

굴삭기 작업장치의 유압파이프 진동 설계 Design for Vibration of Hydraulic Pipe on the attach in Excavator

강현석† · 김성환* · 강종민**

Hyunseok Kang, Sunghwan Kim and Jongmin Kang

1. 서 론

굴삭기는 작업장치라는 장치를 통해서 굴삭 및 상차, 암반 긁기, 평탄작업 등의 다양한 작업을 수행할 수 있는 건설중장비이다. 굴삭기의 작업장치는 유압으로 구동되며 이를 공급하기 위한 유압파이프가 굴삭기 작업장치 위에 설치되어 있는데 이는 작업장치로부터 발생하는 높은 하중에 그대로 노출되어 있어 반드시 동적 안정성을 확보해야 한다. 이 연구는 작업장치의 유압파이프 레이아웃을 결정하기 위한 진동 설계에 관한 것이다.

2. 본 론

2.1 연구목적

이 연구의 배경은 일정시간(1815hrs) 사용한 굴삭기 작업장치 구동을 위해 장착된 유압 파이프의 고정부 파단으로부터 시작되었다. 다른 클래스 장비의 장착조건에 비교해볼 때 동적 안정성이 낮음을 확인하였으며 근본적인 원인을 찾아 새로운 설계 프로세스를 재정립하는 것이 이 연구의 목적이다.

2.2 기본 해석 모델

이 연구에서 적용할 기본 해석 모델을 Fig. 1

에 나타내었다. 해석 모델은 작업장치의 유압 파이프와 이를 고정해주는 5 개의 클램프로 구성된다. 이 기본 해석 모델을 기준으로 하여 설계 개선을 진행하였다.

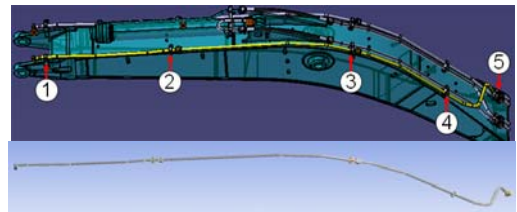


Fig.1 Baseline model

2.3 진동 해석프로세스

작업장치 유압파이프는 여러 개의 클램프로 고정되어 있는 양단 고정정보로 가정할 수 있다. 양끝만 고정되어있는 양단 고정정보를 시작으로 진동해석 결과에서 최대 변위가 일어나는 점을 찾아 클램프 위치로 고정하면서 fig.2 에 나타낸 해석 프로세스를 적용하여 최적의 클램프 개수 및 위치를 선정하였다.

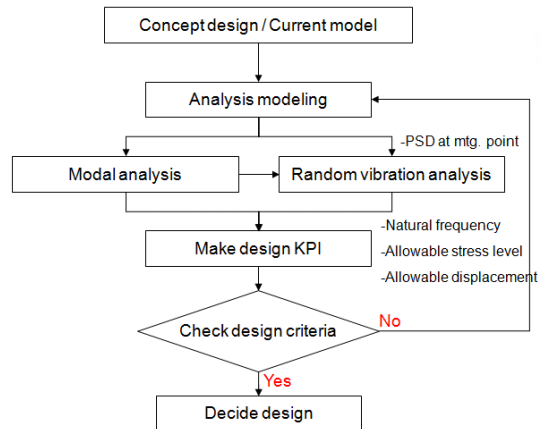


Fig. 2 Vibration Analysis Process

† 교신저자; 정회원, Noise, vibration and cooling, VPD, Volvo CE

E-mail : Hyunseok.kang@volvo.com

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

* Noise vibration, and cooling, VPD, Volvo CE

** AE, Volvo CE

2.4 목적함수 및 설계 목표 설정

기본 해석 모델에 대한 고유진동 해석과 랜덤진동 해석 결과를 토대로 하여 다음과 같은 주요 KPI 를 정의하였다.

- 1) 1 차 굽힘 모드 의 진동수 레벨
- 2) 랜덤진동에 의한 최대등가응력 레벨
- 3) 랜덤진동에 의한 최대변위 레벨

위 KPI 들을 이용하여, 작업장치 유압 파이프 진동설계에 적용할 새로운 목적함수를 설정하였고, 또한 최종적으로 달성해야 할 목적함수의 설계목표를 다음과 같이 설정하였다.

$$Obj. function = [Freq. @ bending] \cdot w_1 + [\sigma_{eq}] \cdot w_2 + [D] \cdot w_3$$

Design target = 50% improvement of object function

2.5 진동 해석 결과

2.3절에서 구성한 진동해석프로세스를 토대로 총 4개의 해석 모델을 만들어 고유진동해석과 랜덤진동해석을 수행하였다. 여기서 랜덤진동해석에 쓰인 PSD 입력은 임의로 가정한 PSD레벨을 각 좌표축별로 동일한 입력을 주었다. Table 1에 그 결과를 정리하였다.

Table 1 Natural frequency and random vibration result

Natural Frequency (Hz)				
Order	Current	2point	3point	5point
1	41.80	4.42	16.33	69.67
Equivalent stress (MPa)				
Max. point	128.52	373.58	252.12	114.68
Displacement under random vibration (mm)				
X	0.892	14.577	8.000	1.476
Y	3.221	96.805	12.591	1.590
Z	1.076	17.368	9.368	0.597

기본해석 모델을 기준으로 각 해석모델의 KPI인 1 차 굽힘 고유진동수와 최대등가응력 및 최대변위를 정규화시킨 결과를 Table2에 나타내었다.

Table 2 Normalized KPI

KPI	Current	2point	3point	5point
Bending mode	1	0.11	0.39	1.67
Eq. stress	1	0.34	0.51	1.12
Displacement	1	0.06	0.11	1.80

이 결과로부터 2.4절에서 정의한 목적함수에 적용한 결과를 Fig. 3에 나타내었다. 여기서 적용한 가중치로는 고유진동수 증가는 동적 응답에 크게 영향을 준다. 또한 설계 기준상 랜덤진동해석 결과를 고려하기 때문에 경험상 이 연구에서는 각 가중치로 w_1 를 0.5, $w_{2,3}$ 를 0.25로 설정하였다.

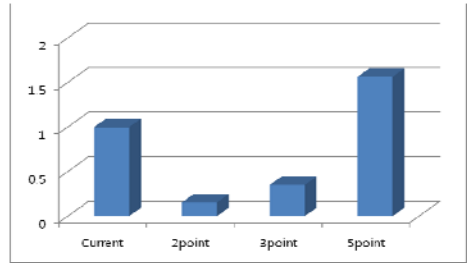


Fig. 3 Objective function graph

2.3절에 의해 구성된 5point 모델은 기본해석모델과 동일한 클램프 수를 가지며 고정위치만 변경되었지만 그 수준은 기본해석모델 대비 56% 성능이 향상된 결과이며 그 최종 레이아웃을 fig. 4에서 확인할 수 있다.

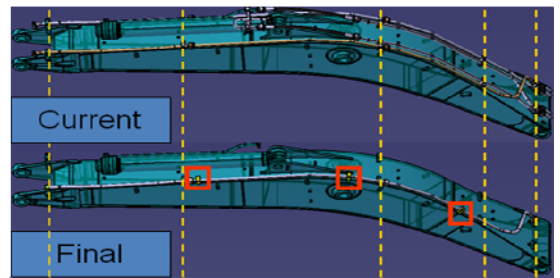


Fig.4 Position comparison between Current and Final

3. 결론

이 연구는 굴삭기 작업장치의 유압파이프 진동 설계에 관한 것이다. 기본 해석 모델에 대한 고유진동 해석과 랜덤진동해석을 수행하여 그 결과를 기초로 하여 설계 핵심성능인자 및 설계 목표를 설정하였다. 양단 고정정보 가정으로 각 결과에서 최대변위 점을 최적의 클램프 위치로 선정하였으며 기본해석모델과 비교하여 동일한 클램프 개수일 때의 최적의 클램프 위치를 선정 할 수 있었다.

이러한 결과를 토대로 향후 제품개발 초기 단계에서 작업장치에 붙는 유압 파이프의 새로운 진동 설계 기준으로 적용될 것이다.