

Adhesive Bonding 기술을 적용한 접합부 충돌 성능 향상 Improvement of Impact Ability of Joint using Adhesive Bonding Technologies

*황빛나¹, 김재영¹, 박근환², 이상곤³, 고대철⁴, #김병민⁵

*B.N. Hwang¹, J.Y. Kim¹, G.H. Park², S.G. Lee³, D.C. Ko⁴, #B.M. Kim(bmkim@pusan.ac.kr)⁵

¹ 부산대학교 정밀기계공학과, ² ㈜성우하이텍, ³ PNU-IFAM 국제공동연구소, ⁴ 부산대학교 ILIC, ⁵ 부산대학교 기계공학부

Key words : Adhesive Bonding Technologies, Hybrid Clinching, Crash Box, Impact Test

1. 서론

차체 경량화에 있어, 알루미늄 합금소재는 철강소재와 비교하여 높은 경량화 효과를 가지기 때문에 알루미늄 합금소재의 적용분야가 증가하고 있다. 그러나 알루미늄은 기존의 접합 공정인 저항 점용접 공정의 사용이 불가능하기 때문에 새로운 접합 공정들이 개발되고 있다.[1~2] 그 중 클린칭 접합은 금형을 이용하여 접합부재 간 기하학적 구속을 유도하는 결합방식이다. 이러한 클린칭 접합공정은 리벳과 같은 추가적인 접합요소가 필요 없는 기계적 프레스 접합 방식이기 때문에 생산단가 측면에서 다른 비철금속 접합방법보다 유리한 장점이 있다.[3] 하지만 접합강도가 저항 점용접의 50~70% 정도로 낮기 때문에 접합강도 향상이 요구된다. 이를 위해 최근에는 고강도 구조용 접착기술을 적용한 하이브리드 접합기술(Hybrid joining technology)이 널리 연구되고 있다.[4~5]

본 연구에서는 구조용 접착기술을 기존 클린칭 접합에 적용하여 접합방법에 따른 충돌성능을 평가하였다. 유한요소해석을 통해 기존 클린칭과 하이브리드 클린칭 공정의 충돌성능을 비교 분석하였다. 또한 유한요소해석과 동일한 조건에 대해 충돌시험을 수행하여 하이브리드 클린칭의 충돌성능이 향상됨을 확인하였다.

2. 유한요소해석

하이브리드 클린칭 접합의 충돌 성능을 평가하기 위해 Fig.1과 같이 2.4mm 두께의 Al5052로 Top-Hat 타입의 크래쉬 박스(Crash box)에 대한 충돌해석을 수행하였다. 크래쉬 박스는 Fig.2에 나타난 것과 같이 플랜지부 양 끝단 20mm의 위치에서 시작하여 28mm의 피치(pitch)를 가지는 11점의 클린칭 접합을 적용하였으며, 하이브리드 클린칭 접합의 경우 크래쉬 박스의 플랜지부에 구조용 접착제를 적용하였다.

ABAQUS/CAE 6.8을 이용하여 크래쉬 박스의 충돌해석을 수행하였다. 클린칭 및 구조용 접착제의 파괴거동은 접착요소(Cohesive element)를 통해 구현하였으며, 각각의 물성치는 Table1에서 제시하였다. 질량이 200kg인 충돌체에 초기속도 5.48m/s를 부과하여, 3,000J의 충돌에너지를 부과하였다.

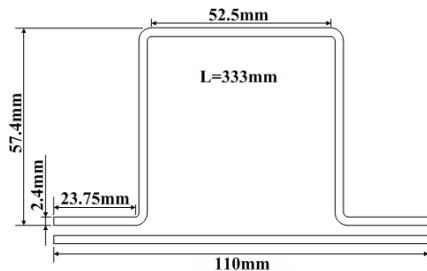


Fig.1 Cross-section of the top-hat specimen configuration.

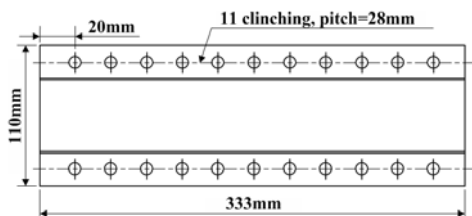


Fig.2 Top view of the top-hat plate.

Table1 Nominal strength of the used cohesive elements

	Critical stress (MPa)		Strain energy release (J/mm ²)	
	Normal	Shear	Normal	Shear
Clinching	29.57	35.40	44.21	54.85
Adhesive	42.50	32.80	1.07	3.38

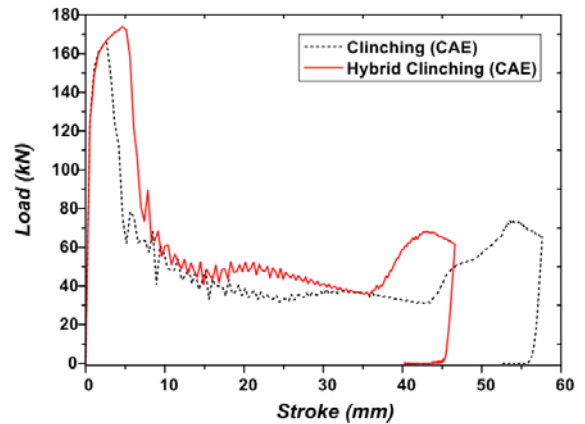


Fig.3 Load-stroke curve for impact test of crash box using clinching and hybrid clinching processes (CAE)

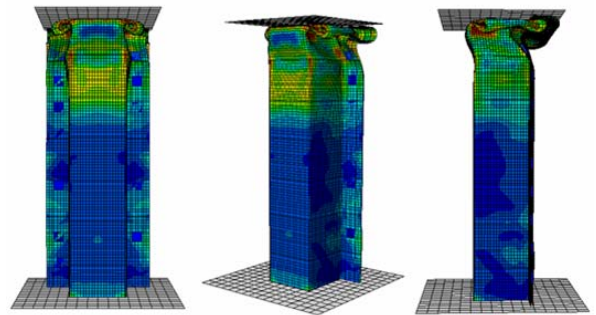


Fig.4 Shape of crash box using clinching after impact (CAE)

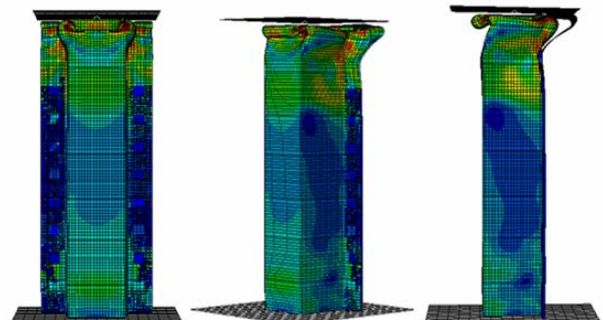


Fig.5 Shape of crash box using hybrid clinching after impact (CAE)

클린칭 및 하이브리드 클린칭 공정으로 제작한 크래쉬 박스 충돌 해석 결과의 하중-변위 곡선은 Fig. 3과 같다. 클린칭의 경우 압입깊이가 57.64mm, 최대 하중이 165.9kN이었고, 하이브리드 클린칭의 경우 압입깊이가 46.62mm, 최대 하중이 174kN이었다. 크래쉬 박스의 충돌 성능을 판단하기 위해 총 압입깊이의 50% 수준인 30mm에서의 에너지 흡수량을 계산하였다.

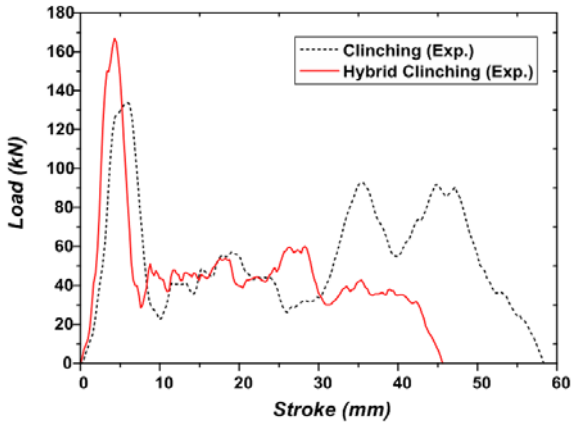


Fig.6 Load-stroke curve of impact test of crash box using clinching and hybrid clinching process (Exp.)



Fig.7 Shape of crash box using clinching after impact test (Exp.)



Fig.8 Shape of crash box using hybrid clinching after impact test (Exp.)

경우 1,732kJ, 하이브리드 클린칭의 경우 2,185kJ로 평가되었으며, 구조용 접착기술의 적용을 통해 충돌성능을 향상시킬 수 있음을 확인할 수 있다. 이것은 플랜지부에 적용된 구조용 접착제에 의해 충돌하중을 분산시켜 플랜지 접합부의 충돌저항을 증가시키기 때문이라고 사료된다.

Fig.4 와 Fig.5는 각각 클린칭과 하이브리드 클린칭 공정을 적용한 크래쉬 박스의 충돌 후 모습을 나타내었다. 하이브리드 클린칭의 경우 플랜지부에 구조용 접착제에 의해 충돌하중이 분산되어 좌굴이 덜 발생하여 전체적인 파손이 적게 발생한 것을 확인할 수 있다.

4. 충돌 시험

클린칭 및 하이브리드 클린칭 공정을 적용한 크래쉬 박스 시험편에 3,000J의 충돌 에너지를 부과하여 충돌시험을 수행하였다. 충돌시험의 하중-변위 곡선을 Fig.6에서 나타내었다. 클린칭의 경우, 압입깊이가 58.35mm, 최대 하중이 134.1kN으로 평가되었으며, 하이브리드 클린칭을 적용한 경우, 압입깊이가 45.62mm, 최대 하중이 166.9kN으로 평가되었다. 최대하중 이후 충돌하중은 약 50kN으로 유한요소해석과 비슷한 양상을 나타내었다.

유한요소해석과 같이 동일한 압입깊이 30mm에서의 충돌 에너지 흡수량을 평가하였다. 그 결과, 클린칭 충돌시험편은 1,496kJ, 하이브리드 클린칭 충돌시험편은 1,686kJ의 충돌에너지

를 흡수하였다. 이는 유한요소해석결과와 동일한 경향으로, 하이브리드 클린칭을 적용한 충돌시험편의 충돌에너지 흡수능이 약 12.7% 정도 증가한 것을 나타낸다. 충돌시험에서 알루미늄 판재의 파단이 발생하였으며, 이로 인해 유한요소해석과 충돌에너지 흡수능의 차이가 발생한 것으로 판단된다. 클린칭 접합 충돌시험편의 경우, 압입깊이 30mm이후에서는 충돌하중이 증가하는 경향을 나타내었으며, 하이브리드 클린칭 충돌시험편보다 높은 에너지 흡수량을 나타내었다. 이것은 클린칭 접합의 효과가 아니라 클린칭 시험편의 변형 및 접합형상에 의해 발생한 하중증가 효과라고 판단된다.

Fig.7과 Fig.8은 각각 클린칭과 하이브리드 클린칭 공정을 이용하여 제작한 크래쉬 박스의 충돌 후 모습을 나타낸 것이다. 클린칭 접합 충돌시험편의 경우, 플랜지부가 분리되지 않고 같은 방향으로 변형되었으며, 하이브리드 클린칭 접합 충돌시험편의 경우, 플랜지부가 분리되어 변형되는 양상을 나타내었다. 또한 구조용 접착제에 의해 충돌시험편에 전달되는 충돌하중이 분산되어 충돌시험편의 좌굴이 방해받아 유한요소해석과 같이 총 변형된 압입깊이가 감소하고 초기 에너지 흡수량이 증가하였다.

5. 결론

본 연구에서는 하이브리드 클린칭 공정을 적용하여 제작한 알루미늄 크래쉬 박스를 유한요소해석 및 충돌 시험을 수행하여 클린칭 공정과 비교 평가하였다. 이로부터 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- (1) Adhesive bonding 기술을 적용한 경우 일반 클린칭으로 제작한 크래쉬 박스보다 압입깊이가 감소하고 초기 에너지 흡수량이 증가하는 것을 통해 접합부의 충돌 성능이 향상되는 것을 확인하였다.
- (2) 유한요소해석을 통해 총 압입깊이의 50% 수준인 30mm에서의 에너지 흡수량을 비교한 결과, 접착기술을 적용한 하이브리드 클린칭 충돌시험편의 경우 2,185kJ로 클린칭 접합 충돌시험편의 1,732kJ에 비해 26% 증가하였다.
- (3) 충돌 시험 수행 결과 역시 30mm에서의 에너지 흡수량을 평가하였는데, 하이브리드 클린칭 충돌시험편의 경우가 1,686kJ로 클린칭 충돌 시험편의 1,496kJ에 비해 12.7% 증가하였다. 유한요소해석 결과와 경향은 유사하지만 수치상에 차이가 나는 것은 충돌시험에서 알루미늄 판재의 파단이 발생했기 때문이라고 판단된다.

후기

본 연구는 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 국제과학기술협력재단(KICOS, K20601000004-07E0100-00400)의 지원을 받아 수행된 연구임.

참고문헌

1. H, S, Kim., "New extruded multi-cell aluminum profile for maximum crash energy absorption and weight efficiency," *Thin-Walled Structures*, 40, 311-327, 2002.
2. 비스라, 노정훈, 황병복, 함경훈, 장동훈, "크린칭 접합의 성형 특성에 관한 연구", *한국소성가공학회지*, 16-8, 603-613, 2007.
3. J, Varis., "Ensuring the integrity in clinching process," *Journal of Materials Processing Technology*, 174, 277-285, 2006.
4. V, R, Jayasekara., "A study on the forming characteristics of clinching joint process," *Transactions of Materials Processing*, 16, 603-613, 2007.
5. C, G, Jung., "Forming-joining process with the aid of adhesive for joining of sheet metal pair," *Transactions of Materials Processing*, 13, 342-349, 2004.