

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.

1. 재해발생 사업장 개요

원 청	회사명	(주)기전이앤티텍	주 소	본사	경북 칠곡군	전화 번호	
	현장명	사업장 ㉠ 제2,3태양광 발전소 건설공사		현장	포항시 북구		
	대표자	B	면허업종		건설업, 제조업	근로자수	6명
	관리번호 (사업개시번호)		공정율		85%	공사기간	'23.01.17~ 23.03.17
	공사종류	기타건설공사	단위공종		태양광 발전소 설치		
	도급금액(천원)	각 126,500	작업규모		태양광발전소 98.175kw 2개소	발주자	C D

하 청	회 사 명	-	주 소	-	전 화 번 호 (FAX)	-
	대 표 자	-	전 문 업 종	-	근 로 자 수	-
	사 업 자 등 록 번 호	-			공 사 기 간	-
	공 사 종 류	-	단 위 작 업	-		
	하 도 금 액 (원)	-			공 정 율	-

2. 피해자 인적사항 및 상해정도

연번	성명	출생년도	소 속	고용형태 (상용·일용·시간제 등)	상해정도 (사망/부상)
1	A	1971년	(주)기전이앤티텍	상용	사망

3. 재해발생 경위

○ 2023. 1. 25.(수) 09:56분경
○ 경북 포항시에 위치한 사업장 ㉠ 공장 지붕에 『사업장 ㉠ 제2,3태양광 발전소』를 건설하는 현장에서
○ 원청인 (주)기전이앤티텍 소속 피해자 재해자A(남, 만52세)가 지붕 위 태양광 패널 설치 후 배선 작업을 위해 이동 하던 중
○ 지붕재인 채광창(Skylight)을 밟아 파손·탈락되면서 작업장 콘크리트 바닥(H:약13m)으로 떨어져 사망한 재해임

4. 재해조사 개요

가. 재해조사반 구성 및 업무분장

(1) 재해조사반 구성

- 고용노동부 포항지청
- 경북동부지사 건설보건부

(2) 업무분장

구 분	주요 업무내용
고용노동부 포항지청 건설산재지도과	● 재해 발생 상황 초동대응 ● 재해 원인조사(관계자 면담 및 현장확인)
경북동부지사 건설보건부	● 재해 발생 상황 초동대응 ● 재해조사 의견서 작성 ● 재해 원인조사(관계자 면담 및 현장확인)

나. 재해조사 경과

- 사고발생 인지 : 2023. 1. 25.(수) 10:20경
- 사고 대응 : 2023. 1. 25.(수) 11:00경 현장 도착
- 현장조사 1일차 : 2023. 1. 25.(수)
 - 11:00 고용노동부 포항지청 감독관 및 공단 조사반 현장 도착
 - 11:00 ~ 13:00 합동 조사 실시
 - (내용) 작업현황 및 개요, 사고당시 현장상황, 작업방법 및 경위 등
 - (면담자) 사업장 ㉠ 대표 C, (주)기전이애크 차장 E, 대리 H
- 현장조사 2일차 : 2023. 1. 26.(목)
 - 10:00 ~ 11:00 포항지청 건설산재지도과 목격자 진술 청취
 - 13:00 ~ 14:30 현장 조사 실시
 - (내용) 재해 당일 작업사항 및 최초목격자 진술, 계약관계 등
 - (면담자) (주)사업장 ㉠ 대표 C, 과장 F, (주)기전이애크 차장 E

다. 피해현황

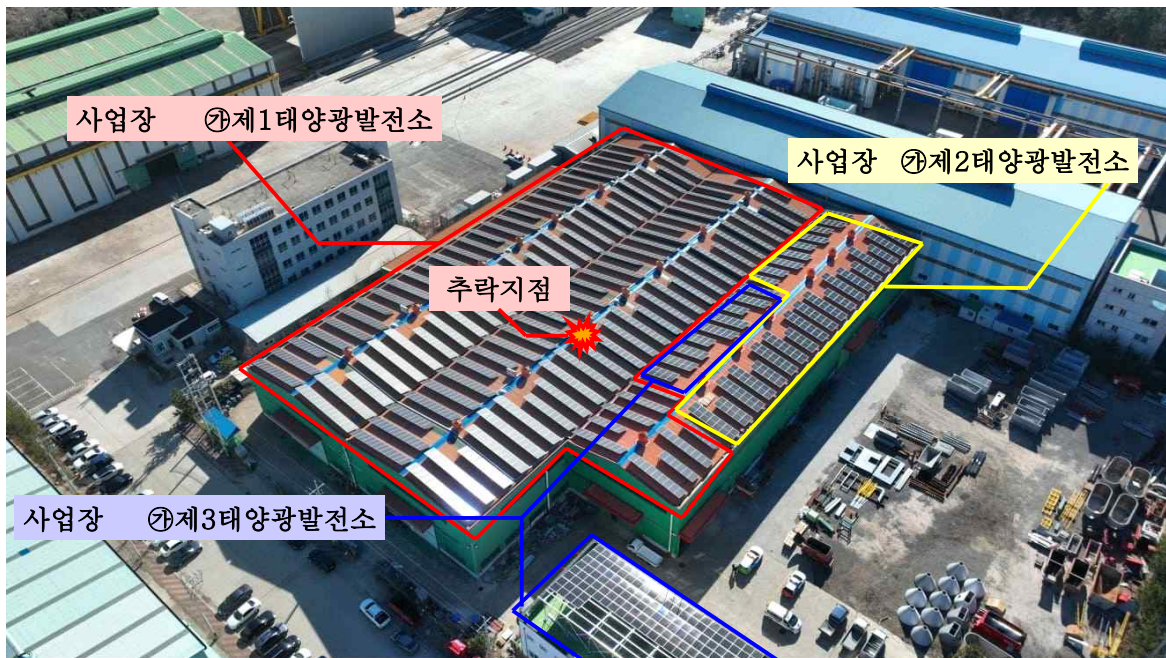
- 인적피해 : 사망 1명

5. 재해조사 내용

【본 조사의견서는 고용노동부 포항지청 및 안전보건공단의 합동조사 결과와 발주처 관계자 면담 진술내용 및 현장 확인내용과 CCTV를 근거로 작성함】

가. 공사 개요

구 분	내 용
발 주 자	사업장 ㉠ 제2태양광 발전소 (개인사업자 C) 사업장 ㉡ 제3태양광 발전소 (개인사업자 D)
도 급 인	(주)기전이애펅크
공 사 명	사업장 ㉠ 제2,3태양광 발전소 건설공사
공사기간	2023. 1. 17. ~ 2023. 3. 17.
공사규모	태양광발전설비(발전용량 : 98.175kw, 2개소) 설치



[사진1] 사고 현장 전경

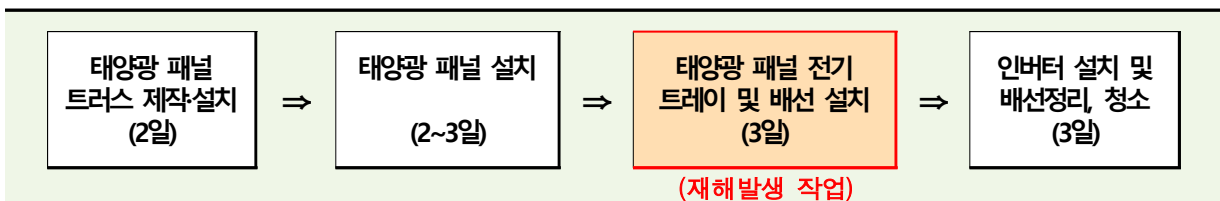
○ 본 공사는 기존에 운영 중인 (주)사업장 ㉠ 공장 지붕 위에 태양광 발전소 2기(595w×165장=98.175kw, 2개소)를 신규 설치하는 공사로, 원청인 (주)기전이애펅크가 구조물공사 및 태양광 패널 설치 등의 모든 공정을 시공함

※ 금회 공사는 사업장 ㉠ 제2, 사업장 ㉡ 제3(공사금액 각 1억2천6백5십) 태양광 발전소 설치 공사로 나뉘어(각 100kw이하) 계약이 진행되었으며, 사고 장소는 약3년 전에 시공한 사업장 ㉠제1태양광 발전소 설치 작업장에서 발생함

○ 태양광발전소 설치 주요작업 내용

- (구조물공사) 태양광발전소 구조물로 쓰이는 아연각판(L형강, C형강) 트러스를 기존 공장 지붕재인 강판과 철판빔에 고정하는 작업
- (태양광패널) 태양광패널(가로1,133mm*세로2,438mm,두께35mm)을 설치된 트러스에 고정하는 작업
- (전기배선, 인버터) 태양광패널로부터 생산된 전기를 배선을 설치하여 인버터(60kw, 2대)가 설치된 장소까지 전기를 인출하는 작업

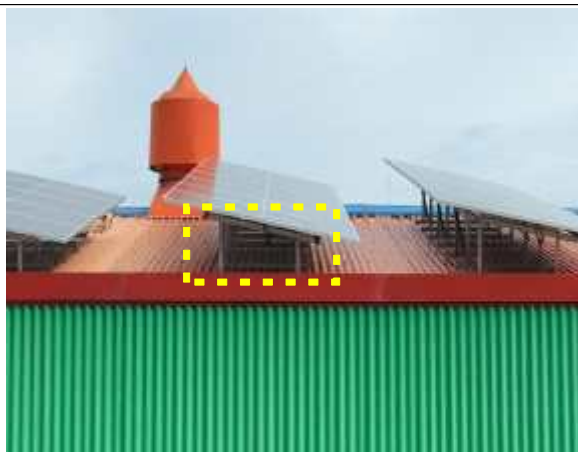
나. 작업 순서(소요기간)



○ (1/16일) (주)기전이애펅 소속 근로자 2명은 태양광패널 하부 트러스 구조물 작업을 위해 아연각판 자재를 현장에 반입함

○ (1/17일~1/18일) 태양광패널 하부 트러스 구조물을 기존 공장 지붕재에 고정하기 위한 방수작업 및 트러스 본 조립 작업을 실시함

※ 트러스: L형강(50mm*50mm*5T), C형강(100mm*50mm*20mm*2.3T)



[사진2] 태양광 패널 하부 트러스



[사진3] 구조물 위 설치된 태양광패널

○ (1/19일~1/20일) 설치 된 트러스 구조물 위에 태양광패널 165장을 465㎡(모듈 수평투영면적) 면적에 조립하는 작업을 실시함

다. 재해발생 과정

- (업무 분장) 사고 발생 당일 태양광 패널 전기트레이 및 배선 작업에 투입된 인원의 작업 내용은 아래와 같음

호 칭	당일 업무 내용		비 고
G 부장	작업지시	전기배선 연결 작업	-
A 차장	전기배선 보호 전선관 가공 및 설치		재해자
E 차장	전기배선 보호 전선관 가공 및 설치		-
H 대리	전기배선 연결 작업 및 구조물과 접지		-

[2023. 1. 25.(수) 7:00]

- 피재자 및 동료근로자 3명은 설 연휴를 마치고 오전 7시경 경북 칠곡에 있는 (주)기전이애펅크 본사에 도착하여 자재 등을 챙겨 오전 8시경 현장으로 출발 함

[9:15 ~ 9:50]

- 현장에 도착한 근로자 4명은 짐을 내리고, 사업장 ㉠ 본사동 건물에서 티타임을 가진 후 G 부장에게 기설치 된 사업장 ㉠제1태양광 발전소의 전기배선 설치 상태를 확인하라는 작업지시를 받음

[9:50 ~ 9:55]

- 연휴 전날까지 진행 한 태양광 패널 조립작업 구간에 전기 배선연결 작업을 위해 근로자 4명은 창고동 지붕 위로 고소작업대(렌탈)를 타고 이동함



[사진4] 지붕으로 이동시 사용한 렌탈



[사진5] 전기배선 보호 전선관

[9:55 ~ 9:57]

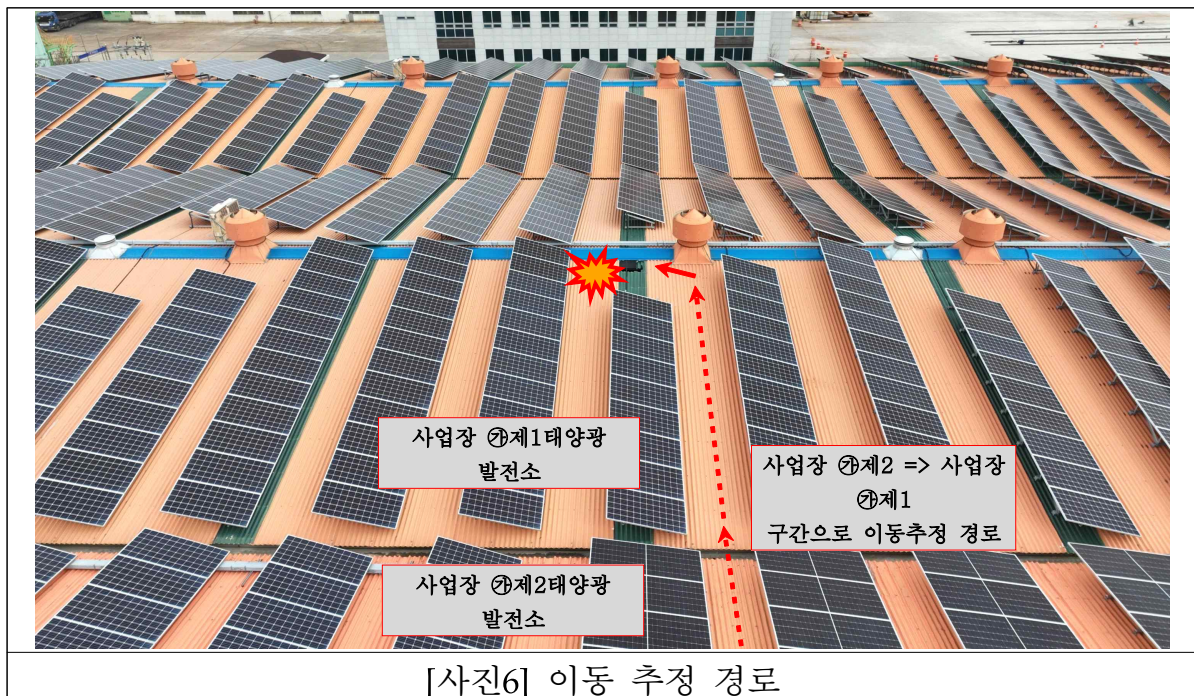
○ 사업장 ㉔제2태양광 발전소 구간에 전기배선 보호 전선관(비닐피복 1종 주름관, 28mm)을 설치(가공)하기 전 기존에 설치되어 있던 공장동 사업장 ㉔제1(약 3년 전에 설치) 구간으로 전선관 설치 상태(보호관의 설치방법, 길이, 형태 등)를 확인하기 위해 피재자와 동료근로자가 이동함

※ 동료근로자의 진술에 따르면, 사고 전 모든 공정의 진행 중 공장 지붕 위에 작업발판 또는 합판을 깔고 작업한 적은 없었고, 사고 당일에는 안전모와 안전대를 착용하지 않았다고 진술함[cctv확인]

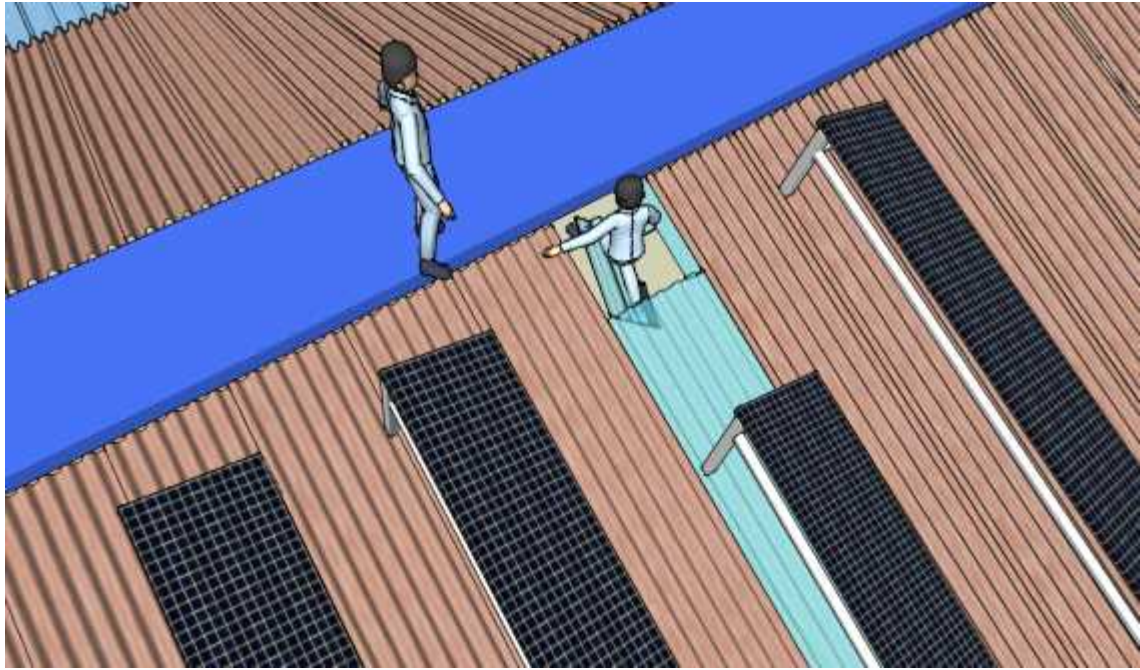
[9:58]

○ 피재자와 동료근로자는 옆 공장동 전선관 가공 상태를 확인하기 위해 이동하던 중 재해자 A가 채광창을 밟아 파손·탈락되며 공장 내부 콘크리트 바닥(H:약13m)으로 떨어져 사망한 재해임

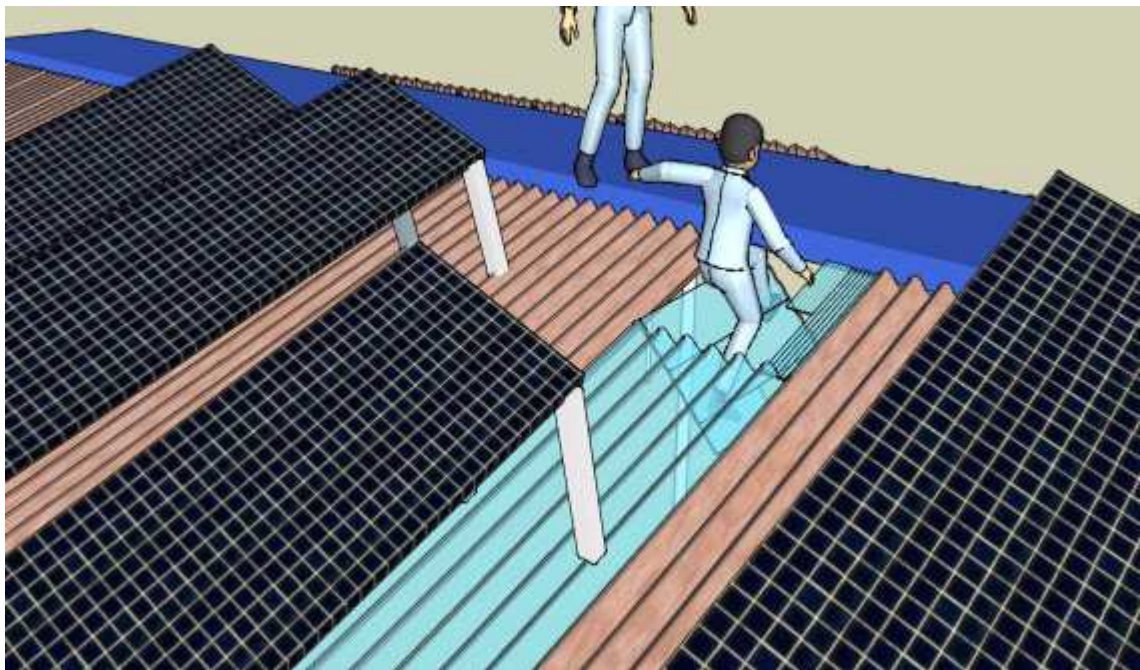
※ 추락 당시 동료근로자의 진술에 따르면, 칼라강판 지붕재 색상(주황)과는 다른 반투명한 채광창(초록) 위를 피재자가 올라서는 순간 채광창이 부서지며 추락하였고, 본인도 그 부분에 채광창이 있다는 것을 인지하지 못 하였다고 진술함.



○ 재해발생상황

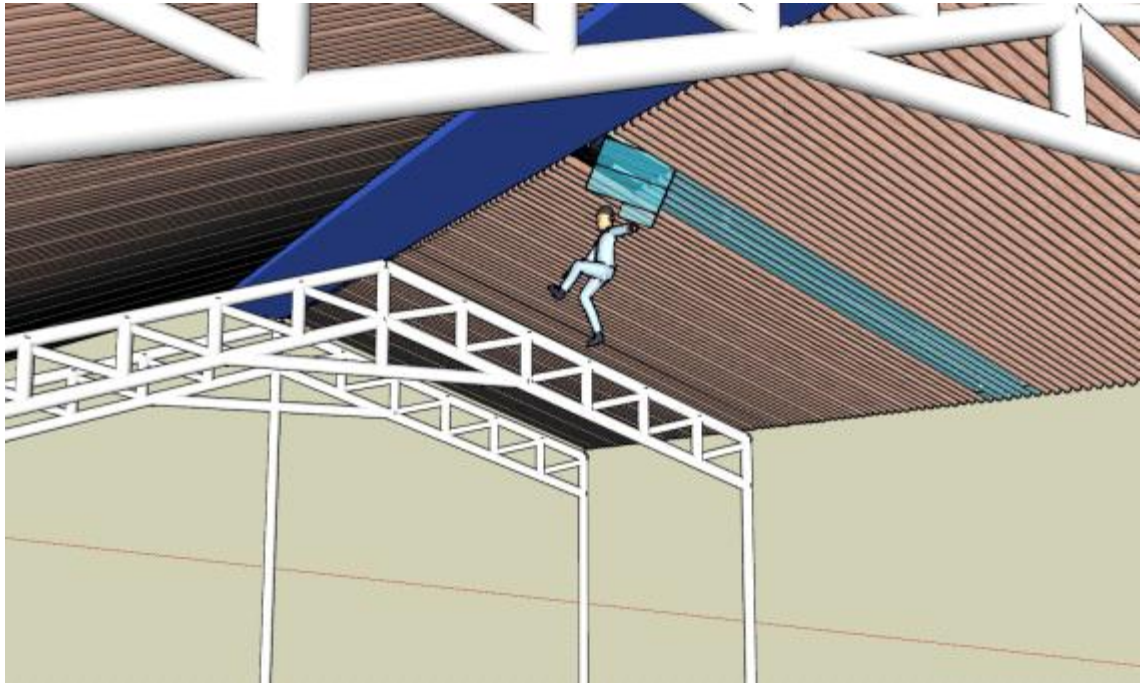


[사진7] 재해상황도 1



[사진8] 재해상황도 2

○ 재해발생상황



[사진9] 재해상황도 3

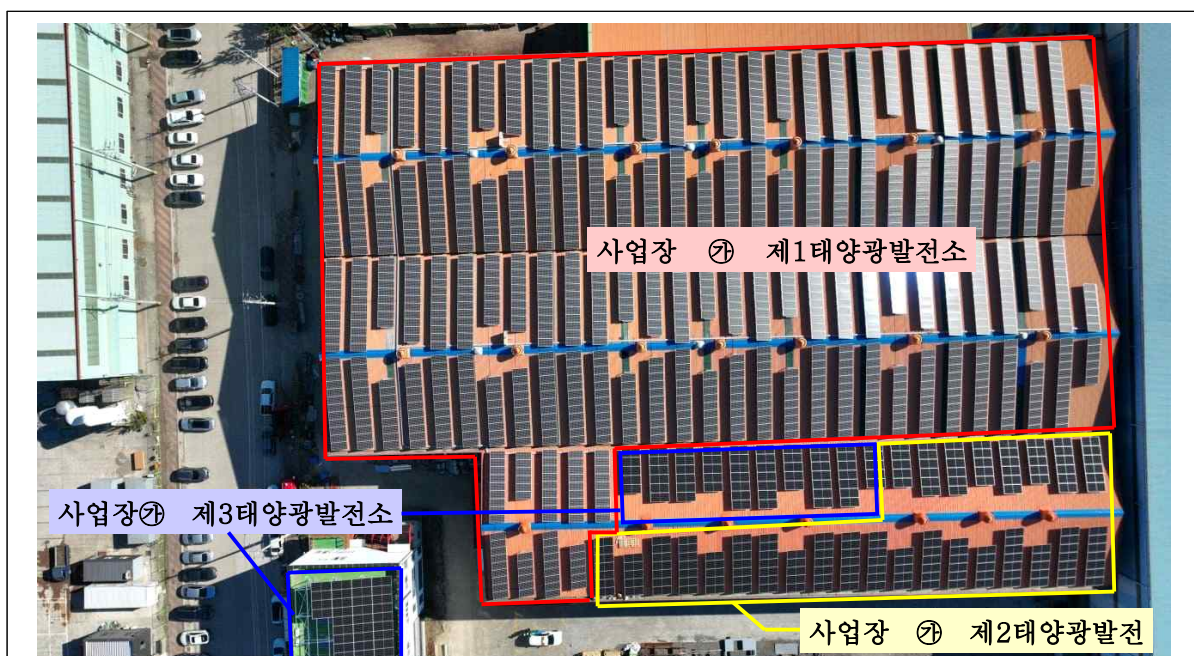


[사진10] 공장 내부 추락지점

라. 조사 및 확인내용

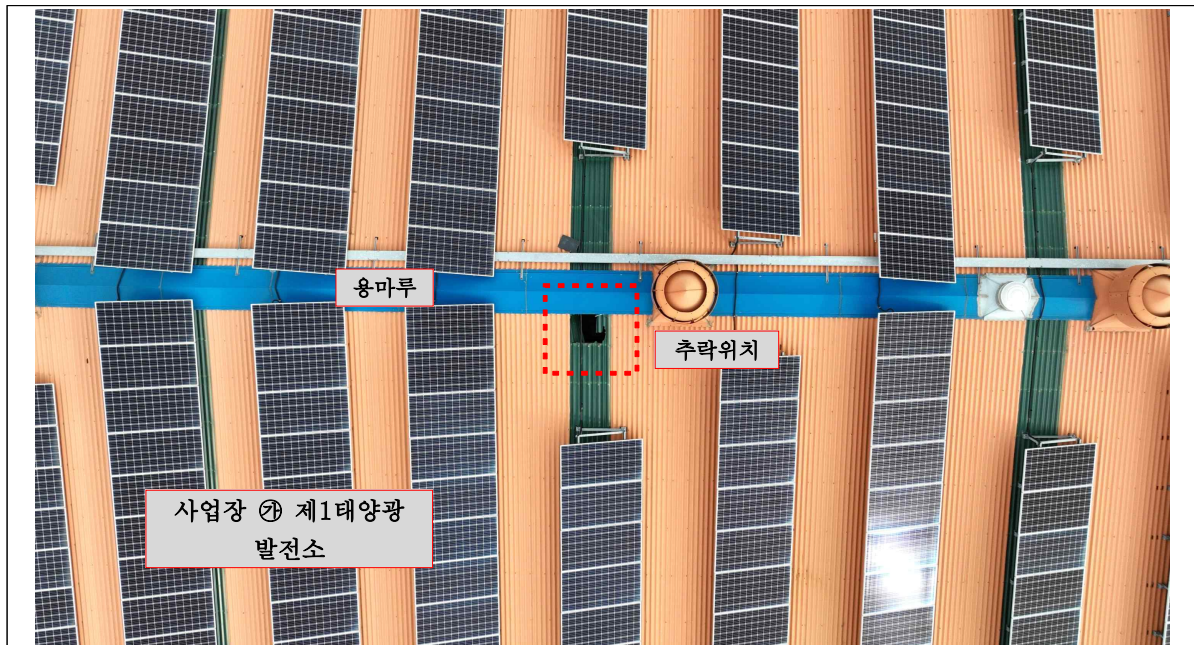
(1) 공사 현황

- 해당 현장은 발주자인 개인사업자 C(사업장 ㉠ 제2)와 D(사업장 ㉠ 제3)가 대표(C)로 재직하고 있는 (주)사업장 ㉠ 공장 지붕에 태양광 패널 (98.175kw 2기)을 설치하여 생산된 전기를 한전에 납품하는 사업을 진행하고 있음
 - 태양광 패널 모듈 규격: W:2,438*L:1,132*D:35(1장당 595w발전)
 - 계산용량(발전소당): 1장(595w)*165장 = 각 98.175kw 발전
 - 구조형식: 13직렬 어레이 방식
- 사업장 ㉠ 제2태양광 발전소 건설공사(창고동)와 별도의 계약인 사업장 ㉠ 제3태양광 발전소 건설공사(사무동)도 금회 동시 공사분으로 (주)기전이앤티에서 함께 공사를 진행하고 있음
 - ※ 약 3년 전 사업장 ㉠ 제1태양광 발전소(공장동)도 완공되어 태양광패널 발전 사업(500kw)을 현재 운영 중에 있음
- 사고 발생일까지 약 5일간 태양광패널 구조물설치 및 태양광 패널 조립작업 공정이 진행되었고, 잔여작업은 전기배선 및 인버터설치 작업이 남은 상태로 전체의 약 85%의 공정이 진행됨

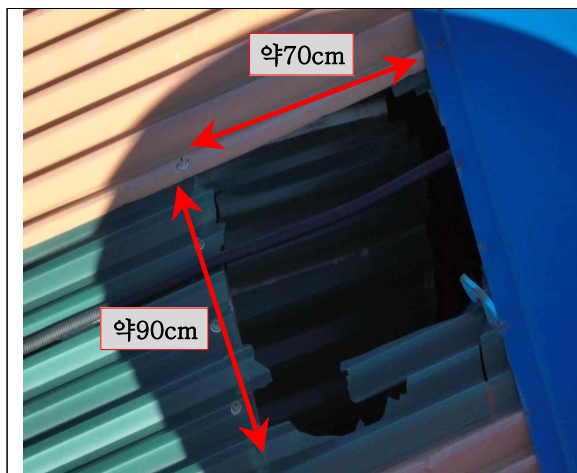


[사진11] 사업장 ㉠ 1(500kw), 사업장 ㉠ 2(98kw), 사업장 ㉠ 3(98kw)
태양광패널 설치 전경

(2) 파손된 채광창 설치 상태



[사진12] 추락위치(공장동 용마루 부근)



[사진13] 파손된 채광창

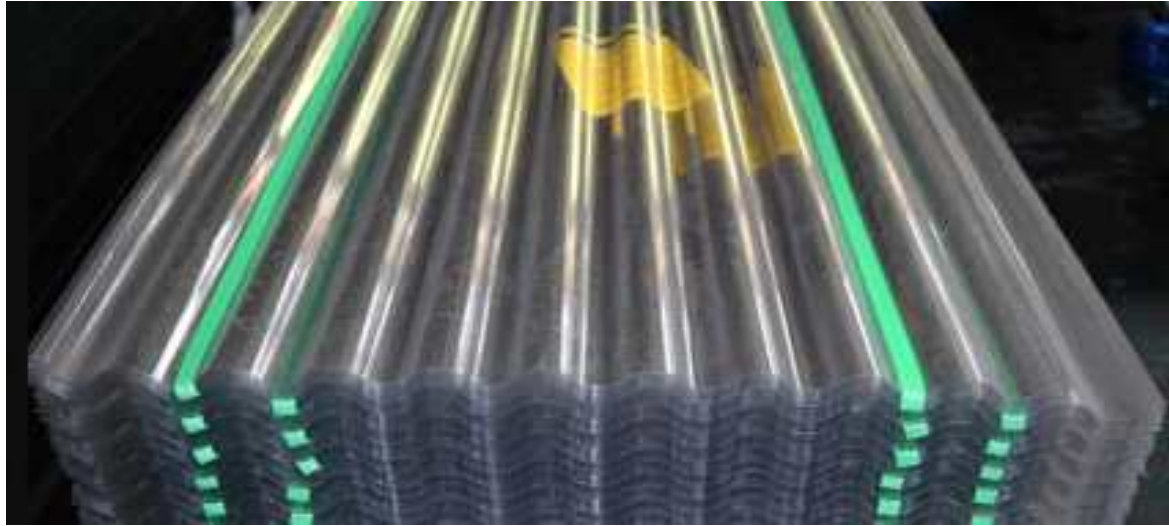


[사진14] 추락지점 하부 전경(공장내부)

- 파손된 사업장 ㉔ 제1태양광 발전소의 채광창 1장의 크기는 가로(1m)*세로(1.8m)를 사용함.
- 사업장 ㉔ 사업주 C의 진술에 따르면, 사업장 ㉔ 제1공장의 준공 시기는 약 13년 전으로, 준공 후 채광창의 보수나 교체작업은 없었다고 함
- ※ 위 [사진13]를 확인해보면 채광창과 용마루 강판 연결부 근처에서 파손이 일어났고, 파손부는 피스로 고정하거나 재단 연결부는 아닌 것으로 판단됨

□ 기인물 제원

기인물	제 원(추정)	재 질	구 조
채광창 (skylight)	1.0m x 1.8m 두께 1.2mm (1장)	PVC	채광창(skylight) 끝을 퍼린*에 겹친 후 피스로 고정



[사진15] 시중에서 판매되는 채광창(skylight)의 모습(출처 인터넷)

*퍼린(Purlin) : [사진14] 참조



[사진16] 부서진 채광창 잔해 (준공 후 13년 경과되어 변색됨)

(3) 재해발생 원인 분석

○ 작업 시 추락방지조치 여부

- (작업발판, 덮개) 안전보건 기준에 관한 규칙 제45조에 강도가 약한 재료로 덮힌 지붕에서 작업을 할 경우 폭30센티미터 이상의 발판을 설치하여야 하고, 채광창에는 견고한 구조의 덮개를 설치 할 것으로 규정하고 있다. 하지만 사고 당일 사고지점에는 작업발판 및 덮개가 설치되어 있지 않음
- (안전대 부착설비) 사업주는 지붕위에서 작업을 할 경우, 작업환경 등을 고려할 때 추락방호망을 설치하기 곤란한 경우에는 근로자에게 안전대를 착용하도록 하고, 안전대 부착설비에 안전대를 걸고 작업하는 등의 조치를 하여야함. 하지만 추락당시 피해자는 안전대를 착용하지 않았고, 안전대 부착설비 또한 설치되어 있지 않음
- (개인보호구) 동료근로자의 진술에 따르면, 피해자는 안전모와 안전대를 착용하지 않았고, 사고 당일 cctv 확인결과 작업구간으로 진입시 보호구를 착용하지 않은 것을 확인함

※ [참고자료] 지붕 위 발판, 안전대부착설비, 견고한 채광창 덮개가 설치된 예시

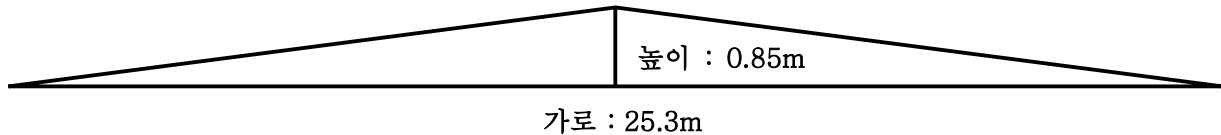


[사진17] 지붕 위 안전작업 예시

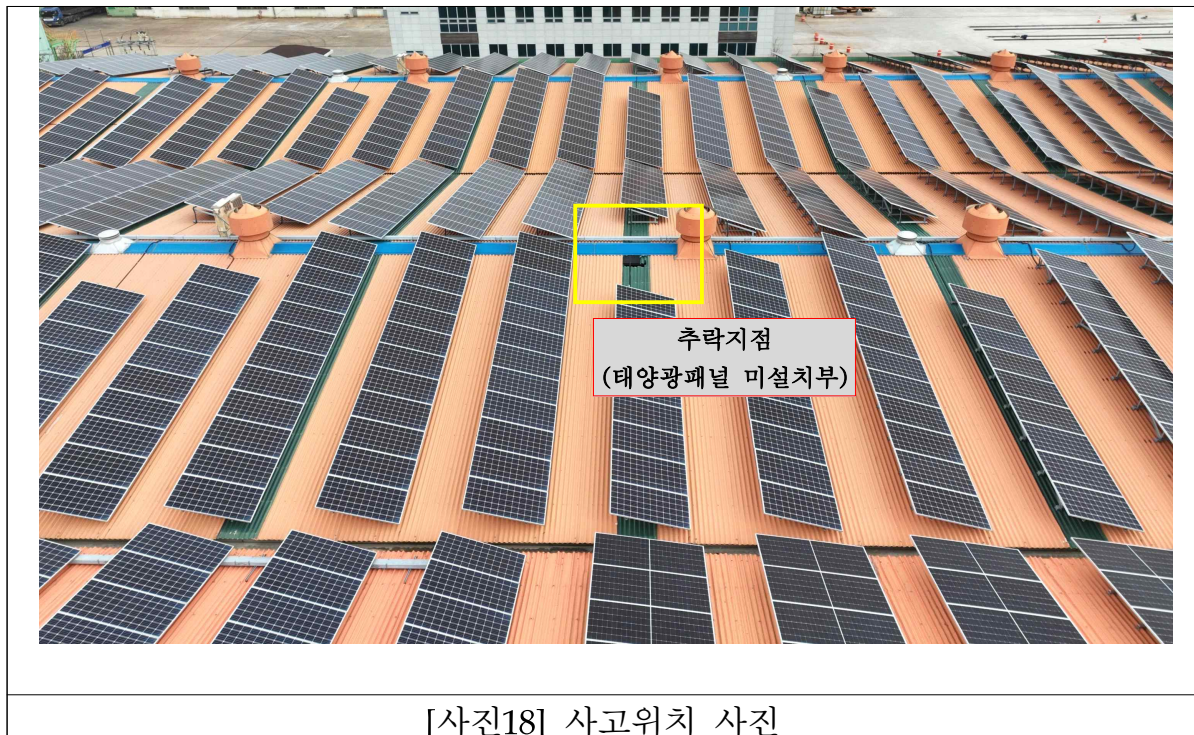
○ 지붕 위 사고지점 현황

구분	사업장 ㉮ 제1태양광 발전소 지붕 위
준공년도 및 구조	약 2010년(철골+샌드위치 패널)
지붕재질	칼라강판+스카이라이트(채광부)
지붕 경사각	약 3.84°

※ 경사각 계산 : $\tan^{-1}(0.85/25.3*2) \approx 3.84^\circ$



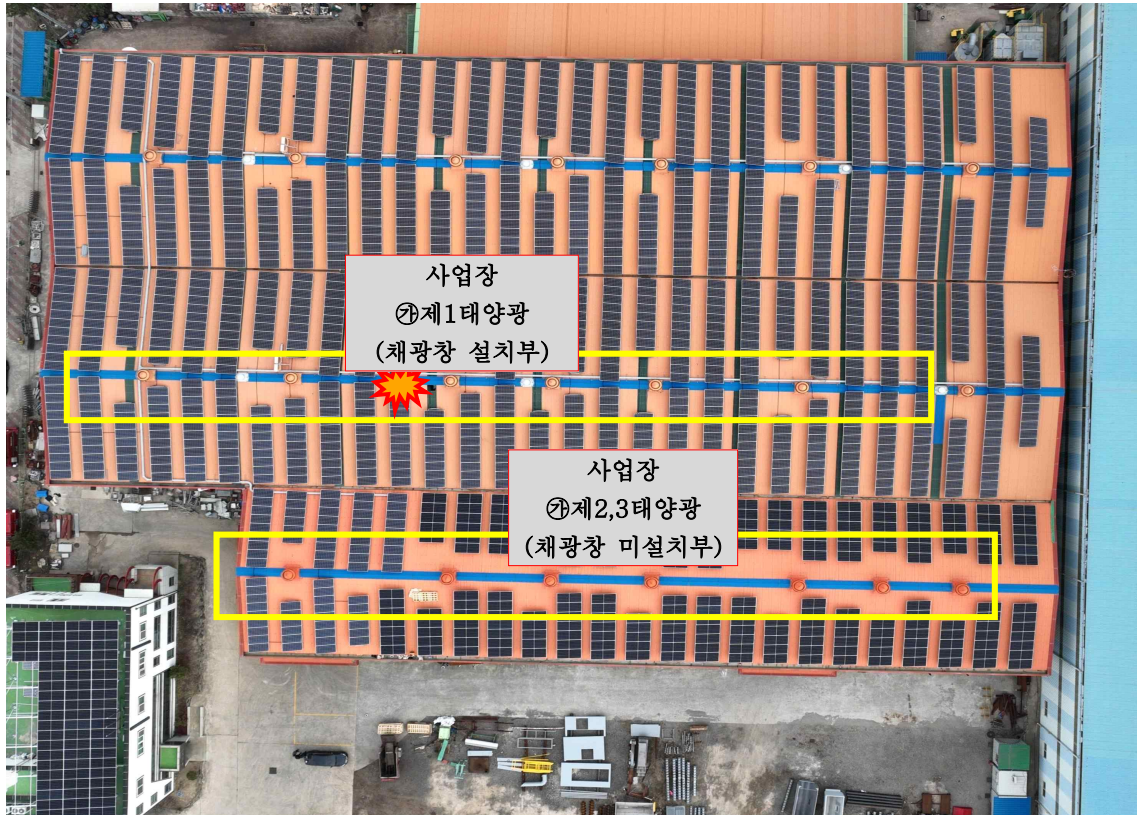
- 사고위치의 지붕경사각은 3.84° 로 계산되며, 해당 구간은 용마루 지점으로 태양광패널이 설치되어 있지 않은 구간임. 따라서 피재자 및 동료근로자의 이동자세는 구부정하거나 구조물 밑을 기어가는 불안정한 자세는 아니었을 것으로 추정됨.



[사진18] 사고위치 사진

- 동료근로자의 진술에 따르면, 본인 및 피재자는 채광창의 존재 자체를 인지하지 못 했던 것으로 진술함. 사업장 ㉮ 제1태양광 지붕의 채광창은 태양광패널 구조물 하부에 위치하고 있어 이동시 밟을 가능성이 낮았을 것으로 판단되며,

- 금회 공사 구간인 사업장 ㉔ 제2,3태양광 발전소가 설치되는 창고동 지붕은 채광창이 존재하지 않음. 따라서 주로 사업장 ㉔ 제2,3태양광 창고동 지붕 위에서 작업을 하던 피재자와 동료 근로자는 채광창의 위험성을 인지하지 못 하고 사업장 ㉔ 제1태양광 구간으로 이동 했을 것으로 추정됨



[사진19] 채광창 설치구간 비교

※ 금회 공사구간인 사업장 ㉔ 제2,3태양광 발전소는 사업장 ㉔ 제1태양광 발전소와는 다르게 용도가 공장동이 아닌 창고동으로 지붕에 채광창을 만들지 않은 것으로 판단됨.

○ 사고 당시 기상상태

사고 발생시간	풍 속 (1분 평균)	기 온	강 수
2023. 1. 25.(수) 09:56분경	5.1 m/s	-9.0 °C	없음

[해분관측자료] 청하 804 (37m) / 2023.01.25.10:00 / 경상북도 포항시

시 분	강수	강수15	강수30	강수45	강수60	강수75	강수90	강수120	일강수	기온	풍향1	풍속1(m/s)	풍향10	풍속10(m/s)	습도	해면기압		
10:00	○	0	0	0	0	0	0	0	0	-8.7	221.8	SW	5.5	219.6	SW	5.3	24	1030.7
09:59	○	0	0	0	0	0	0	0	0	-8.5	219.8	SW	5.1	221.0	SW	5.2	25	1030.7
09:58	○	0	0	0	0	0	0	0	0	-8.8	211.1	SSW	4.7	222.7	SW	5.2	24	1030.7
09:57	○	0	0	0	0	0	0	0	0	-9.0	216.0	SW	4.8	225.1	SW	5.3	24	1030.7
09:56	○	0	0	0	0	0	0	0	0	-9.0	216.8	SW	5.1	226.7	SW	5.4	24	1030.7
09:55	○	0	0	0	0	0	0	0	0	-9.0	222.1	SW	5.6	229.4	SW	5.4	25	1030.7
09:54	○	0	0	0	0	0	0	0	0	-9.1	223.4	SW	4.9	231.3	SW	5.4	25	1030.7
09:53	○	0	0	0	0	0	0	0	0	-9.0	224.1	SW	5.2	232.6	SW	5.4	25	1030.7
09:52	○	0	0	0	0	0	0	0	0	-9.1	217.2	SW	5.2	234.7	SW	5.2	24	1030.7
09:51	○	0	0	0	0	0	0	0	0	-9.1	222.0	SW	6.4	238.2	WSW	5.1	24	1030.7
09:50	○	0	0	0	0	0	0	0	0	-9.1	235.4	SW	5.4	241.3	WSW	4.8	24	1030.8
09:49	○	0	0	0	0	0	0	0	0	-9.2	237.9	WSW	5.0	243.0	WSW	4.6	24	1030.8
09:48	○	0	0	0	0	0	0	0	0	-9.1	235.4	SW	5.6	243.3	WSW	4.6	25	1030.8

[사진20] 사고발생일 포항시 날씨정보(기상청 날씨누리)

- 사고 발생일 당시 기상상태를 보면 -9.0℃로 올해 들어 포항시 기온으로 가장 추운날 이었고, 풍속은 1분 평균 5.1m/s로 확인됨
- ※ PVC재질의 채광창 및 칼라강판은 서리가 내린 아침시간에 기온이 낮으면 표면이 얼어붙어 매우 미끄러울 수 있을 것으로 판단됨

6. 조사자 의견

가. 재해발생 원인

- 지붕 위에서의 작업 중 추락 예방 조치 미실시
 - 강도가 약한 재료로 덮은 지붕 위에서 작업을 하는 경우, 지붕재의 파손 및 불시 탈락 등으로 인한 작업자 추락 위험에 대비하여, 파손위험이 없는 견고한 폭30cm 이상의 작업발판(덮개)을 확보하여야 하나 이를 미실시
- 개인보호구 미착용
 - 지붕과 같이 떨어질 위험이 높은 장소에서 작업 시 안전대 및 안전모 등의 개인보호구를 착용하고 작업을 하여야 하나 미착용

나. 재해예방 대책

- 지붕 위에서의 작업 중 추락 방지조치 실시
 - 지붕과 같이 떨어질 위험이 높은 장소에서 작업 시 지붕재의 파손 및 불시 탈락 등에 대비하여 파손위험이 없는 견고한 폭30cm 이상의 작업발판(덮개)을 확보하여야 하고, 발판 설치가 불가능 할 경우 추락방호망 및 안전대 부착설비를 설치하고 안전대를 걸고 작업하여야 함
- 개인보호구 착용
 - 지붕과 같이 떨어질 위험이 높은 장소에서 작업 시 안전대 및 안전모 등의 개인보호구를 착용하고 작업을 하여야 함