

샌드위치 복합재 바닥 구조물의 구조 설계 및 해석

박현범^{1,†}

¹호원대학교 국방과학기술학부 항공시스템공학 전공

Structural Design and Analysis of Sandwich Composite Structure for Floor Board Structure

Hyunbum Park^{1,†}

¹Dept. of Defense Science & Technology-Aeronautics, Howon University

Abstract

This work dealt with structural safety analysis about sandwich composite structure of automotive floor board. In this work, structural design and analysis of sandwich composite structure for automobile floor board were performed. Firstly, structural design requirement of automobile floor board was investigated. After structural design, the structural analysis of the automobile floor board were performed by the finite element analysis method. It was performed that the stress and displacement analysis at the applied load condition. After structural test of target structure, structural test results were compared with analysis results. Through the structural analysis, it was confirmed that the designed floor board structure is safety.

초 록

본 연구는 자동차 바닥 구조로 적용된 샌드위치 복합재 구조의 안전성 해석에 관한 연구이다. 본 연구에서 샌드위치 복합재 구조 적용 자동차 바닥의 구조 설계 및 해석을 수행하였다. 1차적으로 자동차 바닥 구조의 구조 설계 요구 조건이 분석되었다. 구조 설계 이후 유한 요소 해석 기법을 활용하여 자동차 바닥 구조의 구조 해석이 수행되었다. 적용 하중 조건에서 응력 및 변위 해석이 수행되었다. 최종 바닥 구조의 구조 시험을 수행한 후 해석 결과와 비교하였다. 구조 해석을 통해 설계된 샌드위치 복합재 바닥 구조는 안전한 것으로 확인되었다.

Key Words : Stress Analysis(응력 해석), Floor Board(바닥 구조), Automotive Structure(자동차 구조), Structural Design(구조 설계)

1. 서 론

항공기 내부 구조물 중에서 승객이 탑승하는 바닥 구조는 대부분 샌드위치 복합재 구조가 적용되고 있다. 이는 복합재의 장점인 경량화 때문이다. 또한 금속 구조 보다 강도까지 향상되는 장점이 있다. 최근 자동차 구조물도 경량화를 위하여 복합재료가 다양하게 적

용되고 있다.

샌드위치 복합재 구조에 관한 선행 연구 결과를 분석한 결과 소형 위그선의 동체 내부 구조 바닥에 샌드위치 복합재 구조를 적용한 연구가 수행된 바 있다 [1]. 또한 항공기 기체에 적용된 샌드위치 복합재 구조의 손상 후 수리 방안 연구가 수행된 바 있다 [2]. 김근택 등은 얇은 벽 보를 이용한 테이퍼형 복합재료 항공기 날개 구조 설계 연구를 수행하였다 [3]. 공창덕 등은 항공기 구조에 적용된 복합재료의 압축 강도 시험을 수행하여 기계적 물성치 평가를 수행하였다 [4]. 자동차 구조 분야에서 샌드위치 복합재 구조가 적용된

연구는 미흡하며, 이택희가 자동차 실내 환경 개선을 위한 바닥 판넬 진동 저감 방안 연구를 수행한 바 있다[5]. 선행 연구 분석 결과 항공기에는 샌드위치 복합재료 구조가 다양하게 적용되고 있으나, 자동차 분야에서는 아직 확산되지 않은 것으로 분석되었다.

본 연구에서는 하중 적재 차량의 내부 바닥 구조에 대한 설계 및 해석 연구를 수행하였다. 적재 하중을 분석 한 후 유한 요소 해석 기법을 활용하여 구조 해석을 수행하였다.

2. 구조 설계 요구 조건

본 연구 대상 구조물은 샌드위치 복합재료 구조와 금속재 구조가 혼합된 자동차 구성품의 바닥(Floor Board) 구조물이다. 구조 설계 하중은 2가지 경우로 분석되었다. 첫 번째 경우는 적재품만 적재되는 경우로 4,500kg(44,100N)의 하중이 적용되는 경우이다. 두 번째의 경우는 수레가 금속재 채널 형태의 구조 위에 안착되는 경우로서 수레 및 탑재품의 무게인 1,000kg(9,800N)의 하중이 적용된 경우이다.

설계에 적용된 재료는 유리섬유 면재와 폼 코어가 적용된 샌드위치 구조이며, 철강 구조가 혼용된 형태이다. 유리섬유와 폼 재질은 시편 시험을 통해 물성치를 획득하였으며, 금속재는 상용화된 제품이 적용되므로 일반 철강 구조물의 물성치를 적용하였다. 샌드위치 복합재 구조 설계는 작용 하중에 대해 면재와 코어 재료 강도가 안전을 이내로 파손이 일어나지 않도록 설계하였다. Table 1에 적용된 재료의 물성치를 제시하였다. Fig. 1은 설계된 바닥 구조의 형상이다.

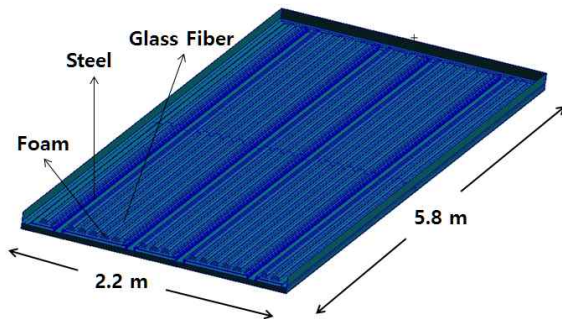


Fig. 1 Configuration of floor board structure

Table 1 Material Properties of Applied Materials

Material	Glass Fiber	Foam	Steel
Elasticity of Modulus	19.98 GPa	60.86 MPa	195 GPa
Tensile Strength	318.81 MPa	0.19 MPa	400 MPa

3. 구조 해석

본 연구에서 구조 해석을 수행하기 위하여 유한 요소 해석 모델을 생성한 결과를 Fig. 2에 명시하였다. 구조 해석을 위해 생성된 총 격자의 수는 64,495개이다. 전체 구조물이 동일한 형태이므로 1/4로 모델링하여 구조 해석을 수행하였다. 경계 조건은 외각 4개 측면에 고정 경계 조건을 적용하였다. 총 두 가지 하중 조건에 대하여 구조 해석을 수행하였다. 구조 해석은 응력, 변위, 좌굴 해석을 수행하여 최종 구조 안전성을 평가하였다.

첫 번째 경우는 적재품만 적용된 경우이다. 구조 해석 하중은 전체에 4,500kg(44,100N)의 하중이 적용하는 경우로서 1/4 면적에 분포 하중으로 적용하였다. 따라서 하중은 11,025N이 적용되었다. Fig. 3에 하중 적용 개념도를 명시하였다.

두 번째 경우의 구조 해석 하중은 수레가 금속재 채널 형태의 구조 위에 안착되는 경우로서 수레 및 탑재품의 무게를 1,000kg(9,800N)으로 적용하였다. Fig. 4에 하중 적용 개념도를 명시하였다.

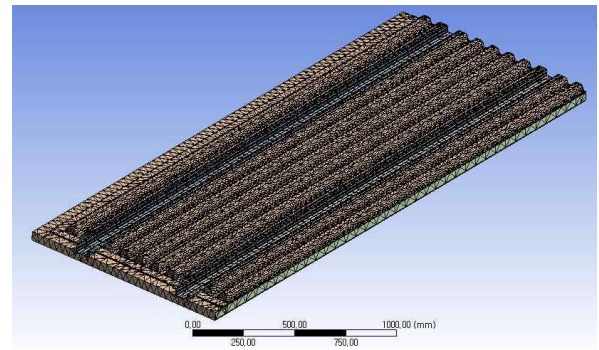


Fig. 2 FEM modeling results

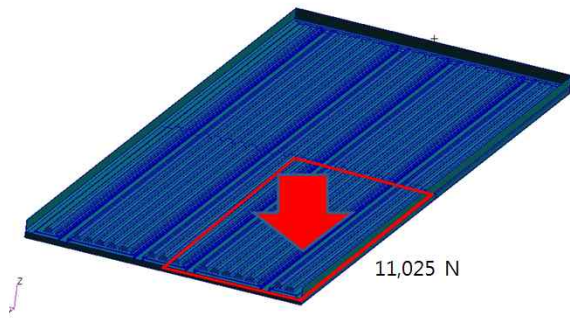


Fig. 3 Applied load case 1 to the model

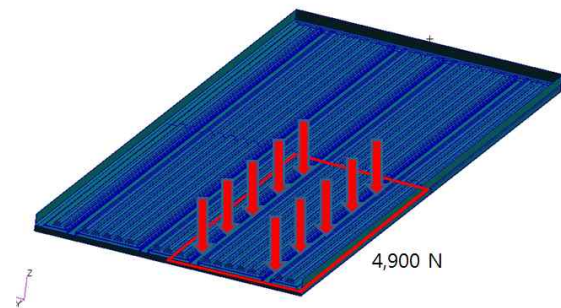


Fig. 4 Applied load case 2 to the model

자동차 바닥 구조물에 전체 하중이 적용되는 경우의 구조해석 결과 최대 응력은 15.39MPa로서 충분히 안전한 것으로 검토되었다. 변위 해석 결과는 중앙부에서 0.41mm로 검토되어 차량과 결합되었을 때 변위도 충분히 안전한 것으로 확인되었다. 좌굴 해석 결과 좌굴 하중 배수는 301로서 충분히 좌굴에 안정한 구조물인 것으로 검토되었다. 좌굴 해석은 1차와 2차 수행하였는데 1차에서 충분히 안정한 구조물인 것을 확인하였다. Fig. 5~7은 구조 해석을 통한 응력, 변형, 좌굴 해석 결과를 보여주고 있다.

하중 적용 조건 2번째 경우로서 바닥의 금속재 채널 형태 구조물 위에 수레가 안착되는 경우의 구조해석 결과 최대 응력은 61.37MPa로서 충분히 안전한 것으로 검토되었다. 변위 해석 결과는 중앙부에서 0.91mm로 검토되어 차량과 결합되었을 때 변위도 충분히 안전한 것으로 확인되었다. 좌굴 해석 결과 좌굴 하중 배수는 333로서 충분히 좌굴에 안정한 구조물인 것으로 검토되었다. Fig. 8~10은 구조 해석을 통한 응력, 변형, 좌굴 해석 결과를 보여주고 있다.

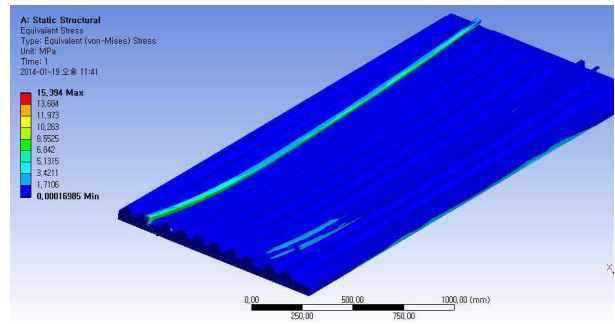


Fig. 5 Stress analysis result of load case 1

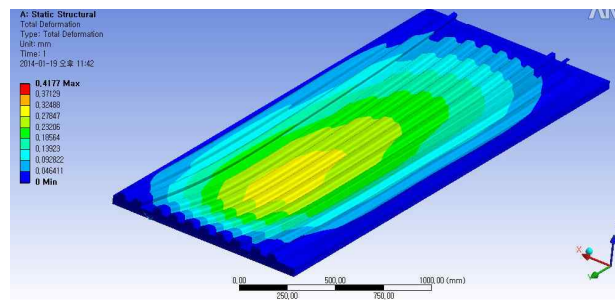


Fig. 6 Displacement analysis result of load case 1

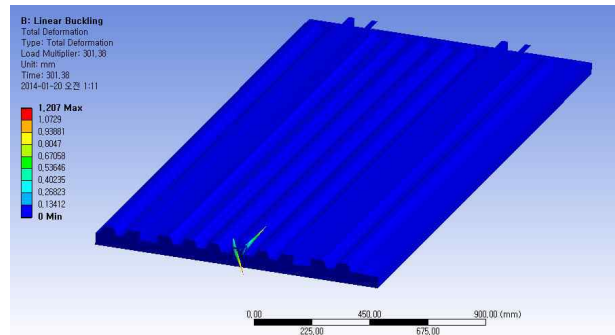


Fig. 7 Buckling analysis result of load case 1

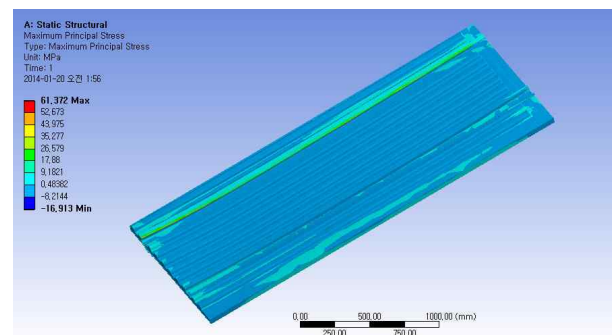


Fig. 8 Stress analysis result of load case 2

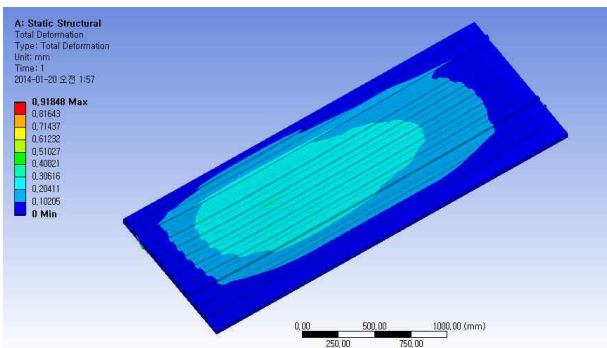


Fig. 6 Displacement analysis result of load case 2

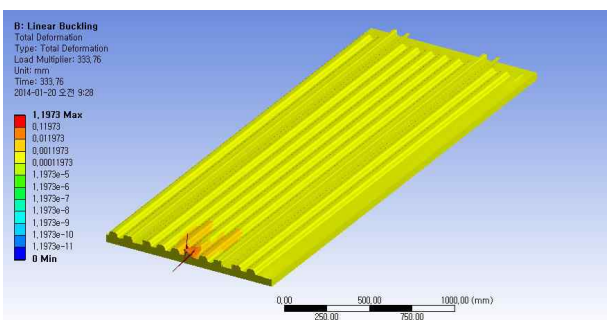


Fig. 7 Buckling analysis result of load case 2

본 연구에서 샌드위치 복합재 구조와 철강 구조가 혼합된 자동차 바닥 구조에 대한 구조 해석 결과 하중 조건 2가지 경우 모두 안전한 것으로 검토되어, 설계 결과가 충분히 타당한 것으로 확인되었다.

4. 결 론

본 연구에서 자동차 바닥 구조로 적용된 샌드위치 복합재 구조의 구조 설계 및 해석 연구를 수행하였다. 샌드위치 복합재 바닥 구조는 적재물의 하중을 받는 구조이다. 최대 적재 하중을 분석하여 안전율을 적용하고 구조 설계 및 해석을 수행하였다. 구조 해석은 유한 요소 해석 기법을 적용하여 응력, 변위, 좌굴 해석을 수행하였다. 구조 해석 결과 전체 하중이 적용하는 경우와 국부적으로 하중이 집중되는 경우 모두 응력 및 변형 해석 결과 안전한 구조인 것으로 검토되었다. 또한 넓은 평면 형태의 구조인 경우 좌굴에 취약하므로 좌굴 해석 결과를 면밀히 검토한 결과 좌굴에도 충분히 안전한 구조인 것으로 검토되었다.

References

- [1] C. Kong, J. Kim, H. Park, "Preliminary Design for the Fuselage of a Small Scale WIG Craft Using Composite Materials," *Science and Engineering of Composite Materials*, vol. 15, pp. 189-205, 2008.
- [2] H. Park, C. Kong, "A study on repair technique after damage of aircraft sandwich composite structure," *Journal of Aerospace System Engineering*, vol. 7, no. 1, pp. 39-43, Mar. 2013.
- [3] K. Kim, O. Song, "Structural modelling of tapered composite aircraft wings with initial angle of attack using thin-walled beam," *Journal of Aerospace System Engineering*, vol. 3, no. 2, pp. 1-11, June. 2009.
- [4] C. Kong, H. Park, S. Kim, H. Lee, "A study on compressive strength of aircraft composite specimens," *Journal of Aerospace System Engineering*, vol. 3, no. 1, pp. 12-16, Mar. 2009.
- [5] T. Lee, "A Study on vibration reduction of floor panel for improvement of vehicle indoor environment," *Master Thesis, Yousei University*, 2001.