

# 격납건물 종합누설률 예측방법 평가

## Evaluation of Prediction Methods for Containment Integrated Leakage Rate

양승옥\*, 이광대\*\*, 오웅세\*\*\*  
(Seung Ok Yang, Kwang Dae Lee, and Eung Se Oh)

**Abstract** - The containment leakage rate test performed on the nuclear power plants consists of following phases : pressurizing the containment, stabilizing the atmosphere, conducting a Type A test, conducting a verification test, depressurizing the containment. It takes more than 48 hours from the pressurization to the depressurization and the prediction of the results will help to prepare the next test phase. In this paper, to predict the leakage rate, the prediction methods based on the least square method are evaluated according to the input variables and the measurement period.

**Key Words** : Nuclear, Containment, Leakage Rate, Predict

### 1. 개요

원자력발전소 격납건물 종합누설률 시험은 원자력법에 따라 각 원자력발전소에서 5년마다 수행하게 된다. 이 격납건물 종합누설률 시험은 가압, 대기안정화, 본시험, 인위누설률 조성, 확인시험, 감압 등의 시험단계로 진행되며, 가압부터 시험종료후 감압까지 최소 48시간이상의 장시간이 소요된다. 따라서 전력연구원에서 개발하고 있는 시험장치에서는 시험수행자에게 다음 단계의 시험준비 및 시험 수행 계획 조정에 대한 도움을 주고자 각 시험구간의 종료시간과 종료 값에 대한 예측 정보를 제공하고자 하며, 이를 위해 예측을 위한 입력 데이터 및 분석범위를 비교, 평가하였다.

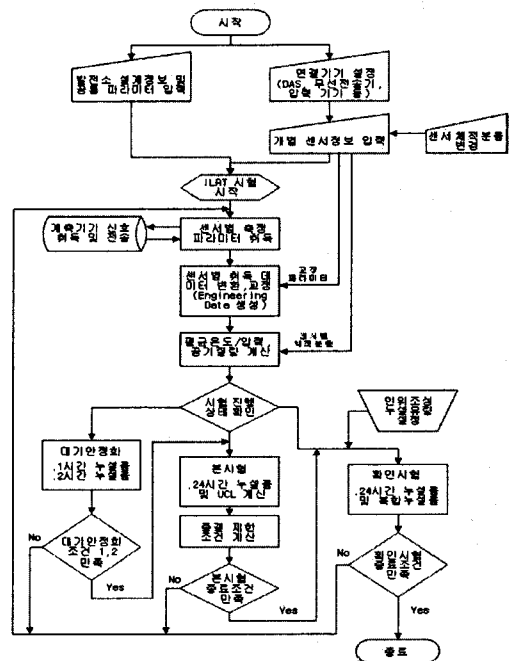
본 논문에서는 발전소 실제 시험데이터를 가지고 주요 시험구간인 본시험단계에 대한 공기누설률 예측을 입력 데이터 종류 및 분석범위, 예측식 차수 등을 달리하여 예측한 결과를 비교, 평가하였다.

### 2. 격납건물 종합누설률 예측치 평가

#### 2.1 격납건물 종합누설률 시험

격납건물 종합누설률 시험은 격납건물 내부 압력을 설계기준 사고시의 압력으로 가압한 후, 30~60개의 온도, 6~9개의 노점 온도, 1개이상의 절대압력을 3차원적으로 측정하면서 내부 공기 질량 변화를 계산하고, 이 공기질량 변화를 누설율로 계산하여 계산된 누설률이 규정치를 만족하는 지 평가하는 시험이다.

전력연구원에서는 격납건물 누설시험 장치를 개발하고 있으며 개발 시험장치의 누설률 계산 흐름은 그림 1과 같다.



[그림 1] 격납건물 누설률 계산 흐름도

#### 2.2 격납건물 종합누설률 예측을 위한 분석방법

격납건물 종합누설률 예측을 위한 분석 방법은 최소자승방법을 사용하여 1시간후의 누설률을 예측하였다. 그러나 예측을 위한 입력 자료로 사용하는 대상 데이터의 종류나 분석

저자 소개

- \* 非 會 員 : 전력연구원 I&C그룹 선임연구원
- \*\* 正 會 員 : 전력연구원 I&C그룹 선임연구원
- \*\*\* 準 會 員 : 전력연구원 I&C그룹 책임연구원

구간, 그리고 예측식의 차수에 따라 그 예측 결과가 상이할 수 있어 이에 대한 검토를 수행하였다.

본 논문에서 비교, 검토한 예측 입력 대상 데이터 및 분석 구간, 예측식 차수는 다음과 같다.

(1) 입력 데이터 종류

개발 장치의 누설률 계산 흐름을 기준으로 선정하였다.

- ① 공기질량 계산을 위한 측정변수(온도, 압력, 습증기압)
- ② 공기질량 : 측정변수로부터 계산
- ③ 누설률 : 공기질량으로부터 질량점분식에 의해 계산

(2) 분석 시간

누설률 예측시 사용하는 과거값의 범위를 달리하여 예측하여 보았다.

- ① 전구간 : 측정시작시부터 현재시점까지의 데이터
- ② 1시간전 구간 : 현재시점부터 1시간전까지의 데이터

(3) 예측식 차수

공기질량 예측식의 차수를 달리하여 예측하여 보았다.

- ① 1차식 :  $\hat{W}_i = At_i + B$
- ② 2차식 :  $\hat{W}_i = B' + A't_i + C't_i^2$

여기서,  $\hat{W}_i$  : 공기질량 예측값

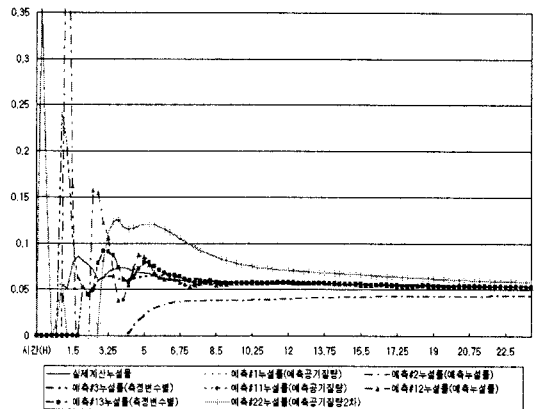
2.3 격납건물 종합누설률 예측 결과 비교, 평가

발전소 실제 시험데이터를 가지고 주요 시험구간인 본시험 단계에 대한 공기누설률 예측을 2.2 절에서 기술한 예측 입력 대상 데이터 및 분석구간, 예측식 차수에 따라 예측한 결과는 그림 2 ~ 4 와 같다.

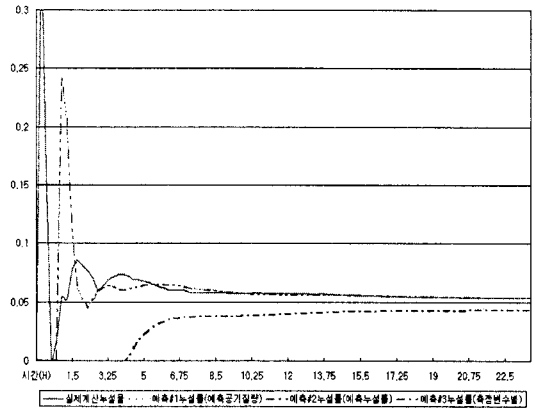
본 논문에서는 본시험 수행 최소 요구시간이 미국의 경우 8시간(국내 원자력법에서는 24시간)인 점을 고려하여 시험 초기의 과도기 상태에 대한 예측결과는 평가시 참고만 하였고, 누설률이 어느 정도 안정된 이후 구간에 대한 예측 정도를 주로 평가 하였다.

범례\예측입력	(1) 입력 데이터	(2) 분석 시간	(3) 예측식 차수
예측#1(예측공기질량)	② 공기질량	① 전구간	① 1차식
예측#2(예측누설률)	③ 누설률	① 전구간	① 1차식
예측#3(측정변수별)	① 측정변수	① 전구간	① 1차식
예측#11(예측공기질량)	② 공기질량	② 1시간전	① 1차식
예측#12(예측누설률)	③ 누설률	② 1시간전	① 1차식
예측#13(측정변수별)	① 측정변수	② 1시간전	① 1차식
예측#22(예측공기질량2차)	① 측정변수	① 전구간	② 2차식

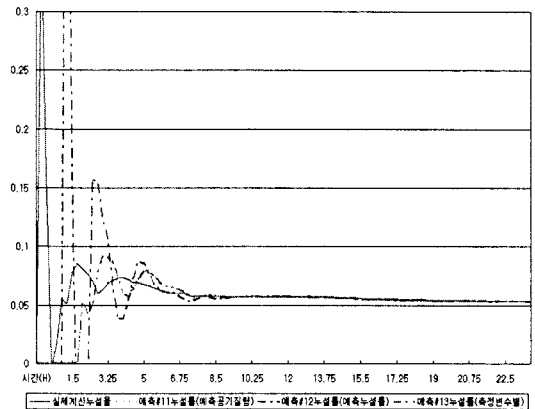
[표 1] 그림2, 3, 4 의 범례 설명



[그림 2] 격납건물 종합누설률 예측 결과



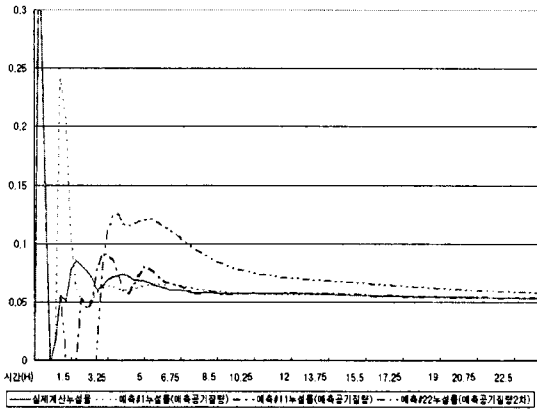
(a) 분석시간 : 전구간



(b) 분석시간 : 1시간전 구간

[그림 3] 분석 시간에 따른 입력 데이터 종류별 예측 결과

발전소 실제 시험데이터를 가지고 주요 시험구간인 본시험 단계에 대한 공기누설률 예측한 결과, 예측을 위한 입력 대상 데이터 종류에 대해서는 측정변수나 공기질량을 사용한 경우의 결과값은 거의 유사한 결과를 보여 주었고, 누설률을 사용한 경우에는 시험초기 과도기 데이터의 영향을 많이 받아 누



[그림 4] 분석 시간, 공기질량 예측식 차수에 따른 예측 결과

설률이 어느정도 안정된 이후에도 일정값의 바이어스가 나타났다. 따라서, 예측을 위한 입력 대상 데이터로는 측정변수나 공기질량 모두 괜찮으나 계산의 간편성을 고려할 때, 공기질량값을 가지고 누설률을 예측하는 것이 더 나은 것으로 평가된다.

누설률 예측시 사용하는 과거 데이터의 범위를 달리하여 예측한 결과, 예측 입력 데이터 종류가 공기질량이나 측정변수별인 경우에는 누설률이 안정된 이후의 예측값이 전 구간이나 1시간전 구간이나에 따른 영향은 거의 없는 것으로 나타났다. 다만, 입력 대상 데이터가 누설률인 경우에는 1시간 전 데이터만을 가지고 예측할 경우, 시험초의 과도기 데이터의 영향이 배제되어 예측 결과가 향상되었다.

마지막으로 예측식의 차수를 달리하여 예측한 결과, 2차식보다 1차식의 경우가 더 실제 누설률을 근접하게 예측하는 것으로 나타났다.

예측시 사용한 입력 데이터 종류와 분석 범위, 예측식의 차수를 달리하여 예측한 결과를 종합하면, 예측 결과와 실제 누설률과의 오차, 계산 프로그램 구현상의 편리성을 고려할 때 공기질량을 이용하여 시험시작시부터 현재까지의 전구간의 데이터를 가지고 공기질량 예측식을 1차식으로 하여 누설률을 예측하는 것이 타당한 것으로 평가되었다.

### 3. 결론

본 논문에서는 원자력발전소의 격납건물 누설 시험장치의 누설률 예측시 사용할 예측 계산식의 적절한 입력 데이터 종류 및 범위, 예측식의 차수 등을 도출하기 위해, 발전소 실제 시험데이터를 가지고 주요 시험구간인 본시험단계에 대한 공기누설률 예측을 수행한 예측한 결과를 비교, 평가하였다.

평가 결과, 예측을 위해 사용하는 입력 데이터의 범위는 예측 결과에 미치는 영향이 크지 않으나, 입력 대상 데이터를 누설률로 한 경우와 공기질량 예측식을 2차식으로 하였을 경우, 초기 과도기 데이터의 영향을 많이 받음을 알 수 있었고, 그 외 조건들은 각 예측 결과에 크게 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

따라서, 예측결과와 실제 누설률과의 오차, 계산 프로그램

구현상의 편리성을 고려할 때 공기질량을 이용하여 시험시작시부터 현재까지의 전구간의 데이터를 가지고 공기질량 예측식을 1차식으로 하여 원자로 격납건물 공기질량 누설률을 예측하는 것이 타당한 것으로 평가되었다.

### 참 고 문 헌

- [1] American Nuclear Society, ANSI/ANS-56.8-2002, American National Standard for Containment System Leakage Testing Requirements", 2002. 11. 27.
- [2] 이순, "통계학", 법문사, 2000.