건설소음 규제기준 설정을 위한 기초적 연구

- 건설소음의 유형화를 중심으로 -

A Fundamental Study on the Establishment of Restriction Standard of Construction Noise

- Focused on the Classification of Construction Noise -

곽 광 수* · 김 재 수**
Kwak, Kwang-Soo · Kim, Jae-Soo

Abstract

Recently, with the increase of income level, many people desire to have agreeable and quiet surrounding. However, construction noise has caused much annoyance for a number of dwellers and workers in nearby construction field. It has become a very serious issue in our living environment. For the accurate evaluation of construction noise with various frequency spectrums and fluctuation characteristics, the evaluation system should reflect not only physical quantities but also the psychological respects of individual persons.

With preceding study of psycho-acoustical experiments, this study attempts to survey the classification of adjectives and sound using the method of selected description and intends to get the basic data for establishment of a standard about construction noise.

Ⅰ. 서 론

최근 생활주변에서 발생하는 다양한 소음들 중에서 공장 및 사업장 소음은 물론 건설현장에서 발생하는 소음에 대한 불만족 지적률이 날로 급증하고 있다. 이중 건설소음은 높은 음압레벨과 변동특성으로 인해 인근 거주자 및 현장 근로자에게 높은 심리적 불쾌감을 주고 있어 최근 환경소음 중 가장 강력한 불만족 대상이 되고 있다. 따라서 국내의 경우 이러한 불만족을 해소하기 위해서 법적 규제기준을 통해 건설소음을 규제하고 있으나, 이러한 규제치에 대한 적정성에 많은 문제가 제기되고 있는 실정이다. 따라서 우리 실정에 적합한 건설소음에 대한 규제기준을 설정하기 위해서는 기존의 물리적인 평가방법과 함께 심리적인 평가방법이 고려된 연구가 필요하리라 생각된다.

이러한 관점에서 본 연구는 청감실험을 통한 건설소음의 심리적 평가의 전 단계로 설문조사를 통해 건설소음을 표현하는 어휘의 유형과 그 차이를 분석하고자 하였으며 이를 통해 인간의 심리적 속성과 의미를 고찰하고자 하였다. 이러한 건설소음에 대한 음원과 어휘의 유형화 결과는 차후 건설소음 평가를 위한 기초적인 자료로 활용될 수 있으리라 생각된다.

Ⅱ. 건설소음의 특성

건설소음은 공장소음, 도로교통소음, 철도소음 및 항공기소음 등과는 달리 건설공사의 기간내에만 발생하고 다른 소음과 같이 영속적(永續的)이

* 원광대학교 대학원 박사과정
** 원광대학교 건축공학과 부교수, 공학박사

지 않으며, 보통 공사공정의 진척에 따라 소음레벨과 스펙트럼이 다른 여러 종류의 건설기계가 투입됨에 따라 다양하게 변하고 충격소음을 포함하는 경우가 많다. 또한 건설소음의 음원은 보통 위치가 고정되어 있지 않고 현장부지내에 이동하는 음원과 덤프트럭처럼 공사현장을 출입하는 음원이 있으며, 현장을 출입하는 음원의 경우 소음의 영향권을 더욱 넓히는 경향이 있으며, 보통 건설공사는 주간에 행하여진다는 점에서 다른 소음과 뚜렷이 구분할 수 있다. 건설현장에서 일반적으로 그 시간대의 응답특성과 관련되어 표1과 같이 정상소음(定常騷音), 변동소음(變動騷音), 간헐소음, 충격소음(衝擊騷音), 분리충격소음(分離衝擊騷音) 및 준정상충격소음(準定常衝擊騷音)의 6종류로 분류할 수 있으며, 소음 발생형태의 개념을 도식화하면 그림1과 같다.

이러한 분류는 건설기계의 작업소음을 가상하여 분류한 것인데 가령, 공기압축기나 발동발전기는 작업기계에 부하변동(負荷變動)이 있으면 변동소음(變動騷音)이라 볼 수도 있고, 콘크리트 브레이커나 타격중의 소음에만 주안점을 두면 준정상충격소음(準定常衝擊音)이라 볼 수 있다.

표 1. 주요 건설 기계 작업소음의 분류

소음의 분류		소음변동 특성	건설기계의 종류	특 성
정상소음			콘크리트 절단기 공기압축기 발동발전기 아스팔트 피니셔	레벨변동이 적고, 대부분 일정한 소음
변동소음			굴삭기, 불도우저 트랙터셔블, 유압셔블 로우더 로울러 그레이더, 압쇄기	레벨이 불규칙하고 연속적으로 일정한 범위로 변화하며 발생하는 소음
충격소음	연속성		진동 항타항발기 착암기 브레이커 탬마 콤팩터 드릴마스터(공압식)	계속시간이 극히 짧은 소음
	반복성		항타기 . 유압식 . 디젤식 . 드롭식	
간헐소음			콘크리트 브레이커 항타기	간헐적으로 발생하고 계속시간이 수초 이상의 소음
분리충격소음			디젤파일해머 포장판파쇄기 탬마	발생하는 소음이 각각 독립적으로 분리되어 있는 충격소음
준정상충격소음			진동파일드라이버	대부분 일정한 레벨의 소음이 각각 극히 짧은 시간간격에 되풀이하여 발생하는 충격소음

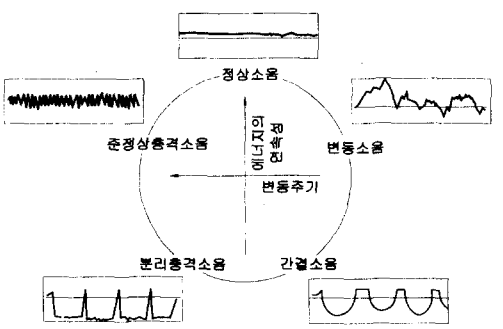


그림 1. 건설소음 발생형태의 개념

Ⅲ. 연구내용 및 방법

1. 설문조사방법

음의 주관적인 평가의 최종목표는 그 주체가 되는 인간의 심리적인 요구조건을 파악하고 그 주관량을 찾아 좀더 쾌적한 음환경의 조성을 위한 물리적 변수들과의 적절한 대응관계를 밝히는 것이다. 음에 대한 인간의 주관적인 가치기준은 음에 대한 물리적인 가치로 표현할 수 없기 때문에, 인간이 듣는 음의 주관적인 느낌이나 감정을 언어적인 표현의 수단으로 그 음질을 판단함으로서 객관화하게 된다. 음질을 표현하는 용어의 선택은 최종적으로 물리적 변수들과 관련을 갖게 되어야 한다는 점을 고려하며 그 중요도에 따라서 선택할 필요가 있다.

음의 의미를 파악하기 위한 조사로는 일반적으로 청감실험을 이용하지만, 본 연구는 전체적인 음의 이미지를 사람들이 경험했던 이미지 그대로를 반영하고, 또한 어떠한 의미를 지니고 있는가의 전체상을 파악하는데 중점을 두고 있으므로 설문조사방법을 이용하였다. 심리측정방법은 대상의 심리적 속성을 표현한다고 생각되는 다수의 형용사대를 조직적으로 집약하여 이것에 대한 평정척도간의 상관관계분석을 인자분석법에 의해서 행하는 방법인 의미분별척도법(Method of Semantic differential Scaling ; SD)과 적절한 음의 수식어를 선택하여 정량적으로 나타내고자 하는 방법인 음원기술선택법(Method of Selected Description)[1] 중 건설소음에 대한 인간의 감정적 측면을 표현하기 위한 용어의 선택이나 시험의 방법상 보다 효과적인 음원기술선택법을 이용하여 평가하였다. 또한 이 방법은 시험에 소요되는 시간과 노력 및 비용을 절감하고 응답자가 용어의 선택에 있어서 강제성이 없는 유용한 방법으로서, 적절한 음의 수식어를 선택하여 표현하는 장점이 있다.

본 연구는 건설소음에 대한 인근 주민들의 불만족과 영향을 최소화하고 국내실정에 적합한 건설소음규제기준 설정을 위해 진행된 연구로써, 전북의 4개 지역에서 기초공사부터 마무리 공사까지 건설현장에서 장기간 건설소음에 폭로되고 있는 응답자를 대상으로 설문조사를 실시한 후 이를 토대로 건설소음의 음원과 평가어휘를 유형화 하고자 하였다.

설문조사에서는 응답자에게 음에 대한 인상으로 표현어를 4개 이상 기록하도록 하였으며, 예비조사를 먼저 실시한 뒤 문제점을 보완하여 1999년 4월 6일부터 1999년 5월 21일까지 본조사를 실시하였다. 설문은 200부를 배부하여 170부를 회수하였으며, 이중 자료처리에 적합한 139부를 분석에 사용하였다.

2. 음원 및 표현어의 구성

건설현장에서 발생하는 소음은 갈수록 대형화하는 건설기계에서 기인한다. 본 연구에서 대상으로 한 음원은 선행연구결과와 설문조사를 통한 건설기계소음중 소음에 대한 인지도가 높다고 판단되는 17가지 건설기계로 표2와 같이 구성되어 있다.

표 2. 건설기계의 종류

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

또한 소음의 표현어 선택에 있어 표 3과 같이 기존의 연구결과에서 어휘추출을 위한 조사와 심리실험을 통한 심리구조 파악 및 어휘분류의 단계를 거쳐 추출된 49개의 표현어를 이용하였다.

표 3. 표현어의 종류

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

1) S. Namba, S. Kuwano, T. Hashimoto, Birgitta Berglund, Z. D. Rui, A. Schick, H. Hoege, and M. Florentine, "Verbal expression of emotional impression of sound: Across - cultural study", J. Acoust. Soc. Jpn. (E) 12, 1991.1, pp.19～29

3. 상관계수 산출

음원을 유형화하기 위한 유사도 산출방법으로써 파이계수(phi coefficient, 이하 φ계수)를 이용하였다. 유사도로 산출한 상관계수인 φ계수는 명명척도에 의해서 얻어진 둘 또는 그 이상의 변인(variable)들 사이의 상관도를 의미하여 사류상관계수(fourfold point correlation)라고도 한다.[2] 변인 X와 Y가 모두두개의 질적유목(qualitative category)으로 나뉘어진 경우의 상관계수인 φ계수의 빈도표와 계산공식은 표4와 같다.

A, B, C, D의 의미는 두 개의 음원에 대해서 선택한 형용사가 같으면 A, 앞의 음원에서 선택된 형용사에 대해서는 B, 뒤의 음원에서 선택된 형용사는 C, 선택된 형용사가 모두 없으면 D의 값이 된다. 이 값들은 각각 삼각행렬로 값을 누적하고 계산공식에 의해서 값을 산출하게 된다.

표 4. φ계수의 빈도표와 계산공식

Y 변인 \ X 변인	X1	X2	
Y1	A	B	A+B
Y2	C	D	C+D
	A+C	B+D	

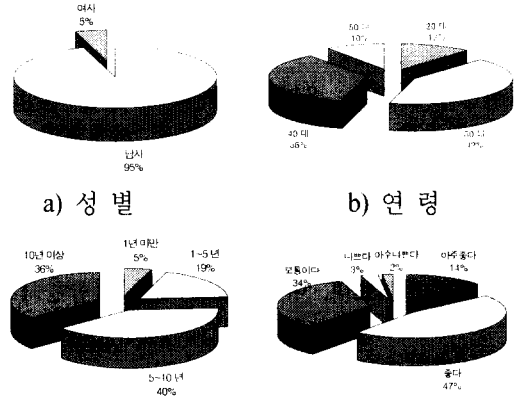
$$\varphi \text{ coefficient} = \frac{(B \cdot C) - (A \cdot D)}{\sqrt{(A+B) \cdot (C+D) \cdot (A+C) \cdot (B+D)}}$$

Ⅳ. 분석 및 고찰

음원을 유형화하는 작업은 음원이 갖고 있는 고유의 특성에 따라서 분류하여 평가하는 것이다. 즉, 인간의 주관적인 감정 또는 가치의 기준에 의해서 유사한 특성을 갖는 음들을 몇 개의 그룹으로 분류하고, 이들 그룹이 갖고 있는 공통된 주관적 의미로부터 평가의 기초를 삼고자 하는 것으로 대상 수가 증가하면 여러 가지 측면의 데이터는 복잡해지고 대상간에 존재하는 관련성과 그 전체상을 파악하기가 어려워진다. 따라서 이해를 용이하게 하기 위해 이러한 특질에 입각하여 대상을 몇 개의 그룹으로 분류하고 유형화하여 생각할 필요가 있다. 대상간에 어떠한 관계가 존재하고 그 크기가 수치로 주어졌을 때 이 수치로 대상을 분류하여 이해하기 쉽게하고 유용한 정보를 제공해 줄 수 있는 방법이 군집분석(cluster analysis)이며, 대상이 지니고 있는 특질에 따라 상호간의 차이의 크기와 유사한 정도가 수치로 표시되고 전 대상의 거리(유사도)행렬이 주어지면 대상간의 특질분류가 가능하다. 따라서 각 음에 대해 선택된 표현어의 빈도를 계산하고 음의 상관계수를 산출하였으며, 이 상관계수는 공통으로 선택한 표현어 사이의 행렬을 기초로 유사성 계수인 파이계수(Phi Coefficient)로서, 이 행렬에서 파이계수가 높은 값은 표현어 사이의 거리가 가깝고 서로간의 유사성이 높다는 의미이다. 이 자료를 토대로 유클리디안 거리(Euclidean Distance)와 완전기준결합방식(Complete Linkage)을 이용하여 군집분석 하였다. 자료의 정리와 분석에는 Basic과 Tur -bo Pascal Program 그리고 SPSS PC+ 패키지를 이용하였다.

1. 조사대상의 일반적 특성

건설소음의 유형화 작업을 위한 응답자들의 일반적 특성으로 성별, 연령, 현장경력, 건강상태 등을 조사하였으며, 그 결과는 그림2와 같다.



a) 성 별 b) 연 령

c) 현장 경력 d) 건강 상태

그림 2. 조사대상의 일반적 특성

2) 차배근, 사회통계방법, 세영사, 1987.2

그림에서 보면 응답자의 성별은 건축현장의 특성상 남녀의 성비가 큰 차이를 보이고 있음을 알 수 있다. 연령은 20대~50대까지 분포하고 있으며 30대와 40대가 전체 78%를 차지하고 있다. 응답자의 현장근무 경력은 5~10년 이상 근무한 사람이 40%를 차지하고 있으며, 10년 이상 근무한 사람도 36%를 차지하여 응답자 대부분이 상당기간 현장근무 경력을 가지고 있음을 알 수 있다. 또한 응답자들의 건강상태는 5.0%만이 나쁘다고 응답하여 대부분 건강한 상태를 유지하고 있는 것으로 나타났다.

2. 음의 유형

4개지역 응답자 139명 전체에 대한 건설기계소음의 덴드로그램(dendrogram)은 그림3, 그 유형은 표5와 같다.

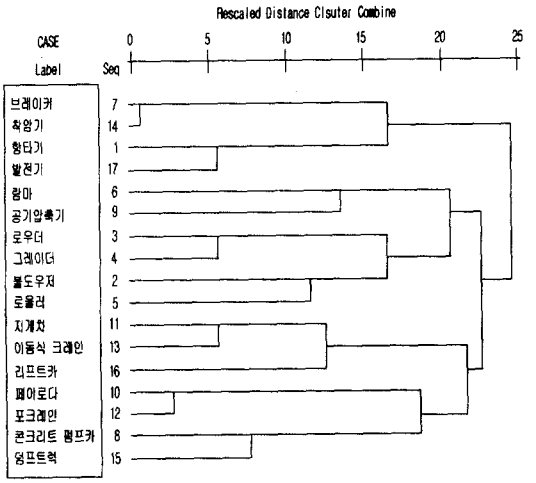


그림 3. 음원의 군집분석

그림3과 표5에서 보면 덴드로그램은 서로 유사도가 높은 관계를 갖는 음원들이 조합되며, 공통된 특성과 의미를 갖고 있음으로 건설현장에서 이용되는 건설기계의 음원은 크게 군집Ⅰ(브레이커, 착암기, 항타기, 발전기), 군집Ⅱ(람마, 공기압축기, 로우더, 그레이더, 불도우저, 로울러, 지게차, 이동식크레인, 리프트카), 군집Ⅲ(페이로다, 포크레인, 콘크리트 펌프카, 덤프트럭)으로 분류되어 나타났다. 이 중 군집Ⅰ은 강하고 충격적인 음, 군집Ⅱ는 둔탁하거나 날카로운 음, 군집Ⅲ은 변동이 심하고 시끄러운 음의 그룹으로 유형화할 수 있다. 따라서 건설기계 장비중 이러한 각 그룹의 군집특성을 잘 대변하고 있다고 판단되는 항타기, 공기압축기, 페이로다를 대표적으로 선택하여 Spectrum 형태를 비교해 보면 그림4와 같다.

표 5. 음원의 유형화

군 집	음원의 종류	음원의 느낌
군집Ⅰ	브레이커 착암기 항타기 발전기	강하고 충격적인 음
군집Ⅱ	람마 공기압축기 로우더 그레이더 불도우저 로울러	둔탁하거나 날카로운 음
군집Ⅲ	지게차 이동식 크레인 리프트카 페이로다 굴삭기 콘크리트 펌프카 덤프트럭	변동이 심하며 시끄러운 음

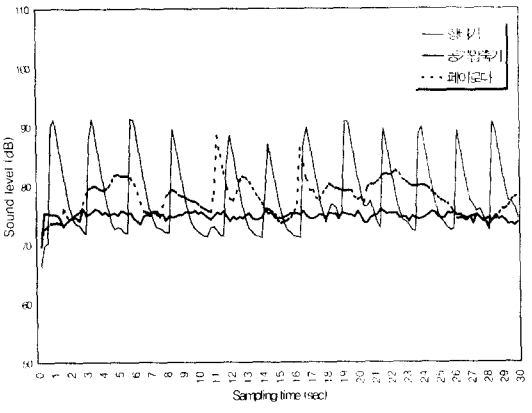


그림 4. 건설기계 소음의 응답특성

그림4에서 보면 군집Ⅰ의 시간응답특성은 지속

시간이 극히 짧고 전체적인 음압레벨이 매우 높게 나타나는 충격소음의 형태를 보이고 있으며, 군집Ⅱ는 다른 그룹에 비해 전반적인 레벨변동은 적고 일정한 패턴을 보이고 있으나 부하변동시 둔탁하고 날카로운 특성을 보이고 있다. 또한 군집Ⅲ의 패턴은 레벨이 매우 불규칙하게 변화하며, 일시적으로 시끄럽다고 느낄 수 있을 정도의 매우 높은 음압레벨을 보이고 있음을 알 수 있다.

따라서 각 군집내의 건설기계 소음은 유사한 패턴을 보이고 있음으로 유형화된 음원의 그룹을 물리적인 패턴과 비교해볼 때, 각 그룹은 유사한 크기의 음압레벨과 소음특성을 가진 군으로 묶인 것을 알 수 있다.

3. 음에 대한 표현어의 선택빈도

표6은 위의 3개 군집으로 유형화된 음의 표현어에 대한 각 군집별 선택빈도와 순위를 나타낸 것이다.

표 6. 유형화된 음의 표현어에 대한 각 군집별 선택빈도와 순위

빈도순위	군집Ⅰ	군집Ⅱ	군집Ⅲ
1	시끄럽다 (318)	시끄럽다 (254)	시끄럽다 (308)
2	듣기싫다 (161)	신경쓰인다(183)	신경쓰인다(222)
3	소란스럽다(146)	소란스럽다(180)	소란스럽다(207)
4	짜증스럽다(137)	거슬린다 (166)	듣기싫다 (199)
5	신경쓰인다(124)	요란하다 (158)	거슬린다 (177)
6	요란하다 (107)	듣기싫다 (156)	불안하다 (175)
7	거슬린다 (98)	산만하다 (145)	어수선하다(174)
8	산만하다 (67)	어수선하다(142)	산만하다 (172)
9	불쾌하다 (65)	짜증스럽다(133)	방해된다 (135)
10	방해된다 (57)	방해된다 (130)	짜증스럽다(122)

표6은 응답자 전체가 공통적으로 선택한 표현어의 빈도를 상위 10위까지 나타낸 것으로 음의 그룹이 갖는 의미를 파악할 수 있으며, 이를 좀 더 자세히 파악하기 위해 빈도분포를 살펴보면 그림5와 같다.

표6과 그림5에서 보는바와 같이 본 연구의 음원이 건설현장에서 발생하는 주요 건설기계소음이고 음압 레벨이 높기 때문에 위의 세가지 군집에서 살펴보면 건설소음은 전체적인 경향이 공통적으로 "시끄럽다", "듣기싫다", "신경쓰인다", "소란스럽다"와 같은 어휘로 대표되고 있으며, 각 군집별로 특이할 만한 것은 군집Ⅰ은 "짜증스럽다", "산만하다", 군집Ⅱ는 "거슬린다", "요란하다", 군집Ⅲ은 "불안하다", "어수선하다"의 비중이 상대적으로 높게 나타나고 있다.

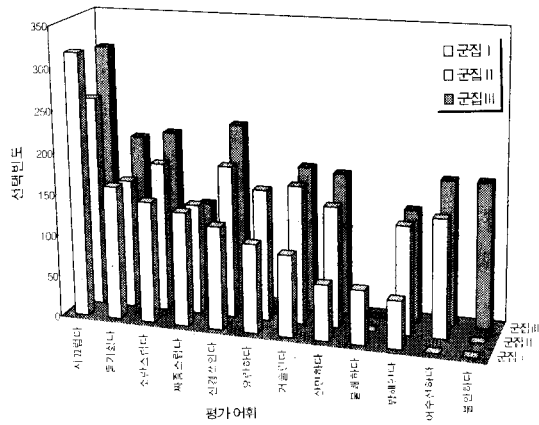


그림 5. 평가어휘의 빈도와 순위

4. 표현어의 유형과 차이

음원에 대한 유형화가 음원들이 갖고 있는 주관적인 어휘의 상대적인 중요성을 밝히는 것이라 하면, 표현 어휘의 유형화는 음을 평가하기 위한 본질적인 가치를 파악하고 평가어휘에 대한 주관적인 인자와 적정평가 어휘를 밝히는 것이다.

따라서 그림6은 응답자들이 응답한 결과로부터 표현 어휘에 대한 φ계수행렬을 이용하여 군집분석한 결과를 덴드로그램으로 나타낸 것이다. 이 결과로부터 표현어를 군집시켜 분류해 보면 표7과 같다.

그림6과 표7에서 보면 군집Ⅰ은 시끄러우며 듣기 싫은 느낌으로, 군집Ⅱ는 요란하며 불쾌한 느낌으로, 군집Ⅲ은 산만하며 귀찮은 느낌, 군집Ⅳ는 섬뜩하며 불안정한 느낌으로, 군집Ⅴ는 강하며 자극적인 느낌으로, 군집Ⅵ은 거세며 놀라

게 하는 느낌으로 유형화 할 수 있다. 특히 군집 I의 "시끄럽다, 듣기싫다, 소란스럽다, 거슬린다, 신경쓰인다" 어휘는 유형화된 음의 각 군집별 선택빈도에서도 상위에 랭크되어 있어, 이 다섯가지 어휘가 일반적으로 건설소음을 표현하는데 많이 사용될 수 있음을 보여주고 있다.

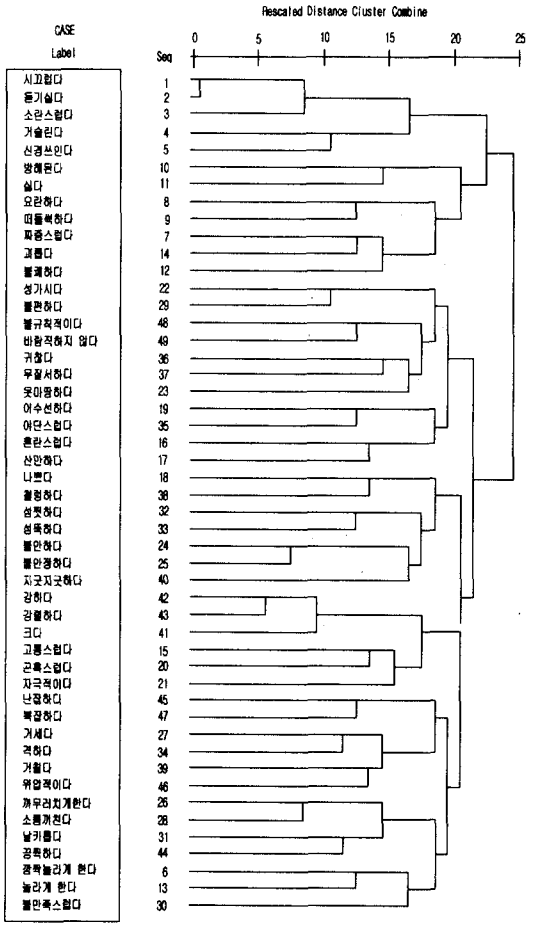


그림 6. 표현어휘의 유형화

V. 결 론

본 연구를 통해 얻은 결론은 다음과 같다.

1. 건설현장에서 발생하는 소음의 대부분을 차지하는 건설기계소음은 크게 3가지로 군집되어 나타났다. 군집 I은 강하고 충격적인 음으로 브레이커, 착암기, 항타기, 발전기가 여기에 속한다. 군집II는 둔탁하거나 날카로운 음으로 람마, 공기압축기, 로우더, 그레이더, 불도우저, 로울러, 지게차, 이동식크레인, 리프트카가 여기에 속한다. 군집III은 변동이 심하며 시끄러운 음으로 페이로다, 포크레인, 콘크리트 펌프카, 덤프트럭이 여기에 속하는 것으로 분류되어 나타났다.

표 7. 표현어휘의 유형

군집	표현어의 종류	표현어의 명명	군집	표현어의 종류	표현어의 명명
군집 I	시끄럽다 듣기싫다 소란스럽다 거슬린다 신경쓰인다	시끄러우며 듣기 싫은 느낌	군집IV	나쁘다 칠렁한다 섬찟하다 섬뜩하다 불안하다 불안정하다 지긋지긋하다	섬뜩하며 불안정한 느낌
군집II	방해된다 싫다 요란하다 떠들썩하다 짜증스럽다 괴롭다 불쾌하다	요란하며 불쾌한 느낌	군집V	강하다 강렬하다 크다 고통스럽다 곤혹스럽다 자극적이다	강하며 자극적인 느낌
군집III	성가시다 불편하다 불규칙적이다. 바람직하지않다 귀찮다 무질서하다 못마땅하다 어수선하다 야단스럽다 혼란스럽다 산만하다	산만하며 귀찮은 느낌	군집VI	난잡하다 복잡하다 거세다 격하다 거칠다 위압적이다 까무러치게한다 소름끼친다 날카롭다 끔찍하다 깜짝놀라게한다 놀라게 한다 불만족스럽다	거세며 놀라게하는 느낌

2. 각 군집별 선택빈도를 통해 볼 때 건설소음은 "시끄럽다, 듣기싫다, 신경쓰인다, 소란스럽다"등의 표현어가 일반적으로 건설소음에 대한 표현성이 높은 것으로 나타났다.

3. 표현어의 유형은 6가지 군집으로 분류되는데, 군집 I은 시끄러우며 거슬리는 느낌, 군집II는 요란하며 불쾌한 느낌, 군집III은 산만하며 귀

찮은 느낌, 군집Ⅳ는 섬뜩하며 불안정한 느낌, 군집Ⅴ는 강하며 자극적인 느낌, 군집Ⅵ는 거세며 놀라게 하는 느낌으로 유형화 되었으며, 건설소음의 표현에 있어서는 군집Ⅰ의 "시끄럽다, 듣기 싫다, 소란스럽다, 거슬린다, 신경쓰인다"의 어휘가 표현성이 높은 것으로 나타났다.

향후 건설소음에 대한 연구에서 Psychoacoustic Parameters인 Loudness, Sharpness, Roughness, Tonality, Fluctuation strength 등의 평가어휘로 더 세분하여 분류해 보고, 유형화된 음원의 정량적인 평가를 위해서는 청감실험을 통해 사람이 듣고 느끼는 바에 대한 연구와 함께 건설소음의 물리적인 특성과의 관련성을 파악하여 그 심리적 속성에 잘 대응되는 새로운 평가지수에 대한 연구가 이루어짐으로써 더욱 명확한 관계를 파악할 수 있을 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. 한명호 외 4인(1998). 음환경의 쾌적성에 관한 의미구조의 분석-음의 유형과 그 의미, 대한건축학회 제14권 pp.235~246
2. 한명호(1994). 음향심리측정법을 이용한 환경소음 평가에 관한 연구, 전남대학교 대학원 박사학위논문
3. 정광용(1997). 소음평가를 위한 한국어 어휘조사연구(Ⅰ), 한국소음진동공학회 춘계학술대회논문집, pp.370~375
4. 김재수 외 5인(1998). 건설소음 평가를 위한 건설기계소음의 유형화와 특성에 관한 연구, 대한건축학회 전북지부논문집 제10권 1호