

## 특집

해양 플랜트의 소음진동

# 반 잠수식 시추선의 소음진동

김 노 성\*

(대우조선해양 선박해양연구팀)

## 1. 머리말

BRICs로 대변되는 신흥 경제국의 고도성장과 그에 따른 고유가로 촉발된 조선 및 해양 플랜트의 초호황기는 2008년 하반기에 발생한 전세계 금융위기로 인해 침체되었다. 하지만, 각국 정부의 경기부양책 효과에 힘입어 세계 경제가 회복 중이며, 최근에는 지속적인 유가 상승과 해양 자원 개발에 대한 중요성이 대두됨에 따라 해양 플랜트 시장에서 신규 발주수가 점점 증가하고 있다.

해양 플랜트는 잭릿(jacket)이나 잭업(jack-up)과 같은 고정식과 반잠수식 시추선(semi-submersible drilling rig, 이하 리그선) 및 드릴십(drill ship)이나 TLP(tension leg platform)와 같은 부유식으로 나눌 수 있으며, 부유식은 주로 심해용으로 사용된다.

위와 같은 해양 플랜트는 사용 목적의 특성상, 승선한 작업자는 해상에서 오랫동안 거주하며 작업을 해야 한다. 더욱이, 1988년 북해의 원유 생산 플랫폼 파이프 알파(Piper Alpha)의 폭발 사고로 인해, HSE(health, safety and environment)의 중요성이 크게 부각되었다. 즉, 해양 플랜트의 생산성뿐만 아니라, 설비들의 안전성 확보 관점과 승선 작업자의 쾌적한 주거환경 및 작업환경 유지 관점을 포괄하게 되었다. 최근에는 작업자의 저진동 저소음 주거환경과 작업환경에 대한 중요성이 부각됨에 따라 소음진동 관련 기준이 보

다 엄격해지고 있다.

이와 같은 해양 플랜트 중 리그선은 자체 추진력이 있는 이동식 시추 선박으로서, 최근에는 수심이 약 3 km인 해상에서 시추가 가능하고 허용 갑판적재화물하중(deck load)이 약 7,000 M/T 이상이며 4개의 머드 펌프(mud pump)가 설치된 6세대 리그선이 개발되었다. 6세대 리그선은 기존의 이동식 시추선에 비해 심해에서도 작업이 가능하고, 반 잠수식의 이점으로 인해 안정적인 시추가 가능하기 때문에 해양 자원 개발에 널리 이용되고 있다.

이 글은 위와 같은 6세대 리그선의 소음진동 특성과 방진 방음 대책에 대해 기술한다.

## 2. 리그선의 주요 제원

이 글에서 다루는 리그선은 그림 1과 같이 4개의 수직 상자형 부유 구조물들이 상자형 선체를 지지하는 구조로 되어 있다. 6세대 리그선으로 불리는 GVA-7500 모델의 리그선(그림 2)의 경우 선체 길이가 약 117.9 m이며 전체 폭은 96.7 m이다. 폰툰(pontoon)의 길이 및 폭은 17.28 m이며, 높이는 10.24 m이다. 폰툰의 바닥에서 선체 하부와 주갑판(main deck)까지의 높이는 각 34.0 m, 42.5 m이다. 일반 운전 흘수는 23.0 m이다.

4개의 칼럼(column)과 폰툰은 해수를 이용하여

\* E-mail : nhokim@dsme.co.kr / (055) 680-5544



그림 1 리그선 (운영지역 - 서남아프리카, 브라질 해안)

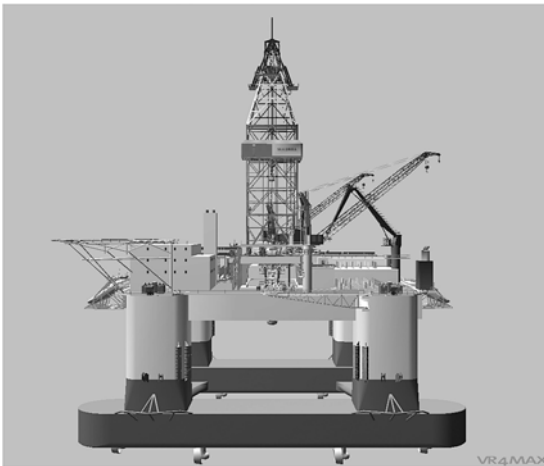


그림 2 GVA7500 리그선의 일반적인 형상

최고 170,000 M/T까지 밸러스트(ballast) 할 수 있다. 또한, 칼럼과 폰툰은 형상적 이점으로 인해 약천후 기후조건이나 심한 파도가 작용할 때 리그선의 자세를 안정적으로 유지시켜 준다.

리그선의 주 갑판에는 시추 설비(drilling derrick)가 설치된다. 주 갑판 위와 선체 내에는 시추 관련 장비들과 주 전원 공급 장비들이 설치되고 칼럼과 폰툰에는 추진 장비 및 밸러스트 장비,

저장고들이 배치된다. 일반적인 선박에 설치되는 장비들에 비해 리그선에는 많은 수의 장비들이 설치되고 개별 장비들의 용량도 크다.

### 3. 소음진동 특성

#### 3.1 소음진동 기준

해양 플랜트는 일반적인 선박에 비해 많은 작업자들이 해상에서 오랫동안 거주하며 작업하게 된다. 이로 인해, 해양 플랜트 내 작업자의 안전성, 거주성, 작업환경에 대한 관심은 나날이 증가하고 있고 최근에는 관련 기준을 엄격히 적용하고 있다.

예를 들면, 영국 기준(U.K.HSE) 또는 노르웨이 기준(NORSOK S-002) 등이 있으며, 특히 NORSOK S-002는 작업자의 작업환경 중 소음진동 관련 기준을 포함하며 비중이 매우 크다.

진동소음측면에서 가장 엄격한 규격인 NORSOK S-002의 특징은 아래와 같다.

- 1) 초기 설계 단계부터 정해진 소음진동 제어 절차를 따르도록 명시하고 있다.
- 2) 기존의 소음진동 기준들 중 가장 엄격한 소음진동 기준치를 정의하고 있다. 소음의 경우에는 전체소음(overall noise) 기준치와 공조소음(HVAC noise) 기준치를 분리하여 규정하고 있으며, 선실의 공조소음 기준치는 35 dB(A)이고 리그선이 시추 작업을 할 때 전체소음 기준치는 45 dB(A)로 규정하고 있다.
- 3) 진동의 경우에는 1~80 Hz 범위에서 주파수 성분 진동치가 category 1(30 Hz 성분 약 0.4 mm/s)을 만족시키도록 기준하고 있다.
- 4) 기존 기준들과 달리, 대화가 중요한 공간에서의 흡음률이 0.2 이하가 되어야 한다고 규정하고 있고, 1인 선실 간 소음 저감량( $Rw'$ )은 45 dB(A)이상이 되도록 규정하고 있다.

#### 3.2 주요 진동소음원

다음은 리그선 내 소음진동을 유발하는 주요 진동소음원을 요약한 것이다.

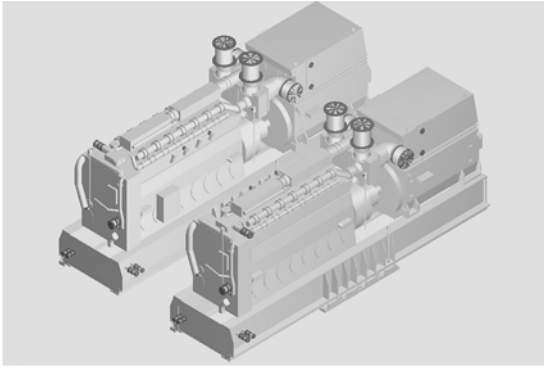


그림 3 발전기

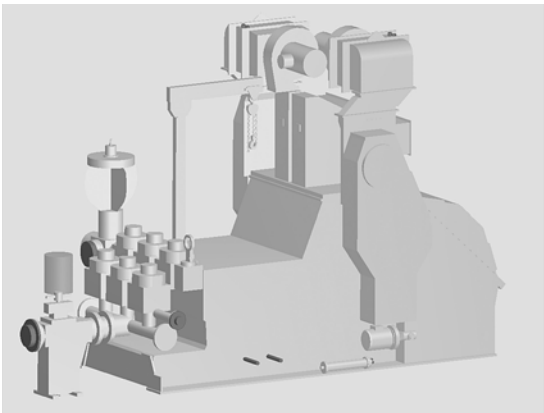


그림 4 머드 펌프

(1) 발전기(diesel engine/generator)

리그선의 주요 전원 장비로 디젤 발전기가 8대 설치되며 2대씩 선수, 좌현과 우현 엔진 룸(engine room)에 각각 설치되며 나머지 4대는 2대씩 선미 좌현, 우현 엔진 룸에 각각 설치된다.

이 중, 선수 우현 엔진 룸의 직 상부에 거주구(accommodation)가 위치하기에 발전기 작동 시 발생하는 소음진동은 엔진 룸 직 상부의 거주구로 직접 전달된다.

(2) 머드 펌프

머드 펌프(mud pump)는 고압의 시추용 머드(drilling mud)를 공급하며 총 4대가 설치된다. 장비가 작동하면 고압을 만들어 주기 위한 실린더

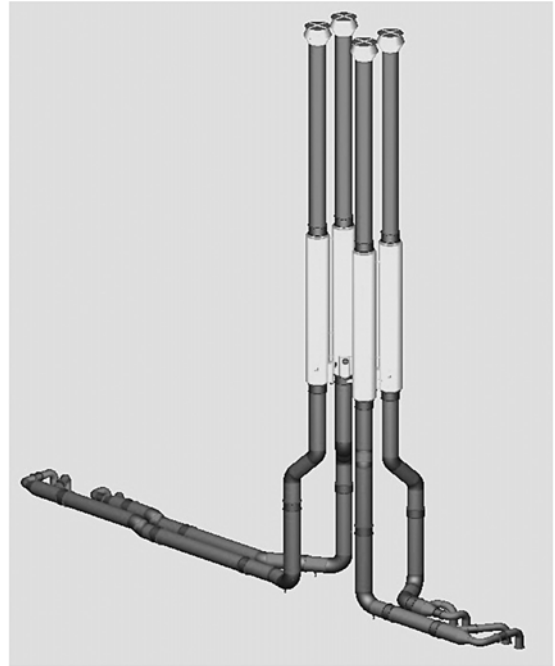


그림 5 발전기 흡배기관

들의 왕복동 운동에 의해 큰 소음과 진동이 유발된다.

(3) 발전기 흡배기관

발전기 흡배기관들은 직관을 유지하지 못하고 곡관의 형태로 좁은 공간에 설치된다. 이로 인해, 발전기의 흡배기 과정에서 발생하는 소음진동은 흡배기관의 지지구조를 통하여 선체로 전달된다.

또한, 좁은 설치 공간 때문에 충분한 크기의 소음기를 설치할 수 있는 공간이 부족하다. 특히, 선수 디젤 발전기 4대의 배기관 토출구가 거주구와 가깝게 배치되어 있다. 이 경우, 배기관 소음 문제가 대두된다.

(4) 권동기(drawwork)

시추 관련 장비로써 시추동(drill string)의 이동 및 지지에 사용되며 주로 주압판에 설치된다. 설치 공간의 제약으로 거주구 근처에 설치되기도 한다. 최근에는 파도에 의한 리그선 선체 운동과

시추동의 상대 운동을 방지하기 위해 시추동의 위치를 유지시켜주는 기능까지 수행하기도 한다.

장비가 작동하면, 대형 모터에 의한 소음과 로프를 감고 푸는 드럼의 운동으로 인해 야기되는 소음진동, 환기 팬들의 작동에 의한 소음이 인근 작업 구역 및 거주구로 전달된다.

#### (5) 추진기

리그선은 8대의 전방위 추진기(azimuth thruster)를 이용하여 자세 제어 및 자체 추력기능을 가진다. 선수부에 위치한 추진기가 작동하면 직 하부 선저에서 발생한 프로펠러 소음진동이 거주구로 전달된다.

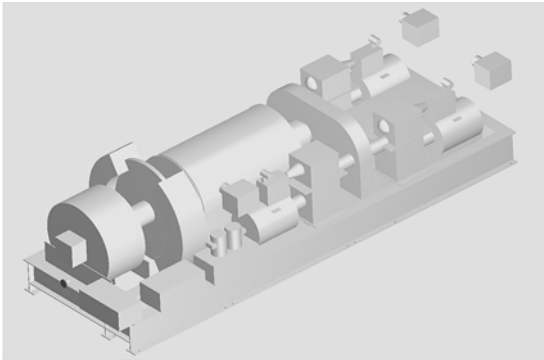


그림 6 권동기

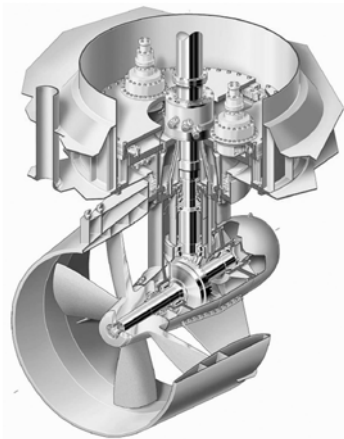


그림 7 추진기

#### (6) 배관 내부 유동

설치 공간이 한정적인 관계로 곡관인 배관들이 조밀하게 설치된다. 곡관 부위에서는 급격한 유동 변화 및 압력 손실에 의해 야기된 소음진동이 지지구조를 통하여 선체로 전달된다. 또한, 관내 유량 조절을 위해 설치하는 밸브 및 리듀서(reducer), 오리피스(orifice) 등이 촘촘히 설치되거나 급격한 유량 변화를 야기하면 관 내 난류 유동을 심화시키거나 배관 내부에 공동현상(cavitation)을 일으켜 소음진동을 야기한다.

#### (7) 공조시스템(HVAC)

수많은 선실과 기계실에는 적정 온도와 습도를 유지하고 공기를 순환시키기 위해 수많은 환(fan)들이 설치된다. 환의 수가 많지만, 설치 공간이 부족하여 격리된 공간에 설치되지 못하고 주갑판 상부 혹은 거주구 근처에 분포되어 있다. 이로 인해, 주갑판의 작업 영역과 거주구 내부에 소음 문제를 유발시킨다.

또, 선실 내부로 연결되는 공조 배관의 경우에도 설치 공간의 한계성 때문에 충분한 수와 크기

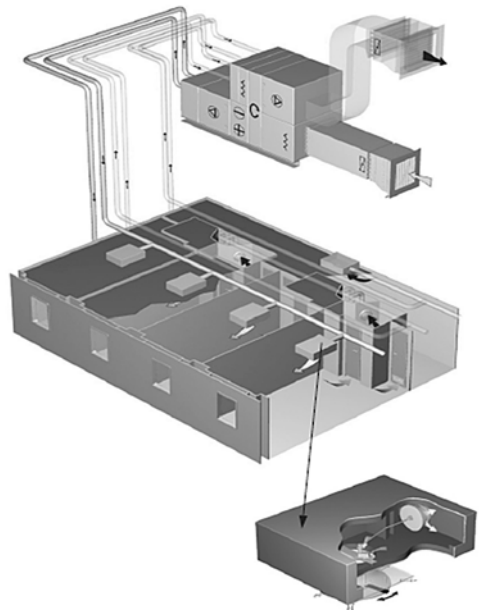


그림 8 공조시스템

의 소음기를 설치하기 어렵기 때문에 선실 내 공조 소음문제가 야기된다.

이상과 같은 진동소음원들은 주로 대용량의 장비들과 관련 시설들이다. 대개의 경우, 좁은 공간에 많은 개수가 설치된다. 또, 일반적인 선박에 비해 지지구조 부재들은 구조적 연속성을 유지하기 어려워서 소음진동 전달을 용이하게 한다.

#### 4. 방음 방진 설계

리그선은 근본적으로 설치 공간의 한계 때문에 초기 설계 단계부터 소음진동을 고려해야 한다. 더욱이, 적용되는 소음진동 기준이 매우 엄격하다면, 설계, 생산이 진행되는 동안 소음진동 관련 사항을 면밀히 다루어야 한다.

다음은 저소음 저진동 리그선을 위한 대표적인 방음방진 대책이다.

##### (1) 진동소음원의 격리

GA(general arrangement)검토를 통해 주요 진동소음원을 가능한 한 거주구와 떨어진 곳에 배치시킨다. 그리고, 위치 변경이 불가능할 경우에는 완충지역(buffer zone) 등을 배치시켜 소음진동의 직접 전달을 피한다.

##### (2) 저소음, 저진동 장비 구매

방음방진대책의 가장 기본은 저소음 저진동 장비를 선정, 구매하여 설치하는 것이다. 구매 사양서 작성시 만족해야 하는 진동소음치를 명확히 하여 성능을 만족하는 장비를 선정하고, 입고 전 테스트를 통해 성능확인을 해야 한다.

##### (3) 소음해석을 통한 흡차음 성능 검토(그림 9 참조)

주요 소음원의 소음성능 데이터를 이용하여 소음해석을 수행한다. 해석결과에 따라 소음성능이 부족한 구역에는 적절한 흡음 및 차음 대책을

세워 적용한다.

##### (4) 덕트, 파이프 배치 및 방진지지

선내에는 HVAC용 덕트, 발전기 폐기가스 파이프 등 여러 용도의 덕트와 파이프가 설치되어 있다. 이들은 지지부는 보강재상에 설치하고, 방진 클램프(clamp) 등의 방진장치를 설치한다.

##### (5) 정확한 공조 유량 설계

열부하(heat load) 및 압력손실(pressure drop)계산을 통해 각 구역에 공급되어야 하는 공조 유량 및 팬 선정에 적절성을 기하여야 한다.

##### (6) 옥외 소음 해석을 통한 소음원 파악 및 방음 대책 정립(그림 10 참조)

옥외(outdoor area)에서 활동하는 작업자의 HSE

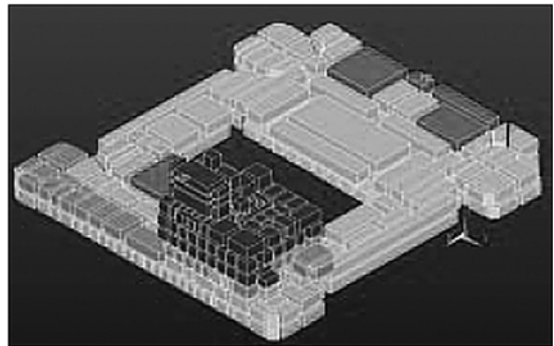


그림 9 전선 소음 해석 예

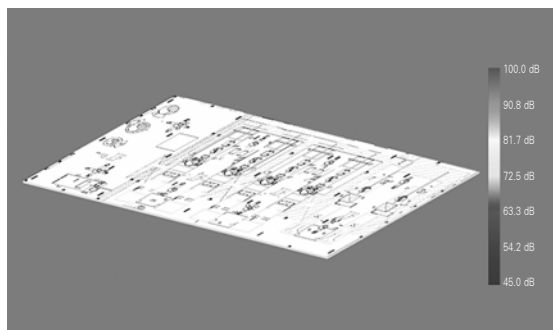


그림 10 옥외 소음 해석 예



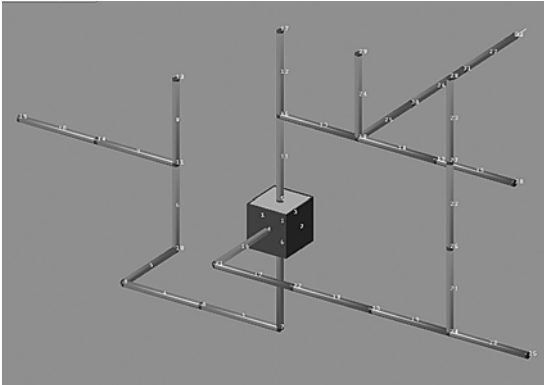


그림 11 공조 소음 해석 예

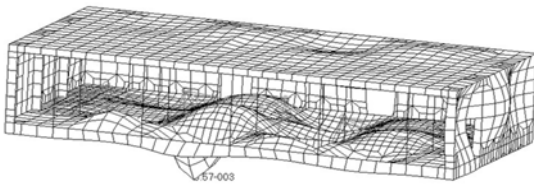


그림 12 머드 펌프 진동 해석 예

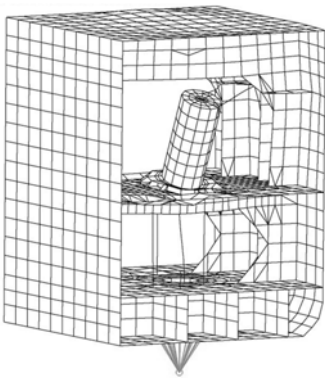


그림 13 전방위 추진기 진동 해석 예

를 위해 기존 IMO A. 468(XII) 대비 엄격한 옥외 소음기준이 요구된다. 따라서, 발전기 폐기관 소

음, 송풍기 소음 등을 고려한 옥외소음 해석을 수행하여, 적절한 소음기(silencer) 및 차음벽 등의 방음대책을 정립한다.

#### (7) HVAC 소음 (그림 11 참조)

AHU(air handling unit) 및 공조용 송풍기 소음이 각 구역에 전달되는 소음치를 계산하여, 적절한 소음기를 설계하고 배치시킨다.

#### (8) 진동 해석을 통한 지지구조 강성 증가 (그림 12~13참조)

주요 진동 발생 장비에 대해서는 진동 해석을 수행하여 지지구조 강성을 확인하며, 진동 우려 시 구조 보강을 한다.

## 5. 맺음말

최근 지속적인 유가 상승과 해양 자원 개발에 대한 중요성이 대두됨에 따라 해양 플랜트 시장에서 신규 발주 수가 점점 증가하고 있으며, 관련 진동 소음 규정치가 엄격해짐에 따라 저소음 저진동 설계 및 건조 기술이 요구되고 있다.

이 중, 6세대 리그선은 심해에서도 시추가 가능하고 형상적 이점으로 인해 해양 자원 개발에 널리 이용되고 있다.

저소음 저진동 6세대 리그선을 건조하기 위해서는 리그선의 진동소음원 특성을 파악하고, 초기 설계 단계부터 진동소음원들의 재배치 및 정도 높은 해석을 통해 적절한 방음 방진 대책을 적용해야 한다.

저소음 저진동 해양 플랜트 설계 및 건조 기술은 향후 세계 해양 플랜트 시장에서 차별화 전략에 일조할 것으로 기대한다. **KSNVE**