연구보고서

중대재해 유형별 현황 분석 연구

조 윤 호

산업재해예방
안전보건공단
산업안전보건연구원

요 약 문

연구기간 2019년 2월 ~ 2019년 11월

핵심단어 업무상 사고 사망, 재해원인 분석, 의사결정나무 분석, 서열분석, 작업환경실태조사, 근로환경조사

연구과제명 중대재해 유형별 현황 분석 연구

1. 연구배경

- 산업 현장의 사고 사망 감소를 위해서는 사고 사망에 대한 원인 분석에 기초한 데이터 중심의 과학적 접근 필요
- 안전보건공단에 중대재해조사 보고서 자료가 있음에도 불구하고 비정형화된 문서로 되어 있어 이에 대한 심층 분석은 미흡
- 본 연구의 목적은 (1) 업무상 사고 사망 재해에 대한 중대재해조사 보고서를 데이터화하여 통계 정보를 산출하고, (2) 산출된 통계 정보를 활용하여 다각적 분석을 실시하며, (3) 중대재해조사 보고서 외에 다른 정보와의 연계 분석을 통해 업무상 사고 사망 재해의 발생과 관련된 요인들을 파악하여 사망사고 재해감소에 활용 가능한 정보를 제공하고자 함

2. 주요 연구내용

- 과거 3년간(2016년~2018년) 업무상 사고 사망자에 2,575명에 대한 중대재해조사 보고서 자료를 51개 항목으로 구분하여 상세 코드로 분류 후 분석
- (기초통계 결과) 연도별로 기타업종을 제외한 제조업과 건설업에서 모두 감소하여 전체적으로 감소하는 경향. 30인 미만 사업장에서 발생한 경우가 전체의 50% 이상을 차지. 재해발생형태는 전반적으로 떨어짐 재해가 가장 많으나 제조업의 경우 끼임 재해가 가장 많음. 재해자는 업종에 관계없이 50대 이상 장년층의 비중이 가장 높음.

- (의사결정나무 분석 결과) 변수의 연관성 분석 및 사례 분석 실시
  - 제조업 끼임 재해의 경우 미설치된 안전방호설비, 불안전한 상태 그리고 기인물의 조합이 최적화된 분류 특성으로 산출되었으며, 세 가지 특성들의 결합 분포에서는 미설치된 안전방호설비가 인터록 장치이고, 불안전한 상태가 가동 중 수리 점검이며, 기인물이 일반 제조 가공 설비·기계인 경우가 가장 많음
  - 건설업의 경우 떨어짐 재해가 가장 많으며, 미설치된 안전방호장치·설비와 기인물 그리고 불안전한 상태의 조합이 최적화된 분류 특성이며, 이들의 결합분포는 미설치된 안전방호 장치·설비가 추락방지망이고 기인물이 기타 건물·구조물이며 불안전한 상태가 방호장치 미설치 및 불량인 경우가 가장 많음
  - 기타 업종의 경우 떨어짐 재해가 가장 많고, 미설치된 안전방호장치·설비와 불안전한 상태 그리고 기인물이 최적화된 분류 특성이며, 이들의 결합분포에서는 미설치된 안전방호장치·설비가 추락 방호시설이고 불안전한 상태가 작업발판 미설치 및 불량이며 기인물이 계단 및 사다리인 경우가 가장 많음
- (서열분석 결과) 기인물, 불안전한 상태, 불안전한 행동 및 재해발생형태의 서열 구조 특성 분석 실시
  - 떨어짐 재해의 경우 제조업은 '지붕 대들보-작업발판 미설치 및 불량-보호구 미착용 및 착용상태 불량', 건설업은 '철골빔 트러스-단부 방호시설 미설치·불량-방호시설 미설치 상태로 방치', 기타 업종은 '사다리-작업발판 미설치·불량-보호구 미착용 및 착용상태 불량' 유형에서 사고 사례가 가장 많음.
  - 끼임 재해의 경우 제조업은 '기타 운반·인양 설비·기계-가동 중 수리·점검-작동 중인 기계·기구의 청소 및 수리' , 건설업은 '굴착 및 적재 관련 기계-작업유도자 배치 및 신호체계 미흡-상호연락 신호 불충분', 기타 업종은 '승강기-방호장치 미설치-안전방호장치 미설치 방치' 가 가장 많음.
  - 깔림 재해의 경우 제조업은 '인양설비·기계-작업유도자 배치 및 신호

체계 미흡-운반절차 및 방법 부적절', 건설업은 '지게차-작업유도자 배치 및 신호체계 미흡-운반절차 및 방법의 부적절', 기타 업종은 '인양 설비·기계-조립·해체 작업절차 부적절-기타 관리 감독 미흡 및 부적절' 인 경우와 '인양 설비·기계-작업유도자 배치 및 신호체계 미흡-기타 관리 감독 미흡 및 부적절' 인 사례가 가장 많음.

- (연계분석 결과) 업무상 사고 사망 재해 정보와 작업환경실태조사 자료 및 근로환경조사 자료와 연계 분석 실시
  - 목재가공기계, 사출성형기, 양중기, 인쇄기, 지게차, 포장기계, 프레스, 혼합파쇄기의 보유대수 1만대 당 사망자 비율이 가장 높은 것은 지게차로 4.028명, 혼합파쇄기가 2.869명으로 두 번째였음
  - 제조업과 건설업은 일요일에 일하는 것이 평일보다 사망 위험도가 2배 이상 높았으나, 기타 업종의 경우에는 평일에 비하여 토요일과 일요일의 사망자 비율이 상대적으로 낮게 나타남
  - 제조업은 근속기간이 증가할수록 사망자 비율이 증가하나 2년을 기준으로 크게 감소. 건설업은 근속기간이 증가할수록 사망자 비율은 감소하며, 1년과 2년 시점에서 크게 감소. 기타 업종은 근속기간이 증가할수록 사망자 비율은 감소하며, 2년을 기점으로 크게 감소하나 5년 이상 시점에서 감소하는 비율은 제조업과 건설업에 비해 상대적으로 낮음

3. 연구 활용방안

- 중대재해조사 보고서를 이용한 통계 정보 생산이 정례화와 향후 다양한 자료와의 연계 분석을 통해 산재예방을 위한 정보 생산 가능성 제시
- 사고 원인 분석을 위해 중대재해조사 방식 및 조사 양식 개선
- 사고 사망을 줄이기 위한 사업 수행의 기초 정보 및 자료 제공

4. 연락처

- 산업안전보건연구원 정책제도연구부 조윤호 연구위원
- ☎ 052) 703 - 0823
- E-mail uno@kosha.or.kr

차 례

Ⅰ. 서 론 …… 1
1. 연구의 필요성 및 목적 …… 1
2. 선행 연구 검토 …… 4

Ⅱ. 연구방법 …… 8
1. 분석대상 …… 8
2. 중대재해조사 보고서의 코드 분류 …… 9
3. 분석방법 …… 14
4. 연구추진체계 …… 17

Ⅲ. 연구결과 …… 18
1. 분석 대상 업무상 사고 사망 사례의 특성 분포 …… 18
2. 의사결정나무 분석(decision tree analysis) 결과 …… 43
3. 서열분석(sequence analysis) 결과 …… 135
4. 연계 분석 …… 163

Ⅳ. 제언 및 결론 …… 174
1. 결론 …… 174
2. 제언 …… 180

참 고 문 헌 …… 184
ABSTRACT …… 186
[부록] 비계(Scaffold)에 의한 사고사망 재해 분석 …… 188

표 차례

〈표 Ⅱ-1〉 연도별 업무상 사고 사망 재해자수 현황 및 분석 대상 ····· 9
〈표 Ⅱ-2〉 대분류 “1. 건축공사” 분류 코드 변경 내용 ····· 11
〈표 Ⅱ-3〉 대분류 “9. 기타 건설공사” 분류 코드 변경 내용 ····· 12
〈표 Ⅱ-4〉 기인물 코드 변경 사항 ····· 13
〈표 Ⅲ-1〉 업무상 사고 사망자의 사업장 업종 분포 ····· 18
〈표 Ⅲ-2〉 업무상 사고 사망자의 발생 연도별 업종별 분포 ····· 19
〈표 Ⅲ-3〉 업무상 사고 사망자의 연도별 지청별 분포 ····· 19
〈표 Ⅲ-4〉 업무상 사고 사망자 발생 연도별 사업장 규모별 분포 ····· 20
〈표 Ⅲ-5〉 중분류 업종별 분포(제조업) ····· 21
〈표 Ⅲ-6〉 사업장 규모별 분포(제조업) ····· 22
〈표 Ⅲ-7〉 원·하청 사업장 분포(제조업) ····· 22
〈표 Ⅲ-8〉 지역 공정 분포(제조업) ····· 23
〈표 Ⅲ-9〉 작업 내용 분포(제조업) ····· 24
〈표 Ⅲ-10〉 기인물 분포(제조업) ····· 24
〈표 Ⅲ-11〉 불안전한 상태 분포(제조업) ····· 25
〈표 Ⅲ-12〉 미설치 된 안전방호 설비별 분포(제조업) ····· 25
〈표 Ⅲ-13〉 작업 형태 분포(제조업) ····· 26
〈표 Ⅲ-14〉 재해발생 형태 분포(제조업) ····· 26
〈표 Ⅲ-15〉 공사 종류별(대분류) 분포 ····· 27
〈표 Ⅲ-16〉 건축공사의 공사 종류별(중분류) 분포 ····· 27
〈표 Ⅲ-17〉 지역 공정 분포(건설업) ····· 28
〈표 Ⅲ-18〉 단위 공정 분포(건설업) ····· 28

<표 Ⅲ-19> 원·하청 사업장 분포(건설업) ····· 29
<표 Ⅲ-20> 공사 금액별 분포(건설업) ····· 29
<표 Ⅲ-21> 작업 내용 분포(건설업) ····· 30
<표 Ⅲ-22> 기인물 분포(건설업) ····· 30
<표 Ⅲ-23> 불안전한 상태 분포(건설업) ····· 31
<표 Ⅲ-24> 미설치 안전방호 설비 분포(건설업) ····· 31
<표 Ⅲ-25> 주요 발생 형태 분포(건설업) ····· 32
<표 Ⅲ-26> 업종별 분포(기타 업종) ····· 32
<표 Ⅲ-27> 사업장 규모별 분포(기타 업종) ····· 33
<표 Ⅲ-28> 원·하청 사업장 분포(기타 업종) ····· 33
<표 Ⅲ-29> 지역 공정 분포(기타 업종) ····· 34
<표 Ⅲ-30> 작업 내용 분포(기타 업종) ····· 34
<표 Ⅲ-31> 기인물 분포(기타 업종) ····· 35
<표 Ⅲ-32> 불안전한 상태 분포(기타 업종) ····· 35
<표 Ⅲ-33> 미설치된 안전방호시설 분포(기타 업종) ····· 36
<표 Ⅲ-34> 작업 형태 분포(기타 업종) ····· 36
<표 Ⅲ-35> 재해 발생 형태 분포(기타 업종) ····· 37
<표 Ⅲ-36> 업종별·성별 분포 ····· 38
<표 Ⅲ-37> 업종별·연령별 분포 ····· 38
<표 Ⅲ-38> 업종별·국적별 분포 ····· 39
<표 Ⅲ-39> 업종별·직업별 분포 ····· 40
<표 Ⅲ-40> 업종별·근속기간별 분포 ····· 41
<표 Ⅲ-41> 업종별·종사상 지위별 분포 ····· 42
<표 Ⅲ-42> 업종별·근무 형태별 분포 ····· 42
<표 Ⅲ-43> 의사결정나무 분류 정확도 결과(제조업, 끼임) ····· 45

<표 Ⅲ-44> 주요 요인의 결합 분포(제조업, 끼임) ····· 47
<표 Ⅲ-45> 의사결정나무 분류 정확도 결과(제조업, 떨어짐) ····· 61
<표 Ⅲ-46> 주요 요인의 결합 분포(제조업, 떨어짐) ····· 61
<표 Ⅲ-47> 의사결정나무 분류 정확도 결과(제조업, 깔림) ····· 76
<표 Ⅲ-48> 주요 요인의 결합 분포(제조업, 깔림) ····· 77
<표 Ⅲ-49> 의사결정나무 분류 정확도 결과(건설업, 떨어짐) ····· 87
<표 Ⅲ-50> 주요 요인의 결합 분포(건설업, 떨어짐) ····· 88
<표 Ⅲ-51> 의사결정나무 분류 정확도 결과(건설업, 물체에 맞음) ··· 114
<표 Ⅲ-52> 주요 요인의 결합 분포(건설업, 물체에 맞음) ····· 114
<표 Ⅲ-53> 의사결정나무 분류 정확도 결과(건설업, 부딪힘) ····· 119
<표 Ⅲ-54> 불안전한 상태 특정 분포(건설업, 부딪힘) ····· 120
<표 Ⅲ-55> 의사결정나무 분류 정확도 결과(기타 업종, 떨어짐) ····· 126
<표 Ⅲ-56> 주요 요인의 결합 분포(기타 업종, 떨어짐) ····· 126
<표 Ⅲ-57> 분석 대상 업무상 사고 사망 재해발생형태 분포 ····· 136
<표 Ⅲ-58> 떨어짐 재해의 상위 5개 다빈도 서열 유형 ····· 137
<표 Ⅲ-59> 업종별 떨어짐 재해의 다빈도 서열 분포
(대분류 기준) ····· 138
<표 Ⅲ-60> 대분류 1순위 서열 유형의 소분류 서열 분포
(제조업, 떨어짐) ····· 139
<표 Ⅲ-61> 대분류 1순위 서열 유형의 소분류 서열 분포
(건설업, 떨어짐) ····· 140
<표 Ⅲ-62> 대분류 1순위 서열 유형의 소분류 서열 분포
(기타 업종, 떨어짐) ····· 142
<표 Ⅲ-63> 끼임 재해의 상위 5개 다빈도 서열 유형 ····· 143
<표 Ⅲ-64> 업종별 끼임 재해의 다빈도 서열 분포(대분류 기준) ····· 144

〈표 Ⅲ-65〉 대분류 1순위 서열 유형의 소분류 서열 분포
(제조업, 끼임) ····· 145
〈표 Ⅲ-66〉 대분류 1순위 서열 유형의 소분류 서열 분포
(건설업, 끼임) ····· 147
〈표 Ⅲ-67〉 대분류 1순위 서열 유형의 소분류 서열 분포
(기타 업종, 끼임) ····· 148
〈표 Ⅲ-68〉 깔림 재해의 상위 5개 다빈도 서열 유형 ····· 149
〈표 Ⅲ-69〉 업종별 깔림 재해의 다빈도 서열 분포(대분류 기준) ····· 150
〈표 Ⅲ-70〉 대분류 1순위 서열 유형의 소분류 서열 분포
(제조업, 깔림) ····· 151
〈표 Ⅲ-71〉 대분류 1순위 서열 유형의 소분류 서열 분포
(건설업, 깔림) ····· 152
〈표 Ⅲ-72〉 대분류 1순위 서열 유형의 소분류 서열 분포
(기타 업종, 깔림) ····· 153
〈표 Ⅲ-73〉 물체에 맞음 재해의 상위 5개 다빈도 서열 유형 ····· 154
〈표 Ⅲ-74〉 업종별 물체에 맞음 재해의 다빈도 서열 분포
(대분류 기준) ····· 155
〈표 Ⅲ-75〉 대분류 1순위 서열 유형의 소분류 서열 분포
(제조업, 물체에 맞음) ····· 156
〈표 Ⅲ-76〉 대분류 1순위 서열 유형의 소분류 서열 분포
(건설업, 물체에 맞음) ····· 157
〈표 Ⅲ-77〉 대분류 1순위 서열 유형의 소분류 서열 분포
(기타 업종, 맞음) ····· 158
〈표 Ⅲ-78〉 부딪힘 재해의 상위 5개 다빈도 서열 유형 ····· 159

<표 Ⅲ-79> 업종별 부딪힘 재해의 다빈도 서열 분포
(대분류 기준) ……160
<표 Ⅲ-80> 대분류 1순위 서열 유형의 소분류 서열 분포
(제조업, 부딪힘) ……162
<표 Ⅲ-81> 대분류 1순위 서열 유형의 소분류 서열 분포
(건설업, 부딪힘) ……162
<표 Ⅲ-82> 대분류 1순위 서열 유형의 소분류 서열 분포
(기타 업종, 부딪힘) ……163
<표 Ⅲ-83> 유해위험기계기구의 보유대수 대비 사망자비 분포 ……164
<표 Ⅲ-84> 업종별 유해·위험 기계·기구별 보유대수 대비
사망자비 ……164
<표 Ⅲ-85> 규모별 유해·위험 기계·기구별 보유대수 대비
사망자비 ……166
<표 Ⅲ-86> 업종별 사망 사고 발생 요일별 분포 …… 169
<표 Ⅲ-87> 업종별 요일별 근로자수, 사망자수, 사망자 비율 분포 …· 170
<표 Ⅲ-88> 근속기간별 근로자수, 사망자 수, 사망자 비율 분포 ……· 172
<부표 1> 분석 대상 전체 대비 「비계」로 인한 사고사망 건수 …… 188
<부표 2> 연도별 떨어짐 재해 중 「비계」로 인한 사고사망 건수 …… 189
<부표 3> 연도별 비계종류별 사고사망 건수 …… 190
<부표 4> 쌍줄비계 작업에 따른 사고사망 건수 및 비율 …… 193
<부표 5> 비계 설치 중 발생한 사고사망 사례 …… 195
<부표 6> 비계 해체 중 발생한 사고사망 사례 …… 196
<부표 7> 비계 상부 작업 중 건축물과 비계 사이로 떨어진
사고사망 …… 199

〈부표 8〉 비계 상부 작업 중 건축물 반대편(외측)으로 떨어진 사고사망 ····· 202
〈부표 9〉 비계에서 이동 중 떨어진 사고사망 ····· 206
〈부표 10〉 비계의 전도로 인한 사고사망 ····· 207
〈부표 11〉 달비계의 사고 발생 유형별 발생 건수 및 비율(%) ····· 209
〈부표 12〉 이동식 비계의 사고 발생 유형별 발생 건수 및 비율(%) ·· 213
〈부표 13〉 이동식 비계의 이동 중 사고 사망 ····· 214
〈부표 14〉 이동식 비계의 작업 중 사고 사망 ····· 217
〈부표 15〉 안전난간대 미설치를 제외한 사고의 주요 요인 ····· 219
〈부표 16〉 이동식 비계(틀비계)의 전도(넘어짐)으로 인한 사고사망 ··· 219
〈부표 17〉 말비계에서의 사고사망 ····· 222
〈부표 18〉 외줄 비계에서의 사고사망 ····· 224
〈부표 19〉 외줄 비계에서의 사고사망 ····· 226
〈부표 20〉 기타 비계에서의 사고 사망 ····· 227

그림 차례

[그림 Ⅱ-1] 연구 흐름도 ····· 17
[그림 Ⅲ-1] 의사결정나무 분석 결과(제조업, 끼임) ····· 46
[그림 Ⅲ-2] 의사결정나무 분석 결과(제조업, 떨어짐) ····· 60
[그림 Ⅲ-3] 의사결정나무 분석 결과(제조업, 깔림) ····· 76
[그림 Ⅲ-4] 의사결정나무 분석 결과(건설업, 떨어짐) ····· 86
[그림 Ⅲ-5] 의사결정나무 분석 결과(건설업, 물체에 맞음) ····· 113
[그림 Ⅲ-6] 의사결정나무 분석 결과(건설업, 부딪힘) ····· 119
[그림 Ⅲ-7] 의사결정나무 분석 결과(기타 업종, 떨어짐) ····· 125
[부록그림 1] 쌍줄비계 외형도와 외줄비계 외형도 ····· 190
[부록그림 2] 쌍줄비계 설치 개념도 ····· 191
[부록그림 3] 순차적 안전난간 설치 방법 ····· 197
[부록그림 4] 안전난간 선행공법이 적용된 시스템 비계의
시공 순서 ····· 198
[부록그림 5] 비계와 건축물 사이 추락방호망 설치 모습
(좌: 하부, 우:상부) ····· 201
[부록그림 6] 달비계의 구조 및 설치 ····· 208
[부록그림 7] 이동식 비계의 구조 및 설치 ····· 212
[부록그림 8] 이동식 비계의 승·하강로 개선 사례 ····· 216
[부록그림 9] 일체형 말비계(좌)와 접이식 말비계(우)의 구조 ····· 220
[부록그림 10] 시스템비계 설치 개념도 ····· 225

Ⅰ. 서 론

1. 연구의 필요성 및 목적

산재예방을 위한 활동은 예방을 위한 대상, 활동 주체 및 활동의 범위 등 다양한 기준에 따라 서로 다른 차원으로 구분될 수 있다. 산재예방이 이루어지는 행위자를 기준으로 할 경우 노동자 개인 차원과 사업장 조직 차원 그리고 정부를 중심으로 한 국가 차원 등으로 크게 세 가지 차원의 분류가 가능하다. 산재예방 활동은 노동자의 안전과 보건을 유지 증진하기 위한 목적을 지니고 있을 뿐만 아니라, 일하는 작업장을 쾌적한 상태로 유지하기 위한 목적도 지니고 있다. 전자의 경우에는 노동자의 사망과 부상 및 질병 이환을 방지하기 위한 것으로 구체화될 수 있으며, 후자의 경우 작업장의 제반 노동조건을 개선하여 노동의 질을 높이는 것으로 구체화될 수 있다.

다양한 차원에서 이루어지는 산재예방 활동들은 해당 목적에 따른 구체적인 지표들을 통해 문제의 규모와 수준 및 사업의 효과 등을 평가할 수 있다. 그러나 다양한 차원의 서로 다른 목적들을 나타내는 지표의 안정성이나 지표 구성을 위한 원자료의 정확성 등의 문제로 인하여 산재예방을 위한 문제의 설정과 사업 수립 및 사업결과에 대한 평가가 쉽지 않은 실정이다. 그러나 노동자의 사망 사건을 이용한 지표의 경우 다른 지표들에 비하여 상대적으로 안정성과 정확성이 높다. 따라서 노동자 사망 규모를 줄이기 위한 산재예방 활동이 다른 활동에 비하여 상대적으로 정책 수립과 정책 평가에 많이 활용되고 있다.

노동자 사망 사건은 사건 발생 확률이 매우 낮아서 개인 차원이나 조직 차원에서 지표를 관리하고 모니터링 하는 것이 쉽지 않다. 또한 해당 지표를 산출하여 관리한다고 해도 해당 사건이 드물게 발생하기 때문에 지표 활용도가 높지 않다. 그러나 국가 차원에서는 노동자 사망 사건의 규모를 모니터링 하여 문제의 규모를

파악하고 정책의 수립과 평가에 이용한다면 그 활용도가 높을 수 있다.

산재예방을 위한 노동자 사망 사건은 업무와의 관련성과 질병/손상에 의한 사망으로 구분된다. 업무와 관련성이 없는 사망을 예방하기 위한 활동은 산재예방의 영역에서 벗어나 있는 것이 일반적이다. 또한 질병 이환 후 사망에 이르는 경우와 사고로 인한 사망이나 손상 후 사망하는 경우는 서로 다른 특성을 지니고 있다. 일반적으로 산재예방을 위한 노동자 사망 사건에 포함되는 사망 특성은 업무와 관련된 사고로 인해 발생한 사망이다. 업무와 관련된 질병으로 인한 사망의 경우에는 질병 이환과 관련된 발생 기전이 사고 발생 기전과 다를 뿐만 아니라 질병 이환 후 상당 기간이 경과된 후에 사망 사건이 발생하기 때문에 업무상 사고 사망과 다른 방식의 예방 전략을 필요로 한다.

그 동안 업무상 사고 사망 감소를 목표로 한 산재예방 전략을 수립하여 추진해 왔으나, 업무상 사고 사망 감소 목표를 달성하는 것은 쉽지 않은 일이다. 업무상 사고 감소 목적이 쉽게 달성되지 못하는 이유에 대해서 다양한 해석이 존재하지만, 무엇보다 중요한 점은 업무상 사고 발생의 원인 분석이 체계적으로 이루어지지 못한 것도 주요한 이유 중 하나일 것이다. 업무상 사고 사망 사건은 매우 드물게 발생하는 사건으로 정확한 원인 분석을 통해 정책적 개입 지점과 개입 전략을 수립하여 추진하는 것이 필요하다. 그러나 현재 업무상 사고 사망의 원인 특성에 대한 통계가 부족함에 따라 업무상 사고 사망을 예방하기 위한 정책 수립의 과학적 근거가 미흡했을 것으로 생각된다. 향후 업무상 사고 사망의 원인 특성에 대한 다양한 통계를 바탕으로 원인분석을 하고 산재예방 사업에 환류 하는 체계가 구축될 필요가 있다.

현재 공식적인 산업재해 통계는 근로복지공단의 산재요양급여 사례와 고용노동부의 신고 및 은폐 적발 사례 등을 기초로 산출되는 산업재해 현황분석 자료를 통해 확인할 수 있으나, 이 통계 정보에는 사망재해 원인에 대한 정보가 미흡한 실정이다. 근로복지공단의 산재급여 신청 자료에는 산재발생과 관련된 다양한 종류의 원인 정보를 포함하고 있지 않다. 한편 산재발생시 고용노동부에 보고

되는 산재발생 신고 자료에는 부분적으로 산재발생 원인에 대한 정보가 포함되어 있으나, 이를 바탕으로 한 통계 정보는 생산되고 있지 않다. 사업장 수준에서는 산재발생시 재발방지계획서를 작성하고 이를 실천하도록 권고하고 있으나, 재발방지계획서에 대한 분석 및 통계 정보는 생산되지 못하고 있다.

사망재해 등 중대재해가 발생하면 고용노동부와 안전보건공단에서는 중대재해 원인조사를 실시하고 이에 대한 중대재해 보고서를 작성한다. 사고가 발생한 시점에서 현장을 조사하고 원인을 파악하는 중대재해조사 보고서는 사고 예방을 위한 원인 분석에 활용할 수 있는 좋은 자료이다. 그러나 중대재해조사 보고서는 비정형화된 문서 형태로만 작성되어 있고 분석을 위한 코드화 작업이 필요하여 심층 분석을 하거나 통계화하기 어려운 실정이다. 사고 사망에 대한 주요 정보를 가지고 있는 중대재해조사 보고서를 데이터화하여 분석을 실시하여 사망재해 감소에 활용될 수 있는 정보 제공이 필요하다.

본 연구의 일반적 목적은 업무상 사고 사망 재해에 대한 심층 분석으로 사망 재해와 관련된 다양한 영향 요인을 파악하고, 관련 통계 정보를 산출하는 것이다. 본 연구의 일반적인 목적에 따른 구체적인 목적은 (1) 업무상 사고 사망 재해에 대한 조사 보고서에 기입된 다양한 정보를 코드화하여 통계 정보를 산출하는 것이고, (2) 산출된 통계 정보를 활용하여 다양한 영향 요인들을 분석하는 것이다. 아울러 (3) 중대재해 조사 보고서에 포함되어 있지 않은 다른 정보와의 연계 분석을 통해 업무상 사고 사망 재해의 발생과 관련된 보다 폭 넓은 자료를 제공하는 것이다.

2. 선행 연구 검토

1) 사고발생 모델

재해를 발생시킨 다양한 요인들 간의 인과 고리를 찾기 위한 방법으로 재해 발생 모델을 조사하였다. 사고 모델은 사고의 특성을 개념화하고 사고의 원인과 결과 사이의 관계를 확인하는데 유용하다. 현재까지 다양한 사고 모형이 지속적으로 발전되어 왔다.

(1) 사건 순서 모형(Sequential Accident Models)

사건 순서 모형들은 사고원인을 시간 순서에 따라 발생하는 개별 사건들이 연결 고리를 가지고 연쇄적으로 발생하는 결과로 본다(Qureshi, 2008). 가장 초창기 사고 모형 중 대표적인 것이 우리에게 잘 알려진 하인리히(Heinrich)가 1931년에 개발한 도미노 이론이다. 이 이론에서는 시간의 순서에 따라 1)위험에 처하게 하는 작업환경이나 개인적인 선천적인 기질, 2)인간의 개인적 잘못, 3)불안전한 행동 또는 불안전한 상태, 4)사고, 5)산업재해(상해 또는 손상)의 단계로 도미노를 세워 놓고 한쪽 끝을 쓰러뜨리면 연쇄적으로 다른 도미노가 쓰러지는 것과 같다는 것이다. 이 설명에 따르면 하나의 원인에 따른 연쇄적 결과라 볼 수 있으며, 이 원인을 제거하면 사고를 예방할 수 있게 된다. 이 같은 순서 모형은 인과적 순서를 고려하고 도식으로 나타내기가 편리하며 이해하기도 쉽다는 점에서 매력적이긴 하나 순서 모형은 인과 관계가 확실해야 한다는 한계가 있으며 실제 사고에서 기술적, 기계적 측면이 아니면 이와 같은 강력한 인과관계는 존재하기 어렵다(DOE, 2012). 이에 따라 1970년대와 1980년대에 산업계에 대형 사고가 발생한 후, 사고에 대한 요인에 대해 잠재적 요인을 포함한 여러 요인이사고 시점에 동시에 존재하면서 생긴 복합적인 결과로 보는 역학적인 모형이 개발되었다(Hollnagel, 2004; DOE, 2012에서 재인용).

(2) 역학 모형(Epidemiological Accident Models)

사고는 능동적 실패(안전에 해가 되는 행위)와 잠재적 여건(안전에 해가 되는 여건)이 결합되어 발생한 결과로 보는 복합적인 선형 인과모형이다. 역학 모형이라 불리는 것은 인체에 침입한 병원균이 안전에 해가 되는 행위로 인해 자극을 받기 전까지는 휴면 상태로 잠복해 있다는 의학적인 은유에서 비롯된 표현이다. 1997년에 제임스 리즌(James Reason)이 개발한 “스위스 치즈 모형”은 역학 모형의 한 예에 해당 된다(DOE, 2012). 이 모델에서는 여러 개의 치즈에 난 구멍들이 동시에 일직선으로 겹쳤을 때를 예를 들며 조직에 잠재한 여러 문제들(치즈의 구멍)이 동시에 중첩되었을 때 사고가 난다는 것이다.

결과에는 반드시 원인이 있다는 사고의 사건 순서 모형에 비해 조직의 여러 가지 문제들에 대해 복합적인 상호 관계를 고려하기는 하지만 정해진 방어 방식에 따라 단계가 명확히 정해져 있는 선형 모형이므로 능동적 실패와 잠재적 여건이 다층적으로 상호 영향을 주는 복합적인 상황을 지나치게 단순화시키는 경향이 있다. 또한, 역학 모형은 계층화된 조직의 상·하위 계층에서 발생한 “실패”에 의존하고, 사고가 일어나지 전까지 왜 그러한 여건 혹은 의사결정이 정상적인 것, 또는 합리적인 것으로 여겨졌는지에 대해서는 설명을 하지 못하는 한계가 있다(DOE, 2012).

(3) 체계적 사고 모형(Systemic Accident Models)

사고를 전체적인 시스템적 관점에서 접근하는 사고 모형이다. 체계적 모형들은 사고는 정상적인 가변 요소가 예기치 못한 조합을 이루었을 때 발생한다고 보는 복합적인 비선형 모형이다(DOE, 2012). 시스템 모형에서 사고는 사람, 기술, 환경 등 몇 가지 원인 요인들이 특정 시점과 공간에서 동시에 우연히 존재할 때 발생하는 것이라 설명한다(Hollnagel 2004). 즉, 사고는 시스템의 성능을 약화시킬 수 있는 시스템 요소들 사이에 복합적 상호 작용에 의해 발생 한다고 볼 수 있다(Qureshi 2007).

대표적인 모델들로 Rasmussen의 AcciMap, Hollnagel의 FRAM(Functional

Resonanace Analysis Method), Levenson의 STAMP(Systems Theoretic Accident Model and Process)들이 있다(윤완철 2019).

하나의 대표적인 예로 Rasmussen(1977)은 사회·기술시스템의 계층 모델에서 법규를 통해 사회의 안전 실천을 통제하는 정부의 활동에서부터 규제 기관, 협회, 위원회 등의 활동, 개별 사업장의 활동, 직원들을 관리하고 통제하는 사업장의 관리 활동, 기계 및 프로세스와 직접적으로 상호 작용을 하는 직원들의 활동, 잠재적 위험한 설비와 절차의 설계와 관련된 기술 기준의 적용까지 위에서부터 계층적으로 이루어지는 시스템을 설명하며, 사고 예방을 위해 전체 계층을 구성하는 요소들을 개별적으로 접근할 것이 아니라 사회적 시스템과 기술적 시스템을 통합적으로 접근해야 한다고 설명하고 있다.

2) 선행 연구

산업 재해에 대한 기존의 심층 분석 연구는 몇 차례 진행된 적이 있다. 첫 번째 연구는 조명우 등(2007)이 산업재해 원인조사 자료를 기초로 한 '산재 발생형태 및 기인물에 의한 산재원인 심층분석'이다. 이 연구에서는 본 연구에서 계획한 의사결정나무 분석과 서열분석 방법들을 이용하여 산재 발생형태와 기인물에 대한 원인 특성들을 분석하고 있다. 그러나 이 연구는 서열분석의 경우 업종별로 구분된 분석이 이루어지고 있으나, 의사결정나무 분석에서는 업종을 동원 변수의 하나로 포함하여 분석하고 있어 업종별 재해발생형태의 특이성을 밝히지 못하고 있는 한계가 있다. 또한 서열분석의 경우 소분류 수준의 구체적인 속성을 밝히지 못하고 있는 한계를 지니고 있다. 이러한 점에 비추어 본 연구에서는 의사결정나무 분석을 업종별 층화 분석으로 실시하였으며, 서열분석의 경우에는 대분류 수준에서 파악된 다빈도 유형을 대상으로 소분류 수준의 다빈도 서열구조를 다시 분석하여 구체적인 속성의 내용을 파악하였다.

중대재해조사 보고서를 분석한 연구로 이관형과 이홍석(2012, 2016)이 두 차례 실시한 바 있다. 2012년 연구는 "장·노년층 근로자의 사고사망 재해발생 고위험군

특성 연구"로 장·노년층 근로자의 업무상 사고 사망 재해 발생 추이 변화와 재해 원인에 대해 분석한 바 있으며, 2016년에는 "사망 사고원인 실증 분석을 통한 산재사망 예방적 개입 연구"에서 중대재해조사 보고서와 산재보험 요양신청서의 재해 개요를 기초로 7년간 (2007년~2013년) 발생한 업무상 사고 사망자 7,993명에 대해 개인적 특성 및 직업적 특성, 발생 형태, 기인물, 불안전한 상태 및 행도 등을 토대로 분석하고 의사결정나무 모형을 이용하여 사고사망 고위험 발생 집단의 단계적 적급 방법을 제언한 바 있다.

마지막으로 안홍섭 등(2009)의 '추락재해 원인분석 및 효과적인 예방대책 연구'이다. 추락 재해에 대한 원인 분석 연구는 근본 원인 분석의 예라고 해도 과언이 아니다. 이 연구의 주요 내용은 추락이 발생하는데 기여한 여러 가지 요인들의 영향 연결망 구조를 파악한 것이다. 추락 발생을 야기한 다양한 요인들을 직접 요인(인적, 물적), 조직적 요인, 정책적 요인, 그리고 외부 환경요인 등으로 구분하고, 해당 요인 내에서 구체적인 하위 요인들을 도출한 후 생태학적 모델에 따라 외부 환경요인으로부터 직접 요인에 이르기까지 관련 요인들의 영향 연결망을 분석 방법으로 사용하고 있다. 이러한 연구는 본 연구의 원 자료인 중대재해조사 보고서의 내용만으로는 불가능한 연구이다. 다만 이와 같은 다양한 요인들의 위계 구조와 요인들 간의 영향 연결망 구조가 재해발생 인과 모델의 하나로 간주될 수 있으며, 나아가 중대재해조사 방식의 개선이나 중대재해에 대한 심층 연구에 활용될 수 있을 것이다.

Ⅱ. 연구방법

1. 분석 대상

분석 대상은 “재해발생일”을 기준으로 최근 3년간(2016년~2018년) 안전보건공단 내부 전산망에 등록된 “중대재해조사 보고서” 전산 자료를 기초로 사고 사망자를 분석 대상으로 하였다. 우리나라의 산업재해 공식 통계는 산업재해 발생으로 근로복지공단에 보험급여를 신청한 재해자중 보험급여 승인이 된 재해자를 대상으로 “승인일 기준”으로 통계가 생산된다. 승인일로 통계를 산출할 경우 “재해 발생일” 기준으로 통계를 생산한 결과와는 차이가 있을 수 있다. 산재가 발생한 다음 해에 재해 승인이 될 수도 있으며 사고 발생일로부터 1년 이내에 발생한 사고 사망의 경우 공식 통계에서는 사망한 연도에 사망자수로 포함하므로 산재발생일 기준과 산재승인일 기준과의 수치는 다를 수 있다. 아래의 표에서 보는 바와 같이 승인일 기준의 공식 통계에서는 3년간 발생한 업무상 사고사망자수가 2,904명이지만 재해발생일 기준으로는 2,591명이다. 이번 연구는 재해발생일을 기준으로 하였다. 안전보건공단 전산 자료를 조회한 결과 3년간 재해발생일을 기준으로 2,999건의 중대재해재조사 보고서가 검색되었다. 실제 재해발생일 기준 통계 자료보다 많은 것은 산업안전보건법에서 중대재해의 기준이 사망자 뿐 만 아니라 3개월 이상의 요양이 필요한 부상자가 동시에 2명 이상 발생한 재해를 포함하고 있기 때문이다. 이 번 연구에서는 업무상 사고 사망자에 대한 분석을 중심으로 하고 있어, 중대재해조사 보고서 중 일반 재해를 제외하고 사고사망자 만을 분석 대상으로 하였다. 또한, 사고 사망자가 동시에 2명이상이 발생한 경우 중대재해 조사는 재해자를 기준으로 조사가 이루어지므로 2건의 중대재해조사 보고서가 존재한다. 이 경우는 재해 발생 내용이 동일하다 하더라도 2건을 각각 사망건수로 하여 분석대상에 포함하였다. 한편 안전보건 공단 내부 전산망에 리스트는 존

재하지만 중대재해조사 보고서가 등록되어 있지 않거나 조회가 불가능한 경우도 있어 이 경우는 분석대상에 포함하지 못하였다. 중대재해조사 총 2,999건 중 부상 또는 보고서 미등록 등으로 조회가 불가능한 경우 424명을 제외하고 최종 분석은 2,575명을 대상으로 분석하였다.

<표 Ⅱ-1> 연도별 업무상 사고 사망 재해자수 현황 및 분석 대상

(단위: 명)

구 분	계	2018년	2017년	2016년
산재승인일 기준	2,904	971	964	969
재해발생일 기준	2,591	639	951	1,001
중대재해조사보고서 건수(A)	2,999	1,004	1,028	1,040
부상 제외/보고서 미등록(B)	424	156	134	132
최종 분석 대상(A-B)	**2,575**	**848**	**867**	**862**

2. 중대재해조사 보고서의 코드 분류

통계분석을 위하여 중대재해조사 보고서에 대해 일차적으로 코드화 작업을 실시하였다. 코드화 하는 작업은 현재 공식통계에서 사용하고 있는 산업재해 분류코드에 대한 검토를 하였으며, 코드화 작업을 위해 엑셀 매크로 기능을 사용하여 입력 프로그램을 만들어 연구원 2명이 4월부터 7월까지 대략 3.5개월간 분류하였다. 연구원 2명에 대해 3일간 분류 기준에 대한 교육을 실시하고 분류 작업 후 분류작업을 하는 연구원들과 함께 분류 결과에 대한 검증을 하며 지속적인 재교육을 통해 자료 분류의 정확성을 높였다. 안전공단 전산 자료에는 공식 통계 생산을 위해 기존에 분류가 되어 있는 항목이 있으며, 중대재해조사 보고서 역시 일부 항목은 코드화 되어 있는 부분이 있다. 기존에 코드가 분류되어 있는 항목에 대해서도 두 자료를 모두 비교하여 분류 오류라고 판단되는 자료는 재분류를 하였다.

코드화는 중대재해조사 보고서에 기재된 내용을 빠짐없이 코드화하는 것을 원칙으로 하였다. 코드 분류의 검토는 현재 안전공단에서 공식통계 생산에 적용하고 있는 안전보건공단의 “산업재해 기록·분류에 관한 지침(KOSHA GUIDE(G-83-2016))”을 기준으로 하였다. 이 지침은 ILO, 미국, 독일, 일본, 호주의 산업재해 분류 기준[1]을 검토하여 2002년에 KOSHA GUIDE로 제정된 지침이다. 이 지침을 기준으로 하되 기인물, 공정 등 일부 필요한 항목은 수정을 하였으며, 작업시작부터 사고방생 시점까지의 시간 등 지침에 없는 항목은 신규로 항목을 추가하였다. 각 분류 항목과 이에 대한 설명은 KOSHA GUIDE의 설명을 참고하기 바라며, 지침의 코드가 변경된 부분에 대해서만 설명을 하고자 한다. 코드 분류 작업을 한 항목은 총 51개 항목이며 그 내용은 아래와 같다.

· 사업장 정보(13개) : 지방관서명, 공단 기관명, 설립일자, 소멸일자, 원·하청 여부, 산재보험업종(대, 중, 소), 근로자수, 발주자, 공사기간, 공사종류(대, 중, 소), 단위공종, 공사금액, 공정율(%),
· 재해자 정보(8개) : 국적, 나이, 성별, 종사상 지위(상용/임시/일용), 고용형태(정규직/비정규직), 직종(대, 중, 소), 입사일, 동종 경력
· 작업 환경(12개) : 근무형태(정상근무/교대근무/휴일근무 등) , 보호구 착용 대상 여부, 보호구 착용 여부, 보호구명, 방호설비 설치대상, 방호설비 설치 여부, 방호설치명, 사고발생 지역 공정(대, 중, 소), 작업내용(대, 중, 소), 시설물(대, 중, 소), 작업형태(단독/공동), 공동 작업 인원수

1) ILO Code of practice, recording and notification of occupational accident and disease
미국 BLS, Ocupational injury & illness classification manual
독일 BG, Schlüsselverzeichnisse zur unfallanzeige
일본 노동성, 勞働災害分類の手引
호주 노동성, Type of occurrence classification system

· 재해 정보(20개) : 재해발생일, 사망일자, 사망승인일자, 작업시작시각, 재해발생시각, 요일, 상병명, 동시 사망자수, 기인물(대, 중, 소, 세), 재해종류(대, 중), 재해발생형태(대, 중, 소), 추락 높이, 추락장소(대, 중, 소), 감전 전압, 감전 접촉부위, 화재/폭발 점원원(대, 중), 불안전한 행동(대, 중, 소), 불안전한 상태(대, 중, 소), 재해발생원인, 재해발생 대책

1) 기존 분류 항목 중 변경 내용

(1) 공사종류 변경

공사 종류의 경우 지침상의 분류 코드와 안전보건공단 사업 부서에서 사용하고 있는 분류 코드가 달랐다. 대부분은 지침상의 코드가 더 상세하여 지침상의 코드 분류를 하여도 현업에서 사용하는 자료를 추출할 수 있었으나, 대분류 “건축 공사”와 “기타 공사”의 경우 사업 부서에서 사용하는 코드가 더 상세하게 분류되어 있어 이 부분은 사업 부서의 코드를 적용하여 상세하게 분류될 수 있도록 수정하였다.

<표 II-2> 대분류 “1. 건축공사” 분류 코드 변경 내용

KOSHA CODE	사업 부서 코드	수정된 최종 코드	비 고
상세정보 부족한 건축공사		상세정보 부족한 건축공사	
아파트	아파트	아파트	
주거·숙박시설 (아파트제외)	단독주택 및 연립주택	단독주택 및 연립주택	
상업·공공시설	주거, 상업겸용건물	상업 및 기타 주거시설	
병원, 학교, 종교, 과학, 사교, 후생시설	학교, 관공서 건물	학교, 병원, 관공서 건물	
	종교용건물	종교용건물	
	경기장, 운동장		대분류 “2. 복합공사”로 이동
공장	공장, 창고	공장, 창고	

KOSHA CODE	사업 부서 코드	수정된 최종 코드	비 고
	기계기구설치		대분류 “3. 플랜트 공사”로 이동
	변전소, 발전소용 건물		대분류 “3. 플랜트 공사”로 이동
기타	기타건축	기타건축	

<표 II-3> 대분류 “9. 기타 건설공사” 분류 코드 변경 내용

KOSHA CODE	사업 부서 코드	수정된 최종 코드	비 고
상세정보 부족 기타 공사		상세정보 부족 기타공사	
<신설>	**건물보수공사**	**건물보수공사**	
<신설>	**공장보수공사**	**공장보수공사**	
<신설>	**토목보수공사**	**토목보수공사**	
인테리어 공사	실내건축공사	실내건축공사	
<신설>	**건설기계관리**	**건설기계관리**	
<신설>	**기계설치·해체공사**	**기계설치, 해체공사**	
철거공사	철거, 해체, 복구공사	철거, 해체, 복구공사	
기타 그 밖의 공사		기타 그 밖의 공사	

(2) 기인물 코드 변경

기인물의 경우 산업안전보건법 개정에 따라 인증대상 기계·기구의 변경 등으로 인하여 기존의 분류 지침을 개선해야 할 부분이 있었다. 이에 따라 상세한 분류가 필요한 12개 항목을 분류 코드로 신설하였다. 기존 코드에서 분류되었던 코드와 신설된 코드를 함께 정리하면 아래의 표와 같다.

<표 Ⅱ-4> 기인물 코드 변경 사항

KOSHA CODE	수정된 최종 코드
013 금속가공기계	
01301 절곡기	01301 절곡기
<신설>	**01307 인증대상 절곡기**
032 승강기	
03206 소형화물 승강기	03206 소형화물 승강기
03208 케이지	03208 케이지
<신설>	03209 일반작업용 리프트
03299 기타 승강기	03299 기타 승강기
039 기타 운반, 인양설비·기계	
03901 주차, 정비리프트	03901 주차, 정비리프트
<신설>	**03904 고소작업대**
03999 분류되지 않은 기타 운반, 인양설비·기계	03999 분류되지 않은 기타 운반, 인양설비·기계
094 비산업용 가열, 세탁, 청소기계기구	
09401 비산업용 가열, 세탁, 청소기계기구	09401 비산업용 가열, 세탁, 청소기계기구
<신설>	**09402 난로**
111 휴대용 공구(동력)	
11102 절단용 휴대공구	11102 절단용 휴대공구
<신설>	**11107 휴대용 기계톱**
211 전기설비, 부품	
21106 수전설비	
<신설>	**21111 변압기**
311 비계	
31199 기타 비계	31199 기타 비계
<신설>	**31104 외줄 비계**
<신설>	**31105 시스템 비계**
<신설>	**31106 말비계**
379 기타 건물·구조물 등	
37999 기타 건물·구조물 등	37999 기타 건물·구조물 등
<신설>	37908 천장
612 육상운반·특장차량	
61210 분류되지 않은 특장차	61210 분류되지 않은 특장차
<신설>	**61211 고소작업차**
<신설>	**61213 청소차**

2) 기존 분류 지침에 없는 신규 코드

기존의 분류 지침이 중대재해조사 보고서에 있는 내용을 모두 분류할 수 있도록 상세하여 코드화되어 있어 새로운 코드는 거의 필요하지 않았다. 기존 코드에 없는 내용으로는 첫째, 노동시간과 사고발생과의 관계를 분석하기 위하여 작업을 시작한 시각과 사고발생 시각을 기록하였다. 둘째, “보호구 착용 여부” 항목에서 기존에는 “착용”과 “미착용”만 있었으나, “오착용”을 추가하여 보호구를 착용하기는 하였으나 잘못 착용하여 사고예방이 도움이 되지 않은 경우를 찾고자 하였다. 또한, “방호설비 설치 여부”항목에서도 보호구 착용여부와 같이 “설치”, “미설치”에 “오설치” 항목을 추가하였다.

3. 분석방법

업무상 사고 사망 재해의 특성에 대한 분류 결과를 이용하여 현재 산출하고 있는 산업재해현황분석 수준의 기초 통계 분석을 하였다.

나아가 다양한 관련 특성을 구체화하는 의사결정나무(decision tree) 분석 방법을 활용하여 분석 내용을 확대하였다. 의사결정나무는 분석과정을 나무구조로 도형화하여 분류 분석 혹은 회귀분석을 수행하는 데이터마이닝의 대표적인 분석기법으로 의사결정나무의 목적은 신용카드 신청자들에게 카드 발급에 대한 승인, 거절에 대한 의사결정과 같은 분류, 카드 발급 후 향후 신용상태에 대한 예측, 카드 발급자 들에 대해 기준에 따른 등급화, 고객들을 여러 개의 군집으로 나누는 세분화, 데이터에 있는 여러 가지 변수 중 결과에 영향을 미치는 유용한 변수를 찾아내는 변수 선택 등에 이용될 수 있다(장영재 등, 2019). 이 연구에서는 사망사고에 영향을 미칠 수 있는 여러 변수 중에 어느 변수가 주요 변수로 영향을 많이 미치는 변수인지를 찾아내기 위해 사용하였다. 의사결정나무 분석 방법을 우선 적용하여 업무상 사고 사망 재해에 영향을 미치는 핵심 요인을 찾은 후 이 변수들 간의 결합 확률을 이용하여 특정 재해의 발생 확률을 극대화한 사례

특성을 파악하였다.

다음으로 서열분석(Sequence analysis)을 하였다. 서열분석은 사고사망의 주요 발생형태를 중심으로 사고발생의 고전적 모델인 사고순서모형에서 주요 요인으로 언급되고 있는 기인물, 불안전한 상태, 불안전한 행동 그리고 재해발생형태로 이어지는 서열 구조를 파악하기 위한 것이다. 따라서 서열구조의 최종 단계인 재해발생형태를 고정한 후 기인물, 불안전한 상태, 불안전한 행동의 서열 구조를 파악하고 결합 확률을 구하였다.

또한 제반 환경적 특성 및 사회적 특성을 파악하기 위하여 업무상 사고 사망 재해 사례 특성이 아닌 사업체 특성 및 근로환경 특성 등의 모집단 특성을 연계하기 위하여 안전보건공단에서 실시하는 작업환경실태조사 자료와 근로환경조사 자료를 연계하여 통계 분석을 하였다. 작업환경실태조사는 매 5년마다 실시하는 조사로 가장 최근 시행 연도인 2014년도 자료를 이용하였다. 이 조사는 전국 15만 개 사업장을 조사하고 있으며, 5인 이상 제조업은 전체 사업장 120,195개소를 전수 조사하고, 5인 미만 제조업에 대해서는 코크스 및 연탄제조업 등 11개 제조업은 13,179개소에 대해 전수조사를 그 외 제조업은 6,626개를 대상으로 표본조사를 실시한 자료이다. 그리고 농업 등 13개 비제조 업종에 대해서는 10,000개소를 표본 조사한 자료이다(안전보건공단, 2014). 이 자료는 사업장의 위험기계기구 및 설비 보유 현황, 종사 노동자 규모 그리고 유해 작업 공정 여부와 해당 공정에 종사하는 노동자 규모 등에 대한 정보를 포함하고 있다. 따라서 업무상 사고 사망 사례와 작업환경실태조사 자료를 연계하여 분석할 경우 업무상 사고 사망 사례만으로 분석할 수 없는 업무상 사고 사망 발생 여부와 관련된 제반 특성들을 파악할 수 있는 장점이 있다. 업무상 사고 사망 사례가 발생한 사업장과 작업환경 실태조사가 이루어진 사업장을 양쪽 자료에서 사업장 고유번호로 사용하고 있는 사업장 관리번호를 이용하여 사업장 단위로 연계하였다. 작업환경 실태조사 자료에서 8종(혼합파쇄기, 프레스 및 전단기, 포장 기계, 양중기, 인쇄기, 사출성형기, 지게차, 목재가공 기계)의 유해·위험 기계·기구의 사업장별 보유 대수를 산출하고 중대

재해조사 자료에서 해당 기계·기구로 인한 사망자 수를 연계하여 제조업 사업장의 중분류 업종별, 규모별로 유해·위험 기계·기구별 사고 발생률을 구하였다.

다음으로 근로환경조사 자료를 이용하여 매칭(matching) 방법을 이용한 통계분석을 통해 업무상 사고 사망 재해에 대한 조사보고서에 포함하고 있지 않은 다른 관련 요인 분석을 실시하였다. 근로환경조사는 매 3년마다 전국 만 15세 이상 취업자 5만 명을 대상으로 가구 단위 조사이다. 조사 내용은 취업자의 종사상 지위 등 취업자 특성, 노동 시간, 노동 강도 등 대분류 항목으로 130여종의 다양한 측면에서의 취업자의 노동 환경을 조사한 자료이다.

작업환경실태조사 자료와 근로환경조사 자료는 서로 다른 내용을 포함하고 있으며, 연계 방법에서도 차별성을 지니고 있다. 근로환경조사는 가구 단위로 이루어지는 조사이므로 작업환경 실태조사와 같이 사업장 단위로 정확히 연계할 수가 없다. 따라서 연계방법 중 통계적 범주를 활용한 연계 방법을 사용하여 업종별로 요일별, 근속기간별 모수를 추정하여 집단별 사고발생 위험률을 산출하였다.

사고 발생 모델에는 다원인 이론, 순수 기회 이론, 편향적 책임론, 사고 경향론, 에너지 전달론, 증상대 원인론 등 다양한 모델이 포함될 수 있다. 사고 발생 원인에 대해서는 다양한 모델들이 존재하고 목적과 상황에 따라 분석 방법은 달라질 수 있다. 앞의 선행연구에서 살펴본 사고발생 모형에서와 같이 최근에는 시스템적 관점에서 사고발생의 원인을 찾고 있다. 그러나 중대재해조사 보고서의 실질적 목적은 재해 발생의 원인을 찾는 것이기 보다는 사고를 야기한 법 위반 사항을 조사하는 것이라 볼 수 있다. 따라서 사고발생 모형에 따라 분석을 하기 위한 자료가 부족하여 고전적인 사고발생 모형인 사고 순서 모형에 따른 기인물, 불안전한 행동, 불안전한 상태를 중심으로 분석할 수 밖에 없는 자료의 한계가 있었다.

4. 연구추진체계

본 연구를 수행하기 위한 체계는 크게 업무상 사고 사망 재해 조사보고서에 대한 분류 및 통계 분석 부분과 연계 자료 분석 및 통합 분석을 병렬로 진행하였다. 중대재해 조사보고서를 이용한 재해 특성 분석의 경우 기초 통계 분석과 데이터 마이닝 분석 방법을 활용하고, 연계 자료 분석은 해당 자료에 대한 기초 분석과 연계 통합 분석을 실시하였다. 아울러 두 가지 병렬 작업 결과를 종합하여 업무상 사고 사망 재해의 제반 원인 분석 결과를 바탕으로 재해 예방 전략을 모색하였다. 이를 도식화하면 아래와 같다.

[그림 II-1] 연구 흐름도

Ⅲ. 연구결과

1. 분석 대상 업무상 사고 사망 사례의 특성 분포

업무상 사고 사망 사례를 네 가지 특성으로 범주화하여 제반 특성 분포를 알아보았다. 네 가지 특성 범주는 업무상 사고 사망자의 사업장 특성, 개인 특성, 작업환경 특성 그리고 재해 특성이다.

1) 분석 대상 사례의 일반적 특성 분포

분석 대상은 2장 1절에서 설명한 바와 같이 2016년 890명(34.6%), 2017명 885건(34.4%), 2018년 800명(31.1%)으로 총 2,575명을 분석하였다.

업무상 사고 사망 사례 2,575명의 업종별 분포는 건설업이 1,312명(51.2%), 제조업이 673명(26.2%), 서비스업이 대부분인 기타의 사업이 346명(13.5%) 순으로 많은 비중을 차지하였다.

<표 Ⅲ-1> 업무상 사고 사망자의 사업장 업종 분포

업 종	사례수(명)	백분율(%)
건설업	1,312	51.2
제조업	673	26.2
기타의 사업	346	13.5
운수·창고·통신업	68	2.7
임업	35	1.4
광업	27	1.1
농업	22	0.9
전기·가스·수도업	9	0.4
어업	10	0.4
금융 및 보험업	3	0.1
분류불능	60	2.3
계	2,565	100.0

* 업종 결측값 10명

업무상 사고 사망 사례의 업종별 분포를 바탕으로 본 연구에서는 건설업, 제조업, 그리고 나머지 업종을 모두 합한 기타 업종으로 구분하여 분석하였다.

업무상 사고 사망 사례의 연도별 업종 3분류별 분포를 보면 아래와 같다. 건설업과 제조업은 감소하는 경향을 보이는 반면 기타 업종은 2016년 19.0%에서 2018년 23.3%로 증가하였다.

<표 Ⅲ-2> 업무상 사고 사망자의 발생 연도별 업종별 분포

구 분	2016년		2017년		2018년	
	사례수 (명)	백분율 (%)	사례수 (명)	백분율 (%)	사례수 (명)	백분율 (%)
제 조 업	257	28.9	213	23.9	203	22.8
건 설 업	**464**	**52.1**	**458**	**51.5**	**390**	**43.8**
기타 업종	169	19.0	214	24.0	207	23.3
계	890	100.0	885	100.0	800	100.0

업무상 사고 사망 사례가 발생한 지역별 분포를 지방지청별로 구분하여 알아본 결과, 중부청이 매년 약 35% 정도를 차지하여 가장 비율이 높고 부산청이 약 20% 정도를 차지하여 두 번째로 높다.

<표 Ⅲ-3> 업무상 사고 사망자의 연도별 지청별 분포

구 분	2016년		2017년		2018년	
	사례수(명)	백분율(%)	사례수(명)	백분율(%)	사례수(명)	백분율(%)
서 울 청	74	8.3	94	10.6	60	7.5
부 산 청	**188**	**21.1**	**151**	**17.1**	**146**	**18.3**
대 구 청	94	10.6	79	8.9	95	11.9
중 부 청	**288**	**32.4**	**310**	**35.0**	**276**	**34.5**
광 주 청	103	11.6	128	14.5	100	12.5
대 전 청	143	16.1	123	13.9	123	15.4
계	890	100.0	885	100.0	800	100.0

업무상 사고 사망 사례의 연도별 사업장 규모별 분포를 알아본 결과 2016년은 10인~29인 규모의 사업장에서 가장 많은 비율인 24.0%를 차지한 반면 2017년과 2018년은 5인 미만 사업장이 각각 27.2%, 27.1%로 가장 높다. 연도에 관계없이 30인 미만 사업장이 60% 이상을 차지하고 있다.

<표 III-4> 업무상 사고 사망자 발생 연도별 사업장 규모별 분포

구 분	2016년		2017년		2018년	
	사례수 (명)	백분율 (%)	사례수 (명)	백분율 (%)	사례수 (명)	백분율 (%)
1인~ 4인	**189**	**21.3**	**241**	**27.2**	**216**	**27.1**
5인~ 9인	170	19.1	173	19.5	136	17.0
10인~29인	**213**	**24.0**	**197**	**22.3**	**203**	**25.4**
30인~49인	74	8.3	69	7.8	56	7.0
50인~99인	74	8.3	62	7.0	68	8.5
100인~299인	88	9.9	69	7.8	59	7.4
300인 이상	80	9.0	74	8.4	60	7.5
계	888	100.0	885	100.0	798	100.0

2) 제조업 업무상 사고 사망 사례의 사업장 및 재해 특성 분포

제조업에서 발생한 업무상 사고 사망 재해자의 업종별 분포를 연도별로 알아본 결과, 기계기구·비금속·금속제품 제조업이 매년 30% 대를 차지하며 가장 많은 사례가 포함되었다. 두 번째로 많은 사례가 포함된 업종은 2016년의 경우 화학제품 제조업으로 전체의 12.1%, 2017년의 경우에는 선박건조 수리업이 전체의 8.9% 그리고 2018년에는 화학제품 제조업으로 전체의 12.9%로 나타났다.

<표 Ⅲ-5> 중분류 업종별 분포(제조업)

업종 중분류명	2016년		2017년		2018년	
	사례수(명)	백분율(%)	사례수(명)	백분율(%)	사례수(명)	백분율(%)
식료품 제조업	11	4.3	12	5.6	12	5.9
섬유제품 제조업(갑)	4	1.6	5	2.3	1	0.5
목재 및 나무제품 제조업	4	1.6	7	3.3	7	3.5
펄프·지류제조업	6	2.3	5	2.3	4	2.0
출판·인쇄 제본업	1	0.4	3	1.4	0	0.0
화학제품 제조업	**31**	**12.1**	18	8.5	**26**	**12.9**
의약품 및 향료, 담배 제조업	4	1.6	0	0.0	0	0.0
고무제품 제조업	1	0.4	4	1.9	2	1.0
유리 제조업	1	0.4	2	0.9	3	1.5
도자기 및 요업시멘트 제조업	10	3.9	14	6.6	4	2.0
기계기구·비금속·금속제품 제조업	**97**	**37.7**	**67**	**31.5**	**77**	**38.1**
금속 제련업	8	3.1	2	0.9	4	2.0
도금업	3	1.2	9	4.2	9	4.5
전기기계기구, 전자광학제조업	8	3.1	7	3.3	8	4.0
선박건조수리업	24	9.3	**19**	**8.9**	3	1.5
수송용기계기구, 자동차수리업	12	4.7	11	5.2	14	6.9
수제품 제조업	4	1.6	0	0.0	0	0.0
기타 제조업	19	7.4	14	6.6	11	5.4
섬유제품 제조업(을)	8	3.1	11	5.2	17	8.4
코크스, 연탄, 석유 정제품 제조업	1	0.4	3	1.4	0	0.0
계	257	100.0	213	100.0	202	100.0

제조업의 업무상 사고 사망자의 연도별 사업장 규모별 분포는 모든 연도에서 10인~29인 사업장에서 가장 많이 발생하여 2016년 23.3%, 2017년 21.1%, 2018년 27.1%였다. 두 번째로 많은 사례가 포함된 사업장 규모는 1~4인으로 2016년 18.3%, 2017년 18.3%, 2018년 17.7%로 나타났다.

<표 III-6> 사업장 규모별 분포(제조업)

구 분	2016년		2017년		2018년	
	사례수(명)	백분율(%)	사례수(명)	백분율(%)	사례수(명)	백분율(%)
1인~ 4인	**47**	**18.3**	**39**	**18.3**	**36**	**17.7**
5인~ 9인	30	11.7	38	17.8	25	12.3
10인~29인	**60**	**23.3**	**45**	**21.1**	**55**	**27.1**
30인~49인	25	9.7	27	12.7	21	10.3
50인~99인	29	11.3	16	7.5	23	11.3
100인~299인	26	10.1	16	7.5	16	7.9
300인 이상	40	15.6	32	15.0	27	13.3
계	257	100.0	213	100.0	203	100.0

제조업의 업무상 사고 사망이 발생한 사업장의 원·하청 분포는 원청에서 발생한 경우가 70%대, 하청에서 발생한 경우가 20%대로 원청이 하청보다 많은 비중을 차지하였다.

<표 III-7> 원 · 하청 사업장 분포(제조업)

구 분	2016년		2017년		2018년	
	사례수(명)	백분율(%)	사례수(명)	백분율(%)	사례수(명)	백분율(%)
원 청	190	73.9	162	76.1	150	73.9
하 청	67	26.1	51	23.9	53	26.1
계	257	100.0	213	100.0	203	100.0

제조업의 업무상 사고 사망 사례의 연도별 지역공정별 분포를 보면, 2016년 대형구조물 제조·설치 지역공정이 가장 많았고, 2017년은 옥외 저장·적재지역이었으며, 2018년의 경우 고무·플라스틱제조 지역 공정이 가장 많았다.

<표 Ⅲ-8> 지역 공정 분포(제조업)

구 분	2016년		2017년		2018년	
	사례수 (명)	백분율 (%)	사례수 (명)	백분율 (%)	사례수 (명)	백분율 (%)
금속 원재료 생산	9	3.5	8	3.8	14	6.9
비금속 원재료 생산	17	6.6	14	6.6	9	4.4
화합물 원재료 생산	11	4.3	7	3.3	9	4.4
성형압연가공	18	7.0	5	2.3	7	3.4
절삭·연마가공	11	4.3	4	1.9	6	3.0
조립·용접·포장	19	7.4	9	4.2	13	6.4
표면처리	7	2.7	10	4.7	13	6.4
고무·플라스틱 제조	18	7.0	11	5.2	23	**11.3**
목제품가구·악기 제조	5	1.9	8	3.8	6	3.0
음식료·담배 제조	8	3.1	10	4.7	6	3.0
섬유가죽제품 제조	9	3.5	8	3.8	11	5.4
대형 구조물 제조·설치	**23**	**8.9**	17	8.0	4	2.0
옥외 저장·적재	18	7.0	**23**	**10.8**	20	9.9
옥내 저장·적재	6	2.3	14	6.6	7	3.4
보행 승하강 설비 지역	12	4.7	13	6.1	8	3.9
냉난방 폐기물 처리 지역	14	5.4	7	3.3	14	6.9
기타	52	20.2	45	21.1	33	16.3
계	257	100.0	213	100.0	203	100.0

제조업에서 발생한 업무상 사고 사망 사례의 작업 내용별 분포는 매년 기계·기구·설비 점검·보전 작업이 약 20%~30%를 차지하며 가장 많다. 그 다음으로 동력 운반 작업이 매년 10% 이상을 차지하는 위험한 작업으로 나타났다. 그 외 2016년에는 기계·기구·설비 수리 작업이, 2017년에 건설기계 운전 작업이 10% 이상을 차지한 작업이다.

<표 III-9> 작업 내용 분포(제조업)

구 분	2016년		2017년		2018년	
	사례수 (명)	백분율 (%)	사례수 (명)	백분율 (%)	사례수 (명)	백분율 (%)
절삭·연마·타격	10	3.9	6	2.8	5	2.5
세척·도장·표면처리	7	2.7	13	6.1	5	2.5
용접·조립 부착	11	4.3	6	2.8	13	6.4
그 밖의 구조물 설치·해체	6	2.3	9	4.2	10	4.9
건설기계 운전	20	7.8	**24**	**11.3**	15	7.4
상하역 적재	17	6.6	15	7.0	5	2.5
동력 운반 작업	**28**	**10.9**	**26**	**12.2**	**27**	**13.3**
인력 운반 작업	9	3.5	4	1.9	8	3.9
기계·기구·설비 설치·해체	11	4.3	9	4.2	8	3.9
기계·기구·설비 수리	**35**	**13.6**	14	6.6	9	4.4
기계·기구·설비 점검·보전	**52**	**20.2**	**45**	**21.1**	**60**	**29.6**
기타	51	19.8	42	19.7	38	18.7
계	257	100.0	213	100.0	203	100.0

제조업의 기인물 분포는 연도별 약간의 차이는 있으나 운반·인양 설비·기계와 일반 제조·가공 설비·기계가 각각 약 30%를 정도를 차지하고 있다.

<표 III-10> 기인물 분포(제조업)

구 분	2016년		2017년		2018년	
	사례수 (명)	백분율 (%)	사례수 (명)	백분율 (%)	사례수 (명)	백분율 (%)
일반 제조 가공 설비·기계	**61**	**23.7**	**42**	**19.7**	**74**	**36.5**
특수 공정 설비·기계	12	4.7	12	5.6	7	3.4
운반·인양 설비·기계	**79**	**30.7**	**66**	**31.0**	**56**	**27.6**
설비·기계·기구 부품	7	2.7	9	4.2	3	1.5
재료	7	2.7	10	4.7	8	3.9
단부·개구부	8	3.1	5	2.3	6	3.0
계단·사다리	9	3.5	9	4.2	2	1.0
기타 건물·구조물	14	5.4	6	2.8	8	3.9
용기·꾸러미	8	3.1	11	5.2	7	3.4
육상 교통 수단	9	3.5	8	3.8	5	2.5
기타	43	16.7	35	16.4	27	13.3
계	257	100.0	213	100.0	203	100.0

제조업의 불안전한 상태 분포는 작업수행 절차 부적절이 25% 이상으로 가장 많고 방호시설 미설치 또는 설치불량이 그 다음을 차지한다.

<표 Ⅲ-11> 불안전한 상태 분포(제조업)

구 분	2016년		2017년		2018년	
	사례수 (명)	백분율 (%)	사례수 (명)	백분율 (%)	사례수 (명)	백분율 (%)
기계·설비·구조물 결함	21	8.2	11	5.2	19	9.4
방호시설 미설치·불량	**56**	**21.8**	**36**	**16.9**	**29**	**14.3**
작업발판 미설치·불량	21	8.2	17	8.0	18	8.9
가동 중 수리·점검	22	8.6	18	8.5	27	13.3
그 밖의 작업수행 절차 부적절	**71**	**27.6**	**58**	**27.2**	**51**	**25.1**
기타	66	25.7	73	34.3	59	29.1
계	257	100.0	213	100.0	203	100.0

제조업에서 발생한 업무상 사고 사망 사례 중 안전 방호 설비가 설치되지 않은 안전 방호 설비의 종류별 분포를 알아본 결과, 모든 연도에서 추락방호시설이 설치되지 않은 경우가 가장 많았다.

<표 Ⅲ-12> 미설치 된 안전방호 설비별 분포(제조업)

구 분	2016년		2017년		2018년	
	사례수 (명)	백분율 (%)	사례수 (명)	백분율 (%)	사례수 (명)	백분율 (%)
울타리 방책	**13**	**5.1**	10	4.7	6	3.0
추락방호시설	**39**	**15.2**	**25**	**11.7**	**28**	**13.8**
동력 전달부 방호시설	6	2.3	4	1.9	5	2.5
비상정지·과부하방지 시설	6	2.3	**11**	**5.2**	5	2.5
인터록 장치	9	3.5	6	2.8	**17**	**8.4**
수리작업시 방호시설	8	3.1	9	4.2	13	6.4
산호결핍 방호시설	8	3.1	3	1.4	5	2.5
화재·폭발·누출 방지시설	10	3.9	8	3.8	4	2.0
기타	158	61.5	137	64.3	120	59.1
계	257	100.0	213	100.0	203	100.0

제조업의 업무상 사고 사망 사례들의 작업 형태를 작업자 혼자 작업을 한 단독 작업과 2명 이상이 같이 작업을 한 공동 작업으로 구분하여 알아본 결과 모든 연도에서 단독작업 형태가 70% 이상이었다.

<표 III-13> 작업 형태 분포(제조업)

구 분	2016년		2017년		2018년	
	사례수 (명)	백분율 (%)	사례수 (명)	백분율 (%)	사례수 (명)	백분율 (%)
단독 작업	183	71.2	174	81.7	171	84.7
공동 작업	74	28.8	39	18.3	31	15.3
계	257	100.0	213	100.0	202	100.0

제조업에서 발생한 업무상 사고 사망 사례의 발생 형태는 끼임, 떨어짐, 깔림 순 이였다.

<표 III-14> 재해발생 형태 분포(제조업)

구 분	2016년		2017년		2018년	
	사례수 (명)	백분율 (%)	사례수 (명)	백분율 (%)	사례수 (명)	백분율 (%)
떨어짐	**68**	**26.5**	**37**	**17.4**	**37**	**18.2**
넘어짐	3	1.2	2	0.9	3	1.5
깔림	**29**	**11.3**	**25**	**11.7**	**21**	**10.3**
부딪힘	17	6.6	15	7.0	7	3.4
물체에 맞음	16	6.2	22	10.3	17	8.4
무너짐	6	2.3	10	4.7	10	4.9
끼임	**70**	**27.2**	**70**	**32.9**	**69**	**34.0**
절단·베임·찔림	2	0.8	1	0.5	1	0.5
감전	2	0.8	6	2.8	6	3.0
폭발·파열	11	4.3	12	5.6	6	3.0
화재	14	5.4	3	1.4	7	3.4
이상 온도	1	0.4	4	1.9	7	3.4
화학물질 누출 접촉	4	1.6	1	0.5	3	1.5
산소 결핍	8	3.1	4	1.9	5	2.5
빠짐 익사	6	2.3	1	0.5	2	1.0
동물 상해	0	0.0	0	0.0	0	0.0
분류 불능	0	0.0	0	0.0	2	1.0
계	257	100.0	213	100.0	203	100.0

3) 건설업의 업무상 사고 사망 사례 사업장 및 재해 특성 분포

건설업의 업무상 사고 사망 사례의 연도별 공사종류 대분류별 분포를 보면, 매년 건축 공사가 약 60%, 토목 공사가 15% 수준이다.

<표 Ⅲ-15> 공사 종류별(대분류) 분포

구 분	2016년		2017년		2018년	
	사례수 (명)	백분율 (%)	사례수 (명)	백분율 (%)	사례수 (명)	백분율 (%)
건축 공사	**309**	**66.6**	**279**	**60.9**	**201**	**51.4**
토목 공사	**66**	**14.2**	**63**	**13.8**	**61**	**15.6**
전기통신 공사	23	5.0	18	3.9	17	4.3
플랜트, 산업설비 공사	13	2.8	8	1.7	8	2.0
체육시설 등 복합공사	3	0.6	2	0.4	2	0.5
기타 공사	43	9.3	81	17.7	92	23.5
분류 불능	7	1.5	7	1.5	10	2.6
계	464	100.0	458	100.0	391	100.0

건설업의 업무상 사고 사망 사례가 많이 발생한 건축공사를 중분류 수준에서 다시 분류하여 알아본 결과 상업 및 기타 주거시설 공사에서 가장 많은 사고 사망 사례가 발생하였다.

<표 Ⅲ-16> 건축공사의 공사 종류별(중분류) 분포

구 분	2016년		2017년		2018년	
	사례수 (명)	백분율 (%)	사례수 (명)	백분율 (%)	사례수 (명)	백분율 (%)
상업, 기타 주거시설	**108**	**35.0**	**98**	**35.1**	**60**	**29.9**
아파트	45	14.6	56	20.1	46	22.9
공장, 창고	72	23.3	44	15.8	36	17.9
단독주택, 연립주택	47	15.2	45	16.1	31	15.4
학교, 병원, 관공서	22	7.1	21	7.5	17	8.5
기타	15	4.9	15	5.4	11	5.5
계	309	100.0	279	100.0	201	100.0

건설업의 업무상 사고 사망 사례가 가장 많이 발생한 지역공정의 중분류 분포를 검토하여 주요 지역공정을 재구성하여 사례수가 많은 지역 공정을 알아본 결과 마감공사 지역에서 가장 많은 사례가 발생하였고, 그 다음으로는 강구조물 콘크리트 공사 지역 이였다.

<표 III-17> 지역 공정 분포(건설업)

구 분	2016년		2017년		2018년	
	사례수 (명)	백분율 (%)	사례수 (명)	백분율 (%)	사례수 (명)	백분율 (%)
마감공사 지역	118	25.4	136	29.7	114	29.2
강구조물 콘크리트 공사 지역	111	23.9	108	23.6	91	23.3
기초토공 지역	28	6.0	26	5.7	15	3.8
옥외 저장·적재 지역	13	2.8	8	1.7	1	0.3
가설 공사 지역	30	6.5	34	7.4	25	6.4
철거 공사 지역	24	5.2	19	4.1	21	5.4
기타	140	30.2	127	27.7	124	31.7
계	464	100.0	458	100.0	391	100.0

업무상 사고 사망 사례가 가장 많이 발생한 주요 단위공정을 중분류 수준에서 알아본 결과 상위 4개의 단위공정은 거푸집, 철거 및 해체, 판넬 외부마감, 그리고 철골 공정으로 나타났다.

<표 III-18> 단위 공정 분포(건설업)

구 분	2016년		2017년		2018년	
	사례수 (명)	백분율 (%)	사례수 (명)	백분율 (%)	사례수 (명)	백분율 (%)
판넬 외부마감	31	6.7	30	6.6	34	8.7
철거 및 해체	34	7.3	40	8.7	39	10.0
철골	30	6.5	27	5.9	25	6.4
거푸집	**50**	**10.8**	**42**	**9.2**	**34**	**8.7**
기타	319	68.8	319	69.7	259	66.2
계	464	100.0	458	100.0	391	100.0

업무상 사고 사망 사례가 발생한 사업장을 원청업체와 하청업체로 구분해 본 결과 비율은 유사하였으며 그 차이는 5% 이내로 크지 않았다.

<표 Ⅲ-19> 원 · 하청 사업장 분포(건설업)

구 분	2016년		2017년		2018년	
	사례수 (명)	백분율 (%)	사례수 (명)	백분율 (%)	사례수 (명)	백분율 (%)
원 청	231	49.8	232	50.7	206	52.8
하 청	233	50.2	226	49.3	184	47.2
계	464	100.0	458	100.0	390	100.0

건설업의 업무상 사고 사망 사례의 공사 금액 분포를 보면 전체의 약70%가 20억원 미만 공사에서 발생하였다.

<표 Ⅲ-20> 공사 금액별 분포(건설업)

구 분	2016년		2017년		2018년	
	사례수 (명)	백분율 (%)	사례수 (명)	백분율 (%)	사례수 (명)	백분율 (%)
20억 미만	312	69.5	311	70.8	269	72.1
20억 ~ 120억	75	16.7	80	18.2	74	19.8
120억 이상	62	13.8	48	10.9	30	8.0
계	449	100.0	439	100.0	373	100.0

건설업에서 발생한 업무상 사고 사망 사례가 가장 많이 발생하는 작업내용을 상위 4개로 알아본 결과 2016년과 2017년의 경우 마감작업에서 가장 많았으며, 2018년의 경우에는 기타 구조물 설치 해체에서 가장 많았다.

<표 III-21> 작업 내용 분포(건설업)

구 분	2016년		2017년		2018년	
	사례수 (명)	백분율 (%)	사례수 (명)	백분율 (%)	사례수 (명)	백분율 (%)
가설구조물 설치·해체	60	12.9	58	12.7	56	14.4
기타 구조물 설치·해체	73	15.7	**73**	**15.9**	**60**	**15.4**
기계기구 설치·해체	42	9.1	32	7.0	8	2.1
마감 작업	**75**	**16.2**	85	18.6	49	12.6
상·하역 적재	48	10.3	26	5.7	4	1.0
기타	166	35.8	184	40.2	213	54.6
계	464	100.0	458	100.0	390	100.0

건설업에서 발생한 업무상 사고 사망 사례의 연도별 주요 기인물 분포를 보면 기타 건물·구조물, 비계·작업발판, 단부·개구부 등이 많았다.

<표 III-22> 기인물 분포(건설업)

구 분	2016년		2017년		2018년	
	사례수 (명)	백분율 (%)	사례수 (명)	백분율 (%)	사례수 (명)	백분율 (%)
운반·인양 설비·기계	58	12.5	62	13.5	38	9.7
비계·작업발판	**70**	**15.1**	**72**	**15.7**	**66**	**16.9**
단부·개구부	47	10.1	50	10.9	48	12.3
기타 건물·구조물	**91**	**19.6**	**79**	**17.2**	**66**	**16.9**
건설·광산용 기계	38	8.2	48	10.5	30	7.7
육상 교통 수단	24	5.2	31	6.8	27	6.9
기타	136	29.3	116	25.3	115	29.5
계	464	100.0	458	100.0	390	100.0

건설업에서 불안전한 상태 분포는 방호장치 미설치 불량이 가장 많았으며, 두 번째로 작업수행절차 부적절로 나타났다.

<표 Ⅲ-23> 불안전한 상태 분포(건설업)

구 분	2016년		2017년		2018년	
	사례수 (명)	백분율 (%)	사례수 (명)	백분율 (%)	사례수 (명)	백분율 (%)
기계설비 구조물 결함	51	11.0	35	7.6	42	10.7
방호장치 미설치 불량	**155**	**33.4**	**142**	**31.0**	**107**	**27.4**
작업발판 미설치 불량	46	9.9	67	14.6	66	16.9
그 밖의 작업수행 절차 부적절	**58**	**12.5**	**91**	**19.9**	**83**	**21.2**
보호구 착용 상태·성능 불량	47	10.1	32	7.0	36	9.2
기타	107	23.1	91	19.9	57	14.6
계	464	100.0	458	100.0	391	100.0

건설업에서 발생한 업무상 사고 사망 사례의 미설치된 안전방호 설비는 작업발판과 안전 난간이 많은 비중을 차지하였다.

<표 Ⅲ-24> 미설치 안전방호 설비 분포(건설업)

안전방호설비	2016년		2017년		2018년	
	사례수 (명)	백분율 (%)	사례수 (명)	백분율 (%)	사례수 (명)	백분율 (%)
안전 난간	**60**	**12.9**	**57**	**12.4**	**37**	**9.5**
개구부 덮개	10	2.2	16	3.5	15	3.8
작업 발판	**45**	**9.7**	**68**	**14.8**	**67**	**17.1**
추락 방지망	54	11.6	43	9.4	35	9.0
추락 방지대	25	5.4	10	2.2	7	1.8
기타	270	58.2	264	57.6	230	58.8
계	464	100.0	458	100.0	391	100.0

건설업에서 발생한 사망 사례의 주요 발생 형태는 단연 떨어짐 사고가 가장 많은 것으로 나타났다. 연도에 관계없이 전체의 약 60%를 차지하고 있었다. 두 번째로 많은 발생형태는 2016년과 2017년의 경우 물체에 맞음으로 나타난 반면 2018년에는 깔림과 부딪힘으로 나타났다.

<표 III-25> 주요 발생 형태 분포(건설업)

구 분	2016년		2017년		2018년	
	사례수 (명)	백분율 (%)	사례수 (명)	백분율 (%)	사례수 (명)	백분율 (%)
떨어짐	**274**	**59.1**	**273**	**59.6**	**234**	**59.8**
깔림	20	4.3	33	7.2	29	7.4
부딪힘	36	7.8	31	6.8	29	7.4
물체에 맞음	39	8.4	41	9.0	21	5.4
무너짐	30	6.5	25	5.5	23	5.9
기타	65	14.0	55	12.0	55	14.1
계	464	100.0	458	100.0	391	100.0

4) 기타 업종의 업무상 사고 사망 사례 사업장 및 재해 특성 분포

제조업과 건설업을 제외한 모든 업종을 기타 업종으로 분류하였으며, 서비스업이 대부분인 기타의 사업[2]이 60% 정도를 차지하고 있다.

<표 III-26> 업종별 분포(기타 업종)

구 분	2016년		2017년		2018년	
	사례수 (명)	백분율 (%)	사례수 (명)	백분율 (%)	사례수 (명)	백분율 (%)
금융 및 보험업	1	0.6	2	0.9	0	0.0
광업	15	9.0	4	1.9	8	4.0
전기·가스·수도업	5	3.0	3	1.4	1	0.5
운수·창고·통신업	20	12.0	21	10.0	27	13.4
임업	9	5.4	14	6.6	12	5.9
어업	2	1.2	5	2.4	3	1.5
농업	2	1.2	14	6.6	6	3.0
기타의 사업	104	62.3	119	56.4	123	60.9
분류불능	9	5.4	29	13.7	22	10.9
계	167	100.0	211	100.0	202	100.0

2) 기타의 사업은 건물 등의 종합관리 사업, 위생 및 유사서비스업, 기타의 각종사업(음식 및 숙박업, 사업서비스업, 개인 및 가사서비스업 등), 전문 기술 서비스업, 보건 및 사회복지사업, 교육서비스업, 도·소매 및 소비자용품 수리업, 부동산업 및 임대업, 오락·문화 및 운동관련 사업, 국가 및 지방자치단체의 사업으로 구성되어 있다.

기타 업종의 업무상 사고 사망 사례의 연도별 사업장 규모별 분포는 제조업과 유사하여 5인 미만 사업장이 40% 정도를 차지하고 있다.

<표 Ⅲ-27> 사업장 규모별 분포(기타 업종)

구 분	2016년		2017년		2018년	
	사례수 (명)	백분율 (%)	사례수 (명)	백분율 (%)	사례수 (명)	백분율 (%)
1인~ 4인	**57**	**33.9**	**87**	**40.7**	**88**	**42.7**
5인~ 9인	31	18.5	39	18.2	27	13.1
10인~29인	**36**	**21.4**	**41**	**19.2**	**40**	**19.4**
30인~49인	9	5.4	16	7.5	15	7.3
50인~99인	14	8.3	9	4.2	16	7.8
100인~299인	12	7.1	11	5.1	11	5.3
300인 이상	9	5.4	11	5.1	9	4.4
계	168	100.0	214	100.0	206	100.0

기타 업종의 업무상 사고 사망이 발생한 사업장의 원·하청 분포는 원청 사업장에서 발생한 사고가 70% 정도, 하청이 30% 정도로 제조업보다는 하청 사업장에서 약간 더 발생하였다.

<표 Ⅲ-28> 원 · 하청 사업장 분포(기타 업종)

구 분	2016년		2017년		2018년	
	사례수 (명)	백분율 (%)	사례수 (명)	백분율 (%)	사례수 (명)	백분율 (%)
원 청	127	75.1	155	72.4	140	67.6
하 청	42	24.9	59	27.6	67	32.4
계	169	100.0	214	100.0	207	100.0

기타 업종의 업무상 사고 사망 사례의 발생 지역공정의 분포는 산림·경작지·양식장이 가장 많고 다음이 옥외 저장·적재 지역 이였다.

<표 III-29> 지역 공정 분포(기타 업종)

구 분	2016년		2017년		2018년	
	사례수 (명)	백분율 (%)	사례수 (명)	백분율 (%)	사례수 (명)	백분율 (%)
옥외 저장·적재	**20**	**11.8**	**26**	**12.1**	**29**	**14.0**
옥내 저장·적재	12	7.1	9	4.2	11	5.3
보행 승하강 설비	5	3.0	8	3.7	9	4.3
교통수단 운행 지역	6	3.6	12	5.6	13	6.3
마감공사 지역	4	2.4	8	3.7	11	5.3
산림·경작지·양식장	**21**	**12.4**	**43**	**20.1**	**32**	**15.5**
냉·난방 폐기물 처리지역	10	5.9	18	8.4	13	6.3
사무 서비스 지역	11	6.5	12	5.6	20	9.7
숙박·주거 시설	9	5.3	14	6.5	18	8.7
기타	71	42.0	64	29.9	51	24.6
계	169	100.0	214	100.0	207	100.0

기타 업종의 업무상 사고 사고가 발생한 작업내용 분포는 기계·기구·설비 점검·보전 작업과 상·하역 적재 작업이 많은 비중을 차지하였다.

<표 III-30> 작업 내용 분포(기타 업종)

작업내용	2016년		2017년		2018년	
	사례수 (명)	백분율 (%)	사례수 (명)	백분율 (%)	사례수 (명)	백분율 (%)
건설기계 운전	14	8.3	21	9.8	19	9.2
교통운송수단 운전	**11**	**6.5**	**26**	**12.1**	**22**	**10.6**
상·하역 적재	21	12.4	13	6.1	16	7.7
동력 운반 작업	7	4.1	8	3.7	10	4.8
인력 운반 작업	6	3.6	6	2.8	12	5.8
기계·기구·설비 수리	11	6.5	12	5.6	7	3.4
기계·기구·설비 점검·보전	**16**	**9.5**	**21**	**9.8**	**31**	**15.0**
벌목 산림 작업	8	4.7	17	7.9	15	7.2
청소 작업	8	4.7	12	5.6	16	7.7
기타	67	39.6	78	36.4	59	28.5
계	169	100.0	214	100.0	207	100.0

기타 업종에서 발생한 업무상 사고 사망 사례의 기인물 분포를 보면, 운반·인양 설비·기계, 계단·사다리, 육상 교통수단이 주요 기인물이다.

<표 Ⅲ-31> 기인물 분포(기타 업종)

구 분	2016년		2017년		2018년	
	사례수 (명)	백분율 (%)	사례수 (명)	백분율 (%)	사례수 (명)	백분율 (%)
일반 제조 가공 설비·기계	19	11.2	12	5.6	14	6.8
운반·인양 설비·기계	**30**	**17.8**	**39**	**18.2**	**39**	**18.8**
건설·광산용 기계	13	7.7	12	5.6	9	4.3
비계·작업 발판	8	4.7	7	3.3	13	6.3
계단·사다리	**14**	**8.3**	**18**	**8.4**	**26**	**12.6**
기타 건물 구조물	10	5.9	23	10.7	16	7.7
육상 교통수단	**17**	**10.1**	**30**	**14.0**	**23**	**11.1**
사람·동식물	9	5.3	19	8.9	12	5.8
기타	49	29.0	54	25.2	55	26.6
계	169	100.0	214	100.0	207	100.0

기타 업종의 사고 사망 사례의 불안전한 상태 분포는 그 밖의 작업수행절차 부적절, 방호시설 미설치·불량, 작업발판 미설치·불량이 비율이 높다.

<표 Ⅲ-32> 불안전한 상태 분포(기타 업종)

구 분	2016년		2017년		2018년	
	사례수 (명)	백분율 (%)	사례수 (명)	백분율 (%)	사례수 (명)	백분율 (%)
기계·설비·구조물 결함	15	8.9	16	7.5	14	6.8
방호장치 미설치·불량	13	7.7	12	5.6	14	6.8
방호시설 미설치·불량	**26**	**15.4**	**18**	**8.4**	**28**	**13.5**
작업장 통로 미설치·불량	3	1.8	8	3.7	14	6.8
작업발판 미설치·불량	**16**	**9.5**	**25**	**11.7**	**21**	**10.1**
그 밖의 작업수행 절차 부적절	**37**	**21.9**	**60**	**28.0**	**47**	**22.7**
보호구 착용 상태·성능 불량	9	5.3	15	7.0	18	8.7
기타	50	29.6	60	28.0	51	24.6
계	169	100.0	214	100.0	207	100.0

기타 업종의 업무상 사고 사망 사례 중 안전방호 시설이 설치되지 않은 시설의 종류에 대한 알아본 결과 매년 추락방호시설이 가장 많았다.

<표 III-33> 미설치된 안전방호시설 분포(기타 업종)

구 분	2016년		2017년		2018년	
	사례수 (명)	백분율 (%)	사례수 (명)	백분율 (%)	사례수 (명)	백분율 (%)
추락 방호시설	**34**	**20.1**	**38**	**17.8**	**45**	**21.7**
비상정치·과부하방지시설	2	1.2	4	1.9	4	1.9
고열·한랭 방호시설	0	0.0	5	2.3	6	2.9
산소결핍 방호시설	0	0.0	7	3.3	8	3.9
기타	133	78.7	160	74.8	144	69.6
계	169	100.0	214	100.0	207	100.0

기타 업종의 업무상 사고 사망 사례의 작업형태는 단독 작업이 2016년 50.9%에서 2018년에는 76.7%로 매년 증가하는 경향을 보였다.

<표 III-34> 작업 형태 분포(기타 업종)

구 분	2016년		2017년		2018년	
	사례수 (명)	**백분율 (%)**	**사례수 (명)**	**백분율 (%)**	**사례수 (명)**	**백분율 (%)**
단독 작업	85	50.9	147	70.0	158	76.7
공동 작업	82	49.1	63	30.0	48	23.3
계	167	100.0	210	100.0	206	100.0

기타 업종의 업무상 사고 사망의 재해 발생형태의 연도별 분포를 보면, 매년 떨어짐이 가장 많았다. 두 번째로 많은 발생형태는 2016년의 경우 끼임이었으나 2017년과 2018년에는 깔림으로 나타났다.

<표 Ⅲ-35> 재해 발생 형태 분포(기타 업종)

구 분	2016년		2017년		2018년	
	사례수 (명)	백분율 (%)	사례수 (명)	백분율 (%)	사례수 (명)	백분율 (%)
떨어짐	**65**	**38.5**	**65**	**30.4**	**86**	**41.5**
넘어짐	6	3.6	6	2.8	5	2.4
깔림	**14**	**8.3**	**28**	**13.1**	**26**	**12.6**
부딪힘	8	4.7	27	12.6	17	8.2
물체에 맞음	14	8.3	21	9.8	12	5.8
무너짐	14	8.3	3	1.4	2	1.0
끼임	**23**	**13.6**	**23**	**10.7**	**15**	**7.2**
절단·베임·찔림	0	0.0	0	0.0	3	1.4
감전	7	4.1	4	1.9	2	1.0
폭발·파열	3	1.8	2	0.9	6	2.9
화재	0	0.0	2	0.9	1	0.5
이상 온도	3	1.8	6	2.8	6	2.9
화학물질 누출·접촉	6	3.6	0	0.0	0	0.0
산소 결핍	1	0.6	10	4.7	9	4.3
빠짐 익사	5	3.0	12	5.6	11	5.3
동물 상해	0	0.0	2	0.9	2	1.0
분류 불능	0	0.0	3	1.4	4	1.9
계	169	100.0	214	100.0	207	100.0

5) 업종별 재해자 특성

앞에서 업종별 사업장 및 재해 특성을 살펴보았다. 재해자 특성에 대해서는 3개 업종을 비교하여 함께 보고자 한다. 성별 분포를 보면 제조업과 기타 업종은 남성이 95% 이상을 차지하고, 건설업의 경우 남성이 97% 이상을 차지하고 있다.

<표 III-36> 사고 사망자의 업종별 · 성별 분포

	구 분	2016년 사례수 (명)	2016년 백분율 (%)	2017년 사례수 (명)	2017년 백분율 (%)	2018년 사례수 (명)	2018년 백분율 (%)
제조업	**남 성**	**241**	**95.3**	**203**	**95.8**	**191**	**96.0**
	여 성	12	4.7	9	4.2	8	4.0
	계	253	100.0	212	100.0	199	100.0
건설업	**남 성**	**455**	**98.9**	**445**	**97.8**	**379**	**97.7**
	여 성	5	1.1	10	2.2	9	2.3
	계	460	100.0	455	100.0	388	100.0
기타업종	**남 성**	**155**	**95.1**	**195**	**96.1**	**188**	**94.9**
	여 성	8	4.9	8	3.9	10	5.1
	계	163	100.0	203	100.0	198	100.0

연령별 분포를 보면 제조업과 건설업은 50대가 가장 많았으나, 기타 업종은 60대 이상이 가장 높게 나타났다.

<표 III-37> 사고 사망자의 업종별 · 연령별 분포

	구 분	2016년 사례수 (명)	2016년 백분율 (%)	2017년 사례수 (명)	2017년 백분율 (%)	2018년 사례수 (명)	2018년 백분율 (%)
제조업	20대	17	6.7	10	4.8	15	7.6
	30대	35	13.7	27	12.9	27	13.7
	40대	61	23.9	49	23.4	42	21.3
	50대	**88**	**34.5**	**69**	**33.0**	**68**	**34.5**
	60대 이상	54	21.2	54	25.8	45	22.8
	계	255	100.0	209	100.0	197	100.0
건설업	20대	8	1.7	6	1.3	9	2.3
	30대	32	7.0	23	5.0	16	4.1
	40대	89	19.3	74	16.2	69	17.8
	50대	**187**	**40.7**	**177**	**38.8**	**153**	**39.4**
	60대 이상	**144**	**31.3**	**176**	**38.6**	**141**	**36.3**
	계	460	100.0	456	100.0	388	100.0
기타업종	20대	7	4.2	13	6.3	18	9.2
	30대	17	10.2	19	9.2	12	6.2
	40대	32	19.3	24	11.6	34	17.4
	50대	**53**	**31.9**	**60**	**29.0**	**53**	**27.2**
	60대 이상	**57**	**34.3**	**91**	**44.0**	**78**	**40.0**
	계	166	100.0	207	100.0	195	100.0

업종별 업무상 사고 사망 사례의 국적 분포를 보면 우리나라 노동자가 절대적으로 많지만 외국인 노동자가 20% 정도를 차지하고 있으며 매년 증가하고 있는 추세이다.

<표 Ⅲ-38> 사고 사망자의 업종별 · 국적별 분포

	국적	2016년		2017년		2018년	
		사례수 (명)	백분율 (%)	사례수 (명)	백분율 (%)	사례수 (명)	백분율 (%)
제조업	**대한민국**	**224**	**87.2**	**170**	**79.8**	**159**	**78.3**
	한국계 중국인	13	5.1	18	8.5	17	8.4
	중국	12	4.7	8	3.8	9	4.4
	우즈베키스탄	2	0.8	3	1.4	1	0.5
	기타	6	2.3	14	6.6	17	8.4
	계	257	100.0	213	100.0	203	100.0
건설업	**대한민국**	**426**	**91.8**	**415**	**90.6**	**339**	**86.9**
	한국계중국인	6	1.3	4	0.9	9	2.3
	중국	24	5.2	29	6.3	26	6.7
	우즈베키스탄	2	0.4	2	0.4	1	0.3
	기타	6	1.3	8	1.7	15	3.8
	계	464	100.0	458	100.0	390	100.0
기타 업종	**대한민국**	**154**	**91.1**	**185**	**86.4**	**168**	**81.2**
	한국계중국인	3	1.8	9	4.2	9	4.3
	중국	3	1.8	5	2.3	7	3.4
	우즈베키스탄	1	0.6	0	0.0	0	0.0
	기타	8	4.7	15	7.0	23	11.1
	계	169	100.0	214	100.0	207	100.0

업무상 사고 사망 사례의 직업별 분포를 보면 연도별 약간의 차이는 있으나 제조업은 장치·기계 조작 및 조립 종사자가, 건설업은 기능원 및 관련 기능 종사자가, 기타 업종은 단순노무 종사자가 높은 비중을 차지한다.

<표 III-39> 사고 사망자의 업종별 · 직업별 분포

구 분		2016년		2017년		2018년	
		사례수 (명)	백분율 (%)	사례수 (명)	백분율 (%)	사례수 (명)	백분율 (%)
제조업	관리자	24	9.3	15	7.1	19	9.4
	전문가 및 관련종사자	2	0.8	1	0.5	0	0.0
	사무 종사자	2	0.8	2	0.9	0	0.0
	기능원 및 관련 기능 종사자	88	34.2	52	24.5	46	22.8
	장치·기계 조작 및 조립 종사자	**80**	**31.1**	**86**	**40.6**	**80**	**39.6**
	단순노무 종사자	61	23.7	56	26.4	57	28.2
	계	255	99.2	210	99.1	202	100.0
건설업	관리자	18	3.9	13	2.8	5	1.3
	전문가 및 관련종사자	1	0.2	1	0.2	1	0.3
	사무 종사자	1	0.2	3	0.7	7	1.8
	기능원 및 관련 기능 종사자	**341**	**73.7**	**300**	**65.5**	**256**	**66.0**
	장치·기계 조작 및 조립 종사자	17	3.7	19	4.1	15	3.9
	단순노무 종사자	85	18.4	122	26.6	104	26.8
	계	463	100.0	458	100.0	388	100.0
기타 업종	관리자	12	7.1	17	8.1	21	10.4
	전문가 및 관련종사자	6	3.6	5	2.4	3	1.5
	사무 종사자	1	0.6	0	0.0	1	0.5
	서비스·판매 종사자	6	3.6	1	1.4	5	2.5
	농림어업 숙련종사자	6	3.6	17	8.1	16	8.0
	기능원 및 관련 기능 종사자	39	23.2	37	17.5	36	17.9
	장치·기계 조작 및 조립 종사자	29	17.3	31	14.7	25	12.4
	단순노무 종사자	**69**	**41.1**	**101**	**47.9**	**94**	**46.8**
	계	168	100.0	211	100.0	201	100.0

업무상 사고 사망 사례의 근속 기간 분포를 알아본 결과, 6개월 미만인 경우가 제조업은 매년 30% 정도를 차지하며, 기타 업종의 경우 50% 이상을 차지하고 있다. 건설업은 80%가 넘으나 일용 근로자가 많아 산재보험 처리 특성상 높게 나타난 것이다. 제조업과 기타 업종은 5년 이상 종사자의 비율도 높게 나타나고 있다.

<표 Ⅲ-40> 사고 사망자의 업종별 · 근속기간별 분포

구 분		2016년		2017년		2018년	
		사례수 (명)	백분율 (%)	사례수 (명)	백분율 (%)	사례수 (명)	백분율 (%)
제조업	**6개월 미만**	**71**	**30.0**	**69**	**34.5**	**42**	**28.8**
	6개월 ~ 1년 미만	25	10.5	20	10.0	16	11.0
	1년 ~ 2년 미만	35	14.8	28	14.0	20	13.7
	2년 ~ 5년 미만	55	23.2	34	17.0	33	22.6
	5년 이상	**51**	**21.5**	**49**	**24.5**	**35**	**24.0**
	계	237	100.0	200	100.0	146	100.0
건설업	**6개월 미만**	**373**	**86.7**	**340**	**82.5**	**230**	**86.1**
	6개월 ~ 1년 미만	26	6.0	31	7.5	17	6.4
	1년 ~ 2년 미만	15	3.5	15	3.6	10	3.7
	2년 ~ 5년 미만	9	2.1	14	3.4	5	1.9
	5년 이상	7	1.6	12	2.9	5	1.9
	계	430	100.0	412	100.0	267	100.0
기타 업종	**6개월 미만**	**74**	**54.0**	**90**	**52.3**	**66**	**55.9**
	6개월 ~ 1년 미만	12	8.8	22	12.8	13	11.0
	1년 ~ 2년 미만	16	11.7	13	7.6	10	8.5
	2년 ~ 5년 미만	19	13.9	22	12.8	12	10.2
	5년 이상	**16**	**11.7**	**25**	**14.5**	**17**	**14.4**
	계	137	100.0	172	100.0	118	100.0

업무상 사고 사망 사례의 종사상 지위 분포에서는 제조업은 약 80%가 상용 근로자인 반면 기타 업종은 약 60% 정도로 비율이 상대적으로 낮으며 건설업이 10% 대로 낮은 것은 업종의 특성 때문일 것이다.

<표 III-41> 사고 사망자의 업종별 · 종사상 지위별 분포

구 분		2016년		2017년		2018년	
		사례수 (명)	백분율 (%)	사례수 (명)	백분율 (%)	사례수 (명)	백분율 (%)
제조업	**상용 근로자**	**210**	**82.4**	**163**	**77.3**	**161**	**81.3**
	임시·일용·시간제 근로자	43	16.9	47	22.3	37	18.7
	사업주	2	0.8	1	0.5	0	0.0
	계	255	100.0	211	100.0	198	100.0
건설업	**상용 근로자**	**57**	**12.4**	**64**	**14.1**	**46**	**11.9**
	임시·일용·시간제 근로자	404	87.6	391	85.9	341	87.9
	사업주	0	0.0	0	0.0	1	0.3
	계	461	100.0	455	100.0	388	100.0
기타 업종	**상용 근로자**	**102**	**61.4**	**112**	**55.2**	**115**	**58.1**
	임시·일용·시간제 근로자	60	36.1	88	43.3	83	41.9
	사업주	4	2.4	3	1.5	0	0.0
	계	166	100.0	203	100.0	198	100.0

교대근무가 거의 없는 건설업을 제외하고 근무형태 분포를 보면 제조업은 2교대 근무가 10% 이상 차지하는 반면 기타 업종은 90% 정도가 정상 근무 형태다.

<표 III-42> 사고 사망자의 업종별 · 근무 형태별 분포

구 분		2016년		2017년		2018년	
		사례수 (명)	백분율 (%)	사례수 (명)	백분율 (%)	사례수 (명)	백분율 (%)
제조업	**정상 근무**	**193**	**77.8**	**171**	**83.4**	**146**	**76.0**
	2교대 근무	**30**	**12.1**	**20**	**9.8**	**33**	**17.2**
	3교대 근무	7	2.8	5	2.4	8	4.2
	정규 시간 외 근무	7	2.8	6	2.9	4	2.1
	기타	11	4.4	3	1.5	1	0.5
	계	248	100.0	205	100.0	192	100.0
기타 업종	**정상 근무**	**137**	**87.8**	**172**	**89.1**	**183**	**91.5**
	2교대 근무	3	1.9	7	3.6	5	2.5
	3교대 근무	1	0.6	2	1.0	2	1.0
	정규 시간 외 근무	1	0.6	1	0.5	1	0.5
	기타	14	9.0	11	5.7	9	4.5
	계	156	100.0	193	100.0	200	100.0

2. 의사결정나무 분석(decision tree analysis) 결과

업무상 사고 사망에 대한 의사결정나무 분석은 특정 유형의 업무상 사고 사망 발생과 관련된 핵심 요인을 파악하는데 사용된다. 업무상 사고 사망의 재해발생 형태와 관련된 의사결정나무 분석 결과 관련된 핵심 요인들이 파악되면, 해당 요인 특성들에 대한 정보를 이용하여 재해발생 형태를 예측할 수 있다. 본 연구에서는 업무상 사고 사망에 대한 의사결정나무 분석을 재해발생 형태에 초점을 맞추어 진행하였다. 분석 대상인 된 재해발생형태는 제조업과 건설업 그리고 나머지 업종을 묶은 기타 업종으로 구분하여 해당 업종에서 가장 많이 발생한 주요 발생 형태를 대상으로 선정하였다. 의사결정나무 분석의 경우 일정 규모의 사례수가 확보되어야 분석이 가능하다. 따라서 업종별 주요 재해발생형태를 선별하는 과정에서 종류의 수가 업종별로 동일하지 않았다.

의사결정나무 분석을 업무상 사고 사망의 주요 재해발생 형태별로 구분하여 실시하기 위해 개별 재해발생 형태를 각각 아래와 같이 이원 변수화 하여 분석하였다.

- 떨어짐 : (1) 떨어짐 사고, (2) 떨어짐 사고를 제외한 기타 사고
- 끼　임 : (1) 끼임 사고, (2) 끼임 사고를 제외한 기타 사고
- 깔　림 : (1) 깔림 (2) 깔림 사고를 제외한 기타 사고
- 물체에 맞음 : (1) 물체에 맞음 사고, (2) 맞음 사고를 제외한 기타 사고
- 부딪힘 : (1) 부딪힘 사고, (2) 부딪침 사고를 제외한 기타 사고

이상의 재해발생 형태에 대한 이원 변수화 작업과 함께 업무상 사고 사망 관련 원인 특성들을 재해자의 개인적 특성과 사업장 특성 그리고 작업환경 특성과 재해 특성별로 구분하여 관련 특성들을 분석에 포함하였다.

- 재해자 특성 : 성, 연령, 종사상 지위, 고용형태, 직종

· 사업장 특성 : 업종, 규모(근로자수), 공사종류 등
· 작업환경 특성 : 근무형태, 보호구 착용여부, 미설치된 안전방호설치, 사고발생 지역 및 공정, 작업 내용, 시설물, 작업 형태
· 재해 특성 : 기인물, 불안전한 상태, 불안전한 행동

의사결정나무 분석을 위하여 훈련 표본(training sample)과 검정 표본(test sample)을 구분하였으며, 분류 결과를 바탕으로 위험 통계(risk estimate)를 산출하였다. 의사결정나무 분석은 특정의 재해발생 형태를 분류하는데 가장 잘 분류할 수 있는 관련 요인부터 분류를 시작하여 해당 분류 결과의 오분류 잔여 부분을 나머지 관련 요인들을 동원하여 지속적으로 분류를 하는 분석이다. 이러한 분류 결과는 크게 몇 가지 관련 요인들이 분류에 동원되는가를 나타내는 분류 마디 수와 해당 분류 마디별 오분류 비율로 표현된다. 따라서 분류 마디 수가 적을수록 분류에 동원되는 관련 요인의 수가 적다는 것을 의미하며, 오분류 비율이 적을수록 해당 요인들을 활용한 예측 정확도가 높다는 것을 의미한다. 아울러 훈련표본과 검정표본에서 나타난 분류 정확도 비율을 비교하여 분석의 정확도를 평가한다.

1) 제조업

(1) 끼임 재해에 대한 의사결정나무 분석 결과

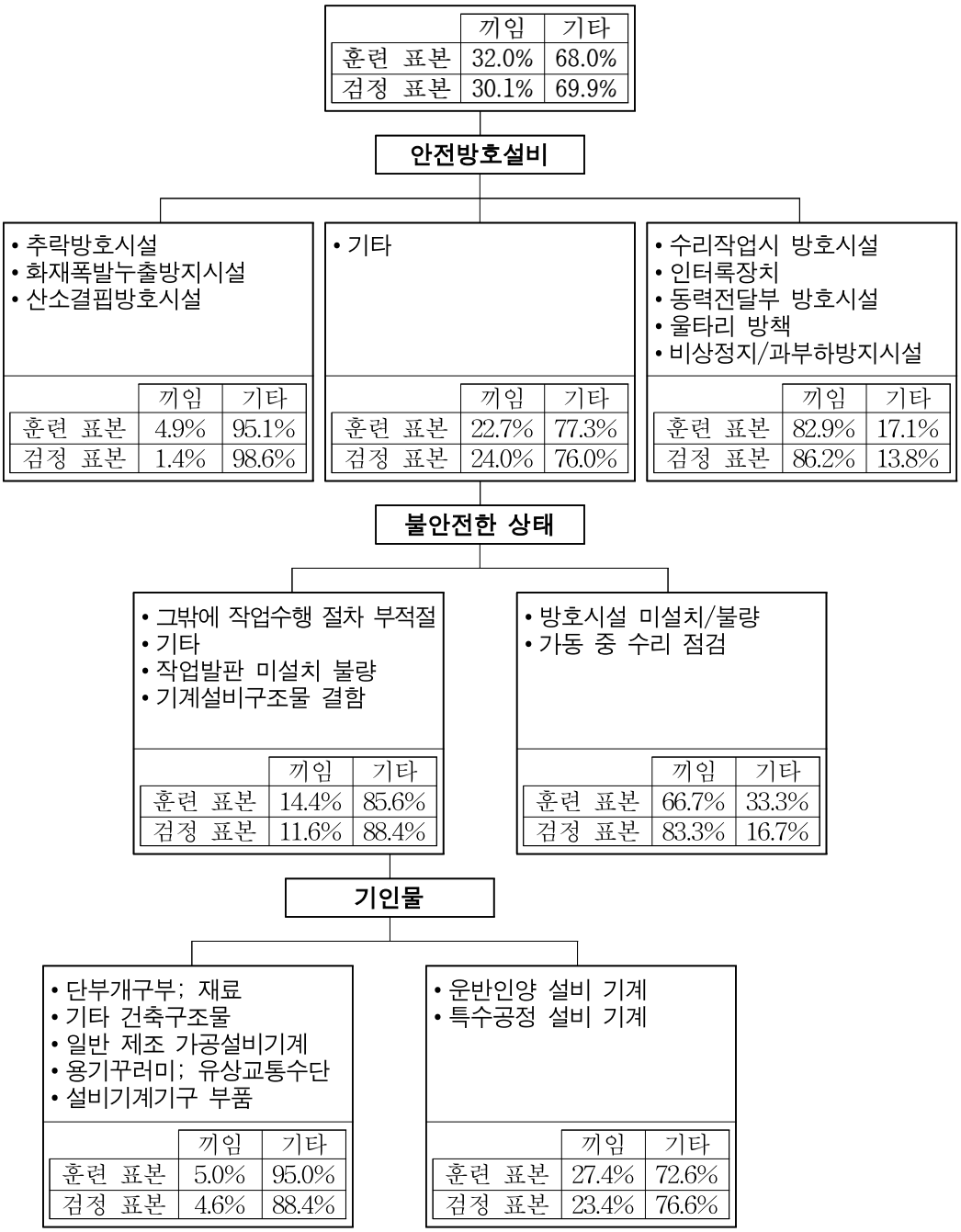
제조업의 업무상 사고 사망 재해 중에서 가장 많은 비율을 보인 발생 형태는 끼임 재해이다. 끼임 재해와 그 외의 재해를 분류하는데 어떠한 특성들이 영향력이 있는지 알아보기 위하여 의사결정나무 분석을 실행하였다. 훈련표본의 경우 아무런 특성을 도입하지 않았을 경우 끼임 재해는 전체에서 32.0%를 차지하는 것으로 나타났다. 1차 분류를 위해 도입된 특성은 미설치된 안전방호설비로서 수리 작업시 방호시설, 인터록 장치, 동력 전달부 방호시설, 울타리·방책, 비상정지·과부하방지 시설 등의 범주에서는 끼임 재해의 비율이 82.9%를 차지하는 것으로 나타났으며,

그 외의 범주에서는 기타에서 끼임 재해가 22.7%로 나타났으며, 추락 방호시설, 화재·폭발·누출 방지시설, 산소결핍 방호시설 등에서는 끼임 재해가 4.9%로 감소하였다. 안전방호설비의 기타 범주에 대한 2차 분류를 위한 불안전한 상태 특성을 도입한 결과 방호시설 미설치 불량, 가동 중 수리·점검 범주에서 끼임 재해는 66.7%로 증가하였으며, 그 밖의 작업수행 절차 부적절, 기타, 작업발판 미설치·불량, 기계·설비·구조물 결함 등에서는 끼임 재해의 비율이 14.4%로 감소하였다. 3차 분류를 위한 기인물 특성을 도입한 결과 운반·인양 설비·기계, 특수 공정 설비·기계 등의 범주에서는 끼임 재해의 비율이 27.4%로 증가한 반면 그 외의 나머지 기인물 범주에서는 끼임 재해가 5.0%로 감소하였다. 따라서 끼임 재해와 그 외의 재해를 분류하는데 동원된 특성은 미설치된 안전방호설비, 불안전한 상태, 기인물로 나타났다.

이상의 세 가지 특성을 활용하여 제조업에서 발생한 끼임 재해를 분류한 정확도는 끼임 재해의 경우 훈련표본에서 74.1%, 검정표본에서 79.2%로 나타났으며, 전체의 분류 정확도는 훈련표본에서 84.9%, 검정표본에서 89.6%였다.

<표 Ⅲ-43> 의사결정나무 분류 정확도 결과(제조업, 끼임)

구 분		예측		
		끼임	기타	정확도(%)
학습	끼임	80	28	74.1
	기타	23	207	90.0
	전체 백분율	30.5%	69.5%	84.9
검정	끼임	80	21	79.2
	기타	14	220	94.0
	전체 백분율	28.1%	71.9%	89.6



[그림 III-1] 의사결정나무 분석 결과(제조업, 끼임)

의사결정나무 분석에서 도출된 끼임 재해를 결정하는데 많은 영향력을 갖는 미설치된 안전방호설비, 불안전한 상태, 기인물 변수를 결합하여 결합 분포를 구한 후 사례 수가 있는 경우를 대상으로 상세한 재해 내용을 살펴 보았다.

<표 Ⅲ-44> 주요 요인의 결합 분포(제조업, 끼임)

안전방호설비	불안전한 상태	기인물	사례수 (명)	백분율 (%)
울타리·방책	**방호시설 미설치·불량**	**일반제조 가공 설비·기계**	**9**	**4.3**
		운반·인양 설비·기계	4	
	가동중 수리 점검	일반제조 가공 설비·기계	3	
		특수공정 설비·기계	2	
		운반·인양 설비·기계	5	
추락방호 시설	방호시설 미설치·불량	일반제조 가공 설비·기계	2	
	작업발판 미설치·불량	운반·인양 설비·기계	2	
동력 전달부 방호시설	방호시설 미설치·불량	일반제조 가공 설비·기계	4	
		특수공정 설비·기계	2	
		운반·인양 설비·기계	1	
		설비·기계·기구 부품	1	
	가동 중 수리·점검	일반제조 가공 설비·기계	2	
		특수공정 설비·기계	2	
	기타	운반·인양 설비·기계	2	
비상정지·과부하방지시설	방호시설 미설치·불량	운반·인양 설비·기계	2	
	가동 중 수리 점검	운반·인양 설비·기계	2	
	작업수행 절차 부적절	일반제조 가공 설비·기계	1	
		운반·인양 설비·기계	1	
	기타	일반제조 가공 설비·기계	2	
		특수공정 설비·기계	3	
		운반·인양 설비·기계	10	4.8
인터록 장치	방호시설 미설치·불량	일반제조가공설비기계	3	
		특수공정설비기계	1	
	가동 중 수리·점검	**일반제조 가공 설비·기계**	**14**	**6.7**
		특수공정 설비·기계	2	
	기타	일반제조 가공 설비·기계	6	2.9
		운반·인양 설비·기계	1	
수리작업시 방호시설	**방호시설 미설치·불량**	일반제조 가공 설비·기계	3	
		운반·인양 설비·기계	**6**	**2.9**
		육상교통수단	2	
		기타	1	

안전방호설비	불안전한 상태	기인물	사례수 (명)	백분율 (%)
	가동 중 수리·점검	일반제조 가공 설비·기계	1	
		운반·인양 설비·기계	1	
	작업수행 절차 부적절	일반제조 가공 설비·기계	4	
		운반·인양 설비·기계	1	
		기타	1	
	기타	특수공정 설비·기계	1	
		기타	2	
기타	기계·설비·구조물 결함	특수공정 설비·기계	1	
		운반·인양 설비·기계	4	
	방호시설 미설치·불량	일반제조 가공 설비·기계	13	6.2
		특수공정 설비·기계	6	2.9
		운반·인양 설비·기계	3	
		기타	2	
	가동 중 수리·점검	일반제조 가공 설비·기계	13	6.2
		특수공정 설비·기계	6	
		운반·인양 설비·기계	8	3.8
		설비·기계·기구 부품	1	
	작업수행 절차 부적절	일반제조 가공 설비·기계	3	
		운반·인양 설비·기계	22	10.5
		재료	1	
		기타	1	
	기타	일반제조 가공 설비·기계	2	
		운반·인양 설비·기계	8	3.8
		설비·기계·기구 부품	1	
		기타	2	
계			209	100.0

(1-1) 인터록 장치 미설치 + 가동 중 수리·점검 + 일반 제조 가공 설비·기계

세 가지 특성(미설치된 안전방호설비, 불안전한 상태, 기인물)에 대한 결합 분포를 살펴본 결과, 미설치된 안전방호설비가 인터록 장치이고, 불안전한 상태가 가동 중 수리 점검이며, 기인물이 일반제조 가공 설비·기계인 경우에서 가장 많은 사례 수(14건, 6.7%)를 보이고 있다. 중대재해조사 보고서에 언급된 재해 발생 원인은 기계·설비를 점검하거나 수리하는 중에 안전장치를 작동시키지 않

거나 전원을 차단하지 않아 수리·점검 시 기계가 움직여 기계 사이에 끼여 재해를 당한 경우가 많았다. 예를 들어 사출성형기 운전 중에 정면의 여닫이 문을 열고 내부로 접근하게 되면 리미트 스위치와 같은 안전장치가 작동하여 내부로 접근하지 못하도록 하거나 기계가 정지되도록 하여야 하는데, 작업편의를 위하여 리미트 스위치를 제거하고 사용하여 사고가 발생한 것으로 조사되었다. 또한 기계 설비를 점검을 할 때 운전을 정지하지 않은 상태에서 점검을 하여 사고가 발생한 것으로 보고되어 있다. 또 다른 경우에는 기계가 운전 중인 상태에서 덮개와 같은 안전장치를 열어두고 작업을 하여 장갑이 말려들어가면서 기계 설비에 몸이 끼이는 사고가 발생하기도 하였다. 이 경우에서도 안전장치를 제거하고 점검을 하여 재해를 당한 것으로 조사되었다.

이상의 경우는 대부분 사출성형작업에서 발생한 경우이며, 로봇을 이용한 작업에서도 유사한 끼임 사고가 발생하였다. 로봇 사용 시 모터를 수리 점검할 경우 수리 점검 대상 로봇 운전이 가동되는 라인의 전원을 차단하고 점검 수리 작업을 해야 하는데 전원 차단조치를 취하지 않아 사고가 발생하였다. 또한 점검을 위해 출입문을 여는 경우 인터록 장치를 통해 전원이 자동 차단되도록 하여야 하는데 인터록 장치가 출입문에 연결되지 않은 상태로 방치되어 사고가 발생한 것으로 조사되었다. 결국 부적합한 방호장치가 설치되었고, 안전관리 차원에서 위험성 평가가 실시되지 않았으며, 운전시작 전 조치가 제대로 취해지지 않은 것으로 조사되었다.

일부 중대재해조사 보고서에는 하청 작업시 원청의 안전관리가 소홀한 점이 지적되기도 하였다. 예를 들어 철골작업이 이루어지는 작업장에서 일체의 기계 설비가 원청에 의해 제공된 것인데, 원청에서 이러한 기계 설비에 대한 관리와 보전을 위한 안전점검 및 수리에 대한 책임이 있음에도 불구하고 방호장치에 대한 점검이 이루어지지 않고 고장난 상태에서 방치되어 있었다. 아울러 하청 업체 근로자가 안전방호장치를 제거한 상태에서 작업하는 것을 원청 관리자가 그대로 방치한 경우 등이 지적되고 있다.

사례 1

□ 재해발생경위

○ 1층 작업장 내 블로우(Blow) 성형공정에서 재해자가 블로우(Blow) 성형기(5호)에서 성형된 화장품 용기((가로)67.7mm×(세로)45.2mm×(높이)126.2mm)를 종이박스에 포장하는 작업을 수행하던 중 블로우(Blow)성형기(5호) 내부에서 제품 성형 불량 등과 관련된 것으로 추정되는 비정상 상태가 발견되자 안전장치(리미트스위치)가 제거된 우측 여닫이문을 열고 블로우(Blow)성형기(5호) 내부(좌우금형의 협착부위)에 머리를 넣은 상태에서 확인하던 중 좌측에서 이동한 금형이송장치와 다음 성형 사이클을 위해 대기중이던 우측 금형이송장치 사이(좌우거리 43cm)에 재해자의 머리가 끼임으로 인해 발생한 재해

□ 재해발생원인

○ 블로우성형기 여닫이문 안전장치(리미트스위치) 제거

– 블로우성형기가 운전중인 상태에서 근로자가 정면의 여닫이문을 열고 내부로 접근하는 경우 금형이송장치 등과의 끼임 등으로 인한 재해를 예방하기 위하여 정면 여닫이문 좌우측에 각각 1개씩 안전장치(리미트스위치)가 설치되어 있었으나 금형 교환 후 확인 작업 등의 편의를 위해 우측 여닫이문에 설치되어 있던 안전장치(리미트스위치)를 제거하고 원상복구하지 않음.

○ 블로우성형기 내부의 비정상상태 확인을 위한 접근 시 운전정지 등 미실시

– 운전중인 블로우성형기에서 성형불량 등 비정상 상태가 확인되는 경우 블로우성형기의 운전을 정지하고 끼임 등의 재해 발생위험이 없는 것을 확인한 후 내부로 진입하여 작업을 하여야 하나 운전을 정지하지 않은 상태에서 작업을 실시함.

사례 2

□ 재해발생경위

○ 피재자가 다이캐스팅기(1,650톤 1호기)에서 금형내부 하단부에 설치된 리미트스위치(LS, Limit Switch) 가이드봉이 고정브라켓에서 떨어져 발생한 오류를 해결(Trouble Shooting)하기 위하여 금형내부에서 점검 중 다이캐스팅기가 작동하여 금형과 금형사이에 상반신이 끼어 사망한 재해

□ 재해발생원인

○ 기계 또는 설비의 방호장치에서 결함이 발견되었으나 정비하지 않고 사용

– 다이캐스팅기에 설치된 안전문 리미트스위치와 광전자식안전장치가 모두 결함이 있는 것을 약 20일 전에 확인하였으나 결함을 정비하지 않았으며

– 정비가 완료될 때까지 해당 다이캐스팅기의 사용을 금지하지 않은 상태에서 작업을 실시함

○ 근로자가 위험해질 우려가 있는 경우 설비 운전정지 미실시
– 다이캐스팅기의 트러블 점검 작업은 금형내부를 확인하는 작업으로 금형과 금형사이에 근로자가 끼일 수 있는 위험이 있는 상황임에도 설비운전을 정지하지 않고 작업을 하다 사고가 발생함.

사례 3

□ 재해발생경위

○ 피재자가 신선기(5호기)의 단선된 철선을 용접하였거나 다이스(Dies)를 교체한 후 신선기를 재가동하는 과정에서 드럼에 감겨진 철선의 처짐을 조정하기 위해 오른손으로 철선을 정리하는 도중 장갑이 회전하는 신선기 드럼과 철선 사이에 말려 들어가면서 피재자의 몸통이 말려 들어가 사망한 재해

□ 재해발생원인

○ 신선기 가동 중 철선 정리작업 실시
– 신선기 재가동 시 설치된 방호덮개를 열어 놓은 상태에서 드럼에 감겨진 철선의 처짐을 조정하기 위해 가동 중인 상태에서 오른손으로 철선을 정리하는 작업을 수행함

○ 신선 작업시 장갑 착용
– 신선기의 드럼에 감겨진 철선을 정리하는 작업 시 손 등이 회전체에 말려들어갈 위험이 있음에도 불구하고 근로자의 손에 밀착이 잘되지 않는 장갑을 착용함

사례 4

□ 재해발생경위

○ 근로자가 사출성형기 금형 사이에 진입하여 금형 노즐에 끼인 이물질을 제거하던 중 안전문이 닫히며 설비가 자동으로 작동되어 금형 사이에 머리와 가슴 부위가 끼어 사망한 재해

□ 재해발생원인

○ 사출성형기 운전 중 금형 이물질 제거 실시
– 사출성형기 운전 상태에서 금형 사이에 진입하여 이물질 제거작업을 하여 안전문(게이트 가드)의 불시 닫힘에 따라 유압장치 작동으로 근접하는 금형사이에 끼임

○ 사출성형기 금형 이물질 제거 시 안전문(게이트 가드) 고정 미실시
– 사출성형기 반자동 상태에서 안전문(게이트 가드)이 열렸다가 닫힐 경우 설비가 자동으로 작동되나 끼임 위험이 있는 금형 사이에 진입하여 이물질 제거작업을 하면서 안전문(게이

트 가드)이 닫히지 않도록 하기 위한 고정조치를 하지 않음

○ 사출성형기 안전문 연동장치 작동 후 자동작동

– 사출성형기 안전문(게이트 가드)이 열려서 연동장치(리미트 스위치)에 의해 작동이 정지된 후에 재가동은 수동으로 작동되어야 하나 반자동 상태에서는 안전문(게이트 가드)이 열렸다가 닫힐 경우 설비가 자동으로 작동되어 설비 내부에 근로자가 있는 상태에서 작동됨에 따라 재해가 발생함

사례 5

□ 재해발생경위

○ 피재자가 냉동공장(1공장)의 로봇자동화 포장공정에서 롤러 컨베이어의 모터 고장을 수리하기 위해 가동중인 로봇 방책안으로 들어가 수리작업을 하던 중 산업용 로봇의 작동부(Gripper)와 롤러 컨베이어 사이에 끼어 사망한 재해

□ 재해발생원인

○ 모터 수리 작업 시 운전 정지 미실시

– 포장 1라인 산업용 로봇 1호기 작동 구역내에서 롤러 컨베이어 2라인 모터를 해체하는 수리작업을 수행하였으나 포장 1라인 전체설비의 전원을 차단하지 않았고 최소한의 안전조치로 포장 1라인 산업용 로봇 1호기가 작동되지 않도록 수리작업 전 정지작업을 실시하지 않았음.

○ 부적합한 방호장치 설치

– 산업용 로봇 출입문에는 방호장치로 출입문 개방시 안전플러그가 뽑혀 로봇이 정지되는 기능의 인터록이 설치되었으나 안전플러그가 출입문에 연결 설치되어 있지 않고 방책에 설치되었음.

○ 위험성 평가 미실시

– 위험성평가는 정상적인 일상작업뿐만 아니라 비일상작업인 정비・점검・수리・보수 및 청소작업에 대해서도 실시하여야 하나 포장 라인 고장에 관련한 위험성평가를 실시하지 않았음.

○ 운전 시작 전 조치 미실시

– 산업용 로봇의 운전을 시작할 때 작업방법, 방호장치 등 필요한 사항을 미리 확인한 후 위험 방지를 위하여 필요한 조치를 하여야 하나 실시하지 않았음.

○ 특별교육 내용 미흡

– 산업용 로봇을 사용·관리 하는 근로자를 대상으로 특별교육을 실시하였으나, 산업용 로봇 방책내의 출입 및 작업에 대한 안전기준에 대한 교육을 실시하지 않음.

사례 6

□ 재해발생경위

○ 근로자가 H-형강 자동개선기(베벨링머신)로 H-Beam 용접면 개선작업을 하던 중 고정부인 기계 프레임과 자동으로 이동되는 툴고정대 사이에 끼어 사망한 재해

□ 재해발생원인

○ 끼임 위험부 안전조치 미흡 및 고장 난 방호장치 방치
- 자동개선기의 툴 고정대가 전후로 이동할 때 고정부인 프레임과 가동부인 툴 고정대 사이의 끼임 위험을 방지하기 위하여 방호장치(접근제한형 체인, 안전바)를 설치하였으나 장치의 아래위 또는 측면에는 사람의 출입이 가능할 만큼 넓은 개구부가 형성되는 등 방호기능이 허술함
- 방호장치의 개구부에는 설비 청소, 점검, 정비, 수리 등 필요 시 기계 내부로 들어갈 수 있도록 체인형 전기식 연동장치를 설치해 놓았으나 고장이 난 상태이고, 기계의 정비·청소·급유·검사 또는 이와 유사한 작업 시 작업자가 위험영역에 접근하는 것을 방치함

○ 개선기 위험영역 임의출입 방치
- 재해자가 개선기의 동작상태를 점검하기 위하여 접근제한형 체인을 제거한 상태에서 위험영역 내에 오래 전부터 임의로 출입하는 것을 원청 및 관계자들이 방치함

○ 원청의 안전관리 소홀
- H-빔의 천공, 절단, 면취작업 등 철골 제작공정에 설치된 일체의 기계설비는 원청인 ㈜대우에스티에서 제공한 것으로서 원청에서는 설비관리 및 보전을 위한 안전점검과 그 결과에 따른 수리를 하여야 하나 자동개선기에 설치된 방호장치의 설치상태 및 기능이 유지되고 있는지 점검이 이루어지지 않았고, 고장상태를 방치하여 끼임 위험이 초래됨

(1-2) 울타리·방책 미설치 + 방호장치 미설치 + 일반제조 가공 설비·기계

제조업에서 발생한 끼임 재해에 대한 의사결정나무 분석 결과 미설치된 안전방호 설비와 불안전한 상태 그리고 기인물의 결합 분포에서 미설치된 안전방호 설비가 울타리·방책이고, 불안전한 상태가 방호장치 미설치·불량이며, 기인물이 일반제조 가공 설비·기계인 경우가 두 번째로 많았다. 이러한 경우에 해당되는 중대재해조사 보고서의 내용을 통해 재해발생원인을 살펴본 결과, 위험한 기계를 운전하거나 점검하는 과정에 필요한

안전방호장치가 설치되어야 하는데 이러한 장치가 설치되지 않은 경우가 대부분이었다. 예를 들어 기계의 회전축이 노출되어 작업자가 스위치 조작 등의 이유로 접근시 회전체에 접촉되어 끼임 재해가 발생한 경우이거나 위험한 기계에 덮게 등이 설치되어 있지 않아 기계 가동 조작시 기계에 끼임 사고가 발생하여 재해를 당한 경우로 조사되고 있다.

기계 설비의 운전시 위험한 상태가 작업자에게 노출되는 경우 외에도 위험구역에 대한 방호조치가 이루어지지 않아 재해가 발생한 경우도 있었다. 예를 들어 위험구역이 작업자의 출입을 금지하는 경고문이나 울타리·방책 등이 설치되어야 하는데 이러한 장치나 조치가 이루어지지 않은 점이 지적되기도 하였다. 일부 중대재해보고서의 경우에는 설비간 거리가 멀어서 육안으로 확인이 불가능한 경우 작업자 상호간 신호방법과 신호체계에 따라 설비를 가동하여 운전시 위험방지를 위한 조치를 취해야 하는데 이러한 조치가 이루어지지 않은 점이 지적되기도 하였다.

사례 1

□ 재해발생경위

○ 재해자가 전선을 감는 권취기에서 전선과 권취기의 목 드럼 사이에 다리가 말리면서 사망한 재해

□ 재해발생원인

○ 권취기의 회전축과 회전체인 목 드럼이 노출됨
- 목 드럼이 권취기의 어댑터에 장착되어 회전할 때 회전축과 목 드럼이 노출되어 작업자가 스위치 조작 등이 이유로 접근시 회전체 접촉에 의한 끼임 발생

○ 권취기의 조작판넬 위치가 회전체에 근접 설치되어 접촉 우려
- 조작판넬이 회전체로부터 각 0.6m 이내에 부착되어 작업자가 조작판넬의 스위치를 조작하기 위하여 회전체에 접근시 접촉에 의한 끼임 발생

사례 2

□ 재해발생경위

○ 재해자가 소재공급 등 작업 중 자동이송장치(일명: 갠트리 로더)본체와 소재공급장치(일명: 인텍스)사이에 머리부분이 끼여 사망한 재해

□ 재해발생원인

○ 기계의 구동축 등 작동으로 인한 위험부위에 방호조치 미실시
(산업안전보건기준에 관한 규칙 제87조 1항)
– 기계의 원동기·회전축 등 근로자가 위험에 처할 우려가 있는 부위에는 덮개·울 등을 설치하여야 하나, 끼임 등 재해발생 위험이 있는 이송장치(Z축)와 소재공급장치 부위에 방호조치를 미실시함

○ 정비 등의 작업시 운전정지 미실시
(산업안전보건기준에 관한 규칙 제92조 1항)
– 공작기계 등 정비·청소·급유·검사·수리·교체 등의 작업을 할 때에는 해당기계의 운전을 정지하여야 하나, 자동운전 상태에서 이송장치와 소재공급장치 부위에서 소재공급 등 작업을 실시함

사례 3

□ 재해발생경위

○ 피재자가 #2절단 라인에서 판유리 투입용 스태커(Stacker)의 하부 바닥에 떨어진 폐유리를 치우던 중, 스태커 암(Stacker Arm)에 몸이 끼인 것으로 추정되는 재해

□ 재해발생원인

○ 위험구역(스태커 암의 작동범위)내에 작업자 출입을 금지할 수 있는 방호조치가 없었음
– 작업자가 작동하는 스태커에 충돌하거나 스태커 암(arm)에 끼이는 등 스태커의 작동범위 내에 작업자가 접근할 우려가 있으나,
– 위험구역 내 작업자의 출입을 금지할 수 있는 울, 방호벽 등을 설치하지 않았으며,
– 작업자의 출입을 감지하여 스태커의 동력(전원)을 차단 할 수 있는 연동장치 등의 방호조치를 설치하지 않음
※ 스태커의 운반대차 전면에 스태커의 동력을 차단할 수 있는 스위치는 설치되어 있음
※ 스태커 전면의 「조작 스위치」 중 'STOP ON(스태커 정지)'을 조작하는 경우 또는 「조작반 1」의 '스태커 STOP'버튼을 조작하는 경우에는
– 「조작반 2」에서 컨베이어 가동스위치를 조작하더라도 스태커는 작동하지 않음(스태커의 동력이 차단됨)

○ 동력기계의 정비·청소 등의 작업 시 전원을 차단하지 않음
- 동력기계의 정비·청소·이물질 제거 등의 작업을 함에 있어 기계의 불시 동작을 방지하기 위한 전원을 차단하지 않음
- 스태커 등 기계·설비가 갑자기 가동될 우려가 있는 경우에는 작업지휘자를 배치하는 등의 필요한 조치를 하지 않음

(1-3) 수리작업 시 방호시설 미설치 + 방호장치 미설치 + 운반·인양 설비·기계

제조업의 끼임 재해에 대한 미설치된 안전방호 설비가 수리작업 시 방호 시설이고, 불안전한 상태가 방호시설 미설치 및 불량이며, 기인물이 운반·인양 설비·기계인 경우를 살펴보면, 대부분 지게차와 리프트를 이용하여 중량물을 운반하거나 인양하던 중 해당 설비의 점검 수리 과정에서 사고가 발생한 경우이다. 예를 들어 지게차 운전 시 유압 호스 체결 부위를 수리하는 과정에서 안전지주나 안전블록을 사용하지 않아 버킷이 낙하하면서 끼임 재해가 발생하였다. 이 경우 지게차 자체의 문제점이 지적되기도 하였다. 즉 지게차 제조사가 정한 기준보다 무거운 버킷을 사용한 것도 사고 발생의 원인으로 지적되고 있다. 리프트 수리 점검의 경우에도 안전지주나 안전블록을 사용하지 않은 점이 지적되었다. 이 경우 법 위반 사항 이외에 시스템 운영 부실 사항으로 설비 정비보수 작업시 절차 미준수를 포함하여 현장 설비관리 프로세스가 미흡하고 매뉴얼이 부실한 점이 지적되었다. 또한 수리 점검이 진행 중인 기계·설비의 경우 수리가 완료될 때까지 운전을 금지하지 않은 점이 지적되기도 하였다.

이상에서와 같이 제조업에서 발생한 끼임 재해의 경우 크게 일반제조가공 설비·기계와 운반·인양 설비·기계가 기인물이었으며, 이중에서 사출성형기나 회전축이 있는 기계·설비 그리고 지게차와 리프트 등에서 발생한 끼임 재해가 많았다. 전자의 경우에는 가동 중에 수리·점검이 이루어질 경우 인터록 장치가 작동되어야 하나 그렇지 못하여 사고가 발생한 점이 주로 지적되고 있으며, 이를 방치한 안전관리상의 문제점도 지적되었다.

또한 기계·설비 외에 위험 구역에 대한 울타리·방책의 미설치 등으로 사고 발생을 방치한 점이 지적되었다. 운반·인양 설비의 경우 지게차와 리프트 수리 점검이 주로 유압 장치 관련 사항이 많았으며, 이 경우 점검 수리 시 사용해야 하는 안전방호 장치로서 안전지주와 안전블록 미사용이 지적되었다. 안전관리와 관련된 조사자의 의견으로는 원청의 기계 설비 유지·관리 및 안전점검의 소홀이 지적되기도 하였으며, 안전방호 장치 미설치와 불량인 상태를 방치한 관리상의 부실과 작업절차 미준수와 관련된 관리 부실이 지적되었다.

사례 1

□ 재해발생경위

○ 지게차 운전자인 피재자가 지게차의 버킷(포크를 제거하고 버킷을 장착, 이하"버킷'이라 함) 작동용 유압호스 연결부위에서 누유되는 것을 정비하기 위해 버킷을 상승시킨 상태에서 그 아래로 들어가 정비하던 중 작동유가 분출되어 상승시킨 버킷이 낙하하면서 재해자가 깔려 사망한 재해

□ 재해발생원인

○ 수리 등의 작업 시 조치 미실시

– 지게차의 유압에 의해 지탱되어 있는 버킷 등을 상승시켜 놓고 그 아래로 들어가서 작동유 분출 위험이 있는 부위인 유압호스 체결부위를 수리하는 작업을 하면서 작업지휘자를 지정하지 않고, 강도가 약한 쇠파이프를 사용하여 구부러질 위험 또는 별도로 고정하지 않아 미끄러져 이탈 위험이 있었던 것으로 추정됨

○ 지게차 제조당시 기준 미준수

– 지게차는 안전한 운행을 위하여 제조사가 정한 기준을 준수하여야 하나, 포크를 제거하고 중량이 500kg 정도의 무거운 버킷을 장착한 것을 사용하므로서, 버킷 등의 과도한 중량 및 유압호스 노후화 등으로 화물 인양을 하지 않는 평소에도 유압호스 연결부에 무리한 압력이 작용하여 누유가 발생되었을 것으로 추정되며, 중량이 큰 버킷을 상승시킨 상태에서 그 아래로 들어가서 수리 작업 등을 할 경우 자중에 의한 낙하 위험이 컸던 것으로 판단됨

사례 2

□ 재해발생경위

○ 재해자가 소포장된 제품을 파렛트로 자동 적재하는 턴테이블 유압 리프트에 이상이 생겨 리프트 하부(피트)로 내려가 점검 중 유압호스를 해체하자 리프트가 갑자기 하강하여 재해자가 피트 바닥면과 리프트 상판 사이에 끼어 사망한 재해

□ 재해발생원인

○ 유압으로 작동하는 리프트 하부 출입시 안전조치 미실시 (안전보건기준에 관한 규칙 제20조)
- 유압으로 작동하는 리프트 하부 출입을 금지하기 위하여 방책 등 안전조치를 실시하여야 하나, 단순히 플라스틱 체인으로 출입금지 표시만 되어 있어 허가된 자 이외에도 항시 출입 가능
- 유압으로 작동하는 리프트 하부에 정비 등의 작업을 위하여 출입시에는 불시기동에 따른 위험으로부터 근로자를 보호하기 위하여 안전조치 실시하고 출입하여야 하나, 아무런 조치 없이* 하부에서 작업
  * 사업주가 안전조치를 준비해 주고 근로자가 준수하도록 요구하여야 하지만, 사업주가 안전조치(안전지주 또는 안전블럭)를 준비하여 주지 못함

[시스템 운영 부실사항]

○ 설비 정비·보수작업 시 절차 미준수
- 리프트 등의 설비고장시 공무팀 또는 외부업체(성신유공압ENG)에 요청하여 정비·보수작업 하여야 하나, 생산현장 관리감독자(재해자)가 본인의 경험만을 믿고 직접 정비작업 실시

○ 현장 설비관리 프로세스가 미흡하여 빈번한 고장 발생
- 리프트 유압문제가 빈번히 발생하고 있어 근본적인 원인을 개선할 수 있도록 정비후 설비 정비업체에서 지속적인 모니터링이 필요하였으나, 단순 부품 교체로 빈번한 고장 발생

○ 현장 설비동작 매뉴얼 부실
- 설비운영 관련 현장에 게시·비치된 “설비동작매뉴얼”에는 단순 설비 운전 관련 사항만 있어 이상 발생시 조치사항에 대한 구체적인 내용이 수립되어 있지 않았으며, 문제 해결 과정에서 발생할 수 있는 위험 요인과 예방대책이 수립되어 있지 않았음

사례 3

□ 재해발생경위

○ 재해자가 일반작업용 리프트 운반구가 좌측 출입문 상단에 걸려 정지하자 리프트 하부에 들어가 걸려있던 출입문을 망치로 수차례 두드려 출입문이 밖으로 빠지면서 낙하하는 운반구와 지면 사이에 끼여 사망한 재해

□ 재해발생원인

○ 출입의 금지 등 조치 미실시 (산업안전보건기준에 관한 규칙 제20조)
- 일반작업용 리프트 운반구 상·하강 등으로 근로자에게 위험을 미칠 우려가 있는 장소에서 실시하는 수리 또는 점검 작업시 에는,
· 운반구의 불시 하강 등 움직임에 의한 하중을 충분히 견딜 수 있도록 안전지주(安全支柱) 또는 안전블록 등을 설치한 후 작업을 실시하여야 하나 미사용 함.

○ 고장난 기계의 정비 등 조치 미실시 (산업안전보건기준에 관한 규칙 제91조)
- 일반작업용 리프트 출입문 스토퍼 설치상태 불량, 출입문의 운반구 주행통로 간섭, 출입문 연동장치 고장 및 방호장치 기능 해제 등 기계 또는 방호장치의 결함이 발견된 경우 반드시 정비한 후에 근로자가 사용하도록 하여야 하며, 정비가 완료될 때까지는 일반작업용 리프트의 사용을 금지하여야 하나 미실시 함.

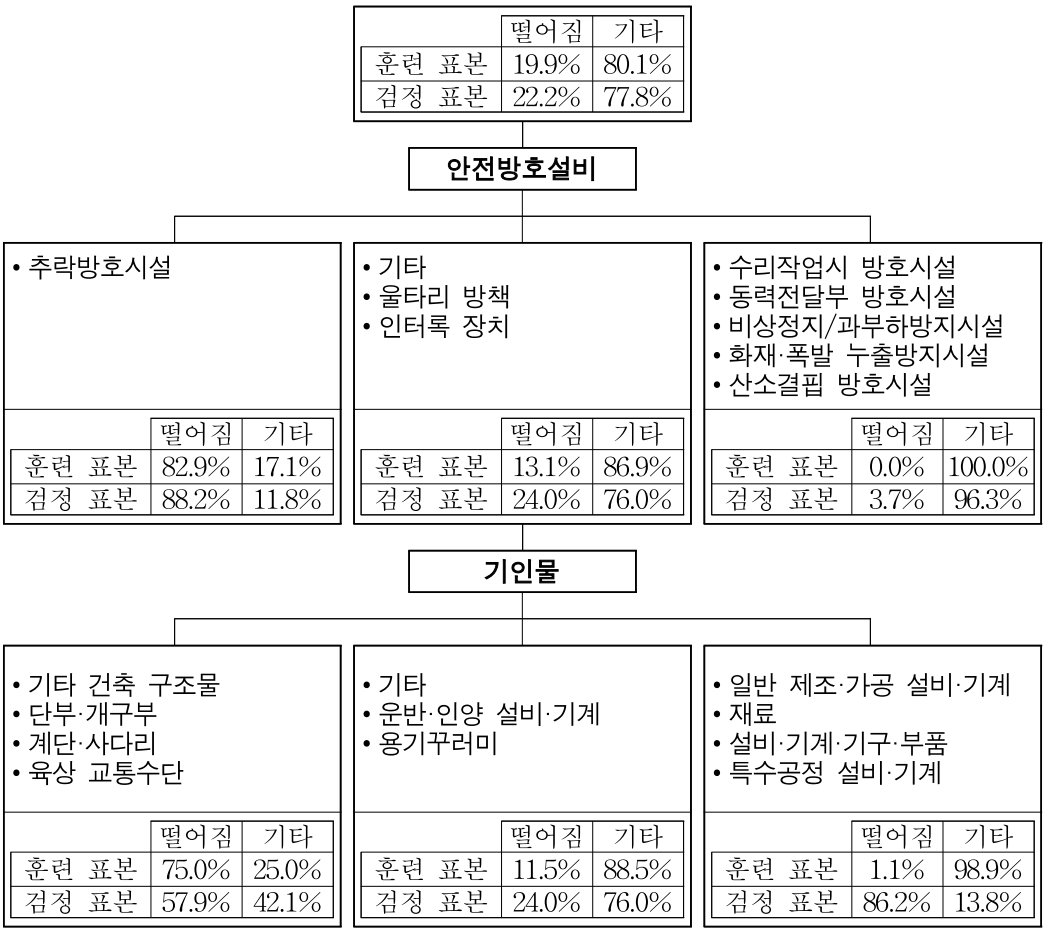
○ 개인 보호구 미착용 (산업안전보건기준에 관한 규칙 제32조)
- 물체가 떨어지거나 날아올 위험이 있는 작업에는 안전모를 지급하고 착용하여야 하나 미착용 함.

(2) 제조업의 떨어짐 재해에 대한 의사결정나무 분석 결과

제조업의 떨어짐 재해는 끼임 재해 다음으로 많이 발생하는 재해 발생형태이다. 떨어짐 재해와 그 외의 재해를 분류하는데 어떠한 특성이 효과적인지 알아보기 위해 의사결정나무 분석을 시도하였다. 떨어짐 재해와 그 외의 재해를 분류하는데 동원된 특성은 미설치된 안전방호 설비와 기인물 특성이었다. 훈련 표본의 경우 최초 떨어짐 재해의 비율은 19.9%였다. 1차 분류를 위해 미설치된 안전방호설비 특성을 도입한 결과 추락방호 시설 범주에서 떨어짐 재해의 비율은 82.9%로 매우 높았으며, 기타, 울타리·방책, 인터록 장치 등의 범주에서는 떨어짐 재해의 비율이 13.1%였고, 그 외의 나머지 안전방호 설비 범주에서는 떨어짐 재해가 전혀 존재하지 않은 것으로 나타났다. 두 번째 범주를 대상으로 2차 분류를 위해 기인물 특성을 도입한 결과 기타 건물 구조물, 단부·개구부, 계단·사다리, 육상교통수단 등에서 떨어짐 재해의 비율은 75.0%로 크게 증가한 반면 운반·인양 설비·기계, 기타, 용기·꾸러미 등의 범주에서는 떨어짐 재해의 비율이 11.5%였다. 또한 기인물의 나머지 범주에서는 떨어짐 재해의 비율이

1.1%에 불과하였다.

이상에서와 같이 제조업의 떨어짐 재해와 그 외의 재해를 분류하는데 미설치된 안전방호 설비 특성과 기인물 특성을 도입한 결과 훈련표본에서 떨어짐 재해에 대한 분류 정확도는 76.6%였으며, 검정표본에서는 71.8%였다. 전체 분류 정호가도는 훈련표본에서 91.6%, 검정표본에서 89.8%였다.



[그림 III-2] 의사결정나무 분석 결과(제조업, 떨어짐)

<표 Ⅲ-45> 의사결정나무 분류 정확도 결과(제조업, 떨어짐)

구 분		예측		
		떨어짐	기타	정확도 백분율
학습	떨어짐	49	15	76.6%
	기타	12	245	95.3%
	전체 백분율	19.0%	81.0%	91.6%
검정	떨어짐	56	22	71.8%
	기타	14	260	94.9%
	전체 백분율	19.9%	80.1%	89.8%

제조업에서 발생한 떨어짐 재해에 대한 의사결정나무 분석 결과, 미설치된 안전방호 설비가 추락방호 시설과 기인물에 의한 분류가 최적 분류로 확인되었다. 미설치된 안전방호 설비와 기인물을 결합하여 제조업에서의 떨어짐 재해의 분포를 확인한 결과는 아래의 표와 같다.

<표 Ⅲ-46> 주요 요인의 결합 분포(제조업, 떨어짐)

안전방호설비	기인물	사례수(명)	백분율(%)
울타리 방책	단부개구부	1	
추락방호시설	일반제조가공설비기계	6	
	운반인양설비기계	10	7.0
	단부개구부	10	7.0
	계단 사다리	12	8.5
	기타건물구조물	18	12.7
	용기꾸러미	3	
	육상교통수단	2	
	기타	18	12.7
인터록 장치	운반인양설비기계	2	
수리작업시방호시설	일반제조가공설비기계	1	
	운반인양설비기계	1	
기타	일반제조가공설비기계	2	
	운반인양설비기계	24	16.9
	재료	1	
	단부개구부	5	
	계단 사다리	7	4.9
	기타건물구조물	4	
	용기꾸러미	3	
	육상교통수단	9	6.3
	기타	3	
계		141	100.0

(2-1) 추락방호시설 미설치 + 운반인양설비기계

미설치된 안전방호시설이 추락방지 시설이면서 기인물이 운반·인양 설비·기계, 단부·개구부, 계단·사다리, 기타 건물 구조물인 경우의 사례가 가장 많았다.

제조업의 떨어짐 재해에 대한 의사결정나무 분석 결과에서 나타난 미설치된 안전방호 시설과 기인물의 결합분포에서 추락방호 시설이 설치되지 않은 경우에서 기인물의 종류별로 중대재해조사 보고서에 나타난 조사자의 의견을 검토하였다. 우선 기인물이 운반·인양 설비·기계인 경우는 크게 두 가지 경우로 구분되었다. 하나는 고소작업대에서 고소작업을 하는 경우 안전모와 안전대를 착용하였으나, 안전대 부착설비 등 추락방호시설이 설치되지 않은 경우와 지게차나 이동식 크레인 등을 이용하여 고소작업을 한 경우였다. 전자의 경우에는 안전대 부착설비의 미설치와 함께 차량계 하역운반기계 등의 작업계획서 미작성, 위험성 평가 미실시 등 안전관리의 문제점도 지적되었다. 지게차를 이용하여 고소작업을 하는 경우에는 지게차를 주 용도인 화물의 적재, 하역 등의 용도로만 사용하여야 하나 지게차 포크에 팔레트를 올려놓고 포크를 상승시켜 포크에 올려진 팔레트 위에서 고소작업을 하게 한 경우였다. 특히 이러한 경우에는 지게차를 주 용도로 사용하지 않은 것 뿐만 아니라 고소작업을 한 근로자에게 개인용 보호구를 지급 착용토록 하지 않았으며, 무자격자에 의해 지게차가 운전되었고, 지게차 작업계획서도 작성되지 않은 것으로 보고되었다. 이동식 크레인을 이용하여 고소작업을 하여 떨어짐 재해가 발생한 경우, 이동식 크레인의 붐대 단부에 불법으로 임의 제작된 작업대를 설치하고 근로자가 고소작업을 하였으며, 고소작업시 물리적 충격으로 작업대가 꺽이면서 떨어짐 재해가 발생하였다. 이동식 크레인에는 탑승이 금지되어 있을 뿐만 아니라 추락방지용 보호구도 착용하지 않은 것으로 보고되었다. 지게차와 이동식 크레인에 의한 고소작업과 유사한 경우로서 화물용 승강기에 근로자가 탑승하여 운반구와 벽체 사이의 개구부로 근로자가 떨어지는 재해가 발생하였다. 이상과 같이 운반·인양 설비·기계를 이용하여 원래의 용도가 아닌 고소작업 용도로 임의 변경하여 사용

하면서 적절한 보호 장치를 설치하지 않고 개인용 보호구도 지급 착용하지 않은 상태에서 작업하여 떨어짐 재해가 발생한 경우들이다. 이 중지게차를 이용하여 고소작업을 하다 떨어짐 사고가 발생한 경우가 상대적으로 많았다.

사례 1

□ 재해발생경위

○ 근로자가 철골구조물의 지붕 판넬 설치를 위한 철물(C형강) 용접을 위해 고소작업대를 이용하여 작업 또는 이동 중, 몸의 중심을 잃고 지상1층 바닥(H≒8m)으로 떨어져 사망한 재해

□ 재해발생원인

○ 추락 방지조치 미실시

– 사업주는 높이 약 8m에서 고소작업대에 탑승하여 떨어질 위험이 있는 장소에서 작업을 할 때에는 안전대 부착설비로 지지로프 등을 설치하고 근로자에게 안전대를 착용 후 안전대 부착설비에 걸고 작업토록 하여야 하나 이를 미실시 함.

※ 현장관계자는 피재자가 안전모 및 안전대를 착용하였으나, 안전대 부착설비 등 추락방호시설은 미설치된 상태였다고 진술함.

○ 차량계 하역운반기계등 작업계획서 미작성

– 사업주는 철골부재 등을 설치하기 위해 고소작업대 등 차량계 하역운반기계를 사용하여 작업을 할 때에는 작업계획서를 작성하고, 작업지휘자를 지정하여 작업계획서에 따라 작업을 지휘하도록 하여야 하나 이를 미실시 함.

○ 위험성평가 미실시

– 사업주는 높이 약 8m 높이에서 떨어질 위험이 있는 장소에서 작업을 할 때에는 작업 전 위험성평가 회의를 통해 사전에 해당 작업에 대한 유해위험요인을 파악한 후 위험성을 결정하고, 위험성평가의 실시 내용 및 결과를 기록·보존해야 하며 해당 작업으로 인한 재해 방지를 위한 안전대책을 수립한 상태에서 위험요인을 제거한 후 작업을 실시하여야 하나 위험성평가를 미실시함.

사례 2

□ 재해발생경위

○ 근로자가 약 3m 높이의 공장기둥에 설치된 C형강을 해체하기 위해 지게차 포크에 철재팔레트(이하 “팔레트”라 함)를 올려놓고 그 위에 재해자가 산소절단기를 들고 올라선 상태로

포크를 약 2.2m 높이로 상승시키고 C형강 해체작업을 하던 중 재해자가 몸의 균형을 잃고 지면으로 떨어져 사망한 재해

□ 재해발생원인

○ 지게차의 주용도 외의 사용

– 기인물인 지게차는 화물의 적재·하역 등의 주된 용도로만 사용하여야 하나, 사고당시 C형강 해체작업 등 고소작업을 하기 위해 지게차의 포크에 팔레트를 올려놓고 그 위에 재해자가 올라가게 한 후 포크를 상승시켜(추락위험이 있는 상태) 작업을 수행토록 함

○ 보호구 미착용

– 사고당시 재해자는 지게차 포크에 올려놓은 팔레트 위(높이 약 2.2m)에 위치하고 있어서 추락할 위험이 있었음에도 안전모 등 보호구를 착용하지 않고 C형강 해체작업을 실시함

○ 지게차 작업계획서 미작성

– 차량계 하역운반기계인 지게차를 사용하여 작업을 하면서 포크에 팔레트를 올려놓고 근로자가 올라감으로써 예상되는 추락 위험을 예방 할 수 있는 안전대책을 포함한 지게차 작업계획서를 작성하여야 하나 이를 이행하지 아니함

○ 무자격자의 지게차 운전

– 사고당시 지게차를 운전한 자가 자격이 없었기 때문에 지게차의 포크(팔레트)에 근로자가 올라간 상태로 포크를 상승시킴으로 인한 추락 위험성을 인지하지 못했거나 경시하였을 것으로 판단됨

사례 3

□ 재해발생경위

○ 재해자 2명이 호이스트식 천장크레인(5톤)을 설치하기 위해 이동식크레인 작업대에 탑승하여 호이스트 횡행레일과 횡행휠의 간격을 조정하던 중 횡행레일에서 이탈된 호이스트가 작업대 내부로 떨어져 작업대가 꺽이면서 호이스트와 함께 5m아래의 바닥으로 추락하여 1명은 사망하고, 1명은 부상당한 재해

□ 재해발생원인

○ 이동식크레인의 작업대에 근로자 탑승

– 이동식크레인의 붐대 단부에 불법으로 임의 제작된 작업대를 설치하고 근로자가 탑승하여 고소작업 중 물리적 충격으로 작업대가 꺽이면서 5m아래의 바닥으로 추락함

○ 호이스트식 천장크레인 설치 작업방법 부적함

– 탑승이 금지된 이동식크레인의 작업대에 근로자가 탑승하고 추락위험이 있는 천장크레인 본체에 접근하여 호이스트가 이탈될 우려가 있는 고정볼트를 풀어 횡행휠과 횡행레일의

간격을 조정하는 방법으로 천장 크레인 설치작업을 수행함

○ 추락방지용 보호구 미착용

– 작업대 전면부에 안전난간이 설치되지 않은 작업대에 탑승한 근로자가 추락방지용 안전대를 착용하지 않아 추락하는 위험으로부터 신체를 보호하지 못함

사례 4

□ 재해발생경위

○ 재해자가 종이박스 납품을 위해 화물용 승강기에 탑승하여 3층으로 박스를 이송하던 중 화물용 승강기 운반구와 벽체 사이 개구부로 추락하여 사망한 재해

□ 재해발생원인

○ 근로자의 탑승이 금지된 화물용 승강기에 탑승

– 재해 발생 기인물인 화물용 승강기는 화물을 전용으로 운반하는 설비로써 근로자의 탑승이 금지되어 있으나, 근로자가 운반구에 탑승한 상태에서 화물용 승강기를 작동함

○ 개구부 방호 조치 미실시

– 화물용 승강기의 운반구가 3층에 위치할 때 운반구와 벽체 사이에 개구부가 형성되어 근로자가 화물을 운반구에 상·하차 작업 시 형성된 개구부에 추락할 위험이 있음에도 추락방지조치 미실시함

(2-2) 추락방호 시설 미설치 + 단부·개구부

제조업의 떨어짐 재해에서 기인물이 단부·개구부인 경우에 해당되는 중대재해조사 보고서의 조사자 의견을 알아보았다. 제조업에서의 떨어짐이 발생한 단부의 경우 단부에 중량물을 설치하는 작업을 하다가 떨어짐 사고 발생한 경우가 많았다. 이와 같은 사고를 예방하기 위하여 단부에 추락방지시설을 설치하거나 안전모와 안전대 등의 개인용 보호구를 지급 착용토록 하는 것이 지적되었다. 예를 들어 실외기실에 창호를 설치하는 작업을 하면서 안전대 부착설비로 지지로프를 설치하고 안전대를 착용 후 안전대를 걸고 작업을 하여야 하는데 이러한 조치가 이루어지지 않아 사고가 발생한 것으로 보고되었다. 아울러 안전관리상의 문제점으로 중량물 취급 작업계획서가 작성되지 않았고 위험성 평가를 준수하지 않은 점도 지적되었다. 또한 필

터프레스의 여액받이에서 슬러지를 제거하기 위해 고소작업을 하면서 안전난간대를 설치하지 않았으며, 안전난간대를 설치하기 어려울 경우 안전방망을 설치하여야 하는데 아무런 조치없이 고소작업을 하여 떨어짐 재해가 발생한 것으로 보고되었다. 이와 유사한 경우로 건물 벽면의 가드레일을 해체하는 작업을 실시하면서 개구부에 안전난간 등 추락방지시설을 설치하지 않고 작업을 하다 떨어짐 사고가 발생한 것으로 지적되었다. 그 외에도 일상적으로 이용하는 작업통로에 떨어짐 위험을 예방하기 위하여 안전난간을 설치하지 않아 떨어짐 사고가 발생한 경우도 있었다. 단부·개구부가 기인물인 제조업의 떨어짐 재해는 비일상적인 고소 작업 시 추락방지 시설을 설치하지 않은 경우와 일상적으로 이용하는 작업통로 등에 안전난간 등 추락방지시설을 설치하지 않은 경우로 구분된다. 따라서 제조업의 떨어짐 방지를 위하여 떨어짐 위험이 있는 장소에 안전방호시설을 설치하거나 비일상적인 작업을 할 때 작업계획서와 위험성평가 및 개인용 보호구 지급 착용과 안전교육 등을 실시하도록 하여야 할 것이다.

사례 1

□ 재해발생경위

○ 동료근로자가 기숙사동 지상5층 실외기실의 창호(9,450mm×2400mm)를 설치하기 위한 사전작업(청소 등) 중, 후면에 설치된 블록벽(5,460mm×1,800mm, 2,016kg)이 피재자가 위치한 실외기실 내부로 넘어지며 피재자를 밀어 지상1층 바닥(H≒17.6m)으로 떨어져 사망한 재해

□ 재해발생원인

○ 추락방지조치 미실시

– 사업주는 실외기실의 창호를 설치하는 등 높이 약 17.6m에서 떨어질 위험이 있는 작업을 할 때에는 안전대 부착설비로 지지로프 등을 설치하고 근로자에게 안전대를 착용 후 안전대 부착설비에 걸고 작업토록 하여야 하나 이를 미실시 함.

○ 중량물 취급작업계획서 미준수

– 사업주는 창호 등 중량물을 설치하기 위한 작업을 할 때에는 작업계획서를 작성하고, 작업

지휘자를 지정하여 작업계획서에 따라 작업을 지휘하도록 하여야 하나 이를 미실시 함.
1) 창호 등 중량물 가조립상태 일부 미흡
2) 타 공정과 작업장소가 간섭이 될 경우 협의를 통해 조율하여야 하나 미조치
3) 중량물 취급작업 계획서 작성 후 근로자 교육 미실시

– 사업주는 중량물을 설치하기 위한 작업을 할 때에는 작업계획서를 작성하고, 작업지휘자를 지정하여 작업계획서에 따라 작업을 지휘하도록 하여야 하나 이를 미실시 함.
1) 일일쌓기높이 미준수(1.8m/9단 설치)
2) 수직보강근(D13) 미설치
3) 단부 수직앵커철물 미설치
4) 단차구간 하부보강 불량
5) 중량물 취급작업 계획서 작성 후 근로자 교육 미실시

○ 위험성평가 미준수

– 사업주는 높이 약 17.6m 높이에서 떨어질 위험이 있는 장소에서 작업을 할 때에는 작업 전 위험성평가 회의를 통해 사전에 해당 작업에 대한 유해위험요인을 파악한 후 위험성을 결정하고, 위험성평가의 실시 내용 및 결과를 기록·보존해야 하며 해당 작업으로 인한 재해 방지를 위한 안전대책을 수립한 상태에서 위험요인을 제거한 후 작업을 실시하여야 하나 위험성평가를 미준수 함.

사례 2

□ 재해발생경위

○ 피해자가 일반작업용 리프트를 설치하는 작업 중 2층 바닥 개구부에서 약 5.1m 아래로 떨어져 사망한 재해

□ 재해발생원인

○ 추락의 위험이 있는 개구부에 안전난간 미설치

– 추락의 위험이 있는 개구부에 안전난간을 설치하지 않는 상태에서 벽면에 걸린 가이드레일의 이격여부 확인 또는 벽면에 박힌 가이드레일을 떨어뜨리는 작업 등을 수행함

○ 중량물 취급 작업계획서 미 작성

– 일반작업용 리프트 부재인 가이드레일 등의 중량물 취급 작업 시 추락위험을 예방할 수 있는 안전대책이 포함된 작업계획서를 작성하지 않음

사례 3

□ 재해발생경위

○ 재해자가 동료작업자와 함께 성형기에서 생산된 가공품을 저장탱크로 이송하는 배관 연결 작업을 한 후 점심식사를 하기 위하여 통로를 이동하던 중 통로 중간이 장애물(안전난간)로 막혀 있자 이를 피해 돌아가려다 개구부(폭 약 77센티미터, 높이 약 3.27미터)에서 떨어져 사망한 재해

□ 재해발생원인

○ 안전난간 미설치
– 근로자가 추락 등의 위험을 방지하기 위하여 높이 90센티미터 이상의 안전난간을 설치하여야 하나 미설치함.

○ 통로의 장애물제거 미실시
– 작업장으로 통하는 장소 또는 작업장 내에 근로자가 사용할 안전한 통로를 설치하여야 하며 또한 통로면에서 높이 2미터 이내에는 장애물이 없도록 하여야 하나 근로자가 이동하는 통로에 높이 약 1미터의 장애물(안전난간)이 설치되어 있음.

○ 보호구(안전모) 미착용
– 이통통로는 높이 약 3.27미터로 추락의 위험이 있는 장소이므로 안전모를 착용한 이동이 되어야 하나 이를 미 이행함.

사례 4

□ 재해발생경위

○ 폐수관리 담당자가 침전조 상부에 부상된 슬러지를 빗자루를 사용하여 제거하던 중 미끄러지면서 3.4m 아래 옥외 바닥으로 떨어져 사망한 재해

□ 재해발생원인

○ 추락위험 방지를 위한 안전조치 미실시
– 추락위험이 있는 장소에서 작업할 때에 근로자가 위험해질 우려가 있는 경우 안전난간 또는 작업발판을 설치하고 근로자가 안전대를 착용한 상태에서 작업하도록 하는 등 추락 위험을 방지하기 위하여 필요한 조치를 하여야 하나, 추락위험 방지를 위한 안전조치를 미실시함

○ 개인보호구(안전화) 미착용
– 미끄러운 장소 등 넘어지기 쉬운 장소에서 작업을 할 때에는 미끄럼방지 안전화, 안전대를 착용한 상태에서 작업을 하여야 하나 안전화를 착용하지 않고 안전모만 착용하고 고소작업을 실시함

○ 작업내용 변경교육 미실시
– 폐수처리장 운영관리업무가 추가되어 근로자의 작업내용이 변경되었을 때에는 2시간이상 아래(다. 재해예방대책) 내용이 포함된 교육을 실시하여야 하나 미실시.

사례 5

□ 재해발생경위

○ 재해자가 철골 구조물 상부에서 데크플레이트(deck-plate) 설치작업을 수행하던 중 약 6.8m 높이에서 바닥으로 떨어져 사망한 것으로 추정되는 재해

□ 재해발생원인

○ 추락방지조치 미실시
– 데크플레이트 설치와 같이 근로자 떨어짐 위험이 있을 경우 추락방지를 위해 추락방호망을 설치하여야 하나 이를 설치하지 않음.
– 추락방호망의 설치가 곤란한 경우 근로자의 작업위치에서 안전대를 걸어 사용할 수 있는 안전대 부착설비를 설치하여야 하나 이를 설치하지 않음.

(2-3) 추락방호 시설 미설치 + 계단·사다리

제조업에서 계단·사다리에서 발생한 떨어짐 재해에 대한 중대재해조사 보고서에 언급된 조사자의 의견을 검토하였다. 계단·사다리에서 떨어진 사고의 경우 계단보다 사다리에서 떨어지는 경우가 상대적으로 더 많았다. 사다리에서 발생한 떨어짐 재해의 경우 사다리를 이동 목적으로 사용하여야 하는데 사다리 위에서 작업을 하다가 떨어짐 사고가 발생한 경우가 대부분이었다. 중대재해조사 보고서에 나타난 조사자의 의견에는 이동식 사다리의 주용도 외 사용과 함께 안전관리의 측면에서 위험성 평가를 실시하지 않은 사항이 지적되었다. 사다리 사용에서도 사다리가 흔들리지 않도록 하는 조치를 취하지 않은 사항도 지적되었다. 또한 사다리가 작업에 적합하지 않은 것을 사용하여 무리하게 작업을 하면서 떨어짐 재해가 발생한 경우도 있었다.

계단에서 발생한 떨어짐 재해의 경우에는 계단에 안전난간이 설치되어 있음에도 떨어짐 위험이 있을 경우에는 추가로 방호망을 설치하여야 하는데 방호망

이 설치되어 있지 않은 점이 지적되었다. 또한 작업자가 가방과 기타 물건을 양손에 들고 통행함으로써 안전난간을 잡을 수 없었던 점에 대하여 통행 방법이 불량하였음을 지적하고 있다. 이러한 사항을 개선하기 위해서는 작업자에 대한 통행방법 교육이 필요한 것으로 보고하고 있다. 이상과 같이 사다리의 경우 고소작업대를 사용하지 않고 대신 이동식 사다리 등을 사용한 점과 안전모와 안전대 등의 개인보호구 지급 착용이 이루어지지 않은 점과 작업방법에 대한 적절한 교육 및 위험성 평가 등의 안전관리 미흡 등이 지적되었다. 계단의 경우에는 안전난간이나 안전방호망 등이 설치되지 않은 점 등이 지적되었다. 결국 계단의 경우 안전방호시설 설치와 사다리의 용도 외 사용 등이 사전에 점검될 필요가 있다.

사례 1

□ 재해발생경위

○ 피재자가 “A"자형 이동식 사다리 위에서 동료작업자와 2.28M 높이의 책장에 책을 진열하는 작업 중, 동료작업자로부터 책을 받기 위해 상체를 돌리는 과정에서 몸의 중심을 잃고 약 0.85M아래 작업장 바닥으로 떨어져 두부를 다쳐 사망한 재해

□ 재해발생원인

○ 작업도구 등의 목적외 사용

– 이동식 사다리는 고소지역에 접근하기위한 목적으로 사용하는 기구이나 높은 부분의 책장에 책을 진열하는 데 사용하였으며, 사다리의 구조와 책장의 위치가 적절하지 않아 작업자가 무리하게 상체를 90°회전시켜(비틀어)준 상태에서 불안전하게 작업하였음

○ 떨어짐 예방조치 미실시

– 높은 부분의 책장에 책을 진열하는 작업은 작업특성에 맞는 안전한 구조의 작업 발판을 설치하여 작업자가 안전하게 서서 작업할 수 있는 공간을 마련해주고, 책장을 정면으로 바라보고 작업할 수 있도록 하는 등 떨어짐 예방조치를 실시하였어야 하나 이동식 사다리를 사용하게 하였으며, 사다리를 잡아주는 등의 떨어짐 예방조치 미실시.

○ 위험성평가 미실시

– 작업을 시작하기 전에 기계·기구를 사용하거나 작업행동 그 밖에 업무에 기인하는 위험요인을 찾아내어 위험성을 결정하고 근로자의 위험을 방지하기 위한 조치인 떨어짐 예방조치를 취하지 않는 등 위험성평가를 실시하지 않음.

사례 2

□ 재해발생경위

○ 재해자가 약 2m 높이의 A형 사다리 최상부에 앉아서 약 3.3m 높이에 위치한 천막과 파이프 결속작업 중 몸의 균형을 잃고 바닥으로 떨어져 사망한 재해

□ 재해발생원인

○ 떨어짐 방지 조치 미실시
– 떨어질 위험이 있는 장소에서 작업을 실시하는 경우 비계를 조립하는 등의 방법으로 작업발판을 설치하여 떨어짐 방지조치를 하여야 하나 설치하지 않고 A형 사다리 상부에 앉아서 작업하였음

○ 보호구 미착용
– 떨어질 위험이 있는 장소에서 작업을 실시하는 경우 안전모, 안전대 등 보호구를 착용하고 작업을 실시하여야 하나 착용하지 않고 작업을 실시함

사례 3

□ 재해발생경위

○ 근로자가 공조기실 내에서 높이 약3m의 스팀배관 콘트롤밸브 작동상태 등 확인을 위해 이동 중 바닥에 떨어져 사망한 사고

□ 재해발생원인

○ 냉난방용배관 등 작업자 이동높이에 맞지 않는 사다리 사용
- 냉난방용 배관은 높이가 약 2.5m이나 현장에 설치된 A형 사다리는 높이1.6m로 낮아 냉난방용 배관에 올라가는 과정에서 무게중심 상실로 인해 떨어짐 유발가능성 있음

○ 냉난방용배관을 오르내리는 과정중 무리한 동작에 의한 떨어짐 가능성
- 배관에 설치된 Air 밸브를 잡고 이동 중 Air밸브가 파단 되면서 재해자가 몸 균형을 잃고 떨어진 것으로 추정되며 개인보호구 미착용으로 인해 치명적 피해유발 가능성이 있음

사례 4

□ 재해발생경위

○ 재해자가 해양공장내 Aasta Hansteen Topside 모듈로 탑승하기 위하여 설치한 서비스 타워(높이:24m)의 20m지점을 이동중 작업장 바닥으로 떨어지는 사고가 발생하여 사망

□ 재해발생원인

○ 서비스타워 계단 주변에 안전난간 외 추가 떨어짐 방지조치 미흡
- 안전난간이 설치되어 있는 서비스타워에서 근로자가 추락위험이 있는 장소에 추가로 방호망을 설치하지 않음

○ 계단 통행방법 불량
- 작업자는 계단을 안전하게 통행하기 위해서는 계단의 안전난간을 잡고 통행하여야하나 재해자가 가방과 플라스틱케이스를 가지고 통행함으로서 안전난간을 잡지 않고 통행을 함

사례 5

□ 재해발생경위

○ 피재자가 A형사다리 상부에서 파손된 접이식 어닝(Awning) 해체 작업 중 어닝의 주요구조부(암)가 펼쳐지며 피재자를 가격하여 약 2.1m 바닥으로 떨어져 사망한 재해

□ 재해발생원인

○ 떨어짐 위험이 있는 장소에서의 안전조치 미흡
- 어닝 해체는 약 4m의 고소작업이나, 고소작업대 등 안전성이 확보되지 아니한 A형 사다리로 작업을 실시함

○ 개인 보호구 미착용
- 떨어짐 위험에서 작업 중 개인보호구(안전모, 안전대 등)를 착용하지 않음

○ 중량물 취급 작업 시 작업계획서 미작성
- 어닝의 중량물(부속물 포함) 해체 작업 시 떨어짐 등에 관한 안전대책이 포함된 작업계획서를 작성하지 않음

○ 위험성평가 미실시
- 어닝 설치·해체 작업시의 위험요인을 사전에 파악하여 감소 대책 수립 후 개선활동을 수행하는 위험성평가를 실시하지 않음

(2-4) 추락방호 시설 미설치 + 기타 건물 구조물

제조업의 떨어짐 재해 중에서 안전방호시설인 추락방지시설이 설치되어 있지 않고 기인물이 기타 건물구조물인 경우에 해당되는 떨어짐 사고는 대부분 지붕에서 작업을 하다가 발생한 것으로 나타났다. 특히 지붕재가 선라이트 등 약한 재질로 되어 있는 지붕에서 작업을 하면서 떨어지는 사고가 발생한 것으로 나타났다. 이러한 떨어짐 재해에 대한 조사자의 의견은 대부분 지붕 작업시

안전방망이나 안전대 부착설비 등이 미설치된 상태에서 작업한 것에 대한 지적과 안전모와 안전대 등의 개인용 보호구 미착용 및 안전관리의 측면에서 기초안전보건교육의 미실시 등이 지적되었다.

그 외에도 천정의 조명을 교체하는 작업을 하는 과정에서 추락위험 방지를 위한 안전조치를 실시하지 않고, 고소 작업시 필요한 개인용 보호구를 지급 착용하지 않았으며, 안전교육도 실시하지 않은 점이 보고되고 있다.

사례 1

□ 재해발생경위

○ 피재자 외 1명이 경량철골 지붕 위에서 지붕판넬(폴리카보네이트, 11m×1.1m)을 설치하기 위해 자재를 운반하던 중, 지붕 위의 피재자가 몸의 중심을 잃고 바닥으로 떨어져(H≒8.7m) 사망

□ 재해발생원인

○ 지붕판넬 작업 시 안전방망, 안전대 부착설비 미설치
- 지붕판넬을 설치하기 위한 C형강(100×50×20×2.3)은 1m 간격으로 설치된 상태로 부재 폭이 5cm로 좁아 작업발판으로 사용하기 부적정하고, 판넬설치 후에는 기설치된 판넬을 밟고 작업하였으나, 지붕하부에 안전방망과 단부 안전대 부착설비를 설치하는 등 추락방지조치를 하지 않고 작업을 하다가 재해가 발생함.

○ 보호구(안전모, 안전대) 미착용
- 지붕판넬 설치작업 시 단부에서 떨어질 위험이 있음에도 피재자는 안전모와 안전대를 착용하지 않은 상태에서 작업함.

○ 건설업 기초안전보건교육, 특별교육 등 미실시
- 건설일용직 근로자인 피재자가 채용될 때 최초 작업투입 전에 이수해야 할 건설업 기초안전보건교육을 이수하지 않았고,
- 건축물의 지붕에서 작업 시 붕괴·추락 및 재해 방지에 관한 사항, 조립·설치 순서 및 안전작업방법에 관한 사항 등을 특별교육하지 않음.

사례 2

□ 재해발생경위

○ 피재자가 자연채광을 위한 선라이트(Sunlight) 지붕재를 밟아 약 5.4m 아래의 작업장 바닥으로 떨어져 후송 치료 중 사망한 재해

□ 재해발생원인

○ 지붕 위 작업 시 위험방지 조치 미실시

– 슬레이트, 선라이트 등 강도가 약한 재료로 덮은 지붕위에서 작업을 할 때에는 발이 빠지는 등 근로자가 위험해질 우려가 있음에도 별도의 안전조치 없이 작업을 수행함.

○ 안전대 미착용 및 안전대 부착설비 미설치

– 추락할 위험이 있는 장소에서 작업을 할 경우 근로자에게 안전대를 착용시킨 후 안전대를 안전하게 걸어 사용할 수 있는 설비 등을 설치하여야 하나 안전대를 착용하지 않았고, 안전대 부착설비도 설치하지 않음.

○ 안전모 미착용

– 추락할 위험이 있는 장소에서 작업을 하는 경우 안전모를 착용하여야 하나 착용하지 않은 채 작업함.

사례 3

□ 재해발생경위

○ 재해자가 천장 조명을 교체하기 위해 천장 상부로 올라가 석고보드 위에서 LED 조명 교체작업을 하던 중 석고보드가 파손되면서 약 11.5 m 아래로 추락하여 사망한 재해

□ 재해발생원인

○ 재해자가 추락당시 개인보호구(안전모, 안전대)를 착용하지 않았다는 목격자의 진술과 천장 상부에 안전대와 안전모가 없는 것을 보면, 재해자가 개인보호구를 착용하지 않고 천장 상부에 올라가 LED 조명 교체 작업을 한 것으로 판단되며,

– Carring channel, M-Bar, Hangger Bolt 등의 천장 구조물로 고정한 석고보드를 밟고 작업을 하던 중 밟고 있던 석고보드가 재해자의 몸무게를 견디지 못하고 파손되어 약 11.5m 아래 바닥으로 떨어져 사망한 것으로 판단됨.

○ 추락위험 방지를 위한 안전조치 미실시

– 석고보드 등의 강도가 약한 재료로 덮은 천장 위에서 작업을 할 때, 근로자가 발이 빠지는 등 위험해질 우려가 있는 경우에는 안전방망을 설치하거나 30센티미터 이상의 발판을 설치하는 등 필요한 조치를 하여야 하나 실시하지 않음.

○ 고소작업 개인보호구(안전모, 안전대) 미착용

– 추락할 위험이 있는 높이 2미터 이상의 장소에서 고소작업을 할 때에는 안전모, 안전대 등의 개인보호구를 착용하고 작업을 하여야 하나 개인보호구를 착용하지 않은 상태에서 작업을 실시함.

○ 안전보건 교육 미실시
- 사업주는 근로자에 대하여 기계·기구의 위험성과 작업의 순서 및 동선에 관한 사항, 작업 개시 전 점검에 관한 사항 등의 산업안전 및 사고예방에 관한 사항에 대하여 안전보건 교육을 실시하여야 하나 안전보건교육을 미실시함.

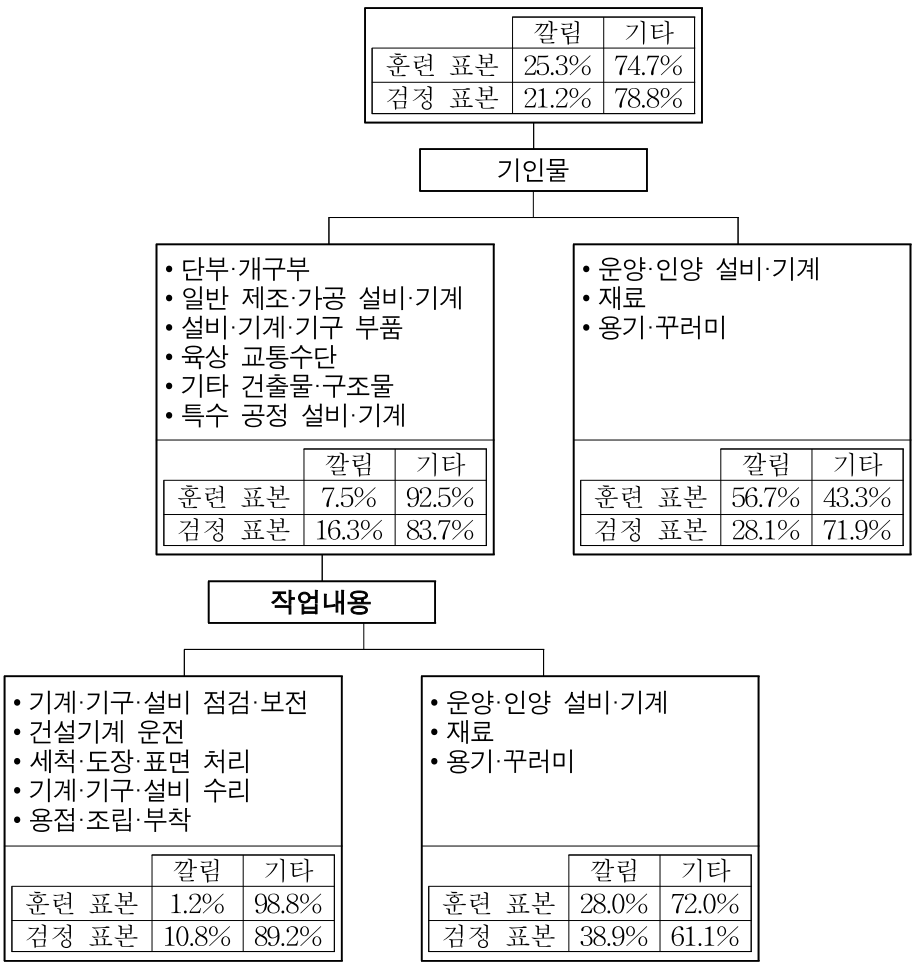
(3) 의사결정나무 분석 결과(제조업, 깔림)

제조업에서의 깔림 재해는 전체에서 차지하는 비율이 상대적으로 적고 절대 사례수도 75명에 지나지 않아 끼임 재해와 떨어짐 재해와 같은 방식으로 의사결정나무 분석을 활용하는데 한계가 있다. 따라서 끼임 재해와 떨어짐 재해를 제외한 나머지 발생형태 중에서 깔림 재해와 그 외의 재해를 분류하는 방법으로 의사결정나무 분석을 활용하였다. 훈련표본에서 깔림 재해의 최초 비율은 25.3%였다. 1차 분류를 위하여 기인물 특성을 도입한 결과 운반인양설비기계, 재료, 용기꾸러미 등의 범주에서는 깔림 재해의 비율이 56.7%로 높아진 반면 그 외의 나머지 기인물 범주에서는 깔림 재해의 비율이 7.5%로 감소하였다. 기인물의 나머지 범주를 대상으로 2차 분류를 위해 작업내용 특성이 도입되었다. 작업내용의 범주 중에서 동력운반, 인력운반, 절삭·연마·타격, 상·하역 적재, 기계·기구·설비 설치·해체 등의 범주에서는 깔림 재해의 삐율이 28.0%인 반면 나머지 작업내용 범주에서는 깔림 재해가 1.2%에 불과하였다.

이상의 의사결정나무 분석 결과 깔림 재해에 대한 분류 정확도는 훈련표본에서 81.0%였으며, 검정표본에서 54.5%였다. 깔림 재해와 그 외의 재해에 대한 분류 정확도 전체는 훈련표본에서 79.5%, 검정표본에서 60.9%로 나타났다.

<표 III-47> 의사결정나무 분류 정확도 결과(제조업, 깔림)

구 분		예측		
		깔림	기타	정확도 백분율
학습	깔림	34	8	81.0%
	기타	26	98	79.0%
	전체 퍼센트	36.1%	63.9%	79.5%
검정	깔림	18	15	54.5%
	기타	46	77	62.6%
	전체 퍼센트	41.0%	59.0%	60.9%



[그림 III-3] 의사결정나무 분석 결과(제조업, 깔림)

제조업에서 발생한 깔림 재해에 대한 의사결정나무 분석 결과 기인물과 작업내용에 의한 분류가 최적화된 것으로 나타났다. 기인물과 작업내용을 결합한 제조업의 갈림 재해의 분포를 검토한 결과 기인물이 운반·인양 설비·기계인 경우로 작업 내용이 건설기계 운전인 경우와 동력운반 작업인 경우가 가장 많은 비율을 보였다. 그 세부 분석 결과는 아래의 표와 같다.

<표 Ⅲ-48> 주요 요인의 결합 분포(제조업, 깔림)

기인물	작업내용	사례수(명)	백분율(%)
일반제조가공설비기계	절삭연마타격	1	
	용접조립부착	1	
	동력운반작업	1	
	인력운반작업	1	
	기계기구설비설치해체	1	
	기계기구설비수리	1	
운반인양설비기계	건설기계운전	15	20.0
	상하역적재	2	
	동력운반작업	13	17.3
	인력운반작업	1	
	기계기구설비설치해체	1	
	기계기구설비수리	1	
설비기계기구부품	세척도장표면처리	1	
	용접조립부착	1	
	동력운반작업	2	
	기계기구설비수리	1	
	기계기구설비점검보전	1	
재료	세척도장표면처리	3	4.0
	용접조립부착	2	
	그 밖의 구조물 설치해체	1	
	상하역적재	2	
	동력운반작업	2	
	기계기구설비설치해체	1	
	기타	2	
기타건물구조물	기타	1	
용기꾸러미	건설기계운전	1	
	동력운반작업	3	4.0

기인물	작업내용	사례수(명)	백분율(%)
	기타	2	
기타	절삭연마타격	1	
	건설기계운전	1	
	상하역적재	2	
	동력운반작업	1	
	인력운반작업	3	4.0
	기계기구설비설치해체	1	
	기타	1	
계		75	100.0

(3-1) 운반·인양 설비·기계 + 건설기계 운전

기인물이 운반인양설비기계이고 작업내용인 건설기계운전인 경우에는 지게차 운전시 발생한 깔림 재해로 나타났다. 지게차를 운전할 때 중량물을 톤백에 균형있게 적재하지 않아 편하중이 발생하여 지게차가 전도되고 이로 인해 지게차에 깔리는 재해가 발생한 경우이다. 특히 지게차를 운전한 근로자가 면허가 없는 무자격자였으며 단독 작업으로 작업을 하였으며, 근로자가 지게차 운전석에서 좌석안전띠를 착용하지 않은 것으로 보고되었다. 이상에서와 같이 중대재해조사 보고서에 나타난 지게차에 의한 깔림 재해의 경우 대부분 면허가 없는 근로자가 지게차를 운전하였고, 좌석안전띠를 착용하지 않은 것으로 지적되었다.

사례 1

□ 재해발생경위

○ 재해자가 폐비닐이 담긴 톤백(원자재) 2개를 2.5톤 지게차로 인양 후 이동하던 중 지게차가 전도되면서 지게차 헤드가드에 재해자 머리가 깔려 현장에서 사망한 재해

□ 재해발생원인

○ 중량물 적재·운반방법 부적정

– 양쪽 포크에 중량물인 톤백을 균형있게 적재하여야 하나, 지게차 포크 한쪽(좌측)에 보조달기구인 체인을 사용하여 이동하던 중 편하중에 의한 모멘트와 진동으로 지게차 전도 발생

○ 자격 등에 의한 작업 제한 미실시
- 운전면허가 없는 재해자가 지게차 운전작업을 단독으로 수행함

○ 지게차 운전자 안전띠 미착용
- 재해자가 좌석안전띠를 미착용한 상태로 작업을 수행함

○ 작업계획서 미작성
- 지게차 등 차량계 하역운반기계를 사용하는 작업이 일상적으로 수행되고 있으나 작업계획서를 미작성한 상태로 작업을 실시함

사례 2

□ 재해발생경위

○ 재해자가 사업장 내에서 2.5톤 지게차를 운전하여 경사로를 내려오던 중 도로 옆의 경계석과 충돌하면서 지게차가 전복되어 지게차의 헤드가드에 끼어 사망한 재해

□ 재해발생원인

○ 지게차 운전자 좌석 안전띠 미착용
- 지게차 전복되거나 충돌 시 운전자가 운전석(헤드가드) 밖으로 이탈되는 것을 방지하기 위한 좌석 안전띠를 착용하지 않았음.

○ 지게차 운전자의 운전석 이탈시 시동키 분리 미실시
- 지게차 운전자가 운전석 이탈시 시동키를 분리하도록 관리하여야 하나 이를 분리하지 않게 방치하여 결과적으로 무면허자가 운전을 실시하게 됨.

○ 무면허자의 지게차 운전
- 일정 자격을 가진 운전자만 지게차를 운전하도록 하여야 하나, 무면허자가 사내에서 지게차를 운전하게 방치함으로써 운전미숙에 의한 재해위험이 있었음.

사례 3

□ 재해발생경위

○ 피재자가 지게차(3.5ton)로 원재료가 들어있는 마대(황동분, 1.2ton)를 왼쪽 포크에 걸고 운반하던 중 지게차 오른쪽 앞바퀴로 황동 스크랩이 적재되어 있는 곳 위로 올라가다 무게중심을 잃고 왼쪽으로 넘어지면서 운전하고 있던 피재자가 지게차에서 떨어져 넘어지는 지게차의 헤드가드와 현장바닥 사이에 머리가 끼어 사망

□ 재해발생원인

○ 지게차 포크에 화물적재 시 편하중 발생
- 포크를 나란히 한 후 마대(1.2톤) 고리를 포크에 걸고 일정높이 들어 올린 후 적재장소로 운반 후 마대하부를 커터 날로 찢어 황동설을 바닥에 쏟아내는 작업방법은 지게차 운전자의 전방 시야를 가리는 문제가 발생하여,
- 작업 편의상 포크 한쪽에 마대(1.2톤)를 걸어 운반함으로써 무게중심이 한쪽으로 치우쳐 지게차 넘어짐의 원인을 제공하였음

○ 지게차에 부착된 좌석 안전띠 미착용
- 지게차의 운전석에 좌석 안전띠가 부착되어 있었으나 착용하지 않고 운행하였음

○ 적격 면허를 가지지 않은 자가 지게차 운전
- 가해물인 지게차는 타이어식 3.5톤으로서 건설기계관리법에서 정한 건설기계조종사면허를 가진 자만 운전할 수 있으나,
- 피재자는 건설기계관리법에서 정한 3톤미만 소형 지게차만 조종할 수 있는 자격 소지자로 타이어식 3.5톤 지게차 조정면허가 없음에도 불구하고 해당 지게차를 운전하였음

○ 지게차 전도방지를 위한 유도자 배치 등 미실시
- 지게차를 사용하는 작업을 할 때에 그 기계가 넘어질 우려가 있는 경우에는 그 기계를 유도하는 사람을 배치해야 하나 유도자를 배치하지 않음

사례 4

□ 재해발생경위

○ 근로자가 화물차위의 파이프를 지게차(7톤)를 사용하여 하차 하던중 화물차 옆으로 지나가던 재해자의 위로 파이프(1.46톤)가 떨어져 재해자가 파이프에 부딪힌 후 깔려 사망

□ 재해발생원인

○ 지게차를 사용한 중량물 취급작업시 작업계획서 미작성
- 사업주는 지게차 등 차량계 하역운반기계 등을 사용하는 작업을 하는 경우에는 근로자의 위험을 방지하기 위하여 해당 작업에 따른 근로자 또는 화물의 떨어짐(추락 및 낙하)·넘어짐(전도)·끼임(협착) 및 무너짐 등의 위험예방대책과 지게차의 운행경로 및 작업방법이 포함된 작업계획서를 작성하고 그 내용을 근로자에게 알리고 그 계획에 따라 작업하도록 하여야하나 지게차 작업계획서 및 중량물 취급작업에 대한 작업계획서를 작성하지 않음.

○ 무 자격자에 의한 지게차 운전
- 사업주는 3톤 이상인 지게차를 운전할 경우 「건설기계관리법」에 따라 건설기계조종사 면허를 받은 자가 운전토록 관리 감독하여야 하나, 무자격자인 운전자가 지게차를 운전하여 사고가 발생함.
  ※ 지게차 운전자 이반쑤언은 현재 불법체류중이며 지게차 운전면허가 없음.

○ 출입금지 조치 미실시
– 지게차, 화물자동차 등 하역작업을 하는 경우에는 쌓아놓은 화물이 무너지거나 화물이 떨어져 근로자에게 위험을 미칠 우려가 있는 장소에 관계근로자가 아닌사람의 출입을 금지하도록 방책 등 출입금지 조치후 작업을 실시하여야 하나 출입금지 조치없이 작업을 실시함.

○ 지게차에 의한 중량물 취급작업시 유도자 미배치
– 차량계 하역운반기계를 사용하여 작업을 하는 경우 하역 또는 운반중인 화물 등에 접촉되어 근로자가 위험해질 우려가 있는 장소에는 유도자를 배치하고 유도자의 신호에 따라 작업 실시하여야 하나 유도자 미배치함

(3-2) 운반·인양 설비·기계 + 동력운반 작업

재해에 대한 기인물과 작업 내용의 결합분포에서 두 번째로 많은 유형은 기인물이 운반·인양 설비·기계이면서 작업 내용이 동력운반 작업인 경우였다. 이 경우 운반·인양 설비·기계는 주로 크레인이었으며, 일부 지게차도 있었다. 또한 동력운반 작업이기 때문에 중량물을 운반하는 작업들이었다. 크레인을 이용하여 중량물을 운반하던 중 발생한 깔림 재해의 원인으로 보고된 내용들은 크레인의 전도방지 조치 미실시, 중량물 취급 작업계획서 미작성, 작업지휘자 미지정, 관리감독자 업무 소홀, 안전교육 미실시, 위험구역 내 작업, 개인용 보호구 미착용, 작업자 상호간 신호체계 및 신호방법 결여 등이었다. 결국 제조업에서 발생한 깔림 재해의 경우 크레인과 지게차를 이용하여 중량물을 운반하는 작업에서 발생하는 경우가 대부분으로 작업방법이 적절하지 않은 점과 넘어짐 방지 조치 등이 실시되지 않아 사고가 발생하였다. 일부 안전관리상의 문제점이 지적되었으며, 대부분 작업계획서 미작성과 안전교육 미실시 및 작업지휘자 미지정 등으로 보고되었다.

사례 1

□ 재해발생경위

○ 피재자가 가용접된 트러스(∧형 철 구조물 : 폭<11,654mm>, 높이<1,440mm>, 약 600kg)를 2.8톤 천정크레인으로 운반하여 작업장 바닥(아스콘 바닥)에 내려놓고 트러스가

넘어지지 않도록 ㄱ자 형강(65x65x1,650)으로 받쳐둔 상태에서 가용접 작업장으로 돌아가는 과정에 세워두었던 트러스가 피재자 측으로 넘어져 피재자가 트러스에 깔리는 재해가 발생

□ 재해발생원인

○ 전도 방지 조치 미실시

– 제품형상 및 바닥이 구조상 불안정하여 쉽게 넘어지기 쉬운 제품(중량물)을 취급할 경우에는 외력에 의해 넘어지지 않도록 붙들어 지탱하게 하는 등 안전조치를 하여야 하나 트러스를 세운상태에서 약간 기울여 ㄱ자 형강에 의해 지탱하게(쉽게 넘어질 수 있는 구조) 하는 등 넘어짐 방지조치가 미흡하였음

○ 중량물 취급 작업계획서 미 작성

– 중량물 취급 작업의 경우에는 그 작업에 따른 낙하·전도·협착·붕괴 및 추락 등의 위험을 예방할 수 있도록 사전에 작업에 따른 위험 요인을 파악하고 제거할 수 있는 대책을 강구한 작업계획서를 작성하고 그 계획에 따라 작업이 실시되어야 하나 작업계획서가 미 작성됨

○ 작업방법 잘못

– 크레인 달기기구를 이용한 중량물 운반 후에는 달기기구를 훅에서 제거하는 등 달기기구를 매단 상태에서 크레인 이동에 따른 재해위험이 없도록 하여야 하나 달기기구를 매단 상태에서 크레인을 조작함

사례 2

□ 재해발생경위

○ 작업장 내 대관라인에서 크레인을 사용하여 동 파이프 묶음(이하 하물)을 이송하던 중, 하물이 포인터 1호기에 부딪혀 포인터 1호기가 넘어지면서 크레인 조작자와 옆에 있던 동료 작업자 2명이 설비에 깔려 사망한 재해

□ 재해발생원인

○ 작업장 안전통로 미설치

– 작업장에 근로자가 안전하게 이동할 수 있는 통행로 미설치

○ 화물운반 작업 시 시야확보 미흡

– 크레인 화물운반 작업 시 포인터기로 인해 사각지대가 발생하였으나 하물 운반 작업을 실시

○ 크레인 무선 원격제어기 방향 표식 지워짐

– 크레인의 무선 원격제어기(리모컨)에 방향을 표시하는 표식이 버튼에서 지워져 있어, 크레인 조작시 오작동 하였을 가능성이 있음.

○ 기계설비(포인터기) 넘어짐 방지 조치 미흡
- 포인터기 바닥면을 높이기 위해 금속재 빔(beam)을 부착하고 작업장 바닥면에 설비를 고정하는 고정볼트(anchor bolt) 미체결.

○ 중량물 취급작업에 대한 작업계획서 미작성
- 중량물 취급작업을 하는 경우 해당 중량물을 안전하게 운반하기 위한 작업방법의 내용이 담긴 작업계획서가 작성되어 있지 않았음.

○ 작업지휘자 미지정
- 위험작업 시 별도의 작업지휘자가 없었음.

○ 관리감독자 업무 소홀
- 유사 포인터기 충돌사례가 있었으나 크레인 인양 작업 시 위험을 방지하기 위한 안전업무 및 해당 작업의 통로확보 확인·감독 미실시.

사례 3

□ 재해발생경위

○ 재해자는 H빔 2차 가공작업을 위해 크레인으로 H빔을 배치시킨 후, 작업 장소를 나오던 중 H빔이 클램프에 걸려 넘어지면서 H빔과 H빔 사이에 끼어 사망한 재해

□ 재해발생원인

○ 클램프 해지 및 운반물의 상태를 확인하지 않고 크레인 조작
- 크레인을 조작할 때 클램프가 H빔에서 해지되었는지를 확인한 후 운반물의 상태를 보며 크레인을 조작하여야 하나, 이를 확인하지 않고 조작하여 클램프가 H빔에 걸림

○ 위험구역 내에서 작업 실시
- H빔을 이동시키려면 클램프를 체결한 후, 위험구역에서 벗어나 작업하여야 하며,
- H빔을 이동시킨 뒤 클램프를 해지하고 후크에 매달린 클램프를 상승시킨 후 위험구역을 벗어나야 하나, 위험구역 내에서 작업을 실시함

○ 부적합한 방법으로 줄걸이 작업 실시
- H빔을 운반할 경우 자재의 물림 상태가 수평으로 유지되게 사용하여야 함.
- 하지만 외줄걸이 방법으로 클램프를 사용하여 작업을 수행하여 빔이 기울어진 상태에서 운반해 클램프에서 빔에 해제되어 전도될 위험이 있었음

○ 중량물 취급 작업계획서 미작성 및 작업지휘자 미지정[산업안전보건기준에관한규칙 제38조, 제39조]
- 중량물 취급 작업 시 발생할 수 있는 위험(추락·낙하·전도·협착 및 붕괴 등)을 예방 수 있도록 하는 중량물 작업 계획서가 작성되지 않았고,

– 해당 작업 시 배치되어야 하는 작업지휘자가 지정되지 않았음

○ 크레인 사용 작업자 대상 특별안전보건교육 미실시[산업안전보건법 제31조 3항]

– 1톤 이상의 크레인을 사용하는 사업장으로 크레인 사용 근로자를 대상으로 특별안전보건 교육을 실시하였어야 하나, 해당 교육이 실시되지 않았음

사례 4

□ 재해발생경위

○ 재해자가 지게차 운전자와 함께 『출하용 판유리』를 지게차로 운반하여 적재하던 중 지게차 운전자가 지게차에 부착된 RTLS모니터를 조작하느라 판유리 한쪽에 걸려 있던 슬링벨트를 푸는 것을 잊고 지게차를 후진시켜 슬링벨트에 걸린 유리판이 지게차 방향으로 넘어지면서 재해자를 덮쳐 사망한 사고

□ 재해발생원인

○ 판유리 적재 작업 중 RTLS 모니터 조작에 따른 인적오류 발생

– 지게차 운전자가 판유리 적재 작업 중 RTLS 모니터를 이용한 Full 처리 작업에 집중하여,

– 왼쪽 슬링벨트를 풀어야 하는 것을 잊어버리고 지게차를 후진시켜 슬링벨트에 걸린 판유리가 넘어지면서 재해자를 덮침.

○ 판유리 한쪽에 슬링벨트가 걸린 상태에서 지게차 후진

– 지게차 운전자는 판유리 적재 후 판유리 양쪽에 걸려있는 슬링벨트가 모두 풀린 것을 확인하고 지게차를 후진시켜야 하나,

– 판유리 왼쪽에 슬링벨트가 걸려있는 것을 인지하지 못한 상태에서 지게차를 후진시켜 슬링벨트에 걸린 판유리가 넘어지면서 재해자를 덮침.

※ 사내 규정인 유리적재/저장 지침서 에는 지게차 운전자를 포함한 3인 1조 작업으로 되어 있으나, 지게차 운전자를 포함한 2인 1조 작업을 수행하였음

○ 작업자 상호간 신호 방법 등 신호체계가 없음

– 2명 이상의 작업자가 판유리 등 중량물을 취급하거나 운반하는 작업임에도 작업자 상호간 의사소통을 할 수 있는 일정한 신호 방법 등 신호체계가 없었음.

○ 지게차 작업관련 작업지휘자를 배치하지 않음

– 지게차 등 차량계 하역운반기계로 하역 또는 운반중인 화물에 접촉되어 근로자가 위험해질 우려가 있는 장소에 작업지휘자를 배치하지 않음.

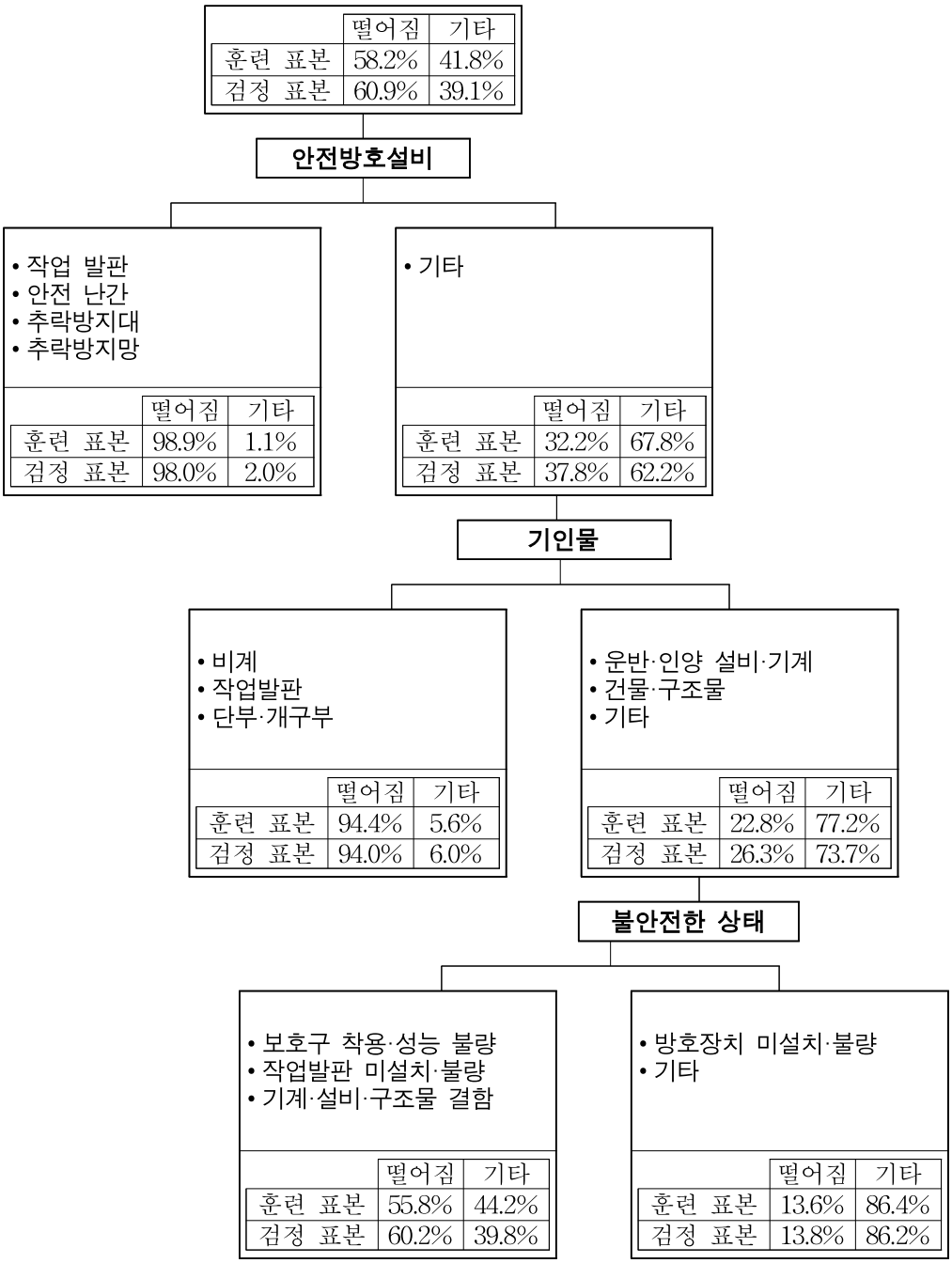
2) 건설업

(1) 건설업 떨어짐 재해에 대한 의사결정나무 분석 결과

건설업에서 발생한 업무상 사고 사망 재해 중에서 가장 많은 사례가 포함된 재해발생형태는 떨어짐으로 나타났다. 떨어짐 재해와 그 외의 재해를 구분하여 의사결정나무 분석을 한 결과, 아무런 특성을 동원하지 않았을 경우 떨어짐 재해가 차지하는 비율은 훈련 표본의 경우 전체에서 58.2%였다. 이러한 비율 분포를 고려하여 1차 분류에 동원된 1차 특성은 안전방호장치설비로 작업발판, 안전난간, 추락방지망, 추락방지대 등의 경우에는 98.9%가 떨어짐으로 분류되었으며, 그 외의 설비에서는 떨어짐의 32.2%였다. 따라서 안전방호장치설비의 기타로 분류된 사례들에서 2차 특성으로 기인물 특성을 포함한 경우 기인물이 비계, 작업발판, 단부·개구부인 경우에는 떨어짐 재해의 비율은 94.4%로 나타났다. 반면 기인물이 운반·인양 설비·기계나 기타 건물 구조물인 경우에는 떨어짐 재해의 비율이 22.8%였으며, 이 범주를 대상으로 3차 분류를 시도하여 불안전한 상태 특성을 동원한 결과 보호구 착용상태 불량, 작업발판 미설치, 기계설비 구조물 결함 등의 특성에서는 떨어짐 재해가 55.8%로 증가하였다.

건설업의 떨어짐 재해에 대한 의사결정나무 분석 결과 분류정확도의 분포를 보면 훈련표본의 경우에는 떨어짐 재해에 대한 분류 정확도가 90.3%였으며, 검정표본의 경우에는 91.5%였다. 또한 떨어짐 이외의 재해발생형태에 대한 분류 정확도를 합한 전체의 분류 정확도 비율은 훈련표본에서 88.4%, 검정표본에서 88.0%로 나타났다.

건설업의 떨어짐 재해를 분류하는데 가장 효율적인 특성은 의사결정나무분석 결과 미설치된 안전방호장치설비, 기인물, 그리고 불안전한 상태였으며, 이들 특성을 이용하여 떨어짐 재해를 분류할 경우 전체의 90% 이상이 분류되는 것으로 분석되었다.



[그림 III-4] 의사결정나무 분석 결과(건설업, 떨어짐)

<표 Ⅲ-49> 의사결정나무 분류 정확도 결과(건설업, 떨어짐)

구 분		예측		
		기타	떨어짐	정확도 백분율
학습	떨어짐	38	353	90.3%
	기타	241	40	85.8%
	전체 퍼센트	41.5%	58.5%	88.4%
검정	떨어짐	33	357	91.5%
	기타	206	44	82.4%
	전체 퍼센트	37.3%	62.7%	88.0%

건설업에서 발생한 떨어짐 재해에 대한 의사나무결정 분석 결과를 활용하여 구체적인 사례들을 선별하였다. 1차 분류에 동원된 미설치된 안전방호장치설비 중 안전난간, 작업발판, 추락방지망, 추락방지대 등을 우선 선별하였고, 2차 분류에 동원된 기인물 특성에서는 운반·인양 설비·기계, 비계·작업발판, 단부 개구부, 기타 건물구조물 및 기타였다. 그리고 3차 분류에 동원된 불안전한 상태 특성에서는 기계·설비 구조물 결함, 방호장치 미설치 불량, 작업발판 미설치 불량, 보호구 착용상태 성능 불량 그리고 기타 등이었다. 이상의 특성들을 결합한 떨어짐 재해의 분포를 보면 아래의 표와 같다.

미설치된 안전방호 장치·설비가 안전난간인 경우 기인물이 비계·작업발판이고 불안전한 상태가 방호장치 미설치·불량인 경우는 분류에 이용된 총 500명 중에서 54명인 10.8%였다. 안전난간이 미설치된 경우에 기인물이 단부·개구부이며, 불안전한 상태가 방호장치 미설치·불량인 경우가 44명으로 8.8%였다. 또한 안전난간이 미설치된 경우로서 기인물이 기타이고 불안전한 상태가 방호장치 미설치·불량인 경우가 30명으로 6.6%였다. 미설치된 안전방호 장치·설비가 작업발판인 경우 기인물이 비계·작업발판인 경우에 불안전한 상태가 작업발판 미설치·불량인 경우가 30명으로 6.6%였으며, 작업발판이 미설치된 경우로서 기인물이 기타 건물 구조물이며 불안전한 상태가 작업발판 미설치·불량인 경우가 52명으로 전체의 10.4%였다. 또한 작업발판이 미설치된 경우로서 기인물이 기

타이고 불안전한 상태가 작업발판 미설치 불량인 경우가 63명으로 전체의 12.6%였다.

추락방지망이 미설치된 경우에는 기인물이 기타 건물 구조물인 경우로서 불안전한 상태가 방호장치 미설치·불량인 경우가 전체의 15.4%인 77명이었다. 그리고 추락방지대의 경우에는 기인물이 비계·작업발판이며 불안전한 상태가 기계·설비 구조물 결함인 경우가 17명으로 3.4%였다. 이상과 같이 선별된 결합 범주만을 합산할 경우 전체의 73.4%가 해당된다. 건설업의 떨어짐 재해의 많은 비중을 차지하는 비계에 의한 사고는 전체 재해 사례를 대상으로 상세 분석한 내용을 추가적으로 <부록>에 정리하였다.

<표 III-50> 주요 요인의 결합 분포(건설업, 떨어짐)

안전방호장치설비	기인물	불안전한 상태	사례수 (명)	백분율 (%)
안전난간	운반인양설비기계	기계설비 구조물 결함	1	
		방호장치 미설치 불량	5	
		보호구 착용상태 성능불량	1	
		기타	2	
	비계 작업발판	기계설비 구조물 결함	1	
		방호장치 미설치 불량	54	10.8
		작업발판 미설치 불량	4	
		보호구 착용상태 성능불량	1	
		기타	3	
	단부 개구부	방호장치 미설치 불량	44	8.8
		보호구 착용상태 성능불량	1	
	기타 건물구조물	기타 건물구조물	4	
	기타	방호장치 미설치 불량	30	6.0
		기타	1	
작업발판	운반인양설비기계	방호장치 미설치 불량	1	
		작업발판 미설치 불량	4	
		기타	1	
	비계 작업발판	기계설비 구조물 결함	1	
		방호장치 미설치 불량	1	
		작업발판 미설치 불량	30	6.0
		보호구 착용상태 성능불량	2	
	단부 개구부	방호장치 미설치 불량	3	

안전방호장치설비	기인물	불안전한 상태	사례수 (명)	백분율 (%)
		작업발판 미설치 불량	11	
		보호구 착용상태 성능불량	0	
		기타	1	
	기타 건물구조물	방호장치 미설치 불량	5	
		작업발판 미설치 불량	52	10.4
	기타	작업발판 미설치 불량	63	12.6
		보호구 착용상태 성능불량	1	
추락방지망	운반인양설비기계	방호장치 미설치 불량	1	
		기타	1	
	비계 작업발판	방호장치 미설치 불량	14	
		작업발판 미설치 불량	2	
		보호구 착용상태 성능불량	1	
		기타	2	
	단부 개구부	방호장치 미설치 불량	15	
		작업발판 미설치 불량	1	
		보호구 착용상태 성능불량	1	
	기타 건물구조물	기계설비 구조물 결함	1	
		방호장치 미설치 불량	77	15.4
		작업발판 미설치 불량	2	
		보호구 착용상태 성능불량	4	
		기타	2	
	기타	방호장치 미설치 불량	6	
		보호구 착용상태 성능불량	1	
추락방지대	비계 작업발판	기계설비 구조물 결함	17	3.4
		방호장치 미설치 불량	11	
		보호구 착용상태 성능불량	5	
		기타	2	
	단부 개구부	방호장치 미설치 불량	3	
	기타 건물구조물	방호장치 미설치 불량	2	
		보호구 착용상태 성능불량	1	
계			500	100.0

(1-1) 안전난간 + 비계·작업발판 + 방호장치 미설치·불량

건설업에서 발생한 떨어짐 재해에 대한 의사결정나무 분석 결과 미설치된 안전방호장치와 기인물이 명확한 분류 결과에 대하여 중대재해조사 보고서에 언급된 조사자 의견의 내용을 검토하였다. 검토 대상은 상대적으로 사례가 많고 안전방호장치 및 설비와 기인물이 명확하게 분류된 경우로 한정하였다. 따

라서 미설치된 안전방호장치와 설비가 안전난간인 경우와 추락방지망인 경우를 일차 대상으로 하였으며, 이 중에서 안전난간이 설치되지 않은 경우 기인물이 비계·작업발판인 경우를 검토하였다. 또한 미설치된 안전방호장치 및 설비가 추락방지망이고 기인물이 기타 건물 구조물인 경우를 두 번째 검토 대상에 포함하였다.

미설치된 안전방호장치 및 설비가 안전난간이고, 기인물이 비계·작업발판이며, 그리고 불안전한 상태가 방호장치 미설치·불량인 경우의 사례 54명에 대한 중대재해조사 보고서에 기술된 조사자의 의견을 검토한 결과 비계나 작업발판이 법 규정에 맞추어 정확하게 설치되지 않은 경우가 대부분이었으며, 특히 안전난간의 경우 중간난간대가 설치되지 않은 경우가 많았다. 또한 비계나 작업발판에서 작업을 할 경우 안전대와 안전모를 착용하고 작업을 하여야 하나 안전대를 사용하지 않고 안전모를 착용하지 않은 상태에서 작업을 하다 재해를 당한 경우가 대부분이었다. 일부 재해보고서에서는 위험성평가 및 안전대책 미실시 등이 지적되기도 하였다.

이상과 같은 중대재해조사보고서에 기재된 조사자 의견은 대부분 불안전한 상태와 불안전한 행동에 맞추어져 있었으며, 불안전한 상태와 불안전한 행동의 원인이 된 안전관리의 문제가 지적된 예는 극히 드물었다. 다만 관리감독이 제대로 이루어지지 않은 점을 지적한 정도였으며, 관리감독의 구체적인 사항에 대해서는 기술된 바가 없었다. 일부 위험성평가와 안전대책 미실시 등이 지적된 경우가 있었다.

결국 비계·작업발판에서 작업이 이루어지는 경우 중간난간대를 포함하여 정확한 안전난간을 설치하도록 하는 것이 중요하며, 안전대와 안전모 등의 개인보호구 착용 등이 강조되고 있다. 대표적인 사례 5건의 조사자 의견을 예로 들면 아래와 같다.

사례 1

□ 재해발생경위

○ 근로자가 지상4층 외벽마감(타일) 작업을 위해 테라스에 설치된 외부비계 작업발판을 이용하여 작업 중, 몸의 중심을 잃고 지상4층 바닥(H≒1.29m)으로 떨어져 사망한 재해

□ 재해발생원인

○ 추락 방지조치 미실시

– 사업주는 떨어질 위험이 있는 장소에서 작업을 할 때에는 지름 2.7㎝ 이상의 금속제 파이프나 그 이상의 강도가 있는 재료를 이용하여 상부난간대와 중간난간대를 설치하는 등의 추락 방지조치를 하여야 하나,

▶ 외부비계의 내측에 상부난간대와 중간난간대 모두 설치하지 않고 작업중 떨어짐.

○ 개인보호구 미착용

– 사업주는 떨어질 위험이 있는 장소에서 작업을 할 때에는 안전모 등 개인보호구를 지급하고 근로자가 안전모를 착용한 상태에서 작업을 하도록 하여야 하나,

▶ 재해발생당시 피재자는 안전모를 착용하지 않고 작업 함.

○ 위험성평가 미실시

– 사업주는 떨어질 위험이 있는 장소에서 작업을 할 때에는 작업전 위험성평가 회의를 통해 사전에 해당 작업에 대한 유해위험요인을 파악한 후 위험성을 결정하고, 위험성평가의 실시내용 및 결과를 기록·보존해야 하며 해당 작업으로 인한 재해 방지를 위한 안전대책을 수립한 상태에서 위험요인을 제거한 후 작업을 실시하여야 하나 미실시.

사례 2

□ 재해발생경위

○ 재해자가 오전 새참 후 지상4층(옥탑층) 외부 쌍줄비계에서 외벽 조적 준비 작업 중 몸의 중심을 잃고 약 10m 아래 건물 외측 지상 1층 바닥으로 추락하여 사망한 재해

□ 재해발생원인

○ 안전난간 설치 상태 부적절

– 추락위험이 높은 쌍줄비계에서 조적작업을 하는 경우에는 상부 난간대와 작업발판의 중간에 중간난간대를 설치하여야 하나 미설치된 상태로 작업

○ 개인보호구 미지급 및 미착용

– 높이 약 10m에서 조적작업을 수행함에 있어 추락할 위험이 있는 경우에는 개인보호구(안전모, 안전대, 안전화)를 지급하고 착용하도록 하여야 하나 안전모만 지급하고 안전대, 안전화는 미지급 하였으며 재해자는 안전모를 미착용한 상태로 작업

사례 3

□ 재해발생경위

○ 피재자(남, 68세, 중국 재외동포)가 외부 비계 4단(2층 높이) 발판 위에서 강관을 상부 발판으로 올리던 중 실족하여 7m 아래 바닥으로 떨어져 사망한 재해

□ 재해발생원인

○ 추락에 의한 위험방지 조치 미실시

– 작업발판 끝(비계 작업발판 외측 단부)에서 근로자가 추락할 위험이 있을 때에는 안전난간 등의 추락 방호조치를 실시하여야 하나 미실시

– 작업의 필요상 안전난간을 해체할 경우에는 안전방망을 설치하거나 근로자에게 안전대를 지급하고 착용토록 관리감독을 실시하여야 하나 미실시

사례 4

□ 재해발생경위

○ 피재자가 지상 8층 외부비계 작업발판 위에서 건물우측 외벽 및 옥상에 설치된 마감재인 석재의 틈새에 줄눈작업(백업[Back-up]재 설치) 중 약 23미터 아래의 지상으로 떨어져 사망한 재해

□ 재해발생원인

○ 안전난간의 구조 및 설치요건 미준수

– 외부 비계의 작업발판 등 근로자의 추락위험방지를 위해 안전난간을 설치하는 경우 상부 난간대, 중간 난간대, 발끝막이판 및 난간기둥으로 구성해야 하나 중간 난간대 미설치.

사례 5

□ 재해발생경위

○ 피재자가 "안전난간이 해체"(추정. 작업 편의성을 위해 피재자가 해체)된 비계 작업발판 상부에서 동바리 자재 정리작업을 하던 중, 약 6m 아래 지상 바닥으로 떨어져 사망한 재해

□ 재해발생원인

○ 작업발판 단부에서 떨어짐 방지조치 불량

– 사업주는 작업발판 단부와 같이 근로자가 떨어질 위험이 있는 장소에서는 안전난간이 설치된 상태에서 작업을 수행 하도록 하여야 하나, 안전난간이 해체된 상태에서 작업을 실시함.

- 작업의 필요상 임시로 안전난간을 해체하는 경우에는 근로자에게 안전대를 착용하도록 하는 등 방호조치를 하여야 하나 이를 미실시 함.
- 또한 상기와 같은 거푸집동바리 설치. 해체 등의 작업시 작업절차를 준수하여 안전한 작업방법으로 수행하는지와 안전난간의 해체 여부, 안전대 착용 여부 등을 관리감독자가 확인하여야 하나 미실시.

(1-2) 안전난간 + 단부 및 개구부 + 방호장치 미설치 불량

건설업에서 발생한 떨어짐 재해 중에서 미설치된 안전방호설비가 안전난간이고 기인물이 단부 및 개구부이며, 불안전한 상태가 방호장치 미설치 및 불량인 경우에 해당되는 사례들을 알아보았다. 해당 사례 대부분의 떨어짐 사고는 단부와 개구부에서 발생한 사고였으며, 작업 중이거나 이동 중에 사고가 발생한 경우들이다. 작업의 내용은 판넬 설치나 창호 설치 등의 작업이 많았으며, 일부 거푸집 해체 작업도 있었다. 아울러 단부와 개구부에 적절한 안전난간이 설치되지 않은 경우가 대부분인 반면 일부 설치되어 있는 사례가 있었으나, 적절하지 않은 안전난간으로 떨어짐을 예방하지 못하였다. 단부와 개구부 근처에서 작업을 하는 경우 단부와 개구부 등에 안전난간을 설치하여 떨어짐 사고를 방지하여야 하는데 이러한 안전방호설비가 제대로 설치되지 않았다. 중대재해 조사 보고서에 기재된 조사자의 의견을 보면 대부분 안전난간 등의 안전방호설비가 설치되지 않은 점과 안전모와 안전대 등의 개인용보호구가 지급되지 않은 점이 지적되었고, 일부 안전난간이 설치되어 있어도 부적절하였으며, 개인용보호구인 안전모가 착용되었더라고 부적절하게 착용된 점이 지적되었다. 이와 같이 불안전항 상태와 행동 외에도 안전관리상의 문제점이라고 할 수 있는 작업장 사전점검 미실시, 작업계획서 미작성이나 위험성 평가 미실시 등이 지적되기도 하였다. 이상의 내용에 해당되는 구체적인 사례들을 종류별로 예를 들면 아래와 같다. 사례의 예는 중대재해조사 보고서에 언급된 재해발생경위와 재해발생원인을 중심으로 알아보았다.

사례 1

□ 재해발생경위

○ 피재자가 바닥 무근콘크리트 타설을 위해 도구(갈고리)를 사용하여 콘크리트 타설용 주름관을 이동시키는 작업 중 갈고리가 주름관에서 빠지는 순간 몸의 중심을 잃고 뒤로 넘어지면서 카리프트 출입구(벽면 개구부)를 통해 약 3.96m 아래 파레트(주차설비)로 떨어져 사망한 재해

□ 재해발생원인

○ 떨어짐 방지조치 미실시 (안전난간 미설치 등)

– 카리프트 출입구(벽면 개구부) 등 떨어질 위험이 높은 장소 주변에서 작업 시에는 안전난간 등 떨어짐 방지를 위한 안전시설을 설치하여야 하며, 작업에 지장을 초래하여 안전시설 설치가 곤란한 때에는 안전대를 착용하도록 하는 등 떨어짐 방지조치를 하여야 하나

– 카리프트 팀에서 바닥 마감용 철판(하부씰) 설치를 위해 출입구(벽면 개구부) 안전난간을 임시 해체하여 떨어질 위험이 높은 상태에서 피재자가 무근콘크리트 타설 작업 중 몸의 중심을 잃고 넘어져 떨어지는 재해 발생.

○ 작업장 사전점검 등 관리감독 소홀

– 같은 작업구간 내 여러 공종이 동시에 진행될 때에는 동시 작업에 따른 위험요인에 대한 사전 정보교류, 작업 시 위험요인 사전점검 등 사전에 공종 간 간섭이 최소화될 수 있도록 작업방법·순서 지정 등에 대한 협의, 주변 작업 시 위험요인에 대한 사전점검 등 관리감독하여야 하나

– 무근콘크리트 타설과 주차설비 조립을 작업방법·순서 등에 대한 사전협의 없이 동시 시행하면서 작업 전에 작업구간 주변 위험요인에 대한 점검 등의 조치를 실시하지 않아 카리프트 출입구(벽면 개구부) 안전시설(안전난간)이 해체된 상태에서 주름관 이동작업을 진행하던 피재자가 떨어지는 재해 발생.

○ 안전모 착용상태 불량

– 안전모 착용 시 안전모와 머리 간 틈이 없도록 머리고정대를 머리에 맞게 조이고 턱끈까지 견고하게 체결하는 등 안전모를 올바르게 착용하여야 하나 안전모 착용상태가 불량하여 떨어질 당시 안전모가 벗겨지면서 머리를 보호받지 못한 것으로 추정됨.

사례 2

□ 재해발생경위

○ 피재자(남, 47세, 판넬공)가 옥상층에서 동료작업자(조규정)와 함께 판넬(5000mm × 1000mm, 두께 150mm, 약 50kg)을 운반하는 작업 중, 몸의 중심을 잃고 지상 1층 바닥(높이 약 13m)으로 떨어져 사망한 재해

□ 재해발생원인

○ 떨어짐에 의한 위험방지조치 미실시

– 사업주는 떨어지거나 넘어질 위험이 있는 구조물의 옥상층 단부(높이 약 13m)에서 작업을 할 때에는 중간난간대를 설치하거나, 설치가 곤란한 경우에는 안전대 부착설비 설치 및 작업자의 안전대 착용 등 추락위험 방지를 위하여 필요한 조치를 하여야 하나 이를 미실시.

※ 안전난간 설치 규정

– 상부난간대를 120cm 이하에 설치하는 경우

중간난간대는 상부난간대와 바닥면 등의 중간에 설치하여야 하며, 120cm 이상 지점에 설치하는 경우에는 중간난간대를 2단 이상으로 균등하게 설치하고 난간의 상하 간격은 60cm 이하가 되도록 할 것.

※ 당 현장의 경우 150cm 부위에 본공사용 철골프레임(상부난간대)만 설치됨.

○ 작업계획서 미작성

– 사업주는 외부 판넬 운반·설치작업 등 중량물의 취급작업을 할 때에는 작업자의 위험을 방지하기 위하여 해당 작업 전 사전조사를 하고 조사 결과를 고려하여 작업계획서를 작성하고, 그 내용을 해당 근로자에게 알려서 그 계획에 따라 작업을 하도록 하여야 하나 이를 미실시.

○ 위험성 평가 미실시

– 사업주는 건물 등의 외부 마감작업을 할 때에는 작업 전 위험성평가 회의를 통해 사전에 해당 작업에 대한 유해위험요인을 파악한 후 위험성을 결정하고, 위험성평가의 실시 내용 및 결과를 기록·보존해야 하며 해당 작업으로 인한 재해 방지를 위한 안전대책을 수립한 상태에서 위험요인을 제거한 후 작업을 실시하여야 하나 미실시.

사례 3

□ 재해발생경위

○ 주상복합 신축공사 현장에서 지하3층 기계식주차장 벽체 거푸집 설치를 위해 같은 형틀팀 동료작업자 7명이 시스템동바리 수평재 사이에 작업발판(합판)을 설치하던 중 재해자(70세, 형틀공)가 기계식주차장 주변 단차구간(기계실) 슬래브 단부에서 이동하는 과정에서 균형을 잃고 지하3층 기계식주차장 바닥(H=4m)으로 떨어진 재해

□ 재해발생원인

○ 개구부 방호조치 미흡

– 지하구조물 공사 시 단차구간의 슬래브 단부(개구부)에는 근로자가 떨어질 우려가 없도록 안전난간을 설치하는 등 개구부 방호조치를 하여야 하나 이를 미실시 함.

○ 이동통로 미설치

- 지하구조물 단차구간 슬래브(기계실)에서 지하3층 바닥과 시스템동바리에 설치한 작업발판으로 내려갈 수 있는 통로를 미설치 함.

○ 관리감독자 업무의 소홀

- 재해 발생 당시 실시한 시스템동바리 설치작업은 작업발판은 설치하기 위해 형틀작업자들이 실시하였고, 이를 위한 안전한 작업방법을 계획하고 지휘하는 업무를 할 관리감독자가 없었음.

사례 4

□ 재해발생경위

○ 재해자(남, 57세, 판넬공)가 안전난간에 기대어 PC기둥에 하지철물 설치를 위한 수평위치 표시 작업중 난간기둥이 재해자의 하중을 견디지 못하고 탈락되면서 재해자가 지하 1층 바닥으로 떨어져(약 11.1m) 사망한 재해

□ 재해발생원인

○ 안전난간 설치상태 불량

- 안전난간은 구조적으로 가장 취약한 지점에서 가장 취약한 방향으로 작용하는 100킬로그램 이상의 하중에 견딜 수 있는 튼튼한 구조로 설치하여야 하나, 두께(T=150cm)가 있는 PC보 각재*에 난간기둥을 고정하여 재해자의 하중을 견디지 못하고 난간기둥이 탈락됨
  * 각재(5cm×5cm)는 PC보와 못으로 고정

사례 5

□ 재해발생경위

○ 근린생활시설 신축공사현장에서 도장공(남,58세)이 3층 발코니의 콘크리트 난간(폭30CM) 턱 위에 서서 상부 보 도장작업 중 몸의 균형을 잃고 8.1M 아래 지상 콘크리트 바닥으로 떨어져 사망한 재해

□ 재해발생원인

○ 발코니 단부에서 작업 중 추락방지조치 미실시

- 발코니 단부와 같은 개구부에 인접하여 작업 시 추락방지를 위하여 안전난간을 설치하거나, 난간을 설치하기 곤란한 경우 안전대 부착설비를 설치하고 안전대를 걸고 작업하여야 하나 미실시함.

○ 안전모 미착용

– 작업 중 추락위험이 있는 경우 안전모를 지급하고 착용하도록 하여야 하나 미지급하고, 착용하지 않아 두부를 보호받지 못함.

사례 6

□ 재해발생경위

○ 붕괴위험지역 사면보강공사 현장에서 재해자(형틀목공, 56세, 남)이 계단식 옹벽 상부에서 거푸집 해체 작업 중 몸의 중심을 잃고 약 7.0m 아래 지상 바닥으로 떨어져 사망한 재해

□ 재해발생원인

○ 떨어짐(추락) 방지조치 미실시

– 계단식 옹벽 설치와 같이 작업 공간이 좁고 배척을 사용 할 경우 몸의 균형을 잃기 쉬워 근로자가 떨어질 위험이 높으므로 작업을 할 경우에는 비계를 조립하는 등 작업발판을 설치하거나, 안전대를 착용하도록 하는 등 떨어짐 위험을 방지하기 위하여 필요한 조치를 하여야 하나 미실시

○ 안전대 등 개인보호구의 지급 및 착용관리 미실시

– 안전대 등 개인보호구를 지급 후 착용하도록 관리하고, 안전대를 안전하게 걸어 사용할 수 있는 부착설비를 설치하여야 하나 이를 미실시

(1-3) 작업발판 + 비계·작업발판 + 작업발판 미설치·불량

건설업에서 발생한 떨어짐 재해에 대한 의사결정나무 분석 결과 기인물이 미설치된 안전방호장치설비가 작업발판이고 기인물이 비계·작업발판이고 불안전한 상태가 작업발판 미설치·불량인 경우에 해당되는 사례들의 중대재해조사 보고서 내용을 검토하였다. 사례의 대부분은 작업발판이나 비계의 발판에서 떨어지는 사고가 발생한 경우였으며, 그 외에도 작업발판이나 비계 등이 설치되지 않은 상태에서 고소에서 작업을 하다고 떨어짐 재해가 발생한 경우 등이다. 설치된 작업발판에서 작업을 하거나 중량물을 운반하는 과정에서 떨어짐 사고 발생한 경우 작업발판이 올바르게 설치되지 않은 경우이다. 예를 들어 작업발판이 한쪽만 고정되고 다른 한쪽이 고정되지 않은 상태에서 근로자가 이동 중 작업발판이 들리면서 근로자가 중심을 잃고 떨어지는 사고가 발생한 경우였다.

또한 작업발판이 설치되어 있었으나, 고정된 부위가 파단되면서 작업발판이 떨어지고 동시에 근로자도 함께 떨어지는 사고가 발생한 경우도 있었다. 이와 같이 작업발판이 제대로 설치되지 않은 상태에서 작업을 하다가 떨어지는 사고가 발생한 경우가 많았으며, 작업발판이 설치되지 않은 경우에 떨어지는 사고가 발생한 경우도 있었다. 예를 들어 임시로 설치한 철골보 위에서 고소작업대를 사용하지 않고 작업을 하다고 떨어지는 사고가 발생한 경우였다. 이 사례의 경우 안전대를 착용하고 있었으나, 안전대부착 설비가 없는 상태에서 철골보를 무리하게 이동하여 작업을 하다가 사고가 발생하였다. 또한 비계를 해체하는 과정에서 작업발판을 설치하지 않거나 안전대를 착용하지 않은 상태에서 작업을 하다 떨어짐 사고가 발생한 경우도 있었다. 또한 쌍줄비계에서 작업발판이나 안전난간 등이 설치되지 않은 상태에서 작업을 하다고 떨어짐 사고가 발생한 경우도 있었다. 비계에서 발생한 떨어짐 사고 중에서는 쌍줄비계에서 작업발판이나 안전난간을 설치하지 않은 경우 외에도 이동식 비계에서 비계 위로 올라가다가 이동식 비계가 뒤집히면서 떨어짐 사고가 발생한 경우도 있었다. 이 경우 아웃트리거와 같은 전도방지조치가 설치되지 않은 상태에서 근로자가 비계를 올라가는 과정에서 비계가 유동하여 전도되는 사고가 발생하였고 이와 함께 근로자가 떨어지는 사고가 발생한 것이다.

이상과 같이 작업발판이 설치되지 않았거나 불량하게 설치된 경우 혹은 비계의 전도방지조치가 이루어지지 않은 사례들에 대한 중대재해조사 보고서의 조사자 의견에는 안전관리상의 문제점으로 작업계획서 미작성이나 위험성 평가 미실시 등이 지적되었고, 개인용 보호구의 미착용이나 착용 불량 등이 지적되었다. 아울러 비계의 경우 쌍줄비계, 이동식 비계, 외줄 비계 등 다양한 종류의 비계에서 작업발판의 미설치나 불량설치 등으로 떨어짐 사고가 발생하고 있었다.

사례 1

□ 재해발생경위

○ 업무시설 및 공동주택 신축공사」 현장에서 근로자(32세,남,형틀공)가 지상 11층 갱폼 2단 작업발판 위에서 타이볼트 해체작업을 마치고 이동 중 타워크레인 고정용 월 브레싱과 간섭되어 일부 절단한 갱폼 작업발판(약 500㎜×700㎜)이 탈락(용접부위)되면서 발판과 함께 약 25m 아래의 지상2층 바닥으로 떨어져 사망한 재해

□ 재해발생원인

○ 개구부 방호조치 미실시

– 사업주는 타워크레인 2번째 월 브레싱에 간섭되는 갱폼의 작업발판 일부(A,D)를 절단함으로써 개구부가 발생하였고, 이와 같이 근로자가 추락할 위험이 있는 개구부에는 충분한 강도를 가진 덮개를 뒤집히거나 떨어지지 않도록 설치하고 개구부임을 표시하여야 하나, 당 현장의 경우 절단된 갱폼 작업발판의 개구부에 덮개를 설치하지 않고 한쪽만 용접으로 고정된 작업발판(B,C)에서 작업 및 이동 중 작업발판(B)이 탈락되면서 재해가 발생함.

○ 작업발판 고정설치 미흡

– 사업주는 추락할 위험이 있는 높이 2미터 이상의 갱폼 작업발판에서 작업을 할 경우 작업발판이 뒤집히거나 떨어지지 않도록 둘 이상의 지지물에 고정하여야 하나, 당 현장의 경우 작업발판 일부(A,D)를 절단함으로써 한쪽만 용접으로 고정된 작업발판(B,C)에서 작업 및 이동 중 작업발판(B)이 탈락되면서 재해가 발생함.

사례 2

□ 재해발생경위

○ 업무시설 신축공사 현장에서 재해자(남, 54세)가 건축물 외부에 설치된 외부 강관비계의 9단(높이 약 16m)에서 비계 띠장(수평재) 위에 발을 딛고 수평강관파이프 부재(띠장, 길이 6m)의 비계기둥에 붙어있던 클램프를 제거하여 비계띠장(수평재)해체 작업을 하던 중 비계기둥강관파이프(길이 3.66m)가 연결핀에서 탈락하여 수평강관파이프 및 비계기둥강관파이프와 함께 16.2m 바닥으로 떨어져 콘크리트 흄관에 부딪쳐 사망한 재해

□ 재해발생원인

○ 비계 해체작업에서 작업발판을 설치하지 않고, 근로자가 안전대를 착용하지 않은 상태에서 작업하다가 떨어짐

○ 5m이상의 비계 해체작업 시에는 관리감독자가 안전대, 안전모 등의 안전보호구의 착용상태를 확인하여야 함에도 안전한 작업방법의 진행상태 감시를 실시하지 않은 것으로 조사됨.

○ 비계해체작업은 조립의 역순으로 순서에 적합하게 작업하여야 함에도 작업순서를 지키지 않은 것으로 추정됨.

사례 3

□ 재해발생경위

○ 고등학교 신축공사 현장에서 피재자(철골공, 61세)가 다목적강당 콘크리트 벽체에 임시로 올려놓은 철골보 위에서 인양용 샤클을 해체하던 중 몸의 중심을 잃고 다목적강당 바닥으로 떨어져(높이 약 10.9m) 사망한 재해

□ 재해발생원인

○ 추락예방조치 미실시

– 철골 자재 거치 및 조립작업을 위하여 당해 작업장소에 설치된 고소작업대를 사용하여 작업을 진행할 수 있었으나 이를 사용하지 않고 작업대에서 벗어나 작업을 진행하였고

– 피재자가 안전대를 착용하고 있었으나 안전대부착설비가 없는 추락위험이 매우 높은 상태에서 철골보로 이동하여 무리하게 작업 중 추락사고 발생함

○ 관리감독 소홀

– 추락의 위험이 높은 철골 조립 및 양중 작업 시 작업 전에 추락방지에 필요한 안전한 작업방법, 작업순서, 안전대부착시설 설치 등을 결정하고

– 안전대부착시설 설치, 안전대 착용 등에 대한 관리감독을 실시하여야하나 배치된 관리감독자는 철골 양중작업을 지휘하는 등 추락방지를 위한 별도의 관리감독을 실시하지 않음

사례 4

□ 재해발생경위

○ 공장 신축공사」 현장에서 근로자(59세,남,철근공)가 A동 지상2층 바닥 철근배근 작업을 위해 자재(철근-D13 L≒0.8m 약200EA)를 화물용 리프트 구간으로 운반작업 중, 받침판으로 사용한 각재(80mm×80mm×3,630mm) 4개중 3개가 파단되며, 지상1층 바닥(H≒5.8m)으로 떨어져 사망한 재해

□ 재해발생원인

○ 중량물 취급작업 계획서 미작성

– 사업주는 지상2층 바닥 철근작업 등 중량물을 취급하는 작업을 할 때에는 추락, 낙하, 붕괴위험을 예방할 수 있는 안전대책을 포함한 작업계획서를 작성하고 작업지휘자를 지정한 후, 그 계획에 따라 작업을 하도록 하여야 하나 이를 미실시.

○ 추락 방지조치 미실시

– 사업주는 높이 약 5.8m에서 떨어질 위험이 있는 작업을 할 때에는 안전대 부착설비 설치 후 안전대 착용 등 추락위험방지를 위하여 필요한 조치를 하여야 하나 이를 미실시.

– 사업주는 화물용 리프트 구간에 자재 적재등을 위한 작업을 할 때에는 비계를 조립하거나 고소작업대를 사용하는 등의 방법으로 작업발판을 설치하여야 하나 이를 미실시.

○ 위험성평가 미실시

– 사업주는 높이 약 5.8m에서 떨어질 위험이 있는 작업을 할 때에는 작업 전 위험성평가 회의를 통해 사전에 해당 작업에 대한 유해위험요인을 파악한 후 위험성을 결정하고, 위험성평가의 실시 내용 및 결과를 기록·보존해야 하며 해당 작업으로 인한 재해 방지를 위한 안전대책을 수립한 상태에서 위험요인을 제거한 후 작업을 실시하여야 하나 미실시.

사례 5

□ 재해발생경위

○ 근린생활시설 증축공사 현장에서 작업자(도장공, 51세, 남)가 건물 외벽 도장작업을 위해 설치한 지상 2층 바닥위치의 쌍줄비계에서 에어컨 실외기 배관 주변을 페인트용 붓으로 도장 작업 중, 몸의 중심을 잃고 지상 1층 콘크리트 바닥면으로 떨어져(H≒3.7m) 사망한 재해

□ 재해발생원인

○ 건물 외부 쌍줄비계의 작업자 떨어짐 방지조치 미실시

– 떨어짐의 위험이 있는 건물 외부의 쌍줄비계에서 건물 외벽의 도장 작업시에는 폭 40㎝ 이상의 작업발판과 안전난간을 누락없이 고정 설치하고 안전하게 작업하여야 하나

– 당 현장에서는 띠장 간격 및 장선 간격에 대한 구조 기준에 미달하는 쌍줄비계에 작업발판과 안전난간을 미설치한 상태로 건물 외벽면의 도장작업을 하다가 작업자가 쌍줄비계에서 떨어져(H≒3.7m) 사망하는 재해가 발생한 것으로 추정됨.

○ 개인보호구 미착용

– 작업자가 떨어질 위험이 있는 건물 외부 쌍줄비계에서 도장작업시 사업주는 작업전 안전모와 안전대를 지급하고 작업자가 착용한 상태로 안전하게 작업하도록 하여야 하나

– 당 현장에서는 사업주가 작업전 작업자에게 안전모와 안전대를 미지급 하였고, 재해자는 개인 보호구를 미착용한 상태로 건물 외벽 도장작업 중 쌍줄비계에서 떨어져(H≒3.7m) 사망하는 재해가 발생함.

사례 6

□ 재해발생경위

○ 공장 철거공사」현장에서 하청 소속 근로자 피재자(69세,남,비계공)가 좌측 외줄비계 4단에서 분진망 해체작업 중, 몸의 중심을 잃고 약 4.8m 아래 바닥으로 떨어져 사망한 재해

□ 재해발생원인

○ 안전대 미지급·미착용

– 사업주는 근로자가 추락할 위험이 있는 외줄비계 상부에서 작업을 할 때에는 안전대를 지급하여 착용하고 작업하도록 관리·감독하여야 하나,

▶ 당 현장의 경우 분진망이 설치된 좌측 외줄비계에 작업발판이 없어서 추락할 위험이 있음에도 불구하고 안전대를 지급하지 않았으며, 안전대 미착용한 상태로 작업 중 재해가 발생함.

○ 작업발판 미설치

– 사업주는 근로자가 추락할 위험이 있는 외줄비계 상부에서 작업을 할 때에는 작업발판을 견고하게 고정 설치하고 작업하여야 하나,

▶ 당 현장의 경우 분진망이 설치된 좌측 외줄비계에 작업발판이 없어서 추락할 위험이 있음에도 불구하고 비계작업 중 재해가 발생함.

○ 위험성 평가 미실시

– 사업주는 외줄비계 해체작업 등을 할 때에는 작업 전 위험성평가 회의를 통해 사전에 추락방호설비 등 해당 작업에 대한 유해위험요인을 파악한 후 위험성을 결정하고, 위험성평가의 실시 내용 및 결과를 기록·보존해야 하며 해당 작업으로 인한 재해 방지를 위한 안전대책을 수립한 상태에서 위험요인을 제거한 후 작업을 실시하여야 하나 미실시.

(1-4) 작업발판 + 기타 건물 구조물 + 작업발판 미설치·불량

건설업의 떨어짐 재해 중에서 미설치된 안전방호장치 설비가 작업발판이고, 기인물이 기타건물구조물이며, 불안전한 상태가 작업발판 미설치 및 불량인 경우의 사례들을 구체적으로 알아보았다. 전체 사례 중에서 가장 많은 경우는 지붕에서의 작업 중 선라이트나 샌드위치 판넬 등 지붕재가 약한 상태에서 발판처럼 딛고 작업을 하거나 이동 중에 지붕재가 파손되면서 떨어지는 사고가 발생한 경우였다. 이러한 사례들의 많은 경우는 공장의 지붕 교체 작업이나 축사의 지붕을 수리하거나 교체하는 과정에서 발생한 경우가 대부분이었다. 이러한 사례들에 대한 중대재해조사 보고서의 조사자 의견으로 기술된 내용에는 천정마감재나 지붕재를 작업발판으로 삼아 작업을 한 점이 지적되었으며, 지붕 위 고소 작업 시 적절한 떨어짐 방지조치를 취하지 않은 점이 지적되었다. 또한 안전관리상의 문제점으로 특별교육이나 작업계획서 등이 작성되지 않은 점이

지적되었으며, 개인용 보호구 미착용 등이 지적되었다.

기인물이 기타건물구조물의 경우에 포함되는 다양한 사례들 중에서 앞에서 지붕이나 천정에서의 작업 이외에 건물의 벽면이나 전주 위에서의 전선작업 등이 있었으며, 단독주택이나 근린생활시설의 지붕이나 옥상 등에서의 작업 혹은 이동시 떨어지는 사고의 사례들도 있었다. 또한 석면해체를 위한 고소작업시 발생한 떨어짐 사고들도 있었다. 기타 이러한 사고들은 대부분 작업발판이나 고소작업대를 사용하지 않았으며, 개인용보호구인 안전모나 안전대 등을 착용하지 않은 점이 지적되었고, 안전관리상 작업계획서 미작성이나 위험성 평가 미실시 등이 조사자 의견으로 지적되었다.

사례 1

□ 재해발생경위

○ 냉동설비공사』 현장에서,

- 협력업체 소속 피재자[판넬공, 남, 37세]가 동료작업자와 함께 신규 냉동창고 천장마감재 패널과 패널 접합부 사이 실리콘을 주입하기 위해 기존 냉동창고 천장을 통해 이동 중, 단차(H≒1.4m)가 있는 전실 천장으로 내려가기 위해 앉아 뛰어내려 전실 천장에 발을 딛는 순간, 충격에 의해 전실 천장마감재가 천장틀(T-bar)에서 빠지면서 개구부 사이로 전실 하부(H≒7.0m) 콘크리트 바닥으로 떨어져 사망한 재해

□ 재해발생원인

○ 천장 마감재인 패널을 발판삼아 이동 중 추락재해 발생

- 재해발생 현장의 천장 마감재인 패널은 작업자 등의 무게를 충분히 견딜 수 있고 작업발판으로써 사용가능한 구조용 부재가 아닌 단순히 천장을 마감하는 부재임에도 불구하고,
- 패널을 발판삼아 이동 중 작업자의 무게 등에 버티지 못하고 패널이 빠지면서 추락재해가 발생

○ 개인보호구 미지급 및 미착용

- 개인보호구인 안전모를 미지급 및 미착용하여 추락 시 두부등을 보호받지 못함

사례 2

□ 재해발생경위

○ 지붕 채광창 교체공사 현장에서 피재자(패널공, 남, 59세)가 오전 작업을 마치고 점심식사를 위해 공장동 지붕 채광창(폴리카보네이트, t=1.2㎜)을 밟고 지나가던 중 채광창이 파손되면서 공장 내부에 적재되어 있던 각파이프 위로 떨어져(H≒11m) 사망한 재해

□ 재해발생원인

○ 지붕 위에서 작업 중 떨어짐 방지 조치 미실시

– 지붕 채광창 등 강도가 약한 재료로 덮은 지붕 위에서 작업을 할 때 근로자가 채광창을 밟아 파손되어 떨어질 우려가 있는 경우에는 폭 30㎝ 이상의 작업발판을 설치하고 작업을 하거나,

– 지붕 용마루 등에 안전대부착설비를 설치하고 안전대를 체결한 상태에서 작업 및 이동 조치를 했어야 하나 미조치 후 작업 및 이동 중 채광창을 밟아 파손되면서 떨어짐 재해 발생.

○ 개인보호구 미지급 및 미착용

– 개인보호구인 안전모를 미지급 및 미착용하여 지붕에서 떨어짐 시 머리 등을 보호받지 못함.

사례 3

□ 재해발생경위

○ 축사철거 현장에서 재해자와 동료근로자 3명이 축사 철거를 위해 지붕에 올라가 작업을 진행하던 중, 전화통화를 하면서 혼자 이동하던 재해자가 선라이트를 밟아 파단되면서 6.8m 아래 축사 콘크리트 바닥에 추락하여 사망한 재해

□ 재해발생원인

○ 강도가 약한 지붕위의 작업시 위험방지 미 조치

– 시공 후 5년이 경과하여 강도가 약해 질 수 있는 선라이트와 칼라강판 등의 해체 작업시 위험방지를 위한 조치를 하지 않고 작업을 진행하면서 재해가 발생.

○ 작업계획서 미 작성 상태에서 작업 실시

– 건물 해체 전 작업방법과 순서 등에 대한 작업계획을 작성하지 않고 작업을 진행하면서 재해가 발생.

○ 개인보호구 미 착용

– 안전모 및 안전대 등의 개인보호구 착용하지 않은 상태로 콘크리트 바닥에 떨어지면서 두부 등의 신체를 보호 받지 못해 재해가 발생.

○ 특별안전보건교육 미 실시

– 건축물의 해체 작업은 특별안전보건교육 대상임에도 경력이 없는 재해자에게 교육을 실시하지 않음.

사례 4

□ 재해발생경위

○ 축사 지붕 썬라이트 개량공사 현장에서 피재자(52세, 남, 보통인부)가 지붕 철거작업 중 피재자가 밟고 있던 노후된 썬라이트가 파손되면서 약 3.5m 아래 축사 바닥으로 떨어져 사망한 재해

□ 재해발생원인

○ 지붕 해체작업 전 사전조사 미 실시 및 작업계획서 미 작성
- 썬라이트, 슬레이트 등 약한 재질로 구성된 지붕의 해체작업에 앞서 지붕이 버틸 수 있는 하중과 지붕재의 구조상태 등을 사전조사를 통해 파악한 후,
- 해당 내용을 바탕으로 작업 절차와 재해예방을 위한 안전관리 대책 등이 포함된 작업계획서를 작성·실행하여야 하나 당 현장에서는 사전조사 미 실시 및 작업계획서 미 작성 상태에서 작업을 진행함.

○ 지붕 위에서의 작업 중 떨어짐 방지조치 미실시
- 탈락 및 파손위험이 없는 작업발판(이동통로)을 확보하거나,
- 지붕 썬라이트의 파손 등으로 인한 작업자 떨어짐 위험에 대비하여 썬라이트 하부에 추락방호망 설치 또는 작업위치에 안전대 부착 설비를 확보하여야 하나 이를 미 실시.

○ 근로자 개인보호구(안전모, 안전대) 미 지급 및 미 착용
- 지붕 해체 등 떨어짐 위험이 있는 장소에서 작업하는 근로자에게 안전모와 안전대 미 지급 및 미 착용.

사례 5

□ 재해발생경위

○ 개인주택 기와지붕 보수공사 현장에서 재해자(남, 68세)가 각도 22°로 되어있는 기와지붕 공사 작업 중에 외측방향에서 작업을 진행하기 위해 모서리 방향으로 이동 중 지붕에 작업을 하기 위해 쌓아놓은 기와에 발이 걸려 넘어지면서 기와와 같이 인접건물방향 높이 4.5m 아래로 떨어져 바닥 시멘트 옹벽에 머리를 부딪쳐 사망한 재해

□ 재해발생원인

○ 지붕 위 작업 시에는 떨어지거나 넘어질 위험이 크기 때문에 외부방향에 비계 등을 설치하고 안전난간대가 있는 작업발판 위에서 작업을 진행하여야 비계 및 안전난간대를 설치하지 않고 작업을 실시함

○ 작업자는 4.5m 높이의 떨어짐 사고의 위험이 있는 고소작업장에서 작업을 실시하고 있었

음으로 떨어질 때에 머리를 보호하기 위한 안전모를 착용하고 안전대 걸이 시설(생명줄)을 설치하여 안전대를 걸고 작업하여야 하나 안전모 및 안전대를 착용하지 않은 상태에서 작업을 진행하였음.

사례 6

□ 재해발생경위

○ 공장 신축공사 현장에서 협력업체 소속 피재자(판넬공, 남, 47세)이 공장동 외부 하지철물에 판넬(칼라시트)설치 작업을 하던 중, 안전대 고리를 풀고 옆으로 이동하던 순간, 몸의 중심을 잃고 지상으로 추락(H≒15m)하여 사망한 재해

□ 재해발생원인

○ 안전한 작업발판 미설치(안전보건규칙 제42조)

– 공장동 철골 벽면등에서 판넬 부착작업을 하는 경우, 근로자가 철골 벽면 상단에서 지상으로 추락할 위험이 있을 때에는 외부비계 설치, 고소작업차 사용등의 방법으로 근로자가 안전하게 작업할 수 있는 작업발판을 설치하여야 함에도 이를 미준수.

○ 부적합한 안전대 사용(안전보건규칙 제42조)

– 공장동 철골 벽면 등 높이 2미터 이상의 장소에서 작업을 하는 경우, 근로자에게 안전대를 지급하여야 하며, U자걸이 전용 안전대 사용시 보조죔줄을 지급하여야 함에도 이를 미준수.

사례 7

□ 재해발생경위

○ 폐석면 해체공사 현장에서 철거공인 재해자 김영배 (남, 63세)가 창고 지붕 슬레이트 해체 후 하부 단열재로 사용한 스티로폼을 제거하기 위해 지붕 단부 창고벽체와 물받이 위치에서 앉은 상태로 스티로폼을 당기는 작업 중 몸의 중심을 잃고 높이 약 6m 아래 창고 콘크리트 바닥으로 추락하여 사망한 재해

□ 재해발생원인

○ 지붕 위에서의 위험방지 조치 미실시

– 슬레이트, 스티로폼, 밤라이트 등 강도가 약해 부서져 근로자가 추락할 위험이 있는 지붕 위 작업시에는 근로자가 안전하게 작업할 수 있도록 폭 30㎝이상의 발판을 설치하거나, 안전방망을 치는 등 추락 위험을 방지하기 위한 조치를 하여야 하나 이를 미실시 함.

○ 안전대 부착설비 미설치

– 추락의 위험이 있는 높이 약 6m 지붕위에서 작업시 근로자에게 안전대를 착용시킨 경우에는 안전대를 안전하게 걸어서 사용할 수 있는 안전대 부착설비를 설치하여야 하나 이를 미실시 함.

사례 8

□ 재해발생경위

○ 공장 신축 현장에서 근로자(50, 남, 판넬공)가 지붕 철골 거더(Girder, 보) 위에서 지상 2층 외벽 샌드위치 판넬 측면 빗물받이 시설(까치발)설치 작업 중 몸의 중심을 잃고 외벽 샌드위치 판넬(스티로폼 판넬 6,200*960*150)과 같이 지상1층 바닥(H≒14m)으로 떨어져 사망한 재해

□ 재해발생원인

○ 추락의 방지조치 미실시

– 사업주는 근로자가 추락하거나 넘어질 위험이 있는 장소에서 작업을 할 때에 근로자가 위험해질 우려가 있는 경우 비계(飛階)를 조립하는 등의 방법으로 작업발판을 설치하여야 하나 이를 미실시.

※ 철골 지붕 단부 등 고소작업을 할 경우 근로자의 추락을 방지하기 위하여 별도의 비계를 조립하거나 고소작업대(수직상승형)를 사용하는 방법 으로 안전하게 작업하여야 하나, 당 현장의 경우는 별도의 작업발판을 설치하지 않고 근로자가 직접 철골 지붕 단부에 올라서는 불안전상태로 작업을 실시 함.

○ 안전대 부착설비 미설치

– 사업주는 추락할 위험이 있는 높이 2미터 이상의 장소에서 근로자에게 안전대를 착용시킨 경우 안전대를 안전하게 걸어 사용할 수 있는 설비 등을 설치하여야 하나 이를 미실시.

※ 고소작업시 근로자에 안전대를 착용시킨 경우 안전대를 걸어 사용할 수 있는 구명줄 등을 설치하여 근로자가 이를 사용하도록 하여야 하나, 당 현장의 경우 별도의 걸이시설이 없이 불안전상태로 작업을 실시함.

○ 위험성 평가 미실시

– 사업주는 추락할 위험이 있는 장소에서 작업시 작업 전 위험성평가 회의를 통해 철골지붕 및 단부 작업 중 작업위치에서 근로자 추락할 위험이 있는 경우, 작업 전 유해위험요인을 파악한 후 해당 유해위험요인에 의한 위험성 감소 또는 제거하기 위한 대책을 수립 후 작업을 실시하여야 하나 이를 미실시 함.

(1-5) 추락방지망 + 기타 건물 구조물 + 방호장치 미설치·불량

건설업의 떨어짐 재해에 대한 의사결정나무 분석 결과 미설치된 안전방호장치 설비가 추락방지망이고, 기인물이 기타 건물 구조물이며, 불안전한 상태가 방호장치 미설치·불량인 경우에 해당되는 총 77건의 중대재해조사 보고서에 언급된 조사자 의견을 검토하였다.

건설업의 떨어짐 재해 중에서 의사결정나무 분석에서 미설치된 안전방호장치 및 설비가 추락방지망이고 기인물이 기타 건물 구조물인 경우 크게 두 가지 유형으로 구분되고 있다. 하나는 지붕 작업과 관련하여 마감재 해체작업이나 설치 혹은 교체 작업이 이루어지는 과정에서 떨어짐 재해가 발생한 경우이고, 다른 하나는 철골작업이 이루어지는 과정에서 발생한 떨어짐 재해이다. 전자의 경우 개구부 등으로 떨어지는 경우와 지붕재가 선라이트와 같이 강도가 약한 경우 파손되어 떨어지는 재해가 발생한 경우이다. 그리고 후자의 경우에는 철골 볼트 작업을 하거나 철골 조립 작업 시 부자재 운반 등 이동 중에 발생한 떨어짐 재해이다. 위와 같이 지붕 작업이나 철골 작업이 이루어지는 동안 떨어짐 재해를 방지하기 위해 작업발판을 설치하거나 작업발판을 설치하기 어려울 경우 안전대와 안전모 등의 개인보호구를 지급 착용하도록 하여야 하나 그렇지 못한 경우가 대부분이었으며, 추락방지망을 설치하지 않은 경우가 대부분이었다.

일부 중대재해보고서에서는 안전대가 사용되지 않았거나 추락방지망을 설치하지 않은 것과 함께 안전관리가 소홀한 점도 지적되고 있다. 즉 안전대나 안전모 등의 개인보호구 미착용에도 불구하고 작업이 이루어진 점과 추락방지망이 설치되지 않은 상태에서 작업이 이루어진 점 등이 관리감독 부실 등 안전관리가 제대로 이루어지지 않은 것으로 판단하였다. 또한 추락위험 방지를 위해 작업전 안전작업 계획을 수립하고 근로자에게 주지시켜야 한다는 점도 지적되고 있다. 또한 철골 작업시 위험성평가를 실시하여 위험요인을 제거한 후에 작업하도록 하여야 함을 지적하고 있다. 이상의 내용을 보여주는 사례 6건의 조사의 의견으로 기입된 재해발생원인에 대한 내용을 보면 아래와 같다.

사례 1

□ 재해발생경위

○ 피재자가 기존 공장의 지붕 마감재인 강판과 글라스울을 해체하는 작업 중 마감재가 철거된 부위의 개구부(길이 1.6m×폭 0.9m)를 통해 약 12m 아래의 지상 1층 내부 콘크리트 바닥으로 추락하여 사망한 재해

□ 재해발생원인

○ 추락에 의한 위험방지조치 미실시

– 공장 지붕 마감재의 해체작업 등으로 인해 개구부가 발생하는 장소에서 근로자가 추락할 위험이 있는 경우 안전방망을 설치하거나 안전대 부착 설비를 설치하여 안전대를 걸고 작업하여야 하나 미설치

○ 해체 작업계획서 미작성

– 공장 지붕의 마감재를 해체하는 작업을 할 경우 작업계획서를 작성하고 그 계획에 따라 작업을 하도록 해야 하나, 해체 작업계획서 미작성

사례 2

□ 재해발생경위

○ 재해자가 지붕재로 사용한 칼라 강판을 제거하고 폼판넬로 교체하는 작업을 하기위해 축사 지붕 위를 이동 중 선라이트 부분(약 2m*1m)을 밟아 선라이트가 파손되면서 축사바닥으로 떨어져(H:4.9m) 사망한 재해

□ 재해발생원인

○ 떨어짐 방호 조치 미실시

– 선라이트 등과 같은 강도가 약한 재료의 지붕 위에서 이동 및 작업을 할 때에는 선라이트가 파손되어 바닥으로 떨어질 위험이 있으므로, 이를 방지하기 위해 작업발판이나 안전방망을 설치하여야 하나 미설치 상태에서 작업을 실시하였음

○ 안전대 부착설비 미설치

– 작업 시 떨어질 위험이 있는 높이 2m 이상의 지붕 위에서 작업 시 근로자에게 안전대를 착용시킨 후 안전대를 걸어 사용할 수 있는 안전대 부착설비를 설치하여야 하나 설치하지 않았음

사례 3

□ 재해발생경위

○ 우사 지붕보수공사 현장에서 태백철강공업사 소속 용접공인 재해자가 지붕 위에서 선라이트 파손부위에 실리콘 보수작업을 완료하고 이동하던 중, 선라이트(채광창, 설치후 약 8년 경과, 두께 약 1㎜)를 밟아 선라이트가 깨지면서 5.8m 아래 우사 콘크리트 바닥으로 떨어져 사망한 재해

□ 재해발생원인

○ 지붕 위 떨어짐 위험방지조치 불량

– 지붕 위에서 이동 및 작업을 할 때에 강도가 약한 선라이트가 파손되며 발이 빠지는 등 근로자가 위험해질 우려가 있었으나, 별도의 통로발판 및 안전방망을 설치하지 않고 칼라강판 위로 이동중 선라이트를 밟아 파손되며 우사 콘크리트 바닥으로 떨어짐 재해 발생

– 안전대를 지급하여 착용토록 하였다고 하나 안전대를 안전하게 걸어 사용할 수 있는 설비를 설치하지 않아 안전대를 걸 수 없는 상태로 이동중 떨어짐 재해 발생

사례 4

□ 재해발생경위

○ 피재자가 지상 1층 지붕에서 철골부재 조립 작업 중, 지상 콘크리트 바닥으로 떨어져 (H=6.5m) 사망한 재해

□ 재해발생원인

○ 철골조립 작업장소 하부에 추락방지조치 미 실시

– 지상 6.5m 높이의 폭이 협소한 지붕 보(또는 거더) 상부에서 퍼린과 같은 철골부재 조립 시 개구부로 추락위험이 있으므로 작업장소 하부에 안전방망 설치, 작업대 사용 등 추락방지조치를 해야 하나 미 실시.

○ 개인보호구 착용 불량 및 안전대 부착설비 미 설치

– 안전모는 추락 시 머리에서 벗겨지지 않도록 턱끈을 완전하게 조여서 착용시키고 안전대를 안전하게 걸수 있도록 보, 거더에 부착설비를 설치해야 하나 미 설치

○ 작업전 작업안전계획 미 수립

– 지붕 철골 부재 조립과 같이 중량물 취급 및 고소 작업에 따른 추락 위험 방지를 위해 작업 전 안전작업계획을 수립하고 해당 근로자에게 주지시키지 않고 작업

○ 위험성 평가 미 실시

– 철골 조립 관련 작업 전 『위험요인 도출, 위험도 분석, 대책수립, 위험요인 개선』과 같은 사전 위험성평가를 실시하여 위험 요인을 제거 후 작업해야 하나 미 실시

사례 5

□ 재해발생경위

○ 재해자가 주유소 지붕(케노피)에서 물받이(400×100×15×1.6, L≒15.0m)를 설치하기 위하여 지붕 철골(C형강) 위에서 보조 작업을 하던 중 갑자기 몸의 중심을 잃고 지상 1층 바닥(H≒7.5m)으로 떨어져 사망한 재해

□ 재해발생원인

○ 떨어짐(추락) 위험 방지 미조치

- 추락 위험이 있는 철골조 상부에서 작업시 안전대 부착설비 설치 및 안전대 착용 후 해당 작업을 실시하여야 하나, 이를 미조치한 상태에서 떨어짐 재해 발생.
- 추락 위험이 있는 장소에서 작업을 할 때에는 작업 발판을 설치하거나 작업발판을 설치하기 곤란한 경우에는 추락방지망 설치, 또는 근로자에게 안전대를 착용하게 하는 등 추락할 위험을 방지하기 위하여 필요한 조치를 하여야 함.
- 당 현장과 같은 철골 구조의 경우 작업발판 설치가 어려우므로 철골 상에 안전대 부착설비 설치 및 안전대를 착용케 하고, 철골 작업면 하부에 추락방지망을 설치하여 떨어짐 위험을 방지하여야 함.

사례 6

□ 재해발생경위

○ 피재자가 철골2단 Girder(H-588×300×12×17mm) 위에 앉아 이동식 크레인(50ton)으로 인양한 Beam(H-200×100×5.5×8mm)을 볼트 체결 후 Beam 인양용 줄걸이(섬유로프)를 풀기 위하여 일어서던 중 몸의 중심을 잃고 약 11m 하부 콘크리트 바닥으로 떨어져 사망한 재해

□ 재해발생원인

○ 철골조립 작업 및 이동 중 떨어짐 방지조치 미실시

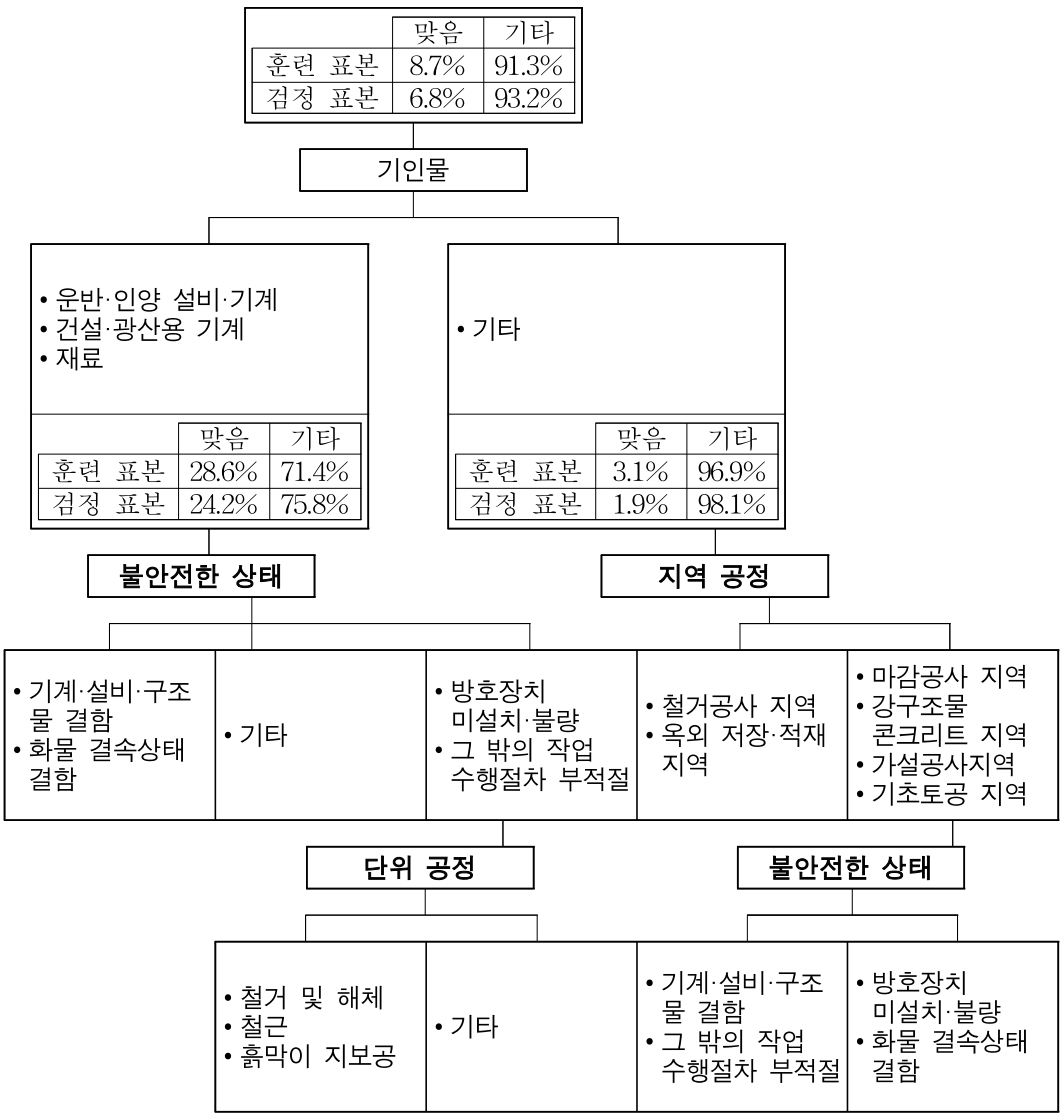
- 철골 부재 조립작업 및 이동 중 근로자가 떨어질 위험이 있을 때에는 Girder와 Beam 상부에 안전대부착설비를 설치하여 근로자가 안전대를 체결할 수 있도록 조치하여야 하나 이를 미설치하였고,
- 또한, 철골1단 Girder와 Beam에 안전방망 설치가 가능하였으나 미설치하여 떨어짐 재해를 방지할 수 없었음

2) 건설업의 물체에 맞음 재해에 대한 의사결정나무 분석 결과

건설업에서 발생한 업무상 사고 사망 재해 중에서 두 번째로 많은 사례가 포함된 재해발생형태는 물체에 맞음으로 나타났다. 물체에 맞음 재해와 그 외의 재해를 구분하여 의사결정나무 분석을 한 결과, 훈련 표본의 경우 아무런 특성을 동원하지 않았을 경우 물체에 맞음 재해가 차지하는 비율은 전체에서 8.7%였다. 이러한 비율 분포를 고려하여 1차 분류에 동원된 1차 특성은 기인물 특성으로 운반·인양 설비, 건설 광산용 기계인 경우 물체에 맞음 비율은 28.6%로 증가하였다. 반면 기인물 특성이 그 외의 기타인 경우에는 물체에 맞음 비율이 3.1%로 감소하였다. 기인물 특성으로 분류된 두 개의 집단 모두를 대상으로 2차 분류를 시도하였다. 기인물 특성인 운반·인양 설비, 건설 광산용 기계인 경우에 불안전한 상태 특성이 동원되었다. 그 결과 방호장치 미설치·불량, 그 밖의 작업수행절차 부적절인 경우에서 물체에 맞음 비율이 26.2%로 증가하였다. 또한 불안전한 상태 특성이 기계·설비·구조물 결함이나 화물결속상태 결함인 경우 물체에 맞음 비율이 62.1%로 크게 증가하였다. 그러나 불안전한 상태가 기타인 경우에서는 물체에 맞음 비율이 10.9%로 감소하였다. 불안전한 상태 특성이 방호장치 미설치 불량이나 그 밖의 작업수행절차 부적절인 경우를 대상으로 3차 분류로 단위공정이 동원된 결과 단위공정 특성이 철거 및 해체, 흙막이지보공인 경우에서 물체에 맞음 비율이 66.7%로 크게 증가하였으나, 이러한 비율은 사례 수에서 단지 8명에 불과하였다.

또한 기인물 특성이 기타인 경우에서 지역공정 특성을 2차 분류로 도입한 결과 철거공사지역과 옥외 저장·적재 지역인 경우에서 물체에 맞음 비율이 17.4%로 증가하였다. 반면 지역공정이 마감공사 지역, 강구조물·콘크리트, 가설공사 지역, 기타 기초토공 지역인 경우에는 물체에 맞음 비율이 2.4%에 불과하였다. 따라서 이 집단을 대상으로 불안전한 상태 특성을 도입한 3차 분류의 경우에는 불안전한 상태 특성이 기계·설비·구조물 결함이거나 그 밖의 작업수행절차 부적절인 경우에서 물체에 맞음 비율이 6.7%였다. 다만 이 경우에도 3차

분류의 물체에 맞음에 해당되는 절대 사례 수는 6명에 불과하였다. 물체에 맞음에 대한 의사결정나무 분석의 최종 분류 정확도는 물체에 맞음의 경우 검정 표본에서 41.3%였고 전체는 91.9%였다.



[그림 Ⅲ-5] 의사결정나무 분석 결과(건설업, 물체에 맞음)

<표 III-51> 의사결정나무 분류 정확도 결과(건설업, 물체에 맞음)

표본		예측		
		기타	물체에 맞음	정확도 백분율
학습	기타	561	15	97.4%
	물체에 맞음	29	26	47.3%
	전체 퍼센트	93.5%	6.5%	93.0%
검정	기타	607	28	95.6%
	물체에 맞음	27	19	41.3%
	전체 퍼센트	93.1%	6.9%	91.9%

건설업의 물체에 맞음 재해에 대한 의사결정나무 결과에서 도출된 기인물, 지역공정, 불안전한 상태의 특성들을 결합한 물체에 맞음 재해의 분포를 보면 아래의 표와 같다.

<표 III-52> 주요 요인의 결합 분포(건설업, 물체에 맞음)

기인물	지역공정	불안전한상태	사례수 (명)	백분율 (%)
운반인양설비기계	강구조물 콘크리트	기계설비 구조물 결함	7	6.9
		화물 결속상태 결함	3	3.0
		그 밖의 작업수행절차 부적절	4	4.0
		기타	3	3.0
	마감공사지역	화물 결속상태 결함	2	
		그 밖의 작업수행절차 부적절	1	
	기초토공지역	기계설비 구조물 결함	2	
		그 밖의 작업수행절차 부적절	1	
	옥외저장적재지역	기계설비 구조물 결함	3	3.0
		그 밖의 작업수행절차 부적절	2	
		기타	1	
	가설공사지역	화물 결속상태 결함	1	
		그 밖의 작업수행절차 부적절	1	
	철거공사지역	그 밖의 작업수행절차 부적절	3	3.0
		기타	1	
	기타	기계설비 구조물 결함	2	
		화물 결속상태 결함	2	
		기타	1	
건설 광산용 기계	강구조물 콘크리트	기계설비 구조물 결함	3	

기인물	지역공정	불안전한상태	사례수 (명)	백분율 (%)
		방호장치 미설치 불량	3	
		기타	1	
	마감공사지역	기계설비 구조물 결함	1	
		그 밖의 작업수행절차 부적절	1	
	기초토공지역	기계설비 구조물 결함	2	
		방호장치 미설치 불량	1	
		화물 결속상태 결함	1	
		그 밖의 작업수행절차 부적절	1	
		기타	1	
	옥외저장적재지역	그 밖의 작업수행절차 부적절	1	
	가설공사지역	화물 결속상태 결함	1	
		그 밖의 작업수행절차 부적절	2	
	철거공사지역	그 밖의 작업수행절차 부적절	1	
	기타	기계설비 구조물 결함	2	
		화물 결속상태 결함	1	
		그 밖의 작업수행절차 부적절	5	5.0
재료	강구조물 콘크리트	방호장치 미설치 불량	2	
		기타	2	
	마감공사지역	그 밖의 작업수행절차 부적절	1	
	기초토공지역	그 밖의 작업수행절차 부적절	1	
	옥외저장적재지역	방호장치 미설치 불량	1	
	기타	방호장치 미설치 불량	1	
기타	강구조물 콘크리트	기계설비 구조물 결함	2	
		방호장치 미설치 불량	1	
		그 밖의 작업수행절차 부적절	2	
		기타	1	
	마감공사지역	기계설비 구조물 결함	1	
		방호장치 미설치 불량	1	
		기타	2	
	기초토공지역	방호장치 미설치 불량	1	
		기타	1	
	가설공사지역	기타	4	4.0
	철거공사지역	그 밖의 작업수행절차 부적절	1	
		기타	3	3.0
	기타	기계설비 구조물 결함	2	
		그 밖의 작업수행절차 부적절	2	
		기타	1	
계			101	100.0

(2-1) 운반·인양 설비·기계 + 강구조물·콘크리트 + 기계·설비·구조물의 결함

건설업의 물체에 맞음 재해에 대한 의사결정나무 분석 결과 기인물이 운반·인양 설비·기계이고, 지역공정이 강구조물·콘크리트이며, 불안전한 상태가 기계·설비 구조물의 결함인 경우가 가장 많아 이에 대한 사례들을 검토한 결과 크레인을 이용하여 중량물을 인양 운반하는 작업시 중량물이 떨어져 근로자가 중량물에 맞는 사고가 발생한 경우가 많았다. 또한 자재 인양용 개구부를 통해 자재를 인양하는 중 동바리가 떨어져 사고가 발생한 경우도 있었다. 이러한 경우 중대재해조사 보고서에 기재된 조사자의 의견인 재해발생원인은 크레인의 경우 안전인증 미준수, 크레인 작업시 조치사항 미준수, 동바리 설치 안전조치 미실시 등의 내용과 중량물 취급 작업계획서 미작성 및 작업지휘자 미지정 등이 지적되었다. 아울러 위험성 평가를 실시하지 않은 지적도 있어 안전관리의 문제점 등이 지적되기도 하였다.

안전인증의 경우 인증 신청만 이루어진 상태에서 인증이 완료되지 않은 상태에서 작업이 이루어진 경우에 사고가 발생하였으며, 크레인 작업시 근로자의 출입을 통제하거나, 인양중인 화물이 작업자의 머리 위를 통과하지 않도록 하는 작업시 조치사항을 이행하지 않아 사고가 발생하기도 하였다. 또한 인양부 개구부에는 근로자가 출입하지 못하도록 하고, 동시에 낙하물 방지망 등이 설치되어야 하는데 이러한 조치도 이루어지지 않은 점이 지적되기도 하였다. 구체적인 사례의 내용은 다음과 같다.

사례 1

□ 재해발생경위

○ 피재자 등 2명이 지하2층 슬라브 보 거푸집 제작작업 중, 사고지점으로부터 약 9m 높이에서 타워크레인으로 인양중이던 자재(거푸집제작용, 1.9톤)의 갑작스러운 떨어짐에 의하여 피재자들이 맞음으로써 1명이 사망하고 1명이 부상당한 재해

□ 재해발생원인

○ 안전인증기준 미준수.

– 사업주는 타워크레인 등 유해·위험한 기계·기구를 설치시 근로자의 안전에 위험이 없도록 안전인증기준에 맞는지에 대하여 사전에 고용노동부 장관이 실시하는 안전인증을 받은 후 사용하여야 하나 이를 미준수.

○ 중량물 취급 작업계획서 미작성

– 사업주는 중량물 취급작업시에는 중량물로 인하여 발생할 수 있는 떨어짐에 의한 맞음, 협착 등 재해를 예방할 수 있는 안전대책 등 작업계획서를 작성하고, 그에 따른 중량물의 취급방법, 해체순서, 등을 구체적으로 작성하여야 하나 미실시.

○ 크레인 작업시의 조치사항 미준수

– 사업주는 크레인을 사용하여 작업하는 경우 미리 근로자의 출입을 통제하여 인양중인 화물이 작업자의 머리위로 통과하지 않도록 하여야 하나 이를 미준수.

○ 위험성 평가 미실시

– 사업주는 크레인 등을 사용하여 작업시 작업 전 위험성평가 회의를 통해 사전에 해당 작업에 대한 유해·위험요인을 파악한 후 위험성을 결정하고, 위험성평가의 실시 내용 및 결과를 기록·보존해야 하며 해당 작업으로 인한 재해 방지를 위한 안전대책을 수립한 상태에서 위험요인을 제거한 후 작업을 실시하여야 하나 미실시.

사례 2

□ 재해발생경위

○ 피재자가 지하 1층 자재 인양구(2,000mm×7,400mm) 위 임시 자재 적치대 위에서 거푸집 쌓기 작업을 진행하던 중 지상 3층 바닥보 하부에 설치된 동바리가 자재 인양구를 통해 약 3.9m 아래로 떨어져 피재자의 머리에 맞아 사망한 것으로 추정되는 재해

□ 재해발생원인

○ 낙하물에 의한 위험 방지조치 미실시

– 골조공사 중인 건축물 내의 자재 인양용 개구부를 통해 자재를 인양하는 등의 작업 시에는 개구부 주변의 물체나 인양물 등이 떨어지거나 날아올 위험이 있으므로 자재 인양용 개구부 내에 근로자가 출입하지 않도록 출입금지구역을 설정하여 통제하여야 하나 이를 미 실시함.

○ 동바리의 안전조치 미실시

– 지상 3층 바닥보 거푸집 지지용 동바리를 조립하는 경우 동바리의 상하 고정을 견고히 하고 하중의 지지상태를 유지하여야 하나 보 거푸집 하부 멍에재에 해당 동바리가 못 등으로 고정되지 않아 자재인양구로 떨어져 재해가 발생함.

사례 3

□ 재해발생경위

○ 근로자가 1층 유치원 내부 벽체 내진보강을 위해 전동윈치에 ㄷ형강(149.45kg)을 걸어 인양하여 벽체에 세우던 중 벽체에 설치했던 전동윈치 걸이용 앵커볼트가 휘어지며 전동윈치가 탈락, 인양중인 ㄷ형강이 넘어져 피재자의 머리부위에 충돌해 사망한 재해

□ 재해발생원인

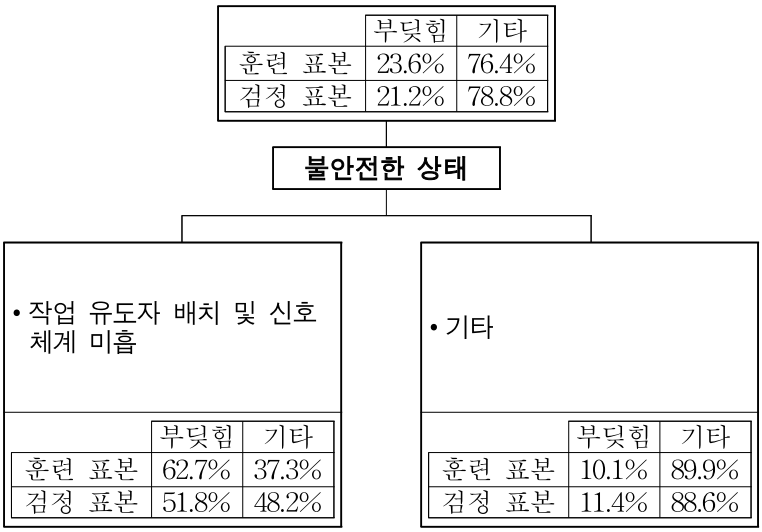
○ 중량물 취급 계획서 작성 미실시

- 사업주는 내진보강을 위한 ㄷ형강(약150kg) 설치 등 중량물의 취급 작업을 할 때에는 작업자의 충돌 등 위험을 방지하기 위하여,
- 해당 작업 전 ㄷ형강을 세우기 위해 설치되는 앵커볼트 및 와셔에 대한 허용응력 및 작업방법에 대한 사전검토를 하고 검토결과를 반영하여 작업계획서에 근로자의 추락, 낙하, 전도, 협착, 붕괴위험 등 예방할 수 있는 내용을 포함하여 작성하여야 하나 이를 미실시.
- 당 현장의 경우 출처가 불명확한 앵커볼트를 사용해 정확한 허용응력 등 제원파악이 불가능 했으며, ㄷ형강의 길이를 고려하지 않은 천장부위의 해체 등 사전작업방법에 관한 고려 및 ㄷ형강의 양중 중 발생할 수 있는 낙하, 전도에 대한 근로자 안전대책 등 사전작업계획이 없이 작업을 실시 함.
- ㄷ형강의 중량물 양중을 위해서는 앵커(Anchorage)의 강도확보, 앵커에서 연결하는 슬링(로프, 체인)의 이탈방지계획, 전동윈치의 인양능력, 중량물 인양을 위한 줄걸이 방법 등 계획이 필요했으나 이를 실시하지 않음.

3) 건설업 부딪힘 재해에 대한 의사결정나무 분석 결과

건설업의 부딪힘 재해는 전체 사례수가 3개년 모두 합산한 결과 총 96명에 불과하였다. 따라서 전체 사례 중에서 앞서 분석한 떨어짐 재해와 물체에 맞음 재해를 제외한 나머지 재해 중에서 부딪힘 재해와 그 외의 재해를 구분하여 분석에 활용하였다. 훈련표본에서 아무런 분류 특성을 도입하지 않았을 경우 부딪힘 재해가 차지하는 비율은 전체의 23.6%로 나타났다. 1차 분류를 위한 불안전한 상태 특성을 도입한 결과 부딪힘 재해는 작업유도자 배치 및 신호체계 미흡 범주에서 부딪힘 재해가 62.7%로 증가하였다. 반면 기타의 범주에서는 부딪힘 재해가 10.1%에 불과하였다. 검정표본의 경우에도 불안전한 상태의 작업유도자 배치 및 신호체계 미흡 범주에 분류된 부딪힘 재해 비율은 51.8%로 나타났다.

건설업에서 발생한 업무상 사고 사망 사례 형태 중에서 떨어짐 재해와 물체에 맞음 재해를 제외한 나머지 재해 중에서 부딪침 재해와 그 외의 재해를 분류하는데 불안전한 상태를 이원변수화하여 작성된 '작업유도자 배치 및 신호체계 미흡' 범주와 그 외의 나머지를 '기타' 범주로 하여 분류에 도입한 결과 총 분류 정확도는 훈련표본의 경우 부딪힘 재해의 경우 68.1%, 기타의 경우 87.5%로 전체 정확도는 82.9%였다. 반면 검정표본에서는 부딪힘 재해에 대한 분류 정확도는 59.2%였으며, 기타 재해에 대한 분류 정확도는 85.2%였다. 전체 분류 정확도는 79.7%로 나타났다.



[그림 Ⅲ-6] 의사결정나무 분석 결과(건설업, 부딪힘)

<표 Ⅲ-53> 의사결정나무 분류 정확도 결과(건설업, 부딪힘)

표본		예측		
		부딪힘	기타	정확도 백분율
학습	부딪힘	32	15	68.1%
	기타	19	133	87.5%
	전체 백분율	25.6%	74.4%	82.9%
검정	부딪힘	29	20	59.2%
	기타	27	155	85.2%
	전체 백분율	24.2%	75.8%	79.7%

<표 III-54> 불안전한 상태 특정 분포(건설업, 부딪힘)

불안전한 상태	사례수(명)	백분율(%)
작업유도자 배치 및 신호체계 미흡	61	63.5
기타	35	36.5
계	96	100.0

(3-1) 작업유도자 배치 및 신호체계 미흡

건설업에서 발생한 부딪힘 재해에 대한 의사결정나무 분석 결과 불안전한 상태가 작업유도자 배치 및 신호체계 미흡에 해당되는 경우가 선별되었다. 건설업의 부딪힘 재해에 대한 중대재해조사 보고서 중에서 이러한 범주에 해당되는 사례를 선별하여 조사자의 의견을 중심으로 내용을 검토하였다. 부딪힘 사례를 검토한 결과 많은 사례들이 굴삭기와 덤프트럭 및 지게차 등 건설용 기계·장비에 부딪혀 재해를 당한 경우가 대부분이었다. 굴삭기의 경우에는 굴삭기를 이용한 작업 시 근로자를 접촉할 위험이 있는 장소에 근로자의 출입을 통제하거나 유도자를 배치하여야 하나 유도자를 배치하지 않았고, 유도자의 지시 없이 운전기사가 단독으로 근로자를 확인하지 않고 후진하다가 사고가 발생한 경우가 많았다. 이러한 경우 굴삭기 작업 시 작업계획서를 작성하여 운행경로와 작업방법 등을 검토하고 근로자 배치 및 작업 유도 등의 작업관리가 제대로 이루어지지 않은 점이 지적되고 있다. 또한 굴삭기에 의한 부딪힘 사고 발생으로 또 다른 예로 굴삭기를 굴삭기의 원래 용도가 아닌 다른 용도로 사용하다가 사고가 발생한 경우이다. 구체적으로 이동식 크레인 등 양중장비를 사용하여 중량물을 인양 운반하여야 하는데 굴삭기를 사용하다가 신호 및 유도자를 배치하지 않아 작업 반경에 근로자가 출입하여 굴삭기 붐대에 부닺힌 사고가 발생하였다. 이동식 크레인이 아닌 다른 기계 장비를 사용하였다고 하더라고 작업유도자를 배치하거나 신호체계를 제대로 사용하였다면 사고가 발생하지 않았을 것으로 기대된다.

덤프트럭 운행 시 근로자가 부딪히는 사고가 발생한 사례의 내용을 보면, 덤프트럭 운행 장소와 근로자 통행 장소를 분리하거나 덤프트럭 운행 장소에 근

로자 출입을 통제하거나 유도자를 배치하여 덤프트럭 운행과 근로자 통행에 대한 분리 관리가 이루어지지 않은 점이 지적되고 있다. 안전관리상 덤프트럭 운행과 관련된 접촉방지 조치나 작업계획을 수립하지 않은 점도 지적되고 있다. 덤프트럭 이외에도 다른 종류의 차량계 건설기계인 레미콘 운행 시 부딪힘 사고가 발생한 경우도 있다. 이러한 경우에는 특히 레미콘 후진 시 위험구역 내에 근로자의 충돌 위험이 상존하기 때문에 근로자 출임 제한이나 유도자 배치를 통해 사고를 예방하여야 하는데 이러한 조치가 이루어지지 않은 점들이 지적되고 있다.

지게차와 부딪힌 사고의 경우에는 지게차의 운행 장소에서 지게차 운전기사가 근로자를 발견하지 못하는 사각지대가 존재하여 사고가 발생한 경우였다. 이러한 경우는 두 가지가 구분되는데 하나는 지게차 운행 구간이 곡선 구간인 경우로 운행 장소의 구조적 결함이 있는 경우이고 다른 경우은 지게차의 구조적 문제 때문에 지게차 운전시 사각지대가 존재하는 경우이다. 이러한 사고의 경우 모두 작업유도자의 배치나 신호체계 등이 마련되어 있지 않은 점이 지적되었고 작업계획서 미작성 등이 지적되고 있다.

사례 1

□ 재해발생경위

○ 피재자가 도시가스 배관(∅400㎜) 부설 후 되메우기용 토사 다짐작업을 위한 굴삭기(버킷용량:0.6㎥) 주변에서 청소작업 중 후진하던 굴삭기 오른쪽 뒷바퀴에 깔려 사망한 재해

□ 재해발생원인

○ 굴삭기 등 차량계 건설기계 접촉 방지 조치 미실시
- 굴삭기 등 차량계 건설기계 운행 시 근로자를 접촉할 위험이 있는 장소에는 근로자의 출입을 통제하고 유도자를 배치하여야 하나 이를 미실시하였고,
- 유도자의 지시없이 굴삭기 운전기사 단독으로 근로자를 확인하지 않은 상태에서 후진하던 중 오른쪽 뒷바퀴에 깔려 사망하는 재해 발생

○ 굴삭기 등 차량계 건설기계 작업계획서 미작성 및 미준수
- 굴삭기 등 차량계 건설기계를 사용하여 작업을 할 때에는 차량계 건설기계의 종류 및 성능, 운행경로 및 작업방법 등에 대한 작업계획서의 미작성 및 미준수

사례 2

□ 재해발생경위

○ 피재자가 산벽 석축쌓기 작업 중 조경석을 인양하기 위해 회전하는 굴삭기의 붐대와 충돌하여 사망

□ 재해발생원인

○ 굴삭기를 주용도 외로 사용
- 중량물인 조경석(2~8ton/개당)은 신호수를 배치하여 이동식크레인 등의 양중장비로 인양, 운반하여 설치하여야 하나 굴착이 주용도인 굴삭기를 사용하여 산벽 조경석 쌓기작업을 함

○ 신호 및 유도자 미배치 등 접촉방지조치 미실시
- 중량물을 2인 이상 작업자가 취급, 운반하는 작업은 신호방법을 정하고 신호하여 작업하여야 하나 중량물인 조경석의 인양, 운반작업 시 신호 및 유도자 미배치, 안전휀스 미설치 등으로 굴삭기 작업반경 내에 작업자가 출입 하였고 굴삭기 운전자가 임의로 붐대를 운전석 좌·우로 회전함

○ 차량계 건설기계 작업계획서 작성 불량
- 산벽 석축쌓기 작업과 관련이 없는 지게차와 벽돌 운반작업에 대한 내용이 기술되어 있었고 운행경로를 평면도 상에 형식적으로 표시하는 등 작업 계획서 작성상태가 불량 함

사례 3

□ 재해발생경위

○ 근로자가 봉황천 제방 돌망태 조립작업 중 돌망태석을 운반하기 위해 후진하던 덤프트럭과 충돌하여 사망한 재해

□ 재해발생원인

○ 차량계 건설기계 접촉방지조치 및 작업계획 수립 미실시
- 사업주(현장소장)는 덤프트럭 운용 구간에 근로자가 출입하지 못하도록 하거나 유도자를 배치하여 장비와 근로자간의 접촉이 발생하지 않도록 해야 하고,
- 이를 위해 차량계 건설기계 사용 작업 시 사전에 장비의 운행경로 및 작업방법, 신호체계 등 현장 여건에 부합하는 작업계획을 수립해야 하나,
- 덤프트럭의 이동경로와 근로자의 작업동선이 중복되고 현장에 유도자를 배치하지 않는 등 작업계획의 수립 및 이행상태가 미흡함.

사례 4

□ 재해발생경위

○ 재해자가 지하차도 기초(7블럭 구간) 콘크리트 타설 작업을 위해 지하차도 복공판 상부에서 콘크리트 펌프카 호퍼 정비작업 중 펌프카 후미쪽으로 후진하던 콘크리트 믹서 트럭 사이에 충돌후 협착되어 사망한 재해

□ 재해발생원인

○ 차량계 건설기계 충돌방지책 미실시

– 경사진 구간에서 기 정차되어 있는 펌프카 방향으로 레미콘 후진(하향구배 형성, 약 9.87%)시 위험구역 내 근로자의 충돌위험이 상존하므로 근로자의 출입을 금지시키거나 유도자를 배치하여 해당 차량계 건설기계를 안전하게 유도하여야 하나 근로자 출입금지 조치를 하지 않았으며, 유도자를 미배치한 상태로 펌프카 후미에서 호퍼 정비작업을 하던 재해자가 후진하던 레미콘에 충돌된 후 펌프카 사이에 협착되어 재해 발생.

○ 차량계 건설기계 작업계획서 미준수

– 차량계 건설기계 사용 작업 시 해당 기계로 인한 근로자의 위험방지를 위해 해당 작업장소의 상태(경사도 등)를 조사하고, 그 결과에 따라 건설기계의 운행경로 및 안전한 작업방법 등이 포함한 작업계획서를 구체적으로 작성하여 해당 근로자에게 주지 후 작업하여야 하나, 작업계획서를 해당 근로자에게 주지하지 않고 유도원 미배치 등 관리감독자의 안전조치가 미흡한 상태로 작업 중 재해 발생.

사례 5

□ 재해발생경위

○ 근로자가 오후 T.B.M(Tool Box Meeting)을 위하여119동 남측 가설도로(폭:8m)를 횡단하여 이동하던 중 운행 중이던 지게차(8ton) 오른쪽 바퀴에 깔려 사망한 재해

□ 재해발생원인

○ 지게차 접촉 방지 조치 미실시

– 지게차 운행 시 마스트 등의 주요 구조부위로 인해 사각지대가 발생하여 근로자를 접촉할 위험이 있는 장소에는 작업지휘자 또는 유도자를 배치하여야 하나

– 작업지휘자 또는 유도자는 운행하는 지게차 주변에 있지 않았고, 지게차 운전기사 단독으로 운행하던 중 피재자를 미처 인지하지 못한 상태에서 피재자가 지게차 오른쪽 바퀴에 깔려 사망하는 재해 발생

사례 6

□ 재해발생경위

○ 지게차 운전자가 지게차를 운전하여 지하 3층에서 지상으로 폐기물 운반 중 지하 2층 경사로(Ramp) 곡선구간에서 덕트 보온 작업 중이던 협력업체 근로자를 발견하지 못했고, 재해자는 지게차 포크에 충돌하여 사망한 재해

□ 재해발생원인

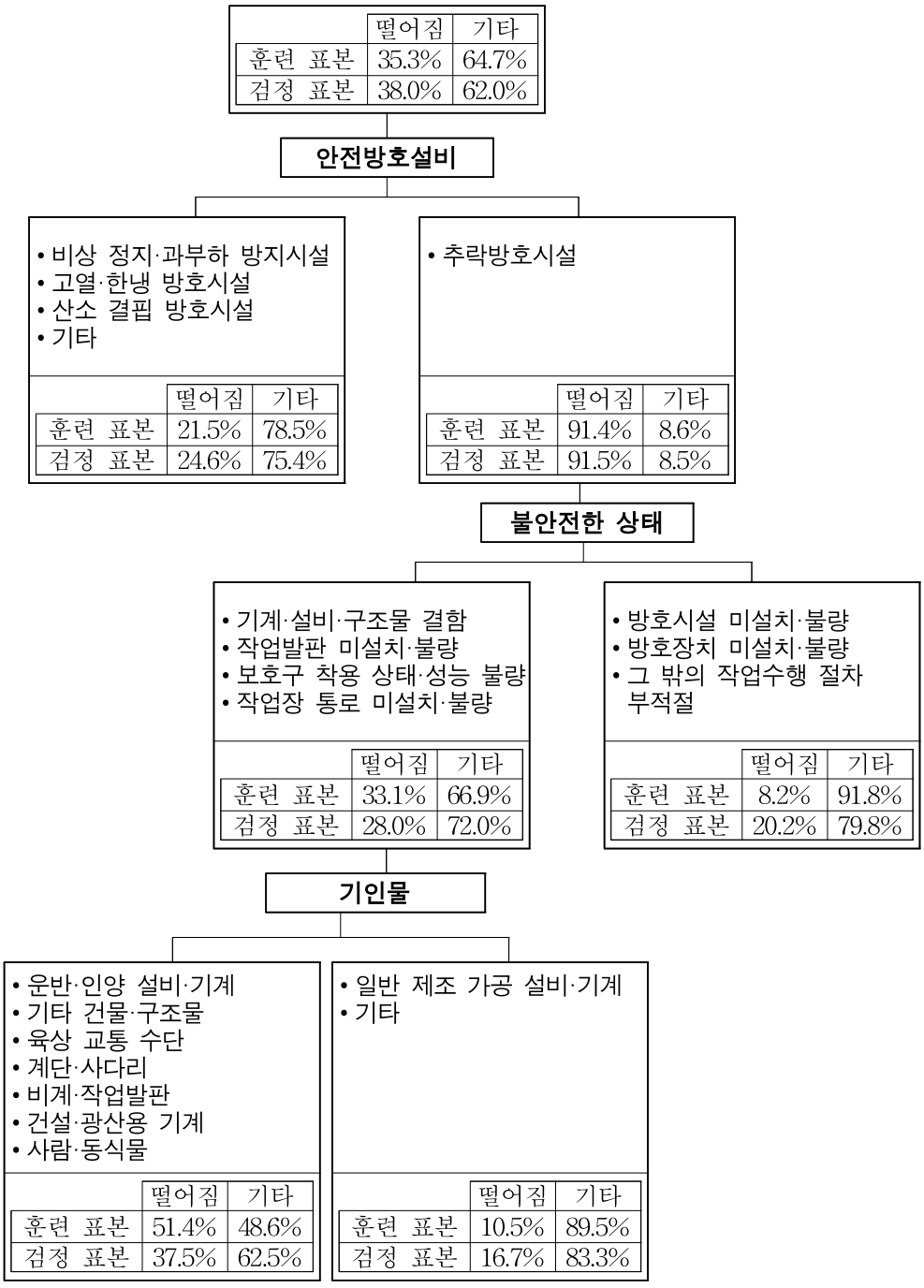
○ 지게차 접촉 방지 조치 미실시
- 재해자는 지게차 운행구간인 경사로(Ramp) 곡선구간에서 보온재 재단 작업을 하였으며
- 지게차 운전원은 지게차 포크에 적재한 폐기물로 인해 시야 확보가 어려운 상태로 운행하던 중 경사로 곡선구간에서 작업하던 재해자를 발견하지 못하고 지게차 포크로 재해자를 충돌 함.

3) 기타 업종

(1) 기타 업종의 떨어짐 재해에 대한 의사나무결정 분석 결과

기타 업종에서 가장 많이 발생한 재해발생 형태인 떨어짐 재해를 대상으로 의사결정나무 분석을 실행하였다. 의사결정나무 분석의 분류 전 떨어짐 재해의 비율은 훈련표본에서 35.3%였다. 1차 분류에 도입된 특성은 안전방호 설비로 추락방호 시설 범주에서 떨어짐 재해의 비율은 91.4%로 매우 높게 증가하였다. 그러나 추락방호 시설 이외의 나머지 범주에서 떨어짐 재해는 21.5%로 감소하였다. 이 범주를 대상으로 2차 분류를 시도한 결과 불안전한 상태 특성이 도입되었다. 불안전한 상태의 기계·설비·구조물 결함, 작업발판 미설치·불량, 보호구 착용상태·성능불량, 작업장통로 미설치·불량, 기타 등의 범주에서 떨어짐 재해는 33.1%로 약간 증가하였으나, 그 외의 나머지 불안전한 상태 범주에서는 비율이 8.2%로 감소하였다. 떨어짐 재해의 비율이 33.1%인 범주를 대상으로 3차 분류를 시도한 결과 기인물 특성이 도입되어 운반·인양 설비·기계, 기타 건물 구조물, 육상교통수단, 계단·사다리, 비계· 작업발판, 건설·광산용 기계, 사람·동식물의 범주에서 떨어짐 재해의 비율은 51.4%로 증가하였다.

떨어짐 재해의 분류 정확도는 훈련표본에서 85.6%, 검정표본에서 72.3%였으며, 전체 분류 정확도는 훈련표본에서 81.7%, 검정표본에서 72.5%로 나타났다.



[그림 Ⅲ-7] 의사결정나무 분석 결과(기타 업종, 떨어짐)

<표 III-55> 의사결정나무 분류 정확도 결과(기타 업종, 떨어짐)

표본		예측		
		떨어짐	기타	정확도 백분율
학습	떨어짐	89	15	85.6%
	기타	39	152	79.6%
	전체 백분율	43.4%	56.6%	81.7%
검정	떨어짐	81	31	72.3%
	기타	50	133	72.7%
	전체 백분율	44.4%	55.6%	72.5%

기타 업종에서 발생한 떨어짐 재해를 대상으로 다른 발생형태와의 분류에 최적화되는 특성을 알아보기 위하여 의사나무결정 분석을 한 결과 1차 분류에 동원된 특성은 미설치된 안전방호설비, 2차 분류에 동원된 특성은 불안전한 상태였으며 3차 분류에 동원된 변수는 기인물 특성으로 나타났다. 이러한 세 가지 특성을 이용하여 결합분포를 알아본 결과는 아래의 표와 같다. 미설치된 안전방호설비가 추락방호설비이고, 불안전한 상태가 작업발판 미설치였으며, 기인물이 계단·사다리인 경우가 가장 많았으며, 두 번째는 미설치된 안전방호 설비와 불안전한 상태는 첫 번째의 경우와 동일하고, 단지 기인물에서 기타 건물구조물인 경우로 나타났다.

<표 III-56> 주요 요인의 결합 분포(기타 업종, 떨어짐)

안전방호설비	불안전한 상태	기인물	사례수 (명)	백분율 (%)
추락방호시설	기계설비구조물 결함	비계작업 발판	5	
	방호시설 미설치 불량	일반제조 가공 설비기계	2	
		운반인양 설비기계	1	
		비계작업 발판	8	3.7
		계단 사다리	5	
		기타 건물구조물	5	
		육상교통 수단	1	
		기타	11	5.1
	작업장통로 미설치 불량	계단 사다리	1	
	작업발판 미설치 불량	운반인양 설비기계	6	2.8
		비계작업 발판	6	2.8
		계단 사다리	20	9.3
		기타 건물구조물	19	8.8

안전방호설비	불안전한 상태	기인물	사례수 (명)	백분율 (%)
		사람 동식물	3	
		기타	3	
	보호구착용상태성능불량	비계작업 발판	1	
		계단 사다리	2	
	기타	운반인양 설비기계	1	
		비계작업 발판	3	
		기타 건물구조물	1	
		기타	2	
비상정치 과부하 방지시설	기계설비구조물 결함	운반인양 설비기계	1	
	방호장치미설치불량	육상교통 수단	1	
기타	기계설비구조물 결함	운반인양설비기계	4	
		비계작업 발판	1	
		육상교통 수단	3	
		기타	2	
	방호장치미설치불량	운반인양 설비기계	3	
	방호시설 미설치 불량	운반인양 설비기계	1	
		계단 사다리	1	
		기타 건물 구조물	2	
		육상교통 수단	1	
		기타	4	
	작업장통로 미설치 불량	운반인양 설비기계	1	
		계단 사다리	13	6.0
		기타	1	
	작업발판 미설치 불량	운반인양 설비기계	3	
		비계작업 발판	1	
	그밖의 작업수행절차 부적절	일반제조가공 설비기계	1	
		운반인양설비기계	9	4.2
		육상교통수단	5	
		기타	2	
	보호구착용상태 성능불량	일반제조가공 설비기계	2	
		비계작업 발판	2	
		계단 사다리	4	
		기타 건물구조물	5	
		육상교통 수단	4	
		사람 동식물	1	
		기타	4	
	기타	운반인양 설비기계	4	
		건설광산용 기계	3	
		계단 사다리	3	
		육상교통 수단	10	4.7
		기타	7	
계			215	47.4

(1-1) 추락방호설비 미설치 + 작업발판 미설치 + 계단·사다리

중대재해조사 보고서에 언급된 재해발생 원인에 대한 조사자 의견을 알아보았다. 우선 기인물 특성이 계단 및 사다리인 경우의 중대재해조사 보고서의 내용을 보면 대부분 사다리를 사용하다가 떨어짐 사고가 발생한 경우였다. 사다리의 종류를 보면 이동식 사다리였으며, 사다리를 이동 목적으로 사용하지 않고 이동식 사다리 위에서 작업을 하다가 사고가 발생한 경우들이었다. 이동식 사다리를 사용하여 수행한 작업은 대부분 가지치기 작업이 많았으며, 컨테이너 차량의 적재물 하차 작업, 천정의 곰팡이 제거 작업, 벽체의 구멍 뚫기 작업, 판넬이나 호스 절단 작업 등을 하다가 사고가 발생한 경우였다. 이러한 작업들은 대부분 비일상적인 작업인 것으로 추정된다. 비일상적 작업시 고소 작업에 필요한 작업발판이나 고소작업대 등을 사용하고 개인용 보호구를 지급 착용토록 함과 동시에 관리감독을 철저히 하여야 했으나, 이동식 사다리를 주 용도로 사용하지 않고 개인용 보호구 착용 없이 작업을 하다가 떨어짐 재해를 당한 것으로 추정된다.

사례 1

□ 재해발생경위

○ 재해자가 사다리를 놓고 가지치기 작업하는 과정에서 떨어져 사망한 재해

□ 재해발생원인

○ 작업방법 및 도구 부적절

– 높이가 높은 나무 가지치기 작업을 위해서는 적절한 작업발판 및 도구 등을 활용하여 작업을 실시하여야 함에도 규격이 작은 사다리를 설치하여 작업을 실시함에 따라 오르내리는 과정 중 몸균형 상실을 초래하였을 가능성이 있음.

* 총나무 높이(4.5m), 작업위치(2m 상부 나뭇가지), 사다리(1.76m)

– 나무 총높이(4.5m) 등을 고려할 때 사고당시 나무 가지치기 작업도구인 가지치기 전정톱(연장시 3.36m, 접었을 때 1.45m) 사용이 곤란하여 나무위에 올라가 작업을 하였을 가능성이 있음

* 또한 두 손으로 가지치기도구를 쥐고 높은 나뭇가지를 가지치기하는 작업특성상지지 면적이 확보되지 않는 나무 위에서 작업이 곤란할 것으로 추정

○ 개인보호구 미착용 등
- 고령근로자인 재해자가 오르내리는 과정이 마무리되지 않은 시점에서 동료작업자가 사다리 지지 및 오르내림 보조 등이 이루어지지 않았고
- 떨어짐 재해 방지를 위한 보호구(안전모, 안전화, 안전대 등)를 착용하지 않아 2m내외 높이에서 떨어졌음에도 치명적인 피해를 유발 했을 가능성이 있음

사례 2

□ 재해발생경위

○ 피재자가 사다리를 밟고 올라가 약 2.7M 높이의 나무 위 가지를 발로 딛고 서서 톱을 이용해 전지작업을 하던 중 바닥으로 떨어지며 화단 경계석에 머리를 부딪쳐 사망한 재해

□ 재해발생원인

○ 나무 위 약 2.7M 지점에서의 전지작업 시 사전 추락방지 조치 미실시
(안전보건규칙 제42조 1항)
- 나무 위 2.7M 높이에서 전지작업을 수행하기 전 추락방지를 위한 고소작업대 또는 안전한 작업발판 등을 설치하지 않은 상태로 나무 위에 올라가서 전지작업을 실시하였음

○ 나무 위 약 2.7M 지점에서의 전지작업 중 안전모를 착용하지 않고 작업
(안전보건규칙 제32조 1항)
- 전지작업을 위해 2.7M 지점의 나무 위에서 작업을 수행하면서 추락위험이 예상됨에도 안전모를 착용하지 않은 상태로 작업을 실시함

사례 3

□ 재해발생경위

○ 근로자가 부직포원단을 컨테이너차량에서 창고로 옮기는 작업을 하기위해, 컨테이너 차량 뒤에 사다리를 설치하고 올라가서, 약 30kg이상의 부직포원단을 하차 중 중심을 잃고 뒤로 넘어지면서 약 185cm 높이에서 바닥으로 떨어져(추락) 사망한 재해

□ 재해발생원인

○ 컨테이너 적재물 하차작업에 대한 추락방지 조치 미흡
- 근로자가 추락하거나 넘어질 위험 장소에서 작업을 할때는 비계를 조립하는 등으로 작업발판을 설치하여야 하나 이를 준수하지 않고 사다리를 이용하여 작업
- 불안전한 작업발판을 사용하여 작업을 하던 중 몸의 중심을 잃고 떨어짐

○ 일자형 사다리 작업방법 미흡

– 사다리 상단의 위치가 걸쳐놓은 지점으로부터 60센티미터 이상 올라간 상태에서 작업을 수행하여야 하나, 이를 준수하지 않고 사다리작업을 함
– 사다리 상단은 걸쳐놓은 지점으로부터 60센티미터 이상 올라가지 않음

【간접 원인】

○ 안전모 등 개인보호구 미착용
– 근로자가 추락할 위험이 있는 장소에서의 작업 시 안전모 지급·착용 관리 미실시

○ 고소작업 근로자에 대한 안전교육 미 실시
– 피재자는 사고 당일 출근한 근로자로 일자형 사다리를 사용하였으나, 사전에 당해 작업의 위험성에 대한 안전보건교육 미실시

사례 4

□ 재해발생경위

○ 재해자가 지하1층 천정 코너부의 곰팡이를 제거하기 위해 이동식사다리(A형)에서 걸레로 곰팡이를 닦아내던 중 몸의 중심을 잃고 2.2m 아래 대리석 바닥으로 떨어짐

□ 재해발생원인

○ 작업방법 불량(안전한 작업발판 미사용)
– 복도의 천정과 같이 추락위험이 높은 장소에서 곰팡이 제거 등 작업을 수행하는 경우에는 추락위험이 없도록 비계를 조립하는 등의 방법으로 안전한 작업발판을 설치 후 작업하여야 하나 이동식사다리를 사용하여 작업 실시

○ 개인보호구 미지급 및 미착용
– 근로자가 추락할 위험이 있는 작업을 할 경우에는 안전모를 지급하고, 착용하도록 하여야 하며, 특히 높이 2m 이상의 고소에서 작업 수행시에는 안전대를 지급하고 착용하도록 하여야 하나 이를 미준수한 상태로 작업 진행

사례 5

□ 재해발생경위

○ 재해자가 사다리 위에서 케이블트레이 인출 위치의 벽체(샌드위치패널) 구멍 상태 확인 중 콘크리트 바닥으로 떨어져(약 2.6m) 사망한 재해

□ 재해발생원인

○ 벽체(샌드위치패널) 구멍 뚫기 작업 시 추락방지조치(작업발판) 미실시

- 약 3.9m 높이의 케이블트레이 인출 위치의 벽체(샌드위치패널) 구멍 뚫기 작업 시 추락의 위험이 있음에도 비계를 조립하는 등의 방법으로 작업발판을 설치하여야 하나 설치하지 않고 승·하강이 주 용도인 사다리를 이용하여 작업 중 재해가 발생

○ 개인보호구 미착용
- 안전모 등 개인보호구 미착용 상태로 사다리 위에 올라가 작업 중 추락하면서 두부를 보호받지 못함

사례 6

□ 재해발생경위

○ 재해자가 식당 외부벽체를 해체하려고 사다리(LS형)에 올라가 샌드위치 판넬을 절단하던 중 몸의 중심을 잃고 바닥으로 떨어져(H=1.5m) 사망 ('18. 03. 11.)한 재해

□ 재해발생원인

○ 판넬 절단작업 시 추락방지조치 미실시
- 근로자가 추락하거나 넘어질 위험이 있는 판넬 절단작업 시 말 비계, 이동식틀비계 등 작업에 적절한 작업발판을 설치하여 사용하지 않고, 넘어짐방지 조치가 미실시된 사다리를 작업 시 사용함

○ 관리감독자 업무 소홀
- 안전모 착용 시에는 턱 끈을 체결한 상태로 작업하도록 하여야 하나, 관리감독자는 작업 전 재해자의 안전모 턱 끈 착용상태를 미확인 함.

(1-2) 추락방호설비 미설치 + 작업발판 미설치 + 기타 건물 구조물

기타 업종의 떨어짐 재해를 대상으로 미설치된 안전방호설비와 불안전한 상태 그리고 기인물의 결합 분포에서 두 번째로 많은 사례를 보인 경우로서 추락방호설비 미설치와 작업발판 미설치 등이 앞의 경우와 동일하고, 기인물이 기타 건물 구조물인 경우이다. 이 경우의 중대재해조사 보고서의 재해발생 원인에 대한 조사자의 의견을 알아보았다.

기인물이 기타 건물 구조물인 경우는 대부분 지붕위에서 작업을 하다가 떨어진 경우였다. 지붕 위에서 작업을 하다가 떨어짐 사고가 발생한 경우는 대부분 두 가지 경우로 구분되는데, 하나는 지붕 위에서 작업을 하다가 단부 등에

서 떨어지는 사고가 발생한 경우이고, 다른 하나는 지붕의 재질이 선라이트 등 강도가 약한 상태에서 지붕재가 파손되어 떨어짐 사고가 발생한 경우였다. 전자의 경우에는 단부에 안전난간이나 안전대 혹은 작업발판 등 떨어짐 사고를 예방할 수 있는 추락방호시설을 설치하지 않아 사고가 발생하였으며, 후자의 경우에도 작업발판이나 안전방망 등이 설치되어 있어야 하는데 그렇지 않았으며, 안전대나 안전모 등의 개인용 보호구도 착용하지 않은 것으로 지적되었다. 또한 중대재해조사 보고서에 기입된 조사자의 의견에는 안전관리의 문제점도 지적되었다. 예를 들어 위험성평가가 이루어지지 않았거나 사전 조사나 작업계획서 등이 작성되지 않았으며, 안전교육이 실시되지 않은 점도 보고되었다.

사례 1

□ 재해발생경위

○ 재해자가 철구조물 상부에서 용접 작업 중 몸의 중심을 잃고 약 5m 아래 옥상 바닥으로 떨어져 발생한 재해

□ 재해발생원인

○ 떨어짐 방지 조치 미실시
- 사업주는 근로자가 떨어질 위험이 있는 옥상 지붕 상부 등의 장소에서 용접 작업 시 이동식비계를 조립하는 등의 방법으로 작업발판을 설치해야 하고,
- 작업발판을 설치하기 곤란할 경우에는 안전방망을 설치하거나 근로자에게 안전대를 착용하도록 하는 등 떨어짐을 방지하기 위하여 필요한 조치를 하고 작업하도록 했어야 하나 실시하지 않았음.

○ 철구조물 등 중량물 취급작업에 대한 작업계획서 미작성
- 사업주는 근로자가 철재 각관이나 C형강 등의 중량물을 취급하는 작업을 하는 경우 작업 중 떨어짐 등의 위험에 대한 안전대책이 포함된 작업계획서를 작성하고 그 계획에 따라 작업을 하도록 했어야 하나,
- 작업계획서가 작성되지 않은 상태에서 옥상 상부에서 용접 작업 진행 중 재해 발생

사례 2

□ 재해발생경위

○ 재해자가 처마 끝에 수평으로 설치한 물받이에 쌓인 흙과 자라난 풀 제거작업을 위해 샌드위치 판넬로 설치된 경사지붕을 밟고 처마 끝으로 내려오던 중 지붕 판넬 위로 돌출(높이 ≒12㎜)된 고정볼트 덮개에 발끝이 걸려 넘어지면서 7.2M 아래 바닥으로 떨어져 사망한 재해

□ 재해발생원인

○ 떨어짐 방지조치 미실시(안전보건규칙 제42조제1항)
- 창고건물 처마 끝에 있는 물받이 청소작업 등 떨어질 위험이 있는 장소에서 작업을 할 때는 비계를 조립하는 등 안전한 작업발판을 설치하여야 하나, 작업발판을 설치하지 않고 지붕 위에서 작업 중 사고 발생

○ 안전대 부착설비 미설치(안전보건규칙 제44조)
- 7.2m 높이의 지붕 위에서 작업을 하는 경우에는 안전대를 착용시키고 안전대를 걸어 사용할 수 있는 설비를 설치하여야 하나, 안전대 및 걸이용 설비를 설치하지 않고 작업 중 떨어짐

사례 3

□ 재해발생경위

○ 피재자가 축사 지붕위에서 2인 1조로 태양전지 모듈 구조용 C형강을 옮기는 중, 노후화된 선라이트를 밟아 파손되면서 약 5.4m 아래 축사 바닥으로 떨어져 사망

□ 재해발생원인

○ 중량물 취급 작업계획서 미작성
- 지붕 위에서 중량물을 운반하는 작업을 할 경우에는 선라이트 설치 위치, 지붕의 경사 등을 고려하여, C형강과 같은 중량물의 적재, 이동방법, 이동통로 등이 포함된 작업계획서를 작성하여 추락재해를 예방하여야 하나 이를 미 작성함

○ 지붕 위에서 작업 시 위험 방지 조치 미실시
- 선라이트 등 강도가 약한 재료로 덮은 지붕 위에서 작업을 할 때에 발이 빠지는 등 근로자가 위험해질 우려가 있는 경우 지붕 하부에 추락방호망을 설치하거나 폭 30센티미터 이상의 발판을 설치하여야 하나 미실시함

○ 개인보호구(안전모, 안전대) 미착용
- 지붕 위 떨어짐 위험이 있는 장소에서 작업 중인 근로자 안전모 및 안전대 미착용

사례 4

□ 재해발생경위

○ 근로자가 동료작업자와 지붕 용마루 보수작업 중 슬레이트 지붕이 깨지면서 동료작업자가 1층 바닥으로 떨어지자, 동료작업자를 구조하기 위해 지붕에서 승강사다리 방향으로 이동 중 슬레이트 지붕(T=4mm)이 깨지며 1층 바닥으로 떨어짐(H≒3.2m)

□ 재해발생원인

○ 지붕에서의 위험방지 미실시

– 사업주는 슬레이트, 선라이트(sunlight) 등 강도가 약한 재료로 덮은 지붕 위에서 작업을 할 때에 발이 빠지는 등 근로자가 위험해질 우려가 있는 경우 폭 30센티미터 이상의 발판을 설치하거나 안전방망을 치는 등 위험을 방지하기 위하여 필요한 조치를 하여야 하나 이를 미실시.

※ 사고가 발생한 슬레이트지붕은 건축한지 오래되어 슬레이트 지붕을 근로자가 밟을 경우가 깨질 우려가 있었으며, 사업주는 사전에 슬레이트의 강도저하로 인한 근로자의 추락을 대비하여 안전발판 또는 추락방망 등의 추락방지 조치가 필요했으나 이를 실시하지 않고 작업을 진행 함.

○ 개인보호구 미착용

– 사업주는 근로자가 추락할 위험이 있는 장소에서 작업을 할 때에는 안전모, 안전대등 보호구를 지급하여 착용하고 작업하도록 관리· 감독하여야 하나 이를 미실시 함.

※ 당 현장의 경우 노후화된 지붕위에서 별도의 안전시설 없이 진행한 작업임에도 불구하고 안전모(턱끈), 안전대 등 작업시 근로자들이 추락을 대비하여 착용해야 할 보호구를 제대로 착용하였는지 관리·감독하지 않음

○ 위험성 평가 미실시

– 사업주는 지붕과 같이 추락할 위험이 있는 장소에서 작업시, 작업 전 위험성평가 회의를 통해 승강용 가설계단, 지붕에서의 이동방법, 안전한 함석판 설치 작업방법, 작업발판 및 추락방지조치 등 해당 작업에 대한 유해·위험요인을 파악한 후 위험성을 결정하고, 해당 작업으로 인한 재해 방지를 위한 안전대책을 수립한 상태에서 위험요인을 제거한 후 작업을 실시하여야 하나 미실시 함.

사례 5

□ 재해발생경위

○ 피재자가 모델하우스 2층 천장 소방용 스프링클러 해체작업을 위해 천장 마감재(합판, t=6mm) 위에서 해체된 자재 운반 및 이동 중 밟고 지나던 천장 마감재가 피재자의 하중을 견디지 못하고 파손되면서 2층 바닥으로 떨어져(H≒4m) 사망함

□ 재해발생원인

○ 해체 작업방법 불량

- 천장 스프링클러 배관 등의 해체작업 시 작업발판으로의 사용이 가능한지에 대한 사전 구조적 안전성 검토 없이 구조용 부재가 아닌 단순 마감재에 불과한 천장 마감재(합판, t=6㎜)를 발판 삼아 작업 및 이동하였고, 특히 강도가 약한 합판과 합판의 맞댄이음 부위 등을 밟고 이동 중 천장 마감재가 탈락 및 파손되면서 떨어짐

○ 사전조사 및 작업계획서 미작성

- 해체작업 전 해체대상 구조물 등에 대한 사전조사를 미실시하였고, 사전조사를 토대로 해체의 방법 및 해체순서 도면, 가설설비·방호설비·환기설비 및 살수·방화설비 등의 방법 등을 포함한 작업계획서를 미작성하였음.

3. 서열분석(sequence analysis) 결과

업무상 사고 사망에 대한 서열분석은 업무상 사고 사망의 주요 발생형태를 중심으로 기인물, 불안전한 상태, 불안전한 행동 그리고 재해발생형태로 이어지는 서열 구조를 파악하기 위한 것이다. 따라서 서열구조의 최종 단계인 재해발생형태를 고정한 후 기인물, 불안전한 상태, 불안전한 행동의 서열 구조를 파악하였다.

기인물과 불안전한 상태 그리고 불안전한 행동과 재해발생형태로 이어지는 서열구조는 업종에 따라서 다른 속성을 보일 것으로 기대된다. 아울러 서열구조 분석에서 기인물과 불안전한 상태 및 불안전한 행동 특성이 분류 수준에 따라 속성 범주가 달라진다. 따라서 대분류 수준에서 다빈도 서열의 경우를 선별하고, 해당 경우를 다시 소분류 수준으로 분석하여 구체적인 속성을 알아보았다. 이러한 서열 분석을 통해 중 발생형태의 기인물과 불안전한 상태 및 불안전한 행동의 업종별 속성의 차이를 파악할 수 있다. 나아가 이렇게 파악된 업종별 주요 재해 발생형태가 주로 발생하는 주요 기인물과 주요 불안전한 상태 그리고 주요 불안전한 행동을 예방사업의 개입 대상으로 활용할 수 있을 것이다.

서열 분석 대상은 2016년부터 2018년까지 조사된 중대재해조사보고서에 포함된 업무상 사고 사망 사례는 모두 2575명이었다. 이 중에서 사례수가 많은

상위 5가지의 재해발생형태를 보면, 떨어짐이 가장 많은 1139명, 다음은 끼임 314명, 깔림 225명, 물체에 맞음 203명, 부딪힘 187명 등으로 나타나, 이들 주요 5개 재해발생형태를 대상으로 서열분석을 실시하였다.

<표 III-57> 분석 대상 업무상 사고 사망 재해발생형태 분포

구 분	사례수(명)	백분율(%)
떨어짐	**1,139**	**44.2**
넘어짐	32	1.2
깔림	**225**	**8.7**
부딪힘	**187**	**7.3**
물체에 맞음	**203**	**7.9**
무너짐	123	4.8
끼임	**314**	**12.2**
절단·베임·찔림	12	.5
감전	70	2.7
폭발·파열	49	1.9
화재	50	1.9
이상 온도	32	1.2
화학물질 누출·접촉	19	.7
산소 결핍	44	1.7
빠짐 익사	61	2.4
동물 상해	4	.2
분류 불능	11	.4
계	2,575	100.0

1) 떨어짐 재해의 서열구조 특성

떨어짐 재해를 대상으로 기인물, 불안전한 상태, 불안전한 행동 순으로 사례수가 가장 많이 포함된 해당 특성 범주를 확인하였다. 전체 떨어짐을 대상으로 하였을 경우 총 1139명 중에서 기인물, 불안전한 상태, 불안전한 행동의 범주를 교차시켰을 때 사망 사례가 존재하지 않는 경우를 제외하고 사망 사례가 존재하는 종류의 수는 총107가지로 나타났다. 이 중에서 10% 이상의 사례가 포함된 경우의 수는 총 5가지로 나타났다. 상위 5가지 다빈도 서열에서 기인물 특

성 5가지 경우가 모두 '건축물 구조물 및 표면'으로 나타났으며, 불안전한 상태 특성에서는 '방호조치 부적절', '작업통로 등 장소 불량 및 위험' 그리고 '보호구 착용 상태 성능 불량'의 세 가지 범주가 포함되었다. 마지막으로 불안전한 행동 특성에는 '구조물 등 그 밖의 위험방치 및 미확인', '복장 보호장비 부적절 사용' 등으로 나타났다.

<표 Ⅲ-58> 떨어짐 재해의 상위 5개 다빈도 서열 유형

기인물	불안전한상태	불안전한 행동	사례수 (명)	백분율 (%)*
건축물·구조물 및 표면	방호조치의 부적절	구조물 등 그 밖의 위험방치 및 미확인	201	17.6
건축물·구조물 및 표면	방호조치의 부적절	복장 보호장비 부적절한 사용	152	13.3
건축물 구조물 및 표면	작업통로 등 장소 불량 및 위험	구조물 등 그 밖의 위험방치 및 미확인	97	8.5
건축물 구조물 및 표면	작업통로 등 장소 불량 및 위험	복장 보호장비 부적절한 사용	181	15.9
건축물 구조물 및 표면	보호구 착용상태 및 성능불량	복장 보호장비 부적절한 사용	81	7.1

* 떨어짐 재해 전체 사례 1139명에서 차지하는 백분율

떨어짐 재해의 경우의 수는 업종에 따라서 차이를 보일 것으로 기대된다. 따라서 제조업, 건설업 그리고 기타 업종으로 구분하여 위와 같은 서열구조의 차이를 알아보았다. 떨어짐 재해의 기인물, 불안전한 상태, 불안전한 행동으로 이어지는 제반 조건의 서열구조에서 제조업과 기타 업종의 경우 건설업과 달리 '건축물 구조물 및 표면' 외에 '설비 기계' 등이 포함되어 있었다. 또한 불안전한 상태의 경우에는 제조업에서 '물체 및 설비 자체의 결함'이 관찰되었으며, 기타 업종에서는 '작업공정 절차의 부적절'이 관찰되었다. 불안전한 행동의 경우에도 3개 업종을 통합한 다빈도 서열 사례에서는 확인되지 않은 범주들이 관찰되었다. 제조업의 경우 '설비 기계 및 물질의 부적절한 사용 관리'가 추가로 확인되었고, 기타의 업종에서는 '작업수행 소홀 및 절차 미준수'가 포함되었다.

<표 III-59> 업종별 떨어짐 재해의 다빈도 서열 분포(대분류 기준)

업종	기인물	불안전한 상태	불안전한 행동	사례수 (명)	백분율 (%)*
제조업	설비 기계	작업통로 등 장소 불량 및 위험	설비 기계 및 물질의 부적절한 사용 관리	7	4.9
	설비 기계	작업통로 등 장소 불량 및 위험	복장 보호장비 부적절한 사용	7	4.9
	건축물 구조물 및 표면	물체 및 설비자체의 결함	복장 보호장비 부적절한 사용	15	10.6
	건축물 구조물 및 표면	작업통로 등 장소 불량 및 위험	구조물 등 그 밖의 위험방치 및 미확인	7	4.9
	건축물 구조물 및 표면	작업통로 등 장소 불량 및 위험	복장 보호장비 부적절한 사용	29	20.4
	건축물 구조물 및 표면	보호구 착용상태 및 성능불량	복장 보호장비 부적절한 사용	7	4.9
건설업	건축물 구조물 및 표면	방호조치의 부적절	구조물 등 그 밖의 위험방치 및 미확인	189	24.2
	건축물 구조물 및 표면	방호조치의 부적절	복장 보호장비 부적절한 사용	115	14.7
	건축물 구조물 및 표면	작업통로 등 장소 불량 및 위험	구조물 등 그 밖의 위험방치 및 미확인	73	9.3
	건축물 구조물 및 표면	작업통로 등 장소 불량 및 위험	복장 보호장비 부적절한 사용	111	14.2
	건축물 구조물 및 표면	보호구 착용상태 및 성능불량	복장 보호장비 부적절한 사용	59	7.6
기타 업종	설비 기계	작업공정 절차의 부적절	작업수행 소홀 및 절차 미준수	10	4.6
	건축물 구조물 및 표면	방호조치의 부적절	복장 보호장비 부적절한 사용	22	10.2
	건축물 구조물 및 표면	작업통로 등 장소 불량 및 위험	구조물 등 그 밖의 위험방치 및 미확인	17	7.9
	건축물 구조물 및 표면	작업통로 등 장소 불량 및 위험	복장 보호장비 부적절한 사용	41	19.0
	건축물 구조물 및 표면	보호구 착용상태 및 성능불량	복장 보호장비 부적절한 사용	15	6.9

* 해당 업종의 떨어짐 재해 전체(제조업 142명, 건설업 781명, 기타 업종 216명)에서 차지하는 백분율

떨어짐 재해의 주요 서열구조를 기인물, 불안전한 상태, 불안전한 행동 등의 순으로 알아본 결과 제조업의 경우 기인물의 '건축물 구조물 및 표면', 불안전한 상태의 '작업통로 등 장소불량 및 위험', 불안전한 행동의 '복장 보호장비 부적절한 사용' 등으로 서열 유형의 가장 많은 사례로 나타났다. 이러한 서열구조는 기인물, 불안전한 상태, 불안전한 행동의 대분류 범주를 기준으로 한 것이므로 해당 특성의 소분류 항목들을 통해 세부적인 내용을 살펴보았다. 제조업 떨어짐 재해의 1순위 서열 유형의 기인물, 불안전한 상태, 불안전한 행동의 소분류 범주로 세분화한 결과 기인물 '지붕 대들보', 불안전한 상태 '작업발판 미설치 및 불량', '보호구 미착용 및 착용상태 불량'으로 전체 29명 중에서 11명인 37.9%였다.

<표 Ⅲ-60> 대분류 1순위 서열 유형의 소분류 서열 분포(제조업, 떨어짐)

기인물	불안전한 상태	불안전한 행동	사례수 (명)	백분율 (%)
단부	고정통로 미설치 및 불량	보호구 미착용 및 착용상태 불량	1	3.4
사다리	작업발판 미설치 및 불량	보호구 미착용 및 착용상태 불량	9	31.0
바닥 통로 등	작업발판 미설치 및 불량	보호구 미착용 및 착용상태 불량	1	3.4
기타 가설구조물	작업발판 미설치 및 불량	보호구 미착용 및 착용상태 불량	3	10.3
철골빔 트러스	작업발판 미설치 및 불량	보호구 미착용 및 착용상태 불량	2	6.9
지붕 대들보	작업발판 미설치 및 불량	보호구 미착용 및 착용상태 불량	11	37.9
기타 건물 구조물 등	작업발판 미설치 및 불량	보호구 미착용 및 착용상태 불량	2	6.9
계			29	100.0

건설업의 기인물, 불안전한 상태, 불안전한 행동의 대분류 기준 1순위 서열 유형을 대상으로 소분류 서열구조를 알아본 결과, 기인물 '철골빔 트러스', 불안

전한 상태 '단부 방호시설 미설치 또는 불량', 불안전한 행동 '방호시설 미설치 상태로 방치'로 전체 189명 중에서 17.5%인 33명이었다.

기타업종의 기인물, 불안전한 상태, 불안전한 행동의 대분류 기준 1순위 서열 유형을 대상으로 소분류 서열구조를 알아본 결과, 기인물 '사다리', 불안전한 상태 '작업발판 미설치 및 불량', 불안전한 행동 '보호구 미착용 및 착용상태 불량'으로 전체 41명 중 29.3%인 12명으로 나타났다.

<표 III-61> 대분류 1순위 서열 유형의 소분류 서열 분포(건설업, 떨어짐)

기인물 소분류	불안전한 상태 소분류	불안전한 행동 소분류	사례수 (명)	백분율 (%)
비계	단부 방호시설 미설치 또는 불량	방호시설 미설치 상태로 방치	14	7.4
비계	단부 방호시설 미설치 또는 불량	방호시설 설치상태불량	14	7.4
비계	단부 방호시설 미설치 또는 불량	작업발판 사다리등 미설치 및 불량 방치	1	0.5
비계	기타 방호시설 등 미설치 또는 불량	방호시설 미설치 상태로 방치	5	2.6
작업발판	바닥 개구부 방호시설 미설치 및 불량	방호시설 미설치 상태로 방치	4	2.1
작업발판	바닥 개구부 방호시설 미설치 및 불량	작업발판 사다리등 미설치 및 불량 방치	1	0.5
작업발판	단부 방호시설 미설치 또는 불량	방호시설 미설치 상태로 방치	4	2.1
거푸집	바닥 개구부 방호시설 미설치 및 불량	방호시설 미설치 상태로 방치	1	0.5
거푸집	단부 방호시설 미설치 또는 불량	방호시설 미설치 상태로 방치	5	2.6
단부	바닥 개구부 방호시설 미설치 및 불량	방호시설 미설치 상태로 방치	1	0.5
단부	단부 방호시설 미설치 또는 불량	방호시설 미설치 상태로 방치	27	14.3
단부	단부 방호시설 미설치 또는 불량	방호시설 설치상태불량	4	2.1

기인물 소분류	불안전한 상태 소분류	불안전한 행동 소분류	사례수 (명)	백분율 (%)
단부	단부 방호시설 미설치 또는 불량	작업발판 사다리등 미설치 및 불량 방치	3	1.6
개구부	방호덮개 미설치 및 안전표지 미설치 및 불량	방호시설 미설치 상태로 방치	4	2.1
개구부	바닥 개구부 방호시설 미설치 및 불량	방호시설 미설치 상태로 방치	21	11.1
개구부	바닥 개구부 방호시설 미설치 및 불량	방호시설 설치상태불량	7	3.7
개구부	바닥 개구부 방호시설 미설치 및 불량	작업발판 사다리등 미설치 및 불량 방치	1	0.5
개구부	단부 방호시설 미설치 또는 불량	방호시설 미설치 상태로 방치	4	2.1
개구부	안전표지 미부착 또는 불량	방호시설 미설치 상태로 방치	1	0.5
개구부	기타 방호시설 등 미설치 또는 불량	방호시설 미설치 상태로 방치	1	0.5
계단	단부 방호시설 미설치 또는 불량	방호시설 미설치 상태로 방치	11	5.8
흙막이 지보공	단부 방호시설 미설치 또는 불량	방호시설 미설치 상태로 방치	1	0.5
가설통로 및 난간	단부 방호시설 미설치 또는 불량	방호시설 설치상태불량	2	1.1
철골빔 트러스	단부 방호시설 미설치 또는 불량	방호시설 미설치 상태로 방치	33	17.5
철골빔 트러스	단부 방호시설 미설치 또는 불량	방호시설 설치상태불량	4	2.1
지붕 대들보	바닥 개구부 방호시설 미설치 및 불량	방호시설 미설치 상태로 방치	2	1.1
지붕 대들보	단부 방호시설 미설치 또는 불량	방호시설 미설치 상태로 방치	4	2.1
지붕 대들보	기타 방호시설 등 미설치 또는 불량	방호시설 미설치 상태로 방치	7	3.7
지붕 대들보	기타 방호시설 등 미설치 또는 불량	작업발판 사다리 등 미설치 및 불량 방치	1	0.5
기타 건물 구조물 등	단부 방호시설 미설치 또는 불량	방호시설 미설치 상태로 방치	1	0.5
계			189	100.0

<표 III-62> 대분류 1순위 서열 유형의 소분류 서열 분포(기타 업종, 떨어짐)

기인물 소분류	불안전한 상태 소분류	불안전한 행동 소분류	사례수 (명)	백분율 (%)
작업발판	작업발판 미설치 및 불량	보호구 미착용 및 착용상태 불량	6	14.6
단부	가설통로 미설치 및 불량	보호구 미착용 및 착용상태 불량	1	2.4
사다리	가설통로 미설치 및 불량	보호구 미착용 및 착용상태 불량	1	2.4
사다리	이동식 사다리 미설치 및 불량	보호구 미착용 및 착용상태 불량	7	17.1
사다리	작업발판 미설치 및 불량	보호구 미착용 및 착용상태 불량	12	29.3
사면 및 암반	작업발판 미설치 및 불량	보호구 미착용 및 착용상태 불량	1	2.4
철골빔 트러스	작업발판 미설치 및 불량	보호구 미착용 및 착용상태 불량	1	2.4
지붕 대들보	작업발판 미설치 및 불량	보호구 미착용 및 착용상태 불량	9	22.0
탑 전주	작업발판 미설치 및 불량	보호구 미착용 및 착용상태 불량	1	2.4
기타 건물 구조물 등	작업발판 미설치 및 불량	보호구 미착용 및 착용상태 불량	2	4.9
계			41	100.0

2) 끼임 재해의 서열구조 특성

끼임 재해를 대상으로 기인물, 불안전한 상태, 불안전한 행동 순으로 세 가지 특성을 교차시켜 서열화한 결과 사례수가 가장 많이 포함된 결합 특성 범주를 확인하였다. 전체 끼임 재해 314명 중에서 기인물, 불안전한 상태, 불안전한 행동의 범주를 교차시켰을 때 산출된 결합 분포의 경우의 수는 모두 34가지였다. 이 중에서 10% 이상의 비율을 보인 결합 분포 경우는 모두 4가지로 나타났다. 이들의 서열 특성을 살펴보면, 기인물이 '설비 기계'이고 불안전한 상태가 '방호조치의 부적절'이며, 불안전한 행동이 '설비 기계 및 물질의 부적절한 사용

관리'인 경우가 전체의 25.2%인 79명이었다. 기인물이 '설비 기계'이고 불안전한 상태가 '방호조치의 부적절'로 동일하면서 불안전한 행동이 '작업수행 소홀 및 절차 미준수'인 경우가 32명으로 전체의 10.2%로 나타났다. 앞의 두 가지 경우와 같이 기인물이 '설비 기계'로 동일하고, 불안전한 상태가 '작업공정 절차의 부적절'이며, 불안전한 행동이 '설비 기계 및 물질의 부적절한 사용 관리'인 경우가 전체의 22.9%인 72명이었으며, 이 경우와 기인물과 불안전한 상태가 동일하면서 불안전한 행동만 차이를 보여 '작업수행 소홀 및 절차 미준수'인 경우가 전체의 19.7%인 62명으로 나타났다.

<표 III-63> 끼임 재해의 상위 5개 다빈도 서열 유형

기인물	불안전한상태	불안전한 행동	사례수 (명)	백분율 (%)*
설비 기계	물체 및 설비자체의 결함	설비 기계 및 물질의 부적절한 사용 관리	8	2.5
설비 기계	방호조치의 부적절	설비 기계 및 물질의 부적절한 사용 관리	79	25.2
설비 기계	방호조치의 부적절	작업수행 소홀 및 절차 미준수	32	10.2
설비 기계	작업공정 절차의 부적절	설비 기계 및 물질의 부적절한 사용 관리	72	22.9
설비 기계	작업공정 절차의 부적절	작업수행 소홀 및 절차 미준수	62	19.7

* 끼임 재해 전체 사례 314명에서 차지하는 백분율

이상과 같은 끼임 재해가 업종에 따라서 차이를 보이는지 알아보았다. 제조업의 경우에는 기인물이 '설비 기계'이고, 불안전한 상태가 '작업공정 절차의 부적절'이며, 불안전한 행동이 '설비기계 및 물질의 부적절한 사용 관리'인 경우가 가장 많아 제조업 끼임 재해 전체에서 28.7%를 차지하였다. 반면 건설업의 경우에는 기인물이 '설비 기계'이고, 불안전한 상태가 '작업공정 절차의 부적절'이며, 불안전한 행동이 '작업수행 소홀 및 절차 미준수'인 경우로 건설업 끼임 재해 전체에서 47.7%를 차지하였다. 반면 기타 업종에서는 기인물이 '설비 기계'이고 불안전한 상태가 '방호조치의 부적절' 불안전한 행동이 '설비기계 및 물질

의 부적절한 사용 관리'인 경우로 기타 업종 끼임 재해 전체에서 23.0%를 차지하는 것으로 나타났다.

<표 III-64> 업종별 끼임 재해의 다빈도 서열 분포(대분류 기준)

업종	기인물	불안전한 상태	불안전한 행동	사례수(명)	백분율(%)*
제조업	설비 기계	방호조치의 부적절	설비 기계 및 물질의 부적절한 사용 관리	57	27.3
	설비 기계	방호조치의 부적절	작업수행 소홀 및 절차 미준수	23	11.0
	설비 기계	작업공정 절차의 부적절	설비 기계 및 물질의 부적절한 사용 관리	60	28.7
	설비 기계	작업공정 절차의 부적절	작업수행 소홀 및 절차 미준수	29	13.9
건설업	설비 기계	방호조치의 부적절	설비 기계 및 물질의 부적절한 사용 관리	8	18.2
	설비 기계	작업공정 절차의 부적절	작업수행 소홀 및 절차 미준수	21	47.7
기타업종	설비 기계	방호조치의 부적절	설비 기계 및 물질의 부적절한 사용 관리	14	23.0
	설비 기계	작업공정 절차의 부적절	설비 기계 및 물질의 부적절한 사용 관리	11	18.0
	설비 기계	작업공정 절차의 부적절	작업수행 소홀 및 절차 미준수	12	19.7

* 해당 업종의 끼임 재해 전체(제조업 209명, 건설업 44명, 기타 업종 61명)에서 차지하는 백분율

끼임 재해에 대한 업종별 서열 분석 결과를 이용하여 해당 업종에서 가장 빈도가 많은 서열 사례를 대상으로 기인물과 불안전한 상태 그리고 불안전한 행동의 구체적인 내용을 확인하기 위하여 기인물, 불안전한 상태, 불안전한 행동의 소분류 수준의 속성을 알아보았다. 우선 제조업의 경우 기인물이 '설비 기계'이고 불안전한 상태가 '작업공정 절차의 부적절'이며, 불안전한 행동이 '설비 기계 및 물질의 부적절한 사용 관리'인 유형을 대상으로 소분류 기준의 서열 분석을 하였다. 이 유형에 포함되는 총 60명의 사례 중에서 기인물이 '기타 운

반인양설비기계'이고 불안전한 상태가 '가동중 수리 점검'이며 불안전한 행동이 '작동 중인 기계기구의 청소 및 수리'인 경우가 상대적으로 가장 많았으며, 두 번째로 많은 유형은 기인물이 '화합물 오업토석 가공기계'이고, 불안전한 상태가 '가동중 수리 점검'이며, 불안전한 행동이 '작동 중인 기계기구의 청소 및 수리'인 경우로 나타났다.

<표 III-65> 대분류 1순위 서열 유형의 소분류 서열 분포(제조업, 끼임)

기인물	불안전한 상태	불안전한 행동	사례수 (명)	백분율 (%)
프레스 및 전단기	가동중 수리 점검	안전 방호장치 미설치 상태 방치	1	1.7
프레스 및 전단기	가동중 수리 점검	안전 방호장치의 기능정지 변형	1	1.7
공작 및 절단기계	가동중 수리 점검	안전 방호장치의 기능정지 변형	1	1.7
공작 및 절단기계	가동중 수리 점검	덮개등 방호시설 미설치 상태 방치	1	1.7
공작 및 절단기계	가동중 수리 점검	작동중인 기계기구의 청소 수리 등	1	1.7
금속 가공기계	가동중 수리 점검	안전 방호장치 미설치 상태 방치	1	1.7
금속 가공기계	가동중 수리 점검	안전 방호장치의 기능정지 변형	2	3.3
목재 가공기계	가동중 수리 점검	안전 방호장치 미설치 상태 방치	1	1.7
목재 가공기계	가동중 수리 점검	작동중인 기계기구의 청소 수리 등	1	1.7
화합물 요업토석 가공기계	가동중 수리 점검	안전 방호장치 미설치 상태 방치	1	1.7
화합물 요업토석 가공기계	가동중 수리 점검	안전 방호장치의 기능정지 변형	3	5.0
화합물 요업토석 가공기계	가동중 수리 점검	덮개 등 방호시설 미설치 상태 방치	1	1.7
화합물 요업토석 가공기계	가동중 수리 점검	작동중인 기계기구의 청소 수리 등	6	10.0
화합물 요업토석 가공기계	작업유도자 배치 및 신호체계 미흡	작동중인 기계기구의 청소 수리 등	1	1.7
조립 포장 용접 등 설비 기계	가동중 수리 점검	안전 방호장치 미설치 상태 방치	1	1.7

기인물	불안전한 상태	불안전한 행동	사례수 (명)	백분율 (%)
조립 포장 용접 등 설비 기계	가동중 수리 점검	안전 방호장치의 기능정지 변형	3	5.0
조립 포장 용접 등 설비 기계	가동중 수리 점검	작동중인 기계기구의 청소 수리 등	5	8.3
조립 포장 용접 등 설비 기계	가동중 수리 점검	작동중인 차량의 청소 수리 등	1	1.7
조립 포장 용접 등 설비 기계	작업유도자 배치 및 신호체계 미흡	안전 방호장치 미설치 상태 방치	1	1.7
식료품 제조 설비 기계	가동중 수리 점검	작동중인 기계기구의 청소 수리 등	2	3.3
종이제조 설비 기계	가동중 수리 점검	작동중인 기계기구의 청소 수리 등	1	1.7
인쇄 제본기계기구	가동중 수리 점검	안전 방호장치의 기능정지 변형	1	1.7
인쇄 제본기계기구	가동중 수리 점검	작동중인 기계기구의 청소 수리 등	1	1.7
섬유 의복 가죽 생산기계	가동중 수리 점검	안전 방호장치의 기능정지 변형	1	1.7
섬유 의복 가죽 생산기계	가동중 수리 점검	덮개등 방호시설 미설치 상태 방치	2	3.3
섬유 의복 가죽 생산기계	가동중 수리 점검	작동중인 기계기구의 청소 수리 등	1	1.7
인양설비 기계	작업유도자 배치 및 신호체계 미흡	결함이 있는 설비 기계의사용	1	1.7
승강기	가동중 수리 점검	작동중인 기계기구의 청소 수리 등	1	1.7
콘베이어	가동중 수리 점검	안전 방호장치 미설치 상태 방치	1	1.7
콘베이어	가동중 수리 점검	작동중인 기계기구의 청소 수리 등	3	5.0
지게차	작업유도자 배치 및 신호체계 미흡	작동상태의 기계 설비 차량 등 방치	1	1.7
지게차	기타 그밖의 작업수행 절차 방법 부적절	작동상태의 기계 설비 차량 등 방치	2	3.3
기타 운반 인양설비 기계	가동중 수리 점검	작동중인 기계기구의 청소 수리 등	7	11.7
기타 운반 인양설비 기계	작업유도자 배치 및 신호체계 미흡	작동중인 기계기구의 청소 수리 등	1	1.7
굴착 및 적재관련 기계	작업유도자 배치 및 신호체계 미흡	설비 기계의 용도외 사용	1	1.7
계			60	100.0

건설업에서 발생한 끼임 재해의 기인물, 불안전한 상태, 불안전한 행동의 대분류 수준에서 다빈도 서열을 보인 경우를 대상으로 해당 범주의 소분류 속성들을 알아보았다. 건설업의 끼임 재해 중에서 대분류 기준 기인물이 '설비 기계'이고 불안전한 상태가 '작업공정 절차의 부적절'이며, 불안전한 행동이 '작업수행 소홀 및 절차 미준수'인 경우 총 21명에 대하여 소분류 기준의 속성들을 알아보았다. 총 21명의 사례 중에서 기인물이 '굴착 및 적재관련 기계'이고 불안전한 상태가 '작업유도자 배치 및 신호체계 미흡'이며, 불안전한 행동이 '상호연락 신호 불충분'인 경우가 가장 많은 소분류기준 서열 유형으로 나타났다. 두 번째로 많은 사례는 기인물이 '승강기'이고 불안전한 상태가 '작업유도자의 배치 및 신호체계 미흡'이며, 불안전한 행동이 '상호연락 신호 불충분'인 경우로 나타났다.

<표 Ⅲ-66> 대분류 1순위 서열 유형의 소분류 서열 분포(건설업, 끼임)

기인물	불안전한 상태	불안전한 행동	사례수 (명)	백분율 (%)
화합물 요업토석 가공기계	작업유도자 배치 및 신호체계 미흡	상호연락 신호 불충분	1	4.8
인양설비 기계	조립 해체 작업절차 부적절	조립 해체 작업절차 부적절	1	4.8
인양설비 기계	작업유도자 배치 및 신호체계 미흡	상호연락 신호 불충분	3	14.3
승강기	조립 해체 작업절차 부적절	조립 해체 작업절차 부적절	1	4.8
승강기	작업유도자 배치 및 신호체계 미흡	조립 해체 작업절차 부적절	1	4.8
승강기	작업유도자 배치 및 신호체계 미흡	상호연락 신호 불충분	4	19.0
지게차	작업유도자 배치 및 신호체계 미흡	319 기타 작업절차 및 방법 부적절	1	4.8
굴착 및 적재관련 기계	작업유도자 배치 및 신호체계 미흡	상호연락 신호 불충분	5	23.8
굴착 및 적재관련 기계	기타 그밖의 작업수행 절차 방법 부적절	기타 작업절차 및 방법 부적절	2	9.5
지반다짐 및 포장관련 기계	작업유도자 배치 및 신호체계 미흡	기타 작업절차 및 방법 부적절	1	4.8
그 밖의 건설작업 기계	작업유도자 배치 및 신호체계 미흡	상호연락 신호 불충분	1	4.8
계			21	100.0

기타 업종에서 발생한 끼임 재해의 대분류 기준 다빈도 서열 유형을 대상으로 소분류 수준의 속성을 파악하기 위하여 분석한 결과 가장 많은 사례를 보인 소분류 기준 서열 유형은 기인물이 '승강기'이고 불안전한 상태가 '방호장치 미설치'이며, 불안전한 행동이 '안전방호장치 미설치 방치'인 경우였다.

<표 III-67> 대분류 1순위 서열 유형의 소분류 서열 분포(기타 업종, 끼임)

기인물	불안전한 상태	불안전한 행동	사례수 (명)	백분율 (%)
화합물 요업토석가공기계	방호장치 미설치	안전 방호장치 미설치 상태 방치	1	7.1
화합물 요업토석가공기계	방호장치 설치 불량	작동중인 기계기구의 청소 수리 등	1	7.1
화합물 요업토석가공기계	단부 방호시설 미설치 또는 불량	작동중인 기계기구의 청소 수리 등	1	7.1
가열 에너지 등 부대 지원설비	안. 표지 미부착 또는 불량	덮개등 방호시설 미설치 상태 방치	1	7.1
기타 일반제조 및 가공설비 기계	방책 미설치 또는 불량	작동중인 기계기구의 청소 수리 등	1	7.1
승강기	방호장치 미설치	안전 방호장치 미설치 상태 방치	3	21.4
승강기	방호덮개 미설치 및 안전 표지 미설치 및 불량	설비 기계의 용도외 사용	1	7.1
콘베이어	방호장치 미설치	안전 방호장치 미설치 상태 방치	2	14.3
콘베이어	방호장치 미설치	덮개 등 방호시설 미설치 상태 방치	1	7.1
콘베이어	방책 미설치 또는 불량	작동중인 기계기구의 청소 수리 등	1	7.1
농업 원예용 설비 기계	방호덮개 미설치 및 안전 표지 미설치 및 불량	작동중인 기계기구의 청소 수리 등	1	7.1
계			14	100.0

3) 깔림 재해의 서열구조 특성

깔림 재해는 총 225명을 대상으로 기인물, 불안전한 상태, 불안전한 행동의 조건들이 서로 서열적으로 어떻게 연계되어 있는지 서열분석을 실시하였다. 서열 분석의 첫 번째 단계로 기인물, 불안전한 상태, 불안전한 행동의 대분류 수

준의 속성을 알아보았다. 총 225명의 사례 중에서 상위 5개의 다빈도 서열 유형을 알아본 결과 기인물이 '설비 기계'이고, 불안전한 상태가 '작업공정 절차의 부적절' 불안전한 행동이 '작업수행 소홀 및 절차 미준수'인 경우가 가장 많은 사례를 보였다. 상위 5개의 다빈도 서열 유형은 불안전한 상태에서 모두 '작업공정 절차의 부적절'로 나타났으며, 불안전한 행동의 경우 4개의 유형에서 '작업수행 소홀 및 절차 미준수'로 나타나 동일한 조건의 불안전한 상태와 불안전한 행동의 속성을 보였다.

<표 Ⅲ-68> 깔림 재해의 상위 5개 다빈도 서열 유형

기인물	불안전한 상태	불안전한 행동	사례수 (명)	백분율 (%)*
설비 기계	작업공정 절차의 부적절	설비 기계 및 물질의 부적절한 사용 관리	11	4.9
설비 기계	작업공정 절차의 부적절	작업수행 소홀 및 절차 미준수	42	18.7
건축물 구조물 및 표면	작업공정 절차의 부적절	작업수행 소홀 및 절차 미준수	13	5.8
부품 부속물 및 재료	작업공정 절차의 부적절	작업수행 소홀 및 절차 미준수	17	7.6
사람 동 식물	작업공정 절차의 부적절	작업수행 소홀 및 절차 미준수	16	7.1

* 깔림 재해 전체 사례 225명에서 차지하는 백분율

깔림 재해의 다빈도 서열 유형이 업종마다 차이를 보이는지 알아보기 위하여 대분류 수준에서 업종별 서열 유형의 분포를 알아보았다. 제조업과 건설업 그리고 기타 업종에서 사례수가 가장 많은 서열 유형은 모두 기인물이 '설비 기계'이고 불안전한 상태가 '작업공정 절차의 부적절' 불안전한 행동이 '작업수행 소홀 및 절차 미준수'인 경우로 나타났다. 따라서 깔림 재해의 경우 서열 유형은 동일한 유형에서 다빈도 사례를 포함하고 있어 업종별 차이가 없는 것으로 확인되었다.

<표 III-69> 업종별 깔림 재해의 다빈도 서열 분포(대분류 기준)

업종	기인물	불안전한 상태	불안전한 행동	사례수 (명)	백분율 (%)*
제조업	설비 기계	물체 기계기구 등의 취급상 위험	작업수행 소홀 및 절차 미준수	6	8.0
	설비 기계	작업공정 절차의 부적절	작업수행 소홀 및 절차 미준수	18	24.0
	부품 부속물 및 재료	작업공정 절차의 부적절	작업수행 소홀 및 절차 미준수	10	13.3
	용기 용품 가구 및 기구	물체 기계기구 등의 취급상 위험	작업수행 소홀 및 절차 미준수	5	6.7
건설업	설비 기계	방호조치의 부적절	작업수행 소홀 및 절차 미준수	4	4.9
	설비 기계	작업공정 절차의 부적절	작업수행 소홀 및 절차 미준수	12	14.6
	건축물 구조물 및 표면	작업공정 절차의 부적절	작업수행 소홀 및 절차 미준수	4	4.9
	건축물 구조물 및 표면	물체 및 설비자체의 결함	구조물 등 그 밖의 위험방치 및 미확인	4	4.9
	건축물 구조물 및 표면	방호조치의 부적절	구조물 등 그 밖의 위험방치 및 미확인	5	6.1
	건축물 구조물 및 표면	작업공정 절차의 부적절	작업수행 소홀 및 절차 미준수	10	12.2
기타업종	설비 기계	물체 및 설비자체의 결함	설비 기계 및 물질의 부적절한 사용 관리	4	5.9
	설비 기계	작업공정 절차의 부적절	설비 기계 및 물질의 부적절한 사용 관리	4	5.9
	설비 기계	작업공정 절차의 부적절	작업수행 소홀 및 절차 미준수	12	17.6
	용기 용품 가구 및 기구	물체 기계기구 등의 취급상 위험	작업수행 소홀 및 절차 미준수	4	5.9
	사람 동 식물	작업공정 절차의 부적절	작업수행 소홀 및 절차 미준수	14	20.6

* 해당 업종의 깔림 재해 전체(제조업 75명, 건설업 82명, 기타 업종 68명)에서 차지하는 백분율

깔림 재해의 기인물, 불안전한 상태, 불안전한 행동의 서열 구조를 대분류 수준에서 알아본 결과 업종별 다빈도 서열 유형 1순위를 파악할 수 있었다. 이렇게 파악된 다빈도 서열 유형을 대상으로 기인물과 불안전한 상태 그리고 불안전한 행동의 구체적인 속성을 파악하기 위하여 소분류 수준에서 1순위 유형을 대상으로 서열분석을 실시하였다.

제조업의 경우 기인물이 '인양설비_기계'이고, 불안전한 상태가 '작업유도자

배치 및 신호체계 미흡'이며, 불안전한 행동이 '운반절차 및 방법 부적절'인 경우가 소분류 수준에서 가장 많은 사례를 포함하고 있었다. 그 외의 나머지 서열 유형에서도 불안전한 상태가 '작업유도자 배치 및 신호체계 미흡'인 경우가 대부분이었다. 기인물의 경우에는 인양설비기계 이외에도 지게차에서 발생한 경우가 두 번째로 많은 사례를 포함하고 있었다. 이 경우에도 불안전한 상태와 불안전한 행동은 동일하여 '작업유도자 배치 및 신호체계 미흡' 및 '운반절차 및 방법 부적절'로 나타났다.

<표 Ⅲ-70> 대분류 1순위 서열 유형의 소분류 서열 분포(제조업, 깔림)

기인물	불안전한 상태	불안전한 행동	사례수 (명)	백분율 (%)
공작 및 절단기계	작업유도자 배치 및 신호체계 미흡	기타 작업수행 소홀 및 절차 미준수	1	5.6
가열 에너지 등 부대 지원설비	기타 그밖의 작업수행 절차 방법 부적절	기타 작업절차 및 방법 부적절	1	5.6
인양설비 기계	작업유도자 배치 및 신호체계 미흡	운반절차 및 방법 부적절	7	38.9
인양설비 기계	기타 그밖의 작업수행 절차 방법 부적절	운반절차 및 방법 부적절	1	5.6
지게차	작업유도자 배치 및 신호체계 미흡	운반절차 및 방법 부적절	5	27.8
지게차	작업유도자 배치 및 신호체계 미흡	허가없이 조작 취급 접근	1	5.6
지게차	기타 그밖의 작업수행 절차 방법 부적절	운반절차 및 방법 부적절	1	5.6
기타 운반 인양설비 기계	작업유도자 배치 및 신호체계 미흡	기타 관리·감독 미흡 및 부적절	1	5.6
계			18	100.0

건설업에서 발생한 깔림 재해를 대상으로 대분류 수준에서 가장 많은 빈도를 보인 서열 유형을 대상으로 소분류 수준의 내용을 알아보았다. 소분류 수준에서 나타난 서열 유형은 매우 다양하였다. 서로 다른 서열 유형이 대부분 1명의 사례로 구성되어 있었으며, 단지 기인물이 '지게차'이고 불안전한 상태가 '작업유도자 배치 및 신호체계 미흡'이며, 불안전한 행동이 '운반절차 및 방법의 부적절'인 경우에서 2명의 사례가 포함되었다.

<표 III-71> 대분류 1순위 서열 유형의 소분류 서열 분포(건설업, 깔림)

기인물	불안전한 상태	불안전한 행동	사례수 (명)	백분율 (%)
가열 에너지 등 부대 지원설비	작업유도자 배치 및 신호체계 미흡	운반절차 및 방법 부적절	1	8.3
인양설비 기계	조립 해체 작업절차 부적절	운반절차 및 방법 부적절	1	8.3
인양설비 기계	작업유도자 배치 및 신호체계 미흡	상호연락 신호 불충분	1	8.3
지게차	작업유도자 배치 및 신호체계 미흡	운반절차 및 방법 부적절	2	16.7
지게차	작업유도자 배치 및 신호체계 미흡	상호연락 신호 불충분	1	8.3
굴착 및 적재관련 기계	작업유도자 배치 및 신호체계 미흡	운반절차 및 방법 부적절	1	8.3
굴착 및 적재관련 기계	작업유도자 배치 및 신호체계 미흡	기타 작업절차 및 방법 부적절	1	8.3
굴착 및 적재관련 기계	작업유도자 배치 및 신호체계 미흡	상호연락 신호 불충분	1	8.3
굴착 및 적재관련 기계	기타 그밖의 작업수행 절차 방법 부적절	운반절차 및 방법 부적절	1	8.3
터널공사 및 광산관련 기계	조립 해체 작업절차 부적절	조립 해체 작업절차 부적절	1	8.3
그 밖의 건설작업 기계	작업유도자 배치 및 신호체계 미흡	상호연락 신호 불충분	1	8.3
계			12	100.0

기타 업종에서의 깔림 재해를 대상으로 한 대분류 수준의 서열분석 결과 파악된 1순위 다빈도 서열 유형을 대상으로 소분류 수준의 속성을 알아보았다. 기타 업종의 경우에도 건설업과 유사하게 매우 다양한 서열 유형이 산출되었으며, 대부분의 유형에서 사례가 1명씩이었으며, 단 2개의 유형에서만 사례가 2명으로 나타났다. 기인물이 '인양설비기계'이고 불안전한 상태가 '조립 해체 작업절차 부적절'이며, 불안전한 행동이 '기타관리 감독 미흡 및 부적절'인 경우와 기인물이 '인양설비기계'이고 불안전한 상태가 '작업유도자 배치 및 신호체계 미흡'이며, 불안전한 행동이 '기타 관리 감독 미흡 및 부적절'인 경우에서 사례가 2명으로 가장 많았다.

<표 Ⅲ-72> 대분류 1순위 서열 유형의 소분류 서열 분포(기타 업종, 깔림)

기인물	불안전한 상태	불안전한 행동	사례수 (명)	백분율 (%)
목재가공기계	기타 그밖의 작업수행 절차 방법 부적절	운반절차 및 방법 부적절	1	8.3
인양설비 기계	조립 해체 작업절차 부적절	기타 관리·감독 미흡 및 부적절	2	16.7
인양설비 기계	작업유도자 배치 및 신호체계 미흡	기타 관리·감독 미흡 및 부적절	2	16.7
지게차	작업유도자 배치 및 신호체계 미흡	운반절차 및 방법 부적절	1	8.3
지게차	작업유도자 배치 및 신호체계 미흡	허가없이 조작 취급 접근	1	8.3
지게차	작업유도자 배치 및 신호체계 미흡	기타 관리·감독 미흡 및 부적절	1	8.3
기타 운반 인양설비 기계	기타 그밖의 작업수행 절차 방법 부적절	운반절차 및 방법 부적절	1	8.3
굴착 및 적재관련 기계	작업유도자 배치 및 신호체계 미흡	상호연락 신호 불충분	1	8.3
굴착 및 적재관련 기계	작업유도자 배치 및 신호체계 미흡	기타 관리·감독 미흡 및 부적절	1	8.3
터널공사 및 광산관련 기계	조립 해체 작업절차 부적절	조립 해체 작업절차 부적절	1	8.3
계			12	100.0

4) 물체에 맞음 재해의 서열구조 특성

물체에 맞음 재해에 대한 1단계 서열분석은 기인물, 불안전한 상태, 불안전한 행동의 대분류 수준에서 다빈도 서열 유형을 알아보았다. 물체에 맞음 재해의 상위 5대 다빈도 서열 유형은 기인물의 경우 설비 기계가 대부분이었으며, 불안전한 상태는 물체 및 설치자체의 결함과 작업공정 절차의 부적절이 포함되었다. 불안전한 행동에는 작업수행 소홀 및 절차 미준수가 많았으며, 설비기계 및 물질의 부적절한 사용 관리가 포함되었다. 이 중에서 사례가 가장 많이 포함된 서열 유형은 기인물이 '설비 기계'이고 불안전한 상태가 '작업공정 절차의 부적절' 그리고 불안전한 행동이 '작업수행 소홀 및 절차 미준수'인 것으로 나타났다.

<표 III-73> 물체에 맞음 재해의 상위 5개 다빈도 서열 유형

기인물	불안전한 상태	불안전한 행동	사례수 (명)	백분율 (%)*
설비 기계	물체 및 설비자체의 결함	설비 기계 및 물질의 부적절한 사용 관리	29	14.3
설비 기계	물체 및 설비자체의 결함	작업수행 소홀 및 절차 미준수	12	5.9
설비 기계	물체 기계기구 등의 취급상 위험	작업수행 소홀 및 절차 미준수	10	4.9
설비 기계	작업공정 절차의 부적절	작업수행 소홀 및 절차 미준수	40	19.7
사람 동 식물	작업공정 절차의 부적절	작업수행 소홀 및 절차 미준수	9	4.4

* 물체에 맞음 재해 전체 사례 203명에서 차지하는 백분율

물체에 맞음 재해에 대한 기인물, 불안전한 상태, 불안전한 행동의 서열 구조는 업종에 따라 차이를 보일 것으로 기대된다. 따라서 앞에서 알아본 대분류 수준에서의 서열 구조를 업종별로 구분하여 알아보았다. 제조업의 경우에는 기인물이 대부분 설비 기계인 것으로 나타났으며, 불안전한 상태에는 물체 및 설비 자체의 결함과 방호조치의 부적절 및 작업공정 절차의 부적절 등의 속성들이 주요 유형에 포함되었다. 이 중에서 가장 많은 사례를 보인 서열 유형은 기인물이 '설비 기계'이고 불안전한 상태가 '작업공정 절차의 부적절' 그리고 불안전한 행동이 '작업수행 소홀 및 절차 미준수'로 나타났다.

건설업에서 발생한 물체에 맞음 재해의 대분류 수준에서 기인물, 불안전한 상태, 불안전한 행동의 서열 구조를 알아본 결과 기인물의 경우 제조업과 유사하게 설비 기계가 가장 많았고 건축물 구조물 및 표면인 경우도 포함되었다. 불안전한 상태에는 물체 및 설비자체의 결함과 자업공정 절차의 부적절 등이 많았으며, 불안전한 행동에는 설비 기계 및 물질의 부적절한 사용 관리와 작업수행 소홀 및 절차 미준수가 주된 속성으로 나타났다. 건설업에서 가장 많은 사례가 포함된 서열 유형은 기인물이 '설비 기계'이고, 불안전한 상태가 '작업공정 절차의 부적절' 그리고 불안전한 행동이 '작업수행 소홀 및 절차 미준수'로 나타났다. 기타 업종의 물체에 맞음 재해에 대한 서열 분석 결과 가장 많은 사

례를 보인 서열 유형은 기인물이 '사람 동식물'이고 불안전한 상태가 '작업공정 절차의 부적절' 그리고 불안전한 행동이 '작업수행 소홀 및 절차 미준수'인 것으로 나타났다.

<표 Ⅲ-74> 업종별 물체에 맞음 재해의 다빈도 서열 분포(대분류 기준)

업종	기인물	불안전한 상태	불안전한 행동	사례수 (명)	백분율 (%)*
제조업	설비 기계	물체 및 설비자체의 결함	설비 기계 및 물질의 부적절한 사용 관리	4	7.3
	설비 기계	물체 및 설비자체의 결함	작업수행 소홀 및 절차 미준수	6	10.9
	설비 기계	방호조치의 부적절	설비 기계 및 물질의 부적절한 사용 관리	6	10.9
	설비 기계	방호조치의 부적절	작업수행 소홀 및 절차 미준수	4	7.3
	설비 기계	물체 기계기구 등의 취급상 위험	작업수행 소홀 및 절차 미준수	1	1.8
	설비 기계	작업공정 절차의 부적절	작업수행 소홀 및 절차 미준수	13	23.6
건설업	설비 기계	물체 및 설비자체의 결함	설비 기계 및 물질의 부적절한 사용 관리	19	18.8
	설비 기계	물체 기계기구 등의 취급상 위험	작업수행 소홀 및 절차 미준수	9	8.9
	설비 기계	작업공정 절차의 부적절	설비 기계 및 물질의 부적절한 사용 관리	4	4.0
	설비 기계	작업공정 절차의 부적절	작업수행 소홀 및 절차 미준수	20	19.8
	건축물 구조물 및 표면	작업공정 절차의 부적절	작업수행 소홀 및 절차 미준수	5	5.0
기타 업종	설비 기계	물체 및 설비자체의 결함	설비 기계 및 물질의 부적절한 사용 관리	6	12.8
	설비 기계	물체 및 설비자체의 결함	작업수행 소홀 및 절차 미준수	2	4.3
	설비 기계	물체 및 설비자체의 결함	복장 보호장비 부적절한 사용	4	8.5
	설비 기계	작업공정 절차의 부적절	작업수행 소홀 및 절차 미준수	7	14.9
	사람 동 식물	작업공정 절차의 부적절	작업수행 소홀 및 절차 미준수	9	19.1
	사람 동 식물	작업공정 절차의 부적절	복장 보호장비 부적절한 사용	5	10.6

* 해당 업종의 물체에 맞음 재해 전체(제조업 55명, 건설업 101명, 기타 업종 47명)에서 차지하는 백분율

이상에서와 같이 제조업과 건설업 그리고 기타업종에서 발생한 물체에 맞음 재해에 대한 기인물, 불안전한 상태, 불안전한 행동의 서열구조는 업종별 차별성이 크지 않아 보인다. 다만 기인물이나 불안전한 상태 그리고 불안전한 행동의 세부 내역에서 차이를 보일 것으로 기대된다. 이를 확인하기 위하여 대분류 수준에서 업종별 다빈도 서열 유형을 대상으로 소분류 수준에서 기인물, 불안전한 상태, 불안전한 행동의 속성들을 알아보았다.

제조업에서 발생한 물체에 맞음 재해 중에서 소분류 수준에서 가장 많은 사례를 보인 서열 유형은 기인물이 '인양설비기계'이고 불안전한 상태가 '작업유도자 배치 및 신호체계 미흡', 불안전한 행동이 '기타 작업절차 및 방법 부적절'인 것으로 나타났다.

<표 III-75> 대분류 1순위 서열 유형의 소분류 서열 분포(제조업, 물체에 맞음)

기인물	불안전한 상태	불안전한 행동	사례수 (명)	백분율 (%)
목재가공기계	기타 그밖의 작업수행 절차 방법 부적절	기타 작업절차 및 방법 부적절	1	7.7
조립 포장 용접 등 설비 기계	작업유도자 배치 및 신호체계 미흡	설비수리 작업과 관련한 조치 미흡	1	7.7
인양설비 기계	작업유도자 배치 및 신호체계 미흡	운반절차 및 방법 부적절	2	15.4
인양설비 기계	작업유도자 배치 및 신호체계 미흡	기타 작업절차 및 방법 부적절	7	53.8
인양설비 기계	작업유도자 배치 및 신호체계 미흡	기타 관리·감독 미흡 및 부적절	1	7.7
지게차	작업유도자 배치 및 신호체계 미흡	기타 관리·감독 미흡 및 부적절	1	7.7
계			13	100.0

* 부딪힘 재해 전체 사례 187명에서 차지하는 백분율

건설업에서 발생한 물체에 맞음 재해 중에서 대분류 서열 유형에서 가장 많은 빈도를 보인 유형을 대상으로 소분류 수준의 속성을 알아본 결과 다양한 서

열 유형들이 나타났다. 이들 유형들은 기인물의 다양성을 보이는 것들이며 불안전한 상태에서는 대부분 작업유도자 배치 및 신호체계 미흡으로 나타났으며, 불안전한 행동에서는 운반절차 및 방법 부적절과 조립해체 작업 절차 부적절이 많았으며 일부 설비수리 작업과 관련한 조치 미흡도 포함되어 있었다. 이와 같이 건설업에서 발생한 물체에 맞음 재해의 다양한 서열 유형들 중에서 상대적으로 가장 많은 사례를 포함한 유형은 기인물이 '인양설비 기계'이고 불안전한 상태가 '작업유도자 배치 및 신호체계 미흡'이고 불안전한 행동이 '운반절차 및 방법 부적절'인 경우였다.

<표 Ⅲ-76> 대분류 1순위 서열 유형의 소분류 서열 분포(건설업, 물체에 맞음)

기인물	불안전한 상태	불안전한 행동	사례수 (명)	백분율 (%)
가열 에너지 등 부대 지원설비	조립 해체 작업절차 부적절	조립 해체 작업절차 부적절	1	5.0
가열 에너지 등 부대 지원설비	작업유도자 배치 및 신호체계 미흡	조립 해체 작업절차 부적절	1	5.0
인양설비 기계	작업유도자 배치 및 신호체계 미흡	운반절차및 방법 부적절	6	30.0
인양설비 기계	작업유도자 배치 및 신호체계 미흡	상호연락 신호 불충분	2	10.0
인양설비 기계	기타 그밖의 작업수행 절차 방법 부적절	운반절차 및 방법 부적절	1	5.0
승강기	조립 해체 작업절차 부적절	조립 해체 작업절차 부적절	2	10.0
승강기	작업유도자 배치 및 신호체계 미흡	조립 해체 작업절차 부적절	1	5.0
굴착 및 적재관련 기계	작업유도자 배치 및 신호체계 미흡	운반절차 및 방법 부적절	1	5.0
굴착 및 적재관련 기계	작업유도자 배치 및 신호체계 미흡	조립 해체 작업절차 부적절	1	5.0
굴착 및 적재관련 기계	작업유도자 배치 및 신호체계 미흡	기타 관리·감독 미흡 및 부적절	2	10.0
굴착 및 적재관련 기계	작업허가 승인체계 미흡	운반절차 및 방법 부적절	1	5.0
그 밖의 건설작업 기계	작업유도자 배치 및 신호체계 미흡	설비수리 작업과 관련한 조치 미흡	1	5.0
계			20	100.0

기타 업종의 물체에 맞음 재해에 대한 대분류 수준의 다빈도 서열 유형을 대상으로 소분류 수준에서의 서열 구조를 알아보았다. 총 9개의 사례들은 모두 기인물의 소분류 속성이 식물 및 비가공상태 식물이었고, 불안전한 상태는 작업유도자 배치 및 신호체계 미흡, 기타 그 밖의 작업수행절차 방법 부적절로 나타났으며, 불안전한 행동은 기타 작업절차 및 방법 부적절과 상호연락 신호 불충분 그리고 기타 관리감독 미흡 및 부적절 등이었다. 이 중에서 가장 많은 사례가 포함된 유형은 기인물이 '식물 및 비가공 상태 식물'이고 불안전한 상태가 '기타 그 밖의 작업수행 절차 방법 부적절'이고 불안전한 행동이 기타 작업절차 및 방법 부적절'인 경우였다.

<표 III-77> 대분류 1순위 서열 유형의 소분류 서열 분포(기타 업종, 맞음)

기인물	불안전한 상태	불안전한 행동	사례수 (명)	백분율 (%)
식물 및 비가공상태 식물	작업유도자 배치 및 신호체계 미흡	기타 작업절차 및 방법 부적절	2	22.2
식물 및 비가공상태 식물	작업유도자 배치 및 신호체계 미흡	상호연락 신호 불충분	1	11.1
식물 및 비가공상태 식물	기타 그밖의 작업수행 절차 방법 부적절	기타 작업절차 및 방법 부적절	5	55.6
식물 및 비가공상태 식물	기타 그밖의 작업수행 절차 방법 부적절	기타 관리·감독 미흡 및 부적절	1	11.1
계			9	100.0

5) 부딪힘 재해의 서열구조 특성

부딪힘 재해를 대상을 기인물, 불안전한 상태, 불안전한 행동의 서열 구조를 알아보기 위하여 대분류 수준의 서열 구조를 분석하였다. 부딪힘 재해에 대한 대분류 수준의 서열구조 분석에서 다빈도 유형은 크게 두 가지로 나타났다. 하나는 기인물이 '설비 기계'이고 불안전한 상태가 '작업공정 절차의 부적절', 불안전한 행동이 '작업수행 소홀 및 절차 미준수'였으며, 두 번째로 많은 경우는

기인물이 ‘교통수단’이고 불안전한 상태가 ‘작업공정 절차의 부적절’이며, 불안전한 행동이 ‘작업수행중 과실’인 경우였다. 이 두 가지 유형이 다른 유형들에 비하여 상대적으로 사례 규모가 커서 각각 33.2%, 21.4%를 차지하고 있었으며, 다른 유형들은 대부분 5% 미만으로 나타났다.

<표 Ⅲ-78> 부딪힘 재해의 상위 5개 다빈도 서열 유형

기인물	불안전한 상태	불안전한 행동	사례수 (명)	백분율 (%)*
설비 기계	작업통로 등 장소 불량 및 위험	작업수행 소홀 및 절차 미준수	5	2.7
설비 기계	작업공정 절차의 부적절	설비 기계 및 물질의 부적절한 사용 관리	7	3.7
설비 기계	작업공정 절차의 부적절	작업수행 소홀 및 절차 미준수	62	33.2
교통수단	물체 및 설비자체의 결함	설비 기계 및 물질의 부적절한 사용 관리	5	2.7
교통수단	작업통로 등 장소 불량 및 위험	설비 기계 및 물질의 부적절한 사용 관리	5	2.7
교통수단	작업공정 절차의 부적절	작업수행 소홀 및 절차 미준수	40	21.4
교통수단	작업상의 기타 고유 위험요인	작업수행중 과실	8	4.3

대분류 수준에서 파악한 기인물, 불안전한 상태, 불안전한 행동의 서열구조 분석 결과가 업종별로 차이를 보이는지 알아보았다. 제조업의 경우 기인물이 ‘설비 기계’이고 불안전한 상태가 ‘작업공정 절차의 부적절’, 불안전한 행동이 ‘작업수행 소홀 및 절차 미준수’인 유형이 가장 많은 사례를 포함하고 있었다. 그 외의 다른 유형들은 다빈도 유형에 비하여 상대적으로 사례 규모가 매우 적었다. 건설업의 경우에도 기인물이 ‘설비 기계’이고 불안전한 상태가 ‘작업공정 절차의 부적절’, 불안전한 행동이 ‘작업수행 소홀 및 절차 미준수’인 경우가 다빈도 서열 유형인 것으로 나타났다. 또한 기인물이 ‘교통수단’, 불안전한 상태가 ‘작업공정 절차의 부적절’, 불안전한 행동이 ‘작업수행 소홀 및 절차 미준수’인 경우도 상대적으로 많은 사례가 있었다. 이 두 가지 유형이 건설업 전체 부딪힘 재해에서 차지하는 비율은 각각 33.3%, 28.1%였다. 기타 업종의 경우에도

건설업과 유사한 결과를 보여 기인물이 '설비 기계'이고 불안전한 상태가 '작업공정 절차의 부적절', 불안전한 행동이 '작업수행 소홀 및 절차 미준수'인 경우가 가장 많은 사례를 보였으며, 기인물이 '교통수단'이고 불안전한 상태가 '작업공정 절차의 부적절', 불안전한 행동이 '작업수행 소홀 및 절차 미준수'인 경우도 두 번째로 많아 이 두 가지 유형이 기타 업종에서 차지하는 비율은 각각 21.2%, 19.2%로 나타났다.

<표 III-79> 업종별 부딪힘 재해의 다빈도 서열 분포(대분류 기준)

업종	기인물	불안전한 상태	불안전한 행동	사례수 (명)	백분율 (%)*
제조업	설비 기계	작업통로 등 장소 불량 및 위험	작업수행 소홀 및 절차 미준수	3	7.7
	설비 기계	작업공정 절차의 부적절	설비 기계 및 물질의 부적절한 사용 관리	3	7.7
	설비 기계	작업공정 절차의 부적절	작업수행 소홀 및 절차 미준수	19	48.7
	교통수단	작업공정 절차의 부적절	작업수행 소홀 및 절차 미준수	3	7.7
건설업	설비 기계	작업공정 절차의 부적절	설비 기계 및 물질의 부적절한 사용 관리	3	3.1
	설비 기계	작업공정 절차의 부적절	작업수행 소홀 및 절차 미준수	32	33.3
	설비 기계	작업공정 절차의 부적절	작업수행중 과실	3	3.1
	교통수단	물체 및 설비자체의 결함	설비 기계 및 물질의 부적절한 사용 관리	3	3.1
	교통수단	작업공정 절차의 부적절	작업수행 소홀 및 절차 미준수	27	28.1
	교통수단	작업상의 기타 고유 위험요인	작업수행 소홀 및 절차 미준수	4	4.2
기타업종	설비 기계	작업공정 절차의 부적절	작업수행 소홀 및 절차 미준수	11	21.2
	교통수단	작업통로 등 장소 불량 및 위험	설비 기계 및 물질의 부적절한 사용 관리	3	5.8
	교통수단	작업공정 절차의 부적절	작업수행 소홀 및 절차 미준수	10	19.2
	교통수단	작업상의 기타 고유 위험요인	작업수행중 과실	5	9.6
	교통수단		무모한 또는 불필요한 행위 및 동작	4	7.7

* 해당 업종의 부딪힘 재해 전체(제조업 39명, 건설업 96명, 기타 업종 52명)에서 차지하는 백분율

이상과 같이 부딪힘 재해를 대상으로 한 대분류 수준의 서열구조 분석을 통해 파악된 다빈도 서열유형을 대상으로 구체적인 속성들을 알아보기 위하여 소분류 수준의 서열분석을 실시하였다. 우선 제조업의 경우 대분류 수준의 다빈도 서열유형인 기인물이 '설비기계'이고 불안전한 상태가 '작업공정 절차의 부적절', 불안전한 행동이 '작업수행 소홀 및 절차 미준수'인 경우를 대상으로 소분류 서열구조를 알아본 결과, 기인물이 '지게차'이고 불안전한 상태의 경우 '작업유도자 배치 및 신호체계 미흡'이며, 불안전한 행동이 '기타 관리감독 미흡 및 부적절' 유형에서 사례가 가장 많았다. 건설업의 경우 대분류 수준에서의 다빈도 서열유형인 기인물이 '설비기계'이고 불안전한 상태가 '작업공정 절차의 부적절', 불안전한 행동이 '작업수행 소홀 및 절차 미준수'인 경우를 대상으로 소분류 서열구조를 알아보았다. 분석 결과 기인물이 '굴착 및 적재관련 기계'이고 불안전한 상태가 '작업유도자 배치 및 신호체계 미흡'이며, 불안전한 행동이 '기타 관리감독 미흡 및 부적절'인 경우가 가장 많은 사례를 포함하고 있었으며, 이 유형과 사례 비율이 유사한 두 번째 유형은 기인물과 불안전한 상태 속성이 동일하고 단지 불안전한 행동이 '상호연락 신호 불충분'인 경우로 나타났다. 이 두 가지 유형이 건설업의 대분류 다빈도 유형에서 차지하는 비율이 각각 31.3%, 28.1%였다. 기타 업종의 경우 기인물이 '굴착 및 적재관련 기계'이고 불안전한 상태가 '작업유도자 배치 및 신호체계 미흡'이며, 불안전한 행동이 '기타 관리감독 미흡 및 부적절'인 경우에서 사례수가 가장 많아 건설업과 유사한 결과를 보였다.

<표 III-80> 대분류 1순위 서열 유형의 소분류 서열 분포(제조업, 부딪힘)

기인물	불안전한 상태	불안전한 행동	사례수 (명)	백분율 (%)
인양설비 기계	작업유도자 배치 및 신호체계 미흡	운반절차 및 방법 부적절	2	10.5
지게차	작업유도자 배치 및 신호체계 미흡	운반절차 및 방법 부적절	2	10.5
지게차	작업유도자 배치 및 신호체계 미흡	기타 관리·감독 미흡 및 부적절	9	47.4
굴착 및 적재관련 기계	작업유도자 배치 및 신호체계 미흡	기타 작업절차 및 방법 부적절	1	5.3
굴착 및 적재관련 기계	작업유도자 배치 및 신호체계 미흡	허가없이 조작 취급 접근	1	5.3
굴착 및 적재관련 기계	작업유도자 배치 및 신호체계 미흡	기타 관리·감독 미흡 및 부적절	4	21.1
계			19	100.0

<표 III-81> 대분류 1순위 서열 유형의 소분류 서열 분포(건설업, 부딪힘)

기인물	불안전한 상태	불안전한 행동	사례수 (명)	백분율 (%)
인양설비 기계	작업유도자 배치 및 신호체계 미흡	기타 관리·감독 미흡 및 부적절	1	3.1
인양설비 기계	기타 그밖의 작업수행 절차 방법 부적절	운반절차 및 방법 부적절	1	3.1
지게차	작업유도자 배치 및 신호체계 미흡	허가없이 조작 취급 접근	1	3.1
지게차	작업유도자 배치 및 신호체계 미흡	상호연락 신호 불충분	1	3.1
지게차	작업유도자 배치 및 신호체계 미흡	기타 관리·감독 미흡 및 부적절	1	3.1
굴착 및 적재관련 기계	조립 해체 작업절차 부적절	조립 해체 작업절차 부적절	1	3.1
굴착 및 적재관련 기계	작업유도자 배치 및 신호체계 미흡	기타 작업절차 및 방법 부적절	1	3.1
굴착 및 적재관련 기계	작업유도자 배치 및 신호체계 미흡	상호연락 신호 불충분	9	28.1
굴착 및 적재관련 기계	작업유도자 배치 및 신호체계 미흡	기타 관리·감독 미흡 및 부적절	10	31.3
지반다짐 및 포장관련 기계	작업유도자 배치 및 신호체계 미흡	상호연락 신호 불충분	5	15.6
그 밖의 건설작업 기계	기타 그밖의 작업수행 절차 방법 부적절	기타 작업절차 및 방법 부적절	1	3.1
계			32	100.0

<표 Ⅲ-82> 대분류 1순위 서열 유형의 소분류 서열 분포(기타 업종, 부딪힘)

기인물	불안전한 상태	불안전한 행동	사례수 (명)	백분율 (%)
지게차	작업유도자 배치 및 신호체계 미흡	기타 관리·감독 미흡 및 부적절	4	36.4
굴착 및 적재관련 기계	작업유도자 배치 및 신호체계 미흡	허가없이 조작 취급 접근	1	9.1
굴착 및 적재관련 기계	작업유도자 배치 및 신호체계 미흡	기타 관리·감독 미흡 및 부적절	6	54.5
계			11	100.0

4. 연계 분석

1) 작업환경 실태조사와 업무상 사고 사망 연계 분석

업무상사고 사망 사례에서 제조업이면서 기인물이 유해·위험 기계·기구 중 8종[3](혼합파쇄기, 프레스 및 전단기, 포장기계, 양중기, 인쇄기, 사출성형기, 지게차, 목재가공기계)인 경우를 선별한 후 작업환경 실태조사 자료와 사업장 단위로 연계하였다. 양쪽 자료에서 근로자수가 5인 미만인 사업장은 제외[4]하고 연계가 가능한 사업장 수는 93,131개소였다. 최종 연계된 분석 대상 사업장에서 8종의 유해·위험 기계·기구를 보유하고 있는 사업장별 보유대수를 산출하고, 중대재해조사 자료에서 해당 유해·위험 기계·기구가 기인물인 업무상 사고 사망 사례를 산출하여 유해·위험 기계·기구 보유대수 대비 사망자 비를 구하였다.

유해·위험 기계·기구 8종 중 지게차가 1만대 당 사망자 비가 가장 높아 4.028 이였으며, 두 번째는 혼합파쇄기로 1만대 당 2.869명의 사고 사망이 발생하였다.

---

3) 8종의 기계·기구를 선정한 이유는 작업환경 실태조사와 중대재해 조사 자료에 공통적으로 포함되어 있는 기계·기구를 선정한 것이다.

4) 5인 미만 사업장을 제외한 이유는 작업환경 실태조사에서 5인 이상 사업장은 전수조사를 하는 반면 5인 미만 사업장은 표본 조사를 실시하기 때문에 모수 추정을 위해 전수조사를 한 5인 이상 사업장을 분석 대상으로 하기 위함이다.

<표 III-83> 유해위험기계기구의 보유대수 대비 사망자비 분포

구 분	총 보유대수	사고 사망 사례 수	1만대 당 사망자비
목재가공기계	11,443	3	2.622
사출성형기	50,258	6	1.194
양중기	222,874	2	0.090
인쇄기	11,265	1	0.888
지게차	84,414	34	4.028
포장기계	12,745	2	1.569
프레스·전단기	125,649	3	0.239
혼합파쇄기	48,791	14	2.869

이상의 유해·위험 기계·기구 보유 대수별 사망자 비를 제조업의 표준산업분류 중분류 업종으로 구분하여 알아보았다.

<표 III-84> 업종별 유해·위험 기계·기구별 보유대수 대비 사망자비

업 종	기계·기구명	보유대수	사망자수 (명)	1만대당 사망자
식료품 제조업	지게차	7,938	1	1.26
음료 제조업	사출성형기	19	1	526.32
	포장기계	198	1	50.51
섬유제품 제조업	지게차	3,790	3	7.92
가죽가방신발 제조업	지게차	296	1	33.78
목재나무제품 제조업	목재가공기계	4,416	3	6.79
펄프종이제품 제조업	지게차	4,357	1	2.30
	혼합 및 파쇄기	988	1	10.12
인쇄기록매체 복제업	인쇄기	4,798	1	2.08
화학물질제품 제조업	사출성형기	818	1	12.22
	지게차	6,974	3	4.30
	혼합 및 파쇄기	16,684	3	1.80
고무플라스틱 제조업	사출성형기	34,161	2	0.59
	지게차	8,893	2	2.25
비금속광물제품 제조업	지게차	4,483	4	8.92
	혼합 및 파쇄기	5,342	8	14.98
1차금속 제조업	사출성형기	122	1	81.97
	지게차	3,080	3	9.74
	포장기계	160	1	62.50

업 종	기계·기구명	보유대수	사망자수 (명)	1만대당 사망자
금속가공제품 제조업	지게차	12,819	7	5.46
	프레스 및 전단기	48,212	2	0.41
전기장비 제조업	지게차	3,041	1	3.29
기타기계장비 제조업	양중기	48,744	2	0.41
	지게차	8,359	2	2.39
	혼합 및 파쇄기	945	1	10.58
자동차트레일러 제조업	사출성형기	2,811	1	3.56
	지게차	8,079	4	4.95
	프레스 및 전단기	22,919	1	0.44
	혼합 및 파쇄기	673	1	14.86
기타운송장비 제조업	지게차	2,786	2	7.18

중분류 제조업 중 보유 대수 대비 사망자 비를 나타내는 유해·위험 기계·기구 1만대 당 사망자 수가 가장 많은 경우는 음료 제조업의 사출성형기로 보유대수는 19대에 불과한 반면 사망자 수는 1명으로 1만대 당 사망자수가 526.32로 나타났다. 사출성형기를 보유하고 있는 또 다른 업종 중에서 두 번째로 높은 경우는 1차 금속 제조업으로 1만대 당 81.97명이 사고사망을 당하였다. 지게차는 많은 업종에서 보유하고 있으며 지게차 1만대 당 사망자 수가 가장 높은 업종은 1차 금속 제조업으로 9.74였으며, 두 번째로 높은 업종은 비금속광물 제품 제조업으로 8.92로 나타났다. 포장기계는 1만대 당 사망자 수가 1차 금속 제조업에서 가장 높아 62.50이었으며, 음료 제조업에서도 50.51로 나타났다. 혼합 파쇄기는 비금속광물 제품 제조업에서 1만대 당 사망자수가 가장 높아 14.98이었으며, 자동차트레일러 제조업에서도 14.86으로 유사한 수준을 보였다.

유해·위험 기계·기구 보유 대수 대비 사망자 비가 높은 업종은 특정 유해·위험 기계·기구로 인한 업무상 사고 사망자를 줄이고자 할 경우 목표 집단이 될 수 있을 것이다.

제조업의 유해·위험 기계·기구를 보유한 사업장을 규모별로 구분한 후 해당 유해·위험 기계·기구가 기인물인 사망 사례가 있는 경우를 연계 분석하여 규모별 유해·위험 기계·기구별 1만대 당 사망자 비를 산출하였다. 규모별 유해·위험

기계·기구별 1만대 당 사망자 비가 가장 높게 나타난 경우는 300인 이상 사업장의 목재가공기계로 1만대 당 사망자 비는 23.75였다. 지게차의 경우 모든 규모에서 사망자가 발생하였는데, 이 중에서 100인~299인 규모의 사업장에서 지게차 1만대 당 사망자 비가 가장 높아 7.51로 나타났다. 혼합파쇄기의 경우에는 50인~99인 규모의 사업장을 제외한 나머지 사업장에 모두 사망자가 발생하였는데, 이 중에서 10인~29인 규모의 사업장에서 1만대 당 사망자 비가 가장 높아 4.59였다. 사출성형기의 경우 사망자가 발생한 사업장 규모는 10인~29인, 100~299인, 300인 이상이었는데, 이 중에서 300인 이상 규모의 사업장에서 1만대 당 사망자 비가 5.41로 가장 높았다.

<표 III-85> 규모별 유해·위험 기계·기구별 보유대수 대비 사망자비

사업장 규모	기계·기구명	보유대수	사망자수 (명)	1만대 당 사망자
5인~9인	목재가공기계	4,117	1	2.43
	지게차	15,243	3	1.97
	프레스 및 전단기	26,669	1	0.37
	혼합 및 파쇄기	8,984	2	2.23
10인~29인	목재가공기계	4,837	1	2.07
	사출성형기	16,395	2	1.22
	양중기	63,918	2	0.31
	지게차	29,820	10	3.35
	포장기계	4,164	1	2.40
	혼합 및 파쇄기	17,411	8	4.59
30인~49인	지게차	11,480	4	3.48
	혼합 및 파쇄기	6,247	2	3.20
50인~99인	지게차	10,290	6	5.83
	포장기계	1,980	1	5.05
100인~299인	사출성형기	7,307	1	1.37
	지게차	9,317	7	7.51
	프레스 및 전단기	11,016	1	0.91
	혼합 및 파쇄기	5,754	1	1.74
300인 이상	목재가공기계	421	1	23.75
	사출성형기	3,700	2	5.41

사업장 규모	기계·기구명	보유대수	사망자수 (명)	1만대 당 사망자
	지게차	8,264	4	4.84
	프레스 및 전단기	5,354	1	1.87
	혼합 및 파쇄기	3,558	1	2.81

이상과 같이 사업장 규모별 유해위험기계기구 만대당 사망자비를 비교해본 결과 유해위험기계기구에 따라 차이를 보이긴 하지만 혼합파쇄기의 경우 10-29인 소규모 사업장의 사망자 발생 위험도가 가장 높고, 지게차의 경우 100-299인 규모의 사업장에서 위험도가 가장 높았으며, 목재가공기계와 사출성형기의 경우 300인 이상 대규모 사업장에서 사망 발생 위험도가 가장 높았다. 따라서 유해위험기계기구로 인한 사망 사고를 예방하기 위한 목표 집단을 설정할 경우 이상과 같은 사업장 규모를 고려할 필요가 있을 것이다.

2) 근로환경조사와 업무상 사고 사망 연계 분석

본 연구에서는 근로환경조사와 중대재해조사 보고서 두 자료에 모두 존재하는 공통 특성 중에서 두 가지를 선별하여 사망률에 대한 정보를 산출하였다.

첫 번째 정보는 사망 사고가 발생한 요일에 대한 정보로서 중대재해조사 보고서상에 언급된 사망 발생 요일과 근로환경조사에서 조사된 근로자의 특정 요일 근로 여부이다. 중대재해조사 보고서를 통해 사망이 발생한 요일에 대한 정보는 알 수 있으나 특정 요일에 근로한 총 근로자 수에 대한 정보가 없기 때문에 특정 요일에 발생한 사망 사고의 발생률을 파악할 수 없는 한계가 있다. 근로환경조사의 경우 모든 요일별 근로한 사람을 파악할 수는 없으나, 토요일과 일요일의 근로 여부를 조사하고 있다. 따라서 두 자료의 조사 결과를 연계하기 위하여 요일 구분을 동일하게 재구성하여 토요일과 일요일 그리고 나머지 요일을 묶어서 하나로 범주화하여 분석에 활용하였다. 다만 이 조사는 설문조사 방식을 이루어진 것이므로 응답 근로자의 주관적 기준의 차이와 기억의 차이가

반영되어 있어 행정 기록이나 사업장의 근태 기록에 따른 결과와는 차이를 보일 수 있다. 다만, 응답자의 설문조사 응답 결과가 모든 요일에 동일한 응답 오차를 보일 것으로 전제할 경우 해당 요일에 일을 한 근로자의 상대적 규모를 파악하는 것은 크게 무리가 없을 것으로 판단된다.

두 번째 정보는 근속 기간에 대한 정보이다. 근속 기간은 근로환경조사의 경우 현재 직장에서 일한 기간을 조사하고 있으며, 중대재해 조사에서도 현재 직장에서의 근속 기간을 조사하고 있다. 이 두 정보를 연계하여 근속기간별 사망사고의 발생률이 근속기간에 따라 어떠한 차이를 보이는지 알아보았다. 근속기간의 경우 조사 된 척도가 서로 달라 척도를 재구성하여 두 자료 간의 척도를 동일하게 맞추었다. 일반적으로 근속 기간의 경우 1년 미만, 1년~2년 미만, 2년~5년 미만, 그리고 5년 이상의 범주 구성을 많이 사용한다. 이렇게 척도를 구성하는 이유는 근속 기간이 짧은 경우에 사고 발생이 높다는 점을 고려한 것이고 근속기간이 5년 이상이 될 경우 장기간 근속기간 내에서의 변이는 크지 않다는 점을 반영한 것이다.

이상과 같이 두 가지 정보를 바탕으로 중대재해조사 자료와 근로환경조사 자료를 연계하여 특정 근로환경 조건에 따른 사망률을 비교하였다. 이러한 비교는 업종에 따라 차이를 보일 것으로 기대되기 때문에 요일별 사망 사고 발생율의 차이와 근속기간별 사망 사고 발생율의 차이를 업종별로 구분하여 알아보았다.

(1) 요일별 업무상 사고 사망 사고 발생 비율

우선 중대재해조사에서 확인된 업무상 사고 사망 사고의 발생 요일 분포를 알아보았다. 제조업은 월요일(18.3%), 화요일(17.4%), 금요일(16.0%) 순으로 많이 발생하였고 건설업은 수요일(16.5%), 금요일(16.4%), 목요일(15.7%) 순 이였으며, 기타 업종은 화요일(16.9%), 월요일(16.6%), 목요일(16.3%) 순으로 많이 발생하였다. 모든 업종에서 일요일(제조업 4.8%, 건설업 6.6%, 기타 업종 5.8%)이 가장 적게 사고가 발생하는 요일 이였다.

<표 III-86> 업종별 사망 사고 발생 요일별 분포

구 분	제조업		건설업		기타 업종	
	사례수 (명)	백분율 (%)	사례수 (명)	백분율 (%)	사례수 (명)	백분율 (%)
평일*	554	82.3	1,040	79.3	477	80.8
월요일	**123**	**18.3**	197	15.0	98	16.6
화요일	117	17.4	205	15.6	**100**	**16.9**
수요일	102	15.2	**217**	**16.5**	88	14.9
목요일	104	15.5	206	15.7	96	16.3
금요일	108	16.0	215	16.4	95	16.1
토요일	87	12.9	185	14.1	79	13.4
일요일	**32**	**4.8**	**87**	**6.6**	**34**	**5.8**
계	673	100.0	1,312	100.0	590	100.0

* 평일은 월요일부터 금요일까지의 사망자수를 합산한 값

근로환경조사의 경우 토요일 혹은 일요일에 일을 한 적이 있는지를 조사하고 있으며, 특히 지난 한달 동안 토요일과 일요일에 일을 한 일수가 며칠인지를 조사하고 있다. 본 연구에서는 토요일에 일을 한 적이 있다고 응답한 경우 지난 한 달 동안 일을 한 일수가 최소 1일에서 최대 5일까지로 나타났다. 따라서 지난 한 달 동안 토요일이나 일요일에 일을 한 일수가 5일인 경우를 기준으로 가중치를 주어 토요일과 일요일에 일을 한 근로자수를 산출하였다. 예를 들어 토요일의 경우 지난 한 달 동안 토요일에 일한 일수가 1일인 경우에는 가중치 0.2(1/5), 2일 일한 경우 0.4(2/5). 3일 일한 경우 0.6(3/5), 4일 일한 경우 0.8(4/5), 5일 일한 경우 1.0(5/5)을 적용하였다. 이상과 같이 가중치를 적용하여 업종별 평일과 토요일 그리고 일요일에 일을 한 근로자수를 산출한 후 해당 요일에 발생한 사망자 수를 대비하여 비율을 산출하였다.

제조업의 경우 평일 근무한 근로자 규모는 근로환경조사 표본에서 7,347명으로 나타났으며, 중대재해조사에서 파악된 사망자수는 554명이었다. 따라서 근로환경조사의 근로자 대비 사망자 비율은 7.5%였다. 토요일의 경우에는 근로환경

조사의 근로자수는 1,452명이었으며, 사망자수는 87명으로 사망자 비율은 6.0%로 나타났다. 반면 일요일의 경우에는 사망자 비율이 18.4%였다. 건설업의 경우 평일의 사망자 비율은 36.2%, 토요일의 경우 21.5%. 일요일의 경우 64.9%로 나타났다. 기타 업종에서는 평일의 사망자 비율은 1.8%, 토요일은 1.1%, 그리고 일요일은 1.3% 등으로 나타났다. 이상의 사망자 비율은 근로자 수가 표본에서 조사된 근로자수이기 때문에 근로환경조사의 표본 비율에 맞추어 추정치를 산출할 수 있으나 본 연구에서는 평일과 토요일 그리고 일요일의 사망자 비율을 비교하는데 목적이 있기 때문에 표본에서 조사된 근로자수를 그대로 사용하였다. 제조업의 경우 평일의 사망자 비율에 비하여 토요일의 경우 상대적으로 약간 낮은 수치를 보였으나, 일요일의 경우에는 평일의 두 배 이상의 사망자 비율을 보이고 있다. 따라서 제조업의 경우 일요일에 일하는 것이 평일에 일하는 것에 비하여 상대적으로 사망 위험도가 2배 이상 높다고 할 수 있다. 건설업의 경우에도 평일에 비하여 토요일에는 사망자 비율이 낮게 나타났으나, 일요일의 경우에는 약 2배 가까이 높게 나타났다. 다만 기타 업종의 경우에는 평일에 비하여 토요일과 일요일의 사망자 비율이 상대적으로 낮게 나타나 업종별 차이를 보였다.

<표 III-87> 업종별 요일별 근로자수, 사망자수, 사망자 비율 분포

구 분	제조업			건설업			기타업종		
	근로자수	사망자수	사망자비율	근로자수	사망자수	사망자비율	근로자수	사망자수	사망자비율
평 일	**7,347**	**554**	**7.5%**	**2,873**	**1,040**	**36.2%**	**26,912**	**477**	**1.8%**
토요일	1,452	87	6.0%	860	185	21.5%	7,170	79	1.1%
일요일	**174**	**32**	**18.4%**	**134**	**87**	**64.9%**	2,636	34	1.3%

(2) 근속 기간별 업무상 사고 사망 사고 발생 비율

근로환경조사 자료와 중대재해조사 자료를 연계하여 알아본 두 번째 정보는 근속 기간 정보이다. 중대재해조사 자료와 근로환경조사 자료의 근속기간 척도

를 동일한 범주로 재구성하여 범주별로 근로환경조사의 근속기간별 근로자 분포를 산출하고, 중대재해조사 자료의 사망자 수를 산출하여 해당 범주별 근로자수 대비 사망자 수 비율을 산출하였다. 앞의 요일별 근로자 수 대비 사망자 수 비율과 같이 본 분석은 근로환경조사 자료가 표본조사 자료이므로 전체 근로자수 추정치를 산출하지 않고 표본조사의 근로자 수 자료를 그대로 활용하였다. 따라서 이 분석에서 산출된 근로자 수 대비 사망자 수 비율은 절대적인 의미는 없고 단지 범주 간의 비율을 비교하는 데에만 유용한 정보를 제공해준다. 따라서 절대값은 의미가 없다고 해도 과언이 아니다.

근속기간별 근로자 수 대비 사망자 수의 비율 분포를 업종별로 분석한 결과 제조업의 경우 근속기간이 증가할수록 사망자 비율이 증가하는 것으로 나타났다. 1년 미만인 경우에 비하여 1년-2년 미만인 경우가 1년 미만 사망자 비율의 약 87.8%(35.8%/40.8%)로 감소하는 것으로 나타났다. 아울러 1년-2년 미만인 경우에 비하여 2년-5년 미만인 경우는 1년-2년 미만의 사망자 비율의 19.3%(6.9%/35.8%)로 감소하였다. 또한 2년-5년 미만인 경우에 비하여 5년 이상인 경우는 2년-5년 미만의 사망자 비율의 42.4%로(2.9%/6.9%) 감소하였다. 이러한 결과로 보아 제조업에서의 근속기간별 사망자 비율은 2년을 기준으로 크게 감소하는 것으로 판단된다.

건설업의 경우에는 1년 미만의 사망자 수 비율에 비하여 1년-2년 미만의 사망자수 비율이 1년 미만의 사망자 수 비율의 10.3%(36.9%/358.1%)로 크게 감소하는 것으로 나타났다. 또한 1년-2년 미만 사망자 수 비율에 비하여 2년-5년 미만 사망자 수 비율은 1년-2년 미만의 사망자 수 비율의 13.4%(4.9%/36.9%)로 역시 크게 감소하였다. 5년 이상의 사망자 수 비율은 2년-5년 미만 사망자 수 비율의 26.2%(1.3%/4.9%) 감소하였다. 이상과 같이 근속기간별 근로자 수 대비 사망자 수의 비율은 근속기간이 증가할수록 감소하였는데, 건설업의 경우 1년을 기준으로 가장 크게 감소하였으며, 제조업에서와 같이 2년 시점에서도 크게 감소하는 것으로 판단된다.

기타 업종의 경우에도 근속기간이 증가할수록 근로자 수 대비 사망자 수 비율은 감소하는 경향을 보이고 있다. 1년-2년 미만의 사망자 수 비율은 1년 미만의 사망자 수 비율의 33.7%(2.5%/7.3%)로 감소하였음며, 2년-5년 미만의 사망자 수 비율은 1년-2년 미만의 사망자 수 비율의 24.6%(0.6%/ 2.5%)로 감소하였다. 아울러 5년 이상의 사망자 수 비율은 2년-5년 미만의 사망자 수 비율의 77.7%(0.5%/0.6%)로 감소하는 것으로 나타났다. 이와 같은 수치로 보아 기타 업종의 경우 근속기간은 2년을 기점으로 가장 크게 사망자 비율이 감소한다고 할 수 있다. 그러나 5년 이상의 근속기간에서 감소하는 비율은 제조업과 건설업에 비하여 상대적으로 크지 않았다.

<표 III-88> 근속기간별 근로자수, 사망자 수, 사망자 비율 분포

구 분	근속기간	근로자 수	사망자 수	사망자 비율
제조업	1년 미만	595	243	40.8%
	1년-2년 미만	232	83	35.8%
	2년-5년 미만	1,761	122	6.9%
	5년 이상	4,599	135	2.9%
	계	7,187	583	8.1%
건설업	1년 미만	284	1,017	358.1%
	1년-2년 미만	108	40	36.9%
	2년-5년 미만	568	28	4.9%
	5년 이상	1,859	24	1.3%
	계	2,819	1,109	39.3%
기타 업종	1년 미만	3,792	277	7.3%
	1년-2년 미만	1,586	39	2.5%
	2년-5년 미만	8,750	53	0.6%
	5년 이상	12,319	58	0.5%
	계	26,448	427	1.6%

이상에서와 같이 중대재해조사와 근로환경조사 자료를 연계하여 사고 발생 요일별, 근속기간별 근로자수 대비 사망자 수 비율을 알아보았다. 이러한 연계 결과 산출된 정보는 절대값으로서의 의미보다는 상대적인 비교 정보로서의 의

미가 크다. 만일 절대값으로서의 의미를 파악하기 위해서는 근로자 전체를 대표하는 모집단 추정치를 산출하여 비교 분석하는 것이 가능할 수 있다. 이 경우 추정치의 오차 범위를 통해 제반 특성별 사망률을 추정할 수 있을 것이다. 그러나 본 연구에서는 단지 제반 특성의 범주별 상대적인 사망률을 비교하는 것으로 한정하고, 분모에 해당되는 근로자 정보를 파악하기 위한 연계 분석에 초점을 맞추었다. 이상의 연계 분석은 특화된 하나의 특성을 대상으로 분석한 것으로 다른 특성들을 추가하여 분석을 한다면 보다 정교화 할 수 있을 것이다.

Ⅳ. 결론 및 제언

1. 결론

본 연구에서는 과거 3년간(2016년~2018년)의 중대재해조사 보고서에 포함된 업무상 사고 사망 사례 2,575명을 대상으로 사업장 특성, 재해자 특성, 작업환경 특성 및 재해 특성으로 구분하여 표준 분류하고 사고 발생 관련 요인들을 파악하는데 초점을 맞추었다. 재해발생 형태를 구분하여 해당 유형 분류에 최적화된 특성의 조합을 의사결정나무 분석 방법을 이용하여 파악하였다. 이렇게 파악된 재해발생 형태별 주요 특성들의 결합 분포를 이용하여 해당 사례들을 도출하고, 해당 사례의 중대재해조사 보고서에 나타난 재해발생 경우와 재해발생 원인에 대한 내용 분석을 실시하였다. 또한 기인물과 불안전한 상태 그리고 불안전한 행동으로 연결되는 제반 조건들의 서열 구조를 알아보기 위하여 주요 재해발생 형태를 대상으로 기인물, 불안전한 상태, 불안전한 행동의 서열 구조와 다빈도 서열 유형을 알아보았다. 마지막으로 업무상 사고 사망 사례에 대한 특성 분류 정보는 모집단 정보를 지니고 있지 않아 사망률과 같은 위험도를 비교하기 위하여 작업환경 실태조사와 근로환경조사와의 연계 분석을 실시하였다.

1) 분석 대상 사례의 일반적 특성 분포

분석대상 2,575명의 연도별 분포를 보면 전반적으로 감소하는 경향을 보였으며 기타 업종을 제외한 제조업과 건설업에서 모두 감소하는 경향을 보였다. 사업장 규모별로는 30인 미만 사업장에서 발생한 경우가 전체의 50% 이상을 차지하는 것으로 나타났다. 재해발생 형태는 전반적으로 떨어짐 재해가 가장 많으나 제조업의 경우에는 끼임 재해가 가장 많았다. 재해자 특성의 경우 업종에 관계없이 50대 이상 장년층에서 발생한 사망 사고가 많았다.

2) 의사결정나무 분석(decision tree analysis) 결과

업종별로 구분하여 해당 업종의 주요 발생형태를 대상으로 분석한 결과 제조업 끼임 재해의 경우 미설치된 안전방호설비, 불안전한 상태 그리고 기인물 등의 조합이 최적화 된 분류 특성으로 산출되었다. 이렇게 산출된 세 가지 특성들의 결합 분포를 통해 미설치된 안전방호설비와 불안전한 상태 그리고 기인물의 세부 속성들을 알아보았다. 제조업의 끼임 재해의 경우 미설치된 안전방호설비가 인터록 장치이고, 불안전한 상태가 가동중 수리 점검이고 기인물이 일반제조·가공 설비·기계인 경우에서 사례가 가장 많았다. 이러한 사례들의 내용 분석결과 재해발생 원인은 점검 수리 중에 발생한 경우로, 기계·설비를 점검하거나 수리하는 중에는 안전장치를 작동시키지 않거나 전원을 차단하지 않아 수림 점검 시 기계가 움직여 기계 사이에 끼여 재해를 당한 경우가 많았다.

제조업에서 발생한 사망 발생 형태 중에 두 번째로 많은 유형인 떨어짐 재해에 대한 의사결정나무 분석 결과는 미설치된 안전방호설비와 기인물의 결합을 통해 최적화된 분류가 이루어졌다. 이 두 가지 특성의 결합 분포에서 사례가 가장 많은 것은 미설치된 안전방호설비는 추락 방호시설이고 기인물은 기타 건물·구조물이였다. 대부분 사례들은 모두 떨어짐 사고가 발생한 장소의 차이를 보일 뿐 추락 방호시설을 설치하지 않아 발생한 사고들이었다.

건설업의 경우 가장 많이 발생한 사망 사고 유형은 떨어짐 재해로 의사결정나무 분석결과 미설치된 안전방호장치설비와 기인물 그리고 불안전한 상태 특성의 조합이 최적화된 분류 특성으로 파악되었다. 이들 특성들의 결합분포를 통해 가장 많은 사례가 포함된 것은 미설치된 안전방호 장치설비가 추락 방지망이고 기인물이 기타 건물·구조물이며 불안전한 상태가 방호장치 미설치·불량인 경우였다. 이들 유형에 사례에서는 작업발판이나 안전난간의 경우 미설치된 경우와 함께 설치가 적절하게 이루어지지 않은 경우가 많았다. 안전난간의 경우 중간난간대가 설치되어 있지 않았거나 작업발판의 경우 난간이 설치되지 않은 경우도 포함되어 있었다. 추락방지망의 경우에는 대부분 미설치된 경우가 많았다.

건설업에서 두 번째로 많은 사망 유형인 물체에 맞음 재해에 대한 의사결정나무 분석결과 기인물, 지역공정 그리고 불안전한 상태 특성의 결합이 분류 최적화 특성으로 나타났다. 이들 세 가지 특성의 세부 속성들의 결합 분포를 알아본 결과 기인물이 운반·인양 설비·기계이고 지역 공정이 강구조물·콘크리트이며, 불안전한 상태가 기계·설비·구조물 결함인 경우였다. 이 유형에 포함된 사례들의 내용을 알아본 결과 중량물 운반 시 중량물이 떨어져 물체에 맞는 사고가 발생한 경우가 많았다.

기타 업종의 경우 떨어짐 재해가 사례수가 가장 많았으며 의사결정나무 분석결과 미설치된 안전방호 설비와 불안전한 상태 그리고 기인물에 의해 최적화된 분류가 이루어졌다. 이들 특성들의 결합 분포에서 가장 많은 사례를 보인 속성들은 미설치된 안전방호 설비가 추락방호 시설이고 불안전한 상태가 작업 발판 미설치·불량이며 기인물이 계단·사다리인 경우였다. 이러한 사례들의 재해발생 경위를 보면 대부분 이동식 사다리 위에서 작업을 하다가 떨어지거나 계단에 안전난간 등의 추락방지시설이 설치되지 않은 상태에서 이동을 하다가 떨어지는 사고가 발생한 경우로 나타났다. 기타 업종에서 발생한 떨어짐 재해는 주로 비일상적인 작업 중에 발생한 것으로 파악되었다.

3) 서열분석(sequence analysis) 결과

5가지(떨어짐, 끼임, 깔림, 물체에 맞음, 부딪힘) 주요 재해발생 형태에 대해 서열분석을 통해 기인물과 불안전한 상태 그리고 불안전한 행동의 세부 속성들을 알아 보았다.

떨어짐 재해의 경우 제조업의 세부 속성은 기인물 '지붕 대들보', 불안전한 상태 '작업발판 미설치 및 불량', '보호구 미착용 및 착용상태 불량'이 가장 많았다. 건설업에서는 기인물 '철골빔 트러스', 불안전한 상태 '단부 방호시설 미설치·불량', 불안전한 행동 '방호시설 미설치 상태로 방치'인 경우가 가장 많았다. 기타 업종의 경우 기인물 '사다리', 불안전한 상태 '작업발판 미설치 및 불량',

불안전한 행동 '보호구 미착용 및 착용상태 불량' 유형에서 사례가 가장 많았다.

끼임 재해의 경우 제조업에서는 기인물이 '기타 운반·인양 설비·기계'이고 불안전한 상태가 '가동 중 수리·점검'이며 불안전한 행동이 '작동 중인 기계·기구의 청소 및 수리'인 경우가 가장 많았다. 건설업의 경우 기인물이 '굴착 및 적재관련 기계'이고 불안전한 상태가 '작업유도자 배치 및 신호체계 미흡'이며, 불안전한 행동이 '상호연락 신호 불충분'인 경우가 가장 많은 소분류기준 서열 유형으로 나타났다. 기타 업종에서는 기인물이 '승강기'이고 불안전한 상태가 '방호장치 미설치'이며, 불안전한 행동이 '안전방호장치 미설치 방치'인 경우가 가장 많았다.

깔림 재해의 경우 제조업에서는 기인물이 '인양설비·기계'이고, 불안전한 상태가 '작업유도자 배치 및 신호체계 미흡'이며, 불안전한 행동이 '운반절차 및 방법 부적절'인 경우가, 건설업에서는 기인물이 '지게차'이고 불안전한 상태가 '작업유도자 배치 및 신호체계 미흡'이며, 불안전한 행동이 '운반절차 및 방법의 부적절'인 경우가, 기타 업종의 경우 기인물이 '인양 설비·기계'이고 불안전한 상태가 '조립·해체 작업절차 부적절'이며, 불안전한 행동이 '기타 관리 감독 미흡 및 부적절'인 경우와 기인물이 '인양 설비·기계'이고 불안전한 상태가 '작업유도자 배치 및 신호체계 미흡'이며, 불안전한 행동이 '기타 관리 감독 미흡 및 부적절'인 경우에서 사례가 가장 많았다.

물체에 맞음 재해의 경우 제조업에서 가장 많은 사례를 보인 서열 유형은 기인물이 '인양 설비·기계'이고 불안전한 상태가 '작업유도자 배치 및 신호체계 미흡', 불안전한 행동이 '기타 작업절차 및 방법 부적절'이였고, 건설업에서는 기인물이 '인양 설비·기계'이고 불안전한 상태가 '작업유도자 배치 및 신호체계 미흡'이고 불안전한 행동이 '운반절차 및 방법 부적절'인 경우였으며, 기타 업종의 경우 기인물이 '식물 및 비가공 상태 식물'이고 불안전한 상태가 '기타 그 밖의 작업수행 절차 방법 부적절'이고 불안전한 행동이 '기타 작업절차 및 방법 부적절'인 경우였다.

부딪힘 재해는 제조업의 경우 기인물이 '지게차'이고 불안전한 상태가 '작업

유도자 배치 및 신호체계 미흡'이며, 불안전한 행동이 '기타 관리감독 미흡 및 부적절' 유형이, 건설업과 기타 업종의 경우에는 기인물이 '굴착 및 적재관련 기계'이고 불안전한 상태가 '작업유도자 배치 및 신호체계 미흡'이며, 불안전한 행동이 '기타 관리감독 미흡 및 부적절'인 경우가 가장 많은 사례를 포함하고 있었다.

4) 연계 분석 결과

먼저 작업환경 실태조사 자료에서 8종(목재가공기계, 사출성형기, 양중기, 인쇄기, 지게차, 포장기계, 프레스, 혼합파쇄기)의 유해·위험 기계·기구의 보유 대수를 파악하고, 중대재해조사 자료에서 이들 사업장에서 발생한 사망자 수를 사업장 단위로 연계하여 유해·위험 기계·기구의 사망 사고 발생 위험도를 비교 분석하였다.

8종의 유해·위험 기계·기구 중 지게차는 1만대 당 4.028명의 사망자가 발생하여 사망발생 비가 가장 높고, 두 번째로 높은 사망비를 보인 기계는 혼합파쇄기로 1만대 당 2.869명의 사망자가 발생하였였다. 이를 제조업의 중분류 업종별로 살펴보면 유해·위험 기계·기구 1만대 당 사망자수가 가장 많은 경우는 음료 제조업의 사출성형기로 보유대수는 19대에 불과한 반면 사망자수는 1명으로 1만대 당 사망자수가 526.32로 나타났으며, 사출성형기를 보유하고 있는 또 다른 업종 중 1만대 당 사망자수가 두 번째로 높은 경우는 1차금속 제조업으로 81.97로 나타났다. 지게차 1만대 당 사망자수가 가장 높은 업종은 1차금속 제조업으로 9.74였으며, 두 번째로 높은 업종은 비금속 광물제품 제조업으로 8.92로 나타났다. 포장기계는 1만대 당 사망자 수가 1차금속 제조업에서 가장 높아 62.50이었으며, 음료 제조업에서도 50.51로 나타났다. 혼합파쇄기는 비금속 광물제품 제조업에서 1만대 당 사망자 수가 가장 높아 14.98이었으며, 자동차·트레일러 제조업에서도 14.86으로 유사한 수준을 보였다. 이러한 결과로 보아 음료 제조업의 사출성형기, 비금속광물제품 제조업의 지게차와 혼합 및 파쇄기, 1차금속제조업의 사출성형기, 지게차, 포장기계, 자동차·트레일러제조업의 혼합 및 파쇄기 등이 사망 사고 예방을 위한

목표 집단이 될 것이다.

유해·위험 기계·기구 보유 대수 당 사망자 비를 사업장 규모별로 알아본 결과 혼합 파쇄기의 경우 10~29인 소규모 사업장의 사망자 발생 위험도가 가장 높고, 지게차의 경우 100~299인 규모의 사업장에서 위험도가 가장 높았으며, 목재가공기계와 사출성형기의 경우 300인 이상 대규모 사업장에서 사망 발생 위험도가 가장 높았다. 따라서 유해위험기계기구로 인한 사망 사고를 예방하기 위한 목표 집단을 설정할 경우 이상과 같은 사업장 규모를 고려할 필요가 있을 것이다.

다음은 근로환경조사 자료의 요일별, 근속기간 자료와 중대재해조사 자료를 연계하여 요일별, 근속기간별 사망 사고 발생 위험도를 비교 분석하였다. 제조업의 경우 일요일에 일하는 것이 평일에 일하는 것에 비하여 상대적으로 사망 위험도가 2배 이상 높았다. 건설업의 경우에도 평일에 비하여 토요일에는 사망자 비율이 낮게 나타났으나, 일요일의 경우에는 약 2배 가까이 높게 나타났다. 다만 기타 업종의 경우에는 평일에 비하여 토요일과 일요일의 사망자 비율이 상대적으로 낮게 나타나 업종별 차이를 보였다.

근속기간별 분석에서는 제조업의 경우 근속기간이 증가할수록 사망자 비율이 증가하는 것으로 나타났다. 제조업에서의 근속기간별 사망자 비율은 2년을 기준으로 크게 감소하는 것으로 판단된다. 건설업의 경우에도 근속기간이 증가할수록 사망자 비율은 감소하였는데, 건설업의 경우 1년을 기준으로 가장 크게 감소하였으며, 제조업에서와 같이 2년 시점에서도 크게 감소하는 것으로 판단된다. 기타 업종의 경우에도 근속 기간이 증가할수록 근로자 수 대비 사망자 수 비율은 감소하는 경향을 보이고 있다. 기타 업종의 경우 근속기간은 2년을 기점으로 가장 크게 사망자 비율이 감소한다고 할 수 있다. 그러나 5년 이상의 근속기간에서 감소하는 비율은 제조업과 건설업에 비하여 상대적으로 크지 않았다.

2. 제언

1) 사망 원인 특성 표준 분류의 정례화

안전보건공단에서는 2001년부터 2006년까지 중대재해조사 보고서를 기초로 매년 900여건에 대해 일반분석[5] 항목과 원인분석[6] 항목에 대해 기술통계 분석을 한 “중대재해 원인보고서”란 행정자료를 생산한 바 있다. 또한 2002년부터 2014년까지 국가 승인 통계로 생산한 “산업재해 원인조사”는 업무상 사고 사망자 전체에 대해 중대재해조사 자료뿐만 아니라 사업장 조사, 전화조사와 근로복지공단 산재심사 자료를 통해 산업, 근로자수, 직업, 작업지역·공정, 작업내용, 기인물 등 23개 항목에 대해 분석한 보고서를 발간하였다. 그러나 현재는 중대재해조사 보고서 분석을 위한 분류 작업과 분석이 정기적으로 이루어지지 않고 있다.

현재 생산되고 있는 산업재해 관련 통계는 ‘산업재해 현황 분석’이란 제목으로 공표되고 있는 통계로서 근로복지공단에서 산업재해로 보상이 이루어진 사례가 주요 원자료가 된다. 그러나 이 통계는 산업재해보상과 관련된 정보에 한정되어 있을 뿐만 아니라 산업재해의 원인 특성이나 작업환경과 관련된 제반 특성들이 포함되어 있지 않다. 다만 간략하게 기술된 재해발생 개요를 이용하여 일부 특성들이 분류되고 통계로 산출되고 있는 실정이다. 이러한 상황에서 중대재해조사 보고서는 아무런 통계 정보를 생산하지 못하고 있는 실정이다. 중대재해조사 보고서는 조사 대상 중대재해라는 점에서 전체 산업재해를 포괄하고 있지 못하지만 중대재해에 대한 조사를 통해 산업재해 발생과 관련된 많은 정보들을 담고 있다. 또한 중대재해 조사 방식을 개선할 경우 더 많은 정보를 생산할 수도 있다.

---

5) 일반분석(19개) : 업종, 직종, 연령, 고용형태, 근무형태, 인적피해, 동시 작업 인원, 작업형태, 재해 발생 월, 재해 발생 요일, 재해 발생 시간, 국적, 지사, 지방관서, 발주처, 공사금액, 규모, 공정률

6) 원인분석(13개) : 동종업무 근속기간, 재해 작업지역·공정, 재해작업 내용, 기인물, 가해물, 재해발생 형태, 불안전한 행동, 불안전한 상태, 설비결함관련 여부, 안전방호대상 여부, 보호구 대상 여부, 상해 종류, 상해 부위

중대재해조사 보고서를 매년 정례적으로 데이터화하여 산업재해에 대한 제반 특성 분류와 원인 분석을 통해 산업재해 재발 방지를 위한 정보를 제공하고 관련 특성들의 변화 추이를 파악하는 것이 필요하다. 또한, 중요한 것은 개인정보가 없도록 데이터화한 자료는 데이터 분석을 희망하는 연구자들에게 제공될 필요가 있다. 이를 통해 다양한 분석과 예방 대책이 수립될 수 있을 것이다.

2) 중대재해조사 방식의 개선

본 연구에서 분석한 중대재해조사 보고서들의 대부분은 법 위반 사항을 중심으로 재해발생 원인을 보고하고 있는 것으로 나타났다. 특히 재해발생 원인과 관련하여 불안전한 상태에 초점을 맞추어 산업안전보건법에 규정된 산재예방을 위한 조치 사항 위반 여부가 대부분의 원인으로 지적되고 있다. 일부 보고서에서는 사고조사 기법을 동원하여 분석한 내용을 담고 있으나, 대부분 재해발생 원인보다는 재해발생 조건에 초점을 맞추고 있었다. 예를 들어 안전난간 미설치, 위험성평가 미실시, 작업수행계획서 미작성 등이 사고 원인으로 지적되고 있다.

본 연구에서 분석한 중대재해조사 보고서는 안전보건공단에서 작성한 보고서로 중대재해가 발생한 경우 고용노동부의 근로감독관이 지원 요청에 의해 작성되는 것이 일반적이므로 법 위반 사항을 위주로 작성되어져 온 경향이 있다. 물론 법 규정을 정학히 준수한다면 재해발생 확률은 감소할 것이다. 그러나 중대재해조사 보고서의 작성이 법 위반 사항을 파악하는 것 외에 산업재해의 재발을 방지하기 위한 예방사업의 중요한 정보로 활용될 수 있어야 한다. 중대재해조사는 사고가 발생한 시점에 현장을 조사할 수 있고 관련자들로부터 사고 예방에 필요한 많은 정보를 수집할 수 있다. 중대재해조사 보고서를 통해 사고 예방을 위한 정보를 얻기 위해서는 현재의 조사 방식의 변경이 요구된다.

첫째, 중대재해조사 보고서 양식을 변경하여 고용노동부 제출용 중대재해

조사 보고서 외에 사고의 근본 원인[7]을 파악할 수 있도록 하여야 한다. 사고를 유발한 직접 원인인 불안전한 행동, 불안전한 상태를 파악하는 수준보다 한 발 더 나아가 해당 조건이나 상태들이 조성된 원인을 파악함으로써 근본원인을 파악할 수 있어야 재발 방지를 위한 진정한 대책 수립도 가능할 것이다. 안전난간 미설치로 인한 사고인 경우 안전난간을 설치해야 한다가 아니라 안전난간을 미설치한 이유를 파악할 수 있어야 한다. 공사 기간이 촉박하여 설치를 못한 것인지, 설치할 필요가 없다고 생각한 것인지, 경제적 문제로 안한 것인지, 작업에 방해가 되어 안한 것인지 등 그 원인이 밝혀져야 한다. 공사기간이 촉박해서 미설치하였다면 어떠한 문제 때문에 공사 기간이 짧아지는지를 알아야 궁극적인 해결책을 마련할 수 있을 것이다.

안전보건공단에서 만든 사고 조사와 관련된 기술 지침[8]은 여러 가지가 있다. 이 중 사고의 근본원인 분석 기법에 관한 기술지침에서는 작업자의 밸브 오조작인 경우 파악이 필요한 사항으로 작업절차가 복잡하여 이해하기 어려웠는지, 조작자가 충분한 교육을 받았는지 여부 등을 파악하라고 되어 있다. 최소한 이 정도는 조사가 되어야 궁극적 예방 대책에 활용할 수 있는 정보를 획득할 수 있을 것이다. 이러한 지침 외에도 중대재해조사 보고서 양식의 개발을 위해 미국 에너지부(Department of Energy)의 DOE 핸드북 사고와 운영안전 분석(Accident and Operational Safety Analysis, 2012)에서 제시하는 방법과 다양한 사고발생

---

7) 미국 에너지부(Department of Energy)의 DOE 핸드북 사고와 운영안전 분석(Accident and Operational Safety Analysis, 2012)에서는 사고의 원인 요인(A casual factor)을 사고를 직접적으로 일으킨 사건 또는 여건인 직접원인(Direct cause), 시정될 경우 사고의 재발을 방지할 수 있는 근본원인(Root causes), 다른 원인과 함께 작용하여 총체적으로 사고 발생 가능성을 높이지만 사고를 유발한 요인은 아닌 부수적 원인(Contributing causes)으로 3가지 유형으로 구분한 바 있다. 여기서 근본원인은 여러 가지 부수적 원인 요인에서 비롯되거나 그와 같은 여러 요소를 포괄할 수 있고, 단일한 문제나 결함이 아닌 여러 결함이 포함된 고차원적이고 근본적인 원인요소가 근본원인에 해당한다고 설명한다.

8) 중대산업사고 조사에 관한 기술지침(Kosha Guide P-106-2016)
사고의 근본원인 분석(Root Cause Analysis) 기법에 관한 기술지침(Kosha Guide P-151-2016)
업무상 사고조사에 관한 기술지침(Kosha Guide G-5-2017)

모형 등을 고려할 필요가 있을 것이다.

둘째, 중대재해조사 보고서 양식이 개발되고 근본원인을 찾기 위한 조사가 가능하기 위해서는 시간과 인력의 문제를 해결해야 한다. 현재 중대재해조사는 1주일 정도의 짧은 기간에 조사가 마무리 되는 실정이다. 이 시간 안에 근본원인을 찾기 위한 조사를 진행하기에는 무리가 있다. 법 위반 사항에 대한 중대재해조사 보고서의 작성과는 별도로 원인 파악이 가능한 조사를 위한 시간과 인력이 필요하다. 이를 위해서는 원인 조사의 중요성을 인식하고 별도의 과업이 아니라 이에 집중할 수 있는 충분한 시간과 인력을 확보할 수 있는 안전보건공단의 조직 운영 방안에 대한 고민이 필요하다. 중대재해의 근본적 원인을 파악할 수 있는 자료 수집에 대한 투자는 효율적인 산재예방 사업을 위해 우선시 되어야 할 사항이다.

3) 주요 사망 사고에 대한 심층 연구 추진

중대재해조사는 중대재해 사례만을 대상으로 한 사례 조사의 성격을 지니고 있다. 따라서 원인 분석을 위해 사고가 발생한 사업장과 사고가 발생하지 않은 사업장과의 비교 분석이나, 근본 원인 파악을 위한 영향 경로 분석 등의 방법을 활용한 심층 분석을 하기는 어려운 실정이다. 중대재해조사에서 보고된 제반 조건 하에서 사고가 발생할 확률이나 개연성 등이 정확히 비교 분석되기 위해서는 사례 조사만이 아니라 비교 분석 방법이 동원된 심층적인 연구가 필요하다. 이를 위해 앞에서 언급한 중대재해조사 보고서 양식의 변경된다면 심층 연구에도 도움이 될 것이다. 중대재해조사를 통해 파악된 다양한 사망 사고들을 대상으로 정례적인 일차 분류와 기초 정보 산출 후에 적극적인 예방 대상 및 필요한 예방 개입 지점과 방법 및 전략을 수립하기 위한 비교 분석 방법이 동원된 심층적인 연구가 추진되는 것이 바람직할 것으로 기대된다. 이러한 연구 등을 통해 산재예방 사업에 환류 시킬 수 있는 문제 해결 방안이 포함된 정보를 생산해낼 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

1) 고용노동부, 안전보건공단, 부산도시공사. 건설현장 비계작업안전 실무 안내서. 2019.
2) 문성오, 오태근, 이정석, 모승언, 윤예빈. 추락재해예방을 위한 비계 안전난간 선행공법의 국내 건설현장 적용에 관한 연구. 산업안전보건연구원. 2019.
3) 안전보건공단. 2014년 전국 사업장 작업환경실태조사 보고서. 2014.
4) 안전보건공단. 사고의 근본원인 분석(Root Cause Analysis) 기법에 관한 기술 지침(Kosha Guide P-106-2016). 2016.
5) 안전보건공단. 산업재해기록·분류에 관한 지침(Kosha Guide G-83-2016). 2016.
6) 안홍섭, 김은정, 이규진, 박재희. 조명우, 오종철, 김신범. 추락재해 원인분석 및 효과적인 예방대책 연구. 산업안전보건연구원. 2009.
7) 윤완철, 함동한, 백동현. 산업안전 패러다임의 전환 전략 수립을 위한 연구. 산업안전보건연구원. 2019.
8) 이관형, 이홍석, 사망사고원인 실증분석을 통한 산재사망 예방적 개입 연구. 산업안전보건연구원. 2016.
9) 이관형, 이홍석. 장·노년층 근로자의 사고사망 재해발생 고위험군 특성 연구. 산업안전보건연구원. 2015.
10) 장영재, 김현중, 조형준. 데이터 마이닝. 한국방송통신대학교 출판문화원. 2016.
11) 조명우, 박종식, 서남규. 산재발생형태 및 기인물에 의한 산재원인 심층분석. 산업안전보건연구원. 2012.
12) Hollnagel, E., Barriers and Accident Prevention, 2004.

13) Qureshi, Z. H., A Review of Accident Modelling Approaches for Complex Socio-Technical Systems, 12th Australian Conference on Safety-Related Programmable Systems, Adelaide, Australia, 2017.
14) Rasmussen, J. Risk Management in a Dynamic Society: A Modeling Problem. Safety Science. 1997; 27(2/3):183-213.
15) U.S. Department of Energy(DEO), DOE Handbook Accident and Operational Safety Analysis, Volume Ⅰ: Accident Analysis Techniques, 2012.
16) WorkSafe New Zealand. Scaffolding in New Zealand. Wellington. 2016.

ABSTRACT

Analysis of fatal occupational injuries by type

Yoonho Cho

Safety & Health Policy Research Department,
Occupational Safety and Health Research Institute, KOSHA

Object

The purpose of this study is to produce information through the standard classification of fatal occupational injuries and identify the relevant influencing factors through the statistical analysis.

Method

In order to identify the factors influencing fatal occupational injuries, decision tree analysis and sequence analysis was used. And this study analyzed the risk of fatal occupational injury by dangerous machines, job tenure, and day of the day by linage analysis of the census of work environment and Korean Working Conditions Survey.

Results

Subject of the study was a total of 2,575 cases of fatal occupational injuries investigated over a three-year period from 2016 to 2018. The fatal occupational injuries account for more than 50 percent of the total at work places with

fewer than 30 employees. The most frequent type of injury is fall. A combination of uninstalled safety protection facilities, causal machine and material, and unsafe conditions were identified as the optimal classification characteristics about falling accident by decision tree analysis. The risk of fatal injury for each dangerous machine was 4.028 by forklift, the highest death rate per 10,000 of the eight types of dangerous machines. The second highest death rate was 2.869 with a mixed shredder. In manufacturing, working on Sundays is a relatively higher risk of death than working on weekdays. In the construction industry, the death rate was low on Saturday compared to the weekday, but nearly twice as high on Sunday. In manufacturing, the death rate increases as the duration of job tenure increases. The proportion of deaths per period of job tenure in the manufacturing industry is considered to have decreased significantly on a two-year basis. In the construction industry, the death rate decreased as the job tenure period increased.

Conclusion

The result of this study has shown the importance of accident report investigated by KOSHA professionals. The routine classification should be done in order to produce the statistical information about fatal occupational injuries for fatal injury prevention. These statistical information can be used to identify the influencing factor of fatal occupational injury. In comparison the existing research reports, this study can contribute to develop the investigation method of fatal occupational injuries and analytic method for identifying influencing factors of fatal occupational injuries.

Keywords

Fatal occupational injuries, Decision tree analysis, Exact and statistical match

<부 록>

비계(Scaffold)에 의한 사고사망 재해 분석

건설업의 떨어짐 재해가 워낙 많고 기인물이 비계인 경우가 많다. 본문에서는 업종별로 전반적인 접근이였다면 <부록>에서는 기인물이 비계에 의한 사고 사망 사례에 대해 세부적으로 살펴보았다.

비계는 작업 장소가 높아서 작업자의 손이 닿지 않는 높는 곳을 작업할 수 있도록 공사용 통로나 작업용 발판 설치를 위하여 구조물의 주위에 조립, 설치하는 가설구조물을 말한다[9]. 비계는 고속작업을 필요로 하는 건설현장에서 반드시 필요하지만 임시로 설치하는 가시설물이기에 비용 절감과 공사기간의 단축, 작업의 편의성을 이유로 비계로 인한 사망사고의 위험성이 매우 높다. 특히, 비계에서 발생하는 사고는 거의 떨어짐에 대한 사고이다.

3년간(2016년~2018년)의 중대재해조사 보고서를 기초로 한 분석대상 2,575건 중 비계에 의한 사망사고은 178건(6.9%)이였으며, 이 중 건설업에서 154건(6.0%)이 발생하였다.

<부표 1> 분석 대상 전체 대비 「비계」로 인한 사고사망 건수

구 분	계		2016년		2017년		2018년	
	전체	비계	전체	비계	전체	비계	전체	비계
계	2,575	178	890	64	885	60	800	55
제 조 업	673	5	257	4	213	1	203	0
건 설 업	1,312	154	464	54	458	54	390	46
기타업종	590	20	169	6	214	5	207	9

9) 건설현장 비계작업안전 실무안내서 p7

한편 분석대상 2,575건 중 발생 형태가 “떨어짐”으로 인한 사고사망은 1,139건(44.2%)이고, 이 중 건설업에서 781건(68.6%) 발생하였다. 이 중 **“비계”로 인한 사망사고 건수는 건설업의 “떨어짐”으로 인한 사망사고 건수의 약 20%를 차지**하다. 사고사망을 줄이기 위해서는 사고사망의 비중이 높은 건설업의 떨어짐 사고에 집중할 필요가 있으며 비계에 의한 사고를 파악할 필요가 있다 판단되어 이번 절에서는 비계에 의한 사고를 별도로 조사하였다.

<부표 2> 연도별 떨어짐 재해 중 「비계」로 인한 사고사망 건수

구 분		계	2016년	2017년	2018년
전체 중대재해조사 건수(A)		2,575	890	885	800
전체 떨어짐 사망 건수(B)		1,139	407	375	357
	B/A	44.2%	45.7%	42.4%	44.6%
건설업 중 떨어짐 사망 건수(C)		781	274	273	234
	C/B	68.6%	67.3%	72.8%	65.5%
건설업 떨어짐 사망 중 기인물 “비계”인 사망 건수(D)		**154**	**54**	**54**	**46**
	D/C	**19.7%**	**19.7%**	**19.8%**	**19.7%**

비계종류별 발생 건수는 쌍줄비계(70건, 39.3%), 달비계(45건, 25.3%), 틀비계(34건, 19.1%) 순으로 3종의 비계에서 발생한 사망건수가 전체의 83.7%를 차지한다. 3종의 비계를 현장에서 많이 사용하는 비계 형태이기 때문에 사고빈도도 높을 것이다.

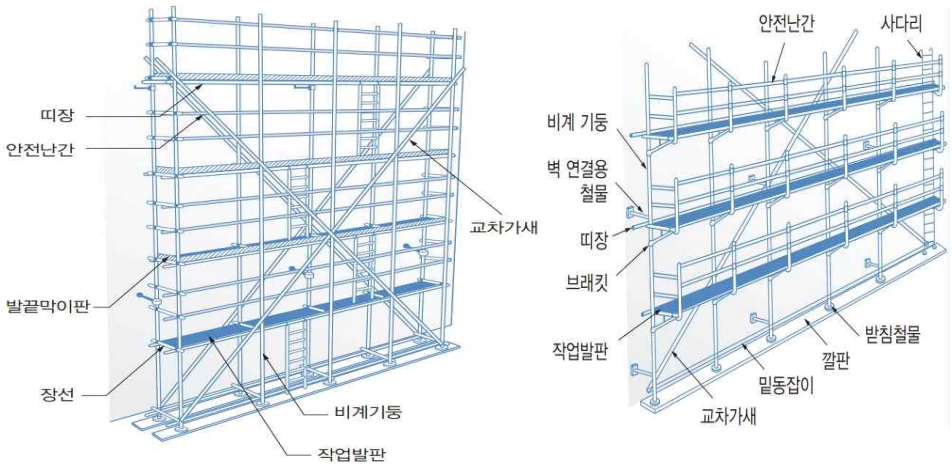
<부표 3> 연도별 비계종류별 사고사망 건수

구 분	계		2016년		2017년		2018년	
	건수	비율(%)	건수	비율(%)	건수	비율(%)	건수	비율(%)
계	178	100.0	63	100.0	55	100.0	59	100.0
쌍줄비계	70	39.3	24	38.1	22	40.0	24	40.0
달비계	45	25.3	22	34.9	13	23.6	10	16.7
틀비계	34	19.1	8	12.7	9	16.4	17	28.3
말비계	10	5.6	3	4.8	6	10.9	1	1.7
외줄비계	5	2.8	1	1.6	1	1.8	3	5.0
시스템비계	5	2.8	1	1.6	2	3.6	2	3.3
기타비계	9	5.1	4	6.3	2	3.6	3	5.0

1) 쌍줄비계에서의 사고사망 사고

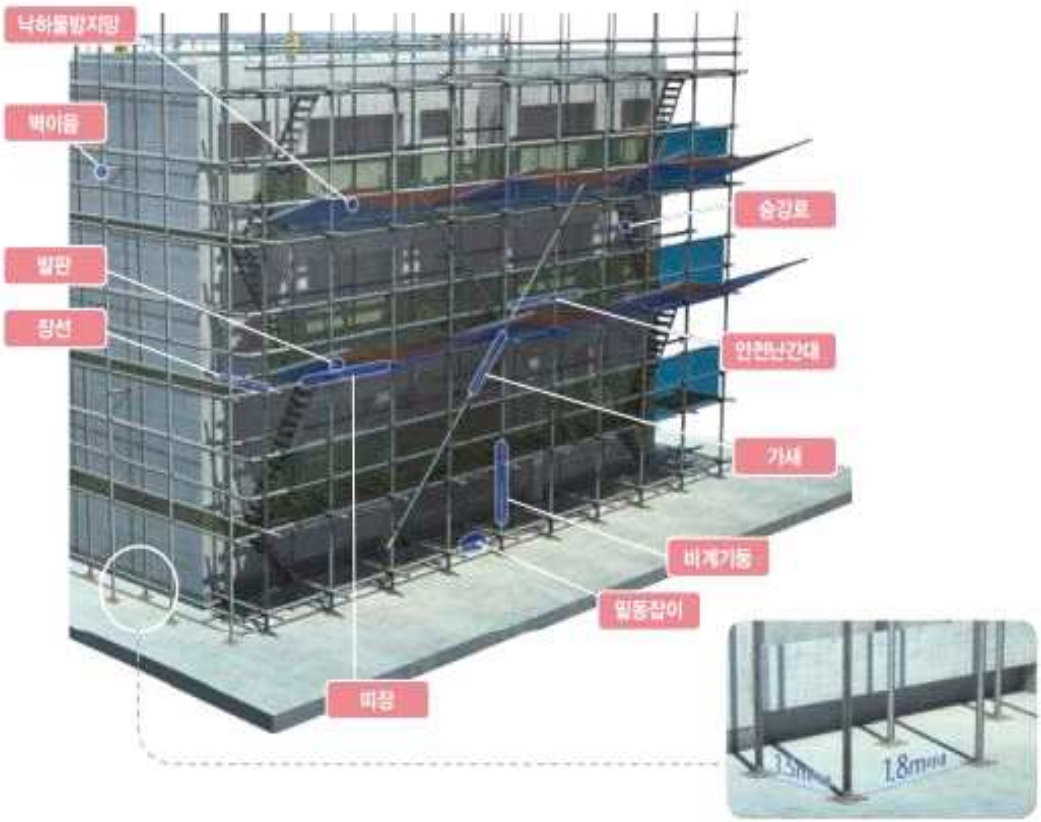
(1) 쌍줄비계의 구조 및 안전조치

쌍줄비계는 설치 형식에 의한 분류로 비계 기둥이 2열인 비계를 말하며 재료는 주로 강재를 이용하므로 강재(강관) 비계에 속한다. 강관비계는 쌍줄(기둥 2개)로 설치하는 것을 원칙으로 하되, 쌍줄로 설치가 불가능한 경우에 한하여 비계 기둥이 1개인 외줄(외줄비계)로 설치할 수 있다.



[부록그림 1] 쌍줄비계 외형도와 외줄비계 외형도

출처 : 건설현장 비계작업안전 실무 안내서(2019년)



[부록그림 2] 쌍줄비계 설치 개념도

출처 : 건설현장 비계작업안전 실무 안내서(2019년)

쌍줄비계의 전체적인 구조와 조립 기준을 보면 비계의 붕괴를 방지하기 위한 조치로 지반에 다짐, 깔목, 밑받침 철물, 버림 콘크리트 타설 등 침하방지 조치를 하여야 하며 비계 기둥 3개 이상을 연결하여 밑동잡이를 설치하여야 한다. 기둥은 띠장방향(폭이 긴 쪽)은 1.5~1.8m, 장선방향(폭이 짧은 쪽)은 1.5m이하의 길이로 비계기둥 1개에 작용하는 하중은 700kgf 이내여야 한다. 띠장은 첫 번째 띠장은 2m이하, 그 외 띠장은 1.5m이하로 설치하며, 장선은 내·외측 모두 기둥에 결속하여야 하며 띠장으로부터 50mm 이상 돌출되어야 한다. 수평과 수직 각 5m이내마다, 비계의 최상단과 가장자리 끝에는 벽이음을 설치한다. 가새를 기둥

간격 10m이내 마다 45° 각도로 비계기둥 및 띠장에 결속하여 모든 비계 기둥은 가새에 결속되어야 한다. 작업발판은 한국산업표준 또는 안전인증 규격에 적합하거나 이와 동등 이상의 제품을 사용하여 폭 40cm이상(비계 설치·해체시에는 20cm 이상)으로 설치하고 작업발판 간 이동을 위하여 승강설비를 설치한다. 작업발판 등 단부에 100kgf 이상의 하중에 견딜 수 있는 구조의 안전난간대을 설치한다. 안전난간대는 상부난간대는 90~120cm, 중간난간대는 상부난간대와 작업발판의 중간위치에 설치하고 물건의 떨어짐을 방지할 수 있도록 발끝막이판을 10cm 이상으로 설치한다. 비계와 구조물 사이의 간격을 떨어짐 방지를 위해 300mm 이내로 설치하고 부득이한 경우 작업발판과 내측 단부에 안전난간대 설치 또는 벽체와 내측비계 사이에 추락방호망을 설치한다. 비계의 전체 높이는 최대 45m이하를 권장하고 있다.

산업안전보건 기준에 관한 규칙에서 정해진 바와 같이 작업발판 및 통로의 끝이나 개구부로 경우 근로자가 추락의 위험이 있는 장소에는 안전난간, 울타리, 수직형 추락방망 또는 덮개 등의 방호조치를 하도록 되어 있으며, 이를 설치하는 것이 매우 곤란한 하거나 작업의 필요상 임시로 난간 등을 해체하여야 하는 경우에는 추락방호망을 설치하여야 한다. 다만, 추락방호망을 설치하기 곤란한 경우에는 근로자에게 안전대를 착용하도록 하여야 하며, 이 경우 안전대를 안전하게 걸어 사용할 수 있는 설비를 설치하도록 하고 있다[10]. 법에서의 요구사항을 간단히 정리하면 비계에서의 추락사고 예방을 위해서는 1차적으로 안전난간을 설치하고 이것이 어려우면 2차적으로 추락방호망을 설치하며 이 모든 것이 어려우면 3차적으로 안전대의 착용이다. 결론적으로 말하여 쌍줄비계가 기인물인 사망사고는 모두 **안전대를 착용한 상태에서 작업을 하였다면 모두 예방 가능한 사고**였다. 그 다음으로 안전대를 미착용하더라도 시스템적으로 사고를 예방할 수 있는 방법으로는 **안전난간대가 설치되어 있었다면 예방 가능한 사고가 대부분**이였다.

10) 산업안전보건기준에 관한 규칙 제43조(개구부 등의 방호조치), 제44조(안전대의 부착설비 등)

(2) 쌍줄비계에서의 사고사망 사고 분석

가) 작업 내용별 사고사망

3년간(2016년~2018년)의 비계에 의한 사고사망 사고 178건중 쌍줄비계에 의한 사고는 69건으로 33.8%를 차지하여 비계의 종류 중 가장 많은 비중을 차지한다.

쌍줄비계가 기인물로 인한 사고사망자을 대상으로 비계 위에서의 작업에 따라 **설치 시, 해체 시, 이동 중, 작업 중의 4가지로 구분하여 분석**하였다. 비계가 전도되어 지상에서 작업하던 작업자가 사망한 경우가 1건 있으나 이는 비계 위에서 작업을 한경우가 아니므로 예외적인 경우라 할 수 있다. 작업 중 사망사고가 45건(65.2%)으로 가장 많고, 비계 해체 중 사망사고가 11건(15.7%), 비계에서 건물로 이동하거나 비계 위에서 이동 중 발생 사고가 7건(10.1%), 비계 설치 중 사망사고 6건(8.6%)이였다. 작업 중에 발생되는 경우가 많은 비중(65.2%)을 차지하고 있으나, 전체 작업시간과 작업의 종류가 다양하므로 단일한 작업 내용으로 볼 때는 비계의 설치 중 사망사고와 해체 중 사망사고를 합칠 경우 17건(24.3%)으로 설치와 해체 작업이 가장 위험한 작업이라 할 수 있다.

<부표 4> 쌍줄비계 작업에 따른 사고사망 건수 및 비율

구 분	계	비율(%)	작업중	설치	해체	이동중	비계전도
계	70	100.0	45	6	11	7	1
비율(%)			65.2	8.6	15.7	10.1	1.4
비계 설치·해체작업	15	21.4		6	9		
미장작업	10	14.3	9			1	
거푸집동바리 설치·해체작업	8	11.4	6			1	1
기타 마감작업	8	11.4	7			1	
순수 인력운반작업	4	5.7	2			2	
인력에 의한 상·하역 적재작업	3	4.3	2		1		
조적작업	3	4.3	2			1	
철근설치·해체작업	2	2.9	1			1	

구 분	계	비율(%)	작업중	설치	해체	이동중	비계전도
콘크리트타설	2	2.9	2				
방수작업(방수제 도포 및 깔기)	2	2.9	2				
도장작업	2	2.9	2				
청소작업	2	2.9	2				
접착·부착작업	1	1.4	1				
안전시설물 설치·해체작업	1	1.4	1				
기타 가설구조물의 설치·해체작업	1	1.4	1				
용접작업	1	1.4	1				
기타 그밖의 구조물 설치·해체작업	1	1.4	1				
동력기계를 사용한 상·하역 적재작업	1	1.4	1				
동력운반작업	1	1.4			1		
기계설비 연결·설치 작업	1	1.4	1				
경비 및 건물 관리작업	1	1.4	1				

세부 작업별로 살펴보면 비계의 설치·해체 작업이 15건(21.4%)로 가장 많고, 미장작업 10건(14.5%), 거푸집동바리 설치·해체 작업과 기타 마감작업이 각각 8건(11.6%), 순수 인력운반작업 4건(5.8%), 인력에 의한 상·하역 적재 작업, 조적작업이 각각 3건(4.3%)의 순이다. 참고적으로 비계의 설치·해체 작업중에 발생한 사고가 16건인데 세부 작업별로 구분할 때 설치·해체 작업이 14건인 것은 설치와 해체 중 발생한 사고지만 설치와 해체 작업 중에 자재를 인력이나 동력을 이용하여 운반하다 발생한 사고는 작업종류를 인력에 의한 상·하역 적재작업, 동력운반작업으로 분류하였기 때문이다.

나) 비계 설치·해체 중 사고사망

비계의 설치와 해체 중 사고가 가장 위험성이 높은 작업이므로 설치와 해체 중 사고사망 부터 살펴보고자 한다. 앞에서 본 바와 같이 비계 설치 시 사고사망은 6건(8.6%), 해체 시 사고사망은 11건(15.7%)으로 설치 시보다는 해체 시에 사고가 더 많다. 설치 시 보다 해체 시 사고가 많은 것은 설치는 아래에서부터 작업이

이루어지는 반면 해체는 위에서부터 이루어지는데 기인할 것이다.안전보건공단에서 비계의 설치와 해체 시 안전한 작업방법을 설명한 자료들은 있으나 실제 현장에서 이러한 작업방법에 따라 작업을 하는 경우가 많지 않다는 것을 고려하면 작업의 위험성에 비해 사고가 적은 편이다. 이는 비계를 설치, 해치하는 근로자는 이 일을 전문적으로 하는 “비계공”에 의해 이루어지고 있고, 경험 속에서 작업의 위험성을 인지하고 있기 때문일 것이다. 설치 중 발생한 6건의 사례를 보면 아래의 표와 같다

<부표 5> 비계 설치 중 발생한 사고사망 사례

연번	재해개요
1	비계 연장설치 과정에서 비계의 넘어짐 방지를 위해 “벽이음 및 버팀”의 설치가 가능함에도 “사재”를 혼자 설치하려 4단 발판에서 사재를 떨어뜨려 3단에 거치 후 3단에 내려가 고정시킬 목적으로 4단에서 사재를 떨어뜨리는 과정에서 중심을 잃고 추락
2	2단 안전난간 설치 마무리 작업 중 좁은 이동통로(26cm)위에 강관이 다수 놓여 있어 이를 밟고 이동하다 중심을 잃고 추락(3.8m)
3	비계기둥 연장설치 작업 중 쓰러지는 강관파이프(6m, 16kg)와 함께 지상1층 바닥으로 추락(21.2m)
4	비계 조립울 위해 난간 기둥 설치 작업중 작업발판, 안전난간이 미설치된 구간에서 띠장을 밟고 이동 중 추락(6m)
5	외부 마감용 자재(석재, 벽돌)를 반입하기 위해 작업발판, 안전난간을 일부 해체된 상태(약 1주일 전)에서 석공사 도중 위험하다 판단하여 안전난간을 복구하려다 추락(9.4m)
6	수평재 상부에서 작업보조대 나사못 체결작업을 하던 중 클램프로 고정된 작업보조대 일체가 회전하며 추락(4m)

사고가 발생한 사례를 보면 위험성을 인지하고 있음에도 불구하고 설치와 해체 작업은 작업발판이나 안전난간대가 없는 상태에서 작업을 할 수 밖에 없는 경우가 많으므로 근로자가 안전대를 착용하고 작업을 하는 방법 외에 현재의 작업방식으로는 사고를 예방할 수 있는 방안이 딱히 없다.

<부표 6> 비계 해체 중 발생한 사고사망 사례

연번	재해개요
1	비계 해체(상부 띠장) 작업 중 중심 잃고 추락(3.4m)
2	작업발판 없이 비계기둥에서 비계(띠장) 해체 작업 중 비계 기둥이 연결핀에서 해체되어 쓰러지며 띠장, 기둥과 같이 추락(16.2m)
3	해체 작업중 동료가 풀어놓은 클램프에 걸려있던 강관파이프(안전난간대)에 몸을 기대는 순간 강관파이프가 이탈되며 추락(12.5m)
4	비계 해체 작업으로 발판이 먼저 제거된 상태에서 작업하다 균형을 잃고 추락(4.8m)
5	해체 작업중 피재자가 밟고 있던 띠장과 비계기둥을 고정하는 클램프를 해체하는 순간 띠장을 지지하던 기둥이 클램프에서 이탈되면서 피재자 하중으로 띠장이 출렁이며 중심을 잃고 추락(3m)
6	비계 작업발판을 고정시킨 철선을 절단하는 순간 발판의 움직임으로 인해 발판 위에서 작업 중인 피재자 추락(8.9m)
7	비계 해체를 위해 전동공구로 클램프를 해체하고 이동 중 추락(6m)
8	11단에서 비계 해체한 부재를 받아 10단에 적재하기 위해 10단으로 이동 중 설치되어 있는 이동계단을 이용하지 않고 안전난간을 넘어 수직재를 잡고 이동하다가 추락(21.2m)
9	비계 해체작업 중 중심잃고 추락(20m)
10	비계 해체작업 중 해체한 작업발판을 지면으로 던지다가 작업발판 고리가 장갑에 걸리며 작업발판과 함께 지면으로 추락(5.7m)
11	크레인으로 벽체 조립용 철근을 지상에서 인양작업 중 붐대에 안전난간이 간섭되어 내측(상부난간대), 외측(상부 및 중간난간대) 안전난간을 임시 해체하던 중 추락(4.6m)

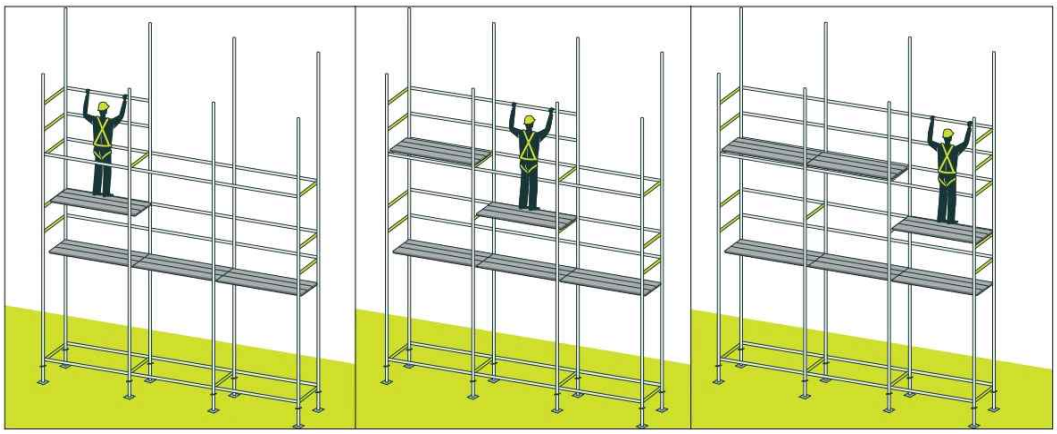
비계 해체 중 발생한 사고 역시 안전대의 착용 외에는 사망사고를 예방할 방안이 안 보인다. 위 표의 8번 재해와 같이 이동계단을 이용하지 않은 경우와 , 10번 재해와 같이 작업 방법이 잘못되었다[11]고 지적할 수 있는 경우는 있으나 작업 자체가 작업발판이나 안전대 없이 작업이 이루어지기가 쉽고 작업시간을 줄이기

11) 산업안전보건기준에 관한 규칙 제57조(비계 등의 조립·해체 및 변경)에서는 비계의 재료·기구 또는 공구 등을 올리거나 내리는 경우에는 근로자가 달줄 또는 달포대 등을 사용하도록 정하고 있다.

위해 행해지는 일들이다 보니 안전한 작업방법으로 일을 하라는 것이 현실적으로 이루어지기가 어렵다. 또한, 설치과정에서 비계가 흔들리거나 물건이 쓰러지는 등의 예상하지 못하는 상황이 발생될 때 사고가 발생하고 있어 예방이 어려운 것이 현실이다.

다) 비계 설치·해체 중 사고사망의 예방

비계의 설치와 해체 중 발생하는 사고는 작업발판과 안전난간이 설치된 안정된 상태에서 작업을 하는 방법을 사용하지 않는다면 안전대 착용 외에는 방안이 없다 판단된다. 작업발판과 안전난간을 갖춘 상태에서 설치와 해체를 하는 방법으로 제시되는 방법들이 있기는 하다. 뉴질랜드의 산업안전보건 규제를 담당하는 정부기관인 WorkSafe에서는 아래의 그림과 같이 순차적으로 작업발판과 안전난간을 설치하며 상단을 조립해 나가는 방법을 제시한 바 있으나, 이를 위해서는 상단의 작업발판과 안전난간을 설치하기 위해 발판과 발판 사이에 작업용 작업발판을 설치한 후 작업을 하는 방법으로서 안전한 작업은 가능할 것이지만 중간발판을 별도로 설치하는 방법은 시간과 비용 면에서 현실성이 낮다 판단된다.



[부록그림 3] 순차적 안전난간 설치 방법

출처 : Scaffolding in New Zealand (WorkSafe New Zealand, 2016)

궁극적인 방법은 쌍줄비계의 사용 대신 시스템 비계를 사용하도록 함과 동시에 “비계 안전난간 선행공법”의 도입이라 할 것이다. 일본에서는 2003년 안전난간 선행공법에 대한 가이드라인을 제정하고 선행난간대에 대한 JIS 규격을 제정하였으며 2009년 노동안전위생규칙에 반영되었다. 이 방법은 아래의 그림에서 보는 바와 같이 아랫 단의 안전한 안전발판 위에서 상단의 안전난간을 먼저 설치한 후 상부 작업발판을 설치하는 방식이다. 상단의 안전난간과 작업발판을 모두 아랫 단의 안전난간과 작업발판이 있는 상태에서 설치와 해체 작업을 하게 되므로 안전대 착용이 필요 없는 안전한 방법이다. 또한 안전난간대 설치에 소요되는 시간이 짧고 손쉬워 현실적으로 현장 적용에 장점이 있다.

[부록그림 4] 안전난간 선행공법이 적용된 시스템 비계의 시공 순서

출처 : 추락재해예방을 위한「비계 안전난간 선행공법」의 국내 건설현장 적용에 관한 연구 (산업안전보건연구원, 2019)

라) 비계 위에서 작업 중 사고사망와 예방

비계 위에서 작업을 하던 중 발생한 사망사고는 45건이다. 이 중 건축물 측으로 떨어진 경우는 10건(22.2%), 건축물의 반대쪽(외측)으로 떨어진 경우는 34건(75.6%), 발판 사이로 떨어진 경우는 1건(2.2%)으로 건축물과 비계 사이로 추락하는 경우보다는 건축물의 반대쪽(외측)으로 떨어지는 경우가 많다. 대부분 안전난간을 설치하였다면 예방이 가능한 사고였다.

먼저 **건축물과 비계사이로 떨어지는 사고 10건**을 살펴보고자 한다. 사고를 보면 **안전난간을 설치하거나 안전대를 착용하였다면 막을 수 있는 사고**였다. 5건의 사고는 안전난간이 미설치된 상태였고, 3건은 건축물의 반대편은 안전난간이 설치되어 있으나 건축물쪽은 미설치되어 있으며, 2건은 건축물의 반대편(외측)의 안전난간 마저도 중간난간대 없이 설치된 상태였다.

<부표 7> 비계 상부 작업 중 건축물과 비계 사이로 떨어진 사고사망

번호	세부구분	안전난간 설치여부
1	4층 외벽마감 타일 작업 중 창틀 위치에서 중심을 잃고 4층 바닥으로 추락(1.3m)	미설치
2	비계위에서 조적턱 하부 면처리 작업 중 발판에서 조적턱에 손이 닿지 않아 임의로 작업발판을 받쳐놓고 손 발을 최대한 늘려 작업 중 외벽과 비계사이(50cm)로 추락(13m)	미설치
3	열반사 단열재 설치 작업중 발판과 외벽 사이(50cm)로 추락(9m)	미설치
4	3명이 받아치기 방법으로 4층으로 합판 등 거푸집 자재를 올리던 중(한발은 건물 슬라브를 다른 발은 띠장을 밝고 작업) 건물 슬라브 단부와 비계 띠장 사이(40cm)로 추락(5.7m)	미설치 (작업방법불량: 양중 장비 미사용)
5	벽체 외부 거푸집 조립작업(고임목 설치) 중 비계와 건물 벽체 사이(50cm)로 추락(6m)	미설치
6	발판위에서 발코니 바닥에 수평목(벽체 거푸집 작업전 수평을 맞추기 위해 설치) 설치 작업 중 균형을 잃고 비계와 벽체 사이(70cm)로 추락(8m)	내측 난간 미설치 (외측 난간 설치)

번호	세부구분	안전난간 설치여부
	* 내측 안전난간대는 벽체 거푸집 설해체, 외부 마감작업 등 작업 진행을 위해 미설치	
7	부직포망 설치작업중 균형잃고 2층 바닥으로 추락(2.4m)	내측 난간 미설치 (외측 난간 설치)
8	외벽기둥에 시멘트풀을 바르는 과정에서 무게중심이 앞으로 이동하여 건물과 비계 사이(77cm)로 추락(17m)	내측 난간 미설치 (외측 난간 설치)
9	쪼그리고 앉아 견출작업(바탕면을 고르게 하기 위해 틈등을 메우고 시멘트에 물을 혼합하여 바탕면에 칠하는 것)을 하던 중 구조물과 비계 사이(33cm)로 추락(3.7m)	내측 난간 미설치 (외측 중간난간대 미설치)
10	콘크리트 타설작업을 위해 콘크리트 진동기에 전원을 연결하려고 비계 상단에서 내린 리드선과 지상에서 끌고 올라간 리드선을 연결하던 중 건물과 비계 사이(80cm)로 추락(9.5m)	내측 난간 미설치 (외측 중간난간대 미설치)

건축물의 벽체 거푸집 설·해체, 외부 마감작업 등을 위해 비계를 설치하는 것이므로 건축물 방향으로 안전난간대를 설치하는 것은 작업에 지장을 주어 건축물의 반대편(외측)은 안전난간을 설치하더라도 건축물 방향(내측)으로는 안전난간을 설치하지 않는 경우가 많다. 안전난간이 없다면 안전대를 착용하고 작업을 해야 하나 이 역시 작업이 불편해 지므로 착용을 잘 안한다. 따라서 이에 대한 대책은 **건축물 측으로 안전난간의 설치를 안하는 경우에는 비계의 기둥과 건축물 사이의 간격을 30cm 이하로 조립하도록 규정**하여 떨어질 수 있는 공간을 최소화하여야 한다. 아래의 <그림>과 같이 비계의 기둥과 건축물 사이의 떨어짐을 방지하기 위한 추락방호망을 설치하는 것이 방법일 수는 있으나 설치와 해체에 따른 부담이 있고 특히, 건축물의 마감작업 시에는 해체를 하고 작업을 할 것이므로 결국 떨어짐의 위험에 노출되게 되어 시간과 노력에 비해 효과가 떨어진다.

[부록그림 5] 비계와 건축물 사이 추락방호망 설치 모습(좌: 하부, 우:상부)

출처 : 건설현장 비계작업안전 실무 안내서(2019)

따라서 **궁극적인 방법은 건축물 측(내측)으로도 안전난간대를 설치하도록 해야** 한다. 작업이 불편을 줄 수는 있으나 불가능하지는 않다. 건축물 측(내측)으로도 중간난간대를 포함하여 안전난간대를 설치하는 것이 당연시 되는 문화가 될 수 있도록 강력한 지도감독이 필요하다.

다음으로 아래의 표는 **건축물의 반대쪽(외측)으로 떨어진 경우 34건**을 정리한 내용이다. 특이한 경우를 제외하고는 대부분 **외측으로 떨어진 경우는 안전난간 설치로 예방이 가능**하다. 1번과 2번의 경우는 안전난간 미설치는 물론 작업발판도 없는 상태에서 작업을 하다 떨어진 경우이다. 3번부터 16번까지 14건은 모두 안전난간을 미설치한 상태에서 떨어진 경우이다. 17번과 18번은 안전난간대를 설치하기 어렵거나 작업 여건상 일시적으로 안전난간을 해체하는 경우로서 이 경우에는 안전대를 착용하고 작업하여야 한다. 19번은 비계의 설치가 불량하여 비계 기둥이 침하한 것이 문제이며, 안전난간을 설치는 하였으나 잘못 설치하여 안전난간이 역할을 못하고 오히려 안전난간이 사고를 발생하는데 결정적 역할을 한 경우이다. 20번부터 31번까지 22건은 안전난간을 설치는 하였으나 중간난간대를 설치하지 않아 중간난간대와 작업발판 사이로 떨어지거나 안전난간의 역할을 제대로 하지 못한 경우이다. 32번부터 34번까지 3건은 다소 예외적인 상

황으로 32번은 유기화합물에 중독되어 의식을 잃고 떨어진 경우이고, 33번은 흔하지 않은 외벽 마감작업으로 인해 처음 사용하는 공법에 대한 작업계획과 준비가 안되어 발생한 경우이며, 34번은 비계에서의 작업이 아닌 외부인이 통제 없이 출입하여 사진 촬영을 하다 떨어진 경우로 사고 발생 경위가 명확하지 않은 경우이다.

<부표 8> 비계 상부 작업 중 건축물 반대편(외측)으로 떨어진 사고사망

번호	세부구분	주요 요인
1	작업발판, 안전난간없이 한 손에는 페이트통을 한 손에는 붓을 들고 도장작업중 추락(15.5m)	작업발판 미설치 안전난간미설치
2	페인트용 붓을 이용하여 실외기 주변 도장 작업 중 균형을 잃고 추락(3.7m)	작업발판 미설치 안전난간미설치
3	4단에 설치된 강관을 5단 발판으로 올리려고 해체하던 중 추락(7m)	안전난간 미설치
4	강풍 예보에 발판위 폐목재를 건물 내로 정리 하던 중 이동식 크레인의 자재인양 및 폐기물 반출 목적으로 안전난간이 일부 해체된 구간에서 추락(13.7m)	안전난간 미설치
5	거푸집 해체 작업 중 망치와 같이 추락(9.6m)	안전난간 미설치
6	교각 보수 공사 과정에서 발판에서 면처리 작업 중 중심잃고 추락(10m)	안전난간 미설치
7	동바리 해체작업 후 자재 정리중 해체 작업시 자재를 바닥으로 수월하게 떨어뜨리기 위해 해체한 안전난간 부위로 추락(6m)	안전난간 미설치
8	발판 위에서 지상1층의 동료작업자로부터 유로폼을 전달받기 위해 돌아서는 과정에서 발을 헛디뎌 추락(2m) *발판고정불량 및 발판간 겹침으로 요철 발생	안전난간 미설치
9	옥상 내부에서 외벽 단열용 스티로폼 설치 작업 중 외부 비계 발판으로 나가 스티로폼 설치 위치 확인 중 추락(10.5m)	안전난간 미설치
10	외벽 미장 작업 중 추락(10m)	안전난간 미설치

번호	세부구분	주요 요인
11	외벽에 석재 접착과 홈 메우기(에폭시) 작업(키보다 높은 부분은 스티로폼을 밝고 올라가 작업) 중 추락(9.8m)	안전난간 미설치
12	외벽에 석재 접착을 위해 앙카볼트 매립용 구멍 뚫기 작업 중 발판에서 추락(4.5m)	안전난간 미설치
13	외부 마감공사를 위해 안전난간을 일부 해체한 후 약 1달간 재설치를 안하고 방치하다 외벽 실외기 슬라브 상부에서 보강 앵커철물 작업 중 추락(18m)	안전난간 미설치
14	조적 작업(줄눈작업)중 추락(10.6m)	안전난간 미설치
15	치장벽돌 자재를 운반구에 넣어 인양하면서 작업발판에 걸린 운반구를 빼내던 중 중심을 잃고 추락(12.5m)	안전난간 미설치
16	비계 최상단과 건물사이에 각재를 거치하고 그 위에 거푸집 자재를 적재하던 중 하부에 거치한 각재가 부러지며 상부에 적재된 자재가 무너져 내리며 추락(9m)	안전난간 미설치 작업방법불량
17	낙하물방지망(1단) 설치 중 지하 1층 바닥으로 추락(10m)	안전대 미착용 (안전난간 미설치)
18	콘크리트 펌프카로 타설 작업을 위해 호스에 간섭이 되는 아랫 단 안전난간을 해체하였고, 콘크리트 선단 호스 끝부분이 건물과 비계 사이에 걸려 이를 빼내려 아랫단 안전난간대를 해체한 작업발판에 올라가 작업중 추락(15m)	안전대 미착용 (안전난간해체)
19	강우, 설치 불량으로 비계기둥이 침하하여 수평이 안 맞아 비계가 건물 쪽으로 기울어 비계와 건물 사이 작업 공간이 좁아짐. 공간이 좁아 외벽에 합판을 설치하는 작업이 어려워 이를 넓히려고 비계 위에 서서 비계를 건물 바깥 방향으로 밀어내며 힘을 가하자 비계기둥 변형으로 힘을 받고 있는 상태에서 피재자가 가한 힘이 더해져 클램프 리벳(체결구)의 허용 인장강도를 벗어나 파단되며 안전난간대와 함께 추락 * 상부난간대 고정 불량 : 수직재와 교차부위1곳만 불량 클램프로 고정, 한쪽은 이음 철물로 고정	비계 설치 불량 안전난간 오설치 (상부 난간대 고정불량, 중간난간대 미설치)

번호	세부구분	주요 요인
20	거푸집조립 작업 중 발을 헛디뎌 중간난간대가 없어 상부난간대와 발판사이(1m)로 추락(5m)	중간난간대 미설치
21	건물 외벽 케이싱(얇은 철판) 설치를 위한 너트 체결 작업 중 추락(6.4m)	중간난간대 미설치
22	미장작업중 중심을 잃고 추락(3.8m)	중간난간대 미설치
23	벽면을 향해 앉은 자세에서 외부 벽의 벽돌 먼지 제거 작중업 무게 중심이 뒤로 몰리며 추락(2.2m) *분진방지망은 추락예방 기능 없음	중간난간대 미설치
24	석재 틈새 줄눈작업 중 발판에 구부려 앉아있다가 일어서면서 중심을 잃고 발판과 상부난간대 사이로 추락(23m)	중간난간대 미설치
25	스프레이건으로 방수 작업 중 중간난간대가 미설치된 곳에서 발판과 상부난간대 사이(90cm)로 추락	중간난간대 미설치
26	옥상층 외벽 줄눈 작업 중 앉고 서고를 반복하는 과정에서 중심잃고 발판과 난간대 사이(1.15m)로 추락(9m)	중간난간대 미설치
27	작업에 사용하고 남은 파벽돌 타일 자재를 정리 중 중심잃고 추락(11.5m) *기둥간 간격 2.4m, 중간난간대 없음	중간난간대 미설치
28	조적 작업중 중심잃고 추락(10m)	중간난간대 미설치
29	철근 수직운반작업 중 아랫 단에서 넘겨주는 마지막 철근을 앉은 상태로 받아 바닥에 두고 일어서려다 중심을 잃고 상부난간대와 발판사이(1m)로 추락(8.6m)	중간난간대 미설치
30	철근배근(이음) 작업중 건물측을 보고 쪼그려 앉아 아래 놓여진 철근을 집으로던 중 뒤쪽으로 넘어지며 상부난간대와 발판 사이로 추락(5.7m)	중간난간대 미설치
31	형틀 자재(강관파이프, 합판)를 인상하려고 준비중 추락(5.4m)	중간난간대 미설치
32	지하 15m 지하층(유기화합물 취급 특별장소) 외벽 우레탄 방수작업 중 도포된 유기용제(파라이머에 함유된 톨루엔) 유증기에 중독되어 의식잃고 동료작업자 3명(부상)과 함께 추락(2.9m)	개인보호구(송기마스크, 방독마스크) 미착용, 안전난간 미설치

번호	세부구분	주요 요인
33	흔하지 않은 외벽 마감작업(적삼목 루버를 구부려 설치)에서 인장력이 약한 로프를 반복적 잡아당기는 작업으로 로프가 끊어지며 반동으로 비계발판으로 떨어져 중간난간대와 발판사이로 추락(12.4m)	추락방망(안전방망) 미설치 작업방법 : 섬유로프 강도 부적절
34	관계 근로자가 아닌 시설과장이 통제없이 출입하여 비계 상부난간대에서 사진 촬영 중 중심잃고 추락(12.5m) *안전난간대는 설치되어 있음	출입통제 조치 미실시

다시 정리를 한다면 **건축물의 반대편 방향으로는 작업이 거의 없으므로 안전난간을 중간난간대와 함께 제대로 설치하면 예방이 가능**하다. 작업 여건상 일시적으로 안전난간을 해체하거나 설치가 불가능한 경우에는 안전대를 반드시 착용하고 일시적으로 작업을 한다면 예방이 가능할 것이다.

다음으로 아래의 표는 **비계 상부에서 이동 중 떨어진 사고 7건**에 대한 내용이다. 우선 이동 중에서 발생한 사고의 떨어지는 방향을 보면 비계와 건축물 사이로 떨어지는 경우 3건, 건축물의 반대편(외측)으로 떨어지는 경우 4건으로 이동 중 떨어지므로 양방향 모두 가능하다. 위에서 설명한 작업 중 발생한 사고에서와 같이 비계와 건축물 사이에는 안전난간이 설치가 되지 않는 경우가 많으므로 추락방호망이 없이는 예방이 어려우며, 건축물 반대편으로 떨어지는 사고는 안전난간으로 막아야 한다. 이동 중 발생하는 사고에서는 이동통로가 중요하다. 1번부터 4번까지 4건이 이동 통로가 없는 상태에서 비계 구조물을 이용하여 상부와 하부로 이동 중 발생하였다. 5번은 이동 통로를 설치는 하였으나 작업발판과 높이가 맞지 않아 인간의 실수를 유발할 수 있는 상태로 설치하여 높이 차이에 의해 발을 헛딪는 오류를 범하게 하였다. 6번과 7번은 안전난간으로 예방했어야 하는데 6번은 안전난간은 설치되어 있으나 중간난간대의 위치가 80cm 위치에 설치되어 작업발판과 중간난간대 사이로 떨어지는 사고였다. **이동통로를 설치하여 안전하게 상단과 하단을 오갈 수 있도록 하는 것이 중요**하다. 그러나 한편 이

동통로가 있다 하더라도 작업을 위한 동선이 길어지는 경우 작업자들이 이동통로를 이용하지 않고 비계를 밟고 이동하게 되는 문제가 있어 해결이 쉽지 않다. 따라서 이동통로의 설치와 함께 **건축물 반대편(외측) 뿐만 아니라 비계와 건축물 사이에도 안전난간을 설치**하는 방법이 해결 방안이라 할 것이다.

<부표 9> 비계에서 이동 중 떨어진 사고사망

번호	세부구분	주요 요인	방향
1	6층 비계 위 적재된 철근을 내리기 위해 적재상태를 확인하고 창호 틀을 밟고 6층 바닥으로 내려오다 추락(1.2m)	이동통로 미설치	건물측
2	거푸집 (폼타이와 웨지핀)고정 작업을 위해 11단에서 12단으로 이동 중 건물벽체와 비계사이(50cm)로 추락(27m) *외측은 추락방지망까지 잘 설치 되어 있음	이동통로 미설치 안전난간 미설치	건물측
3	벽체 돌붙임 작업중 비계기둥에 체결된 클램프를 밟고 올라가던 중 비계와 건물사이(60cm)로 추락	이동통로 미설치 안전난간 미설치	건물측
4	외벽 미장 작업을 마치고 띠장 2단 부위에서 아랫 단으로 자재 공구 통을 들고 이동 중 추락(3.7m)	이동통로 미설치 (중간난간대 미설치)	외측
5	외벽 석재 고정 작업 중 가설계단의 첫번 째 답단이 비계 작업발판 보다 1m아래 설치되어 발을 헛딛어 계단 아래로 추락(2.6m)	이동통로 설치 불량	외측
6	다락방 창호를 통해 비계로 나가 방수재를 지붕으로 운반하는 작업 중 발판과 중간난간대 사이로 추락(12.6m)	중간난간대 설치 높이 불량(80cm)	외측
7	발판에 적재된 거푸집 자재(합판)를 운반중 추락(5.4m)	안전난간대 미설치	외측

쌍줄비계 사고의 마지막으로 아래의 표는 비계위에서 작업하던 작업자가 아니라 **비계의 넘어짐으로 인해 지상에서 작업을 하던 작업자가 사망한 사고**이다.

건수는 비록 1건이지만 비계의 넘어짐 사고가 발생하는 경우 비계 위에서 작업을 하는 노동자 모두의 사고로 이어질 수 있는 위험한 상황이므로 비계의 넘어짐 사고는 심각한 상황을 만들 수 있다. 따라서 비계의 안정성이 유지될 수 있도록 설치 기준에 따라 설치를 하여야 할 것이다.

<부표 10> 비계의 전도로 인한 사고사망

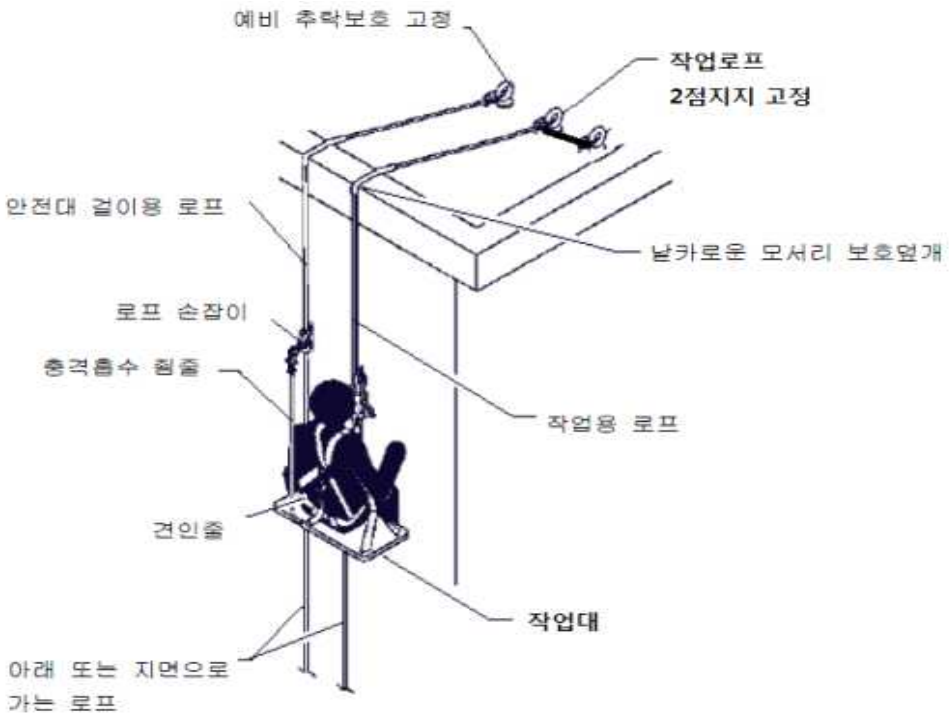
번호	세부구분	주요 요인
1	건물전면에 설치된 비계(높이 16.6m, 길이 81m)의 설치가 불량(교차가새 미설치, 기둥 간격, 벽이음 대신 사재를 설치하였으나 지지에 미흡)한 상태에서 작업자 임의로 비계 버팀(2층)을 해체함으로써 자중과 외력(풍하중)을 견디지 못하고 비계 전체가 무너져 지상에서 작업 중이던 피재자를 덮쳐 사망	비계설치 불량

2) 달비계에서의 사고사망 사고

(1) 달비계의 정의 및 분류 방법

달비계는 상부의 가설 또는 본 구조물에 와이어로프, 섬유로프 등으로 작업대를 매단 형태로 작업대의 수직 이동이 가능한 비계로 건물의 도장, 견출 및 청소 작업 등에 주로 사용하는 비계이다[12]. 달비계의 구조와 설치된 상태의 모습과 명칭은 아래의 그림과 같다.

12) 고용노동부, 산업안전보건연구원, 부산도시공사(2019), 건설현장 비계작업안전 실무 안내서.



[부록그림 6] 달비계의 구조 및 설치

달비계에 의한 사고사망 총 45건을 작업 단계에 따라 “작업시작 단계”, “작업 중인 단계”, “해체 단계”로 구분하였으며, 이를 다시 “사람의 행동 관련 문제[13]”와 “설비의 문제”로 구분하였다. “사람의 행동 관련 문제”는 사람이 실수로 “균형을 잃음”과 작업 로프 지지 고정 방법이 불량하여 “로프가 풀림”으로 구분하였다. 로프의 풀림은 비계의 문제로 볼 수 있으나 작업시작 전 2개소 이상 견고하게 로프를 고정한다면, 로프가 풀리는 문제를 예방할 수 있다 판단되어 사람의 문제로 분류하였다. “균형을 읽음”은 작업을 시작하기 위해 달비계의 작업대에 앉는 시점에 많이 발생되어 이를 별도로 구분하였다. 달비계의 경

13) 사람이 잘못을 하더라도 사고가 발생안하도록 예방할 수 있어야 하는 것이 기본이므로 사고의 원인을 사람의 문제로 보면 안됨. 다만, 여기서는 비계에서 발생하는 설비의 문제와 구분하여 보기 위해 “사람의 행동 관련 문제”로 표현하였음에 해석에 오해가 없기를 바람

우 작업용 지지로프의 파단이 중요한 사고 원인이 되고 있어 작업 로프의 파단을 “노후된 로프를 사용”하여 파단되는 경우와 지지된 지점의 날카로운 모서리 등에 마찰에 의해 파단되는 경우로 구분하였다.

(2) 분석 결과

달비계에서 발생한 사망 사고 총 45건은 수직구명줄을 미설치하여 안전대를 미부착한 상태에서 발생한 것이며 안전대를 부착하였다면 모두 예방 가능하다. 수직구명줄에 안전대를 미부착한 문제 속에서 사망 사고가 발생한 원인별 유형을 분류하면 아래의 표와 같다. 달비계의 경우 사고 경위가 단순하여 정리된 표로 파악이 가능하므로 세부 사고내용은 별도로 정리하지는 않았다.

<부표 11> 달비계의 사고 발생 유형별 발생 건수 및 비율(%)

구분	건수	%	대분류	중 분 류	세 분 류	건수	%	건수	%
	45	100				45	100	40	88.9
작업 시작	15	33.3	행동관련 문제	균형을 잃음	스스로 균형을 잃음	1	2.2		
					작업대 탐승 중 균형을 잃음	7	15.6	**7**	**15.6**
				작업용 지지로프의 **고정방법 불량으로 로프가 풀림**		7	15.6	**17**	**37.8**
작업 중	29	64.4	행동관련 문제	작업용 지지로프의 **고정방법 불량으로 로프가 풀림**		10	22.2		
				균형을 잃음	스스로 균형을 잃음	1	2.2		
			비계관련 문제	**작업용 지지로프 파단**	노후된 로프 사용으로 파단	8	17.8	**12**	**26.7**
					지지되는 모서리의 마찰로 인한 파단 (모서리 보호덮개 미설치)	4	8.9		
				작업용 지지로프 **고정 장치의 파단 및 이탈**		4	8.9	**4**	**8.9**
				안전대 걸이 로프 고정 철제(샤클) 불량으로 로프 풀림		1	2.2		
				지지로프가 지면까지 내리지 않고 짧게 설치하여 하강 중 추락		1	2.2		
해체 시	1	2.2	행동관련 문제	균형을 잃음	스스로 균현을 잃음	1	2.2		

작업자가 스스로 균형을 잃고 떨어지는 경우는 작업의 단계(시작 단계, 작업 중, 해체 시)와 관련 없이 발생하고 있다. 높은 위치에서 로프에 의지하여 작업을 하는 작업의 특성상 작업자가 균형을 잃고 떨어질 수 있는 구조이다. 작업을 시작하는 단계에서 비계에 **탑승 중 균형을 잃어 떨어지는 사고가 7건(15.6%)**인 점은 주목할 만하다. **작업용 지지 로프의 고정 방법이 불량[14]하여 작업 로프가 풀려서 사망한 경우**가 **17건(37.8%)으로 가장 많다**. 작업용 지지로프의 고정이 불량하여 로프가 풀린 사고 17건은 작업을 시작하는 순간에 즉시 발생한 경우가 7건, 작업 중에 풀린 것이 10건으로 작업 단계와 관계없이 확실히 고정을 하였는가의 문제이다. 작업 중 발생한 사고에서 로프를 묶어 놓았던 철근 고리, 연결 철물이 파단되거나 이탈되어 발생한 "작업용 지지로프 고정 장치의 파단 및 이탈" 사고 4건(8.9%)을 지지로프의 고정 문제로 본다면 지지로프의 고정 문제로 발생하는 사고는 21건으로 **지지로프의 고정 문제는 달비계에 의한 사고 중 46.7%를 차지하는 핵심요인**이라 할 것이다. 다음으로 **작업용 지지 로프의 파단으로 인한 사고가 12건(26.7%)**로 두 번째로 많다. 로프의 파단은 노후된 로프를 사용하여 발생한 경우가 8건(17.8%), 로프를 설치한 건물 등의 지지되는 모서리에 모서리 보호 덮개를 설치하지 않아 로프에 지속적인 마찰이 생겨 파단되는 경우가 4건(8.9%)이였다. 작업용 지지로프 외에 안전대 걸이용 로프를 설치하여 안전대를 착용하고 작업하면 가장 좋지만 안전대를 미착용하더라도 위에서 언급한 탑승시 균형을 잃고 떨어지는 경우, 작업용 지지로프 고정 불량, 작업용 지지로프 파단의 문제가 40건으로 전체의 88.9%였다.

(2) 달비계에 의한 사고사망의 예방

달비계를 이용하는 작업은 일시적인 작업으로 행해지므로 작업 현장에 대한

14) 철근 고리, 조형물 등에 묶었던 로프가 풀리는 경우, 지지대가 들려서 로프가 빠지는 경우가 대부분임

정부의 행정 감독의 대상이 되기 어렵다. 따라서 현장의 관리감독자와 안전관리자의 역할이 중요하다. 작업자들이 로프에 자신의 생명을 의지하는 작업이므로 스스로 안전을 지키고자 하겠지만 작업자들이 작업을 시작하기 전 안전한 작업을 할 수 있는 준비가 되었는지를 현장의 관리감독자와 안전관리자가 확인을 한 후 작업이 시작되는 것이 달비계 사고의 예방에 있어 무척 중요하다. 사전 확인만 하여도 거의 모든 사고가 예방 가능하기 때문이다. 관리감독자와 안전관리자가 확인해야 할 사항은 다음과 같다. **첫째, 가장 중요한 사항은 작업용지지 로프 뿐만 아니라 예비 추락 보호를 위한 수직구명줄을 별도의 구조물에 결속하여 안전대를 착용한 후 작업대에 탑승**하도록 해야 한다. 수직구명줄을 이용하여 안전대를 착용한다면 거의 모든 사고가 예방 가능하다. **둘째, 작업용 지지 로프는 부러지거나 파단되지 않는 견고한 구조물에 2개소 이상 풀리지 않도록 결속한 것을 확인** 후 작업이 시작되어야 한다. 지지로프의 고정 불량에 의한 사고가 위에서 본 바와 같이 46.7%이므로 로프를 1개소에 고정하는 것이 아니라 2개소에 고정한다면 1개의 고정 부분에 문제가 생기더라도 사고는 예방 가능하다. 추가적으로 향후에는 건축물의 설계 시부터 건축물의 옥상과 같은 최상부에 고리 앵커를 3m 이내에 2개소 이상 설치하도록 하는 것도 실천 가능한 방법이라 할 것이다. **셋째, 로프의 파단 문제를 예방할 수 있도록 작업 전 작업용 지지 로프와 수직구명줄의 손상 유무를 점검**하여 노후 된 로프의 사용을 금지 조치하여야 한다. 로프의 관리를 위해 모든 로프에 생산자의 상호, 길이/크기, 생산일, 작업 투입일, 안전하중이 모두 표시된 꼬리표를 부착하고, 현장에서 검사 후 날짜와 결과를 기록하는 것이 좋은 방법이 될 수 있다. 이를 통해 로프는 사용된 날로부터 2년 이상, 제조일로부터 3년 이상시 사용을 현장에서 금지하도록 관리한다면 로프의 파단 사고를 예방할 수 있을 것이다. **넷째, 로프가 작업중 구조물과의 마찰로 인한 파단 사고를 예방하기 위하여 구조물의 접속부에는 가죽, 금속, 플라스틱 등 로프 보호대가 설치되었는지를 확인**하여야 한다. **마지막으로 작업시작 시점에서 사고의 33.3%가 발생하므로 작업대 탑승시 안전한 상태에서**

탑승이 가능하도록 조치하고 작업 시작될 때까지 현장에서 확인을 하여야 한다. 위의 사항이 현장에서 조치된다면 달비계에 의한 사고는 거의 모두 예방 가능하다 판단된다.

3) 이동식 비계(틀비계)에서의 사고사망 사고 분석 및 예방

(1) 이동식 비계(틀비계)의 정의 및 분류 방법

이동식 비계(틀비계)는 타워형태로 조립한 틀조립 구조의 최상층에 작업발판과 안전난간을 설치하고 각주 밑부분에 바퀴를 부착한 구조의 비계이다[15]. 달비계의 구조와 설치된 상태의 모습, 명칭은 아래의 그림과 같다.

[부록그림 7] 이동식 비계의 구조 및 설치

15) 고용노동부, 산업안전보건연구원, 부산도시공사 (2019), 건설현장 비계작업안전 실무 안내서.

이동식 비계에 의한 사고사망은 총 34건으로 이를 “설치 중 사고(1건, 2.9%)”, “비계에서의 이동 중 사고(10건, 29.4%)”, “작업 중 사고(19건, 55.9%)”, 비계의 넘어짐 사고(4건, 11.8%)로 구분하였다[16].

(2) 분석 결과

이동식 비계의 설치 중 사고, 비계에서의 이동 중 사고, 작업 중 사고, 비계의 넘어짐 사고를 정리하면 아래의 표와 같다. 대부분의 사고의 경우 예방을 위해서는 안전난간의 설치와 안전대 착용이 가장 중요하다. 그러나 전도방지조치 미설치, 바퀴구름 방지장치의 미고정으로 인하여 비계가 움직여서 발생하는 사고는 7건(20.6%)으로 이동 중, 작업 중, 비계의 전도의 작업 상황과 관계없이 사망사고의 원인이 되므로 비계가 움직일 위험이 없도록 안정적인 상태에서 작업이 필요하다.

<부표 12> 이동식 비계의 사고 발생 유형별 발생 건수 및 비율(%)

구분	건수	%	재해 발생 주요 요인		건수	%
	34	100			34	100
설치중	1	2.9	안전대 미착용		1	2.9
이동중	10	29.4	상하이동	수직구명줄 미사용	6	17.6
				전도방지조치 미설치로 비계가 움직여 추락	**2**	**5.9**
				중간난간대 탈락으로 함께 추락	1	2.9
			수평이동	작업대 위에 사람이 있는 상태에서 비계 이동	1	2.9
작업중	19	55.9	안전난간대 미설치 및 오설치		11	32.4
			바퀴구름 방지장치 미고정으로 비계가 움직여 추락		**2**	**5.9**
			작업발판 설치 불량		2	5.9

16) 1건은 출입 금지된 구역에 임의로 출입하여 발생한 사고로 불류 불능

구분	건수	%	재해 발생 주요 요인	건수	%
	34	100		34	100
			설치위치가 바르지 않아 비계 밖으로 상체를 내민 상태로 작업	1	2.9
			천장의 작업 물체가 떨어져 그 충격으로 추락	3	8.8
비계의 전도	4	11.8	전도방지조치 미설치, 바퀴구름방지 미고정으로 비계가 움직여 추락	**3**	**8.8**
			설치위치가 바르지 않아 비계 밖으로 상체를 내민 상태로 작업	1	2.9

가) 비계 설치 중 사고사망

이동식 비계(틀비계)의 경우 “설치 중 사고”는 1건(2.8%)으로 설·해체시 사고는 적으나 발판위에서 난간대 등을 조립하는 현재의 작업 방법으로는 안전대 말고는 예방이 어려우며, 작업 여건상 안전대 착용도 쉽지 않다. 앞의 쌍줄비계에서 언급한 바와 같이 비계의 하단에서 안전대와 작업발판이 있는 안전한 작업공간에서 상단의 안전난간과 작업발판을 설치하는 “비계 안전난간 선행공법의 도입 등 새로운 작업방법이 필요하다.

나) 비계에서의 이동 중 사고사망

이동식비계(틀비계)에서 이동 중 발생한 사고는 10건으로 아래의 표와 같다.

<부표 13> 이동식 비계의 이동 중 사고 사망

번호	재해내용	승강사다리 이용여부	주요 요인
1	철선으로 연결된 중간난간대를 잡고 내려오려 하던 중 난간대가 탈락하며 함께 추락(5.2m)	미이용	중간난간대 고정불량
2	3단 비계 2개를 붙여놓고 비계 사이로 양쪽 수직통로를 밟고 내려오던 중 미끄러져 떨어짐(4.5m)	미이용	
3	비계에서 사다리로 내려오다 발을 헛딛어 추락(3.5m)	이용	
4,5 (2건)	승강 사다리 잡고 이동 중 미끄러져 추락(3.5m, 3.1m)	이용	

번호	재해내용	승강사다리 이용여부	주요 요인
6	상부난간대와 중간난간대 사이로 이동하여 승강 사다리를 통해 비계 1단에서 내려오던 중 추락(2.3m)하여 머리 부딪힘	이용	
7	비계 1단에서 내려오던 중 추락(2.3m)	불명확	
8	1단에서 내려가는 과정에서 아웃트리거와 바퀴구름장치가 고정되지 않아 틀비계가 이동하며 중심을 잃고 떨어짐	불명확	전도방지조치 미실시
9	승강 사다리가 있었으나 전면 교차가새를 밟고 비계에 올라가는 중 비계가 움직여 뒤로 추락(1m)	미이용	전도방지조치 미실시
10	발판위 작업자의 신호에 따라 바퀴구름 방지장치를 해제하고 이동시키던 중 균형을 잃고 추락(2.3m)	비해당 (상하이동 아님)	안전난간 미설치

10번을 제외한 9건 모두 작업자가 상하로 이동 중 발생하였다. 10번의 재해는 작업자가 상부에 있는 상태에서 비계를 이동시킴으로 발생한 사례로 부적절한 작업 방법과 안전난간대 미설치가 사망의 주요 요인이다. 비계에서 상하로 이동할 때는 승강사다리를 이용하도록 되어 있다. 그러나 **상하 이동시 승강사다리를 이용하여도 사망 사고는 발생**함을 알 수 있다. 상하로 이동하다 사망사고가 발생한 9건에서 사다리 이용여부가 불명확한 2건을 제외한 7건 중 사다리를 이용하여 이동 중 사고가 4건(57%), 사다리를 이용하지 않고 비계 가새 등을 이용하여 이동하며 발생한 사고가 3건(43%)이다. 이러한 상황을 볼 때 상하 이동시에는 “수직구명줄”을 이용하여 “안전대”를 거는 방법이 유일한 대책이나 상하 이동시 안전대를 착용하라는 것은 문화로 정착될 때까지 지속적인 단속을 하기 전에는 정착되기 어렵다. 불편하기 때문에 작업자들이 안전대를 착용하고 이동하려 하지 않을 것이다. 따라서 **궁극적인 방법으로 1단(2m 미만)의 낮은 이동식비계는 안전모 착용**을, 2단 이상의 이동식 비계는 아래의 그림과 같이 **승·하강 사다리를 비계 내부에서 이용**하도록 **개폐형 작업 발판 설치**(개폐형 작업발판 인증 필요)[17]가 필요하다. 현재와 같이 비계의 외부에 일자로 설치된 사다리는 떨어짐에 의한 사망사고의 위험은 항상 존재한다. 그

러나 비계의 내부에 사다리를 설치하고 한단 한단 올라갈 수 밖에 없는 구조로 만든다면 떨어짐의 최대 높이가 낮아지므로 사고사망을 줄일 수 있을 것이다.

[부록그림 8] 이동식 비계의 승 · 하강로 개선 사례

승강사다리 문제를 제외하고 이동 중사고를 세부적으로 살펴보면 떨어지는 원인으로 바퀴에 “구름방지장치” 미설치와 아웃트리거 등 “전도방지조치”가 안 되어 상하 이동 중 비계가 움직여 떨어진 경우가 2건(22.2%, <표>의 7번, 8번)이다. 또한, 비계의 설치 불량으로 “중간난간대”가 견고하게 고정되어 있지 않아 중간난간대를 잡고 내려오려는 순간 중간난간대가 탈락하여 함께 추락한 사례 1건(11.1%, <표 5>의 1번)이였다.

17) 고용노동부, 산업안전보건연구원, 부산도시공사 (2019), 건설현장 비계작업안전 실무 안내서.

다) 비계에서의 작업 중 사고사망

이동식 비계(틀비계)의 “작업 중 사고”는 19건으로 아래의 표와 같다. 19건 재해는 **“안전난간대”가 설치되었다면 모두 예방 가능**하였다 판단된다. 19건 중 안전난간을 설치는 하였으나 기준에 맞지 않게 잘못 설치한 경우가 4건이였으며, 그 외 15건은 안전난간을 미설치한 경우이다. 기준에 맞지 않게 잘못 설치한 4건은 작업 여건상 1면의 난간대를 제거한 경우가 1건, 설치는 하였으나 상부난간대가 없는 등 너무 낮게 설치하여 추락을 방지할 수 없는 경우가 3건이였다.

<부표 14> 이동식 비계의 작업 중 사고 사망

번호	재해내용	난간대 외 주요요인	난간대 설치여부
1	작업을 하다 비계가 움직이며 균형을 잃고 추락(1.9m)	바퀴구름방지장치 미고정	미설치
2	작업발판 위에 사다리 놓고 작업을 하다 비계의 갑작스런 이동으로 추락	바퀴구름방지장치 미고정	미설치
3	작업발판에서추락 : 설치 불량(가새재, 수평재, 벽이음 미설치로 자체 유동 발생), 작업발판 설치 불량(폭 좁고, 견고한 고정이 안되 돌아갈 위험)	작업발판 설치 불량	미설치
4	폭 40cm 발판 1개만 설치하여 개구부 발생	작업발판 설치 불량	미설치
5	바닥에 철판이 있어 설치위치를 작업위치에서 80cm 떨어져 설치하여 작업발판 밖으로 상체를 내밀어 전선을 절단하다 전선이 아래로 떨어지며 같이 추락	설치 위치 문제로 작업방법 부적절	미설치
6	난간없는 작업발판 위에 간이 의자를 놓고 앉아 조금씩 움직이며 작업하다 단부를 못보고 의자와 함께 추락(4m)		미설치
7	작업발판위로 돌출된 주틀에 걸려 넘어짐(1.35m)		미설치
8	조적 작업 중 몸의 중심잃고 추락(3.4m)		미설치
9	작업대에서 물마시려 돌아서다 추락(3.5m)		미설치
10	작업발판에서 작업중 추락(1.8m)		미설치
11	발판에서 작업 중 바닥으로 추락(1.7m)		미설치

번호	재해내용	난간대 외 주요요인	난간대 설치여부
12	도색 작업중 추락(3m)	파악 불가	미설치
13	도장작업중 추락(1.6m)	파악 불가	미설치
14	셔터 해체작업중 셔터가 낙하하며 피재자를 가격하여 추락(3m)	물체의 낙하 (작업방법불량)	미설치
15	셔터 해체작업중 셔터가 낙하하며 피재자를 가격하여 추락(3m) *14번과 다른 재해임	물체의 낙하 (작업방법불량)	미설치
16	2단 작업발판에서 덕트 설치작업 중 임시 고정한 덕트가 떨어지며 그 충격으로 추락(3.4m) 덕트 부피가 커서 덕트를 올리는 구간에 난간 해체 * 안전난간을 임시 해체시 안전대 착용해야 함	물체의 낙하 (작업방법불량)	오설치
17	작업중 추락. 안전난간이 X자로 잘못 설치(교차점 75cm)되어 방호기능 못함(1.93m)		오설치
18	작업발판에서 작업중 추락(1.8m) * 안전난간대를 1개만 비스듬이 낮게 설치(낮은 쪽 0.35m, 높은 쪽 0.63m)		오설치
19	비계 2단(3.5m)에서 작업하다 추락 (주변 구조물 간섭으로 상부난간대 미설치, 중간난간대는 가새재를 이용하여 철사로 연결)		오설치

작업대 발판 위에서 작업 과정에서 발생한 떨어짐 사례 총 19건 중 11건(57.9%, 파악불가 2건 포함)은 “안전난간대” 외에는 대책이 어렵다. 그 외 8건은 안전난간대가 있었더라면 사망사고로 까지 이어지지 았을 수 있겠으나, 사고의 사전예방을 위해 미끄럼 방지 장치, 작업발판의 설치 등을 통해 막을 수 있는 사고이다. 안전난간대 미설치를 제외한 다른 예방조치로 사고 예방이 가능한 사례 8건을 정리하면 아래의 표와 같다.

<부표 15> 안전난간대 미설치를 제외한 사고의 주요 요인

번호	주 요 요 인	건수 (건)	비율 (%)	<표 3-14>의 해당 번호
1	바퀴구름방지 장치 미고정으로 비계가 움직여 떨어짐	2	10.5	1번, 2번
2	개구부 발생 등 작업 발판 설치 불량으로 떨어짐	2	10.5	3번, 4번
3	작업 방법 부적절 - 작업 하던 물체가 떨어져 충격으로 떨어짐(3건) - 설치 위치가 작업해야 하는 위치와 안맞아 상체를 비계 밖으로 기울여 작업 중 떨어짐(1건)	4	21.0	5번, 14번, 15번, 16번

라) 비계의 전도(넘어짐)에 의한 사고사망

이동식 비계(틀비계)의 넘어짐으로 인한 떨어짐 사망사고는 총 4건(11.4%)으로 1건(2번 재해)은 비계에서 이동 중 발생한 것이고 3건은 비계에서의 작업 중 발생한 것이다. 4건에 대한 세부 내용은 아래의 표와 같다.

<부표 16> 이동식 비계(틀비계)의 전도(넘어짐)으로 인한 사고사망

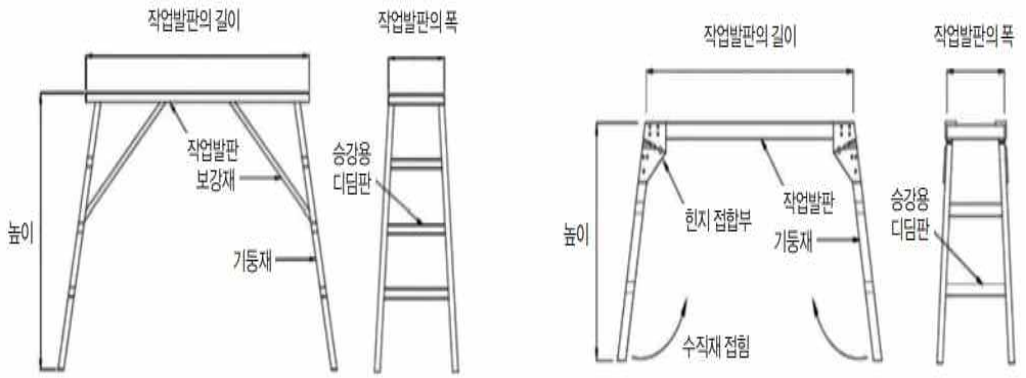
번호	재해내용	안전난간 외 주요요인	안전난간 설치여부
1	좌우 주틀 부재를 다른 제품을 사용하여 수평이 맞지 않아 흔들거리고, 하부 전도방지조치가 안된 상태에서 130kg의 작업하중으로 노후된 가새재(핀)가 부러지며 비계 전도	전도방지조치 미실시 노후된 비계	미설치
2	비계를 이용하여 지붕 위로 올라가던 중 비계가 흔들리며 전도되어 함께 추락(5m)	전도방지조치 미실시	미설치
3	비계위에서 몸의 반동을 이용하여 비계를 움직이려 하다가 비계가 옆으로 이동하며 바퀴 한 축이 단차(18cm) 구간 하부로 빠지며 기울어져 비계 전도(3.7m)	바퀴구름방지장치 미고정 작업방법부적절	미설치
4	천장 급수관 누수지점 용접작업시 물분출 및 감전우려로 작업장소에서 떨어뜨려 설치하여 난간에 올라가 작업을 하다 상단부(2단, 3단)이 전도되며 추락(6m) (비계 인증 기준 적합, 가세 결속, 연결핀, 아웃트리거 거치 상태 등 모두 정상)	작업방법 부적절 (설치위치 문제)	미설치

이동식 비계(틀비계)의 넘어짐 사고는 아웃트리거 등 전도방지조치, 바퀴구름 방지장치 미고정으로 비계가 흔들리는 경우 주로 발생(3건, 75%)하였다. 비계의 전도(넘어짐)는 사망사고와 직결되므로 설치 전 자재의 이상 유무 확인, 작업 중 비계가 고정 상태 확인이 필수라 할 것이다.

4) 말비계에서의 사고사망 사고 분석 및 예방

(1) 말비계의 정의 및 분류 방법

말비계는 접이식 사다리 또는 우마(지주부재)를 지주로 이용하여 작업발판을 지지하도록 조립하여 사용하는 비계로 설치와 이동이 용이하여 주로 건축물의 천장과 벽면의 실내 내장 마무리 등을 위해 바닥에서 일정 높이의 발판을 설치하여 주로 낮은 높이의 작업에 사용하는 비계이다. 최대 설치 높이 1.5m를 원칙으로 하고 있으나 KOSHA GUIDE에서는 안전을 위해 1.2m 미만으로 규정하고 있다. 부득이하게 1.5m를 초과하여 설치하는 경우 안전한 승강을 위해 손잡이와 전도방지장치(아웃트리거)를 설치하고 작업발판 단부에 안전난간 설치 등을 하여야 한다[18]. 말비계의 구조와 설치된 상태의 모습과 명칭은 아래의 그림과 같다.



[부록그림 9] 일체형 말비계(좌)와 접이식 말비계(우)의 구조

18) 고용노동부, 산업안전보건연구원, 부산도시공사(2019), 건설현장 비계작업안전 실무 안내서.

달비계에 의한 사고사망 총 9건을 “비계 위 작업 중 사고”와 “이동중 사고”로 구분하였다.

(2) 분석 결과

말비계에서 발생한 사망 사고는 총 9건으로 말비계로 올라가거나 내려오는 이동 중 발생한 사고가 2건, 비계 위에서 작업 중 발생한 사고가 7건이였으며 그 내용은 아래의 표와 같다. **말비계는 높이가 낮으므로 사망사고를 예방하기 위한 가장 좋은 방법은 안전모의 착용**이다. 물론 안전모의 착용만으로 모든 사고를 예방할 수 있는 것은 아니다. 9건 중 2건(7번, 8번)의 재해는 안전모를 정상적으로 착용했음에도 불구하고 사망하였다. 2건은 1.2m, 1.1m 높이의 말비계로 높이가 1m가 넘어가면 위에 서 있는 사람의 키가 1m가 넘으므로 2m 이상에서 예상치 못하게 떨어지는 경우 머리부터 떨어진다면 안전모의 착용으로도 사망사고를 예방하지 못한다. 그러나 비계가 넘어지지 않는 구조로 난간대를 설치하는 등 떨어짐을 방지할 수 있는 안전한 구조로 변경하지 않는 한 현실적으로 가장 좋은 방법은 안전모의 착용이라 할 것이다. 안전모 착용의 문제를 제외하고 주요 요인을 살펴보면 1번과 6번 재해는 말비계 설치 상의 결함으로 인해 발생한 재해로 고정용 볼트와 고정핀이 탈락되며 비계가 쓰러져 발생한 것으로 설치 상태의 확인이 필요하다. 3번과 4번의 재해는 개구부(창틀, 엘리베이터 피트 등), 단부 주변에서 말비계 작업 중 실족하여 개구부(단부)를 통해 떨어지는 사고의 경우는 안전대를 착용하거나 말비계 작업발판 높이를 기준으로 안전난간대의 높이를 맞추어야 한다. 7번과 8번 사고는 작업방법 상의 문제로 7번 사고는 발판 높이에서 2.5m 위의 위치에 작업을 해야 하는 상황에서 이동식 비계를 설치하지 않고 손쉽게 설치가 가능한 말비계를 놓고 작업한 것으로 작업 높이에 맞는 안전한 작업발판을 설치하지 않은 것이 문제였으며, 8번 사고는 말비계의 양측 끝단에서 작업할 경우 비계가 넘어질 위험이 높고 불안정하므로 작업 위치 아래에 말비계를 설치하여 양끝단에서 작업을 하지 않도록 해야 할 것이다.

<부표 17> 말비계에서의 사고사망

구분	번호	재해 개요	주요 요인
이동중	1	말비계(높이 1.3m, 폭 0.9m, 길이 2m, 재질 강재)에서 내려오던 중, 말비계 우측 지주부재를 고정하는 보조부재의 고정용 너트가 풀려 이탈. 말비계 지주가 미끄러져 재해자가 몸의 중심을 잃고 뒤로 넘어지면서 콘크리트 바닥에 머리가 부딪힘	설치불량 (지주부재와 수평면 기울기 79.5도 및 부재 고정 불량) *기준 75도 이하 *안전모 턱끈 미체결
	2	여성인 재해자가 벽 타일과 타일사이에 줄눈 넣기 작업을 위해 말비계(높이 50cm, 폭 30cm, 길이 1.2m, 재질 알루미늄, 비계는 인증제품으로 규격 이상 없음) 위로 한 번에 올라가던 중 수평방향으로 힘이 작용하여 말비계가 반대편으로 넘어지면서 콘크리트 바닥으로 떨어짐 *고령, 저신장인 경우 중간 계단없이 말비계위로 한번에 올라가는 것이 무리한 동작을 유발할 수 있음	안전모 미착용
작업중	3	말비계에서 해머드릴을 사용하여 12층 엘리베이터 출입구 상단 콘크리트 할석작업 중 몸의 중심을 잃고 엘리베이터 출입구의 상부난간대(난간대 높이는 1.16m이나 말비계 작업발판에서 상부난간대까지의 높이는 28cm)와 출입구 사이로 엘리베이터 피트를 통해 지하 1층 바닥(38.7m)으로 떨어짐	안전대 미착용 (안전모 미착용)
	4	아파트 옥상 단부에 설치된 말비계 위에서 계단실 옥탑 외벽을 핸드 그라인더로 면갈이 작업 중 지상으로 떨어짐(70m)	안전대 미착용
	5	말비계(높이 : 73cm, 폭 28cm, 발판길이 1.73m, 알루미늄 재질)에서 내부 칸막이벽 도장작업 중 중심을 잃고 바닥으로 떨어져 두부손상	안전모 미착용
	6	말비계(높이 40cm, 폭 40cm)위에서 실내 도배작업(천장(높이 2.3m)과 벽체를 향해 작업) 중 중심을 잃고 떨어짐	안전모 미착용
	7	말비계(높이 75cm)위에서 시멘트 몰탈(시멘트와 모래를 물로 반죽한 것)을 바르는 작업 중 비계의 중간부분이 꺾여 접히는 과정에서 중심을 잃고 떨어지며 콘크리트 벽에 무딪힘	설치 불량 (연결지지대 고정핀이 이탈되며 탈락) * 안전모 미착용
	8	키 169cm인 재해자가 말비계(높이 1.2m)에서 전선관 배관을 설치(설치 높이 3.7m, 발판에서 높이 차이 2.5m)하던 중 중심을 잃고 넘어지며 뒷편의 H빔에 머리를 부딪힌 후 바닥에 떨어짐	작업방법 부적절 (작업 높이에 맞는 이동식 비계 미설치) *안전모 착용

구분	번호	재해 개요	주요 요인
	9	말비계(높이 1.1m, 폭 0.4m, 길이 2m, 알루미늄 재질) 위에서 발코니 천장 견출작업을 위해 작업발판 좌측 끝부분에서 작업반경의 최대지점까지 팔을 뻗어 핸드그라인더로 천장 면정리 작업 중 중심을 잃고 콘크리트 바닥으로 떨어짐	작업방법 부적절 (비계를 작업위치로 이동하지 않고 발판 끝부분에서 작업) *안전모 착용
	10	말비계(높이 : 0.95m, 폭 0.4m, 발판길이 1.2m, 알루미늄 재질)에서 객실 화장실 상부 환기배관(flexible, 높이 : 2.4m)) 연결 작업을 완료한 후, 불명의 원인에 의하여 말비계에서 떨어지며(추정)두부손상	안전모 착용 여부 확인 불가

5) 외줄비계에서의 사고사망 사고

외줄비계는 강관비계의 일종으로 쌍줄비계와 달리 비계기둥이 1열인 비계이다. 강관비계는 쌍줄로 설치하는 것을 원칙으로 하며, 쌍줄로 설치가 불가한 경우에 한하여 외줄로 설치할 수 있으며, 이 경우에도 브래킷 등으로 작업발판을 설치하고 단부에는 안전난간을 설치하여야 한다[19]. 그러나 현장에서는 작업발판이나 안전난간의 설치없이 비계기둥과 수평재만 있는 경우가 대부분이다. 따라서 작업을 할 수 있는 **발판도 없이 강관파이프에 서서 작업을 하는 등 사고발생의 위험이 높은 위험한 상태에서 작업을 하게 되는 경우가 많으므로 안전대 착용이 필수적**이다.

아래의 표에 외줄비계에서 발생한 4건의 재해사례를 정리하였다. 해체 중 사고가 3건이나 이는 모두 작업을 위한 외줄비계가 아니라 건설현장 울타리에 치는 가림막(분진막) 설치에 사용되는 강관의 해체 작업을 외줄비계로 분류한 것이며, 작업 중 사고 1건이 실질적인 작업용 외줄비계에서의 사고이다. 외줄비계의 사고 건수가 4건으로 적은 비중을 차지하는 것은 위험성이 낮은 것이 아니고 외줄비계의 사용이 현장에서 많지 않기 때문일 것이다. 1번에서 4번의 사고와 같이 현장

19) 건설현장 비계작업 안전 실무 안내서(2019)

울타리에 설치된 외줄비계 **강관의 해체를 위해서는 강관파이프에 올라서서 작업을 하지 말고 원칙적으로는 고소작업대 등을 이용하여 작업발판 위에서 작업**을 해야 한다. 4번의 사고와 같이 작업발판을 설치하였다면 안전난간 역시 설치되어야 할 것이다.

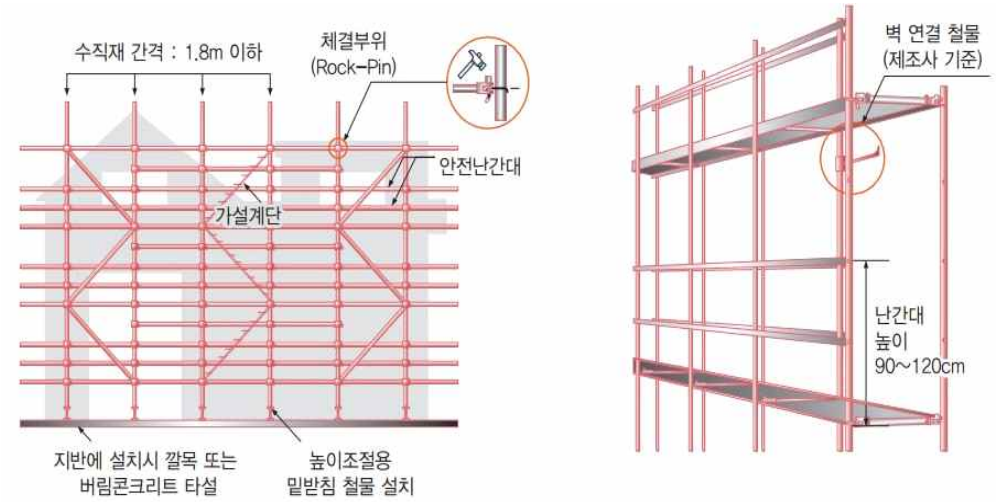
<부표 18> 외줄비계에서의 사고사망

구분	번호	재해 개요	주요 요인
해체중	1	현장외부 분진막 해체를 위해 안전대, 작업발판없이 7단 수평부재 위에서 8단 수평부재 마지막 클램프를 해체하기 위해 이동 중 8단 수평부재에 연결된 클램프가 파단되며 몸의 중심을 잃고 떨어짐(12m)	작업발판 미설치 안전대 미착용 *고소작업대 필요
	2	가림막으로 사용중이던 비계용 강관파이프 철거 중 강관파이프에서 떨어짐(3.1m)	작업발판 미설치 안전대 미착용
	3	가설 울타리 강관지지대 해체를 위해 3단 수평재를 밟고 올라서서 4단 수평재와 수직재를 연결한 클램프를 푼 후 수평으로 이동하여 4단 수평재를 잡는 순간 4단 수평재가 클램프에서 분리되며 수평재와 함께 떨어짐(3.5m)	작업발판 미설치 안전대 미착용
	4	가설 울타리 외줄비계 해체를 위해 분진망을 먼저 제거하는 작업 중 외줄비계 4단에서 중심을 잃고 떨어짐(4.8m)	작업발판 미설치 안전대 미착용
작업중	4	1단 작업발판에서 주택지붕 자재의 설치작업 중 떨어짐(1.95m). 지붕 작업을 위해 작업발판 설치를 현장소장에게 요구하여 설치된 상태에서 작업하였으나 안전난간은 미설치	안전난간 미설치 안전대 미착용

6) 시스템비계에서의 사고사망 사고 분석 및 예방

(1) 시스템비계의 정의 및 분류 방법

시스템비계는 수직재, 수평재, 가새재 등 각각의 부재를 공장에서 제작하고 현장에서 조립하여 사용하는 조립형 비계로 고소작업에서 작업자가 작업장소에 접근하여 작업할 수 있도록 설치하는 작업대를 지지하는 가설구조물이다. 시스템비계의 설치와 관련하여 아래의 그림을 참고하기 바란다.



[부록그림 10] 시스템비계 설치 개념도

시스템 비계는 안전난간대와 이동계단의 설치 등 비계 자체의 구조면에서 안전한 편에 속하며, 정부에서도 쌍줄비계의 사용 대신 시스템비계로의 사용을 권장하고 있다. 그러나 건설현장의 여건 속에서 시스템비계를 사용하도록 하는 것이 모든 사고사망을 줄이는 방법은 될 수 없음을 사고사례를 통해 알 수 있다. 아래의 표는 시스템비계에서 발생한 5건의 재해를 정리한 것이다. 작업의 단계에 따라 비계 설치 중 사고, 비계 해체 중 사고, 비계에서의 이동 중 사고, 작업 중 사고로 구분하였다.

(2) 시스템비계에서의 사고사망 분석 및 예방

시스템비계에서 발생한 사망사고는 총 5건으로 작업단계별로는 비계 설치 중 1건, 비계 해체 중 1건, 이동 중 2건, 작업 중 1건이다. 시스템비계 역시 설치와 해체작업이 위험한 단계임을 알 수 있다. 설치 중 사고인 1번 사고는 앵커와 비계의 연결만을 남겨둔 거의 설치가 된 상태였으나 안전난간과 작업발판을 1줄만 놓아둔 상태에서 발생하였고, 2번은 비계공이 아닌 일반 작업자를 통해 비계 해체 순서를 지키지 않고 작업을 하면서 안전대는 있었으나 안전대 부착설비가 없어 안

전대 없이 작업을 하다 발생하였다. 시스템 비계에서도 안전대의 중요성은 말을 할 필요가 없으며 시스템 비계를 설치하더라도 안전난간, 작업발판을 정확히 설치해야 위험을 방지할 수 있다. 시스템비계가 승강계단이 설치되어 있다고는 하더라도 3번과 같이 이동 동선이 길다는 이유로 건물로 넘어 다닐 수 있다는 부분과 시스템비계 역시 건물 측 방향으로 안전난간을 설치할 수 있으나 작업의 편의상 건물 측(내측)으로는 안전난간는 미설치함으로써 떨어짐 사고의 위험을 높인다. 4번 재해는 사고를 추정한 것이어서 명확하지는 않으나 시스템비계의 승강계단에서도 사망사고가 발생할 수 있다는 사실을 알 수 있으며, 5번 사고에서 역시 안전난간, 작업발판 모든 것이 기준을 충족시키고 있음에도 불구하고 사망사고의 위험성이 있음을 통해 인력운반과 같이 위험성이 있는 경우에는 안전대의 착용이 시스템비계에서도 필요함을 알 수 있다.

<부표 19> 외줄비계에서의 사고사망

구분	번호	재해 개요	주요 요인
설치중	1	옥상에 설치되어 있는 빗물막이에 쌓인 흙을 제거하기 위하여 시스템 비계(가로 1.8m, 세로 1.8m, 각단 높이 1.5m)를 4단까지 설치하고, 비계의 흔들림을 방지하기 위해, 기존 건물 벽면에 앵커를 고정한 후, 철선으로 앵커와 비계를 연결하기 위해 작업발판 위의 철선을 잡으려고 고개를 숙이던 중 무게중심을 잃고 바닥으로 떨어짐(6.5m)	안전난간 미설치 안전대미착용 작업발판 1줄만 설치
해체중	2	벽 연결재와 추락방호망을 먼저 해체하여 비계가 흔들리는 상태에서 수직·수평재를 해체하는 과정에서 안전대 부착설비가 없어 안전대 없이 작업하다 몸의 중심을 잃고 떨어짐(16m)	안전대 부착설비 미설치 비계 해체 순서 미준수
이동중	3	옥상 거푸집 고정작업 후 가설계단은 있었으나 동선이 길어 외벽 창문을 통해 내부로 이동중 발판과 건물벽 사이(88.4cm)로 추락(7m)	발판과 건물 사이 간격 과다 내측 안전난간 미설치
	4	비계 작업발판 2단에서 1단으로 내려오다가 승강계단에서 미끄러졌거나, 승강 계단 설치 구간인 발판 단부 개구부로 떨어짐(1.8m)	승강계단 측면 안전난간 미설치 비계 개구부 안전난간미설치

구분	번호	재해 개요	주요 요인
작업중	5	건물3층 시스템비계에서 건물외벽에 경관조명등 설치를 위해 자재(경관조명등)를 인양 하던 중 몸의 중심을 잃고 시스템비계 외부로 경관조명등(길이 2.8m, 5.2kg)과 같이 떨어짐(9.6m)	안전대 미착용

7) 기타 비계에서의 사고사망

기타 비계는 총 9건으로 이 중 **5건(55.6%)이 교량 건설을 위해 교각 하부에 설치하는 비계의 해체 작업 중에 발생한 사고**이다. 교량 하부에서 안전대 부착설비 조차 설치하지 않아 안전대조차 착용할 수 없는 상황에서 발생하였다. 교량 건설의 경우 굴절스카이 장비 등 장비를 투입하여 안전한 작업 공간을 확보한 상태에서의 해체 작업이 필요하다. 그 외 4건은 강관틀 비계로 폭이 좁은 움직이는 작업발판에서 안전대 없이 작업하다 떨어진 사고 1건, 통나무 비계에서 이동 중 사다리식 통로 문제로 떨어짐 1건, 거푸집 조립을 위해 설치한 작업발판용 비계에서 떨어짐 1건, 천장에 전기, 소방설비 설치공사를 위해 설치한 이동식 천장 작업대에서 작업대 하중을 이기지 못하고 지지부가 파단되는 구조적 문제로 발생한 사고 1건이였다. 아래의 표는 기타 비계에서의 재해 내용을 정리한 것이다.

<부표 20> 기타 비계에서의 사고 사망

구분	번호	재해 개요	공사 종류	주요 요인
해체중	1	교량 하부에 설치된 비계로 작업발판이 없는 상태에서 안전대 없이 비계 해체 작업 중 떨어짐(11m)	교량	안전대 부착설비 미설치
	2	교량 하부에 설치된 비계로 작업발판이 없는 상태에서 안전대 없이 비계 해체 작업 중 떨어짐(10m)	교량	안전대 부착설비 미설치
	3	교각에 설치된 달대비계 해체작업 중, 지지 수직 현수재(와이어로프)가 풀리면서 작업발판이 기울어져 피재자가 강으로 떨어잠(H=13.6m)	교량	로프 체결 불량 안전대 부착설비 미설치

구분	번호	재해 개요	공사 종류	주요 요인
	4	교각 상단부로 이동 통로로 사용기 위한 비계구조물을 해체하는 과정에서 가설 계단 지지용 강관파이프 클램프가 빠지며 30cm가량 우측으로 기울어지며 바깥쪽으로 튕겨 가설비계와 교각사이(1m)로 떨어짐(19m)	교량	안전대 미착용
	5	교량 하부에 설치된 비계로 작업발판이 없는 상태에서 안전대 없이 비계 해체 작업 중 비계파이프 상부에서 떨어짐(13m)	교량	안전대 부착설비 미설치
작업중	6	도로 건설현장에서 벽체 철근조립을 위해 불안전한 강관틀비계(가새재, 수평재, 벽이음 미설치로 자체 유동 발생, 작업발판의 폭이 좁고 고정이 안되 돌아갈 위험) 2단 발판 상부에 올라가 작업중 발판 단부에서 떨어짐(3.4m)	도로	안전난간 미설치 작업발판 설치불량
	3	통나무비계에 설치된 상단에 걸쳐놓은 지점 없이 발판간격이 일정하지 않은 사다리(40~50cm)로 자재를 반출하려 내려오다 떨어짐	공장 보수	사다리식 통로 문제
	4	거푸집 조립작업을 위해 1.8m 높이의 발판을 설치하여 작업 중 발판 옆에 대형 개구부로 떨어짐	건축	안전난간 미설치
이동중	5	천장 전기, 소방 설비 설치공사를 위해 지지레일에 매달아 설치한 이동식 천장 작업대를 다음 장업장소로 수평이동 시키던 중 작업대 이동방향의 우측 레일 이음부가 작업대의 하중을 이기지 못하고 꺽이면서 레일에 결속된 작업대 지지부가 레일에서 이탈되었고 그 여파로 작업대의 나머지 3개 지지부가 파단되면서 작업대 위에 있던 작업자 5명이 작업대와 함께 떨어짐(14.6m)	건축	작업대 지지 끝단부의 구조적 불안전

〈〈 연 구 진 〉〉

연 구 기 관 : 산업안전보건연구원

연구책임자 : 조 윤 호 (연구위원, 안전보건정책연구실)
공동연구자 : 김 명 준 (부 장, 안전보건정책연구실)
서 동 욱 (차 장, 재해통계분석부)
부 분 위 탁 : 이 경 용 (박 사, 사회정보연구원)

〈〈 연 구 기 간 〉〉

2019. 2. 1. ~ 2019. 11. 30.

본 연구보고서의 내용은 연구책임자의 개인적 견해이며, 우리 연구원의 공식견해와 다를 수도 있음을 알려드립니다.

산업안전보건연구원장

중대재해 유형별 현황 분석 연구

(2019-연구원-1467)

발 행 일 : 2019년 11월
발 행 인 : 산업안전보건연구원 연구원장 고 재 철
연구책임자 : 조 윤 호
발 행 처 : 안전보건공단 산업안전보건연구원
주 소 : (44429) 울산광역시 중구 종가로 400
전 화 : (052) 703-0823
F A X : (052) 703-0332
Homepage : http://oshri.kosha.or.kr

[비매품]