

Side Branch 적용을 통한 굴삭기 유압소음 개선 사례

Introduction of Hydraulic Noise Reduction for Hydraulic Excavator with Side Branch

곽형택† · 강귀현* · 김주호*

Hyungtaek Kwak, Kwihyun Kang and Jooho Kim

1. 서 론

최근 건설기계 분야 기술 발전에 따라 주 소음원인 엔진, 팬소음 등이 저소음화되면서 유압소음이 더욱 두드러지게 되었으며 개선에 대한 요구도 증대되었다. 특히 고부하 작업 시 반복적으로 발생하는 유압 소음은 운전자에게 피로감을 준다.

중대형 유압 굴삭기는 대용량, 고출력, 유량 제어성, 고효율의 장점을 갖는 사판식 Axial 피스톤 펌프가 사용되지만 토출 압력 맥동이 크다는 단점을 갖고 있다. 기계에너지를 유압에너지로 변환하는 과정에서 유량 흡입과 토출을 반복하여 맥동을 발생시키며 유압 펌프의 내구성, 에너지 손실 등 여러 문제를 야기시킨다. 또한, 고압 파이프, 고무호스 등으로 구성된 관로계와 결합하여 맥동특성을 나타내고 관로를 통해 유압시스템에 전달되어 진동, 소음의 원인으로 작용한다.

맥동 저감을 위한 일반적인 방법으로 축압기, 압력 제어 밸브, 유압 감쇄기 등을 설치 할 수 있지만 비용 증대 및 공간의 구애를 받게 된다. 당사는 유압 관로 내 파동의 위상차를 이용하여 저감하는 비교적 경제적인 Side Branch를 적용하고 있다.

본 내용은 굴삭기 개발 과정에서 Side Branch 튜닝을 통해 맥동을 저감시켜 유압소음을 개선한 사례를 소개하고자 한다.

2. 굴삭기 유압소음 개선 시험

2.1 유압 소음 현상 분석

(1) 유압펌프의 맥동 주파수

총 n 개의 피스톤이 사용된 사판식 Axial 피스톤 펌프는 다음 식과 같이 f_h 의 주파수를 갖는 압력맥동이 발생하게 된다.

$$f_h = \frac{\omega(\text{rpm})}{60} \times n \quad (1)$$

여기서 ω 는 펌프 회전속도이며 일반적으로 짝수의 피스톤을 사용하는 것보다 홀수개를 사용 시 위상차로 인해 맥동이 작게 발생한다. 펌프에서 발생하는 압력을 측정한 뒤 FFT를 통한 유압 맥동 주파수 성분 확인이 가능하다.

(2) 굴삭기 유압 소음 분석

30톤급 대형 굴삭기를 대상으로 무부하 굴삭 작업 및 고부하 작업에 대하여 운전자 귀 위치에서 소음을 측정하였다. Fig. 1과 같이 맥동주파수 및 하모닉 성분에서 소음이 발생하는 것을 알 수 있다.

2.2 Side Branch 튜닝 및 개선효과 확인

(1) Side Branch 튜닝

Fig. 2는 Side Branch의 설치 개략도이며 관 길이를 결정하기 위해서는 맥동의 전파속도가 필요하다. 관로 내 유압 파동의 전파속도(c)는 식 (2)와 같다

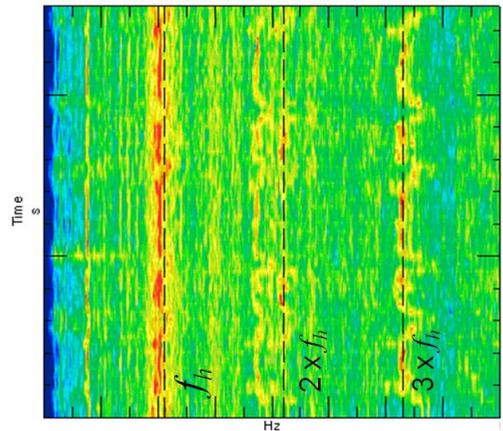


Figure 1 Cabin Noise while Digging without Load

† 교신저자; 정희원, 두산인프라코어 PINVH 성능개발팀

E-mail : hyungtaek.kwak@doosan.com

Tel : 032-211-3931, Fax : 032-211-3731

* 두산인프라코어

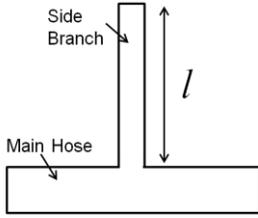


Figure 2 Side Branch Applied on Main Hose of Pump

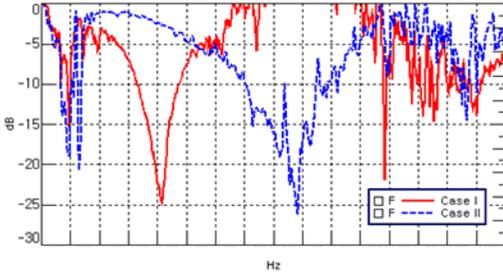


Figure 3 Test Result of Transmission Loss (TL)

$$c = \sqrt{\frac{\beta}{\rho(1 + \beta D / ET)}} \quad (2)$$

여기서, E 은 관로의 Young's Modules, D 는 관로 내부 직경, T 는 관로의 두께이며, β 와 ρ 은 오일의 Bulk modulus와 밀도이다. 온도에 따른 영향, 관로 내 손실, 공기함유량 등을 모두 고려하여 정확한 c 값을 구하는 것은 상당한 비용이 소요되므로 식(3)을 이용하여 길이를 알고 있는 Side Branch를 장착하여 실차 조건에서 정확하게 전파속도를 시험적으로 구하고 목표로 하는 주파수에 맞게 관의 길이를 재결정하는 것이 효율적이다.

$$l = \frac{c}{4f} = \frac{\lambda}{4} \quad (3)$$

l 은 Side Branch의 길이이고, λ 와 f 는 저감시키고자 하는 맥동의 파장과 주파수이다.

시험 대상 굴삭기(Base)는 Side Branch가 임시로 장착되어 있는 상태였으며, 1차 성분 튜닝(Case I)과 2차 성분 튜닝(Case II)의 길이를 결정하여 TL 평가를 실시하였다. 장착성을 고려하여 Flexible 고압호스로 선정하였다. Fig. 3과 같이 목표 주파수에 정확하게 튜닝되었으며, 호스 사용으로 넓은 대역에서 저감성능이 나타나는 이점이 있다.

(2) 개선안 적용 소음 평가

무부하 작업 시에는 Overall SPL 관점으로 개선 정도를 평가하고, 고부하 작업 시에는 과도한 소음 대역만 Processing하여 비교하였다. (3회 측정)

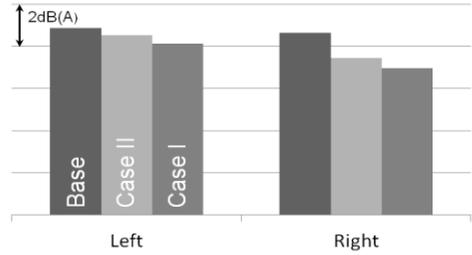


Figure 4 Overall SPL while Digging without Load

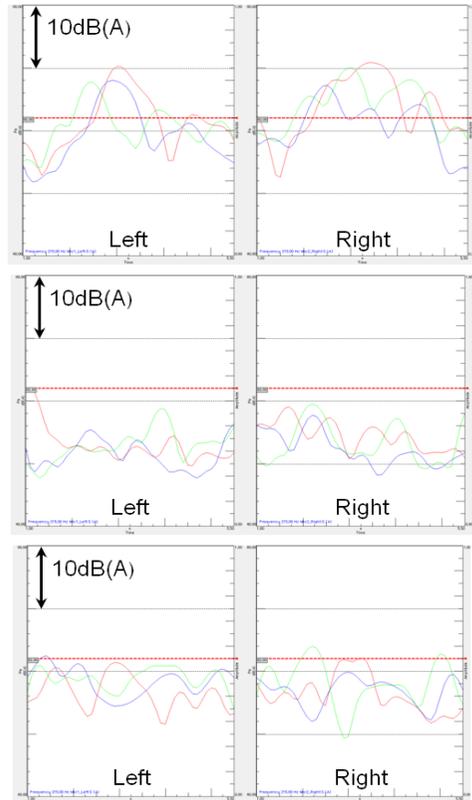


Figure 5 Time-SPL of Target Frequency Band (Top: Base, Middle: Case I, Bottom: Case II)

Case I이 모든 측면에서 가장 큰 효과를 보였으나 개선량, 장착성, 원가를 고려하여 Case II를 최종 결정하였다. 정량적 평가 외에 전문팀의 감성적인 평가를 통해 Case II의 개선효과를 재확인하였다.

3. 결 론

유압 설계가 끝난 단계에서 맥동으로 인한 소음 발생 시 적절한 Side Branch를 적용함으로써 맥동을 효과적으로 저감하여 소음 개선이 가능함을 확인하였다.