

규불화염계 균열저감제가 첨가된 수밀콘크리트의 지하구조물 기초바닥 현장적용 특성

A Study on the Evaluation of Workability from the Application in Construction Site for Watertightness Concrete used in Anti-Crack Agent

송정훈^{*} 전에스터^{*} 김선우^{*} 김도수^{**} 길배수^{***} 윤현도^{****}
Song, Jung Hoon Jeon, Esther Kim, Sun Woo Kim, Do Soo Kil, Bae Soo Yun, Hyun Do

ABSTRACT

This study was performed to investigate evaluation of workability from the application in construction site for watertightness concrete used in anti-crack agent. This study compares plain concrete test with field test was carried out at mat foundation(thickness 0.8m) of newly constructed apartments of Noen Dong. Conducted tests show that the anti-crack agent was effective to progress compressive strength and control the crack and durability in a construction field.

1. 서론

콘크리트에 균열이 발생하게 되면 구조적 결함, 내구성 저하, 외관 손상 등을 유발하여 치명적인 손실을 초래하기 때문에 균열제어를 통한 내구성능의 증대가 필수적이다. 국내 콘크리트 구조물의 동향을 살펴보면 LCC 개념에 비추어 구조물의 신축비용이 25%에 불과하고, 다양한 형태의 균열보수, 개수, 유지관리 및 폐기처분에 대한 비용이 75%를 차지함에 따라 구조물 시공시 콘크리트의 균열발생과 시공 후 콘크리트 내 철근 부식을 억제하는 기술이 요구된다고 할 수 있다. 불화규산(H_2SiF_6)을 활용한 균열저감제는 효과적인 균열 제어와 수화열의 상승억제, 부식·팽창에 의한 2차적인 균열발생 억제 및 내구성을 향상시킬 수 있을 것으로 기대되며 실험실 실험을 통하여 이를 검증하였다.¹⁾ 그러나 본 균열저감제의 우수한 균열제어특성을 검증하기 위해서는 온도·습도 등의 변동성이 크고 여러 환경적 요인을 경험하는 실제 현장에 적용하여 그 특성을 분석하는 것이 필요할 것으로 판단된다. 그러므로 본 연구에서는 실제 현장 지하 구조물 기초바닥에 균열저감제가 첨가된 콘크리트를 타설하고 이에 대한 균열제어특성 역학적 특성, 수화온도의 특성을 분석하고자 하였다. 또한 비교·분석을 위하여 균열저감제가 첨가되지 않은 순콘크리트를 동일현장에 적용하였으며 이를 통해 규불화염계 균열저감제의 현장적용 특성을 평가하고자 하였다.

* 정회원, 충남대학교 대학원 석사과정

** 정회원, (주)트라이포드 기술이사, 공학박사

*** 정회원, (주)트라이포드 대표이사, 공학박사

**** 정회원, 충남대학교 건축공학과 교수, 공학박사

표 1 타설현장

일시	2004. 06. 05	위치	대전 노은 2택지 개발지구 아파트 공사현장
시공사	계룡건설산업(주)	공사면	아파트 지하주차동
적용부위	지하기초 바닥	첨가율	규불화염계 균열저감제 C×0.5%
타설방법	레미콘 공장의 B/P 첨가 후 펌핑 타설		
배합기준	25-24-15		
배합사항	호칭강도(MPa)	24.0	
	목표슬럼프(cm)	15.0	
	목표공기량(%)	4.5±1.5	

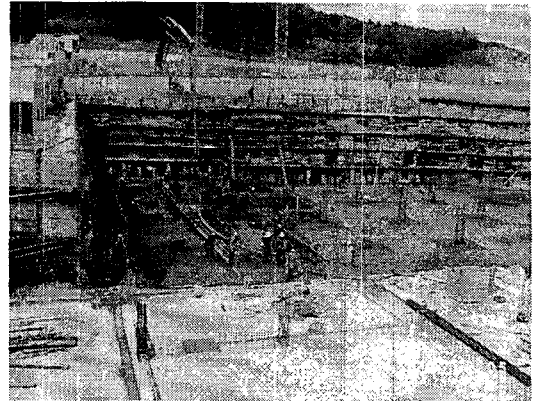


그림 1 타설현장

2. 실험

현장시험은 그림 1과 같이 대전 노은 택지 2지구 K사 아파트의 주상통합형 지하주차장 기초 바닥(시공부재 두께 : 80cm)에 시공되는 콘크리트에 대하여 균열저감제의 특성을 분석하고자 하였으며 타설현장에 대한 상세한 일람은 표 1과 같다.

2.1 사용재료

본 실험에 사용된 시멘트는 국내산 K사에서 제조된 KS L 5201규정에 1종 A급 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였고 콘크리트의 현장배합표는 표 2와 같다. 균열저감제는 국내 T사의 13±2% 농도의 가용성 규불화염(MSiF₆, M : Zn, Mg)으로 이루어진 규불화염계 화합물로서, 콘크리트에 C×0.5% 첨가하여 현장적용특성을 파악하였다. 실험에 사용된 규불화염계 균열저감제(SWP-2S)의 특성은 표 3과 같다.

표 2 콘크리트 현장배합표

기준강도	W/C (wt.)	S/A	단위 재료 소요량 (kg/m ³)							
			시멘트(C)		물(W)		잔골재(G)	굵은골재(G)	혼화제	
			C1	C2	W1	W2	S1	25G	AD	SWP-2S
24	50	45.2	273	91	173	168	786	937	5.46	1.6

표 3 균열저감제의 특성

농도	주성분	비중	pH	외관
13±2%	2성분 규불화염	1.15±0.05	2~3	암갈색 수용액

표 4 슬럼프/공기량 측정치

	Plain		SWP-2-0.5	
	0min	60min	0min	60min
	슬럼프(Cm)	19.8	17.2	21.0
공기량(%)	5.3	4.9	6.0	5.1

2.2 굳지 않은 콘크리트 특성

현장타설시 굳지 않은 콘크리트에 대한 워커빌리티(Workability) 및 재료적 특성을 알아보기 위하여 유동성, 공기량, 응결시간 시험을 행하였다. 표 3과 같이 규불화염계 균열저감제를 첨가하였을 경우 유동성이 무첨가 콘크리트보다 약 10.3%정도 증가하는 결과를 보였으며 이는 균열저감제 성분 중 콘크리트의 유동성에 기여하는 방향족계 고분자 축합물과 규불화염이 시멘트 수화성분과 반응(MSiF₆ + Ca(OH)₂ → MF₂ + SiO₂ + H₂O)시 생성되는 수분의 영향인 것으로 사료된다. 현장 타설 콘크리트의 공기량은 목표공기량 기준(4.5±1.5%)을 충족하는 값을 보였으며, 균열저감제의 첨가에 따른 공기량의 변화는 나

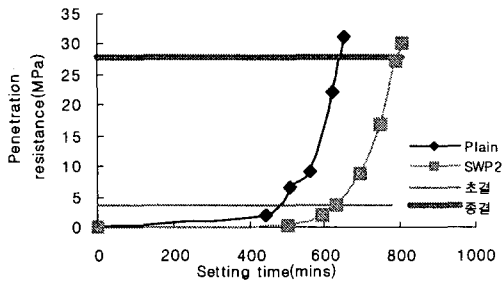


그림 2 관입저항시험 특성

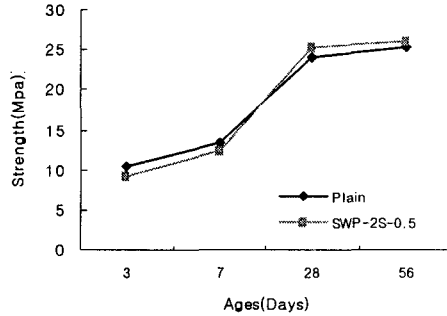


그림 3 압축강도 시험 특성

타나지 않았다. 또한 콘크리트의 응결은 그림 2와같이 초결은 135분, 중결은 170분 지연되는 것으로 나타났다.

2.3 경화콘크리트 특성

2.3.1 압축강도

$\phi 100 \times 200mm$ 의 원주형 공시체에 균열저감제 첨가된 콘크리트와 Plain 콘크리트를 타설한후 그림 3와 같이 재령별(3일, 7일, 28일, 56일) 압축강도를 실험하였다. 초기 3일 재령에서 Plain콘크리트에 비해 균열저감제를 첨가한 콘크리트의 압축강도가 약간 낮은 값을 보이나 재령이 지날수록 압축강도가 서서히 회복되었다. 재령 28일에서 Plain 콘크리트보다 4.6%, 56일에서 3.2%의 높은 압축강도를 나타내었다. 이는 규불화염이 콘크리트 내부에 존재하는 공극 및 간극을 충전하기 때문으로 판단되었다.

2.3.2 균열제어

$170 \times 100 \times 1000mm$ 의 구속변형 시험용 몰드를 이용하여 구속상태에서 건조수축율은 온도 $20 \pm 1^\circ C$, 습도 $60 \pm 5\%$ 기건상태에서 시험체 양측 중앙에서의 길이변형율을 측정하여 평가하였다. 그리고 자유상태에서의 건조수축은 $400 \times 400 \times 1000mm$ 길이변화 측정용 몰드를 사용하여 시험편을 타설한 후 중앙에 매입형 게이지를 매설하고, 시험편과 구속장치의 바닥은 비닐막을 설치하여 무구속상태에서 콘크리트 시험체의 수축이 원활하도록 하였다. Plain 및 SWP-2S를 첨가한 콘크리트 시험체 탈형한 후(건조개시 시점)에 건조수축율을 측정하였으며, 이후 시험체에 균열이 발생되기까지 1일에 1회 측정한 결과는 그림 4와 같다. 무첨가 콘크리트는 양생 37일에서 균열발생이 관찰되었으나 SWP-2S를 C \times 0.5% 첨가한 시험체는 측정 재령(48일)중에 균열발생이 관찰되지 않았다. 이는 규불화염 및 가용성 실리카의 혼입 효과로 인해 콘크리트의 수밀성이 향상된 결과, 건조수축에 대한 저항성이 향상됨으로써 구속조건에서의 균열발생이 효과적으로 억제되는 성능으로 이어진 것으로 판단된다.

2.3.3 수화온도

시공부재에 타설되는 콘크리트의 수화온도이력을 Plain 콘크리트와 균열저감제가 C \times 0.5% 첨가된 콘크리트를 대상으로 중심부에 T 타입 열전대를 매설하고 디지털식 온도 기록계(Maturimeter, 모델 : TMA-201)로 3일간 10분 간격으로 측정하여 현장에서의 콘크리트 수화온도에 미치는 규불화염계 균열저감제의 효과를 파악하고자 하였다. 그림 5와 같이 전체 측정시간(3일, 4320분)에 있어서 규불화염계 균열저감제를 첨가한 콘크리트(SWP-2S-0.5)의 수화온도가 무첨가 콘크리트에 비해 낮아지는 경향을 보였으며, 최고 수화온도도 Plain콘크리트에서는 약 $43^\circ C$ 인 반면 SWP-2S-0.5에서는 약 $39^\circ C$ 로 9.3%의 온도저감 효과가 있는 것으로 확인되었다. 또한 온도상승속도가 완만하고 정점에 도달되는 시간도 약

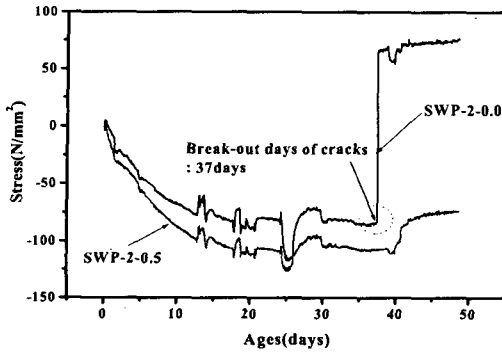


그림 4 구속건조수축 변화

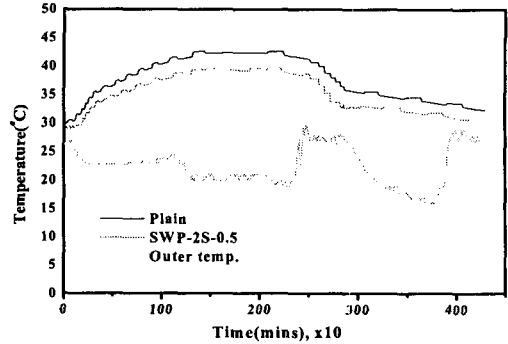


그림 5 현장 시공 콘크리트의 수화온도 곡선

간 지연되는 현상이 관찰되었다. 현장에서 시공된 부재 수화온도에 대해 SWP-2S-0.5의 첨가로 급격한 수화온도의 상승이 억제되고, 수화온도가 감소되는 효과를 통해 시공부재가 큰 현장에서 온도 응력에 의한 콘크리트의 균열발생을 저감하는데 효과가 있다고 판단된다.

3. 결론

규불화염계 균열저감제를 현장 콘크리트 배합에 적용하고, 현장의 시공부재의 수화온도 이력을 측정 한 결과, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 현장배합에 규불화염계 균열저감제를 C×0.5% 첨가한 경우 초기 유동성이 향상되었으나 공기량에는 큰 변화가 없었다.
2. 건조수축 특성에 있어서 규불화염계 균열저감제가 첨가된 콘크리트의 자유건조수축 및 구속건조수축이 감소되고, 수축응력에 의한 균열발생 저항성이 개선되는 것으로 나타났다.
3. 수화온도 이력을 측정 한 결과 규불화염계 균열저감제의 첨가로 수화온도 상승속도가 완만하고, 최고온도가 감소되는 경향을 보여 콘크리트 수화열이 저감되는 특성을 확인할 수 있었다.

감사의 글

본 논문은 중소기업청에서 실시하는 2004년 중소기업기술혁신개발사업(과제명 : 콘크리트 혼화용 규불화염계 균열저감제의 상용화 기술개발)에 따른 연구결과물이며, 현장시험에 협조해 주신 계룡건설 산업(주)에 감사드립니다.

참고문헌

1. 강성웅, 양일승, 한병찬, 김도수, 길배수, 윤현도, "규불화염계 균열저감제를 이용한 콘크리트의 균열제어특성", 한국콘크리트학회 추계학술발표대회 논문집, 2004.
2. 김재은, 2성분 규불화염($ZnSiF_6 + MgSiF_6$)계 콘크리트 혼화제의 제법과 적용성에 관한 실험적 연구, 박사학위논문, 2004.
3. 한국콘크리트학회, 콘크리트 혼화재료, 기문당, 1997
4. 김도수, 무기불소화합물로 표면처리된 탄산칼슘의 무기복합재료 충전성 및 유해중금속 안정화 특성, 충남대학교 박사학위논문, 2000.
5. J. H. Lee, K. H. Lee and H. K. Kim, "A Study on the Retarding Effects of Cement Mortar Setting", J. of Kor. Ceram. Soc., 33(3), pp. 307-312, 1996.
6. 노재성 외, 규불화염계 혼화제(Me)가 첨가된 시멘트 페이스트의 유동특성, 한국세라믹학회 춘계 학술연구발표회 초록집, p. 132, 2001.
7. 오상근 외, 폭로환경하에서의 규산질 미분말혼합 시멘트계도포 방수재료 시공부위의 투수성 및 세공용적 변화에 관한 연구, 대한건축학회 학술발표논문집, 제16권 1호, pp. 83-88, 1996.