

에너지 저감형 건축 자재의 DB 구축 방안 연구

양동석, 이도헌
한국토지주택공사 토지주택연구원
e-mail:blue@lh.or.kr

A Study on Implementation Method of DataBase of Energy Saving Construction Materials

Dong-Suk Yang, Do-Heon Lee
Land & Housing Institute, Korea National Land & Housing Corporation

요 약

건축물에서 사용되는 에너지 저감을 위한 노력이 활발히 진행되고 있는 가운데 공동주택 건설시 에너지 저감형 자재를 활용하는 것이 국내 에너지 소비량을 줄이는데 효과적이다. 하지만, 에너지 저감형 자재에 대한 성능 검토 및 시공관련 자료들이 체계화되어 있지 못해 설계 및 시공 시 어려움을 겪고 있다. 이에 따라, 본 연구에서는 공동주택 에너지 저감형 자재의 재료적 특성, 상세도, 시방서 등 설계에서 시공에 이르는 자료들을 DB로 구축하기 위해 효과적인 방안들을 제시하였다.

1. 서론

국내 에너지 소비량 가운데 건축물에서 사용되는 에너지가 전체 소비 에너지의 약 30%에 해당하므로 건축물에서 사용되는 에너지 저감을 위한 많은 노력이 진행되고 있다. 이러한 노력은 건축물의 단열성능 향상을 통한 냉난방 에너지 소비의 저감과 신재생 에너지 사용의 확대를 통한 화석에너지 사용의 저감 등이 대표적이라 할 수 있다.[1]

특히, 우리나라의 경우 공동주택의 비율이 많음에 따라 공동주택 건설시 에너지 저감형 자재를 활용하는 것이 국내 에너지 소비량을 줄이는데 매우 큰 역할을 담당할 것으로 판단되고 있다. 건축물에서 소비되는 에너지의 저감을 위하여 사용되는 건축자재로는 각종 단열재, 창호재, 유리 등이 대표적이며 이들 재료는 기존의 재료보다 열적 성능을 강화시킨 것이 대부분이다. 이러한 재료는 기존의 재료와 형태적인 면에서는 유사하나, 성능은 큰 차이가 있으므로 적절한 사용을 위해서는 설계단계에서 필요한 재료의 성능 검토에서부터 시공을 위한 시방서 등 많은 자료가 필요하나, 현재 이러한 자료들은 체계화되어 있지 못한 상태로 제조업체에서 제공하는 카다로그 등의 형태로 산재되어 있다. 따라서 설계자가 건축자재를 선정할 때 소요되는 시간이 길어지거나 선택범위가 제한될 수밖에 없으며, 시공에 있어서도 적절한 시공 상세도나 시방서 등의 부재로 정확한 시공이 어렵게 된다.

본 연구에서는 이러한 점에 착안하여 에너지 저감을 위하여 건축물에 사용되는 각종 건축자재의 재료적 특성, 상세도, 시방서 등 설계에서부터 시공에 이르는 자료를 포함하는 DB를 구축할 때 요구되어지는 설계 방향에 대하여

논하였다. 그에 따라 에너지 저감형 건축자재의 실제 적용을 위한 데이터베이스 구축 및 그 활용성을 높이고자 한다. 2장에서는 에너지 저감형 건축자재의 정의를 내리고 3장에서 대표적인 단열재에 대한 정보 분석을 통한 DB 구축항목들을 정의하고 그에 따른 DB 구축 방안을 제시하도록 한다.

2. 에너지 저감형 건축자재 현황 분석

세계적으로 주택의 에너지 절감 및 탄소배출 억제를 위하여 단열 성능을 향상시킨 건설을 유도하고 있어 향후 단열재료 시장은 지속적으로 확대될 것으로 판단된다. 또한 세계 각국은 에너지 소비를 줄일 수 있는 '에너지 저감형 건축자재'기술개발과 더불어 각종 규제와 인센티브 제도를 병행하여 실시하고 있다. 에너지 저감형 건축자재는 크게 Active System과 Passive System으로 구분할 수 있다. Passive System의 사전적 의미를 살펴보면 특별한 기계 장치를 쓰지 않고 건물 자체의 성능에 의해 열의 흐름을 자연스럽게 제어하는 방식을 말하며 그 종류로는 단열재, 창호 및 유리, 차단재, 도료 등이 있다. Active System의 경우, 사전적 의미는 어떤 목적을 달성하기 위하여 기능하도록 기기류를 유기적으로 조합시킨 장치를 말하며) Active System의 종류로는 태양광, 태양열, 지열과 같은 신재생에너지, 홈네트워크 시스템(원격제어, 관리, 보안) 등이 있다.

Passive System에 의한 에너지 저감을 구현하기 위해서는 열손실의 방지가 가장 중요하며 이를 위한 건자재의

1) 토목용어사전 및 토목 관련 용어 편찬 위원회를 참조하여 작성 함.

대표적인 예로는 단열재, 창호 및 유리 등이 있다. 단열재의 경우, KS에서 규정하고 있는 단열재와 KS에서 규정하고 있지 않지만 단열재로서 상용되고 있는 단열재로 구분되어진다. 창호는 만드는 재질에 따라 알루미늄, 플라스틱, 목재, 철재, 스테인레스, 등으로 구분할 수 있다. 유리의 경우, 판유리, 복층유리(2중창, 3중창), Low-E유리 등으로 나뉘며 그 특성에 따라 에너지 절감률이 다르다. Active System의 대표적인 신재생에너지는 태양광, 태양열, 지열, 연료 전지와 같이 공동주택에 적용이 가능한 에너지원과 폐기물, 수력, 해양, 수소 등과 같이 공동주택 내 직접 적용시키기 어려운 에너지원이 있다. 현재 국내 기술수준과 공동주택 부하특성을 고려하였을 때 경제성 및 기타 측면에서 공동주택단지에 적용되기에는 상당한 하기 위해서 공동주택 내 설치를 위한 인동간격에 따른 음영문제, 태양 에너지의 접근성 등 복합적으로 고려되어야 한다.[3]

따라서 본 연구에서는 공동주택 설계를 위한 에너지 저감형 건축자재의 성능 DB 구축과 공동주택 외단열 설계 및 시공 기준을 제시하기 위하여 공동주택에 적용하기 어려운 Active System을 제외하고 Passive System을 중심으로 대상을 설정하였다. 특히, DB 구축을 위한 방향을 설정하기 위하여 단열재 위주의 정보를 대상으로 분석하였다.

3. 에너지저감형 건축자재 단열재 정보 분석

단열재는 열의 이동으로 인해 열 손실을 방지하기 위하여 사용되는 재료를 말한다. 열은 전도, 대류, 복사 등의 현상으로 높은 곳에서 낮은 곳으로 이동하며 단열은 이러한 열의 이동을 방지하는 것을 말한다. 열의 이동을 억제하는 단열재는 재료자체의 열차단 성능과 두께, 함수 상태에 따라 유출 열량이 결정 된다. 일반적으로 단열재는 상온에서 열전도율이 0.1163 W/mk 이하인 것을 말하며 다공성 재료가 상대적으로 많다.[1]

단열재를 DB로 구축하기 위해 분류하는 기준에는 크게 재료의 종류, 단열성능, 물리적 구조 등이 있다. 재료의 종류에 따라 단열재를 분류하면 무기질, 유기질, 복합질 단열재로 나뉜다. 단열 성능의 경우 가~라 등급으로 나뉘며 물리적 구조에 따라 기포형(세포형), 반사형으로 분류된다. 본 연구에서는 단열재 특성 조사대상으로는 한국산업규격(KS)에 규정된 각종 단열재와 산업규격으로 정해지지는 않았지만 전자재 시장에서 상용화되고 있는 신개발 단열재를 중심으로 하였다. KS 산업규격 단열재는 크게 L(요업), M(화학), F(토건)으로 구분되며 L(요업)에는 인조광물 섬유 단열재, 미네랄 울 판상 단열재, 세라믹 섬유 블랭킷, 규산칼슘 보온재가 속한다. M(화학)에는 셀룰로오스 폼 단열재, 발포 폴리스티렌(PS)단열재, 경질 우레탄폼 단열재, 발포 폴리이틸렌 보온재가 속하며 F(토건)에는 발수성 필라이트 보온재, 질석, 염기성 탄산마그네슘 보온재, 석고보드가 있다.[6] <표 1>에서처럼 KS 산업규격 단열재의 분류를 기준으로 다시 두 단계의 깊이로 단열재를

분류하고 각 단열재에 대한 특성(밀도 및 열전도율 등)을 정의하고 DB화 항목으로 정하였다.

<표 1> KS 산업규격 단열재

종류		
L (요업)	• 인조 광물섬유 단열재	▶ L 9102
	• 미네랄 울 판상 단열재	▶ L 9106
	• 세라믹 섬유 블랭킷	▶ L 9104
	• 규산칼슘 보온재	▶ L 9101
M (화학)	• 셀룰로오스 폼 단열재	▶ M 3880
	• 발포 폴리스티렌(PS) 단열재	▶ M 3808
	• 경질 우레탄폼 단열재	▶ M 3809
F (토건)	• 발포 폴리이틸렌 보온재	▶ M 3862
	• 발수성 필라이트 보온재	▶ F 4714
	• 질석	▶ F 3702
	• 염기성 탄산마그네슘 보온재	▶ F 4708
	• 석고보드	▶ F 3504

<표 2> 인조 광물 섬유 단열재 구분

미네랄 울 구분	그라스울 구분
▶ 미네랄 울, 보온판(1호,2호,3호), 펠트, 보온대(1호,2호), 블랭킷(1호,2호), 보온통	▶ 그라스울, 보온판, 보온대, 블랭킷, 보온통

<표 3> 미네랄울의 종류 및 성능(KS L 9102)

종류	밀도 (kg/m ³)	열전도율 (W/mk)			
		평균온도 20℃	평균온도 70℃		
미네랄 울	40~150	0.044이하	0.044이하		
보온판	1호	71~100	0.037이하	0.044이하	
	2호	101~160	0.036이하	0.043이하	
	3호	161~300	0.038이하	0.044이하	
펠트	40~70	0.039이하	0.049이하		
보온대	1호	71~100	0.040이하	0.052이하	
	2호	101~160	0.039이하	0.049이하	
블랭킷	1호	a	40~70	0.039이하	0.049이하
		b	71~100	0.037이하	0.044이하
	2호	101~160	0.036이하	0.043이하	
보온통	40~200	0.036이하	0.044이하		

M(화학)이란 물질의 성질과 구조, 그 생성과 분해의 반응 및 다른 물질과의 반응을 나타낸 것으로 KS산업규격 중 화학분야(M)의 단열재로는 셀룰로오스 폼 단열재(M

3880), 발포 폴리스티렌(PS)단열재(M 3808), 경질 우레탄 폼 단열재(M 3809), 발포 폴리에틸렌 보온재(M 3862)로 분류하였다. 이에 대한 단열재에 대한 특성 항목의 예는 <표 4> <표 5>와 같다.

<표 4> 셀룰로오스 폼 단열재 종류 및 성능(KS M 3880)

종류	밀도 (kg/m ³)	열전도율 (W/mk) 평균온도 23℃	흡수성 (%)	유해성	
				폼알데하이드 방출량	VOCs 방출량
1호	300이상	0.034이하	4이하	0.10이하	0.10이하
2호	250이상	0.0350이하			
3호	200이상	0.0370이하			

<표 5> 발포 폴리에틸렌 보온재 종류 및 성능(KS M 3862)

종류	열전도율(W/mk) 평균온도 (20±5)℃	인장강도 (N/cm ²)	흡수량 (g/100cm ²)	두께 수축률 (%)	투습계수 ¹ ng/m ² ·s·Pa
1종	0.0430이하	14.7 이상	0.01 이하	(70±5℃) 7이하	10 이하
2종	0.0430이하	24.5 이상	0.01 이하	(120±5℃) 7이하	

¹ : 두께 25mm 당

F(토건)이란 토목과 건축을 아울러 이르는 말로 KS산업규격 중 토건분야(F)의 단열재로는 발수성 필라이트 보온재(F 4714), 질석(F 3702), 염기성 탄산마그네슘 보온재(F 4708), 석고보드(F 3504)등 이 있다. 이에 대한 단열재에 대한 특성 항목의 예는 <표 6>,<표7>과 같다.

<표 6> 발수성 필라이트 보온재 종류 및 성능(KS F 4714)

종류	밀도 (kg/m ³)	열전도율(W/mk) 평균온도 (70±5)℃	휨강도 (N/cm ²)	선 수축률 (%)	발수도 (%)
보온판(통) 1호	200 이하	0.0620이하	25 이상	2.0 이하	98 이상
보온판(통) 2호	155 이하	0.0550이하	20 이상		
고온용 보온판(통)1호	250 이하	0.0720이하	25 이상		
고온용 보온판(통)2호	185 이하	0.0560이하	20 이상		

<표 7> 방화 석고보드 성능(KS F 3504)

두께 (mm)	함수율 (%)	휨 파괴 하중(N)		열저항 (m ² ·K/W)	단위면적당 질량(kg/m ²)
		길이 방향	나비 방향		
12.5	3 이하	500 이상	180 이상	0.060이상	10.30이상
15.0		650 이상	220 이상	0.0690이상	12.20이상
25.0		1000 이상	380 이상	0.0950이상	20.50이상

이 밖에도 단열에 대한 요구의 증대에 따라 기존의 규격화된 단열재보다 높은 성능을 갖추거나 기존의 단열재를 복합화하여 성능이나 시공성을 향상시킨 단열재가 많이 상용화되고 있다. 그 종류로는 진공 단열재, 흡음 단열재, 열반사 단열재, 복합 단열재 등이 있으며 본 조사를 위하여 2012년에 전시된 건축박람회를 통해 수집된 자료를 바탕으로 단열재를 정리하면 <표 8>과 같다. 각 단열재에 대해서도 특성들을 정리하였다.

<표 8> 기타 고성능 및 복합 단열재 종류

구분	제품 종류
진공단열재	• 흡드 실리카 진공단열재 • 브이팩 진공 단열재
열반사단열재	• 따사론
복합단열재	• Low-E 단열재 • PP보드
흡음단열재	• T-Max

이상에서와 같이 에너지 저감형 건축자재의 경우 단열재만 보더라도 다양한 종류의 자재들이 있고 각 자재에 따라 특성항목들이 다르게 나타나고 있음을 알 수 있다. 이 밖에도 단열공법 분류에 따라서도 분류할 수 가 있는데 단열 공법은 단열재의 위치에 따라 내단열, 중단열, 외단열로 분류된다. 즉, 단열재의 설치 위치에 따라 구조체 내외부의 열 이동이 달라지며 이는 건물부하에 영향을 미치게 된다는 것을 의미한다. 내단열과 중단열 공법의 경우, 국내 공동주택에서 주로 사용되고 있는 공법이며 외단열공법은 선진국에서는 일반화된 공법이나 국내에서는 권장사항으로 남아있다. 외단열 공법의 경우 내단열 또는 중단열 공법에 비해 구조체 외부를 단열재로 완전히 감싸기 때문에 단열의 불연속 부위가 없어서 외부로의 손실열량을 줄일 수 있으며 표면결로 및 내부결로를 방지할 수 있다. 내단열 및 중단열은 계절에 따라 균열이 발생되기도 한다.(여름철-열응력, 겨울철-열충격)

<표 10> 내단열 공법의 단열재 설치 방법의 예

▶ 내단열 공법의 종류 및 구조

종류	구조	공법	시각
충진공법		불임공법	
타설식공법		뿜칠공법	

4. 에너지 저감형 건축자재 DB 구축 방안

에너지 저감형 건축자재 DB를 구축하기 위해서는 앞에서 언급했듯이 첫째, 수많은 건축자재들 중 에너지 저감형에 따른 건축자재들의 표준화된 분류체계를 갖추어야만 한다. 기존 연구[2,4,5]에서와 같이 정보시스템과 연계 및 검색효율화를 위해서도 체계화된 분류방법을 제시할 수 있어야만 한다. 특히, 추후 자재선정 프로세스와의 통합뿐만 아니라 설계 시공 등 공정 사이클 속에서도 효과적인 접근이 가능하도록 분류할 수 있어야만 한다.

둘째, 사용자 인터페이스 측면에서 기존 특성정보뿐만 아니라 상세도, 카탈로그, 이미지, 시방서 등 복합적인 정보들을 제공할 수 있어야만 한다. 또한, 다양한 저감형 건축자재를 활용했을 때의 비교견적 및 비교성능을 도출할 수 있도록 하여야만 한다. 특히, 사용자의 수준(일반사용자, 전문가, 정책관련기관, 관련업체종사자, 공정별 담당자 등)에 따른 차별화된 접근방식을 제공할 수 있어야만 한다.

셋째, 구현 방법으로는 웹 기반으로 시스템을 개발할 수 있어야 하며, 오픈소스 기반의 프로그램 구현을 할 수 있어야 한다. 추후 실시간 자재정보의 연동을 위한 GIS 엔진과의 연동 방안 검토도 필요하다.

넷째, 자재 정보의 생산은 해당 자재업체에서 기본 자료를 입력하지만 에너지 저감형 관련 정보는 전문기관에서 재가공하여야만 하고 최종적인 정보인증은 인증위원회를 통한 인증단계를 거쳐 DB를 운영하여야만 한다. 하지만, 최종 단계를 거치지 않은 정보들도 단계별로 신뢰도를 부여하여 다양하게 활용할 수 있도록 하여야만 한다. 특히, 기존 건설자재정보시스템[4]와 연계하여 추가 입력에 따른 자료 불일치 및 비용을 절감할 수 있도록 한다.

마지막으로, 에너지 저감형 자재정보의 경우 추후 건물 에너지정보시스템, BMIS 등과 연계하여 해당 자재를 통한 각 정보시스템의 상관관계를 서로 예측할 수 있는 고차원적인 정보공유를 검토하여 구축될 수 있어야만 한다.

5. 결론

본 연구에서는 우리나라 공동주택에서 사용되어지는 건축자재 중 에너지 저감형 건축자재 DB를 효과적으로 구축하기 위한 방안들을 제시하였다. 먼저 에너지 저감형 건축자재들을 정의하고 그 중 단열재에 해당하는 자재정보들을 분류하고 요구되는 DB 항목들을 조사하였다. 다양하고 복잡한 정보들을 효과적으로 DB하기 위한 방안들로써 크게 다섯 가지 구축방안을 제시하였다. 향후, 에너지 저감형 건축자재 DB가 구축되어질 때 제시된 방안에 따라 시스템의 활용도를 높일 수 있을 것이라고 기대한다.

사사

본 연구는 국토해양부 첨단도시개발사업 “탄소저감형 건설재료 기술개발”과제의 세세부과제인 “공동주택 에너지 저감형 건축자재 실용화 기술개발”연구의 일환으로 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] 이도현 외, “공동주택에너지 저감형 건축자재 실용화 기술개발”, 탄소저감형 건설재료기술개발 연구단보고서, 2012. 6.
- [2] 주기범 외, “건설자재정보의 유기적 활용을 위한 역할 기반 자재정보 운영방안”, 한국건설관리학회 2009년도 학술발표대회논문집, 2009.
- [3] 이종성 외, “공동주택 단지내 신재생에너지 적용을 위한 성능평가 및 도입방안 연구”, 토지주택연구원, 2010.5.
- [4] 한충한 외, “건설자재 통합정보 관리를 위한 시스템 모델 구현”, 한국정보처리학회지, 제16-D권 제3호 통권제126호, 2009.6.
- [5] 권오용 외, “건설 자재정보 DataBase의 실용화 방안 연구”, 한국건설관리학회 2007년도 정기학술발표대회 논문집, 2007.
- [6] <http://ks.or.kr/>, 산업규격단열재



(그림 1) 에너지 저감형 건축자재 DB 구축방안