

해외 원자력발전소 방호도장 유지관리 현황 고찰

Study on Protective Coating Management Status in Overseas Nuclear Power Plant

임 상 준*

Lim, Sang-Jun

Abstract

Protective coatings at nuclear power plants should be designed to withstand exposure to ambient conditions during normal operation or design-basis accidents. However, there was a change in the perception of the protective coating to the revision of the Regulatory Guidelines by the NRC in July 2000. In other words, maintenance guidelines have been strengthened in order to minimize the clogging of the cooling water system due to the substances in the containment building. Therefore, KHNP, the contractor and operator of the nuclear power plant, plans to develop the coating system for nuclear power plants in accordance with the regulation, and plans to develop its own coating expert.

키 워 드 : 원자력발전소, 방호도장, 규제기준

keywords : nuclear power plant, protective coating, regulatory guide

1. 서 론

상업운전중인 원전에서의 안전성 관련 도장의 유지관리는 관련 기술기준에 따라 계획된 절차서에 따라서 검증된 인력에 의하여 관리되고 시공 및 보수되어야 한다. 국내에서는 원자력발전소 방호도장에 대한 신규제지침 및 인허가 요건의 효율적인 이행을 위하여 전체적으로 원전 격납건물 내부기 방호도장 유지관리 방안을 수립하여 추진 중에 있다. 본 연구에서는

해외 원자력발전소의 방호도장 관리 현황 및 규제기준에 대해 살펴보고 국내 기동중인 원전의 적용성을 평가하고자 한다.

2. 해외 원전 방호도장 규제현안

1973년 미국에서 원전의 방호도장 관련 규제지침인 Regulatory Guide 1.54가 처음 발행되었을 때에는 이 기준을 만족시키는 방호도장은 설계수명 기간동안 그 기능을 유지할 것으로 생각하였다. 미국의 NRC는 미국 내 원전 운전 경험 및 방호도장 유지관리 기록 검토결과를 도출하고 2000년 7월 새로운 규제지침인 Regulatory Guide 1.54 Rev.1을 개정하여 발표하게 되었다. 2000년 7월 미국 NRC에서 Reg. Guide 1.54 Rev.1(2000.7) 개정판을 제시함으로써 이내 과거 ANSI기준에 의해 관리해 오던 도장에 대한 인식의 변화가 있었으며, 국내의 규제(조건)도 보다 구체화 되었다. 즉, 안전성 관련 도장에 대한 이해 및 사고 시 격납건물 내부의 이물질로 인한 SUMP SCREEN의 막힘 현상을 최소화하기 위한 설계방안을 강구하였으며, 특히 도장부분에 대해서는 ASTM D5962, ASTM D 5163을 통하여 기동 중 발전소의 미검증도장 유지관리 및 도장성능감시 절차 등에 대한 내용을 ANSI 보다 구체화 시켰다.

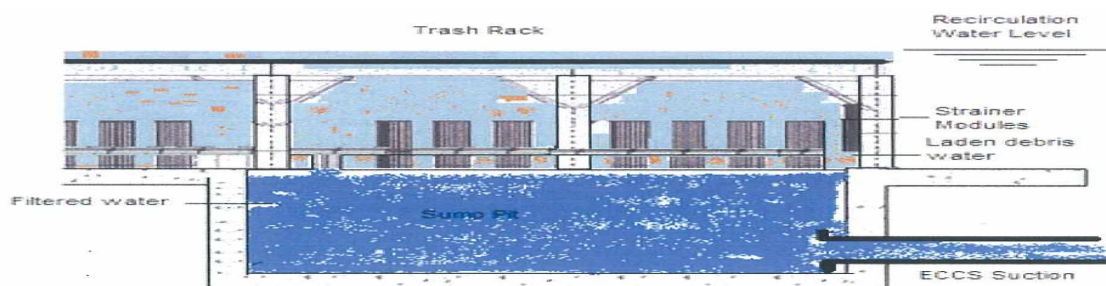


그림 1. 살수계통 개념도

* 한국수력원자력 중앙연구원, 교신저자(juni6834@khnp.co.kr)

표 1. 규제지침 개정 현황

연구자	연구내용
NRC Reg. Guide 1.54 Rev.0 (1973)	건설시 도포한 방호도장은 원전 설계수명 기간 동안 성능저하가 되지 않음 (별도의 유지관리 프로세스에 대한 언급이 없음)
NRC Reg. Guide 1.54 Rev.1 (2000)	운영 중 여러 형태의 열화 현상이 나타남 → 보수시스템 구축요구 (검사자 인증절차, 도장성능 감시절차, 미검증 도장 유지관리 등 추가)
NRC Reg. Guide 1.54 Rev.2 (2010)	설계, 건설 및 운영 전반에 도장전문가(Coating Specialist)도입 요구 ASTM D3911 DBA 시험요건 변경 부착력 시험기준 변경

3. 해외 원자력발전소 방호도장 유지관리 현황

해외 원자력발전소의 도장 기술기준은 ANSI Code에서 ASTM Code로 바뀌었고, 관련 규제요건(Reg Guide 1.54 Rev.2) 또한 계속 강화되고 있으며, 이에 따라 수많은 경우의 수를 갖게 될 도장체계의 정립 및 대체도로 개발은 원전 안전성 관련 도장의 매우 중요한 사안으로 대두되어 왔다. 2003년도에는 NRC에서 가압경수로 Sump Screen 막힘 현안 연구가 있었으며, 2004년 OECD/NRC 워크샵에서 원자력 보유국의 적극적인 규제 움직임을 보였다. 또한 미국 GSI-191이 이물질(잡쓰레기, 방호도장재, 배관보온재 등), 양, 크기, 분포, 이송특성, 막힘 특성 등 불확실성 인자가 존재하여 LOCA시 막힘 가능성이 50~70%에 이른다는 연구결과가 나왔다. 스웨덴에서도 BWR ECC Strainer가 막혀 현안이 된 적이 있었다.

미국 Duke Power가 운영하는 Oconee 원전 1,2호기의 안전성 관련 도장이 3호기와는 달리 건설당시 품질 관리 없이 시공되어 현재까지 가동 중인데 건설 당시에 적용된 도장체계는 무기 이연말 프라이머 하도에 페놀릭 에폭시 상도로 시공되었으며, 현재의 도장 상태는 매우 열악한 상태로 알려져 있다.

캐나다는 Gentilly-2 원전 및 Point Lepreau 원전에서 사용 후 연료 저장조 에폭시라이너의 균열과 부풀음 현상이 나타남에 따라 에폭시 라이너 열화 및 보수방법에 관한 연구를 수행 중이다.

4. 해외와 국내 원전의 안전성 관련 도장의 차이점

현재 해외 원자력 도장의 경우 우리나라 원전에 비하여 차이점은 아래와 같다.

- 복잡한 원전 도장시스템을 단일화, 간소화 방향으로 추진하여 보수 도장체계를 간단히 하고 있다.
- 해외 원전의 각 발전소별 도장전문가가 상주하여, 발전소별 도장 프로그램을 셋업하고, 각종 시공 및 보수에 참여하고 가동중인 발전소 도장 전체에 관여하고 있다.
- 도장이력에 대하여 간소화하는 시스템으로 추구하여, 보수도장이 이뤄진 것은 검증도장으로 결정하고 이에 대한 자료는 확보하지 않고, 간소화 하는 방향으로 추진하고 있다.
- 가동원전 경우 해외에서 제작된 구형 발전소의 도장체계가 1억형 도료가 섞여 있으며, 현재는 신규 모두 2억형 도료가 사용되고 있으나, 해외 경우 주로 용사시스템 방식으로 도장이 진행되고 있으며, 이는 가격은 올라갈 수 있으며 장기적으로 보수를 없앨 수 있는 방안의 하나로서 추천되기도 한다.

5. 결 론

선진국의 규제변화 중 가장 중요한 것이 유기 용제량 규제를 들 수 있는데, 현재 원전에서 사용하고 있는 도장재의 많은 부분도 유기용제를 사용하는 에폭시와 폴리우레탄계를 적용하고 있다.

현재까지 국내에서는 유기용제에 대한 규제사항이 별도로 없으나, 선진국의 경우 도장산업에 대한 환경규제가 엄격해 지고 있는 추세로 실제 사업 수행시 선정된 도장재가 미국 일부 주에서는 유기용제의 규제로 인하여 사용불가능한 사례가 있었으며, 장기적으로 국내에서도 이러한 규제에 대비가 필요한 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. U.S. NRC, REGULATORY GUIDE 1.54 (Rev.1), 2000
2. U.S. NRC, REGULATORY GUIDE 1.54 (Rev.2), 2010