creative commons

COMMONS DEED

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

초 록

자동차는 대시패널을 이용하여 소음원이 있는 엔진룸과 탑승자가 있는 차실을 구분한다. 이 때 대시패널에는 운전에 필요한 계기판들을 위해서 도선이 지나갈 수 있는 구멍이 뚫리게 되고, 엔지니어는 그로멧을 이용하여 도선을 감싸고, 대시패널의 구멍을 막는다. 그리고 이를 통해서 구멍으로 인해 대시패널의 투과 손실이 낮아지는 것을 막는다. 본 연구에서는 대시패널 그로멧의 투과 손실 개선을 위해 실험적인 방법 뿐 만 아니라 통계적 에너지 해석법을 이용하여 대시패널의 구조를 분석해보았다. 그리고 최종적으로 차량용 대시패널의 투과 손실을 높일 수 있는 새로운 구조에 대해서 제안하고자 한다.

주요어 : 그로멧, 투과 손실, 통계적 에너지 해석법

학 번 : 2016-20698

목 차

초 록 ····· i
목 차 ····· ii
표 목 차 ····· iv
그 림 목 차 ····· v
1. 서 론 ····· 1
2. 관련 이론 ····· 3
2.1 머리말 ····· 3
2.2 통계적 에너지 분석법 ····· 3
2.2.1 Three-coupled system ····· 4
2.2.1.1 SEA를 이용한 투과 손실의 계산 ····· 5
3. 그로멧의 투과 손실 측정 ····· 8
3.1 머리말 ····· 8
3.2 투과 손실 측정법 ····· 8
3.2.1 측정 장비 개략도 ····· 9
3.2.2 측정 장비 ····· 9
3.2.3 패널 세팅 ····· 10
3.2.3.1 Homogeneous panel ····· 10
3.2.3.2 Composite panel ····· 11
3.2.3.3 주의사항 ····· 12
3.2.4 측정방법 ····· 13

3.3 데이터의 계산 ····· 13
3.3.1 패널의 투과 손실의 계산 ····· 13
3.3.2 그로멧의 투과 손실의 계산 ····· 14
3.3.3 주의사항 ····· 15
4. 구조 분석을 통한 투과 손실의 해석 ····· 16
4.1 그로멧의 단면 구조를 이용한 모델링 ····· 16
4.1.1 주의사항 ····· 17
4.2 Acoustic cavity 생성 ····· 17
5. 결과 ····· 19
5.1 그로멧의 투과 손실 측정 결과 ····· 19
5.1.1 측정 결과 ····· 19
5.1.2 단면 구조에 따른 그로멧의 분류 ····· 20
5.2 SEA를 이용한 투과 손실 해석 결과 ····· 21
5.2.1 고무 두께에 따른 TL 변화 ····· 21
5.2.2 Air gap 두께에 따른 TL 변화 ····· 23
5.2.3 그로멧 구조에 따른 TL 변화 ····· 24
6. 결론 ····· 26
Appendix. 개별 그로멧의 투과 손실 곡선 ····· 28
참고문헌 ····· 32
Abstract ····· 33

표 목 차

표 3.1 Frequency range of spacer ····· 13

표 5.1 Overall level of grommet a ~ i ····· 20

표 5.2 Classification of grommets ····· 21

표 5.3 Overall level according to rubber thickness change ····· 22

표 5.4 Overall level according to air gap thickness change ····· 23

표 5.5 Overall level according to grommet structure change ····· 25

표 6.1 Comparison between experiment and simulation ····· 27

그 림 목 차

그림 2.1 Diagram of three-coupled system ····· 4
그림 2.2 Schematic diagram of concept ····· 5
그림 3.1 Schematic diagram of measurement ····· 9
그림 3.2 Cross section of homogeneous panel ····· 10
그림 3.3 Homogeneous panel ····· 11
그림 3.4 Composite panel ····· 12
그림 4.1 Panel modeling by VA one ····· 16
그림 4.2 Acoustic cavity ····· 18
그림 5.1 Transmission loss of grommet a ~ i ····· 19
그림 5.2 TL according to rubber thickness change ····· 22
그림 5.3 TL according to air gap thickness change ····· 23
그림 5.4 TL according to grommet structure change ····· 24
그림 a Transmission loss of grommet a ····· 28
그림 b Transmission loss of grommet b ····· 28
그림 c Transmission loss of grommet c ····· 29
그림 d Transmission loss of grommet d ····· 29
그림 e Transmission loss of grommet e ····· 29
그림 f Transmission loss of grommet f ····· 30
그림 g Transmission loss of grommet g ····· 30
그림 h Transmission loss of grommet h ····· 30

그림 i Transmission loss of grommet i ····· 31

1. 서 론

자동차는 대시패널에 의해서 air-borne noise의 noise source인 엔진룸과 탑승자가 있는 차실로 구분된다. 그리고 대시패널은 엔진에 의해서 발생되어 탑승자에게 전달되는 소음을 차단하는 역할을 수행한다. 그러나 운전자에게 필요한 각종 운전 정보를 전달하기 위해서 계기판들이 설치되어야하고, 이 정보를 전기적으로 전달하기 위해 각종 도선들이 대시패널을 통과하게 된다. 이런 과정에서 생기는 여러 구멍들로 인하여 대시패널의 투과 손실은 구멍이 뚫리기 전과 비교하여 크게 감소하게 된다. 이러한 점을 보완하기 위해서 대시패널에서 도선이 지나가는 부분을 그로멧이라고 불리는 고무재질의 마개를 통하여 도선을 감싼 후 막아주게 된다. 그리고 이렇게 대시패널의 구멍을 막아서 구멍으로 인해 전체 대시패널의 투과손실이 떨어지는 폭을 저감시키게 된다.

전체 대시패널의 면적과 비교해보면 그로멧이 차지하는 면적은 낮은 면적비율을 가지고 있기 때문에, 즉 도선이 통과하는 면적이 작기 때문에 이 부분을 사소한 부분으로 간과하고 넘어 갈 수 있다. 하지만 전체 패널에서 매우 조그만 크기의 구멍이 뚫려 있어도 이 구멍으로 인해 낮아지는 투과 손실의 폭이 크기 때문에, 이러한 소음 투과 문제는 탑승자의 승차감과 직결되는 문제이다. 따라서 그로멧을 통하여 구멍 뚫린 대시패널의 투과 손실을 높여주는 것은 매우 중요한 문제라고 생각 할 수 있다.

그렇기 때문에 본 연구에서는 그로멧의 투과 손실을 결정짓는 요인들에 어떤 것들이 있는지 알아보고, 그로멧의 투과 손실을 개선하기 위해서는 그로멧의 구조가 어떤 구조를 가지고 있어야 하는지 연구하였다. 또한 실제 사용되고 있는 그로멧의 투과 손실을 측정하고, 이 그로멧들의 구조를 단면 분석을 통하여 해석적으로 모델링함으로써 대시패널에 사용되는 그로멧의 투과 손실을 향상시키기 위한 개선방안을 제시하고자 한다. 2장에서는 그로멧의 투과 손실 모델링 및 해석을 위한 통계적 에너지 해석법(SEA)에 대하여 알아보았다. 3장에서는 Sound intensity method를 이용하여 실제 차에서 사용되는 그로멧의 투과 손실을 측정하였고, 단면을 통해서 구조를 분류해보았으며 4장에서는 이 구조와 SEA 상용 프로그램을 이용하여 그로멧의 투과 손실을 향상시키기 위한 조건에 대해서 알아보았다. 이를 토대로 그로멧의 투과 손실을 개선하기 위한 개선 방안을 제안하였다.

2. 관련 이론

2.1 머리말

이 장에서 다룰 내용은 통계적 에너지 해석법(Statistical Energy Analysis, SEA)에 대하여 소개를 하는 내용이다. 본 연구에서는 시뮬레이션 프로그램으로 ESI Group에서 제작한 VA one이라는 프로그램을 사용하는데, 이 프로그램에서는 통계적 에너지 해석법을 이용하여 설정된 공간 안에서 전파되는 음향 에너지의 흐름을 해석하고 원하는 결과를 계산한다. 특히 통계적 에너지 해석법과 VA one이라는 시뮬레이션 프로그램은 4장에서의 시뮬레이션을 위해서 모델링하고, 투과 손실을 해석하는 것에 있어서 매주 중요한 내용이기 때문에 이 장에서 전체 논문과 관련된, 기반이 되는 이론을 이해하기 위해서 우선적으로 SEA의 내용중 본 연구에서 필요한 부분인 Three-coupled system과 이를 이용하여 투과 손실을 계산하는 방법에 대해서 알아보도록 한다.

2.2 통계적 에너지 분석법

통계적 에너지 분석법은 하나의 subsystem에서 에너지의 흐름이 균일하다는 가정하에 음향과 진동에너지의 확산을 분석하는 방법으로, 3~400Hz 이상의 중고주파 영역에서 air-borne noise에 기인한 소음을

해석하기 위해 사용하는 기법이다. subsystem에서의 에너지 흐름을 추적하여 복잡한 형상을 가지는 시스템의 투과 손실을 넓은 주파수 대역에서 간단한 모델링을 통하여 알아볼 수 있다.

따라서 그로멧 같이 복잡한 형상을 가지고 있는 물체도 간단한 모델링을 통해서 중고주파대역에서의 진동, 음향학적 특성을 알아볼 수 있다.

2.2.1 Three-coupled system

본 연구에서는 소음원이 존재하는 공간인(Source room) 엔진룸, 탑승자가 존재하는 공간인(Receiver room) 차실, 그리고 그 사이를 막으며 엔진룸에서 차실로 소음을 전달하는 경로인(Path) 대시패널이 존재하므로 SEA를 이용하여 모델링 할 경우, Three-coupled system으로 모델링이 가능하다.

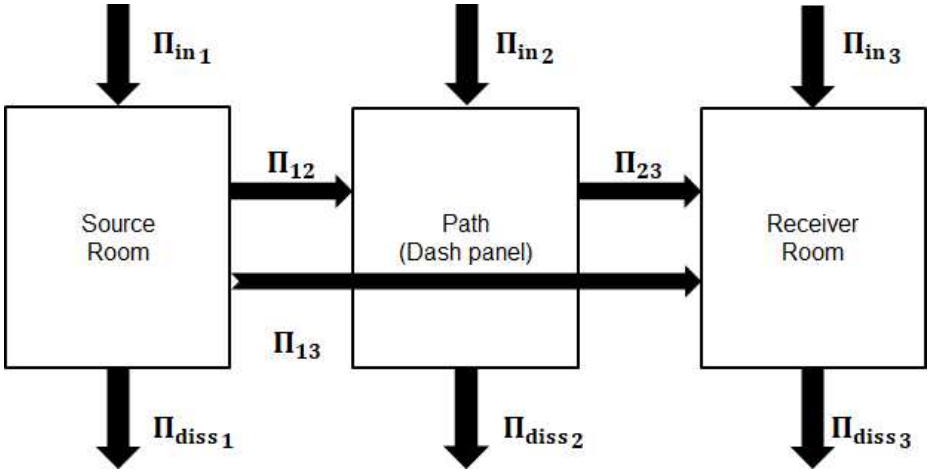

그림 2.1 Diagram of three-coupled system

이 다이어그램에서 보이는 에너지 흐름을 식으로 표현하면,

$$\Pi_{in_1} = \Pi_{diss_1} + \Pi_{12} + \Pi_{13}$$

$$\Pi_{in_2} = \Pi_{diss_2} + \Pi_{21} + \Pi_{23}$$

$$\Pi_{in_3} = \Pi_{diss_3} + \Pi_{31} + \Pi_{32}$$

으로 나타낼 수 있는데, 에너지 흐름을 모달에너지와 damping loss factor를 이용하여 상관관계로 표현하면 음원실(Source room) 대비 수음실(Receiver room)의 에너지가 표현 가능해지므로 투과 손실을 구할 수 있다.

2.2.1.1 SEA를 이용한 투과 손실의 계산

그림 2.1을 실제 실험실 상황에 맞게 개략도로 표현하면 그림 2.2와 같다.

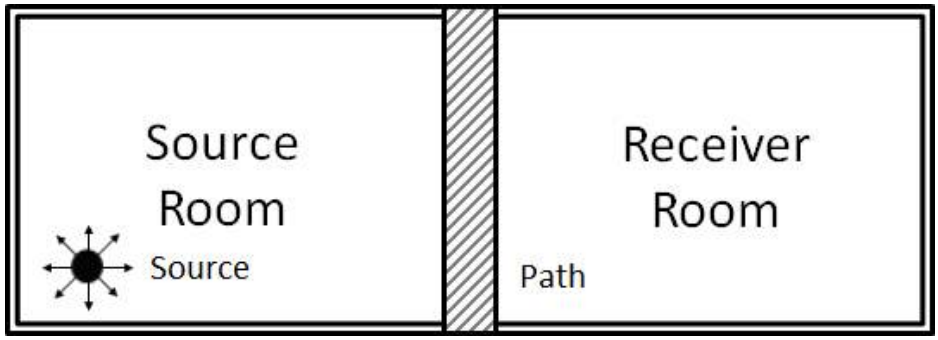

그림 2.2 Schematic diagram of concept

이 상황은 system의 input power가 Source room에만 존재하고 나머지는 없는 상황이므로

$$\Pi_{in_2}, \Pi_{in_3} = 0$$

이 된다. 또한 앞선 2.2.1 에서의 식을 damping loss factor와 주파수, modal energy에 관한 식으로 변환하면,

$$\Pi_{in_1} = \omega\eta_1 E_1 + \omega\eta_{12} n_1 (\frac{E_1}{n_1} - \frac{E_2}{n_2}) + \omega\eta_{13} n_1 (\frac{E_1}{n_1} - \frac{E_3}{n_3})$$

$$\Pi_{in_2} = \omega\eta_2 E_2 - \omega\eta_{12} n_1 (\frac{E_1}{n_1} - \frac{E_2}{n_2}) + \omega\eta_{23} n_2 (\frac{E_2}{n_2} - \frac{E_3}{n_3})$$

$$\Pi_{in_3} = \omega\eta_3 E_3 - \omega\eta_{13} n_1 (\frac{E_1}{n_1} - \frac{E_3}{n_3}) - \omega\eta_{23} n_2 (\frac{E_2}{n_2} - \frac{E_3}{n_3})$$

이 된다. 이때

$$\frac{E_1}{n_1} \gg \frac{E_3}{n_3}$$

이라는 가정 하에서 E_3/E_1을 구해보면,

$$\frac{E_3}{E_1} = \frac{\eta_{13} + \eta_{rad}^2 (\frac{n_2}{n_1}) / (\eta_{int} + 2\eta_{rad})}{\eta_3 + (\frac{n_1}{n_3})\eta_{13} + (\frac{n_2}{n_3})\eta_{rad}}$$

의 관계가 성립함을 알 수 있고, 이를 이용하여 Path에 의한 투과 손실을 구해보면,

$$TL = 10\log\frac{E_3}{E_1} + 10\log\frac{A_p c T_3}{24 V_3 \ln 10}$$

가 성립함을 알 수 있다.

본 연구에서는 투과 손실 데이터를 측정함에 있어서는 이 관련 이론에서의 상황처럼 잔향실-잔향실 방법이 아닌 잔향실-무향실 방법으로 Sound intensity method를 이용하여 측정하지만, 모델링 함에 있어서는 위 상황과 같이 모델링하여 통계적 에너지 해석법으로 투과 손실을 구한 후 해석을 진행하였다.

3. 그로멧의 투과 손실 측정

3.1 머리말

이 장에서는 실험을 통하여 직접 그로멧의 투과 손실을 측정하기 위한 측정 방법을 다루고 있다. 그로멧의 투과 손실은 음향 투과 손실을 측정하기 위한 여러가지 국제 표준을 기준으로 하여 sound intensity method를 이용하여 측정한다. 그러나 일반적인 패널의 투과 손실 측정과정과는 달리 그로멧이 결합된 특수한 패널의 투과 손실을 측정하는 것이기 때문에 그로멧의 결합 과정에서 생기는 추가적인 sound leakage같은 것을 방지해 주기 위해서 추가적인 sealing이 필요하게 된다. 그렇기 때문에 이 장에서는 단순히 투과 손실을 어떻게 측정하는지에 대해서 다루는 것뿐만 아니라, 본 연구를 진행하면서 어떤 방식으로 그로멧과 패널 사이에서 생기는 sound leakage를 처리하였는지에 대해서도 다루고 있다.

3.2 투과 손실 측정법

음원실로는 잔향실을 이용하여 Sound diffuse field를 조성하고, 수음실로는 반무향실을 만들어 Semi free field를 조성한 후 Sound intensity method를 이용하여 투과손실을 측정한다.

3.2.1 측정 장비 개략도

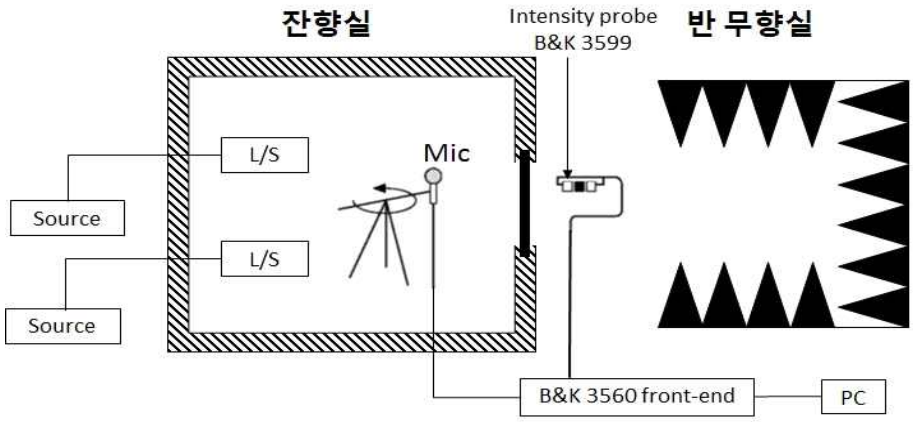

그림 3.1 Schematic diagram of measurement

그림 3.1과 같이 잔향실에는 Loudspeaker 2대를 설치하여 sound diffuse field를 조성한 후 booming microphone을 회전시켜 잔향실의 음압을 측정한다. 한편 반무향실에서는 Intensity probe를 이용하여 투과음의 Sound intensity를 측정하고, 두 데이터를 이용하여 잔향실과 반무향실 사이에 설치된 패널의 투과 손실을 구한다.

3.2.2 측정 장비

본 연구에서는 그로멧의 투과 손실 측정을 위해서 B&K Sound intensity probe, B&K Pulse analyzer, 잔향실, 반 무향실, B&K 1/2“ microphone, NEXUS, QSC社 Loudspeaker 2대, microphone calibrator, sound intensity probe calibrator 등이 사용되었다.

3.2.3 패널 세팅

그로멧의 투과 손실 값은 두 종류의 패널의 투과 손실을 측정하여 면적 가중치를 이용한 계산을 통해서 얻게 되는데, 이 때 필요한 두 가지 종류의 패널은 Homogeneous panel과 Composite panel이라고 부르며 이에 대한 설명은 아래와 같다.

3.2.3.1 Homogeneous panel

충분히 높은 투과 손실 값을 가지며, 측정 면적의 어느 지점에서든지 투과 손실이 균일한 panel로, 본 연구에서는 Homogeneous panel의 구성으로 (음원실) - 2t steel panel - 20t 85K PU foam - 5t Heavy layer - 7t PET felt - 1.5t steel panel - (수음실) 의 구성을 가지고 실험을 하였다.

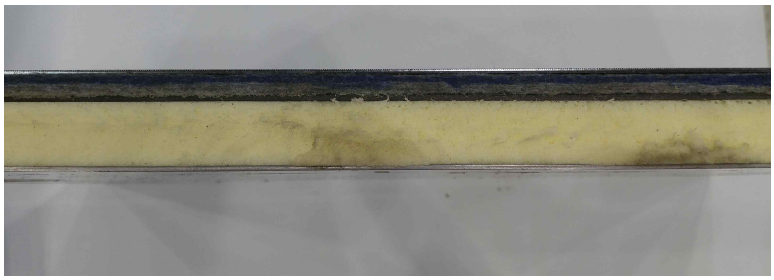

그림 3.2 Cross section of homogeneous panel

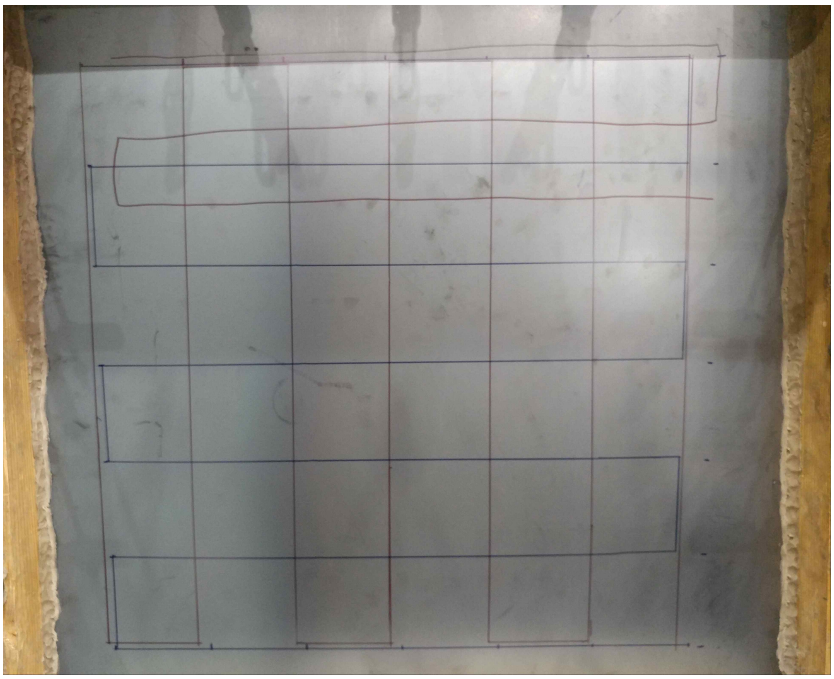

그림 3.3 Homogeneous panel

3.2.3.2 Composite panel

Homogeneous panel과 같은 구성을 가지는 패널이지만 패널의 정중앙에 그로멧 결합이 가능한 구멍이 뚫려 있어 그로멧을 결합시킨 패널을 일컫는다. 그로멧 결합 시에는 패널의 단면부분과 그로멧 결합부 사이를 스펀지테이프와 Heavy Layer, 그리고 유점토를 이용하여 빈틈 없이 마감해줌으로써 별도의 sound leakage가 발생하지 않도록 유의한다.

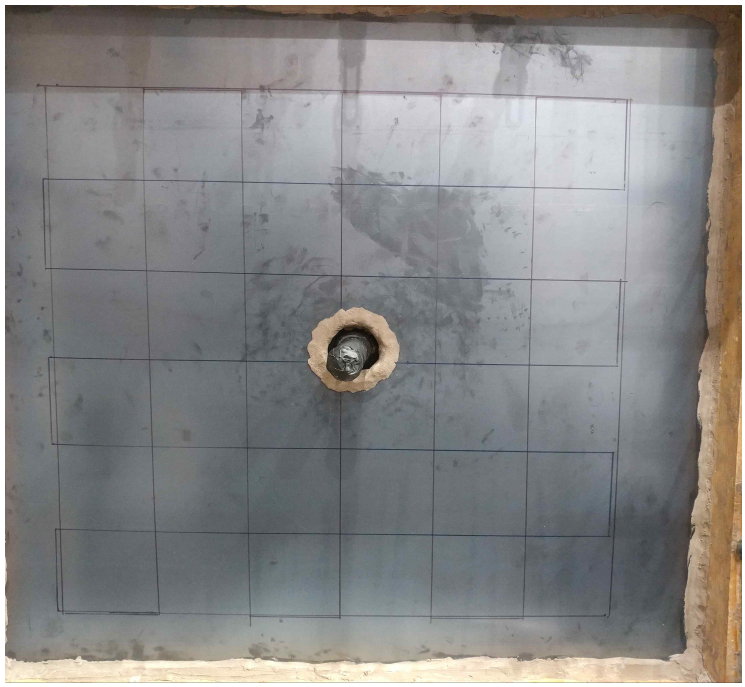

그림 3.4 Composite panel

3.2.3.3 주의사항

Panel을 음원실과 수음실 사이에 설치할 때, Clamp를 이용하여 고정하는데, 이 때 지나치게 강하게 고정하여 패널에 별도의 하중이 가해지지거나 변형이 일어나지 않도록 유의한다.

3.2.4 측정 방법

0.84 × 0.84㎡ 크기의 시편에 일정한 간격으로 측정점을 두어 인텐시티를 측정하거나, panel을 전체적으로 ㄹ자 모양을 그리면서 스캐닝하며, 수음실 쪽에서 투과음의 반사가 최소화 될 수 있도록 흡음 wedge를 설치하여 반무향실을 조성한다. 그리고 이때, intensity probe는 spacer의 길이를 조정하여 필요한 주파수 범위에 맞게 사용하는데, spacer의 종류는 3개가 있으며 각 spacer의 주파수 범위는 표 3.1 과 같다.

spacer 종류	측정 가능한 주파수 범위
8.5 mm	20 Hz ~ 6300 Hz
12 mm	20 Hz ~ 5000 Hz
50 mm	20 Hz ~ 1250 Hz

표 3.1 Frequency range of spacer

3.3 데이터의 계산

3.3.1 패널의 투과 손실의 계산

측정된 sound pressure data와 sound intensity data는 sound intensity method를 이용하여 투과 손실 값을 얻는다.

잔향실 내의 확산음장에서의 인텐시티 I_i는 아래와 같은 식을 이용하여 구한다.

$$I_i = \frac{p_{rms}^2}{4\rho c}$$

여기서 p_{rms} 는 공간평균을 통해 구한 제곱평균 음압이고, ρ 는 공기의 밀도이며, c 는 음속이다.

그리고 반무향실에서 측정한 sound intensity data I_t를 이용하여 아래의 식으로 투과 손실을 계산한다.

$$TL = 10\log(I_i / I_t)$$

3.3.2 그로멧의 투과 손실 계산

3.2.1의 방법을 이용하여 Homogeneous panel과 Composite panel의 투과 손실을 구한다. 그리고 각각의 panel에 대한 Transmission Coefficient (투과 계수)를 구한다.

$$\tau_{cmp} = \frac{1}{10^{\frac{TL_{cmp}}{10}}},\ \tau_{hgp} = \frac{1}{10^{\frac{TL_{hgp}}{10}}}$$

그리고 그로멧의 투과 계수는 아래와 같이 면적에 대한 가중치를 이용하여 구한다.

$$\tau_{grm} = \frac{\tau_{cmp} - \tau_{hgp}\dfrac{A_{hgp}}{A_{tot}}}{\dfrac{A_{grm}}{A_{tot}}}$$

이를 통하여 최종적으로 얻어지는 그로멧의 투과 손실은 다음과 같다.

$$TL_{grm} = 10\log\frac{1}{\tau_{grm}}$$

3.3.3 주의 사항

이론적으로 그로멧이 설치된 Composite panel의 투과 손실은 Homogeneous panel보다 낮거나 같다. 그러나 간혹 Homogeneous panel 보다 높은 경우가 있는데, 이런 경우는 그로멧의 재료적 특성에 의해서 발생하게 된다. 저주파 대역에서 Homogeneous panel과 Composite panel의 STL 차이가 1.5dB 이하, 혹은 Composite panel의 STL이 더 높은 경우 Composite panel과 Homogeneous panel 의 STL을 같게 하여 그로멧의 투과 손실을 계산하도록 한다.

4. 구조 분석을 통한 투과 손실의 해석

4.1 그로멧 단면 구조를 이용한 모델링

그로멧의 단면 구조를 분석한 후 SEA 해석 프로그램인 ESI Group의 VA one을 이용하여 그로멧을 구성하는 주요 구성인 고무판과 공기층을 각각 패널로 모델링한다. 이 때, 고무 두께와 Air gap, 다중층 구조에 대하여 모델링을 진행하여 각각 조건의 변화에 따른 투과 손실의 변화에 대해서 해석하며, 패널의 전체 두께를 고정하고 내부 구성을 바꾸는 모델링을 통하여 각 구조간의 투과 손실 우열을 비교한다.

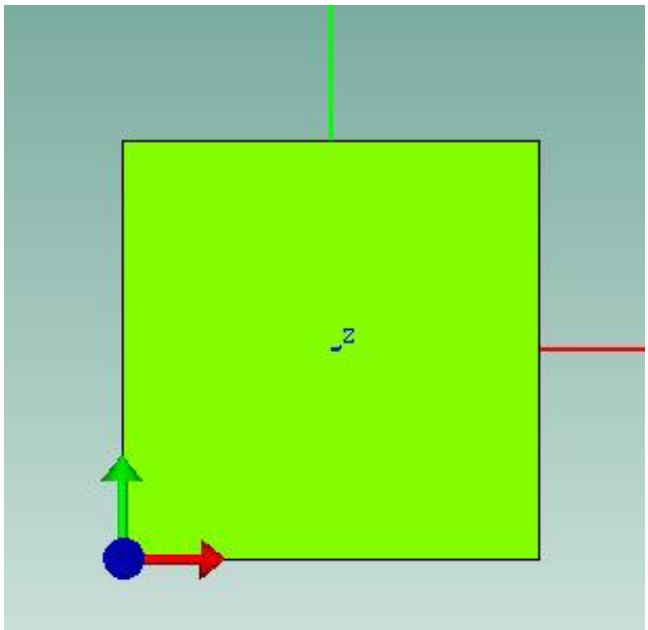

그림 4.1 Panel modeling by VA one

4.1.1 주의사항

이 연구에서는 그로멧을 모델링하기 위해서 패널로 가정하여 모델링을 진행, 투과 손실 값의 해석을 진행했는데, 실제 그로멧은 단순히 패널로 모델링하기에는 그 생김이 단순하지 않고, 중앙에 와이어링 도선 다발이 통과하는 등 복잡한 구조를 가지고 있기 때문에 해석값을 실제 측정값과 1:1로 매칭시키는 것은 조금 무리가 있다. 하지만, 그로멧에서 와이어링 도선 다발이 차지하는 면적과 본 연구에서 패널로 모델링한 면적의 비율을 고려해보건데 본 연구에서 모델링 한 부분이 그로멧의 투과 손실에 훨씬 큰 영향을 미치게 되므로 이 장을 통해서 나온 결과가 측정값과의 매칭에는 무리가 있을 수 있으나 그 경향성을 판단하는 데에 있어서는 충분한 판단 근거가 될 수 있을 것이라고 생각된다.

4.2 Acoustic cavity 생성

두 개의 Acoustic cavity를 생성하여 각각을 Source room, Receiver room으로 설정한 후 Source room에는 noise source를, Receiver room은 흡음률을 조정하여 정확한 TL 값을 얻을 수 있게 한다.

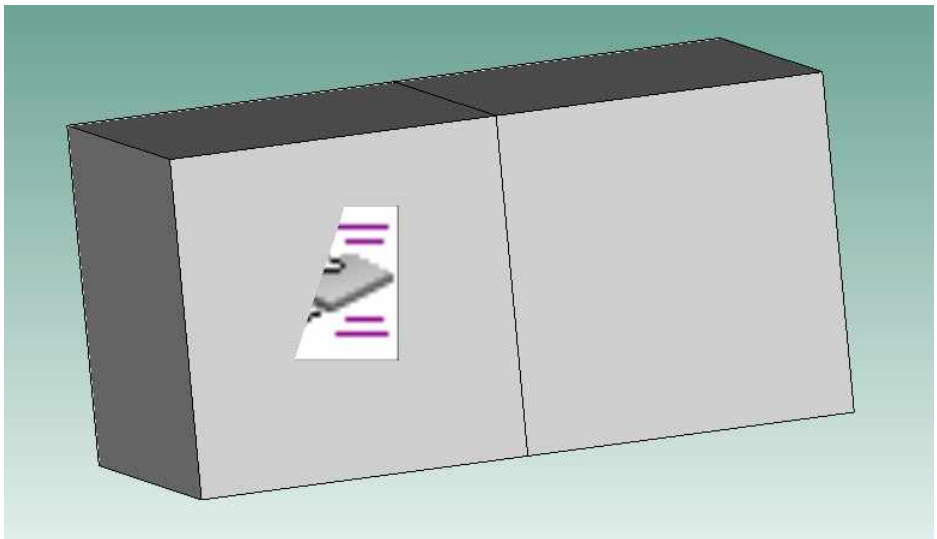

그림 4.2 Acoustic cavity

5. 결과

5.1 그로멧의 투과 손실 측정 결과

5.1.1 측정 결과

측정에 사용된 그로멧은 총 9종으로 그 측정 결과는 그림 5.1과 같으며, 편의상 그로멧 a~i로 칭한다. 각 그로멧의 투과 손실 능력을 평가함에 있어서는 투과 손실 곡선의 RMS 값인 Overall Level(O.L)의 계산을 통하여 비교를 진행한다.

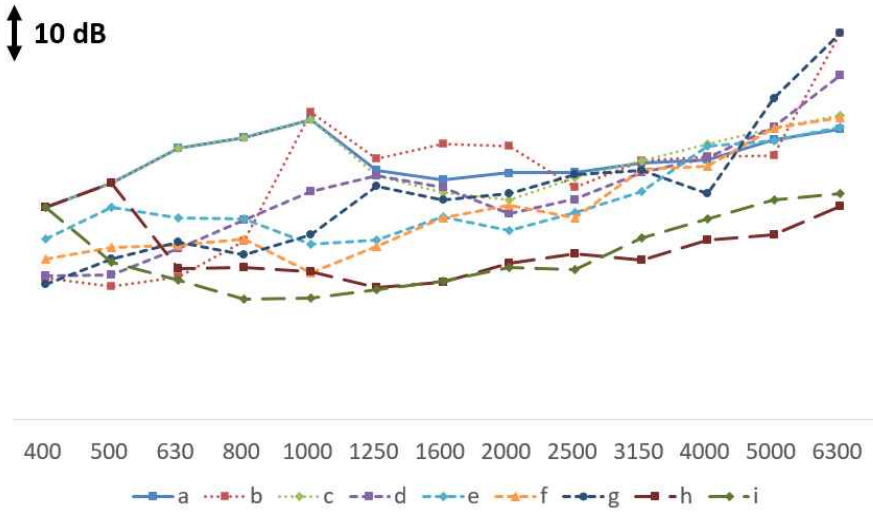

그림 5.1 Transmission loss of grommet a ~ i

※ 개별 그로멧의 투과 손실 곡선은 Appendix에 첨부

그로멧	Overall Level
a	50.13
b*	50.13
c	48.09
d	44.65
e	42.41
f	41.35
g	45.17
h	33.48
i*	32.56

표 5.1 Overall level of grommet
a ~ i

*: 플라스틱 커버가 있는 그로멧

5.1.2 단면 구조에 따른 그로멧의 분류

5.1.1에서 측정에 사용된 9종의 그로멧을 절단하여 단면 구조, 입사 및 반사면의 구조를 관찰 한 후 그로멧의 단면 구조를 통하여 얻을 수 있는 공통점을 중심으로 Type A~D로 정리한다. 이를 통해 알아본 결과는 표 5.2와 같다.

Type	단 면	그로멧	특이사항	O.L
A		a	이중 Air gap, 두꺼운 고무	50.13
B		b*, c	두꺼운 Air gap	49.11
C		d, e, f, g	얇은 Air gap, 입사면 슬릿	43.40
D		h, i*	얇은 고무막	33.02

표 5.2 Classification of grommets

*: 플라스틱 커버가 있는 그로멧

5.2 SEA를 이용한 투과 손실 해석 결과

각각의 요인을 변화시키며 해석 결과를 도출한 후 투과 손실 곡선의 RMS값인 Overall Level의 계산을 통하여 전체 투과 손실 레벨에 대한 비교를 진행하도록 한다.

5.2.1 고무 두께에 따른 TL 변화

패널을 고무로 모델링 한 후 고무의 두께를 10mm, 15mm, 20mm로 변화시키며 두께 변화에 따른 투과 손실의 변화를 시뮬레이션 한다.

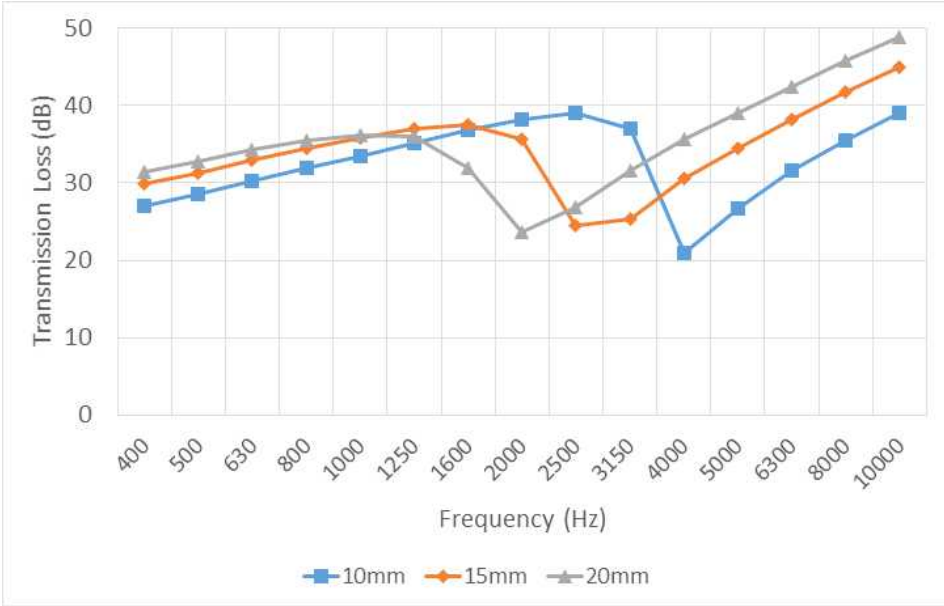

그림 5.2 TL according to rubber thickness change

고무 두께	10mm	15mm	20mm
Overall Level	33.15	34.70	36.03

표 5.3 Overall level according to rubber thickness change

그림 5.2와 표 5.3를 통하여 알 수 있듯이, Coincidence 효과에 의한 투과 손실의 감소를 제외하면 전체적으로 고무의 두께가 증가함에 따라서 투과 손실도 같이 증가함을 알 수 있다.

5.2.2 Air gap 두께에 따른 TL 변화

패널을 두 고무층 사이에 Air gap이 끼어있는 구조로 모델링 한다. 고무층의 두께를 입사면, 투과면 5mm로 고정 한 후 중간 Air gap의 두께를 10mm, 15mm, 20mm로 변화시키며 투과 손실의 변화를 시뮬레이션 한다.

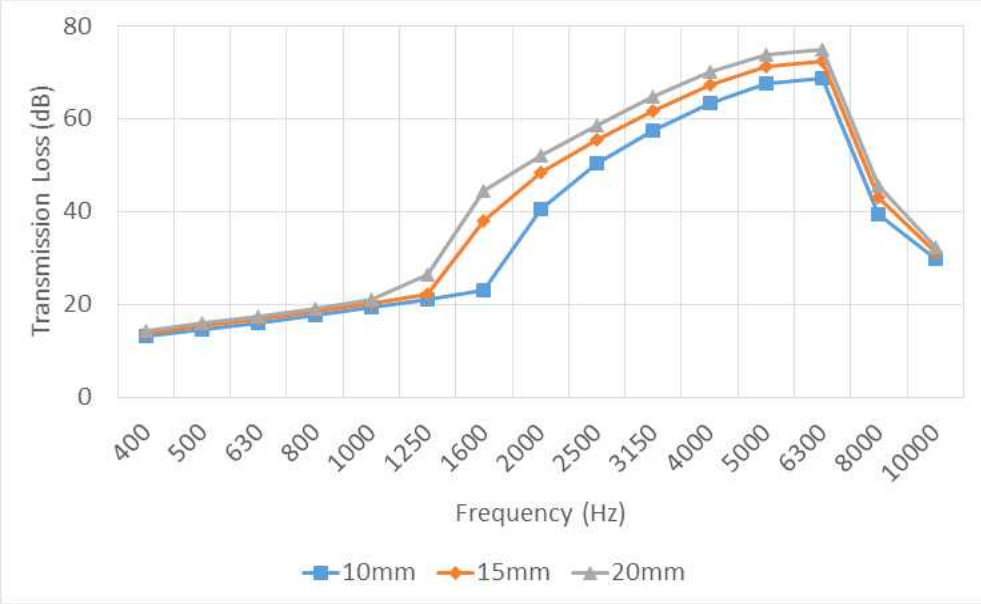

그림 5.3 TL according to air gap thickness change

Air gap 두께	10mm	15mm	20mm
Overall Level	41.25	45.02	47.43

표 5.4 Overall level according to air gap thickness change

그림 5.3과 표 5.4를 통하여 알 수 있듯이, 그로멧의 고무 부분의 두께를 고정시킨 상태에서는 전체적으로 Air gap의 두께가 두꺼워질수록 모델링한 패널의 투과 손실이 높아지는 것을 알 수 있었다.

5.2.3 그로멧 구조에 따른 TL 변화

그로멧(패널)의 전체 두께를 고정 시킨 후 내부의 구성을 순수한 고무 구조, Air gap이 있는 구조, 이중층으로 구성된 고무로 바꿔가며 같은 두께를 가질 때, 어떤 구성을 가지는 그로멧의 투과 손실이 높일 지에 대한 시뮬레이션을 한다. (이 때, 이중층 구조의 구성은 고무 3mm - Air gap 5mm - 고무 4mm - Air gap 5mm - 고무 3mm로 한다.)

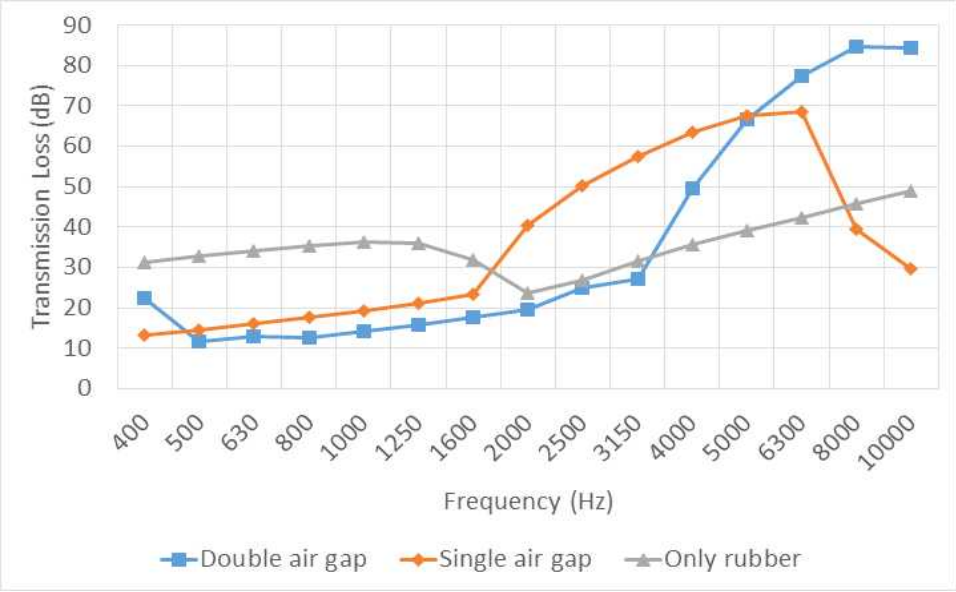

그림 5.4 TL according to grommet structure change

구조	Double air gap	Single air gap	Only rubber
Overall Level	45.17	41.25	36.03

표 5.5 Overall level according to grommet structure change

투과손실의 유불리에 있어서 각각 좋은 주파수대역과 안좋은 주파수 대역이 확연히 나타나지만, 단순 고무를 활용하여 두껍게 그로멧을 설계하는 것 보다 그로멧의 내부 구조를 복잡하게 바꿔가며 사이에 공기층을 다수 확보하는 구조가 투과 손실에 있어서 더 좋은 것을 알 수 있다. 특히 single air gap과 double air gap의 경우는 사용되는 총 고무의 두께와 총 air gap의 두께가 같음에도 불구하고 Overall level에서 차이를 보이는 것으로 보아 복잡한 다중층의 구조를 가질수록 투과손실이 높아진다는 사실을 알 수 있다.

6. 결　　론

본 연구에서는 대시패널의 투과 손실 보전을 위한 그로멧의 투과 손실 개선 방안에 대하여 연구하였다. 이를 위해 Sound intensity method를 이용하여 투과 손실을 측정하여 실제 사용되는 그로멧의 투과 손실을 측정 및 구조 분석을 하였고, 단면 구조를 바탕으로 SEA 해석을 통해 그로멧 투과 손실 향상을 위한 방안을 연구하였다.

그 결과, 그로멧에 사용되는 고무의 두께가 두꺼울수록, Air gap의 두께가 더 두꺼울수록 패널의 투과 손실이 더 높아진다는 사실을 알 수 있었다. 또한 5.2.3의 결과를 통해서 알 수 있듯이 그로멧을 구성할 때, 단순히 고무만을 사용하여 제작 하는 것이 아니라 내부에 Air gap을 주며, 다중층의 구조를 가질 때 그로멧이 더 높은 투과 손실을 갖는 다는 것을 알 수 있었다.

이 점에 대해서는 앞선 5.1.2의 결과인 그로멧의 단면 구조 분석을 통한 타입 분류를 통해서도 알 수 있는데, 복잡한 구조를 가지는 Type A가 B, C에 비해서 높은 투과 손실을 갖는 다는 것을 알 수 있었으며, 투과 손실 해석 결과의 Overall level의 순서도 실제 실험값의 순서인 A, B, C, D와 같다는 것을 알 수 있었다.

Type	A	B	C	D
O.L.	50.13	49.11	43.40	33.02
순위	1	2	3	4
구조	이중층	Air gap	고무	
O.L.	45.17	41.25	36.03	
순위	1	2	3	

표 6.1 Comparison between experiment and simulation

따라서 높은 투과 손실을 갖는 그로멧을 개발하기 위해서는 그로멧에 사용되는 고무의 두께를 높이고 Air gap의 두께를 두껍게 하는 것뿐만 아니라 구조를 구성함에 있어서도 Air gap과 고무막을 다중층으로 구성하는 것이 좋다고 판단된다.

Appendix. 개별 그로멧의 투과 손실 곡선

※ Transmission loss of grommet a ~ i

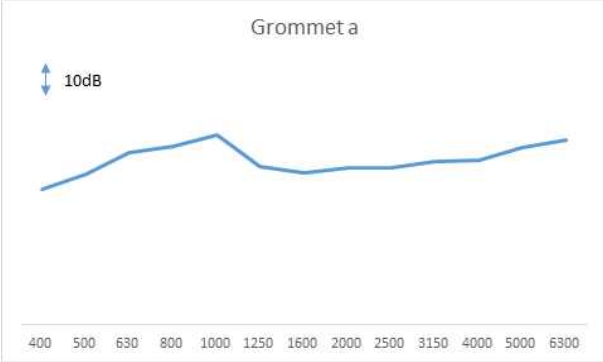

그림 a. Transmission loss of grommet a

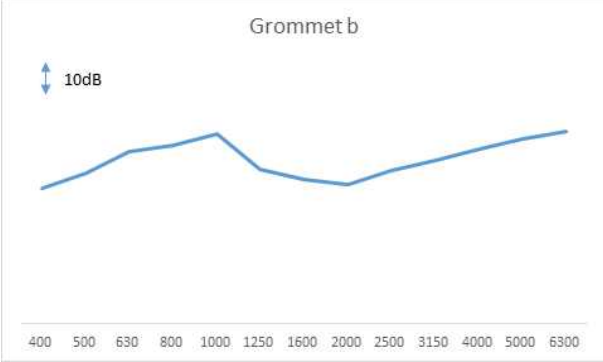

그림 b. Transmission loss of grommet b

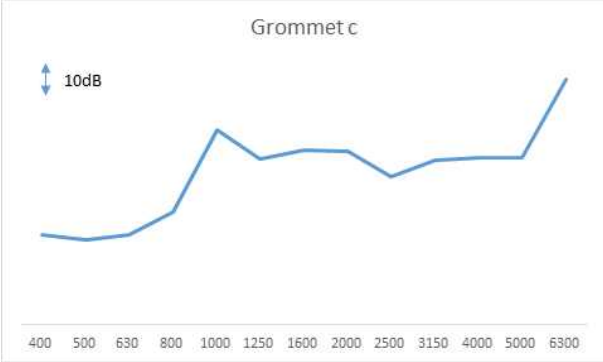

그림 c. Transmission loss of grommet c

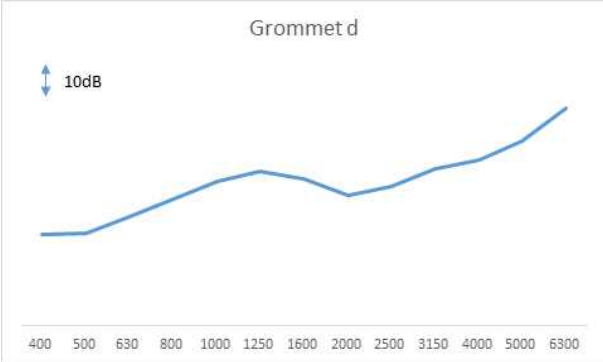

그림 d. Transmission loss of grommet d

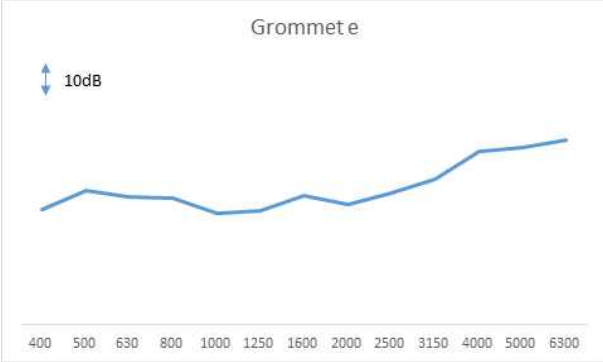

그림 e. Transmission loss of grommet e

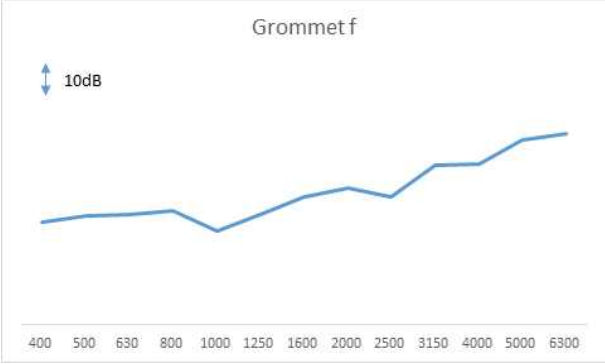

그림 f. Transmission loss of grommet f

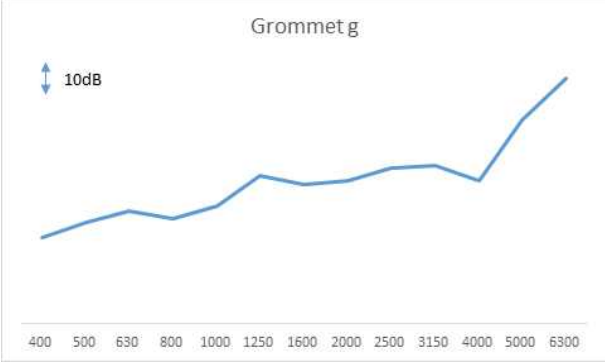

그림 g. Transmission loss of grommet g

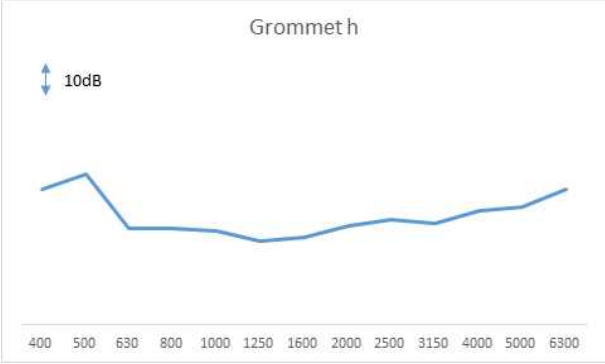

그림 h. Transmission loss of grommet h

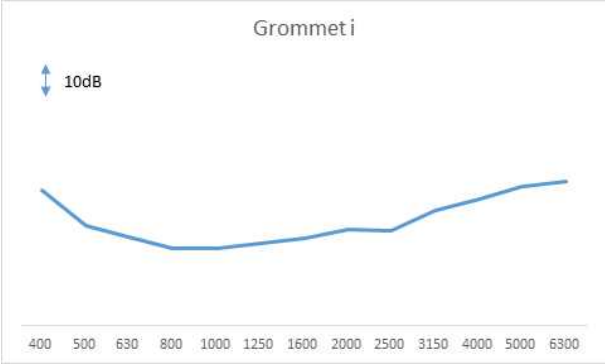

그림 i. Transmission loss of grommet i

참고문헌

(1) 오현철, et al. "SEA 해석을 통한 대시 흡차음재 중량 저감 성능 연구." 한국자동차공학회 춘 추계 학술대회 논문집 (2007): 1737-1741.

(2) Crocker, M. J., and A. J. Price. "Sound transmission using statistical energy analysis." Journal of Sound and Vibration 9.3 (1969): 469-486.

(3) ISO, ISO. "15186-1: 2000." Acoustics - Measurement of sound insulation in buildings and of building elements using sound intensity - Part 1 (2000): 1-20.

(4) ASTM, E. "Standard test method for laboratory measurement of airborne sound transmission loss of building partitions and elements." STC values (90).

Abstract

A study on improving sound transmission loss of vehicle dash panel grommet

Min Kyu, Lee
Mechanical Engineering
The Graduate School
Seoul National University

Vehicle uses dash panel to separate engine room with the noise source and the passenger cabin. In this time, some apertures must be holed on the dash panel for the lead to pass through. Engineers use grommets to wrap the wires and seal the holes in the dash panel to prevent decreasing of transmission loss of vehicle dash panel. In this paper, I studied the structure of the dash panel grommet in order to improve the transmission loss by analyzing it experimentally and by SEA method. Thus, a new structure for increasing the transmission loss of a vehicle dash panel grommet is proposed.

Keywords: Grommet, Sound Transmission Loss, Statistical Energy Analysis
Student Number: 2016-20698