

구조용 접착제의 열화 특성 연구

황영은* · 오진오* · 윤성호**

Degradation Characteristics of Structural Adhesives

Youngeun Hwang* · Ohjin Oh* · Sungho Yoon**

ABSTRACT

In this study, a series of degradation test for structural adhesives was performed to investigate the possibility of replacement of the alternative adhesives to the conventional adhesives. Four types of the adhesives were exposed to combined environmental conditions over 1000 hours at an accelerated aging tester, which can simulate natural weather conditions such temperature, moisture and ultraviolet. Mechanical and chemical properties of the adhesives were evaluated through material testing system and FT/IR spectrometer. According to the results, the conventional adhesives can be replaced by the alternative adhesives because the alternative adhesives were more stable to environmental conditions rather than the conventional adhesives.

초 록

본 연구에서는 기존의 접착제를 대체용 접착제로 대체 가능한지의 여부를 조사하기 위하여 구조용 접착제에 대해 일련의 열화 시험을 수행하였다. 구조용 접착제는 온도, 수분, 자외선 등의 자연환경 조건을 모사할 수 있는 가속노화시험기를 통해 복합적인 환경인자에서 1000시간 동안 노출시켰다. 구조용 접착제의 기계적 특성은 하중 시험기를 통해, 화학적 특성은 적외선 분광 분석 장치를 통해 평가하였다. 연구결과에 따르면 대체용 접착제가 환경인자에 노출될 경우 기존의 접착제에 비해 안정적이기 때문에 기존의 접착제는 대체용 접착제로 대체 가능할 것으로 판단하였다.

Key Words: Accelerated Aging Tester(가속노화기), Mechanical Properties(기계적 특성), Chemical Properties(화학적 특성), Structural Adhesive(구조용 접착제)

1. 서 론

일반 기계 구조물 및 전자 부품 간에는 볼트, 나사 등의 기계적 체결방법 뿐만 아니라 접착제를 이용하는 접착접합방법이 적용되고 있다. 접착접합방법은 구조물의 경량화, 피로수명의 증가, 균일한 응력 전달 등으로 인해 다양한 구조물의 접합에 적용되고 있다[1]. 이러한 특성으로

* 금오공과대학교 기계공학과 대학원

** 금오공과대학교 기계공학부 교수

연락처, E-mail: shyoon@kumoh.ac.kr

인해 최근에는 유도탄 침두에 장착되어 표적을 탐지/식별/추적을 위한 탐색기의 조립 공정에도 적용되고 있다. 특히 김벌 완전조립체와 돔 슬리브 조립체는 높은 인장강도와 전단강도를 요구되기 때문에 구조용 접착제(Structural Adhesive)가 적용된다. 현재 탐색기에 적용되고 있는 기존 접착제의 경우 수입 자재이기 때문에 수급에도 많은 어려움이 따르고 이들 접착제의 정확한 정보가 없기 때문에 대체 접착제의 개발이 필요하다. 또한 대체 접착제가 적용된 탐색기가 장기간 운용될 경우 접착제의 내구성 평가도 요구된다.

본 연구에서는 유도무기 침두에 적용되고 있는 기존의 접착제와 대체용 접착제에 대해 자연환경을 모사할 수 있는 가속노화시험기를 통해 접착제의 열화시험을 수행하였으며 기존 접착제의 대체 가능성도 조사하였다.

2. 구조용 접착제 종류 및 시편 제작

2.1 구조용 접착제의 종류

본 연구에서 고려한 기존의 구조용 접착제는 에폭시 계열인 Type A, Type B, Type C이다. 기존의 구조용 접착제에 대해 대체하고자 하는 구조용 접착제는 에폭시 계열인 Hysol 9460 (Loctite, USA)이다.

2.2 시편 제작

Figure 1에는 자외선, 온도, 수분과 같은 환경인자의 노출시간에 따른 접착제의 열화 특성을 평가하기 위한 접착전단시편의 형상이 나타나 있다. 이때 접착전단시편의 모재는 알루미늄 합금(AL6061-T6)으로 제작하였으며 시편의 형상은 ASTM D1002를 참조하여 결정하였다. 특히 ASTM D1002에 제시된 접착전단시편의 경우 하중을 작용하면 접착부에 굽힘 모멘트가 유발될 수 있기 때문에 동일 부재에서 채취한 25mm × 25mm × 2mm 크기의 블록을 접착전단시편의 끝단에 각각 부착하여 작용하중에 의해 접착부에서 발생하는 굽힘 모멘트를 최소화하였다.

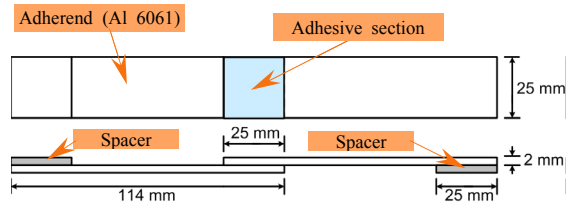


Fig. 1. Configuration of test specimen.

3. 실험 방법

3.1 가속노화시험

Figure 2에는 복합적인 환경인자를 시편에 연속적으로 가할 수 있는 가속노화장치가 나타나 있으며 기온을 모사하는 온도장치, 비와 눈 등의 수분을 모사하는 물분사장치, 일광을 모사하는 2.5KW의 제논-아크 램프 등으로 구성되어 있다. 본 연구에서는 챔버온도는 50℃, 습도는 80%RH, 램프가 켜진 상태에서 2시간마다 18분씩 물 분사하는 시험조건을 적용하였다. 이때 균일한 환경조건이 시료고정장치에 장착된 시료에 가해지도록 1.0rpm으로 회전시켰으며 노출시간은 각 접착제에 대해 최대 1000시간을 적용하였다.

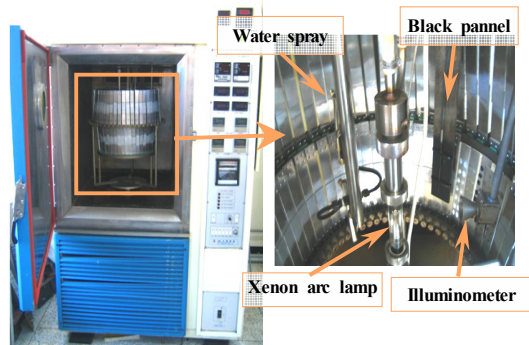


Fig. 2. Accelerating aging test equipment.

3.2 기계적 특성 시험

접착제의 기계적 특성은 하중시험장치(Zwick/Z100, Germany)를 사용하여 평가하였다. 하중시험장치의 시험치구에 접착전단시편을 장착한 다음 0.5mm/min의 변위제어 상태로 하중을 가하였다. 접착전단강도는 접착부에 파단이 발생할 때의 임계하중을 접착부의 단면적으로

나누 값으로 결정하였다. 대상 접착제의 기계적 특성 시험은 환경인자에 0시간, 250시간, 500시간, 750시간, 1000시간 노출시킨 경우를 고려하였으며 각각 5개의 시편에 대해 시험을 수행하였다.

3.3 화학구조 분석 시험

본 연구에 적용된 접착제의 화학구조 변화를 조사하기 위한 적외선 분광분석장치(VERTEX-70, Bruker Optics, Germany)를 적용하였다. 접착제가 고체이고 시료 표면의 열화 현상이 주요 관심사임을 고려하여 ATR 적외선 분광분석을 수행하였다. 각 시료에 대해 4000~700cm⁻¹ 영역에서 32회 스캔하여 얻은 평균 스펙트럼을 분석하였다.

4. 결과 및 고찰

4.1 기계적 특성 평가 결과

Figure 3에는 환경인자의 노출시간에 따른 Type A, Type B, Type C 접착제와 Hysol 9460 접착제의 접착전단강도 변화를 종합한 결과가 나타나 있다. Type A 접착제의 접착전단강도는 노출 전의 경우 3.53MPa, 250시간 노출은 3.67MPa, 500시간 노출은 1.54MPa, 750시간 노출은 1.28MPa, 1000시간 노출은 1.04MPa로서 250시간 노출될 때까지는 노출 전의 경우와 비슷하지만 500시간 노출되면 급격하게 저하되고 더 이상 노출되면 비교적 완만하게 저하되는 양상을 나타낸다. Type B 접착제의 접착전단강도는 노출 전의 경우 3.33MPa, 250시간 노출은 3.53MPa, 500시간 노출은 2.89MPa, 750시간 노출은 3.81MPa, 1000시간 노출은 3.49MPa이며 최대 1000시간 노출이 진행되는 동안 노출 전에 비해 큰 증감폭이 나타나지 않는다. Type C 접착제의 접착전단강도는 노출 전의 경우 3.31MPa, 250시간 노출은 4.09MPa, 500시간 노출은 4.50MPa, 750시간 노출은 4.32MPa, 1000시간 노출은 4.09MPa이며 500시간 노출될 때까지는 노출시간이 길어지면 접착전단강도가 점차

증가하지만 500시간 이후 노출시간이 길어질수록 점차 완만하게 감소하는 양상을 나타낸다. Hysol 9460 접착제의 접착전단강도는 노출 전의 경우 2.49MPa, 250시간 노출은 10.63MPa, 500시간 노출은 9.10MPa, 750시간 노출은 9.70MPa, 1000시간 노출은 11.32MPa이며 노출 전에 비해 노출 직후 큰 폭으로 증가하는 양상을 나타낸다. Hysol 9460 접착제는 환경인자에 최대 1000시간 노출이 되면 기존의 접착제에 비해 높은 접착전단강도를 나타낸다. 이는 상온에서 행해지는 접착과정 동안 접착제가 완전히 경화되지 않아 노출 전에는 접착전단강도가 낮게 나타나지만 환경인자에 노출되면 추가적인 경화반응으로 인해서 가교결합이 증가하여 접착전단강도는 높아지는 것으로 판단된다[2,3]. 따라서 Hysol 9460 접착제는 기존 접착제에 비해 환경인자에 노출이 되더라도 비교적 안정적이며 대체용 접착제로 충분히 적용할 수 있는 것으로 판단된다.

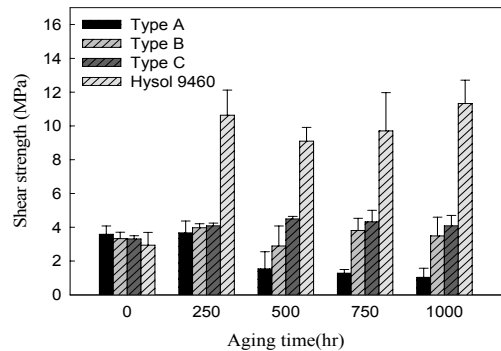


Fig. 3. Variations of adhesive shear strength with various exposure time.

4.2 화학구조 분석 결과

Figure 4에는 환경인자에 노출 전의 경우, 1000시간 노출된 경우에 대한 Type A, Type B, Type C, Hysol 9460 접착제의 FTIR 결과가 나타나 있다. 에폭시 계열의 접착제의 경우 3500cm⁻¹ 영역의 피크는 히드록실기(Hydroxyl group), 2900cm⁻¹ 영역의 피크는 카보닐기(Carbonyl group), 1600cm⁻¹~1450cm⁻¹ 영역과 800cm⁻¹ 영역의 피크는 벤젠링(Benzene ring),

900 cm^{-1} 영역의 피크는 에폭시기(epoxy group)를 나타낸다. Type B의 접착제가 환경인자에 1000시간 노출이 되면 히드록실기는 사라지지만 2000 cm^{-1} 이하 영역의 피크들의 형상 및 세기는 노출 전과 비슷한 양상을 나타낸다. Type A, Type C, Hysol 9460 접착제가 환경인자에 1000시간 노출이 되면 마찬가지로 히드록실기가 사라지지만 2000 cm^{-1} 이하 영역의 피크들의 형상 및 세기는 노출 전과 다른 양상을 나타낸다. 환경인자에 1000시간 노출된 Type B의 접착전단강도는 노출 전과 비슷한 양상을 나타내지만 Type A, Type C, Hysol 9460 접착제의 접착전단강도의 경우 증가 또는 감소하는 양상을 나타내어 피크들의 세기 및 형상의 변화는 노출시간에 따른 접착전단강도의 변화에 영향을 끼치는 것으로 판단된다. 특히 Hysol 9460 접착제의 경우 노출 전의 에폭시기를 나타내는 피크가 1000시간 노출이 되면 사라짐을 알 수 있다. 이는 미반응된 에폭시기가 경화반응에 관여한 것으로 접착전단강도의 증가와 관련 있는 것으로 판단된다[4].

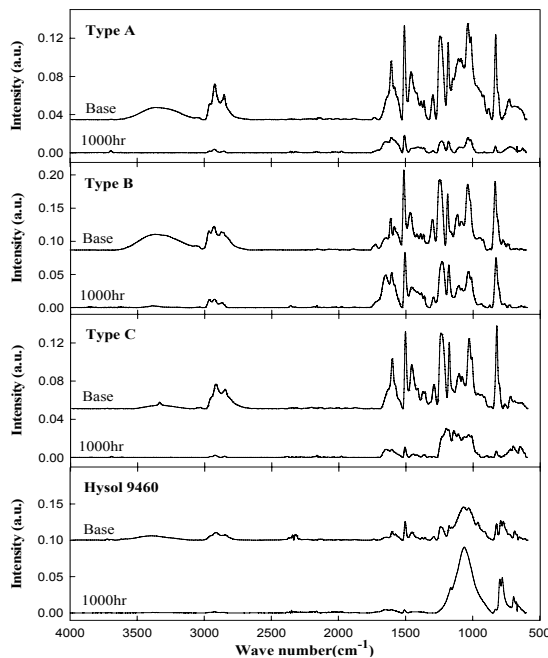


Fig. 4. FTIR spectra of structural adhesive with various exposure time.

4. 결 론

본 연구에서는 유도무기 첨두에 적용되는 기존의 접착제와 대체용 접착제에 대해 일련의 열화시험을 수행하여 기계적 특성 및 화학적 특성을 정량적으로 평가하였으며 이들 결과들을 토대로 접착제의 대체 가능성을 판단하였다. 연구 결과에 따르면 상온 접착공정이 완료된 직후의 Hysol 9460 접착제는 기존의 접착제에 비해 접착전단강도가 다소 낮게 나타나지만 환경인자의 노출로 인해 경화반응이 진행된다면 접착전단강도는 매우 높게 나타난다. 따라서 Hysol 9460 접착제는 환경인자의 영향에도 매우 안정적이며 기존 접착제에 비해 기계적 특성이 매우 우수하여 대체용 접착제로 충분히 적용할 수 있을 것으로 판단된다.

참고 문헌

1. Petrie, E. M., Handbook of Adhesives and Sealants, 2nd Ed., McGraw-Hill Professional, New York, 2006, pp. 17-26.
2. Meyer, F., Sanz, G., Eceiza, A., and Mondragon, I., "The Effect of Stoichiometry and Thermal History during Cure on Structure and Properties of Epoxy Networks" Polymer, Vol. 36, No. 7, 1995, pp. 1407-1414.
3. Frigione, M., Lettieri, M., and Mecchi, A. M., "Environmental Effects on Epoxy Adhesives Employed for Restoration of Historical Buildings" Journal of Materials in Civil Engineering, Vol. 18, No. 5, 2006, pp. 715-722.
4. Kim, J. H., Choi, K. Y., Joo, H. J., Jin, F. L., and Park, S. J., "A Study on the Water Resistance and Thermo-mechanical Behaviors of Epoxy Adhesives," Elastomer, Vol. 40, No. 3, 2005, pp. 166-173.