

| 정책보고서 | 2012-03 |

환경영향평가에 적용되는 3차원 소음예측모델의 가이드라인 마련

선효성 | 최준규 | 박영민

연구진

연구책임자 선효성 (한국환경정책·평가연구원 연구위원)
참여연구원 최준규 (한국환경정책·평가연구원 선임연구위원)
 박영민 (한국환경정책·평가연구원 연구위원)

산학연정 연구자문위원

김필홍 (환경부 국토환경평가과 과장)
장서일 (서울시립대학교 환경공학부 교수)

© 2012 한국환경정책·평가연구원

발행인 **이병욱**

발행처 한국환경정책·평가연구원
 서울특별시 은평구 진흥로 215 (우편번호) 122-706
 전화 02)380-7777 팩스 02)380-7799
 <http://www.kei.re.kr>

인쇄 2012년 9월 25일

발행 2012년 10월 1일

출판등록 제17-254호

ISBN 978-89-8464-661-2 93530

서 언

국내 개발사업의 환경영향평가에서 다양한 소음예측모델에 의한 소음평가가 이루어지고 있으나 고층 정온시설의 보편화 등에 따른 복잡한 주변 환경을 고려한 현실적인 소음평가의 부족이라는 문제점을 나타내고 있다. 이를 해결하기 위해 개발지역 및 그 주변의 복잡한 소음환경을 반영하여 실제적인 소음평가를 수행할 수 있는 접근방법으로 3차원 소음예측모델의 중요성이 높아지고 있다. 그러나 3차원 소음예측모델을 효율적으로 적용하기 위해 필요한 가이드라인이 없어 그에 따른 소음평가결과의 타당성 확보의 어려움을 나타내고 있다.

본 연구는 3차원 소음예측모델의 내부에 포함된 소음예측식 및 입력변수 등을 검토하여 3차원 소음예측모델을 효율적으로 적용할 수 있는 가이드라인을 제시하고자 시행되었다.

연구결과가 나오기까지 본 연구를 맡아 수행한 한국환경정책·평가연구원의 선효성 박사, 최준규 박사, 박영민 박사에게 감사를 드린다.

2012년 10월

한국환경정책·평가연구원

원장 이 병 욱

국문 요약

국내 개발사업의 환경영향평가에서 사업지구 주변의 정온시설에 대한 소음영향을 평가하고 있다. 교통시설 증대와 고층 정온시설의 보편화 등으로 인해 소음환경이 복잡해지고 있는 상황에서 실제적인 소음평가를 수행할 수 있는 접근방법으로 3차원 소음예측모델의 활용이 증대되고 있다. 그러나 3차원 소음예측모델의 적용방법에 대한 가이드라인이 전무하여 그에 따른 소음평가결과의 신뢰성 확보에 의문이 제기되고 있다. 따라서 본 연구에서는 3차원 소음예측모델의 내부에 포함된 소음예측식 및 입력변수 등을 검토하여 3차원 소음예측모델을 효율적으로 적용할 수 있는 가이드라인을 모색하였다.

3차원 소음예측모델과 관련한 규정 및 사례 분석을 통해 기존 환경영향평가에서 모델 적용에 의한 문제점을 파악하였다. 이를 통해 3차원 소음예측모델에 대한 구체적인 검토를 바탕으로 3차원 소음예측모델을 환경영향평가에서 효율적으로 적용할 수 있는 가이드라인의 필요성을 언급하였다.

환경영향평가에서 3차원 소음예측모델을 효율적으로 적용하기 위한 방안을 모색하기 위해 도로소음을 대상으로 SoundPLAN, Cadna-A, IMMI 상용프로그램을 적용하였다. 이러한 프로그램을 활용하여 도로소음 예측식, 도로소음원 입력자료, 방음벽 및 건물과 관련한 입력자료 등을 근거로 3차원 소음예측모델 구현을 통한 소음예측결과를 비교·검토하였다. 소음예측결과의 비교·검토를 바탕으로 3차원 소음예측모델을 도로소음평가에 적용하기 위한 방안을 제안하였다.

주제어: 3차원 소음예측모델, 소음지도, 도로소음, 소음영향평가

| 차 례 |

제1장 · 서 론	1
1. 연구의 배경 및 목적	1
2. 연구의 내용 및 방법	2
제2장 · 환경영향평가시 3차원 소음예측모델의 적용 현황	5
1. 국내 규정 및 적용사례	5
가. 규정	5
나. 적용사례	7
2. 국외 규정 및 적용사례	10
가. 규정	10
나. 적용사례	13
3. 문제점 및 개선방향	15
제3장 · 환경영향평가시 3차원 소음예측모델의 적용 방안	17
1. 도로소음 예측식	19
가. 종류 및 내용	19
나. 예측식 변화에 따른 소음예측결과 검토	28
2. 도로 소음원	31
가. 입력변수의 종류 및 내용	31
나. 입력변수 변화에 따른 소음예측결과 검토	33
3. 방음벽	38
가. 입력변수의 종류 및 내용	39
나. 입력변수 변화에 따른 소음예측결과 검토	41

4. 건물	45
가. 입력변수의 종류 및 내용	45
나. 건물 배치에 따른 소음예측결과 검토	46
제4장 · 환경영향평가시 3차원 소음예측모델 적용의 가이드라인	52
1. 목적	52
2. 적용범위	53
3. 도로·지형·건물 등의 정보 생성	55
4. 도로소음 예측식	55
5. 도로 소음원	56
6. 도로소음 저감시설(방음벽 등) 및 건물	58
7. 도로소음 예측결과 명시	60
8. 도로소음 예측결과 검증	63
9. 기타 고려사항	64
제5장 · 결론 및 제언	65
1. 결 론	65
2. 제 언	69
참고 문헌	71
부록 1 소음지도 작성방법	73
Abstract	89

| 표 차례 |

〈표 2-1〉 도로소음지도 작성방법	6
〈표 2-2〉 서울특별시 환경영향평가의 소음평가 내용	7
〈표 2-3〉 공동주택의 형상 및 배치에 따른 대안	8
〈표 2-4〉 공동주택의 형상 및 배치 변화에 따른 소음분포	8
〈표 2-5〉 공동주택의 형상 및 배치 변화와 방음벽 설치계획에 따른 소음분포	9
〈표 2-6〉 EU Directive 2002/49/EC에 포함된 소음지도 작성방법	10
〈표 3-1〉 Nord2000 예측식의 차종분류	25
〈표 3-2〉 ASJ2003 예측식의 차종분류	25
〈표 3-3〉 12차종 분류 및 예시	26
〈표 5-1〉 환경영향평가 시 3차원 소음예측모델 적용을 위한 가이드라인	67

| 그림 차례 |

〈그림 1-1〉 도로소음평가를 위한 3차원 소음예측모델 적용과정	3
〈그림 2-1〉 WG-AEN에 포함된 입력정보 가이드라인 내용	13
〈그림 2-2〉 브라질 쿠리티바 지역의 BR-116 도로, East contour road, Green road의 분포	14
〈그림 2-3〉 기존 BR-116 도로(좌) 및 Green road(우)의 모습	14
〈그림 2-4〉 새로운 도로(East contour road) 신설 유(우)무(좌)에 따른 BR-116 도로소음 분포	15
〈그림 2-5〉 기존 BR-116 도로(좌) 및 Green road(우)에 따른 도로소음 분포	15
〈그림 3-1〉 3차원 소음예측모델을 포함한 상용프로그램의 모습	19
〈그림 3-2〉 프로그램별 RLS90 예측결과와 측정값의 비교	29
〈그림 3-3〉 NMPB 예측식의 기상학적 분포 입력(Cadna-A)	30
〈그림 3-4〉 기상학적 변화빈도에 따른 NMPB 소음예측값 비교(Cadna-A)	30
〈그림 3-5〉 기상학적 변화빈도에 따른 이격거리별 소음분포	31
〈그림 3-6〉 프로그램에 포함된 도로소음 입력창 사례	33
〈그림 3-7〉 교통량 및 차속에 따른 소음예측값 비교	34
〈그림 3-8〉 대형차량비율 및 차속에 따른 소음예측값 비교	34
〈그림 3-9〉 도로제원의 세 가지 경우에 대한 소음예측값 비교	36
〈그림 3-10〉 차종분류에 대한 두 가지 경우의 소음예측값 비교	37
〈그림 3-11〉 방음벽 설치에 따른 소음예측결과와 소음측정결과의 비교	38
〈그림 3-12〉 프로그램별 방음벽 입력창의 모습	40
〈그림 3-13〉 꺾음형 방음벽에 대한 프로그램별 소음예측값 비교	41
〈그림 3-14〉 도로 소음원 모델링에 따른 방음벽 소음예측결과 비교	43
〈그림 3-15〉 흡음형 방음벽 및 반사형 방음벽 설치에 따른 소음예측결과 검토	44

〈그림 3-16〉 흡음형 방음벽 및 반사형 방음벽 설치에 따른 소음전파 모습	44
〈그림 3-17〉 프로그램별 건물 입력변수의 모습	46
〈그림 3-18〉 반사차수(reflection order)의 변화에 따른 소음전파 모습	48
〈그림 3-19〉 건물의 배치형태에 따른 소음예측지점의 모습	49
〈그림 3-20〉 Case I의 수음점 위치에 따른 소음예측결과 비교	50
〈그림 3-21〉 Case II의 수음점 위치에 따른 소음예측결과 비교	51
〈그림 4-1〉 고층 정온시설의 도로소음평가를 위한 대상지역의 모습	54
〈그림 4-2〉 도로소음의 다양한 저감계획에 따른 소음예측결과	62

| 제1장 · 서론 |

1. 연구의 배경 및 목적

국내 개발사업의 환경영향평가에서 사업종류 및 지역특성 등에 따른 소음원 파악을 통해 사업지구 주변의 정온시설에 대한 소음영향을 평가하고 있다. 이러한 소음영향 평가를 위해 소음원 종류를 고려한 예측모델과 보정계수를 적용하고 있다. 예를 들어, 도로소음의 경우 도로 종류에 따른 예측모델(국립환경과학원식(국도 등), HW-NOISE(고속도로) 등)과 고층 정온시설의 층별 보정계수 및 직각배치 보정계수 등을 적용하여 평가하고 있다.

그러나 개발사업의 소음평가를 위한 이러한 접근방법은 교통시설 및 주거환경 등의 변화추세에 따른 소음영향을 적절하게 반영하지 못하는 한계를 보여주고 있다. 도심확대와 인구밀집에 따른 교통시설 증대와 고층 정온시설의 보편화 등으로 인해 소음환경이 점점 복잡해지고 있는 상황에서 보정을 고려한 소음예측방법은 타당성 확보가 어렵다고 볼 수 있다. 따라서 개발지역 내·외부의 소음원, 지형 및 건물, 소음저감시설 등의 정확한 구현을 통한 실제적인 소음평가를 수행할 수 있는 접근방법이 필요하며 이와 관련한 하나의 방안으로 3차원 소음예측모델의 활용을 고려할 수 있다.

최근에는 국내 개발사업의 환경영향평가에서 3차원 소음예측모델을 적용하는 사례가 점점 증가하고 있다. 도심지역의 개발사업(재개발 등)을 주로 하고 있는 서울특별시에서는 복잡한 교통시설 및 고층 정온시설 등을 고려한 소음평가를 위해 3차원 소음예측모델을 적용하고 있다. 또한 도심지역을 통과하는 도로개발사업, 고층 정온시설이 주축이 되는 택지개발사업 등의 환경영향평가에서도 3차원 소음예측모델 활용을 통해 소음저감 대책을 수립하고 있다. 이와 같이 개발사업의 소음평가를 위해 3차원 소음예측모델이 차지하는 비중은 증가하고 있으며 특히 사회적 이슈가 되고 있는 개발사업(판교, 광고, 세종 등)의 소음평가에서 그 중요성 및 필요성은 높다고 할 수 있다.

개발사업의 소음평가를 위해 3차원 소음예측모델의 활용도가 높아지고 있지만 3차원

2 | 환경영향평가에 적용되는 3차원 소음예측모델의 가이드라인 마련

소음예측모델의 적용방법에 대한 가이드라인이 전무하여 그에 따른 소음평가결과의 신뢰성 확보에 의문이 제기되고 있다. 3차원 소음예측모델, 그 내부에 포함된 소음예측식, 소음예측에 필요한 입력변수 등의 다양성으로 인해 3차원 소음예측모델 사용자의 기호에 따른 선택의 폭이 넓어지게 된다. 이로 인해 동일한 개발사업을 대상으로 3차원 소음예측모델 사용자의 자의적 판단에 따라 상이한 소음평가결과를 산출할 가능성이 있으므로 3차원 소음예측모델 및 그 내부의 입력자료 등의 구체적인 분석을 통한 효율적인 적용방안 마련이 필요하다.

따라서 본 연구에서는 국내 개발사업의 환경영향평가에서 적용되는 3차원 소음예측모델을 대상으로 그 내부에 포함된 소음예측식 및 입력변수 등을 검토하여 3차원 소음예측모델을 효율적으로 적용할 수 있는 가이드라인을 제안하였다. 이러한 가이드라인을 바탕으로 3차원 소음예측모델 적용의 편의성과 그에 따른 개발사업 소음평가결과의 신뢰성을 확보하여 친환경적인 계획수립을 유도하는 계기를 마련할 수 있다.

2. 연구의 내용 및 방법

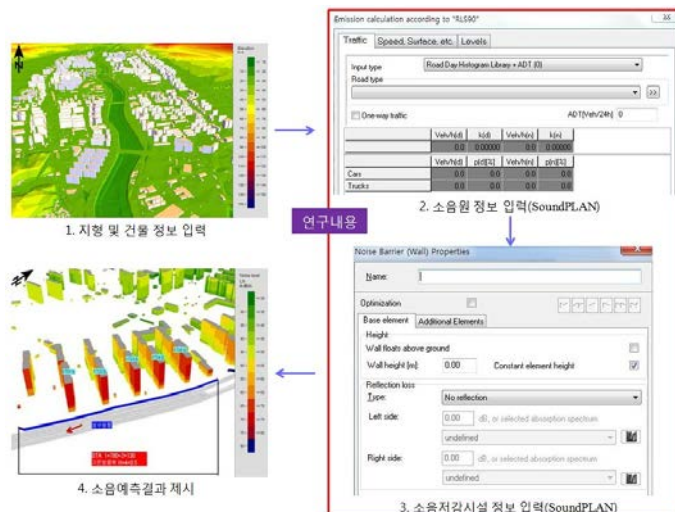
가. 환경영향평가지 3차원 소음예측모델의 적용현황 분석

3차원 소음예측모델 적용과 관련한 규정을 검토하였으며 기존 개발사업의 환경영향평가에서 3차원 소음예측모델을 적용한 사례를 분석하였다. 이를 통해 3차원 소음예측모델 적용을 통한 기존 개발사업 소음평가의 문제점 파악과 그에 따른 개선방향을 도출하였다.

나. 환경영향평가지 3차원 소음예측모델의 적용방안 검토

3차원 소음예측모델의 효율적인 적용방안 마련을 위해 도로소음을 연구대상으로

SoundPLAN, Cadna-A, IMMI 상용프로그램을 적용하였다. 3차원 소음예측모델을 활용하여 도로소음평가를 수행하는 과정을 보여주는 것이 <그림 1-1>이다. 도로개발사업에 따른 소음평가를 위해 먼저 도로노선과 그 주변의 지형 및 건물 분포 등을 포함한 데이터베이스를 구현한다. 그리고 도로의 형상, 교통량, 차속 등의 입력자료를 삽입하고 소음저감시설(방음벽 등)이나 주변 건물의 특성(형상 및 높이 등) 등의 정보를 반영한다. 지형 및 건물 데이터, 소음원(도로) 및 소음저감시설 등의 입력정보를 바탕으로 계산을 수행하고 그에 따른 수평 및 수직 형태의 소음예측결과(고층 정온시설의 층별 소음분포 등)를 산출하게 된다. 본 연구에서는 이러한 과정 중에서 3차원 소음예측모델 적용의 핵심이라고 할 수 있는 소음원, 소음저감시설, 건물의 특성을 결정짓는 입력변수를 중점적으로 검토하였다. 이를 위해 도로소음평가에 적용되는 3차원 소음예측모델, 소음예측식, 소음예측에 필요한 입력변수의 종류 및 내용 등을 분석하였다. 또한 3차원 소음예측모델, 소음예측식, 입력변수값의 변화에 따른 소음예측결과를 비교·검토하였다. 상기의 분석결과를 바탕으로 도로소음평가에 적용되는 3차원 소음예측모델의 효율적 적용방안을 제안하였다



자료: OO도로 확장공사 사업계획 변경에 따른 환경보전방안 검토서(2012) 참조

<그림 1-1> 도로소음평가를 위한 3차원 소음예측모델 적용과정

다. 환경영향평가지 3차원 소음예측모델 적용의 가이드라인 마련

3차원 소음예측모델 적용현황 분석과 3차원 소음예측모델 내부 검토 및 소음예측결과
의 비교결과를 바탕으로 3차원 소음예측모델을 적용한 도로소음평가의 가이드라인을
제안하였다. 가이드라인의 내용으로 도로소음평가를 위한 3차원 소음예측모델의 적용범
위, 소음예측식과 입력변수의 종류 및 적용방법, 소음예측결과와 제시방법, 소음예측결과
의 검증방법 등을 포함하였다.

| 제2장 · 환경영향평가시 3차원 소음예측모델의 적용 현황 |

1. 국내 규정 및 적용사례

가. 규정

(1) 「소음·진동관리법」

환경부에서는 3차원 소음예측모델 활용을 통한 소음지도 작성을 근거로 환경소음의 효율적 관리방안을 수립하고 있다. 그에 따른 근거로 「소음·진동관리법」 제4조의2(소음지도의 작성)에서 환경부장관 또는 시·도지사는 교통기관 등으로부터 발생하는 소음을 적정하게 관리하기 위하여 일정 지역의 소음 분포 등을 표시한 소음지도를 작성하도록 규정하고 있다. 또한 「소음·진동관리법」시행규칙 제7조의2(소음지도의 작성 등)에서 소음지도의 작성방법 등에 관한 구체적인 사항을 환경부장관이 정하여 고시하도록 되어 있다. 이러한 규정을 바탕으로 소음지도 작성방법(환경부고시 제2010-72호)이 마련(부록 1)되었으며 그 중 도로소음과 관련된 내용을 살펴보면 <표 2-1>과 같다.

〈표 2-1〉 도로소음지도 작성방법

구분	항목	내용
1	도로소음 예측식	<div>- CRTN, RLS90, NMPB, Nord2000, ASJ2003</div>
2	도로소음원 영향인자	<div><div><div><div><div>구분</div><div>국내 차량 구분</div><div colspan="5">도로교통소음 예측식 적용</div></div><div><div>CRTN</div><div>RLS 90</div><div>NMPB</div><div>Nord 2000</div><div>ASJ 2003</div></div></div><div><div>승용</div><div>승용, 15인 미만 승합</div><div>소형</div><div>소형</div><div>소형</div><div>소형1</div></div><div><div>소형 트럭</div><div>2.5톤 미만</div><div></div><div></div><div></div><div></div></div><div><div>중형 트럭</div><div>2.5톤 이상~ 3.5톤 미만</div><div></div><div></div><div>중형</div><div>소형2</div></div><div><div>중형 버스</div><div>15인승 이상~25인승 미만</div><div>대형</div><div>대형</div><div></div><div>중형</div></div><div><div>대형 트럭</div><div>3.5톤 이상</div><div></div><div></div><div>대형</div><div>대형</div></div><div><div>대형 버스</div><div>25인승 이상</div><div></div><div></div><div></div><div>대형</div></div></div></div> <div><div>- 주행방향별 각각 소음원 설정</div><div>- 도로종단구배 : 5% 이상일 때 적용</div><div>- 도로포장 : 아스팔트, 콘크리트, 저소음포장</div></div>
3	도로소음전파 영향인자	<div><div>- 방음벽 : 다중반사효과, 흡음률 적용</div><div>- 건물 : 완전반사체 가정, 건물높이별 소음예측, 건물의 반사음 고려</div></div>
4	소음예측결과 검증	<div><div>- 예측값과 실측값 비교</div><div>- 실측값은 환경소음측정망 자료 활용</div><div>- 1시간 교통량이 1,000대 이상인 도로당 한 지점 이상에서 측정</div></div>

자료: 환경부(2010), 소음지도 작성방법

(2) 서울특별시 환경영향평가

서울특별시 환경영향평가 조례 제29조 제2항의 규정에 의하여 건축물 및 정비사업(재개발·재건축)의 환경영향평가 항목 및 심의기준(환경영향평가서 초안 작성 지침)(서울특별시 고시 제2012-140호)를 고시하고 있다. 고시내용으로서 건축물 및 정비사업(재개발·재건축)의 환경영향평가 항목의 종류와 항목별 평가사항을 규정하고 있다. 환경소음 분야에서 공사 시 및 운영 시 3차원 소음예측모델에 의한 수평 및 수직 등소음도 곡선을 통한 소음평가를 수행하도록 되어 있다(표 2-2 참조).

〈표 2-2〉 서울특별시 환경영향평가의 소음평가 내용

구분		내용
평가 내용	공사 시 영향예측	<ul style="list-style-type: none"> - 수음점과 음원의 거리, 표고 등을 고려하여 소음예측 실시 <ul style="list-style-type: none"> · 공사지점부터 수음점까지의 수평 등소음도 곡선 및 수음점에서의 수직 등소음도 곡선(층별 소음도 별도 표기) 작성 · 작성과정 및 근거자료 제시 · 지형 및 건물에 의한 회절, 반사영향 적용
	운영 시 영향예측	<ul style="list-style-type: none"> - 등소음도 곡선, 수직단면도 작성 <ul style="list-style-type: none"> · 작성과정 및 근거자료 제시 · 지형 및 건물에 의한 회절, 반사영향 적용

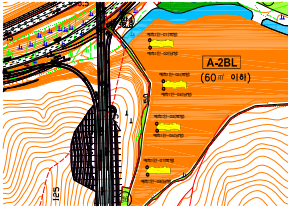
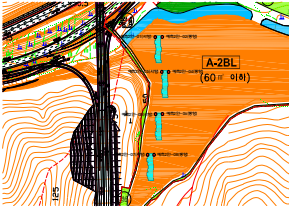
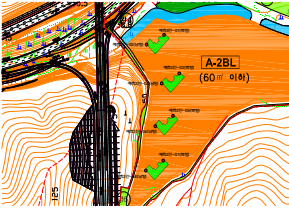
자료: 서울특별시(2012). 건축물 및 정비사업(재개발·재건축)의 환경영향평가 항목 및 심의기준(환경영향평가서 초안 작성 지침)

나. 적용사례

3차원 소음예측모델을 적용하여 도로소음을 평가한 사례를 살펴보기 위하여 도로개발 사업의 환경영향평가서를 참조하였다(국토해양부, 2012). 계획노선 주변에 택지개발지역이 위치하고 있어 공동주택의 형상 및 배치, 계획노선과 공동주택 사이의 특성(지형, 소음저감시설, 기존 시설물 등) 등을 고려한 도로소음예측을 위해 3차원 소음예측모델

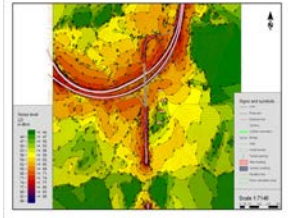
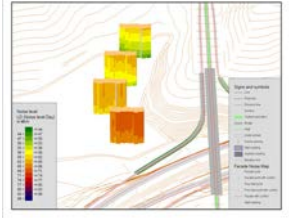
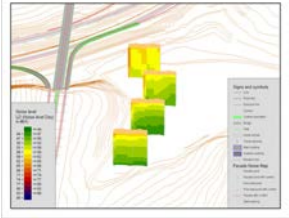
중 하나인 SoundPLAN을 적용하였다. 그리고 택지개발지역 내 공동주택의 형상 및 배치 등이 정해지지 않은 상황에서 주거시설의 방향 등을 고려한 3가지 배치형태의 대안(표 2-3 참조)을 마련하여 그에 따른 도로소음을 예측하였다(표 2-4 참조). 또한 계획노선의 운영에 따른 도로소음의 영향을 저감하기 위한 방안으로 방음벽 설치계획을 마련하였으며 그에 따른 소음저감효과를 보여주는 것이 <표 2-5>이다. 이와 같이 공동주택의 형상 및 배치, 방음벽 설치계획 등에 따른 층별 소음예측자료를 바탕으로 다양한 대안에 따른 도로소음영향을 비교·검토하여 사업지역의 특성에 맞는 소음저감계획을 수립하고 있다.

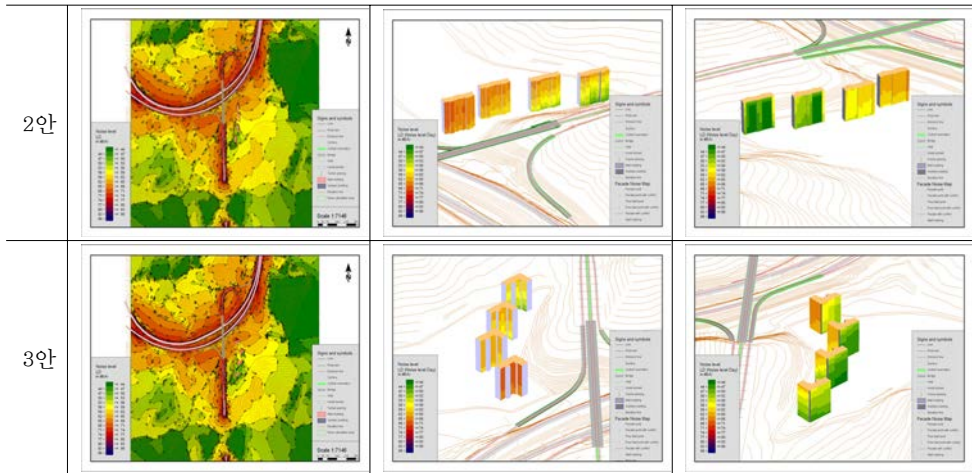
〈표 2-3〉 공동주택의 형상 및 배치에 따른 대안

구분	1안	2안	3안
배치 형태			

자료: 국토해양부(2012), OO 국도건설공사 환경영향평가서

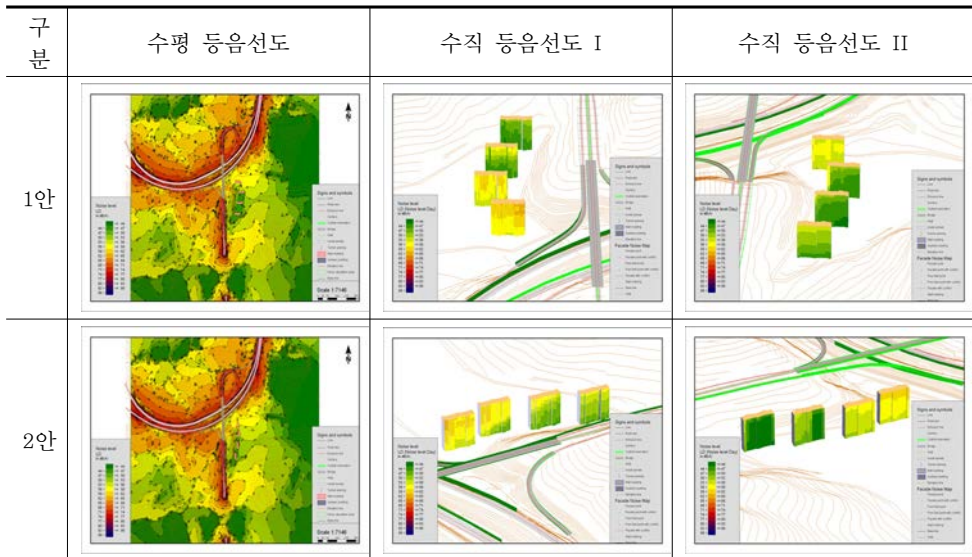
〈표 2-4〉 공동주택의 형상 및 배치 변화에 따른 소음분포

구분	수평 등음선도	수직 등음선도 I	수직 등음선도 II
1안			

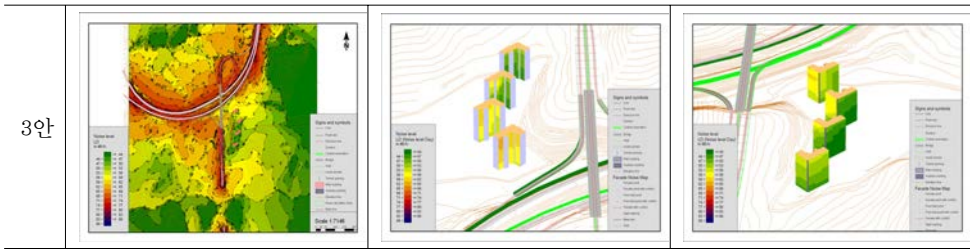


자료: 국토해양부(2012), OO 국도건설공사 환경영향평가서

〈표 2-5〉 공동주택의 형상 및 배치 변화와 방음벽 설치계획에 따른 소음분포



10 | 환경영향평가에 적용되는 3차원 소음예측모델의 가이드라인 마련



자료: 국토해양부(2012), OO 국도건설공사 환경영향평가서

2. 국외 규정 및 적용사례

가. 규정

(1) EU Directive 2002/49/EC

EU Directive 2002/49/EC는 3차원 소음예측모델에 의해 작성된 소음지도를 통하여 유럽의 소음환경에 대한 정보를 수집하고 이것을 바탕으로 소음레벨을 감소시키기 위한 상세한 계획을 개발하려는 목표를 가지고 있다. 이러한 목표를 달성하기 위하여 소음지도 작성을 통한 환경소음 정도 측정, 환경소음 정보와 소음이 사회에 미치는 영향 확인, 소음지도결과를 토대로 소음영향이 적은 지역의 보존 및 소음저감정책 수립 등을 요구하고 있다. 또한 이러한 규정에서 소음지도 작성을 위해 필요한 소음척도 및 평가방법, 지도의 범위, 소음예측기법, 소음예측결과, 계획표 등에 관한 구체적인 내용을 포함하도록 하고 있다(표 2-6 참조)(선효성 외, 2009).

〈표 2-6〉 EU Directive 2002/49/EC에 포함된 소음지도 작성방법

구분	항목	내용
1	소음지표	- L_{den} , L_{night}

구분	항목	내용
		- 추가적인 소음지표 사용 가능
2	소음도 평가지점 높이	- 계산을 통한 소음도 평가지점 높이는 지면 또는 건물 벽면에서 $4.0 \pm 0.2m$ (3.8~4.2m) - 측정을 통한 소음도 평가지점 높이는 별도로 선택할 수 있으며 이 경우 1.5m 이하는 불가능
3	소음평가 방법	- L_{den} 과 L_{night} 는 계산 또는 측정을 통해 구함 - 국가별 도로소음 예측식이 없을 경우 프랑스 예측식인 NMPB-Routes-96(XPS 31-133) 적용 가능
4	소음지도 작성결과	- 현재 및 미래 상황에 대한 소음도 - 소음한도 초과정도 - 주거지, 학교, 병원 등 특정지역에 대한 소음도 - 소음노출인구 - 도형 소음지도, 수치데이터 표, 수치데이터 전자정보 등을 제출

자료: 선효성 외(2009), Noise map을 활용한 환경소음의 관리방안 마련

(2) WG-AEN

EU Directive 2002/49/EC에 의해 환경소음을 평가하고 관리하기 위한 소음지도 제작 과 그에 따른 자료의 준비 및 적용 등에 대한 방법을 가이드하기 위해 European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise(WG-AEN)에서 2006년도에 Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure라는 보고서를 제작하였다(WG-AEN, 2006). 이 보고서는 소음지도 제작 시 일어날 수 있는 문제들에 대한 검토를 바탕으로 한 권고사항을 제안하고 소음지도의 정확성에 대한 논의와 그에 따른 가이드라인을 포함하고 있다.

보고서에 포함된 가이드라인 중 대부분의 내용을 차지하고 있는 것은 3차원 소음예측 모델 적용을 위한 입력변수의 값을 지정하는 다양한 접근방법의 제안이다. 예를 들어, 도로소음의 경우 교통량, 차속, 대형차량비율, 도로표면, 도로구배 등의 입력자료를 산정하는 방법과 그 방법에 따른 난이도, 정확성, 비용 등의 정도를 제시하고 있다. <그림 2-1>은 도로소음 예측을 위한 차속정보를 다양한 경우로 구분하여 제안한 내용을 보여 주고 있으며 각각의 경우에 따른 평가를 포함하고 있다. 이러한 가이드라인을 바탕으로 3차원 소음예측모델을 적용하는 다양한 경우를 고려하여 입력정보를 적절히 획득하는

12 | 환경영향평가에 적용되는 3차원 소음예측모델의 가이드라인 마련

방법을 선택할 수 있다. 또한 선택된 방법에 따른 소음예측결과를 산출할 경우 정확성 및 비용 등의 부가적인 문제를 미리 파악하여 해결방안을 마련할 수 있다.

Colour code to rate Tools					
complexity	colour code	accuracy	colour code	cost	colour code
simple		low		inexpensive	
-		-		-	
-		-		-	
-		-		-	
-		-		-	
sophisticated		high		expensive	
















Toolkit 3: Average road traffic speed	
Available information	applicable tool
Speed for day, evening and night	no further action
Speed for each hour of the day	use Tool 3.1
Speed for day and night	use Tool 3.2
Traffic speed for an 18-hour day or a full 24-hour day (or longer period of time)	use Tool 3.3
Speed for weekdays	use Tool 3.4
No speed data	use Tool 3.5

Tool 3.1: Speed for each hour of the day			
Method	complexity	accuracy	cost
Calculate arithmetically the average speed for the different periods (day, evening, night)			

Tool 3.2: Speed for day and night			
Method	complexity	accuracy	cost
Use value of daytime for day and evening Use value of night time for night			

Tool 3.3: Speed for an 18-hour day or a full 24-hour day (or longer period of time)			
Method	complexity	accuracy	cost
Use value for day and evening Use speed limit for night period			

Tool 3.4: Speed for weekdays			
Method	complexity	accuracy	cost
Use Tool 3.5 to gather weekend data		depends on method used	
Use weekday data also for weekend			

Tool 3.5: No speed data			
Method	complexity	accuracy	cost
Measure vehicle speeds by means of radar or other suitable technology			
Measure time vehicles take to travel along a road section of known length and calculate average traffic speed			
Determine average traffic speed by driving in the average traffic flow			
Use the speed limit (e.g. from traffic signs)			
Make an assumption of average traffic speed based on experience from similar road types			

자료: WG-AEN(2006), Good practice guide for strategic noise mapping and the production of associated data on noise exposure

〈그림 2-1〉 WG-AEN에 포함된 입력정보 가이드라인 내용

나. 적용사례

3차원 소음예측모델을 적용하여 도로소음을 평가한 사례를 살펴보기 위하여 브라질 쿠리티바(Curitiba) 지역의 도로개발사업을 참조하였다(Paulo Henrique Trombetta Zannin, et al., 2011). 브라질 쿠리티바 지역의 BR-116 도로(그림 2-2 참조)가 도심지역을 관통하고 있어 차량통행(특히 대형차량)에 따른 소음이 사회적 이슈가 되고 있다. 이를 해결하기 위한 방안으로 두 가지 대안을 마련하였는데 첫째는 새로운 도로(East contour road, 그림 2-2 참조)를 건설하는 것이며 둘째는 기존 BR-116 도로를 개선(Green road, 그림 2-2 참조)하는 것이다. 여기서 Green road의 개념은 <그림 2-3>과 같이 기존 도로를 확장하여 대형차량은 중앙으로 통행하게 하고 주거지역과의 이격거리 확보 및 저속운행 유도를 포함하고 있다. 이러한 두 가지 대안을 바탕으로 GIS 자료를 활용하여 지형, 도로, 건물 등의 분포를 구현하고 3차원 소음예측모델 중의 하나인 Predictor BK 7810을 적용하여 도로소음을 예측하였다. 새로운 도로(East contour road) 신설 유무에 따른 도로소음분포를 비교한 것이 <그림 2-4>이며 새로운 도로로 인한 교통량 분배로 인하여 도로소음이 감소된 것을 확인할 수 있다. 그러나 Green road의 경우 도로 확장에 따른 교통량 증가로 인해 도로소음이 증가되는 양상(그림 2-5 참조)을 보여주고 있으며 방음벽 등 추가적인 소음저감대책 수립이 필요한 것으로 나타

났다. 이와 같이 도로 및 그 주변의 지형과 건물 등의 분포를 고려한 3차원 소음예측모델이 도로소음 저감을 위한 도로개발 방향을 설정하는 도구로서 중요한 역할을 수행한다는 것을 알 수 있다.



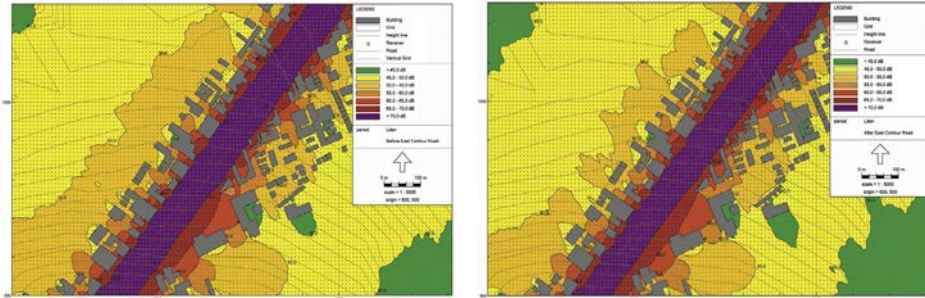
자료: Paulo Henrique Trombetta Zannin, et al.(2011), Noise mapping at different stages of a freeway redevelopment project - A case study in Brazil

〈그림 2-2〉 브라질库里티바 지역의 BR-116 도로, East contour road, Green road의 분포



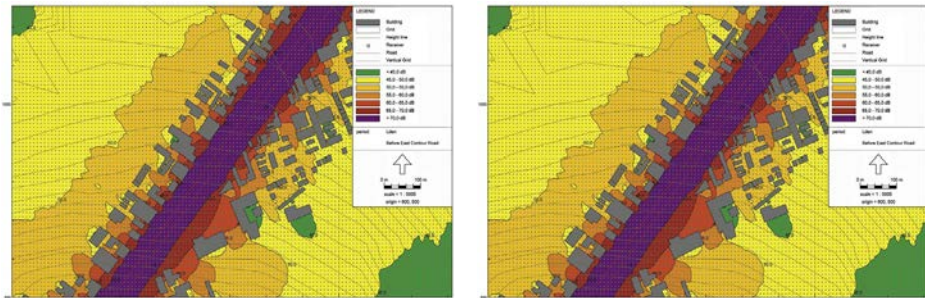
〈그림 2-3〉 기존 BR-116 도로(좌) 및 Green road(우)의 모습

자료: Paulo Henrique Trombetta Zannin, et al.(2011), Noise mapping at different stages of a freeway redevelopment project - A case study in Brazil



자료: Paulo Henrique Trombetta Zannin, et al.(2011), Noise mapping at different stages of a freeway redevelopment project – A case study in Brazil

〈그림 2-4〉 새로운 도로(East contour road) 신설 유(우)무(좌)에 따른 BR-116 도로소음 분포



자료: Paulo Henrique Trombetta Zannin, et al.(2011), Noise mapping at different stages of a freeway redevelopment project – A case study in Brazil

〈그림 2-5〉 기존 BR-116 도로(좌) 및 Green road(우)에 따른 도로소음 분포

3. 문제점 및 개선방향

3차원 소음예측모델과 관련한 규정 및 사례 분석을 통해 기존 개발사업의 환경영향평가에서 3차원 소음예측모델 적용에 의한 문제점을 파악한 내용은 다음과 같다.

첫째, 개발사업의 환경영향평가 단계에서 3차원 소음예측모델 적용에 따른 지침이나 가이드라인이 부족하다. 3차원 소음예측모델과 관련한 국내·외 규정에서는 과거 및 현재

시점에서의 소음관리에 초점이 맞추어져 있으므로 미래 시점에 대비하는 환경영향평가에 활용할 수 있는 방안이 필요하다. 둘째, 3차원 소음예측모델에 포함된 소음예측식 및 입력변수 등에 대한 구체적인 정보나 내용이 미흡하다. 3차원 소음예측모델에 따른 매뉴얼이 제공되고 있으나 방대한 내용으로 인해 모델 사용에 대한 이해가 부족한 상황에서 적용되고 있다. 소음지도 작성방법(환경부 고시 제2010-72호)에서 3차원 소음예측모델을 적용하기 위한 기본적인 사항을 명시하고 있으나 3차원 소음예측모델 내부를 구체적으로 분석하여 모델 사용자의 편의성과 소음예측결과의 합리성을 확보하는 것이 요구된다. 셋째, 환경영향평가에서 3차원 소음예측모델에 의한 소음예측결과의 활용방안이 필요하다. 기존 개발사업의 환경영향평가에서 3차원 소음예측모델을 적용한 사례가 있으나 모델 사용에 따른 소음예측결과 및 소음분포의 단순한 제시에 그치고 있다. 따라서 3차원 소음예측모델에 의한 결과분석을 바탕으로 효율적이면서 현실적인 소음저감계획을 마련할 수 있는 가이드라인이 요구된다.

상기의 문제점을 바탕으로 제안한 개선방향은 다음과 같다. 첫째, 3차원 소음예측모델, 소음예측식, 소음예측과 관련한 입력변수 등에 대한 전반적이면서 구체적인 검토가 필요하다. 둘째, 3차원 소음예측모델을 개발사업의 환경영향평가에 효율적으로 적용할 수 있는 가이드라인을 마련하여 현실적인 소음저감계획 수립을 통한 친환경적인 개발계획을 유도하는 것이 요구된다.

| 제3장 · 환경영향평가시 3차원 소음예측모델의 적용 방안 |

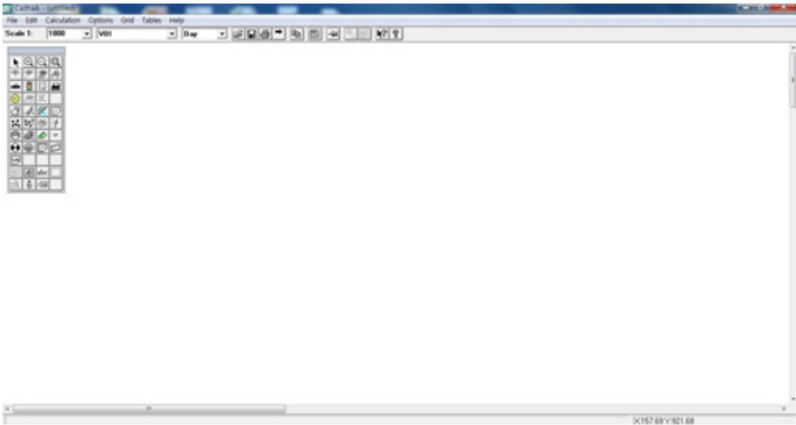
국내 개발사업의 환경영향평가에서 3차원 소음예측모델을 효율적으로 적용하기 위한 방안을 모색하기 위해 도로소음을 대상으로 SoundPLAN, Cadna-A, IMMI 상용프로그램(그림 3-1 참조)을 적용하였다. 이러한 프로그램들은 도로 등 다양한 소음원에 의하여 발생하는 소음의 물리적 영향을 전파경로상에서 예측할 수 있으며 주요 특성은 다음과 같다(박인선 외, 2008).

- 경험적인 예측식에 의해 계산하고 다양한 소음지표로 모델링 가능
- 다양한 소음원의 주파수 특성, 시간변화 특성, 방향성 등의 입력 가능
- 소음의 2D 또는 3D 가시화 및 동영상 생성 가능
- 최적 소음저감대책 모델링 및 평가 가능
- 소음예측을 위한 객체의 삽입 가능
- 다양한 포맷(DXF 등)의 자료 입력 가능

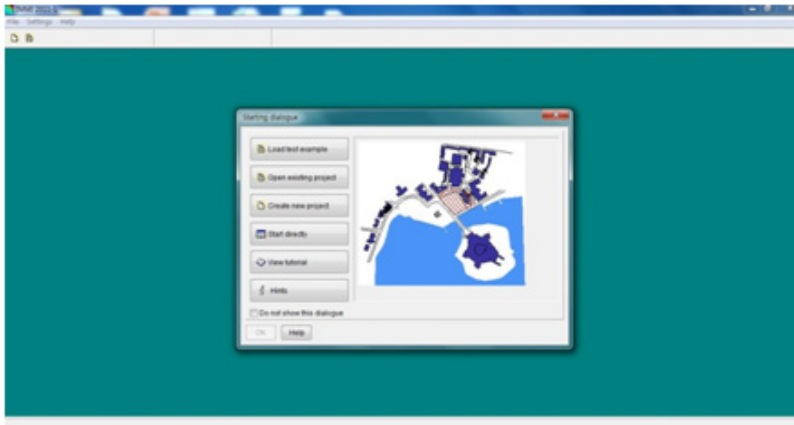
18 | 환경영향평가에 적용되는 3차원 소음예측모델의 가이드라인 마련



(a) SoundPLAN



(b) Cadna-A



(c) IMMI

〈그림 3-1〉 3차원 소음예측모델을 포함한 상용프로그램의 모습

상기의 프로그램을 활용하여 도로소음을 평가하기 위해 도로소음 예측식, 도로소음원 입력자료, 방음벽 및 건물과 관련한 입력자료 등의 종류 및 내용을 살펴보았다. 그리고 이러한 입력자료의 분포 및 입력값을 근거로 3차원 소음예측모델 구현을 통한 소음예측 결과를 비교·검토하였다. 또한 소음예측결과의 분석을 바탕으로 3차원 소음예측모델을 도로소음평가에 적용하기 위한 방안을 제안하였다.

1. 도로소음 예측식

가. 종류 및 내용

3차원 소음예측모델은 다양한 도로소음 예측식을 가지고 있으나 본 연구에서는 환경 부에서 고시한 소음지도 작성방법(제2010-72호)에 포함된 도로소음 예측식(CRTN, RLS90, NMPB, Nord2000, ASJ2003)을 검토하였다.

(1) CRTN

CRTN은 영국에서 개발된 도로소음 예측식이며 1시간 또는 18시간 연속 측정한 양방향의 교통량을 이용하여 기본 소음도를 구하게 된다. 이러한 기본 소음도를 근거로 하여 대형차량비율 및 차량속도(C_{pv}), 도로경사도(C_{grad}), 도로포장상태(C_{surf}), 도로와 수음점 사이의 거리(C_{dist}) 등에 대한 보정을 통해 수음점에서의 소음레벨을 예측한다. 이 중에서 대형차량비율과 차량속도의 변화를 고려한 보정계수(C_{pv})를 보여주는 것이 식 (3)이다. 여기서 q 와 Q 는 각각 1시간과 18시간의 교통량, V 는 차량속도, p 는 대형차량비율로서 $100f/q$ 또는 $100F/Q$, f 와 F 는 각각 1시간과 18시간의 대형차량 운행대수를 의미한다. 차종은 2차종(소형차, 대형차)으로 분류하며 1.5톤 이상을 대형차, 그 이외의 차량을 소형차로 구분하고 있다(정우홍 외, 2007).

$$L_{10}(1h) = 42.2 + 10\log q + C_{pv} + C_{grad} + C_{surf} + C_{dist} \quad (1)$$

$$L_{10}(18h) = 29.1 + 10\log Q + C_{pv} + C_{grad} + C_{surf} + C_{dist} \quad (2)$$

$$C_{pv} = 33\log(V + 40 + 500/V) + 10\log(1 + 5p/V) - 68.8 \quad (3)$$

(2) RLS90

RLS90은 독일에서 개발된 도로소음 예측식이며 음원모델과 전달모델로 구성되어 있다. L_{ME} (음원방사레벨)은 기준 소음도($L_M(25, basic)$), 차속보정(C_{Speed}), 도로표면보정($C_{Roadsurface}$), 도로구배보정($C_{Gradient}$), 다중반사보정(C_{Ref})의 효과를 포함한다. 이러한 L_{ME} 값을 바탕으로 도로구간길이보정($C_{Sectionlength}$), 소음확산보정($C_{Spreading}$), 지면흡음보정($C_{Groundabsorbition}$), 방음시설보정($C_{Screening}$)의 효과를 고려하여 수음점의 소음레벨(L_M)을 산정한다. 여기서 $L_M(25, basic)$ 은 도로에서 25m

이격과 4m 높이 지점의 기준 소음도(식 (6))를 나타내며 M 은 시간당 통과차량 수, P 는 대형차량비율을 의미한다. 차종은 2차종(소형차, 대형차)으로 분류하며 2.8톤 이상을 대형차, 그 이외의 차량을 소형차로 구분하고 있다(최준규 외, 2012).

$$L_{ME} = L_M(25, basic) + C_{Speed} + C_{Roadsurface} + C_{Gradient} + C_{Ref} \quad (4)$$

$$L_M = L_{ME} + C_{Sectionlength} + C_{Spreading} + C_{Groundabsorbition} + C_{Screening} \quad (5)$$

$$L_M(25, basic) = 37.3 + 10\log(M \times (1 + 0.082 \times P)) \quad (6)$$

(3) NMPB

NMPB는 프랑스에서 개발된 도로소음 예측식이며 소음방출량(E)에서 교통량(Q)을 보정한 단위길이당 음향파워레벨($L_{Aw/m,k}$)을 구하게 된다. 여기서 소음방출량은 차량분류, 차량속도, 노면경사, 교통흐름 등의 변화를 고려한다. 소음방출량을 바탕으로 노면상태에 따른 보정치(Ψ)와 옥타브밴드 보정치를 적용하여 각각 $L_{Aw/m,\Psi}$ 와 L_{Awi} 를 산출한다. 만약 전파경로상에 장애물이나 방음벽이 있을 경우 재질에 따른 흡음보정계수를 적용하여 최종적인 소음레벨을 예측한다. 차종은 2차종(소형차, 대형차)으로 분류하며 3.5톤 이상을 대형차, 그 이외의 차량을 소형차로 구분하고 있다(정우홍 외, 2007).

$$L_{Aw/m,k} = E_{lv,k} + 10\log(Q_{lv,k}) + E_{jv,k} + 10\log(Q_{hv,k})$$

$$L_{Aw/m,\Psi} = 10\log \sum_k 10^{(L_{Aw/m,k} + \Psi)/10} \times h_k/h_p$$

$$L_{Awi} = L_{Aw/m,\Psi} + 20 + 10\log(l_i) + R(j) \quad (7)$$

(4) Nord2000

Nord2000은 북유럽에서 개발된 도로소음 예측식이며 수음점에서의 소음레벨 (L_R)은 각각의 주파수대별로 식 (8)과 같이 계산된다(J. Kragh, et al., 2002).

$$L_R = L_W + \Delta L_d + \Delta L_a + \Delta L_t + \Delta L_s + \Delta L_r \quad (8)$$

여기서 L_W 는 주파수밴드별 음향파워레벨, ΔL_d 는 이격거리에 따른 보정계수, ΔL_a 는 공기흡음 보정계수, ΔL_t 는 지면 및 방음벽에 의한 보정계수, ΔL_s 는 소음분산지역에서의 보정계수, ΔL_r 는 장애물에 의한 반사효과 보정계수를 의미한다.

Nord2000은 음향파워 산출시 도로와 수음점까지의 거리(7.5~15m), 높이는 0.2m 및 4m에서 측정한 자료를 적용하며 도로 중심선에서 10m 떨어진 지점의 소음레벨은 식 (9)와 같이 계산된다(도로교통연구원, 2009).

$$L_{E,10m} = L_E + 10\log\left(\sqrt{(d - w/2)^2 + h_r^2}/10\right) - 10\log(\Delta\alpha/2/\arctan(5)) \quad (9)$$

여기서 L_E 는 측정소음레벨, d 는 도로중심선으로부터의 거리, w 는 차량축의 너비, h_r 은 수음점의 높이, $\Delta\alpha$ 는 수음점에 영향을 미치는 도로의 각도를 의미한다.

식 (9)에 측정에 사용된 지향성 및 거리감쇠 보정치($C(V)$)를 고려해야 하는데 이는 다음과 같이 계산된다.

$$C(V) = L_W - L_{E,10m} \quad (10)$$

식 (9)와 (10)을 이용하여 차량속도(V)의 변화에 따른 L_W 를 계산하는 방법은 다음과 같다.

$$L_W = L_{E,10m} + C(50) + 10\log(V/50) \quad (11)$$

차량 속도가 50km/h가 기준 속도가 되며 $C(50)$ 의 값은 차종별로 계산되는데 도로와 수음점의 거리가 10m, 높이가 0.2m와 4m의 측정값으로 주어진다.

(5) ASJ2003

ASJ2003은 일본에서 개발된 도로소음 예측식이며 소음레벨은 주행속도에 로그를 취하여 속도에 따른 보정계수 b 를 곱하고 차종별로 결정되는 보정계수 a 와 다른 기준치에 따른 보정항 C 를 합하여 결정된다. b 의 값은 비정상 주행구간인 경우와 정상주행구간인 경우로 나누어지며 각 주행구간에서 차종 분류에 따라 a 가 결정된다(도로교통연구원, 2009).

$$L_{WA} = a + b\log V + C \quad (12)$$

여기서 L_{WA} 는 차량의 음향파워레벨, a 는 차종에 따른 보정계수, b 는 속도에 따른 보정계수, V 는 차량의 주행속도, C 는 노면상태, 도로구배 등의 도로조건 및 지향성 등에 의한 변화를 고려한 보정항으로서 식 (13)과 같이 계산된다.

$$C = \Delta L_{surf} + \Delta L_{grad} + \Delta L_{dir} + \Delta L_{etc} \quad (13)$$

여기서 ΔL_{surf} 는 도로포장에 의한 보정계수, ΔL_{grad} 는 도로구배에 의한 보정계수, ΔL_{dir} 은 지향성에 관한 보정계수, ΔL_{etc} 는 다른 요인에 의한 보정계수를 의미한다.

도로를 한 대의 차량이 주행했을 때 i 번째 음원 위치에 대한 수음점의 소음레벨 ($L_{A,i}$)은 식 (14)와 같이 계산된다.

$$L_{A,i} = L_{WA,i} - 8 - 20\log r_i + \Delta L_{cor,i} \quad (14)$$

여기서 $L_{WA,i}$ 는 i 번째 음원위치에서의 차량 음향파위레벨, r_i 는 i 번째 음원위치와 수음점까지의 거리, $\Delta L_{cor,i}$ 는 회절에 의한 감쇠량($\Delta L_{dif,i}$)과 지표면에 의한 감쇠량($\Delta L_{grnd,i}$)과 공기흡음에 의한 감쇠량(ΔL_{air})을 합산한 보정값을 의미한다.

(6) 예측식 검토

CRTN 예측식은 $L_{10}(1h)$ 또는 $L_{10}(18h)$ 소음지표에 의한 소음예측결과를 제시하고 있으나 국내에서 적용할 경우 $L_{10}(1h)$ 또는 $L_{10}(18h)$ 소음지표에 대한 도로소음 기준이 없는 문제점을 내포하고 있다. Nord2000 및 ASJ2003 예측식의 경우 차종분류가 각각 3종류(소형, 중형, 대형) 및 4종류(소형1, 소형2, 중형, 대형)로 구분되어 있다(환경부, 2010). 이는 단순히 공차중량(CRTN:1.5톤, RLS90:2.8톤, NMPB:3.5톤)에 의한 분류에 비해 복잡한 측면을 보여주고 있다. 또한 Nord2000(표 3-1 참조) 및 ASJ2003(표 3-2 참조) 예측식의 차종분류는 최대 차량총무게, 차량길이, 배기량, 탑승인원수 등의 인자가 관련되어 있어 국내 차종을 유사하게 변화하는 것이 어려울 수 있다. 참고로 국내 차종분류는 차종분류 가이드(국토해양부, 2008)에 따라 12종으로 구분하고 있으며 차종별 정의 및 예시에 대한 내용은 <표 3-3>과 같다. 따라서 본 연구에서는 상기의 검토를 바탕으로 도로소음 예측식에 의한 소음예측결과의 비교·검토를 위해 RLS90과 NMPB 예측식을 적용하였다.

〈표 3-1〉 Nord2000 예측식의 차종분류

Vehicle category no.	Short description	Maximum gross weight (kg)	Vehicle length (m)	Characteristics
1	Light	3,500	< 5.5	Additional input parameters: Studded tyres Wet surfaces
2	Medium	3,500 ~ 12,000	5.6 ~ 12.5	2 axles, 6 wheels
3	Heavy	> 12,000	> 12.5	3 or more axles Additional input parameter: Average no. of axles

자료: J. Kragh, et al.(2006), User's guide Nord2000 road

〈표 3-2〉 ASJ2003 예측식의 차종분류

Two-category vehicle classification	Four-category vehicle classification	Initial character of the number plate and classification conditions
Small vehicle	Passenger car	3,5,7,4(Van) • Vehicles where the maximum number of passengers is 10 persons or less
	Light truck	4(except for Van),6 • Vehicles where the piston displacement is more than 50cc and length is 4.7m or less
Large vehicle	Medium truck	1,2 • Trucks where the length exceeds 4.7m, except for heavy trucks(most are two-axle vehicles) • Medium buses where the maximum number of passengers is 11 to 29 persons
	Heavy truck	1*,2*,9,0 • Trucks where the total weight is 8 tons or more or a maximum loadage of 5 tons or more(most are three-axle vehicles) • Large buses where the maximum number of passengers is 30 persons or more • Large-sized special purpose vehicles

Note 1: The special purpose vehicles where the initial character of the classification number

is "8" shall be classified in accordance with their actual conditions of use




Note 2: * indicates a large-sized plate (length: 440mm, width: 220mm). The dimensions of the number plate for the medium truck are same as one of the light truck (length: 330mm, width: 165mm)

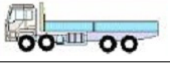
Note 3: Vehicles where the piston displacement is 660cc or less shall be included in vehicles where the initial character of the classification number is "4" or "5"

Note 4: The motorcycle and the motorcycle (under 50cc) shall be included with light trucks

자료 : The Acoustical Society of Japan Research Committee on Road Traffic Noise(2004), Road traffic noise prediction model ASJ RTN-Model 2003

〈표 3-3〉 12차종 분류 및 예시

종별	분류기준		대표적 차체	차종 정의	해당 차량의 예
	축수	단위	차축 배열		
1종	승용차 미니 트럭	2	1	 16인승 미만의 여객 수송용 차량, 미니 트럭 등 2축 1단위 차량	클릭, 베르나, 아반떼, 쏘나타, 투스카니, 그랜저, 에쿠스, 모닝, 프라이드, 세라토, 로체, 오피러스, 토스카, 윈스툼, 레조, 라세티, 젠트라, 칼로스, 마티즈, 체어맨, 갠로퍼, 라비타, 트라제, 싼타페, 테라칸, 스타렉스, 카렌스, 카니발, 스포티지, 쏘렌토, 렉스턴, 카이런, 액티언, 로디우스, 봉고, 프레지오, 그레이스, 라보, 다마스, 타우너, 무쏘 스포츠 등
2종	버스	2	1	 16인승 이상의 여객 수송용 버스 형식으로 2축 1단위 차량	그랜버드, 뉴콤비, 에어로 고속, 에어로 버스, 도시형 버스, 직행버스, 관광버스, 좌석버스, 로얄버스, 수퍼버스, 코스모스, 시외버스, 전세버스 등
3종	소형 화물차 A	2	1	 화물수송용 트럭으로 2축의 최대 적재량 1~2.5톤 미만의 1단위 차량	포터, 세레스 등 2.5톤 이하 트럭, 2.5톤 미만 내장탑, 2.5톤 미만 냉동탑 등

종별		분류기준		대표적 차체	차종 정의	해당 차량의 예
		축수	단위	차축 배열		
4종	소형 화물차 B	2	1		화물 수송용 트럭으로 2축의 최대적재량 2.5톤 이상의 1단위 차량	타이탄, 복사(起), 트레이드, 2.5~5톤 트럭, 트랙터, 8~8.5톤 카고, 8톤 냉동차, 8~8.5톤 덤프, 8톤 진개차, 5톤 렉카, 진개차, 라이노, 4.5톤 내장탑, 4.5톤 냉동탑, 사료 운반차
						
5종	중형 화물차 A	3	1		화물 수송용 트럭으로 3축 1단위 차량	믹서, 15톤 덤프, 트랙터, 붐믹서, 5.4톤 트랙터, 9.5~10톤 카고, 16KL 탱크롤리, 11톤 냉동차, 11.5톤 압롤, 11~12톤 카고, LPG 탱크, 냉동 6×4, 11~12톤 카고 트럭, 베스트 믹서, LPG 탱크롤리, B.C. 트럭, 진개차, 대형 콘크리트 펌프, 탱크롤리 등
						
6종	중형 화물차 B	4	1		화물 수송용 트럭 형식으로 4축 1단위 차량	탱크롤리 21KL(現), 덤프 트럭 8/4(現) 등
						
7종	중형 화물차 C	5	1		화물 수송용 트럭 형식으로 5축 1단위 차량	탱크롤리, 덤프트럭, 카고트럭 등
						
8종	대형 화물차 A	4	2		화물 수송용 세미 트레일러 형식으로 4축 2단위(견인차, 피견인차) 차량	평판 세미 트레일러, 탱크롤리 트레일러 등
						
9종	대형 화물차 B	4	2		화물 수송용 풀 트레일러 형식으로 4축 2단위(견인차, 피견인차) 차량	카고 풀 트레일러 등
						
10종	대형 화물차 C	5	2		화물 수송용 세미 트레일러 형식으로 5축	평판 세미 트레일러 등

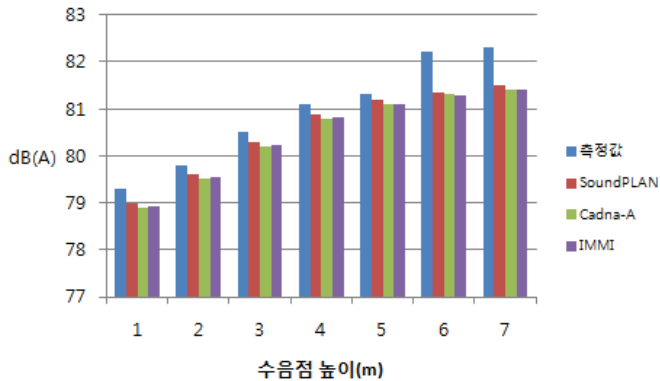
종별		분류기준		대표적 차체	차종 정의	해당 차량의 예
		축수	단위	차축 배열		
					2단위(견인차, 피견인차) 차량	
11 종	대형 화물차 D	5	2		화물 수송용 풀 트레일러 형식으로 5축	카고 풀 트레일러 등
					2단위(견인차, 피견인차) 차량	
12 종	대형 화물차 E	6	2		화물 수송용 세미 트레일러 형식으로 6축 이상	평판 세미 트레일러 등
					2단위(견인차, 피견인차) 차량	

자료: 교통량 정보제공 시스템 참조, <http://www.road.re.kr>

나. 예측식 변화에 따른 소음예측결과 검토

도로소음 예측식에 의한 소음예측결과의 비교검토를 위한 기준점으로서 도로소음 측정결과를 활용하였다. 경부고속도로 주변의 평탄지역을 대상으로 도로단에서 20m 이격된 지점의 높이별 도로소음 측정결과를 적용하였다. 소음측정과 동일한 시점에 대한 교통량 및 속도 정보를 입력하였으며 차종은 국내 차종분류에 따라 소형(승용차, 소형화물차) 및 대형(버스, 중형화물차, 대형화물차)으로 구분하였다.

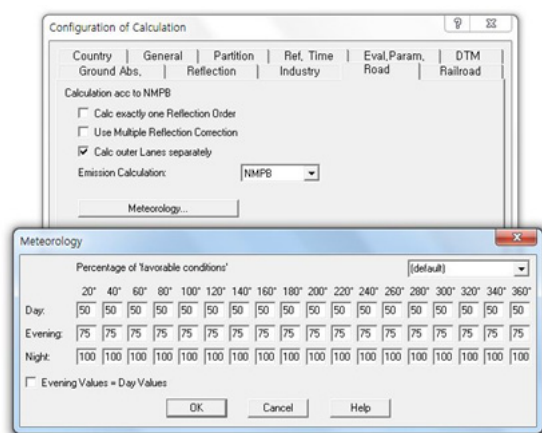
3차원 소음예측모델이 포함된 3개의 상용프로그램에 대하여 RLS90 예측식을 적용한 소음예측결과와 소음측정결과를 비교한 것이 <그림 3-2>이다. 프로그램별 소음예측결과와 소음측정결과는 약간의 오차를 보여주고 있지만 수음점이 높을수록 소음전파양상(바람 및 온도 등)의 차이로 인해 오차범위가 증가하는 것을 파악할 수 있다.



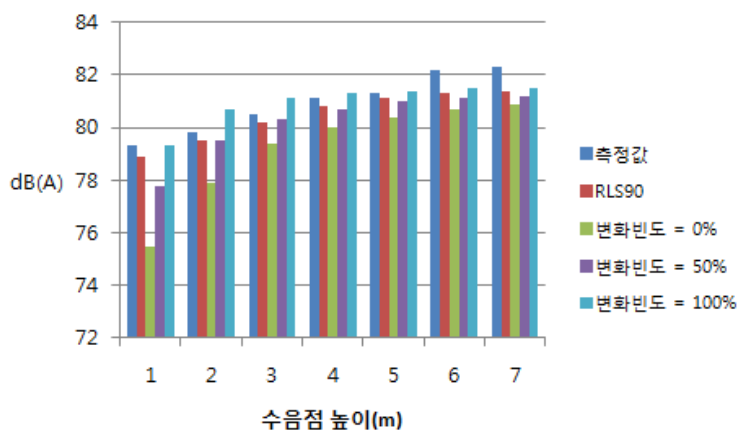
〈그림 3-2〉 프로그램별 RLS90 예측결과와 측정값의 비교

NMPB 예측식의 경우 소음예측을 위해 기상학적 영향을 고려하며 기상학적 변화빈도(%)를 방위각별로 입력하도록 되어 있다. 예를 들어, Cadna-A 프로그램의 경우 <그림 3-3>에서와 같이 Meteorology 항목이 있으며 그 내부에는 20도 방위각별로 낮, 저녁, 밤의 기상학적 변화빈도(percentage of favorable conditions)를 입력하도록 되어 있다. 여기서 기상학적 변화빈도는 0~100% 범위를 가지고 있으며 입력값이 높을수록 주변의 기상변화가 불규칙하다는 것을 의미한다. 소음측정 결과, RLS90 예측식에 의한 결과, 기상학적 변화빈도의 변화(0%, 50%, 100%)를 고려한 NMPB 예측식에 의한 결과를 비교한 것이 <그림 3-4>이다. 기상학적 변화빈도에 따라 NMPB에 의한 소음예측결과의 차이를 보여주고 있으며 수음점 높이가 낮을수록 그 변화가 증가하는 것을 파악할 수 있다. NMPB 예측식과 관련한 국외의 자료(AR-INTERIM-CM, 2003)를 살펴보면 기상학적 변화빈도가 40%와 100%일 경우 도로단부터 400m까지의 소음예측결과가 최대 2dB 정도 차이가 난다고 설명하고 있다(그림 3-5 참조). 또한 도로와 수음점 사이에 장애물이 있거나 주거밀집지역 등 복잡한 지역의 경우 기상학적 변화빈도에 따른 소음예측결과의 차이가 커질 수 있다는 것을 시사하고 있다. 따라서 NMPB 예측식을 적용한 소음평가에서는 이러한 점을 고려하는 것이 필요하다.

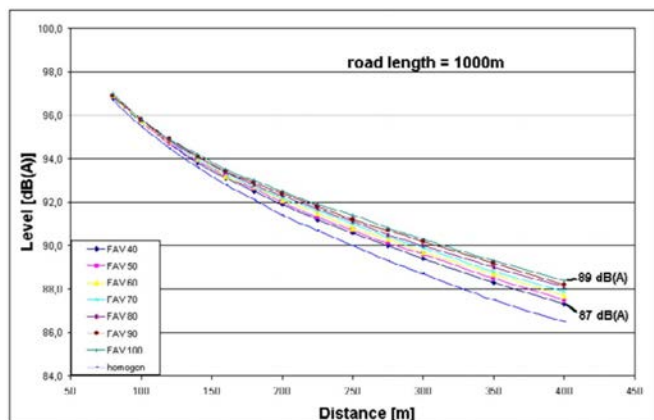
30 | 환경영향평가에 적용되는 3차원 소음예측모델의 가이드라인 마련



〈그림 3-3〉 NMPB 예측식의 기상학적 분포 입력(Cadna-A)



〈그림 3-4〉 기상학적 변화빈도에 따른 NMPB 소음예측값 비교(Cadna-A)



자료: AR-INTERIM-CM(2003), Adaption and revision of the interim noise computation methods for the purpose of strategic noise mapping

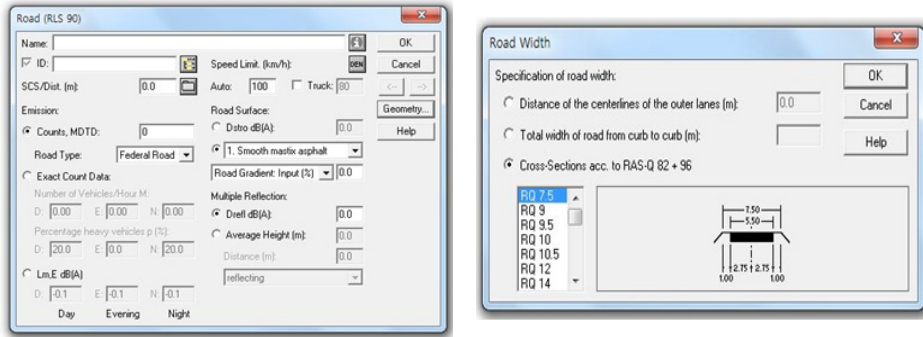
〈그림 3-5〉 기상학적 변화빈도에 따른 이격거리별 소음분포

2. 도로 소음원

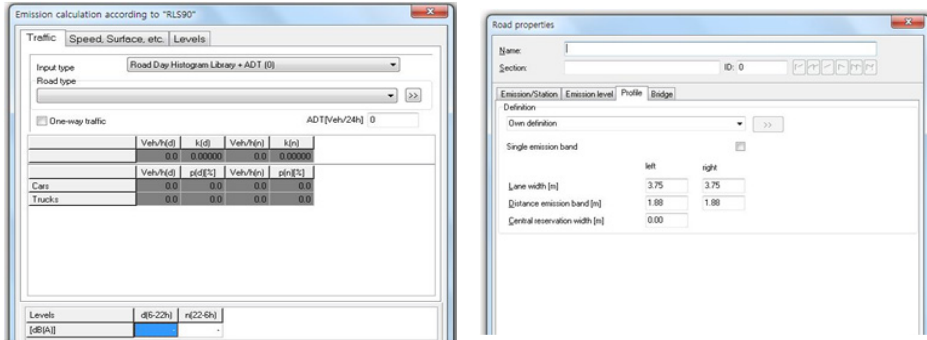
가. 입력변수의 종류 및 내용

3차원 소음예측모델에 의한 도로소음평가를 위해 도로소음원의 정보를 입력하는 것이 요구된다. RLS90 예측식이 포함된 프로그램의 도로소음원 입력창의 사례를 보여주는 것이 <그림 3-6>이며 도로제원(도로폭 등), 교통량, 차속, 대형차량비율, 도로구배, 도로포장, 다중반사(multiple reflection) 등의 내용으로 구성되어 있다. 도로제원의 경우 독일에서 운영되는 도로 종류별 제원을 활용하거나 도로폭을 입력하게 되어 있으며 국내의 경우 도로 차선수에 따른 폭원을 입력하는 방식으로 적용할 수 있다. 교통량에 대하여 다양한 방식을 포함하고 있으나 낮, 저녁, 밤 시간대의 교통량과 대형차량비율을 직접 입력하는 방식이 적합하다. 차량속도는 소형차량과 대형차량을 구분한다. 도로포장의 경우 독일에서 적용되는 포장종류를 선택할 수 있으나 국내 여건과 상이할 수 있으므로 포장재료에 따른 소음증감의 보정값을 직접 입력하는 것이 바람직하다. 도로구배의 경우

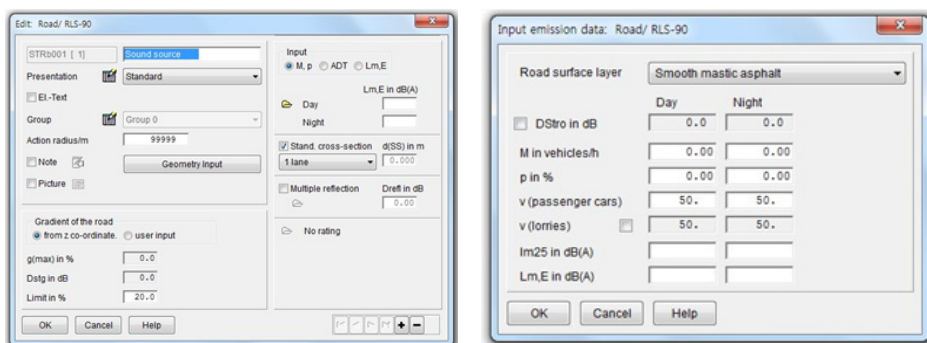
직접 입력하거나 지형자료에 접목된 도로정보를 활용할 수 있다. 다중반사는 도로 양쪽에 위치해 있는 건물들 사이의 소음반사효과를 고려하는 것이며 건물들 사이의 거리와 건물 높이에 따른 보정값을 계산한다. 그러나 3차원 소음예측모델 구동 시 소음전파에 따른 반사효과를 고려할 수 있으므로 다중반사와 관련한 입력자료는 활용의 정도가 떨어질 수 있다.



(a) Cadna-A



(b) SoundPLAN



(c) IMMI

〈그림 3-6〉 프로그램에 포함된 도로소음 입력창 사례

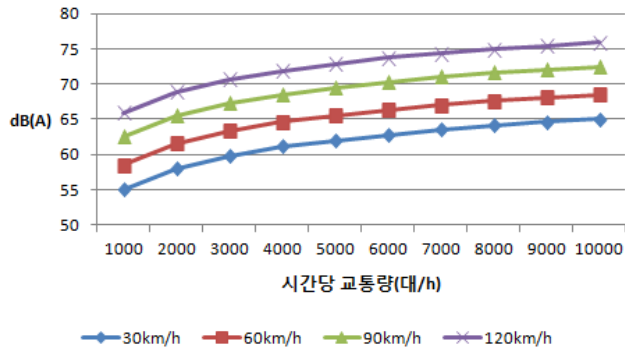
나. 입력변수 변화에 따른 소음예측결과 검토

도로 소음원 구성과 관련한 상기의 입력변수 중 소음예측결과에 영향을 미칠 수 있는 주요 인자(교통량, 차속, 대형차량비율, 도로제원, 차종분류)의 변화에 따른 소음예측결과를 비교·검토하였다.

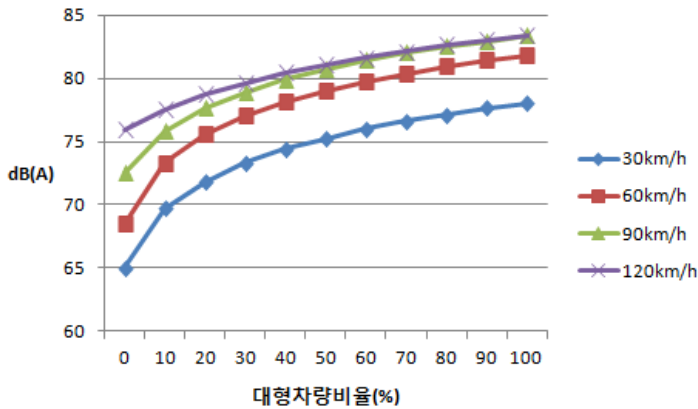
(1) 교통량, 차속, 대형차량비율

도로 소음원의 입력변수 중 교통량, 차속, 대형차량비율의 변화에 따른 소음분포를 살펴보기 위해 SoundPLAN 프로그램 내부에 포함된 RLS90 예측식을 적용하였다. 대형차량비율을 0%로 고정하고 시간당 교통량 및 차속 변화에 따른 소음분포를 보여주는 것이 <그림 3-7>이며 시간당 교통량을 10,000대로 고정하고 대형차량비율과 차속 변화에 따른 소음분포를 나타내는 것이 <그림 3-8>이다. 시간당 교통량의 경우 교통량이 적은 구간은 변화정도가 뚜렷하지만 교통량이 증가할수록 수렴되는 양상을 보여주고 있다. 차속의 경우 차속이 높을수록 소음도가 증가하는 모습을 나타내고 있으며 상대적으로 교통량보다 차속을 줄이는 방안이 소음저감효과를 향상시킬 수 있는 방안이 될 수

있다. 그리고 대형차량비율의 경우 비율이 증가할수록 수렴되는 양상을 보여주고 있으나 비율 변화에 따른 소음도 변화폭을 고려할 때 차종(소형 및 대형) 분류와 대형차량 운행 대수 정보의 중요성은 높다고 할 수 있다.



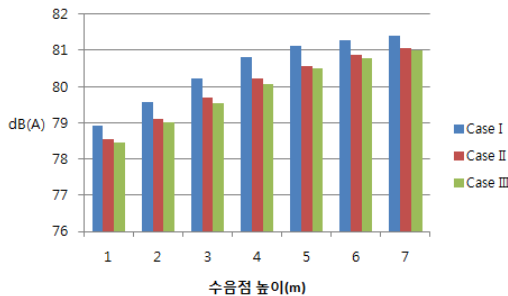
〈그림 3-7〉 교통량 및 차속에 따른 소음예측값 비교



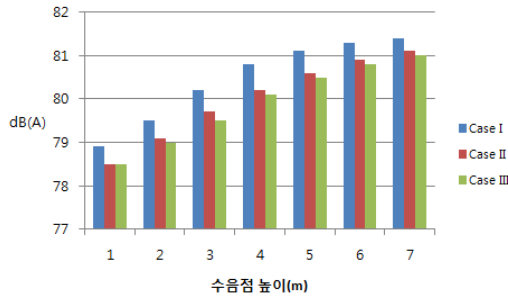
〈그림 3-8〉 대형차량비율 및 차속에 따른 소음예측값 비교

(2) 도로제원

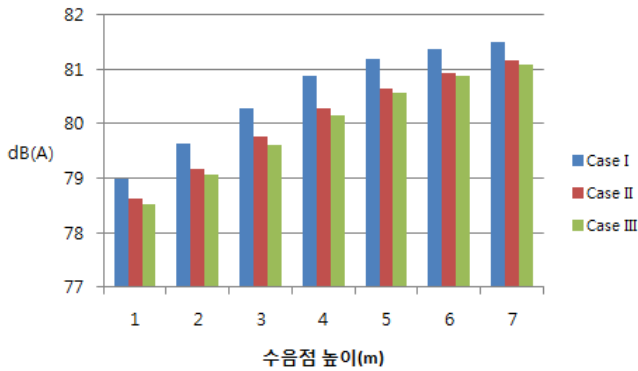
도로 소음원 입력변수 중 도로제원의 변화에 따른 소음예측결과를 검토하기 위하여 세 가지 경우를 가정하였다. 첫 번째 경우(Case I)는 상행 및 하행을 포함한 도로 전체를 하나의 소음원으로, 두 번째 경우(Case II)는 상행구간과 하행구간을 구분하여 두 개의 소음원으로, 세 번째 경우(Case III)는 도로의 차선수를 모두 고려하는 것이다. 각각의 프로그램에 포함된 RLS90 예측식을 적용하였으며 교통량, 차속, 대형차량비율의 정보는 도로의 차선당 데이터를 조합하여 입력하였다. 프로그램별 세 가지 경우에 대한 소음예측 결과를 비교한 것이 <그림 3-9>이며 Case II와 Case III의 경우는 비슷한 분포를 보이지만 Case I과는 어느 정도 차이를 보여주는 것을 파악할 수 있다. 국내 도로의 경우 상행 및 하행 구간에 대한 교통량이 상이하고 도로 중앙에 중분대 및 방음벽 등이 설치될 가능성이 있으므로 도로 전체를 구성하는 것(Case I)보다 상행구간과 하행구간을 구분(Case II 또는 Case III)하여 도로 소음원을 구성하는 것이 바람직하다.



(a) IMMI



(b) Cadna-A



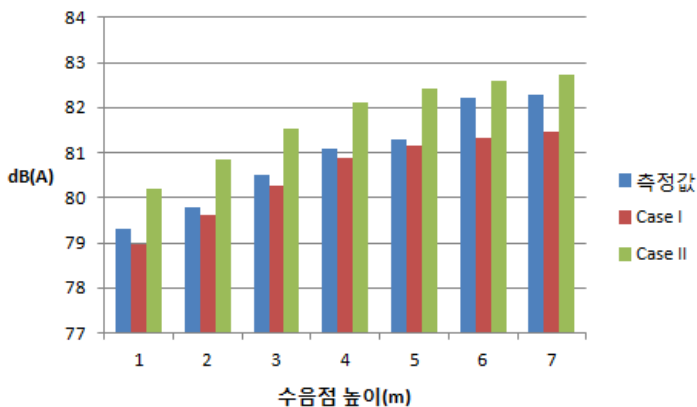
(c) SoundPLAN

〈그림 3-9〉 도로제원의 세 가지 경우에 대한 소음예측값 비교

(3) 차종 분류

교통량, 차속, 대형차량비율을 산정하기 위한 전제조건으로 소형차량과 대형차량을 분류하는 방식을 정하는 것이 필요하다. 국내의 경우 12차종으로 분류하고 있으나 크게 승용차, 버스, 소형화물차, 중형화물차, 대형화물차로 구분하여 적용하고 있다. 3차원 소음예측모델에 포함된 도로소음 예측식(RLS90 및 NMPB 등)의 경우 차량중량 등을 기준으로 소형차량 및 대형차량으로 분류하고 있다. 예를 들어, RLS90의 경우 공차중량(승객이나 화물이 없는 경우의 차량중량을 의미한다.)이 28톤, NMPB의 경우 공차중량

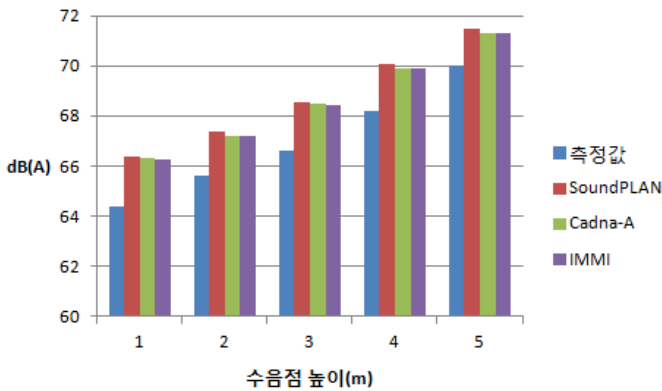
35톤을 소형차량과 대형차량의 분류기준으로 적용하고 있다. 국내 차량의 공차중량자료(네이버 참조)를 살펴보면 중형승용차의 경우 1.3~1.5톤, 대형SUV의 경우 1.8~2.2톤, 최대적재량이 1톤인 화물차의 경우 1.6~1.9톤, 최대적재량이 25톤 화물차의 경우 2~25톤 정도가 된다. 이러한 자료를 바탕으로 차종 분류에 대한 두 가지 경우를 가정하여 그에 따른 소음예측결과를 비교·검토하였다. 첫 번째 경우(Case I)는 국내 12차종 분류를 근거로 소형차량은 1종(승용차 등), 3종(소형화물차 A), 4종(소형화물차 B)을 포함하고 그 외의 차량은 대형차량으로 구분한다. 두 번째 경우(Case II)는 소형차량은 1종(승용차 등), 3종(소형화물차 A)을 포함하고 그 외의 차량은 대형차량으로 분류한다. Case I과 Case II의 차이는 소형화물차 B의 포함 유무인데 국내 12차종 분류기준에 대한 <표 3-3>에서 8톤 이상을 초과하는 차량이 소형화물차 B에 포함되어 있다. 따라서 도로소음 예측식에 적용되는 소형차량 및 대형차량 분류기준과 유사한 분포를 가정하기 위해 Case II를 구성하였다. SoundPLAN에 포함된 RLS90 예측식을 적용하여 차종 분류에 대한 두 가지 경우를 고려한 소음예측결과를 검토한 것이 <그림 3-10>이다. Case II의 차종 분류기준으로 인해 대형차량비율이 증가하면서 소음레벨이 높아지는 결과를 보여주고 있으며 그 변화폭으로 인해 차종 분류에 대한 신중한 판단이 요구된다.



<그림 3-10> 차종분류에 대한 두 가지 경우의 소음예측값 비교

3. 방음벽

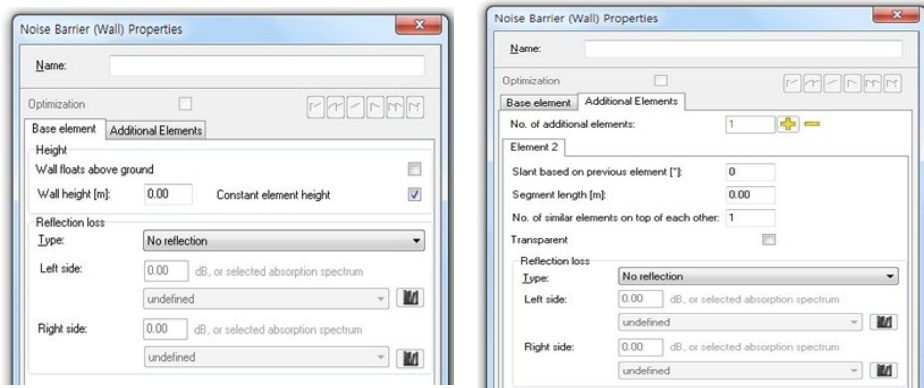
도로소음의 대표적인 저감시설인 방음벽에 대하여 3차원 소음예측모델에 의한 소음예측결과를 검토하였다. 3차원 소음예측모델을 포함한 프로그램에 의한 소음예측값을 비교하기 위한 기준으로 실제 방음벽이 설치된 경부고속도로에서의 소음측정결과를 활용하였다. 경부고속도로 주변의 평탄지역에 대하여 높이 4m, 연장 360m인 방음벽 설치지역을 대상으로 도로단에서 15m 이격된 지점의 높이별 도로소음을 측정하였다. 이러한 소음측정과 동일한 시점에서의 교통량, 차속 등의 정보를 수집·분석하여 3차원 소음예측모델 입력정보로 적용하였다. RLS90 예측식을 고려한 프로그램별 소음예측결과와 소음측정결과를 비교한 것이 <그림 3-11>이다. 프로그램별 소음예측결과는 유사한 분포를 보이지만 소음측정결과와는 오차를 보여주고 있는데 방음벽의 유한 연장에 따른 예측과 실제의 차이가 하나의 원인이 될 수 있다.



<그림 3-11> 방음벽 설치에 따른 소음예측결과와 소음측정결과의 비교

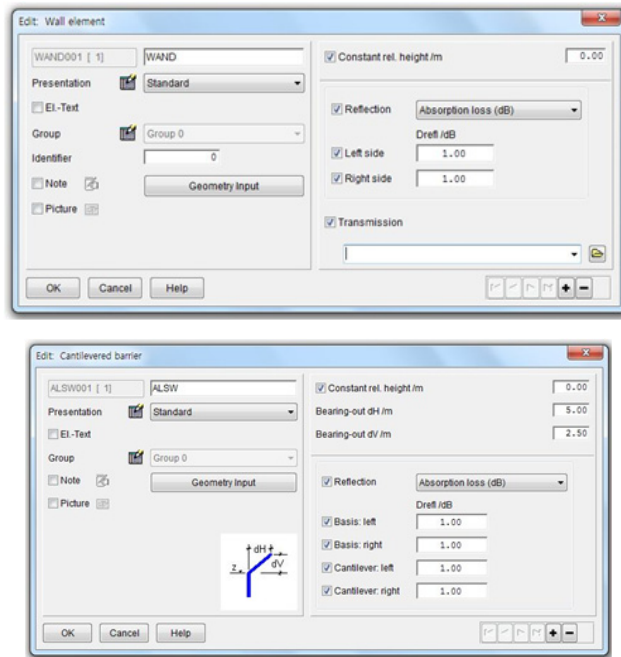
가. 입력변수의 종류 및 내용

3차원 소음예측모델이 포함된 방음벽 입력정보의 종류 및 내용을 프로그램별로 보여주는 것이 <그림 3-12>이다. 방음벽과 관련한 입력정보로는 방음벽 제원(위치, 높이, 길이 등), 방음벽 특성(흡음률 등), 꺾음형(cantilever) 방음벽 및 교량형 방음벽(floating barrier) 등이다. 방음벽의 위치 및 길이는 방음벽 양 끝단의 좌표를 입력하고 방음벽 높이는 일정한 값을 입력하는 방식을 적용한다. 방음벽 특성은 방음벽 재질에 따른 값을 입력하는데 흡음형 방음벽과 반사형 방음벽을 예로 들 수 있다. 꺾음형 방음벽은 방음벽의 일정 높이에서 방음벽 일부가 일정한 각도로 구부러진 방음벽(그림 3-12(b) 참조)을 의미하는데 방음벽이 구부러지는 부분의 수평적 및 수직적 길이를 입력하도록 되어 있다. 꺾음형 방음벽(직선형 4m + 꺾음형 1m)에 대하여 RLS90 예측식을 적용한 프로그램별 소음예측결과를 비교한 것이 <그림 3-13>이며 꺾음형 방음벽의 특이한 형상으로 인한 계산상의 차이를 보여주고 있다. 교량형 방음벽은 도로 교량에 설치되는 방음벽을 구현하는 것으로 교량이 지면과 분리되어 있는 점을 감안하여 교량형 방음벽의 위치 등의 정확한 구현 여부를 확인하는 것이 요구된다.



(a) SoundPLAN

40 | 환경영향평가에 적용되는 3차원 소음예측모델의 가이드라인 마련

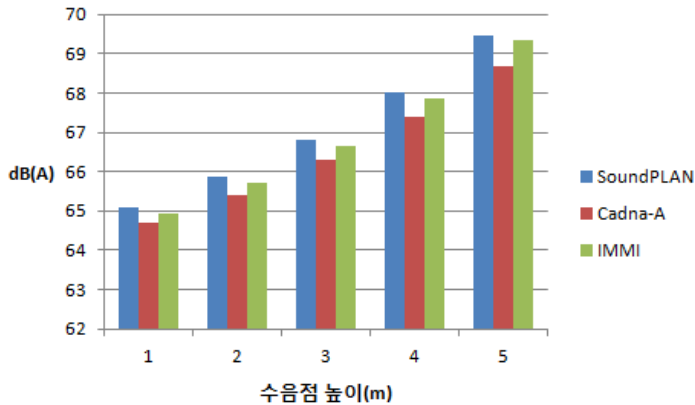


(b) IMMI



(c) Cadna-A

〈그림 3-12〉 프로그램별 방음벽 입력창의 모습



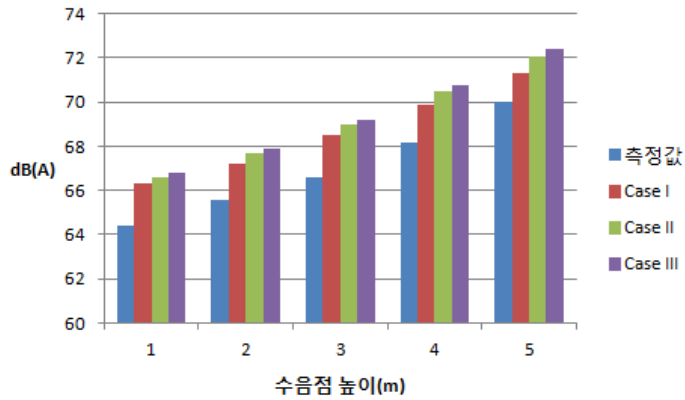
〈그림 3-13〉 꺾음형 방음벽에 대한 프로그램별 소음예측값 비교

나. 입력변수 변화에 따른 소음예측결과 검토

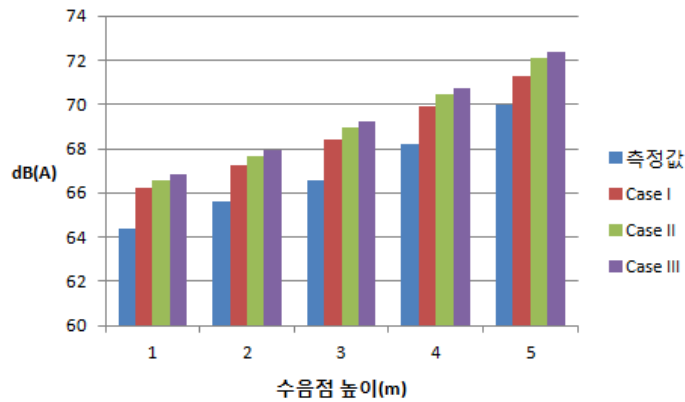
(1) 도로 제원

방음벽 설치에 따른 저감효과는 도로 소음원의 위치 및 강도 등에 따라 달라질 수 있다. 이러한 효과를 검토하기 위해 도로 제원에 대한 세 가지 경우를 가정하여 3차원 소음예측모델 적용에 따른 소음예측결과를 비교·검토하였다. 첫 번째 경우(Case I)는 상행 및 하행 구간을 모두 포함한 도로 전체를 소음원으로 적용, 두 번째 경우(Case II)는 상행구간과 하행구간을 구분하여 도로를 두 개의 소음원으로 모델링, 세 번째 경우(Case III)는 도로의 각 주행차선을 소음원으로 구분하는 것이다. RLS90 예측식과 동일한 규격의 방음벽을 적용하여 세 가지 경우에 대한 프로그램별 소음예측결과를 보여주는 것이 <그림 3-14>이다. 도로 전체를 하나의 소음원으로 구성하는 것(Case I)보다 도로를 구분하여 소음원을 모델링하는 경우의 소음레벨이 증가하는 것을 알 수 있다. 이것은 도로 소음원의 구분에 따라 소음원, 방음벽, 수음점의 상대적 위치가 변화된 것에 기인하는 것으로 도로 중앙의 방음벽 설치, 실제 도로 운영과 유사한 모델링 등의 관점을 고려한

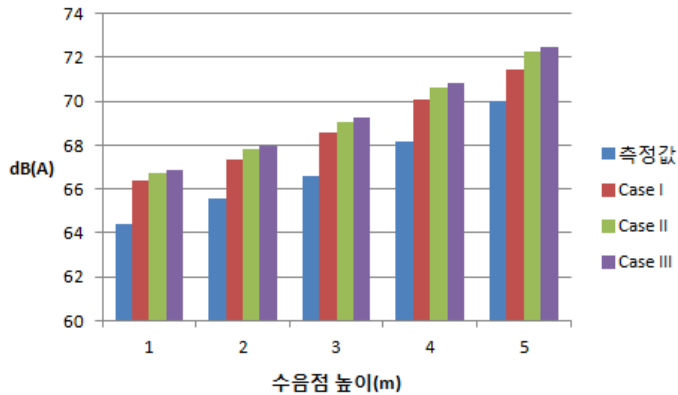
다면 Case II나 Case III와 같이 도로 소음원을 구현하는 것이 바람직하다.



(a) Cadna-A



(b) IMMI

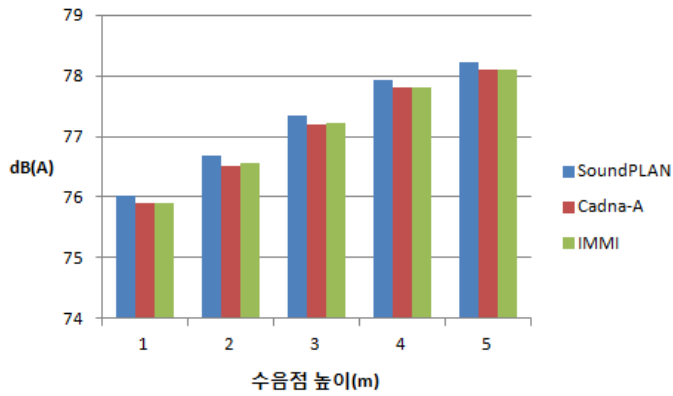


(c) SoundPLAN

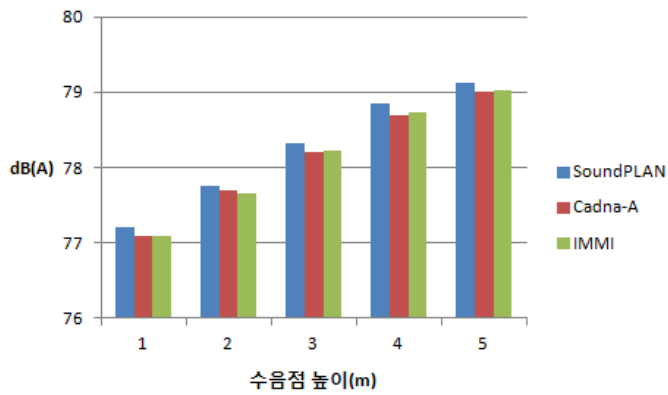
〈그림 3-14〉 도로 소음원 모델링에 따른 방음벽 소음예측결과 비교

(2) 방음벽 특성

방음벽 재질에 따른 특성(흡음률 등)에 따른 소음전파양상 및 소음예측결과를 검토하기 위하여 흡음형 방음벽과 반사형 방음벽을 대상으로 3차원 소음예측모델을 적용하였다. 흡음형 방음벽과 반사형 방음벽의 설치에 따른 동일한 수음점 위치에서의 높이별 소음예측결과를 비교한 것이 <그림 3-15>이다. 도로 소음원에 의한 소음전파와 반사형 방음벽에 의한 소음반사의 이중효과로 인해 반사형 방음벽이 흡음형 방음벽보다 소음저감효과가 감소된 것을 알 수 있다. 이러한 결과는 흡음형 방음벽과 반사형 방음벽의 소음전파 모습을 보여주는 수직 등음선도(cross-section noise map) 분포(그림 3-16 참조)에서도 확인할 수 있다. 따라서 방음벽 재질에 따른 종류 및 흡음률 등의 특성에 따라 방음벽의 소음저감효과가 달라질 수 있으므로 방음벽 설계 시 이러한 측면을 고려하여 방음벽 선택 및 소음저감효과 등을 파악하는 것이 요구된다.

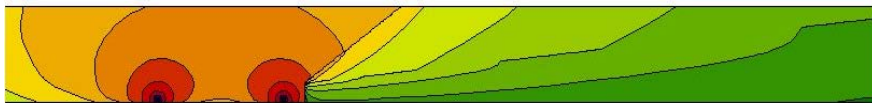


(a) 흡음형 방음벽

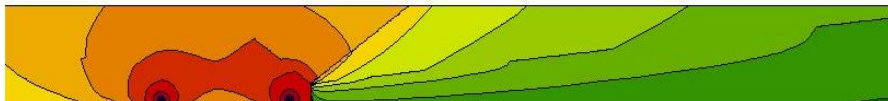


(b) 반사형 방음벽

〈그림 3-15〉 흡음형 방음벽 및 반사형 방음벽 설치에 따른 소음예측결과 검토



(a) 흡음형 방음벽



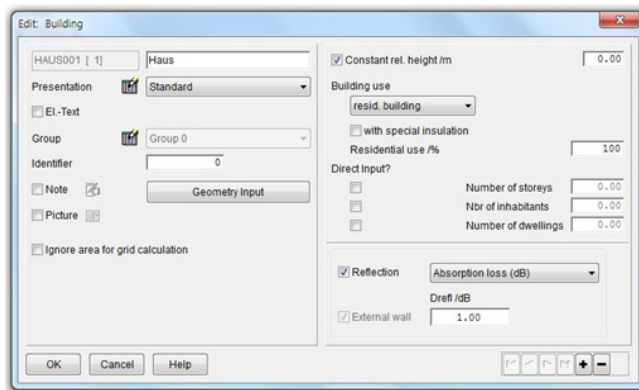
(b) 반사형 방음벽

〈그림 3-16〉 흡음형 방음벽 및 반사형 방음벽 설치에 따른 소음전파 모습

4. 건물

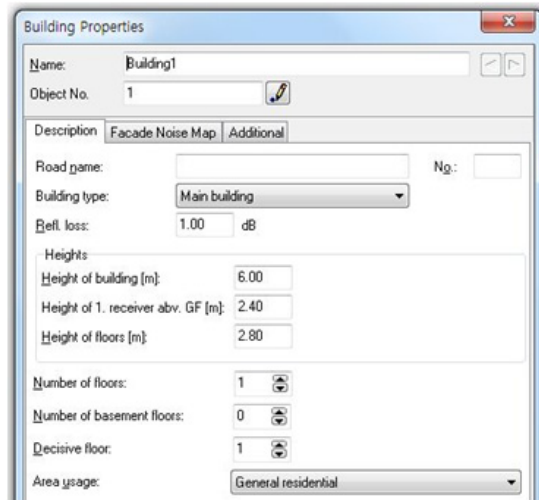
가. 입력변수의 종류 및 내용

도로소음을 평가하기 위한 수음점으로서의 건물에 대한 위치, 높이, 형상, 특성 등과 관련한 입력변수의 모습을 프로그램별로 보여주는 것이 <그림 3-17>이다. 건물 형상에 대한 데이터는 현장조사 등을 통한 자료를 바탕으로 프로그램상에서 구현할 수 있으며 건물의 위치 및 높이는 좌표를 입력하거나 층수 및 높이 등을 입력하는 방식으로 적용한다. 그리고 건물 특성(흡음률 등)의 경우는 방음벽과 유사하게 건물 외벽의 재질에 따른 흡음계수나 반사계수를 입력하여 적용할 수 있다. 방음벽 특성에서도 언급하였듯이 건물 특성의 경우도 흡음률 등을 적용하는 값에 따라 소음예측값이 달라질 수 있으므로 이를 고려한 소음평가가 요구된다. 참고로 환경부에서 고시한 소음지도 작성방법(제2010-72호)에서는 건물을 완전반사체(흡음률을 0으로 설정)로 가정하여 적용하고 있다.

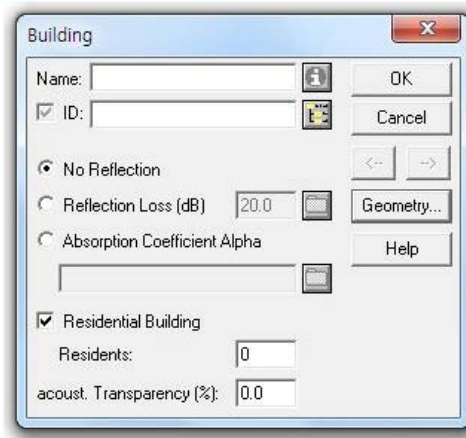


(a) IMMI

46 | 환경영향평가에 적용되는 3차원 소음예측모델의 가이드라인 마련



(b) SoundPLAN



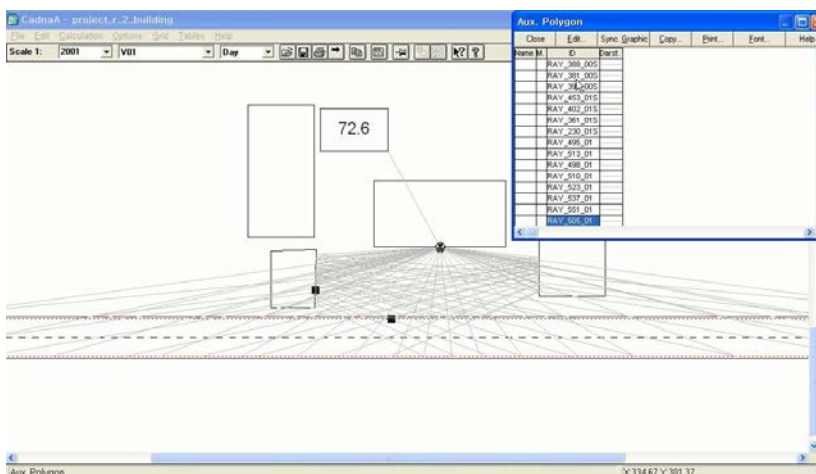
(c) Cadna-A

〈그림 3-17〉 프로그램별 건물 입력변수의 모습

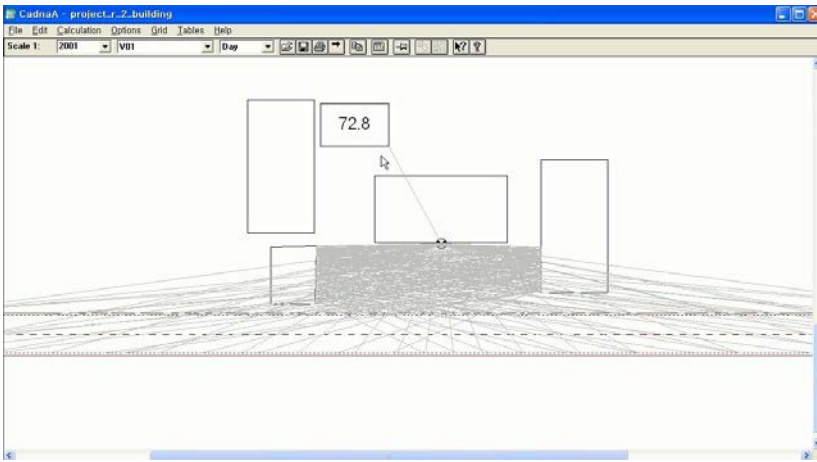
나. 건물 배치에 따른 소음예측결과 검토

개발사업의 환경영향평가 시 도로 주변에 다수의 건물이 분포하는 지역에 대하여 도로와 가장 근접한 건물에 대한 소음예측과 그에 따른 저감대책을 수립하고 있다. 그러나

다수의 건물이 위치하는 지역에 대하여 건물들의 형상, 배치형태, 특성 등에 따라 건물 상호 간의 소음 반사 및 회절 등의 효과로 인해 복잡한 소음전파양상 및 분포모습을 보여줄 수 있다. 3차원 소음예측모델에서는 반사차수(reflection order) 개념을 도입하여 이러한 효과를 고려하고 있다. 반사차수는 전파되는 소음이 반사되는 횟수를 지정하는 것으로 환경부에서 고시한 소음지도 작성방법(제2010-72호)에서는 3회 이상으로 규정하고 있다. Cadna-A 프로그램에서 반사차수에 따른 건물 상호 간의 소음전파 모습을 보여주는 것이 <그림 3-18>이며 반사차수가 높을수록 실제 건물의 소음반사영향을 고려하고 있는 것을 알 수 있다. 여기서 RAY_xxx_OO은 0차(반사음이 없는 직접음) 소음선(noise ray)을, RAY_xxx_01은 1차(반사가 1회 있는 반사음) 소음선을 의미한다.



(a) 반사차수가 1인 경우

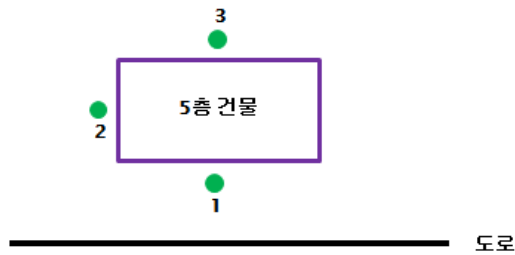


(b) 반사차수가 3인 경우

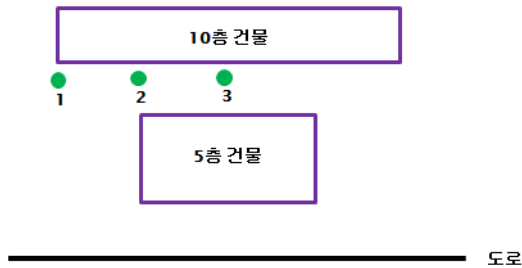
〈그림 3-18〉 반사차수(reflection order)의 변화에 따른 소음전파 모습

본 연구에서는 건물 상호 간의 소음전파에 따른 반사 및 회절 등에 의한 소음예측결과를 검토하기 위하여 두 가지 경우를 가정하였다. 첫 번째 경우(Case I)는 건물 하나(5층)를 대상으로 수음점의 위치 변화에 따른 높이별 소음분포(그림 3-19(a))를, 두 번째 경우(Case II)는 건물 높이의 차이가 있는 두 개의 건물(5층 및 10층)을 평행하게 배치하여 수음점의 위치 변화에 따른 높이별 소음분포(그림 3-19(b))를 고려하였다. 특히 Case II의 경우 고층 주거시설에 대한 도로소음 저감대책으로 상업시설 등을 포함하여 소음피해가 상대적으로 적은 건물을 전면에 위치시키는 방안을 모델링한 것으로 활용도가 높은 점을 감안하면 그에 따른 소음평가의 중요성은 높다고 할 수 있다. 이러한 소음예측결과를 검토하기 위하여 SoundPLAN의 RLS90 예측식, 3차 반사횟수를 적용하였으며 환경부에서 고시한 소음지도 작성방법(제2010-72호)에 따라 건물 벽면에서 1.0m 떨어진 지점을 계산지점으로 지정하였다. Case I과 관련한 프로그램별 3개의 수음점 위치에 대한 높이별 소음분포를 보여주는 것이 <그림 3-20>이며 유사한 소음결과를 나타내고 있다. Case II에 대한 프로그램별 3개의 수음점 위치에 대한 높이별 소음분포를 보여주는 것이 <그림 3-21>이며 프로그램의 특성에 따라 약간의 차이점을 나타내고 있다.

이러한 오차가 발생하는 이유는 건물의 증가 및 배치형태 등에 따라 건물 상호 간의 복잡한 소음전파현상(반사 및 회절 등)을 구현하는 방법상의 차이라고 사료되며 복잡한 지형 및 건물 분포 등을 고려한 소음평가를 위해 소음전파와 관련한 지속적인 업데이트가 필요하다고 볼 수 있다.

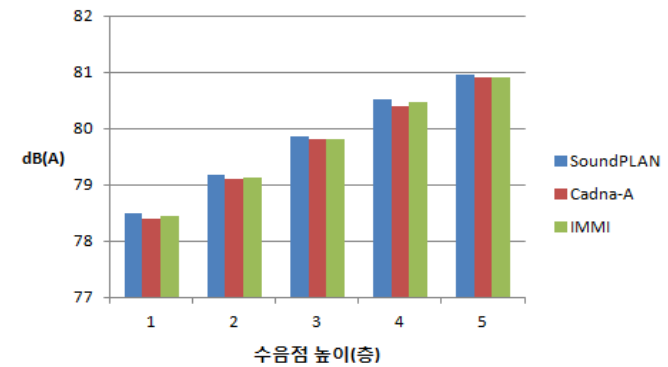


(a) Case I

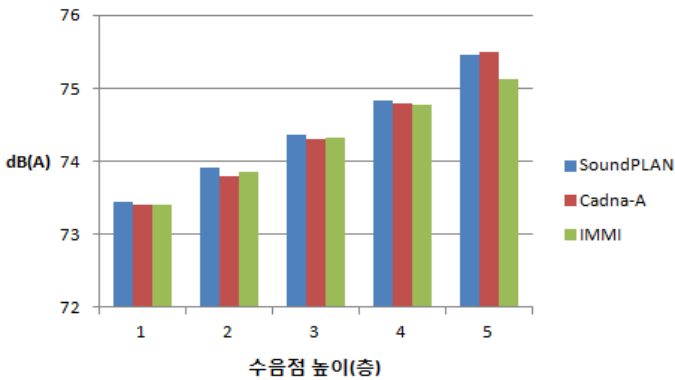


(b) Case II

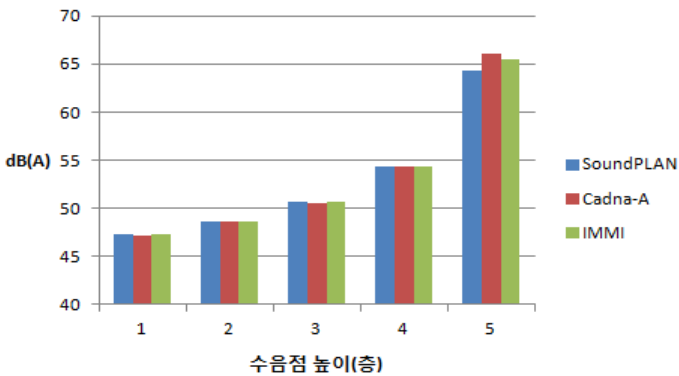
〈그림 3-19〉 건물의 배치형태에 따른 소음예측지점의 모습



(a) 1번 지점

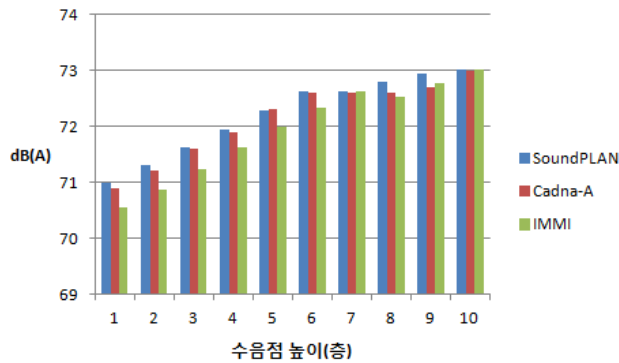


(b) 2번 지점

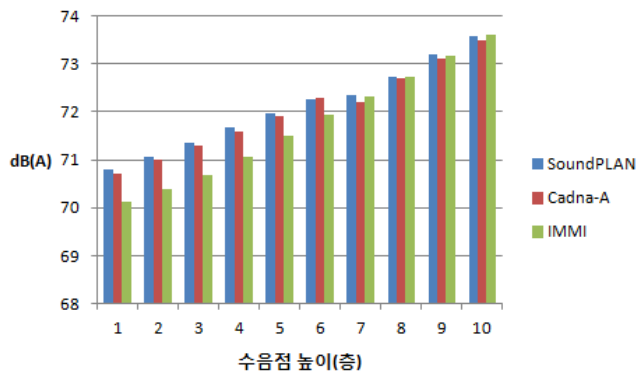


(c) 3번 지점

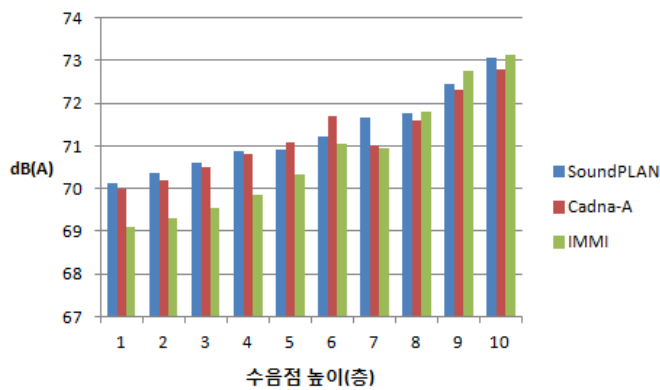
〈그림 3-20〉 Case I의 수음점 위치에 따른 소음예측결과 비교



(a) 1번 지점



(b) 2번 지점



(c) 3번 지점

〈그림 3-21〉 Case II의 수음점 위치에 따른 소음예측결과 비교

Ⅰ 제4장 · 환경영향평가시 3차원 소음예측모델 적용의 가이드라인 Ⅰ

개발사업의 환경영향평가 시 3차원 소음예측모델의 적용현황에 대한 분석과 3차원 소음예측모델에 의한 도로소음 예측결과의 비교·검토를 통해 환경영향평가 단계에서 3차원 소음예측모델을 효율적으로 적용하기 위한 가이드라인을 제안하였다. 본 가이드라인은 도로소음을 대상으로 하고 있으며 목적, 적용범위, 도로·지형·건물 등의 정보 생성, 도로소음 예측식, 도로 소음원, 도로소음 저감시설(방음벽 등) 및 건물, 도로소음 예측결과 명시, 도로소음 예측결과 검증 등의 순서로 구성되어 있다. 이러한 구성에 의한 가이드라인의 내용과 그에 따른 구체적인 설명은 다음과 같다.

1. 목적

- 개발사업의 환경영향평가 시 도로소음 평가를 위해 3차원 소음예측모델을 적용하기 위한 것으로 3차원 소음예측모델에 의한 도로소음 평가결과의 타당성 및 일관성을 확보하고자 한다.

본 가이드라인은 도로소음과 관련한 환경영향평가 단계에서 3차원 소음예측모델을 적용할 경우 모델 내부의 입력변수에 대한 적용방법 등을 제안하여 모델 적용에 따른 편의성과 명확성을 제공하는 것을 목적으로 한다. 이러한 가이드라인의 내용을 바탕으로 3차원 소음예측모델 사용자의 자의적 해석에 따른 문제점을 해결하여 모델에 의한 소음 평가결과의 타당성 및 일관성에 기여할 수 있다. 다시 말해 동일한 개발사업을 대상으로 3차원 소음예측모델에 의한 도로소음평가를 수행할 경우 모델 사용자가 누구인지를 불문하고 동일한 소음평가결과를 산출하여 모델 적용에 따른 신뢰성을 확보할 수 있다.

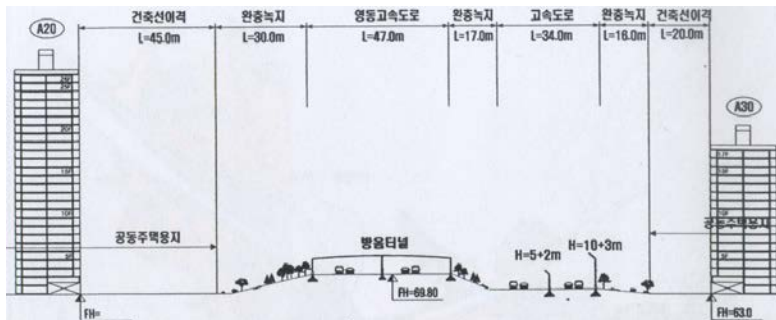
2. 적용범위

○ 도로 특성(교통량, 차속 등) 등을 반영한 도로소음 평가범위를 대상으로 아래의 지역이 포함될 경우 3차원 소음예측모델을 적용할 수 있다.

- 도로 주변에 고층 정온시설이 있는 지역
- 도로 주변에 택지개발지역이 있는 경우
- 다수의 도로에 의한 도로소음 누적평가가 필요한 지역

도로소음이 포함된 환경영향평가에서 3차원 소음예측모델의 특성 및 장점을 살려 그에 따른 소음평가결과의 효율성 및 현실성을 확보하기 위해 모델을 적용하기 위한 범위를 지정하는 것이 요구된다. 이러한 적용범위 선정을 위한 전제조건으로 교통량 및 차속 등을 포함하여 해당 도로의 특성을 반영한 도로소음 평가범위를 검토하는 것이 필요하다. 도로소음 평가범위는 도로소음 예측모델에 의한 결과와 도로소음기준과의 접목, 의견수렴 과정 등의 접근방법을 통해 설정할 수 있다(환경부, 2011). 이러한 도로소음 평가범위를 대상으로 3차원 소음예측모델의 적용이 필요하다고 판단되는 경우로 제안한 것은 다음과 같다. 첫째, 도로 주변에 고층 정온시설이 있는 경우이다. 고층 정온시설의 형상 및 배치, 도로와 고층 정온시설 사이의 특성(상대적 위치, 지형, 소음저감시설, 기존 시설물 등) 등을 반영한 도로소음평가를 통해 단순히 층별 소음예측의 단계에서 벗어나 실제 고층 정온시설의 소음영향을 고려한 저감계획 마련에 도움이 될 수 있다. 둘째, 도로 주변에 택지개발지역이 있는 경우이다. 기존 및 신설 도로 주변에 고층 정온시설을 포함한 택지개발지역이 계획되어 있는 경우 향후 입주민에 의한 도로소음 피해 및 민원이 발생할 가능성이 높다. 이러한 개발계획을 수립하는 단계에서 도로소음의 문제점을 사전에 예방하기 위한 다양한 방안을 마련하고 그에 따른 저감효과를 비교·검토하기 위한 하나의 도구로 3차원 소음예측모델은 적절하다고 볼 수 있다. 도로 주변의 택지개발지역에 대한 3차원 소음예측모델의 적용방안은 다음과 같다. ① 도로 노선 및 설계 조정,

택지개발지역의 토지이용계획(건물 위치, 형상, 배치, 높이 등) 변경, 도로소음 저감대책(방음벽 등) 등을 고려하여 도로소음 저감을 위한 다양한 대안을 마련한다. ② 선정된 다수의 대안을 바탕으로 3차원 소음예측모델에 의한 도로소음 평가결과를 산출한다. ③ 3차원 소음예측모델에 의한 도로소음 평가결과 분석을 바탕으로 택지개발지역에 대한 도로소음영향을 최소화할 수 있는 최적의 저감계획을 수립한다. 셋째, 개발지역 주변에 다수의 도로가 존재하여 도로소음 누적평가가 필요한 경우이다. 개발지역 및 그 주변의 정온시설을 대상으로 다수의 도로에 의한 소음영향이 있는 경우 정온시설에 대한 효율적인 소음저감대책을 수립하기 위해 누적평가를 수행하는 것이 요구된다. 각각의 도로와 정온시설 사이의 특성(상대적 위치, 지형, 소음저감시설 등) 등의 복잡성과 각 도로소음의 전파에 따른 간섭효과 등을 고려한 소음예측이 필요하며 3차원 소음예측모델이 이와 관련한 하나의 대안이 될 수 있다. 예를 들어, <그림 4-1>에서와 같이 고층 정온시설을 대상으로 2개의 도로, 지형, 소음저감시설 등을 반영한 소음예측 및 저감대책 수립을 위해 3차원 소음예측모델을 적용하는 것은 효과적일 수 있다. 일정한 정온시설에 대하여 다수의 도로에 의한 소음영향이 예상될 경우 3차원 소음예측모델 적용을 통해 각 도로에 의한 소음기여도 비교 및 누적평가를 수행하여 최적의 저감계획을 수립할 수 있다.



자료: 경기도 외(2011), OO 택지개발사업 환경보전방안 검토서

〈그림 4-1〉 고층 정온시설의 도로소음평가를 위한 대상지역의 모습

3. 도로 · 지형 · 건물 등의 정보 생성

- 수치지도, 설계데이터, 현장조사자료 등을 활용하여 도로, 개발지역 및 그 주변의 지형 및 건물, 소음저감시설 등을 구현한 정보를 생성한다.

3차원 소음예측모델에 의한 도로소음평가를 위해 우선적으로 도로와 그 주변의 지형 및 건물 분포, 소음저감시설 설치지역 등을 반영한 3차원 정보를 생성하는 것이 요구된다. 이를 위해 도로 주변을 대상으로 한 수치지도를 근거로 환경영향평가시의 설계자료(도로 노선, 고층 정온시설의 형상 및 배치 등)와 현장조사를 통한 데이터 등을 종합적으로 활용할 수 있다. 그리고 도로·지형·건물 등의 정보가 3차원 소음예측모델 내부의 입력자료(도로 구배 등)로 적용될 수 있기 때문에 실제 모습을 반영하여 잘 구현되었는지 면밀히 검토할 필요가 있다.

4. 도로소음 예측식

- 도로소음 예측식은 예측식의 특성 및 장 · 단점, 입력변수의 종류 및 내용 등의 검토를 통해 선정한다.

3차원 소음예측모델 내부에 포함된 도로소음 예측식 중 환경부에서 고시한 소음지도 작성방법(제2010-72호)에 근거한 예측식을 대상으로 그 특성 및 한계 등을 제3장에서 비교·검토하였다. 그 결과로 예측식별 특성과 모델 내부의 입력자료 및 예측결과의 차이 등을 보여주고 있어 예측식 선정에 대한 신중한 판단이 요구된다.

5. 도로 소음원

- 도로폭은 도로사양(중앙분리대, 차선 수 및 차선 폭, 갓길 등)을 고려하여 설정한다.
- 도로 소음원은 상행구간 및 하행구간을 구분하거나 주행차선수를 고려하여 설정한다.
- 교통량, 차속, 대형차량비율은 도로의 구간별/연도별/시간대별 분포를 바탕으로 한 소음예측을 통해 도로소음이 최대로 발생하는 시간대의 정보를 입력한다.
- 도로 구배율(%)은 도로지형자료를 활용하거나 직접 입력한다.
- 도로포장의 경우 포장종류에 따른 보정값을 직접 입력한다.
- 다중반사(multiple reflection)효과는 고려하지 않는다.
- 도로소음 예측식에 따른 분류방법과 국내 12차종 분류정보를 고려하여 차종을 구분한다.
- 도로 노선과 관련하여 교통량 및 차속 등이 다른 경우 도로를 구분하여 모델링한다.
- 도로 소음원과 관련한 입력변수 종류, 적용방법, 적용값 등의 내용과 그에 따른 근거 및 사유를 명시한다.

3차원 소음예측모델에 의한 도로소음예측을 위한 도로·지형·건물 등의 3차원 정보를 생성한 이후에 도로 소음원의 특성을 반영하는 것이 요구된다. 이러한 특성으로서 도로제원, 교통량, 도로 구배율, 도로포장, 다중반사효과, 차종분류 등을 포함한다. 첫째, 도로제원의 경우 도로폭원을 명시하게 되어 있는데 도로사양과 관련한 정보를 입력한다. 특히 주행차선을 모델링할 경우 상행구간 및 하행구간의 교통량 등 차이, 중앙분리대 및 중앙방음벽, 방음벽에 의한 소음저감효과의 현실성 등을 감안하여 상행구간 및 하행구간을

구분하거나 주행차선 수 모두를 고려하는 것이 필요하다. 둘째, 도로제원을 생성하고 나서 도로소음영향의 주요 인자인 교통량, 차속, 대형차량비율을 입력한다. 해당 도로에 대한 구간별/연도별/시간대별 교통량, 차속, 대형차량비율 정보를 분석한 이후 시간대별에 따른 도로소음 예측결과를 통해 도로소음이 최대로 발생하는 시간대에 대한 정보를 활용한다. 셋째, 도로 구매율(%)은 도로 소음원 정보 입력 이전에 생성된 도로지형자료를 활용하거나 도로제원 및 설계자료 등을 토대로 직접 입력한다. 도로 구매율이 도로소음의 증감요인이 될 수 있으므로 명확한 정보에 근거한 입력값을 적용하는 것이 필요하다. 넷째, 도로포장(아스팔트, 콘크리트, 저소음포장 등)의 경우 프로그램 내에서 기본적인 데이터가 제공된다. 그러나 국외에서 적용되는 포장재료를 대상으로 하므로 국내에서 적용되는 포장재료에 대한 소음효과를 직접 입력하는 것이 바람직하다. 도로 구매율과 마찬가지로 도로포장의 종류에 따라 소음효과의 차이가 날 수 있으므로 명확한 정보에 근거한 입력값을 제공해야 한다. 다섯째, 다중반사효과는 단순히 도로 양쪽에 위치하는 건물들 사이의 거리와 높이에 의존하여 보정된다. 도로 주변의 건물분포와 도로소음원 정보를 바탕으로 반사 및 회절 등의 소음효과를 예측하는 것이 가능하므로 이 보정계수는 적용하지 않는 것이 바람직하다. 여섯째, 차종분류에 대하여 각 예측식에서 제안하는 차종분류방법을 국내 차종에 적용한 결과를 입력할 수 있다. 예를 들어, RLS90 예측식의 경우 소형차량과 대형차량은 차량 중량 28톤을 기준으로 구분되므로 국내 12차종 분류 기준을 참조하여 소형차량(승용차 등, 소형화물차 A)과 대형차량(소형차량 이외의 차량)으로 분류하여 적용할 수 있다. 만약 국내 12차종 분류기준에 따른 차종분류가 곤란할 경우는 소형차량(승용차 등, 소형화물차)과 대형차량(소형차량 이외의 차량)으로 구분할 수 있다. 일곱째, 도로구간을 대상으로 교차로 등이 포함되어 구간별 교통량 및 차속 등에 변동이 있을 경우 변화지역을 구분하여 도로를 모델링하는 것이 필요하다. 마지막으로 도로 소음원을 모델링하기 위해 적용된 입력변수의 종류 및 입력값 등에 대한 구체적인 정보를 제시하고 이러한 입력값을 적용하게 된 근거나 사유를 함께 명시하는 것이 요구된다. 이러한 결과 정보의 분석을 통해 3차원 소음예측모델에 의한 도로소음 평가과정의 적정성을 검토할 수 있다.

6. 도로소음 저감시설(방음벽 등) 및 건물

- 방음벽 종류 및 특성(꺾음형 방음벽, 흡음률 등), 위치, 높이, 길이 등에 대한 정보를 입력하여 방음벽을 생성한다.
- 완전흡음형 방음벽의 경우 No reflection을 선택하고 반사형(일부 흡음형 포함) 방음벽의 경우 방음벽 재질에 따른 Reflection loss 또는 Absorption loss 값을 입력한다.
- 꺾음형 방음벽의 경우 직선형 영역과 꺾음형 영역을 명확히 구분하고 꺾음형 영역의 수평 및 수직 길이 또는 꺾은 각도를 입력하여 방음벽을 생성한다.
- 교량형 방음벽의 경우 교량과 지면의 상대적 위치를 고려하여 방음벽 설치 위치를 입력한다.
- 방음벽 이외의 도로소음 저감시설(방음독 등)에 대하여 저감시설 위치, 높이, 길이, 재질 등을 고려하여 제원 및 특성 등을 입력한다.
- 건물을 모델링할 경우 이전에 생성된 건물정보 데이터를 활용하거나 건물 형상, 배치, 위치, 높이 등의 정보를 입력한다.
- 건물은 완전반사체(흡음률=0)를 기본으로 하며 건물 외벽의 재질 등에 대한 명확한 정보를 바탕으로 건물에 대한 반사손실(Reflection loss)을 고려한다.
- 도로소음 저감시설(방음벽 등) 및 건물 모델링과 관련한 입력변수 종류, 적용방법, 적용값 등의 내용과 그에 따른 근거 및 사유를 명시한다.

도로 소음원과 관련한 정보를 생성한 이후에 도로 주변의 정온시설에 대한 소음예측을 위해 수음점 지정의 기초가 되는 건물 정보를 입력한다. 그리고 도로 주변의 정온시설에 대한 도로소음 예측결과가 도로소음 기준을 초과할 경우에 대비한 소음저감시설의 반영

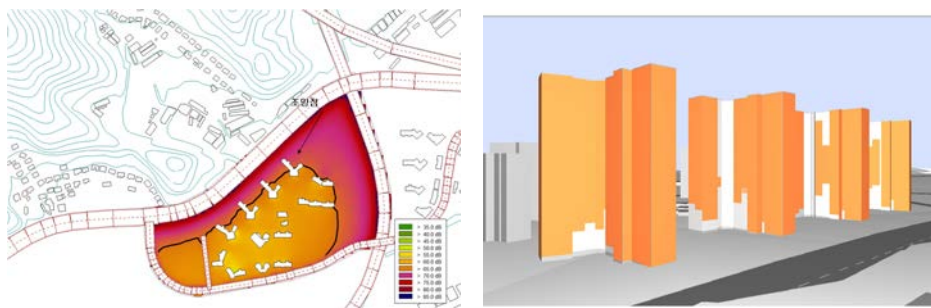
과 그에 따른 소음저감효과를 파악하는 것이 요구된다. 첫째, 도로소음 저감시설의 대표적인 것으로 방음벽을 설치할 수 있는데 이러한 방음벽의 종류(흡음형 또는 반사형), 좌표입력을 통한 위치 및 길이 선정, 방음벽 높이 등의 정보 입력이 필요하다. 둘째, 완전흡음형 방음벽의 경우 소음전파에 따른 반사영향이 없으므로 이러한 효과를 고려하기 위해 방음벽 입력창에서 No reflection을 선택한다. 그러나 일부 흡음이 되거나 완전 반사가 되는 방음벽의 경우 반사정도를 고려하는 반사손실(Reflection loss)이나 흡음정도를 반영하는 흡음손실(Absorption loss)을 입력한다. 방음벽의 재질에 따른 이러한 손실계수들의 값은 소음저감효과 산정에 영향을 미칠 수 있으므로 명확한 정보에 근거한 입력값을 포함하는 것이 요구된다. 셋째, 방음벽의 특수한 형태로서 프로그램에 포함된 꺾음형 방음벽의 경우 꺾음형이 포함되는 부분을 명확히 확인하여 그 정보를 입력한다. 꺾음형 영역을 포함시키는 방법으로는 꺾음형 영역의 수평 및 수직 길이를 제시하거나 꺾은 각도를 입력하는 방법을 적용할 수 있다. 넷째, 교량에서의 도로소음 저감을 위한 교량형 방음벽의 경우 교량이 지면에 대하여 떠있는 상태이므로 교량형 방음벽의 위치 및 높이 등은 지면에 대한 교량의 상대적 위치를 고려하여 적용한다. 교량형 방음벽을 생성할 경우 그 결과에 대한 면밀한 검토를 통해 방음벽에 의한 소음예측 결과의 오류를 예방하는 것이 필요하다. 다섯째, 방음벽 이외의 프로그램에 포함된 도로소음 저감시설(방음덕 등)의 경우 각 저감시설을 생성하기 위한 정보(위치, 높이, 길이 등)를 명확히 입력하고 그에 따른 입력값을 포함한다. 여섯째, 도로소음 예측을 위한 수음점으로 활용되는 건물을 포함시킬 경우 이전에 생성된 건물생성 데이터를 활용하거나 프로그램상에서 건물의 형상, 위치, 높이 등을 입력하여 직접 생성시킬 수 있다. 일곱째, 다수의 건물들을 대상으로 건물 상호 간의 반사 및 회절 등의 소음전파효과를 고려하기 위해 흡음률이 0인 완전 반사체를 가정한다. 여기서 건물 외벽의 재질에 대한 명확한 근거가 있을 경우 그 정보에 기인한 반사손실(Reflection loss)의 입력값을 포함한다. 마지막으로 도로소음 저감시설 및 건물 정보와 관련하여 적용된 입력변수에 대한 구체적인 정보(종류, 입력값 등)를 제시하여 수음점에 대한 도로소음 예측방법 및 그 결과에 대한 전체적인 과정을 보여주는 것이 요구된다.

7. 도로소음 예측결과 명시

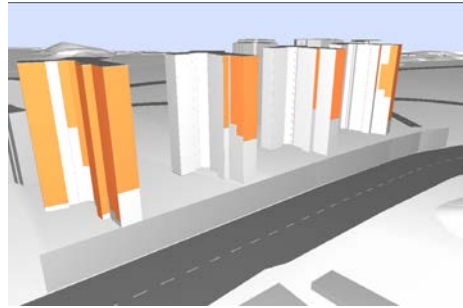
- 도로 주변의 고층 정온시설 등에 대한 도로소음 예측결과(층별 소음분포, 도로소음기준 초과지역 및 초과정도 등)를 표로 정리하여 명시한다.
- 도로 주변의 고층 정온시설 등에 대한 평면 등음선도(grid noise map), 수직 등음선도(cross-section noise map), 건물 외벽 등음선도(facade noise map) 등을 제시한다.
- 도로소음 예측결과와 도로소음 기준과의 비교·검토를 통한 도로소음기준 초과지역 및 초과정도 등을 나타내는 등음선도(noise map) 등을 명시한다.
- 도로소음 저감대책 시행 전 및 시행 후의 소음예측 결과를 비교·검토한 결과를 표 및 등음선도 등을 통해 제시한다.

3차원 소음예측모델 적용에 따른 도로소음 예측결과를 제시하기 위해 도로 주변의 정온시설에 대한 소음분포, 정온시설의 종류에 따른 도로소음 기준과의 비교·검토를 통한 초과지역 및 초과정도 등을 표로 정리하는 것이 필요하다. 특히 고층 정온시설의 경우 층별에 따른 소음분포를 파악하는 것뿐만 아니라 도로소음 기준을 초과하는 세대분포를 예측하여 그에 따른 도로소음 저감계획을 수립하는 것이 요구된다. 이와 같이 소음예측 데이터를 표로 정리하는 것뿐만 아니라 3차원 소음예측모델의 시각화 정보효과를 활용하여 도로 주변의 정온시설에 대한 소음분포의 시각화된 자료를 명시하는 것도 필요하다. 이러한 시각화 자료로 일정한 높이(예. 15m 높이)에서의 평면적 소음분포를 보여주는 평면 등음선도(grid noise map), 고층 정온시설의 수직적 소음분포를 나타내는 수직 등음선도(cross-section noise map), 고층 정온시설의 외벽에서의 소음분포를 보여주는 건물 외벽 등음선도(facade noise map) 등이 있다. 그리고 3차원 소음예측모델에 의해 계산된 소음분포를 바탕으로 도로소음 기준을 초과하는 지역 및 초과정도 등을

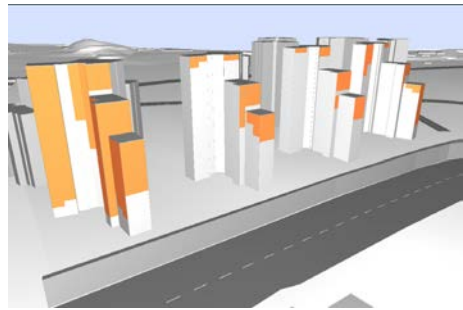
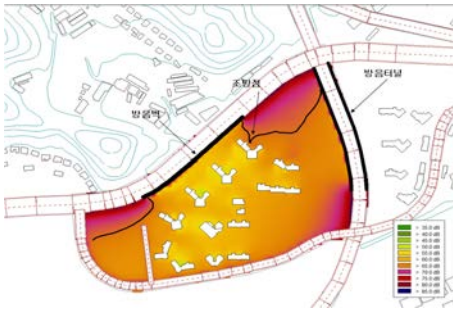
쉽게 파악할 수 있는 시각화 자료도 요구된다. 이를 바탕으로 도로소음 기준 초과지역 분포와 초과정도 등을 고려한 도로소음 저감계획의 방향을 설정하는 데 도움을 줄 수 있다. 또한 도로소음 저감시설 설치에 따른 소음저감효과를 알아보기 위해 저감시설 설치 전·후의 소음분포를 비교·검토하기 위한 결과분석을 통해 개발사업 및 개발지역의 특성 등을 고려한 최적의 도로소음 저감계획 수립에 활용될 수 있다. 예를 들어, <그림 4-2>는 도로 주변의 택지개발지역을 대상으로 도로소음을 저감하기 위한 다양한 방안(방음벽 등)에 대하여 3차원 소음예측모델에 적용한 결과를 보여주고 있다(선효성, 2010). 평면 등음선도의 경우 소음분포 결과와 도로소음 기준(검은 선으로 표시함)을 동시에 표시하여 도로소음 초과영역의 확인이 가능하다. 조망점 위치에 대한 건물 외벽 등음선도의 경우도 도로소음 기준을 만족하는 영역(백색으로 표시함)과 초과하는 영역을 구분하여 명시하고 있다. 도로소음 저감계획이 고려되지 않은 경우(그림 4-2(a))를 기본으로 하여 방음벽(그림 4-2(b)), 방음벽 + 방음터널 + 층수 조정(그림 4-2(c)), 방음벽 + 방음터널 + 층수 조정 + 저소음 포장(그림 4-2(d))의 세 가지 경우에 대한 소음예측결과를 보여주고 있다. 이와 같이 3차원 소음예측모델에 의한 도로소음 예측결과와 도로소음 기준을 함께 비교·검토할 수 있는 자료(시각화 자료 포함)를 생성하여 적용된 도로소음 저감계획에 대한 적정성 검토가 가능해진다.



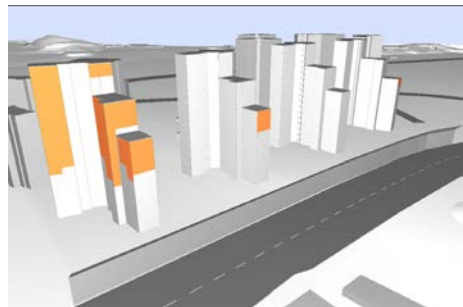
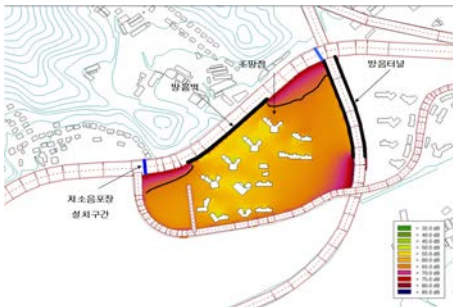
(a) 도로소음 저감계획 미고려



(b) 방음벽 고려



(c) 방음벽 + 방음터널 + 층수 조정 고려



(d) 방음벽 + 방음터널 + 층수 조정 + 저소음 포장 고려

자료: 선호성(2010), 소음지도를 활용한 소음평가 개선방안 연구 - 택지개발사업을 중심으로
 〈그림 4-2〉 도로소음의 다양한 저감계획에 따른 소음예측결과

8. 도로소음 예측결과 검증

- 3차원 소음예측모델에 의한 소음예측결과는 아래 사항을 참조하여 검증한다.
 - 신설이나 확장 계획이 있는 도로의 경우 도로 특성(교통량, 차속 등)이 유사한 기존 도로를 활용한다.
 - 도로소음 측정과 동일한 시점에서의 교통량, 차속, 대형차량비율 등의 정보에 근거한 도로소음 예측결과를 산출한다.
 - 동일한 시점 및 수음점에서의 도로소음 예측결과와 측정결과를 비교·검토하고 오차원인을 분석한다.
- 도로소음 검증의 분석결과를 바탕으로 도로소음 저감계획의 적정성을 검토한다.

3차원 소음예측모델에 의한 소음예측결과는 도로제원, 도로 주변의 지형적 특성, 도로의 교통량 및 차속 등의 변화에 따라 다양한 분포를 보여줄 수 있다. 이로 인해 실제 도로소음 분포와의 차이를 나타낼 수 있으므로 도로별 특성을 고려한 소음예측 결과와 실제 소음측정 결과의 비교·검토를 통한 검증이 요구된다. 기존 도로의 경우는 도로소음 측정과 동일한 시점에서의 교통량, 차속, 대형차량비율 등의 정보를 수집·분석하여 3차원 소음예측모델의 입력자료로 적용한다. 도로가 신설되거나 확장되는 경우는 계획노선의 특성(도로제원, 교통량, 차속 등)과 유사한 기존 도로를 대상으로 검증을 수행할 수 있다. 이와 같이 동일한 시점 및 수음점 위치에서의 도로소음 예측결과와 측정결과를 비교·검토한 결과, 오차가 발생하는 경우 오차원인을 분석한다. 상기와 같은 과정을 통한 검증결과를 토대로 도로소음 저감시설(방음벽 제원 등) 등의 적정성을 검토하여 최적의 도로소음 저감계획을 수립하는 데 활용할 수 있다.

9. 기타 고려사항

- 3차원 소음예측모델 적용에 따른 추가적인 고려사항은 환경부에서 고시한 소음지도 작성방법(제2010-72호) 등의 내용을 참조한다.

상기에서는 개발사업의 환경영향평가 단계에서 3차원 소음예측모델을 효율적으로 적용하기 위한 방안을 제안하였다. 제안된 내용 이외에 3차원 소음예측모델을 적용하기 위한 추가적인 내용이 있을 경우 소음지도 작성방법(환경부고시 제 2010-72호), 프로그램별 매뉴얼, 3차원 소음예측모델과 관련한 연구자료 등을 참조할 수 있다.

Ⅰ 제5장 · 결론 및 제언 Ⅰ

1. 결 론

국내 개발사업의 환경영향평가에서 사업지구 주변의 정온시설에 대한 소음영향을 평가하고 있으며 이를 위해 소음원 종류를 고려한 예측모델과 보정계수를 적용하고 있다. 그러나 교통시설 증대와 고층 정온시설의 보편화 등으로 인해 소음환경이 복잡해지고 있는 상황에서 이러한 접근방법의 타당성 확보는 어려울 수 있다. 따라서 개발사업으로 인한 소음환경의 정확한 구현을 통한 실제적인 소음평가를 수행할 수 있는 접근법으로 3차원 소음예측모델의 활용을 고려할 수 있다.

개발사업의 소음평가를 위해 3차원 소음예측모델의 활용도가 높아지고 있지만 3차원 소음예측모델의 적용방법에 대한 가이드라인이 전무하여 그에 따른 소음평가 결과의 신뢰성 확보에 의문이 제기되고 있다. 이로 인해 동일한 개발사업을 대상으로 3차원 소음예측모델 사용자의 자의적 판단에 따라 상이한 소음평가 결과를 산출할 가능성이 있다. 따라서 본 연구에서는 3차원 소음예측모델을 대상으로 그 내부에 포함된 소음예측식 및 입력변수 등을 검토하여 3차원 소음예측모델을 효율적으로 적용할 수 있는 가이드라인을 제안하였다.

3차원 소음예측모델과 관련한 규정 및 사례 분석을 통해 기존 환경영향평가에서 모델 적용에 의한 문제점을 파악한 내용은 다음과 같다. 첫째, 환경영향평가에서 3차원 소음예측모델 적용에 따른 지침이나 가이드라인이 부족하다. 둘째, 3차원 소음예측모델에 포함된 소음예측식 및 입력변수 등에 대한 구체적인 정보나 내용이 미흡하다. 셋째, 환경영향평가에서 3차원 소음예측모델에 의한 소음예측 결과의 활용방안이 필요하다. 이에 대한 개선방향으로 3차원 소음예측모델, 소음예측식, 소음예측과 관련한 입력변수 등에 대한 전반적이면서 구체적인 검토와 3차원 소음예측모델을 환경영향평가에서 효율적으로 적용할 수 있는 가이드라인이 필요하다.

환경영향평가에서 3차원 소음예측모델을 효율적으로 적용하기 위한 방안을 모색하기

위해 도로소음을 대상으로 SoundPLAN, Cadna-A, IMMI 상용프로그램을 적용하였다. 이러한 프로그램을 활용하여 도로소음 예측식, 도로소음원 입력자료, 방음벽 및 건물과 관련한 입력자료 등을 근거로 3차원 소음예측모델 구현을 통한 소음예측 결과를 비교·검토하였다. 소음예측 결과의 비교·검토를 바탕으로 3차원 소음예측모델을 도로소음평가에 적용하기 위한 방안을 제안하였다.

3차원 소음예측모델에 적용되는 도로소음 예측식은 CRTN, RLS90, NMPB, Nord2000, ASJ2003 등이 있다. CRTN 예측식은 $L_{10}(1h)$ 또는 $L_{10}(18h)$ 소음지표에 대한 국내 도로소음 기준이 없다는 문제점이 있으며 Nord2000 및 ASJ2003 예측식의 경우 차종분류가 복잡한 측면을 보여주고 있다. RLS90과 NMPB는 각 예측식의 구성 및 특성을 반영하여 적용하는 것이 바람직하다.

3차원 소음예측모델에 적용되는 도로 소음원의 입력변수로는 도로제원(도로폭 등), 교통량, 차속, 대형차량비율, 도로 구배, 도로포장, 다중반사(multiple reflection) 등이 있다. 이러한 입력변수 중 소음예측 결과에 영향을 미칠 수 있는 주요 인자(교통량, 차속, 대형차량비율, 도로제원, 차종분류)의 변화에 따른 소음예측 결과를 비교·검토하였다. 시간당 교통량의 경우 교통량이 증가할수록 수렴되는 양상을 보여주고 있으며 차속의 경우 차속이 높을수록 소음도가 증가하는 모습을 나타내고 있다. 대형차량비율의 경우 비율이 증가할수록 수렴되는 양상을 보여주고 있다. 그리고 도로제원의 경우 상행 및 하행 구간에 대한 교통량 차이와 도로 중앙에 방음벽 등이 설치될 가능성이 있으므로 상행구간과 하행구간을 구분하거나 주행차선수를 모두 고려하여 적용하는 것이 바람직하다. 또한 차종분류의 경우 예측식 내부에 포함된 차종구분의 기준과 국내 12차종 분류 기준을 비교·검토하여 입력정보로 활용하는 것이 필요하다.

3차원 소음예측모델에 적용되는 방음벽과 관련한 입력정보로는 방음벽 제원(위치, 높이, 길이 등), 방음벽 특성(흡음률 등), 꺾음형(cantilever) 방음벽 및 교량형 방음벽(floating barrier) 등이다. 이러한 방음벽의 소음저감효과에 영향을 미칠 수 있는 입력정보(도로제원, 방음벽 특성)에 대한 소음예측 결과를 비교·검토하였다. 도로제원의 경우 도로, 방음벽, 수음점의 상대적 위치에 따라 소음저감효과의 차이가 나기 때문에 도로

중앙의 방음벽 등 설치, 실제 도로와 유사한 모델링 등을 고려하여 상행구간과 하행구간을 구분하거나 주행차선수를 모두 고려하여 적용하는 것이 바람직하다. 또한 방음벽 재질에 따라 방음벽의 소음저감효과가 달라질 수 있기 때문에 이러한 측면을 고려하여 방음벽 선택 및 소음저감효과 등을 파악하는 것이 필요하다.

3차원 소음예측모델에 적용되는 건물에 대한 입력정보로 건물의 위치, 높이, 형상, 특성 등이 포함된다. 건물 배치의 변화에 따른 소음예측 결과를 비교·검토하였으며 프로그램의 특성에 따라 약간의 차이를 보여주고 있다. 이는 건물 상호 간의 복잡한 소음전파 현상(반사 및 회절 등)을 구현하는 방법상의 차이라고 판단되며 복잡한 지형 및 건물 분포 등을 고려한 소음평가를 위해 소음전파와 관련한 지속적인 업데이트가 필요하다.

3차원 소음예측모델의 적용현황 분석과 도로소음 예측결과의 비교·검토를 통해 환경영향평가에서 3차원 소음예측모델을 효율적으로 적용하기 위한 가이드라인을 <표 5-1>과 같이 제안하였다.

<표 5-1> 환경영향평가 시 3차원 소음예측모델 적용을 위한 가이드라인

구분	내용
목 적	<ul style="list-style-type: none"> - 개발사업의 환경영향평가지 도로소음 평가를 위해 3차원 소음예측모델을 적용하기 위한 것으로 3차원 소음예측모델에 의한 도로소음 평가결과의 타당성 및 일관성을 확보하고자 한다.
적용범위	<ul style="list-style-type: none"> - 도로 특성(교통량, 차속 등) 등을 반영한 도로소음 평가범위를 대상으로 아래의 지역이 포함될 경우 3차원 소음예측모델을 적용할 수 있다. <ul style="list-style-type: none"> · 도로 주변에 고층 정온시설이 있는 지역 · 도로 주변에 택지개발지역이 있는 경우 · 다수의 도로에 의한 도로소음 누적평가가 필요한 지역
도로·지형·건물 등의 정보 생성	<ul style="list-style-type: none"> - 수치지도, 설계데이터, 현장조사자료 등을 활용하여 도로, 개발지역 및 그 주변의 지형 및 건물, 소음저감시설 등을 구현한 정보를 생성한다.

구분	내용
도로소음 예측식	<ul style="list-style-type: none"> - 도로소음 예측식은 예측식의 특성 및 장·단점, 입력변수의 종류 및 내용 등의 검토를 통해 선정한다.
도로 소음원	<ul style="list-style-type: none"> - 도로폭은 도로사양(중앙분리대, 차선 수 및 차선 폭, 갓길 등)을 고려하여 설정한다. - 도로 소음원은 상행구간 및 하행구간을 구분하거나 주행차선수를 고려하여 설정한다. - 교통량, 차속, 대형차량비율은 도로의 구간별/연도별/시간대별 분포를 바탕으로 한 소음예측을 통해 도로소음이 최대로 발생하는 시간대의 정보를 입력한다. - 도로 구배율(%)은 도로지형자료를 활용하거나 직접 입력한다. - 도로포장의 경우 포장종류에 따른 보정값을 직접 입력한다. - 다중반사(multiple reflection)효과는 고려하지 않는다. - 도로소음 예측식에 따른 분류방법과 국내 12차종 분류정보를 고려하여 차종을 구분한다. - 도로 노선과 관련하여 교통량 및 차속 등이 다른 경우 도로를 구분하여 모델링한다. - 도로 소음원과 관련한 입력변수 종류, 적용방법, 적용값 등의 내용과 그에 따른 근거 및 사유를 명시한다.
도로소음 저감시설(방음벽 등) 및 건물	<ul style="list-style-type: none"> - 방음벽 종류 및 특성(꺾음형 방음벽, 흡음률 등), 위치, 높이, 길이 등에 대한 정보를 입력하여 방음벽을 생성한다. - 완전흡음형 방음벽의 경우 No reflection을 선택하고 반사형(일부 흡음형 포함) 방음벽의 경우 방음벽 재질에 따른 Reflection loss 또는 Absorption loss 값을 입력한다. - 꺾음형 방음벽의 경우 직선형 영역과 꺾음형 영역을 명확히 구분하고 꺾음형 영역의 수평 및 수직 길이 또는 꺾은 각도를 입력하여 방음벽을 생성한다. - 교량형 방음벽의 경우 교량과 지면의 상대적 위치를 고려하여 방음벽 설치 위치를 입력한다. - 방음벽 이외의 도로소음 저감시설(방음독 등)에 대하여 저감시설 위치, 높이, 길이, 재질 등을 고려하여 방음벽 재원 및 특성 등을 입력한다. - 건물을 모델링할 경우 이전에 생성된 건물정보 데이터를 활용하거나 건물 형상, 배치, 위치, 높이 등의 정보를 입력한다. - 건물은 완전반사체(흡음률=0)를 기본으로 하며 건물 외벽의 재질 등에 대한 명확한 정보를 바탕으로 건물에 대한 반사손실(Reflection loss)을 고려한다. - 도로소음 저감시설(방음벽 등) 및 건물 모델링과 관련한 입력변수 종류, 적용방법, 적용값 등의 내용과 그에 따른 근거 및 사유를 명시한다.
도로소음 예측결과 명시	<ul style="list-style-type: none"> - 도로 주변의 고층 정온시설 등에 대한 도로소음 예측결과(총별 소음분포, 도로소음 기준 초과지역 및 초과정도 등)를 표로 정리하여 명시한다. - 도로 주변의 고층 정온시설 등에 대한 평면 등음선도(grid noise map), 수직 등음선도(cross-section noise map), 건물 외벽 등음선도(facade noise map) 등을 제시한다. - 도로소음 예측결과와 도로소음 기준과의 비교·검토를 통한 도로소음 기준 초과지역

구분	내용
	<p>및 초과정도 등을 나타내는 등음선도(noise map) 등을 명시한다.</p> <p>- 도로소음 저감대책 시행 전 및 시행 후의 소음예측 결과를 비교·검토한 결과를 표 및 등음선도 등을 통해 제시한다.</p>
도로소음 예측결과 검증	<p>- 3차원 소음예측모델에 의한 소음예측결과는 아래의 사항을 참조하여 검증한다.</p> <ul style="list-style-type: none"> · 신설이나 확장 계획이 있는 도로의 경우 도로 특성(교통량, 차속 등)이 유사한 기존 도로를 활용한다. · 도로소음 측정과 동일한 시점에서의 교통량, 차속, 대형차량비율 등의 정보에 근거한 도로소음 예측결과를 산출한다. · 동일한 시점 및 수음점에서의 도로소음 예측결과와 측정결과를 비교·검토하고 오차원인을 분석한다. <p>- 도로소음 검증의 분석결과를 바탕으로 도로소음 저감계획의 적정성을 검토한다.</p>
기타 고려사항	<p>- 3차원 소음예측모델 적용에 따른 추가적인 고려사항은 환경부에서 고시한 소음지도 작성방법(제2010-72호) 등의 내용을 참조한다.</p>

2. 제 언

본 연구에서는 개발사업의 환경영향평가 단계에서 3차원 소음예측모델을 효율적으로 적용하기 위한 가이드라인을 제안하였다. 이를 바탕으로 교통시설의 복잡성 및 고층 정온시설의 보편화 등으로 인한 소음환경을 정확히 구현하는 기술적 접근법의 토대를 마련할 수 있다. 그러나 3차원 소음예측모델의 활용성을 증대시키기 위해서는 기술적인 발판을 수립하는 것뿐만 아니라 정책적, 재정적 뒷받침이 포함되어야 한다. 이러한 관점에서 환경영향평가에서 3차원 소음예측모델의 적용이 확대되고 정착될 수 있는 기본적인 방향을 제안한 것은 다음과 같다.

첫째, 개발사업의 환경영향평가 단계에서 3차원 소음예측모델 적용을 통해 소음평가를 수행할 수 있는 근거 및 지원 마련이 필요하다. 이를 위해 개발사업의 소음평가와 관련한 환경영향평가의 규정 내용을 추가하는 것이 요구되며 하나의 사례로 환경영향평가서 작성 등에 관한 규정(환경부 고시 제2012-112호)과 환경영향평가 대행비용 산정기

준(환경부고시 제2009-268호)이 있다. 환경영향평가서 작성 등에 관한 규정(환경부 고시 제2012-112호)에서는 개발사업의 소음예측을 위해 모델을 사용하거나 유사사례를 참조하는 방법을 제시하고 있다. 이와 관련하여 3차원 소음예측모델 적용이 필요한 지역(고층 정온시설 등) 등을 명시하여 소음환경이 복잡한 상황에서의 현실적인 소음평가를 위해 3차원 소음예측모델을 활용할 수 있는 근거를 마련하는 것이 필요하다. 또한 환경영향평가 대행비용 산정기준(환경부 고시 제2009-268호)에서는 항공기 소음을 대상으로 3차원 모델링을 위한 실비 적용을 포함하고 있다. 이와 관련하여 항공기 소음뿐만 아니라 3차원 소음예측모델의 적용이 필요한 지역 및 상황 등을 대상으로 3차원 소음예측모델을 활용할 수 있는 현실적인 비용을 지원할 수 있는 규정내용을 포함하는 것이 필요하다.

둘째, 국내 소음환경(소음발생원 등)의 현실적이면서 명확한 구현을 위한 3차원 소음예측모델의 연구개발이 필요하다. 개발사업의 환경영향평가 단계에서 고층 정온시설 등을 포함한 복잡한 소음환경 구현을 위해 3차원 소음예측모델이 포함된 국외의 상용 프로그램을 적용하고 있다. 그러나 이러한 프로그램 내부에 포함된 소음예측식, 소음원, 소음전파, 소음저감시설 등은 국외의 소음환경을 반영한 결과이므로 이를 국내 소음환경에 적용하기에는 한계가 있다. 이러한 관점에서 3차원 소음예측모델을 개발사업의 소음평가에 적용하는 것이 필요하다는 인식도 있으나 국외의 3차원 소음예측모델을 국내 소음평가에 적용하는 것에 대한 문제점이나 의문이 제기되고 있는 것도 사실이다. 이를 해결하기 위한 하나의 방안으로 국내 소음예측식을 바탕으로 3차원 소음환경을 구현할 수 있는 프로그램의 연구개발이 요구된다. 이러한 연구의 주요 내용으로는 기존 국내에 존재하는 소음예측식의 현황 및 문제점 파악을 통한 업데이트와 3차원 소음전파효과 등을 고려할 수 있는 기법을 포함한 프로그램의 구축이다. 국내 3차원 소음예측이 가능한 모델이나 프로그램 개발을 통해 국내 소음환경에 적합한 소음평가를 할 수 있을 뿐만 아니라 시간 및 비용적인 측면의 효율성도 향상시킬 수 있다.

| 참고 문헌 |

<국문 자료>

- 경기도 외. 2011. 「OO 택지개발사업 환경보전방안 검토서」.
- 국토해양부. 2008. 「12종 교통량조사 차종분류 가이드」.
- 국토해양부. 2012. 「OO 국도건설공사 환경영향평가서」.
- 도로교통연구원. 2009. 「고속도로 교통소음 통합관리시스템 구축을 위한 음원모델 개선 연구」.
- 박인선, 박상규. 2008. "소음지도 현황 및 제작 소프트웨어 소개". 「소음·진동」 18(2).
- 서울특별시. 2012. 「건축물 및 정비사업(재개발·재건축)의 환경영향평가 항목 및 심의기준(환경영향평가서 초안 작성 지침)」.
- 서울특별시. 2012. 「OO도로 확장공사 사업계획 변경에 따른 환경보전방안 검토서」.
- 선효성. 2010. 「소음지도를 활용한 소음평가 개선방안 연구 - 택지개발사업을 중심으로」.
- 선효성, 박영민, 이민주. 2009. 「Noise map을 활용한 환경소음의 관리방안 마련」. 한국환경정책·평가연구원.
- 정우홍 외. 2007. "도로교통 소음지도 작성을 위한 소음예측식 비교 연구". 「한국소음진동공학회 춘계학술대회」.
- 최준규, 선효성, 정태량. 2012. "환경영향평가시 도로소음 평가범위 설정에 대한 연구". 「환경영향평가」21(4).
- 환경부. 2010. 「소음지도 작성방법」.
- 환경부. 2011. 「환경성평가 평가대상지역 영향범위 설정 운영 방안 연구」.

<영문 자료>

- AR-INTERIM-CM. 2003. *Adaption and revision of the interim noise computation methods for the purpose of strategic noise mapping*.
- J. Kragh, et al. 2002. "General nordic sound propagation model and applications in source-related prediction methods".
- J. Kragh, et al. 2006. *User's guide Nord2000 road*.
- Paulo Henrique Trombetta Zannin, David Queiroz de Sant'Ana. 2011. "Noise mapping at different stages of a freeway redevelopment project - A case study in Brazil". *Applied*

Acoustics. 72:479-486.

The Acoustical Society of Japan Research Committee on Road Traffic Noise. 2004. *Road traffic noise prediction model ASJ RTN-Model 2003*.

WG-AEN. 2006. *Good practice guide for strategic noise mapping and the production of associated data on noise exposure*.

<온라인 자료>

교통량 정보제공 시스템. <http://www.road.re.kr>.

〈부록 1〉 소음지도 작성방법

환경부고시 제2010-72호

「소음·진동관리법」제4조의2 및 같은 법 시행규칙 제7조의2 제4항에 따라 소음지도의 작성방법을 다음과 같이 제정·고시합니다.

2010년 6월 30일

환경부장관

소음지도의 작성방법

제1장 총칙

제1조(목적) 이 고시는 「소음·진동관리법」제4조의2 및 같은 법 시행규칙 제7조의2 제4항에 따라 환경부장관 또는 시도지사가 소음지도(騒音地圖)를 작성하는데 필요한 사항을 정함을 목적으로 한다.

제2조(정의) 이 고시에서 “소음지도”란 일정지역을 대상으로 측정 또는 예측된 소음도를 등음선이나 색을 이용하여 시각화한 지도를 말한다.

제3조(적용대상) ① 이 고시에서 정하는 소음지도의 대상소음원은 다음 각 호와 같다.

1. 도로소음

2. 철도소음

② 도로소음 및 철도소음이 복합적으로 영향을 미치는 지역에 대해서는 각각의 소음지도와 복합소음지도를 함께 작성한다.

제2장 소음지도의 작성

제4조(소음지도의 작성절차 등) ① 소음지도의 작성절차는 별표 1과 같다.

② 소음지도의 작성방법은 별표 2와 같다.

제5조(작성기관) ① 소음지도를 작성할 수 있는 기관은 다음 각 호의 기관과 같다.

1. 「환경영향평가법」에 의한 환경영향평가대행자
 2. 「환경분야 시험·검사 등에 관한 법률」에 의한 소음·진동측정대행업자
 3. 「환경기술개발 및 지원에 관한 법률」에 의한 소음·진동방지시설업자
 4. 「기술사법」에 의한 소음·진동기술사 사무소
 5. 「엔지니어링기술 진흥법」에 의한 소음·진동분야 엔지니어링 활동주체
 6. 「산업교육진흥 및 산학협력촉진에 관한 법률」에 의한 산학협력단
 7. 그 밖에 환경부장관이 인정하는 기관
- ② 소음지도 작성 대행기관이 갖추어야 하는 기술인력 및 장비의 보유기준은 별표 3과 같다.

제3장 소음지도의 제출 및 검토

제6조(소음지도의 검증) ① 시도지사는 소음지도의 결과를 검증하기 위하여 다음 각 호의 자료(전자파일을 포함한다)를 환경부장관에게 제출하여야 한다.

1. 지형정보를 생성하여 등고선 적용 및 건물의 높이 입력을 확인할 수 있는 자료
2. 소음지도 작성 시 적용한 각종 영향인자 값(일반사항, 소음원 관련사항 등)을 확인할 수 있는 자료
3. 측정한 값을 확인할 수 있는 수음점(단일 수음점, 건물외벽 소음도 등)에서의 예측된 소음도 정보 및 평면소음지도(grid noise map), 높이별 외벽 소음지도(facade noise map)

② 국립환경과학원장은 시도지사가 제출한 제1항 각 호의 자료를 검토한 후 수정·

완이 필요한 경우에는 해당사항을 소음지도 기술자문협의회의 확정을 받아야 한다.

- ③ 환경부장관은 소음지도 기술자문협의회의 확정을 받은 수정·보완 사항을 1개월 이내에 시도지사에게 통보하여야 한다.
- ④ 시도지사는 환경부장관이 통보한 수정·보완사항을 반영·수정하여 재검증을 위해 환경부장관에게 제출하여야 한다.
- ⑤ 제4항에 따른 소음지도의 재검증에 관하여는 제2항부터 제4항까지의 규정을 준용한다.

제7조(소음지도의 확정·통보) 환경부장관은 제6조제2항에 따른 소음지도 기술자문협의회의 수정·보완사항이 없는 경우 소음지도를 확정하여 시도지사에게 통보하여야 한다.

제8조(활용계획 등 제출) 시도지사는 소음지도의 확정통보를 받은 후 1년 이내에 다음 각 호의 계획을 환경부장관에게 제출하여야 한다.

- 1. 소음환경기준 또는 교통소음관리기준 초과지역 및 정온시설 현황 파악
- 2. 방음시설 설치 등 소음저감대책 추진계획
- 3. 도시계획, 대규모 개발사업 등에 대한 소음지도 활용계획

제9조(소음지도의 갱신) 소음지도는 5년마다 갱신하여야 한다. 다만, 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 수정 또는 재작성할 수 있다.

- 1. 도로나 철도가 개설 또는 폐쇄된 경우
- 2. 교통량의 현격한 변화가 생긴 경우
- 3. 대단위 주거지역이 개발되는 경우
- 4. 기타 지방자치단체의 장이 필요하다고 판단되는 경우

제4장 소음지도 기술자문 협의회

제10조(협의회 설치) 국립환경과학원장은 소음지도의 평가·수정·보완 및 소음저감대

책 등에 대한 자문을 위하여 소음지도 기술자문 협의회(이하 “협의회”라 한다)를 설치·운영한다.

제11조(협의회의 기능) 협의회는 다음 각 호의 사항을 자문한다.

1. 소음지도의 평가 및 수정·보완
2. 소음저감대책의 적정성
3. 소음지도 중장기대책의 방향 및 추진상황 점검
4. 기타 소음지도 작성에 관하여 필요한 사항

제12조(협의회의 구성) ① 협의회는 협의회장 1명을 포함한 10명 이내의 위원으로 구성한다.

② 협의회의 위원은 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 자 중에서 국립환경과학원장이 위촉하며, 협의회장은 위원 중에서 국립환경과학원장이 지명한다.

1. 「고등교육법」 따른 학교에서 소음진동에 관련된 학문을 가르치는 조교수 이상의 직에 있거나 있었던 자
2. 「기술사법」에 의한 소음·진동기술사
3. 소음지도 작성 경험이 있는 자
4. 기타 환경부장관이 인정하는 자

③ 위원의 임기는 2년으로 하며, 연임할 수 있다.

④ 협의회의 사무를 처리하기 위하여 협의회에 간사를 두며, 간사는 국립환경과학원의 소음지도 담당공무원이 맡는다.

제13조(협의회의 회의) ① 협의회장은 협의회를 소집하고, 그 의장이 된다.

② 협의회의 회의는 재적위원 과반수의 출석으로 개의하고, 출석위원 과반수의 찬성으로 의결한다.

③ 협의회는 필요할 경우 외부 전문가를 참석하게 하여 의견을 들을 수 있다.

제5장 보칙

제14조(교육) ① 환경부장관은 소음지도 담당 공무원 등의 전문성 향상을 위하여 국립환경인력개발원, 한국환경공단 등을 통한 교육과정의 운영을 지원하여야 한다.

② 소음지도 작성기관의 책임자 또는 실무자는 필요에 따라 국립환경인력개발원 또는 한국환경공단 등에서 실시하는 소음지도 작성교육을 신청하여 이수할 수 있다.

제15조(공개) 환경부장관은 시·도지사와의 협의하여 소음지도를 공개할 수 있다.

제16조(사후관리) ① 한국환경공단 이사장은 환경소음측정망 운영과 연계하여 소음지도를 검증하여야 한다.

② 한국환경공단 이사장은 소음지도의 검증결과 등을 매년 1월 31일까지 환경부장관에게 보고하여야 한다.

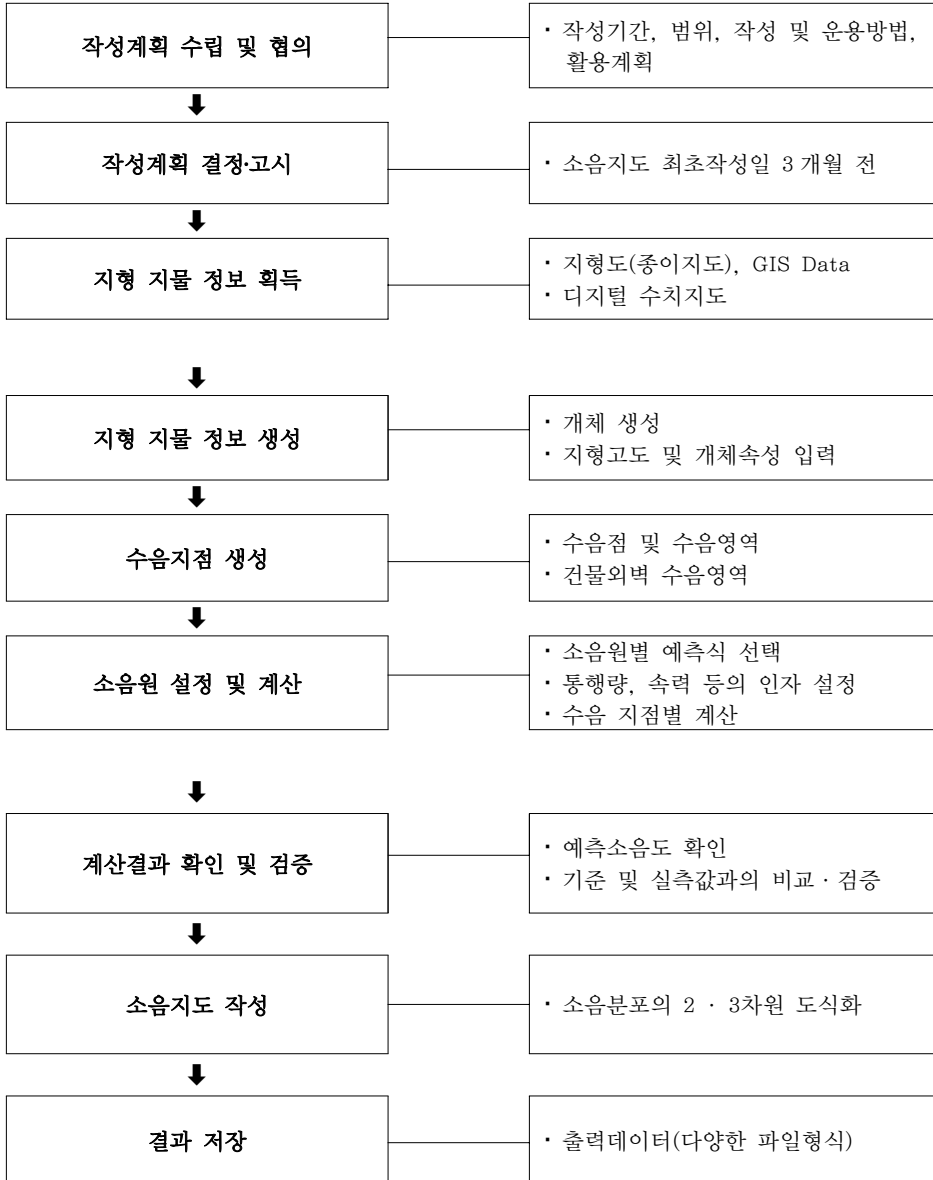
제17조(재검토기한) 「훈령·예규 등의 발령 및 관리에 관한 규정」(대통령훈령 제248호)에 따라 이 고시 발령 후의 법령이나 현실 여건의 변화 등을 검토하여 이 고시의 폐지, 개정 등의 조치를 하여야 하는 기한은 2013년 6월 30일까지로 한다.

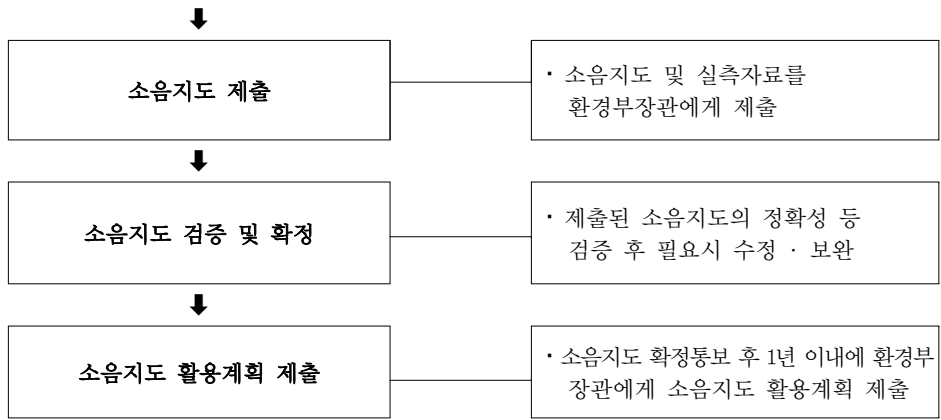
부칙

이 고시는 2010년 7월 1일부터 시행한다.

[별표 1]

소음지도의 작성절차(제4조제1항 관련)





[별표 2]

소음지도 작성방법(제4조제2항 관련)

1. 소음지도 작성 프로그램

소음지도 작성 프로그램은 다음 각 호의 조건을 충족해야한다.

- 가. 지도파일 및 그림파일에 등고선, 건물높이 등의 지형지물정보를 입력하고 대상 지역을 3차원으로 표현할 수 있다.
- 나. 도로소음, 철도소음에 대하여 교통량, 속력 등의 영향인자를 입력하여 소음원을 생성할 수 있다.
- 다. 다음에 제시된 예측식 및 예측조건 등을 설정할 수 있다.

2. 소음원별 예측식

소음지도의 예측식은 (표 1-1)을 따르며, 그 외 예측식에 대해서는 국립환경과학원의 검증을 거쳐 사용할 수 있다.

〈부록 표 1-1〉 소음원별 예측식

소음원	도로	철도
예측식	CRTN, RLS90, NMPB Nord 2000, ASJ 2003	Schall03, CRN, Nord 2000

3. 지도의 축척

소음지도의 작성에는 1:5000 이하의 축척지도를 사용한다.

4. 기상조건

기상조건은 그 지역의 최근 5년간 연평균(기온, 습도, 기압, 풍향, 풍속 등)을 사용한

다.

5. 지형조건

지형조건을 생성할 때 등고선의 입력은 최소한 주곡선 및 계곡선의 정보를 입력하여 소음전파를 계산한다.

6. 계산 격자

주요 소음원을 중심으로 평면 소음지도(grid noise map)를 계산하고 주요 소음원 주변에 주거지역이 있을 때는 주거건물에 대한 높이별 외벽 소음지도(facade noise map)를 계산한다.

평면 소음지도 계산시 격자는 10×10m 이하의 단위로 작성하고, 격자의 높이는 지면으로부터 1.5m를 원칙으로 한다.

높이별 소음도의 계산은 층별 소음도를 확인한다.

7. 계산관련 영향인자 설정

아스팔트 포장 등의 도심지에서의 지면 흡음률은 “0”으로 한다. 다만, 녹지나 산 등의 지면 흡음을 특별히 고려해야 하는 지역인 경우 평균적인 지면흡음률(ISO 9613)을 적용한다. 기타 전달감쇠와 관련된 영향인자는 ISO 9613에 따라 적용할 수 있다.

반사횟수는 3회 이상으로 하고, 영향 소음원의 거리는 5000m 이상으로 하며 수음점에서 소음계산 각도는 360°로 한다.

8. 기타 소음원

공사장, 사업장 등의 기타 소음원에 대하여 예측 또는 현황조사가 가능한 경우에는 그 소음영향을 반영할 수 있다.

9. 시간대 및 평가단위

소음지도는 주간(06:00~22:00), 야간(22:00~06:00)의 시간대에 따라 각각 작성하며 소음평가단위는 등가소음도(L_{eq} , dB(A))로 한다.

10. 작성범위

지도의 작성범위는 지방자치단체 행정구역을 기본으로 하며, 소음노출정도, 소음환경기준 또는 교통소음관리기준의 초과수준을 파악할 수 있어야 한다.

11. 도로교통소음원 관련 영향인자

도로교통소음원과 관련된 영향인자에 대한 사항은 아래 각 호와 같이 설정한다.

가. 교통량 : 1시간 교통량을 기준으로 하며, 연평균 교통량을 사용한다. 주·야간의 교통량은 통계자료 또는 측정한 값을 기준으로 하며, 야간의 교통량을 산정하기 어려울 때는 주간 연평균 교통량 \times 0.7(국도의 경우 주간 연평균 교통량 \times 0.5)로 가정한다.

나. 속력 : 현재의 속력을 측정할 수 있는 지역에서는 주·야간 시간대 중 소통이 원활한 시간에 각각 1시간 동안의 속력을 측정하여 평균속력을 기준으로 한다. 단, 속력의 측정이 어려울 때는 도로의 제한속도를 사용한다.

다. 대형차 및 소형차의 혼입비율 : 대형차 및 소형차의 구분은 예측식에 따라 (표 1-2)와 같이 구분한다.

〈부록 표 1-2〉 적용 예측식별 자동차의 구분

구 분	국내 차량구분	도로교통소음 예측식 적용					
		CRTN	RLS90	NMPB	Nord 2000	ASJ 2003	
승 용	승용, 15인 미만 승합	소형	소형	소형	소형	소형1	
소형트럭	2.5톤 미만	대형			소형	중형	소형2
중형트럭	2.5톤 이상~3.5톤 미만		대형	대형			중형
중형버스	15인승 이상~25인승 미만				대형	대형	중형
대형트럭	3.5톤 이상						대형
대형버스	25인승 이상						

라. 도로교통소음원 : 도로는 주행방향별로 각각 도로교통소음원으로 설정한다.

마. 도로종단구배 및 도로표면 : 도로종단구배가 5 %이상일 때는 적용하여 예측한다. 도로포장은 아스팔트와 콘크리트를 구분하고 저감효과가 검증된 저소음포장에 대해서만 보정값을 적용한다.

12. 철도소음원 관련 영향인자

철도소음원과 관련된 영향인자에 대한 사항은 아래 각 호와 같이 설정한다.

가. 통행량 : 열차 통행량은 1시간 통행량을 기준으로 하며, 주·야간의 시간대별로 연평균 열차 통행량을 사용한다.

나. 속력 : 현재의 속력을 측정할 수 있는 지역에서는 운행속력이 바뀌는 구간마다 1시간 동안의 평균속력을 기준으로 한다. 단, 열차의 구분에 따라 평균속력을 다르게 적용하여야 한다.

다. 열차의 구분 : 사용되는 예측식에 따라 (표 1-3)의 열차구분을 적용한다.

〈부록 표 1-3〉 적용 예측식별 열차구분

국내열차	Schall03	CRN	Nord2000
고속철도	ICE	Eurostar	N-*2c-3b
새마을	Nahverkenhrszug (2002)	Class466 EMU	D-F4
무궁화	Nahverkenhrszug (1998)	Class465 EMU	D-F2&F3
화물열차	Erzug(Nahv)	Merry go coal hopper HA	5-4bFreight-Di
지하철	U-bahn	Underground stock	D-oeresundstog

라. 열차 특성 입력 : 열차의 길이는 열차구분에 따라 실제 열차의 길이를 적용해야 하며, 브레이크 흡음률은 “0”으로 한다.

마. 선로조건 : 선로의 도상은 일반적으로 자갈 도상으로, 침목은 콘크리트 침목을 적용하는 것을 원칙으로 한다. 곡선반경은 300m 이상 구간, 500m 이상 구간에 대하여 구분하여 적용한다. 교량구간일 때는 교량 보정 값(두께, 폭, 높이)을 적용한다.

13. 전파경로관련 영향인자

전파경로와 관련된 영향인자에 대한 사항은 아래 각 호와 같이 설정한다.

가. 방음벽의 반사 : 도로나 철도 양쪽에 반사구조가 있는 경우 다중반사효과를 고려해야 한다. 단, 흡음형 방음벽이 있을 경우 방음벽의 흡음률을 적용할 수 있다.

나. 건물의 반사 : 대상지역의 소음전파에 영향을 미치는 건물이 있는 경우, 그 건물을 완전반사체로 가정하며 흡음률을 ‘0’으로 설정한다.

다. 건물높이 : 건물높이는 가능하면 실제 높이로 하여야 한다. 단, 건물이 소음의

영향을 크게 미치지 않거나 실제 측정이 불가능한 경우에는 건물의 층수를 조사하여, 단독주택은 2.8m × 층수, 공동주택은 2.7m × 층수, 상가는 3.6m × 층수로 하여 높이를 산정한다.

라. 건물높이별 소음예측 : 건물외벽의 높이별 소음을 예측하기 위한 조건으로는 건물에서 소음원 방향으로 10m 떨어진 거리에서의 소음을 예측하여야 하며, 건물의 반사음까지 예측에 포함한다.

14. 작성된 지도의 검토

지도의 검증은 소음지도에서의 계산된 소음도 결과와 실측값을 비교하여 평균오차 $\pm 3\text{dB}$, 표준편차 3을 초과해서는 안 된다. 실측값은 현재 운영중인 환경소음측정망(자동/수동), 철도소음측정망의 측정값을 활용할 수 있다. 그 외에 1시간 교통량이 1,000대 이상인 도로, 1시간 통행량이 10대 이상인 철도당 한 지점 이상에서 측정해야 하며, 교통소음한도를 초과하는 건물이나 공동주택 단지의 50% 이상의 지점에서 측정한다.

[별표 3]

소음지도 작성 대행기관의 기술인력 및 장비기준(제5조제2항 관련)

1. 기술인력 : 다음 각 목 중 하나에 해당하는 상근 책임자 1명과 상근 실무자 3명 이상

가. 책임자

- (1) 소음·진동 기술사 또는 소음·진동 분야 박사학위 소지자
- (2) 대학에서 소음·진동 관련분야를 전공하여 석사 이상의 학위를 취득한 자로서 실무경력이 3년 이상인 자
- (3) 대학에서 소음·진동 관련분야를 전공하여 학사 이상의 학위를 취득한 자로서 소음·진동 분야의 실무경력이 5년 이상인 자 또는 소음·진동 관련분야 기사로서 실무경력 3년 이상인 자로서 최근 3년 이내에 국립환경인력개발원 또는 한국환경공단 등에서 실시하는 소음지도 작성교육을 이수한 자
- (4) 전문대학에서 소음·진동 관련분야를 전공하여 전문학사 이상의 학위를 취득한 자로서 소음·진동 분야의 실무경력이 7년 이상인 자 또는 소음·진동 관련분야 산업기사로서 실무경력 6년 이상인 자로서 최근 3년 이내에 국립환경인력개발원 또는 한국환경공단 등에서 실시하는 소음지도 작성교육을 이수한 자

나. 실무자

- (1) 대학에서 소음·진동 관련분야를 전공하여 학사학위를 취득한 자로서 소음·진동 관련분야 실무경력이 1년 이상인 자
- (2) 전문대학에서 소음·진동 관련분야를 전공하여 전문학사 이상의 학위를 취득한 자로서 소음·진동 관련분야 실무경력이 2년 이상인 자
- (3) 고등학교 이상 졸업자로서 관련 실무경력이 3년 이상인 자

2. 장비 : 다음 각 목의 장비 각 1대 이상

가. KS C-IEC61672-1에서 정한 클래스2의 소음계 또는 동등이상의 성능을 가진 장비

나. 주파수 분석기

다. 표준음 발생기

라. 삼각대 등 측정에 필요한 장비

마. 예측용 상용프로그램 1식 이상(주변도로상황 및 주변지형 등의 조건을 입력하여
소음도를 예측할 수 있는 예측프로그램)

Abstract

Guideline of 3-D Noise Prediction Model in EIA

The noise impact of the residential facility around a development region is assessed in EIA. As noise environment is complicated due to the increase of a transportation facility and the generalization of a high-rise building, the application of 3-D noise prediction model is increasing as a tool for performing actual noise assessment. However, because the guideline for 3-D noise prediction model does not exist, the reliability of the noise assessment results generated by 3-D noise prediction model is under discussion. Therefore, this study is focused on the development of a guideline for 3-D noise prediction model through the examination of prediction equation and input data in 3-D noise prediction model.

In order to find the application plan of 3-D noise prediction model for EIA, The SoundPLAN, Cadna-A, and IMMI commercial programs (3-D noise prediction models) are adopted for road noise. The noise prediction results of three noise prediction models are compared in road noise prediction equation, road noise source input data, barrier and building input data, etc. Based on above comparison results, this paper suggests a guideline for application of 3-D noise prediction model in road noise assessment.

Keywords: 3-D noise Prediction Model, Noise Map, Road Noise, Noise Impact Assessment