

선박용 창의 차음성능 측정용 충전벽체 설치에 관한 실험적 고찰

Experimental discussion on the installation of filler wall for sound insulation measurements of shipboard windows

김상렬†·강현주*·김현실*
SangRyul Kim, Hyun-Ju Kang, and Hyun-Sil Kim

Key Words : Sound insulation(차음), Sound transmission loss(투과손실), filler wall(충진벽체), window(창문)

ABSTRACT

In order to measure sound transmission loss (STL) of a shipboard window of small size, a special partition is built into the test opening between two reverberation rooms and the specimen is placed in that partition. For high sound insulation, the filler wall often has multi-layered structure such as double-brick wall or buckhead structure with thick steel plate, absorptive material, and sandwich panels. This paper discusses the installation method of a multi-layered filler wall that consist of gypsum boards, lead plates, and glass wool. The experimental results of various wall structures are introduced. The comparison between the results show that the sound bridge effect plays a significant role in lowering the maximum STL of the filler wall. It is also found that the higher the sound insulation performance of the filler wall is, the more important the franking transmission through other side wall of the test facility is.

1. 서 론

현재 선박의 고급화 추세에 따라 소음원 차단을 위한 선박용 내장재의 차음성능에 대한 요구조건이 강화되고 있다. 특히 선박용 창의 경우에도 $R_w = 48$ dB 이상의 높은 차음성능이 요구되고 있다.[1] 선박용 내장재의 차음성능 측정은 참고문헌 2~4과 같은 잔향실을 이용한 시험방법에 따라 수행되는데, 선박용 창과 같이 시험품의 크기가 잔향실 개구부보다 작을 경우 개구부의 나머지 부분에 별도의 충전벽체(filler wall)를 설치하게 된다. 이때 시편 창의 차음성능이 크거나 그 크기가 작아질수록 요구되는 충전벽체의 차음성능은 더 커지게 된다.[5] 본 논문에서는 이러한 고차음 창의 차음성능 측정시 요구되는 충전벽체 설계를 위하여 수행된 일련의 실험결과를 소개하고자 한다. 또한 실험결과 분석을 통해 충전벽체 설치시 직면하게 되는 문제점을 살펴보고 이를 해결하는 방법에 대해서 고찰하고자 한다.

† 교신저자; 한국기계연구원 음향소음팀
E-mail : srkim@kimm.re.kr
Tel : (042) 868-7466, Fax : (042) 868-7440

* 한국기계연구원 음향소음팀

2. 측정시스템 및 충전벽체의 구조

2.1 측정시스템

충진벽체의 차음성능은 두 개의 잔향실을 이용한 시험방법[2~4]에 따라 측정되었다. 그림 1은 충전벽체의 차음성능을 측정하기 위하여 사용된 측정시스템의 개략도를 보여주고 있다. 여기서 잔향실의 크기는 음원실 80 m^3 , 수음실 125 m^3 이고, 시편이 설치되는 개구부의 면적은 10.2 m^2 ($W 4.25 \text{ m} * H 2.4 \text{ m}$)이다. 한편 개조 전 잔향실 개구부의 깊이는 600 mm이며 개구부의 측면에는 10 mm 철판이 절곡되어 콘크리트 벽체에 부착되어 있다. 이후 더 두껍고 차음성능이 높은 벽체의 측정을 위하여 벽돌과 콘크리트를 이용하여 개구부의 깊이를 900 mm로 증가시켰으며 기존의 개구부와 추가된 개구부간의 진동절연을 위한 고무 패드를 삽입 설치하였다.

2.2 충전벽체의 구조

충진벽체의 기본구조는 그림 2와 같이 165 mm 두께의 글래스울 양쪽에 다층 석고보드판이 대칭적으로 설치된

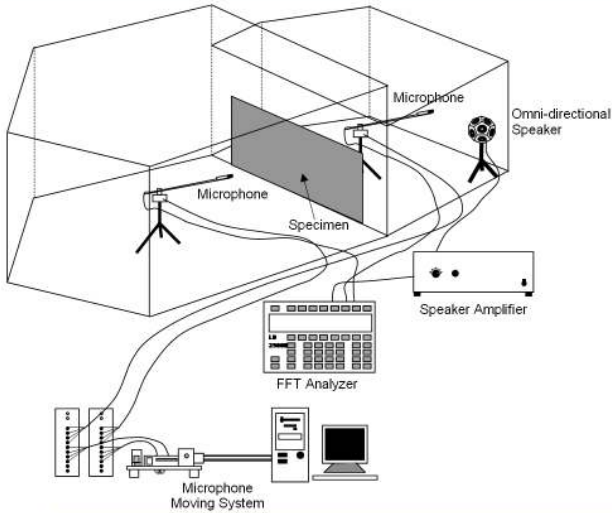


그림 1 차음성능 측정시스템 개략도

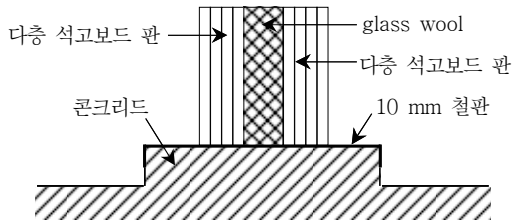


그림 2 층진벽체 및 개구부 구조 개략도

형태로 되어있다. 층진벽체의 최종적인 구조는 글라스울 양쪽에 설치된 다층 석고보드 판의 개수를 증가시켜 가며 측정된 층진벽체의 차음성능을 측정한 후 벽체의 차음성능과 선박용 창외 예상 차음성능을 고려하여 결정하였다. 다음은 측정된 층진벽체의 구조를 정리한 것이다.

- spec1 (면밀도 34.8 kg/m²): Gypsum 12t + G/W (165t #44) + Gypsum 12t
- spec2 (면밀도 50.2 kg/m²): Gypsum 2 layer (12t*2) + G/W (165t #44) + Gypsum 24t (12t*2)
- spec3 (면밀도 65.6 kg/m²): Gypsum 3 layer (12t*3) + G/W (165t #44) + Gypsum 3 layer (12t*3); 면밀도 34.8 kg/m²
- spec4 (면밀도 81.0 kg/m²): Gypsum 4 layer (12t*4) + G/W (165t #44) + Gypsum 4 layer (12t*4)
- spec5 (면밀도 96.5 kg/m²): Gypsum 5 layer (12t*5) + G/W (165t #44) + Gypsum 5 layer (12t*5)
- spec6 (면밀도 111.9 kg/m²): Gypsum 6 layer (12t*6) + G/W (165t #44) + Gypsum 6 layer (12t*6)

- spec7 (면밀도 148.1 kg/m²): Gypsum 12t + lead 1t + Gypsum 6 layer + G/W (165t #44) + Gypsum 6 layer + lead 1t + Gypsum 12t
- spec8 (면밀도 195.6 kg/m²): Gypsum 12t + lead 1.5t + Gypsum 12t + lead 1t + Gypsum 6 layer + G/W (165 t #44) + Gypsum 6 layer + lead 1t + Gypsum 12t + lead 1.5t + Gypsum 12 t
- spec9 (면밀도 498.0 kg/m²): lead 10 layer (1.5t*10) + Gypsum 12 t + lead 1.5t +Gypsum 12t + lead 1t + Gypsum 6 layer + G/W (165 mm #44) + Gypsum 6 layer + lead 1t + Gypsum 12 t + lead 1.5t + Gypsum 12 t + lead 10 layer (1.5t*10)
- spec10 : lead 10 layer (1.5t*10) + Gypsum 12 t + lead 1.5t +Gypsum 12t + lead 1t + Gypsum 6 layer + G/W (165 mm #44) + Gypsum 6 layer + lead 1t + Gypsum 12 t + lead 1.5t + Gypsum 12 t + lead 10 layer (1.5t*10) + G/W (50 mm #44) + A/G 100 mm + Brick 200 mm
- spec11 : Steel 8t + G/W (50 mm #44) + lead 10 layer (1.5t*10) + Gypsum 12 t + lead 1.5t +Gypsum 12t + lead 1t + Gypsum 6 layer + G/W (165 mm #44) + Gypsum 6 layer + lead 1t + Gypsum 12 t + lead 1.5t + Gypsum 12 t + lead 10 layer (1.5t*10) + G/W (50 mm #44) + A/G 100 mm + Brick 200 mm

여기서 Gypsum은 석고보드, G/W은 글라스울, lead는 납 판, A/G은 공기층, Brick은 표면에 미장처리된 벽돌을 나타낸다.

3. 실험결과

3.1 실험결과 비교

그림 3은 글라스울 양쪽에 12 mm 두께의 석고보드를 연속적으로 붙여가며 측정한 음향투과손실(Sound Transmission Loss, STL)을 비교한 것이다. 그림에서 설치된 석고보드 개수가 증가함에 따라 STL이 증가함을 볼 수 있다. 그러나 2장 이상의 석고보드가 부착된 경우 315 Hz 이하의 주파수에서는 설치된 석고보드의 개수와 관계없이 거의 일정한 레벨을 보이고 있다. 또한 설치된 석고보드 개수가 증가함에 따라 1600 Hz에서의 딥(dip)이 두드러져 보인다.

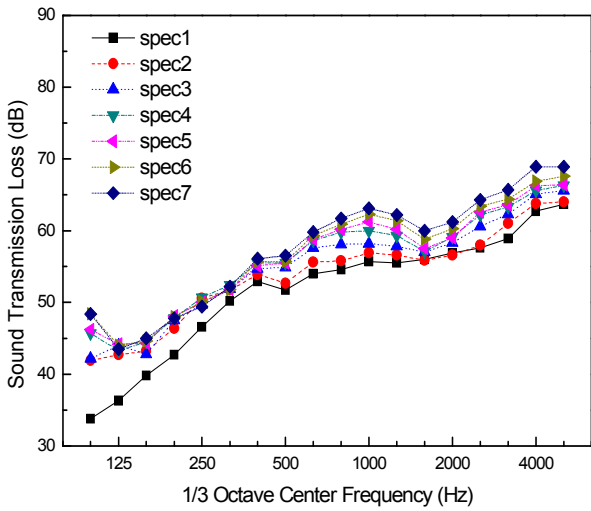


그림 3 석고보드판 증가에 따른 변화

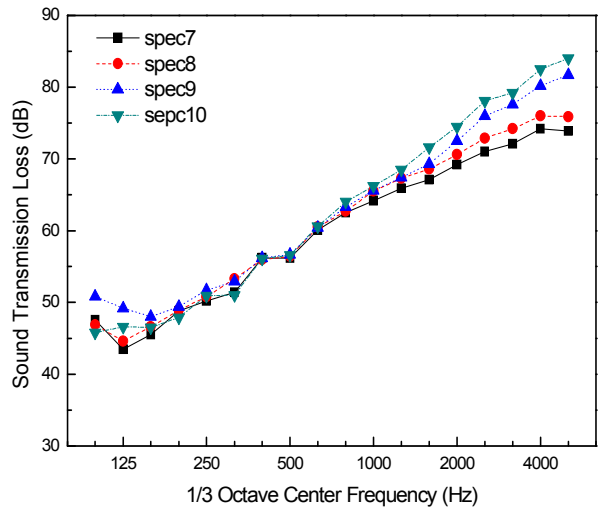


그림 6 차음성능 증가를 위한 벽체 추가에 따른 변화

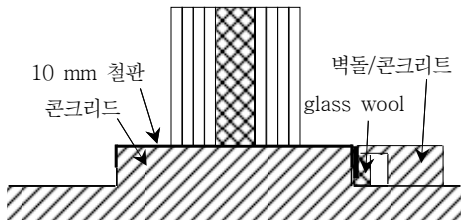


그림 4 개구부 추가구조의 개략도

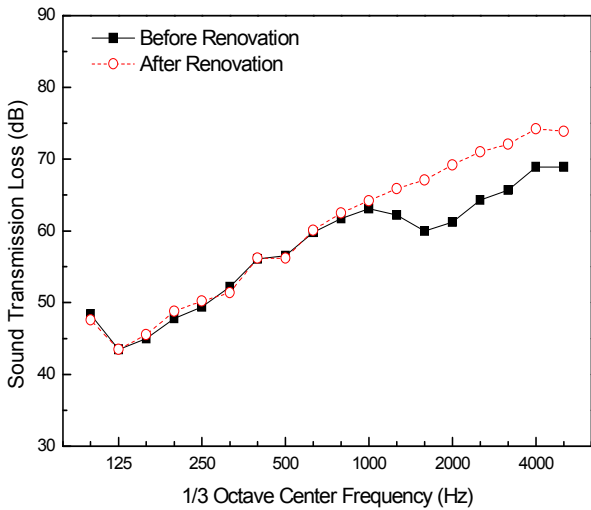


그림 5 잔향실 개구부 보완조치 전 후 STL 비교 (spec7)

이 고주파수에서의 딥 현상은 표면재의 일치주파수 (coincidence frequency) 부근에서의 경향과 비슷해 보인다. 그러나 석고보드 개수가 증가함에도 불구하고 딥 주파수가 변화하지 않은 것으로 보아 시편의 고유 현상으로 판단되지 않는다. 실제 확인결과 개구부의 벽면에 부착된 두

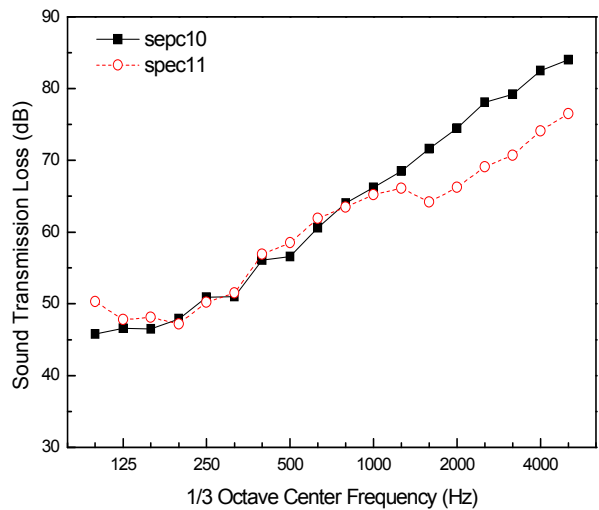


그림 7 선박용 창 설치를 위한 철판 설치에 따른 영향

께 10mm 철판 중 일부분이 콘크리트와 분리되어 진동하고 있었으며 딥 주파수는 10t 철판의 일치주파수와 관련된 것으로 판단된다.

콘크리트와 분리된 철판의 sound bridge 영향을 제거하기 위하여 철판과 콘크리트를 서로 부착시켜야 하지만, 철판과 콘크리트 사이의 간격이 매우 작아 추가적인 콘크리트 양생작업을 할 수 없었다. 그 대안으로 수음실쪽 철판 표면에 제진패드를 부착하고 음원실쪽으로 50 mm 글래스울, 50 mm 공기층, 200 mm 두께의 벽돌과 콘크리트를 이용하여 추가적인 개구부 벽체를 설치하였다. 추가된 개구부는 기존 개구부와 고무패드를 이용하여 절연처리 하였다. 그림 4는 추가된 개구부 구조를 간략히 나타내고 있다.

그림 5는 개구부에 추가 구조물 설치 전 후에 측정된 spec7의 STL을 비교한 것이다. 그림에서 1000Hz 이상의

주파수 영역에서 STL이 증가함을 볼 수 있다.

그림 6은 개구부 보완처리 후 충전벽체의 차음성능 향상을 위하여 추가된 석고보드와 납판에 의한 영향을 보여주고 있다. 그림에서 추가적인 벽체가 설치됨에 따라 1000Hz 이상의 고주파수에서는 STL이 증가하지만 그 이하의 주파수 특히 200 ~ 630 Hz 부근의 STL은 거의 변화가 없음을 볼 수 있다. 이 현상은 잔향실의 flanking transmission에 의한 것으로 판단되며 이의 개선을 위한 조치가 추가적으로 필요하다.

일반적으로 선박용 창은 선박의 bulkhead에 용접 혹은 볼팅되게 된다. 이를 모사하기 위하여 선박에 bulkhead 철판용으로 8mm 철판을 표면에 부착한 후 측정된 결과를 부착 전과 비교하여 그림 7에 나타내었다. 그림에서 1600Hz(8 mm 철판의 일치주파수에 해당)에서 덩이 발생하여 오히려 철판 설치 전보다 STL이 더 떨어짐을 볼 수 있다.

3.2 고차음 충전벽체 설치방법에 대한 고찰

선박용 창의 차음성능 측정을 위해 설치되는 충전벽체의 차음성능은 창과 개구부의 면적비가 1:10일 경우 선박용 창의 차음성능에 비하여 최소 16 dB이상 커야한다.[5] 따라서 매우 큰 차음성능을 가진 충전벽체를 설치하여야 하기 때문에 잔향실의 최대 차음성능에 걸려 원하는 충전벽체를 구성할 수 없는 경우가 종종 있다. 이럴 경우 개구부의 절연(그림 5 참조)을 통한 개구부 철판의 sound bridge 영향을 줄여 잔향실의 최대 차음성능을 증가시킬 필요가 있다. 또한 선박용 창의 설치를 위한 충전벽체 표면재로 철판을 사용하는 경우 철판의 일치주파수에서 발생하는 덩문제에 주의해야 한다. 이러한 문제를 사전에 없애기 위해서는 철판 대신 댐핑이 큰 재질을 사용하거나 철판을 보강하거나 댐핑제부착 등과 같은 진동저감 처리를 하여야 할 것으로 판단된다.(그림 7 참조)

4. 결 론

본 논문에서는 선박용 창의 차음성능 측정을 위하여 설치되는 충전벽체 설치를 위해 수행된 일련의 실험결과를 정리하였다. 실험결과간의 비교를 통하여 고차음성능을 가진 충전벽체 시험시 개구부 철판의 sound bridge 영향이 두드러져 충전벽체의 차음성능 증가량을 둔화시킴을 발견하였다. 또한 선박용 창을 실제 현장과 유사하게 설치하기 위하여 충전벽체 표면재로 철판이 설치될 경우 철판의 일치주파수 부근에서의 STL 감소현상에 의해 철판 설치 전보다 STL이 떨어질 수 있음을 확인하였다.

한편 충전벽체의 최대 차음성능은 실험이 수행되는 잔

향실의 최대 차음성능이상 될 수 없기 때문에 더 높은 차음성능을 가진 충전벽체를 구성하기 위해서는 잔향실의 최대 차음성능 향상조치(flanking transmission 영향 감소 등)를 먼저 수행할 필요가 있다.

후 기

본 연구는 부품소재전문기업기술지원사업인 “다중구조 선박용 창의 차음성능 해석 및 성능평가에 관한 기술지원” 과제의 연구결과의 일부임을 밝히며, 실험에 도움을 주신 정공산업에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- (1) NORSOK standard C-002:2006 Architectural componets and equipment
- (2) KS F 2808:2001 건물부채의 공기 전달음 차단 성능 실험실 측정방법, 2001
- (3) ISO 140-3:1995 Acoustics-Measurement of sound insulation in buildings and of building elements-Part 3: Laboratory measurements of airborne sound insulation of building elements, 1995
- (4) ASTM E 90-04:2004 Standard test method for laboratory measurement of airborne sound transmission loss of building partitions and elements
- (5) 김상렬, 강현주, 김재승, 김현실, 김봉기, “소형 창문의 차음성능 측정에 관한 고찰”, 한국소음진동공학회 2006년 추계학술대회논문집 CD-Rom, paper no. KSNVE06A-29-03