

청감실험을 이용한 건축 설비소음의 규제기준 설정

Establishment for Regulation Standards of Architectural Facility Noise Using Psycho-acoustic Experiment

주 덕 훈* · 윤 재 현* · 김 재 수†

Duck-Hoon Ju, Jae-Hyun Yun and Jae-Soo Kim

(2010년 5월 25일 접수 ; 2010년 10월 7일 심사완료)

Key Words : Facility Noise(설비소음), Psycho-acoustic Experiment(청감실험), Regulation Standard(규제기준)

ABSTRACT

The architectural, facility makes the housing environment more pleasant, while too much noise coming from machinery room is detrimental to the workers physically and mentally. Therefore, more sound insulation and sound proof policies are increasingly required. However, as the annoyance caused by facility noise is influenced by various human listening characteristics as well as physical characteristics such as sound pressure level, it requires subjective evaluation characteristics through acoustic-psychological approach. For this purpose, the facility noise in the machinery room was actually measured and analyzed in the field to understand physical characteristics, and the correlation between physical evaluation value and psychological response value through listening test. Further, this study aims at presenting the data to set the standards of 'Just noticeable difference' of the facility noise together with reasonable evaluation with psychological reaction, through the grading of facility noise using trend formula. In the result, 13 stages of physical properties were forecasted for each evaluation method, together with 'Just noticeable difference' using the grading of architectural facility noise.

1. 서 론

생활의 질이 향상됨에 따라 쾌적한 음환경에 대한 요구가 증가하게 되어 건물 내·외부에서 발생하는 건축 설비 소음에 대한 피해가 증가하고 있으며, 특히 기계실 내 설비기계에서 발생하는 고소음에 직접적으로 노출되어있는 근로자들은 청력장애와 같은 신체적, 정신적인 소음피해를 받고 있어 기계실내 설비소음에 대한 차음 및 방음 대책 수립이 절실히 요구되어지고 있는 실정이다.

설비소음에 의한 annoyance는 소음자체의 음압레벨과 같은 물리적 특성뿐만 아니라 인간이 가지고 있는 복잡한 형태의 청감특성 영향을 함께 받기 때문에 음향심리학적인 접근을 통한 주관적 평가특성이 함께 반영되어야 하지만 지금까지의 설비소음에 대한 평가는 물리적 특성만을 고려한 평가만 이루어졌을 뿐 주관적 평가에 대한 특성은 반영되지 않아 대책 후에도 많은 불만족이 제기되고 있다.

또한 근로자들의 소음피해를 최소화하기 위해 물리적 평가치와 심리적 반응치를 토대로한 설비소음의 인지한계량(just noticeable difference)의 조사연구가 필요한 실정이다. 이에 따라 이 연구에서는 기계실내에서 발생하는 설비소음의 물리적 특성을 파악하였으며 청감실험을 실시하여 물리적평가치와

† 교신저자; 정희원, 원광대학교 건축공학과
E-mail : soundpro@wku.ac.kr
Tel : (063)857-6712, Fax : (063)843-0782
* 정희원, 원광대학교 대학원 건축공학과

심리적 반응치의 상관관계를 검토해 보았으며, 추세식을 이용한 설비소음의 등급화를 통하여 심리적 반응을 반영한 합리적인 평가를 이루기 위한 자료를 제시하고자 하였다.

이와 같은 결과는 고소음에 노출되어 있는 근로자들에 대한 소음 기준 설정시 유용한 자료로 활용될 수 있으리라 사료된다.

2. 청감실험

2.1 청감실험용 음원

소음을 평가하기 위해서는 소음의 물리적인 측정

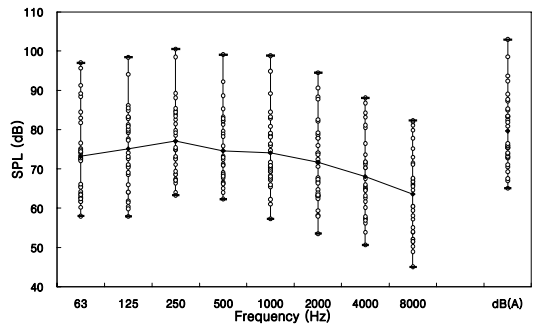
Table 1 Types and dimension of 32 facility noise sources actually measured

Classification	Sound source	Performance
1	Air-conditioning facilities	40 mmAq
2	Elevator motor	15 kW
3	Filtering pump	18 kW
4	Heater/cooler	13 kW
5	Cooling water circulation pump	11 kW
6	Cooling water pump 1	15 kW
7	Cooling/warm water circulation pump 1	18.5 kW
8	Heating circulation pump	11 kW
9	Cooling/warm water circulation pump 2	22 kW
10	Outdoor unit of room air conditioner	7.7 kW
11	Freezer 1	12.78 kw
12	Drainage pump	11 kW
13	Heater/cooler 1	900 mmAq
14	Cooling type1	7.5 HP
15	Piping boiler 0.5T	0.75 kW
16	Piping boiler 1T	3.7 kW
17	Water supply pump 1	10 HP
18	Cooling water pump 2	37 kW
19	Outdoor handling unit 1	3000 CMH
20	Filtering pump 2	15 kW
21	Water supply pump 2	25 HP
22	Heat pump boiler	33 kW
23	Boiler water supply pump	13 kW
24	Heater/cooler 2	2000 mmAq
25	Freezer 2	30 kW
26	Cooling type 2	25 kW
27	Warm water boiler	1047 MW
28	Outdoor handling unit 2	40000 CMH
29	Pool circulation pump	22 kW
30	Dedicated pool pump	22 kW
31	Steam generator	15 HP
32	Emergency generator	160 kW

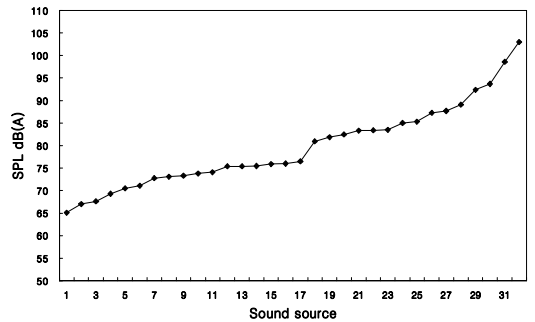
뿐만 아니라 수음자의 반응 또한 객관적으로 정량화하는 과정이 필요하다. 이를 위해 일정한 조건 하에서 발생하는 32개의 설비소음⁽³⁾을 설비기계가 정상적으로 가동한 상태에서 음압레벨을 측정⁽¹⁾하였으며, 음압레벨의 측정은 KS B 6360(펌프의 음압레벨 측정방법)에 의거하여 기계실 내에 설치되어있는 설비기계로부터 1.5 m 떨어진 지점에서 30초간 DAT를 이용하여 현장에서 녹음⁽²⁾하였다.

측정에 사용된 Microphon은 G.R.A.S.사의 1/2 Microphon 40AF를 사용하였으며, 주파수 범위는 3.15~20 kHz이다. 설비기계는 Table 1과 같이 모두 32개를 측정하였으며⁽¹⁾ 설비기계의 주파수별 특징과 음압레벨은 Fig. 1과 같다.

Fig. 1(a)에서 보면 대부분의 설비소음의 주파수 특성⁽⁴⁾은 음압레벨이 저음역에서 불규칙한 패턴을 보이다가 250 Hz에서 피크치를 기록하고 있으며, 고음역으로 갈수록 서서히 감소하는 패턴을 보이고 있다. Fig. 1(b)를 통하여 32개의 청감실험용 음원의 물리적 평가치를 살펴보면 dB(A)는 음압레벨이



(a) Frequency characteristics



(b) SPL by sound source

Fig. 1 Characteristics and SPL by frequency of facility

가장 낮은 1번 음원인 ‘공조기’가 66 dB(A)로 나타났고, 음압레벨이 가장 높은 32번 음원인 ‘비상발전기’가 103 dB(A)로써 매우 높게 나타났음을 알 수 있다.

또한 피험자에게 제시된 32개의 청감실험용 음원을 B&K사의 Pulse 프로그램을 이용하여 주파수 분석을 한 다음 각 평가방법에 따라 나타낸 물리적 특성평가의 결과는 Table 2와 같다.

청감실험에 의한 평가방법⁽⁴⁾은 dB(A)(A보정 음압레벨), PSIL(회화방해레벨), N값(실내소음등급), NR곡선(소음평가곡선), 산술평균(1~4 kHz)을 이용하여 평가하였다.

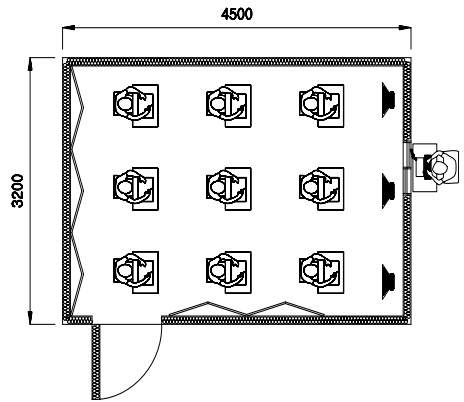
Table 2 Physical characteristics of sound source for psycho-acoustic experiment

Sound source	dB(A)	PSIL	N	NR	Avg.
1	65.1	55.9	63	61	53.8
2	67.0	60.7	65	63	59.3
3	67.6	61.1	67	64	59.2
4	69.3	60.9	68	66	59.1
5	70.5	63.2	70	67	62.1
6	71.1	62.7	71	68	62.3
7	72.8	64.7	73	68	64.2
8	73.1	64.9	74	70	63.7
9	73.3	66.2	73	69	65.3
10	73.8	67.1	73	70	66.7
11	74.1	67.3	72	70	66.8
12	75.4	68.1	76	74	68.2
13	75.4	68.5	74	70	67.6
14	75.5	68.5	74	71	67.1
15	75.9	66.7	74	78	65.3
16	76.0	67.9	75	77	66.0
17	76.5	70.0	75	73	69.6
18	80.9	73.6	79	76	73.8
19	81.9	74.0	79	79	73.3
20	82.5	75.8	82	78	74.5
21	83.3	76.8	82	80	75.3
22	83.4	75.9	83	78	74.9
23	83.5	71.4	85	84	72.5
24	85.0	75.8	83	79	73.6
25	85.3	78.3	84	80	78.4
26	87.3	80.4	84	85	79.4
27	87.7	80.3	86	84	78.7
28	89.1	82.2	87	86	82.2
29	92.4	84.9	85	90	85.6
30	93.7	87.2	85	90	86.7
31	98.6	91.1	85	94	90.7
32	103.0	95.1	85	99	93.8

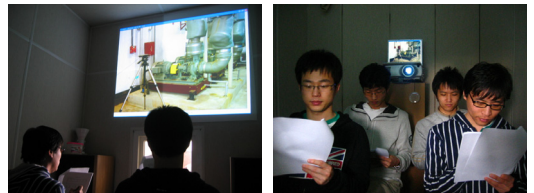
2.2 청감실험 방법

청감실험은 원광대학교 청감실험실 내에서 실시되었으며, 실험에 참여한 피험자는 20~36세의 정상청력을 지닌 남자 99명(82.5%)과 여자 21명(17.5%)으로 대부분의 피험자가 설비기계에 대한 기초적인 지식이 있는 건축공학 전공자를 대상으로 하였다. 실험실의 제원은 Fig. 2와 같으며 500 Hz에서 잔향시간(RT)은 0.09초, 음성명료도(D50)는 99.9%, 음성전달지수(RASTI)는 93%로서 무향실(anechoic chamber)과 같은 조건을 갖춘 실험실이며, 각 좌석별 음압레벨 표준편차는 약 1 dB 정도이다. 또한 청취음원의 경우 음원의 재현을 위해 녹음 음원을 Cool Edit Pro 2.1로 재생하였으며, 사용된 장비는 L사의 LA-7800앰프와 주파수 범위 25 Hz~30 kHz 범위의 스피커 LA-4800V를 사용하였다. 또한 녹음된 음원의 음압레벨을 똑같이 재현하기 위해 무향실에서 소음계를 통해 음압을 동일하게 하여 실험을 실시하였다.

Fig. 2의 그림은 이 청감실험시 기계의 설명을 보다 쉽고 정확하게 하기위해 프로젝터를 사용하였으며 실제 실험시에는 프로젝터를 끄고 실험하여 프로



(a) Dimension of listening test room



(b) Scene from psycho-acoustic experiment

Fig. 2 Dimension of listening test room & scene from psycho-acoustic experiment

펙터 소음에 대한 영향은 없다.

이 연구는 물리적인 측정치인 dB(A)와 심리적인 반응치를 비교·분석하고 이들의 상관관계를 분석하여 설비소음에 대한 적절한 어휘선정⁵⁾ 및 최저 기준의 요구수준을 추출하고자 연구를 진행하였으며, 이를 위한 선행 연구에서는 청감실험을 통하여 일상생활 중에 겪게 되는 소음의 종류에 대한 표현어휘 168 개 중 설비소음의 심리 평가를 위한 5개의 표현어휘를 추출하였다.

그 결과 ‘크다’, ‘시끄럽다’, ‘신경쓰인다’, ‘불쾌하다’, ‘둔탁하다’의 5개 어휘를 선정되었다 그러나 Zwicker의 심리 음향적 파라미터인 loudness, sharpness, fluctuation strength, unbiased annoyance, tonality와 ‘둔탁하다’는 연관성이 적은 것으로 나타나, 둔탁하다를 제외하여 청감실험을 진행하였으며 응답지(sheet)의 구성은 Fig. 3과 같이 13단계 SD척도를 이용하여 피 실험자가 각 평가어휘에서 느끼는 감정을 바탕으로 설비소음에 노출 시 그 느낌의 표현이 적합한 정도를 물었다. 또한 13점 척도에 대해서 청감실험시 1점 전혀 그렇지 않다 부터 13점 매우 그렇다로 나뉘었으며, ‘전혀 그렇지 않다’는

Evaluation Facility/Response noise sources(No.)	Response						
	Not at all	Almost not	Little	A little bit	Noisy	Fairly noisy	Very much noisy
1	----- 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13						
2	----- 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13						
3	----- 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13						
4	----- 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13						
5	----- 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13						

Fig. 3 Psycho-acoustic sheet

거의 소리가 들리지 않는다는 의미로 설명을 하였으며, ‘매우 그렇다’는 너무 커서 청력기관에 문제가 생기는 등 참기 힘들다는 의미로 ‘참을수 있는 한계’에 대해 느끼는 기준에 대하여 그 평가를 진행하였다.

청취음원은 각종 설비기계가 밀집되어 있는 기계실에서 DAT를 이용해 녹음한 음원을 Cool Edit Pro 2.1을 이용하여 Fig. 4와 같이 편집·제작하였고, 피험자는 청감실험실에 앉아 무순으로 배열한 음원을 2초 간격으로 10초 동안 들려준 후 평가하게 하고 10초를 쉬게 한 후 다음 음원을 청취하도록 하였다.

3. 분석 및 고찰

3.1 물리적 평가치와 심리적 반응치의 관계

청감실험결과 설비소음에 노출되었을 경우 ‘크다’, ‘시끄럽다’, ‘신경쓰인다’, ‘불쾌하다’의 4개 표현어휘에 대한 반응의 정도는 Fig. 5와 같다.

Fig. 5에 나타난 반응치의 평균을 살펴보면 소음의 음압레벨이 높은 설비기계라도 소음의 발생 및 변동 특성에 따라 주관적 반응정도의 차이는 있지만, 대체로 설비소음의 음압레벨이 높아짐에 따라 반응치 단계도 부정적으로 올라가는 경향을 보이고 있음을 알 수 있다. 또한 Fig. 5(b)의 4개 어휘에 대한 반응의 표준편차는 각 어휘별 피험자 반응의 차이로 최소 0.63에서 최대 2.75로 나타났다. 그 중 설비소음의 음압레벨이 가장 큰 32번 ‘비상발전기’의 경우 다른 어휘에 비해 가장 큰 편차를 보이고 있다.

4개의 청감평가어휘를 이용하여 건축설비소음의 물리적 평가지표로 가장 많이 사용되는 dB(A)와 심리적 반응치의 상관성을 분석해 본 결과 대부분 높은 상관성을 보였으며, 표준편차 역시 각 음원에 대해 대부분이 높은 결과를 보였다.

따라서 32개 설비소음의 물리적 평가치와 심리적 반응치와의 상관관계를 Pearson 적률상관계수를 이용하여 분석해 본 결과는 Table 3과 같다.

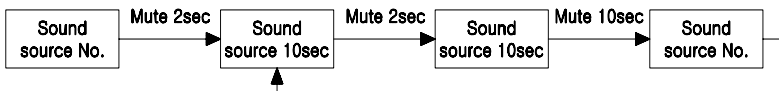


Fig. 4 Presentation of sound source

Table 3의 Pearson 상관계수를 살펴보면 dB(A), NR, 산술평균에 의한 평가방법은 0.882, 0.844, 0.872로 ‘크다’의 어휘와 큰 상관관계를 보이고 있으며, PSIL과 N값에 의한 평가방법은 0.886, 0.791로 ‘시끄럽다’의 어휘와 높은 상관관계를 보였다. 하지만 N값에 의한 평가방법은 나머지 dB(A), PSIL, NR, 산술평균의 평가방법에 비해 상관성이 전체적으로 다소 낮게 나타나고 있음을 알 수 있다.

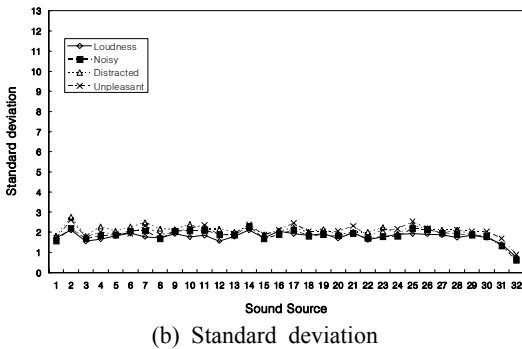
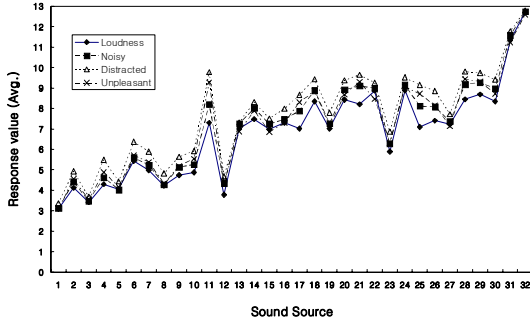


Fig. 5 Average and standard deviation of response value for language by sound source

Table 3 Correlation between physical valuation value and psychological response value

Language	Loudness	Noisy	Distracted	Unpleasant
dB(A)	0.882**	0.879**	0.857**	0.859**
PSIL	0.884**	0.886**	0.866**	0.869**
N	0.775**	0.791**	0.784**	0.775**
NR	0.844**	0.841**	0.818**	0.816**
Avg.	0.835**	0.804**	0.756**	0.753**

1-tailed significance**p<0.01

3.2 설비소음의 물리량 예측

Figs. 6~9과 Tables 4~7은 설비소음에 대한 평가

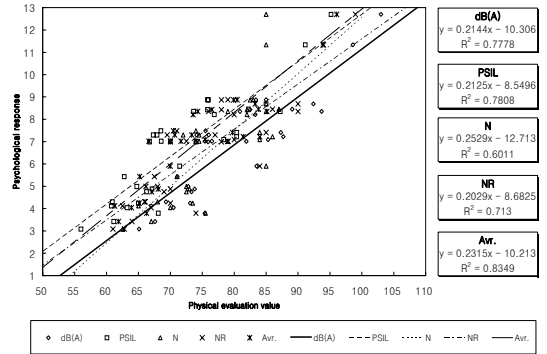


Fig. 6 Correlation between psychological response value and physical evaluation value(loudness)

Table 4 Forecast of physical property on psychological response(loudness)

Evaluation method	dB(A)	PSIL	N	NR	Avg.
Response stage 1	52.7	44.9	54.2	47.7	48.4
Response stage 2	57.4	49.6	58.1	52.6	52.7
Response stage 3	62	54.3	62.1	57.5	57
Response stage 4	66.7	59	66	62.5	61.4
Response stage 5	71.3	63.7	70	67.4	65.7
Response stage 6	76	68.4	73.9	72.3	70
Response stage 7	80.7	73.1	77.9	77.2	74.3
Response stage 8	85.3	77.8	81.9	82.2	78.6
Response stage 9	90	82.5	85.8	87.1	82.9
Response stage 10	94.7	87.2	89.8	92	87.3
Response stage 11	99.3	92	93.7	97	91.6
Response stage 12	104.4	96.7	97.7	101.9	95.9
Response stage 13	108.7	101.4	101.6	106.8	100.2

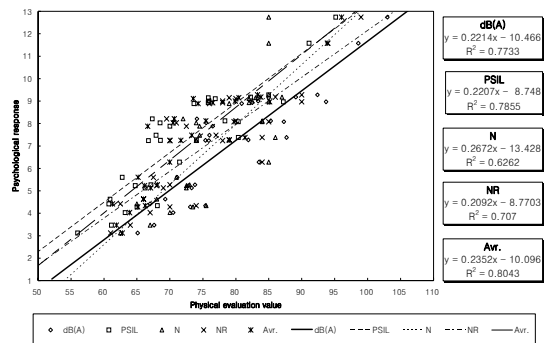


Fig. 7 Correlation between psychological response value and physical evaluation value(noisy)

Table 5 Forecast of physical property on psychological response(noisy)

Evaluation method Response stage	dB(A)	PSIL	N	NR	Avg.
1	51.7	44.1	54	46.7	47.1
2	56.3	48.7	57.7	51.4	51.4
3	60.8	53.2	61.4	56.2	55.6
4	65.3	57.7	65.2	61	59.9
5	69.8	62.2	68.9	65.8	64.1
6	74.3	66.8	72.7	70.6	68.4
7	78.8	71.3	76.4	75.3	72.6
8	83.4	75.8	80.1	80.1	76.9
9	87.9	80.4	83.9	84.9	81.1
10	92.4	84.9	87.6	89.7	85.4
11	96.9	89.4	91.4	94.5	89.6
12	101.7	94	95.1	99.2	93.9
13	105.9	98.5	98.9	104.6	98

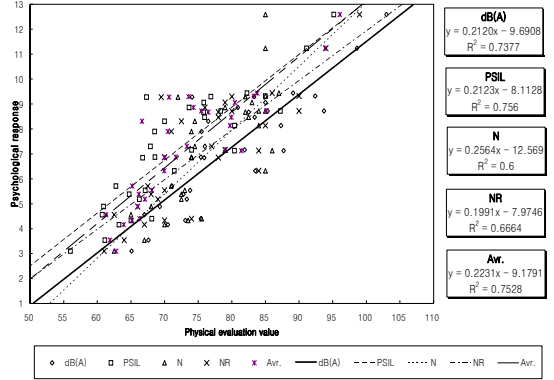


Fig. 9 Correlation between psychological response value and physical evaluation value(unpleasant)

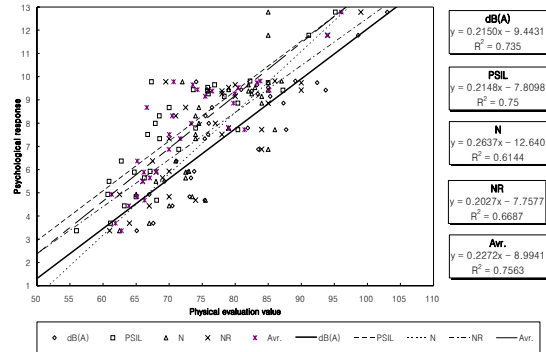


Fig. 8 Correlation between psychological response value and physical evaluation value(distracted)

Table 6 Forecast of physical property on psychological response(distracted)

Evaluation method Response stage	dB(A)	PSIL	N	NR	Avg.
1	48.5	41	51.7	43.2	43.9
2	53.2	45.6	55.5	48.1	48.3
3	57.8	50.3	59.3	53	52.7
4	62.5	54.9	63.1	58	57.1
5	67.1	59.6	66.8	62.9	61.5
6	71.8	64.2	70.6	67.8	66
7	76.4	68.9	74.4	72.8	70.4
8	81.1	73.6	78.2	77.7	74.8
9	85.7	78.2	82	82.6	79.2
10	90.4	82.9	85.8	87.6	83.6
11	95	87.5	89.6	92.5	88
12	99.7	92.2	93.4	97.4	92.4
13	104.39	96.8	97.3	102.1	96.8

Table 7 Forecast of physical property on psychological response(unpleasant)

Evaluation method Response stage	dB(A)	PSIL	N	NR	Avg.
1	50.4	42.9	52.9	45	45.6
2	55.1	47.6	56.8	50.1	50.1
3	59.8	52.3	60.7	55.1	54.5
4	64.5	57	64.6	60.1	59
5	69.3	61.7	68.5	65.1	63.5
6	74	66.4	72.4	70.1	68
7	78.7	71.1	76.3	75.2	72.5
8	83.4	75.9	80.2	80.2	77
9	88.1	80.6	84.1	85.2	81.4
10	92.8	85.3	88	90.2	85.9
11	97.6	90	91.9	95.3	90.4
12	102.3	94.7	95.8	100.3	94.9
13	107	99.4	99.7	105.3	99.4

어휘인 ‘크다’, ‘시끄럽다’, ‘신경쓰인다’, ‘불쾌하다’의 심리적 반응치와 물리적 평가치의 관계를 나타내고 있다.

각각의 그림은 4개의 어휘별로 32개의 음원이 갖는 물리적 특성을 ‘dB(A)’, ‘PSIL’, ‘N값’, ‘NR’, ‘산술평균’의 5가지 평가방법으로 분석하여 이들의 심리적 반응수준과의 관계를 추세선으로 나타낸 것이다. 이 분석과정을 통해 각 어휘별 회귀분석식을 나타낼수 있을 것으로 판단된다. 따라서 이러한 회귀분석식을 활용하면 심리적 반응수준에 대한 물리량을 예측할 수 있다. Tables 4~7을 보면 13단계의 지수차이는 dB(A), PSIL, NR, 산술평균의 평가방법

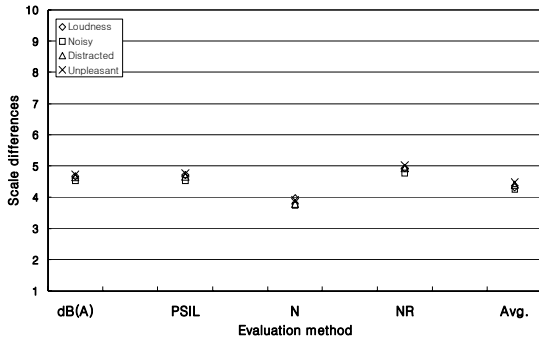


Fig. 10 Exponential differences by stage per physical evaluation

Table 8 Level results in 7 stages by language

Evaluation method \ Evaluation language	Loudness	Noisy	Distracted	Unpleasant
dB(A)	80.7	78.8	76.4	78.7
PSIL	73.1	71.3	68.9	71.1
N	77.9	76.4	74.4	76.3
NR	77.2	75.3	72.8	75.2
Avg.	74.3	72.6	70.4	72.5

시 4.5~5정도로 나타났고, N값은 다소 적은 3.74~3.96의 지수차이로 나타나고 있음을 알 수 있다.

3.3 설비소음 등급화를 위한 결과 분석

각 그림을 통해 분석해 본 결과 물리적 평가치와 심리적 반응치가 서로 양호한 상관관계를 보이고 있음을 알 수 있다.

또한 각 표에 나타난 평가어휘들에 대한 주관적 심리 반응단계에 대한 물리량을 예측해본 결과 “전혀”의 1단계에서 “매우”의 13단계로 구분하였을 때 각 단계별 지수차이는 Fig. 10과 같이 dB(A)는 4.52~4.72, PSIL은 4.53~4.77, 산술평균은 4.25~4.48로 나타났으며, N값은 3.74~3.96으로 가장 낮게 나타났고, NR은 4.78~5.02로 다소 높게 나타났다.

따라서 설비소음의 차단성능 등급을 설정할 경우 각 등급 간의 간격은 평가방법에 따라 dB(A), PSIL, 산술평균값은 약 5 dB의 등급설정이 청감 상 가장 적절하고 N값과 NR은 약 N-5, NR-5의 등급 차이가 적절하다고 사료된다.

또한 설문 응답지의 13단계의 척도 중 부정적으로 반응하기 시작하는 “약간 크다”, “약간 시끄럽

다”, “약간 신경쓰인다”, “약간 불쾌하다”의 7번 단계에서 Table 8과 같은 레벨의 결과를 나타내었다.

Fig. 10의 결과로 보아 기계실내 건축설비소음의 인지한계량의 기준은 4가지 어휘에 대하여 7단계에서 평균을 구한 후 등급간격 5로 반올림해 본 결과 각 평가 방법별로 80 dB(A), PSIL-70 dB, N-75, NR-75, 산술평균-75 dB이 적절하며, 이와 같은 결과는 각 평가방법에 의한 기계실내 설비소음의 최저기준 설정 시 유용한 자료로 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

4. 결 론

이 연구는 기존의 선행연구 결과를 토대로 하여 기계실내 설비소음의 청감실험을 실시하여 물리적 평가치와 심리적 반응치의 상관성 분석과 회귀식을 이용한 평가방법별 물리량을 파악하여 설비소음의 인지한계량의 기준을 제시하고자 하였으며 그 결과는 다음과 같다.

(1) 통계 프로그램인 SPSS를 활용한 Pearson 적률 상관계수를 이용하여 물리적 평가방법과 심리적 반응치와의 상관성 분석결과 dB(A), NR, 산술평균에 의한 평가방법은 ‘크다’의 어휘와 큰 상관관계를 보이고 있으며, PSIL과 N값에 의한 평가방법은 ‘시끄럽다’의 어휘와 높은 상관관계를 보였다.

(2) 5개의 평가방법과 심리적 반응의 정도를 추세선으로 나타내 회귀식으로 분석하여 심리반응에 해당하는 물리량을 예측해 보았다. 그 결과 설비소음의 차단성능 등급을 설정할 경우 각 등급 간의 간격은 평가방법에 따라 5 dB(A), PSIL- 5 dB, 산술평균-5 dB, N-5, NR-5의 등급차이가 적절하다고 판단되었다.

(3) 기계실내 건축설비소음의 인지한계량의 기준 설정시 13단계의 척도 중 참기 힘든 단계로 반응하기 시작하는 “약간”의 7단계에서 최저레벨을 기준으로 하여야 할 것으로 판단되었다. 그 최저레벨의 결과 값은 80 dB(A), PSIL-70 dB, N-75, NR-75, 산술평균-75 dB이 바람직하다고 사료된다.

이상의 연구결과에서 향후 건축설비소음의 심리평가를 위해서는 현재 사용되고 있는 음압레벨(dB(A))

의 평가지표와 함께 음질을 평가하는 파라미터를 고려한 새로운 물리적 평가지수의 개발이 필요할 것으로 나타나며, 이 연구의 결과는 건축설비소음의 심리평가를 위한 보다 객관적인 평가 자료로써 사용될 수 있을 것이라 사료된다.

참 고 문 헌

- (1) Kook, J. H. and Jung, C. W. and Jung, E. J. and Kim, J. S., 2006, "A Study on the Evaluation and Characteristics of Plumbing Noise in Building," Proceedings of The AIK '06 Autumn Annual Conference, pp. 673~676.
- (2) Kim, J. S., 2004, Architectural Acoustic Design, 2nd ed, Sejin Co. pp. 56~62.
- (3) Kim, J. S., 2007, The Science of Noise & Vibration, pp. 161~171.
- (4) Byun W. S. and Choi D., 2009, "A Study on the Evaluation and Characteristics of Architectural Facility-equipment Noise in Building," Korean Journal of the SAREK, Vol. 21, No. 10, pp. 100~108.
- (5) You, H. J. and Jung, E. J. and Kim, J. S., 2007, "A Research on Vocabulary Materialization for Evaluation of Architecture Plumbing Noise," Korean Journal of the SAREK, Vol. 19, No. 4, pp. 346~354.