

외기와 면하는 욕실 내측벽에 압출 발포폴리스티렌 패널을 사용한 단열시공기술에 관한 연구

A Study of Thermal insulation method using extruded and expanded Poly-ethylene panel contacted to the bathroom inner wall facing on the outside

이 종 진*
Lee Jong-Jin

오 창 원**
Oh Chang-Won

여 승 의***
Yeo Sung-Yi

Abstract

This study is for the insulation construction of inner wall in a bathroom facing on the outside in the housings. This new dry construction method can be constructed by a dry panel which is bonded tiles on the extruded and expanded poly-ethylene panel in stead of the existing wet construction method.

Compared to the existing method, this panel is light movably and is constructed simply.

These representative construction merits are getting wide span in a bath due to reducing wall thickness and saving construction period.

키 워 드 : 표면강화제, 압출 발포폴리스티렌 패널, 단열시공기술

Keywords : A reinforcing agent of surface, Extruded and expanded poly-ethylene panel, Thermal insulation technique

1. 서론

현재 건설업계는 주상복합 초고층 공동주택의 건설물량이 증가되고, 일반 공동주택의 고층화 경향으로 골조공사의 코어 선형공법 및 VH(Vertical Horizontal) 분리타설 시행 등으로 공사기간 단축을 꾀하고 있다. 또한 마감공사 설계시 건물자 중 감소, 공사 중 양중 효율 증대 및 시공성 향상을 위한 경량 건식 벽체의 적용확대, 습식 마감공사의 건설 기능공 감소에 따른 마감설계의 건식화 경향이 뚜렷하며, 현장 기술의 간편화, 현장 관리 작업의 경감을 통한 하자요인 감소 유도 등이 적극적으로 추진되고 있다.

이에 따라 재래식 벽돌조의 공사가 감소하는 추세이다. 벽돌조를 대체하는 건식 벽체의 공법으로는 압출성형 경량콘크리트 패널 또는 시멘트 패널 계열의 제품과 Stud, Runner 등의 경량철물과 석고보드 및 단열재를 이용한 DRY WALL 등이 공동주택의 실 구획을 위한 소재로 주로 이용되고 있으며, 욕실용 벽체는 타일마감공사를 위하여 압출성형 경량 콘크리트 패널 등과 DRY WALL이 혼용하여 사용되고 있다.

본 연구는 공동주택 욕실 내측벽을 구성하는 재래식 공법인 벽돌과 단열재를 이용하는 재래식 공법을 대체하는 경량의 건식화 공법을 개발하기 위한 목적으로 수행되었다.

2. 기존공법의 검토 및 분석

2.1 기존공법의 검토

현재까지 외기와 접하는 공동주택 욕실 내측벽 구조로 가장 많이 사용되어온 [비드법 발포 폴리스티렌 보온판 또는 유리면+벽돌벽+타일 떠붙이기]의 단열시공기술의 설치부위 및 시공 단면상세는 그림1과 같으며, 시공성, 품질의 안전성, 공사기간, 단열성능, 경제성, 건설 폐기물 발생 및 재활용성 등을 종합하여 볼 때 표1과 같은 문제점을 가지고 있다.

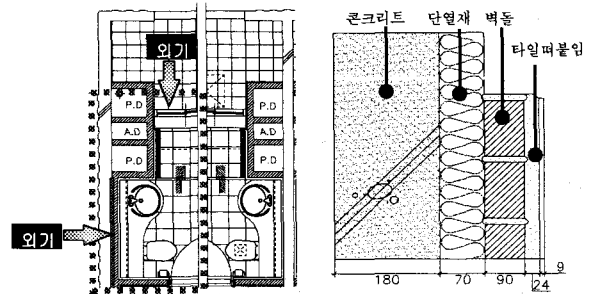


그림 1. 욕실단열시공부위 및 단면상세(기존공법)

* 현대산업개발(주) 기술연구소장, 정회원

** 현대산업개발(주) 기술연구소 수석연구원, 정회원

*** 현대산업개발(주) 기술연구소 연구원, 정회원

표 1. 기존 옥실단열공법의 문제점

구분	문제점
공정	습식공정으로 시공시간이 길다(최소3일공정)
시공면적	옥실내측벽의 손실이 많다(마감두께 193mm)
구조안정	습식재래공법은 고정하중이 많다(135kg/㎡)
기능공수급	전문기능공 많이 요구되고, 시공비가 높다
단열성능	단열성이 낮다(열관류율 K=0.421W/㎡K)
친환경성	폐기물발생이 많고, 재활용 불가로 친환경성 결여

2.2 목표설정 및 대안의 검토

본 연구는 기존의 외기와 접하는 옥실 내측벽의 단열시공 기술의 문제점 분석 결과를 토대로 최적 대안을 선정하기 위한 전제 조건으로

- 1) 단순건식공종(시공이 간편하고, 품질관리 용이)
- 2) 공사기간을 단축할 수 있을 것
- 3) 경량으로 운반 및 관리가 편리할 것
- 4) 기존 공법[단열재+시멘트벽돌+타일 떠붙임]에 비해 저렴한 공사비
- 5) 단열성능 향상(단열재 두께 감소)

의 다섯가지 항목을 만족하는 새로운 공법을 모색하여 기존공법의 단열재(비드법 발포폴리스티렌)보다 단열성능이 우수한 압출법 발포폴리스티렌에 표면처리 기술을 적용한 신공법을 개발하여, 별도의 보조재(기존공법의 벽돌)없이 후속 마감공정인 타일시공이 가능하도록 한 압출 발포폴리스티렌 패널을 옥실내측벽에 적용하는 데 있다.

3. 압출 발포폴리스티렌을 사용한 옥실내측벽 단열시공기술 개발

3.1 공법의 개요

공동주택의 외기와 접하는 옥실 벽체 타일면의 벽체 시공시, 압출 발포폴리스티렌에 유리섬유직물을 넣고, 표면강화제(백시멘트와 Acrylic latex polymer 성분의 Base Coat 접착제, 물을 혼합한 합성물질)를 도포한 압출 발포폴리스티렌 패널을 석고본드를 사용하여 옥실벽체에 붙이고(패널간 결합부는 반턱이음 시공), 상부에 타일을 붙임 시공하는 옥실 내측벽 단열 시공 기술로 공법 개념도는 그림2와 같다.

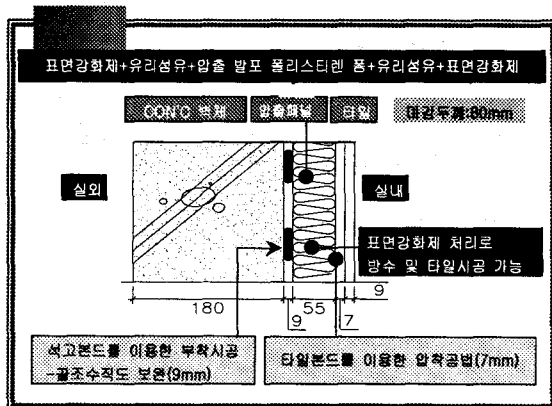


그림 2. 압출 발포폴리스티렌 패널 공법 개념도

3.2 표면강화제의 개발

표면 강화제는 압출법으로 생산된 발포 폴리스티렌 보온판(KS M 3808) 양면에 유리섬유직물을 놓고 그 위에 약 1mm의 두께로 도포하는 재료로서 콘크리트 벽면과 타일의 부착 성능을 향상시킬 목적으로 사용한다.

표면 강화제는 백 시멘트(KS L 5204), 아크릴 폴리머 수지로 이루어진 접착제 Base Coat와 물을 무게비 40 : 25 : 10의 비율로 혼합 교반하여 만들어지며 이 때의 혼합점도는 약 17,000~20,000 cps를 갖는다.

옥실의 경우 다른 건축 환경과 달라 여러 환경조건에서도 [콘크리트 구조물 바탕의 상태(건조, 습윤), 온도환경조건(냉온반복), 시공 후의 환경조건(기건, 습윤, 온냉 반복등)] 부착력의 현저한 저하는 없어야 하므로 이에 적합한 표면강화제를 개발하기 위한 최적 배합비를 선정하기 위한 배합시험을 실시하였으며, 그 결과는 표 2와 같다.

표 2. 최적배합비 도출을 위한 배합표

NO	백시멘트 (kg)		Base Coat(kg)		물(kg)		점도 (cps)
	1	2	1	2	1	2	
1	40	20	25	12.5	2	1	130,000
2	40	10	20	5	4	1	85,000
3	40	6.7	25	4.2	6	1	52,000
4	40	5	20	2.5	8	1	25,000
5	40	4	25	2.5	10	1	18,500
6	40	3.3	20	1.6	12	1	15,000
7	40	2.9	25	1.8	14	1	13,000
8	40	2.5	20	1.25	16	1	10,000
9	35	5.8	25	4.2	6	1	30,000
10	35	3.5	20	2	10	1	21,000



그림 3. 표면강화제 개발 배합시험 전경

3.3 석고본드를 이용한 다점식 집합공법 개발

압출 발포폴리스티렌 패널에 발생 가능한 변형은 자중에 의한 하향 처짐, 온도 및 습도에 의한 휨변형과 축방향 신축 등을 들 수 있다. 따라서 이러한 변형을 적절히 방지할 수 있도록 합리적인 접착간격에 대한 검토가 필요하다 할 수 있다.

압출 발포폴리스티렌 패널은 복합재료로서 단일재료에 상응하는 탄성계수와 같은 재료 물성치를 추정하기가 어려우므로 일정한 온도변화율과 탄성계수를 가정하고 검토를 수행하여 아래그림과 같은 시공간격을 선정하였다.

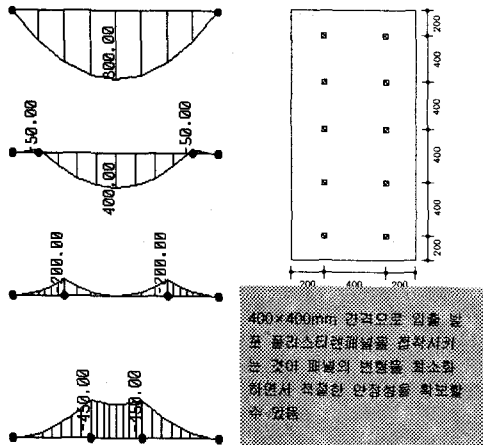


그림 4. 최적 시공법 개발을 위한 구조검토

그림4는 보드에 가해지는 온도 및 습도 차이에 의한 변형 효과를 패널면에 등분포하중으로 가정하였을 때 패널에 발생하는 휨모멘트도를 나타낸 것이다. 결과에서 보듯이 접착부위를 양단에서 1/4 지점에 위치시켰을 때 부재에 발생하는 휨모멘트가 가장 최소화됨을 알 수 있다.

3.4 패널간 결합부위의 단열성능 유지

압출 발포폴리스티렌 패널의 단열성능을 결정짓는데 있어 현장 시공시 가장 문제가 되는 부위는 패널간의 결합부위로 밀실하게 접합이 되지 않는다면 단열성은 저하된다.

이 문제를 해결하기 위하여 패널간 결합부위를 아래 그림과 같은 형상으로 절취하여 상호 배부름 방지 및 일체형의 단열성능을 유지하면서 현장시공을 할 수 있도록 고안하여 패널을 제작하였다.

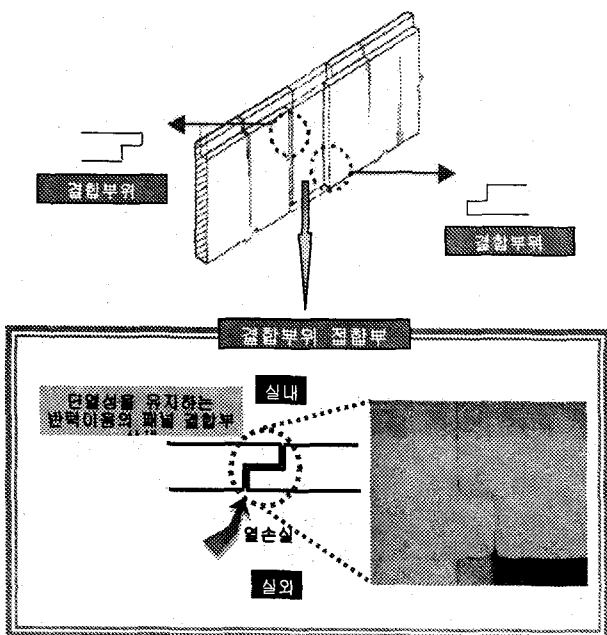


그림 5. 패널간 결합부위 구성도

4. 재료의 성능평가 및 결과분석

4.1 압출 발포폴리스티렌 패널

본 시험에 사용된 압출 발포폴리스티렌 패널은 KS M 3808(발포 폴리스티렌 보온판) 압출법 특호 규격에 적합한 패널의 양쪽 표면에 유리섬유를 놓고 사용 배합에 따라 제조된 표면 강화제를 보온판 양면에 1mm 도포하는 공장생산 과정을 거쳐 양생된 것을 사용한다.

표 3. 압출 발포폴리스티렌 패널 시험결과

시험 항목	기준치	결과
압축강도 (N/cm ²)	25	26
굽힘강도 (N/cm ²)	45	53
열전도율 (W/m·K)	평균온도 20±5℃	0.027이하 0.026
연소성	3초 이내에 불꽃이 꺼져서 찌꺼기 없고 연소계선을 초과하여 연소하지 않을 것	이상없음

4.2 유리섬유의 인장강도

표면강화제의 인장력 및 부착력 증대를 위해 사용되어 지는 유리섬유의 인장강도를 측정된 결과는 표4와 같다.

표 4. 압출 발포폴리스티렌 패널 시험결과

시험항목	시험결과				
	1	2	3	평균	
인장강도 (kg/2.5cm)	경사	103.6	104.3	105.8	105
	위사	129.7	136.6	139.2	135

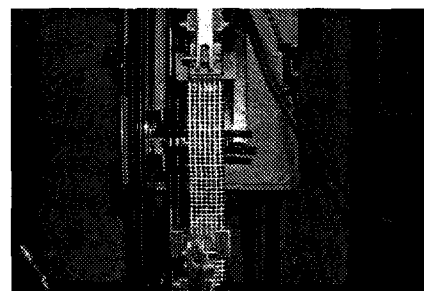


그림 6. 유리섬유의 인장강도 시험전경

4.3 타일본드

표 5. 타일본드 성능시험 결과

항목	기준치	시험결과	
저장안정성	부피와 점도에 현저한 변화가 없을 것	이상없음	
접착 강도 (N/cm ²)	표준	58.8	105.9
	건조·수축	29.4	51.4
	열노화	29.4	98.7
	저온경화	29.4	50.2
	알칼리수중	29.4	50.5
내열성	60℃, 24시간, 4.5kg의 추로 안정할 것	이상없음	
미끄럼저항성	어긋남이 생기지 않을 것	이상없음	

4.4 압출 발포폴리스티렌 패널의 부착력 시험

1) 패널과 콘크리트 벽체와의 부착력 시험

압출 발포폴리스티렌 패널과 콘크리트 벽체와의 부착강도를 다양한 조건하에 시험하여 욕실내부에서의 변화를 추정하였다.

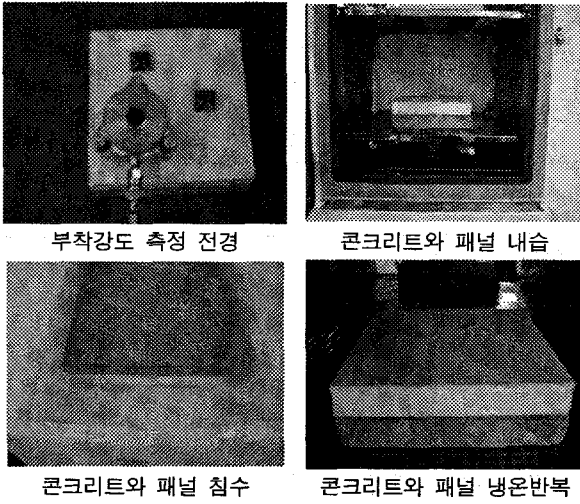


그림 7. 패널과 콘크리트 벽체와의 부착력 시험전경

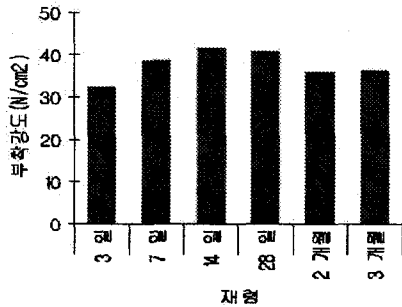


그림 8. 재질별 콘크리트와 패널과의 부착강도

표 6. 패널과 콘크리트 벽체와의 부착력 시험결과

시험항목	콘크리트와 패널과의 부착강도 (N/cm ²)			
	30 ± 2℃, 습도 90 ± 5%, 14일(내습)			
시험결과	1	2	3	평균
	31.7	30.6	32.1	31.5
시험항목	콘크리트와 패널과의 부착강도 (N/cm ²)			
	23 ± 3℃, 중류수, 7일(침수처리)			
시험결과	1	2	3	평균
	27.9	31.2	31.6	30.2
시험항목	콘크리트와 패널과의 부착강도 (N/cm ²)			
	냉온반복 후			
시험결과	1	2	3	평균
	37.2	40.4	41.8	39.8

2) 패널과 타일과의 부착력 시험

압출 발포폴리스티렌 패널과 타일과의 부착강도를 패널과 콘크리트의 부착력 시험조건과 동일한 조건하에 시험하였다.

표 7. 패널과 타일과의 부착력 시험결과

시험항목	패널과 타일과의 부착강도 (N/cm ²)			
	무처리(28일)	침수처리 후	냉온반복 후	내습시험 후
시험결과	37.6	30.9	33.1	31.2

4.5 압출 발포폴리스티렌 패널의 단열성능 시험

기존공법과 본 연구의 공법과의 단열성능을 비교 시험하여 산술적 계산식과 비교하였다

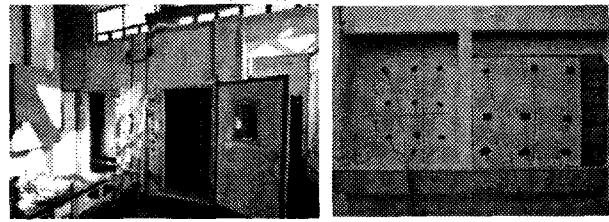


그림 9. 열관류율 시험 전경

표 8. 열관류율 시험결과(시험에 의한 비교)

시험체	단위	열관류율 K
콘크리트(180T)+비드법단열재(70T)+벽돌(90T)+시멘트몰탈(24T)+타일(9T)	W/m ² K	0.411
콘크리트(180T)+석고본드(9T)+압출 발포폴리스티렌 패널(55T)+타일본드(7T)+타일(9T)	m ² K	0.402

표 9. 열관류율 시험결과(계산식에 의한 비교)

기 준				변 경					
구 분	열전도율 (W/mK)	두께 (mm)	열저항 (mK/W)	구 분	열전도율 (W/mK)	두께 (mm)	열저항 (mK/W)		
Ro			0.043	Ro			0.043		
Con'c 벽체	1.600	180	8.889	0.113	Con'c벽체	1.600	180	8.889	0.113
단열재 (비드법)	0.036	70	0.514	1.944	공기층 (석고본드)		9		0.086
0.5B 조적	0.600	90	6.667	0.150	단열재 (압출법)	0.027	55	0.491	2.037
모르타르	1.400	24	77.778	0.013	표면보강재 및타일본드	1.400	9	156	0.006
Ri			0.110	Ri				0.110	
ΣR			2.377	ΣR				2.395	
열관류율 (W/mK)			0.421	열관류율K (W/mK)				0.418	

4.6 압출 발포폴리스티렌 패널의 난연성 시험

화재시 안정성 확보에 대한 대책은 주요구조부는 콘크리트 구조이므로 당면내화구조로 내화성이 확보되었으나, 압출발포 폴리스티렌 패널의 사용으로 인한 화재안전성이 우려되는바 이는 기본적으로 콘크리트 모체와 욕실벽타일 내부에 위치하여 비구조체로서의 화재시 안정성은 확보되었다고 판단되며, 마감재로서의 난연성능 시험결과 난연2급으로 확인되어 불연, 준준연재료에 해당된다고 판단되며, 시험결과는 표10과 같다.

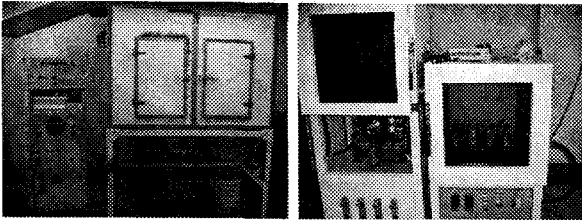
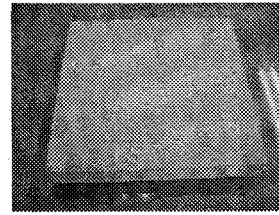
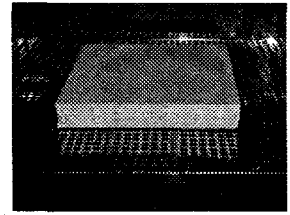


그림 10. 난연성 시험 전경



길이변화율 시험편



길이변화 조건시험 내부전경

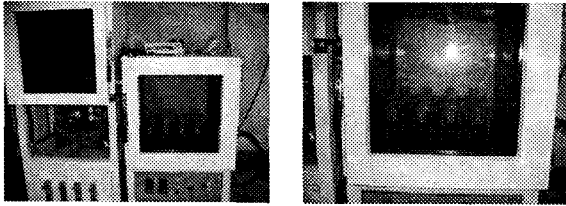
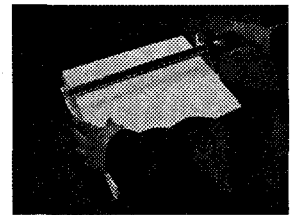


그림 11. 가스유해성 시험 전경



길이변화 조건시험 외부전경



길이변화 측정

그림 12. 길이변화를 시험 전경

표 10. 난연성 시험결과

시험항목		결과			시험 방법
		시편1	시편2	시편3	
난연 성 (2급)	표면시험	전체두께에 걸친 용융	없음	없음	없음
		방화상 해로운 변형	없음	없음	없음
		뒷면의 균열(mm)	0.2	0.1	0.2
		잔열(초)	0	0	0
		발연계수(CA)	0	0	0
	온도시간면적 ($^{\circ}\text{C}\cdot\text{min}$)	3분이내	0	0	0
		3분이후	0	0	0
	부가시험	잔열(초)	0	0	0
		발연계수(CA)	0	0	0
	온도시간면적 ($^{\circ}\text{C}\cdot\text{min}$)	3분이내	0	0	0
3분이후		0	0	0	
가스유해 성시험	마우스행동정지시간 (분초)	14:58	14:48	-	

KSF
2271

4.8 압출 발포폴리스티렌 패널의 실내공기 환경 평가

패널 시공을 위한 본드 및 표면강화제 사용에 따른 실내공기 환경성능에 대한 평가결과는 표12과 같으며, 실내공기 환경성능 등급은 공기청정협회 기준에 의거하였다.

표 12. 실내공기환경 성능평가 결과

구 분	단위	타일본드	석고본드	Base Coat	표면 강화제
3일차	TVOC	0.48	0.09	0.15	0.09
	HCHO	0.02	0.01	0.01	0.01
7일차	TVOC	0.33	0.08	0.15	0.08
	HCHO	0.04	0.03	0.02	0.02
등급	TVOC	※※※※※※※※	※※※※※※※※	※※※※※※※※	※※※※※※※※
	HCHO	※※※※※※※※	※※※※※※※※	※※※※※※※※	※※※※※※※※

4.7 압출 발포폴리스티렌 패널의 길이변화율 시험

패널접합부분을 따라 발생할 수 있는 타일 또는 줄눈 균열은 욕실 내부의 온습도 변화에 따른 패널의 수축 팽창 및 길이변화로 발생할 것으로 예상되어, 압출 발포폴리스티렌 패널의 길이 변화율을 시험하였다.

표 11. 길이변화율 시험결과

온습도 조건	시 간	비 고
온도20 $^{\circ}\text{C}$, 습도 98%	1시간 유지	
온도20 $^{\circ}\text{C}$, 습도 98% → 온도40 $^{\circ}\text{C}$, 습도 50%	1시간	온도상승
온도40 $^{\circ}\text{C}$, 습도 50%	1시간 유지	
온도40 $^{\circ}\text{C}$, 습도 50% → 온도20 $^{\circ}\text{C}$, 습도 98%	1시간	온도하강
온도20 $^{\circ}\text{C}$, 습도 98%	1시간 유지	
온도20 $^{\circ}\text{C}$, 습도 98% → 온도-10 $^{\circ}\text{C}$	1시간	온도하강
온도-10 $^{\circ}\text{C}$	1시간 유지	
온도-10 $^{\circ}\text{C}$ → 온도20 $^{\circ}\text{C}$, 습도 98%	1시간	온도상승

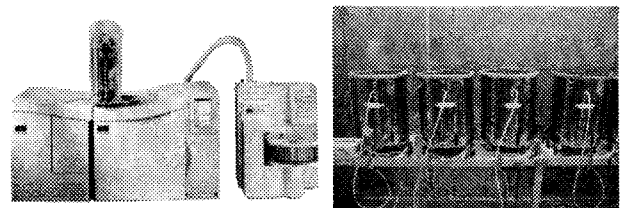


그림 13. 표면강화제와 본드류의 실내공기질 영향 평가

4.9 결과분석

시험 항목별 시험결과 압출 발포폴리스티렌 패널을 사용한 욕실내측벽 시공법은 주택건축물의 욕실내측벽 단열시공기술로서 한국산업규격에 정한 기준이상을 만족하므로 단열재로서의 기능 및 마감바탕재로서의 기능을 충분히 발휘할 수 있을 것으로 판단되어 현장 적용에 문제가 없을 것으로 사료된다.

5. 결 론

이에 본 연구는 공동주택을 비롯한 주택건축물 시공현장에 적극 활용될 수 있는 단열시공기술로 재래식 공법인 단열재와 벽돌을 이용한 습식공법의 문제점을 개선·보완하였다는 측면에서 대체성이 높을 것으로 판단되며, 표13과 같은 효과를 기대할 수 있으므로 건설현장에서의 적용성이 높을 것으로 판단된다.

표 13. 기존기술 대비 성능비교

구 분	내 용	
진식화	공장 생산된 경량의 패널 단순 부착시공	전문기능 인력과 작업인력 감소
유효 면적	시공두께 60%감소 : 193T→80T	육실유효면적 6.2%증가
경제성	단위면적당 시공금액 20% 절감	@23,954→19,518
구조 경량화	고정하중감소로 구조안정성 및 경제성증가	135kg/m ² →4.18kg/m ²
시공성	기존 3단계 공정을 2단계로 축소	3일공정→1일공정
유지 관리	경량의 규격품으로 하자보수 및 현장관리 용이	
환경 친화	자원절약 및 폐자재 재활용이 가능한 공법	

참 고 문 헌

1. 한국산업규격 KS M 3808- '03 발포 폴리스티렌 보온재
2. 한국산업규격 KS F 2271- '98 건축물의 내장재료 및 난연성 시험방법
3. 한국산업규격 KS F 4715- '01 얇은 마무리용 벽바름재
4. 한국산업규격 KS F 4716- '01 시멘트계 바탕 바름재
5. 한국산업규격 KS L 1593- '98 도자기질 타일용 접착제
6. 한국산업규격 KS L 2513- '00 유리섬유 일반 시험방법
7. 한국산업규격 KS F 2277- '02 건축용 구성재의 단열성 측정방법
8. 한국산업규격 KS L 2513- '00 유리섬유 일반 시험방법
9. JIS A 1901-'02 소형철퍼벌-VOC, HCHO, 기타 카르복실화합물 방산 측정방법