

건설 소음·진동의 사전 영향성 분석에 관한 연구

안명석¹⁾, 김화일²⁾, 박주한³⁾

Study on Preliminary Influence Analysis of Construction Noise and Vibration

Myung-Seok Ahn, Hwa-Il Kim, Ju-Han Park

Abstract Although the construction noise and vibration are transient and intermittent, their impact on the surrounding environment is huge. Since the construction equipment noise and vibration is usually transmitted because of the long distance, the sound insulation and the proper design of anti-vibration measures are very difficult. The regulation requires that the noise and vibration caused by the construction equipments should be measured within 30m from the source, whereas the blasting noise and vibration should be measured at least 60m and 160m away from the source, respectively. Instead of the 2D modelling mainly conducted so far, the 3D analysis of noise and vibration with the consideration of the height and size of the building, mountains and hills in the vicinity of the source is necessary.

Key words Construction noise and vibration, Blasting, Preliminary analysis

초 록 건설공사 현장에서 발생하는 소음·진동은 일시적이고 간헐적으로 발생하지만 그 영향은 매우 크다. 건설기계의 적은 소음·진동이라도 발생하면 먼 거리까지 전달되어 차음 및 방진 등의 대책이 어려워 이를 해결하기 위해 본 연구에서는 건설장비의 소음·진동 안전기준을 30m로 적용하였고 발파소음은 60m, 진동은 160m로 적용하였다. 지금까지는 2D를 사용한 모델링을 주로 사용하였으나 건물이나 산과 언덕 등 크기와 높이를 고려한 3차원 3D 모델링으로 측정·분석하여서 정확도를 높였다.

핵심어 건설소음진동, 발파, 사전분석

1. 서론

건설공사 현장에서 발생하는 소음·진동은 건설공사 기간 내에 일시적이고 간헐적으로 발생하지만, 그 영향은 매우 크다. 건설기계의 소음·진동은 발생하면 먼 거리까지 전달되어 차음 및 방진 등의 대책이

어려워 이를 해결하기 위해 건설기계 및 공법의 무소음, 무진동화에 따른 공사비용의 증가 등 여러 가지 현실적인 제약이 따를 수밖에 없다. 최근 수자원 관리가 활발히 진행되고 있으나 이들 공사에 투입되는 굴삭기, 트럭, 크레인 등 건설장비와 암반발파 등에서 발생하는 소음 및 진동의 영향으로 인접한 구조물과 거주자, 가축 등에 물적·정신적 피해를 주장하는 민원이 잇따라 제기됨으로 인해 공사비 증가와 공사 중단 등 부작용을 초래하고 있는 있다. 본 연구는 건설공사의 소음·진동 발생 및 감쇠 정도를 체계적으로 관리함으로 합리적인 민원 해결과 원활한 공사의 진행을 목적으로 하기 위해 2D와 3D 모델링 분석을 비

¹⁾ 지엔비건설연구소

²⁾ 부산가톨릭대학교

³⁾ 동서대학교

* 교신저자 : hikim@cup.ac.kr

접수일 : 2014년 9월 2일

심사 완료일 : 2014년 9월 22일

게재 승인일 : 2014년 9월 26일

교하여 정확도를 높이는 분석을 시도하였다.

2. 건설 및 발파 소음·진동 사전영향성 검토

건설소음·진동은 장비의 이동성과 저주파 연속성 혹은 고주파 단발성으로 인해 공장, 도로교통, 철도, 항공기 등에서 발생하는 소음·진동과는 그 특성이 다르다. 특히 공사장 주변의 주택, 가축사육장, 특수 구조물로 인하여 그 해석방법도 달라져야 하므로 시공 전에 다음과 같이 측정·분석하고 그 결과를 설명회 등 주민들에 대한 홍보를 하고 충분한 대화를 바탕으로 주민 민원 최소화 방안을 마련하였다(박주한 외, 2012).

2.1 건설 및 발파 소음·진동 측정결과

본 ○○댐 비상 여수로 공사현장은 주변에 식당, 펜션 등이 있으나 먼 거리에 있는 가축사육장의 소음피해에 대해 특히 예민한 곳이다. 공사현장과 인근에서 자동소음측정과 수동소음측정을 하였다. 두 측정방법 중 수동측정법은 참고용으로 사용하였고, 자동 측정 결과는 보고용 제출자료로 사용하였다. 소음측정은

환경부 2006.12 공사장 소음·진동 관리지침서 1.1 생활소음·진동의 규제 대상 및 기준에 의해 측정(환경부, 2006)하였고 두 차례의 배경소음·진동의 측정에 사용한 장비는 Table 1과 같다.

자동으로 등가소음 측정 시에 입력되는 소음은 5분간 2,800개의 표본으로 산술평균 하였고 수동소음계로 측정할 시 5분간 400개의 표본 중 50개를 추출하여 산술평균 하였다.

공사 현장에서 측정한 두 차례의 배경소음·진동의 측정결과는 Table 2와 같다.

현장 내에 가동 중인 건설장비의 소음·진동 측정결과는 Table 3과 같다.

Table 1. 소음 측정 장비

자동진동·소음측정기(HLVS-04)	
	자동으로 소음과 진동을 측정하며, 등가소음을 자동으로 연산함

Table 2. 배경소음·진동 (압소음·압진동)측정 결과

측정위치	측정치	허용기준	압소음(Leq)	압진동(Leq)
			자동측정	자동측정
측사1		70dB(A)Leq* / 65dB(V)Leq	65.6~67.1	28.0~29.5
측사2		70dB(A)Leq / 65dB(V)Leq	57.5~60.9	29.0~32.0
측사3	입구	70dB(A)Leq	56.4~73.2	29.5~34.2
	스피커 앞	70dB(A)Leq	-	-
	측사 안	70dB(A)Leq / 65dB(V)Leq	-	-
도로변		70dB(A)Leq	73.4~80.0	34.7~38.8
매미소리		70dB(A)Leq	-	-

*Leq:등가소음도(equivalent noise level)

Table 3. 건설장비 소음·진동 측정결과

측정대상	측정소음	허용기준 (소음/진동)	소음dB(A)	진동dB(V)
			자동측정	자동측정
현장 내 집토작업 (B/H, D/T)	30m	85dB(A) 이하 / 70dB(V) 이하	81.2 ~ 84.1	29.8~42.5
	60m	85dB(A) 이하 / 70dB(V) 이하	-	-
현장 내 사일로작업 (C/R, 그라인터)	30m	85dB(A) 이하 / 70dB(V) 이하	73.2 ~ 76.2	42.0~42.2
	60m	85dB(A) 이하 / 70dB(V) 이하	-	-

Table 4. 시공발파 중 소음·진동 측정결과

측정위치		측정치	허용기준 [소음/진동]	소음dB(A) [음압dB(L)]	진동cm/sec
9/17 (화)	현장 내1	30m	120dB(L) / 0.5cm/sec	108.6 ~119.5dB(L)	0.19~1.07cm/sec
	현장 내2	60m	85dB(A) / 0.5cm/sec	65.1~75.1dB(A)	0.2092~0.6878cm/sec
	현장 내3	160m	85dB(A) / 0.5cm/sec	66.0 ~ 71.8dB(A)	0.054~0.0857cm/sec
	측사1	340m	70dB(A) / 0.1cm/sec	미진으로 인해 측정되지 않음	미진으로 인해 측정되지 않음
9/27 (금)	현장 내2	60m	85dB(A) / 0.5cm/sec	61.5~71.6dB(A)	0.4602~0.8975cm/sec
	측사2	450m	70dB(A) / 0.1cm/sec	56.5dB(A)	0.0996cm/sec



표기	설명
	발파지점
#1	현장 내1 30m
#2	현장 내2 60m
#3	현장 내3 160m
#4	측사1 340m
#5	측사2 450m

Fig. 1. 공사현장 주변 발파 및 계측위치도.

시공발파를 하면서 측정된 진동·소음 측정결과를 Table 4와 같다. 이때 소음허용기준은 “도로공사 노천 발파 설계·시공지침”을 인용하였으며(국토교통부, 2006) 예측소음은 측정된 소음이 주변 환경에 미치는 영향을 소음도 곡선을 이용하여 컬러맵으로 도출하는 프로그램인 Sound PLAN을 사용하였으며, 본 프로그램은 도로, 항공기, 산업소음 등 여러 상황에서도 시뮬레이션 하였을 때 소음조절의 효과를 쉽게 알 수 있게 표현할 수 있는 특징이 있다(Sound PLAN GmbH, 2014).

시공발파 중 계측위치는 6개 지점으로써 현장 내 #1,

#2, #3은 소음·진동 측정이 용이한 지점이며, 회귀 분석 등의 분석용 데이터 수집의 목적으로 계측하였다. 측사 #4, #5는 측정데이터 수집은 거의 불가능 하지만 주요 민원대상이며 배경소음·진동을 측정하였기 때문에 비교의 목적으로 계측기를 설치하였다. 이들 측정위치를 그림으로 나타낸 것이 Fig. 1이다

2.2 소음·진동 분석 및 영향평가 결과

(1) 건설장비소음 및 발파소음도 측정 비교 및 모델링 결과

평상시 건설장비소음은 측사1(340m)에서는 암소음 수준인 65.6~67.1dB(A)Leq이었고 발파 중에는 64.5~

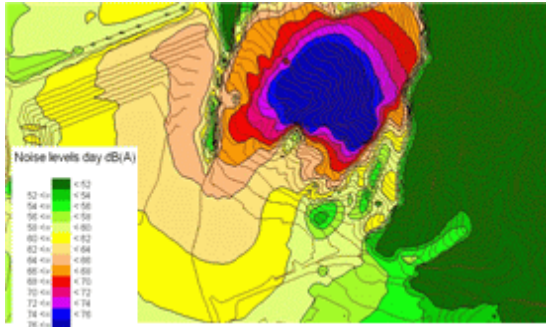


Fig. 2. 공사구간 소음영향권 2D모델링1(장비).

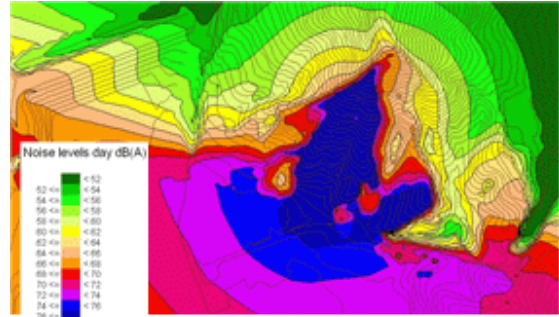


Fig. 3. 공사구간 소음영향권 3D모델링2(발파).

Table 5. 시공발파의 소음원의 이격거리별 소음도 예측과 측정소음

측정위치		측정치	허용기준[소음]	예측소음dB(A)	측정소음dB(A)/dB(L)
현장 내1		30m	85dB(A)	76.dB(A) 이상	108.6~119.5dB(L)
현장 내2		60m	85dB(A)	76.dB(A) 이상	65.1~75.1dB(A)
현장 내3		160m	85dB(A)	76.dB(A) 이상	66.0~71.8dB(A)
측사1		345m	70dB(A)	70.0~72.0dB(A)	61.0~65.9dB(A)
측사2		635m	70dB(A)	66.0~68.0dB(A)	58.9~72.6dB(A)
측사3		660m	70dB(A)	64.0~66.0dB(A)	-

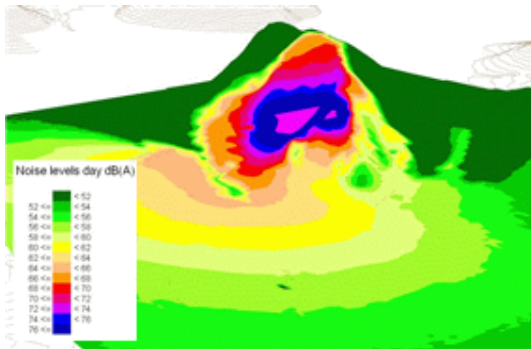


Fig. 4. 공사구간 소음영향권 3D모델링1(장비).

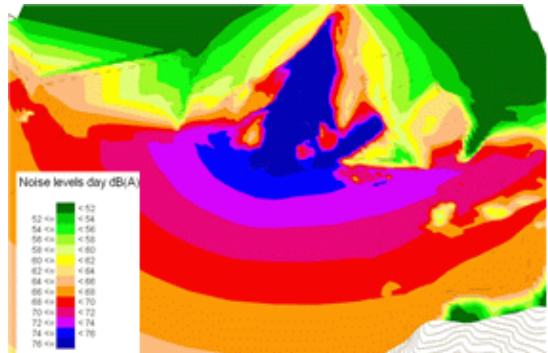


Fig. 5. 공사구간 소음영향권 3D모델링2(발파).

71.9dB(A)Leq로 평상시보다 소음도는 간헐적으로 다소 증가하였다. 소음도 분석은 Sound Plan 프로그램을 이용하여 3차원 소음예측 시뮬레이션을 수행하였으며 간이소음예측식을 사용하여 예측된 소음을 지도에 표시할 경우 완전한 동심원 형태로 나타날 수 있지만 3D 모델링을 먼저 실시한 후 2D 방식으로 표현하면 원형과 타원형의 중간형태의 소음곡선으로 표시되는 Fig. 2, 3으로 나타낼 수 있었다(김화일과 한경민, 2007). 이런 결과를 정리하면 예측소음도는 Table 5와 같으

며, 사용한 소음예측식은 식 (1)과 같다.

$$SPL = SPL_0 - 20 \log\left(\frac{r}{r_0}\right) \quad (1)$$

Fig. 4, 5와 같이 해당 구간의 소음영향평가 3D 모델링 결과는 발파소음의 64~76dB(A)의 영역이 더욱 넓게 분포하였다. 이러한 결과는 발파지점이 높은 곳에 있었기 때문으로 해석된다. 그렇지만 340m 이상

떨어진 측사에는 발파로 인한 소음영역이 65.9dB(A) 이하로써 평상시에 측정된 측사3의 56.4-73.2 dB(A)의 범위에 해당하였다(Table 2 참조).

소음원 주변의 측사와 민가를 고려하여 발파소음의 이격거리별 소음을 예측·도식하였고 그 결과를 3차원 소음 예측시뮬레이션을 수행하여 소음영향평가를 하였다.

(2) 발파진동 측정치 회귀분석 및 영향권 검토

지발당장약량을 2.5kg, 5.0kg, 7.5kg으로 다르게 하여서 발파하고 측정된 진동 데이터를 회귀분석한 결과는 Fig. 6과 같다. 이때 상관계수는 분석데이터 개수의 부족으로 0.569로써 다소 낮은 편이었다. 측사의 진동안전기준 0.1cm/sec를 적용하여 이격거리와 발파 패턴별 적용거리를 산출하였을 때 측사1(340m) 측사2(450m)의 영향권에서는 국토교통부 지침에 의한 적용공법으로 TYPE 5와 6(일반발파와 대규모 발파공법)에 해당한다(국토교통부, 2006). 그러므로 소규모 진동제어발파공법으로 시공할 때 발파진동으로 인한

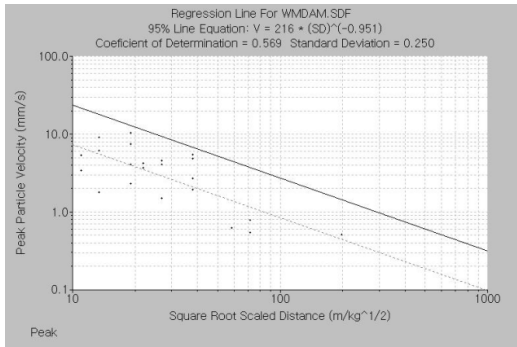


Fig. 6. 발파 진동 회귀분석.

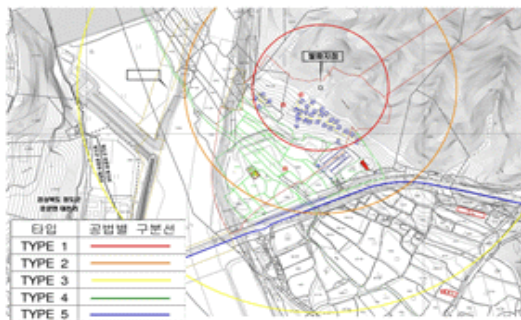


Fig. 7. 측사에 대한 진동 영향평가 모델링.

영향은 없는 것으로 판단된다.

(3) 국토부 지침으로 시공 시 2D 모델링 결과

소규모 진동제어발파공법(TYPE 3)으로 시공발파 하였을 때 측사에 대해 2D로 진동영향권을 모델링 한 결과는 Fig. 7과 같이 도식화할 수 있었으며 3D는 프로그램의 특성상 도식화 할 수 없었다.

2.3 소음·진동 저감대책

건설장비에 의한 소음·진동의 영향은 공사경계선 밖에는 미치지 않는 것으로 판단되었으나 심리적 안정에 도움을 주기 위해 Fig. 8과 같이 가설방음판넬(2개소)을 설치하였으며 340m 이상 떨어져 있는 인근 측사 등에는 장비나 발파로 인해 발생하는 진동과 소음의 영향이 없는 것으로 확인되었다. 또한, 시험발파는 중규모진동제어발파공법을 주 공법으로 하였으나 안정적 발파관리를 위해 시공발파는 소규모진동제어발파공법을 적용하여 발생원을 원천적으로 차단하였다.

시공발파(소규모진동제어발파공법 : TYPE 3) 적용 시 발생하는 진동은 측사1, 2, 3에는 영향을 미치지 않으나, 체감소음은 다소 느낄 수 있었다. 그러므로 소음은 기준치 이하로써 영향이 없는 것으로 판단되지만, 평상시(배경(암)소음)보다 시공발파 시에 소음도가 소폭 증폭할 수도 있다. 그러므로 발파작업 시에는 아래와 같은 요인에 주의해야 할 것이다.

첫째, 과장약 및 공발(철포)현상에 주의한다.

둘째, 타이어 매트 보강으로 소음저감 효율을 높인다.

셋째, 우기 중이나 유출수의 흔적이 있을 때 매트 위에 복토로 보강한다.

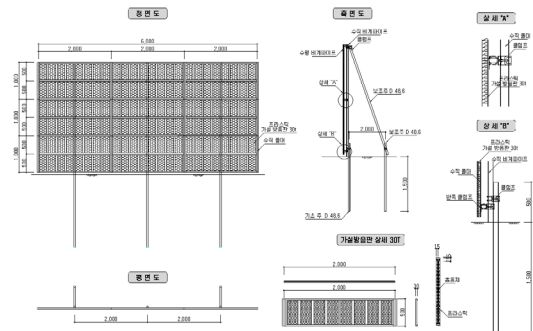


Fig. 8. 가설방음판넬 구조 및 재질 등 설계도면.

3. 결론

- 1) 도로교통 등 일반적인 소음·진동과는 발생 및 경로와 전파 특성이 다른 본 현장의 건설장비 가동 시 소음·진동은 발생원으로부터 30m 이상 이격되었을 경우 대부분이 안전 규제치 이하에 해당하였다. 그러나 시공발파의 경우 소음은 60m 이상, 진동은 160m 이상 이격되었을 때 안전기준치 75dB(A), 0.1cm/sec 이내의 기준을 만족할 수 있었으며, 발파진동의 분석은 2D 모델링으로도 해석에 어려움이 없었다.
- 2) 소음예측식 결과값과 시뮬레이션 결과는 실제 측정값과 근사한 결과치이지만 정밀도가 다소 낮았다. 종래에는 평면도에 원형으로 표시한 2D 모델링 결과를 대부분 사용하였으나 건물의 높이와 크기 혹은 산의 높이와 구릉지의 크기 등을 고려한 3D 모델링 분석을 하였을 때 위치별로 더욱 상세한 수치를 알 수 있었다.

참고문헌

1. 박주한, 최원석, 안명석, 2012, 발파 전 사전조사 지침에 의한 민원처리 사례, 대한화약발파공학회 추계학술 발표회 논문집, pp. 176-180.
2. 환경부, 2006, 공사장 소음·진동관리지침서, pp. 17-18.
3. 국토교통부, 2006, 도로공사 노천발파 설계·시공지침, pp. 11.
4. 김화일, 한경민, 2007, 부산시 도로교통소음의 3차원소음지도 제작에 관한 연구, 환경정책연구, Vol. 6, No. 1, pp. 130.
5. 김낙영, 김태수, 박영호, 이준우, 2011, 터널공사 중 소음·진동영향 평가 사례, 한국소음진동공학회 춘계학술대회 논문집, pp. 161-162.
6. Sound Plan GmbH, 2014, Designing a sound Environment, www.soundplan.eu



안 명 석

지앤비건설연구소 대표 공학박사,
CMP, CVS

Tel: 053-743-2593
E-mail: amspeoff@chol.com



김 화 일

부산카톨릭대학교 교수, 공학박사

Tel: 051-510-0632
E-mail: hikim@cup.ac.kr



박 주 한

동서대학교 석사과정, AVS

Tel: 02-3487-2593
E-mail: cnflqkstm@nate.com