

탄소나노튜브 보강 복합재 보강근의 인장거동 특성

이상열*, 최형배*, 강기성*
 *(주)하이퍼엠텍
 e-mail:lsy@anu.ac.kr

Tensile Behavior Characteristics of Composite Rebars reinforced by Carbon nanotubes

Sang-Youl Lee*, Hyung-Bae Choi**, Ki-Sung Kang*
 HiperMtech (Hi-Performance Material Technology) Inc.

요약

본 논문에서는 탄소나노튜브로 보강한 복합재 보강근의 인장거동 특성을 다루었다. 탄소나노튜브는 강도 및 연성이 기존 강재 대비 우수하여 다양한 산업에 적용이 확대되고 있다. 특히, 나노스케일의 작은 입자로 복합재의 레진 등에 분산 시켜서 사용하면 기존 복합재의 성능을 더욱 향상시킬 수 있다. 본 연구에서는 탄소나노튜브로 분산한 복합재에 대하여 철근 형태로 개발하여 철근을 대체할 수 있는 고강도 보강근을 제안하였다. 탄소나노튜브로 보강된 복합재 보강근 시편을 제작하여 인장강도 시험을 수행하여 강도 특성을 상세 분석하였다.

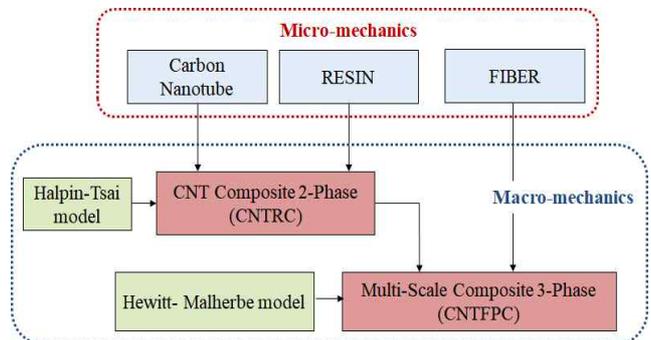
1. 서론

탄소나노튜브(Carbon Nanotubes)는 그래핀이라는 탄소 원자 한 층으로 이루어진 막을 벽으로 하며 길고 속이 빈 튜브 모양으로 만들어졌으며, 현존하는 중량 대비 가장 높은 강도(강철의 약 300배)를 나타내는 것으로 알려져 있다.

국내 구조물의 대부분은 철근 콘크리트로 시공되었으며, 대부분의 구조물이 노후화되어 극한 환경에 취약한 상황임. 첨단 나노기술을 적용하여 CNT를 레진에 균질하게 분산하고 보강섬유에 최적 합성하여 최종적으로 CNT-복합재 보강근을 개발함으로써 지진 등의 극한 충격 하중에 대한 철근 대체 기술의 획기적인 향상을 도모하는 것을 최종적인 목표로 한다. 그러나, CNT가 함유된 복합재 보강근의 대표적인 역학적 성능인 인장강도에 대한 실험적 접근은 아직 미미한 실정이다. 또한, 복합재의 경우 높은 강도로 인하여 인장 시험시 중앙부의 파괴이전에 grips부에 대한 슬립현상에 발생하는 경우가 빈번하여 이에 대한 상세 보장이 필요하다. 본 연구에서는 소량의 함유량을 갖는 CNT를 레진과 합성하여 Matrix로 구성하도록 하며, 기존의 복합재 섬유로 보강하여 3단계로 합성하는 멀티-스케일 CNTFPC (Carbon Nanotubes/Fiber/Polymer Composite)로 구성된 철근 대체 보강근을 개발, 제작하여 인장강도 특성을 상세 분석하고자 한다.

2. CNT 보강 복합재 기본이론

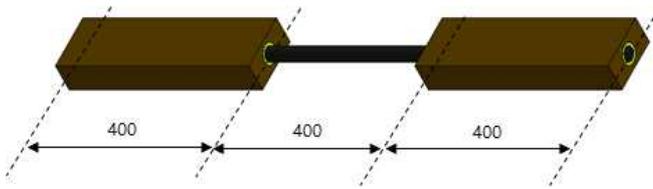
나노 스케일을 갖는 탄소나노튜브는 직경이 2~100nm이고 길이가 0.2~5.0μm로서 매우 작은 크기이며 직경-길이 비율에 따라서 역학적 특성이 매우 다르게 나타난다. 따라서, 콘크리트 구조물의 극한환경에서의 최적화된 구조적 성능확보를 위하여 나노스케일에서 구조성능을 제어할 필요가 있다. 멀티스케일 이론에 기반한 해석이론 및 CNT 융합개념을 정립하여 보수보강 성능을 극대화할 수 있는 CNT-복합재 구조를 정립하였다. 그림 1은 CNT 분산 복합재 (CNTFPC)의 기본 개념을 보여준다.



[그림 1] CNT 분산 복합재 기본 개념 (Lee, 2018)

3. 인장강도 시험 및 결과분석

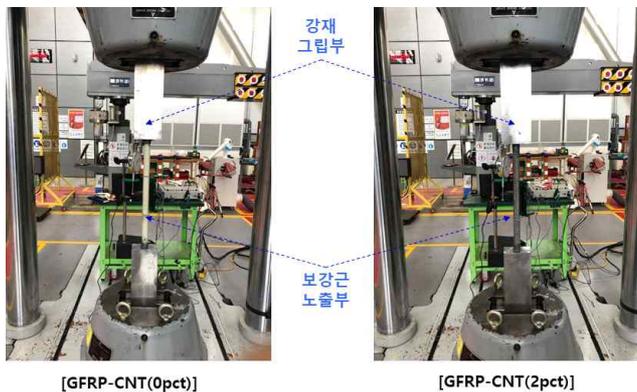
전술한 바와 같이 본 시험의 목적은 그림부를 보강한 CNT 분산 복합재 보강근의 인장강도 특성 분석이다. 0% 및 2% CNT 함침 비율에 따른 25mm 직경을 갖는 복합재 (GFRP) 보강근 시편을 제작하였다. 실내 시험은 1,000kN FTM을 이용한 일축 인장시험 (가력속도: 0.03mm/sec)을 수행하였다. 그림부의 슬립현상을 최대한 방지하기 위하여 그림 2와 같이 시편 양단에 강재로 그림부를 구성하였다. 그림 3은 실제 제작한 시편 전경을 보여준다.



[그림 2] 그림부를 보강한 복합재 보강근



[그림 3] 그림부를 보강한 복합재 보강근



[그림 4] 인장강도 시험 전경

인장강도 시험결과 CNT 함유 0%와 2%를 비교하였을 경우, 2% 함유된 복합재 보강근의 인장강도는 CNT를 함유하지 않은 경우보다 10~15% 높은 것으로 나타났다. CNT의 함유로

인하여 인장강도가 향상된 것으로 분석된다. 다만, 그림부에서 일부 파괴되어, 최종 인장강도는 그 이상 발현될 것으로 예상된다.

4. 결론 및 향후 계획

본 연구에서는 탄소나노튜브로 보강된 25mm 직경을 갖는 복합재 보강근에 대한 인장강도 시험을 수행하였다. CNT의 높은 강도성능으로 인하여 2%의 소량으로 보강한 경우임에도 CNT로 보강하지 않은 경우보다 상승된 인장강도 보강효과를 보였다. 향후, 다양한 직경을 갖는 보강근에 대한 성능을 분석할 예정이며, 콘크리트와의 부착성능 등 기존 이형철근과 비교하여 성능을 상세 규명할 예정이다.

감사의 글

본 논문은 중소기업벤처부에서 지원하는 2019년도 창업성장 기술개발사업(No.S2797130)의 연구수행으로 인한 결과임.

참고문헌

- [1] Lee, S.Y., "Dynamic Instability Assessment of Carbon Nano tube/fiber/polymer Multiscale Composite Skew Plates with Delamination Based on HSDT", Journal of Composite Structures, Vol. 200, pp. 757-770, 2018.
- [2] 이상열, "탄소나노튜브로 보강된 멀티스케일 적층 복합소재 구조의 재료 물성 및 강성 변화 추정", 한국복합신소재구조학회 논문집 제9권, 제4호, 12월, 2018년.
- [3] 최형배, 이상열, "다중벽 탄소나노튜브 복합재로 보강된 콘크리트 구조체의 고에너지 충격 거동", 한국방재학회 논문집 제20권, 제2호, 4월, 2020년.