

## 위험기반검사에서 검사주기에 미치는 매개변수의 영향 분석

### Analysis of Effects of Parameters affecting Inspection Frequency in Risk Based-Inspection

이현창\*, 최병남\*\*, 권혁면\*\*, 임대식\*\*, 조지훈\*\*, 김태옥

\*한국안전이엔씨, \*\*한국산업안전공단, 명지대학교 화학공학과

Hern-Chang Lee\*, Byung-Nam Choi\*\*, Hyuk-Myun Kwon\*\*, Dae-Sik Lim\*\*,  
Ji-Hoon Cho\*\*, Tae-Ok Kim

\*Korea Safety Engineering & Consulting, \*\*Korea Occupation Safety & Healthy  
Agency,  
Myongji University

#### 1. 서 론

낡은 설비들은 유지·보존 상태와 경제성 및 안전성에 따라 가장 효과적이고, 적절한 시기에 검사하거나 보수해야 될 필요성이 있다. 이를 해결하기 위해 최근 미국석유협회(API)에서 개발된 위험기반검사(risk based-inspection, RBI)는 위험도에 기반하여 검사의 우선순위를 결정하고, 검사에 소요되는 자원을 관리하기 위한 검사방법이다[1-3]. 검사방법을 과학적으로 제시할 수 있는 RBI는 최근 국내에서 많은 관심을 가지기 시작하여 대규모 사업장을 중심으로 도입하여 적용하기 시작하고 있다. 그러나 대부분의 사업장에서는 RBI 원리를 정확하게 이해하지 못한 상태에서 RBI를 실시하고 있을 뿐만 아니라 주로 검사주기 산정에만 치우치고 있기 때문에 설비에 대한 위험도를 경감할 수 있는 방안을 수립하지 못하고 있다.

따라서 API-581 절차[1]를 바탕으로 국내실정에 맞도록 개발한 한국형 위험기반검사 프로그램(KS-RBI Ver. 3.0)을 이용하여 사업장 적용을 통해 설비의 위험성을 평가하고, 위험도에 영향을 미치는 인자들을 변화시켜 검사주기에 미치는 영향을 분석하였다.

## 2. 위험기반검사

### 2.1 KS-RBI Ver 3.0 프로그램

KS-RBI Ver 3.0은 API-581 절차[1]를 바탕으로 개발된 종합알고리즘[4]으로부터 NACE 부식률[5] DB, ASME B31.3[6] 재질 DB 등을 구축하고 있으며, 재질은 KS, JIS, DIN 등과 호환된다.

프로그램 수행은 RBI 팀[7]에 의해 P&ID와 PFD를 이용하여 시스템화(유체흐름, 장치 상세구분, 인벤토리 영역 등의 설정)를 수행하고, 설비에 대한 자료를 수집한다. 그리고 프로그램을 통해 설비의 위험을 규명하고, 위험으로부터 사고발생 가능성과 사고피해크기 예측을 통해 설비별 위험도를 산출한 후 이를 반영하여 검사계획과 위험경감방안을 수립하도록 하고 있다.

### 2.2. 데이터 취득

화학공장인 D사의 H 공정에 대해 KS-RBI Ver. 3.0 프로그램을 이용하여 위험기반검사를 수행하기 위해 유체와 설비에 대한 정보를 시스템화[7]를 통해 취득하였다. 이 때, 입력된 대상설비는 고정설비 11기와 배관 23기이었다. 또한 시스템화를 통해 입력된 유체정보는 유체명을 포함한 22개 항목, 고정설비는 설비명 및 설비형태 등을 포함한 44개 항목, 그리고 배관은 설비명 및 배관사양 등을 포함한 49개 항목이었다.

## 3. 결과 및 고찰

H 공정에서 시스템화를 통해 취득한 데이터를 KS-RBI 프로그램에 입력하여 배관 및 고정설비에 대한 위험도와 검사주기 변화를 확인하였다.

Fig. 1은 현재의 공정조건에 의해 얻어진 설비의 위험도 행렬을 나타낸 것이다. 또한 검사주기별 설비 수는 배관의 경우 8개(3년), 11개(4년), 2개(5년), 2개(6년), 그리고 고정설비는 2개(4년), 1개(5년), 8개(6년)로 나타났다.

		피해크기 등급				
		A	B	C	D	E
고정설비 부수	설비명	0	0	0		
		2	3	6	2	
1	3	1	9			
0	0	0	0			0
0	0	2	4	1		

(a) Total

		COF				
		A	B	C	D	E
고정설비 부수	설비명	0	0	0		
		2	2	6	2	
0	2	1	8			
0	0	0	0	0		0
0	0	0	0	0		0

(b) Pipe

		COF				
		A	B	C	D	E
고정설비 부수	설비명	0	0	0		
		0	1	0	1	
0	0	0	0	0		0
0	0	2	4	1		

(c) Static facilities

Fig. 1. Risk Matrix of the facilities at present operating conditions.

H 공정에서 인벤토리별 검출 및 차단 시스템은 대부분 A등급과 B등급이었으며, 차단시스템의 경우 C등급에 해당하는 경우도 있었다. 따라서 검출 및 차단 시스템 등급의 영향을 평가하기 위해 최악의 경우(검출 C등급, 차단 C등급)와 최상의 경우(검출 A등급, 차단 A등급)를 비교하였다. 그 결과, 최상의 경우는 누출속도와 누출시간이 다소 줄어들었으나, 피해크기는 크게 영향을 받지 않았다. 이것은 현재의 조건이 최상의 조건에 근접하고 있기 때문으로 생각된다. 그러나 최악의 경우는 누출속도와 누출시간의 증가로 피해크기가 다소 증가되었으며, 일부 설비는 크게 영향을 받는 경우도 있었다. 또한 검사주기도 최상의 조건에서는 크게 변화가 없었으나, 최악의 경우는 검사주기가 다소 짧아지는 것으로 나타났다.

배관에서는 보온이 된 경우에 보온 밑 외부부식이 진행되는 것으로 예측되었는데, 이것은 실제 보온재를 제거한 후 이를 확인할 필요가 있었다. 그리고 외부부식이 진행되지 않을 경우 이를 고려하지 않음으로 인해 고장발생 가능성과 LOF 등급이 감소되는 것으로 나타났다. 이것은 RBI 프로그램에서 재질과 외부조건을 고려하여 보온 밑부식을 예측함으로 인해 고장발생 가능성이 높아졌기 때문이다. 따라서 배관에서 보온재를 제거한 후 검사를 통해 부식의 유무를 확인함으로써 LOF 등급을 낮출 수 있는 가장 쉬운 방법이라고 할 수 있다. 이로 인해 검사주기는 다른 변수들 보다 크게 영향을 받는 것으로 나타났다. 즉, 배관에서 검사주기별 설비의 개수는 8개(3년), 11개(4년), 1개(5년), 2개(6년), 1개(8년)로 나타나서 검사주기가 상당히 연장됨을 알 수 있었다.

설비의 부식률은 사업장에서 잘 관리가 되지 않고 있어서 NACE 부식률 DB를 이용하여 산출하였는데, 산출된 부식률은 대부분 2 mpy를 나타내었으나, 실제는 이보다 낮을 것으로 예측되었다. 따라서 실제 부식률을 측정하여 입력하는 것이 가장 바람직하므로, 부식률을 1 mpy로 가정하고, 배관과 고정설비에서 위험도를 산출한 결과, 전반적으로 LOF 등급이 한 등급 감소하였다. 따라서 부식률은 잔여수명 뿐만 아니라 고장발생 가능성에도 매우 크게 작용함을 알 수 있었다. 이때, 검사주기별 설비 개수는 배관이 9개(4년), 7개(5년), 7개(6년)를, 그리고 고정설비가 1개(5년), 8개(6년), 2개(8년)로 나타나서 검사주기가 상당히 연장됨을 알 수 있었다. 따라서 정확한 부식률을 사용하여 입력함으로써 설비의 검사주기를 연장하고, 이로 인해 비용절감 효과를 극대화 할 수 있을 것으로 생각된다.

Fig. 1에서 배관의 LOF 등급이 고정설비보다 높게 나타나고 있는데, 배관은 설치 후 현재까지 검사를 수행하지 않았기 때문에 설비에 대한 신뢰도가 낮아서 고장발생 가능성이 증가하였기 때문으로 판단된다. 따라서 앞으로 검사가 수행되면 설비의 고장발생 가능성이 낮아지게 될 것으로 판단된다.

배관에서 5회에 걸쳐 효과적(fairly)인 방법으로 검사를 수행하였다고 가정하고, 위험도를 산출한 경우 LOF가 4 등급인 설비들은 모두 3등급으로 낮아졌다. 따라서 향후 배관에 대한 검사를 수행함으로써 설비의 신뢰도를 극대화하여 검사주기를 연장하는 것이 바람직하고 생각된다. 또한 고정설비의 경우 검사를 수행하지 않은 것으로 가정

할 때 설비의 LOF 등급은 전반적으로 상승되었다. 이와 같이 검사 횟수 및 검사 유효성은 설비의 신뢰도와 연관되어 있기 때문에 검사주기 설정에 있어 가장 민감하게 작용됨을 알 수 있다. 즉, 배관의 검사 횟수를 5회라고 가정하였을 때 주기별 설비 개수는 9개(4년), 7개(5년), 7개(6년)로 검사주기는 상당히 연장됨을 알 수 있었다. 또한 검사 유효성은 이전 검사에서 검사의 수준이 엄격할수록 신뢰성이 높게 평가되어 검사주기는 연장되는 것으로 나타났다.

#### 4. 결 론

API-581 절차를 바탕으로 국내실정에 맞도록 개발한 한국형 위험기반검사 프로그램(KS-RBI Ver. 3.0)을 이용하여 사업장 적용을 통해 설비의 위험성을 평가하고, 위험도에 영향을 미치는 인자들을 변화시켜 검사주기에 미치는 영향을 분석하였다.

그 결과, 인벤토리 그룹에 의한 검출 및 차단 시스템은 설비의 COF 등급에 영향을 미치지만 검사주기에는 크게 작용하지 않았다. 그러나 검사 유효성, 검사 횟수, 부식률, 외부부식 등은 고장발생 가능성에 크게 영향을 미쳐서 위험도를 변경시키기 때문에 검사주기에도 크게 영향을 미치는 것으로 나타났다. 따라서 이를 인자들을 개선하거나 보완함으로써 설비의 위험도를 낮추고, 검사주기를 연장할 수 있을 것으로 기대된다.

#### 5. 참 고 문 헌

- [1] API, "Risk-Based Inspection - Basic Resource Document : API-581", American Petroleum Institute, New York(2000).
- [2] API, "Based Resource Document of Risk Based Inspection : API-580", American Petroleum Institute, New York(2001).
- [3] CRTD/ASME, "Risk-Based Inspection - Development of Guidelines", American Society of Mechanical Engineers, CRTD-20-1, New York(1991).
- [4] KOSHA, "Development of K-RBI Program(II)", Korea Occupational Safety and Health Agency(2004).
- [5] NACE, "Corrosion Data Survey - Metals Section", National Association of Corrosion Engineers International, 6<sup>th</sup> Ed., Houston, Texas(1985).
- [6] ASME, "Process Piping : ASME Code for Pressure Piping, B31.3", American Society of Mechanical Engineers, New York(1999).
- [7] 이현창, 신평식, 임대식, 김태옥, "한국형 위험기반검사(K-RBI)의 절차 개발", 한국안전학회지, 21(2), 31-37(2006).