

# 접착제 접합 결합부의 환경접착강도 평가에 관한 연구

## A Study on the evaluation of the environmental adhesive-strength for adhesively bonded joints

임재규\*, 이중삼\*\*, 이희제\*\*

\*전북대학교 기계공학부, 자동차 신기술 연구소, \*\*전북대학교 대학원

### 1. 서론

접착제 접합방법은 항공산업과 자동차 산업 및 기술 집약적 산업에 널리 사용되어지고 있으며 제조업의 다른 분야에서도 성장 가능성이 높은 기술이다.

접착제 접합방법은 다른 결합기구로 결합하기에 힘든 복잡한 형상이나 서로 성질이 다른 이종재료의 결합을 가능하게 하므로, 자동차 산업에서는 차량의 경량화 요구에 따라 많은 부분 적용이 확대되고 있다. 또한 접착제 접합방식은 접착면에 고무 응력을 분포시킴으로써 결합부에서 발생할 수 있는 응력집중 현상을 완화하고 강도, 강성 및 내구력이 우수하여 기존의 용접결합 방식을 대체하는 기술로 채택되고 있다. 현재 대형버스의 루프부분과 상부골조부재의 결합에 접착제 접합과 스폿 용접을 겸용하고 있다.<sup>(1)(8)</sup>

자동차나 항공기 등에 적용되는 접착제 접합 결합부는 적용 용도에 따라 각기 다른 조건에 노출되게 된다. 예로, 자동차나 항공기의 외판의 경우는 대기환경이나 기후에 따라 혹한이나 혹서에 따른 온도의 영향, 장마나 우기 기후에서의 습도의 영향을 받게 된다.<sup>(1)(4)</sup>

이처럼 사용환경이 접착제 결합부에 각기 다른 영향을 미치게 되고, 그때의 영향을 좀더 구체적으로 이해하고 평가함이 필요하다. 본 연구에서는 온도와 습도 등 사용환경이 접착제 접합 결합부의 접착강도에 미치는 영향을 평가하여 접착제 접합 방식의 사용 범위를 넓히고 보다 경제적이며 신뢰성 있는 접착제 접합 방식의 적용을 가능케 하고 설계자에게 구체적인 설계 기준을 제공하고자 한다.

### 2. 시험편

본 실험에 사용한 실험재료는 현재 대형버스의 외판에 사용되고 있는 냉간 압연 강판을 사용하였다. 실험에는 두께 1.2mm의 일반용 SPCC 강판을 사용하였다.

본 실험에 사용한 접착제는 구조용 접착제로서 열경화성 에폭시 수지 접착제를 사용하였다.

본 실험에 사용된 시험편은 ASTM D1002-94와 ASTM D2295-96을 기초로 제작되었다. 접합형식은 Fig.1과 같이 Single-lap Joint 형상으로 제작하였으며, 겹침부 길이는 사용재료의 두께와 강도를 고려하여 8mm로 설정하였고 시험편의 폭은 25mm로 제작하였다.<sup>(5)(6)</sup>

시험편의 표면은 불순물 제거를 위하여 Acetone을 이용하여 Degreasing처리를 하였다. 또한 시험편 제작시 접착제층 주변에 발생하는 Spew-fillet의 영향을 제거하기 위하여 접착제 접합부 주변에 Debonding제 처리를 하였다.<sup>(1)(2)</sup>

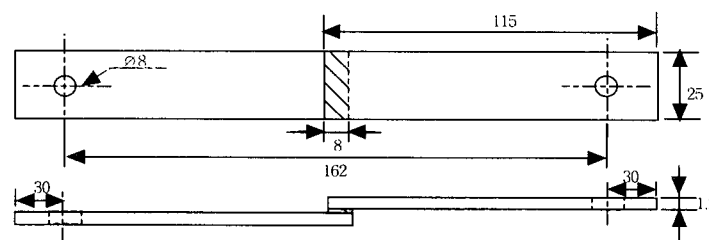


Fig. 1 Schematic diagram of Specimen

### 3. 실험장치 및 방법

본 연구에 사용한 실험장치는 저 변형률속도시험기(SSRT, Slow Strain Rate Test)를 이용하였다. 용량은 2톤인 Load-Cell을 사용하였고, 실험간 C.H.S(Cross Head Speed)는 0.3mmmin-1로 일정하게 하였다.<sup>(5)</sup>

### 4. 실험결과

#### 4.1 온도가 접착제 접합강도에 미치는 영향 평가

접착제 접합부 주위의 공기온도가 접착제 접합강도에 미치는 영향을 평가하기 위하여 시험편을 -30, 20, 50, 80, 100, 200, 300 °C의 분위기에서 각각 1, 10, 100 시간 동안 저장을 한 후에 실험을 하였다. 고온 분위기에서 시험편을 일정시간 저장하기 위하여 고온로를 사용하였고, 드라이아이스를 이용하여 저온 분위기를 연출하였다.

온도와 접착제 접합 강도와의 관계는 Fig.2와 같다. Fig.2에서와 같이 시험편의 온도가 -30°C에서의 접착제 접합강도는 상온(20°C)에서의 접합강도 보다 약 15.3 % 증가하였다. 반면에 공기의 온도가 증가함에 따라 접착제 접합강도는 감소하였다. 이때, 약 100°C 까지의 강도 감소 폭은 비슷한 수준이었으나 100°C 이후에 강도는 급격히 감소하였고 200°C 에서는 접착력의 대부분을 상실하여 300°C 부근에서는 거의 0에 가까운 강도를 나타낸다. 이와 같이 접착제 접합은 고온에서는 취약하여 접합강도가 크게 감소함을 알 수 있다.<sup>(3)(7)</sup>

반면에 저장시간이 1시간 10시간 100시간으로 증가했음에도 각 온도에 해당하는 접착제 접합부의 강도는 거의 변함이 없음을 Fig.3를 통하여 알 수 있다.

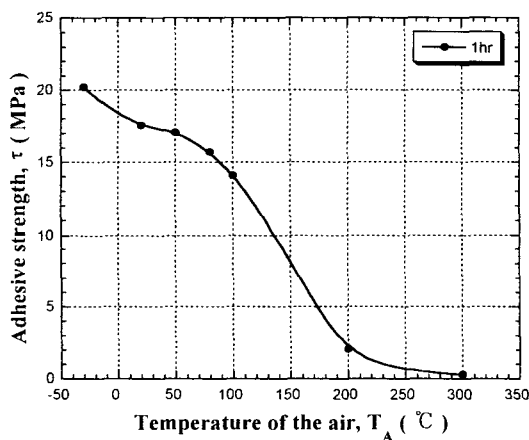


Fig.2 Adhesive strength at various air temperatures

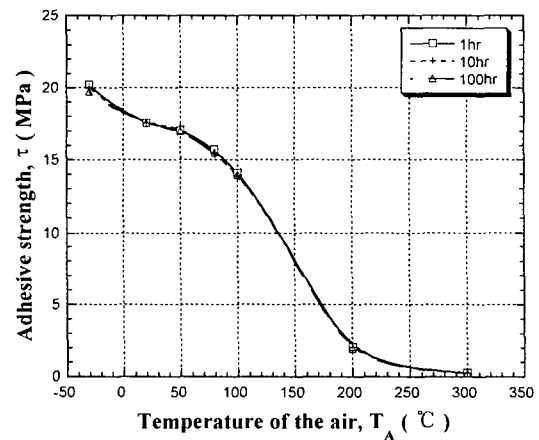


Fig.3 Adhesive strength at various storage time with various temperatures

#### 4.2 물의 온도가 접착제 접합강도에 미치는 영향 평가

접착제 접합부가 물에 노출되었을 경우 물의 온도가 접합강도에 미치는 영향을 평가하기 위하여 시험편을 20, 40, 60, 75, 90°C의 물에 10시간 동안 담근 후 꺼내어 인장-전단시험을 실시하였다.

물의 온도와 접착제 접합강도와의 관계는 Fig.4과 같다. Fig.4과 같이 물의 온도가 증가함에 따라 접착제 접합강도는 감소한다. 이때, 공기의 온도가 증가함에 따른 접합강도의 감소폭에 비해 물의 온도가 증가할 때 나타나는 접합강도의 감소폭이 더 큼을 알 수 있다.

### 4.3 침수 시간이 접착제 접합강도에 미치는 영향 평가

접착제 접합부를 물 속에 장시간 보관 할 경우 침수 시간이 접합강도에 미치는 영향을 평가하기 위하여 시험편을 20, 40, 75, 90°C의 물에 각각 일정시간(10, 100, 300, 500, 1000, 2000 시간)을 경과 시킨 후에 인장-전단실험을 실시하였다.

Fig.5는 침수 시간과 접착제 접합강도와의 관계를 보여주고 있다. 시험편의 침수 시간이 증가함에 따라 접합강도가 감소함을 알 수 있다. 최초 100시간 내의 접합강도의 감소량이 크며 100시간 이후의 접합강도 감소량은 적다. 20°C의 물에 담근 시험편의 경우 500시간 이후에는 곡선이 안정된 모습을 보이며 접합강도의 값에 변화가 거의 없다. 하지만, 물의 온도가 증가함에 따라 침수시간에 따른 접합강도의 감소속도는 증가하며 2000시간 내에서는 안정된 모습이 나타나지 않는다.<sup>(1)(3)</sup>

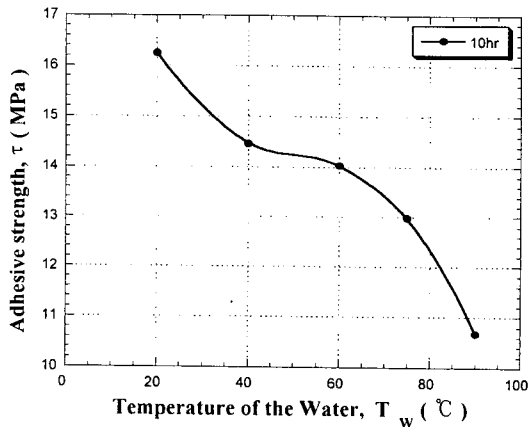


Fig.4 Adhesive strength at various water temperatures

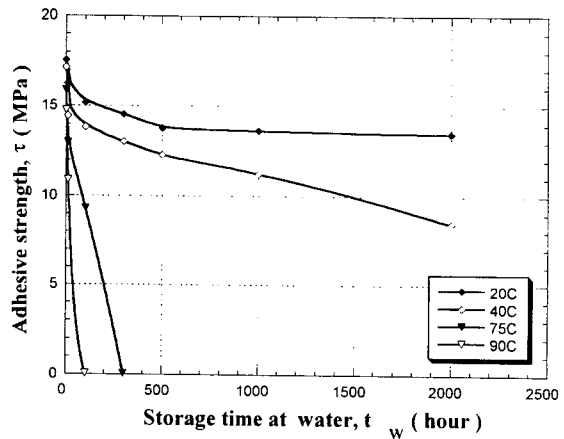


Fig.5 Adhesive strength at various storage times with various temperatures

## 5. 파단 양상 및 파면 관찰

### 5.1 온도 변화에 따른 접착제 접합부 파면

Fig.6은 시험편의 주변 온도가 상승함에 따른 파단 양상의 변화를 나타낸다. 상온(20°C)에서 인장 실험을 한 시험편의 경우 응력집중부인 접합부의 양 끝단에서 계면파괴가 나타나며 Cohesive 파단부가 많다. 온도가 상승함에 따라 접착제의 접합력이 감소하여 Adhesive 파단부가 증가하고 Cohesive 파단부는 점차 감소한다. 이는 고온의 영향으로 접착제의 접합력이 감소함을 나타낸다. 고온(200°C 이상)에서는 접착제의 접합력이 더욱 감소하여 접합부 전면에 걸쳐서 주로 Adhesive 파단 양상을 보이며 불규칙한 형태의 파단이 나타난다.

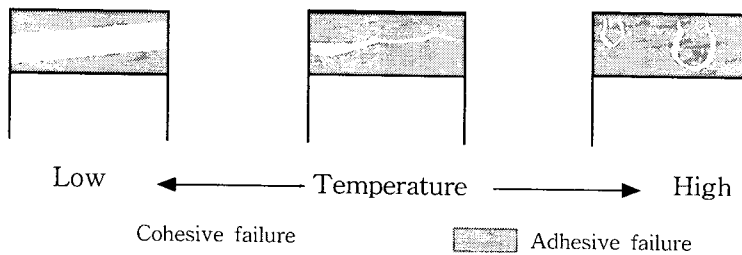


Fig.6 The failure aspect of the adhesively bonded joints at various air temperatures

## 5.2 침수 시간에 따른 접착제 접합부 파면

Fig.7은 시험편의 침수 시간을 증가함에 따른 파단 양상을 나타낸다. 초기의 파면에서는 Cohesive 파단 양상이 많이 존재한다. 침수 시간이 증가하면서 그림과 같이 파단면은 원형에 가까운 형태를 나타내며 Cohesive 파단부가 점차 감소한다. 이러한 원인은 물이 접합부의 가장자리를 통하여 접착제층에 흡수되면서 접합력을 열화시킴으로써 발생한다. 침수 시간이 더욱 증가하면 파단면은 전면에 걸쳐서 주로 Adhesive 파단부가 보이며 원형의 파단형태를 보인다. 이는 물의 침수로 인하여 접착제층 전면의 접합력의 감소를 나타낸다.<sup>(7)</sup>

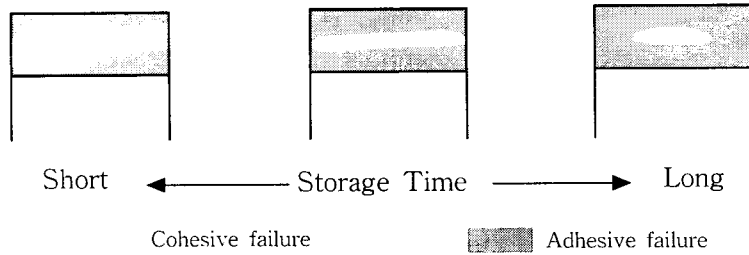


Fig.7 The failure aspect of the adhesively bonded joints at various storage times

## 6. 결론

- 1) 온도가 상승함에 따라 접착제의 접합강도는 감소함을 알 수 있으며, 낮은 온도에서의 접착제 접합강도는 오히려 증가하였다. 따라서, 고온 환경은 접착제의 접합력을 열화 시킴을 알 수 있다. 하지만, 접착제 접합부의 노출시간은 강도에 영향을 거의 주지 않음을 알 수 있다.
- 2) 침수 시간을 증가함에 따라 접합강도는 감소하였다. 물이 접착제 층에 침투하여 접착제의 접합력을 약화시킴을 알 수 있다. 또한, 물의 온도가 상승함에 따라 접합력의 감소 속도가 증가함을 알 수 있다.

## 참고문헌

1. Robert W. Messler, Jr, "Joining of Advanced Materials", pp.108~180
2. Lieng-Huang Lee, "Adhesive Bonding", pp.97~358
3. K. W. Allen, "Adhesion, 15", pp.1~18, 226~248
4. D. J. Alner, "Aspect of Adhesion", pp.65~95
5. "ASTM Designation: D 1002-94", 1998 Annual book of ASTM standards, vol 15.06, pp. 45~48
6. "ASTM Designation: D 2295-96", 1998 Annual book of ASTM standards, vol 15.06, pp. 144~146
7. 栢木浩之, "構造接着接合系の 耐久性豫測技術", 接着の技術, Vol. 17 No. 2 (1997) 通卷47號
8. "대형버스 외관류 접착방법에 관한 연구", 현대자동차 지원연구 최종보고서, 1998