

서울지역 대형공사장 소음도 평가 및 공정별 소음특성에 관한 연구

시민생활연구팀

류인철 · 이희선 · 성시홍 · 최인석 · 임성철 · 신덕영 · 김익수 · 어수미

Evaluation of Noise Levels and Noise Characteristics of Large Construction Processes in Seoul

Citizen Life Environment Research Team

**In-cheol Ryu, Hee-sun Lee, Sung-si Hong, In-seck Choi,
Sung-cheol Lim, Deck-yong Shin, Ik-soo Kim and Soo-mi Eo**

Abstract

This study evaluated noise levels, and noise generation processes, on large construction sites. This provides basic data for the future noise reduction management policies of Seoul. In evaluating the noise levels of construction sites, it was found that the noise level of the roadside area was higher than that of the residential area. This may be because the roadside noise level at the construction site, 50.0~65.0 dB(A), was affected by the noise of the road traffic. Considering noise levels over time, the time of construction was clearly noisier than the non-construction time, as would be expected given the use of heavy construction equipment such as bulldozers and breakers. In a typical 24 hour period, the noise level decreased rapidly from 00:00 to 4:00 am and rose again after 6:00 am. It peaked at 8:00 am becoming fairly steady, beginning only to decrease after 11:00 pm. In evaluating the noise level of each process, the three sites tested showed the noise levels of foundation works were greater than destruction and dismantling works, which were greater than concrete works. The construction noise, measured in 1/3 octave bands, was found to be concentrated in the middle frequencies, 500~2,000 Hz, with gradual reduction in the lower and higher ranges. The construction site generally showed maximum noise at 1,000 Hz. The average noise level at 1 kHz was measured as 47.7~54.0 dB(A) and the maximum noise level was 76.0~87.0 dB(A).

Key words : noise, Construction Noise Monitoring System(CNMS), dB(A), Leq

서 론

공사장 소음문제는 환경오염 문제 중 가장 많은 민원이 제기되는 분야로서 환경부에서 많은 관심을 가지고 관련 기준의 제정과 대책마련에 고심하고 있는 상황이다(1~2).

재건축 및 건물의 건설작업에 동반하는 공사장 소음은 공사기간에 한정되어 있다고 해도 그 소음이 매우 커서 민원의 대상이 되고 또한 부근의 주민은 소음뿐만 아니라 진동, 먼지 및 지반침하 등의 피해를 동시에 받기 쉽다(3).

점차 국민의 의식수준과 정온한 생활환경에 대한 요구수준이 높아지면서 정신적·재산적 피해를 주장하고 피해에 대한 실질적인 피해보상을 요구하는 목소리가 높아짐에 따라 정부에서도 규제기준을 강화하고 피해보상수준을 개선하여 현실화하기 위한 방안을 모색하는 등 노력하고 있지만 환경피해분쟁은 늘어나고 있는 실정이다(4). 16개 시·도의 소음·진동 관련 민원은 2015년 106,283건에서 2016년 134,076건으로 26.1% 증가하였으며, 그 중 생활소음이 129,874건으로 97.3%를 차지하였는데, 특히 전체 소음 민원 중 공사장소음이 차지하는 비율은 75.9%(101,680건)로 절대적 민원이 유발되는 소음원이다(5). 이에 대한 대책으로 정부에서는 공사장소음 및 민원저감을 위하여 「소음·진동관리법」 제22조의2에 “특별자치도지사 또는 시장·군수·구청장은 공사장에서 발생하는 소음을 적정하게 관리하기 위하여 필요한 경우에는 공사를 시행하는 자에게 소음측정기기를 설치하도록 권고할 수 있다”는 규정을 가지고 있다(6). 이에 따라 서울시는 연간 2만 건이 넘는 민원이 발생하는 공사장 등의 소음을 줄이기 위해 2014년 8월말부터 10,000m² 이상 대형공사장을 대상으로 ‘24시간 상시 공사장소음 모니터링시스템’을 도입하여 공사장소음 측정을 실시하고 있다. 기존의 측정방법에서는 시·구 담당공무원이 현장에 측정인원을 배치하여 현장에 있는 시간동안 그 측정치를 기록·분석하며 동시에 음의 판별을 하는 방법 또는 측정인원을 배치하지 않는 경우에는 녹음·기록된 데이터를 사무실에서 평가를 통해 암소음과 평가 대상소음을 선별하였다.

이러한 현장 측정의 한계성, 즉 시간과 장소의 제한점을 보완하고 연속되는 측정 자료를 위한 상시모니터링시스템의 on-line 자동측정시스템으로 공사현장 주변에서 높은 이상음 등이 발생한 경우 신속하게 소음원을 분석하여 건설 작업자에게 통보하여 소음저감 및 민원을 저감하고자 소음측정장비를 공사장의 방음벽에 소음 피해가 예상되는 주거지역 및 사무실 등이 있는 위치의 방음벽에 설치하여 소음을 측정하고 있으며, 이 시스템은 한 번 설치하면 2~3년 공사가 완료되는 시점까지 운영되는 시스템으로 공사장의 시간별, 공정별 소음을 24시간 365일 건설공사 현장소음을 다양한 지역에서 여러 공정과정을 연속적으로 측정하는 특수성이 있다. 본 연구에서는 이렇게 실시간 측정된 공사장 소음데이터에 기초해각 시간별, 공정별 소음도를 평가하여 서울시 소음관리 정책에 기초자료 제공 및 향후 공사장 소음관리에 대한 자료로 활용하고자 하였다.

연구방법

1. 측정 지점

서울시 주요 공사장에서 공사장소음 모니터링 시스템을 통한 소음모니터링을 실시하고 있는 지점 중 본 연구가 시작된 2017년을 기준으로 공사기간 2~3년이 소요되는 4개 지점의 공사장을 선정하여 공정별 소음도 평가를 실시하였고, 각 측정지점의 공사기간, 연면적, 도로사향 등 일반적인 사항은 표 1에 나타내었다.

은평구 공사장소음 모니터링지점은 은평구 진관동 88-13번지 일원의 아파트 신축공사로 연면적이 68,155m²(약 20,617평)으로 공사기간은 2016년 3월부터 2019년 1월까지 도로변지역으로 공사장 차량 진출입로 앞에 왕복 6차선 도로 및 남쪽으로 4차선 도로가 있는 환경에서 공사를 실시하고 있었으며, 공사장 소음을 평가하기는 부적절한 지역이지만 도로변 및 일반주거지역 공사장의 공정별 소음특성을 파악하기에 적절한 지점으로 사료된다.

종로구 공사장소음 모니터링지점은 종로구 창경궁로 253-6 일원의 업무시설 및 종교시설 신축공

Table 1. Measurement locations and periods of CNMS(Construction Noise Monitoring System) sites

Sites	Address	Construction period	Measurement period	Total floor area
Eunpyeong-gu	88-13 Jingwan-dong, Eunpyeong-gu	2016.03~2019.01	2016.05.~2018.08	68,155m ²
Jongno-gu	253-6 Changgyeonggung-ro, Jongno-gu	2016.06~2019.01	2016.12~2018.11	8,870m ²
Dongdaemun-gu	138 Hwigyeong-dong, Dongdaemun-gu	2016.09~2019.05	2016.12~2018.12	133,637m ²
Seocho-gu	992-1 Bangbae-dong, Seocho-gu	2016.03~2018.09	2016.06~2018.07	68,398m ²

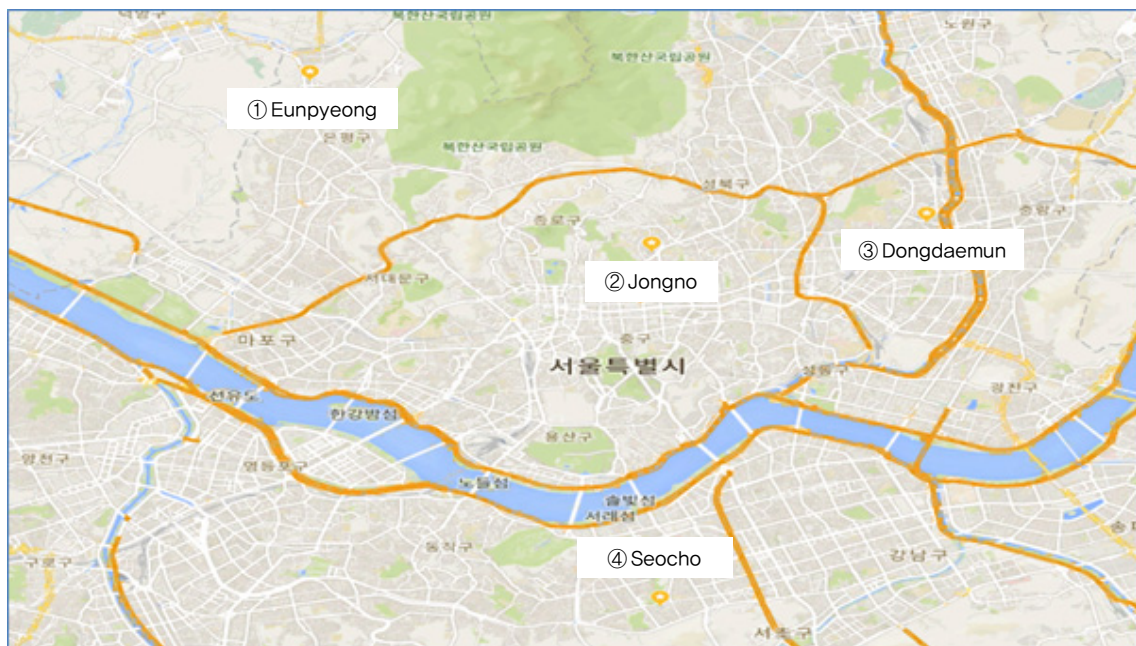


Fig. 1. Noise monitoring measurement point at construction area in Seoul.

사장으로 연면적이 8,870 m²(약 2,687평)으로 2016년 6월부터 2019년 1월까지 공사기간이지만 공사장 소음 모니터링은 2016년 12월부터 2018년 11월까지 측정을 실시하였으며, 공사장 바로 앞에 왕복 8차선 도심도로가 있어 교통량이 많은 지역에서 공사를 실시하고 있었으며, 공사장 소음을 평가하기는 부적절한 지역이지만 도로변 및 상업지역 공사장소음의 특성을 파악하기에 적절한 것으로 지점을 선정하였다.

동대문구 공사장소음 모니터링지점은 동대문구 휘경동 138번지 일대로 아파트 신축공사로 연면적이 133,637 m²(약 40,4967평)으로 공사기간은

2016년 9월~2019년 5월까지이며 주거지역 및 철도 주변으로 경의중앙선이 지속적으로 운행하고 있었으며, 주택가 지역 및 철도변 공사장 소음의 공정별 소음 특성을 파악하기에 적절한 지점으로 사료된다.

서초구 공사장소음 모니터링지점은 서초구 방배동 992-1번지 일원의 재건축 아파트 신축공사로 연면적이 68,398 m²(약 20,726평)으로 공사기간은 2016년 3월부터 2018년 9월까지 공사 기간이지만 공사장 소음 모니터링은 2016년 6월부터 2018년 7월까지 측정을 실시하였으며, 공사장으로부터 50 m 떨어진 지점에 왕복 4차선 도로옆에

서 공사를 실시하고 있어, 주택가 지역 및 주거지역의 공사장소음의 공정별 소음특성을 파악하기에 적절한 지점으로 사료된다.

2. 측정기기 및 방법

서울시에서는 기술용역을 통해 공사장소음 모니터링 시스템(CNMS : Construction Noise Monitoring System)을 자체 개발하여 2014년부터 일부 대형 공사장에 설치하여 운영 중이다. CNMS는 공사장 펜스(가설 방음벽)의 상부 0.5~1.0m 지점에 설치된 옥외용 마이크로폰(OM416, BSWA Technology Co., Ltd., China)으로 청감보정회로 A특성으로 측정된 5분 등가소음도(equivalent noise level, Leq)[dB(A)]를 실시간으로 전송받아 사무실의 주서버(main server)에서 데이터베이스화 하고, 운영 프로그램을 통하여 공사장에서 발생하는 소음을 서울시보건환경연구원 및 서울시청, 해당 구청에서 모니터링 할 수 있도록 구성된 시스템이다. 본 연구는 측정기간 동안 24시간 실시간으로 측정된 5분 등가소음도(Leq)를 주서버에 수집한 후 운영프로그램을 통해 통계처리(5분 등가소음도를 산술평균)한 1시간 data를 이용하였다. 따라서 본 연구의 소음도는 대상 소음도가 아니라 측정 소음도를 의미한다. 그림 2에 CNMS의 개략적인 구성도를 나타내었다(7).

CNMS에 의한 측정의 정확도를 높이기 위하여 기기를 설치하기 전 공인 검·교정 기관에서 교정된 음압교정기(noise level calibrator)를 이용하여 음압 94dB(A) 주파수 1,000Hz에서 마이크로폰을 교정하였다. 또한 매월 1회 이상의 통상점검과 통신연결 또는 기기의 문제가 발생한 경우 수시로 점검하였으며, 6개월에 1회 재교정을 실시하여 재현성을 확인하는 등 측정값의 정확도를 제고하고자 하였다.

결과 및 고찰

1. 지점별 공사장 소음도 평가

우리나라 소음·진동관리법은 공장·건설공사장·도로·철도 등으로부터 발생하는 소음·진동으로

인한 피해를 방지하고 소음·진동을 적정하게 관리하여 모든 국민이 조용하고 평온한 환경에서 생활할 수 있게 함을 목적으로 공사장 소음규제 기준(표 2)을 제시하였는데, 이에 따르면 주거, 녹지 지역 등은 아침, 저녁(05~07시, 18~22시) 60dB(A) 이하, 주간(07~18시) 65dB(A) 이하, 야간(22~05시) 50dB(A) 이하이며, 그 밖의 지역에서는 아침, 저녁(05~07시, 18~22시) 65dB(A) 이하, 주간(07~18시) 70dB(A) 이하, 야간(22~05시) 50dB(A) 이하로 각각 규정하고 있다(6).

공사장소음 주 발생원은 공사장에서 사용하는 브레이커 등 건설기계에서 발생하며, 공사의 진행 상황에 따라 발생하는 소음의 음질과 음량이 다르다. 건설공사는 착공부터 준공까지 토공, 구조공, 포장공 등 다양한 공정이 연속되는 것이 보통이며, 공정별로 투입되는 건설기계에 따라 소음이 달라질 수 있다. 또한 공사장 소음은 다른 음색을 갖는 다양한 소음원에서 발생한 소리가 복합이며, 소음원의 위치가 고정되지 않고 공사현장 내를 이동하는 경우가 많으며, 현장에 출입하는 덤프트럭 등 차량이 교통흐름에 영향을 미치므로 소음 영향 범위가 넓은 특성을 갖고 있다(8).

도로변 지역과 주택가 지역으로 구분하여 공사장소음을 평가한 결과는 표 3에 제시하였다. 은평구 공사장의 평균 소음도가 5분 Leq(A)를 기준으로 65.0dB(A)로 높게 평가되어 주거지역 기준을 초과하였으며, 공사가 진행되는 주간 시간대(07~18)에서 주거지역 기준 65dB(A)를 5분 Leq(A) 91.5% 초과하여 공사기간 대부분 지속적으로 소음기준을 초과한 것으로 평가되었다. 또한 도로변 지역의 종로구 공사장은 전체 평균 58.0dB(A)로 측정되어 주거지역 기준을 초과하지는 않았으나, 주간 시간대(07~18)에서 주거지역 기준 65dB(A)를 5분 Leq(A) 15.2%의 기준을 초과하여 공사기간 일부 소음기준을 초과한 것으로 평가되었다.

도로변 지역인 은평구 공사장이 일반적으로 높게 평가된 것은 주변에 30m 및 24m의 도심도로로 버스 등 차량이 많아 도로교통소음의 영향과 공사장소음 측정지점 부근 8차선 도로가 경사가 있어 차량 가속엔진소음이 더해져 다른 지역보다

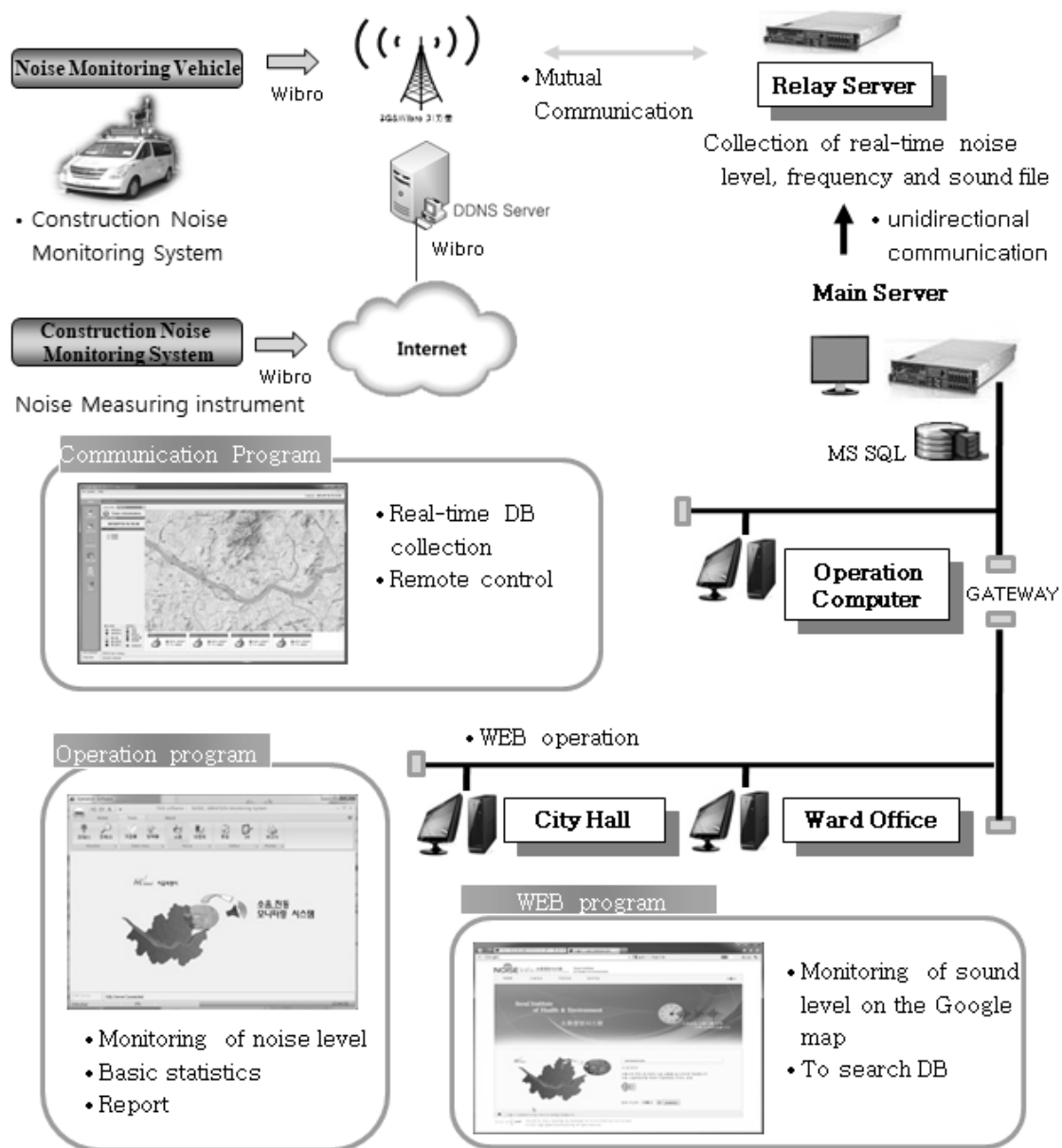


Fig. 2. Schematic drawing of construction noise monitoring system.

Table 2. Noise regulation standards on “Noise and Vibration Control Law” (units : Leq[dB(A)])

Classification	Noise regulation standards		
	Morning, Evening (05~07, 18~22)	Daytime (07~18)	Night (22~05)
Greenery, residential, natural environment preservation area. ect.	60	65	50
Other areas	65	70	50

공사장 소음이 높게 측정된 것으로 사료된다. 도로를 주행하는 자동차로부터 발생하여 도로 주변으로 전파되는 소음을 일반적으로 도로교통소음(road traffic noise)이라고 하며, 서울시 도로교통소음 측정결과 1996년 주요 도심도로 및 간선도로의 소음도는 67.0~78.0dB(A)(9)이었고, 주요 도심도로인 광화문, 서울역, 동대문, 잠실은 1998년 74.6~75.5dB(A)(10), 2004~2008년 73.0~75.7dB(A)(11)이었으며, 주요 간선도로인 올림픽대로, 강변북로, 동부간선도로는 1999년 77.7~79.9dB(A), 2008년 79.1~81.2dB(A)(12)이었고, 거주지 주변의 도로변에서는 66.6dB(A)(12), 67.1dB(A)(13)이었다. 본 연구결과 은평구 및 종로구 공사장은 도로변에 위치해 있지만 도로변 공사장 소음은 기존 연구에서의 주요 도심도로와는 매우 큰 차이를 보이지만 거주지 주변의 도로와는 상대적으로 적은 차이를 보이고 있다.

한편 주택가 지역에 공사장소음 측정 지점인 서초구 및 동대문구 지점은 각각 50.5dB(A), 57.1dB(A)의 소음도를 나타냈으며 류 등(2011) 연구결과 52.3dB(A)(13), 55.5dB(A)(12)로 본 연구결과와 비슷한 결과를 나타내었다. 주택가 지역의 공사장 지점은 소음·진동 규제의 주거지역 주간 기준을 준수하였으나 5분 Leq(A)를 기준으로 서초구 26.9%, 동대문구 2.2%를 각각 초과한 것으로 평가되었다.

지점별 결과로 볼 때 도로변 지역이 주거지역의 공사장소음보다 높게 평가 되었으며 이는 도로교통소음이 공사장소음에 더해져서 복합적으로 작용하여 평균소음도가 높아졌을 것으로 사료된다.

이 등(2016) 연구결과 도로교통소음이 공사장소음에 도로변 지역은 4.5~6.8dB(A), 주택가 지역은 5.5~10.2dB(A) 영향을 준다고 추정하 하였다(14). 건설공사장 소음은 교통소음과는 달리 일시적인 발생소음이므로 주요 음원측의 대책이 유효하다. 발생소음이 클 것으로 예상되는 건설작업에 대해서는 시공계획 단계에서 소음방지대책을 세우는 것이 필요하다.

2. 시간대별 공사장 소음도 평가

공사장에서 발생하는 소음의 영향정도를 시간대별로 추정하기 위하여 공사시간대와 비공사시간대로 구분하여 소음도를 통계 처리하였다. 표 4에 측정지점별 소음도를 전시간대(all period, 00:00~24:00), 공사시간대(working period, 07:00~18:00), 비공사시간대(no-working period, 00:00~07:00 & 18:00~24:00)로 구분하여 소음도의 차이를 나타내었다. 이 시간대의 구분은 일반적으로 공사장에서 07시에 공사를 시작하여 18시에 마무리되는 것을 고려하였으며 또한 이 구분은 소음·진동관리법 시행규칙 별표8(생활소음·진동의 규제기준)에도 낮 시간대로 규정되어 있어 공사시간 및 비공사시간대를 비교평가 하였다.

공사시간(07:00~18:00) 및 비공사시간(00:00~07:00 & 18:00~24:00)에 대한 공사장소음을 평가할 때, 주택가지역인 서초구 공사장은 공사시간에는 57.2dB(A), 비공사시간대는 44.8dB(A)로 12.4dB(A) 차이, 동대문구는 4.9dB(A)의 차이 값을 각각 나타내었다.

도로변 지역인 은평구 공사장은 공사시간 68.3dB

Table 3. Noise level of construction site at measuring point (units : Leq[dB(A)])

	Roadside area		Residential area	
	Eunpyeong-gu	Jongno-gu	Dongdaemun-gu	Seocho-gu
Leq_ave	65.0	58.0	57.1	50.5
Leq_std	6.3	4.2	3.7	11.4
L10	71.0	64.0	61.7	67.3
L50	66.4	57.4	57.3	47.6
L90	57.3	53.0	51.6	37.3

Table 4. Comparison of construction time and non-construction time noise level of measurement

Classification	Sites	Statistics	All period	Working period(A)	No-working period(B)	A-B*
			00:00~24:00	07:00~18:00	00:00~07:00 & 18:00~24:00	
Roadside area	Eunpyeong-gu	Aver.	65.0 ± 6.3	68.3 ± 4.9	62.2 ± 5.9	6.1
		Min.~Max.	84.1~52.1	84.1~46.4	76.5~46.9	
		n	n=18,164	n=8,394	n=9,768	
	Jongno-gu	Aver.	58.0 ± 4.0	60.6 ± 3.8	55.7 ± 3.0	4.9
		Min.~Max.	80.3~46.8	80.3~52.1	70.3~46.8	
		n	n=15,861	n=7,322	n=8,539	
Residential area	Dongdaemun-gu	Aver.	57.1 ± 3.7	59.7 ± 2.4	54.8 ± 3.1	4.9
		Min.~Max.	84.3~44.5	84.3~50.0	69.8~44.5	
		n	n=16,404	n=7,583	n=8,821	
	Seocho-gu	Aver.	50.5 ± 11.4	57.2 ± 11.1	44.8 ± 7.9	12.4
		Min.~Max.	92.3~33.7	92.3~33.6	76.9~33.6	
		n	n=16,860	n=7,779	n=9,081	

※ 공사시와 비공사시의 평균 소음도 차이

(A), 비공사시간대는 62.2dB(A)로 6.1dB(A), 종로구 4.9dB(A)의 차이 값을 각각 나타내었다. 이는 이 등(2016) 연구논문 도로변 지역 6.2~8.5dB(A), 주택가 지역 9.5~14.2dB(A)의 소음도 차이를 나타냈었으며(14), 본 논문의 결과 도로변 지역 4.9~6.1dB(A), 주택가 지역 4.9~12.4dB(A)의 소음도 차이로 유사한 결과를 나타냈다. 공사장 소음은 주로 주간에 발생하며, 공사 시 발생하는 기초공사, 콘크리트공사 및 구조물 해체 공사에 사용하는 항타 등 공사장소음을 유발하는 장비를 사용하여 공사시간대와 비공사시간대의 소음도 차이를 나타낸 것으로 사료된다.

지점별 공사 및 비공사시 소음도 차이가 통계적으로 유의한 지 ANOVA 분석을 실시하여 전시간대, 공사시간대, 비공사시간대 각 지점별 소음도의 유의한 차이($P \ll 0.05$)를 보였다. 공사시간대인 07~18시는 공사장 소음뿐만 아니라 도로교통소

음 및 사람의 각종 활동으로 소음도에 복합적으로 작용하여 공사시간대와 비공시간대의 소음도 차이가 있음을 추측할 수 있었으며, 모든 지점에서 공사시간대의 소음도가 비공사시간대의 소음도보다 높은 결과를 보였다.

그림 3은 하루 24시간 동안 5분 등가소음도의 변화(time history)를 나타낸 것으로 시간대별로 공사장의 소음을 분석한 결과이다. 건설현장은 하루 종일 각종 건설소음으로 인한 열악한 소음환경에 노출되어 있다고 볼 수 있다. 본 연구에서는 먼저 하루 중 어느 시간대가 가장 시끄럽게 소음을 발생시키는 지 고찰해 보았다.

지점에 따른 시간별 소음의 변동 추이를 그림 3에서 보면 서초구 공사장 지점은 시간대별 뚜렷한 변화를 나타냈었는데, 나머지 3개 지점의 공사장은 새벽시간대를 제외하고는 소음도의 변화가 크게 관찰되지 않았다. 주택가 주변 지역인 서초구

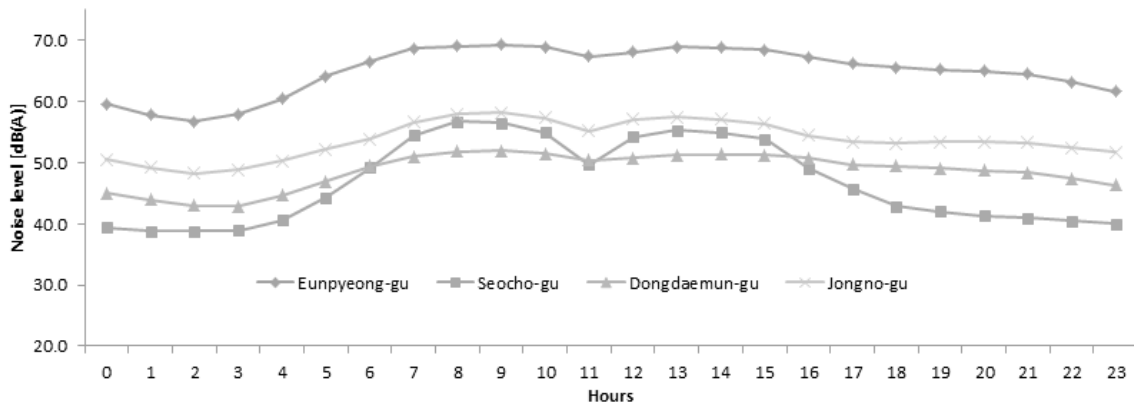


Fig. 3. The diurnal variation of noise level at the each sites.

공사장의 소음도는 7시부터 소음도가 증가하여 점심시간대에 잠시 낮아지고 다시 증가하여 16시를 기점으로 낮아지는 쌍봉피크(two-peak)를 이루면서 공사시간 대 비공사시간대의 소음도 차이가 확연히 나타났으며, 이는 주택가지역으로 주변에 차량 등이 많지 않아 비교적 정온한 상태로 주·야간 소음도 차이와 점심시간대에 공사 중단으로 도로 교통소음만 배경소음으로 작용하였기 때문이다. 주택지역인 동대문구 공사장 지점은 시간별 소음도의 차이가 나타나지 않았는데, 이는 공사장 주변에 철도가 운행하여 지속적으로 소음을 유발하여 시간별 소음도 차이가 나타나지 않은 것으로 사료된다. 나머지 도로변 지역인 은평구 및 종로구 지점은 모두 새벽 00시~4시경 급격히 감소하여 일반인들의 활동이 시작되는 6시 이후에 다시 상승하여 8시 이후부터 피크를 이루어 거의 비슷한 수준을 보이다가 저녁 7시에 약간 감소하다가 이후 밤 11시 이후에야 조금씩 감소하기 시작하였다. 이는 도로변 지역의 경우에는 공사장에서 발생하는 소음이 적은 시간조차 도로교통소음이 추가됨으로 인하여, 시간별 소음도가 주변 도로교통소음으로 인하여 시간별 소음도의 차이가 나타나지 않은 것으로 사료된다.

3. 공정별 공사장 소음도 평가

공사장소음은 큰 변동 없이 주기적 또는 지속적으로 발생하는 도로교통소음, 철도소음 및 공장소음 등에서의 소음과 다르게 공사가 진행되는 동안

만 발생하는 특징을 갖고 있다. 특히 공사가 진행됨에 따라 작업위치나 공정이 바뀌면서 해당 공정마다 다른 크기와 음색을 갖는 건설장비가 투입되고 작업형태가 달라지면서 발생하는 소음은 전혀 다른 특성을 갖는다. 또한 건설기계는 용도에 따라 다양하고 많은 종류로 나누어져 있으며, 작업의 효율성을 위해 관련 기계장치를 조합하거나 부착 또는 개조하여 사용하는 경우도 있다. 건설 기계류로부터 발생하는 소음은 장비의 구동방식이나 출력, 지반과의 상호작용 등에 따라 스펙트럼 특성, Power level, 충격성 등이 다르게 나타난다(3).

일반적으로 공사장의 공정별로 작업형태와 투입장비가 공통되거나 유사한 특성 때문에 공정을 크게 나누면 지반정지공사(정지공사, 운반공사), 기초공사(항타공사, 토공사, 가설공사), 콘크리트공사(콘크리트 플랜트), 파괴 및 해체공사(암석굴착공사, 구조물 철거공사), 기타공사 등 크게 5개의 공정으로 분류한다(4).

서울시 공사장소음 모니터링 운영은 해당 자치구에서 소음민원 유발이 예상되는 공사장지점에 소음측정을 연구원에 의뢰하면 모니터링 측정을 실시하는데 모든 지점에서 착공시점인 지반정지공사(정지공사, 운반공사) 기간에 소음을 측정하지 못하였는데 이는 지반정지공사를 실시 후 방음 펜스를 설치한 후에 방음벽에 공사장소음 모니터링 측정 장비를 설치후 소음측정을 실시하였기 때문이다.

측정 자료는 측정기간 동안 24시간 실시간으로

측정된 5분 등가소음도(Leq)를 산술평균한 1시간 data를 이용하였다. 4지점의 각각 공사장소음 모니터링 결과 건설소음은 각종 건설기계에 의한 소음이 대부분을 이루고 있으며, 각 지점에서 공정별 공사장소음 특성은 아래와 같다.

1) 은평구 공사장 공정별 소음특성

은평구 공사장의 공정별 소음도를 고찰해 보면 2016년 3월에 공사를 시작하였지만 연구원에서 측정을 2016년 5월부터 실시하였다. 은평구 공사장은 전반적으로 공사장소음이 5분 Leq 평균 65.0 dB(A) 높게 평가되었으며, 그림 4는 전 공정별 소음도 평가로 전공사 기간 동안 일정한 패턴을 보였으며, 그림 5 공정별 소음도는 기초공사가 가장 높았고 콘크리트 공사가 가장 낮았다. 기초공사 기간인 2016년 5월부터 8월까지 평균 66.3 ± 5.8 dB(A), 52.1~74.7 dB(A)의 소음도 범위를 나타내었고, 이는 기초공사를 위한 흙막이 및 차수공사를 위한 CIP, H-Pile시공과 토공사 터파기 및 발파를 위한 향타기, 착암기, 브레이커 등 소음레벨이 큰 장비를 사용하여 소음도가 큰 것으로 사료된다.

2016년 9월부터 18년 6월까지의 일정한 소음도를 보이며 평균 64.8 ± 6.6 dB(A), 33.9~82.0 dB(A)의 소음도 범위를 나타내었고, 이는 콘크리트 공사기간으로 지하층 및 지상층 골조공사, 해체 작업을 실시로 콘크리트 펌프카, 콘크리트 믹서 및 콘크리트 차량 등의 공사 장비를 사용하여

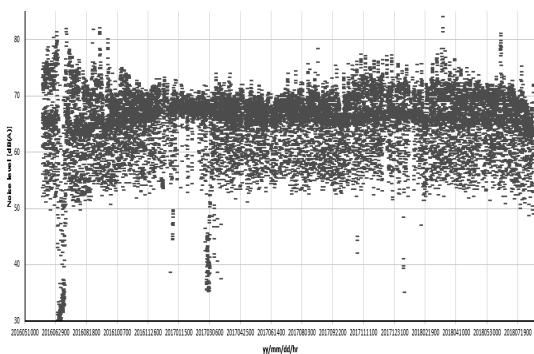


Fig. 4. Evaluation of the noise level of the Eunpyeong-gu construction site over time history.

큰 충격성 소음 유발이 없는 소음공정으로 소음의 편차가 없는 것으로 사료된다.

2018년 1월부터 2018년 8월까지의 평균 보다 조금 높은 소음도를 보이며 평균 65.5 ± 5.0 dB(A), 46.9~84.1 dB(A)의 소음도 범위를 나타내었고 이는 T/C#1~2 해체 공사, Hoist해체, 부대 토목 및 조정공사 작업 실시로 발전기, 브레이커, 크레인 및 공기압축기 공사 장비를 사용하여 충격성 소음이 발생하여 최대소음이 84.1 dB(A) 소음도를 나타내었다. 은평구 공사장의 공정별 소음도는 큰 차이를 보이지 않았지만 기초공사 작업시 가장 높게 평가 되었다.

2) 서초구 공사장 공정별 소음특성

서초구 공사장의 공정별 소음도를 고찰해 보면, 2016년 3월에 공사를 시작하였지만 연구원에서 측정을 2016년 6월부터 실시하였다. 서초구 공사장은 전 측정기간 동안 공사장소음이 5분 Leq 평균 50.0dB(A) 측정 되었으며, 그림 6은 전 공정별 소음도 평가는 다른 공사장에 비해 큰 패턴을 나타내었다.

그림 7은 공정별 소음도를 평가한 값으로 기초공사 > 파괴 및 해체 공사 > 콘크리트 공사의 순으로 소음도 차이를 나타내었다. 16년 6월~17년 4월까지 평균 52.6 ± 11.1dB(A), 소음도 범위는 37.7~80.9dB(A)를 나타내었고, 이는 흙막이 공사 및 터파기 공사와 지하 기초공사를 실시하였다. 토공사로 터파기 및 발파를 위한 향타기, 착암기,

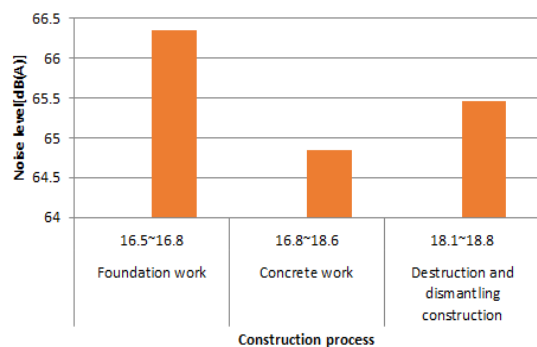


Fig. 5. Evaluation of noise level by construction progress at Jongno-gu construction site.

브레이커 등 소음레벨이 큰 장비를 사용하여 다른 공정에 비하여 소음도가 큰 것으로 사료된다.

2017년 5월부터 2018년 1월까지의 콘크리트 공사기간으로 일정한 소음도를 보이며 평균 48.4 ± 10.7 dB(A), 소음도 범위는 33.6~74.1 dB(A)를 나타내었다. 이는 건축공사 및 설비공사로 지하주차장 조적공사, 지상 골조작업 및 배관공사 등 실시로 콘크리트 펌프카, 콘크리트 믹서 및 콘크리트 차량 등의 공사 장비를 사용하여 충격성 소음 유발이 없는 소음공정으로 소음이 낮게 평가된 것으로 사료된다.

18년 2월~18년 7월까지 시설 해체 및 되메우기, 부대토목공사로 주차장 관로시설, 포장, 조경공사, 석공사 등을 실시하여 소음도는 일정 편차를 발생하였으며, 평균소음 50.0 ± 12.3 dB(A), 소음도 범위는 33.6~92.3 dB(A)를 나타내었다. 부대토목 및 조경공사 작업 실시로 발전기, 브레이커, 크레인 및 공기압축기 공사 장비를 사용하여 충격성 소음이 발생하여 최대소음이 92.3dB(A) 소음도를 나타내었다. 서초구 공사장의 공정별 소음도는 큰 차이를 보이지 않았지만 기초공사 작업시 가장 높게 평가 되었다.

3) 동대문구 공사장 공정별 소음특성

동대문구 공사장의 공정별 소음도를 고찰해 보면, 2016년 9월에 공사를 시작하였지만 연구원에서 측정을 2016년 12월부터 실시하였다. 동대문구 공사장은 전 공사기간 5분 Leq 평균 57.1 dB(A)

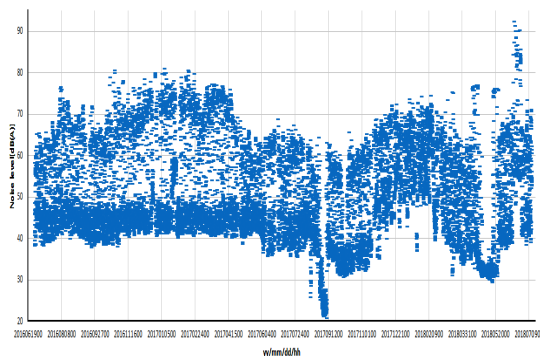


Fig. 6. Evaluation of noise level in Seocho-gu site over time history.

측정되었으며, 그림 8은 전 공정별 소음도 평가로 전 공사기간 소음도의 편차가 크지 않고 일정한 패턴을 보였다. 그림 9의 공정별 소음도는 미소하지만 다른 공사장의 공정별 소음도 패턴과 달리 콘크리트 공사 > 파괴 및 해체 공사 > 기초 공사의 순으로 소음도 차이를 나타내었다. 2016년 12월부터 2017년 2월까지의 일정한 소음도를 보이며 평균 56.7 ± 3.7 dB(A), 71.6~45.8 dB(A)의 소음도 범위를 나타내었다. 이는 기초공사에 CIP공사 및 터파기 등 기초 및 지하층 토공사를 실시한 16년 11까지 공사장소음 측정을 실시하지 못하고, 측정을 실시한 12월 부터는 다른 공사장의 기초공사와는 다른 골조공사를 실시하여 CIP, H-Pile시공과 토공사 터파기 및 발파를 위한 항타기, 착암기, 브레이커 등 소음레벨이 큰 장비를 사용하지 않아 소음도가 낮게 평가되었다. 2017년 3월부터 2018년 6월까지의 일정한 소음도를 보이며 평균 57.1 ± 4.0 dB(A), 84.3~47.1 dB(A)의 소음도 범위를 나타내었고, 이는 콘크리트 공사기간으로 지하층 및 지상층 골조공사, 복공 해체 작업을 실시로 콘크리트 차량 등의 공사 장비를 사용하여 큰 충격성 소음 발생하지 않는 소음공정으로 소음의 편차가 없는 것으로 사료된다. 2018년 7월부터 2018년 12월까지 철근 콘크리트, 조적공사 및 외부 석공사 등 공사실시로 평균보다 조금 높은 소음도를 보였으며, 평균 57.1 ± 3.1 dB(A), 44.5~81.7 dB(A)의 소음도 범위를 나타내었다. 이는 부대토목 및 조경공사 작업 실시로 발전기, 크레

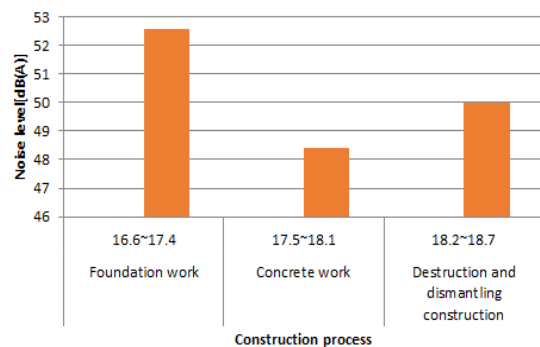


Fig. 7. Evaluation of noise level by construction progress at Seocho-gu construction site.

인 및 공기압축기 공사 장비를 사용하여 충격성 소음이 발생하여 최대소음이 81.7dB(A)를 나타내었다. 동대문구 공사장의 공정별 소음도는 큰 차이를 보이지 않았지만 콘크리트공사 작업시 가장 높게 평가 되었다.

4) 종로구 공사장 공정별 소음특성

종로구 공사장의 공정별 소음도를 고찰해 보면, 2016년 6월에 공사를 시작하였지만 연구원에서 측정을 2016년 12월부터 실시하였다. 종로구 공사장은 전체적으로 공사장소음이 5분 Leq 평균 58.0dB(A)로 측정되었다. 그림 10은 전 공정별 소음도 평가로 전 공사 기간 동안 공정별 편차가 있는 그래프를 나타내었으며, 그림 11의 공정별 평가 시 기초공사 > 콘크리트 공사 > 파괴 및 해

체 공사 순으로 소음도 차이를 나타내었다. 일정별 공사 진행사항을 고찰해보면, 2016년 12월부터 2017년 3월까지 공정의 소음도는 58.9 ± 4.7 dB(A)로 전체평균 소음도보다 약간 높은 값으로 소음범위는 50.0~73.9dB(A)를 나타내었고, 이는 기초공사 구간으로 부지 정리작업, CIP공사를 실시하였으며 지하터파기 토목공사를 위한 포크레인 08W 1대, 포크레인 06W 2대, 포크레인 03W 1대, 할암기 및 임반 천공기 등 소음레벨이 큰 장비를 사용하여 소음도의 큰 것으로 사료된다. 2017년 4월부터 2018년 6월까지는 일정부분 높고 낮은 피크를 보였으며 평균 57.6 ± 4.1 dB(A), 46.8~80.3dB(A)의 소음도 범위를 나타내었다. 이는 콘크리트 공사기간으로 지하 및 지상층 거푸집 설치, 철근설치, 콘크리트타설을 위한 하이드로

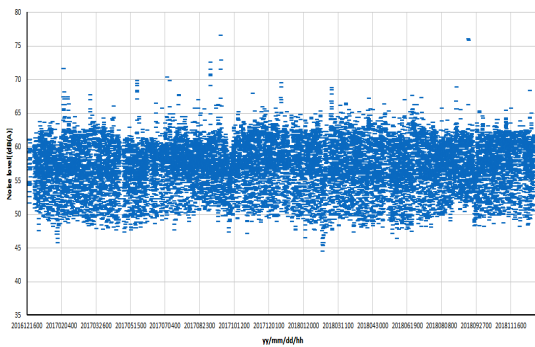


Fig. 8. Evaluation of noise level of Dongdaemun-gu construction site over time history.

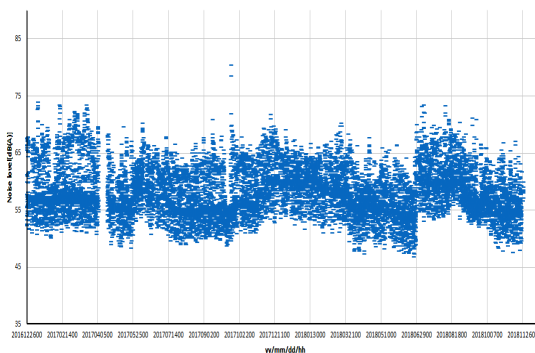


Fig. 10. Evaluation of noise level in Jongno-gu site over time history.

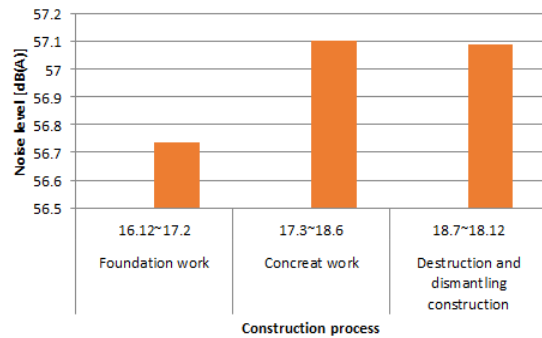


Fig. 9. Evaluation of noise level by construction progress at Dongdaemun-gu construction site.

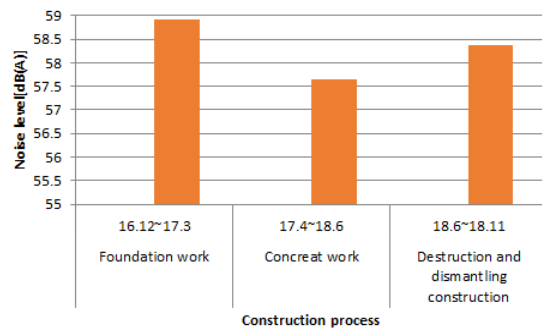


Fig. 11. Evaluation of noise level by construction progress at Jongno-gu construction site.

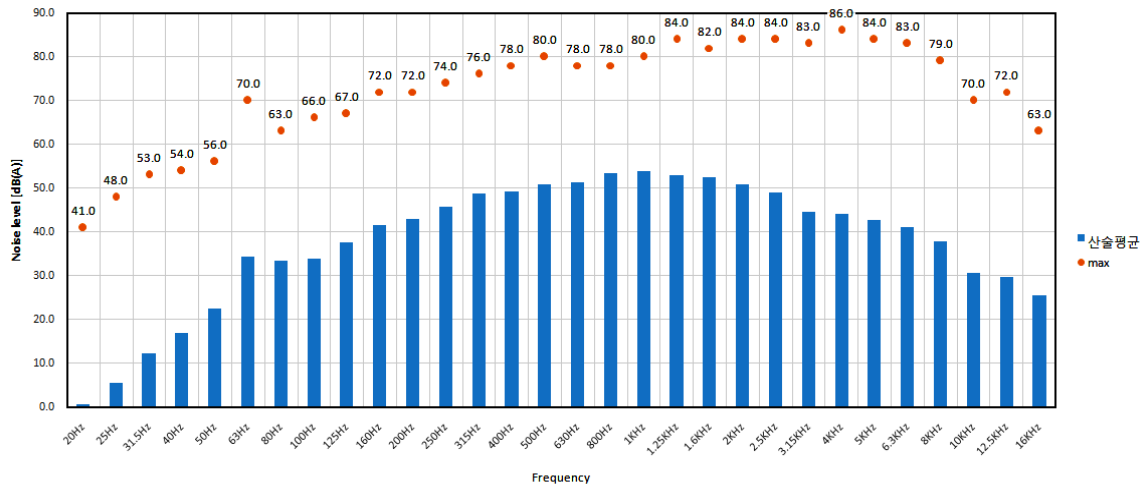


Fig. 12. Noise frequency characteristic of construction site.

크레인, 콘크리트 펌프카 및 레드믹스 트럭의 건설장비 사용으로 큰 소음도를 나타내지 않았지만 지상층 석재공사가 실시되는 일정기간 핸드드릴 및 금속 고속절단기등의 장비를 사용하여 소음도가 증가하는 현상을 나타내었다.

2018년 6월부터 2018년 11월까지 철거공사 기간으로 평균보다 조금 높은 소음도를 보이며 $58.4 \pm 4.0\text{dB(A)}$, $47.5 \sim 73.4\text{dB(A)}$ 의 소음도 범위를 나타내었고, 이는 주상복합 가설무근 철거작업으로 포크레인, 대형 고굴조 절단기, 대형 브레이커(굴조 파취용) 등 장비를 사용하여 충격성 소음이 발생하여 높은 소음도를 나타내었다. 서초구 공사장의 공정별 소음도는 큰 차이를 보이지 않았지만 기초공사 작업시 가장 높게 평가 되었다.

5) 공사장 공정별 소음저감 대책

지금까지 공사장의 공정별 소음특성 및 소음저감 대책에 대하여 고찰할 때, 건설공사 현장은 공사의 목적에 따라 다양한 지역에서 여러 공정 과정을 거쳐 오랜 기간 동안 진행되는 특수성이 있다. 따라서 건설공사장 소음 저감을 위해서는 각 공정별 세심한 주의가 필요하다.

공정별 소음도 평가 시 기초공사시에 소음도가 높게 평가되었기 때문에 기초공법의 선정시에는 각종 공법을 종합적으로 검토한 후, 시공의 신뢰도가 높고 소음이 적은 공법을 채택한다. 유압햄

머, 초고주파 항타기 등과 같은 저소음용이나 방음대책이 강구된 항타기 등을 사용한다(3). 콘크리트 공사는 콘크리트 플랜트의 설치 시에는 주변 지역에 대한 소음의 영향이 적은 곳을 택하여 설치면적을 충분히 확보하고, 필요에 따라 방음대책을 강구해야 하고 콘크리트 타설 시에는 공사 현장이나 부근에 믹서 트럭이 대기할 장소를 배려하고 불필요한 공회전을 삼간다.

해체 및 철거공사는 콘크리트 구조물을 파쇄 하는 경우에는 공사현장 주변의 환경을 충분히 고려하여 콘크리트 압쇄기, 브레이커, 팽창제 등의 공법 중에서 적절히 수행하고 철거시에는 트럭에 실을 수 있을 정도로 블록화한 후, 소음의 영향이 적은 곳에서부터 파쇄 한다.

4. 공사장 소음 주파수 특성

공사장 소음의 주파수 특성을 파악해 보면, 그림 12에서 알 수 있듯이 1/3옥타브밴드에서 대부분의 에너지가 500~2,000Hz 중대역에 집중되어 있고 저음역 및 고음역으로 갈수록 서서히 감쇠하는 특성을 가지고 있었다. 공사장 소음은 일반 생활소음과 달리 저주파 영역에 에너지가 주로 분포한 저주파 소음이다(15). 본 연구에서 공사장 소음은 일반적으로 1,000Hz에서 최대의 소음도를 나타내었으며, 1KHz에서 평균 소음도는 $47.7 \sim 54.0\text{dB(A)}$, 최대 소음도는 $76.0 \sim 87.0\text{dB(A)}$ 로

측정되었다. 하지만 공사장 소음 특성으로 63 Hz의 저주파음이 많이 측정되었고 이는 덤프트럭, 콤프레샤 등이 공사장에 건설장비로 사용되었기 때문이라 사료된다. 63 Hz의 저주파음은 파장이 5.3 m로 비교적 큰 음파이기 때문에 가청음에 비해 거리감쇠가 적고 전파경로에서의 대책이 곤란하여 민원 유발이 될 수 있으므로 음원측에서의 대책이 강구되어야 할 것으로 사료된다.

결 론

본 연구는 공사장소음 모니터링시스템을 이용하여 측정된 data를 지점별, 시간별 및 공정별 단위로 소음도에 관하여 조사 연구하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 지점별 소음도 평가 시 도로변 지역의 공사장 소음은 주택지역 보다 높은 소음도가 나타났으며, 이는 도로교통소음으로 인하여 공사장소음에 일부분 영향을 주었을 것으로 사료되며, 소음레벨은 50.0~65.0dB(A)이며, 은평구 공사장은 주거지역의 환경기준을 초과하였다.
2. 시간별 소음도 평가 시 공사시간대가 비공사시간대에 비하여 높게 평가 되었으며, 이는 공사시 사용하는 불도저, 브레이커 및 항타기 등 공사장비가 기인한 것으로 사료되며, 24시간 시간별 소음의 변동 추이를 보면 새벽 00시~04시경 급격히 감소하여 06시 이후에 상승하여 08시 이후부터 피크를 이루어 거의 비슷한 수준을 보이다가 23시 이후에야 비로소 감소하기 시작하였다.
3. 공정별 소음도 평가 시 3개 지점은 기초공사가 가장 높았고 다음은 파괴 및 해체공사이며 철근콘크리트공사의 공정이 가장 낮은 소음도를 나타내었고, 동대문구는 기초공사 작업 시 소음 측정을 실시하지 못하여 콘크리트공사 시 최고의 소음도를 나타내었다. 공정별 소음도 평가 시 기초공사시에 소음도가 높게 평가되었기 때문에 기초공법의 선정 시에는 각종공법을 종합적으로 검토한 후, 시공의 신뢰도가 높고 소음

- 이 적은 공법을 채택하여 소음을 줄여야 한다.
4. 공사장 소음의 주파수 특성은 1/3옥타브밴드에서 대부분의 에너지가 500~2,000Hz 중대역에 집중되어 있고 저음역 및 고음역으로 갈수록 서서히 감쇠하는 특성을 가지고 있었다. 공사장 소음은 일반적으로 1,000Hz에서 최대의 소음도를 나타내었으며, 1,000Hz에서 평균 소음레벨은 47.7~54.0dB(A), 최대 소음레벨은 76.0~87.0dB(A)로 측정되었다.

참고문헌

1. Kim, HG and Joo, SW : Development of Noise Prediction in Construction Sites, Transactions of the Korea Society for Noise and Vibration Engineering, 17(11):1021~1027, 2007.
2. 박영민, 김경민 : 공사장 소음모니터링 개선방안에 관한 연구, 한국소음진동공학회, 23(12): 1056~1065, 2013.
3. 김재수 : 소음진동학 개정 4판, 세진사, p.433~474, 2013
4. 환경부, 한국소음진동기술사회, 한국건설환경협회 : 공사장 소음·진동 우수사례집, 2012.
5. 환경부, 환경보전협회 : 소음·진동 환경기술인, 2018.
6. 환경부 : 소음·진동 관리법, 2017.
7. 서울시 : 서울시 소음 및 진동 이동 측정 시스템, 2012.
8. 서울시 : 2017 도시 소음관리 매뉴얼, 2017.
9. Ministry of Environment : Regulation Standard of Livelihood Noise and Vibration, Enforcement regulation on Noise and Vibration, 2015.
10. 한규문, 전재식, 이연수, 이민환, 김민영 : 도심지역 도로소음 특성에 관한 연구, 보건환경연구원보, 1998.
11. 서광석, 이한식, 류인철, 한규문, 전재식, 김주형 : 서울시 도심지역 도로교통소음 특성, 보건환경연구원보, 44:232~241, 2008.

12. Ryu, IC, Kim, HK, Oh, KR, Kim, GB, Yeo, IH and Eom, SW : Research on Noise Levels by Frequency Analysis in the Seoul Metropolitan Government, Report of SIHE, 47:168~182, 2011.
13. Lee, MH, Park, CG, Ryu, IC and Kim, KH, "Relationship between noise and air pollution levels in Residential areas: comparison between roadside and non-
roadside sites, Analytical Science and Technology, 24(5):368~377, 2011.
14. 이준복, 김익수, 임성철, 이승천, 성시홍, 안정희, 어수미 외 : 실시간 측정에 의한 서울시 일부 대형 공사장의 소음 특성 평가, 한국도시환경학회지, 16(2):231~238, 2016.
15. 김봉영, 김명숙, 배명진 : 공사장 소음의 특성에 관한 연구, 한국통신학회, p.1024~1025, 2017.