

http://dx.doi.org/10.17703/JCCT.2022.8.5.597

JCCT 2022-9-75

AHP 분석기법을 이용한 건설현장 취약시간대 안전관리에 관한 연구

A Study on the Safety Management of Vulnerable Time in the Construction Site by AHP Analysis

이문호*, 윤영근**, 오탈근***

Munho Lee*, Younggeun Yoon**, Taekeun Oh***

요약 건설 현장에서는 정규 근무시간 외의 야간작업, 조기작업, 점심시간 작업 시 관리감독자나 안전관리자의 부재로 많은 사고가 발생한다. 본 연구의 목적은 근로자의 안전수준을 측정하고, 작업조건에 대한 전문가집단의 의견을 분석하여 취약시간대 사고 예방을 위한 기초자료를 제공하고자 한다. 작업조건은 기본조건, 물리적 환경, 사회적 환경, 생리적 요인의 4개 영역으로 구분하였으며, AHP를 통해 결정된 우선순위 고려 대상과 사전에 조사한 근로자의 안전수준에 대해 상관관계를 조사한 후, 요인별 관리방안을 도출하였다.

주요어 : 취약시간, 근로조건, AHP

Abstract In construction sites, many accidents occur without supervisors during night work, early work, and lunchtime work outside of regular working hours. The purpose of this study is to measure the safety level of workers and to provide basic data for preventing accidents during vulnerable times by analyzing the opinions of expert groups on working conditions. Working conditions were divided into four areas: basic conditions, physical environment, social environment, and physiological factors. After examining the correlation between the priority considerations determined by Analytic Hierarchy Process (AHP) and the safety level of workers investigated in advance, management plans for each factor was derived.

Key words : Vulnerable Time, Working Condition, AHP

1. 서론

안전보건공단의 산업재해통계자료에 따르면 2020년 사고사망자 수는 882명이었다[1]. 이중 건설업에서 발생한 사고사망자 수는 총 458명으로 전체 사고사망자 수의 51.9%를 차지하고 있다. 사고 발생 원인은 Table 1의 건설업 발생 형태별 사고사망자 현황에서 볼 수 있으며

떨어짐에 의한 사고사망자 수가 236명, 전체의 51.53%로 가장 많았고, 물체에 맞음 42명 (9.17%), 부딪힘 38명 (8.3%), 화재 36명 (7.86%), 깔림/뒤집힘 33명(7.21%) 순이었다[1].

관리감독자 및 안전관리자의 근로조건이 안전에 미치는 영향, 건설현장의 안전관리 개선이 근로자의 안전 증진에 미치는 영향 등의 다양한 안전 분야에 대한 연구가

*정회원, 인천대학교 안전공학과 박사과정 (제1저자)
**정회원, 인천대학교 안전공학과 박사과정 (참여저자)
***정회원, 인천대학교 안전공학과 교수 (교신저자)
접수일: 2022년 7월 27일, 수정완료일: 2022년 8월 18일
게재확정일: 2022년 9월 3일

Received: July 27, 2022 / Revised: August 18, 2022

Accepted: September 3, 2022

*Corresponding Author: toh@inu.ac.kr

Dept. of safety engineering, Incheon National Univ, Korea

진행되었으며[2, 3], 최근에는 스마트 건설안전기술을 이용한 안전관리 분야가 활발히 연구되고 있다[4]. 하지만, 취약시간대에 근무하는 근로자에 대한 안전관리에 관한 연구는 거의 없는 실정이다. 여기서 취약시간이란 규정 근무시간 외의 시간을 말하며, 오전 7시 이전 조기출근 시간, 오후 6시 이후 야간근무시간, 12-1시 사이 점심시간 등 세 가지 경우로 구분할 수 있다. 취약시간대에는 근로자 감독이 어려워 근로자의 태도가 느슨해진다는 문제점이 있어 취약시간대에 근무하는 근로자들의 안전관리를 시스템화하고 체계적으로 적용하여 재해를 예방하는 것이 필요하다.

표 1. 건설업 발생형태별 사고사망자 현황
Table 1. Fatalities by accident type in the construction

Type of accident	Fatalities	Ratio (%)
Fall	236	51.53
Hit	42	9.17
Struck	38	8.30
Fire	36	7.86
be pinned under	33	7.21
Others	73	15.94
Total	458	100.00

근로자의 안전의식을 정착시키기 위해서는 우선 작업환경 및 작업조건을 개선하여야 한다. 여기서 작업조건이란 근로자에 대한 모든 조건을 의미하며 작업시간, 작업량, 작업 방법, 휴식 시간 등의 기본조건과 온·습도, 분진, 소음, 조명, 환기, 정리 정돈 상태 등의 물리적 환경, 사회적지지, 관리·감독 등의 사회적 환경, 피로, 수면, 음주, 흡연, 혈압 등의 건강과 관련된 생리적 요인 등이 포함된다.

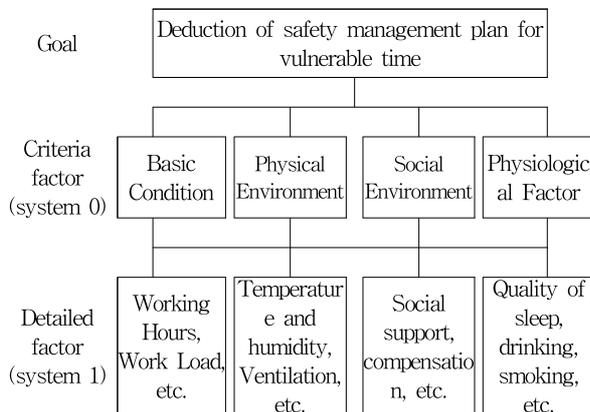


그림 1. 작업조건 요인별 체계도
Figure 1 System diagram for each factor of working conditions

본 연구는 설문과 인터뷰를 통해 근로자의 안전에 대한 의식 수준을 조사하고 현장에 근무 중인 경력 7년 이상의 안전관리자, 안전관리팀장, 산업안전지도사, 관련분야 박사 등으로 구성된 전문가집단으로부터 작업 환경에 대해 AHP를 통해 관리대상 우선순위를 도출하고자 하였다. Figure 1에서와같이 작업조건은 기본조건, 물리적 환경, 사회적 환경, 생리적 요인으로 구성하고 조건별 세부 요인을 구성한 후 쌍대비교를 통해 우선 고려대상을 선정하고 선정된 사항을 근로자의 의식수준과 비교하여 요인별 관리대책을 마련하였다.

취약시간대에 이루어지는 작업은 시간이 촉박하거나 간헐적인 작업이 대부분이다. 즉, 일상 작업이 아닌 시간이 촉박한 새로운 작업이므로 사고 예방을 위해서는 작업조건이 매우 중요하다.

취약시간대 공사에 대한 선행연구는 주로 야간시간대 작업, 공기 지연 등으로 인한 돌관공사에 따라 사고가 발생하는 것으로 분석되었으며, 점심시간이나 조기출근 시간에 대한 사고분석내용은 많지 않았다[5]. 본 연구에서는 야간시간대에 발생하는 다양한 사고사례를 분석하고 작업조건에 대한 사고 영향을 파악하였다. 야간시간대에 발생한 사망사고는 대부분 근로자의 불안정한 상태에 의한 것이었으며 사고 발생 형태는 Table 2과 같다. 조기출근 시간, 점심시간에 관한 내용은 안전보건공단에서 제공하는 사고사례를 참조하였으며 또한 작업 일보를 분석하여 근로자들의 시간대별 업무 내용을 파악하였다.

표 2. 야간시간대 사망사고 발생 형태
Table 2. Types of Death Accidents at Night Time

Type	Fall	Hit	Struck	Caught in	Etc	Total
Count	22	15	11	9	16	73

II. 연구 방법 및 결과

2.1 설문지 구성

설문지는 작업조건에 대해 크게 4개의 요인인 기본조건, 물리적 환경, 사회적 환경, 생리적 요인으로 구성된 후 요인별 세부적인 내용을 추가하였다. 요인별 세부 내용은 선행연구와 전문가집단의 의견을 종합하여 구성하였으며 추가로 근로자의 안전수준에 대한 평가를 위해 근로자의 안전의식 및 안전의식에 대한 설문지를

를 구성하였다. 근로자의 안전수준을 측정하기 위한 문항도 선행연구와 전문가집단의 의견을 종합하여 설문지 문항을 구성하였다. 설문지 문항 구성은 Table 3과 같이 총 92개로 구성되었고 요인별 문항을 골고루 분포하였다. 또한 근로자의 일반적인 특징을 분석하기 위해 경력, 나이, 성별, 직종 등에 대해서도 질문을 구성하였다.

표 3. 설문지 구성
 Table 3. Composition of questionnaire

Factors		
Characteristics of questionnaire respondent		
Working Condition	Basic condition	Working Hours
		Work Load
		How to Work
		Recess
	Physical environment	Temperature and humidity
		Noise
		Ventilation
		Lighting
		Dust
		Rest Area
		Hazardous substance exposure
		Organized state
	Social environment	Work proficiency level
		Job level
		Management supervision
		Social support
		Compensation
		Welfare benefits
	Physiological factors	Quality of sleep
		Recovery from fatigue
		Drinking
Smoking		
Blood pressure		
Worker's Safety Behavior	Autonomous participation in safety procedures	
	Compliance with safety regulations	
	Participation in preventive activities	
Workers' Safety Minds	Participation in risk assessment	
	Participation in safety education	
	an understanding of safety	
	Contributions to establishing a safety culture	

2.2 설문 방법 및 응답자 정보

설문지는 근로자의 의식 수준을 묻는 것과 취약시간대 작업환경을 묻는 것으로 나누어 조사하였다. 근로자의 의식 수준을 묻는 설문지는 건설 현장에서 근무하는 근로자 200명을 대상으로 배포하였고 그중 일관성이 높은 설문지 185건에 대해서만 분석하였다. 취약시간대

작업환경을 묻는 설문지는 전문가집단의 응답을 받았다. 전문가집단은 총 23명으로 구성되었으며 경력이 7년 이상인 안전관리자 16명, 건설안전기술사 5명, 공학박사 1명, 산업안전지도사 1명으로 구성하였다. 설문지는 A, B, C로 나누어 근로자의 안전수준을 판단하는 설문지를 A, 취약시간대 작업조건에 대한 설문지를 B, B 설문지 중 우선순위로 선정된 조건과 A 설문지의 분석 결과를 조합하는 설문지를 C로 하였다. 3개의 설문지는 모두 Cronbach's α 를 이용하여 신뢰도를 확인한 후 AHP 기법을 통해 분석하였으며, 연구 방법의 절차는 Figure 2와 같다. 또한 설문 응답자의 정보는 Table 4와 같다.

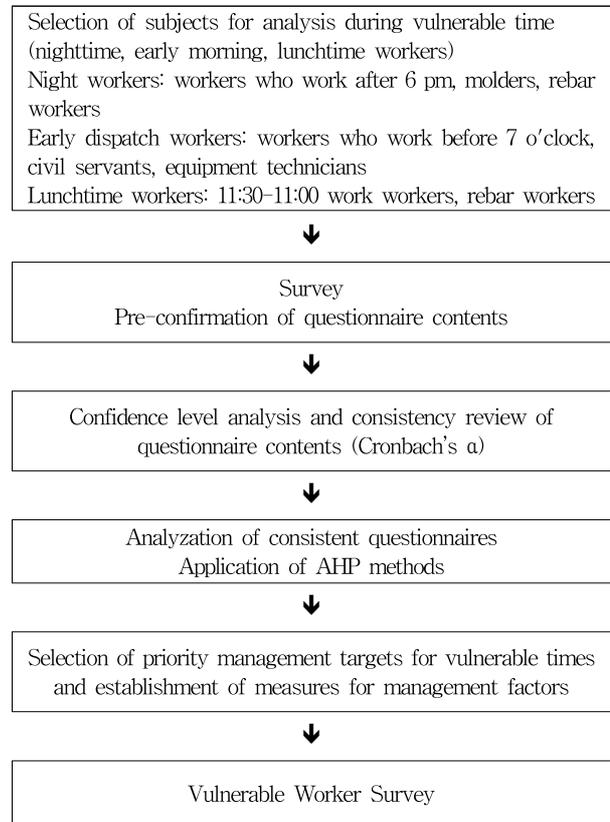


그림 2. 연구 방법의 절차
 Figure 2. Procedure of research method

설문 응답자 중 남성과 여성의 성별 특성은 남성의 비율이 압도적으로 높았다. 나이별 특성은 50대가 63명으로 34%를 차지했으며 특이사항으로 50세 이상이 전체 근로자의 49%로 근로자 연령대가 높은 것으로 나타났다. 학력 특성에서는 기타가 96명으로 52%를 차지했다.

외국인 근로자가 많은 관계로 학력이 우리나라와 차이가 있는 관계로 기타로 분류하였다. 특이사항으로 석사 학위 보유자가 2명이었다. 근무경력은 10년 이상이 109명으로 59%를 차지했고 15년 이상도 49명으로 27%를 차지했다. 직종 유형 특성은 건축 현장으로 대상으로 진행한 관계로 건축근로자가 72명으로 39%를 차지했으며 뒤를 이어 기타 73명 (39%), 전기 22명 (12%), 설비 18명 (10%) 순이었다. B, C 설문지의 경우 전문가 23명 모두 응답해 주었다. 또한, 응답지의 신뢰도를 분석한 결과 Cronbach's α 값이 모두 0.6 이상으로 통계적 일관성을 확보하였다.

표 4. 설문 응답자 정보

Table 4. Information of questionnaire respondent

Type	Details				
Gender	Male	Female			
	172 (93%)	13 (7%)	-		
Age	20-29	30-39	40-49	50-59	over 60
	20 (11%)	33 (18%)	41 (22%)	63 (34%)	28 (15%)
Level of education	High school graduate	College graduate	Master doctor degree	Etc.	-
	57 (31%)	30 (16%)	2 (1%)	96 (52%)	
Career	Under a year	1-5 years	6-10 years	10-15 years	over 20 years
	11(6%)	24 (13%)	40 (22%)	61 (33%)	49 (26%)
Type of work	Construction	Installation	Electrical	Etc.	-
	72 (39%)	18 (10%)	22 (12%)	73 (39%)	

2.3 AHP 분석

근로자의 작업조건 및 안전의식에 대해 설문 조사를 시행하고 쌍대비교를 통해 관리 우선순위를 선정한 후 다시 우선순위에 대한 쌍대비교를 통해 취약시간대 근로자 안전관리 방안을 수립하였다. 쌍대비교의 응답자의 일관성을 검토하기 위해 일관성 비율(Consistency Ratio, CR)을 이용하여 회수된 설문지에 대한 응답자별로 CR값이 0.1이상인 설문지만 분석하였으며, 요인별 우선순위는 엑셀의 MMULT함수를 이용하여 정규화하였다. Table 5에서 주요 요인의 중요도는 기본조건이

0.567로 가장 높았으며 물리적 환경 0.181, 생리적 요인 0.148, 사회적환경 0.104 순으로 분석된다.

표 5. 주요 요인별 중요도 분석 결과

Table 5. Importance of main factors

Type	Basic Condition	Physical Environment	Social Environment	Physiological Factor	Total
Importance	0.567	0.181	0.104	0.148	1.000
Priority	1	2	4	3	-

기본조건의 세부 요인은 근로시간, 작업량, 작업 방법, 휴식 시간으로 구성하였다. 요인별 중요도와 우선순위를 분석하고 기본조건에서 가장 관리되어야 하는 요소에 대해 선정하였다. Table 6에서와같이 작업 방법 0.630, 근로시간 0.163, 작업량 0.116, 휴식 시간 0.091의 순으로 분석되었다.

표 6. 기본조건 중요도 분석 결과

Table 6. Importance of basic condition

Type	Working Hours	Work Load	How to Work	Recess	Total
Importance	0.163	0.116	0.630	0.091	1.000
Priority	2	3	1	4	-

물리적 환경요인은 8개의 세부 요인으로 구성되었으며 요인별 관리 우선순위를 분석한 결과 Table 7에서와 같이 조명 > 온·습도 > 휴식공간 > 소음 > 분진 > 정리 정돈 상태 > 유해 물질 노출 > 환기 등의 순로 나타났다.

표 7. 물리적 환경 중요도 분석 결과

Table 7. Importance of physical environment

Type	Temp humidity	Noise	Ventilation	Lighting	Dust
Importance	0.167	0.121	0.050	0.289	0.095
Priority	2	4	8	1	5

Type	Rest Area	Hazardous substance exposure	Organized state	Total
Importance	0.154	0.058	0.065	1.000
Priority	3	7	6	-

사회적 환경요인은 6개로 구성되었으며, Table 8에서와 같이 요인별 관리 우선순위는 작업숙련도 (58.0%), 관리감독(23.0%), 보상(8.4%), 복리후생(4.9%), 사회적지지(3.3%), 작업수준(2.4%) 순으로 분석되었다.

표 8. 사회적 환경 중요도 분석 결과
 Table 8. Importance of social environment

Type	Work proficiency level	Job level	Management supervision	Social support
Importance	0.580	0.024	0.230	0.033
Priority	1	6	2	5

Type	Compensation	Welfare benefits	Total
Importance	0.084	0.049	1.000
Priority	3	4	-

Table 9의 생리적 요인 분석에서 수면의 질이 67.1%로 가장 관리되어야 할 우선순위로 선정되었다. 다음은 음주문제가 18.7%로 2위를 차지하였으며 3위는 7.1%를 차지한 혈압이 선정되었다. 혈압은 정상치에서 크게 벗어날 때 재해로 이어지기 때문에 관리 우선순위로 선정되었다. 다음으로 흡연문제(4.2%), 피로회복(2.9%)의 순이었다.

표 9. 생리적 요인의 중요도 분석 결과
 Table 9. Importance of physiological factor

Type	Quality of sleep	Recovery from fatigue	Drinking	Smoking	Blood pressure	Total
Importance	0.671	0.029	0.187	0.042	0.071	1.000
Priority	1	5	2	3	4	-

표 10. 평가 요소별 상대평가 결과.
 Table 10. Priority result for each factors

System 0		System 1		Priority of all factors	
Priority	Criteria factor	Priority	Detailed factor		
1	Basic condition	1	How to Work	1	Quality of sleep
		2	Working Hours	2	How to Work
		3	Work Load	3	Work proficiency level
		4	Recess	4	Lighting
2	Physical environment	1	Lighting	5	Management supervision
		2	Temperature and humidity	6	Drinking
		3	Rest Area	7	Temperature and humidity
		4	Noise	8	Working Hours
		5	Dust	9	Rest Area
		6	Organized state	10	Noise
		7	Hazardous substance exposure	11	Work Load
		8	Ventilation	12	Dust
3	Physiological factors	1	Quality of sleep	13	Recess
		2	Drinking	14	Compensation
		3	Smoking	15	Blood pressure
		4	Blood pressure	16	Organized state
		5	Recovery from fatigue	17	Hazardous substance exposure
4	Social environment	1	Work proficiency level	18	Ventilation
		2	Management supervision	19	Welfare benefits
		3	Compensation	20	Smoking
		4	Welfare benefits	21	Social support
		5	Social support	22	Recovery from fatigue
		6	Job level	23	Job level

위와 같이 결정된 우선 관리대상에 대해 근로자 안전수준 항목에 대해 분석해 보았다. 전체 세부 요인에 대해 요소별 상대평가를 하여 전체요소에 대한 우선순위를 선별하였다. Table 10에서 보듯이 전체요소의 우선순위는 생리적 요인 중 수면의 질이 가장 높았다. 그 뒤를 이어 기본조건이 작업 방법, 사회적 환경요인인 작업숙련도, 물리적 환경요인인 조명의 순으로 우선 관리대상이 선정되었다.

평가 요소별 상대평가 결과의 관리 우선순위와 근로자의 안전행동, 안전마인드에 대한 결과를 매칭하여 취약시간대 안전관리 방안을 마련하였다. 우선순위 4가지와 안전의식 6가지를 매칭하였으며 결과는 Figure 3과 같다. 야간, 조기출근, 점심시간 등의 취약시간에 근무하는 근로자들의 우선 관리방안을 선정한 후 전문가의 견을 통해 상관관계를 제시하였다.

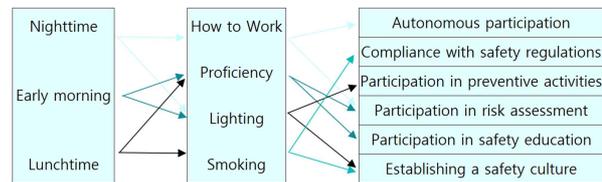


그림 3. 취약시간대 영향요인별 관리방안
 Figure 3. Management for main factors during the vulnerable time

III. 결 론

건설현장의 취약시간대 근무환경 및 근로자의 안전에 대한 의식수준 분석 결과 다음과 같은 결론을 도출할 수 있었다.

- 야간시간대에는 작업방법에 대한 자율 참여, 작업방법에 대한 위험성 평가를 하고 물리적 환경인 조명에 대해 관리해야 한다.
- 조기출근 시간대의 관리 우선순위는 작업속련도와 조명이었다. 작업속련도를 높이기 위해 위험성 평가 및 안전교육에 참여해야 하고 조명을 관리하여야 한다.
- 점심시간에는 작업속련도와 흡연이 관리대상으로 선정되었다. 작업속련도를 높이기 위해서는 위험성 평가와 안전교육에 적극적으로 참여하여야 하고 흡연에 관한 규정을 준수하여야 한다.

이상과 같이 취약시간대의 사고를 예방하기 위한 안전관리 방안을 연구하여 적용함으로써 중대 재해를 예방할 수 있다. 하지만 건설 현장의 특성상 몇 가지의 방법으로는 한계가 있을 수 있다.

References

- [1] Ministry of Employment and Labor, "Industrial accident analysis", 2020.
- [2] Y. S. Kim, T. K. Oh, C. S. Kim, N. E. Lee, C. S. Hong, S. Y. Lee, Y. G. Yoon, "A Study on the Actual Condition Analysis and Activation Plan of Smart Construction Safety Technology by the Survey", *Journal of the Korean Society of Safety*, Vol.37, No.1, pp. 30-40, 2022.
- [3] D. H. Lee, J. Y. Park and H. S. Youm, "A Study on the Effect of Improvement of Safety Management on the Promotion of Safety and Health of Workers in Construction Sites", *Journal of the Society of Disaster Information*, Vol.17, No.3, pp. 568-578, 2021.
- [4] J. K. Choi and J. S. Hong, "Work Condition Effects of Construction Field Managers and Safety Managers on Job Satisfaction", *Journal of The Korea Institute of Building Construction*, Vol.17, No.1, pp. 91-101, 2017.

- [5] S. I. Lee and K. S. Knag, "An Empirical Study on the Effects of Speedy Construction Work Factors on Safety Accidents in Construction Site", *Journal of the Korea Safety Management & Science*, Vol. 19, No. 1, pp. 27-38, 2017.

※ 이 논문은 2021년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2021R1I1A2050912 및 No. 2021R1A6A3A01086763)