

물시멘트비가 다른 원전 콘크리트의 염화물 침투저항성 비교평가

Comparison and Evaluation of Chloride Penetration Resistance in Nuclear Power Plant Concrete with Different Water-to-Cement Ratios

손정진¹ · 김지현² · 정철우^{3*}

Son, Jeong Jin¹ · Kim, Ji-Hyun² · Chung, Chul-Woo^{3*}

Abstract : In the present investigation, the chloride ion penetration resistance of nuclear power plant concrete with varying water-to-cement ratios was assessed. A comparative analysis was conducted on concretes that do not incorporate supplementary cementitious materials, such as fly ash, using permanently decommissioned nuclear structures as a reference. The objective is to employ this acquired data as a fundamental resource for the evaluation of the residual service life of nuclear power plant structures in subsequent studies.

키워드 : 원자력발전소, 염화물 침투저항성, 콘크리트

Keywords : nuclear power plant, chloride penetration resistance, concrete

1. 서론

국내의 원자력 발전소는 원자로의 냉각수 공급을 위해 해안가 주위에 위치하고 있어 철근 콘크리트 구조물의 염화물 침투에 의한 철근 부식과 같은 내구성 저하의 발생 가능성이 있어 확산성 평가 및 정확한 잔존수명 평가를 위한 데이터가 필요하다.

이에 따라 본 연구에서는 국내 원자력 구조물의 추정배합을 활용하여 각각의 염화물 확산계수 값을 프로파일링하여 추후 잔존수명 평가를 위한 데이터로 활용하고자 한다.

2. 배합 및 실험방법

2.1 사용재료 및 배합

콘크리트의 배합 중 시멘트는 국내 S사에서 사용되는 1종 보통 포틀랜드 시멘트를, 골재는 쇄석과 세척사를 사용하였다. 원전 콘크리트의 배합을 추정하기위 물시멘트비를 33%에서 66%로 6가지 범위로 나누어 배합을 진행하였고, 혼화제는 국내 폴리카르본산계 고성능감수제를 공기량 확보를 위해 F사의 공기연행제를 사용하였다.

표 1. 원전 콘크리트 추정 배합표(Unit: kg/m³)

	W/c (%)	Water	Cement	Fine Aggregate	Coarse aggregate	AEA ml(g)	WRDA ml(g)	Slump (mm)	Air Content (%)	S/a (%)
WC33,2-155	0.33	155.00	467.30	646.40	1037.80	27.27	354.55	70.00	3.00	38,38
WC41,6-167	0.42	167.00	401.50	757.60	1046.21	3.64	163.64	180.00	1.00	
WC46,6-167	0.47	167.00	359.40	771.44	1065.32	32.73	143.64	210.00	2.00	42,00
WC51,6-167	0.52	167.00	323.70	783.17	1081.51	7.27	100.00	70.00	2.00	
WC61-163	0.61	163.00	267.20	863.88	1055.85	1.82	72.73	170.00	1.50	45,00
WC66-163	0.66	163.00	247.00	870.99	1064.55	3.64	54.55	65.00	3.00	

1) 부경대학교 건축·소방공학부, 석사과정
 2) 부경대학교 융복합인프라기술연구소, 전임연구교수
 3) 부경대학교 건축공학과, 교수, 교신저자(cwchung@pknu.ac.kr)

2.2 염화물 침투 저항성

염화물 침투 저항성을 확인하기 위해 NT Build 492 방법에 의해 실험을 진행하였다. 시편은 실험 전 석회수 (Ca(OH)₂ 포화 수용액)에 20±2시간 침지시킨 후 진행하였으며 용액의 온도는 열전대를 이용하여 측정하였다. 불안정상태의 염화물 확산계수 값은 해당 기준에서 제시한 식(1)을 사용하여 계산하였다.

$$D_{nssm} = \frac{0.0239(273 + T)L}{(U-2)t} \left\{ X_d - 0.0238 \sqrt{\frac{(273 + T)L \times X_d}{U-2}} \right\} \quad (1)$$

D_{nssm} : 불안정상태 확산계수($\times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$)

U : 적용전압의 절대치(V)

T : 용액의 초기온도와 최종온도의 평균치(°C)

L : 공시체 두께(mm)

X_d : 염소 이온 침투 평균 깊이(mm)

t : 시험시간(hr)

3. 실험결과

원전 콘크리트 28일 압축강도, 불안정상태 확산계수는 그림 1과 그림 2에 나타내었다.

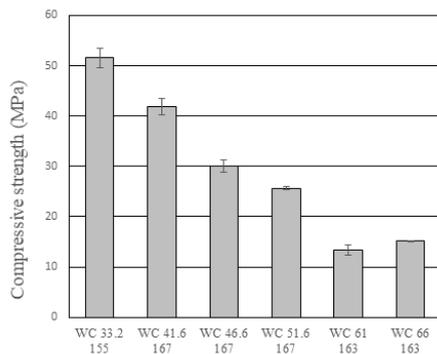


그림 1. 원전 추정 배합 재령 28일 압축강도

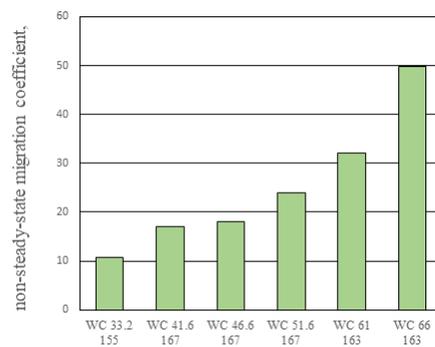


그림 2. 불안정상태 확산계수 ($\times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$)

4. 결론

물-시멘트비가 다른 원전 추정 배합 콘크리트의 염화물 침투저항성을 하였으며 그 결과, 물-시멘트비가 증가할수록 염화물침투저항성이 감소되는 것으로 확인되었다. 하지만 모든 배합에서 불안정상태 계수값이 $10 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$ 이상으로 측정되어 추후 구조물의 잔존수명 평가를 위한 데이터로 사용하기 위해서는 염화물 침투에 의한 철근부식 및 팽창에 의한 열화를 평가할 필요성이 있다.

감사의 글

본 연구는 2021년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술연구원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다(No. 202179 10100100).

참고문헌

1. NT BUILD 492. Concrete, mortar and cement-based repair materials: chloride migration coefficient from non-steady-state migration experiments. 1999. Nordtest.