

KOSHA GUIDE

W - 23 - 2016

작업장에서의 소음측정 및 평가방법

2016. 12

한국산업안전보건공단

안전보건기술지침의 개요

o 작성자 : 부산가톨릭대학교 문찬석 교수

o 제·개정 경과

- 2016년 11월 산업보건일반분야 제정위원회 심의(제정)

o 관련규격 및 자료

- OSHA, Appendix III:A. Instruments Used to Conduct a Noise Survey

o 관련법규·규칙·고시 등

- 작업환경측정 및 지정측정기관 평가 등에 관한 고시, 고용노동부고시 제2013-39호
- 화학물질 및 물리적인자의 노출기준, 고용노동부고시 제2016-41호
- 소음 및 진동에 의한 건강장해 예방, 안전보건공단, 2007
- 소음노출저감을 위한 작업환경관리 및 측정방안, 안전보건공단 2007

o 기술지침 적용 및 문의

- 이 기술지침에 대한 의견 또는 문의는 한국산업안전보건공단 홈페이지(www.kosha.or.kr)의 안전보건기술지침 소관분야별 문의처 안내를 참고하시기 바랍니다.
- 동 지침 내에서 인용된 관련규격 및 자료, 법규 등에 관하여 최근 개정본이 있을 경우에는 해당 개정본의 내용을 참고하시기 바랍니다.

공표일자 : 2016년 12월 27일

제 정 자 : 한국산업안전보건공단 이사장

작업장에서의 소음측정 및 평가방법

1. 목적

이 지침은 작업장에서 소음에 노출되는 근로자를 대상으로 산업안전보건법 제42조, 같은 법 시행규칙 제93조의 3의 규정에 따라 소음측정과 평가방법에 관한 지침을 정함을 목적으로 한다.

2. 적용 범위

이 지침은 작업장에서 근로자에 노출되는 소음을 측정하는 모든 사업장에 대하여 적용한다.

3. 용어의 정의

(1) 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.

(가) “소음작업”이란 1일 8시간 작업을 기준으로 85데시벨 이상의 소음이 발생하는 작업을 말한다.

(나) “지시소음계”란 소음계의 일종으로서, 마이크로폰으로 수용한 소음을 증폭(增幅)하여 계기에 직접 폰 또는 데시벨 눈금으로 지시하는 소음계를 말한다.

(다) “누적소음 노출량 측정기”란 작업자가 여러 작업장소를 이동하면서 작업하는 경우, 근로자에게 직접 부착하여 작업시간(8시간) 동안 작업자가 노출되는 소음 노출량을 측정하는 기계를 말한다.

(2) 그 밖에 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 이 지침에서 특별히 규정하는 경우를

제외하고는 산업안전보건법, 같은 법 시행령, 같은 법 시행규칙 및 안전보건규칙에서 정하는 바에 따른다.

4. 소음측정의 기본개념

- (1) 소음은 데시벨(dB)로 측정된다. dB(A)는 40Phon의 등감곡선과 비슷하게 주파수에 따른 반응을 보정하여 측정한 값이며, dB(C)는 100Phon의 등감곡선과 비슷하게 주파수에 따른 반응을 보정하여 측정한 값으로 A특성은 귀의 응답특성과 가깝다.
- (2) 사람 귀의 작동 원리에 따라 소음 수준이 3dB씩 올라갈 때마다 소음은 2배 증가한다. 따라서 수치상 적게 변화했을지 몰라도 실제 소음변화는 상당할 수 있다.
- (3) 소음 노출의 위험성을 식별 및 평가하기 위해서는 소음측정을 시행하여야 한다. 이는 신중히 계획하여 전문가들이 적합한 시간 간격을 두고 시행하여야 한다.
- (4) 소음 측정은 건물 보수나 새로운 기계 또는 기술(작업 공정)의 도입으로 인하여 음향 환경에 변경사항이 발생할 때마다 시행하여야 한다.
- (5) 사용할 측정장비는 적합하고 신뢰할 수 있어야 하며, 소음계는 사용할 때마다 매번 교정해야 한다.
- (6) 측정자는 필요한 전문지식 및 경험을 갖추어야 한다.

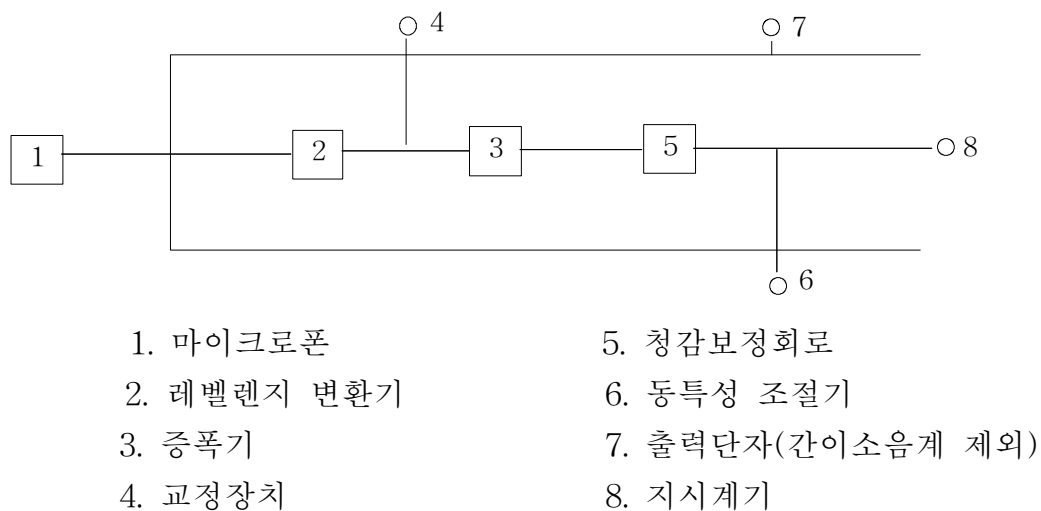
5. 소음기기 및 사용기준

5.1 소음기기의 종류

- (1) 지시소음계

(가) 소음계는 사업장에서 쉽게 소음노출 정도를 파악하는데 사용된다.

(나) 소음계는 마이크로폰, 증폭기, 주파수 반응회로, 지시계로 구성되어 있다.



<그림 1> 소음계의 구성도

(다) 마이크로폰은 음압변동을 전기적 신호로 변환시키며, 기기의 본체와 분리가 가능하여야 한다.

(라) 증폭기에서 전기적 신호를 증폭하면 주파수 반응회로장치에서 A, B, C의 특성에 따른 청감 보정을 한다.

(마) 그 다음 다시 증폭기에서 각각의 전기적 신호를 증폭하여 정류기에서 전기신호를 직류로 변화시켜 지시계에서 수치로 나타낸다.

(바) 소음계를 사용하는 경우는 다음과 같다.

- ① 누적소음노출량 측정을 하기 전에 작업장소의 예비조사를 위해
- ② 누적소음노출량 측정계를 사용할 수 없을 때
- ③ 소음개선을 위해 소음원을 평가할 때

④ 소음감소대책의 효과를 측정할 때

⑤ 청력보호구의 감쇄 효과를 평가할 때

(2) 적분형 소음계(누적소음노출량 측정기)

(가) 작업장소를 이동하면서 일하는 근로자에게 부착해 소음 노출량을 측정한다.

(나) 측정위치 작업자의 청각영역에서 측정한다. 청각영역이란 귀를 중심으로 반경 30cm 반구로 정의하며, 만약 양쪽 귀의 소음수준이 다를 땐 높은 쪽에서 측정한다.

(다) 등가소음레벨(Leq)를 측정한다. 등가소음레벨이란 소음레벨이 시간과 더불어 변화할 때 측정시간 내에 발생된 변동소음의 총에너지를 연속된 정상소음의 에너지로 등가하여 얻어진 소음레벨을 의미한다.

$$Leq\ T = 10 \log \left[\frac{1}{t_2 - t_1} \int_1^2 \frac{P_A^2(t)}{P_0^2} dt \right]$$

T = 실측시간 $t_2 - t_1$

$P_A(t)$ - A 특성 음압

P_0 = 기준음압

(라) 적분소음계가 없어 보통소음계로 측정한 경우에는 다음 식에 의해 Leq 값을 구할 수 있다.

$$leq[dB(A)] = 16.61 \log \frac{n_1 \times 10^{\frac{LA_1}{16.61}} + n_2 \times 10^{\frac{LA_2}{16.61}} + \dots + n_N \times 10^{\frac{LA_N}{16.61}}}{\text{각 소음레벨측정치 발생시간합}}$$

LA: 각 소음레벨의 측정치[dB(A)]

n: 각 소음레벨측정치의 발생시간(분)

KOSHA GUIDE
W - 23 - 2016

(마) 평가방법 6시간 이상 연속 등가 소음도를 측정하거나 1시간 간격으로 6회 이상 측정해 시간가중 평균하여 노출기준과 비교한다.

5.2 소음기 교정 및 관리

- (1) 보정은 소음을 정확하게 측정하기 위해 측정 전과 측정 후에 실시한다.
- (2) 보관은 충격, 진동을 주지 않고 고온, 다습한 장소에서의 보관은 피하도록 한다. 쓰레기, 먼지가 마이크의 진동판에 붙어 감도에 영향을 주므로 사용하지 않을 때는 케이스에 보관한다.

6. 소음수준의 평가

6.1 지시소음계에 의한 평가

- (1) 1일 작업시간 동안 1시간 간격으로 6회 이상 소음수준을 측정한 경우에는 이를 평균하여 8시간 작업 시의 평균 소음수준을 나타낸다.
- (2) 소음 발생 특성이 연속음으로서 측정치 변동이 없다고 판단하여 1시간 동안 등 간격으로 3회 이상 측정한 경우에는 이를 평균 하여 8시간 작업 시의 평균 소음 수준을 나타낸다.
- (3) 소음 발생시간이 6시간 이내인 경우나 소음원에서 발생하는 시간이 간헐적인 경우에는 발생시간 동안 연속 측정하거나 등간격으로 4회 이상 측정한 경우에는 이를 평균하여 그 기간의 평균 소음수준으로 한다.
- (4) 방향음에 대한 영향을 배제하기 위하여 측정시 실내소음도는 실내에 고르게 분포하는 4개 이상의 측정점을 선정하여 동시에 측정하되, 마이크로폰 높이는 바닥으로부터 1.2~1.5미터, 벽면 등(높이가 0.5미터 이상인 가구 등이 있는 경우에는 그 면으로부터)으로부터는 0.5미터, 마이크로폰 사이는 0.7미터 이상 이격하여 측정한다.

6.2 누적소음노출량 측정기에 의한 평가

- (1) 누적소음노출량 측정기(Noise Dosimeter)는 ANSI S1-25-1978 규격에 적합한 것을 사용하며 작업자의 이동성이 크거나 소음의 강도가 불규칙적으로 변동하는 소음의 측정에 이용한다.
- (2) 1일 작업시간 동안 6시간 이상 연속 측정하거나 소음발생시간이 6시간 이내인 경우나 발생시간이 간헐적인 경우에는 발생시간동안 연속 측정한다.
- (3) 측정결과는 작업시간 동안 노출되는 소음의 총량을 Dose(%)로 나타내는 것도 있고 노출기준을 초과했는가를 비교할 수 있도록 dB(A)로 표시하는 것도 있다.
- (4) 측정위치 마이크로폰을 작업자의 청각영역내의 옷깃에 부착시키며 마이크로폰을 보호구나 의복 등으로 차단시키지 않도록 한다.
- (5) 부착시 작업자에게 소음기를 떼어낼 시간과 장소를 알려주며 임의로 떼거나 조작해서는 안된다는 것을 사전에 충분히 주지시킨다.
- (6) 소음계의 청감보정회로는 A특성으로 한다.
- (7) 소음계의 지시침의 동작은 느린(Slow)상태로 한다.
- (8) 역치(Threshold)는 누적소음노출량 측정기가 측정치를 적분하기 시작하는 A특성 소음치의 하한치를 의미한다.
 - (가) 역치(Threshold)가 80dB란 의미는 80dB 이상의 소음수준만을 누적하여 측정한다는 의미가 된다.
 - (나) 작업자가 80dB 미만의 장소에서만 작업을 하였다면 그때의 소음수준은 측정되지 않는다. 국내와 미국 OSHA에서는 80dB이고, ISO에서는 75dB를 정하고 있다.
- (9) 교환율(Exchange Rate)은 소음수준이 어느 정도 증가할 때마다 노출 시간을 절

반으로 감소시킬 것인가를 의미한다.

(가) 등가에너지 법칙에 의해 음압이 2배가 되면 3dB이 증가하지만 인체에 미치는 영향은 5dB 증가 시 2배가 된다는 조사 결과를 반영해 국내와 미국 OSHA에서는 5dB이고, ISO, 미국 NIOSH, EPA에서는 3dB를 정하고 있다.

(10) 소음이 불규칙적으로 변동하는 소음 등을 누적소음노출량 측정기로 측정하여 노출량으로 산출되었을 경우에는 시간가중평균(TWA) 소음수준으로 환산한다. 다만, 누적소음노출량 측정기에 의한 노출량 산출치가 주어진 값보다 작거나 크면 시간가중평균 소음은 다음의 식에 따라 산출한 값을 기준으로 평가한다.

$$TWA = 16.61 \log(D/(12.5 \times T)) + 90$$

D = 누적소음폭로량 (%)

T = 측정시간

(11) 노출기준은 8시간 시간가중치를 의미하므로 90dB를 설정한다.

(12) 누적소음 노출량 평가는 8시간 동안 측정치가 폭로량으로 산출되었을 경우에는 표를 이용하여 8시간 시간가중평균치로 환산하여 노출기준과 비교하며 표에 없는 경우에는 다음 식을 이용하여 계산한다 <부록 1>.

$$TWA = 16.61 \log(D/100) + 90$$

D = 누적소음폭로량 (%)

T = 측정시간

(13) 음압수준이 전체 작업교대 시간동안 일정하다면, 소음노출량(D)은 다음 공식으로 산출한다.

$$D(\%) = C/T$$

C : 하루 작업시간(시간)

T : 측정된 음압수준에 상응하는 허용노출시간(시간)

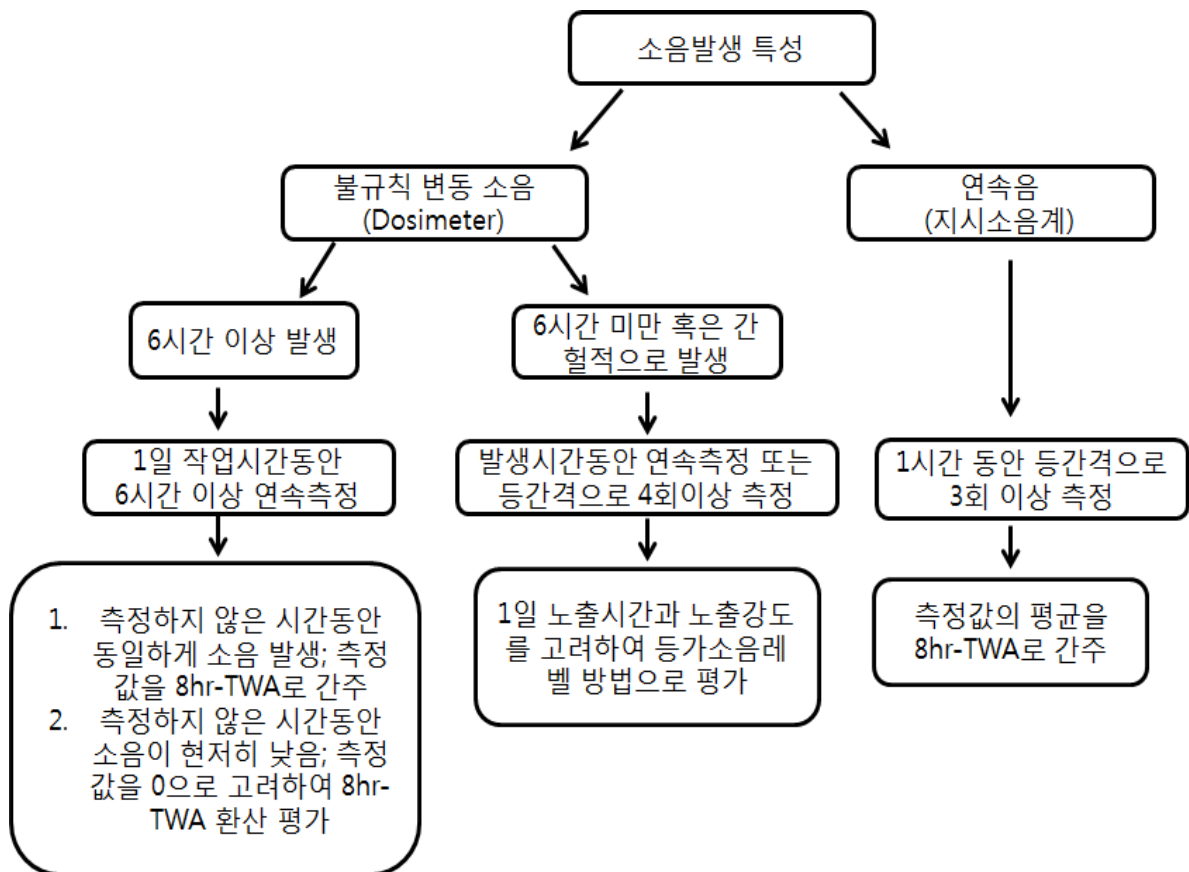
(14) 전체 작업시간 동안 서로 다른 소음수준에서 노출될 때 총 소음노출량(D)은 다음 식으로 계산한다.

$$D=[C1/ T1 + C2/ T2 + \cdots + Cn/ Tn] \times 100$$

총 노출량 100%는 8시간 시간가중평균(TWA)이 90dB에 상응

6.3 평가 단계

소음측정 및 평가를 모식도로 나타내면 다음과 같다<그림 2>.



<그림 2> 소음 측정 및 평가 모식도

6.4 소음측정 평가 예시

(1) 소음측정 결과표 해석

- ① 작업조건 : 근무시간은 9시부터 18시, 점심시간은 12시부터 13시까지인 사업장(가나 산업)에서 2016년 10월 18일 최고 노출근로자(홍길동)를 대상으로 누적소음측정기(CA9742)를 이용하여 오전 9시4분부터 점심시간 1시간을 포함하여 총 7시간10분27초를 측정하였고 측정하지 않은 1시간 50분 동안 동일 소음수준이 발생
- ② 기기설정 : 청감보정회로는 A특성, 지시침 동작는 느린(Slow), 노출기준(Criteria)는 90dB, 교환율(Exchange Rate)은 5dB, 역치(Threshold)는 80dB

(2) 측정결과 해석

- ① L_{avg} dB(A) 82.5 : 7시간10분27초 동안 80 dB 이상의 평균 노출 소음수준을 말하며, 산출근거는 아래 계산식
※ 미 측정 1시간 50분 동안 동일 소음수준이 발생하는 조건

$$L_{avg} 82.5\text{dB(A)} = 90 + 16.61 \cdot \log(31/12.5 \cdot 7.16)$$

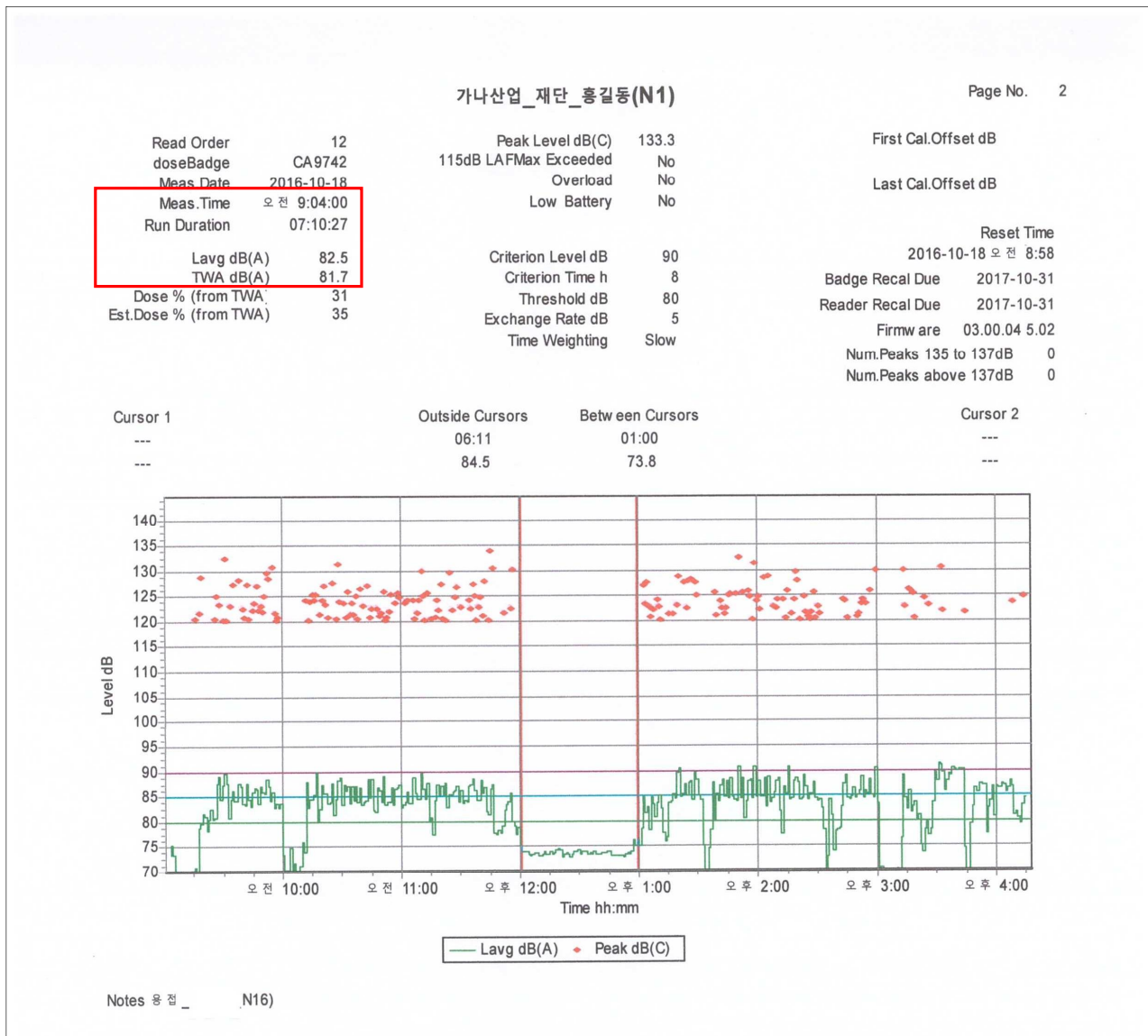
- ② TWA dB(A) 81.7 : 미 측정 1시간 50분 동안 소음수준이 0이라고 계산한 8시간 평균 소음수준을 말하며, 산출근거는 아래 계산식
※ 현 사업장은 측정하지 않은 1시간 50분의 소음수준이 동일하다고 가정했으므로 적용 불가

$$TWA 81.7\text{dB(A)} = 90 + 16.61 \cdot \log(31/12.5 \cdot 8)$$

- ③ Dose % 31 : 측정시간 7시간10분27초 동안의 평균 소음수준에 대한 누적노출량
- ④ Est Dose % 35 : 미 측정시간 1시간50분 동안에도 동일하게 유지된다는 가정에서 역치(threshold)값이 80dB(A) 이상의 8시간 누적 노출량

- (3) 측정결과 평가 : 측정하지 않은 시간 동안 소음수준이 동일하므로 홍길동 근로자의 8시간 TWA는 등가소음레벨(Lavg)인 82.5dB(A)이다. 그러나, 점심시간이 포함된 값으로서 점심시간(1시간)을 제외하여 아래의 계산식에 따라 실제 노출소음수준은 83.4dB(A)임

$$L_{avg} 83.4dB(A) = 90 + 16.61 \cdot \log(31/12.5 \cdot 6.16)$$



<그림 3> 소음 측정 결과표 해석

<부록 1> 소음의 노출기준

< 소음의 노출기준(충격소음제외) >

1일 노출시간(hr)	소음강도 dB(A)
8	90
4	95
2	100
1	105
1/2	110
1/4	115

※ 주 : 115dB(A)를 초과하는 소음 수준에 노출되어서는 안됨

< 충격소음의 노출기준 >

1일 노출회수	충격소음의 강도 dB(A)
100	140
1,000	130
10,000	120

※ 주 : 1. 최대 음압수준이 140dB(A)를 초과하는 충격소음에 노출되어서는 안됨

2. 충격소음이라 함은 최대음압수준에 120dB(A) 이상인 소음이 1초 이상의 간격으로 발생하는 것을 말함

<부록 2> 누적 소음노출계에 의한 소음측정량(%)과 시간가중평균치(TWA)사이의
관계

(%)소음노출량 TWA[dB(A)]	(%)소음노출량 TWA[dB(A)]	(%)소음노출량 TWA[dB(A)]
10 73.4	117 91.1	520 101.9
15 76.3	118 91.2	530 102.0
20 78.4	119 91.3	540 102.2
25 80.0	120 91.3	550 102.3
30 81.3	125 91.6	560 102.4
35 82.4	130 91.9	570 102.6
40 83.4	135 92.2	580 102.7
45 84.2	140 92.4	590 102.8
50 85.0	145 92.7	600 102.9
55 85.7	150 92.9	610 103.0
60 86.3	155 93.2	620 103.2
65 86.9	160 93.4	630 103.3
70 87.4	165 93.6	640 103.4
75 87.9	170 93.8	650 103.5
80 88.4	175 94.0	660 103.6
81 88.5	180 94.2	670 103.7
82 88.6	185 94.4	680 103.8
83 88.7	190 94.6	690 103.9
84 88.7	195 94.8	700 104.0
85 88.8	200 95.0	710 104.1
86 88.9	210 95.4	720 104.2
87 89.0	220 95.7	730 104.3
88 89.1	230 96.0	740 104.4
89 89.2	240 96.3	750 104.5
90 89.2	250 96.6	760 104.6
91 89.3	260 96.9	770 104.7
92 89.4	270 97.2	780 104.8
93 89.5	280 97.4	790 104.9
94 89.6	290 97.7	800 105.0
95 89.6	300 97.9	810 105.1
96 89.7	310 98.2	820 105.2
97 89.8	320 98.4	830 105.3
98 89.9	330 98.6	840 105.4
99 89.9	340 98.8	850 105.4
100 90.0	350 99.0	860 105.5
101 90.1	360 99.2	870 105.6
102 90.1	370 99.4	880 105.7
103 90.2	380 99.6	890 105.8
104 90.3	390 99.8	900 105.8
105 90.4	400 100.0	910 105.9
106 90.4	410 100.2	920 106.0
107 90.5	420 100.4	930 106.1
108 90.6	430 100.5	940 106.2
109 90.6	440 100.7	950 106.2
110 90.7	450 100.8	960 106.3
111 90.8	460 101.0	970 106.4
112 90.8	470 101.2	980 106.5
113 90.9	480 101.3	990 106.5
114 90.9	490 101.5	999 106.6
115 91.0	500 101.6	
116 91.1	510 101.8	