구체방수제를 혼입한 시멘트 경화체의 미세조직에 관한 기초적 연구

A Fundamental Research on the Microscopic Texture of Hardner Mixed with the Structure Compound Waterproof Agent

김 광 기* 박 희 곤* 김 우 재** 김 상 규*** 송 병 창**** 정 상 진*****
Kim, KwangKi Park, HeGon Kim, WooJae Kim, Sang Kyu Song, ByungChang Jung, SangJin

Abstract

Recently, the use of *structure compound waterproof agent* (hereinafter referred to as "SCWA") that is used when manufacturing concrete for concrete structures, increases in quantity. However, while it is expected that the SCWA that is mixed in the concrete inside can significantly affect the change of physical properties that lift the internal force of a structure. This study has been conducted through an experiment for the effects of cement hardener on the formation of microscopic texture, and newly generated hydrates from that result were not confirmed in the present experiment. It was found that at the hydrate reaction it has the property that can be hardened within the limit of pore diameterar a specific size rather than there is the internal gap filling capacity due to generating other hydrates.

1. 서론

최근 들어, 콘크리트 구조물의 방수합리화를 위해, 콘크리트 제조시 동시에 혼입하는 방수용 혼화제(이하 "구체방수제"라 함)의 사용량이 증가하고 있으며, 콘크리트의 미세공극 충진과 강도 향상 및 이를 통한 내구성 증대를 부가효과로 강조[1)-4)]하고 있다. 그러나, 콘크리트 내부에 혼입되는 구체 방수제는 구조체의 내력을 부담하는 콘크리트의 물성변화에 지대한 영향을 미칠 것으로 예상되어지는 반면, 이에 대한 세부적인 정보를 다루고 있는 자료는 거의 찾아볼 수 없으며, 또한, 실용상 필요한 각종 구체방수제의 특성을 고려한 시방도 제조사가 제시하는 자료에 의존하는 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 구체방수제 혼입에 따른 콘크리트 물성발현에 미치는 영향, 특히, 시멘트 경화체의 미세조직 형성에 미치는 영향에 대하여 실험을 통하여 고찰하고, 향후, 품질시방 작성시 기초정보로 활용할 수 있도록 함에 그 의의를 두고 있다.

*정회원, 단국대학교 건축공학과 박사과정
**정회원, 포스코 건설 기술연구소
***정회원, 대한주택공사 주택도시연구원, 수석연구원
****정회원, 아키벤 대표이사, 공학박사
*****정회원, 단국대학교 건축대학 건축공학과 교수

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험재료 및 시험체 제작

현재, 국내에서 사용되고 있는 구체방수제에는 다음의 <표 1>과 같은 종류의 것들이 있으며, 대부분 SiO_2를 주성분으로 하여 폴리머를 혼입하는, 또는 아스팔트 열가소성 수지나 폴리초산비닐 수지 등과 같은 유기계 고분자물에 첨가제를 혼입하여 분말형, 또는 액상형으로 만들고 있으며, 혼입율 또는 혼입시기 등 사용방법도 다양하다.

표 1. 국내 사용 구체방수제의 종류

구분	제조사명	형태	혼입율(%)	혼합 시기
1	A사	분말	<C×3.5>	건비빔
2	B사	분말	<C×3.75>	건비빔
3	C사	액상	<C×1>	혼합 완료 후
4	D사	액상	<C×1>	물과 혼입
8	F사	액상	<C×1.5>	물과 혼입
9	G사	분말	<C×10>	혼합 완료 후
10	H사	액상	<C×2>	혼합 완료 후

본 연구에서는 이중, 규산질계, 포졸란 반응성 분체 및 유기계를 주성분으로 하는 분말 및 액상의 구체방수제 각각 2종을 임의 선정하고, 다음의 <표 2>와 같은 국내 H사의 보통포틀랜드시멘트를 사용하여, 각 제조사가 지정하는 혼입율과, 혼합시기에 따라 구체 방수제를 혼합한 시멘트 페이스트를 제작하였으며, 아울러 콘크리트의 수밀성 증대 효과가 있는 것으로 보고 되고 있는 S사의 고로슬래그 시멘트와 함께 비교 조사하였다.

표 2. 시멘트의 물리적 특성

시멘트 종류	비중	분말도 (㎠/g)
보통포틀랜드시멘트	3.15	3,400
고로슬래그 시멘트	3.04	4,100

표 3. 분석장치 및 시험방법

구 분	시험체	사용기기(모델명)	비 고
XRD	시멘트 페이스트	회절 분석(Rigaku)	재령 1일
SEM		전자 주사 현미경 (Hitchi S-3200 H)	재령 1일 (× 2,500)
Porosity		수은압입법 (Aoto Pore Ⅲ 9420)	재령 7일

2.2시험방법

시험은 다음의 <표 3>과 같이, 구체방수제 혼입에 따른 콘크리트 내부조직, 특히, 콘크리트 물성을 지배하는 시멘트 메트릭스중의 세부공극 충진 효과와, 이를 위한 새로운 수화물 생성유무에 관한 특성을 확인할 수 있는 분석장치를 사용하여 실시하였으며, 시험재령은 시험체 제작 후 각각 1일과 7일 재령에서 실시하였다.

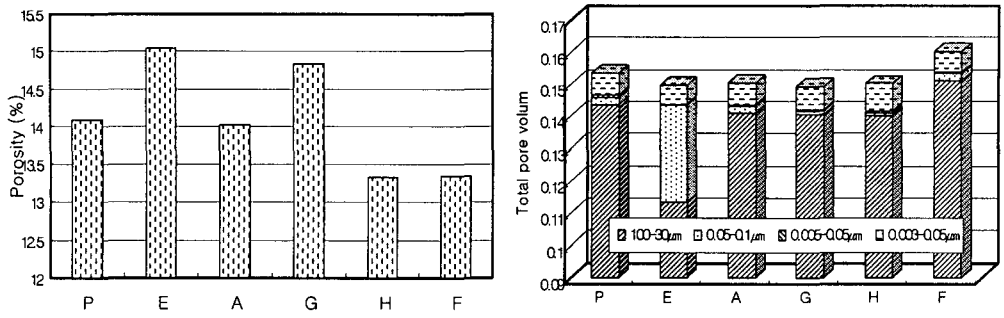
3. 실험결과 및 고찰

3.1 내부조직 특성 조사 결과

구체방수제를 혼입 후 세공율 조사 결과 [그림 1-(a)]와 같이 전체적으로 약 13~15%의 세공율을 갖고 있는 것으로 확인되었으며, 다소 구체방수제를 혼입한 시험체가 낮은 측정값을 나타내고 있는 것으로 조사되었다. 즉, 투수 및 강도 성상 등에 영향을 미친다는 세공 범위 약 7.5㎛~3.75nm의 범위를 근거로 살펴보면, 0.01㎛이하의 크기를 갖는 세공경 분포는 모든 시험체에서 0.0033~0.0041㎖/g 정도의 세공량, 10㎛ 이상~100㎛ 이하 크기의 세공은 0.0246~0.0366㎖/g 경향을 갖고 있는 것으로 확인되었다.

따라서, 구체방수제 혼입을 통한 세공경의 변화는 100㎛ 이하의 범위에서 미미하지만 방수제를 혼입하지 않은 시험체보다 감소한 것을 확인하였으나 1㎛ 이하의 세공량은 모든 시험체에서 유사한 결향을 나타내고 있는 것으로 조사되었다.

아울러, 고로슬래그 시멘트를 사용한 (번호:E)시험체에는 [그림 1-(b)]와 같이 50~100nm의 세공량이 다른 시험체와 비교하여 증가한 특이점을 확인할 수 있었다.



(a) 구체방수제 혼입에 따른 전체 세공율 (b) 세공 크기별 분포 상태

그림 1 구체방수제 혼입에 따른 세공율 변화

표 4 세공 분포 형태

구 분	세공량 (㎖/g)					
	A	F	G	H	E	P
100㎛ 이하	0.0301	0.0323	0.0344	0.0348	0.0246	0.0366
10㎛ 이하	0.0266	0.0278	0.0219	0.0105	0.0376	0.0124
1㎛ 이하	0.001	0.0018	0.001	0.001	0.0023	0.0014
0.1㎛ 이하	0.0042	0.0039	0.0039	0.0041	0.0033	0.0041
0.01㎛ 이하	0.0035	0.0034	0.0035	0.0043	0.0031	0.0038
A;포졸란 반응성 분체, F, G:규산질계, H:유기계, E:고로슬래그, P:보통포틀랜드						

3.2 수화물 생성 유무 조사 결과

구체방수제 혼입 후 수화물 생성에 관한 조사 결과 [그림 2]와 같이 재령 1일의 생성되는 수화물은 생성 정도의 피크 차이 뿐 보통 포틀랜드시멘트 수화반응으로 생성되는 에트링가이트 및 수산화칼슘, 미반응 시멘트 성분 이외 뚜렷한 피크로 보이는 수화물의 생성유무는 확인할 수 없었다. 아울러, 확인된 성분들의 미세구조 역시 사진 1과 같이 특이점은 확인되지 않고 기본적으로 시멘트 수화반응에 따른 수산화칼슘 및 에트링가이트 등의 성분들이 조사되었으며, 구체방수제를 혼입한 시험체의 경우, 보통포틀랜드시멘트 및 고로슬래그시멘트를 사용하여 제작한 페이스트와 비교하여 특이하게 생성되는 수화물은 확인되지 않았으며, 단, 포졸란 반응성 분체를 주성분으로하는 경우 사진 1-(c)와 같이 구형의 입자를 확인하여 포졸란 반응으로 인한 내구성 증진 효과가 기대되나 이로인한 콘크리트의 밀실화에 따른 방수성능 향상 효과에 대한 정량적인 근거자료가 미흡하여 향후 장기 재령 폭로 시험체를 통한 안전성에 대한 검토가 필요한 실정이다.

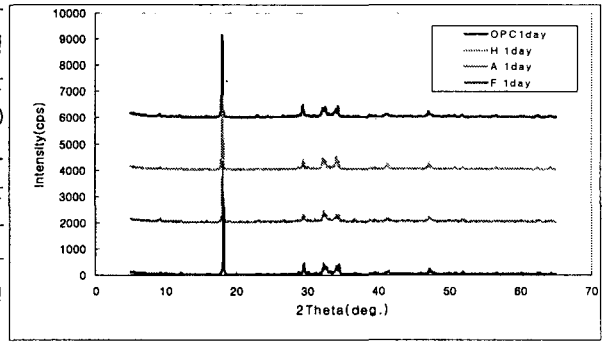
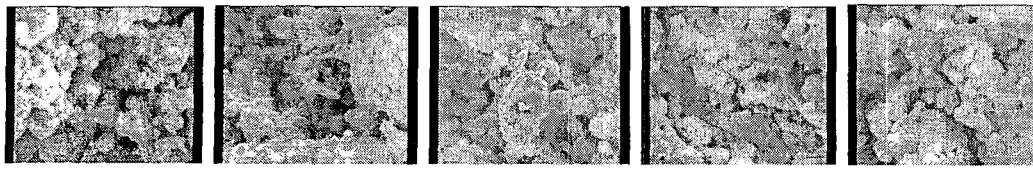


그림 2 수화물 반응 측정값



(a) 보통포틀랜드 (b) 고로슬래그 (c) 포졸란 분체 (d) 유기질계 고분자 (e) 규산질계

사진 1 시멘트 페이스트 SEM 결과

4. 결론

상기와 같은 콘크리트의 내구성 및 내수성 증진을 위하여 사용되어지는 콘크리트 구체방수제를 혼입하여 예상될 수 있는 수화반응에 따른 시멘트경화체의 특성을 조사한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

(1) XRD 회절분석 및 SEM 촬영 결과 시멘트 수화반응에 따라 발생되는 수화물 이외의 기타 생성물은 발견할 수 없었으며, 구체방수제 무혼입 시험체와 유사한 경향을 보임으로써 구체방수제 주성분에 따른 특이점은 발견할 수 없었다.

(2) 혼입되는 구체방수제가 세공경 분포에 미치는 영향의 경우 본 시험에서는 1㎛ 이하의 범위에서는 모든 시험체가 유사하거나 변화가 극히 적은 것 미루어 상기와 같은 범위에서의 혼입된 구체방수제가 시멘트 경화체 조직 형성에 미치는 영향은 미미한 것으로 판단되며 약 10㎛ **이상**~100㎛ 이하 범위에서 구체방수제를 혼입한 시험체의 세공량이 감소한 것으로 판단된다.

따라서, 콘크리트 내부 공극 충진성의 경우 구체방수제 혼입에 따른 초기 재령에서 기타 수화물 생성으로 인한 내부 공극 충진 성능 보다는 수화반응시 일정크기의 세공경 범위 안에서 고형화 되는 성질이 있을 것으로 판단되었다.

또한, 구체방수제 혼입한 시험체와 보통포틀랜드 또는 고로슬래그시멘트를 사용한 시험체의 세공크기별 분포에 있어 특이점이 발견됨으로써 콘크리트의 방수성능을 결정 짓는 세공크기에 대한 연구가 필요할 것으로 판단되며, 아울러, 구체방수제 혼입에 따른 초기 및 장기 재령에서의 강도성상, 내수성능 등 내구성능 등의 특성을 고찰하여 향후 구체방수재 혼입 사용에 따른 품질 및 시방기준 설정에 관한 안전성에 관한 고찰이 필요하다 할 수 있다.

참고문헌

1. 최 훈 외 4인, 실리카흄과 Zinc Stearate를 이용한 구체방수제의 개발에 관한 연구, 대한건축학회 논문집 논문, 1999. 10

2. 김용로 외 4인, 분말형 구체방수재의 첨가율에 따른 콘크리트의 방수성능에 관한 실험적 연구, 대한건축학회, 논문집 논문, 1999. 10

3. 이규선 , 7인, 규불화물을 이용한 레미콘용 액상 구체방수제 개발에 관한 연구, 대한건축학회, 2001. 10

4. 한천구 외 1인, 무기질 혼화재 및 스테아린산을 혼합한 시멘트 모르터의 수밀특성, 대한건축학회, 논문집 논문, 2000. 12

5. 정재동, 콘크리트의 배합조건 및 미세구조가 중성화에 미치는 영향, 철근콘크리트 구조물의 내구성향상에 관한 심포지엄, 대한건축학회, 1995