

석사학위논문

소방차량 및 소방장비로부터 발생하는
소음의 크기 및 주파수 특성에 관한 연구

2014년

한성대학교 대학원

기계시스템공학과

산업위생공학전공

성 준 호

석 사 학 위 논 문
지도교수 박두용

소방차량 및 소방장비로부터 발생하는
소음의 크기 및 주파수 특성에 관한 연구

Characteristics of Sound Pressure Level and 1/3 Octave Band
Frequency of the Fire Trucks, Equipments and Facilities

2 0 1 3 년 12 월 일

한성대학교 대학원
기계시스템공학과
산업위생공학전공
성 준 호

석사학위논문
지도교수 박두용

소방차량 및 소방장비로부터 발생하는
소음의 크기 및 주파수 특성에 관한 연구

Characteristics of Sound Pressure Level and 1/3 Octave Band
Frequency of the Fire Trucks, Equipments and Facilities

위 논문을 공학 석사학위 논문으로 제출함

2013년 12월 일

한성대학교 대학원

기계시스템공학과

산업위생공학전공

성 준 호

국 문 초 록

소방차량 및 소방장비로부터 발생하는 소음의 크기 및 주파수 특성에 관한 연구

한성대학교 대학원
기계시스템공학과
산업위생공학전공
성 준 호

소방차량의 주요 소음원과 소방장비에서 발생하는 소음의 음압수준과 주파수 특성을 파악하기 위해 서울시 모 소방서에서 소방차량과 소방장비에서 발생하는 소음을 측정하였다. 2013년 1월 21일부터 2월 15일과 4월 29일부터 5월 6일까지 1/3 Octave Band Frequency Analyzer가 장착된 B&K사의 지시소음계(Model: 2260 Observer)를 사용하여 소음은 측정한 다음, 파일로 저장된 음압수준 및 주파수 특성자료를 분석한 결과는 다음과 같다.

소방차량의 주요 소음발생원인 전기모터사이렌과 전자사이렌의 평균 음압수준은 모두 85~90 dB 수준이었다. 발전기 소음은 약 90 dB이었다. 차량의 창문개폐에 따라 차량별로 소음 감소치는 0~17 dB까지 다양하게 나타났다. 전기모터사이렌은 주요 주파수는 1/3 Octave 대역으로 800 Hz와 1600 Hz가 압도적으로 높았다. 전자사이렌은 630 Hz에서 1600 Hz의 범위에서 비교적 고르게 높았는데 주로 1000 Hz 이상의 고주파수 영역에서 음압수준이 높은 것으로 나타났다. 발전기 소음의 주파수도 500~2000 Hz로 넓은 범위에

서 나타났는데 음압수준이 높을 때는 1000 Hz 이상의 고주파가 특히 높았다.

소방장비에는 절단기, 체인톱, 천공기 및 착암기 등 각종 공구, 인명구조용 및 공기호흡기용 경보장치, 공기압축기 및 충전기 등 높은 소음을 발생시키는 것이 많았다. 대부분의 공구는 고출력시 90 dB이상의 높은 소음을 발생시키는 것으로 나타났다. 가장 큰 소음을 발생시키는 공구는 체인톱과 절단기로 고출력시 105 dB의 소음이 발생하였다. 공구를 현장에서 사용할 때에는 보통 100 dB이상의 고소음이 발생될 것으로 보였다. 인명구조용 및 공기호흡기용 경보장치의 음압수준도 90~100 dB로 상당히 높게 나타났다. 다만 경보장치에 노출되는 기회는 많지 않을 것으로 판단되었다. 소방공구 및 장비의 주파수 특성을 분석한 결과, 대부분이 500~2500 Hz의 높은 주파수 영역에서 음압수준이 높았다. 특히 공구를 고출력으로 가동하거나 실제 작업을 할 때는 1000 Hz이상의 고주파수 영역에서 음압수준이 높게 나타났다.

【주요어】 소음, 주파수특성, 소방차량, 소방장비, 소방공구, 소방공무원, 전자모터 사이렌, 사이렌, 착암기, 체인톱

목 차

제 1 장 서 론	1
제 1 절 연구배경 및 목적	1
제 2 장 조사대상 및 방법	3
제 1 절 조사대상	3
제 2 절 조사방법	3
1) 소방차량 관련 음원별 음압수준의 측정	4
2) 소방장비의 소음측정	4
제 3 절 국내외 소방차량 및 장비 소음측정관련 자료	5
제 3 장 연구결과 및 고찰	6
제 1 절 소방차량 관련 소음원의 소음특성	6
1) 소방차량 관련 소음원의 음압수준	6
2) 소방차량 관련 소음원의 주파수 특성	8
제 2 절 소방차량 관련 소음원별 소음특성	8
1) 전기모터사이렌의 소음수준 및 주파수 특성	8
가) 차량별 전기모터사이렌 가동시 주파수 특성	9
나) 전기모터사이렌 음에 대한 창문 개폐의 영향	17
2) 전자사이렌의 소음수준 및 주파수 특성	23
가) 차량별 전자사이렌 가동시 주파수 특성	24
나) 전자사이렌 음에 대한 창문 개폐의 영향	36
3) 동력인출장치의 소음수준 및 주파수 특성	46

가) 펌프장치 가동시 주파수 특성	46
나) 유압장치 가동시 주파수 특성	49
다) 배연장치 가동시 주파수 특성	52
4) 차량 고정식 발전기 가동시 주파수 특성	55
제 3 절 소방장비 관련 소음원별 측정결과	58
1) 경보장치	59
2) 현장활동 지원장비	62
가) 공기압축기	63
나) 공기충진기	63
다) 송배풍기	68
라) 발전기	68
3) 엔진식 공구	73
가) 동력절단기	74
나) 체인톱	79
다) 천공기	82
4) 공압식 공구	85
가) 착암기	85
5) 전기식 공구	88
가) 전기식 착암기	88
나) 코어드릴	88
 제 4 장 결 론	 93
참고문헌	95
ABSTRACT	97

표 목 차

[표 1] 소방차량의 주요 소음원 소음측정 결과	7
[표 2] 차량 탑승 위치에서 전기모터사이렌의 소음수준	8
[표 3] 전기모터사이렌의 주파수별 음압수준(단위: dB, ()안은 측정일)	10
[표 4] 창문 개폐에 따른 전기모터사이렌의 소음수준	17
[표 5] 창문 개폐에 따른 전기모터사이렌 주파수별 음압수준 (dB)	18
[표 6] 차량 탑승 위치에서 전자사이렌의 소음수준	23
[표 7] 전자사이렌의 주파수별 음압수준 (단위: dB, ()안은 측정일)	25
[표 8] 창문 개폐에 따른 전자사이렌의 소음수준	36
[표 9] 창문 개폐에 따른 전자사이렌 주파수별 음압수준 (dB)	37
[표 10] 동력인출장치의 소음수준	46
[표 11] 물탱크차, 펌프차 PTO(펌프장치) 주파수별 음압수준 (dB)	47
[표 12] 고가사다리차, 굴절차 PTO(유압장치) 주파수별 음압수준 (dB)	50
[표 13] 조연차 PTO(배연장치) 주파수별 음압수준 (dB)	53
[표 14] 차량 고정식 발전기의 소음수준	55
[표 15] 차량 고정식 발전기 가동시 주파수별 음압수준 (dB)	56
[표 16] 소방장비별 소음수준	58
[표 17] 경보장치의 소음수준	59
[표 18] 경보장치 주파수별 음압수준 (dB)	60
[표 19] 현장활동 지원장비의 소음수준	62
[표 20] 공기압축기 주파수별 음압수준 (dB)	64
[표 21] 공기충진기 주파수별 음압수준 (dB)	66
[표 22] 송배풍기 주파수별 음압수준 (dB)	69
[표 23] 발전기 주파수별 음압수준 (dB)	71
[표 24] 엔진식공구의 소음수준	73
[표 25] 동력절단기 공회전시와 고출력시 주파수별 음압수준 (dB)	75
[표 26] 동력절단기 고출력시와 실제 작업시 주파수별 음압수준 (dB)	77
[표 27] 체인톱 로드시 공회전시 주파수별 음압수준 (dB)	80

[표 28] 천공기 주파수별 음압수준 (dB)	83
[표 29] 공압식 공구의 소음수준(dBA)	85
[표 30] 착암기 주파수별 음압수준 (dB)	86
[표 31] 전기식공구의 소음수준(dB)	88
[표 32] 전기식 착암기 주파수별 음압수준 (dB)	89
[표 33] 코어드릴 주파수별 음압수준 (dB)	91

그 립 목 차

〈그림 1〉 지휘버스, 물탱크차 및 구조버스의 전기모터사이렌 주파수 특성.	12
〈그림 2〉 고가사다리차 및 펌프차의 전기모터사이렌 주파수 특성.	13
〈그림 3〉 발전차 및 조연차의 전기모터사이렌 주파수 특성.	14
〈그림 4〉 펌프차의 전기모터사이렌 주파수 특성.	15
〈그림 5〉 지휘버스의 전기모터사이렌 주파수 특성.	16
〈그림 6〉 고가사다리차, 구급차 및 구조버스의 전자사이렌 주파수 특성.	29
〈그림 7〉 굴절차, 물탱크차 및 발전차의 전자사이렌 주파수 특성.	30
〈그림 8〉 조연차, 지휘버스 및 펌프차의 전자사이렌 주파수 특성.	31
〈그림 9〉 고가사다리차 및 구급차의 전자사이렌 주파수 특성.	32
〈그림 10〉 굴절차 및 물탱크차의 전자사이렌 주파수 특성.	33
〈그림 11〉 조연차 및 지휘버스의 전자사이렌 주파수 특성.	34
〈그림 12〉 펌프차의 전자사이렌 주파수 특성.	35
〈그림 13〉 물탱크차 및 펌프차 PTO(펌프장치) 주파수 특성.	48
〈그림 14〉 고가사다리차 및 굴절차 PTO(유압장치) 주파수 특성.	51
〈그림 15〉 조연차 PTO(배연장치) 주파수 특성.	54
〈그림 16〉 발전차 및 조연차의 발전기 주파수 특성.	57
〈그림 17〉 공기호흡기 및 인명구조경보기 주파수 특성.	61
〈그림 18〉 공기압축기 주파수 특성.	65
〈그림 19〉 공기충진기 주파수 특성.	67
〈그림 20〉 송배풍기 주파수 특성.	70
〈그림 21〉 발전기 주파수 특성.	72
〈그림 22〉 동력절단기 공회전시와 고출력시 주파수 특성.	76
〈그림 23〉 동력절단기의 고출력시와 실제 작업시 주파수 특성.	78
〈그림 24〉 체인톱 고출력시 공회전시 주파수 특성.	81
〈그림 25〉 천공기 사용시 주파수 특성.	84

〈그림 26〉 착암기 주파수 특성.	87
〈그림 27〉 착암기 사용시 주파수 특성.	90
〈그림 28〉 코어드릴 사용시 주파수 특성.	92

제 1 장 서 론

제 1 절 연구배경 및 목적

2007년 소방방재청의 전국 소방관서 현장부서 소방공무원을 대상으로 특수건강진단을 실시한 26,453명 가운데 소음성 난청 직업병 요관찰자(1,592명), 직업병 유소견자(21명)로 판명된 소방관은 1,613명(6.1%)으로 나타났다.¹⁾ 같은 해 전국의 근로자 중 소음 유해인자로 특수건강진단을 실시한 488,891명 중에서 소음성 난청 직업병 요관찰자(95,741명), 직업병 유소견자(4,229명) 근로자는 99,970명(20.4%)이었다.

그러나 기존의 연구결과를 보면 소방공무원들의 소음노출수준이 아주 높은 것은 아니다. 최근 이임규 등(2011)이 5명의 소방공무원을 대상으로 개인 소음노출을 측정한 결과, 근무시간중 시간가중평균값은 74.3 - 79.8 dBA인 것으로 나타났다. 이것은 직업적 노출기준을 설정할 때 소음으로 합산하지 않는 기준인 80 dB이하로 상당히 낮았으며, 단순히 이 수치만 보면 소방공무원은 소음노출수준은 기준치는 물론 일반적으로 청력손실을 유발한다고 하는 최저 수준인 80 dB에도 미치지 않는다고 할 수 있다.

이와 같은 결과는 외국의 문헌에서도 비슷하게 나타난다. 미국 국립산업안전보건연구원(NIOSH, 1981)의 보고서Health hazard evaluation, HHE Report No. HETA-81-059-1045)에서 미국의 한 소방서에서 소방차 및 사이렌에 대한 소음과 소방관들의 근무시간동안의 소음을 한 결과, 8시간가중평균값은 62.8 - 85.3 dBA인 것으로 나타났다. 또한 Tubbs(1991)의 연구에서도 소방관들의 시간가중평균 소음노출수준은 60 - 82 dBA인 것으로 나타났다. 이러한 수준은 직업적 노출기준으로 가장 낮게 설정하고 있는 미국정부산업위생전문가협회(American Conference of Governmental Industrial Hygienists)의 기준인 TLV(Threshold Limit Value)인 8시간 동안의 85 dB보다 낮은 수준이다.

1) 김종한, 한국일보, 2008년 9월 29일

이와 같이 소방공무원의 청력장해는 높게 나타나는데 비해 전체적으로 소방공무원의 평균 소음노출수준은 낮은 것으로 나타나고 있다. 소방공무원의 건강검진 결과, 청력장해가 일정부분 높게 나온 것은 소방공무원들이 어디에선가 높은 소음에 노출되었을 것으로 의심해 볼 수 있다. 비록 전체적인 평균 소음수준은 낮을지라도 짧지만 특정 시간대에 높은 소음에 노출되거나 평균은 그다지 높지 않지만 특정 주파수만 높은 소음에 집중적으로 노출될 가능성도 의심해 볼 수 있다. 소방공무원들의 주요 소음 노출원은 소방차량과 소방장비 그리고 현장활동시 현장에서 발생하는 소음 등을 들 수 있다. 현장활동은 상황에 따라 매우 유동적이며 소음 발생도 일정하게 유형화하기 어려운 측면이 있다. 소방차량 및 소방장비로 발생하는 소음특성을 비교적 일정하기 때문에 그 유형을 파악하는 것이 가능하다. 소방차량과 소방장비의 소음특성을 파악하여 특별히 높은 소음이 발생하는 장비에 대해서는 적절한 소음저감 대책을 수립한다면 소방공무원의 청력을 보호하는 크게 기여할 것이다. 소음저감대책을 수립하기 위해서는 반드시 소음의 주파수 특성을 파악해야 한다. 본 연구는 이러한 점에 착안하여 소방차량 및 소방공무원들이 사용하는 소방관련 장비에 대하여 소음발생 수준 및 주파수 특성 등 소음특성을 파악하고자 수행되었다.

제 2 장 조사대상 및 방법

제 1 절 조사대상

본 연구에서는 서울특별시 강남소방서(직할, 구조대)를 대상으로 소방차량과 소방관련 장비의 소음을 측정하고 그 특성을 분석하였다. 강남소방서에 있는 소방관련 차량 중 높은 소음을 내는 소음원이 있는 10대의 차량에 대하여 소음을 측정하고 그 특성을 분석하였다.

소방차량에서 가장 주요한 소음원은 전기모터사이렌과 전자사이렌이었으며, 차량의 엔진동력을 인출하여 다른 소방관련 장비에 사용하도록 하는 동력인출장치(Power Take-Off; PTO, 이하 'PTO'라 함)였다.

소방관련 장비도 소방활동 중에 소음을 유발할 가능성이 컸은 모두 소음을 측정하여 그 특성을 분석하였다. 소음을 유발하는 장비로 본 연구에서 측정한 대상은 다음과 같다. 현장활동 지원장비로 공기압축기, 공기용기 충전기, 송배풍기 및 발전기 등이며, 엔진식 공구로는 동력절단기, 체인톱 및 천공기 등이었고, 공기압식 공구로는 착암기, 전기식 공구로 착암기 및 코어드릴 등이었다.

통신장비의 경우 통신을 수신음의 음량을 수신자가 수시로 조절하고 있어서 측정하기 어려워 본 연구에서는 측정대상에서 제외하였으며, 유압 컷터, 유압 스프레더, 유압 램 장비도 기기 자체에서 나오는 소음은 매우 낮았기 때문에 본 조사의 조사대상에 포함하지 않았다.

제 2 절 조사방법

2013년 1월 21일부터 2월 15일과 2013년 4월 29일부터 5월 6일까지 조사하였다.

소음은 1/3 Octave Band Frequency Analyzer가 장착된 B&K사의 지시소음계(Model: 2260 Observer)를 사용하여 측정하였다. 지시소음계는 측정 시

작 전 교정기(4231, B&K, Denmark)를 사용하여 교정하였고, 마이크의 측정 범위는 51.6 – 131.6 dB 또는 31.6 – 111.6 dB로 설정하였으며, 청감보정회로는 A 특성치, 측정모드는 느린 지시상태(slow mode)로 설정하였다. 그러나 소음을 측정하는 동안 지시소음계에는 A특성치와 C특성치는 물론 1/3 Octave Band의 주파수별로 매 1초마다 등가음압수준(Leq)이 기록되었다. 측정데이터는 2260 Link 프로그램을 이용하여 컴퓨터로 다운로드 받은 후 마이크로소프트 엑셀을 이용하여 분석하였다.

1) 소방차량 관련 음원별 음압수준의 측정

소방차량에서의 소음원에 대한 소음측정은 기본적으로 소방공무원이 소음에 노출되는 위치에서 측정하였다. 전자사이렌과 전기모터사이렌 음은 주로 차량 탑승시 노출되므로 차량보조석에서 측정하였다. 창문의 개폐에 따른 영향을 보기 위해 운전석과 보조석의 창문을 모두 열어 놓은 상태와 닫은 상태에서 모두 측정하였다.

PTO 소음은 PTO 장치를 제어하는 작업자의 귀 근처에서 측정하였다. 한편 소방차량에서 발생하는 소음은 차량 엔진을 공회전시키는 상태에서 차량으로 부터 1m 떨어진 지점(전, 후, 좌, 우)에서 측정하였다.

2) 소방장비의 소음측정

소방장비는 소방방비를 작동시킨 상태에서 장비로부터 약 1m 정도 떨어진 지점에서 소음을 측정하였다. 대부분 장비는 작업자가 손으로 직접 들고 작업하거나 작업자가 해당 장비를 제어해야 하기 때문에 1 m 정도의 지점에 측정하는 것이 가장 대표성을 띄는 것으로 보았기 때문이다.

제 3 절 국내외 소방차량 및 장비 소음측정관련 자료

Reischl 등(1979)은 차량내에서의 소음을 주파수 분석을 사이렌(106 dBA), 에어혼(105 dBA), 통신장비(107 dBA), 차량자체(104 dBA)로 구분하여 진행하였다. 주파수 분석 결과, 사이렌의 경우 2 kHz(105.3 dB), 1 kHz(102.0 dB)대역에서 높은 것으로 나타났다. 에어혼의 경우 1 kHz(105.3 dB), 2 kHz(97.0 dB)대역에서 높은 것으로 나타났다. 통신 장비의 경우 500 Hz(108.0 dB), 1 kHz(103.0 dB)대역에서 높은 것으로 나타났다. 차량의 경우 63 Hz(111.0 dB), 125 Hz(107.3 dB), 2 kHz(103.3 dB)대역에서 높은 것으로 나타났다.

이종태 등(2011)은 화재, 구조 및 구급 출동시 사이렌 소리의 소음노출 수준을 평가하기 위하여 펌프차, 조사차, 구급차 및 구조차 내부에 누적소음노출량계를 설치하여 소음노출 수준을 평가하였다. 조사결과 사이렌 소리의 순간적인 소음은 88.1 - 102.7 dBA로 나타났다.

Root 등(2013)은 10개의 소방서에서 사용되는 6종류의 장비와 15종류의 위급상황시 차량(현장에서 소방관들에 의해 사용되는)내 장비의 복합소음 노출 평가를 진행하였다. 소방서에서 사용하는 장비는 소방서 알람을 제외한 장비에서 ear level과 장비로부터 1 m 거리에서 측정 되었을 때, 85 dBA와 같거나 높은 소음을 방출했다. 소방차량에 있는 장비 15종류 중 13종류의 장비에서는 85 dBA와 같거나 높은 소음을 방출하였다. 또한 소방차량을 공회전시, 사이렌시, 펌프 작동시로 나누어 소음측정을 진행하였다. 공회전을 제외한 사이렌시, 펌프작동시 85 dBA 이상으로 나타났다.

제 3 장 연구결과 및 고찰

제 1 절 소방차량 관련 소음원의 소음특성

1) 소방차량 관련 소음원의 음압수준

소방서에는 고가사다리차, 펌프차, 물탱크차, 발전차, 지휘차량 및 구조버스 등의 여러 종류의 소방차량이 있지만 소방차량에서의 주요 소음원은 사이렌과 차량에 장착된 발전기 및 PTO장비이다.

본 연구에서는 주로 이러한 소음원별로 소음수준 및 주파수별 특성을 측정하였다. 소방차량의 소음원별 소음을 측정한 결과는 [표 1]과 같다.

소방차량에 장착된 사이렌은 전기모터사이렌(이하 모터사이렌 이라 함)과 전자사이렌, 두 가지 종류가 있었다. 소방차량의 사이렌은 주로 출동시 울리므로 소방공무원은 주로 차량에 탑승한 상태에서 사이렌 소음에 노출된다. 차량내부에서 사이렌 소음은 창문을 열어 놓았을 때와 닫았을 때 차이가 있을 것으로 보여 두 가지 상황에 대해 모두 측정하였다.

차량내부에서 모터사이렌의 소음을 측정한 결과, 창문을 열어놓은 상태에서 평균소음수준이 90.5 dB, 창문을 닫은 상태에서는 88.1 dB로 나타나 창문을 열고 닫음에 따라 약 3 dB정도 차이가 있는 것으로 나타났다. 모터사이렌 소음수준은 차량별로 차이가 있었으며, 최저 83 dB에서 최고 95 dB의 범위로 나타났다. 모터사이렌의 800 Hz와 1,600 Hz가 다른 주파수에 비해 현저하게 높았다.

전자사이렌은 창문을 연 상태에서는 모터사이렌과 비슷하게 평균 90.4 dB이었으며, 창문을 닫고 측정한 결과는 85.7 dB로 모터사이렌보다 약간 낮았다. 전자사이렌은 소음의 크기가 낮은 것(76 dB)과 큰 것(101 dB)의 범위가 모터사이렌보다 더 넓게 나타났다. 전자사이렌의 주요 주파수범위1000 Hz는 630 Hz에서 1,600 Hz까지 넓은 범위에서

일부 소방차량에는 차량 동력을 이용하여 펌프장비, 유압장비, 배연장비 등

다른 소방장비를 작동시키는 PTO장비가 부착되어 있다. 이러한 장비를 가동시키기 위해서는 차량 출력을 높여야 하므로 큰 소음이 발생하며, 이러한 장비를 직접 운전하는 운전원은 높은 소음에 노출될 수 있다.

PTO장비를 가동시키는 동안 소음을 측정한 결과, 펌프장비용 PTO가동시 88.2 dB, 배연장치용 PTO 가동시 87.7 dB, 그리고 유압장치용 PTO가동시에는 80.4 dB이었다.

한편 차량에 부착된 발전기를 가동시켰을 때 소음은 90.1 dB이었다.

차량으로 인한 배경소음 수준을 파악하기 위해 공회전시 차량 주변과 내부에서 소음을 측정한 결과는 각각 75.6 dB과 61.6 dB로 그다지 높지 않았다.

[표 1] 소방차량의 주요 소음원 소음측정 결과

소음원 및 상태		n	소음수준(dBA)		주요 주파수(Hz)
			Mean	Range	
전기모터사이렌	창문개방	9	90.5	87.0~94.6	800, 1.6k
	창문미개방	9	88.1	83.3~93.1	800, 1.6k
전자사이렌	창문개방	17	90.4	82.1~101.3	630~1.6k
	창문미개방	18	85.7	75.9~99.2	630~1.6k
발전기		3	90.1	88.1~93.4	500~2k
PTO*	펌프장치	2	88.2	84.6~91.8	315~4k
	유압장치	2	80.4	78.6~82.2	500~2k
	배연장치	1	87.7	—	400~2.5k
차량자체 소음 (공회전시)	차량주변	19	75.6	71.0~81.7	—
	차량 내	11	61.6	57.7~67.2	—

* PTO: 동력인출장치. 엔진에서 발생된 동력은 주목적 이외에 부가적인 용도로 이용하기 위해 변속기 옆면에 설치되어 벨트 또는 기어를 설치할 수 있게 부축 또는 기어등이 나와있는데, 일방향타입과 조작 레버에 의해 방향전환이 가능한 타입이 있다. 주로 견인차, 소방차, 믹서 트럭, 트랙터 등 특수 차량에 많이 쓰이고 있다.

2) 소방차량 관련 소음원의 주파수 특성

소방차량에 부착된 소음원 중에서 전기모터사이렌은 800 Hz와 1,600 Hz에서 특징적으로 높게 나타났고, 전자사이렌은 630 Hz에서부터 1600 Hz 대역에 이르는 넓은 대역에서 비교적 고르게 높게 나타났다. PTO 장치의 발생음은 315 ~ 500 Hz부터 2000 ~ 4000 Hz에 이르기까지 넓은 대역에 고르게 분포되어 있었다.

제 2 절 소방차량 관련 소음원별 소음특성

1) 전기모터사이렌의 소음수준 및 주파수 특성

전기모터사이렌이라 함은 모터의 빠른 회전으로 임펠라를 돌려 경보음을 내는 음향장치를 말한다. 7대 소방차량 보조석(창문개방)에서 전기모터사이렌 가동시 소음수준은 [표 2]와 같다.

전기모터사이렌의 음압수준은 창문을 연 상태에서는 87 dB ~ 95 dB의 범위였으며, 창문을 닫은 상태에서는 84 dB ~ 93 dB이었다. 전기모터사이렌은 차량의 경적음으로 사용하고 있어서 음압수준은 높지만 노출이 지속되는 시간은 상대적으로 짧은 편이다.

[표 2] 차량 탑승 위치에서 전기모터사이렌의 소음수준

차량	측정일	창문 연 상태	창문 닫은 상태
		dBA	dBA
펌프차	2013.04.30	94.6	93.1
	2013.02.12	92.7	92.1
지휘버스	2013.04.30	94.1	90.4
	2013.02.12	87.0	83.3
구조버스	2013.02.13	92.9	92.4
조연차	2013.05.01	90.2	84.8
고가사다리차	2013.05.01	87.9	84.1
발전차	2013.04.30	87.4	88.0
물탱크차	2013.04.30	87.3	84.4

가) 차량별 전기모터사이렌 주파수 특성

모터사이렌에서 가장 높은 음의 주파수는 1/3 옥타브 대역으로 구분하여 측정한 결과 800 Hz 또는 1000 Hz인 것으로 나타났으며, 그 다음 높은 음은 이들 주파수의 2배수인 1,600 Hz와 2000 Hz에서 나타났다.

지휘버스, 물탱크차, 구조버스의 전기모터사이렌은 <그림 1>에서 보는 바와 같이 주요 주파수가 800 Hz와 1,600 Hz였고, 고가사다리차와 펌프차는 <그림 2>에서 보는 바와 같이 630 Hz 대역에서 가장 높게 나타났다. <그림 1>에서 <그림 2>에 나타난 주파수 특성을 면밀하게 살펴보면 실제 가장 높은 음의 주파수는 800 Hz보다 약간 낮은 700 Hz 부근으로 추정된다.

발전차와 조연차의 전기모터사이렌은 <그림 3>에서 보는 바와 같이 주요 주파수가 800 Hz와 1,000 Hz로 나타났는데 주파수 특성을 주의 깊게 살펴보면 주요 주파수가 900~950 Hz 부근일 가능성이 크다.

모터사이렌은 주요 주파수에서 발생하는 소음이 다른 주파수 영역에서 발생하는 소음과 10 dB이상의 큰 차이가 발생하여 주요 주파수에서 발생하는 소음이 전체 소음수준을 결정짓는 것으로 나타났다.

모터사이렌은 의도적으로 특정음을 발생시키는 음향정치이므로 특정주파수에서 높은 음이 집중적으로 발생하는 되는 것은 당연하다. 따라서 모터사이렌의 음으로부터 소방차량내에 탑승한 소방공무원을 보호하기 위해서는 이 주파수가 차량내부로 투과하지 않도록 차단하는 장치가 필요할 것으로 보인다.

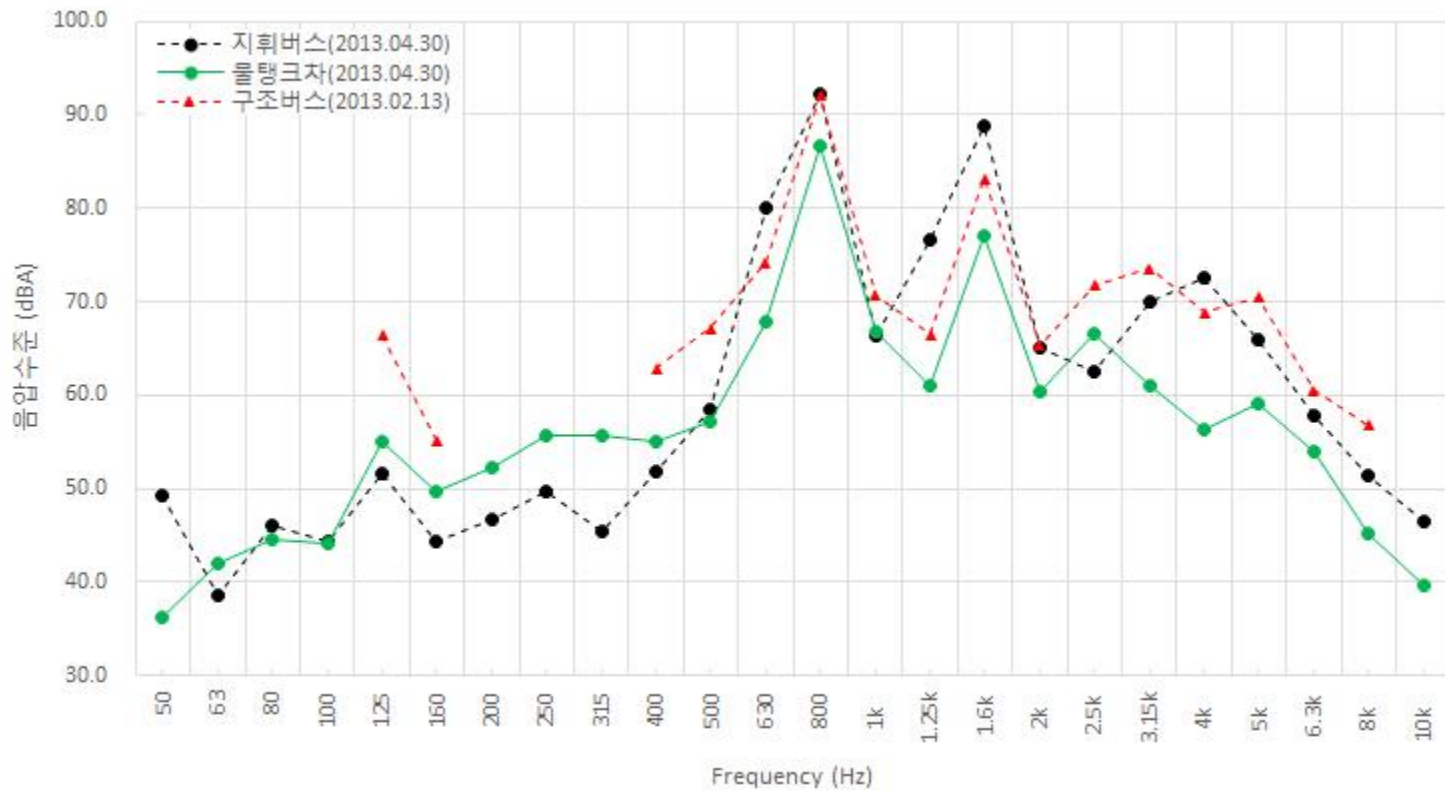
한편 <그림 4>은 펌프차의 모터사이렌 음을 약 3개월간 시간차를 두고 반복하여 측정한 결과이다. 음압수준이나 주파수 특성은 거의 동일하게 나타났다. <그림 5>은 지휘버스의 모터사이렌 음을 반복하여 측정한 결과이다. 주파수 특성은 유사하게 나타났는데 음압수준이 낮았던 2월의 측정치는 800 Hz보다 1600Hz에서 더 높았으나 음압이 높게 나타난 5월의 측정결과에서는 800 Hz가 1600 Hz보다 더 높게 나타났다.

[표 3] 전기모터사이렌의 주파수별 음압수준(단위: dB, ()안은 측정일)

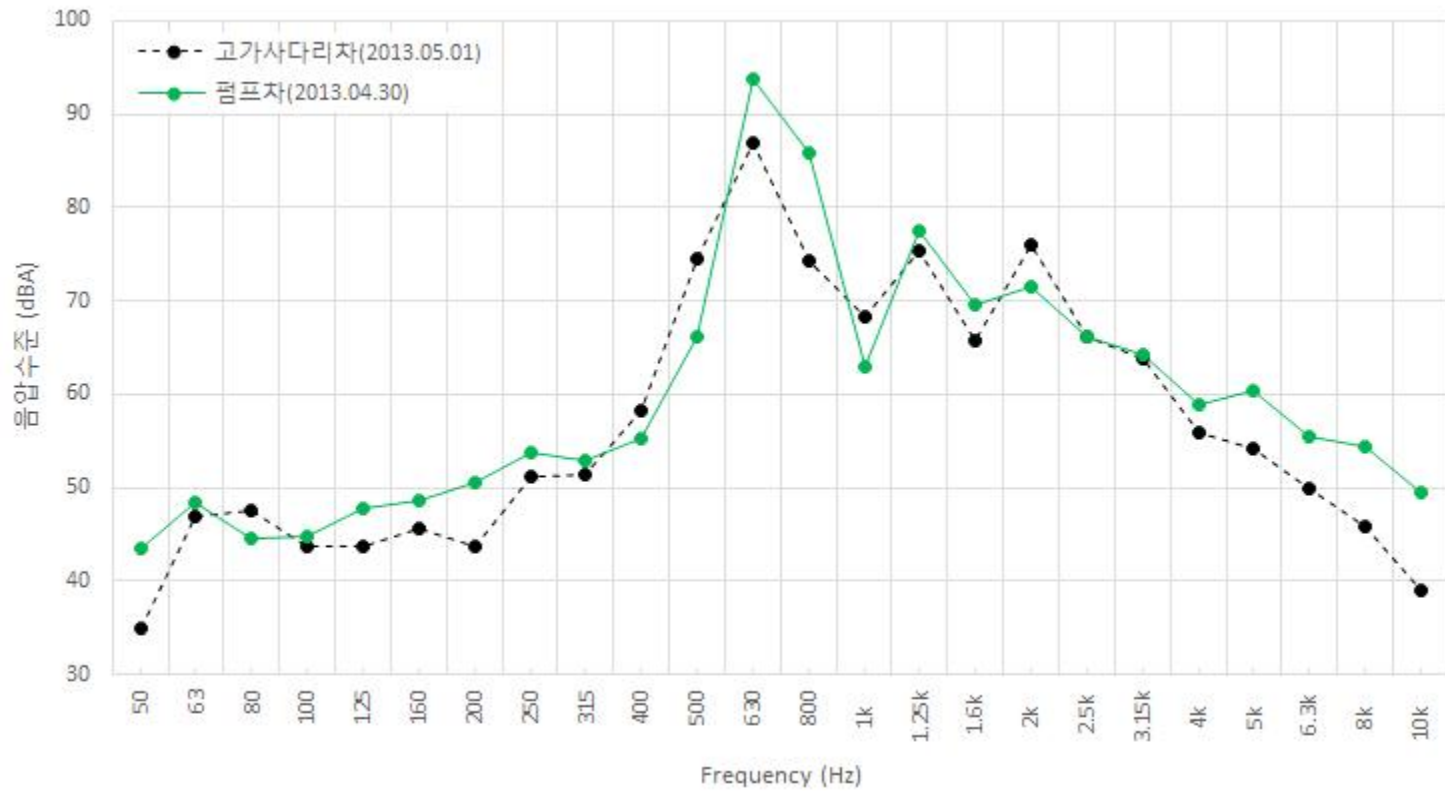
주파수(Hz)	펌프차 (13. 4.30)	펌프차 (13. 2.12)	지휘버스 (13. 4.30)	지휘버스 (13. 2.12)
50	43.5	< 51.6	49.2	< 51.6
63	48.4	< 51.6	38.6	< 51.6
80	44.6	< 51.6	46.0	53.2
100	44.7	< 51.6	44.3	< 51.6
125	47.7	< 51.6	51.7	56.1
160	48.7	< 51.6	44.4	< 51.6
200	50.6	< 51.6	46.8	< 51.6
250	53.8	< 51.6	49.7	< 51.6
315	52.9	< 51.6	45.4	< 51.6
400	55.2	< 51.6	51.9	58.1
500	66.1	64.8	58.4	58.4
630	93.8	91.6	80.1	76.0
800	85.8	82.3	92.3	77.7
1k	62.9	61.4	66.3	61.4
1.25k	77.4	83.0	76.7	78.1
1.6k	69.6	73.8	88.9	84.7
2k	71.6	73.9	65.1	70.4
2.5k	66.1	75.2	62.5	66.5
3.15k	64.3	69.2	70.1	68.9
4k	58.8	61.7	72.6	68.3
5k	60.4	62.7	66.0	63.5
6.3k	55.5	56.3	57.8	61.3
8k	54.4	< 51.6	51.4	< 51.6
10k	49.5	< 51.6	46.4	< 51.6
A	94.6	92.7	94.1	87.0
C	96.3	94.1	95.3	89.3

[표 3] - 계속

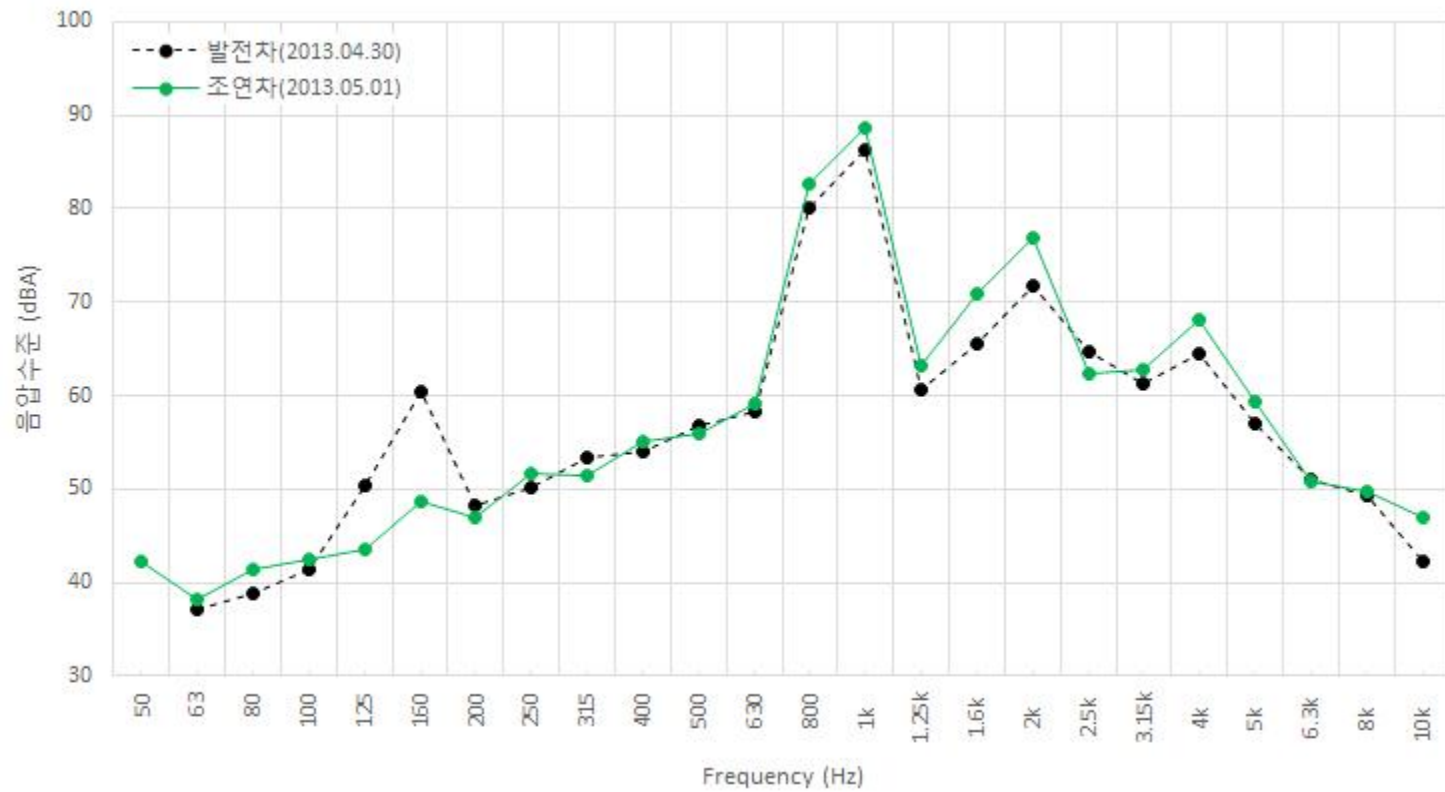
주파수(Hz)	구조버스 (13. 2.13)	조연차 (13. 5.1)	사다리차 (13. 5.1)	발전차 (13. 4.30)	물탱크차 (13. 4.30)
50	< 51.6	42.2	34.9	< 31.6	36.2
63	< 51.6	38.2	46.8	37.2	41.9
80	< 51.6	41.4	47.5	38.9	44.5
100	< 51.6	42.4	43.6	41.5	44.1
125	66.4	43.5	43.6	50.5	55.1
160	55.2	48.7	45.7	60.5	49.7
200	< 51.6	47.0	43.6	48.2	52.3
250	< 51.6	51.6	51.1	50.2	55.7
315	< 51.6	51.4	51.5	53.3	55.7
400	62.9	55.1	58.2	54.0	55.1
500	67.2	55.9	74.6	56.8	57.2
630	74.2	59.1	86.9	58.2	67.9
800	92.1	82.6	74.2	80.2	86.7
1k	70.7	88.7	68.2	86.3	66.8
1.25k	66.5	63.3	75.4	60.7	61.1
1.6k	83.2	71.0	65.8	65.6	77.1
2k	65.3	76.8	75.9	71.7	60.3
2.5k	71.8	62.4	66.2	64.7	66.5
3.15k	73.6	62.8	63.8	61.3	61.1
4k	68.9	68.1	55.8	64.6	56.4
5k	70.5	59.3	54.1	57.1	59.1
6.3k	60.5	50.9	49.8	51.1	53.9
8k	56.8	49.8	45.9	49.4	45.3
10k	< 51.6	46.9	38.9	42.3	39.7
A	92.9	90.0	87.9	87.4	87.3
C	94.5	91.7	91.0	90.2	89.6



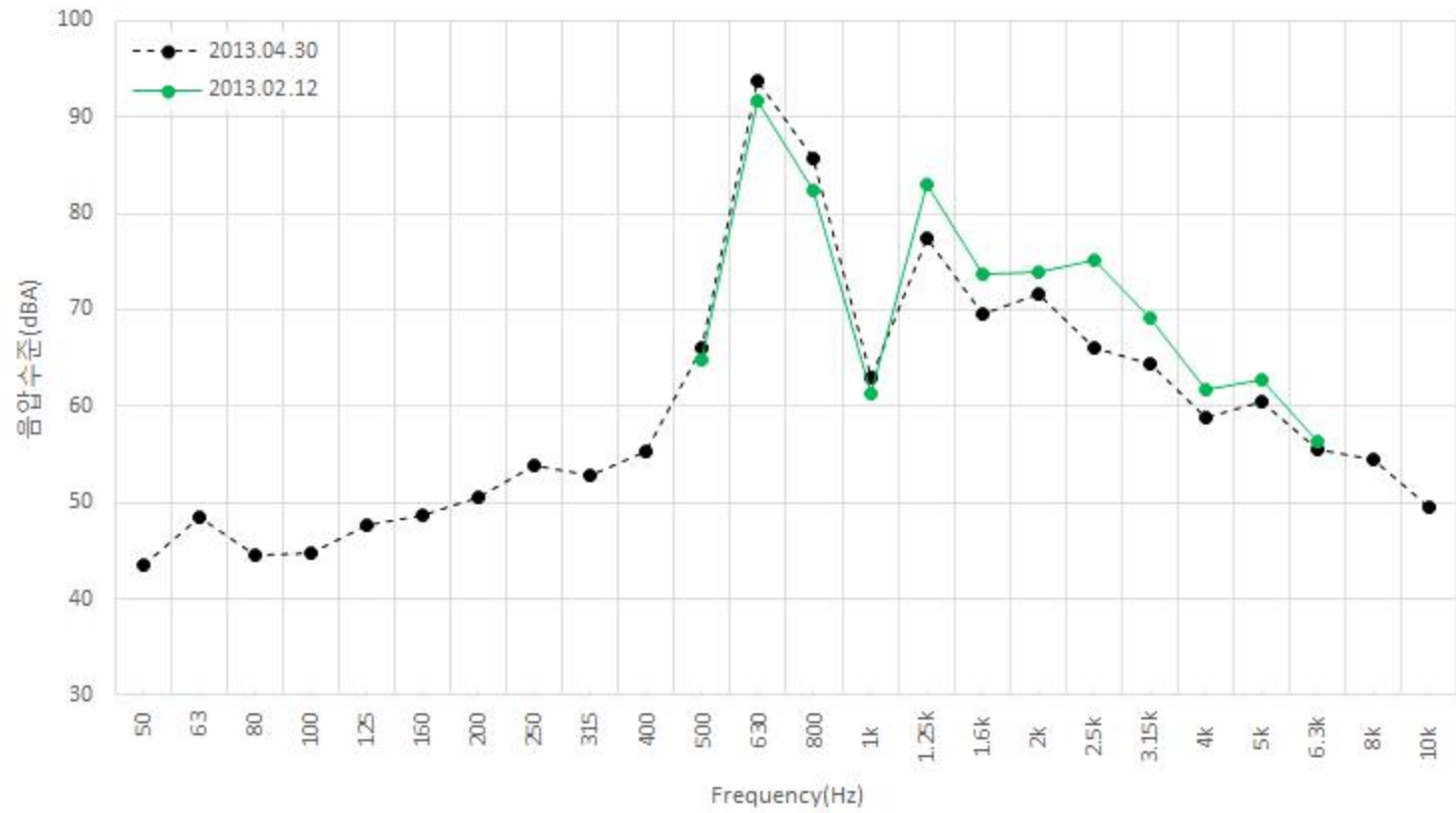
〈그림 1〉 지휘버스, 물탱크차 및 구조버스의 전기모터사이렌 주파수 특성.



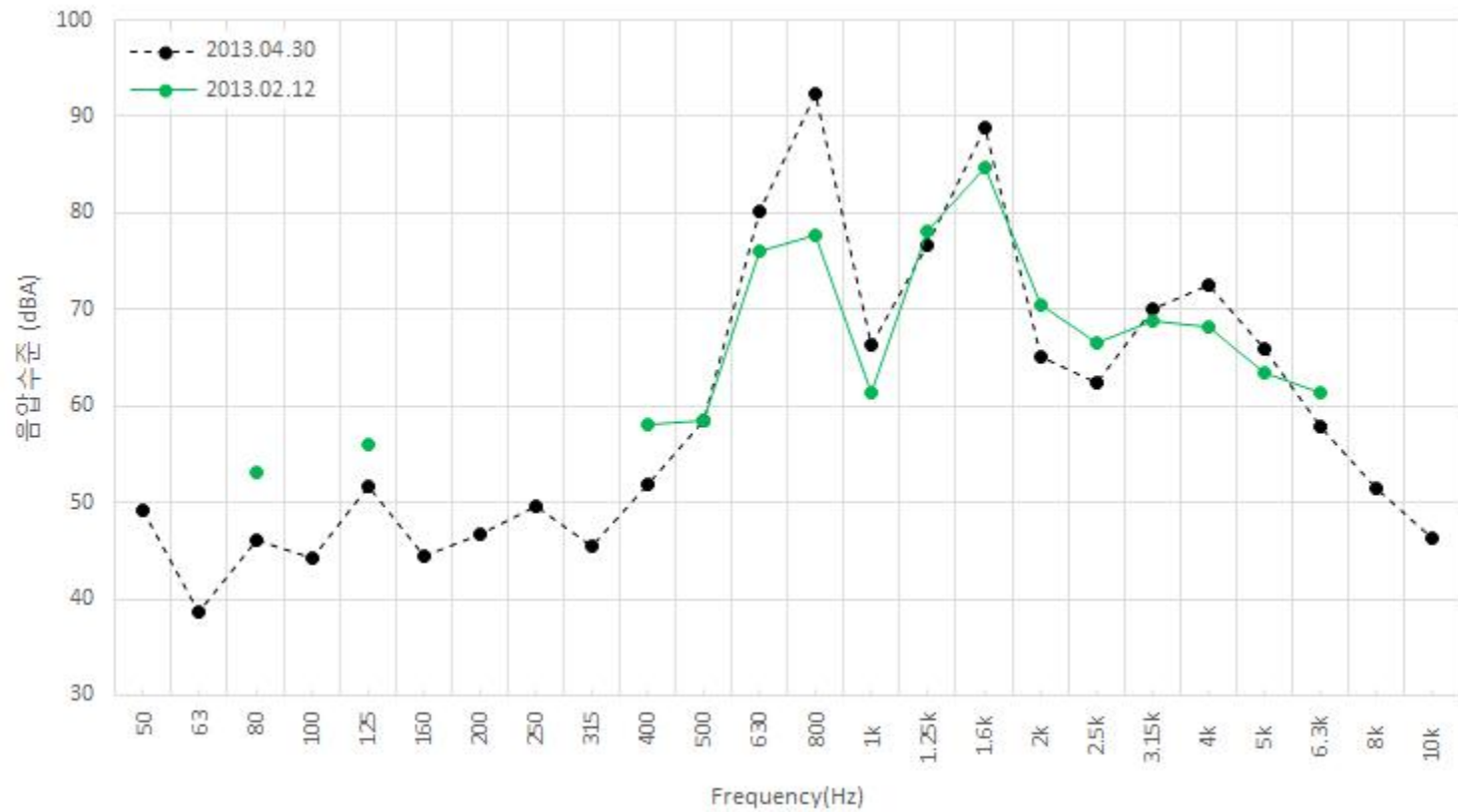
〈그림 2〉 고가사다리차 및 펌프차의 전기모터사이렌 주파수 특성.



〈그림 3〉 발전차 및 조연차의 전기모터사이렌 주파수 특성.



〈그림 4〉 펌프차의 전기모터사이렌 주파수 특성.



〈그림 5〉 지휘버스의 전기모터사이렌 주파수 특성.

나) 전기모터사이렌 음에 대한 창문 개폐의 영향

전기모터사이렌 가동시 창문이 개방이 되어 있을 때와 닫혀 있을 때의 차이를 보면 [표 4]과 같다.

창문을 열고 닫음에 따라 모터사이렌의 음압수준에 가장 큰 차이가 나타난 차량은 조연차로 창문을 닫았을 때 5.4 dBA이 감소하였다. 고가사다리차, 지휘버스는 창문을 닫으면, 열었을 때와 비교하여 약 3 dBA 감소하였다. 물탱크차와 펌프차는 약 2 dBA, 구조버스의 경우에는 0.5 dBA 감소하였다. 그러나 발전차의 경우에는 창문을 닫았을 때 오히려 0.6 dBA 높아졌다.

[표 4] 창문 개폐에 따른 전기모터사이렌의 소음수준

차량	측정일	창문 연 상태	창문 닫은 상태	차이 (dB)
		dBA	dBA	
조연차	2013.05.01	90.2	84.8	5.4
고가사다리차	2013.05.01	87.9	84.1	3.8
지휘버스	2013.04.30	94.1	90.4	3.7
	2013.02.12	87.0	83.3	3.7
물탱크차	2013.04.30	87.3	84.4	2.9
펌프차	2013.04.30	94.6	93.1	1.5
	2013.02.12	92.7	92.1	0.6
구조버스	2013.02.13	92.9	92.4	0.5
발전차	2013.04.30	87.4	88.0	-0.6

[표 5] 창문 개폐에 따른 전기모터사이렌 주파수별 음압수준 (dB)

주파수(Hz)	조연차 (13. 5.01)			고가사다리차 (13. 5.01)		
	개방	미개방	차이	개방	미개방	차이
50	42.2	< 31.6	–	34.9	< 31.6	–
63	38.2	34.1	4.1	46.8	48.2	–1.4
80	41.4	35.5	5.9	47.5	47.3	0.2
100	42.4	39.7	2.7	43.6	43.2	0.4
125	43.5	40.6	2.9	43.6	42.4	1.2
160	48.7	48.0	0.7	45.7	43.2	2.5
200	47.0	41.6	5.4	43.6	43.9	–0.3
250	51.6	43.4	8.2	51.1	50.7	0.4
315	51.4	43.6	7.8	51.5	51.8	–0.3
400	55.1	47.3	7.8	58.2	59.7	–1.5
500	55.9	48.7	7.2	74.6	74.6	–
630	59.1	52.5	6.6	86.9	82.0	4.9
800	82.6	77.5	5.1	74.2	70.3	3.9
1k	88.7	83.0	5.7	68.2	70.3	–2.1
1.25k	63.3	55.4	7.9	75.4	73.4	2.0
1.6k	71.0	67.2	3.8	65.8	65.8	–
2k	76.8	72.7	4.1	75.9	73.2	2.7
2.5k	62.4	57.6	4.8	66.2	64.8	1.4
3.15k	62.8	59.3	3.5	63.8	60.5	3.3
4k	68.1	65.0	3.1	55.8	54.0	1.8
5k	59.3	60.1	–0.8	54.1	52.9	1.2
6.3k	50.9	43.9	7.0	49.8	47.0	2.8
8k	49.8	44.0	5.8	45.9	< 31.6	–
10k	46.9	38.6	8.3	38.9	< 31.6	–
A	90.2	84.8	5.4	87.9	84.1	3.8
C	91.7	85.6	6.1	91.0	87.9	3.1

[표 5] - 계속

주파수(Hz)	지휘버스 (13. 2.12)			지휘버스 (13. 4.30)		
	개방	미개방	차이	개방	미개방	차이
50	< 51.6	< 51.6	-	49.2	49.7	-0.5
63	< 51.6	< 51.6	-	38.6	38.9	-0.3
80	53.2	55.6	-2.4	46.0	49.2	-3.2
100	< 51.6	< 51.6	-	44.3	43.5	0.8
125	56.1	53.6	2.5	51.7	49.2	2.5
160	< 51.6	< 51.6	-	44.4	45.6	-1.2
200	< 51.6	< 51.6	-	46.8	43.5	3.3
250	< 51.6	< 51.6	-	49.7	48.0	1.7
315	< 51.6	< 51.6	-	45.4	45.3	0.1
400	58.1	< 51.6	-	51.9	50.9	1.0
500	58.4	58.9	-0.5	58.4	57.8	0.6
630	76.0	68.0	8.0	80.1	77.3	2.8
800	77.7	76.2	1.5	92.3	89.3	3.0
1k	61.4	56.0	5.4	66.3	63.3	3.0
1.25k	78.1	72.8	5.3	76.7	71.1	5.6
1.6k	84.7	81.2	3.5	88.9	83.0	5.9
2k	70.4	63.0	7.4	65.1	66.5	-1.4
2.5k	66.5	63.1	3.4	62.5	66.1	-3.6
3.15k	68.9	69.6	-0.7	70.1	69.9	0.2
4k	68.3	61.7	6.6	72.6	71.7	0.9
5k	63.5	54.2	9.3	66.0	62.4	3.6
6.3k	61.3	54.9	6.4	57.8	55.9	1.9
8k	< 51.6	< 51.6	-	51.4	54.1	-2.7
10k	< 51.6	< 51.6	-	46.4	46.4	-
A	87.0	83.3	3.7	94.1	90.4	3.7
C	89.3	88.2	1.1	95.3	93.5	1.8

[표 5] - 계속

주파수(Hz)	물탱크차 (13. 4.30)			펌프차 (13. 4.30)		
	개방	미개방	차이	개방	미개방	차이
50	36.2	< 31.6	-	43.5	< 31.6	-
63	41.9	44.3	-2.4	48.4	40.7	7.7
80	44.5	45.2	-0.7	44.6	39.9	4.7
100	44.1	43.3	0.8	44.7	45.2	-0.5
125	55.1	49.3	5.8	47.7	47.6	0.1
160	49.7	45.2	4.5	48.7	44.9	3.8
200	52.3	45.5	6.8	50.6	44.1	6.5
250	55.7	47.0	8.7	53.8	44.1	9.7
315	55.7	46.4	9.3	52.9	46.1	6.8
400	55.1	48.2	6.9	55.2	50.2	5.0
500	57.2	54.7	2.5	66.1	64.6	1.5
630	67.9	65.9	2.0	93.8	92.4	1.4
800	86.7	82.6	4.1	85.8	84.3	1.5
1k	66.8	62.4	4.4	62.9	60.0	2.9
1.25k	61.1	62.5	-1.4	77.4	73.3	4.1
1.6k	77.1	79.4	-2.3	69.6	65.2	4.4
2k	60.3	59.9	0.4	71.6	70.1	1.5
2.5k	66.5	62.6	3.9	66.1	66.5	-0.4
3.15k	61.1	57.3	3.8	64.3	66.5	-2.2
4k	56.4	56.0	0.4	58.8	55.9	2.9
5k	59.1	58.0	1.1	60.4	53.5	6.9
6.3k	53.9	49.0	4.9	55.5	52.3	3.2
8k	45.3	45.1	0.2	54.4	47.4	7.0
10k	39.7	39.7	-	49.5	39.8	9.7
A	87.3	84.4	2.9	94.6	93.1	1.5
C	89.6	86.2	3.4	96.3	94.8	1.5

[표 5] - 계속

주파수(Hz)	펌프차 (13. 2.12)			구조버스 (13. 2.13)		
	개방	미개방	차이	개방	미개방	차이
50	< 51.6	< 51.6	-	< 51.6	< 51.6	-
63	< 51.6	< 51.6	-	< 51.6	< 51.6	-
80	< 51.6	< 51.6	-	< 51.6	< 51.6	-
100	< 51.6	< 51.6	-	< 51.6	< 51.6	-
125	< 51.6	< 51.6	-	66.4	68.0	-1.6
160	< 51.6	< 51.6	-	55.2	54.0	1.2
200	< 51.6	< 51.6	-	< 51.6	< 51.6	-
250	< 51.6	< 51.6	-	< 51.6	< 51.6	-
315	< 51.6	< 51.6	-	< 51.6	< 51.6	-
400	< 51.6	< 51.6	-	62.9	59.6	3.3
500	64.8	64.9	-0.1	67.2	62.6	4.6
630	91.6	91.2	0.4	74.2	73.2	1.0
800	82.3	81.5	0.8	92.1	91.1	1.0
1k	61.4	60.4	1.0	70.7	69.6	1.1
1.25k	83.0	82.5	0.5	66.5	68.2	-1.7
1.6k	73.8	73.2	0.6	83.2	86.0	-2.8
2k	73.9	67.1	6.8	65.3	66.2	-0.9
2.5k	75.2	65.5	9.7	71.8	70.1	1.7
3.15k	69.2	60.5	8.7	73.6	70.5	3.1
4k	61.7	< 51.6	-	68.9	67.2	1.7
5k	62.7	< 51.6	-	70.5	67.5	3.0
6.3k	56.3	< 51.6	-	60.5	62.3	-1.8
8k	< 51.6	< 51.6	-	56.8	56.3	0.5
10k	< 51.6	< 51.6	-	< 51.6	< 51.6	-
A	92.7	92.1	0.6	92.9	92.4	0.5
C	94.1	93.9	0.2	94.5	95.3	-0.8

[표 5] - 계속

주파수(Hz)	발전차 (13. 4.30)		
	개방	미개방	차이
50	< 31.6	< 31.6	-
63	37.2	< 31.6	-
80	38.9	35.3	3.6
100	41.5	40.8	0.7
125	50.5	50.2	0.3
160	60.5	49.7	10.8
200	48.2	42.7	5.5
250	50.2	43.4	6.8
315	53.3	45.9	7.4
400	54.0	48.1	5.9
500	56.8	51.5	5.3
630	58.2	54.9	3.3
800	80.2	78.0	2.2
1k	86.3	87.6	-1.3
1.25k	60.7	60.1	0.6
1.6k	65.6	58.6	7.0
2k	71.7	67.6	4.1
2.5k	64.7	60.2	4.5
3.15k	61.3	56.4	4.9
4k	64.6	53.3	11.3
5k	57.1	50.1	7.0
6.3k	51.1	43.2	7.9
8k	49.4	39.9	9.5
10k	42.3	< 31.6	-
A	87.4	88.0	-0.6
C	90.2	89.3	0.9

2) 전자사이렌의 소음수준 및 주파수 특성

현장에 출동하는 모든 차량에는 전자사이렌이 장착되어 있다. 10대의 차량에 설치되어 있는 전자사이렌을 측정하였다. 차량에 설치되어 있는 전자사이렌은 모두 볼륨의 크기 조절이 가능하였다. 이에 해당 차량을 실제 운행하는 운전원에게 평소 출동시 볼륨상태로 설정을 요청한 뒤 보조석에 탑승하여 보조석 탑승자 귀 부근에서 측정을 진행하였다. 소방차량 보조석(창문개방)에서 전자사이렌을 가동시 주파수 특성 결과는 [표 7]와 같다.

총 17회의 측정을 한 결과 전자사이렌 가동시 모든 차량의 소음수준은 80 dBA 이상으로 나타났다. 100 dBA 이상 측정된 결과는 1건, 95 dBA 이상 측정된 결과는 2건, 90 dBA 이상 측정된 결과는 6건, 85dBA 이상 측정된 결과는 5건, 80 dBA 이상 측정된 결과는 3건으로 나타났다.

[표 6] 차량 탑승 위치에서 전자사이렌의 소음수준

차량	측정일	창문 연 상태	창문 닫은 상태
		dBA	dBA
지휘버스	2013.04.30	101.3	99.2
	2013.02.12	91.3	91.0
구급차 B	2013.02.14	95.6	90.8
구조버스	2013.02.13	95.4	93.9
굴절차	2013.05.01	94.9	77.9
	2013.02.12	92.0	78.7
조연차	2013.01.31	93.4	93.1
	2013.05.01	87.6	83.5
발전차	2013.04.30	91.7	85.5
펌프차	2013.04.30	90.0	88.2
	2013.02.12	88.6	84.3
고가사다리차	2013.01.31	89.6	85.2
	2013.05.01	87.8	86.5
물탱크차	2013.02.14	83.5	83.2
	2013.04.30	89.2	87.7

가) 차량별 전자사이렌 가동시 주파수 특성

전자사이렌 가동시 가장 높은 dB을 나타낸 주파수 대역을 찾아본 결과, 800 Hz 대역에서 가장 높은 dB을 보인 경우는 6건(물탱크차(13. 2.14),조연차(13. 1.31),조연차(13. 5. 1), 지휘버스(13. 4.30), 지휘버스(13. 2.12), 펌프차(13. 2.12)), 630 Hz 대역에서 가장 높은 dB을 보인 경우는 5건(구급차 A(13. 2.12), 구급차A(13. 4.30), 구조버스(13. 2.13), 물탱크차(13.4.30), 펌프차(13. 4.30)), 1 kHz대역과 1.6 kHz 대역에서 각 3건으로 나타났다. 소음수준에 영향을 미치는 주파수 대역은 500 ~ 1.6 kHz 대역으로 판단된다.(〈그림 6, 7 및 8 참조〉)

[표 7] 전자사이렌의 주파수별 음압수준 (단위: dB, ()안은 측정일)

주파수(Hz)	물탱크차 (13.02.14)	조연차 (13.01.31)	조연차 (13.05.01)	지휘버스 (13. 4.30)	지휘버스 (13. 2.12)
50	< 51.6	< 51.6	42.0	49.8	< 51.6
63	< 51.6	< 51.6	41.4	39.6	< 51.6
80	< 51.6	< 51.6	43.7	48.2	52.5
100	< 51.6	< 51.6	42.9	46.8	< 51.6
125	< 51.6	< 51.6	42.8	49.6	< 51.6
160	< 51.6	52.5	46.0	50.5	< 51.6
200	< 51.6	< 51.6	49.1	51.1	< 51.6
250	< 51.6	< 51.6	54.8	53.4	< 51.6
315	< 51.6	< 51.6	52.5	52.8	< 51.6
400	< 51.6	< 51.6	54.6	58.0	< 51.6
500	71.4	56.1	74.7	64.6	60.4
630	76.0	64.8	78.6	87.4	74.8
800	79.6	91.5	84.9	99.7	88.7
1k	77.6	87.2	81.3	94.0	87.2
1.25k	70.8	61.9	73.1	89.8	79.2
1.6k	64.6	74.6	59.4	81.8	70.3
2k	63.8	70.0	67.3	70.7	57.7
2.5k	59.2	65.6	65.0	74.7	61.2
3.15k	< 51.6	67.9	56.8	70.6	54.9
4k	< 51.6	64.4	54.1	62.4	< 51.6
5k	< 51.6	54.8	45.3	58.4	< 51.6
6.3k	< 51.6	< 51.6	41.8	53.1	< 51.6
8k	< 51.6	< 51.6	< 31.6	47.1	< 51.6
10k	< 51.6	< 51.6	< 31.6	42.3	< 51.6
A	83.5	93.4	87.6	101.3	91.3
C	87.3	95.3	90.8	102.1	92.7

[표 7] - 계속

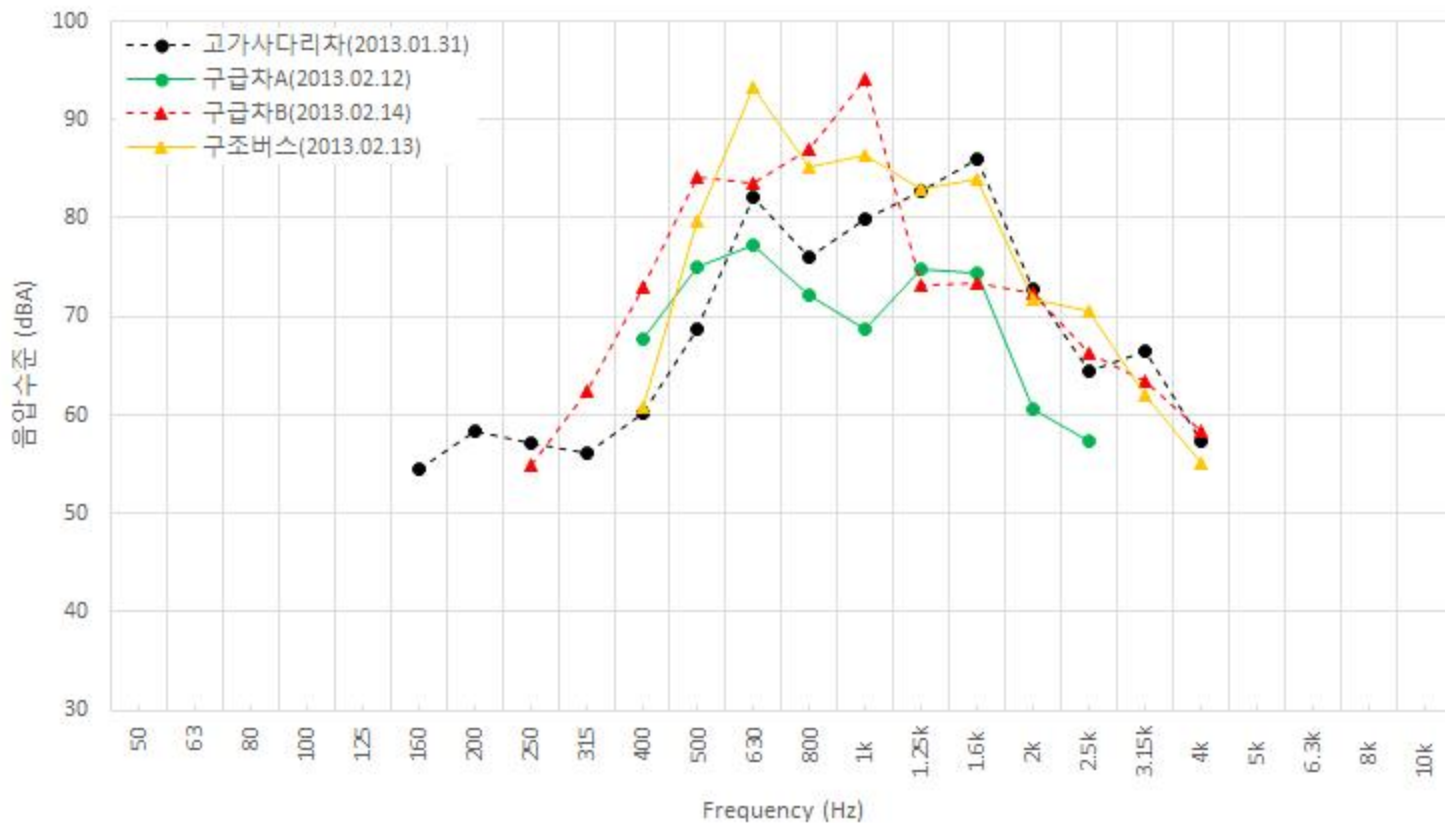
주파수(Hz)	펌프차 (13.02.12)	구급차A (13. 2.12)	구급차A (13. 4.30)	구조버스 (13. 2.13)	물탱크차 (13. 4.30)
50	< 51.6	< 51.6	40.4	< 51.6	39.9
63	< 51.6	< 51.6	36.6	< 51.6	44.3
80	< 51.6	< 51.6	37.5	< 51.6	45.7
100	< 51.6	< 51.6	41.1	< 51.6	42.3
125	< 51.6	< 51.6	46.9	< 51.6	45.8
160	< 51.6	< 51.6	49.2	< 51.6	46.3
200	< 51.6	< 51.6	46.8	< 51.6	47.8
250	< 51.6	< 51.6	49.2	< 51.6	49.8
315	< 51.6	< 51.6	51.0	< 51.6	50.6
400	57.1	67.8	62.9	60.9	54.8
500	73.4	75.0	72.2	79.7	77.2
630	80.7	77.2	78.6	93.4	84.9
800	84.7	72.1	76.2	85.1	83.0
1k	81.9	68.7	68.8	86.3	80.4
1.25k	79.5	74.8	70.0	82.9	78.4
1.6k	72.5	74.5	69.9	83.9	77.0
2k	67.1	60.7	60.7	71.8	72.6
2.5k	64.6	57.3	54.4	70.5	68.1
3.15k	57.3	< 51.6	50.8	62.1	58.1
4k	< 51.6	< 51.6	47.3	55.1	50.3
5k	< 51.6	< 51.6	42.9	< 51.6	43.9
6.3k	< 51.6	< 51.6	42.1	< 51.6	41.0
8k	< 51.6	< 51.6	< 31.6	< 51.6	< 31.6
10k	< 51.6	< 51.6	< 31.6	< 51.6	< 31.6
A	88.6	82.4	82.1	95.4	89.2
C	89.8	86.8	84.9	97.1	91.3

[표 7] - 계속

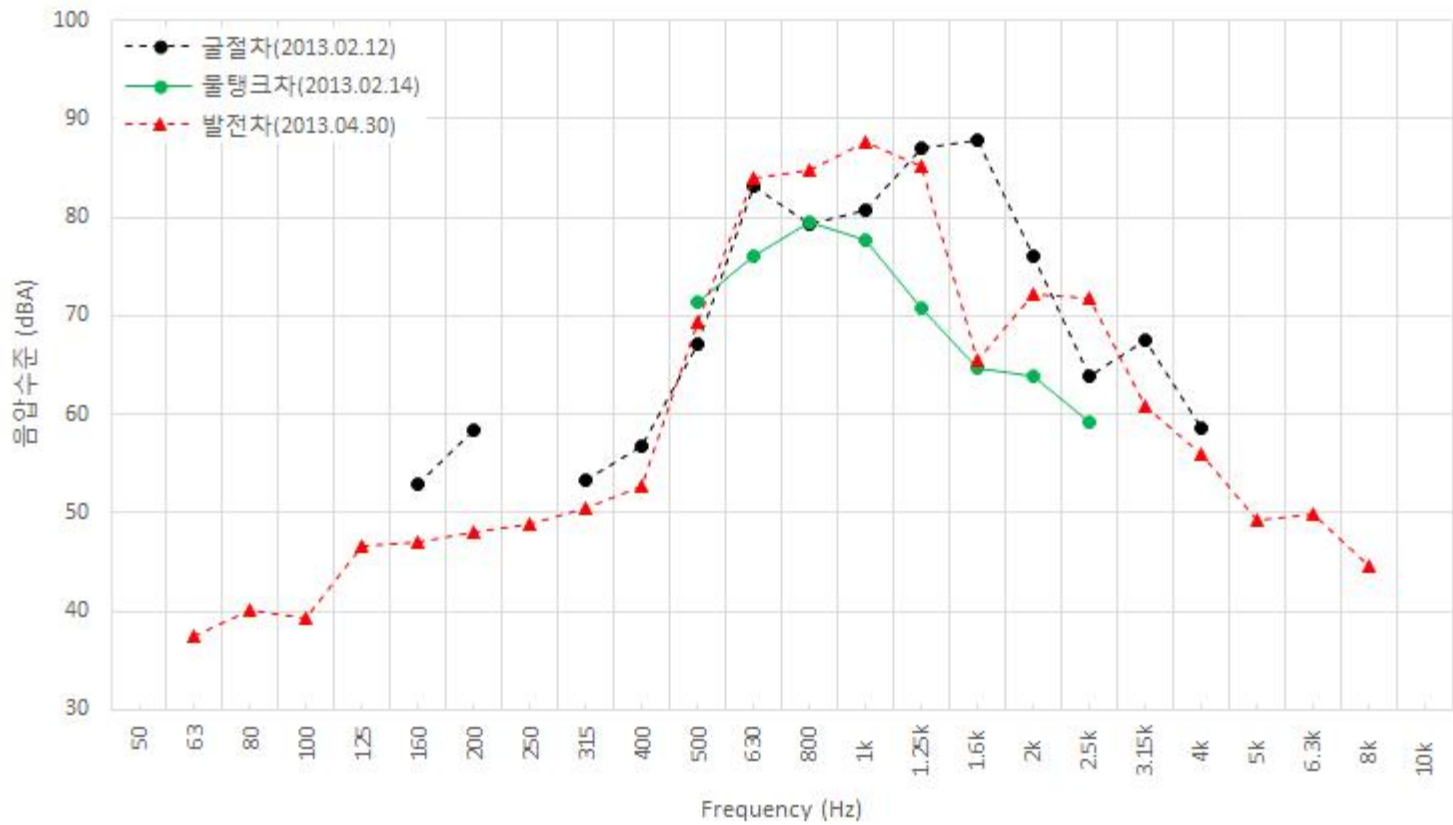
주파수(Hz)	펄프차 (13. 4.30)	굴절차 (13. 2.12)	굴절차 (13. 5.01)
50	36.4	< 51.6	39.0
63	40.7	< 51.6	41.8
80	39.9	< 51.6	43.3
100	41.2	< 51.6	49.0
125	44.6	< 51.6	45.6
160	45.4	53.0	50.3
200	43.7	58.4	55.7
250	48.0	< 51.6	51.1
315	49.2	53.4	53.8
400	54.4	56.7	52.3
500	77.5	67.2	59.9
630	87.9	83.1	79.5
800	80.3	79.3	79.9
1k	82.0	80.7	82.5
1.25k	76.9	87.1	89.0
1.6k	73.1	87.8	92.6
2k	67.1	76.0	78.4
2.5k	61.5	63.8	65.3
3.15k	57.2	67.5	70.0
4k	49.2	58.6	59.0
5k	42.4	< 51.6	52.8
6.3k	38.5	< 51.6	47.9
8k	< 31.6	< 51.6	45.1
10k	< 31.6	< 51.6	36.4
A	90.0	92.0	94.9
C	91.8	93.1	94.7

[표 7] - 계속

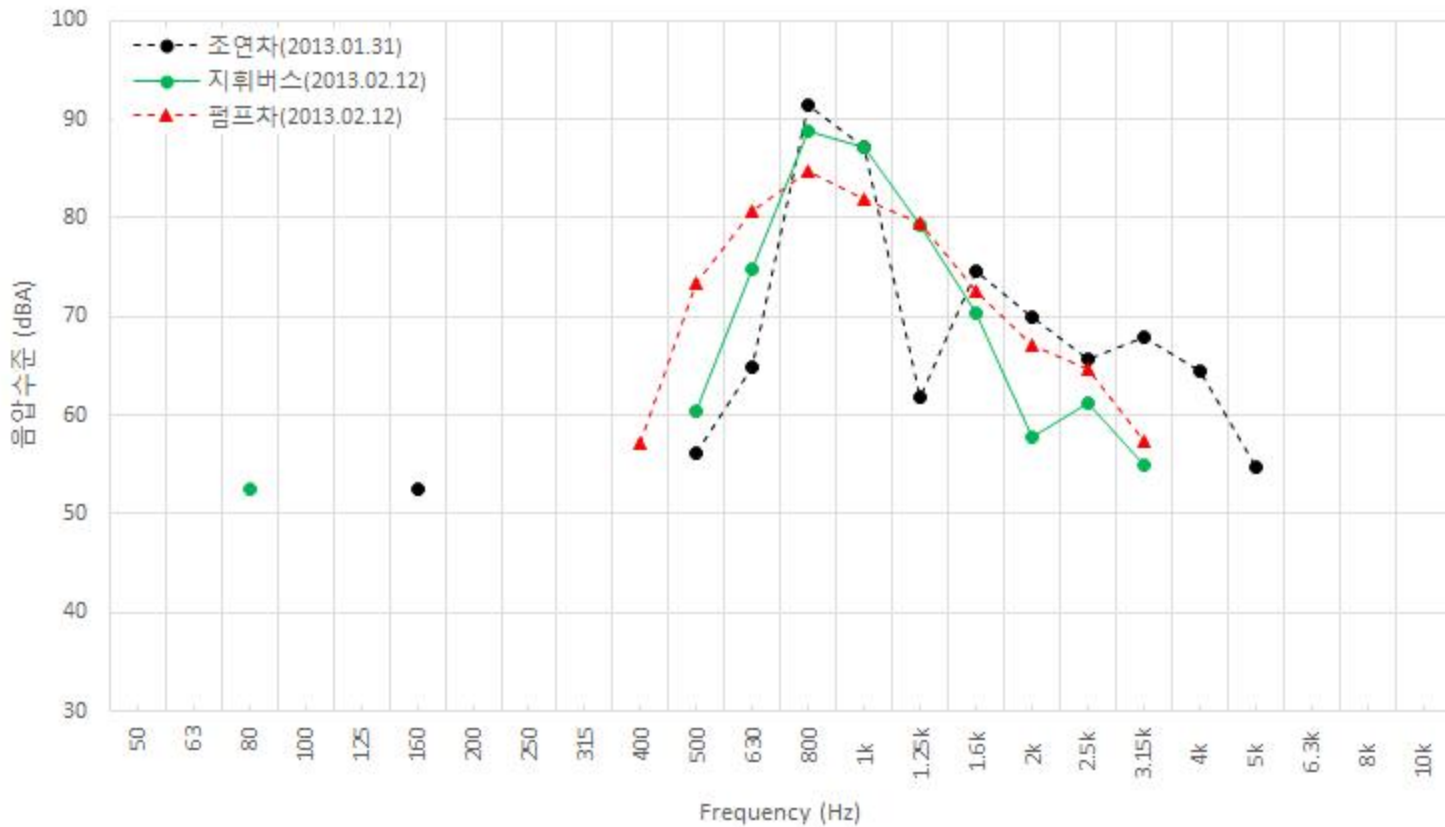
주파수(Hz)	발전차 (13. 4.30)	구급차B (13. 2.14)	고가사다리차 (13. 1.31)	고가사다리차 (13. 5.01)
50	< 31.6	< 51.6	< 51.6	40.9
63	37.4	< 51.6	< 51.6	47.6
80	40.1	< 51.6	< 51.6	45.5
100	39.4	< 51.6	< 51.6	44.0
125	46.7	< 51.6	< 51.6	44.4
160	47.0	< 51.6	54.5	45.3
200	48.1	< 51.6	58.3	45.2
250	48.8	54.9	57.1	50.0
315	50.5	62.5	56.2	53.0
400	52.7	73.0	60.2	53.7
500	69.3	84.2	68.8	69.2
630	84.0	83.6	82.1	81.8
800	84.7	87.0	76.0	81.6
1k	87.7	94.2	79.8	82.8
1.25k	85.2	73.2	82.7	79.9
1.6k	65.5	73.3	85.9	67.8
2k	72.3	72.3	72.8	59.5
2.5k	71.7	66.3	64.5	53.0
3.15k	60.9	63.4	66.4	50.1
4k	56.0	58.3	57.3	46.4
5k	49.3	< 51.6	< 51.6	40.6
6.3k	49.8	< 51.6	< 51.6	36.9
8k	44.6	< 51.6	< 51.6	< 31.6
10k	< 31.6	< 51.6	< 51.6	< 31.6
A	91.7	95.6	89.6	87.8
C	93.1	96.8	90.5	90.5



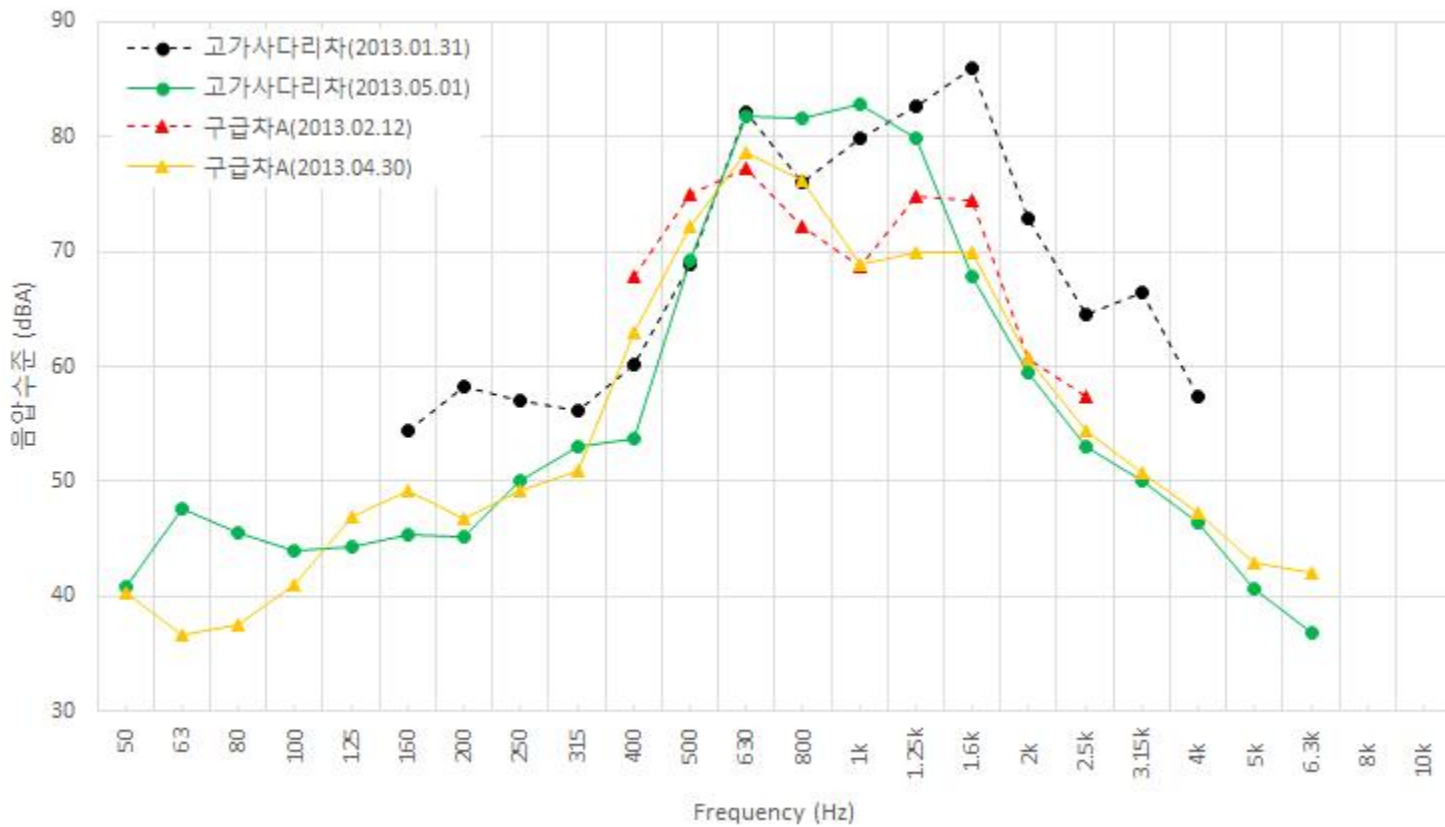
〈그림 6〉 고가사다리차, 구급차 및 구조버스의 전자사이렌 주파수 특성.



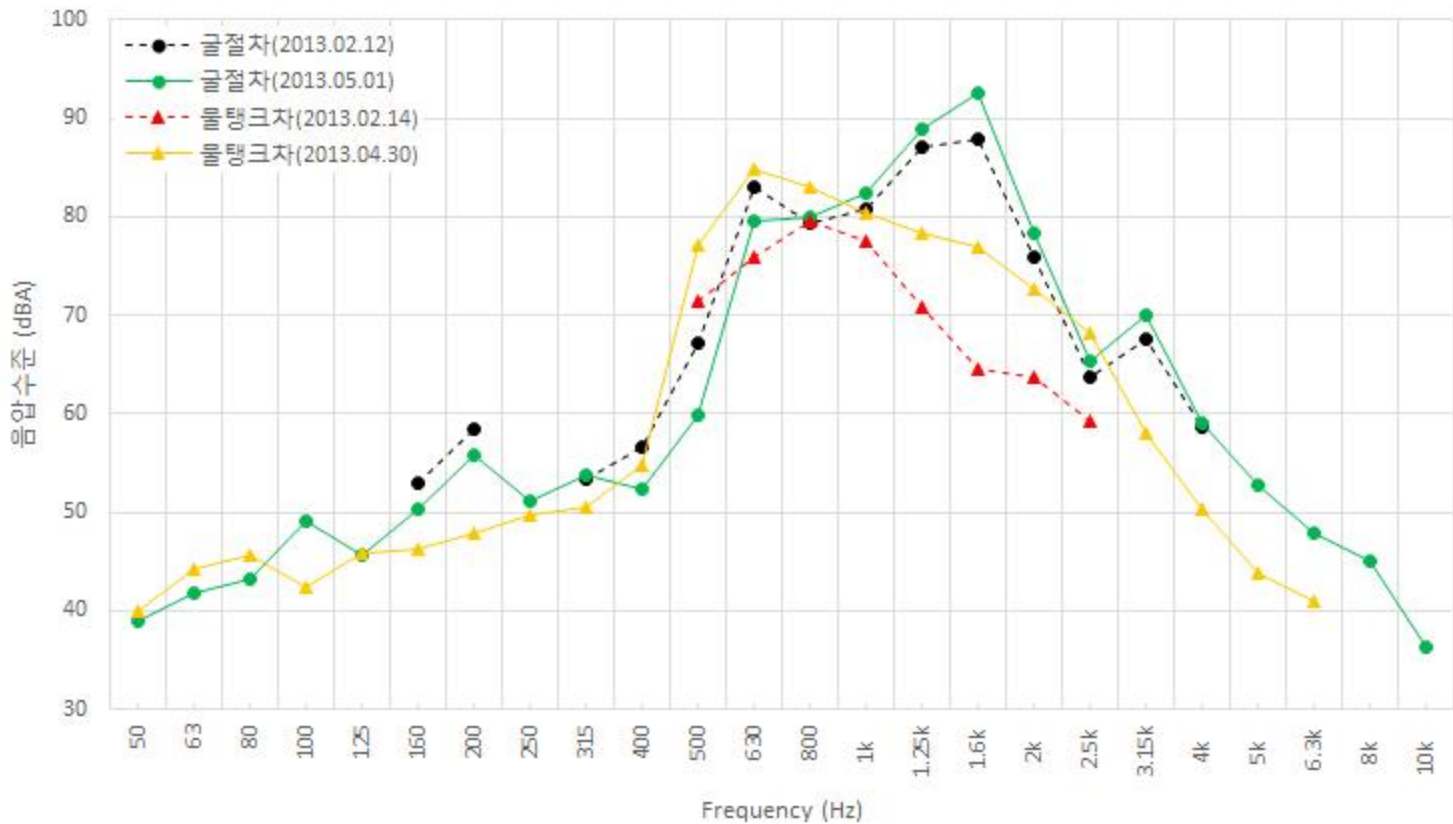
〈그림 7〉 굴절차, 물탱크차 및 발전차의 전자사이렌 주파수 특성.



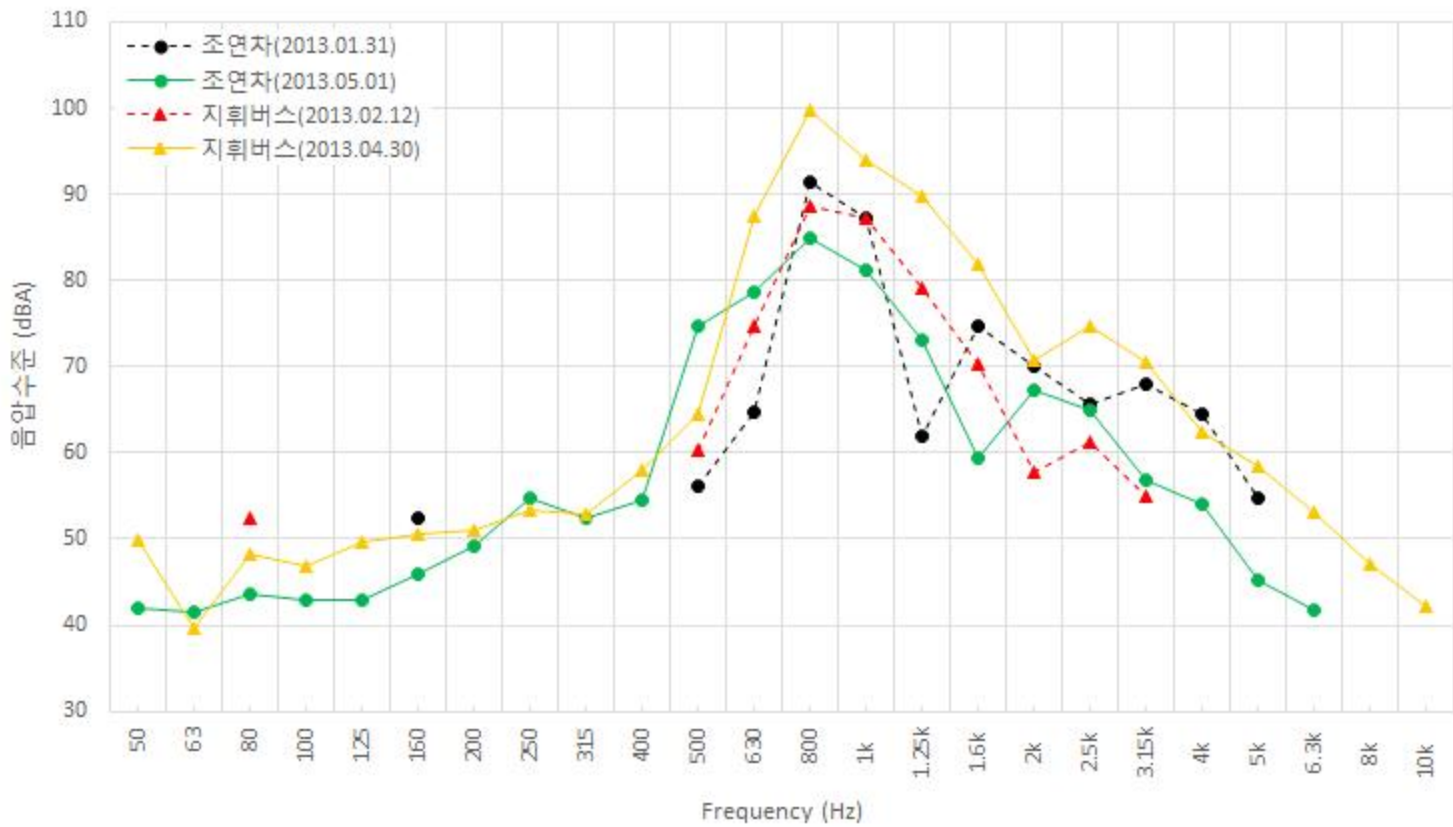
〈그림 8〉 조연차, 지휘버스 및 펌프차의 전자사이렌 주파수 특성.



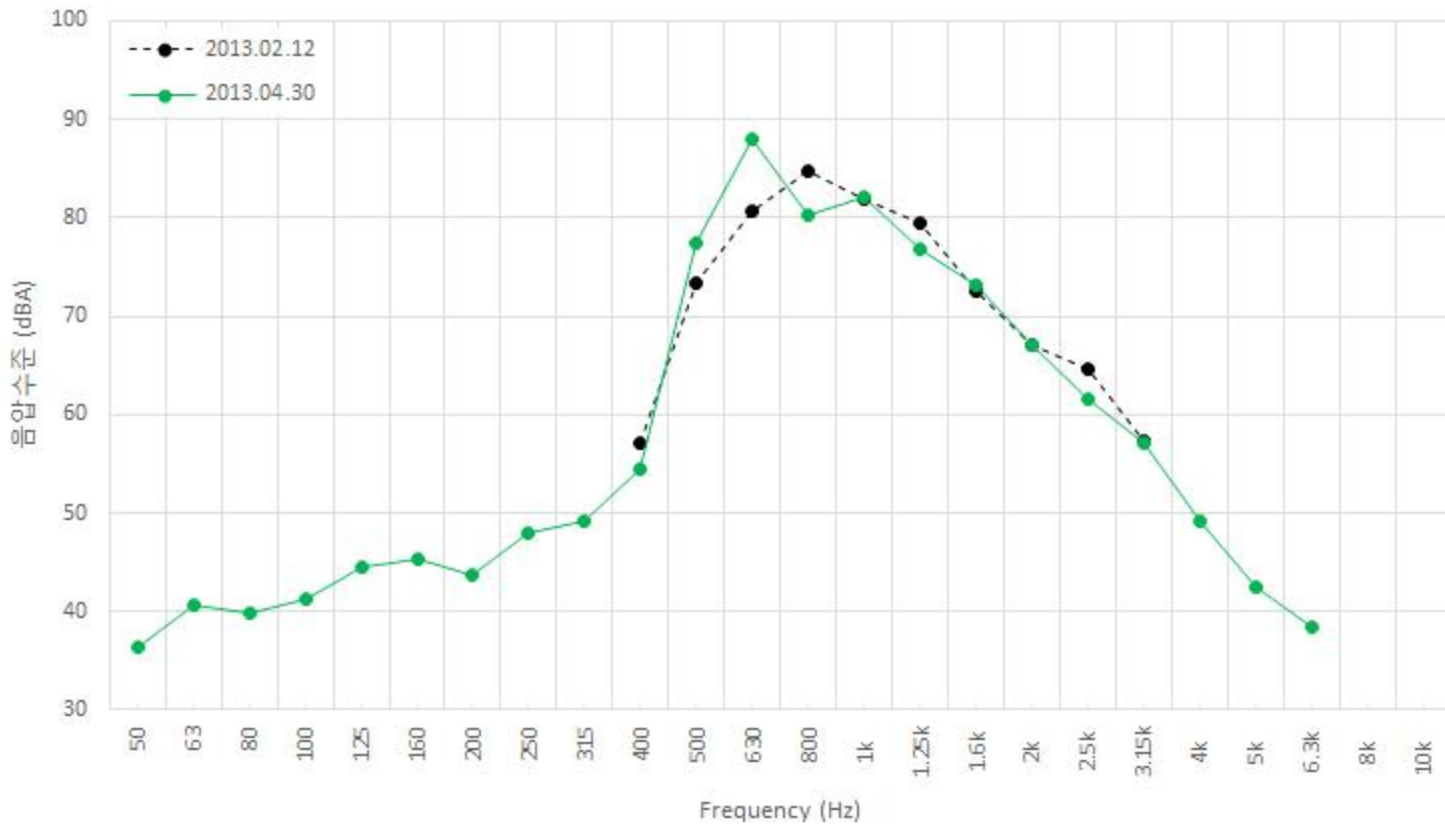
〈그림 9〉 고가사다리차 및 구급차의 전자사이렌 주파수 특성.



〈그림 10〉 굴절차 및 물탱크차의 전자사이렌 주파수 특성.



〈그림 11〉 조연차 및 지휘버스의 전자사이렌 주파수 특성.



〈그림 12〉 펌프차의 전자사이렌 주파수 특성.

나) 전자사이렌 음에 대한 창문 개폐의 영향

전자사이렌 가동시 창문이 개방이 되어 있을 때와 닫혀 있을 때의 차이를 보면 [표 8]와 같다. 굴절차의 경우에는 창문이 개방되어 있을 때에 비해 닫혀 있을 때, 13 dB ~ 17 dB이 감소하였고, 발전차이 경우에는 6.2 dB이 감소하였다. 그 외의 차량은 1~3 dBA 정도 감소되는 것으로 나타났다. 한편 동일차량에서 1월 또는 2월에 측정한 결과와 4월 및 5월에 다시 반복 측정한 결과와는 감소폭이 1~3 dB 정도 차이를 보였다.

소리에너지는 완전한 밀폐가 아니면 조그만 틈새로도 상당량의 에너지가 통과하는 특성이 있다. 따라서 차량의 문이나 창문이 완전히 밀폐되지 않고 조그만 틈이 있다면 소음감소효과가 크지 않을 수 있다. 또한 차량의 문이나 창을 닫을 때마다 틈새가 완벽하게 밀봉되지 않기 때문에 측정을 할 때마다 차이를 보이는 것일 수도 있다.

[표 8] 창문 개폐에 따른 전자사이렌의 소음수준

차량	측정일	창문 연 상태	창문 닫은 상태	차이 (dB)
		dBA	dBA	
굴절차	2013.05.01	94.9	77.9	17.0
	2013.02.12	92.0	78.7	13.3
발전차	2013.04.30	91.7	85.5	6.2
구급차 B	2013.02.14	95.6	90.8	4.8
구급차 A	2013.02.12	82.4	77.6	4.8
	2013.04.30	82.1	79.9	2.2
고가사다리차	2013.01.31	89.6	85.2	4.4
	2013.05.01	87.8	86.5	1.3
펌프차	2013.02.12	88.6	84.3	4.3
	2013.04.30	90.0	88.2	1.8
조연차	2013.05.01	87.6	83.5	4.1
	2013.01.31	93.4	93.1	0.3
지휘버스	2013.04.30	101.3	99.2	2.1
	2013.02.12	91.3	91.0	0.3
구조버스	2013.02.13	95.4	93.9	1.5
물탱크차	2013.04.30	89.2	87.7	1.5
	2013.02.14	83.5	83.2	0.3

[표 9] 창문 개폐에 따른 전자사이렌 주파수별 음압수준 (dB)

주파수(Hz)	굴절차 (13. 5.01)			굴절차 (13. 2.12)		
	개방	미개방	차이	개방	미개방	차이
50	39.0	38.6	0.4	< 51.6	< 51.6	-
63	41.8	44.0	-2.2	< 51.6	< 51.6	-
80	43.3	45.9	-2.6	< 51.6	< 51.6	-
100	49.0	49.7	-0.7	< 51.6	< 51.6	-
125	45.6	45.8	-0.2	< 51.6	< 51.6	-
160	50.3	50.4	-0.1	53.0	< 51.6	-
200	55.7	53.6	2.1	58.4	55.9	2.5
250	51.1	51.6	-0.5	< 51.6	< 51.6	-
315	53.8	53.5	0.3	53.4	< 51.6	-
400	52.3	51.0	1.3	56.7	< 51.6	-
500	59.9	56.3	3.6	67.2	57.9	9.3
630	79.5	74.2	5.3	83.1	73.4	9.7
800	79.9	67.8	12.1	79.3	72.1	7.2
1k	82.5	70.1	12.4	80.7	66.8	13.9
1.25k	89.0	68.2	20.8	87.1	69.3	17.8
1.6k	92.6	70.7	21.9	87.8	72.8	15.0
2k	78.4	54.5	23.9	76.0	60.4	15.6
2.5k	65.3	47.4	17.9	63.8	< 51.6	-
3.15k	70.0	51.6	18.4	67.5	< 51.6	-
4k	59.0	47.3	11.7	58.6	< 51.6	-
5k	52.8	41.1	11.7	< 51.6	< 51.6	-
6.3k	47.9	< 31.6	-	< 51.6	< 51.6	-
8k	45.1	< 31.6	-	< 51.6	< 51.6	-
10k	36.4	< 31.6	-	< 51.6	< 51.6	-
A	94.9	77.9	17.0	92.0	78.7	13.3
C	94.7	83.3	11.4	93.1	85.6	7.5

[표 9] - 계속

주파수(Hz)	발전차 (13. 4.30)			구급차B (13. 2.14)		
	개방	미개방	차이	개방	미개방	차이
50	< 31.6	35.5	-	< 51.6	< 51.6	-
63	37.4	40.1	-2.7	< 51.6	< 51.6	-
80	40.1	39.4	0.7	< 51.6	< 51.6	-
100	39.4	40.8	-1.4	< 51.6	< 51.6	-
125	46.7	43.7	3.0	< 51.6	< 51.6	-
160	47.0	41.6	5.4	< 51.6	< 51.6	-
200	48.1	44.5	3.6	< 51.6	< 51.6	-
250	48.8	44.2	4.6	54.9	< 51.6	-
315	50.5	44.5	6.0	62.5	57.8	4.7
400	52.7	48.5	4.2	73.0	69.6	3.4
500	69.3	68.3	1.0	84.2	76.9	7.3
630	84.0	80.1	3.9	83.6	80.1	3.5
800	84.7	79.2	5.5	87.0	81.6	5.4
1k	87.7	80.3	7.4	94.2	89.5	4.7
1.25k	85.2	76.7	8.5	73.2	68.7	4.5
1.6k	65.5	57.7	7.8	73.3	70.2	3.1
2k	72.3	61.2	11.1	72.3	70.8	1.5
2.5k	71.7	63.5	8.2	66.3	66.8	-0.5
3.15k	60.9	53.9	7.0	63.4	64.6	-1.2
4k	56.0	49.0	7.0	58.3	59.7	-1.4
5k	49.3	40.8	8.5	< 51.6	< 51.6	-
6.3k	49.8	39.7	10.1	< 51.6	< 51.6	-
8k	44.6	< 31.6	-	< 51.6	< 51.6	-
10k	< 31.6	< 31.6	-	< 51.6	< 51.6	-
A	91.7	85.5	6.2	95.6	90.8	4.8
C	93.1	87.9	5.2	96.8	92.2	4.6

[표 9] - 계속

주파수(Hz)	구급차A (13. 2.12)			고가사다리차 (13. 1.31)		
	개방	미개방	차이	개방	미개방	차이
50	< 51.6	< 51.6	-	< 51.6	< 51.6	-
63	< 51.6	< 51.6	-	< 51.6	< 51.6	-
80	< 51.6	< 51.6	-	< 51.6	< 51.6	-
100	< 51.6	< 51.6	-	< 51.6	< 51.6	-
125	< 51.6	< 51.6	-	< 51.6	< 51.6	-
160	< 51.6	< 51.6	-	54.5	< 51.6	-
200	< 51.6	< 51.6	-	58.3	56.7	1.6
250	< 51.6	< 51.6	-	57.1	< 51.6	-
315	< 51.6	< 51.6	-	56.2	< 51.6	-
400	67.8	65.4	2.4	60.2	< 51.6	-
500	75.0	71.0	4.0	68.8	61.0	7.8
630	77.2	72.9	4.3	82.1	79.7	2.4
800	72.1	70.1	2.0	76.0	74.4	1.6
1k	68.7	65.3	3.4	79.8	77.4	2.4
1.25k	74.8	65.9	8.9	82.7	76.9	5.8
1.6k	74.5	64.0	10.5	85.9	80.0	5.9
2k	60.7	57.2	3.5	72.8	68.4	4.4
2.5k	57.3	< 51.6	-	64.5	57.1	7.4
3.15k	< 51.6	< 51.6	-	66.4	59.4	7.0
4k	< 51.6	< 51.6	-	57.3	< 51.6	-
5k	< 51.6	< 51.6	-	< 51.6	< 51.6	-
6.3k	< 51.6	< 51.6	-	< 51.6	< 51.6	-
8k	< 51.6	< 51.6	-	< 51.6	< 51.6	-
10k	< 51.6	< 51.6	-	< 51.6	< 51.6	-
A	82.4	77.6	4.8	89.6	85.2	4.4
C	86.8	84.8	2.0	90.5	88.0	2.5

[표 9] - 계속

주파수(Hz)	펌프차 (13. 2.12)			조연차 (13. 5.01)		
	개방	미개방	차이	개방	미개방	차이
50	< 51.6	< 51.6	-	42.0	37.4	4.6
63	< 51.6	< 51.6	-	41.4	38.1	3.3
80	< 51.6	< 51.6	-	43.7	44.8	-1.1
100	< 51.6	< 51.6	-	42.9	45.5	-2.6
125	< 51.6	< 51.6	-	42.8	42.8	0.0
160	< 51.6	< 51.6	-	46.0	45.6	0.4
200	< 51.6	< 51.6	-	49.1	49.7	-0.6
250	< 51.6	< 51.6	-	54.8	49.1	5.7
315	< 51.6	< 51.6	-	52.5	47.2	5.3
400	57.1	< 51.6	-	54.6	51.1	3.5
500	73.4	69.2	4.2	74.7	70.3	4.4
630	80.7	77.2	3.5	78.6	77.1	1.5
800	84.7	80.0	4.7	84.9	80.9	4.0
1k	81.9	77.2	4.7	81.3	73.7	7.6
1.25k	79.5	76.6	2.9	73.1	66.3	6.8
1.6k	72.5	67.6	4.9	59.4	56.6	2.8
2k	67.1	64.4	2.7	67.3	68.0	-0.7
2.5k	64.6	58.3	6.3	65.0	63.9	1.1
3.15k	57.3	< 51.6	-	56.8	49.8	7.0
4k	< 51.6	< 51.6	-	54.1	< 31.6	-
5k	< 51.6	< 51.6	-	45.3	< 31.6	-
6.3k	< 51.6	< 51.6	-	41.8	< 31.6	-
8k	< 51.6	< 51.6	-	< 31.6	< 31.6	-
10k	< 51.6	< 51.6	-	< 31.6	< 31.6	-
A	88.6	84.3	4.3	87.6	83.5	4.1
C	89.8	87.4	2.4	90.8	85.5	5.3

[표 9] - 계속

주파수(Hz)	구급차A (13. 4.30)			지휘버스 (13. 4.30)		
	개방	미개방	차이	개방	미개방	차이
50	40.4	33.8	6.6	49.8	50.2	-0.4
63	36.6	35.1	1.5	39.6	39.9	-0.3
80	37.5	33.4	4.1	48.2	48.6	-0.4
100	41.1	36.2	4.9	46.8	44.6	2.2
125	46.9	44.8	2.1	49.6	47.4	2.2
160	49.2	43.6	5.6	50.5	46.4	4.1
200	46.8	40.1	6.7	51.1	45.0	6.1
250	49.2	46.9	2.3	53.4	51.3	2.1
315	51.0	50.0	1.0	52.8	49.0	3.8
400	62.9	65.1	-2.2	58.0	56.7	1.3
500	72.2	69.5	2.7	64.6	63.1	1.5
630	78.6	77.3	1.3	87.4	84.7	2.7
800	76.2	73.2	3.0	99.7	97.0	2.7
1k	68.8	67.4	1.4	94.0	93.8	0.2
1.25k	70.0	65.2	4.8	89.8	87.1	2.7
1.6k	69.9	62.9	7.0	81.8	78.1	3.7
2k	60.7	55.4	5.3	70.7	66.9	3.8
2.5k	54.4	51.9	2.5	74.7	72.4	2.3
3.15k	50.8	46.9	3.9	70.6	69.0	1.6
4k	47.3	45.9	1.4	62.4	61.0	1.4
5k	42.9	< 31.6	-	58.4	56.7	1.7
6.3k	42.1	< 31.6	-	53.1	51.5	1.6
8k	< 31.6	< 31.6	-	47.1	45.9	1.2
10k	< 31.6	< 31.6	-	42.3	41.2	1.1
A	82.1	79.9	2.2	101.3	99.2	2.1
C	84.9	83.2	1.7	102.1	100.1	2.0

[표 9] - 계속

주파수(Hz)	펌프차 (13. 4.30)			구조버스 (13. 2.13)		
	개방	미개방	차이	개방	미개방	차이
50	36.4	45.2	-8.8	< 51.6	< 51.6	-
63	40.7	52.5	-11.8	< 51.6	< 51.6	-
80	39.9	54.7	-14.8	< 51.6	< 51.6	-
100	41.2	50.6	-9.4	< 51.6	< 51.6	-
125	44.6	55.2	-10.6	< 51.6	< 51.6	-
160	45.4	54.8	-9.4	< 51.6	< 51.6	-
200	43.7	51.0	-7.3	< 51.6	< 51.6	-
250	48.0	53.1	-5.1	< 51.6	< 51.6	-
315	49.2	54.2	-5.0	< 51.6	< 51.6	-
400	54.4	57.3	-2.9	60.9	58.9	2.0
500	77.5	77.2	0.3	79.7	80.9	-1.2
630	87.9	86.2	1.7	93.4	91.3	2.1
800	80.3	78.1	2.2	85.1	84.3	0.8
1k	82.0	77.2	4.8	86.3	85.0	1.3
1.25k	76.9	76.5	0.4	82.9	82.3	0.6
1.6k	73.1	71.1	2.0	83.9	82.6	1.3
2k	67.1	63.1	4.0	71.8	72.3	-0.5
2.5k	61.5	60.1	1.4	70.5	71.1	-0.6
3.15k	57.2	55.2	2.0	62.1	60.7	1.4
4k	49.2	48.8	0.4	55.1	54.2	0.9
5k	42.4	44.0	-1.6	< 51.6	< 51.6	-
6.3k	38.5	< 31.6	-	< 51.6	< 51.6	-
8k	< 31.6	< 31.6	-	< 51.6	< 51.6	-
10k	< 31.6	< 31.6	-	< 51.6	< 51.6	-
A	90.0	88.2	1.8	95.4	93.9	1.5
C	91.8	91.7	0.1	97.1	96.3	0.8

[표 9] - 계속

주파수(Hz)	물탱크차 (13. 4.30)			고가사다리차 (13. 5.01)		
	개방	미개방	차이	개방	미개방	차이
50	39.9	< 31.6	-	40.9	< 31.6	-
63	44.3	38.8	5.5	47.6	48.7	-1.1
80	45.7	41.9	3.8	45.5	42.4	3.1
100	42.3	40.6	1.7	44.0	43.4	0.6
125	45.8	43.2	2.6	44.4	44.9	-0.5
160	46.3	43.7	2.6	45.3	44.5	0.8
200	47.8	40.9	6.9	45.2	50	-4.8
250	49.8	44.0	5.8	50.0	55.6	-5.6
315	50.6	48.8	1.8	53.0	57.5	-4.5
400	54.8	50.7	4.1	53.7	58.0	-4.3
500	77.2	72.6	4.6	69.2	68.1	1.1
630	84.9	81.4	3.5	81.8	83.0	-1.2
800	83.0	83.7	-0.7	81.6	79.3	2.3
1k	80.4	79.5	0.9	82.8	80.9	1.9
1.25k	78.4	75.9	2.5	79.9	74.9	5.0
1.6k	77.0	77.2	-0.2	67.8	66.5	1.3
2k	72.6	72.6	0.0	59.5	59.3	0.2
2.5k	68.1	66.9	1.2	53.0	55.2	-2.2
3.15k	58.1	56.9	1.2	50.1	53.2	-3.1
4k	50.3	50.1	0.2	46.4	52.9	-6.5
5k	43.9	43.4	0.5	40.6	46.9	-6.3
6.3k	41.0	40.1	0.9	36.9	< 31.6	-
8k	< 31.6	< 31.6	-	< 31.6	< 31.6	-
10k	< 31.6	< 31.6	-	< 31.6	< 31.6	-
A	89.2	87.7	1.5	87.8	86.5	1.3
C	91.3	89.1	2.2	90.5	89.4	1.1

[표 9] - 계속

주파수(Hz)	조연차 (13. 1.31)			지휘버스 (13. 2.12)		
	개방	미개방	차이	개방	미개방	차이
50	< 51.6	< 51.6	-	< 51.6	< 51.6	-
63	< 51.6	< 51.6	-	< 51.6	< 51.6	-
80	< 51.6	< 51.6	-	52.5	55.4	-2.9
100	< 51.6	< 51.6	-	< 51.6	< 51.6	-
125	< 51.6	< 51.6	-	< 51.6	< 51.6	-
160	52.5	< 51.6	-	< 51.6	< 51.6	-
200	< 51.6	< 51.6	-	< 51.6	< 51.6	-
250	< 51.6	< 51.6	-	< 51.6	< 51.6	-
315	< 51.6	< 51.6	-	< 51.6	< 51.6	-
400	< 51.6	< 51.6	-	< 51.6	< 51.6	-
500	56.1	53.9	2.2	60.4	56.8	3.6
630	64.8	63.3	1.5	74.8	71.5	3.3
800	91.5	91.1	0.4	88.7	89.1	-0.4
1k	87.2	87.1	0.1	87.2	85.7	1.5
1.25k	61.9	60.8	1.1	79.2	77.8	1.4
1.6k	74.6	71.7	2.9	70.3	69.2	1.1
2k	70.0	67.7	2.3	57.7	55.3	2.4
2.5k	65.6	59.1	6.5	61.2	60.5	0.7
3.15k	67.9	62.8	5.1	54.9	< 51.6	-
4k	64.4	59.0	5.4	< 51.6	< 51.6	-
5k	54.8	< 51.6	-	< 51.6	< 51.6	-
6.3k	< 51.6	< 51.6	-	< 51.6	< 51.6	-
8k	< 51.6	< 51.6	-	< 51.6	< 51.6	-
10k	< 51.6	< 51.6	-	< 51.6	< 51.6	-
A	93.4	93.1	0.3	91.3	91.0	0.3
C	95.3	94.9	0.4	92.7	92.6	0.1

[표 9] - 계속

주파수(Hz)	물탱크차 (13. 2.14)		
	개방	미개방	차이
50	< 51.6	< 51.6	-
63	< 51.6	< 51.6	-
80	< 51.6	< 51.6	-
100	< 51.6	< 51.6	-
125	< 51.6	< 51.6	-
160	< 51.6	< 51.6	-
200	< 51.6	< 51.6	-
250	< 51.6	< 51.6	-
315	< 51.6	< 51.6	-
400	< 51.6	< 51.6	-
500	71.4	71.7	-0.3
630	76.0	75.5	0.5
800	79.6	79.4	0.2
1k	77.6	77.2	0.4
1.25k	70.8	69.8	1.0
1.6k	64.6	63.9	0.7
2k	63.8	63.7	0.1
2.5k	59.2	59.3	-0.1
3.15k	< 51.6	< 51.6	-
4k	< 51.6	< 51.6	-
5k	< 51.6	< 51.6	-
6.3k	< 51.6	< 51.6	-
8k	< 51.6	< 51.6	-
10k	< 51.6	< 51.6	-
A	83.5	83.2	0.3
C	87.3	86.8	0.5

3) 동력인출장치의 소음수준 및 주파수 특성

차량 엔진의 출력으로 다른 장치를 구동하는 PTO(동력인출장치)가 설치된 차량은 5대 이었다. 주로 펌프장치를 구동하거나, 유압장치를 구동하여 사다리나 아웃트리거를 조작하고, 배연장치를 구동하는데에도 사용되고 있다. PTO 가동시 소음수준은 [표 10]와 같이 79~92 dB이었다. 배연장치를 가동하거나 펌프차에서 펌프장치를 가동할 때 비교적 높은 소음이 발생하였다.

[표 10] 동력인출장치의 소음수준

장비명	측정일	가동시
		dBA
물탱크차(펌프)	2013.04.30	84.6
펌프차(펌프)	2013.05.06	91.8
고가사다리차(유압)	2013.05.01	82.2
굴절차(유압)	2013.05.01	78.6
조연차(배연)	2013.05.01	87.7

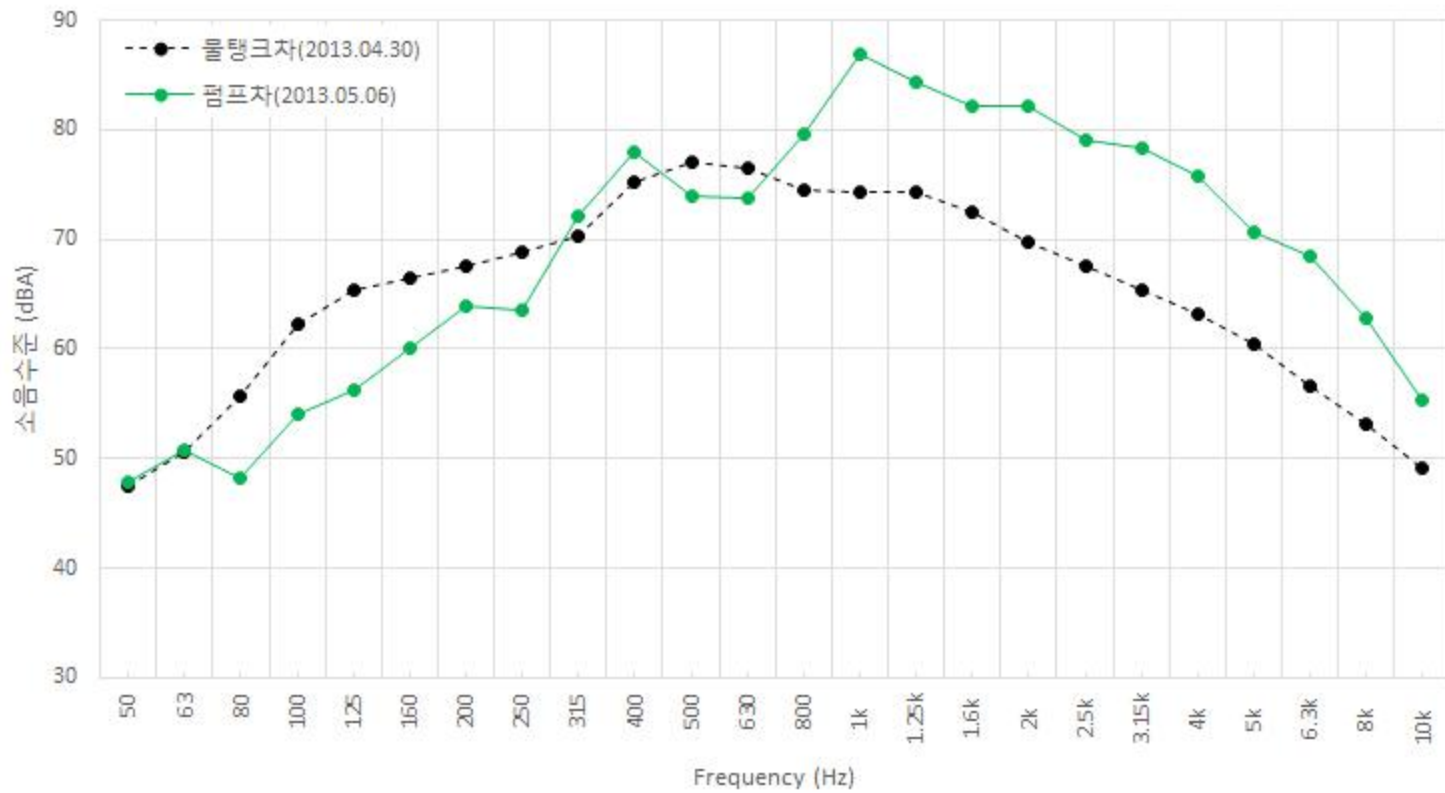
가) 펌프장치 가동시 주파수 특성

펌프차와 물탱크차의 PTO를 사용하여 펌프장치를 가동할 때 소음을 측정한 결과는 [표 11]과 같다. 물탱크차량의 경우 방수압력이 6~7 MPa이었고 펌프차는 1 MPa이었다. 펌프장치 가동시 소음수준은 펌프차가 91.8 dBA, 물탱크차는 84.6 dBA로 나타났다.

펌프장치 가동시 주파수 특성 결과는 [표 11]와 같다. 물탱크차는 500 Hz 대역에서 가장 높은 77 dB로 나타났다. 주요 주파수는 500 Hz를 중심으로 250 Hz ~ 2 kHz 까지 넓게 퍼져있었다. 펌프차의 PTO 장치소음은 가장 높은 주파수 대역이 1 kHz였고 음압수준은 87 dB로 나타났다. 주요 주파수는 1 kHz를 중심으로 800 Hz ~ 3.15 kHz 사이에서 넓게 나타났다.

[표 11] 물탱크차, 펌프차 PTO(펌프장치) 주파수별 음압수준 (dB)

주파수(Hz)	물탱크차 (13. 4.30)	펌프차 (13. 5.06)
50	47.5	47.8
63	50.6	50.7
80	55.7	48.2
100	62.3	54.0
125	65.3	56.2
160	66.5	60.1
200	67.5	63.9
250	68.9	63.6
315	70.3	72.1
400	75.2	77.9
500	77.0	74.0
630	76.5	73.8
800	74.5	79.7
1k	74.4	87.0
1.25k	74.3	84.3
1.6k	72.5	82.1
2k	69.7	82.2
2.5k	67.5	79.0
3.15k	65.3	78.4
4k	63.2	75.7
5k	60.5	70.7
6.3k	56.7	68.4
8k	53.1	62.8
10k	49.2	55.3
A	84.6	91.8
C	92.4	92.7



〈그림 13〉 물탱크차 및 펌프차 PTO(펌프장치) 주파수 특성.

나) 유압장치 가동시 주파수 특성

PTO로 유압장치를 구동하는 차량은 고가사다리차와 굴절차가 있었다. PTO장치 가동시 고가사다리차에서의 소음수준은 82.2 dBA, 굴절차는 78.6 dBA로 나타났다.

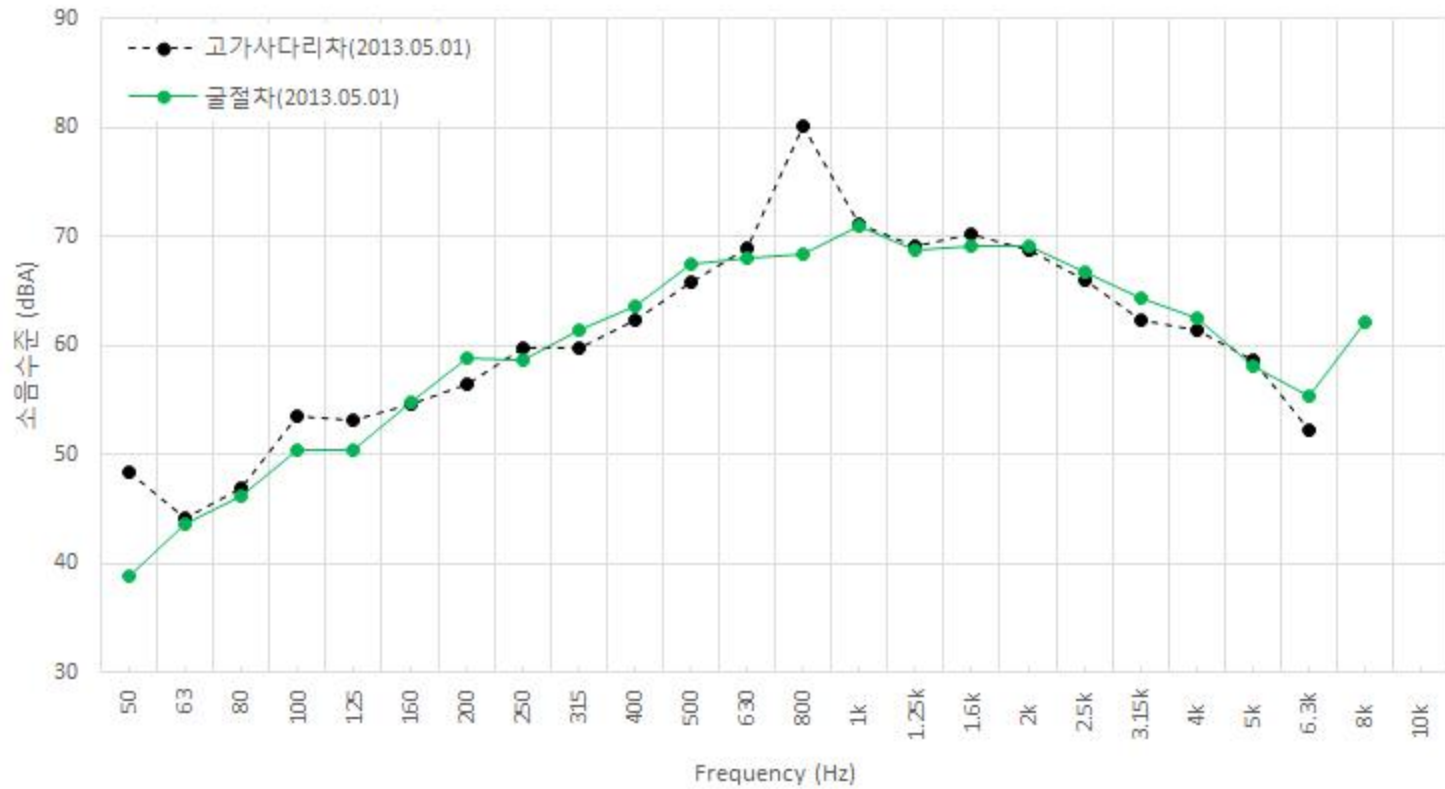
유압장치 가동시 주파수 특성 결과는 [표 12]와 같다.

고가사다리차에서는 가장 높은 주파수 대역은 800 Hz였으며, 음압수준은 80.1 dB로 나타났다. 주파수별 음압수준은 800Hz에서 가장 높게 나타나고 630 Hz ~ 2 kHz 대역에서 비교적 높게 나타났다.

굴절차의 PTO 가동시에는 1 kHz 대역에서 음압수준이 가장 높았다. 비교적 높은 음압수준으로 보인 주파수는 400 Hz ~ 3.15 kHz였다.

[표 12] 고가사다리차, 굴절차 PTO(유압장치) 주파수별 음압수준 (dB)

주파수(Hz)	고가사다리차 (13. 5. 1)	굴절차 (13. 5. 1)
50	48.4	38.8
63	44.2	43.6
80	46.9	46.1
100	53.5	50.5
125	53.2	50.4
160	54.6	54.8
200	56.5	58.8
250	59.8	58.7
315	59.8	61.5
400	62.3	63.6
500	65.9	67.5
630	69.0	68.1
800	80.1	68.4
1k	71.2	70.9
1.25k	69.2	68.7
1.6k	70.2	69.1
2k	68.8	69.1
2.5k	66.0	66.8
3.15k	62.3	64.3
4k	61.5	62.5
5k	58.7	58.1
6.3k	52.3	55.4
8k	< 31.6	62.1
10k	< 31.6	< 31.6
A	82.2	78.6
C	85.2	84.7



〈그림 14〉 고가사다리차 및 굴절차 PTO(유압장치) 주파수 특성.

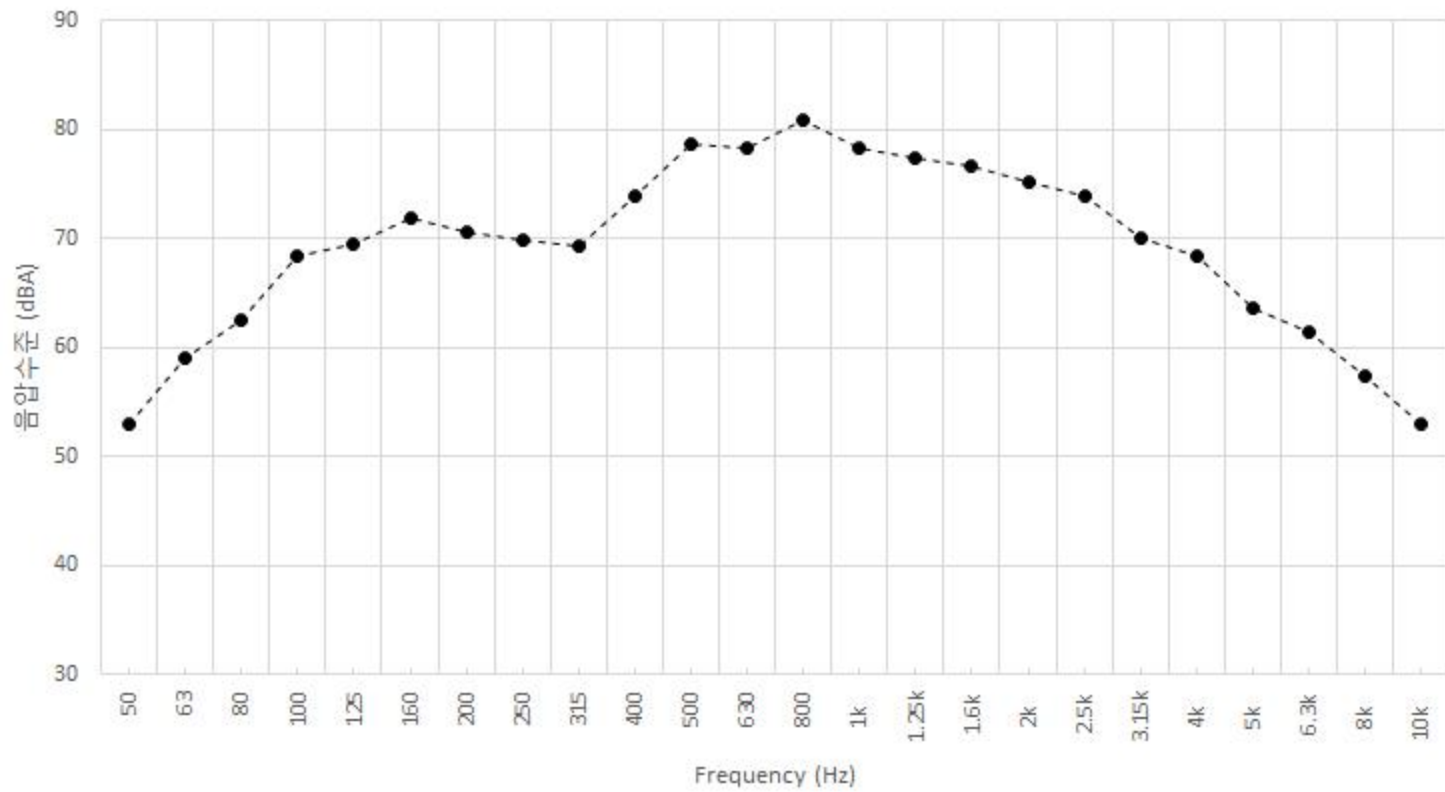
다) 배연장치 가동시 주파수 특성

조연차는 PTO로 배연장치를 구동한다. 해당 배연장치의 정격 회전수는 1,100 RPM이나 실제 현장에서는 일반 배연시 960 RPM, 미분무시 1200 RPM으로 사용하고 있었다. 일반 배연작업(960 RPM)을 하는 동안 소음을 측정한 결과는 [표 13]과 같이 소음수준은 87.7 dBA로 나타났다.

배연장치 가동시 주파수 특성 결과는 [표 13]과 같다. 음압수준이 가장 높은 주파수 대역은 800 Hz로 80.9 dB로 나타났다. 주파수 패턴은 800Hz 대역에서 가장 높게 나타난 뒤 옆으로 점차 낮아지는 패턴을 보이고 있다. 주요 주파수 대역은 400 Hz ~ 2.5 kHz로 판단된다.

[표 13] 조연차 PTO(배연장치) 주파수별 음압수준 (dB)

주파수(Hz)	조연차 (13. 5. 1)
50	53.0
63	59.0
80	62.5
100	68.3
125	69.5
160	71.9
200	70.6
250	69.9
315	69.3
400	73.8
500	78.7
630	78.2
800	80.9
1k	78.2
1.25k	77.3
1.6k	76.7
2k	75.1
2.5k	73.9
3.15k	70.0
4k	68.4
5k	63.6
6.3k	61.5
8k	57.3
10k	53.0
A	87.7
C	94.7



〈그림 15〉 조연차 PTO(배연장치) 주파수 특성.

4) 차량 고정식 발전기 가동시 주파수 특성

차량 발전기를 가동시키는 차량은 발전차와 조연차가 있었다. 구조공작차도 발전기가 탑재되어 있었으나, 이동이 가능한 이동식 장비로 소방차량에 부착된 것이 아니기 때문에 이동식 장비로 구분하여 분석하였다.

발전기 가동시 주파수 특성 결과는 [표 15]와 같다.

발전차 발전기 소음수준은 91.2 - 91.6 dBA로 나타났다. 가장 높은 dB 주파수 대역은 1.6 kHz 대역으로 83.2 dB로 나타났다. 주파수 패턴은 500Hz 대역 이상 부분에서 높게 나타났다. 메인주파수는 400 Hz ~ 2.5 kHz 대역으로 판단된다.

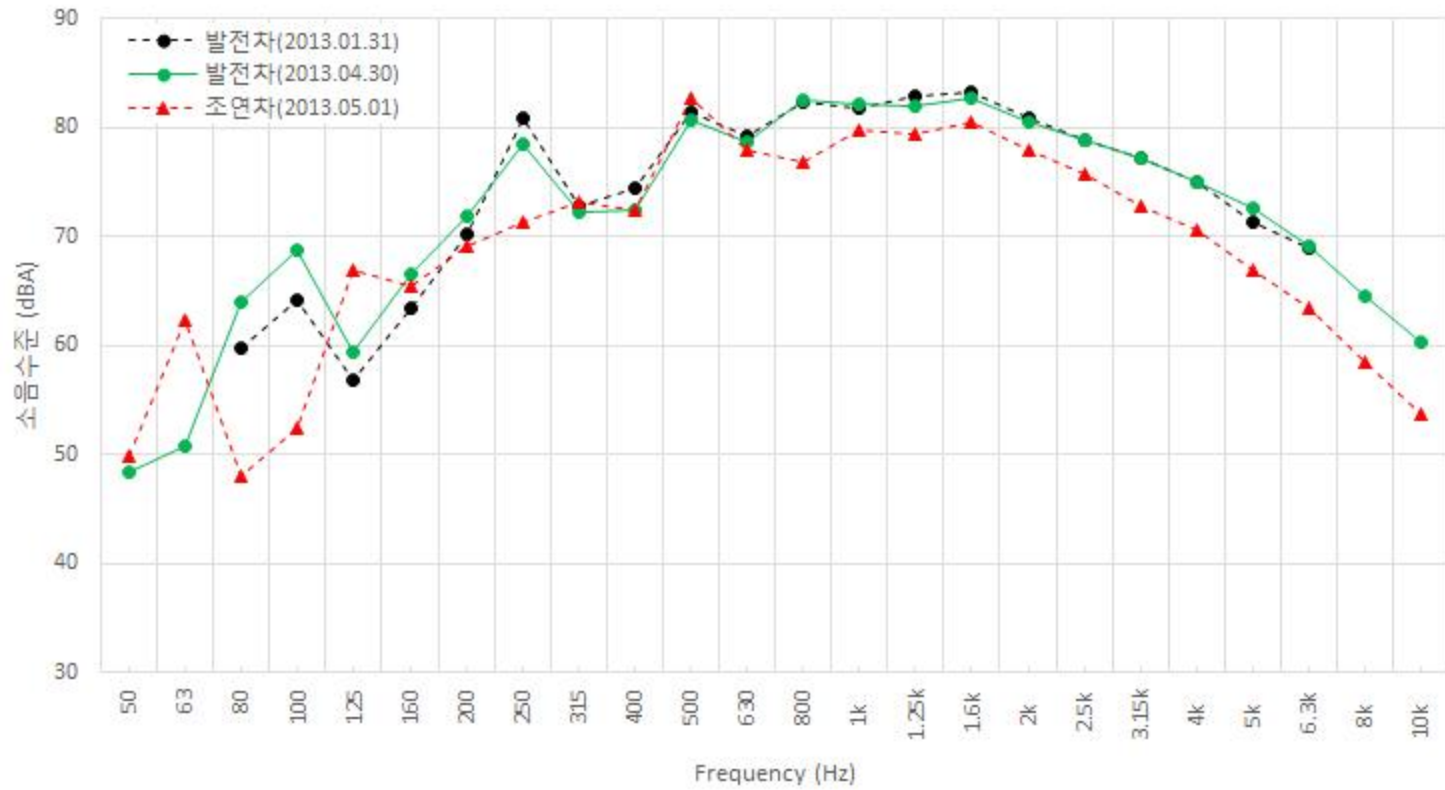
조연차 발전기 소음수준은 89 dBA로 나타났다. 가장 높은 dB 주파수 대역은 500 Hz 대역으로 82.7 dB로 나타났다. 주파수 패턴은 500Hz 대역 이상 부분에서 높게 나타났다. 메인주파수는 400 Hz ~ 3.15 kHz 대역으로 판단된다.

[표 14] 차량 고정식 발전기의 소음수준

장비명	측정일	작동시
		dBA
발전차	2013.01.31	91.6
	2013.04.30	91.2
조연차	2013.05.01	89.0

[표 15] 차량 고정식 발전기 가동시 주파수별 음압수준 (dB)

주파수(Hz)	발전차 (13. 1.31)	발전차 (13. 4.30)	조연차 (13. 5. 1)
50	< 51.6	48.3	49.8
63	< 51.6	50.7	62.4
80	59.7	63.9	48.1
100	64.2	68.8	52.5
125	56.9	59.4	66.9
160	63.4	66.5	65.5
200	70.3	71.9	69.2
250	80.9	78.5	71.3
315	72.8	72.2	73.2
400	74.5	72.4	72.5
500	81.5	80.7	82.7
630	79.2	78.6	78.0
800	82.4	82.5	76.9
1k	81.8	82.1	79.7
1.25k	82.9	82.0	79.3
1.6k	83.2	82.7	80.5
2k	80.9	80.5	77.9
2.5k	78.8	78.8	75.7
3.15k	77.2	77.1	72.8
4k	74.9	75.0	70.5
5k	71.3	72.6	66.9
6.3k	68.9	69.1	63.4
8k	< 51.6	64.6	58.5
10k	< 51.6	60.4	53.8
A	91.6	91.2	89.0
C	95.1	95.5	93.5



〈그림 16〉 발전차 및 조연차의 발전기 주파수 특성.

제 3 절 소방장비 관련 소음원별 소음특성

소방장비 중에서 사용할 때 높은 소음을 발생시키는 장비에 대하여 음압수준을 측정한 결과를 요약하면 [표 16]과 같다.

공기호흡기에 부착된 경보장치를 제외한 대부분의 장비는 가동 정도 또는 출력에 따라 발생하는 소음수준이 다르다. 본 조사에서는 기본적인 자료를 확보하기 위해 가능하면 정상적으로 작동하는 상태를 표준으로 하여 측정하였고, 필요한 경우 공회전시와 로드가 걸렸을 때 모두를 측정하였다.

[표 16] 소방장비별 소음수준

구 분			n	소음수준(dBA)		메인주파수(Hz)
				Mean	Range	
경보장치	공기호흡기 경보기		1	89.1	—	4 k
	인명구조 경보기		1	100.7	—	2.5 ~ 3.15 k
현장활동 지원장비	공기압축기		4	87.3	83.6 ~ 95.6	500 ~ 4 k
	공기용기 충전기		3	86.0	85.6 ~ 86.8	400 ~ 2.5 k
	송배풍기		4	93.0	84.9 ~ 102.2	400 ~ 2.5 k
	발전기		2	89.1	88.7 ~ 89.5	315 ~ 2.5 k
엔진식 공구	동력 절단기	공회전시	2	89.8	85.7 ~ 94.6	—
		로드시	2	104.3	100.1 ~ 108.4	630 ~ 4 k
	체인톱	공회전시	2	83.7	83.0 ~ 84.3	—
		로드시	2	105.7	104.7 ~ 106.6	200, 400, 800, 1.6 k ~ 2.5 k
	천공기	공회전시	1	87.7	—	—
		로드시	1	95.3	—	630 ~ 4k
공기압식 공구	착암기	로드시	2	95.7	93.2 ~ 98.1	500 ~ 10 k
		실작업시	2	96.0	95.3 ~ 96.7	—
전기식 공구	착암기	로드시	1	85.6	—	800 ~ 6.3 k
		실작업시	1	95.3	—	—
	코어드릴	로드시	1	88.2	—	1.6 k ~ 6.3 k
		실작업시	1	90.6	—	—

1) 경보장치

경보장치는 소방대원이 위급한 상황에 처했을 때 경보음을 올려주는 장치로 인명구조경보기와 SCBA 공기호흡기용 경보기가 있다.

인명구조경보기는 착용자가 일정시간 움직임이 없으면 경보가 울리기 시작하며, 예비경보가 먼저 울린 후 계속해서 움직임이 감지되지 않으면 본 경보음이 울린다. 공기호흡기의 경보기는 공기용기의 공기압이 일정 이하로 떨어지면 경보음이 울린다.

인명구조경보기의 본 경보가 울릴 때 측정한 음압수준은 100.7 dBA이었고, 공기호흡기의 경보기가 울릴 때 측정한 음압수준은 89.1 dBA이었다. 인명구조경보기나 공기호흡기의 경보기의 소음에 노출되는 경우는 극히 예외적인 상황이므로 평상시에는 노출될 가능성은 높지 않다. 다만 경보기는 수시로 작동여부를 점검해야 하므로 점검시 고소음에 노출될 수 있다.

경보장치 알람시 주파수 분석결과는 [표 18]과 같다.

공기호흡기 경보기 음의 주파수 특성은 4 kHz 대역에서 가장 높게 나타났고 그 다음으로는 3.15 kHz 대역에서 높게 나타났다(<그림 17> 참조).

인명구조경보기 본 경보음은 2.5 kHz 대역에서 가장 높게 나타났고 그다음으로는 3.15 Hz 대역에서 높게 나타났다(<그림 17> 참조).

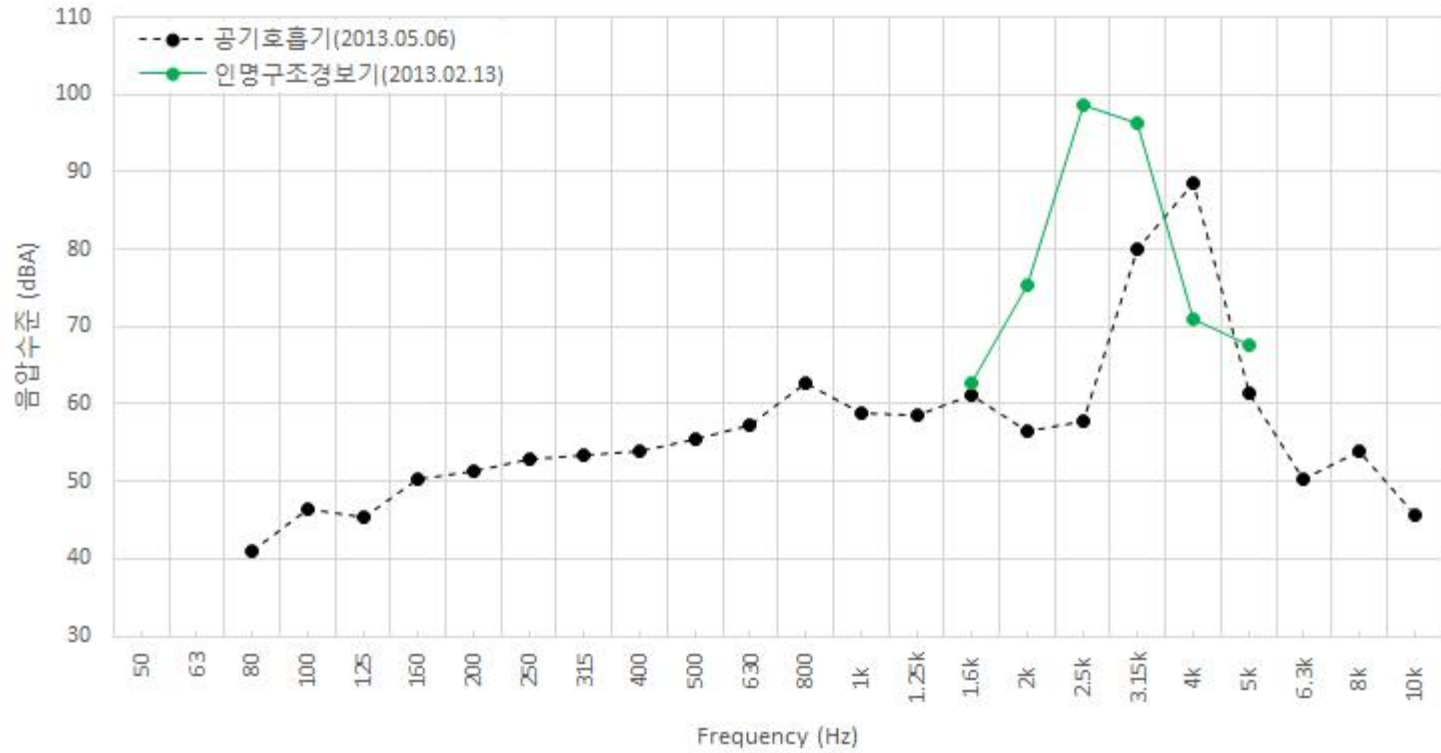
경보장치의 소음은 주요 주파수가 인명구조경보기의 경우 2.5 kHz ~ 3 kHz, 공기호흡기 경보기는 4 kHz로 나타났다.

[표 17] 경보장치의 소음수준

장비명	측정일	알람시
		dBA
공기호흡기 경보기	2013.05.06	89.1
인명구조 경보기	2013.02.13	100.7

[표 18] 경보장치 주파수별 음압수준 (dB)

주파수(Hz)	공기호흡기 경보기 (13. 5.06)	인명구조 경보기 (13. 2.13)
50	< 31.6	< 51.6
63	< 31.6	< 51.6
80	40.9	< 51.6
100	46.5	< 51.6
125	45.4	< 51.6
160	50.2	< 51.6
200	51.4	< 51.6
250	53.0	< 51.6
315	53.4	< 51.6
400	53.9	< 51.6
500	55.6	< 51.6
630	57.3	< 51.6
800	62.8	< 51.6
1k	58.8	< 51.6
1.25k	58.6	< 51.6
1.6k	61.2	62.6
2k	56.5	75.3
2.5k	57.8	98.7
3.15k	80.0	96.4
4k	88.6	71.0
5k	61.3	67.6
6.3k	50.4	< 51.6
8k	54.0	< 51.6
10k	45.6	< 51.6
A	89.1	100.7
C	87.8	99.1



〈그림 17〉 공기호흡기 및 인명구조경보기 주파수 특성.

2) 현장활동 지원장비

현장 활동시 각종 장비를 사용하기 위해서는 여러 부가적인 장비들이 필요하다. 공기압식 장비를 사용하기 위해서는 공기압축기 장비가 필요하고, 배연 작업을 하기 위해서는 송배풍기, 전기가 없는 곳에서는 발전기, 또한 화재 또는 산소가 부족한 공간에 진입하기 위해 착용하는 공기호흡기 공기용기를 충전하는 공기충진기 등의 장비가 필요하다. 이러한 장비들의 소음수준은 [표 19]에서 보는 바와 같이 84 dB에서 102 dB까지 다양하게 나타났다.

특별히 소음수준이 높은 것은 엔진식 공기압축기(96 dB), 펌프차 및 조연차의 엔진식 팬 (각각 96 dB, 102 dB)이었다.

[표 19] 현장활동 지원장비의 소음수준

장비명	측정일	가동시
		dB(A)
엔진식공기압축기(구조버스)	2013.02.13	83.8
엔진식공기압축기(구조공작차)	2013.01.29	85.6
엔진식공기압축기(서내)	2013.01.31	95.6
전기식공기압축기(서내)	2013.01.31	86.0
공기충진기A(서내)	2013.02.12	85.6
공기충진기B(서내)	2013.02.12	85.6
이동식공기충진기	2013.02.12	86.8
엔진식 팬(펌프차)	2013.02.12	96.4
엔진식 팬(조연차)	2013.05.01	102.2
전기식 팬(조연차)	2013.01.31	84.9
	2013.05.01	88.4
발전기(구조공작차)	2013.01.31	88.7
발전기(서내)	2013.02.14	89.5

가) 공기압축기

소방서에는 엔진식과 전기식 공기압축기를 사용하고 있었다. 공기압축기는 소방서 내 또는 구조차량에 비치되어 있었다.

엔진식 공기압축기는 크기나 모델에 따라 소음발생 수준이 달랐으며, 약 84 dB에서 96 dB 정도의 소음이 발생되었다. 전기식 공기압축기도 비슷한 수준인 86 dB의 소음이 발생되었다.

공기압축기 작동시 주파수 분석결과는 [표 20]과 같다.

공기압축기의 주요 주파수 대역은 500-2000Hz였다. 엔진식 C타입의 경우는 용량이 커서 소음수준도 95.6 dBA로 가장 크게 나타났는데, 주요 주파수 대역은 500-2000Hz로 비슷하게 나타났다. 전기식 공기압축기도 공기식 압축기와 비슷하게 나타났다.

나) 공기충진기

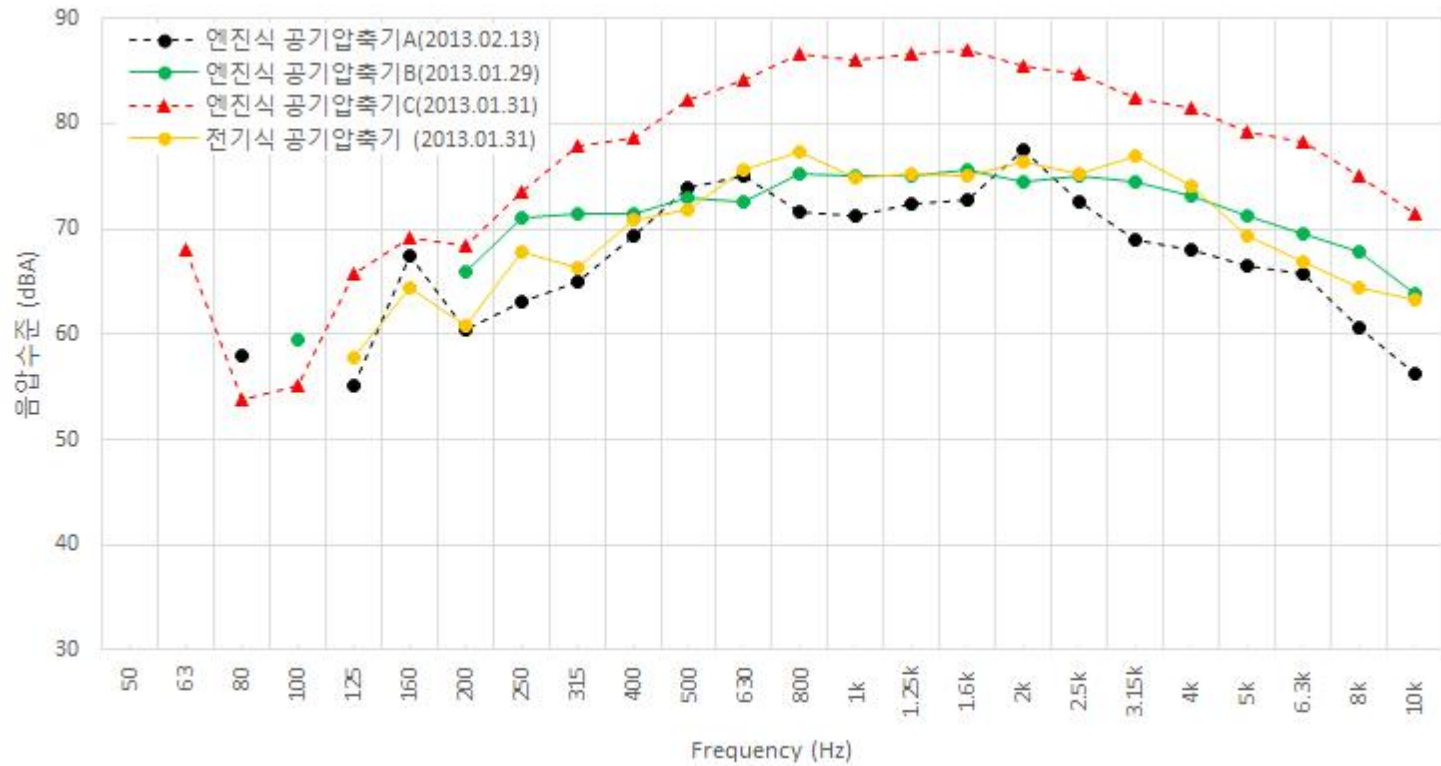
공기충진기는 소방서내 및 이동식 트레일러에 설치되어 있었다. 공기충진기의 소음은 86~87 dB정도로 일정했다.

공기압축기 작동시 주파수 분석결과는 [표 21]과 같다.

공기충진기의 소음은 400 Hz ~ 2.5 kHz의 대역에 고르게 넓게 퍼져있었다.

[표 20] 공기압축기 주파수별 음압수준 (dB)

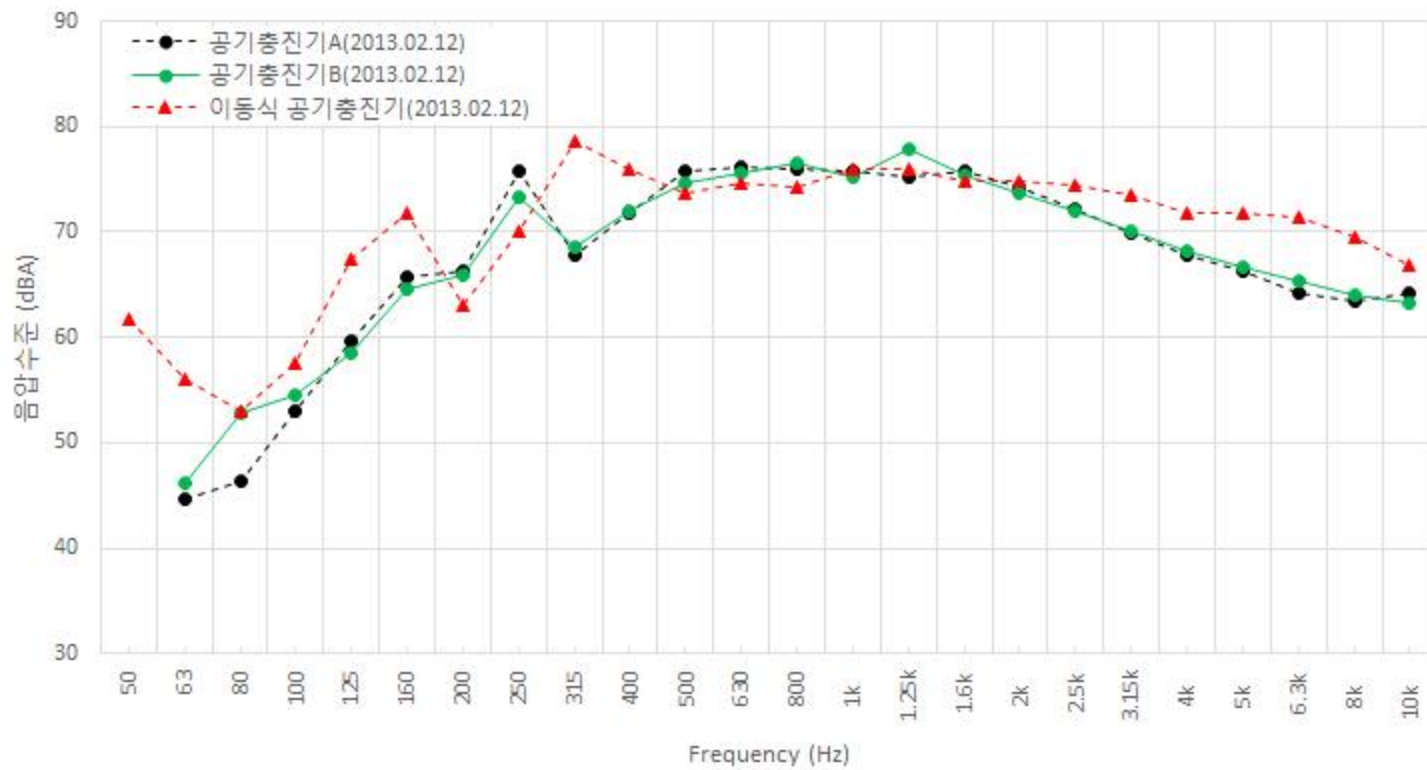
주파수(Hz)	엔진식 공기압축기A (13.02.13)	엔진식 공기압축기B (13.01.29)	엔진식 공기압축기C (13.01.31)	전기식 공기압축기 (13.01.31)
50	< 51.6	< 51.6	< 51.6	< 51.6
63	< 51.6	< 51.6	68.0	< 51.6
80	58.0	< 51.6	53.9	< 51.6
100	< 51.6	59.5	55.1	< 51.6
125	55.1	< 51.6	65.7	57.7
160	67.4	< 51.6	69.2	64.4
200	60.4	66.0	68.5	60.8
250	63.1	71.0	73.6	67.8
315	65.0	71.4	77.9	66.4
400	69.4	71.5	78.6	70.8
500	74.0	73.0	82.3	71.8
630	75.0	72.6	84.2	75.6
800	71.6	75.2	86.7	77.3
1k	71.3	75.0	86.1	74.8
1.25k	72.4	75.0	86.6	75.2
1.6k	72.8	75.7	87.0	75.0
2k	77.5	74.4	85.4	76.3
2.5k	72.6	75.0	84.7	75.2
3.15k	69.0	74.5	82.5	77.0
4k	68.0	73.2	81.5	74.2
5k	66.6	71.3	79.3	69.3
6.3k	65.7	69.5	78.2	66.9
8k	60.7	67.8	75.0	64.4
10k	56.2	63.8	71.4	63.2
A	83.8	85.6	95.6	86.0
C	88.3	91.6	99.2	88.0



〈그림 18〉 공기압축기 주파수 특성.

[표 21] 공기충진기 주파수별 음압수준 (dB)

주파수(Hz)	공기충진기A (13. 2.12)	공기충진기B (13. 2.12)	이동식 공기충진기 (13. 2.12)
50	< 51.6	< 51.6	61.8
63	44.7	46.2	56.1
80	46.4	52.9	53.1
100	53.1	54.5	57.5
125	59.7	58.6	67.5
160	65.8	64.6	71.7
200	66.2	65.9	63.1
250	75.8	73.4	70.0
315	67.8	68.6	78.6
400	71.8	71.9	75.9
500	75.7	74.7	73.7
630	76.2	75.6	74.6
800	76.0	76.5	74.3
1k	75.8	75.3	76.0
1.25k	75.2	77.8	75.9
1.6k	75.7	75.4	74.8
2k	74.3	73.7	74.9
2.5k	72.1	71.9	74.5
3.15k	69.8	70.0	73.5
4k	67.8	68.1	71.8
5k	66.2	66.7	71.7
6.3k	64.2	65.4	71.5
8k	63.4	64.0	69.6
10k	64.2	63.2	66.8
A	85.6	85.6	86.8
C	89.8	89.2	97.1



〈그림 19〉 공기충진기 주파수 특성.

다) 송배풍기

송배풍기는 동력인출장치를 사용하여 배연작업을 하는 조연차 송배풍기 외에 엔진식, 전기식 송배풍기가 있었다. 송배풍기는 대부분 조연차에 보관되어 있었으며, 그 외 엔진식 송배풍기 1대가 펌프차내에 보관되어 있었다.

송배풍기 작동시 주파수 분석결과는 [표 22]과 같다.

엔진식 팬A는 펌프차내에 보관되어 있던 것으로 배연작업시 96.4 dBA로 나타났다. 엔진식 팬B는 조연차내에 보관되어 있던 것으로 배연작업시 102.2 dBA로 나타났다. 전기식 팬은 조연차내에 보관되어 있던 것으로 배연작업시 84.9 ~ 88.4 dBA로 나타났다.

주파수 패턴은 모든 대역에서 비슷하게 나타났다. 송배풍기의 소음은 400 Hz ~ 2.5 kHz 대역에 걸쳐 고르게 분포되어 있었다.

라) 발전기

발전기는 현장 활동시 주위의 전력을 사용할 수 없는 환경에서 전력이 필요한 경우 사용한다. 소방서에는 엔진식 전기식 공기압축기를 사용하고 있었다. 장비는 서내 또는 구조차량 내에 비치되어 있었다.

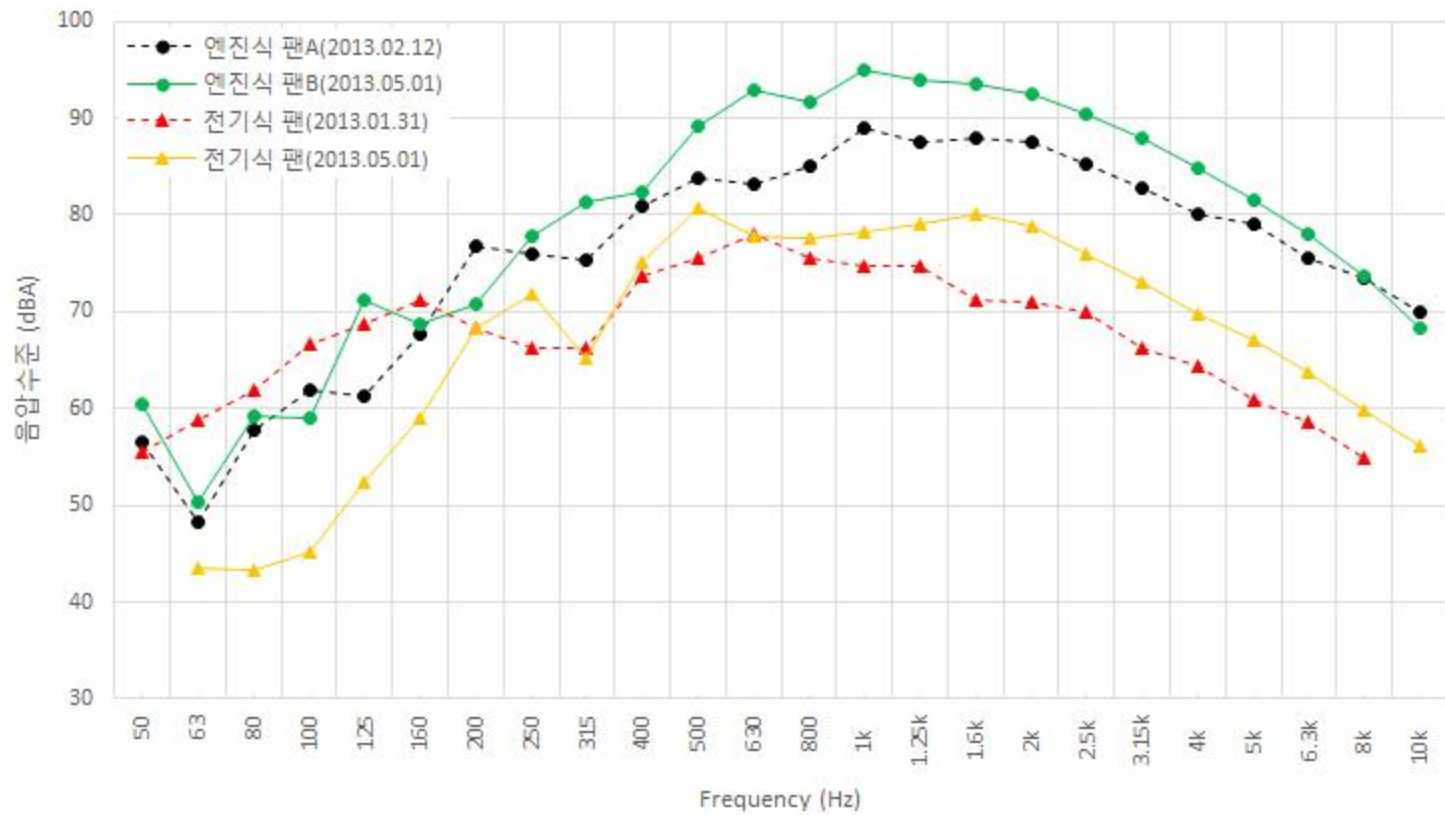
발전기의 소음수준은 89 ~ 90 dB로 나타났다

발전기 작동시 주파수 분석결과는 [표 23]과 같다.

발전기 소음은 315 Hz ~ 2.5 kHz 대역에 넓게 나타났다.

[표 22] 송배풍기 주파수별 음압수준 (dB)

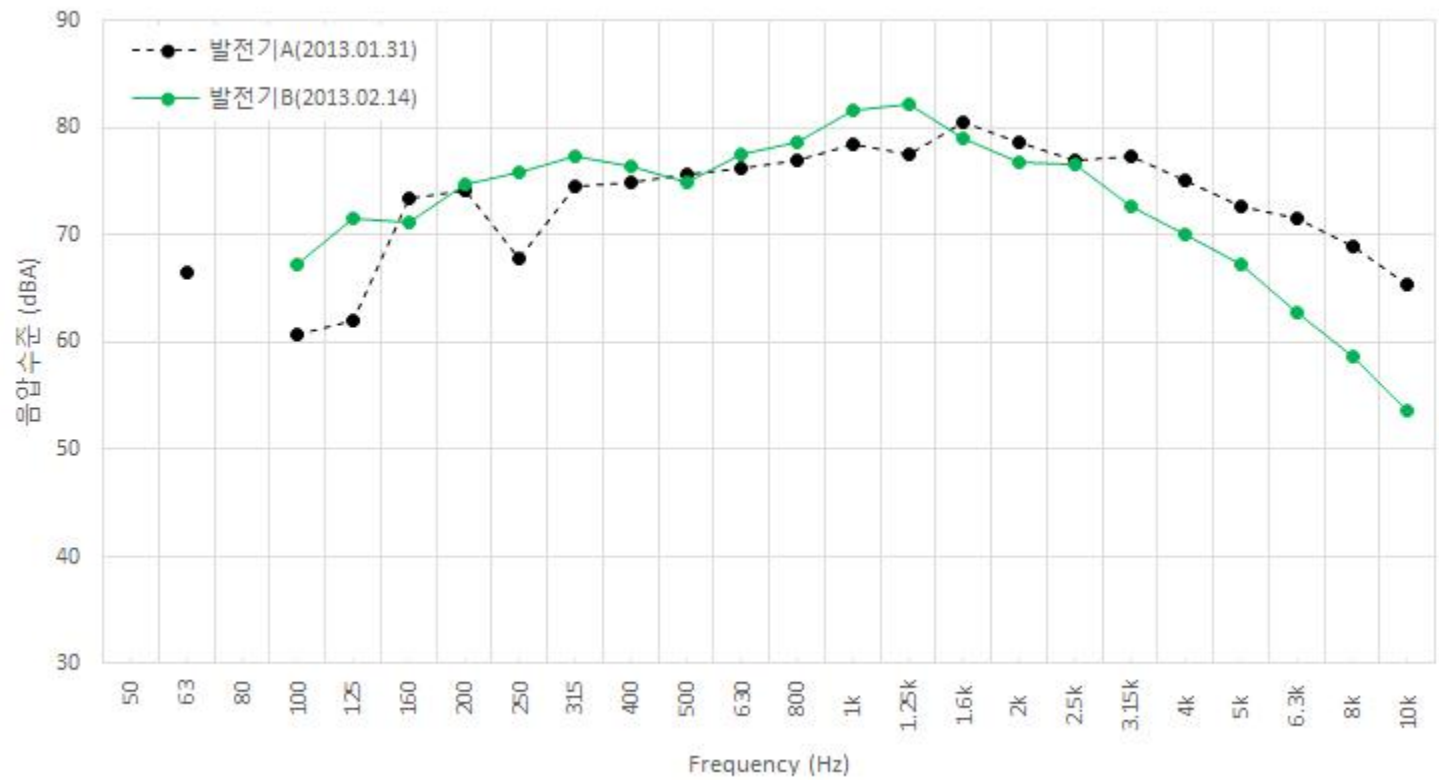
주파수(Hz)	엔진식 팬A (13. 2.12)	엔진식 팬B (13. 5.01)	전기식 팬 (13. 1.31)	전기식 팬 (13. 5.01)
50	56.5	60.5	55.5	-
63	48.3	50.4	58.9	43.6
80	57.8	59.2	61.8	43.2
100	61.8	59.1	66.6	45.2
125	61.3	71.2	68.8	52.3
160	67.6	68.8	71.3	59.1
200	76.7	70.8	68.4	68.4
250	76.0	77.9	66.3	71.9
315	75.4	81.3	66.2	65.2
400	80.9	82.4	73.7	75.2
500	83.7	89.1	75.6	80.6
630	83.1	92.8	78.0	77.8
800	85.0	91.7	75.6	77.7
1k	89.0	94.9	74.8	78.2
1.25k	87.6	94.0	74.7	79.1
1.6k	87.9	93.5	71.1	80.0
2k	87.6	92.5	70.9	78.9
2.5k	85.3	90.4	69.9	75.9
3.15k	82.8	87.9	66.3	73.1
4k	80.0	84.9	64.3	69.7
5k	79.1	81.6	60.8	67.0
6.3k	75.6	78.1	58.6	63.7
8k	73.4	73.6	54.9	59.9
10k	69.9	68.4	< 51.6	56.2
A	96.4	102.2	84.9	88.4
C	97.9	103.0	93.8	90.4



〈그림 20〉 송배풍기 주파수 특성.

[표 23] 발전기 주파수별 음압수준 (dB)

주파수(Hz)	발전기A (13. 1.31)	발전기B (13. 2.14)
50	< 51.6	< 51.6
63	66.5	< 51.6
80	< 51.6	< 51.6
100	60.7	67.3
125	62.1	71.6
160	73.4	71.2
200	74.2	74.7
250	67.9	75.8
315	74.6	77.4
400	75.0	76.5
500	75.6	75.0
630	76.2	77.5
800	76.9	78.7
1k	78.4	81.7
1.25k	77.6	82.2
1.6k	80.6	79.1
2k	78.6	76.8
2.5k	76.9	76.6
3.15k	77.3	72.7
4k	75.1	70.1
5k	72.7	67.3
6.3k	71.6	62.8
8k	69.0	58.6
10k	65.4	53.7
A	88.7	89.5
C	95.8	95.1



〈그림 21〉 발전기 주파수 특성.

3) 엔진식 공구

소방장비 중에서 엔진식 공구에서 발생하는 음압수준을 측정한 결과를 요약하면 [표 24]과 같다.

공기호흡기에 부착된 경보장치를 제외한 대부분의 장비는 가동 정도 또는 출력에 따라 발생하는 소음수준이 다르다. 본 조사에서는 기본적인 자료를 확보하기 위해 가능하면 정상적으로 작동하는 상태를 표준으로 하여 측정하였고, 필요한 경우 공회전시와 로드가 걸렸을 때 모두를 측정하였다.

동력절단기나 체인톱, 그리고 천공기는 대표적인 소음공구로 공회전시보다는 실제 작업을 할 때 높은 소음이 발생한다. 본 조사에서도 출력을 높이면 보통 100 dB에서 108 dB까지 소음이 올라가며 실제 작업을 할 때에는 보통 100 dB이상의 높은 소음이 발생한다.

[표 24] 엔진식공구의 소음수준

장비명	측정일	공회전시	고출력시	실작업시
		dBA	dBA	dBA
동력절단기A(구조버스)	2013.02.13	93.8	100.1	107.6
동력절단기B(구조공작차)	2013.02.13	85.7	108.4	—
체인톱A(구조버스)	2013.01.31	84.3	106.6	—
체인톱B(구조공작차)	2013.01.31	83.0	104.7	—
천공기(서내)	2013.02.13	87.7	99.0	100.6

가) 동력절단기

(1) 실제 작업시 소음특성

동력절단기에서 발생하는 소음수준은 공회전시에는 86~94 dB이었으나 고출력시에는 100~108 dB의 높은 소음이 발생했다. 또한 실제 물건을 절단하는 작업을 할 때에는 108 dB정도의 소음이 발생하는 것으로 나타났다. 동력절단기로 작업을 할 때의 주파수 분석결과는 [표 25]과 같다.

작업을 할 때는 절단기의 출력을 높이므로 엔진의 주파수가 증가한다. 실제 주파수 측정결과를 보면 2.5 kHz에서 가장 높은 93.0 dB로 나타났으며, 대부분 고주파 영역인 1,000 Hz ~ 4000 Hz에서 높게 나타났다.

(2) 공회전시와 고출력시 소음특성

동력절단기 실제 작업수준으로 고출력을 낼 때 주파수 분석결과는 [표 25]과 같다.

동력절단기A 고출력을 낼 때 소음수준은 100.1 dBA로 나타났다. 공회전시에는 93.8 dBA로 나타났다. 주파수 패턴은 모든 대역에서 비슷하게 나타났다.

동력절단기B 고출력을 낼 때 소음수준은 108.4 dBA로 나타났다. 공회전시에는 85.7 dBA로 나타났다. 고출력을 낼 때 주로 1.6 kHz 이상 높은 주파수 대역에서 크게 상승하였다.

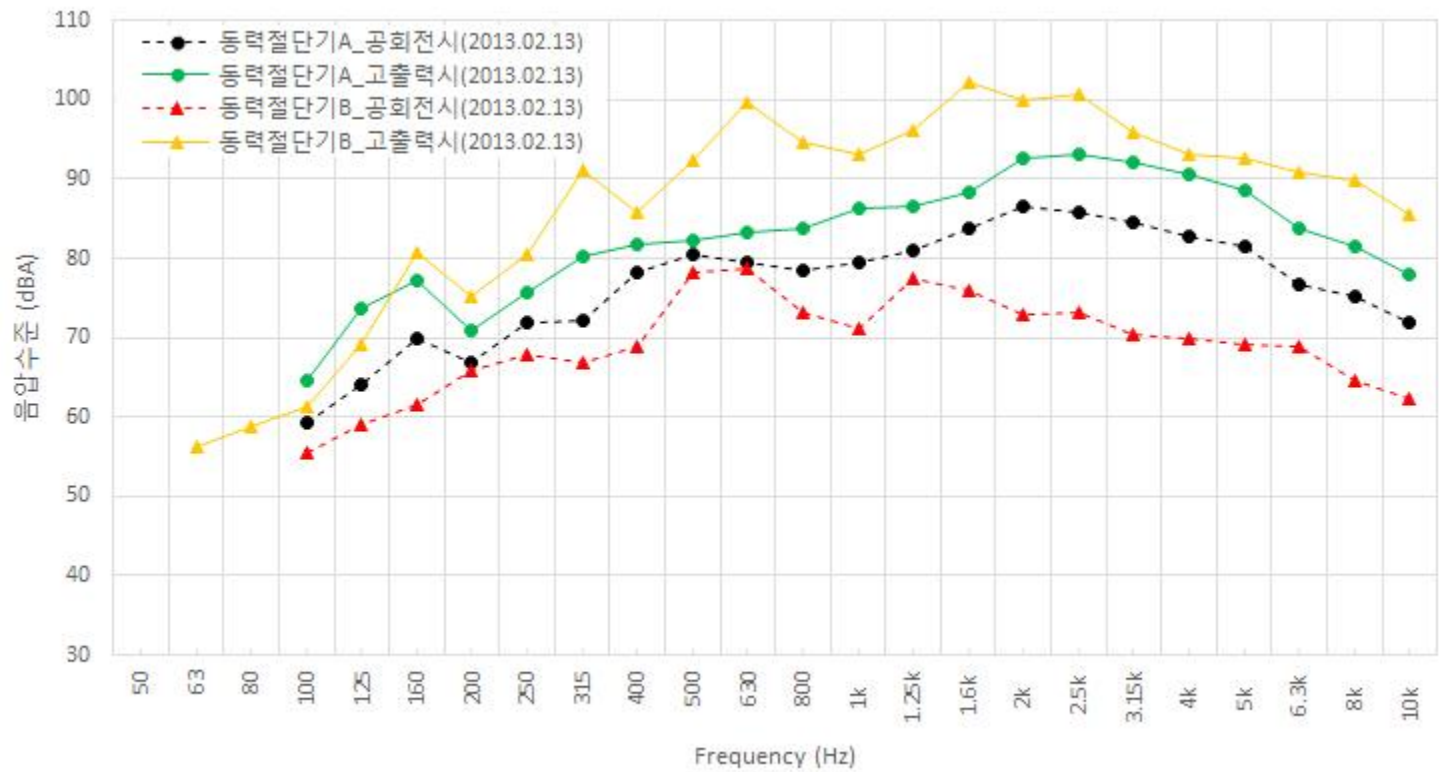
(3) 고출력시와 실제 작업시의 소음특성

동력절단기 작업시 주파수 분석결과는 [표 26]과 같다.

동력절단기A 작업시 소음수준은 107.6 dBA로 나타났다. 로드시에는 100.1 dBA로 나타났다. 주파수별 소음수준은 고주파 영역에서 높게 나타났다.

[표 25] 동력절단기 공회전시와 고출력시 주파수별 음압수준 (dB)

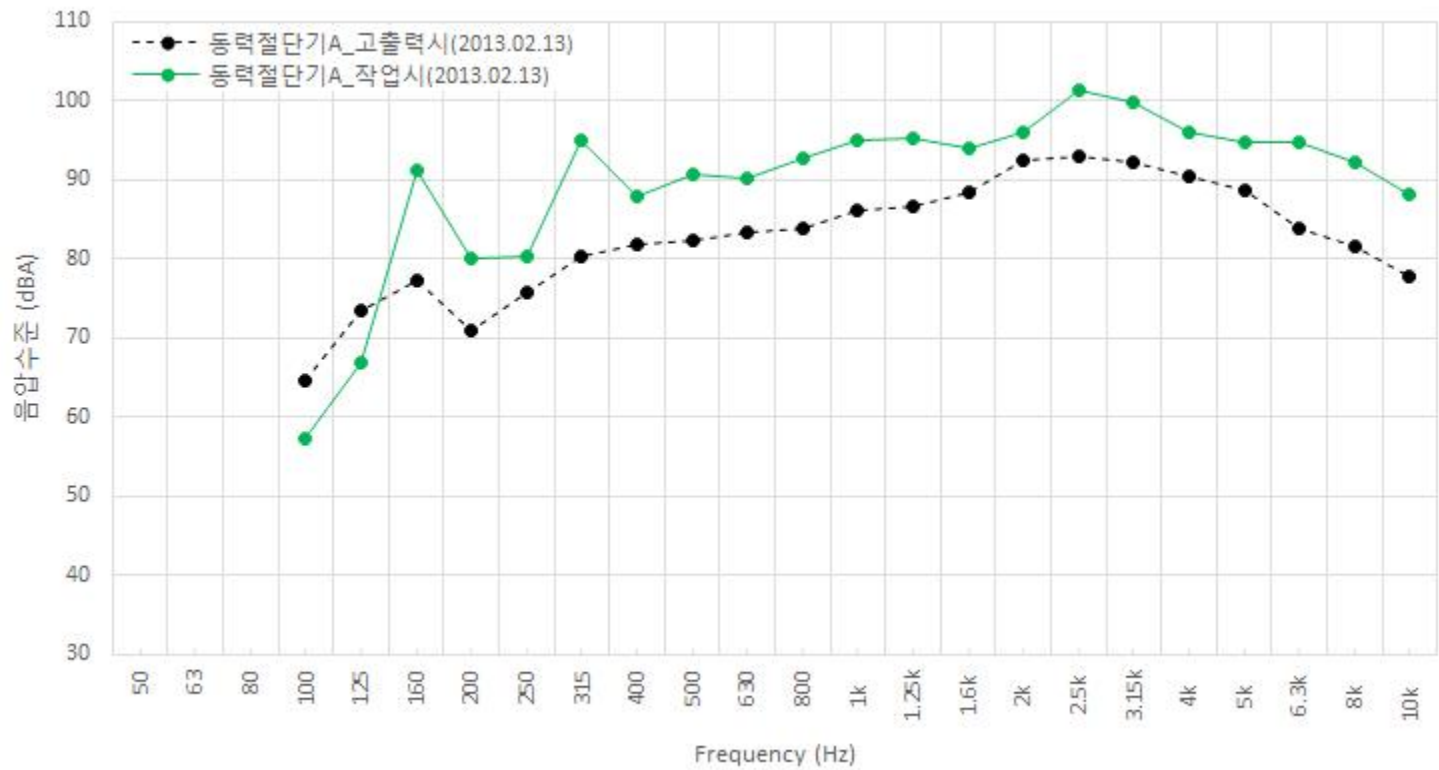
주파수(Hz)	동력절단기A (13. 2.13)			동력절단기B (13. 2.13)		
	고출력시	공회전시	차이	고출력시	공회전시	차이
50	< 51.6	< 51.6	-	< 51.6	< 51.6	-
63	< 51.6	< 51.6	-	56.3	< 51.6	-
80	< 51.6	< 51.6	-	58.7	< 51.6	-
100	64.6	59.3	5.3	61.4	55.4	6.0
125	73.6	64.1	9.5	69.2	59.1	10.1
160	77.2	70.0	7.2	80.8	61.5	19.3
200	71.0	66.8	4.2	75.1	65.9	9.2
250	75.8	71.8	4.0	80.6	67.8	12.8
315	80.2	72.1	8.1	91.0	66.9	24.1
400	81.8	78.3	3.5	85.8	68.8	17.0
500	82.3	80.4	1.9	92.3	78.1	14.2
630	83.4	79.6	3.8	99.6	78.7	20.9
800	83.9	78.5	5.4	94.7	73.2	21.5
1k	86.2	79.6	6.6	93.1	71.1	22.0
1.25k	86.6	80.9	5.7	96.2	77.5	18.7
1.6k	88.3	83.7	4.6	102.1	76.0	26.1
2k	92.5	86.5	6.0	99.9	72.8	27.1
2.5k	93.0	85.8	7.2	100.8	73.1	27.7
3.15k	92.2	84.6	7.6	95.8	70.4	25.4
4k	90.5	82.7	7.8	93.1	69.9	23.2
5k	88.6	81.4	7.2	92.7	69.2	23.5
6.3k	83.9	76.8	7.1	90.8	68.8	22.0
8k	81.5	75.1	6.4	89.8	64.6	25.2
10k	77.9	72.0	5.9	85.6	62.2	23.4
A	100.1	93.8	6.3	108.4	85.7	22.7
C	100.6	94.6	6.0	108.5	88.9	19.6



〈그림 22〉 동력절단기 공회전시와 고출력시 주파수 특성.

[표 26] 동력절단기 고출력시와 실제 작업시 주파수별 음압수준 (dB)

주파수(Hz)	동력절단기A (13. 2.13)		
	고출력시	작업시	차이
50	< 51.6	< 51.6	-
63	< 51.6	< 51.6	-
80	< 51.6	< 51.6	-
100	64.6	57.4	-7.2
125	73.6	66.9	-6.7
160	77.2	91.2	14.0
200	71.0	80.1	9.1
250	75.8	80.2	4.4
315	80.2	95.0	14.8
400	81.8	87.9	6.1
500	82.3	90.8	8.5
630	83.4	90.3	6.9
800	83.9	92.8	8.9
1k	86.2	94.9	8.7
1.25k	86.6	95.2	8.6
1.6k	88.3	94.0	5.7
2k	92.5	96.0	3.5
2.5k	93.0	101.3	8.3
3.15k	92.2	99.7	7.5
4k	90.5	95.9	5.4
5k	88.6	94.8	6.2
6.3k	83.9	94.8	10.9
8k	81.5	92.2	10.7
10k	77.9	88.2	10.3
A	100.1	107.6	7.5
C	100.6	109.1	8.5



〈그림 23〉 동력절단기의 고출력시와 실제 작업시 주파수 특성.

나) 체인톱

(1) 고출력시 소음특성

체인톱을 실제 작업수준으로 로드시 주파수 분석결과는 [표 27]와 같다.

체인톱A 경우 소음수준은 106.6 dBA로 나타났다. 가장 높은 dB 주파수 대역은 400 Hz 대역으로 99.3 dB로 나타났다. 주파수 패턴은 모든 대역에서 비슷하게 나타났다.

체인톱B 경우 소음수준은 104.7 dBA로 나타났다. 가장 높은 dB 주파수 대역은 3.14 kHz 대역으로 97.4 dB로 나타났다. 주파수 패턴은 모든 대역에서 비슷하게 나타났다.

체인톱 로드시 메인주파수는 1.6 kHz ~ 5 kHz 및 200Hz, 400Hz, 800 Hz 인 것으로 판단되었다.

(2) 고출력시와 공회전시 소음특성

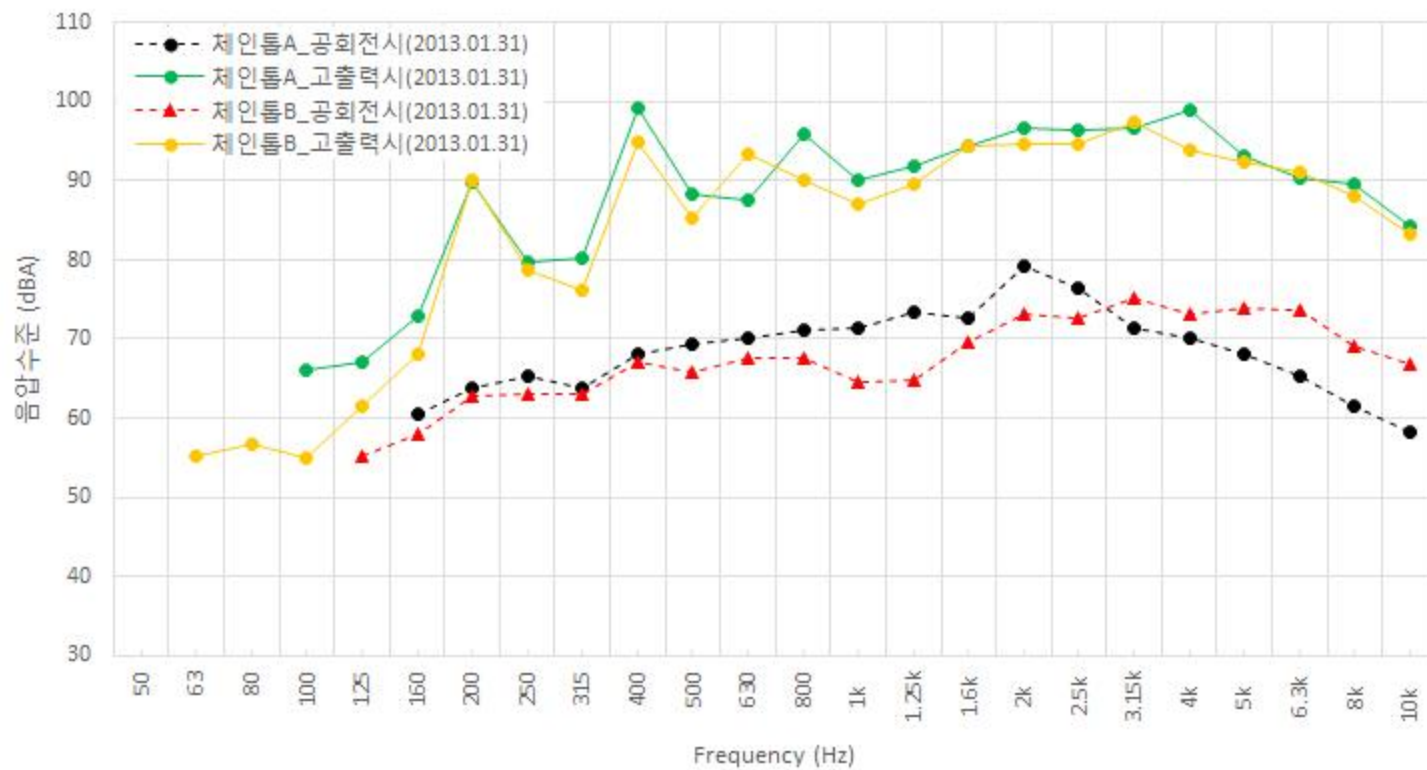
체인톱 공회전시 메인주파수는 500 Hz ~ 4 kHz 대역으로 판단되었다.

체인톱A 로드시 소음수준은 106.6 dBA로 나타났다. 공회전시 84.3 dBA로 나타났다. 로드시 200 Hz, 400 Hz, 800 Hz 대역에서 다른 주파수보다 높게 상승하였다.

체인톱 B 로드시 소음수준은 104.7 dBA로 나타났다. 공회전시 83 dBA로 나타났다. 로드시 200 Hz, 400 Hz, 630 Hz 대역에서 다른 주파수보다 높게 상승하였다.

[표 27] 체인톱 로드시 공회전시 주파수별 음압수준 (dB)

주파수(Hz)	체인톱A (13. 1.31)			체인톱B (13. 1.31)		
	고출력시	공회전시	차이	고출력시	공회전시	차이
50	< 51.6	< 51.6	-	< 51.6	< 51.6	-
63	< 51.6	< 51.6	-	55.1	< 51.6	-
80	< 51.6	< 51.6	-	56.6	< 51.6	-
100	66.1	< 51.6	-	55.0	< 51.6	-
125	67.0	< 51.6	-	61.5	55.1	6.4
160	72.8	60.6	12.2	68.2	58.0	10.2
200	89.8	63.8	26.0	90.0	62.8	27.2
250	79.8	65.3	14.5	78.7	63.1	15.6
315	80.2	63.7	16.5	76.2	63.0	13.2
400	99.3	68.1	31.2	94.9	67.1	27.8
500	88.3	69.3	19.0	85.4	65.8	19.6
630	87.5	70.0	17.5	93.3	67.5	25.8
800	96.0	71.2	24.8	90.0	67.5	22.5
1k	90.2	71.5	18.7	87.2	64.6	22.6
1.25k	91.8	73.3	18.5	89.7	64.8	24.9
1.6k	94.3	72.7	21.6	94.3	69.6	24.7
2k	96.7	79.3	17.4	94.7	73.1	21.6
2.5k	96.5	76.5	20.0	94.7	72.7	22.0
3.15k	96.6	71.4	25.2	97.4	75.2	22.2
4k	98.9	70.2	28.7	93.9	73.2	20.7
5k	93.2	68.0	25.2	92.5	74.0	18.5
6.3k	90.4	65.2	25.2	91.2	73.6	17.6
8k	89.6	61.6	28.0	88.2	69.1	19.1
10k	84.4	58.3	26.1	83.2	66.9	16.3
A	106.6	84.3	22.3	104.7	83.0	21.7
C	108.1	86.1	22.0	106.1	84.7	21.4



〈그림 24〉 체인톱 고출력시 공회전시 주파수 특성.

다) 천공기 사용시 주파수 분석결과

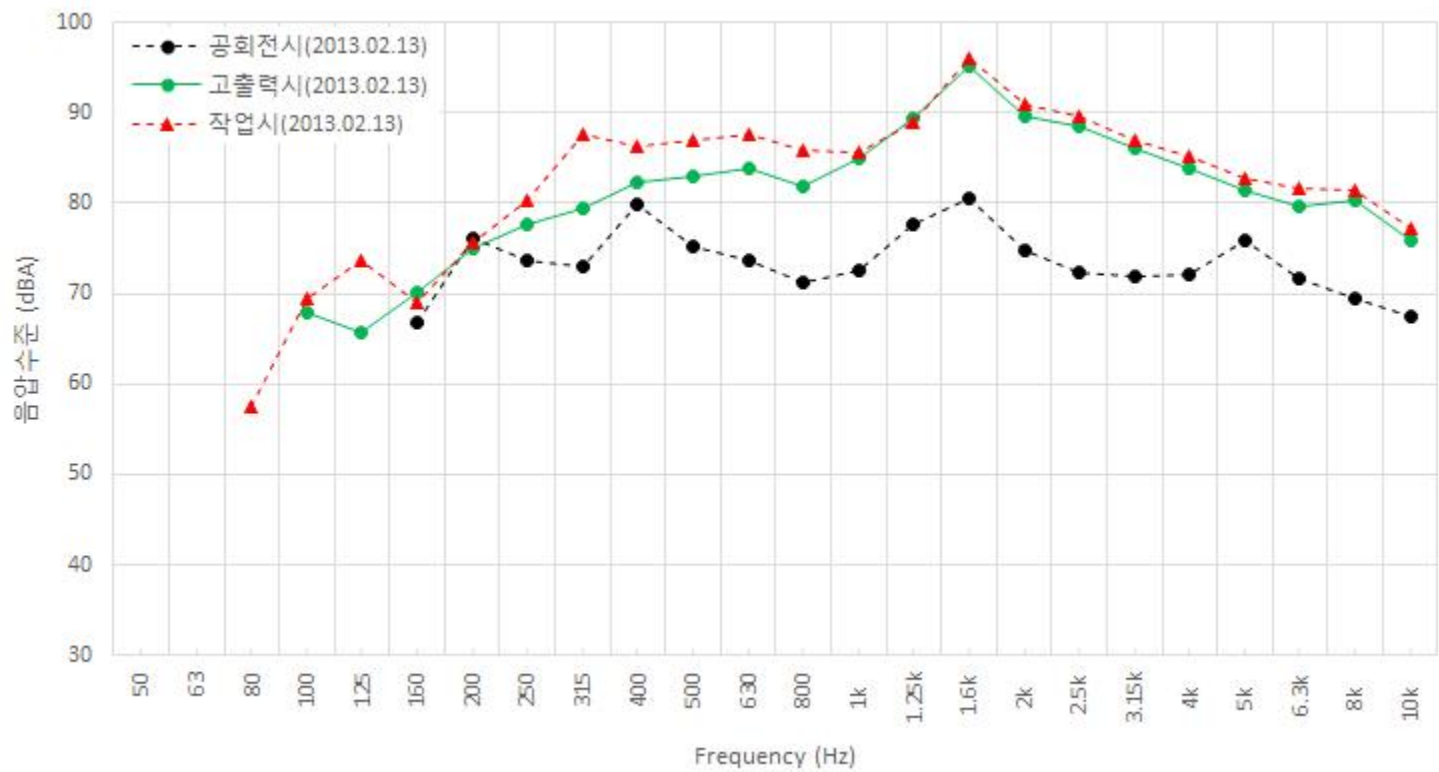
천공기 경우 고출력시 소음수준은 99.0 dBA로 나타났다. 가장 높은 주파수 대역은 1.6 kHz 대역으로 95.1 dB로 나타났다. 주파수는 넓은 주파수 범위에 비슷하게 넓게 퍼져 있다. 소음수준에 영향을 미치는 주요 주파수 대역은 630Hz ~ 4kHz 대역인 것으로 보인다.

공회전시 소음수준은 87.7 dBA였으며 출력을 높이면 고주파수 영역(500 Hz ~ 4 kHz 대역)에서 소음이 크게 상승한다.

작업시 소음수준은 100.6 dBA로 고출력시 고주파수 영역에서 소음이 크게 상승한다.

[표 28] 천공기 주파수별 음압수준 (dB)

주파수(Hz)	공회전시 (13. 2.13)	로드시 (13. 2.13)
50	< 51.6	< 51.6
63	< 51.6	< 51.6
80	< 51.6	< 51.6
100	< 51.6	68.0
125	< 51.6	65.6
160	66.7	70.1
200	76.1	74.9
250	73.7	77.7
315	72.9	79.4
400	79.8	82.2
500	75.1	83.0
630	73.6	83.8
800	71.2	81.8
1k	72.5	85.0
1.25k	77.6	89.3
1.6k	80.5	95.1
2k	74.8	89.5
2.5k	72.3	88.4
3.15k	71.9	86.1
4k	72.1	83.8
5k	75.8	81.4
6.3k	71.6	79.7
8k	69.5	80.2
10k	67.4	75.9
A	87.7	99.0
C	92.6	99.5



〈그림 25〉 천공기 사용시 주파수 특성.

4) 공압식 공구

[표 29] 공압식 공구의 소음수준(dBA)

장비명	측정일	고출력시	실작업시
착암기A	2013.02.13	98.1	96.7
착암기B	2013.02.13	93.2	95.3

가) 착암기

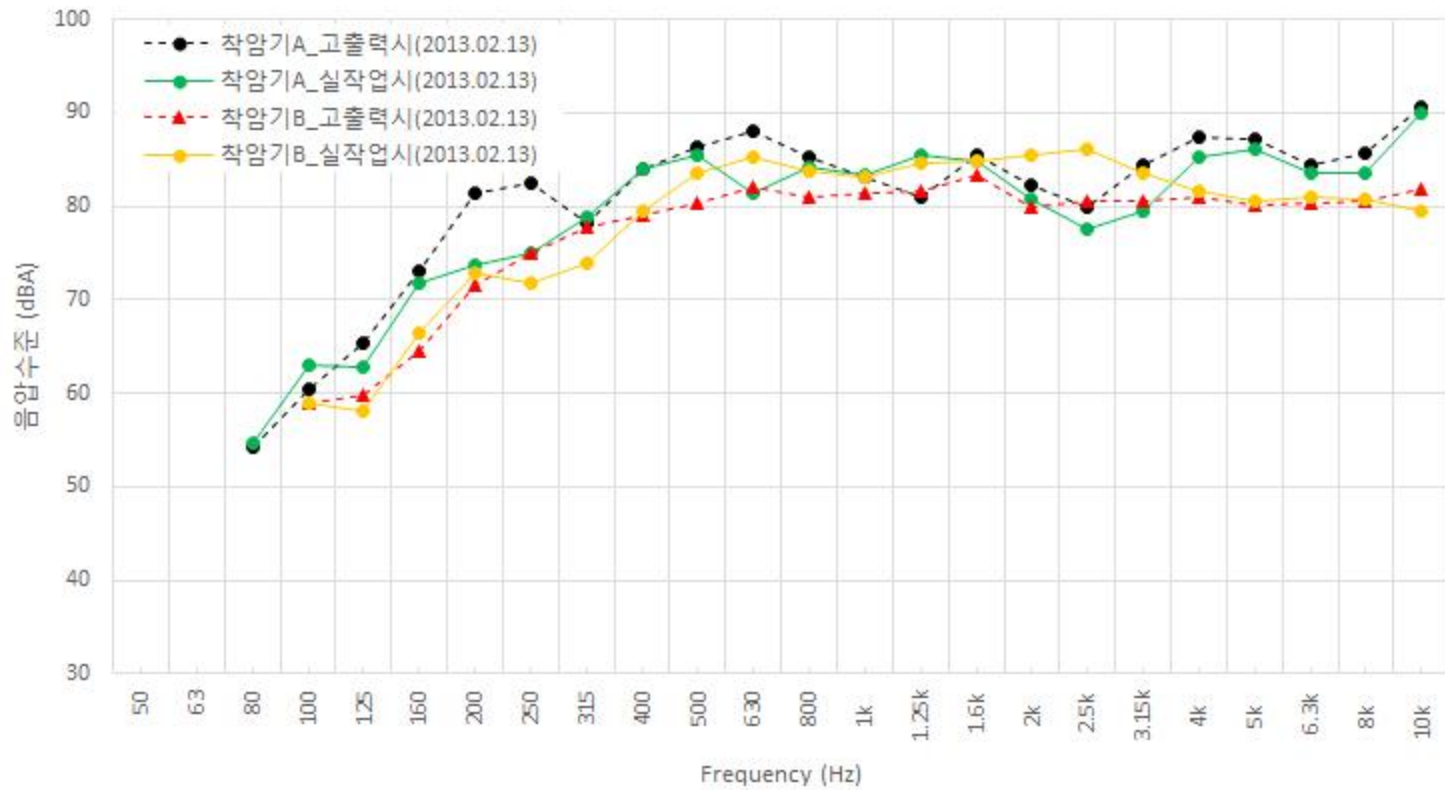
착암기A 경우 로드시 소음수준은 98.1 dBA로 나타났다. 가장 높은 dB 주파수 대역은 10 kHz 대역으로 90.7 dB로 나타났다. 주파수 패턴은 모든 대역에서 비슷하게 나타났다.

착암기B 경우 로드시 소음수준은 93.2 dBA로 나타났다. 가장 높은 dB 주파수 대역은 1.6 kHz 대역으로 83.4 dB로 나타났다. 주파수 패턴은 모든 대역에서 비슷하게 나타났다.

착암기 로드시 메인주파수는 500 Hz ~ 10 kHz 대역으로 판단된다.

[표 30] 착암기 주파수별 음압수준 (dB)

주파수(Hz)	착암기A (13. 2.13)			착암기B (13. 2.13)		
	고출력시	작업시	차이	고출력시	작업시	차이
50	< 51.6	< 51.6	—	< 51.6	< 51.6	—
63	< 51.6	< 51.6	—	< 51.6	< 51.6	—
80	54.2	54.7	0.5	< 51.6	< 51.6	—
100	60.4	63.0	2.6	58.9	59.0	0.1
125	65.3	62.9	-2.4	59.9	58.1	-1.8
160	73.1	71.8	-1.3	64.6	66.4	1.8
200	81.5	73.7	-7.8	71.5	72.8	1.3
250	82.4	75.0	-7.4	75.1	71.8	-3.3
315	78.3	78.9	0.6	77.8	73.9	-3.9
400	83.9	84.0	0.1	79.0	79.4	0.4
500	86.4	85.5	-0.9	80.4	83.5	3.1
630	88.0	81.4	-6.6	82.1	85.3	3.2
800	85.2	84.2	-1.0	80.9	83.8	2.9
1k	83.2	83.4	0.2	81.4	83.1	1.7
1.25k	80.9	85.4	4.5	81.6	84.6	3.0
1.6k	85.4	84.8	-0.6	83.4	84.8	1.4
2k	82.2	80.7	-1.5	80.0	85.4	5.4
2.5k	79.9	77.6	-2.3	80.5	86.1	5.6
3.15k	84.4	79.4	-5.0	80.6	83.5	2.9
4k	87.4	85.3	-2.1	80.9	81.6	0.7
5k	87.2	86.2	-1.0	80.1	80.6	0.5
6.3k	84.4	83.5	-0.9	80.3	80.9	0.6
8k	85.8	83.5	-2.3	80.6	80.8	0.2
10k	90.7	90.0	-0.7	81.8	79.5	-2.3
A	98.1	96.7	-1.4	93.2	95.3	2.1
C	100.1	97.8	-2.3	94.7	96.1	1.4



〈그림 26〉 착암기 주파수 특성.

5) 전기식 공구

[표 31] 전기식공구의 소음수준(dB)

장비명	측정일	로드시	작업시
전기식 착암기	2013.02.13	85.6	93.9
코어드릴	2013.01.31	88.2	90.6

가) 전기식 착암기

전기식 착암기 경우 로드시 소음수준은 85.6 dBA로 나타났다. 가장 높은 dB 주파수 대역은 3.15 kHz 대역으로 79.6 dB로 나타났다. 주파수 패턴은 모든 대역에서 비슷하게 나타났다. 소음수준에 영향을 미치는 메인주파수 대역은 800Hz ~ 6.3 kHz 대역으로 추정된다.

작업시 소음수준은 93.9 dBA로 로드시 주파수 분석결과와 비교시 800 Hz 이상 대역에서 다른 주파수에 비해 높게 상승하였다.

나) 코어드릴

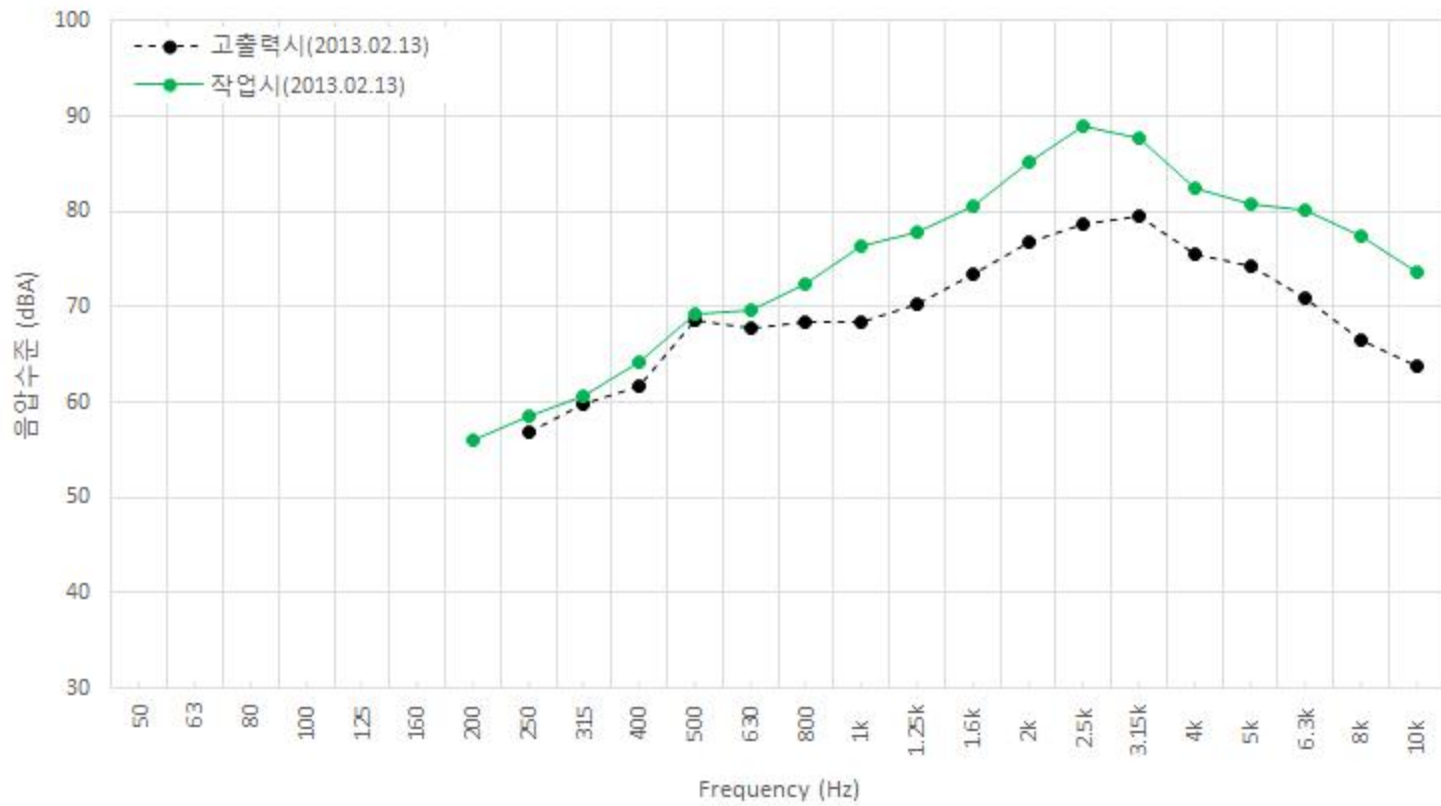
코어드릴 경우 로드시 소음수준은 88.2 dBA로 나타났다. 가장 높은 dB 주파수 대역은 2 kHz 대역으로 84.4 dB로 나타났다. 주파수 패턴은 모든 대역에서 비슷하게 나타났다.

메인주파수 대역은 1.6 kHz ~ 6.3 kHz 로 추정된다.

작업시 소음수준은 90.6 dBA로 로드시 주파수 분석결과와 비교시 전 구간에서 유사한 패턴으로 상승하였다.

[표 32] 전기식 착암기 주파수별 음압수준 (dB)

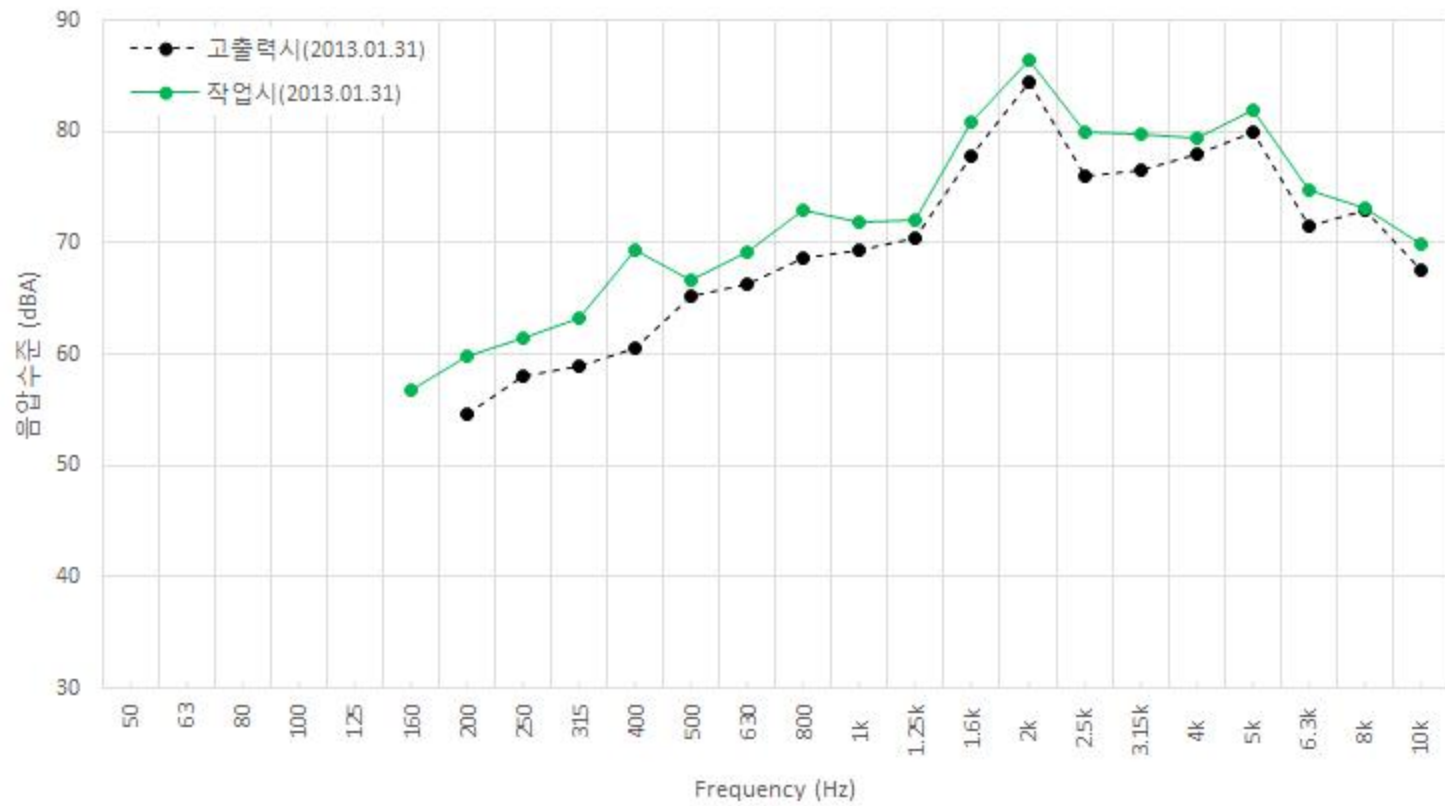
주파수(Hz)	전기식 착암기 (13. 2.13)		
	로드시	실작업시	차이
50	< 51.6	< 51.6	-
63	< 51.6	< 51.6	-
80	< 51.6	< 51.6	-
100	< 51.6	< 51.6	-
125	< 51.6	< 51.6	-
160	< 51.6	< 51.6	-
200	< 51.6	56.1	-
250	56.9	58.6	1.7
315	59.8	60.7	0.9
400	61.6	64.3	2.7
500	68.7	69.2	0.5
630	67.8	69.7	1.9
800	68.4	72.3	3.9
1k	68.4	76.3	7.9
1.25k	70.2	77.8	7.6
1.6k	73.5	80.5	7.0
2k	76.7	85.2	8.5
2.5k	78.6	88.9	10.3
3.15k	79.6	87.6	8.0
4k	75.5	82.5	7.0
5k	74.3	80.7	6.4
6.3k	70.9	80.1	9.2
8k	66.6	77.4	10.8
10k	63.7	73.7	10.0
A	85.6	93.9	8.3
C	85.4	92.7	7.3



〈그림 27〉 착암기 사용시 주파수 특성.

[표 33] 코어드릴 주파수별 음압수준 (dB)

주파수(Hz)	코어드릴 (13. 1.31)		
	로드시	작업시	차이
50	< 51.6	< 51.6	-
63	< 51.6	< 51.6	-
80	< 51.6	< 51.6	-
100	< 51.6	< 51.6	-
125	< 51.6	< 51.6	-
160	< 51.6	56.7	-
200	54.7	59.9	5.2
250	58.0	61.5	3.5
315	59.0	63.2	4.2
400	60.6	69.3	8.7
500	65.3	66.7	1.4
630	66.4	69.1	2.7
800	68.7	73.0	4.3
1k	69.4	71.9	2.5
1.25k	70.5	72.1	1.6
1.6k	77.8	80.9	3.1
2k	84.4	86.4	2.0
2.5k	76.1	80.0	3.9
3.15k	76.5	79.8	3.3
4k	78.0	79.5	1.5
5k	79.9	81.9	2.0
6.3k	71.5	74.7	3.2
8k	73.0	73.1	0.1
10k	67.5	69.9	2.4
A	88.2	90.6	2.4
C	87.5	90.2	2.7



〈그림 28〉 코어드릴 사용시 주파수 특성.

제 4 장 결 론

소방차량의 주요 소음원과 소방장비에 대하여 음압수준과 1/3주파수분석을 하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 소방차량에서 주요 소음발생원은 사이렌, 발전기 그리고 PTO(Power Take-off; 동력인출장치)장치였다. 소음원으로 판단되는 소방장비는 절단기, 체인톱, 천공기 및 착암기 등 각종 공구, 인명구조용 및 공기호흡기용 경보장치, 공기압축기 및 충전기 등 소방활동을 지원하는 장비 등이 있는 것으로 나타났다.

2. 소방차량의 사이렌은 전기모터사이렌과 전자사이렌 두 종류였으며, 전기모터사이렌은 주로 경적음을 발생시킬 때 사용하고, 전자사이렌은 연속적인 사이렌 음을 발생시키는데 사용하고 있다. 전기모터사이렌의 평균 음압수준은 85~90 dB이었으며, 전자사이렌은 음량을 조절할 수 있기 때문에 음압수준은 일정하지 않지만 통상적으로 85~90 dB 수준인 것으로 나타났다. 발전기 소음은 약 90 dB이었다.

3. 차량의 창문을 열린 상태와 닫은 상태에서 전자사이렌의 음압수준을 측정한 결과 차량별로 소음 감소치가 0~17 dB까지 다양하게 나타났다. 가장 큰 차이는 외국에서 수입한 굴절차로 창문을 닫으면 열었을 때에 비하여 13~17 dB이 감소하였다. 창문의 개폐에 따른 차이를 반복하여 측정한 결과, 동일한 차량이라도 측정할 때마다 소음 감소폭이 3 dB정도 변화가 있었다. 이것은 차량의 문이나 창문이 완전히 닫히지 않았거나 미세한 틈이 생기기 때문인 것으로 추정된다.

4. 전기모터사이렌은 주요 주파수는 1/3 Octave 대역으로 800 Hz와 1600 Hz가 압도적으로 높았다. 전자사이렌은 630 Hz에서 1600 Hz의 범위에서 비교적 고르게 높았는데 주로 1000 Hz 이상의 고주파수 음이 높은 것으로 나타났다. 발전기 소음의 주파수도 500~2000 Hz로 넓은 범위에서 나타났는데 음압수준이 높을 때는 1000 Hz 이상의 고주파가 특히 높았다.

5. 소방장비 중에서 공구는 현장에서 사용할 때 가장 큰 소음이 발생되며

이때 발생하는 소음은 현장상황과 작업내용에 따라 달라진다. 본 연구에서는 장비자체가 내는 소음 위주로 소음특성을 파악하였다. 공구의 경우에는 공회전과 고출력시 소음을 측정하였다. 대부분이 공구는 고출력시 90 dB이상의 높은 소음을 발생시키는 것으로 나타났다. 가장 큰 소음을 발생시키는 공구는 체인톱과 절단기로 고출력시 105 dB의 소음이 발생하였다. 공구를 현장에서 사용할 때에는 보통 100 dB이상의 고소음이 발생될 것으로 보였다. 인명구조용 및 공기호흡기용 경보장치의 음압수준도 90~100 dB로 상당히 높게 나타났다. 다만 경보장치에 노출되는 기회는 많지 않을 것으로 판단되었다.

6. 소방공구 및 장비의 주파수 특성을 분석한 결과, 대부분이 500~2500 Hz의 높은 주파수 영역에서 음압수준이 높았다. 특히 공구를 고출력으로 가동하거나 실제 작업을 할 때는 1000 Hz이상의 고주파수 영역에서 음압수준이 높게 나타났다.

【참고문헌】

1. 국내문헌

고용노동부. 2007년 근로자 건강진단 실시결과. 2009.

안연순 등. 『재난현장 보건안전 유해인자 분석 연구 및 소방 업무 종사자 특수 건강진단 모델 개발』. 소방방재청. 2011.

양영숙. 「재난현장 소음노출에 따른 청력저하 개선방안에 관한 연구」. 『消防研究論文集』, 2012; 14(4): 65-118.

이임규 등. 「소방 공무원의 시간활동 양상과 직무에 따른 소음 노출 특성」. 『한국환경보건학회지』, 2011; 37(2): 94-101.

자동차용어사전편찬회. 자동차용어사전. 일진사. 2012.

2. 국외문헌

AIHA. (2003). 『The Noise Manual』 . 5th edition.

Federal Emergency Management Agency United States Fire Administration. (1992).

『Fire & Emergency service Hearing Conservation Program Manual』 .

K.S. Root, C. Schwennker, D. Autenrieth, D.R. Sandfort, Tiffany, and W.J. Brazile.

(2013). Firefighter Noise Exposure During Training Activities and General Equipment Use』 . 『Journal of Occupational and Environmental Hygiene.』 . 10, 116-121.

M.R. Cummings. 『Are Georgetown Firefighters at Risk for Noise Induced Hearing Loss』 . Texas: Georgetown Fire Department,

U. REISCHL, H.S. BAIR & P. REISCHL. (1979). Fire fighter noise exposure.

『American Industrial Hygiene Association Journal』 . 40(6), 482-489.

Tubbs RL. (1991). Occupational noise exposure and hearing loss in fire fighters assigned to airport fire stations. 『American Industrial Hygiene Association Journal』 . 52(9), 372-378.

ABSTRACT

Characteristics of Sound Pressure Level and 1/3 Octave Band Frequency of the Fire Trucks, Equipments and Facilities

Sung, Jun Ho

Major in Industrial Hygiene Engineering
Dept. of Mechanical Systems Engineering
The Graduate School
Hansung University

Noise at each 1/3 octave band frequency was measured for noise sources operated in the fire cars and equipments and facilities used by firefighters from 21 January to 15 February and from 29 April to 6 May 2013 using the Sound Level Meter built in 1/3 Octave Band Frequency Analyzer (Model: 2260 Observer).

Sound pressure levels (SPLs) of both electric motor sirens and electric air sirens ranged from 85 to 90 dB. SPLs were measured at 80~88 dB during the PTO(Power Take-off) units operation and 90 dB during the electric generator operation. Noise reduction levels showed a little bit wide range from 0 to 17 dB by closing the widows of the fire cars.

Apparent peaks were appeared at 800 Hz and 1600 Hz in the frequency analysis of the electric motor siren sound. The electric air siren sound showed high SPL for wide range of frequencies between 630 Hz and 1600 Hz. Electric generator also showed a wide frequency range from 500 to 2000 Hz.

A number of high noise equipments such as cutter, chain saw, jack hammer

and drill are used by fire fighters. In general, these equipments generate high noise greater than 100 dB while using in the field. Sound levels from the engine of these equipments range from 90 dB to 105 while idling and accelerating.

Two types of rescue whistles are used. One is for fire fighters and the other for SCBA. Both whistles' SPLs were 90~100 dB but exposure chances are rare and durations are generally short. Frequency range of the most equipments was 500~2500 Hz. While working with these equipments, the frequency range shifted up to higher region.

【Keywords】 fire vehicles, fire equipments, noise, octave band frequency, noise monitor, firefighter,