지중 철근 콘크리트 구조물의 장기열화 실증실험 연구

권기정*, 윤정현, 박주완
한국원자력환경공단, 대전광역시 유성구 가정로 168번길
*kjkwon@korad.or.kr

1. 서론

중·저준위 방사성폐기물 처분시설의 안전한 운영을 위해 공학적 방벽 역할을 하는 콘크리트의 건전성에 영향을 미치는 열화인자 중 염해, 철근 부식, 침출 현상에 대한 정량적 분석이 필요하며, 이러한 공학적 방벽의 실용화 방안에 대한 활용예측을 위해 시장성 및 경제성 분석을 위한 연구가 필요한 실정이다. 또한, 공학적 방벽의 경우, 현장 부지의 지화학적 특성 및 주변 환경을 모사하여 방벽에 미치는 여러 사항을 도출해 내는데 목적이 있으며, 장기간 동안 환경외력에 저항할 수 있을 정도의 안전성과 안정성을 갖추어야 한다.

지하 처분환경 하에서 콘크리트 구조물의 장기열화특성을 평가하기 위해 현장부지 실증 실험장치에 대한 기본개념을 설정하였다. 또한, 실제 실증실험장치 제작 시 발생할 수 있는 문제점을 최소화하기 위해 예비 실험체를 제작하여 주입압력, 수리전도도, 분석센서의 내구성 등을 사전 검토하였다. 이를 토대로 처분환경에서의 공학적방벽 열화특성을 규명하고, 개발된 모델결과의 입력변수와 예측결과를 검증하기 위해 실험장치(On-site Experimental facility)를 제작하여 공학적방벽의 장기 건전성을 입증 중에 있다.

2. 재료 배합 및 실험장치 구성

2.1 콘크리트 배합

본 연구에 사용한 철근콘크리트는 콘크리트 제조를 위한 결합재로는 Table 1에서 나타낸 것과 같이 CP-C2 기준을 만족하는 국내 중.저준위 방사성폐기물 처분시설에 사용한 Type 1 시멘트를 사용하였다.

Table 1. Design of concrete mixture

W/C (%)	S/A (%)	Unit Weight (kg/m^3)					
		W(물)	C	S	s	G	FA
40	41.9	185	375	418	278	961	94

2.2 실험장치 구성 및 모니터링 시스템

콘크리트 시편 제작은 KS F 2403(콘크리트 강도 시험용 공시체 제작방법)에 준하여 제작하였다. 이 때 콘크리트 시편 내부에는 측정하고자 하는 염해 및 철근부식센서가 매립되며, 매립시에는 센서의 감지부가 해당 위치에 정확히 위치할 수 있도록 센서 고정틀을 별도로 제작하여 전극을 매립 설치하였다. 또한 콘크리트 장기열화 실증실험장치에 주입 및 유출되는 지하수의 기본 자료 확보를 위해 지하수 pH, 온도, ORP, 전도도/염도, 용존산소 농도를 자동으로 다목적 센서를 설치하였다.

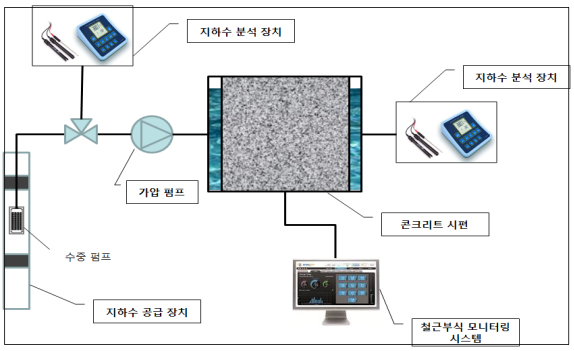

Fig. 1. Configuration of experimental system(1).

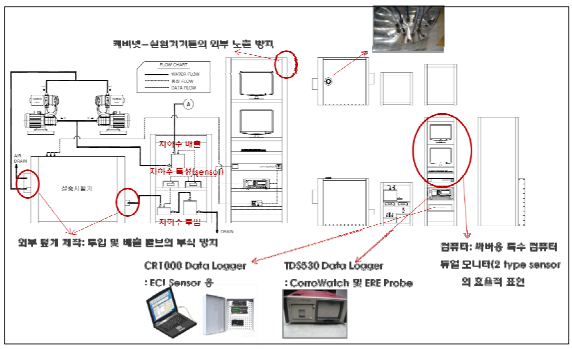

Fig. 2. Configuration of monitoring system.

모니터링 시스템은 Fig. 2에서 보는 바와 같이 콘크리트 시편 내 염해/철근부식 센서는 시험체 내 총 3개의 주철근에 각각 4개의 측정 Probe가 있는 센서를 각각 설치하여 운영데이터 취득은 총 12개의 채널로 수집하도록 하였다. 매립된 센서는 데이터로거를 거쳐 자동 모니터링 된다. TDS-530

는 CorroWatch 다중 탐침 센서에서 측정되는 데이터를 수집하는 데이터로거이며, 이 데이터로거의 측정 결과는 Static-LCS S/W를 통하여 PC로 수집된다. Static-LCS는 Static Logger Control Software의 약자로 일본 Tokyo Sokki사 Static 데이터로거를 사용함에 있어서 RS-232C 통신을 이용한 데이터로거에서의 조작 없이도 직접 프로그램으로 장비를 제어하고 측정데이터를 노트북이나 컴퓨터로 바로 수집할 수 있도록 하는 장비운영 소프트웨어이다.

2.3 실험조건

처분시설 위치에서 지하수 공급장치를 직접 설치하여 실험장치에 주입할 수 있도록 하였다. 지하수 공급장치는 더블 패커를 설치하여 일정한 조건의 지하수가 교반 없이 공급될 수 있도록 하였다. 콘크리트 시편에 지하수를 주입하기 전에 지하수 분석장치를 설치하여 콘크리트 시편으로 주입되는 지하수의 특성을 분석하였다. 또한, 콘크리트 시편 앞에 가압펌프를 설치하여 주입되는 지하수의 압력을 2.1 bar로 일정하게 유지하게 실험을 수행하였다.

3. 결론

'12년 실험장치 제작 설치 및 시운전을 통해 측정장비를 안정화 하였으며 현재까지 3 년여의 결과를 Fig. 3에 '13년 1월부터 측정한 CorroWatch 모니터링 결과를 나타내었다.

일반적으로 CorroWatch-ERE 전극 사이에서 측정되는 전압 감소특성을 관찰하여 콘크리트 내에 매설된 철근에서 발생하는 부식진행 정도를 파악할 수 있으며, 그 예를 Fig. 4에 나타내었다. Fig. 4와 같이 부식이 진행될 경우 전압 수백 mV의 전압이 강하하는 특성을 나타낸다.

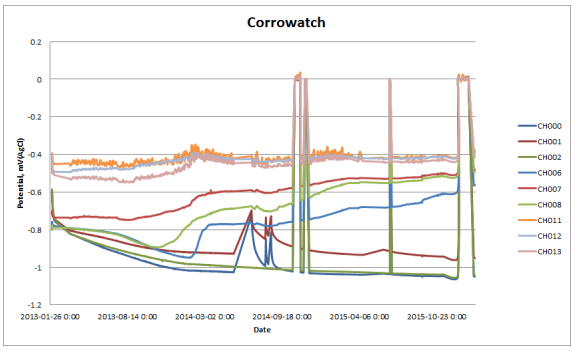

Fig. 3. Results of CorroWatch Monitoring.

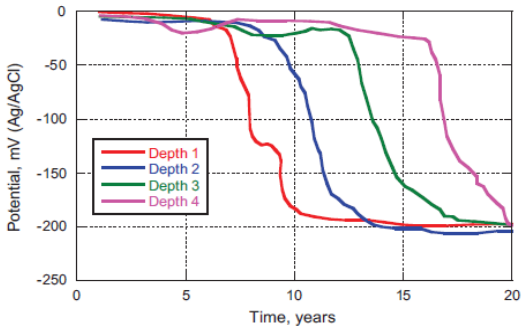

Fig. 4. Reference of CorroWatch-ERE probe in sea water condition.

하지만, 콘크리트 장기열화 실증실험장치에 매립된 CorroWatch 센서에서는 Fig. 3에서 살펴보듯이 아직 -1.1 mV의 전압강하도 측정되지 않은 것을 알 수 있는데 이는 Corrowatch 철근부식 센서는 염화물 및 탄산화가 센서에 직접 맞닿아 발생하는 전압의 강화현상이 관측되지 않는 것을 미루어 철근부식 현상은 진행되지 않은 것으로 나타나 건전성을 유지하는 것으로 판단된다.

4. 감사의 글

본 연구는 2014년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (*No. 20141720100570*)

5. 참고문헌

[1] J.G. Cabrera, "Deterioration of concrete Due to Reinforcement Steel Corrosion", Cement & Concrete Composites 18. 47-59, (1996).

[2] 한국원자력환경공단, "실증실험동굴 운영결과보고서"(2015).