

# 화학적 침해를 받는 부순모래를 사용한 시멘트 모르타르의 저항성 평가에 관한 연구

## Resistance Estimates of Cement Mortars Using Crushed Sand Under Chemical Attacks

김명식\*      장희석\*\*      백동일\*\*\*      방광원\*\*\*\*      김강민\*\*\*\*\*  
Kim, Myung Sik    Jang, Hui Suk    Beak, Dong Il    Bang Kwang Won    Kim, Kang Min

### ABSTRACT

As this study is to estimate resistance of cement mortars using crushed sand under chemical attacks. Besides tests have been carried out with cement mortars by river sand and crushed sand by fine sand, cement mortars mix various proportions of silica fume and fly ash(up to 15% and 50% by weight for cement) were prepared and immersed in pure water, sodium sulfate solution, magnesium sulfate solution, seawater for 28days, 60days, 90days and 180days. Test on the change in the weight and compressive strength of cement mortars according to the duration of immersion time and the content of silica fume and fly ash was performed.

### 1. 서론

근래 급속한 경제성장에 따른 대형 건설프로젝트가 증가하고 있어, 골재원 중 대표적으로 천연강모래 등이 고갈되기에까지 이르렀다. 이에 대체 골재로 최근 부순모래 사용량이 급속도로 증가하고 있다. 그러나 부순모래의 사용이 급증함에 따라 콘크리트 구조물의 내구성에 영향을 미치게 되었다. 이에 내구성을 개선하기 위한 연구들이 점진적으로 진행되고 있으나 현재까지 명확히 규명되지 못한 부분들이 많고, 특히 화학적 침해를 받을 때의 저항성에 대한 연구는 특히 미비한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 기 연구된 부순모래의 최적 배합비로 혼합된 혼합모래에 내구성 향상에 효과가 있는 실리카흄과 플라이애쉬를 사용하여 제작한 시멘트 모르타르의 재령 별 화학적 침해에 대한 저항 특성을 연구하였다.

### 2. 실험개요

#### 2.1 재료의 특성

본 실험에서는 비중이 3.14인 국내 S사에서 생산되는 보통포틀랜드시멘트를 사용하였다. 잔골재는

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

부산근교에 위치한 김해지역 석산에서 생산된 부순모래와 낙동세사를 혼합한 혼합모래와 천연강모래를 사용하였으며 부순모래의 품질특성은 표 1과 같다. 혼화제는 노르웨이 Elkem Co.에서 생산된 분말 마이크로 실리카흙과 석탄화력발전소에서 미분탄 연소 후 부산물로 생산되는 플라이애쉬를 사용하였으며 혼화제는 폴리카본산계 고성능AE감수제를 사용하였다. 그리고 침적용액으로 10% 황산나트륨 용액과 황산마그네슘 용액 그리고 해수를 사용하였다.

표 1 부순모래의 품질특성

시험	조립률	밀도	흡수율	단위용적중량	유기불순물	0.08mm계 통과량	실적율	안정성
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

## 2.2 시편제작

본 실험에 사용한 모르타르의 배합은 시멘트:잔골재=1:2.45로 실시하였다. 시멘트 모르타르의 설계기중강도는 35MPa, W/C=45%, Flow Table=115~130cm로 고정하고 배합설계를 실시하였다. 사용된 시편은 5×5×5cm의 큐빅 몰드를 사용하여 제작하였고 비빔은 시멘트 모르타르 믹서를 사용하여 「KS L 5109 수경성 시멘트 반죽 및 모르타르의 기계적 혼합 방법」에 의거해 실시하였다. 다짐은 다짐봉을 사용하여 2단계로 나누어 수행하였다. 양생은 온도조절이 가능한 양생조를 사용하여 실시하였다.

## 2.3 실험방법

실험방법은 천연강모래와 혼합모래(부순모래 : 낙동세사=7 : 3)를 사용한 시멘트 모르타르에 실리카흙은 시멘트 단위중량의 5%, 10%, 15% 치환하고 플라이애쉬는 시멘트 단위중량의 15%, 30%, 50% 치환하여 각각의 시편을 제작하였다. 화학적 침해의 정도를 평가하기 위해 침적용액으로 10% 황산나트륨 용액과 황산마그네슘 용액 그리고 해수를 사용하였고 실험개요는 그림 1과 같다. 단위중량변화 측정은 시편의 표면건조포화상태 중량 평균을 비교하였다. 압축강도는 「KS L 5105 수경성 시멘트 모르타르의 압축강도 시험 방법」에 준하여 실시하였으며 압축강도 변화는 역시 평균값을 비교하였다.

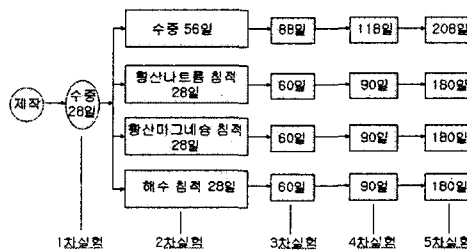


그림 1 단위중량 및 압축강도 변화 측정 실험 개요도

## 3. 실험결과 및 고찰

시멘트 모르타르의 단위중량 및 압축강도는 시멘트 페이스트의 밀실여부를 판단하는 중요한 항목이다. 따라서 양생조건(4종류)별로 침적양생한 후 재령 28일에서 침적 180일까지 5차에 걸쳐 단위중량 및 압축강도 변화를 측정된 결과는 그림 2, 3과 같다. 여기서 단위중량 변화율은 (침적양생 단위중량-수중양생 단위중량)/수중양생 단위중량×100(%)이고, 압축강도 변화율은 (침적양생 압축강도-수중양생

압축강도/수중양생 압축강도×100(%)이다.

### 3.1 시멘트 모르타르의 단위중량

그림 2는 양생조건에 따른 시멘트 모르타르의 단위중량 변화율을 나타낸 그림으로서 실리카흙을 사용한 경우는 양생조건 별로 사용량의 증가에 따라 단위중량 증가율이 대체적으로 증가하는 경향을 보였으나, 황산나트륨의 경우는 그 증가율이 미비하였다. 그리고 플라이애쉬를 사용한 경우 사용량의 증가에 따라 높은 단위중량 증가율을 보였다. 천연강모래(R0~RF50)와 혼합모래(C0~CF50)를 사용한 두 경우 모르타르의 단위중량은 미세하게 증가하였다. 그 중 황산마그네슘의 경우가 단위중량 증가율이 가장 작았다. 그리고 수중양생 시켰을 때와 해수에 침적시킨 경우는 황산마그네슘과 황산나트륨에 침적시켰을 때보다 증가율이 높게 나왔다. 천연강모래를 사용한 경우 부순모래를 사용했을 경우보다 증가율이 약간 높게 나온 것을 볼 수 있다. 참고로 그림 2 와 그림 3에서 (a)는 계속 수중양생 한 경우이고 (b), (c), (d)는 28일 수중양생 후 각각에 침적시킨 경우이다.

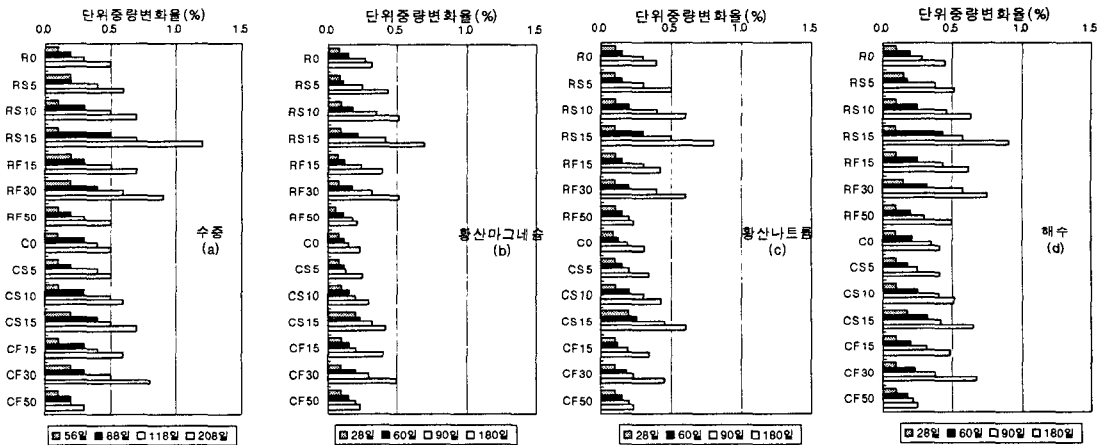


그림 2 단위중량 변화율

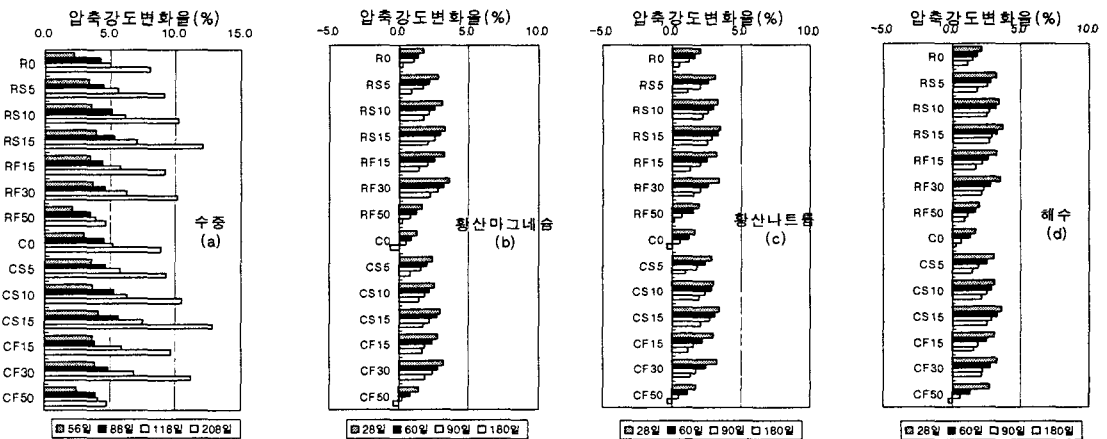


그림 3 압축강도 변화율

### 3.2 시멘트 모르타르의 압축강도

계속 수중양생 시킨 경우와 10% 황산나트륨 용액과 황산마그네슘 용액 그리고 해수에 침적양생 시킨 시멘트 모르타르의 압축강도 변화율은 그림 3과 같다. 여기서 압축강도 변화율은 (침적양생 압축강도-수중양생 압축강도)/수중양생 압축강도×100(%)이다. 그림 3에서 천연강모래와 혼합모래를 사용한 두 경우 모두에서 세 가지 침적용액에 침적양생 시킨 모르타르의 압축강도 증가율은 감소하였다. 그 중 실리카흙을 사용한 경우 사용량에 비례하여 감소율이 감소하였으며, 특히 플라이애쉬 치환율이 50% 인 경우의 압축강도는 수중양생 28일 보다 낮아지는 결과를 보였다. 또한 수중양생 시킨 모르타르의 압축강도는 혼화재의 사용량과 비례하여 증가하였다. 그리고 계속 수중양생 시켰을 때 부순모래를 사용한 경우가 천연강모래를 사용한 경우보다 약간 높은 압축강도 증가율을 나타냈으며 침적양생 시킨 경우는 부순모래를 사용한 경우가 천연강모래를 사용한 경우보다 더 높은 압축강도 감소율을 나타냈다.

### 4. 결론

화학적 침해를 받는 부순모래를 사용한 시멘트 모르타르의 저항성 평가에 대한 실험결과 결론은 다음과 같다.

- (1) 부순모래와 천연강모래를 각각 사용한 시멘트 모르타르의 단위중량과 압축강도 변화율을 비교해 보았을 때 부순모래를 사용한 시멘트 모르타르는 침적 시에 초기 강도는 증가하나 침적 90일에서 180일 사이에 강도 감소율이 높아지면서 화학적 침해저항성이 다소 낮아짐을 알 수 있었는데, 이는 모르타르 표면의 부식으로 침해가 빨라진 것으로 판단된다.
- (2) 부순모래를 사용한 시멘트 모르타르에 실리카흙을 사용한 결과 단위중량과 압축강도 측면에서 세 가지 침적용액에서 모두 양호한 저항성을 보였다.
- (3) 특히 부순모래를 사용한 시멘트 모르타르의 황산나트륨에 대한 침해 저항성은 실리카흙이 좀더 양호하게 나타났으며, 황산마그네슘에 대한 저항성은 플라이애쉬가 좀더 양호하게 나타났다. 그리고 해수에 대한 저항성은 실리카흙과 플라이애쉬 모두 양호하게 나타났다.
- (4) 부순모래를 사용한 시멘트 모르타르의 황산염 침해 저항성을 보완하기 위한 혼화재로 플라이애쉬를 사용한 결과 세 가지 침적용액에서 침적 시켰을 경우 단위중량과 압축강도 측면에서 치환율이 30%까지는 저항성이 증가하는 것을 볼 수 있으나, 치환율 50%일 때 저항성이 크게 감소하는 것으로 보아 플라이애쉬의 적정 사용량은 30%정도가 적당할 것으로 판단된다.

### 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. 염치선, “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. 김광열, “부순모래 콘크리트의 황산염 침해에 대한 연구”, 부경대학교 대학원 2005. 8.
7. Neville, A. M., “Properties of Concrete, 4rd Ed.”, Wiley, 1997.
8. Sidney Mindess, J. Francis Young, and David Darwin, “Concrete, 2rd Ed.”, Prentice Hall, 2003.