

ACOUSTIC DESIGN

SOUND-Transmission

Sound Transmission

음파가 단일의 본체표면에 영향을 미칠 때 그것의 에너지의 일부는 흡수되거나 반사될 것이며 다른 일부는 본체를 통과해서 투과될 것이다. 이런 서로에 관련된 비율은 자연의 물질적인 영향력에 의존한다. 이러한 주제는 투과된 성분에 집중되어진다.

Transmission Loss

만약에 우리는 partition을 통해서 소리의 투과를 고찰한다면 우리는 공급하는 측면과 받는 측면의 소리 에너지를 정확히 측정할 수 있다. 우리는 더욱이 다음 식에서처럼 partition에 대한 투과율을 설명할 수 있다.

$$\tau = \frac{W_{rec}}{W_{src}}$$

Transmission Loss기간 또는 더 일반적인 Sound Reduction Index(SRI)는 한 물체가 통하는 전달로부터 음향레벨 결과의 감소를 표현하는 것에 사용된다. 이것은 다음의 식으로 나타낸다.

$$\begin{aligned} SRI &= 10 \log \left(\frac{W_{src}}{W_{rec}} \right) \\ &= 10 \log (1/\tau) \\ &= -10 \log (\tau) \end{aligned}$$

Composite Partitions

만약에 partition이 하나의 원소이상으로 구성되어진다면, (예를 들어, 벽과 partition속의 문과 창문) 투과율은 서로에 대한 구성성분의 투과 손실의 합이 그 지역의 중력의 평균으로 알아야한다. 만약에 그 partition을 n개의 원소로 분리한다면, 평균 투과율은 다음의 식으로 나타낸다.

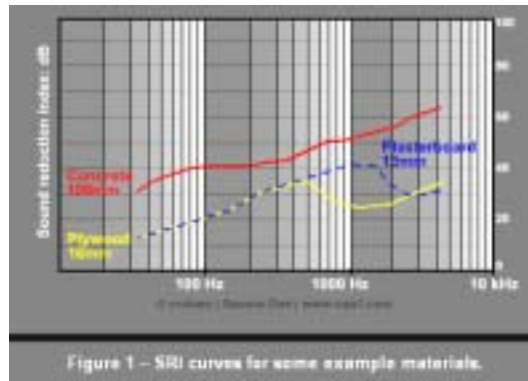
$$\tau_{avg} = \frac{\sum (A_n \tau_n)}{\sum A_n}$$

Thus:

$$SRI_{avg} = -10 \log (\tau_{avg})$$

Frequency Dependence

불행히도, 거의 모든 물질의 SRI는 자주 변한다. 그 주된 요인은 질량 법칙이며, 그 요인들은 Resonance 와 coincidence에 또한 기여한다. 더욱이 SRI 값은 일반적으로 아래의 그림 4에서 보여진 것처럼 그래프의 곡선으로 나타낸다. 그러나 dBA 또는 dBB의 sound weighting curves가 적용되어질 때 그것은 가능한 각각의 SRI값을 사용한다.



The Mass Law

명백히, 벽의 크기가 점점 더 커지면 점점 더 소리에너지는 운전하면서 그것을 조절하는 것을 필요로 한다. 두 겹의 partition의 질량에 그것을 통해 투과된 소리의 레벨은 6dB 줄어들게 된다. 이것을 mass law라고 말한다. 이것은 다음의 식에서 나타낸다.

$$R = 20 \log (2\pi f m / \rho_0 c) \text{ dB}$$

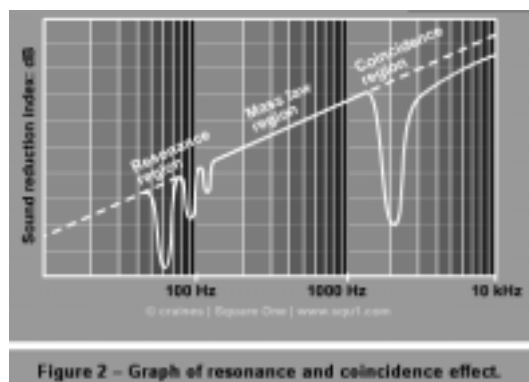
$$= 20 \log (f m) - 47 \text{ dB}$$

where
 f = the frequency (Hz),
 m = the mass per unit area (kg/m²), and
 $\rho_0 c$ = the characteristic impedance of air (basically, density times the speed of sound taken to be between 410 and 420 rays for 20°C and 1 atm).

그 mass law는 엄밀히 부드럽게 유연성의 partition에 적용되었다. 그러나 대부분의 물질들은 약간의 강성 또는 단단함을 지닌 건물에 사용되었다. 이러한 의미들은 다른 요인들은 실질적으로 고려되어야 하며 그 mass law는 단지 얻을 수 있는 감쇠의 양을 간략한 지침처럼 취할 수 있어야 한다.

Resonance and Coincidence Effects

보통 건물의 물질의 소리 감쇠는 mass, stiffness 그리고 damping 사이의 상호작용의 결과이다. 더욱이 mass law는 그림 1속에 보여진 것처럼 낮은 주파수의 resonance과 높은 주파수의 coincidence에 의해 영향을 받는다.

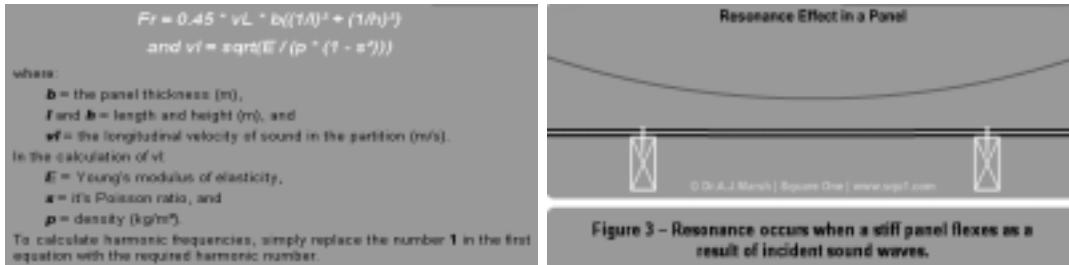


Stiffness Controlled Region

낮은 주파수의 전달은 대개 감폭과 적은 효과를 가진 크기인 단단한 벽에 의존한다. 소리전달의 감쇠의 효과적인 보강은 2중의 주파수 동안에 6dB에 의해 줄어든다.

Resonant Frequencies

조금 높은 공명 주파수의 벽은 그것의 전달 작용을 조절하게 되었다. 모든 panel은 제한된경계와 가장자리가 고정되어 있기 때문에 그것은 다른 것 보다 쉽게 진동하는 직권 자연주파수를 가지고 있다. 이러한 것을 공명주파수와 기본 주파수로 구성되고 고조파라는 이런 기본적인 병렬의 완전 체라고 부른다. 이런 기본적인 공명 주파수의 panel을 다음의 식에 의해서 계산할 수 있다.

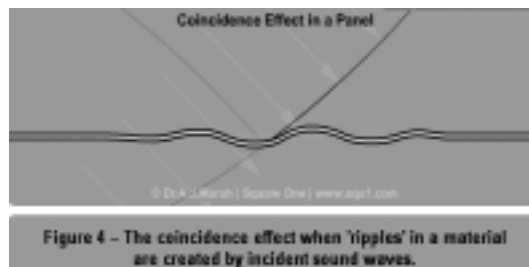


Mass Controlled Region

최저의 공명주파수에 훨씬 위에 있는 주파수는 벽에 assembly의 훨씬 더 작은 크기와 크기를 조절한 것처럼 움직이는 경향이 있다. 이것은 mass law의 직접적으로 적용할 수 있는 범위 내에 있다.

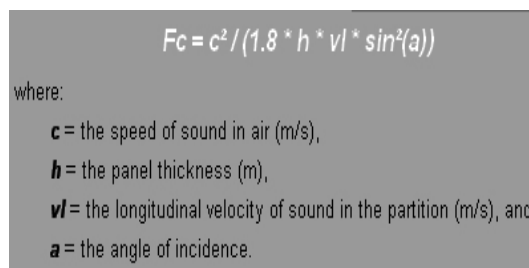
Critical Frequency and Coincidence

고주파수는 벽 또는 panel을 따라서 경도를 전도해서 나아가는 휨 또는 잔물결의 원인된다. 휨 물결의 파장은 하나의 주파수, 임계의 주파수, 같지 않은 간결한 파장, 다른 속도로 전도해 나아가는 다른 주파수의 휨 파장을 제외한 그것을 만들어낸 투사된 소리의 파장과는 다르다. 이것은 모든 주파수가 임계의 주파수 보다 위에 있다는 것을 의미한다. 그것은 휨 물결의 파장이 부딪치는 것은 소리의 파장과 같은 투사각도가 될 것이다. 이러한 상태는 coincidence처럼 알려져 있다.



coincidence가 발생할 때 그것은 한 측면의 panel에서 다른 쪽까지 훨씬 더 많은 효과적인 소리에너지의 전환을 가져올 것이다. 그러므로 임계의 주파수, 대부분의 얇은 물질들의 coincidence 주파수인 그 큰 coincidence-dip은 중요한 언어의 주파수가 포함된 1000 ~ 4000Hz사이의 어딘가에 있다.

최저의 coincidence 주파수는 소리의 입사각이 90°일 때 발생할 수 있고 다음으로부터 계산할 수 있다.



Sound Transmission Class

자연적인 평균 SRI값을 혼동케하는 것을 피하는 것과 상대적인 partitions을 위한 single-figure의 평가를 확실히 제공하는 것, 소리전달의 등급을 평가하는 과정은 넓게 적용되어 왔다. 이러한 과정에 의하면 한 partition의 STC는 표준 기준 등고선의 16주파수 SRI 곡선과 비교하여 설명되어진다. 이러한 등고선은 아래의 그림에서 보여진 것처럼 125~400Hz, 400~1250Hz 그리고 1250~4000Hz의 수직 증가가 다른 3구획으로 구성되어 있다.



이러한 값의 계산은 반드시 복잡하지 않을지라도 꽤 어렵다. 그것은 수직적으로 STC 곡선 아래로 떨어지는 몇몇의 측정된 값과 다음의 두 가지의 상태들이 만날 때까지 이동하기 쉬운 이런 등고선에 의해 알려진다.

1. 32dB를 초과하지 않는 부족분들의 합.
2. 부족분이 최대한 8dB를 초과하지 않는 어떤 주파수.

이런 변화는 항상 정수 보정을 하고 정합 위치를 알면 마지막의 STC 평가는 500Hz의 기준 곡선의 값에 의해 주어진다. **The Sound Tool**은 이러한 값을 손으로 계산한 것 보다 훨씬 빠르고 쉬게 계산한 소프트웨어 프로그램이다.

Altering the Transmission Loss of a Panel

Resonance 와 coincidence의 효과들은 제거 될 수 없다. 만약에 설계자들이 최대의 SRI를 창조하는 것을 목표로 한다면 시도를 가능한 더 낮은 resonant 주파수와 가능한 더 높은 임계의 주파수를 얻을 수 있도록 만들어야 한다. 그것이 모든 panel들에 이반적인 해결에 적용하는 것이 가능하지 않을 지라도 다음의 일반적인 관계를 담고 있어야한다.

■ 단단한 panel를 감소하는 것은 그것들의 resonant 주파수와 임계의 주파수의 상승과 mass law의 적용을 위한 기본적으로 상승한 범위를 낮추는 것이다.

■ 증가된 panel의 크기는 resonant 주파수들과 임계의 주파수의 상승을 낮추는 것이다.

■ 감소된 panel의 두께는 임계의 주파수를 상승하는 것이지만 일반적으로 panel의 크기를 줄이는 것이다.

■ 증가된 감폭의 양은 그 panel이 resonance와 coincidence의 주파수를 개조하지 않을 것이지만 그들의 효과는 줄어들게 할 것이다.

그러므로 좋은 절연물은 낮은 stiffness, 높은 mass와 높은 damping의 결합이다.

Multi-Layer Partitions

single-leaf panel의 절연은 몇 가지의 방법으로 개선되어질 수 있지만 이런 과정들은 단지 요구된 크기의 지수의 증가를 가진 정확한 점까지 지속할 수 있다. SRI이 22dB인 single-brick 벽을 예로 들어보자.

이것이 모든 범위에서 전체에 걸쳐 40dB이 증가하는 것은 크기가 처음의 8배의 증가가 되어야 한다. 이런 상황의 접근은 만약에 두 벽이 흔하지 않은 links, footings 또는 edge supports, 그리고 그들 사이의 길이 보다 더 큰 air gap이 서로 다른 것으로부터 완전하게 분리 될 때 가능하다.

불행하게도, 이것은 단지 비실용적일 때마다 광대하게 벽의 크기를 증가시키는 것이다. 실제로 벽들은 가장자리에 공통의 supports를 가져야 한다. 그것은 또한 중공벽에서 약간의 센티미터 air gap이상을 찾는 것은 드물다.

반면에 그것은 만약에 다음의 점들이 고려된다면 total panels이 이중벽에 가까워지는 혼합식 또는 sandwich panels을 창조하는 것이 가능하다.

- 완전히 막힌 cavities는 mass law(6~8dB) 훨씬 위에 견고한 전열을 증가시키는 결과를 낼 수 있다.
- 다른 두께의 층들의 사용은 panel을 교차하여 부당하게 짝 지워진 resonant와 임계의 주파수들을 크게 도와줄 수 있다.
- cavities에 흡수성의 물질들의 사용은 한층 더 전달을 줄이는 것을 도울 수 있다.
- 오직 탄력적 반발성이 있는 물질들은 벽이 음보와 층들 사이의 약간 직접적인 연결을 줄일 수 있는 인장 구조재들을 사용해야한다.
- 만약 필요하다면 오직 넓게 스페이스를 두고 흔들거리는 간주들은 partitions안에 사용되어야한다.
- 균열방지와 밀폐제들은 소리 누설들의 경계선을 제거하는데 사용되어진다.

다음은 약간의 예로 다른 건물의 구획과 그것들에 상응하는 투과손실의 값이다.

그것은 다른 값들을 만족하기 위한 필요조건과 같이 당신에게 조금의 idea를 제공하는 이러한 세부항목들을 찾아보는 것에 조금의 시간을 투자할 가치가 있다.

Flanking

이러한 종종 몇몇의 다른 경로의 소리는 panel을 통과하는 직접적인 경로와 떨어진 결과로서 일어날 수 있다. 이것들은 공기조화 덕트들과 천장을 통과하는 공간들, 주위 가장자리의 고정된 것들 등등이 포함된다. 설계자와 같이 우리는 음향적으로 민감한 세부항목을 할때마다 항상 possible flanking paths에 대해서 생각해봐야한다. 이것은 air seals에도 적용된다. 이것은 느슨하게 무거운 문보다 알맞게 기밀한 문보다 더 낫다.

