

전단 딴플형 내부구조체의 반경 결함이 ISB 판재의 저속 충격 특성에 미치는 영향

Effects of Radius Defects of Sheared Dimple Inner Structures on the Impact Characteristics of ISB Plate

#안동규¹, *정우철²

#D. G. Ahn(smart@chosun.ac.kr)¹, *W. C. Jeong²

¹조선대학교 기계공학과, ²조선대학교 일반대학원 기계공학과

Key words : Sheared Dimple Inner Structures, Radius Defects, Impact Characteristics, ISB Plate

1. 서론

내부구조체와 외판이 접합/용접된 초경량 샌드위치 판재의 경우, 판재의 기계적 특성이 내부구조체의 형상 및 외판 설계에 매우 의존적이다. 또한, 내부구조체의 형상 결함과 내부구조체와 외판사이의 접합/용접부 결함은 샌드위치 판재의 변형 거동과 정/동적 특성에 영향을 크게 미친다.^{1,2} 최근 자동차/항공기/선박등 수송기계의 내외장 부품에 적용하기 위하여 ISB (Internally structured bonded) 판재가 개발 되고 있다.⁴ ISB 판재의 경우 외판과 내부구조체가 압연롤로 다점 저항 용접으로 접합되기 때문에, 용접열과 압력에 의하여 내부구조체의 변형과 접합부 크기 변화가 발생할 수 있다. 이로 인하여 ISB 판재의 특성 변화가 나타날 수 있다.

본 연구에서는 3 차원 충격해석을 통하여 전단형 딴플 구조체를 내부구조체로 가진 ISB 판재의 내부구조체 반경 결함이 판재의 저속 충격 특성에 미치는 영향을 고찰하고자 한다.

2. 충격해석 방법 및 결함 모델링

3 차원 충격해석은 ABAQUS V6.11 Explicit 프로그램을 이용하여 수행하였다. 충격해석시 ISB 판재는 Fig. 1 과 같이 4 절점 사면체 요소 (Tetrahedral elements) 로 생성하였다. 변형 및 충격 메커니즘을 정확히 분석하기 위하여 판재와 충격헤드의 접촉면 영역은 충격헤드와 접촉하지 않는 영역보다 3 배 정도 조밀하게 요소를 생성하였다. 재료 모델링은 변형을

속도 영향성을 고려하기 위하여 고속 인장 실험 데이터를 이용하였다. 충격헤드와 치구는 강체 요소로 가정하였다. 바닥부 고무판은 Hyper-elastic 재료로 가정하였다. 해석에서는 단위 내부구조체 폭에 해당하는 폭으로 ISB 판재를 유한요소모델링 하였다.

내부구조체의 변형 결함이 없는 경우, Fig. 1 의 무결함 모델 (Perfect model) 과 같이 내부 반경 (r_1) 과 외부 반경 (r_2) 이 각각 0.250 mm 와 0.750 mm 이다. 실제 시편의 내/외부 반경을 측정 한 결과 내/외부 반경의 평균값이 각각 0.280 mm 와 0.775 mm 였다. 본 연구에서는 Fig. 1 과 내부구조체의 변형 결함 발생 위치에 따라 3 가지 모드 (Mode) 로 분류

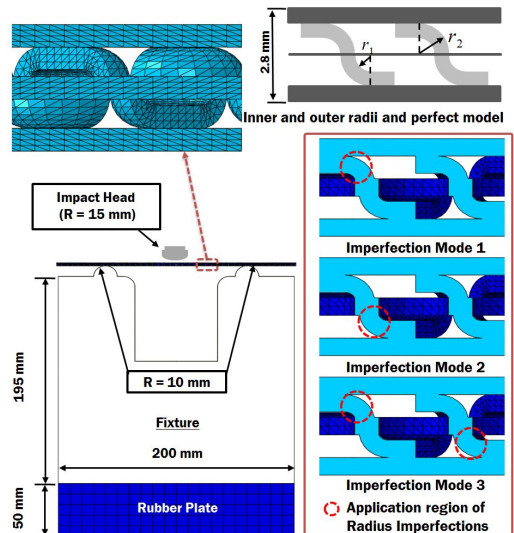


Fig. 1 Simulation model and imperfection modes

하였다. Mode 1에서는 상면 외판에 접촉하는 내부구조체에 반경 결함을 적용하였다. Mode 2에서는 하면 외판에 접촉하는 내부구조체에 반경 결함을 적용하였다. Mode 3은 상하부 내부구조체에 반경 결함을 모두 적용하였다. 외판과 ISB 판재 두께는 각각 0.5 mm와 2.8 mm 이다.

3. 충격 해석 결과 와 고찰

Fig. 2와 Table 1은 무결함 모델과 결함 모드 1, 2, 3에 대한 3차원 충격 해석 결과 및 해석과 동일 조건의 실제 충격 실험 결과를 나타내었다.

Fig. 2에서 상면 내부구조체의 반경 결함이 고려된 경우의 단위 폭 당 하중-처짐 선도가 실제 충격 실험의 단위 폭 당 하중-처짐 선도에 가깝게 접근하는 것을 알 수 있었다. 하면 내부구조체의 반경 결함만이 고려된 경우와 내부구조체 결함이 고려되지 않은 경우는 동일 변위에서 단위 폭 당 하중이 적게 나타나는 것을 알 수 있었다. 실험 결과 도출된 최대 처짐에서 ISB 판재의 변형 형상을 비교한 결과, 상면의 내부구조체 결함이 고려된 경우가 실제 실험 결과와 유사하게 변형형상을 산출할 수 있음을 알 수 있었다. Table 1의 결과를 고찰하면 시편에 의해 흡수된 단위 폭 당 흡수에너지 ($E_{ab,w}$)와 실험 결과에 대한 해석 결과의 상대적 흡수에너지비(Relative absorbed energy)도 상면 내부구조체 변형 결함이 고려된 경우가 실험에서 시편이

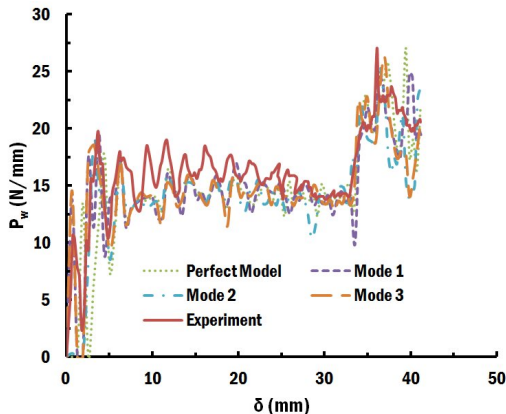


Fig. 2 Force-deflection curves for different modes

흡수한 에너지에 가깝게 나타났다. 이 결과들로부터 상면 내부구조체의 반경 결함이 고려되어야 ISB 판재의 충격 거동을 잘 묘사될 수 있음을 알 수 있었다.

Table 1 Maximum absorbed energy for different modes

	Experi-ments	Perfect Model	Mode 1	Mode 2	Mode 3
$E_{ab,w}$ (J/mm)	0.71	0.65	0.67	0.63	0.66
Relative absorbed energy	1.00	0.91	0.94	0.88	0.92

4. 결론

3차원 충격해석을 통하여 진단형 딥플 구조체를 심재로 가진 ISB 판재의 저속 낙하 충격시 내부구조체의 반경 결함이 판재의 하중-처짐 선도, 변형 형상 및 에너지 흡수 특성에 미치는 영향을 고찰하였다. 이 결과 ISB 판재의 실제 거동과 에너지 흡수 메커니즘을 묘사하기 위해서는 상면 내부구조체의 형상 결함이 고려되어야 함을 알 수 있었다. 또한 상면 내부구조체 반경 결함은 판재의 에너지 흡수 특성을 개선시키나, 하면 내부구조체 반경 결함은 판재의 에너지 흡수 능력을 감소 시킴을 알 수 있었다.

참고문헌

1. Lee, S., Barthelat, F., Hutchinson, J. W., and Espinosa, H. D., "Dynamic Failure of Metallic Pyramidal Truss Core Materials-Experiments and Modeling," *International Journal of Plasticity*, **22**, 2118-2145, 2006.
2. Biagi, R. and Bart-Smith, H., "Imperfection Sensitivity of Pyramidal Core Sandwich Structures," *International Journal of Solids and Structures*, **44**, 4690-4706, 2007.
3. Seong, D. Y., Jung, C. G., Yang, D. Y., Kim, J. H., Chung, W. J., and Lee, M. Y., "Bendable Metallic Sandwich Plates with a Sheared Dimple Core," *Scripta Materialia*, **63**, 81-84, 2010.