

# 트러스형 심재를 가진 ISB 판재의 파손지도

## Failure Map of ISB Plate with Truss Cores

\*#안동규<sup>1</sup>, 선헌선<sup>2</sup>

\*#D. G. Ahn<sup>1</sup>(smart@chosun.ac.kr), H. S. Sun<sup>2</sup>

<sup>1</sup>조선대학교 기계공학과, <sup>2</sup>조선대학교 일반대학원 기계공학과

Key words : Failure Map, ISB Plate, Truss Core, Impact Analysis

### 1. 서론

최근 자동차/항공기/선박/철도차량 등 수송 기계 내외장 부품의 경량화를 위하여, 3 차원 금속 심재와 금속 외판을 용접/접합 공정으로 결합한 경량 샌드위치 판재에 대한 연구가 국내외적으로 진행되고 있다.<sup>1</sup> 샌드위치 판재의 안전설계와 제작/적용후 성능 구현을 위해서는 정/동하중하에서 판재 파손모드 (Failure mode) 별 발생 조건 범위가 예측된 파손지도 (Failure map) 의 작성이 필요하다.<sup>2</sup> 샌드위치 판재의 파손모드와 파손지도는 외판의 두께/재료 및 심재의 형상/재료에 따라 다르게 나타난다.<sup>2</sup> 파손모드와 파손지도 관련 선행 연구들은 주로 정하중 영역의 굽힘 하중 조건에 집중되어 있다.<sup>2</sup> 또한 충격하중에 대한 파손 지도 작성 관련 연구는 탄두 충격 (Blast impact) 조건에 대한 연구를 제외하고는 문헌상에서 찾아보기 어렵다.<sup>3</sup>

본 연구에서는 저속 충격 조건이 부가된 트러스형 심재를 가지는 ISB (Internally structured bonded) 판재의 파손지도를 작성하고자 한다. 3 차원 비선형 유한요소 해석을 통하여 저속 충격 하중에서 ISB 판재의 파손 모드 및 각 파손모드별 임계 적용 조건을 도출하였다.

### 2. 유한요소해석과 파손지도 작성

3 차원 유한요소해석에서는 평면 변형형 충격 시험 조건과 동일하게 해석조건을 모델링 하였다. 충격헤드와 하부 치구는 강체로 가정하고, 쉘 요소로 모델링 하였다. 바닥면의 고무판은 점탄성 재질의 특성을 가진 하이퍼

탄성재료 (Hyper-elastic material)<sup>4</sup> 로 가정 하고, 8 절점 솔리드 (Hexahedron solid) 요소로 모델링 하였다. ISB 판재는 폭 방향으로 트러스형 심재의 단위 형상에 대한 폭 만큼 모델링 하였다. ISB 판재는 8 절점 솔리드 요소로 모델링 하였다. 재료의 변형시 변형을 속도 영향을 고려하기 위하여, 변형을 속도가 고려된 응력-변형률 선도를 사용하였다.

3 차원 유한요소해석에 적용한 낙하 높이와 충격 헤드 무게의 범위는 각각 0.05-0.20 m 와 0.5-11.1 kg 이다. 충격 헤드의 직경은 30 mm 이다. 3 차원 유한요소해석은 ABAQUS V6.11 을 이용하였다.

### 3. 결과 및 고찰

Fig. 1 과 2 는 3 차원 유한요소해석 결과이다. 충격 헤드 무게가 0.25 kg 와 0.50 kg 인 경우는 각각 낙하높이 0.15 m 와 0.05 mm 까지는 ISB 판재의 충격 후 잔류 변형이 나타나지 않았다. 그러나, 그외의 유한요소해석 조건에서는 ISB 판재의 영구 변형에 의한 파손이 발생함을 알 수 있었다.

트러스형 심재를 가지는 ISB 판재의 경우, 본 연구에서 적용한 해석 조건에서는 Fig. 1 과 같이 3 가지의 파손 모드가 존재 함을 알 수 있었다. 파손모드 중 낮은 충격에너지 영역에서는 첫번째 모드 (1<sup>st</sup> failure mode) 로 중앙부 상부 외판 (Upper skin) 의 영구 주름과 심재 지주 (Strut) 들의 대칭 좌굴이 잔류 변형으로 나타나는 외판 주름과 심재 대칭 좌굴 혼합 모드 (Wrinkling and symmetric buckling mode) 가 발생하였다. 첫번째 파손 모드보다 충격에너지

를 증가시키면 두번째 모드 (2<sup>nd</sup> failure mode) 로 중앙부 상부 외판의 주름 발생에 의해 중앙부 심재 지주와 상부외판이 접촉하여 중앙부 심재 지주에 2차 좌굴 (2<sup>nd</sup> buckling) 이 발생하는 외판 주름과 심재 비대칭 좌굴 혼합 모드 (Wrinkling and anti-symmetric buckling mode) 가 나타났다. 최종적으로 충격 헤드 무게가 2 kg 과 2.775 kg 이고 이에 대한 각각의 낙하 높이가 0.20 m 와 0.15 m 이상일 때와 그 이상의 충격에너지가 투입될 때는, 세번째 파손 모드 (3<sup>rd</sup> failure mode) 인 불안정 (Instability) 현상이 나타났다. 불안정 현상이 발생하는 충격 조건에서는 충격헤드 리바운드 (rebound) 후에도 ISB 판재의 중앙부 심재가 완전 함몰된 잔류 변형이 나타나고, 전체 판재의 두께가 상하외판 및 심재 두께의 합과 같게 된다. Fig. 2 는 3 차원 유한요소해석결과 취득된 본 해석조건에서의 트러스형 심재를 ISB 판재의 파손지도이다.

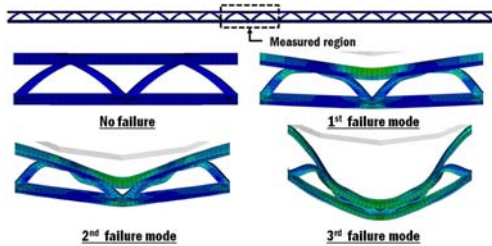


Fig. 1 Failure modes of ISB plate with truss cores

