

# 콘크리트 보호용 그래핀/에폭시 도료개발을 위해 표면개질한 그래핀 나노플레이트의 유기용매 분산특성

## Dispersion Characteristics of Surface-Modified Graphene Nanoplate in Organic Solvent for Development of Graphene / Epoxy Paint to Protect Concrete

서 원 우\*      김 규 용\*\*      윤 민 호\*\*\*      이 상 규\*\*\*      황 의 철\*\*\*      손 민 재\*

Seo, Won-Woo    Kim, Gyu-Yong    Yoon, Min-Ho    Lee, Sang-Kyu    Hwang, Eui Chul    Son, Min-Jae

### Abstract

This study aims to develop high durability graphene / epoxy paint for durability improvement of construction structure. For the development of graphene / epoxy coatings, first, graphene must remain stable in the polymer. Second, the integrity of graphene and polymer should be ensured. Accordingly, in order to obtain dispersibility, surface modification of graphene nanoplate(GnP) with CH and COOH functional groups and its dispersibility in organic solvents were investigated. Also, Fourier Transform Infrared Spectroscopy(FT-IR) analysis and Atomic Force Microscope(AFM) analysis were performed to confirm whether the functional groups were synthesized by surface modification. As a result, FT-IR and AFM analysis did not confirm the surface modification, but GnP was found to be stable when dispersed in an organic solvent.

키 워 드 : 그래핀 나노플레이트, 표면개질, 분산성, 일체성  
Keywords : graphene nanoplate, surface modification, dispersibility, integrity

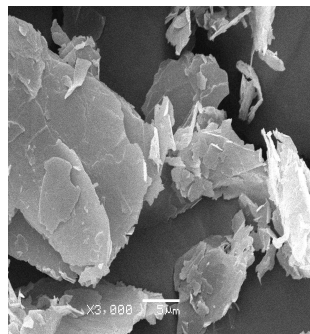
### 1. 서 론

콘크리트로 반영구적인 재료로 알려져 있지만, 실제로 콘크리트로 이루어진 건설구조물은 외부 열화인자인 이산화탄소, 염화물 이온 등에 노출되어 내구성이 저하하는 현상이 있다. 이에 많은 연구자들이 이러한 열화인자의 침투를 막고 콘크리트의 내구성을 향상시키기 위해 고성능 콘크리트, 마감재, 유지관리기술 등 다양한 분야에서 연구를 하고 있다.

하지만, 아직까지 콘크리트의 내구성 저하는 해결해야 할 큰 문제로 남아있다. 이에 따라 본 연구에서는 콘크리트의 내구성을 저하시키는 열화인자의 침투를 미리 방지하고자 고내구성 그래핀/에폭시 도료개발을 목표로 하고 우선적으로 그래핀 나노플레이트(GnP)의 표면개질에 따른 유기용매에서의 분산 안정성을 검토했다. 또한, FT-IR, AFM 분석을 통해 표면개질 된 GnP의 표면 특성과 형상변화를 확인하고자 하였다.

표 1. GnP의 물리적 특성

| 항목                       | 표면과 수직방향        | 표면과 직각방향        |
|--------------------------|-----------------|-----------------|
| 두께 (nanometers)          | 6 - 8           |                 |
| 밀도 (g/cc)                | 2.2             |                 |
| 카본함량 (%)                 | >99.5           |                 |
| 입자크기 (microns)           | 5, 15 - 25      |                 |
| 비표면적 (m <sup>2</sup> /g) | 120 - 150       |                 |
| 전기전도도도 (siemens/m)       | 10 <sup>7</sup> | 10 <sup>2</sup> |
| 인장강도 (GPa)               | 5               | -               |



a) SEM image of GnP



b) 분말형태의 GnP

그림 1. GnP의 외관

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

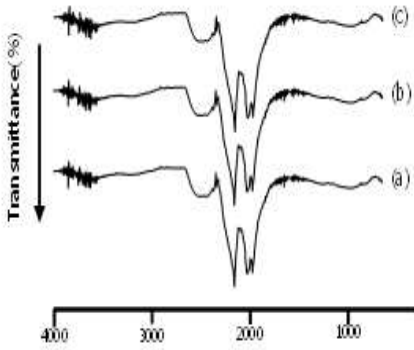


그림 2. a) GnP, b) C-GnP\*, c) H-GnP\*\*의 FT-IR 분석

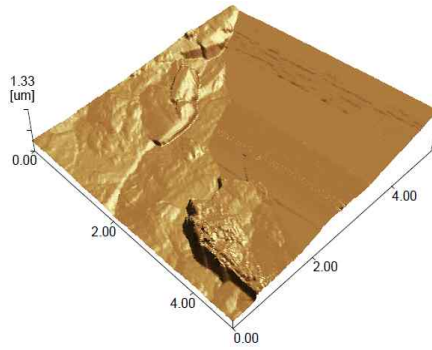


그림 3. C-GnP의 AFM 분석



그림 4. GnP, C-GnP, H-GnP의 유기용매 분산성

\*C-GnP : COOH 기능을 합성한 GnP, \*\*H-GnP : CH 기능을 합성한 GnP

## 2. 사용재료 및 실험방법

표 1에 본 연구에서 사용한 GnP의 물리적 특성과 그림 1에 GnP의 외관을 나타냈다. GnP의 표면개질은 에탄올에 GnP와 각각 CH, COOH 활성기를 가지는 커플링 에이전트를 혼합하고 일정시간 초음파분산을 실시한다. 그 후, 약 12시간 저속 마그네틱 교반을 실시하고 여과, 건조 후 CH, COOH 기능이 합성된 GnP 분말을 얻었다. 이러한 표면개질 된 GnP를 유기용매인 에탄올에 분산시켜 분산 안정성을 관찰하고 FT-IR, AFM 장비를 이용해 표면개질 된 GnP의 표면 특성을 확인했다.

## 3. 결과 및 고찰

그림 2에 표면개질에 따른 GnP의 FT-IR 분석 결과를 나타냈다. 분석결과 표면개질 되지 않은 GnP와 CH, COOH 기능이 합성된 GnP는 거의 유사한 형태의 피크를 보여 표면개질 여부를 확인할 수 없었다. 그림 3에 표면개질 된 GnP의 AFM 분석 결과를 나타냈다. 그래핀은 표면개질에 따라 두께가 증가하는 현상이 있기 때문에 AFM 분석을 실시했지만 본 연구에서 사용한 그래핀은 단층의 그래핀이 아닌 멀티 레이어 그래핀 나노플레이트이기 때문에 표면개질 전과 후의 두께 증가 현상은 확인할 수 없었다. 하지만 그림 4에서 볼 수 있듯이 표면개질 된 GnP의 유기용매 분산성을 검토한 결과 표면개질 되지 않은 GnP와 비교해 안정된 분산성을 보였다. 따라서, 향후 연구 계획으로는 추가적으로 라만분광분석과 X선 광전자 분광법을 이용해 표면개질 여부를 확인하고 표면개질 된 GnP를 에폭시와 혼합하여 그래핀/에폭시 도료의 기계적인 특성 및 내약품성을 평가할 계획이다.

## 4. 결 론

CH, COOH 기능이 합성된 GnP의 유기용매 분산성을 검토한 결과 표면개질하지 않은 GnP보다 안정된 분산안정성을 보여 표면개질에 따른 분산성 향상의 가능성을 확인했다. 하지만, FT-IR, AFM 분석결과에서는 표면개질여부를 확인할 수 없었으므로 그래핀 표면에 어떠한 원소들이 결합되어있는지 분석하기 위해서는 추가적인 실험이 필요할 것으로 판단된다.

## 감사의 글

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

## 참 고 문 헌

1. Wang, Xin, et al. Covalent functionalization of graphene with organosilane and its use as a reinforcement in epoxy composites, Composites Science and Technology 72,6 : pp.737~743, 2012
2. Tang, Long-Cheng, et al. The effect of graphene dispersion on the mechanical properties of graphene/epoxy composites, Carbon 60, pp.16~27, 2013