

자동차 충돌 해석을 위한 접착부 해석 모델 개발

Adhesive Bonding Model Development for Car Crash Analysis

최영수*, 김종곤*, 이세현**, 이희범***, 장인성***, 문용규***, 김인준***

* 한양대 대학원/ 기계공학과

** 한양대학교/ 기계공학부

*** 현대자동차/생산기술개발팀

ABSTRACT

Lightweight design, safety, vibration, energy absorption capability can no longer achieve without adhesive bond joint. Base on those concepts and cost reduction, adhesive bond FEM model development has been done. The FEM analysis and experiments were conducted in this study. Crash condition is 143 Kg Hammer weight and unit meter Height. and then These test results were used to develop resonable FEM model. To estimate which FEM model is resonable, compare hybrid joint specimen experiment results with FEM analysis results. Conclusively this study achieves optimization bonding model related crash and adhesive bond jointed hat profile crash characters.

1. 서 론

Adhesive bond joint는 기존의 점용접을 대체하기 위한 기술로서 가장 관심사 되고 있다. 지금에 와서 이 접착 기술이 관심을 가지게 된 것은 차량의 경량화와 알루미늄 합금, 금속 코팅과 같은 강재의 사용이 그 주된 이유이다.

과거 1980년대 자동차 차체는 주로 mild steel로 이뤄져있었으며, 중량에 대한 최적화 수준 또한 미약했었다. 그리고 steel body에서는 효율적이며, 상당한 강건성을 가지는 점용접이 대세를 이루고 있었다. 이 점용접 기술은 지금의 자동차 접합에도 여전히 대다수의 부분을 차지하고 있다. 하지만 환경적인 문제(방식을 위한 코팅), 점용접이 어려운 강판(알루미늄 합금), 차량의 진동감소 등을 이유로 유럽 고급차종을 위시하여 자동차 업계에 adhesive bond에 관한 연구가 활발히 이뤄지고 있다. 이외에 피로강도 향상, 에너지 흡수능력 등의 이유로 앞으로의 자체 접합은 adhesive bond joint로 점차적으로 점용접 대비 그 비율이 늘어날 것으로 보인다.

국내에 있어 이러한 자동차 강판 접합에 관한 기술은 많은 부분 연구되어 있지 않은 실정이며, 따라서 본 연구에서는 국내 접착부 충돌에 대한

실험적 연구가 미약한 상황에서 FEM 해석을 통해 이를 보완하고자 하는 취지에서 접착부 충돌에 관한 해석 모델 개발을 수행하였다. 그 기초 연구로 Hat profile을 갖는 시험편에 대한 실험과 FEM 해석을 통해 비교·분석하여 최적화된 모델을 얻고자 하였다. 또한 비교실험으로 용접과 접착을 혼용한 Hybrid joint 충돌 시험하고 실험결과를 FEM결과와 비교하였다.

2. 유한요소 해석

2.1 유한 요소 모델링 기초 물성

Hat profile 충돌 해석에 있어 기본적으로 필요한 물성으로 adhesive bond의 접착력을 들 수 있으며, 이는 Single Lap Joint에서 수행된 결과를 기초로 하여 충돌 해석을 실시하였다.[1] 이때 수행되어진 것은 Quasi-static load 하에서 수행되어진 것이며, 또한 Single Lap Joint test 특성상 순수 인장이나 순수 전단에 대한 실험은 사실 불가능하기 때문에 [1]에서 나온 접착력은 다소 실험상황에 따른 특수성을 가질 수

밖에 없다. 더욱이 층들에 대한 접착력에 대한 실험적 데이터를 추출하는 것은 매우 힘들기 때문에 [1]의 결과를 기초로 해석을 수행하였다. 후에 실험결과를 토대로 최적화된 접착력을 얻을 수 있었다.

2.2 유한 요소 모델링

Epoxy 계열의 structure adhesive bond의 경우 취성 특성이 매우 큰 거동을 보인다. 특히 층들 사이에 높은 스트레인 속도에 따라 스트레스는 함수 형태로 표현될 수 있다.

접착제의 취성 특성으로 층들과 손 거동에 영향을 미칠만한 변형 이전에 접착라인에서 파손이 일어난다. 이에 모델링에서는 접착제의 직접적인 모델링은 생략하였다.

층들에 있어 물성의 특성은 매우 중요한데, 변형률 속도에 따라 스트레스-스트레인 곡선이 달라지기 때문이다. 이 연구에서는 강재의 변형률 거동을 모사하기 위해 Johnson and Cook model[1983]을 적용하였다.

$$\sigma_y = (A + B\bar{\epsilon}^p)(1 + C \ln \dot{\epsilon}^*) (1 - T^{*m})$$

$\bar{\epsilon}^p$ = effective plastic strain

$\dot{\epsilon}^* = \frac{\dot{\bar{\epsilon}}^p}{\dot{\epsilon}_o}$ = effective plastic strain rate for

$$\dot{\epsilon}_o = 1s^{-1}$$

$$T^* = \frac{T - T_{room}}{T_{melt} - T_{room}}$$

이때 온도에 관한 항은 실내 온도에서 행해지기 때문에 무시하고 모델링 하였다.

비교실험으로 앞서 연구된 접착제 모델을 이용하여 점용접과 접착을 혼용하여 실험하였으며, 용접피치별 하이브리드 접착의 층들 실험을 FEM결과와 비교하여 타당성을 검토하였다.

3. 실험과 유한요소 해석

3.1 접착해석 모델결과

시험편의 두께는 0.7t의 강재이며 hat profile 가공에 따른 가공경화는 무시하였다. 그리고 층들 조건은 높이 1m에서 143Kg의 추를 낙하시키는 Drop test를 실시하였다. 이에 에너지 흡수율을 비교하기 위해 변형 후 길이를 측정하였다.

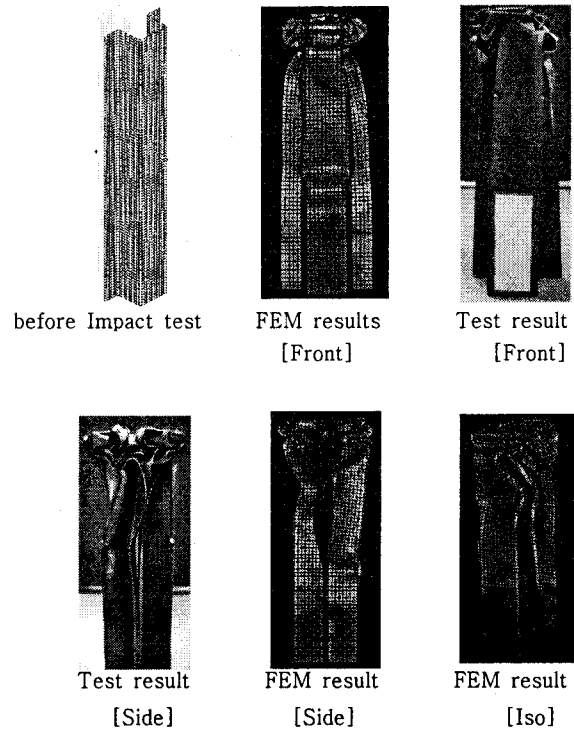


Fig. 1 Shape comparison of Impact test & FEM

Table 1, Adhesive jointed hat profile Impact test results

구분	1	2	3	평균
실험[mm]	192	181	200	191
FEM	190.2			

실험의 결과를 바탕으로 가장 비슷한 거동을 보이는 모델링을 구성하였다. 이를 바탕으로 피치별 점용접과 접착을 혼용(Hybrid joint)한 실험에서 adhesive bond joint 모델링의 실험 결과는 다음과 같다.

Table 2. Hybrid jointed hat profile Impact test results

구분	Pitch [mm]	용접율 [%]	변형 후 길이[mm]	
			실험	FEM
Spot + Adhesive bond	30	70	204.5	205.6
	40	55	205	206.8
	60	40	198.5	199.32

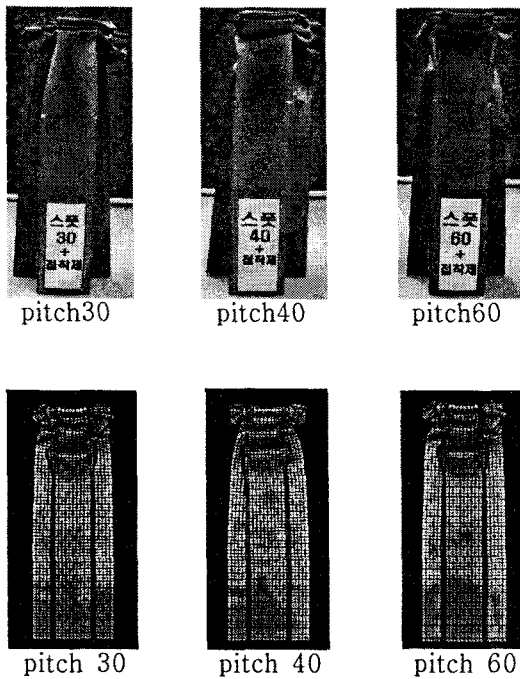


Fig.2 Each pitch Hybrid joint impact test& FEM results

돌해석을 위한 구조용 접착제 파단 특성에 관한 연구, 대한용접학회 춘계학술대회집 2006 pp. 74-76

2. R.D Adams : Adhesive bonding. CRC Press 2000 pp. 164-188

3. C.Sato : Dynamic deformation of lap joints and scarf joints under impact loads. International Journal of Adhesion & Adhesives 20 (2000) pp.17-25

4. Marc Andre Meyers : Dynamic behavior of materials. JOHN WILEY&SONS,INC pp.296-334

4. 결 론

본 연구에서는 FEM을 통해서 차량의 adhesive bond joint의 거동을 모사하기 위한 적합한 모델을 만들고, 그 타당성을 검토하였다.

1) adhesive bond joint 모델은 실험데이터를 바탕으로 필요한 물성을 취하여 Fig. 1 에 보듯이 비슷한 거동을 취하는 것으로 확인이 되었다. 즉, 기본적인 접착제의 직접적인 모델링이 구현하지 않더라도 충분히 정확한 거동을 얻을 수 있었다. 이는 접착제의 강한 취성 거동으로 인해 충격으로 인한 변형이 구조물에 영향을 미치기 전에 접착부 파단이 일어나는 이유로 접착제의 직접모델링을 생략해도 된다는 가정이 옳음을 간접적으로 알 수 있었다.

2) 점용접과 접착제 겸용(Hybrid Joint)의 실험 데이터의 비교를 통해서 연구된 접착 모델링의 타당성을 확인 할 수 있었다.

참고문헌

1. 최영수, 이세현, 이희범, 문용규 : 자동차 충