

# 온돌층의 구조안정성을 고려한 바닥충격음 완충재의 선정기준에 관한 연구

A study to choose damping material used to reduce floor impact noise considering structural stability of Ondol layer

임정빈†·이병권\*·고종철\*\*·황규섭\*\*\*

Jung-Bin Im, Byung-Kwon Lee, Jong-Chul Go and Kyu-Sub Hwang

**Key Words** : Damping material(완충재), Floor impact noise(바닥충격음), Structural stability(구조안정성), Ondol layer(온돌층), Compression displacement(압축변위)

## ABSTRACT

In this study, long-term compression displacement of damping materials used to reduce floor impact noise and compressive load that crack begins to happen in Ondol layers including the material were measured as basic research to make guide line for right choice of damping material considering structural stability of Ondol layer. From the result, it was found that compression displacement by elapsed time as well as early displacement of damping material when load is applied on Ondol layer are should be included in the guide line for the choice of damping materials. And no problem is expected to be in structural stability of Ondol layer in case choose a damping material that compression displacement at three months later from inflict load is within 10% than initial thickness.

## 1. 서 론

바닥충격음은 상부세대의 온돌층에 가해지는 충격진동이 슬래브와 측벽을 따라 전파되어 하부세대에서 소리의 형태로 방사되는 구조방사음(structure born noise)이므로 이를 저감시키기 위해서는 상부세대의 온돌층에 대한 진동절연(vibration isolation)이 가장 효과적이다.

층간소음에 대한 법적기준과 함께 주택성능표시제도가 시행됨에 따라 최근에는 슬래브 상부에 단열재 또는 층간소음 저감재(완충재)를 시공하는 목적이 상하세대간의 단열은 물론 바닥충격음의 저감을 위한 진동절연에 주안점을 두고 있다. 특히 슬래브 상부의 약 20 mm ~ 70 mm 두께의 제한된 공간에서 진동절연효과를 높이기 위해 동탄성계수가 낮은, 즉 고유진동수가 낮은 완충재를 적용하여 상위등급의 바닥충격음 차단성능을 인정받은 제품들이 개발되고 있다.

그러나 동탄성계수가 너무 낮은 연질의 완충재는 대부분

처짐량이 크기 때문에 시공 중 또는 시공 후 장시간에 걸쳐 온돌층(기포콘크리트 및 마감모르타르) 상부의 사용하중으로 인하여 국부적인 처짐량이 증가함으로써 온돌층에 균열이 발생되거나 파손될 가능성이 우려되고 있다. 따라서 향후 완충재가 어느 정도 연질이면 기포콘크리트나 모르타르의 구조적 안정성을 확보할 수 있는지를 검증할 필요가 있으며, 층간소음 방지를 위하여 연질의 완충재를 사용할 수밖에 없다면 기포콘크리트 및 마감모르타르의 강도를 어느 정도 향상시킴으로 구조적으로 발생할 수 있는 균열 및 파손을 방지할 수 있는지에 대한 검토가 요구된다.

본 연구에서는 분포하중 재하시 완충재와 온돌층의 장기 처짐량, 그리고 집중하중 재하시 온돌층의 균열하중을 측정함으로써 온돌층의 구조안정성 측면에서 완충재의 선정기준을 설정하기 위한 기초자료로 제시하고자 한다.

## 2. 구조안정성 평가방법

### 2.1 장기처짐량

등분포하중은 주택의 각 실별 용도에 따라 그 속에 수용되는 사람과 적재되는 물품 등의 중량으로 인한 수직하중을 의미하며, 건축법에서 주거용 건축물의 거실, 공용실, 복도는 200 kgf/m<sup>2</sup>이며, 발코니는 300 kgf/m<sup>2</sup>로 규정하고 있다. 이러한 등분포하중은 실제로 바닥에 가해지는 하중이라기보

† (주)대우건설 기술연구원

E-mail : jbin@dwconst.co.kr

Tel : (031) 250-1189, Fax : (031) 250-1131

\* 대림산업(주) 기술연구소

\*\* (주)포스코건설 기술연구소

\*\*\* 한신공영(주) 기술연구소

다는 가구, 가전제품, 거주자의 체중 및 움직임에 따른 하중 등의 작용하중을 조사하고, 이러한 하중이 바닥면에 고르게 분포된 것을 가정한 이론적인 하중을 나타낸다.

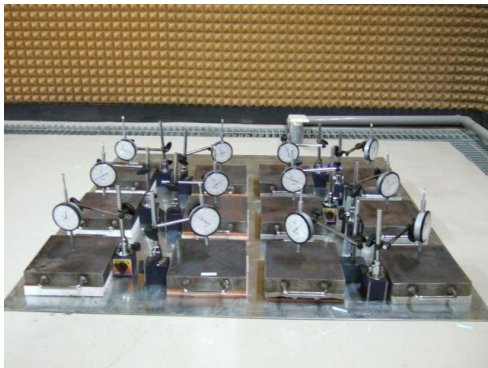
온돌구성층의 장기변형은 완충재를 현장에 시공한 후 수 년간에 걸쳐 고찰을 하는 것이 가장 바람직하지만 이는 현실적으로 불가능하므로 본 연구에서는 완충재 자체 및 완충재를 포함한 온돌구성층 시료를 제작하여 실험실에서 장기 처짐량을 평가하고자 한다.

측정에 사용된 완충재는 20 mm 두께의 표준바닥구조 1 종류, 30 mm 두께의 인정구조 3 종류의 총 4종이며 각 완충재의 동탄성계수와 손실계수는 <표 1>과 같다. 본 연구에서는 KS F 2868(거주 공간 뜬바닥용 재료의 동탄성계수 측정 방법)에서 규정하고 있는 펄스가진에 의한 시계열해석 방법으로 완충재의 동탄성계수와 손실계수를 측정하였다.

<표 1> 시험대상 완충재의 종류

완충재		두께 (mm)	동탄성계수 (MN/m <sup>2</sup> )	손실계수
구분	구성			
표준바닥구조	EPP	20	28.6	0.16
인정구조A	EPS+기타	30	6.2	0.14
인정구조B	PE+기타	30	4.8	0.18
인정구조C	EVA+기타	30	3.5	0.09

습식구조의 온돌층은 완충재뿐만 아니라 경량기포 콘크리트와 모르타르 등의 특성이 포함되게 된다. 따라서 완충재만의 성능을 비교하기 위해서는 완충재 상부에 변형이 작은 구조를 설치하는 것이 바람직하므로 본 연구에서는 완충재를 200 mm × 200 mm의 크기로 제작하고 기포콘크리트 및 마감몰탈의 하중과 거실 설계하중을 더한 300 kgf/m<sup>2</sup>의 하중을 가정한 철판을 <그림 1>과 같이 완충재 상부에 설치하여 경과시간에 따른 완충재의 처짐량을 변위계로 측정하였다.



<그림 1> 완충재 장기처짐량 측정 전경

완충재를 포함한 온돌층의 장기처짐량을 평가하기 위해 700 mm × 700 mm 크기의 시료를 제작하였고 완충재 상

부에 경량기포 콘크리트 40 mm와 모르타르 40 mm를 타설한 후 28일간 양생을 하였다.

온돌층에 대한 장기처짐량 시험은 <그림 2>와 같이 시료들의 상부에 모래주머니를 이용하여 200 kgf/m<sup>2</sup>의 등분포하중을 재하한 상태에서 변위계를 이용하여 상부 처짐을 확인하도록 하였다. 기포콘크리트와 모르타르의 중량이 약 100 kgf/m<sup>2</sup>을 감안하면 실제로 완충재에는 약 300 kgf/m<sup>2</sup>의 등분포하중이 가해지고 있는 상태이다.



<그림 2> 완충재 포함 온돌층 장기처짐량 측정 전경

## 2.2 온돌층 균열하중

완충재를 포함한 온돌층 상부에 집중하중을 가하면서 균열이 발생하는 강도를 측정함으로써 완충재의 종류에 따른 온돌구성층의 구조안정성을 평가하였다. 시험체는 온돌층의 등분포하중 시험을 위한 시료와 동일한 구조와 크기(700 mm × 700 mm)로 제작하였다.

온돌층의 균열발생하중을 측정하기 위해 <그림 3>과 같이 시험체의 중앙부에 집중하중을 가하였다. 이 때 실제 주거환경에서 중량물(피아노, 가구 등)의 집중하중재하를 모사하기 위해 직경 100 mm의 원통형 헤드를 이용하여 실험을 수행하였다.



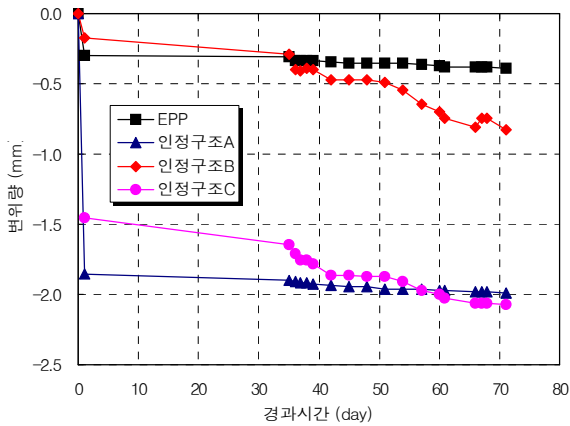
<그림 3> 온돌층 균열하중 측정 전경

## 3. 구조안정성 평가결과

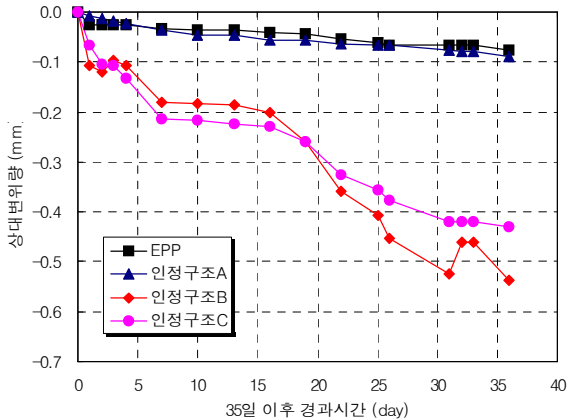
### 3.1 장기처짐량

#### (1) 완충재의 장기처짐량

<그림 4>는 200 mm × 200 mm 크기의 완충재 상부에 300 kgf/m<sup>2</sup>의 하중판을 올려놓은 상태에서 완충재 종류별로 3개 시료에 대한 장기처짐량의 평균값을 비교한 것이다. 그림에서 표준바닥구조(EPP)와 인정구조B(PE)는 하중재하 후 2개월이 경과한 시점에서의 압축변형이 각각 0.4 mm, 0.8 mm로 초기두께에 비해 3% 미만이며 인정구조A(EPS)와 인정구조C(EVA)는 압축변형이 약 2 mm로 초기두께 30 mm에 비해 7% 미만의 장기처짐이 발생하고 있다. 대부분의 압축변형은 하중재하 초기(1일 이내)에 발생하고 있으며 시험대상 완충재 모두 3개월 이내의 장기처짐량은 제품두께의 10% 이내임을 볼 수 있다. 동탄성계수가 가장 높은 EPP를 제외한 3종의 인정구조를 비교할 경우 동탄성계수와 장기처짐량의 상관성이 높지는 않지만 동탄성계수가 유사한 완충재 중에서 EPS 계통의 완충재가 장기처짐량이 가장 낮음을 볼 수 있다. 그러나 시간경과에 따라 처짐량이 계속 증가하고 있으므로 상관성에 대해서는 보다 장기간의 관찰이 필요할 것으로 판단된다.



<그림 4> 완충재의 장기처짐량(초기변형 포함)

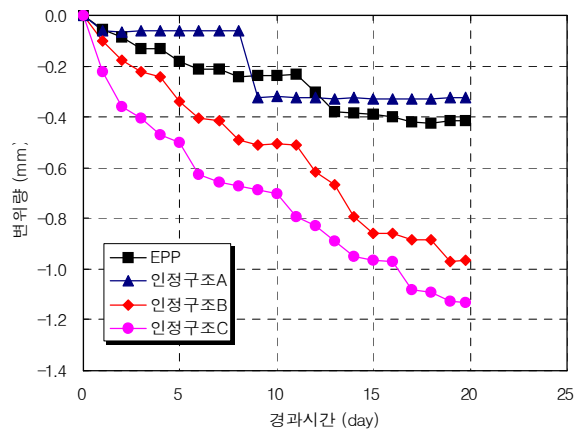


<그림 5> 완충재의 장기처짐량(초기변형 제외)

<그림 5>는 하중재하 초기의 급격한 압축변형을 제외하고 시간에 따른 변형률을 비교하기 위해 35일 경과이후의 상대변위를 나타낸 것이다. 그림에서 표준바닥구조(EPP)와 인정구조A(EPS)는 시간에 따른 압축변형률이 미미한 반면 인정구조B(PE)와 인정구조C(EVA)는 압축변형률이 상대적으로 크게 나타남을 볼 수 있다. 따라서 완충재를 포함한 온돌층의 구조안정성 측면에서 완충재의 초기압축변형 뿐만 아니라 시간에 따른 완충재의 압축변형률 또한 완충재의 선정기준에 포함시켜야 할 것으로 판단된다.

#### (2) 완충재를 포함한 온돌층의 장기처짐량

<그림 6>은 700 mm × 700 mm 크기의 완충재를 포함한 온돌층 상부에 200 kgf/m<sup>2</sup>의 등분포하중을 가한 상태에서 완충재 종류별로 2개 시료에 대한 장기처짐량의 평균값을 비교한 것이다. 앞에서 고찰한 완충재의 장기처짐량 중 초기변형을 제외한 결과(그림 5 참조)와 비교하면 전체적인 경향은 비슷하지만 온돌층의 장기처짐량이 완충재 자체보다 크게 나타남을 볼 수 있다. 이는 온돌층의 경우 완충재 상부에 기포콘크리트와 모르타르를 타설하고 28일간 양생하는 과정에서 약 100 kgf/m<sup>2</sup>의 초기하중(pre-load)에 의한 처짐이 발생하고 그 이후에 다시 200 kgf/m<sup>2</sup>의 등분포하중을 가하는 방식으로 시험을 진행하였기 때문에 완충재 상부에 300 kgf/m<sup>2</sup>의 하중판을 일시에 올려놓은 경우와는 시험 결과의 차이가 있을 수밖에 없을 것으로 판단된다. 따라서 완충재 상부에 먼저 100 kgf/m<sup>2</sup>의 하중판을 올려놓아 28일간 초기하중을 가한 후 추가로 200 kgf/m<sup>2</sup>의 하중판을 올려놓고 시험을 진행하든가, 아니면 완충재 상부에 함께 300 kgf/m<sup>2</sup>인 온돌층과 모래주머니를 동시에 올려놓고 시험을 진행함으로써 시험방식을 최대한 일치시키고 시료의 크기에 따른 영향도 추가로 검토해야 할 것으로 판단된다.



<그림 6> 완충재 포함 온돌층의 장기처짐량

### 3.3 온돌층의 균열강도

완충재를 포함한 온돌층 상부 중앙부를 직경 100 mm의 원통형 헤드를 이용하여 집중하중을 가하면서 측정한 온돌층의 균열하중은 <표 2>와 같다. 표에서 동탄성계수가 작은 완충재를 사용할수록 온돌층의 균열하중 또한 낮아짐을 볼 수 있다. 동탄성계수가 가장 낮은 인정구조C의 경우 중량 310 kg인 피아노(직경 120φ 다리 3개)로 인한 집중하중보다 약 10배의 하중이 가해져야 상부 몰탈층에 균열이 발생하기 시작하므로 마감몰탈의 균열발생은 완충재와는 큰 상관관계가 없는 것으로 판단된다.

<표 2> 온돌층 균열하중 측정결과

완충재 종류	두께 (mm)	동탄성계수 (MN/m <sup>2</sup> )	압축 변형률*	온돌층 균열하중 (tonf)
EPP	20	28.6	2%	1.372
인정구조A	30	6.2	7%	1.210
인정구조B	30	4.8	3%	1.188
인정구조C	30	3.5	7%	1.022

\* 완충재(200 mm×200 mm) 상부에 하중판(300 kgf/m<sup>2</sup>) 재하 후 2개월 경과시점의 측정결과임

## 4. 결 론

본 연구에서는 분포하중 재하시 완충재와 온돌층의 장기 처짐량, 그리고 집중하중 재하시 온돌층의 균열하중을 측정함으로써 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 완충재의 장기처짐량은 시간이 경과할수록 계속 증가하므로 3개월 이상 장기적인 관찰을 필요로 한다.
- (2) 완충재를 포함한 온돌층의 구조안정성 측면에서 하중재하시 완충재의 초기압축변형 뿐만 아니라 시간에 따른 압축 변형률 또한 완충재의 선정기준에 포함시켜야 한다.
- (3) 하중판을 이용하여 완충재의 장기처짐량을 평가할 수 있으나 온돌층의 장기처짐량을 보다 정량적으로 모사하기 위해서는 하중재하방법의 개선이 요구된다.
- (4) 완충재의 동탄성계수가 작을수록 완충재를 포함한 온돌층의 균열발생강도 또한 낮아진다.

이상과 같은 고찰로부터 하중재하 후 3개월 경과시점의 압축변형률이 10% 이내인 완충재를 사용할 경우 온돌층의 구조안정성에는 큰 문제가 없을 것으로 예상된다.

그러나 온돌층의 구조안정성 측면에서 완충재의 압축변형률과 동탄성계수에 대한 권장기준을 설정하기 위해서는 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

## 참 고 문 헌

- (1) 건설교통부고시 제2006-435호, “공동주택 바닥충격음 차단구조 인정 및 관리기준”
- (2) 한국산업규격, KS F 2868:2003 거주공간 뜬바닥용 재료의 동탄성계수 측정방법
- (3) 김경우 외4명, 2007, “완충재의 종류에 따른 중량바닥 충격음 저감특성 평가”, 한국소음진동공학회 추계학술대회 논문집, KSNVE07A-43-01.
- (4) 임정빈 외3명, 2007, “완충재의 구성에 따른 동탄성계수 변화에 관한 연구”, 한국소음진동공학회 추계학술대회 논문집, KSNVE07A-43-02.