

# 압력조건을 고려한 콘크리트의 염화물이온 침투 장치 개발

## Development of Chloride-ion Penetration Device for Concrete Considering Pressure Condition

김 경 태\*      김 규 용\*\*      이 상 규\*\*\*      황 의 철\*\*\*      손 민 재\*\*\*      남 정 수\*\*\*\*

Kim, Gyeong-Tae    Kim, Gyu-Yong    Lee, Sang-Kyu    Hwang, Eui-Chul    Son, Min Jae    Nam, Jeong-Soo

### Abstract

In this study, the device was developed for evaluating the effect of pressure on chloride ion penetration of concrete. And chloride-ion penetration depth and water soluble chloride contents was evaluated concrete using ordinary portland cement and blast-furnace slag cement using developed device. As a result, chloride ion penetration of concrete was promoted according to the action of pressure and the exposure period, and the incorporation of blast-furnace slag was effective for chloride attack resistibility under pressure.

키 워 드 : 압력, 해양콘크리트, 염화물이온 침투, 염해저항성  
keywords : pressure, marine concrete, chloride-ion penetration, chloride attack resistibility

### 1. 서 론

해양콘크리트 구조물은 노출조건에 따라 비말대, 간만대, 침지대로 구분되며 침지대에 위치한 콘크리트는 수심이 10m 깊어질수록 1atm의 압력을 받게된다. 한편, 콘크리트는 다공성 재료로서 압력의 크기 및 노출시간의 증가에 따라 외부환경으로부터 수분 침투가 촉진되는 경향을 나타낸다<sup>1)</sup>. 따라서 압력의 증가는 콘크리트 조직 내부의 염화물 이온 침투를 촉진시켜 내구성이 급격히 저하될 우려가 있다. 본 연구에서는 압력조건을 고려한 염화물이온 침투 실험장치를 개발하고, 보통 포틀랜드시멘트와 고로시멘트를 활용한 콘크리트에 대한 평가를 통해 압력이 콘크리트의 염화물이온 침투에 미치는 영향을 평가하고자 하였다.

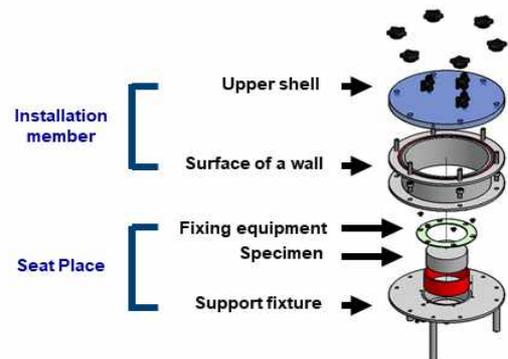


그림 1. 압력조건을 고려한 염화물이온 침투 실험장치

### 2. 장치개발 및 실험계획

#### 2.1 압력조건을 고려한 염화물이온 침투 장치 개발

개발한 압력조건을 고려한 염화물이온 침투 실험장치를 그림 1에 나타냈다. 시험체는  $\phi 100 \times 50\text{mm}$ 로 설정하여, 고무링과 고정 장치를 활용하여 안착부에 고정하도록 고안하였으며, 장치의 각 부위는 볼트를 활용하여 내부 압력의 누출을 방지하였다. 장치의 하단에는 밸브를 설치하여 압력과 염수의 누출 여부를 확인하고 시험체의 각 표면에 압력구배가 생기도록 설치하였다. 염수는 ASTM D 1141에 준하여 제조한 인공해수를 투입하였으며, 컴프레셔와 레귤레이터를 활용하여 압력을 조절하였다.

표 1. 실험계획

실험변수	실험수준	평가항목
시멘트 종류	<ul style="list-style-type: none"> <li>보통 포틀랜드시멘트</li> <li>고로시멘트</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>압축강도</li> <li>염화물이온 침투깊이</li> <li>수용성 염화물량</li> </ul>
가압 조건	1, 6 atm	
노출 기간	3, 7, 28, 56 days	

표 2. 콘크리트 배합

시험체 ID	W/B	S/a	W (kg/m <sup>3</sup> )	Unit weight* (kg/m <sup>3</sup> )			
				OPC	PBC	S	G
OPC	0.38	0.45	164	429	-	752	967
PBC				-	429	752	967

\* OPC : 보통 포틀랜드시멘트, PBC : 고로시멘트

\* 충남대학교 건축공학과 석사과정  
\*\* 충남대학교 건축공학과 교수, 교신저자(gyuyongkim@cnu.ac.kr)  
\*\*\* 충남대학교 건축공학과 박사과정  
\*\*\*\* 충남대학교 건축공학과 조교수

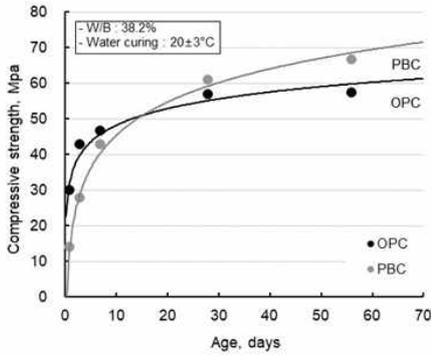


그림 2. 시멘트 종류에 따른 재령별 압축강도 측정결과

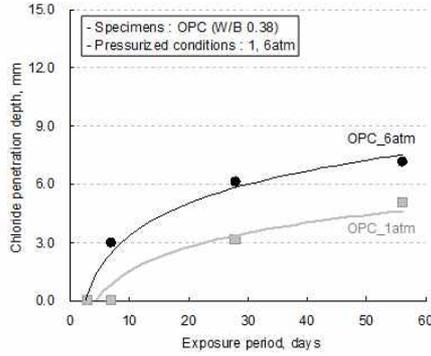


그림 3. 가압 크기에 따른 염화물이온 침투깊이 측정결과

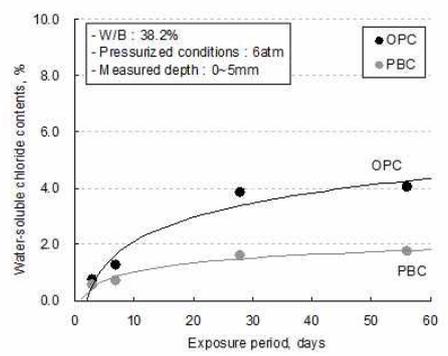


그림 4. 시멘트 종류에 따른 수용성 염화물량 측정결과

## 2.2 실험계획 및 방법

압력이 콘크리트의 염화물이온 침투거동에 미치는 영향을 평가하기 위한 실험계획 및 평가방법을 표 1에 나타냈다. 가압 조건은 1atm과 6atm으로 설정하였으며, 보통 포틀랜드시멘트와 고로시멘트 콘크리트의 염화물이온 침투깊이, 수용성 염화물량을 측정하였다. 콘크리트 배합은 콘크리트구조설계기준에서 제안하는 특수한 환경에 노출된 콘크리트의 재령 28일 압축강도 35MPa를 만족시키기 위해 표 2와 같이 설정하였다. 목표 공기량은  $4.0 \pm 0.5\%$ 로 설정하였으며, AE감수제를 활용하여 목표 공기량을 달성하였다. 고로시멘트는 고로 슬래그 미분말 함량 38%의 고로시멘트 2종을 사용하였다.

## 3. 실험 결과 및 고찰

그림 2에 시멘트 종류에 따른 재령별 압축강도를 나타냈다. OPC, PBC 콘크리트의 재령 28일 압축강도는 각각 46.7, 42.7MPa로 측정되어 두 시험체 모두 설계기준강도를 만족하였다.

그림 3에 OPC 콘크리트의 가압 크기에 따른 염화물이온 침투깊이를 나타냈다. 1atm의 압력과 인공해수에 노출된 콘크리트는 노출기간이 7일까지 경과함에도 불구하고  $AgNO_3$  분무에 따른 변색깊이를 육안으로 확인이 어려웠으나, 6atm의 압력을 받은 시험체를 인공해수에 노출시킬 경우 약 3mm의 침투깊이를 나타냈다. 이후 노출기간의 증가에 따라 염화물이온 침투깊이는 증가하며, 6atm의 압력을 받은 콘크리트에서 염화물이온 침투깊이가 큰 경향을 나타냈다.

그림 4에 시멘트 종류에 따른 수용성 염화물량 측정결과를 나타냈다. 두 시험체 모두 노출기간의 경과에 따라 콘크리트의 수용성 염화물량은 증가하는 경향을 나타냈다. 특히, 고로시멘트를 사용한 PBC 시험체의 경우, 보통 포틀랜드시멘트를 사용한 OPC 시험체 보다 낮은 수용성 염화물량을 나타냈다.

## 4. 결 론

압력조건을 고려한 염화물이온 침투 장치를 개발하고 보통 포틀랜드시멘트 및 고로시멘트를 활용한 콘크리트의 염해저항성을 평가한 결과, 압력의 작용과 노출기간의 경과에 따라 콘크리트의 염화물이온 침투깊이 및 수용성 염화물량은 증가하는 경향을 나타냈다. 따라서 압력은 콘크리트의 염화물이온 침투를 촉진시키는 것으로 판단되며, 향후 압력이 염화물이온 침투 속도에 미치는 영향에 대한 평가가 필요할 것으로 판단된다. 또한, 콘크리트의 고로슬래그 미분말 혼입은 압력이 작용하는 환경에서도 우수한 염해저항성을 나타냈다.

## Acknowledgement

이 논문은 2015년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. NRF-2015R1A2A2A01007705)

## 참 고 문 헌

1. Yoo, J. H., Lee, H. S., & Ismail, M. A. (2011). An analytical study on the water penetration and diffusion into concrete under water pressure. Construction and Building Materials, Vol.25, No.1, pp.99~108