

수중불분리성 콘크리트의 염화물이온 침투저항성에 대한 고찰

Diffusion of Chloride Ion in Antiwashout Underwater Concrete

김 성 수^{*} · 김 진 철^{**} · 김 홍 삼^{**} · 김 종 필^{***} · 김 동 현^{***}
Kim, Seong Soo · Kim, Jin Chul · Kim, Hong Sam · Kim, Jong Pil · Kim, Dong Hyun

ABSTRACT

Recently, the antiwashout underwater concrete has been increasingly used for underwater structure such as high strength massive concrete structures. However, Concrete has poor quality and durability due to dilution with separating cementitious material.

In this study, specimens were made with antiwashout underwater concrete replaced with mineral admixtures to improve their properties and were placed in air, water, and salt water.

To estimation the chloride ion permeation in concrete, ASTM C 1202 Test was performed. The experimental results demonstrate that the increase of the mineral admixtures improved the properties of antiwashout underwater concrete.

1. 서론

수중불분리성 콘크리트가 1984년 최초로 우리나라에 도입된 이후, 지속적으로 사용량이 증가하여 근래에 와서는 광안대교의 해중기초공사 및 인천국제공항 연육교 등과 같은 대규모 해양 수중콘크리트 구조물에 적용되고 있다. 해수중에 타설된 수중콘크리트의 경우 콘크리트가 타설될 때 유수에 의해 시멘트가 유실되어 콘크리트의 품질이 저하될 뿐만 아니라, 장기적으로 해수중의 여러 화학 이온들이 콘크리트 속으로 침투되어 열화시킴으로서 콘크리트의 내구성을 저하시킬 우려가 있다. 특히 해수중의 여러 화학이온 중 가장 많이 함유되어 있는 염소이온이 콘크리트 속으로 침투되어 시멘트 수화물과 반응하여 콘크리트 내부를 다공화시키며, 철근을 녹슬게 함으로써 해수중에 건설된 수중콘크리트 구조물의 내구성 저하에 직접적인 원인이 되고 있다. 따라서 해양환경하에 적용되는 수중불분리성 콘크리트의 내구성을 향상시키기 위해서는 염소 이온의 침투확산 메카니즘을 이해하고 억제하는 것이 매우 중요하다.

본 연구에서는 보통포틀랜드시멘트 및 보통포틀랜드시멘트에 플라이애시와 고로슬래그 미분말을 혼합한 수중불분리성 콘크리트를 기중, 담수 및 해수중에서 공시체를 제작하였으며, 타설 장소에 따라 변화하는 염화물 침투 정도를 파악하기 위해 “ASTM C 1202 Test”를 실시하여 수중불분리성 콘크리트에서의 염화물이온 침투를 평가하였다.

* 정회원 · 대진대학교 이공대학 토목공학과 교수 031-539-2023(E-mail : sskim@road.daejin.ac.kr)
** 정회원 · 한양대학교 대학원 토목공학과 박사수료 02-2290-0418(E-mail : winner@hymail.hanyang.ac.kr)
*** 정회원 · 대진대학교 대학원 토목공학과 석사과정 031-533-9580(E-mail : kjp0307@www.daejin.ac.kr)

2. 실험개요

2.1 사용재료

(1) 시멘트 및 혼화제 : 보통포틀랜드시멘트(이하 OPC로 약함) 및 플라이애시(이하 FA로 약함)와 고로슬래그미분말(이하 BFS로 약함)을 사용하였으며, 화학성분 및 물리적 성질은 표 1과 같다.

표 1 시멘트 및 플라이애시와 고로슬래그미분말의 화학성분 및 물리적 성질

Types	Items	Chemical composition (%)					Ig, loss (%)	Specific gravity	Blaine (cm ² /g)	
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO				SO ₃
	OPC	21.95	6.59	2.81	60.1	3.32	2.11	2.58	3.15	3,112
	FA	67.70	25.00	2.85	2.0	0.90	-	3.47	2.15	3,274
	BFS	32.30	14.80	0.40	44.1	5.50	1.00	1.10	2.80	4,580

(2) 골재 : 잔골재는 비중 2.6인 세척사를 사용하였으며, 굵은골재는 비중 2.62 및 최대치수 25 mm인 부순돌을 사용하였다.

(3) 화학혼화제 : 수중불분리성 혼화제(이하 AWA로 약함)는 주성분이 HPMC(Hydroxypropyl Methylcellulose)계인 증점제이며, 유동성을 향상시키기 위하여 멜라민계 유동화제를 사용하였다.

(4) 콘크리트의 배합 : 보통포틀랜드시멘트와 보통포틀랜드시멘트에 FA와 BFS를 각각 20% 및 50% 혼합한 3종류의 콘크리트를 제작하였으며, 콘크리트 배합은 표 2와 같다.

표 2 콘크리트의 배합

Types	Items	G _{max} (mm)	Slump flow (cm)	Air (%)	W/C (%)	S/a (%)	Unit weight(kg/m ³)						AWA (W×%)	HPMC (C×%)
							C	W	FA	BFS	S	G		
	OPC	25	50±5	4%이하	50	42	420	210	0	0	674	938	1.2	1.8
	FA20	25	50±5	4%이하	50	42	336	210	84	0	660	918	1.2	1.8
	BFS50	25	50±5	4%이하	50	42	210	210	0	210	664	924	1.2	1.8

2.2 실험방법

(1) 콘크리트 압축강도 측정

대한토목학회규준(안)인 “수중불분리성 콘크리트의 압축강도 시험 수중공시체의 제작방법”에 따라 압축강도용 공시체를 제작하여 KS F 2405에 준하여 재령 7, 28 및 91일에 압축강도를 측정하였다.

(2) 염화물이온 침투시험(ASTM C. 1202 Test)

수중불분리성 콘크리트를 기중, 담수 및 해수중에서 $\phi 10 \times 20$ cm 원주형 공시체를 제작하여 소정의 재령까지 수중양생을 실시하였다. 재령 28일 및 91일에 공시체를 5cm의 두께로 절단하여 양극(+)에는 0.3mol/l의 NaOH 수용액을, 음극(-)에는 3%의 NaCl 수용액을 채우고 DC 300V/m의 전위차로 6시간 동안 통전시키면서 30분간격으로 전류값을 측정하여 총통과전하량을 산정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 제작환경에 따른 수중불분리성 콘크리트의 압축강도 특성

수중불분리성 콘크리트의 제작환경에 따른 압축강도를 알아보기 위하여 결합재량을 420kg/m³, 단위수량을 210kg/m³ 및 증점제를 단위수량에 대해 1.2% 사용한 수중불분리성 콘크리트를 기중, 담수중 및 해수중에서 제작하여 재령별로 압축강도를 측정하여 정리한 것이 그림 1이다. 이 그림에서 알 수

있듯이 공시체의 제작환경에 따른 압축강도의 발현이 각각 다르게 나타났으며, 기중, 담수중 및 해수중 순으로 강도발현이 좋아짐을 알 수 있었다. 한편, 광물질혼화제의 혼합유무에 따른 수중불분리성 콘크리트의 압축강도 결과를 보면, 재령 7일과 28일에서는 FA20 및 BFS50 콘크리트의 강도 발현이 OPC콘크리트보다 작았으나, 재령 28일 이후부터는 광물질혼화제를 혼합한 콘크리트의 압축강도가 크게 향상되어 재령 91일에서는 BFS50 콘크리트의 압축강도가 가장 크게 나타났다.

3.2 수중불분리성 콘크리트의 염화물이온 침투 저항성

수중불분리성 콘크리트의 염화물이온 침투 저항성을 평가하기 위하여 재령 28일과 91일에 측정된 총통과전하량을 배합별로 정리한 것이 그림 2와 그림 3이다. 그림 2에서 알 수 있듯이 OPC를 사용한 수중불분리성 콘크리트의 재령 28일 총통과전하량은 담수에서 제작된 경우가 가장 크고 해수 및 기중 제작의 순으로 작은 값을 나타내었다. 이는 담수 및 해수중에서는 기중에서 제작한 콘크리트에 비해 시멘트의 유실등으로 공극이 많이 형성된 이유로 통과 전류가 큰 원인 이외에도 측정시 확산셀의 온도가 70℃ 이상의 값을 나타내어 온도 상승에 의해 통과 전류가 급격히 증가한 탓으로 생각된다. 한편, 총통과전하량이 4,000coulomb 이상이면 콘크리트의 염화물이온 침투성은 높은 것으로 평가되므로 재령 28일에서 측정된 3종류의 수중불분리성 콘크리트의 염화물이온 침투성이 상당히 큼을 알 수 있었다. 또한, 3종류의 수중불분리성 콘크리트 모두 재령 91에서 4,000coulomb이하의 통과전하량을 보여 주었으며, 특히 해수중에서 재령 28일에서와는 달리 재령 91일에는 총통과전하량이 가장 크게 나타남을 알 수 있었다. 한편, 그림 4는 재령 28일에서 측정된 초기전류와 총통과전하량 사이의 관계를 정리한 것으로 초기전류 및 총통과전하량 사이는 선형 관계가 있음을 나타내고 있어 초기전류값으로 부터 총통과전하량을 유추하는 것이 가능한 것으로 생각된다. 또한 그림 5는 압축강도와 총통과전하량과의 관계를 정리한 것으로 압축강도가 증가할수록 총통과전하량은 선형적으로 감소함을 알 수 있었다.

4. 결론

- (1) 수중불분리성 콘크리트의 압축강도는 기중, 담수중 및 해수중 제작 순으로 강도발현이 향상되었으며, 재령 28일 이후부터는 광물질혼화제를 혼합한 콘크리트의 압축강도가 크게 향상되어 재령 91일에서는 고로슬래그 미분말 50%를 혼합한 콘크리트의 압축강도가 가장 크게 나타났다.
- (2) 수중불분리성 콘크리트의 염화물이온 침투는 재령 28일에서는 담수에서 제작된 경우가 가장 크고 해수 및 기중 제작의 순으로 작은 값을 나타냈으나, 총통과전하량이 모두 4,000coulomb을 훨씬 초과하여 수중불분리성 콘크리트의 염화물이온 침투저항성이 떨어짐을 알 수 있었다.
- (3) 수중불분리성 콘크리트의 염화물이온 침투 저항성을 향상시키기 위해서는 광물질 혼화제를 혼합하는 것이 염화물이온 침투 저항성에 다소 개선되는 효과가 있었으며, 특히 고로슬래그 미분말을 사용한 콘크리트의 경우 염화물이온 침투 저항성이 크게 향상됨을 알 수 있었다.

참고문헌

1. ASTM C 1202 Test (Standard Test Method for Electrical Indication of Concrete's Ability to Resist Chloride Ion Penetration)
2. R.E. Streicher and M.G. Alexander, "A Chloride Conduction Test for Concrete", Cement and concrete Research, Vol. 25, No. 6, 1995.

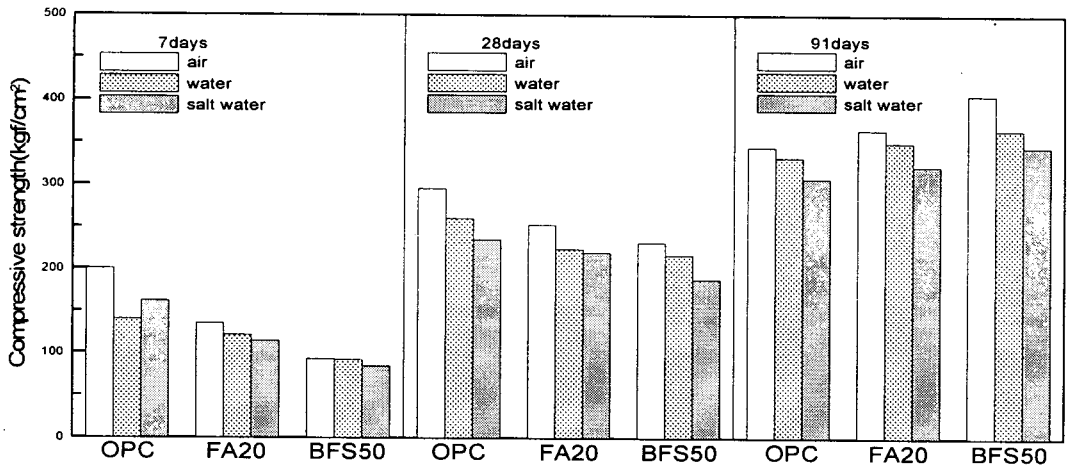


그림 1 콘크리트 종류별 압축강도

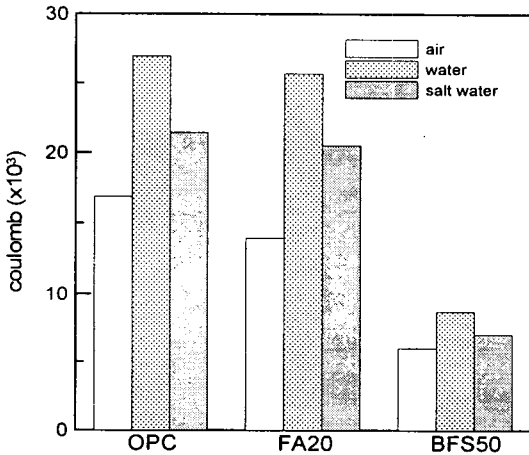


그림 2 콘크리트 종류별 총 통과전하량(28days)

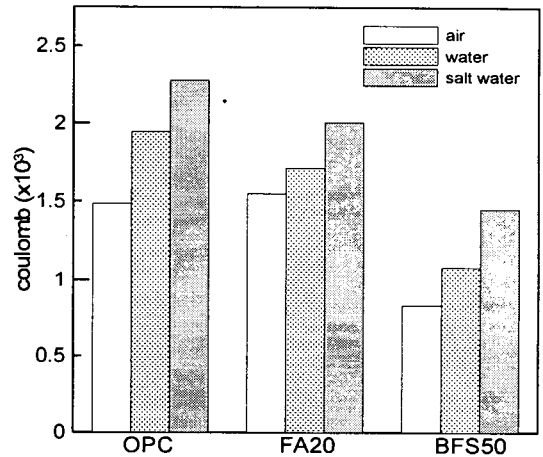


그림 3 콘크리트 종류별 총 통과전하량(91days)

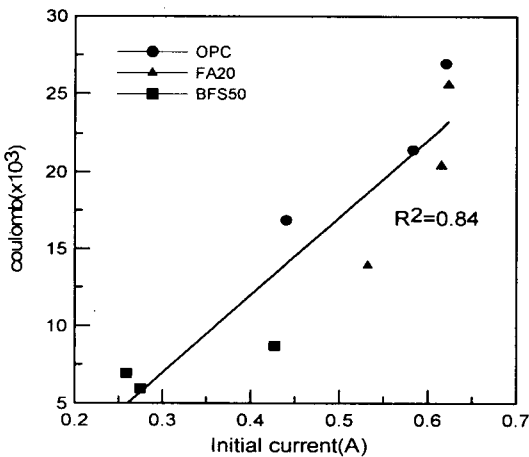


그림 4 초기전류와 총통과전하량(28days)

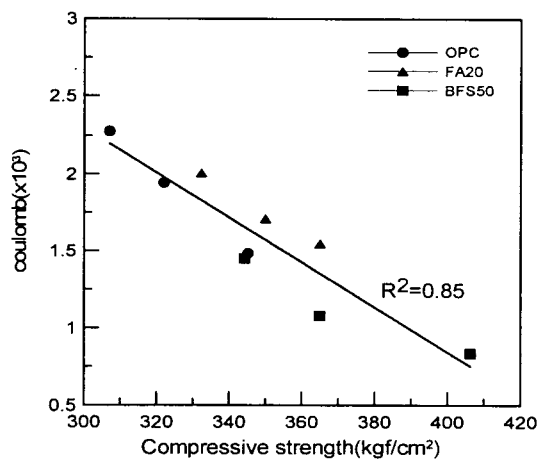


그림 5 압축강도와 총통과전하량(91days)