

기계식주차장 차량진입방지시스템의 검증절차에 관한 연구

백일천*, 김경희*, 정경택**, 이종섭**,#

*한국산업기술시험원, **한국승강기대학교 승강기공학부

A Study on Qualification Procedure of Vehicle Entrance Prevention System for Mechanical Parking Station

Il Cheon Beak*, Kyung Heui Kim*, Kyung Taek Chung**, Chung Seob Yi**,#

*Korea Testing Laboratory

**School of Lift Engineering, Korea Lift Collage

(Received 22 July 2019; received in revised form 8 August 2019; accepted 9 August 2019)

ABSTRACT

Since the 2000s, mechanical parking lots have become an increasingly common solution to serious parking difficulties in urban areas. While safety regulations are in place, they can avert or minimize accidents only when drivers understand and comply with them, and so do not always prevent drivers from making mistakes. As a result, the number of serious accidents caused by driver errors continues to increase in proportion to the rapid increase in vehicles. Most of these accidents are caused by abnormal vehicle entry, despite the safeguards already in place. Therefore, in this thesis, we will study the vehicle entry prevention system and suggest how it can be made more effective in stopping or minimizing accidents.

Key Words : Mechanical Parking Station(기계식주차장), Qualification Procedure(검증절차), Vehicle Entrance Prevention(차량진입방지)

1. 서 론

현대사회도시는 도심의 고도화로 인구가 과밀집 되고 있다. 이는 도심의 차량 수 또한 급격한 증가를 가져왔고, 이는 큰 사회적 문제가 되어오고 있다.

이에 2000년대부터 도심의 심각한 주차난에 대한 해결책으로 Fig. 1 과 같은 기계식주차장이 보편화 되고 있으며, 그 수는 지속적으로 증가되고 있다. 그러나 기계식 주차장의 폭발적인 보급설치와 함께 안전사고가

매해 크게 증가되어 큰 사회적 문제로 대두되고 있다. 기계식 주차장의 안전사고의 경우는 대부분 추락으로 인한 중대재해로 이어지고 있으며, 이로 인한 인적, 사회적 손실이 막대한 실정이다.

기계식 주차장에 대한 안전법규가 있으나, 현 법규는 운전자가 법규를 제대로 이해하고 준수 시 안전사고를 최소화하는 차원이며, 운전자의 과실이나 실수가 발생시 이를 방지하는 선지적 절차가 아닌 실정이다. 이로 인해 매년 운전자의 착오 및 실수로 인한 중대재해 발생이 급속한 차량증가에 비례하여 지속 증가하고 있는 추세이다. 이런 사고는 대부분 비정상적인 차량진입으로 인한 추락

Corresponding Author : csyi@klc.ac.kr

Tel: +82-55-949-2266, Fax: +82-55-949-2200



Fig. 1 Mechanical parking station

사고가 대부분이며, 현행 제도 및 설비는 이를 사전에 방지할 수 있는 기능이 전무한 실정이다.

이러한 운전자의 착오 및 실수로 인한 비정상적인 차량진입 막을 수 있는 절차나 안전장치가 필요한 이유가 여기에 있다. 이에 본 연구에서는 보다 효과적이고 직접적인 수단으로 비정상적인 차량 진입을 방지할 수 있는 안전시스템에 대한 검증절차를 연구 하고자 한다^[1-3].

기계식 주차장의 비정상 진입시의 사고를 예방하기 위한 기계적 안전장치 개발을 위해 설계 및 시뮬레이션 검증, 기계공학특성 분석을 통해 기계식 주차장의 추락사고를 미연에 방지할 수 있는 차량진입방지시스템을 개발하고 이를 평가/검증할 수 있는 프로세스를 개발하고자 한다.

2. 연구 및 정책동향

2018년 국토교통부는 기계식 안전관리 강화제도를 소개하고 있으며, 기존 제도와의 비교를 통

해 그 차이점을 안내해주고 있다. 특히, 노후화 된 기계식 주차장의 정밀안전검사제도에 대하여 자세하게 설명하고 있다.

본 논문에서는 기계식 주차장 사고사례별 분석 결과를 바탕으로 하여, 근본 원인을 분석하였으며, 최근 사회적 이슈로 발생하고 있는 기계식 주차장의 중대재해를 방지할 수 있는 검증절차를 개발하고자 한다. 이를 위해 최근 변경된 현행 국내법규의 안전사고 발생 방지 유효성 분석 하였으며, 그 분석결과에 따른 미비점에 대한 보완절차를 제시하고자 한다.

특히 기존 제도에서 다루지 못했던 인적과실에 의한 비정상적인 차량진입시 발생하는 기계식 주차장 사고까지도 원천적으로 방지할 수 있는 보완절차에 대한 연구를 하고자 한다.

특성요인도(Fishbone Diagram) 분석 및 위험요소 분석(Hazard Scan) 기법을 사용하였으며, 동적 구조해석 프로그램을 통한 동적(Explicit) 해석기법을 이용하여 차량의 거동 시뮬레이션을 분석하고, 이를 통해 최적의 안전검증시스템을 구축하고자 한다. 이외에 전기, 유압분야 등 모든 공학적 요소를 고려하여 안전사고를 효과적으로 막을 수 있는 기준을 확립하고자 한다.

기계식주차장 안전대책의 효과적인 방법구축 또는 제도개선 등에 관한 연구 정책들이 꾸준히 연구 되어 오고 있다. 현재 한국교통안전공단의 기계식주차장 사고조사 제도나 검사강화에 대한 내용이 주를 이루고 있어, 안전사고를 원천적으로 방지할 수 있는 수단이나 제도에 대한 연구나 정책은 미흡한 실정이다.

기계식 주차장의 인명사고가 빈번하게 발생하고 있어 현행 제도상 나타난 문제점을 개선해 안전관리를 강화코자 2018년 5월 시행된 Table 1과 같이 기계식주차장 정밀안전검사제도는 정밀검사 항목의 의무화와 검사원 자격요건 강화의 내용을 담고 있다. 그러나 이번 제도 또한 그간의 정책과 큰 차별성이 없어 안전사고를 방지의 효과성에 대한 기대하기 힘들다. 단순히 검사원의 자격 요건 강화와 검사항목 추가, 검사주기 단축 등의 수준으로는 기계식 주차장의 안전사고를 막을 수 없기 때문이다.

Table 1 Precision safety inspection regulation for mechanical parking station

Index	Regular inspection (Previous)	Precision safety inspection (New)
Inspector	2 mechanician or electrician	2 mechanician or electrician
Inspection cycle	Inspection after 3 years since initial inspection, then every 2 years	Inspection after 10 years since initial inspection, then every 4 years
Inspection range	Sampling	Total inspection
Inspection equipment	5 legal equipments	23 legal equipments
Inspection process	Visual inspection	Test by technical equipment
Control program inspection	None	Test for program error etc.
Level of safety	None	Decision by observation data analysis

Table 2 Yearly accidents record

	'13	'14	'15	'16	'17	'18.9	Total
Accident	2	5	10	9	20	6	52
Fatal	-	7	5	3	9	4	28

안전사고를 원천적으로 막을 수 있는 차량진입 방지시스템 개발 및 그에 맞는 검증절차에 관한 연구는 이루어 지지 않고 있는 실정이다. 이로 인해 기계식주차장의 안전사고는 Table 2와 같이 지속적으로 증가하는 추세이다. 이는 기계식 주차장의 급격한 증가와도 관련 있으나, 그 간의 제도 정책들의 실효성이 결여되어 있음을 보여준다.

3. 검증절차수립

3.1 사고원인분석

실제 사고실태 자료를 조사해보면 기계식 주차장의 사고원인은 Table. 3과 같이 인적 요인이 가장 높은 것으로 나타나고 있다. 최근 2016년 이후 기계식 주차장 추락사고의 경우 기계결함이 아니라 운전미숙, 무면허 운전, 음주운전으로 차량이 기계식 주차장으로 돌진하여 사고가 발생한 경우가 다수이다. 이는 인적 과실로 인한 비정상적인 차량진입이 추락사고의 큰 원인이 되고 있음을 보여준다. 정부의 안전제도 가이드라인을 보면 이러

Table 3 Statistics of mechanical parking station accident cause

Cause		No. of accidents	Portion (%)
Human factor	Manager mistake	19	24.7
	User mistake	12	15.6
	Engineer mistake	10	13.0
	Sub total	41	53.2
Defect	Mechanical	23	29.9
	Environmental	7	9.1
Other		6	7.8
Total		77	100

러한 인적 요소(Human Error)에 대한 안전사고의 방지수단이 전무하다^[4-7].

현행법규의 문제점과 한계를 유관기관에서 인지하고 있으며, 이에 2차 안전장치에 대한 준비를 정부가 추진계획 중에 있다. 본 연구에서는 현행 제도·법규로 막을 수 없는 인적 과실로 인한 기계식 주차장의 추락사고를 방지할 수 있는 차량진입 방지시스템의 검증절차를 연구하고자 한다. Fig. 2와 같이 기계식 주차장 사고원인을 분석하기 위해 특성요인도(Fishbone Diagram) 분석기법을 이용하였다. 사고 대범주를 관리자과실, 이용자 과실, 보수자 과실, 기계결함, 환경적 결함, 기타로 분류하

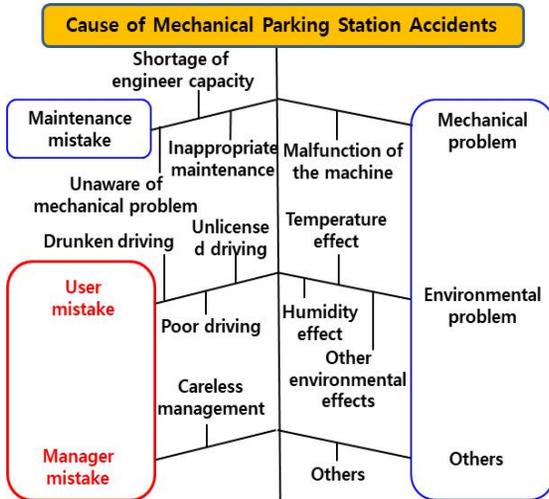


Fig. 2 Fishbone diagram for the accidents root cause

였고, 그에 따른 세부원인을 분석하였다.

첫번째, 관리자 과실의 세부원인으로 관리부주의와 제어실수로 분류하였다. 두번째, 이용자과실의 세부원인으로 운전미숙, 음주운전, 무면허운전으로 분류하였다. 세번째 보수자 과실의 세부원인으로는 기계결함 미발견, 보수자의 역량미흡, 기타 부적절한 보수로 분류하였다. 네번째 기계결함의 세부원인으로는 기계오작동으로 분류되었다. 다섯번째, 환경적 결함의 세부원인으로는 온도에 의한 영향, 습도에 의한 영향, 기타 환경요인으로 분류하였다. 마지막 기타 범주의 세부원인을 기타요인으로 정의하였다.

사고원인에 대한 특성요인도(Fishbone Diagram)을 이용한 위험요소분석(Hazard Scan)으로 6 가지 대범주 중 두 가지인 관리자 과실 및 이용자 과실은 현행 제도로 방지 불가능한 인적 과실로 인한 사고로서 보완 제도가 필요하다는 결과를 도출하였다.

Fig. 3과 같이 차량진입방지 시스템 구축을 위해 특성요인도(Fishbone Diagram)분석을 이용하여 기본구성요소(대범주)를 분석하고, 각 구성 요소별 세부구성요소를 정의하였다. 차량진입방지장치 기본구성요소는 설치베이스, Blocker, 동력부, 제어부, 센서부, 인터페이스부로 분류하였고, 이에 따른 각 부의 세부 구성요소를 분류하였다.

첫번째, 설치베이스의 세부 구성요소는 제동설

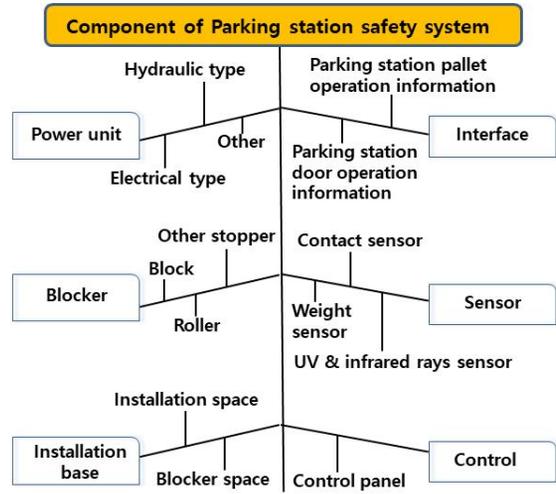


Fig. 3 Fishbone diagram for safety system of the mechanical parking station

치공간, 동력장치 설치공간으로 정의하였다.

두번째, 진입방지장치의 세부 구성요소는 진입방지롤러, 진입방지블럭, 기타 차폐장치로 정의하였다. 세번째, 동력부 세부 구성요소는 동력 타입에 따라 전기모터 구동식, 유압 구동식, 기타 구동식으로 분류하였다. 네번째, 제어부는 세부구성요소로 제어판으로 정의하였다. 다섯번째, 센서부는 적외선 센서, 초음파 센서, 접촉 센서, 무게 센서로 정의하였다. 여섯번째, 인터페이스부는 세부구성요소로 기계식 주차장 도어개폐 정보, 기계식 주차장 주차 팔레트 이동 정보로 분류하였다.

3.2 차량진입 방지시스템 위험요소 분석

도출된 차량진입방지장치에 대한 6가지 주요 구성부에 대한 위험요소분석(Hazard Scan)을 통하여 위험요소를 분석 하였다.

정의된 차량진입방지시스템의 기본구성요소별 안전사고와 이어질 수 있는 위험요인 분석을 Table 4와 같이 수행하였다. 첫번째, 설치베이스 위험요인은 베이스 파손으로 분석되었고, 두번째 제동장치의 위험요인은 차량제동 실패, 제동장치 파손, 방수방진으로 분석되었다. 세번째 동력부의 위험요인은 합선·누전, 누유, 방수방진으로 분석되었다. 네번째, 제어부의 위험요인은 제어실패, 합

Table 4 Safety system hazard scan & evaluation

	1st step [confirm risk factor]	2nd step [risk evaluation]	3rd step [counter measure]
Machine base	① Base damage	① Base damage:1	① Measure rebound hardness (Schmidt hammer)
Braking device	① Braking fail ② Device damage ③ IP	① Braking fail:6 ② Device damage:4 ③ IP:3	① Braking Simulation qualification ② Braking device structural analysis ③ IP test
Power unit	① Short circuit ② Leakage ③ IP	① Short circuit :3 ② Leakage:3 ③ IP:3	① Insulation test ② Field test ③ IP test
Control	① Control fail ② Short circuit ③ IP	① Control fail:4 ② Short circuit:3 ③ IP:3	① Control test ② Insulation test ③ IP test
Sensor	① Sensing fail ② Transmission ③ Short circuit ④ IP	① Sensing fail:5 ② Transmission :4 ③ Short circuit:3 ④ IP:3	① Sensing test ② Wire condition test ③ Insulation test ④ IP test
Interface	① Interface fail ② Transmission ③ Short circuit ④ IP	① Interface fail:4 ② Transmission:4 ③ Short circuit:3 ④ IP:3	① Interface test ② Wire condition test ③ Insulation test ④ IP test

선·누전, 방수방진으로 분석되었다. 다섯번째, 센서부의 위험요인은 센서감지실패, 신호전송실패, 합선·누전, 방수방진으로 분석되었다.

마지막 여섯번째 인터페이스부 위험요인은 인터페이스 실패, 신호전송실패, 합선·누전, 방수방진으로 분석되었다.

분석된 위험요인별 위험성 평가를 위해 한국산업안전보건공단에서 제공하는 Table 5와 같이 위험성 평가 매트릭스를 이용하였다. 위험 요인별 위험성 평가분석을 통해 위험요소 우선순위를 정하였고, 위험 요소별 대책을 도출하였다.

위험성 평가 매트릭스를 통한 사고 빈도수 및 부상 정도의 종합적 평가를 통해 차량제동실패가 최우선 위험요소를 평가되었고, 차 순위로 센서감지실패, 제어실패, 인터페이스 실패, 신호전송 실패 등의 순서로 평가되었다. 위험성평가의 결과에 따른 대책을 각 위험 요인별로 분석 도출하였다.

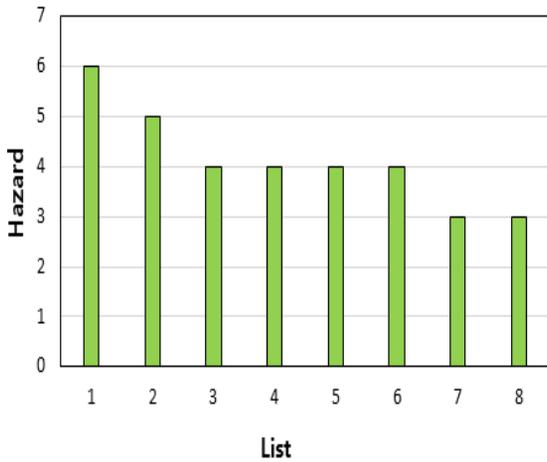
최우선 위험요소인 차량제동 실패의 경우는 비정상 진입차량에 대한 차량 진입방지시스템 Simulation 검증을 통해 차량제동 실패 가능성을 제거토록 한다. 센싱 감지 실패의 경우는 센싱성능시험을 통해 내구성과 정상작동 여부를 사전에 검증하여 센서감지 오작동의 가능성을 배제하고자

Table 5 Risk evaluation matrix

	Light injury	Normal injury	Serious injury	Fatal injury
Very low	1	2	3	4
Low	2	3	4	5
Middle	3	4	5	6
High	4	5	6	7
Measure value	Risk	Desc.		
1-2	Low	Acceptable risk		
3-4	Considerable	Need to reduce risk		
5-7	High	Immediately need to reduce risk		

한다.

그밖에 제어실패, 인터페이스 실패의 경우도 마찬가지로 제어 및 인터페이스 성능시험을 사전에 시행하여 오작동 및 고장의 가능성을 사전에 제거토록 한다. 그 밖에 위험요소인 합선·누전 방수·방진 등은 현장검사를 통하여 적절한 설치 및 처리가 되었는지 현장검사를 통해 발생할 수 있는 위험요소를 사전에 제거토록 한다.



- 1 : Verification of vehicle braking simulation
- 2 : Structural Analysis of Braking System
- 3 : Sensing performance test
- 4 : Wiring condition inspection
- 5: Interface performance test
- 6: Control performance test
- 7 : IP Test
- 8: Insulation test

Fig. 4 Solution method category

3.3 검증절차 수립

주요 위험요소별 기술된 대책을 Fig. 4와 같이 해결대책범주(Solution Method Category) 와 같이 검증 특성별 분류하여 효율적인 절차(Process)를 수립하고자 하였다.

첫번째, 해결대책범주는 시뮬레이션(Simulation) 해석검증이며, 진입차량제동 simulation, 제동장치 구조해석을 통해 차량진입방지 시스템의 차량제동 및 제동장치의 내구성을 검증하고자 한다. 두번째로 성능검사를 실시하여, 센싱 감지 신뢰성 내구성 및, IP 테스트를 통해 환경신뢰성에 대한 검증을 진행한다.

세번째로는 차량진입방지시스템의 배선상태, 인터페이스 성능시험, 제어성능 시험, 절연검사 등 현장검사를 통하여 최종 현장작동 상태를 검증한다. 따라서 Fig. 5와 같은 절차를 통해 기계식 주차장의 차량진입방지 시스템에 대한 검증을 제안하고자 한다.

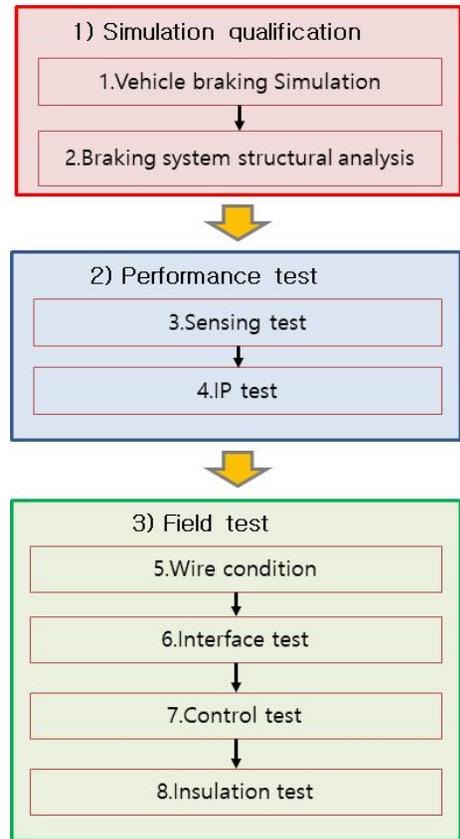


Fig. 5 Qualification procedure for mechanical parking station safety system

4. 결론

본 연구를 통하여 비정상적인 차량 진입시 사고를 막을 수 있는 검증수단을 연구하였으며, 위험분석에 따른 검증절차를 도출하였다.

- 비정상 진입시의 사고를 예방하기 위해 특성요인도(Fishbone Diagram) 및 위험요소분석(Hazard Scan)을 통한 원인을 분석하여 방지대책을 도출하였으며, 기계공학적 특성 분석을 통해 기계식 주차장의 추락사고를 미연에 방지할 수 있는 차량진입방지시스템 검증 프로세스를 개발하였다. 개발된 프로세스는 구조해석 시뮬레이션(Simulation)을 통하여 그 유효성을 확인하였다.

2. 연구수행 결과로 도출된 차량진입방지시스템의 검증절차를 기초로 제도화가 필요하다. 개발된 검증절차 구조해석 시뮬레이션(Simulation), 성능검사, 현장검사를 토대로 현행 제도에 적용하기 위한 실증작업을 유관기관과 협의하여 제도화하여 그 유효성을 실증할 것을 제안한다.
3. 차량진입방지시스템에 대한 검증절차가 적용시 기계식 주차장 설치 이후 인적과실로 인해 지속적으로 발생된 추락사고 등 중대 재해를 획기적으로 저감시킬 수 있을 것으로 기대된다.
7. Rho, K. S., "Study on Correlation Between Cause of Not Pass the Mechanical Parking Lots Inspection and Cause of Accident", A Thesis for a Master, A Thesis for a Doctorate, Ajou University, Republic of Korea, 2018.

REFERENCES

1. Lee, W. T., Cha, J. S., Lee, J. J., Kim, J. H., Kim, B. U., "A Study on Remote Monitoring & Diagnosis System for Tower Parking Facility", Proceedings of the KIEE Conference, pp.3184-3186, 2000.
2. Akhlaq, M., Sheltami, T. R., Helgeson, Bo., Shakshuki, E. M., "Designing an Integrated Driver Assistance Aystem using Image Sensors", Journal of Intelligent Manufacturing, Vol. 23, Issue. 6, pp.2109-2132, 2012.
3. Lee, C. H., Kim, M. S., Kim, H. B., "A Study on the Improved Method Two Floor Parking System", Proceeding of the KST Spring Conference, pp. 715-723, 2007.
4. Patil, M., Bhonge, V. N., "Wireless Sensor Network and RFID for Smart Parking System", International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, Vol. 3, Issue. 4, pp. 188-192, 2013
5. Wang, W., Song, Y., Zhang, J., Deng, H., "Automatic Parking of Vehicles : A Review of Listeratures", International Journal of Automotive Technology, Vol. 15, Issue. 6, pp.967-978, 2014.
6. Gupta, A., Kulkarni, S., Jathar, V., Sharma, V., Jain, N., "Smart Car Parking Management System Using IoT", American Journal of Science, Engineering and Technology, Vol. 2, Issue. 4, pp.112-119, 2017.