

발전기 배기 파이프에 의한 선박 진동 사례

A Study on Structural Vibration caused by Diesel Generator Exhaust Pipes

도천수† · 김병욱* · 박철민* · 공영모* · 김노성*

Cheon-Soo Do, Byoung-Ook Kim, Chuel-Min Park, Young-Mo Kong and Nho-Seong Kim

1. 서론

선박에 적용되는 디젤 발전기에 의한 선박구조진동은 발전기 하부구조 진동, 발전기 기진원에 의한 발전기 주변 Deck 및 각종 의장품 진동 등으로 나눌 수 있다. 발전기 하부구조 및 발전기 주변 Deck의 진동검토는 설계단계에서 고유진동해석을 통한 공진 회피 설계를 수행하나, 발전기 배기 파이프 및 각종 의장품 진동은 발생빈도가 높지 않으며, 모델 작성에 많은 시간과 비용이 소요되어 일반적으로 진동해석을 통한 사전 검토가 이루어 지지 않는다.

본 논문에서는 최근 발생하였던 발전기 배기 파이프에 의한 263K LLNG 선의 발전기 상부 Deck Plate 과도진동 사례 및 14,000 TEU 컨테이너선의 종격벽 과도진동에 대한 현상 규명과 진동 해석 및 보강사례에 대해 소개한다.

2. 본론

2.1 263K LLNG 발전기 상부 Deck 진동

(1) 과도진동 현상

263K LLNG 선의 해상 시운전시 Fig. 1에 나타난 2번 발전기 상부 Deck Plate에서 최대 60.0 mm/sec, peak의 과도진동이 발생하였다. 과도진동의 주요원인은 디젤 발전기(9L 32/40)엔진의 3차 조화 성분인 36.0 Hz와 860 mm x 3,400 mm의 크기를 가지는 Deck Plate와의 공진에 의한 것으로 판단한다.

한편, 상기 선박은 발전기 Room은 기밀구조 적용에 따라 Fig. 2와 같이 배기 파이프와 Deck를 결합하는 Center Flange 구조를 적용하였다. 발전기 운영시 이 Center Flange 구조에서 36.0 Hz 성분에 의한 높이 진동이 발생하였으며, 이 진동에 의한 에

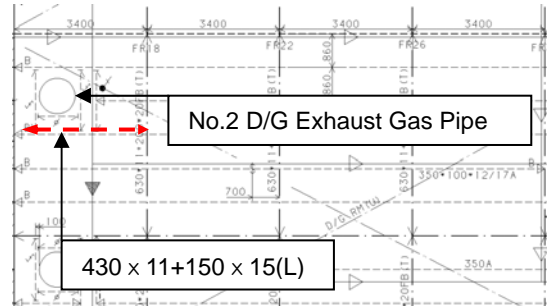


Fig. 1 Steel Structure of D/G Room Top in 263K LLNG Vessel



Fig. 2 Center Flange Structure

너지가 주변 Deck Plate로 전달되어 과도 진동이 발생하는 양상을 보였다.

일반적으로 Deck Plate의 과도진동이 발생하면 Plate를 보강하는 것이 원칙이나, 본 연구에서는 발전기 배기 파이프로부터 전달되는 에너지흐름을 차단함으로써 주변 Deck의 진동 값을 줄이고자 하였다.

(2) 고유진동해석 및 구조 보강 결과

진동해석은 배기 파이프-선체구조의 연성효과를 고려하기 위해 Fig. 3에 나타난 것과 같이 배기 파이프를 해석모델에 포함 하였다. Plate 및 Deck Web, 배기 파이프는 Shell 요소, 보강재는 Beam 요소, 파이프 Insulation 및 각종 부가물은 집중질량으로 치환하였으며, 경계조건은 주변구조를 파악하여 설정

† 교신저자; 대우조선해양㈜

E-mail : csdo@dsme.co.kr

Tel : (055) 680-5559, Fax : (055) 680-2142

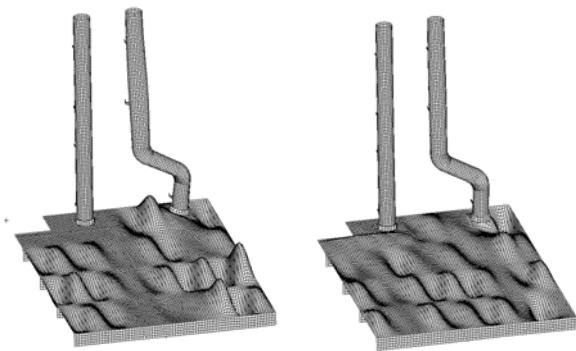
* 대우조선해양㈜

하였다.

고유진동해석결과는 Fig. 3 (a)에 나타내었으며, 계측 결과와 유사한 35.7 Hz 에서 파이프 수평방향, Center Flange 수직방향 및 Plate 수직방향 진동 모드를 확인 할 수 있었다.

한편, Fig. 1 의 파이프 결합부 하단의 기존 150A 설치위치에 보강재(430 x 11+150 x 15(L))를 추가 보강하였으며, 보강한 해석결과는 Fig. 3 (b)에 나타내었다. 해석결과 약 1.5 Hz 의 고유진동수가 증가함을 확인 할 수 있었다.

상기 해석을 바탕으로 구조 보강을 실시하였으며, 구조 보강 후 발전기 운행시 진동문제가 발생한 발전기 상부 Deck 에서 계측한 결과 Plate 에서 최대 15.0 mm/sec, peak 로 진동 허용치를 만족하는 결과를 얻을 수 있었다.



(a) Original Mode: 35.7Hz (b) Modified Mode: 37.2Hz

Fig. 3 Coupled Modes of D/G Exhaust Gas Pipes and Structure on D/G Room Top

2.2 14,000 TEU 컨테이너선 중 격벽 진동

(1) 과도진동 현상

14,000 TEU 컨테이너선의 디젤 발전기(8L 32/40) 운행 시 Fig. 4 에 나타낸 파이프 개구부 하부 Plate 및 보강재에서 허용치 30.0 mm/sec, peak 를 초과하는 과도진동이 발생하였다. 진동계측결과 발전기 엔진의 조화성분인 24.0 Hz 에 의해 과도진동이 발생하였으며 배기 파이프, 파이프 지지구조 및 선체 구조가 동시에 진동하는 양상을 보였다.

(2) 고유진동해석 및 구조 보강 결과

진동해석은 2.1 절에 나타난 방법과 동일한 방법으로 수행하였으며, 결과는 Fig. 5 (a)에 나타내었다. 해석결과 진동계측결과와 유사한 배기 파이프 및 보강재 연성 모드를 24.1 Hz 에서 확인할 수 있었다.

한편, 모드 제어를 위해 Fig. 4 에 나타낸 위치에

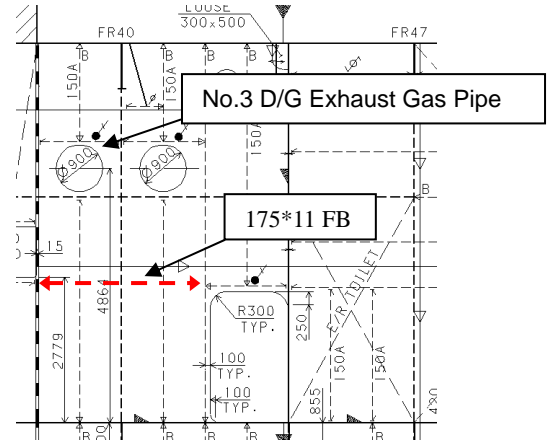
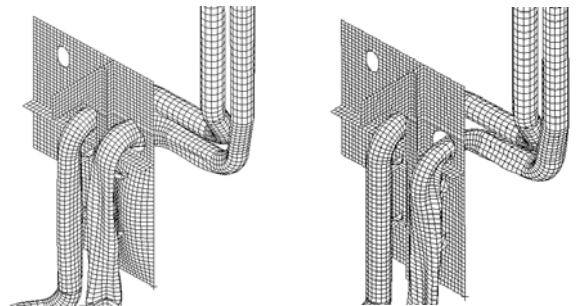


Fig. 4 Structure Drawing of D/G Exhaust Gas Pipe Supporting Longi. Bulkhead



(a) Original Mode: 24.1Hz (b) Modified Mode: 26.3Hz

Fig. 5 Coupled Modes of D/G Exhaust Gas Pipes and Pipe Supporting Structure

175 x 11FB 보강재를 추가하여 진동해석을 수행하였다. 해석결과는 Fig. 5 (b)에 나타내었으며 약 2.2 Hz 의 고유진동수가 증가를 확인 할 수 있었다.

상기 보강안을 통해 구조 보강을 실시하였으며, 보강 후 계측결과는 중격벽 Plate 에서 약 3.0 mm/sec, peak 로 진동허용치를 만족하였다.

3. 결론

본 논문에서는 디젤 발전기 배기 파이프 및 이와 결합된 선체구조의 과도진동 및 보강사례에 대해 소개하였다. 또한, 고유진동해석을 통해 상호 연성모드를 확인하였으며, 구조 보강을 통해 고유진동수 증가를 확인할 수 있었다. 특히, 구조 보강 방법에 있어서 일반적인 진동 발생 부위가 아닌 진동에너지를 발생시키는 발전기 배기관 주변 보강을 통해 에너지 전달을 감소하게 함으로써 주변 Deck 진동을 감소시킨 사례이다. 이를 통하여 보강범위를 축소함으로써 시운전 후 추가작업을 감소시켰다.