

공정 안전측정을 위한 평가기법 연구

- A Study on Evaluation Method for Process Safety Measurement -

양광모 *
Yang Kwang-Mo
윤영도 **
Yun Young-Do
박재현 ***
Park Jae-Hyun

Abstract

현대 산업사회의 제조업에서는 생산을 가장 중요시하고 있지만 안전에 관한 의식도 많은 관심의 대상이 되고 있다. 사고예방을 위한 지속적인 노력에 따라 사고 건수는 점차 줄어들고 있으나 치명적인 중대 산업사고는 오히려 증가하여 산업재해로 인한 사망자 수는 줄어들지 않고 있다. 이와 같은 상황에 따라 중대 산업사고를 예방하기 위한 수단으로 공정안전관리제도를 도입하여 시행하고자 하고 있다. 하지만 일반 제조업에서는 화공안전의 경우와 같은 공정안전을 측정하는 방법이 아직 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 제조업의 공정을 안전에 대한 관점에서 분석하고 효율적으로 공정별로 측정하여 관리할 수 있는 기법을 제시하고자 한다. 제안되는 기법은 안전에 대한 항목은 기업의 관리자들을 통한 AHP 가중치를 결정하고 각 공정을 정규화된 행렬을 이용하여 제안하였다.

Key Word : Process, AHP-weight, Safety measurement

1. 서론

사고예방을 위한 지속적인 노력에 따라 사고 건수는 점차 줄어들고 있으나 치명적인 중대 산업사고는 오히려 증가하여 산업재해로 인한 사망자 수는 줄어들지 않고 있다. 이와 같은 상황에 따라 중대 산업사고를 예방하기 위한 수단으로 공정안전관리제도를 도입하여 시행하고자 하고 있으며, 그 목적과 주요 내용은 다음과 같다.

* 명지대학교 산업공학과 연구원

** 하이닉스 반도체 제조기획 대리

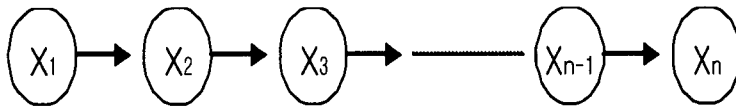
*** 서일대학 산업시스템경영과 겸임교수

- ① 제조 공정 관련 기술자료 및 도면의 체계화
- ② 체계화된 자료를 바탕으로 한 위험성 평가 실시 및 필요한 조치 이행
- ③ 안전 운전절차·하도급 관리기준을 설정하여 작업실수의 최소화 강구
- ④ 설비의 완벽한 안전성 유지를 위한 설계·설치·운전 및 정비기준 제도화 실행
- ⑤ 사고 발생시 피해 최소화를 위한 비상조치 계획 수립 및 실현
- ⑥ 기타 각종 절차, 기준 준수를 위한 종업원의 교육 훈련의 정기적 실시
- ⑦ 공정안전관리의 계획에 따른 추진여부를 정기적인 자체검사 실시를 통해 확인, 개선

따라서 본 연구에서는 이러한 공정안전 제도를 효율적으로 운영할 수 있도록 각 공정에 대한 평가요소를 추출하고 이를 평가할 수 있는 기법을 제안하고자 한다. 이 기법은 먼저 각 공정에 대한 위험요소를 찾아내고 이를 AHP 의사결정기법을 통하여 중요도 순으로 가중치를 결정하고 각 위험요소들의 자료를 추출하여 평가할 수 있도록 정량화하는 작업을 실시하였다.

2. 안전 측정 기법 구조

각 공정의 안전측정을 위해서 먼저 공정을 정의한다. [그림 1]에 나타나 있는 것처럼 각각의 공정을 X_n 로 정의한다.



[그림 1] 공정 라인의 정의

정의된 공정의 안전성 평가를 실시하기 위해서 다음과 같은 절차에 따라 실시한다.

- 절차 1) 각 공정라인의 안전관리에 영향을 줄 수 있는 요인 결정
- 절차 2) 안전 측정 요인에 대한 AHP 가중치 결정
- 절차 3) 각 공정에 대한 측정요인 결과 정량화 작업
- 절차 4) 공정 평가를 위한 정규화된 행렬 계산
- 절차 5) 각 공정의 안전계수를 식(1)을 통하여 결정

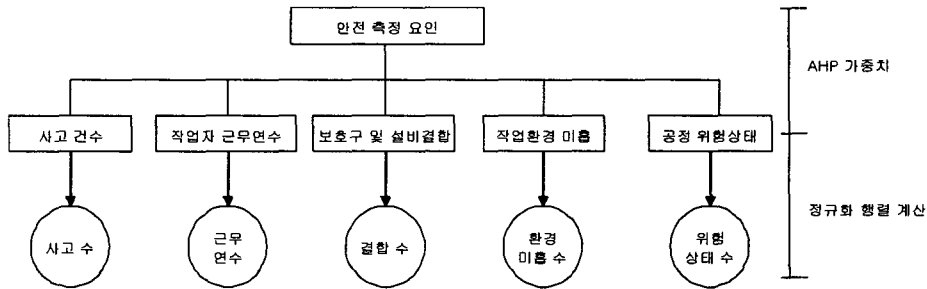
$$XSI_i = \sum_{m=1}^m (AHPW_m \times NMXS_{im}) \quad (1)$$

여기서 $XSI_i = X_i$ 공정의 안전계수

$AHPW_m = m$ 안전 측정 요인의 AHP 가중치 값

$NMXS_{im} = X_i$ 공정의 m 요인에 대한 정규화된 행렬 값

각 공정에 대한 안전성 평가를 위한 요인은 [그림 2]와 같이 정의할 수 있으며, 다음 절에서 AHP와 정규화된 행렬을 통해 위험성 평가기법을 제안한다.



[그림 2] 공정 안전 측정 구조도

3. 안전 측정 요인의 AHP 가중치 결정

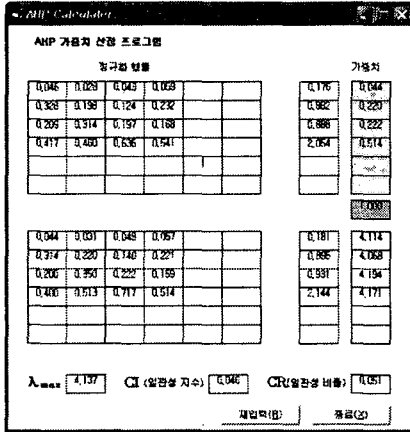
기업 내의 안전관리자나 관리감독자들로부터 설문을 받아 일관성 비율(CR)을 검사한 후, 계층분석과정을 통하여 공정상의 안전관리 중점 부분을 중요 순으로 분석한다. 한편, 이러한 계층구조를 이용하여 각 단계에서의 요인들은 다음 상위 단계(Higher Level)의 모든 요인들에 의하여 평가된다.

AHP는 의사결정에 매우 유용하게 활용될 수 있다. AHP는 복잡한 문제를 세분화하고 계층화하여 접근하는 방법이므로 AHP 과정상 더 많은 정보와 지식이 이용 가능하고, 많은 대안을 생성하고 평가할 수 있다. 또한 다양한 기준을 수립하여 문제를 규명하고 분석함에 따라 폭넓은 관점을 동원할 수 있으므로 의사결정에 매우 적합하다고 할 수 있다. 이외에도 실무자의 평가를 수합하여 의사결정을 하게 되므로 의사결정자의 사고의 확실성과 의사결정자들 사이의 합의에 의한 결정을 배제할 수 있다. 즉, AHP는 의사결정의 장점을 더욱 강화하고, 적당한 기준과 대안으로 구성되어 있는 의사결정일 경우에 의사결정의 단점을 축소시킬 수 있다는 것이다. 이러한 그룹의사결정 과정에서 AHP의 유용성에도 불구하고, AHP를 의사결정에 사용할 경우에 많은 사항들에 대한 고려가 필요하다. 다음에서 의사결정 고려사항과 문제 해결 방법에 대해 제시한다. 9점 척도를 사용할 때에는 다음과 같은 3가지 문제들을 심각 하게 고려하여 문제를 해결한다.

- (1) 평가자의 성향에 관계없이 동일한 척도를 사용하는 문제
- (2) 규격화된 평가척도를 사용하는 문제
- (3) C.R이 적정수준을 초과할 경우 사용하기 어려운 문제

이러한 문제를 고려할 때 굳이 Saaty가 제안한 9점 척도만을 고집할 필요성은 없고 상황에 따라 다양한 척도를 사용한다. 즉, 평가척도는 문제의 성격과 의사결정자의 능력을 고려하여 적용해야 한다는 것이다.

의사결정에서 나타날 수 있는 문제는 특정한 의사결정자의 의사결정이 다른 구성원들의 의사결정과 현저하게 다른 경우에 어떻게 할 것인가 하는 것이다. 이러한 경우에는



[그림 3] 가중치 결정을 위한 AHP 프로그램

첫째로 이탈자(Outlier)를 찾아내야 한다. 의사결정과정에서 이탈자는 변동계수(coefficient of variation; CV)를 계산함으로써 찾아낼 수 있다. 먼저 변동계수를 계산하여 의견의 불일치 정도가 높은 요인을 조사하고, 이러한 요인들에 있어서 의사결정자 중에서 특히 의견의 불일치 정도가 높은 이탈자를 찾아낼 수 있다는 것이다. 또한 이탈자를 확인함으로써 그 요인에 대한 더 많은 토론을 할 수 있을 것이며, 원래의 결정에 대하여 지식획득(Knowledge Acquisition), 영향(Influencing), 재고(Re-thinking)의 과정이 동시에 발생할 수 있다.

이렇게 함으로써 특정한 의사결정 문제에 있어서 계획된 목표를 달성할 수 있다.

AHP 가중치 결정의 절차는 [그림 3]과 같은 AHP 프로그램을 활용한다.

4. 공정 측정에 의한 행렬 계산

모든 안전평가 요소를 i 라 표시하고 $i=1, \dots, s$ 이다. 각 안전 요소($j = 1, \dots, l$)의 정규화는 다음과 같이 표현한다. 만일 요소가 요소값이 클수록 좋은 경우에는 NOV (Normalized Objective Attribute Value)는

$$NOV_{ij} = OV_{ij} / (OV_{i1} + OV_{i2} + \dots + OV_{il}) \quad (2)$$

이고, 요소값이 작을수록 좋은 경우는 아래와 같다.

$$NOV_{ij} = (1/OV_{ij}) / [(1/OV_{i1}) + (1/OV_{i2}) + \dots + (1/OV_{il})] \quad (3)$$

따라서 먼저 앞에서 결정된 안전 측정 요인을 기호로 정의하면 다음과 같다.

NA_i : 공정 i 에 대한 사고건수의 정규화 값

NY_i : 공정 i 에 대한 작업자 근무연수의 정규화 값

NM_i : 공정 i 에 대한 보호구 및 설비결합의 정규화 값

NE_i : 공정 i 에 대한 작업환경상태 미흡의 정규화 값

NS_i : 공정 i 에 대한 공정 위험 상태의 정규화 값

또한 공정의 안전 특정 요소는 요소값이 작을수록 좋은 경우이므로 정규화된 값은 아래와 같으며, 그 값의 설정은 <표 2>와 같이 한다.

$$NA_i = (1/A_i)/[(1/A_1)+(1/A_2)+\dots+(1/A_n)] \quad (4)$$

$$NY_i = (1/Y_i)/[(1/Y_1)+(1/Y_2)+\dots+(1/Y_n)] \quad (5)$$

$$NM_i = (1/M_i)/[(1/M_1)+(1/M_2)+\dots+(1/M_n)] \quad (6)$$

$$NE_i = (1/E_i)/[(1/E_1)+(1/E_2)+\dots+(1/E_n)] \quad (7)$$

$$NS_i = (1/S_i)/[(1/S_1)+(1/S_2)+\dots+(1/S_n)] \quad (8)$$

<표 1> 행렬 계산을 위한 측정 요인 값

요인	측정 값
사고 건수	사망 : 4점/건 중상 : 3점/건 경상 : 2점/건 무재해 사고 : 1점/건
작업자 근무연수	1년 미만 : 4점/명 2-5년 : 3점/명 6-9년 : 2점/명 10년 이상 : 1점/명
보호구 및 설비결합	보호구 및 설비결합 수
작업환경상태 미흡	작업환경 상태가 미흡한 부분 수
공정 위험 상태	측정된 공정 작업역의 위험 건수