Journal of the Korean Society of Safety
Vol. 37, No. 5, pp. 33-41, October 2022
https://doi.org/10.14346/JKOSOS.2022.37.5.33

ISSN 1738-3803 (Print)
ISSN 2383-9953 (Online)
http://www.kosos.or.kr/jkosos

AHP 분석을 이용한 기계식 주차설비 건설 중 위험성 평가방안 연구

이정한* · 김용곤**† · 이재원*** · 김종훈***

Risk Assessment of Mechanical Parking Facility during Construction based on AHP Analysis

Jeong Han Lee* · Yong Gon Kim**† · Jae Won Lee*** · Jong Hoon Kim***

†Corresponding Author
Yong Gon Kim
Tel : +82-31-670-5280
E-mail : yongon@hknu.ac.kr

Received : October 22, 2020
Revised : September 6, 2022
Accepted : October 14, 2022

Copyright@2022 by The Korean Society of Safety All right reserved.

Abstract : As the number of automobile registrations increases yearly, parking spaces that are located in downtown areas are increasing, and mechanical parking facilities are also increasing. Therefore, there is a high risk of accidents when installing and repairing a mechanical parking facility. In the preceding six years (from 2012 to 2018), the statistics that pertain to accidental disasters indicated that a total of 137 disaster victims were generated by the construction sector, 33 accidents occurred, and 10 people died. However, only the safety management items pertaining to accidents that occur during maintenance work and the use of the installed mechanical parking facilities are being studied; furthermore, there is no ongoing research with respect to the risk management that is conducted at the construction site. In 2017, the Korea Occupational Safety and Health Agency (KOSHA) announced the "Guidelines for Safe Installation and Maintenance of Mechanical Parking Equipment"; however, it is a safety guideline that is limited to the installation of basic protective equipment and to facility installation. There is no model for mechanical parking facilities that is indicated in the "Risk Assessment Model by Construction Industry Type", which is issued by the Safety and Health Corporation and is widely utilized for risk assessment in the construction industry; moreover, elevator installation work CODE N0: 22 is the only major example of a disaster. In this study, "risk assessment through a focus group interview" was performed, and data was derived from the "risk assessment of Article 41 (2) of the Industrial Safety and Health Act", which reflects the characteristics of the construction industry based on AHP analysis. The results of this study can be utilized for the risk assessment that is conducted during the construction stage of mechanical parking facilities.

Key Words : mechanical parking equipment, risk assessment, AHP analysis

1. 서 론

세계적으로 급격한 도시화의 진행으로 인구의 도시 집중은 보다 뚜렷하게 나타나고 있으며, 이로 인한 차량 주차 공간 부족, 교통 혼잡은 사회문제로 대두되고 있다. 기계식주차장은 1980년대 후반에 국내 보급되었으며 골프 연습장, 백화점, 영화관, 호텔 등 주차 수요를 유발하는 상업시설물과 오피스텔, 아파트 등 주거지역에 도시 집중 개발에 따라 기계식주차설비 주차장은 도심지 지역을 중심으로 매년 증가하고 있다.

기계식주차 설비 주차장은 2016년을 기준으로 서울특별시, 경기도, 대구광역시, 부산광역시 등 대도시를 중심으로 47,681기가 설치되어 있다. 과거에는 구조가 간단하고, 설치비용이 저렴한 2단식 기계식주차장을 많이 설치하였으나, 최근에는 자동차를 더 많이 주차할 수 있도록 설치비용이 높고, 구조는 복잡한 평면왕

*일진건설 차장 (Iljin Engineering & Construction)
**한경대학교 토목안전환경공학과 교수 (Department of Civil, Safety, Environmental Engineering, Hankyong National University)
***한경대학교 토목안전환경공학과 박사과정 (Department of Civil, Safety, Environmental Engineering, Hankyong National University)

복식, 다층순환식, 승강기식 등이 설치되고 있다[1].

매년 증가하는 자동차 등록대수와 비례하여 도심지의 주차난이 가중되고 있는 가운데 더욱 많은 차량을 집중적으로 주차할 수 있는 기계식 주차장 설비도 크게 늘어나고 있으나 이에 따라 최초 기계식 주차설비 설치 보수작업시 안전사고 위험이 높아 대책마련이 시급하다. 최근 6년간 (‘12년~’18년 9월) 사고재해 통계를 보면 총 137명의 재해자가 발생하였고, 업종별로 건설업이 33명 사망자는 10명에 이른다(Table 1,2).

그러나 기 설치된 기계식 주차설비의 사용 중 사고 및 유지보수 작업 중 사고사례에 관련된 안전관리사항만이 현재 연구되고 있으며, 건설업 사업장에서 최초 설치 시 위험관리에 대한 연구가 전무한 실정이다. 이에 한국산업안전보건공단은 2017년 [기계식 주차설비 설치, 보수작업 안전가이드]라인을 공표했으나 기본적인 보호구 착용과 시설물 설치에 국한된 안전가이드라인으로써 건설업 근로자의 일반적, 직업적 특성 및 설치 단계별 위험요인이 거론되지 않고 있다. 건설업에서 위험성평가에 가장 많이 이용하는 ‘건설업 공종별 위험성평가 모델(안전보건공단 발행)’에는 기계식주차설비 모델은 거론 되어 있지 않으며, 엘리베이터 설치작업 CODE N0:22 명시된 주요 재해사례만이 유일하다.

Table 1. Parking equipments accidents disasters (2012–2018)[2]

Accident disaster in the last six years				
137 people accident				
By industry				
Other business	manufacturing	Construction	transport industry	financial business
61 people	36 people	33 people	6 people	1 people

Table 2. Parking facility accidental death (2012 ~ 2018)[2]

Deaths in the last six years			
34 deaths			
By industry			
Other business	Construction	manufacturing	transport industry
16 people	10 people	6 people	2 people

본 연구에서는 [포커스 그룹 인터뷰를 통해 위험성평가]를 도출하고 AHP 분석 테이터(계층별 의사결정방법)를 기반으로 건설업 특성을 반영한 ‘산업안전보건법 제 41조 2의 위험성평가’를 적용하여 건설업 기계식 주차설비 위험저감 방안을 조사·연구하였다. 본 논문의 결과는 평면왕복식 기계식 주차설비 설치 공사 시 위험성평가 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

2. AHP 기법을 활용한 위험성평가 도출방법

AHP(Analytic Hierarch Process ; 이하 AHP)란 1980년대 Saaty에 의해 처음 개발된 방법으로 해결해야 할 문제를 몇 개의 계층(Hierarchy)으로 구성된 구조로 파악한 후에, 분석과정을 통해 상대적 우선순위(Relative Priority)를 정하는 기법을 의미한다[3]. 즉 AHP 접근 방법은 달성해야 할 목표, 환경 시나리오, 의사결정을 위한 여러 가지 기준 및 선택해야 할 대안들로 구성된 계층구조를 통해 복잡한 문제에 대한 최적 의사결정을 모색할 수 있는 의사결정 지원시스템이다[4]. AHP 평가는 각 기준에 관련된 대안들에 대한 기여도 관점에서의 각 기준들의 상대적 중요도에 관한 의사결정자의 판단에 기초한다[5]. 이러한 판단은 의사 결정자의 지식과 경험뿐만 아니라 객관적인 자료에도 근거해야 한다. 인간이 의사결정을 할 때 두뇌가 단계적 또는 위계적으로 분석과정을 거친다는 사실에 착안하여 개발되었으며 현존하는 의사결정 이론 중에 가장 광범위하게 인정을 받아 널리 활용되고 있다. 물리학 및 공학적으로 계량이 불가하고 직관적, 합리적 판단을 근거로 평가하는 방법으로, 절대평가가 아닌 쌍대비교 분석법(Paired Comparison Analysis, PCA)을 통한 상대평가에 근거한 기법이다.

2.1 중점관리대상 위험요인 도출 연구방법 FLOW 국내

본 연구는 C건설 오피스텔 공사에서 시공 중인 기계식주차설비의 위험요인을 예로 들어 분석하고 경력 10년 이상의 기계식주차설비를 시공한 근로자와 협력사 관리자를 대상으로 재해사례에 대한 설문조사를 실시하였으며, 기계식주차설비 공사 중 평면왕복식 주차설비 공사로 한정하고 공종별 위험요인 분석에 따른 도출 및 위험요인의 중점관리대상에 대한 우선순위화에 중점을 두었다. 먼저, 평면왕복식 주차설비 공사를 담당하는 공종관계자들과 포커스 그룹인터뷰를 적용한 위험평가 회의를 통해 주차설비 공종 및 위험요인을 분석하여 위험순위를 도출하였다. AHP기법 (Analytic Hierarchy Process : 계층적 의사결정방법)을 적용하여

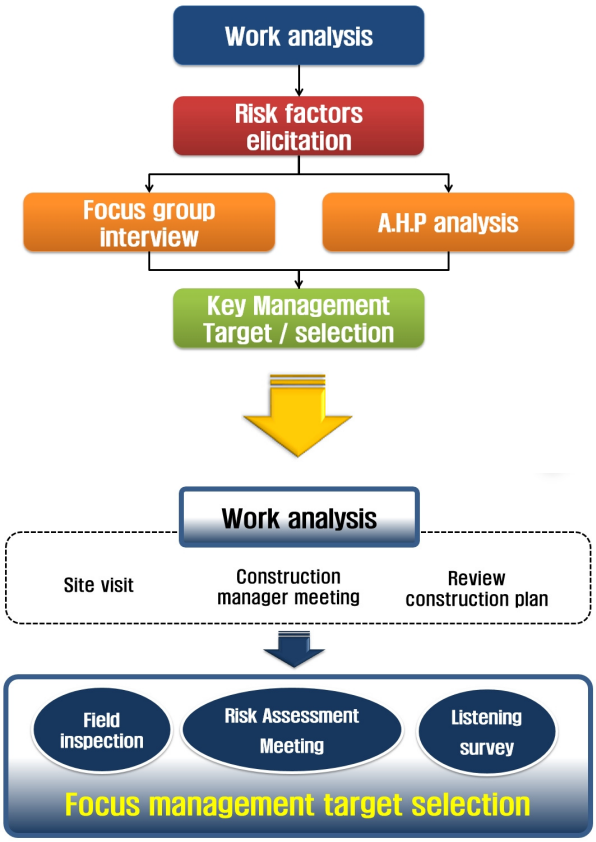
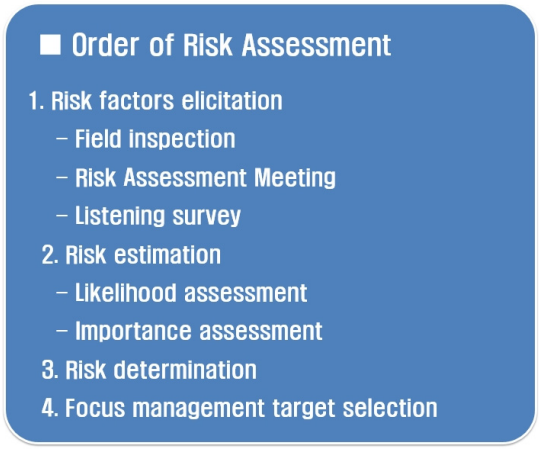


Fig. 1. Research method flow chart.

위험지수 산정과 공종 전문가의 정성적 설문조사 결과를 토대로 위험지수 산정을 비교 분석하였다. 산정 분석결과를 토대로 기계식주차설비공법(평면왕복식)의 위험공종(중점관리대상)에 대하여 재해예방대책을 제시하였다(Fig. 1).

2.2 포커스 그룹 인터뷰 (Focus Group Interview)

본 연구는 위험성평가 회의 절차의 일관성을 분석할 수 없는 리스크를 보완하기 위하여 포커스 그룹 인터뷰 방식을 적용하여 공종 위험성평가를 실시하였다. 포커스그룹 인터뷰에 방식을 적용하여 위험성평가를 실시하는 목적은 공정에 대한 경험이 없거나 제시된 위험요인에 대한 이해가 부족할 경우 사고경험에 대한 항목에만 위험도점수를 높게 줄 수 있어 신뢰성이 떨어지는 연구결과를 우려하였다. 포커스 그룹 인터뷰 방식을 적용하여 이를 보완하고 인터뷰 구성원들의 다양한 경험들을 공유할 수 있도록 하고 한두번의 경험을 가지고 위험성을 평가하지 않도록 설정하였다. 평가자의 경험으로 위험요인에 대한 평가를 하지 않도록 하였다. 포커스그룹 인터뷰 구성원 선정기준은 평면왕복식 주차설비 공사현장 경험이 있고 위험성평가 작성 및 실시 경험이 있거나 위험성평가 전문교육을 이수한 자로 구성 하였으며 현장소장 그룹 3명, 안전관리자 그룹 6명, 관리감독자 그룹 6명 등 3그룹 총 15명을 선정하였다. 위험성평가 실시 경험이 있지만 좀 더 정확한 공종 위험요인을 도출하기 위해 포커스 그룹 인터뷰 구성원을 대상으로 한국산업안전보건공단에서 제시한 위험성평가 결정 절차 중 본 연구를 위해 일부 변경된 절차를 교육하였다(Fig. 2,3).



Possibility \ Importance		Serious disaster	Height	Usually	Lowness	No damage
		5	4	3	2	1
Very high	5	25	20	15	10	5
Height	4	20	16	12	8	4
Usually	3	15	12	9	6	3
Lowness	2	10	8	6	4	2
Very low	1	5	4	3	2	1

A : 15~25 Point , B : 11~14 Point , C : 1~9 Point

Fig. 2. How to configure a focus group.

▪ Focus Group Discussion Method

1. Group size :
3 groups (field manager, safety manager, Management supervisor)

2. Personnel composition :
Site Manager 3, Safety Manager 6, Management Supervisors 6.

3. Discussion method :
Discussion of participants' experiences and thoughts on the possibility / importance by risk factors and check the scores of the participants

Fig. 3. Method for determining focus group risk.

2.3 포커스 그룹 인터뷰 (Focus Group Interview)

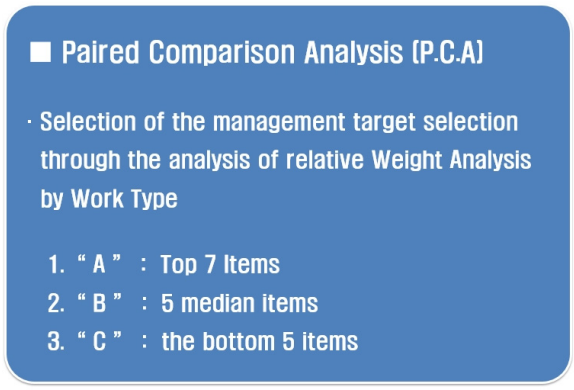
AHP 분석에 활용한 공종은 위험성평가 절차에 따라 우선순위 분석에 사용한 공종과 동일한 공종으로 분류하였다. 위험성평가 절차와 동일하게 각 공종의 위험요인은 총 19개의 위험요인을 각 설문 대상자들에게 제시하였다. 각 공종별 위험요인 개수를 보면 “주차설비자재반입”이 3개, 지하자재양중작업”이 5개, “주차설비설치작업”이 11개로 분류 되었다.

AHP 분석 평가 시 요소의 수는 7개~9개가 적당하다고 제시 하였으므로 본 연구의 공종별 위험요인 개수는 적당하다고 볼 수 있다. 각 설문 대상자들에게는 편견에 의한 설문조사를 방지하기 위하여 위험요인 분류표 이외에 어떤 사전 자료도 제공하지 않았으며, 설문의 이해가 필요할 경우에도 평면왕복식 주차설비 외의 다른 공사의 위험요인을 예를 들어 설명하였다[6]. 설문 대상자는 기계식 주차설비 공사를 경험한 현장소장 9명, 안전관리자 9명, 관리감독자 22명, 근로자 52명 총 92명이다. 92건의 설문 중 최종 회수된 설문은 60건 이었으며, 회수된 60건 중 그룹별 수는 현장소장 9명, 안전관리자 9명, 관리감독자 18명, 근로자 24명이었다. AHP는 일반적으로 다음과 같은 네 단계의 작업을 통해 수행된다.

첫 번째 단계에서는 분류되어 있지 않고 무작위로 나열된 의사결정 요소들을 분류하여 의사결정계층을 구성한다[7]. 최상위 계층에는 하위 계층을 모두 포함하는 포괄적인 요소들로 구성되며 하위 계층으로 갈수록 좀 더 세부적인 요소들로 구성된다. 또한 최하위계층은 의사결정의 대안 또는 선택 대안을 둔다. 의사결정계층 구성시 계층의 수는 의사결정의 종류에 따라 달라진다. 그러나 일반적으로 인간이 단기로 기억할 수 있는 아이템 개수는 7개 전후(5~9개)라는 심리학 실험결과를 바탕으로 최대 9개까지는 혼동 없이 동시에 비교가 가능한 것으로 보았다.

두 번째 단계는 의사결정 요소들 간의 쌍대비교를 통해서 판단자료를 수집한다. 쌍대비교 시 의사결정에 좀 더 중요한 요소라고 생각되는 정도를 Fig. 4와 같이 9점 척도로 중요도를 부여하며 쌍대비교 매트릭스(Paired Comparison Matrix)를 구한다.

세 번째 단계는 위의 쌍대비교 matrix를 이용하여 의사결정 요소들의 상대적 가중치를 구한다. 가중치를 구하는 방법은 단순가중치 산정법, 척도법, 이극법, 서열법, 쌍대비교법 및 교유벡터법이 있으며 이 중 Satty에 의해 개발된 고유벡터법이 다른 기법과 달리 한번에 2개의 요인만을 비교함으로서 평가의 일관성을 확보할 수 있는 방법이기 때문에 많은 연구에서 고유



	A1	A2	A3	···	An
A1	1	A1/A2	A1/A3	···	A1/An
A2	A2/A1	1	A2/A3	···	A2/An
A3	A3/A1	A3/A2	1	···	A3/An
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
An	An/A1	An/A2	An/A3	···	1

Fig. 4. Method for determining focus group risk.

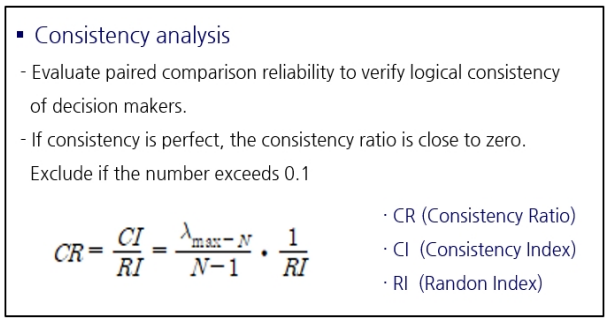


Fig. 5. Consistency analysis method.

벡터 법을 통해 가중치를 구한다[8].

네 번째 단계는 의사결정자의 논리적 일관성을 검증하기 위해 쌍대비교의 신뢰도를 평가한다[9]. AHP기법에서 신뢰도에 대한 지수를 제시하였는데 이것을 일관성비율(Consistency Ratio : CR)이라고 하며 Fig. 5와 Fig. 6에 계산식과 결과가 보여진다.

3. AHP 일관성비율 분석결과

60명의 설문 응답자들이 응답한 내용이 일관성 비율(Consistency Ratio : CR)이 0.1 이하인지 확인하기 위하여 일관성 분석을 실시하였다. 보통 CR이 0.1보다 작

으면 일관성이있다고 판단하고, 0.2보다 작으면 허용 가능하다고 판단한다[10].

일관성 분석에 사용한 프로그램은 Microsoft EXCEL 2010이다. 공종의 우선순위 AHP 설문에 대한 일관성 분석 결과 일관성 비율이 0.1이하인 설문지는 63%를 나타내었다. 회수된 총 60부의 설문지 중 일관성 비율이 0.1이하인 설문지는 38부였다. 주차설비 자재반입 공종 우선순위 AHP 설문에 대한 일관성 분석 결과 일관성 비율이 0.1이하인 설문지는 65%를 나타내었다. 회수된 총 60부의 설문지 중 일관성 비율이 0.1이하인 설문지는 39부였다.

지하자재 양중작업 공종 우선순위 AHP 설문에 대한 일관성 분석 결과 일관성 비율이 0.1이하인 설문지는 56%를 나타내었다. 회수된 총 60부의 설문지 중 일관성 비율이 0.1이하인 설문지는 34부였다. 주차설비 설치작업 공종 우선순위 AHP 설문에 대한 일관성 분석 결과 일관성 비율이 0.1이하인 설문지는 65%를 나타내었다. 회수된 총 60부의 설문지 중 일관성 비율이 0.1이하인 설문지는 39부였다

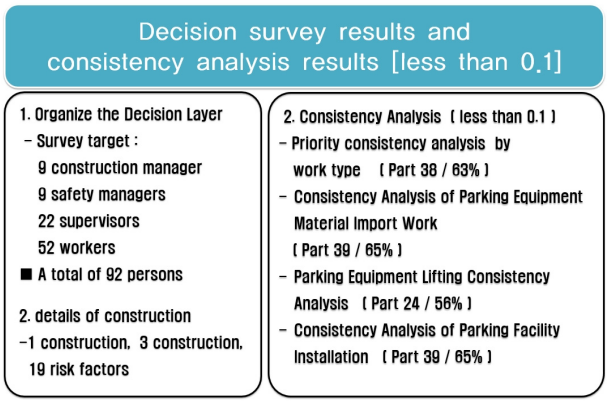


Fig. 6. Consistency analysis method.

3.1 공정별 가중치 결정

일관성 분석을 통해 가중치 결정대상으로 선정된 38부의 설문지를 대상으로 공종에 대한 가중치를 먼저 결정하였다. 총 3개의 공종을 쌍대비교 하였으며, 전 그룹(현장소장, 안전관리자, 관리감독자, 근로자)에서 큰 격차로 [주차설비 설치작업] 공종이 가중치에서 높은 값으로 계산되었다. 또한 “주차설비 자재반입 공종”, “지하자재 양중작업 공종”, “주차설비 설치작업 공종” 구분된 3개의 각 공종별 세부 위험요인별 가중치 계산을 실시하였고, 각 공종별 일관성 분석을 통해 선정된 설문을 대상으로 쌍대비교를 실시하였고 종합 가중치 계산 결과가 도출되었다(Table 3,4,5).

Table 3. Comprehensive weight calculation result by work type (Bringing in materials for parking facilities)

Risk factors for bringing in materials for parking facilities	W Ⓐ	R・W Ⓑ	C・W Ⓐ*Ⓑ	R.	G.
Risk of stenosis due to uncontrolled use of other workers and non-location of induction sources during forklift use	0.059	0.267	0.016	14	C
Car Jungle Narrowing Accident due to Not Implementing High Timber When Stopping Sloped Ground Material Loading Vehicle	0.059	0.124	0.007	19	C
Climb to 5m height loading vehicle and fall below 5 m as foot takes while working	0.059	0.607	0.036	10	B

Note : W = weight, R・F= Risk factors weight
C・W = Composite weighting index
R. = rank, G. = grade

Table 4. Comprehensive Weight Calculation Result by work type (Parking equipment materials lifting)

Parking equipment materials lifting Risk factors	W Ⓐ	R・W Ⓑ	C・W Ⓐ*Ⓑ	R.	G.
Risk of material falling due to broken shackles or failure to use shackles when lifting crane materials	0.380	0.125	0.047	8	B
Risk of equipment overturning due to exceeding equipment (crane) specifications and ineligible use of lifting capacity during material lifting	0.380	0.152	0.058	7	A
Danger of material falling due to collision with underground structures when loading underground materials due to poor signal when lifting materials	0.380	0.212	0.081	4	A
Workers fall from the inside of the large opening without wearing the safety ring when the material is lifted (H: 12M)	0.380	0.391	0.149	2	A
Stenosis accident by not placing signal workers when moving forklift underground materials	0.380	0.117	0.044	9	B

Note : W = weight, R・F= Risk factors weight
C・W = Composite weighting index
R. = rank, G. = grade

3.2 설문조사 종합분석결과

위험성평가 및 포커스 그룹 인터뷰에 의한 위험요인 우선순위와 AHP 분석에 의한 위험요인 우선순위를

Table 5. Comprehensive weight calculation result by work type (Parking facility installation work)

Parking facility installation work Risk factors	W Ⓐ	R · W Ⓑ	C · W Ⓐ*Ⓑ	R.	G.
Risk of falling due to missing fastening of safety hook during upper and lower steelwork during 8m high steel work	0.559	0.263	0.147	3	A
Risk of falling objects due to simultaneous work of upper and lower parts during installation of the 8m upper lift facility	0.559	0.024	0.013	16	C
Falling due to missing safety ring when welding steel plate inside 8m upper lift facility	0.559	0.111	0.062	6	A
Compression risk due to failure to control upper and lower access while moving materials using lift equipment	0.559	0.034	0.019	13	C
Risk of falling due to missing fastening safety rings when installing 4M upper steel pillars and supports in the underground parking lot section	0.559	0.048	0.027	11	B
Falling due to missing safety ring during 4M upper steel subbeam installation work in underground parking lot section	0.559	0.044	0.024	12	B
4M upper steel frame bolting work in the underground parking lot section. Fall risk of moving 13cm steel upper part	0.559	0.113	0.063	5	A
Risk of falling due to missing safety hook during pallet movement while moving 13 centimeters of steel frame while installing CAR pallet (H: 4M)	0.559	0.300	0.168	1	A
Risk of falling of beam material due to breaking of sling belt when lifting steel column and sub beam using winch	0.559	0.026	0.014	15	C
Underground parking lot Turntable-type mechanical equipment Danger of falling heavy objects due to breaking of chain block during installation on steel frame	0.559	0.019	0.010	17	C
When moving to the upper part of the steel frame. Fall hazard due to missing ladder fastening (H: 4M)	0.559	0.015	0.008	18	C

Note : W = weight, R · F= Risk factors weight
C · W = Composite weighting index
R. = rank, G. = grade

Table 6. Final ranking result of total score of risk factors (Bringing in materials for parking facilities)

Risk factors for bringing in materials for parking facilities	A.H.P Ⓐ	F · I Ⓑ	R · T Ⓐ*Ⓑ	F.R	F.G
Risk of stenosis due to uncontrolled use of other workers and non-location of induction sources during forklift use	0.016	11.7	0.19	14	C
Car Jungle Narrowing Accident due to Not Implementing High Timber When Stopping Sloped Ground Material Loading Vehicle	0.007	8.6	0.06	19	C
Climb to 5 m height loading vehicle and fall below 5 m as foot takes while working	0.036	12.2	0.44	8	B

Note : A.H.P = A.H.P aggregate index
F · I = Focus Interview Risk
R · T = Risk total score
F.R = Final rank, F.G = Final grade

Table 6, 7, 8과 같이 비교하였다. 포커스 그룹 인터뷰 위험요인 순위와 AHP 종합지수 순위를 종합하여 상위 7개의 위험요인을 '상' 그 다음 5개의 위험요인을 '중' 하위 7개의 위험요인을 '하'로 구분하였다. 위험성평가 및 포커스 인터뷰에 의한 위험요인 우선순위와 AHP 분석에 의한 위험요인 우선순위 분석결과 상위 7개의 위험요인이 "상위"로 분류 되었다.

상위 7개의 위험요인은 "4 m 상부에서 폭 13 cm 빔 상부를 밟고 인력으로 카트 이동하여 파레트 안착 중 안전대 미착용 근로자 추락", "자재 양중 · 하역 시 안전고리미체결 상태로 대형개구부 난간대를 넘어 단부(H:12M)에서 신호 중 근로자 추락위험 ", "8 m 높이 차량 리프트 철골 기둥 작업 상하부 승하강중 안전고리 미체결로 근로자 추락위험", "4 m 철골빔 상부에서 부재 볼팅작업을 위해 폭 13 cm 철골을 걸어서 이동하다 근로자 추락 ", "8 m 높이 차량 리프트 내부 철판설치 용접 시 안전고리 미체결로 근로자 단부 추락위험"으로 선정되었다. "상"으로 구분된 위험요인의 공종은 "지하자재 양중작업 공종"에서 3개, "주차설비 설치작업 공종"에서 4개가 결과로 도출되었다. 상, 중의 분포 역시 "지하자재 양중작업 공종"과 "주차설비 설치작업 공종"에 집중적으로 나타나고 있다. 설문에 참여한 평면왕복식 주차설비(기계식 주차설비)의 공사 관계자들은 "지하자재 양중작업 공종"과 "주차설비 설치작업 공종"에 집중 안전관리와 위험저감 대책이 필요함을 나타내고 있다.

Table 7. Final ranking result of total score of risk factors (Parking equipment materials lifting)

Parking equipment materials lifting Risk factors	A.H.P Ⓐ	F・I Ⓑ	R・T Ⓐ*Ⓑ	F.R	F.G
Risk of material falling due to broken shackles or failure to use shackles when lifting crane materials	0.047	8.6	0.41	11	B
Risk of equipment overturning due to exceeding equipment (crane) specifications and ineligible use of lifting capacity during material lifting	0.058	11	0.64	7	A
Danger of material falling due to collision with underground structures when loading underground materials due to poor signal when lifting materials	0.081	12	0.97	6	A
Workers fall from the inside of the large opening without wearing the safety ring when the material is lifted (H: 12M)	0.149	18.7	2.79	2	A
Stenosis accident by not placing signal workers when moving forklift underground materials	0.044	9.3	0.42	9	B

Note : A.H.P = A.H.P aggregate index
F・I = Focus Interview Risk
R・T = Risk total score
F.R = Final rank, F.G = Final grade

Table 8. Final ranking result of total score of risk factors (Parking facility installation work)

Parking facility installation work Risk factors	A.H.P Ⓐ	F・I Ⓑ	R・T Ⓐ*Ⓑ	F.R	F.G
Risk of falling due to missing fastening of safety hook during upper and lower steelwork during 8 m high steel work	0.147	18	2.65	3	A
Risk of falling objects due to simultaneous work of upper and lower parts during installation of the 8 m upper lift facility	0.013	9.8	0.13	16	C
Falling due to missing safety ring when welding steel plate inside 8 m upper lift facility	0.062	15.9	0.99	5	A
Compression risk due to failure to control upper and lower access while moving materials using lift equipment	0.019	10.9	0.21	13	C
Risk of falling due to missing fastening safety rings when installing 4M upper steel pillars and supports in the underground parking lot section	0.027	15.5	0.42	10	B
Falling due to missing safety ring during 4M upper steel subbeam installation work in underground parking lot section	0.024	15.2	0.38	12	B
4M upper steel frame bolting work in the underground parking lot section. Fall risk of moving 13cm steel upper part	0.063	18	1.15	4	A
Risk of falling due to missing safety hook during pallet movement while moving 13 centimeters of steel frame while installing CAR pallet (H: 4M)	0.168	21.6	3.63	1	A
Risk of falling of beam material due to breaking of sling belt when lifting steel column and sub beam using winch	0.014	9.9	0.15	15	C
Underground parking lot Turntable-type mechanical equipment Danger of falling heavy objects due to breaking of chain block during installation on steel frame	0.010	8.4	0.09	17	C
When moving to the upper part of the steel frame. Fall hazard due to missing ladder fastening (H: 4M)	0.008	8.2	0.07	18	C

Note : A.H.P = A.H.P aggregate index
F・I = Focus Interview Risk
R・T = Risk total score
F.R = Final rank, F.G = Final grade

4. 위험요인 분석에 따른 재해예방대책

기계식 주차설비 공사의 가장 큰 위험 요인은 근로자 추락이다. 도출된 위험요인 “상”에 해당되는 7가지 안전 우선순위 위험요인 역시 마찬가지다. 빔상부에 근로자가 빔 상부를 밟고 걷지 않는 방법을 최우선 대책으로 생각하고 위험요인 우선제거, 추락방지 시설물 설치, 보호구 착용 순으로 위험요인을 제거하는 방식으로 안전대책을 강구하였다. 또한 기술적 대책 뿐 아니라 관리적, 교육적 대책을 각각 마련하였다. 위험요인 7개 공종에 대한 기술적 안전대책은 아래 Table 9와 같다.

4.1 우선순위 1에 대한 안전대책

평면왕복식 주차설비 설치중 4 m 높이에서 폭 13 CM 빔상부를 밟고 인력으로 카드를 이동시키는 모습은 큰 충격 이였다. 작업자가 4 m 높이에서 카트를 인

력으로 밀어 원하는 위치에 정지시키는 작업이다. 상부근로자는 카트 상부에 안전고리 체결후 대기하고 하부에서 유도로프로 천천히 카트를 이동하도록 하였다.

4.2 우선순위 2에 대한 안전대책

2톤 이상의 중량물을 지하 12 m 아래로 양중 하역시 대부분 신호수는 대형 반입개구부 아래를 보기위해 순간적으로 안전난간대를 안전벨트 없이 넘어가 고소 단부에(H:12 m) 매달려 아래를 쳐다보게 되고 따라서 근로자 추락 위험이 항상 도출되었다. 작업전 하부 시야를 확보할 수 있는 작업대(우마)를 설치하여 안전난간대를 넘어가지 않고 시야확보가 용이하게 하고 보조로프 이용하여 하부에서 핸드링 가능하도록 하였다.

Table 9. Accident prevention measures

Intensive safety management risk factors	Accident prevention measures
Risk of falling due to missing safety hook during pallet movement while moving 13 centimeters of steel frame while installing CAR pallet (H: 4M)	Do not work on the top of the beam, connect the rope to the cart, pull the rope from the bottom, and move the cart.
Workers fall from the inside of the large opening without wearing the safety ring when the material is lifted (H: 12M)	Don't let the worker go over to the end. Workstation installation to secure lower vision before work. Additional life ropes to safety railings.
Risk of falling due to missing fastening of safety hook during upper and lower steelwork during 8m high steel work	Install a workstation on the upper part of 8M. Install additional safety blocks, life ropes
4M upper steel frame bolting work in the underground parking lot section. Fall risk of moving 13cm steel upper part	Install a 4M high work surface. Installing a vault from inside the workstation
Falling due to missing safety ring when welding steel plate inside 8m upper lift facility	Install the safety guard attachment facility and life rope on the concrete wall in line with the working height. Install and install additional life ropes on a lift steel square frame that moves up and down
Danger of material falling due to collision with underground structures when loading underground materials due to poor signal when lifting materials	No access to the lower part. Arrange signal expert to prevent impulses.
Risk of equipment overturning due to exceeding equipment (crane) specifications and ineligible use of lifting capacity during material lifting	Check the weighing capacity of the equipment before working. Check floor conditions before use, arrange signal experts

4.3 우선순위 3에 대한 안전대책

기계식 주차설비 작업시 가장 처음 실시되는 주요공정으로 차량 리프트 철골 작업이 진행된다. 지하로 하역된 자재를 최종적으로 작업장 최하부로 이동시키기 위한 일련의 작업순서이다. 차량 리프트 공정이 완성됨에 따라 기계식주차설비에 사용되는 모든 자재를 차량 리프트를 이용하여 원하는 장소에 최종 이동시킬수 있다. 8 m 높이의 상부에서 작업이 진행됨에 따라 특별한 추락위험에 대한 관리와 안전대책이 필요하다. 8M 높이의 비계 작업대를 설치 하고 안전블럭 또는 생명줄 클립을 설치 후 체결하도록 하였다.

4.4 우선순위 4에 대한 안전대책

4M이상 높이에서 폭 13 cm 빔 상부를 이동하는 모습이 초기 작업 시 자주 적발되었다. 따라서 근로자 안전의식 MIND UP을 위한 특별안전교육을 반복 실시하였다. 이동식틀비계)를 2단 설치후 상부 1단과 2단에서 각각 볼팅 작업 실시하며 근로자는 절대 빔 위에서 걷지 않도록 하였다.

4.5 우선순위 5에 대한 안전대책

기계식 주차설비 공정중 차량 리프트 내부 마감 철판 용접시 근로자 추락위험이 있는 개구부가 발생한다. 8 m 빔 기둥 사이를 밟고 철판 측부 및 하부 용접을 하는 모습을 자주 볼수 있었다. 또한 작업시 안전고리를 빔 기둥에 쵸크식 체결을 하거나 안전고리 체결 자체를 누락하고 작업하는 경우 역시 자주 적발되었다. 그리하여 8 m 높이의 비계 작업대를 설치하고 내부 콘크리트 벽체(좌, 우, 후면) 3개면에 스트롱 앙카 및 생명줄 설치하여ㄲ차량 리프트 외부 벽체 마감철판 용접시 추락을 예방하고 차량 리프트 사각틀 사면에 생명로프를 설치하여 차량 리프트 내부에서 마감철판 용접시 추락을 방지할 수 있도록 하였다.

4.6 우선순위 6과 7에 대한 안전대책

기계식 주차설비 공정중 2번째 주요공정으로 차량 주차용 철골 기둥, 지지대, 서브빔을 설치한다. 지지대 설치시 1단 2단 기둥에 근로자 2명이 매달려 작업이 진행됨에 따라 근로자 추락위험이 크다고 볼 수 있다.

60 kg 철골자재 양중을 위한 이동식 틀비계 내부 완강기를 설치하고 근로자는 철골 빔 상부를 밟지 않게 하였으며 비계 이동 불가능한 비좁은 구간은 철골 기둥간 생명줄을 설치하여 안전고리 체결 후 작업하게 하였다.

5. 결론 및 고찰

본 연구에서는 기계식 주차설비공사의 일종인 평면왕복식 주차설비에 대하여 공종 분류 후 위험성평가

(현장점검, 협의체 회의, 청취조사)를 통하여 3가지 공종, 19개의 위험요인을 도출하였다. 도출된 위험요인에 대하여 포커스그룹 인터뷰 및 AHP 기법을 적용하여 위험도 등급 (상, 중, 하)의 관리대상을 선정하였으며, 집중 안전관리와 위험저감 대책이 필요한 공종은 "지하자재 양중작업 공종"과 "주차설비 설치작업 공종"으로 나타났다. 최종적으로 위험요인이 높은 7개 공종의 위험저감을 위한 안전대책을 제시하였다.

본 연구를 통해 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1) 종합분석결과에서 제시한 위험종합점수는 평면왕복식 주차설비 공사 위험성 평가에 사용 가능하리라 판단되며, 이를 이용하여 효율적이고 경제적인 안전보건활동에 활용가능하리라 판단된다[11].

2) AHP 기법이 위험지수를 도출함에 있어 어느 정도의 신뢰성이 확보되는 것으로 평가되며, 포커스인터뷰전문가 그룹의 응답결과로 다른 형태의 주차설비 공사에서도 효율적인 적용이 가능할 것으로 판단된다.

3) 위험요인이 가장 상위인 공종에 대하여 본 연구에서 제시한 대책들은 향후 기계식 주차설비의 공사에 대한 위헌저감 방안으로 유용하게 사용될 것으로 판단된다.

References

1) G. S. Roh, "Studying the Correlation between the Cause and Cause of Accident in Mechanical Parking Lot Inspection", Department of Transportation ITS, Ajou University, 2018.
2) Korea Occupational Safety and Health Research Institute (KOSHA),"Machine Parking Facility Operation Safety Guide", 2018.
3) I. K. Han,"A Study on the Risk of Work Type in Urban Railway Construction," Graduate School of Industry, Bukyong National University, 2015.
4) J. M. Kim , J. B. Lee and S. R. Chang "Risk Analysis of Construction Work Types Using AHP", J. Korean Soc. Saf., Vol. 29, No. 2, pp. 62-67, 2014.
5) J. M. Kim, J. B. Lee and S. R. Chang "Risk Analysis of Construction Work Types Using AHP", J. Korean Soc. Saf., Vol. 32, No. 5, pp. 96-102, 2017.
6) D. W. Kim, "A Study on the Risk Assessment and Countermeasures of Daily DHC Method", Department of Safety Engineering, Seoul National University of Science and Technology, 2016.
7) S. J. Kwon, "Priority of Safety Management through Analysis of Risk Factors in the Construction of Mobile Communication base Stations Research", Department of Safety Engineering, Seoul National University of Science and Technology, 2015.
8) J. B. Jun, "PA Study on the Risk Assessment and Countermeasures of the Chimney Demolition Work", Department of Safety Engineering, Seoul National University of Science and Technology, 2016.
9) Korea Occupational Safety and Health Research Institute (KOSHA),"A Study on the Quantification of Risk Index through Risk Assessment in Building Construction", Korea Occupational Safety and Health Research Institute, 2018.
10) J. H. Sung and S. S. Byun, "A Study on the Weight of the Condition Evaluation Items of the Rock-Steletal Mask with AHP and Entropy Technique", J. Korean Soc. Saf., Vol. 31, No. 5, pp. 61-66, 2016.
11) M. G. Lee, M. J. Jeong, K. D. Kim, S. J. Choi and S. K. Park, "Evaluation of Bridge Construction Risk Index Using AHP Technique", J. Korean Soc. Saf., Vol. 24, No. 6, pp. 119-123, 2009.