

완충재 적용에 따른 습식온돌의 구조안전성 평가를 위한 실험연구 An Experimental Study on Structural Safety Assessment of Wet Type Floor Heating System with Insulation

안재원* · 전명훈** · 이범식** · 이도현***

Ahn Jae Won, Jun Myoung Hoon, Lee Bum Sik and Lee Do Heun

Key Words : Structural Safety(구조안전성), 완충재(Insulation), Wet Type Floor Heating System(습식온돌)

ABSTRACT

Housing is demanded to convert simple dwelling space into delightful one by improving of standard of living by economic development. It is interested in the impact noise of the apartment housing that is revised to housing construction criteria at 29 March 2005 and then regulated the level of floor impact noise by the rule. The plan, which is actively investigated by counterplan for the reduction of impact noise, is application of sound insulation.

In generally, first target by using insulation is the reduction of floor thermal transmittance in floor heating system of apartment housing. It is recently proposed soft materials that reduce the impact noise. However, it is a fact that the application of soft sound insulation includes some problem about structural performance.

In this study, we made wet-heating specimen with various sound insulations, and carried out structural experiment for evaluating the structural safety of it.

대한 기준치로 경량충격음은 58dB이하, 중량충격음은 50dB가 되도록 설정하고 경량충격음은 2004. 4부터, 중량충격음은 2005. 7.부터 적용하는 것으로 하고 있다.

충간 충격음의 완화를 위해서 완충재를 활용하는 방안이 가장 활발하게 진행되고 있으며, 다양한 재질 및 형태의 완충재가 제안되고 있다. 이러한 완충재는 대부분 종래에 사용되던 완충재에 비하여 상당히 연질화 되고 있는 실정으로, 이러한 완충재의 연질화는 온돌바닥의 구조적 균열에 대한 우려를 증대시키고 있다.

본 연구는 완충재의 연질화와 이에 따른 온돌구성층의 균열발생여부의 평가기법 정립을 목적으로 하는 연구의 일환으로, 온돌층 구성재료의 역학적 특성을 평가하고, 부재실험을 통하여 완충재의 역학적 특성과 온돌구성층의 구조적 균열 사이의 상관관계에 대한 기초자료의 제공을 목적으로 한다.

1. 서 론

경제적 발전에 따른 생활수준의 향상에 따른 웰빙열풍 등으로 인하여 주택에 대한 요구도 종래의 단순한 거주공간으로부터 안락한 생활을 유지할 수 있는 쾌적한 공간으로의 전환이 이루어지고 있다. 공동주택의 소음은 종래부터 큰 관심을 모아온 분야로 이들 가운데 층간 충격음은 80년대부터 관심을 가지게 된 사항으로 근래에 법적인 기준이 설정되었다.

종래에 공동주택의 바닥에서 요구되는 법적 성능기준은 층간열관류율 뿐이었으나, 2003.4.22에 개정된 주택건설기준 등에 관한규정 제14조 제3항에서는 공동주택 층간 충격음에

2. 온돌구성층의 내력 평가 실험

2.1 개요

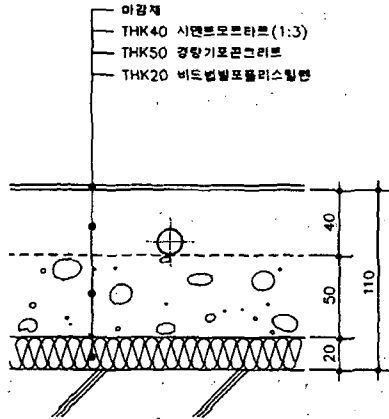
본 연구는 완충재의 연질화에 따른 온돌층의 구조적 균열

* 영보화학(주)기술연구소 건축자재개발팀
E-mail : jwahn@youngbo.com
Tel : (02)531-3721, Fax : (02) 531-3759

** 대한주택공사 주택도시연구원 책임연구원

*** 대한주택공사 주택도시연구원 연구위원

발생에 대한 우려가 증대함에 따라 실험을 통하여 완충재의 종류에 따른 온돌구성층의 균열 발생의 파악을 목적으로 한다. 따라서 시험체는 현재 국내에서 가장 보편적으로 적용되고 있는 습식 온돌구성층을 대상으로 하며(그림 1), 사용재료 또한 완충재를 제외하고는 현재 공동주택의 건설에서 보편적으로 사용되는 재료로 제작하였다.



[그림 1] 습식온돌의 층 구성(기준층, 대한주택공사)

온돌 구성층의 구조적인 균열은 기포콘크리트를 타설 후 온돌배관을 설치하는 과정에서 작업자의 작업하중에 의하여 기포콘크리트에 발생하는 작업 중 균열과 바닥 모르타르 미장 완료 후 사용시에 가해지는 적재하중 등에 의하여 발생하는 사용 중 균열로 구분할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 이러한 균열 발생단계에 맞추어 2단계로 나누어, 온돌구성층에 균열이 발생할 때까지 재하장치를 이용하여 가력하면서 하중과 변형을 측정하였다.

시공시에 발생하는 균열은 완충재의 종류와 기포콘크리트의 물성에 의하여 영향을 받는다고 할 수 있다. 본 실험에서는 이러한 영향을 파악하기 위하여 비교적 경질의 완충재라 할 수 있는 비드법발포폴리에틸렌보온재 2호와 연질이라 할 수 있는 발포PE 2가지로 하였으며, 기포콘크리트의 기포율도 2가지로 하였다.

본 연구는 온돌구성층에서 연질의 완충재 적용에 따른 온돌구성층의 균열발생 파악을 가장 큰 목적으로 한다. 따라서 사용시의 균열의 파악을 위한 실험에서는 기포콘크리트나 모르타르의 영향을 제외한 완충재만의 영향을 파악하고자 기포콘크리트와 모르타르는 고정하고 완충재의 종류를 9가지로 하였다.

2.2 사용재료

(1)모르타르 및 경량기포콘크리트

본 연구에서 사용된 모르타르는 현재 국내에서 일반적으로 사용되고 있는 배합(1)을 기준으로 하여 조립을 2.32인 경부 예천산 강모래와 보통포틀랜드시멘트를 사용하였으며 배

합 및 역학적 특성은 <표 1>과 같다.

<표 1> 모르타르 배합표 및 역학적 특성

W/C(%)	단위중량(kg/m ³)			압축강도 (MPa)	할선탄성계수 (MPa)
	시멘트	물	모래		
70	474	332	1301	21.6	1564.8

본 연구에서 시험체 제작에 사용된 경량기포콘크리트는 현재 국내에서 일반적으로 사용되고 있는 보통포틀랜드시멘트 기포콘크리트로 배합 및 역학적 특성은 <표 2>와 같다.

<표 2> 경량기포콘크리트 배합표 및 역학적 특성

기호	기포율 (%)	W/C (%)	단위중량(kg/m ³)		기포 (l/m ³)	압축강도 (MPa)	탄성계수 (MPa)
			시멘트	물			
A	50	65	517	336	500	1.72	1963.6
B	60	65	413	269	600	1.11	1169.8
C	70	65	310	202	700	0.45	619.3

A, B : 시공중의 균열 평가, C : 사용중의 균열 평가

(2)완충재

본 실험은 완충재의 종류에 따른 온돌구성층의 구조적 균열 발생을 평가하기 위한 것으로 다양한 완충재에 대한 검토가 필요하다. 따라서 실험에 사용된 완충재는 종래 국내에서 가장 보편적으로 사용되어 온 비드법발포폴리에틸렌(KS 2호)를 포함하여, 현재 중간 충격을 저감을 위하여 다양하게 제시되고 있는 완충재들 가운데 소재나 형태에 특징이 있는 것들로 선정하였다. <표 3>은 실험에 사용된 완충재의 종류 및 물리적 특성들을 나타낸 것이다.

<표 3> 완충재의 물리적 특성

완충재 종류	두께 (mm)	밀도 (kg/m ³)	탄성계수* (MPa)	흡수량 (%)	열전도율 (W/(m·K))	
PE	20	25.8	0.21	0.1	0.039	
EPS	20	26.3	0.84	1.3	0.034	
N-PE	23	45.6	0.24	8.0	0.037	
VPS	21	67.1	0.24	1.2	0.035	
GW	28	266.0	0.30	8.4	0.033	
EPP	30	12.7	0.29	2.6	PE	0.036
					EPP	0.040
EVA-1	19	71.6	0.22	1.6	0.040	
EVA-2	23	46.9	0.13	1.2	0.037	
TC	37	375.7	0.55	2.3	EPS	0.036
					페타이어	0.174

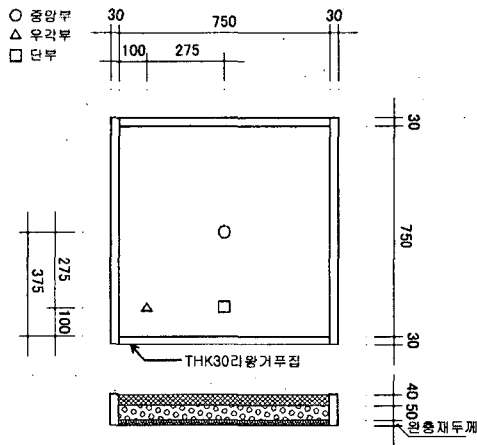
PE : 발포폴리에틸렌, EPS : 비드법발포폴리스틸렌 2호
 N-PE : PE + 폴리에스터 섬유, VPS : 비닐시트+EPS
 GW : 비닐시트 + 유리섬유, EPP : PE+발포폴리프로필렌
 EVA : 발포비닐아세테이트, TC : 페타이어칩+EPS

*)변형률 30%의 할선탄성계수

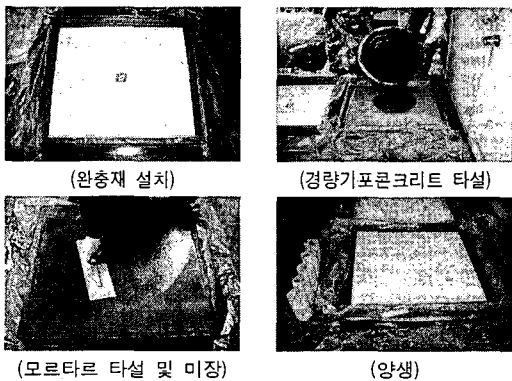
2.3 시험체 제작 및 측정

(1) 시험체 제작

완충재의 종류에 따른 온돌층의 구조적 균열 평가를 위하여 [그림 2]와 같이 실제 온돌구조와 동일한 모의부재를 제작하여 파괴실험을 실시하였다. 시험체의 제작은 완충재를 설치한 후 경량기포콘크리트를 타설하고 3일간 양생한 후에 모르타르를 타설하고 3회에 걸쳐 미장을 하였다. 시공시의 균열을 평가하기 위한 시험체는 완충재 2종류(PE, EPS), 경량기포콘크리트 2종류(B, C)로 하였으며, 사용시의 균열을 평가하기 위한 시험체는 검토대상 완충재 9 종류를 사용하였으며, 경량기포콘크리트는 B로 동일하게 사용하였다. 측정 재형은 시공시의 균열 실험은 실험은 기포콘크리트 타설 후 3일, 사용시의 균열을 평가하기 위한 실험은 모르타르 타설 후 28일간 대기에서 양생한 후 파괴실험을 실시하였다.



[그림 2] 시험체의 형상

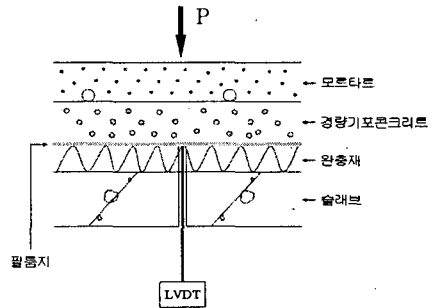


[사진 1] 시험체 제작

(2) 측정

가력 및 측정을 위하여 [사진 2]와 같이 스크류잭, 로드셀,

LVDT, 데이터로거로 구성된 시험장치를 제작하였다. 시험 장치의 중앙에 시험체를 설치한 후 스크류잭을 이용하여 파괴에 이를 때까지 온돌층에 가해지는 하중을 점차 증가시키면서 하중과 변형을 기록하였다. 이 때 가력위치는 시험체의 중앙으로 하였으며, 시공시의 균열 발생 실험에서는 $\phi 10\text{cm}$ 의 원형가압판을 이용하고, 사용시의 균열발생실험에서는 반구형의 배어링을 이용하여 점재하로 하였다. 또한 변형은 가력점 직하부에서 하중에 의한 온돌바닥의 처짐량, 즉 완충재의 변형량을 측정하였다.



[그림 3] 실험장치의 개요



[사진 2] 가력 및 측정 장치

3. 결과 및 고찰

3.1 시공시의 균열

시공시에 발생하는 균열을 평가하기 위한 실험에서 경량기포콘크리트에 균열이 발생할 때의 하중과 변형은 <표 4>와 같다.

<표 4> 완충재+경량기포콘크리트의 균열발생하중 및 변형

완충재 종류	기포콘크리트 종류	균열발생하중 (tonf)	균열발생시의 변형(mm)
EPS	A	0.809	1.98
	B	0.250	0.23
PE	A	0.135	1.22
	B	0.107	1.32

<표 4>에서 완충재의 종류에 따른 균열발생하중을 살펴 보면 경질의 EPS를 사용한 경우의 균열발생하중이 더 크게 나타났다. 또한 기포콘크리트의 종류에 따른 균열발생하중은 압축강도가 큰 A배합이 더 큰 것으로 나타났다. 따라서, 경질의 완충재 및 강도가 큰 경량기포콘크리트를 사용하는 것이 시공시 작업하중에 의한 균열 발생이 줄어든다는 것을 확인할 수 있으나, 본 실험결과만으로는 정량화는 어렵다.

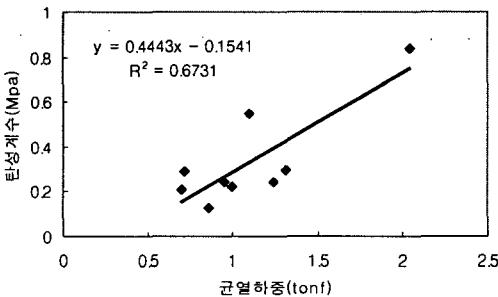
3.2 사용시의 균열

온돌공사 완료 후 사용시에 가해지는 하중에 의한 균열의 발생을 평가하기 위하여 실시한 부재실험의 결과는 <표 5>와 같다.

<표 5> 균열발생하중 및 처짐량

완충재 종류	균열하중 (tonf)	처짐량 (mm)	완충재 종류	균열하중 (tonf)	처짐량 (mm)
PE	0.7	2.2	VPS	1.24	2.2
N-PE	0.95	5.6	GW	1.31	5.7
EPP	0.72	4.4	TC	1.1	3.3
EVA-1	1	3	EPS-2	2.04	0.9
EVA-2	0.86	1.9	-	-	-

<표 5>에 나타낸 결과에 의하면 완충재의 종류에 따라 균열을 발생시키는 하중의 크기와 처짐량이 상당히 다르게 나타남을 알 수 있다. 따라서 완충재의 역학적 특성에 따라 온돌바닥의 균열이 큰 영향을 받음을 알 수 있다.



[그림 4] 균열하중과 완충재의 탄성계수의 관계

[그림 4]는 완충재의 탄성계수와 균열하중의 관계를 나타낸 것으로 완충재의 탄성계수와 균열하중의 크기는 비례관계가 있다는 것을 알 수 있다. 선형회귀분석에 의한 완충재의 탄성계수와 균열하중의 관계식은 다음과 같으며, 결정계수가 0.67로 유의성이 있는 것으로 판단할 수 있다.

$$\text{균열하중 (tonf)} = \frac{\text{탄성계수 (MPa)}}{0.4443} + 0.3468$$

따라서 구조해석 등에 사용되는 수치해석기법을 이용하면 온돌층을 구성하는 각종 재료의 역학적 특성을 바탕으로 온돌바닥의 균열을 판단이 가능할 것으로 판단되며, 추후 보완 실험을 및 분석을 통하여 온돌 구성층의 역학적 특성을 바탕으로 하는 구조해석 기법을 개발을 실시할 예정이다.

4. 결 론

완충재의 종류에 따른 온돌의 균열발생을 평가하기 위한 실험 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 경질의 완충재가 시공시에 발생하는 균열의 저감에 유리하다.
- (2) 압축강도가 큰 경량기포콘크리트가 시공시에 발생하는 균열의 저감에 유리하다.
- (3) 완충재의 종류에 따라 온돌바닥의 균열하중과 처짐이 달라지며, 비례관계에 있는 완충재의 탄성계수와 균열하중 사이의 관계식을 제시하였다.
- (4) 완충재의 탄성계수와 온돌바닥의 균열하중사이의 비례관계가 존재하므로 추가 실험과 분석 등을 실시하여 온돌바닥의 균열을 예측할 수 있는 구조해석 기법을 개발할 예정이다.

후 기

본 연구를 위한 실험 진행을 위하여 도움을 주신 쌍용양회 문경공장 및 금강하이텍 관계자 여러분께 감사드립니다.

참 고 문 헌

- (1) 이도현 등, 공동주택 온돌바닥 모르타르의 균열방지 연구, 대한주택공사, 2001.10, 4장.
- (2) 이도현 등, 온돌채움용 경량기포콘크리트의 품질관리 방안 개선 연구, 대한주택공사, 1999.12
- (3) 박상순, 고분자기포제를 이용한 경량기포콘크리트의 개발과 역학적 특성, 연세대학교 대학원 석사학위 논문, 1996
- (4) 대한주택공사, 주택건설전문시방서(건축) 2005.
- (5) 한국건설기술연구원, 바닥충격음 국제세미나 및 관련 제도 설명회 자료집, 2004.4.21
- (6) 김순만, 공동주택 바닥의 구법변화에 따른 단일 및 충격 차단성능에 관한 연구, 한양대학교 대학원 석사학위 논문.