

FRP 복합체의 자외선 저항성에 관한 실험적 연구

Experimental Study on Ultra-Violet Resistance of FRP composites used in Strengthening RC members

송태협*

최기선**

유영찬***

김금환****

Song, Tae-Hyeob You, Young-Chan Choi, Ki-Sun Kim, Keung-Hwan

ABSTRACT

In general, polymer materials undergo degradation when exposed to ultraviolet radiation, which can cause dissociation of chemical bonds. FRP composites which are used in strengthening existing structure are usually adhered on the concrete surface, its mechanical properties as well as appearance such as color, surface conditions are affected by sunlight and especially ultraviolet light. In this study, variations of tensile strength after exposure for certain period of time through accelerated exposure by Xe arc methods specified in KS F 2274 are measured in order to examine strength degradation characteristics of FRP composite.

As a result of ultraviolet light test for FRP composite after accelerated exposure for 0, 500, 1000, 1500 hour, discoloration of FRP composite occurs according to the passage of time. But, few strength degradations of FRP composite are observed due to exposure of ultraviolet ray with an small variation of tensile strength.

1. 연구의 범위 및 목적

FRP 복합체를 이용한 구조물 보강공법은 FRP 복합체가 구조물 표면에 부착되므로 외기에 직접적인 영향을 받는다. 일반적으로 폴리머 매트릭스 및 강화섬유는 자외선에 의해 화학적 열화가 발생하며, 이로 인한 황변현상과 재료성능의 저하가 초래되는 것으로 보고되고 있다. 따라서 태양광에 노출되는 보강부위에 대한 설계 및 시공지침을 제안하기 위해서는 자외선에 의한 인장성능 변화를 정량적으로 평가할 필요성이 있다.

본 연구에서는 콘크리트 보수 보강재료로 활발하게 사용되고 있는 FRP 복합체의 자외선 저항성을 측정하기 위하여 KS F 2274 시험규격에 규정되어 있는 UV 촉진노출 시험방법 중 제논아크법에 의하여 0, 500, 1000, 1500시간 촉진 노출을 실시하고, 이때의 인장강도 변화를 측정하여 FRP 복합체의 자외선 저항성을 판단하고자 하였다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 사용재료

UV 저항성 실험에 사용된 FRP 복합체는 국내에서 상용화되고 있는 1방향 탄소섬유슈트를 대상으로 하였다.

* 정회원, 한국건설기술연구원 선임연구원
** 정회원, 한국건설기술연구원 연구원
*** 정회원, 한국건설기술연구원 수석연구원
**** 정회원, 한국건설기술연구원 연구위원

2.2 실험기기 및 조건

실험실 광원에 의한 UV 노출시험 방법은 KS F 2274에 규정된 시험방법 중에서 태양빛을 가장 근사적으로 모사할 수 있는 제논아크 광원에 의한 시험방법을 채택하였다. 실험기기 및 조건은 KS F 2274의 규격에 따라 시험편 표면의 방사 조도를 550W/m^2 (파장역: 340nm)로 하였으며, 블랙패널의 온도는 $63\pm 3^\circ\text{C}$ 를 유지하도록 하였다. 상대 분광 방사 조도의 분포는 3.0%로 유지하였다. 사용된 UV 시험기의 작동원리 및 제논아크등의 형상은 그림 1, 그림 2와 같다.

2.3 실험체 형상 및 치수

시험편의 치수는 인장강도 시험편의 절취를 위한 크기로서, 촉진 노출 시험기의 홀더에 거치할 수 있는 크기인 길이 250mm, 폭은 70mm로 절단하였다. 시험편의 폭이 지나치게 작으면 인장시험편의 절단 가공이 어려울 뿐만 아니라, 연속섬유복합체의 두께방향에서도 촉진 노화가 진행될 수 있으므로 실험기기가 허용하는 한도 내에서 가급적 크게 제작하는 것으로 하였다.

2.4 실험 변수

촉진노출 시험에 의한 FRP 복합체의 UV 저항성을 평가하기 위해 본 연구에서는 탄소섬유쉬트를 대상으로 촉진노출 전후의 인장강도변화를 측정하였다. 실험실 광원에 의한 노출시험 방법은 KS F 2274에 규정된 시험방법 중에서 태양빛을 가장 근사적으로 모사할 수 있는 제논아크 광원에 의한 방법을 채택하였다. 제논아크법 시험조건은 일광과 수분을 분무하는 A법과 단순 일광에만 노출시킨 B법이 있으며, 본 실험에서는 일광만을 노출하는 B법을 대상으로 노출시간을 4단계로 구성하여 실시하였다. FRP 복합체의 UV 저항성 실험에 대한 변수를 정리하면 <표 1>과 같다.

표 1. FRP 복합체 UV 저항성 시험

실험체	시험법	시험조건	FRP종류	노출시간(4단계)	실험항목
FRP복합체	제논-아크	WX-B법	CFRP sheet	0, 500, 1000, 1500	외관변화, 인장강도

2.5 실험체 제작

UV 저항성을 평가하기 위한 FRP 복합체의 인장강도 시험편의 제작은 촉진노출 시험기의 원형 거치대에 배치할 수 있도록 $70\times 250\text{mm}$ 의 크기로 절단하였다. 촉진 노출시험 종료 후에는 인장강도 시험편 크기로 절단하여 인장시험을 실시하였다.

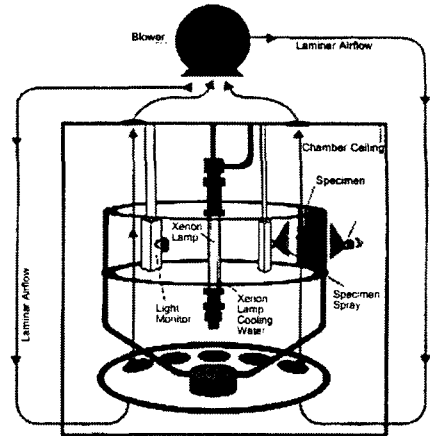


그림 1 제논아크 시험기의 개략도

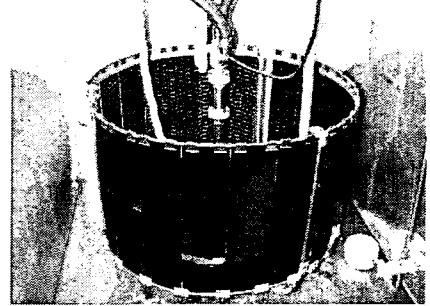


그림 2 UV 시험기 및 설치 상황

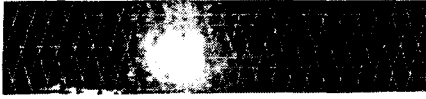


그림 3. UV 촉진노출 시험편

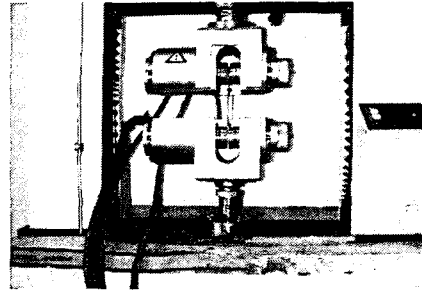


그림 4. 촉진노출 후 인장시험

3. 실험 결과

3.1 인장강도 측정결과

FRP 복합체의 UV 저항성 실험에서 노출 시간에 따른 영향을 평가하기 위하여 4단계의 시간이력에 대하여 검토한 결과, 최초 촉진 노출을 실시하기 전 시험체의 인장강도는 평균 40,872 kgf/cm²으로 나타났으며, 방사조도 340nm에서 500시간 노출을 실시한 후 탄소섬유쉬트의 인장강도는 38,531kgf/cm²으로 나타나 약 6%의 하락이 발생하는 것으로 나타났다. 그러나 노출시간 1000, 1500시간 노출 후 인장강도는 40,443, 40,772kgf/cm²으로 나타나 최초 노출전 시험체와 동일한 강도를 발현하는 것으로 나타났다.

이상과 같은 실험결과로 볼 때 탄소섬유쉬트 복합체의 경우 자외선의 노출에 의한 인장강도의 하락은 발생하지 않아 보강성능에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 다만, 제논아크등에 의한 촉진 노출 시간이 실제 시공이 이루어진 현장에서 얼마의 기간에 해당하는 지에 대한 정량적 관계분석은 별도로 실시하여야 할 것으로 판단된다.



그림 5. 인장시험 완료 파단시편의 형상

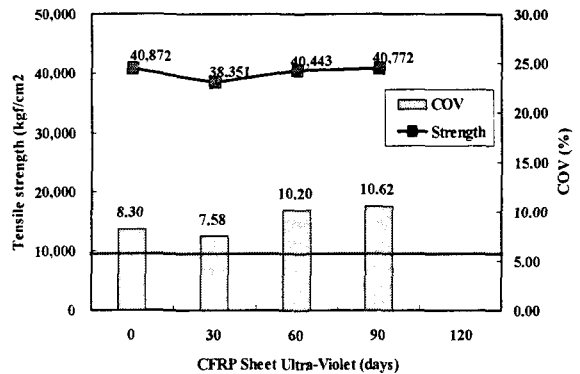


그림 6. 인장강도 시험결과

3.2 황변현상

유기물을 함유한 제품의 경우 장시간 자외선에 노출될 경우 황변 현상이 발생할 수 있다. 본 실험에 사용된 FRP 복합체의 경우에도 시간의 경과에 따른 황변현상이 발생한 것을 알 수 있었다. 그림 7에서와 같이 500시간 경과 후 비교 결과 시험체의 중앙부에 황변현상이 나타난 것을 알 수 있으며, 1500시간 경과 후의 시험체는 전체적으로 고르게 황변현상이 발생한 것으로 나타났다. 시간의 경과에

따라 황변현상의 크기가 커짐을 알 수 있었다.

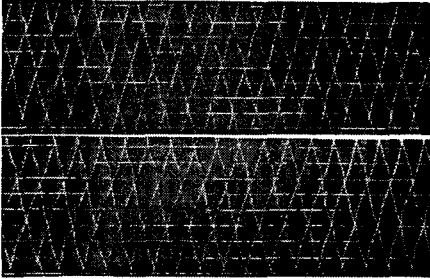


그림 7. 30일 촉진노출 시험편(상)

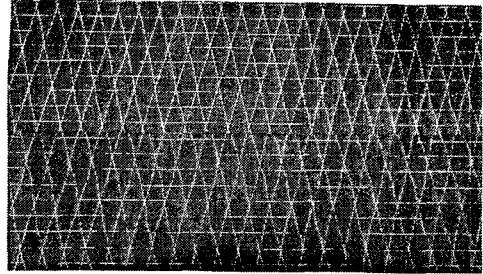


그림 8. 90일 촉진노출 시험편(상)

4. 결론

자외선 폭로에 의한 FRP 복합체의 성능변화를 평가하기 위하여 제논 아크법에 의한 촉진 노출 시험을 실시한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) KS F 2274의 WX-B법에 의한 500, 1000, 1500 시간의 촉진 노출 시험결과 FRP 복합체의 인장강도는 500시간에서 약 6%의 인장강도 하락이 발생하였으나 1000, 1500시간 노출 후 시험체의 인장강도는 초기 시험체와 동등한 수준으로 나타났다.
- 2) 촉진 노출 시간의 경과에 따라 황변현상은 심해지지만 FRP 복합체의 인장강도에는 영향을 미치지 않는 것을 알 수 있었다. 따라서 FRP 복합체의 자외선 노출에 의한 성능 변화는 크지 않을 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 건설교통부가 출원하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행한 2004 건설기술기반구축사업 R&D/2004 기반구축 A13 “시설물 보강공법 성능인증을 위한 시험항목·방법 및 평가기준 설정연구”의 일부로서, 관계제위께 깊은 감사를 드립니다.

참고문헌

1. KS F 2274 건축용 합성수지재의 촉진 노출 시험방법
2. ISO 4892-2 : 1994 Plastics—Methods of exposure to laboratory light sources—Part 2 : Xenon-arc sources
3. JSCE-E 547-2000 連続纖維シートの促進暴露試験方法(案)
4. 건설교통부, 한국건설교통기술평가원, 2005. “시설물 보강공법 성능인증을 위한 시험항목·방법 및 평가기준 설정연구” 한국건설기술연구원