

# 충진제 종류에 따른 GFRP 복합체의 내알카리성 실험

## Experimental Study on Durability Performance of GFRP Composite for Alkali Solution

유 영 준\*      박 영 환\*\*      김 형 열\*\*\*      문 창 권\*\*\*\*      이 승 렬\*\*\*\*\*

You, Young Jun Park, Young Hwan Kim, Hyeong Yeol Moon, Chang Kwon Lee, Seong Ryul

---

### ABSTRACT

This paper presents experimental results for durability performance of GFRP composite exposed to the 80°C alkali solution. A total of 280 specimens for 4 types of additive and 7 cases of immersion time were prepared and tested. Additives used in this study were PVA, kaolin clay, and alumina powder. Specimens were immersed up to 30 days and tested for tensile strength for each immersion time. The results indicate that it is important to fill the inner space of GFRP composite densely to avoid the decrease of tensile strength. In this study, PVA additive showed better performance than other additives.

---

### 1. 서 론

최근 구조물의 유지관리 및 장수명화를 위해 새로운 재료의 개발과 적용에 관한 관심이 증대되고 있다. 섬유강화 복합재료(Fiber Reinforced Polymers, 이하 FRP)는 기존 철근에 비해 높은 비강도, 저중량, 내부식성 등의 장점을 가지고 있어서 철근 대체 재료로 주목받고 있다.

현재 해외에서 FRP를 보강근 또는 구조재료로 활용하기 위한 연구가 활발하게 진행되고 있으며, 일부는 상용화되어 실제 구조물에 적용되고 있다. 국내에서도 한국건설기술연구원에서 2003년부터 열악한 외부환경에 노출되어 가설되는 콘크리트 구조물의 보강근으로서 철근을 대체할 수 있는 FRP 보강근의 개발 및 적용기술 연구를 수행 중에 있다(한국건설기술연구원, 2005).

FRP 보강근을 철근 대체재로 사용하기 위해 요구되는 조건은 인장·부착성능과 같은 기본적인 역학적성능과 지속하중이나 외부환경 영향 등에 대한 내구성능이다. FRP 보강근은 주로 유리, 아라미드, 탄소와 같은 보강섬유와 비닐에스터나 폴리에스터와 같은 수지로 구성된다. FRP는 철근과 같은 부식은 발생하지 않으나 수분, 염화물, 알칼리, 동결융해작용, 자외선 등의 유해환경요소에 노출되는 경우 재료의 열화가 발생할 수 있다. 이러한 재료적 열화는 역학적 성능 감소를 일으키기 때문에 이에 대한 특성 규명이 필요하다.

본 연구에서는 유리섬유와 비닐에스터를 사용하여 제작한 GFRP 복합체의 내구성능을 관찰하기 위

---

\* 정회원, 한국건설기술연구원 연구원

\*\* 정회원, 한국건설기술연구원 수석연구원

\*\*\* 정회원, 한국건설기술연구원 수석연구원

\*\*\*\* 비회원, 부경대학교 공과대학 신소재공학부 교수

\*\*\*\*\* 비회원, 부경대학교 공과대학 신소재공학부 석사

한 실험연구로서 FRP 제작시 첨가되는 충전제(Additive)의 종류에 따른 내구성능을 관찰하였다. 사용된 충전제는 무첨가(No additive), PVA(Polyvinyl alcohol), Kaolin clay, Alumina powder 4종이며, 80°C의 알칼리 환경에 대한 가속화 시험을 실시하였다.

## 2. 실험 연구

### 2.1 시편 제작 및 실험 계획

GFRP 복합체의 내구성 실험을 위하여 본 연구에서는 스트랜드형 시편을 각 충전제(4 cases)와 침지시간(7 cases)에 대해 10개씩 총 280개 제작하였다. 시편제작에 사용된 강화섬유는 E-Glass (RS300-111A, Owens Corning)이며, 수지는 HETRON-922LV (쥘에이피에스)를 사용하였다.

시편의 제작은 그림 1과 같이 유리섬유를 수지에 함침시킨 후 유리 오리피스를 통과시킴으로써 섬유의 중량 함유율이 40~50wt.%가 되도록 잉여 수지를 제거하였다. 함침된 섬유를 와이어 프레임에 감아 80°C의 열처리오븐에 넣어 10분간 경화 시킨 후, 130°C에서 10분간 고온경화 시키고 가압열처리 오븐에서 질소 5기압을 유지하면서 130°C로 30분간 유지시킨 후 냉각시켰다.

경화가 완료된 시편은 일정한 길이로 잘라내어 스트랜드로 제작하였다. 시편의 상태에 따라 실험결과가 달라질 수 있기 때문에 광학 현미경으로 표면을 관찰하여 양호한 시편만을 선별하여 실험하였다.

시편제작시 충전제는 무첨가(No additive) 경우와 PVA(Polyvinyl alcohol), Kaolin clay, Alumina powder 4종류를 고려하였으며, 충전제별 스트랜드 시편을 각각 나누어 항온오븐에 넣고 80°C의 알칼리 환경조건에 0, 1, 2, 5, 10, 20, 30일 침지시킨 후 500 kgf 인장시험기를 사용하여 재하속도 2.0 mm/min로 인장강도 시험을 실시하므로 충전제에 따른 GFRP 복합체의 내구성능을 비교·관찰하였다.

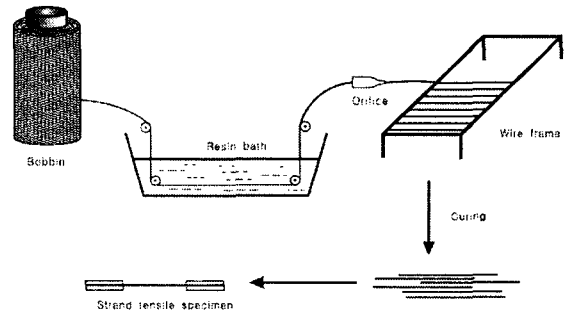


그림 1 스트랜드형 시편 제작 과정

## 3. 실험결과 고찰

### 3.1 무게 변화율

인장시험에 앞서 각 조건별로 10개의 시편에 대해 무게 변화율을 측정하여 그림 2에 나타내었다. 시편의 무게 측정은 환경조건에서 꺼낸 뒤 바로 표면의 수분을 제거하고 10분 뒤에 0.0001g의 정밀도를 가진 전자저울(AT400, Mettler)을 사용하여 침지 전 80°C에서 72시간 건조시킨 시험편의 초기무게와의 차로 계산하였다.

Kaolin 충전제를 사용한 경우에는 초기(침지시간 5일 이하)에 급격한 무게 변화율이 관찰되었으나 이후에는 거의 무게가 변하지 않았다. 무첨가(No additive)와 Alumina powder 충전제의 경우에는 침지시간에 따라 비례적으로 무게가 증가하는 경향을 보였으며, 특히 Alumina powder 충전제인 경우에 그 속도가 매우 빨랐다. PVA의 경우에는 무게 변화율이 상대적으로 낮아 침지시간 20일 정도까지는 무게가 거의 변하지 않았다.

이와 같이 FRP 복합체의 무게가 변하는 것은 외부의 수분을 흡수하기 때문으로 이는 복합체 내부에 공극이 존재하기 때문이다. 복합체가 수분을 흡수하게 되면 체적이 팽창되어 섬유와 수지 사이에 접착력이 감소되어 궁극적으로 복합체의 역학적능에 영향을 미치게 된다.

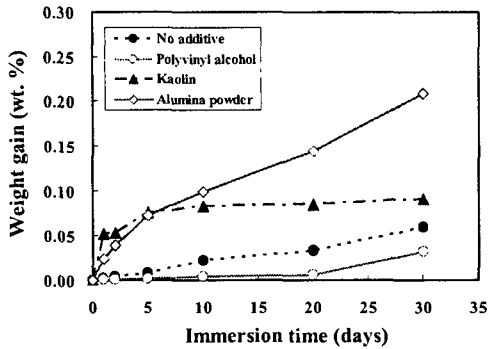


그림 2 침지시간에 따른 무게 변화율

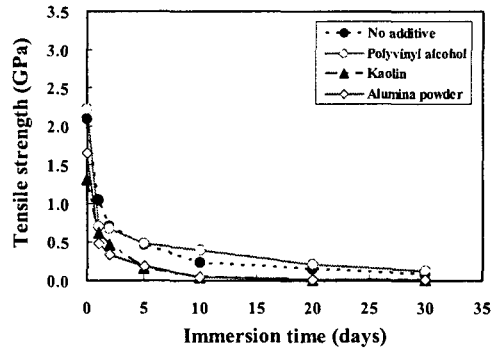


그림 3 침지시간에 따른 인장강도 변화율

### 3.2 인장강도 변화율

그림 3은 침지시간별로 각 시편의 인장강도 변화를 나타낸 그래프이다. 그림에서 보듯이 고온(80℃)의 알칼리 환경에서는 짧은 시간에도 인장강도가 급격히 감소하였다. 감소율은 충전제가 Alumina powder, Kaolin인 경우에 가장 심했고 PVA의 경우가 가장 양호하였다. 이는 무게 변화율이 낮은 순서와 동일하기 때문에 서술한 바와 같이 FRP 복합체 내부에 공극 등이 존재하여 수분을 흡수함으로써 역확성능이 감소했기 때문으로 판단된다.

### 3.3 파단면 관찰

그림 4~6은 인장시험 후 시편의 파단면에 대한 전자 현미경 사진을 나타낸 것이다. 각 충전제별로 모두 침지시간에 따라 알칼리 환경에 의해서 시편의 표면은 물론 섬유 자체도 심하게 열화가 진행된 것을 볼 수 있다.

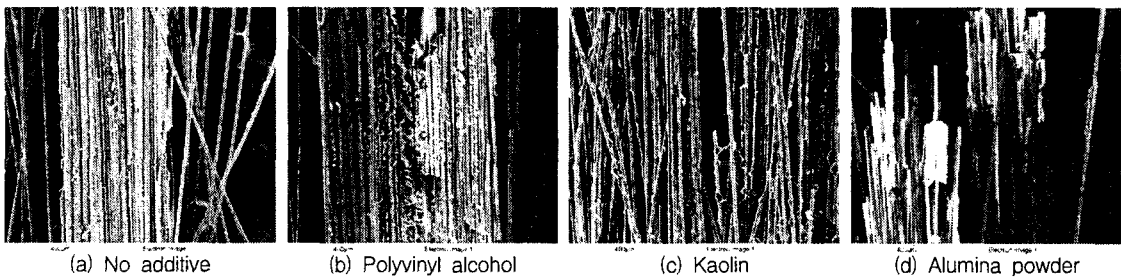


그림 4 충전제별 파단면 상태(0days, ×100)

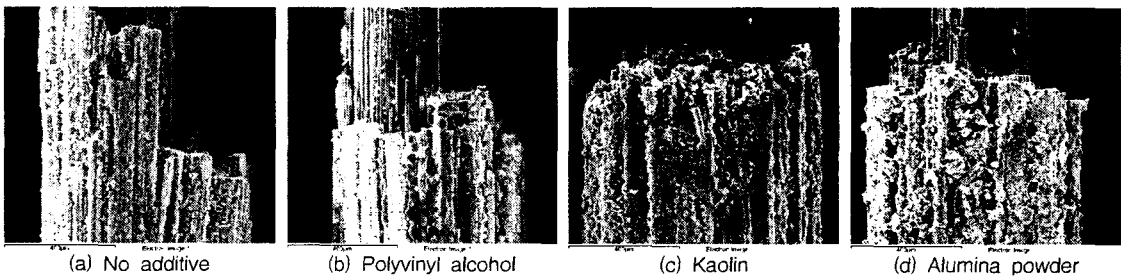


그림 5 충전제별 파단면 상태(10days, ×100)

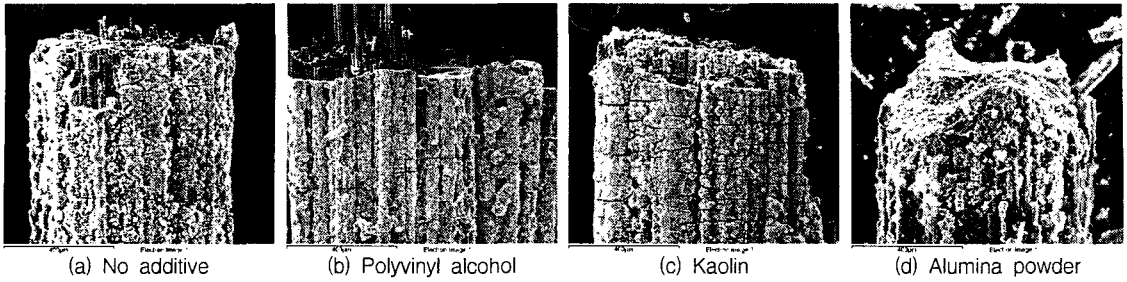


그림 6 충전제별 파단면 상태(30days, ×100)

열화되지 않은 시편의 파단면은 그림 4에서 보듯이 외력이 섬유 가닥에 전달되어 가닥 사이에 전단 파괴가 발생하므로 빗살 모양이 형성되었으며 파단위치가 동일하지 않았다. 그러나 10일 동안 침지되어 열화된 시편의 파단면은 그림 5에서 보듯이 빗살 모양이 관찰되지 않고 뭉뚱하게 파단되었으며 표면의 열화정도가 심한 것을 관찰할 수 있었다.

#### 4. 결론

본 연구는 FRP 복합체를 제작하는데 사용되는 충전제의 종류에 따른 GFRP 복합체의 내알칼리 성능을 관찰한 연구로서 이를 통하여 도출된 결론은 다음과 같다.

- 1) GFRP 복합체 제작에 있어서 Kaolin 충전제를 사용한 경우에는 초기에 급격히 무게가 증가하였고 일정 기간 이후에는 거의 무게가 변하지 않았다. 무첨가(No additive)와 Alumina powder 충전제의 경우에는 침지시간에 따라 비례적으로 무게가 증가하는 경향을 보였으며, 특히 Alumina powder 충전제인 경우에 그 속도가 매우 빨랐다. PVA의 경우에는 무게 변화율이 상대적으로 낮아 침지시간 20일 정도까지는 무게가 거의 변하지 않았다.
- 2) 상기 무게 변화율은 알칼리액에 대한 것이지만 복합체 내부에 존재하는 공극 등에 의해 발생하는 것이므로 기타 수분 등에 대해서도 동일한 경향일 것으로 판단된다.
- 3) 그림 3으로부터 인장강도 감소 경향은 무게 변화율 증가 경향과 관계가 있음을 알 수 있다. 따라서 GFRP 복합체에 대한 내구성능을 확보하기 위해서는 복합체 내부의 공극 등을 감소시켜야 하며 본 연구에서는 PVA 충전제를 사용한 경우가 가장 유리한 것으로 나타났다.

#### 감사의 글

본 연구는 공공기술연구회 정책연구사업인 "FRP 복합재료 보강재 개발 및 이를 활용한 콘크리트 구조물 건설기술 개발" 연구비 지원에 의해 수행된 것으로 이에 감사드립니다.

#### 참고문헌

1. 한국건설기술연구원, FRP 복합재료 보강재 개발 및 이를 활용한 콘크리트 구조물 건설기술 개발, 2005.