

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. 재해발생 사업장 개요

사업장명	봉화임업	전화번호 (FAX)	
소재지	강원도 양구군	대표자	B
업종	(60001)벌목업	근로자수	3명
산재관리번호 (사업개시번호)		생산품 (사업내용)	벌목, 조재

2. 재해자 인적사항 및 상해정도

연번	성명	출생년도	소속	고용형태 (상용·일용·시간제 등)	상해정도 (사망/부상)
1	A	1972	봉화임업	일용직	사망

3. 재해발생 경위(6하 원칙에 의거 개조식으로 간략하게 작성)

발생형태	맞음	기인물	낙엽송
2024. 3. 21.(목) 14시 20분경 강원도 양구군 소재 벌목 작업 현장에서 재해자가 넘어지는 낙엽송에 등을 맞아 쓰러져 있는 것을 동료작업자(C)가 발견하여 119 신고 후 헬기로 이송하였으나 치료 중 사망함.			

4. 재해조사 내용

【본 재해조사 의견서는 안전보건공단에서 조사한 것으로 사업장 관계자 면담·진술내용 및 현장 확인 내용을 근거로 작성함.】

가. 사고의 경위

(1) 사업장 개요

- 봉화임업 대표는 개인 목상으로 사업자 등록(2017년 5월경 성립)을 내고 벌목업을 운영.

(2) 재해발생 장소

- 강원도 양구군 벌목 작업 현장에서 사고가 발생함.



[사진 1] 사고 발생 장소 및 전경

(3) 재해발생 과정

- 현장에서 벌목 작업 중 사고가 발생했으며 일반적인 작업순서*는 [표 1]과 같음

* 벌목 표준안전 작업지침 개정[고용노동부 고시 제2020-25호]

작업 공정	작업 설명
벌목 작업 ※ 사고발생	산지에서 벌목용 기계톱과 기구를 이용하여 수목의 지상부를 잘라 지면으로 넘기는 작업
▽	
조재 작업(가지치기)	벌목한 수목의 가지를 제거하고 용도에 따라 나무 기둥을 일정한 길이로 절단하는 작업 【펄프용: 1.2m / 목재용: 1.8m, 2.7m, 3.6m】
▽	
집재 작업	조재된 원목을 원치, 굴착기 및 스마트집재기 등을 이용하여 벌목현장 내 어느 한 장소에 적재하는 작업
▽	
운재 작업	벌목된 원목을 집재 장소에서 공장, 제재소, 시장 등의 소비 지역까지 운반하는 작업

[표 1] 작업 공정 순서도

구분	작업 관리자	작업조				
성명	B 대표	조재 및 운반(2명)		벌목공(3명)		
		B 대표	D (우드그랩 기사)	재해자	E	C
역할	총괄 작업 지휘	굴착기를 사용하여 일정한 길이로 자르는 조재 및 집재 작업		가지치기, 벌목 작업		

[표 2] 사고 당시 작업자 구성



[그림 1] 재해 발생 상황도(스케치업으로 재연)

○ [2024. 3. 21. 07:10분경] 재해자 등 작업자들이 산 밑 주차지에 집결하여 대표자가 안전점검 회의 및 안전교육을 실시.

○ [08:00분경] [사진 2, 3] 작업 현장*으로 이동하여 벌목 및 조재 등 작업 실시.

* 능선 기준 왼쪽 구역 작업자(E, C), 능선 기준 오른쪽 구역 재해자(H)



[사진 2] 왼쪽 작업 구역(사고 발생 위치)



[사진 3] 오른쪽 작업 구역(재해자 작업 구간)

○ [11:30분경] 오전 작업 종료 후 능선에서 3명이 모여 점심 식사.

○ [12:20분경] 오후 작업 시작.

○ [14:05분경] 동료 작업자(C)가 벌목 작업 중 기계톱이 나무에 끼어 재해자(A)에게 도움을 요청하였고, 재해자(H)가 동료 작업자 위치(왼쪽 작업 구역)로 이동하여 나무에 끼인 기계톱을 빼주고 잠시 쉬는 시간을 가짐.

○ [14:10분경] 재해자(H)는 본인의 작업 구역으로 이동*한다고 동료 작업자(C)에게 이야기를 하고 출발함.

* 다음 날 아침에 땅이 얼면 톱과 장비를 가지고 올라가기 힘들니 작업하던 위치(오른쪽 작업 구역)에 놓고 오겠다고 했음.

○ [14:15분경] 동료 작업자(C)가 작업하던 [사진 4] A 낙엽송에 수구각을 내고 추구를 하던 중에 A 낙엽송의 무게 중심이 톱쪽으로 가해져서 수구 반대 방향으로 나무가 넘어갈 것 같은 느낌이 들어 작업을 중단하였음.

○ 부근에 있는 B 낙엽송으로 이동하여 준비*하던 중 A 낙엽송이 재해자(H)**가 위치한 방향으로 갑자기 넘어가면서 재해자(H)의 등을 가격함.

* B 낙엽송을 넘기며 A 낙엽송을 쳐서 함께 넘기기 위한 것으로 확인.

** 재해자(H)가 동료 작업자(C)에게 기계톱을 다시 가져오기 힘드니 본인 작업 위치에 기계톱과 장비를 다시 두고 온다 말하고 출발하였으나, 사고 발생 당시 동료 작업자(C)의 작업 안전거리 반경(위험지역) 내에 있었음.



[사진 4] A 낙엽송 및 B 낙엽송 위치

○ [14:22분경] 119에 신고 후 산악구조대가 도착하여 응급조치*를 했고 이송이 어려워 헬기를 요청함.

* 응급조치 당시 119 대원 질문에 대답을 하며 의식이 있던 상태.

○ [16:05분경] 헬기로 병원으로 이송하여 치료 중 사망함.

나. 가해물 정보

○ 가해물

항목	세부사항
품목	낙엽송(별도목)
나무 전체 길이	약 26.8m
재해자 가격 지점 길이	약 18.8m**
수구각	약 37.2°
파괴층 형성	약 최대 8.5cm ~ 약 최소 4cm(평균 6.25cm)
가슴높이 둘레	약 90.5cm(바닥으로부터 130cm 기준)
뿌리 부분 지름	약 33cm
중량	약 1.8ton

무게추정 계산식 근거(조경설계기준, 2013)

$$W(kg) = k \times 3.14 \times \left(\frac{B}{2}\right)^2 \times h \times w_1 \times (1+p)$$

k : 수간형상계수(0.5)

B : 흉고직경(근원직경)

h : 수고(26.8m)

p : 지엽의 과다에 의한 보합률(임목 0.3)

w_1 : 수간의 단위당 중량(낙엽송 약 $1,200kg/m^3$)

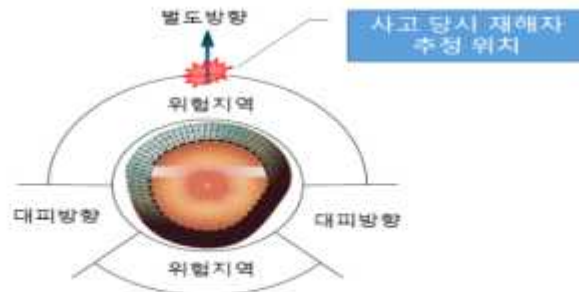
※ 출처: 조경설계요람, 문석기외, 1998.2, 조경출판사

다. 조사·확인 내용

(1) 안전거리 준수 여부

- 별목 대상 수목을 중심으로 수고(나무 높이) 2배에 해당하는 직선거리* 안에는 출입을 하지 못하도록 해야 하나
- 사고 당시 동료 작업자(C)의 작업 반경** 내 재해자가 위치함.

* 수고(26.8m)×2배=53.6m



<그림 2> 절단작업(그림출처: HSE AFAG302 Fig.1)

[그림 2] 사고 당시 위험지역 내 재해자 위치

(2) 가해물(낙엽송) 별목작업 세부내용

- (수구각) 별목하려는 나무의 가슴 높이 직경이 20cm 이상인 경우에는 수구의 상면·하면의 각도를 30°이상, 깊이는 뿌리 지름의 4분의 1이상 3분의 1 이하로 수구각을 만들어야 하며, 현장을 확인한 결과 [표 3]과 같이 수구각과 수구깊이는 적정한 것으로 확인됨.

※ 발도 방향은 수구각 방향으로 넘어감.

- (파괴층) 따라베기(추구) 작업 시 파괴층*(경첩부)은 직경의 10%, 최소 2cm 이상이어야 하며, 두께를 확인한 결과 [표 3]과 같이 최대 8.5cm ~ 최소 4cm로 형성된 것을 확인함.

* 파괴층: 나무가 넘어갈 때까지 지탱을 해주고 올바른 벌목 방향을 유지하기 위해 적절한 두께를 유지해야 함.

- 수구각이 적정하고 파괴층도 기준에 들어오긴 했으나 기준보다 두꺼워서 즉시 넘어가지 않고 동료 작업자(C)가 B 낙엽송으로 이동하여 준비할 때까지 자립할 수 있었던 것으로 추정됨.

	측정치	기준치	판단
수구각	37.2°	30° 이상	●
수구각 깊이	9cm	8.25cm ~ 약 11cm 사이* * (뿌리 부분 지름 $33 \times \frac{1}{4} \sim \frac{1}{3}$)	●
파괴층 두께	약 8.5cm ~ 약 4cm(평균 6.25cm)	직경의 10%, 최소 2cm	▲

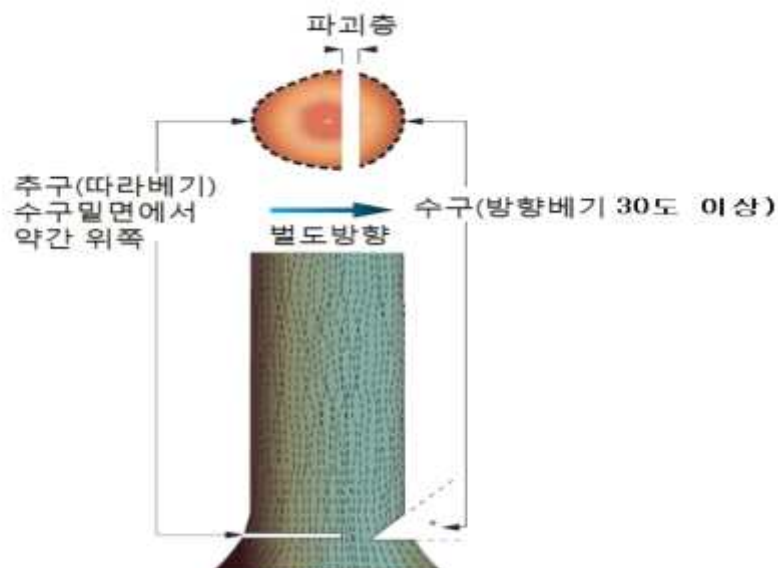
[표 3] 측정치 적정 확인

<표 3> 파괴층의 두께에 대한 권장기준치 비교¹⁰⁾

출처구분	강원2006-7-675	임업연구원	HSE AFAG302
파괴층의 두께(폭)	직경의 10 %, 최소 20 mm	충분할 것	최소 25 mm

10) 출처 : 강원 2006-7-675 27쪽, 임업연구원 임업연수부 벌목작업(박승수) 241쪽, HSE AFAG302 2/2쪽 16번. 특히 임업연구원 임업연수부 241쪽은 '파괴층의 한쪽 또는 전부를 다 절단해 버리면 예정한 벌목방향으로 넘어가지 않아도 이를 교정해 줄 수가 없어 사고의 위험이 높아진다'고 강조한다.

[그림 3] 파괴층 형성 권장 기준[KOSHA GUIDE(G-63-2011) 참조]



[그림 4] 방향베기(수구) 수구각 따기, 따라베기(추구) 예시

(3) 적절한 작업방법 검토

- A 낙엽송(가해물)에 수구각을 내고 추구를 하였으나, 원하는 방향으로 넘어지지 않을 것 같다는 판단으로 즉시 넘기지 않고, 불안정하게 서있는 상태로 둔 채 B 낙엽송으로 이동하여 B 낙엽송을 넘기며 동시에 A 낙엽송을 쳐서 함께 넘기려는 위험한 작업 방법을 선택하였음.

(4) 환경적 영향

- (풍속) 기상청의 AWS(지역별상세관측자료)에 의하면 사고 발생 당시 양구군 11:10~11:20경 최대 풍속은 1.6m/s로 보퍼트 풍력 계급 중 남실바람(1.6~3.3m/s)에 해당되며 나뭇잎이 흔들리는 바람으로 강하지는 않지만 재해발생장소가 산지(골짜기)임을 감안하면 벌목 작업 시 골바람 등의 영향을 일부 받을 수 있다고 추정됨.

매분관측자료

양구 556 (188m) / 2024.03.21. 14:20 /

시:분	강수	강수15	강수30	강수45	강수60	강수75	강수90	습강수	기온	풍향1	풍속1(m/s)	풍향10	풍속10(m/s)	습도	해면기압		
14:20	0	0	0	0	0	0	0	0	8.6	18.8	NNE	2.0	37.2	NE	1.3	27	-
14:19	0	0	0	0	0	0	0	0	8.6	23.8	NNE	1.5	38.5	NE	1.2	28	-
14:18	0	0	0	0	0	0	0	0	8.5	22.0	NNE	1.6	37.3	NE	1.1	28	-
14:17	0	0	0	0	0	0	0	0	8.4	41.6	NE	0.8	34.3	NE	1.1	27	-
14:16	0	0	0	0	0	0	0	0	8.2	54.8	NE	0.4	27.2	NNE	1.1	27	-
14:15	0	0	0	0	0	0	0	0	8.3	58.8	ENE	0.5	22.1	NNE	1.2	26	-
14:14	0	0	0	0	0	0	0	0	8.5	65.9	ENE	0.8	18.3	NNE	1.4	27	-
14:13	0	0	0	0	0	0	0	0	8.6	17.3	NNE	1.5	13.9	NNE	1.5	26	-
14:12	0	0	0	0	0	0	0	0	8.8	40.2	NE	2.1	14.3	NNE	1.6	27	-
14:11	0	0	0	0	0	0	0	0	8.9	30.2	NNE	2.1	16.4	NNE	1.4	28	-
14:10	0	0	0	0	0	0	0	0	8.7	30.7	NNE	0.9	21.7	NNE	1.3	28	-

[그림 5] 기상청 사고 당일(3. 21.) 날씨 조회 결과

보퍼트 풍력 계급표				
풍력 계급	명칭	풍속(m/s) (지상10m)	육상상태	해면상태
0	고요 (Calm)	0-0.2	연기가 수직으로 올라감	거울과 같은 해면
1	실바람 (Light air)	0.3-1.5	풍향은 연기가 날리는 것으로 알 수 있으나, 풍향계는 움직이지 않음	물결이 생선바늘같이 작고(파고 0.1m), 물거품이 없음
2	남실바람 (Light air)	1.6-3.3	바람이 얼굴에 느껴짐, 나뭇잎이 흔들리며 깃발이 가볍게 날림	물결이 작게 일고(파고 0.2m), 파의 마루가 부서지지 않고 모양이 뚜렷함.
3	산들바람 (Gentle air)	3.4-5.4	나뭇잎과 가는 가지가 끊임없이 흔들리고 깃발이 가볍게 날림	물결이 커지고(파고 0.6m), 파마루 가 부서져서 물거품이 생겨 흰 파도가 간간히 보임
4	건들바람 (Moderate breeze)	5.5-7.9	먼지가 일고 종잇조각이 날리며 작은 가지가 흔들림	파도가 일고(파고 1m), 파장이 길어지며 흰파도가 많이 보임

[그림 6] 보퍼트 풍력 계급표(남실바람 해당)

□ 결 론

- 적정한 수구각(약 37.2°)과 추구 작업까지 실시하여 언제든 넘어갈 수 있는 대상목(가해물)을 즉시 넘기지 않고, 인근 나무를 별도하여 가해목 방향으로 쓰러뜨려 함께 넘기려는 잘못된 작업 방법을 선택함.
- 재해자가 본인 구역으로 이동한다고 하였으나, 수고의 2배 이내 거리에 있음을 확인하지 못함.
- ☞ 적정한 수구각과 추구를 만들어(약 85% 이상 진행) 거의 베어진 나무가 바람 등의 사유로 인해 불시에 넘어가며, 수고(나무 높이) 내에 있는 재해자를 가격하여 사고가 발생된 것으로 추정.

구 분	확인결과
안전거리	미흡
수구각, 수구깊이	적정
위험성평가	실시
작업계획서	미작성
안전교육	실시
기상 현황	양호

[표 4] 조사 및 확인결과

5. 조사자 의견

가. 재해발생 원인

○ 벌목 작업 시 안전거리 미확보

- 벌목하려는 경우 벌목하려는 나무로부터 해당 나무 높이의 2배[수고(26.8m)×2배=53.6m]에 해당하는 직선거리 안에서 다른 작업을 실시하지 않아야 하나, 수고 높이 거리 내(18.8m)에 재해자가 위치하여 벌목 작업을 실시함.

○ 중량물 취급 작업계획서 미작성

- 벌목 등 중량물의 취급 작업 시 작업계획서를 작성하여야 하나 미작성함.

○ 작업 방법 미흡

- 수구각과 추구 등 거의 다 베어놓은 나무는 수구방향으로 즉시 넘겨야하나, 인근에 있는 다른 나무를 별도하여 함께 넘기려는 위험한 작업 방법을 선택함.

나. 재해예방 대책

○ 벌목 작업 시 안전거리 확보

- 벌목작업 중에는 벌목하려는 나무로부터 수고(해당 나무 높이)의 2배에 해당하는 직선거리 안에서 다른 작업을 하지 않아야 함.

○ 중량물 취급 작업계획서 작성

- 벌목 등 중량물의 취급 작업 시 추락·낙하·전도·협착·붕괴위험을 예방할 수 있는 안전대책이 포함된 작업계획서를 작성하고 그에 따른 작업을 실시하여야 함.

○ 적절한 작업 방법 이행

- 벌목 작업 시 인근에 있는 다른 나무를 별도하여 함께 넘기려는 방법을 사용해서는 안되며, 수구각과 추구 작업을 실시한 나무는 즉시 수구각 방향으로 넘겨야 함.