한국소음진동공학회 2011년 춘계학술대회논문집, pp.238~243

층간소음저감재 장기 내구성 평가를 위한 가열시험의 문제점 및 개선방안에 관한 연구

A study on the improvement method of heat treatment condition for the long-term stability evaluation in the floor impact isolator

박연준† ·이찬규

Youn-Joon Park, Chan-Gyu Lee

Key Words : floor impact isolator, loading /unloading heat treatment, long-term stability

ABSTRACT

This study compared Kd, loss factor and thickness of floor impact isolator by loading /unloading heat treatment with results by continuous loading treatment and checked problem and improvement m ethod of heat treatment condition for the long-term stability evaluation of the floor impact isolation. As the results, it is required the change of heat treatment condition unloading now to loading as act ual weigh on the floor impact isolator.

1. 서 론

윗집의 바닥이 아랫집의 천정이 되는 공동주택에서 윗집에서 생활 중에 발생되는 바닥의 굴림에 의하여 아랫집에 발생되는 소음은 상하층 입주민간에 시비를 유발하는 심각한 사회적 문제를 유발시키고 있는 실정이다.

이와 같은 공동주택의 층간소음을 해소하기 위한 방안으로 국토해양부에서는 슬래브 두께를 210㎜로 하면서 층간소음저감재, 경량기포콘크리트 및 마감몰탈을 일정범위내의 두께로 하는 표준바닥구조와, 슬래브를 비롯하여 층간소음저감재, 경량기포콘크리트 및 마감 몰탈 등 모든 바닥구성부분의 두께를 임의로 사용하면서 국토해양부에서 정한 층간소음 허용기준인 경량충격음 58dB, 중량충격음 50dB 이하를 만족시키는 인정바닥구조라는 방안을 제시하였으며, 공동주택에 있어서 둘 중 한 가지를 선택하여 시공하도록 가이드라인을 확정하여 시행해 오고 있다[1].

현재 국내의 습식온돌구조는 층간소음을 줄이기 위하여 슬래브 상부에 단열 및 진동절연기능을 하는 유기발포물을 시공한 후, 그 위에 경량기포콘크리트, 난방배관 그리고 마감 몰탈을 타설하여 바닥구조를 완성하는 것이 일반적인 방법이다.

이와 같은 습식온돌바닥구조에서 현재 층간소음저감재로 사용되는 대표적인 유기발포물은 EPS(Expended Polystyrene : 발포폴리스티렌), PE폼(Expended Polyethylene : 폴리에틸렌폼), EVA폼(Expended Ethylene Vinyl Acetate : 에틸렌비닐아세테이트폼) 등이 사용되고 있으며 Polyurethane, Polypropylene, Rubber계열 등의 재질이 Rigid 또는 Foam의 형태로 사용되고 있는 실정이다.

여기서 관심을 가져야 할 사항은 현재 층간소음저감재가 대부분 유기발포체(Organic Foam)라는 것이다.

유기발포체는 무기발포체(Inorganic Foam)와는 달리 변형성이 강함으로 인하여 장기적인 하중에 의해 두께 및 물성변화가 발생될 수 있다는 문제점을 내포하고 있다.

† 교신저자; 정회원, (주)세라그린
E-mail : absorber21@hanmail.net
Tel : (055) 391-5627, Fax : (055) 391-1010
* 창원대학교 나노신소재공학부

이와 같은 유기발포체의 장기적인 사용에 대한 두께변화와 물성시험에 관련되어 있는 여러 가지 시험방법을 한국산업규격(KS)에서 찾아볼 수 있다.

KS M 6660[2]에는 두께의 30% 또는 50%를 압축한 상태에서 40(±1)℃ 또는 70(±1)℃에서 22시간 열처리 후, 발포 고무의 영구 압축 줄음율을 측정하는 시험방법이 제시되어 있다.

또한, KS M ISO 1856[3]에는 두께의 50(±4)%, 75(±4)% 또는 사용자의 동의가 있는 경우 90%를 압축한 상태에서 70(±1)℃에서 22시간 열처리하거나, 또는 특별히 규정된 압축조건, 열처리 온도, 열처리 시간을 이용하여 연질 발포 고분자 재료의 영구 압축률을 측정하는 시험방법이 제시되어 있다..

반면, KS M ISO 24999[4]에는 초기 두께의 50%에 해당하는 압축을 분당(60±5)회로 80,000회 동안 실시한 후, 연질 발포 고분자 재료의 피로를 측정하는 방법이 제시되어 있다.

그리고 KS M ISO 3385[5]에는 750±20N의 일정한 반복 하중을 80,000회 인가한 후 연질 발포 고분자 재료의 피로를 측정하는 방법이 제시되어 있기도 하다.

이와 같은 유기발포체의 장기적 사용에 대비한 두께변화와 피로를 측정하는 시험에 있어서의 공통점은, 크기과 방법은 다르지만 강제력을 인가한 상태에서 두께변화 및 피로시험을 한다는 것이다.

특히, 상부바닥구조하중(경량기포콘크리트와 마감몰탈의 하중)과 생활하중(가재도구들에 의한 하중)을 시공 시부터 지속적으로 인가 받게 되는 유기발포체 재질의 층간소음저감재는 시공 후 시간이 경과함에 따라 두께변화의 발생은 필연적인 것이며, 이로부터 유발되는 재질의 물성변화가 동특성의 변화를 동시에 유발하여 층간소음차단특성을 장기적으로 변화시킬 수 있음은 쉽게 예측할 수 있다.

이와 같은 장기적인 인가하중에 의한 층간소음저감재의 두께 및 동특성 안정성을 사전에 파악하기 위한 수단으로 국토해양부 고시에서는 가열 후 치수안정성, 가열 후 동탄성계수 및 손실계수의 시험조건을 규정하여 놓고 있다[6].

여기서 가열시험조건은 KS M 4898[7]에서 정해진 방법을 따르도록 규정되어 있으나, KS M 4898에서는 실질적으로 KS M ISO 2796[8]에 정해진 가열시험조건을 따르도록 규정하고 있다.

그러나 KS M ISO 2796은 하중을 인가하지 않은 상태에서 단순히 경질 발포 플라스틱을 특정온도에 일정기간동안 노출시켰을 때의 치수변형시험에 관한 것으로, 층간소음저감재의 사용환경과 비교하면 하중을 인가하지 않는다는 시험조건상의 치명적인 오류를 찾아 볼 수 있으며, 하중을 인가하지 않는 이와 같은 가열시험조건은 지속적인 하중을 인가받는 환경하의 층간소음저감재의 장기적 치수변형성 및 동특성변화를 예측하기 위한 가열시험조건으로는 부적합할 것으로 추측된다.

그러므로 본 연구에서는 이를 확인하기 위하여 현재 상용되고 있는 대표적인 몇 가지 층간소음저감재를 하중을 인가하지 않은 상태와 하중을 인가한 상태에서 가열처리하여 두께, 동탄성계수 및 손실계수의 변화에 대하여 알아본 후, 실제 사용환경과 유사한 연속인가하중에 의한 시험결과와 비교하여 보았다.

그리고 이러한 결과로부터, 현행 국토해양부 고시에서 규정하고 있는 가열 후 치수안정성 및 동특성변화관련 가열시험조건상의 문제점 및 개선방향에 대하여 검토하여 보았다.

2. 본 론

2.1 실험조건

(1) 상부인가하중

우리나라의 현행 온돌구조에서는 상부바닥구조물에 의한 하중과 생활하중을 합쳐서 약 200kgf/㎡이 층간소음저감재에 지속적으로 인가된다고 보며, 이를 동탄성계수 및 손실계수의 평가 시 상부인가하중으로 사용하고 있다.

그러므로 본 실험에서도 가열시험인가하중 및 연속상부인가하중으로 200kgf/㎡을 선정하였으며, 실제 실험에 사용한 하중판은 W200*L200㎜, 질량은 8kg(200kg/㎡)이었다.

(2) 측정용 샘플

실험에 사용한 샘플은 현재 국내에서 층간소음저감재로 사용되는 대표적 재질인 EPS, PE폼, EVA를 선정하였다. 샘플은 각 재질의 양산된 제품을 고유의 제품구조가 변형이 가지 않도록 주의하면서 재료의 평면상의 불균질성은 무시하고 임의의 위치

에서 W200*L200㎜로 제단하여 사용하였다.

(3) 연속상부하중 인가방법

실온에서 측정용 샘플위에 하중판을 지속적으로 올려놓는 방법으로 하중을 인가하였으며, 실험과정 중에 샘플의 위치이동은 없었다.

(4) 가열시험

상부하중 비인가, 인가 모두 국토해양부 고시에 규정된 조건에 따라 70℃에서 48시간 열처리하였다.

(5) 두께 및 동특성측정

샘플의 두께는 버니어캘리퍼스를 이용하여 측정하였으며, 동특성 측정은 Impact Hammer와 신호분석기(SA-01,RION)를 사용하였다.

2.2 연속인가하중에 의한 변화특성

(1) 동탄성계수 및 손실계수 변화특성

연속인가하중시험은 일정한 하중을 지속적으로 인가하면서 변화를 본다는 점에서 층간소음저감재가 실제 공동주택에 시공된 경우와 매우 유사한 경향을 얻을 수 있다고 생각할 수 있다.

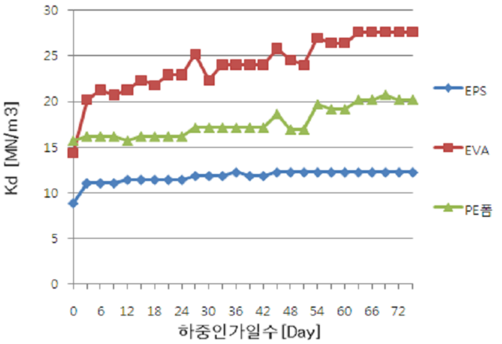

Fig.1 Variation of Kd by continuous loading time

Fig.1 및 Table1에서 알 수 있듯이 3가지 샘플 모두 75일간의 연속하중인가에서 시간의 경과와 더불어 동탄성계수가 지속적으로 증가함을 알 수 있다. 특히 EVA 샘플의 경우 초기값 대비 91%로 동탄성계수의 증가가 대단히 심함을 알 수 있으며, 3가지 샘플 모두 국토해양부 고시에서 규정한 초기값의 20%를 초과함을 알 수 있다. 동탄성계수값의 증가는 층간소음증가를 유발하므로, Fig.1의 3가지 제품 모두 시간의 경과와 더불어 층간소음저감효과가 지속적으로 악화되어, 초기에는 법적소음기준을 만족시켰다 하더라도 일정기간이 경과하면 층간소음이 법적기준을 초과하게 되는 심각한 결과를 초래할 수 있음을 알 수 있다.

Table 1 Variation of Kd by continuous loading time

	시작값	75일후	변화율
EPS	8.87	12.27	38.3%↑
EVA	14.4	27.61	91.7%↑
PE폼	15.76	20.21	28.2%↑

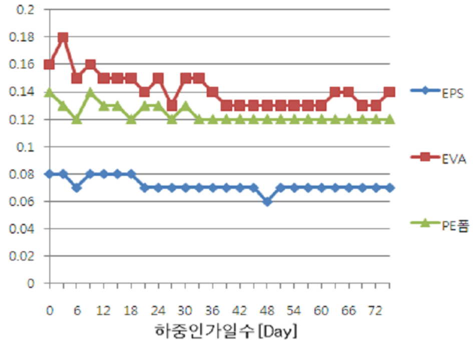

Fig.2 Variation of loss factor by continuous loading time

Table 2 Variation of loss factor by continuous loading time

	시작값	75일후	변화율
EPS	0.08	0.07	12.5%↓
EVA	0.16	0.14	12.5%↓
PE폼	0.14	0.12	14.3%↓

Fig.2. 및 Table2는 연속인가하중에 대한 손실계수의 변화를 나타낸 것으로,. 3가지 제품 모두 시간의 경과와 더불어 손실계수가 감소하고 있음을 알 수 있다. 손실계수의 감쇠가 공진영역에서 공진진폭을 증가시키는 작용을 감안하면, 3가지 제품 모두 시공초기에 비하여 시간이 경과함에 따라 공진주파수 대역에서 진동전달의 크기가 증가하여 소음이 증가하게 되는 좋지 않은 결과를 초래할 수 있음을 알 수 있다.

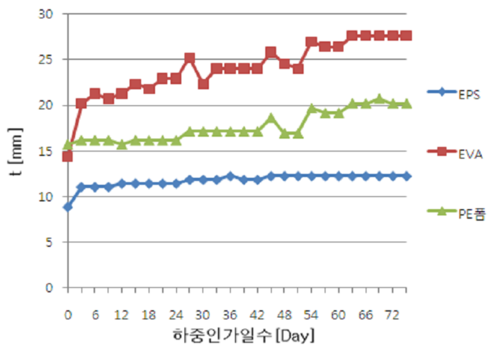

Fig.3 Variation of sample thickness by continuous loading time

Table 3 Variation of sample thickness by continuous loading time

	시작값	75일후	변화율
EPS	15.63	14.3	8.5%↓
1EVA	17.54	16.34	6.8%↓
PE폼	21	19.57	6.8%↓

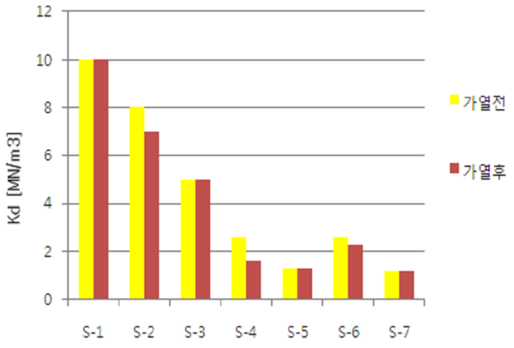

Fig.4 Variation of Kd by unloading heat treatment

Table 4 Variation of Kd by unloading heat treatment

	시작값	75일후	변화율
S-1	10	10	0%
S-2	8	7	12.5%↓
S-3	5	5	0%
S-4	2.6	1.6	38.5%↓
S-5	1.3	1.3	0%
S-6	2.6	2.3	0%

(2) 잔류변형(두께변화)특성

Fig.3 및 Table3에 연속인가하중에 대한 잔류변형특성을 나타내었다. 3가지 제품 모두 하중인가 75일이 경과한 시점에서 두께가 6%이상 압축됨을 알 수 있다. 유기발포체의 두께감소로 인한 압축현상은 재질의 내부밀도를 증가시켜 동탄성계수의 증가를 초래하게 되므로, 이와 같은 결과는 Fig.1 및 Table1의 결과와 잘 일치한다 할 수 있다.

현행 국토해양부 고시는 장기적 치수안정성 관점에 있어서 단면적의 변화만 평가하되, 두께의 변화를 평가에서 제외한다고 규정하고 있다. 그러나 본 연구의 결과로부터 장기적인 연속인가하중이 층간소음저감재의 압축현상을 유발시키게 됨을 알 수 있으며, 이로부터 재질의 내부밀도가 증가하여 동탄성계수의 증가를 유발하고, 결과적으로는 층간소음저감기능을 악화시키는 일련의 연속된 메카니즘을 생각하면, 층간소음저감성능의 장기안정성과 관련된 치수관리필수항목은 단면적변화량이라기 보다는 두께변화량이라고 할 수 있음을 이 결과를 통하여 알 수 있다.

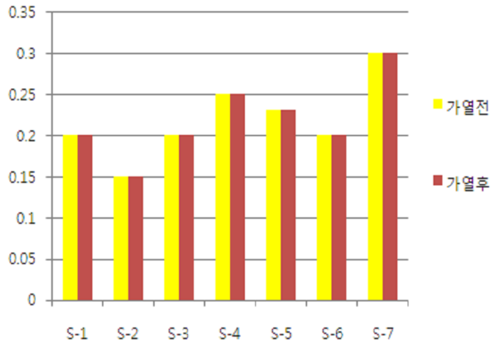

Fig.5 Variation of loss factor by unloading heat treatment

Table 5 Variation of loss factor by unloading heat treatment

	시작값	75일후	변화율
S-1	0.2	0.2	0%
S-2	0.15	0.15	0%
S-3	0.2	0.2	0%
S-4	0.25	0.25	0%
S-5	0.23	0.23	0%
S-5	0.2	0.2	0%

2.3 가열처리에 의한 변화특성

(1) 하중 비인가 가열처리 변화특성

Fig.4~6, Table4~6에 국토해양부 고시에서 정한

기준에 의하여 가열시험한 결과를 나타내었다. 이 시험은 하중을 인가하지 않은 상태에서 70℃ 48시간 가열처리를 한 결과로써, S-2와 S-4 샘플을 제외하고는 가열시험의 취지와는 달리 동탄성계수의 변화가 발생되지 않는 것을 알 수 있다. 특히, 손실계수는 전혀 변화가 발생하지 않음을 알 수 있으며, 단면적 역시 1%미만으로 거의 변화가 발생되지 않음을 알 수 있다. 이러한 시험결과는 층간소음저감재의 실제 사용환경과 유사한 상태에서의 시험결과라고 할 수 있는 Fig.1~3 및 Table1~3의 결과와는 그 경향이 전혀 상이함을 알 수 있다. 이는 층간소음저감재가 상부로부터 하중을 받으면서 사용되는 실제 사용환경과는 달리 하중을 인가하지 않은 상태로 가열처리를 한 결과라고 판단된다.

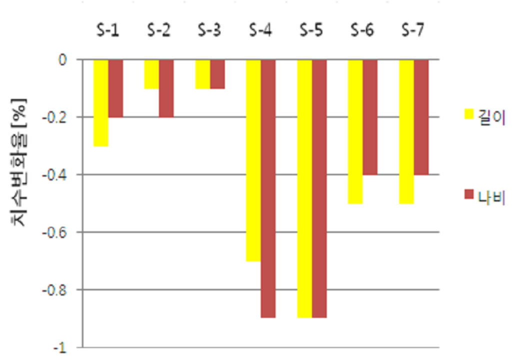

Fig.6 Variation of sample thickness by unloading heat treatment

Table 6 Variation of sample thickness by unloading heat treatment

	길이(%)	나비(%)	두께(%)
S-1	-0.3	-0.2	비측정
S-2	-0.1	-0.2	비측정
S-3	-0.1	-0.1	비측정
S-4	-0.7	-0.9	비측정
S-5	-0.9	-0.9	비측정
S-5	-0.5	-0.4	비측정

(2) 하중 인가 가열처리 변화특성

Fig.7~9 및 Table7~9에 국토해양부 고시의 가열시험조건에 층간소음저감재의 실제 사용환경을 고려한 하중을 인가하는 보정을 하여 시험한 결과를 나타내었다.

동탄성계수는 PE폼-1을 제외하고는 모두 가열처리 후에 증가함을 알 수 있으며, Fig.1 및 Table1의 결과와 그 경향이 잘 일치함을 알 수 있다.

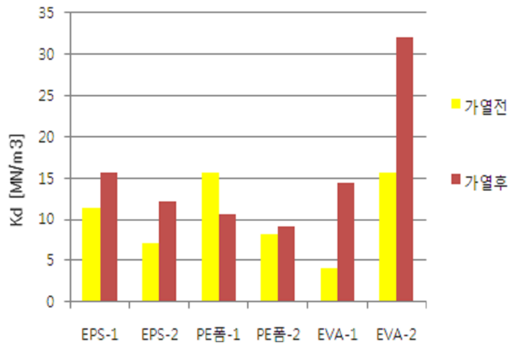

Fig.7 Variation of Kd by loading heat treatment

Table 7 Variation of Kd by loading heat treatment

	시작값	75일후	변화율
EPS-1	11.33	15.62	38%↑
EPS-2	7.13	12.06	69%↑
PE폼-1	15.62	10.62	32%↓
PE폼-2	8.17	9.15	12%↑
EVA-1	4.12	14.38	249%↑
EVA-2	15.62	32.06	105%↑

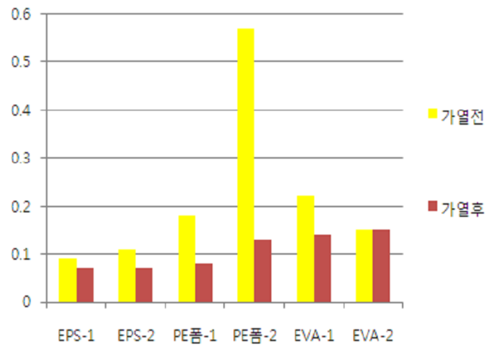

Fig.8 Variation of loss factor by loading heat treatment

Table 8 Variation of loss factor by loading heat treatment

	시작값	75일후	변화율
EPS-1	0.09	0.07	22%↓
EPS-2	0.11	0.07	36%↓
PE폼-1	0.18	0.08	56%↓
PE폼-2	0.57	0.13	77%↓
EVA-1	0.22	0.14	36%↓
EVA-2	0.15	0.15	0%

또한, 손실계수는 EVA-1을 제외하고는 모두 가

열처리 후에 감소하며, Fig.2 및 Table2의 결과와 그 경향이 잘 일치함을 알 수 있다.

그리고, 두께는 가열처리 후에 모두 감소함을 알 수 있으며, Fig.3 및 Table3의 결과와 그 경향이 완전히 일치함을 알 수 있다.

이러한 결과로부터, 층간소음저감성능의 장기안정성을 검증하기 위한 가열시험은 실제 사용환경과 유사한 하중을 인가한 상태에서 가열처리를 행한 후, 동특성과 두께변화량을 파악하는 것이 바람직한 방법임을 알 수 있다.

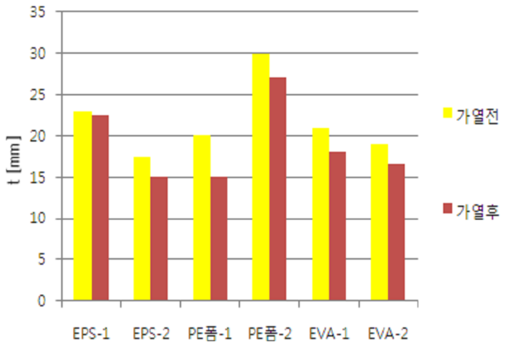

Fig.9 Variation of sample thickness by loading heat treatment

Table 9 Variation of sample thickness by loading heat treatment

	시작값	75일후	변화율
EPS-1	23	22.5	2.2%↓
EPS-2	17.5	15	14.3%↓
PE폼-1	20	15	25%↓
PE폼-2	30	27	10%↓
EVA-1	21	18	14.3%↓
EVA-2	19	16.5	13.2%↓

3. 결 론

본 연구에서 하중인가 및 비인가 상태에서 가열처리한 층간소음저감재의 동탄성계수, 손실계수 및 두께의 변화경향을 실제 사용환경과 유사한 연속인가하중에 의한 변화경향과 비교한 결과, 하중 비인가 상태에서 가열처리한 경우의 변화경향은 연속인가하중에 의한 변화경향과 상이함을 알 수 있었다.

반면, 실제 사용환경과 유사한 하중을 인가하여 가열처리한 경우의 변화경향은 연속인가하중에 의한 변화경향과 잘 일치함을 알 수 있었다.

이러한 결과로부터, 층간소음저감성능의 장기안정성 판단을 위한 가열시험에서 KS M ISO 2796의 조건을 따르도록 하고 있는 국토해양부 고시 규정은 실제 사용환경과 유사한 하중을 인가하여 가열시험을 하는 조건으로 바뀌는 것이 옳을 것으로 판단된다.

또한 가열 후 치수안정성 판단 시 평가에서 제외한다고 규정되어 있는 두께(시료의 높이방향 치수안정성)는 반드시 평가해야 하는 항목으로 판단된다.

참 고 문 헌

(1) Ministry of land, transport and maritime affairs, 2009, "The guide line of authorization and administration for floor impact isolation structure of an apartment", Ver.2009-1217.

(2) Korea Agency for Technology and Standards, KS M 6660.

(3) Korea Agency for Technology and Standards, 2007, KS M ISO 1856.

(4) Korea Agency for Technology and Standards, 2010, KS M ISO 24999.

(5) Korea Agency for Technology and Standards, 2002, KS M ISO 3385.

(6) Ministry of land, transport and maritime affairs, 2009, "The guide line of authorization and administration for floor impact isolation structure of an apartment", Vol.2009-1217, pp13~14.

(7) Korea Agency for Technology and Standards, 2001, KS M ISO 4898.

(8) Korea Agency for Technology and Standards, 2010, KS M ISO 2796.