

FPSO Topside 의 소음특성 파악 및 저감대책 A Noise Characteristics and Countermeasures of FPSO Topside

김동해† · 김성훈* · 정건화**

Dong-hae Kim, Sung-Hoon Kim and Kun-Hwa Chung

Key Words : Noise characteristics(소음특성), FPSO Topside, Noise countermeasures(소음저감대책)

ABSTRACT

Recently, the demand for the Floating, Production, Storage, and Offloading facility (FPSO) which has some economic and technical advantages, has increased in offshore oil production areas. FPSO vessel dose not have self-propulsion system, but has additional facilities for oil production and positioning system. Main noise sources such as gas turbines, compressors, and pumps, are located on top of the hull (Topside area). In general, the noise regulation for the offshore structure is severer than that of the cargo ship and acceptable noise limit of cabin is specified as 45 dB(A).

This paper describes the noise characteristics and the countermeasures for FPSO Topside area through investigation of noise analysis and site measurement results. Proper countermeasures, considering the characteristics of sources and receiver spaces, were applied from the noise prediction and various measurement results. Finally, this ship was successfully delivered with excellent noise properties.

1. 서 론

최근 석유가의 급등으로 인하여 심해 유전 개발에 대한 관심이 더욱 높아지고 있다. 심해 유전 개발에 사용되는 구조물에는 반잠수형 구조물, TLP, FPSO 등이 고안되어 사용되고 있으며, 이 중 FPSO 는 이동성과 거친 해상상태에서도 작업을 할 수 있는 구조 등 여러 가지 경제적인 이점으로 인하여 널리 사용되고 있다. Figure 1 의 개략도에서 보는 바와 같이 일반 상선과 달리 엔진과 프로펠러와 같은 추진 장치가 없는 대신 해상에서 직접 원유를 생산하여 정제하고 저장한 후에 유조선에 하역을 할 수 있는 각종 설비와 제어장치가 설치되며 많은 작업자가 필요하므로 거주구가 크다. 해양구조물은 일반 상선에 비하여 상당히 낮은 소음 수준을 요구하고 있어 설계와 건조시에 소음 저감을 위한 상당한 노력이 요구된다.

대상 FPSO 선은 서 아프리카의 해저 유전에 설치되어 가동 중에 있으며, 일반적인 대형 유조선

과 유사한 크기로 Topside 에 원유 생산과 정제에 필요한 가스터빈, 펌프, 가스 소각 설비 등 소음수준이 높은 장비들이 설치 되어 있다.

본 연구에서는 최근에 당사에서 건조한 FPSO Topside 에 대하여 소음 예측 및 설치 현장에서의 계측을 통하여 소음 특성을 파악하고 일부 초과구역에 대한 소음 저감 대책을 제시하였다.

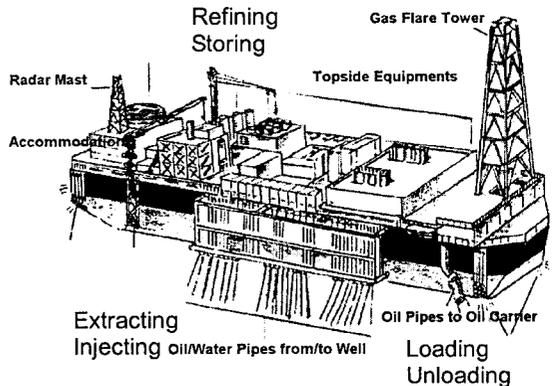


Figure 1 Outline drawing of FPSO

† 현대중공업(주) 선박해양연구소 진동소음연구실
E-mail : dhk@hhi.co.kr
Tel : (052) 230-5558, Fax : (052) 230-5495

* 현대중공업(주) 선박해양연구소 진동소음연구실

** 현대중공업(주) 선박해양연구소 기계설계연구실

2. 소음 예측

2.1 FPSO 선의 소음 특성

Figure 2에서 보는 바와 같이, 대상 FPSO 선은 소음원, 소음 전달, 수음실의 특성에 따라 거주구역/제어실, 기관실 및 14 개의 모듈로 이루어진 Topside 구역으로 나눌 수 있다.

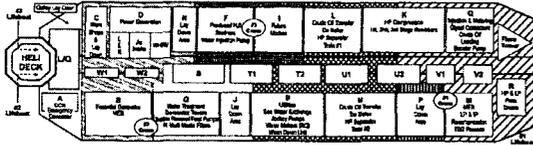


Figure 2 Equipments and modules of FPSO

Topside 의 주요 소음원은 가스 터빈, 펌프 및 가스 소각 설비 등의 공기음과 고체음이다. 공기음의 경우, Topside 의 옥외구역은 직접, 회절 및 반사로 소음이 전달되고 있으며 거주구역과 제어실은 공기음이 투과하여 전달되고, 기관실 구역은 거의 전달되지 않는다. 고체음의 경우, Topside 의 옥외구역은 구조물과 장비, 파이프 등에 전달되어 방사되지만 공기음에 의한 영향이 더 크게 나타나고 있으며 거주구역, 제어실 및 기관실은 장비의 지지구조가 상갑판 위에 트러스 구조로 이루어져 고체음의 전달손실이 크게 되어 영향이 거의 없다. 여기에서는 Topside 구역의 소음 수준과 주변 구조물(거주구역과 제어실)에 미치는 영향에 대해서만 고려하였다.

2.2 소음 예측 결과

Topside 의 소음 수준은 ISO9613[1]에서 제시하고 있는 다음 식을 이용하여 예측할 수 있다.

$$L_p = L_w + D - A_{div} - A_{atm} - A_{ground} - A_{screen}$$

L_p : 수음자 위치에서의 소음 수준 (dB)

L_w : 소음원의 음향 출력 (dB)

D : 소음원의 지향 계수 (directivity index)

A_{div} : 소음원/수음자 사이의 거리에 의한 저감

A_{atm} : 공기의 흡음에 의한 저감

A_{ground} : 바닥의 흡음에 의한 저감

A_{screen} : 차단(screen) 효과에 의한 저감

그러나 소음원과 수음점의 수가 많고 각 구조물에 대한 차단효과 등 고려해야 할 사항이 많아 수계산이 어려우므로 환경 소음 예측 프로그램인

ENPRO[2]를 이용하여 예측을 수행하였다. 소음원은 직육면체로 모델링 하였으며 소음원의 높이는 위치에 따라 지향계수를 고려하여 음향출력을 부가하였다. 선체 상갑판은 수평면으로 가정하였고 거주구역과 제어실을 반사, 투과 및 회절을 고려할 수 있는 직육면체 구조물로 모델링 하였다. Figure 2에 상갑판 위 1.5m 위치에서의 소음수준 분포를 보여주고 있다.

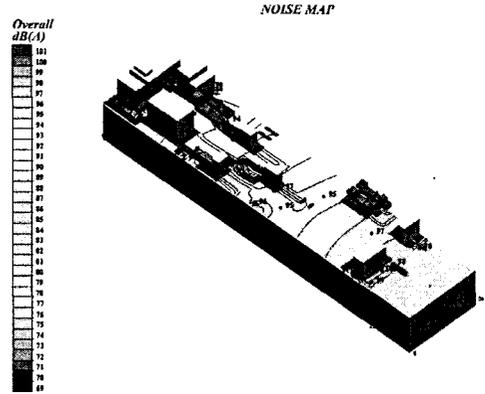


Figure 2 The predicted noise level at the height of upper deck +1.5 m

거주구 및 제어실의 소음수준은 통계적 에너지 해석법 (Statistical Energy Analysis, SEA) [3]을 이용하여 기관실 소음원의 공기음과 고체음의 영향을 계산하고, Figure 4와 같이 거주구 앞단에서의 소음 수준 분포 및 공통격벽의 투과 손실을 고려하여 Topside 소음원에 의한 거주구 소음의 영향을 구하고 HVAC 소음의 영향을 합하여 예측할 수 있다.

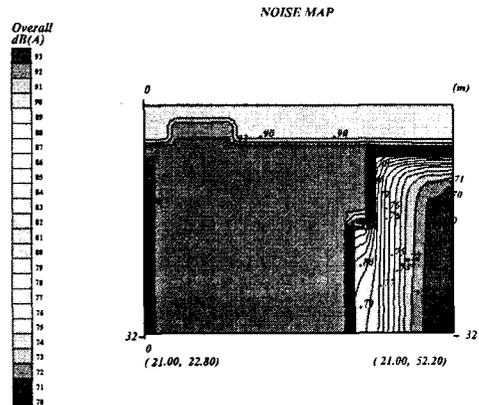


Figure 3 The predicted noise level at the front accommodation wall

Topside 의 각 모듈별 기능에 따라 다양한 장비들이 설치되어 있으며 소음예측에 사용된 주요 장비는 다음과 같다.

Table 1 Main equipments for each module

Module	Main Equipments
B	Remote Radiator (Fan)
D	Power Generator set
E	Air Compressor Inert Gas Generator
F	Water Injection Pump
G	Sulfate Removal Feed Pump
K	HP Compressor set
L	Desalter Water Pump
M	IP/LP Compressor set
N	Crude Oil Transfer Pump Test separator (Valve and pipe)
Q	Crude Oil Metering set
Flare Tower	Flare set

소음해석에 사용된 소음원은 계측된 값이 있는 경우에는 계측된 값을 사용하였으며, 없는 경우에는 참고 문헌 [4] 으로부터 소음수준을 추정하여 사용하였다.

3. 소음 계측

서 아프리카의 심해유전에 설치 완료되어 정상 상태로 가동할 때 각 장비 주위의 소음수준과 통로 및 거주구와 제어실에서 계측을 수행하였다. 계측결과 중에서 Module N 에 대한 소음 수준을 Figure 4 에 보인다. 그림에서 보는 바와 같이 일부 구역에서 배관 소음의 영향으로 허용치를 초과하고 있음을 알 수 있다.

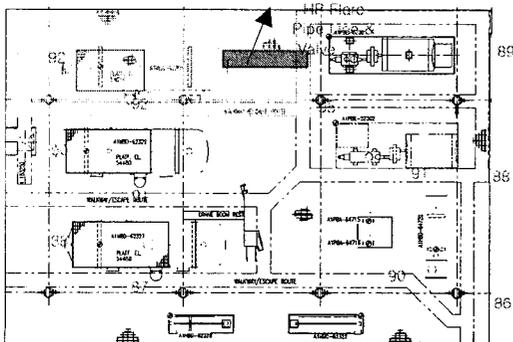


Figure 4 Measured noise level for Module N

Table 2 에 장비의 공기음에 대하여 예측시 사용한 값과 계측결과를 보이고 있으며 비교적 잘 일치하고 있다. 그러나 일부 장비 주위에서 가스 소각 소음과 배관소음의 영향으로 허용치를 초과하고 있다.

Table 2 SPL of main noise sources - dB(A)

Equipment	Used for prediction	Measured at site
Power generator	90	90
HP compressor	90-92	90-93
LP compressor	87-90	90-93
Pumps	85-90	85-92
Air compressor	90	92

4. 소음 저감 대책

소음 초과 구역에 대한 저감대책을 정확히 적용하기 위해서는 sound intensity 방법이나 장비의 차별 작동법 등을 통하여 주요 소음원의 전파 경로 및 소음원별 기여도를 분석하여야 한다. 그러나 현장 사정과 일정상 계측이 어려워 주요 장비에 대한 근접 계측을 실시하여 근사적으로 전파 경로 및 기여도를 파악하였다. 펌프와 배관소음에 의한 영향이 제일 크게 나타나고 있으며 가스 소각장치 주변에서는 가스 연소 소음의 영향도 나타나고 있음을 알 수 있었다.

Figure 5 에 flare tower 하부 상갑판과 높은 소음을 내고 있는 배관에 근접하여 계측한 결과를 보인다. 가스 소각 소음은 저주파수 대역(125 Hz), 배관소음은 고주파수 대역(1k-2kHz)에서 크게 나타나고 있음을 알 수 있다.

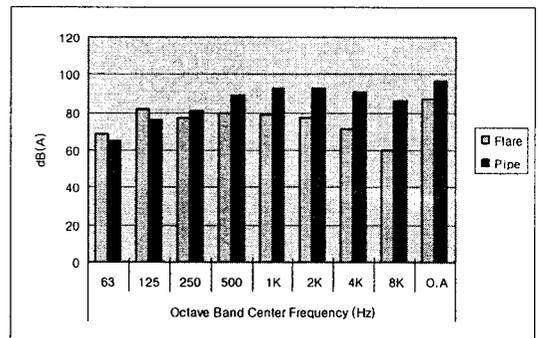


Figure 5 Noise spectrums of flare and pipe

펌프 등의 장비 소음을 줄이기 위해서는 장비 전체를 enclosure 로 차폐하는 방법이 제일 효과가 좋으나 흡기와 배기문제 등으로 설치의 어려움이 많으며 차선택적으로 흡음재가 부착된 방음벽을 이용하는 방법이 있다. 통로의 소음의 경우 허용치를 초과하는 경우에는 주요 소음원과 전파 경로를 파악하여 효과적으로 방음벽을 설치하여야 한다. 배관 소음을 줄이기 위해서는 소음이 크게 나타나고 있는 배관에 Figure 6 과 유사한 형태로 소음 저감 목표량에 따라 적절한 구조를 설계하여 설치하여야 한다.

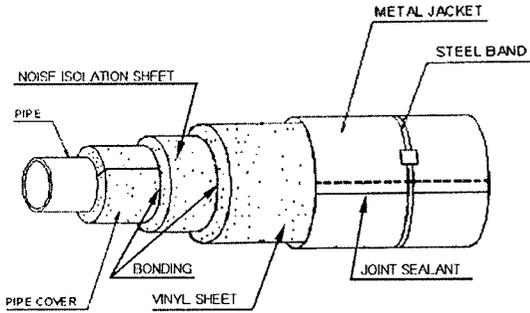


Figure 6 Pipe noise reduction by wrapping

가스 소각 소음의 경우에는 설계시부터 저소음 소각 설비를 선정하고 설치 위치 및 하중 조건을 설계하여야 하며 설치 이후에는 방음벽을 이용하여 부분적으로 영향을 줄일 수 있다. 대상선의 경우에는 현장 계측시 설계보다 높은 하중 조건에서 작동하고 있었기 때문에 정상상태에서 작동하게 되면 문제가 없는 것으로 판명되었다.

5. 결론

이상으로부터 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다.

- (1) 소음해석 및 계측을 통하여 FPSO Topside 소음 특성을 파악할 수 있었다.
- (2) 허용치를 초과하는 구역에 대한 주요 소음원 및 전파 경로를 분석하여 소음 저감 대책을 제시하였다.
- (3) 유사선에 대한 방음 대책 수립에 도움을 줄 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

- (1) ISO 9613, Acoustics - Attenuation of sound during propagation outdoors, 1993.
- (2) B&K, ENPRO (Environment Noise Prediction and Design Software) User's Manual Version 3.0, 2000.
- (3) Young-Hyun Kim, Jong-Gug Bae, et al., "Development of Computer Program for the Shipboard Noise Analysis Using Statistical Energy Analysis", Proceedings of the Twelfth Asian Technical Exchange and Advisory Meeting on Marine Structures, Knazawa, 6-9, Jul. 1998, pp. 373-380.
- (4) SNAME, "Design guide for shipboard airborne noise control", T&R Bulletin No. 3-37, SNAME, 1983.