

친환경 건설 성형판재 개발을 위한 기초적 연구

Development of Environment-friendly Board in Construction Materials

서 덕 현* 김 성 식** 정 용 식*** 임 남 기**** 이 상 범*****
 Seo, Deok-Hyun Kim, Seong-Sik, Jeong, Yong-Sik Im, Nam-Ki, Lee Sang-Beom

Abstract

The construction of house in Korea firstly has been made up quantitative supply and margin of confined land until the latest. But, residents interest of living environment, demand of high-quality has varied with the latest elevation of life quality. Specially, the interest for environment-friendly architecture is increased by the recent well-being trend in 2002,

So, construction company and construction materials manufacturing industry are trying to offer more healthy and agreeable indoor aerial environment. Related circles do their best to commercialize and develop environment-friendly finish materials which influence indoor aerial environment. Therefore, in this study, that developing raw material and productive system that can minimize hazardous article quality discharge with formaldehyde in development of correction of deformities board such as plywood that is used mainly by a environment-friendly materials indoor finish, and examines application possibility of construction correction of deformities board through properties of matter examination by purpose, do.

키워드 : 친환경 재료, 섬유강화 복합판재, 발포체, 기계적 특성

keyword : Environment-Friendly Materials, Fiber Reinforced Composite Materials, Foam, Mechanical Characteristic

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

우리나라는 최근까지 주택건설에 있어서 양적공급과 한정된 토지의 개발 이익을 최우선으로 하는 방향으로 이루어져 왔다. 그러나 최근 생활수준의 향상과 더불어 거주환경에 대한 재실자들의 관심이 높아지고 있는 추세이다. 특히 2002년 후반부터 웰빙(well-being)에 대한 관심이 높아지면서 건축에서도 친환경 자재 적용으로 보다 건강하고 쾌적한 실내환경을 제공하기 위해 노력하고 있다. 건설사와 건축자재 생산업체는 오염물질이 적게 방출되는 친환경 마감자재의 기술 개발 및 상품화에 주력하고 있으며, 최근에 신축되는 공동주택에는 이러한 자재들이 보급되면서 실내공기질 개선에 많은 기여를 하고 있다. 그러나 아직까지 많은 건축마감재에서 휘발성 유기화합물중 포름알데히드와 벤젠, 톨루엔, 클로로포름, 아세톤, 스틸렌 등 인체에 유해한 물질이 배출되어 새집증후군(Sick House Syndrome)이 문제점으로 부각되고 있다. 이에 따라 환경부에서는 2004년 5월 사업자원부 기술표준원 심포

지엄에서 실내공기 오염에 대한 대책을 최우선 역점과제로 선정하고, '다중이용시설 등의 실내공기질 관리법'의 시행 및 다양한 정책을 도입하여 적극적으로 관리대책을 추진하고 있는 실정이다. 향후 각종 환경규제의 시행이 가시화됨에 따라 건축산업에서도 건축자재 생산에 따른 주거환경 개선과 지구환경의 부하를 최소화 할 수 있는 상품이 시장 경쟁력을 높일 수 있을 것으로 판단된다. 따라서 본 연구에서는 친환경 건설자재중 실내 마감재로 쓰이는 합판 등 성형판재의 개발에 있어 포름알데히드, 톨루엔, 벤젠 등 유해물질배출을 최소화 할 수 있는 생산시스템을 적용하고, 이를 통해 생산된 제품의 물성시험을 통해 성형판재의 건설현장 적용가능성을 검토하는 것을 목적으로 한다.

1.2 연구 방법 및 내용

친환경 건설자재중 성형판재의 개발에 있어 유해물질배출을 최소화 할 수 있는 생산시스템을 적용하여 건설성형판재를 개발한 후, 건설자재의 활용가능성을 검토하기위한 본 연구는 다음과 같은 방법으로 진행한다.

첫째, 제조업에서 활용되고 있는 판재 생산시스템을 검토하여 친환경 건설자재 생산방법을 정리한다.

둘째, 복합성형판재의 물성시험을 통해 건설자재로의 활용가능성을 검토한다.

셋째, 성형판재의 포름알데히드 방출시험을 통하여 친환경 건설자재의 활용에 대한 기초적 성능을 검토한다.

* 정회원, 가람테크 대표이사

** 정회원, 대흥엔지니어링, 상무, 공학박사

*** 정회원, 한진중공업, 상무, 공학박사

**** 정회원, 동명정보대학교, 공학박사

***** 정회원, 동의대학교, 공학박사

2. 예비적 고찰

2.1 친환경 건설자재의 개념

실내오염물질의 주요 발생원인 건축자재에 대한 관리 방법으로 (사)한국공기청정협회에서는 “친환경건축자재 인증시험기관”을 지정하여 친환경 건축자재 단체품질인증제도를 시행하고 있다. 건축자재는 일반자재와 페인트, 접착제 등으로 구분하여 각 자재마다 TVOC(Total Volatile Organic Compounds)와 HCHO(Formaldehyde)를 측정하여 나타나는 방출강도값을 5개의 등급으로 나타내어 인증을 하고 있다.

표 1. 환경마크의 자재 종류별 성능기준

구분		일반자재, 페인트	접착제
HB♣♣♣♣♣	TVOC	0.10 미만	0.25 미만
	HCHO	0.03 미만	0.06 미만
HB♣♣♣♣	TVOC	0.10이상~0.20미만	0.25이상~0.50미만
	HCHO	0.03이상~0.05미만	0.06이상~0.12미만
HB♣♣♣	TVOC	0.20이상~0.40미만	0.50이상~1.50미만
	HCHO	0.05이상~0.12미만	0.12이상~0.40미만
HB♣♣	TVOC	0.40이상~2.00미만	1.50이상~5.00미만
	HCHO	0.12이상~0.60미만	0.40이상~2.00미만
HB♣	TVOC	2.00이상~4.00미만	5.00이상~10.00미만
	HCHO	0.60이상~0.25미만	2.00이상~4.00미만

표 1은 친환경건축자재의 인증등급을 나타낸 것으로, 5개의 등급으로 표시되며, 크로바의 개수가 많을수록 상위 등급으로 평가된 제품으로 오염물질의 방출량이 적은 친환경적인 제품임을 나타낸다.

2.2 건설판재의 요구성능

건설판재에 요구되는 성능으로는 KS에서 규정하고 있으며, 기타사항은 사용자의 요구특성에 따른다. 표2는 한국산업규격(KS F3200),(KSMISO 4898)에서 섬유판재와 건축물 단열재에 대한 요구성능을 나타낸 것이다.

2.3 친환경 건설복합재료

1) 섬유강화 복합재료

섬유 강화 플라스틱(FRP : Fiber Reinforced Plastics)은 섬유같은 강화재로 강도와 내열성을 좋게한 플라스틱을 말한다. 섬유보강수지-강화플라스틱이라고도 하는데, 보강재료는 유리 섬유-탄소섬유 및 케블라라고 하는 방향족 나일론섬유가 사용되고, 매트릭스로는 불포화폴리에스테르, 에폭시수지 등의 열경화성 수지가 주로 쓰인다. 복합재료란 성분이나 형태가 다른 두 종류 이상의 소재가 거시적으로 조합되어 유효한 기능을 갖는 재료를 일컫는다. 그러나 두 종류 이상의 재료가 미시적으로 조합되어 거시적으로 균질성을 갖는 합금들은 복합

재료라 하지 않으며, 복합재료는 구성 소재들 사이에 거시적으로 경계면을 가지고 있다는 점이 합금과 다르다. 복합재료의 구성요소로는 섬유(fiber), 입자(particle), 층(lamina), 모재(matrix)등이 있으며, 이러한 요소들로 구성된 복합재료는 일반적으로 층상 복합재료, 입자강화 복합재료, 섬유강화 복합재료 등으로 구분할 수 있다.

표 2. KS규격에 따른 건설판재의 요구성능

규격	물성	단위	요구성능	시험방법
KSF 3200	휨강도	N/mm ²	20이상	KSF 2263
	포름알데히드 방산량	mg/L	5이하	KSL 2303
	밀도	kg/m ³	30이하	.
	열저항	m ² ·K/W	0.138이상	.
KSMISO 4898	압축강도	Kpa	50이상	ISO 844
	열전도도	mW/(m·K)	39이하	ISO 8301
	굴곡강도	N	15이상	ISO 1209
	밀도	kg/m ³	30이상	ISO 845

섬유강화플라스틱 및 복합재료의 원재료는 보강섬유와 기지재료로 나뉘어 진다. 복합재료의 보강재는 주로 연속섬유를 사용한다. 역사적으로 유리섬유가 가장 오래된 보강섬유이나, 그 사용빈도 및 중요성은 탄소섬유가 으뜸이라고 할 수 있다. 그 밖에 케블라로 대표되는 아라미드섬유도 널리 쓰이며, 이보다 사용빈도가 적은 보론(boron)섬유와 실리콘 카바이드 등의 세라믹 섬유도 쓰인다. 재료의 효율적인 조합에 의하여 높은 무게비 강도 및 강성 뿐만 아니라, 여러 가지 우수한 재료특성을 가질 수 있는 복합재료는 그 특성을 효과적으로 활용함으로써 기존재료를 대체할 뿐만 아니라, 더 나아가서 기술의 혁신에 상승적인 역할을 하고 있는 특성을 갖고 있다. 이러한 복합재료의 사용은 설계의 유연성으로 물성을 조절할 수 있어서 새로운 개념을 실현시킬 수 있는 유일한 재료가 되기도 한다. 따라서 현재까지 개발된 플라스틱 수지 복합재료, 금속 복합재료, 세라믹 복합재료 등이 항공·우주, 자동차, 스포츠, 건축 및 토목자재에 이르기 까지 다양하게 응용되고 있다.

2) 복합시트 및 단열판재

경량 및 발포복합소재는 단열소재, 흡음, 차음재, 완충재, 경량 실링제 등으로 활용되고 있다. 이들 소재의 주 용도는 건축, 차량 등의 단열재로 사용되고 있고, 포장용기의 완충재로서도 사용되고 있으며, 발포상태에 따른 셀의 크기에 따라 흡음, 차음용 등 그 용도가 다양하게 이용되고 있다. 일반적으로 플라스틱의 발포에는 유기 또는 무기발포제, 휘발성 발포제 및 가스혼입 방법 등으로 발포시키지만 화학발포제를 사용함으로써 분해가스 등으로 인하여 환경오염의 원인이 되고 있다. 이에 따라 환경부하가 적고 경제적인 소재 및 공정 단축 등의 기술개발이 진행되고 있다. 플라스틱 발포소재의 특성으로는 가교유무, 배향성, 기포의 크기와 형상, 독립기포와 연속기포와의 차이 등에 따라 단열성, 경량성, 흡음성 등

의 특성이 다양하게 발현되고 있다. 발포제를 이용하여 제조한 발포소재 단일효과, 흡음성, 경량성 등은 우수한 반면 장시간 가열하게 되면 수축하는 단점을 가지고 있으며, bead법으로 생산시 bead사이의 계면접합에 문제가 발생하고 있다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위해 고강도, 고탄성률을 유지할 수 있는 섬유강화 고분자복합재료 등이 개발되고 있는 실정이다.

3. 섬유강화 복합판재의 제조방법

3.1 발포이론

1) 발포의 개요

발포체(foam)는 기포가 고체형태의 고분자 내에 공존하고 있는 이중상태의 물체를 뜻한다. 공업화된 최초의 고분자 폼은 1910~20년경에 만들어진 고무 스폰지이며, 대부분의 고분자 물질이 폼으로 만들어 질 수 있으나 상업적으로 개발된 것은 소수에 불과하다. 플라스틱 폼의 시장 규모가 확대되고 있는 이유는 경량에 비하여 강도가 높고, 각종 구조에 맞는 성형성을 가지며, 양호한 단열성 등의 장점에서 기인한다고 할 수 있다. 폼은 액체상태에서 수많은 기포를 분산시킨 후 여러 가지 방법으로 이 상태를 안정화 및 고체화시켜서 제조하는 것이며, 분류기준에 따라 다양하게 분류 할 수 있다. 폼은 물질속에 수많은 기포가 분산되어 있으며, 기포의 형태에 따라 열린 연속기포(open cell), 연질 폼(flexible foam), 반경질 폼(semi-rigid foam)으로 분류된다.

2) 발포의 메카니즘

폼은 소재, 촉매, 발포제, 계면활성제 등의 배합으로 제조되며 역학적 성질은 조성비 및 발포방법에 따라 변하므로 용도에 따라 경질, 반경질, 연질의 폼으로 만든다. 이들 폼은 복잡한 인자를 갖고 있어 체계화하기는 용이하지 않으나, 폼의 기포구조를 기하학적으로 정의하거나 밀도의 함수로 전개가 가능하다. 발포는 일반적으로 3단계 과정을 거치며 그 과정은 생성(initiation), 성장(growth) 및 안정화(stabilization)로 구분된다.

(1) 생성 과정(initiation)

가소화 상태나 혹은 용융상태에서 기체화가 가능한 물질이 포화된 형태의 단일상으로 분배되어 존재하다가 과포화 상태에 이르게 되면서 최초로 기포를 생성시키는 과정이다. 과포화가 진행되면서 기포가 생성되는 원인을 살펴보면, 강압적으로 가소화 된 고분자 상태에 용해되어 있던 기체들이 승온 등의 원인으로 과포화가 되면서 상승하는 경우와 용융점이 낮은 액상의 물질이 고분자 용융체 내에 분산되어 있다가 승온이나 감압에 의해 기화되면서 생성하는 경우가 있다. 그 외에도 합성과정에서와 마찬가지로 합성시 사용되었던 조성물 자체가 반응을 일으키면서 발생하는 기체에 의하여 생성되는 경우 및 기타 화학 발포제 사용 시 발포제가 열분해 되면서 생성되는 기체에 의하여 기포가 생성되는 경우로 구분할 수 있다.

(2) 성장과정(growth)

기포가 일단 생성되면 그 형태는 미립자로 공형태를 띄게 되고 시간이 경과되면서 기포면 내·외부의 압력 차이(ΔP)와 계면의 표면장력(T)과의 관계에 의하여 기포로 성장하게 된다. 이렇듯 기포가 성장하는 단계에서의 중간 과정 중 평형상태에서 성장하고 있는 기포의 기포 반경(r)은 압력 차이와 표면장력과의 관계를 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다.

$$\Delta P = 2(T)r$$

표면장력이 동일할 경우 크기가 작은 기포의 경우 압력차(ΔP)가 커지게 되고, 평형상태에서 이상이 발생되며 이웃에 있는 다른 기포와 결합하거나, 아니면 성장의 과정을 거쳐 크기가 커지는 형태를 취하여 평형화를 이루게 된다. 이런 과정을 거쳐서 기포가 성장하므로 기포의 성장에 영향을 줄 수 있는 요인으로는 ΔP 에 영향을 주는 인자인 고분자 물질의 점탄성 성질, 발포제의 압력, 폼에 가해지는 외부 압력, 기포의 크기, 폼의 고분자 내부의 투과 능력 등이 있음을 알 수 있다.

(3) 안정화 과정(stabilization)

일단 기포가 어느 정도 성장하게 되면 최종적으로 안정화가 이루어지는 과정을 거치게 된다. 최종의 안정화는 가교 반응이나 분자량 상승 등의 완전 겔화(gelation)를 일으켜 안정화를 유도하는 화학적인 방법과 용융상태에서의 고분자가 냉각됨으로서 일어나는 경화 과정에서의 점도 상승 등의 물리적인 변화에 의하여 최종 상태로의 안정화가 이루어지는 방법이 있다. 최종 제품으로의 안정화 과정에서는 폼이 지나친 냉각, 하중이나 압력 등의 이유로 변형되거나 수축 현상이 발생하기도 하므로, 이러한 점을 고려하여 발포 세부 공정을 설정하여야 한다. 연질 고밀도 폼(high density foam)의 경우에는 기포의 안정화가 비교적 쉽게 일어나는 형태로서 이런 형태의 폼을 형성시키기 위해서는 표면장력이 낮은 시스템이 유리하다. 따라서 성장과정에서 얇은 막의 숙성을 저지하고 빠른 안정화를 피하여야 저밀도의 구조 폼이 완성된다. 모든 폼은 안정화 과정에서 폼이 파괴되는 불량현상이 종종 일어날 수 있다. 이와 같은 안정화 과정에서 폼의 파괴 현상은 미립자 형태의 고상 물질이 부분적인 표면장력의 저하를 유발하기 때문이다.

3.2 제조방법

1) 압축성형

압축성형은 표면이 잘 가공된 금형 사이에 보강섬유와 수지의 혼합물을 넣고 금형의 온도를 올리고 프레스를 이용하여 압력을 가해 성형하는 방법이다. 대표적인 압축성형 공정으로는 SMC(Sheet Molding Compound), 최근에 많은 연구가 되고 있는 LPMC(Low Pressure Molding Compound), GMT(Glass Mat Reinforced Thermoplastics)등이 있다. 이러한 성형 공정은 다음과 같다.

(1) SMC(Sheet Molding Compound)

SMC는 보강재, 수지, 충전제(Filter), 증점제(Thickener), 첨

가제(Additives), 이형제 등이 혼합되어 반고체의 얇은 판 형태로 제작되는 것으로 상하 금형 사이에 넣어 압력과 열을 가하여 성형하는데 쓰이는 재료를 뜻하는데, 일반적으로 이 재료를 사용하여 압축성형 하는 성형공법을 뜻하기도 한다. SMC는 상하의 금형 사이에 넣어 압력과 열로 성형하는데, 온도는 약 120~180℃정도이며, 압력은 5.5~17MPa(800~2,500psi)정도이다. 성형시간은 제품의 두께, 금형온도, 촉진제 배합량에 따라 달라지며 일반적으로 1~4분 정도이다. 경화 완료된 제품은 후가공을 통하여 완성된다. 이 공정은 생산성이 높고, 복잡한 부품을 일체로 한번에 성형할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 그러나 요구 압력이 높은 관계로 대형 프레스가 필요하고 금형의 제작비가 높으므로 대량생산의 경우에 적합하다.

(2) BMC(Bulk Molding Compound)

열경화성 수지, 섬유유를 짧게 절단한 강화제, 안료, 경화제 등을 혼련시켜 제조한 퍼티(putty)상의 성형재료를 premix라 부르며, 특히 굴곡이 없는 평활한 표면과 일반적인 premix 성형품보다 우수한 물리적 특성을 지니며 잘 휘지 않도록 배합한 피상 또는 예비성형품을 BMC라 한다.

(3) LPMC(Low Pressure Molding Compound)

LPMC는 일반적으로 SMC와 비교해서 성형 압력이 1.03MPa(150psi) 정도로 낮고, 수지 유동 특성이 아주 우수하다. 즉 SMC같이 대형 프레스가 필요 없고, 금형 제작비도 대폭 절감할 수 있는 큰 장점이 있으므로 대량 생산 뿐만 아니라 소량 다품종 생산에도 경쟁력이 높다. LPMC는 전형적인 SMC와 거의 유사하다. 그러나 SMC와 비교해서 두가지의 큰 차이점이 있다. 첫째는 산화물계 증점제를 사용하지 않는다는 점이고, 둘째는 결정성 폴리에스터를 사용한다는 것이다. 결정성 폴리에스터는 formulation에 첨가되는 것이 아니라 기존의 불포화 폴리에스터의 사용량만큼 대체한다는 것이다. 결정성 폴리에스터의 양은 응용 제품에 따라 달라지고, 요구되는 증점도에 따라 달라진다.

2) 액상성형

(1) RTM(Resin Transfer Molding)

RTM은 금형 내에 보강재를 미리 위치시켜 놓고 외부에서 압력을 가해 수지를 함침시킨후 경화시켜 제품을 생산하는 방법이다. 다른 복합재료 성형법에 비해 장치 및 설비비가 저렴하고 복잡한 형상의 대형 부품을 쉽게 성형할 수 있으며 보강재의 양과 방향성을 조절하여 제품의 기계적인 성질을 향상시킬 수 있는 등의 장점을 가지고 있어 최근 크게 각광받는 성형법이다.

(2) VARI(Vacuum Assisted Resin Injection)

VARI공정은 일반적인 RTM공정에 보강재를 포함하고 있는 금형에 수지주입 전후에 진공을 걸어 금형 내를 진공상태로 만들어 성형하는 공정으로 Vacuum Assisted RTM공정으로 알려져 있다. RTM 성형시 진공을 사용하면 동일 성형조건에서 진공이 없는 일반적인 RTM성형 공정과 비교해서

훨씬 우수한 기계적 특성과 보다 적은 기공을 가진 부품의 제조가 가능하므로 VARI성형제품의 품질은 우수하다. 그러나 VARI는 성형단가의 측면과 성형부품이 대형일 경우에 그 적용이 어려운 단점이 있으므로 부품의 용도와 크기에 따라서 그 사용 유무를 결정하여야 할 것이다.

(3) SRIM(Structural Reaction Injection Molding)

SRIM공정은 RTM공정과 매우 유사한 공정으로 금형 내에 보강재를 미리 넣고 열적으로 활성화된 반응성 수지를 주입하여 성형하는 공정으로 생산성이 매우 좋다. SRIM공정과 RTM공정과 큰 차이는 반응 활성화와 충전시간에 있다. 일반적인 RTM공정의 충전시간은 대략 15분 정도이나 반면 SRIM공정에서는 충전시간이 짧기 때문에 보강재 사이로 수지가 함침될 때 섬유 매트가 움직이지 않도록 주의하여야 한다.

3) 복합성형 연속제조방법

건설자재용 복합성형판재를 제작하기 위해서는 발포이론에 의한 제조방법으로는 성형과정에 정착제, 증점제 등을 활용하지 않고 원재료의 접합점(melding point)에 따라 적절한 온도와 압력이 필요하다. 이러한 성형과정을 가질 때 친환경성 건축자재의 개발이 가능하며, 앞에서 제시한 발포메카니즘, LPMC의 개념을 적용하여 복합재료의 연속제조장치를 개발하였다.

4. 복합성형판재의 성능평가

4.1 성능평가방법

일반적인 고분자 복합재료의 기계적 물성 측정 방법으로 인장, 굴곡, 충격 강도 등의 기본적인 방법이 사용되고 있다. 복합성형판재의 물성 평가는 KS의 시험방법을 적용하였으며, 그 내용은 다음과 같다.

1) 인장시험방법

시험편은 KS M3006에 나타난 바와 같은 모양, 치수, 시험조건에서 양쪽 P의 방향으로 「섬유강화 플라스틱의 인장시험방법」에 따라 일정한 속도로 시험하였으며, 시험편이 겹치는 부분은 3mm 되는 FRP 보강판 tab으로 사용하여 순간접착제로 접착시켜 고정하였다. 인장시험에 따른 인장응력 σ_t , 인장탄성률 E_t , 신장률 ϵ_t 로 표현하고, 시험편에 걸린 하중을 P, 시험편의 폭을 b, 시험편의 두께를 t, 늘어난 길이를 dl, 표점간의 거리를 l이라고 할 때 다음 식에서 구하였다.

$$\sigma_t = \frac{P}{bt} \quad E_t = \frac{P}{bt} \times \frac{l}{dl} \quad \epsilon_t = \frac{dl}{l} \times 100$$

2) 굴곡시험방법

시험편은 KS M3006에 나타난 바와 같은 모양, 치수, 시험조건에서 양쪽 P의 방향으로 「섬유강화 플라스틱의 인장시험방법」에 따라 일정한 속도로 하중을 가한다. 이상의 역학

적시험은 미국 Instron사제 Universal Testing Machine(Model : 1123)을 사용하여 3점 굴곡시험을 하였다. 최대하중이 기록계 눈금범위의 15%~85%이내에 들어오도록 택하였다. 시험기의 하중보정은 시험시마다 하였으며, 시험온도는 20±2℃에서 실시하였다. 직사각형의 시편에 굴곡시험을 행하게 되면, 한 표면에서는 최대인장력인 생기고, 반대편에서는 최대 압축응력이 발생한다. 일반적으로 명하여 지는 굴곡시험의 종류에는 3점 및 4점 굴곡시험법이 있다. 본 실험에서는 3점 굴곡시험을 하였다. 굴곡시험에 따른 굴곡응력 σ_b , 굴곡 탄성력 E_b 는 다음식에 따라 구하였다. 시험편에 걸린 하중을 P, 시험편의 폭을 b, 시험편의 두께를 t, 굴곡량을 δ , 표점간의 거리를 l 이라고 할 때 다음 식에서 구하였다.

$$\sigma_b = \frac{3Pl}{2bt^2} \quad E_b = \frac{Pl^3}{4bt^3\delta}$$

3) 충격시험방법(Izod법)

Izod 충격법의 기본적 원리는 무게의 추를 정해진 높이에서 자유회전시킬 때 가장 낮은 지점에 있는 표준시편을 강타하여 얻어지는 힘을 계산하는 것으로 시험은 KS M3055(경질 플라스틱의 아이조드 충격강도 시험방법)에 규정하는 시험방법에 따라 시험하였으며, 시험편은 일본 Yasuda Seiki사제 Universal Impact Tester를 사용하였다. Refrigerator(Model : 195-R)를 사용하였으며, 고정된 시험편에 햄머로 1회 충격을 주어 파괴되었을 때 충격값을 측정하였다.

4) 단일시험방법

열전도율 측정장치를 사용하여 각종 복합재료의 열전특성을 조사하였다. 이 장치는 임의의 온도로 설정한 열원(A)를 측정시료(B)에 접촉시키고, 접촉면과 반대쪽 시료표면의 온도를 복사온도계(C)로 시간에 따른 변화 즉, 표면온도-시간곡선으로부터 시료의 열전도율이나 열전달계수를 동시에 구하는 장치이다. 열원, 시료 및 복사온도계는 전공 탱크안에 설치되어 있으며 열원이 시료면에 접촉하고 이탈하는 것은 micro computer로 제어 할 수 있도록 되어 있다. 또한, 접촉압력도 일정하게 유지하도록 되어 있다.

4.2 기계적 특성

1) 인장특성

기계적 특성 중 먼저 인장특성에 대해 살펴보면, 일반적으로 섬유양의 양이 증가함에 따라 인장강도는 증가하는 것을 그림 1에서 알 수 있으며, 이는 계면 즉 섬유와 기지개간의 접착력과 섬유의 양이 많아질수록 랜덤한 섬유들끼리 엉켜있는 부분이 증가하므로 외부의 인장력이 가해졌을 때 섬유들간의 인장력에 대한 반발 저항력이 증가하는 것으로 판단된다.

2) 굴곡특성

굴곡강도에서도 인장특성에서 설명한 것과 같이 일반적으로 섬유의 증가에 따라 강도가 증가하는 형태를 그림 2에서 보여주는데, 유리섬유 보강의 경우에는 큰 변화를 관찰 할 수 없지만 VF나 CF의 경우에는 차이점을 보여주고 있다. 이는

섬유와 기지개간의 계면접착력과 섬유들간의 형태에 차이가 있는 것으로 판단된다.

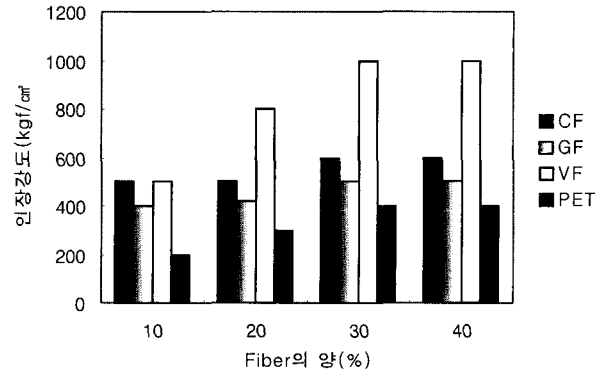


그림 1. Fiber의 양에 따른 단일판재의 인장강도 (CF:carbon fiber, GF:glass fiber, VF:vinylon fiber, PET:polyester)

자연 발포된 시편의 굴곡강도는 전체적으로 강도는 무발포 시편에 비해 감소되는 것을 확인 할 수 있었고, 이것은 발포가 됨과 동시에 섬유의 분산 및 섬유와 섬유사이에 존재하는 기지재의 양에 크게 좌우되는 것으로 판단된다.

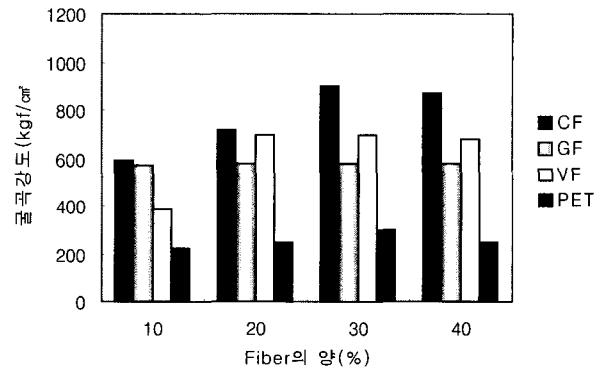


그림 2. Fiber의 양에 따른 단일판재의 굴곡강도

3) 충격특성

충격강도는 그림 3에서와 같이 섬유의 양에 영향을 크게 받는다. 이는 그림에서와 같이 무발포 시트의 경우 섬유양의 증가와 함께 강도가 증가한다. 발포 복합재료의 경우 일반적으로 발포체의 충격강도가 높은 것에 비해 섬유의 양이 증가할수록 급격한 충격강도의 증가를 확인할 수는 없었다. 이것은 일반 발포체의 경우는 전체적인 물질이 하나의 폼을 형성하지만 섬유강화 복합발포단열판재의 경우는 기지재섬유의 용융과 강화섬유의 탄성에 의한 발포형태이므로 기지재와 섬유사이의 형성되는 기공은 오히려 충격강도를 감소하는 요인으로 작용할 수 있음을 확인 할 수 있었다. 또한 섬유와 계면의 문제 및 섬유의 분산문제도 기인된다고 판단된다.

4) 단일특성

일반적으로 단열재료로 사용하고 있는 발포폴리스티렌과 같이 미세공극을 함유하고 있어 단열효과를 발휘하던가 우리

탄 단열재와 같이 가교화되면서 가교화 내에 cell을 유지하는 방법과 발포제를 첨가하여 다공질 재료로 가공하는 방법 등 여러 가지 방법으로 단열이 가능하다.

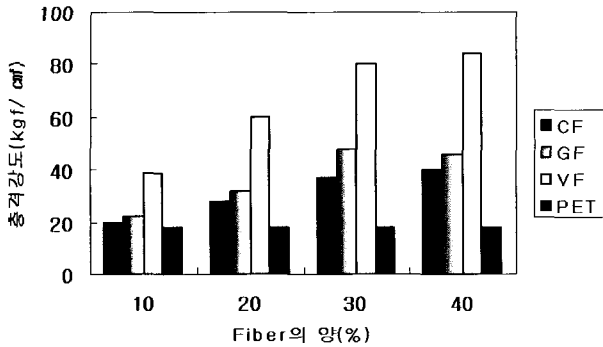


그림 3. Fiber의 양에 따른 단열판재의 충격강도

이와 같은 단열재의 특성은 기공이 작으면서 균일한 분포를 가지고 있다. 본 연구에서는 강화섬유의 섬유자체 탄성율에 의해 발포시키는 방법과 유기계 강화섬유에서는 자체발포 특성이 미흡하여 발포제를 첨가하여 발포하는 방법을 이용하여 경량단열판재를 성형하였다. 경량단열판재에서의 열전도 특성은 다음과 같이 분류할 수 있다. 첫 번째 강화섬유의 함량과 강화섬유의 코일링 정도와 Needle punching에 따라 열전도율의 차이가 있다. 두 번째 복합매트의 성형 공법에 따라 기포의 형태와 크기가 다르고, 가압존에서 가열·가압 후 냉각·발포존에서 발포율에 따라 열전도율의 차이가 있다. 세 번째 성형 재료에 따라 VF, CF, GF, PET 등 소재에 따라 열전도율의 차이가 있다. 네 번째 성형방법을 multi-layer로 할 경우 층간에 film층을 삽입하고, cell과 cell 층을 close화 시켜 단열효과를 상승시킬 수 있다. 경량단열판재의 강화섬유량에 따라 열전도를 그림 4에 나타내었다.

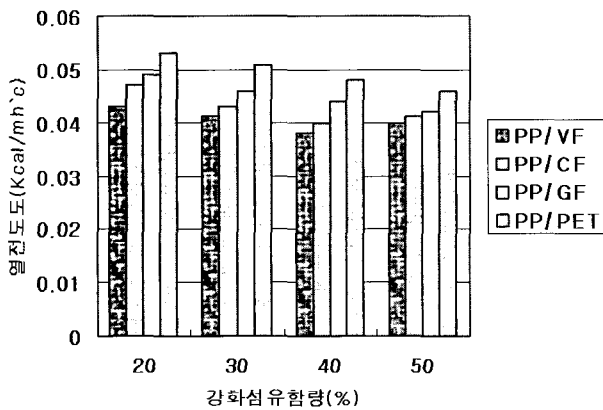


그림 4. 강화섬유함량별 열전도도

그림에서 보는 바와 같이 강화섬유재료에 따라 열전도도가 차이를 보이고 있다. 강화섬유의 종류가 PET > GF > CF > VF 순으로 열전도율이 우수함을 볼 수 있었다. 유기계 강화섬유에서는 PET보다 VF가 우수한 것은 VF가 가지고 있는 재료의 특성인 것으로 판단된다.

5) 친환경 특성

실내 공기오염과 건강 영향요소로는 TVOC, 톨루엔, 에틸벤젠, 포르알데히드, 자일렌, 스티렌 등 여러 가지가 있으나, 실내공기오염을 측정하는 기준으로 오염물질의 특성분석에 따라 HCHO(포름알데히드)를 환기기준으로 활용하기도 한다). 따라서 섬유복합성형판재의 HCHO에 대하여 외부 공인 시험기관에 의뢰하였으며, 시험결과는 HCHO가 검출되지 않은 것으로 나타났다.

5. 결론

본 연구에서는 선진 일부국가에서 개발된 복합재료의 연속 제조장치를 활용하여 친환경적이고 우수한 건설자재의 제조 기술방법을 검토하였다. 여러 가지 섬유를 강화재료로 혼합하여 복합성형판재를 생산하고, 이를 활용한 물성시험으로 인장, 굴곡, 충격 및 열 특성에 관하여 고찰해 본 결과 아래와 같은 결론을 얻었다.

첫째, 복합단열판재는 섬유사이의 접착력 및 meltability에서도 우수한 결과를 얻어 충격특성이 우수한 것으로 분석되었다.

둘째, 경량성 및 단열성의 분석에 있어서도 건설자재로 활용하기에 우수한 성능이 발현됨을 확인하였다.

셋째, 강화재료로서 재활용이 가능하고 압축성형으로 고강도가 가능하면서 경량성(비중 0.65~0.75)과 흡음, 차음 성능이 우수한 것으로 분석되었다.

넷째, 성형판재의 친환경성 분석을 위하여 프름알데히드 방출조사 결과 유해물질이 검출되지 않은 것으로 나타났다. 이상의 연구결과를 통하여 섬유강화 복합판재의 건설자재 적용가능성을 확인할 수 있었다. 앞으로 복합성형판재의 건설자재활용을 위한 실용화 연구를 수행한다면 보다 우수한 친환경 건축재료 개발이 가능하며, 실내 공기질 개선에도 크게 기여할 것으로 사료된다.

참고 문헌

- Christopher S. Own, Darin Seader, Nandika Anne D'suzaemd Polymer Composites, Vol. 19, No. 2, 107, 1998
- D. Benderly, A. Siegmman, ibid, 133, 1998
- Jonathan S. Colton, Margaret S. Beeson, Polymer Composite, Vol. 17, No. 4, 627, 1996
- 김신도, "친환경자재의 검증방법", 서울시립대학교, 2004.10
- 김영철, "환경친화적인 섬유질 단열재", 한라대학교, 2003. 5
- 이언구 외, "환경친화형 복합단열벽체에 적용 가능한 친환경단열재에 관한 연구 최종보고서", 중앙대학교 미래신기술연구소, 2003. 5
- 한국건설기술연구원, 주요건축물의 실내공기오염저감을 위한 설계 지원프로그램 개발, 2004.12

- 한국건설기술연구원, 주요건축물의 실내공기오염저감을 위한 설계 지원프로그램 개발, 2004.12