

추진용 중속 디젤엔진의 하부 설치조건을 고려한 진동제어

Vibration Control of Medium Speed Propulsion Diesel Engine with respect to Installation Condition

이종문† · 곽용석* · 김원현*

J.M. Lee, Y.S. Kwak and W.H. Kim

1. 서론

선박의 보기 또는 주기로 사용되는 중속 디젤엔진은 하부 설치 조건에 따라 진동 특성이 크게 다르다. 발전용인 경우 일반적으로 탄성 마운트 지지되며, 시험장과 실선 탑재 조건 사이에 진동 특성 차이가 크지 않아 시운전장 시험 결과로도 실선에서의 진동 예측이 용이하다. 반면 추진용 엔진은 선박 설치 조건을 시험장에서 동일하게 구현하기 어렵기 때문에 두 조건에서의 진동 특성 차이가 크다. 그리고 시험장과 실선에서 모두 진동이 발생하지 않아야 하므로 두 조건에 대한 진동 예측 및 평가가 필수적이다.

본 연구에서는 새로 개발된 추진용 중속 디젤엔진에 대해 시험장 설치 조건에서의 진동 해석과 계측으로 그 진동 특성을 파악하고 이를 바탕으로 실선 탑재 조건에서의 진동을 예측하여 그 결과가 타당함을 검증하였다.

2. 시험장 설치 조건에서의 진동 특성

새로 개발된 추진용 중속 디젤엔진에서 시험장 설치 조건에서의 진동 특성 및 응답 수준을 예측하기 위해 Fig. 1 과 같은 유한요소 해석모델을 구성하고 고유진동 및 강제진동해석을 수행하였다.

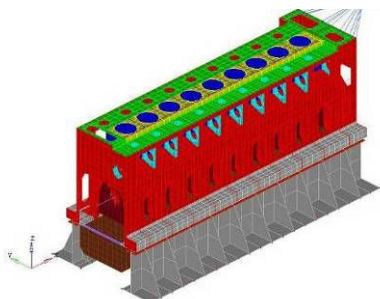


Fig. 1 FEM model of engine(test shop condition)

† 이종문: 현대중공업 선박해양연구소 진동소음연구실
E-mail : jmlee@hhi.co.kr

Tel : (052) 202-5557, Fax : (052) 202-5495

* 현대중공업 선박해양연구소 진동소음연구실

해석의 정확도를 높이기 위해 엔진 자체는 별도의 충격 시험 결과를 바탕으로 모델을 조정하였다. 시험장 설치조건을 살펴보면 Fig. 2 에서 보듯이 엔진과 하부 지지구조물인 플로어 빔(floor beam)은 볼트로 체결되어 있으며 플로어 빔 또한 테스트 베드에 볼트로 고정되었다.



Fig. 2 Installation condition of engine(test shop)

Fig. 1 의 해석모델에서 위의 연결/고정 조건을 구현하기 위해 엔진과 플로어 빔, 플로어 빔과 테스트 베드 모두 고정 조건으로 모델링 하였다. 이 해석 모델에 대한 고유진동해석 결과 H-mode, X-mode, 굽힘 모드 등 주요 진동 모드가 운전 영역과는 떨어져 있어 공진 가능성이 적은 것으로 판단하였다.

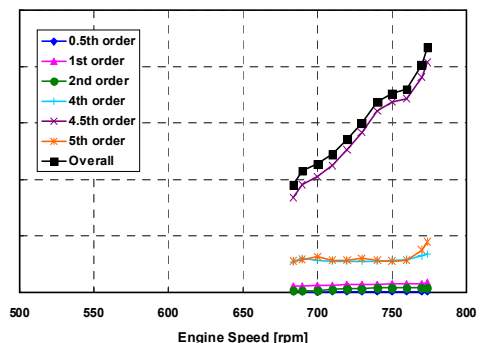
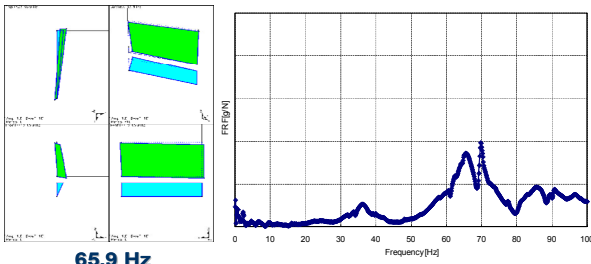


Fig. 3 Result of vibration measurement(test shop)

대상 엔진의 시험장 설치 후 진동 계측 결과 Fig. 3 에 보듯이 최대 연속 운전 조건인 750 rpm 근처

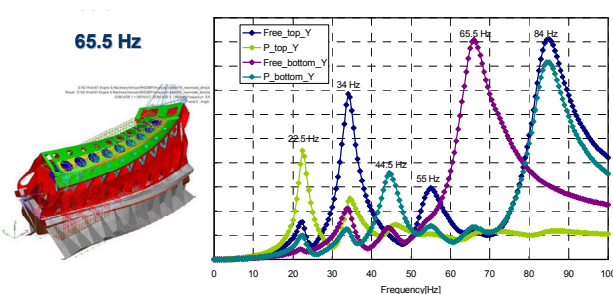
에서 공진 응답으로 판단되는 진동이 발생하였다. 특히 엔진 상단의 진동 보다 엔진 하부의 진동이 커 일반적인 하부 고정 기계의 진동 양상과는 다른 진동 특성을 보여주고 있었다. 이에 대한 원인 파악을 위해 시험장 설치 조건에 대한 충격 시험을 수행하였다. Fig. 4 에 충격 시험 결과를 나타내었으며 주파수응답함수를 보면 65.9 Hz 에서 엔진 4.5 차 기진력과 공진되는 뚜렷한 모드가 있음을 확인하였다. 특히 이 모드는 그림에서 보듯이 엔진 하부와 플로어 빔이 연결되는 부분의 진동 모드가 커 진동 응답 계측과 일치하는 결과였다.



65.9 Hz
Fig. 4 Results of modal test (test shop condition)

초기 해석과 시운전 계측 결과 사이의 차이에 대한 원인을 파악하기 위해 계측 결과와 해석 모델 그리고 시험장 설치 상태에 대한 면밀한 분석을 수행하였다. 그 결과 Fig. 1 의 플로어 빔이 테스트 베드에 볼트로 연결되어 있지만 그 수가 적고 높이도 상대적으로 높아 플로어 빔이 테스트 베드에 완전히 고정되어 있다고 보기에는 어렵다고 판단하였다.

이를 고려하기 위해 고정 조건으로 되어있던 플로어 빔 하부 설치 조건을 3 축 선형 스프링 조건으로 변경하였고 수직 방향의 강성을 수평 방향 대비 약 1/100 로 조정하였다. 이 모델에 대한 고유진동해석 결과 Fig. 5 에 보듯이 계측 결과와 동일하게 엔진 하부가 크게 흔들리는 모드가 존재함을 확인하였다.



65.5 Hz
Fig. 5 Results of natural vibration analysis (model tuning)

이상의 결과로부터 시운전 중에 나타난 진동은 플로어 빔의 하부 설치 조건에 의해 발현된 모드와 4.5 차 기진력의 공진에 의한 것임을 확인하였다.

시험장 조건에서의 진동 저감을 위해 문제의 비정

상 모드가 나타나지 않도록 플로어 빔을 보강하였다.

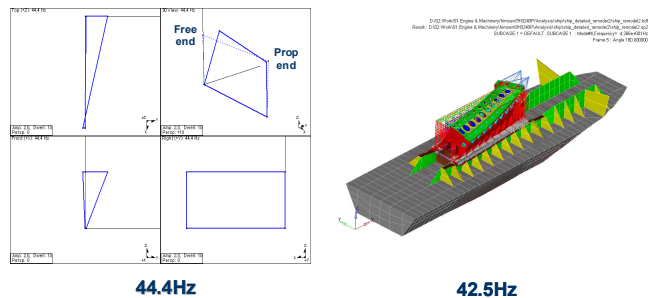
3. 선박 설치 조건에서의 진동 특성

선박 설치 조건에서도 위 문제 모드가 발생하는지 예측하기 위해 엔진과 선각 하부를 모델링하여 해석을 수행하였다. 실선에서는 엔진이 볼트로 고정되는 하부 지지구조물(foundation)이 선각에 용접되므로 시험장에서와 같은 헐거운 연결 구조는 아니다. 그러므로 해석 모델에서는 시험장에 대한 초기 해석과 동일하게 엔진과 지지구조물 모두 고정 조건을 적용하였다.

Fig. 6 의 실선 설치 조건에 대한 시험 결과와 해석 결과를 Fig. 7 에 비교하였으며 해석과 계측이 잘 일치하고 있음을 알 수 있고 진동 수준도 매우 양호하였다.



Fig. 6 Installation condition of engine (ship)



44.4Hz 42.5Hz
Fig. 7 Comparison of test and analysis results

이상의 결과로 시운전 시 나타난 진동 및 모드는 플로어 빔 설치에 의한 비정상 진동임을 다시 확인하였다.

4. 결론

본 연구에서는 추진용 엔진의 하부 설치 조건에 대한 진동 특성을 해석과 계측을 통해 정량적으로 분석하였다. 그 결과 다양한 설치 조건에 대한 엔진 진동 특성을 비교적 정확하게 예측할 수 있었으며 실선 설치 상태에서 저진동을 실현하였다.