

해석적 방법을 이용한 고압 증기 시스템의 음원 예측 및 이의 전달 특성에 관한 연구

The study of the sound source estimate of high pressure steam system and transmission characteristic using analytical method

임구섭† · 이철원* · 이도경** · 정태석*** · 허주호****

G.S Lim† · C.W Lee* · D.K Lee** · T.S Jeong*** · J.H Heo***

1. 서론

선박 초기 설계 후, 국부적인 설계 시 진동소음에 대한 문제를 미리 예측하지 못하고 이로 인하여 국부 진동이나 소음문제가 발생하고 있으며 그 종류가 다양하여 초기 설계 시 이에 대한 대응 대책을 반영하기가 어렵다.

이런 국부소음 문제 중 하나인, 당사 LNGC 에서 발생한 고압증기 시스템에 의한 ECR(Engine Control Room)의 소음 발생에 대하여 본 논문에서는 고압증기 시스템의 음원을 예측하고 음원의 전달 경로를 고찰하고자 한다.

일반적으로 선박의 소음해석 시 통계적 에너지법(SEA : Statistical Energy Analysis)를 사용하고 있으나 통계적 에너지법은 공간과 시간에 평균된 하나의 값만을 제시할 수 있고 국부적인 지지대나 구조물 진동에 의한 소음해석을 수행하지 못하므로 국부적인 진동이나 소음에 의한 소음문제나 그에 따른 소음 전달 경로를 나타내는 것에 있어서는 어려움이 있다. 본 논문에서는 이런 단점을 보완하여 국부지지대(ex:선체와 연결되어 있는 파이프 지지대)의 진동에 의한 소음을 표현할 수 있는 Hybrid SEA 를 이용한 소음해석프로그램을 이용하였고 LNGC 국부소음에 대한 음원 추정과 전달경로에 대해 고찰하였다.

2. 본론

2.1 배치도

당사 LNGC 의 ECR(Engine Control Room)의 일반배치와 고압 증기 시스템의 위치는 Fig.1 과 Fig.2 와 같다.

당사 LNGC 의 ECR 내부 소음은 Fig.1, 2 에서와 같이 고압 증기 시스템을 지지하고 있는 Support 가 ECR 하부 지지

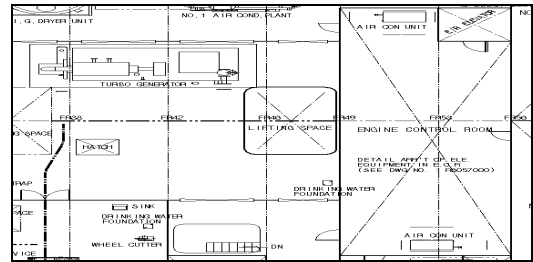


Fig.1 The general arrangement of ECR

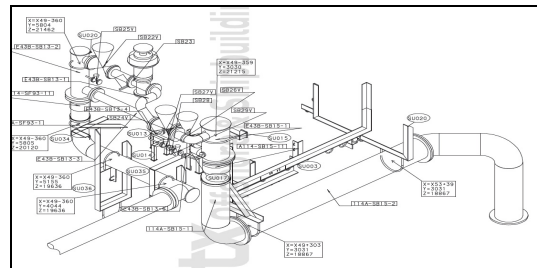


Fig.2 The arrangement of steam line

부재와 탄성연결이 되어 있고 고압 증기의 역류와 흐름을 제어하는 밸브들이 ECR 선미 Wall 과 가까이 있어 탄성지지에 의한 고체음(Structure Borne Noise)과 근접한 밸브에 의한 공기음(Air Borne Noise)에 의해 발생하였다. 증기터빈의 25% Load 에서 공기음의 측정결과는 Fig.3 와 같다.

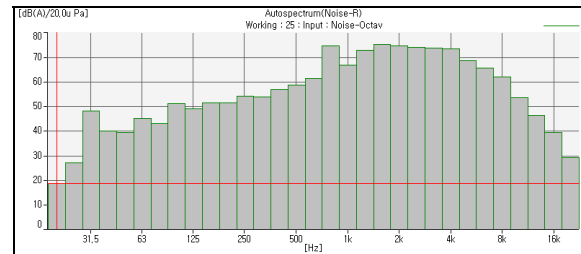


Fig.3 The noise measurement result in ECR

2.2 음원 및 Hybrid SEA Modeling

당사 LNGC ECR 소음은 ECR 하부 주 부재에 고압증기 파이프가 단순 Steel 지지대로 연결되어 고압 증기압의 변화에 의한 진동이 ECR 바닥 판을 통해 전달되는 고체음과, ECR 전면 부에 설치되어 있는 밸브소음에 의한 공기음으로,

† 임구섭; STX 조선해양 진동소음연구팀
E-mail : lgs2000@onestx.com
Tel : (055)548-3147,
* STX 조선해양 진동소음연구팀
** STX 조선해양 진동소음연구팀
*** STX 조선해양 구조연구실
**** STX 조선해양 조선해양연구소

선박의 일반 소음에 사용되는 통계적 에너지 법에 의한 소음 해석을 적용할 수 없다. 이런 해석을 위하여 FEM과 SEA를 혼합한 Hybrid SEA를 이용하여 소음해석을 수행하였다. Hybrid SEA를 이용한 모델링을 Fig.4와 같이 수행하였다.

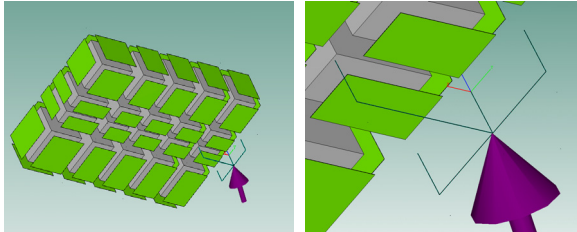


Fig.4 The hybrid SEA modeling using VA_ONE

ECR 상하부 및 좌우의 Steel과 증기 파이프를 지지하고 있는 지지대를 FEM으로 모델링하였고 인접하고 있는 공간에 대해서는 일반 통계적 에너지법을 고려한 모델링을 수행하였다.

실선에 측정된 고체음원의 크기와 이론식을 이용한 밸브의 음원값을 이용하여 모델에 적용하여 Fig.5 같은 실제 측정값과 같은 결과를 얻었다.

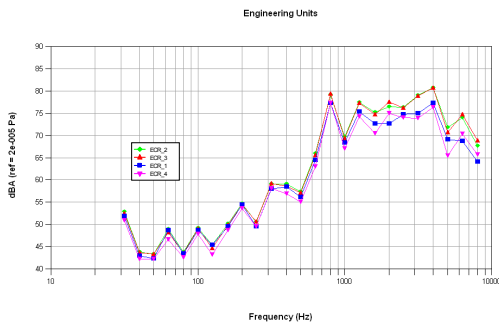


Fig.5 The analysis result using measurement value in the ECR

2.3 음원의 기여도 분석 및 방음대책

실제 측정값과 같은 값의 해석 결과를 이용하여 이론식에 의해 산출되어진 밸브 음원과 측정 결과에 의한 진동레벨의 두 음원의 기여도를 분석하였다. 밸브의 공기음을 제외한 ECR의 소음 해석 결과와 측정된 진동레벨을 제외한 소음 해석의 결과는 Fig.6, 7과 같다.

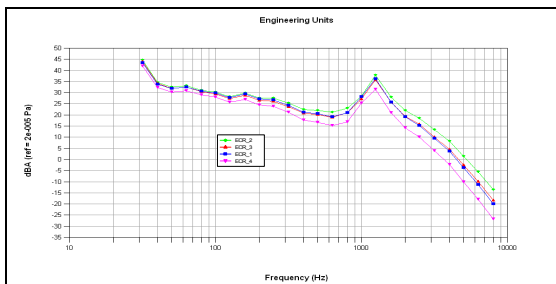


Fig.6 The analysis result except the source of structure borne noise

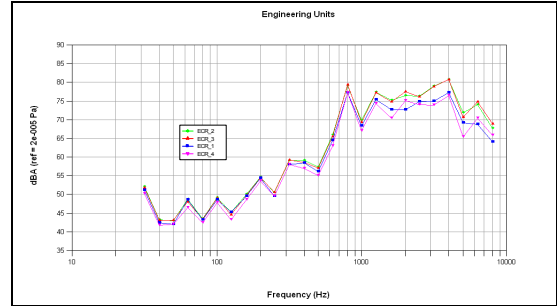


Fig.7 The analysis result except the source of air borne noise

해석결과 공기 음은 약 1k Hz 근방에서 ECR 정면 Wall의 공진에 의한 소음 값의 변화가 나타나고 있음을 볼 수 있고 저 주파수에서 기여도가 높은 것을 알 수 있다. 또한 고체 음에 의한 결과를 보면 ECR 하부에 연결되어 있는 지지대와 Deck의 공진 점에 의한 소음 값의 변화를 볼 수 있다.

각각의 음원에 대해 해석 결과 Fig.6, 7에서 볼 수 있듯이 고체 음이 공기음보다 기여도가 높은 것을 볼 수 있다. 이를 통하여 고체음과 공기음에 대한 방음대책을 Table.1과 같이 수립하여 시공하였고 계측과 초기 ECR 내부 93dB(A)에서 73dB(A) 약 20dB(A)의 소음을 감소시켰다.

Table.1 The countermeasure methods about the ECR noise

Items		Countermeasure
ABN	Vale	(1)Insulation 시공
	Noise	(2)High noise reduction window 시공
SBN	Steam	(1)Deck 연결된 Steam Pipe 주위 Hole 시공
	Pipe	(2)Deck 하부 연결된 지지대 제거

3. 결 론

본 논문에서는 당사 LNGC의 ECR 소음 문제를 통하여 국부 소음문제에 대한 해석과 해결과정을 고찰하여 보았다. 본 논문에서 사용되어진 Hybrid SEA 방법을 이용하여 Deck 하부에 설치되어진 고압 증기시스템의 지지대에 의한 고체음 전달을 해석하였고 이론식을 이용한 밸브에 의한 공기음을 계산하여 Hybrid SEA 및 FEM/BEM 해석 상용 프로그램인 VA_One (by ESD)을 통해 소음 해석을 한 결과, ECR 내부의 소음은 공기음 보다는 고체음에 의한 소음이 더 큰 기여도를 가지는 것을 알 수 있었다. 본 해석을 통하여 Table.1과 같이 방음처리를 시공하였고 약 20dB(A)의 소음 감소의 결과를 얻을 수 있었다.

후 기

본 논문에서 사용되어진 프로그램은 한국 ESI에 의해 제공되어진 상용 프로그램인 VA_ONE에 의해 수행되었다.