

해양용콘크리트의 초기강도 및 내염해 저항성 향상에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on the Improvement of Early Strength and Chloride Attack Resistance for Marine Concrete

이 건 호* 김 종 백* 배 준 영* 서 신 석** 조 성 현*** 노 현 승****
Lee, Keon Ho Kim, Jong Back Bae, Jun Young Seo, Shin Seok Jo, Sung Hyun Roh, Hyeon Seung

ABSTRACT

The structure which is located in special surroundings like ocean-environment is physically and chemically eroded by seawater or salt damage, and then concrete-structure becomes deteriorated by iron corrosion and swelling pressure which leads to remarkably decline durability due to cracks and exploitation. As a measure against salt damage, it is actively being examined to use the blended cement that controls salt damage and fix chloride in the process of hydration.

In this study, therefore, to examine the property of marine concrete added admixture, marine concrete is manufactured by adding high-strength admixture(omega2000) by 0, 5, 10, and 15% to low heat-blended cement. Then it shows that the compressive strength of manufactured marine cement tends to increase and chloride penetration resistance improves.

요 약

해양환경과 같이 특수한 환경에 위치한 구조물은 해수 및 염해 등에 의해 물리적·화학적 침식을 받아 철근부식과 그 팽창압으로 인해 콘크리트 구조물의 성능저하가 가속화되고 있으며, 이러한 성능저하로 인해 콘크리트 구조물은 균열·박리되어 내구성이 현저히 저하된다. 이러한 염해대책으로는 염해침투를 억제하는 혼합시멘트를 사용하거나, 수화과정에서 염화물을 화학적으로 고정화 시키는 등의 연구가 활발히 진행되고 있다.

따라서 본 연구에서는 고강도 혼합재가 첨가된 해양콘크리트의 특성을 검토하기 위하여 저발열 혼합시멘트에 고강도 혼합재(오메가2000)를 0, 5, 10, 15% 치환·첨가하여 해양콘크리트를 제조하였다. 제조한 해양콘크리트의 재령별 압축강도는 증가하는 경향을 나타내었으며, 재령에 따른 염소이온 침투 저항성은 향상되는 것으로 나타났다.

*정회원, 한일시멘트(주) 테크니컬센터 연구원

**정회원, 한일시멘트(주) 테크니컬센터 선임연구원

***정회원, 한일시멘트(주) 테크니컬센터 선임연구원, 공학박사

****정회원, 한일시멘트(주) 테크니컬센터 책임연구원

1. 서 론

1990년대에 서해대교, 영종대교, 광안대교 등과 같은 대형 해양 콘크리트 교량이 건설되었고, 최근에는 인천대교, 거가대교, 시화호 조력댐 등과 같이 해양환경에 노출된 대형 콘크리트 구조물이 계속적으로 건설되고 있다. 이러한 대형 해양 구조물에 사용되는 콘크리트는 수화열 및 염해에 대책을 위해 플라이애시나 고로슬래그 등의 혼화재를 사용하거나 슬래그시멘트 또는 저발열시멘트 등의 혼합시멘트가 사용되고 있다. 하지만 이들 재료들은 초기반응성 발현이 지연되어 초기 재령에서의 강도 발현과 염소이온 침투저항성이 떨어지는 문제점 등을 가지고 있다.

따라서 본 연구에서는 해양콘크리트의 초기강도 및 내염해성 향상을 위해 고강도 콘크리트용 혼화재로 사용되고 있는 고강도 혼합재(오메가 2000)의 대체율에 따른 압축강도 및 염화물 확산 특성을 검토하고자 하였다.

2. 실험계획 및 방법

2.1. 실험계획

고강도 혼합재의 첨가가 해양콘크리트에 미치는 영향을 살펴보기 위한 실험계획 및 콘크리트 배합은 표 1과 같다. 콘크리트 배합은 물/결합재비 38.6%, 단위수량 160kg/m³, 목표 슬럼프 150±25mm로 설정하였으며, 저발열 혼합시멘트에 고강도 혼합재의 대체율은 0, 5, 10, 15% 치환·첨가하였다. 시험항목으로는 굳지않은 콘크리트에서 슬럼프를 측정하였고, 경화콘크리트에서 재령 7, 14, 28일에 압축강도와 염화물이온 확산계수를 측정하였다.

표 1. 배합표

고강도혼합재 대체율 (%)	W/B (%)	S/a (%)	G _{max} (mm)	단위재료량(kg/m ³)					시험항목
				W	C*	S	G	고강도 혼합재	
0	38.6	46.5	25	160	415	794	942	0	- 슬럼프(cm) - 압축강도(MPa) (재령 7, 14, 28일) - 염화물이온 확산계수(m ² /sec) (재령 7, 14, 28일)
5					394	795	943	21	
10					373	795	943	42	
15					353	796	944	62	

C* : 저발열 혼합시멘트

2.2. 실험재료

본 실험에 사용한 재료의 물리·화학적 성질은 표 2와 같다. 시멘트는 국내 H사의 저발열 혼합시멘트를 사용하였으며, 고강도 혼합재는 국내 H사의 무기질 재료를 주성분으로 한 고강도 콘크리트용 혼합재인 오메가2000을 사용하였다. 오메가2000은 적은 양의 고성능 감수제를 사용하고도 고유동성을 확보할 수 있으며, 고강도, 고내구성 등을 요구하는 고성능 콘크리트의 제조가 가능하다. 잔골재는 조립을 2.70 비중 2.62인 강사를 사용하였고, 굵은골재는 조립을 7.06 흡수율 0.4%인 25mm 쇄석을 사용하였으며, 혼화제는 표준형 고성능 AE감수제를 사용하였다.

표 2 사용재료의 물리·화학조성

종 류	실험항목	비 중	Blaine (cm ² /g)	I _g .loss	화학조성(%)					
					SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃
저발열 혼합시멘트		2.81	3,600	1.30	34.1	13.5	2.1	38.9	4.2	1.3
고강도혼합재 (오메가2000)		2.94	8,433	0.77	26.58	11.63	0.50	41.20	4.23	13.61

2.3. 실험방법

콘크리트 비빔은 Two-Shaft Twin 믹서를 이용하였고, 비빔시간은 90초로 하였다. 굳지 않은 콘크리트에서 슬럼프 시험은 KS F 2594에 의거 실시하였으며, 공시체 제작은 KS F 2403에 의거하여 Ø100×200mm 공시체를 제작하였다. 경화한 콘크리트에서는 각각 재령 7, 14, 28일에 KS F 2405에 의거 압축강도를 측정하였으며, 염소이온 확산시험은 그림 1과 같이 유럽의 시험규준인 NT Build 492 에 준하여 염화물 확산 계수를 산출하였다.

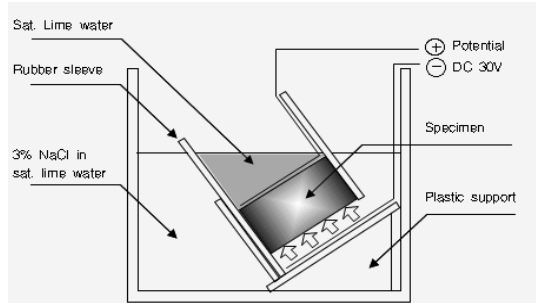


그림 1 염화물 확산 시험세트 모식도

3. 실험결과 및 고찰

3.1. 고성능감수제 첨가율

그림 2는 고성능감수제의 첨가량과 슬럼프를 나타낸 것이다. 그림에서 확인할 수 있듯이 저발열 혼합시멘트에 고강도 혼합재를 사용한 경우는 사용하지 않은 경우에 비해 고성능감수제의 사용량을 약 0.2~0.4%정도 줄일 수 있었다.

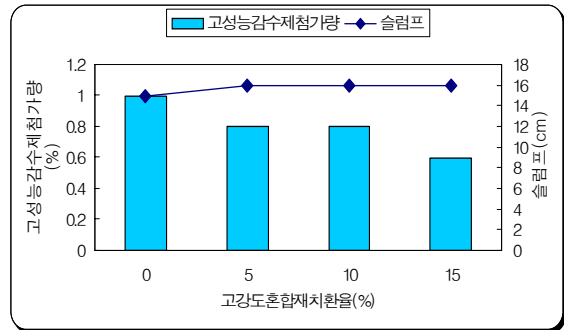


그림 2 고성능감수제 첨가량과 슬럼프

3.2. 압축강도

그림 3은 각 재령에 따른 압축강도 측정결과이다. 고강도 혼합재를 사용할 경우 대체율이 증가할수록 재령 7일은 약 16~54%, 재령 14일에서는 약 37~67%정도 압축강도가 증가하는 경향을 나타내었는데, 이는 사용된 고강도 혼합재는 물과 반응하면 수화 초기에 Ettringite(3CaO·Al₂O₃·3CaSO₄·32H₂O)생성 및 C-S-H(CaO-SiO₂-H₂O)계 수화물을 생성하면서 시멘트 페이스트와 골재사이의 공극을 충전시키고 콘크리트 조직을 치밀화 시켜 조기 강도가 발현된 것으로 판단된다. 하지만 재령 28일에서는 대체율에 상관없이 모두 유사한 경향을 나타내었다. 따라서 고강도 혼합재를 사용하는 것이 초기 재령에서의 압축강도 확보에 유리할 것으로 판단된다.

3.3. 염화물확산계수

그림 4는 각 재령에 따른 염화물확산계수를 나타낸 것이다. 압축강도 측정결과와 마찬가지로 고강도 혼합재를 혼입한 경우는 그렇지 않은 경우에 비해 염화물확산계수 값은 재령 7일에 약 30~60%, 재령 14일은 약 27~64%, 재령 28일에서는 약 34~70%로 낮게 나타났으며, 고강도 혼합재의 대체율이 증가함에 따라 염소이온 침투에 대한 저항성능은 향상됨을 확인할 수 있었다. 이는 고강도 혼합재의 사용으로 인해 Ettringite 및 C-S-H계 수화물의 생성과 함께 콘크리트 조직의 결합력을 증대·치밀화 시켜 염소이온 침투에 대한 저항성능이 향상되기 때문으로 판단된다.

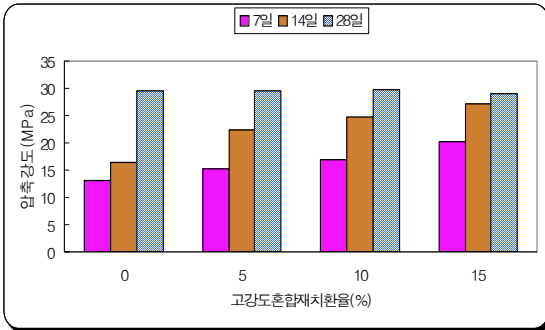


그림 3 재령별 압축강도 측정결과

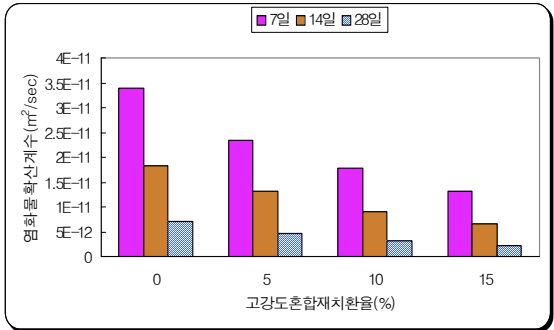


그림 4 재령별 염화물확산계수 측정결과

4. 결론

고강도 혼합재를 사용한 해양용콘크리트의 초기강도 및 내염해 저항성 향상을 위한 물성을 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 고강도 혼합재의 대체율에 따른 굳지 않은 콘크리트는 목표 슬럼프를 150 ± 25 를 만족시켰으며, 고성능 감수제의 첨가량은 약 0.2~0.4%정도 감소되는 것으로 나타났다.
- 2) 고강도 혼합재의 사용으로 인해 수화초기 Ettringite 및 C-S-H계 수화물을 생성시켜 초기강도 확보는 유리한 것으로 나타났으며, 재령 7일과 14일의 압축강도는 약 16~67%정도 증가하는 경향을 나타내었다.
- 3) 또한, 염화물확산계수 시험 결과 고강도 혼합재를 혼입한 경우 염소이온 침투깊이는 낮게 나타났으며, 고강도 혼합재의 대체율이 증가할수록 염소이온 침투에 대한 저항성능은 약 27~70%로 향상됨을 확인할 수 있었다.

참고문헌

1. 문한영, 신화철 : 저발열형 시멘트 콘크리트의 염소이온 침투·확산에 대한 저항성, 한국콘크리트학회 논문집, 제 11권 4호, pp.31~41, 1999.
2. 심종성, 박철우, 유정훈, 강태성, 김태수, 김동석 : 해양용 다성분계 혼합시멘트의 염화물 침투 특성, 한국콘크리트학회 논문집, 제19권 2호, pp.497~500, 2007.
3. M. J. Frederiksen : Chloride Binding in Concrete Surfaces, Nordic Miniseminar, Chalmers University of Technology, Goteborg Sweden, 1993.