

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. 사업장 개요

원 청	회사명	(주)두손건설		주 소	본사	서울시 서초구	전화번호 (FAX)	
	현장명	오피스텔 신축공사			현장	서울시 서초구		
	대표자	B		면허업종		건설업	근로자수	215명
	관리번호 (사업개시번호)				발주처		공사기간	2022.10.16.~ 2025.06.30
	공사종류		건축공사		단위공종			
	공사금액(천원)		135,963,000		공사규모		지하 6층, 지상 22층 2개동	공정률

【관련 사업장】

하 도 급	회사명	해봉산업건설(주)		주소	인천시 서구	전화번호 (FAX)	
	대표자	C		전문업종	철강구조물	근로자수	
	사업자등록번호					공사기간	2022.12.14.~ 2024.05.31.
	공사종류		철골공사	단위작업	철골반입		
	하도금액(천원)		8,767,000			공정률	70%

2. 재해자 인적사항

연번	성명	출생년도	소 속	고용형태	상해정도
1	A	1951	해봉산업건설(주)	일용	사망

3. 재해발생 경위

발생형태	철골에 맞음	기인물	라운드슬링
○ 2024.2.6.(화) 08:20경 서울 서초구 소재 (주)두손건설 「오피스텔 신축공사」 현장에서, ○ 재해자(철골공, 남, 75세)가 지하 5층 굴착면에서 철골 반입 중 ○ 라운드슬링 고리가 파단되며 떨어진(h≒20m) 철골이 굴착면에 낙하 후 재해자 방향으로 넘어져 재해자가 맞아 사망함.			

4. 재해조사 내용

【 본 재해조사 내용은 현장조사 결과와 사업장 관계자 면담을 근거하여 작성함. 】

가. 사고의 경위

1) 재해발생 현장 개요

○ 공사개요

- (공 사 명) 오피스텔 신축공사
- (공사기간) 전체 2022.10.16.~2025.06.30.
철골 2022.12.14.~2024.05.31.
- (규 모) 지하 6층~지상 22층 2개동(-36m~63.5m)



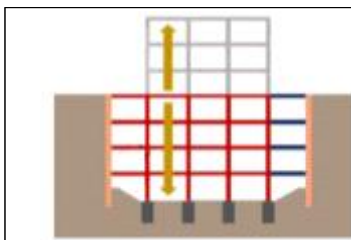
【그림 1】 건물 조감도



【사진 1】 현장 전경('24.2.13)

○ 주요공사 진행현황

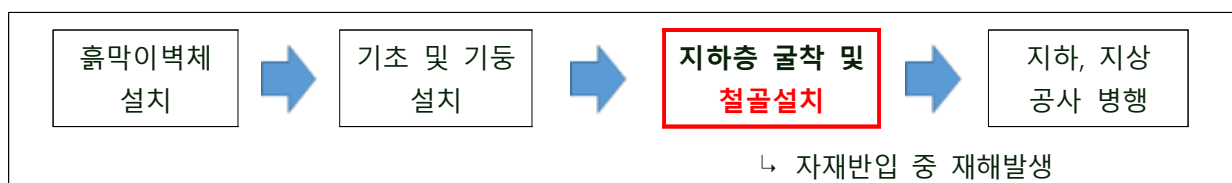
- **탐다운 공법*** 현장으로 지하 5층 굴착, 철골 설치 및 1층 구조물 공사 중.
- 전체 공정을 약 23%, 철골공사(재해발생 공중) 공정을 약 70%



* 탐다운 공법 : 굴착작업 전에 지하 외부 벽체와 기둥을 선 시공한 후 1개 층씩 단계별로 지하층 토공사와 구조물공사를 위에서 아래로 반복해 가면서 지하구조물을 형성하는 공법

2) 재해발생 공중

○ 지하 5층에 설치예정인 철골자재 반입 중 재해발생



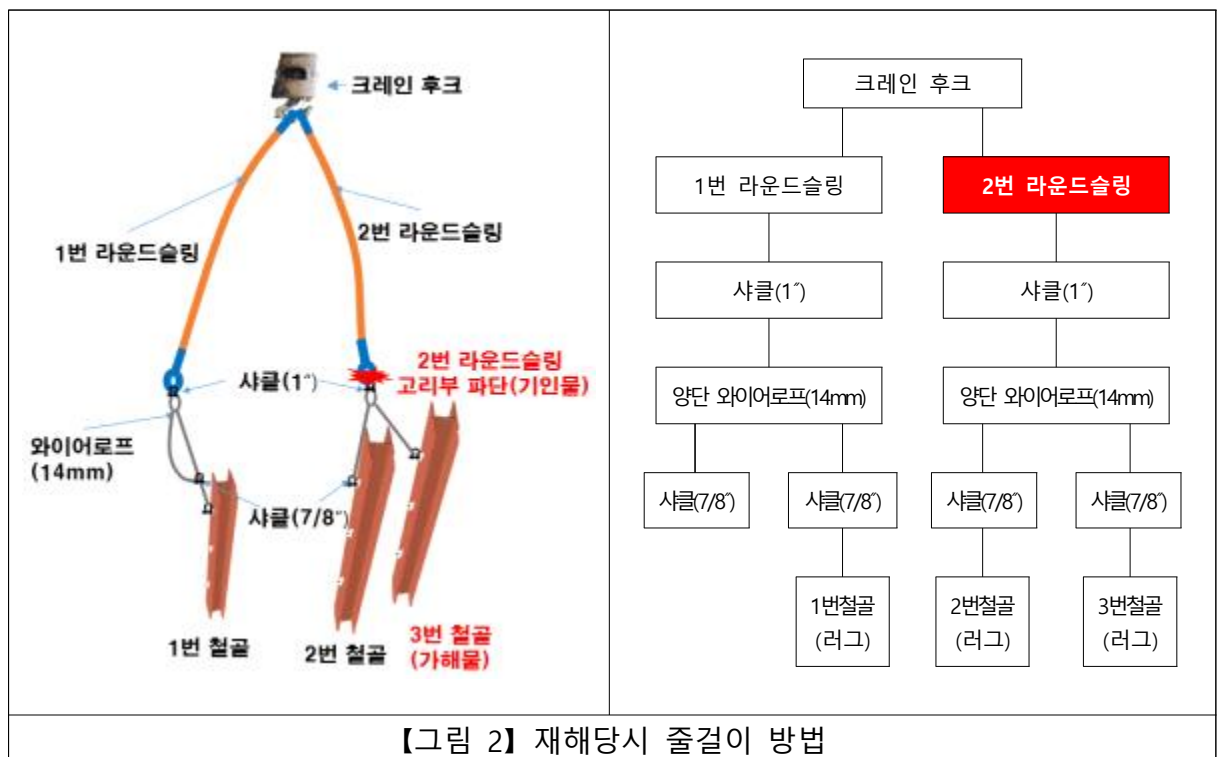
3) 재해발생 과정

- 사고당일 2024.2.6.(화) 07:00경 재해자 포함 철골작업팀 출역 후 TBM 실시.
↳ 이동식크레인 운전원은 2023년 3월경부터 현장 내 작업투입
- 07:30경 이동식크레인 이용 화물차량에 적재된 철골(3단 적재)을 지상 1층에서 자재 인양구를 통해 지하 5층 굴착면으로 반입작업 시작.

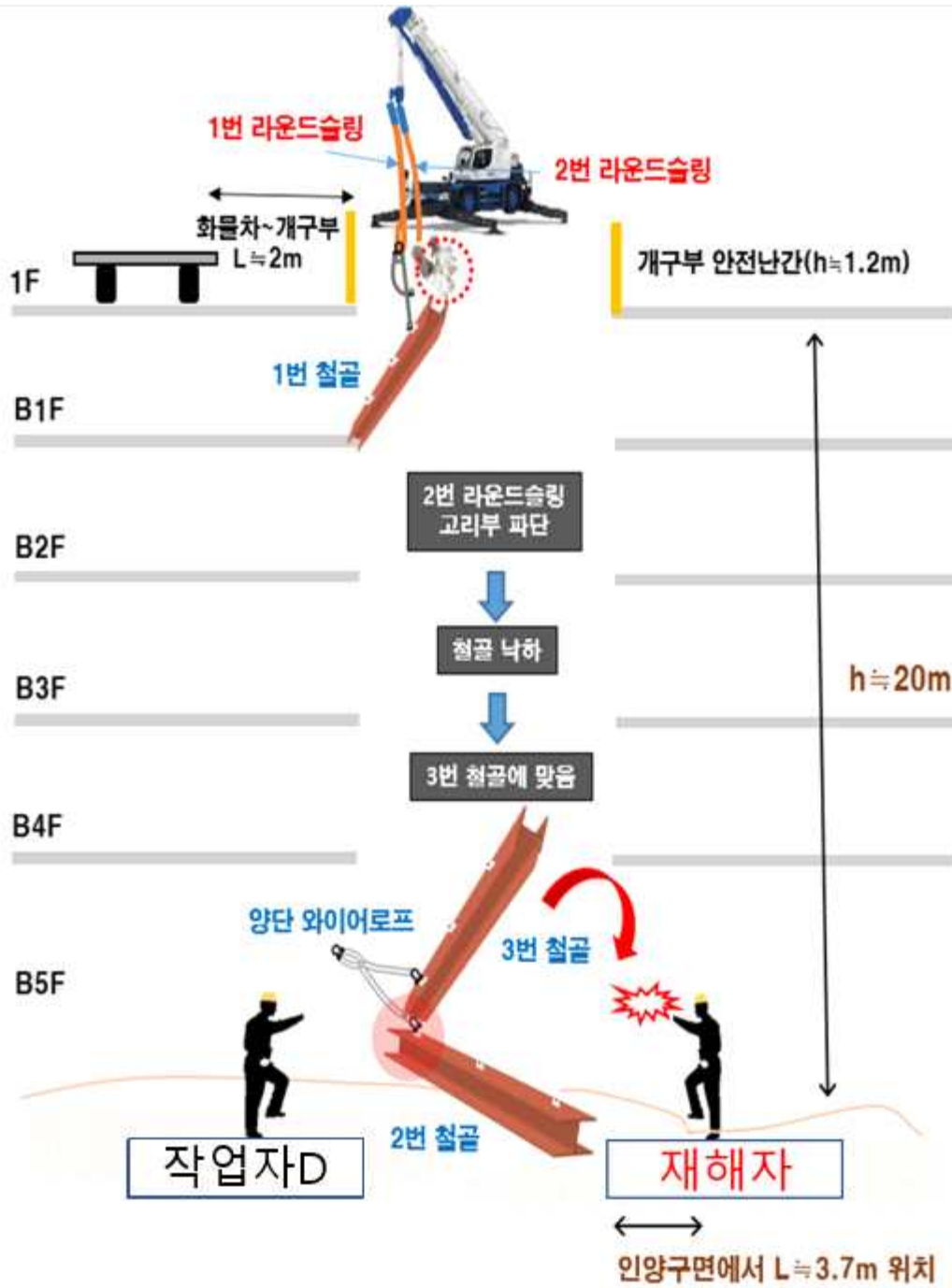
【표 1】 재해발생 당일 철골 반입작업 근로자 현황

구 분	성 명	작 업 내 용	비 고
지상 1층	D	이동식크레인 운전	
	E	철골운반 관리감독	
	F	화물차량 상부에서 철골에 줄걸이 체결	
	G		
지하 5층	재해자	지하층으로 반입된 철골 야적	
	H		

- 07:30~08:20 화물차량 상부 1~2단에 적재되어 있던 철골 약 25개 반입완료.
- 08:20경 라운드슬링 2개로 화물차량 최하단에 적재된 철골 3개를 수직으로 들어올린 후 자재인양구로 수평 이동(L≒2m)하던 중, 2번 라운드슬링 고리부가 파단되어 철골 2개(2번, 3번)가 지하 5층 굴착면 바닥으로 떨어짐.



- 굴착면 바닥에 떨어진 철골 중 3번 철골이 자재인양구 주변에서 야적을 위해 대기하고 있던 재해자 방향으로 떨어져 재해자가 맞아 사망함.



【그림 3】 재해 상황도

나. 기인물 및 가해물 정보

○ 기인물(라운드슬링) : 하중을 지지하는 원사로 구성된 **심^①(Core of yarn)**이 직조된 **외피^②(Cover)**로 완전히 둘러싸여진 유연성이 있는 슬링

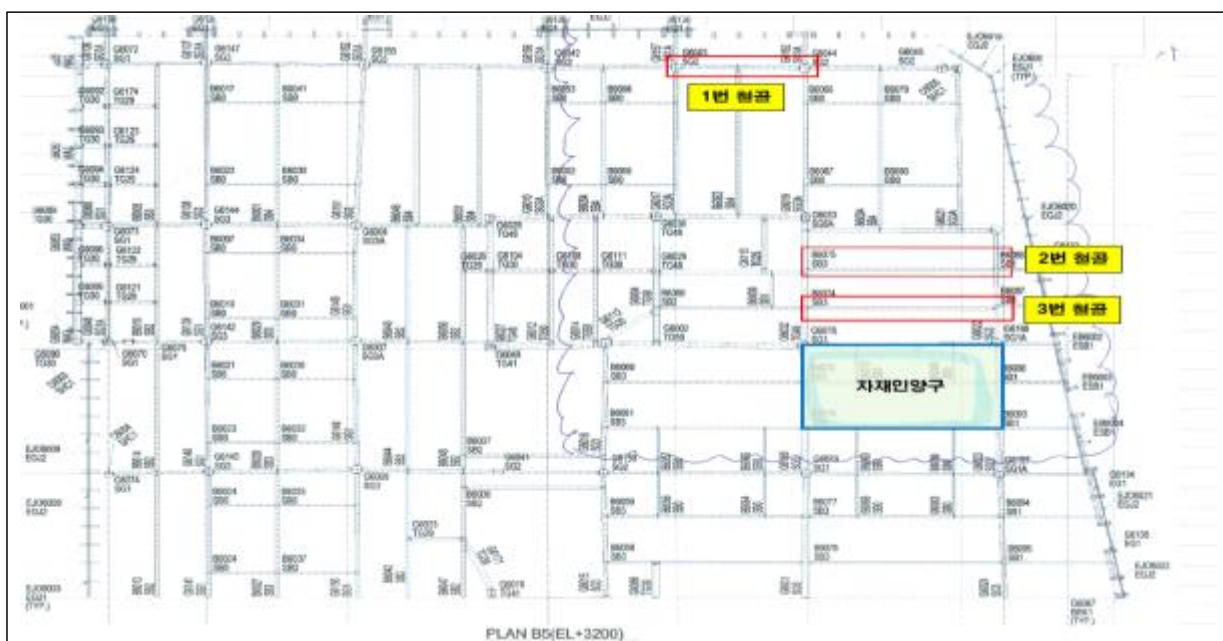
① 심(Core) : 라운드슬링에서 주된 하중을 받는 부분을 구성하는 실타래

② 외피(Cover) : 심을 보호하기 위해 길이방향 연속하여 튜브형으로 직조된 것

	• 제 품 명 : 라운드슬링, 양쪽 고리형 • 사용한계하중 : 4,000KG • 안전율 : 7(S마크 인증) • 길이 / 폭 : 6m / 7Cm • 제조년월 : 2019년 1월 15일
【사진 2】 라운드슬링 제원	

○ 가해물(철골) : 지하 5층 설치예정 철골 중 3번 철골

구 분	1번 라운드슬링	2번 라운드슬링	
	1번 철골	2번 철골	3번 철골(가해물)
부재번호	G6043	B6075	B6087
규 격	H450x200x9x14	H450x200x9x14	H450x200x9x14
길 이	5,707mm	8,962mm	8,962mm
무 게	454.9Kg	680.7Kg	680.7Kg
		1,361.4kg	

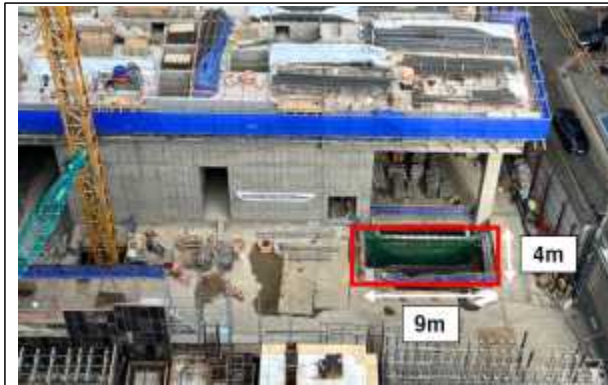


【그림 4】 지하 5층 설치예정 철골위치

다. 조사·확인 내용

1) 재해발생 장소

○ 1층 자재 인양구 → 지하 5층 굴착면 바닥



【사진 3】 1층 자재 인양구



【사진 4】 지하 5층 굴착면

- 자재 인양구 크기는 가로(9m)×세로(4m)이며, 1층에서 지하 5층 굴착면 까지 높이는 약 20m임.
- 지하 5층에서는 암 굴착, 철골 설치 및 철골 반입 작업 진행.
- 지하 5층에 설치예정인 철골자재 운반 중 재해발생.

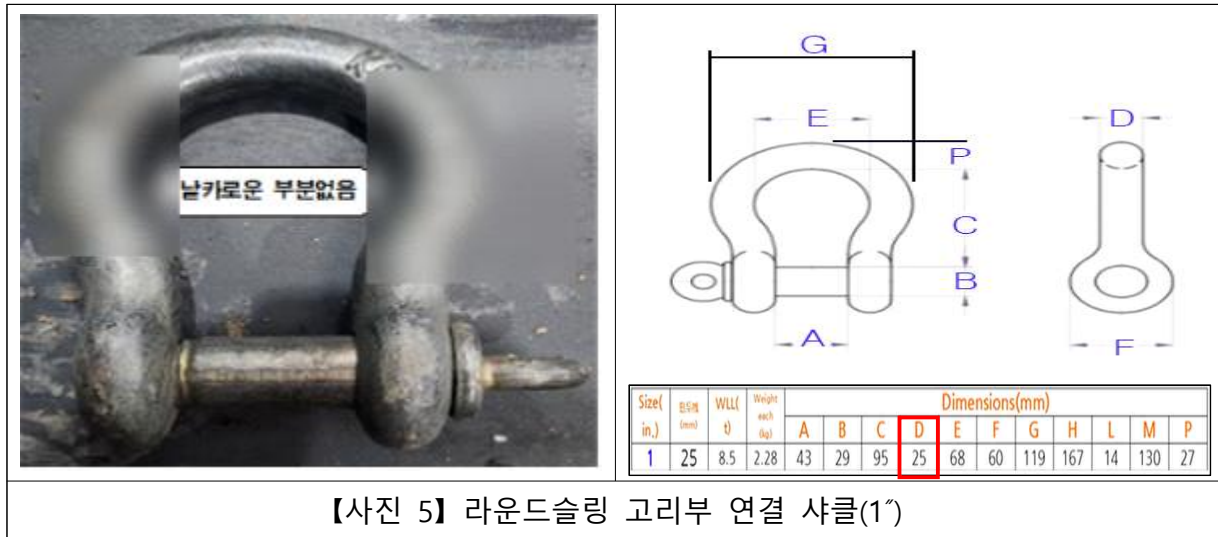
2) 라운드슬링 파단원인

— < 라운드슬링 고리부 파단원인 추정> —

- 옥외보관에 따른 온·습도의 영향에 의한 열화*상태에서
 - * 열화 : 열, 비 등의 작용을 받아 그 성능과 기능 등의 특성이 떨어지는 현상
- 5년 이상 반복적인 사용으로 손상과 찌힘 등이 발생하였고,
 - 추정 ① 화물차량에서 철골을 들어올리던 중 적재되어 있던 철골 모서리 등 날카로운 면에 라운드슬링 고리부 외측이 손상
 - 추정 ② 길이가 짧은 철골이 먼저 들어올려지고, 긴 철골이 들어올려지면서 철골간의 부딪힘, 화물차량~자재인양구로 수평이동(L≒2m) 중 철골의 흔들림 등에 의해 철골 모서리, 러그 등 날카로운 부분에 라운드슬링 고리부 외측이 손상
- 손상된 라운드슬링 고리부 외측의 외피와 심이 먼저 파단되고,
- 이어서 내측의 외피와 심이 파단된 것으로 추정됨.

○ 라운드슬링 고리부에 체결된 샤클(1")에 의한 파단 가능성

- 라운드슬링 고리부에 체결된 샤클(1") 내측면(25mm)에 파단을 유발할 수 있는 날카로운 부분은 없으며, 파단된 라운드슬링 외 줄길이 용구 또한 특이사항 없어 샤클에 의한 파단 가능성은 없는 것으로 판단됨.



【사진 5】 라운드슬링 고리부 연결 샤클(1")

○ 라운드슬링 마모, 훼손 상태에서 운반 중 파단 가능성

- 라운드슬링의 반복적인 사용과 옥외보관 환경에 따른 심(Core) 섬유 및 외피(Cover)의 손상(구멍, 찢힘, 열화 등) 상태에서
- 화물차량에서 철골을 수평 상태에서 들어올리던 중 라운드슬링 고리가 철골 끝단 모서리, 양중용 러그 등 날카로운 부분에 손상되거나,
- 길이가 짧은 철골이 먼저 들어올려지고, 길이가 긴 철골이 나중에 들어올려지면서 철골 간 부딪힘, 화물차량 ~ 자재인양구 수평이동(L≒2m) 중 흔들림 등에 의해 라운드슬링 고리가 날카로운 부분에 손상 될 수 있을 것으로 판단됨.



【사진 6】 철골 및 러그 모서리

【그림 4】 철골 수평이동 중 부딪힘 가능

- 상기와 같은 이유로 철골 모서리 등 날카로운 부분에 손상된 고리부 외측의 외피와 심이 먼저 파단되고, 이어서 내측 외피와 심은 인장력*에 의해 파단된 것으로 추정됨.

* 인장력 : 물체를 늘어 뜨리거나 잡아 당기거나 하는 작용, 인장하는 힘



【사진 7】 1번 철골 라운드슬링 고리 샤클 연결 현장재현('24.2.6)

3) 라운드슬링 고리부 상태 및 관리방법

○ 라운드슬링 고리부 상태

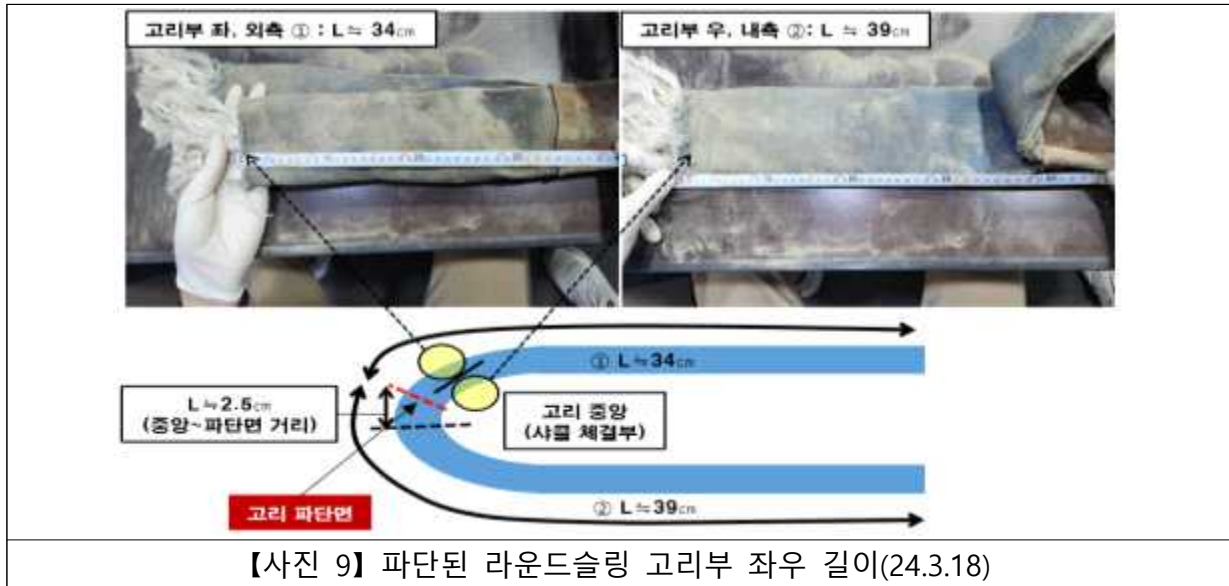
- 라운드슬링은 양쪽에 고리가 있는 타입(EYE & EYE)으로 철골방향 고리부 외피(Cover)와 심(Core)이 파단.
- 라운드슬링 외피에 구멍, 찢김, 보풀 등의 손상과 오염흔적이 확인되며, 반복사용에 따른 마모 및 5년 이상 사용(추정)하여 열화상태인 것으로 판단됨.



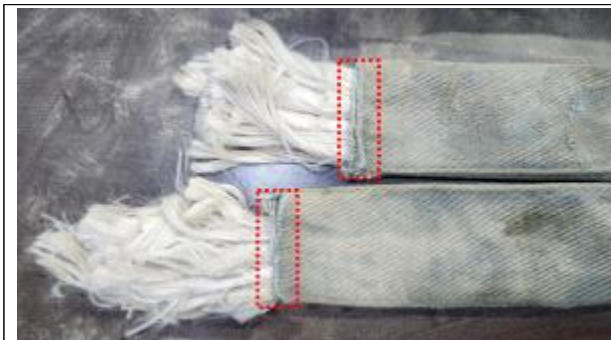
【사진 8】 라운드슬링 고리부 외피(Cover)와 심(Core) 파단상태('24.2.6 현장제공)

- 라운드슬링 제조년월은 2019년 1월 15일로 확인됨.
- 시기는 알 수 없으나 동료 운전원에게 인수받아 크레인 운전원(작업자D)이 사용하고 있으며, 사용대장 등은 없어 사용빈도 등은 확인할 수 없음.

- 샤클(1")이 체결된 고리 중앙 기준 약 2.5cm 편측에서 외피와 심이 파단
- 파단된 라운드슬링 고리부 좌우 길이 : ① 34cm, ② 39cm



- 라운드슬링 고리부 외측과 내측의 파단형태가 상이함.
- 외측 : 외피와 심 대부분이 매끈한 직선형태로 파단면 형성
- 내측 : 외피와 심이 인장력 등 외력에 의해 뜯겨 나간 형태의 파단면 형성
 - ↳ 외측의 외피와 심이 직선형태로 먼저 파단되고, 내측의 심과 외피가 이어서 파단된 것으로 추정됨.



【사진 10】 라운드슬링 고리부 외측



【사진 11】 라운드슬링 고리부 내측

- 현장 제공 사진(사진 8) 외 추가조사 시 찌힘 등의 흔적이 다수 확인됨.



【사진 12】 라운드슬링 고리부 외측 찌힘흔적

○ 라운드슬링 보관방법 및 점검

- 관리주체 및 보관 : 크레인 운전원(작업자D) 소유로 동료 운전원으로부터 인수 후 크레인 공구통에 파단된 라운드슬링과 동일제원 6개 보관 및 사용.
- 교체주기 및 점검 : 교체주기를 별도로 정한 것은 없으며, 육안점검 시 마모, 훼손정도에 따라 필요시 교체한다고 면담 시 확인함.
- 재해당일 작업 전 크레인 기사 (주)두손건설, 및 해봉산업건설(주) 관리감독자 육안점검 결과 이상이 없어 운반작업에 사용한 것으로 면담 시 확인함.



【사진 13】 이동식크레인 라운드슬링 보관 공구통

4) 철골 운반방법 및 사용하중 초과여부

○ 라운드슬링 2개와 양단 와이어로프 등으로 철골 3개 동시 운반(그림 2 참고)

- 후크 → 라운드슬링 → 샤클(1") → 양단 와이어로프 → 샤클(7/8") → 철골 러그*

* 러그(Lug) : 철골 운반을 위해 철골에 부착된 인양용 고리

① 크레인 후크	② 라운드슬링	③ 샤클(1")
		
④ 양단 와이어로프(14mm)	⑤ 샤클(7/8")	⑥ 철골 러그(Lug)
		

【사진 14】 줄걸이 용구

○ 사용하중 초과여부 : 사용한계하중 이내 운반(제품의 안전율 7)

구 분	사용한계하중(kg)	인양하중(Kg)		초과여부
1번 라운드슬링	4,000	454.9	1번 철골	적정
2번 라운드슬링	4,000	1,361.4	2,3번 철골	적정

- 수직으로 매달기 사용한계 하중 : 4,000Kg(참고 2)

5) 출입금지구역 설정 및 보조로프 설치여부

- 철골이 굴착면에 도달하기 전까지는 낙하물에 의한 위험반경 내 출입 금지구역을 설정하고 접근을 차단하여야 하나, 출입금지구역 미설정
- 철골 수직운반에 따라 전도 시 자재인양로부터 위험구역은 약 6m 정도 이나, 재해자는 자재인양구 한면에서 약 3.7m 떨어진 위치에서 작업대기



- 각각의 부재를 하나의 보조로프로 연결하여야 하나, 지하 굴착면에 떨어진 2번 철골에만 설치



【사진 15】 자재인양구~재해자 위치



【사진 16】 2번 철골 보조로프(L≈7m)

6) 작업계획서 작성 및 근로자 교육여부

- 차량계 하역운반기계 작업계획서는 작성되어 있으나, 재해발생 이후 작성된 것으로 **(주)두손건설** 관리감독자 면담결과 확인.
 - 작성내용 또한, 근로자 위치, 작업방법과 순서 등이 명시되어 있지 않으며, 일반적인 내용으로 작성.
- 중량물 취급 작업계획서는 미작성 되어 있으며, 작업계획서 내용을 해당 근로자에게 알려야 하나, 면담결과 미실시 한 것으로 확인.

5. 조사자 의견

가. 작업 현장의 위험요인

○ 라운드슬링 포함 줄걸이 용구 관리방법 부재

- 현장에서 사용되는 라운드슬링 포함 줄걸이 용구에 대한 관리주체, 사용 전 점검, 관리방법 부재에 따른 손상된 줄걸이 용구 사용
- 5년 이상 사용(추정)한 라운드슬링 검사 및 교체 미 실시

○ 위험반경 내 출입금지구역 미설정

- 자재 인양구 주변 중량물의 길이, 형상, 크기 등을 고려하여 낙하물에 의한 위험반경 내 출입금지구역 미설정

○ 철골부재 여러 개를 동시에 달아매어 운반하는 방법 부적합

- 부재의 중심을 확인하지 않고, 좌우 무게와 길이가 다른 철골부재 동시 운반
- 한 개의 줄걸이 용구에 두 개의 철골부재를 연결하여 운반
- 각각의 부재를 하나의 보조로프로 연결하여야 하나 2번 철골에만 보조로프 설치

나. 사고원인

○ 줄걸이 작업방법 부적합

- 날카로운 부분에 손상될 수 있는 라운드슬링 사용
- 길이와 무게가 다른 철골 여러개를 동시에 운반함에 따른 철골간 부딪힘, 흔들림 발생

○ 라운드슬링 고리부 파단

- 라운드슬링의 반복적인 사용과 사용환경에 따른 심(Core) 섬유 및 외피(Cover)의 손상(구멍, 찢김, 열화 등) 상태에서
- 날카로운 부분에 라운드슬링 고리부 외측의 외피와 심이 손상되고, 이어서 내측의 외피와 심이 파단

○ 철골운반에 따른 낙하위험구역 출입금지구역 미설정

- 철골 수직 운반에 따라 전도 시 근로자가 맞을 위험이 있는 위험반경 내에서 작업 대기중에 철골에 맞음

다. 안전조치 권고

○ 적절한 줄결이 용구 사용 및 사용기간 관리기준 마련

- 날카로운 부분에 손상될 수 있는 경우 와이어로프로 교체 사용
- 사용 상황에 따라 두드러진 손상이나 결모양에 이상이 없어도 사용 기간을 정하고 기간이 지나면 폐기 후 교체
- S마크 인증 제조사 기술문서 사용기간(6개월 검사) 준수 : 옥내(3년), 옥외(2년)
- 사용 전 관리감독자, 작업지휘자에 의한 라운드슬링 결함유무 또는 기능을 점검하고 이상 발견 시 즉시 교체 후 사용

○ 낙하물에 의한 위험구역 설정관리

- 첩골 등 중량물 작업 시 길이, 형상, 크기 등을 고려하여 낙하물에 의한 위험반경 내 출입금지 구역을 설정하고, 지면에 근접한 상태에서 중량물에 접근하여 보조로프 이용 지면에 안착되도록 관리필요



- 첩골 등 중량물의 취급작업 시 낙하위험을 예방할 수 있는 안전대책 등이 포함된 작업계획서를 작성하고 그 내용을 해당 근로자에게 알리고, 작업에 직접 참여하지 않는 작업지휘자를 지정하여 작업 지휘

○ 첩골부재 여러 개를 동시에 달아매어 인양할 경우 준수사항 준수

- 첩골공사 안전보건작업 지침(KOSHA GUIDE C-44-2015)

