

국내 화학공장 설비 및 기기에 대한 신뢰도 분석

민경관, 한상훈, 김승환, 이창규*, 임대식*

한국원자력연구소 종합안전평가팀

*한국산업안전공단 화학공장위험설비안전센터

Analysis of Reliability Database for the Instruments and Components of Chemical Plants

Min, K.R*, Han, S.H*, Kim, S.H*, Lee, C.H, Yim, D.S.**

Korea Atomic Energy Research Institute*

Korea Occupational Safety and Health Agency **

1. 서론

산업 재해를 방지하고 사고시의 적절한 대책을 마련하기 위해서 국내 화학공장의 위험설비 및 물질의 취급 현황을 파악하고 각 위험 설비와 위험물질에 대한 정량적 위험성평가가 수행되어야 하며, 이를 위해서는 신뢰도 데이터베이스가 필수적이다.

1996년 1월 1일부터 국내 화학공장에 대하여 '중대산업사고예방'을 위한 '공정안전관리제도'가 시행됨에 따라 이에 대응키 위해 국내 화학공장의 정성적 위험성평가가 수행되어 왔으며, 정량적 위험성평가도 시급한 실정이다. 한국원자력연구소과 한국산업안전공단은 국내 화학 공장에 대한 정량적 위험성평가의 초기 단계인 1998년부터 1999년까지 2개 년에 걸쳐 시범 석유화학공장을 선정하여 장치 및 위험설비에 대한 신뢰도 데이터베이스 구축을 하였다.

국내 화학공장을 대상으로 7개 사업장, 10개 단위공장을 선정하여 총 4600여개의 위험 설비 및 기기를 대상으로 10만 여건의 고장, 보수, 운전 및 시험이력 자료를 수집하여 전산화하였으며, 기기 신뢰도 데이터베이스의 구축과 신뢰도 분석을 위해서 'K-Rdb'라는 소프트웨어를 개발하였다. 1

차 년도에는 4,500 여건, 2 차 년도에는 7,000 여건의 보수이력에 대한 신뢰도 분석을 수행하였으며, 이 분석 결과는 화학공장에 대한 정량적 위험성평가에 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

본 논문에서는 2 차년도 신뢰도 분석결과를 중심으로 설명하고자 한다.

2. 신뢰도분석 자료 수집 및 절차

시범사업장의 신뢰도 DB 를 구축하기 위하여 대산, 울산, 여수에 위치한 여러 사업장의 DB 현황을 직접 방문하여 파악하고, DB 구축 시범사업장을 선정하기 위해 보수이력을 전산 관리하는 사업장 중 7 개의 시범 사업장을 선정하고, 주요 기기에 대해 10 만 여건의 보수이력을 수집하였다. 각 사업장에서 단위공정 1 개 이상을 선정하여 총 10 개의 단위공정에 대해 보수 및 고장 이력 자료와 공단에서 수집한 19 개 공정에 대한 자료들에 대한 신뢰도 분석을 수행하였다.

시범사업장의 플랜트 정보 및 운전이력, 설비 및 기기에 대한 사양 정보, 자체 분류 기준에 대한 설명, 설비 상세 사양 분류표 및 약어표 등의 정보와 각 설비 및 기기에 대한 보수 및 고장이력을 입수하였다.

시범사업장(A, B, C, D, E, F, G 사 등)의 설비목록 및 이에 대한 보수 및 고장이력을 각 사업장에서 전산화한 DB 파일 형식으로 입수하였다. 그러나 사업장의 데이터 파일이 K-Rdb 신뢰도 분석 양식과 달랐으므로, 각 사업장 자료를 검토하고 변환 작업을 통하여 K-Rdb 로 입력하였다.

이를 위해 먼저 각 시범사업장의 설비 및 기기에 대한 입력된 자료를 분석하여 설비종류 및 세부사양을 분류하였다. 이로부터 각 설비종류별로 설비 수 및 입력된 보수이력의 수를 검토하여 분석대상 설비종류와 설비수를 선정하였다.

보수이력을 검토하여 고장모드 및 고장심각도를 분석하였다. 또한 각 설비 및 기기에 대한 운전시간을 입력하였으며, 이러한 입력 및 분석 내용을 검토하여 신뢰도 자료를 분석하였다.

다음 그림은 시범사업장 신뢰도 분석 업무를 수행한 과정을 나타내고 있다.

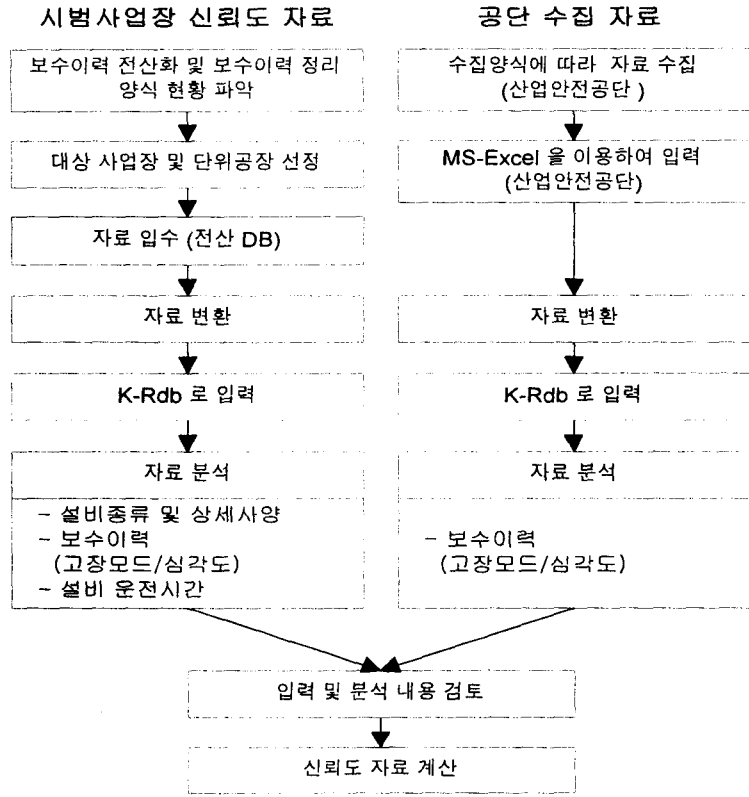


그림 1. 시범사업장 설비 및 기기 신뢰도 DB 구축 절차

상기와 같은 과정을 거쳐 수집된 자료 및 분석 대상으로 선정한 설비수 및 보수이력수는 다음과 같다.

표 1-1. 1차년도 분석한 설비수 및 보수이력수

사업장명	단위공정명	분석대상 설비수	분석대상 보수이력수	자료수집기간
A 사	LDPE 공정	1140	1451	96/1/1-98/8/19
B 사	수지공정	382	786	97/7/1-98/8/19
C 사	BD 공정	1199	1475	95/1/1-98/8/12
공단수집자료	19 개공정	531	718	공정에 따라 다름
합 계		3252	4430	

표 1-2. 2차년도 분석한 설비수 및 보수이력수

사업장명	단위공정명	분석대상 설비수	분석대상 보수이력수	자료수집기간
D 사	BTX, SM 공정	676	2540	91/2/1 - 99/9/30
E 사	AA 공정	236	1681	94/1/1 - 98/9/30
F 사	EDC 공정	319	1444	95/12/1 - 99/10/31
G 사	HCR 등 3 개 공정	125	1322	90/7/1 - 98/12/31
합 계	7 개 공정	1356	6993	

4. 사업장 기존 DB 입력 및 2차년도 신뢰도 분석 결과

4 개 시범사업장의 7 개 공정에 대하여 수집된 자료를 모두 합치고 이에 대해 신뢰도 값의 계산을 수행하였다. 먼저 설비종류별로 신뢰도 값을 계산하였다. 즉, 팬, 펌프, 반응기, 히터, 탭류, 열교환기, 변압기, 퓨즈등에 대해 상세사양을 구분하지 않고 신뢰도 값을 계산하였다. 다음은 설비종류별로 주어진 양식에 따라 분류하였을 때 분석대상설비수가 적어도 5 개 정도 되는 설비들에 대해서 상세사양으로 분류하여 신뢰도 값을 계산하였다. 즉, 펌프-모터구동, 펌프-터빈구동, 열교환기-Shell & Tube 등에 대해서도 신뢰도 값을 계산하였다.

조사기간대비 고장율은 고장횟수를 조사기간으로 나누어 계산되며, 운전 시간대비 고장율은 고장횟수를 설비운전시간으로 나누어 계산되었다. 고장횟수는 기능상실회수에 기능저하횟수의 20%를 더한 것으로 추정하였다. 각 사업장에 대한 신뢰도 자료를 가지고 있지 않은 경우에는 신뢰도 분석에 일차적으로 여기서의 분석결과를 이용할 수 있을 것이다. 이 분석 결과는 다음과 같은 제한점을 가지고 있다는 것을 주의하여야 한다.

- 시범사업장에 대한 신뢰도 자료는 특정 유형의 4개 사업장 7개 단위공정에 대한 자료로서 다른 유형의 단위공장을 대표한다고 보기 어렵다.
- 각 설비종류별로 의미있는 신뢰도 자료를 도출하기 위해서는 적어도 고장횟수가 10회 이상이어야 한다. 그러나 일부 설비종류에 대해서는 충분한 자료가 수집되지 않았다.

- 고장모드별로도 고장횟수가 10회정도는 되어야 하고 1차 년도에 비해 자료수집기간이 길었으나, 많은 경우 수집된 자료가 충분하지 않다.

따라서 국내 화학공장의 신뢰도 분석에 사용할 수 있는 대표적인 신뢰도 값들을 도출하기 위해서는 앞으로 더 많은 신뢰도 자료를 수집하여 분석하는 노력이 있어야 할 것이다.

수집된 자료중 일부 설비종류에 대해 분석된 신뢰도 값을 비교하였으며 그 결과는 다음 표 2에 주어져 있으며, 4 개의 시범사업장 결과와 CCPS 자료를 몇가지 설비종류에 대해 신뢰도 값을 비교하였다.

회전기계류에서 압축기 및 펌프는 국내 자료가 CCPS 자료보다는 고장율이 매우 적은 것으로 나타났다. 회전기류는 수집된 자료의 양이 충분하며, 국내 4 개 사업장 자료의 결과가 유사한 것으로 보아 국내 설비의 신뢰도가 CCPS 보다는 좋다고 할 수 있다. 회전기류의 신뢰도가 CCPS 값에 비해 좋은 것은 98 년도 분석 결과에서도 같았다.

1 차년도 결과와 마찬가지로 전기설비류에 대해서는 수집된 국내 자료의 양이 부족함으로 그 결과를 비교하기 어려웠다..

밸브류의 경우 CCPS 자료는 작동횟수당 고장율로 주어져 있어 시간당 고장율로 계산된 국내 자료와 비교할 수가 없다. 국내 자료들간에도 A 와 B 사의 결과는 유사하게 나타나고 있으나 공단에서 수집한 결과는 많은 차이를 보이고 있다. 공단에서 수집한 자료의 양이 충분하지 않기 때문으로 판단된다.

계장설비류의 경우 수집된 자료마다 그 결과가 다양하게 나타나고 있다. 계장스위치 의 경우를 보면 A 사와 C 사가 서로 유사함을 보이고 있다.

표 2. 2차년도 설비종류별 통합 신뢰도 분석 결과 비교

설비종류	D사	E사	F사	G사	공단수집 자료	CCPS 자료
압축기	0.123	1.35	1.11	1.28	0.1400	12.5300
팬		0.425	0.579	0.0647	0.1300	0.0796
펌프	0.155	0.458	0.448	0.174	0.2800	0.9110
반응기	0.150	0.229		0.141	0.1518	

열교환기	0.0744		0.464	0.322	0.0290	0.2700
탑류	0.0148	0.112	0.447	0.0294	0.0525	
탱크	0.0769	0.0749	0.051	0.0235	0.0663	
계장스위치	0.0547		0.0284			
자동제어밸브	0.109	0.184	0.332			
압력용기	0.0355	0.0975	0.0942	0.112		
전송기	0.0802	0.0896	0.0315			
히터	0.11	0.421		0.114		

(* 고장율 단위 /년)

5. 참고문헌

- 1) 한국원자력연구소, 한국산업안전공단, “국내 화학공장의 설비 및 기기에 대한 신뢰도 데이터베이스 구축(I)”, 한국화학공학회, 1998. 10.
- 2) 한국원자력연구소, 한국산업안전공단, “화학공장의 설비 및 기기에 대한 신뢰도 자료 수집 및 분석”, 한국화학공학회, 1999. 4.
- 3) 한국산업안전공단, 산업안전보건연구원, “국내 화학공장 설비 및 기기 신뢰도 데이터베이스 구축(I)”, 1998.
- 4) 한국산업안전공단, 산업안전보건연구원, “국내 화학공장 설비 및 기기 신뢰도 데이터베이스 구축(II)”, 1999.