

薄鋼板 접착제 접합부의 내구성에 관한 연구

A Study on the Durability of Adhesive Bonded Joint for Thin Steel Plates

이중삼*, 윤호철*, 이희제*, 임재규**

*전북대학교 대학원, **전북대학교 기계공학부, 자동차연구소

1. 서론

접착제 접합방법은 크게 구조접합과 비구조 접합으로 나뉘며 구조접합에서 접착제는 결합소재의 항복점까지 부하되는 충분한 강도를 가지며, 구조물의 주요한 하중을 감당해야 한다⁽¹⁾. 구조용 접착제 접합은 Spot 용접에 비하여 상대적으로 큰 면적에 걸쳐 결합이 이루어지며 용접보다 응력을 훨씬 균일하게 분포시키므로 큰 하중을 전달할 수 있으며, 특히 구조물의 내구성과 강성이 우수한 것으로 알려져 있다⁽²⁾. 구조용 접착제 접합기술의 발전과 접착제 접합의 우수한 특성에 의해 그것의 응용범위는 점차 확대되고 있으며, 특히 자동차 산업으로 적용이 확대되고 있는 추세에 있다⁽³⁾⁽⁴⁾. 그러나 용접이나 기계적 결합법에 비해 역사가 짧고 특히 내구성에 관한 데이터는 아직 충분히 축적하지 못한 실정이다⁽⁵⁾.

본 연구에서는 접착제 종류, 접착부에 대한 평균압력 및 표면조도 등 인자들이 박강판 접합부의 내구성에 미치는 영향을 고찰하고, SEM파면관찰을 통하여 파괴기구를 규명하고자 하였다.

2. 시험편 제작

본 연구의 시편 재료는 1.2mm 냉간 압연강판 이다. 시편의 설계는 ASTM D1002-94⁽⁶⁾의 기준에 근거하여 단일접침 형식으로 하였으며 접착제 종류와 접착층에 대한 평균압력 및 표면처리 조건이 내구성에 미치는 영향을 알아보하고자 Table.1과 같이 시편을 설계하였다. 시편의 형상은 Fig.1에 나타내었다.

Table.1 Condition of Specimens for design

분 류	조 건						
	I type	M type					
접착제 종류							
평균 압력 (kgf/cm ²)	0.125	0.25	0.50	0.75	1.00	3.00	6.00
표면조도, Ra(μm)	0.1	0.3	0.2	4.0			

3. 실험장치 및 방법

본 연구 실험장치는 INSTRON사의 5ton 만능피로시험기를 이용하였으며, 하중비는 R=0, 싸인파형 정하중 피로시험을 진행하였다.

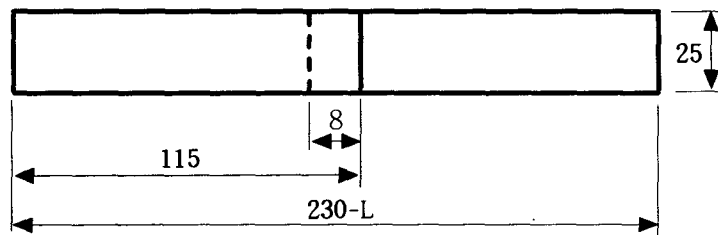


Fig.1 The adhesive bonded Specimen

4. 실험결과

4.1 접착제 종류에 의한 내구성 비교

접착제 종류와 시편 내구성의 관계를 알아보하고자 I-type과 M-type등 두 가지 접착제를 이용하여 피로시편을 제작하였다. 또한 접착제를 바른 후 모재 끝단에 잔류한 필렛이 시편의 내구성에 미치는 영향을 고찰하고자 필렛을 갖고있는 시편과 필렛을 제거한 시편을 제작하여 인장-전단 피로시험을 행하였다.

Fig.2는 두 가지 접착제 접합시편의 하중-반복사이클 곡선을 나타내고있다. 피로수명은 I-type 시편이 M-type시편보다 훨씬 길어 접착제에 따른 내구성의 차이를 알 수 있었다.

Fig.3은 필렛 유무에 따른 시편의 하중-반복사이클곡선을 나타낸 것으로서 필렛을 갖고있는 경우 피로수명이 필렛을 제거한 경우보다 약 2.28 배정도 크게 나타나 피로수명에 대한 필렛의 영향을 시사하였다.

필렛의 유무가 내구성에 큰 영향을 미치는 것은 시편의 응력이 접착부의 끝단에 집중되고 피로응력의 작용하에서 피로균열이 이곳에서 개시되어 진전하기 때문인 것으로 사료된다.

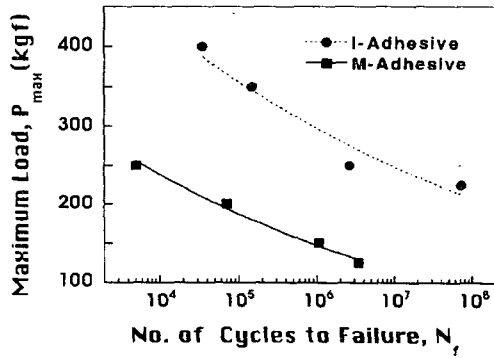


Fig.2 The p-N curves of specimens by I-type & M-type adhesives

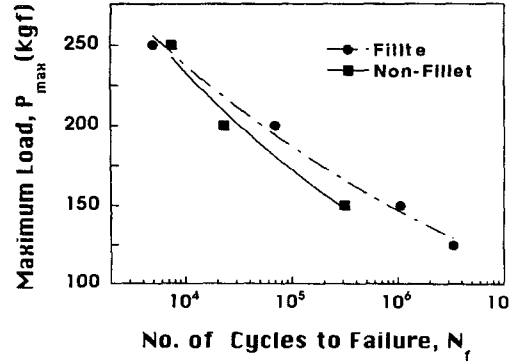


Fig.3 The P-N curves for specimens of fillet & non-fillet

4.2 내구성에 미치는 평균압력과 표면조도의 영향

M-type 접착제로 Table.1의 조건에 따라 평균가압력을 변화시켜 제작한 4가지 시편의 피로시험결과 각 하중에서의 파단수명을 Fig.4에 나타내었다. 그림에서 볼 수 있는것처럼 평균압력의 증가에 따라 피로수명도 일정한 증가를 보이나 그 차이가 현저하지는 않았으며, 각 하중에서의 최대수명(평균압력 1.5kgf/cm^2)과 최소수명(평균압력 0.25kgf/cm^2)의 차이는 약 126%로서, 평균압력이 400%증가에 비하면 피로수명의 차이는 상대적으로 작았다.

시편표면의 처리방법은 접착강도에 큰 영향을 미친다⁽⁷⁾. 본 연구에서는 표면처리 방법으로써 표면조도를 변화시켜 시편을 제작하였으며 이를 인장-전단 피로시험에 이용하였다.

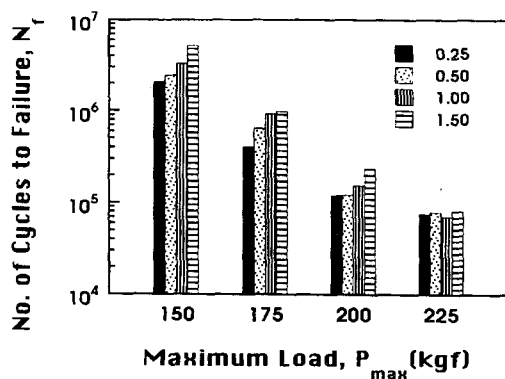


Fig.4 The P-N curves for specimens of different mean pressure

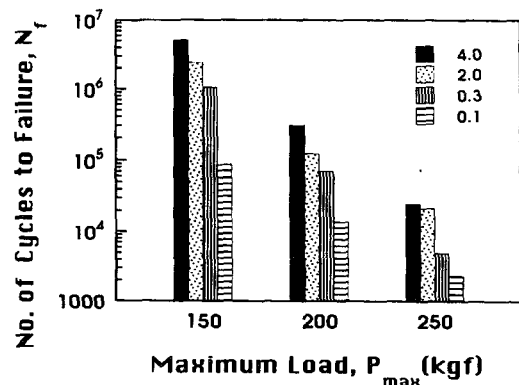


Fig.5 The P-N curves of specimens of different Surface Roughness

피로시험 결과는 Fig.5에 나타내었다. 그림에서 각 피로하중에 대한 표면조도가 다른 4가지 시편의 피로수명을 비교하였다. 표면조도가 Ra 0.1에서 Ra 4.0으로 증가함에 따라 피로수명은 현저한 증가를 보이며, 동일 피로하중에서 피로수명차이는 12.82배로 나타났다.

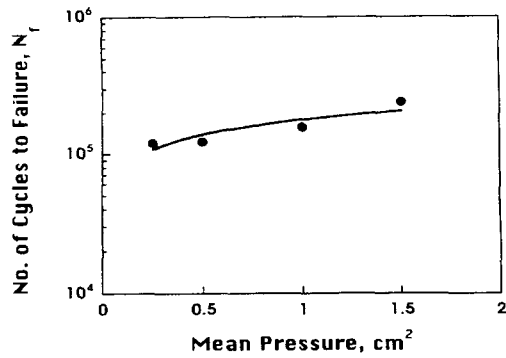


Fig. 6 The relation between N_f & mean pressure on over lap

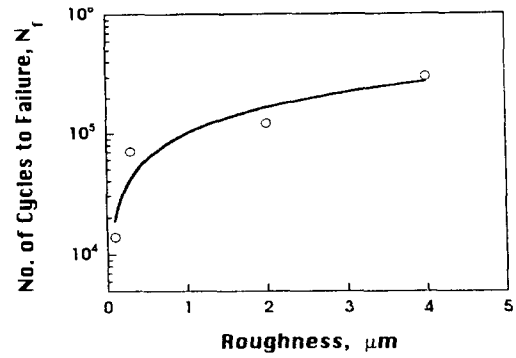


Fig. 7 The Relation between N_f & adherend's roughness of joint part

Fig. 6과 Fig. 7은 각각 겹침부에 대한 평균압력과 접착부의 모재 표면조도와 피로수명의 관계를 나타내고 있다. 그림에서 볼 수 있는 것처럼 평균압력의 변화에 따른 내구성의 변화는 크지 않다. 그러나 표면조도의 영향은 상당히 크며, 특히 거칠기가 낮은 수준에서 내구성의 변화는 크게 나타났다.

5. 파면관찰 및 분석

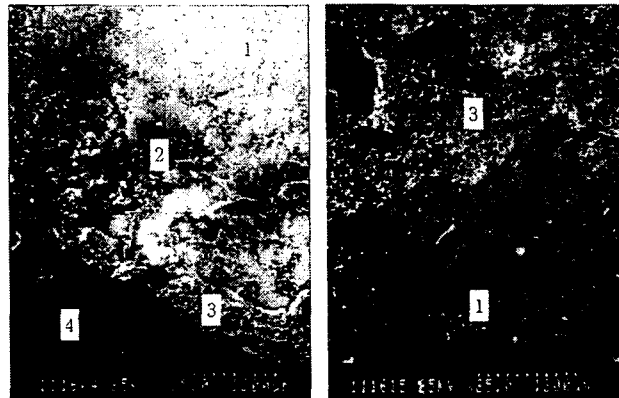
5.1 접착제 종류의 영향

Fig.6(a)와 (b)는 각각 I-type 접착제와 M-type 접합 시편의 파단양상을 나타낸 SEM사진이다. I-type의 파면(a)는 모재노출부분(1), 접착제와 모재 계면의 혼합부분(2), 접착층내 전단부분(3)과 접착제 노출부분(4) 등 4개 구역으로 구성되었다. M-type의 파면(b)는 구역(1)과 (4)는 확실하게 존재하나 (2), (3)구역이 차지하는 면적이 훨씬 작은 것을 볼 수 있다.

접착제와 모재의 긴밀한 결합은 혼합부분과 접착층내 전단에 의한 파단의 경우 가능할 것으로 사료된다. I-type은 M-type보다 (2),(3)구역의 면적이 크며, M-type에서는 혼합구역(3)의 아주 작아서 접착층내 전단파괴가 적게 발생하였으며, 이는 I-type 접착제 시편의 내구성이 보다 큰 원인이라고 생각된다.

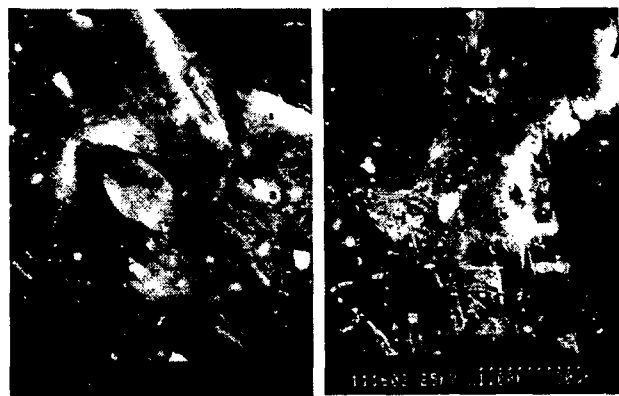
5.2 평균압력 및 표면조도의 영향

접착부에 대한 평균압력의 변화가 시편의 내구성에 큰 영향을 미치지 못함은 실험을 통해 확인하였다. 파면으로부터 이러한 원인을 규명하고자 평균압력 0.25kgf/cm^2 와 1.0kgf/cm^2 인



(a) (b)

Fig.6 The SEM photograph of I-type & M-type adhesive bonded specimens



(a) (b)

Fig.7 The SEM photograph of specimens by $p_m=0.25\text{kgf/cm}^2$ & $p_m=1.0\text{kgf/cm}^2$

시편의 접착제와 모재가 계면에서 분리된 접착제층 표면의 SEM파면 사진을 Fig.7(a)와 (b)에 나타내었다. 평균압력의 큰 차이를 보이는데도 불구하고 파면은 거의 비슷하여 접착부에 대한 가압력이 피로수명에 큰 영향을 미치지 못함을 시사하였다.

Fig.8(a)는 모재의 표면조도가 Ra0.1인 시편의 저배율 파면사진으로서 모재노출(1), 접착제노출부(4), 혼합부(2)와 접착제 층내전단부(3)를 볼 수 있다.

사진에서 피로하중을 받을 수 있는 혼합부와 층내과단부가 상당히 적으며, 따라서 표면조도가 낮은 시편의 정적강도 및 피로강도가 낮게 된다. Fig.8(b)는 모재의 표면조도가 Ra4.0인 시편의 파면으로서 구역(1)과 (4)사이에 상당히 큰 면적을 차지하는 (2), (3)구역이 관찰되며 표면조도가 큰 시편의 피로수명이 길게 나타난다.

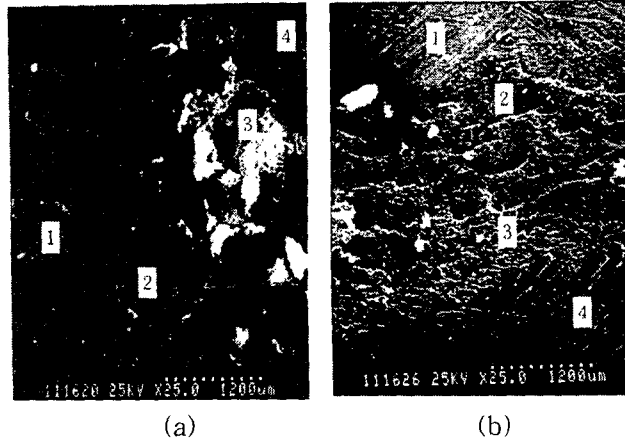


Fig.8 The SEM photograph of specimens by Ra0.1 & Ra4.0

5. 결론

박각판 접착제 접합시편에 대한 인장-전단 피로시험 및 SEM파면사진에 대한 분석결과 접착제 종류의 선택과 모재의 표면조도는 접합부의 내구성에 큰 영향을 미치나, 접착부에 대한 평균가압력의 영향은 크지 않았다.

접착부의 내구성은 접착부 파면에서 층내전단부분 및 혼합부분이 접착부 파단면의 전체 면적에서 차지하는 비율의 영향을 받는다.

후기

본 연구는 1998년 현대자동차와 전북대학교 자동차신기술연구소의 지원에 의한 연구결과물의 일부이며, 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

1. Robert W.Messler, Jr. "Joining of Advanced Materials", pp.108~180
2. 郭忠信等 編著, "鋁合金結構膠接", 國防工業出版社, 1993.5, pp.10~14
3. 北川. 新時代を擔う構造接着技術シンポジウム,自動車技術會,No.12,(1990),3
4. 書上正 等."接着した箱型斷面部材の疲勞評價(ねじりを受け場合)", 日本機械學會誌論文集 (A編),62卷593號(1996-1), pp.199
5. 山辺秀敏, "金屬構造用接着の耐久性・信賴性", 接着の技術, Vol. 13 No. 1 (1993) 通卷30號
6. "ASTM Designation: D 1002-94",1998 Annual book of ASTM standards, Vol 15.06 (Adhesives), pp.46
7. "대형버스 외판류 접착방법에 관한 연구", 현대자동차 지원연구 최종보고서, 1998