

굴삭기의 선회소음 측정 및 분석

Measurement and Analysis of Excavator Swing Noise

이소연* · 정진태† · 김우형** · 김성재** · 김인동**

Soyeon Lee, Jintai Chung, Woohyung Kim, Seongjae Kim and Indong Kim

1. 서 론

작업환경 및 주거환경의 정숙함이 요구됨에 따라 산업체에서는 굴삭기의 소음 저감기술을 개발하기 위한 많은 연구가 진행되어 왔다. 그중에서도 선회소음은 굴삭기가 선회시 불편한 소음으로 방사되며 장시간 굴삭기 실내에서 작업하는 작업자에게 불쾌감을 유발한다. 현재까지 굴삭기 상부체와 선회장치에서 기인하는 선회소음의 발생 메커니즘과 이를 저감시키려는 연구는 많이 이루어졌지만 해결되지 않고 있는 실정이다.

본 연구에서는 선회소음 발생 및 증폭 메커니즘을 규명하기 위해 굴삭기가 선회할 때 소음과 진동을 측정하여 두 신호를 비교 분석하였으며, 가진원을 분석하고 모드실험을 수행하여 선회소음의 발생원인 및 증폭 메커니즘에 대해 연구하였다.

2. 선회소음/진동 신호 측정

2.1 실험 방법 및 장치 구성

본 연구 대상인 22톤 굴삭기가 선회할 때 나타나는 소음과 진동신호를 측정하기 위해 운전석 상부에 마이크로폰을 설치하고 선회소음 발생 원인으로 추정되는 선회장치와 메인프레임에 가속도계를 부착하였다. 굴삭기 상부체 회전속도는 자이로센서를 이용하여 동시에 측정하였다. 굴삭기의 운전 모드는 최대 엔진 RPM에서 빠르게 가속하여 360° 선회하였으며 가진원 분석을 위해 천천히 가속하여 선회하는 실험도 수행하였다.

† 교신저자; 정희원, 한양대학교 기계공학과
E-mail : jchung@hanyang.ac.kr
Tel : (031) 400-5287 , Fax : (031) 406-5550
* 한양대학교 대학원 기계공학과
** 두산인프라코어 기술본부 Heavy 제품개발

2.2 측정 결과

자이로센서로 측정한 굴삭기의 시간에 대한 회전속도를 Fig.1에 나타내었다. 굴삭기의 선회구간을 각각 선회하지 않고 엔진과 펌프만 작동하였을 때 공회전(A), 회전속도를 증가시키는 구간을 가속구간(B), 일정한 속도로 선회하는 구간을 정속구간(C), 회전속도를 감소시키는 구간을 감속구간(D)으로 구분하였다.

운전실에서 측정한 소음신호의 시간응답을 Fig.2에 나타내었으며 각 선회구간의 소음 피크값을 평균한 결과를 Fig.3에 나타내었다. 선회구간의 소음 피크값은 감속구간, 가속구간, 정속구간, 공회전 순으로 크게 나타났다.

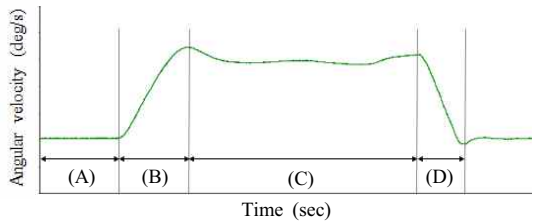


Fig. 1 Swing speed of excavator

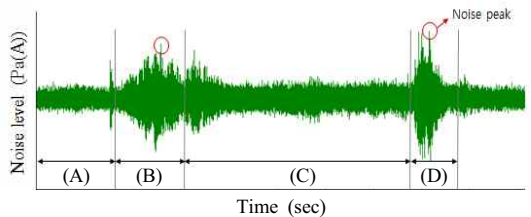


Fig. 2 Time response for the swing noise

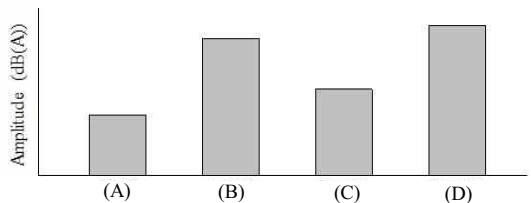


Fig. 3 Noise peak of swing range

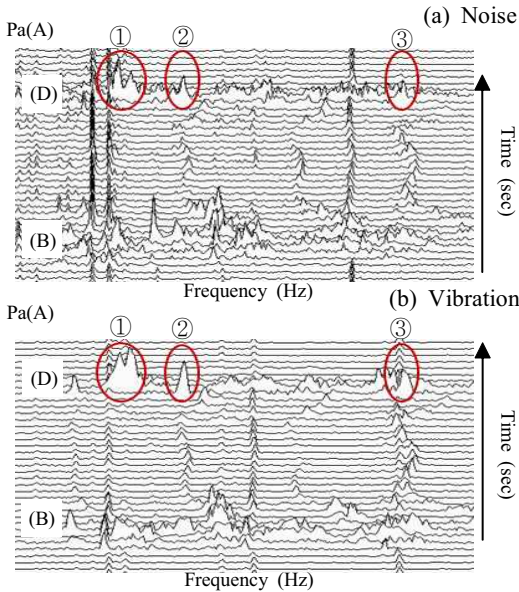


Fig. 4 Frequency characteristic of swing noise

선회시 큰 소음이 발생하는 위치를 확인하기 위해 운전실에서 측정된 소음신호와 메인프레임에서 측정된 진동신호의 주파수응답 신호를 시간에 대한 waterfall plot으로 그려 Fig.4의 (a) 과 (b)에 각각 나타내었다. 두 신호를 비교 분석한 결과 선회소음 신호와 진동신호가 비슷한 양상을 보이는 것을 확인하였으며 감속구간의 큰 소음 주파수 ①, ②, ③ 이 동일한 위치에서 발생하는 것을 확인하였다.

3. 선회소음 특성 분석

3.1 가진원 분석

굴삭기의 선회시스템은 운전자가 선회조이스틱을 조작하면 유압 펌프에서 유압력이 발생하여 선회모터를 구동시킨다. 선회모터축의 회전으로 선회감속기와 피니언 기어가 회전함으로써 선회베어링 내면 치차에 힘을 전달하여 상부체가 회전한다.

가진원 분석을 위해 소음신호를 선회모터 회전속도에 대한 주파수응답의 waterfall plot으로 그려 Fig.5에 나타내었다. 선회모터 회전속도는 자이로센서로 측정된 굴삭기 상부체의 회전속도로부터 감속비를 이용하여 계산하였다.

가진 주파수 분석 결과 선회모터의 피스톤 가진과 1단 감속기의 GMF의 조화성분을 확인할 수 있었으며 두 가진 주파수의 중첩을 알 수 있었다. 또

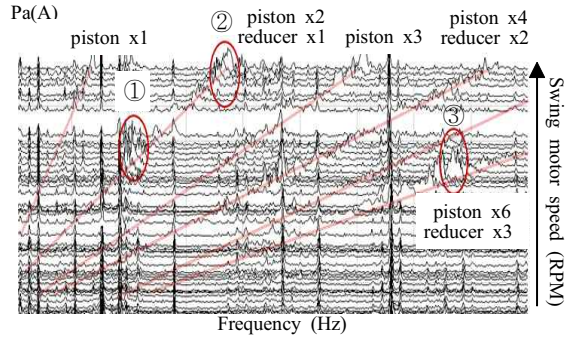


Fig. 5 Analysis of exciting force

한 가진 주파수가 특정 주파수를 지날 때 증폭되는 것을 확인하였는데 증폭되는 주파수는 감속구간의 선회소음 주파수와 일치하였다.

3.2 모드실험 결과

선회소음과 유사한 진동신호가 측정된 메인프레임에 대해 모드실험을 수행하였다. 주파수응답 신호로부터 고유진동수와 고유모드를 추출한 결과 메인프레임의 고유진동수가 선회소음이 나타나는 주파수에 존재하는 것을 확인할 수 있었으며 고유 모드는 굽힘 형상으로 나타났다.

3. 결 론

굴삭기 선회소음의 현 수준을 측정하고 선회소음의 주파수 특성을 분석하였다. 그 결과 선회시 감속구간에서 가장 큰 소음피크가 발생하였으며 운전석 소음신호와 메인프레임의 진동신호가 유사하게 나타났다. 또한 큰 소음발생 주파수와 같은 위치에서 선회모터 피스톤과 1단 감속기의 GMF의 증폭이 일어났다. 메인프레임의 고유진동수도 큰 소음발생 주파수에 존재하는 것을 확인할 수 있었다. 이를 통해 굴삭기가 선회시 가속, 감속구간에서 발생하는 선회소음은 모터와 감속기의 가진으로 메인프레임에서 구조공진이 일어나 발생하는 것을 알 수 있었다.

향후 본 연구를 바탕으로 가진 주파수의 차별화와 센터프레임의 구조 변경을 통한 공진회피 설계로 선회소음 저감 기술 개발이 이루어질 것이다.

후 기

본 연구는 두산인프라코어 지원하에 이루어졌음.