

피라미드 코어를 가진 샌드위치 판재의 L형 굽힘 성형해석

정완진^{1#}, 김종호¹, 임성진², 유정수³

Forming Analysis of L-type Bending of Sandwich Sheet with Pyramid Core

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

Abstract

A condensed model is proposed for the simulation of forming of sandwich sheet with pyramid core. A corresponding finite element analysis for L-type bending is carried out to prove the accuracy and the effectiveness. Simulation results are compared with those of experiment. Deformation shape and post-buckling behavior by simulation are in good agreement with those of experiment for the considerable range of deformation. From the comparison of force-displacement curve, it is shown that the proposed model shows good prediction of the forming force compared to the experiment. Thus, the effectiveness of the proposed method is sufficiently demonstrated.

Key Words : Sandwich sheet, Pyramid core, L-bending, Finite element analysis

1. 서론

박판재의 무게를 감소시키며 강도 또는 강성을 향상시키기 위해 이종 재료의 판재를 적층하거나 접합한 샌드위치(sandwich) 구조의 박판재 개발이 세계적으로 연구되고 있다. 특히 내부에 구조재를 갖는 샌드위치 판재의 경우, 무게가 매우 가볍고 기계적 강도가 현저히 증가되기 때문에 이들 선진국에서는 이에 관한 많은 연구가 진행되고 있다. 현재 국내에서는 특정형상의 메쉬패턴 구조재를 내부재로 가지는 접합판재의 개발[1,2]과 내부구조재를 가지는 중공형 접합판재의 기계적 특성과 전단특성[3] 그리고 성형특성에 관한 연구[4]가 최근 진행 중에 있다.

본 연구에서는 미세 패턴의 피라미드형 중간재를 사용한 접합판재의 기본공정(L형 굽힘)에 대한 해석을 수행하여 변형 특성을 실험과 이론해석을 비교하여 조사, 분석하고자 한다.

2. L 굽힘 실험

2.1 실험방법

본 연구에서는 접합판재의 L-굽힘 성형성과 굽힘부에서의 변형을 조사하기 위해 이에 영향을 주는 틈새량, 굽힘선 위치, 펀치성형깊이, 소재의 위치 등의 작업조건을 Fig 1 에서와 같이 하여 실험하였다.

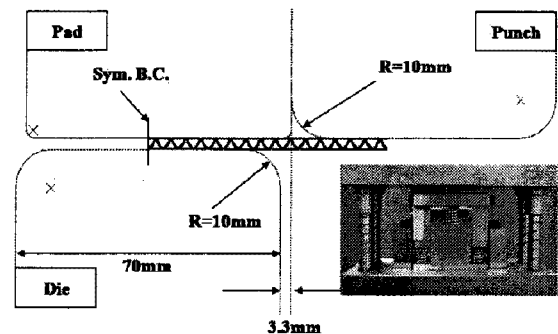
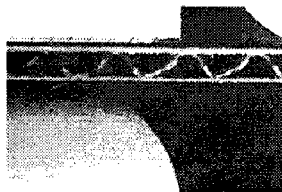


Fig. 1 Experimental set-up for L-bending

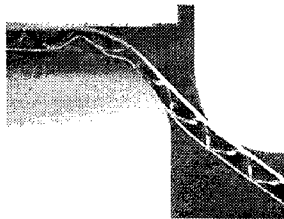
1. 서울산업대학교 금형설계학과
2. 서울산업대학교 에너지환경대학원 NIT공학과,
3. ㈜성우하이텍 기술연구소
교신저자: E-mail : wjchung@snut.ac.kr

2.2 실험결과

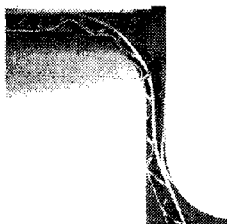
Fig 1와 같이 작업조건에 따라 금형의 틈새는 3.3 mm에 대해서, 그리고 소재의 굽힘선 위치는 피라미드 코어의 비용점접 위치로 고정시킨 후 실험하였다. 또한 L-굽힘은 비대칭 굽힘이기 때문에 패드력으로 소재를 미리 클램핑하더라도 실제 작업 중에는 소재가 펀치측으로 일부 이동할 수 있기 때문에 이동하지 못하도록 위치결정핀을 사용하였다. Fig. 2은 소재를 완전 고정시킨 상태의 굽힘선의 위치를 비용점점과 일치하게 하여 실험한 펀치 스트로크별 변형 상태를 나타내고 있다. 다이 코너 반경 부위의 굽힘부 변형을 살펴보면 접합판재의 내측에는 굽힘이 시작되면서 리코일(recoil)과 같은 함몰현상이 심하게 나타나고 있으며 처음의 리코일 함몰이 공정 진행에 따라 점점 더 심해지면서 굽힘부의 두께가 급격히 감소하는 패턴을 보이고 다시 한 번 굽힘현상이 발생하면서 추가적인 함몰이 형성된다.



(a)



(b)



(c)

Fig.2 Deformation of sandwich sheet according to the location of bend line (clearance=3.3mm) at stroke of (a) 0mm, (b) 15mm and (c) 30mm

3. L굽힘 해석

3.1 해석 조건

접합판재의 내부 형상을 있는 그대로 모델링하여 프레스 성형공정을 해석하는 것은 계산시간 측면에서 실용적으로 감당할 수 없는 방법이다. 따라서 트러스형의 내구구조재의 패턴을 가지는 접합판재의 L굽힘 프레스 성형 해석을 위해 Shell, Beam, Rigid 요소를 혼합한 축약모델을 이용하여 효과적인 계산시간과 국부적인 표면재 및 다리 부위의 좌굴표현도 가능한 이론 해석을 하였다.

판재의 고정을 위하여 성형부의 반대쪽은 symmetric조건을 부여하여 고정되게 하였고, 굽힘부의 정밀도를 고려하여 판재의 메쉬를 Fig 3과 같이 단위셀에 대하여 8개X4개의 mesh로 표면재를 모델링하고 다리 부위를 5개의 보요소로 모델링하였다. 그리고 Fig 4와 같이 L굽힘 성형해석을 하기 위한 금형 및 소재를 준비하였다.

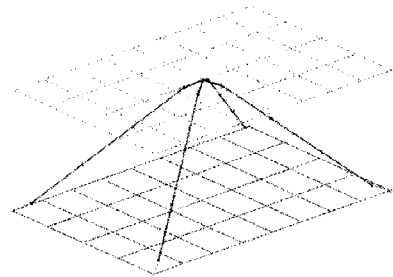


Fig.3 Mesh of unit cell

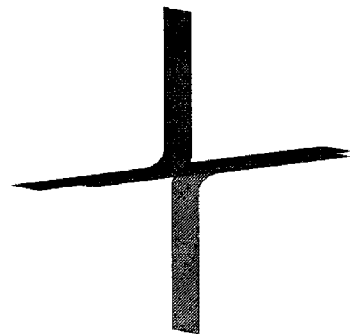


Fig.4 Mesh setup for L-bending

본 해석에 사용한 물성값은 표면재(Stainless steel)의 경우 Table 1과 같으며 내부재(CSP-1N)의 물성치는 Table 2와 같다.

Table. 1 Material properties of skin sheet

$$\bar{\sigma} = K(\epsilon_0 + \epsilon_p)^n$$

Young's Modulus (GPa)	ϵ_0 offset strain	K Strength coefficient (MPa)	n work hardening exponent
206	0.0132	1493.83	0.468

Table. 2 Material properties of core

$$\bar{\sigma} = K(\epsilon_0 + \epsilon_p)^n$$

Young's Modulus (GPa)	ϵ_0 offset strain	K Strength coefficient (MPa)	n work hardening exponent
206	0.0133	610.52	0.306

3.2 해석 결과

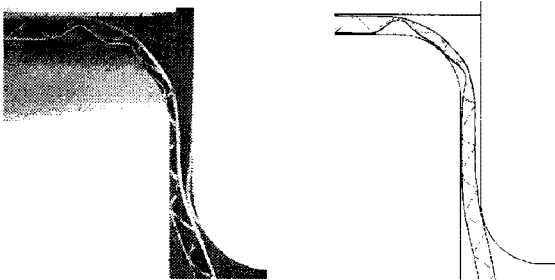


Fig.5 Comparison of deformation at stroke of 30mm

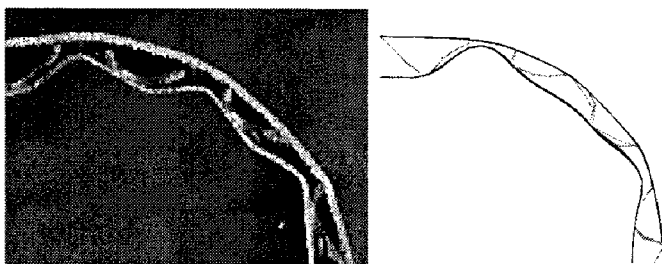


Fig.6 Comparison of deformation around die radius at stroke of 30mm

Fig 5, 6과 같이 실험과의 형상 비교를 하면 비교적 유사한 형상이 보여지며 해석결과의 타당성이 어느 정도 보장 되는 것을 알 수 있으며 이로 인해 해석으로 변형 형상의 효과적인 예측이 가능하다는 것을 알 수 있다.

Fig 7은 L굽힘 실험과 해석의 결과값을 변위에 따른 힘의 그래프로 비교해 놓은 것이다. 실험에서는 힘이 성형 시작 시 변위에 따라 급격히 증가하여 1 mm성형지점에서 11 N/mm 정도의 힘을 받은 후 감소하다가 6 mm성형지점에서 다시 증가하여 11 mm 성형지점에서 13 N/mm 정도의 힘을 받은 후 다시 감소하다가 15 mm 성형지점에서 다시 증가하여 20 mm 성형지점에서 18 N/mm 정도의 힘을 받고 24 mm 성형지점에서 23 N/mm 정도의 힘을 받고 감소하다가 30 mm 성형 지점에서 증가된 값을 볼 수 있다. 해석에서도 유사한 위치의 3개의 지점에서 하중이 고점이 발생하는 수 있다. 그러나 하중의 크기는 다소 차이가 있으며 3번째 고점은 해석에 의한 하중이 실험보다 많이 작게 나타난다. 이는 변형이 심하게 진행된 후 실제로는 내부 구조재와 표면재의 접촉현상이 매우 복잡하게 발생하는데 해석모델이 이를 충분히 묘사하지 못하기 때문인 것으로 판단된다.

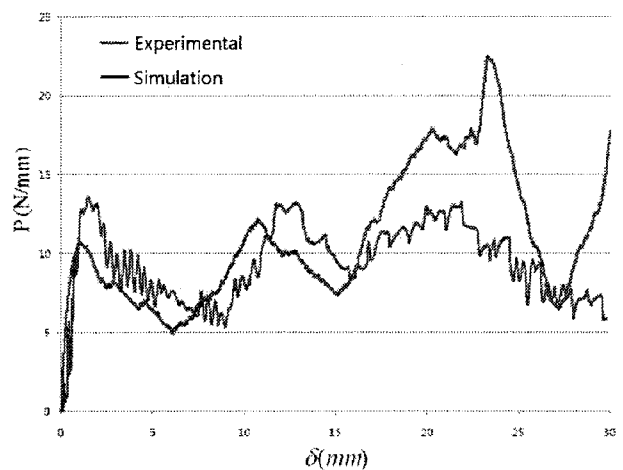


Fig.7 Load-displacement curve in L-bending of sandwich metal

4. 결 론

본 연구에서는 현재 연구개발 중인 피라미드 코아를 내부재로 사용한 접합판재의 성형성을 파악하기 위한 기본공정 중 L굽힘 성형에 대하여 실험과 이론해석을 수행하고 변형 형상과 반력에 대하여 비교하여 성형해석의 유효성을 검증하고자 하였다.

L굽힘 성형 시에 해석결과 실험과 비교적 유사한 변형 형상과 하중곡선을 보이는 것으로 나타났다. 해석 수행 후 실험과의 형상 비교에서 유사한 변형 형상을 보였으며 또한 변위에 따른 힘의 그래프를 비교하였을 때 힘의 발생 지점이 거의 유사하고 하중크기가 유사하여 해석방법이 충분한 유효성을 보인다고 판단된다.

후 기

본 연구는 산업자원부의 국책연구개발사업인 샌드위치 판재의 정형가공 기술개발의 일부이며, 서

울산업대학교 소성가공실험실, 디지털디자인실 학생들에게 감사드립니다.

참 고 문 헌

- [1] 양동열, 나석주, 유중돈, 김종호, 정완진 외 36명, 2004, 마이크로 첨단복재 생산시스템개발 한국과학기술원, 보고서.
- [2] 정창균, 윤석준, 양동열, 이상민, 나석주, 이상훈, 안동규, “수직방향 직조 금속망을 이용한 초경량 금속 내부구조 접합판재의 제작 및 특성에 관한 기초 연구” 한국정밀공학회지, 제 22 권, 제 5 호, pp.152~158, 2005.
- [3] 김지용, 김종호, 정완진, 양동열, “접합판재의 전단변형거동에 관한 연구”, 한국소성가공학회지, 제 14 권 제 3 호, pp.257~262, 2005.
- [4] 김지용, 길해영, 조기철, 김종호, 정완진, “피라미드형 내부구조재를 가지는 중공형 접합판재의 성형특성에 관한 연구”, 한국소성가공학회 춘계학술대회 논문집, pp.295~299, 2006