



## 환경소음 예측기술

- 건설공사장 소음에 대하여 -

장 서 일\*, 전 형 준

(서울시립대학교 환경공학과)

### 1. 머리말

생활 소음·진동의 주발생원인 건설공사장 소음·진동은 신도시개발, 도시재개발, 도로확장공사, 건물신축, 지하철공사 등 매우 다양한 원인에 의해 발생된다. 최근 이러한 건설공사장 소음·진동에 대한 민원이 매우 빠른 속도로 증가하고 있으며 경제적인 생활수준이 향상되고 정온한 생활환경을 원하는 국민들의 욕구가 증가함에 따라 건설공사장에서 발생하는 소음·진동에 대한 민원도 그에 비례하여 증가할 것으로 예상된다. 건설공사장에서 발생하는 소음·진동은 도로교통, 철도 및 항공기에서 발생하는 소음·진동과는 달리 공사 기간 내에만 발생하여 영속적이지 않으며, 서로 다른 음색을 갖는 다양한 음원들이 복합되어 발생하는 특성을 가지며, 충격성 소음·진동을 포함하는 경우가 많

다. 또한 공정의 진척에 따라 소음·진동레벨과 스펙트럼이 다른 여러 종류의 건설기계가 투입됨에 따라 시적으로 다양하게 변화하며, 사용되어지는 위치, 또한 변화하기 때문에 시간적, 공간적으로 변화하는 소음원을 형성하게 된다. 따라서 건설공사장소음·진동을 정확하게 예측하기 위해서는 다양한 각 건설기계의 음향파워레벨과 지향성 등의 음향학적 특성, 시간적으로, 공간적으로 정확한 공정의 정보 등이 필수적이며 가설방음벽을 포함하는 다양한 저감대책의 공학적으로 정확한 효과예측 등이 필요하다.

### 2. 건설공사장의 소음·진동의 특성 및 예측방법

2.1 공사 종류별, 공정별, 소음·진동 특성 분석  
건설공사는 착공에서부터 준공 완료시까지 토목공

표 1 건설공사의 종류 및 공정 분류에 따른 소음발생원 구분

공사의 구분	공정	소음·진동 발생원	전달특성의 분석
토목공사	굴착공정	착암기 등	거리별 소음도, 지향성 및 음향파워레벨
	성토공정	불도우저 등	
	절토공정	굴삭기 등	
구조물해체공사	구조물해체공정	콘크리트 브레이커 등	
기초공사	파일공정	항타기 등	
건축공사	철근조립공정	덤프트럭 등	
	콘크리트공사	레미콘 등	
기계설비공사	설비공사	드릴마스터 등	
도로공사	포장공사	아스팔트 피니셔 등	

\* E-mail : schang@uos.ac.kr / (02) 2210-2177

사, 건축공사, 주변 도로공사 등 여러 종류의 공사가 동시 혹은 순차적으로 시공된다. 공사는 종류별로 다양한 공정으로 구성되며, 예를 들면 토목공사의 경우 지반공사, 성토공사, 절토공사로 이루어진다. 이러한 공정은 다시 공사현장에 따라 서로 다른 시공법으로 실시되는데, 서로 다른 건설 장비를 사용하게 되고 발생하는 소음원도 서로 다르다.

표 1에서 볼 수 있듯이 건설공사는 공사별 공정이 다르며 그에 따른 각 공정별 소음·진동발생원을 예측할 수 있다. 그러나 실질적으로 공사가 진행될 경우에는 복합적인 공정이 수행되기 때문에 그에 따른 복합소음·진동발생원의 특성 파악이 중요하다.

(1) 공기 전달음의 특성을 파악하기 위해 주요 공사별·공정별로 발생하는 소음원에 대한 파악이 중요하다. 이를 위해서 소음원별로 음향파워레벨 추정을 하기 위해 인접 지역에서의 소음원별 소음도를 측정하여 주파수 대역 50 Hz ~ 20 kHz에서 1/3 옥타브밴드로 분석한다. 음향파워레벨 추정결과와 인접지역에서의 소음 측정결과를 비교하여 공기전달음의 특성을 파악할 수 있다.

(2) 고체 전달음의 특성을 파악하기 위해 공사별·공

정별로 발생하는 주요 고체 전달음 유발원인, 즉 주요 진동원에 대한 파악이 필요하다. 특정 공정상에서의 고체 전달음 유발에 따른 음압레벨 파악을 위하여 진동 유발 공정을 대상으로 현장주변에서 주파수 대역 50 Hz ~ 20 kHz에서의 1/3 옥타브밴드 레벨측정 및 분석을 하여야 한다.

## 2.2 소음전달 예측방법

(1) 공사 종류별, 공정별, 소음·진동 발생 및 전달 특성 분석

현장에서 소음 전달현상을 예측하는 방법으로는 크게 “현장조사에 의한 추정방법”과 “축소모형을 이용하는 방법”, “수학적 모델을 통한 추정법”, “컴퓨터를 이용한 수치 해석에 의한 예측법” 등으로 나누어지며, 그 방법과 장·단점 등은 다음 표 2와 같다.

표 2에서 볼 수 있듯이 “컴퓨터를 이용한 수치해석에 의한 예측법”은 기존의 이론과 실험 및 측정 결과 등을 고려하여 제작된 컴퓨터프로그램을 이용하기 때문에 가장 효율적이고 적절한 방법이다. 이러한 예측법을 이용한 많은 국내의 건설공사장 소음예측프로그램들은 이론식 및 경험식을 이용하여 여러 개의 소음원을 각각 점음원으로 간주하여 거리에 의한 감쇠를 산정하고, 대

표 2 소음 전달현상 예측방법의 분류

구분	예측방법	장점	단점	적용가능성
현장조사에 의한 추정	현장조사를 통해 얻은 자료를 기초로 하여 예측 대상의 소음을 예측	예측대상이 현장조사의 대상과 유사한 소음환경을 가졌을 경우에는 정확도가 높은 예측이 가능	실제로 예측대상이 현장조사의 대상과 유사한 소음 환경을 가지는 것은 드문 경우	매우 많은 현장조사가 필요하기에 현실적으로 사용하기는 곤란함
축소모형을 이용하는 방법	예측대상이 되는 지역의 소음환경을 실험실에서 축소 모형화 하여 소음원이 놓여진 장소로부터 시험소음을 방사하여 소음도를 측정하여 예측하는 방법		모형에서 사용되는 음원, 재료, 계측기등의 유사성이 확보되지 않으면 신뢰성이 떨어짐	차원해석을 통한 실제 대상과 축소모형과의 대응관계의 일관성이 매우 중요한 관건
수학적 모델을 통한 추정법	소음원의 음향방사 특성이나 전달특성을 수학적으로 모델이 가능하게 단순화하여 수음점에서의 소음도를 예측하는 방법으로 적용범위가 넓어짐		소음환경이 다양하고 복잡하게 이루어진 경우에는 적용되기 어려운 방법	
컴퓨터를 이용한 수치 해석에 의한 예측법	소음원의 특성, 경계조건 등을 입력조건으로 하여 수치해석을 이용하여 수음점에서의 소음도를 예측	효율적인 수치연산의 개발과 우수한 컴퓨터의 성능으로 인해 효율적인 예측 가능	소음원의 특성, 경계조건, 소음환경의 적절한 모델링에 따라 그 정확도가 달라지며, 이론식과 실험을 통해 얻은 결과 이용	

기의 흡음, 지면효과, 장애물에 의한 회절 등을 이론식 및 경험식을 통해 적용하여 수음점에서의 소음도를 예측한다.

### 3. 건설공사장 예측식의 검토

#### 3.1 국내

현재 국내에서는 건설 공사 시 환경영향평가서에서 소음진동을 예측하여 주변에 미치는 영향을 검토하여 그에 따른 저감방안을 모색하고 있다.

##### (1) 예측항목

공정별로 예측은 하나 대부분 투입장비대수가 가장 많은 토공(터파기 공사)시의 장비별 투입대수를 기준으로 한다. 공사 시 장비가동에 의한 소음영향은 “점음

#### ■ ISO 9613-2 기본식

$$L_{fi} = L_w + D_i - A_d - A_a - A_g - A_b - A_m$$

$L_f$  : 수음점에서의 옥타브밴드별 등가음압레벨 [dB(A)]

$L_w$  : 음원의 옥타브밴드별 음향출력레벨 [dB]

$D_i$  : 소음원의 지향지수(directionality index)

$A_d$  : 기하학적 확산효과에 의한 감소

$A_a$  : 공기흡음에 의한 감소

$A_g$  : 지면에 의한 감소

$A_b$  : 구조물에 의한 회절감쇠

$A_m$  : 기타효과

원 거리감쇠 공식” 및 ‘ISO 9613-2’ 를 이용하여 예측하고 있다.

##### (2) 건설장비 소음레벨

투입장비별 소음레벨은 “건설기계류 소음특성, 2003,

표 3 지반정지공사에서의 소음레벨

Ref No.	Equipment	Power rating kW	Equipment size, weight (mass), capacity	Octave Band Sound Pressure Levels (Hz)								A-weighted Sound Pressure Level $L_{wA}$ dB
				63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	
<b>Clearing Site</b>												
1	Dumper	142	20t	79	77	76	74	63	67	60	69	75
2	Tracked Excavator	301	71t	78	84	78	74	70	68	64	61	77
3	Tracked Excavator	192	22t	60	63	76	73	72	70	69	68	78
4	Tracked Excavator (digging)	192	22t	59	49	46	46	49	46	39	31	52
5	Tracked Excavator	72	18t	78	70	72	68	67	66	73	66	76
6	Tracked Excavator (digging)	72	18t	64	62	64	62	69	63	47	39	63
7	Tracked Excavator	69	14t	74	70	68	67	64	62	58	50	70
8	Wheeled Backhoe Loader	62	8t	74	66	64	64	63	60	59	60	68
9	Wheeled Backhoe Loader (digging)	62	8t	60	63	49	62	51	48	43	33	55
<b>Ground Excavation / Earthworks</b>												
10	Dumper	239	41t	69	60	61	73	74	70	68	64	80
11	Dumper	179	23t	75	79	77	77	74	71	65	67	79
12	Dumper	142	20t	65	74	76	73	72	78	62	68	81
13	Dumper	62	11t	74	83	78	74	74	70	67	62	78
14	Tracked Excavator	228	40t	65	78	77	77	73	71	68	63	79
15	Tracked Excavator	173	32t	77	85	70	73	70	68	63	67	78
16	Tracked Excavator	170	30t	72	71	74	73	69	68	63	68	75
17	Tracked Excavator	162	23t	78	78	76	71	72	68	63	66	76
18	Tracked Excavator	134	27t	81	77	74	70	70	66	60	68	75
19	Tracked Excavator	125	25t	65	84	79	73	70	68	64	67	77
20	Tracked Excavator (digging)	125	25t	60	76	66	66	63	58	53	49	68
21	Tracked Excavator	107	22t	75	76	72	68	66	63	57	49	71
22	Tracked Excavator	66	-	78	74	68	68	67	68	61	63	72
23	Tracked Excavator	92	-	79	81	68	69	69	66	61	62	73
24	Tracked Excavator	71	15t	77	74	71	70	63	60	60	64	73
25	Tracked Excavator	66	14t	77	65	67	67	63	61	57	47	69

X Drive by maximum sound pressure level in  $L_{wmax}$  (Octave Bands) and  $L_{wAmax}$  (Overall Level)

특집 : 환경소음 예측기술동향

국립환경과학원"에 나와 있는 국내 소음표시 권고대상 기계의 소음도 측정방법에 의한 건설장비별 소음레벨을 이용하며 각 장비별 7.5 m 이격된 지점에서의 주파수별 소음도를 제공하고 있다.

3.2 국외 건설공사장 소음 예측식 및 프로그램 검토 소음의 전달감쇠에 대해서는 ISO 9613-2에 대해 간략히 설명하고 "DEFRA"(Department for Environment, Food and Rural Affairs, 영국 환경, 식품 및 농촌부)와 "FHWA"

표 4 FHWA에서의 건설기계류 소음인자

CA/T Noise Emission Reference Levels and Usage Factors					
filename: EQUIPLST.xls					
revised: 7/26/05					
Equipment Description	Impact Device ?	Acoustical Use Factor (%)	Spec 721.560 Lmax @ 50ft (dBA, slow)	Actual Measured Lmax @ 50ft (dBA, slow) (samples averaged)	No. of Actual Data Samples (Count)
All Other Equipment > 5 HP	No	50	85	-- N/A --	0
Auger Drill Rig	No	20	85	84	36
Backhoe	No	40	80	78	372
Bar Bender	No	20	80	-- N/A --	0
Blasting	Yes	-- N/A --	94	-- N/A --	0
Boring Jack Power Unit	No	50	80	83	1
Chain Saw	No	20	85	84	46
Clam Shovel (dropping)	Yes	20	93	87	4
Compactor (ground)	No	20	80	83	57
Compressor (air)	No	40	80	78	18
Concrete Batch Plant	No	15	83	-- N/A --	0
Concrete Mixer Truck	No	40	85	79	40
Concrete Pump Truck	No	20	82	81	30
Concrete Saw	No	20	90	90	55
Crane	No	16	85	81	405
Dozer	No	40	85	82	55
Drill Rig Truck	No	20	84	79	22
Drum Mixer	No	50	80	80	1
Dump Truck	No	40	84	76	31
Excavator	No	40	85	81	170
Flat Bed Truck	No	40	84	74	4
Front End Loader	No	40	80	79	96
Generator	No	50	82	81	19
Generator (<25KVA, VMS signs)	No	50	70	73	74
Gradall	No	40	85	83	70
Grader	No	40	85	-- N/A --	0
Grapple (on backhoe)	No	40	85	87	1
Horizontal Boring Hydr. Jack	No	25	80	82	6
Hydra Break Ram	Yes	10	90	-- N/A --	0
Impact Pile Driver	Yes	20	95	101	11
Jackhammer	Yes	20	85	89	133
Man Lift	No	20	85	75	23
Mounted Impact Hammer (hoe ram)	Yes	20	90	90	212
Pavement Scarafier	No	20	85	90	2
Paver	No	50	85	77	9
Pickup Truck	No	40	55	75	1
Pneumatic Tools	No	50	85	85	90
Pumps	No	50	77	81	17
Refrigerator Unit	No	100	82	73	3
Rivit Buster/chipping gun	Yes	20	85	79	19
Rock Drill	No	20	85	81	3
Roller	No	20	85	80	16
Sand Blasting (Single Nozzle)	No	20	85	96	9
Scraper	No	40	85	84	12
Shears (on backhoe)	No	40	85	96	5
Slurry Plant	No	100	78	78	1
Slurry Trenching Machine	No	50	82	80	75
Soil Mix Drill Rig	No	50	80	-- N/A --	0
Tractor	No	40	84	-- N/A --	0
Vacuum Excavator (Vac-truck)	No	40	85	85	149
Vacuum Street Sweeper	No	10	80	82	19
Ventilation Fan	No	100	85	79	13
Vibrating Hopper	No	50	85	87	1
Vibratory Concrete Mixer	No	20	80	80	1
Vibratory Pile Driver	No	20	95	101	44
Warning Horn	No	5	85	83	12
Weilder / Torch	No	40	73	74	5

(Federal Highway Administration, 미국 연방도로청) 등에서 제시하는 자료를 간략히 설명하기로 한다.

#### (1) ISO 9613-2

국제표준화기구(International Organization for Standardization)에서는 1993년 옥외 전파 소음에 대한 공기흡음효과 산정방법에 대한 기준인 'ISO 9613-1' 을 제정하였고, 추가로 1996년 항공기소음과 충격음을 제외한 대부분의 옥외 환경소음의 계산에 적용할 수 있는 'ISO 9613-2' 를 제정하였다.

#### (2) 영국 환경, 식품 및 농촌부

영국 환경, 식품 및 농촌부인 DEFRA에서는 2005년 건설현장에서의 각 공정별 소음원을 "update of noise database for prediction of noise on construction and open sites" 을 통하여 약 8개의 건설 및 공사 현장에서 쓰이는 기계류에 대하여 주파수 별 sound pressure level을 제시해 주었다.

이는 "Table 1 해체공사(20가지 공정)", "Table 2 지반정지공사(46가지공정)", "Table 3 파일링 작업 및 보조물 작업(35가지공정)", "Table 4 건설현장에서의 일반적인 활동(96가지공정)", "Table 5 건설공사(40가지공정)", "Table 6 채굴지역(41가지공정)", "Table 7 준설공사(2가지공정)", "Table 8 폐기물처리(24가지 공정)"으로 나누었는데, 그 중 "Table 2 지반정지공사"의 예를 보면 표 3과 같다.


#### (3) 미국 도로연방청

미국 도로연방청(FHWA)는 "FHWA 3.0 및 TNM" 프로그램으로 도로교통소음 예측식을 이용한 소음지도

를 구현하고 있다. 이 중 "FHWA 3.0" 모델에서의 모듈 중 하나인 "roadway construction noise model(RCNM)"을 이용하여 도로 건설시 건설기계로 인해 발생하는 소음을 예측하여 저감방안을 세우고 그 결과를 예측하고 있다.

프로그램 내에서 사용되는 인자는 표 4와 같다.

## 4. 맺음말

건설공사장소음의 정확하고 효율적인 예측을 위해서는 각 소음원의 음향학적 특성과 환경에 맞는 전달과정식, 그리고 그 결과를 가시적으로 보여 줄 수 있는 도구가 필요하다. 특히 국내환경에 적절한 건설공사장소음예측을 위한 컴퓨터프로그램의 개발이 요구되어지며 국내 관련기관에 의해 개발 중이다. 그러나 환경소음이 문제가 되는 곳에서 많은 경우가 다른 환경소음, 예를 들면 도로교통소음, 철도소음 등과 함께 건설공사장 같이 발생하기 때문에 이러한 복합소음의 정확한 예측과 효과적인 결과제시를 할 수 있는 더 일반적인 환경에 적합한 도구가 필요하다. 외국의 경우 소음지도제작프로그램(SoundPlan, Lima 등)의 일부 모듈로서 건설공사장소음의 예측이 가능하며 도로교통소음, 철도소음 등 다른 환경소음과 함께 발생했을 때에도 그 예측이 용이하며 그 결과를 매우 효과적으로 보여 줄 수 있기 때문에 유용한 자료를 제공할 수 있다. 국내에서는 아직 이러한 광범위한 환경소음을 다룰 수 있는 프로그램의 개발이 이루어지고 있지 않아 외국의 프로그램을 사용하고 있다. 그러나 국내환경에 부적합한 경우가 종종 발견되어지기 때문에 관련연구기관에 의한 개발이 요구되어지는 시점이다. 

2007

추계 소음진동 학술대회시 골프 라운딩 회원 모집

이번 학술대회에는 회원 상호간의 친목과 친교를 더욱 돈독하기 위해 다음과 같이 골프라운딩 회원을 모집합니다.

- ▶ 일시 : 2007년 11월 15일 (목) 오전 또는 11월 16일(금) 오전
- ▶ 장소 : 마우나오션 CC - 경주 양남면 신대리 소재

※ 자세한 내용은 학회홈페이지(<http://www.ksnve.or.kr>)를 참고.