

SDA공법에 의한 건설작업소음의 특성에 대한 연구

A Study on the Characteristics of Construction Work Noise by SDA Method

김수용*○ 양재훈* 김명준**
Kim, Su-Yong Yang, Jae-Hun Kim, Myung-Jun

요 약

최근에 도심에서 발생하는 건설공사의 경우 많은 민원을 야기하고 있으며 이에 사용되는 각종 건설기계들은 소음과 진동·분진을 유발하여 도심에서 발생하는 생활환경 오염원 중 가장 강력한 민원의 대상이 되고 있다. 따라서 도심에서 기초공사를 하기 위해서 저소음·저진동을 목적으로 하는 SDA(Separated Doughnut Auger, 분리형 도넛 오거말뚝) 공법의 사용이 확대되고 있다. 하지만 SDA공법에 의해 발생하는 소음의 실태 및 전달특성이 파악되어 있지 않아 효과적이고 체계적인 차음대책 수립이 어려운 실정이다. 따라서 본 연구에서는 기초 지정공사시 저소음·저진동 공법으로 점차 사용이 확대되고 있는 SDA공법에 의한 건설작업소음의 전달 및 감쇠특성을 파악하고, 이를 토대로 향후 효율적인 차음대책 수립을 위한 기초적인 자료를 제시하고자 한다.

키워드 : 건설소음, SDA공법(분리형 도넛 오거말뚝 공법), 파일공사소음

1. 서 론

1.1 연구의 목적

최근에 도심에서 발생하는 건설공사의 경우 많은 민원을 야기하고 있으며 이에 사용되는 각종 건설기계들은 소음과 진동·분진을 유발하여 도심에서 발생하는 생활환경 오염원 중 가장 강력한 민원의 대상이 되고 있다. 중앙환경분쟁 조정위원회에서 1991.7.19~2004.4.30까지 처리된 총 1,102건의 민원중 소음·진동에 의하여 발생하는 민원이 944건(86%)으로 가장 큰 생활 환경 소음원으로 나타나고 있다¹⁾. 이중 기초공사에 사용되는 항타공법은 높은 충격음과 진동의 발생으로 인하여 민원의 주원인이 되고 있는 현실이다. 따라서 도심에서 기초공사를 하기 위해서 저소음·저진동을 목적으로 하는 SIP공법(매입말뚝공법)에 의한 항타작업이 대부분 이루어지고 있지만 SIP공법의 경우 굴착에 의한 말뚝주변에 지반의 이완형상과 굴착공내에 굴착된 토사의 퇴적이 말뚝 지지력의 저하요인이 되어 설계지지력에 미달되는 등의 문제점이 발생된다. 따라서 소음과 지반진동에 따른 건설공해와 지지력 저하문제는 물론 기존의 매입공법으로 시공하기 어려운 지반조건으로 인해 발생하는 문제점을 함께 개선한

SDA(Separated Doughnut Auger, 분리형 도넛 오거말뚝) 공법의 사용이 확대되고 있다. 하지만 국내의 경우 정확한 실태파악 및 소음의 전달특성이 파악되어 있지 않아 민원발생시 효과적이고 체계적인 차음대책 수립이 매우 어려운 실정이다.

따라서 본 연구에서는 기초 지정공사시 저소음·저진동 공법으로 점차 사용이 확대되고 있는 SDA공법에 의한 건설작업소음의 전달 및 감쇠특성을 파악하고, 이를 토대로 향후 효율적인 차음대책 수립을 위한 기초적인 자료를 제시하고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

건설소음은 장비의 종류나 공사현장의 주변상황, 배경소음, 바람, 온·습도, 지형 등 여러 요소에 영향을 받기 때문에 건설소음에 대한 객관적인 지표표를 제시하기는 힘들다. 따라서 본 연구의 범위는 SDA공법을 적용한 건설현장을 선정하여 SDA공법 적용시 발생하는 건설작업소음의 특성을 파악하는데 중점을 두었다.

본 연구의 방법은 다음과 같다.

- 1) 문헌조사를 통해서 건설소음의 일반적인 특성, 규제기준, 국내의 건설소음 및 기초자료의 현황, SDA공법의 특성에 대해 고찰한다.
- 2) SDA공법을 적용한 대상 건설현장을 선정하고, 소음측정기기를 사용하여 시간에 따른 소음레벨 변동과 주파수별 소음을 측정한다.

* 학생회원, 서울시립대학교 건축도시조경학부 건축공학전공

** 일반회원, 서울시립대학교 건축도시조경학부 조교수

3) 측정된 데이터를 분석하여 SDA공법에 의해 발생하는 건설작업소음의 특성을 파악한다.

2. 건설소음의 특성 및 기준

2.1 건설소음의 특성 및 발생형태별 분류

건설소음은 일반적으로 불규칙적이고 자극적이며, 소음원은 옥외에 있으며 이동성인 경우가 많다. 또한 작업공정에 따라 사용하는 건설기계, 시간대 등에 따라 변하며, 일시적이라 할지라도 일상의 소음에 비하여 충격성이 있고 레벨도 높아 다른 소음보다 시끄럽게 느껴진다.

건설공사에 사용되는 건설장비는 그 종류가 다양할 뿐만 아니라 발생소음이 같은 기계라도 그 사용목적 및 운전조건에 따라 상이하며 공사현장의 주변상황이나 배경소음(background noise), 바람, 온도, 습도, 지형, 장애물 등에 따라 크게 영향을 받게 된다. 이러한 건설소음은 일반적으로 시간특성에 관련되어 있고, 이를 분류하면 표1과 같이 6종류로 분류할 수 있다²⁾.

2.2 SIP공법에 의한 건설작업소음의 특성

기초공사에 일반적으로 사용되는 SIP공법(정격출력 100HP 항타기)에 대한 기존의 연구결과³⁾를 살펴보면 파일 항타시 발생하는 소음이 가장 크고 다음으로 램들어 올리는 소음으로 평가되고 있다. 15m 이격거리에서 작업별 소음도를 보면, 파일 항타시 소음은 72~100dB 사이를 1~1.5초 단위로 왕복하는 극히 짧고 반복적인 충격소음의 특성을 나타내고 있다. 또한 오거로 지반을 천공하는 소음은 76~80dB 사이에 있으며, 오거를 지반에서 뽑아내는 소음은 61~68dB 사이에 있는 정상소음의 특성을 보이고 있다. 또한 파일을 들어 올리는 소음은 64~78dB 사이에 있는 변동소음의 특성을 보여주고 있다.

2.3 국내건설소음의 규제기준

생활소음원중 건설소음의 규제 기준인 소음진동규제법(제29조의2제3항관련)에 의하면 표 2와 같이 규제기준이 가장 완화되어 있고 대부분의 공사가 진행되고 있는 시간대인 주간(08:00~18:00)을 기준으로 볼 때 70 dB(A)이하로 규정하고 있다.

3. SDA공법

SDA(Separated Doughnut Auger, 분리형 도넛 오거말뚝)공법은 상호 역(逆)회전하는 상부(내측)auger screw와 말뚝직경보다 50 mm정도 큰 하부(외측)casing screw에 의한 독립된 2중 굴진식을 채택하여 지반을 굴진하는 방식으로, 기존 항타시 문제가 되는 소음 및 진동을 최소화하

표 1. 건설소음의 발생 특성

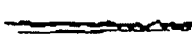





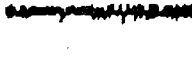
| 소음의 분류 | 소음변동특성 | 건설기계의 종류 | 특 성 |
|----------|--|--|--|
| 정상 소음 |  | 콘 크 리 트 절단기, 공기압축기, 발동발전기, 아스팔트 피니셔 | 레벨변동이 적고, 대부분 일정한 소음 |
| 변동 소음 |  | 굴삭기, 불도저, 트랙터, 셔블, 유압셔블, 로더 | 레벨이 불규칙하고 연속적으로 일정한 범위로 변화하며 발생하는 소음 |
| 충격 소음 | 연속성 |  | 지속시간이 극히 짧은 소음 |
| | 반복성 |  | |
| 간헐 소음 |  | 콘 크 리 트 브레이커, 항타기 | 간헐적으로 발생하고 지속시간이 수 초 이상의 소음 |
| 분리 충격 소음 |  | 디젤파일해머, 포장판파쇄기, 램마 | 발생하는 소음이 각각 독립적으로 분리되는 충격 소음 |
| 정상 충격 소음 |  | 진동파일드라이버 | 대부분 일정한 레벨의 소음이 각각 극히 짧은 시간간격에 되풀이하여 발생하는 충격소음 |

표 2. 생활소음중 건설소음 규제기준

| | (단위 : dB(A)) | | |
|---|--------------------------------------|---------------------|---------------------|
| | 조식 (05:00~08:00) (18:00~22:00) | 주간 (08:00~18:00) | 심야 (22:00~05:00) |
| 주거지역, 녹지지역, 준도시 지역 중 취락지구 및 운동휴양지구, 자연환경보전 지역, 학교, 병원, 공공도서관의 부지경계선으로부터 50m 이내 지역 | 65이하 | 70이하 | 55이하 |
| 기타지역 | 70이하 | 75이하 | 55이하 |

비 고 : 5. 공사장의 소음규제기준은 주간의 경우 특정공사의 사전신고대상 기계·장비를 사용하는 작업시간이 1일 2시간 이하일 때는 -5dB을, 2시간 초과 4시간 이하일 때는 +5dB을 규제기준치에 보정한다.

고 기존의 SIP공법(매입말뚝공법), T4공법의 적용시 공벽의 붕괴, 주변 지반의 이완, 지지의 확인이 불가능한 점을 해결한 공법이다. SDA공법은 그림 1과 같이 파일링공사에 사용되는 기계 및 발전기, 공기압축기 등과 같은 보조장비류를 주변에 배치하여 사용하며 시공순서는 그림 2와 같다.

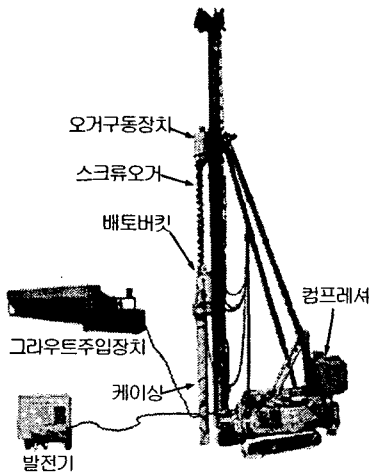


그림 1. SDA공법 시공장비의 배치

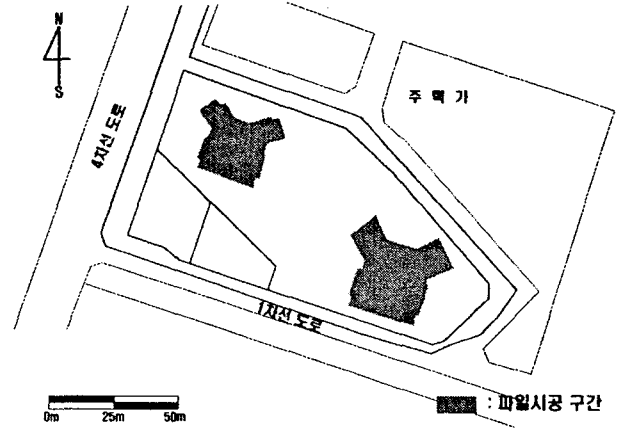


그림 3. 측정대상 지역 배치도

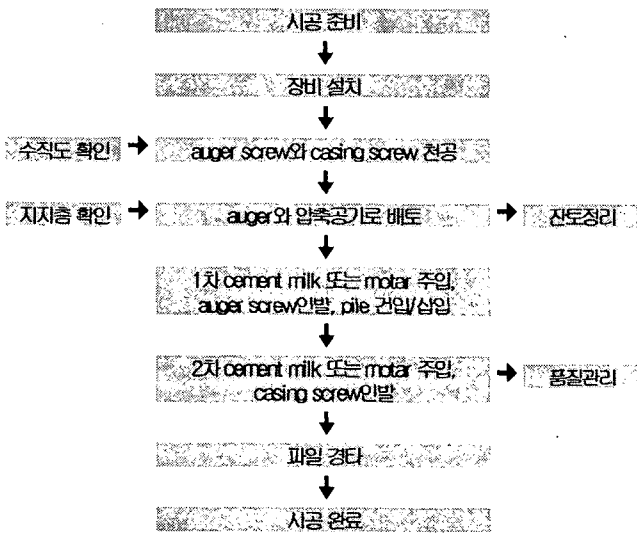


그림 2. SDA공법의 시공순서도

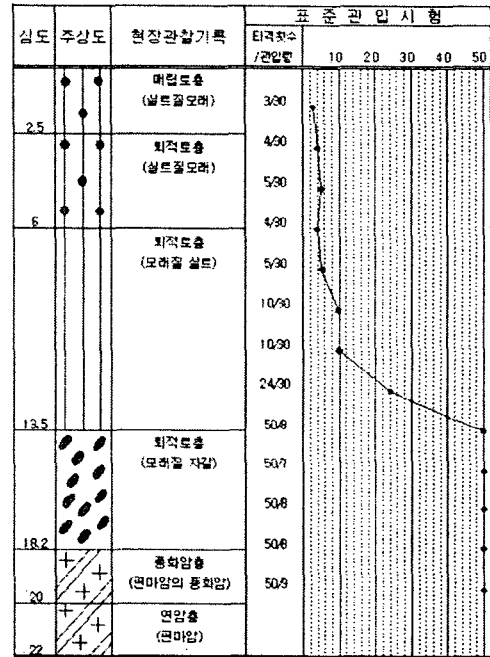


그림 4. 지층 단면도

4. 측정 개요

4.1 측정 대상지역의 위치 및 지질현황

측정 대상지역은 서울시 광진구에 위치하고 있으며, 그림 3과 같이 주변에 2면의 주택가와 인접하고 1면이 편도 1차선, 다른 한면이 왕복 4차선 도로에 인접하고 있는 T아파트 신축현장을 대상으로 SDA공법에 의한 건설기계소음의 음압레벨을 측정조사하였다.

측정 대상지역의 지층단면도는 그림 4와 같다. 측정대상 현장은 터파기 깊이가 GL=-12.5 m로서 그 이하의 토질상태를 보면 GL=-12.5~13.5 m까지는 모래질 실트로 구성된 퇴적토층, GL=-13.5~18.2 m까지는 모래질 자갈로 구성된 퇴적토층으로 나타나고 있다. 그이하에서는 풍화암층과 연암층으로 구성되어 있다. N치를 보면 12.5 m에서 24, 13.5 m이상에서는 50으로 급격히 증가하고 있다. 본 조사지역에서는 PHC Pile(Ø500) L=7 m로 시공되었다.

4.2 측정 대상 장비 제원

측정 대상현장에서 사용된 파일공사 장비 제원은 표 3과 같다.

4.3 건설소음의 측정방법

국내 소음진동 규제법에 의한 건설소음 규제기준의 측정방법을 가지고는 건설소음에 대한 전달 및 감쇠특성을 파악할 수가 없다. 따라서 본 연구에서는 日本에서 규정하고 있는 건설기계의 소음측정방법인 “建設機械の騒音・振動測定要領(案)”, “建設機械の騒音測定法(案)” 등을 이용하여 그림 5와 같이 7 m, 15 m, 30 m에서 건설소음을 측정하였다.

표 3. 장비 제원

| | |
|----------------------------------|---------------------------------|
| 제조회사 | Nippon-Sharyo, LTD. 日本車輛株式会社 |
| 형식 | DH558-110M-2, M85D |
| 최대리더길이(m) | 21~33 |
| 전장비최대중량 [허용주행하중] (t) | 114 |
| 원치(드럼)수 [옵션] | 3+[1] 주권, 보권 씨드, [4드럼] |
| 장착가능 전동/ 유압식 어스오거 | 240 HP |
| 장착가능 전동오거 허용 토크 (kN/m tf/m) | 127.4 / 13 |
| 장착가능 유압오거 허용 토크(kN/m tf/m) | 323.7 / 33 |
| 허용인발하중(kN tf) | 539 / 55 |
| 장착가능 다젤함마 | #80 이하 |
| 장착가능 유압함마 | NH-115B 이하 |

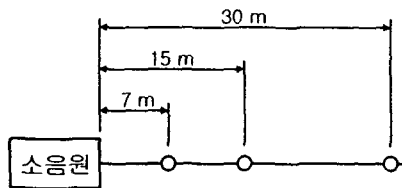


그림 5. 건설소음의 측정 위치

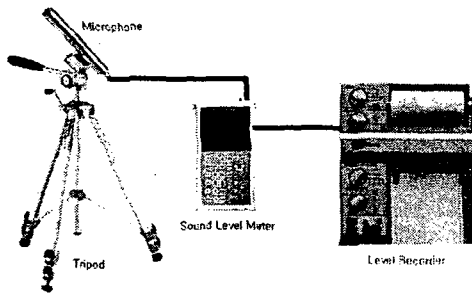


그림 6. 건설기계소음 측정을 위한 기기구성도

또한 건설공사 종류별 소음의 변동특성을 측정함과 동시에 각 주파수별 특성을 파악하기 위하여 그림 6과 같은 방법을 이용하여 측정하였으며, 마이크로폰은 바닥에서 1.5 m 위치에 놓고 다른 건설공사나 건설기계들이 작동하지 않도록 주변의 배경소음을 최소화한 뒤에 측정하였다. 전대역 소음레벨 dB(A)값은 15초동안의 Leq값으로 측정하였으며 동시에 31.5~8000 Hz까지 옥타브밴드 중심 주파수도 측정하였다.

작업별 측정은 SDA공법을 작업별 소음특성을 고려하여 오거굴착 및 케이싱삽입, 케이싱 인발, 경타(항타), 엔진음(장비이동거치, 오거인발, 파일건입·삽입)의 네가지 작업 종류로 구분하여 측정하였다.

5. 분석 및 고찰

국내 건설소음의 측정방법은 피해자측 부지경계선중 피해가 우려되는 장소에서 5분 이상 등가소음도(Leq)로 측정하도록 규정하고 있으나⁴⁾, 본 연구에서는 SDA공법에 의해 발생하는 건설작업소음의 특성에 초점을 맞추었기 때문에 15초 동안의 측정 결과를 가지고 국내 건설소음과 비교하였다. 또한 대상 측정현장은 GL=-12.5 m로서 측정위치가 흙막이 벽에 의한 음의 반사효과가 나타날 수 있는 위치에 있다. 따라서 실제 5분 이상의 등가소음도로 측정된 결과에 비해서 약간 높게 평가될 수 있다.

5.1 주파수별 음압레벨의 변화 및 감쇠특성

SDA공법에 사용되는 건설기계의 공사진행별 소음레벨을 옥타브밴드 중심주파수로 측정된 결과는 그림 7과 같다.

그림 7에서 보면 오거로 지반을 천공하고 케이싱을 삽입할 때 발생하는 소음은 천공시 지반조건에 따른 엔진부하 및 암반파괴시 발생하는 소음 등의 영향으로 여러 작업소음중 가장 소음레벨이 크게 나타나고 있으며, 이러한 엔진음의 영향으로 비교적 에너지가 큰 250 Hz이하의 저음역에서는 거리에 따른 감쇠가 크게 나타나지 않고, 고음역으로 갈수록 일정하게 감쇠하는 특성을 보여주고 있다.

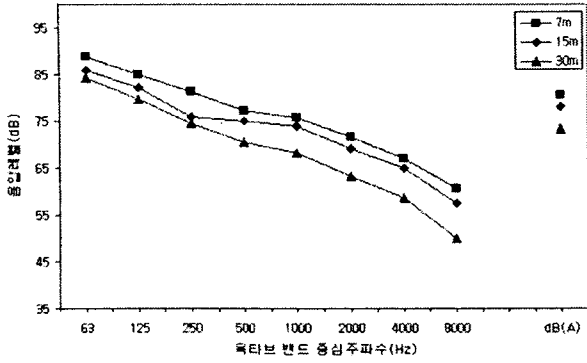
둘째로, 케이싱 인발시 발생하는 소음은 7 m에서는 250~1000 Hz대역에서 비교적 일정한 음압레벨을 유지하고 있고, 그 이상의 고음역으로 갈수록 급격히 감쇠하는 특성을 보여주고 있다. 또한 7 m, 15 m에서 250 Hz이하에서는 거리에 따른 감쇠가 크게 일어나지 않는 특성을 보여주고 있다.

셋째로, 경타시 발생하는 소음은 250~1000 Hz대역에서는 비교적 일정한 음압레벨을 유지하고 있으며 그 이상의 고음역으로 갈수록 15 m, 30 m에서는 서서히 감쇠하는 특성을 보여주고 있지만 다른 작업소음에 비하면 고음역이 높게 나타나고 있다. 7 m의 경우 8000 Hz에서 소음레벨이 다소 증가하는 특성을 보여주고 있다.

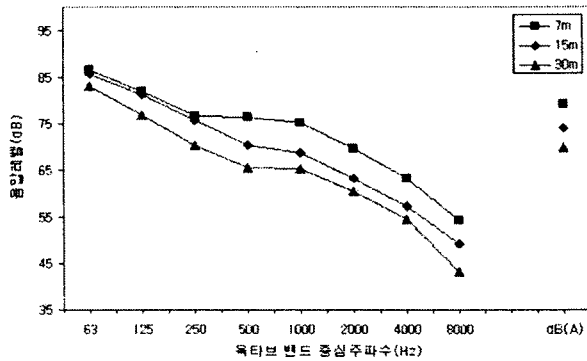
넷째로, 장비이동 거치, 오거인발, 파일 건입·삽입시 발생하는 소음은 거의 엔진음으로, 엔진음의 영향을 받는 저음역은 높은 음압레벨을 보이고 있으며 250~1000 Hz대역에서는 비교적 일정한 음압레벨을 유지하고, 그 이상의 고음역으로 갈수록 급격히 감쇠하는 특성을 보여주고 있다.

또한 위의 결과를 단일 평가지수인 dB(A)로 비교해 보면 그림 8과 같다.

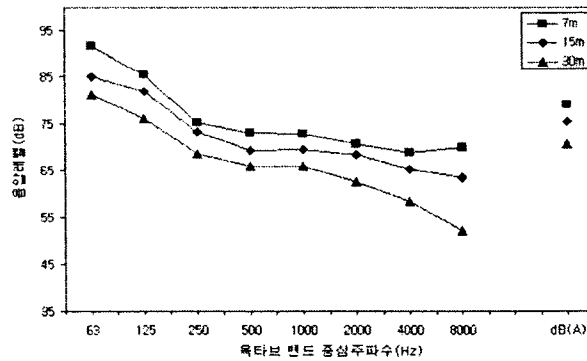
그림 8에서 보면 SDA공법에 의해 발생하는 건설작업 소음은 기존의 SIP공법(매입말뚝공법)⁵⁾, T4공법과는 달리 항타 소음보다는 오거 굴착 및 케이싱 삽입시 발생하는 소음이 가장 높은 소음레벨을 보이고 있다. 이를 통해



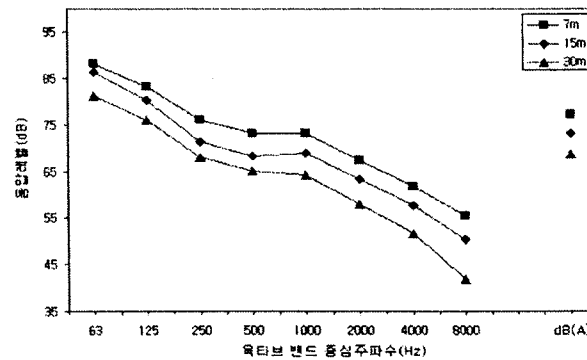
(a) 오거굴착 및 케이싱 삽입 소음



(b) 케이싱 인발 소음



(c) 경타 소음



(d) 기타 엔진 소음

그림 7. 작업별 음압레벨의 주파수 특성

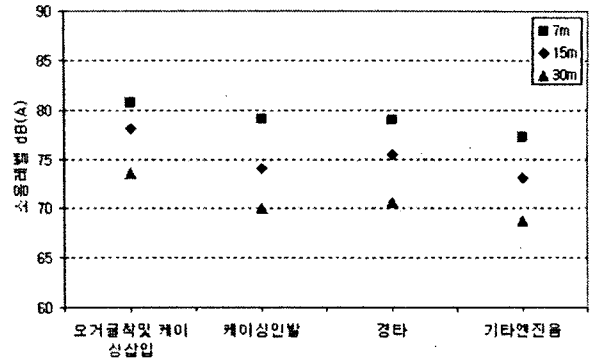


그림 8. 작업별 소음레벨 비교

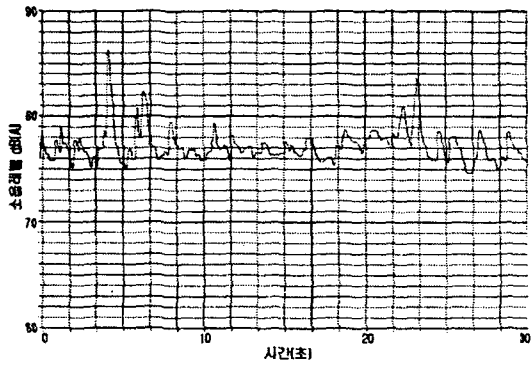
SDA공법에서는 공사현장의 지반조건에 따른 엔진부하소음 및 암반파괴시 발생하는 소음이 전체 소음레벨에 크게 영향을 주고 있음을 알 수 있다. 이러한 소음레벨을 표 2의 국내 건설소음 규제기준과 비교해 보면 하루시간대 중 가장 규제기준이 완화되어 있을 뿐만 아니라 대부분의 공사가 진행되고 있는 시간대인 주간(8:00~ 18:00)을 기준으로 볼 때 15 m 이내에서는 모든 작업소음이 기준을 상회하고 있는 것으로 나타났다. 또한 거리가 어느 정도 떨어져 있는 30 m 지점에서는 케이싱 인발소음과 기타 엔진소음만 기준을 만족하고 있는 것으로 나타났다.

5.2 시간에 따른 음압레벨의 변동특성

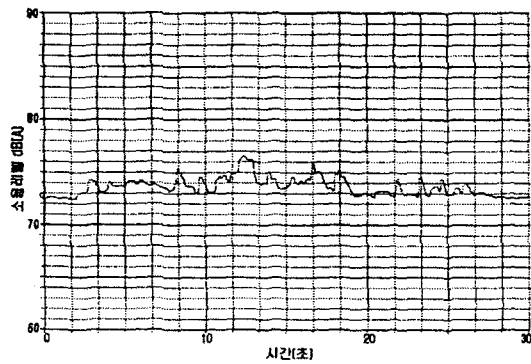
그림 6과 같은 방법으로 15 m 지점에서 측정된 소음레벨의 변동특성을 파악해 보면 그림 9와 같다.

그림 9에서 보면 오거 굴착 및 케이싱 삽입시 소음은 75~86 dB(A)사이에 있어 비교적 소음레벨이 불규칙하고 일정한 범위를 연속적으로 변화하면서 발생하는 변동소음의 특성을 나타내고 있다. 이러한 오거 굴착 및 케이싱 삽입시 소음은 3~5초 부분에서도 나타나듯이 암반파괴시 발생하는 소음에 의해 충격소음의 특성을 나타내기도 한다. 또한 케이싱 인발시 발생하는 소음은 72~76 dB(A)사이에 있어 비교적 소음레벨의 변동이 일정한 정상소음의 특성을 나타내고 있다. 장비이동 및 거치, 오거인발, 파일 건입·삽입시 소음인 엔진 소음 역시 73 dB(A)주위에서 레벨의 변동이 적고 일정한 정상소음의 특성을 보여주고 있다. 또한 경타시 소음은 71~95 dB(A)사이를 5~6초 단위로 왕복하는 극히 짧고 반복적인 충격소음의 특성을 보여주고 있다.

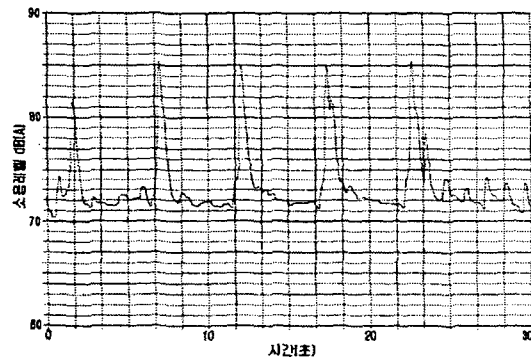
파일 1분 시공완료시간에 대한 15 m 지점에서 측정된 소음레벨의 변동특성은 그림 10과 같다. 파일 1분 시공완료시간은 평균 14분이며, 가장 높은 소음레벨을 보이는 오거굴착 및 케이싱삽입 작업은 소요시간이 7~8분으로 전체 시공시간 중 절반이상을 차지하는 것으로 나타났다. 또한 다음으로 소음레벨이 높은 경타작업의 경우 1분정도 소요되는 것으로 나타났다.



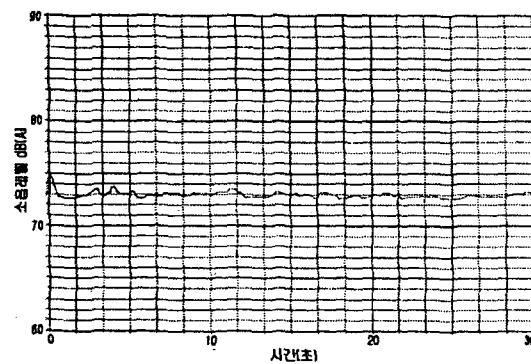
(a) 오거굴착 및 케이싱 삽입소음



(b) 케이싱 인발 소음



(c) 경타소음



(d) 기타 엔진 소음

그림 9. 소음레벨의 변동특성

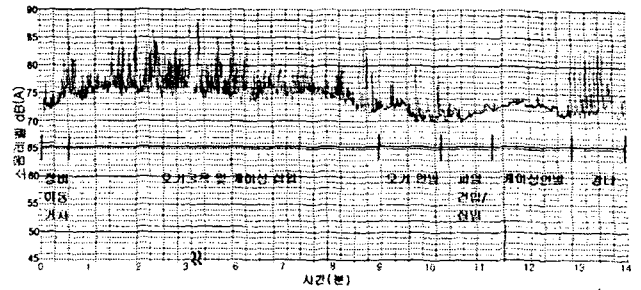


그림 10. 파일 1본 시공시간에 대한 소음레벨의 변동특성

6. 결론

도심에서 저소음·저진동공법으로써 사용이 확대되고 있는 SDA공법 적용시 발생하는 건설작업소음의 특성을 파악해본 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. SDA공법에 의해 발생하는 작업별 음압레벨의 주파수특성을 살펴보면 네가지 작업 모두 엔진음의 영향을 받는 저음역은 높은 음압레벨을 보이고 있으며, 오거굴착 및 케이싱삽입과 케이싱 인발시 발생하는 소음은 250 Hz 이하의 저음역에서는 거리에 따른 감쇠가 크게 나타나지 않는 것으로 나타났다. 또한 케이싱 인발작업과 기타 작업시 엔진소음의 경우 1000 Hz이상의 고음역으로 갈수록 급격히 감쇠하는 특성을 보여주고 있으며 경타시 발생하는 소음의 경우 고음역으로 갈수록 서서히 감쇠하는 특성을 보이지만 다른 작업소음에 비하면 고음역이 높게 나타났다.

2. 기존의 SIP공법이나 T4공법과는 달리 SDA공법에 의한 건설작업소음 중 가장 소음레벨이 높게 나타난 것은 오거 굴착 및 케이싱 삽입시 발생하는 소음이며, 공사현장의 지반조건이 전체 소음레벨에 크게 영향을 주고 있는 것으로 나타났다.

3. SDA공법 적용시 발생하는 소음레벨의 변동특성을 파악해 보면 오거 굴착 및 케이싱 삽입시 소음은 75~86 dB(A)사이에서 비교적 소음레벨이 불규칙하고 일정한 범위를 연속적으로 변화하면서 발생하는 변동소음의 특성을 나타내고 있다. 또한 경타시 소음은 71~95 dB(A)사이를 5~6초 단위로 왕복하는 극히 짧고 반복적인 충격소음의 특성을 보여주고 있으며, 케이싱 인발시 발생하는 소음과 기타 엔진 소음은 비교적 소음레벨의 변동이 적고 일정한 정상소음의 특성을 보여주고 있다.

이상의 연구는 건설현장에서 기초 지정공사시 저소음·저진동 공법으로 점차 사용이 확대되고 있는 SDA공법에 의한 주파수 특성과 소음레벨 및 변동특성을 조사·분석한 결과이다. 향후 보다 많은 연구와 자료의 축적이 이루어지면 건설작업소음에 대한 보다 구체적인 대응대책 수립이 가능할 것으로 판단된다.

참고문헌

- 1) 중앙환경분쟁조정위원회, 환경분쟁 조정현황, 2004. 4.
- 2) 일본공업규격(JIS Z 8731), “騒音レベル測定方法”, 1999.
- 3) 김재수의 5인, “SIP공법에 의한 항다작업시 발생하는 건설기계소음의 전달 및 감쇠특성에 관한 실험적 연구”, 한국주거학회지 9권 2호, 1998.환경부, 소음진동 공정 시험법, 고시 제 2000-31호.
- 4) 환경부, 소음진동 공정 시험법, 고시 제 2000-31호.
- 5) 이병훈, 윤해봉, 조원희, 장영휴, 김재수, “SIP공법에 의해 발생하는 항다소음의 전달 및 감쇠특성에 관한 실험적 연구”, 대한건축학회 학술발표논문집 19권 1호, 1999, pp. 491~496.
- 6) 김재수, 건설소음·진동, 서우, 2001.
- 7) 김재수, (환경 분쟁 조정을 위한)건설소음·진동이론과 실무, 서우, 2003.
- 8) 대한주택공사 주택연구소, 말뚝의 저소음·저진동 시공법에 관한 연구, 1996.

Abstract

Construction work noise has caused much annoyance for a number of dwellers nearby construction field and has become a very serious issue in our living environment. Therefore, practical solutions for reducing construction work noise are highly required in construction field. Practical solutions for the construction work noise, however, are very difficult because of the poorness of basic data and research. Especially, in order to establish a sound insulation plan about pilings work noise that has highly sound pressure level and impactive, it is necessary to investigate the characteristics of construction noise such as pilings work noise, mechanical operating noise, etc. Accordingly, the aim of this study is to get the basic data about construction noise by SDA(Separated Doughnut Auger) method. And in this study, we attempt to survey the characteristics of attenuation and propagation of construction equipment noise and to estimate the power level in pilings work, using SDA method.

Keywords : Construction Noise, Separated Doughnut Auger Method, Pilings Work Noise
