

워터펌프에서 발생하는 스켈소음의 주파수 성분 분석

Frequency Analysis on Squeal Noise in A Water Pump

김형래* · 정원영* · 김보형* · 백홍길** · 강동진** · 장국진** · 정진태†
H Kim, W Jung, B Kim, H Baek, D Kang, J Chung, G Jang and J Chung

1. 서 론

스켈 소음(Squeal Noise)은 워터펌프에서 발생하는 고질적인 소음 문제 중 하나이다. 주로 펌프의 저속 회전 시 나타난다. 스켈 소음의 발생은 메카니컬셀(Mechanical Seal)에서 메이팅링(Mating Ring)과 플로팅링(Floating Ring)사이의 마찰음으로, 사용자가 듣기에 상당히 불쾌한 소리가 발생한다.

워터펌프에서 사용되는 메카니컬셀은 펌프 내 유체의 누수나 불순물의 유입을 방지하기 위한 기계 부품이다. 특히, 워터펌프에서 사용되는 메카니컬셀은 축의 회전으로 인한 상대운동을 하는 두 면 사이에 장착 되어 작동하는 동적 Seal 중 하나이다. 이 두 면은 메이팅링과 플로팅링이 만나는 접 면으로써 매우 얇은 유막이 형성되어있다. 하지만 저속 회전 시에 유막의 형성이 균일하지 않아 마찰이 발생하며, 이 때 발생하는 마찰력에 의한 축의 자려진동(self-excited vibration)이 스켈소음으로 나타나는 것으로 알려져 있다. 따라서 스켈소음이 나타나는 주파수 대역을 파악하여 축을 설계 할 때 이를 고려하면, 운전 영역에서 나타나는 스켈소음을 회피할 수 있을 것이다.

본 논문에서는 구동중인 워터펌프의 진동 및 소음 신호를 채집하여 스켈소음이 나타나는 주파수를 획득하였다. 그리고 스켈 소음 주파수를 분석하기 위하여 상용 유한요소해석 프로그램을 이용하여 모드 형상을 추출하였다.

2. 소음/진동 신호 분석

실험 장치는 Fig1. 에 제시된 그림과 같이 구성하였으며, 소음신호와 진동신호는 각각 마이크로폰(B&K 4190)과 3축 가속도계(B&K 4520)를 통하여 운전속도 100rpm에서 3100rpm까지 증가시키면서 신호를 채집하였다.

스켈소음 주파수를 분석하기 위해 실험은 스켈소음이 발생하는 모델과 스켈소음이 발생하지 않는 모델에 대해서 신호를 채집하였다. 1번 모델은 스켈소음이 발생하는 모델이며, 2번 모델은 스켈소음이 발생하지 않는 모델 이다. 작동중인 워터펌프 축에 가속도계를 설치하는 것은 어려움이 따르므로 하우징에 부착하여 측정 하였다. 마이크로폰은 워터펌프로부터 1m 떨어진 곳에 설치하여 신호를 측정하였다.

Fig 2와 Fig 3는 1번 모델과 2번 모델의 음압 신호측정 결과를 Waterfall Plot으로 나타낸 그래프이며, Fig 4와 Fig 5는 각각의 모델에 대하여 진동신호를 측정된 결과이다.

두 모델의 소음 신호를 비교하면 스켈소음이 발생하는 Fig 3에서는 저속의 특정 회전속도에서 피크값이 나타났지만 스켈소음이 발생하지 않는 Fig 2에서는 Fig 3에서 나타나는 피크값이 나타나지 않았다.

스켈소음이 나타나는 진동 신호를 측정된 Fig 5에서도 Fig 3에 나타난 피크가 동일 회전속도, 동일한 주파수 대역에서 나타남을 확인 할 수 있다.

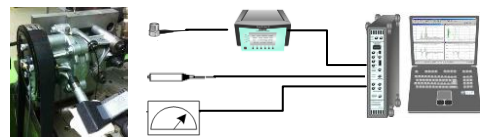


Fig 1 Experimental setup for the signal analysis

† 교신저자; 정희원, 한양대학교 기계공학과

E-mail : jchung@hanyang.ac.kr

Tel : (031)400-5287, Fax : (031)406-6964

* 한양대학교 일반대학원 기계공학과

** 현대자동차

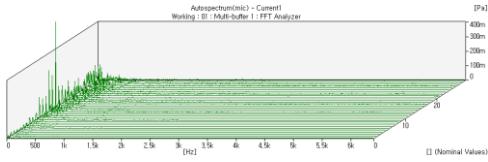


Fig 2 Waterfall plot for noise of the water pump without squeal noise

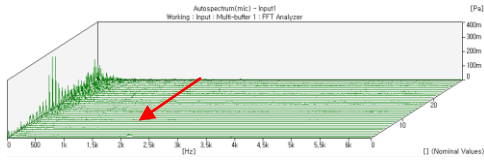


Fig 3 Waterfall plot for noise of the water pump with squeal noise

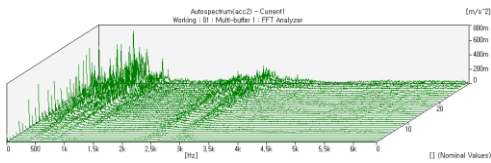


Fig 4 Waterfall plot for vibration of the water pump without squeal noise

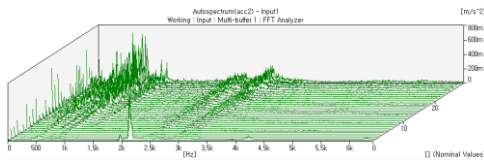


Fig 5 Waterfall plot for vibration of the water pump with squeal noise

따라서 진동 신호에서도 스킨소음 주파수가 나타남을 확인할 수 있으며, 이것은 워터펌프의 고유진동수와 관계가 있음을 추정할 수 있다. 반면, 스킨소음이 나타나지 않은 진동 신호인 Fig 4에서는 이러한 진동신호가 나타나지 않았다. Fig 5에서는 스킨소음 신호로 추정되는 주파수대역의 다음 영역에서 두 개의 고유진동수가 나타남을 확인할 수 있다.

3. 시뮬레이션을 통한 모달해석

실험을 통해서 나타난 워터펌프의 고유진동수에 해당하는 고유모드를 확인하기 위해서 상용 시뮬레이션 툴을 이용한 모달해석을 수행하였다.

시뮬레이션 모델은 워터펌프의 하우징을 제외한 축 계 시스템에 대해서 모델링을 하였다.

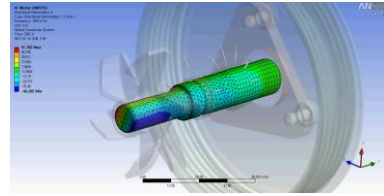


Fig 6 A first torsional mode shape of the shaft system

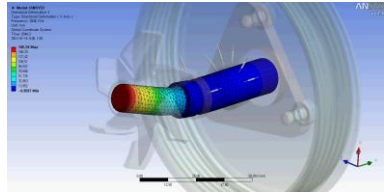


Fig 7 A first bending mode shape of the shaft system

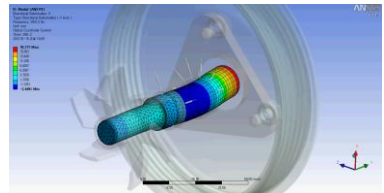


Fig 8 A second bending mode shape of the shaft system

축 계 시스템의 구성은 임펠러, 축, 베어링, 씰링, 폴리와 브라켓으로 이루어져 있다. 베어링과 씰링은 스프링 요소를 사용하여 축과 연결 하였다.

시뮬레이션을 통한 모달해석 결과 첫 번째로 나타난 모드는 비틀림 1차 모드였으며, 두 번째는 2차 굽힘 모드이며, 세 번째는 축의 2차 굽힘 모드이다. 실험을 통해서 나타난 피크와 비슷한 주파수를 가진다.

4. 결 론

본 논문에서는 워터펌프 구동 시 소음/진동 신호를 채집하여 스킨소음의 발생 유무에 따른 모델을 비교하여 스킨소음 주파수를 구분하였다. 그리고 시뮬레이션을 이용하여 스킨소음 주파수의 모드형상을 파악하였다. 실험에서 나타나는 고유진동수는 시뮬레이션에서 나타나는 굽힘에 의한 공진으로 생각되며, 이보다 낮은 주파수에서 나타나는 스킨소음 주파수는 축의 비틀림 모드에 의해서 나타나는 것으로 추정된다.

축에 대한 실험을 통해 모달해석을 수행하여 비틀림 진동수를 측정한다면 좀 더 명확한 결론을 얻을 수 있을 것이라 사료된다.