

목재 고분자 복합재료의 환경 특성에 따른 기계적 물성연구

이 중 희*· 전 상 진*· 허 석 봉*· 김 홍 건**

A Study on Mechanical Properties of Wood-Polymer Composites due to Environmental Characteristic

Joong-Hee Lee*, Sang-Jin Jeon*, Seok-Bong Heo*, and Hong Gun Kim**

Abstract

Polypropylene as a matrix has been used for wood polymer composites(WPC). In preparing WPC, the coupling agent, Polypropylene grafted Maleic Anhydride(PP-G-MA) was used in order to obtain a good interfacial bonding force between matrix and fillers and dispersion of wood powders. In this study, the effects of wood powder contents and water absorption on the mechanical properties were experimentally investigated. The tensile strength and flexural strength of composites reached its peak value when the wood powder content was around 60 wt%. However, the peak value of the impact was observed about 30 wt% of wood powder content. The tensile strength and flexural strength increase with increasing the wood power contents. But the impact strength decrease with increasing the wood powder contents. The slight change was observed with the water absorption in the WPC. The optimal condition of the compositions such as Anti-oxidant and UV stabilizers for the outdoor application was suggested in this research.

Key Words : Wood Polymer Composites(WPC), Coupling agent, Water absorption, Wood powder, Anti-oxidant, UV stabilizer

1. 서 론

친환경적이면서 사용연한이 긴 재료의 연구개발이 요즘 활발히 진행되고 있다. 그 중에 많은 연구와 개발이 진행되고 있는 재료가 목재 고분자 복합재료(Wood Polymer Composites)이다.

목재 고분자 복합재료는 부식에 약한 목재의 단점을 보완하면서 실제 목재와 같은 질감을 나타내고 반영구적으로 사용할 수 있으며, 특히 재활용이 가능하다는 장점을 갖고 있다.

WPC로 제품을 제작하는 일반적인 방법은 합성수지, 목분 그리고 기능성 첨가제들을 압출기로 용융 혼합한 뒤 금형을 통해 압출하여 제품을 만드는 것이다. 친수성인 목분과 합성수지만을 용융 혼합할 경우 계면간의 결합력이 낮아 물성이 저하되므로 계면 결합력을 증진시키기 위한 커플

링제(Coupling agent)의 첨가가 필수적이다.⁽¹⁾

커플링제는 기계적 물성을 향상시키면서 수분 흡수율을 감소시키고 열변형온도를 높여주며 수지 내에 분말의 분산을 돕는다.⁽³⁾

실제 목재가 사용되는 곳에 WPC로 제작된 제품이 대체되면서 그 수요가 증가하고 있으나, 고분자 수지가 가지는 단점인 장시간의 외부 환경에서의 산화 현상이나 목분이 가지는 수분 함유량으로 인한 물성 저하 등을 유발하게 된다.

본 연구에서는 목분 함량에 따른 재료의 기계적 물성과 수분 흡수 후의 물성의 변화를 관찰하였고, 커플링제만 첨가된 WPC와 기능성 첨가제가 첨가된 WPC의 옥외 환경에서 노출 시간에 따른 물성의 변화를 고찰하여 최적의 조건을 찾았다.

2. 목분 함량에 따른 물성 시험

2.1 실험 재료

본 실험에서 사용된 기지재는 효성케미칼에서

* 전북대학교 신소재공학부
e-mail : jhl@chonbuk.ac.kr

** 전주대학교 기계자동차공학부

생산하는 분말 형태의 PP J340(MI : 0.5g/10min)을 사용하였고, 목분은 우드산업(주)에서 생산되는 24mesh(지름이 약 1.06mm인 입자)의 국내산 미송 목분을 건조(수분함량 3%이하)하여 사용하였다. 커플링제로는 미국 Crompton사의 PP-G-Ma를 사용하였다.

산화방지제는 송원산업의 Songnox1010과 1680, 미국 Premier Chemicals사의 Magox를 사용하였고, 자외선안정제는 엘지화학의 Hisorb-327과 770을 사용하였다.^(4,5)

2.2 시료 준비

목분은 별도의 전처리를 하지 않고 100℃의 오븐에서 3시간 이상 건조하여 흡수율을 3% 이하로 유지시켰다. 목분과 PP 그리고 커플링제(수지량의 2 wt%)의 혼합은 Ø60 Twin Screw 압출기를 사용하여 용융 혼합하였고, PP 가공온도에서 목분이 분해 되지 않도록 실린더 온도를 160~185℃로 설정하였다. 또한 압출속도는 35rpm이었으며, 이에 따른 체류시간은 3분이었다. 시편은 목분 함량을 Table 1과 같이 달리하여 제작하였다.

Table 1 Compositions of composites

Composition	Contents(%)			
	70	60	50	40
PP	70	60	50	40
Wood powder	30	40	50	60

2.3 시편 준비

제작된 시료를 각각 분쇄한 후 80℃오븐에서 2시간동안 건조한 후 사출성형기로 사출하여 인장, 굽곡, 충격 시편을 제작하였다. 시편 사출시 온도조건은 160~185℃이며, 사출압은 92kgf/cm²이고, 보압 시간은 사출압의 80%로 8초간 가해주었다. 사출온도는 목분의 분해를 최소화하기 위해 PP가 용융 가능한 최소의 온도 범위에서 적용하였다.

2.4 시험 장치

인장과 굽곡 시험은 UNITED사의 UTM(만능시험기)을 이용하여 수행하였고, 충격 시험은 Zwick사의 Impact Tester를 이용하여 시험하였다.

2.5 시험 절차

제작된 시편의 수분 흡수율을 구하기 위해 동일 조성비로 제작된 시편의 절건중량과 표건중량을 측정하였다. '절건중량'은 시료를 온도 105±5℃의 건조기 내에서 24시간 건조한 후 꺼내어 냉각했을 때의 중량을 말하고, '표건중량'이란 시료를 온도 20±5℃의 맑은 물 속에 24시간 담근 후 꺼내어 흡수성이 양호한 천으로 눈에 보이는 물기를 제거한 다음 바로 측정하였을 때의 중량을 말하는 것으로 수분 흡수율은 다음 식으로 계산하였다.⁽²⁾

$$\text{흡수율}[\%] = \frac{\text{표건중량}[\text{g}] - \text{절건중량}[\text{g}]}{\text{절건중량}[\text{g}]} \times 100$$

3. 환경 특성에 따른 물성 시험

3.1 시편 준비

PP(60 wt%)/목분(40 wt%)에 Table 2와 같이 커플링제(Cromton사의 PP-G-Ma와 독일 Struktol사 제품)만을 첨가하여 용융 혼합한 시료와 산화방지제 또는 자외선안정제를 혼합한 시료를 준비하였다. 준비된 시료를 잘 건조시킨 뒤 물성 시험용 시편 제작을 위해 사출성형기로 사출하여 시편을 제작하였으며, 각각의 성분은 Table 2에 요약하였다.

Table 2 Contents of Additives

	Additives(wt%)		
	상용화제	산화방지제	자외선안정제
NA1	PPGMA(3)		
NA2	Struktol(3)		
UV1	PPGMA(3)		Hisorb327(0.2)
UV2	PPGMA(3)		Hisorb770(0.2)
AO1	PPGMA(3)	Songnox(0.4)	
AO2	PPGMA(3)	Magox(2)	
AO3	PPGMA(3)	Songnox(0.4) Magox(2)	

3.2 시험 절차

제작된 시편을 Fig.1과 같이 동일한 옥외 환경에 방치한 후 30일, 60일, 120일, 240일, 480일 간격으로 시편을 1조씩 외형검사와 인장, 굽곡, 충격 시험을 수행하였다.

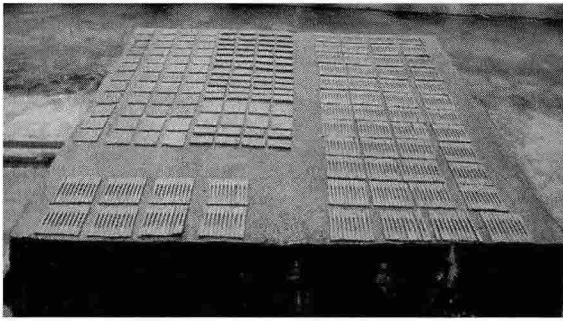


Fig. 1. Outdoor environmental tests under the direct sunshine and UV

4. 결과

4.1 목분 함량과 수분 흡수에 따른 기계적 물성

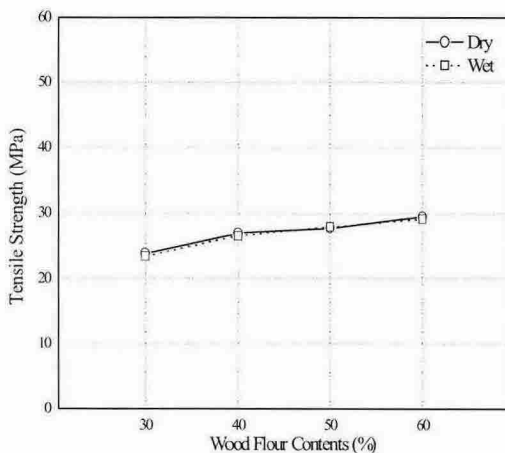
목분 함량에 따른 WPC의 수분 흡수율을 측정 한 결과 목분 함유량이 증가함에 따라 흡수율도 약간 증가하였고, 그 결과는 Table 3과 같다.

수분 흡수율이 기계적 물성에 미치는 영향은 Fig.2에 나타낸 바와 같이 이주 미미하나 기계적 물성이 약간 저하되는 것으로 나타났다.

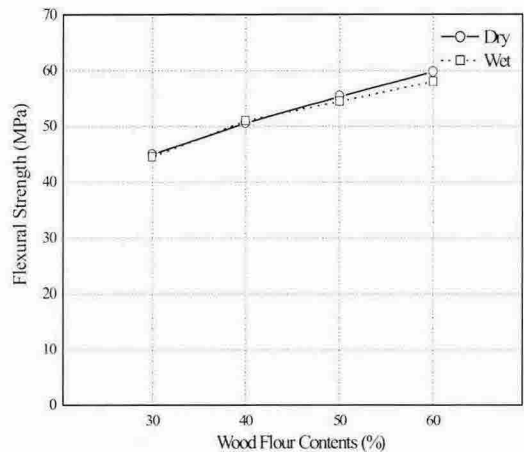
복합재료내의 목분 함유량이 증가함에 따라 인장 강도와 굴곡 강도는 증가하는 경향을 보인 반면, 충격 강도는 감소하는 경향을 나타내었다.

Table 3 Water absorptions with various wood contents

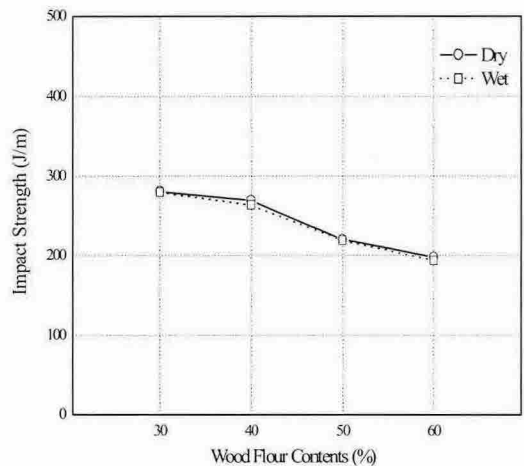
목분 함량(%)	30	40	50	60
수분 흡수율(%)	0.3	0.49	0.69	1.01



(a) Tensile strength



(b) Flexural strength

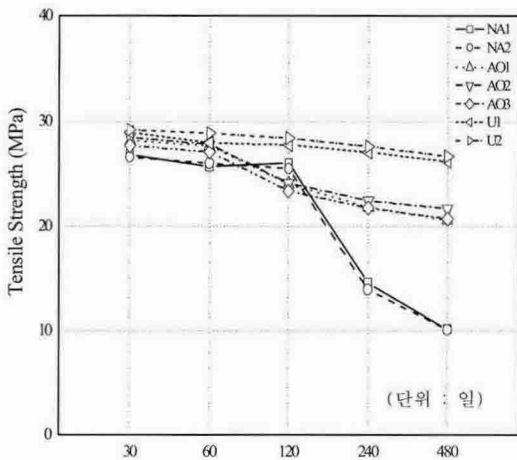


(c) Impact strength

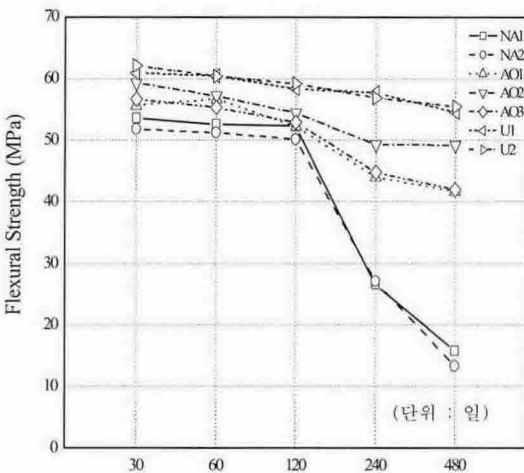
Fig.2 Change of Mechanical properties due to contents of wood powder

4.2 환경 특성에 따른 기계적 물성

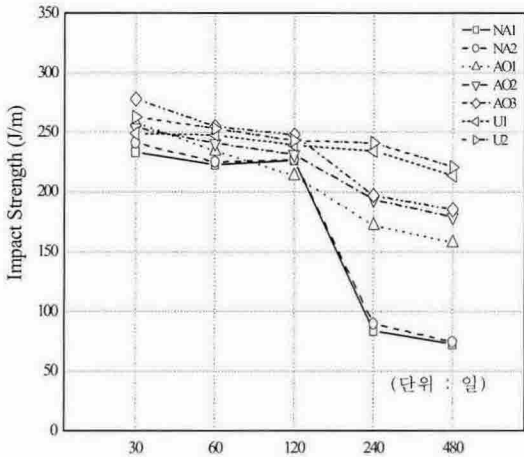
Fig.3은 PP/목분 composites에 산화방지제 또는 자외선안정제를 첨가한 재료와 커플링제만을 첨가한 재료로 시편을 제작하고 옥외 환경에 방치하여 노출 시간에 따른 물성 변화를 측정 한 그래프이다. 커플링제만을 첨가한 재료의 시편(NA1, NA2)들은 120일이 경과할 때까지 큰 변화를 보이지 않다가 240일과 480일로 시간이 경과함에 따라 물성이 급격히 저하되는 결과를 나타내었다. 그러나 산화방지제를 첨가한 시편(AO1, AO2, AO3)과 자외선안정제를 첨가한 시편(U1, U2)은 시간이 경과함에 따라 약간의 물성 저하만을 나타낼 뿐 급격한 물성의 저하를 보이지 않았다.



(a) Change of tensile strength



(b) Change of flexural strength



(c) Change of impact strength

Fig.3 Change of mechanical properties due to elapsed time

5. 결론

본 연구에서는 PP와 목분 composites에 기능성 재료들을 첨가하여 용융혼합법으로 시료를 제조한 후 사출 성형으로 시편을 제작하여 목분 함량에 따른 물성과 수분 흡수율에 따른 물성의 변화를 관찰하였고, 또한 기능성 재료를 첨가하여 제작한 시편이 옥외 환경에서 노출 시간에 따라 어떠한 물성 변화를 보이는지 관찰하였다.

1. 목분 함량을 달리하여 제작한 시편들의 수분 흡수율이 아주 적은 것으로 보아 주로 표면에 노출된 목분에 수분이 흡수되고 내부로 흡수되는 양은 미미한 것으로 사료된다.
2. 목분의 함량이 증가함에 따라 인장강도와 굴곡강도는 증가하는 반면, 충격강도는 약간 감소하였다. 또한 수분 흡수 후 기계적 강도의 변화는 거의 없었다.
3. 커플링제만을 첨가하여 제작한 시편은 산화방지제 또는 자외선안정제와 같은 기능성 재료가 첨가된 시편에 비해 옥외 환경에서 일정 시간이 경과한 후 급격한 물성 저하를 보였다.

후기

본 연구는 산업자원부 신기술실용화기술개발사업의 지원을 받아 수행된 것이며, 지원에 대해 감사드립니다.

참고문헌

- (1) 황택성, 신경섭, 이준태, 윤태호, "열가소성 Wood-Plastic Composites의 기계적 물성에 미치는 커플링제의 영향," 고분자학회지, Vol. 23, No. 3, 1999, PP450-455
- (2) Jee Woong Kim, Young Geun Eom, "Physical and Mechanical Properties of Wood Fiber-Polypropylene Fiber Composite Panel," *Mokchae Konghak*. PP36-46(2001)
- (3) 손정일, 양한승, 김현중, "리그노셀룰로오스 섬유/열가소성 고분자 복합체의 계면 현상," [접착 및 계면], 제3권, 제4호, 2002
- (4) LG화학 테크센타, "자외선 안정제"
- (5) 내하출판사, "고분자 첨가제," 1998년 발행