하였고 표준형 고성능AE감수제를 사용하였다. 그리고 침적 용액은 10% 황산나트륨 용액을 사용하였다.

표 1 부순골재의 품질특성

시료	시험	조립률	밀도	흡수율	마모율	단위용적중량	유기불순물	0.08mm체 통과량	실적율	편장석률	안정성
굵은골재	KS 규격	6~8	2.5이상	3.0이하	40이하	-	-	1.0이하	55이상	20이하	12이하
	부순자갈	7.12	2.70	1.3	12	1494	-	0.2	55	8	3.2
잔골재	KS 규격	2.3~3.1	2.5이상	3.0이하	-	-	표준색	7.0이하	53이상	-	10이하
	부순모래	4.14	2.54	2.3	-	1690	담황색	3.8	67	-	2.0

*정회원, 부경대학교 토목공학과 석사과정
 **정회원, 부경대학교 토목공학과 박사수료
 ***정회원, 부경대학교 건설공학부 교수

2.2 시편제작

본 실험에서 설계기준강도는 24MPa, W/C는 45%, 슬럼프는 15cm, 공기량은 4.5%로 고정하여 배합설계를 실시하였다. 사용된 시편은 $\varnothing 10 \times 20$ cm의 원주형 공시체 몰드를 사용하여 제작하였는데 비빔은 강제식 믹서를 사용하였고 다짐은 다짐봉을 사용하여 2단계로 나누어 수행하였다. 압축강도 시험을 위한 공시체의 표면 마무리 방법에는 여러 가지가 있으나 실제 현장의 조건과 일치시키기 위하여 시멘트 모르타 캡핑방법을 사용하였다. 양생은 온도 조절이 가능한 양생조를 사용하였다.

2.3 실험방법

본 실험의 목적은 부순모래 콘크리트의 황산염 침해에 대한 단위중량 및 압축강도의 변화양상을 고찰하는 것이다. 실험방법은 천연강모래와 부순모래에 각각 Slica Fume과 Fly Ash를 5%, 10%, 15%씩 사용하여 각각의 공시체를 제작하였다. 황산염 침해의 정도를 평가하기 위해서는 10% 황산나트륨 용액을 사용하였고 실험요령은 그림 1과 같다. 단위중량 변화의 측정은 공기 중 건조 후 중량의 평균을 비교하였으며 압축강도는 「KS F 2405 콘크리트의 압축강도 시험 방법」에 준하여 실시하였다.

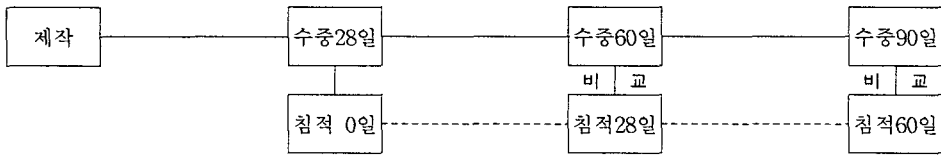


그림 1 실험 개요도

3. 실험결과 및 고찰

3.1 콘크리트의 단위중량

콘크리트의 단위중량은 콘크리트의 밀실여부를 판단하는 중요한 항목으로 본 연구에서는 재령에 따른 10% 황산나트륨 용액에 침적 양생시킨 것의 단위중량을 계속 수중 양생시킨 것과 비교한 결과 그림 2과 같다. 여기서 단위중량변화율은 (침적양생 단위중량-수중양생 단위중량)/수중양생 단위중량 $\times 100(\%)$ 이다. 그림에서 계속 수중 양생시킨 콘크리트가 황산나트륨 용액에 침적시켜 양생시킨 콘크리트보다 더 높은 단위중량 변화율을 보였다. 혼화재의 사용량과 단위중량 변화율은 비례관계를 나타냈으나 양생기간과 단위중량 변화율은 반비례관계를 나타냈다.

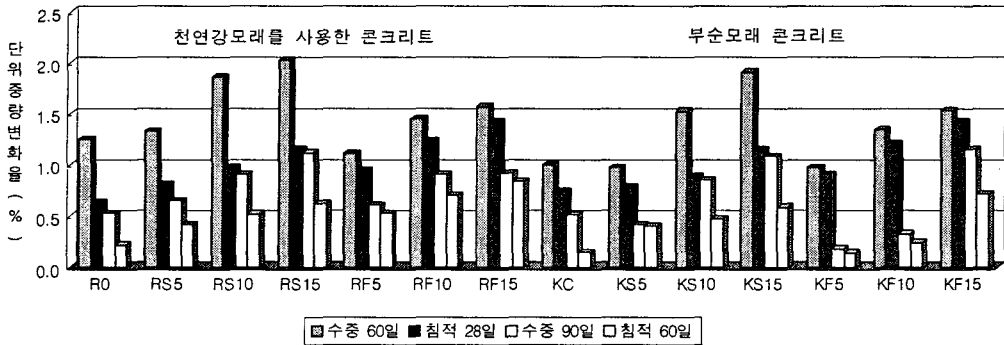


그림 2 침적 재령별 천연강모래 및 부순모래 콘크리트의 단위중량 변화율

3.2 콘크리트의 압축강도

10% 황산나트륨 용액에 침적 시킨 콘크리트의 압축강도 변화율은 그림 3과 같다. 여기서 압축강도 변화율은 (침적양생 압축강도-수중양생 압축강도)/수중양생 압축강도 $\times 100(\%)$ 이다. 그림에서 천연강모래를 사용한 콘크리트와 부순모래 콘크리트의 압축강도 변화율이 재령에 반비례하여 증가하였다. 한편 Slica Fume을 사용한 콘크리트의 압축강도 변화율은 증가하였으나 Fly Ash를 사용한 콘크리트는 감소하였다. 또한 두 경우 모두 사용량의 증가에 따라 황산염 침해에 대한 저항성이 개선되었음을 알 수

가 있었다.

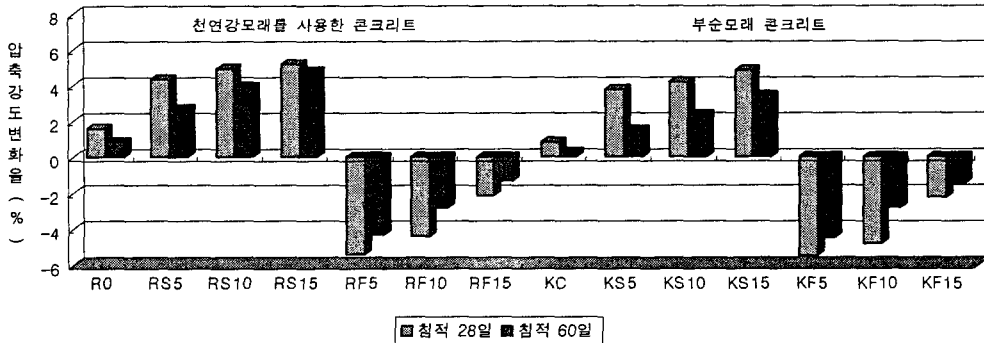


그림 3 침적 재령별 천연강모래를 사용한 콘크리트와 부순모래 콘크리트의 압축강도 변화율

3.3 혼화재를 사용한 콘크리트의 단위중량 변화

황산염 침해에 대한 저항성을 개선하고자 혼화재를 사용한 콘크리트의 단위중량 변화율은 그림 4와 같다. Fly Ash를 사용한 콘크리트에 비해 Slica Fume를 사용한 콘크리트의 단위중량 변화율은 재령에 관계없이 더 크게 나타났으며 두 가지 경우 모두 재령에 반비례하여 단위중량 변화율이 증가했다. 이는 혼화재의 수화반응 속도의 차이로서 Slica Fume의 수화반응 속도가 더 빠름을 알 수가 있었다.

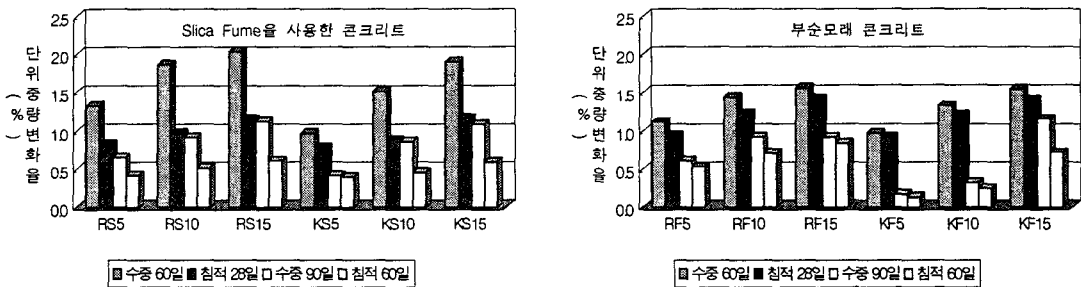


그림 4 침적 재령별 Slica Fume과 Fly Ash를 사용한 콘크리트의 단위중량 변화율

3.4 혼화재료를 사용한 콘크리트의 압축강도 변화

황산염 침해에 대한 저항성을 개선하고자 혼화재를 사용한 콘크리트의 압축강도 변화율은 그림 4와 같다. Slica Fume를 사용한 콘크리트의 압축강도 변화율은 사용량과 비례관계를 나타냈고 재령과는 반비례 관계를 나타냈다. 압축강도 변화율이 감소한 Fly Ash를 사용한 콘크리트는 사용량의 증가와 재령에 따라 황산염 침해에 대한 저항성이 개선되어 가고 있음을 알 수가 있었다.

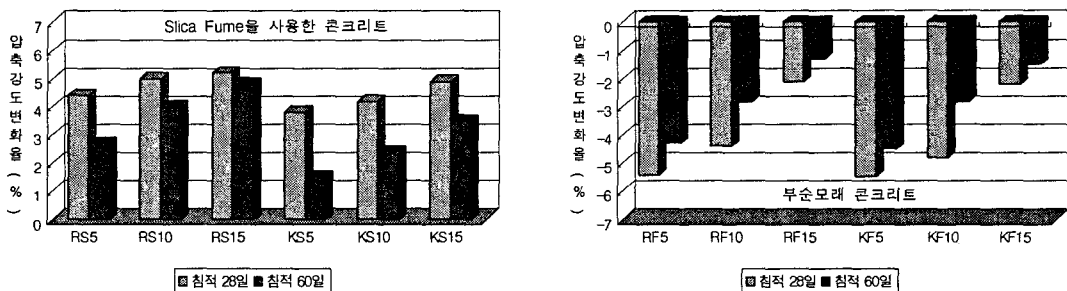


그림 5 침적 재령별 Slica Fume과 Fly Ash를 사용한 콘크리트의 압축강도 변화율

5. 결론

부순모래 콘크리트의 황산염해 저항성에 대한 본 실험의 결과는 다음과 같다.

- (1) 부순모래 콘크리트가 천연강모래를 사용한 콘크리트보다 더 높은 압축강도를 발현시킨다는 것은 이미 알려진 연구결과이나 이번 실험에서 단위중량과 압축강도 변화율을 비교해 보았을 때 부순모래 콘크리트가 천연강모래를 사용한 콘크리트보다 황산염 침해에 대한 저항성이 다소 낮음을 알 수가 있었다.
- (2) 황산염 침해에 대한 저항성을 보완하기 위한 혼화제로서 Slica Fume과 Fly Ash를 사용해 본 결과 Slica Fume를 사용한 경우의 단위중량과 압축강도 변화율이 Fly Ash를 사용한 경우보다 양호하였고 또한 사용량에도 비례하였다.
- (3) Fly Ash를 사용한 콘크리트는 사용량의 증가와 재령 따라 황산염 침해에 대한 저항성이 개선됨을 압축강도 감소율로서 알 수가 있었다.
- (4) 따라서 부순모래 콘크리트의 황산염 침해에 대한 저항성을 보완하기 위한 혼화제로서 Slica Fume의 효과가 압축강도의 측면에서 더 유효함을 알 수가 있었다.

참고문헌

1. 한국콘크리트학회, “부순모래 및 부순모래 콘크리트”, 기문당, 1998.
2. 한국콘크리트학회, “최신 콘크리트 공학”, 사단법인 한국콘크리트학회, 1999.
3. 한국콘크리트학회, “콘크리트 표준시방서”, 사단법인 한국콘크리트학회, 2004. 2.
4. 엄치선, “부순골재를 사용한 콘크리트의 특성 및 활용방안”, 부경대학교 대학원, 2004. 8.
5. 배원만, “부산근교에서 생산된 부순골재를 사용한 콘크리트의 특성에 관한 연구”, 부경대학교 대학원 2005. 2.
6. Neville, A. M., “Properties of Concrete, 4rd Ed.”, Wiley, 1997.
7. Sidney Mindess, J. Francis Young, and David Darwin, “Concrete, 2rd Ed.”, Prentice Hall, 2003.