

Hybrid 열가소성 복합재료의 재료거동에 관한 연구

조현철* · 이종희**

The Study on the Material Behavior of Hybrid Composites

Hyun-Cheol Cho, Joong-Hee Lee

Key Words: Hybrid thermoplastic composite(Hybrid 열가소성 복합재료), Material behavior(재료특성), CaCO₃(탄산칼슘), Combination ratio(조성비), Water absorption(수분흡수)

Abstract

This study was performed to investigate the material behavior of hybrid thermoplastic composites contained glass fiber and calcium carbonate. The composite was prepared with each combination ratio of calcium carbonate, and the content of glass fiber was fixed with 10% by weight. In order to investigate the material behavior for various combination ratio, tension test, flexural test, and impact test were performed. Microscopic observation were conducted to examine the fractured surface of specimen for tension test. And the material behavior of the hybrid thermoplastic composite immersed in salt water with definite time was investigated.

1. 서 론

고분자 복합재료는 여러 형태의 재료를 조합하여 물성 향상을 기할 수 있는 장점이 있다. 최근 들어 고기능, 고성능의 재료에 대한 요구가 높아지면서, 그에 적절한 재료를 개발한다는 것은 쉽지 않은 일이다. Hybrid 복합재료는 서로 다른 강화제를 사용하거나 충전제를 사용하여 원하는 재료의 성능에 만족시킬 수 있다는 장점이 있다. 또한 열가소성 수지를 사용할 경우 재활용이 가능하여 환경 문제에 대해서도 대처할 수 있다. CaCO₃는 충전제로 가장 많이 사용되는 것 중의 하나이며, CaCO₃의 양과 크기는 제품의 물성을 조절하는 중요한 인자가 된다. CaCO₃의 입자 크기와 양, 표면처리의 영향 등에 대한 많은 연구가 행해진 바 있다.⁽¹⁻³⁾

본 연구에서는 유리섬유와 CaCO₃로 강화, 충전된 hybrid 열가소성 복합재료를 제조하여 조성비에 따른 복합재료의 재료거동을 살펴보고자 한다. 이를 위해 각각의 조성비에 따라 제조된 복합재료의 기계적 특성을 비교하였으며, 해수에 침수시킨 후 침수시간에 따른 재료거동을 관찰하였다.

2. 실험

2.1 조성비에 따른 재료거동

유리섬유와 CaCO₃로 강화, 충전된 hybrid 열가소성 복합재료를 제조하였다. 이 때, 조성비에 따른 복합재료의 재료거동을 살펴보고자 CaCO₃의 함량을 변화시켜가며 hybrid 열가소성 복합재료를 제조하였다. 이를 위해 사용된 CaCO₃는 (주)오미아코리아에서 제공하였으며, 평균입도는 1.0~1.8 μ m이고, 표면처리가 되지 않은 제품을 사용하였다. 수지는 (주)호남석유화학 제품인 고밀도 폴리에틸렌(HDPE)을 사용하였으며, 8301B

* 전북대 고분자공학과 대학원

** 전북대 자동차부품·금형기술혁신센터

(MI:0.04g/10min)와 5200B(MI:0.35g/10min)를 중량비로 5:6의 비율로 혼합하여 사용하였다. 또한 (주)오웬스코닝에서 제공한 짧은 유리섬유를 사용하였으며, 유리섬유의 함량은 10wt%로 고정하였다. 조성비에 따른 재료거동을 살펴보고자 CaCO₃의 함량을 중량비로 각각 10%, 20%, 30%, 40%가 되도록 조절하였으며, 각각의 조성비는 table 1에서 보여주고 있다. 혼합(compounding)을 위해 twin extruder를 사용하였으며, 혼합된 재료의 기계적 특성을 조사하기 위해 사출성형을 통하여 인장, 충격, 굴곡 시편을 제작하였다. 이렇게 제작한 시편을 통해 각각의 조성비에 따른 기계적 특성을 조사하기 위해 인장, 충격, 굴곡 실험을 행하였다.

2.2 환경적 요소 하에서의 복합재료의 재료거동

Hybrid 열가소성 복합재료의 여러 환경에서의 사용가능성을 제시하고자 본 연구에서는 복합재료를 해수에 침수시켜 그 흡수율을 조사하였다. 사용된 시편의 조성비는 table 1에서 보여주고 있다. 해수는 서해안에서 채취하여 사용하였으며, 60°C에서 가온 침수 실험을 행하였다. 흡수율과 물성 변화 측정은 초기에는 48시간 간격으로 조사하였으며, 중반에는 96시간, 실험 중반에는 168시간 간격으로 실험을 행하였다. 흡수 시간에 따른 기계적 특성 변화를 관찰하고자 흡수율 측정과 더불어 인장실험과 충격실험을 행하였으며, 현미경을 사용하여 복합재료 표면의 변화를 관찰하였다. 흡수율은 다음의 식 (1)을 사용하여 계산하였다.

$$\text{흡수율} = \frac{\text{흡수후무게} - \text{흡수전무게}}{\text{흡수전무게}} \times 100(\%) \quad (1)$$

Table 1. The combination ratio of hybrid thermoplastic composite.

(unit : wt%)

	GC1	GC2	GC3	GC4	EC1	EC2	EC3
HDPE	80	70	60	50	90	80	70
CaCO ₃	10	20	30	40	10	20	30
Glass fiber	10	10	10	10	-	-	-

3. 결과

3.1 재료거동에 미치는 조성비의 영향

Fig. 1과 2는 각각 유리섬유로 강화된 hybrid 열가소성 복합재료의 CaCO₃의 함량에 따른 인장, 굴곡강도와 인장, 굴곡계수의 변화를 보여준다. Fig. 1에서 보는 바와 같이 인장 강도는 CaCO₃의 함량이 증가함에 따라 다소 감소하는 경향을 보이는 반면 굴곡 강도는 증가함을 알 수 있다. 또한 fig. 2는 인장계수 및 굴곡계수가 CaCO₃ 함량의 증가에 따라 증가함을 보여주고 있다. Fig. 3은 CaCO₃의 함량에 따른 hybrid 열

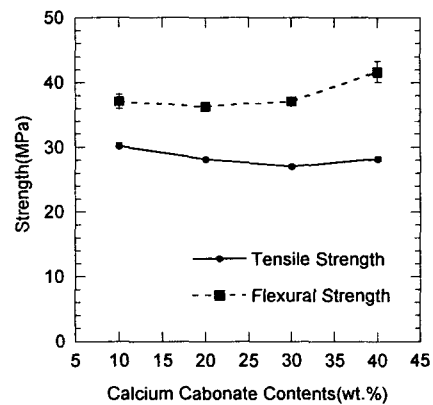


Fig. 1 Tensile and flexural strength of the composites for various contents of calcium carbonate.

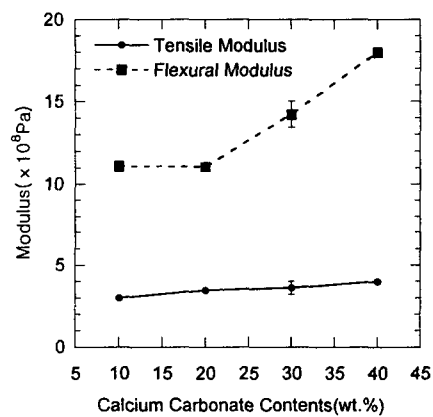


Fig. 2 Tensile and flexural modulus of the composites for various contents of calcium carbonate.

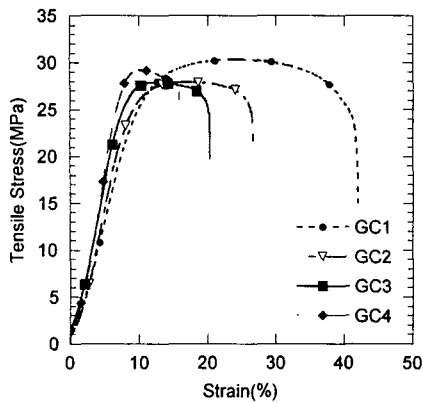


Fig. 3 Stress-strain curves of the composites for various contents of calcium carbonate.

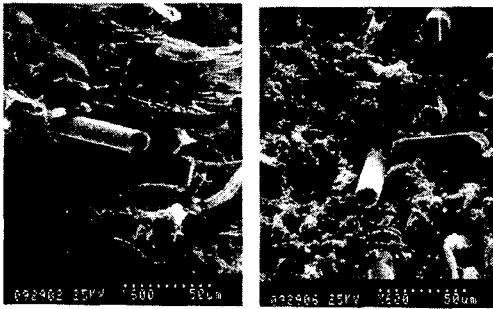


Fig. 4 SEM photographs of the fractured area after tensile test; (a) GC1 and (b) GC2.

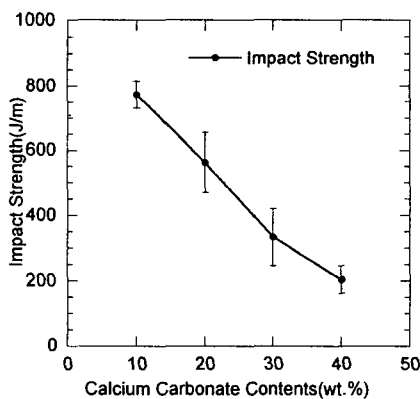


Fig. 5 Impact Strength of the composites for various contents of calcium carbonate.

가소성 복합재료의 응력-변형률 선도(stress-strain curve)를 보여준다. 여기에서 볼 수 있는 바와 같이 hybrid 열가소성 복합재료의 경도(stiffness)는 CaCO_3 의 증가에 따라 증가함을 보이지만 파단까지의 변형률은 감소함을 알 수 있다. 이러한 인장에서의 파단을 관찰하기 위해 전자현미경을 사용하여 인장파단면을 관찰하였다. Fig. 4는 GC1과 GC2의 인장파단면에서의 전자현미경 사진을 보여준다. 그림에서 볼 수 있는 바와 같이 CaCO_3 의 함량이 보다 많은 GC2에서의 파단면이 보다 brittle한 경향을 보이는 것을 알 수 있다. Fig. 5는 충격강도의 변화를 보여주는 것이며, CaCO_3 의 함량에 따라 충격강도는 급격히 감소하는 경향을 보여준다.

3.2 환경적 요소가 재료거동에 미치는 영향

Fig. 6과 fig. 7은 흡수 후 hybrid 열가소성 복합재료의 인장강도와 인장계수의 변화를 보여주고 있다. 그림에서 보는 바와 같이 인장강도 및 인장계수의 변화는 거의 나타나지 않으며, 5%의 실험오차 내에서 그 값들이 얻어진다. 이와 마찬가지로 fig. 8에서 보여주고 있는 충격강도의 변화도 커다란 변화가 없음을 관찰하였다. Fig. 9에서는 시간에 따른 침수율을 보여주고 있으며, 1700시간 이상이 경과한 후에도 흡수율은 대략 0.2%의 값을 가지는 것을 관찰하였다. 이러한 결과로부터 본 hybrid 열가소성 복합재료를 해양환경 등에서 적용할 경우 기계적 특성의 저하가 그리 심각하지 않고 또한 흡수율도 그다지 높지 않아 그 사용가능성이 높은 것을 알 수 있다.

4. 결론

유리섬유로 강화된 hybrid 열가소성 복합재료의 조성비에 따른 물성의 변화 및 실제 제품의 응용가능성 제시를 위한 본 연구를 통해 다음과 같은 결론을 얻게 되었다.

- 1) CaCO_3 의 함량이 증가함에 따라 인장강도의 소폭 감소 및 충격강도의 급격한 감소가 관찰되는 반면 굴곡강도는 증가함을 관찰하였다.
- 2) CaCO_3 의 함량이 증가할수록 파단면은 보다 brittle한 메카니즘을 보인다.

3) 장시간 가온침수시에 흡수율은 그다지 높지 않으며, 물성의 변화도 거의 나타나지 않는다.

참고문헌

(1) S. G. Lye, M. H. Bae, and G. S. Sur, "A Study of Synthesized CaCO_3 /PMMA Composites", *Polymer(Korea)*, Vol. 19, No. 1, pp.95-103(1995)

(2) Zoltan Demjen, Bela Pukanszky, and Jozsef Nagy, "Evaluation of Interfacial Interaction in Polypropylene/Surface Treated CaCO_3 Composites", *Composites Part A*, 29A, pp.323-329(1998)

(3) D. A. Steenkamer and J. L. Sullivan, "The Performance of Calcium Carbonate Filled, Random Fiber Composites", *Polymer Composites*, Vol. 20, No. 3, pp.392-405(1999)

(4) S. S. Im, D. K. Kim, and D. Y. Jung, "Physical Properties of Polyolefin Filled with Microencapsulated CaCO_3 ", *Polymer(Korea)*, Vol. 14, No. 5, pp. 463-472(1990)

(5) Qiang Fu, Guiheng Wang, and Chunxiao Liu, "Polyethylene Toughened by CaCO_3 Particles: The Interface Behavior and Fracture Mechanism in High Density Polyethylene/ CaCO_3 Blends" *Polymer*, Vol. 36, No. 12, pp.2397-2401(1995)

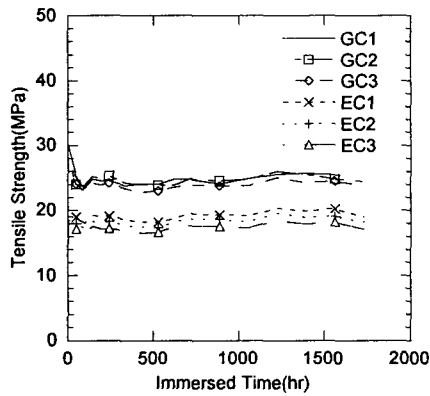


Fig. 6 Behavior of tensile strength of hybrid thermoplastic composite after immersed time.

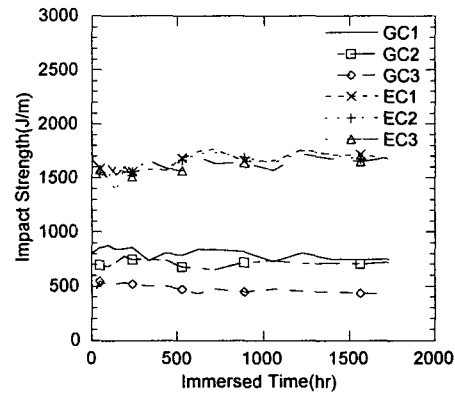


Fig. 8 Behavior of impact strength of hybrid thermoplastic composite after immersed time.

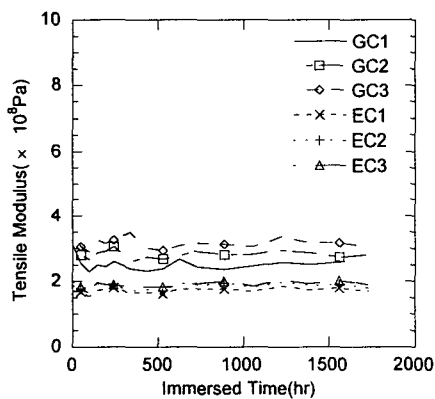


Fig. 7 Behavior of tensile modulus of hybrid thermoplastic composite after immersed time.

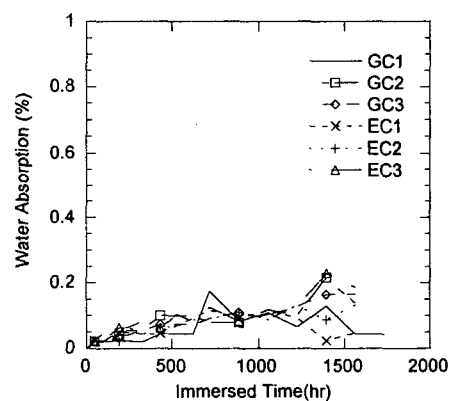


Fig. 9 Water absorption of hybrid thermoplastic composite after immersed time.