

피라미드 코어를 가진 샌드위치 판재의 성형해석기술 개발

임성진¹, 김종호², 성대용³, 양동열³, 정완진[#]

Development of Analysis Method for Forming of Sandwich Sheet with Pyramid Core

S. J. Lim, J. H. Kim, W. J. Chung

Abstract

Sandwich sheet with inner structure is expected to find many applications because of high stiffness to mass ratio. In order to simulate forming of sandwich sheet with pyramid core, an effective simulation method is required. Compared to the expensive model using solid elements, cost effective model using simplified elements such as shells and beams is developed. By comparing two models in terms of the cost and accuracy for unit cell deformation, a developed model shows some advantages over the model using solid elements. Evolution of two kind of forming limits, face buckling and core buckling are successfully expressed by developed model. Developed model is also applied in the simulation of square cup drawing and L-type bending. The corresponding experiments are carried out. Deformation shape and wrinkling behavior are compared and discussed. It is found that simulation results using a developed model are in good agreement with experiments.

Key Words : Sandwich panel, pyramid core, core buckling, face buckling, square cup drawing, L-type bending

1. 서론

박판재의 무게를 감소시키며 강도 또는 강성을 향상시키기 위해, 경량 고강도 재료 개발 등과 같은 여러 가지 방법이 시도되고 있다. 그 중에서 이중 재료의 판재를 적층하거나 접합한 샌드위치(sandwich) 구조의 박판재 개발이 세계적으로 각광 받고 있다. 본 해석에서 사용하게 될 접합판재는 Fig. 1과 같은 중공형 접합 판재로서 내부에 중간 구조물을 갖는 판재이다. 특히 내부에 구조물을 갖는 금속 접합 샌드위치 판재의 경우, 무게가 매우 가볍고 기계적 강도가 현저히 증가되기 때문에 선진국에서는 이에 관한 많은 연구가 진행되고 있다. 한편, 접합판재의 성공적인 적용을 위해서는 미세 패턴의 설계, 공간배치, 성형기술 및 성형공정, 복제기술, 시험 및 평가 등에 대한 연구가 필요하다.

본 연구에서는 피라미드 형태의 내부재를 사용한 샌드위치 판재의 성형공정을 효과적으로 수행하기 위한 해석모델의 개발에 관한 연구를 수행하였다. 샌드위치 판재의 변형을 해석할 때 등가물성치를 사용한 방법이 많이 연구된 바 있으나 이와 같은 방법은 어느 정도 균일한 변형을 가지는 변형에만 유효하게 적용될 수 있다. 피라미드형 코어를 가진 샌드위치 판재의 성형해석에서는 표면재좌굴(face buckling) 과 내부재좌굴(core buckling) 등의 국부적 변형이 발생하여 등가물성치를 사용한 방법을 적용하기가 어렵다. 샌드위치 판재의 내부재와 표면재를 충분히 자세하게 입방체요소로 모델링하면 이러한 좌굴현상을 모사할 수 있음이 단위셀에 대한 해석이나 2 차원해석으로 입증된 바 있다. 그러나 이러한 방법을 3 차원 해석에 적용하기에는 현실적으로 해석속도나 컴퓨터용량에서 많은 무리가 발생한다.

1. 서울산업대학교 대학원 정밀기계공학과
2. 서울산업대학교 금형설계학과
3. 한국과학기술원 기계항공시스템학부
서울산업대학교 금형설계학과, wjchung@snut.ac.kr

따라서 본 논문에서는 간략화된 요소들을 이용한 축약모델을 개발하고 이 모델의 성형해석에의 적용가능성을 탐색하여 보았다. 먼저 표면재좌굴(face buckling) 과 내부재좌굴(core buckling) 등의 국부적 변형을 잘 표현할 수 있는지 검증하여 보았다. 실제적인 성형공정에의 적용가능성을 검토하기 위하여 사각컵 드로잉과 L형 굽힘공정을 해석하였다.

2. 간략화모델

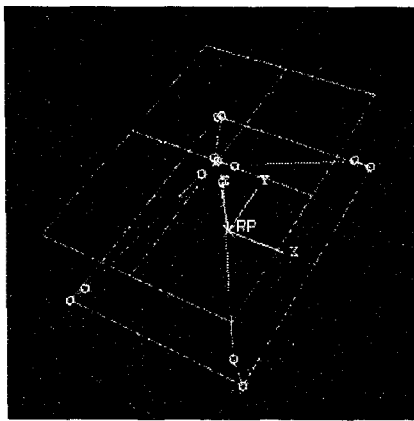


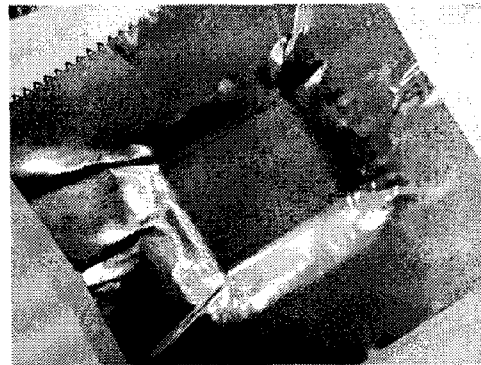
Fig. 1 Simplified model using shell and beam

Fig. 1과 같이 셸요소와 빔요소로 구성된 간략화된 단위셀 모델링을 채용하였다. 표면재는 셸요소로 모델링하였으며 충분히 작은 크기의 요소가 사용되면 표면재좌굴을 잘 모사할 것으로 생각된다. 내부재는 빔요소로 표현되었으며 내부재좌굴을 잘 표현할 수 있을 것으로 기대하였다. 본 연구에서는 표면재좌굴과 내부재좌굴을 적절하게 표현하기 위한 셸요소의 크기와 빔요소의 크기에 대하여 연속체모델에 의한 해석과 비교하여 연구하였다. 표면재좌굴에 대해서 3점굽힘해석을 통하여 연속체모델과 간략화모델을 비교한 결과 용접점사이에 약 4개의 셸요소를 사용할 경우가 적절함을 알 수 있었다. 내부재좌굴에 대해서는 상하판 사이에서 약 3~4개의 빔요소를 사용하는 것이 적절하다고 분석되었다.

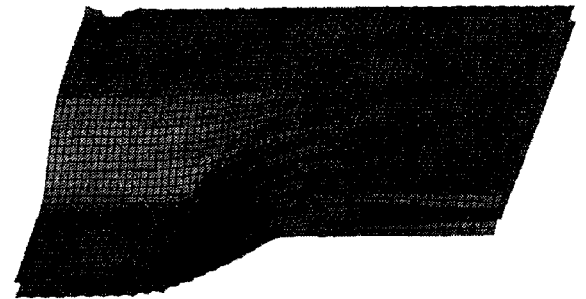
3. 3차원 성형공정의 해석

3차원 공정의 예로써 사각컵 드로잉과 L형굽힘 해석을 수행하였다. 표면재는 스테인레스 강판이며 내부재는 연강판으로 제작되었다. 소재의 크기

는 150mmX150mm 의 정사각형이며 드로잉 실험은 행정 10mm까지 수행되었다. Fig.2는 실험과 해석에서 구한 접합판재의 변형형상을 보여준다. 전체적으로 실험과 유사하게 접합판재가 성형되었으며 접합판재 성형에서 발생한 표면재 좌굴을 예측해내고 있음을 보여준다. 사각컵의 측면에서 발생하는 주름은 해석에서도 뚜렷하게 예측되고 있음을 알 수 있다.



(a)



(b)

Fig. 2 Comparison of deformation between (a) experiment and (b) simulation

L형굽힘에 대해서도 실험과 해석이 수행되었으며 이 경우에는 표면재좌굴과 내부재좌굴이 복합적으로 반복되면서 발생하는 것을 연속체 모델과 간략화 모델을 서로 비교하였다.

4. 결론

접합판재의 효율적인 성형해석을 위하여 간략화된 모델을 개발하였다. 간략화모델을 연속체모델 해석 및 실험과 비교하여 해석의 신뢰성 및 효율성을 분석검토하였다. 간략화모델을 사용하여 접합판재의 3차원 공정해석을 효과적으로 수행할 수 있었다.