

용접 결함 형태에 따른 트러스형 내부구조체를 가진 얇은 경량 금속 샌드위치 판재의 충격 특성 변화

Variation of Impact Characteristics of the Thin Lightweight Metallic Sandwich Plate with Truss Inner Structures According to Welding Imperfections

#안동규¹, *선형선², 정우철²

[#]D. G. Ahn(smart@mail.chosun.ac.kr)¹, *H. S. Sun², W. C. Jeong²

¹조선대학교 기계공학과, ²조선대학교 일반대학원 기계공학과

Key words : Metallic Sandwich Plate, Truss Inner Structures, Impact Characteristics, Welding Imperfection

1. 서론

자동차/항공기/선박 등 수송기계 관련 산업에서는 환경 규제 강화와 안정성 및 에너지 효율 증대가 사회적인 관심사로 떠오르고 있다.¹ 또한, 연비와 에너지 효율 증대를 위하여 초경량 구조, 부품 및 샌드위치 판재 개발에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 지금까지 수행된 선행연구에서는 샌드위치 판재의 충격특성 분석을 위한 유한요소 해석 시 대부분 결함이 없는 구조로 가정하여 해석을 수행하였다.² 트러스형 내부구조체를 가진 얇은 경량 금속 샌드위치 판재는 상하부 외판(sheet)과 내부구조체(Core)가 롤 전극을 이용한 연속 전기 저항 용접으로 용접된다. 그러므로, 외판과 내부구조체 사이의 용접 결함 및 내부구조체의 형상 결함에 따라 판재의 충격 특성이 변경될 수 있다.³ 본 논문에서는 트러스형 내부구조체를 가진 얇은 경량 금속 샌드위치 판재의 외판과 내부구조체 사이 용접 결함이 샌드위치 판재의 충격 특성 변화에 미치는 영향에 대하여 분석/고찰하였다.

2. 3차원 유한요소해석 방법

Fig. 1은 3차원 비선형 유한요소 해석을 위한 평면변형조건에 대한 충격 해석 모델을 나타낸다. 또한 Fig. 1의 오른쪽 형상들은 시편의 용접 특성 분석 결과 취득된 외판과 내부구조체 사이의 대표적인 용접 형태에 대한 3차원 모델링들이다. Type 1의 경우, 외판과 내부구조체가 용접된 용접부의 용융 없이 정확히 용접된 형상의 모델링이다. Type 2는 외판과 내부구조체가 용접된 용접부의 4개면 중 2개의 면에만 용접부 용융에 의한 추가적인

용접 영역이 생성된 경우이다. Type 3은 외판과 내부구조체가 용접된 용접부의 4개면 모두에 용접부 용융에 의한 추가적인 용접 영역이 생성된 가장 일반적인 경우이다.

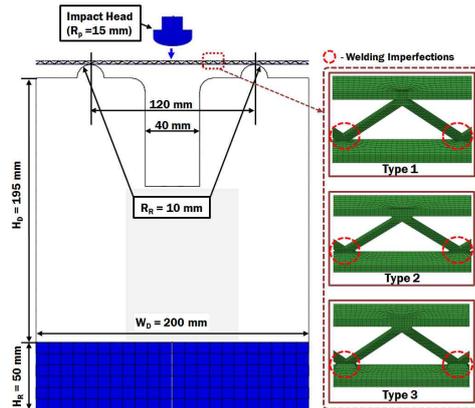


Fig. 1 Models for FE analysis and welding imperfection

유한요소 해석 시간을 감소시키기 위하여 1/4 대칭 형상에 대하여 해석 모델링을 수행하였다. 용접 결함을 포함한 해석 모델은 외판과 내부구조체 및 용접부 모두 육면체 요소로 격자를 생성하였다. 해석에 적용된 유한요소 격자수는 시편 Type 1, 2 및 3에 대하여 모두 56,370개의 절점과 39,600개의 유한요소격자를 사용하였다. 또한, 유한요소 해석격자는 HyperMesh를 이용하여 생성하였으며, 유한요소해석은 ABAQUS V6.5 Explicit 모듈을 이용하였다.

유한요소 해석은 충격 실험 결과 시편의 파손이 발생하지 않은 충격 높이 20 cm인 경우에 대하여 수행하였다. 트러스형 내부구조체를 가진 얇은 경량 금속 샌드위치 판재의 상하부 외판 및 내부구조

체의 재료는 각각 SUS304 와 CQ 급 CSP IN 판재이다. 충격 해석에서는 고속인장실험 결과 취득된 변형률 속도가 고려된 응력-변형률 선도를 사용하였다.

3. 3차원 유한요소해석 결과 및 고찰

Fig. 2 는 해석시간 0.015 sec 일 때, 용접결합 형태에 따른 얇은 경량 샌드위치 판재의 변형 형상 및 응력분포이다. Fig. 2에서 용접부 용융에 의한 추가적인 용접 영역이 증가할수록 판재 내부의 응력 분포가 낮게 형성됨을 알 수 있었다. 또한 Type 1 과 같이 추가적인 용접 영역이 모델링 되지 않을 경우 내부구조체와 외판의 국부 좌굴현상이 과도하게 묘사되는 것을 확인할 수 있었다.

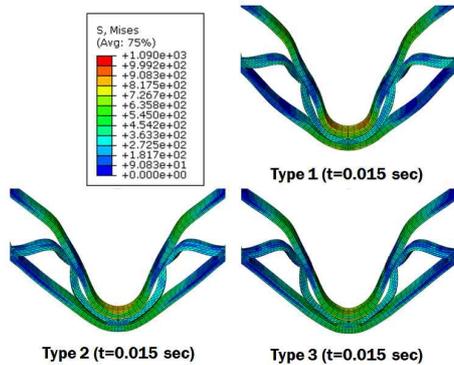


Fig. 2 Results of impact analysis (t = 0.015 sec)

Fig. 3 은 용접 결합 형태에 따른 단위폭당 하중-처짐 선도의 변화이다. Fig. 3에서 Type 1 과 같이 용접부 용융에 의한 추가적인 용접 영역이 모델링 되지 않을 경우, 추가적인 용접 영역이 모델링된 Type 2 와 Type 3 보다 변위가 각각 3.02 mm 및 3.11 mm 크게 예측되는 것을 알 수 있었다. 최대하중이 발생하는 시점까지의 드로잉 유도부와 판재가 접촉하는 시점까지는 용접부 용융에 의한 추가적인 용접 영역에 의한 단위폭당 하중-처짐 선도의 변화는 거의 나타나지 않으나, 이 시점 이후의 경우 용접부 용융에 의한 추가적인 용접 영역의 크기에 따라 단위폭당 하중-처짐 선도의 변화가 많이 생김을 알 수 있었다. Fig. 4 는 용접 결합 형태에 따른 흡수에너지-처짐 선도의 변화이다. Fig. 4에서 추가적인 용접영역이 증가할수록 경량 샌드위치 판재에 의하여 흡수되는 충격에너지가 증가하는 것을 알 수 있었다.

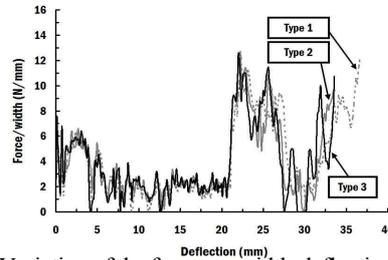


Fig. 3 Variation of the force per width-deflection curve according to welding imperfection

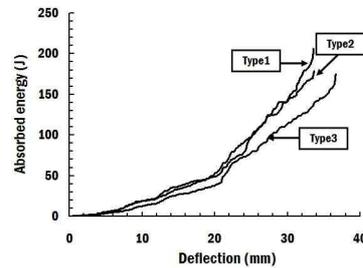


Fig. 4 Effects of welding imperfections on the energy absorption characteristics

4. 결론

본 연구에서는 용접 결합에 따른 트러스형 내부구조체를 가진 얇은 금속 샌드위치의 충격특성 변화를 3차원 유한요소해석을 통하여 분석/고찰하였다. 이 결과로부터 외판과 내부구조체가 용접된 용접부의 용융에 의하여 생성된 추가적인 용접 영역의 크기에 따라 경량 샌드위치 판재의 변형거동과 에너지 흡수 특성의 변화가 크게 나타남을 알 수 있었다. 또한 대변형 영역에서의 추가적인 용접 영역의 거동 영향성이 커짐을 알 수 있었다.

참고문헌

1. Evans, A. G., Hutchinson, J. W. and Ashby, M. F., "Multifunctionality of Cellular Metal Systems," Progress in Materials Science, 43, 171 - 221, 1999.
2. Cote, F., Fleck, N. A., Deshpande and V. S., "Fatigue performance of sandwich beams with a pyramidal core," International Journal of fatigue, 29, 1402-1412, 2007.
3. Lee, S., Barthelat, F., Hutchinson, J. W., Espinosa, H. D., "Dynamic failure of metallic pyramidal truss core materials - Experiments and modeling," International Journal of Plasticity, 22, 2118 - 2145, 2006.