

메타카올린을 이용한 시멘트 모르타르의 기초물성에 관한 실험적 연구

A Study on the Experimental of Basic Property of Cement Mortars using the Metakaolin

최 강 석* 손 홍 우** 김 명 식*** 백 동 일**** 장 희 석***** 김 충 호*****
Choi, Kang Seok Son, Hong Woo Kim, Myung Sik Beak, Dong Il Jang, Hui Suk Kim, Chung Ho

ABSTRACT

As this study is to test fundamental properties of cement mortars using in Metakaolin. Recently concern is increasing for concrete durability because of an increase in the concrete structure exposed to bad environments. In the event that mineral admixture Added, microstructure will be fined, so durability can be good. Also, the study for new admixture is progressing expect that admixture widely used, for example, silica fume, fly-ash, and slag, etc.

Therefore this study is making an experiment on fundamental properties of diversities sample curing at water, sea water, 10% sodium sulfate solution, and magnesium sulfate solution, to compare using for metakaolin with silica fume and fly-ash.

요 약

본 연구는 황산염 환경하에서 메타카올린을 사용하여 제작된 시멘트 모르타르의 기초물성을 평가하기 위한 연구이다. 최근 열악한 환경에 노출되는 콘크리트 구조물이 증가함에 따라 콘크리트의 내구성에 대한 관심이 늘어나고 있다. 광물성 혼화재료를 첨가할 경우 콘크리트 내부의 조직을 치밀하게 하여 내구성을 좋게하는 방안이 있으며 현재에도 실리카흄, 플라이애쉬, 슬래그와 같은 기존의 광물질 혼화재료 이외에 새로운 혼화재료에 대한 연구가 활발히 진행되고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 열악한 환경에 노출된 콘크리트 열화에 대하여 아직 그 연구가 미비한 광물질 혼화재료인 메타카올린을 5%, 10%, 15%로 치환하여 시멘트 모르타르로 시편을 제작하였고, 이를 28일 표준양생을 시켜 담수, 해수, 10% 황산나트륨용액, 10% 황산마그네슘 용액에서 28일, 60일, 90일, 180일, 270일, 365일 동안 촉진양생 시켜 다양한 시편의 기초물성에 대한 실험을 수행하였다. 또한 현재 널리 쓰이고 있는 광물질 혼화재료인 실리카흄과 플라이애쉬를 가지고 같은 방법으로 실험을 한 후 메타카올린을 치환한 시편과의 비교 분석을 통하여 메타카올린의 내구적 성능을 평가하고자 한다.

* 정회원, 부경대학교 토목공학과 석사과정
** 정회원, 부경대학교 토목공학과 공학석사
*** 정회원, 부경대학교 건설공학부 교수
**** 정회원, 부경대학교 건설공학부 강사
***** 정회원, 부경대학교 건설공학부 교수
***** 정회원, 경성대학교 건설/환경공학부 교수

1. 서론

지금까지 콘크리트는 단순히 강도만을 우선시하여 제작되어져 왔다. 그러나 근래에 열악한 환경에 노출되는 콘크리트 구조물이 증가하면서 구조물의 내구적 열화가 심화되었으며 안정성 측면뿐 아니라 보수 및 유지관리의 경제적인 측면에 까지 그 문제점이 대두되고 있다.

현재 콘크리트 타설시 시멘트 이외에 광물성 혼화제를 첨가함으로써 미세구조적으로 안정성을 꾀하고 있다. 그리고 현재 널리 쓰이는 이러한 혼화재료로 실리카흙이나 플라이애쉬가 그 대표적인 예이다. 그러나 실리카흙은 성능은 매우 우수하나 전량 수입에 의존하고 있으며, 플라이애쉬는 그 성능을 발휘하는데 오랜 시일이 걸린다는 연구결과가 이미 발표되어 있다. 따라서 국내에서 생산이 가능하며 그 성능이 우수한 새로운 혼화재료에 대한 연구가 국내에서 활발히 이루어지고 있다. 이러한 조건을 만족하는 혼화재료로 현재 메타카올린에 대한 실험이 국내외적으로 활발히 진행되고 있는 실정이다.

따라서 본 논문에서는 실리카흙과 플라이애쉬와의 비교 분석을 통해 메타카올린의 기초물성에 관한 실험적 연구를 시행하고자 한다.

2. 실험개요

2.1 재료의 특성

본 실험에서는 비중이 3.14인 국내 S사에서 생산되는 보통포틀랜드시멘트를 사용하였다. 잔골재는 부산근교에 위치한 김해지역 석산에서 생산된 부순모래와 낙동세사를 혼합한 혼합모래와 천연강모래를 사용하였다. 혼화제는 노르웨이 Elkem Co.에서 생산된 분말 마이크로 실리카흙과 국내 S사의 충남 보령산 플라이애쉬, 그리고 국내 A사에서 생산되는 메타카올린을 사용하였으며 물리·화학적 특성은 표 1과 같다. 혼화제는 폴리카본산계 고성능AE감수제를 사용하였다. 그리고 침적용액으로 10% 황산 나트륨 용액과 황산마그네슘 용액 그리고 해수를 사용하였다.

표 1 광물질 혼화재료의 물리·화학적 특성

종류	항목	밀도	형태	주성분	비표면적 (cm^2/g)
	메타카올린	2.59	분말	SiO_2	12,000
	플라이애쉬	2.1 ± 0.05	분말	$\text{SiO}_2, \text{Al}_2\text{O}_3, \text{Fe}_2\text{O}_3$	2,000~4,500
	실리카흙	2.2 ± 0.05	분말	SiO_2	15,000~30,000

2.2 시편제작

본 실험에 사용하기 위한 모르타르의 배합은 시멘트:잔골재=1:2.45로 실시하였다. 시멘트 모르타르의 설계기준강도는 35MPa, W/C=45%, Flow Table=115~130cm로 하여 배합설계를 실시하였다. 사용된 시편은 5×5×5cm의 큐빅몰드를 사용하여 제작하였으며 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 혼합모래(부순모래 : 낙동세사=7 : 3)를 사용한 시멘트 모르타르에 메타카올린은 시멘트 단위중량의 5%, 10%, 15%, 실리카흙은 시멘트 단위중량의 5%, 10%, 15%, 플라이애쉬는 시멘트 단위중량의 15%, 30%, 50%로 각각 치환하여 시편을 제작하였다. 제작된 시편은 28일 동안 표준양생을 실시한 뒤 각각 담수, 해수, 10%황산나트륨 용액, 10%황산마그네슘 용액에 양생 침적을 실시하였다. 그리고 28일부터 365일 까지 시편의 압축강도와 단위중량 변화, 외관형상 변화 등을 평가하고 실리카흙과 플라이애쉬를 첨가한 시편과 비교하여 메타카올린의 내구성에 대한 기초물성에 대하여 평가하고자 한다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 시멘트 모르타르의 단위중량

시멘트 모르타르의 단위중량은 시멘트 페이스트의 밀실여부를 판단하는 중요한 항목이다. 따라서 본 연구에서는 10% 황산나트륨 용액과 황산마그네슘 용액 그리고 해수에 침적 양생시킨 경우와 계속 수중 양생시킨 경우 이렇게 네 가지 경우의 시멘트 모르타르 초기재령에서의 단위중량 변화율을 비교하여 그림 2에 나타내었다. 여기서 단위중량 변화율은 (침적양생 단위중량-수중양생 단위중량)/수중양생 단위중량×100(%)이다. 그림 1과 그림 4에서와 같이 메타카올린을 치환한 시편의 경우 담수와 해수에서는 OPC와 플라이애쉬를 50% 치환한 경우를 제외하고 큰 차이가 없는 것으로 나타났으나 그림 2와 그림 3에서와 같이 10%황산나트륨 용액과 10%황산마그네슘 용액에서는 단위중량 변화율의 감소폭이 다른 혼화재를 치환한 시편에 비하여 매우 작은 것으로 나타났다. 이는 메타카올린을 치환한 시편이 황산염 저항에 우수하다는 것을 보여준다.

그림 1 단위중량변화율(수중)

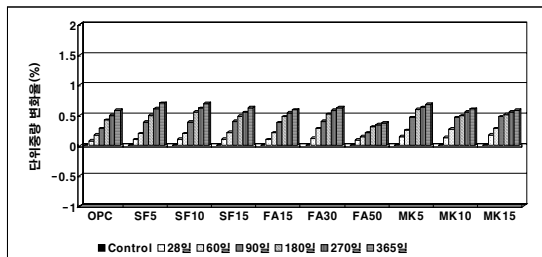


그림 3 단위중량 변화율(황산마그네슘)

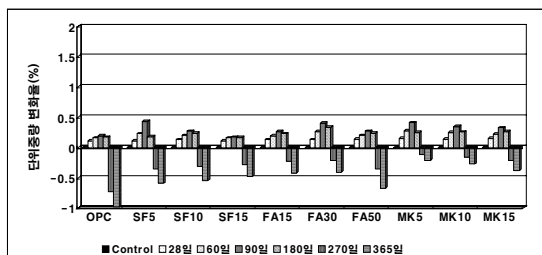


그림 2 단위중량변화율(황산나트륨용액)

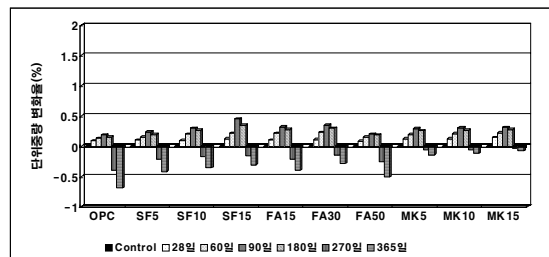
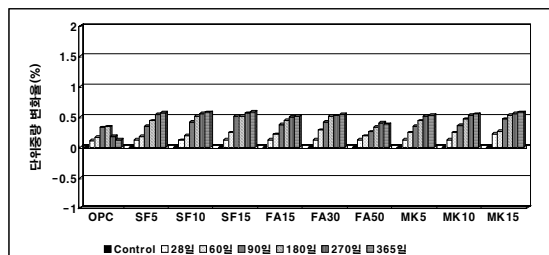


그림 4 단위중량변화율(해수)



3.2 시멘트 모르타르의 압축강도

시멘트 모르타르의 압축강도는 시편의 침해에 대한 영향이 직접적으로 나타난다. 그리고 압축강도 변화율은 시간의 경과에 따른 침해정도를 나타내는 척도가 된다. 황산나트륨과 황산마그네슘의 침해를 받은 시편의 압축강도 변화율을 각각 그림 3과 그림 4에 나타내었다. 여기에서 압축강도 변화율은 (침적양생 압축강도-수중양생 압축강도)/수중양생 압축강도×100(%)이다. 그림 2에서는 황산나트륨에 침적하였을 때 실리카 흙이나 플라이애쉬를 치환한 경우 40% 정도의 압축강도 변화율을 나타낸 것에 비하여 메타카올린을 치환한 경우 20%에 가까운 감소폭을 나타내어 메타카올린을 치환한 시편이 황산나트륨의 저항에 우수하다는 것을 보여주고 있으며, 그림 3에서 황산마그네슘에 침해를 받은 시편을 비교하더라도 메타카올린을 치환한 시편의 경우가 저항에 뛰어나다는 것을 보여주고 있다.

그림 5 압축강도변화율(수중)

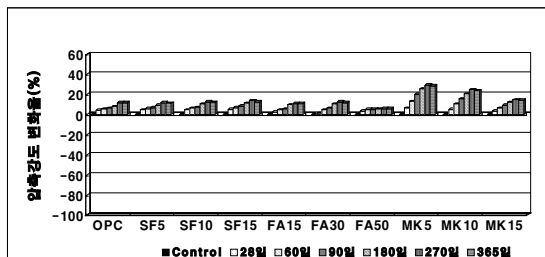


그림 7 압축강도변화율(황산마그네슘)

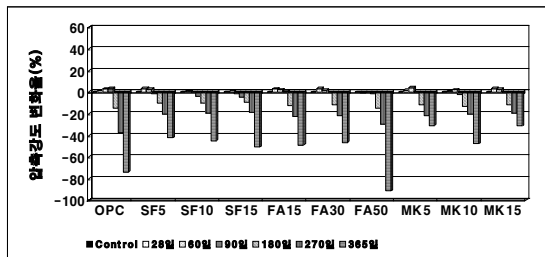


그림 6 압축강도변화율(황산나트륨)

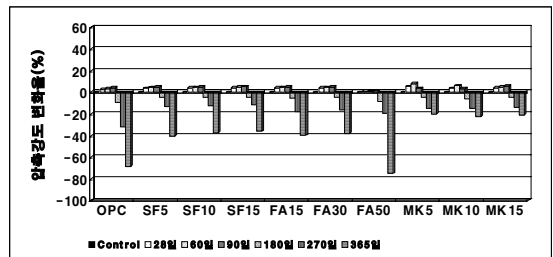
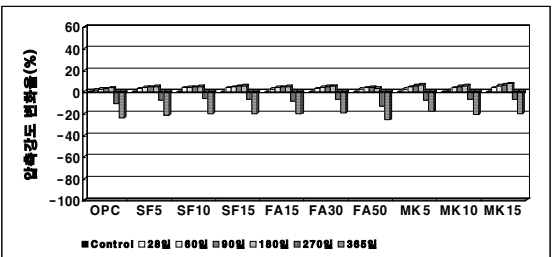


그림 8 압축강도변화율(해수)



4. 결론

- 1) 시험체가 담수와 해수에 양생침적 되었을 경우 OPC와 FA50을 제외하고 단위중량 변화율이 유사하게 나왔으나 10%황산나트륨과 황산마그네슘용액에 침적시킨 경우 메타카올린의 경우 감소율 폭이 작게 나왔다. 이는 내부조직이 황산염 침해의 영향을 다른 시편보다 덜 받은 것이라고 볼 수 있다.
- 2) 압축강도 변화율을 보았을 때 실리카 흙과 플라이애쉬를 치환한 시편의 경우 황산염 침해에 의해 40~50%의 감소율을 나타내고 있으나 메타카올린의 경우 20~40%의 감소율을 나타내고 있어 안정성 측면에서 유리한 것으로 나타났다.

참고문헌

1. 김광열, “부순모래 콘크리트의 황산염 침해에 대한 연구”, 석사학위논문, 부경대학교, 2005. 8.
2. 안태호, 김용태, 김병기, “시멘트·콘크리트 혼화재료로서의 메타카올린 응용 가능성”, 콘크리트학회지, 제14권, 4호, 2002. 7.