

## 10mm 직경 CFRP 스틱 빔 바인딩 와이어 연계형 온도 센서 부착 구조 연구

차재상\*, 안창준\*, 박창현\*\*, 박형준\*\*, 조주필\*\*©

\*(일본)Chiba 대학교, \*\*국립군산대학교

© 교신저자 : stefano@kunsan.ac.kr

## Study on the attachment structure of a 10mm diameter CFRP stick beam binding wire-linked temperature sensor

\*Jaesang Cha, \*Chang-Jun AHN, \*\*Chang Hyun Park, \*\*Hyung Jun Park and \*\*Ju Phil Cho

\*(Japan) Chiba University

\*\*Kunsan National University

### 요약

본 논문에서는 탄소섬유강화플라스틱(CFRP) 소재를 활용하여 실내 구조물에 적용 가능한 직각 빔 구조를 형성하고, 이에 바인딩 와이어를 이용한 접합 방식을 도입하여 온도 센서의 안정적인 부착 구조를 제시하였다. 특히, 직경 10mm의 CFRP 스틱을 활용하여 경량성과 내식성을 유지하면서도, 바인딩 와이어를 매개체로 구조물과 센서 연동이 가능하도록 와이어 연계형 부착 방식과 이를 통한 온도 센서 데이터 전송 구조를 중심으로 분석하였다. 해당 구조는 기존 철근 기반 구조물 대비 시공성과 유지보수 측면에서 유리하며, IoT 기반 실시간 온도 감지 기능과의 융합 가능성을 보여준다.

### I. 서론

최근 건축 및 토목분야의 학계 및 산업계에서는 철근을 대체할 수 있는 건축 구조재로서 탄소섬유강화플라스틱(CFRP, Carbon Fiber Reinforced Plastic)의 활용에 대한 고려가 점차 증가하고 있다. CFRP소재는 가볍고 내식성이 뛰어나며 높은 인장 강도를 갖추고 있어, 기존 철근을 대체할 수 있는 구조재로 주목을 받고 있다 {1}{2}{3}. 일본 국토교통성 및 미국 연방 고속도로청(FHWA) 등에서는 CFRP의 건축 구조 적용 가능성을 다룬 연구 및 가이드라인을 제시하고 있으며{4}{5}, 우리나라에서도 도로교량 및 구조물 보강 등 다양한 분야에서 CFRP의 활용이 증가하고 있다 {6}. 이렇듯 국내외 적으로 다양한 영역에서 CFRP를 활용한 구조물에 대한 연구 및 활용성에 대한 검토가 활발하게 진행은 되고 있으나, 해당 구조물에 구체적으로 센서를 결속 또는 부착하여 실시간 데이터를 수집하기 위한 부착 구조 방식에 대한 세부적인 접근 기법에 대한 연구는 아직 초기 단계에 머무르고 있다. 특히 바인딩 와이어와 같은 간단한 결속 수단을 통해 센서를 안정적으로 부착하는 구조적 설계 및 센서 데이터의 신뢰성 확보에 관한 세부 연구는 상대적으로도 극히 부족한 상황이다. 따라서, 본 논문에서는 이러한 기존 연구의 한계를 극복하고자, 직경 10mm의 CFRP 스틱을 기본 요소로 한 직각 빔 구조를 설계하고, 바인딩 와이어를 활용하여 온도 센서를 구조적으로 안정적으로 연계하는 방식을 제시하고자 한다.

### II. 본 연구의 구조 방법론과 제시구조

본 연구에서 제안한 구조는 직경 10mm의 CFRP 스틱을 다수개를 이용하여 철근 콘크리트에 들어갈수 있는 테스트용 빔 프레임을 형성하고, 각 접합부에 바인딩해야 하는 와이어의 도체성분 특성을 활용해 온도센서를 연결하여 활용하는 방식이다. 각 바인딩 지점의 금속성분의 와이어 성분은 CFRP소재와 온도 센서 간의 상호 연계를 지원하는 인터페이스 소재로 활용되며, 센서는 와이어에 직접 결속되거나 기타 중간 매개체(예: 고무 절연 패드)를 통해 접촉 압력을 분산시켜 안정적으로 부착될 수도 있다. 본 구조 검토 시 주요 고려사항은 (1) 온도 센서의 고정력, (2) 온도 센서 데이터 신뢰성 확보, (3) 구조물의 바인딩 와이어의 내구성 유지라고 볼수 있다. 또한 구조물의 온도 상태정보는 센서와 연계되는 데이터 전송용 통신 솔루션과 연동된다.

### III. 본 연구의 구조 방법론과 제시구조

실험은 복수개의 CFRP 스틱을 이용해 테스트용 소규모 직각 빔 구조 형태를 만들고 이들 각 스틱들을 연결하기 위해 바인딩 와이어를 활용하였으며, 이러한 바인딩 와이어와 온도 센서는 상호간 견결구조를 가질수 있도록 구조를 설계하였다. 온도 센서 모듈은 센서 데이터 범용 통신 기반으로 데이터 취득 및 전송 프로토콜이 설정되었으며, IP망을 통한 센서데이터의 로컬 서버에의 데이터 전송이 가능하다.

온도 변화 실험은 외부 환경에 따라 상온의 가변조건에서 진행되었으며, 온도 센서의 데이터는 특정시간 간격으로 데이터를 송신 가능하다. 기초 실험 결과, 장착된 온도 센서의 데이터 전송율은 기본적으로 98% 이상을 유지하고 있으며, 구조체의 와이어와 연동하여 지속적인 센서 데이터의

확보도 가능할수 있음을 확인하였다.

#### IV. 결론

본 논문에서는 직경 10mm의 CFRP 스틱으로 구성된 직각 빔 구조에 바인딩 와이어를 활용한 온도 센서 부착 방식을 제안하고, 해당 구조에 대한 실험을 통해 구조적 안정성과 신호 전송의 신뢰성을 검증하였다. 특히, CFRP 스틱을 활용하여 경량성과 내식성을 유지하면서도, 바인딩 와이어를 매개체로 구조물과 센서 연동이 가능하도록 와이어 연계형 부착 방식과 이를 통한 온도 센서 데이터 전송 구조를 중심으로 분석함으로써, 제시한 구조 기법의 활용성을 확인할수 있었다.

[키워드] CFRP, 온도 센서, 데이터 수집, 구조, 바인딩 와이어 결속

#### ACKNOWLEDGMENT

본 연구성과의 일부는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 RS-2021-KA163381).

본 논문은 (재)전북테크노파크 재원을 지원받아 수행된 지역특성화산업 전문인력양성사업 연구 결과입니다.

#### 참 고 문 헌

- [1] C. Bakis, et al., "Fiber-Reinforced Polymer Composites for Construction - State-of-the-Art Review," *Journal of Composites for Construction*, vol. 6, no. 2, pp. 73-87, 2002.
- [2] M. Suzuki, et al., "Application of Carbon Fiber Reinforced Plastics to Building Structures in Japan," *Journal of Structural Engineering*, vol. 140, no. 4, 2014.
- [3] Y. Tanaka, et al., "Development of Smart CFRP Rods for Structural Monitoring," *Composite Structures*, vol. 152, pp. 203-210, 2016.
- [4] Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism (Japan), "Guidelines for the Use of FRP in Structural Engineering," 2018.
- [5] Federal Highway Administration (FHWA), "Use of Fiber Reinforced Polymer Composites in Bridge Construction," U.S. Department of Transportation, Tech Brief, 2019.
- [6] 한국도로공사 기술연구소, "CFRP 재료를 활용한 교량 구조 보강 적용 사례," *구조기술연구보고서*, 2021.