거주공간에서 뜬바닥 구조에 사용하는 동탄성계수 측정방법

정갑철† (대우건설) · 오양기*(목포대학교) · 김선우**(전남대학교)

Determination of dynamic stiffness of materials used under floating floors in dwellings

G.C. Jeong, Y.K. Oh and S.W. Kim

Key Words : dynamic stiffness, floating floor, sound insulation

Abstract : This part of specifies the method for determining the dynamic stiffness of resilient materials used under floating floors. Dynamic stiffness is one of the parameters that determine the sound insulation of such floors in dwellings. This part applies to the determination of dynamic stiffness per unit area of resilient materials with smooth surfaces used in a continuous layer under floating floors in dwellings

1. 서 론

국내의 거주 형태에서 공동주택의 거주비율은 어느 나라와 비교해 보아도 높다. 대다수 국민이 공동주택에서 거주하는 상황에서 가장 많은 불만 요인으로 대두된 것이 상하층 세대간의 바닥충격음이다. 공동주택에서 문제시되는 바닥충격음의 해결을 위하여 여러 가지 활동이 있어왔다.

최근에 충격음 기준과 관련한 법제정이 예정되어 있고 측정방법과 평가방법도 제·개정되었다. 그러나 법적인 기준이 제정 예정이라는 발표로 인하여 수많은 완충재가 출시되고 있으며, 품질에 대한 검증없이 바닥충격음 시험성적서로 모든 문제가 해결될것으로 잘못 이해되어 업체들이 난립되는 것도 현실이다. 이에 바닥충격음 성능에 중요한 요소인 동탄성계수의 측정방법을 명시한 ISO-9052-1을 근간으로 하면서 일본의 암면 뜬바닥 구조에 대해 개정한 JIS A 6321을 참고로 하여 새로운 규정을 제정하고자 한다.

새로운 규정은 완충재의 동탄성 계수뿐만이 아니라 완충재가 가져야할 다른 물리적 특성에 대해서도 함께 명시함으로서 온돌구조에서 발생할 수 있는 여러 문제점을 함께 해결하는데 기여하리라 판단한다.

† 정회원, (주)대우건설 기술연구소 책임연구원

* 정회원, 목포대학교 건축학과 교수

** 정회원, 전남대학교 건축학과 교수

2. 주요 내용

1) 서문

이 규격은 공동주택 거주공간에서 사용되는 뜬바닥용 완충재의 동탄성계수와 물리적특성에 대한 측정방법을 규정한 것으로 동탄성계수의 측정방법은 국제규격을 따르고, 국제규격이 없는 규정항목은 한국산업규격으로 추가한 것이다. 규격은 공동주택 거주공간에서 바닥충격음의 저감을 목적으로 사용되는 뜬바닥 구조용 완충재의 측정방법을 규정한다.

여기서 뜬바닥 구조라는 것은 구체구조 바닥 및 벽과, 뜬바닥과의 사이에 음향적 가교(Sound bridge)를 발생시키지 않도록 완충재를 끼워넣어 방진시키는 구조를 일컫는다. 또한 거주공간에서 뜬바닥 구조의 아래에 연속적으로 사용되는 부드러운 표면을 가진 탄성재료의 단위면적당 동탄성계수의 결정에 적용된다. 그러나 이 규정은 벽체 표면처리와 같은 재료로 0.4kPa보다 작거나, 기계기초의 재질인 4kpa을 넘는 경우에는 적용되지 않는다. 그리고 뜬바닥 구조용 완충재에 2kPa의 정하중을 가하고 측정한 동탄성계수값과 아주 낮은 정하중 상태에서 측정한 값 사이의 차이는 (10-20)% 정도이다.

2) 시험방법

2.1) 제품 형상과 겉보기 밀도 KS M 3035에 의

거하여 시험한다.

가) 시험편 시험편은 사용하는 장치에 알맞고, 원재료의 형태를 크게 변형시키지 않는 범위내에서, 그 부피가 100cm^3 이상이 되도록 적절히 채취한다.

나) 시험편의 수 3개 이상의 시험편을 사용하여야 한다.

다) 시험방법 시험편의 크기를 0.1mm까지 정확하게 측정하고 cm로 나타낸다. 측정은 3회 이상 행하고, 그 값을 구하여 이 값을 시험 시료의 부피를 계산하는데 사용한다.

시험편의 무게는 0.01g까지 종확하게 달고 그람으로 나타낸다.

밀도는 cm^{3}당 그람으로 표시하고, 다음식으로 구한다.

$$겉보기밀도 = \frac{시험시료의무게}{시험시료의부피} \qquad (1)$$

라) 기록 제품의 전체 두께 $t(mm)$, 겉모양, 재질의 구성과 각각의 두께(mm) 및 겉보기 밀도에 대해서 기록한다.

2..2) 흡수량

가) 시험편 대상되는 시료에서 길이 약 100mm, 나비 약 100mm인 시험편을 체취한다.

나) 시험편의 수 3개 이상의 시험편을 사용하여야 한다.

다) 시험방법 시험편의 크기를 0.1mm까지 정확하게 측정하고 cm로 나타낸다. 성형 스킨이 있는 시험편은 시료 두께로 한다.

시험편은 23±3℃의 맑은 물에 들어 있는 용기의 수면아래 50mm에 담근다. 이어서 10초 후에 시험편을 꺼내어 30 ° 기울인 체눈 간격이 약 3mm인 철망에 얹어 30분간 방치한 후 무게를 0.01g의 정밀도로 측정하고 이것을 기준 무게로 한다. 다음에 다시 맑은 물에 담가 24시간 흡수시킨 후 무게를 측정할때와 같은 방법으로 무게를 측정한다.

성형 스킨이 있는 시료에 물이 묻는 영향을 적게 하기 위하여 24시간 흡수시키는 조작 전후에서 표면 수분을 거즈 등으로 닦아 내고 에틸 알코올 속에 10초간 담그고 다시 표면을 거즈 등으로 닦아 내어 60분간 방치한 후 무게를 측정한 값을 기준 무게 및 최종 흡수 후의 무게로 하여도 좋다.

흡수량은 다음 식으로 구한다.

$$흡수량(g/100\ cm^2) = \frac{B-C}{표면적} \times 100 \qquad (2)$$

여기에서 B : 최종 흡수 후의 무게(g)

C : 기준 무게(g)

2.3) 단위면적당 동탄성계수 및 손실계수

가) 시험편 시험편은 손상이 없는 크기 200×200mm 이상의 것으로 하고, 시험편의 수는 3개 이상으로 한다. 각 변이 하중판의 길이보다 작지 않은 것으로 한다.

나) 시험장치

a) 가진법

가진법은 그림 1의 정현파가진 또는 그림 2의 펄스가진으로 한다.

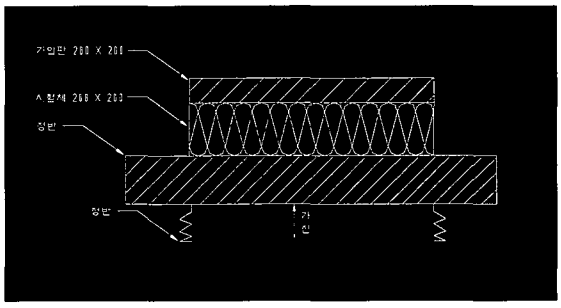

그림 1 정현파가진

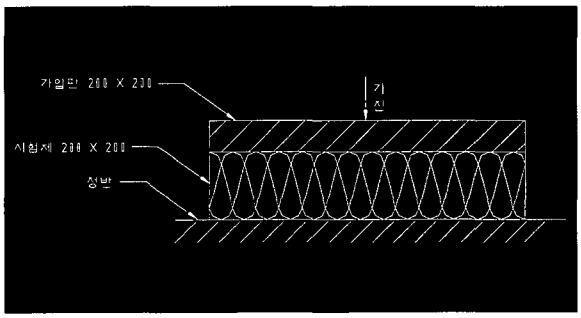

그림 2 펄스가진

b) 깔판

평활도 0.5mm 이하, 수평면에 대한 경사 ±1°로 충분한 질량과 강성을 갖고 유해한 진동을 발생시키지 않는 것으로 한다. 그림 1의 정현파가진에 의한 경우는, 그 질량은 100kg 이상으로 한다.

c) 하중판

평활도 0.2mm 이하, 크기 200±3mm 각의 정방형으로 질량 8±0.5kg(1㎡ 당의 재하질량 200kg). 유해한 굽힘진동 등을 발생시키지 않는 강제로 한다.

d) 진동픽업

감쇠진동에 영향을 끼치지 않게 가능한한 경량의 것(질량 0.1kg 이하)을 이용한다.

e) 진동파형 기록장치

고유주파수의 파형 관측이 가능한 것으로 한다.

다) 측정방법

a) 시험편의 설치

시험편을 깔판 위에 설치하고 그 위에 하중판의 네변이 시험편의 네변에 일치하도록 올려놓는다. 정현파 가진법에 의한 경우에는 시험편은 깔판의 중앙에 설치한다.

b) 정현파가진법

진동계의 기본 고유주파수에 있어서 하중판의 진동가속도 진폭이 5cm/s^2 정도가 되게 깔판아래 중앙부를 정현파로 sweep(진동발생장치의 제어변수(보통은 진동수)가 일정 범위를 연속적으로 통과하는 과정) 가진하고, 깔판 아래의 가진점 부근 1점과 하중판 중앙 1점의 10 - 200Hz 주파수 영역에 있어서의 진동속도응답을 측정한다. 그 결과로부터 다음 식에 의해서 깔판으로부터 하중판으로의 진동전달률 H(ω)를 산출한다. 정현파가진법에 의한 측정방법을 그림 3에 표시한다.

$$H(\omega) = \frac{V_p(\omega)}{V_b(\omega)} \qquad (3)$$

여기서, $V_p(\omega)$: 하중판의 sweep 분석한 진동진폭

$V_b(\omega)$: 깔판의 sweep 분석한 진동진폭

ω : 각진동수

c) 펄스가진법

하중판과 시험편로 구성된 진동계의 기본 고유주파수에서 하중판의 진동가속도 진폭이 5cm/s^2 정도가 되게 하중판의 중앙을 충격주파수 80Hz 정도의 가진원에 의해 단발로 충격가진하고, 가진점 부근의 1점에 대한 진동속도 응답파형을 측정한다. 펄스가진법에 의한 측정방법을 그림 4에 표시한다.

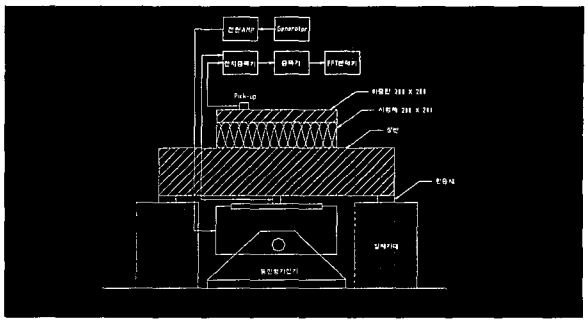

그림 3 정현파가진법에 의한 측정 Block diagram

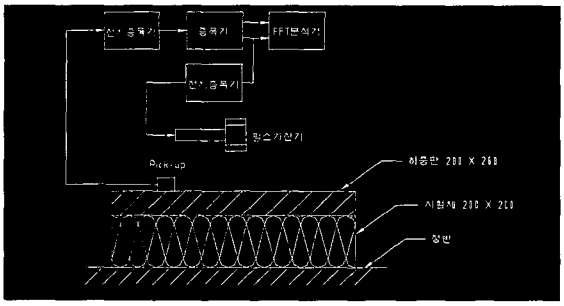

그림 4 펄스가진법에 의한 측정 Block diagram

라) 단위면적당의 동탄성계수의 산출

a) 정현파가진법

깔판으로부터 하중판으로의 진동전달률의 스펙트럼 주파수특성으로부터 하중판과 시험편로 구성된 진동계의 기본 고유주파수를 구한다.

b) 펄스가진법

진동속도 응답파형에서 그림 5에 표시한 자유진동 부분의 파형으로부터 다음의 2종류의 두가지 방법 중 하나로 진동계의 기본 고유주파수를 구한다.

1) 스텍트럼해석법

그림 5의 분석범위를 대상으로 한 Fourier 변환에 의해 스텍트럼 분석을 행하고, 기본 고유주파수를 특정한다.

.2) 時系列해석법

그림 5에 표시한 자유진동 부분의 파형의 peak 값 사이의 주기를 2개 이상 읽어서 그 평균치로부터 식 (4)에 의해 기본 고유주파수를 구한다.

$$f_0 = \frac{1}{T_0} \quad (4)$$

여기에서, f_0 : 진동계의 기본 고유주파수 [Hz]
T_0 : 고유주기의 평균치 [sec]

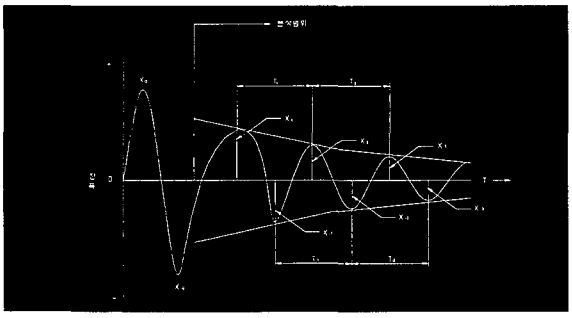

그림 5 감쇠진동 파형도

c) 동탄성계수

1) 또는 2)로부터 구해진 기본 고유주파수 f_0로부터 다음의 식에 의해서 구한 값을 단위면적당의 동탄성계수로 한다.

$$K_d = (2\pi f_0)^2 \cdot m \quad (5)$$

여기에서, K_d : 단위면적당의 탄성계수 [N/m^3]
f_0 : 진동계의 기본 고유주파수 [Hz]
m : 하중판의 단위면적당 질량 [kg/m^2]

다만, 1), 2) 양자의 결과에 있어서 차이가 발생할 경우에는 정현파가진법에 의한 결과를 우선한다.

마) 손실계수의 산출

a) 정현파가진법

라)의 a)에서 구한 진동계의 기본 고유주파수 f_0의 peak 레벨로부터 3dB 떨어지는 주파수 f_1, f_2를 취하고, 다음의 식으로부터 손실계수 η를 산출한다.

$$\eta = \frac{f_2 - f_1}{f_0} \quad (6)$$

다만, $f_2 > f_1$

f) 펄스가진법

1) 스펙트럼 해석법

d)의 1)에서 구한 진동계의 기본 고유주파수 f_0의 peak 레벨로부터 3dB 떨어지는 주파수 f_1, f_2를 취하고, 식 (6)으로부터 손실계수 η를 산출한다.

2) 時系列해석법

그림 5과 같은 감쇠진동파형의 자유진동 부분으로부터 peak 값을 正負 각각 2점 이상 읽고, 正負별로 이웃하는 2개의 값의 조합으로부터 다음의 식에 의해 구한 값을 산술평균한 것을 손실계수라 한다.

$$\eta_{i,i+1} = \frac{1}{\pi} \ln \frac{X_i}{X_{i+1}} \quad (7)$$

2.4) 열성능

가) 시험편의 구분

a) 동일재질의 평판형 완충재의 재질이 동일형태의 재질로 구성되는 경우

b) 이형재질 또는 요철형 완충재의 형상이 이형의 재질로 여러층으로 구성되는 경우 또는 완충재 상부나 하부면에 요철이 있는 경우

나) 시험 방법

a) 동일재질의 평판형 KS F 2463에 따라 재료 자체의 열전도율 측정한다.

비 고 : 완충재 표면에 보호재(은박지, 천 및 종이 등)가 부착된 경우 제거하고 시험하여야 한다.

b) 이형재질 또는 요철형 KS F 2299에 따라 완충재가 포함된 건축물 부재를 대상으로 열관류율을 측정한다.

비 고 : 완충재가 포함된 건축물부재라 함은 공동주택의 온돌구조와 유사한 콘크리트 슬래브 상부에 완충재를 설치하고 완충재 위에 KS F 4039에 규정하는 0.5품의 기포콘크리트를 설치하고 마감모르타르로 마감한 것을 최소한으로 한다.

2.5) 가열 치수 변화 KS M 3863 및 KS M 3014를 따른다.

가) 시험편 시험편은 길이 200mm, 나비200mm인

정사각형의 평판으로 하고, 두께는 제품 그대로 한다.

나) 시험편의 수 3개 이상으로 한다.

다) 시험장치 온도 조절의 정밀도가 70±2℃인 열풍 순환식 건조기를 사용한다.

라). 조작 시험편의 중앙부에 그림 6과 같이 가로 및 세로 방향으로 각각 서로 평행하게 3개의 직선을 75mm 간격으로 기입한다.

가로 및 세로 방향에 대하여 각각 3개의 긁은 선부의 길이를 측정하고, 그 평균값을 구하여 처음의 치수로 한다.

70℃로 유지한 열풍 순환식 건조기 속에 시험편을 수평하게 놓고, 48시간 가열한 후 꺼내어 상온 상습의 시험 장소에서 1시간 방치한 후, 앞과 같이 치수를 측정하여 가열 후의 치수로 한다.

단위:mm

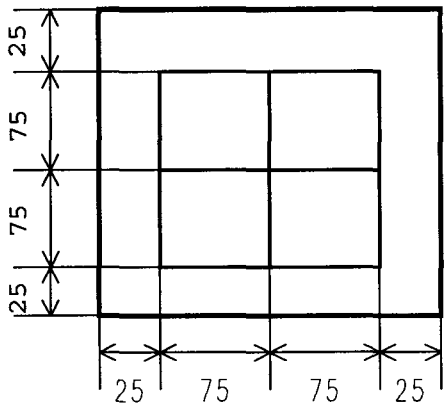

그림 6. 가열치수 변화 시험편

마) 계산 다음식에 따라 가열 치수 변화율 S(%)를 산출한다.

$$S=\frac{l_1-l_2}{l_0}\times 100 \qquad (8)$$

여기에서 l_0 : 처음의 치수(mm)

l_1: 가열후의 치수(mm)

바) 기록

시험 결과의 기록에는 가열치수 변화율 S(%) 이외에 시험편의 두께 $t(mm)$, 겉모양, 모양의 변화유무에 대해서도 기록한다.

2.6) 가열 후 동탄성 계수 및 손실계수

가) 시험편 시험편은 가열치수변화에 사용된 시편을 이용한다.

나) 시험편의 수 시험편의 수는 3개 이상으로 한다.

다) 시험방법 2.3)에서 수행된 동탄성계수와 손실계수 시험방법을 동일하게 적용한다.

3. 결론

ISO 9052-1(1989)를 근간으로 하고 JIS A 6321(2000)을 참조하여 국내실정을 고려한 새로운 규격을 제정하고자 하였다.

6. 참고문헌

1. ISO 9052-1 ; 1989, Acoustics-Determination of Dynamic stiffness - Part 1 : Materials used under floating floors in dwellings
2. JIS A 6321(2000) 뜬바닥용 암면 완충재
3. KS F 2299 건축물 부재의 정상상태에서의 단열성능 시험 방법(가열상자에 의한 방법)
4. KS F 2463 가열판에 의한 재료의 열전도율 시험
5. KS F 4039 현장 타설용 기포 콘크리트
6. KS M 3035 경질 및 연질 발포 플라스틱의 겉보기 밀도 측정 방법
7. KS M 3863 건축물 단열재용 경질발포 플라스틱