

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.

재해원인조사 의견서

1. 재해발생 사업장 개요

회사명	천공엔지니어링㈜	주 소	본 사	충남 천안시	전 화 번 호 (FAX)	
현장명	집유장 원유탱크 제작납품설치		현 장	충남 서산시		
대 표 자	B	면허업종		기계장치공사	근로자수	4명
관리번호 (사업개시번호)		발주처			공사기간	2023.11.14. ~2024.2.29.
공사종류	기계장치공사	단위공종		기계·장비 설치		
공사금액(천원)	249,500 (VAT포함)	공사규모		원유탱크 3대 제작·설치	공정률	95%

2. 재해자 인적사항 및 상해정도

연 번	성 명	출 생 년 도	소 속	고용형태 (상용일용시간제 등)	상해 정도 (사망/부상)
1	A	1983	천공엔지니어링㈜	계약직	사망

3. 재해발생 경위

발생 형태	갈림	기인물	열교환기
○ 2024년 2월 24일(토) 12시경 충남 서산시 소재 집유장 원유저장탱크로리 제작납품설치 현장에서 ○ 재해자가 기존 열교환기를 해체 후 반출하던 중, ○ 열교환기가 전도되면서 반출작업 중이던 재해자를 덮쳐 구조 후, 병원으로 이송하여 치료 중 사망한 재해임.			

4. 재해조사 내용

가. 사고의 경위

1) 현장 개요

현 장 명	집유장 원유저장탱크로리 제작납품설치
현 장 위 치	충남 서산시
사 업 장 명	천공엔지니어링(주)
공 사 기 간	2023년 11월 14일 ~ 2024년 2월 29일*(실 공사기간) *당초 준공일자(23.12.23.)에서 발주처와 협의하여 공사기간을 연장함
공 사 금 액	249,500,000원(VAT포함)
주요작업내용	- 조유 판형 냉각기* 설치 공사 - 신규 원유저장탱크로리 3대 제작·설치 - 기존 멀티웨이 및 로타리 로브펌프** 재배치 공사 * 열교환장치로써 원유탱크로리 배관 증기나 물의 온도를 조정하는 장비 **원유탱크로리 유틸리티 및 배관 등 주변기기



[사진1] 제작·설치 된 탱크로리 3대



[사진2] 열교환기 교체작업장소(사고발생위치)

2) 인원현황

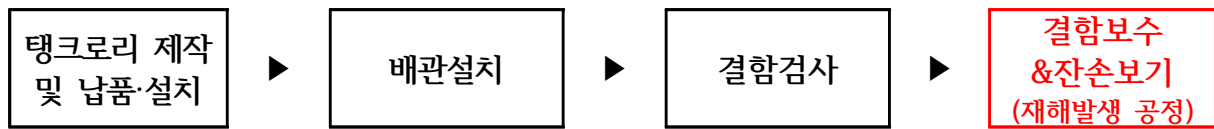
- 집유장 원유저장탱크로리 제작납품설치 공사 현장작업에 투입된 인원은 대표이사, 관리감독자 1명, 기술자 2명, 보조인부 1명(재해자), 총 5명으로 진행되었으며, 각 인원별 담당하는 업무는 아래 표와 같음

- 천공엔지니어링(주) 대표이사(C)
- 관리감독자 1명(D) : 현장 인원 및 작업관리
- 기술자 2명(E, F) : 탱크로리 유틸리티 배관설치작업
- 보조인부 1명(재해자) : 기술자 업무 보조

<표 1> 인원 및 작업사항

3) 재해발생 공정

○ 원유 저장 탱크로리 제작납품 설치작업



- ① 탱크로리 제작·설치* : 천안에서 제작한 탱크로리를 현장으로 운반* 후 설치
* 탱크로리 현장 설치는 외주업체 계약을 통해 전문업체가 진행함
- ② 배관설치 : 원유저장탱크로리 유틸리티 배관 설치
- ③ 결함검사 : 탱크로리 및 배관설치 후 물을 채워 누수여부 점검
- ④ **보수&잔손보기(재해발생공정)** : 누수 및 결함 발견시 보수 및 수정작업 진행
* 보수공정 中 열교환기 교체작업에서 재해발생

○ (재해발생 공정) 재해가 발생한 열교환기 교체작업은 당초 계약서에는 없던 내용으로 보수작업 공정에서 열교환기 보수작업을 해야하나, 해당 열교환기의 단종으로 보수작업이 불가하여 발주처와 협의 후 교체작업으로 변경함

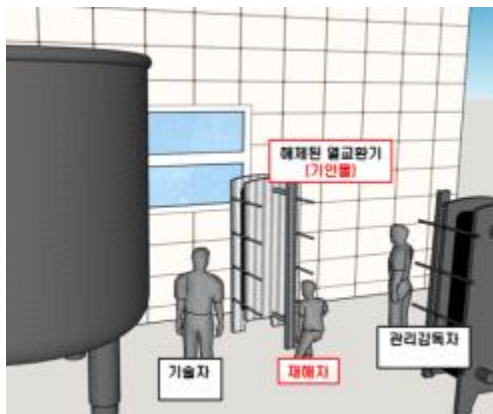
(당초)열교환기 보수작업 ⇒ (변경)열교환기 교체작업

4) 재해발생 과정

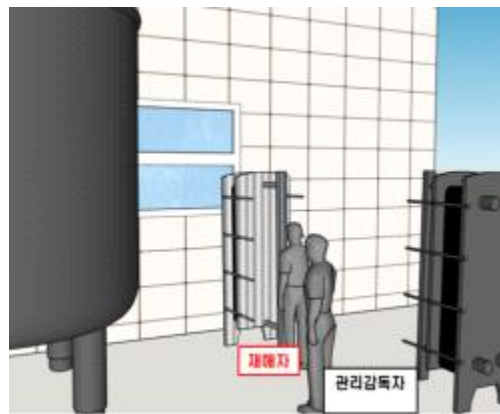
- [2024. 2. 24.(토) 09:00] 재해발생 당일 대표(C)를 제외한 작업팀 총 4명은 현장에 출역하여 관리감독자(D) 주관 하에 당일 작업을 실시하였으며, 재해당일 작업내용은 배관에 물을 채워 누수여부 확인 및 해체된 열교환기 외부 반출 작업 진행 예정이었음
- [09:00~11:20경] 배관 누수검사를 통해 결함 보수작업을 진행함
- [11:20~11:30경] 재해자와 관리감독자(D), 기술자(E)는 해체된 열교환기를 반출하기 용이하도록 방향전환 작업을 하였고, 기술자(F)는 원유펌프 주위 배관의 결함에 대한 보수작업 중이었음
- [11:35경] 기술자(E)가 탱크로리 앞 배관에 누수가 많은 것을 인지하여 열교환기 방향전환 작업을 중지하고 배관 보수작업을 위해 먼저 탱크로리 쪽으로 이동하였음
- [11:45경] 관리감독자(D)는 재해자가 열교환기 우측에 위치하고 있는 것을 보고, 누수배관 보수작업을 하러 이동 중에 “쿵” 하는 소리를 듣고 조금 전 열교환기 작업장소로 이동하였음

- [12:00경] 관리감독자(D)는 깔려있는 재해자를 발견하고 이어 도착한 기술자(E) 그리고 그 때 현장에 도착한 대표(C)와 함께 재해자를 구조하고 119에 신고, 병원으로 이송하였음

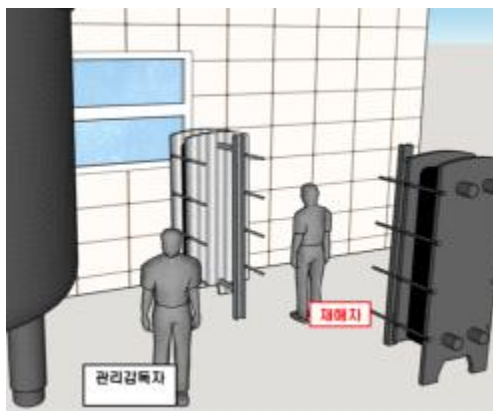
5) 재해상황도



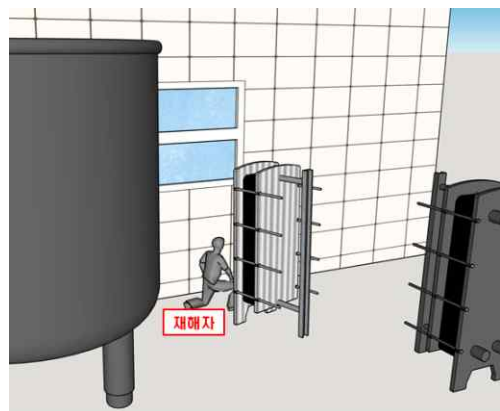
① 용이한 반출을 위해 열교환기 방향전환 작업 실시



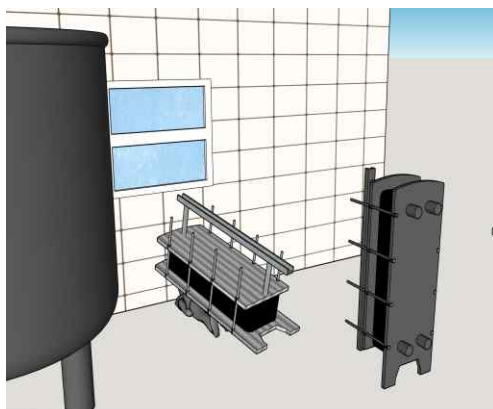
② 작업중단 후, 탱크로리 쪽 누수배관 보수를 위해 기술자(E) 장소이탈



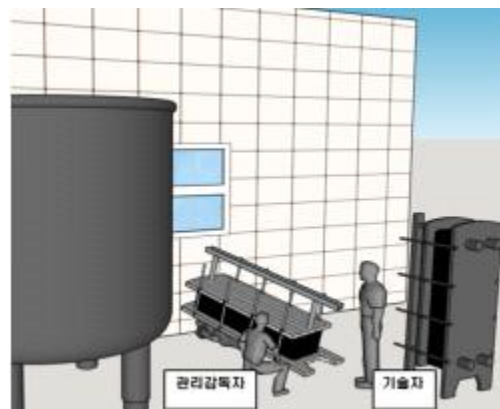
③ 관리감독자(D) 재해자 위치 확인 후, 열교환기 반출작업 장소 이탈



④ (추정)재해자가 열교환기 뒤쪽으로 이동 후, 단독으로 작업 진행



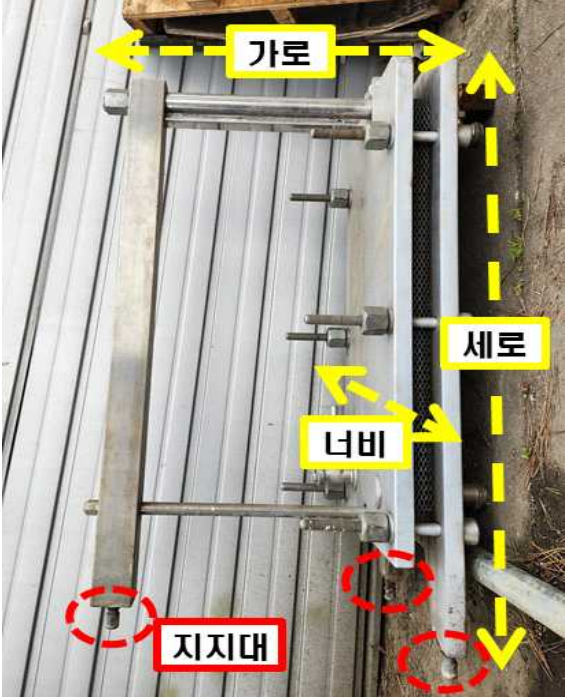
⑤ 열교환기가 전도되면서 재해자를 덮침(재해발생)



⑥ 재해자 구조

나. 기인물 정보

- (전도 된 열교환기) 원유저장탱크로리 유틸리티 배관에 사용되는 증기나 물의 온도를 조절하는 기계·기구로 높이 140cm, 무게 390kg의 중량물인 해체된 열교환기이며, 자립 시 3점 지지되는 방식임
- (받침플레이트) 해체작업 전 열교환기 지지대(φ 20mm) 하부에는 받침플레이트(φ 95mm)가 설치되어 있었음

	가로	79cm
	세로	140cm
	너비	52cm
	중량	390kg
	자립방식	3점지지
		

[사진3] 해체된 열교환기*기인물

[사진4] 받침플레이트(3곳)



[사진5] 열교환기 지지대(하단부 모습)

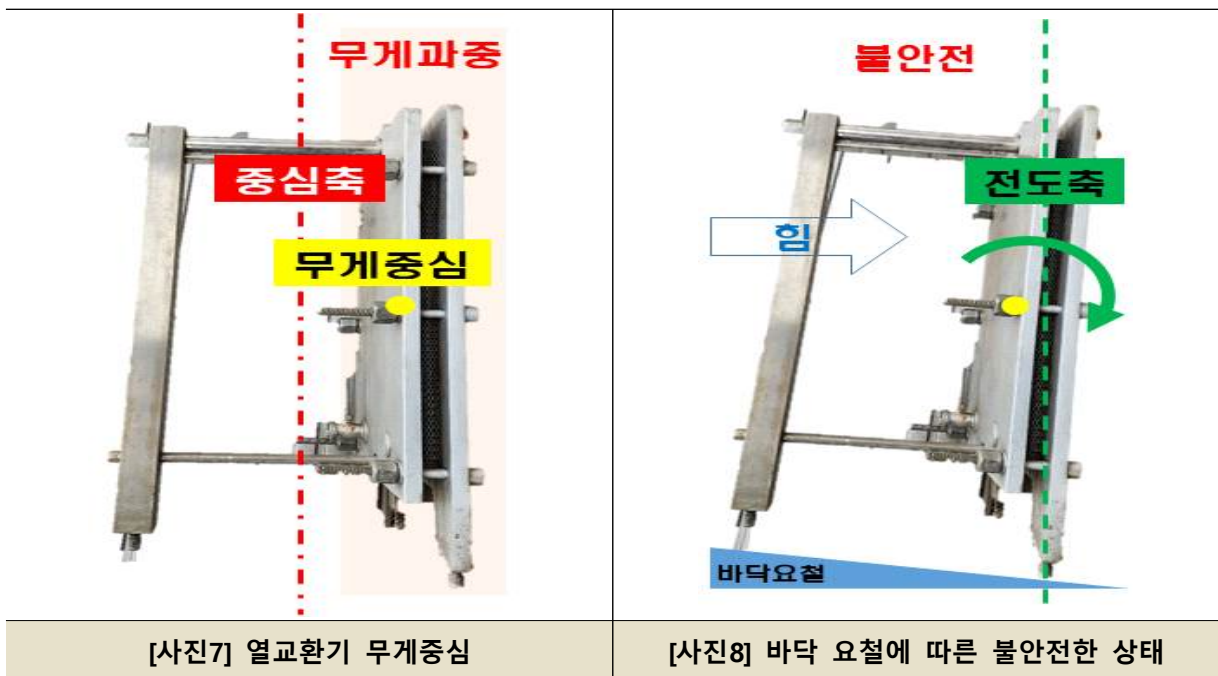


[사진6] 해체된 열교환기*기인물(작업 전 사진)

다. 조사·확인내용

1) 열교환기 확인

- (무게중심) 그림[사진7]을 기준으로 열교환기 오른쪽으로 무게가 과중되어있는 구조로써(약 80% 하중집중) 무게중심이 우측으로 치우쳐져 있음
- (전도 위험성) 열교환기가 바닥요철 등으로 기울어진 불안정한 상태에서 무게중심 쪽으로 힘이 작용하게 되면 보다 적은 힘으로도 전도될 수 있으며, 받침 플레이트(φ 95mm)가 제거된 지지대(φ 20mm) 3개로 자립할 경우 지지하는 면적이 감소하여 전도에 취약한 불안정한 상태가 될 것으로 판단됨



2) 작업장 확인

- (작업공간) 재해발생장소는 물탱크와 기존 설치되어있던 모터 및 배관들로 인해 가로135cm, 세로150cm로 좁은 공간이었으며, 기인물인 열교환기 사이즈(79cm×52cm)를 고려할 때, 협소한 공간 안에서 어려운 작업이 이뤄졌을 것으로 추정됨



[사진9] 작업장소 사진

- (작업장 바닥) 재해발생 작업장소 주변에는 유틸리티 배관 및 모터들이 설치되어 있고 건물 가장자리에는 배수로(깊이=6.5cm)가 있으며, 배관 누수보수에 필요한 공구류 및 작업패드 등이 바닥에 있었을 것으로 판단됨



[사진10] 재해발생 당일 작업장 바닥



[사진11] 작업당시 작업장 바닥(사업주 제공사진)

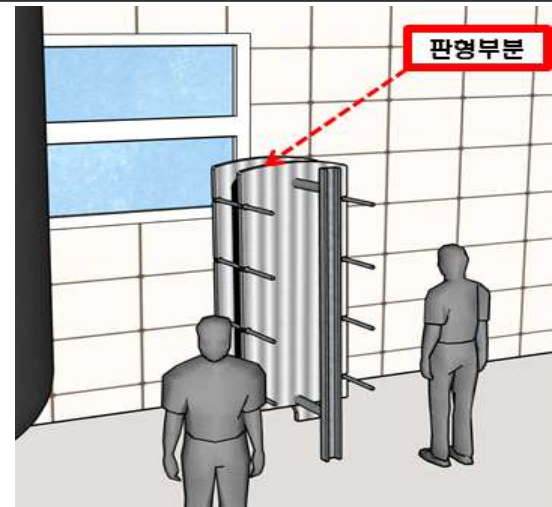
3) 열교환기 교체 작업 방법

작업절차	기존 열교환기 해체	▶	새로운 열교환기 이동&설치	▶	해체한 열교환기 반출(재해발생)
이동방법	인력(작업자3명)		대차		인력(작업자3명)
작업도구	쇠지렛대		유압잭		쇠지렛대

- (기존 열교환기 해체 후 이동) 해체된 열교환기 이동에는 작업자 3명이 인력으로 밀어 열교환기의 판형부분이 창문을 바라보게 이동시켜 세워 두었으며, 방향전환 작업시에는 쇠지렛대(현장명칭:노루발)를 열교환기 아래 쪽에 넣어서 지렛대효과로 조금씩 이동시켜 작업하였다고 함



[사진12] 작업장에서 사용한 쇠지렛대



[사진13] 해체된 열교환기 재해발생전 위치

- (새로운 열교환기 이동 후 설치) 새로운 열교환기의 지지대 아래에 작업 대차(가로30cm, 세로45cm, 높이12.5cm)를 받쳐 열교환기가 세워진 상태에서 작업장소로 이동한 후, 유압잭을 사용하여 바닥에 내려놓고 설치작업을 진행함



[사진14] 열교환기 이동에 사용한 작업대차



[사진15] 열교환기 이동작업 예시

4) 사고발생원인(추정)에 대한 의견

- 열교환기가 쉽게 전도 될 수 있는 불안정한 상태*에서 재해자가 열교환기 주변에서 쇠지렛대 등으로 단독작업을 하던 중, 전도될 수 있는 힘이 작용해 열교환기가 전도되면서 근접해 있던 재해자를 덮친 것으로 판단 됨

* 해체된 열교환기가 별도의 고정없이 3개의 지지대로 세워졌고, 열교환기 판형부분으로 무게중심의 편중이 고려된 상태

5. 조사자 의견

가. 작업현장의 위험요인

① 중량물(열교환기) 상태

- 열교환기 해체 전과 비교할 때, 안정된 상태(^①설비배관에 고정, ^②지지대 하부 받침플레이트가 설치)에서 불안정한 상태(지지대(φ 20mm) 3개로 중량물(390kg)을 자립)가 됨에 따른 고정 등의 전도방지조치가 없었음

② 작업환경

- 기존에 설치된 탱크, 모터 등으로 ①협소한 작업장소와 설비배관, 배수로 및 작업공구 등으로 불안정한 행동 유발할 수 있는 ②위험요인이 많은 작업환경에 대한 사전조사·검토 및 조치가 없었음

③ 중량물 취급 작업계획

- 중량물을 취급할 경우, ①하역운반기계·운반용구의 사용계획을 검토하고, ②전도 및 협착위험 예방계획을 수립하여야 하며, ③세부작업시 신호방법 등 근로자간의 소통방법을 결정·이행하여야 하나 미실시함

나. 재해발생원인

○ 중량물 취급 작업 전도·협착방지조치 미실시

- 작업장소, 작업방법 및 중량물을 고려한 적절한 하역운반기계·운반용구 사용계획과 작업 간 발생할 수 있는 전도 및 협착위험을 예방할 수 있는 안전작업계획을 수립해야함

다. 안전조치 권고

○ 중량물 취급 시 하역운반기계·운반용구 사용

- 중량물 취급작업 전 사전조사를 통해 작업장소에 적합한 하역·운반용구를 사용하도록 작업계획 수립



[사진16] 체인블럭 사용 예시(거치대 사용식)

○ 중량물 전도방지조치 실시

- 중량물의 취급 작업 시에는 버팀대 설치, 고정 및 결속 등 전도위험을 예방할 수 있는 안전대책 수립