

# Sand Drain 공법에 의한 작업시 발생하는 건설소음의 특성에 관한 연구

○ 윤 해 동\* 김 재 수\*\*\*

## A Study on the Characteristics of Construction Noise by Sand Drain Method

Hae-Dong Yun\* Jae-Soo Kim\*\*\*

### ABSTRACT

Recently, with the increasing of construction works, large construction equipment are used to reduce the term of work and labor cost in construction field. Therefore, construction equipment noise has caused much annoyance for a number of dweller in nearby construction field and it has become a very serious problem in our living environment. Nevertheless, in our country, adequate guidelines for the construction equipment noise are very deficiency because of the lack of basic data and insufficient research works. From this point of view, this study attempts to survey the characteristics of attenuation and propagation of Sand Drain Method in construction field. On the basis of measurement value, we analysed about prediction possibility of Sand Drain Method. This study also present a basic data found a effective plans for Sand Drain Method.

### I. 서론

도로공사 및 연약지반 보강을 위해 사용하는 SD공법은 연약한 점토질등의 지반중에 주상의 조목층인 사주(Sand Pile)를 여러개 박아 연약한 지반 전체에 걸쳐 하중을 가해 점토질 토층중의 물을 sand pile을 통해서 지표면으로 배출시키며 짧은 기간동안 연약지반을 압밀시켜 강화하려는 공법으로서, 외국에서는 1947년경부터 사용되어 왔으며 연약 지반상의 성토공사에 이용할 때 대단히 유효하여 최근에는 지반의 토성에 따라 일반 구조물의 기초공사에도 응용하고 있는 공법이다. 그러나 이 공법은 작업시 심각한 소음·진동을 유발하여 인근 주민들로부터 많은 불만족을 낳고 있으며 최근에는 심각한 민원의 대상이 되고 있다.

따라서 본 연구에서는 SD공법에 의한 작업시 발생하는 소음의 전달 및 감쇠특성을 파악하고자

하며 이를 토대로 향후 구체적이고 실질적인 차음 대책을 위한 기초적인 자료를 제시하고자 한다.

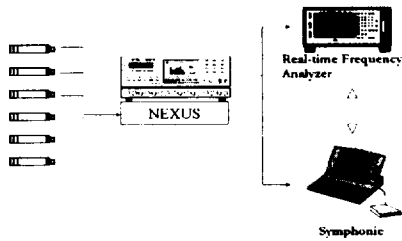
### II. 측정방법 및 내용

측정대상지역의 건설소음을 측정, 평가하기 위하여 본 연구에서는 소음진동규제법에서 정한 측정방법과 ISO(International Standardization Organization)/R 1996에 준하여 측정을 실시하였으며, 위한 측정기기 구성도는 [Fig. 1]과 같다.

본 연구에서는 소음공정시험방법에 준하여 측정하였으며 측정시 소음계의 마이크로폰의 위치는 삼각대를 이용하여 지면으로부터 1.2m의 높이에 고정하여 설치하였고, 반사음의 영향을 최소화하기 위해 측정자 및 주위 물체와 최소한 2m의 이격거리를 유지하였다. 소음계의 사용시 동특성은 "Fast"에 고정시켰으며, 청감보정회로는 "A특성"을

\* 정희원, 원광대학교 건축음향연구실 박사과정  
\*\* 정희원, 원광대학교 건축음향연구실 부교수, 공학박사

이용하였다. 측정 방법은 [Fig. 1]과 같이 마이크로 폰에서 들어오는 신호를 NEXUS를 통해 DAT(Digital Audio Tape Recorder)로 현장에서 동시에 녹음하였으며, 녹음된 신호를 실험실에서 Signal Analyzer와 주파수 분석기로 분석하였다. 본 연구에서 분석에 사용된 주파수 범위는 31.5Hz~8kHz까지 1/1 Octave Band 중심주파수별로 30초간 측정하였으며 동시에 전 대역 음압레벨도 dB(A)값으로 측정·분석 하였다. 또한 소음의 평가는 국내 환경정책기본법에서 채택하고 있는 등가소음레벨(Leq)과 NR(Noise Rating Curve)곡선을 이용하였으며, 실시간 주파수 분석기 [Real-time Frequency Analyzer]를 이용하여 주파수 분석을 실시하였다.



- Microphone (B&K Type 4165)
- Microphone Preamplifier (B&K Type 2669)
- Nexus (B&K Type 2692)
- DAT (Sony Pc 216Ax)
- Frequency Analyzer (Symphonie 01dB)
- Real-time Frequency Analyzer(B&K Type 2144)

[Fig. 1] Diagram of measurement system

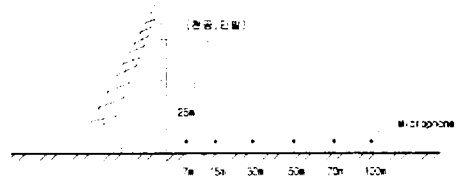
### III. 측정위치 및 지질현황

#### 3.1 측정위치 및 장비의 제원

측정대상 지역은 전라북도 K시 J면에 위치한 건설현장이다. 국내 「소음진동공정시험법」에 의한 건설소음 측정방법은 지역과 시간대에 따른 규제 기준에 의한 측정방법이므로 이 측정방법을 가지고는 건설소음에 대한 전달 및 감쇠특성을 파악할 수가 없다. 따라서 본 연구에서는 일본에서 규정하고 있는 건설기계의 소음측정방법인 「建設機械の騒音・振動測定要領(案)」과 「建設機械の騒音測定法(案)」 등에 준하여 [Fig 2]와 같이 7m, 15m,

30m, 50m, 70m, 100m에서 건설소음을 측정하였다.

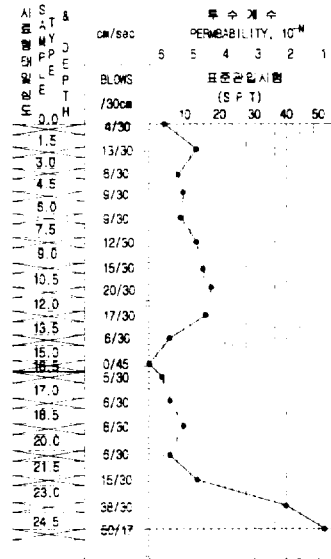
SD공법에 사용되는 장비의 제원과 특성은 150PS/2000 RPM(L=28m) High-power 직분식 엔진을 탑재한 KH230-8 모델이 사용되었으며, 최대 정격총하중 60ton, 천공환경은 PC(φ-400, L=25m) Pile로 깊이 24.5m(N=50/10) 천공후 sand pile을 형성하는 방법이 적용되었다.



[Fig. 2] Measure point of construction equipment noise

#### 3.2 측정대상 지역의 지질현황

측정대상 지역의 토질 주상도는 [Fig. 3]과 같다.



[Fig. 3] Cross section of stratum

그림에서 보면 표면에서 0.4m까지는 전답층으로서 점토섞인 실트로 구성되어 있으며, 그 이상의

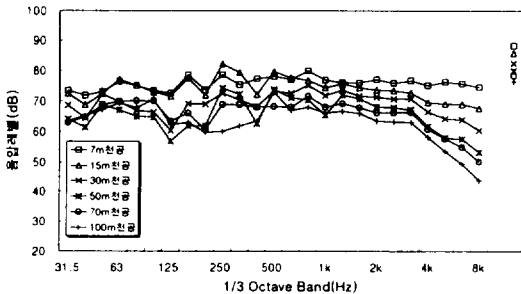
깊이는 퇴적층으로 구성된 연약지반을 이루고 있는데, 0.4~1.2m까지는 점토질 실트로 구성되어 있으며, 1.2~11.0m까지는 실트섞인 모래층을 이루고 있고, 11.0m~13.2m까지는 약간의 점토성분을 함유하고 있다. 또한 13.2m~21.3m까지는 실트질 모래섞인 점토질로 구성되어 있으며, 부분적으로 매우 연약한 구조를 이루고 있어서 전체적으로 연약한 지질층을 구성하고 있으나, 그 이상의 깊이에서는 매우 견고하고 조밀한 상태를 보이고 있어서 N치(타격횟수)가 높게 측정되는 지층으로 구성되어 있다.

#### IV. 분석 및 고찰

##### 4.1 주파수별 소음레벨의 변화 및 감쇠특성

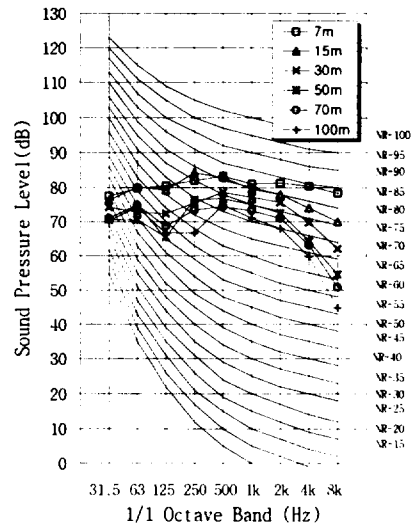
###### (1) 천공

천공시 소음을 측정된 결과 측정거리에 따른 주파수별 소음레벨의 특성은 [Fig. 4]와 같고, 이를 단위 평가치수인 dB(A)와 NR곡선으로 비교해보면 [Fig. 5]와 같다.



[Fig. 4] Measured values of sound pressure level by boring noise

[Fig. 4]에서 보면 비교적 근거리인 7m지점과 15m지점의 경우 매우 높은 음압레벨을 나타내고 있으며, 거리가 멀어질수록 점차 감쇠하는 특성을 보이고 있다. 또한 거리가 멀어짐에 따라서 저주파수 대역보다는 2kHz이상의 고주파수 대역에서 감쇠폭이 커짐을 알 수 있다.



[Fig. 5] Evaluation by Noise Rating curve

또한 NR곡선으로 평가해 보면 차음등급을 결정하는 주파수 대역은 아주 가까운 7m의 경우 4kHz의 고주파수대역에서 결정되고 있으며, 그 이상의 거리에서는 500Hz~2kHz의 중간주파수 대역에서 결정되고 있다. 따라서 SD공법에 의한 천공시의 경우 공사현장에서 어느정도 이격되어 있는 주민들에게는 500Hz~2kHz대역의 주파수가 가장 불쾌감을 일으키는 주파수로 사료된다.

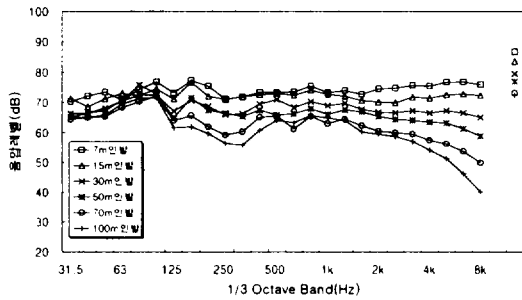
###### (2) 인발

인발시 소음을 측정된 결과 측정거리에 따른 주파수별 소음레벨의 특성은 [Fig. 6]과 같고, 이를 단위 평가치수인 dB(A)와 NR곡선으로 비교해보면 [Fig. 7]과 같다.

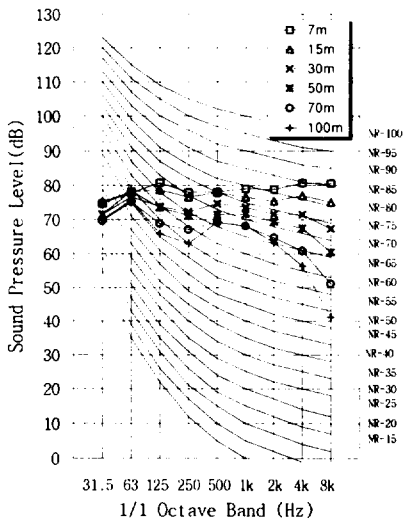
[Fig. 6]에서 보면 천공시와 마찬가지로 거리가 멀어짐에 따라서 점차 감쇠하고 있으며, 2kHz이상의 고주파수 대역에서 감쇠폭이 크게 나타나고 있음을 알 수 있다. 또한 NR곡선으로 평가해보면 차음등급을 결정하는 주파수 대역은 근거리인 7m와 15m의 경우 8kHz의 고주파수 대역에서 결정되고 있으며, 30m와 50m의 경우에는 4kHz, 70m와 100m의 경우에는 1kHz에서 결정되고 있다.

따라서 SD공법에 의한 인발시의 경우에는 공사현장에서 어느정도 이격되어 있는 주민들에게는 1kHz~4kHz의 고주파수 대역이 가장 큰 불쾌감을

일으키는 주파수 대역임을 알 수 있다.



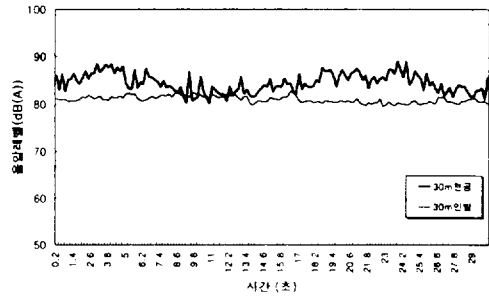
[Fig. 6] Measured values of sound pressure level by pull-out noise



[Fig. 7] Evaluation by Noise Rating curve

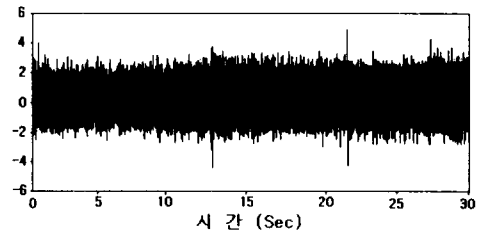
#### 4.2 시간에 따른 소음레벨의 변동 및 시간응답 (Time Response)

30m지점에서 측정한 SD공법의 소음레벨 변동특성은 [Fig. 8]과 같고, 시간응답의 변화 곡선은 [Fig. 9]와 같다.

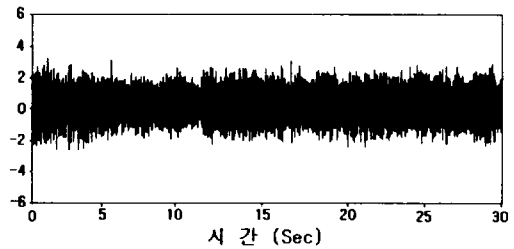


[Fig. 8] Sound pressure level measured at 30m

[Fig. 8]에서 보면 천공의 경우 레벨이 불규칙하고 연속적으로 일정한 범위로 변화하며 발생하는 변동소음의 특성을 나타내고 있으며, 인발의 경우 레벨변동이 적고 대부분 일정한 정상소음의 특성을 나타내고 있음을 알 수 있다.



(a) Boring Noise at 30m



(b) Pull out Noise at 30m

[Fig. 9] The time recordings of sound pressure level measured at 30m

또한 [Fig. 9]에서 시간응답의 변화특성을 보면 전측정시간에 걸쳐 대체로 일정한 구간을 반복하는 변동소음의 특성을 나타내고 있으며, 전 측정시간에 걸쳐 에너지가 크고 지속적으로 나타나고 있음을 알 수 있다.

### 4.3 국내 생활소음 규제기준과의 비교

소음으로 인한 환경상의 영향에 대하여 쾌적한 생활환경 보전과 인간의 건강을 보호하기 위하여 현행 소음진동규제법 제 29조2 제 3항에서 정하는 규제기준과 본 연구에서 측정된 소음레벨과 비교하여 보면 [Table 1]과 같다.

[Table. 1] Comparison of SD Method noise and domestic standard for construction noise

		주간 dB(A)						
		500만	500상 600만	600상 700만	700상 750만	750상 800만	800상 850만	850상 900만
소 식 d B (A)	500만	대상지역 I			대상지역 II			
	500상 550만	대상지역 I			대상지역 II			
	550상 600만	대상지역 I			대상지역 II			
	600상 650만	대상지역 I			대상지역 II			
	650상 700만	대상지역 I			대상지역 II			
	700상 750만	대상지역 I			대상지역 II			
	750상 800만	대상지역 I			대상지역 II			
	800상 850만	대상지역 I			대상지역 II			
	850상 900만	대상지역 I			대상지역 II			

구분	7m	15m	30m	50m	70m	100m
천공	□	○	◇	△	▽	◁
인발	■	●	◆	▲	▼	◀

- 대상지역 I : 주거지역, 녹지지역, 준도시지역중 취락지구 및 운동·휴양지구, 자연환경보전지역, 학교·병원·공공도서관
- 대상지역 II : 기타지역

[Table 1]에서 보면 천공시와 인발시 모두 전 측정지점에서 대상지역 I의 주간과 조석의 소음규제기준을 훨씬 초과하고 있으며, 대상지역 II는 천공소음은 주간과 조석 모두 초과하지만 인발소음은 70m, 100m지점만 주간기준에 만족하고 다른 지점은 모두 규제기준을 초과하고 있다. 이러한 결과로 볼 때 SD공법으로 인한 작업시 인근 주민들에게 심각한 소음공해를 유발할수 있음을 알수 있으며, 공사전 충분한 사전대책이 필요할 것으로 사료된다.

### V. 결론

본 연구를 통하여 얻은 결과를 종합하여 보면 다음과 같다.

- SD공법에 의한 작업시 소음은 특정주파수에서의 peak치의 특성이 뚜렷이 나타나지 않고 있으며, 거리가 멀어질수록 대체적으로 일정하게 감쇠하고 있다. 또한 NR곡선으로 평가해보면 공사현장에서 어느정도 이격되어 있는 주민들에게 천공시의 경우에는 500Hz~2kHz주파수 대역이, 인발시의 경우에는 1kHz~4kHz 주파수 대역이 가장 큰 불쾌감을 주는 주파수 대역으로 파악되었다.
- SD공법에 의한 작업소음은 천공의 경우 변동소음의 특성을 나타내고 있으며, 인발의 경우는 정상소음의 특성을 나타내고 있다. 또한 시간응답곡선을 살펴보면 전 측정시간에 걸쳐 에너지가 크고 지속적으로 나타나고 있음을 알 수 있다.
- SD공법에 의한 작업시의 소음을 국내 생활소음 규제기준과 비교하여 보면 천공시와 인발시 모두 전 측정지점에서 대상지역 I의 주간과 조석의 소음규제기준을 훨씬 초과하고 있으며, 대상지역 II는 천공소음은 주간과 조석 모두 초과하지만 인발소음은 70m, 100m지점만 주간기준에 만족하고 다른 지점은 모두 규제기준을 초과하고 있다. 이러한 결과로 볼 때 SD공법으로 인한 작업시 인근 주민들에게 심각한 소음공해를 유발할수 있으므로 공사전 충분한 사전대책이 필요할 것으로 사료된다.

본 연구는 연약지반 개량공법의 일종인 SD공법에 의한 작업시 소음레벨의 변동특성에 관한 결과이며, 향후 좀더 다양한 지반조건과 소음이 문제시 되는 각종 건설기계에 관한 연구가 지속적으로 이루어져야 할것으로 사료된다.

## 참고문헌

1. 김재수; “건설현장에서 발생하는 건설기계소음의 전달 및 감쇠특성에 관한 실험적 연구”, 대한건축학회논문집 13권 6호, 1997.6, pp 405 ~417
2. 김재수와 5인; “건설현장에서 발생하는 건설공사소음의 전달 및 감쇠 특성에 관한 실험적 연구”, 한국음향학회지 17권 3호, 1998.3, pp 78~89
3. 김재수와 5인; “SIP공법에 의한 항타작업시 발생하는 건설기계소음의 전달 및 감쇠특성에 관한 실험적 연구”, 한국주거학회지 9권 2호, 1998. 6, pp 67~78
4. 김재수와 3인; “Casing부착 SIP공법에 의해 발생하는 항타소음의 전달 및 감쇠특성에 관한 연구”, 한국소음진동공학회지 9권 5호, 1999.10 pp 899~905
5. 김재수와 5인; “건설현장에서 발생하는 유압식 항타소음의 전달 및 감쇠특성에 관한 연구”, 대한건축학회논문집 15권 12호, 1999.12 pp 249~256
6. 김재수와 3인; “건설현장에서 발생하는 항타소음의 전달 및 감쇠특성에 관한 실험적 연구”, 대한건축학회 학술발표대회 17권 1호, 1997.4 pp 303~310
7. 김재수; “건설소음.진동의 기초이론과 영향”, 한국소음진동공학회 세미나 1997.6 pp5~31
8. 김재수와 2인; “건설현장에서 발생하는 브레이크 소음의 전달 및 감쇠특성에 관한 실험적 연구”, 한국음향학회 학술발표대회 16권 1호, 1997.7 pp 439~445
9. 김재수; “건설소음의 규제기준과 소음표시제도”, 대한건축학회지(건축) 41권 9호, 1997.9 pp 76~80
10. 김재수의 3인; “SIP공법에 의한 항타소음의 전달 및 감쇠특성에 관한 실험적 연구”, 한국소음진동공학회 학술발표대회, 1997.11 pp 227~236
11. 김재수의 4인; “SIP공법에 의해 발생하는 항타소음의 특성에 관한 실험적 연구”, 대한건축학회 학술발표대회 19권 1호, 1999.4 pp 491~496
12. 김재수의 4인; “SIP공법에 의해 발생하는 건설진동의 전달 및 감쇠특성에 관한 실험적 연구”, 한국소음진동공학회 학술발표대회, 1999.5 pp 72~82
13. 동아건설산업주식회사; 현장기술지도서(건설환경관리-소음.진동), 동아건설산업주식회사 기술연구소, 1993.7
14. 太田宏, 境 友昭; 建設騒音の測定と豫測, 森北出版株式会社, 1983
15. 建設機械研究會; 建設機械ハンドブック, 鹿島出版社, 1992
16. S.A. Petruszewicz & D.K. Longmore; Noise and Vibration Control for Industrialists, Elek Science, 1974
17. Michael Rettinger; Handbook of Architectural Acoustics and Noise Control, TAB, 1988
18. Z.Maekawa; Environmental and Architectural Acoustics, E&FN Spon, 1994

---

<http://sound.wonkwang.ac.kr>  
[soundpro@wonnms.wonkwang.ac.kr](mailto:soundpro@wonnms.wonkwang.ac.kr)  
[archsun@chollian.net](mailto:archsun@chollian.net)