

굴착기의 음향파워레벨 회귀분석

Regressing Analysis of an Excavator Sound Power Level Using SAS Program

구진회†·서충열*·이재원*·박형규*·장성기*

Jinhoi Gu, C. Y. Seo, J. W. Lee, H. K. Park and S. K. Jang

1. 서 론

생활소음원 중 공사장에서 발생하는 굴착기의 소음은 지속적인 환경 분쟁 및 민원의 주 대상이었으며 쾌적한 삶의 질을 추구하는 현대인들의 스트레스 원인중 하나로 작용해왔다. 공사장에서 사용되는 굴착기는 대부분 고 소음을 발생시키는 중장비로써 그동안 공사장 소음 민원의 큰 부분을 차지하며 오랫동안 사용되어지고 있다. 굴착기 등과 같은 건설기계로 인한 소음은 소음분쟁 발생 시 피해자 부지경계선에서 소음도를 측정하고 평가소음도의 기준초과 여부를 조사하여 소음방지대책 필요 여부를 판단한다. 하지만 기존의 소음음압레벨(dBA)은 소음원과 수음점간의 거리에 따라 다르게 측정이 되고, 소음이 전달되는 음장 환경 및 측정시간, 배경소음 등에 따라 소음 크기가 다르게 측정되어 소음음압레벨만 가지고 정확한 소음방지대책 필요 여부를 판단하기는 매우 어려운 실정이다. 이에 따라 소음원으로부터 떨어진 거리나 주변 음장환경 등에 영향을 받지 않고 굴착기 고유의 값을 갖는 음향파워레벨값에 대한 회귀모델을 도출하면 공사장 민원 발생 시 소음피해여부 판단 및 소음방지대책 수립을 위한 기초정보 및 소음환경영향평가 등 다방면에 활용가능할 것이다. 따라서, 본 연구에서는 굴착기의 음향파워레벨 및 각종 제원 정보를 토대로 굴착기의 음향파워레벨은 예측할 수 있는 굴착기 음향파워레벨 회귀모델을 설계하고자 한다.

2. 본 론

2.1 회귀모델의 선정

굴착기의 음향파워레벨에 대한 회귀모델은 총 3변수(제작사(A社, B社 등)), 굴착기 출력, 지표면종류(아스팔트, 콘크리트)와 118개의 굴착기 음향파워레벨 정보를 사용했으며 통계분석 프로그램인 SAS를 이용하여 분석하였다.

먼저 회귀모델은 식(1), (2)와 같이 Linear model과 Nonlinear model 설계하여 Adjusted R²값이 큰 모델을 우수한 회귀모델로 선정했다.

$$\text{Linear model: } y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 \dots \dots \dots (1)$$

$$\text{Nonlinear model: } y = b_0 + b_1 \log(x_1) + b_2x_2 + b_3x_3 \dots (2)$$

y: 음향파워레벨

b₀, b₁, b₂, b₃: Intercept 및 제작사, 출력, 지표면 종류에 대한 회귀변수

x₁, x₂, x₃: 각각 제작사, 출력, 지표면 종류에 대한 관측값

선형 모델과 비선형 모델의 adjusted R²값을 비교한 결과 Table 1과 같이 Nonlinear model의 R²값이 0.8200로 Linear model의 R²값 0.7795보다 크게 나타나 본 연구에서는 출력값을 로그 변환한 비선형 회귀모델을 굴착기의 음향파워레벨 회귀모델로 선택하였다. 이는 굴착기의 음향파워레벨이 출력에 대해 Fig.1과 같이 비선형적으로 증가하는 경향과도 일치한다.

Table 1. The comparison of the adjusted R² value between the full model and the nonlinear model.

구분	Linear model	Nonlinear model
Adjusted R ²	0.7795	0.8200

† 구진회; 국립환경과학원
E-mail : gujhguh@korea.kr
Tel : (032) 560-7361, Fax : (032) 561-7013

* 국립환경과학원

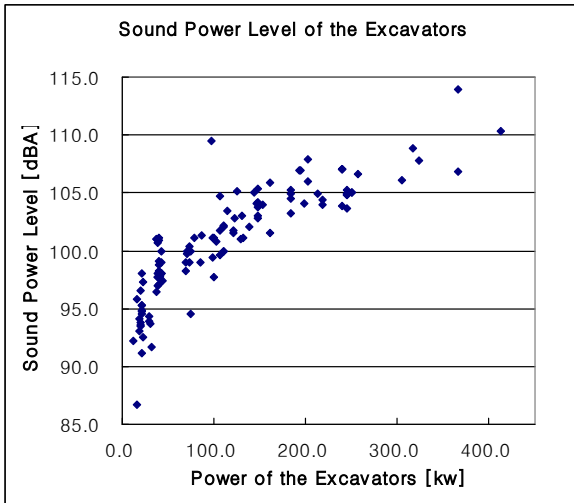


Fig 1. The sound power level of the excavator

2.2 회귀변수의 선정

본 연구에서 설계한 굴착기 비선형 회귀모델 식(2)는 굴착기 제조회사 및 굴착기 출력, 지표면 정보를 회귀모델의 입력값으로 하여 도출된 것으로 이들 입력 변수들이 회귀모델에서 유의한 변수인지를 고찰해야 한다. 따라서 도출된 회귀모델 식(2)의 변수(제조회사, 출력, 지표면정보)에 대한 유의성을 t-검정값과 Partial sum of square 값으로 검토하였다.

Table 2. The t-test result of the variable x1, x2 and x3 which mean the manufacturing firm, the power of the excavator and the kind of the surface.

Variable	Parameter Estimate	Standard Error	t Value	Pr > t
Intercept	82.56204	1.26190	65.43	<.0001
x1	-0.04887	0.13823	-0.35	0.7243
x2	9.81479	0.56233	17.45	<.0001
x3	-1.24580	0.68832	-1.81	0.0729

먼저 Table 2. 는 회귀모델 식(2) 변수의 유의성에 대한 t-검정 결과로 x1(제조사)은 t-검정결과 p값이 0.7243으로 높게 나와 무의미한 변수로 나타났고, x2, x3는 각각 <.0001, 0.0729로 작게 나와 유의한 변수로 나타났다. 또한 개별 변수가 전체 회귀모델에서 차지하는 비중(중요도)을 알려주는 Partial sum of square 분석에서도 Table 3과 같이 출력(x2)에 대해서는 0.50126으로 가장 작은 값으로 나타나 전체 회귀모델에서 차지하는 비중이 매우 작은 것으로 나타나 비선형회귀모델의 입력변수에서 제외하였다.

Table 3. The partial sum of square of the nonlinear model.

Variable	Partial sum of square
Intercept	17166.00000
x1	0.50126
x2	1221.59068
x3	13.13609

이렇게 하여 도출된 최종 굴착기 음향파워레벨 회귀모델은 아래의 식(3)과 같다.

Excavator regression model(reduced model):

$$y = b_0 + b_2 \log(x_2) + b_3 x_3 \dots \dots \dots (3)$$

최종 굴착기 음향파워레벨 회귀모델(식(3))은 기존의 Full model인 식(2)와 Adjusted R²값을 비교했을 때 R²값이 0.8214로 크게 나타나(Table 4.) 보다 우수한 모델임을 확인했다.

Table 4. The adjusted R² value of the full model and reduced model.

구분	Full model	Reduced model
Adjusted R ²	0.8200	0.8214

2.3 굴착기 음향파워레벨 회귀모델에 대한 고찰

따라서 본 연구에서 도출한 굴착기 음향파워레벨 회귀모델은 식(4)과 같으며 회귀변수값(b₀, b₁, b₂)는 Table 5.와 같다.

Excavator regression model:

$$y = b_0 + b_1 \log(x_1) + b_2 x_2 \dots \dots \dots (4)$$

Table 5. The parameter of the excavator regression model.

b ₀	b ₁	b ₂
82.37651	9.85070	-1.41399

본 연구에서 도출된 회귀모델 (4)로 부터 굴착기의 음향파워레벨은 출력에 대해 로그 스케일로 증가하여 출력이 10배 증가할 때 마다 굴착기 음향파워레벨은 9.9 dBA 가량 증가하는 것을 알 수 있으며 아스팔트 바닥에서는 콘크리트 바닥보다 약 1.4 dBA가량 굴착기 음향파워레벨인 작게 측정됨을 알 수 있다. 본 회귀모델 (4)의 R²값은 0.8244로 나타났다.

3. 결 론

굴착기의 음향파워레벨에 대한 회귀모델을 비선형 회귀모델로 설계한 결과 제작사, 굴착기 출력, 지표면종류 중 굴착기 출력과 지표면 종류가 유의한 변수인 것으로 나타났으며 굴착기 음향파워레벨은 출력이 10배 증가함에 따라 9.9dBA 증가하고, 아스팔트 바닥에서는 콘크리트 바닥보다 약 1.4 dBA 가량 작게 측정되는 것으로 나타났다.