

내구성개선제를 적용한 콘크리트의 수축-염해저항성 및 현장 적용특성 평가

An Evaluation on the Field Application and Resistance for the Shrinkage-Chloride Attack of Concrete containing High Durability Additive

김도수* 길배수** 김우재*** 김성수**** 정용***** 정상진*****

Kim, Do-Su Khil, Bae-Su Kim, Woo-Jae Kim, Sung-Su Jeong, Yong Jung, Sang-Jin

ABSTRACT

In this study, we developed durability promoting chemical agent(HD) that simultaneously improved resistance for chloride attack and shrinkage of concrete. This agent as typed aqueous solution containing organic and inorganic compounds applied to concrete mix(Bx0.6%, 1.2%) of seaside construction using SLG and then evaluated the effect on the shrinkage and chloride attack of concrete.

By the addition of HD, it was elucidated that resistance for chloride attack and shrinkage were improved above 50% and 33% respectively than non-added concrete(Plain). This performance was confirmed through the Field-test applied HD(Bx0.6%) such as RCD construction.

요약

본 연구에서는 콘크리트의 염해저항성 및 수축을 저감하는 액상형태의 유무기 화합물로 구성된 내구성개선제(HD)를 개발하고, 이를 슬래그를 사용하는 기존 해안 콘크리트 배합에 적용(결합재 중량의 0.6%, 1.2%)하여 콘크리트의 수축 및 염해저항성을 평가하였다. 내구성개선제를 적용한 결과 염해 및 수축저항성은 이를 적용하지 않은 콘크리트(Plain)에 비해 각각 50%, 33% 개선되는 것으로 나타났다. 이러한 효과는 HD를 0.6% 적용한 해안가 RCD 구조물에 적용한 현장배합을 통해서도 확인할 수 있었다.

* 정회원, (주)트라이포드 총괄이사, 공학박사

** 정회원, (주)트라이포드 대표이사, 공학박사

*** 정회원, (주)포스코건설 기술연구소 과장, 공학박사

**** 정회원, (주)삼표기술연구소 선임연구원

***** 정회원, (주)삼표기술연구소 부소장

***** 정회원, 단국대학교 건축공학과 교수, 공학박사

1. 서 론

해안 콘크리트 구조물에 사용되는 콘크리트는 자기수축, 건조수축 등에 의한 균열발생 위험이 높고, 염해 및 다습한 환경에 노출되어 염소이온, 황산염류 및 수분 등의 부식인자 침입에 의한 손상과 중성화 등 철근부식의 촉진을 야기하는 복합열화에 의해 콘크리트의 내구년수가 현저히 저하되어 부식 및 열화에 의한 구조물의 손실피해가 연간 2조원을 초과하고 있다. 특히 염해에 의한 콘크리트 구조물의 손상은 외부로 침투된 염소이온 및 해사 혼입 등의 내-외부요인에 의해 매입 철근의 부식으로 직접 연결되며, 이에 따른 열화현상은 손상이전 상태로 완전회복이 어려울 뿐만 아니라 기타 다른 열화요인에 비해 그 손상정도나 발생빈도면에서 매우 심각한 것으로 알려지고 있다.

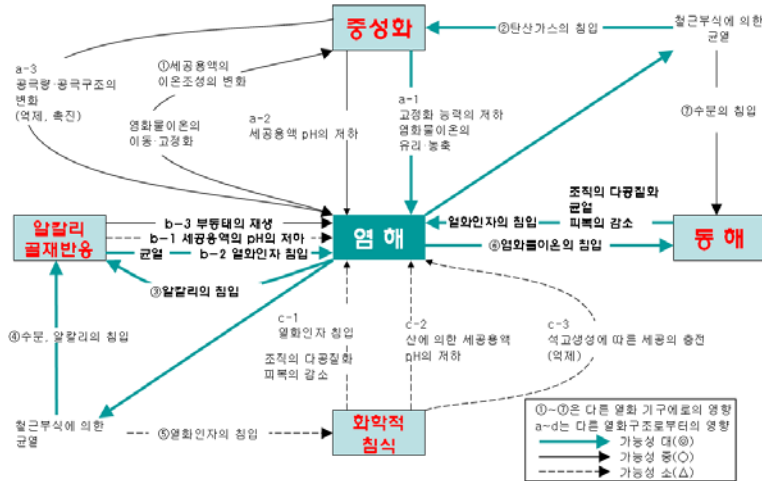


그림 1. 염해를 중심으로 한 복합열화 개요도

이에 본 연구에서는 해안 콘크리트 배합을 대상으로 수축저감 및 내염해성을 동시에 개선하는 내구성개선제(Hyper-HD)를 적용하여 수축-내염해 저항성을 평가하고, 이를 해안 건설현장에 적용한 현장 적용 특성을 보고하고자 한다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

본 연구에 사용된 내구성개선제(이하 HD로 표기함)는 유기계 올리고머형 축합물과 무기계 합수실리카 화합물 및 알루미늄염으로 구성된 액상의 화합물(암갈색, 비중 1.12)인 특징을 지닌다. HD를 적용한 콘크리트 기본 배합은 표 1과 같이 국내 P사에서 시공하는 송도 신도시 주상복합건물 기초바닥 배합(규격 : 25-35-15)을 선정하였다. HD는 결합재량(B) 대비 0.6%를 적용하였으며, 이를 적용하지 않은 일반 콘크리트(Plain)와 비교하였다.

표 1. 실험 배합표

구분	W/B (%)	목표 슬럼프 (cm)	목표 공기량 (%)	단위중량 (kg/m ³)				AD (B×%)	HD 첨가율 (B×%)
				SC	S	G	W		
Plain	40	15~18	4.5±1.5	400	782	959	160	1.0	0.0
0.6%									0.6
1.2%									1.2%

※ SC : 2종 고로슬래그 시멘트 ※ HD : 내구성개선제

2.2 실험방법

HD를 적용한 콘크리트 각각의 실험방법은 KS 규격에 따라 실시하였으며, 각각의 시험규격을 나타내면 표 3과 같다. 특히 콘크리트의 구속 건조수축은 최근 제정된 KS F 2595[콘크리트의 건조수축 균열 시험방법]에 따라 경과일수에 따른 응력변형률과 균열발생 시점을 측정하였다.

콘크리트의 염해저항성 평가는 KS F 2711[전기 전도도에 의한 콘크리트의 염소이온 침투저항성 시험방법] 및 KS F 2561[철근 콘크리트용 방청제]에 따라 실시하였다.

3. 실험결과 및 고찰

HD를 적용한 콘크리트의 공기량 및 슬럼프 등 시공성은 기존의 슬래그 배합에 비해 동등이상 향상되는 효과는 지난 춘계 학술발표[유무기 복합형 내구성개선제가 콘크리트 물성에 미치는 효과에 대한 실험적 연구]를 통해 확인하였다.

한편 재령 7, 14, 28, 56일에서의 압축강도는 표 3과 같이 전 재령에서 동등이상의 강도 확보가 가능하였으며 특히 장기 재령으로 갈수록 강도 증진효과가 약간 증대되는 것으로 나타났다. 그러나 1.2%보다는 0.6%를 첨가하는 것이 보다 효과적이었다.

콘크리트의 수축저항성은 그림 2와 같이 HD를 적용에 따라 Plain에 비해 수축응력 변형률이 감소되는 경향을 보였으며, 균열이 발생된 시점도 Plain이 37일인 반면 0.6%의 경우 54일로 나타났다. 그러나 1.2%를 적용한 경우 균열발생이 24일에서 발생한 것은 과도한 첨가에 의한 팽창 구속균열이 발생된 것으로 판단된다. 따라서 기존 배합의 수축저항성을 부여하기 위해서는 0.6%를 가장 효과적이었다.

표 2. 사용재료의 물리적 성질

사용 재료	물 리 적 성 질
슬래그시멘트	비중 : 2.98, 분말도 : 3,500 cm ² /g
잔 골 재	바다모래 (밀도: 2.59/cm ³ , 흡수율: 1.16%)
굵은 골재	부순자갈 (밀도: 2.72/cm ³ , 흡수율: 1.73%)
HD	비중 : 1.15, 외관 : 암갈색 수용액
감수제	PC계 고성능AE감수제

표 3. 콘크리트의 압축강도 변화

구분	재령별 압축강도(MPa)			
	7일	14일	28일	56일
Plain	25.6	30.2	35.2	43.8
0.6%	25.5	31.5	36.8	45.7
1.2%	23.6	32.2	36.4	43.7



사진 1. 콘크리트 구속건조수축 시험사진



균열 발생일 : 37일



균열 발생일 : 54일



균열 발생일 : 24일

사진 2. HD를 적용한 콘크리트 균열사진 및 균열발생일

한편 콘크리트의 염해저항성은 모르타르 및 콘크리트 2 경우 모두 그림 2와 같이 HD의 적용에 의해 염소이온 통과량(coulomb) 및 침투깊이가 Plain에 비해 현저히 저하되었고, HD 첨가율에 비례하여 개선되었다. 특히 HD 0.6%의 첨가만으로 슬래그를 적용한 기존 해안 콘크리트 배합인 Plain보다도 침투깊이의 경우 50%이상 저감되는 우수한 염해저항성을 확보할 수 있었다.

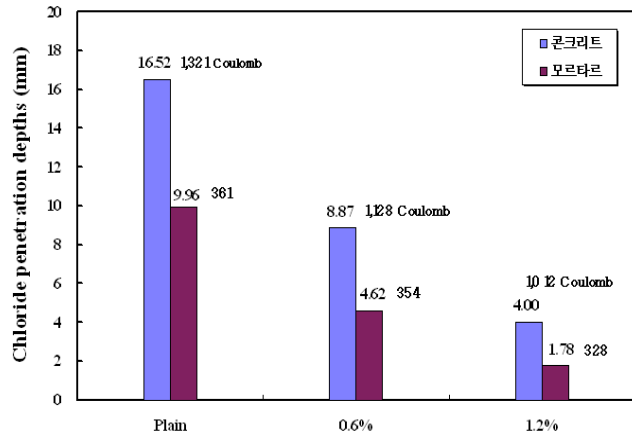


그림 2. HD를 적용한 콘크리트 수축응력 변형률 변화

한편 염해에 의한 철근부식저항성의 경우에도 표 4와 같이 HD를 적용

한 결과 철근부식 방청율이 45.9% 증가되었고, 1.2%는 거의 철근부식이 거의 진행되지 않는 것으로 확인되었다.

표 4. 콘크리트의 철근부식 촉진시험 결과

구분	부식면적율(%)	방청율(%)	철근부식 상태
Plain	5.0	0.0	
0.6%	2.7	45.9	
1.2%	0.0	100.0	

상기와 같이 수축 및 염해저항성 개선효과를 동시에 고려하여 현장배합에는 HD를 0.6% 적용하기로 하고, 현장시험은 표 5와 같이 송도 D22BLK의 RCD 구조물 배합을 대상으로 하였다. 본 현장은 송도 매립지 지하에 시공되는 구조물 특성 상 현장지하수 및 매립토에 함유된 고농도의 Cl^- (3769~4443ppm)과 대한 염해저항성 확보가 필요하였다. 이에 HD를 적용한 결과 종전 슬래그 배합에 비해 동등이상의 시공성을 확보할 수 있었으며, 특히 압축강도의 향상을 통해 단위결합재량을 절감할 수 있었다. 동 현장 배합에 적용한 콘크리트의 염해저항성 및 수축저항성에 대한 중간 검토 결과 기존 슬래그 배합에 비해 개선되는 것으로 나타났다.

4. 결론

내구성개선제(HD)를 해안 콘크리트 구조물 배합에 적용하고 수축저항성 및 내염해성을 평가한 결과 결론을 얻을 수 있었다.

HD가 콘크리트의 강도증진에 효과적이며 수축저항성 및 염해저항성을 크게 개선되는 것으로 나타났다. 특히 HD 0.6% 적용 시 수축저항성 및 내염해성의 동시에 개선하였다.

참고문헌

1. 이광명 외 3인, “해양 콘크리트 구조물의 재료 및 시공”, 콘크리트학회지, Vol. 16, No. 6, pp. 26~30, 2004.
2. 이종규 외 2인, “콘크리트 구조물의 장수명화를 위한 콘크리트용 재료”, 콘크리트학회지, Vol. 16, No. 1, 2004.