

▣ 응용논문

## AHP를 이용한 산업안전 교과목 선정에 대한 연구

### An Selection of Occupational Safety Curriculum using Analytic Hierarchy Process

김 유 창\*

Kim, Yu-Chang

#### ABSTRACT

A significant number of all reported accidents in Korea involved education and training. Based on the Labor Ministry data, statistics show that the education cause was directly involved in 38% of major accidents. Since safety managers have in charge of safety education at the factory, occupational safety curriculum must be studied to train safety manager effectively.

In this study, an analysis on relative importance of industrial safety curriculum for a good safety manager was performed by Analytic Hierarchy Process(AHP). The results showed that relative importance of industrial safety curriculum by AHP was safety management( $w=0.240$ ), ergonomics and system safety( $w=0.201$ ), construction safety( $w=0.182$ ), mechanic safety( $w=0.139$ ), electronic safety( $w=0.134$ ), and chemical safety( $w=0.104$ ) in order. The results could be used for industrial safety curriculum planning in university and safety organization such as Korea Occupational safety and Health Agency.

#### 1. 서론

1999년 한국의 산업재해 현황은 55,405명의 재해자가 발생하였으며 이중 사망은 2,291명이었다. 이로 인한 총 경제손실 추정액은 63,791 억원으로 '99년 노사분규로 인한 생산 차질액의 3.4배나 된다[노동부, 2000]. 이러한 산업재해를 효율적으로 예방하기 위해 산업안전보건법에서 각 회사는 산업안전관리자를 선임하도록 하고 있다. 산업안전관리자는 산업장의 순회점검, 안전교육 계획 수립 및 실시, 산업재해 원인조사 및 대책수립, 적격보호구 선정 등 산업안전에 관련되는 모든 제반업무를 수행하고 있다.

대부분 산업안전관리자는 2년제 또는 4년제 대학을 졸업하고 산업안전기사 자격증을 가지고 있는 사람들이다. 안전관리자중에는 산업안전관련학과를 졸업하지 않고 다른 전공을 졸업하고 독학으로 자격증을 취득한 사람들로 구성되어 있어 체계적인 교육을 받지 못한 사람이 많다. 또한 산업안전관련 학과의 교과목 구성이 효율적 안전관리자 양정보다는 각 학교의 교수 전공에 따라 개설되는 학교도 많은 것이 현실이다. 효율적 산업안전관리자를 위한 교과목중 상대적으로 중요한 과목이 무엇이며 얼마만큼 중요한지를 알아야 효과적인 교과목을 구성할 수 있다.

본 연구는 효율적인 산업안전관리자를 양성하기 위하여 여러 교과목중 상대적 중요도를 파악하여 효율적인 산업안전 교과목 편성지침을 제공하고자 하며 연구방법은 이 분야의 전문가들에 의해 평가된 설문자료를 기초로 AHP(Analytical Hierarchy Process)기법을 이용하였다.

## 2. 계층분석모형 (Analytic Hierarchy Process : AHP)

### 2.1 기본개념

AHP는 원래 다 기준하에서의 의사결정을 돕기 위하여 Saaty에 의하여 개발된 방법으로 복잡하고 구조화되지 않은 상황을 적당한 구성요소로 나누어 계층적 구조로 이들 요소를 배열한 후에 각 요소의 상대적 중요성에 대한 주관적 판단치의 수치적 값을 각 요소에 할당하고, 각 요소의 전체적 우선순위를 결정하기 위하여 이들 판단치를 통합하는 방법이다(Saaty, 1980)

### 2.2 적용절차

#### 2.2.1 계층의 구성방법

계층적 모형에서 계층구조를 결정하는 것은 매우 중요한 문제이다. 실제적으로 계층에 포함되는 목적, 판단기준, 활동 등을 찾아내는 일련의 규정된 절차는 없다. 우선 좋은 아이디어를 얻기 위해 관련분야를 연구하고, 여러 계층의 사람들이 함께 직위나 이해관계를 떠나서 자유롭게 문제에 대한 사항들을 토론한다. 그리고 최종목표(ultimate goals)가 계층의 최상위 수준(top level)에 놓이는 것이 타당한가 검토하고, 선정된 최종목표에 관련된 하부목표(sub-objectives)를 바로 아래 배치한다. 다음에 하부목표에 관련된 활동이나 목적들을 그 아래에 배치하고 관련성을 표시한다. 이런 방법으로 배치를 계속하여 여러 가지 가능한 결과나 계획안을 최하층 수준에 놓는다.

#### 2.2.2 분석방법

계층적 모형에서 각 활동들이 상대적 중요성에 대한 판단을 준비하고, 이러한 판단이 모든 활동을 정량적으로 표시할 수 있도록 하는 것이 매우 중요한 문제이다. 예를 들어,  $n$ 개의 활동이 관심대상의 수준에서 고려되어진다고 가정하고  $C_1, C_2, \dots, C_n$  을 각 활동의 집합이라 하면 활동  $C_i$  와  $C_j$  쌍에 대한 상대적 중요성의 정량적 판단은  $n$ -by- $n$  행렬로 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & & a_{1n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

한쌍(C<sub>i</sub>, C<sub>j</sub>)에 대한 상대적 중요성의 정량적 판단은 행렬 A에 대한 a<sub>ij</sub> 항목으로 나타난다. 상대적인 중요성을 비교하는 방법으로서는 여러 가지 있을 수 있으나 일반적으로 9점척도가 많이 사용된다. 이는 중요성의 종류를 정상적인 개념으로 몇 단계 구분하고 그에 따라 1에서 9까지의 값을 부여한다. 값이 클수록 중요도가 높다.

위의 정량적 쌍대비교를 통한 비교행렬 A는 irreducible positive reciprocal matrix로서 다음과 같은 성질을 갖는다. (1) A는 양의 실수를 갖는 유일한 최대 고유치 λ<sub>max</sub>를 갖는다. (2) 고유치 λ<sub>max</sub>에 해당하는 A의 eigenvector는 양의 성분을 가지며 유일하다.

위의 쌍대비교 행렬을 이용하여 요인의 상대적 가중치는 다음 수식을 만족하는 벡터 W이다.

$$AW = \lambda_{\max} W$$

### 2.2.3 일관성 평가

평가행렬의 일관성을 평가하는 척도로써 일관성지수를 사용한다.

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

λ<sub>max</sub> = 비교행렬의 최대 eigen value  
 n = 비교행렬의 차수

일반적으로 CI 값이 0.1 이하이면 평가행렬이 일관성을 갖고 있다고 한다, 만약 어떤 판단행렬의 일관성지수가 0.1이 넘는다면 판단행렬을 수정하든지, 재평가를 통하여 판단행렬의 일관성을 개선하여야 한다. 일관성을 개선하는 것이 불가능하다면 문제의 구조를 더 명확하게 구성하는 등의 작업이 필요하다.

### 2.2.4 결합가중치의 계산 및 복수의 평가자의 결합

최상위수준의 목표를 달성하는 데에 결정대안들의 결합가중치를 계산하기 위해, 여러 수준에서 구한 상대적 가중치들을 통합해야 한다. 추정의 정확성을 위하여 여러 전문가에 의해 쌍대비교 행렬을 얻을 수 있으나, 그들의 주관적 사고가 서로 다를 수 있으므로 같은 행렬을 얻는 것은 불가능하다. 이때 가장 좋은 방법은 평가자들의 판단이 일치될 때까지 토의 등을 통하여 합의된 쌍대비교 행렬을 얻는 것이다. 이러한 합의에 실패하면 여러 가지 방법이 있을 수 있으나 쌍대비교행렬이 역수특성을 만족해야 하는 데 이 특성은 쌍대비교 행렬의 각 성분이 기하평균에 결합될 때 유지될 수 있다(Aczel, J. and Saaty, T.L., 1993). 즉, K번째 평가자의 판단

행렬이  $A_k = (a_{ijk})$  라면 평가자  $n$  명의 결합된 판단행렬은 다음과 같다.

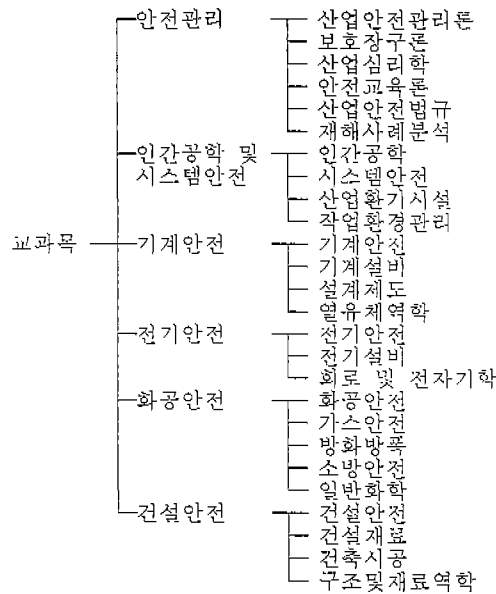
$$\bar{A} = (\bar{a}_{ijk}) \quad \text{단 } \bar{a}_{ijk} = \left( \prod_{k=1}^n a_{ijk} \right)^{1/n}$$

### 3. 교과목의 상대적 중요도 분석

#### 3.1 연구방법

현재 산업안전기사 시험 과목 뿐만 아니라 대부분의 대학교에서 효율적인 안전관리자를 양성하기 위해서 안전관리분야, 인간공학/시스템안전 분야, 기계안전분야, 화공안전분야, 전기안전분야, 건설안전분야로 분류하여 교육을 행하고 있다.

본 연구에서 6개의 교육분야의 세부 교과목으로 26개 교과목을 선정하여 [그림 1] 과 같은 교과목의 구조를 설정하였다. 본 연구와 같이 많은 교과목(26개)의 순위를 정하는 데는 일반적인 순위데이터를 이용하기 보다는 쌍체비교가 더 정확하다고 알려져 있으며 산업안전 교과목을 계층적으로 분류가 가능하므로 AHP를 이용하여 분석하고자 한다(Saaty, 1977). 분석 교과목은 2년제 대학과 4년제 대학교 10개 산업안전관련학과의 교과 과정중 50%이상이 개설하고 있는 교과목을 선정하였다. 교과목의 분야별 구성은 전문가들의 토론에 의해 구성되었으며, 일부 모호한 과목은 유사분야에 편입하였다.



[그림 1] 산업안전 교과목

교과목의 상대적 중요도를 파악하기 위하여 평가설문지를 작성하였고, 이 평가 설문지는 전국에 있는 사업장에서 안전관리자 경력이 최소 5년 이상인 전문가 66명에게 배포하여 작성하게 하였다. 이들 전문가의 대학 졸업학과는 산업안전공학전공(32%), 인간공학 및 산업보건전공(5%), 기계전공(18%), 전기전공(9%), 화공전공(9%), 건설전공(9%), 기타(18%)이었다. 그 중

일관성이 없는 6명의 자료는 제거되고 60명의 자료만 사용하였다. 토의를 거치지 않고 66명의 전문가로부터 설문지를 받은 것은 각 전공에 따른 전문분야의 중요성이 각기 다르기 때문에 예비 실험결과 토의에 의한 일관성 있는 상대평가 자료를 얻을 수 없었기 때문이다. 전문가에 의해 쌍체 비교되어 평가된 자료는 결합되어 AHP기법을 적용하여 분석되어졌다.

**3.2 교과목의 상대적 중요도 분석 결과**

산업안전관리 대행기관의 산업안전관리자를 대상으로 평가된 안전분야의 상대적 중요도를 AHP기법을 적용하여 분석한 결과 안전관리분야(W=0.240), 인간공학 및 시스템안전분야(W=0.201), 건설안전분야(W=0.182), 기계안전분야(W=0.139), 전기안전분야(W=0.134), 화공안전분야(W=0.104)순으로서 안전관리분야와 인간공학 및 시스템 안전 분야의 상대적 중요성이 높게 평가되었다. 위의 결과로부터 전문가들은 효율적인 안전관리자가 되기 위해서는 각 사업장에서 필요로 하는 특정 세부기술보다는 안전관리에 필요한 일반적 안전지식이 더 중요하다고 느끼고 있음을 알 수 있다. 이러한 결과는 산업안전 교과목 구성에 지침이 될 수 있을 것으로 판단된다[표 1]. 또한 각 분야의 세부 교과목의 상대적 중요도의 분석결과는 [표 2]와 같다. 건설안전, 인간공학, 전기안전, 기계안전, 재해사례분석등이 높게 평가되었다.

[표 1] 산업안전분야의 상대적 중요성

| 순위 | 안전 분야        | 상대적 중요도(%) | 누적 중요도(%) |
|----|--------------|------------|-----------|
| 01 | 안전관리         | .240       | .240      |
| 02 | 인간공학 및 시스템안전 | .201       | .441      |
| 03 | 건설 안전        | .182       | .623      |
| 04 | 기계안전         | .139       | .762      |
| 05 | 전기안전         | .134       | .896      |
| 06 | 화공안전         | .104       | 1         |

[표 2] 산업안전 교과목의 상대적 중요성

| 순위 | 교과목      | 상대적 중요도(%) | 누적 중요도(%) | 순위 | 교과목     | 상대적 중요도(%) | 누적 중요도(%) |
|----|----------|------------|-----------|----|---------|------------|-----------|
| 01 | 건설안전     | .073       | .0733     | 14 | 구조및재료역학 | .0374      | .7013     |
| 02 | 인간공학     | .0654      | .1384     | 15 | 산업환기시설  | .0368      | .7382     |
| 03 | 전기안전     | .063       | .2014     | 16 | 산업심리학   | .0347      | .7728     |
| 04 | 기계안전     | .0569      | .2583     | 17 | 건설재료    | .0339      | .8067     |
| 05 | 재해사례분석   | .0519      | .3101     | 18 | 가스안전    | .0278      | .8345     |
| 06 | 시스템안전    | .05        | .3601     | 19 | 보호장구론   | .026       | .8606     |
| 07 | 작업 환경 관리 | .0491      | .4092     | 20 | 설계제도    | .0241      | .8847     |
| 08 | 전기설비     | .048       | .4571     | 21 | 회로및전자기학 | .0229      | .9075     |
| 09 | 산업안전관리론  | .046       | .5031     | 22 | 소방안전    | .0224      | .93       |
| 10 | 안전교육론    | .0428      | .5459     | 23 | 화공안전    | .0216      | .9516     |
| 11 | 기계설비     | .0418      | .5878     | 24 | 방화방폭    | .0212      | .9728     |
| 12 | 산업안전법규   | .0385      | .6263     | 25 | 열유체역학   | .0163      | .9891     |
| 13 | 건축시공     | .0377      | .664      | 26 | 일반화학    | .0109      | 1         |

건설안전 과목이 높은 이유는 이 분야에 취업률이 상대적으로 높기 때문인 것으로 추정되며, 인간공학과목은 최근 산업안전 분야에 이슈화가 되고 있기 때문인 것으로 생각된다. 또한 전기안전 과목이 상대적으로 높은 이유는 전기안전분야의 교과목이 적게 구성되었기 때문인 것으로 판단된다. 각 계층별 AHP 분석시 일관성지수는 0.1 이하였다.

#### 4. 결론

본 연구는 효율적인 산업안전관리자 양성을 하기 위해 필요한 교과목의 상대적 중요성을 평가하여 안전교육과정을 만들거나 수정할 때 효과적인 교과과정을 만드는 데 도움을 주기 위해 행해졌다. 산업안전 교과목의 상대적 중요도 평가는 안전관리자에 의해 이루어 졌으며 안전관리분야, 인간공학분야, 건설분야, 기계분야, 전기분야, 화공분야순이었다. 또한 중요한 교과목은 건설안전, 인간공학, 전기안전, 기계안전, 재해사례분석등으로 판단되었다.

모든 학교나 교육기관에서 교과목 구성을 본 연구결과와 똑같이 구성할 필요는 없으나, 객관적 교과목 구성을 하기 위해서는 도움이 될 것으로 판단된다. 이 연구결과를 토대로 각 지역의 특성을 고려한 교과목 설정은 효율적인 안전관리자 양성에 도움이 될 것이다. 또한 좀더 국가 전체에 적합한 교과목 구성을 위해서는 많은 전문가의 의견교환과 토론이 필요하다고 판단된다. 또한 각 학교나 교육기관은 본 연구와 같은 방법을 적용하여 각 기관의 특성에 알맞은 교과목을 구성하면 효과적일 것이다. 앞으로 위의 상대적 중요도가 높은 과목의 성적이 훌륭한 안전관리자가 되는지 추적연구도 필요하다.

\* 본 논문작성에 있어 많은 조언과 자료수집에 도움을 주신 한국산업안전공단 이동경교수와 산업안전관리대행협회 신연봉씨에게 감사드립니다.

#### 참고문헌

- [1] 갈원도, 김중배, 남현우, 최상복; “안전관리자의 직무분석에 대한 연구”, 안전경영과학회 2001년 춘계학술대회 발표논문집, pp.45-53, 2001.
- [2] 노동부; “99년 산업재해분석”, 2000.
- [3] 이상도, 이병근; “계층적 모형에 의한 안전조직의 평가”, 대한인간공학회지, Vol.9, No.2, pp.47-54, 1990.
- [4] 박경수; “원전작업의 인적오류특성분석: 2차년도보고서”, 한국과학기술원, 1995.
- [5] Aczel, J. and Saaty, T.L.; “Procedures for synthesizing ratio judgements”, Journal of Mathematical Psychology, Vol.27, pp.93-112, 1993.
- [6] Hwa Shik Jung; “Application of Fuzzy Theory and Analytic Hierarchy process(AHP) for Developing Occupational Stress Index”, Journal of the Ergonomics Society of Korea, Vol.17, No.2, pp.33-48, 1998.
- [7] Saaty, T.L.; A scaling method for priorities in hierarchical structures”, Journal of Mathematical Psychology, Vol.15, pp.234-281, 1993.
- [8] Saaty, T.L.; “The Analytic Hierarchy Process”, McGraw Hill, 1980.