



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

공 학 석 사 학 위 논 문

지게차 사용에 따른
사고사망 발생 패턴 분석

Pattern Analysis of Fatal Accident Caused by Forklift Use

울 산 대 학 교 일 반 대 학 원
안 전 보 건 전 문 학 과
정 우 준

지게차 사용에 따른
사고사망 발생 패턴 분석

지도교수 정 기 효

이 논문을 공학석사학위 논문으로 제출함

2024년 8월

울 산 대 학 교 일 반 대 학 원
안 전 보 건 전 문 학 과
정 우 준

정우준의 공학석사학위 논문을 인준함

심사위원장 이 수 동



심사위원 정 기 효



심사위원 최 영 근



울산대학교 대학원

2024년 8월



국문 요약

지게차 사용에 따른 사고사망 발생 패턴 분석

울산대학교 일반대학원
안전보건전문학과
정 우 준

산업의 고도경제 성장기를 거치면서 산업의 확대와 기술의 변화에 따라 산업재해가 급증하는 것을 배경으로 산업안전과 보건에 관한 법률인 산업안전보건법이 1981년에 법률로 제정되었다.

법 시행 이후 경제·기술 발전, 정책적 노력, 안전의식 향상 등의 결합으로 사고사망만인율이 2003년도 1.24‰에서 재해가 감소되기 시작하여 최근 2022년 0.43‰으로 20년간 사고사망만인율은 1/3수준으로 감축되었다. 하지만 우리나라의 사고사망만인율은 OECD 평균인 0.29‰에 비하면 여전히 높은 수준이다. 이에 고용노동부에서는 중대재해 감축 로드맵 시행하는 등 산업재해 감축을 위해 정부에서 지속적으로 노력하고 있다.

산업화의 발달에 따라 생산물이 대형화되고 있다. 생산물 제조를 위해 사업장에서 건설기계를 활용하여 하역 운반 및 작업을 하고 있다. 2023년 기준 약 55만대의 건설기계가 국토교통부에 등록되어 산업현장에서 사용되고 있으며 이중 지게차는 약 22만대로 약 40%로 높은 비중을 차지하고 있으며, 이에 따른 사고사망 재해도 다발하고 있는 실정이다.

다발하는 지게차 사고사망 재해 분석을 위해 최근 2020년부터 2022년까지 3년간 전 업종에서 발생한 사고사망 재해를 분류·분석하였다. 지게차 사용에 따른 사고사망 발생 패턴화 도출을 위해 재해를 사고유형, 작업유형, 사고원인으로 구분하여 분류하였다.

분석 결과 지게차 사용에 따른 산업재해 감소를 위해 산업안전보건법, 산업안전보건기준에 관한 규칙 등에서 다양한 법적 규제를 갖추고 있으나, 사업장에서는 이를 이행하지 않아 사고가 다발하고 있다. 사업장에서는 법에서 규정하는 사항을 이행할 수 있도록 관리감독자의 역할을 강화하여 현장의 관리·감독의 기능을 강화할 필요성이 있음을 확인하였다.

또, 사업장 내에서 고소작업 시 지게차를 활용하여 작업 중 사고사망 재해가 다발하였다. 사업주는 근로자들이 안전한 작업환경에서 일할 수 있도록 비계나 고소

작업대 등을 활용하여 작업 할 수 있도록 관리하고, 지게차를 다른 목적으로 사용하지 못하도록 감독해야 한다. 또한, 근로자들에게 지게차를 고소작업에 사용하지 않도록 정기적인 교육을 통해 주지해야 할 필요성을 확인했다.

다발하는 지게차 전복 재해예방을 위해 사업장 내 제한속도 경보장치 법적 의무화와 하역물과 지반상태에 따라 변동하는 지게차의 무게중심을 인식하여 운전자 및 주변 근로자에게 알림을 줄 수 있는 스마트장비(센서시스템)을 개발하여 보급할 필요성이 있음을 확인하였다.

본 연구에서 실시한 사고사망 다발 패턴을 통해 국내 관련 법의 미비점 개선 및 스마트장비 개발 등 정책적, 기술적, 관리적 대안들을 반영하여 정부의 산재예방정책 및 사업장 안전관리에 반영한다면 우리나라에서 지게차로 인한 산업현장 사고의 위험성을 낮추는데 기여 할 것으로 기대된다.

Key word : 지게차, 사고사망, 패턴분석, Sankey Diagram

목 차

1. 서론	
1.1 연구 배경 및 필요성	1
1.2 연구 목적	4
1.3 연구의 의의	5
2. 이론적 배경	
2.1 연구 동향	6
2.1.1 사고 패턴 분석 연구 동향	6
2.1.2 지게차 산업재해 분석 연구 동향	7
2.2 국내 산업재해 현황	8
2.3 지게차 산업재해 현황	10
2.4 지게차 개요	13
2.4.1 지게차 개요	13
2.4.2 지게차 종류 및 구조	13
2.4.3 지게차 안전	19
3. 지게차 재해 요인별 분석	
3.1 지게차 재해 분석	26
3.2 작업유형별 분석	27
3.3 사고유형별 분석	28
3.4 사고원인별 분석	30
4. 지게차 사고사망 패턴 분석	
4.1 요인별 교차 분석	32
4.2 사고발생 패턴 분석	35
5. 결과 및 고찰	
5.1 사고사망 분석 결과	38
5.2 지게차 사고사망 감소 방안	41
6. 결론	43
참고문헌	44
Abstract	45

표 목차

<표 1-1> 건설기계 등록 현황	2
<표 1-2> 2022년 기인물별 사고사망 현황	3
<표 1-3> 연구수행 과정	5
<표 2-1> 최근 5년 발생형태별 사고사망 재해 원인	10
<표 2-2> 최근 5년 기인물별 사고사망 재해 원인	11
<표 2-3> 기인물별 사고사망 재해 원인	12
<표 2-4> 지게차의 주행·하역작업 시 안정도 기준	22
<표 3-1> 지게차 사고사망 재해분류 기준	26
<표 3-2> 작업유형별 분석	27
<표 3-3> 사고유형별 분석	29
<표 3-4> 사고유형 중 산업안전보건 기준에 관한 규칙 상 위반 사항	28
<표 3-5> 사고원인별 분석	30
<표 4-1> 작업유형별 사고유형 분석	32
<표 4-2> 사고유형별 사고원인 분석	33
<표 4-3> 작업유형별 사고원인 분석	34
<표 4-4> 작업유형·사고원인·사고유형 요인 분석	35

그림 목차

[그림 1-1] 우리나라 연도별 사고사망자수 및 사고사망만인율	1
[그림 1-2] 우리나라와 선진국과의 사고사망만인율 비교	1
[그림 2-1] 최근 10년간 산업재해 지표 추이	8
[그림 2-2] 연도별 업무상 사고사망 재해 추이	9
[그림 2-3] 디젤 및 LPG 기관 지게차	13
[그림 2-4] 전동형식 지게차	14
[그림 2-5] 카운터밸런스형 지게차	14
[그림 2-6] 리치형 지게차	15
[그림 2-7] 야지용 카운터밸런스형 지게차	15
[그림 2-8] 텔레스코픽식 지게차	16
[그림 2-9] 사이드형 지게차	16
[그림 2-10] 보행 작동용 지게차	17
[그림 2-11] 대형 지게차/컨테이너 핸들러	17
[그림 2-12] 지게차 구조부별 명칭	18
[그림 2-13] 지게차의 안정조건	21
[그림 2-14] 포크의 간격	22
[그림 4-1] 지게차 사고사망 발생 패턴	36
[그림 4-2] 지게차 주요 사고사망 발생 패턴	38

1. 서론

1.1 연구배경 및 필요성

생명과 건강은 근로자를 포함한 모든 사람에게 가장 기본적인 권리이다. 근로는 근로자가 생존을 목적으로 수행하기 때문에 때로는 여러 형태의 위험에 노출되어 있어 근로자를 법적으로 보호해야 한다.

법적 태동을 보면 근로자의 안전·보건 및 재해보상에 관한 사항은 원래 근로기준법의 일부로 규정되었지만(근로기준법 제6장 안전과 보건 및 제8장 재해보상 참조) 산업재해의 예방강화와 재해보상의 사회보험화라는 목적으로 각각 독립된 법률로 제정되었다.

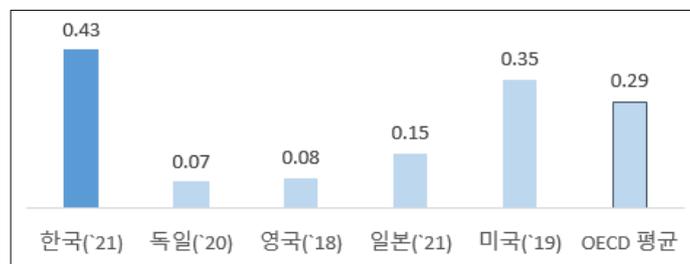
산업의 고도경제 성장기를 거치면서 산업의 확대와 기술의 변화에 따라 산업재해가 급증하는 것을 배경으로 산업안전과 보건에 관한 법률인 산업안전보건법이 1981년에 법률로 제정되었다.(TUMURBAATAR JAMIYANDAGVA, 2021)

법 시행 이후 경제·기술 발전, 정책적 노력, 안전의식 향상 등의 결합으로 [그림 1-1]과 같이 사고사망만인율이 2003년도 1.24‰에서 재해가 감소되기 시작하여 최근 2022년 0.43‰으로 20년간 사고사망만인율은 1/3수준으로 감축되었다.



[그림 1-1] 우리나라 연도별 사고사망자수 및 사고사망만인율

하지만, 우리나라 사고사망 재해는 OECD 국가 등 기타 선진국과 비교해 보면 여전히 높은 수준이다.[그림 1-2]



[그림 1-2] 우리나라와 선진국과의 사고사망만인율 비교

과거 2018년 정부에서는 “2022년까지 자살예방, 교통안전, 산업안전 등 ‘3대 분야 사망 절반줄이기’를 목표로 ‘국민생명 지키기 3대 프로젝트’ 집중 추진”을

발표하였으며, 고용노동부에서는 중대재해 감축 로드맵을(고용노동부, 2018) 시행하는 등 산업재해 감축을 위해 정부에서 지속적으로 노력하고 있다.

산업화의 발달에 따라 생산물이 대형화되고 있다. 생산물 제조의 효율화를 위해 사업장에서 건설기계를 활용하여 하역 운반 및 작업을 하고 있으며, 약 50만대 가량의 건설기계가 국토교통부에 등록되어 산업현장에서 사용되고 있다.<표 1-1>

<표 1-1> 건설기계 등록 현황(국토교통부, 2023)

연도 건설기계명	'18	'19	'20	'21	'22	'23
총 계	501,646	508,005	517,736	532,240	541,070	549,383
1. 불도저	3,667	3,593	3,527	3,427	3,051	2,922
2. 굴착기	150,573	153,028	157,740	164,701	169,594	174,213
3. 로더	25,775	26,873	28,197	29,648	30,448	31,220
4. 지게차	189,592	195,472	200,968	207,721	211,977	215,804
5. 스크레이퍼	21	21	17	7	5	5
6. 덤프트럭	59,998	57,917	56,624	55,876	54,930	53,982
7. 기중기	10,657	10,458	10,466	10,657	10,790	10,902
8. 모터그레이더	659	633	613	585	555	541
9. 롤러	6,650	6,802	7,000	7,274	7,340	7,472
10. 노상안정기	1	1	1	1	0	0
11. 콘크리트베틙플랜트	75	67	72	72	69	69
12. 콘크리트피니셔	144	137	137	130	120	118
13. 콘크리트살포기	5	4	4	2	0	0
14. 콘크리트믹서트럭	26,737	26,460	26,147	26,111	26,326	26,505
15. 콘크리트펌프	6,970	6,713	6,445	6,252	6,025	5,895
16. 아스팔트믹싱플랜트	4	2	1	1	1	1
17. 아스팔트피니셔	1,033	1,041	1,047	1,047	1,023	1,015
18. 아스팔트살포기	80	84	86	87	80	83
19. 골재살포기	1	1	1	1	1	1
20. 쇠석기	399	384	374	370	346	331
21. 공기압축기	4,485	4,380	4,317	4,289	4,106	4,095
22. 천공기	5,981	6,025	6,051	6,095	6,046	6,057
23. 향타 및 향발기	978	1,021	1,077	1,142	1,212	1,241
24. 자갈채취기	22	21	20	17	16	15
25. 준설선	177	175	164	142	134	132
26. 특수건설기계	679	681	679	677	664	650
27. 타워크레인	6,283	6,011	5,961	5,908	6,211	6,114

산업화의 발달에 따른 생산물의 대형화로 산업현장에서 기계·기구의 사용은 떼려야 뗄 수 없는 관계가 되었고 이에 따라 산업재해 또한 다발하고 있다.

2022년 기준 산업안전보건 근로감독관 집무규정에 의하여 근로감독관이 조사한 사망재해를 기인물별로 분석하여 보면 <표 1-2>와 같다.

<표 1-2> 2022년 기인물별 사고사망 현황

구 분	총 계	광 업	제조업	건설업	전기가스 수도업	운수항공 통신업	기타
총 계	620 (100.00%)	9 (1.45%)	146 (23.55%)	235 (37.90%)	2 (0.32%)	28 (4.52%)	200 (32.26%)
(1) 일반동력기계	29 (4.68%)	0	24	0	0	0	5
(2) 건설용기계	30 (4.84%)	1	4	19	0	1	5
(3) 목재가공용기계	1 (0.16%)	0	1	0	0	0	0
(4) 동력크레인	44 (7.10%)	0	17	18	0	0	9
(5) 동력운반기	48 (7.74%)	1	23	11	1	4	8
1. 지게차(포크리프트)	23 (3.71%)	0	13	2	0	4	4
2. 컨베이어	10 (1.61%)	1	4	1	1	0	3
3. 궤도	1 (0.16%)	0	0	1	0	0	0
4. 기타	14 (2.26%)	0	6	7	0	0	1
(6) 운반차량	86 (13.87%)	2	11	20	0	11	42
(7) 압력용기	7 (1.13%)	0	2	2	0	0	3
(8) 용접장치	2 (0.32%)	0	1	1	0	0	0
(9) 화학설비	8 (1.29%)	0	3	0	0	0	5
(10) 건조설비	0 (0.00%)	0	0	0	0	0	0
(11) 로, 요 등	0 (0.00%)	0	0	0	0	0	0
(12) 전기설비	10 (1.61%)	0	1	6	0	0	3
(13) 인력기계용구	1 (0.16%)	0	1	0	0	0	0
(14) 가설건축구조물	167 (26.94%)	0	14	111	1	2	39
(15) 유해, 위험물	10 (1.61%)	0	3	2	0	0	5
(16) 재료	21 (3.39%)	0	9	7	0	0	5
(17) 적재물	4 (0.65%)	0	3	1	0	0	0
(18) 산업용 로봇	2 (0.32%)	0	2	0	0	0	0
(19) 환경	17 (2.74%)	4	0	8	0	0	5
(20) 기타	42 (6.77%)	1	12	9	0	0	20
(21) 기인물없음, 분류불능	91 (14.68%)	0	15	20	0	10	46

기인물에 따른 산업재해 현황을 들여다보면, (1)~(6)까지 동력을 이용한 기계·기구 중 동력운반기로 인한 사고사망자 수는 48명으로 전체 사고사망 재해의 7.74%를 점유하고 있으며, 그 중 지게차에 따른 사고사망자는 23명으로 동력운반기 사망 재해의 47.9%를 점유한다. 전체 사망사고 재해와 비교하여도 3.71%를 차지하여 매우 높은 수준이다.

다양한 지게차를 사용하는 근로자가 안전하게 일할 수 있도록 산업안전보건법, 같은 법에 따른 산업안전보건기준에 관한 규칙, 한국산업안전보건공단에서 공표한 안전보건기술지침인 KOSHA-GUIDE 등 여러 규정 등이 시행되고 있으나, 지게차 운전자의 부주의 및 위험반경 내 근로자의 불안정한 행동 등으로 지게차 관련 재해가 발생하고 있어, 사업장의 안전관리와 근로자의 안전을 위해 보다 효율적인 산재예방 대책이 필요하다.

1.2 연구 목적

본 연구는 산업현장에서 기계·기구를 사용하는 사고사망 재해 중 다발하는 기인물인 지게차에 따른 산업재해를 줄이기 위해서 사고사망 패턴 분석을 통해 재해원인을 분석하여 제시하는 것을 목적으로 하고 있다.

첫째, 사고사망의 분석을 위해 사고 패턴 연구 동향과 지게차 산업재해 분석 연구 동향 등 문헌을 고찰하고 분석하였다.

둘째, 지게차를 기인물로 하는 재해의 현황을 분석하고, 지게차의 개요, 종류 및 구조, 현행법에 따른 안전 규정 등을 검토하였다.

셋째, 2020년부터 2022년까지 지게차를 기인물로 하는 사고사망 재해 61건의 중대재해 조사보고서를 요인별로 구분하여 분석하고, 도출된 요인별 교차 및 패턴 분석을 통해 지게차 사용에 따라 발생할 수 있는 산업재해를 감축하기 위한 방안을 제시하였다.

본 연구를 수행하기 위한 과정을 나타낸 도표는 <표 1-3>와 같다. 본 연구는 크게 6장으로, 제1장은 연구의 배경 및 필요성, 목적 등에 대한 서론, 2~5장은 본론으로 제2장은 이론적 배경 및 지게차에 관해 고찰하였다. 제3장은 지게차 사망사고 재해의 ‘작업유형, 사고유형, 사고원인’ 요인별 분석을 하였다. 제4장은 요인별 분석자료의 교차분석 및 사고발생 패턴을 Sankey Diagram을 통해 분석하였다. 제5장은 분석 결과와 지게차 사고사망 감소 방안을 제시하고 제6장은 결론으로 구성하였다.

<표 1-3> 연구수행 과정

1 단계	연구 배경 및 내용
	▽
2 단계	이론적 고찰 및 지게차 개요
	▽
3 단계	지게차 사고사망 재해 요인별 분석
	▽
4 단계	지게차 사고사망 교차 및 발생 패턴 분석
	▽
5 단계	결과 및 고찰
6 단계	결론

1.2.3 연구의 의의

본 연구는 학술적, 실무적, 그리고 정책적 측면에 의의가 있다.

첫째, 본 연구는 동력으로 작동하는 건설기계 중 사고사망이 다발하는 지게차로 인한 재해의 사고원인을 패턴 분석하여 사고발생 현황을 직관적으로 제공하고, 예방대책에 바로 연계될 수 있도록 패턴 방안을 제시하였다.

둘째, 본 연구에서 분석한 사고사망 패턴에 따라 산업현장에서 다발하는 고위험 작업유형, 사고유형 및 사고원인을 분석하여 산업현장에서 작업개선과 근로자교육 필요성 주지 등 재해 감소 방안 제시로 실무적 의의가 있다.

마지막으로, 본 연구는 사업장에서 사용하는 지게차로 인해 발생하는 사고사망 패턴 분석으로 정부의 산재예방 정책 수립 및 영세 사업장을 위한 안전투자를 위한 기초자료로 활용될 수 있다는 측면에서 정책적 의의가 있다고 사료된다.

2. 이론적 배경

2.1 연구 동향

2.1.1 사고 패턴 분석 연구 동향

제조업 사고패턴 분석을 통한 위험가중 SIF 위험성 결정 방법론에 관한 연구(김인성, 2023)에서는 제조업종의 사고재해는 기인물의 경우 일반 제조 및 가공설비(27.9%)에서 발생형태는 끼임, 넘어짐, 절단·베임·찢림(57.3%)이 상해부위는 손·손가락과 팔(56.8%), 발생시간대는 오전 9시~11시(30.5%), 발생월은 7월(9.1%) 발생지역으로는 경기, 안산, 양산(18.6%)에서 점유율이 가장 높게 나타났다. 이러한 높은 점유율은 2012년에서 2021년까지 10년간의 연구범위 내에서 동일한 경향성으로 나타나고 있다. 이 결과로 사고의 패턴을 확인하여, 사고발생 개요분석을 통하여 사고발생의 위험작업(Potential)과 그에 따른 전조현상(Precursor)을 파악하여 위험성평가 시 SIF (Serious Injury and Fatality)의 위험요인 파악과 위험성 결정 단계에서 사고강도의 계량적 결정에 적용할 수 있었다고 제시하고 있다.

건설 재해사례 보고서의 텍스트 마이닝을 통한 복합사고 패턴분석 연구(김하영, 2022)에서는 건설 현장의 복합사고의 발생 패턴을 분석하기 위해 한국산업안전보건공단의 건설 재해사례 보고서 1,300건을 자동 수집하고, 복합사고 추출 알고리즘을 활용하여 139건의 복합사고를 추출하였다. 이후 복합사고 행렬을 활용하여 42개의 발생유형 중 빈발하는 유형들의 특징을 고찰하였다. 이와 동시에 하나의 사고유형 내에서 1차 및 2차 사고의 비중을 살펴봄으로써 7가지 사고유형 중에서도 상대적으로 원인 또는 결과에 가깝게 작용하는 유형을 구분하였다. 상대적으로 분석이 어려운 한국어 건설 텍스트 데이터를 활용하였고, 많은 인적, 시간적 소모가 요구되는 과정을 알고리즘화하였다는 점에서 학술적 기여도를 가지고 있었다. 또한, 본 연구는 단순히 복합사고 자체에 초점을 두는 것이 아닌 선후행 관계에 따른 재해유형별 연관성 및 사고유형에 따른 발생 특성을 분석하였다. 이와 같은 분석 결과는 추후 건설 사고의 원인을 파악하고 통제함에 있어 실무적 관점에서도 의미가 있으며, 현행 안전관리 업무 지침은 건설 현장에서 발생하는 보편적인 모든 상황에 대해 관리감독 및 주의 의무를 강화하는 방향으로 발전해 왔다고 분석하고 있다.

본 연구에서는 고위험 기인물인 지게차를 대상으로 사고사망 재해가 발생한 중대 재해 보고서를 분류·분석하여 사고유발 위험이 높은 작업유형을 도출하고, 사고유형 분류 및 원인 분석을 통해 사고사망 패턴을 제시하고자 한다. 이를 통해 사업장에서 작업유형의 위험도 분류로 작업계획 수립 시 반영토록 사전에 위험 요인 예방 조치를 가능토록 제시와 더불어 정부의 정책 수립 시 활용할 수 있도록 제언하려고 한다.

2.1.2 지게차 산업재해 분석 연구 동향

지게차 중대재해 발생원인 분석 및 안전성 향상 방안에 관한 연구(김희근, 2018)에서는 지게차 관련 법령 및 기준 고찰을 통해 중대재해 예방과 안전성 향상 방안 마련을 위해서 지게차는 반드시 작업시작 전에 점검을 실시하고 지게차 전복 시 끼임사고 예방을 위해 안전벨트와 연동되는 구조의 인터록 시스템과 부딪힘 사고 예방을 위해 후방 근접센서, 후방카메라, 경광등을 법적으로 의무화해야 한다고 제시하고 있다. 지게차를 운전하는 근로자의 불안정한 행동을 예방하기 위해 사업자에 관련 포스터를 부착하고 지게차 운행 경로에는 과속운전을 하지 않도록 제한속도 정보장치를 설치하는 등 안전관리의 필요성을 제시하였다.

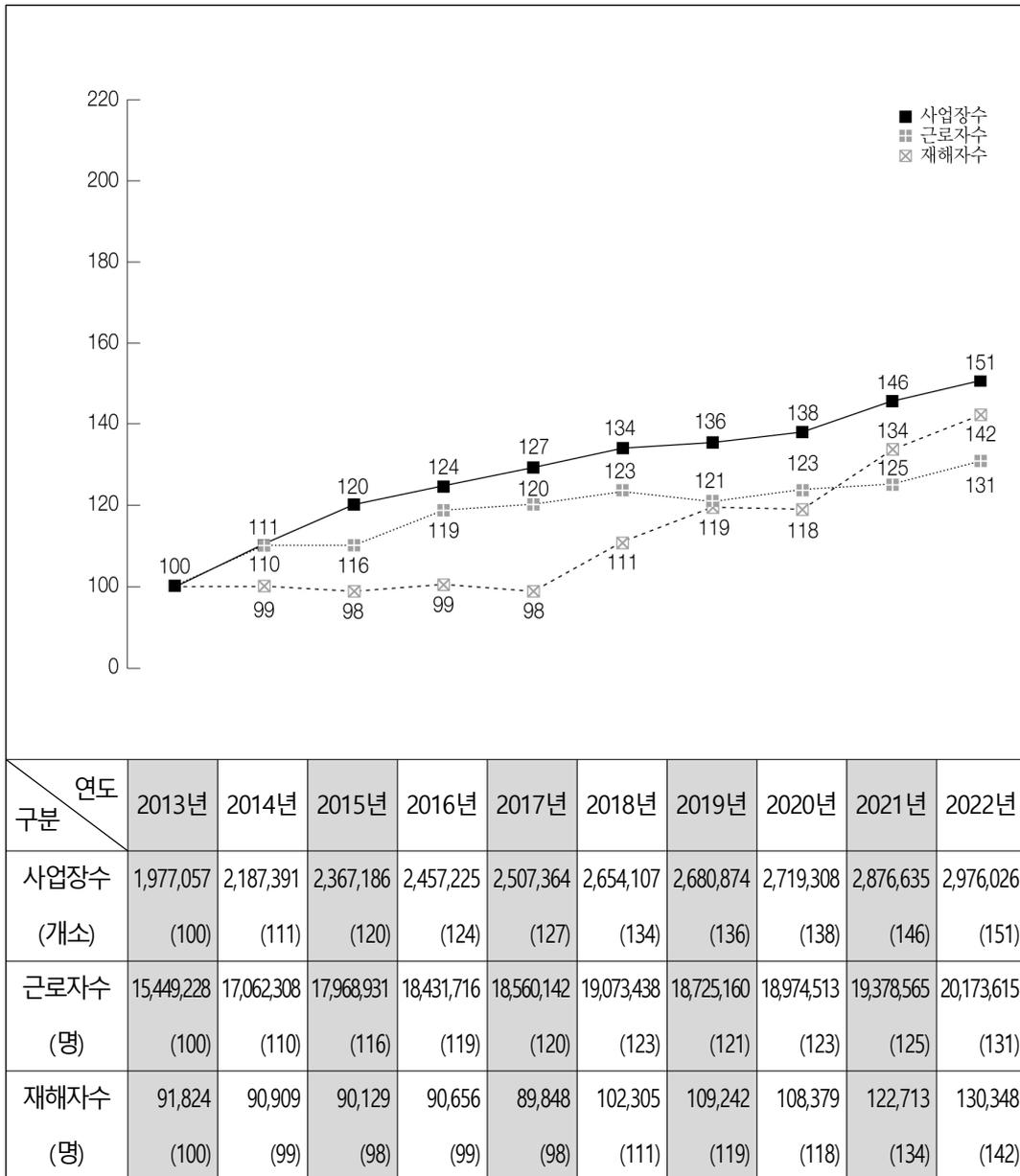
지게차 중대 재해감소를 위한 실증적 연구(박영민, 2023)에서는 중대 산업재해 발생빈도가 높은 지게차의 종류 및 구조를 분석하고 지게차에서 발생하는 산업재해 통계를 요인별로 분석하여 개선방안을 제시하였다. 지게차 운전자와 관계자의 설문 조사를 통해 지게차 산업재해 예방을 위해 전·후방 카메라 설치, 지게차 작업반경을 시각적으로 표시하는 라인빔(line beam), 속도 제한장치, 주행연동 좌석 안전띠 등을 필수적 안전장치에 추가하여 의무적으로 설치하는 등 규정 수정의 필요성을 제시하고 있다. 또, 지게차 특별안전보건교육을 매년 시행하여 운전자에게 지게차에 대한 위험성을 알리는 지속적인 안전교육이 필요함을 제시하였다.

지게차 스마트안전기술 도입에 따른 산업재해 예방 효과에 관한 연구(이정환, 2023)에서는 지게차 후방감지기 등 충돌방지장치의 적용이 그간 고질적으로 가지고 있었던 후진 시 사각지대에 대한 심리적 불안감이 많은 부분 해소되었으며, 스마트 안전기술을 바라보는 이해관계자들은 스마트 안전 기술로 인한 산업재해 감축 효과의 기대가 크다고 밝히고 있다. 더 나아가 상황을 고려한 객관적인 사고 예측 능력이 가능하도록 현장에서 수집 가능한 작업 장소와 방법, 인양물, 근로자 등의 유형을 데이터화하고 축적한다면 산업재해 감축 효과에 크게 기여될 수 있을 것이라고 연구하였다.

본 연구에서는 단순 지게차에 따른 산업재해의 발생형태에 국한되지 않고 작업유형, 사고유형, 사고원인 등 요인 분석을 실시하였다. 사고사망 재해의 상세 분석을 통해 요인별 교차분석과 패턴분석을 통해 사고에 기인하는 요소를 도출하여 근원적 산업재해 예방을 위한 안전 시스템 제안 및 정책 수립 방향성을 제시하여 타 연구와 차별성을 두고 있다.

2.2 국내 산업재해 현황

최근 2013년부터 2022년까지 10년간 사업장, 근로자 및 재해자의 변화추이를 보면 [그림 2-1]와 같다. 2013년을 기준연도로 하여 지수 100으로 볼 때 2022년도는 사업장 151, 근로자 131, 재해자 142로, 과거 연도에 비하여 재해자 수, 근로자수, 사업장 수 모두 증가하였다. 지속적으로 사업장 수와 근로자 수는 증가하고 있으며, 산업의 발전으로 산업안전 지표인 재해자 수는 감소하여야 하나 증가 추세에 있어 사업장에서의 안전관리는 더욱 중요 해지고 있는 실정이다.(고용노동부, 2022)

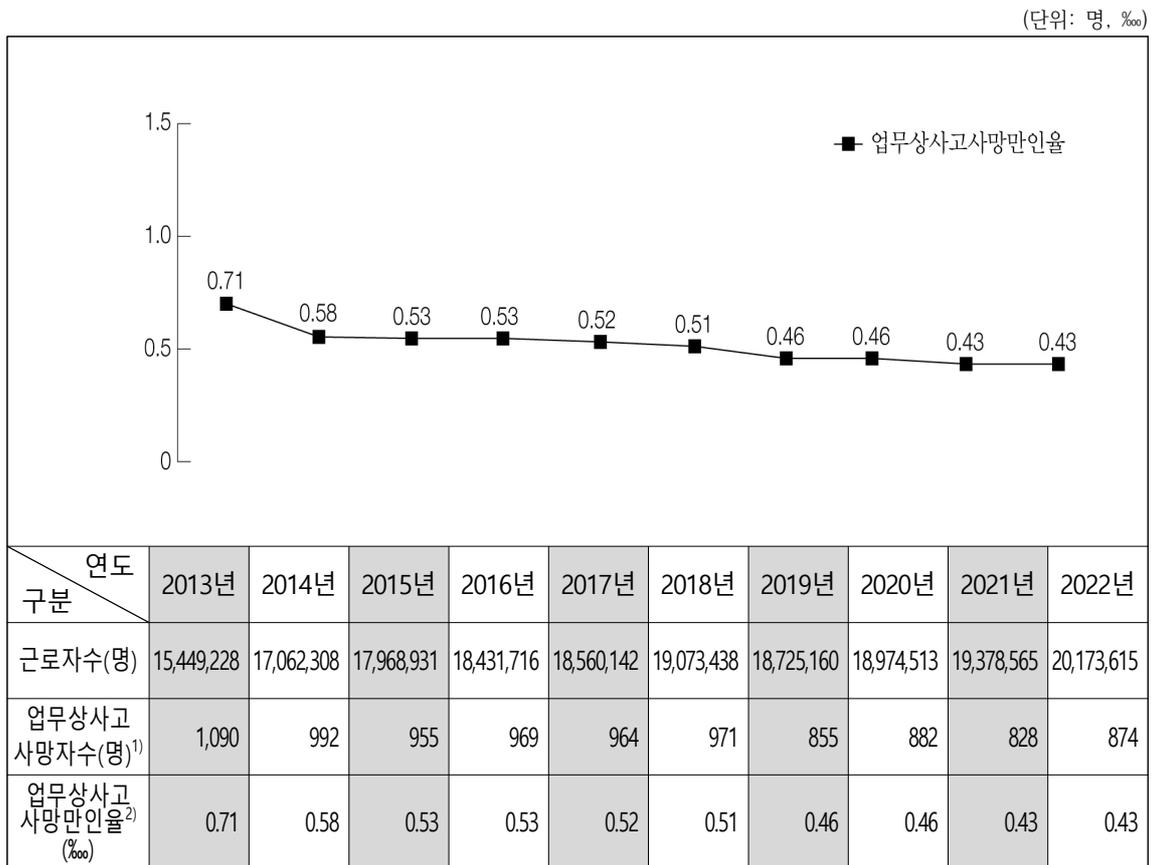


[그림 2-1] 최근 10년간 산업재해 지표 추이

※ ()는 2013년을 기준 연도로 하여 지수 100이라 했을 때 나타나는 수치임

최근 10년 업무상 사고사망 만인율의 추이는 [그림 2-2]와 같이 2013년 이후 감소 추세에 있으나, 2022년도 산업재해보상보험에 의한 업무상 사고로 승인받은 업무상 사고사망 재해자는 874명으로 전년도 828명에 비하여 46명(5.56%) 증가하였으나 2022년 업무상 사고사망 만인율은 0.43‰으로 전년도와 동일 하였다.

하지만, 2019년에 0.46‰를 기록한 이후 업무상 사고사망 만인율의 감소폭은 둔화되고 있는 실정이다.



[그림 2-2] 연도별 업무상 사고사망재해 추이

- 1) 업무상 사고사망자 수는 재해당시의 업무상사고 사망자수에 요양 중 업무상사고 사망자수를 포함한 것임
 ※ 업무상사고 사망자수에는 사업장외 교통사고, 체육행사, 폭력행위, 사고발생일로부터 1년 경과 사고사망자, 통상 출퇴근 사망자는 제외(다만, 운수업, 음식·숙박업의 사업장외 교통 사고 사망자는 포함)
 ※ 업무상사고 사망자수 = 전체 사망자수 - 업무상질병 사망자수

$$2) \text{ 업무상사고 사망만인율}(\text{‰}) = \frac{\text{업무상 사고사망자 수}}{\text{근로자수}} \times 10,000$$

2.3 지게차 산업재해 현황

국내 산업재해의 현황을 확인하기 위해 고용노동부에서 발표한 자료를 참고하였다. 고용노동부에서는 산업재해의 산업별, 규모별, 지역별, 발생시기별, 원인별 분포와 재해 근로자의 성별, 연령별, 근속기간별 등 특성을 파악하여 산업재해예방 정책 수립의 기초자료로 활용하기 위해 연도별 산업재해 현황을 발표하고 있다.

최근 5년 추세 파악을 위해 2018년부터 2022년까지 발생한 재해 중 산업안전보건법 제56조 및 산업안전보건 근로감독관 집무규정(고용노동부 훈령 제398호, '22. 1. 28.) 제27조에 의하여 근로감독관이 조사한 사망재해를 기준으로 발생형태별 사망재해 원인분석을 해보면 <표 2-1>과 같다.

업무상 질병을 제외한 사고로 발생한 업무상 사고사망 발생 현황을 보면 떨어짐, 끼임, 부딪힘 순으로 다발하고 있다.

<표 2-1> 최근 5년 발생형태별 사고사망 재해 원인

(단위 : 명)

구 분	계	2022	2021	2020	2019	2018
총 계	3,570	620	726	733	690	801
떨어짐	1,323	211	252	235	275	350
넘어짐	51	7	13	10	9	12
깔림·뒤집힘	214	31	30	38	51	64
부딪힘	260	44	74	40	50	52
물체에 맞음	221	38	32	35	54	62
무너짐	102	17	20	25	18	22
끼임	384	67	64	73	78	102
절단·베임·찢림	7	0	1	0	1	5
감전	74	11	12	11	19	21
폭발·파열	61	10	11	16	14	10
화재	92	9	7	51	10	15
무리한 동작	0	0	0	0	0	0
이상온도 접촉	32	3	2	3	7	17
화학물질누출·접촉	71	12	14	16	9	20
빠짐·익사	66	14	9	10	9	24
교통사고	159	31	37	51	28	12
업무상질병	392	106	132	105	43	6
기타	31	3	7	4	11	6
분류불능	30	6	9	10	4	1

사고사망 재해 중 상위 10개 기인물별 발생현황을 보면 <표 2-2>와 같이 나타난다. 가설건축구조물에서의 기인물에서 사고사망이 다발하고 있다. 구조물 이외에 기계·기구 등으로는 트럭, 지게차(포크리프트), 특장차 순으로 다발하고 있으며, 트럭의 경우 사업장 외 교통사고를 포함하고 있어 사업장 내에서 발생하는 사고사망 재해를 보면 지게차가 114명으로 2.3%를 점유하고 있어, 가장 높은 비중을 차지하고 있는 것을 확인할 수 있었다.

<표 2-2> 최근 5년 기인물별 사고사망 재해 원인

(단위 : 명)

대분류	세분류	계	2022	2021	2020	2019	2018
총 계(전체 사망재해)		3,570	620	726	733	690	801
가설건축 구조물	건축구조물	270	28	60	53	54	75
	비계	227	36	39	37	53	62
	지붕,대들보	172	22	28	29	50	43
	개구부	141	35	18	27	21	40
	사다리	135	21	23	20	31	40
운반차량	트럭	169	39	44	32	32	22
	특장차	103	17	22	24	15	25
동력운반기	지게차 (포크리프트)	114	23	15	20	27	29
건설용기계	버킷굴삭기	94	17	12	11	32	22
동력크레인	크레인	84	20	13	7	18	26
중 략		...	...	...	...	...	...

최근 사망재해 현황인 2022년 산업재해 현황분석(고용노동부, 2022)에서는 지게차는 기인물 중 동력운반기로 분류하고 있다. 2022년 근로감독관이 조사한 사고사망 재해를 기인물별로 분류하면 전체 620명의 사망사고 재해가 발생하고 있으며 그 중 7.74%인 48명이 동력운반기에 기인하여 사망사고가 발생하였다<표 2-3>. 지게차 사고사망 재해는 동력운반기 중에서 23명이 발생하여 해당 범주의 47.9%를 점유할 뿐만 아니라, 해당 연도 전체 사고사망 재해에서도 3.71%를 점유하는 등 높은 비중을 차지하고 있는 것을 확인할 수 있었다.

<표 2-3> 기인물별 사고사망 재해 원인

(단위 : 명)

구 분	총 계	광 업	제조업	건설업	전기가스 수도업	운수창고 통신업	기타
총 계	620 (100.00%)	9 (1.45%)	146 (23.55%)	235 (37.90%)	2 (0.32%)	28 (4.52%)	200 (32.26%)
동력운반기	48 (7.74%)	1	23	11	1	4	8
1. 지게차(포크리프트)	23 (3.71%)	0	13	2	0	4	4
2. 컨베이어	10 (1.61%)	1	4	1	1	0	3
3. 궤도	1 (0.16%)	0	0	1	0	0	0
4. 기타	14 (2.26%)	0	6	7	0	0	1
중 략	...	...	...	...	...	...	...

2.4 지게차 개요

2.4.1 지게차 개요

지게차는 포크, 램 등 화물을 적재하는 장치와 승강용 마스트를 갖추고 포크위에 화물을 적재하여 운반과 동시에 포크의 승강작용을 이용하여 적재 또는 하역작업에 사용하는 운반기계이다. 포크리프트(fork lift)로도 알려져있다.

지게차의 몸체는 주요 이동 역할을 하고 있으며, 작업장치는 포크(fork)와 마스트(mast)로 나뉘어져 있다. 마스트(mast)는 차체의 앞쪽에 장착되어 틸팅(tilting) 되어지며 복수의 수직 프레임 구조로 되어있다. 두 개의 포크는 수직 프레임을 따라 상승·하강한다. 비록 지게차를 운전하는 데 있어 안전하게 설계되어 있으나 적절한 무게 균형이 유지되지 않으면 위험하다. 따라서 지게차의 특성을 잘 이해한다는 것은 효율적인 작업뿐만 아니라 안전을 확보에 있어서도 반드시 숙지하여야 할 사항이다.

2.4.2 지게차 종류 및 구조

가. 지게차 종류

지게차의 종류를 동력원 및 용도별로 분류해보면 아래와 같다.

지게차는 동력원에 따라, 디젤, LPG, 전동형식 지게차의 종류로 나뉜다.

디젤기관 및 LPG 기관이 동력원으로 내연기관을 사용하는 일반적인 지게차이며, 번호판이 부착된 이러한 형태의 지게차는 기동성이 좋아 중량물 적재 및 하역 작업에서 자주 사용된다.



(a) 디젤 기관 지게차



(b) LPG 기관 지게차

[그림 2-3] 디젤 및 LPG 기관 지게차(<https://www.doosan-iv.com/kr/product/engine2t33tp/>)

전동형식 지게차로 동력원으로 축전지(battery)를 사용하는 지게차이고 소음이 거의 없고 대기오염 물질 배출 하지 않는 특징이 있다.

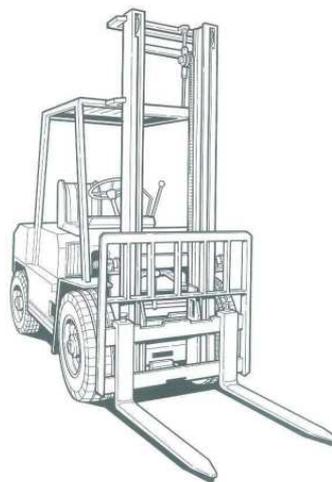


[그림 2-4] 전동형식 지게차(<https://www.doosan-iv.com/kr/product/se16t2t/>)

지게차의 용도별로는 카운터밸런스형(Counterbalance type), 리치형(Reach type), 야지용 카운터 밸런스용 (Rough-terrain counter balance lift truck), 텔레스코픽식 (Telescopic materials handler), 사이드형(Side reach forklift/Side-loading lift), 보행 작동용 전동지게차(Pedestrian-controlled lift truck), 대형 지게차/ 컨테이너 핸들러 (Large lift truck/Container handler) 등으로 분류할 수 있다.

(1) 카운터밸런스형(Counterbalance type) 지게차

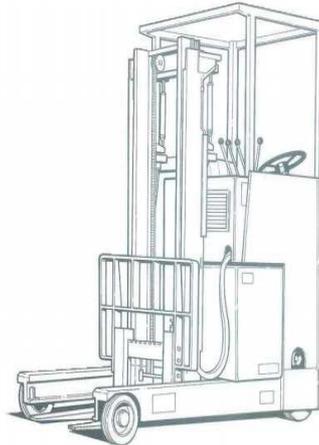
포크 및 마스트를 차체전방에 장착하고 차체후방에는 차체의 안정을 유지하기 위해 카운터밸런스를 장착한 것으로 가장 일반적으로 사업장에서 많이 사용하고 있는 지게차이다. 마스트는 15° 정도 앞뒤로 기울어질 수 있다. 이 지게차는 보통 바닥이 고르고 수평을 이루며 견고한 곳에서 사용된다. 화물을 높이 들어 올린 상태에서 경사로를 횡단 주행하거나 과속으로 방향 전환하는 경우 전도의 우려가 높아진다.



[그림 2-5] 카운터밸런스형 지게차

(2) 리치형(Reach type) 지게차

차체 전방으로 튀어나온 아웃트리거에 의해 차체의 안정을 유지하고, 그 아웃트리거 안을 포크가 전후방으로 움직이면서 하역작업을 하도록 되어있는 지게차이다. 주로 좁은 공간에서 활동영역을 높이기 위한 목적으로 사용되며, 바닥이 고르고 견고한 창고 같은 곳에서 사용하기 적합하다. 동력원은 배터리며 후륜구동 및 후륜조향 방식을 채택하고 있다.



[그림 2-6] 리치형 지게차

(3) 야지용 카운터밸런스형 지게차(Rough-terrain counter balance lift truck)

카운터 밸런스 지게차와 형태가 유사하나, 큰 공기타이어를 장착하고 있다. 이 지게차는 지면이 평탄하지 않고, 무른 지형에서 보다 큰 능력을 발휘할 수 있어서 건설현장용, 농업용으로 주로 사용된다.



[그림 2-7] 야지용 카운터밸런스형 지게차

(4) 텔레스코픽식 지게차(Telescopic materials handler)

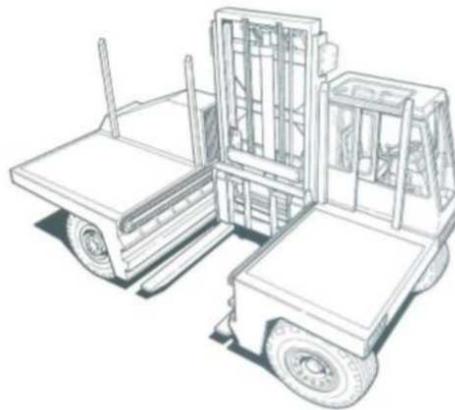
차량의 뒤쪽에서 피콧으로 연결된 붐이 앞으로 뻗어 나올 수 있게 되어 있다. 이 축은 유압에 의해 상하로 움직이며 멀리 뻗을 수 있게 되어 있다.



[그림 2-8] 텔레스코픽식 지게차

(5) 사이드형 지게차(Side reach forklift/Side-loading lift truck)

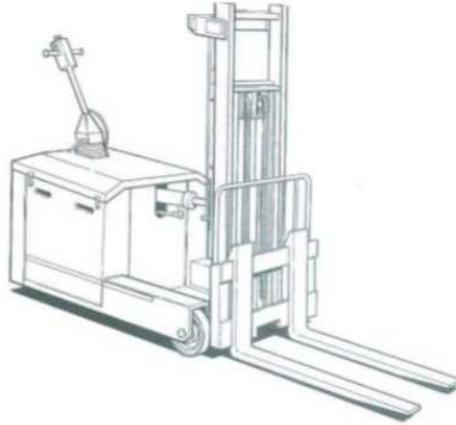
일반 지게차가 차체전면에 마스트와 포크가 있는데 반하여 사이드형 지게차는 마스트와 포크를 차체측면에 설치한 지게차이다. 하역할 때는 차체측면을 화물에 대고 포크를 뻗어서 화물을 실으며 운반할 때는 포크를 내려 화물을 차체위 데크에 적재한 상태로 이동한다. 강재나 알루미늄재시 등 길이가 긴 화물의 하역의 적합하며 특히 좁은 통로에도 화물을 실은 채로 이동할 수 있고, 화물 중심이 전후차축의 중앙에 위치하여 긴 물건도 쉽게 균형을 잡을 수 있는 장점이 있다.



[그림 2-9] 사이드형 지게차

(6) 보행 작동용 전동지게차 (Pedestrian-controlled lift truck)

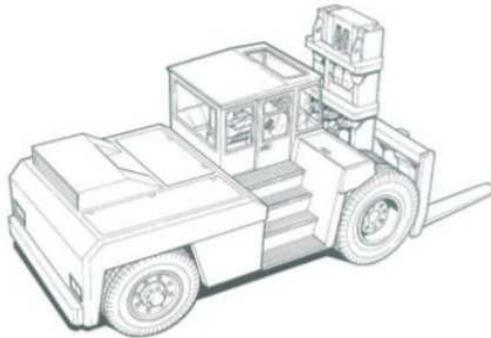
보통 2 m 이하의 높이로 수동 또는 전기식으로 물품을 들어 올려서 이동할 때 사용한다. 작업자의 탑승설비가 없으며, 작업자가 지게차를 가동시킨 상태에서 걸어서 다니며 작업을 한다. 소형 작업장에서 주로 이용된다.



[그림 2-10] 보행 작동용 전동지게차

(7) 대형 지게차/컨테이너 핸들러 (Large lift truck/Container handler)

주로 컨테이너 터미널에서 사용하는 특수 제작된 적재용 지게차로 컨테이너의 옆이나 위에 스프레더(Spreader)를 부착시켜 컨테이너를 이동시킨다.



[그림 2-11] 대형 지게차/컨테이너 핸들러

나. 지게차 구조

지게차의 구조 특징은 일반 자동차와 달리 앞바퀴(전륜) 구동, 뒷바퀴(후륜) 조향으로 작동되며, 주요 구조부는 아래와 같다.

(1) 마스트 : 화물을 들어 올리고 내리는 역할을 하며, 일반적으로 강철 재질의 유압 시스템으로 만들어진다. 이는 수직 구조로 되어있어 포크를 원하는 높이로 올리거나 내릴 수 있다. 마스트는 여러 개의 섹션으로 나누어져 있어 확장되고 축소될 수 있으며, 지게차가 더욱 높은 위치에 있는 화물도 쉽게 접근할 수 있도록 해준다.

(2) 백레스트 : 지게차의 마스트에 부착된 구조물로, 포크에 적재된 화물이 운전자를 향해 넘어오지 않도록 방지하는 역할을 한다. 부피가 큰 화물을 운반할 때 중요한 역할을 하며, 지게차의 기본적인 안전장치 중 하나이다. 주요 기능으로는 적재된 화물이 후방으로 넘어져 운전자가 다치게 하는 것을 방지하는 ‘안전성 확보’와 화물을 안정적으로 지탱하여 운반 중에 화물이 흔들리거나 떨어지지 않도록 도와주는 ‘화물 안정화’, 운전석과 화물 사이에 물리적 장벽제공을 통한 ‘운전자 보호’의 기능을 한다.

(3) 포크 : 화물을 들어 올리고 운반하는데 사용되는 두 개의 평행한 구조물로 지게차의 앞부분에 장착되며, 다양한 모양과 크기의 화물을 안전하게 들어 올릴 수 있다.

포크는 지게차의 핵심 부품 중 하나로 적재와 운반작업의 효율성과 안전성을 보장하는 중요한 역할을 한다.

(4) 틸트실린더 : 마스트와 포크의 각도 조절을 통해 화물 운반 시 마스트를 기울여 안정성 향상 등 안전하고 효율적인 작업을 할 수 있도록 해준다.

(5) 카운터웨이트 : 지게차의 후방에 위치한 무게추로, 화물을 들어올릴 때 앞으로 전도되는 것을 방지하기 위해 사용된다. 지게차 작업 시 안정성을 높이는데 중요한 역할을 한다.



[그림 2-12] 지게차 구조부별 명칭

2.4.3 지게차 안전

지게차는 저속차량이지만 차량이 무겁고, 구동력이 크므로 함부로 운전하면 전도 등의 중대재해를 발생하기 쉽다. 따라서 작업지휘자를 따라 작업하고, 운전자와 신호수, 동료 작업자는 주위의 상황을 잘 살피고 보행자나 높이 적재 되어있는 물건들에 대하여 유의해야 한다.

또한 같은 장소에서 타 차량계 하역운반기계(트럭, 굴삭기 등)와 함께 작업에 투입되어 작업동선이 겹칠 수 있으므로 사전에 작업계획을 세워서 그 계획에 따라 작업하여야 한다.

사업장에서 지게차 사용함에 따라 지켜야 할 법적 사항은 산업안전보건법에서 규정하고 있다.

산업안전보건법 제38조(안전조치) 제2항에 따라 사업주는 굴착, 채석, 하역, 벌목, 운송, 조작, 운반, 해체, 중량물 취급, 그 밖의 작업을 할 때 불량한 작업방법 등에 의한 위험으로 인한 산업재해를 예방하기 위하여 필요한 조치를 하여야 한다고 규정하고 있다.

동 법 제80조(유해하거나 위험한 기계·기구에 대한 방호조치) 제1항에 따라 누구든지 동력으로 작동하는 기계·기구로서 대통령령으로 정하는 것은 고용노동부령으로 정하는 유해·위험방지를 위한 방호조치를 하지 아니하고는 양도 대여, 설치, 또는 사용에 제공하거나 양도·대여의 목적으로 진열해서는 아니 된다고 규정하고 있다.

해당 법 조항에 따라 동법 시행규칙 제98조(방호조치) 제1항 제4호에 따라 지게차는 헤드가드, 백레스트, 전조등, 후미등, 안전벨트를 방호조치를 하고 사용하여야 한다고 규정하고 있다.

이러한 방호조치 등 기계·기구 등 사용에 따른 이력 관리를 위해 동 법 제81조(기계·기구 등의 대여자 등의 조치)에서 기계·기구·설비 또는 건축물 등 타인에게 대여하거나 대여받는 자는 필요한 안전조치 및 보건조치를 하여야 한다고 규정하고 있다.

이처럼 산업안전보건법에서 사업장에서의 지게차 사용에 산업재해 예방을 예방하기 위해서 다양한 법으로 규정하고 있으나, 보다 상세한 내용은 산업안전보건기준에 관한 규칙에서 풀어서 규정하고 있다.

산업안전보건 기준에 관한 규칙 제5장 제38조(사전조사 및 작업계획서의 작성 등)에서 차량계 하역운반기계를 사용하는 사업에서는 작업계획서를 작성·운용토록 규정하고 있으며 해당 내용을 제39조(작업지휘자의 지정)에 따라 작업지휘자를 지정하여 작업계획서에 따라 작업을 지휘하도록 해야한다.

제10절 차량계 하역운반기계 등 제1관 총칙에서 지게차뿐만 아니라 모든 차량계 하역운반기계에서의 전도 방지, 접촉의 방지, 화물적재 시의 조치, 차량계 하역운반기계 등의 이송, 주용도 외의 사용제한, 수리 등의 작업 시 조치, 싣거나 내리는 작업, 허용하중 초과 등의 제한에 대해 규정하고 있다.

같은 기준 제2관 제179조에서 제183조까지 사업장에서 지게차를 사용함에 있어서 발생할 수 있는 산업재해를 예방하기 위해 아래와 같이 규정하고 있다.

제179조(전조등 등의 설치) ① 사업주는 전조등과 후미등을 갖추지 아니한 지게차를 사용해서는 아니 된다. 다만, 작업을 안전하게 수행하기 위하여 필요한 조명이 확보되어 있는 장소에서 사용하는 경우에는 그러하지 아니하다. ② 사업주는 지게차 작업 중 근로자와 충돌할 위험이 있는 경우에는 지게차에 후진경보기와 경광등을 설치하거나 후방감지기를 설치하는 등 후방을 확인할 수 있는 조치를 해야 한다.

제180조(헤드가드) 사업주는 다음 각 호에 따른 적합한 헤드가드(head guard)를 갖추지 아니한 지게차를 사용해서는 아니 된다. 다만, 화물의 낙하에 의하여 지게차의 운전자에게 위험을 미칠 우려가 없는 경우에는 그러하지 아니하다.

1. 강도는 지게차의 최대하중의 2배 값(4톤을 넘는 값에 대해서는 4톤으로 한다)의 등분포정하중(等分布靜荷重)에 견딜 수 있을 것
2. 상부틀의 각 개구의 폭 또는 길이가 16센티미터 미만일 것
3. 운전자가 앉아서 조작하거나 서서 조작하는 지게차의 헤드가드는 「산업표준화법」 제12조에 따른 한국산업표준에서 정하는 높이 기준 이상일 것

제181조(백레스트) 사업주는 백레스트(backrest)를 갖추지 아니한 지게차를 사용해서는 아니 된다. 다만, 마스트의 후방에서 화물이 낙하함으로써 근로자가 위험해질 우려가 없는 경우에는 그러하지 아니하다.

제182조(팔레트 등) 사업주는 지게차에 의한 하역운반작업에 사용하는 팔레트(pallet) 또는 스킴(skid)는 다음 각 호에 해당하는 것을 사용하여야 한다. 1. 적재하는 화물의 중량에 따른 충분한 강도를 가질 것 2. 심한 손상·변형 또는 부식이 없을 것

제183조(좌석 안전띠의 착용 등) ① 사업주는 앉아서 조작하는 방식의 지게차를 운전하는 근로자에게 좌석 안전띠를 착용하도록 하여야 한다. ② 제1항에 따른 지게차를 운전하는 근로자는 좌석 안전띠를 착용하여야 한다.

이외에 법적 구속력은 없지만, 지게차를 사용하는 사업장에서의 산업재해예방을 위해 한국산업안전보건공단에서 공표한 KOSHA-GUIDE 지게차의 안전작업에 관한 기술 지침에서 일반사항, 방호장치, 운행경로, 안전점검 등 아래와 같은 내용 등을 권고하고 있으며 지게차 안정조건, 안전작업방법은 아래와 같다.

(1) 지게차의 안정조건

지게차는 화물 적재 시에 지게차의 카운터밸런스(Counter balance) 무게에 의하여 안정된 상태를 유지할 수 있도록 [그림 2-13]과 같이 최대하중 이하로 적재하여야 한다.

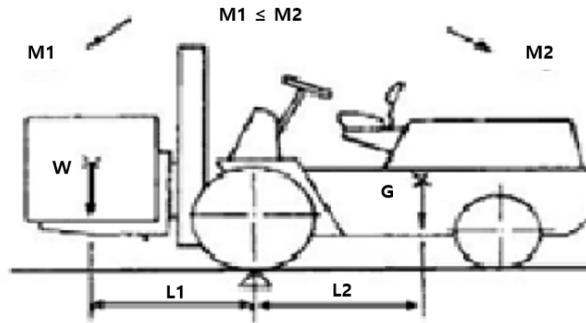
여기에서

W : 화물의 중량(kgf), G : 지게차 중량(kgf)

M1 : $W \times L1$ 화물의 모멘트, M2 : $G \times L2$ 지게차의 모멘트

L1 : 앞바퀴에서 화물 중심까지의 최단거리(cm),

L2 : 앞바퀴에서 지게차 중심까지의 최단거리(cm)



[그림 2-13] 지게차의 안정조건

지게차 하역작업 또는 주행 시 전도 등을 예방하기 위해 전·후 및 좌·우 안정도를 <표 2-4>에 의한 지게차의 주행·하역작업 시 안정도 기준을 준수하도록 규정하고 있다.

<표 2-4> 지게차의 주행·하역작업 시 안정도 기준

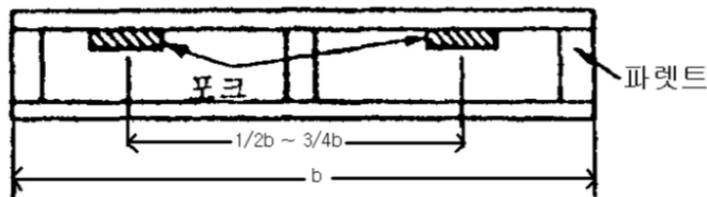
안정도	지게차의 상태	
	옆에서 본 경우	위에서 본 경우
하역작업시의 전후안정도 : 4%이내 (5 톤 이상 : 3.5 %이내) * 최대 하중 상태에서 포크를 가장 높이 올린 경우		
주행시의 전후안정도 : 18% 이내		
하역작업시의 좌우안정도 : 6% 이내 * 최대 하중 상태에서 포크를 가장 높이 올리고 마스트를 가장 뒤로 기울인 경우		
주행시의 좌우안정도 (15+1.1V)%이내 (V : 구내최고속도 km/h)		
안정도 = $h/l \times 100 \%$ X-Y : 지게차의 좌우 안정도축 A-B : 지게차의 전후방향의 중심선		

(2) 지게차 안전작업방법

사업장에서 지게차를 사용 시 안전하게 작업하기 위하여 작업 전 확인 사항에서부터 운전자의 고용과 훈련까지 아래와 같이 권고하고 있다.

- 작업 전 확인사항

- 팔레트는 적재 화물의 중량에 견디도록 충분한 강도를 가지고 심한 손상이나 변형이 없는 것으로 선정하여 사용한다.
- 팔레트에 적재 되어있는 화물은 안전하고 확실하게 적재되어 있는지를 확인하며 불안정한 적재 또는 화물이 무너질 우려가 있는 경우에는 밧줄로 묶거나 그 밖에 안전조치를 한 후에 하역한다.
- 포크의 간격은 [그림2-14]과 같이 적재상태 팔레트 폭(b)의 1/2이상, 3/4이하 정도 간격을 유지한다.



[그림 2-14] 포크의 간격

- 작업구역 내에는 장애물이 없도록 해야하며 통제를 위해 적절한 방책과 안전 표지를 설치한다.
 - 지게차 전용의 작업구역에는 보행자 및 다른 차량의 출입을 원칙적으로 금지한다. 작업 시 주변에 보행자가 있을 경우 특별히 주의를 기울이고, 가능한 한 보행자 통로 근처에는 작업을 하지 아니한다.
 - 지게차 운전자는 안전한 운전을 위해 최대하중, 화물 중심과의 거리, 회전반경 및 타이어 공기압 등 지게차의 성능과 운전 시 유의사항에 대해 숙지하고 있어야 한다.
- ### - 지면(평탄노면)에서의 작업
- 운반하는 화물을 하역하는 경우에는 다음과 같은 순서에 따라야 한다.
 - (가) 운반하고자 하는 화물의 바로 앞에 오면 안전한 속도로 감속한다.
 - (나) 화물 앞에 가까이 갔을 때에는 일단 정지하여 마스트를 수직으로 한다.
 - (다) 팔레트 또는 스키드에 포크를 꽂아 넣을 때에는 지게차를 화물에 대해 똑바로 향하고, 포크의 꽂아 넣는 위치를 확인한 후에 천천히 포크를 넣는다.
 - 팔레트 또는 스키드로부터 포크를 빼낼 때에도 넣을 때와 마찬가지로 접촉 또는 비틀리지 않도록 조작한다.
 - 지면으로부터 화물을 들어올릴 때에는 다음과 같은 순서에 따라 작업을 실시한다.
 - (가) 일단 포크를 지면으로부터 5~10 cm 들어올린 후에 화물의 안정상태와 포크에 대한 편하중이 없는지 등을 확인한다.

- (나) 이상이 없음을 확인한 후에 마스트를 충분히 뒤로 기울이고, 포크를 바닥면으로 부터 약 10~30 cm의 높이를 유지한 상태에서 주행한다.
 - 지게차에 화물을 실을 때에는 허용하중을 초과한 화물을 적재하여서는 아니되며, 지게차 뒷부분에 중량물이나 사람을 태우고 무게중심을 유지하는 등의 작업을 하여서는 안된다.
- 적치(내려쌓기)작업
 - 화물을 적치(내려쌓는 작업)하는 경우에는 다음과 같은 순서로 한다.
 - (가) 적치하는 장소의 바로 앞에 오면 안전한 속도로 감속한다.
 - (나) 적치하는 장소 앞에 가까이 접근하였을 때에는 일단 정지한다.
 - (다) 적재되어 있는 화물의 붕괴, 파손 등의 위험이 없는지 확인한다.
 - (라) 마스트를 수직으로 하고 포크를 수평으로 한 후, 내려놓을 위치보다 약간 높은 위치까지 올린다.
 - (마) 내려놓을 위치를 잘 확인한 후, 천천히 전진하여 예정된 위치에 내린다.
 - (바) 천천히 후진하여 포크를 10~20 cm 정도 빼내고, 다시 약간 들어올려 안전하고 올바른 적재위치까지 밀어 넣고 내려야 한다.
 - 적치하는 경우에 포크를 완전히 올린 상태에서는 틸트(뒤로 기울임)장치를 거칠게 조작하지 않는다.
 - 적치를 하는 상태에서는 운전자가 절대로 차에서 내리거나 이탈하여서는 안된다.
 - 적치된 화물의 내리기
 - 적재되어 있는 화물을 지게차로 내리고자 하는 경우에는 대상 화물의 바로 앞에 오면 안전한 속도로 감속한다.
 - 화물 앞에 가까이 접근하였을 때에는 일단 정지한다.
 - 적재되어 있는 화물이 붕괴나 그 밖의 위험이 없는지를 확인한다.
 - 마스트를 수직으로 하고, 포크를 수평으로 하여 팔레트 또는 스키드의 위치까지 올린다.
 - 포크 끝의 위치를 확인한 후 정면으로 천천히 쫓는다.
 - 포크를 화물 밑 끝까지 깊숙이 쫓아 넣고, 화물이 포크의 수직 전면 또는 백레스트에 가볍게 접촉하면 상승시킨다.
 - 안전하게 내릴 수 있는 위치까지 천천히 후진하여 밑으로 내린다.
 - 바닥면으로부터 5~10 cm의 높이까지 내리고, 화물의 안정상태와 포크에 대한 편하중이 없는지 등을 확인한 후 이상이 없으면 마스트를 충분히 뒤로 기울인 후, 포크를 바닥면으로부터 약 10~30 cm의 높이로 한 상태에서 목적하는 장소로 운반한다.
 - 주행시의 안전
 - 앉아서 조작하는 방식의 지게차를 운전하는 근로자는 반드시 좌석안전띠를 착용하여야 한다.

- 사업주는 미리 작업장소의 지형 및 지반상태 등에 적합한 제한속도를 정하고 (최대제한속도가 10 km/hr 이하인 것을 제외한다), 지게차 운전자는 제한속도를 초과하여 운전하여서는 아니된다.
 - 포장도로, 좁은 통로, 언덕길 등에서는 급출발이나, 급브레이크 조작, 급선회 등을 하지 않는다.
 - 지게차는 전방 시야가 나쁘므로 전후좌우를 충분히 관찰하여야 하며, 적재화물에 운전자의 시야를 가리지 않도록 하고 시야를 현저하게 방해할 때에는 다음과 같은 조치를 한다.
 - (가) 유도자를 배치하여 안전작업이 되도록 한다.
 - (나) 후진으로 진행하며, 후진 시에는 경고음과 경광등으로 위험을 경고한다.
 - 옥내 주행시는 전조등을 켜고 주행한다.
 - 화물적재 상태에서 30 cm 이상으로 들어올리거나 마스트를 수직이나 앞으로 기울인 상태에서 주행하지 말고 마스트를 뒤로 젖힌 상태에서 가능한한 낮추고 운행한다.
 - 포크나 포크 등에 의해 지지되고 있는 화물 아래에 사람이 출입하지 않도록 한다.
 - 선회하는 경우에는 후륜이 바깥쪽으로 크게 회전하므로 사람이나 건물에 접촉 또는 충돌하지 않도록 천천히 선회한다.
 - 도로상을 주행할 때에는 포크의 선단에 표식을 부착하는 등 보행자, 작업자가 식별 할 수 있도록 한다.
 - 포크 또는 팔레트, 스키드, 균형추(Counter balance) 등에 사람을 태우고 주행하지 않는다.
 - 운전석 외부에서 운전해서는 안된다.
 - 전기 배터리 충전 시에는 수소가스로 인한 폭발을 주의해야 한다.
- 언덕길에서의 안전
- 급경사의 언덕길을 오를 때에는 포크의 선단 또는 팔레트의 바닥부분이 노면에 접촉되지 않도록 하고, 되도록 지면에 가까이 접근시켜 주행한다.
 - 언덕길의 경사면을 따라 옆으로 향하여 주행하거나 방향을 전환하지 않는다.
 - 언덕길을 올라가거나 내려갈 때에는 적재된 화물이 언덕길의 위쪽을 향하도록 주행하고, 내려갈 때에는 엔진브레이크, 발 브레이크를 사용하여 천천히 운전한다.
 - 지게차가 앞쪽으로 기울어진 상태에서 화물을 올려서는 안된다.
- 야간작업시의 안전
- 야간에 지게차를 운전하는 경우에는 전조등 또는 후미등, 그 밖의 조명을 이용하여 현장 전체를 최대한 밝게 한 후에 안전한 상태에서 작업한다.
 - 야간에는 원근감이나 지면의 고저가 불명확해져서 운전자가 심하게 착각을 일으키기 쉬우므로 주위에 있는 작업자와 장애물에 주의하고, 안전한 속도로 운

전한다.

- 주차시의 안전

- 안전하고 감시가 쉬운 정해진 지역에 주차하며, 경사면에 주차하지 않는다.
- 포크를 바닥까지 완전히 내리고 마스트는 포크가 바닥에 닿을 때까지 앞으로 기울인다.
- 방향전환 레버는 중립 위치에 놓는다.
- 시동을 끄고 열쇠는 운전자가 지참하며 주차 브레이크를 확실히 작동시켜 둔다.
- 주차 시 운전자 신체의 일부를 차체 밖으로 나오지 않게 한다.

- 지게차 운전자의 고용과 훈련

- 지게차 운전자는 법규에서 규정한 자격을 보유하고 해당 작업에 대한 기능과 경험을 갖추어야 한다.

· 운전자의 고용

(가) 사업주는 지게차 운전에 적합한 능력의 소유자로서 신체적·정신적으로 적합하며 신중한 태도를 지닌 근로자를 선발하는 것이 바람직하다.

(나) 사업주는 고용 예정자의 연령, 시력 및 청력 등에서의 신체적 결함 그리고 약물복용과 같은 잠재적인 신체적 위험요소를 신중히 고려하여야 한다. 이를 위해 세밀한 항목이 포함된 신체검사를 받도록 하는 것이 바람직하다.

· 훈련

(가) 운전자가 안전운행방법 등을 훈련받는 것은 작업의 안전과 효율성 측면에서 매우 중요하다.

(나) 지게차 관리감독자도 사업장 내 지게차의 안전 운영을 위해 훈련을 받아야 한다.

(다) 운전자는 훈련을 통해 작업에 필요한 기술과 지식을 습득하고, 사업장 상황과 환경 그리고 기계에 익숙해지도록 하며, 적절한 방법으로 숙련도와 적합성을 확인받도록 한다.

위와 같이 정부에서는 지게차로 인한 산업재해 예방을 위해 산업안전보건법, 동법 산업안전보건 기준에 관한 규칙에 따른 법적 규제와 한국산업안전보건공단의 KOSHA-GUIDE(지게차의 안전작업에 관한 기술지침) 등 사업장의 실정에 맞는 안전작업 기술지침을 권고하는 등 다양한 기술자료를 안내하고 있다.

3. 지게차 재해 요인별 분석

3.1 지게차 재해 분석

최근 2020년부터 2022년까지 3년간 전 업종에서 발생한 사고사망 재해 중 지게차에 기인한 사망 승인 61건 재해를 토대로 분류·분석하였다.

자료는 한국산업안전보건공단에서 조사한 중대재해조사 보고서를 기준으로 하였으며 지게차 사고사망 발생 패턴화 도출을 위해 재해를 사고유형, 작업유형, 사고원인으로 구분하여 분류하였다. 해당 분류 기준은 <표 3-1>와 같이 구분하여 분류하였다. 작업유형에서 화물 하역, 운반, 이동의 구분을 명확화하기 위해 화물을 싣고 내리기 위한 직전·후의 운반까지를 화물하역작업으로 포함하여 분류하였다.

재해자는 운전자, 공동작업자, 그 외 작업자로 분류하였다. 산업안전보건법 기준에 관한 규칙 제171조(전도 등의 방지) 기계가 넘어지거나 굴러떨어짐으로써 근로자에게 위험을 미칠 우려가 있는 경우 그 기계를 유도하는 사람(유도자)을 배치토록 하고 규정하고 있으나 최근 3년의 재해에서 유도자가 사망한 재해는 1건으로 해당 재해자는 그 외 작업자에 포함하여 분류하였다.

<표 3-1> 지게차 사고사망 재해분류 기준

구분	재해 내용
사고유형	▲ 지게차 등에 부딪힘, ▲ 화물에 깔림, ▲ 포크에서 떨어짐, ▲ 지게차 전복, ▲ 포크에 깔림, ▲ 마스트 등에 끼임, ▲ 기타유형
작업유형	▲ 화물하역작업, ▲ 화물운반작업, ▲ 포크 위에서의 작업, ▲ 이동, ▲ 정비작업, ▲ 주정차, ▲ 기타 작업
사고원인	▲ 시야 미확보, ▲ 적재 불량, ▲ 급회전, ▲ 지게차조작, ▲ 포크 등에 화물 부딪힘, ▲ 발을 헛디딤, ▲ 운전석이탈조치미실시, ▲ 편하중, ▲ 오조작, ▲ 경사로 밀림, ▲ 수리 시 안전조치미실시, ▲ 기타원인

3.2 작업유형별 분석

최근 3년 지게차로 인해 발생한 사고사망 재해를 작업유형별로 분석해보면 <표 3-2>와 같다. 화물하역작업에서 20명(32.8%), 화물운반작업 및 포크 위에서 작업 각 13명(21.3%) 순으로 다발하였다.

<표 3-2> 작업유형별 분석

(단위 : 명)

구분	계	공동작업자	운전자	그 외 작업자
계	61 (100%)	24 (100%)	20 (100%)	17 (100%)
화물하역작업	20 (32.8%)	11 (45.8%)	6 (30.0%)	3 (17.6%)
화물운반작업	13 (21.3%)	1 (4.2%)	2 (10.0%)	10 (58.8%)
포크 위에서 작업	13 (21.3%)	10 (41.7%)	3 (15.0%)	0 (0%)
이동	6 (9.8%)	0 (0%)	3 (15.0%)	3 (17.6%)
정비작업	4 (6.6%)	2 (8.3%)	2 (10.0%)	0 (0%)
주정차	3 (4.9%)	0 (0%)	3 (15.0%)	0 (0%)
기타작업	2 (3.3%)	0 (0%)	1 (5.0%)	1 (5.9%)

화물하역작업에서 발생한 20명의 재해 중 11명은 공동작업자, 6명은 운전자, 3명은 그 외 작업자에서 발생하여 화물하역작업으로 인한 재해에서는 공동작업자에서 55.0%(11명)가 발생하여 가장 높은 비중을 차지하였다.

화물운반작업에서 발생한 13명의 재해 중 1명을 공동작업자, 2명은 운전자, 10명은 그 외 작업자에서 발생하였고 화물운반작업으로 인한 재해에서는 그 외 작업자에서 76.9%(10명)가 발생하여 가장 높은 비중을 차지하였다.

포크 위에서 작업에서 발생한 13명의 재해 중 10명은 공동작업자, 3명은 운전자에서 발생하였고 포크 위에서 작업에서 76.9%(10명)가 발생하여 가장 높은 비중을 차지하였다.

3.3 사고유형별 분석

최근 3년 지게차로 인해 발생한 사고재해 중 사고유형로 분석해보면 <표 3-3>와 같다. 지게차 등에 부딪힘으로 19명(31.1%), 화물에 깔림 12명(19.7%), 포크에서 떨어짐 11명(18.0%), 지게차 전복 11명(18.0%)로 순으로 다발하였다.

<표 3-3> 사고유형별 분석

(단위 : 명)

구분	계	공동작업자	운전자	그 외 작업자
계	61 (100%)	25 (100%)	20 (100%)	16 (100%)
지게차 등에 부딪힘	19 (31.1%)	3 (12.0%)	5 (25.0%)	11 (68.8%)
화물에 깔림	12 (19.7%)	7 (28%)	1 (5.0%)	4 (25.0%)
포크에서 떨어짐	11 (18.0%)	11 (44.0%)	- (0.0%)	- (0.0%)
지게차 전복	11 (18.0%)	1 (4.0%)	10 (50%)	- (0.0%)
포크에 깔림	2 (3.3%)	1 (4.0%)	1 (5.0%)	- (0.0%)
마스트 등에 끼임	2 (3.3%)	- (0.0%)	2 (10.0%)	- (0.0%)
기타 유형	4 (6.6%)	2 (8.0%)	1 (5.0%)	1 (6.3%)

지게차 등에 부딪힘에서 발생한 19명의 재해 중 3명은 공동작업자, 5명은 운전자, 11명은 그 외 작업자에서 발생하여 지게차 등에 부딪힘으로 인한 재해에서는 그 외 작업자에서 57.9%(11명)가 발생하여 가장 높은 비중을 차지하였다.

화물에 깔림에서 발생한 12명의 재해 중 7명은 공동작업자, 1명은 운전자, 4명은 그 외 작업자에서 발생하였고 화물에 깔림으로 인한 재해에서는 공동작업자에서 58.3%(7명)가 발생하여 가장 높은 비중을 차지하였다.

포크에서 떨어짐에서 발생한 11명의 재해 모두 공동작업자에서 발생하였다.

지게차 전복에서 발생한 11명의 재해 중 1명은 공동작업자, 10명은 운전자에서 발생하였고, 지게차 전복에서 발생한 재해에서는 운전자에서 90.9%(10명)가 발생하여 가장 높은 비중을 차지하였다.

지게차 사고사망 재해의 사고유형을 법(산업안전보건 기준에 관한 규칙)으로 규속하고 있는 조항은 많으나, 주된 내용을 <표 3-4>과 같이 분류 할 수 있다.

사고유형에 국한하여 볼 때 법은 갖추어져 있으나 근로자 등의 불안정한 행동 및 불안정한 상태로 인해 사고사망 재해가 발생한 것으로 분석된다.

<표 3-4> 사고유형 중 산업안전보건 기준에 관한 규칙 상 위반 사항

작업유형	법 위반 사항
공통	산업안전보건기준에 관한 규칙 제38조(사전조사 및 작업계획서의 작성 등) 산업안전보건기준에 관한 규칙 제39조(작업지휘자의 지정)
지게차 등에 부딪힘	산업안전보건기준에 관한 규칙 제172조(접촉의 방지) 산업안전보건기준에 관한 규칙 제171조(전도 등의 방지) 산업안전보건기준에 관한 규칙 제179조(전조등 등의 설치)
화물에 깔림	산업안전보건기준에 관한 규칙 제173조(화물적재 시의 조치)
포크에서 떨어짐	산업안전보건기준에 관한 규칙 제175조(주용도 외의 사용 제한)
지게차 전복	산업안전보건기준에 관한 규칙 제178조(허용하중 초과 등의 제한)
포크에 깔림	산업안전보건기준에 관한 규칙 제173조(화물적재 시의 조치)
마스트 등에 끼임	산업안전보건기준에 관한 규칙 제176조(수리 등의 작업 시 조치)
기타 유형	-

3.4 사고원인별 분석

최근 3년 지게차로 인해 발생한 사고재해 중 사고원인으로 분석해보면 <표 3-5>와 같다. 시야 미확보로 14명(23.0%), 적재 불량 및 급회전에서 각 7명(11.5%), 지게차 조작 6명(9.8%) 순으로 다발하였다.

<표 3-5> 사고원인별 분석

(단위 : 명)

구분	계	공동작업자	운전자	그 외 작업자
계	61 (100%)	25 (100%)	20 (100%)	16 (100%)
시야 미확보	14 (23.0%)	2 (8%)	1 (5%)	11 (68.8%)
적재 불량	7 (11.5%)	5 (20%)	1 (5%)	1 (6.3%)
급회전	7 (11.5%)	1 (4%)	6 (30%)	0 (0%)
지게차 조작	6 (9.8%)	5 (20%)	1 (5%)	0 (0%)
포크 등에 화물 부딪힘	4 (6.6%)	2 (8%)	0 (0%)	2 (12.5%)
몸의 중심을 잃음	4 (6.6%)	4 (16%)	0 (0%)	0 (0%)
운전석 이탈조치 미실시	3 (4.9%)	0 (0%)	3 (15%)	0 (0%)
편하중	2 (3.3%)	0 (0%)	2 (10%)	0 (0%)
오작동	2 (3.3%)	0 (0%)	2 (10%)	0 (0%)
경사로 밀림	2 (3.3%)	1 (4%)	1 (5%)	0 (0%)
수리 시 안전조치 미실시	2 (3.3%)	1 (4%)	1 (5%)	0 (0%)
기타원인	8 (13.1%)	4 (16%)	2 (10%)	2 (12.5%)

시야미확보에 따라 발생한 14명의 재해 중 2명은 공동작업자, 1명은 운전자, 11명은 그 외 작업자에서 발생하여 시야 미확보로 인한 재해에서는 그 외 작업자에서 78.6%(11명)가 발생하여 가장 높은 비중을 차지하였다.

적재불량에 따라 발생한 7명의 재해 중 5명은 공동작업자, 1명은 운전자, 1명은 그 외 작업자에서 발생하여 적재불량 인한 재해에서는 공동작업자에서 71.4%(5명)가 발생하여 가장 높은 비중을 차지하였다.

급회전에 따라 발생한 7명의 재해 1명은 공동작업자, 6명은 운전자 발생하여 급회전으로 인한 재해에서는 운전자에서 85.7%(6명)가 발생하여 가장 높은 비중을 차지하였다.

지게차 조작에 따라 발생한 6명의 재해 중 5명은 공동작업자, 1명은 운전자에서 발생하여 지게차 조작으로 인한 재해에서는 공동작업자에서 83.3%(5명)가 발생하여 가장 높은 비중을 차지하였다.

4. 지게차 사고사망 패턴 분석

4.1 요인별 교차 분석

제3장 지게차 재해 요인별 분석에서 최근 3년 사업장에서 발생한 재해 중 지게차로 인해 발생한 사고사망 재해를 작업유형, 사고유형, 사고원인별로 분류하여 분석해 보았다. 각 요인별 교차 분석을 하기 위해 사고유형-사고원인, 사고유형-작업유형, 작업유형-사고원인별로 <표 4-1> ~ <표 4-3>과 같이 분석했다.

가. 작업유형별 사고유형

주요 작업유형별 사고유형은 화물하역작업 중 화물에 깔림(10명), 포크 위 작업 중 포크에서 떨어짐(10명), 화물운반작업 중 지게차 등에 부딪힘(10명), 화물하역작업 중 지게차 전복(7명)으로 다발하였다.

다발 작업유형별 사고유형은 아래와 같이 3가지 작업유형에서 전체 사고사망 재해의 46건(75.4%)이 발생하였다.

- 화물하역작업에서 화물에 깔림(10명), 지게차 전복(7명), 포크에서 떨어짐(1명)
- 포크 위 작업에서 포크에서 떨어짐(10명), 마스트 등에 끼임(2명), 기타유형(1명)
- 화물운반작업에서 지게차 등에 부딪힘(10명), 화물에 깔림(2명), 지게차 전복 (1명)

<표 4-1> 작업유형별 사고유형 분석

구분	계	작업유형						
		화물 하역작업	포크 위 작업	화물 운반작업	이동	정비 작업	주정차	기타 작업
계	61	20	13	13	6	4	3	2
지게차 등에 부딪힘	19	-	-	10	4	2	2	1
화물에 깔림	12	10	-	2	-	-	-	-
지게차 전복	11	7	-	1	2	-	1	-
포크에서 떨어짐	11	1	10	-	-	-	-	-
마스트 등에 끼임	2	-	2	-	-	-	-	-
포크에 깔림	2	-	-	-	-	2	-	-
기타유형	4	2	1	-	-	-	-	1

나. 사고유형별 사고원인

주요 사고유형별 사고원인은 지게차 등에 시야 미확보로 인해 지게차 등이 부딪힘(14명), 급회전에 따른 지게차 전복(7명), 적재불량에 따른 화물에 깔림(6명) 순으로 다발하였다,

다발 사고유형별 사고원인은 아래와 같이 4가지 사고유형에서 전체 사고사망 재해의 53명(86.9%)이 발생하였다.

- 지게차 등에 부딪힘은 시야 미확보(14명), 운전석 이탈 조치 미실시(3명), 경사로 밀림(2명)
- 화물에 깔림은 적재불량(6명), 포크 등에 화물 부딪힘(4명), 기타 원인(2명)
- 지게차 전복은 급회전(7명), 편하중(2명), 기타 유형(2명)
- 포크에서 떨어짐은 적재불량(1명), 지게차 조작(5명), 몸의 중심을 잃음(4명), 기타 원인(1명)

<표 4-2> 사고유형별 사고원인 분석

(단위 : 명)

구분	계	사고유형						
		지게차 등 부딪힘	화물에 깔림	지게차 전복	포크에서 떨어짐	포크에 깔림	마스트에 끼임	기타 유형
계	61	19	12	11	11	2	2	4
시야 미확보	14	14	-	-	-	-	-	-
적재불량	7	-	6	-	1	-	-	-
급회전	7	-	-	7	-	-	-	-
지게차 조작	6	-	-	-	5	-	-	1
몸의 중심을 잃음	4	-	-	-	4	-	-	-
포크 등에 화물 부딪힘	4	-	4	-	-	-	-	-
운전석이탈 조치미실시	3	3	-	-	-	-	-	-
경사로 밀림	2	2	-	-	-	-	-	-
수리 시 안전조치미실시	2	-	-	-	-	2	-	-
오조작	2	-	-	-	-	-	2	-
편하중	2	-	-	2	-	-	-	-
기타 원인	8	-	2	2	1	-	-	3

다. 작업유형별 사고원인

주요 작업유형별 사고원인은 화물운반작업 중 시야 미확보(10명), 화물하역작업 중 적재불량(6명), 포크 위 작업 중 지게차 조작(6명) 순으로 다발하였다,

다발 작업유형별 사고원인은 아래와 같이 4가지 사고유형에서 전체 사고사망 재해의 34명(55.7%)이 발생하였다.

- 시야 미확보는 화물운반작업(10명), 이동(4명)
- 적재불량은 화물하역작업(6명), 화물운반작업(1명)
- 급회전은 화물하역작업(4명), 화물운반작업(1명), 이동(2명)
- 지게차 조작은 포크 위 작업(6명)

<표 4-3> 작업유형별 사고원인 분석

(단위 : 명)

구분	계	작업유형						
		화물 하역작업	포크 위 작업	화물 운반작업	이동	정비 작업	주정차	기타 작업
계	61	20	13	13	6	4	3	2
시야 미확보	14	-	-	10	4	-	-	-
적재 불량	7	6	-	1	-	-	-	-
급회전	7	4	-	1	2	-	-	-
지게차 조작	6	-	6	-	-	-	-	-
몸의 중심을 잃음	4	-	4	-	-	-	-	-
포크 등에 화물 부딪힘	4	4	-	-	-	-	-	-
운전석이탈조 치미실시	3	-	-	-	-	1	1	1
경사로 밀림	2	-	-	-	-	1	1	-
수리시안전조 치미실시	2	-	-	-	-	2	-	-
오조작	2	-	2	-	-	-	-	-
편하중	2	1	-	-	-	-	1	-
기타 원인	8	5	1	1	-	-	-	1

4.2 사고발생 패턴 분석

가. 요인 관계 분석

제3장에서 지게차에서 발생한 사고사망 재해를 사고원인, 사고유형, 작업유형별로 분류하여 단일분석과 4.1장에서 요인별 교차 관계 분석을 하였다. 주요 패턴 분석을 위해 지게차 작업을 시간 흐름에 따라 각 요인들을 작업유형·사고원인·사고유형순으로 놓고 연결하여 분석하면 아래와 같다.

<표 4-4> 작업유형·사고원인·사고유형 요인 분석

작업유형	사고원인	사고유형	사고사망자 수
계			61
화물하역작업	급회전	지게차 전복	4
	기타 원인	지게차 전복	2
		화물에 깔림	1
		기타유형	2
	적재불량	화물에 깔림	5
		포크에서 떨어짐	1
	편하중	지게차 전복	1
포크 등에 화물 부딪힘	화물에 깔림	4	
화물운반작업	시야 미확보	지게차 등에 부딪힘	10
	급회전	지게차 전복	1
	적재불량	화물에 깔림	1
	기타 원인	화물에 깔림	1
포크 위에서 작업	몸의 중심을 잃음	포크에서 떨어짐	4
	오조작	마스트 등에 끼임	2
	기타 원인	포크에서 떨어짐	1
	지게차 조작	포크에서 떨어짐	5
		기타유형	1
정비작업	수리시안전조치미실시	포크에 깔림	2
	경사로 밀림	지게차 등에 부딪힘	1
	운전석이탈조치미실시	지게차 등에 부딪힘	1
이동	시야미확보	지게차 등에 부딪힘	4
	급회전	지게차 전복	2
주정차	경사로 밀림	지게차 등에 부딪힘	1
	운전석이탈조치미실시	지게차 등에 부딪힘	1
	편하중	지게차 전복	1
기타	운전석이탈조치미실시	지게차 등에 부딪힘	1
	기타 원인	기타유형	1

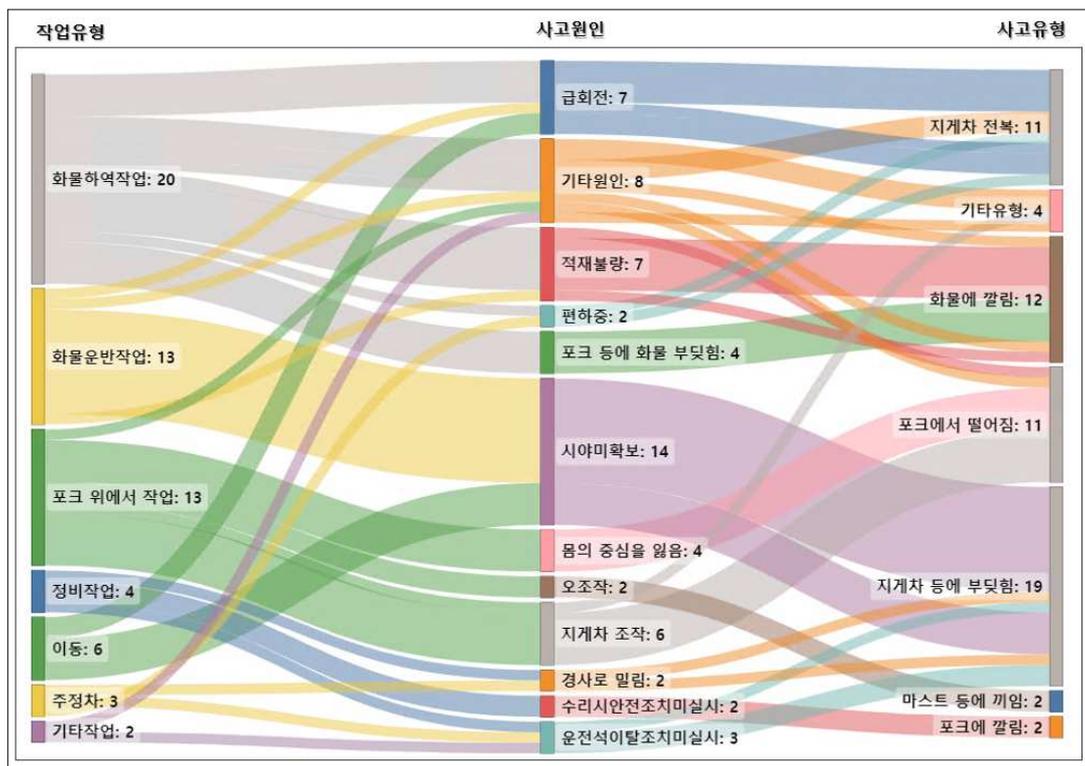
나. 지게차 사고사망 패턴 분석

지게차에 따른 사고사망 재해의 작업유형·사고원인·사고유형을 시각화하기 위해 생키다이아그램(Sankey Diagram)은 사용하여 분석해보았다.

생키다이아그램은 흐름 다이어그램의 한 종류로서 다양한 네트워크 및 프로세스에서 에너지 또는 재료의 흐름을 시각화하는 데에서 사용되기 시작하였다.

흐름을 시각화하여 그 관계 및 변화에 대한 양적 정보를 보여주는 생키다이아그램은 방향과 양적 보전을 만족하는 그래프로 흐름을 가지는 라인의 너비로 양을 비율적으로 보여준다. 양적 보전을 위해 각 노드에서 들어오는 양과 내보내는 양은 같게 하고 있다.(이경원, 2017) 본 연구에서는 노드별 들어오고 내보내는 양을 사고사망자 수로 두고 분석하였다.

본 연구에서 분류한 작업유형, 사고원인, 사고유형을 지게차의 사고사망을 시간흐름에 따라 나열해 보면 지게차를 활용한 ‘작업’에서 재해 ‘원인’에 따라 일련 ‘유형’의 사고가 발생한다. 이러한 시계열적 흐름을 작업유형·사고원인·사고유형으로 나열하고 각 요인들을 노드로 설정, 사고사망자 수를 흐름의 요소로 설정하여 생키다이아그램을 통해 표현해 보면 [그림 4-1]과 같다.



[그림 4-1] 지게차 사고사망 발생 패턴

지게차 사고사망의 주요 패턴은 아래와 같다.

- 화물운반작업 및 이동 중 시야 미확보에 따른 지게차 등에 부딪힘(14명)
- 화물하역작업 및 이동 중 급회전으로 지게차 전복(7명)
- 화물하역작업 및 화물운반작업 중 적재 불량으로 화물에 깔림(10명)
- 포크 등 위에서 고소작업 중 떨어짐(10명)

다. 지게차 사고사망 주요 패턴 상세 분석

지게차 사고사망 주요 패턴에 따른 상세 원인으로는 아래와 같이 분석되었다.

I. 화물운반작업 및 이동 중 시야 미확보에 따른 지게차 등에 부딪힘(14명, 23.0%)
시야미확보 세부 원인은 적재한 화물로 인해 보행자 등을 못 보거나(64.3%), 후방을 잘 확인하지 않고 후진(21.4%)으로 나타났으며, 주변 시설에 의한 사각지대와 운전자의 부주의(14.3%)에 따라 발생하였다. 해당 패턴의 사고에서는 대부분 안전통로 구비 하지 않았으며 작업지휘자 또한 없었다.

시야미확보 상세원인 : ▲ 화물적재 9명(64.3%), ▲ 후진 3명(21.4%), ▲ 기타 2명(14.3%)

II. 화물하역작업 및 이동 중 급회전으로 지게차 전복(7명, 11.5%)

지게차 전복의 세부 원인은 화물·포크를 들어올려 안정도가 부족한 상태(42.9%), 경사면에서 작업(28.6%), 경사로에서 내려와 과속 및 단부에서 회전 중 떨어짐(28.6%)에 따라 발생하였다.

지게차 전복 상세원인 : ▲ 안정도 부족 3명(42.9%), ▲ 경사면 2명(28.6%), ▲ 기타 2명(28.6%)

III. 화물하역운반 및 화물운반작업 중 적재 불량 등으로 화물에 깔림(10명, 16.4%)
적재불량 등으로 화물에 깔림 세부 원인은 포크에 화물을 정확히 신지 않고 포크 상승(50.0%), 주행 중에 충격으로 화물이 떨어짐(30.0%), 포크 삽입·추출(20.0%)에 따라 발생하였다.

화물에 깔림 상세원인 : ▲ 포크 상승 5명(50.0%), ▲ 주행충격 3명(30.0%),
▲ 포크 삽입·추출 2명(20.0%)

IV. 포크 등 위에서 고소작업 중 떨어짐(10명, 16.4%)

지게차의 주된 용도가 아닌 고소작업을 위한 사용으로, 추락방지조치를 하지 않고 포크, 포크에 팔레트 등을 끼우고 작업하다가 지게차 조작, 작업 중 이동 등으로 중심을 잃고 떨어짐으로 재해가 발생하였다.

5. 결과 및 고찰

5.1 사고사망 분석 결과

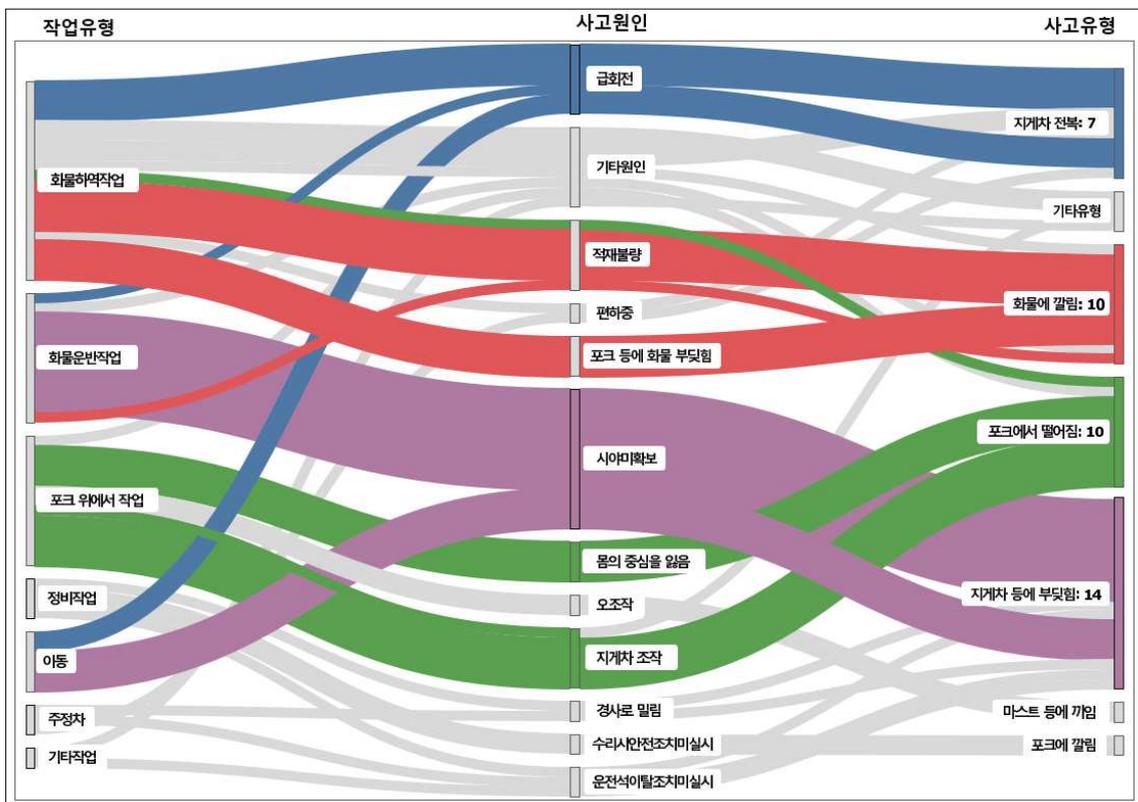
국토교통부에서 발표한 건설기계 등록 현황을 보면 2023년 기준 전체 549,383대 중 지게차가 215,804대로 39.3%를 점유하여 산업현장에서 타 건설기계 대비 가장 많이 사용되는 것을 알 수 있다. 이에 따라 산업현장에서의 지게차 사용으로 관련 사고사망 재해도 다발하고 있는 실정이다.

앞의 2.3장과 같이 최근 5년 기인물별 사고사망 재해 원인을 보면 가설건축구조물과 사업장의 교통사고를 수반하는 트럭을 제외하고 지게차에서 사고사망 재해가 3.2%(114명)를 점유하여 단일 기인물로는 가장 비중이 높은 것을 확인 할 수 있다.

지게차에서 발생하는 사고사망재해를 면밀히 분석하기 위해 최근 3년 지게차를 기인물로 한 사고사망 재해를 작업유형, 사고유형, 사고원인별로 분석한 결과를 토대로 사고발생 패턴 분석을 해보았다.

주요 사고사망 발생 패턴은 아래와 같다.[그림 4-2]

- I. 화물운반작업 및 이동 중 시야 미확보에 따른 지게차 등에 부딪힘(14명, 23.0%)
- II. 화물하역작업 및 이동 중 급회전으로 지게차 전복(7명, 11.5%)
- III. 화물하역운반 및 화물운반작업 중 적재 불량 및 포크 등에 화물 부딪힘으로 화물에 깔림(10명, 16.4%)
- IV. 포크 등 위에서 고소작업 중 떨어짐(10명, 16.4%)



[그림 4-2] 지게차 주요 사고사망 발생 패턴

I. 화물운반작업 및 이동 중 시야미확보에 따른 지게차 등에 부딪힘의 패턴의 주요 사례를 보면 다음과 같다.

- 지게차가 창고에서 제품을 싣고 출고차량 적재함으로 이동 중 시야 미확보로 보행 중인 피재자를 충돌하여 사망하는 사고
- 전방 시야 확보가 되지 않은 상태에서 주행 중인 지게차와 이동 중인 피재자와 충돌하면서 지게차 바퀴에 협착하여 사망하는 사고

산업안전보건법 상 위반 사항을 살펴보면 산업안전보건 기준에 관한 규칙 제10절 차량계 하역운반기계 등 제1관 총칙 제172조(접촉의 방지)에 따른 접촉에 따른 근로자 위험의 우려가 있을 경우 근로자 출입 금지 또는 작업지휘자 배치하도록 규정하고 있으나 미실시, 같은 절 제2관 지게차 제179조(전조등 등의 설치)에 따른 근로자와 충돌할 위험이 있는 경우 후진경보기와 경광등을 설치하거나 후방감지기를 설치하는 등 후방을 확인할 수 있는 조치를 하도록 규정되어 있으나 이를 실시하지 아니하여 재해가 발생한 것을 확인할 수 있었다.

II. 화물하역작업 및 이동 중 급회전으로 지게차 전복의 패턴은 주요 사례를 보면 다음과 같다.

- 경사로에서 지게차를 운전하여 폐기물을 버리기 위해 양중함을 들어 후진하여 회전하던 중 지게차가 전복되어 피재자가 사망하는 사고
- 경사로를 지게차로 운전하여 하강·회전하던 중 전복되어 넘어지는 지게차에 깔려 피재자가 사망하는 사고(당시 지게차는 경사로를 내려와 가속화된 상태로 당시 속력은 약 25km/h으로 추정됨)

산업안전보건법 상 위반 사항을 살펴보면 산업안전보건 기준에 관한 규칙 제1장 기계·기구 및 그 밖의 설비에 의한 위험예방 제98조(제한속도의 지정 등)에 따라 차량계 하역운반기계를 사용하는 경우 제한속도를 정하도록 되어있으나 미이행하여 재해가 발생한 것을 확인할 수 있었다. 법 이외 KOSHA-GUIDE에 따라, 주행 시 언덕길을 올라가거나 내려갈 때 적재된 화물을 언덕길의 위쪽을 향하도록 주행하도록 권고하고 있으나, 이행되지 않음을 확인할 수 있었다.

III. 화물하역운반 및 화물운반작업 중 적재불량으로 화물에 깔림의 패턴의 주요 사례를 보면 다음과 같다.

- 지게차를 활용하여 크레인 운반을 위해 카운터웨이트를 분리하는 과정에서 카운터웨이트가 미끄러져 떨어지면서 동료 피재자를 가격하여 사망하는 재해
- 철재팔레트를 옮기기 위해 지게차로 팔레트를 들어올리는 순간 팔레트가 넘어지면서 이동하던 피재자가 팔레트에 깔려서 사망하는 재해

산업안전보건법 상 위반 사항을 살펴보면 제10절 차량계 하역운반기계 등 제1관 총칙 제172조(접촉의 방지)에 따른 접촉에 따른 근로자 위험의 우려가 있을 경우 근로자 출입 금지 또는 작업지휘자 배치하도록 규정하고 있으나 미실시, 제173조(화물 적재 시의 조치)에 따라 하중이 한쪽으로 치우치지 않도록 적재할 것으로 규정하고 있으나 미실시하여 재해가 발생할 것을 확인할 수 있었다.

IV. 포크 등 위에서 고소작업 중 떨어짐의 패턴의 주요 사례를 보면 다음과 같다.

- 피재자가 물품 정리작업 중 높은 곳에 놓여있던 물품을 내리기 위해 지게차 포크 위에 올라가 작업 중 떨어져 사망하는 사고

- 적재대 상부에 보관 중인 원단의 재고를 확인하기 위해 지게차 포크 위에 탑승하여 작업하다가 몸의 균형을 잃고 바닥으로 떨어져 사망하는 사고

산업안전보건법 상 위반사항을 살펴보면 산업안전보건 기준에 관한 규칙 10절 차량계 하역운반기계 등 제1관 총칙 제175조(주용도 외의 사용제한)에 따라 차량계 하역운반기계 등을 화물의 적재·하역 등 주된 용도에만 사용하도록 규정하고 있으나, 이를 이행하지 않아 사고가 발생함을 확인 할 수 있었다.

산업안전보건기준에 관한 규칙상 다양한 법적 규제가 있으나 작업계획서를 작성 및 이를 운용하지 않아 재해가 발생하고 있으며, 사업장에서 작업의 편의를 위해 지게차를 고소작업에 사용하여 작업하는 근로자의 불안전한 행동 등으로 인해 지게차 사고사망 재해가 다발하고 있음을 확인하고 있었다.

5.2 지게차 사고사망 감소 방안

제3장 지게차 재해 요인별 분석과 제4장 지게차 사고사망 패턴 분석에 따라 법의 현장 작동성, 지게차에 따른 재해 감소를 위한 장비 개발·보급, 사업장 자체적 안전 기준 마련의 정책적, 기술적, 관리적 측면에서 사고사망 감소 대안을 제시하고자 한다.

가. 정책적 측면

산업안전보건법 등 지게차 관련 재해예방을 위해 다양한 법과 기준을 제시하고 사업장에서는 이를 이행할 것을 규정하고 있다. 허나 사업장에서는 작업의 편의 및 부주의로 인해 사고사망 재해가 다발하고 있다. 근로자가 법과 기준에 따라 작업할 수 있도록 관리감독자의 직무에 지게차 하역운반작업에 관한 감독 업무 의무화를 검토해야 할 것으로 사료된다.

뿐만 아니라 동 기준 제20조(출입의 금지 등)에서 지게차의 포크 아래의 장소에서는 출입을 금지, 제172조(접촉의 방지)에 따라 접촉되어 근로자가 위험해질 우려가 있는 장소에는 근로자 출입을 금지하도록 규정하고 있다. 더 나아가 근로자와 지게차의 작업 간섭을 방지하기 위해 지게차 운행경로 및 작업 반경 모두 위험구역으로 지정하고 출입 금지하도록 의무화할 것을 검토해야 할 것으로 사료된다.

화물을 인양하여 경사로를 하강하여 주행 할 경우 지게차 전방으로 무게중심이 이동되어 지게차가 전복되는 등 사고를 예방하기 위해 경사로를 하강하여 주행 할 경우 화물을 지게차의 전방에 두고 후진 이동을 법적 의무화 할 수 있도록 검토해야 할 것으로 사료된다.

나. 기술적 측면

지게차 운전자가 과속운전으로 인한 사고를 예방하기 위해 산업안전보건 기준에 관한 규칙 제98조(제한속도의 지정 등)에 따라서 운행로 상에 제한속도를 지정하도록 규정되어 있으나 운전자 또는 근로자는 지게차가 주행하는 속도를 인지할 수 없다. 따라서, 사업장 내 제한속도 경보장치를 법적으로 의무화하여 과속운전으로 인한 재해를 원천적으로 예방해야 할 것으로 보인다.

화물의 인양 또는 이동 중 사업장의 지형에 따라 지게차의 무게중심 이동이 변경될 수 있으며 이에 따라 지게차가 전복될 수 있다. 이를 예방하기 위해 지게차 무게중심 변화를 감지할 수 있는 스마트장비(센서시스템)를 개발하여 설치하도록 법적 의무화해야 할 것으로 사료된다.

다. 관리적 측면

지게차는 산업안전보건법 상 차량계 하역운반기계의 일종으로 화물을 하역 또는 운반하기 위한 기계의 한 종류이다. 앞장의 분석과 같이 지게차의 포크를 활용하여 작업발판을 형성하여 고소작업 시 사용 중 발생한 사고사망자 수가 13명으로 전체

지게차 재해의 21.3%를 점유한다. 사업주는 고소작업 시 고소작업대 또는 비계를 설치하는 등 올바른 작업환경 구축을 통해 근로자가 일 할 수 있도록 관리·감독해야 할 것으로 사료된다.

추가로 지게차 목적 외 사용에 대한 주지를 위해 산업안전보건법 제29조(근로자에 대한 안전보건교육)에 따라 근로자 정기교육 또는 특별교육 시 지게차 안전기준에 관한 주지뿐만 아니라 목적 외 사용에 대한 위험성을 주기적으로 교육해야 할 것으로 판단된다.

6. 결론

본 연구에서 지게차 사용에 따른 사고사망 재해 감소를 위하여 국내 및 지게차 산업재해 통계 분석, 지게차 종류 및 구조와 안전 규정들을 검토하였으며, 지게차 사고사망을 작업유형, 사고유형, 사고원인별 요인으로 분류하여 분석하였다.

각 요인별로 교차 분석하고 요인의 시계열적 변화에 따른 사고 발생 패턴을 분석하여, 관련 법령 및 기술 기준을 검토한 결과 다음과 같은 결론을 도출하였다.

첫째, 지게차 사고사망 재해 분석 결과 다발하는 주요 패턴을 확인 할 수 있었다.

- 화물운반작업 및 이동 중 시야 미확보에 따른 지기체 등에 부딪힘
- 화물하역작업 및 이동 중 급회전으로 지게차 전복
- 화물하역작업 및 화물운반작업 중 적재 불량으로 화물에 깔림

상위 패턴 외에 포크 위 작업의 지게차 목적 외 사용에서도 사고사망 재해가 다발하는 것을 확인할 수 있었다.

둘째, 법적 규제가 갖추어져 있으나, 사업장의 현장작동성은 다소 결여된 것으로 확인되었다. 법적 규제이행 강화를 위해 사업주의 관리 및 근로자 교육 기능을 강화할 필요가 있으며, 많은 사고사망 재해의 기인물인 지게차를 타것으로 하는 정부의 규제 강화의 필요성도 확인하였다.

셋째, 다발하는 지게차 전복 재해 예방을 위해 사업장 내 제한속도 경보장치 법적 의무화와 하역물과 지반상태에 따라 변동하는 지게차의 무게중심을 인식하여 운전자 및 주변 근로자에게 경보를 줄 수 있는 스마트장비(센서시스템)의 개발·보급이 필요할 것으로 보인다.

본 연구에서 실시한 사고사망 다발 패턴을 통해 국내 관련 법의 미비점 개선 및 스마트장비 개발 등 정책적, 기술적, 관리적 대안들을 반영하여 정부의 산재예방정책 및 사업장 안전관리에 반영한다면 우리나라에서 지게차로 인한 산업현장 사고의 위험성을 낮추는데 기여할 것으로 기대된다.

참고문헌

- 고용노동부. (2022). 중대재해 감축 로드맵. https://www.moel.go.kr/news/enews/report/enewsView.do?news_seq=14301
- 고용노동부. (2019). 2018년도 산업재해 현황분석. https://www.moel.go.kr/policy/policydata/view.do?bbs_seq=20191200830
- 고용노동부. (2020). 2019년도 산업재해 현황분석. https://www.moel.go.kr/info/public/publicDataView.do?bbs_seq=20210600255
- 고용노동부. (2021). 2020년도 산업재해 현황분석. https://www.moel.go.kr/info/public/publicDataView.do?bbs_seq=20211201900
- 고용노동부. (2022). 2021년도 산업재해 현황분석. https://www.moel.go.kr/policy/policydata/view.do?bbs_seq=20221201394
- 고용노동부. (2023). 2022년도 산업재해 현황분석. https://www.moel.go.kr/policy/policydata/view.do?bbs_seq=20231201612
- 국무조정실. (2018). 국민생명 지키기 3대 프로젝트. <https://www.opm.go.kr/opm/news/press1.do?mode=view&articleNo=148419>
- 국토교통부. (2023). 건설기계 현황 통계. <https://stat.molit.go.kr/portal/cate/statMetaView.do?hRslId=476>
- 김인성. (2023). 제조업 사고패턴 분석을 통한 위험가중 SIF 위험성 결정 방법론에 관한 연구. 박사학위논문. 호서대학교
- 김하영, 이준성, 장예은. (2022). 건설 재해사례 보고서의 텍스트 마이닝을 통한 복합사고 패턴분석. *대한건축학회논문집*. 38(4). 237-244.
- 김희근. (2018). 지게차 중대재해 발생원인 분석 및 안전성 향상 방안에 관한 연구. 석사학위논문. 제주대학교.
- 박영민. (2023). 지게차 중대 재해감소를 위한 실증적 연구. 박사학위논문. 영남대학교.
- 이경원. (2017). 의사결정나무 분석을 위한 생키다이아그램 기반 시각화 연구. 석사학위논문. 아주대학교.
- 이정한. (2023). 지게차 스마트안전기술 도입에 따른 산업재해 예방 효과에 관한 연구. 석사학위논문. 송실대학교.
- 한국산업안전보건공단. (2015). KOSHA-GUIDE(M-185-2015) 지게차의 안전작업에 관한 기술지침.
- 한솔. (2012). 지게차 사고원인 분석을 통한 안전대책에 관한 연구. 석사학위논문. 서울과학기술대학교.
- TUMURBAATAR JAMIPANDAGVA. (2021). 몽골과 한국의 산업안전보건법 비교연구:- 안전관리체계 및 규정을 중심으로-. 인제대학교

Abstract

Pattern Analysis of Fatal Accident Caused by Forklift Use

Woojune Jung

Department of Safety and Health, Graduate School

University of Ulsan

The Industrial Safety and Health Act, enacted into law in 1981, was established against the background of a surge in industrial accidents due to the expansion of industries and technological changes during the period of rapid economic growth in industry.

Since the implementation of the law, a combination of economic and technological advancements, policy efforts, and improved safety awareness has led to a decrease in the rate of accidents and fatalities from 1.24‰ in 2003 to 0.43‰ in 2022, marking a reduction by one-third over the past 20 years. However, despite this progress, South Korea's accident and fatality rate remains relatively high compared to the OECD average of 0.29‰. In response, the Ministry of Employment and Labor continues to make sustained efforts to reduce industrial accidents, including the implementation of the Major Accident Reduction Roadmap.

With the advancement of industrialization, there's a trend towards the enlargement of produced goods. To manufacture these goods, construction machinery is utilized for handling and operations within workplaces. As of 2023, approximately 550,000 units of construction machinery are registered with the Ministry of Land, Infrastructure, and Transport and are being used at industrial sites. Among them, forklifts account for about 220,000 units, representing a significant 40% share. Consequently, accidents and fatalities are frequent in connection with the use of these machines.

To analyze the recurring accidents and fatalities involving forklifts, we classified and analyzed incidents of accidents and fatalities that occurred across all industries from 2020 to 2022, spanning a three-year period. In order to derive patterns of forklift accidents and fatalities, we categorized incidents based on accident types, working conditions, and causes of accidents.

The analysis revealed that despite various legal regulations outlined in the

Industrial Safety and Health Act and related regulations regarding industrial safety and health standards, accidents continue to occur frequently due to non-compliance in workplaces. It has been identified that there is a need to strengthen the role of management supervisors to ensure compliance with the regulations stipulated by the law within workplaces. Enhancing the functions of on-site management and supervision is crucial to enforce compliance with the regulations mandated by law regarding forklift usage and thereby reduce industrial accidents.

Furthermore, accidents resulting in fatalities have been occurring frequently in workplaces when forklifts are utilized for high-altitude work. Employers need to ensure that workers can operate in a safe working environment by using scaffolding or elevated work platforms for high-altitude work instead of forklifts. Additionally, it is essential for employers to supervise and prevent the misuse of forklifts for purposes other than their designated use. Regular training should also be provided to workers to educate them on the proper use of forklifts and discourage their use for high-altitude work.

To prevent frequent accidents involving forklift overturns, it appears necessary to legally mandate the installation of speed-limiting alarm devices within workplaces. Additionally, there's a need for the development and widespread implementation of smart devices(sensor systems) capable of detecting changes in the weight distribution of forklifts based on cargo and ground conditions, thereby alerting drivers and nearby workers.

Through the patterns of frequent accidents and fatalities identified in this study, it is anticipated that incorporating policy, technological, and managerial alternatives such as improving domestic laws and regulations and developing smart equipment, can contribute to reducing the risks of industrial accidents caused by forklifts in South Korea. By integrating these findings into the government's occupational injury prevention policies and workplace safety management practices, we can expect to mitigate the hazards associated with forklift-related accidents in industrial settings.

Key word : Forklift, Fatal accidental, Pattern analysis, Sankey Diagram