

접합판재의 두께 방향 압축 특성에 대한 실험 및 연구해석

조기철¹, 김지용¹, 정완진[#], 김종호²

A Study on the Compressive Characteristics of Inner Structure Bonded Sheet in the Thickness Direction

K. C. Cho, J. Y. Kim, W. J. CHUNG, J. H. Kim

Abstract

Sandwich panel with inner structure is expected to find many applications because of high stiffness to mass ratio. However, low resistance to the pressure in the thickness direction may become a weak point in the forming process. Two pyramid type designs for inner structure are considered. For the resistance characteristics in the thickness direction, finite element simulations are carried out. For one design, experimental results are provided. It is shown that simulation can give a reasonable agreement with experiment. The reasons for the discrepancy are discussed mainly in the geometrical viewpoint. It is observed that most of deformation depends on bending mode. Two designs are compared using simulation.

Key Words : Sandwich panel, Inner Structure Bonded Sheet Metal, pyramid, Crimped Expanded Metal, Compression, Tensile, Formability, 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 각광받고 있다. 본 해석에서 사용하게 될 접합판재는 중공형 접합 판재로서 내부에 중간구조물을 갖는 판재이다 이번 해석에서는 피라미드형의 내부재를 사용하였으며 Fig. 1 은 중공형 접합판재의 구조를 보여 준다.

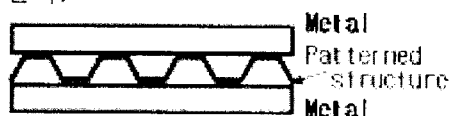


Fig. 1 샌드위치 강판의 구조

아직 초보 수준의 단계로서, 미국과 독일 등의 연구소와 대학에서 연구실 단위로 실험적 연구가 수행되고 있다. 특히 내부에 구조체를 갖는 샌드위치 판재의 경우, 무게가 매우 가볍고 기계적 강도가 현저히 증가되기 때문에 이들 선진국에서는 이에 관한 많은 연구가 진행되고 있다. 그러나 국내에서는 이와 관련된 연구가 아직은 성숙되지 못하고 있는 실정이며 활용 가능성이 풍부하여 파급 효과가 클 것으로 예상되는 금속접합 박판재에 관한 연구 개발이 시급하다고 할 수 있다. 금속 접합박판재를 개발하는데 있어, 내부에 금속 구조체를 미세 단위의 패턴으로 반복적으로 생성시키는 기술은 핵심이 되는 기술 중의 하나이다. 즉, 미세 단위의 패턴을 대면적에 걸쳐 성형함으로써 금속 샌드위치 구조를 갖는 박판재 제작의 기반이 갖춰지게 된다. 또한 접합판재의 성공적인 적용을 위해서는 미세 패턴의 설계, 공간배치, 성형기술 및 성형공정, 복제기술, 시험 및 평가 등

금속 접합박판재에 대한 연구는 전세계적으로

1. 서울산업대학교 대학원 정밀기계공학과
 2. 서울산업대학교 금형설계학과
- # 교신저자: 서울산업대학교 금형설계학과
E-mail : wjchung@snut.ac.kr

에 대한 연구가 필요하다.

본 연구에서는 미세 패턴의 중간재를 사용한 접합판재에 대해 미세 패턴의 설계가 두께 방향의 압축 특성에 미치는 영향에 대해서 연구하였다. 두 가지의 설계 모델에 대해서 압축 실험 및 압축 해석을 수행하고 상호비교를 통해 압축 특성 및 성형공정에의 적용성에 대하여 검토하였다.

2. 압축 해석 및 조건

2.1 압축 해석 모델링

먼저 모델 (Fig. 1)와 모델 B (Fig. 2)의 두 가지의 피라미드 형태의 내부 구조재 패턴을 모델링하였다. 두 가지의 모델은 제작 과정에서 차이가 있으며 압축 특성에서 차이가 있을 것으로 예측된다. 두 모델 간의 형상 차이는 다리가 교차되는 부분에서 뚜렷이 나타나며 모델 B는 모델 A보다 표면재에 접합되는 부분에서 평평한 부위의 면적이 큰 것을 볼 수 있다. 이 부위는 표면재의 힘이 내부재로 전달되는 부분으로 면적이 넓은 모델 B의 경우가 좀더 안정적으로 압축이 될 가능성이 높을 것으로 예상된다. 실제 내부재의 성형 시에 복잡한 공정을 거치기 때문에 최초의 단면이 변형되어 실제 단면의 크기를 예측하기가 어렵다. 따라서 해석 시에 보다 정확한 단면 치수를 입력하기 위하여 제품의 단면을 직접 측정을 하여 Fig. 4과 같은 측정 결과를 얻었다. 모델 A인 경우에는 0.45mm, 0.42mm 라는 직사각형의 형상이 나왔으며 모델 B와 같은 경우는 0.7mm, 0.4mm의 직사각형의 모델이 되었다. Fig. 5는 단위 셀을 4X4 형태로 모델링한 것이다.



Fig. 2 모델 A의 단위셀 과 제품



Fig. 3 모델 B 단위셀 과 제품



	1	2	3
가로	0.442	0.45	0.441
세로	0.421	0.43	0.432

Fig. 4 직접 측정후의 모델링

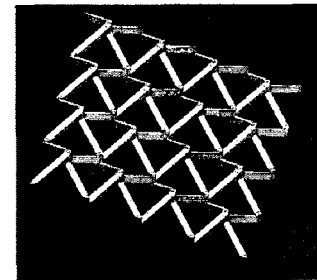


Fig. 5 4X4 형태의 모델링

2.2 압축 해석시 조건

본 해석에 사용한 물성치를 표면재(Stainless steel)는 Table 1에 내부재(CSP-1N)는 Table 2에 나타내었다. 해석 시 부여된 경계 조건은 Fig. 6의 4X4 접합판재의 윗면에 두께 대비 30%의 압축 변위를 부가하였다. 실제 실험에서는 압축 변위량이 10% 정도까지만 수행하였다. 측면에는 변위를 구속하지 않고 아래 판재만 구속하였다 이는 실제 실험과 동일한 구속 조건으로써 최대한 실험과 동일한 조건으로 해석하였다. 압축 실험 데이터는 선행 실험한 데이터¹¹⁾를 사용했다.

Table. 1 skin 물성치

Young's Modulus (GPa)	(σ_t) Tensile Strength (MPa)	(ϵ_{max}) maximum Strain	(ν) poisson's Ratio	(σ_y) Yield Stress (MPa)
179.6	677	0.76	0.28	283

Table. 2 내부재 물성치

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

Young's Modulus (GPa)	ϵ_0 offset strain	K Strength coefficient (MPa)	n workhardening exponent
206	0.01329	610.52	0.3056

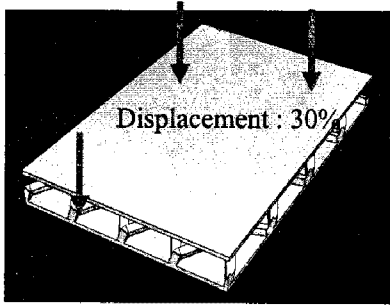


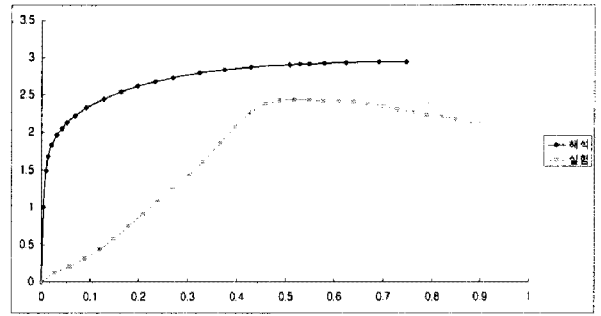
Fig. 6 경계 조건

3. 압축 해석 결과

3.1 압축 해석 결과

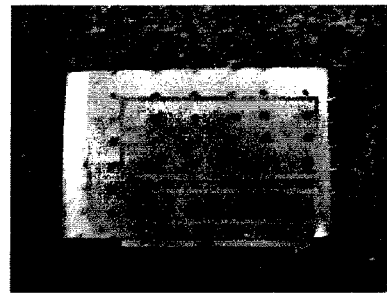
압축 해석 결과 위판 전체가 받은 최대 압력은 각각 2.94Mpa, 2.45Mpa 로 비슷한 압력이 발생한 것을 알 수 있다. 실험치가 해석에 비해 약 0.49Mpa 작게 나왔다. 변위에 따른 압력의 그래프는 Fig. 7 과 같다. 실험에서는 압력이 변위에 따라 완만하게 증가하지만 해석에서는 급격하게 증가한다. 또한 실험에서는 0.5mm 부근에서 최대 값이 발생하고 이 후에는 감소하는 데 비해 해석에서는 이 후에도 하중이 정체되지만 감소하지는 않는다. 이러한 차이는 기하학적으로 완전히 대칭인 형상을 가지는 해석모델과 실제 접합판재와의 차이에서 비롯되는 것으로 판단된다. 실제 제작된 접합재는 두께가 Fig. 8 과 같이 약 0.1mm 정도의 산포를 가지고 있으며 내부의 구조재 또한 기하학적으로 잘 정의된 해석모델과는 상당한 차이가 있으며 특히 대칭을 유지하기가 어렵다. 따라서 이러한 형상 및 두께의 불균일이 구조재에서 좌굴 변형모드가 용이하게 발생하고 복잡한 변형모드를 발생시켜 변위에 따른 압력 곡선의 형태를 변화시킨 것으로 판단된다. 실험이나 해석 모두 항복응력에 비해 매우 낮은 압력에서 쉽게 변형이 이루어져 성형공정에서 표면재와 내부재가 압착되어 접합판재의 장점인 비강성을 상실하기 쉬움을 알 수 있다.

Mpa



mm

Fig. 7 해석과 제품의 비교 그래프



mm

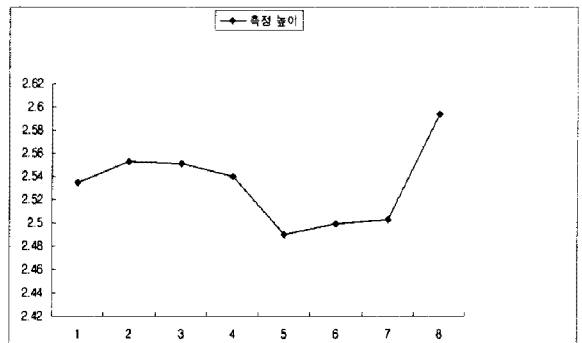


Fig. 8 표면 측정 위치 및 그래프

압축 해석 시 내부재 안에서의 응력 값은 그림 Fig. 9 과 같다. 내부재의 모습을 보면 다리 부분이 휘어짐을 알 수 있는데 이는 압축 시 내부재 내에서 굽힘 현상이 일어나는 것을 알 수 있다 또한 표면재에 연결된 부분보다 다리 부분에 응력이 더 많이 걸리는 것을 볼 수 있는데 이는 표면재와 연결된 부분은 단지 힘을 전달해주는 역할만 한다는 것을 알 수 있으며 실질적으로 다리 부분에 굽힘변형에 의해 압축과정이 진행됨을 알 수 있다. 또한 Fig. 10 은 모델 A 와 모델 B 의 변위에 따른 압력을 비교한 것인데 30%의 변위에서 모델 A 는 최대 2.94Mpa 의 압력이 걸리고 모델 B 의 경우에는 최대 6.68Mpa 의 압력이 걸리는 것을 알 수 있다. 모델 B 는 제작상 용이함과 간단한 구조로 인해 단면을 크게 할 수 있기 때문에

모델 A 보다 압축에 강할 것으로 예측된다. 또한 해석 결과(Fig. 11)에서 내부재의 응력 분포를 보면 어느 한 부분에 집중하중이 걸리지 않고 골고루 분포 된다는 것을 볼 수 있다.

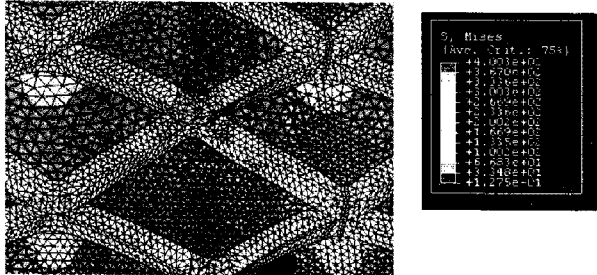


Fig. 9 모델 A 의 내부재 응력 분포

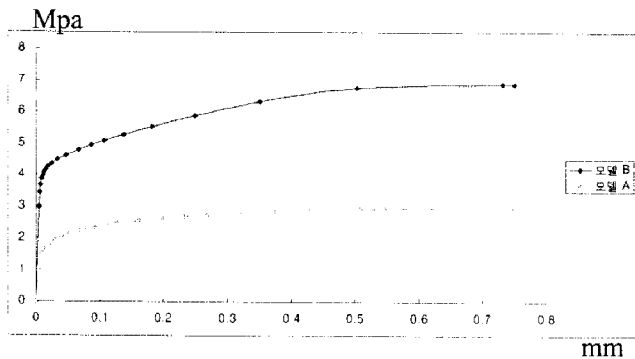


Fig. 10 모델 A 와 모델 B 의 압력-변위 특성 비교

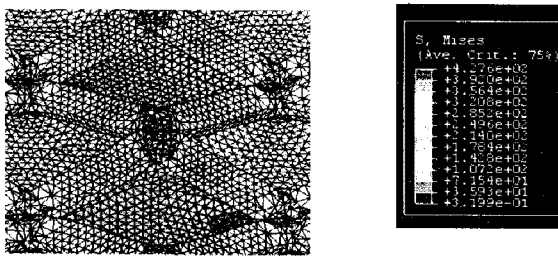


Fig. 11 모델 B 의 내부재 응력 분포

4. 결론

본 연구에서는 현재 연구개발 중인 접합판재의 성형과정에서 중요한 두께방향에 따른 압축특성에 대하여 연구하였다.

피라미드 형의 두 가지 설계 모델(모델 A 와 모델 B)에 대하여 해석을 수행하였다. 또한 모델 A 에 대하여 압축 실험을 수행하여 해석 결과와 비교 검토 하였다.

모델 A 에 대한 실험을 해석과 비교한 결과 최대 압축응력에 있어서는 대해서는 20%의 오차를 보였다. 또한 압축 과정에서 대부분의 변형에너지가 굽힘 변형 에너지로 구성됨을 확인할 수 있었다. 제품의 내부그러나 접합 판재의 내부 형상 및 두께의 불균일로 인해 변위에 따른 압력곡선의 형태는 실험의 경우가 현저하게 좌굴의 특성을 나타내었다. 실험이나 해석 모두 항복응력에 비해 매우 낮은 압력에서 쉽게 변형이 이루어져 성형공정에서 표면재와 내부재가 압착되어 접합판재의 장점인 비강성을 상실하기 쉬움을 알 수 있다. 따라서 이러한 문제점을 극복하기 위한 내부재 설계 개발이 요구된다.

모델 B 의 최대압축응력은 6.68 Mpa 로 모델 A 의 2.94MPa 에 비해 상당히 큰 압력에 견딜 수 있어 성형공정에 보다 적합할 것으로 예측되고 있다. 앞으로 이러한 결과를 토대로 모델 B 에 대한 실험을 수행하여 보다 확실한 결과를 얻도록 할 것이다.

참고 문헌

- [1] 김지용 2005 내부구조개를 가진 중공형 접합판재의 프레스 가공특성에 관한 연구 서울산업대학원 석사 논문, pp. 35~37
- [2] 안동규, 이상훈, 김민수, 한길영, 정창균, 양동열 2004 ISB 판별의 굽힘강성 및 파단특성에 관한 연구 한국정밀공학회 추계학술대회 논문집, pp. 1452~1455.
- [3] 김지용, 김중호, 정완진, 양동렬, 2004 접합판재의 전단변형거동에 관한 한국소성가공학회지, 제 14 권, 제 3 호, pp.257~262 .
- [4] V. S. Deshpande, N. A. Fleck, 2001, "Collapse of truss core sandwich beams in 3-point bending", International Journal of Solids and Structures Vol. 38, pp.6275~6305
- [5] F. W. Zok, S. A. Waltner, Z. Wei, h. j. Rathbun, R. M. McMeeking, A. G. Evans, , 2004 "A protocol for characterizing the structural performance of metallic sandwich panels: application to pyramidal truss cores", International Journal of Solids and Structures, Vol. 40, pp. 6249~6271