

# 열습환경을 고려한 탄소섬유/에폭시 복합재의 핀 체결부 파괴거동

김찬규\* · 황영은\* · 윤성호\*\*†

## Failure Behavior of Pin-jointed Carbon/Epoxy Composites under Hygrothermal Environmentals

Changyu Kim\* · Youngeun Hwang\* · Sungho Yoon\*\*†

### ABSTRACT

This study has been investigated about hygrothermal environmental effects on the pin-jointed carbon/epoxy composites through acoustic emission technique. The specimens were classified as three types for pin loading test : Base (before immersion), RT (room temperature immersion), HT (75°C immersion). As a results, the bearing strength of RT specimens was weakly decreased than that of base specimens. The bearing strength of HT specimens was greatly decreased than that of Base and RT specimens due to effects of simultaneous moisture and higher temperature. Also, the results from cumulative hit of acoustic emission indicated that AE events induced by matrix cracks of HT specimens was lower than that of base specimens.

### 초 록

본 연구에서는 핀 하중 시험을 통해 열습환경이 탄소섬유/에폭시 복합재료에 미치는 영향을 조사하고 음향방출법을 적용하여 핀 체결부의 파손거동을 분석하였다. 열습환경이 적용된 핀 체결부 시편은 base (침수전), RT (상온침수), HT (75°C 침수)의 세 가지의 조건으로 구분하였다. 결과에 의하면 RT의 경우 base에 비해 베어링강도의 저하정도가 적지만 수분과 온도가 동시에 적용된 열습환경에 노출된 HT의 경우 베어링강도의 저하정도가 크게 나타났다. 또한 음향방출법을 적용하여 누적히트수를 분석한 결과에 따르면 열습을 고려한 경우가 base에 비해 모재균열에 의한 이벤트가 감소하는 경향이 나타났다.

Key Words: Carbon/Epoxy Composite(탄소섬유/에폭시 복합재), Acoustic Emission Technique(음향방출법), Bearing Strength(베어링 강도), Hygrothermal Environmentals(열습 환경)

\* 금오공과대학교 대학원

\*\* 금오공과대학교 교수

† 교신저자, E-mail: shyoon@kumoh.ac.kr

### 1. 서 론

고성능 복합재료가 광범위한 분야에서 사용됨

에 따라 자외선, 비/눈, 바람, 극저온과 고온 등과 같은 환경조건에 노출되는 경우가 발생한다. 특히 고분자 복합재료의 특성상 열습환경이 복합재료의 물성변화에 영향을 미치기 때문에 이에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다[1-2]. 하지만 복잡한 파손모드가 발생하는 복합재의 핀 체결부에 열습환경이 가해진 경우의 내구성 평가는 아직 부족한 상황이다. 따라서 본 연구에서는 원통형 복합재 핀 체결부의 침수와 열습 환경에 따른 수분흡수율을 구하고 핀 하중시험을 통해 열습환경이 가해진 기계적 체결부의 내구성 평가를 하였다. 또한 음향방출법을 이용하여 핀 체결부의 파손거동을 실시간으로 분석하여 열습환경이 파손모드에 미치는 영향을 조사하였다.

## 2. 실험 방법

### 2.1 시편 제작

본 연구에 적용된 시편은 탄소섬유(T800, Toray, Japan)와 에폭시 수지(Epon 826, Hexion, USA)로 구성되어 있고 필라멘트 와인딩 공법이 적용되었다. 시편의 폭과 두께는 각각 21.2mm, 14.5mm이고 핀의 직경은 12mm이다.

### 2.2 수분흡수율 측정

열습환경이 적용된 핀 체결부 시편은 세 가지의 조건으로 구분된다. 환경조건이 가해지지 않은 경우는 base, 상온침수의 경우는 RT, 고온(75℃) 침수의 경우는 HT로 구분하였으며 각각의 조건에 대하여 0, 1, 3, 5, 7, 9, 12, 15, 20일 간격으로 침수시간에 따른 수분흡수율을 측정하였다.

### 2.3 핀 하중 및 음향방출 시험

복합재 핀 체결부의 핀 하중 시험을 위해 하중 시험장치(Zwick, Z100, Germany)를 사용하였다. 복합재의 핀 체결부에 가해지는 작용하중은 크로스헤드(Crosshead)의 변위제어를 사용하였으며 1.0mm/min를 적용하였다. 또한 음향방출신호를 감지하기 위하여 AE센서(R15, PAC, USA)를 시

편에 부착하였으며 프리엠프에서 gain은 40dB을 적용하여 신호를 증폭하여 AD 보드 (AEDSP-32/16B)에서 데이터를 수집 하였다. 이때 20일 동안 흡수된 시편을 고려하였으며 각 타입당 3개씩 시험하였다.

## 3. 실험 결과

### 3.1 흡수실험 결과

Figure 1에는 수분환경의 노출시간에 따른 핀 체결부의 수분흡수율이 나타나 있다. 여기에서 보면 상온침수(RT)에서는 서서히 수분흡수가 일어나고 고온침수(HT)에서는 노출시간 1일에서 급격하게 수분흡수가 일어난 이후 일정한 양의 수분이 흡수되는 양상이 나타났다. 상온침수환경에 비해 고온침수환경에서 수분흡수가 더 크게 나타났다.

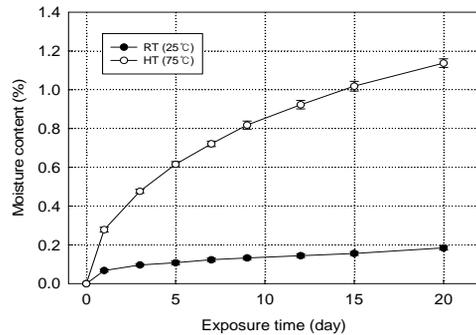


Fig. 1 Moisture content of carbon/epoxy composites exposed to hygrothermal environments.

### 3.2 핀 하중 시험 결과

Figure 2에는 열습된 복합재료의 핀 하중 시험을 통해 수집한 하중-시간 선도와 음향방출 신호에서 얻은 누적히트수-시간 선도가 나타나 있다. 여기에서 하중-시간 선도를 보면 base 시편의 파손하중은 44.3kN이며 베어링강도는 257.8MPa, RT(상온침수) 시편의 파손하중은 43.2kN이며 베어링강도는 252.2MPa, HT(75℃ 침수) 시편의 파손하중은 38.7kN 베어링강도는 224.4MPa로 나

타났다. RT의 베어링강도는 base에 비해 2.2%, HT의 베어링강도는 base에 비해 13.0% 감소였다. RT의 강도는 base에 비해 저하정도가 적지만 않지만 침수환경에서 고온환경이 추가적으로 작용한 경우인 HT는 강도가 크게 감소하였다. 이는 수분환경이 고온일수록 고분자 수지의 가소화로 수지는 연성화되고 섬유와 수지간 계면 물성저하를 초래하기 때문에 시편의 베어링강도가 저하된다고 판단된다[3].

누적히트수-시간 선도를 보면 낮은 하중에서는 누적히트수가 서서히 증가하다가 하중 35kN 지점부터 누적히트수가 급격하게 증가하는 양상이 나타났다. 또한 base에 비해 RT가 누적히트수가 적고 고온침수환경인 HT에서는 더 적게 나타났다. 또한 누적히트수의 초기 기울기를 보면 base가 높고 RT와 HT는 낮게 나타나는데 이는 시편의 연성화에 의해 탄성파가 발생하는 이벤트 수가 감소하였기 때문이다[4].

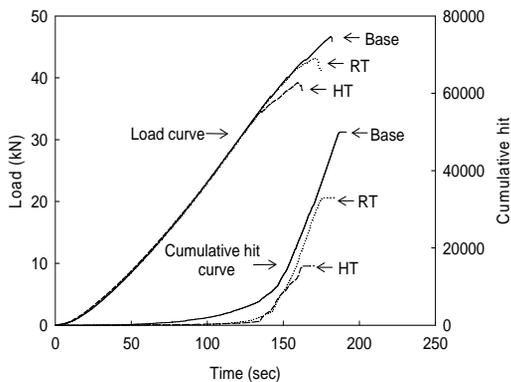


Fig. 2 Results of pin loading test and cumulative hit for base, RT and HT specimens.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 열습환경을 고려한 탄소섬유/에폭시 복합재의 기계적 체결부에 대하여 편 하중 시험을 통해 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

(1) RT(상온침수)의 베어링강도는 base에 비해

2.2%, HT(75℃침수)의 베어링강도는 13.0% 정도 감소되었다. 상온침수환경은 복합재 핀 체결부의 베어링강도에 크게 영향을 미치지 않지만 수분과 고온이 동시에 작용하는 환경에서는 시편의 베어링강도가 현저하게 감소되었다.

(2) 음향방출 시험로부터 획득한 base, RT, HT 누적히트수의 결과로부터 기계적 체결부의 파손이 가속화되는 시점을 찾을 수 있었다. 누적히트수를 분석한 결과에서 흡수된 시편이 base에 비해 모재균열에 의한 이벤트가 감소함을 알 수 있었다.

#### 후 기

본 연구는 국방과학연구소 핵심기술 연구개발 과제 (과제명 : 내고온 경량 복합재연소관 기술)의 지원을 받아 수행되었음.

#### 참 고 문 헌

- 1) J. W. Chin, T. Nguyen and K. Aouadi, "Effects of Environmental Exposure on Fiber-Reinforced Plastic (FRP) Materials used in Construction," Journal of Composite Technology & Research, Vol. 19, 1997, pp. 205-213.
- 2) H. B. Daly, H. B. Brahim, N. Hraied, M. Harchay and R. Boukhili, "Investigation of Water Absorption in Pultruded Composites Containing Fillers and Low Profile Additive," Polymer Composites, Vol. 23, 2007, pp. 355-364.
- 3) 문창권, 최희락, 이봉, "적층형 복합재료의 기계적 성질에 미치는 수분의 영향," 한국해양공학회, 제14권 3호, 2000, pp. 90-99.
- 4) 남기우, 김선진, "흡수된 CFRP의 AE에 의한 파괴거동과 신뢰성 평가," 한국해양공학회, 제10권 4호, 1996, pp. 38-50.