

## 딴플형 내부 구조체를 가진 ISB 패널의 굽힘 강성 특성

안동규\*(조선대 기계공학과), 이상훈(주재영솔류텍), 김진석(조선대 대학원), 문경재(조선대 대학원), 한길영(조선대 기계공학과), 정창균(KAIST 대학원), 양동열(KAIST 기계공학과)

### Bending characteristics of ISB panel with dimple shapes as inner structures

D. G. Ahn(Mecha. Eng. Dept. CSU), S. H. Lee(J. Y. Solutec), J. S. Kim(Graduate School, CSU), G. J. Moon (Graduate School, CSU), G. Y. Han (Mecha. Eng. Dept. CSU), C. J. Jung (Graduate School, KAIST), D. Y. Yang(Mecha. Eng. Dept. KAIST)

#### ABSTRACT

The objective of this paper is to investigate into bending and failure characteristics of ISB panel with dimple shapes as inner structures. Through three-points bending test, the force-displacement curve and the failure shape are obtained to examine the deformation pattern, characteristic data including maximum load and displacement at the maximum load and failure pattern for the ISB panel. In addition, the influence of design parameters for ISB panel on the bending stiffness and failure mode has been found. From the results of the experiments, it has been shown that bending and failure characteristics of the ISB panel can be controlled by the ratio of radius and the direction of the material.

**Key Words** :ISB panel (ISB panel), Dimple shape(딴플형상), Bending characteristics(굽힘강성), Failure mode(파단모드)

#### 1. 서론

최근 자동차/항공기/선박 등 수송기계들의 제작하여 에너지 효율을 증대시키고 대기 오염을 감소시키는 동시에 강도/강성/내충격성을 현저히 증대시키는 초경량 금속구조체에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. <sup>1</sup> 초경량 금속구조체의 경우 판재형 금속재료 내부에 망형 직조 금속격자 구조물, 카코메 등과 같은 3 차원 입체구조물 또는 금속 폼 재료와 같은 다공성 재료등의 초경량 코어로 구성된 샌드위치 구조를 가진다. <sup>2</sup> 내부 3 차원 구조체를 가진 초경량 샌드위치 패널의 특성 분석과 설계 데이터 확보를 위하여 관련 선행연구에서는 3 점 굽힘 시험을 수행한 후, 변형 특성, 강성비교 및 파단 특성을 분석하였다. 국내에서는 금속 3 차원 구조물을 내부에 가지며 외판과 접합 또는 용접으로 연결시켜 전체 두께 3 mm 이하의 초경량 고강성/고강도/고내충격성 판재인 ISB 패널에 대한 개발이 진행되고 있다. <sup>3</sup>

본 연구에서는 딴플형을 가진 금속판을 내부구조체로 가지며 스테인레스 판재를 외판으로 사용하는 ISB 패널에 대한 3 점 굽힘시험을 통하여 하중-변위/굽힘강성/파단 특성을 분석 및 고찰 하였다.

#### 2. 실험방법

3 점 굽힘 시험에 사용된 ISB 패널의 외판은

0.3 mm 의 스테인레스 판재를 사용 하였고, 내부구조체인 딴플형상을 가진 금속코어의 경우 반경비 (Ratio of radius : r) 를 1 과 0.45 로 하여 다점 전기저항 용접으로 접합하여 제작 하였다. 3 점 굽힘시험에 사용된 시편은 반경비에 따라 제작된 시편을 재료방향별로 절단하여 제작하였다. 시편의 재료방향각(Angle of material:  $\phi$ )은  $0^\circ$ ,  $30^\circ$  및  $45^\circ$  로 선정 하였다.

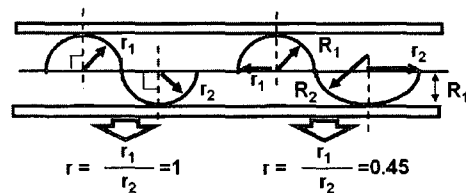


Fig. 1 Definition of ratio of radius

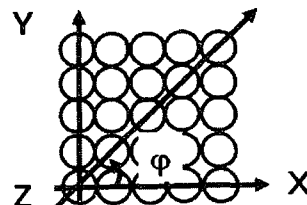


Fig. 2 Definition of angle of material

Fig. 1 과 2 는 딴플형상의 반경비와 ISB 패널의 재료방향에 대한 정의이다. 시편의 폭과 길이는 각

각 20 mm 와 160 mm 로 결정하였다. 또한, 반경비 0.45 인 시편에 대해서는 두개의 반구형상의 상하 위치에 따라 굽힘/파단 특성이 다르게 나타날 수 있어 작은 반경을 가진 반구형상이 위에 위치할 때 (Up 형상)과 아래에 위치할 때 (Down 형상)에 대하여 시편을 제작하여 3점 굽힘 시험을 수행하였다.

### 3. 실험 결과 및 고찰

본 연구를 통하여 딩플형 내부구조체를 가진 ISB 패널의 반경비, 재료방향각 및 재료 공간배치와 하중-변위, 굽힘 강성 및 파단모드의 상관 관계를 얻을 수 있었다.

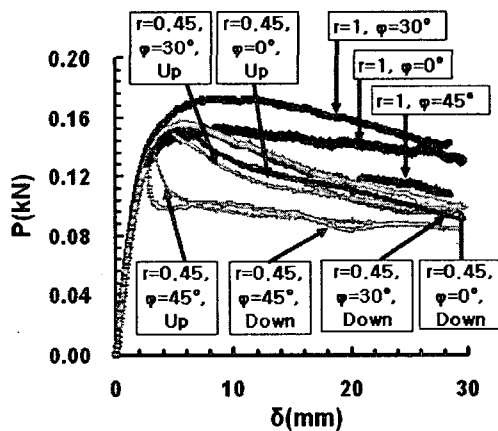


Fig. 3 Influence of design parameters on P-δ curves

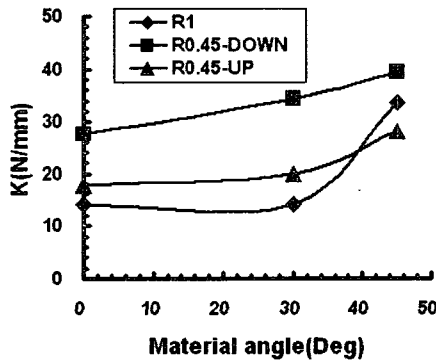


Fig. 4 Influence of design parameters on the bending stiffness

Fig. 3 의 하중-변위 선도에서 반경비가 감소할수록 최대 하중이 감소하며, 최대 하중 후 급격한 하중 감소가 나타남을 알 수 있었다. 재료방향각 0° 및 30° 에서는 최대 하중 후 완만한 하중의 감소를 나타내었으나, 재료방향각 45° 에서 최대 하중 후 급격한 하중 감소 및 일정 변위후 평탄하중이 나타내었다.

Fig. 4 과 같이 딩플형 내부구조체를 가진 ISB 패널의 재료방향각이 증가 할수록 굽힘강성이 증가

하는 것으로 나타났다. 또한, 딩플형 내부구조체의 반경비가 감소할수록 굽힘 강성이 증가하는 것을 알 수 있었다. 반경비 0.45 인 경우 딩플형상 내부구조체의 작은 반구형상이 아래로 위치할 때 굽힘 강성이 현저히 증가하는 것을 확인할 수 있었다.

파단특성의 경우 Fig. 5 와 같이 반경비가 1 인 경우 재료방향에 관계없이 모두 표면 접힘 (Face Wrinkling) 만 나타났으며, 반경비가 0.45 인 경우는 표면접힘과 중앙함몰 (Center depression)의 두가지가 존재함을 알 수 있었다. 반경비 0.45 일때의 파단모드 변경은 하중부가방향으로 재료 배치에 크게 영향을 받음을 알 수 있었다.

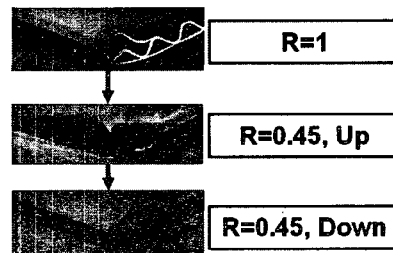


Fig. 5 Influence of design parameters on the failure mode

### 5. 결론

본 연구를 통하여 딩플형 내부구조체를 가진 ISB 패널의 설계 변수인 반경비, 재료방향각 및 재료 공간배치와 하중-변위, 굽힘 강성 및 파단모드의 상관 관계를 얻을 수 있었다. 딩플형상의 반경비가 감소할수록 하중-변위 곡선의 최대하중 후 하중 감소율이 증가하였다. 또한, 재료방향각이 증가할수록 굽힘강성이 증가함을 알 수 있었다. 딩플형상의 상하 배치가 파단모드에 영향을 미침을 알 수 있었다 또한, 딩플형 내부구조체를 가진 ISB 패널의 경우 반경비 및 재료방향 제어를 통하여 패널의 굽힘특성과 파단특성을 제어할 수 있음을 알 수 있었다.

### 참고문헌

1. Wadley, H. N. G, "Cellular Metals Manufacturing," Advanced Engineering Materials, Vol. 4, No. 10, pp. 726 - 733, 2002.
2. Wadley, H. N. G, Fleck, A. F. and Evans, A. G, "Fabrication and Structural Performance of Periodic Cellular Metal Sandwich Structures," Composites Science and Technology, Vol. 63, pp. 2343 - 733, 2003
3. Ahn, D. G, Lee, S. H., Kim, M. S., Han, G. Y., Jung, C G and Yang, D. Y., "Investigation into Characteristics of Bending Stiffness and Failure for ISB Panel," Journal of the Korean Society of Precision Engineering, Vol.22, No. 9, pp. 162 - 172, 2005.