

# 내구성개선제가 첨가된 해안 구조물용 콘크리트의 수축특성과 내염해성에 관한 실험적 연구

## An Experimental Study on the Shrinkage Properties and Resistance for Chloride Attack of Seaside Construction Concrete added Durability Improvement Agent

김도수\*  
Kim, Do-Su

김우재\*\*  
Kim, Woo-Jae

김현배\*\*\*  
Kim, Hyun-Bae

정상진\*\*\*\*  
Jung, Sang-Jin

### Abstract

It is generally referred that life cycle of concrete construction is depend on whether durability of concrete is obtained or not. Nevertheless, it has not been yet applied that new material and technology to improve durability of concrete such as seaside concrete construction. In this study, chemical agent which is capable of improving durability added to 2 types seaside concrete mixes and evaluated engineering properties such as slump, air content, setting time and compressive strength. Besides shrinkage crack with an restraint condition and chloride ion penetration tests were executed to measure resistance of concrete added chemical agent and then compared non-added. It was appeared that engineering properties and resistant for chlorides was possible to improved. But resistant for shrinkage crack was not noticeable improvement than non-added. Therefore it is necessary that more consideration and following study to improve durability aspect to shrinkage crack and chlorides resistant.

키워드 : 내구성개선제, 해안 콘크리트, 수축특성, 내염해성

Keywords : Durability Improvement Agent, Seaside Concrete, Shrinkage Property, Resistance for Chloride Attack

## 1. 서론

콘크리트는 내구성이 우수하여 구조물의 사용수명이 70년에서 100년으로 알려져 왔으나 일산화탄소, 탄산가스, 산성우, 황산염, 염화물 등의 다양한 열화인자들에 의해 영향을 받고 있다. 이로 인해 유해성분에 의한 침식작용, 탄산화작용, 비례염분, 해사 및 제빙제의 사용에 따른 염해작용, 온도변화와 건습반복에 의한 동결융해 작용 등이 단독 혹은 복합적으로 영향을 미쳐 콘크리트의 내구성을 저해하고 있다. 최근 국내외에서 상기 작용들에 의해 콘크리트 구조물의 내구성 저하에 따른 피해의 심각성이 크게 대두되고 있다. 이중에서도 염해는 콘크리트 구조물의 조기성능 저하와 구조적 안전성 및 사용수명 저하에 치명적인 원인이 되고 있다. 특히, 철근 콘크리트 구조물에 염화물이 침투 확산하는 경우 철근의 부식으로까지 이어져 철근 팽창에 의한 콘크리트의 균열, 박리와 같이 내구성능 저하의 주요인을 초래하고 있다.

따라서 본 고에서는 해안지대에 건설되는 염해환경에 노출된 콘크리트에 내염해성과 수축제어 특성을 부여 할수 있는 내구성개선제를 개발하기 위한 일환으로 해안 건축구조물에 적

용되는 2성분계 배합을 대상으로 공학적 특성 및 내염해성에 미치는 효과를 실험적으로 검토하였다. 또한, 건축용 배합보다 결합재량이 많은 토목 콘크리트용 배합을 대상으로 상기 특성 외에 수축특성에 미치는 효과를 함께 검토하였다.

## 2. 실험계획 및 방법

### 2.1 실험계획

본 연구의 실험계획은 표 1에서 나타낸 바와 같이 2성분계 콘크리트(건축용)와 3성분계 콘크리트(토목용)의 2 종류로 물결합재비 37% 및 35%, 목표슬럼프는 100 ~ 150mm(3성분계), 목표 플로우는 550±50mm, 목표공기량은 4.5±1.5%로 설정하였으며, 내구성개선제 첨가율을 0.0, 0.5, 1.0 및 2.0%의 수준으로 설정하고 내구성개선제의 첨가율에 따른 콘크리트의 굳지 않은 성상, 경화성상, 구속수축응력 및 염해저항성을 측정항목으로 선정하여 실시하였다.

굳지 않은 성상으로 슬럼프, 플로우, 공기량 및 응결성상을, 경화성상으로는 재령별 압축강도를 평가하였다. 내구성상으로는 구속상태에서의 콘크리트의 수축균열 저항성을 평가하기 위하여 구속수축량( $\times 10^{-6}$ mm) 및 구속응력(MPa)을 측정하였다.

\* (주)트라이포드 이사, 공학박사

\*\* (주)포스코건설 기술연구소 건축기술연구팀 과장, 공학박사

\*\*\* (주)포스코건설 기술연구소 소장, 기술사, PMP

\*\*\*\* 단국대학교 건축공학과 교수, 공학박사

표 1. 실험계획 및 콘크리트 배합

구분	W/B (%)	목표 슬럼프 플로우 (mm)	목표 공기량 (%)	FA (%)	s/a (%)	단위 수량 (kg/m <sup>3</sup> )	단위중량(kg/m <sup>3</sup> )					AD* (B×%)	내구성 개선제 (%)	측정 항목						
							C*	FA	BFS	S	G			굳지않은 성상	경화성상	내구성상				
건축용 (2성분계) A	37	550±50	4.5±1.5	0	46	155	419	0	0	786	955	1.0	0.0	· 슬럼프(mm)	· 압축강도 (MPa)	· 균열저항성				
																	0.5	· 염해저항성		
																			1.0	· 공기량 (%)
0.0																				
	0.5																			
		1.0																		
			2.0																	
토목용 (3성분계) C				35	슬럼프 100-150	4.5±1.5	20	40	140	320	80	0	732	1037	1.0	0.0	· 균열저항성			
	0.5																	· 염해저항성		
		1.0																		
			2.0																	

\* AD: PC계 고성능 AE감수제, C: SLC(고로시멘트)

염해저항성은 염화물이온의 침투깊이 및 염화물 확산계수를 측정하여 내구성개선제의 첨가에 따른 재령 및 양생조건으로 비교·분석하였다.

목표슬럼프를 만족하지 않았다.

또한, 내구성개선제 첨가율이 증가할수록 슬럼프값이 다소 저하하는 것으로 나타났다. 그림 2는 2성분계 건축용 콘크리트에서의 내구성개선제 첨가율에 따른 플로우의 변화를 나타낸 것으로 내구성개선제 2.0%첨가수준을 제외하고 모두 목표 플로우 값을 만족하는 것으로 나타났다. 또한, 내구성개선제의 첨가율이 증가할수록 플로우값이 저하되는 것으로 나타났다. 이는 내구성개선제의 주요 화학성분이 시멘트 수화과정에서 추가적인 미세 고형입자를 시멘트-물계에 생성시키는 화학반응에 의해 콘크리트중 물/고형분비가 감소된 결과 때문인 것으로 판단된다.

### 3. 실험 결과 및 고찰

#### 3.1 굳지 않은 성상 검토 및 분석

##### 3.1.1 슬럼프 및 플로우

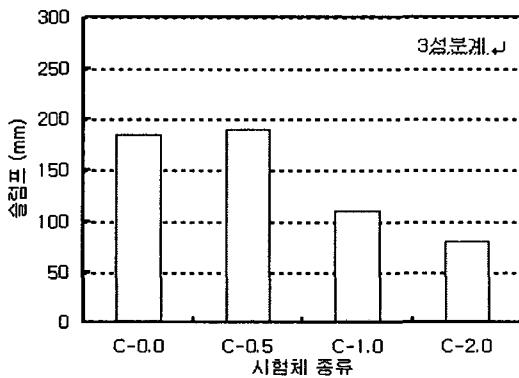


그림 1. 내구성개선제의 첨가율에 따른 슬럼프의 변화(토목용)

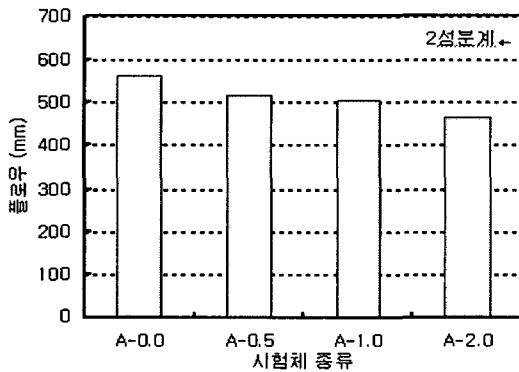


그림 2. 내구성개선제의 첨가율에 따른 플로우의 변화(건축용)

그림 1은 3성분계 토목용 콘크리트에서의 내구성개선제 첨가율에 따른 슬럼프의 변화를 나타낸 것으로 내구성개선제 1.0% 첨가수준에서만 목표슬럼프를 만족하였고, 나머지 수준은

##### 3.1.2 공기량

그림 3은 2성분계 및 3성분계 콘크리트에서의 내구성개선제 첨가율에 따른 공기량의 변화를 나타낸 것으로 2성분과 3성분계에서 모두 첨가율 0%를 제외하고 내구성개선제의 첨가에 의해 모두 목표공기량 보다 낮은 값을 나타냈다. 이는 내구성개선제의 작용으로 인하여 조직이 치밀해지는 과정을 통해 콘크리트 혼합과정에서 발생된 공기포의 소실이 주원인인 것으로 사료된다.

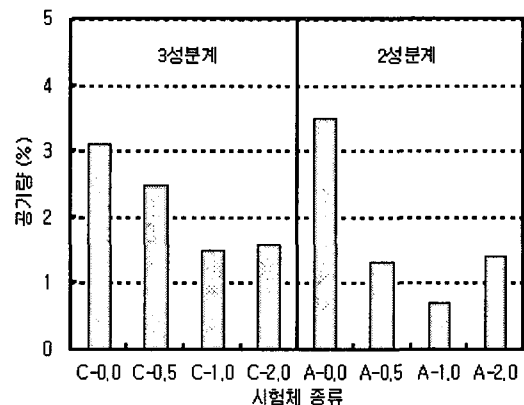


그림 3. 내구성개선제의 첨가율에 따른 공기량의 변화

##### 3.1.3 응결성상

그림 4는 2성분계, 그림 5는 3성분계 콘크리트의 응결성상을 나타낸 것으로 내구성개선제 첨가율이 증가할수록 응결시간이 지연되는 것으로 나타났다. 3성분계의 콘크리트에 비해 2성

분계 콘크리트에서 응결이 지연되는 현상이 더 큰 것으로 나타났다.

여기서 2성분계와 3성분계 콘크리트의 응결이 지연되는 것은 내구성개선훈제의 지연작용 때문인 것으로 판단된다. 또한 3성분계에 비해 2성분계에서 응결이 더욱 지연되는 것은 혼합수의 증가 및 슬래그 치환율의 증가가 복합적으로 작용한 결과로 사료된다.

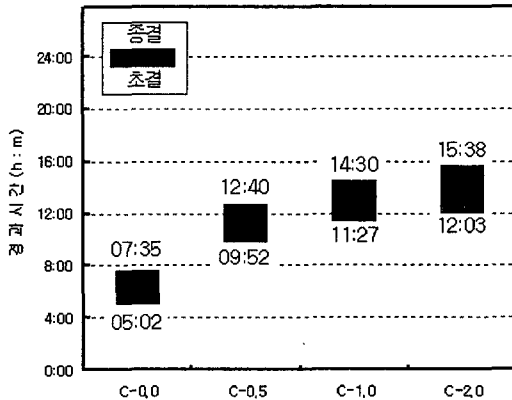


그림 4. 내구성개선훈제의 첨가율에 따른 응결성상 변화(2성분계)

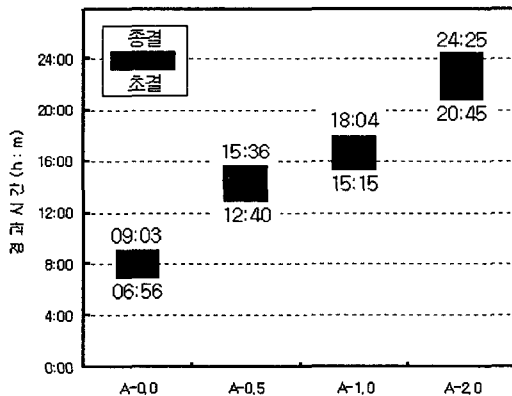


그림 5. 내구성개선훈제의 첨가율에 따른 응결성상 변화(3성분계)

## 3.2 경화성상 검토 및 분석

### 3.2.1 압축강도

그림 6은 내구성개선훈제의 첨가율에 따른 재령별 압축강도의 변화를 나타낸 것으로 초기강도를 상징하는 재령 7일까지는 내구성개선훈제의 첨가율이 적을수록 압축강도가 큰 것으로 나타났다. 그러나 28일 이후의 장기강도는 내구성개선훈제의 첨가율이 증가할수록 압축강도가 증가하는 결과가 나타났다. 이는 내구성개선훈제에 의하여 경화조직이 재령이 지남에 따라 점점 치밀해지는 효과와 포졸란활성작용에 의한 효과에 의해 압축강도가 증진된 것으로 판단된다. 그러나 재령 56일에서 다소 압축강도의 증진이 둔화된 것은 내구성개선훈제의 주요성분 중  $Ca(OH)_2$ 를 소비하는 화학작용에 의해 슬래그 및 플라이애쉬 등 포졸란물질이 활성반응을 위해 필요한 가용  $Ca(OH)_2$ 의 성분이 다소 감소하여 장기재령에서의 포졸란활성이 덜 촉진된 결과로 판단된다.

이러한 경향은 2성분계 및 3성분계 콘크리트가 다소 다른

거동을 보였으며, 강도증진을 위한 내구성개선훈제의 적정 첨가율도 다른 것으로 확인되었다. 즉, 2성분계의 경우 0.5%의 첨가율이, 3성분계의 경우 1.0%의 첨가율이 강도증진을 위해서는 효율적인 것으로 나타났다.

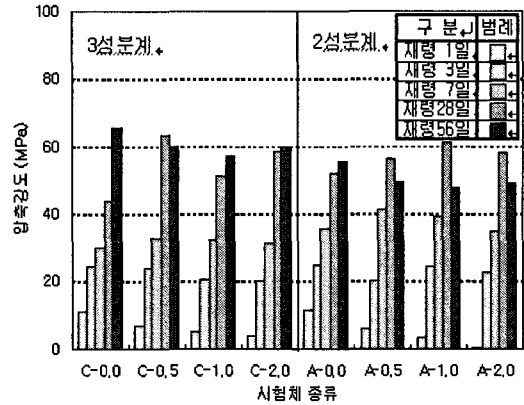


그림 6. 내구성개선훈제의 첨가율에 따른 재령별 압축강도의 변화

### 3.3 균열저항성

그림 7 및 그림 8은 내구성개선훈제 첨가율에 따른 2성분계 콘크리트의 수축균열에 대한 저항성을 평가하기 위하여 구속상태에서의 건조수축시험을 통해 구속수축량과 그에 따른 구속응력으로 측정된 결과이다.

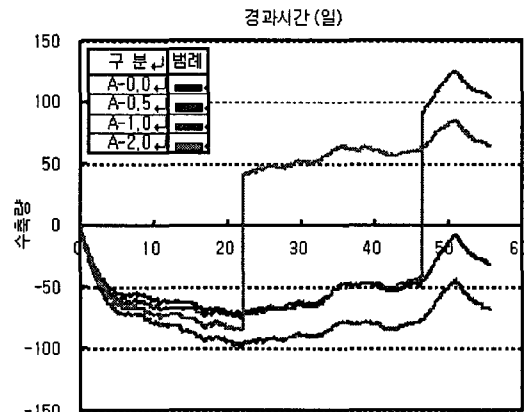


그림 7. 내구성개선훈제의 첨가율에 따른 수축량의 변화

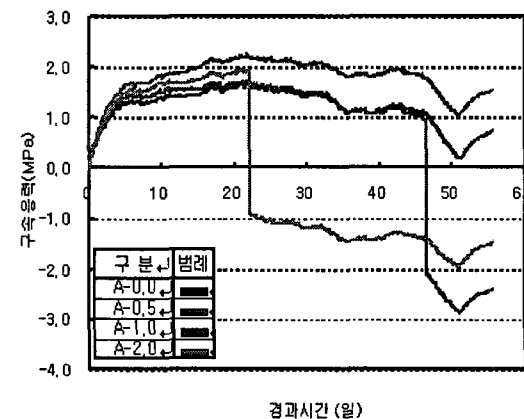


그림 8. 내구성개선훈제의 첨가율에 따른 구속응력의 변화

내구성개선제의 첨가율이 1.0% 이상인 경우 첨가하지 않은 콘크리트와 구속상태에서 유사한 수축거동을 나타낸 반면 0.5%를 첨가한 경우에는 다소 수축량이 증가하는 것으로 나타났다. 압축강도와는 달리 0.5%를 첨가한 경우 수축현상이 증가되는 원인에 대해서는 후속실험 및 정밀분석을 통해 규명중에 있다.

### 3.4 염해저항성

그림 9는 내구성개선제 첨가율에 따른 염화물이온 침투깊이의 변화를 재령 및 양생조건으로 구분하여 나타낸 것으로 3성분계 콘크리트에서는 재령 56일 기중양생의 경우에만 내구성개선제 첨가율이 증가할수록 염화물이온 침투깊이가 감소하는 것으로 나타났다. 반면 재령 28일과 재령 56일 수중양생의 경우는 내구성개선제 첨가율이 증가할수록 염화물이온 침투깊이가 증가하는 것으로 나타났다. 2성분계 콘크리트에서는 재령 및 양생조건에 관계없이 대체적으로 내구성개선제 첨가율이 증가할수록 염화물이온 침투깊이가 감소하는 것으로 나타났다.

그림 10은 내구성개선제의 첨가율에 따른 염화물 확산계수의 변화를 재령 및 양생조건에 따라 나타낸 것으로 염화물이온 침투깊이의 경향과 유사한 결과가 나타났다.

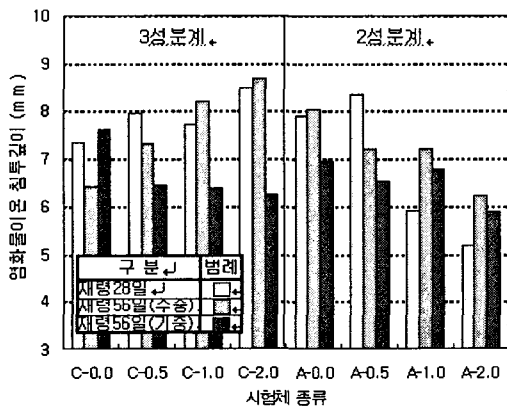


그림 9. 내구성개선제의 첨가율에 따른 염화물이온 침투깊이의 변화

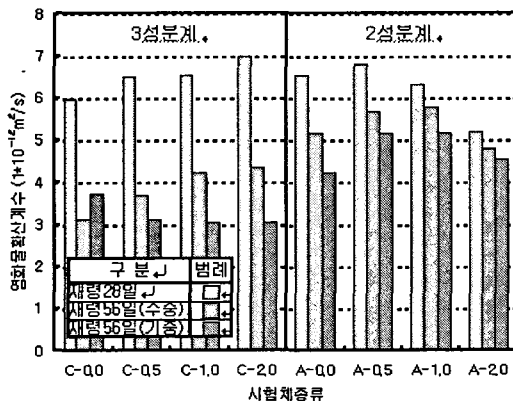


그림 10. 내구성개선제의 첨가율에 따른 염화물 확산계수의 변화

배합종류에 따른 내구성개선제의 첨가가 염화물저항성에 미치는 효과 및 원인은 후속실험 및 정밀분석을 통해 검토하고 있으며, 향후 콘크리트 결합재를 구성하는 재료와의 상호관계를 규명하여 배합에 따른 내구성개선제의 적정 조성을 확립하

고 첨가율을 도출하기 위한 후속연구가 필요할 것으로 판단된다.

## 4. 결 론

내구성개선제를 해안 콘크리트 배합에 적용하여 공학적 특성을 살펴보고, 수축저항성 및 염화물 침투저항성을 파악한 결과를 통해 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

내구성개선제가 첨가된 콘크리트의 슬럼프와 공기량이 무첨가에 비해 다소 저하되는 경향은 있었으며, 0.5% 이내의 사용은 유의할만한 수준은 아니나 기타 물성 향상을 위한 적정 첨가량에서의 개선효과를 유도하기 위한 지속적인 검토가 필요하다. 또한 경화특성과 일부 염해저항성이 향상되는 효과를 나타냈으나 주요물성인 수축저항성 및 염해저항성을 효율적으로 개선할 수 있는 내구성개선제의 화학조성 확립, 적정 첨가율의 도출에 대한 후속연구에 대한 연구가 진행되어야 할 것으로 판단되었다.

## 참 고 문 헌

1. 정기성 외, 고내구성 콘크리트의 표면 마감성 개선사례, 콘크리트학회지, 공사기사, 2000. 7.
2. 김영근 외, 염해를 고려한 콘크리트 구조물의 내구성능 설계, 콘크리트학회지, 2000. 7.
3. 日本材料學會, 콘크리트混和材料ハンドブック, 2004. 4
4. 양동석 외, 해양 철근 콘크리트구조물, 콘크리트학회지, 2001. 9.
5. 고경택 외, 해양 콘크리트 구조물의 재료 및 시공, 수리 및 항만 콘크리트 구조물의 신기술 II, 콘크리트학회지, 2004. 11.