

# 삼성의 Green Tomorrow 사례 및 실내환경 관련 적용기술

○ 서형석 | 삼성물산(주)건설부문, 친환경에너지연구소  
부장  
E-mail : hyungsuk.so@samsung.com

## 1. 서론

현대인은 하루의 생활 중 80~90%의 시간을 건축 실내공간에서 생활하고 있다. 이에 호응하듯 현대의 건물 디자인 트렌드는 커튼월 방식이 주도하며 건물의 공간적 기능을 향상시킨 반면 환기의 어려움으로 실내 공기질 악화가 문제시 되고 있다. 최근 삶의 질 향상과 더불어 웰빙에 대한 관심이 고조되면서 건물의 실내공간과 관련하여 그 구성과 재료에 많은 관심이 모아지고 있다. 특히, 친환경으로 표 1. GT에 적용이 검토된 자재종류, 사용기술 및 적용부위

자재종류	사용기술	적용부위
축열재	PCM코팅	거실 천정
흡음단열재	알루미늄코팅 골판지	덕트
조습자재	실리카겔	천정
바이오기술 융합자재	천연도료	벽지, 바닥재
유해물질 저방출자재	유해물질 최소량 포함	가구, 타일, 온돌마루, 벽지 페인트 등
폐기물 재활용자재	LCD 시멘트 재생목재 플라스틱 합성목재	구체 가구 및 외부시설물 외부시설물

대변되는 최근의 건축 트렌드에서 생산, 유통에서 폐기에 이르기까지 유해물질 및 탄소 방출이 적고 에너지 사용이 적어 지속가능한 건축물이 점점 요구됨에 따라, 이를 뒷받침 해줄 수 있는 친환경건축 자재는 시장의 화두가 되고 있다. 미국의 친환경건물 등급제도인 Leadership in Energy and Environmental Design(LEED)에서 국내 최초로 플래티넘 등급(최고등급)을 받은 당사의 친환경주택 Green Tomorrow(GT)에서도 친환경자재의 사용은 높은 비중으로 등급인증에 반영되었다. 따라서 본 원고에서는 실내환경적용 친환경기술 중 GT에 적용된 자재부분을 중점적으로 소개하고자 한다. 표1에서는 GT에 적용이 검토된 주요 친환경자재 요소 기술들을 종류, 사용기술 및 적용부위별로 구분하여 예시하고 있다.

## 2 본론(요소기술)

### 2.1 습도조절자재

#### 2.1.1 개요

건축자재 흡방습관련 규격으로는 ISO/FDIS 24353 performance of building materials and products - Determination of moisture adsorption/ desorption

properties in response to humidity variation, JIS A 1470-1(2008) 건축재료의 흡방습성 시험방법 제1부 : 습도응답법, JSTM H 6302 조습건축재의 흡방습성 실험방법 등이 있으며 이들 규격에서는 흡상습관련 용어를 다음과 같이 정의하고 있다.



- 흡방습성(water vapor adsorption/desorption property) : 재료가 가지고있는 흡습 및 방습에 관한 성질
- 흡습과정(water vapor adsorption process) : 재료가 공기중의 수분을 흡수하여 평형상태에 이르는 과정
- 방습과정(water vapor desorption process) : 재료가 공기중의 수분을 방출하여 평형상태에 이르는 과정

**1.2.2 주요사용처**

지금까지 박물관, 미술관, 전시관 등에 유물을 보관하는 수장고의 마감재로 목질계 조습패널을 사용하여 왔다. 그러나, 습기를 흡수하고 방출하는 기능이 우수한 반면 목질계 자체 및 제조 시 사용되는

소량의 접착제 등에서 휘발성 유기화합물이 극소량 발생하는 점과 화재 시 불에 매우 잘 타는 취약한 단점이 있었다. 따라서, 박물관 등에서 수장고 전시하고 있는 문화재 및 유물들을 화재로부터 보다 안전하게 보존관리하기 위해서는 친환경적이고 내연성 재료의 흡방습력이 우수한 자재개발이 절실히 요구되었다. 국내에서도 여러가지 조습자재가 생산되고 있으며 수장고 뿐만 아니라 일반 인테리어 마감재로도 생산되고 있으며 아파트, 일반주택, 병원, 사무실 등의 생활공간의 건축내장재로 그 수

표 2. 국내 및 일본제조 친환경 조습자재의 성능비교표

구분	친환경조습마감재	무기질 조습패널	비고	시험여부												
원산지	국내	일본														
규격 (두께)	벽재, 천장재 : 3mm (천연보드지시층위에3mm도포)	벽재, 천장재 : 8mm (지시층6mm + 조습층2mm)														
조습성능	<table border="1"> <tr> <td>흡습량 (g/m<sup>2</sup>)</td> <td>203.1</td> </tr> <tr> <td>방습량 (g/m<sup>2</sup>)</td> <td>198.9</td> </tr> </table> (일본건재시험센터)	흡습량 (g/m <sup>2</sup> )	203.1	방습량 (g/m <sup>2</sup> )	198.9	<table border="1"> <tr> <td>흡습량 (g/m<sup>2</sup>)</td> <td>165.4</td> </tr> <tr> <td>방습량 (g/m<sup>2</sup>)</td> <td>148.8</td> </tr> </table> (일본건재시험센터)	흡습량 (g/m <sup>2</sup> )	165.4	방습량 (g/m <sup>2</sup> )	148.8	*국회도서관 보존서고 현장 책임감리단에서 직접 실시한 조습성능 시험결과 <table border="1"> <tr> <td>흡습량 (g/m<sup>2</sup>)</td> <td>242.1</td> </tr> <tr> <td>방습량 (g/m<sup>2</sup>)</td> <td>228.0</td> </tr> </table> (한국건재시험연구원)	흡습량 (g/m <sup>2</sup> )	242.1	방습량 (g/m <sup>2</sup> )	228.0	동등 이상
	흡습량 (g/m <sup>2</sup> )	203.1														
방습량 (g/m <sup>2</sup> )	198.9															
흡습량 (g/m <sup>2</sup> )	165.4															
방습량 (g/m <sup>2</sup> )	148.8															
흡습량 (g/m <sup>2</sup> )	242.1															
방습량 (g/m <sup>2</sup> )	228.0															
시험방법	* JIS A 1470-1 흡습량 : 53%→75%(+22%) 24시간때의 중량 변화량 방습량 : 75%→53%(-22%) 24시간때의 중량 변화량	* JIS A 1470-1 흡습량 : 3%→75%(+22%) 24시간때의 중량 변화량 방습량 : 75%→53%(-22%) 24시간때의 중량 변화량		동등 시험												

**상 변화**

얼음과 물이 상변화하는데 79.7cal의 열량이 필요



얼음과 물이 상변화 하는데 필요한 에너지는 물 80℃ 올리는데 필요한 에너지는 동일하다.

**온도 변화**

1g의 물을 1℃ 올리는데 1cal의 열량이 필요



그림 1. 얼음과 물의 상변화 시 필요한 열량

요처를 넓히고 있다.

**1.2.3 성능**

박물관, 미술관의 유물보존을 위해 개발 되어, 실내공간에 쾌적한 환경조성에 필요한 조습성, 항균성, 유해가스 탈취성, 난연성, 유지관리성이 뛰어나 언제나 청정한 실내환경으로 유지시키며, 외국제품에 비해 우수한 성능의 국내제품들이 있어 향후 많은 사용이 예상되고 있다. 국내 제조 조습자재의 성능 비교분석은 표 2에 예시한 바와 같다.

**1.2 상변화축열재**

**1.2.1 PCM(상변화물질)의 정의**

모든 물질은 온도에 따라 상태(Phase)가 변화하

며 상변화시에는 온도 변화없이 물질이 열을 흡수 또는 방출하며 이때 흡수 또는 방출되는 열을 잠열(Latent Heat)이라 하는데, 예를 들어 얼음이 물로 변하려면 그림 1에서 나타난 바와 같이 막대한 열량의 에너지가 소요된다.

건물의 냉방 또는 난방의 경우 운전온도 범위 내에서 상변화가 일어나는 잠열축열물질인 PCM물질을 이용하면 열저장 밀도를 증가시킬 수 있다.

즉, 냉방의 경우 용융온도가 26℃이고 축열량이 큰 물질이 함유된 자재를 실내에 적용하면, 여름철 낮에 실내온도가 26℃ 이상 올라가더라도 자재에 포함된 PCM물질이 용융하며 그 축열용량 만큼의 잠열을 흡수하므로 실내온도를 26℃로 유지시킬 수 있고 또한 밤에 기온이 26℃ 이하로 내려가면 반대로 PCM물질이 응결하며 열을 방출하므로 실내기온을 26℃로 유지시켜 주어 쾌적한 실내온도를 유지시킬 뿐 아니라 에어컨 사용에 따른 전기료 부담과 이산화탄소 저감에도 기여해 친환경적이다. 만일 겨울철에 난방부하를 줄이고 싶다면 용융온도가 20℃인 PCM물질을 사용하여 같은 효과를 볼 수 있다.

**1.2.2 GT(Green Tomorrow) 적용기술**

- **PCM 원료** : GT에 사용되는 자재에 포함된 PCM 원료는 독일 BASF사가 제조한 캡슐화 PCM DS5001(분말형태)을 적용했는데, PMMA

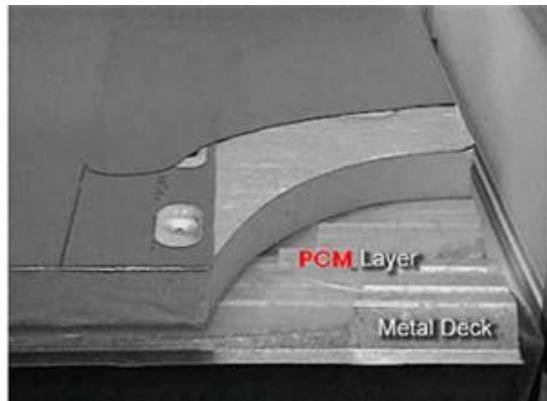
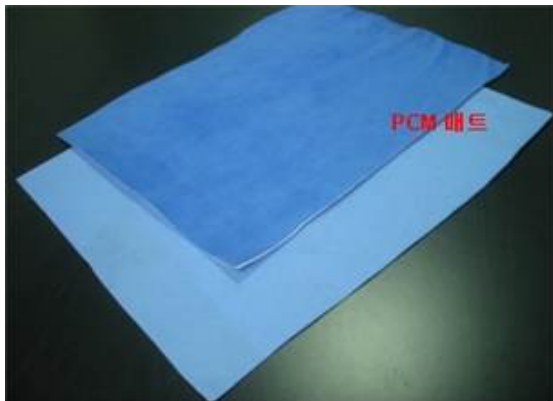


그림 2. GT적용 PCM 매트

소재의 캡슐에 내장된 PCM은 파라핀왁스 (헥사데칸, C16H34 및 옥타데칸, C18H38의 혼합물질)계로 융점은 26 °C이고 잠열축열용량은 110 kJ/kg 이며 상변화 상의 취약점인 과냉현상이 적어 여름철 냉방부하 저감에 적합한 PCM 원료이다.

- **PCM 자재 및 적용** : GT 거실천정에 적용되는 자재는 그림2에서와 같이 부직포에 캡슐화 PCM이 3 kg/m<sup>2</sup> (1 kg/m<sup>2</sup> x 3겹) 코팅된 매트 사용하고 이를 거실천정에 적용함으로써 상부로 전달된 열이 상부에 놓인 PCM 매트에 전달되어 축열이 가능하도록 설치되었다.

1.3 바이오기술융합 자재(천연도료)

1.3.1 화학업계 개발동향

Dupont, Dow, BASF, DSF 등 세계적 화학회사가 Industrial Biotech.(White Biotech.) 프로그램을 운영 중이며, 2020년 까지 화학원료의 20%, 2050년에는 50%를 Biobased Product로 전환하는 것을 목표로 하고 있다.

※ **Industrial Biotech.(산업바이오)** : 식물성 기름, 콩, 옥수수, 목재 등 자연계에서 지속적으로 생산 가능한 생물자원을 원료로 하고, 바이오 기술을 이용하여 친환경적 공정으로 에너지, 화학제품 등을 생산하는 기술로서 유한 자원인 화석원료를 활용한 기존 화학기술을 대체할 수 있는 기술

1.3.2 기술특징

천연도료는 그 제조공정에서 새집증후군 원인물질인 포르말린을 함유하지 않고 상온, 상압에서 제조되기 때문에 기존 대비 약 50 % 이하의 적은 에너지로(화석연료) 생산되며, 개발에 사용되는 주 원료가 풍부하여 대량생산에 유리한 장점과 기존 목

재에 사용하는 옷칠과 유사한 천연도료이면서도 한 번의 도포로 높은 강도, 내약품성, 내열성, 절연성, 방오성을 얻을 수 있다.

- 페놀계 식물성 오일원료가 브라질, 인도 등의 아열대 국가에서 카슈넛 생산과정 중 부산물로 매년 약 100만톤 생산됨.
- 기존 옷칠은 장기간 여러 번의 덧칠이 필요하여 대량생산에 불리함.

1.3.3 기술원리

기본적으로 옷나무 추출액이 산화, 환원 효소(라카아제)에 의한 경화반응으로 도막을 형성하는 '옷칠' 원리를 이용하고, 카슈넛 껍질 오일에 바이오 촉매(페록시다아제)와 산화제(과산화수소)를 첨가하여 전통 옷칠 이상의 성능을 지닌 코팅제를 개발하였는데 옷나무 추출액과 카슈넛 껍질의 오일은 식물성 페놀계로 화학구조가 유사하다.



<전통 옷칠>



<카슈넛 열매>

그림 3. 전통 옷칠과 천연도료의 원료

표 3. 개발 천연도료의 성능검토

비교대상	합성공정	제품특성	비고
기존 페놀계 수지 도료	- 고온, 고압 반응 - 과량의 포르말린 사용 - 작업환경 열악	- 제품에 포르말린 잔류 - 도료의 용도 제약 - 다양한 색상 표현 불가	
전통 옷칠	- 천연채취 후 고도의 정제 기술 필요 - 바이오촉매 경화반응	- 경화시간이 길고 조건 까다로움 - 덧칠 필요 - 다양한 색 표현 불가	- 생산량 제약 - 응용제품의 양산화 곤란 - 높은 가격
일본 유사기술 (교토대학)	- 석유계 페놀 또는 카테콜과 식물성 오일 반응 - 바이오촉매 경화반응	- 경화시간이 길고 조건 까다로움 - 덧칠 필요 - 다양한 색 표현 불가	- 양산화 확인 불가 - 응용제품 양산화 곤란
본 개발 기술	- 천연원료(키슈껍질 기름) 사용 - 상온, 상압 반응 - 바이오촉매 중합 반응	- 저온(-5℃~실온) 경화가능 - 빠른 경화속도 - 전통 옷칠과 유사한 성능의 도막 특성 - 투명/다양한 색상표현 가능	- 양산화 가능 - 응용제품의 양산화 가능

### 1.4 유해화학물질 저방출자재

#### 1.4.1 정의

신축건물에서 '새집증후군'을 예방하고 실내공기질을 에너지 절약적으로 개선 유지하기 위해 건축자재 원료에서 휘발성유기화합물 및 포름알데히드 등 유해화학물질을 개선시킨 친환경 건축자재이다.

#### 1.4.2 주요 유해화학물질의 인체영향

실내공기를 오염시키는 주요발생원은 실내 마감자재, 생활용품, 대기오염 및 가사활동이 있으며, 건축자재가 발생하는 주요 유해화학물질은 포름알데히드와 휘발성유기화합물(VOC)이다.



유해 물질	발생 원	인체 영향
포름알데이드 (HCHO)	합판, 접착제, 건축 내장재, 단열재 등	- 0.1ppm 이상엔 눈 등에 미세한 자극, 목의 염증 유발 가능성 - 일본 후생성 권장치 0.08ppm이하
휘발성 유기화합물	톨루엔 (Toluene)	- 도료, 용제, 염료, 접착제, 화장품, 세제 - 인기증, 두통, 메스꺼움, 식욕부진, 기관지염, 폐렴 증상 유발 - 일본 후생성 권장치 260 $\mu$ g/m <sup>3</sup> 이하
	에틸벤젠 (Ethylbenzene)	- 유기합성용제, 도료의 희석제, 고무, 플라스틱 - 과복로해 눈, 코, 목, 피부 자극 - 장기적으로는 신장, 간 등에 악영향 - 일본 후생성 권장치 3,800 $\mu$ g/m <sup>3</sup> 이하
	자일렌 (Xylene)	- 도료, 용제, 염료, 안료, 식염정제 용제 - 중추신경계 억제 작용, 피로감, 호흡곤란, 심장이상 등의 증상 유발 - 일본 후생성 권장치 870 $\mu$ g/m <sup>3</sup> 이하
VOCs	스티렌 (Styrene)	- 접착제 제조원료, 도료, 단열재, 커튼 - 코, 인후 고통 자극이며 기침, 두통, 재채기, 피로감, 마취작용 유발 - 일본 후생성 권장치 220 $\mu$ g/m <sup>3</sup> 이하

그림 4. 유해물질 발생 마감자재의 종류

1.4.3 검증방법

환경부 공정시험방법, 유럽(ISO 규격), 일본(JIS) 및 미국(ATSM) 규격에서 채택한 챔버를 이용한 건축자재의 화학물질 방출량 평가를 통하여 검증한다.

1.4.4 적용효과

당사보유 건강환경시험실 검증결과, 유해화학물질 저방출 자재 적용세대는 일반자재 적용 세대에 비해 포름알데히드 농도는 약 50%, 총휘발성유기화합물 농도는 약 25%~50% 수준으로 개선된 것으로 나타났다.



그림 5. 친환경자재 및 기존자재의 유해물질 방출량 비교

1.5 친환경 골판지덕트

1.5.1 기술 개요

- 알루미늄박(箔) 50 $\mu$ m + 골판지 3mm + 골판지



그림 7. 친환경 골판지덕트의 생산 및 폐기(리사이클링) 공정

5mm + 알루미늄박(箔) 50 $\mu$ m

- 알루미늄박(箔)이 외부로부터의 습기와 화기(火氣)를 차단하여 골판지를 보호하고, 가운데 증공층이 단열효과 및 흡음효과를 가져옴
- 골판지 중간심의 파형구조는 제품의 구조적 안정성을 확보

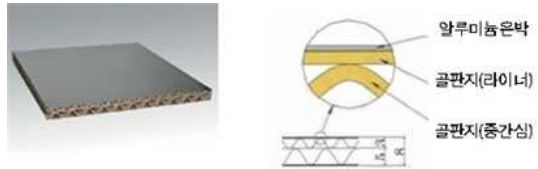


그림 6. 친환경 골판지덕트의 구성

※ 2006년 비슷한 시기에 일본의 건설사 다케나카와 타이세이가 각각 개발하여 점진적으로 사용 확대하고 있는 제품으로, 당사는 2008년 4월 설비공학회와 공동으로 개발 완료하였음

1.5.2 기술 특징

- 환경 배려 형 신소재 제품 : 기존 공법 아연도강판 덕트+보온재 대비 생산 시 배출되는 CO<sub>2</sub> 발생량을 1/4로 절감하고 재료분리와 용해과정을 통해 재사용이 가능하여 파기 시 발생하는 쓰레기로 인한 환경부하를 최대한 억제.
- 경량, 운반용이로 작업성 우수 : 공장 제작후 평판 형태로 현장에 대량 반입 가능하고, 기존 아연도강판 덕트 대비 약 1/5의 단위중량(1kg/m<sup>2</sup>)으로 소운반 및 시공이 용이할 뿐 아니라 시





그림 8. 친환경 골판지덕트의 시공

공시 전문기술이나 공구가 불필요.

원목 자재 및 제품이 필요하다. 대부분의 인테리어 자재 및 가구의 재료는 원목자재나 인공자재를 사용하는데 친환경 측면에서 현재 재생 목재를 이용한 인테리어 자재나 가구의 사용이 요구된다. 이를 위하여 간벌재, 제재소 공장 등의 단재 및 건축용폐 자재를 원료로 활용하는 것이 가능하다. 이들 재생

## 1.6 재생목재

### 1.6.1 개요

현재 인테리어 자재 및 가구 등에는 많은 종류의

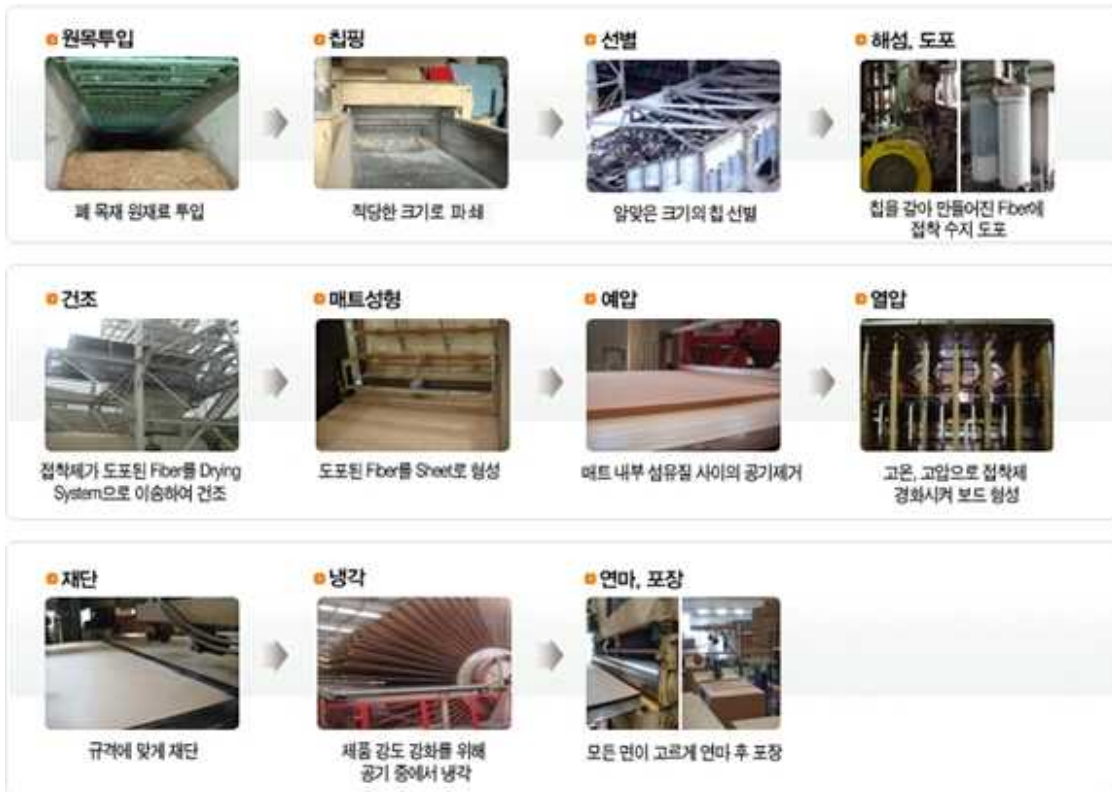


그림 9. 재생목재의 제조공정

목재의 제작원리는 목재의 칩을 섬유방향으로 맞춰서 압축하는 것으로 높은 강도를 갖는다. 재생목재의 제조공정은 그림 9에 예시된 바와 같다.

**1.6.2 재생목재(PB)의 특성**

- 밀도 : > 0.66 g/cm<sup>3</sup>
- 휨강도 : > 13 N/mm<sup>2</sup>
- 박리강도 : >0.35 N/mm<sup>2</sup>

**1.7 플라스틱 합성목재**

**1.7.1 기술 개요**

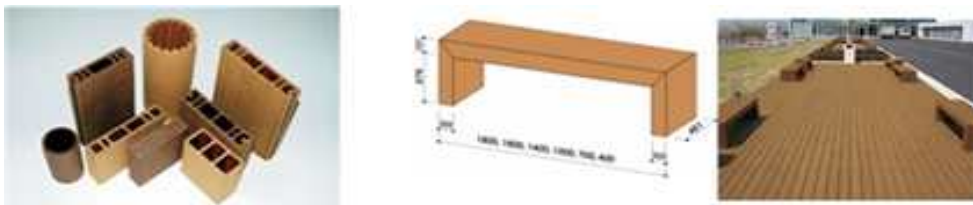
- 폐목재 분말 55% 이상과 플라스틱 분말을 혼합 후 고압출한 성형 제품
- 천연목재와 비슷한 질감과 향기를 지닌 반영구적인 신소재 건축 자재
- 건축 폐목재와 플라스틱 재활용을 통한 100% 리사이클 제품
- 재료 분리와 재사용을 통해 제품과기 시 발생되는 폐기물 최대 억제 가능



그림 10. 플라스틱 합성목재의 제조공정

**1.7.2 기술 특징**

천연목재와 달리 웅이나 나무결에 의한 구조적 영향이 없어 다양한 구성이 가능하고 부패나 흰개미의 서식이 불가능하므로 장기적 수명을 확보할 수 있을 뿐 아니라 기름오염이나 낙서가 있어도 샌드페이퍼로 간단히 제거가 가능하다. 또한 집착제나 도료에 포름알데히드와 같은 환경오염물질이 포함되지 않아 실내 마감재료로도 사용이 가능하다.



[강도 보강 구조로 일반목재에서 어려운 대단면 형상도 가능]



[매직펜과 담뱃불 자국을 샌드페이퍼로 제거]

그림 11. 플라스틱 합성목재의 형상 및 관리



### 1.7.3 기술 검토

- 굽힘강도 : 삼나무/소나무 등 일반목재의 경우 48MPa로 강도가 우수하나 용이에 의해 사용이 제한적이고, 침엽수는 15MPa로 강도가 낮은 반면, 합성목재는 20MPa이상의 균일한 강도 확보로 사용제한이 적음
- 내열성 : 담뱃불에 의해 화재는 발생하지 않으나 그을음 자국이 생김
- 내수성 : 100℃ 온수 중 1시간 조건 흡수에 의한 중량 변화율을 나타내며 합성목재의 경우 0.6%로 매우 우수함
- 내기후성 : 자외선과 물 노출시험에 의해 500h는 1년에 해당



그림 11. 플라스틱 합성목재 및 일반목재의 변색 추이 비교

## 1.8 LCD 폐글라스가 첨가된 6가크롬저감 시멘트

### 1.8.1 개요

6가크롬은 발암물질로 국내에서는 먹는물관리

법, 수질환경보전법, 토양환경보전법, 폐기물관리법에서 규제하는 6대중금속(Hg, As, Cd, Pb, Cu, Cr6+)에 속한다.

- 급성독성 (치사량) : 3.5~4.9g 이상 (70kg 성인 기준)
- 발암성 : 1일 0.00021g 이상 (70kg 성인 기준) 섭취시 발암가능성 높음
- 자극성 피부염 : 10mg/l이상의 수용액을 접하는 경우 발생

시멘트에서 6가크롬의 규제는 유럽에서 건설근로자의 자극성 피부염에 대한 대책으로 시작되었으며, 국내도 2008년부터 규제를 시작하여 현재 20mg/kg 이하로 규제 중이다. 환경부와 서울시에 따르면 국내 시멘트로 제작한 콘크리트의 중금속 용출시험 결과, 미국 음용수 자재 시험(ANSI 61-2007a) 기준을 만족하고 있다.

- 국내의 규제는, 건물내 거주인의 안정성이 가장 큰 관심사임
- 6가 크롬 등의 중금속은 시멘트 (콘크리트)가 경화되면서 고정화되기 때문에 용출될 가능성은 거의 없음

### 1.8.2 LCD 폐글라스의 6가 크롬 저감 효과

시멘트의 원재료에 포함된 크롬은 안정적이고 유해성이 낮은 3가크롬 형태로 존재하지만, 제조공정에서 고온의 소성과정을 거치면서 독성이 큰 6가



그림 12. 6가크롬을 포함한 시멘트의 유해성(보도자료)

크롬으로 산화된다. 당사는 시멘트 6가 크롬 저감을 위하여 원재료에 포함된 총크롬 (주로 3가 크롬) 및 산화율 저감 공정을 개발 중이고 LCD 폐글라스의 적용은 공정개선의 일환으로 적용되었다. 현재까지의 실험결과, LCD 첨가에 따른 시멘트의 6가 크롬은 1~3 mg/kg 정도 감소하였다.

- 시멘트 공장생산 실험시, LCD (1.5%) 첨가에 의해 6가 크롬 농도가 9~13 mg/kg에서 최소 6.5 mg/kg 으로 감소
- LCD는 3가크롬이 6가 크롬으로 산화되는 것을 억제함 (고온에서 소성되는 저알칼리 유리의 특성)

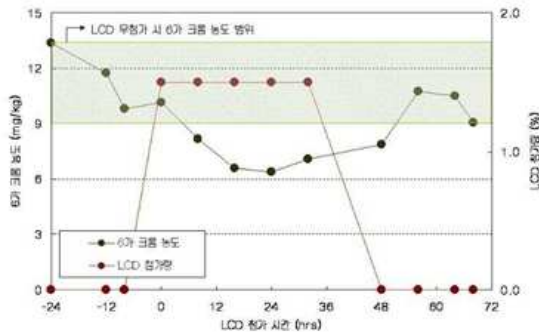


그림 13. LCD 폐글라스 첨가에 따른 6가 크롬 농도의 변화

### 3. 결론

에너지 및 온실가스를 줄이고자 하는 정부의 녹색성장 정책은 인류의 지속가능한 성장과 미래의

국가경쟁력을 위하여 그 중요성이 점점 증대되고 있다. 건물분야의 에너지 소비를 생각할 때 많은 에너지저감 노력이 필요하지만, 그 특징상 안락함이 병행되어야 하는 과제를 실현하기는 쉬운일이 아니다. 자재부문에 있어서 당사의 GT에는 다양한 고기능성자재와 폐기물재활용자재가 적용되어 에너지저감 및 CO<sub>2</sub>저감 효과를 극대화 시켰을 뿐 아니라, 동시에 유해물질저감자재를 사용함으로써 거주자가 건강과 더불어 안락함을 느낄 수 있도록 최대한 배려를 하도록 노력하였다.

실내환경을 위한 이러한 기술들이 꾸준히 개발되고 경제적으로 적용되기 위해서는 건설사들의 노력과 더불어 제도적인 뒷받침과 거주자들의 공감대가 필요하다고 생각한다.

최근 이러한 제도 및 공감대가 점차 무르익고 있는 것은 참으로 다행스럽다 하겠다. 앞으로 많은 친환경자재들이 일반주택뿐 아니라 공동주택 및 오피스에도 광범위하게 적용되어 친환경적이면서도 보다 안락한 주거환경을 이룰 수 있도록 당사는 많은 노력을 경주할 것이다.

### - 참고문헌 -

1. ㈜티에스에스, 기술홍보자료, 2009.
2. ㈜미람, 기술자료(프레젠테이션 자료), 2008.
3. 과학기술부, 보도자료, 2007.08.24.
4. 삼성물산(주), 친환경에너지연구소, 친환경건강제품 가이드북, 2009.
5. 대한설비공학회, 골판지덕트 연구용역 최종보고서, 2008.04.
6. 미사와흡(주), 기술홍보자료(인터넷 자료), 2009.