

# 적층 각도를 가진 CFRP 접착 구조물의 파손 및 정적 파괴 특성에 관한 융합 연구

이정호<sup>1</sup>, 김은도<sup>2</sup>, 조재웅<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>공주대학교 대학원 기계공학과 박사과정, <sup>2</sup>더원과학 대표, <sup>3</sup>공주대학교 기계자동차학부 교수

## Convergence Study on Damage and Static Fracture Characteristic of the Bonded CFRP structure with Laminate angle

Jung-Ho Lee<sup>1</sup>, Eundo Kim<sup>2</sup>, Jae-Ung Cho<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Ph. D. Student, Department of Mechanical Engineering, Graduate School, Kongju National University

<sup>2</sup>CEO, TheOne Science

<sup>3</sup>Professor, Division of Mechanical & Automotive Engineering, Kongju National University

요 약 복합소재는 기존의 일반적인 소재보다 내구성과 기계적 성질들이 뛰어난 경량 소재이다. 본 연구에서는 경량 복합소재에 주목하여, 접착제를 이용하여 접착한 CFRP 접착구조물의 정적 파괴 특성을 조사하고자 했고 적층 각도를 변수로 한 CFRP 이중외팔보 시험편을 설계하여 정적 파괴 해석을 수행하였다. 본 연구를 위하여 설계된 CFRP 이중외팔보 시험편들의 적층각도들은 각각 30°와 45°, 60°이며, 연구 결과로서는 적층 각도 45°인 시험편이 가장 30°, 60°의 적층 각도를 가진 시험편들보다 더 좋은 내구성을 보였으며, 30°의 적층 각도를 가진 시험편이 모든 시험편 중에서 내구성이 가장 취약한 것을 확인할 수 있었다. 이와 같은 본 연구 결과를 통하여 적층 각도 별 CFRP 접착구조물의 파손데이터를 확보할 수 있었으며, 본 연구결과를 토대로 얻은 접착 계면의 파손데이터를 활용함으로써 실생활에서의 기계나 구조물에 융합하여 그 미적 감각을 나타낼 수 있다.

주제어 : 융합, 이중 외팔보 시험편, 탄소 섬유 강화 플라스틱, 적층각도, 등가 응력

**Abstract** As composite is the light weight material whose durability and mechanical property are more superior than the existing general material. By taking notice of the composite with light weight, this study was about to investigate the static fracture characteristic of the bonded CFRP structure jointed with adhesive. Also, CFRP double cantilever beam with the variable of laminate angle was designed and the static fracture analysis was carried out. The laminate angles of CFRP double cantilever beam designed for this study were 30°, 45° and 60° individually. As the study result, the specimen with the laminate angle of 45° was shown to have the durability better than those with the layer angles of 30° and 45°. It was checked that the specimen with the laminate angle of 30° had the weakest durability among all specimens. The damage data of the bonded CFRP structure by laminate angle could be secured through this study result. As the damage data of bonded interface obtained on the basis of this study result are utilized, the esthetic sense can be shown by being grafted onto the machine or structure at real life.

**Key Words** : Convergence, DCB(Double cantilever beam) specimen, CFRP(Carbon fiber reinforced plastic), Stacking angle, Equivalent stress

\*Following are results of a study on the "Leaders in Industry-university Cooperation +" Project, supported by the Ministry of Education and National Research Foundation of Korea. This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Education(NRF-2018R1D1A1B07041627).

\*Corresponding Author : Jae-Ung Cho (jucho@kongju.ac.kr)

Received October 4, 2018

Revised November 16, 2018

Accepted January 20, 2019

Published January 28, 2019

## 1. 서론

소재는 현대 사회의 건물, 차량, 선박, 항공기 등의 모든 기계 및 구조물들의 기본적인 근간이 되는 것으로서 이러한 소재들에 대한 연구 및 개발은 계속해서 진행 중이다. 새로운 신소재들의 등장과 함께 각각의 소재들을 체결하기 위한 기술들에 대한 연구도 역시 함께 진행되고 있는데 최근 해당 기술 분야에서 가장 중요한 요소는 경량성이라 할 수 있다. 즉, 예전에는 내구성과 강성 등 강도를 높이는 데 큰 중점을 두었다면 최근에는 강도 뿐만 아니라 차량의 연비 증대 등의 여러 사안들을 해결하기 위하여 경량성 역시도 굉장히 중요한 요소들 중 하나가 된 것이다. 이를 위한 소재가 기존의 일반적인 소재보다 내구성과 기계적 성질들이 뛰어난 경량 복합소재이며, 또한 이를 위한 체결 기술로는 접착제를 이용한 체결 방식이 있다.[1-7] 그러나, 이러한 접착제를 이용한 체결 방식의 경우 현재까지도 확보된 파괴 데이터가 굉장히 미비한 실정이며, 기계 및 기계구조물들에 적용되었을 때 어떠한 하중 조건에, 어떠한 파괴 경향을 보이게 되는지 정확히 파악하기 힘든 점이 있다. 본 연구에서는 경량 복합소재인 CFRP와 이러한 접착제를 이용한 체결 방식에 주목하여 CFRP 상호 간에 접착제를 이용하여 접착한 적층 각도를 변수로 하는 CFRP 접착구조물의 접착에 대한 정적 파괴 특성을 확인해보고자 하였으며, 따라서 접착제로 접착한 적층 각도 별 CFRP 이중외팔보를 설계 및 제작하여 시뮬레이션 해석을 수행하였고, 검증용 실험을 수행하였다. 이를 통하여 복합재료 접착구조물의 구조적 안전성을 규명하고, 안전 설계에 기여하는 기초적인 데이터로서 활용될 수 있을 CFRP 접착구조물의 접착면에서의 정적 파손데이터를 확보하고자 하였으며, 또한, 이러한 파손데이터를 활용함으로써 실생활에서의 기계나 기계구조물에 융합하여 그 미적 감각을 나타내고자 하였다[8-10].

## 2. 연구 방법

### 2.1 연구 모델

본 연구에서는 적층 각도를 변수로 한 CFRP 이중외팔보 시험편들의 접착에 대한 정적 파괴 특성을 확인해 보고자 하였다. 이를 위하여 다음에 도시된 Fig. 1과 같이 각 적층 각도 별 이중외팔보 시험편들을 설계하였으며,

이 때 적용한 시험편들의 적층 각도는 각각 30°와 45°, 60°이다. 또한, 시험편들의 가로 길이는 200mm, 폭은 80mm, 두께는 5mm이며, 시험편들을 장착하기 위한 핀 홀들의 직경은 10mm로 모든 시험편들이 동일하다[11-13].

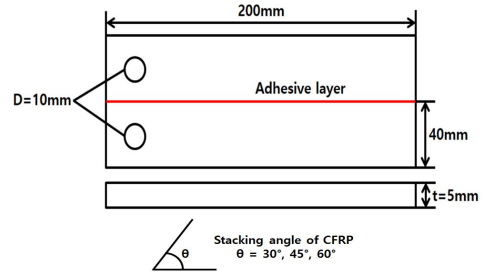


Fig. 1. Configuration of analysis model

### 2.2 경계 조건

본 연구에서는 경량 복합소재인 CFRP로 제작된 적층 각도 별 이중외팔보 시험편들의 접착에 대한 정적 파괴 특성을 확인하기 위하여 다음의 Fig. 2와 같이 경계 조건을 부여하여 시뮬레이션 해석을 수행하였다. 즉, 각 이중외팔보 시험편들의 한 쪽 핀 홀에는 Cylindrical support 조건을 부여하였고, 다른 한 쪽 핀 홀에는 Z축 방향으로의 강제 변위 1mm/min을 부여하여 진행하였다. 각 시험편들에 적용된 소재는 앞서 설명하였듯이 CFRP이며, 이러한 CFRP에는 UD, Woven, Knit, Filament widening 등의 종류가 있으며, 이들 중 본 연구에서는 기계적 특성들이 가장 좋은 UD CFRP를 사용하였다. UD CFRP의 경우 방향에 따라 물성이 달라지는 이방성 재료로서 이러한 이방성 재료라는 특성으로 인해 적층 각도에 따라 기계적 특성이 달라지게 되며, 이에 대한 물성치는 Table 1과 같다[14-15].

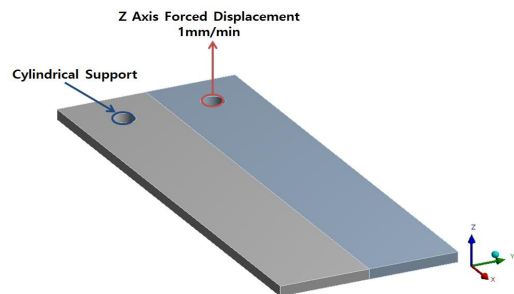


Fig. 2. Boundary conditions of analysis model

Table 1. Material property of unidirectional carbon

Material	Unidirectional carbon
Density(kg/m <sup>3</sup> )	1.57
Poisson's Ratio XY	0.3
Poisson's Ratio XZ	0.74
Poisson's Ratio ZY	0.3
Shear Modulus XY(MPa)	5076.9
Shear Modulus XZ(MPa)	2580.5
Shear Modulus ZY(MPa)	5076.9
Young's Modulus XY(GPa)	1.32
Young's Modulus XZ(MPa)	8980
Young's Modulus ZY(MPa)	8980

### 3. 연구 결과(시뮬레이션 해석)

#### 3.1 적층 각도가 30°인 이중외팔보 시험편의 해석 결과

다음에 도시된 Fig. 3은 적층 각도가 30°인 이중외팔보 시험편의 시뮬레이션 해석을 통한 등가 응력 결과를 나타낸 것이다. 연구 수행 결과, 시험편에서 발생한 최대 등가 응력은 약 7401.6MPa로 나타나는 것을 확인할 수 있었으며, 핀 홀 부근과 접착계면 상단부에서 최대 등가 응력과 함께 높은 응력이 발생하는 것을 확인할 수 있었다. 또한 Fig. 4는 시험편에서 나타난 변형량을 나타낸 것으로서 최대 변형량은 약 4.51mm인 것을 확인할 수 있었으며, 강제 변위를 가하는 핀 홀과 보 부근에서 많은 변형이 일어나는 것으로 나타났다.

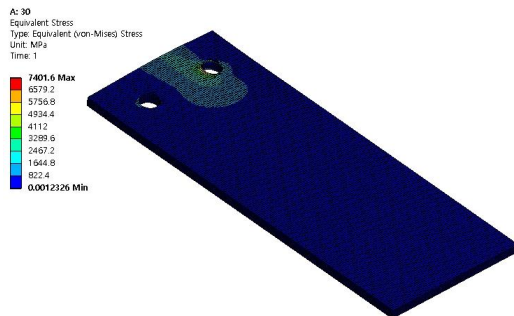


Fig. 3. Equivalent stress of DCB specimen (the stacking angle is 30°)

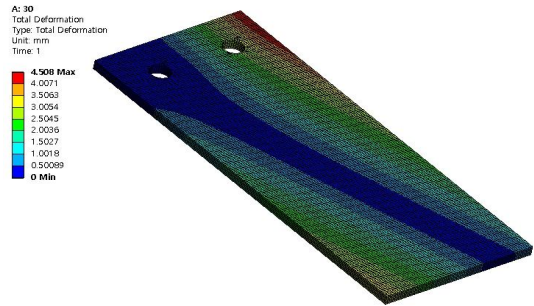


Fig. 4. Total deformation of DCB specimen (the stacking angle is 30°)

#### 3.2 적층 각도가 45°인 이중외팔보 시험편의 해석 결과

다음에 도시된 Fig. 5는 적층 각도가 45°인 이중외팔보 시험편의 시뮬레이션 해석을 통한 등가 응력 결과를 나타낸 것이다. 연구 수행 결과, 시험편에서 발생한 최대 등가 응력은 약 4934.4MPa로 나타나는 것을 확인할 수 있었으며, 적층 각도가 30°인 이중외팔보 시험편보다 발생하는 응력의 양이 감소하여 강성이 더 좋은 것으로 나타났다. 마찬가지로 핀 홀 부근과 접착계면 상단부에서 최대 등가 응력과 함께 높은 응력이 발생하는 것을 확인할 수 있었다. Fig. 6은 시험편에서 나타난 변형량을 나타낸 것으로서 최대 변형량은 약 3.01mm인 것을 확인할 수 있었으며, 역시 적층 각도가 30°인 이중외팔보 시험편보다 변형량이 적음을 알 수 있어 강성이 더 뛰어남을 확인할 수 있다.

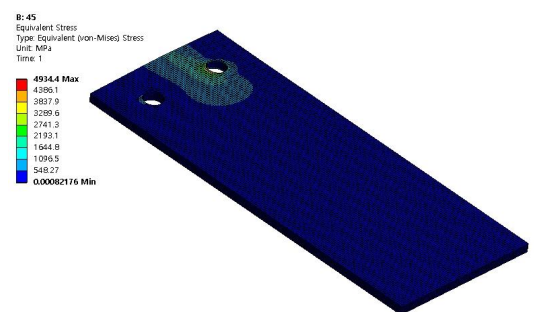


Fig. 5. Equivalent stress of DCB specimen (the stacking angle is 45°)

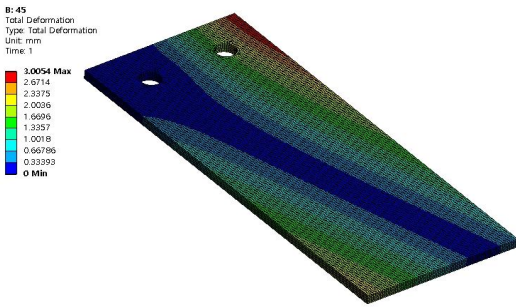


Fig. 6. Total deformation of DCB specimen (the stacking angle is 45°)

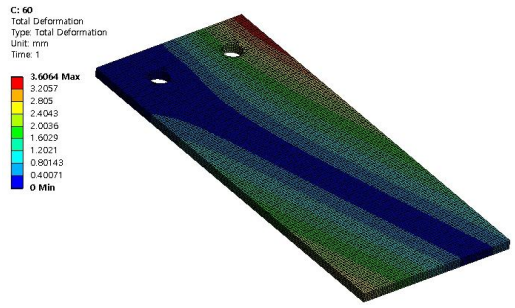


Fig. 8. Total deformation of DCB specimen (the stacking angle is 60°)

### 3.3 적층 각도가 60°인 이중외팔보 시험편의 해석 결과

다음에 도시된 Fig. 7은 적층 각도가 60°인 이중외팔보 시험편의 시뮬레이션 해석을 통한 등가 응력 결과를 나타낸 것이다. 연구 수행 결과, 시험편에서 발생한 최대 등가 응력은 약 5921.3MPa로 나타나는 것을 확인할 수 있었으며, 적층 각도가 30°인 이중외팔보 시험편보다 발생하는 응력의 양이 감소하여 강성이 더 좋은 것으로 나타났지만, 적층 각도가 45°인 이중외팔보 시험편보다는 응력의 발생량이 더 크게 나타나 적층 각도가 45°인 시험편에 비해서는 강성이 약한 것으로 나타난 것을 확인할 수 있었다. 최대 등가 응력 및 높은 응력이 발생하는 부위의 경우는 다른 시험편들과 동일하게 핀 홀 부근과 접착계면 상단부에서 최대 등가 응력과 함께 높은 응력이 발생하는 것을 확인할 수 있었다. Fig. 8은 시험편에서 나타난 변형량을 나타낸 것으로서 최대 변형량은 약 3.61mm인 것을 확인할 수 있었으며, 역시 적층 각도가 30°인 이중외팔보 시험편보다 변형량이 적음을 알 수 있어 강성이 더 뛰어난 것을 확인할 수 있었고, 적층 각도가

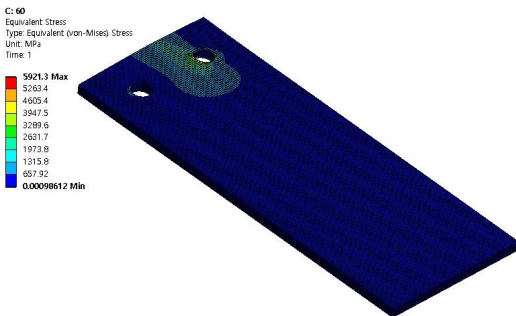


Fig. 7. Equivalent stress of DCB specimen (the stacking angle is 60°)

45°인 이중외팔보 시험편과 비교하였을 때는 변형량이 더 크게 나타났기에 적층 각도가 45°인 시험편보다는 강성이 약한 것을 확인할 수 있었다.

## 4. 연구 결과(해석 결과와 실험 결과의 비교 및 검증)

### 4.1 실험 조건

본 연구에서는 해석 결과를 검증하기 위하여 각 적층 각도 별 이중외팔보 시험편들을 제작하고, MTS사의 만능시험기를 사용하여 정적 실험을 수행하였다. 실험 조건 및 만능시험기에 장착된 시험편의 모습은 Fig. 9와 같으며, 즉 시뮬레이션 해석과 마찬가지로 시험편의 한 쪽 핀 홀은 고정된 뒤, 다른 한 쪽 핀 홀에 강제 변위 1mm/min을 부여하여 실험을 진행하였다.

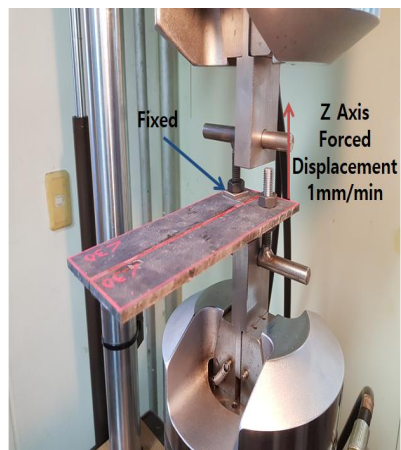


Fig. 9. Conditions of static fracture experiment

#### 4.2 적층 각도가 45°인 이중외팔보 시험편의 해석 결과와 실험 결과의 비교 및 검증

본 연구에서는 앞서 설명한 정적 실험 수행 뒤, Fig. 10과 같이 적층 각도가 45°인 이중외팔보 시험편을 예로 들어 해석 결과와 실험 결과를 비교 및 검증하였다. 먼저 시뮬레이션 해석의 경우 강제 변위가 진행될수록 등가 응력 역시 점차 증가하는 경향을 보이다가 강제 변위가 약 7mm 정도 진행되었을 때 약 4934.4MPa의 최대 등가 응력을 보인 후 시험편이 파단 되어 발생하는 등가 응력이 차츰 감소하다가 강제 변위가 약 15mm 정도 진행되었을 때 시험편에서 발생하는 등가 응력이 0이 되는 것을 확인할 수 있으며, 실험의 경우 해석과 마찬가지로 역시 강제 변위가 진행되면서 등가 응력 역시 증가하는 경향을 보이다가 강제 변위가 약 10mm 정도 진행되었을 때 약 5300MPa의 최대 등가 응력을 보인 후 시험편이 파단 되어 등가 응력이 감소하다가 강제 변위가 약 17mm 정도 진행되었을 때 등가 응력이 0이 되는 것을 확인할 수 있다. 상호 결과 간의 비교 결과, 해석이나 실험, 두 가지 강제 변위에 따른 등가 응력의 발생 경향은 서로 유사하게 나타났으나, 발생하는 최대 등가 응력과 시험편이 파단 되는 시점에서 오차가 나타나는 것을 볼 수 있는데 이는 해석상에서는 구현할 수 없는 외부 환경요인들(습도, 온도 등)과 실제 시험편의 접착면에 도포된 접착제의 접착을 유지하려는 성질 때문인 것으로 판단된다. 이러한 결과를 통하여 복합재료로 만들어진 접착구조물의 파괴 특성을 파악할 수 있었고, 해석과 실험상에서의 경향 또한 파악할 수 있었다. 해석과 실험의 경향은 해석상에서 구현할 수 없는 외부 환경요인들로 인한 달라진 파단 시점을 제외하면 전체적으로 유사하게 나타난 것을 확인할 수 있었으며, 이러한 경향 덕분에 별도의 실험 없이도

그 파괴 특성을 파악할 수 있을 것으로 판단된다. 즉, 복합재료 접착구조물의 구조적 안전성을 규명하고, 안전 설계에 기여할 수 있는 기초적인 데이터로서 활용될 수 있을 것이다.

### 5. 결론

본 연구에서는 경량 복합소재에 주목하여, 접착제로 접착된 CFRP 접착구조물의 정적 파괴 특성을 조사하고자 했고 적층 각도를 변수로 한 CFRP 이중외팔보 시험편을 설계하여 정적 파괴 해석과 이를 비교 및 검증하기 위한 정적 실험을 수행하였다. 이에 대한 결론은 다음과 같다.

1. 접착제로 접착된 각 적층 각도 별 CFRP 이중외팔보 시험편들에서 발생하는 최대 등가 응력 및 변형량을 확인함으로써 적층 각도에 따른 시험편들의 강성을 파악할 수 있었다.

2. 적층 각도가 30°인 이중외팔보 시험편의 최대 등가 응력은 약 7401.6MPa, 최대 변형량은 약 4.51mm로 나타났으며, 적층 각도가 45°인 이중외팔보 시험편의 최대 등가 응력은 약 4934.4MPa, 최대 변형량은 약 3.01mm로 나타났고, 적층 각도가 60°인 이중외팔보 시험편의 최대 등가 응력은 약 5921.3MPa, 최대 변형량은 약 3.61mm로 나타났다. 즉, 적층 각도가 45°인 시험편이 다른 시험편들과 비교하였을 때 가장 강성이 뛰어난 것을 확인할 수 있었다.

3. 적층 각도가 45°인 이중외팔보 시험편을 이용한 해석 결과와 실험 결과의 비교 및 검증에서의 경우 먼저 해석에서의 경우 강제 변위가 약 7mm 정도 진행되었을 때 약 4934.4MPa의 최대 등가 응력을 보인 후 파단 되어 강제 변위가 15mm 정도 진행되었을 때 발생하는 등가 응력이 0이 되었으며, 실험에서의 경우 강제 변위가 약 10mm 정도 진행되었을 때 약 5300MPa의 최대 등가 응력을 보인 후 파단 되어 강제 변위가 17mm 정도 진행되었을 때 발생하는 등가 응력이 0이 된 것을 확인할 수 있었다. 상호 결과 간의 비교 결과, 해석이나 실험, 두 가지 강제 변위에 따른 등가 응력의 발생 경향은 서로 유사하게 나타났으나, 발생하는 최대 등가 응력과 시험편이 파단 되는 시점에서 오차가 나타나는 것을 볼 수 있는데 이

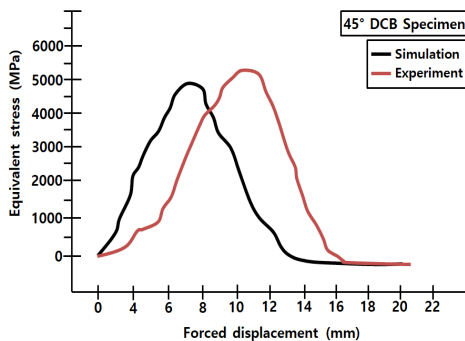


Fig. 10. Conditions of static fracture experiment

는 해석상에서는 구현할 수 없는 외부 환경요인들(습도, 온도 등)과 실제 시험편의 접착계면에 도포된 접착제의 접착을 유지하며, 본 려는 성질 때문인 것으로 판단된다.

4. 도출된 결과를 통하여 복합재료로 만들어진 접착구조물의 파괴 특성을 파악할 수 있었고, 해석과 실험상에서의 경향 또한 파악할 수 있었다. 해석과 실험의 경향은 해석상에서 구현할 수 없는 외부 환경요인들로 인한 달라진 파단 시점을 제외하면 전체적으로 유사하게 나타난 것을 확인할 수 있었으며, 이러한 경향 덕분에 별도의 실험 없이도 그 파괴 특성을 파악할 수 있을 것으로 판단된다. 즉, 복합재료 접착구조물의 구조적 안전성을 규명하고, 안전 설계에 기여할 수 있는 기초적인 데이터로서 활용될 수 있을 것이다.

5. 본 연구 결과를 통하여 적층 각도 별 CFRP 접착구조물의 파손데이터를 확보할 수 있었고, 이러한 연구 결과를 토대로 얻은 접착 계면의 파손데이터를 활용함으로써 실생활에서의 기계나 구조물에 융합하여 그 미적 감각을 나타낼 수 있다.

## REFERENCES

- [1] J. U. Cho, C. S. Kim, H. S. Lee & Y. C. Kim. (2014). Study of the Damage Property of a Contacted Indent by Finite Element Method. *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, 15(10), 5974-5979.  
DOI : 10.5762/KAIS.2014.15.10.5974
- [2] J. W. Park & J. U. Cho. (2017). Convergence Study on Composite Material of Unidirectional CFRP and SM 45C Sandwich Type that Differs in Stacking Angle. *Journal of the Korea Convergence Society*, 8(7), 231-236.  
DOI : 10.15207/JKCS.2017.8.7.231
- [3] G. W. Hwang & J. U. Cho. (2017). Convergence Study on Durability Improvement due to Radius of Arch Type at CFRP Structure with Stacking Angle. *Journal of the Korea Convergence Society*, 8(7), 219-224.  
DOI : 10.15207/JKCS.2017.8.7.219
- [4] G. W. Hwang & J. U. Cho. (2017). Analysis Study on the Damage of Crack Happening with the Bending at CFRP Plate due to Stacking Angle. *Journal of the Korea Convergence Society*, 8(3), 185-190.  
DOI : 10.15207/JKCS.2017.8.3.185
- [5] J. W. Park & J. U. Cho. (2017). A Study of Fracture Behavior due to the Propagation of Center Crack at Unidirectional CFRP through Finite Element Analysis. *Journal of the Korean Society of Mechanical Technology*, 19(1), 21-26.
- [6] J. H. Lee & J. U. Cho. (2016). Evaluation on Strength and Durability of Tensile Specimens of CFRP and Metal with Notches. *Journal of the Korean Society of Mechanical Technology*, 18(6), 867-872.
- [7] J. H. Lee & J. U. Cho. (2016). A Study on Impact Fracture on CFRP Sandwich Composite and CFRP Sandwich Composite with Aluminum Foam Core. *Journal of the Korean Society of Mechanical Technology*, 18(2), 214-219.
- [8] J. H. Lee & J. U. Cho. (2016). An Analytical Study on Crack Behavior Inside Standard Compact Tension Specimen with Holes. *Transactions of the Korean Society of Mechanical Engineers - A*, 40(6), 531-537.  
DOI : 10.3795/KSME-A.2016.40.6.531
- [9] M. S. Kang, H. S. Park, J. H. Choi, J. M. Koo & C. S. Seok. (2012). Prediction of Fracture Strength of Woven CFRP Laminates According to Fiber Orientation. *Transactions of the Korean Society of Mechanical Engineers - A*, 36(8), 881-887.  
DOI : 10.3795/KSME-A.2012.36.8.881
- [10] K. C. Park & M. S. Kim. (1994). Analysis of the Residual Strengths and Failure Mechanisms in Laminated Composites under Impact Loading. *Journal of the Korean Society for Precision Engineering*, 11(3), 105-121.
- [11] C. S. Seak & S. Y. Kim. (2000). Variation of the Fracture Resistance Curve with the Change of a Size in the CT Specimen. *Transactions of the Korean Society of Mechanical Engineers - A*, 24(12), 2963-2971.  
DOI : 10.22634/KSME-A.2000.24.12.2963
- [12] J. U. Cho. (2014). Analytical Study on Durability due to the Load of Artificial Knee Joint. *Journal of the Korea Convergence Society*, 5(2), 7-11.  
DOI : 10.15207/JKCS.2014.5.3.007
- [13] J. H. Lee & J. U. Cho. (2016). Convergence Technique Study of Durability Analysis due to the Track Pad Shape of Track Vehicle with Heavy Weight. *Journal of the Korea Convergence Society*, 7(1), 177-182.  
DOI : 10.15207/JKCS.2016.7.1.177
- [14] H. J. Bang, S. K. Lee, C. Cho, J. U. Cho & H. K. Choi. (2014). Fracture Behavior of Adhesive-Bonded Aluminum Foam with Double Cantilever Beam. *Transactions of the Korean Society of Mechanical Engineers - A*, 38(5), 521-526.  
DOI : 10.3795/KSME-A.2014.38.5.521

- [15] H. K. Choi, S. J. Hong, S. H. Kim & J. U. Cho. (2012).  
Study on Fatigue Analysis of DCB Specimen Bonded.  
*The Korea Academia-Industrial cooperation Society*,  
13(7), 2865-2871.

이 정 호(Lee, Jung Ho) [정회원]



- 2015년 2월 : 공주대학교 기계자  
동차공학부 (공학사)
- 2017년 2월 : 공주대학교 기계공  
학과 (공학석사)
- 2017년 3월 ~ 현재 : 공주대학교  
대학원 기계공학과 박사과정

- 관심분야 : 기계 및 자동차 부품 설계 및 내구성 평가,  
피로 또는 충돌의 동적 해석
- E-Mail : junghosand@gmail.com

김 은 도(Kim, Eun Do) [정회원]



- 1994년 2월 : 경성대학교 물리학  
과 (이학사)
- 1997년 2월 : 경성대학교 기계공  
학과 (이학석사)
- 2012년 2월 : 경성대학교 기계공  
학과 (이학박사)

- 2016년 3월 ~ 현재 : 공주대학교 기계·자동차공학부  
겸임교수, 더원과학 대표
- 관심분야 : 기계 및 자동차 부품 설계 및 내구성 평가  
피로 또는 충돌의 동적 해석, 태양전지전문분야
- E-Mail : edgim@naver.com

조 재 응(Cho, Jae Ung) [정회원]



- 1980년 2월 : 인하대학교 기계공  
학과 (공학사)
- 1982년 2월 : 인하대학교 기계공  
학과 (공학석사)
- 1986년 8월 : 인하대학교 기계공  
학과 (공학박사)

- 1988년 3월 ~ 현재 : 공주대학교 기계·자동차공학부  
교수
- 관심분야 : 기계 및 자동차 부품 설계 및 내구성 평가,  
피로 또는 충돌의 동적 해석
- E-Mail : jucho@kongju.ac.kr