

# 고부가가치선의 Unit Cabin Mock-up을 이용한 캐빈소음 저감 연구

## Cabin Noise Reduction Using Unit Cabin Mock-up of High Value-added Vessel

송근복\*·주원호\*

Keun-Bok Song and Won-Ho Joo

(2010년 10월 13일 접수 ; 2010년 12월 2일 심사완료)

**Key Words** : Unit Cabin(유닛 캐빈), Mock-up(선실 모형), Acoustic Test(음향시험), Sound Insulation(차음), Structure-borne Noise(고체소음), Radiated Noise(방사소음), Noise Control(소음 제어)

### ABSTRACT

Unit cabin means room, which is installed in the high value-added vessel such as drill ship, off-shore platform and FPSO, after pre-assembled. In order to develop the noise control design for a unit cabin, a variety of acoustic tests such as sound absorption, transmission and radiation measurements were carried out by using the deckhouse mock-up. From the tests, it was found out that the sound transmission loss between cabin and corridor was 13 dB below than FPSO standard and the combined noise level of the unit cabin was dominated by the radiated noise from wall panel in low frequency range. Based on the test results, design guidelines for the noise control of the unit cabin were fully established, such as the improvement of sound transmission loss between the cabin and corridor, and radiated cabin noise reduction.

### 1. 서 론

최근 고유가 시대를 맞이하여 심해 유전 개발 및 운송에 필요한 다기능 해양구조물의 수요가 지속적으로 증가하고 있다. 이러한 고부가가치선은 많은 인원이 장기간 거주해야 하기 때문에 일반상선보다 10~15 dB 낮은 엄격한 캐빈소음 규제 및 10 dB 높은 소음차폐지수 만족을 요구 받고 있다. 그러나 조립형 캐빈을<sup>(1,2)</sup> 이용하는 일반상선과는 달리 선박 건조기간 단축을 위해 조립장에서 미리 조립되어 하나

의 유닛(unit)으로 탑재되는 유닛 캐빈(unit cabin)이 설치됨에 따라 저소음화를 위한 소음전달경로 규명 및 제어 기법의 정립이 무엇보다 요구된다.

이에 이 논문에서는 유닛 캐빈에 대한 소음 전달 경로를 파악하고 저소음화 방안을 도출하기 위해서 거주구 목업(mock-up) 상부에 실제 드릴쉽, 해양 플랫폼, FPSO 등에 시공되는 유닛 캐빈을 설치하여 다양한 음향시험을 수행하였다.

### 2. 유닛 캐빈의 특성

일반 선박용 캐빈의 선실구조는 Fig. 1과 같으며, 안벽에 설치되어 있는 상태에서 거주구에 작업자가 들어가서 마무리 작업을 한다. 반면 유닛 캐빈은 Fig. 2와 같이 조립장에서 미리 조립하여 하나의

\* 교신저자; 정희원, 현대중공업 선박해양연구소  
진동소음연구실  
E-mail : kbsong@hhi.co.kr

Tel : (052)202-5491, Fax : (052)202-5495

\* 정희원, 현대중공업 선박해양연구소 진동소음연구실

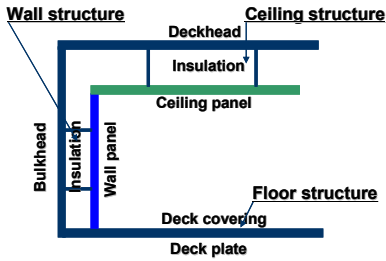


Fig. 1 Typical cabin structure of merchant vessel



Fig. 2 Unit cabin structure

유닛(unit)으로 탑재되는 캐빈이며 주로 드릴쉽, FPSO 등의 고부가가치선에 적용되고 있다. 이러한 유닛 캐빈은 공기단축, 품질문제, 간접비용 절감 등의 필요성에 의해 도입되었으며, 선실의 고급화 추세에도 부응할 수 있다.

### 3. 음향시험

유닛 캐빈의 주요 소음 전달 경로를 파악하고 저소음화 방안을 도출하기 위해서 Fig. 3과 같이 거주구 mock-up 상부에 25 mm 두께의 벽체 및 천장 패널로 구성된 유닛 캐빈을 설치하였다.

이에 유닛 캐빈의 공기음과 고체음 전달 특성을 파악하기 위하여 차음 성능 및 방사 소음 시험이 각각 수행되었다.

#### 3.1 차음 성능 시험

두 개의 방이 구획 격벽으로 구분되어 있을 때 구획 부재에 의하여 발생하는 차음량은 소음원실과 수음실에 나타나는 소음레벨의 차이로부터 구해지며 이 부재의 차음 성능(STL, sound transmission loss,



Fig. 3 Unit cabin installed in the deckhouse mock-up

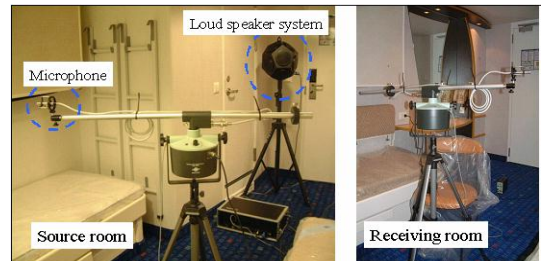


Fig. 4 Sound transmission test between cabin and cabin

단위: dB)은 아래와 같이 정의된다.

$$STL = 10 \log \frac{1}{\tau}, \quad \tau = \frac{W_t}{W_i} \quad (1)$$

여기서  $W_i$ 는 입사 에너지이며,  $W_t$ 는 투과된 에너지를 의미한다.

이러한 차음 성능은 ISO 140-4<sup>(3)</sup>의 절차를 따라서 계측되었으며 ISO 717-1<sup>(4)</sup>에 의해서 차음 성능 등급(sound transmission class,  $R_w$ )을 결정하였다. 차음 성능 시험은 선실-선실, 선실-복도, 벽체 패널(wall panel), 천장 패널(ceiling panel)의 구성 요소에 대해서 각각 수행되었다. Fig. 4는 선실-선실의 차음 성능 계측장면을 나타낸 것이며, 수음실(receiving room)의 잔향 시간을 먼저 계측하고 소음원실에서 스피커를 가진하여 차음 성능을 계측하게 된다.

#### 3.2 방사 소음 시험

방사 소음 시험은 고체음 전달 특성 파악을 위한

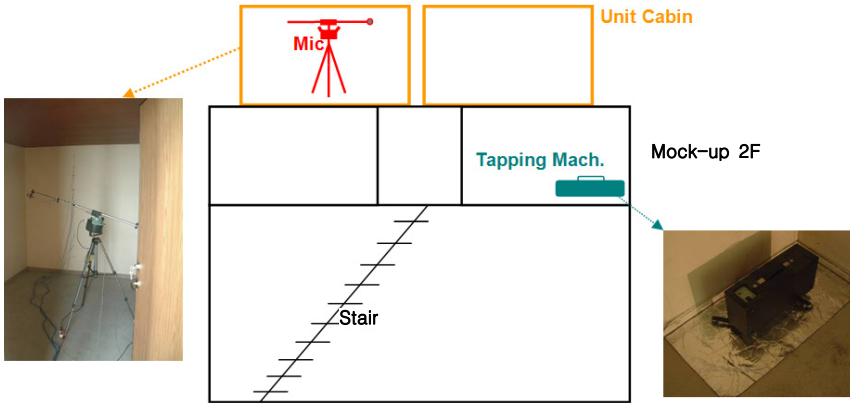


Fig. 5 Sound radiation test

것이다. Fig. 5와 같이 태핑 머신을 이용하여 진동 가진을 한 후 선실 바닥, 벽체 패널, 천장 패널 등 총 6면에 대하여 각 면에 대한 평균 가속도 레벨을 측정하고 회전마이크로폰을 이용하여 방사소음을 계측하였다<sup>(5)</sup>. 가속도값을 이용한 선실 내 방사소음은 식 (2)를 이용하여 계산하였다.

$$SPL_{radiated} = L_a + \sigma_{rad} + 10 \log \frac{S}{R} - 20 \log f + 36 \quad (\text{dB}) \quad (2)$$

여기서  $SPL$ 은 방사소음레벨,  $L_a$ 은 가속도레벨,  $\sigma_{rad}$ 는 방사효율,  $S$ 는 방사면적,  $R$ 은 룸 상수(room constant),  $f$ 는 1/3 옥타브 밴드의 중심 주파수(center frequency)에서의 주파수를 의미한다.

#### 4. 선실 소음 전달 특성 규명

##### 4.1 공기음

시험대상 유닛 캐빈에 대한 차음 성능 시험 결과를 Table 1에 정리하였고, 그 중 선실-선실과 선실-복도 차음 성능 계측 결과를 Fig. 6과 Fig. 7에 나타내었다. 그 결과를 보면 선실-선실 차음 성능은 43 dB로서 FPSO 기준으로 삼고 있는 40 dB를 충분히 만족시키는 것으로 나타났다. 이는 선실 사이에 두 개의 벽체 패널 구조와 그 사이의 공기층(air gap 100 mm)이 차음 성능을 높여주는 역할을 하고 있기 때문이다. 벽체 패널과 천장 패널은 30~33 dB로, 일반적으로 25 mm 패널이 실선에서 계측되는 차음 성능 25~27 dB 보다 크게 나타났다. 이는 스피커 위치가

Table 1 Measured sound transmission loss

Target	Measured(dB)	Limit(dB) (FPSO standard)
Cabin - Cabin	43	40
Cabin - Corridor	22	35
Wall panel	30	-
Ceiling panel	33	-

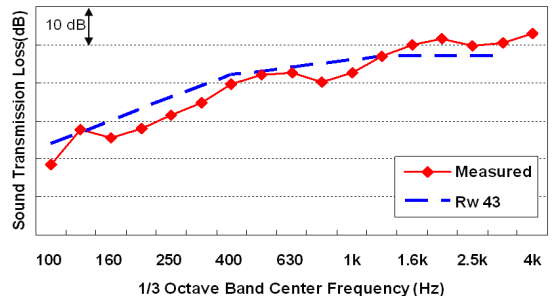


Fig. 6 Sound transmission loss between cabin and cabin

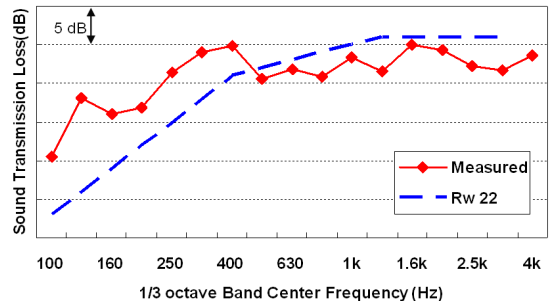


Fig. 7 Sound transmission loss between cabin and corridor

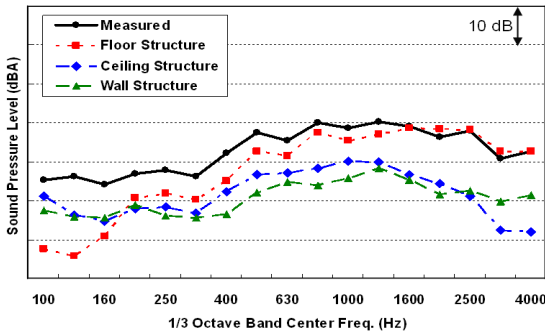


Fig. 8 Comparison of the noise levels radiated from the typical cabin structure

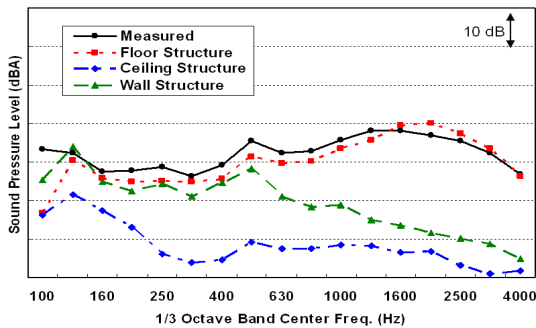


Fig. 9 Comparison of the noise levels radiated from the unit cabin structure

마감 처리가 안된 25 mm 패널 외부에 설치됨에 따라 흡음 성능의 상승에 기인한 것으로 판단된다<sup>(1)</sup>. 하지만 선실-복도의 경우 기준 35 dB에 많이 미달하는 22 dB로 계측되어 차음 성능 향상이 필요한 것으로 판단된다.

#### 4.2 교체음

각 주파수 대역 별로 교체음이 바닥, 벽체, 천장 중 어느 부분에서 지배적으로 전달되어 오는지 파악하기 위해서 바닥, 벽체, 천장 패널 6면에 대하여 식 (2)로부터 각각의 방사소음 기여분을 계산하여 선실 내에서 계측된 방사소음수준과 비교하였다.

Fig. 8과 Fig. 9에 각각 일반 선실 및 유닛 캐빈 구조의 방사소음 기여도를 나타내었다.

일반 선실 구조의 경우 전 주파수 대역에서 바닥으로부터의 방사소음이 지배적이며, 160 Hz 이하의 경우에서만 벽체 및 천장 패널의 방사소음 기여분이 나타난다<sup>(2)</sup>. 그러나 유닛 캐빈의 경우는 일반 선

실 구조와는 달리 125 Hz 대역을 기준으로 그 이상의 고주파수 대역에서는 일반상선과 동일하게 바닥 (floor)이 가장 큰 전달 경로이나, 125 Hz 대역 이하에서는 벽체 패널이 주요 전달 경로이고, 500 Hz 대역 이하의 주파수 대역에서의 기여도도 무시할 수 없음을 알 수 있다. 한편 천장 패널은 일반 상선의 선실구조와는 달리 전 주파수 대역에서 기여도가 미미하다.

### 5. 유닛 캐빈소음 제어

유닛 캐빈의 차음 성능을 높이고 방사소음을 저감시키기 위하여 벽체 및 천장 패널에 각각 30 mm (mineral wool 200K) 암면을 추가 부착하였고, Fig. 10과 같이 외부 벽체 마감 패널을 시공하였다. 또한 선실-복도 차음 성능을 향상시키기 위하여 Fig. 11과 같이 고소음 저감 도어(high noise reduction door)를 설치하였다. 고소음 저감 도어는 도어를 통한 소음 누설량을 많이 낮출 수 있는 특성을 가지고 있다. 한편 방사소음을 저감하기 위해서 패널의 상/하부에 고무 패드를 삽입하는 방안이 제안되었다. 방사소음 기여도 시험에서 나타났듯이, 500 Hz 대역 이하에서 벽체패널의 방사소음 기여도를 무시할 수 없다. 이에 착안한 것으로, 바닥과 벽체 사이에 고무 패드 설치를 통하여 바닥에서 벽체 패널로 전달되는 진동을 저감하여 방 전체의 방사소음을 낮추고자 한 것이다. 방사소음 저감을 위해 고무 패드가 삽입된 위치는 벽체 패널의 받침대 부분과 외부 벽체 패널(outside wall panel) 상/하부이다.

#### 5.1 차음 성능

개선 방안이 적용된 유닛 캐빈에 대해서 동일한 시험 환경으로 각 요소에 대한 차음 성능 시험을 실시하였으며 Table 2에 그 결과를 나타내었다. 벽체 및 천장 패널의 차음 성능이 각각 2~3 dB 향상되었으며, 고소음 저감 도어 및 외부벽체 마감 패널의 적용에 의한 영향으로 선실-복도의 차음 성능이 35 dB로 계측되었다. 이는 기존 유닛 캐빈에 비해 13 dB가 향상된 것이며 FPSO 선실-복도 차음 성능 기준인 35 dB를 만족하는 수준이다. Fig. 12에 차음 성능 향상 방안 적용 전/후의 선실-복도 차음 성능 계측 결과를 비교하여 나타내었다.

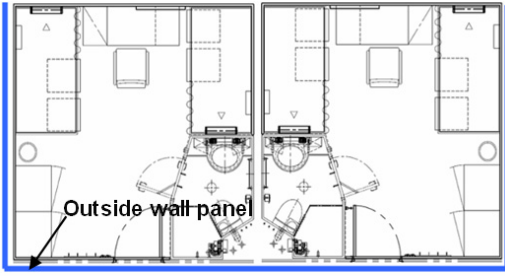


Fig. 10 Outside wall panel



(a) Original door (b) High noise reduction door

Fig. 11 Replacement of the door

Table 2 Measured sound transmission loss after modification

Target	Measured (dB)	Limit (dB) (FPSO standard)
Cabin - Cabin	43	40
Cabin - Corridor	35	35
Wall panel	33	-
Ceiling panel	35	-

### 5.2 방사소음

벽체와 천장 패널에 30 mm 암면(mineral wool 200K)을 부착한 효과를 파악하기 위하여 동일한 시험환경에서 캐빈의 방사소음을 측정하였고 그 결과는 Fig. 13과 같다. 암면 부착에 의해 벽체 패널의 진동이 기준에 비하여 감소되어, 벽체 패널에 의한 기여도가 있는 500 Hz 이하의 주파수 대역에서 3~4 dB의 소음 저감 효과를 얻을 수 있었다. 또한

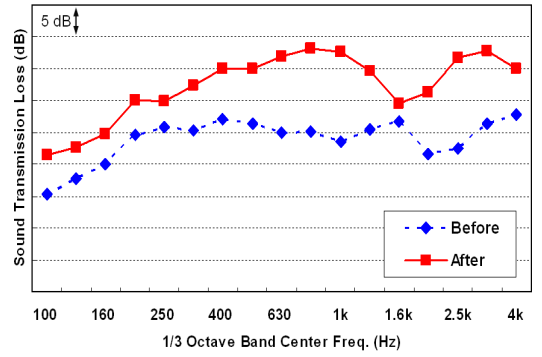


Fig. 12 Sound transmission loss between cabin and corridor before and after the door replacement

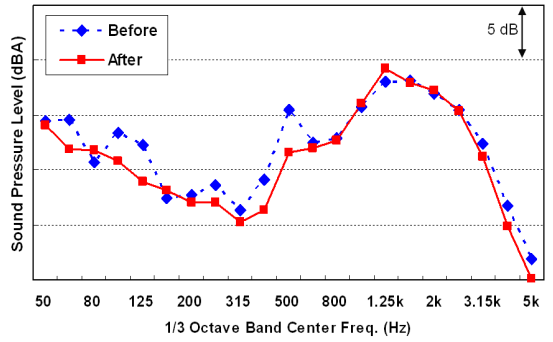


Fig. 13 Comparison of the radiated noise levels before and after the attachment of 30 mm mineral wool

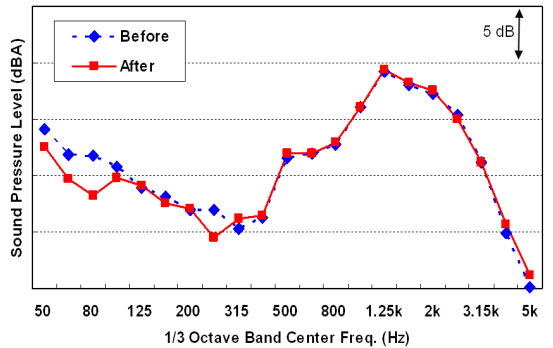


Fig. 14 Comparison of the noise levels radiated from the unit cabin structure before and after attachment of rubber pad

고무 패드 삽입에 따른 시험 결과는 Fig. 14에 나타내었는데, 벽체 패널이 큰 기여를 하는 100 Hz 이하 저주파수 대역에서 최대 4 dB이 저감되었다. 이는

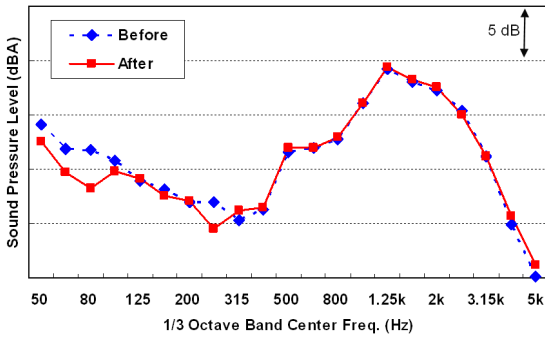


Fig. 15 Comparison of the radiated noise levels before and after the all countermeasures

고무패드 삽입에 따른 고체음 전달 감소에 의해 방사소음이 저감된 것이다. 초기 유닛 캐빈의 방사소음과 암면 부착 및 고무 패드가 모두 적용하여 시험한 최종 결과를 Fig. 15에 비교하여 나타내었는데 500 Hz 이하 전 주파수 대역에서 3~5 dB 정도의 저감 효과를 확인할 수 있다.

## 6. 결 론

유닛 캐빈의 소음전달 경로를 파악하고 저소음화 방안을 도출하기 위해 다양한 음향시험을 수행하였다. 그 결과 유닛 캐빈의 차음성능 측면에서 선실-복도 요소는 개선이 필요한 것으로 나타났고, 다양한 제어 방안 적용을 통해 소음차폐지수를 최대 13 dB까지 향상 시키는 결과를 얻을 수 있었다. 또한 방사소음 측면에서, 유닛 캐빈은 일반상선의 캐빈

구조와는 달리 격벽 구조가 저주파수 대역에서 소음전달에 큰 영향을 미치는 것으로 파악되었다. 이러한 시험 결과를 바탕으로 기존 구조 대비 3~5 dB 저소음 설계 방안을 도출하고 실험으로 검증하였다. 이 결과들은 향후 저소음 고품질의 선박 및 해양구조물 건조에 크게 기여할 것으로 판단된다.

## 참 고 문 헌

- (1) Joo, W. H., 2008, "Quantitative Evaluation of Air-borne Noise Sound Insulation in Ship's Accommodation Using Large Scale Noise Test Facilities," NCEJ, Vol. 56, Issue 1. pp. 45~51.
- (2) Joo, W. H., 2009, "Control of Radiated Noise from a Ship's Cabin Floor Using the Floating Floor," NCEJ, Vol. 57, Issue 5, pp. 507~514.
- (3) ISO 140-4, 1998, Acoustics - Measurement of Sound Insulation in Buildings and of Building Elements.
- (4) ISO 717-1, 1996, Acoustics - Rating of Sound Insulation in Buildings and of Building Elements.
- (5) Kim, H. S. and Kim, J. S., 2006, "A Study on the Reduction of Noise and Vibration in Ship Cabins by Using Floating Floor," Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 16, No. 9, pp. 949~957.