

재해원인조사 의견서

한국 산업 안전 보건공단

이 의견서는 「산업안전보건법」 제56조에 따라 중대재해 원인조사를 실시하고 재해 원인에 대한 의견을 작성한 것으로

「산업안전보건법」 제56조의 ‘중대재해 원인을 규명하여 산업재해의 예방 대책 수립’을 통한 안전 확보에 이바지함을 목적으로 하고 있다.

그러므로 이 의견서는 산업현장의 안전·보건을 증진시킬 목적 이외의 용도로 사용되어서는 아니 된다.

재해조사 의견서

1. 재해발생 사업장 개요

사업장명	(주)부일테크노	전화번호 (FAX)	
소재지	경상남도 양산시	대표자	B
업 종 (표준산업분류)	그 외 기타 플라스틱 제품 제조업 (22299)	근로자수	8명
산재관리번호 (사업개시번호)		생산품 (사업내용)	PVC 배관

2. 재해자 인적사항 및 상해정도

연번	성 명	출생년도	소 속	고용형태	상해정도
1	A	1957년	(주)부일테크노	상용	사망

3. 재해발생 경위

- 2023. 2. 20.(월) 20:35경 경남 양산시 소재 (주)부일테크노 사업장 내 야적장에서,
- 재해자(지게차 운전자,남,66세)가 지게차를 운전하여 PVC* 배관을 하역한 후 경사로를 횡단하던 중, 경사로 연석에 우측 바퀴가 부딪혀 넘어지는 지게차에 깔려 사망한 재해임.

* PVC 배관 : PolyVinyl Chloride(염화비닐) 배관으로 주로 배수관 자재로 쓰임

4. 재해조사 내용

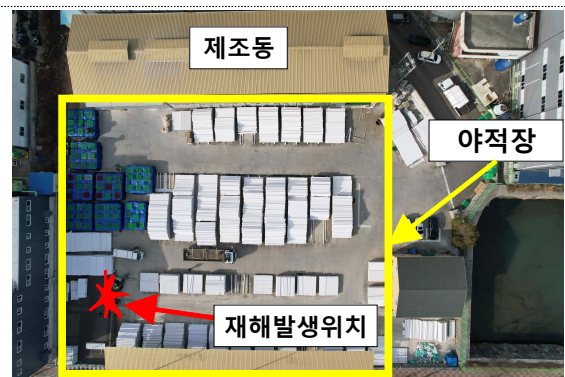
【본 조사의견서는 고용노동부 양산지청 산재예방지도과와 안전보건공단 경남동부지사 산업안전부 및 광역사고조사센터의 현장조사 결과와 (주)부일테크노 대표 B 등 사업장 관계자의 면담 내용 등을 근거로 작성함】

가. 재해발생 사업장 개요

- 당 사업장은 건축현장에서 배수관 자재로 사용되는 PVC 배관을 생산하는 제조업체임.
- 근무형태는 2조 2교대로, 매주 월요일은 설비 예열을 위해 출·퇴근 시간이 조정됨.
 - (평일) 주간 : 07:00~18:00, 야간 : 18:00~익일 03:00
 - (매주 월요일) 주간 : 05:00~17:00, 야간 : 17:00~익일 03:00



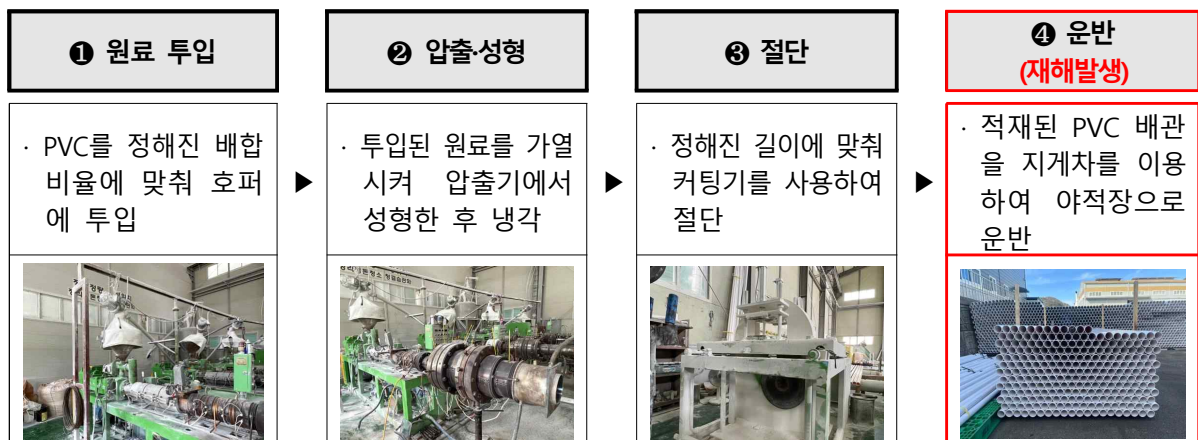
【사진1】 (주)부일테크노 제조동 전경



【사진2】 (주)부일테크노 야적장 전경

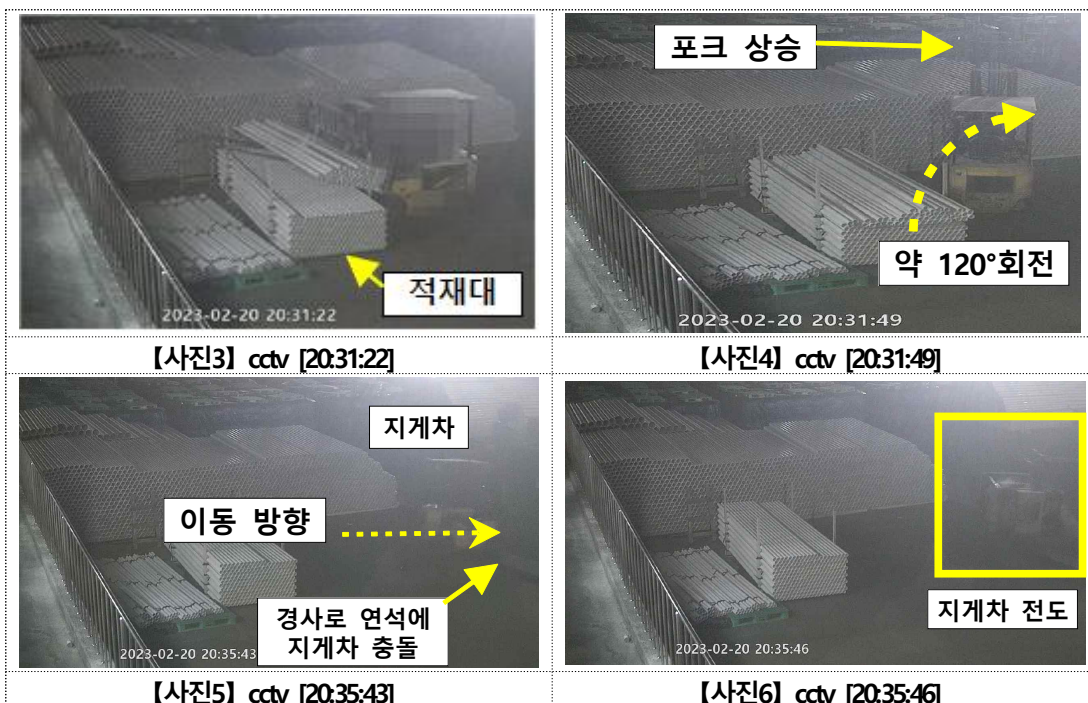
나. 재해발생 공정 : 운반

- 제조동에서 생산된 PVC 배관을 재해자가 지게차를 운전하여 야적장으로 운반하던 중 지게차가 전도되어 재해가 발생됨.



다. 재해발생 과정

- 2023. 02. 20.(월) [17:00경] PVC 배관 생산 및 운반 등 야간 작업을 위해 재해자와 동료 작업자가 출근함.
- [20:30경] 재해자가 지게차를 운전하여 제조동에 적재되어 있는 PVC 배관을 야적장으로 운반함.
- [20:31:22경] 야적장 내 경사로 하부에 놓여있는 적재대에 PVC 배관을 내려놓음.
- [20:31:49경] 지게차 포크를 상승시킨 후, 오른쪽으로 약 120° 회전시킨 상태로 정차함.
- [20:32경] 재해자는 지게차에서 내려 적재대에 내려놓은 PVC 배관을 손으로 정렬함.
- [20:35경] 재해자가 지게차에 탑승하여 경사로를 횡단하던 중, 우측 앞바퀴가 경사로 연석에 부딪히며 좌측으로 전도되어 재해자가 운전석에서 이탈되었고 넘어지는 지게차와 지면에 깔림.
- [21:03경] 동료 작업자가 재해자를 발견한 후 119에 신고함.
- [21:13경] 119구조대가 재해자를 구조하였으나 사망함.



라. 조사 및 확인내용

1) 기인물 : 전동식 지게차(2.5톤)

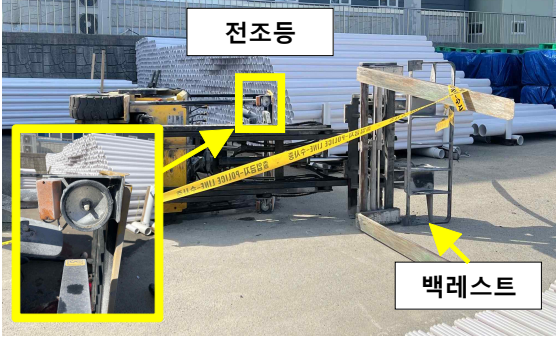
- 지게차는 (주)부일테크노의 소유로 제조동에서 생산된 PVC 배관을 야적장으로 운반하는 용도로 사용됨.

	적재 하중	2.5톤
	중량(무부하)	4,290kg
	포크 인양높이	3,300mm
	전장	2,325mm
	전폭	1,200mm
	운간거리(전/후)	993/980mm
	헤드가드 높이	2,220mm
	주행속도(무부하)	18km/h
	구동방식	전동(배터리)
【사진7】 좌식 지게차(25B)		【표1】 제원표

○ 지게차 방호장치 설치 상태

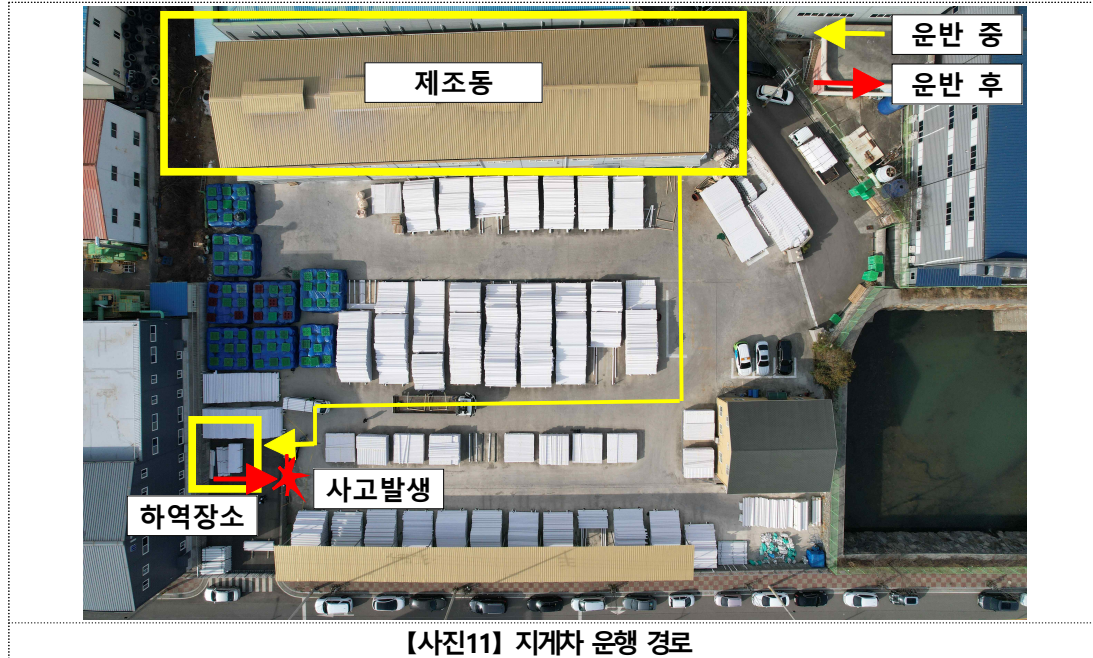
- 전조등, 후미등, 헤드가드, 백레스트, 경광등 및 좌석 안전띠 등 지게차의 방호장치는 설치되어 있음.

* 다만, 지게차 전도로 인한 충격으로 전조등, 후미등의 작동 여부는 확인할 수 없었음.

	
【사진8】 전조등, 백레스트	
	
【사진9】 경광등, 헤드가드, 후미등	【사진10】 좌석 안전띠

2) 작업 방법 확인

- 재해자는 제조동에서 생산된 PVC 배관을 적재대에 쌓아둔 후, 지게차를 운전하여 야적장으로 운반함.



- 차량계 하역운반기계인 지게차 작업과 관련된 위험에 대한 예방 대책과 운행경로 및 작업방법 등을 명시한 작업계획서가 작성되어 있지 않음.

3) 조도 확보 여부

- 사고 당시 시간대는 20:30경 야간 작업 중으로, cctv 확인 결과 야적장은 조명이 꺼져 있었고 지게차는 전조등 및 후미등을 사용하지 않음.



【사진12】 cctv [20:31:22]



【사진13】 cctv [20:31:49]

○ 사고발생 3일 뒤 2.23.(목) 20:30경 사고 발생 시간과 같은 시간대에서 사고발생 위치의 조도를 측정한 결과 1lux로 측정됨.

※ 다만, 조사자가 현장 확인 시 주변 공장의 창문에서 빛이 새어나오고 도로의 가로등이 켜져 있어 사물에 대한 식별은 가능한 수준이었음.



【사진14】 20:30경 사고 발생 장소



【사진15】 20:30경 조도 측정 결과(1lux)

* 참고자료) 전운량(구름양) : 2.20(월) 20:00 : 0 / 2.23(목) 20:00 : 6
(출처 : 기상청 기상자료개방포털)

4) 사고발생 장소 상태

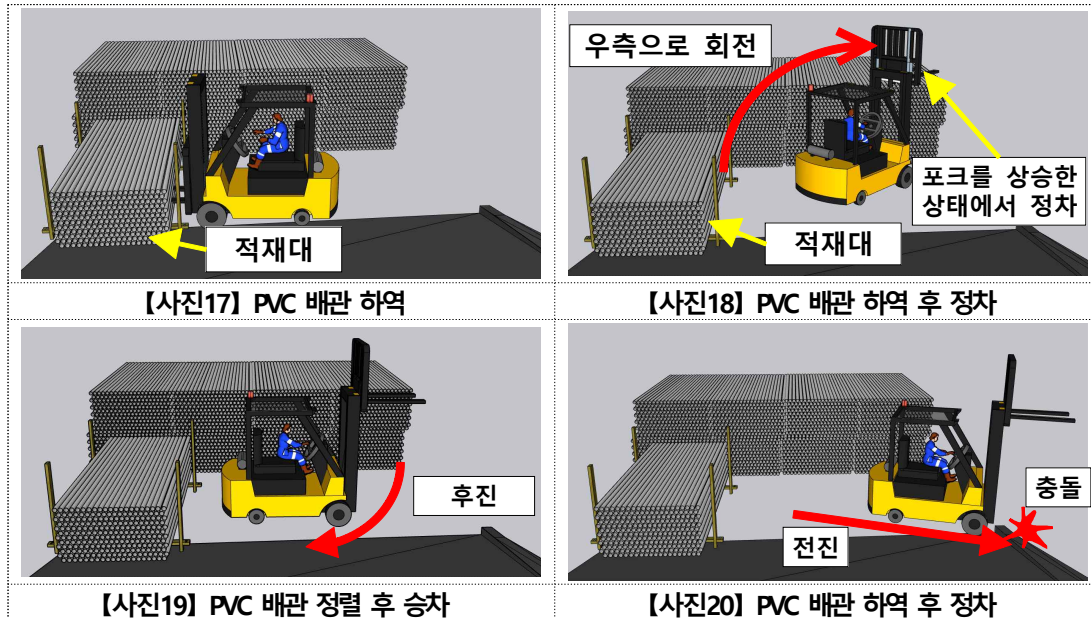
- 사고 발생 장소는 경사로 하부 구간으로 바닥은 아스팔트로 포장 됨.
- 경사로 측면에는 지게차 전진 방향 기준으로 경사면에서 높이 약 150mm의 콘크리트 연석이 있어 지게차가 부딪힐 수 있는 장소임.
- 지게차의 바퀴와 부딪힌 연석의 반대편의 높이는 지면에서 420mm임.



【사진16】 경사로 연석

5) 지게차 전도 원인

- PVC 배관을 적재대에 하역 한 후, 지게차의 운행방향을 바꾸기 위해 포크를 높이 2m 이상 상승시키고 약 120° 회전시켜 정차한 후, 지게차에서 내림.
- PVC 배관을 손으로 정렬하고 다시 지게차에 탑승하여 포크를 상승시킨 상태에서 전진함.

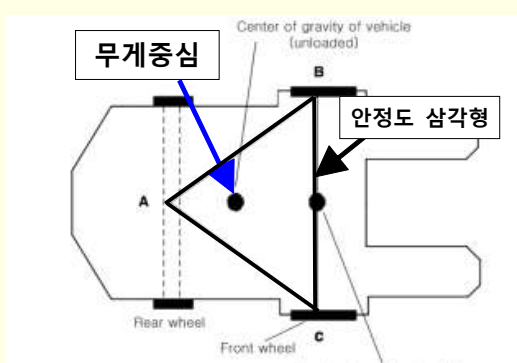
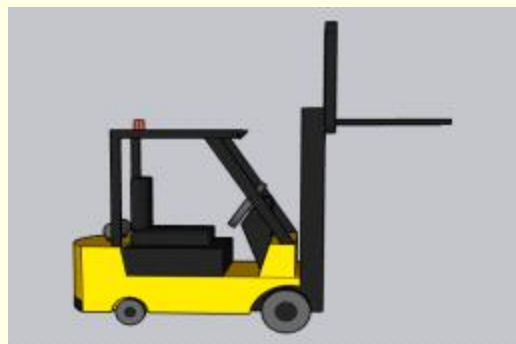


- * 적재대 우측에는 PVC 배관이 높이 약 1,935mm로 쌓여있어 포크를 상승시켜야 회전할 수 있음.

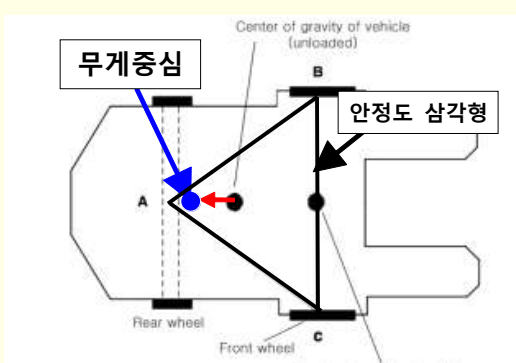


- 지게차의 포크를 상승시킨 상태로 운행 시 무게중심이 지게차 중앙에서 뒤로 이동하여 좌우 안정도가 불안정해짐.

< 포크 위치에 따른 지게차 무게중심 >



【사진22】 포크를 하부에 내린 상태의 지게차 무게중심



【사진23】 포크를 상부에 올린 상태의 지게차 무게중심

- ▶ 지게차의 안정도*는 2개의 전륜 접지점과 후륜차축의 중심을 꼭짓점으로 하는 삼각형을 이용하여 평가하며, 이 삼각형을 **안정도 삼각형(stability triangle)**이라 칭한다.
- ▶ 무부하**일 때의 지게차의 무게중심은 안정도 삼각형 안에 머물게 되지만 포크를 상승하거나 경사진 도로를 주행하는 경우, 무게 중심이 이동하여 전체 무게중심이 안정도 삼각형을 벗어나면 지게차가 전도된다.

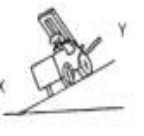
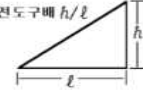
* 안정도: 경사로의 전도구배로 안정도를 초과할 경우 지게차가 전도됨

** 무부하: 포크를 마스트 하부에 내려놓은 상태에서 하중이 가해지지 않은 상태

• 출처) 카운터밸런스형 지게차에서의 안정도 해석 2p_김재범·신운철·박재학

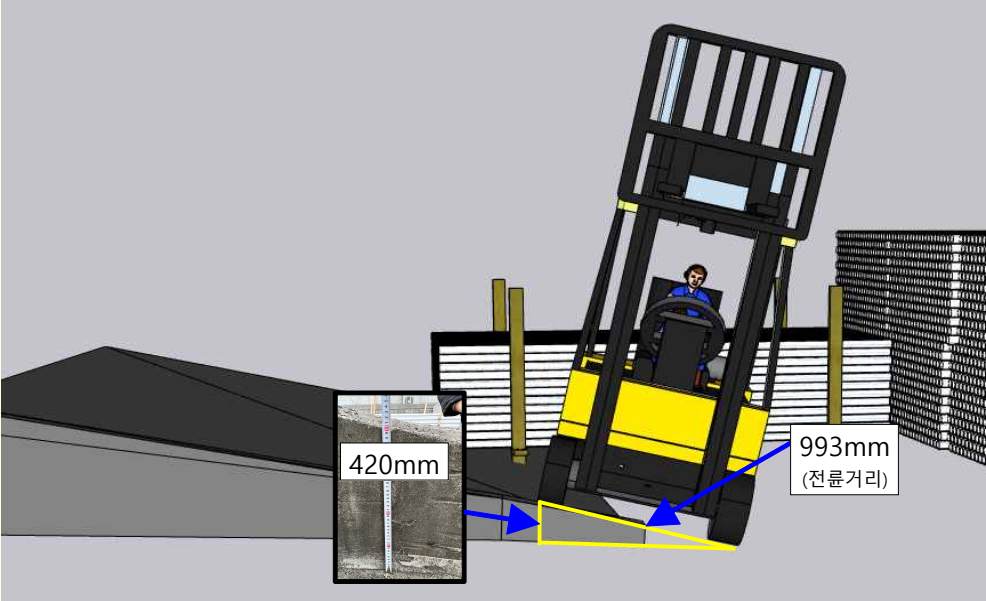
- 지게차가 경사로를 횡단하던 중 우측 바퀴가 경사로 연석에 부딪힐 때의 전도구배를 계산한 결과, 지게차의 좌우 안정도는 약 46.6%로 지게차 주행 시 최대 좌우 안정도인 34.8%를 초과하였음.

< 지게차 좌우 안정도 계산 >

주행시의 좌우안정도 (15+1.1 V) %이 내 (V:구내최고속도 km/h) (기준무부하 상태)		* 지게차 속도(정상) : 10km/h → 지게차 좌우 안정도 : 26%
주) 안정도 = $h/\ell \times 100 \%$ X-Y : 지게차의 좌우 안정도축 A-B : 지게차의 전후방향의 중심선		* 지게차 속도(최고) : 18km/h → 지게차 좌우 안정도 : 34.8%

【사진24】 지게차 주행 시 좌우 안정도 계산

- ▶ 지게차 무부하 상태에서 최고주행속도(18km/h)로 주행 시 좌우 안정도는 34.8%로, 이를 초과 시 지게차는 전도될 수 있음.

	* 피타고라스의 정리에 의해 : $a^2 + b^2 = c^2$ ∴ $a \approx 900\text{mm}$ * 안정도 = $b/a \times 100$ = $420/900 \times 100$ ≈ 46.6%
---	--

【사진25】 사고 당시 지게차 안정도 계산

- 출처) Kosha Guide M-185-2015 지게차의 안전작업에 관한 기술지침 11p

- 사고 당시 지게차는 포크를 상승시킨 상태로 전진하여 무게중심이 뒤쪽으로 이동한 불안정한 상태였으며, 경사로 연석과 충돌 시 지게차의 최대 좌우 안정도를 초과하여 무게중심을 잃고 전도된 것으로 판단됨.

6) 재해자 관련 확인

- 재해자는 지게차 운전 작업 시 안전모를 착용하지 않음.
- 지게차 전도 시 재해자가 운전석에서 이탈된 것으로 보아, 좌석 안전띠를 착용하지 않은 것으로 추정됨.
- 적재 하중이 2.5톤인 전동지게차는 지게차운전기능사 자격을 갖추거나 소형건설기계 조종에 관한 교육과정을 이수한 사람이 운전하여야 하나, 재해자는 관련 자격 취득 및 교육을 이수하지 않음.

7) 위험성평가 실시 여부 확인

- 사업주는 위험성평가 실시에 대하여 인지하지 못한 상태였으며, 향후 지게차 작업을 포함한 전 공정에 대하여 위험성평가를 실시하여 위험성 감소대책을 수립하고 개선하여야 함.

8) 조사 및 확인 결과 종합

- 사고는 재해자가 제조동에 적재된 PVC 배관을 지게차를 이용하여 경사로 하부에 하역한 후 제조동으로 돌아오던 중 발생하였으며,
 - 지게차의 운행경로는 조명이 꺼져 있었으며 전조등과 후미등을 사용하지 않아 적정 조도가 확보되지 않았고,
 - 포크를 상승시킨 상태에서 전진하던 중, 우측 바퀴가 경사로 연석에 부딪히며 지게차가 중심을 잃고 좌측으로 전도되었으며,
 - 좌석 안전띠를 체결하지 아니한 재해자가 운전석에서 이탈되어 넘어지는 지게차와 지면에 깔린 것으로 판단됨.

구분	조사 및 확인 내용	적정성
방호장치	· 전조등, 후미등 미사용 · 좌석안전띠 미착용	부적정
작업방법	· PVC배관을 지게차로 운반하나 작업계획서 미작성	부적정
작업환경	· 전조등, 후미등 미사용 및 야적장 조명을 켜지 않음	부적정
운전방법	· 포크를 상승시킨 불안정한 상태에서 운전함	부적정
운전자격	· 3톤미만 전동지게차 관련 운전자격 없음	부적정
위험성평가	· 사업장 전반에 대해 위험성평가를 실시하지 않음	부적정

5. 조사자 의견

가. 재해발생 원인

○ 지게차 좌석 안전띠를 착용하지 않음

- 지게차 전도 시 지게차 운전자를 보호해 줄 수 있는 좌석 안전띠를 착용하지 않음

○ 지게차의 조종 자격 취득 또는 교육을 이수하지 않음

- 해당 지게차는 3톤 미만 전동지게차로, 지게차 운전기능사 자격을 취득하거나 소형건설기계 조종에 관한 교육을 이수한 후 운전하여야 하지만, 관련 자격을 취득하거나 교육을 이수하지 않음

○ 지게차 운행에 대한 작업계획서를 작성하지 않음

- 지게차 작업 시 전도 위험 예방대책과 운행경로 및 작업 방법 등을 내용으로 하는 작업계획서를 작성하지 않음

나. 재해예방 대책

○ 지게차 운전 시 좌석 안전띠 착용 관리

- 지게차 전도 시 지게차 운전자가 튕겨나가지 않도록 좌석 안전띠를 착용하고 운전하도록 하여야 함

○ 지게차 조종 관련 자격 취득 또는 교육을 이수 후 작업

- 지게차 운전기능사 자격자 또는 소형건설기계 조종 교육 이수자에 한하여 지게차를 운전하도록 조치

○ 작업 장소의 충분한 조도 확보

- 야적장 등 지게차가 상시 운행하는 장소는 산업안전보건 기준에 관한 규칙에서 정하고 있는 조도(75lux)이상을 확보하도록 조치

○ 지게차 작업계획서 작성 및 교육

- 지게차 작업 시 해당 작업에 따른 추락·낙하·전도·협착 및 붕괴 등의 위험예방 대책과 운행경로 및 작업방법 등을 내용으로 하는 작업계획서 작성 및 교육