

건설소음의 음질평가요인에 관한 음향심리 연구

조원희* 양만우* 광광수** 김재수*** 한명호****

A Psychological-acoustic Study on the Evaluation Factors of Construction Noise Quality

Won-Hee Cho* Man-Woo Yang* Kwang-Soo Kwak** Jae-Soo Kim*** Myoung-Ho Han****

ABSTRACT

For the accurate evaluations of influence of construction noise, it is necessary to investigate not only physical characteristics of construction noise but also the subjective psycho-acoustical respects of individual persons. To develop the effective evaluation procedures for construction noise, we investigated Korean vocabularies which can express the feelings for construction noise, and analyzed psychological factors influencing on the subjective feelings of persons, through a series of psycho-acoustical experiments to construction noise. As a result of, it was found that the construction noise sources including the six factors. And this study intends to get the basic data for the evaluations about construction noise.

1. 서론

생활주변에서 발생하는 다양한 소음들 중에서 공장 및 사업장 소음과 건설현장에서 발생하는 소음에 대한 불만족 지적률이 급증하고 있다. 이중 건설소음은 높은 음압레벨과 변동특성으로 인해 인근주민 및 현장근로자에게 높은 심리적 불쾌감을 주고 있어 최근 환경소음 중 가장 강력한 불만족 대상이 되고 있다. 하지만 기존의 단순한 양적인 크기만으로 정하고 있는 물리적 평가방법이나 법적인 규제기준치만으로는 건설현장 주변의 거주자 및 근로자들의 불만족을 해소하는데는 한계가 있다.

따라서 기존의 물리적 평가방법과는 달리 건설소음이 갖고 있는 음의 질적인 평가로부터 그 합리적인 해결방법을 제시할 수 있을 것이다. 따라서 이러한 음질평가를 위해서는 건설소음원에 대한

음향심리실험을 이용하여 인간의 청취반응을 파악함으로써 보다 정확하고 합리적인 평가방법과 기준의 틀을 마련할 수 있을 것이다.

이러한 관점에서 본 연구는 건설소음의 평가에 인간의 심리적인 측면을 반영할 수 있는 적합한 심리평가의 어휘군을 추출하고, 건설소음의 음질평가요인을 찾아내는데 주목적이 있다.

2. 연구의 방법

2.1 평가어휘 추출을 위한 조사

(1) 1차 조사

건설소음의 심리평가를 위한 평가어휘는 <Table 1>과 같이 기존의 관련 연구논문에서 제시한 49개 소음에 대한 표현어휘를 이용하였다.⁽¹⁾

* 정희원, 원광대 건축공학과 석사과정
** 정희원, 원광대 건축공학과 박사과정
*** 정희원, 원광대 건축공학과 부교수, 공학박사
**** 정희원, 서남대 건축공학과 조교수, 공학박사

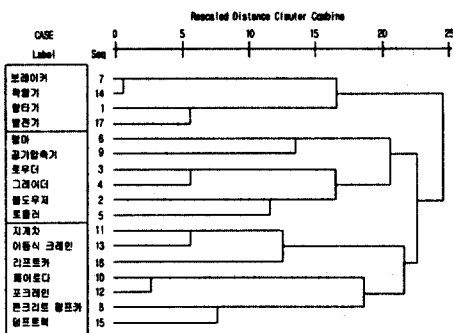
2) 1. 정광용 외 3인, "공동주택 설비소음의 심리평가를 위한 한국어 어휘에 관한 연구", 한국소음진동공학회지, 9권 1호, 1999, pp77~84
2. 한명호 외 1인, "음환경의 쾌적성에 관한 의미구조의 분석-소음의 심리적 평가요인과 속성", 한국소음진동공학회지,

<Table 1> Extracted vocabularies by documents investigation

1. 시끄럽다	18. 나쁘다	35. 아담스럽다
2. 들기 싫다	19. 어수선하다	36. 귀찮다
3. 소란스럽다	20. 곤혹스럽다	37. 무질서하다
4. 거슬린다	21. 자극적이다	38. 칙칙하다
5. 신경쓰인다	22. 성가시다	39. 거절다
6. 깜짝놀라게 한다	23. 못마땅하다	40. 지긋지긋하다
7. 짜증스럽다	24. 불안하다	41. 크다
8. 요란하다	25. 불안정하다	42. 강하다
9. 떠들썩하다	26. 가우러지게 한다	43. 감렬하다
10. 방해된다	27. 거세다	44. 골짜기하다
11. 싫다	28. 소름끼친다	45. 난잡하다
12. 불쾌하다	29. 불편하다	46. 위압적이다
13. 놀라게 한다	30. 불안속스럽다	47. 복잡하다
14. 괴롭다	31. 날카롭다	48. 불규칙적이다
15. 고통스럽다	32. 성밋하다	49. 바람직하지 않다
16. 혼란스럽다	33. 성숙하다	
17. 산만하다	34. 격하다	

(2) 2차 조사

1차조사 결과 추출된 49개 어휘를 이용하여 건설소음을 표현하는데 적합한 어휘를 추출하기 위하여 건설소음 중 가장 문제시 되는 17가지 음원을 대상으로 음원선택기술법을 이용하여 군집분석 결과 <Fig 1>과 같이 크게 세 군집으로 나타났



<Fig 1> Cluster analysis of sound source

며, 각 군집에서 공통적으로 선택빈도가 높게 나타나 건설소음을 평가하는데 적절하다고 판단되는 23개의 어휘를 추출해 보면 <Table 2>와 같다.³⁾

2.2 건설소음에 대한 청감실험

(1) 청감실험용 음원의 작성

청감실험에 사용할 음원은 건설현장에서 발생하

8권 4호, 1998, pp706~714

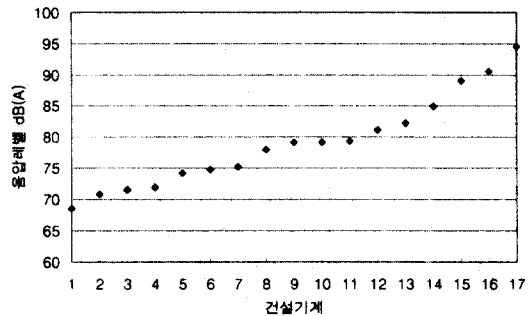
3) 조원희 외 3인, "음원선택기술법을 이용한 건설소음의 유형화에 관한 연구", 대한건축학회 춘계학술발표대회 20권 1호, 2000.4

<Table 2> Vocabularies for psycho-acoustical experiment

번호	어휘	번호	어휘
1	시끄럽다	13	어수선하다
2	듣기 싫다	14	불안하다
3	소란스럽다	15	강하다
4	짜증스럽다	16	혼란스럽다
5	신경쓰인다	17	아담스럽다
6	요란하다	18	크다
7	거슬린다	19	위압적이다
8	산만하다	20	성가시다
9	불쾌하다	21	무질서하다
10	방해된다	22	거세다
11	자극적이다	23	놀라게 한다
12	떠들썩하다		

는 소음 중 가장 피해가 크다고 인식되는 17개의 건설기계를 대상으로 하였다.⁴⁾

17개의 음원은 작업이 진행중인 건설현장에서 Sony사의 DAT를 통해 녹음을 실시하였으며, 녹음된 각 음원을 Syntrillium사의 Cool Edit Pro를 이용하여 청감실험에 이용할 수 있도록 편집, 재구성 하였다. 피험자에게 제시된 음원의 레벨은 <Fig 2>와 같다.



1.발전기 2.지게차 3.리프트카 4.덤프트럭 5.로우더 6.공기압축기 7. 그레이더 8.할타 9.페이로더 10.볼도우저 11.로울러 12.콘크리트 펌프카 13.굴삭기 14.이동식 크레인 15.착암기 16.할타기 17.브레이커

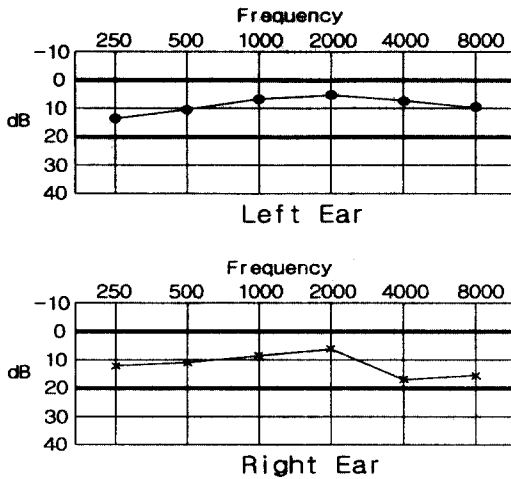
<Fig 2> Sound pressure level of sound source

(2) 피험자의 선정 및 청감실험 방법

청감실험 피험자는 원광대학교 의대병원 이비인후과 청력검사실에서 순음청력검사를 실시하여, 정상청력을 가진 것으로 판명된 대학생, 대학원생 남자 86명과 여자 57명을 대상으로 하였다.

4) 김재수 외 5인; "건설소음 평가를 위한 건설기계소음의 유형화와 특성에 관한 연구", 대한건축학회 전북지부 논문집, 1998.12, 10권 1호, pp 51~57

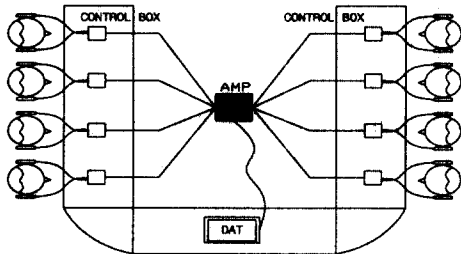
5) 순음청력검사는 음차에서 발생하는 것과 같은 순음음 전기적으로 발생시켜 각 주파수에 따라 음의 강도를 조절하여 청력 역치를 측정하는 방법이다.



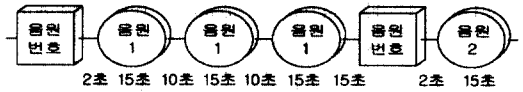
<Fig 3> Result of hearing sense test by pure tone

<Fig 3>은 피험자에 대한 순음청력검사 결과를 평균한 것으로 각 주파수의 역치레벨이 20dB 이내로 모두 정상청력을 가진 피험자로 구성되어 있다. 청감실험을 위한 응답지는 건설소음에 대한 심리실험을 위해 적절하다고 판단된 23개의 어휘를 이용하여 5단계 평정척도(rating scale)로 구성하였으며, 예비테스트 실시 후 실험에 적절한 시간을 배분하여 작성하였다.

청감실험은 실제의 현장소음에 가깝게 재현하기 위해 전 주파수대역에서 재현성이 우수한 AKG Headphone을 이용하여, 1회 8명씩 동일한 조건에서 반복하여 실험하였고, 실험실의 구조와 기기의 구성은 <Fig 4>와 같다.



<Fig 4> Diagram for psycho-acoustical experiment



<Fig 5> Sequence of an experiment

음원의 제시는 <Fig 5>와 같이 하나의 음원을 15초동안 10초 간격으로 3번 제시하고, 15초의 응답시간을 기다린 후 다음 음원을 제시하였다.

3. 분석 및 고찰

3.1 분석 방법 및 타당성

건설소음에 대한 응답자들의 심리표현에 대한 요인구조와 각 어휘가 가지는 의미를 심리적 속성에 따라 분류하여 어휘군을 작성하기 위해 요인분석(Factor Analysis)을 실시하였다. 요인분석의 방법은 요인추출법으로 일반적으로 많이 사용되는 주성분(Principal Components) 분석을 사용하였고, 요인해석을 위해 배리맥스 회전(Varimax Rotation)하였다. 요인분석을 위한 변수선정의 적정성을 판단하기 위해 Kaiser-Meyer-Olkin(KMO)⁶⁾와 Bartlett의 구상검정치(sphericity)를 분석해 보았으며 그 결과는 <Table 3>과 같다. 표에서 보면 변수선정이 적절히 되었음을 알 수 있다.

<Table 3> KMO and Bartlett's test

Kaiser-Meyer-Olkin 측도		.771
Bartlett의 구형성검증	근사카이제곱	1125.852
	자유도	253
	유의확률	.000

3.2 분석 결과

(1) 건설소음에 대한 심리표현 어휘

평가어휘의 2차조사에서 얻어진 23개의 어휘에 대해 건설소음에 대한 청감실험을 실시하여, 각 건설기계소음에 대해 피험자들이 선택한 어휘들의 평균득점을 토대로 전체 건설소음 및 각각의 음원

6) KMO의 값이 0.90이상이면 상당히 좋은 것, 0.80이상이면 꽤 좋은 것, 0.70이상이면 적당한 것, 0.60이상이면 평범한 것, 0.50이상이면 바람직하지 못한 것, 0.50미만이면 받아들일 수 없는 것으로 판정한다.

에 대한 표현어휘의 득점순위를 분석한 것은 <Table 4>와 같다.

표에서 보면 “신경쓰인다”, “방해된다”, “거슬린다”, “듣기싫다”, “시끄럽다”, “소란스럽다” 등에 대한 선택이 가장 상위에 나타나고 있는데 이러한 어휘들이 건설소음에 대한 심리적 특성을 잘 표현

<Table 4> Rank of vocabularies

순위	전체 건설소음	항타기	볼도우저	로우더
1	신경쓰인다	시끄럽다	시끄럽다	방해된다
2	방해된다	듣기싫다	듣기싫다	신경쓰인다
3	거슬린다	신경쓰인다	소란스럽다	시끄럽다
4	듣기싫다	방해된다	요란하다	듣기싫다
5	시끄럽다	소란스럽다	방해된다	성가시다
6	소란스럽다	요란하다	신경쓰인다	산만하다
7	요란하다	거슬린다	떠들썩하다	무질서하다
8	산만하다	떠들썩하다	거슬린다	어수선하다
9	짜증스럽다	짜증스럽다	산만하다	거슬린다
10	어수선하다	어수선하다	어수선하다	불쾌하다
순위	그래이더	로울러	람파	브레이크
1	신경쓰인다	신경쓰인다	신경쓰인다	시끄럽다
2	방해된다	거슬린다	거슬린다	방해된다
3	시끄럽다	방해된다	방해된다	듣기싫다
4	요란하다	어수선하다	듣기싫다	신경쓰인다
5	소란스럽다	산만하다	짜증스럽다	요란하다
6	거슬린다	시끄럽다	산만하다	거슬린다
7	듣기싫다	성가시다	불쾌하다	소란스럽다
8	짜증스럽다	혼란스럽다	어수선하다	짜증스럽다
9	떠들썩하다	듣기싫다	소란스럽다	떠들썩하다
10	어수선하다	불안하다	시끄럽다	어수선하다
순위	콘크리트 펌프카	공기압축기	페이로다	지게차
1	시끄럽다	방해된다	신경쓰인다	신경쓰인다
2	소란스럽다	신경쓰인다	거슬린다	방해된다
3	듣기싫다	거슬린다	방해된다	거슬린다
4	요란하다	산만하다	듣기싫다	듣기싫다
5	신경쓰인다	어수선하다	자극적이다	산만하다
6	짜증스럽다	시끄럽다	짜증스럽다	시끄럽다
7	거슬린다	소란스럽다	불쾌하다	성가시다
8	방해된다	듣기싫다	성가시다	어수선하다
9	떠들썩하다	떠들썩하다	산만하다	짜증스럽다
10	아단스럽다	혼란스럽다	혼란스럽다	소란스럽다
순위	굴삭기	이동식 크레인	착암기	덤프트럭
1	방해된다	시끄럽다	신경쓰인다	신경쓰인다
2	거슬린다	방해된다	방해된다	방해된다
3	신경쓰인다	요란하다	거슬린다	거슬린다
4	산만하다	소란스럽다	듣기싫다	소란스럽다
5	불쾌하다	신경쓰인다	산만하다	짜증스럽다
6	떠들썩하다	거슬린다	어수선하다	산만하다
7	요란하다	듣기싫다	소란스럽다	듣기싫다
8	어수선하다	떠들썩하다	짜증스럽다	요란하다
9	소란스럽다	어수선하다	요란하다	시끄럽다
10	짜증스럽다	짜증스럽다	시끄럽다	어수선하다
순위	리프트카	발전기		
1	신경쓰인다	시끄럽다		
2	시끄럽다	시끄럽다		
3	방해된다	산만하다		
4	소란스럽다	거슬린다		
5	듣기싫다	요란하다		
6	요란하다	신경쓰인다		
7	거슬린다	짜증스럽다		
8	짜증스럽다	소란스럽다		
9	산만하다	놀라게한다		
10	어수선하다	거세다		

할 수 있는 어휘임을 알 수 있다.⁷⁾

(2) 건설소음의 심리요인분석 및 어휘군의 분류 요인분석결과 얻어진 전체 건설소음에 대한 요인별 어휘군과 요인부하량은 <Table 5>와 같다.

<Table 5> Psychological factors and vocabularies of construction noise

설문어휘 (번수)	요인 (Factor)						공통성
	F 1	F 2	F 3	F 4	F 5	F 6	
방해된다	.767	.131	.091	.155	.153	.157	.606
거슬린다	.755	-.032	.072	.112	.086	.223	.686
불쾌하다	.740	.093	.208	.119	.291	-.191	.454
산만하다	.725	.016	.202	.027	.053	.174	.678
위압적이다	.134	.785	.160	-.045	-.088	-.093	.638
크다	.014	.770	-.155	-.006	.056	.255	.675
놀라게한다	.031	.628	.424	.312	-.159	.065	.711
강하다	-.079	.625	.065	.104	.494	.234	.787
거세다	-.047	.575	.233	.102	.372	.032	.684
불안하다	.420	.467	.453	.188	-.145	-.134	.685
자극적이다	.243	.409	.157	-.326	.308	.047	.678
무질서하다	.044	.086	.785	-.054	.061	.138	.795
혼란스럽다	.223	.137	.742	.331	.166	.175	.637
성가시다	.276	.128	.706	-.046	.178	-.114	.652
시끄럽다	-.033	.115	-.001	.747	.032	.185	.537
신경쓰인다	.316	-.036	.039	.652	.385	-.049	.702
소란스럽다	.363	.026	.076	.628	.354	.192	.695
듣기싫다	.531	.097	.227	.585	-.109	-.315	.783
짜증스럽다	.487	.007	.234	.492	.375	-.330	.678
요란하다	.218	.008	.076	.225	.747	.050	.665
어수선하다	.315	.149	.381	.015	.570	.215	.645
떠들썩하다	.198	.217	.122	.118	.095	.744	.601
아단스럽다	.343	.037	.484	.104	.209	.526	.735
Eigenvalues	3.678	2.875	2.795	2.466	2.077	1.517	
Pct of Var	15.991	12.500	12.150	10.722	9.030	6.595	
Cum Pct	15.991	28.491	40.641	51.363	60.393	66.988	
요인명	'불쾌함'의 요인	'크기'의 요인	'혼란스러움'의 요인	'시끄러움'의 요인	'요란함'의 요인	'떠들썩함'의 요인	

6) 前掲書 3)의 연구에서도 이와 거의 유사한 결과를 얻을 수 있었다.

표에서 보면 제시된 건설소음에 대한 응답자들의 심리적 반응은 6개의 요인에 의해 결정되는 것으로 나타났다.

제 1요인은 전체 변량 중 15.99%를 설명하고, 요인부하치의 절대값이 0.7이상의 큰 부하량을 갖고 있다. 이들 평가어휘는 '방해된다', '거슬린다', '불쾌하다', '산만하다'의 4개이며, 대개 건설소음원은 청취자들에게 물리적인 크기와는 달리 심리적인 불쾌감을 주게됨을 알수 있다. 제 2요인은 전체 변량 중 12.5%를 설명하며 이들 평가어휘는 '위압적이다', '크다', '놀라게 한다', '강하다', '거세다', '불안하다', '자극적이다'의 7개이며, 건설소음원 자체의 음량의 크기와 관련된 것으로 "크기"의 요인이라 할 수 있다. 제 3요인은 전체 변량 중 12.15%를 설명하며 이들 평가어휘는 '무질서하다', '혼란스럽다', '성가시다'의 3개로 "혼란스러움"의 요인이라 할 수 있다. 제 4요인은 전체 변량 중 10.72%를 설명하며 이들 평가어휘는 '시끄럽다', '신경쓰인다', '소란스럽다', '듣기싫다', '짜증스럽다'의 5개로 "시끄러움"의 요인이라 할 수 있다. 제 5요인은 전체 변량 중 9.03%를 설명하며 이들 평가어휘는 '요란하다', '어수선하다'의 2개로 "요란함"의 요인이라 할 수 있다. 제 6요인은 전체 변량 중 6.6%를 설명하며 이들 평가어휘는 '떠들썩하다', '야단스럽다'의 2개로 "떠들썩함"의 요인이라 할 수 있다.

이상의 결과에서 건설소음의 심리적 영향요인으로 '불쾌함', '크기', '혼란스러움', '시끄러움', '요란함', '떠들썩함' 등의 6가지 요인으로 나타났다.

추출된 요인들의 고유치(eigenvalue)는 그 요인이 설명하는 분산의 양을 나타내는 것으로 이 값이 큰 인자가 중요한 요인이 되므로 "불쾌함"의 요인이 건설소음의 평가에 있어 주요한 요인이 되는 것으로 나타났다.

3.2 분석결과에 대한 신뢰성검증

청감실험의 결과 추출된 건설소음에 대한 평가의 요인들로 분류된 어휘들이 상호간에 일관성을 가지고 묶여 있는지에 대한 신뢰성(reliability)을 검증하였다. 즉, 6개의 요인들에 대한 변수들이 각 인자들과 관련하여 동일한 개념을 갖고 있는가를 검토하였다. 이 분석을 위해서 Cronbach's α 계수

를 이용한 전체어휘 그리고 각 요인별 구성어휘에 대한 검증결과는 <Table 6>와 같다.

일반적으로 Cronbach's α 의 값이 0.6이상이면 최소한의 신뢰성을 확보하였다고 볼 수 있는데, 이 결과에서는 전체어휘에 대한 Cronbach's α 계수는 0.7을 넘는 알맞는 내적 일관성을 보이고 있으며, 각 요인들도 0.6 이상의 값들을 보임으로서 요인분석으로 분류된 어휘들이 신뢰성있게 선택 되어졌음을 보여주고 있다.

<Table 6> Cronbach's α coefficients of factors

Cronbach coefficient alpha						
전체	요인1	요인2	요인3	요인4	요인5	요인6
0.7182	0.6654	0.6072	0.8327	0.6176	0.6159	.6297

3.3 독립적 요인과 건설소음원의 관련성

요인분석 결과의 요인점수를 이용하여 분산분석(ANOVA)를 실시하여 F검정과 유의도를 산출하여 본 결과는 <Table 7>과 같다.

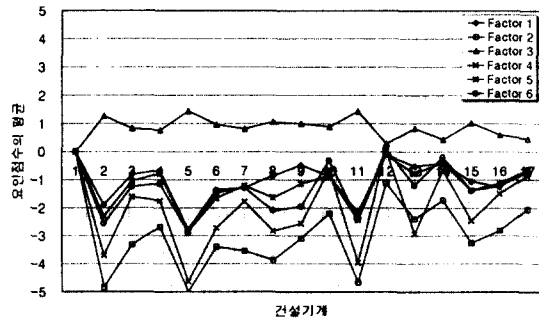
<Table 7> The result of F test by ANOVA

Factor	구분	F		유의확률	
		(조합됨)			
Factor1	집단간	(조합됨)	35.155	.000	
		선행항	대비	136.753	.000
			편차	28.382	.000
Factor2	집단간	(조합됨)	61.536	.000	
		선행항	대비	129.497	.000
			편차	57.005	.000
Factor3	집단간	(조합됨)	19.488	.000	
		선행항	대비	36.221	.000
			편차	18.372	.000
Factor4	집단간	(조합됨)	107.934	.000	
		선행항	대비	79.457	.000
			편차	109.833	.000
Factor5	집단간	(조합됨)	52.495	.000	
		선행항	대비	136.632	.000
			편차	46.886	.000
Factor6	집단간	(조합됨)	56.984	.000	
		선행항	대비	64.623	.000
			편차	56.475	.000

8) 일반적으로 많이 사용되는 신뢰성 계수의 하나로 Alpha(α)는 시험의 내적일관성(합치도: Internal Consistency), 즉 조사항목이 동질적인 요소로 구성되어 있는가를 알아보는 것에 초점을 두고 있다.

표에서 보면 6개의 각 요인별 F검정 값은 35.155, 61.536, 19.488, 107.934, 52.495, 56.984로 나타나 대체로 유의수준이 상당히 높게 나타났으며, 모든 요인에서 유의도가 .000이므로 각 요인의 어휘간에 차이가 있다는 것을 알 수 있다.

또한 불쾌함, 크기, 혼란스러움, 시끄러움, 요란함, 떠들썩함의 각 요인에 대해서 건설소음원의 상대적인 차이를 나타내면 <Fig 6>과 같다.



1.발진기 2.지게차 3.리프트카 4.덤프트럭 5.로우더 6.공기압축기 7.그레더 8.팜마 9.패이로다 10.볼도우저 11.로물러 12.콘크리트 펌프카 13.굴삭기 14.이동식 크레인 15.확암기 16.항타기 17.브레이커

<Fig 6> The relative difference of sound source by each factor

4. 결론

본 연구는 기존의 건설소음의 평가방법이나 법적 규제기준에 한계가 있으므로 새롭게 질적인 평가를 가능하게 하기 위해 인간의 심리적인 반응으로부터 새로운 평가요인을 개발하기 위한 기초적인 연구로써, 청감실험을 통해 건설소음에 대한 인간의 심리적 평가요인을 파악해 보고자 하였다.

그 결과 건설소음에 대한 인간의 심리적 반응에 관계되는 요인구조를 분석한 결과, '불쾌함', '크기', '혼란스러움', '시끄러움', '요란함', '떠들썩함' 등의 6가지 요인으로 분류되었으며, '불쾌함'의 요인이 건설소음에 대한 주요한 요인인 것으로 나타났다. 또한 각 독립요인과 건설소음원과의 관계로부터 심리적 영향요인이 건설소음원에 따라서 상대적으로 차이가 나타났음을 확인할 수 있었다.

이상의 결과로 건설소음원에 대한 음질 평가요인이 어떠한 물리적 평가량과 깊은 관련을 갖고 있으며, 어떻게 평가하고 법적 규제기준을 마련해야 할 것인가는 차후 다양한 심리물리 실험을 통

해서 해결할 수 있다고 판단된다.

참고문헌

1. 정광용 외 3인, "공동주택 설비소음의 심리평가를 위한 한국어 어휘에 관한 연구", 한국소음진동공학회지, 9권 1호, 1999, pp77~84
2. 한명호 외 1인, "음환경의 쾌적성에 관한 의미구조의 분석-소음의 심리적 평가요인과 속성", 한국소음진동공학회지, 8권 4호, 1998, pp706~714
3. 한명호 외 4인, "음환경의 쾌적성에 관한 의미구조의 분석-음의 유형과 그 의미", 대한건축학회논문집, 14권 4호, 1998, pp235~246
4. 조원희 외 3인, "음원선택기술법을 이용한 건설소음의 유형화에 관한 연구", 대한건축학회 춘계학술발표대회, 20권 1호, 2000.4
5. 정광용 외 2인, "주거환경소음의 심리적 영향요인에 관한 기초적 연구", 대한건축학회 논문집, 14권 11호, 1998, pp323~330
6. 김재수 외 5인, "건설소음 평가를 위한 건설기계소음의 유형화와 특성에 관한 연구", 대한건축학회 전북지부 논문집, 10권 1호, 1998, pp51~57
7. 한명호 외 1인, "음환경의 쾌적성에 관한 의미구조의 분석 II-소음의 심리적 평가요인과 속성", 한국소음진동공학회지, 8권 4호, 1998, pp706~714
8. 정광용 외 2인, "소음평가를 위한 한국어 어휘조사연구(I)", 한국소음진동공학회 춘계학술논문집, 1997, pp370~375
9. 김선우 외 3인, "음의 심리평가를 위한 어휘의 유형화에 관한 연구", 한국소음진동공학회지 3권 4호, 1993, pp361~368
10. 오양기 외 1인, "자동차용 오디오의 실내음질 평가인자에 관한 연구", 한국소음진동공학회 9권 5호, 1999, pp991~997
11. 신현일 외 1인, "흡음특성이 청감반응에 미치는 영향에 관한 실험적 연구", 대한건축학회 학술대회논문집, 18권 2호, 1998, pp931~936