

## 접착제 접합된 자연섬유강화 복합재료의 파괴강도 특성에 미치는 접착제 필릿의 영향

### Effect of Spew fillet on Failure Strength Evaluation in Adhesive Bonded Joints involving Natural Fiber Reinforced Composites

임 재규\*, 김 연직\*\*, 윤호철\*\*\*

\*책임저자, 회원, 전북대학교 기계항공시스템공학부, 공학연구원 공업기술연구센터

\*\* 국립익산대학 산업설비제어과

\*\*\* 전북대 기계설계대학원

**ABSTRACT** This paper is concerned with a fracture strength study of composite adhesive lap joints. The tests were carried out on specimen joints manufactured hybrid stacked joints such as the polyester and bamboo natural fiber layer. The main objective of the work was to test the fracture strength using hybrid fiber composites with a polyester and bamboo natural fiber layer adjacent to the spew fillet of adhesive bonded joints and hybrid stacked joints. The results are presented using tensile-shear strength graph and finite element analysis. The failure mechanisms are discussed in order to explain that spew fillet at the end of the overlap reduces greatly the adhesive shear and effects the tensile-shear strength in hybrid stacked joints.

## 1. 서 론

자연섬유강화 복합재료는 저가, 친환경성이며 유리섬유 복합재료(GFRP)의 대체재의 가능성 때문에 최근 많은 관심을 얻고 있다. 유리섬유강화 복합재료는 이미 자동차 산업에서 상당한 부분을 차지하고 있지만, 유리섬유를 값싼 자연섬유로 이용하는 방법도 연구되고 있다. 이때 고려할 수 있는 방안은 보다 값싸게 제품을 생산하는 것과 제품을 보다 친환경적으로 적용하는 것이다.

자연섬유는 여러 가지를 생각할 수 있으나 사이잘, 대마 등은 우리나라 실정을 고려할 때 가격이 비싸서 사용에 제약이 있으므로 쉽게 구할 수 있는 대나무를 쓰는 방안을 생각할 수 있다.

현재 세계적으로 자연섬유를 보강재로 써서 제품을 생산하려는 연구는 많이 이루어지고 있으며, 이것을 실제 제품에 적용하기 위해서는 체결방법의 하나로 접착제 접합을 들 수 있다. 접착제 접합의 장점은 쉽게 이종재료를 체결하는데 유리하여 건축, 의료, 기계 등 산업 전반에 걸쳐 두루 사용되는 방식이다.

본 연구에서는 접착제 접합을 자연섬유강화 복합재료에 적용시켰을 경우 재료의 응력분포 및

파괴강도를 평가하였다. 재료는 가격이 저렴하고 일반적으로 널리 사용되는 열경화성 수지인 불포화 폴리에스테르를 기본으로 하고, 대나무 섬유 보강재를 적절한 위치에 삽입하여 적층형 복합재료를 제조하였다. 이 재료에서 보강재의 배치에 따른 접착강도 및 재료의 파괴강도의 영향을 평가하였다.

접착제 접합을 할 경우 일반적으로 접착제가 가장자리로 밀려 나와서 일종의 필릿을 형성하는데, 이것은 접착제 필릿(Spew fillet)이라고 한다. 이러한 접착제 필릿은 접착부 가장자리의 응력집중의 해소에 상당한 영향을 미친다고 알려져 있다[1]. 이러한 접착제 필릿이 접착제 접합된 자연섬유강화 복합재료의 파괴강도에 어떠한 영향을 미치는지 알아보려고 한다.

## 2. 장 실험방법

제작에 사용된 수지는 열경화성(thermoset) 불포화 폴리에스테르(unsaturated polyester)이다. 여기에 수지와 함께 보강재로 사용될 섬유는 자연섬유인 대나무이다. 자연적인 대나무를

두께 1mm의 긴 직사각형 형태로 가공한 후 이를 직조하여 2mm 정도의 직사각형 직조판(bamboo natural fiber layer)을 만들었다. 이러한 재료들을 RTM(resin transfer molding)을 이용하여 수지내에 대나무 직조판이 적절한 위치에 존재하도록 조절하여 판(plate) 형태의 복합 적층재(hybrid stacked joints)를 제조하였다. 대나무와 폴리에스테르의 특성을 Table 1에 정리하였다.

Table 1 Base properties of the resin and layer

Material	Base properties
Unsaturated polyester	Tensile strength 35~75[MPa] Young's modulus 1.5~5.2[GPa]
Bamboo fiber	Tensile strength 0.5[MPa] Young's modulus 2.9[GPa]

제작한 판형의 복합 적층재는 단일겹침 접착제 접합(single lap adhesive bonding)을 위하여 ASTM D1002를 기준으로 시험편을 제작하였다. 표면처리는 접착부위를 #1000의 사포(sand paper)로 연마하였고 아세톤으로 세척한 후 접착하였다. 접착두께를 조절하기 위하여 0.1mm의 강선을 사용하였고, 접착부의 겹침길이는 10mm, 로 조절하였다. 사용된 접착제는 구조용 에폭시(epoxy) 접착제 (3M사 DP-460)로 2액상 혼합형이며 상온건조 경화가 가능하다. 접착제 경화시간은 1주일 이상 유지하여 충분히 접착강도가 나타나도록 하였다. 인장전단속도는 3mm/min으로 실험을 실시하였다.

복합재료와 비교평가를 위하여 1mm두께의 자동차용 강판(SPCC)과 알루미늄판(Al 6061)의 단일겹침 접착제 접합시편을 제조하였다. 모든 재료에서 접착부위의 표면조도, 접착두께, 겹침길이의 종류 등의 접착조건은 동일하게 수행하였다.

적층형 복합재료에서 모재에 보강재가 위치하는 형태에 따라 모재와 접착부위의 응력분포가 나타나는지 형태를 알아보기 위하여 유한요소해석을 하였다[2]. Fig. 2에 해석모델, 경계조건 및 해석에 사용한 물성치를 나타내었다.

$L = 110\text{mm}$  ,  $w = 2.5\text{mm}$  ,  $t = 2.5 \sim 9\text{mm}$  ,  
 $\ell = 10$  , A = polyester, B= steel , aluminum  
 spew fillet = 0mm, 1mm, 2mm

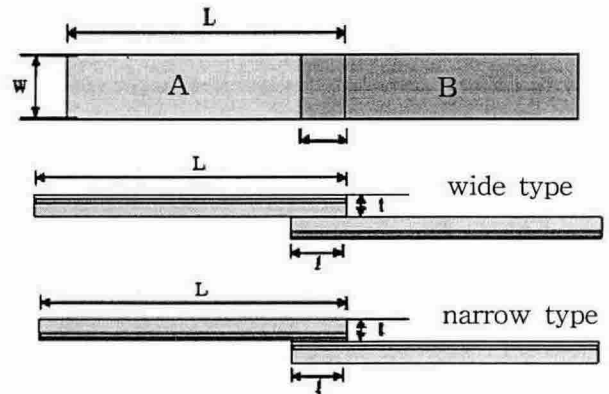


Fig. 1 Single lap tensile-shear specimen

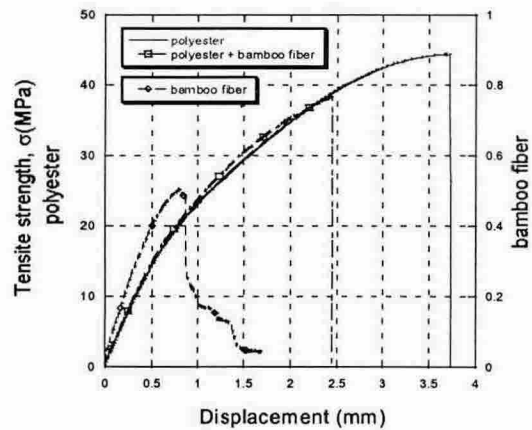
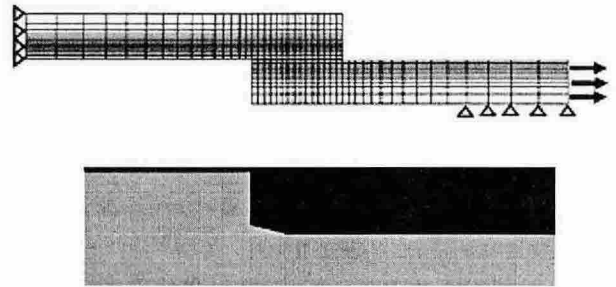


Fig. 2 FEM model and material property

### 3. 장 실험결과

모재의 파괴특성(sectional failure)을 알아보기 위하여 일부러 충분한 겹침길이를 주었다. 1mm두께의 자동차용 강판(SPCC)과 알루미늄판(Al 6061)에 폴리에스테르 수지의 두께를 변화시켰고, 이때 1mm 길이의 접착제 필릿이 있는 경우와 없는 경우의 파괴강도를 비교하였다.



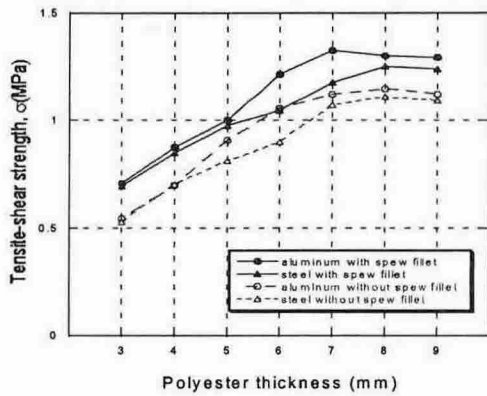


Fig. 3 The result of tensile-shear test

자연섬유 강화 복합재료에서 보강재의 위치에 따른 조건과 mm 길이의 접착제 필릿이 있는 경우와 없는 경우의 파괴강도를 비교하였다.

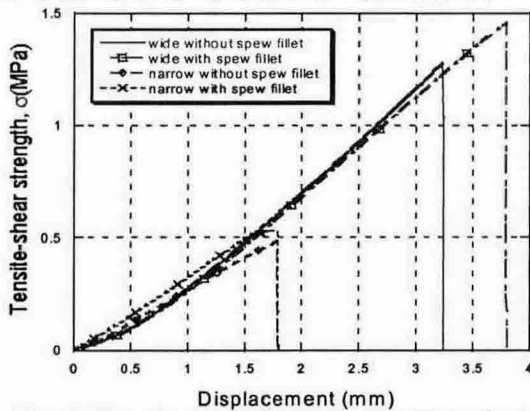


Fig. 4 The stress distribution in hybrid stacked joints and spew fillet.

접착제 필릿의 크기를 0mm, 1mm, 2mm로 변화시켜 narrow형 시편에서 접착부 가장자리의 파괴형태를 비교하였다.

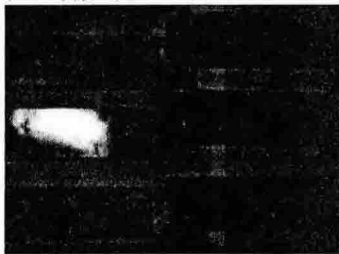


Fig. 5 The failure of hybrid stacked joints

유한요소해석 결과 접착제 가장자리에서 응력집중이 가장 크게 나타났으며 접착제 필릿의 크기에 따라 응력집중이 완화함을 알 수 있다. 또한 보강재의 위치도 응력집중완화에 영향을 주는 것을 알 수 있다.

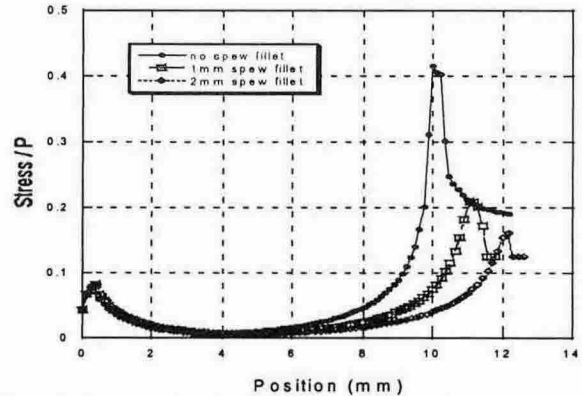
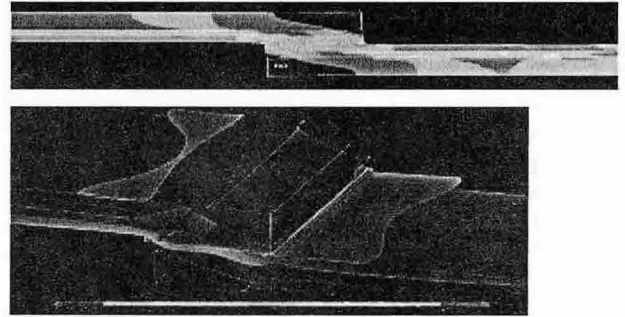


Fig. 6 The result of tensile-shear test using finite element analysis

#### 4. 결 론

본 연구에서는 접착제 접합을 자연섬유강화 복합재료에 적용시켰을 경우 접착제 필릿에 따른 응력분포 및 파괴강도 평가를 수행하였으며 접착제 필릿과 대나무 보강재의 위치는 접착부 가장자리의 응력집중에 영향을 주는 것을 확인하였다.

#### 후 기

본 연구는 산업자원부의 지역혁신 인력양성사업의 연구결과로 수행되었음.

#### 참고문헌

1. JM. Y. Tsai, J. Morton : The effect of a spew fillet on adhesive stress distributions in laminated composite single-lap joints, Composite structures 32, 1995 Pages 123-131
2. L. Dorn , Weiping Liu : The stress state and failure properties of adhesive-bonded plastic/metal joints, Butterworth Heinemann Ltd. 1992