

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 목적이외의 용도로 사용되어서는 아니 된다.

재해조사 의견서

1. 재해발생 사업장 개요

일반정보	사업장명	화순농업협동조합	주소	전남 화순군	전화번호(FAX)	
	대표자	B	업종	금융업	생산품(사업내용)	쌀
	사업장관리번호				근로자수	122명
	중처법 적용	대상				

2. 재해자 인적사항 및 상해정도

연번	성명	출생년도	소속	고용형태	상해정도
1	A	1998년	화순농업협동조합	상용	사망

3. 재해발생 경위

발생형태	끼임	기인물	파렛트물품적재기
'23.01.11(수) 18:08분경, 전남 화순군 소재, 화순농업협동조합 소속 근로자가 미곡처리장 내 파렛트화물적재기(Palletizers) 하부에서 수리 작업 중, 상승되어 있는 Lift Turn Table *(이하 '턴테이블'라 함)이 불시 낙하되어 끼임. * Lift Turn Table : 360도 회전하면서 파렛트(Pallet) 위에 포장박스를 적재·운반하기 위해 상하로 동작되는 기계장치			

4. 재해조사 내용

본 조사의견서 내용은 광주지방고용노동청 광역중대재해관리과, 안전보건공단 광주광역사고조사센터의 합동조사 결과와 사업장 관계자*의 진술내용, CCTV 영상자료 및 현장 조사에서 파악된 내용을 근거로 작성하였음

- * • 화순농업협동조합 C(상무), D(기능계장), D(동료작업자)
- 사업장 ㉔(기인물 설비 제작사) 부사장 E

가. 사업장 개요

- 화순농업협동조합은 미곡종합처리장(RPC)*을 운영하여 개별 농가로부터 수매한 원료(벼)를 가공(도정)하여 쌀을 생산·판매하는 사업장임.

* 미곡종합처리장(Rice Processing Complex) : 산물상태의 벼를 가공하여 쌀을 생산하는 시설

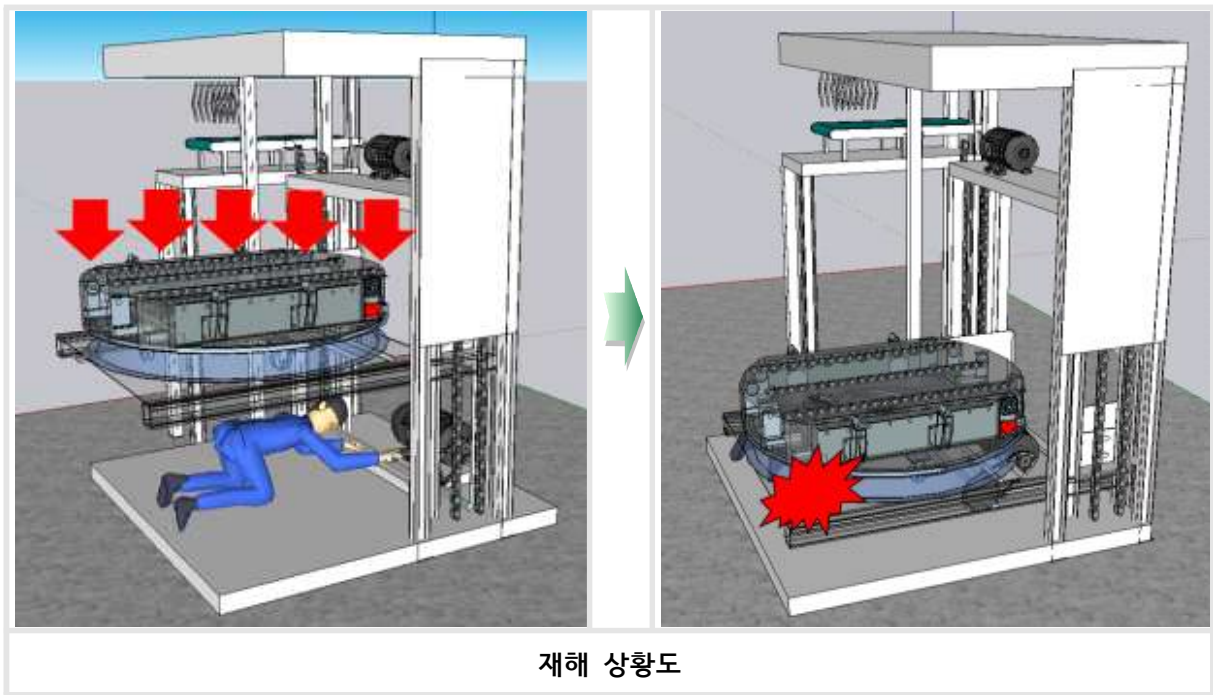


【화순농업협동조합 조직 구성도】

- 구매계 : 비료나 농약 등을 구매하거나 판매하는 업무
- 판매계 : 건나물이나 잡곡 등을 수매 후, 가공하여 판매하는 업무 (재해자 소속부서)
- 농작업대행팀 : 농기계를 이용하여 농작업을 대행하는 업무

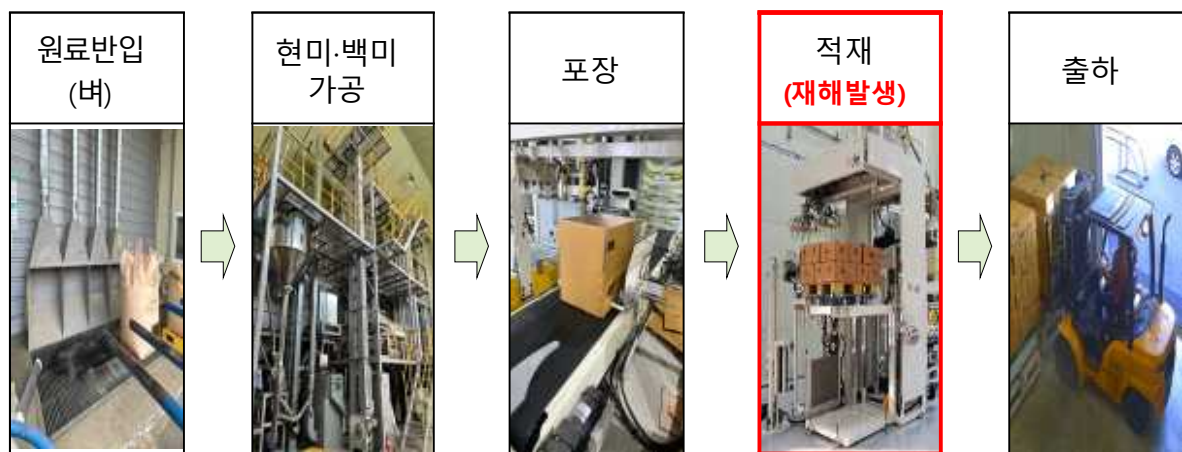
- 재해는 미곡처리장 내 파렛트화물적재기 턴테이블 하부에서 발생함.





나. 작업공정 및 재해자 담당업무

- (미곡종합처리 공정) 화순농업협동조합은 원료반입, 가공(현미·백미), 포장, 적재, 출하의 공정을 거쳐 쌀을 생산하며, 금번 재해는 **적재공정**에서 발생함.



【미곡처리공정】

- (재해자 업무) 평소 포장·적재공정의 생산라인 관리를 하였으며 설비고장 시, 간단한 점검·보전업무(소모품 교체 등)는 D 기능계장과 재해자가 수행하였음.

※ 간단한 보전업무 외에는 제작사(사업장 ㉞)에 점검수리의뢰를 하여 조치한 것으로 확인됨.

- 재해 당일(1/11)은 재해자 포함 4명의 작업자들과 파렛트화물적재기의 소음발생 등 보전업무를 하던 중, 상승되어 있던 턴테이블이 낙하되어 끼임.

다. 기인물: 파렛트화물적재기(Palletizers)

- (정의) 운반대 등의 적재장치(턴테이블)를 사용하여 파렛트에 물품을 정리하여 자동으로 적재하는 설비(이하 '자동적재설비'라 함)로 종류는 **고상식 파렛트화물적재기**로 분류됨.

[국가기술표준원 표준번호 KS T 2012 자료 참조]

※ 고상식 파렛트화물적재기 : 높은 곳에 적재 장치를 구비하고, 일정한 적재 위치에서 파렛트를 내리면서 화물을 적재하는 기계

	■ 자동적재설비 제원 • 제작사 : 사업장 ㉮ • 용도 : 쌀포대/포장박스 적재시스템 • 구입일자 : 2020.10월 • 적재속도 : 약 400-500포대/시간 • 소비전력 : 3.5kw • 규격(폭×길이×높이) : 2.68×3.38×3.37m • 적재최대높이 : 1,050mm • 적재중량 : 1,120kg
--	---

- (구조) 공급장치인 그리퍼(Gripper)에 의해 운반된 물품(쌀포장박스)를 파렛트 위 소정 위치에 정렬시켜서 적재하고, 일정량의 물품적재가 완료되면 턴테이블에 의해 180도 방향이 전환되어 물품 반출 장치인 컨베이어로 운반되어 출하되는 구조임.

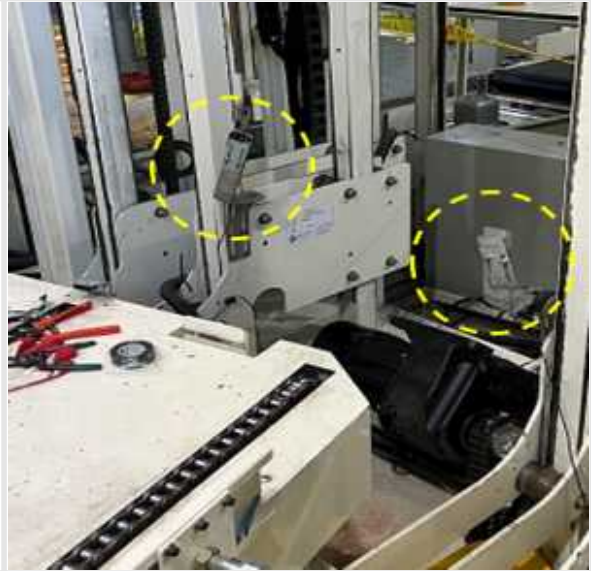
라. 재해발생과정 [01.11.(수)]

- 【09:00분경】 홈쇼핑 제품 출하를 위해 포장작업을 실시함.
- 【16:00분경】 재해자는 자동적재설비의 고장 발생현상*을 인지하여 설비가동을 중지함.

* 고장 발생현상 : 물품적재 완료 후, 다음 단계 컨베이어로 이송이 안됨.



설비동작 에러발생



물품적재 여부 확인용 근접센서

- 【16:50분경】 물품적재 완료여부를 확인해주는 하부 근접센서(2개)의 고장으로 확인되어 D 기능계장이 구매한 뒤, 근접센서를 교체(17:40분경)함.
- 【17:51분경】 근접센서 교체 후, 설비를 재가동하는 과정 중에 포장박스를 적재하는 턴테이블이 상·하 동작되면서 소음이 발생하였고, 원인 파악을 위해 설비 제작사 E 부사장과 통화(1차)를 함.
 - 해당 문제파악을 위해 재해 당시, 동료작업자인 C와 D도 현장을 방문함.
- 【17:58분경】 정확한 소음원인 파악을 위해 E 부사장과 영상통화(2차)를 통해 턴테이블 전동기(Motor)의 체인이 늘어난 것을 확인하였고 조치를 위해 체인의 장력(Tension)조정을 해야 된다고 전달받음.
- 【18:00분경】 재해자는 C, D과 함께 전동기 체인의 장력(Tension) 조정을 위해 에어임팩 렌치를 사용하여 전동기와 고정 베이스 판(Plate)에 체결된 볼트의 해체 작업을 수행함.
 - ※ D기능계장은 상승된 턴테이블 위에서 근접센서 교체작업을 수행하고 있었음.

[재해당시, 적재설비 보수작업자]

소속		성명	담당업무	비고
1	경제사업부	C 상무	전동기 볼트 해체	
2	미국종합처리장	D 기능계장	근접센서 교체	
3		A 주임	전동기 볼트 해체	재해자
4	농기계은행사업단	D 계장	전동기 볼트 해체	



볼트 해체 작업 당시, 작업자 위치



전동기 체결 볼트·너트(4개)

- **【재해발생 18:08분경】** 재해자는 상승되어 있는 턴테이블 아래로 이동하여 전동기 고정 볼트 해체 작업 중에, 상승된 리프트가 불시 하강되어 끼임.
- 동료근로자(D)의 신고로 119(18:12분경 도착)에 의해 광주 동구소재 전남대병원으로 이송되어 응급조치 중, 19:27분경에 사망함.



턴테이블 하부에서 작업 중인 재해자(CCTV)

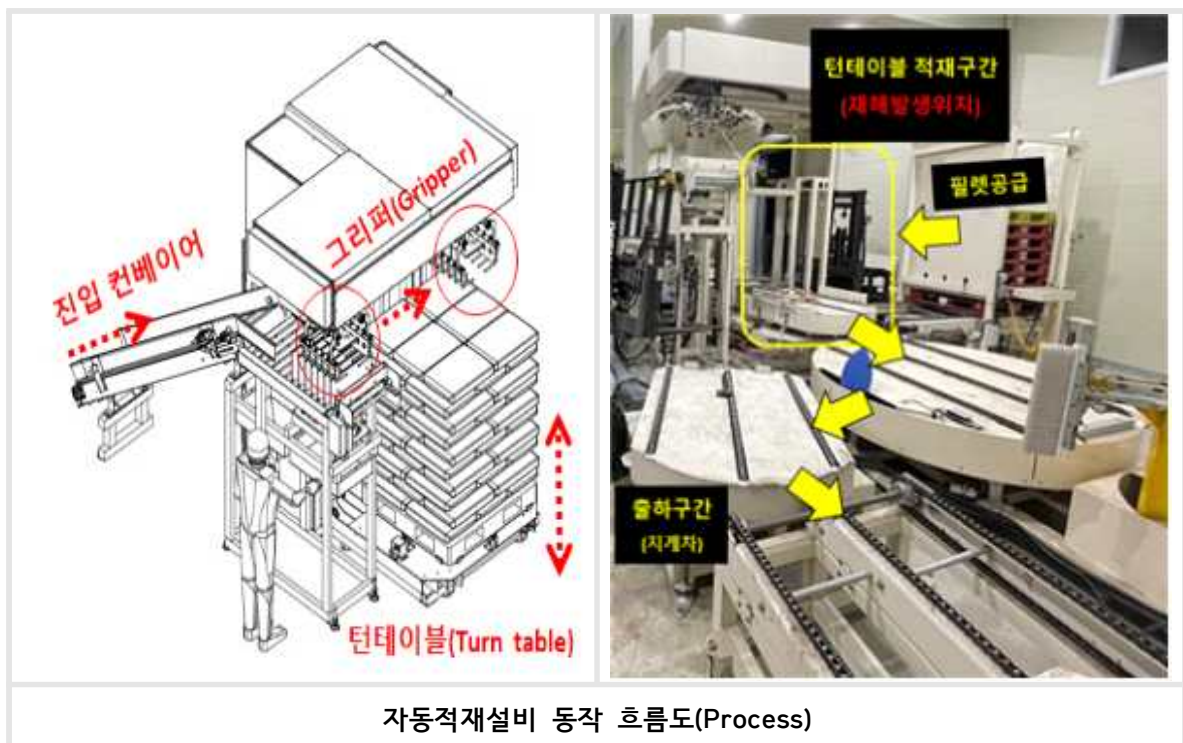


【재해발생】 턴테이블 낙하에 의해 끼임(CCTV)

마. 조사 및 확인내용

1) 자동적재설비 동작 흐름도(Process) 확인

- 경사 컨베이어를 통해 이송된 물품(쌀포대 혹은 상자)을 그리퍼(Gripper)가 집어들어 턴테이블 위 파렛트(Pallet)에 옮겨 적재를 함.
 - ※ 평균 파렛트 당 박스 적재수량 : 8개×6단 = 48개
- 상승된 상태의 턴테이블 위 파렛트에 각 단별로 물품적재(8개)가 완료되면 턴테이블이 순차적으로 하강되고, 일정수량(48개)의 물품적재 완료되면 테이블을 회전시켜 다음 컨베이어를 통해 출하공정으로 이송됨.



- 재해 당일(1/11)에는 하부 근접센서의 고장으로 물품적재가 완료된 상태에서 출하 컨베이어로 이송되지 않고, 다시 리프트가 상승되어 자동적재설비 상부의 그리퍼(Gripper)와 프레임(Frame)에 부딪히는 현상이 발생하였음.

[재해당일, CCTV 영상 및 D 기능계장 진술 참고]

- ➔ **오류발생원인** : 파렛트 위 물품적재 완료여부를 감지해주는 하부 근접센서(2개)의 고장으로 인해 파렛트 위에 물품이 없는 상태(Empty)로 인지되어 적재장치가 초기위치로 재상승되면서 상부 프레임 등에 부딪힌 것으로 추정됨.

2) 재해 당시 상황

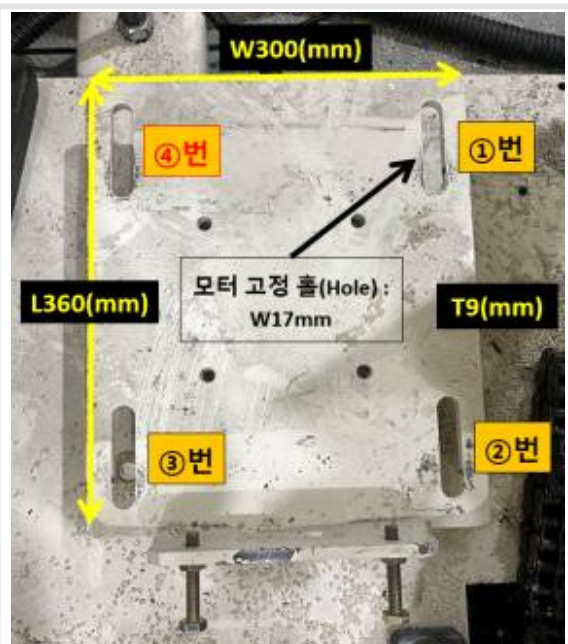
- (작업배경) 설비 상부 프레임(Frame)과 그리퍼(Gripper)에 반복적인 부딪힘으로 턴테이블 승강 체인에 충격이 가해지면서 턴테이블 상·하 동작 시, 소음이 발생함.
- (작업방법) 재해자를 포함한 3명(C, D)은 제작사 담당자(E)에게 문의(영상통화)하여 전동기에 연결된 체인이 늘어났음을 확인하였고, 체인의 장력(Tension)을 조정하기 위한 보수작업을 수행하였음.
 - 체인장력을 조정하기 위해서는 전동기(Motor)를 고정하는 플레이트(Plate) (이하 '모터베이스'라 함)에서 전동기 위치를 종동축 반대방향으로 이동시켜야 하며, 이를 위해 전동기를 고정시켜주는 볼트(4개)를 일부만 풀 뒤, 모터베이스 측면에 있는 체인장력조정 볼트(2개)로 전동기를 밀어서 이동시켜야 함.
 - 재해발생 당시, 공압임팩렌치를 사용하여 전동기와 모터베이스에 체결된 볼트(3개)를 완전하게 풀었고 마지막 볼트(왼쪽상부)를 풀던 중에 전동기가 전면으로 넘어짐과 동시에 턴테이블이 낙하된 것으로 확인됨.

[재해당시, 동료작업자 C, D 진술 참고]

※ 재해 당시, 볼트·너트를 풀었던 순서는 ①우측 위 → ②우측 아래 → ③좌측 아래 → ④좌측 위 순으로 진행한 것으로 파악됨. [모터베이스 사진 참조]



장력조정을 위한 작업대상 고정볼트(4개)



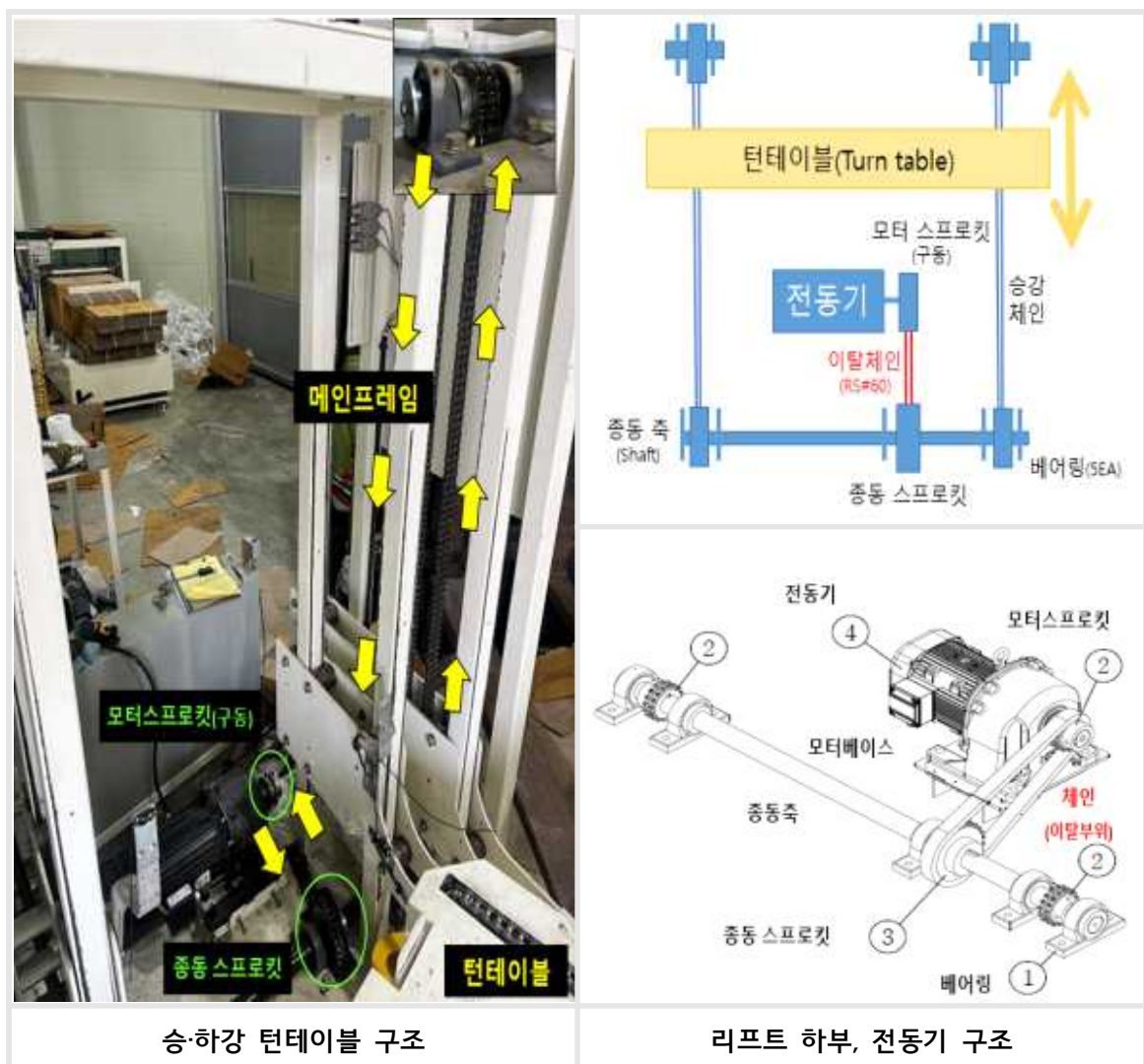
모터베이스 고정볼트 분리 순서

- 고정볼트를 푸는 과정에서 재해자는 스패너를 사용하여 모터베이스 하부에 있는 4번 볼트머리를 잡아주기 위해 턴테이블 하부(재해발생위치)로 들어간 것으로 추정됨.

3) 승·하강 턴테이블(Turn table) 장치 확인

○ (구조) 전동기와 메인 프레임의 양측에 상하방향으로 설치된 가이드에 체인이 체결되어 승·하강 동작되는 구조이며, 동작은 조작패널 버튼으로 조작함.

- 체인전동장치 : 체인을 전동기 스프로킷 휠^{*}(구동)(이하 ‘스프로킷’이라 함)과 축 스프로킷(종동)에 물린 뒤, 전동기 동력을 전달하여 턴테이블이 상·하로 동작되는 구조임. ^{*} 스프로킷 휠(Sprocket Wheel) : 체인을 걸어서 동력을 전달하는 기어



○ (재해당시 상태) 턴테이블이 바닥면에서부터 약 0.9m정도 상승된 상태에서 재해자가 하부로 이동하였음. [동료작업자 D, C, D 진술 참조]

- 재해조사(1/11) 당시, 전동기는 전면(턴테이블)방향으로 모터베이스에서 이탈되어 있었으며, 체인은 종동 스프로킷에서 이탈된 상태로 전동기를 고정시켜주는 볼트·너트(4세트)는 모두 분리되어 주변에 흩어져 있었음. ※ **체결볼트 규격 : M16×70L**
- 이는 모터베이스의 고정볼트가 분리되자마자 체인전동장치에 연결되어 있던 전동기가 턱테이블 전면방향으로 넘어짐과 동시에 체인이 종동 스프로킷에서 이탈되면서 턱테이블(중량: 약 360kg)이 낙하된 것으로 추정됨.

[재해 당시, 동료작업자 C, D 진술 및 CCTV 영상 참조]



넘어진 전동기(Motor)



이탈체인: RS#60-2



재해발생구간 전동기(Motor)

- 명칭 : 기어드모터(Geared Motor)
- 출력(동력) : 3HP(2.2KW)
- 극수 : 4P
- 회전수 : 1755rpm
- 무게 : 75.3kg
- 고정볼트 체결홀 두께(T1) : 25mm
- 모터베이스 두께(T2) : 9mm

- 그 밖에 구동 축의 휨 현상, 베어링 파손여부, 전동기·구동 스프로킷의 치형 파손, 체인 절단여부 등의 특별한 이상은 확인되지 않음.

4) 전동기(Motor) 넘어짐에 의한 체인 이탈 확인

- 정상상태에서의 모터 스프로킷과 구동 스프로킷 간의 축간거리*는 418mm이며, 턴테이블 승·하강시력은 1.29kW, 체인 장력은 14.80kgf 으로 확인됨.

* 축간거리 : 양 스프로킷 차축의 중심사이의 거리

• 모터(구동) 스프로킷 : 피치원지름(P.C.D1) = 97.65mm, 스프로킷 휠의 잇수(Z1) = 16개 외경(O.D) = 107.2mm, 피치(p) = 22.8, 회전수(N1) = 1755rpm • 종동 스프로킷 : 피치원지름(P.C.D2) = 170.14mm, 스프로킷 휠의 잇수(Z2) = 28개 외경(O.D) = 180.5mm, 피치(p) = 22.8, 회전수(N2) = 1002.85rpm • 이탈 체인(RS60-2) : 열수 = 2열, 체인피치 P = 19.05mm, 체인 링크수 Ln = 68 폭 : 17.81mm, 높이: 15.6mm (링크플레이트 포함 높이: 18.1mm) 체인길이 : 1258.31mm • 체인 평균 속도 : $V_m = P \cdot Z \cdot N / 60 \cdot 1000 = 19.05 \cdot 16 \cdot 1755 / 60 \cdot 10000 = 8.92\text{m/s}$ • 속도비(i) = $N2/N1 = P.C.D1/P.C.D2 = Z1/Z2 = 16/28 = 0.57$ • 구동 축 치수 : D50×L1582.2mm, • 유닛베어링 : 모델명 - UCP210, 수량 - 3EA, 직경 : D50mm, 기본(동)정격하중 : 3,510kgf • 체인전달동력 P = P/다열계수(2열:1.7) = $2.2/1.7 = 1.29\text{kw}$ (※ 사용계수, 속도계수, 안전율 무시) • 롤러체인장력 P = F·Vm/102에서 $1.29\text{kw} = F \cdot 8.92/102 \rightarrow \therefore F = 14.80\text{kgf}$ • 모터 토크 T = $716200 \times 3\text{HP(모터동력)}/1755\text{rpm} = 1224.27 \text{ kg-mm}$
재해발생 턴테이블 기계요소 조건

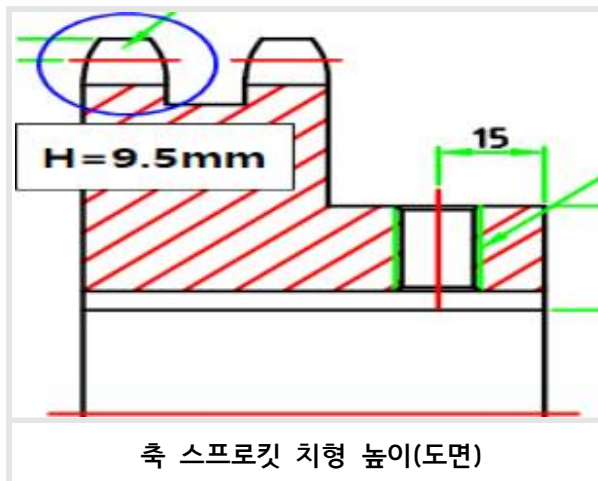
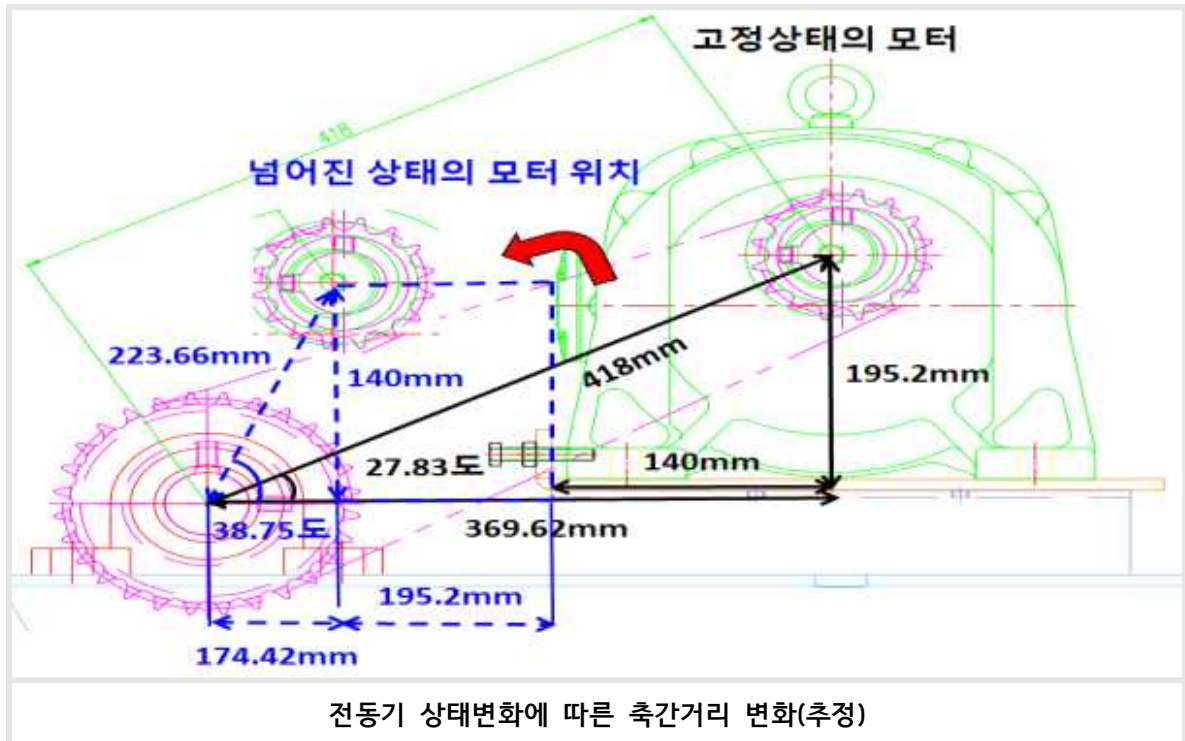
- 모터베이스 고정볼트 중, 마지막 한 개를 분리함과 동시에 전동기가 전면방향으로 넘어졌고 이로 인해 모터 스프로킷(구동)과 종동 스프로킷 간의 축간거리는 약 223.66mm로 넘어지기 전 상태의 축간거리(418mm)보다 약 194.34mm 정도 짧아진 것으로 추정됨.

※ 재해 당시, 재해자를 구출하기 위해 실제 전동기 상태의 실제 치수와는 오차가 있을 수 있으며, 해당 수치는 전동기가 모터베이스 고정부위에서 전면방향 90도로 넘어졌다는 전제 하에 값을 산출한 결과임.

- 기존 설치된 체인길이에 비해 양 측 스프로킷 사이의 축간거리가 짧아지고, 경사각이 더 높아짐으로 체인 중량 등에 의한 자연낙하로 인해 종동 스프로킷의 치형(높이=9.5mm)에서 롤러체인(높이=18.1mm)이 이탈 되었을 것으로 추정됨.

[전동기 상태변화에 따른 체인이탈 가능조건]

전동기 상태	축간거리	스프로킷 간의 경사각	체인길이
고정_재해발생 전	418.00 mm	27.83°	1258.31 mm
넘어짐_재해발생 후	223.66 mm	38.75°	872.42 mm
차이	194.34 mm(↓)	10.92°(↑)	385.89 mm(↓)

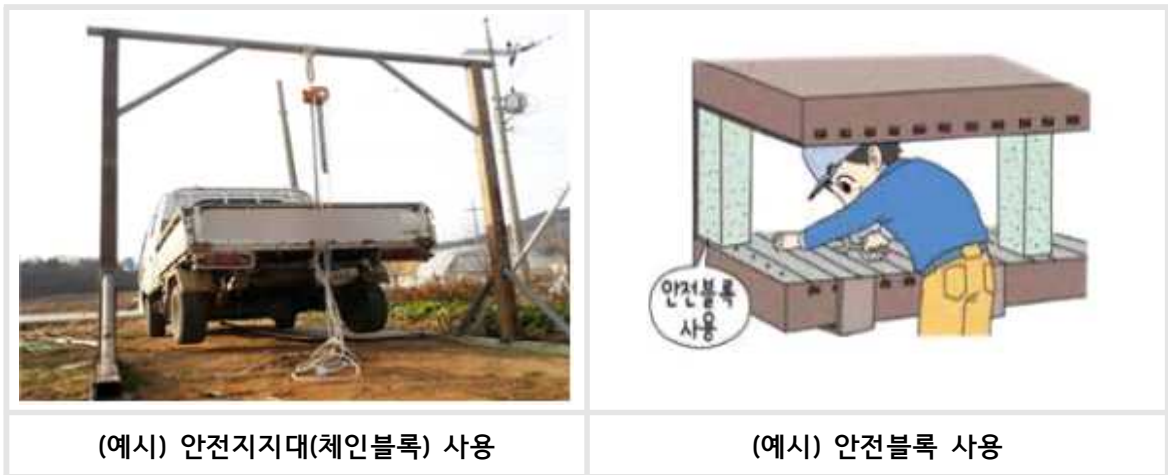


5) 낙하방지를 위한 안전조치

- 볼트해체 작업 시, 체인에 의해 지탱되어 있는 턴테이블이 불시 낙하되어 끼임 등 위험 우려가 있음에도 불구하고, 해당 장소에 출입금지 조치 및 안전지지대 또는 안전 블록 등의 사용 등으로 턴테이블의 불시 낙하에 대비한 안전조치를 실시하지 않음.

- 재해가 발생한 자동적재설비를 포함한 운영설비의 돌발고장에 대해 자체적으로 점검·수리작업을 시행함에도 불구하고 재해발생 사업장 내에 안전지지대나 안전블록 등의 안전장비는 구비되지 않은 것으로 확인됨.

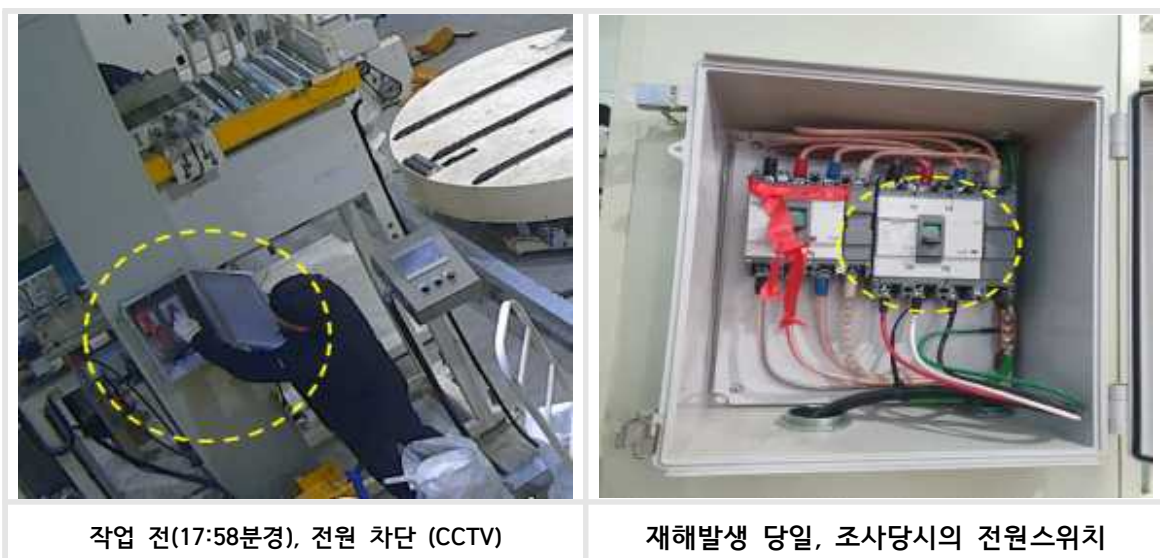
→ 재해 발생 당시의 전동기 체인장력조절 수리작업은 자동적재설비 도입 하에 처음 발생한 고장으로 확인됨. [RPC 총괄 D 기능계장 구두진술 및 제작사 보전이력 확인 참조]



6) 자동적재설비 운전정지

- 체인장력조절 작업 전, 재해자가 자동적재설비의 운전을 정지한 것으로 확인되고, 타 근로자에 의한 설비조작이나 감지부품 등에 의한 갑작스러운 가동으로 인해 턴테이블이 낙하하는 등 당시의 재해 상황과는 연관성이 낮은 것으로 판단됨.

[재해 당시, CCTV 영상 및 동료작업자 C, D 진술 참조]



7) 개인보호구(안전모) 착용 여부

- (착용기준) 「안전보건기준에 관한 규칙」 제32조에 따르면 물체가 떨어지거나 날아올 위험이 있는 작업을 하는 경우 안전모를 착용해야 함.
- 화순농업협동조합은 재해자에게 안전모를 지급하였으나, 작업 당시에 **재해자를 포함한**
작업자 4명은 안전모를 착용하지 않았음. [재해 당일(1/11), CCTV 작업영상 참조]

8) 작업방법의 적정성 여부

- 볼트해체 작업 시, 턴테이블이 상승된 상태로 불시 낙하에 의한 위험을 미칠 우려가 있는 장소에 재해자가 진입하여 작업을 수행하였음.
 - 체인에 의해 지탱되어 있는 턴테이블의 불시하강으로 인한 끼임 방지를 위해 하중을 충분히 견딜 수 있도록 안전지지대 또는 안전블록 등을 사용하지 않았고, 재해자를 포함한 점검·수리 작업자(4명) 모두 해당 장소에서 안전모를 착용하지 않았음.
 - 또한 동일한 자동적재설비를 취급하는 타 사업장 확인 결과, 턴테이블을 바닥면 까지 하강한 상태에서도 체인장력조정을 위한 모터베이스 고정볼트 분해작업을 수행할 수 있는 공간이 확보될 수 있는 것으로 확인됨.

■ 체인장력조정 방법

- 1) 제작사 권장방법 [설비제작사 E 부사장 진술 참조] : 모터베이스에 체결된 고정볼트를 완전하게 풀지 않고, 공구를 이용해 미세하게 나사산의 일부분만 푼 상태에서 모터베이스의 장홀(Hole) 범위 내에 전동기를 이동시켜 체인의 장력을 조정해야 함.

※ 설비메뉴얼에는 체인장력조정방법에 대해 별도로 기재되어 있지 않음.

- 2) 재해 당시 방법 : 공압임팩렌치를 사용하여 순식간에 모터베이스에 체결된 고정볼트(4개)를 완전하게 해체하였고, 마지막 볼트의 분리 시에는 턴테이블 중량에 의한 응력이 집중되어 공압임팩렌치로도 볼트가 쉽게 분리되지 않았던 것으로 확인됨. [재해당시, 동료작업자 C, D 진술 참조]

- 전동기 체인의 장력조정 작업에 대해 제작사의 권장방법(수공구를 사용하여 고정볼트 부분분리)으로 진행하지 않았으며, 턴테이블이 상승되어 있는 상태에서 갑작스러운 낙하에 의한 끼임 등 위험이 있음에도 불구하고 안전지지대 또는 안전블록을 사용하지 않고 위험 장소에 근로자의 출입금지 미조치, 턴테이블을 하강한 상태에서의 정비작업 미수행 등 종합적인 상황을 고려하였을 때, 당시의 작업방법은 적절하지 않은 것으로 판단됨.

9) 유해·위험요인(위험성평가) 점검실시 확인

- 화순농업협동조합은 재해가 발생한 미곡처리장에 대해 유해·위험요인 점검(2022.10.02.)을 실시하였으나, 자동적재설비의 비정형 수리작업에 대해서는 유해·위험요인이 파악되지 않았으며, 선(先) 실시한 평가에 대해 개선여부가 수행되지 않는 등 유해·위험요인 점검이 미흡한 것으로 판단됨. [붙임자료 7-1,7-2,7-3 참조]

※ 결 론

- 안전지지대나 안전블록 등을 설치하지 않는 상태에서
- 재해자는 안전모를 착용하지 않고 약 1.0m 상승된 자동적재설비의 턴테이블 하부로 진입하여 모터베이스 고정볼트 분리 작업을 하던 중,
- 모터 체인의 이탈로 인해 턴테이블이 낙하되면서 지면 사이에 끼어 사망한 재해임.

5. 조사자 의견

가. 재해발생 원인

○ 낙하물에 의한 위험 방지조치 미실시

- 걱정하지 않는 고정볼트 분리작업으로 체인이 이탈되어 턴테이블이 낙하될 위험이 있는 장소에서 작업 시, 방호선반의 설치나 해당 장소의 출입금지구역의 설정 등의 위험을 방지하기 위하여 필요한 조치를 실시하지 않음.

○ 운반구(턴테이블) 상승된 상태에서 작업수행

- 낙하에 의한 끼임 위험 등이 있음에도 불구하고 운반구(턴테이블)가 상승되어 주행로 위에 달아 올린 상태에서 고정볼트 분리작업을 수행하였음.

○ 개인보호구(안전모) 미착용

- 체인의 이탈 등에 의해 턴테이블이 떨어질 위험이 있는 장소에서 작업을 하는 근로자에게 안전모 착용에 대한 관리·감독을 하지 않음.

나. 재발방지 대책

○ 낙하물에 의한 위험 방지조치 실시

- 체인의 이탈 등에 의하여 턴테이블 낙하 위험이 있는 장소에서 작업 시에 안전블록 사용이나 방호선반의 설치, 출입금지구역 설정 등 낙하물에 의한 위험 방지조치 실시.

○ 운반구(턴테이블) 하강한 상태에서의 작업수행

- 운반구(턴테이블)가 떨어져 끼임 등의 위험이 없도록 운반구(턴테이블)를 지면에 하강한 상태에서 고정볼트 분리작업을 수행.

○ 개인보호구(안전모) 지급 및 착용관리

- 체인의 이탈 등에 의해 턴테이블이 떨어질 위험이 있는 장소에서 작업을 하는 근로자에게 안전모를 착용하도록 관리·감독해야 함.