

고속압밀 열가소성수지 복합재료의 인장 특성

김홍건*, 최창용, 유기현, 김성철 (전주대학교 공학부 기계공학전공)
양성모, 노홍길 (전북대학교 기계공학부)

Tensile Properties of Rapid Consolidated Thermoplastic Composites

Hong Gun Kim*, Chang Yong Choi, Ki Hyun Yu, and Seong Cheol Kim
(School of Engineering, Jeonju University)
Sung Mo Yang and Hong Gil Noh
(Faculty of Mechanical Engineering, Chonbuk National Univ.)

Abstract

Glass fiber reinforced PET (Poly-Ethylene-Terephthalate) matrix composite was manufactured by rapid press consolidation technique as functions of temperature, pressure and time in pre-heating, consolidation and solidification stages. The optimal manufacturing conditions for this composite were discussed based on the void content, tensile, interlaminar shear, and impact properties. A tensile test was attempted to investigate the mechanical properties of the composite. It is found that the level of crystallinity and microstructure affects on the tensile properties substantially.

I. 서 론

복합재료는 비강도, 비강성, 내부식성, 저중량의 측면에서 금속재료보다 우수한 특성을 나타내며 보강재료의 방향을 임의로 조정하여 재료의 이방성을 변화시킬 수 있는 것 등 여러 가지 장점을 때문에 실제 구조물에 사용되는 빈도는 점차 증가하고 있다. 그러나 이러한 복합재료의 적용에 있어서 가장 큰 문제점은 재료가 하중을 받을 때 보강재료와 기지재료간의 손상으로 강성 및 수명의 감소를 일으키는 복잡하고 불규칙한 파괴현상을 일으키는 것이다.

이러한 문제점을 알아보기 위해 최근 구조물의 손상 및 파손을 평가하는 공학적 수법으로 음향방출법(AE, Acoustic Emission)의 연구가 활발히 이루어지고 있다.⁽¹⁻⁴⁾ 음향방출법은 물체가 외력에 의해 소재 그 자체의 변형으로 방출되는 탄성파로서 재료의 AE 신호특성은 진폭분포 또는 AE 이벤트(Event)로써 결합, 파손 및 균열의 진전량 등을 파악할 수 있다.⁽⁵⁻¹⁰⁾ 또한 AE 파형의 상승에서 가해지는 하중의 정도를 알 수 있으며 사상으로부터 손상의 빈도, 시간분포에서 손상의 형태, 진폭이나 에너지로부터는 손상의 크기 등을 알 수 있어 재료내의 동적인 구조변화, 구조물의 결합위치와 설비의 파괴진단에 적용되어지고 있다.

이 논문에서는 고속압밀법(RPCT, Rapid Press Consolidation Technique)⁽¹¹⁻¹²⁾을 통해 제작된 열가소성수지를 기지재료로 하는 유리섬유강화 복합재료인 Plain Weave Fabric 형태의 인장 특성에 관하여 연구하였다. 즉, 이 연구에서 사용한 복합재료는 일반 복합재료 구조와 다르게 유리섬유가 엮여있는(Weave) 구조에 PET 필름을 씌워서 진공상태에서 고온, 고압으로 압축한 PET 필름이 Weave Fabric 형태의 유리섬유에 배어있는 형태이다. 이러한 재료에 관한 시험결과 Engineering Plastics로서의 충분한 강도를 가지는 결과를 얻게 되었으며 미세구조 조직의 관찰을 통해 인장특성에 미치는 상관관계를 규명하게 되었다.

II. 시편 제작

열가소성 복합재료의 제작에 있어서 예열상태, 압력 및 냉각속도에 따라 성질이 변하게 된다. 즉, 동일한 조건으로 제작된 시편이라 할지라도 제작조건을 변화시킴에 따라 기계적 물성도 달라지게 된다. 이 연구에서는 시편을 고속압밀법에 의하여 Fig. 1과 같은 경로에 의해 제작하였다. 이러한 복합재료 제작공정에 중에서 기계적 물성변화에 민감하게 영향을 주는 예열장치 금형온도와 프레스 금형온도를 변화시켜 가며 제작하였으며 예열 금형온도가 290°C, 프레스 금형온도가 140°C일 때 파괴인성이 가장 큰 값을 나타내었으므로 이 조건을 택하여 제작하였다.

Processes for RPCT

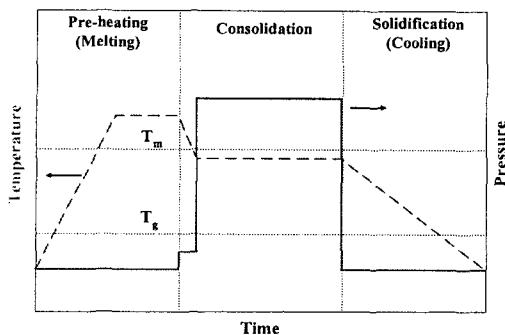


Fig. 1 Typical Process for RPCT

이와 같은 과정으로 제작된 재료를 Fig. 2와 같은 시편가공기를 이용하여 Fig. 3와 같은 인장시험편(250mm(L)×25mm(B)×2mm(T))을 제작하였다.

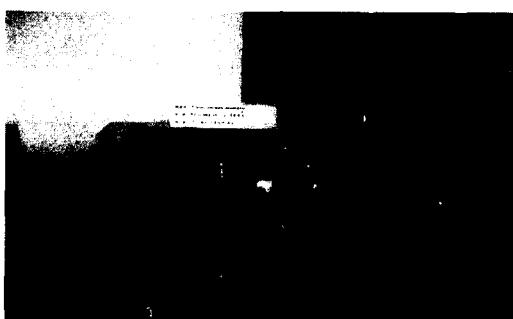


Fig. 2 Photograph of specimen manufacturing machine



Fig. 3 Test specimen using specimen manufacturing machine

III. 실험 장치 및 실험 방법

재료시험에 사용된 만능재료시험기는 Fig. 3과 같으며 제작회사는 JT Tohsu Inc., 형식능력은 2MN/6단을 사용하였으며 이 만능시험기를 이용하여 인장시험을 수행하였다. 이 때 하중범위 (Load Range)를 4000N으로 설정하였으며 하중 속도 (Load Speed)를 0.2mm/min으로 설정하여 복합재료의 인장시험을 실시하였다. 그리고 미세조직을 관찰하기 위해 필요한 Image Analysis System은 제작회사 Buehler(U.S.A)의 OMNIMET II Model로서 Max Magnification 1500X24 Parameter analysis의 규격을 가지는 상분석기를 사용하였다. 이 기기를 이용하여 인장시험후 복합재료 시편의 표면조직을 관찰하였다.

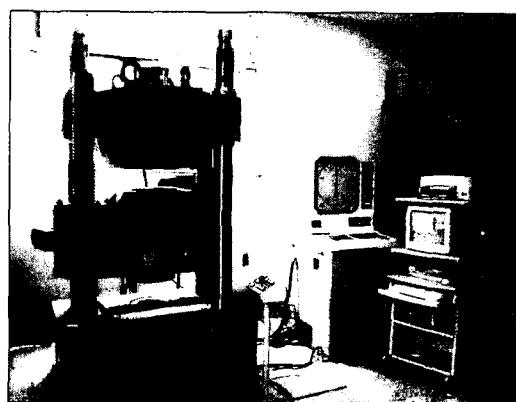


Fig. 4 Universal testing machine used in this paper

IV. 결과 및 고찰

위의 Fig. 2에서 보여진 시편제작기에 의해 제작된 시편을 다이아몬드 커터로 절단하여 Fig. 5와 같은 상분석기로 400배 확대하여 미세조직을 관찰해 본 결과 다음의 Fig. 6와 같은 Plain Weave Fabric의 형태를 볼 수 있다. 그리고 Fig. 6에서 볼 수 있듯이 PET film 및 fiber, 그리고 Glass woven fabric 및 fiber의 형태를 관찰할 수 있으며 이 때 Fiber의 체적함유율 V_f 는 40%이고 총두께는 1.7mm이다.

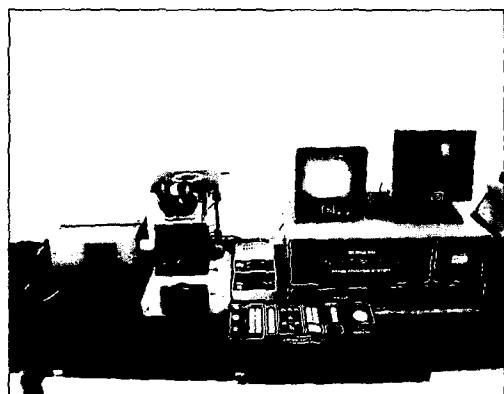


Fig. 5 Image Analysis System(Buehler, Omnimet II)



Fig. 6 Microstructure of the specimen before fracture (x400)

한편 인장시험 결과는 Fig. 7에서 보여지고 있으며 최대강도가 거의 250MPa에 도달하고 있음

을 알 수 있다. Fig. 8은 이 복합재료의 파괴된 단면을 500배 확대하여 나타낸 그림이다. 즉, 시험후 파괴된 시험편을 Image Analysis System으로 파괴단면을 다른 각도에서 관찰했으며, 유리섬유가 제작과정에서 유리섬유에 피복(PET필름)을 씌워서 제작된 것임을 알 수 있었다. 그리고 일반적으로 장섬유 보강 복합재료의 파괴단면에서 볼 수 있는 유리섬유들의 뽑히는 현상(Pull-Out)을 관찰할 수 있다.

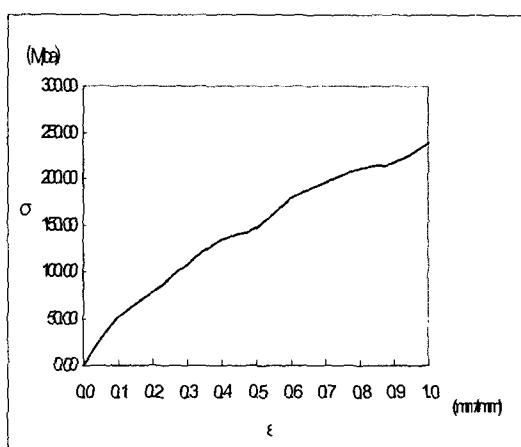


Fig. 7 Stress-strain curve of the Rapid Consolidated Thermoplastic Composites



Fig. 8 Microstructure of the specimen after fracture (x500)

V. 결 론

이 연구에서는 고속암밀법을 통해 제작된 유리섬유강화 열가소성수지 복합재료에 대하여 인장특성에 관해 평가하였다. 즉, 고속암밀된 열가소 수지인 Polyethylene-terephthalate(PET)를 기저재료로 사용한 Plain Weave Fabric 형태의 유리섬유 618 CR복합재료의 인장거동과 미세조직과의 관계를 규명하기 위해 인장시험을 수행한 후 응력-변형률 선도를 구하고 미세 조직 및 파괴 단면을 관찰하였으며 실제 개발후 이 재료가 사용되는데 대한 강도상의 문제점이 없음을 실증하였다.

참고 문헌

- (1) Roger Hill , Richard Broooks and Kalodes., 1999, "Transverse Cracking of Fiber Bundle Composites studied by Acoustic Emission and Weibull Statistics - Effects of Postcuring and Surface Treatment," Journal of Materials Science, 34, pp. 5215-5226.
- (2) Ni Q. Q. and Jinen E., 1997, "Fracture Behavior and Acoustic Emission in Bending Tests on Single-Fiber Composites," Engineering Fracture Mechanics Vol.56, No. 6, pp. 779-796.
- (3) Gorman M., 1991, "Acoustic Emission in 2D Carbon-Carbon Coupons in Tension," Journal of Composite Materials, Vol 25, June, pp. 703-714.
- (4) Rouby D., 1989, "Acoustic Emission : a micro-investigation technique for interface mechanisms in fibre composites," AECM3 proceeding Ed. by ASNT, pp. 313-322.
- (5) Kotsikos, G., Evan J. T., Gibson A. G. and Hale J. M., 2000, "Environmentally Enhanced Fatigue Damage in Glass Fiber Reinforced Composites Characterised by Acoustic Emission," Composites, Part A, Vol. 31, pp. 969-977.
- (6) Degroot P. J., Wijin PAM, Janssen RBF, 1995, "Real Frequency Determination of Acoustic Emission for Different Fracture Mechanisms in Carbon/Epoxy Composites," Composite Science and Technology, Vol. 55, 405-412.
- (7) Barre S, Benzeggagh M. L., 1994, "On The Use of Acoustic Emission to Investigate Damage Mechanism in Glass-Fiber-Reinforced Polypropylene," Composite Science and Technology, Vol. 52, 369-376.
- (8) 김상태, 김덕윤, 2001, "음향방출법을 이용한 Glass Fiber/PET 복합재료의 손상평가," 한국복합재료학회지, 제14권, 제1호, pp. 1-7.
- (9) 이유태, 김상태, 김광수, 1997, "탄소섬유복합재료의 충격 손상에 따른 파괴인성과 AE특성," 한국복합재료학회지, 제10권, 제1호, pp. 23-33.
- (10) Vaidya U. K. and Raju P. K., 1996, "Identification of Failure Modes of Carbon-Carbon Composites at Various Processing Stage Using the Acoustic Emission Technique," Journal of Vibration and Acoustics, Vol. 118, pp. 446-453.
- (11) Andersent T. Logstrup, 1997, "Development of a Rapid Press Consolidation Technique for Continuous Fibre Reinforced Thermoplastic Composites," Proceeding of 18th Risø International Symposium on Materials Science, pp. 237-244.
- (12) Shin I. J., Kim D. Y. and Lee D. J., 2000, "Crystallinity and Mechanical Properties of Glass Fiber Reinforced Thermoplastic Composites by Rapid Press Consolidation Technique," Key Engineering Materials, Vols. 183-187, pp. 1171-1176.