

# 선박용 디젤 발전기의 진동 원인 분석 및 저감 사례 소개

## Vibration Control Measures and Root Cause Analysis of the Diesel Generator for a Ship

석호일† · 황원우\* · 김진현\* · 이도경\* · 정태석\* · 양보석\*\*  
**H.I. Seok, W.W.Hwang, J.H.Kim, D.K.Lee, T.S.Jeong, B.S.Yang**

### 1. 서 론

선박에 탑재되는 디젤 발전기는 주기관과 프로펠러에서 기인되는 외부 기진력 뿐만 아니라 디젤 발전기 자체의 기진력에 의하여 과도한 진동이 발생하는 경우가 있다.

일반적으로 선박용 디젤 발전기는 외부 기진력과 내부 기진력의 전달을 감소시키기 위하여 디젤 발전기의 common bed 와 선체 받침대 사이에 탄성마운트(resilient mount)를 설치하며, 디젤 발전기는 20Hz 이하의 저주파 영역에서 강체 모드 공진이 발생할 수 있다. 강체 모드 고유 진동수는 디젤 발전기 시스템 전체의 무게중심, 질량, 질량 관성모멘트 및 탄성 마운트의 강성 값 등을 알면 유한요소해석이나 식(1)을 이용하여 계산할 수가 있다<sup>(1)</sup>. 강체모드 공진 문제는 탄성마운트 타입이나 개수 교체를 통하여 마운트의 등가 강성을 변경함으로써 해결할 수 있다.

$$\mathbf{M}\ddot{\mathbf{q}}(t) + \mathbf{K}\mathbf{q}(t) = \mathbf{O} \quad (1)$$

$$\mathbf{M} = \begin{bmatrix} \mathbf{M}_w \\ \mathbf{M}_\theta \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{K} = \sum_{i=1}^n \mathbf{K}_i = \sum_{i=1}^n \begin{bmatrix} \mathbf{K}_{gi} & \mathbf{K}_{gi}\mathbf{B}_i^T \\ (\mathbf{K}_{gi}\mathbf{B}_i^T)^T & \mathbf{B}_i \mathbf{K}_{gi} \mathbf{B}_i^T \end{bmatrix}$$

디젤 발전기의 내부 기진력에 의한 진동문제는

† 석호일; 정회원, STX 조선해양  
 E-mail : shi626@onestx.com  
 Tel : 055-548-1676 , Fax : 055-548-3198

\* STX 조선해양

\*\* 부경대학교

30Hz 이상에서 common bed 의 탄성 모드 공진에 의해 디젤 발전기에 심각한 손상을 줄 수 있다. 본 논문에서는 디젤 발전기 내부 기진력에 의한 디젤 발전기의 탄성 모드 진동에 대하여 실험과 해석을 통한 진동 원인 규명을 하였으며, 또한 진동해석을 통하여 방진대책의 유용성을 검증하였다.

### 2. 본 론

산적 화물선에 탑재된 5L23/30H 타입의 디젤 발전기에서 on-board 시험 중 기준치에 근접한 진동이 발생하였다. 디젤 발전기의 정격 속도는 720rpm, 탄성마운트는 6개, 무게는 18.58톤이며, 본 선박의 최대 운항 속도는 89.0rpm이고 프로펠러 날개수는 4개 이다.

#### 2.1 원인분석

디젤 발전기는 엔진부, 발전기부 그리고 common bed로 구성되며, 엔진부의 진동은 ISO 10816-6(44.6mm/s,rms), 발전기부의 진동은 ISO 8528-9(20mm/s,rms) 로 평가하며, 진동 계측위치는 Fig. 1과 같다. 디젤 발전기 on-board 시험 중 발전기부의 no.5위치에서 기준치에 근접한 진동이 계측되었으며, 주파수 분석 결과 36Hz에서 최대 peak값(13.0mm/s, rms)이 계측되었고, 계측결과 그래프는 Fig. 2와 같다.

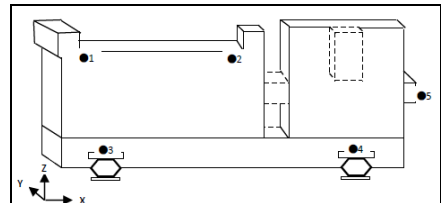


Fig. 1 Vibration measurement points

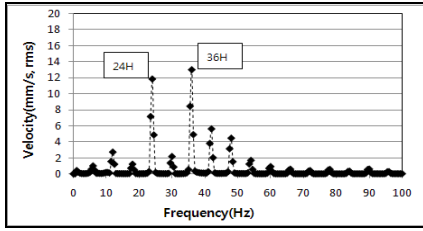


Fig. 2 Autospectrum at no.5 point

36Hz 성분에 대한 진동 원인 규명을 위해 ODS (Operating Deflection Shape) 분석을 수행하였으며 36Hz에서 디젤 발전기는 커플링을 중심으로 굽힘 모드가 발생하였다. ODS 결과는 Fig. 3과 같다.

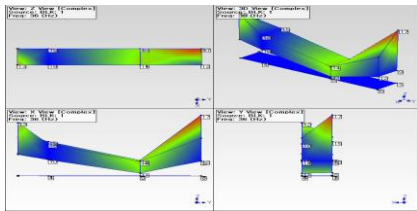


Fig. 3 Vibration mode shape at 36Hz

디젤 발전기의 정확한 굽힘모드 고유 진동수를 찾기 위하여 모달 시험을 수행하였으며, 36.1Hz에서 굽힘모드 고유 진동수가 존재하였다.

### 2.1 방진대책 및 검증

디젤 발전기의 방진대책 및 유용성 검증을 위하여 유한요소해석을 수행하였다. 엔진부, 발전기부 그리고 common bed에 대한 제원은 Table 1과 같으며, 진동해석결과는 Fig. 5와 같다.

Table 1 Particulars of diesel generator

Part	Mass (kg)	Inertia moment of mass (kg·mm <sup>2</sup> )		
		Ixx	Iyy	Izz
Engine	12984	4367.1	12419.0	9936.1
Generator	3820	584.3	851.0	851.0
Comm. bed	1776	164.7	570.1	645.2

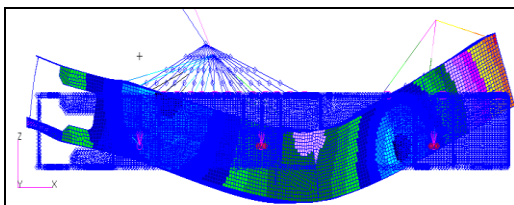


Fig.5 Result of vibration analysis (36.1Hz)

방진대책은 common bed 강성을 증가시키기 위해 제조사에서 발전기 커플링 하부의 common bed 보강 및 발전기부 끝단의 common bed 연장을 제시하였다. 방진대책 적용 후, 굽힘모드 고유 진동수는 36.7Hz로 약 0.6Hz 증가하였다. 방진대책 유용성을 검증하기 위하여 주파수응답해석을 실시하였으며, 그 결과는 Fig. 6과 같다. 새로운 모델이 36Hz에서 약 36% 진동응답이 감소하여 발전기의 no.5위치에서 진동응답은 10mm/s 이하가 될 것으로 예상된다.

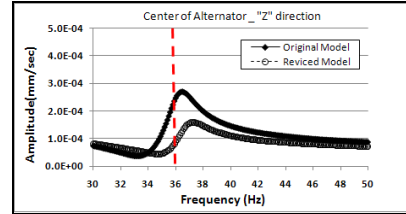


Fig. 6 Result of F.R.F analysis

### 3. 결 론

산적 화물선에 탑재된 디젤 발전기가 on-board 시험 중 발전기 베어링부에서 기준치에 근접한 수준의 진동이 발생되었다. 진동 원인 분석 및 방진대책의 유용성 검증을 위해 ODS, 모달 시험 및 유한요소해석을 수행하였다. 과도 진동의 주요 원인은 디젤 발전기의 내부 기진력과의 굽힘모드 공진이며, 굽힘모드 고유 진동수는 36.1Hz이다. 제조사에서 제시한 방진대책 적용한 디젤 발전기에 대해 진동 해석한 결과, 굽힘모드 고유 진동수는 0.6Hz 증가하였으며, 진동응답은 36Hz에서 36% 감소 될 것으로 예상된다. 이후 수정된 common bed를 적용한 디젤 발전기가 탑재 된 후, 진동계측을 통하여 본 논문의 결과를 검증할 예정이다.

### 참고문헌

- 1) Taeseok Jeong and Rajendra Singh, 2000, "Analytical Methods of Decoupling the Automotive Engine Torque Roll Axis", Journal of Sound and Vibration, pp.85-114.
- 2) 최수현 등, 2002, "선내 탑재 장비용 마운팅 시스템의 진동특성 평가에 관한 연구" 대한조선학회 논문집 pp.73~81.
- 3) 정석현 등, 2012, "발전기세트 공진 회피를 위한 베이스프레임 최적설계에 관한 연구" 춘계학술대회논문집, pp.157~162.