

일부 터널건설현장 근로자의 소음노출 수준에 대한 고찰

Characteristics of Noise Exposure Level on Workers of Tunnel Construction Sites

김갑배* · 장재길†

Kab Bae Kim and Jae-Kil Jang

Key Words : noise(소음), construction machine(건설기계), noise dosimeter(누적소음노출량측정기), tunneling(터널작업)

ABSTRACT

The aim of this study is to evaluate the noise level from the machines used for tunnel construction and to analyze the noise exposure level of workers engaged in tunneling works.

The sound level meter and noise dosimeters was used for the monitoring of noise in the tunneling work sites.

The average noise from jumbo drill was 113.0 dB(A), the noise from payloader was 92.4 dB(A), the noise from backhoe was 99.9 dB(A) and the noise from shotcrete machine was 94.3 dB(A).

The tunneling workers were exposed to 66.9 ~ 94.9 dB(A) of noise and other workers exposed to less than 90 dB(A) of noise. Jumbo drill operators were exposed to 82.5 ~ 84.2 dB(A) of noise, backhoe operators were exposed to 70.2 ~ 94.9 dB(A) of noise, shotcrete machine operators were exposed to 68.2 ~ 74.7 dB(A) of noise and payloader operators were exposed to 59.2 ~ 81.3 dB(A) of noise.

1. 서 론

건설업 근로자들의 업무상 질병 문제는 지속적으로 제기되어 왔으나, 제조업과는 다른 건설업의 특성상 근로자 보건관리에 많은 어려움이 있었다⁽¹⁾. 건설업은 일용 또는 임시직 형태의 근로자들이 많고 일정한 생산현장 없이 단위작업에 따라 건설현장이 달라지므로 근로자의 직업병 예방을 위한 작업환경 측정·분석 자료가 많지 않다.

건설업에서 작업환경측정을 실시한 결과를 보면, 2006년 이전에는 측정을 많이 실시하지 않다가 2006년 9,485건, 2007년 13,908건, 2008년 14,012건, 2009년 16,101건으로 해마다 증가하는 추세를 보이고 있다. 작업환경 측정인자는 소음이 16,012건으로 가장 많았으며, 노출기준 초과 건수도 소음이 872건수로 가장 높은 비율을 차지하는 등 소음이 건설현장의 주요 유해인자로 파악되었다⁽²⁾.

건설현장에서 사용되는 건설기계 34종, 302대를 대상으로 하여 소음도 및 진동레벨을 조사 및 분석한 결과를 보면 기계로부터 7.5 m 떨어진 거리에서 대상 건설기계류의 평균 소음도는 66.1 ~ 95.7 dB(A)이고 15 m 떨어진 거리에서는 62.5 ~ 89.2 dB(A)로 평가하였다. 그리고 7.5 m에서 15 m로 거리가 두배가 될 때 소음의 거리감쇠 경향은 굴삭기 5.1 dB, 향타기 4.5 dB를 비롯하여 콘크리트 피니

† 교신저자; 장재길, 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원

E-mail : cihjj@kosha.net

Tel : (032)510-0801, Fax : (032)518-0864

* 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원

서, 아스팔트 피니셔 등의 정상소음을 발생하는 건설기계류는 5.8 dB를 보인다고 하였다⁽³⁾.

고속도로 건설공사에서 사용하는 굴삭기, 브레이커, 항타기 등의 건설 기계류에서 발생하는 소음 특성에 대하여서도 각각 소음원에서 7.5 m와 15 m에서 측정하여 평가하였고 브레이커의 소음의 전체 측정 결과에 지배적인 영향을 준다고 하였다⁽⁴⁾.

이와 같이 건설기계류의 소음 진동 특성에 대한 연구나 건설기계의 소음저감기술 등에 대한 연구는 지속적으로 이루어져 왔다.

그러나 건설현장에 종사하는 근로자에 대한 소음 노출 수준 및 소음 감소 대책에 연구는 잘 이루어지지 않았다. 특히 터널의 굴착에 사용되는 일부 건설기계는 소음의 수준이 비교적 높고, 한정된 공간에서 발생하므로 종사 근로자들에 대한 영향이 높을 수 있는 반면에 접근성 등의 제한으로 발생 소음의 수준에 대한 연구가 잘 이루어지지 못한 편이다.

도로공사 작업 근로자에 대하여 누적소음 노출량 측정기(Noise dosimeter)를 사용하여 시간가중평균(TWA)로 평가한 소음노출 평가 연구에 의하면 도저 운전 근로자는 81.7 dB(A), 그레이더 운전 근로자는 79.6 dB(A), 거푸집 공사 근로자는 74.0 dB(A) 및 82.3 dB(A)의 소음에 노출되었다고 하였으나 이는 실외 작업에 대한 측정결과였다⁽⁵⁾.

이에 터널 공사작업에 사용되는 건설기계에서 발생하는 소음수준 파악 및 터널 작업에 종사하는 근로자들에게 노출되는 소음수준을 파악하여, 터널작업에 종사하는 근로자의 소음으로 인한 건강장해 예방에 기여하고자 하였다.

2. 연구방법

터널 작업을 실시하는 국도 건설 공사, 지하철 공사 및 철도노반 신설공사현장 3곳에 대하여 터널공사에 사용되는 건설 기계 중 백호(Backhoe), 페로더(Payloader), 점보드릴(Jumbo drill), 차징카(Service truck) 및 쏫트기(Shotcrete machine)에 대한 소음 수준을 평가하였다. 또한, 근로자 개인에게 노출되는 소음 수준에 대한 노출평가도 실시하였다.

건설 기계에서 발생하는 소음은 Brüdi & Kjær사의 지시소음계(Model : Type 2250)을 사용하였다. 소음측정 시간은 기계별로 터널 내에서 실 작업이

이루어지는 시간동안 30초에서 1분 정도였으며 A 청감보정회로와 느린 지시상태(Slow mode)를 적용하였다. 가급적 건설기계를 운전하는 근로자 위치를 기준으로 측정을 시도하였으며 운전자가 해당 건설기계의 부스 내부에서 작업하는 경우에는 부스 내·외부 소음수준을 비교하였다.

CASELLA사의 누적소음 노출량측정기(Model : CEL-350)를 사용하여 일일 작업시간동안 근로자들에게 노출되는 누적소음 노출량(Dose)을 측정하였다. 누적소음 노출량 측정은 고용노동부고시 제 2011-25호(작업환경측정 및 정도관리규정)에 따라 측정기기를 Criteria는 90 dB, Exchange Rate는 5 dB, Threshold는 80 dB로 설정하여 측정하고 시간가중평균소음(TWA)으로 평가하였다⁽⁶⁾.

누적소음은 식 (1)에 의해 측정된 Dose를 8시간 시간가중평균 소음수준 값으로 평가하여 1일 8시간 작업 기준 소음노출 기준인 90 dB(A)와 비교하여 노출기준 초과여부를 판단하였다.

$$TWA = 16.61 \log\left(\frac{D}{100}\right) + 90 \dots\dots\dots(1)$$

TWA : 시간가중평균소음(dB)

D : 누적소음노출량(%)

누적소음노출량(Dose)은 전체작업시간 동안의 누적소음노출량으로 만약 측정시간이 실제 작업시간이 하라면 다음의 식(2)에 의해 전체작업시간 동안의 누적노출량으로 환산되어야 한다⁽⁷⁾.

$$D = D' \times \frac{H}{T} \dots\dots\dots(2)$$

D : 전체 작업시간동안의 누적소음노출량(%)

D' : 실 측정시간동안의 누적소음노출량(%)

H : 전체 작업시간

T : 실제 측정시간

3. 연구결과

3.1 건설기계 소음측정 결과

A 사업장은 국도 건설 현장으로서 A 사업장에서 쏫트기, 페로더, 백호, 차징카 등에서 발생하는 소음을 측정하였고, B 사업장은 지하철 공사현장으로 B 사업장서는 점보드릴, 백호 및 쏫트기에서 발생하는 소음을 C 사업장은 철도 노반 신설공사현장

Table 1 Sound press level(SPL) of machines

Machine	Location	SPL(dB)	Peak level(dB)
Jumbo drill	Outside	106.3 ~ 115.4	120.9 ~ 129.1
	Inside	85.1 ~ 87.0	101.3 ~ 103.3
Payloader	Outside	89.6 ~ 97.8	134.8
	Inside	88.7	115.5 ~ 133.6
Backhoe	Outside	90.4 ~ 108.8	114.2 ~ 151.9
	Inside	88.7	12.04
Shotcrete machine	Outside	91.6 ~ 101.4	116.2~ 121.6
Service truck	Outside	87.5 ~ 96.5	114.6 ~117.1

으로 C 사업장서는 숯트기 및 점보드릴에서 발생하는 소음을 측정하였다.

터널공사 현장에서 사용되고 있는 각각의 건설용 차량기계 및 작업에 대하여 지시소음계를 사용하여 측정한 결과는 Table 1과 같았다. 건설용 차량기계 중 차량을 운전하는 기사가 운전석에 탑승하여 장비를 조작하며 작업하는 경우에는 운전석 내부와 외부에서 발생하는 소음을 각각 측정하여 비교하여 보았다. 점보드릴의 경우 운전석 내부에서는 평균 85.9 dB(A)의 소음이 발생하였고, 운전석 외부에서 측정한 소음은 평균 113.0 dB(A)이었다. 페로더의 경우 운전석 내부에서는 88.7 dB(A)의 소음이, 운전석 외부에서는 평균 92.4 dB(A)의 소음이 발생하였다. 그리고 백호의 운전석 내부에서는 88.7 dB(A)의 소음이 발생하였고 운전석 외부에서는 평균 99.9 dB(A)의 소음이 발생하였다. 숯트기 및 차징카의 외부에서는 각각 평균 94.3 dB(A) 및 90.8 dB(A)의 소음이 발생하였다.

3.2 근로자별 누적소음 측정결과

A 사업장에서는 백호(Backhoe operator), 차징카(Service truck operator) 및 페로더(Payloader operator) 등의 건설 장비를 운전하는 근로자 및 터널공(Tunneling worker)에 대하여 누적소음 노출량을 측정하였다. 근로자들의 근무형태는 2교대 근무로 근무시간은 아침 7시부터 저녁 7시까지의 주간조와 저녁 7시부터 다음날 아침 7시까지 근무하는 야간조로 약 12시간 정도 작업하였다. 실제 작업시간 동안 측정한 누적소음노출량(Dose) 및 시간가중평균 소음수준(TWA)은 누적소음노출량 측정기로부터 구하여 졌다.

근로자들은 전체 작업시간 동안 동일한 작업을 실시하고 있어 8시간동안 지속적으로 동일한 수준의 작업에 의해 Dose가 누적되었다고 판단되었다. 따라서 측정된 Dose를 8시간 시간가중평균 수음수준(8Hr - TWA)으로 평가하여 1일 8시간 작업 기준 소음노출 기준인 90 dB(A)와 비교하여 노출기준 초과여부를 판단하였다.

Table 2에서 보듯이 백호 기사는 71.4 ~ 78.4 dB(A)의 소음에, 차징카 작업자는 81.3 ~ 86.2 dB(A)의 소음에, 터널공은 66.9 ~ 94.9 dB(A)의 소음에 그리고 페로더 기사는 59.2 ~ 75.0 dB(A)의 소음에 노출되었다. 즉 A 사업장에서는 17명의 터널공 중 5명의 근로자가 노출기준 이상인 90 dB(A) 이상의 소음에 노출되었으며 나머지 근로자들은 노출기준 이하의 소음에 노출되었다

Table 2 Workers' noise exposure level of company A

No	Type of work	Measurement time	Dose (%)	8Hr-TWA(dB)
1	Backhoe operator	12:00:48	7.60	71.4
2		11:45:23	19.90	78.4
3		10:46:11	10.70	73.9
4		10:17:10	13.70	75.7
5	Service truck operator	10:54:40	58.80	86.2
6		9:10:21	29.90	81.3
7		10:02:09	15.00	76.3
8		12:23:16	158.10	93.3
9	Tunneling worker	9:59:10	4.10	66.9
10		12:05:56	196.20	94.9
11		10:55:39	55.80	85.8
12		12:23:50	132.90	92.1
13		12:03:54	9.60	73.1
14		12:52:47	62.90	86.7
15		12:20:11	18.90	78.0
16		12:53:12	76.70	88.1
17		10:36:19	46.80	84.5
18		12:52:00	20.40	78.5
19		11:08:45	78.90	88.3
20		10:08:25	16.30	76.9
21		10:05:03	25.30	80.1
22		10:11:20	94.80	89.6
23	10:12:19	113.70	90.9	
24	11:12:14	107.30	90.5	
25	12:05:22	90.10	89.2	
26	Payloader operator	11:43:04	1.40	59.2
27		11:07:39	3.70	66.2
28		13:42:33	7.60	71.4
29		10:05:29	9.90	73.3
30		11:26:15	2.80	64.3
31		11:25:38	12.50	75.0

B 사업장에서는 백호, 쏫트기(Shotcrete machine operator), 점보드릴(Jumbo drill operator) 및 페로더 등의 건설장비를 운전하는 근로자 및 터널공에 대하여 누적소음 노출량을 측정하였다. 근로자들의 근무형태는 2교대 근무로 근무시간은 아침 7시부터 저녁 7시까지의 주간 조와 저녁 7시부터 다음날 아침 7시까지 근무하는 야간조로 약 12시간 정도 작업하였다.

쏫트기 기사 및 점보드릴 기사의 경우는 근무시간 내내 작업을 하는 것이 아니라 작업이 있을 때만 터널 내에서 작업을 하였으며, 통상 작업시간은 2시간 내외였고 나머지 시간은 터널 밖에서 대기하거나 휴게실 등에서 휴식을 취하였다. 따라서 쏫트기 기사 및 점보드릴 기사의 경우 작업을 하지 않는 나머지 시간동안에는 80 dB(threshold)를 넘지 않는 소음에

노출된다고 판단하여 실제 터널 내에서 작업이 이루어지고 있는 동안만 소음을 측정하여 이를 8시간 시간가중평균 수음수준값으로 환산하여 1일 8시간 작업 기준 소음노출 기준인 90 dB(A)와 비교하여 노출기준 초과여부를 판단하였다.

Table 3과 같이 시간가중평균을 기준으로 백호 기사는 70.2 ~ 84.6 dB(A)의 소음에 노출되었으며, 쏫트기 기사는 68.2 dB(A)의 소음에, 점보드릴 작업자는 82.5 ~ 84.2 dB(A)의 소음에, 터널공은 78.0 ~ 94.0 dB(A)의 소음에 그리고 페로더 기사는 65.9 ~ 81.3 dB(A)의 소음에 노출되었다.

A 사업장과 마찬가지로 B 사업장에서도 터널공 11명 중 3명이 90 dB(A) 이상의 소음에 노출되었으며, 나머지 근로자들은 노출기준 이하의 소음에 노출되었다.

C 사업장서는 쏫트기 및 페로더를 운전하는 근로자 및 터널공에 대하여 누적소음 노출량을 측정하였다. 쏫트기 기사의 경우는 근무시간 내내 작업을 하는 것이 아니라 작업이 있을 때만 터널 내에서 작업을 하여 B 사업장과 마찬가지로 실제 터널 내에서 작업이 이루어지고 있는 동안만 소음을 측정하고 나머지 시간동안에는 80 dB(threshold)를 넘지 않는 소음에 노출된다고 판단하여, 이를 8시간 시간가중평균 수음수준(8Hr - TWA)값으로 환산하여 1일 8시간 작업 기준 소음노출 기준인 90 dB(A)와 비교하여 노출기준 초과여부를 판단하였다.

페로더와 포크레인 기사는 통상적으로 근무시간 내내 작업을 실시하나 장비고장 등의 사유로 측정대상 근로자 중 페로더 기사 1명 및 포크레인 기사 1명은 소음측정이 단시간만 이루어졌다. 페로더와 포크레인 기사는 쏫트기 기사와는 달리 통상적으로 작업 시간동안 동일한 작업을 반복함으로 8시간 동안 계속해서 동일한 수준의 작업에 의해 Dose가 누적되었다고 가정하고 8시간 시간가중평균 수음수준을 구하였다.

Table 4에서 보듯이 시간가중평균을 기준으로 쏫트기 기사는 71.5 ~ 74.7 dB(A)의 소음에, 터널공은 69.8 ~ 94.3 dB(A)의 소음에, 페로더 기사는 68.2 ~ 76.9 dB(A)의 소음에 노출되었다. C 사업장에서도 터널공 10명 중 4명만 90 dB(A) 이상의 소음에 노출되었으며, 나머지 근로자들은 노출기준 이하의 소음에 노출되었다.

Table 3 Workers' noise exposure level of company B

No	Type of work	Measurement time	Dose (%)	8Hr-TWA(dB)
1	Backhoe operator	10:56:48	7.50	71.3
2		12:44:37	6.50	70.2
3		11:30:22	47.60	84.6
4		11:41:11	39.90	83.4
5	Shotcrete machine operator	0:45:25	4.90	68.2
6	Jumbo drill operator	1:31:37	44.80	84.2
7		1:58:51	44.20	84.1
8		1:44:26	40.90	83.5
9		1:46:39	35.60	82.5
10		1:50:26	44.80	84.2
11		1:42:35	37.30	82.9
12		1:54:22	36.60	82.8
13		1:44:38	41.20	83.6
14		1:47:24	42.20	83.8
15	Tunneling worker	9:20:37	33.60	82.1
16		11:19:10	67.10	87.1
17		11:41:41	45.20	84.3
18		11:00:13	135.30	92.2
19		10:07:32	91.40	89.4
20		11:54:00	96.30	89.7
21		11:17:46	102.00	90.1
22		10:10:02	89.70	89.2
23		11:02:23	24.60	79.9
24		11:40:44	174.20	94.0
25		11:59:52	19.00	78.0
26	Payload operator	10:12:31	20.40	78.5
27		11:42:14	30.10	81.3
28		10:11:02	18.20	77.7
29		12:36:53	3.50	65.9
30		11:28:10	10.90	74.0

Table 4 Workers' noise exposure level of company C

No	Type of work	Measurement time	Dose (%)	8Hr-TWA(dB)
1	Shotcrete machine operator	2:11:04	7.60	71.5
2		1:28:19	12.00	74.7
3	Tunneling worker	12:34:02	148.10	92.8
4		10:51:34	25.60	80.2
5		12:57:13	130.80	91.9
6		10:52:03	181.10	94.3
7		10:47:25	29.40	81.2
8		10:13:31	142.10	92.5
9		10:47:00	10.00	73.4
10		12:44:35	6.10	69.8
11		10:16:21	47.90	84.7
12		13:39:34	9.10	72.7
13	Payloader operator	11:34:18	16.40	76.9
14		1:48:06	4.89	68.2

근로자 직종별로 노출되는 누적소음 측정 결과를 다시 한번 정리하면 Table 5와 같이 터널공에게 노출되는 시간가중 평균 소음 수준은 66.9 ~ 94.9 dB(A)이었고, 점보드릴 기사들은 82.5 ~ 84.2 dB(A)의 소음에 노출되었다. 백호 기사에게 노출되는 시간가중 평균 소음 수준은 70.2 ~ 84.6 dB(A)였으며, 쏫트기 기사는 68.2 ~ 74.7 dB(A)의 소음에, 차장카 작업자는 76.3 ~ 86.2 dB(A)의 소음에, 페로더 기사는 59.2 ~ 81.3 dB(A)의 소음에 그리고 포크레인 기사는 67.9 ~ 71.4 dB(A)의 소음에 노출되었다.

Table 5 Noise exposure level by type of work

Type of work	8Hr-TWA(dB)	Arithmetic mean TWA(dB)	Standard deviation
Tunneling worker	66.9 ~ 94.9	85.0	7.35
Jumbo drill operator	82.5 ~ 84.2	83.5	0.60
Backhoe operator	70.2 ~ 84.6	73.2	5.19
Shotcrete machine operator	68.2 ~ 74.7	71.5	2.65
Service truck operator	76.3 ~ 86.2	81.3	4.04
Payloader operator	59.2 ~ 81.3	71.7	6.25

4. 고찰

터널공의 작업형태는 특화된 일정한 작업을 실시하기보다는 터널공사에서 발생하는 부수적인 일에 대한 작업보조의 역할에 가까웠다. 예를 들면 터널 밖에서 철근작업이나 터널 내에서 쏫트기 기사나 점보드릴 기사 등의 보조 역할 및 작업장 정리 등의 업무를 수행하였다. 터널공에게 노출되는 소음수준은 사업장별로는 특이한 결과를 보이지는 않았으나, 터널공들 간 노출되는 소음수준은 큰 차이가 있었다. 이는 터널공들이 하는 일과 관련된 것으로 판단되었다. 일부 터널공들은 점보드릴의 붐이 직접 압력을 굴착하는 부분에서 작업을 하는데 이들 근로자들은 높은 소음에 노출되었으며, 고소음 장비 근처에서 작업하는 빈도가 적은 근로자들은 비교적 낮은 소음에 노출된 것으로 판단된다.

점보드릴 기사들은 작업시간 내내 근무하는 것이 아니라 발파 작업전 화약을 장약하기 위한 굴착작업시에만 터널 내에서 작업을 하였다. 작업시간은 2시간 전후였으며, 작업이 없을 때는 터널 밖에서 대기하였다. 점보드릴에서 발생하는 소음이 타 장비에 비해 높음에도 불구하고 개인 누적소음 노출량에 있어서는 타 장비 기사들에 대한 소음 노출량과 큰 차이가 없는 것은 작업시간이 짧기 때문으로 판단된다.

점보드릴 기사 및 쏫트기 기사를 제외한 대부분의 장비기사들은 근무시간 동안 지속적으로 작업을 실시하였으며, 사업장별 및 근로자간 특이한 결과를 보이지는 않았다.

5. 결론

건설현장의 주요 유해인자로 파악된 소음 중 터널의 굴착에 사용되는 일부 건설기계는 소음의 수준이 비교적 높고, 한정된 공간에서 발생하므로 종사 근로자들에 대한 영향이 높을 수 있는 반면에 접근성 등의 제한으로 발생 소음의 수준에 대한 연구가 잘 이루어지지 못한 편이다. 이에 터널 공사작업에 사용되는 건설기계에서 발생하는 소음수준 파악 및 터널 작업에 종사하는 근로자들에게 노출되는 소음수준을 파악하여, 터널작업에 종사하는 근로자의 소음

으로 인한 건강장해 예방에 기여하고자 하였다.

건설 기계에서 발생하는 소음 측정 결과 점보드릴 운전석 내부에서는 평균 85.9 dB(A)의 소음이 발생하였고, 운전석 외부에서 측정한 소음은 평균 113.0 dB(A)이었다. 페로더의 경우 운전석 내부에서는 88.7 dB(A)의 소음이, 운전석 외부에서는 평균 92.4 dB(A)의 소음이 발생하였다. 그리고 백호의 운전석 내부에서는 88.7 dB(A)의 소음이 발생하였고 운전석 외부에서는 평균 99.9 dB(A)의 소음이 발생하였다. 그리고 숏트기 및 차징카 외부에서는 각각 평균 94.3 dB(A) 및 90.8 dB(A)의 소음이 발생하였다.

근로자 직종별로 노출되는 누적소음 측정 결과 터널공에게 노출되는 시간가중 평균 소음 수준은 66.9 ~ 94.9 dB(A)이었고, 점보드릴 기사들은 82.5 ~ 84.2 dB(A)의 소음에 노출되었다. 백호 기사에게 노출되는 시간가중 평균 소음 수준은 70.2 ~ 84.6 dB(A) 였으며, 숏트기 기사는 68.2 ~ 74.7 dB(A)의 소음에, 차징카 작업자는 76.3 ~ 86.2 dB(A)의 소음에 그리고 페로더 기사는 59.2 ~ 81.3 dB(A)의 소음에 노출되었다.

장비에서 발생하는 소음과 근로자 직종에 따라 노출되는 누적소음 노출량을 비교해 보면 점보드릴에서 발생하는 소음이 타 장비에 비해 높음에도 불구하고 개인 누적소음 노출량에 있어서는 타 장비 기사들에 대한 소음 노출량과 큰 차이가 없는 것은 작업시간이 짧기 때문으로 판단된다.

또한, 점보드릴에서 발생하는 소음수준이 타 장비에 비해 높으나 누적소음노출량 기준 가장 높은 소음에 노출된 근로자는 터널공이었다. 이는 점보드릴 기사들은 장비 외부에서 작업하는 것이 아니라 장비의 운전석에서 작업을 한 반면 일부 터널공은 점보드릴 작업 시 붐이 직접 암벽을 굴착하는 부분에서 작업하여 터널공이 가장 높은 소음에 노출된 것으로 판단된다.

따라서 가급적이면 점보드릴 붐대가 암벽을 굴착하는 부분에는 터널공을 투입하지 않는 것이 바람직하며, 불가피하다면 특정 근로자만 점보드릴 작업에 투입하지 말고 터널공을 교대로 투입한다면 개인별로 노출되는 소음수준을 줄일 수 있을 것으로 판단된다.

또한 터널에서 발생하는 소음 측정결과 장비의 운

전석 내부와 외부에서 발생하는 소음에 차이가 큰 점으로 차음 및 흡음의 중요성과 점보드릴과 같은 고소음 발생기계 작업자의 작업시간을 최소화하는 것이 중요하다는 것을 다시 한번 확인할 수 있었다.

참 고 문 헌

(1) Kwon. Y. J., 2005, Research on the Risk Assessment of Hazardous Substances and Health Management of Workers in Construction site, Ministry of Employment and Labor.

(2) Lee. I. S., Park. H. H. and Seo. H. K., 2011, Development of applicable health management manual for construction business, Occupational Safety and Health Research Institute.

(3) Kang, D. J., Lee, W. S., Lee, J. W. and Hong, J. K., 2005, Characteristic of Construction Machinery Noise and Vibration, Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering. Vol.15, No. 6, pp.645~651.

(4) Jang. T. S., Kang, H. M., Kim, C. H., Lee, K. J., Lee, J. K. and Yoon, J. W., 2007, A Study on the Characteristic of Expressway Construction Noise, Proceeding of the Korean Society of Environmental Engineers Annual Fall Conference, pp. 1649~1652.

(5) Choi, J. Y., Mun, J. S., Won. J. I. and Park. H. C., 2000, Health Hazardous Substances in Construction Work in Korea, J Korean Soc Occup Environ Hyg, Vol. 10, No. 1, pp. 74~92.

(6) Notification No. 2011-13 of Ministry of Employment and Labor, 2011, Threshold Limit Values of Chemical Substances and Physical Substances.

(7) Berger. E. H., Royster. L. H., Royster. J. D., Driscoll. D. P. and Layne. M., 2003, The Noise Manual, AIHA Press, Virginia, chap. 7.