

알루미늄 폼 및 허니컴 샌드위치 복합재료의 압축 특성 비교연구

방승옥*, 조재웅**

*공주대학교 대학원 기계공학과

**공주대학교 기계자동차 공학부

e-mail:jucho@kongju.ac.kr

Study on the Comparison of Compression Properties between Aluminum Foam and Honeycomb Sandwich Composites

Seung-Ok Bang*, Jae-Ung Cho**

*Mechanical Engineering, Graduate Course, Kongju University

**Department of Mechanical & Automotive Engineering, Kongju University

요 약

본 연구에서는 알루미늄 폼 샌드위치 복합재료와 알루미늄 허니컴 샌드위치 복합재료의 면내·외 방향 압축실험으로 하중-변위의 관계를 분석하고 압축 특성을 비교하였다. 만능재료시험기로 1 mm/min의 속도로 압축을 하였으며, 카메라로 실험과정을 촬영하고 로드셀에서 나오는 데이터를 컴퓨터로 저장하였다. 압축실험의 결과로 알루미늄 폼 및 허니컴 샌드위치 복합재료에서 하중이 증가함에 따라 심재에 좌굴이 발생하였다. 면내 방향 압축실험에서 알루미늄 폼 및 허니컴 샌드위치 시험편에 작용하는 압축 최대하중은 비슷하지만 비중을 고려하면 알루미늄 허니컴 샌드위치 복합재료가 더 우수한 것으로 판단되며, 면외 방향 압축실험에서도 알루미늄 허니컴 샌드위치 복합재료의 압축 최대하중이 알루미늄 폼 샌드위치 복합재료보다 높게 나왔다.

1. 서론

복합재료는 기존의 철강재에 비해 가벼우면서도 내구성은 물론 에너지 절감과 안전성을 극대화 시킬 수 있는 소재로 각광받고 있으며, 다양한 분야에서 복합재료를 이용한 구조물이 사용되어지고 있다.

최근에는 응용된 알루미늄에 발포제를 넣어 내부에 기포(Air cell)가 형성된 폼 형상의 샌드위치 판넬이 초경량성, 흡음성, 에너지 흡수성, 친환경성 등 뛰어난 기능적 특성을 가진 차세대 신소재로 급부상되고 있다.

알루미늄 폼은 다공성 구조체로 고체 알루미늄 금속에 비하여 비중이 1/10 정도로 작고, 충격에너지 흡수가 우수하여 자동차범퍼, 충격흡수재, 선박, 항공기의 내·외장재 및 건축 분야에서 그 활용이 날로 증가되고 있는 추세이다[1-2].

우리나라에서도 1986년 10월 복합재료를 사용하여 제작한 경항공기를 시운전한 바 있으며 (KAL 항공연구소), 선박의 주요부품이나 고압용기의 고급소재로서 점점 더 주목을 받고 있으므로 이 부분에 대한

보다 응용력 있는 연구가 요청되고 있다[3-4].

복합재료의 기계적인 성질들을 체계적으로 규명하고 정확한 파괴강도 해석과 안전설계 및 새로운 고급재료의 개발에 필요한 자료를 제공할 수 있는 기초적인 연구의 중요성이 높아짐에 따라 여러 연구자들이 관심을 가지고 연구 활동을 하고 있으나, 소재 자체의 복잡성과 적절한 이론적인 전개가 아직 완전히 체계화되지 않고 있다[5].

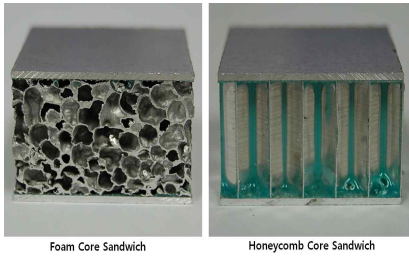
본 연구에서는 압축실험을 통하여 알루미늄 폼 샌드위치 복합재료와 알루미늄 허니컴 샌드위치 복합재료의 기계적 특성을 비교하였다. 면내·외 방향(In-Plane, Out-Plane) 압축실험으로 알루미늄 폼 및 허니컴 샌드위치 복합재료의 파괴 모습을 관찰하고, 하중-변위의 관계를 분석하였다.

2. 본론

2.1. 실험과정

면내·외 방향 압축실험의 시험편은 그림 1과 같이 셀 크기가 6.35 mm, 벽 두께가 0.05 mm인 알루미

높 3003 호일을 사용한 허니컴 코어와 0.3 kg/m³의 밀도를 갖는 닫힌 셀(closed cell) 폼 코어를 사용하였다. 코어의 상·하부에는 두께 1 mm의 알루미늄 판을 에폭시 접착제로 접합시키고 가로 33 mm, 세로 33 mm, 높이 20 mm의 치수를 갖도록 가공하였다. 오차를 최소화하기 위하여 알루미늄 폼 샌드위치 복합재료는 14 g, 알루미늄 허니컴 샌드위치 복합재료는 8 g의 질량을 갖는 시험편을 선정하여 실험하였다.



[그림 1] 면내·외 방향 압축실험 시험편

본 실험에서 사용한 장치는 만능재료시험기인 SHIMADZU AG-X로 최대 용량은 250 kN이며, 시험장치 구성은 그림 2와 같다. 1 mm/min의 속도로 압축실험을 하였으며, 카메라로 시험편의 파단 및 실험과정을 촬영하였다. 로드셀에서 나오는 데이터는 컴퓨터를 통하여 저장하였다.



[그림 2] 실험장치 구성 사진

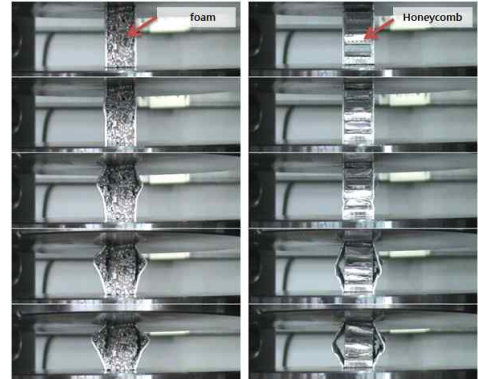
2.2. 실험결과

2.2.1 면내(In-Plane) 압축실험

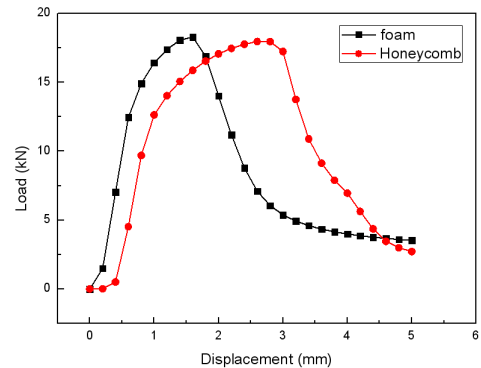
그림 3은 알루미늄 폼 샌드위치 복합재료와 알루미늄 허니컴 샌드위치 시험편의 면내 압축실험 과정에서 하중의 증가로 복합재료가 파괴되는 모습을 나타낸다.

알루미늄 폼 및 허니컴 샌드위치 복합재료에서는

동일하게 하중이 증가함에 따라 좌굴이 발생하고 심재와 면재가 분리되는 양상을 보였다.



[그림 3] 면내 방향 압축실험에서의 구조 파괴

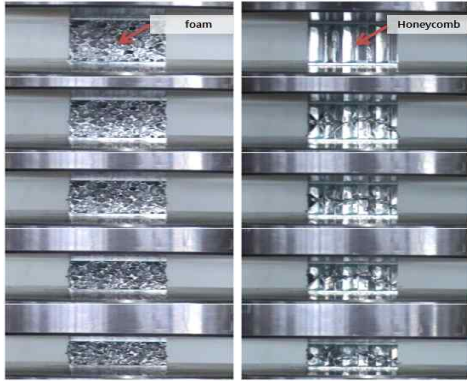


[그림 4] 면내 방향 압축실험의 하중-변위 그래프

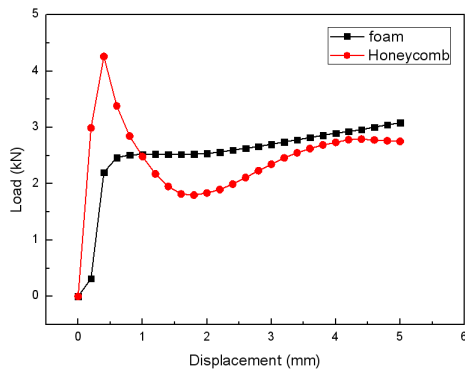
그림 4는 변위가 5 mm 변하는 동안 면내 방향 압축하중의 변화로 알루미늄 폼 샌드위치 복합재료의 압축 최대하중은 18.36 kN, 알루미늄 허니컴 샌드위치 복합재료는 18.03 kN으로 나왔다. 압축 최대하중은 비슷하지만 알루미늄 허니컴이 알루미늄 폼보다 하중 지지구간이 더 길게 나왔다.

2.2.2 면외(Out-Plane) 압축실험

그림 5는 알루미늄 폼 및 허니컴 샌드위치 시험편의 면외 압축실험 과정에서 하중의 증가로 복합재료의 심재가 파괴되는 모습을 나타낸다. 공통적으로 심재에 좌굴이 발생하면서 압축되는 모습을 보였다.



[그림 5] 면외 방향 압축실험에서의 구조 파괴



[그림 6] 면외 방향 압축실험의 하중-변위 그래프

그림 6은 변위가 5 mm 변하는 동안 면외 방향 압축하중의 변화로 알루미늄 폼 샌드위치 복합재료는 0~0.5 mm 사이의 변위에서 압축 최대하중이 급격히 증가한 후 2.5 kN 정도의 하중으로 유지되다가 증가하는 결과를 보였다. 알루미늄 허니컴 샌드위치 복합재료의 경우에는 4.3 kN 정도의 압축 최대하중에 도달한 후 감소와 증가를 반복하였다.

3. 결론

알루미늄 폼 및 허니컴 샌드위치 복합재료의 면내·외 방향 압축실험을 통하여 다음과 같은 결과를 도출하였다.

1. 면내·외 방향 압축실험에서 시험편의 비하중 및 지지능력을 고려하면, 알루미늄 폼 샌드위치 복합재료보다 알루미늄 허니컴 샌드위치 복합재료의 압축 특성이 더 우수하였다.
2. 면내 방향 압축실험에서 심재와 면재가 박리될 때, 폼 코어는 접합부보다 심재가 먼저 파손되어 허니컴 코어보다 짧은 변위에서 좌굴이 발생하였다.
3. 면외 방향 압축실험에서 허니컴 코어는 폼 코

어보다 더 높은 압축 최대하중에 도달 후 셀의 파괴가 이루어지는 양상을 보였다.

후기

본 연구는 한국연구재단 국제협력연구사업 (D00004) 지원으로 수행되었음.

참고문헌

- [1] 허보영, 정승룡, 김병구, “국내 발포금속의 제조 및 현황”, 대한기계학회, 기계저널, 제51권, 제1호, pp. 33-37, 1월, 2011.
- [2] 정협재, 이경엽, 한범석, 유용문, “3D 스캔을 이용한 발포알루미늄의 인장·압축에 관한 유한요소해석”, 한국정밀공학회, 한국정밀공학회 2006년도 추계학술대회 논문요약집, pp. 255-256, 10월, 2006.
- [3] 박상윤, 도현일, 황명신, 은휘봉, 최원중, “소형 항공기 복합재 주익 구조의 기본 설계”, 한국항공우주학회지, 제32권, 제3호, pp. 74-81, 4월, 2004.
- [4] 전승문, 이명건, 이재화, “날개끝 스토어 형상 항공기 복합재 날개 구조의 MDO 연구”, 한국항공우주학회지, 제32권, 제2호, pp. 24-30, 3월, 2004.
- [5] 이원홍, 한성천, 박원태, “면내 압축 및 전단하중을 받는 적층복합판의 좌굴 해석”, 한국산학기술학회 논문지, 제11권, 제12호, pp. 5199-5206, 12월, 2010.