

건설중장비 유압부품의 진동내구해석

Vibration Durability Analysis for Hydraulic component in the Construction Equipment Industry

김성환* · 함정훈* · 강현석†
 Sunghwan Kim, Jeonghoon Ham and Hyunseok Kang

1. 서 론

건설중장비에 가해지는 작업하중은 각기 다른 작업환경에서 사용하는 현장 조건에 따라 발생되며, 그 중에서도 아직 개발되지 않은 건설 현장이나 건설 골재 등을 채취하는 채석장과 같은 환경에서는 과도한 작업하중을 받는 것은 필연적이다. 따라서 건설중장비 제품개발에 있어서 가장 중요한 설계 인자는 과도한 작업하중으로부터 견딜 수 있는 충분한 강도 및 내구 성능을 확보이다.

대표적인 건설중장비 중 하나인 굴삭기는 작업장치 통해 굴삭 및 상차, 암반 긁기, 평탄작업 등의 다양한 작업을 수행할 수 있는 건설중장비이다. 굴삭기의 주요 부품 중 유압 공급장치인 주 제어밸브(MCV; Main control valve)는 레이아웃 특성상 지지대와 함께 굴삭기 상부프레임에 설치 되어 있으며 작업장치로부터 발생하는 높은 하중에 그대로 노출되어 있다.

이 연구에서는 다양한 작업조건을 가정한 시험을 근거로 하여 MCV와 지지대에 대한 랜덤 진동 해석을 수행하였다. 그리고 각 작업조건에 대한 진동내구수명을 평가 하였다.

2. 본 론

2.1 진동 해석프로세스

이 연구에 적용한 진동 해석 프로세스를 Fig. 1 에 나타내었다.

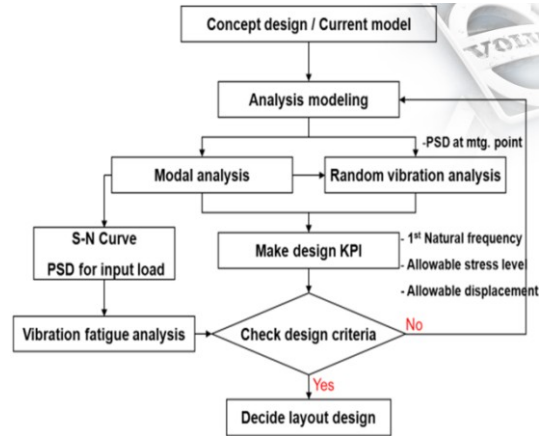
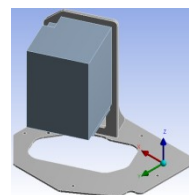


Fig. 1 Vibration Analysis Process

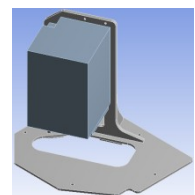
이 연구는 실제 파손이 일어난 유압부품을 해석 모델로 만들었고 고유진동해석을 진행하였다. 그리고 파손이 일어난 실제 현장에서 장비의 다양한 작업조건을 가정한 시험을 수행하여 시험 데이터를 기반으로 PSD 입력데이터를 확보 한 후 랜덤 진동 해석을 수행하였다. 그 결과 KPI 를 만족하는 개선안을 만들었다. 또한 동시에 진동내구수명을 평가하기 위해 시험데이터로부터의 파워스펙트럼 동하중이력과 S-N 선도 적용하여 진동내구수명을 평가하였다.

2.2 진동 해석

이 연구에서 적용한 기본 해석 모델과 개선모델을 Fig. 2에 나타내었다.



(a) Baseline model



(b) Improved model

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

E-mail : hyunseok.kang@volvo.com

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

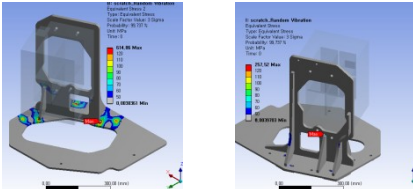
* Noise vibration, and cooling, VPD, Volvo CE

Fig. 2 Geometry model

해석 모델은 유압을 공급해주는 MCV장치와 이를 지지해주는 지지대로 구성된다. 개선모델은 레이아웃과 동시에 KPI를 만족하는 모델로 ANSYS WB 14 version을 이용하여 2.1절의 진동 해석프로세스 절차에 거쳐 도출한 결과를 Table1과 Fig. 3에 나타내었다.

Table1 Vibration analysis results

Natural frequency (Hz)		
Order	Current	Improve
1	19	42
Equivalent stress (MPa)		
Max.	615	258
Deformation (mm)		
X	1.059	0.259
Y	1.435	0.457
Z	1.025	0.321



(a)Baseline model (b) Improve model

Fig. 3 Max. eq. stress by random vibration analysis

3. 진동 내구 해석

진동내구해석을 수행하기 위해 LMS Virtual Lab. 11 version을 사용하였다. 2.2절에서 수행한 고유치 해석결과 불러들이고, Fig. 4에 나타난 각 작업조건의 가속도 시간 데이터로부터 파워 스펙트럼 동하중이력을 만들어 모드와 기여도를 중첩한 동응력을 토대로 손상을 구했다. 이때 일반구조강의 S-N선도와 Dirlik기법을 이용하여 피로수명을 예측하였다.

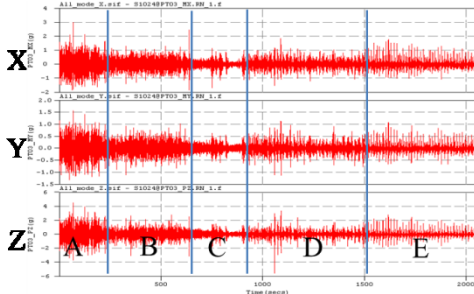


Fig. 4 Vibration test data for working modes

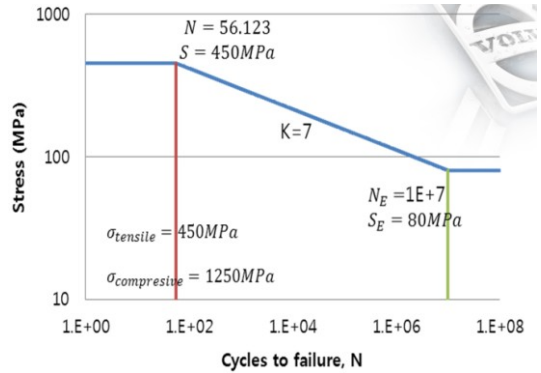


Fig. 5 S-N curve of structural steel

Table3 Comparison for vibration fatigue life

	Failure time (hrs)	
	Current	Improve
A	2.3	9.7
B	1165	3.5.E+06
C	294	2.9.E+04
D	23.6	7.4.E+04
E	3.1	1100

Table3은 작업모드 A~E에 대한 진동내구수명을 나타내었다. 단, 여기서 일반구조강의 S-N선도를 이용했기 때문에 절대적인 값의 수명 비교는 어렵다. 상대적 비교를 수행 했을 때, A~E 작업모드에서 A작업모드가 여전히 장비수명에 큰 영향을 미치고 있음을 확인 할 수 있었으며, 이를 기준으로 개선안의 수명 증가율은 4.2배정도로 유추 할 수 있다.

4. 결론

이 연구는 건설중장비 유압부품의 진동 설계 및 진동내구수명 예측에 관한 것이다. 해석 모델에 대한 고유진동해석과 랜덤진동해석을 수행하여 그 결과를 기초로 하여 설계 핵심성능인자 및 설계 목표를 설정하여 개선안을 도출하였다.

여러 작업모드로 구성된 실차 시험을 수행하여 가속도데이터를 이용하여 총 5개의 작업모드에 대한 진동내구수명 예측을 하였으며, A작업모드를 기준으로 개선안의 수명은 기존대비 4.2배정도 증가하였다.

추후 이 결과를 바탕으로 실제 고객이 사용하는 장비데이터 분석하고, 대표적인 작업모드조합으로 이루어진 데이터를 만들어 실제 고객 사용 작업 모드에 대한 진동내구평가를 수행할 계획이다.