한국소음진동공학회 2004년도 춘계학술대회논문집, pp. 300~303.

뜬바닥구조를 이용한 격실의 소음 및 진동저감

[0]김현실*, 김봉기*, 차선일**, 김영수**

Reduction of noise and vibration of cabin by using the floating floor

Hyun-Sil Kim, Bong-Ki Kim, Sun-Il Cha, and Young-Soo Kim

Key Words: Floor Impact Noise, Floating Floor

ABSTRACT

In this paper, floor impact noise reduction in a cruise ship cabin by using floating floor is studied. A mock-up is built by using 6t steel plate, and two identical cabins are made where 25t panel is used to construct wall and ceiling inside the steel structure. Various floating floor systems are tested for which normalized impact noise is measured according to ISO 140-7. It is shown that effect of VL(Visco-elastic Layer) is negligible when it is used between deck and mineral wool, since most vibration absorption occurs in the wool. In addition, direction of the mineral wool fiber affects impact noise significantly.

1. 서 론

호화 유람선 등 고급여객선에서는 승객의 안락감 및 승선감향상을 위해 층간소음의 감소가 매우 중요하며 뜬바닥구조(Floating Floor)를 이용한 저감방안이 적극 이용되고 있다. 본 연구는 선박 내장재 전문생산업체인 신성기술산업(주)과 공동으로 수행한 부품소재 종합기술지원사업의 연구결과의 일부로 2003년도 추계학술대회에 발표한 논문[1]의 후속이며 여러 가지 종류의 뜬바닥구조를 이용한 바닥충격음 저감에 대해 기술하였다. 참고문헌 [1]에서는 외국제품 Visco-elastic Layer(이하 VL로 표기)를 사용한 경우의 뜬바닥구조의 저감효과를 다루었는데 본 논문에서는 국내에서 개발된 VL을 사용한 경우의 측정결과를 다루었다. 바닥충격음 측정을 위해 신성기술산업(주) 공장내부에 여객선의 전형적인 객실을 모사하여 mock-up을 제작/설치하였으며 측정시설에 대한 자세한 설명은 참고문헌 [1]에 나와 있으며 바닥충격음 계측과 평가는 ISO 140-7[2]에 따라 수행하였다.

2. 바닥충격음 측정결과

뜬바닥구조의 효과를 보기위해 경량충격음 발생기(Tapping Machine)를 바닥에 작동하고 하부층의 내부소음을 측정함과 동시에 바닥과 옆면 벽의 가속도로 측정하였는데 측정내용을 표 1에 나타냈다. 하부격실 소음의 정도를 보기위해 표 1에는 dBA 레벨과 Ln,w (Normalized Impact Sound) 레

* 한국기계연구원 음향연구그룹
** 신성기술산업(주)

벨도 함께 보였다. dBA 값은 소음의 정도를 나타내는 일반적인 척도로 널리 사용되며 주파수 범위는 25Hz - 1000Hz까지 포함하였다. 한편, Ln,w는 바닥충격음을 나타내는 ISO 지수로 내부의 흡음률을 고려한 값이며 바닥충격음이 집중되는 주파수 범위인 80Hz - 3150Hz만 포함한다. Ln,w의 산출방법은 참고문헌[1,2]에 자세히 나와있다.

Table 1. 바닥충격음 측정내용

번호	뜬바닥구조 구성	dBA	Ln,w (dB)
1	Bare Steel deck + VL Only	84	69
2	Bare steel deck, No VL,	86	73
3	VL + 50t MW(수직)+3.2t	62	49
4	VL + 50t MW(수평)+3.2t	55	44
5	VL + 70t MW(수직)+3.2t	62	49
6	VL + 70t + 25t MW(수평)+3.2t	53	42
7	No VL + 50t MW + 2.3t+VL+1.5t	53	43
8	No VL + 50t MW(수직) + 3.2t	63	50
9	No VL + 50t MW(수평) + 3.2t	56	43
10	No VL + 70t + 25t MW(수평) + 3.2t	54	43
11	No VL + 70t (수직)+ 3.2t	60	48

Fig. 1에는 Bare steel deck에 VL만 시공한 경우를 측정하였는데 작년의 GTF사 제품과 이번의 남양사 VL의 결과를 비교하였다. 저주파수대역은 거의 같으나 고주파수대역에서 남양사제품이 더 소음이 저감된다. GTF 경우는 VL을 deck 위에 바로 시공하였으나 본 측정시는 나중에 VL 제거의 편리성을 위하여 VL과 deck 사이에 얇은 비닐을 삽입하였다. 비닐의 존재가 고주파수대역에서의 소음감소에 큰 영향을 준 것으로 보인다.

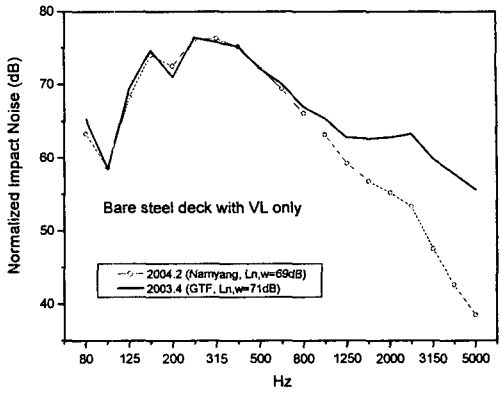

Fig. 1 Bare steel deck with VL only

Fig. 2에 No VL + 50t MW + 2.3t steel plate + VL + 1.5t plate를 나타냈으며 참고로 작년에 계측한 VL + 50t MW + 2.3t steel plate + VL + 1.5t plate도 함께 나타냈다. 본 계측시 상부 plate는 리벳으로 연결한 상태이며 작년 경우는 단순히 얹은 상태였다. 두 경우는 거의 같은 수준을 나타내며 VL의 존재는 큰 영향을 주지 않는다. 이는 진동의 흡수는 암면에서 거의 일어나며 VL의 효과는 암면에 비하면 매우 작기 때문이다.

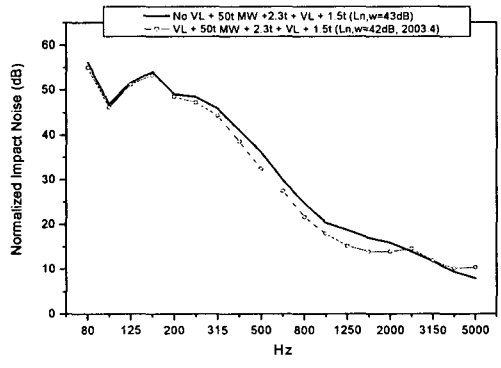

Fig. 2. Impact noise of sandwich plate with VL

Fig. 3에는 VL + 50t MW + 3.2t steel plate를 비교하였는데 암면의 방향은 수직(vertical)과 수평(horizontal) 두 가지로 수평이 수직보다 5dB 더 감소함을 보여준다. 수직방향은 암면사이에 서로 간격이 있는 반면, 수평방향은 암면이 연결되어 유리하며 또한 스프링상수가 수직보다 수평방향이 작으므로 충격완화에 효과적이다.

Fig. 3에는 또한 작년에 측정한 VL + 50t MW(Horizontal) + 1.5t + 1.5t steel plate의 경우도 비교하였는데 Ln,w는 43dB로 거의 같으나 중. 고주파수대역에서는 전반적으로 작년 레벨이 금번 3.2t plate 경우보다 수 dB 소음이 낮게 나타난다.

가장 큰 차이는 작년에는 두장의 1.5t plate를 포개서 얹은 상태인 반면 금번 경우는 3.2t 단일 plate가 가장자리가 약간 턱이 진 구조로 되어있다. 따라서 상부 25t 암면은 plate 크기에 맞추어서 채워지므로 암면이 서로 연결되지 못하고 약간의 틈이 존재한다. 이러한 구조적 차이가 충격음감소에는 불리하게 작용한 것으로 보인다.

Fig. 4에는 No VL + 50t MW + 3.2t steel plate에 대해 암면방향효과를 비교한 것으로 역시 수평이 수직보다 7dB 소음이 더 감소함을 보여준다.

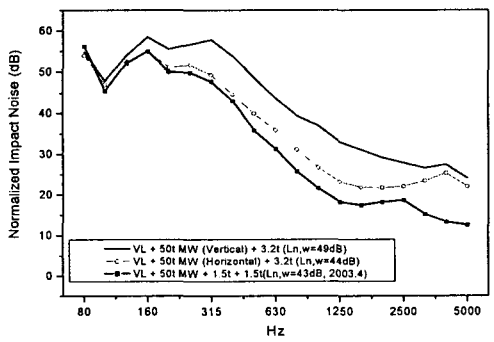

Fig. 3 Impact noise of VL + 50t MW + 3.2t steel plate

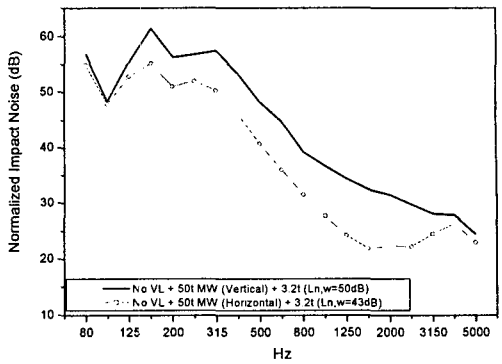

Fig. 4 Impact noise of No VL + 50t MW + 3.2t steel plate

완충재를 스프링, 상부 마감재를 질량으로 보아 바닥구조를 1차원 Mass-Spring system으로 가정하면 진동저감량은 다음 식과 같이 주어진다[3].

$$\tau = \left[\frac{1+\eta^2 r^2}{(1-r^2)^2+\eta^2 r^2} \right]^{1/2} \qquad (1)$$

여기서 η는 완충재의 손실계수이며 r은 주파수의 비, f_n은 공진주파수로 다음과 같이 주어진다.

$$r = f/f_n, \quad f_n = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$$

m은 상부 바닥마감재의 단위면적당 질량이며 k는 완충재의 스프링상수로 탄성계수가 E, 두께가 L이면 다음과 같이 된다.

$$k = E/L$$

뜬바닥구조의 효과는 다음과 같이 주어진다.

$$L_{\text{float}} = L_p - 20\log\tau \qquad (2)$$

밀도가 150kg/m^{3}인 암면 50t에 대해 탄성계수를 측정한 결과는 다음과 같은데 결방향에 따라 대략 12배 증가함을 보여준다.

수평: E=1.4x10^5 N/m^2 , 수직: E=1.7x10^6 N/m^2

상부마감재는 두께 3.2t의 강판으로 완충재의 댐핑값을 0.2로 가정하면 결방향에 따른 완충재의 효과는 표 2와 같으며 비교를 위해 측정값도 함께 나타냈다.

표 2. 암면 섬유방향에 따른 소음저감효과(dB)

Freq (Hz)	Pred.	Meas
500	17	9
1000	14	10
2000	12	7
4000	11	2

표 2에서 보면 식 (1)을 이용한 완충재의 감소효과는 예측이 실제 계측값보다 과도하게 나타나는데 식 (1)은 완충재에 비해 상부마감재의 질량이 매우 커서 1-D Mass-Spring 운동계로 가정하였는데 실제로는 완충재 무게도 상부 철판(3.2t)에 비해 무시할 수 없으며 기본적으로 바닥충격음 작용시 탄성층의 국부적인 변형효과도 작용하므로 이상적인 1-D Mass-Spring 운동계와는 차이가 많이 남에 기인하는 것으로 보인다.

Fig. 5에는 같은 암면 방향에 대해 VL이 있는 경우와 없는 경우를 비교하였는데 암면의 존재로 인해 VL은 거의 효과가 없음을 알 수 있다.

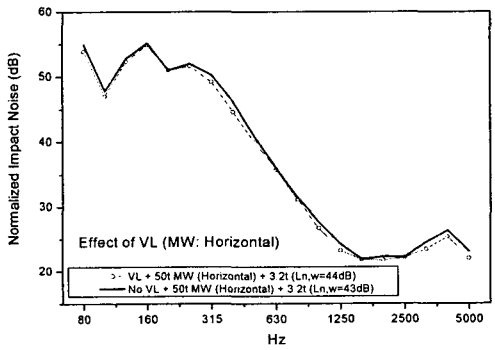

Fig. 5 Effect of VL in impact noise of 50t MW + 3.2t steel plate

Fig. 6에는 암면두께에 따른 영향을 비교하였는데 50t와 70t(수직)는 같으나 95t(수평)는 50t(수평)보다 2dB 작다.

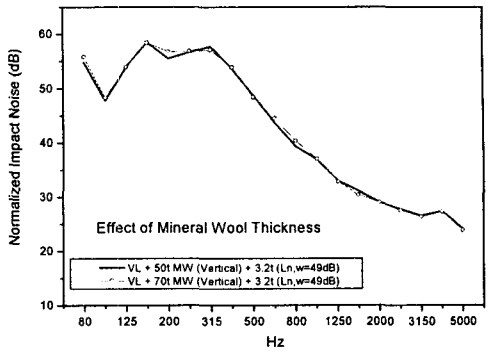

Fig. 6 Effect of MW thickness in impact noise (50t & 70t)

3. 결 론

Bare steel deck에 VL만 시공한 경우에 대해 작년의 GTF사 제품과 이번의 남양사 VL의 결과를 비교하였는데 저주파수대역은 동일하나 고주파수에서 크게 차이가 나며 비닐의 존재가 큰 영향을 준 것으로 보인다. 암면의 방향은 수평이 수직보다 5-7dB 더 낮은 수준을 보여준다. 수직방향은 암면 사이에 서로 간격이 있는 반면, 수평방향은 암면이 연결되어 유리하며 또한 스프링상수가 수직보다 수평방향이 작으므로 충격완화에 효과적이다.

참 고 문 헌

1. 김현실외, "Floating floor를 이용한 강구조물의 바닥충격음 점감에 관한 연구", 한국소음진동공학회 추계학술대회논문집, 751-755, 2003. 11.

2. *ISO 140-7: Field measurement of impact sound insulation of floors*, 1998.

3. W. T. Thomson, Theory of Vibration with Application, Prentice-Hall Inc., 1972.