

# Floating floor를 이용한 강구조물의 바닥충격음 저감에 관한 연구

<sup>0</sup>김현실\*, 김재승\*, 강현주\*, 김봉기\*, 김상렬\*

A Study of floor impact noise reduction in a steel structure  
by using the floating floor

Hyun-Sil Kim, Jae-Seung Kim, Hyun-Joo Kang, Bong-Ki Kim, and Sang-Rul Kim

Key Words: floor impact noise, floating floor

## ABSTRACT

In this paper, floor impact noise reduction in a steel structure 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. In addition, floor SBN (Structure-borne Noise) and floor damping are measured to study the effect of floating floor structure. It is shown that VL(Visco-elastic Layer) is more effective when hard plates are added above the VL.

## 1. 서 론

아파트나 연립주택 등 공동주택의 바닥 충격음은 주거환경문제와 관련하여 사회적으로 많은 관심의 대상이 되고 있으며 정부에서도 바닥충격음의 규제내용을 입법예고한 상태이다[1]. 공동주택 못지않게 선박에서도 바닥충격음이 중요한 문제이며 특히 호화 유람선 등 고급여객선에서는 승객의 안락감을 위해 층간소음의 감소가 매우 중요한 설계인자로 대두되고 있다. 선박의 바닥충격음은 주택과 달리 경량충격음만 고려하며 주택은 콘크리

트구조인 반면, 선박은 강구조물로 구성된다는 점이 가장 중요한 차이점이다.

바닥충격음저감을 위해 널리 쓰이는 방법은 뜬바닥구조(floating floor structure)를 이용하는 것으로 이 방법은 주택과 선박 모두 효과적으로 사용되고 있다. Floating floor의 기본 구조는 바닥위에 완충재로 암면이나 고무층을 깔고 그 위에 단단한 마감바닥재를 설치하는 구조로 되어 있다. 그러나 선박에 사용되는 내장재는 주택과는 달리 화재에 대해 일정시간 견디어야 하는 엄격한 기준을 요구하고 있다. 따라서 선박에 사용되는 floating floor용 완충재는 밀도가 충분히 높고 두께도 최소 50mm 이상인 암면(mineral wool)을 주로 사용하며 주택에 사용되는 고무류나 페타이어칩 소재에

\* 한국기계연구원 음향연구그룹

비해 가격이 매우 높고 시공비용도 높다.

본 논문은 선박용 내장재 전문업체인 신성기술 산업(주)과 floating floor를 개발하는 연구결과와 일부로 여객선에 사용되는 여러 가지 다양한 floating floor 구조체에 대한 바닥충격음측정과 저감효과 등에 대해 기술하였다.

## 2. Mock-up 테스트

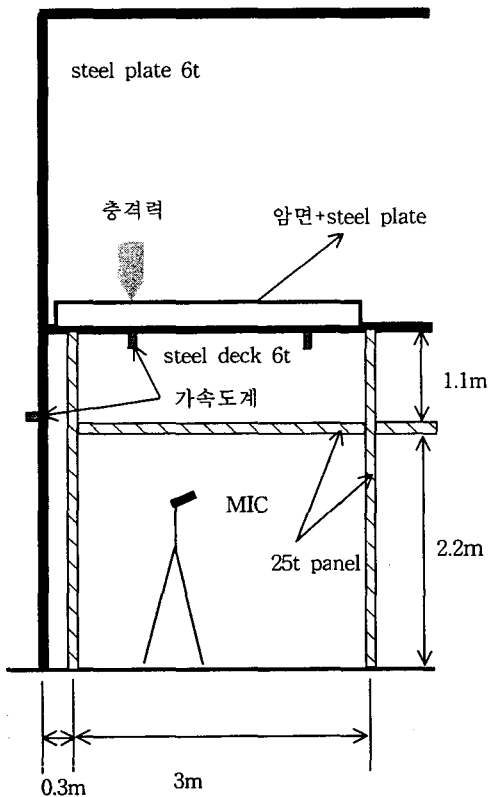


Fig. 1 Mock-up 개요

실험실에서의 경량충격음 측정 및 평가에 대한 국제기준인 ISO 140-6[2]은 사실상 주택을 대상으로 하고 있으며 선박에 대해서는 별다른 기준이 없는 실정이다. 외국의 선박용 floating floor 제조 업체는 ISO 140-6에 따라 잔향실에서 측정된 결과

를 제시하고 있으나 바닥충격음 저감효과를 제대로 평가하기에는 다소 무리가 있다. 여객선 객실의 기본 구조는 두께 5mm - 6mm 정도의 강판으로 이루어지는데 바닥에는 마감재(deck covering) 시공을 하며 객실 내부는 판넬로 시공한다. 천정은 강판에서 약 1m 떨어진 false ceiling 구조로 되어 있다. 따라서 객실 내부는 강판 골격구조 내에 만들어진 또 다른 공간이며 잔향실 측정법(ISO 140-6)으로 평가하기에는 다소 어려움이 있는 구조이다.

ISO-7[3]은 바닥충격음 현장 측정법인데 실제 선박에서 floating floor를 적용하여 측정하기에는 많은 어려움이 따르므로 본 연구에서는 전형적인 여객선 격실구조를 나타내는 mock-up을 공장내부에 설치하였다. Fig. 1에 mock-up의 개요를 보였는데 6t 철판으로 기본 구조를 만든 후 하부 격실에는 두께 25t의 판넬로 마감시공을 하였다. 하부에는 동일한 격실이 두 개 붙어있는 구조인데 Fig. 1에는 한쪽 격실만 보였다. 격실 한 쪽 위에 floating floor를 시공하고 tapping machine을 가동하고 하부격실의 소음을 측정하였다. 소음측정은 현장측정법인 ISO 140-7[3]에 따라 수행하였다.

Floating floor의 효과를 평가하기 위해 바닥충격음 외에 강판의 가속도를 측정하였는데 Fig. 1처럼 바닥과 벽면에 가속도계를 붙여서 측정하였으며 측정위치는 8 point이다. 또한 floating floor로 인한 바닥판의 댐핑증가를 보기위해 망치로 임팩트를 가하여 가속도가 60dB 떨어지는 시간  $T_{60}$ 을 측정하였다.

ISO 140-7은 바닥충격음에 다음과 같이 흡음력을 보정하도록 요구하고 있다.

$$L_n = L_I + 10 \log(A/A_0)$$

단,  $L_I$ 는 실내의 평균 음압레벨,  $A$ 는 흡음력( $m^2$ ),  $A_0$ 는 기준값으로  $10m^2$ 를 사용한다. 흡음력 보정 전과 후의 레벨은 다음과 같은 명칭으로 부른다.

$L_I$  : Impact sound (dB)

$L_n$  : Normalized impact sound (dB)

흡음력은 실내의 잔향시간  $T_{60}$ 을 측정하고 체적  $V$ 로부터 다음과 같이 주어진다.

$$A = 0.16V/T_{60}$$

Cabin 크기는 4m x 3m x 2.1m로  $10\log(A/A_0)$ 은 Fig. 2와 같으며 대략 -4dB에서 -7dB 사이에 있다.

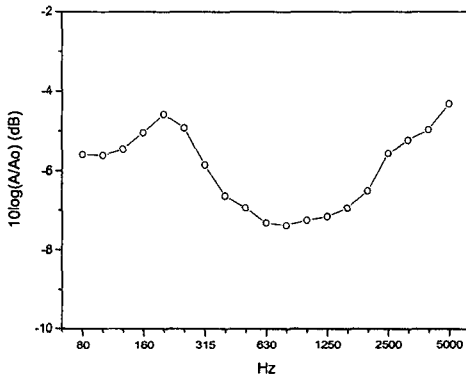


Fig. 2 Absorption effect

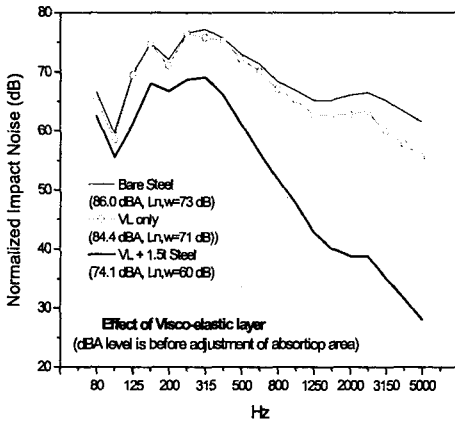


Fig. 3 Effect of VL in impact noise

### 3. 바닥충격음 측정결과

바닥 강판위에 visco-elastic layer(이하 VL로 표

기)를 시공하고 그 위에 철판이나 압면 등 여러 가지 바닥재 및 floating floor를 시공하였다. Fig. 3에는 bare steel, VL, VL + 1.5t steel 3가지 경우에 대해 바닥충격음을 비교하였다. VL의 효과는 1-2dB이나 그 위에 1.5t 철판을 추가한 경우에는 소음이 크게 감소한다.

Fig. 4에는 floor SBN(Structure-borne Noise)의 차이를 보였는데 소음과 마찬가지로 위에 1.5t 철판을 추가한 경우에는 SBN이 크게 감소한다.

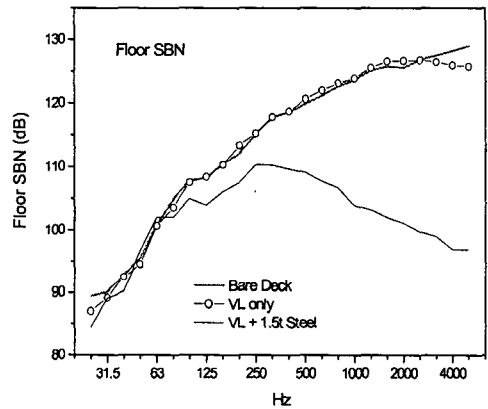


Fig. 4 Effect of VL in floor SBN

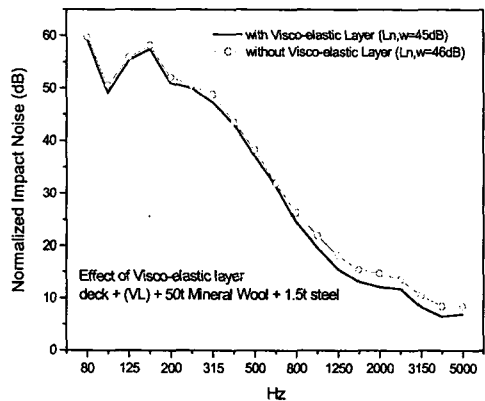


Fig. 5 Effect of VL with mineral wool

Fig. 5에는 압면 50t와 위에 1.5t 철판을 깔은

경우에 대해 압면과 deck 사이에 VL이 있는 경우와 없는 경우를 비교하였는데 압면의 존재는 소음 감소에 큰 역할을 하지만 추가로 VL의 시공은 큰 효과를 주지 못한다.

Fig. 6과 7에는 압면의 두께를 25t, 50t, 75t, 100t로 증가시켜가며 소음과 바닥 SBN의 변화를 보였는데 최고 6dB까지 소음 감소의 효과가 있다. Fig. 8에는 VL을 이중으로 시공한 경우를 보였는데 상부 VL위에 추가로 1.5t 철판을 깔은 경우 4dB의 소음감소효과가 있음을 알 수 있다.

Fig. 9에는 deck covering 8t를 시공한 경우 중간에 VL이 있는 경우와 없는 경우를 비교하였는데 VL로 인해 9dB의 감소효과가 있음을 보여준다.

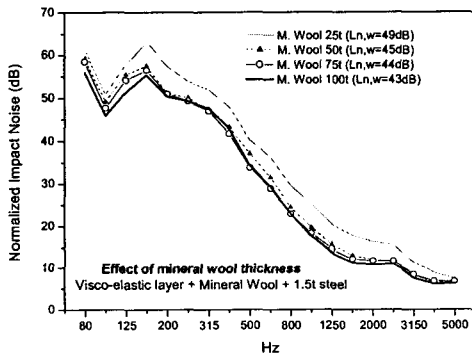


Fig. 6 Effect of mineral wool thickness in impact noise

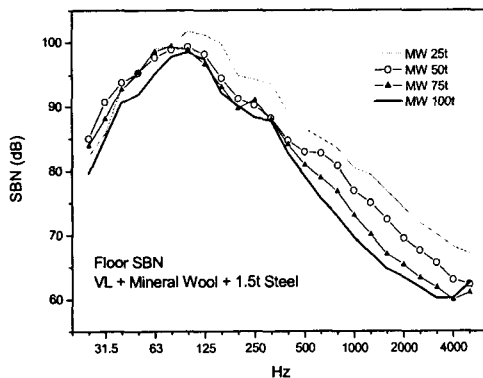


Fig. 7 Effect of MW thickness in floor SBN

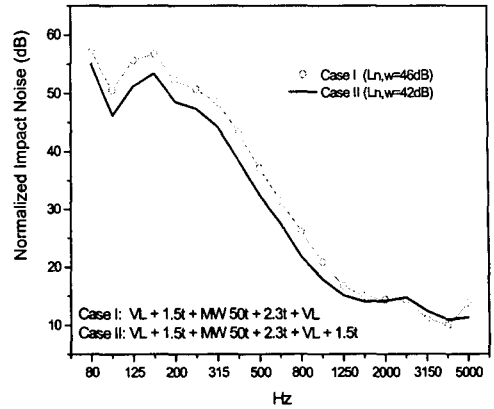


Fig. 8 Effect of arrangement in impact noise

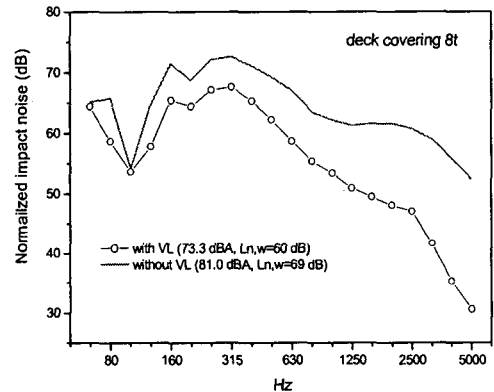


Fig. 9 Effect of VL with deck covering

Table 1에는 다음 5가지 경우에 대해 바닥판의 댐핑값을 비교하였는데 bare steel deck나 그위에 VL만 시공한 경우는 댐핑이 거의 같으나 VL위에 바닥감재가 있는 경우는 댐핑이 크게 증가한다. 중간에 압면이 있는 경우(B, C, D)는 고주파수에서 잡음이 커서 4kHz의 댐핑값을 측정할 수 없었다.

- A: VL only
- B: VL + MW 25t + 1.5t Steel
- C: VL + MW 100t + 1.5t Steel

- D: VL + 1.5t Steel
- E: VL + Deck covering 8t
- F: Deck covering 8t

Table 1. 바닥판 댐핑값(x100)

Freq	Bare Steel	A	B	C	D	E	F
31.5	2.7	2.5	10.2	12.8	7.2	4.9	3.6
63	1.6	1.4	10.5	15.1	9.0	10.8	3.7
125	0.8	0.7	8.7	7.6	5.0	10.1	4.9
250	0.6	0.6	6.6	3.0	3.3	9.3	3.9
500	0.5	0.4	2.0	1.7	2.9	7.3	3.1
1000	0.5	0.4	1.1	1.1	2.0	5.3	3.1
2000	0.7	0.6	0.9	7.0	2.0	4.9	2.4
4000	0.4	0.4	-	-	-	4.3	1.6

Fig. 10과 11에는 외국의 floating floor 자료와 비교하였는데 외국의 자료는 ISO 140-6에 따라 잔향실에서 측정된 값이다. 먼저 Fig. 10에는 bare steel deck만 있는 경우 바닥충격을 비교하였는데 외국의 경우는 deck 두께가 8t이다. 본 측정에서 하부에 판넬을 시공한 경우는 28dB 소음이 감소함을 알 수 있다.

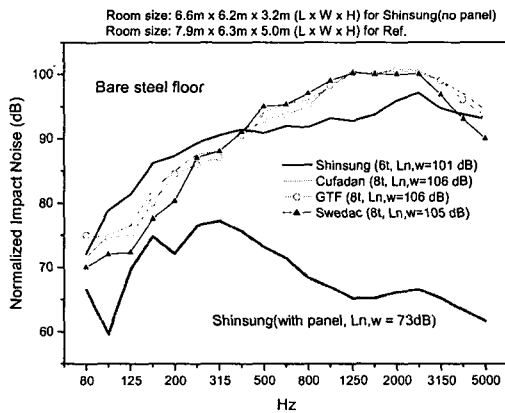


Fig. 10 Impact noise comparison with bare steel

Fig. 11에는 중간에 압면이 있는 경우를 비교하였는데 bare steel deck에 대한 상대적인 효과 (Insertion loss)를 나타냈다.

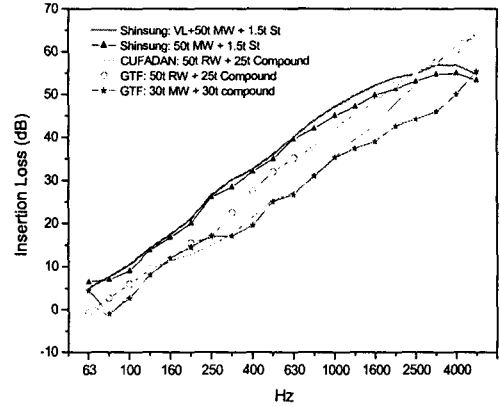


Fig. 11 Impact noise comparison with MW

#### 4. 결론

본 논문에서는 여러 가지 floating floor 구조에 대해 바닥충격음 감소효과를 비교하였다. 바닥판위에 VL만 시공한 경우보다는 VL위에 압면이나 철판 등 마감재가 추가된 경우가 소음/진동 감소효과가 높음을 알 수 있었는데 이는 샌드위치 구조 안에 VL이 있는 경우가 단판에 VL만 있는 경우에 비해 높은 댐핑값을 주기 때문으로 보여진다. 또한 deck covering만 시공하기 보다는 중간에 VL이 있는 경우가 높은 소음/진동 감소효과를 보인다.

#### 참고 문헌

1. 건설교통부 공고 제 2002-301호, 공동주택의 바닥충격음 소음기준 입법예고, 2002. 11
2. ISO 140-6: Laboratory measurement of impact sound insulation of floors, 1998.
3. ISO 140-7: Field measurement of impact sound insulation of floors, 1998.