예측소음도와 설문결과를 이용한 철도소음 노출-반응 모델

Railway Noise Exposure-response Model based on Predicted Noise Level and Survey Results

손 진 희*. 이 건**. 장 서 일†

Jin Hee Son, Kun Lee and Seo Il Chang

(2011년 1월 12일 접수 ; 2011년 4월 4일 심사완료)

Key Words : Predicted Noise Level(예측소음도), Field Survey(설문조사), %HA(% Highly Annoyed), Annoyance Response(성가심 반응), Logistic Regression Analysis(로지스틱 회귀 분석)

ABSTRACT

The suggested method of previous Son's study dichotomized subjective response data to modeling noise exposure-response. The method used maximum likelihood estimation instead of least square estimation and the noise exposure-response curve of the study was logistic regression analysis result. The method was originated to modeling community response rate such as %HA or %A. It can be useful when the subjective response was investigated based on predicted noise level. It is difficult to measure the single source emitting noise such as railway because various traffic noise sources combined in our life. The suggested method was adopted to model in this study and railway noise-exposure response curves were modeled because the noise level of this area was predicted data. The data of this study was used by previous Ko's paper but he dealt the area as combined noise area and divided the data by dominant noise source. But this study used all data of this area because the annoyance response to railway noise was higher than other noise according to the result of correlation analysis. The trend of the %HA and %A prediction model to train noise of this study is almost same as the model based on measured noise of previous Lim's study although the investigated areas and methods were different.

1. 서 론

항공기, 도로, 철도 등에 의해 발생하는 교통소음에 대한 노출-반응 예측 곡선 도출을 위한 연구는 수십년 전부터 유럽을 중심으로 지속적으로 수행돼왔다^(1~4). 이러한 소음에 단시간동안 노출될 경우 심각한 질병을 유발하지는 않으나 방해와 불만을 초래

하며, 공중보건의 관점에서 소음에 장기간 노출될 때는 심장박동수의 변화와 수면방해 같은 만성적 질병을 유발할 수도 있다. 이런 이유에서 환경 소음에 대한 노출-반응 곡선은 법적인 제재나 평가를 위한 근거자료를 구축하는데 도움이 될 수 있다⁽⁵⁾.

소음에 대한 개인의 주관적 반응은 음향학적 요소뿐만 아니라 사회, 환경, 심리, 경제적 상황 등의 비음향학적 요소에도 영향을 받는다. 따라서 소음의 크기나 주파수 등의 물리적 요소가 같아도 문화적 차이, 언어의 차이, 설문 문항의 다양성 및 기후의 차이와 같은 다양한 외부 요인에 의해 각 나라 거주민의 소음에 대한 주관적 반응은 다를

† 교신저자; 정회원, 서울시립대학교 환경공학부

E-mail : schang@uos.ac.kr

Tel : (02)2210-2177, Fax : (02)2210-2877

* 정회원, 서울시립대학교 에너지환경시스템공학과

** 서울시립대학교 도시사회학과

수 있다^(6,7).

유럽에서 수행된 여러 사회조사 결과들에 의하면 같은 소음 레벨에서 철도소음에 대한 반응이 도로 교통소음에 대한 반응에 비해 현저히 낮다. 이런 연구 결과를 근거로 유럽에서는 철도소음 한도를 정할 때 5 dB 또는 그 이상 낮은 규제치로 정하고 있다.

유럽 국가와는 대조적으로 일본이나 한국의 철도소음에 대한 반응은 도로교통소음에 비해 현저히 높게 나타났다^(8,9). 일본의 경우 철도소음에 대한 반응은 도로 소음에 대한 반응보다 약 10 dB가 더 높았으며⁽⁸⁾ 국내 철도소음에 대한 반응 곡선도 일본의 경우와 같이 도로 소음에 대한 반응보다 높았다^(9,10).

그러나 철도소음에 대한 국내의 연구를 비교해보면 노출-반응 예측 곡선이 서로 다른 양상을 보였으며^(9,10) 국내 철도소음에 대한 노출-반응 예측 곡선을 수립하기 위한 연구들은 유럽과 비교하면 수집된 데이터베이스의 양이나 연구사례가 미비하다. 따라서 이 연구에서는 항공기, 도로, 철도 등에 의해 발생하는 교통소음 중 유럽과 반응 차이가 현저하며 국내 연구 결과에서도 서로 다른 차이를 보이는 철도소음에 대한 노출-반응 예측 곡선을 도출하여 선행연구의 결과와 비교했다.

현대 사회는 철도와 도로에 의한 복합적인 교통소음이 항상 존재하며 특히 수도권과 같이 한정된 공간 내에 다양한 교통소음이 혼재하는 지역에서는 단일 소음원에 의한 소음을 측정하는 것은 쉬운 일이 아니다. 따라서 이 연구에서는 Öhrström⁽¹¹⁾과 같이 소음지도를 이용하여 개별 소음원의 소음레벨을 예측하고 거주민의 어노이언스 반응은 예측 소음레벨에 기반하여 설문조사한 결과를 이용하여 어노이언스 예측 곡선을 도출했다. 철도소음에 대한 %HA 및 %A 어노이언스 반응 곡선 도출은 선행연구에서 제안한 방법⁽¹²⁾을 이용했다.

2. 연구 방법

2.1 대상지역

연구 대상지역으로는 철도소음에 노출되어 있으며 거주민 밀집지역으로써 다양한 주택 형태가 혼재되어 있는 곳을 선택했다. 철도를 통과하는 열차 운행대수가 많고 다양한 차종이 수시로 운행하여

철도소음을 대표하기에 적합한 지역을 선정했으며, 다양한 주택 형태가 혼재한 지역으로 주택 형태에 따라 생길 수 있는 소음에 대한 반응 편차를 최소화할 수 있는 지역을 선정했다. 선정된 철도소음 노출지역은 서울시 영등포구의 1호선 대방역~신도림역 간 철도로부터 직선거리 0.5 km 이내 지역으로 선로 연장은 2.5 km에 이르며 경부선, 경인경부전철, KTX 노선이 있다. 8개의 레도로 지하철, 고속열차, 디젤 기관차, 전기기관차, 간선형 전기동차 등이 운행한다.

이 지역은 철도뿐만 아니라 도심에 위치한 특성상 최대 왕복 8차로의 도로를 포함하고 있다. 따라서 설문 가구의 거주민은 도로소음과 철도소음에 동시에 노출되어 있다.

(1) 예측방법

대상 지역내의 거주민이 철도와 도로소음에 노출된 소음 레벨을 각각 예측하기 위해 영등포구 전체 소음지도를 이용했다⁽¹⁰⁾. 도로소음과 철도 소음지도를 각각 작성하였으며, 또한 두 가지 교통소음이 혼재된 복합 소음지도를 작성하였다. 소음지도의 정확성은 Fig. 1에서와 같이 영등포구의 주간선 도로, 보조간선 도로를 중심으로 총 45개 지점에서 측정한 소음도와 작성된 소음지도를 통한 예측 소음도를 비교했다. 예측 소음도와 실측 소음도의 차이는 최소 0.4 dB(A)에서 최대 3.8 dB(A)였다. 총 45개 지점의 예측값과 실측값의 차이의 평균오차(ΔL)는 -0.5 dB(A)이고 표준편차는 2.49 dB(A)로 예측 소음도를 신뢰할 수 있음을 검증했다.

Fig. 1 Comparison with predicted noise and measured noise

(2) 설문조사

대상 지역 내에서 거주민의 어노이언스 반응을 조사하기 위해 설문을 실시한 지역은 Fig. 2와 같으며, 이 지역에서 총 693가구를 조사했다. 조사는 2회로 나누어 2007년 11월에 299가구, 2008년 5월에 394가구를 조사했으며 한 가구당 한 명을 조사했다. 조사 방법은 설문에 참여하는 응답자들의 어노이언스와 관련한 이해를 돕고 설문의 질을 높이기 위해 조사자가 응답자의 집을 찾아가서 조사하는 직접면담방식(face-to-face method)을 채택했다.

2.2 반응모델 도출방법

소음에 대한 소음성 성가심의 정도를 0(전혀 불쾌하지 않은, “Not at all annoyed”)에서 100(매우 불쾌한, “Extremely annoyed”)으로 하는 감성척도에서 72 혹은 그 이상의 소음성 성가심을 호소하는 경우를 “-HA(highly annoyed)” 범주로, 감성척도에서 50 혹은 그 이상의 정도의 소음성 불쾌감을 호소하는 경우를 “-A(annoyed)” 범주로, 그리고 감성척도에서 28 혹은 그 이하의 소음성 성가심을 평가하는 경우를 “-LA(less annoyed)” 범주로 각각 구분한다.

- “%HA” : ‘—높게’ 소음성 성가심을 호소하는 주민 백분율(percentage of the population that is highly annoyed)
- “%A” : ‘—보통으로’ 소음성 성가심을 호소하는 주민 백분율(percentage of the population that is annoyed)
- “%LA” : ‘—낮게’ 소음성 성가심을 호소하는 주민 백분율(percentage of the population that is lowly annoyed)

Fig. 2 Investigated houses in the study area

이 연구에서는 대상지역 거주민의 철도소음에 대한 %HA와 %A 예측 곡선 도출을 위해 Son⁽¹²⁾에 의해 제안된 방법을 활용했다. 이 방법은 어노이언스 예측 모델을 도출하기 위해 실측 소음레벨을 사용하던 선행 연구와 달리 예측 소음레벨을 사용하게 되면서 발생하던 문제점을 개선하기 위해 고안된 것으로 거주민의 소음에 대한 주관적 반응 데이터를 %HA와 %A의 기본 개념에 맞도록 이분화하고 이항 로짓 모델을 이용해 로지스틱 회귀분석을 한다. 미지수 도출을 위해 기존 연구에서는 최소자승법을 사용하는 반면 Son⁽¹²⁾에 의해 제안된 방법은 이분화된 데이터에 대해 로지스틱 회귀식을 사용해 미지수를 도출한다.

이 방법의 장점으로서는 첫째, 동일한 크기의 소음에 노출된 거주민 반응의 군집비율을 구하기 위해 데이터를 임의로 그룹화 하거나 평균을 구할 필요가 없어 군집화의 임의성을 배제할 수 있으며 둘째, 소음의 레벨 구간별로 %HA나 %A 등의 군집비율을 계산해야 하는 중간 과정이 필요 없어 사용이 편리하다.

3. 설문 결과

3.1 일반 사항

먼저 전체 응답자 693명의 개인 신상에 관한 사항을 간략히 살펴보았다. 먼저 성별은 여성 56%(388명), 남성 44%(305명)로 조사된 응답자의 남녀 분포 차이가 크지 않았다. 연령별 분포는 20대가 27%(190명), 30대가 20%(137명), 40대가 22%(151명), 50대가 17%(119명), 60대가 14%(96명)으로 전체적으로 연령별 분포도 균등했다. 거주기간은 1년 단위로 조사하였으며 5년 이하와 이상 거주한 경우의 빈도를 보면 5년 이하 거주자가 67%(462명)로 5년 이상 거주자 33%(231명)에 비해 2배 이상 많았다. 집에 머무르는 시간을 1시간 단위로 조사하였으며 12시간 이하 머무르는 경우와 12시간 이상 머무르는 사람의 빈도를 분석했다. 12시간 이하 집에 있는 사람은 37%(258명), 12시간 이상 집에 있는 사람은 63%(435명)로 집에 12시간 이상 머무르는 사람이 많았다. 조사는 1가구 1인을 기준으로 하였으며 주로 직장인이 출근한 후 시작하여 퇴근하기 전에 이루어졌기 때문에 낮 시간에 집에 머무르는 사람이

조사되었고 이 응답자들은 밤에도 집에 머무를 확률이 높기 때문에 집에 12시간 이상 머무르는 사람이 많이 조사된 것으로 보인다.

응답자의 주택형태와 직업 분포를 보면 가장 많은 주택형태는 단독주택, 아파트, 상가주택, 연립주택의 순이었으며 단독주택 거주자가 41%(282명)로 가장 많았다. 응답자의 직업은 주부가 35%(239명)로 가장 많았으며, 학생이 23%(159명), 자영업자가 20%(138명) 등으로 나타났다. 주부가 가장 많은 이유는 조사가 주로 평일 낮에 이루어졌기 때문이다.

3.2 소음 관련사항

이 논문에서는 성별, 연령별, 거주기간, 주택형태, 직업 등에 따라 노출-반응 모델의 차이를 구분하지 않았으며 전체 응답자 693명의 설문결과를 이용하였다. Table 1은 대상 지역 주민들이 도로소음, 철도소음, 도로와 철도를 포함한 전체 소음에 대해 느끼는 어노이언스 반응 정도와 각 소음원의 소음 레벨과의 관계를 상관 분석한 것이다. 각 소음원의 크기와 소음에 대한 어노이언스의 상관계수를 살펴보면 철도소음과 철도소음에 대한 어노이언스가 0.584이며, 도로소음과 도로소음에 대한 어노이언스가 0.336, 전체소음과 전체 소음에 대한 어노이언스가 0.267이며 유의확률이 0.05 이하로 모두 통계적으로 유의하다. 유의확률은 이 값이 0.05보다 작으면 95% 수준에서 통계적으로 의미가 있다는 것을 나타낸다. 다시 말해 현재의 표본에서 나타난 소음 레벨과 소음에 대한 어노이언스의 상관성이 모집단에서도 나타날 것으로 본다.

이 지역의 주민들은 철도소음과 어노이언스 간의 상관관계가 0.584로 도로소음과 도로소음의 어노이

언스나 전체 소음과 전체 소음에 대한 어노이언스에 비해 상당히 높다. 따라서 전체적으로 설문 대상 지역은 철도와 500미터 이내로 근접할 뿐만 아니라 철도소음에 대한 어노이언스 반응이 도로소음에 대한 어노이언스 반응에 비해 우세한 지역이다. 또한 전체 소음에 대한 어노이언스 반응과 전체 소음, 도로소음, 철도소음의 크기와 상관계수를 보면 전체 소음과 철도소음, 전체 소음의 어노이언스 반응간의 상관계수는 0.267로 동일하나 전체적인 소음에 대한 어노이언스 반응과 도로소음의 상관계수는 0.108로 도로소음보다는 철도소음과 전체 소음의 크기가 전체 소음에 대한 어노이언스 반응에 미치는 영향이 큰 지역임을 알 수 있다.

4. 철도소음 노출-반응 모델

4.1 데이터 검증

노출-반응 모델을 구축하기 위해 설문 데이터를 사용할 경우 Finegold⁽⁴⁾는 소음레벨(L_{dn})과 %HA (percentage of highly annoyed)의 상관관계를 확인했다. 소음레벨과 %HA의 상관성이 통계적으로 유의하지 않으면 데이터를 사용하지 않았다. 따라서 이 연구에서도 소음지도를 통해 예측된 소음레벨과 %HA의 상관성을 분석했으며 결과는 Table 2와 같다.

이 연구와 동일한 지역의 데이터를 이용하여 $Ko^{(10)}$ 는 도로소음이 철도소음보다 5 dB 이상 높은 세대는 도로소음 우세지역으로, 철도소음이 도로소음보다 5 dB 이상 높은 세대는 철도소음 우세지역으로, 두 소음원의 소음도 차이가 5 dB 이내인 세대는 복합소음 지역으로 구분하여 각 소음원에 대한 노출-반응 모델을 도출했다. 이와 같이 연구 지역을 소음도에 따라 구분할 경우 도로소음 우세지역은 280개, 철도소음 우세지역은 226개, 복합소음 우세지역은 187개로 이들 데이터만을 사용하여 각 소음원에 대한 노출-반응 모델을 도출한 것이다.

반면 Öhrström⁽¹¹⁾은 복합소음에 노출된 지역에 대해 소음원에 대한 노출-반응 모델을 도출하였으나 $Ko^{(10)}$ 와 같이 지역내에서 소음원의 크기에 따라 데이터를 구분하지 않고 전체 지역의 데이터 모두를 사용했다. 즉 복합소음 노출 지역내에서 소음지도를 이용해 예측한 철도소음 또는 도로소음의 레벨 및 복합소음 레벨을 이용하여 전체 지역 주민의 철도소

Table 1 Correlation coefficient of annoyance vs. noise level

Classification(N=693)		Combined noise	Road traffic noise	Railway noise
Annoyance to combined noise	Pearson	0.267	0.108	0.267
	p-value	0.000	0.005	0.000
Annoyance to road traffic noise	Pearson	0.275	0.336	0.053
	p-value	0.000	0.000	0.160
Annoyance to railway noise	Pearson	0.340	0.010	0.584
	p-value	0.000	0.801	0.000

음에 대한 철도소음 노출-반응, 도로소음에 대한 도로소음 노출-반응, 복합소음에 대한 복합소음 노출-반응 관계를 각각 도출했다. 이 연구에서도 Öhrström의 방식에 따라 전체 693개의 설문 데이터에 대한 철도소음 레벨과 철도소음에 대한 어노이언스 반응을 이용하여 노출-반응 모델을 도출했다.

Table 2에서 먼저 소음레벨에 따라 세 지역으로 구분한 경우를 보면 도로소음 우세지역에서 도로소음에 대한 %HA의 상관계수는 0.355, 철도소음 우세지역에서 철도소음과 철도소음에 대한 %HA의 상관계수는 0.386, 복합소음지역에서 복합소음레벨과 복합소음에 대한 %HA의 상관계수는 0.149로 상관성이 높지는 않으나 유의확률이 0.05이하로 통계적으로 의미가 있었다. 반면 전체 지역의 데이터를 모두 사용할 경우 철도소음과 철도소음에 대한 %HA의 상관계수는 0.454로 철도소음 우세지역만의 데이터를 사용할 경우보다 상관성이 더 높을 뿐 아니라 이 값은 통계적으로도 의미가 있었다. 따라서 이 지역은 전반적으로 철도소음에 대한 어노이언스 반응이 높은 철도소음 어노이언스 우세지역이라고 말할 수 있다.

4.2 어노이언스 예측모델

Fig. 3은 Son⁽¹²⁾이 제안한 바와 같이 철도소음에 대한 거주민의 어노이언스 반응 데이터를 %HA의 개념에 따라 이분화하고 로지스틱 회귀식을 그래프로 나타낸 것이다. 점으로 나타낸 것은 설문 데이터를 0과 100으로 이분화한 산점도이다. 7점 척도로 질의한 어노이언스 정도에서 상위 두 단계인 6~7점

(상위 29%)에 해당한다고 응답한 사람들은 100으로, 나머지 단계인 1~5점에 해당한다고 응답한 사람들은 모두 0으로 이분화했다.

식 (1)은 0과 100으로 이분화한 설문데이터에 대해 최대우도법을 활용해 로지스틱 회귀식을 구한 것이다. 회귀식의 유의확률은 0.000으로 이 식은 통계적으로도 유의하다. 식 (1)의 Cox와 Snell의 r^2 은 0.208이며, Nagelkerke r^2 은 0.328이다.

유럽연합에서는 %HA와 더불어 %A의 사용을 권고하고 있다(13). 이에 따라 이 지역 주민들이 노출된 철도소음레벨(L_{dn})과 철도소음에 대한 %A (percentage of annoyed)의 상관관계를 확인하였다. 철도소음레벨과 철도소음에 대한 %A의 Pearson 상관계수는 0.528로 Table 2의 철도소음레벨과 %HA와의 상관계수인 0.454보다 더 높았고 유의확률이 0.000으로 통계적으로도 의미있었다. %A곡선은 상위 50%에 해당하는 사람들(4점~7점)은 모두 100으로, 그 외의 사람들은 0으로 이분화한 후 회귀분석을 했다.

철도소음레벨과 철도소음에 대한 어노이언스 반응(%A)의 로지스틱 회귀식은 식 (2)와 같다. 회귀식의 유의확률은 0.000으로 통계적으로 의미있었다. 식 (2)의 Cox와 Snell의 r^2 은 0.277이고 Nagelkerke r^2 은 0.372이다. Fig. 4는 식 (1)과 (2)를 각각 그래프로 나타낸 것이다.

$$\%HA = \frac{100}{1 + \exp(9.697 - 0.142L_{dn})} \quad (1)$$

$$\%A = \frac{100}{1 + \exp(8.112 - 0.142L_{dn})} \quad (2)$$

4.3 선행연구와 비교

Fig. 5에서는 국내의 관련 선행 연구^(9,10)와 EC⁽¹⁴⁾의 철도소음에 대한 어노이언스 예측모델을 이 연구의 예측소음과 설문조사 자료를 이용해 도출한 어노이언스 예측모델(%HA)과 비교했다. 이 연구에서 도출한 예측모델과 차이가 가장 작은 것은 Lim⁽⁹⁾의 결과이다. Lim⁽⁹⁾은 예측 소음레벨이 아닌 실측 소음 레벨을 사용하여 측정지역 부근에서 소음에 대한 어노이언스 반응을 조사해서 노출-반응모델을 도출했다. 그는 도심지가 아닌 일반 철도 부근에서 조사했으며 이 연구에서는 도심지의 철도 부

Fig. 3 Logistic regression curve of railway noise level vs. %HA

근 지역을 조사한 것으로 일반 열차 외에 지하철도 통과하는 지역이라는 차이점이 있으며 열차의 속도 차이도 있을 것으로 예상했으나 반응곡선은 Fig. 5와 같이 거의 차이가 없었다.

Fig. 4 Prediction curve for the percentage of highly annoyed and annoyed respondents based on predicted noise exposure at the dwelling. (a) %HA prediction curve, (b) %A prediction curve(N=693)

반면, Ko⁽¹⁰⁾의 연구는 이 연구와 같은 지역의 설문 데이터를 사용했으나 그의 연구에서는 철도소음 레벨이 도로 소음 레벨보다 5 dB 이상 높은 가구의 설문 결과만을 사용해서 철도소음에 대한 예측모델을 도출했다. 철도소음 우세 지역으로 구분한 데이터만을 이용하여 노출-반응 모델을 도출한 경우인 Ko⁽¹⁰⁾의 경우 예측곡선이 가장 높게 나타났으며 유럽의 어노이언스 예측 곡선이 가장 낮았다.

일본이나 한국의 철도소음에 대한 어노이언스 반응이 유럽인들의 철도소음에 대한 어노이언스 반응에 비해 높다는 것은 선행연구⁽⁸⁾에서 이미 밝혀진 바가 있으며 이 연구의 결과는 선행 연구⁽⁸⁾와 일치했다.

Fig. 6의 (a)는 이 연구에서 사용한 전체 설문가구(N=693)의 도로소음과 철도소음의 레벨을 나타낸 것이며 (b)는 Ko⁽¹⁰⁾의 연구에서 철도소음에 대한 어노이언스 반응곡선을 도출할 때 사용한 철도소음이

Fig. 5 Comparison between %HA prediction curves of railway noise in Korea and that in Europe

Table 2 Correlation coefficient between noise level and %HA

	Noise level	Road traffic noise dominant (N=280)			Railway noise dominant (N=226)			Combined noise (N=187)			Total data (N=693)		
		Total	Road	Railway	Total	Road	Railway	Total	Road	Railway	Total	Road	Railway
%HA to Combined noise	Pearson	0.213	0.216	0.072	0.229	0.059	0.232	0.149	0.135	0.157	0.192	0.079	0.154
	p-value	0.000	0.000	0.228	0.001	0.375	0.000	0.042	0.066	0.032	0.000	0.038	0.000
%HA to road traffic noise	Pearson	0.352	0.355	0.185	0.156	0.123	0.155	0.173	0.179	0.155	0.283	0.301	0.066
	p-value	0.000	0.000	0.002	0.019	0.067	0.020	0.018	0.014	0.034	0.000	0.000	0.083
%HA to railway noise	Pearson	0.276	0.269	0.395	0.387	0.235	0.386	0.391	0.375	0.395	0.283	0.027	0.454
	p-value	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.472	0.000

Fig. 8 Road traffic noise and railway noise level of the investigated house; (a) all data(N=693), (b) railway noise dominant data(N=226)

Table 3 Comparison between %HA prediction equation of railway noise in Korea and that in Europe

Regression equation		
Korea	This study	$\%HA = \frac{100}{1 + \exp(9.697 - 0.142L_{dn})}$
	Lim ⁽⁹⁾	$\%HA = \frac{100}{1 + \exp(10.43 - 0.152L_{dn})}$
	Ko ⁽¹⁰⁾	$\%HA = \frac{100}{1 + \exp(5.577 - 0.083L_{dn})}$
Europe EC ⁽¹⁴⁾	$\%HA = 7.158 \times 10^{-4} (L_{dn} - 42)^3 - 7.774 \times 10^{-3} (L_{dn} - 42)^2 + 0.163 (L_{dn} - 42)$	

우세한 지역으로 구분된 가구(N=226)만의 도로소음과 철도소음레벨을 나타낸 것이다. 따라서 사용된 데이터의 차이로 인해 Ko⁽¹⁰⁾와 이 연구의 어노이언스 예측 곡선은 차이가 크다.

Table 3은 철도소음에 대한 Fig. 4의 어노이언스(%HA) 예측곡선에 대한 회귀식을 국내와 유럽의 경우로 구분해서 나타냈다. 국내의 어노이언스 예측식은 모두 로지스틱 알고리즘을 사용했으며 EC에서 채택한 식은 사용자의 편이를 위해 특정 구간에 대해서 3차 다항식의 형태로 제공되고 있으나 본래의 모델은 국내식과 같이 로지스틱 회귀 알고리즘을 사용한 것이다.

5. 결 론

이 연구에서는 국내 거주민의 철도소음에 대한 %HA와 %A 반응 곡선의 도출에 있어 선행연구⁽¹²⁾의

주관적 반응 데이터를 이분화하여 노출-반응 모델을 도출하는 방법을 적용하여 다시한번 선행연구에서 제안한 방법에 대한 적용성을 검토했다. 또한 기존의 국내 및 국외 철도소음에 대한 노출-반응 모델 수립 방법 및 모델식을 비교했고 동일한 데이터를 이용한 기존 국내 연구와의 차이점을 유발한 원인에 대해 고찰했다.

이 연구의 대상 지역은 도심지에 위치한 지리적 특성상 철도소음 뿐만 아니라 도로소음에도 동시에 노출되어 있으므로 개별 소음원에 의한 소음을 측정하는 것이 어렵기 때문에 각 세대별 노출 소음도를 산정하기 위해 소음지도를 활용했다. 기존 연구⁽¹⁰⁾와는 달리 해당 지역 거주민이 철도변 500미터 이내에 거주하고 있다는 점에 착안하여 각 소음원의 크기와 거주민의 어노이언스 반응간의 상관분석을 통해 도로소음보다는 철도소음에 대한 어노이언스 반응이 높은 지역임을 확인해 전체 데이터 사용의 타당성을 입증했다. 철도소음에 대한 어노이언스 반응 데이터 사용에 대한 타당성이 입증된 해당 지역 거주민의 설문 결과를 이용해 선행연구⁽¹²⁾에서 제시한 대로 어노이언스 반응 데이터를 이분화하는 방법을 사용해 철도소음에 대한 노출-반응 예측 모델을 도출했다. 이 방법을 사용함으로써 동일한 크기의 소음에 노출된 거주민 반응의 군집 비율을 구하기 위해 데이터를 임의로 군집화하거나 평균할 필요가 없어 오차 발생 가능성을 배제할 수 있었다. 또한 전체 지역의 데이터를 사용한 이 연구와 철도소음 또는 도로소음 등 단일 소음의 크기가 큰 세대만을 구분하여 각 우세 소음원별로 노출-반응 예측 모델을 도출한 경우의 선행연구 결과⁽¹⁰⁾를 비교했다. 데이터를 소음원의 크기에 따라 구분한 경우와 이 연구의 결과는 현저히 모델이 차이가 났으며 우세 소음원으로 구분할 경우는 소음도가 낮아도 어노이언스 반응이 컸다.

이 연구의 노출-반응 모델은 유럽연합의 철도소음에 대한 %HA 및 %A 예측모델에 비해 반응이 높았으며 이는 일본이나 기존 국내 실측 소음도를 기반으로 한 연구 결과와도 같았다. 반면 이 연구 지역은 도심지 내의 철로변으로 국내 선행연구⁽⁹⁾인 서울 외곽 또는 지방의 철로변의 실측 소음도를 기반으로 한 연구와 비교할 경우 그 값에 차이가 있을 것으로 예상하였으나 거의 유사한 형태를 보여

지역의 차이나 실측 또는 예측 데이터를 사용한 방법의 차이에도 불구하고 국내 거주민의 철도소음에 대한 반응은 유사함을 알 수 있었다. 따라서 이 연구의 데이터는 선행연구와 함께 국내 철도소음에 대한 노출-반응 모델 정립을 확고히 하기 위한 데이터베이스로 활용할 수 있으며 이 연구에서 제안한 데이터 이분화 방법은 복합소음지역 또는 철도소음지역 등 여러 지역에 다양하게 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- (1) Schultz, T. J., 1978, Synthesis of Social Surveys on Noise Annoyance, Journal of Acoustic Society of America, Vol. 64, No. 2, pp. 377~405.
- (2) Fidell, S., Barber, D. S. and Schultz, T. H. J., 1991, Updating a Dosage-effect Relationship for the Prevalence of Annoyance due to General Transportation Noise, Journal of the Acoustical Society of America, Vol. 89, Issue 1, pp. 221~223.
- (3) Finegold, L. S., Harris, C. S. and Von Gierke, H. E., 1994, Community Annoyance and Sleep Disturbance: Updated Driteria for Assessing the Impacts of General Transportation Noise on People, Noise Control Engineering Journal, Vol. 42, No. 1, pp. 25~30.
- (4) Miedema, H. M. E. and Vos, H., 1998, Exposure-response Relationships for Transportation Noise, Journal of Acoustic Society of America, Vol. 104, No. 6, pp. 3432~3445.
- (5) WHO, 2002, Environmental Health Indicators: Development of a Methodology for the WHO European Region, Geneva, Switzerland, World Health Organization Regional Office for Europe.
- (6) Fields, J. M., 1993, Effect of Personal and Situational Variables on Noise Annoyance in Residential Areas, Journal of the Acoustical Society of America, Vol. 93, Issue 5, pp. 2753~2763.
- (7) Miedema, H. M. E. and Vos, H., 1999, Demographic and Attitudinal Factors That Modify Annoyance from Transportation Noise, Journal of Acoustic Society of America, Vol. 105, No. 6, pp. 3336~3344.
- (8) Kaku, J. and Yamada, I., 1996, The Possibility of a Bonus for Evaluating Railway Noise in Japan, Journal of Sound and Vibration, Vol. 193, No. 1, pp. 445~450.
- (9) Lim, C. W., Kim, C. H., Hong, J. Y., Lee, S. G., 2006, The Relationship between Railway Noise and Community Annoyance in Korea, Journal of Acoustic Society of America, Vol. 120, No. 4, pp. 2037~2042.
- (10) Ko, J. H., Chang, S. I., Son, J. H. and Kun, L., 2010, Study on the Annoyance Response in the Area Exposed by Road Traffic Noise and Railway Noise, Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 20, No. 2, pp. 172~178.
- (11) Öhrström, E., Andersson, E., Skånberg, A., Barregård, L., 2007, Relationships between Annoyance and Exposure to Single and Combined Noise from Railway and Road Traffic, Inter-noise 2007.
- (12) Son, J. H., Lee, K., Chong, T. R., Chang, S. I., 2010, Application Method of Logistic Regression Analysis for Annoyance Prediction Model Based on Predicted Noise Level, Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 20, No. 6, pp. 555~561.
- (13) WHO, 2003, WHO Technical Meeting on Noise and Health Indicators - Second Meeting Results of the Testing and Piloting in Member States(Meeting report), World Health Organization (WHO).
- (14) European Communities, 2002, Position Paper on Dose Response Relationships between Transportation Noise and Annoyance, European Communities.