

소형 창문의 차음성능 측정에 관한 고찰

Measurement of sound insulation of small-size windows

김상렬†·강현주*·김재승*·김현실*·김봉기*

SangRyul Kim, Hyun-Ju Kang, Jae-Seung Kim, Hyun-Sil Kim, and Bong-Ki Kim

Key Words : Sound insulation(차음), Sound transmission loss(투과손실), Small-size window(소형 창문)

ABSTRACT

In order to measure the sound transmission loss(STL) of a test specimen such as windows, which is smaller than the test opening, a special partition is built into the test opening and the specimen is placed in that partition. This paper discusses how the measured STL is changed by the partition when a small-size window of high sound insulation is mounted. Theoretical and experimental investigations are carried out to quantify the effect of the filler wall. The results reveal that the smaller the window size is, the higher sound insulation performance of the filler wall is required in order to measure the accurate STL of the specimen. It is found that the insufficient sound insulation of the filler wall leads to the lower measured value of the window's STL.

1. 서론

창문은 자동차, 선박, 철도차량 및 일반 건축물 등의 실내외 벽에 설치되는 대표적인 건물부재 중의 하나로 다양한 구조와 크기로 사용되고 있다. 따라서 창문의 차음성능은 건물 실내외로 투과되는 소음해석에 중요한자로 평가되며 간향실을 이용한 시험방법[1-2]에 따라 측정되고 있다. 그러나 선박용 창과 같이 고차음성능을 가진 소형 창문을 측정할 경우 차음성능이 충분히 큰 칸막이 벽체를 설치하지 못함에 따라 정확한 측정값을 얻는데 어려움이 있다. 본 논문에서는 이러한 고성능 소형 창문의 차음성능 측정시 직면하게 되는 문제점을 살펴보고 그 현상을 간단한 이론과 실험결과로부터 고찰하고자 한다.

부터 계산된다.

$$STL = \Delta L + 10 \log(S/A) \quad (1)$$

여기서 STL은 시편의 투과손실, ΔL 은 음원실과 수음실의 평균 음압레벨차(dB), S는 시편의 면적(m^2), A는 수음실에서 흡음면적(m^2)을 나타낸다.

한편 시편이 설치되는 개구부의 크기는 $10 m^2$ 이상이 요구되며, 차음패널과 같은 건물부재는 개구부 크기와 동일한 크기로 제작되어 설치된다. 그러나 문이나 창문과 같이 시편의 크기가 개구부보다 작은 경우에는 차음성능이 매우 높은 칸막이벽을 개구부의 나머지 공간에 설치하고 측정하게 된다.

2.1 소형 창문의 투과손실

소형 창문의 차음성능 측정에는 별도의 칸막이 패널이 설치되기 때문에 창문의 투과손실 측정값은 창문의 크기와 설치된 칸막이벽의 차음성능 등에 따라 변화하게 된다. 이러한 영향을 무시하기 위하여 칸막이벽은 일반적으로 시편보다 투과손실이 15 dB 이상 높은 것을 사용한다.[1-2] 그러나 시편의 크기가 매우 작을 경우 15 dB 높은 차음성능을 가진 칸막이벽의 영향도 무시할 수 없게 되는데 이는 창문과 칸막이벽으로 이루어진 복합벽체의 평균

2. 소형 창문의 차음성능

일반적인 건물부재의 차음성능은 투과손실(Sound Transmission Loss)로 표현되며 이는 두 개의 간향실을 이용한 시험방법[1-2]에 따라(그림 1 참조) 아래의 식으로

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

* 한국기계연구원 음향소음팀

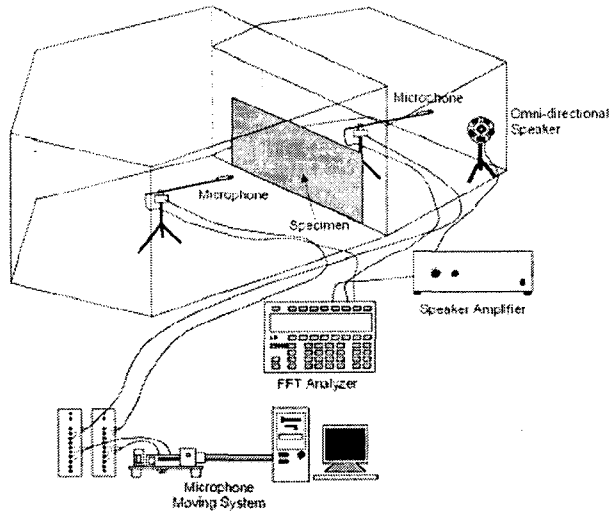


그림 1 투과손실 측정 개략도

투과손실을 고려해보면 쉽게 알 수 있다.

식(2)와 같이 정의되는 투과계수[3] τ 를 이용하면

$$STL = -10 \log(\tau) \quad (2)$$

복합벽체의 투과계수는 다음과 같이 표현된다.[3]

$$\tau_t = (\tau_1 S_1 + \tau_2 S_2) / S_t \quad (3)$$

여기서 밀침자 1과 2는 창문과 칸막이벽을, 밀침자 t는 복합벽체를 나타내고, τ 는 투과계수를, S는 면적을 나타내며, $S_t = S_1 + S_2$ 이다. 식(1)로부터 복합벽체의 투과손실 STL_t 와 칸막이벽으로 음향투과가 없다고 가정할 경우 창문의 투과손실 STL_1 은 각각

$$STL_t = \Delta L + 10 \log(S_t/A) \quad (4)$$

$$STL_1 = \Delta L + 10 \log(S_1/A) \quad (5)$$

로 표현된다. 식(4)와 (5)로부터

$$STL_1 = STL_t + 10 \log(S_1/S_t) \quad (6)$$

를 얻을 수 있고 식(6)에 식(2)와 (3)을 대입하면 다음과 관계식을 얻을 수 있다.

$$STL_1 = -10 \log(\tau_1) - 10 \log(1 + \tau_2 S_2 / \tau_1 S_1) \quad (7)$$

식(7)에서 우변의 첫 번째 항은 창문의 실제 투과손실이며

로 창문의 투과손실 측정값(STL_1)이 실제 투과손실과 같기 위해서는 우변의 두 번째 항이 무시할 정도로 작아야 한다.

(1) 낮은 차음성을 가진 소형 창문의 경우

만약 칸막이벽의 투과손실이 창문의 투과손실보다 15 dB 크고($\tau_2/\tau_1 = 10^{-1.5}$) 창문의 면적이 전체 개구부 면적의 0.1배인 경우($S_2/S_1 = 9$) 측정된 창문의 투과손실은 실제 창문의 투과손실에 비하여 약 1 dB 작게 된다. 이 차이는 창문의 크기가 커질수록, 창문에 대한 칸막이벽의 투과계수비가 클수록 작아지게 된다.

(2) 고차음성능의 소형 창문의 경우

반면 STC 40 이상의 고차음성능을 요구하는 선박용 창문을 측정할 경우 15 dB 이상 높은 칸막이벽을 설치하기는 쉽지 않다. 따라서 창문에 비하여 차음성능이 그다지 높지 않은 칸막이벽을 설치하게 되는데, 만약 창문의 차음성능과 칸막이벽의 차음성능이 동일하다고 하고 면적비가 $S_2/S_1 = 9$ 라 하면 식(7)로부터 창문의 투과손실 측정값은 실제 창문의 투과손실에 비하여 10 dB 작게 됨을 알 수 있다. 이러한 경우 시험방법[1-2]의 부속서에 규정된 보정 절차를 따라 창문의 차음성능을 보정하게 되지만 이 보정치는 최대 1.3 dB에 불과하다. 따라서 측정된 투과손실은 실제 값에 비하여 6.7 dB 작을 수밖에 없다. 시험규격에는 이 측정값을 시편의 투과손실 최소값으로 표현하도록 되어 있다.

3. 소형 창문의 차음성능 측정 예

소형 창문의 차음성능을 측정하기 위하여 칸막이벽으로 선박용 벽체구조(bulkhead, 그림 2 참조)를 이용하여 그림 3과 같이 직경 410 mm인 시편설치용 원형 개구부(면적 0.132 m²)를 제작하였다. 제작된 벽체구조를 개구부의 크기가 4.2 m * 2.4 m인 잔향실에 설치하였다.

3.1 낮은 차음성능의 소형 창문

설치된 시편설치용 개구 면적의 경우 식(7)로부터 칸막이벽의 영향이 1 dB이하가 되기 위해서는 선박용 벽체구조의 투과손실은 시편보다 25 dB이상 커야 한다. 이 조건을 만족하기 위하여 시편설치용 개구부를 본 시험의 시편으로 선정하였다. 이 개구부는 뚫려져 있기 때문에 투과손실을 0인 창문으로 간주할 수 있다.

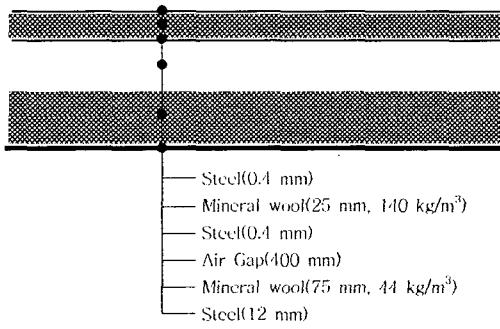


그림 2 설치된 선박용 벽체구조의 구성도

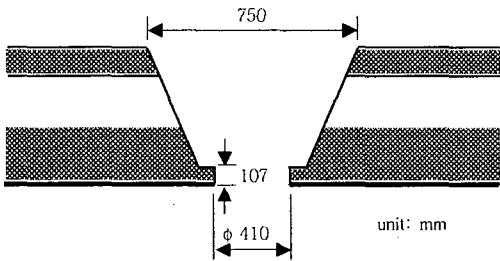


그림 3 구멍이 뚫어진 선박용 벽체구조

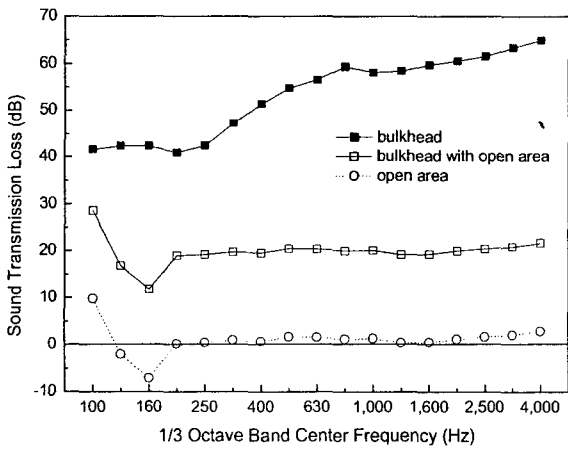


그림 4 선박용 벽체구조의 차음성능

그림 4는 측정결과를 보여주고 있다. 그림에서 선박용 벽체(그림 범례에서 bulkhead)와 개구부가 있는 선박용 벽체(그림 범례에서 bulkhead with open area)의 경우는 식(1)의 투과손실 계산시 잔향실 개구부 전체 면적(10.08 m²)을 시편 면적으로 고려한 것이고, 선박용 벽체에 뚫려진 개구부의 경우(그림 범례에서 open area)는 창문 설치용 개구부 면적(0.132 m²)을 시편면적으로 고려하여 차음성능을 측정된 것이다. 200 Hz이상의 주파수에서 측정된 개구부의 투과손실은 0에 근접함을 볼 수 있다. 그러나 160

Hz 이하의 주파수영역에서는 투과손실이 음수가 나오는 것을 볼 수 있는데 이는 구멍 깊이와 관련된 개구부 공간의 공진현상 때문인 것으로 판단된다.[4]

3.2 고차음성능의 소형 창문

그림 3의 벽체 개구면에 2가지 종류의 선박용 소형창을 설치하고 차음성능을 계측하였다. 설치된 창 구조는 아래와 같으며 측정결과는 그림 5~7에 나타나 있다.

- (1) window A: 15 mm Glass + 12 mm A/G + 6 mm Glass
- (2) window B: 15 mm Glass + 4 mm Glass + 12 mm A/G + 4 mm Glass + 4 mm Glass

그림 5는 잔향실 개구부 전체 면적을 시편 면적으로 고려하여 측정된 선박용 벽체와 각각의 창이 설치된 선박용 벽체의 투과손실을 보여주고 있다. 그림에서 측정된 투과손실들이 315 Hz 이하의 주파수영역에서는 거의 같음을 볼 수 있다. 그림 6~7은 창문 면적(0.132 m²)만을 고려하여 계측한 투과손실(그림 범례에서 measurement)과 그림 5의 측정값과 식(2) 및 (3)을 이용하여 창문의 투과손실을 역으로 계산한 값(그림 범례에서 calculation)을 보여주고 있다. 이 계산결과는 창문이 설치되지 않은 벽체의 차음성능이 설치된 후보다 반드시 큰 경우에만 유효하다. 또한 두 차음성능간의 차이가 크지 않을 경우 계속적으로 취급될 수 있는 0.1 dB의 변화에도 계산된 창문의 차음성능이 매우 민감하게 변화한다. 그림 6~7의 계산결과(그림 범례에서 calculation)에서 315 Hz이하의 주파수영역에서 그 값이 표시되지 못하였거나 특이한 값(예를 들면 그림 6에서 250 Hz)을 보이는 이유는 여기에 있다. 그림 7의 계산결과(그림 범례에서 calculation)에서 2500 Hz 이상의 주파수에서 특이한 현상이 보이는 이유 또한 동일하다. 같은 방법으로 그림 4의 측정결과로부터 뚫려있는 개구부의 차음성능을 계산해보면 측정된 값(그림 4에서 open area)과 동일하게 나오는 것을 확인할 수 있다. 이로부터 그림 5에서 창문이 설치되지 않은 경우와 설치된 경우간의 투과손실차가 비교적 큰 주파수 영역, 즉 그림 6에서는 400 Hz 이상, 그림 7에서는 400 Hz ~ 2000 Hz 영역에서는 계산결과가 보다 신뢰성 있는 값을 판단할 수 있다. 이 주파수영역에서 측정결과들은 항상 각각의 계산결과보다 작다는 사실을 볼 수 있다. 이는 2장에서 언급하였던 고차음성능의 소형 창문의 경우 측정된 창문의 투과손실은 실제적인 창문의 투과손실보다 작게 된다는 사실과 동일한 결과이다.

4. 결론

본 논문에서는 소형 창문의 차음성능을 측정할 때 잔향실 개구부에 설치되는 칸막이벽의 차음성능에 따른 영향을 고찰하였다. 소형 창문의 차음성능을 정확하게 측정하기 위해서는 시편의 크기가 작을수록 칸막이벽의 차음성능이 더욱 커져야 함을 확인하였다. 전체 잔향실 개구부 면적에 대한 시편의 면적비가 0.1인 경우 칸막이벽이 시편에 비하여 15 dB 이상 큰 차음성능을 가져야만 칸막이벽은 영향을 1 dB 이하로 줄일 수 있다.

선박용 소형 창문과 같이 고차음성능을 가진 소형시편의 경우 칸막이벽을 15 dB이상 크게 유지하기는 쉽지 않다. 따라서 측정된 결과는 항상 실제 차음성능보다 낮은 값을 얻게 된다. 따라서 소형 창문의 차음성능 측정결과를 실내/외로 투과되는 소음해석에 활용한다는 측면에서 볼 때, 소형 창문만의 차음성능을 측정하려 하기보다는 소형 창문을 포함한 전체 벽체시스템의 차음성능을 계측하여 이용하는 것이 보다 의미 있을 것으로 판단된다.

후 기

본 연구는 한국기계연구원 기본사업인 “자기부상열차 주행성능 시뮬레이터 개발”과제의 연구결과에 일부임을 밝히며, 실험에 도움을 주신 (주)삼공사에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- (1) KS F 2808:2001 건물부재의 공기 전달음 차단 성능 실험실 측정방법, 2001
- (2) ISO 440-3:1995 Acoustics-Measurement of sound insulation in buildings and of building elements-Part 3: Laboratory measurements of airborne sound insulation of building elements, 1995
- (3) Leo L. Beranex, 1988, Noise and Vibration Control, revised edition, Institute of Noise Control Engineering.
- (4) Hyun-Ju Kang, Jae-Seung Kim, Hyun-Sil Kim, and Sang-Ryul Kim, "Influence of sound leaks on *in situ* sound insulation performance," Noise Control Eng. J. 49(3), 2001.

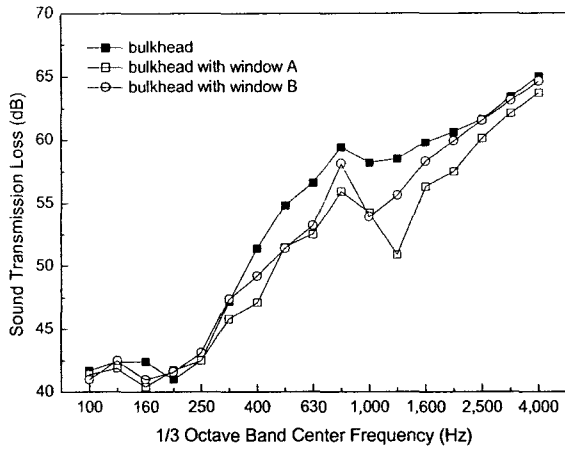


그림 5 창문이 설치된 선박용 벽체구조의 차음성능

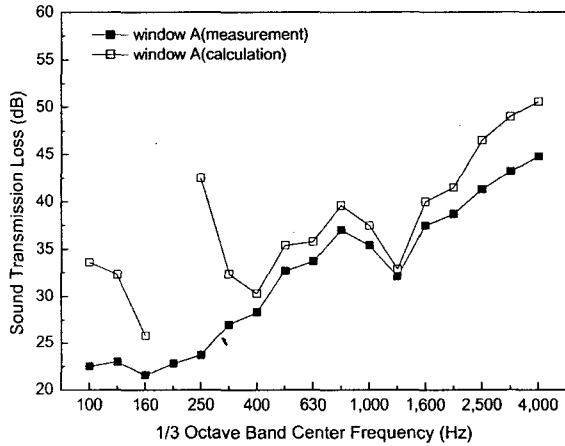


그림 6 창문 A의 차음성능

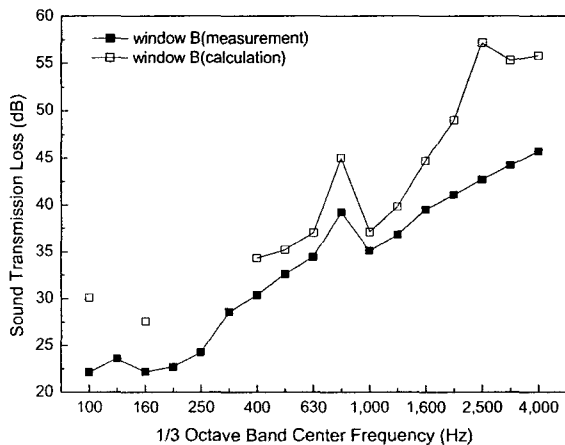


그림 7 창문 B의 차음성능