

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.

재해조사 의견서

1. 재해발생 사업장 개요

원 청	회사명	개인		주소	본사	경기도 광주시	전화 번호 (FAX)	
	현장명	단독주택 신축공사			현장	상동		
	대표자	B		업종		건설업	근로자수	4명
	관리번호 (사업개시번호)			발주처		개인공사	공사기간	'22.11. ~ 23.01.
	공사종류	단독주택		단위공종		골조작업		
	공사금액(천원)	450,000		공사규모		단독주택 1개동 (지하1층~지상2층)	공정율	약 20%

2. 재해자 인적사항 및 상해정도

연번	성명	출생년도	소속	고용형태 (상용·일용·시간제 등)	상해정도 (사망/부상)
1	A	1963	-	일용	사망

3. 재해발생 경위

- 2023. 1. 18(수) 14:30경 광주시 소재 단독주택 신축공사 현장에서
- 재해자(60세, 남, 목공)가 L형 옹벽(L형, h=1.7~2.0m) 기초터파기 사면(높이 약 8m) 하부에서 토공 마무리 상태를 확인하던 중,
- 갑자기 굴착 사면이 붕괴되어 매몰·사망한 재해임.

4. 재해조사 내용

※ 본 현장조사 내용은 고용노동부 성남지청 근로감독관과 합동 조사한 것으로 아래와 같이 현장 관계자와 동료작업자 등이 진술한 내용과 현장조사 내용을 토대로 작성하였음.

가. 재해발생 개요

1) 현장개요

- 당 현장은 광주시 소재 단독주택(지하 1층~지상 2층, 1개동) 신축공사 현장으로,
 - 재해 당시 전체 공정률은 약 20%이고 지하층 골조공사 완료 후 건물 외측 웅벽(L형) 공사가 진행 중 이었음.

【참고 1】 현장 조감도 및 재해발생 위치

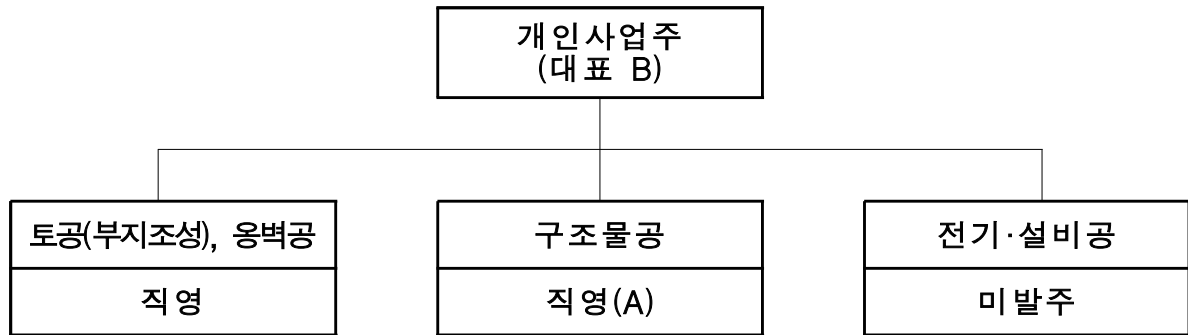


현장 조감도



재해발생 위치

2) 계약관계

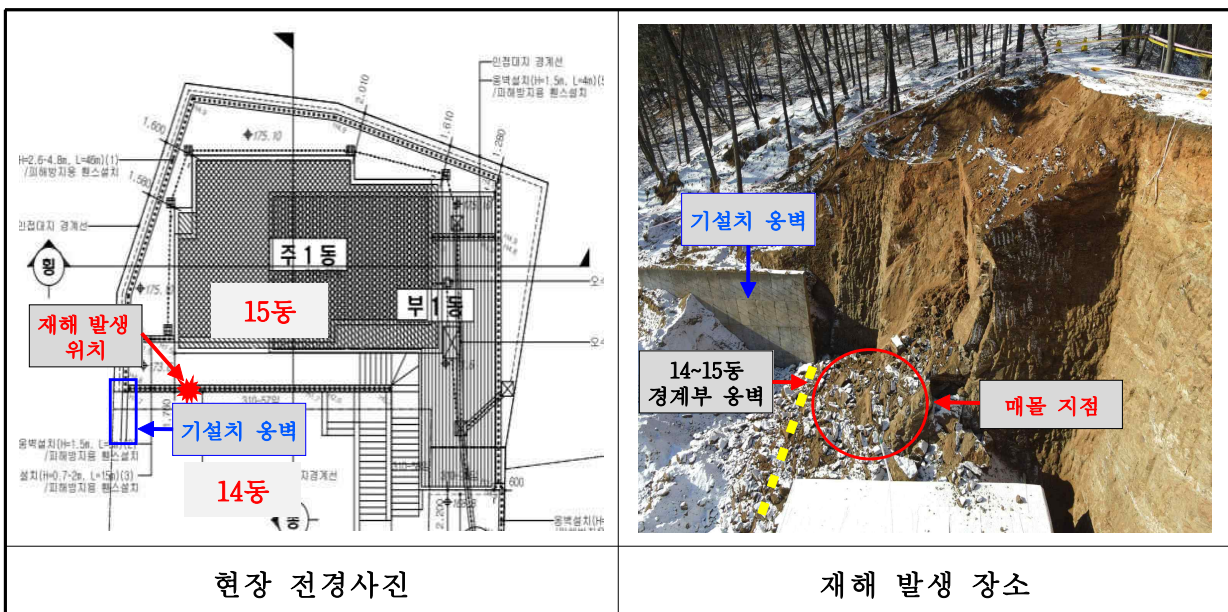


- 재해자 A와 구조물공사에 대해 단독주택 한동당 47.5백만원에 직영 공사 계약을 구두로 하였고, 최근 원가 상승으로 인해 63.0백만원에 변경 재계약함.
- 부대 공종인 웅벽공사는 재해자가 토공~구조물 시공까지 작업반장(일당 처리)으로 공사를 진행하고, 필요한 인원·장비는 대표 B가 지급하기로 구두 계약하였음.

3) 재해발생 장소

- 단독주택 14동~15동 대지경계부에 설치되는 웅벽구조물(담장용) 기초 터파기 구간

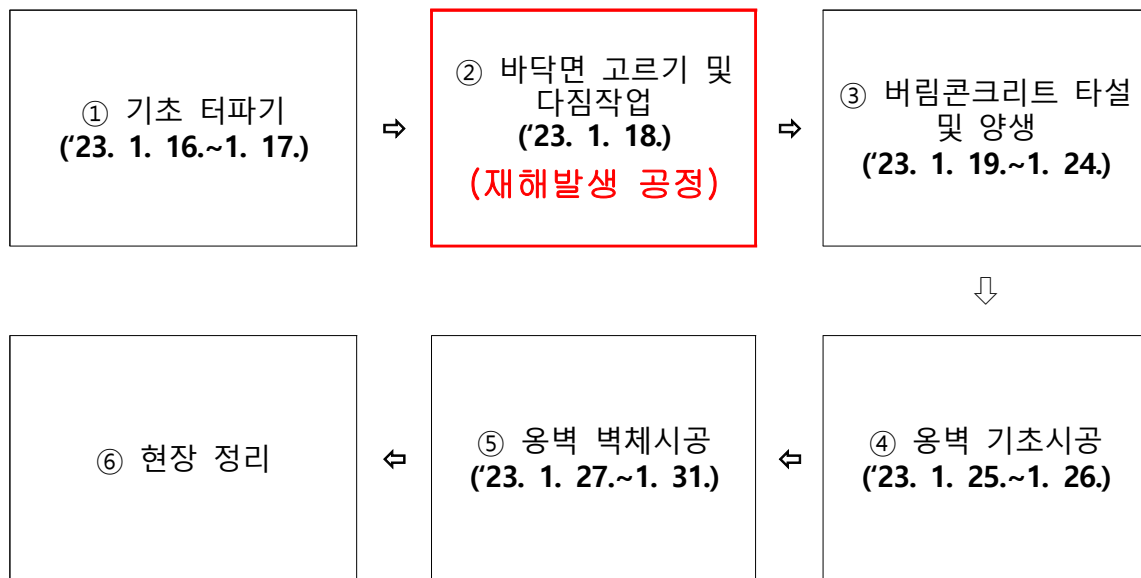
【참고 2】 현장 전경사진 및 재해 발생장소



나. 재해발생 공정

○ L형 옹벽(h=1.7~2.0m)의 기초 터파기 작업 후 버림콘크리트*의 시공을 위한 토공 마무리작업 중 사고가 발생했으며, 해당 현장의 옹벽 시공순서는 아래와 같음.

* 구조물 밑바닥에 까는 저강도의 콘크리트로 본체 콘크리트의 품질을 확보하거나 철근을 배근하기 위해 밑면을 평탄하게 만들기 위함



○ 굴착기(버켓용량 0.2㎥, 무한궤도식) 운전원 C의 진술에 따르면 재해 당일 A는 동료 작업자 D와 2인 1조로 버림 하단의 레벨측량을 하였고, 굴착기의 토공 작업을 지휘함.

다. 재해발생 과정

○ 2023. 1. 18.(수) 08:00경 재해자 A 등 3명은 단독주택 신축공사 현장에 출력하여,

- 당일 작업*에 대한 내용을 공유하고 해당 작업장소로 이동함.

* 재해 당일 작업내용

- 14동~15동 대지경계부 L형 옹벽 기초 바닥면 고르기 및 다짐 작업 : C(굴착기 운전원)
- 토공 바닥면 레벨측량 : A(재해자), D(동료작업자)

- 08:20경 재해자와 동료작업자 D는 굴착기를 이용해 웅벽 기초 하단의 바닥면 고르기 작업을 시작하였고,
- 14:25경 해당 작업을 완료한 후 잔토를 제거하기 위해 웅벽구간 밖으로 장비를 이동함.

〈바닥면 면고르기 작업 내용〉

1. 면고르기 작업

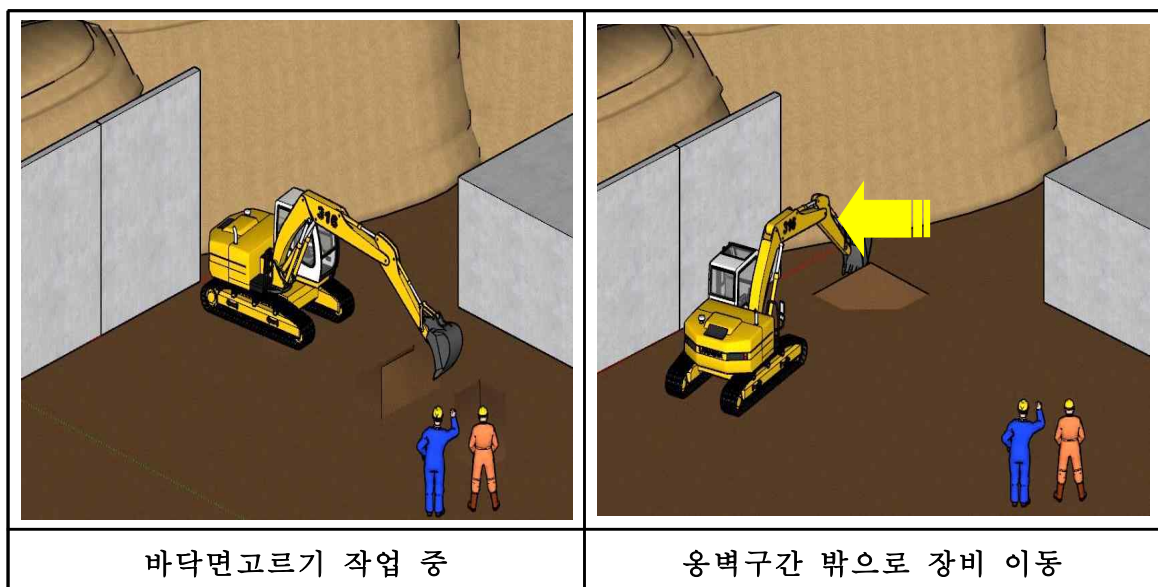
- 굴착기 등으로 토공 계획고까지 굴착 후 느슨한 재료나 이물질 등을 제거하고 평탄성 및 다짐도 확보를 위해 실시하는 작업

2. 작업 방법

- 재해자와 동료작업자 D가 지반의 레벨측량을 통해 필요한 토공량을 알려주면,
- 굴착기 운전원 C가 굴착기로 바닥면 고르기 및 다짐작업(괘도 및 버켓 이용)을 하였고 측량과 굴착 작업을 반복함.

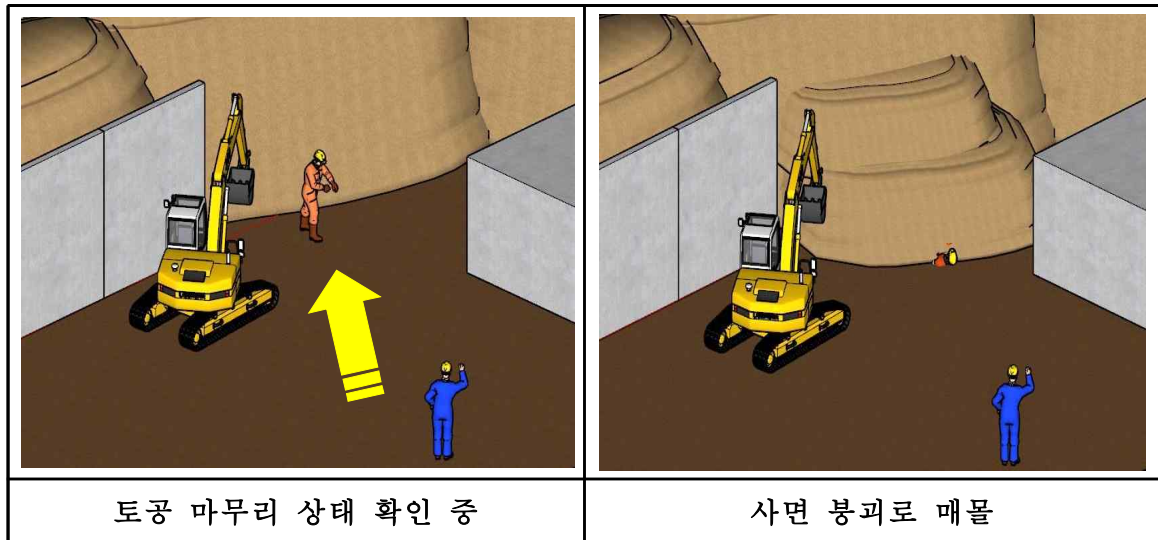
※ 측량 후 장비 작업 시 재해자와 동료작업자 D는 근처에서 작업 상황을 지켜 봄

【참고 3】 웅벽 구간 토공작업 관련



- 14:30경 재해자가 면고르기 작업이 완료된 구간으로 들어가 토공마무리 상태를 확인하던 중,
- 인접 절토사면이 붕괴되어 재해자가 매몰되자 대표 B 등 3명이 구조 작업을 하였으나 2차 붕괴로 인해 재매몰되어 사망한 재해임.

【참고 4】 옹벽 구간 토공작업 관련

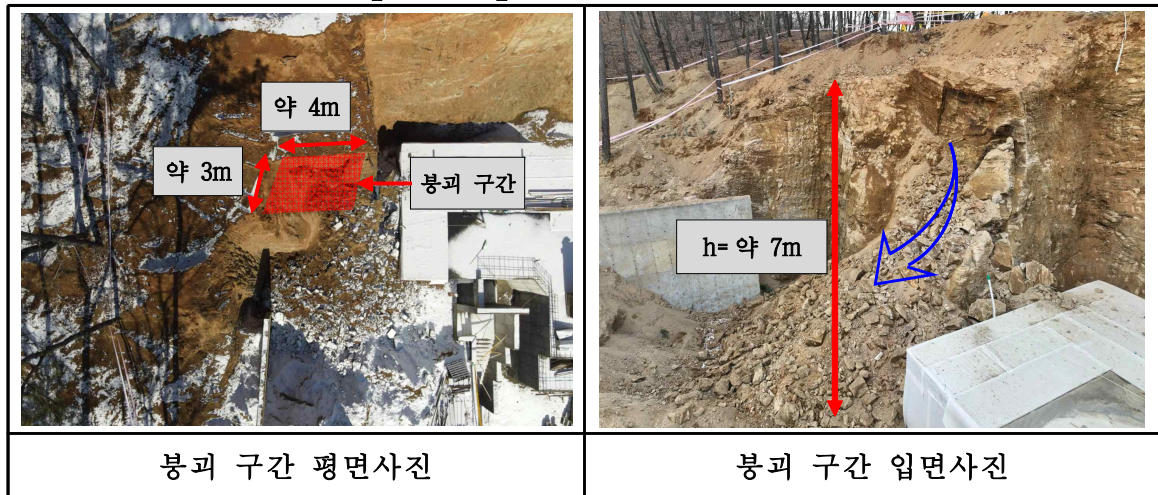


라. 조사·확인내용

1) 재해 기인물 확인

- 붕괴(사각뿔 형태)된 절토부 사면의 토석: 약 42m^3 (약 71ton)
 - 체적: $42\text{m}^3 = 3 \times 4\text{m} \times 7\text{m} \times \frac{1}{2}$, 중량: $71\text{ton} = 42\text{m}^3(\text{체적}) \times 1.7\text{ton}/\text{m}^3(\text{단위중량}^*)$
 - * 건설공사표준품셈 모래질 흙의 단위중량 $1.7\text{ton}/\text{m}^3$ 적용

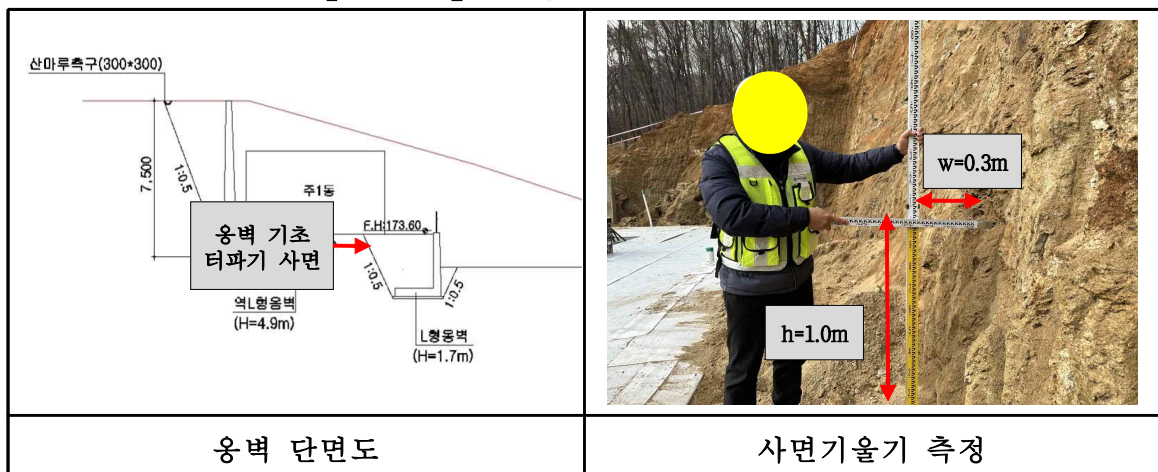
【참고 5】 붕괴된 절토 사면



2) 절토사면 관련 확인

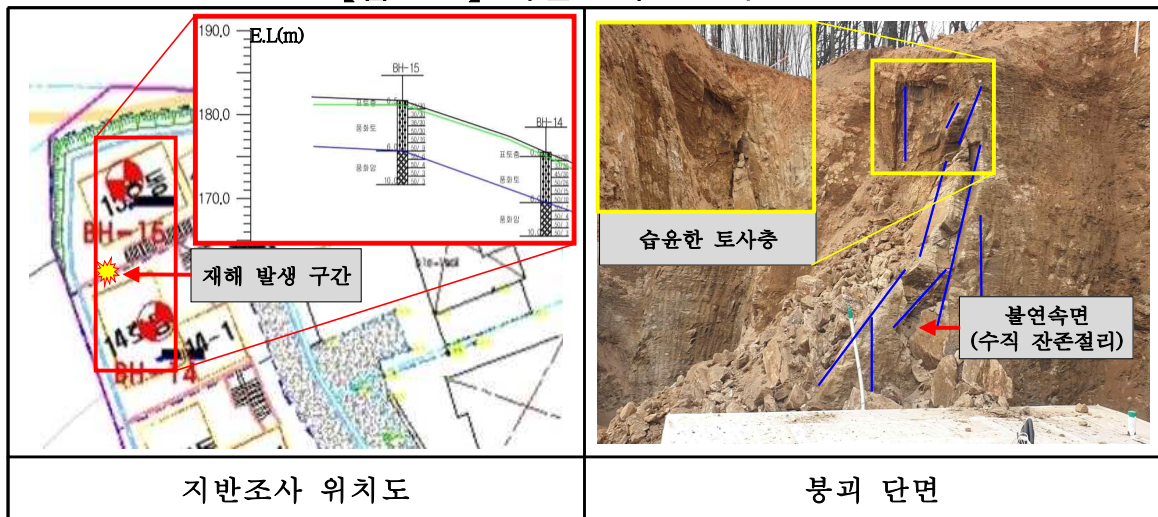
- (굴착면 기울기 확인) 설계상 토사~풍화암 지반의 굴착사면 기울기는 1:0.5이상 【참고 6 좌측】을 확보하여야 하나 약 1:0.3* 정도로 굴착함.
- * 붕괴구간의 절토사면 기울기는 측정이 불가하여 비슷한 구배의 인접 사면 기울기를 측정하였고, 별도의 굴착 관련 작업계획서는 미작성 상태임을 확인함

【참고 6】 옹벽 기초 터파기 관련



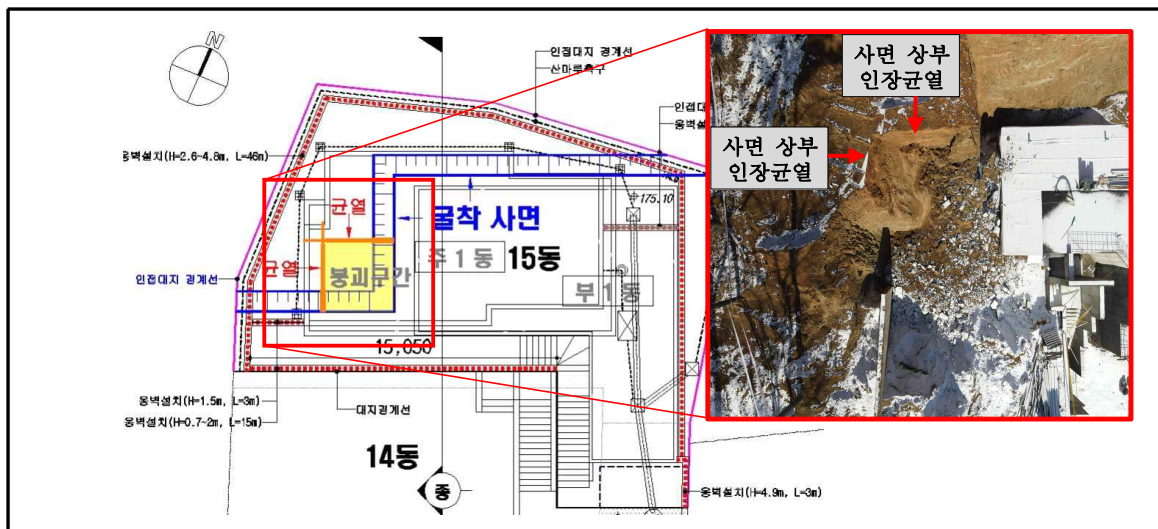
- (지층분포 확인) 재해발생 지점은 BH-14~15(지반조사 위치)사이에 위치하고 있어 토사~풍화암층으로 구성된 것을 알 수 있음. 【참고7 좌측 사진】
- 현장조사 시 붕괴단면 관찰 결과, 시추주상도 【참고자료 사진5,6 참조】와 유사한 층후(지층별 두께)를 보였으며 상부토사층은 습윤한 상태였음.
 - 또한, 풍화토층은 조밀한 모래층으로 재해 발생구간으로 발달한 불연속면(절리면)이 분포하고 있었음. 【참고7 우측 사진】

【참고 7】 지반조사보고서 관련



- (평면계획 확인) 지하주차장(부1동) 구조물과 옹벽 기초터파기 사면이 90도로 만나는 평면계획으로, 사면 상부 인장균열 발생 시 각 굴착면에 나란하게 발생한 크랙이 돌출부에서 교차하게 되는 불리한 구조임.

【참고 8】 터파기 및 붕괴현황



- (절토사면 상부 확인) 사면 상부는 별개제근*이 완료되어 느슨한 토사 지반이 노출된 상태로, 별도의 비 또는 강설 등의 침투방지조치는 미 실시 상태임. → 우수침투가 용이 했을것으로 판단됨.

* 토공 작업 전 지표에 있는 나무 뿌리, 초목 등을 장비를 이용해 제거하는 것

【참고 9】 사면 상부 전경사진



노출된 사면 상부(측면)

노출된 사면 상부(정면)

3) 강수 및 기온상황

- 재해 발생지역의 기상관측 자료가 없어 인접지역 일기예보*를 참고 해 보면
- 사고 발생 3~5일 전, 최대 32.0mm의 일강우량과 영하의 최저기온과 영상의 최고온도가 반복됨.

[참고 10] 일극값(출처: 기상청* 날씨누리)

[일극값자료] 경기광주 546 (123m) / 2023.01.18 / 경기도 광주시								
월.일	최대순간풍향 / 풍속(m/s)(시각)	최저기온 (시각)	최고기온 (시각)	일강우량	최저습도 (시각)	최고습도 (시각)	최저기압 (시각)	최고기압 (시각)
01.18	261.6 / W 7.8 (14:05)	-6.7 (23:19)	2.6 (14:38)	0	19 (15:29)	90 (08:10)	(:)	(:)
01.17	247.5 / WSW 4.1 (14:47)	-9.5 (03:15)	-1.0 (13:58)	0	42 (13:31)	84 (06:26)	(:)	(:)
01.16	33.8 / NE 5.6 (13:32)	-8.8 (23:56)	-0.8 (13:55)	0	27 (14:39)	86 (02:12)	(:)	(:)
01.15	28.1 / NNE 5.1 (00:03)	-3.2 (23:43)	1.6 (00:01)	4.5	81 (23:36)	96 (10:59)	(:)	(:)
01.14	39.4 / NE 7.3 (16:58)	1.5 (22:31)	6.0 (09:37)	4.0	87 (20:28)	97 (04:42)	(:)	(:)
01.13	25.3 / NNE 9.6 (06:40)	1.0 (02:15)	5.8 (15:26)	32.0	46 (00:02)	97 (18:01)	(:)	(:)

4) 재해발생 원인 추정

- 재해 발생 3~5일 전 내린 강우(약 40mm)와 동결·융해작용으로 인해 연약해진 지반을 돌출형으로 가파르게(약 1:0.3) 굴착함에 따라,
 - 사면 상부의 인장균열이 돌출부에서 서로 교차하게 되면서 얼어있던 토사층이 블록 형태로 붕괴되기 시작하였고,
 - 재해자 방향으로 발달되어 있던 풍화토의 수직 잔존절리에 의해 미끄러지듯이 사면하부에 있던 재해자를 덮친 것으로 추정됨.
- 토공 바닥면 다짐 작업 시 굴착기(약 5톤)의 무한궤도와 버켓 뒷면을 이용한 다짐방법에 따라 정량화 할 수 없는 진동과 충격이 붕괴를 가속화 했을것으로 사료됨.

5. 조사자 의견

가. 재해발생 원인

○ 절토 사면의 안정성 미확보

- 불연속면이 발달한 토사~풍화암층의 터파기 작업 시, 굴착면 기울기를 약 1:0.3 정도로 가파르게 굴착하여 안정성을 확보하지 못함.

○ 우수침투방지조치 미실시

- 재해 발생 3~5일 전 내린 강수가 별개제근 등으로 노출된 토사 지반에 침투하여 굴착사면의 붕괴 원인이 됨.

나. 재발방지 대책

○ 절토 사면의 안정성 확보

- 옹벽 기초 터파기 작업 시 토사~풍화암 지반을 굴착할 경우 굴착면 기울기를 1:1이상 충분히 확보하고,
- 부지 여유부족 등으로 기울기 확보가 어려운 경우 관련 전문기술사의 사면안정성 검토 의견에 따라 보강대책을 수립하여 시행할 필요가 있음.

○ 지반 붕괴 등에 의한 위험방지조치 실시

- 노출된 굴착 사면에 비나 눈 등이 내려 침투 할 경우를 대비해 산마루 측구를 설치하고, 비닐을 덮는 등 붕괴방지조치를 하여야 함.