

건설기계용 라디에이터 진동 설계

Radiator Design for Vibration of Construction Equipment

강현석† · 강종민* · 정안균** · 이재옥**

Hyunseok Kang, Jongmin Kang, Ahnkyun Jung and Jaek Lee

1. 서론

건설기계는 매우 다양한 작업 환경에서 높은 부하로 작업한다. 이와 같이 높은 작업하중을 필요로 하는 건설기계 부품을 설계할 때 반드시 고려해야 될 핵심 설계인자로는 충분한 강도 및 높은 내구성능이다.

특히, 굴삭기는 건설기계 중에서도 작업장치를 통해서 큰 충격하중을 발생시키는 기계장비다. 주로 대형 굴삭기의 경우에는 미개발 지역을 개발하기 위해서 가장 먼저 작업 현장에 배치되어 개발 작업을 실시한다. 개발 환경 조건에 따라 굴삭기 작업장치는 다양하게 변경이 가능한 구조를 가지고 있다. 굴삭기에서 가장 일반적으로 많이 장착하고 있는 작업장치로는 지반을 굴삭하거나 작업물을 담아서 옮기기 위한 버킷(Bucket)이 있고, 암반을 파쇄하기 위한 해머(Hammer) 그리고 특수한 작업을 수행하기 위한 작업장치들이 개발되어 있다. 이러한 작업장치를 통해서 작업에 따른 다양한 하중들이 전달되기 때문에 내구성능은 굴삭기 제품개발에 있어서 가장 중요하고 우선적으로 고려해야 될 핵심품질지표라고 할 수 있다.

이 연구는 굴삭기 냉각 장치 중의 하나인 라디에이터(Radiator)의 진동설계에 관한 것이다.

를 나타낸다. 일반적으로 제품을 개발할 때, 가장 우선적으로 고려해야 하는 프로세스는 해당 시장 상황을 정확하게 파악하는 것이다. 즉 고객들이 원하는 바를 정확하게 제품에 그대로 반영하는 것을 의미한다. 그 다음 개념설계, 상세설계, 시제품 제작 그리고 검증시험의 개발 프로세스를 따른다.

(1) 연구의 목적

이 연구의 배경은 굴삭기 제품 개발 중 냉각장치인 라디에이터의 고정부에서 발생한 파손하여 이 문제를 해결하기 위해 CAE 해석을 통해 원인을 분석하고, 개선 설계 모델을 해석적으로 검증하여 설계에 반영하기 위한 것이다.

(2) 기본 설계 모델

Fig. 2 는 이 연구에서 적용한 라디에이터 모델을 나타낸다. 라디에이터 하단부와 옆 부분에 붙어있는 지지대가 굴삭기 프레임에 고정되어 라디에이터를 지지하는 구조이다.

2. 본론

2.1 제품개발 프로세스



Fig. 1 Global product development process

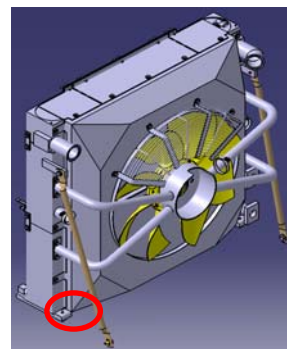
Fig. 1 은 통상적인 건설기계 제품 개발 프로세스

† 교신저자; Noise Vib. & Cooling, VPD, Volvo CE
E-mail : hyunseok.kang@volvo.com

Tel : (055) 260-7853, Fax : (055) 260-7080

* VPD, Volvo CE

** Structure & Durability, VPD, Volvo CE



(a) Radiator model



(b) Failure mode

Fig. 2 Radiator model

실제 굴삭기 작업 중에는 다양한 작업장치로부터 작업 하중이 동하중 형태로 전달되어 라디에이터에 동하중으로 작용하게 된다. 이와 같이 동하중이 작용하여 라디에이터 하단의 고정부에는 동적 응력이 발생한다. Fig. 2 (b)는 라디에이터 고정

부이다. Fig.2(a)에서 빨간색 원으로 표시된 부분으로, 동하중에 의해서 발생한 고정부 파손의 예를 나타낸다.

3. 라디에이터 진동 설계

3.1 해석 프로세스

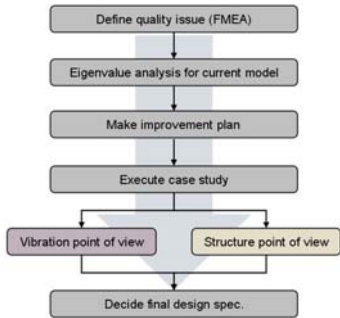
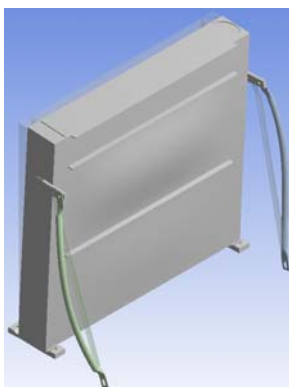


Fig. 4 Analysis process Fig. 5 Analysis mode

고장모드 효과분석(FMEA)을 실시하여 문제를 정의하고 고유치 해석을 문제 해결의 수단으로 이용하여 구조-진동 연성 해석을 수행하여 최종 설계 사양을 확정하는 프로세스를 Fig. 4 에 나타낸다. Fig. 5 는 이 연구에서 적용한 단순화된 해석 모델을 나타낸다.

(1) 현재 모델 해석

고장모드 효과분석의 결과, 마운팅부 파손은 이 구조물의 1 차 고유진동 모드와 밀접한 관련이 있다고 판명되었다.



(hz)	
Order	Current
1	74.6
2	110.7
3	117.0
4	129.7
5	131.1
6	132.7

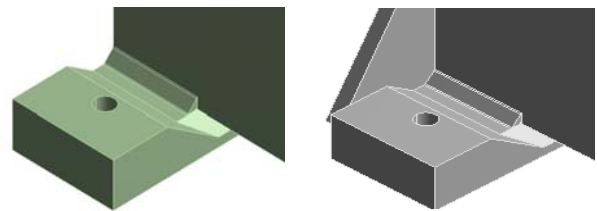
(a)The 1st mode shape (b) Natural frequency

Fig. 6 Natural frequency and mode shape

그래서 개선 방향으로는 1 차 고유진동수를 증가시키는 방향으로 설계방안을 세웠다. Fig. 6 에 해석모델의 고유진동수와 1 차 고유모드를 나타내었다.

(2) 설계 개선

현재 모델의 해석 결과를 기초로 하여 여러 가지 주위조건을 고려하여 설계 개선안을 마련하고 이에 대한 검증 해석을 진행했다. Fig. 7 에 한 가지 개선안의 예를 나타내었고, Table 1 에 고유치 해석 결과를 나타내었다.



(a) Current model (b) Improved model

Fig. 6 Design improvement

Fig. 6(b)와 같이 라디에이터의 굽힘진동 모드에 의해서 고정부의 파손을 유발하였기 때문에 고정부의 굽힘진동을 개선시키기 위해서 간단하게 보강판을 부착하는 방법을 적용하였다.

(hz)			
Order	Current	ALT_1	vs. current
1	74.6	81.0	108.5%

Table 1 Comparison of design improvement

이 경우 개선안의 1 차 고유진동수가 8.5% 정도 향상된 것을 알 수 있다.

4. 결론

이 연구는 대표적인 건설기계 중의 하나인 굴삭기 냉각장치인 라디에이터의 진동 설계에 관한 것이다.

개발 과정 중에 발생했던 라디에이터의 고장모드 효과분석을 통해서 라디에이터 진동에 의한 파손으로 정의하여 진동해석 모델로 단순화하였고, 현재 모델에 대한 진동해석을 수행하여 현재 모델의 수준을 파악한 후, 그 결과를 이용하여 설계 개선안을 만들고, 설계 목표치를 설정하였다. 최종 검증해석을 진행한 후, 그 결과로 개선될 설계의 신뢰성을 높일 수 있었다.