AHP를 이용한 기업별 안전평가 기법에 관한 연구

A Study on the Method of Safety Condition Evaluation using Analytic Hierarchy Process

백신원*[†] · 이미선*

Paik, Shinwon · Lee, Misun

ABSTRACT

In the current domestic, many industrial accidents have happened. And these are analyzed according to several factors. But it is difficult that they evaluate their business safety. Thus, we conducted a study on business specific safety assessment techniques in order that business know their safety level and perform appropriate safety activities. Study methods are survey and AHP (Analytic Hierarchy Process). Each specific weighting factors to calculate the survey was conducted for safety and consulting experts (20 persons). Weight factor was used to AHP decision support as one of the ways through a number of alternatives to the ratings for the Minnesota Multiphasic. Factors are each type of industry, specific industrial scale, disaster type and strength, worker age and tenure period, and region. First, survey was conducted with 20 professionals to estimate the weighting factors. Weights between factors using the AHP analysis tool based on the mean values were calculated. Second, last 3 years between the industrial accidents statistics were used to calculate the weights for each of the rating factors in the Occupational Safety and Health Agency. Grade weights between each factor which was based on the rating of each factor was calculated as the average of three years. Finally, the weights between each factor and the grade weights for each factor using the safety level of the enterprise were calculated so that you can evaluate the weighting.

Keywords: Analytic hierarchy process; Weighting factor; Grade weight; Safety management

I. 서 론

국내에서는 해마다 많은 산업재해가 발생하고 있고 이러한 산업재해를 여러 가지 요인별로 분석하고 통계화 하여 보고하고 있다 (Korea Occupational Safety and Health Agency, 2008 ~ 2010). 이 때문에 우리는 어떤 특정 분야 혹은 특정 규모에서 어떤 재해가 많이 일어나는지 등에 대한 내용을 쉽게 확인할 수 있지만 기업체 내에서는 자사의 안전평가를 할 수 있는 기준이 모호한 상황이다. 그렇기 때문에 기업은 자사의 안전 수준에 대해 재해율을 이용하여 기업체간 비교 정도만 가능할 뿐 기업체의 개별적인 특성을 반영하기 힘들고 적합한 안전 활동 계획을 수립하고 수행하는데 어려움이 있다. 이는 또한 기업이 추상적이고 맹목적인 안전 활동을 하게 되는 이유가 되고 있다.

개별작업자에 대해서는 작업자 스스로 자율적인 안전활동이 전

개되도록 할 수 있는 안전평가모델이 개발되어 있으나 기업단위에서는 기업특성과 그 특성의 중요도를 고려한 안전수준 평가는 이루어지고 있지 않다. 대개는 기업특성을 반영할 수 있는 주요 인자를 대상으로 안전수준을 평가하는 것은 전문가 집단의 정성적인 점검표에 의한 것들로 수행되고 있다.

본 연구에서는 전문가 집단이 정성적인 점검표에 의해 수행하고 있는 과정을 기업이 자체적으로 안전수준을 평가할 수 있도록 전문가의 의견에 대해서는 설문조사를 실시하고, 그 결과를 AHP 기법을 구축하여 모델을 제시하는데 그 목적을 두었다.

II. 이론적 고찰

1. 선행연구

이전에 행해졌던 Go의 연구에는 산업재해 사례를 대상으로, 기존의 통계적 기법이 아닌 새로운 다변량 분석기법 중 수량화 분석기법을 이용하여 재해를 분석한 결과 기존의 단순 빈도분석이나 상관관계를 구해 얻은 결과와는 많은 차이가 있었다. 무엇보다도 재해사고의 발생빈도와 근로손실일수와는 대부분 일치하지 않았다는 것이며 이로써 중대재해와 사망재해의 효과적 예

* 한경대학교 토목안전환경공학과

[†] Corresponding author Tel.: +82-31-670-5281

Fax: +82-31-670-5289

E-mail: paiksw@hknu.ac.kr

2013년 3월 7일 투고

2013년 5월 2일 심사완료

2013년 5월 6일 게재확정

방을 위한 방향조정이 요구된다고 하였다. 이러한 점에서 수량화 분석은 새로운 관점에서 재해요인의 원인을 분석하여 중대재해와 사망재해의 대책을 설정하는 데 매우 유용하게 활용 될 수 있다고 제시하였다 (Byungin Go, 1999).

Song은 국제물류추진업체가 정기해운선사를 선택함에 있어 어떠한 요인들이 중요시되는가를 AHP를 이용하여 그 요인별 우선순위를 도출하고, 정기해운선사별 요인의 중요도를 평가함으로써 그들의 고객인 국제물류추진업체의 요구를 효율적으로 충족시킬 수 있는 방안을 수립하는 기초자료를 제공하였다 (Sunok Song, 2011).

Bae의 연구에서는 객관적으로 파악 가능한 농촌어메니티 자원요소를 중심으로 일정한 기준과 형성틀에 의해 선정·분류하여 가치 평가체계를 구성하고 전문가의 의견을 반영하여 각 어메니티 자원별 중요도를 산정한 후 AHP를 이용하여 종합적인 면수준 농촌어메니티 가치를 평가 하였고 (Seungjong Bae et al., 2007), Park의 연구에서는 교량대안들로부터 최적의 대안을 선정하는 모델을 제시할 때와 (Jangho Park et al., 2009), Lee의 연구에서는 조선업 선종별 위험도 및 안전보건관리에 필요한 예산수요를 비교함에 있어 AHP기법을 이용하였다 (Jongbin Leek et al., 2012).

2. AHP (계층분석기법)

평가 항목의 우선순위 선정은 항목간의 상대적 중요도를 감안하여 한 명 혹은 여러 명의 의사 결정자가 참여하는 다기준 (Multiple-criteria)의 의사결정 문제를 해결하기 위해 Thomas L Saaty 교수가 고안한 모델이다. AHP는 복잡한 문제를 의사결정자가 관리가 용이한 하위문제들로 그룹화 하는 방법으로 시스템적 접근법에서 널리 쓰여 졌다. AHP기법은 평가자로 하여금 쌍대 비교를 통해서 한 번에 둘 씩 비교하게 함으로써 평가를 수월하게 한다. 또한 일관성 지수를 적용하여 평가자의 의견에 관한 일관성을 검증함으로써 평가자의 의견이 판단에 직접 적용가능한지에 대한 사전검증 효과를 갖게 된다.

첫 번째로 문제 정의와 목표 설정이 이루어진 후 계층 구조를 만들게 된다. 그 다음 쌍대 비교를 통하여 비교행렬을 작성하게 되는데 쌍대 비교 시 중요도는 Table 1에 자세히 나타내었다. 중요도는 1~9점까지 나타낼 수 있지만 보통 1~5점 혹은 1~7점까지 나타낸다. 중요도를 부여한 뒤 Table 2처럼 비교 행렬을 작성한다. 이 행렬을 토대로 AHP분석 도구를 이용하여 각 요인별 가중치를 계산한다.

그 다음 일관성지수 (C.I: Consistency Index)는 식 (1), 일관성 비율 (C.R: Consistency Rate)은 식 [2]를 통해 구한다.

Table 1 Importance for pairwise comparisons

Importance	Meaning
1	The same important
3	Slightly more important
5	Considerably more important
7	Much more important
9	Absolutely more important
2,4,6,8	Adjacent to the median of the scale

Table 2 The relative importance

Factor level	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5
Factor 1	1	2	5	4	7
Factor 2	1/2	1	3	5	6
Factor 3	1/5	1/3	1	4	5
Factor 4	1/4	1/5	1/4	1	6
Factor 5	1/7	1/6	1/5	1/6	1

Table 3 R.I values according to the n value

n values	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R.I values	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.51

$$C.I = \frac{(\lambda_{\max} - n)}{(n - 1)} \quad (1)$$

$$C.R = \frac{C.I}{R.I} \quad (2)$$

단, R.I 값은 n 값에 따라 달라지기 때문에 Table 3에 의해 구한다.

$$C.R \leq 0.1 \quad (3)$$

식 (3)이 성립하면 중요도 결정에 있어서 일관성이 있는 것으로 판정한다. 마지막 단계는 가중치계산결과에 따라 대안을 선택하는 것이다.

III. 본 론

1. 산업형태별 가중치 분석

본 연구에서는 기업의 안전수준 평가를 위해 산업형태별, 산업규모별, 발생형태별, 재해정도 (치료예상기간)별, 작업자 연령별, 재해발생시기별, 입사근속 기간별, 지역별 등 8가지 요인을 선정하였다. 그리고 산업안전보건공단에서 각 요인별로 3개년 간

Table 4 Weighting value of industrial type

Type	Average	Weighting value
Mining	38.81	0.44789
Manufacturing Industry	4.80	0.0554
Elec. Gas, municipal water	0.87	0.01004
Construction	3.49	0.04028
Transp. Storage, Comm.	2.99	0.03451
Forestry	15.82	0.18257
Fishery	9.62	0.11102
Agriculture	7.08	0.08171
Banking and Insurance	0.44	0.00508
Etc. Industry	2.73	0.03151

Table 5 Weighting value of industrial size

Type	Average	Weighting value
< 5	1.66	0.29802
5 ~ 9	1.06	0.19031
10 ~ 29	0.83	0.14901
30 ~ 49	0.60	0.10772
50 ~ 99	0.47	0.08438
100 ~ 299	0.32	0.05745
300 ~ 499	0.22	0.0395
500 ~ 999	0.17	0.03052
> 1,000	0.24	0.04309

Table 6 Weighting value of typical occurrence

Type	Average	Weighting value
Fall	13,885	0.14251
Overturning	19,984	0.20511
Collision	8,133	0.08347
Falling and Fly	8,302	0.08521
Collapse and Destruction	922	0.00946
Cramped	16,102	0.16526
Cur and picking	7,301	0.07493
Electric shock	457	0.00469
Explosion	432	0.00443
Bursting	96	0.001
Fire	447	0.00459
Abnormal temp	2,358	0.0242
Drwoned	34	0.00035
Toxication and choke	425	0.00436
Mining collapse	1	0.00001
Beyond movement	2,101	0.02156
Traffic accident	4,970	0.051
Sick due to occupational case	8,753	0.08984
etc.	2,397	0.0246
Not classified	333	0.00341

Table 7 Weighting value of duration of treatment

Type	Average	Weighting value
Death	2,268	0.02328
over 6 month	14,967	0.15363
91 ~ 180 days	30,460	0.31265
29 ~ 90 days	37,083	0.38063
15 ~ 28days	7,865	0.08073
8 ~ 14days	2,762	0.02835
4 ~ 7days	2,020	0.02073

Table 8 Weighting value of age of employee

Age	Average	Weighting value
under 18	173	0.00178
18 ~ 24	3,644	0.0374
25 ~ 29	7,457	0.07654
30 ~ 34	8,951	0.09187
35 ~ 39	10,687	0.10969
40 ~ 44	12,754	0.13091
45 ~ 49	14,548	0.14932
50 ~ 54	14,978	0.15374
55 ~ 59	11,015	0.11306
at least 60	13,218	0.13561
Not classified	2	0.00002

Table 9 Weighting value of period of disaster

Month	Average	Weighting value
Jan	7,706	0.0791
Feb	6,791	0.06971
Mar	7,929	0.08139
Apr	7,975	0.08186
May	7,644	0.07846
Jun	8,495	0.0872
Jul	9,099	0.0934
Aug	7,800	0.08006
Sep	8,114	0.08329
Oct	8,331	0.08551
Nov	8,627	0.08855
Dec	8,913	0.09149

의 통계자료의 평균값을 계산하였다 (Korea Occupational Safety and Health Agency, 2008-2010)

산업형태별 가중치를 분석한 결과는 Table 4와 같다.

2. 기업별 안전수준 평가를 위한 AHP모델

산업재해 분석 자료로 부터 8가지 요인을 선정하였다 (Korea

Table 10 Weighting value of duration of employment

Period	Average	Weighting value
less 6 months	51,754	0.53123
6 month~ 1 year	10,095	0.10362
1~ 2 year	9,713	0.0997
2~ 3 year	5,508	0.05654
3~ 4 year	3,393	0.03483
4~ 5 year	2,473	0.02538
5~ 10 year	6,827	0.07008
at least 10 year	7,228	0.07419
Not classified	432	0.00443

Table 11 Weighting value of location of company

Area	Average	Weighting value
Seoul	0.41	0.03581
Busan	0.83	0.07249
Daegu	0.82	0.07162
Incheon	0.82	0.07162
Gwangju	0.82	0.07162
Daejeon	0.68	0.05939
Gangwon	0.98	0.08559
Gyeonggi	0.81	0.07074
Chungbuk	0.81	0.07074
Chungnam	0.66	0.05764
Jeonbuk	0.92	0.08035
Jeonnam	0.72	0.06289
Kyeongbuk	0.61	0.05328
Kyeongnam	0.85	0.07424
Cheju	0.71	0.06201

Occupational Safety and Health Agency, 2008-2010). 주요 요인으로 산업형태별, 산업규모별, 발생형태별, 재해정도 (치료에 상기간)별, 작업자연령별, 재해발생시기별, 작업자 입사근속 기간 별, 지역별이다.

8가지 요인별 가중치 분석을 위해 전문가에게 설문조사를 실시하였다. 전문가 집단은 안전관리 관련 경력이 5년 이상 있는 자, 안전관리 박사학위 소지자로 교육경험이 있는 자 20명으로 구성하였다. 설문조사와 AHP기법을 통해 기업의 안전 수준을 평가하는데 중요하다고 생각되는 8가지 요인의 가중치를 산정 결과, 산업형태 0.239, 산업규모 0.156, 발생형태 0.323, 재해정도 0.112, 작업자연령 0.046, 재해발생시기 0.069, 입사근속기간 0.032, 지역 0.024로 계산되었다.

AHP프로그램을 이용하여 가중치 산정을 한 결과 C.I (Consistency index) 값은 0.0536으로 계산되었다. 이 값을 토

대로 C.R값을 계산하여 8가지 요인별 중요도 결정에 일관성이 있는지 확인해 보았는데 0.038로 계산되어 0.1보다 작기 때문에 8가지 요인의 가중치 산정에 있어서 일관성이 있다고 판단된다.

8가지의 요인별 세부 요인에 대한 가중치는 계급구간 또는 시기 등에 관련된 항목이기 때문에 각 세부요인이 주요 요인에 미치는 영향력을 평가하기 위해서 3개년 간의 산업재해 통계자료 (Korea Occupational Safety and Health Agency, 2008~2010)로부터 계산하고 작성된 가중치를 이용하여 기업별 안전 수준을 점수화할 수 있는 안전수준 평가모델을 개발하였다.

한편 기업별 안전 실태 평가점수는 아래 식으로 구할 수 있다.

기업별 안전 실태 평가 점수

$$= \sum_{i=1}^n [w_i \sum_{j=1}^l x_{ij}] \times 100 \quad (4)$$

여기서, w_i = 1차 요인의 가중치 점수

x_{ij} = i 번째 요인의 2차 요소의 가중치 점수

3. AHP모델의 적용 및 고찰

본 연구에서 제안된 모델의 적용성을 살펴보기 위하여 121명 근로자 규모의 제조업체인 A기업의 2011년도 산업재해자료 Table 12와 4,038명 근로자 규모의 건설업체인 B기업의 2011년도 산업재해자료 Table 13을 토대로 두 기업의 안전수준을 점수화 하였다. A기업과 B기업은 재해를 측면에서 볼 때는 A기업의 재해율이 높게 나오는 경우이지만, 본 모델을 적용하여 안전수준을 계산한 결과 각각 22.871, 126.801이 나왔다. B기업이 A기업에 비해 규모가 훨씬 큰 만큼 더 많은 재해가 발생하였고, 안전수준의 점수도 B기업이 5배 이상 크게 산정되었다.

기업체의 안전수준평가방법은 재해율에 의한 기업체의 안전의식의 관리가 갖는 한계점을 극복할 수 있을 것으로 보이며, 중대 재해를 유발할 수 있는 큰 점수의 안전수준 점수를 보이는 기업체일수록 더욱 더 철저한 관리 감독의 필요성을 제기하고 있다고 볼 수 있다.

Table 12 Accidents status of A company (2011)

Onset	Occurring form	Disaster degree	Age	Longevity	Area
Jan. 17	Fall	4 weeks	44	1 year	Chungbuk
Feb. 19	Car accident	3 weeks	48	6 month~ 1 year	Chungbuk
Mar. 8	Cut off	2 months	30	3 months	Chungbuk

Table 13 Accidents status of B company (2011)

Onset	Occurring form	Disaster degree	Age	Longevity	Area
Jan. 4	flying	2 weeks	44	2 years	Kangwon
Jan. 8	Collision	2 weeks	35	1~2 years	Jeongbuk
Jan. 18	Fall	4 weeks	50	less than 6 months	Gyeonggi
Mar. 22	Fall	3 months	43	2~3 years	Kyungbuk
Apr. 15	Narrowness	3 months	36	6 months~1 year	Gyeonggi
Apr. 19	Fall	4 months	47	6 months~1 year	Kyungbuk
Jun. 20	Car accident	2 weeks	29	1 year	Gyeonggi
Jun. 21	Collision	3 weeks	55	2 year	Kangwon
Jul. 23	Car accident	4 weeks	50	6 months~1 year	Chungnam
Aug. 12	Fall	2 months	37	1~2 years	Kyungbuk
Aug. 19	Narrowness	2 months	46	less than 6 months	Chungnam
Sept. 7	Fall	Death	53	6 months~1 year	Chungnam
Sept. 7	Fall	4 months	58	1 year	Chungnam
Sept. 7	Fall	2 months	48	less than 6 months	Chungnam
Sept. 7	Flying	4 weeks	40	6 months~1 year	Chungnam
Sept. 30	Car accident	2 weeks	49	3 year	Chungnam
Oct. 24	Electric shock	4 weeks	53	less than 6 months	Kyungnam
Nov. 8	Car accident	3 weeks	49	1~2 years	Jeju

IV. 결 론

본 연구는 기업이 자사의 안전수준을 정확히 파악하여 기업에 맞는 안전 활동을 수립할 수 있도록 하는 데에 목표를 두고 진행하였다.

설문조사와 AHP기법을 통해 기업의 안전 수준을 평가하는데 중요하다고 생각되는 8가지 요인의 가중치를 산정하였다. 그 결과, 산업형태 0.239, 산업규모 0.156, 발생형태 0.323, 재해정도 0.112, 작업자연령 0.046, 재해발생시기 0.069, 입사근속기간 0.032, 지역 0.024로 계산되었다. 또한 8가지 요인의 등급 간 가중치도 산정하였다.

이 결과를 토대로 실제 기업의 안전수준을 평가해보았다. A기업의 안전수준을 평가한 결과 22.871로 계산되었고 B기업의 안전수준을 평가한 결과 126.801로 계산되었다. 두 기업의 안전수준을 비교했을 때 B기업의 안전수준의 점수가 훨씬 높게 나타났다. 다만 A기업이 B기업보다 더 안전하다고 단정해서 말하는 것은

문제가 있을 수 있다. 그 이유는 두 기업의 업종이 다를 뿐 아니라 기업의 규모에도 상당한 차이가 있기 때문이다. 따라서 안전수준 점수만 가지고 기업의 안전수준을 평가하기에는 무리가 있을 수 있으나 동일업종의 비슷한 규모의 기업간의 안전수준 비교에는 적용가능하고 활용할 수 있을 것으로 사료된다. 따라서 기업으로 하여금 자사의 안전에 대한 기준을 세밀하게 수립하고 안전수준을 정확히 알게 하여 기업이 적합한 안전 활동을 계획하고 수행하는 데에 도움을 줄 수 있을 것으로 판단된다.

향후 연구에서는 산업별, 기업규모별 안전수준 평가 등급표를 작성하여 기업이 자사의 안전수준을 평가할 수 있도록 하는 연구가 진행되어야 할 것이다.

REFERENCES

1. Byungin, G., 1999. Disaster Statistical Analysis Using Multivariate Analysis Techniques. *Spring Conference of the Korean Society of Safety* 40 (in Korean).
2. Sunok Song, 2011. A Study on the Selection of the International Ship Logistics Using the AHP. *Journal of Korea Association for International Commerce and Information* 13(2): 95-117 (in Korean).
3. Bae, S., and H. Chung, 2007. Development of a Rural Amenity Values Assessment Model by Analytic Hierarchy Process. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers* 49(5): 33-44 (in Korean).
4. Park, J., Y. Shin, Y. Ahn, and K. Lee 2009. Measurement of Value Engineering for Bridge Superstructures Using Analytic Hierarchy Process. *Journal of the Korean Society of Safety* 24(6): 105-110 (in Korean).
5. Lee, J., and S. Chang, 2012. Measurement of Severity of Hazards and Investment in Occupational Safety & Health According to Ship Types Using Analytic Hierarchy Process. *Journal of the Korean Society of Safety* 27(1): 105-110 (in Korean).
6. Korea Occupational Safety and Health Agency, 2008-2010, *Analysis of Industrial Accidents* (in Korean).