

# 그래핀 나노플레이트릿의 산화가 에폭시 도막재료의 역학적 및 부착 특성에 미치는 영향

## Oxidation Effect of Graphene Nanoplatelets on the Mechanical Properties and Bonding Performance of Epoxy Paint Material

손민재\*      김규용\*\*      이상규\*      사수이\*      유하민\*\*\*      남정수\*\*\*\*  
 Son, Min-Jae      Kim, Gyu-Yong      Lee, Sang-Kyu      Sasui, Sasui      Eu, Ha-Min      Nam, Jeong-Soo

### Abstract

In this study, oxidized graphene nanoplatelet(GO) was prepared by oxidizing graphene nanoplatelet(GNP) with nitric acid in order to solve the problem of dispersion of GNP, one of nano materials. GNP/Epoxy and GO/Epoxy were prepared by mixing GNP, GO with 0.1, 0.3, 0.5 and 1.0 wt.% in epoxy and the mechanical properties, bond performance were evaluated. As a result, GNP/Epoxy and GO/Epoxy showed higher tensile strength than Neat Epoxy at the 0.1, 0.3 wt.%, Especially, when 0.1 wt.% of GO was incorporated into epoxy resin, it showed highest tensile strength. It was confirmed that acid treatment of GNP was effective in improving the mechanical properties of epoxy paint. However, graphene material was found that it was not effective in improving the bond strength of the epoxy paint.

키 워 드 : 그래핀 나노플레이트릿, 산화, 인장 특성, 부착 강도

Keywords : graphene nanoplatelet, oxidized, tensile properties, bond strength

## 1. 서 론

건설 구조물은 각종 열화요인에 의해 최초 설계 했던 내구수명보다 노후화가 촉진되고, 이에 건설 구조물의 보수, 보강에 많은 비용이 발생하게 된다. 건설 구조물을 열화 시키는 열화인자를 차단하고자 에폭시 도료의 높은 내구성과 나노소재 중 하나인 그래핀 나노플레이트릿(GNP)의 높은 가스 차단성에 주목해 고내구성 도막재료 개발이 진행되고 있다. 하지만 GNP는 고분자 내에서 분산의 어려움이 있으므로 본 연구에서는 GNP를 산화시켜 산화 그래핀 나노플레이트릿(GO)를 제조하고 에폭시 도막재료에 혼입하여 역학적 특성 및 부착 성능을 분석하였다.

## 2. 실험계획 및 방법

표 1에 실험계획을 나타내었다. 에폭시 수지는 diglycidyl ether of bisphenol F(DGEBF) 타입(Y DF-170, Kukdo Chem., Korea)을 사용하였고 경화제는 아민 경화제(G-A0533, Kukdo Chem., Korea)를 사용하였다. 또한, GNP(xGnP-M-5, XG science Corp., USA)는 두께 6-8nm, 너비 5-25 $\mu$ m, 표면적 120-150m<sup>2</sup>/g로써 멀티레이어 인 것을 사용하였다. 한편 GO는 질산(60%) 용액 200ml에 GNP 2g을 혼입한 후, 60 $^{\circ}$ C에서 300rpm으로 고속 교반하여 제조하였다. 인장실험은 ASTM D 638, 부착실험은 ISO 4624에 준하여 실시하였다.

표 1. 실험 계획

Specimen	Epoxy resin	Hardener	$V_f$ of GNP, GO (wt.%)	Properties
Neat Epoxy	Diglycidyl Ether of Bisphenol F	Amine based curing agent	-	- Stress-strain curve - Tensile strength - Elongation - Bond strength
GNP Epoxy			0.1, 0.3, 0.5, 1.0	
GO Epoxy				

\* 충남대학교 건축공학과 박사과정

\*\* 충남대학교 건축공학과 교수·공학박사, 교신저자(gyuyongkim@cnu.ac.kr)

\*\*\* 충남대학교 건축공학과 석사과정

\*\*\*\* 충남대학교 건축공학과 조교수·공학박사

### 3. 실험결과 및 고찰

그림 1에 에폭시 도료의 인장응력-변형 곡선을 나타냈다. 인장강도의 경우는 GNP와 GO의 혼입물에 상관없이 Neat Epoxy보다 높은 인장강도 값을 나타내었고 특히 GO의 혼입물 0.1wt.%에서 가장 높은 인장강도를 보였다. 또한, GNP Epoxy 도료는 GNP의 혼입율이 증가할수록 연신율이 감소하는 경향을 보였고, GO Epoxy 도료 또한 GO의 혼입률이 증가할수록 감소하는 경향을 나타내었다. 인장응력-변형 특성의 경우, GNP Epoxy 도료는 GNP의 혼입율이 증가할수록 취성적인 파괴 거동을 보였고 GO Epoxy 도료의 경우는 GO의 혼입률이 증가함에 따라 경향은 보이지 않았으나 GNP Epoxy 도료보다 연성적인 파괴거동을 나타내었다.

그림 2에 에폭시 도료의 인장 및 부착 강도 측정결과를 나타냈다. 인장강도의 경우, GNP Epoxy, GO Epoxy 모두 Neat Epoxy보다 높은 인장강도를 나타내었으며 특히 0.1wt.% 혼입물에서 각각 43.33, 46.52MPa의 인장강도를 나타냈다. 한편, 부착강도의 경우, GO Epoxy 0.1wt.%를 제외한 모든 시험체가 Neat Epoxy보다 낮은 부착강도를 나타내었으며, 이는 그래핀의 혼입률이 증가할수록 콘크리트 표면에 존재하는 그래핀의 면적이 증가하여 콘크리트 표면과 부착하는 에폭시의 면적이 감소하기 때문인 것으로 판단된다.

Neat, GNP, GO Epoxy 시험체의 파단면 SEM 사진을 분석한 결과는 다음과 같다. Neat Epoxy는 단일 재료를 사용하였기 때문에 파단면이 비교적 거칠지 않은 것을 확인하였다. GNP Epoxy의 경우, 에폭시 매트릭스와 결합하지 못하고 노출된 GNP가 다수 관찰되었다. 또한 GNP의 혼입률이 증가할수록 응집되는 GNP의 양이 증가함에 따라 파단면이 거칠어지는 것을 확인하였다. 한편, GO Epoxy는 에폭시 매트릭스와 GO가 결합하여 파단면이 거칠어졌으나, GNP Epoxy에 비해 파단면이 비교적 덜 거친 것을 확인하였으며, 이는 산화시킨 GO 표면에 존재하는 기능기로 인해 GO Epoxy 도료 내에서 분산이 용이해진 결과로 판단된다.

### 4. 결론

기존 Epoxy 도료의 인장강도와 비교하였을 때, GO Epoxy 도료는 혼입물 0.1 wt.%에서 가장 높은 인장강도를 나타내었으며, GNP의 산처리에 따른 기능기의 도입은 에폭시 도료의 역학적 특성을 향상시킬 수 있는 가능성이 있음을 확인하였다. 그러나 그래핀의 혼입은 에폭시 도료의 부착성능의 향상에는 효과적이지 못한 것을 확인하였으며, 에폭시의 성능을 향상시키기 위한 추가적인 기능기 도입이 필요할 것으로 사료된다.

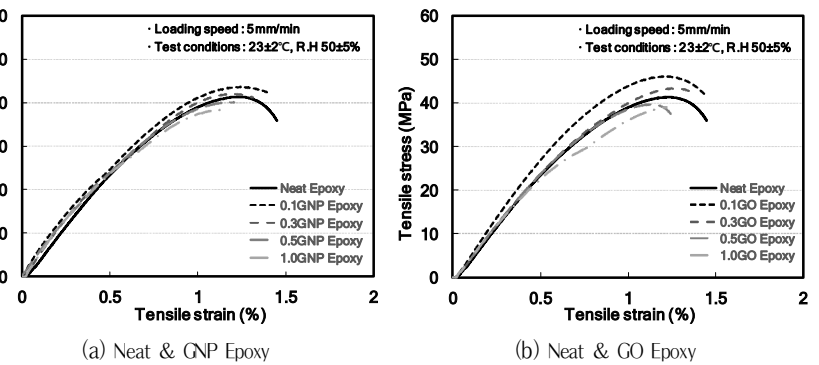


그림 1. Neat, GNP, GO Epoxy의 인장 응력-변형 곡선

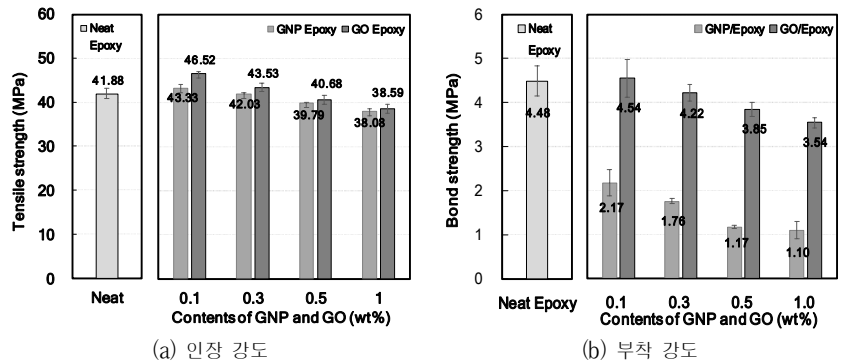


그림 2. Neat, GNP, GO Epoxy의 인장 및 부착 강도

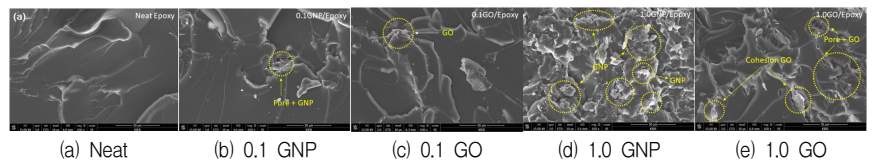


그림 3. Neat, GNP, GO Epoxy의 인장파괴 단면

### Acknowledgement

이 논문은 2015년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2015R1A5A1037548)