

연구보고서

비정형 소음 노출 직종에 대한 작업환경관리방안

- 건설업, 소방공무원 중심 -

김성호·박해동·변혜영·박현희

산업재해예방

안전보건공단

산업안전보건연구원



요약문

- 연구기간 2024년 3월 ~ 2024년 11월
- 핵심단어 비정형 소음, 소음평가, 건설업, 소방공무원
- 연구과제명 비정형 소음 노출 직종에 대한 작업환경관리방안
- 건설업, 소방공무원 중심 -

1. 연구 배경

- 건설업 소음성 난청 발생은 2012년 9명, 2019년 134명에서 2022년 790명으로 증가하고 있음. 특수건강진단(2018년~2022년) 결과에서도 수검자 중 직업병 요관찰자(C₁) 비율은 2018년도 12.4%(22,464명)에서 2022년도 18.3%(52,146명)로 증가 추세이며, 직업병 유소견자(D₁) 비율도 2018년 1.2%(2,094명)에 비해 2022년도는 2.6%(7,400명)로 2배 이상 증가하였음
- 그러나, 건설업 소음의 작업환경측정 결과(2018년~2022년)에서 평균 노출수준은 73.9 dB(A)로 업무상 질병 발생이 우려되는 80dB(A)보다도 낮고 국내외 문헌에서 보고된 건설업 소음과 비교하여도 낮은 수준임
 - 건설업은 건설장비 소음 및 비정형 소음 노출이 많은 특성이 있어 건설업에 특화된 측정 방법에 대한 검토가 필요함
- 소방공무원은 사이렌 소음, 경적 소음, 차량 소음 등 비정형 소음에 노출되는 직업군이며, 청력손실에 관한 연구 자료는 있지만, 소음에 대해 작업환경측정을 하고 있지 않음
- 본 연구에서는 작업환경측정, 특수건강진단 자료를 분석하여 건설업의 업종·직종에 대한 소음수준을 분석하고, 소방공무원을 대상으로는 개인

소음 노출평가 및 차량·구조 장비의 소음원평가를 하여 비정형 소음 노출평가 방법을 제안하고, 이에 따른 소음관리 방안을 모색하고자 함

2. 주요 연구 내용

□ 연구 결과

1) 건설업 작업환경측정 자료 분석

- 최근 5년(2018년~2022년) 동안 건설업 소음 측정(423,039건)을 세세 업종별로 측정 건수 Top 3에는 아파트 건설업(31.7%, 134,052건), 기타 토목시설물 건설업(15.9%, 67,367건), 기타 공동 주택 건설업(9.4%, 39,721건)이었음
- 노출 수준별로 살펴보면, 90 dB(A) 이상이 0.4%(1,858건), 85~89 dB(A)가 6.2% (26,178건), 80~84 dB(A)가 21.2%(89,477건), 60~79 dB(A)가 63.9%(270,491건), 60 dB(A) 미만이 8.3%(35,035건)이었음
 - 측정 시료 중 90 dB(A) 이상 시료의 분포가 높은 업종은 조적 및 석공 사업(35.7%), 철도 궤도 전문공사업(21.6%), 유리 및 창호 공사업(11.5%) 순임
 - 세세 업종별 소음(산술평균)은 조적 및 석공 사업(83.1 dB(A)), 철도 궤도 전문 공사업(82.7 dB(A)), 철골 및 관련 구조물 공사업(81.3 dB(A)) 등 순으로 높았음
- 건설업 직종별로 살펴보면, 90 dB(A) 이상의 시료 수 비율이 높은 직종은 착암공(27.3%), 포장공(1.1%), 용접공(0.9%) 순이었음

2) 건설업 특수건강진단 자료 분석

- 2023년 건설업 세세 업종 중 직업병 요관찰자(C₁), 유소견자(D₁) 수가 가장 많은 업종은 건설업 본사(15,115명, 2,352명), 콘크리트 및 철근 공사업(6,031명, 842명), 아파트 건설업(4,918명, 621명) 순이었으나, 평균 소음수준은 낮음
 - (평균 소음수준) 건설업 본사: 71.6~74.0 dB(A), 콘크리트 및 철근 공사업: 75.7~80.1 dB(A), 아파트 건설업: 72.5~ 75.9 dB(A)
- 기도 청력검사 결과*는 건설업 업종 간 통계적으로 유의한 차이는 없었으며, 4,000 Hz에서 청력손실이 가장 컸고, 나이 및 성별에 따른 차이를 보였음
 - * 남자의 비율이 99%였고, 50대 이상 근로자는 전체 근로자의 50% 이상

3) 소방공무원 소음평가

- 본 연구에서는 소방공무원의 3개 직무를 중심으로 평가하였으며, 수행한 작업을 분류하면 현장대응(화재·구조·구급출동), 장비점검, 교대점검, 훈련, 교육, 관내 대기, 기타 업무로 구분됨
 - (최대소음) 장비점검(95.6 dB(A)), 훈련(94.3 dB(A)), 교대점검(92.2 dB(A)), 구급출동(91.7 dB(A)), 구조출동(85.2 dB(A)), 화재출동(82.7 dB(A)) 등
 - (직무별) 구조직은 68.9 dB(A)(55.3~79.8 dB(A)), 구급직은 63.6 dB(A)(45.8~80.5 dB(A)), 화재직은 60.5 dB(A)(39.4~78.8 dB(A)) 순으로 나타났음
 - (측정자별*) 지휘관을 제외한 모든 측정자의 평균 소음수준이 현장대응 시 높았고, 주·야간 근무 시간에 따른 평균 소음수준의 차이는 지휘관만 통계적인 차이를 보였음

* 운전자, 현장 대원, 지휘관, 안전담당자, 통신 요원, 화재조사원

- (1일 평균시간) 화재출동(45분), 구조출동(1시간 38분), 구급출동(5시간 21분), 장비점검(50분), 교대점검(16분), 관내대기(16시간 9분) 등

4) 소방 차량의 소음원평가

- 차량 소음원은 사이렌(전기·모터식), 경적, 무전기(LTE·UHF), 동시 작동 소음을 창문 개폐 유무*에 따라 평가하였음
 - 전기식 사이렌 (88.9 dB(A)), 모터식 사이렌(88.3 dB(A)), 경적(82.3 dB(A)), LTE 무전기(80.6 dB(A), UHF 무전기(85.1 dB(A)), 동시 작동(94.9 dB(A)),
* 창문 개방 시 차량 소음원의 소음수준은 증가함
- 차량 소음원을 차종(지휘차, 펌프차, 구조차, 구급차, 물탱크차, 산악구조차, 안전지원차, 장비운반차, 화재조사차)에 따라 평가하였음
 - (전기식 사이렌) 산악구조차>지휘차>장비운반차>구조차
 - (모터식 사이렌) 구조차>산악구조차>지휘차>물탱크차
 - (경적) 구조차>펌프차>산악구조차>지휘차>화재조사차
 - (동시작동) 지휘차>산악구조차>구조차>장비운반차
- (1/3 옥타브밴드 소음분석) 모터식 사이렌이 전기식보다 2-6 kHz(고주파)의 영역과 200 Hz 이하(저주파) 영역에서 상대적으로 높은 소음수준을 보였음

5) 구조 장비 소음원평가

- 구조 장비는 체인톱, 유압장비, 동력절단기 등 11종이며, 작동소음을 평가하였음
 - 선외기(107.9 dB(A)), 동력절단기(102.5 dB(A)), 그라인더(100.2 dB(A)), 체인톱(96.2 dB(A)) 순이었음
 - 피크소음은 로프총(138.2 dB(C)), 마취총(133.6 dB(C)), 공기호흡기 공기 제거 작업(123.3 dB(C)) 순이었음

- 엔진식 구조 장비가 배터리식 보다 높은 소음수준*을 나타냄

* 체인톱(112.3 vs 98.0 dB(A)), 절단기(95.2 vs 81.8 dB(A)), 유압장비 (95.2 vs 81.7 dB(A))

□ 시사점

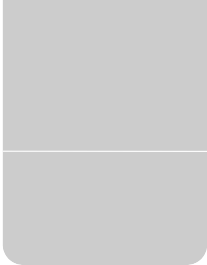
- 건설업과 소방공무원의 비정형 소음 노출 특성은 작업의 형태, 작업 시간 등에 따라 짧지만, 높은 소음에 노출될 수 있으므로 노출기준 초과 여부만으로 해당 작업장에 대한 근로자 소음 노출 저감 등 관리 방안 마련에 한계가 있음
 - 비정형 소음이 발생하는 작업을 확인하고, 작업별로 소음수준을 평가하여, 소음 노출의 근본적인 원인을 파악하고, 건설업 및 소방공무원의 근무 특성을 반영한 청력보존 프로그램 개발이 필요해 보임
- 소방공무원의 근무 특성상 일반적으로 관내 작업 비율이 현장 대응 시간 보다 높고, 장비 점검, 소방 훈련 등 단시간이지만 높은 소음에 노출될 수 있는 작업을 수행할 때 청력 보호구 착용을 권장함

3. 연구 활용 방안

- 비정형 소음에 노출되는 산업에 대한 정밀 소음 노출평가 시 활용
- 국내·외 논문 게재, 학술대회 발표 등을 통해 연구 성과의 환류 및 활용

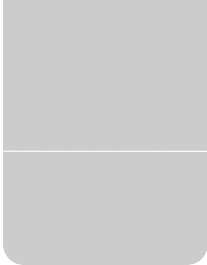
4. 연락처

- 연구책임자 : 산업안전보건연구원 직업환경연구실 연구위원 김성호
 - ☎ 052) 703. 0881
 - E-mail sungho.kim@kosha.or.kr



목 차

I. 서 론	1
1. 연구 배경	3
2. 연구 목적	4
3. 기관생명윤리위원회 심의	4
II. 연구내용 및 방법	5
1. 건설업	7
2. 소방공무원	10
III. 연구결과	13
1. 건설업의 작업환경측정·특수건강진단 자료분석 결과	15
2. 소방공무원 소음 노출평가	38



목 차

IV. 연구고찰	59
1. 건설업 세세 업종별 소음수준 고찰	61
2. 건설업 종사 근로자 소음 감소 방안	70
3. 소방공무원의 소음수준 및 소음감소 방안	72
V. 연구결론	79
참고문헌	83
Abstract	89
부록 : 비정형 소음 청력보존 프로그램	93

표 목차

〈표 II-1〉 특수건강진단 자료 추출 정보 및 통계에 사용된 추출자료표	9
〈표 III-1〉 년도별, 세세 업종별의 소음 작업환경측정 시료수	17
〈표 III-2〉 세세 업종별 소음 노출수준에 따른 시료수 현황	18
〈표 III-3〉 세세 업종별 소음 노출수준에 따른 시료수 현황	19
〈표 III-4〉 소음 노출수준 (≥ 90 dB(A)) 비율 상위 세세 업종 현황	20
〈표 III-5〉 소음 노출수준 (≥ 85 dB(A)) 비율 상위 세세 업종 현황	21
〈표 III-6〉 년도별 소음 작업환경측정 평균 소음수준(dB(A)) 상위 업종	22
〈표 III-7〉 소음 노출수준 (≥ 90 dB(A)) 비율 상위 직종 현황	23
〈표 III-8〉 소음 노출수준 (≥ 85 dB(A)) 비율 상위 직종 현황	24
〈표 III-9〉 업종별 소음 초과 사업장 현황 (2018~2022 작업환경측정 시행 결과, 고용노동부)	25
〈표 III-10〉 업종별 소음 초과 공정 현황 (2018~2022 작업환경측정 시행 결과, 고용노동부)	25
〈표 III-11〉 연구 대상 직종 및 주요 작업 내용	26
〈표 III-12〉 건설업 근로자 성별, 나이별 소음 특수건강진단 실시근로자 현황	28
〈표 III-13〉 건설업 표준산업분류 코드로 분류_소분류(8종)	31
〈표 III-14〉 2023년 건설업(코드) 특수건강진단 나이별(남자) C ₁ 의 평균 기도 청력손실(dB) 비교_소분류	33
〈표 III-15〉 2023년 건설업(코드) 특수건강진단 나이별(남자) D ₁ 의 평균 기도 청력손실(dB) 비교_소분류	34

표 목차

〈표 III-16〉 2023년도 건설업 표준산업분류 코드 분류_세세 분류	36
〈표 III-17〉 2023년도 건설업 표준산업분류 코드 분류_세세 분류	37
〈표 III-18〉 3개 소방서의 개인 소음평가 참여자 수	38
〈표 III-19〉 모든 소방서의 직무별 개인 소음 비교_8시간 TWA 비교	39
〈표 III-20〉 모든 소방서의 직무별 개인 소음 비교_피크소음(dB(C)) 비교	39
〈표 III-21〉 A 소방서의 직무별 개인 소음 비교_8시간 TWA 비교	40
〈표 III-22〉 A 소방서의 직무별 개인 소음 비교_피크소음(dB(C)) 비교	40
〈표 III-23〉 B 소방서의 직무별 개인 소음 비교_8시간 TWA 비교	41
〈표 III-24〉 B 소방서의 직무별 개인 소음 비교_피크소음(dB(C)) 비교	41
〈표 III-25〉 C 소방서의 직무별 개인 소음 비교_8시간 TWA 비교	41
〈표 III-26〉 C 소방서의 직무별 개인 소음 비교_피크소음(dB(C)) 비교	42
〈표 III-27〉 모든 소방서의 작업별 평균 소음 및 피크소음 비교	43
〈표 III-28〉 모든 소방서의 작업그룹별 평균 소음 및 피크소음 비교	45
〈표 III-29〉 모든 소방서의 측정 일간의 직무 그룹별 평균 및 피크소음 수준 비교	46
〈표 III-30〉 모든 소방서의 출동 횟수별 평균 소음수준 비교	47
〈표 III-31〉 모든 소방서의 시간대별 평균 소음 및 피크소음 비교	48
〈표 III-32〉 소방 차량의 창문 개폐 유무에 따른 측정 조건별 소음수준 비교 ..	49
〈표 III-33〉 소방 차량에 따른 경적 소음에 대한 소음수준 비교	50
〈표 III-34〉 소방 차량에 따른 전기식 사이렌에 대한 소음수준 비교	51
〈표 III-35〉 소방 차량에 따른 모터식 사이렌에 대한 소음수준 비교	51

〈표 Ⅲ-36〉 소방 차량에 따른 동시(사이렌, 경적)에 대한 소음수준 비교	52
〈표 Ⅲ-37〉 소방 차량의 2가지 사이렌 소음에 대한 1/3 옥타브밴드 소음분석	52
〈표 Ⅲ-38〉 소방 차량별 동시 소음에 대한 1/3 옥타브밴드 소음분석(창문 개방)	53
〈표 Ⅲ-39〉 소방 차량에 따른 무전기(LTE) 작동에 대한 소음수준 비교	54
〈표 Ⅲ-40〉 소방 차량에 따른 무전기(UHF) 작동에 대한 소음수준 비교	55
〈표 Ⅲ-41〉 전체 구조 장비에 대한 소음수준 비교	56
〈표 Ⅲ-42〉 구동 방식에 따른 구조 장비에 대한 소음수준 비교	56
〈표 Ⅲ-43〉 구동 방식에 따른 구조 장비 3종의 소음수준 비교	57
〈표 Ⅲ-44〉 배터리 방식에 따른 구조 장비에 대한 소음수준 비교	57
〈표 부록-1〉 소음수준에 따른 감시등급 분류(HSE, 2021)	99
〈표 부록-2〉 발생소음 수준에 따른 목표 감소 소음수준에 대한 거리(m)표	101
〈표 부록-3〉 NRR(소음감소율)에 따른 감소된 소음수준(dB(A)) 예시	102
〈표 부록-4〉 청력 보호구 종류에 따른 특징 및 사진	102

그림목차

[그림 Ⅲ-1] 건설업의 년도별 직업병 요관찰자(C ₁), 유소견자(D ₁)의 비율 변화 (C ₁ : 왼쪽 Y축, D ₁ : 오른쪽 Y축)	29
[그림 Ⅲ-2] 건설업의 년도별·나이별 직업병 요관찰자(C ₁) 비율 변화 비교 (2018년도 제외)	30
[그림 Ⅲ-3] 건설업의 년도별·나이별 직업병 유소견자(D ₁) 비율 변화 비교 (2018년도 제외)	30
[그림 Ⅲ-4] 판정 결과(C ₁ , D ₁)와 소음수준 순위와의 상관관계 도표 (왼쪽: 판정 결과 간의 상관관계, 오른쪽: 판정 결과와 소음수준 간의 상관관계)	35
[그림 Ⅲ-5] 작업별 평균 소음수준(dB(A)) 비교(1:화재 출동, 2:구조출동, 3:구급 출동, 4:관내 대기, 5:훈련, 6:교육, 7:교대점검, 8:장비 점검, 9:기타 업무)	44
[그림 Ⅲ-6] 작업별 평균 피크소음 수준(dB(C)) 비교(1:화재 출동, 2:구조출동, 3:구급 출동, 4:관내 대기, 5:훈련, 6:교육, 7:교대점검, 8:장비 점검, 9:기타 업무)	44
[그림 Ⅲ-7] 소방 차량의 2가지 사이렌 소음에 대한 1/3 옥타브밴드 소음분석 ..	53
[그림 Ⅲ-8] 소방 차량별 동시 소음에 대한 1/3 옥타브밴드 소음분석(창문 개방) ..	54
[그림 부록-1] 소음원 감소 방안(왼쪽: 밀폐형 부스, 오른쪽: 차음재 사용) (HSE, 2021)	99
[그림 부록-2] 청력 보호지역 안내 표시(HSE, 2021)	100

I. 서론



I. 서론

1. 연구 배경

국내 근로자의 직업병 중 소음성 난청이 차지하는 비율이 지속해서 증가하고 있고, 특수건강진단 결과를 보면 소음성 난청의 직업병 요관찰자(C₁), 직업병 유소견자(D₁) 수도 증가하고 있다. 또한, 소음으로 인한 작업환경측정 초과 사업장 비율이 95% 이상으로 가장 높다. Park(2020) 연구에 따르면 건설업 종사 근로자가 소음에 취약하며, 직종별 소음성 난청 발생은 착암공, 견출공, 단순 노무 석공, 토공 순으로 높게 나타났다고 보고하였다. 2012년도 건설업의 소음성 난청이 차지하는 비율이 전체 소음성 난청의 3.3% 수준이었으나, 2022년도에는 14.7%로 증가하였다.

소방청(2023)에 따르면, 2022년 전체 소방공무원의 수는 67,358명이며, 119 신고 총돌 건수는 총 5,387,971건으로 구급 출동이 3,310,349건(61%)으로 가장 많았고, 구조 출동은 766,327건(15%), 화재 출동은 464,235건(9%)이었다. 출동 시 소방공무원은 사이렌, 경적 소음, 차량 소음 등 다양한 소음 노출로 인한 청력손실이 발생할 가능성이 있으며, 외국에서는 이러한 소음 노출로 인한 소방관의 청력손실에 관한 연구가 있었다. 이에 반해 Kim(2018)의 통계자료(2010년~2015년)를 바탕으로 한 국내 연구에 따르면, 소방공무원의 업무상 재해자 총 2,154명 중 청력손실로 업무상 재해보상을 받은 소방공무원의 수는 8명(0.4%)으로 낮은 수준이었다.

2. 연구 목적

건설업 종사 근로자와 소방공무원은 비정형 소음에 노출되는 업종으로 작업에 따라서 그 형태가 다양하고 불규칙적이어서 소음원 관리에 한계점이 있다. 본 연구에서는 비정형 소음에 취약한 건설업 근로자의 통계자료를 분석하여 건설업 업종·직종별 소음수준 및 청력검사 결과를 비교하였고, 소방공무원을 대상으로는 개인 소음 노출평가 및 소방 차량, 구조 장비의 소음원평가를 시행하여 작업별 소음수준과 고위험 소음원을 파악하여 소음 노출에 대한 관리 방안을 마련하고자 한다.

3. 기관생명윤리위원회 심의

본 연구는 인간을 대상으로 하는 연구이므로 기관생명윤리위원회(IRB, Institutional Review Board)의 거쳐 승인받은 후, IRB 번호(OSHRI-202402-HR-006)를 부여받았다.

II. 연구내용 및 방법



II. 연구 내용 및 방법

1. 건설업

1) 문헌 고찰

본 연구에서 검토하고자 하는 직업군인 건설업의 문헌을 검색하기 위해서 검색 키워드로 “소음 노출평가”, “소음의 건강 영향”, “소음관리 방안” 등으로 문헌을 검색하여 관련 문헌을 정리하였다. 문헌 검색에 사용한 웹사이트는 국내 문헌의 경우에는 RISS, KISS, DBpia 등을 활용하고, 국외 문헌의 경우에는 Pubmed, google scholar 등을 활용하였다.

2) 건설업 소음 작업환경측정 자료 및 특수건강진단 자료분석

(1) 건설업 소음 작업환경측정 자료분석

건설업 소음에 대한 작업환경측정 자료는 최근 5년간(2018~2022년) K2B 전산시스템을 통해 보고된 측정 결과를 대상으로 하였다. 추출정보는 ‘사업장 관리번호’, ‘업종(대, 중, 소, 세, 세세)’, ‘생산품’, ‘부서명’, ‘공정명’, ‘단위작업’, ‘유해인자’, ‘측정값’, ‘유해인자 노출시간’, ‘측정값_기타(수치입력, 불검출, 검출한계 미만, 공정 폐쇄, 횡수 조정)’, ‘노출기준’ 등이었다.

측정 결과는 한국표준산업분류의 세세 업종별로 구분하여 연도별 측정 시료 수, 노출수준별(90dB(A) 이상, 85~89 dB(A), 80~84 dB(A), 60~79 dB(A), 60 dB(A) 미만) 시료 수와 시료 수 백분율(%), 산술평균, 노출기준 초과 시료 수 등을 살펴보았다. 업종은 10차 한국표준산업분류(Korea standard industrial classification, KSIC-10)를 적용하였으며 건설업(대분류)에는 2개의 중분류

(종합건설업, 전문직별 공사업), 소분류(8개), 세분류(16개) 및 세세분류(46개)로 구분된다. 아울러, 직종별 소음 노출수준을 살펴보기 위해, 작업환경측정 자료의 단위작업장소, 공정명, 부서명 등을 통해 직종을 분류하였다. 직종은 박현희(2020)에서 건설업 직종별 유해인자에 대한 설문조사에서 적용한 직종으로 분류하였다. 직종 분류는 측정 결과 자료의 단위작업장소, 공정명, 부서명에서 각 직종명 및 직종 유사 단어를 포함하는 경우에 해당 직종으로 분류하였고 분류되지 않는 자료는 기타로 설정하였다. 전체 측정자료(423,039건) 중 직종이 분류된 시료는 347,200건(82%)이었으며, 분류되지 않는 시료 75,839건(17.9%)이 있었다. 소음자료의 특성상 불검출(non-detected) 및 검출한계(limit of detection, LOD) 미만인 자료는 없었다. 보정된 노출기준 중 24시간 이상에서 생성할 수 있는 노출기준인 82 dB(A) 이하인 자료는 입력 오류로 분류하여 제외하였다.

(2) 건설업 소음 특수건강진단 자료분석

전체 건설업 소음에 대한 특수건강진단 현황을 분석하기 위해서 근로자 건강진단 시행 결과(2018~2022년)를 분석하였다. 그리고, 건설업 업종별 청력검사 결과를 분석하기 위해서 건설업 소음에 대한 특수건강진단 자료는 2023년도 K2B 전산시스템을 통해 보고된 특수건강진단 결과를 사용하였다. 추출 자료로는 근로자 비식별 번호를 부여하여 사업장별 주민등록번호(근로자) 비식별화 처리하고, 2차 검진 항목이 포함된 최종 차수의 검진 결과만을 출력하였다. 추출 정보는 기본정보(사업장 관리 번호, 업종코드, 규모, 성별, 나이 등)와 건강검진 결과(기도·골도 청력 검사, 판정 결과 등)로 구성되었다.

〈표 II-1〉 특수건강진단 자료 추출 정보 및 통계에 사용된 추출자료표

추출 정보	추출자료명
기본정보	연도, 사업장 관리번호, 사업장 개시번호, 사업장 순번, 사업장명_근복단, 업종코드_근복단, 업종명, 규모, 총 남자 인원_수기, 총 여자 인원_수기, 규모_수기
개인정보	근로자 비식별 번호, 만 나이(나이), 1차 검진일, 성별, 직종 형태, 입사 일자, 전입 일자, 폭로 기간, 1일 폭로 시간, 공정코드, 공정명_수기, 공정명, 직종 코드, 직종명_수기, 직종명, 국가코드
검진 정보*	기도·골도 청력 검사(좌·우), 청력(좌·위)_BONE 8000, 팀파노메트리검사(좌·우), 정밀진찰(이경)(좌·우) - 500, 1000, 2000, 3000, 4000, 6000, 8000Hz
판정 정보**	최종소견 코드(좌·위), 최종 소견명(좌·위), 최종 조치 코드(좌·위), 최종 조치 명(좌·위), 판정(좌·위), 질병코드, 질병 코드명

* 기도 청력검사 결과를 분석하였고, 주파수 영역은 500Hz ~ 6kHz 사용함

** 판정(좌·위) 중 C1, D1 판정이 있는 귀의 결과를 사용함

※ **볼드체**: 최종 선정 자료

순음 청력검사 특수건강진단의 1차 검사영역은 2kHz, 3kHz, 4kHz의 주파수에서 기도 청력검사를 실시한다. 이 중 2kHz에서 30 dB, 4kHz에서 40 dB, 4kHz에서 40 dB 이상의 청력손실을 어느 하나라도 보일 때에 양쪽 귀에 대한 정밀 청력검사(2차)를 실시하고, 검사영역은 500Hz, 1kHz, 2kHz, 3kHz, 4kHz, 6kHz로 범위가 확대되어 실시된다. 본 연구에서는 모든 주파수 영역 때의 청력 손실 수준을 업종별, 나이·성별 등을 분석해 보고자 정밀청력 검사(2차) 자료를 분석하였고, 본 연구에서는 2023년도에 실시한 건강검진 자료만을 분석하였다. 그리고 다른 질병 요인을 제거하기 위해서 질병코드는 소음성 난청으로 분류된 자료만 추출하였다. 변수로는 성별, 나이, 표준산업분류 소·세세 분류이며, 각 변수에 따른 순음 청력검사 결과를 비교하였다. 2차 정밀 청력검사에서는 양쪽 귀를 모두 검사하는데, 본 연구에서는 양쪽 귀의 판정 중 취약한 판정을 받은 귀의 청력 손실값을 사용하였고, 판정 결과가 같을 때는 평균값을 사용하였다.

2. 소방공무원

1) 문헌 고찰

본 연구에서 검토하고자 하는 직업군인 소방관의 문헌을 검색하기 위해서 검색 키워드로 “소음 노출평가”, “소음의 건강 영향”, “소음관리 방안” 등으로 문헌을 검색하여 관련 문헌을 정리하였다. 문헌 검색에 사용한 웹사이트는 국내 문헌의 경우에는 RISS, KISS, DBpia 등을 활용하고, 국외 문헌의 경우에는 Pubmed, google scholar 등을 활용하였다.

2) 개인 소음 노출평가

(1) 대상 선정

평가 직무는 화재, 구조, 구급 3개 직무를 중심으로 3일 동안 개인 소음 노출 평가를 실시하였고, 대조군은 행정직무로 하였다. 화재직무의 측정 대상자는 지휘차에 탑승하는 운전자, 지휘관, 안전담당자, 화재조사원과 펌프차에 탑승하는 운전자, 소방대원이었고, 구조직과 구급직의 측정 대상자는 운전자, 구조대원, 구급대원으로 하였다. 대부분 소방관의 근무 형태는 3조 3교대(교대별 24시간 연속 근무) 형태였으며, 행정직은 일근직으로 8시간 근무 형태를 보였다.

(2) 개인 소음 측정 방법

개인 소음 측정기기는 누적 소음 측정기(noise dosimeter)를 사용하여 측정자의 귀 높이 위치에 장착하여, 근무 시간 동안 착용하도록 하였다. 본 연구에서 사용된 기기는 Casella사의 CEL-35X 모델, Svantek사의 104IS

모델, TSI 사의 Edgeplus 모델을 사용하였다. 측정기기에 설정 조건은 고용노동부 기준으로 설정하였다. 고용노동부 기준은 노출기준 90 dB, 특성 A, 느림(slow), 교환율(ER, exchange rate) 5 dB, 임계값(TH, threshold value) 80 dB로 설정하였다. 데이터 로깅 간격은 1분으로 하였고, 측정값은 L_{AVE} , L_{C-Peak} 를 사용하였다. 작업별로 소음수준을 평가하기 위해서 소방공무원의 동의를 얻어서 활동일지를 작성하여 받았다. 그리고, 출동에 대한 세부 내용을 파악하기 위해서 측정 당일의 근무일지를 받은 후 활동일지와 함께 작업을 구분하였다. ISO 기준(노출기준 85 dB, 특성 A, 느림, 교환율 3 dB, 임계값 80 dB)으로도 설정하였으나, 본 보고서에서는 고용노동부 기준으로 한 측정값만 사용하였다.

(3) 개인 소음평가 절차

모든 누적 소음 측정기는 사용 전 완충한다. 당일 아침에 측정기기를 1 KHz 순음 114 dB의 소음 보정계로 보정하였다. 측정 대상자는 출근하여 소음 측정기를 오른쪽 또는 왼쪽 어깨에 착용하였고, 활동일지 작성에 동의한 후 측정 당일의 작업 내용을 기록하였다. 각 근무 형태별 근무가 종료되는 시점에 소음계와 활동일지를 제출받았고, 각 소음계는 같은 소음 보정계로 소음수준을 확인한 후, 소음 보정 값의 차이가 없는 데이터만 컴퓨터에 저장하였다. 본 연구에서는 사후 보정 값의 문제가 있는 데이터는 없었다.

3) 소방 차량·구조 장비 소음원 노출평가

(1) 소방 차량·구조 장비의 종류

개인 소음 노출평가에 참여한 소방공무원이 탑승하는 차량 위주로 소방 차량을 선정하였다. 선정된 차량은 지휘차, 펌프차, 구조공작차, 구급차 4종이었으며, B 소방서에서는 산악구조차를 추가로 평가하였고, C 소방서에서는

안전담당자와 화재조사원이 별도의 차량에 탑승한 관계로 화재조사차와 안전 지원차를 추가로 평가하였다.

구조 장비는 각 소방서의 구조대원의 협조를 받아 소음이 발생할 것으로 예상되는 장비를 선정하였고, 선정된 장비로는 유압 엔진 펌프, 유압 절단기, 동력절단기, 체인톱 등이 있었으며, 해당 장비의 사양서는 각 소방서의 담당자를 통해서 받았고, 일부 누락 사양은 측정 당일에 조사하였다.

(2) 소음원 측정 방법

소음원 측정은 1/3 옥타브밴드 주파수 분석기를 사용하였고 B&K사의 Type 2250 모델을 사용하였다. 측정값은 L_{Aeq} , L_{AFMax} 과 주파수별로 L_{Aeq} 값을 평가하였다. 측정 위치는 차량 내부에서 실시하였으며, 운전자의 귀 주변에서 실시하였다. 소음원 평가 범위는 배경소음, 사이렌, 경적, 무전기 소음이며, 측정시간은 최대 3분으로 하였다.

4) 데이터 분석

데이터 분석은 SPSS 프로그램과 Excel 프로그램을 사용하였고, 그림은 대부분 Excel 프로그램을 활용하였고, 일부 Sigma plot 프로그램을 활용하여 데이터를 시각화하였다. 직무별, 참여자 업무별, 일간 변이, 출동 횟수별 소음 노출수준 비교는 평균 소음수준과 피크소음 수준을 각각 비교하였고, 평균 소음수준은 8시간 시간가중평균 소음수준으로 환산하여 비교하였다. 피크소음 수준은 140 dB(C)의 초과 여부만을 판단하였다. 작업별 개인 소음 노출수준 비교는 평균 등가소음 수준과 피크소음 수준을 각각 비교하였고, 평균 등가소음 수준은 구분된 작업 시간 동안 발생한 소음수준을 의미하며, 활동일지를 활용하여 작업을 분류하였다.

Ⅲ. 연구결과



Ⅲ. 연구결과

1. 건설업의 작업환경측정·특수건강진단 자료분석 결과

1) 건설업 소음 작업환경측정

건설업에서 최근 5년간(2018년~2022년) 소음에 대해 실시한 작업환경측정 자료는 모두 424,346건으로, 이 중 측정값 구분이 공정 폐쇄(510건), 횡수 조정(792건)인 자료, 노출기준이 82 dB(24시간 기준) 이하인 자료(2건), 측정값이 0인 자료(3건)를 제외하고 총 423,039건을 분석 대상으로 하였다. 연도별 측정 건수는 2018년 55,500건, 2019년 66,287건, 2020년 75,713건, 2021년 94,305건, 2022년 131,234건으로 매년 증가하는 추세였다.

소음 측정 건수가 가장 많은 건설업(세계 업종)은 아파트 건설업으로 전체 측정 건수의 약 31.7%(134,052건)를 차지하였다.

다음으로 기타 토목시설물 건설업(67,367건, 15.9%), 기타 공동 주택 건설업(39,721건, 9.4%), 사무·상업용 및 공공기관용 건물 건설업(37,404건, 8.8%), 기타 비주거용 건물 건설업(27,616건, 6.5%), 제조업 및 유사 산업용 건물 건설업(19,000건, 4.5%), 도로 건설업(14,019건, 3.3%) 등 순이었다<표 III-1>. 소음 노출수준을 90dB 이상, 85 dB 이상, 80 dB 이상, 60dB 이상 및 미만으로 구분하여 살펴보면, 전체시료의 각 0.4%(n=1,858), 6.2%(n=26,178), 21.2%(n=89,477), 63.9%(n=270,491), 8.3%(n=35,035)를 차지하였다<표 III-2, 3>.

90dB 이상 시료의 비율이 가장 높은 업종은 조적 및 석공 사업(35.7%)이었으며, 다음으로 철도 궤도 전문공사사업(21.6%), 유리 및 창호 공사사업(11.5%), 철골 및 관련 구조물 공사사업(9.4%), 콘크리트 및 철근 공사사업(6.6%)

등 순이었다<표 III-4>. 85dB 이상 시료의 비율이 가장 높은 업종은 철골 및 관련 구조물 공사업(24.1%)이었으며, 다음으로 철도 궤도 전문공사업(22.2%), 유리 및 창호 공사업(22.2%), 건물 및 구축물 해체 공사업(18.7%), 건설장비 운영업(18.5%) 등 순이었다<표 III-5>. 업종별 5년 평균 소음수준이 80 dB(A)를 초과하는 업종으로는 조적 및 석공 사업, 철도 궤도 전문공사업, 철골 및 관련 구조물 공사업, 유리 및 창호 공사업이 있었다<표 III-6>.

직종별 90 dB(A)를 초과하는 비율은 착암공이 27.3%로 가장 높았고, 포장공이 1.1%, 용접공이 0.9% 등의 순이었다<표 III-7>. 85 dB(A)를 초과하는 시료수가 5% 이상인 직종으로는 착암공(18.2%), 견출공(11.6%), 터널공(10.7%), 발파공(10.4%), 형틀공(10.2%), 석공(9.5%), 포장공(9.2%), 용접공(7.5%), 철골공(6.6%), 골중(6.5%), 플랜트공(6.2%), 건축목공(6.1%), 비계공(5.7%), 콘크리트 공(5.6%), 철거공(5.3%)이 있었다<표 III-8>.

작업환경측정 실시 결과(2018년~2022년)에서 소음을 측정한 전체 사업장 중 소음 초과 시료를 보유한 사업장 비율은 평균 15.1%였다. 다만, 제조업은 평균 17.7%로 전체 평균을 상회하였고, 건설업은 평균 1.9%로 전체 평균보다 매우 낮았다. 실시 공정에 대한 현황으로 살펴보아도 유사한 결과를 나타내었는데, 전체 실시 공정 중 소음 초과 시료를 보유한 공정 비율은 평균 9.7%였으며 제조업은 평균 11.7%, 건설업은 평균 0.8% 수준이었다<표 III-9, 10>.

〈표 Ⅲ-1〉 년도별, 세세 업종별의 소음 작업환경측정 시료수

표준산업분류(세세 업종)	2018	2019	2020	2021	2022	총합계	%
총합계	55,500	66,287	75,713	94,305	131,234	423,039	100
아파트 건설업	19,099	19,976	22,293	30,342	42,342	134,052	31.69
기타 토목시설물 건설업	9,427	9,858	11,996	15,491	20,595	67,367	15.92
기타 공동 주택 건설업	3,844	5,758	7,298	9,266	13,555	39,721	9.39
사무·상업용 및 공공기관용 건물 건설업	4,069	5,346	6,839	8,164	12,986	37,404	8.84
기타 비주거용 건물 건설업	2,578	3,624	4,940	6,995	9,479	27,616	6.53
제조업 및 유사 산업용 건물 건설업	1,833	2,822	3,033	3,713	7,599	19,000	4.49
도로 건설업	1,855	2,512	2,716	3,173	3,763	14,019	3.31
산업 생산시설 종합건설업	1,491	2,500	2,635	2,314	3,382	12,322	2.91
교량, 터널 및 철도 건설업	1,749	2,047	2,347	2,660	2,509	11,312	2.67
건설업 본사	1,015	1,910	2,335	2,751	2,842	10,853	2.57
기타 옥외 시설물 축조 관련 전문공사업	1,213	1,582	1,249	1,257	1,386	6,687	1.58
기타 건물 관련설비 설치 공사업	1,255	1,397	1,019	1,158	1,285	6,114	1.45
그 외 기타 건축 마무리 공사업	966	1,003	926	711	1,207	4,813	1.14
토공 사업	534	630	702	783	816	3,465	0.82
일반 전기 공사업	567	754	981	485	574	3,361	0.79
환경설비 건설업	257	457	408	588	1,142	2,852	0.67
단독 주택 건설업	602	686	507	617	407	2,819	0.67
기타 기반 조성 관련 전문공사업	558	301	383	548	674	2,464	0.58
철골 및 관련 구조물 공사업	347	234	442	568	635	2,226	0.53
지반조성 건설업	170	269	387	590	795	2,211	0.52
콘크리트 및 철근 공사업	464	453	277	206	352	1,752	0.41
건물용 기계·장비 설치 공사업	395	455	315	158	256	1,579	0.37
항만, 수로, 댐 및 유사 구조물 건설업	58	209	190	275	419	1,151	0.27
유리 및 창호 공사업	147	205	228	203	228	1,011	0.24
배관 및 냉·난방 공사업	104	205	115	156	303	883	0.21
조경 건설업	122	112	177	156	261	828	0.20
소방시설 공사업	44	81	130	69	435	759	0.18
시설물 유지관리 공사업	52	98	146	94	184	574	0.14
도장 공사업	103	158	117	66	80	524	0.12
일반 통신 공사업	35	51	109	184	145	524	0.12
건물용 금속 공작물 설치 공사업	18	87	112	114	101	432	0.10
도배, 실내 장식 및 내장 목공 사업	127	71	41	81	96	416	0.10
방음, 방진 및 내화 공사업	133	92	82	68	14	389	0.09
철도 궤도 전문공사업	72	78	72	59	66	347	0.08
건물 및 구조물 해체 공사업	58	75	47	75	76	331	0.08
건설장비 운영업	25	32	32	27	30	146	0.03
내부 전기배선 공사업	13	14	17	42	40	126	0.03
비계 및 형틀 공사업	20	49	16	26	15	126	0.03
보링, 그라우팅 및 관정 공사업	14	10	13	22	45	104	0.02
지붕, 내·외벽 축조 관련 전문공사업	12	26	25	12	19	94	0.02
미장, 타일 및 방수 공사업	28	34	10	8	8	88	0.02
내부 통신 배선 공사업	16	12	4	2	44	78	0.02
포장 공사업	9	4		8	25	46	0.01
조적 및 석공 사업	2	4	2	6	14	28	0.01
수중 공사업		6		9	5	20	0.00
파일 공사 및 축조 관련 기초 공사업				5		5	0.00

〈표 III-2〉 세세 업종별 소음 노출수준에 따른 시료수 현황

표준산업분류(세세 업종)	N	N	N	N	N	총합계
	≥90dB	≥85dB	≥80dB	≥60dB	< 60dB	
총합계	1,858	26,178	89,477	270,491	35,035	423,039
아파트 건설업	183	7,374	30,331	85,024	11,140	134,052
기타 토목시설물 건설업	317	4,205	12,307	44,128	6,410	67,367
기타 공동 주택 건설업	44	2,565	8,747	25,040	3,325	39,721
사무·상업용 및 공공기관용 건물 건설업	47	2,321	9,148	23,557	2,331	37,404
기타 비주거용 건물 건설업	61	1,454	5,981	18,312	1,808	27,616
제조업 및 유사 산업용 건물 건설업	42	938	3,246	13,632	1,142	19,000
도로 건설업	22	687	2,677	9,085	1,548	14,019
산업 생산시설 종합건설업	73	1,099	2,633	7,582	935	12,322
교량, 터널 및 철도 건설업	16	683	2,565	7,007	1,041	11,312
건설업 분사	103	547	1,851	7,229	1,123	10,853
기타 옥외 시설물 축조관련 전문공사업	43	493	1,179	4,253	719	6,687
기타 건물 관련설비 설치 공사업	116	531	1,302	3,690	475	6,114
그 외 기타 건축 마무리 공사업	34	385	909	2,999	486	4,813
토공 사업	7	236	569	2,297	356	3,465
일반 전기 공사업	35	262	538	2,130	396	3,361
환경설비 건설업	76	162	555	1,862	197	2,852
단독 주택 건설업	5	171	722	1,698	223	2,819
기타 기반 조성 관련 전문공사업	12	150	434	1,621	247	2,464
철골 및 관련 구조물 공사업	209	537	702	719	59	2,226
지반조성 건설업		98	340	1,495	278	2,211
콘크리트 및 철근 공사업	115	251	390	882	114	1,752
건물용 기계·장비 설치 공사업	1	139	329	943	167	1,579
항만, 수로, 댐 및 유사 구조물 건설업	3	61	226	752	109	1,151
유리 및 창호 공사업	116	224	277	369	25	1,011
배관 및 냉·난방 공사업	7	69	165	581	61	883
조경 건설업	17	85	224	449	53	828
소방시설 공사업		25	84	614	36	759
시설물 유지관리 공사업		33	94	371	76	574
도장 공사업	33	69	176	220	26	524
일반 통신 공사업	2	13	94	389	26	524
건물용 금속 공작물 설치 공사업	2	37	150	226	17	432
도배, 실내 장식 및 내장 목공 사업	10	53	109	235	9	416
방음, 방진 및 내화 공사업		12	36	335	6	389
철도 궤도 전문공사업	75	77	77	110	8	347
건물 및 구축물 해체 공사업	8	62	96	152	13	331
건설장비 운영업	8	27	43	66	2	146
내부 전기배선 공사업		1	23	82	20	126
비계 및 형틀 공사업		12	20	81	13	126
보링, 그라우팅 및 관정 공사업		6	31	62	5	104
지붕, 내·외벽 축조 관련 전문공사업	6	16	19	52	1	94
미장, 타일 및 방수 공사업		1	39	48		88
내부 통신 배선 공사업		1	8	64	5	78
포장 공사업		1	18	25	2	46
조적 및 석공 사업	10	5	7	4	2	28
수중 공사업			5	15		20
파일공사 및 축조관련 기초 공사업			1	4		5

〈표 III-3〉 세세 업종별 소음 노출수준에 따른 시료수 현황

표준산업분류(세세 업종)	시료수	N(%) ≥90dB	N(%) ≥85dB	N(%) ≥80dB	N(%) ≥60dB	N(%) < 60dB
총합계	423,039	0.4	6.2	21.2	63.9	8.3
아파트 건설업	134,052	0.1	5.5	22.6	63.4	8.3
기타 토목시설물 건설업	67,367	0.5	6.2	18.3	65.5	9.5
기타 공동 주택 건설업	39,721	0.1	6.5	22.0	63.0	8.4
사무·상업용 및 공공기관용 건물 건설업	37,404	0.1	6.2	24.5	63.0	6.2
기타 비주거용 건물 건설업	27,616	0.2	5.3	21.7	66.3	6.5
제조업 및 유사 산업용 건물 건설업	19,000	0.2	4.9	17.1	71.7	6.0
도로 건설업	14,019	0.2	4.9	19.1	64.8	11.0
산업 생산시설 종합건설업	12,322	0.6	8.9	21.4	61.5	7.6
교량, 터널 및 철도 건설업	11,312	0.1	6.0	22.7	61.9	9.2
건설업 본사	10,853	0.9	5.0	17.1	66.6	10.3
기타 옥외 시설물 축조관련 전문공사업	6,687	0.6	7.4	17.6	63.6	10.8
기타 건물 관련설비 설치 공사업	6,114	1.9	8.7	21.3	60.4	7.8
그 외 기타 건축 마무리 공사업	4,813	0.7	8.0	18.9	62.3	10.1
토공 사업	3,465	0.2	6.8	16.4	66.3	10.3
일반 전기 공사업	3,361	1.0	7.8	16.0	63.4	11.8
환경설비 건설업	2,852	2.7	5.7	19.5	65.3	6.9
단독 주택 건설업	2,819	0.2	6.1	25.6	60.2	7.9
기타 기반 조성 관련 전문공사업	2,464	0.5	6.1	17.6	65.8	10.0
철골 및 관련 구조물 공사업	2,226	9.4	24.1	31.5	32.3	2.7
지반조성 건설업	2,211	0.0	4.4	15.4	67.6	12.6
콘크리트 및 철근 공사업	1,752	6.6	14.3	22.3	50.3	6.5
건물용 기계·장비 설치 공사업	1,579	0.1	8.8	20.8	59.7	10.6
항만, 수로, 댐 및 유사 구조물 건설업	1,151	0.3	5.3	19.6	65.3	9.5
유리 및 창호 공사업	1,011	11.5	22.2	27.4	36.5	2.5
배관 및 냉·난방 공사업	883	0.8	7.8	18.7	65.8	6.9
조경 건설업	828	2.1	10.3	27.1	54.2	6.4
소방시설 공사업	759	0.0	3.3	11.1	80.9	4.7
시설물 유지관리 공사업	574	0.0	5.7	16.4	64.6	13.2
도장 공사업	524	6.3	13.2	33.6	42.0	5.0
일반 통신 공사업	524	0.4	2.5	17.9	74.2	5.0
건물용 금속 공작물 설치 공사업	432	0.5	8.6	34.7	52.3	3.9
도배, 실내 장식 및 내장 목공 사업	416	2.4	12.7	26.2	56.5	2.2
방음, 방진 및 내화 공사업	389	0.0	3.1	9.3	86.1	1.5
철도 궤도 전문공사업	347	21.6	22.2	22.2	31.7	2.3
건물 및 구조물 해체 공사업	331	2.4	18.7	29.0	45.9	3.9
건설장비 운영업	146	5.5	18.5	29.5	45.2	1.4
내부 전기배선 공사업	126	0.0	0.8	18.3	65.1	15.9
비계 및 형틀 공사업	126	0.0	9.5	15.9	64.3	10.3
보링, 그라우팅 및 관정 공사업	104	0.0	5.8	29.8	59.6	4.8
지붕, 내·외벽 축조 관련 전문공사업	94	6.4	17.0	20.2	55.3	1.1
미장, 타일 및 방수 공사업	88	0.0	1.1	44.3	54.5	0.0
내부 통신 배선 공사업	78	0.0	1.3	10.3	82.1	6.4
포장 공사업	46	0.0	2.2	39.1	54.3	4.3
조적 및 석공 사업	28	35.7	17.9	25.0	14.3	7.1
수중 공사업	20	0.0	0.0	25.0	75.0	0.0
파일공사 및 축조관련 기초 공사업	5	0.0	0.0	20.0	80.0	0.0

〈표 III-4〉 소음 노출수준 (≥90 dB(A)) 비율 상위 세세 업종 현황

표준산업분류(세세 업종)	시료수	N(%) ≥90dB	N(%) ≥85dB	N(%) ≥80dB	N(%) ≥60dB	N(%) < 60dB
총합계	423,039	0.4	6.2	21.2	63.9	8.3
조적 및 석공 사업	28	35.7	17.9	25.0	14.3	7.1
철도 궤도 전문공사업	347	21.6	22.2	22.2	31.7	2.3
유리 및 창호 공사업	1,011	11.5	22.2	27.4	36.5	2.5
철골 및 관련 구조물 공사업	2,226	9.4	24.1	31.5	32.3	2.7
콘크리트 및 철근 공사업	1,752	6.6	14.3	22.3	50.3	6.5
지붕, 내·외벽 축조 관련 전문공사업	94	6.4	17.0	20.2	55.3	1.1
도장 공사업	524	6.3	13.2	33.6	42.0	5.0
건설장비 운영업	146	5.5	18.5	29.5	45.2	1.4
환경설비 건설업	2,852	2.7	5.7	19.5	65.3	6.9
건물 및 구축물 해체 공사업	331	2.4	18.7	29.0	45.9	3.9
도배, 실내 장식 및 내장 목공 사업	416	2.4	12.7	26.2	56.5	2.2
조경 건설업	828	2.1	10.3	27.1	54.2	6.4
기타 건물 관련설비 설치 공사업	6,114	1.9	8.7	21.3	60.4	7.8
일반 전기 공사업	3,361	1.0	7.8	16.0	63.4	11.8
건설업 본사	10,853	0.9	5.0	17.1	66.6	10.3
배관 및 냉·난방 공사업	883	0.8	7.8	18.7	65.8	6.9
그 외 기타 건축 마무리 공사업	4,813	0.7	8.0	18.9	62.3	10.1
기타 옥외 시설물 축조관련 전문공사업	6,687	0.6	7.4	17.6	63.6	10.8
산업 생산시설 종합건설업	12,322	0.6	8.9	21.4	61.5	7.6
기타 기반 조성 관련 전문공사업	2,464	0.5	6.1	17.6	65.8	10.0
기타 토목시설물 건설업	67,367	0.5	6.2	18.3	65.5	9.5
건물용 금속 공작물 설치 공사업	432	0.5	8.6	34.7	52.3	3.9
일반 통신 공사업	524	0.4	2.5	17.9	74.2	5.0
항만, 수로, 댐 및 유사 구조물 건설업	1,151	0.3	5.3	19.6	65.3	9.5
제조업 및 유사 산업용 건물 건설업	19,000	0.2	4.9	17.1	71.7	6.0
기타 비주거용 건물 건설업	27,616	0.2	5.3	21.7	66.3	6.5
토공 사업	3,465	0.2	6.8	16.4	66.3	10.3
단독 주택 건설업	2,819	0.2	6.1	25.6	60.2	7.9
도로 건설업	14,019	0.2	4.9	19.1	64.8	11.0
교량, 터널 및 철도 건설업	11,312	0.1	6.0	22.7	61.9	9.2
아파트 건설업	134,052	0.1	5.5	22.6	63.4	8.3
사무·상업용 및 공공기관용 건물 건설업	37,404	0.1	6.2	24.5	63.0	6.2
기타 공동 주택 건설업	39,721	0.1	6.5	22.0	63.0	8.4
건물용 기계·장비 설치 공사업	1,579	0.1	8.8	20.8	59.7	10.6
지반조성 건설업	2,211	0.0	4.4	15.4	67.6	12.6
소방시설 공사업	759	0.0	3.3	11.1	80.9	4.7
시설물 유지관리 공사업	574	0.0	5.7	16.4	64.6	13.2
방음, 방진 및 내화 공사업	389	0.0	3.1	9.3	86.1	1.5
내부 전기배선 공사업	126	0.0	0.8	18.3	65.1	15.9
비계 및 형틀 공사업	126	0.0	9.5	15.9	64.3	10.3
보링, 그라우팅 및 관정 공사업	104	0.0	5.8	29.8	59.6	4.8
미장, 타일 및 방수 공사업	88	0.0	1.1	44.3	54.5	0.0
내부 통신 배선 공사업	78	0.0	1.3	10.3	82.1	6.4
포장 공사업	46	0.0	2.2	39.1	54.3	4.3
수중 공사업	20	0.0	0.0	25.0	75.0	0.0
파일공사 및 축조관련 기초 공사업	5	0.0	0.0	20.0	80.0	0.0

〈표 III-5〉 소음 노출수준 (≥85 dB(A)) 비율 상위 세세 업종 현황

표준산업분류(세세 업종)	시료수	N(%) ≥90dB	N(%) ≥85dB	N(%) ≥80dB	N(%) ≥60dB	N(%) < 60dB
총합계	423,039	0.4	6.2	21.2	63.9	8.3
철골 및 관련 구조물 공사업	2,226	9.4	24.1	31.5	32.3	2.7
철도 궤도 전문공사업	347	21.6	22.2	22.2	31.7	2.3
유리 및 창호 공사업	1,011	11.5	22.2	27.4	36.5	2.5
건물 및 건축물 해체 공사업	331	2.4	18.7	29.0	45.9	3.9
건설장비 운영업	146	5.5	18.5	29.5	45.2	1.4
조적 및 석공 사업	28	35.7	17.9	25.0	14.3	7.1
지붕, 내·외벽 축조 관련 전문공사업	94	6.4	17.0	20.2	55.3	1.1
콘크리트 및 철근 공사업	1,752	6.6	14.3	22.3	50.3	6.5
도장 공사업	524	6.3	13.2	33.6	42.0	5.0
도배, 실내 장식 및 내장 목공사업	416	2.4	12.7	26.2	56.5	2.2
조경 건설업	828	2.1	10.3	27.1	54.2	6.4
비계 및 형틀 공사업	126	0.0	9.5	15.9	64.3	10.3
산업 생산시설 종합 건설업	12,322	0.6	8.9	21.4	61.5	7.6
건물용 기계·장비 설치 공사업	1,579	0.1	8.8	20.8	59.7	10.6
기타 건물 관련설비 설치 공사업	6,114	1.9	8.7	21.3	60.4	7.8
건물용 금속 공작물 설치 공사업	432	0.5	8.6	34.7	52.3	3.9
그 외 기타 건축 마무리 공사업	4,813	0.7	8.0	18.9	62.3	10.1
배관 및 냉·난방 공사업	883	0.8	7.8	18.7	65.8	6.9
일반 전기 공사업	3,361	1.0	7.8	16.0	63.4	11.8
기타 옥외 시설물 축조관련 전문공사업	6,687	0.6	7.4	17.6	63.6	10.8
토공사업	3,465	0.2	6.8	16.4	66.3	10.3
기타 공동 주택 건설업	39,721	0.1	6.5	22.0	63.0	8.4
기타 토목 시설물 건설업	67,367	0.5	6.2	18.3	65.5	9.5
사무·상업용 및 공공기관용 건물 건설업	37,404	0.1	6.2	24.5	63.0	6.2
기타 기반조성 관련 전문공사업	2,464	0.5	6.1	17.6	65.8	10.0
단독 주택 건설업	2,819	0.2	6.1	25.6	60.2	7.9
교량, 터널 및 철도 건설업	11,312	0.1	6.0	22.7	61.9	9.2
보링, 그라우팅 및 관정 공사업	104	0.0	5.8	29.8	59.6	4.8
시설물 유지관리 공사업	574	0.0	5.7	16.4	64.6	13.2
환경설비 건설업	2,852	2.7	5.7	19.5	65.3	6.9
아파트 건설업	134,052	0.1	5.5	22.6	63.4	8.3
항만, 수로, 댐 및 유사 구조물 건설업	1,151	0.3	5.3	19.6	65.3	9.5
기타 비주거용 건물 건설업	27,616	0.2	5.3	21.7	66.3	6.5
건설업본사	10,853	0.9	5.0	17.1	66.6	10.3
제조업 및 유사 산업용 건물 건설업	19,000	0.2	4.9	17.1	71.7	6.0
도로 건설업	14,019	0.2	4.9	19.1	64.8	11.0
지반조성 건설업	2,211	0.0	4.4	15.4	67.6	12.6
소방시설 공사업	759	0.0	3.3	11.1	80.9	4.7
방음, 방진 및 내화 공사업	389	0.0	3.1	9.3	86.1	1.5
일반 통신 공사업	524	0.4	2.5	17.9	74.2	5.0
포장 공사업	46	0.0	2.2	39.1	54.3	4.3
내부 통신배선 공사업	78	0.0	1.3	10.3	82.1	6.4
미장, 타일 및 방수 공사업	88	0.0	1.1	44.3	54.5	0.0
내부 전기배선 공사업	126	0.0	0.8	18.3	65.1	15.9
수중 공사업	20	0.0	0.0	25.0	75.0	0.0
파일공사 및 축조관련 기초 공사업	5	0.0	0.0	20.0	80.0	0.0

〈표 III-6〉 년도별 소음 작업환경측정 평균 소음수준(dB(A)) 상위 업종

표준산업분류(세세 업종)	시료수	5년 평균	2018	2019	2020	2021	2022
총합계	423,039	73.9	75.7	75.3	74.4	73.3	72.4
조적 및 석공 사업	28	83.1	78.8	61.5	88.1	88.3	87.1
철도 궤도 전문공사업	347	82.7	83.4	83.5	81.1	84.9	80.8
철골 및 관련 구조물 공사업	2,226	81.3	82.2	80.2	81.2	81.7	80.8
유리 및 창호 공사업	1,011	80.8	82.0	81.6	80.6	80.6	79.9
건설장비 운영업	146	78.9	81.7	78.5	77.0	78.3	79.4
도장 공사업	524	78.6	80.8	76.7	78.7	81.6	77.2
건물 및 구축물 해체 공사업	331	78.5	79.6	78.4	81.3	77.1	77.2
지붕, 내·외벽 축조 관련 전문공사업	94	78.3	81.4	79.9	77.3	79.6	74.8
미장, 타일 및 방수 공사업	88	77.7	78.6	78.8	77.0	75.3	73.2
건물용 금속 공작물 설치 공사업	432	77.6	76.8	76.9	78.6	77.2	77.7
도배, 실내 장식 및 내장 목공 사업	416	77.5	77.2	77.4	82.8	77.3	75.9
콘크리트 및 철근 공사업	1,752	77.0	76.9	75.7	77.2	80.1	76.6
포장 공사업	46	76.5	76.0	81.7		78.7	75.1
보링, 그라우팅 및 관정 공사업	104	76.1	80.3	76.9	78.2	76.5	73.8
방음, 방진 및 내화 공사업	389	75.9	75.9	76.8	75.9	74.9	75.6
조경 건설업	828	75.9	77.1	77.2	76.5	75.3	74.7
파일공사 및 축조관련 기초 공사업	5	74.9	-	-	-	74.9	-
사무·상업용 및 공공기관용 건물 건설업	37,404	74.8	78.0	77.5	75.7	73.9	72.7
기타 건물 관련설비 설치 공사업	6,114	74.6	75.6	75.3	75.3	74.5	72.6
산업 생산시설 종합건설업	12,322	74.5	75.7	74.3	74.9	74.5	73.9
단독 주택 건설업	2,819	74.5	76.0	76.7	73.6	72.7	72.4
환경설비 건설업	2,852	74.5	78.6	78.0	73.3	73.1	73.3
배관 및 냉·난방 공사업	883	74.4	75.1	75.7	73.3	73.9	73.9
기타 비주거용 건물 건설업	27,616	74.1	76.6	75.5	74.8	73.7	72.9
아파트 건설업	134,052	73.9	75.9	75.6	74.2	73.4	72.5
기타 공동 주택 건설업	39,721	73.9	77.0	75.9	74.1	73.3	72.4
교량, 터널 및 철도 건설업	11,312	73.7	74.9	76.0	74.0	72.8	71.8
건물용 기계·장비 설치 공사업	1,579	73.4	71.9	73.3	73.5	76.0	74.3
제조업 및 유사 산업용 건물 건설업	19,000	73.4	76.6	75.6	74.0	72.3	72.1
그 외 기타 건축 마무리 공사업	4,813	73.3	76.0	75.6	73.0	70.9	71.1
수중 공사업	20	73.3	-	73.0	-	73.6	73.1
항만, 수로, 댐 및 유사 구조물 건설업	1,151	73.3	77.9	77.1	74.3	72.7	70.6
소방시설 공사업	759	73.2	75.0	76.1	71.7	71.8	73.1
기타 기반 조성 관련 전문공사업	2,464	73.2	75.9	73.3	73.7	72.2	71.4
기타 토목시설물 건설업	67,367	73.1	73.5	74.2	74.1	72.8	72.1
기타 옥외 시설물 축조관련 전문공사업	6,687	73.0	75.4	72.7	72.6	72.8	71.8
건설업 본사	10,853	72.9	74.0	73.3	73.8	72.8	71.6
일반 통신 공사업	524	72.8	69.1	71.0	72.3	74.9	72.2
토공 사업	3,465	72.8	74.2	72.8	73.8	72.4	71.3
내부 통신 배선 공사업	78	72.7	73.9	71.8	78.8	76.1	71.7
일반 전기 공사업	3,361	72.5	73.0	72.8	71.9	73.1	72.2
도로 건설업	14,019	72.5	74.4	74.2	73.3	71.9	70.3
비계 및 형틀 공사업	126	72.5	74.8	74.0	72.2	71.8	65.8
지반조성 건설업	2,211	71.7	76.2	73.9	72.8	71.4	69.8
시설물 유지관리 공사업	574	71.7	73.2	72.6	73.5	73.2	68.5
내부 전기배선 공사업	126	70.9	77.3	71.2	69.1	67.5	73.1

〈표 III-7〉 소음 노출수준 (≥90 dB(A)) 비율 상위 직종 현황

직종	시료수	N(%) ≥90dB	N(%) ≥85dB	N(%) ≥80dB	N(%) ≥60dB	N(%) < 60dB	총합계
총합계	423,039	0.4	6.2	21.2	63.9	8.3	100
착암공	22	27.3	18.2	22.7	27.3	4.5	100
포장공	611	1.1	9.2	27.7	57.1	4.9	100
용접공	29,489	0.9	7.5	23.8	62.6	5.1	100
도장공	4,470	0.9	4.4	13.1	67.2	14.5	100
철거공	2,434	0.9	5.3	22.7	62.2	9.0	100
발파공	1,634	0.7	10.4	29.3	52.7	6.9	100
터널공	4,440	0.5	10.7	24.3	56.2	8.2	100
건설공	18,750	0.5	11.6	20.2	56.4	11.3	100
콘크리트공	9,202	0.5	5.6	24.2	63.2	6.5	100
석공	6,315	0.3	9.5	25.3	58.1	6.9	100
방수공	3,530	0.3	3.1	11.4	73.2	12.0	100
건축목공	6,376	0.3	6.1	25.5	60.6	7.6	100
형틀공	74,129	0.2	10.2	34.9	50.0	4.8	100
배관공	11,778	0.2	4.6	18.4	70.3	6.5	100
전공	542	0.2	3.5	13.7	74.5	8.1	100
미장공	2,849	0.2	3.0	9.2	77.1	10.6	100
비계공	7,146	0.1	5.7	27.3	61.8	5.1	100
토공	24,659	0.1	4.1	17.3	67.6	10.9	100
골조	4,511	0.1	6.5	22.0	65.2	6.2	100
기계공	6,665	0.1	3.6	14.3	71.2	10.8	100
조경공	2,293	0.1	2.0	10.5	73.6	13.8	100
신호수	6,076	0.1	1.8	12.4	75.6	10.1	100
철골공	4,127	0.1	6.6	23.0	64.3	6.0	100
건설기계운전공	100	0.1	2.1	13.2	69.7	15.0	100
철근공	40,975	0.1	2.9	17.8	72.2	7.1	100
설비공	14,377	0.0	1.9	11.6	76.2	10.3	100
보통 인부	5,177	0.0	3.6	14.0	73.9	8.5	100
전기공	12,257	0.0	1.4	7.9	77.8	12.9	100
내장공	7,794	0.0	2.1	12.7	72.4	12.8	100
조적공	4,839	0.0	1.5	7.9	78.4	12.3	100
관리자	842	0.0	0.1	4.2	63.2	32.5	100
내선전공	394	0.0	0.3	10.9	78.7	10.2	100
보온공	1,122	0.0	2.9	11.1	75.8	10.2	100
유리공	145	0.0	1.4	6.2	82.1	10.3	100
작업반장	270	0.0	2.6	8.1	77.4	11.9	100
잠수공	17	0.0	0.0	17.6	76.5	5.9	100
창호공	1,907	0.0	3.4	17.1	71.1	8.4	100
코킹공	468	0.0	0.9	7.7	77.2	14.3	100
타일공	3,399	0.0	1.9	11.8	73.3	13.0	100
플랜트공	634	0.0	6.2	21.5	66.9	5.5	100
기타	75,839	1.3	7.4	19.8	63.3	8.3	100

〈표 III-8〉 소음 노출수준 (≥85 dB(A)) 비율 상위 직종 현황

직종	시료수	N(%) ≥90dB	N(%) ≥85dB	N(%) ≥80dB	N(%) ≥60dB	N(%) < 60dB	총합계
총합계	423,039	0.4	6.2	21.2	63.9	8.3	100
착암공	22	27.3	18.2	22.7	27.3	4.5	100
건축공	18,750	0.5	11.6	20.2	56.4	11.3	100
터널공	4,440	0.5	10.7	24.3	56.2	8.2	100
발파공	1,634	0.7	10.4	29.3	52.7	6.9	100
형틀공	74,129	0.2	10.2	34.9	50.0	4.8	100
석공	6,315	0.3	9.5	25.3	58.1	6.9	100
포장공	611	1.1	9.2	27.7	57.1	4.9	100
용접공	29,489	0.9	7.5	23.8	62.6	5.1	100
철골공	4,127	0.1	6.6	23.0	64.3	6.0	100
골조	4,511	0.1	6.5	22.0	65.2	6.2	100
플랜트공	634	0.0	6.2	21.5	66.9	5.5	100
건축목공	6,376	0.3	6.1	25.5	60.6	7.6	100
비계공	7,146	0.1	5.7	27.3	61.8	5.1	100
콘크리트공	9,202	0.5	5.6	24.2	63.2	6.5	100
철거공	2,434	0.9	5.3	22.7	62.2	9.0	100
배관공	11,778	0.2	4.6	18.4	70.3	6.5	100
도장공	4,470	0.9	4.4	13.1	67.2	14.5	100
토공	24,659	0.1	4.1	17.3	67.6	10.9	100
기계공	6,665	0.1	3.6	14.3	71.2	10.8	100
보통 인부	5,177	0.0	3.6	14.0	73.9	8.5	100
전공	542	0.2	3.5	13.7	74.5	8.1	100
창호공	1,907	0.0	3.4	17.1	71.1	8.4	100
방수공	3,530	0.3	3.1	11.4	73.2	12.0	100
미장공	2,849	0.2	3.0	9.2	77.1	10.6	100
보온공	1,122	0.0	2.9	11.1	75.8	10.2	100
철근공	40,975	0.1	2.9	17.8	72.2	7.1	100
작업반장	270	0.0	2.6	8.1	77.4	11.9	100
내장공	7,794	0.0	2.1	12.7	72.4	12.8	100
건설기계운전공	100	0.1	2.1	13.2	69.7	15.0	100
조경공	2,293	0.1	2.0	10.5	73.6	13.8	100
타일공	3,399	0.0	1.9	11.8	73.3	13.0	100
설비공	14,377	0.0	1.9	11.6	76.2	10.3	100
신호수	6,076	0.1	1.8	12.4	75.6	10.1	100
조적공	4,839	0.0	1.5	7.9	78.4	12.3	100
유리공	145	0.0	1.4	6.2	82.1	10.3	100
전기공	12,257	0.0	1.4	7.9	77.8	12.9	100
코킹공	468	0.0	0.9	7.7	77.2	14.3	100
내선전공	394	0.0	0.3	10.9	78.7	10.2	100
관리자	842	0.0	0.1	4.2	63.2	32.5	100
잠수공	17	0.0	0.0	17.6	76.5	5.9	100
기타	75,839	1.3	7.4	19.8	63.3	8.3	100

〈표 Ⅲ-9〉 업종별 소음 초과 사업장 현황 (2018~2022 작업환경측정 시행 결과, 고용노동부)

측정 연도 (반기)		전체			제조업			건설업		
		실시	초과	%	실시	초과	%	실시	초과	%
2022	상	45,062	6,316	14.0	35,432	6,019	17.0	5,082	58	1.1
	하	42,057	6,539	15.5	32,134	6,235	19.4	5,462	58	1.1
2021	상	43,694	6,263	14.3	35,476	5,990	16.9	3,861	54	1.4
	하	39,046	6,170	15.8	30,889	5,909	19.1	4,226	56	1.3
2020	상	43,481	6,510	15.0	36,130	6,220	17.2	3,295	76	2.3
	하	39,281	6,345	16.2	31,976	6,071	19.0	3,458	67	1.9
2019	상	42,103	6,076	14.4	35,124	5,805	16.5	3,075	80	2.6
	하	41,015	6,210	15.1	33,959	5,931	17.5	3,310	65	2.0
2018	상	40,067	6,191	15.5	33,587	5,871	17.5	2,591	108	4.2
	하	39,760	6,082	15.3	33,335	5,772	17.3	2,779	94	3.4

〈표 Ⅲ-10〉 업종별 소음 초과 공정 현황 (2018~2022 작업환경측정 시행 결과, 고용노동부)

측정 연도 (반기)		전체			제조업			건설업		
		실시	초과	%	실시	초과	%	실시	초과	%
2022	상	155,273	13,845	8.9	118,885	13,348	11.2	22,936	105	0.5
	하	144,241	14,016	9.7	106,433	13,541	12.7	25,827	95	0.4
2021	상	144,635	13,606	9.4	115,873	13,133	11.3	16,831	108	0.6
	하	131,983	13,319	10.1	101,960	12,881	12.6	18,828	112	0.6
2020	상	141,567	14,070	9.9	116,860	13,547	11.6	13,734	155	1.1
	하	127,947	13,671	10.7	103,005	13,195	12.8	14,899	122	0.8
2019	상	137,855	12,779	9.3	115,408	12,322	10.7	12,321	142	1.2
	하	128,163	12,638	9.9	106,283	12,160	11.4	13,054	115	0.9
2018	상	131,664	12,792	9.7	112,263	12,275	10.9	9,666	164	1.7
	하	125,008	12,606	10.1	106,080	12,107	11.4	10,479	146	1.4

〈표 III-11〉 연구 대상 직종 및 주요 작업 내용

번호	직종명	주요 작업 내용
1	토공	구조물을 시공하면서 기초나 지하실을 구축하는 데 필요한 지반면까지의 공간을 굴착, 완료한 뒤에 지반면까지 다시 메우는 작업에 종사하는 기능공
2	포장공	도로를 포장하는 주된 작업에 종사하는 기능공으로 노면을 아스팔트 혼합물이나 콘크리트 등을 사용하여 보강하여 평탄화하는 포장 및 골재를 포설하는 작업에 종사하는 기능공
3	형틀목공	콘크리트 타설을 위하여 형틀 및 동바리를 제작, 조립, 설치, 해체 작업을 하는 기능공
4	건축목공	건축물의 축조 및 실내 목구조물의 제작, 설치 또는 해체 작업과 건물의 내부에 수장재를 사용하여 마무리하는 작업에 종사하는 기능공
5	조적공	벽돌, 블록 등을 쌓고 해체하는 작업과 벽이나 담의 틈을 진흙으로 메우는 작업에 종사하는 기능공
6	미장공	시멘트, 모르타르나 회반죽, 석고 프라스타 및 기타 미장 재료를 이용하여 구조물의 내외표면에 바름 작업과 콘크리트 바닥에 에폭시 그라우팅 등 침투성 방수 처리를 하는 작업에 종사하는 기능공
7	견출공	콘크리트면을 매끈하게 하는 마감공사 등의 작업에 종사하는 기능공
8	방수공	구조물의 바닥, 벽체, 지붕 등의 누수 방지 작업을 하는 기능공
9	코킹/타일공	창틀, 욕조 등의 방수나 고정을 위하여 접착성, 점착성이 있는 재료로 수밀이나 기밀을 위해 작은 틈에 충전재를 넣는 작업, 접착제를 사용하여 타일 또는 아스타일 등 타일류를 구조물의 표면에 부착시키는 기능공
10	석공	석재를 가공하여 형성된 마름돌과 석재를 붙이거나 일반 쌓기를 하여 구조물을 축조 등의 주된 작업에 종사하는 기능공
11	도장공	도장을 위한 바탕 처리 작업 및 페인트류 및 기타 도료를 구조물 등에 칠하는 기능공 및 고속도로, 일반도로, 활주로, 주차장 등 노면에 분사기기를 사용하는 작업을 하는 기능공
12	철근공	철근의 절단, 가공, 조립, 해체 등의 작업에 종사하는 사람
13	철골공	H빔, BOX빔 등 철골의 가공, 조립 및 해체 등의 주된 작업에 종사하는 기능공
14	콘크리트공	소정의 중량화 및 용적화의 콘크리트를 만들기 위해 시멘트, 모래, 자갈, 물 비비기와 부어 넣기 및 바이브레타를 사용하여 다지거나 슛크리트를 분사하는 기능공
15	창호/창호목공	건물 등에서 목재, 철재, 창틀 등으로 창 및 문짝을 제작 또는 설치하는 작업에 종사하는 기능공, 건물에서 목재로 된 창 및 문짝을 제작 또는 설치하는 작업에 종사하는 기능공

〈표 Ⅲ-11〉 연구 대상 직종 및 주요 작업 내용 (계속)

번호	직종명	주요 작업 내용
16	비계공	공사 시 높은 곳에서 일할 수 있도록 비계, 운반대, 작업대, 보호망 등의 설치 및 해체 작업에 종사하는 기능공
17	내장공/ 유리공	건물 내부 수장재 마무리(내부 치장, 걸레반이, 마루 놓기, 출입구, 창 둘레 등 주로 장식을 목적으로 구조체를 붙여 대는 작업) 및 유리를 규격에 맞게 재단하거나 끼우는 작업에 종사하는 기능공
18	배관공/ 보온공	급배수, 가스급탕, 냉·온실 및 설비의 배관과 해체 등의 주된 작업, 기기 및 배관류의 보온 시공 등의 주된 작업에 종사하는 기능공
19	플랜트공	배관, 용접 등 플랜트 공사의 설비 작업을 수행하는 주된 작업에 종사하는 기능공
20	철거공	구조물(아파트, 주택, 지하구조물 및 시설물) 등을 철거하면서 발생하는 모든 폐기물(인목, 건설, 지정, 사업장, 혼합 폐기물)등을 반출(수집, 운반, 처리) 정리하는 과정을 수행하는 일반적인 작업에 종사하는 기능공
21	기계설비공	일반기계설비의 조립설치, 조정, 검사 및 보수 등의 작업에 종사하는 기능공
22	설비공	전기, 통신공사 등의 주된 작업에 종사하는 기능공
23	건설기계 운전기사	각종 건설 기계의 운전과 조작을 하는 운전사
24	조경공	수목, 화초, 돌 등을 사용하여 인위적으로 자연 경치를 꾸미는 주된 작업에 종사하는 기능공
25	잠수공	교량, 항만 등의 공사를 하기 위하여 수중에 들어가 기중기선의 운전원과 공동으로 돌쌓기, 암석 채취 등의 일반적인 작업을 하는 기능공
26	용접공	일반 철재, 일반기기 또는 일반배관 등의 용접을 하는 기능공
27	전공	건설 현장의 전기기기를 작동 보수 수리하는 작업에 종사하는 기능공
28	전기공	구조물 또는 가시설물의 주된 전기 작업에 종사하는 기능공
29	내선전공	옥내전선관, 배선 및 등기구류 설비의 시공 및 보수 등의 작업에 종사하는 기능공
30	착암, 발파공	착암기를 사용하여 암반에 천공하는 작업에 종사하는 기능공, 암석에 구멍을 뚫고 폭약을 넣어 암석을 부수는 작업을 하는 기능공

2) 특수건강진단 자료분석 결과

○ 최근 5년 특수건강진단 현황

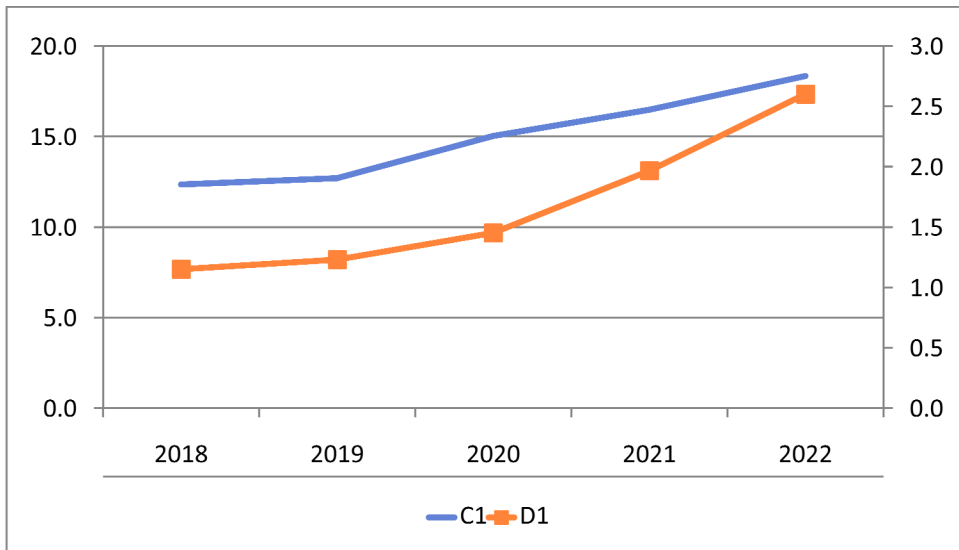
건설업에서 최근 5년(2018~2022) 소음에 대해 실시한 특수건강진단자 수는 총 1,057,584명(연평균 211,517명) 이었으며, 2022년도에는 284,389명으로 가장 많은 근로자가 특수건강진단에 참여하였다. 건설업 근로자의 성별 비율은 남성이 99%로 여성 근로자와 비교하면 매우 높았다. 나이별로 분석한 결과, 2018년도를 제외하고는 비슷한 분포를 보였다. 가장 큰 비율을 차지한 나이는 50대가 30% 이상 차지하였고, 40대가 약 25%, 60대 이상이 약 20% 정도 차지하였다<표 III-12>.

〈표 III-12〉 건설업 근로자 성별, 나이별 소음 특수건강진단 실시근로자 현황

	2018	2019	2020	2021	2022
성별					
남자(%)	172,219 (99)	203,923 (99)	180,579 (99)	175,821 (99)	267,803 (99)
여자(%)	9,661 (1)	12,042 (1)	9,414 (1)	9,536 (1)	16,586 (1)
나이별					
30대 미만(%)	-*	19,323 (9)	15,830 (8)	15,066 (8)	22,150 (8)
30대(%)	-	38,713 (18)	31,894 (17)	30,868 (17)	44,083 (16)
40대(%)	-	54,267 (25)	45,903 (24)	43,973 (24)	65,026 (23)
50대(%)	-	70,335 (33)	63,486 (33)	60,947 (33)	94,849 (33)
60대 이상(%)	-	33,327 (15)	32,880 (17)	34,503 (19)	58,281 (20)
전체	181,880	215,965	189,993	185,357	284,389

* '18년 근로자 건강진단 실시결과 분류 오류로 제외함

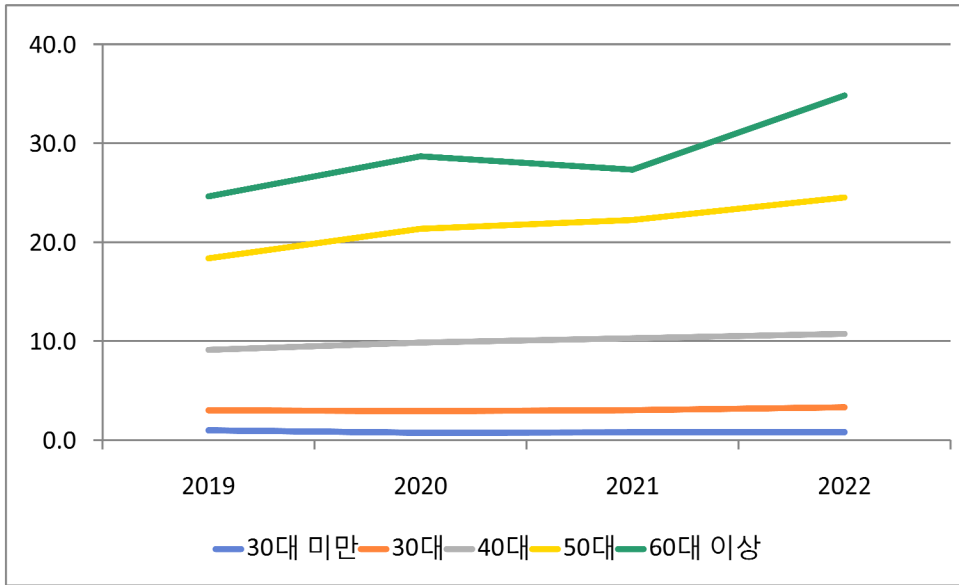
소음으로 인한 직업병 요관찰자(C₁) 비율(전체 실시근로자 대비)은 2018년도 12.4%(22,464명)에서 2022년도 18.3%(52,146명)로 증가하였으며, 직업병 유소견자(D₁) 비율(전체 실시근로자 대비)은 2018년 1.2%(2,094명)에서 2022년도 2.6%(7,400명)로 2배 이상 증가하였다[그림 Ⅲ-1].



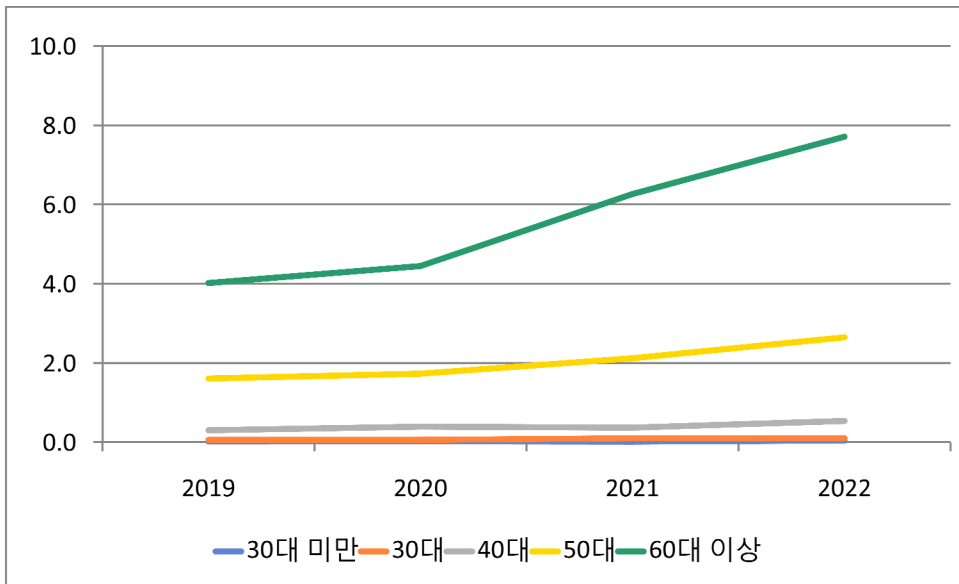
[그림 Ⅲ-1] 건설업의 연도별 직업병 요관찰자(C₁), 유소견자(D₁)의 비율 변화
(C₁: 왼쪽 Y축, D₁: 오른쪽 Y축)

연도별·나이별 건설업 근로자의 직업병 요관찰자(C₁) 비율은 30대 전까지는 큰 변화가 없었으며, 40대부터 직업병 요관찰자(C₁)의 비율이 증가하는 경향을 보이고 있었다. 60대 이상이 약 30% 수준으로 가장 높은 비율을 차지하고 있었다[그림 Ⅲ-2].

연도별·나이별 건설업 근로자의 직업병 유소견자(D₁) 비율은 30대 전까지는 큰 변화가 없었으며, 40대부터 직업병 유소견자(D₁)의 비율이 증가하는 경향을 보이고 있었다. 60대 이상에서는 2020년대 이후로 급격하게 증가하는 경향을 보이고 있었다[그림 Ⅲ-3].



[그림 Ⅲ-2] 건설업의 연도별·나이별 직업병 요관찰자(C₁) 비율 변화 비교(2018년도 제외)



[그림 Ⅲ-3] 건설업의 연도별·나이별 직업병 유소견자(D₁) 비율 변화 비교(2018년도 제외)

○ 건설업 소분류

건설업 한국표준산업분류 소분류 8개 업종코드로 분류하여 각 건설업 소분류에 따른 C₁, D₁ 판정자의 남자 근로자 수를 조사하였다. 가장 많은 C₁, D₁ 판정자가 나온 건설업 소분류 Top 3에는 기반 조성 및 시설물 축조 관련 전문공사업이 각각 13,414명, 2,035명이었고, 건물 건설업이 각각 10,944명, 1,508명이었고, 토목 건설업이 각각 6,271명, 876명이었다<표 III-13>.

<표 III-13> 건설업 표준산업분류 코드로 분류_소분류(8종)

소분류*	N		순위**
	C ₁	D ₁	
건물 건설업	10,944	1,508	Top 2
토목 건설업	6,271	876	Top 3
기반조성 및 시설물 축조관련 전문공사업	13,414	2,035	Top 1
건물설치 설치 공사업	6,015	700	
전기 및 통신 공사업	2,294	235	
실내건축 및 건축마무리 공사업	2,352	293	
시설물 유지관리 공사업	11	1	
건설장비 운영업	157	35	
합계	41,458	5,683	

* 건설업 본사 제외, ** C₁, D₁ 판정자가 많은 순위

건설업 한국표준산업분류 소분류 8개 업종코드 분류에 따른 청력검사 결과를 나이대별로 각각 분석한 결과, 나이대별 청력검사 결과 간에는 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 나이를 구분하지 않고, 소분류 업종에 따른 직업병 요관찰자(C₁)의 청력검사 결과 차이를 비교해 보았다. 시설물 유지관리 공사업을 제외한 업종의 청력손실은 4kHz 영역에서 가장 높았다. 시설물 유지관리 공사업은 6kHz 영역이 가장 취약하였으나 분석한 데이터가 11개밖에 되지 않아서 신뢰하기는 어려워 보인다<표 III-14>. 직업병 유소견자(D₁)의 소그룹 업종에 따른 소음으로 인한 청력검사 결과를 비교하였다. 시설물 유지관리 공사업을 제외하고는 모든 업종에서 청력손실은 6kHz 영역이 나타났다. 시설물

유지관리 공사업은 3kHz 영역이 가장 취약하였으나 분석한 데이터가 1개밖에 되지 않아서 신뢰하기는 어려워 보인다. 자료의 내용을 종합해 보면, 소그룹 업종 간에는 청력검사 결과와의 통계적인 상관관계를 보이지 않았다. 직업병 요관찰자(C₁) 그룹에서는 4kHz의 청력손실이 나타나는 것을 확인할 수 있었고, 직업병 유소견자(D₁) 그룹에서는 6kHz의 청력손실이 4kHz보다 큰 경향을 보이고 있었다<표 III-15>.

〈표 III-14〉 2023년 건설업(코드) 특수건강진단 나이별(남자) C₁의 평균 기도 청력손실(dB) 비교_소분류

분류*	1	2	3	4	5	6	7	8
N	10944	6270	13413	6014	2294	2352	11	157
3 kHz	평균	46.2	45.3	45.7	43.6	44.9	41.8	45.6
	범위	0-110	5-95	0-110	5-95	5-93	20-65	10-80
N	10943	6271	13414	6015	2294	2352	11	157
4 kHz	평균	57.6	57.0	56.7	56.8	56.7	58.3	55.5
	범위	10-110	8-115	10-110	10-115	15-103	45-78	20-95
N	10941	6270	13413	6014	2294	2352	11	157
6 kHz	평균	55.0	54.1	53.0	54.0	53.1	62.2	52.0
	범위	0-150	5-110	0-115	5-110	10-108	40-83	15-110

* 1: 건물 건설업, 2: 토목 건설업, 3: 기반 조성 및 시설물 축조 관련 전문공사업, 4: 건물설치 공사업, 5: 전기 및 통신 공사업, 6: 실내 건축 및 건축 마무리 공사업, 7: 시설물 유지관리 공사업, 8: 건설장비 운영업

〈표 III-15〉 2023년 건설업(코드) 특수건강진단 나이별(남자) D1의 평균 기도 청력손실(dB) 비교_소분류

분류*	1	2	3	4	5	6	7	8
N	1508	876	2034	400	235	293	1	35
3 kHz	평균	63.9	63.7	63.8	63.5	63.3	58.0	64.5
	범위	20-120	23-120	25-120	25-120	25-120	25-120	20-120
N	1507	876	2032	699	235	293	1	35
4 kHz	평균	67.7	67.4	67.9	68.0	67.8	50.0	70.2
	범위	25-120	25-120	25-120	30-120	30-120	33-120	48-110
N	1506	875	2035	700	235	293	1	35
6 kHz	평균	68.5	68.4	68.2	68.6	70.0	55.0	71.7
	범위	5-150	20-150	20-135	25-110	33-120	20-120	50-110

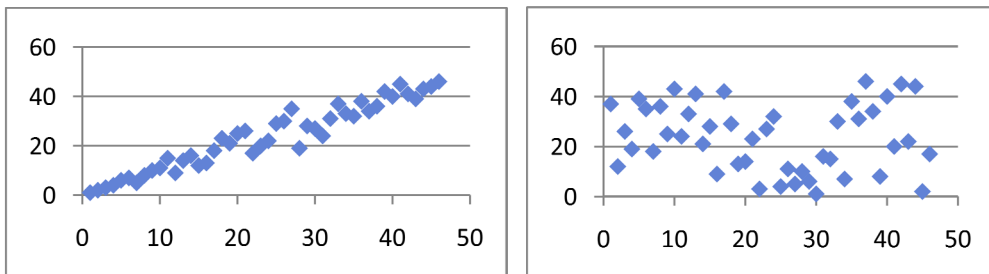
* 1: 건물 건설업, 2: 토목 건설업, 3: 기반 조성 및 시설물 축조 관련 전문공사업, 4: 건물설치 공사업, 5: 전기 및 통신 공사업, 6: 실내 건축 및 건축 마무리 공사업, 7: 시설물 유지관리 공사업, 8: 건설장비 운영업

○ 건설업 세세 분류

건설업 세세 분류 46개 업종코드로 분류하였다. C₁, D₁ 판정자의 남자 근로자 수를 분석하였다. 가장 많은 C₁, D₁ 판정자 수 Top 3에는 순서대로 기술하면, 건설업 본사는 각각 15,115명, 2,352명이었고, 콘크리트 및 철근 공사업은 각각 6,031명, 842명이었고, 아파트 건설업은 각각 4,918명, 621명으로 조사되었다. 건설업 본사의 평균 소음수준(5년)은 72.9 dB(A)(71.6 dB(A)~74.0 dB(A))이었고, 콘크리트 및 철근 공사업은 77.0 dB(A)(75.7 dB(A)~80.1 dB(A))이었고, 아파트 건설업은 73.0 dB(A)(72.5 dB(A)~75.9 dB(A))이었다.

조적 및 석공 사업의 평균 소음수준(5년)은 83.1 dB(A)로 가장 높은 업종이었고, 직업병 요관찰자(C₁)과 유소견자(D₁)의 수는 각각 241명, 26명으로 나타났다. 철도 궤도 전문공사업의 평균 소음수준(5년)은 82.7 dB(A)로 두 번째 높은 업종이었고 직업병 요관찰자(C₁)과 유소견자(D₁)의 수는 각각 41명, 1명으로 나타났다<표 III-16>.

건설업 세세 분류의 판정 결과(C₁, D₁) 순위와 소음수준과의 상관관계를 분석하였다. 판정 결과 간에는 양의 상관 관계를 보였으나, 판정 결과와 소음수준 간에는 상관관계를 보이지 않았다<표 III-17>, [그림 III-4].



[그림 III-4] 판정 결과(C₁, D₁)와 소음수준 순위와의 상관관계 도표(x,y 축: 순위) (왼쪽: 판정 결과 간의 상관관계, 오른쪽: 판정 결과와 소음수준 간의 상관관계)

〈표 III-16〉 2023년도 건설업 표준산업분류 코드 분류_세세 분류

세세 분류	N		작업환경측정결과 비교
	C ₁	D ₁	
단독 주택 건설업	18	4	
아파트 건설업	4918	621	소음 측정건수 Top 1
기타 공동 주택 건설업	1196	223	소음 측정건수 Top 3
사무·상업용 및 공공기관용 건물 건설업	2595	354	
제조업 및 유사 산업용 건물 건설업	569	100	
기타 비주거용 건물 건설업	1648	206	
지반조성 건설업	34	4	
도로 건설업	951	167	
교량, 터널 및 철도 건설업	551	43	
항만, 수로, 댐 및 유사 구조물 건설업	146	41	
환경설비 건설업	15	3	
산업 생산시설 종합 건설업	1166	153	
조경 건설업	136	24	
기타 토목 시설물 건설업	3272	441	소음 측정건수 Top 2
건설업본사	15115	2352	
건물 및 구축물 해체 공사업	73	14	
토공사업	2549	443	
보링, 그라우팅 및 관정 공사업	286	47	
파일공사 및 축조관련 기초 공사업	7	-	
기타 기반조성 관련 전문공사업	1013	174	
철골 및 관련 구조물 공사업	263	44	≥85 dB Top 1(24.1%)
콘크리트 및 철근 공사업	6031	842	
조적 및 석공사업	241	25	≥90 dB Top 1(35.7%)
포장 공사업	212	48	
철도 궤도 전문공사업	24	1	≥90 dB Top 2(21.6%)
수중 공사업	65	9	
비계 및 형틀 공사업	328	114	
지붕, 내·외벽 축조 관련 전문공사업	17	5	
기타 옥외 시설물 축조관련 전문공사업	2305	269	
배관 및 냉·난방 공사업	386	45	
건물용 기계·장비 설치 공사업	1218	143	
방음, 방진 및 내화 공사업	107	19	
소방시설 공사업	95	7	
기타 건물 관련설비 설치 공사업	4209	486	
일반 전기 공사업	1909	212	
내부 전기배선 공사업	132	8	
일반 통신 공사업	224	11	
내부 통신배선 공사업	29	4	
도장 공사업	244	26	
도배, 실내 장식 및 내장 목공사업	361	36	
유리 및 창호 공사업	373	40	≥90 dB Top 3(11.5%)
미장, 타일 및 방수 공사업	1072	143	
건물용 금속 공작물 설치 공사업	187	32	
그 외 기타 건축 마무리 공사업	115	16	
시설물 유지관리 공사업	11	1	
건설장비 운영업	157	35	

〈표 Ⅲ-17〉 2023년도 건설업 표준산업분류 코드 분류_세세 분류

세세 분류	C ₁		D ₁		소음수준	
	명	순위	명	순위	평균(5년)	순위
건설업 본사	15115	1	2352	1	72.9	37
콘크리트 및 철근 공사업	6031	2	842	2	77	12
아파트 건설업	4918	3	621	3	73.9	26
기타 건물 관련설비 설치 공사업	4209	4	486	4	74.6	19
기타 토목시설물 건설업	3272	5	441	6	73.1	35
사무·상업용 및 공공기관용 건물 건설업	2595	6	354	7	74.8	18
토공 사업	2549	7	443	5	72.8	39
기타 옥외 시설물 축조관련 전문공사업	2305	8	269	8	73	36
일반 전기 공사업	1909	9	212	10	72.5	43
기타 비주거용 건물 건설업	1648	10	206	11	74.1	24
건물용 기계·장비 설치 공사업	1218	11	143	15	73.4	28
기타 공동 주택 건설업	1196	12	223	9	73.9	25
산업 생산시설 종합건설업	1166	13	153	14	74.5	21
미장, 타일 및 방수 공사업	1072	14	143	16	77.7	9
기타 기반 조성 관련 전문공사업	1013	15	174	12	73.2	33
도로 건설업	951	16	167	13	72.5	41
제조업 및 유사 산업용 건물 건설업	569	17	100	18	73.4	29
교량, 터널 및 철도 건설업	551	18	43	23	73.7	27
배관 및 냉·난방 공사업	386	19	45	21	74.4	23
유리 및 창호 공사업	373	20	40	25	80.8	4
도배, 실내 장식 및 내장 목공 사업	361	21	36	26	77.5	11
비계 및 형틀 공사업	328	22	114	17	72.5	42
보링, 그라우팅 및 관정 공사업	286	23	47	20	76.1	14
철골 및 관련 구조물 공사업	263	24	44	22	81.3	3
도장 공사업	244	25	26	29	78.6	6
조적 및 석공 사업	241	26	25	30	83.1	1
일반 통신 공사업	224	27	11	35	72.8	38
포장 공사업	212	28	48	19	76.5	13
건물용 금속 공작물 설치 공사업	187	29	32	28	77.6	10
건설장비 운영업	157	30	35	27	78.9	5
항만, 수로, 댐 및 유사 구조물 건설업	146	31	41	24	73.3	32
조경 건설업	136	32	24	31	75.9	16
내부 전기배선 공사업	132	33	8	37	70.9	46
그 외 기타 건축 마무리 공사업	115	34	16	33	73.3	30
방음, 방진 및 내화 공사업	107	35	19	32	75.9	15
소방시설 공사업	95	36	7	38	73.2	34
건물 및 구조물 해체 공사업	73	37	14	34	78.5	7
수중 공사업	65	38	9	36	73.3	31
지반조성 건설업	34	39	4	42	71.7	45
내부 통신 배선 공사업	29	40	4	40	72.7	40
철도 궤도 전문공사업	24	41	1	45	82.7	2
단독 주택 건설업	18	42	4	41	74.5	20
지붕, 내·외벽 축조 관련 전문공사업	17	43	5	39	78.3	8
환경설비 건설업	15	44	3	43	74.5	22
시설물 유지관리 공사업	11	45	1	44	71.7	44
파일공사 및 축조관련 기초 공사업	7	46	0	46	74.9	17

※ C₁ 순위 기준으로 오름차순 정렬

2. 소방공무원 소음 노출평가

1) 개인 소음 노출평가 결과

○ 현황

소방서 3개소의 직무별(화재, 구조, 구급) 개인 소음 노출평가를 실시하였고, 대조군으로 행정직 직원을 선정하였다. 측정은 3일 연속으로 시행하였으며, 전체 참여자 수는 149명이며, 소방서별로 A, B, C 각각 55명, 45명, 49명이었다. 차량은 지휘차, 펌프차, 구조공작차(또는 구조안전차), 구급차에 탑승하는 소방관을 대상으로 하였으며, C 소방서는 지휘차와 화재조사차, 안전지원차를 함께 운영하고 있었다. 지휘차(화재조사차, 안전지원차 포함)에는 운전자, 지휘관, 안전담당자, 화재조사자, 통신 요원이 탑승하였고, 펌프차, 구조차, 구급차는 운전자와 대원 1명 또는 2명이 함께 탑승하였다<표 III-18>.

대부분 근무 형태는 3조 3교대 형태로 9시부터 다음날 9시까지 근무 형태였으며, A 소방서 구급직만 주야비비 형태의 근무 형태로 운영하였으며, 행정직은 일근직으로 하루 8시간 근무 형태를 보였다. 주야비비 근무 형태는 주간 근무자는 9시부터 오후 6시까지, 야간 근무자는 오후 6시부터 다음날 9시까지 근무하며, 야간 근무자는 이를 동안 비번으로 운행되고 다음 주간 조로 편성된다.

<표 III-18> 3개 소방서의 개인 소음평가 참여자 수

직무	차량	소방서		
		A	B	C
화재	지휘차	15	10	8
	펌프차	9	8	9
	화재조사차	-	-	5
	안전지원차	-	-	5
구조	구조공작차	9	9	9
구급	구급차	14	10	6
행정	-	9	8	7
	소계	56	45	49
	합계		149	

○ 직무별 소음수준 비교

전체 소방서에 대한 직무별 개인 소음수준을 8시간 시간가중평균 소음수준으로 비교해 본 결과, 구조직의 평균 소음수준이 68.9 dB(A)(39.4~ 78.8 dB(A))로 통계적으로 유의하게 높았다($p < 0.05$). 화재 및 구급직은 사후분석(Tukey B) 결과, 통계적으로 유의한 차이는 없었으며, 행정직과 다른 직무 간에는 통계적인 차이를 보였다($p < 0.05$). 하지만, 8시간 시간가중평균(TWA, time weight average) 소음기준인 90 dB(A)는 모두 초과하지 않았다<표 III-19>. 피크소음 노출은 행정직을 제외하고 모든 직무에서 140 dB(C)를 초과하였으며, 화재직이 140 dB(C)를 초과하는 횟수가 31회로 가장 많았고, 구급직(19회), 구조직(14회) 순이었다<표 III-20>.

<표 III-19> 모든 소방서의 직무별 개인 소음 비교_8시간 TWA 비교

직무	N	평균*	표준 편차	최소값	최대값	P-value
화재	68	60.5 ^B	9.4	39.4	78.8	0.001
구조	27	68.9 ^C	6.8	55.3	79.8	
구급	31	63.6 ^B	8.3	45.8	80.5	
행정	23	50.0 ^A	8.9	30.5	66.5	

* 사후검정 결과를 위첨자 알파벳(A, B, C)으로 구분함

<표 III-20> 모든 소방서의 직무별 개인 소음 비교_피크소음(dB(C)) 비교

직무	N	평균	표준 편차	출동 횟수	140 dB(C) 초과 횟수(%)
화재	956	119.0	11.2	69회*	31회(3.2)
구조	418	120.1	9.9	43회	14회(3.3)
구급	448	123.1	11.5	73회	19회(4.2)
행정	23	121.7	4.6	0회	0회

* 지휘차: 18회, 펌프차 51회

○ 각 소방서·직무별 소음수준 비교

A 소방서의 직무별 개인 소음수준은 차이를 보였고($p < 0.05$), 구조직이 73.7 dB(A)(62.2~79.8 dB(A))로 가장 높았으며, 모든 직무에서 소음 노출 기준인 90 dB(A)를 초과하지는 않았다. Tukey B 사후검정 결과는 전체 소방서 결과와 같았다<표 III-21>.

<표 III-21> A 소방서의 직무별 개인 소음 비교_8시간 TWA 비교

직무	N	평균*	표준 편차	최소값	최대값	P-value
화재	23	63.9 ^B	9.0	46.8	76.5	0.001
구조	9	73.7 ^C	6.3	62.2	79.8	
구급	15	61.4 ^B	8.7	45.8	74.8	
행정	8	41.6 ^A	7.1	30.5	53.0	

* 사후검정 결과를 위첨자 알파벳(A, B, C)으로 구분함

<표 III-22> A 소방서의 직무별 개인 소음 비교_피크소음(dB(C)) 비교

직무	N	평균	표준 편차	출동 횟수	140 dB(C) 초과 횟수(%)
화재	262	120.6	11.1	19회*	12회(4.5)
구조	173	122.0	9.3	31회	5회(2.9)
구급	140	122.3	10.4	28회	6회(4.3)
행정	8	119.6	3.6	0회	0회

* 지휘차: 4회, 펌프차 8회

B 소방서의 직무별 개인 소음수준은 차이를 보였고($p < 0.05$), 구급직이 66.5 dB(A)(56.6~80.5 dB(A))로 높았으며, 소음 노출 기준인 90 dB(A)를 초과하지는 않았다. Tukey B 사후검정 결과에서는 대조군인 행정직과 다른 직무와 통계적으로 유의한 차이만 보였다<표 III-23>.

〈표 III-23〉 B 소방서의 직무별 개인 소음 비교_8시간 TWA 비교

직무	N	평균*	표준 편차	최소값	최대값	P-value
화재	18	58.7 ^B	8.3	46.1	72.0	0.001
구조	9	64.2 ^B	6.7	55.3	72.3	
구급	10	66.5 ^B	7.1	56.6	80.5	
행정	8	51.7 ^A	7.7	39.2	61.0	

* 사후검정 결과를 위첨자 알파벳(A, B, C)으로 구분함

〈표 III-24〉 B 소방서의 직무별 개인 소음 비교_피크소음(dB(C)) 비교

직무	N	평균	표준 편차	출동 횟수	140 dB(C) 초과 횟수(%)
화재	284	118.8	10.9	23회*	8회(2.8)
구조	107	118.8	11.0	4회	4회(3.7)
구급	194	122.6	11.9	19회	4회(2.1)
행정	8	122.5	3.7	0회	0회

* 지휘차: 10회, 펌프차 13회

C 소방서의 직무별 개인소음수준은 차이를 보였고(p<0.05), 구조직이 68.9 dB(A)(62.8~74.3 dB(A))로 높았으나, 소음 노출 기준인 90 dB(A)를 초과하지는 않았다. Tukey B 사후검정 결과에서는 대조군인 행정직과 다른 직무와 통계적으로 유의한 차이만 보였다〈표 III-25〉.

〈표 III-25〉 C 소방서의 직무별 개인 소음 비교_8시간 TWA 비교

직무	N	평균*	표준 편차	최소값	최대값	P-value
화재	27	58.8 ^B	10.0	39.4	78.8	0.007
구조	9	68.9 ^B	4.1	62.8	74.3	
구급	6	64.2 ^B	8.8	49.4	74.4	
행정	7	54.6 ^A	6.9	47.5	66.5	

* 사후검정 결과를 위첨자 알파벳(A, B, C)으로 구분함

〈표 III-26〉 C 소방서의 직무별 개인 소음 비교_피크소음(dB(C)) 비교

직무	N	평균	표준 편차	출동 횟수	140 dB(C) 초과 횟수(%)
화재	410	118.1	11.5	27회*	12회(2.9)
구조	138	120.1	9.4	8회	6회(4.3)
구급	114	125.1	12.0	26회	10회(8.8)
행정	7	123.3	6.0	0회	0회

* 지휘차: 4회, 펌프차 23회

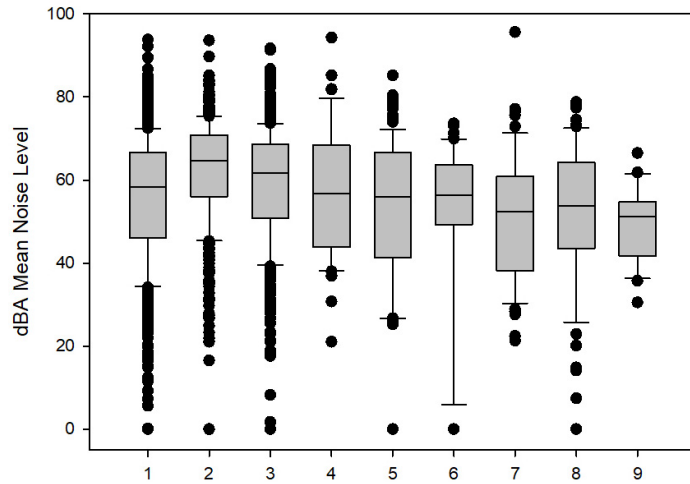
○ 작업별 소음수준 비교

대상 직무의 세부 작업 내용별로 소음수준을 분석하였다. 세부 작업으로는 화재 출동, 구조출동, 구급 출동, 관내 대기, 훈련, 교육, 교대점검, 장비 점검, 기타 업무로 분류할 수 있었다.

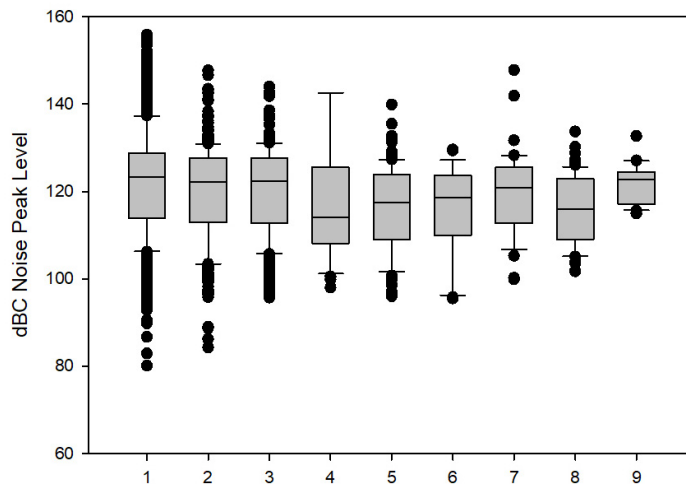
작업별 소음수준을 평균 업무시간, 평균 소음수준 및 피크소음 수준을 비교하였다. 평균 소음수준(dB(A))과 피크 소음수준(dB(C))을 작업별로 구분하였다. 모든 작업에서 평균 소음수준은 70 dB(A) 미만으로 낮았지만, 일부 작업에서는 최대 소음수준이 90 dB(A)를 초과하는 작업도 있었는데, 장비 점검(95.6 dB(A)), 소방 훈련(94.3 dB(A)), 교대근무(92.2 dB(A)), 구급 출동(91.7 dB(A))으로 나타났다. 피크 소음수준(dB(C))은 교대 점검을 제외하고 모든 작업에서 140 dB(C)를 초과하였다〈표 III-27〉.

〈표 III-27〉 모든 소방서의 작업별 평균 소음 및 피크소음 비교

작업	1일 동안 소요 시간				평균 소음수준(dB(A))				피크소음 수준(dB(C))			
	N	평균 시간	N	평균	N	범위	표준 편차	N	평균	표준 편차	140 dB(C) 초과 횟수(%)	
화재 출동	20	45분	116	65.7	11.9	23.5~82.7	132	122.8	11.8	5회(3.8)		
구조 출동	20	1시간 38분	185	65.9	9.7	34.5~85.2	195	125.1	8.8	4회(2.1)		
구급 출동	8	5시간 21분	170	65.6	9.7	34.3~91.7	181	127.4	9.6	9회(5.0)		
관내 대기	35	16시간 9분	605	50.7	14.7	21.0~85.2	678	120.0	11.1	31회(4.6)		
훈련	18	2시간 33분	105	58.2	14.6	11.5~94.3	112	120.3	11.7	10회(8.9)		
교육	27	2시간 37분	222	52.8	14.6	5.6~78.7	244	115.5	10.1	4회(1.6)		
교대점검	22	16분	53	63.6	14.9	20.1~92.2	60	115.6	9.6	0회(0.0)		
장비 점검	33	50분	150	64.6	14.6	14.8~95.6	156	118.9	10.0	5회(3.2)		
기타 업무	12	1시간 24분	55	53.8	13.3	12.4~76.4	64	116.0	11.1	1회(1.6)		



[그림 III-5] 작업별 평균 소음수준(dB(A)) 비교(1:화재 출동, 2:구조출동, 3:구급 출동, 4:관내 대기, 5:훈련, 6:교육, 7:교대점검, 8:장비 점검, 9:기타 업무)



[그림 III-6] 작업별 평균 피크소음 수준(dB(C)) 비교(1:화재 출동, 2:구조출동, 3:구급 출동, 4:관내 대기, 5:훈련, 6:교육, 7:교대점검, 8:장비 점검, 9:기타 업무)

○ 작업별 소음수준 비교

모든 작업을 3개 그룹으로 구분하였다. 출동그룹은 화재 출동, 구조출동, 구급 출동으로 구분하였고, 그 외 업무그룹은 교육, 훈련, 기타 업무로 구분하였고, 마지막은 관내 대기 그룹으로 구분하였다. 그리고 소방공무원의 역할 그룹을 6개 그룹으로 구분하였다. 운전자 그룹은 지휘차, 펌프차, 구조차, 구급차 등으로 구분하였고, 현장 대원은 소방대원, 구조대원, 구급대원으로 분류하였으며 지휘관, 안전담당자, 통신 요원, 화재조사원으로 구분하였다. 소음수준은 8시간 시간가중평균 소음수준(dB(A))과 피크소음(dB(C))으로 작업그룹별 소음수준을 비교하였다. 평균 소음수준은 현장 업무를 수행하는 소방공무원(지휘관 제외)의 소음수준이 나머지 그룹(그 외 업무 및 관내 대기)보다 통계적으로 유의하게 높았다($p < 0.05$). 평균 피크소음 수준도 현장 업무를 수행하는 소방공무원(지휘관, 화재조사원 제외)이 나머지 그룹(그 외 업무 및 관내 대기)의 소음수준보다 통계적으로 유의하게 높았다($p < 0.05$)〈표 III-28〉.

〈표 III-28〉 모든 소방서의 작업그룹별 평균 소음 및 피크소음 비교

역할	평균 소음(dB(A))			피크소음(dB(C))		
	현장***	그 외	관내	현장	그 외	관내
운전자*	63.1 ^C	55.6 ^B	47.9 ^A	126 ^C	119 ^A	122 ^B
현장 대원*	67.8 ^C	60.5 ^B	53.5 ^A	125 ^B	117 ^A	119 ^A
지휘관	56.3	57.2	56.0	121	113	121
안전담당자*	65.7 ^C	58.3 ^B	49.2 ^A	121 ^B	114 ^A	117 ^A
통신 요원*	62.8 ^B	52.4 ^{AB}	44.0 ^A	129 ^B	117 ^A	120 ^A
화재조사원*	67.6 ^B	53.1 ^A	48.7 ^A	119	113	116

* $p < 0.05$, ** 사후 검정(Tukey B) 그룹의 차이를 위첨자 A, B, C로 표기함

*** 현장 업무: 화재, 구조, 구급 출동, 그 외 업무: 훈련, 출동 등, 관내 대기: 관내 대기

ACGIH(2024)에 따르면, 피크소음 기준인 140 dB(C) 기준을 초과할 때 청력 보호구를 착용할 것을 권장하고 있었고, 미군 기준(MIL-STD-1474C)에서는 140 dB(C) 초과하는 작업에 대해서 청력 보호구(귀마개 또는 귀덮개)를 착용하거나 귀마개와 귀덮개를 동시에 착용할 것을 제안하고 있었다.

○ 소음 측정 데이터의 일간 변이 비교

소방공무원은 업무 특성상 출동 횟수 및 현장 업무 등 다소 불규칙하며, 이러한 요인으로 매일 소음에 노출되는 소음수준은 차이가 있을 것으로 가정하였다. 소방서별로 직무별 일간 변이를 비교해 보았다. A 소방서의 경우 화재직은 평균 소음의 일간 변이가 나타났고, 구급직은 평균 피크소음의 일간 변이가 있는 것으로 나타났다. B 소방서의 경우에서 구조직을 제외하고는 일간 변이가 없었고, C 소방서의 경우 구조직과 구급직에서 평균 소음의 일간 변이가 나타났고, 평균 피크소음은 구급직만 통계적으로 유의하게 나타났다. 일간 변이가 있는 소음 데이터의 경우에는 주간 소음평가를 제안하고 있다 <표 III-29>.

<표 III-29> 모든 소방서의 측정 일간의 직무 그룹별 평균 및 피크소음 수준 비교

소방서	직무	평균 소음(dB(A))			평균 피크소음(dB(C))		
		Day 1	Day 2	Day 3	Day 1	Day 2	Day 3
A	화재*	62.6 ^B	59.3 ^B	54.5 ^A	122.1	120.6	119.0
	구조	57.6	64.0	64.0	121.7	123.9	121.0
	구급*	63.8	57.6	57.8	127.0 ^B	118.5 ^A	123.1 ^B
	행정	39.4	42.4	42.3	119.8	119.8	119.2
B	화재	56.6	53.6	56.0	117.0	119.4	120.0
	구조*	62.6 ^B	59.2 ^{AB}	54.1 ^A	119.2	118.9	118.4
	구급	56.5	54.6	59.5	122.4	122.3	123.2
	행정	44.2	54.6	58.5	123.6	121.6	122.2
C	화재	56.4	53.3	55.3	119.6	116.2	117.9
	구조*	65.4 ^{AB}	62.3 ^B	60.6 ^A	120.5	124.7	118.3
	구급*	56.1 ^A	63.6 ^B	55.0 ^A	123.8 ^A	131.0 ^B	121.1 ^A
	행정	64.2	50.3	51.4	125.7	118.2	128.6

* p<0.05 수준임, 사후검정(Tukey B) 후 집단을 위첨자 A, B, C로 구분함

○ 출동 횟수에 따른 평균 소음수준 차이 비교

관내 대기나 다른 업무에 비해 현장 근무 시 소음노출 수준은 높은 것으로 분석되었다. 출동 횟수와 평균 소음수준과의 상관관계가 있는지를 분석해보았다. 출동 횟수 증가에 따른 평균 소음수준은 증가하는 경향을 보였지만, 통계적으로 유의하지는 않았다. A 소방서의 경우, 구조차는 90건의 출동으로 가장 많은 출동을 기록하였고, 평균 소음수준이 68.0 dB(A)로 가장 높았다. B 소방서의 경우, 구조차는 16건의 출동으로 지휘차의 35건의 출동에 비해 작았지만, 소음수준은 58.7 dB(A)로 지휘차의 소음수준인 49.6 dB(A)보다 높았다. C 소방서의 경우, 구조차의 출동 건수는 24건이며, 평균 소음수준은 63.8 dB(A)로 펌프차의 69건 출동의 평균 소음수준인 59.5 dB(A)보다 높았다. 구조차 운행하는 소방공무원의 평균 소음수준이 다른 차량 탑승자에 비해서 다소 높은 소음수준에 노출되는 것으로 판단된다<표 III-30>.

<표 III-30> 모든 소방서의 출동 횟수별 평균 소음수준 비교

소방서	A		B		C	
	출동 건수	평균 소음	출동 건수	평균 소음	출동 건수	평균 소음
지휘차	4	58.7	10	49.6	4	54.9
펌프차	8	62.4	13	60.9	23	59.5
구조차	31	68.0	4	58.7	8	63.8
구급차	28	58.7	19	60.2	26	59.8

○ 시간(오전·후)에 따른 평균 소음수준 차이 비교

시간대별(오전, 오후) 평균 소음 및 피크소음 수준을 비교하였다. 직업그룹을 운전자, 대원, 지휘관, 안전요원, 통신 요원으로 구분하였고, 시간대별 평균 소음 및 피크소음을 비교하였다. 지휘관, 평균 소음만 통계적으로 유의한 차이가 있었는데, 오전의 평균 소음수준(77.6 dB(A))이 오후의 평균 소음수준(43.5 dB(A))보다 높았다. 본 연구에서는 출동 시 사이렌의 작동 여부를 별도로 확인하지 않았다. 하지만, 참여자 구두 설문에 의하면 급한 출동이 아니거나 늦은 밤의 경우 사이렌을 켜지 않고 출동하는 경우가 있다고 하였지만, 유의미한 차이는 없었다<표 III-31>.

<표 III-31> 모든 소방서의 시간대별 평균 소음 및 피크소음 비교

직업그룹	N	평균 소음, dB(A) (최대값)		N	피크소음, dB(C) (최대값)	
		오전	오후		오전	오후
운전자	38	66.7 (82.7)	64.5 (82.3)	46	124 (148)	121 (144)
대원	40	70.7 (82.7)	65.9 (82.3)	43	128 (148)	122 (142)
지휘관	4	77.6* (81.9)	43.5* (44.5)	4	135 (143)	116 (126)
안전요원	23	65.8 (79.3)	64.5 (77.1)	26	120 (129)	121 (140)
통신 요원	6	59.3 (75.6)	69.8 (70.3)	6	129 (148)	128 (128)
화재조사원	5	65.5 (78.0)	74.6 (78.8)	7	117 (127)	124 (125)

* p -value < 0.05

2) 소방 차량 소음원평가 결과

○ 창문 개폐 유무에 따른 발생 소음원 비교

소방 차량에서 발생할 수 있는 소음으로는 자동차 엔진 소음, 경적 소음, 사이렌(전기식, 모터식) 소음, 무전기(LTE, UHF) 소음 그리고 사이렌·경적 동시 소음이 있을 수 있다. 소방공무원 특성상 창문을 열고 출동하는 경우가 많아서 창문 개폐 유무에 따른 발생 소음원의 소음수준을 비교하였다. 창문을 닫은 상태에서 측정 조건별 소음수준은 경적 소음(76.0 dB(A))을 제외하고 모두 80 dB(A)를 초과하였다. 모든 소음수준 값은 창문 개방 여부에 따라 통계적으로 유의하게 소음수준의 차이를 보였다. 동시 소음(사이렌, 경적)의 경우, 평균 소음은 85.6 dB(A)에서 94.0 dB(A)로, 최고소음(L_{AFmax})은 90.4 dB(A)에서 99.0 dB(A)로, 피크소음(dB(C))은 102.8 dB(C)에서 110.0 dB(C)로 증가하였다<표 III-32>.

〈표 III-32〉 소방 차량의 창문 개폐 유무에 따른 측정 조건별 소음수준 비교

측정조건*		1	2	3	4	5	6	7
N	Op.(N)	4	17	18	14	18		
	Clo.(N)	18	16	18	14	17	16	16
L_{eq}	Op.(N)	68.7	82.3	88.9	88.3	94.0	-	-
	Clo.(N)	45.8	76.0	81.7	81.7	85.6	80.6	85.1
L_{AFmax}	Op.(N)	82.6	87.3	92.8	93.2	99.0		
	Clo.(N)	55.0	81.5	86.0	86.0	90.4	92.4	96.5
$L_{C.pk}$	Op.(N)	99.3	100.5	104.0	102.5	110.0		
	Clo.(N)	80.0	96.5	99.3	97.0	102.8	104.9	108.1

* 1: 배경소음, 2: 경적소음, 3: 사이렌(전기식), 4: 사이렌(모터식), 5: 동시소음, 6: 무전기(LTE), 7: 무전기(UHF), Op: open window, Clo: close window

○ 소방 차량에 따른 측정 조건별 소음수준 비교

각 측정 조건별로 창문 개방 시 평균 소음수준과 피크소음 수준을 차량별로 비교해 보았다. 경적 소음의 경우, 구조차의 경적 소음의 평균 소음과 피크 소음은 각각 91.0 dB(A), 107.5 dB(C)로 가장 높았고, 펌프차(88.7 dB(A), 103.8 dB(C)), 산악구조차(84.5 dB(A), 105.3 dB(C)), 지휘차(84.3 dB(A), 100.6 dB(C)) 순이었다. 구급차, 안전지원차, 화재조사차는 시중에 유통되는 차량을 개조하여 사용하고 있으므로 일반 차량의 경적 소음과 같았고, 그 외 차량은 소방 목적으로 경적 시스템이 장착되어 있었다<표 III-33>.

<표 III-33> 소방 차량에 따른 경적 소음에 대한 소음수준 비교

소방차량	N	L _{eq} (dB(A))	L _{Cpk} (dB(C))	L _{AFmax}	L _{AFmin}
구급차	3	75.4	94.3	80.2	60.0
구조차	3	91.0	107.5	96.4	67.0
물탱크차	2	74.8	99.3	81.2	62.6
산악구조차	1	84.5	105.3	89.6	69.8
안전지원차	1	77.3	95.4	82.3	49.8
장비운반차	1	73.6	93.5	77.4	54.0
지휘차	2	84.3	100.6	86.4	59.7
펌프차	3	88.7	103.8	94.4	64.1
화재조사차	1	79.7	97.3	86.6	65.6

전기식 사이렌 소음은 모두 80 dB(A)를 초과하였고, 90 dB(A)를 초과한 차량의 평균 소음과 피크소음 수준은 산악구조차(99.3 dB(A), 115.1 dB(C)), 지휘차(92.6 dB(A), 107.5 dB(C)), 장비운반차(91.3 dB(A), 107.1 dB(C)), 구조차(90.0 dB(A), 103.7 dB(C)) 순이었다. 지휘차의 경우, 일반 차량을 개조하였으나 전자식 사이렌이 4~5개 차량 위에 장착되어 있어서 소음수준이 높을 것으로 사료된다<표 III-34>.

〈표 III-34〉 소방 차량에 따른 전기식 사이렌에 대한 소음수준 비교

소방차량	N	L _{eq} (dB(A))	L _{Cpk} (dB(C))	L _{AFmax}	L _{AFmin}
구급차	3	88.7	103.3	93.1	67.2
구조차	3	90.0	103.7	91.6	83.5
물탱크차	2	82.6	99.7	86.4	72.1
산악구조차	1	99.3	115.1	105.2	94.8
안전지원차	1	86.5	102.4	90.0	83.1
장비운반차	1	91.3	107.1	95.7	60.0
지휘차	3	92.6	107.5	96.3	57.8
펌프차	3	85.8	101.5	91.4	70.0
화재조사차	1	86.8	100.1	89.8	62.5

차량에 장착된 모터식 사이렌의 위치에 따라 소음의 차이를 보였다. 구급차의 경우에 모터식 사이렌이 본넷 내부에 있었기 때문에 소음수준이 84.2 dB(A)로 가장 낮았고, 구조차, 산악구조차, 물탱크차 등 모터식 사이렌이 차량 앞바퀴 주변 외부에 있었기 때문에 구급차보다는 높은 소음에 노출되고 있었다(표 III-35).

〈표 III-35〉 소방 차량에 따른 모터식 사이렌에 대한 소음수준 비교

소방차량	N	L _{eq} (dB(A))	L _{Cpk} (dB(C))	L _{AFmax}	L _{AFmin}
구급차	3	84.2	98.0	88.6	64.9
구조차	3	93.6	106.4	98.6	65.9
물탱크차	2	87.3	101.8	93.7	67.6
산악구조차	1	91.6	109.0	97.4	68.9
지휘차	2	88.1	103.0	91.5	62.3
펌프차	3	86.7	101.1	91.6	70.4

동시 소음은 전기식 사이렌, 모터식 사이렌, 경적을 동시에 작동시켜 그 소음수준을 평가하였다. 지휘차의 평균 소음 및 피크소음 수준이 103.1 dB(A), 123.1 dB(C)로 가장 높았고, 산악구조차(99.9 dB(A), 114.4 dB(C)), 구조차(96.7 dB(A), 111.1 dB(C)) 순이었으며, 화재조사차가 88.0 dB(A), 102.9 dB(C)로 가장 낮았다(표 III-36).

〈표 III-36〉 소방 차량에 따른 동시(사이렌, 경적)에 대한 소음수준 비교

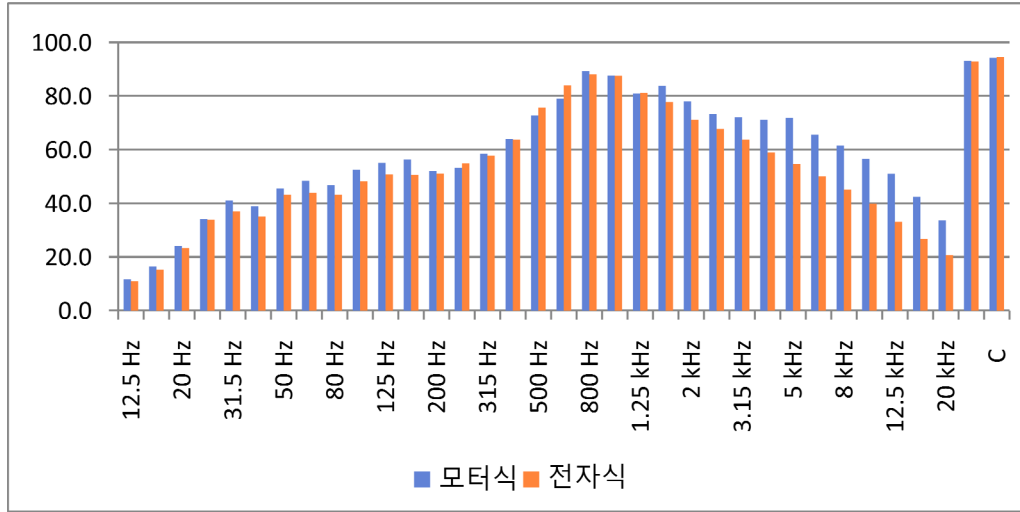
소방차량	N	L _{eq} (dB(A))	L _{Cpk} (dB(C))	L _{AFmax}	L _{AFmin}
구급차	3	89.6	104.4	93.1	69.7
구조차	3	96.7	111.1	99.8	63.9
물탱크차	2	90.8	105.7	94.8	73.7
산악구조차	1	99.9	114.4	104.1	73.9
안전지원차	1	85.2	103.4	89.9	51.8
장비운반차	1	91.9	108.3	97.0	54.0
지휘차	3	103.1	123.1	113.4	62.3
펌프차	3	92.2	108.3	96.9	69.8
화재조사차	1	88.0	102.9	91.0	61.9

○ 2종의 사이렌 소음에 대한 1/3 옥타브밴드 소음분석

소방 차량의 2가지 사이렌 소음인 모터식과 전기식 사이렌의 소음원을 분석하였다. 가장 높은 주파수 영역은 800 Hz로 모터식과 전기식의 평균 소음과 피크소음 수준은 각각 88.3 dB(A)와 102.2 dB(C), 88.9 dB(A)와 104.0 dB(C) 수준이었다. 가장 높은 주파수 영역 때는 800 Hz로 각각 89.3 dB(A), 88.1 dB(A) 수준이었으며, 특이점은 저주파 영역과 고주파 영역에서는 모터식 사이렌이 전기식 사이렌보다 소음수준이 높았고, 200 Hz ~ 1.25k Hz 영역에서는 2가지 사이렌 소음수준이 유사하였다(표 III-37), [그림 III-7].

〈표 III-37〉 소방 차량의 2가지 사이렌 소음에 대한 1/3 옥타브밴드 소음분석

사이렌 방식	L _{eq} (dB(A))	L _{Cpk} (dB(C))	100 (Hz)	400 (Hz)	800 (Hz)	3.15k (Hz)	4k (Hz)	5k (Hz)	6.3k (Hz)	8k (Hz)
모터식	88.3	102.5	52.5	64.0	89.3	72.0	71.1	71.9	65.5	61.5
전기식	88.9	104.0	48.1	63.7	88.1	63.8	59.0	54.7	50.0	45.1



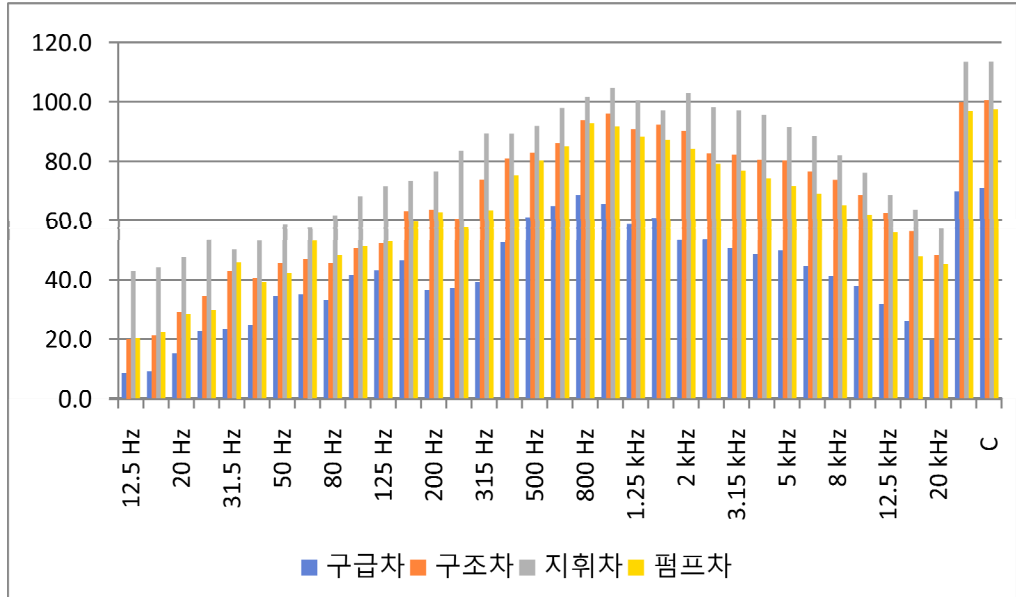
[그림 III-7] 소방 차량의 2가지 사이렌 소음에 대한 1/3 옥타브밴드 소음분석

○ 동시 소음에 대한 1/3 옥타브밴드 소음분석

소방 차량별 창문 개방 시 동시 소음(사이렌, 경적)에 대한 소음평가 결과이다. 가장 높은 소음수준은 지휘차(103.1 dB(A), 123.1 dB(C))였고, 구급차(67.2 dB(A), 78.3 dB(C))가 가장 낮은 수준의 소음이 발생하였다. 주파수별 가장 높은 소음수준을 보인 영역 때는 800 Hz 영역이었으며, 저주파 영역보다 고주파 영역의 소음수준이 높았다<표 III-38>, [그림 III-8].

<표 III-38> 소방 차량별 동시 소음에 대한 1/3 옥타브밴드 소음분석(창문 개방)

차량 종류	L _{eq} (dB(A))	L _{Cpk} (dB(C))	100 (Hz)	400 (Hz)	800 (Hz)	3.15k (Hz)	4k (Hz)	5k (Hz)	6.3k (Hz)	8k (Hz)
구급차	67.2	78.3	41.6	52.6	68.7	50.7	48.8	49.8	44.6	41.1
구조차	96.7	111.1	50.6	81.0	93.8	82.3	80.6	80.3	76.6	73.7
지휘차	103.1	123.1	68.2	89.3	101.7	97.1	95.6	91.6	88.4	82.0
펌프차	92.2	108.3	51.4	75.2	92.9	76.8	74.3	71.7	69.1	65.2



[그림 III-8] 소방 차량별 동시 소음에 대한 1/3 옥타브밴드 소음분석(창문 개방)

무전기(LTE) 작동 시 소음수준이 큰 차량은 지휘차(85.4 dB(A), 108.5 dB(C)), 장비운반차(85.2 dB(A), 111.8 dB(C)), 산악구조차(85.1 dB(A), 109.9 dB(C)) 순이었다. 화재조사 차를 제외하고는 모든 차량에서 피크소음 수준이 100 dB(C)를 초과하였다<표 III-39>.

<표 III-39> 소방 차량에 따른 무전기(LTE) 작동에 대한 소음수준 비교

소방차량	N	L _{eq} (dB(A))	L _{Cpk} (dB(C))	L _{AFmax}	L _{AFmin}
구급차	3	77.0	100.7	88.8	52.6
구조차	3	81.1	105.3	93.8	60.9
물탱크차	1	83.1	104.2	92.9	63.5
산악구조차	1	85.1	109.9	95.5	66.4
안전지원차	1	76.2	100.9	88.6	45.0
장비운반차	1	85.2	111.8	100.4	50.8
지휘차	3	85.4	108.5	96.6	55.1
펌프차	2	77.3	104.7	89.3	66.2
화재조사차	1	74.1	97.8	85.0	46.7

무전기(UHF) 작동 시 소음수준이 큰 차량은 구급차(91.2 dB(A), 111.1 dB(C)), 안전지원차(91.1 dB(A), 114.0 dB(C)), 화재조사차(88.9 dB(A), 112.0 dB(C)) 순이었다. 모든 차량에서 피크소음 수준이 100 dB(C)를 초과하였다<표 III-40>.

〈표 III-40〉 소방 차량에 따른 무전기(UHF) 작동에 대한 소음수준 비교

소방차량	N	L _{eq} (dB(A))	L _{Cpk} (dB(C))	L _{AFmax}	L _{AFmin}
구급차	2	91.2	111.1	102.1	50.9
구조차	3	77.3	102.6	91.5	60.2
물탱크차	1	83.8	106.9	92.7	65.3
산악구조차	1	84.7	110.0	95.1	65.9
안전지원차	1	91.1	114.0	103.5	46.7
장비운반차	1	88.4	109.8	99.8	50.4
지휘차	3	87.4	108.3	97.3	54.8
펌프차	3	82.5	107.1	93.9	64.3
화재조사차	1	88.9	112.0	101.1	46.9

3) 구조 장비 소음원평가 결과

○ 전체 현황

소음원을 평가한 구조 장비의 종류는 절삭기, 동력절단기, 로프총, 마취총, 멀티커터, 선외기, 유압장비, 이동식 발전기, 절단기, 체인톱, 절단 톱이었다. 평균 소음수준이 100 dB(A)를 초과하는 장비는 절삭기(100.2 dB(A)), 동력절단기(102.5 dB(A)), 선외기(107.9 dB(A))이며, 피크소음 수준이 130 dB(C)를 초과한 구조 장비는 로프총(138.2 dB(C)), 마취총(133.6 dB(C))이었다. 멀티커터(83.8 dB(A)), 유압장비(84.8 dB(A)), 이동식 발전기(83.9 dB(A))를 제외하고 모든 장비가 평균 소음 90 dB(A)를 초과하였다<표 III-41>.

〈표 III-41〉 전체 구조 장비에 대한 소음수준 비교

구조 장비	N	L _{eq} (dB(A))	L _{Cpk} (dB(C))	L _{AFmax}	L _{AFmin}
절삭기	2	100.2	115.8	103.5	90.7
동력절단기	2	102.5	116.6	104.5	77.3
로프총	2	103.7	138.2	118.7	50.1
마취총	2	95.7	133.6	108.0	51.0
멀티커터	2	83.8	98.5	86.3	57.1
선외기	1	107.9	127.7	111.6	102.7
유압장비	9	84.8	104.5	88.3	80.5
이동식 발전기	2	83.9	104.3	85.4	81.6
절단기	4	91.1	113.5	97.3	79.8
체인톱	8	96.2	114.6	99.3	83.0
절단 톱	3	94.6	111.5	97.5	70.2

○ 구동 방식에 따른 소음수준 평가

구조 장비의 구동 방식(압축, 엔진, 배터리)에 따라서 소음수준을 비교하였다. 압축 방식을 사용하는 장비로는 로프총, 마취총이 있었고, 공기 압축 에너지를 사용하는 에어건도 이에 포함했다(표 III-42).

〈표 III-42〉 구동 방식에 따른 구조 장비에 대한 소음수준 비교

구조 장비	N	L _{eq} (dB(A))	L _{Cpk} (dB(C))	L _{AFmax}	L _{AFmin}
압축 방식					
로프총	2	103.7	138.2	118.7	50.1
마취총	2	95.7	133.6	108.0	51.0
에어건	1	115.0	128.7	117.2	72.5
엔진 방식					
동력절단기	1	113.6	128.7	115.3	99.2
선외기	1	107.9	127.7	111.6	102.7
유압장비	5	91.6	110.9	93.4	88.8
이동식 발전기	2	83.9	104.3	85.4	81.6
체인톱	6	95.6	115.7	99.1	84.0
배터리 방식					
그라인더	2	100.2	115.8	103.5	90.7
동력절단기	1	91.3	104.5	93.6	55.3
멀티커터	2	83.8	98.5	86.3	57.1
유압장비	3	80.7	97.9	83.1	74.7
절단기	4	91.1	113.5	97.3	79.8
체인톱	2	98.0	111.5	99.8	80.3
절단 톱	3	94.6	111.5	97.5	70.2

체인톱, 동력절단기, 유압장비는 배터리식과 엔진식이 있으며, 이 두 장비에 대한 소음수준을 비교하였다. 모든 구조 장비에서 엔진을 사용하는 장비의 소음수준이 배터리식보다 높았다<표 III-43>.

〈표 III-43〉 구동 방식에 따른 구조 장비 3종의 소음수준 비교

구동 방식	체인톱		절단기		유압장비	
	엔진식	배터리식	엔진식	배터리식	엔진식	배터리식
N	3	2	2	2	2	2
$L_{eq}(dB(A))$	112.3	98.0	95.2	81.7	95.2	81.7
$L_{Cpk}(dB(C))$	128.0	111.5	114.0	99.4	114.0	99.4
L_{AFmax}	113.9	99.8	98.5	83.5	98.5	83.5
L_{AFmin}	93.7	80.3	89.2	78.7	89.2	78.7

○ 공기호흡기 공기 충전실 소음평가

공기호흡기 충전실 배경소음은 47.2 dB(A)로 매우 낮은 수준이었고, 충전 기기의 작동 소음은 79.9 dB(A)였으나, 공기호흡기의 충전된 공기를 제거할 때 소음수준이 104.9 dB(A)로 높았고, 피크소음 수준은 123.3 dB(C)였다 <표 III-44>.

〈표 III-44〉 배터리 방식에 따른 구조 장비에 대한 소음수준 비교

구조 장비	N	$L_{eq}(dB(A))$	$L_{Cpk}(dB(C))$	L_{AFmax}	L_{AFmin}
배경소음	1	47.2	86.4	63.6	31.6
충전공기제거	2	104.9	123.3	111.6	83.6
작동 소음	2	79.9	107.4	92.9	72.0

IV. 연구고찰



IV. 연구고찰

1. 건설업 세세 업종별 소음수준 고찰

본 연구에서는 2018~2022년 건설업의 소음에 대한 작업환경측정 결과를 분석하였고, 전체 누적 시료수 424,345건 중 90 dB(A)를 초과한 시료수는 1,858건(0.4%), 85~90 dB(A)를 초과한 시료수는 26,178건(6.2%)이었다. 건설업 전체 시료수 중 85 dB(A)를 초과한 시료의 비율은 6.6%였는데, 미국 국립산업안전보건연구원(NIOSH, 1998) 연구에서는 미국 건설업 종사 근로자의 약 15.6~24%가 85dB(A) 이상의 소음에 노출되는 것으로 평가하고 있어, 우리나라에 비해서 높은 수준 있었다. Seixas(2011) 연구에서는 건설업 종사 근로자를 대상으로 코호트를 구축하여 연구를 수행하였는데, 평균 소음수준이 87 dB(A)였으며, 우리나라의 건설업 평균 소음수준에 비해 높은 수준을 보이고 있었다. 소음에 대한 노출기준은 국가마다 차이를 보였다. 국내에서는 소음의 노출기준이 90 dB(A)(ER 5 dB 적용)이지만, 유럽에서의 소음 노출기준은 85 dB(A)(ER 3 dB 적용)이며, 미국 OSHA의 노출기준은 우리나라와 같지만, NIOSH의 노출기준은 85 dB(ER 3 dB, TH 미적용)하고 있다. 이러한 이유로 모든 문헌의 소음수준을 각각 비교할 수 없는 한계점은 있었다.

Lewkowski(2018) 연구에서는 36년 동안 수행된 10개국의 건설업 관련 연구 문헌을 검토한 결과, 건설업 종사 근로자는 지속해서 위험한 소음수준에 노출되어 있다고 보고하고 있었는데, 본 연구에서는 지속적인 감소 추세이며, 본 연구와 차이점을 보이고 있었다. 본 연구에서는 2018년의 평균 소음수준이 75.7 dB(A)이었지만 2022년도에는 72.4 dB(A)로 매년 감소 추세를 보이고 있었다. 건설업의 평균 소음수준은 감소 추세이거나 낮은 소음수준을 보이지만, 소음성 난청 발생자는 2012년에 9명에서 2022년도에는 790명까지 증가하였으며, 특수건강검진 수검자 중 직업병 요관찰자(C₁) 수가 2018년도에는

22,454명(12.4%)에서 2022년도에는 52,146명(18.3%)으로 증가하였으며, 직업병 유소전자(D₁) 비율도 2018년에 비해 2022년도는 2배 이상 증가하였다. 그래서 소음으로 인한 청력손실을 예방하기 위해서는 고소음 작업을 확인하고, 이에 따른 청력 보호 방안 마련이 필요해 보인다.

○ 건설장비 운영업

수수료 또는 계약으로 개인 또는 다른 건설업자(종합, 전문, 자영)의 요구에 따라 각종 건설용 기계 및 장비를 운전자와 함께 제공하는 산업활동을 말한다. 도급 건설업자가 직접 도급건설 계약을 체결하고, 자기 소유의 기계 장비로 계약 공사를 수행할 때 그 계약 건설 내용에 따라 적합한 항목에 각각 분류한다. 건설장비 운영업의 소음에 대한 작업환경측정 시료수는 평균 29.2건(5년 누적 146건)이었으며, 건설업 전체 5년 누적 시료수의 0.03% 수준이었다. 5년 누적 시료수 중 90 dB(A)를 초과하는 시료수는 8건(5.5%), 85 dB(A)를 초과하는 시료수는 27건(18.8%)이며, 5년 평균 소음수준은 78.9 dB(A) (77.0~81.7 dB(A))이었다.

높은 소음이 발생하는 건설장비로는 유압 칩 해머(103~113 dB(A)), 휴대용 착암기 (102~111 dB(A)), 콘크리트 조인트 커터 (99~102 dB(A)), 휴대용 전기톱 (88~102 dB(A)), 스테드 용접기 (101 dB(A)), 불도저 (93~96 dB(A)), 흙 다지는 기계(Earth Tamper) (90~96 dB(A)), 크레인 (90~96 dB(A)), 해머 (87~95 dB(A)), 그레이더(Gradeall) (97~94 dB(A)), 대형삽 트랙터 (86~94 dB(A)), 굴착기(84~93 dB(A))(CPWR, 2023), 굴착 장비(96.4 dB(A)), 천공 장비 (92.9 dB(A)), 할석 해머 드릴(102 dB(A)), 견출 그라인더(97.2 dB(A)), 석공사 그라인더(97 dB(A))(Kim et al., 2017)가 있었다. 이처럼 건설장비를 운전하는 운전원이나 주변 작업자 또한 높은 소음에 노출될 수 있으므로 최소한 청력 보호구를 착용할 것을 권장한다. 그리고, 관리자는 이러한 고소음 작업이 하루 중 어느 정도 발생하는 지를 확인 할 필요가 있으며, 이에 따른

근로자 청력 보호를 위한 관리 방안을 마련해야 한다. 근로자의 개인 소음 노출은 작업장의 상황, 근무 시간, 작업자의 위치 등 다양한 변수에 따라서 달라지기 때문에 문헌의 소음수준을 일반화하여 적용할 수 없다.

건설장비를 운전하는 근로자를 대상으로 개인 소음 노출평가를 실시한 문헌을 조사하였다. Lewkowski(2018) 연구에서는 중장비 운전자의 평균 소음수준의 범위가 88.2~90.6 dB(A), 불도저 운전자는 93.5~102.4 dB(A), 트럭 운전자는 78.5~96.5 dB(A), 지게차 운전자는 91.6 dB(A, 93.0 dB(A), 굴삭기 운전자는 80.0 dB(A), 87.0 dB(A), 로더 운전자는 89.5~92.0 dB(A), 그레이더 운전자는 79.5~97.0 dB(A), 포장기 운전자는 89.8 dB(A), 101.0 dB(A), 롤러 운전자는 87.5~98.1 dB(A), 스크레이퍼 운전자는 90.3~99.5 dB(A)로 조사되었다. Neitzel(1999) 연구에서는 중장비 운전자의 평균 소음수준이 83.5 dB(A)(72.7~90.8 dB(A))였으며, 90 dB(A)와 85 dB(A)를 초과하는 비율은 각각 6.3%, 41.7%로 보고되었고, Neitzel(2011b) 연구에서는 중장비 운전자의 평균 소음수준이 80.5 dB(A)였으며, 85 dB(A)를 초과하는 비율이 11.4%였고, 건설기계 조작자는 91 dB(A)였다. Sinclair(1995) 연구에서는 크레인 신호수(dogman)(90.8 dB(A))를 평가하였다. Legris & Poulin(1998)의 연구에서는 크레인 운전자의 소음수준의 범위가 74.0~97.0 dB(A)로 평가하였고, 연구자는 주요 소음을 차량 엔진 소음으로 보았고, 향후 디젤엔진 대신 전기차로 전환되면 소음수준을 줄일 수 있다고 설명하였다.

○ 조적 및 석공 사업

조적 및 석공사업은 전문직별 도급 건설업자가 구조물의 벽체나 기초 등을 시멘트 블록·벽돌 등의 재료를 모르타르 등의 교착제로 부착시키거나 장치하여 쌓거나 석재를 사용하여 시설물 등을 시공하는 공사를 수행하는 산업활동을 말한다. 조적 및 석공 사업의 소음에 대한 작업환경측정 시료수는 평균 5.6건(5년 누적 28건)이었으며, 건설업 전체 5년 누적 시료수의 0.01% 수준이었다.

5년 누적 시료수 중 90 dB(A)를 초과하는 시료수는 10건(35.7%), 85 dB(A)를 초과하는 시료수는 5건(17.9%)이며, 5년 평균 소음수준은 83.1 dB(A) (61.5~88.3 dB(A))이었다.

조적 및 석공과 관련된 문헌을 조사한 결과, 석공 및 벽돌공의 평균 소음수준의 범위는 87.9~90.8 dB(A)(Lewkowski et al., 2018), 벽돌공은 82.4 dB(A), 85 dB(A)이었고, 이 연구에서 85 dB(A)를 초과하는 비율은 33.7%(Neitzel et al., 2011b)이었다. Kang(2023) 연구에서 할석공의 평균 소음수준은 93.2 dB(A), 석공은 87.7 dB(A)였고, Kim(2017) 연구에서도 할석공은 91.5 dB(A), 석공은 83.7 dB(A)로 두 연구의 할석공과 석공의 결과가 유사하였다. 본 연구에서는 5년 누적 측정 건수는 28건으로 많지 않았지만, 90 dB(A)를 초과 비율은 35.7%로 높았다. Kang(2023)의 아파트 건설 현장에서 할석공 37명 중 19명(98.1%)이 90 dB(A)를 초과하였고, 석공 10명 중 1명(10%)이 90 dB(A)를 초과하였다. Park(2020) 연구에서 조적공 및 석공의 주요 노출 유해인자로 소음에 대한 노출 위험이 크다고 언급하였다.

○ 아파트 건설업

아파트 건설업의 소음에 대한 작업환경측정 시료수는 평균 26,810건(5년 누적 134,052건)이었으며, 건설업 전체 5년 누적 시료수의 31.69% 수준이었다. 5년 누적 시료수 중 90 dB(A)를 초과하는 시료수는 183건(0.1%), 85 dB(A)를 초과하는 시료수는 7,374건(5.5%)이며, 5년 평균 소음수준은 73.9 dB(A) (72.5~75.9 dB(A))이었다. 아파트 건설업의 경우에 공정이 다양하고, 각 공정에 따른 소음수준도 달라서 공정별 소음평가가 필요해 보인다.

Fernandez(2009)의 연구에서는 아파트 건설업을 7단계 공정(굴착, 기초 및 구조, 벽돌 작업, 포장 및 타일 작업, 시설(전기, 배수, 배관, 난방 등) 작업, 목공 및 마감, 그 밖의 작업(상하차 작업 포함))에 따라 소음평가를 하였다. 전체 건설업 근로자 중 80 dB(A)의 소음수준을 초과한 비율은 67.5%이었고,

87 dB(A)의 소음수준을 초과한 비율은 50%로 조사되었다. 피크소음 권고 기준인 140 dB(C)의 초과 비율은 27.5%(11명)이며, 4명의 근로자는 굴착 작업을 수행할 때 초과하였고, 7명은 밀폐된 공간에서 수공구로 작업하였으며, 수공구를 사용하여 작업한 근로자가 그렇지 않은 근로자에 비해서 소음수준이 높은 경향을 보였다. Ali(2011) 연구 모형은 Fernandex(2009) 연구와 유사하였다. 전체 건설업 근로자 중 85 dB(A)의 소음수준을 초과한 비율은 66.7%이었고, 90 dB(A)의 소음수준을 초과한 비율은 61.9%로 조사되었다. 피크소음 권고기준인 140 dB(C)의 초과 비율은 28.6%(6명)이며, 1명의 근로자는 굴착 작업에서, 2명은 기초 및 구조 공사 작업에서, 2명은 포장 및 타일 작업이며, 1명에 대해서는 연구 논문에 언급하지 않았다. 작업환경측정 결과에서는 업종별로 분류할 때 표준산업분류에 따라 업종을 분류하고 있다. 그렇다 보니 건설업의 세세업종에서 건설장비 운전업, 조적 및 석공 사업 등으로 분류된 세세업종의 작업환경측정 건수가 낮는데, 그 이유는 아파트 건설업 등의 세세업종 분류에 포함되어 있을 것으로 사료된다. 향후 빅데이터를 활용하여 위험 작업을 예측하는 AI 기반 프로그램이 지속해서 발전할 것으로 본다. 따라서 건설업 종사 근로자의 청력 보호를 위해서는 표준산업분류보다는 직종별 등 다른 지표로 분류할 수 있다면 좀 더 정확한 데이터 기반 작업환경 관리가 가능해 질 것으로 사료된다.

○ 내부 전기배선 공사업·일반 통신 공사업

내부 전기배선 공사업은 건축물 내부의 전기 배선공사를 전문적으로 수행하는 산업활동을 말하고, 일반 통신 공사업은 통신 케이블 공사 및 통신선 관련 구조물 설치 등 토목공사의 성격을 가지는 통신공사를 수행하는 산업활동을 말한다. 건설업 세세 분류에서 전기 관련 공사업은 내부 전기배선 공사업과 일반 전기 공사업으로 분류할 수 있다. 5년 동안 측정 건수는 내부 전기배선 공사업은 126건(0.03%), 일반 전기 공사업은 3,361건(0.79%)으로 조사되었다.

90 dB(A)와 85 dB(A)를 초과하는 비율은 내부 전기배선 공사업과 일반 전기 공사업은 각각 0%(0건), 0.8%(23건)와 1%(262건), 7.8%(538건)이었다. 평균 소음수준은 내부 전기배선 공사업이 70.9 dB(A)(67.1~77.3 dB(A))이었고, 일반 전기 공사업은 72.5 dB(A)(71.9~73.0 dB(A))이었다.

전기공에 대한 문헌을 조사한 결과, 전기공의 평균 소음수준은 82.6~87.7 dB(A)(Lewkowski et al., 2018), 80.4 dB(A), 85 dB(A)(Neitzel et al., 2011b), 76.3 dB(A)(Seixas et al., 2001)로 나타났다. Seixas(2001) 연구에서는 작업 내용을 세부적으로 구분하여 평가하였는데, 작업 내용으로는 전선이나 케이블을 지하에 매설하기 위해 땅을 파는 작업(89.7 dB(A)), 전동 공구를 사용하는 작업(88.6 dB(A)), 부분 밀폐된 공간에서 작업(88.1 dB(A))이며, 평균 소음수준은 낮았지만, 작업으로 분류할 때는 높은 소음수준에 노출되는 것을 확인할 수 있었다. 본 연구에서는 전기공의 소음노출 수준은 높지 않지만, 문헌에서는 90 dB(A)의 소음수준을 초과하진 않았지만, 높을 때도 있었다. 대부분의 높은 소음수준을 보인 작업은 밀폐 공간에서 작업할 때였는데, 전기공의 특성상 전선이나 케이블을 매설하는 작업이 많으므로 밀폐된 공간에서 작업이 많고, 이에 따라서 소음노출 수준이 높아지는 것으로 보인다.

○ 도배, 실내 장식 및 내장 목공 사업

전문직별 건설업자가 건물 및 건축물 벽면의 도배공사, 카펫공사, 바닥재 설치공사 등 실내 장식공사, 내장 목공사를 수행하는 산업활동을 말한다. 도배, 실내 장식 및 내장 목공 사업의 소음에 대한 작업환경측정 시료수는 평균 83.2건(5년 누적 416건)이었으며, 건설업 전체 5년 누적 시료수의 0.1% 수준이었다. 5년 누적 시료수 중 90 dB(A)를 초과하는 시료수는 10건(2.4%), 85 dB(A)를 초과하는 시료수는 53건(12.7%)이며, 5년 평균 소음수준은 77.5 dB(A) (77.2~82.8 dB(A))이었다.

국외 논문에서 목수를 대상으로 개인 소음 평가한 결과가 3건 있었는데,

소음수준의 범위가 86.0~92.4 dB(A)(Lewkowski et al., 2018), 61.6~98.0 dB(A)(Neitzel et al., 1999)로 보고하고 있었고, Neitzel(2011b) 연구에서는 평균 소음수준이 83.7 dB(A)이었으며, 85 dB(A)를 초과하는 비율이 전체 대비 41.7%로 나타났다.

○ 건물 및 건축물 해체 공사업

건물 및 건축물 해체 공사업의 소음에 대한 작업환경측정 시료수는 평균 66.2건(5년 누적 331건)이었으며, 건설업 전체 5년 누적 시료수의 0.08% 수준이었다. 5년 누적 시료수 중 90 dB(A)를 초과하는 시료수는 8건(2.4%), 85 dB(A)를 초과하는 시료수는 62건(18.7%)이며, 5년 평균 소음수준은 78.5 dB(A) (77.1~81.3 dB(A))이었다.

거푸집 설치 및 해체 작업과 관련하여 3개의 논문을 검토하였고, Savage(1998) 연구에서는 93.5 dB(A), Li(2016) 연구에서는 91.9 dB(A), Lewkowski(2018) 연구에서는 84.9~97.1 dB(A)로 모든 연구에서 높은 소음수준을 보이고 있었다.

○ 비계 및 형틀 공사업

비계 및 형틀 공사업의 소음에 대한 작업환경측정 시료수는 평균 25.2건(5년 누적 126건)이었으며, 건설업 전체 5년 누적 시료수의 0.03% 수준이었다. 5년 누적 시료수 중 90 dB(A)를 초과하는 시료는 없었고, 85 dB(A)를 초과하는 시료수는 12건(9.5%)이며, 5년 평균 소음수준은 72.5 dB(A) (65.8~74.8 dB(A))이었다.

Kang(2023) 연구에서 형틀목공과 내장목공의 평균 소음수준이 각각 84.9 dB(A), 83.5 dB(A)로 조사되었으며, 90 dB(A)를 초과하는 시료는 없었으나, 평균 소음수준은 본 연구보다 높게 나타났다. 하지만 해외의 논문에서는 철근, 철골 및 형틀공의 평균 소음수준 범위는 84.9~97.1 dB(A)(Lewkowski

et al., 2018), 비계 작업자는 91.7 dB(A)(Savage et al., 1998)로 90 dB(A)를 초과하여 본 연구와는 다른 결과를 보였다.

○ 콘크리트 및 철근 공사업

콘크리트 및 철근 공사업의 소음에 대한 작업환경측정 시료수는 평균 350.4건(5년 누적 1,752건)이었으며, 건설업 전체 5년 누적 시료수의 0.41% 수준이었다. 5년 누적 시료수 중 90 dB(A)를 초과하는 시료수는 115건(6.6%)이며 전체 90 dB(A)를 초과 비율인 0.4%보다 높은 수준이었으며, 85 dB(A)를 초과하는 시료수는 251건(14.3%)이었고, 5년 평균 소음수준은 77.0 dB(A) (75.7~80.1 dB(A))이었다.

콘크리트 및 철근 공사업과 관련된 논문 7편을 검토하였다. 콘크리트 작업자의 소음수준은 93.5 dB(A)(Savage et al., 1998), 92.4 dB(A)이었으며, 철근을 자르고 구부리는 작업자의 소음수준은 85.6 dB(A)였고, 철근과 메시의 위치를 고정하는 작업자는 87.0 dB(A)이었다(Li et al., 2016). 철근공의 소음수준은 82.3 dB(A)(69.8~95.2 dB(A))이며, 90 dB(A)와 85 dB(A)를 초과하는 비율은 각각 9.1%, 30.6%로 나타났고(Neitzel et al., 1999), Neitzel(2011b) 연구에서는 84.47 dB(A)이며, 85 dB(A)를 초과하는 비율이 48.3%로 나타났다. 국내 연구 논문 2편에서는 철근공과 견출공에 대해서 평가하였고, 그 소음수준은 유사하였다. Kim(2017) 연구에서는 철근공과 견출공의 소음수준이 각각 89.1 dB(A), 90.2 dB(A)였고, Kang(2023) 연구에서는 88.4 dB(A), 88.3 dB(A)로 나타났다. Lewkowski et al.(2018) 연구에서는 콘크리트공과 견출공의 평균 소음수준의 범위는 87.3~94.5 dB(A)로 보고하고 있었다.

○ 배관 및 냉·난방 공사업

배관 및 냉·난방 공사업의 소음에 대한 작업환경측정 시료수는 평균 176.6건

(5년 누적 883건)이었으며, 건설업 전체 5년 누적 시료수의 0.21% 수준이었다. 5년 누적 시료수 중 90 dB(A)를 초과하는 시료수는 7건(0.8%)이었고, 85 dB(A)를 초과하는 시료수는 69건(7.8%)이었고, 5년 평균 소음수준은 74.4 dB(A) (73.3~75.7 dB(A))이었다.

3편의 국외 논문에서 모두 90 dB(A)를 초과하는 결과를 보였다. 배관 작업 시 밀폐된 공간에서 작업하는 경우가 많으며, 이런 작업 환경에서는 높은 소음에 노출될 가능성이 높다. Sinclair(1995) 연구에서는 하수도나 수도관 작업자의 평균 소음수준이 98.8 dB(A)로 나타났고, Savage(1998) 연구에서는 콘크리트 배관 작업자는 92.9 dB(A), Li(2016) 연구에서는 덕트 설치업자의 평균 소음수준이 94.1 dB(A)로 나타났다.

○ 파일공사 및 축조관련 기초 공사업

파일공사 및 축조관련 기초 공사업의 소음에 대한 작업환경측정 시료수는 2021년도에 실시한 5건이 전부였으며, 85 dB(A)를 초과하는 시료는 없었다. 하지만 2편의 국내 및 국외 논문에서 85 dB(A)를 초과하는 결과를 보였다. Li(2016) 연구에서는 파일 드라이버 운전자(기초 공사 후 말뚝을 박는 작업)의 소음수준은 88.3 dB(A)였고, 루프볼터 운전자(앵커를 설치하는 작업)는 91.4 dB(A)로 나타났으며, Kang(2023) 연구에서 항타 작업자의 소음수준은 85.6 dB(A)로 보고되었다. 파일공사 시 높은 충격소음에 노출될 수 있는 작업이므로 충격소음도 평가 대상으로 사료된다.

○ 그 외 기타 건물 마무리 공사업

그 외 기타 건물 마무리 공사업의 소음에 대한 작업환경측정 시료수는 평균 926.6건(5년 누적 4,813건)이었으며, 건설업 전체 5년 누적 시료수의 1.14% 수준이었다. 5년 누적 시료수 중 90 dB(A)를 초과하는 시료수는 34건(0.7%)

이었고, 85 dB(A)를 초과하는 시료수는 385건(8.0%)이었고, 5년 평균 소음 수준은 73.3 dB(A) (70.9~75.6 dB(A))이었다.

일반 건설업 근로자에 관한 연구를 정리하였다. Lewkowski(2018) 연구에서 단순 근로자에 대한 평균 소음수준의 범위를 84.2~92.9 dB(A)로 보고하였고, Neitzel(2011b) 연구에서는 현장 근로자의 평균 소음수준이 82.7 dB(A)로 보고하였고, 85 dB(A)를 초과하는 시료의 비율이 33.2%로 나타났다. 그 밖에 Neitzel(1999) 연구에서는 83.3 dB(A)(64.8~99.3 dB(A)), Legris & Poulin(1998) 연구에서는 90.0 dB(A)로 보고하였다. 본 연구에서는 그 외 기타 건물 마무리 공사업으로 분류하였으나 일반 건설업 근로자는 모든 건설업 분야에서 일하고 있으며, 넓은 범위의 소음수준을 보이고 있었다.

2. 건설업 종사 근로자 소음 감소 방안

건설근로자는 단위작업 장소당 종사 기간이 매우 짧고, 노동력이 지속해서 이동하여 유해인자 노출 추적이 매우 어렵다. 또한, 작업공정이 지속해서 변화하고 하루 중 또는 일간 노출농도의 변이가 매우 큰 특성이 있어, 일반적인 8시간 누적 노출평가를 실시하는 경우 정확한 대표 농도 산출에 한계가 있다.

Daniell(2006) 연구는 미국의 9개의 산업(제지, 목재 가공, 도로 건설, 금속 제조, 기공소, 과일 및 채소 가공, 목제품 제조, 인쇄업)에서 20년 동안 소음 노출수준과 청력보존 프로그램의 활용에 대해서 분석하였다. 중·소기업에서 근로자의 소음감소 노력도 낮다는 점과 청력보존 프로그램이 중·소기업에서 효과적으로 적용되지 않고 있었다. Kock(2006) 연구에서는 1990년 덴마크에서 실시한 근로자 청력 예방 정책의 실효성을 확인하기 위해서 건설업을 포함한 11개 업종에 대한 평균 소음수준을 평가한 결과, 그 소음수준이 82.8~87.9 dB(A)이었고, 건설업은 85.7 dB(A) 수준으로 90 dB(A)를 초과하지 않았다. 그리고 참여한 근로자 788명을 대상으로 청력검사를 실시한 결과 건설업 종사

근로자가 다른 업종의 종사 근로자보다 청력손실 위험도가 4배 정도 증가 (OR 3.93, 95% CI 1.27~12.5)하였고, 80 dB(A) 이상의 소음에 노출된 근로자 집단의 청력손실 위험도는 다른 집단에 비해 74%의 위험도가 증가한다고 조사되었고, 85 dB(A) 이상의 소음에 20년 이상 노출될 경우, 3배 이상 청력 손실이 증가한다고 보고하였다. 이는 80 dB(A) 이상의 소음이 발생하는 작업장에서 근로자가 근무를 한다면, 소음에 대한 작업환경측정이 필요하고, 건강진단을 통한 주기적으로 건강을 점검할 필요가 있다고 판단된다.

Neizel(1999) 연구에서는 수공구(공기 압출 방식) 및 중장비 운전자에 대한 포괄적인 청력보존 프로그램 개발의 필요성을 시사하였고, Savage(1998) 연구에서 고층 건물 건설 현장에서 발생할 수 있는 건설장비에서 발생하는 소음원(타워 크레인, 해머 드릴, 원형 톱, 자재 낙하 등) 작업 및 충격소음(폭발성 전동 공구 등)에 대한 청력보존 프로그램 마련이 필요하다고 보고하였다.

Daniell(2006) 연구에서는 근로자의 청력 보호를 위해서 청력 보호구에 대한 인식과 착용률이 낮아서 높일 필요성이 있다고 보고하였다.

Fernandez(2009) 연구에서도 대부분의 건설업 근로자는 청력 보호구를 착용하지 않고 있었고, 인식도도 낮았다고 보고하였고, Edelson(2009) 연구에서는 건설업 근로자의 소음성 난청 유병률이 높음에도 80%의 근로자들이 청력 보호구를 착용하지 않는다고 보고하였고, Neitzel & Seixas(2005) 연구에서는 건설업 근로자의 개인 소음 노출평가 결과 중 85 dB(A)를 초과하는 근로자의 청력 보호구 착용률은 33%로 나타났다. Seixas(2011) 연구에서는 청력 보호구 착용 교육을 통한 근로자의 청력 보호구 사용률을 높일 수 있다고 보고하였다. Saleh(2017) 연구에서는 건설 현장에서 사용하는 중장비 차량인 롤러, 크레인, 그레이더의 내부에 흡음 매트를 설치하여 그 효과를 비교하였다. 그 결과, 롤러 차량은 1,000 Hz, 2,000 Hz 주파수 영역 때에서 각각 11.2 dB(A), 11.5 dB(A) 감소 효과를 보였고, 크레인 차량은 각각 5.6 dB(A), 6.1 dB(A) 감소 효과를 보였고, 그레이더 차량은 8.1 dB(A), 8.5 dB(A) 수준의 감소 효과를 보였다.

Daniell(2006) 연구에서는 소음평가 시 교환율 적용에 따라 소음수준의 차이를 보이는데, 교환율을 3 dB로 적용할 필요성이 있고, 교환율 5 dB를 적용한다면 소음수준이 과소평가 될 수 있고 보고하였다. Neitzel(1999) 연구에서도 같은 주장이었다. 교환율 5 dB를 적용했을 때의 소음수준이 82.8 dB(A)인 데 반해, 교환율 3 dB를 적용하면 소음수준이 89.7 dB(A)로 높아진다고 보고하였다. 현재 국내 소음평가에 대한 교환율은 5 dB로 설정하며, 미국 OSHA의 교환율과 같다. 법적인 작업환경측정은 교환율을 5 dB로 설정해야 하지만, 소음 저감을 위한 컨설팅 등의 목적으로 소음에 대해 작업환경측정을 할 때는 교환율을 3 dB로 적용해 볼 수 있을 것으로 판단된다.

Neitzel(2011a) 연구에서는 근로자에 대한 소음 노출량 추정 모델을 개발하여 소음 노출수준과 청력손실과의 연관성을 설명하고자 하였다. 사용한 변수로는 주관적 노출지수, 작업별 소음 노출량, 해당 업종의 평균 소음 노출량 등을 조합하여 적합한 소음 노출 추정 모델을 제안하였다. 단일 모델로 주관적 노출지수를 활용한 추정 모델의 상관계수는 $R^2=0.42$ 이었고, 작업별·업종별 소음수준을 조합한 추정 모델의 상관계수는 $R^2=0.42$ 이었고, 그리고 작업별·업종별·주관적 노출지수를 조합한 추정 모델의 상관계수는 $R^2=0.55$ 로 가장 적합하였다. Seixas(2005) 연구에서도 Neitzel(2011a) 연구에서 제안한 소음 노출량 추정 모델과 청력손실과의 연관성을 확인하고자 하였다.

Reeb-Whitaker(2004) 연구에서는 건설업 종사 근로자의 인터뷰, 활동일지 및 업무기록일지를 분석하여 소음수준을 예측한 결과와 6주 동안 실시한 소음의 측정 결과를 비교하였을 때 유사한 결과를 보였다고 보고하였다.

3. 소방공무원의 소음수준 및 소음감소 방안

Kirkham(2011) 연구에서는 남자 소방관 113명을 대상으로 개인 소음 노출 평가를 실시하였다. 평균 소음수준은 81.1 dB(A)(69.1~99.9 dB(A))이었고,

지휘관(20명)의 평균 소음수준은 79.2 dB(A)(69.1-87.7 dB(A)), 소방대원(93명)의 평균 소음수준은 81.5 dB(A)(72.6~99.9 dB(A))으로 소방대원이 지휘관보다 높은 소음에 노출되었는데, 본 연구의 결과와 유사하였다.

탑승하는 차량에 따른 결과에서는 펌프차 탑승자의 평균 소음수준은 81.9 dB(A)(73.5~99.9 dB(A)), 사다리차는 78.8 dB(A)(72.6~86.4 dB(A)), 쿼트차¹⁾는 80.2 dB(A)(69.1~91.3 dB(A)), 구조차는 82.3 dB(A)(74.0~88.2 dB(A))으로 구조차에 탑승한 소방관의 평균 소음수준이 가장 높았다. 본 연구에서도 전체 구조직무(27명)의 평균 소음수준이 68.9 dB(A)(55.3~79.8 dB(A))로 가장 높았다. 본 연구에서는 전체 화재직무의 평균 소음수준이 60.5 dB(A)(39.4~78.8 dB(A))로 Kirkham(2011) 연구보다 낮은 수준이었으며, A 소방서의 화재직무 소방공무원의 평균 소음수준은 63.9 dB(A) (46.8~76.5 dB(A)), B 소방서는 58.7 dB(A)(46.1~72.0 dB(A)), C 소방서는 58.8 dB(A)(39.4~78.8 dB(A))으로 모두 낮은 수준이었다. 소음의 작업환경측정 기간은 소방서마다 3일 동안 측정하였고, 측정 당일 화재 출동 평균 시간(1일 기준)은 45분으로 현장대응 시간이 짧았던 영향으로 소음수준이 낮았던 것으로 사료된다. Chung(2012)에서는 한국의 소방공무원을 대상으로 4년 동안(2006~2009년) 소방공무원 371명을 대상으로 소음평가를 하였고, 그 소음수준은 76~79 dB(A)으로 80 dB(A)를 초과하지 않았다. Tubbs(1991) 연구에서도 본 연구와 유사한 결과를 보이고 있는데, 5개 소방서의 197명의 소방관을 대상으로 개인 소음 노출평가를 실시한 결과, 소음수준의 범위가 60~82 dB(A)로 본 연구의 결과와 아주 유사하였다. 하지만, 이 연구에서는 코드-3대응²⁾ 상황(109 dB(A)) 등 짧지만 높은 소음에 노출되는 업무가 많다고 언급하고 있었고, 이러한 소음에 주기적으로 노출되면 청력손실이 발생할 수 있다고 보고하였다. 본 연구에서는 작업별로 소음수준을 분석한 결과, 현장 대응 시간은 24시간 중 13.3% 수준인

- 1) 펌프차와 사다리차의 역할을 모두 수행하는 소방 차량으로 펌프, 물탱크, 호스, 사다리, 지상 사다리를 탑재하고 있어서 화재 진압, 고층 구조, 다목적 작업에 활용된다.
- 2) 화재 등 긴급 출동 시, 소방차의 사이렌·경적·경고등을 작동시켜 차량 통로를 확보하는 등의 목적으로 사용된다.

3시간이었고, 나머지는 관내 작업(21시간)이었다. 관내 대기 시간은 24시간 중 16시간(66.1%)이었으며, 그 밖에도 교대 점검(1.2%), 장비 점검(3.9%), 소방 훈련(12.2%), 교육(11.5%), 기타 업무(5.8%)를 수행하고 있었다. 관내 작업 중 작업별 최대소음 수준을 보면, 소방 훈련 시 94.3 dB(A), 장비 점검 시 95.6 dB(A), 교대점검 시 92.2 dB(A)로 90 dB(A)를 초과하는 작업이 있었다. 소방공무원은 많은 시간 관내에서 활동하며, 일부 작업에서는 높은 소음에 노출되었다. 따라서 이러한 작업을 수행할 때는 청력 보호구를 착용하거나, 별도의 청력보존 프로그램 마련이 필요해 보인다.

Kirkham(2011) 연구에서는 주간 근무자의 평균 소음수준이 83.5 dB(A)로 야간 근무자의 평균 소음수준인 78.8 dB(A)보다 높은 수준을 보였는데, 본 연구에서도 지휘관의 평균 소음수준이 주간에는 77.6 dB(A)로 야간 근무 시간 동안의 소음수준인 43.5 dB(A)보다 통계적으로 유의하게 높았으며, 운전자, 화재·구조·구급대원의 주간 소음수준이 야간보다 높았지만, 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았다.

Kirkham(2011) 연구에서는 노출기준인 85 dB(A)를 초과하는 비율이 72.6%로 높게 나타났고, 피크소음 기준값인 140 dB(C)를 초과하는 비율도 69.0%로 나타났다. 본 연구에서는 국내 소음 노출기준인 90 dB(A)를 초과하는 시료는 없었지만, 피크소음 기준값인 140 dB(C)를 초과하는 횟수를 작업별로 분류해 보면, 화재 출동 시 5회, 구조출동 시 4회, 구급 출동 시 9회, 관내 대기 시 31회, 훈련 시 10회, 교육 시 4회, 장비 점검 시 5회, 기타 업무 시 1회로 나타났고, 이 중 현장대응 시 피크소음 기준값을 초과한 18회를 제외하면 초과한 74%(51회)는 관내 작업으로 분류할 수 있었고, 관내 작업 시 소음 노출을 줄이는 방법을 먼저 마련해야 할 것으로 사료된다. ACGIH(2024)에 따르면, 연속 소음, 비정형 소음, 충격 소음 중 어느 소음도 140 dB(C)를 초과해서는 안되지만, 본 연구에서 개인 소음노출평가에서 140 dB(C)를 초과하는 작업이 있었지만, 소음측정 데이터에서 140 dB(C)를 초과하는 시점이 매우 짧았기 때문에 정확한 소음 작업을 확인할 수 없었다. 또한, 소방

차량 및 구조 장비의 소음원을 평가한 결과에서는 140 dB(C)를 초과하는 소음원은 없었다. 구조 장비 중 피크 소음이 높았던 장비는 로프총(138.2 dB(C)), 마취총(133.6 dB(C)), 선외기(127.7 dB(C)), 충전공기제거 작업(123.3 dB(C)) 등의 순이었고, 차량 소음(사이렌, 경적, 무전기)도 110 dB(C)를 초과하지 않았다. 본 연구에서는 구조 장비 사용자 및 차량 운전자를 중심으로 평가한 소음연구였기 때문에 소음원 발생 지점에서 측정하지 않았다. 측정자가 소음원의 근접 거리에서 소음원에 노출되었거나, 그 밖의 요인(소음계의 충격 또는 압력, 과도한 힘 등)으로 인해서 높은 소음에 노출되어 피크소음 기준치(ACGIH, 2024)인 140 dB(C)를 초과했을 것을 사료된다.

Reischl(1979) 연구에서는 8명의 소방관을 대상으로 출동 차량 내에서 출동 중에 노출되는 소음수준을 평가하였다. 특히 코드-3대응 상황에서 소방관들은 115 dB(A)를 초과하는 소음에 노출되었다. 또한 모든 소방관의 소음수준이 노출기준인 90 dB(A)를 초과하였다. 소방관들은 짧지만, 높은 소음에 노출되므로 소방관 특성에 맞는 청력보존 프로그램 개발을 제안하였다. 특히 4 kHz, 6 kHz 영역의 청력손실이 큰 것으로 조사되었는데, 본 연구에서 건설업 종사 근로자를 대상으로 특수건강진단 청력검사 결과와 유사한 결과를 보였다.

그 밖에도 소방관을 대상으로 청력검사 결과를 분석한 문헌이 있었는데, Ide.(2011) 연구에서는 116명의 소방관 청력검사 결과에서 높은 청력손실이 발견되었고, 오른쪽보다 왼쪽 귀의 청력손실이 컸다고 보고하였다.

Kales(2001) 연구에서는 일반 인구집단과 소방관의 청력검사 결과를 비교하였는데, 소방관의 청력손실이 일반 인구집단 보다 높게 나타났다. Snap(2022) 연구에서는 높은 소음에 노출되는 소방관의 청력손실은 일반적인 질병이며, 나이에 따른 청력손실과 인지 저하를 일으킬 수 있다. 본 연구에서는 소방관 176명을 대상으로 청력검사를 하였는데, 검사 결과는 정상이었으나 젊은 소방관 중에서 높은 소음에 주기적으로 노출된 그룹이 근무연수가 높은 사람에 비해 변조 이음향방사검사(DPOAEs)³⁾ 결과 나쁘게 나타났다. 특수건강진단 항목으로는 청력손실의 조기 진단이 어렵기 때문에 소방관의

소음관리 대책이 필요하다고 언급하였다.

Root(2013) 연구에서는 소방관이 탑승하는 차량과 다양한 구조 장비의 소음원을 평가하였다. 소방 차량에서는 사이렌 소음이 가장 높게 나타났고, 구조 장비는 수중 펌프 장비가 가장 높았으며, 모든 소음원의 소음수준이 85 dB(A)를 초과하였다. 하지만, 소방관을 대상으로 개인 소음 노출평가를 실시하였을 때는 78 dB(A)로 노출기준을 초과하지 않았다. 본 연구도 이와 유사하였다. 차량 소음원으로 사이렌(전기·모터식), 경적, 무전기 소음을 평가하였는데, 사이렌 소음이 가장 높았다. 창문 개방 후 전기식 사이렌의 소음수준은 88.9 dB(A), 모터식 사이렌은 88.3 dB(A)로 나타났으며, 창문 개방 전보다 소음수준이 증가하였다. 두 종류의 사이렌 소음에 대한 1/3 옥타브밴드 소음분석 결과를 비교해 보면, 청력손실의 지표가 되는 4 kHz, 6 kHz 영역 때에서 모터식 사이렌이 더 큰 경향을 보여서, 모터식 사이렌으로 인한 청력손실이 전기식 사이렌보다 클 것으로 사료된다. Gorski.(2015) 연구에서는 사이렌 소음을 옥타브밴드 소음분석기를 사용하여 소음수준을 평가하였고, 그 값은 104~108 dB(A)로 나타났고, 사이렌이 설치된 위치를 엔진실로 이동시켜 운전자와 소방대원의 소음노출을 줄일 수 있을 것을 제안하였고, 사이렌의 소리 방향이 사람이 없는 방향으로 설치할 것을 권장하고 있었다. 본 연구에서는 소방 차량의 사이렌 소음이 100 dB(A)를 초과한 결과는 없었지만, 소방 차량의 전기식 사이렌 소음수준이 85.8~99.3 dB(A)로 모두 85 dB(A)를 초과하였고, 모터식 사이렌의 소음수준은 84.2~93.6 dB(A)로 나타났다.

Hong(2008) 연구에서는 소방관의 구조 작업 중 사용하는 장비 및 관련 작업에 대해서 평가하였다. 작업의 형태로는 화재 현장 환기, 차량 구조, 화재 진압, 관내 업무(청소, 재설, 재초 등), 공기호흡기 테스트, 공기호흡기 공기 충전 등이 있었으며, 해당 작업의 형태는 높은 소음에 노출될 수 있는 형태로 청력 보호구 착용을 권장하고 있었다. 본 연구에서 평가한 구조 장비의 종류로는

3) DPOAEs는 distortion product otoacoustic emissions의 줄임말로, 두 개의 서로 다른 순음 자극을 준 다음 외유모 세포의 반응을 측정하는 변조 이음향방사를 의미한다.

절삭기, 동력절단기, 로프총, 마취총, 체인톱 등이며, 대부분의 장비 소음수준이 85 dB(A)를 초과하였고, 100 dB(A)를 초과하는 장비도 있었다. 본 연구에서는 장비 공회전 시의 소음수준을 평가하였는데, 구조 장비를 사용하여 금속, 돌, 나무 등의 재질을 자르거나 개방할 때의 소음수준은 증가할 것으로 사료된다. 본 연구에서 유압장비(9개)의 소음수준을 평가하였는데, 평균 소음수준이 83.9 dB(A)였지만, 이 장비를 현장에서 사용한다면 높은 소음에 노출될 수 있을 것으로 예상된다. Neizel(2013) 연구에서 유압장비에 끌(chisel) 장착하여 자동차의 문을 개방하는 작업을 수행할 때의 소음수준은 106.2 dB(A)였고, 유압 스프레더로 자동차 문을 개방할 때 소음수준은 90.3 dB(A)로 나타났다. 그리고 톱으로 금속을 절단할 때의 소음수준은 91.8 dB(A), 콘크리트를 절단할 때 소음수준은 108.5 dB(A), 나무나 건조한 벽을 절단할 때 소음수준은 108.9 dB(A)로 나타났다. 공기호흡기의 안전 알람 점검 시 소음수준은 101.0 dB(A)이었는데, 본 연구에서는 공기호흡기의 충전된 공기를 제거할 때 소음을 측정하였고, 그 소음수준은 104.9 dB(A)로 나타났다. 공기호흡기의 알람을 점검하거나, 공기호흡기의 충전된 공기를 제거하는 작업 중에는 청력 보호구 착용을 권장한다.

Ewigman(1990) 연구에서도 소방관의 청력 보호구 착용에 대한 교육을 실시한 후 교육으로 인한 인식도가 향상되었다고 보고하였다. 그리고 소방관은 상시 귀마개를 착용할 필요가 없기 때문에 쉽게 귀마개를 벗을 수 있는 것을 제공하는 것이 필요하며, 상시 헬멧을 착용하기 때문에, 헬멧에 부착이 가능한 귀덮개가 적합하다고 평가하였다. 또한 현장에서 소방관과의 상호 의사소통을 위해서 귀마개 내부에 통신 시설이 설치되어 있는 청력 보호구를 권장하고 있었다.

산업안전보건법 제130조(특수건강진단 등)과 산업안전보건기준에 관한 규칙 제512조(정의)에 따른 소음작업⁴⁾, 강렬한 소음작업, 충격소음작업으로 소음에 노출되는 근로자는 특수건강진단을 받도록 의무화하고 있다. Chung(2012)

4) “소음작업”이란 1일 8시간 작업을 기준으로 85 데시벨 이상의 소음이 발생하는 작업을 말한다.

연구에서는 85 dB(A) 이상의 소음이 발생하는 작업에서 더 낮은 소음수준(예를 들면 80 dB(A))으로 낮출 것을 제안하였다. 단시간 높은 소음에 노출될 수 있는 소방공무원의 경우에 개인마다 청력 회복 속도가 다르다는 점을 제시하였다. 앞에서 언급했던 Kock(2006)의 연구에서도 80 dB(A) 이상의 소음에 노출되는 근로자 군에서 청력손실의 위험도가 증가하는 것을 보고하였다. 8시간 시간 가중 평균 소음수준은 90 dB(A)가 넘지 않더라도 단시간이지만 높은 소음에 노출되는 근로자에 관한 연구가 필요해 보인다. Chung(2012) 연구에서는 청력보존 프로그램 시행 기준을 “소음의 작업환경측정 결과 소음수준이 노출 기준에서 정하는 소음의 노출기준을 초과하는 사업장”에서 측정값이 85 dB(A) 이상으로 낮아져야 한다고 제안하였는데, 관련해서 2024년 6월 28일부터 “근로자가 소음작업, 강력한 소음작업 또는 충격소음작업에 종사하는 사업장”으로 법이 개정되었다.

V. 연구결론



V. 연구결론

본 연구는 건설업과 소방공무원을 중심으로 한 비정형 소음 노출 직종에 대한 작업환경관리방안 연구이다. 건설업의 최근 5년 동안의 작업환경측정 자료와 특수건강진단 자료를 비교하였고, 2023년도 특수건강진단 2차 검진 대상자에 대한 청력검사 결과를 분석하였다. 건설업의 평균 소음수준은 73.9 dB(A) (72.4~75.7 dB(A))로 높은 수준이 아니었지만, 특수건강진단의 요관 찰자(C₁), 유소견자(D₁)의 수는 증가하는 추세였다. 건설업 세세 업종의 평균 소음과 특수건강진단 결과 간의 상관관계가 없었고, 주파수별 청력검사 결과는 건설업 세세 업종 간의 통계적인 유의한 차이가 없었고, 4,000 Hz 영역의 청력손실이 가장 컸으며, 연령이 증가할수록 주파수별 청력손실 정도는 컸으며, 성별에 따른 차이도 있었다.

소방공무원을 대상으로 개인 소음 노출평가를 실시하였고, 차량 및 구조 장비를 대상으로 소음원평가를 하였다. 소방공무원의 평균 소음수준은 낮지만, 고위험 작업이 있었고, 소방 차량(사이렌, 경적, 무전기 소음) 및 구조 장비에서 발생하는 소음수준은 높았다. 따라서, 소방공무원은 비정형 소음에 단시간이지만 높은 소음에 노출될 수 있으므로 해당 작업을 수행할 때 청력 보호구 지급 및 착용을 권고하고, 적절한 청력보존 프로그램 마련이 필요해 보인다.

참고문헌

- 김종길 등. 건축공사 공종별 소음작업 및 소음발생 수준 연구(아파트 등 공동주택 공사 중심으로). 산업안전보건연구원. 2017.
- 고용노동부. 작업환경측정 및 지정측정기관 평가 등에 관한 고시. 고용노동부. 제2020-44호.
- 고용노동부. 근로자 건강진단 실시결과. 고용노동부. 2018~2022.
- 고용노동부. 산업재해현황분석. 고용노동부. 2018~2022.
- 고용노동부. 작업환경측정 실시결과. 고용노동부. 2018~2022.
- 박현희 등. 건설업 직종별 노출 유해인자, 노출량, 노출분율에 관한 연구. 산업안전보건연구원. 2020.
- 소방청. 2023년 소방청 통계연보. 소방청. 2023.
- ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists). TLVs and BEIs. ACGIH. 2024.
- Ali, A case study of construction noise exposure for preserving worker's hearing in Egypt. Acoust Sci Technol. 2011.32(5):211-215.
- Blute et al., Exposure characterization for highway construction part 1: cut and cover and tunnel finish stages. Appl Occup Environ Hyg. 1999.14(9):632-41.
- Chung et al., Hearing effects from intermittent and continuous noise exposure in a study of Korean factory workers and

- firefighters. BMC Public Health. 2012.12:87.
- CPWR (The center to protect workers' rights). Construction noise hazard alert. 2003.
- Daniell et al., Noise exposure and hearing loss prevention programmes after 20 years of regulations in the United States. Occup Environ Med. 2006.63(5):343-51.
- Edelson et al., Predictors of hearing protection use in construction workers. Ann Occup Hyg. 2009.53(6):605-15.
- Ewigman et al., Efficacy of an intervention to promote use of hearing protection devices by firefighters. Public Health Rep. 1990.105(1):53-59.
- Fernandez et al., Noise exposure of workers of the construction sector. Appl Acoust. 2009.70(5):753-760.
- Gorski, Occupational exposure to noise from authorized emergency vehicle sirens. Int J Occup Saf Ergon. 2015.20(3):515-523
- Griffin et al., Indicators of hearing protection use: self-report and researcher observation. J Occup Ind Hye. 2009.6(10):639-47.
- Hong et al., Perception and attitudes of firefighters on noise exposure and hearing loss. J Occup Environ Hyg. 2008.5(3):210-5.
- HSE(Health Safety and Environment). Controlling noise at work. HSE. 2021.
- Ide, Hearing losses in wholetime firefighters occurring early in

- their careers. *Occup Med (Lond)*. 2011.61(7):509-11.
- Kales et al., Firefighters' hearing: a comparison with population databases from the International Standards Organization. *J Occup Environ Med*. 2001.43(7):650-6.
- Kang. Assessment of apartment building construction workers' noise exposure. *J Kor Soci Occup Environ Hyg*. 2023.33(3): 308-316.
- Kim et al., An overview of compensated work-related injuries among Korean firefighters from 2010 to 2015. *Ann Occup and Environ Med*. 2018. 30:57
- Kirkham et al., Characterization of noise and carbon monoxide exposures among professional firefighters in British Columbia. *Ann Occup Hyg*. 2011.55(7):764-74.
- Kock et al., The risk of noise-induced hearing loss in the Danish workforce. *Noise Health*. 2006.8(31):80-7.
- Legris & Poulin, Noise exposure profile among heavy equipment operators, associated laborers, and crane operators. *Am Ind Hyg Assoc J*. 1998.59(11):774-8.
- Lewkowski et al., A systematic review of full-shift, noise exposure levels among construction workers: are we improving? *Ann Work Expo Health*. 2018.62(7):771-782.
- Li et al., Health impacts of construction noise on workers: a quantitative assessment model based on exposure measurement.

- J Clean Prod. 2016.135:721-731.
- Neitzel et al., Pilot task-based assessment of noise levels among firefighters. Int J Ind Ergon. 2013.43(6):479-486.
- Neitzel et al., Improving exposure estimates by combining exposure information. Ann Occup Hyg. 2011a.55(5):537-547.
- Neitzel et al., Longitudinal assessment of noise exposure in a cohort of construction workers. Ann Occup Hyg. 2011b.55(8):906-16.
- Neitzel & Seixas. The effectiveness of hearing protection among construction workers. J Occup Environ Hyg. 2005.2:227-238.
- Neitzel et al., Contributions of non-occupational activities to total noise exposure of construction workers. Ann Occup Hyg 2004.48(5):463-73.
- Neitzel et al., An assessment of occupational noise exposures in four construction trades. Am Ind Hyg Assoc J.1999.60(6):807-17.
- NFPA(National Fire Protection Association). U.S. fire department profile. NFPA. 2020.
- NIOSH(National Institute for Occupational Safety and Health). Promoting hearing health among firefighters. NIOSH. 2013.
- Reeb-Whitaker et al., Accuracy of task recall for epidemiological exposure assessment to construction noise. Occup Environ Med. 2004.61(2):135-42
- Reischl et al., Fire fighter noise exposure. Am Ind Hyg Assoc J.

1979.40(6):482-489.

Root et al., Firefighter noise exposure during training activities and general equipment use. *J Occup Environ Hyg.* 2013.10(3):116-21.

Saleh et al., The use of noise dampening mats to reduce heavy-equipment exposure in construction. *Saf Health Work.* 2017.8(2):226-230.

Savage, Workers exposure to occupational noise within the high-rise construction industry. *Saf Sci Monit.* 1998.3(12):1-12.

Seixas et al., A multi-component intervention to promote hearing protector use among construction workers. *Int J Audiol.* 2011.50(1):46-56.

Seixas et al., Alternative Metrics for Noise Exposure Among Construction Workers. *Ann Occup Hyg.* 2005.49(6):493-502.

Seixas et al., Noise exposure among construction electricians. *AIHAJ.* 2001.62(5):615-21.

Sinclair et al., Construction Noise in Ontario. *Appl Occup Environ Hyg.* 1995.10(5):457-460.

Snapp et al., Subclinical hearing deficits in noise-exposed firefighters. *Int Environ Res Public Health.* 2022.19(17):11028.

Tubbs, Occupational noise exposure and hearing loss in fire fighters assigned to airport fire stations. *Am Ind Hyg Assoc J.* 1991.52(9):372-378.



Abstract

The Management Plan for Construction Workers and firefighters exposed to Irregular Noise

Objectives : The percentage of construction workers exceeding the occupational exposure limit for noise in workplace environment measurements has remained around 1% annually. However, the number of workers suffering from noise-induced hearing loss (NIHL) within workplaces subject to the Industrial Accident Compensation Insurance Act has been increasing each year. Firefighters are also exposed to short but intense noise, such as sirens, horns, and dispatch alerts during emergency calls, and they are reported to be exposed to high levels of noise when using rescue equipment. Construction workers and firefighters share common characteristics, such as diverse working hours, varied job tasks, and exposure to irregular noise. Noise exposure in the construction industry is typically assessed based on an 8-hour exposure. The objectives of this study are: (1) to compare noise-related statistical data in the construction industry, and (2) to conduct a task-based exposure assessment of noise for firefighters, comparing average noise levels (dB(A)) and peak noise levels (dB(C)) by task and job role.

Method : For the construction industry, statistical data on workplace environment measurements and special health check-ups were analyzed.

For firefighters, a task-based exposure assessment of noise was conducted. The workplace environment measurement data used spanned from 2018~2022, and noise levels were compared based on various characteristics, including job roles. Special health check-up data from 2023 were analyzed, focusing on auditory test results by gender, age, and the standard industrial classification. For firefighters, a personal noise exposure assessment was conducted with 149 firefighters across three job roles (firefighting, emergency medical services, and rescue) from three fire stations. The assessment was performed using noisedosimeters, set according to Ministry of Employment and Labor standards, and work records were collected simultaneously to assess noise exposure by task. Noise sources included vehicles and rescue equipment, and a 1/3 octave band noise analyzer was used for the assessment.

Results : Men experienced greater hearing loss compared to women. Among men, the most significant hearing loss occurred in the 4 kHz range, and hearing loss at 6 kHz was greater than at 3 kHz. For women, hearing loss tended to gradually worsen in the higher frequency ranges. Hearing thresholds, as measured by pure-tone audiometry, deteriorated with age. Notably, male workers who received a C1 rating exhibited a pronounced 4 kHz (C5-dip) hearing loss, while those who received a D1 rating showed similar levels of hearing loss across the high frequencies (3 kHz, 4 kHz, and 6 kHz). No significant differences in hearing loss were observed based on the standard industrial classification.

Although average noise levels by task ranged from 50.7 dB(A) to 65.9 dB(A), which are relatively low, peak noise levels exceeded the peak

noise exposure limit of 140 dB(C) in most tasks. The 8-hour time-weighted average noise level by job role was highest for rescue workers at 68.9 dB(A), followed by emergency medical service workers (63.6 dB(A)) and firefighters (60.5 dB(A)), who had similar levels. When comparing noise levels based on work type (on-site work, other work, and station standby), average noise levels were highest during on-site work, excluding commanders. Peak noise levels also showed statistically significant differences, except for commanders and fire investigators. Noise levels were higher when measured with windows open than closed, and noise was greatest when both the siren and horn were activated simultaneously. Among firefighting equipment, power cutters, chainsaws, and outboard motors exceeded 100 dB(A). Air depletion from self-contained breathing apparatuses also exceeded 100 dB(A).

Conclusion : The statistical data from the construction industry did not reveal any clear differences in noise levels by industrial classification or occupation. Although the noise levels experienced by firefighters did not exceed the exposure limit, peak noise levels exceeded the peak noise limit (140 dB(C)). Appropriate hearing protection management, such as the use of hearing protectors during tasks that exceed the peak noise limit, appears necessary. Even within fire stations, peak noise levels exceeded the limit in some cases. It is recommended that the causes of this be identified, and that a system be established to provide and ensure the use of hearing protectors during noisy activities, such as in-station training or tasks that generate noise.

Key words : Construction worker, firefighter, noise assessment

부록

비정형 소음 청력보존 프로그램

1) 도입

산업안전보건법(이하 ‘산안법’) 제39조(보건조치)에 따라 소음에 의한 건강장해를 예방하고, 산업안전보건기준에 관한 규칙(이하 ‘안전보건규칙’) 제4장 소음 및 진동에 의한 건강장해의 예방의 제517조(청력보존 프로그램 시행 등)의 규정에 따라 사업주는 청력보존 프로그램을 실시하여야 한다.

청력보존 프로그램의 목적으로 소음노출 수준을 확인 및 관리하고, 잠재적 청력손실의 우려가 있는 근로자를 인지하고 보호하는데 그 목적이 있다.

2) 적용범위

근로자가 소음작업, 강렬한 소음작업 또는 충격작업 또는 충격소음작업에 종사하는 사업장¹⁾ 또는 소음으로 인하여 근로자에게 건강장해가 발생한 사업장을 보유한 사업주는 청력보존 프로그램을 실시하도록 한다. 청력보존 프로그램에는 다음의 조항들을 포함시켜야 한다.

- 소음노출 평가
- 소음노출에 대한 공학적 대책
- 청력 보호구의 지급과 착용
- 소음의 유해성 및 예방 관련 교육

1) 소음의 노출기준을 초과하는 사업장에서 확대 개정(2024.6.28.)

- 정기적 청력검사
- 청력보존 프로그램 수립 및 시행 관련 기록·관리체계
- 그 밖에 소음성 난청 예방·관리에 필요한 사항

3) 관련 법조항

산안법상 소음작업을 1일 8시간 작업을 기준으로 85 데시벨(dB) 이상의 소음이 발생하는 작업으로 정의하고 있다(안전보건규칙 512조 ‘정의’). 산안법 제125조 작업환경측정에 의해 소음에 노출되는 근로자가 있는 작업장에 대한 작업환경측정을 하도록 하고 있고, 그 수준은 8시간 시간가중평균 80 dB 이상의 소음으로 하고 있다. 산안법 제130조 특수건강진단 등에 따라 소음에 노출되는 업무를 수행하는 근로자는 특수건강진단을 받도록하고 있으며, 안전보건규칙에서 규정하는 소음작업, 강렬한 소음작업 및 충격소음작업에서 발생하는 소음으로 하고 있다. 사업주는 근로자가 소음작업, 강렬한 소음작업 또는 충격소음작업에 종사하는 경우에 근로자에게 청력 보호구를 지급하고 착용하도록 하고 있으며(안전보건규칙 제516조 ‘청력 보호구의 지급 등’), 작업환경측정 결과 소음수준이 노출기준에서 정하는 소음의 노출기준을 초과하는 사업장 또는 소음으로 인하여 근로자에게 건강장해가 발생한 사업장의 사업주는 청력보존 프로그램²⁾을 수립하여 시행하도록 하고 있다(안전보건기준 제517조 ‘청력보존 프로그램 등’).

2) “청력보존 프로그램”이란 소음노출 평가, 소음노출 기준 초과에 따른 공학적 대책, 청력 보호구의 지급과 착용, 소음의 유해성과 예방·관리 사항 등이 포함된 소음성 난청을 예방·관리하기 위한 종합적인 계획을 말한다.

4) 운영체제 및 책임·역할

○ 보건관리자

- 산안법 준수하기 청력보존 프로그램을 계획하고 수립한다.
- 청력보존 프로그램 절차를 마련한다.
- 청력보존 규정을 사업주와 근로자와 함께 수립한다.
- 청력 보호구 구입 시 적격품 선정에 관한 보좌 및 지도·조언한다.
- 청력보존 프로그램이 잘 운영되고 있는지 점검한다.
- 소음평가를 실시하고, 기록을 보존한다.
- 법 개정 사항을 모니터링한다.
- 주기적으로 청력보존 프로그램을 검토한다.

○ 관리자

- 청력보존 프로그램을 숙지하고 법을 준수한다.
- 사업주가 제공하는 교육 및 청력 보호구 등 근로자에게 적절히 공급한다.

○ 사업주

- 청력보존 프로그램을 숙지하고 법을 준수한다.
- 근로자가 청력보존 프로그램을 준수하도록 하고, 청력 보호구를 지급 및 관리하고, 적절한 교육을 제공한다.
- 보건관리자에 의해 적격품으로 선정된 청력 보호구를 근로자에게 제공하여 사용하도록 한다.
- 필요시 보건관리자의 지도·조언을 얻는다.

○ 근로자

- 청력보존 프로그램을 이해하고 준수한다.

- 적절한 청력 보호구를 착용한다.
- 부적합한 작업을 삼가고, 사업주의 규정을 준수한다.

5) 소음원 기초조사(basic screening survey)

근로자의 작업 시 청력손실을 일으킬 수 있는 잠재적인 소음원을 확인하기 위함이다. 소음원 기초조사를 통해 작업장 내 모든 장소를 대상으로 잠재적인 소음원을 조사한다. 사용하는 장비로는 지시소음계 또는 누적소음측정계(조사 목적에 따라 적합한 장비 사용)이며, 일반적으로 80 dB 이상(충격소음은 120 dB 이상)인 장비(예, 건설장비, 송풍기, 유압장비 등)를 대상으로 소음원 및 개인소음 측정을 실시한다.

6) 소음측정

소음측정의 목적은 청력보존 프로그램에 참여시킬 근로자를 결정하고, 소음 발생 여부를 확인하고, 공학적 개선대책을 수립하고, 소음감소 방안을 위한 우선 순위를 결정하고, 공학적 개선대책의 효과를 평가하기 위해서이다. 소음 측정은 작업환경측정기관 등에서 실시하거나, 산업보건전문가의 지도·조언에 따라 실시하며, 소음원 측정과 개인소음 측정으로 구분한다.

○ 소음원 측정

측정장비는 주로 지시소음계를 사용하며, 근로자가 소음에 노출될 것으로 예상되는 장소에서 측정한다. 일반적인 측정장소는 근로자의 귀 부위, 소음원이 발생하는 장비 옆, 작업장 출입구, 또는 작업자가 작업할 것으로 예상되는 장소를 말한다. 측정장비는 측정 전 소음보정계로 검교정한 후 사용하며, A특성으로 미터 반응은 느림으로 설정한다.

측정 결과 80 dB(A)를 초과하지 않을 경우, 개인소음 측정을 하지 않지만, 측정값이 85 dB(A) 또는 85 dB(A)를 초과할 경우에는 측정 지점을 기록하고, 관련 장비를 취급하거나 주변에서 일하는 근로자를 대상으로 청력보존 프로그램 대상자로 우선 선정된 후, 개인소음 측정을 실시한다.

공정의 소음발생 설비의 개선으로 소음발생이 감소했을 것으로 예상되면, 소음원 재측정을 실시하여 확인하고, 소음수준은 80 dB(A)를 초과하지 않을 경우에는 청력보존 프로그램 대상자에서 제외시킨다.

○ 개인소음 측정

누적소음측정계를 근로자의 귀 주변에 장착(주로 옷깃 또는 어깨 주변)하고, 근무 기간동안 측정한다. 측정장비는 측정 전 소음보정계로 검교정을 실시하고, 근로자에 대한 정보(공정명, 작업시간, 세부작업 등)를 수집한다. 근로자 소음 측정 결과는 8시간 시간가중 소음수준인 90 dB(A)의 초과 여부와 비교하고, 85 dB(A) 또는 85 dB(A)를 초과한 소음에 노출되는 근로자는 청력보존 프로그램의 대상자로 최종 선정한다.

7) 개인소음 평가 절차

비정형 소음에 노출되는 근로자를 평가할 때는 작업별 소음평가(task based personal noise assessment)를 실시할 것을 권장한다. 그리고 각 작업별 특성을 파악하기 위해서 근로자 인터뷰, 활동일지 기록을 바탕으로 작업시간을 구분하고, 해당 작업시간 때의 소음수준을 계산하는데, 그 식은 다음과 같다.

$$L_{eq,act_{ij}} = 16.61 \log_{10} \frac{1}{n_{ij}} \sum_{k=1}^{n_{ij}} 10^{\frac{L_{eq_{ijk}}}{16.61}}$$

여기서, n_{ij} 의 i (소방서)의 작업(j)를 수행하는 시간을 말하며, L_{eqij} 는 k 시간 동안 i 에서 j 를 수행하는데 발생한 소음수준을 의미한다.

고용노동부 고시(2020-44호)에 따라 시간 가중평균 소음은 다음 계산식에 따라 산출한 값을 기준으로 평가한다.

$$TWA = 16.61 \times \log\left(\frac{D}{100}\right) + 90$$

여기서, TWA는 시간 가중평균 소음수준(dB(A)), D 는 누적소음노출량(%)이다.

또는, HSE(2021)에 따른 계산식은 다음과 같다.

$$L_{ep,d} = L_{eq} T_e + 16.61 \log\left(\frac{T_e}{T_0}\right)$$

여기서, $L_{ep,d}$ 는 24시간 소음수준을 8시간으로 보정한 소음수준, L_{eq} , T_e 는 노출시간 동안의 소음수준, T_0 는 8시간, T_e 는 노출시간이다.

HSE(2021)에서는 비정형 소음 등 일간 변이가 있는 작업장 소음평가에 대해서 주간(40시간) 소음평가를 하도록 하고 있었고, 그 계산식은 다음과 같다.

$$L_{ep,w} = 16.61 \log_{10} \left[\frac{1}{5} \sum_{i=1}^{i=m} 10^{\left(\frac{L_{ep,d}}{16.61}\right)_i} \right]$$

여기서, $L_{eq,w}$ 는 주간 소음노출 수준을 의미하며, m 은 일주일 중 근무한 횟수를 의미하며, $(L_{ep,d})_i$ 는 근무한 날(i)에 대한 값(L_{eq})을 8시간으로 보정한 소음수준이다.

ACGIH(2024)에서는 충격소음이 140 dB(C)를 초과할 경우에 청력 보호구 착용을 의무화하고 있었고, 미국 군인(MIL-STD-1474C)에서는 청력 보호구를

착용할 때는 귀마개 또는 귀덮개를 착용하거나 귀마개와 귀덮개를 동시에 착용할 것을 제안하고 있었다. HSE(2021)에서는, 소음수준에 대한 감시등급(action values)을 분류하고 있다<표 부록-1>.

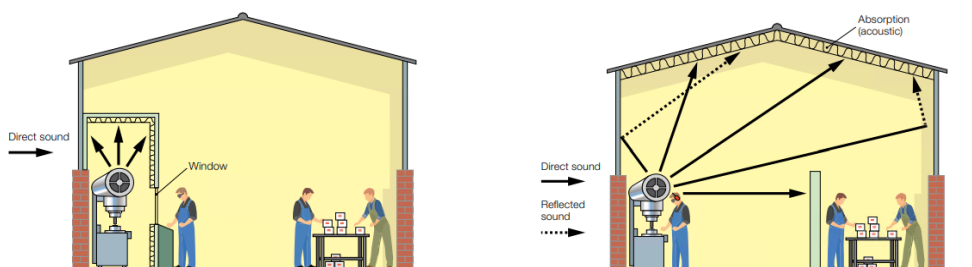
〈표 부록-1〉 소음수준에 따른 감시등급 분류(HSE, 2021)

감시등급	내용
하한 조치 단계 (lower exposure action)	하루 또는 일주일 간 개인 소음노출수준이 80 dB(A)이고, 피크소음 수준이 135 dB(C)인 경우
상한 조치 단계 (upper exposure action)	하루 또는 일주일 간 개인 소음노출수준이 85 dB(A)이고, 피크소음 수준이 137 dB(C)인 경우
즉시 조치 단계 (exposure limit)	하루 또는 일주일 간 개인 소음노출수준이 87 dB(A)이고, 피크소음 수준이 140 dB(C)인 경우

8) 소음관리방안

○ 공학적 관리

소음으로부터 위험요소를 제거하는 단계는 제거, 대체, 공학적 관리, 행정적 관리이며, 마지막 단계로 청력 보호구를 적용하도록 하고 있다. 소음원 발생 설비를 공정에서 제거하기는 현실적으로 불가능하므로 차음도가 높은 차음재를 사용하거나, 음원을 밀폐하는 방법을 많이 사용한다. 그 밖에도 차음벽, 흡음 및 거리 감쇄효과로 소음의 전파경로를 차단하는 방법이 있다.



[그림 부록-1] 소음원 감소 방안(왼쪽: 밀폐형 부스, 오른쪽: 차음재 사용) (HSE, 2021)

○ 행정적 관리

공학적 관리가 어려울 경우에는 행정적 관리를 고려해야 한다. 행정적 관리로는 근로자에 대한 작업절차의 변경, 작업시간 조정, 소음 작업에 대한 작업시간 감소가 있다. 사업주는 소음 수준이 높은 장소에 청력 보호지역 안내 표시를 부착하고, 청력보존 프로그램 선정된 근로자에게는 소음으로 인한 건강영향 및 증상, 보호구의 선정 및 착용방법, 그 밖에 소음으로 인한 건강장해 방지에 필요한 사항을 숙지시켜야 한다.



[그림 부록-2] 청력 보호지역 안내 표시(HSE, 2021)

청력 보호지역 내에는 청력 보호구 착용 없이는 진입하지 못하도록 규정하도록 한다. 청력보호지역을 설정하기 위해서는 발생원에 대한 소음원 평가를 실시하여야 한다. 소음 수준의 감소는 거리에 반비례하기 때문에 발생원의 소음을 알게 되면 청력 보호지역을 설정할 수 있다. 공식은 아래와 같다.

$$L_2 = L_1 - 20 \log\left(\frac{d_2}{d_1}\right)$$

여기서 L_2 는 청력 보호지역의 경계선의 거리를 의미하고, L_1 은 소음을 측정된 위치, d_2 는 목표하는 소음수준, d_1 은 L_1 의 소음수준을 측정된 위치와 발생원과의 거리

예를 들어서, 발생원 1 m에서 발생하는 소음수준이 90 dB(A)이고, 청력 보호지역의 경계선에서 소음수준을 80 dB(A) 수준을 유지하기 위한 소음원과의 청력 보호지역의 경계선과의 거리는 얼마인가? 공식에 의해서 계산하면 약 2 m가

된다. 10 dB 감소 시 1 m 증가하는 것을 알 수 있다.

〈표 부록-2〉 발생소음 수준에 따른 목표 감소 소음수준에 대한 거리(m)표

d1=0	80*	85	90	95	100	105	110
60**	2	3	4	4	4	5	5
65	2	2	3	3	4	4	5
70	1	2	2	3	3	4	4
75	1	1	2	2	2	3	3
80	0	1	1	1	2	2	3

* 발생소음, ** 목표 감소 소음

○ 청력 보호구

청력 보호구의 적용 시점은 공학적 관리와 행정적 관리로 적합하지 않을 경우에 적용된다. 청력 보호구 지급 대상 작업은 소음수준이 85 dB(A) 이상의 소음이 발생하는 작업, 강렬한 소음작업, 충격소음작업이다. 소음 작업에 종사하는 근로자는 사업주가 제공한 청력 보호구를 착용해야 하고, 사업주는 근로자 개인 전용의 것으로 청력 보호구를 지급하여야 한다. 청력 보호구를 선정할 때에는 시중에서 유통되는 청력 보호구의 NRR(noise reduction rate)를 고려하여 작업장에 적합한 청력 보호구를 선정해야 한다. NRR을 이용한 소음제거율 공식은 다음과 같다.

$$L_{eq,red} = L_{eq} - [(NRR - 7) \div 2]$$

여기서 $L_{eq,red}$ 은 제거율이 적용된 소음수준이며, L_{eq} 는 측정된 소음수준 (dB(A))이며, NRR은 청력 보호구 회사에서 제공하는 소음제거율이다.

청력 보호구에는 귀마개, 귀덮개가 있으며, 시중에 다양한 청력 보호구가 판매되고 있다. 작업장의 소음수준, 작업장의 상황 및 청력 보호구의 소음감소율(NRR)을 고려하여 적합한 청력 보호구를 선정하여야 한다. 청력 보호구 선정 시 고용노동부장관이 실시하는 안전인증을 받은 제품을 구입하도록 한다.

〈표 부록-3〉 NRR(소음감소율)에 따른 감소된 소음수준(dB(A)) 예시

NRR	소음원에서 발생한 소음수준(dB(A))				
	80	85	90	95	100
25	71	76	81	86	91
27	70	75	80	85	90
29	69	74	79	84	89
30	69	74	79	84	89
32	68	73	78	83	88

〈표 부록-4〉 청력 보호구 종류에 따른 특징 및 사진

종류	특징	사진(예)
귀덮개 (Earmuffs)	<ul style="list-style-type: none"> · 플라스틱 컵이 귀를 덮는 형식이고, 머리 밴드가 부착되어 착용이 편리하고, 착용여부를 쉽게 확인할 수 있음 · 보안경 등과의 동시 착용이 적합하지 않음 	
헬멧 장착용 귀덮개 (Helmet mounted earmuffs)	<ul style="list-style-type: none"> · 머리 밴드가 없고, 플라스틱 컵모양의 귀덮개가 개별로 있어서, 사용하고 있는 안전모와 호환성이 좋음 · 보안경 등과의 동시 착용이 적합하지 않음 	
귀마개 (Earplugs)	<ul style="list-style-type: none"> · 귀마개는 귀에 맞거나 외이도를 덮어서 소음을 차단함 · 일부 귀마개는 재활용이 가능하나, 다른 귀마개는 한 번 사용 후 폐기함 	
맞춤형 귀마개 (Custom moulded earplugs)	<ul style="list-style-type: none"> · 근로자의 귀에 맞춰서 제작하여 사용하기 때문에 차음율이 높고, 해당 근로자의 작업 형태를 반영하여 제작할 수 있음 	

※ 귀마개와 귀덮개를 동시에 사용할 경우, 청력 보호구의 소음 제거율이 6 dB 정도의 수준으로 효과를 볼 수 있음

9) 유해성 및 예방 관련 교육

소음의 유해성 및 예방 관련 교육은 다음과 같은 내용이 포함되어야 한다.

- 소음의 유해성, 소음으로 인한 건강영향
- 소음측정, 소음 수준에 따른 관리방법
- 청력 보호구 관리, 착용방법, 및 주의사항
- 청력검사 항목, 결과 해석 및 사후관리
- 청력보존 프로그램 내용, 절차 및 향후대책
- 그 밖에 소음성 난청을 예방하기 위해 필요한 교육

10) 정기적 청력검사

순음청력검사는 KOSHA Guide H-56-2023에 따른다. 청력검사의 유의사항은 다음과 같다.

- 청력검사는 소음 노출이 중단된 이후 14시간 이상 지난 후에 실시한다.
- 청력검사의 목적과 진행되는 절차에 대해서 설명한다.
- 검사 중 음을 듣게 되면 즉시 반응하도록 안내한다.
- 반응스위치를 손으로 누르거나 흔들도록 한다.
- 청력검사기의 조작하는 것을 보지 못하도록 한다.
- 귓바퀴에 헤드폰을 정확하게 장착(안경, 머리핀, 헤어밴드 등 제거)하고, 머리카락이 끼지 않도록 한다.

소음 작업에 처음으로 배치되는 근로자에 대해서 기초청력검사를 시행하고, 매년 정기적으로 순음청력검사를 실시한다. 소음성 난청 요관찰자, 유소견자에 대해서는 다음과 같은 관리 조치를 실시한다.

- 적절한 청력 보호구 지급, 사용과 관리에 관련 교육 실시
- 청력 보호구를 평가하여 필요시 차음력이 큰 청력 보호구 제공

- 추가 청력검사가 필요 시 적절한 검사 실시
- 비작업으로 인한 청력 손실이 발생 하였을 때에는 사업주는 근로자가 적절한 검사와 치료 및 재활을 할 수 있도록 안내

11) 문서 및 기록 관리

청력보존 프로그램의 수립 및 시행에 관련된 내용은 문서로 작성하여 보관해야 한다. 그리고 소음노출 평가결과, 청력검사 결과지, 청력 보호구 지급 및 착용 등 전반적으로 수행한 항목을 포함한다.

연구진

연구기관 : 산업안전보건연구원

연구책임자 : 김성호 (연구위원, 직업환경연구실)

연구원 : 박해동 (연구위원, 직업환경연구실)

연구원 : 변혜영 (과장, 직업환경연구실)

연구원 : 박현희 (실장, 직업환경연구실)

연구기간

2024. 03. 01. ~ 2024. 11. 30.

본 연구보고서의 내용은 연구책임자의 개인적 견해이며,
우리 연구원의 공식견해와 다를 수도 있음을 알려드립니다.

산업안전보건연구원장

비정형 소음 노출 직종에 대한 작업환경관리방안
- 건설업, 소방공무원 중심 -
(2024-산업안전보건연구원-690)

발 행 일 : 2024년 11월 30일

발 행 인 : 산업안전보건연구원 원장 박승현

연구책임자 : 직업환경연구실 연구위원 김성호

발 행 처 : 안전보건공단 산업안전보건연구원

주 소 : (44429) 울산광역시 중구 종가로 400

전 화 : 052-703-0881

팩 스 : 052-703-0347

Homepage : <http://oshri.kosha.or.kr>

I S B N : 979-11-94453-36-9

공공안심글꼴 : 무료글꼴, 한국출판인회의, Kopub바탕체/돋움체