

論文

우주용 접착제의 중첩 전단 강도 시험

서유덕*, 김현중*, 박상훈*, 김지연*, 엄태경*, 윤성기*, 이상률**, 이승훈***
이덕규***, 이응식***, 장홍술***, 정대준***

Lap Shear Strength Test of Space Adhesives

Yu-Deok Seo*, Hyun-Jung Kim*, Sang-Hoon Park*, Ji-Yeon Kim*, Tae-Kyoung Uhm*,
Sung-Kie Youn*, Sang-Ryool Lee**, Seung-Hoon Lee***, Deog-Gyu Lee***,
Eung-Shik Lee***, Hong-Sul Jang*** and Dae-Jun Jung***

ABSTRACT

Optical performance of the mirror for satellite camera is highly dependent on the adhesive properties of its support. Therefore, in this paper, the adhesive properties of three kinds of space adhesives are investigated. For this purpose, the lap shear test is performed with Zerodur-to-metal lap shear specimen as well as metal-to-metal one. And it is also investigated whether reliable adhesive strength can be secured after the specific thermal cycle. Finally, the properties of three adhesives are compared with each other.

초 록

반사경 지지부의 접착 특성은 인공위성카메라 반사경의 광학적 성능에 지대한 영향을 미치므로 이에 대한 연구가 필수적이다. 이를 위해 본 연구에서는 세 종류의 우주용 접착제의 접착 특성에 관한 연구를 수행하였다. 반사경의 재료인 제로더(Zerodur)와 금속이 접착된 시편을 사용하여 중첩 전단(lap shear) 시험을 수행하였고 금속과 금속이 접착된 시편에 대해서도 시험을 수행하였다. 또한 다양한 온도 환경을 겪더라도 안정적인 접착력이 보장되는지의 여부를 확인하였으며 세 접착제의 접착력을 비교하였다.

Key Words : Adhesives(접착제), Lap Shear Test(중첩 전단 시험), Thermal Hysteresis(온도 히스테리시스), Shear Strength(전단 강도), Zerodur(제로더)

1. 서 론

인공위성카메라의 반사경 개발에 있어서 반사경의 광학적 성능을 향상시키는 것이 매우 핵심적인 설계 조건이며 이러한 반사경의 광학적 성능은 반사경 광학면의 변형에 의해 크게 좌우된

다. 따라서 자중, 진동, 열 등의 다양한 하중 환경을 겪게 되는 반사경의 광학 성능을 증가시키기 위해 광학면의 변형을 억제하는 설계 및 기술에 관한 연구들이 활발히 진행되어 왔다[1-3]. 특히, 반사경의 변형은 반사경의 지지 특성에 매우 의존하게 되므로 반사경의 다양한 지지 방법에 관한 연구가 주로 수행되었다[4,5]. 그러나 기존의 연구들은 링(ring) 마운트, 플렉서(flexure) 마운트 등 지지 방법들의 특성 연구에 국한되어 반사경과 지지부의 결합에 사용되는 접착제의 접착 특성에 관한 연구는 미미한 실정이다.

인공위성카메라 반사경의 접착 특성은 접착제

† 2006년 5월 2일 접수 ~ 2006년 9월 11일 심사완료

* 정회원, 한국과학기술원 기계공학과

연락처, E-mail : skyoun@sorak.kaist.ac.kr

대전광역시 유성구 구성동 한국과학기술원

** 정회원, 한국항공우주연구원 아리랑3호사업단

*** 정회원, 한국항공우주연구원 광학탑재체그룹

의 종류, 반사경의 하중 및 온도 환경, 접착물(adherend) 등 여러 가지 요인들에 의해 심각하게 변할 수 있다. 여러 가지의 요인 중에서 특히, 반사경은 다양한 온도환경을 거치게 되므로 온도의 히스테리시스(hysteresis)에 의해 접착력이 저하되지 않고 안정적인 접착 특성을 유지하여야 한다. 또한 유리와 금속이 결합되는 반사경 지지부의 재질을 고려한 접착 특성에 대한 연구와 접착제 자체의 접착 특성에 관한 연구가 요구된다.

따라서 본 연구에서는 반사경의 광학 성능에 지대한 영향을 미치는 반사경 지지부의 접착 특성에 관한 연구를 수행한다. 우주용 접착제로 널리 사용되어온 세 종류의 접착제를 선정하여 접착 특성 연구를 위해 중첩 전단(lap shear) 시험을 수행하였다. 또한 시험에 온도 사이클(cycle)을 부여하여 온도 히스테리시스에 의한 접착력의 변화 여부를 파악하였다.

II. 본 론

2.1 중첩 전단 시험 시편 규격

중첩 전단(lap shear) 시험 방법은 크게 단일 중첩 전단(single lap shear) 시험과 이중 중첩 전단(double lap shear) 시험으로 나눌 수 있고 각각의 표준 시험 방법과 시편 규격은 ASTM D1002, ASTM D3528에 자세하게 기술되어 있다. 본 연구에서는 금속과 금속을 접합하여 제작한 중첩 전단 시편 뿐 아니라 반사경의 재료인 제로더(Zerodur)와 금속을 접합하여 제작한 중첩 전단 시편의 시험을 수행하기 때문에 기존에 제시되어 있는 표준 시험 시편의 규격과 형상을 따를 수 없다. 이는 표준 시험 시편을 적용하면 유리가 시험기의 치구에 직접 연결되어 파단이 발생하기 때문이다. 따라서 유리와 금속으로 제작된 중첩 전단 시편에 적용할 수 있도록 기존의 시편 규격과 형상을 Fig. 1과 같이 수정한 이중 중첩 전단 시편을 사용하였다. 금속 시편의 경우 기존의 중첩 전단 시편 규격을 그대로 적용하여 101.6 × 25.4 × 1.6mm를 사용하였고 제로더 시편은 유리의 제작성을 고려하여 두께를 8mm로 적용하였다. 접착면의 오버랩(overlap) 길이는 그림에서와 같이 6mm로 결정하였다. 기존에 제시된 오버랩 길이는 12.7mm이지만 이 길이를 그대로 적용하여 시험을 수행하게 되면 접착면에서 파단이 발생하기 전에 제로더가 파단될 가능성이 크다. 따라서 이러한 현상을 억제하기 위해 겹치는 길이를 줄여 주어야 한다. 또한 겹치는 길이가 6mm보다 작아지면 중첩 전단 시편의 제작이

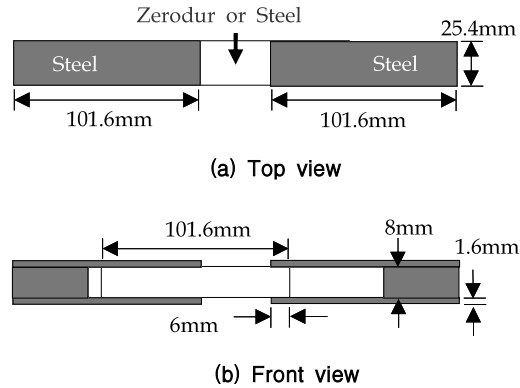


Fig. 1. Modified double lap shear specimen

매우 힘들기 때문에 겹치는 길이를 6mm로 결정하였다. 접착면의 접착 두께는 ASTM의 표준 시편 규격에서 0.025mm이하로 제시되어 있으나 이러한 미세한 두께를 조절하여 시편을 제작하기 매우 힘들기 때문에 실제로 반사경의 제작에서 사용되는 접착제의 두께인 0.11mm로 접착 두께를 결정하였다.

2.2 중첩 전단 시험 절차

중첩 전단 시험 절차는 ASTM의 표준 시험 방법을 따르며 요약하면 아래와 같다.

- (a) 금속 및 제로더 시편 세척
- (b) 접착면에 프라이머(primer)를 바른 후 1시간 이상 보관
- (c) 중첩 전단 시편 제작
- (d) 중첩 전단 시편 경화(curing)
- (e) 시편에 온도 히스테리시스 부여
- (f) 중첩 전단 시험 수행

중첩 전단 시편을 제작 후 각 접착제의 경화 조건에 맞춰 시편을 경화하였다. 각각의 접착제들은 상온 경화 조건과 고온 경화를 모두 적용할 수 있는데 반사경의 제작 환경을 고려하여 모든 접착제에 대해 상온 경화 조건을 적용하였다. Fig. 2는 수정한 시편의 형상과 규격에 따라 제작한 제로더-강(Zerodur-steel) 시편의 형상을 나타낸 것이다. Fig. 2(c)에서 제로더 시편 주위에 퍼져서 나타난 것은 접착면에 바른 프라이머이다. 시편의 경화 후 온도의 히스테리시스를 적용하기 위해 중첩 전단 시편에 Fig. 3과 같은 온도 사이클을 부여하였다. 온도 범위는 -25°C ~ +55°C이고 온도 변화율은 2°C/min, 극한 온도인 -25°C와 +55°C에서의 항온 시간은 2시간이며 총 7번의 온도 사이클을 적용하였다.

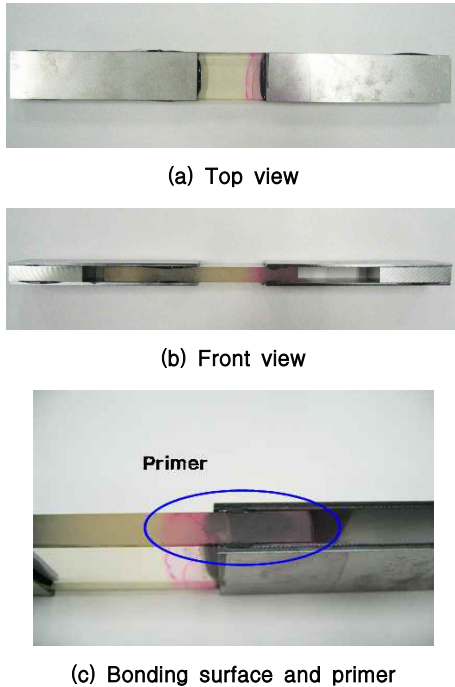


Fig. 2. Manufactured double lap shear specimen : Zerodur-steel specimen

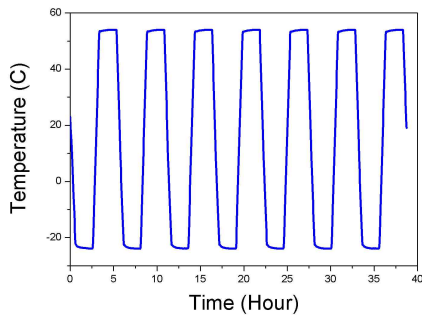


Fig. 3. Thermal cycle profile

마지막으로 이중 중첩 전단 시편을 인장 시험기에 장착하여 중첩 전단 시험을 수행하였다. 이때 치구의 작동 속도(crosshead speed)는 ASTM의 기준을 따라 1.0mm/min로 결정하였다.

2.3 중첩 전단 시험 결과

2.3.1 에폭시 계열 접착제 A

Fig. 4는 접착제 A로 제작한 제로더-강 시편의 중첩 전단 시험한 결과로 얻어진 대표적인 하중-변위 곡선을 나타낸 것이고 제로더-강 시편의 파단 형태를 Fig. 5에 나타내었다. Fig. 5(a)는 온도 히스테리시스를 적용하지 않은 시편의 파단 형태

이고 Fig. 5(b)는 온도 히스테리시스를 적용한 시편의 파단 형태이다. 온도 히스테리시스를 적용하지 않은 시편의 경우 1번과 2번 시편은 접촉면에서 파단이 발생하였고 3번과 4번 시편은 제로더의 파단이 발생하였는데 파단 위치가 서로 다르게 나타남을 확인할 수 있다. 또한 온도 히스테리시스를 적용한 경우 1, 2, 4번 시편은 접촉면에서 파단이 발생하였고 3, 5, 6번 시편은 제로더의 파단이 발생하였으며 파단 위치가 서로 다르게 나타났다. 파단 형태로부터 온도 히스테리시스의 적용 여부에 상관없이 제로더나 접촉면에서의 파단이 특정한 경향성을 가지지 않고 무작위(random)로 파단이 발생함을 알 수 있다.

Fig. 6은 제로더-강 시편의 파단 강도를 나타낸 것으로 Fig. 6(a)는 시편 접촉면에서의 전단(shear) 강도, Fig. 6(b)는 제로더 시편의 인장(tensile) 강도를 나타낸 것이다. 시편들의 파단 강도가 특별한 경향성 없이 무작위로 나타나는 것을 확인할 수 있는데 이는 취성(brittleness)이 매우 강한 제로더의 재료 특성에 기인한 결과이다. 즉, 제로더의 파단 강도는 가공 시에 발생하는 초기의 결함이나 시험 과정에서 치구와 시편 간의 정렬(alignment)에 크게 의존하게 되어 파단 강도를 쉽게 측정하거나 예측하기 힘들다. 제로더의 제조사인 SCHOTT에서 제공하는 자료에 의하면 제로더의 파단강도가 10MPa 이상으로 알려져 있다. Fig. 6(b)에서 제로더의 파단이 모두 10MPa 보다 큰 응력에서 발생함을 확인할 수 있다. 한편, 인공위성 카메라 반사경에 작용하는 하중이 크지 않을 뿐 아니라 반사경의 과구속을 억제하기 위해 적합한 플렉서(flexure) 마운트를 설계하여 장착하므로 제로더에 작용하는 응력을 완화시켜줄 수 있기 때문에 제로더에 10MPa 이상의 응력이 작용하지 않는다. 따라서 위의 실험 결과와 같이 제로더가 파단되는 것은 본 연구의 목적과 큰 연관이 없다고 볼 수 있다. 즉, 제로더의 파단으로 인해 제로더-강 시편의 시험 결과

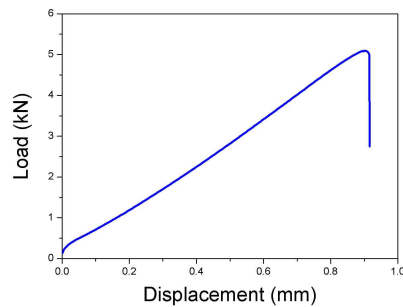
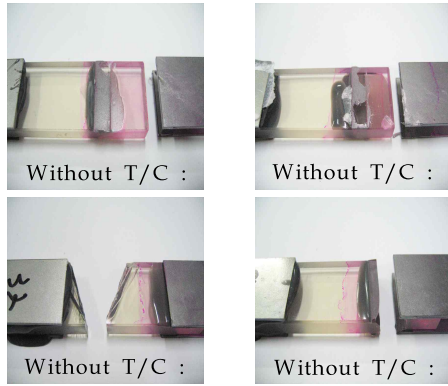
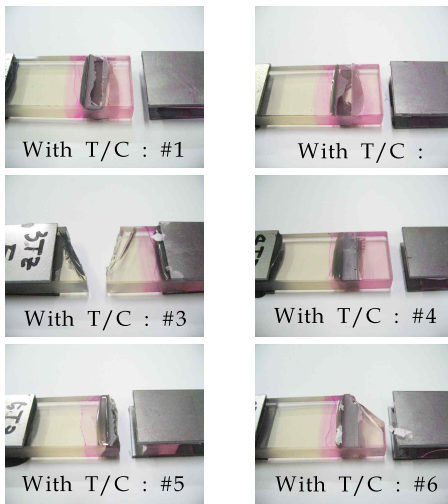


Fig. 4. Load-displacement curve : A



(a) Without thermal cycle : 4 specimens



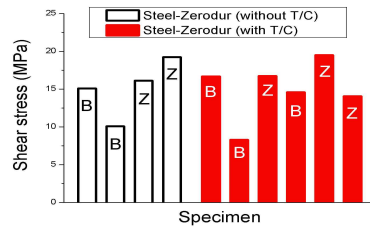
(b) With thermal cycle : 6 specimens

Fig. 5. Fracture mode of Zerodur-steel specimen : Adhesive A

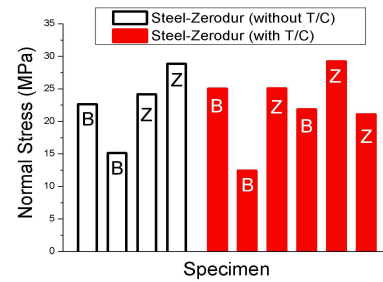
에서 온도 히스테리시스에 의한 접착 강도의 변화 여부를 파악하는 것이 불가능하다. 따라서 온도 히스테리시스에 의한 접착 강도의 변화 여부를 파악하기 위해 강-강(steel-steel) 중첩 전단 시편을 제작하여 중첩 전단 시험을 수행하여야 한다.

Fig. 7은 강-강 시편 접착면에서의 전단 강도를 나타낸 것이다. 온도 히스테리시스의 적용 여부에 상관없이 모두 접착면에서 파단이 발생하였다. 온도 히스테리시스를 적용하지 않은 경우 파단 강도가 대체적으로 유사하게 분포되었고 히스테리시스를 적용한 경우에는 상대적으로 큰 편차를 보였다. 이러한 편차는 온도 히스테리시스로 인한 접착 특성의 변화에 의한 결과라기보다는 시험과정 중에 발생하는 시험 오차요인에 의한

B : Fracture at bonding surface
Z : Fracture at Zerodur



(a) Shear stress at bonding surface



(b) Normal stress at Zerodur

Fig. 6. Stresses of Zerodur-steel specimen : Adhesive A

B : Fracture at bonding surface

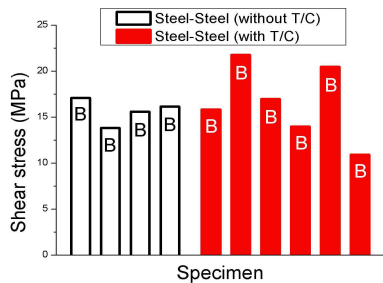


Fig. 7. Shear stress at bonding surface of steel-steel specimen : Adhesive A

결과로 판단된다. 시험 오차요인으로는 대표적으로 중첩 전단 시편 제작 시의 금속 시편들 간의 정렬 문제, 시험 과정에서 중첩 전단 시험 시편과 치구 간의 정렬 문제를 들 수 있다. 정렬이 미세하게 어긋나게 되면 중첩 전단 시편에 순수 인장 하중 외에 굽힘 하중이 작용하게 되어 시험 결과의 편차를 초래하게 된다.

Table 1에 접착면에서의 전단 강도를 나타내었다. 참고적으로 접착제 제조사에서 제공하는

Table 1. Shear strength : steel-steel specimen

No.	Shear strength (MPa) : steel-steel		Fracture
	Without T/C	With T/C	
1	17.1	15.8	bonding surface
2	13.8	21.8	
3	15.6	17.0	
4	16.1	14.0	
5	-	20.5	
6	-	10.9	

중첩 전단 강도는 17.2MPa이다. 제조사에서 시험한 방법이 언급되어 있지는 않으나 본 연구에서 수행한 시험 방법과 다소 차이점이 있을 것으로 판단되며 이러한 시험 방법의 차이점을 고려하면 대체적으로 유사한 파단 강도가 측정되어 의미 있는 시험 결과로 볼 수 있다.

접착제 A로 제작한 강-강 시편의 중첩 전단 시험 결과로부터 온도 히스테리시스를 겪더라도 접착제 A의 접착 강도가 저하되지 않음을 확인할 수 있다. 즉, 반사경이 우주 환경에서 다양한 온도의 변화를 겪더라도 안정적인 접착력이 보장됨을 알 수 있다.

2.3.2 에폭시 계열 접착제 B

Fig. 8은 접착제 B로 제작한 제로더-강 시편의 중첩 전단 시험한 결과로 얻어진 대표적인 하중-변위 곡선을 나타낸 것이고 제로더-강 시편의 파단 형태를 Fig. 9에 나타내었다. 온도 히스테리시스를 적용한 경우와 적용하지 않은 경우 모두 제로더에서 파단이 발생하였다. 제로더의 파단 위치는 그림에서 보듯이 대부분 접착면과 맞닿은 제로더 부분이었다. 접착면에서 파단이 발생하지 않고 제로더에서 파단이 발생하였기 때문에 접착제 B의 접착 강도가 제로더의 인장 강도보다 크다는 것을 알 수 있다. Fig. 10(a)에 제로더의 파단이 발생했을 때 접착면에서의 전단 응력을, Fig. 10(b)에 제로더의 인장 강도를 나타내었다.

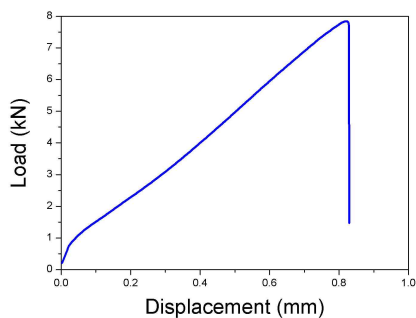


Fig. 8. Load-displacement curve : B

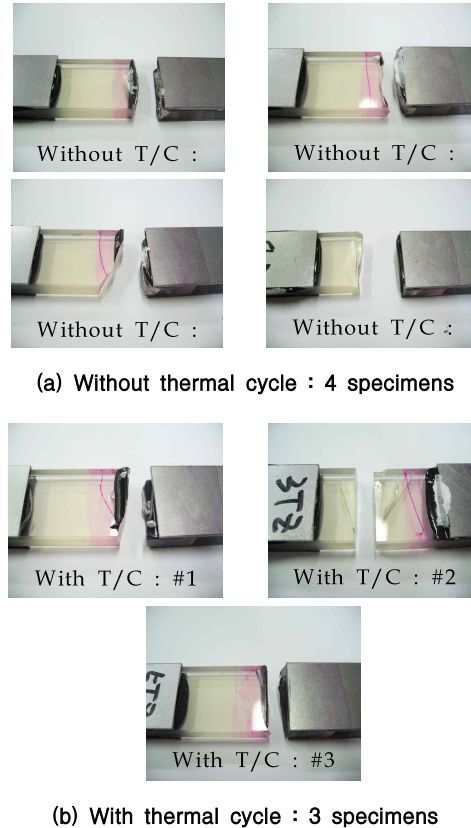


Fig. 9. Fracture mode of Zerodur-steel specimen : Adhesive B

그림에서 파단 강도가 심한 편차를 보였고 온도 히스테리시스를 적용한 경우에 제로더의 파단 강도가 상대적으로 작게 나타났다. 제로더 제조사의 자료에 의하면 제로더는 $-20^{\circ}\text{C} \sim +55^{\circ}\text{C}$ 의 온도 범위에서 열적, 기계적 특성이 크게 변하지 않는 것으로 검증된 재료이기 때문에 온도 변화에 의해 제로더의 특성이 변하여 제로더의 파단 강도가 감소한다고 볼 수 없다. 이러한 결과는 결국 취성이 강한 제로더의 재료 특성으로 인해 제로더의 파단 강도가 무작위(random)로 나타났기 때문으로 판단된다. 2.3.1에서 언급했듯이 제로더의 파단으로 인해 온도 히스테리시스에 의한 접착 강도의 변화 여부를 파악할 수 없으므로 강-강 시편의 시험을 수행하여야 한다. Fig. 11에 접착제 B로 제작한 강-강 시편 접착면에서의 파단 강도를 나타내었고 파단 형태는 Fig. 12에서 확인할 수 있다. 온도 히스테리시스의 적용 여부와 상관없이 유사한 파단 강도를 나타내었고 온도 히스테리시스를 거친 후에 파단 강도의 편차가 상대적으로 작게 나타났다.

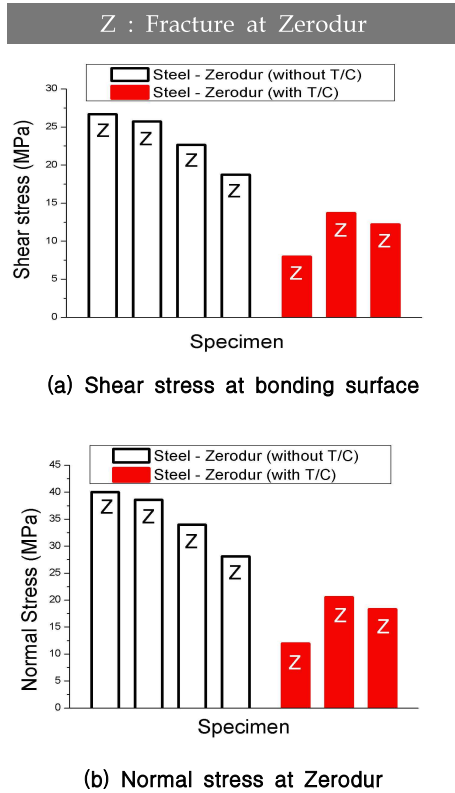


Fig. 10. Stresses of Zerodur-steel specimen : Adhesive B

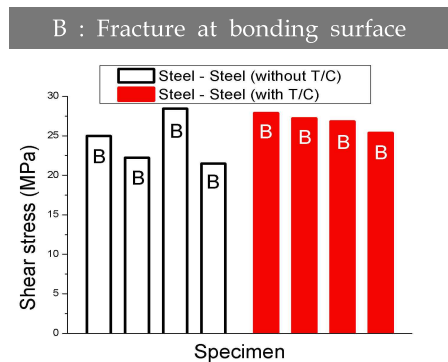


Fig. 11. Shear stress at bonding surface of steel-steel specimen : Adhesive B

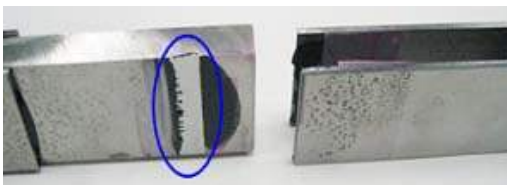


Fig. 12. Fracture mode of steel-steel specimen

Table 2. Shear strength : steel-steel specimen

No.	Shear strength (MPa) : steel-steel		
	Without T/C	With T/C	Fracture
1	25.0	27.9	bonding surface
2	22.2	27.2	
3	28.4	26.8	
4	21.5	25.4	

한편, 접착제 B의 제조사에서 제공하는 중첩 전단 강도는 28~30MPa이며 이는 Table 2의 시험 결과와 잘 부합되는 것을 확인할 수 있다.

이 실험 결과로부터 접착제 B 역시 접착제 A와 마찬가지로 온도 히스테리시스에 의해 접착 강도가 저하되지 않았으므로 다양한 온도 환경을 거치더라도 안정적인 접착력이 보장됨을 확인할 수 있다.

2.3.3 폴리우레탄 계열 접착제 C

Fig. 13은 접착제 C로 제작한 제로더-강 시편의 중첩 전단 시험한 결과로 얻어진 대표적인 하중-변위 곡선을 나타낸 것이다. 접착제 C의 경우 접착제 A, B와 달리 파단이 발생하지 않고 접착면에서 항복(yielding)이 발생하였으며 이는 하중-변위 곡선으로부터 알 수 있다. 항복이 발생한 후 접착면에서의 미끄러짐이 발생하였는데 이는 Fig. 14에서 확인할 수 있다. 접착제 C는 접착제 A, B에 비해 상당히 유연한 특성을 가지는데 이러한 유연한 재료 특성으로 인해 접착면에서의 항복 현상이 발생하는 것이다. Fig. 15에 접착면에서의 전단 항복 강도와 제로더의 인장 응력을 나타내었다. 그림에서 보듯이 온도 히스테리시스에 의해 접착력이 저하되지 않았고 히스테리시스를 거친 후 편차가 다소 증가하였다.

접착제 C로 제작한 강-강 시편의 시험 결과로 얻은 접착면에서의 전단 항복 강도를 Fig. 16과 Table 3에 나타내었다. 이 결과에서도 온도 히스테리시스에 의해 접착력이 크게 저하되지 않음을 확인할 수 있다. 한편 접착제 C의 제조사에서 제공하는 중첩 전단 강도는 11.7MPa로 시험 결과로 얻은 4~6MPa 보다 다소 큰 것으로 확인되었다. 이 오차의 요인을 시험 방법의 차이로 설명할 수 있다. 먼저 접착제 C의 경우 전용 프라이머를 확보하지 못하여 프라이머의 부재로 인한 오차를 생각할 수 있다. 또한 본 연구에서는 접착면의 접착제 두께를 0.11mm로 결정하여 사용하였는데 이 두께는 ASTM에 제시되어있는 두께의 4배 이상 두꺼운 수치이다. 접착제의 두께가 두꺼울 경우 접착제 C와 같이 매우 유연한 재료는 접착면에서의 파단이 발생하기 전에 접착제

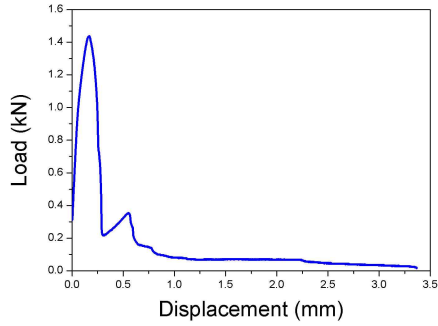
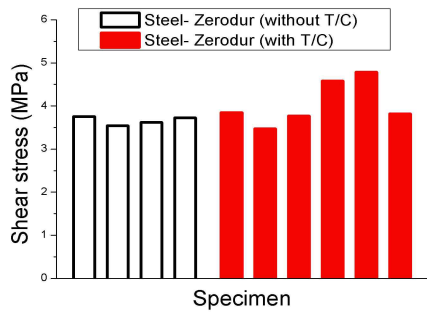


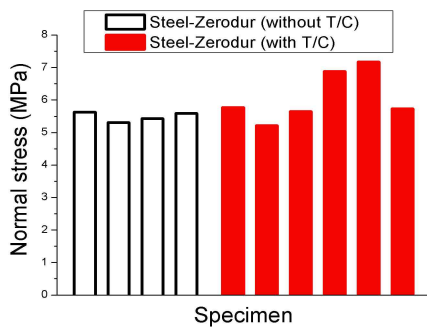
Fig. 13. Load-displacement curve : C



Fig. 14. Sliding at bonding surface : Adhesive C



(a) Shear stress at bonding surface



(b) Normal stress at Zerodur

Fig. 15. Stresses of Zerodur-steel specimen : Adhesive C

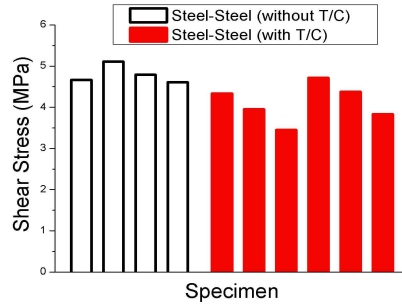


Fig. 16. Shear stress at bonding surface of steel-steel specimen : Adhesive C

Table 3. Shear strength : steel-steel specimen

No.	Shear strength (MPa) : steel-steel		
	Without T/C	With T/C	Fracture
1	4.66	4.33	No Fracture : Yielding
2	5.11	3.95	
3	4.80	3.45	
4	4.61	4.72	
5	-	4.37	
6	-	3.83	

자체의 항복 현상이 먼저 발생할 수 있다. 결과적으로 접착제 제조사에서 제공하는 중첩 전단 강도는 접착면의 파단 강도인 반면 본 연구에서 얻은 결과는 접착면에서의 항복 강도이기 때문에 강도의 차이가 나타난 것이다.

접착제 C로 제작한 시편을 시험한 결과 온도 히스테리시스에 의해 접착력이 저하되지 않음을 확인할 수 있었다. 그러나 접착제 A, B에 비해 접착 강도가 현저히 낮고 항복이 일어나는 차이점이 나타났다. 다른 접착제에 비해 상대적으로 약한 접착력으로 인해 큰 하중을 받는 구조의 지지부 접착제로 적합하지 않을 수 있을 것으로 판단된다.

III. 결 론

본 연구에서는 인공위성카메라 반사경의 지지부에 사용되는 우주용 접착제의 접착 특성에 관한 연구를 수행하였다. 반사경 지지부의 접착면에 전단력이 작용하므로 접착 특성 연구를 위해 중첩 전단 시험을 수행하였다. 유리와 금속이 접착되는 구조이므로 제로더와 강을 사용하여 시편을 제작하였고 이를 위해 새로운 시편 형상과 규격을 고안하여 사용하였다. 또한 온도 히스테리시스에 의한 접착 강도의 변화 여부를 파악하기

위해 강-강 시편을 제작하여 중첩 전단 시험을 수행하였다. 시험 결과, 사용된 세 종류의 접착제 모두 온도 히스테리시스에 의해 접착 강도가 저하되지 않았으므로 다양한 온도 환경을 겪더라도 안정적인 접착력이 보장됨을 확인하였다. 접착제 B의 접착력이 가장 큰 것으로 나타났고 접착제 C의 경우 매우 유연한 재료 특성으로 인해 상대적으로 약한 접착력을 가지며 접착면에서 파단이 발생하지 않고 항복이 발생하였다. 접착제들이 서로 다른 접착 특성을 보이므로 반사경의 제작에 사용할 접착제를 선정하기 위해 반사경에 작용하는 하중 및 온도 환경, 재료 특성 등의 여러 가지 요인들을 고려한 추가적인 연구가 필요할 것이다.

후 기

본 연구는 한국항공우주연구원(KARI)의 "다목적실용위성3호 탑재체 개발사업"에 의하여 지원되었음.

참고문헌

- 1) D. Anderson, R. E. Parks, Q. M. Hansen and R. Melugin, "Gravity deflection of lightweight mirrors." *Proc. of SPIE*, Vol. 332, Advanced Technology Optical Telescopes I, pp. 424~435.
- 2) T. M. Valente and D. Vukobratovich, "A comparison of the merits of open-back, symmetric sandwich and contoured back mirror as lightweighted optics.", *Proc. of SPIE*, Vol. 1167, Precision Engineering and Optomechanics, 1989, pp. 20~36.
- 3) K. S. Park, S. Y. Chang and S. K. Youn, "Topology optimization of the primary mirror of a multi-spectral camera.", *Structural and Multidisciplinary optimization*, Vol. 25, No. 1, 2003, pp. 46~53
- 4) M. K. Cho, R. M. Richard and D. Vukobratovich, "Optimum mirror shape and supports for light weight mirrors subjected to self-weight.", *Proc. of SPIE*, Vol. 1167, Precision Engineering and Optomechanics, 1989, pp. 2~19.
- 5) V. Genberg and N. Cormany, "Optimum design of a lightweight telescope.", *Proc. of SPIE*, Vol. 1998, Optomechanical Design, 1993, pp. 60~71.
- 6) N. J. DeLellis, *Adhesives for metals: Theory and Technology*, Industrial Press INC., 1970.
- 7) A. J. Kinloch, *Adhesion and adhesives: Science and technology*, Chapman and Hall, 1987
- 8) A. V. Pocius, *Adhesion and adhesives technology*, Hanser Publishers, 1997.