

# 가동원전 방화벽 관통부 관리방안

오 승 준

(주)파워빌트씨앤이

## Management of Fire Barrier Penetration Seals in Operating Nuclear Power Plants

Oh, Seung Jun

Power Built Consulting & Engineering, Inc.

### 요 약

원자력발전소 화재방호 규정이 제정되기 이전에 설계되어 방화벽 관통부 내화성능 인증자료가 미흡하였던 국내 일부 가동원전들은 최근 성능인증이 완료되었거나 진행 중이다. 성능인증이 완료된 방화벽 관통부는 발전소 운영기간 동안 요구성능이 유지되도록 적합한 관리방안이 필요하다. 본 논문에서는 성능인증이 완료된 가동원전을 대상으로 방화벽 관통부 관리현황의 적합성을 평가하고 관리방법 및 절차를 향상시키기 위한 향후 과제를 제안하였다.

### 1. 서 론

방화벽 관통부(Fire Barrier Penetration Seal)는 건축물의 개구부, 개구부를 통과하는 관통재, 개구부 틈새를 밀폐하는 밀봉재 등을 종합한 내화충전구조를 말하며 화재가 발생 장소 이외의 방화지역으로 전파되는 것을 차단하는 역할을 한다.

미국의 원자력 화재방호 규정에서 방화벽 관통부는 방화벽과 동등한 내화성능을 갖는 구조로 시공할 것을 요구하고 있다. 또한 방화벽 관통부의 내화등급은 내화시험 등을 통해 성능이 입증되어야 하고 관통부 성능을 입증하는 문서를 구비하여야 함을 규정하고 있다<sup>1-3)</sup>. 이와 같은 규제정책에 따라 미국 내 모든 원전은 관통부 내화충전구조에 대해 성능평가를 수행하고 성능이 미달된 관통부에 대해서는 적정 내화성능이 유지되도록 개선을 완료하였다.

국내 일부 원자력발전소들은 화재방호 규정이 제정되기 이전에 설계되었으므로 관통부의 내화성능을 입증하는 인증서류가 구비되어 있지 않았으며, 발전소 운영기간 동안 많은 관통부의 재질과 구조가 변경되어 내화성능이 미흡한 관통부가 상당수 존재하였으므로 이에 대한 평가 및 시공개선이 필요하였다. 국내 원자력산업계에서는 이러한 문제점을 인식하고 방화벽 관통부의 성능을 개선하고자 하는 노력과 실험적 평가를 지속해 왔으며, 최

근에는 축적된 연구경험을 토대로 운전 중인 원자력발전소까지 관통부 성능평가를 확대 적용하여 실증평가를 완료하였거나 진행 중이다<sup>4,6)</sup>.

성능인증이 완료된 방화벽 관통부는 발전소 운영기간 동안 요구성능이 유지되도록 적합한 관리방안이 필요하다. 본 논문에서는 성능인증이 완료된 가동원전을 대상으로 방화벽 관통부 관리현황의 적합성을 평가하여 관리방법 및 절차를 향상시키기 위한 향후 과제를 제안하고자 한다.

## 2. 방화벽 관통부 밀봉재료 및 열화

원자력발전소의 방화벽 관통부 밀봉재는 실리콘 폼(Silicone Foam), 실리콘 탄성중합체(Silicone Elastomer), 세라믹 섬유(Ceramic Fiber), 모르타르(Mortar), 그라우트(Grout), 부트 씰(Boot Seal) 등 여러 종류의 재질이 사용되고 있으며 내화등급, 관통재의 종류 및 형태, 요구성능 등에 따라 다양한 형태로 시공되어 있다.

방화벽 관통부는 기본적으로 내화성능을 만족하여야 하며 방화벽의 운전조건에 따라 부가적으로 내압성능, 수밀기능, 방사선차폐기능 등을 만족하여야 한다. 방화벽을 관통하는 관통재는 주로 배관, 케이블, 덕트 등이다. 배관 관통부의 경우에는 진동이나 열팽창을 수용할 수 있는 밀봉재가 시공되어야 하며 케이블 관통부의 경우에는 케이블 절연체가 가연성물질이므로 다른 관통부에 비해 더욱 내화성능이 중요시 된다.

가장 보편적인 방화벽 관통부 밀봉재로 사용되는 실리콘 폼은 시간이 경과함에 따라 시공지역의 운전조건이나 풍화작용 등에 의해 수축, 균열, 재료손실, 마모 등 재료 자체의 경년열화가 발생하며, 케이블의 재포설 후 밀봉재의 원상복구 불량 등과 같은 요인으로 인위적인 손상에 의해 열화가 발생한다. 방화벽 관통부 밀봉재의 열화영향은 육안검사에 의하여 검출이 가능하며, 운전경험에 따르면 의도된 기능 상실 이전에 매 연료 재장전시마다 검사함으로써 열화정후의 탐지가 가능하다.

## 3. 방화벽 관통부 관리현황

### 3.1 관통부 밀봉재 점검절차

방화벽 관통부 밀봉재에서 발생하는 문제점은 국내외 원전에서 경험한 관통부 밀봉재 운전경험을 통해 대부분의 발전소에서 유사한 것으로 파악되었다.

미국 원자력규제위원회에서는 관통부 밀봉재 운전 및 정비경험, 연구결과 등을 반영하여 ‘경년열화에 관한 일반교훈 보고서(Generic Aging Lessons Learned Report, 이하 GALL 보고서)<sup>7)</sup>를 발간하였으며 이 보고서에서는 관통부 밀봉재에 대해 경년열화관리 프로그램을 적용할 것을 권고하고 있다.

국내의 성능인증이 완료된 발전소에서 운영 중인 관통부 점검절차서는 국내외 운전경험, 외국발전소 점검절차서, GALL 보고서에서 권고하는 경년열화관리 프로그램의 내용

등을 참조하여 작성되었으며 주요 내용은 표 1과 같다.

표 1 관통부 점검절차서 주요 내용

- 관통부 육안점검 주기 및 범위
- 관통부 목록
- 관통부 육안점검 양식
- 관통부 점검자 자격요건
- 관통부 육안점검 내용
  - 경화로 인한 밀봉재 균열, 탈락, 구멍, 파손, 재료층 분리, 풍화작용에 의한 수축 등을 확인
  - 최소한 18개월(또는 연료장전기간) 마다 약 10%씩 육안점검을 수행하고 정년연화가 확인 되면 점검범위를 확대함
- 관통부 육안점검 판정기준
- 관통부 DB, 도면, 관련자료 활용 방안 및 성능인증 자료 확인 과정
- 관통부 변경, 신설, 폐쇄 시 처리 방안
- 육안점검결과 불만족 시 조치 사항

### 3.2 관통부 데이터베이스

선행연구<sup>8)</sup>를 통하여 방화벽 관통부 성능평가 및 유지관리용으로 데이터베이스가 구축되었으며 국내의 성능인증이 완료된 발전소에서 사용되고 있다. 그림 1은 방화벽 관통부 데이터베이스의 실행화면을 보여주고 있다.

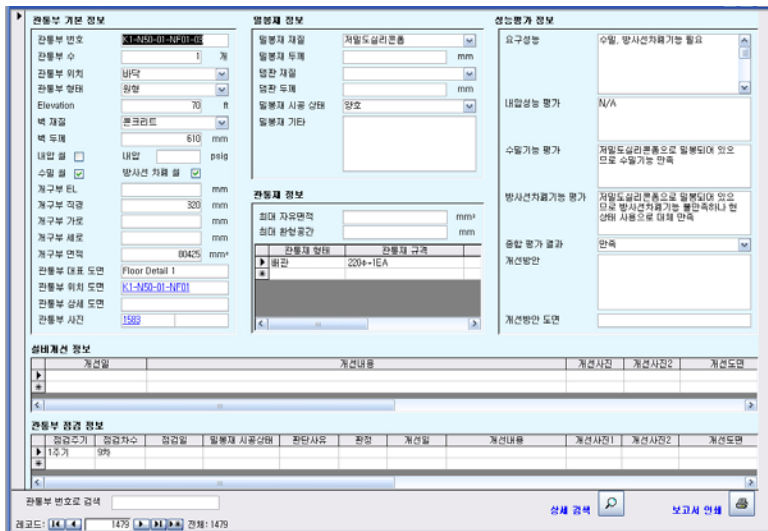


그림 1 방화벽 관통부 데이터베이스 실행 화면

방화벽 관통부 데이터베이스 구조는 정보의 기능적인 구분을 위해 6개 부문으로 분류되어 ‘관통부 기본정보’, ‘밀봉재 정보’, ‘관통재 정보’, ‘성능평가 정보’, ‘설비개선 정보’, ‘관통부 점검 정보’로 구성되어 있다. 관통부 유지관리를 위해 주로 사용되는 ‘관통부 점검 정보’에는 점검주기, 점검차수, 점검일, 시공상태, 판단사유, 판정결과 등이 기록 관리되어 관통부 성능인증 이후에도 지속적으로 관통부 점검 및 변경사항 관리가 가능하다.

#### 4. 방화벽 관통부 관리현황의 적합성 및 향후 과제

국내의 성능인증이 완료된 발전소에서 운영 중인 관통부 점검절차서는 국내외 운전경험, 외국발전소의 점검절차서, GALL 보고서에서 권고하는 경년열화관리 프로그램 내용 등이 충분히 활용되어 작성되었다. 따라서 관통부 육안점검과 관련하여 절차서에서 다루어야 할 점검주기, 점검방법 및 내용, 판정기준, 조치사항, 관련자료 등이 적합하게 기술되어 있으므로 현행 점검절차에 따른 주기적인 점검을 통해 관통부 열화와 관련된 문제점들이 조치 및 예방 가능할 것으로 판단된다. GALL 보고서에서 권고하는 경년열화관리 프로그램의 활용을 통한 운전경험에 따르면 방화벽 관통부 밀봉재에 대한 심각한 열화 관련 문제발생은 보고된 바가 없다.

방화벽 관통부 유지관리용으로 구축된 데이터베이스는 유지관리에 필요한 모든 정보가 수록되어 있으나 관통부 담당자의 개인 관리에 의존하는 실정이므로 실효성 향상이 필요한 것으로 파악되었다. 또한 방화벽 관통부 관련 도면도 관통부 유지관리 용도로만 작성되었으므로 변경사항이 발생할 때마다 개정관리가 어려운 문제점이 있다.

따라서 방화벽 관통부 관련 도면, 데이터베이스 등은 발전소 상위 관리시스템에 등록되어 지속적으로 유지관리되는 것이 바람직하며 데이터베이스의 경우, 일반 구조물(비방화벽) 관통부 정보, 관통부와 유사한 성격을 갖는 방화문, 방화 댐퍼 등의 데이터베이스와 연계하여 통합 관리하는 방안의 검토가 필요할 것으로 사료된다.

#### 참고문헌

1. USNRC(1981), 10CFR50.48, Fire Protection.
2. USNRC(1979), 10CFR50 App. R, Fire Protection Program for Nuclear Power Facilities Operating Prior to January 1.
3. USNRC(1981), BTP CMEB 9.5-1, Guidelines for Fire Protection for Nuclear Power Plants.
4. 한국수력원자력주식회사(2006), 고리1호기 방화벽 관통부 성능평가.
5. 한국수력원자력주식회사(2006), 월성1호기 방화벽 관통부 성능평가.
6. 한국수력원자력주식회사(2009), 고리2호기 방화벽 관통부 성능평가.
7. USNRC(2005), NUREG-1801, Generic Aging Lessons Learned(GALL) Report.
8. 오승준, 박준현(2006), 원자력발전소 방화벽 관통부 데이터베이스 개발, 한국화재소방학회 추계학술발표회 논문집.