

광물질 혼화재료를 혼입한 부순모래 시멘트 모르타의 황산염 침해 저항성

Sulfate Attack Resistance of Crushed Sand Cement Mortars Containing Mineral Admixture

김 명 식* 장 희 석** 백 동 일*** 김 강 민****
Kim, Myung Sik Jang, Hui Suk Beak, Dong Il Kim, Kang Min

ABSTRACT

As this study is to estimate long term 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, 90days, 180days, 365days. 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

사회간접자본에 투자증가로 인해 점차 대형화됨에 따라 최근 콘크리트의 품질에 중요한 역할을 갖는 원자재인 천연골재가 고갈되고, 자연환경보호법의 강화로 인해 채취마저 어려운 실정이다. 특히 천연강모래의 고갈, 해사의 채취금지 등으로 인해 최근에는 부순모래 사용이 급증하고 있고, 그에 대한 연구도 활발히 진행되고 있다. 그러나 부순모래 사용의 급증은 콘크리트 구조물의 내구성에 영향을 미치게 되었다. 이러한 내구성을 개선하기 위한 연구들이 점진적으로 진행되고 있으나 현재까지 명확히 규명되지 못한 부분들이 많고, 특히 황산염 침해를 받을 때의 저항성에 대한 연구는 특히 미비한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 기존의 연구에 의해 결정되어 있는 부순모래의 최적배합비로 혼합된 혼합모래를 사용하였고, 내구성 향상에 효과가 있는 실리카흄과 플라이애쉬를 사용하여 모르타를 제작한 다음 황산염, 해수 등에 침적 양생 시켜 시간경과에 따른 장기적인 침해 양상과 저항 특성을 연구하였다.

2. 실험개요

2.1 재료의 특성

본 실험에서는 비중이 3.14인 국내 A사에서 생산되는 보통포틀랜드시멘트를 사용하였다. 잔골재는 부산근교에 위치한 김해 지역 석산에서 생산된 부순모래와 낙동세사를 혼합한 혼합모래와 천연강모래를 사용하였다. 혼화제는 노르웨이 Elkem Co.에

* 정희원, 부경대학교 토목공학과 교수

** 정희원, 부경대학교 토목공학과 교수

*** 정희원, 부경대학교 토목공학과 박사수료

**** 정희원, 부경대학교 토목공학과 석사과정

서 생산된 분말 마이크로 실리카흙과 석탄화력발전소에서 미분탄 연소 후 부산물로 생산되는 플라이애쉬를 사용하였으며 혼화제는 폴리카보산계 고성능AE감수제를 사용하였다. 그리고 침적용액은 촉진양생을 위해 10% 황산나트륨 용액과 황산마그네슘 용액 그리고 해수를 사용하였다.

2.2 시편제작

본 실험에 사용한 모르터의 배합은 시멘트:잔골재=1:2.45로 실시하였다. 시멘트 모르터의 설계기준강도는 35MPa, W/C=45%, Flow치는 115~130mm로 고정하고 배합설계를 실시하였다. 사용된 시편은 5×5×5cm의 큐빅 몰드를 사용하여 제작하였고 비빔은 시멘트 모르터 믹서를 사용하여 「KS L 5109 수경성 시멘트 반죽 및 모르터의 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 모르터에 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 사용하였다. 압축강도는 「KS L 5105 수경성 시멘트 모르터의 압축강도 시험 방법」에 준하여 실시하였으며 압축강도변화는 평균값을 비교하였고 단위중량변화 측정은 시편의 표면건조포화상태 중량 평균을 비교하였다.

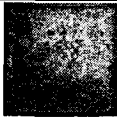
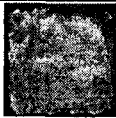
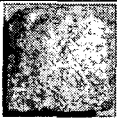




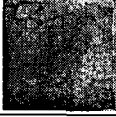


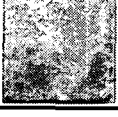

3. 실험결과 및 고찰

시멘트 모르터의 단위중량 및 압축강도는 시멘트 페이스트의 밀실여부를 판단하는 중요한 항목이다. 따라서 양생조건(4종류)별로 침적양생한 후 재령 28일부터 365일까지 4차에 걸쳐 외관조사 및 단위중량과 압축강도를 측정하였다.

3.1 외관조사

표 1을 살펴보면 침적 재령 90일까지는 특별한 변화가 보이지 않으나 그 이후부터 침적 재령 365일까지 침적용액에 따라 상이한 변화를 보인다. 황산마그네슘의 경우는 표면부 각 모서리 부분이 탈락되어 둥근 형상으로 변하는 경향을 보였고, 황산나트륨의 경우는 팽창성 물질의 생성으로 인해 표면부가 부피가 커지면서 균열이 발생하고, 그 균열 부위가 떨어져 나가는 경향을 보였다. 그리고 해수의 경우에는 표면부에 특별한 균열이나 박리가 보이지 않으며 많은 이물질이 묻어 있는 것을 볼 수 있다.

표 1 침적 용액에 따른 침적 재령별 외관의 변화

침적용액	침적 기간 (일)			
	28	90	180	365
황산마그네슘				
황산나트륨				
해수				

3.2 모르터의 단위중량 변화

그림 1은 양생 조건에 따른 시멘트 모르터의 단위중량 변화량을 나타낸 그림으로서 전체적으로 보면 천연강모래를 사용한 경우의 단위중량 변화량이 혼합모래의 경우보다 큰 것을 알 수 있다. 수중양생의 경우에는 시간이 경과함에 따라 단위중량이 꾸준히 증가하지만 침적양생 시킨 경우에는 침적 90일 이후 감소하는 경향을 보이고 있다. 특히 황산마그네슘의 경우 그 경향이 뚜렷하게 나타났다. 그리고 실리카흙을 사용한 모든 양생조건에서 치환량이 증가함에 따라 단위중량이 증가하였고, 치환량 15%까지 침해에 대한 높은 저항성을 나타내고 있었다. 이는 빠른 수화 반응으로 인하여 조기에 C-S-H 겔이 많이 생성되어 모르터를 밀실하게 만들기 때문으로 판단된다. 플라이애쉬의 경우에는 30%까지는 저항성을 보이고 있으나 50%의 경우 단위중량이 크게 감소하며 많은 침해를 받고 있음을 알 수 있다. 이는 플라이애쉬의 양이 많아짐에 따라 포졸란 반응에 필요한 시멘트 수화물이 부족하게 되고 반응하지 못한 플라이애쉬가 유리되어 저항성을 떨어뜨리게 되는 것으로 판단된다.

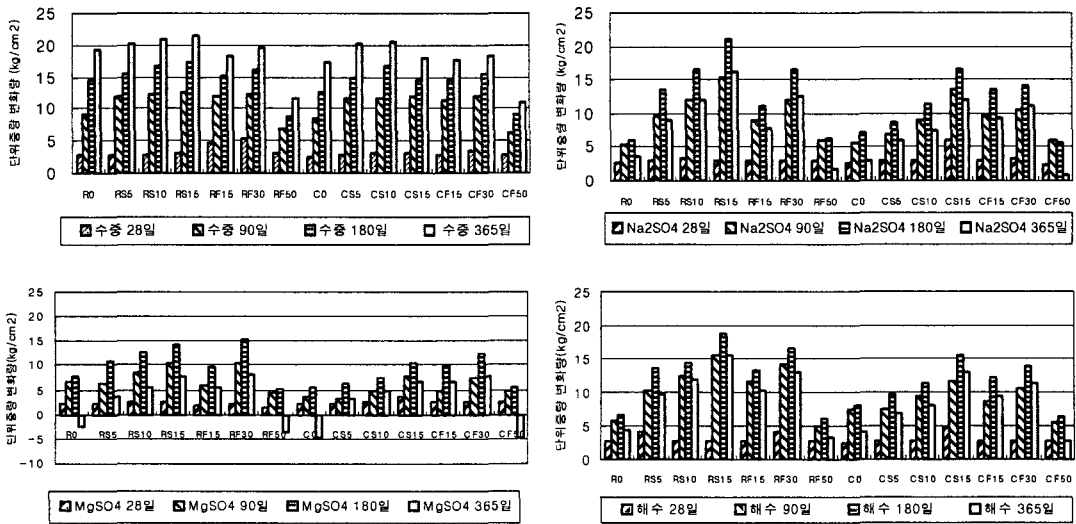
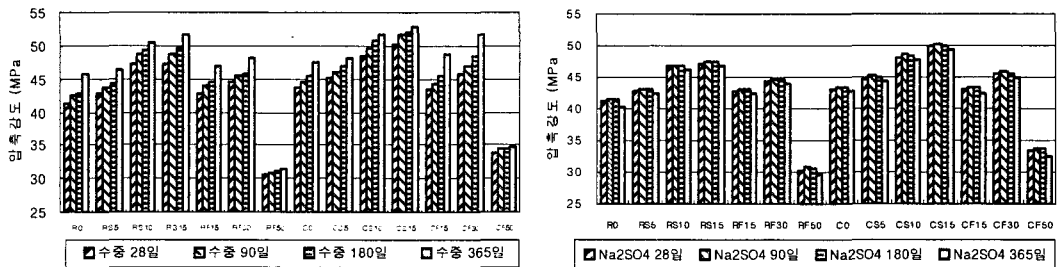


그림 1 침적 용액에 따른 재량별 단위중량 변화량

3.2 모르터의 압축강도 변화

그림 2는 양생 조건에 따른 모르터의 압축강도 변화를 나타낸 그림으로서 계속 수중양생 시켰을 때 혼합모래를 사용한 경우가 천연강모래를 사용한 경우보다 압축강도가 크게 나왔다. 그러나 침적양생 시킨 경우 혼합모래를 사용한 경우가 천연강모래를 사용한 경우보다 압축강도의 감소 폭은 큼을 알 수 있다. 천연강모래와 혼합모래를 사용한 두 경우 모두 세 가지 침적용액에 침적양생 시킨 모르터의 압축강도는 감소하였다. 그 중 실리카흙을 치환 한 경우 치환량에 비례하여 압축강도가



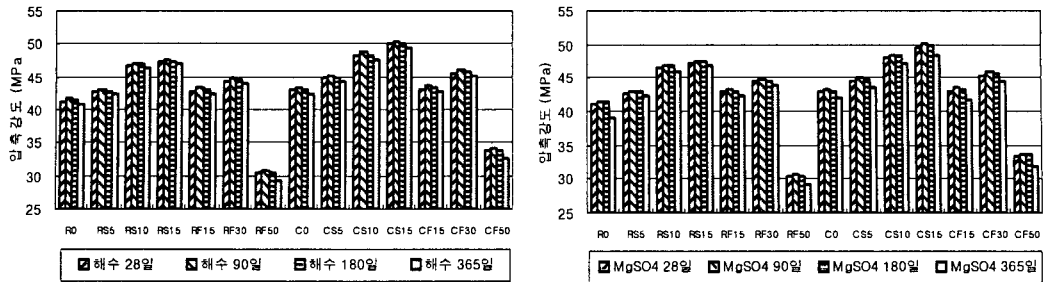


그림 2 침적 용액에 따른 재령별 압축강도 변화

증가하였으며 플라이애쉬의 경우에도 치환율 30%까지 증가됨을 알 수 있었다. 그러나 플라이애쉬 치환율이 50% 인 경우는 압축강도가 수중양생 28일 보다 낮아지는 결과를 보였다. 그리고 황산마그네슘에 침적 시킨 모르타르의 표 1에서 볼 수 있듯이 표면부의 각 모서리 부분이 탈락되어 단위면적이 줄어들면서 90일 이후 압축강도의 감소 폭이 커졌다.

4. 결론

광물질 혼화재료를 혼입한 부순모래를 사용한 시멘트 모르타르의 황산염 침해 저항성 평가에 대한 실험결과 결론은 다음과 같다.

- (1) 혼합모래와 천연강모래를 각각 사용한 시멘트 모르타르의 단위중량과 압축강도 변화율을 비교해 보았을 때 혼합모래를 사용한 시멘트 모르타르는 침적 시에 초기 강도는 증가하나 침적 90일 이후부터 단위중량 및 압축강도가 감소하면서 화학적 침해저항성이 낮아짐을 알 수 있었는데, 이는 모르타르 표면의 부식으로 인한 박리로 침해 저항성이 낮아짐으로 판단된다.
- (2) 특히 황산마그네슘에 침적시켰을 경우 황산나트륨 및 해수의 경우보다 단위중량 및 압축강도의 감소 폭이 큰 것으로 보아 황산마그네슘에 의한 침해 피해가 가장 큰 것으로 판단된다. 이는 침해에 의해 표면부에 박리 현상이 발생하면서 황산염 이온의 침투 및 확산이 증가함으로 생각된다.
- (3) 혼합모래를 사용한 시멘트 모르타르의 황산염 침해 저항성을 보완하기 위한 광물질 혼화재로 실리카흄을 사용한 결과 세 가지 침적용액에 침적 시켰을 경우 단위중량과 압축강도 측면에서 치환율 15% 까지 황산염 침해에 대한 저항성이 증가하는 것을 볼 수 있으며, 플라이애쉬를 사용한 경우에는 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. 문한영, 이승태, 김홍삼, 김진철, “시멘트 모르타르의 황산염 및 해수 침식에 대한 저항성”, 대한토목학회논문집, 제20권, 제 3-A호, 2000.
4. 백동일, 염치선, 김명식, “석산에서 생산되는 부순골재의 재료 특성에 관한 연구”, 한국콘크리트학회, 제 17권, 제 4호, pp569-579, 2005. 8.
5. 김광열, “부순모래 콘크리트의 황산염 침해에 대한 연구”, 부경대학교 대학원 2005. 8.
6. S.M. Torres, et all, “Long term durability of Portland-limestone cement mortars exposed to magnesium sulfate attack”, Cement & Concrete Composites, Vol. 25, pp. 947-954, 2003