

환경소음 예측기술 동향

- 도로교통소음 중심으로 -

박 영 민*

(한국환경정책평가연구원)

1. 머리말

우리나라는 산업발달로 인해 경제성장은 이룩하였으나, 인구의 도시집중과 경제발전이 따른 교통량의 급격한 증대로 인해 여러 가지 환경공해를 유발하여 사회적 문제를 야기하고 있다.

특히, 물류수송 및 개인생활에 필요한 자동차 등의 급격한 증가와 각종 도로정비 및 개설에 따라 도로교통소음은 상공업지역은 물론 주거지역까지 교통소음의 영향권에 있다. 또한, 1993년의 소음측정결과에 의하면 서울을 포함한 대도시의 전체 측정 지역 중 57% 이상이 환경기준을 초과하는 것으로 나타나 우리나라는 다른 나라보다도 소음공해가 심각한 실정이다.

이러한 소음공해는 건강에 미치는 장기적인 영향(청력저하)을 포함하여 불쾌감, 회화방해, 작업능률 저하, 수면방해 등 심리적, 정신적, 신체적 영향으로 인한 생활상의 불편 때문에 가장 직접적으로 감지되는 공해문제 중의 하나이며, “중앙환경분쟁조정위원회”에 의하면 '91년에서 '05년 9월까지 조정 신청한 총 1354건의 사건 중 소음·진동분야가 86%(1159건)로서 대부분을 차지하고 있는 것으로 나타나고 있고, 이러한 추세는 앞으로도 계속될 것이다. 따라서 소음공해에 따른 환경분쟁을 줄이기 위해서는 교통소음 예측모델에 의한 소음 예측이 필요하며, 이에 따른 도로교통소음에 대한 저감 방안 및 방지대책 등의 수립이 필요할 것으로 사료된다.

그러나 현재 사용되고 있는 교통소음 예측모델은 도로변 수많은 환경적 요인으로 인한 신뢰성 저하 및 환

경영향평가 혹은 도시계획 시 많은 문제점이 제기되고 있다. 교통소음 예측모델의 환경적요인은 도로 폭, 노면성상, 노면포장상태, 도로구배 등과 같은 도로특성, 자동차속도, 차종구성, 화물적재량, 교통량 등과 같은 교통특성, 도로변의 건물배치, 건물의 폭, 건물높이, 가로수 식재상태 등과 같은 도로변 특성, 온도, 습도, 바람 등과 같은 기상특성, 지표면의 상태에 따른 지표면 특성 등이 있다.

이러한 각기 다른 여러 요인을 갖고 있기 때문에 교통소음 예측모델을 일률적으로 적용할 수 없으며, 예측모델의 개발 또한 어려운 실정이다. 따라서 기존의 예측모델을 적용하는데 있어서 실측 데이터를 통한 소음보정이 필요하며, 이러한 소음보정은 보다 신뢰성 있는 소음예측을 가능하게 할 수 있다.

2. 국내 도로교통소음 연구개발 동향

도로교통소음 예측방법에는 음원요소, 전파요소, 수음요소의 3가지 사항에 대한 계산이 진행되며 음원특성, 전파특성의 방정식, 이론과 실체를 일치시키기 위한 보정방법 등이 제시되어 있다. 따라서 도로교통소음 예측모형들의 유형은 그 성질상 대별하여 본다면, 1) 경험적 모델, 2) 음향학적 해석모델, 3) 확률론적 모델, 4) 축소모형실험에 의한 방법으로 나눌 수 있다. 경험적인 모델에는 국립환경과학원식('87년 식, '99년 식), Johnson/Sanders model, Hajek model, 해석적 모델에는 일본 음향학회식, 미연방도로국(FHWA) 소음예측모델

등이 있다.

경험적 모델에 의한 방법은 실제도로에서 소음레벨을 실측하고 동시에 교통조건(교통량, 주행속도, 차종 구성 등), 도로조건(노면상황, 횡단형상 등), 전반조건(음원으로부터의 거리, 지표면 상대, 기상상태 등) 가운데 소음레벨에 관계된다고 생각할 수 있는 몇 가지 요인의 물리량을 계측하여 이들 요인의 물리량과 소음레벨 사이의 관계식을 통계처리에 의하여 구하며, 계산도 용이하지만 일반성이 부족하기 때문에 각종 조건마다 적용할 수 있는 예측식을 얻기 위해서는 각각의 조건마다 통계적으로 유의한 실측자료를 수집할 필요가 있다.

음향학적 해석모델에 의한 방법은 이론식에 기초한 계산방법으로 소음원의 음향방사 특성이 음전달 경로

가 단순한 경우에는 유효하다. 그러나 실제로는 소음원이나 전파과정에 개입하는 요소가 단순하지 않은 경우가 많으며, 기존의 이론이나 수식에 의해 수 계산을 할 경우에 환경조건을 단순하게 정리하거나 근사적인 조건으로 바꾸어 계산하기 때문에 많은 오차를 발생시킬 수 있다. 또한, 도로 및 교통조건이 단순한 경우, 소음레벨의 평균치를 구하는 데에 편리하지만 각종 조건마다 통계적으로 유의한 실측자료를 필요로 한다는 문제점이 있고, 도로상황이 복잡한 경우, 예측치를 얻기 어렵다는 결점을 갖고 있다.

확률론 모델에 의한 방법은, 해석모델이 현상을 확정적으로 취급하고 있는데 비해서, 불확정적으로 취급하고 있다. 예를 들면, 음원인 자동차의 음향파위의 크기

표 1 국내 도로교통소음 현황 및 예측식 관련 연구

내용	특징
아파트단지에서 국립환경과학원 도로교통소음 예측식('99)에 대한 통계학적 평가 및 검증	<ul style="list-style-type: none"> • NIER('99)에 대한 지면 1.5 m 부터 수음점 15층까지 실측치와 예측치 검증 • 단지내에서 지면 1.5 m만 적용가능, 1.5 m 이상 적용 불가능 • 단지 및 간선도로에 적용하기 무리 • 새로운 개념의 예측식 개발이 필요
Leq의 실측치값을 이용한 도로교통소음 환경기준 설정에 관한 연구	<ul style="list-style-type: none"> • 주야간 교통량에 따른 소음도 차이를 분석, 변동폭 야간이 큼 • 차량 속도가 낮을수록 등가소음레벨값의 변동폭이 작음 • 대형차 혼입율과 도로교통소음간의 상관관계 없음 • 국립환경과학원식(NIER)이용 지면에서 주야간 24시간 측정결과 주간이 야간보다 실측값과 예측치 값이 오차범위가 작음 • 단 적절한 측정지점 및 측정횟수가 부족함
개발 예정지역 도로교통소음 음향파위레벨 산정과 응용에 관한 연구	<ul style="list-style-type: none"> • 예측식들(국립환경과학원식(NIER), CRTN식, ASJ-model식 및 E.D.방법과 VCT 방법)로 구한 음향파위레벨과 실측값으로 구한 음향파위레벨의 차는 $\pm 2 \text{ dB(A)}$ 미만으로 비교적 정확 • 단 지면에서 측정된 데이터에 관하여 검증, 지면 1.5m 이상 높이에서 검증 필요
도로교통소음 현황과 예측	<ul style="list-style-type: none"> • 국립환경과학원 '87년도 예측식(NIER)을 보완한 식 개발 • 도로특성 평가: 주간 및 야간 교통소음 환경기준 초과 • 거리 2배 멀어질 때 평균소음도 3.5 dB(선음원 감쇠효과) • 간선도로 서울시 다른지역보다 통행량 많아 평균 3.2 dB 높음 • 고속도로 > 간선도로 보다 평균 4.4 dB 높음 • 도로변 공동주택 수직고도별 소음도는 주변환경에 따라 전파양상 차이를 보이지만 도로와의 이격거리가 멀수록 최고 소음도를 나타내는 층이 높아지는 경향 • 보완된 식에 대한 적절한 설명 부족 및 식에 대한 검증 없음

<p>도로교통소음 저감을 위한 방음벽의 문제점 및 효과</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 국립환경과학원 '87년도 예측식(NIER)을 보완한 식 개발 • 도로특성 평가: 주간 및 야간 교통소음 환경기준 초과 • 거리 2배 멀어질 때 평균소음도 3.5dB(선음원 감쇠효과) • 간선도로 서울시 다른지역보다 통행량 많아 평균 3.2dB 높음 • 고속도로> 간선도로 보다 평균 4.4 dB 높음, 도로변 공동주택 수직고도별 소음도는 주변환경에 따라 전파양상 차이를 보이지만 도로와의 이격거리가 멀수록 최고 소음도를 나타내는 층이 높아지는 경향 • 보완된 식에 대한 적절한 설명 부족 및 식에 대한 검증 없음
<p>공동주택단지의 도로소음 저감대책 연구</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 공동주택단지의 도로소음 저감방안 연구를 제시한 결과 도로변에 위치한 공동주택 층별 소음도를 측정하여 1,2층은 방음벽 효과가 비교적 컸고 5층 정도 높이에서는 방음벽 효과가 거의 없는 것으로 나타남. • 또한 3층 또는 5층 이상에서의 소음도는 환경정책기준법과 주택건설기준등에 관한 규정이 소음기준인 65dB(A)을 초과한 결과를 제시
<p>아파트단지 교통소음 측정방안에 관한 연구 -강북 강변도로 사례를 중심으로-</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 교통량과 차량속도 관계 규명: 차량속도> 교통량보다 기어 • 아파트 단지내 도로교통소음은 평면적 및 입체적으로 영향 • 한 지역을 사례로 분석한 결과로 다양한 지역 및 측정횟수를 통한 측정 및 분석이 필요
<p>고속도로 교통소음 예측 -자동차 주행소음의 음향파위레벨 평가-</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 고속도로 교통소음 예측 및 자동차 주행소음의 음향파위레벨에 대한 평가를 수행 • 주로 일본음향학회 제시한 음향 파워 평가식과 비교하여 아스팔트 포장에 따른 차이를 평가 • 국내에서 운행되고 있는 차량에 대한 정상, 단속 및 가감속 주행상태 등을 반영한 속도별 음향파위레벨의 필요성을 제시
<p>도로교통소음 예측식 개발</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 방음벽 유무에 따라 4개의 실험값을 방음벽 유무, 이격거리 및 층별높이에 따른 예측값과 비교하여 2~4dB 정도의 신뢰할 수 있는 예측식을 산정 • 그 측정지역의 샘플이 상당히 낮고 구체적으로 어떤 교통량, 차속 및 이격거리 등 여러 가지 환경소음에 대한 정보 또한 낮아 예측식의 보완 필요

나 배치를 들 수 있다. 음향파위에 관해서는 음원의 파위레벨이 어떤 일정치에 대해서 확률분포하고 있다고 생각하지만 파위에 변동이 있는 경우의 자동차 배치에 관해서는 차두 간격이 지수분포 등으로 되어 있는 경우의 모델이 발표되어 있다.

이 방법은 조사대상과 예측대상이 동등 또는 그것에 가까운 조건이라면 정확도가 높은 예측식을 얻을 수 있는 반면에 일반성이 부족하다. 축소모형실험에 의한 방법은 음원의 설정, 경계조건의 설정 등이 합리적이라면 정확도가 높은 예측식을 얻을 수 있다.

그러나 이 방법은 조건설정 때문에 막대한 설비와 비용이 필요하므로 비교적 소규모적인 것이나 복잡한 공

간에 대해 사용하게 된다. 따라서 도로교통소음에 대한 영향을 사전에 예측하고 악영향에 대한 소음방지대책을 수립하기 위하여 도로교통소음에 대한 예측모형에 대한 연구가 필요하다. 한편, 국내 도로교통소음 현황 및 예측식 관련연구에 대하여 제시하면 표 1과 같이 정리할 수 있다.

3. 국내 도로교통소음 예측식 연구개발 방향 및 기대효과

외국에서는 여러 가지 유형의 도로 교통소음 예측식을 개발함은 물론 예측식에 대한 검증 결과를 보고하여

발전시켜 나가고 있는 실정이다. 하지만 국내에서는 현재까지 수음점을 대상으로 1.5 m 이상 높이(수직분포 음압레벨)에서 아파트 층별로 동시에 측정하여 예측식에 대한 평가 및 검증된 연구는 단지내 도로에서 15층까지만 예측하는 식이 있는 실정이다.


또한, 국립환경과학원식(NIER(99))을 이용하여 단지 및 간선도로에서 실측치와 예측식에 대한 검증결과 국립환경과학원식(NIER(99))은 도로단 부터 10 m 이내는 허용오차 범위 내에 잘 맞지만 그 이상의 이격 거리 시 허용오차가 증가되고 또한 간선도로 10개 지점을 대상으로 측정 분석하여 아파트 층별로 수직음압분포(지면 10 m 이상 높이)를 평가한 결과 평균 Leq 1h에 대한 표준편차가 ± 3 dB 이상으로 나타나 상당히 신뢰성에 문제가 많은 것으로 조사되었다.

즉 현재 국립환경과학원식(NIER(99))으로 예측한 값을 이용하여 간선도로 도로단에서 10 m 이상 떨어진 지역에서 도로로부터 이격거리 설정, 방음벽 수립 및 층고조정 등이 이루어지고 있는 상황이고 향후 아파트 완공 후 고층에 거주하는 주민들이 소음에 노출될 것으로 판단된다.

따라서 도로특성에 맞는 예측모델 개발을 통하여 신도시 친환경 주거단지조성을 위한 소음저감 대책방안을 수립하고 도시계획 및 주거단지계획의 기본설계 단계에서부터 적극적으로 대처할 수 있어야 한다. 또한 소음 영향을 고려한 주거단지내의 토지이용방안이나 소음원의 발생 및 전달 경로를 고려한 건물배치방안, 주변환경을 최대한 보호하는 방법을 제시할 수 있도록

소음환경 평가 지표개발도 필요하다.

그리고 도로교통소음 예측식 연구개발을 통하여 활용할 내용으로는 국내 주요 간선도로 및 단지 내 도로의 소음전파특성을 파악(차종분류에 따른 소음전파 특성을 파악함으로써 향후 도로개선을 위한 참고자료 활용)하여, 새로운 도로소음 측정 및 분석기법을 제공하고, 수음점 고층까지 도로소음 예측이 가능하도록 도시계획 및 주거단지 계획 시 토지이용방안 등에 의사결정권을 부여하며, 주요 간선 및 단지도로 3차원 영상소음도 분포 지도를 제시하여 신도시 개발 시 개발사업자 혹은 영향평가 관리자에게 효율적인 환경소음 저감대책을 수립할 수 있도록 의사결정 리스크관리 모델을 개발하여야 할 것으로 판단된다.

정책개발 및 제도개선 및 기대효과로는 도로변에 아파트 등 공동주택 건설시 '주택건설기준 등에 관한 규정' 제9조(소음으로부터 보호)와 '공동주택의 소음측정기준' (건설교통부고시 제463호, '86.10.15)에 따라 1층의 실측소음도와 5층의 예측 소음도를 합하여 평균한 소음도를 적용하여 방음대책을 세우고 있어 고층 거주자 소음노출 피해가 심각한 점을 고려하여 택지개발 사업 시 공동주택 수립 시 도로로부터 이격거리, 방음벽 높이, 층고조정 등 환경소음영향평가 수립이 체계적인 원인분석 없이 주관적인 지표로 활용되고 있으므로 검증된 소음 예측식을 토대로 소음발생원과 소음거리 영향인자를 체계적이고 과학적으로 분석하여 최적의 환경소음 저감 지표를 제시하여야 할 것으로 판단된다. 

국제학술행사

ICSV15

<http://www.icsv15.org>

15th International Congress on Sound and Vibration

6-10 July 2008

Daejeon Convention Center, Daejeon, Korea.

▶ Key Dates

- Proposal for structured sessions: 1 October 2007
- Submission of abstracts : 1 December 2007