

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.

1. 재해발생 사업장 개요

원 청	회사명	(유)청운건설	주 소	본사	전북 김제시	전 화 번 호 (FAX)	
	현장명	○○○○ 긴급보수공사		현장	전북 고창군		
	대표자	B	면허업종		문화재 수리업	근로자수	4명
	관리번호 (사업개시번호)		발주처			공사기간	2024.3.26.~ 2024.7.23.
	공사종류	문화재 보수	단위공종		기왓장 해체		
	공사금액(천원)	314,447천원	공사규모		약 137.27㎡ (대들보 교체)	공정율	15% (재해발생일 기준)

2. 재해자 인적사항 및 상해정도

연번	성명	출생년도	소 속	고용형태 (상용·일용·시간제 등)	상해정도 (사망/부상)
1	A	1959	(유)청운건설	일용	사망

3. 재해발생 경위

발생 형태	끼임	기인물	개조형 운반차
○ 2024년 4월 23일(화) 오전 10시 30분경 ○ 전북 고창군에 소재한 (유)청운건설이 시공하는 「○○○○ 긴급보수공사」 현장에서 ○ (유)청운건설 소속 재해자(남, 만64세)가 농업용 동력운반차*(보행식)로 기왓장을 운반하기 위하여 강관비계 작업발판(H≒3.4m) 코너에서 방향 전환 중 ○ 강관비계와 농업용 동력운반차 사이에 끼어 사망한 재해임. *농업용 동력운반차 : 농업용 또는 산악작업용으로 주로 쓰이는 운반차로 농기계 등 제작업체에서 시중에 판매하는 동력 운반 장비임.(소형엔진에 변속기를 연결하고, 적재함을 부착하여 궤도형으로 제작)			

4. 재해조사 내용

【본 조사의견서 내용은 현장조사 결과 및 현장관계자와의 면담을 근거하여 작성하였음.】

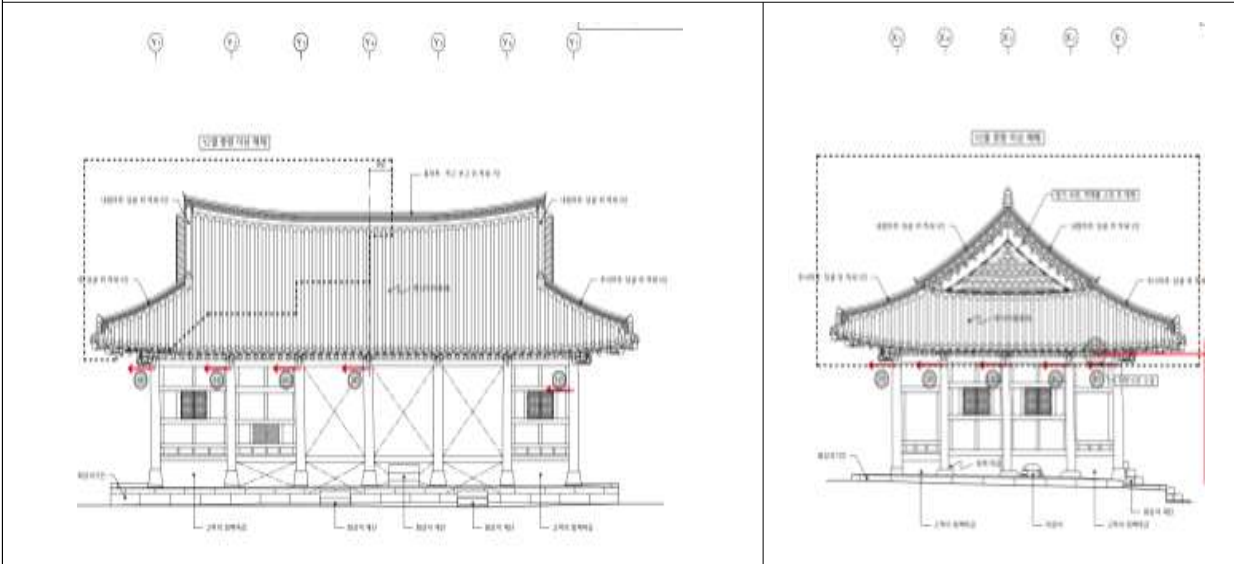
가. 사고의 경위

1) 사업장 개요

- 당 현장은 ○○○○의 대들보를 교체하는 현장으로 재해가 발생한 공정은 기왓장 해체작업임. 전체 작업 기간은 약 4개월(24. 3월 ~ 7월) 정도로 사고 발생 당시 공정율은 약 15%임.



[사진1] 현장 전경



[사진2] 정면도

[사진3] 우측면도

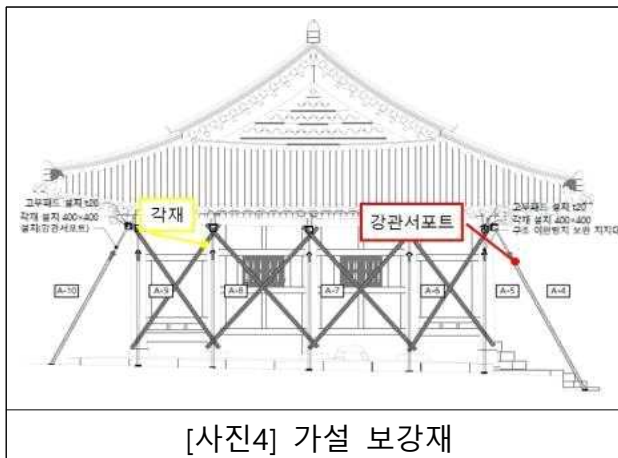
2) 재해발생 공정 및 기인물

- 재해발생 전 강관비계 및 가설보강재* 설치 작업을 약 9일정도 진행하였고,
- 재해당일은 기왓장 해체 작업(하부 자재** 제거 및 운반) 2일차로 해당 작업은 약 10일에 거쳐 진행할 예정이었으며, 해체된 기왓장을 농업용 동력운반차 (이하 '운반차'라 함)를 활용하여 지상으로 내리는 작업을 진행함.

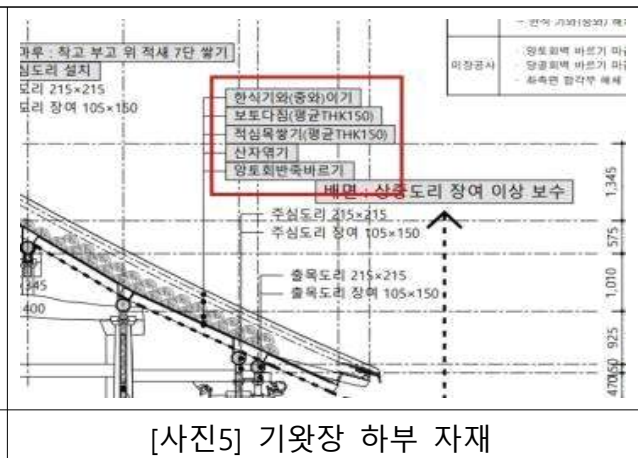


*가설 보강재 : 구조물의 변형을 방지하기 위한 대각 방향으로 설치되는 보강재로 공사 과정에서 설치하고, 공사 완료 후 해체되는 구조 보강용 임시 자재. (사진4 참고)

**기왓장 하부 자재 : 한식 지붕의 기왓장 하부에 적재되어 있는 자재로 강회, 보토, 적심목, 산자, 앙토회 등이 있음. (사진5 참고)



[사진4] 가설 보강재



[사진5] 기왓장 하부 자재

○ 기인물 : 농업용 동력운반차

- 재해현장에서 사용한 운반차는 소형 엔진에 변속기를 연결하고, 적재함을 부착하여 궤도형으로 제작되었으며, 운전자 보행식(탑승하지 않는) 장비임.



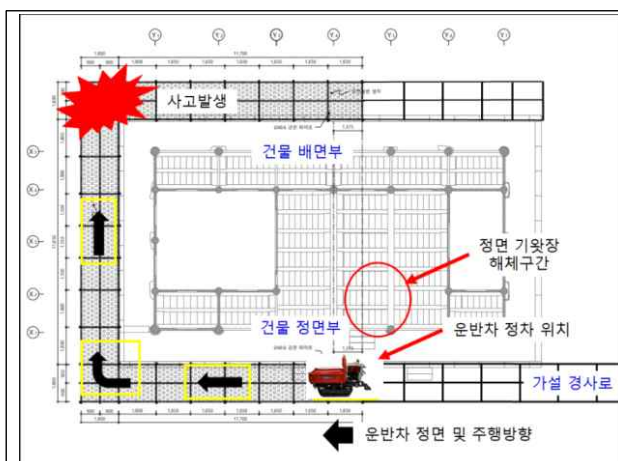
- ① 장비명 : 농업용 동력운반차
- ② 엔진 : 8마력(추정)
- ③ 변속 : 전진3단, 후진2단
- ④ 적재중량 : 500kg(추정)
- ⑤ 차체중량 : 298kg(추정)
- ⑥ 차체크기 : 1,940×1,000×720(mm)
- ⑦ 적재함크기 : 1,270×1,000×230(mm)

※ 재해가 발생한 운반차 관련 서류가 보관되어 있지 않아 시판중인 유사 농업용 운반차의 제원 및 현장 실측치로 표기

[사진6] 사고 발생 농업용 동력운반차

나. 재해발생 과정

- [07:00경] 재해당일 총 3명(재해자, C, D)이 현장에 출근하였고, 전날 진행하던 기왓장 해체작업을 이어서 작업할 준비를 하였음.
- [07:10경] 재해자는 운반차를 이용하여 지상에 있던 합판, 자재 등을 정면 강관비계 작업발판(H≒3.4m) 위로 운반을 마친 후, 전날 해체한 건물 배면 지붕 위의 기왓장을 강관비계 작업발판으로 내려놓는 작업을 하였음.
- [09:35경] 동료작업자 D은 지상 정면에서 석재 보양작업 중이었으며, 정면부의 기왓장을 해체작업 중이던 동료작업자 C가 재해자에게 해체된 기왓장을 지상으로 옮겨야하니, 운반차(건물 정면 강관비계 작업발판에 위치)를 지상에서 방향을 전환하여 강관비계로 올라오라고 하였음.(사진7 참고)
 - ※ 동료작업자 C 진술에 의하면, 강관비계 상부에 정차되어 있는 운반차의 방향이 가설통로를 내려가려면 후진으로 가야하니, 지상에서 방향을 전환해서 오라고 했다고 진술함.
- [09:38경] 재해자는 건물 정면 강관비계 작업발판에 위치한 운반차를 지상으로 운행하지 않고, 건물 배면 강관비계 코너쪽으로 운행하여 방향 전환을 실시함.(사진7 참고)
- [09:48경] 재해자가 운반차와 함께 오지 않자 지붕에서 기왓장 해체작업을 진행하던 동료작업자 C가 건물 배면 강관비계 쪽으로 가보니 강관비계와 운반차 사이에 끼어있는 재해자를 발견*한 후 운반차의 시동을 끄고 119신고 하였으나, 현장에서 사망한 재해임.(사진8 참고)
 - * 동료작업자 C 진술에 의하면, 발견 당시 재해자는 의식이 없었으며, 운반차는 시동이 켜져 있고, 변속기는 후진 1단으로 되어있었음.



[사진7] 운반차 운행 경로 및 사고발생 지점



[사진8] 재해(구출)당시 사진

다. 조사.확인내용

1) 기인물에 대한 조사.확인

- 기인물의 구성은 엔진(약 8마력), 변속기(전진1~3단, 후진1~2단), 적재함, 궤도부 등으로 구성되어 있음.(사진9, 10, 11 참고)
- 운행 판넬은 운행/멈춤(브레이크) 레버, 방향레버(좌/우)로 설치되어 있음.(사진12 참고)
- 운반차의 총길이는 1,940mm, 대각길이는 2,080mm, 높이 930mm로 확인됨.(사진13, 14 참고)

※ 기인물의 구성 및 상세제원



[사진9] 운반차 구성(1)



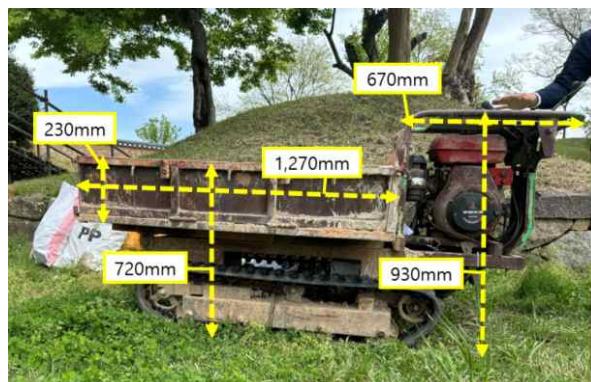
[사진10] 운반차 구성(2)



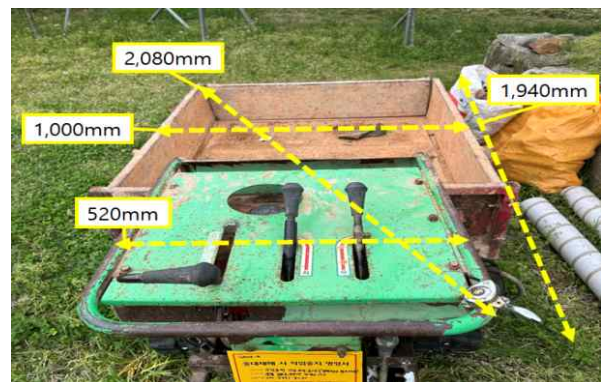
[사진11] 변속기 구성



[사진12] 운행 판넬 구성



[사진13] 운반차 크기(1)



[사진14] 운반차 크기(2)

○ 재해가 발생한 운반차는 현장소장이 약 10여 년 전 구매한 장비로 관련 서류가 보관되어 있지 않아 정확한 제원은 알 수 없음.

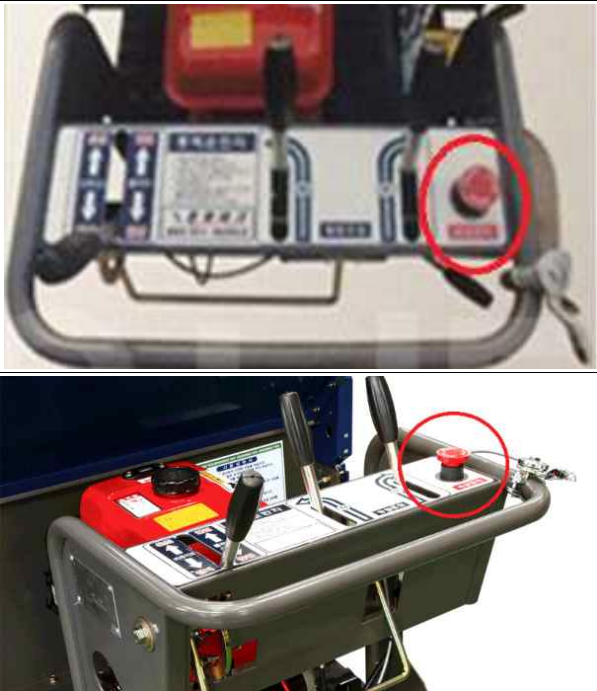
- 사고 운반차의 장비 종류 및 검정여부 확인 결과, 해당 운반차 종류는 관계법*에 따라 농업용 동력운반차(보행식)로 분류되어 있으며,

*농업기계화 촉진법 제9조(농업기계의 검정) 및 같은 법 시행규칙 제3조의2(검정대상 농업기계 등) 관련(농림축산식품부)

- 상기 장비는 제조업자 또는 수입업자가 안전검정 실시 후 판매하는 장비인 것으로 확인됨.(사고 운반차는 명판, 제원 및 형식 등을 알 수 없어 안전검정 여부는 확인할 수 없음.)

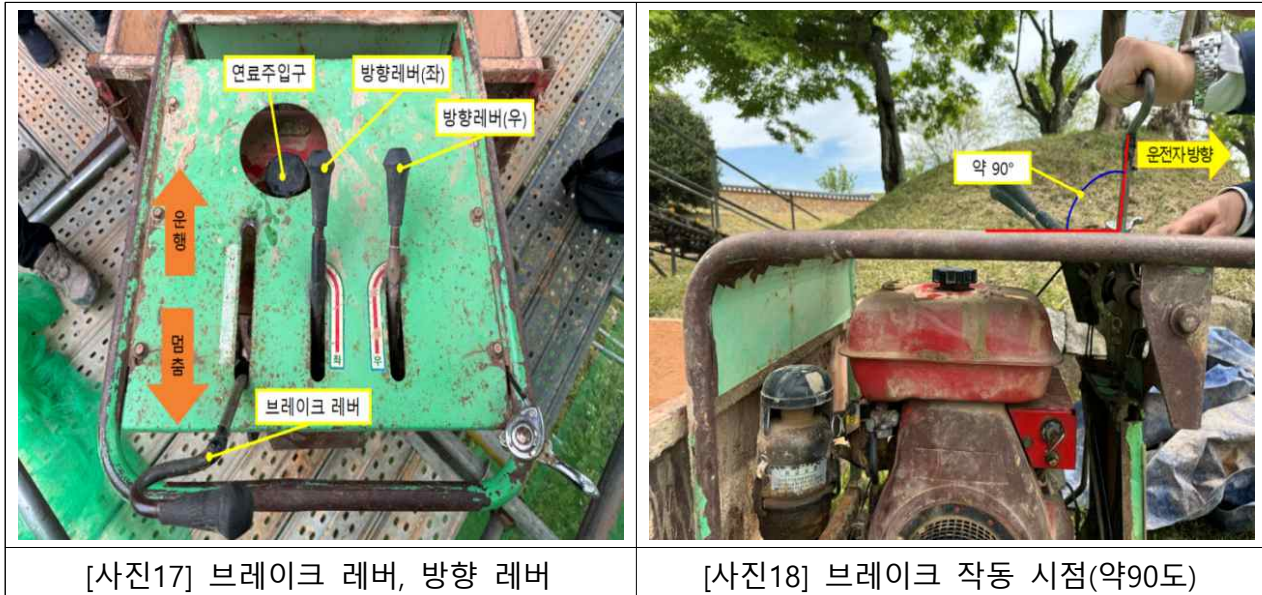
- 다만, 해당 운반차의 경우 현재 시판중인 운반차와 다르게 관계 고시*에 규정한 긴급정지장치(비상정지스위치)는 설치되어 있지 않은 것으로 확인됨.(사진15, 16 참고)

*농업기계 검정기준 (별표2)공통안전기준 3.안전장치 관련(농림축산식품부 고시)

	
[사진15] 긴급정지장치(비상정지스위치) 미설치	[사진16] 시판중인 운반차의 긴급정지장치(비상정지스위치)

○ 운반차 브레이크 레버는 운전자 방향으로 당기면 멈추고, 밀면 운행되는 방식이며, 브레이크는 레버의 각도가 운전자 방향으로 약 90° 이상이 되어야 완전히 멈추는 것으로 확인됨.

- 좌·우 방향 레버의 경우 조종석 방향으로 끝까지 당겨야 방향이 바뀌는 것으로 확인됨.



[사진17] 브레이크 레버, 방향 레버

[사진18] 브레이크 작동 시점(약90도)

- 운전 위치는 운반차의 뒤에서 조종하며, 변속기를 통해 전진(1~3단)과 후진(1~2단)이 변속되고, 단수가 올라갈수록 속도도 빨라지는 것으로 확인됨.
- 해당 현장에서의 작업은 주로 전진 1단, 후진 1단을 사용한다고 진술함.

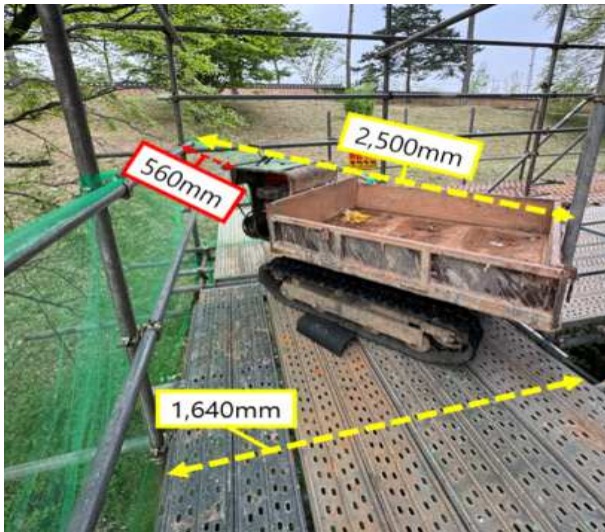
[표1] 운반차 단수에 따른 속도

단 수	전진 1단	전진 2단	전진 3단	후진 1단	후진 2단
속 도	0.29m/s	0.625m/s	1.0m/s	0.22m/s	0.45m/s

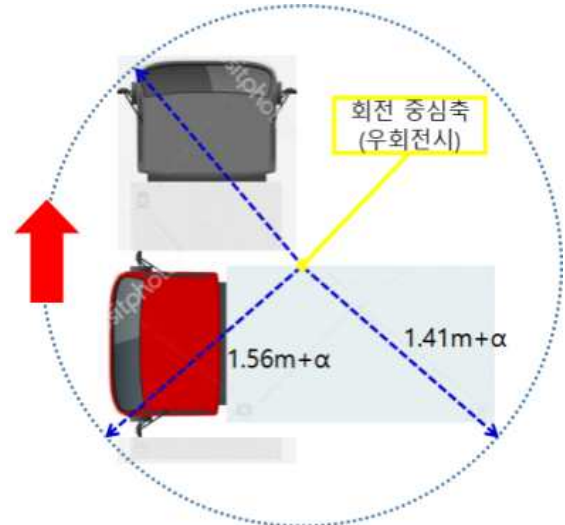
2) 재해 장소의 작업 상황에 대한 조사.확인

- 재해자는 운반차를 건물 배면 강관비계 코너쪽으로 이동시켜 회전을 하려고 했던 것으로 확인되었으며, 해당 구간(코너쪽)의 작업발판(4장) 폭은 1,640mm이며, 대각 길이는 2,500mm으로 조사됨.(운반차 : 길이 1,940mm, 대각길이 2,080mm)
- 운반차의 회전은 방향레버를 몸 쪽으로 당길 경우 한쪽 궤도가 주행을 멈추고 중심축(방향축)이 되고 반대 궤도만 회전하는 형식(콤파스로 원을 그리는 형식)으로 조사됨.
- 상기 형식으로 회전할 경우 가장 긴 변(중심축~대각길이)으로 회전 반경이 1.41~1.56m가 필요한 것으로 파악되었으며, 운전자의 공간($a \approx 0.4m$)까지 고려할 경우 3.22~3.52m*의 여유폭(회전공간)이 확보되어야 안전하게 회전이 가능할 것으로 판단됨.

*여유폭(회전공간) 산출 : $3.22 \sim 3.52m = 1.41 \sim 1.56 \times 2(\text{지름}) + 0.4m(\text{운전자의 공간})$



[사진19] 재해 발생 구간 비계 제원



[사진20] 운반차 회전 반경

- 운반차의 소음을 측정한 결과, 약 91db(데시벨)로 측정되었음. 이는 일반적으로 TV·라디오의 청취를 방해 하는 정도(70db) 이상으로 소음이 심한 공장의 소음 정도(90db 이상)로 비교되고 있음.



[사진21] 운반차 소음 91.2db

소음의 영향		
나뭇잎 부딪히는 소리	20dB(A)	폐적
조용한 농촌, 상어의 교차	30dB(A)	수면에 거의 영향 없음
조용한 공회	35dB(A)	수면에 거의 영향 없음
조용한 주택의 거실	40dB(A)	수면 길이 낮아짐
조용한 사무실	50dB(A)	호흡·맥박수 증가, 계산력 저하
보통의 대화소리, 백화점 내 소음	60dB(A)	일상적 건강영향 (만성 노출)
전화벨소리, 가리 시끄러운 사무실	70dB(A)	TV·라디오 청취 방해, 청각 집중력 저하, 알코올관·수족
철로변 및 지하철 소음	80dB(A)	잠적 장애 시작 (만성 노출)
소음이 심한 공장 안	90dB(A)	작업성 능력 시작, 소변량 증가
학원가, 경적소리	100dB(A)	단시간 노출시 일시적 난청

[사진22] 소음기준표

3) 재해자가 사망에 이르게 된 이유

- (추정1) 재해자는 운반차를 운행하여 건물 배면 강관비계 코너쪽에서 방향 전환(전진·후진·회전)을 시도한 것으로 추정되며,
- 해당 구간은 운반차의 길이, 회전반경 및 운전자의 위치를 고려할 경우 회전하기 충분하지 않아 끼었을 것으로 판단됨.
- ※ 대표(현장소장)의 진술에 의하면, 해당 작업발판의 폭이 좁다는 작업자의 의견이 있어 작업발판의 폭 확장을 계획하고 있었다고 진술함.

- (추정2) 재해자가 강관비계와 운반차 사이에 끼인 후 엉덩이가 뒤로 빠지며 상체가 앞으로 기울어져, 약 90도 이상 운전자 쪽으로 당겨야 작동(멈춤)하는 브레이크 레버를 조작하기 어려웠을 가능성이 있음.
- 이 과정에서 후진하는 운반차를 재해자가 멈추지 못했을 것으로 추정되며, 농업기계 검정기준에 따른 긴급정지장치(비상정지스위치)가 설치되어 있었을 경우 운반차를 즉시 제동할 수 있었을 것으로 판단됨.
- ※운반차의 시동키를 돌려 시동을 끌 경우, 인력으로 운반차가 움직이지는 않는 구조임.
- (추정3) 재해자가 운반차의 오른쪽 하단에 있는 변속기 레버를 전진(왼쪽으로 변속기 레버를 밀어야 함)으로 바꾸어야 운반차가 빠져 나올 수 있었을 것으로 판단되나,
- 발견 당시 후진 1단으로 레버가 되어 있었던 상황으로 추정하면 전진 레버를 왼쪽으로 밀지 못한 것으로 보임.(팔의 길이 등을 고려했을 때 팔이 변속기 레버에 닿지 않았을 가능성은 없음)
- (추정4) 재해자의 짓눌린 복부 압박과 운반차의 소음 정도를 고려할 때 구조요청을 하지 못하였거나, 구조요청이 다른 작업자에게 들리지 않았을 가능성이 있음.(동료작업자는 구조요청 소리를 듣지 못한 것으로 진술함.)

5. 조사자 의견

가. 작업현장의 위험요인 및 재해발생 원인

○ 중량물 운반 작업 시 작업계획 미수립

- 사업주는 중량물을 이동·운반하는 작업 시 작업의 위험상황(끼임 등)을 파악하여 사전에 작업계획을 수립하여야 하고, 작업자에게 해당 작업계획서의 내용을 알려야 하나, 작업계획서를 수립하지 않았고, 작업자에게 주지하지 않았음.

나. 안전조치 권고

○ 적합한 장비의 사용

- 작업을 시작하기 전 장비의 적정 여부(운행경로, 작업방법 등 포함)를 검토하고, 해당 장비의 안전장치(비상정지스위치) 부착 여부 및 기능 정상 여부 등을 검토한 장비를 사용하도록 하여야 함.

○ 유해·위험요인 발굴 및 개선대책 적극 시행

- 작업 전 유해·위험요인 발굴 및 근로자 의견 청취를 통한 안전활동(위험성평가, TBM 등)을 적극 실시하고, 도출된 위험에 대해서는 작업 전 즉시 개선대책 마련 후 작업하도록 하여야 함.