

롤러의 음향파워레벨 회귀분석

Regression Analysis of a Roller Sound Power Level

구진회* · 차준석* · 이우석* · 박형규* · 김삼수* · 윤희경* · 한진석* · 이재원†

Jinhoi Gu, Junseok Cha, Wooseok Lee, Hyungkyu Park, Samsu Kim, Heekyung Yoon, Jinseok Han and Jaewon Lee

1. 서 론

도로 및 공사장 등에서 바닥면을 평탄하게 하는데 사용되는 롤러는 고 소음을 발생하는 중장비로 지속적인 환경 분쟁 및 민원의 주 대상이었다. 이에 따라 환경부에서는 2008년부터 롤러 등 고 소음 발생 건설기계류에 대해 걸면에 음향파워레벨을 표시하도록 하는 소음표시제도를 도입하여 기업체의 자발적인 저소음 건설기계 개발을 유도하고 있다. 그럼에도 불구하고 쾌적하고 정온한 삶의 질을 추구하는 현대인들에게 거주지 인근지역 도로 및 공사장에서 발생하는 롤러 소음은 스트레스의 주요인이며 이에 대한 소음민원은 지속적으로 제기되는 실정이다.

롤러와 같은 건설기계 소음은 소음분쟁 발생 시 피해자 부지경계선에서 음압레벨을 측정하고 평가소음도의 기준초과 여부를 조사하여 소음방지대책의 필요 여부를 판단한다. 하지만 음압레벨(dBA)은 소음원과 수음점간의 거리에 따라 다르게 측정이 되고, 소음이 전달되는 음장 환경 및 배경소음 등에 따라 소음 크기가 다르게 측정되는 등 측정 환경 및 조건에 따른 불확실성이 커서 음압레벨만 가지고 정확한 소음방지대책 필요 여부를 판단하기가 매우 어려웠다. 하지만 소음원으로부터 떨어진 거리나 주변 음장환경 등에 영향을 받지 않고 롤러 고유의 값을 갖는 음향파워레벨값 정보를 이용하면 민원 발생 시 소음 발생 정도를 판단하고 소음방지대책을 수립하는데 유용할 것이다. 따라서, 본 연구에서는 롤러의 제원 및 측정환경 정보를 토대로 롤러의 음향파워레벨을 예측할 수 있는 롤러 음향파워레벨 회귀모델을

도출하여 향후 롤러 소음 민원 발생에 따른 피해여부 판단 및 방지대책 수립에 활용하고자 한다.

2. 본론

2.1 롤러의 음향파워레벨 측정

롤러 음향파워레벨 측정은 소음 발생 건설기계 소음도 검사 방법(환경부고시 제2009-222호) 및 음향-음압법에 의한 소음원의 음향파워레벨 측정방법-반사면상 준자유 음장에서의 실용측정방법(KS A ISO 3744:2002)⁽²⁾에 준하여 아래의 Fig. 1과 같이 측정하였다.

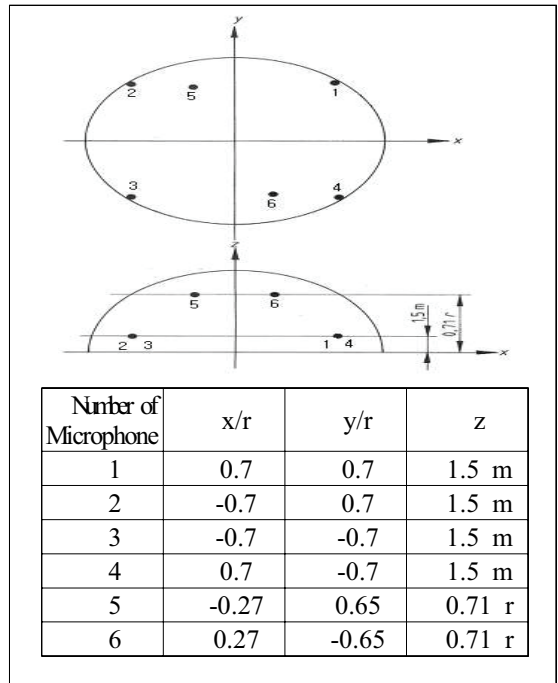


Fig. 1 Microphone positions on the semi-sphere to measure the time-averaged sound pressure level of the excavator.

† 교신저자; 이재원, 국립환경과학원
 E-mail: 교신저자 E-mail
 Tel : 032-560-8308 , Fax : 032-567-7097
 * 국립환경과학원

여기서 측정면의 반경 r 은 KS A ISO 3744의 규격에 따라 음원(롤러) 치수의 2배 이상으로 했으며, 세부 측정 반경 r 은 환경부고시 제2012-186호의 「소음발생 건설기계 소음도 검사방법」에 따라 선정하였다.

2.1 회귀모델의 선정

롤러 음향파워레벨 회귀모델은 총 28대의 롤러 음향파워레벨 정보를 기반으로 하여 총 2개의 회귀변수(엔진 최대출력, 지표면종류)를 검토했으며, 상용 신호처리프로그램인 매트랩을 이용하여 분석하였다.

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

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

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

여기서, y : 음향파워레벨

b_0, b_1, b_2 : Intercept, 출력, 지표면 종류에 대한 회귀변수
 x_1, x_2 : 각각 출력, 지표면 종류에 대한 관측값

선형 모델과 비선형 모델의 R^2 값을 비교한 결과 Table 1과 같이 Nonlinear model의 R^2 값이 0.7358로 Linear model의 R^2 값 0.7060보다 크게 나타나 본 연구에서는 식(2)와 같은 비선형 회귀모델을 롤러의 음향파워레벨 회귀모델로 선택하였다. 이는 롤러의 음향파워레벨이 출력에 대해 Fig.1과 같이 비선형적으로 증가하는 경향과도 일치한다.

Table 1. The comparison of the R^2 value between the linear model and the nonlinear model.

구분	Linear model	Nonlinear model
R^2	0.7060	0.7356

2.2 회귀변수의 선정

본 연구에서 설계한 롤러 비선형 회귀모델(식(2))은 롤러 최대출력, 지표면 정보(아스팔트 및 콘크리트)등을 입력값으로 하여 최소자승법(Least Mean Square Method)으로 계수 b_0, b_1, b_2 를 도출하였다. 이렇게 도출된 롤러의 음향파워레벨 회귀모델은 식(3)과 같다.

$$y = 77.59 + 15.01 * \log(x_1) + 0.53 * x_2 \dots \dots (3)$$

여기서, x_1 : 롤러 최대 출력(kW)

x_2 : 바닥면 종류(아스팔트는 0, 콘크리트는 1)

Fig 1은 본 연구에서 도출된 롤러 음향파워레벨 회귀모델(식(3))을 이용하여 실측값(점)과 예측값(곡선)을 비교하여 나타낸 것이다. 그림 1에서 위쪽의 파란색 곡선은 콘크리트 바닥면에서의 롤러 음향파워레벨 회귀곡선을 나타내고 아래의 붉은색 곡선은 아스팔트 바닥면에서의 회귀곡선을 나타내는데 콘크리트 바닥면에서의 롤러 음향파워레벨이 아스팔트 바닥면에서의 음향파워레벨보다 0.5 dB 가량 큰 것으로 나타나고 있다. 이는 아스팔트 바닥면의 다공질 비율이 콘크리트 바닥면보다 커서 흡음효과가 더욱 크기 때문으로 판단된다.

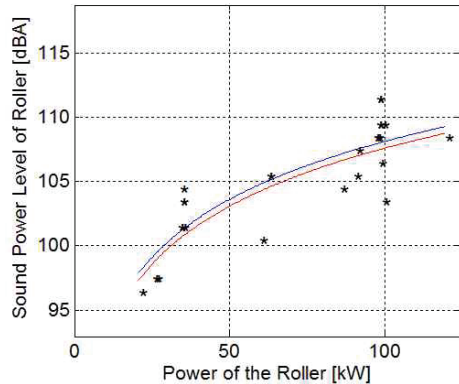


Fig 1. Sound power level regression curve of the roller in the concrete surface and the asphalt surface.

3. 결 론

본 연구에서는 롤러의 음향파워레벨에 대한 회귀모델을 다중회귀분석을 이용하여 도출하였다. 롤러 음향파워레벨 회귀모델은 선형으로 설계할 경우 결정계수(Coefficient of Determinant)가 약 0.8404로 나타났고 비선형으로 설계할 경우 0.8577로 나타나 비선형 회귀모델이 롤러의 음향파워레벨 회귀모델로 적합한 것으로 나타났다. 롤러의 음향파워레벨 회귀모델로부터 출력이 2배가량 증가하면 음향파워레벨은 4.5 dB가량 증가하는 것을 예측할 수 있으며 아스팔트 바닥에서는 다공질 특성에 의해 콘크리트 바닥보다 약 0.5 dB가량 음향파워레벨이 작게 측정되는 것을 예측할 수 있다.