

10mm 직경 CFRP 스틱 기반 원형 기둥 구조와 온도 센서 부착 방법 연구

차재상*, 안창준*, 박창현**, 박형준**, 조주필**©

*(일본)Chiba 대학교, **국립군산대학교

© 교신저자 : stefano@kunsan.ac.kr

A Study on Temperature Sensor Attachment in Circular Columns Using 10mm CFRP Rods

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

*(Japan) Chiba University

**Kunsan National University

요약

본 연구는 직선형 탄소섬유강화플라스틱(CFRP) 스틱을 연결하여 원형 기둥 구조를 형성하고, 이에 온도 센서를 안정적으로 부착하는 구조를 설계 및 실험적으로 검증하였다. 각 CFRP 스틱은 곡면 배열을 통해 원형 루프 형태로 조립되었으며, 센서는 연결 지점에 부착되어 범용 무선통신 프로토콜을 통해 데이터를 전송하였다. 무선 통신 환경에서 기초 통신 실험을 수행한 결과, 데이터 전송의 평균 에러율은 크게 낮아서 데이터 수신의 신뢰성을 확인할 수 있었다. 제안된 구조는 실시간 모니터링 기능과 구조적 안정성을 갖추고 있어, 향후 스마트 인프라 구현을 위한 실용적 센서 부착 방식으로서의 가능성을 제시한다.

I. 서 론

최근 탄소섬유강화플라스틱(Carbon Fiber Reinforced Plastic, CFRP) 소재를 철근의 대체재로 건축 및 토목 산업분야에서 사용하고자 하는 의도들이 상당수 증가되고 있는데, 그 이유는 CFRP의 경량성과 우수한 기계적 특성{1}{2}과 같은 장점이 주 요인이라고 할 수 있다. CFRP는 높은 인장 강도와 타월한 내식성 덕분에 교량, 터널, 내진 보강 구조물 등에 적용되고 있으며, 국내외에서 관련 사례와 기술 개발이 보고되고 있다{3}{4}{5}. 이와 함께 구조물의 상태를 실시간으로 파악할 수 있는 센서 기반 모니터링 기술이 중요해지면서, 복합재 구조물에 다양한 센서를 적절 부착하거나 내장하는 방식에 대한 연구도 병행되고 있다{6}. 그러나 원형 형태의 구조물에 직선형 CFRP 스틱을 이용하여 원형 구조물을 구성하는 방법과 구조물에 도 센서를 효과적으로 결합하는 기법에 대한 내용이나, 이를 구조물에 온도센서 데이터를 무선으로 전송하는 실용적인 기법들에 대한 연구는 아직까지 초보단계에 머물고 있는 것이 현실이라고 할 수 있다. 따라서, 본 연구에서는 직선형 CFRP 스틱을 원형 구조로 연결하여 기둥 형태의 구조물을 형성하고, 해당 구조에 온도 감지 센서를 안정적으로 설치할 수 있는 방법을 제시하고자 한다.

II. 본 연구의 구조 방법론과 제시구조

제안된 시스템은 직선형 CFRP 스틱을 곡선 배열로 정밀하게 연결하여 원

형 프레임 구조를 형성한 후, 특정 지점에 온도 센서를 부착할 수 있도록 설계되었다. 온도 센서의 설치 위치는 프레임의 부착면 또는 외부에 설치하는 것을 가정하였다. 원형 프레임 구조의 기하학적 배치의 세부 구성은 다음과 같다.

- CFRP 스틱의 길이는 일정하게 유지되며, 동일한 중심 각을 기준으로 방사형으로 배열.
- 전체 구조는 정다각형을 근사하는 방식으로 설계되며, 본 연구에서는 복수개의 각도(예: 12각)로 직선 스틱을 배치하여 원형 기둥 형태를 구현.
- 각 스틱의 양 끝은 이웃 스틱과 연결되며, 접합부는 중심을 기준으로 동일한 반지름 상에 위치하도록 고정.
- 온도 센서 부착 지점은 각 접합부 또는 중간지점에 배치되며, 센서 간 간섭을 최소화하도록 180도 반대 방향으로 균형 있게 분포.

데이터 전송에는 범용 무선통신 프로토콜을 활용하였으며, 온도 센서로부터의 측정값은 주기적으로 외부 수신 장치로 송신되도록 구성되었다.

III. 본 연구의 구조 방법론과 제시구조

실원형 프레임 구조는 복수개의 직선형 CFRP 스틱을 이용하여 회전형태로 배치함으로써 직경 20mm 정도의 테스트용 원형 기둥을 구현하였으며, 복수개의 온도 센서가 기둥 구조물 벽면 또는 외부에 배치되었다. 테스트용 기초실험은 실내에서 상온 환경에서 온도센서를 기반으로 온도센

서의 진단데이터를 무선 범용 프로토콜로 전송하고 이를 수신하여 복원하는 형태로 진행하였다. 통신 레이털의 전송속도나 데이터 애러율과 같은 통신 품질은 적용하는 무선통신 솔루션이 근본적으로 범용 IEEE802.11 무선의 물리계층을 이용하기 때문에 양호한 특성을 확보할 수 있었다.

IV. 결론

본 논문에서는 직선형 CFRP 스틱을 원형으로 연결하여 형성된 기둥 구조에 온도 센서를 안정적으로 부착하고, 측정 데이터를 무선으로 송신할 수 있는 구조적 방식을 제안하였다. 기초 테스트 구조물과 이에 연동되는 온도센서의 데이터 전송에 있어서는 안정적인 데이터 수신 능력을 확보하였으며, 이를 통해 제시된 구조물이 온도센서와 연동하여 유용하게 동작될 수 있다는 기본적인 활용가능성을 확인하였다. 단, 본 논문은 학술대회 수준의 논문으로서 기초적인 기능 테스트에 국한되어 있으나, 실용성을 제고하려고 하면 원형 구조체에 추가적인 콘크리트 타설등이 이뤄질 경우에는 온도 센서 뿐만 아니라 다양한 환경 센서들을 이용한 추가적인 성능 분석이 고려될 필요성은 있으며, 기타 다양하고도 추가적인 통신기법, 모니터링 등과 같은 영역 또한 필요하다고 할 수 있다. 이러한 내용들은 향후의 추가적인 연구주제 및 별도의 논문 영역으로 남겨두고자 한다.

[키워드] CFRP, 온도 센서, 데이터 수집, 원형기둥 구조

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] A. Al-Saidy, et al., "Structural Behavior of Circular CFRP Confined Columns," *Construction and Building Materials*, vol. 29, pp. 534 - 541, 2012.
- [4] T. Uomoto, "Application of FRP Reinforcements for Concrete Structures in Japan," *Cement and Concrete Composites*, vol. 22, no. 1, pp. 15 - 24, 2000.
- [5] 국토교통부 건설산업진흥과, "비금속 보강재 적용기술 매뉴얼," 국토교통부 기술자료, 2020.
- [6] S. Ghaffar, et al., "Real-Time Temperature Monitoring in Fiber Composite Columns Using Embedded Sensors," *Journal of Intelligent Material Systems and Structures*, vol. 30, no. 12, pp. 1847 - 1860, 2019.