



케이블의

미래를
정착시키다

사장교용 CFRP 케이블 정착 기술

구조융합연구소 정우태 수석연구원

강재는 건설 공사의 재료로 쓰기 위해 철근, 강연선, 케이블 등으로 만들어진다. 현재 다양한 분야에서 사용되는 강재는, 그러나 구성되는 물질의 특성상 부식에 취약하다는 단점이 있다. 기술은 어제의 불편함을 인지할 때 개발에 착수할 수 있는 법이다. 그 결과 국내외 많은 연구자와 개발자들이 강재의 대안을 연구했고, 대안으로 첨단 복합재료인 탄소섬유 보강 중합체(CFRP)를 개발했다. 해외에서는 이미 CFRP를 다양한 분야에 적용하고 있으며 특히, CFRP 케이블은 사장교에도 적용되어 활용 분야를 확대하는 추세다. 국내에서는 한국건설기술연구원이 CFRP 케이블을 산업에 최초로 적용할 수 있도록 해당 기술의 기초연구를 완료했다.

정우태 박사는 해석 및 실험 과정을 반복적으로 진행했고,

결과적으로 CFRP의 정착 기술을 세계적인 수준으로 끌어올리는 데 성공했다.

케이블 개발보다 어려운 정착 기술

CFRP는 탄소섬유를 강화재로 하는 첨단 복합 재료다. 콘크리트 구조물에 일반적으로 사용되는 철근에 비해 무게는 5분의 1에 불과하지만 강도는 6배에 이른다. 무엇보다 부식이 발생하지 않기 때문에 철근이나 강연선의 대체 재료로 주목받고 있다. 문제는 '이 CFRP를 구조물에 어떻게 정착시킬 수 있느냐'하는 과제이다. CFRP가 인장, 즉 길이 방향으로 당겨지는 힘은 강한 반면 횡단면에서의 힘은 약한 탓에 구조물에 정착시키는 기술을 구현하기는 생각만큼 쉽지 않다.

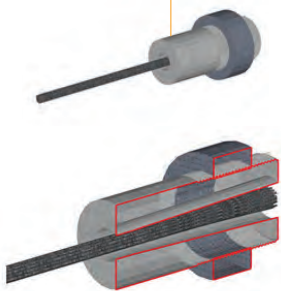
한국건설기술연구원은 오랜 연구 끝에 CFRP 긴장재와 더불어 전용 정착 기술을 성공적으로 개발했다. 무엇보다 도로교용 사장교 케이블과 같이 높은 하중이 필요한 경우 여러 개의 CFRP 끝을 펼쳐서 정착하는 기술을, 보도용 사장교 케이블에는 하나의 CFRP 끝에 압력을 가함으로써 정착하는 기술을 개발한 것이 괄목할 만한 성과다. 이 중 하나의 CFRP를 정착하는 기술은 교량의 수명을 연장하는 보강 공법으로도 활용하고 있다. CFRP가 구조

물 바깥으로 드러나지 않도록 철저한 매립 공법을 통해 화재 위험과 자동차 충돌 가능성마저 최소화한 것이 특징이다. 기술을 완성하는 데 선봉장 역할을 했던 정우태 박사는 동료들과 수많은 아이디어 회의를 거치며 해석 및 실험 과정을 반복적으로 진행했고, 결과적으로 CFRP의 정착 기술을 세계적인 수준으로 끌어올리는 데 성공했다.

현재 CFRP 정착 기술이 활용될 수 있는 분야로 크게 대두되는 것은 사장교이다. 대교 위를 주행하는 사람들이라면 주탑 위에서부터 도로까지 거미줄처럼 길게 이어진 줄을 발견할 수 있는데, 그 케이블의 힘을 받으며 지지되는 다리가 바로 사장교이다. 문제는 이러한 사장교가 주로 바닷가에 세워진다는 점이다. 사장교에 적용되는 케이블이 부식의 가능성에서 자유로울 수 없으므로 부식의 위험이 없는 CFRP 케이블을 사장교에 활용하는 방식이 중요한 화두로 떠오르는 것이다.



비부식, 경량 재료인 CFRP(Carbon Fiber Reinforced Polymer) 소재를 활용한 사장 교량 CFRP 케이블 시스템



미래의 사고와 피해를 예방하다

CFRP를 활용함으로써 얻을 수 있는 효과는 무궁무진하다. CFRP는 앞에서 살펴본 바와 같이 장점이 다양하지만 재료의 가격이 비싸다는 단점이 있다. 하지만 CFRP를 구조물에 활용할 경우, 재료를 충분히 상쇄하고도 남을 만큼 시공비와 사후 관리비를 절감할 수가 있다는 것이 정우태 박사의 설명이다. CFRP의 시공성이 우수하여 인건비 및 시공 비용 등을 절감하며, 무게가 가벼워 경비 차원에서도 비용을 절감하는 덕분이다.

다양한 위험과 사고로 발생하는 막대한 피해도 예방할 수 있다. 2015년 12월에 발생한 서해대교 낙뢰 화재 사건은 낙뢰 화재로 케이블이 끊어지는 바람에 소방관 1명이 순직하는 등 인명피해가 발생했고 복구비용으로 23억 원이 투입됐다. CFRP 역시 화재를 완벽하게 차단할 수는 없지만 일반적인 강재보다 열에 견디는 특성이 높기 때문에 피해의 확산을 막을 수 있을 전망이다. 또한 사고가 발생하면 초반

에 인명 피해를 막을 수 있는 시간인 '골든 타임'을 확보하는 데에도 크게 도움을 줄 것으로 기대된다.

기존 재료의 부식으로 문제가 된 사례는 이미 나타났다. 지난 2016년 2월 발견된 서울 정릉천 고가도로의 텐던(강연선 다발 묶음) 결함 문제이다. 교량의 내부에 사용된 일부 텐던이 손상된 것이다. 당시 최종 조사결과에 의하면 손상의 원인은 수분에 의한 강연선 부식이었다. 이와 같은 문제를 방지하여 유지관리 비용을 크게 줄일 방법은, 앞으로 녹슬어 약해질 수 있는 케이블을 CFRP로 대체하는 일이라고 할 수 있다.

장기적인 관점에서 CFRP의 활용은 더 큰 경제적 이익을 창출할 것이다. 지금부터라도 CFRP 도입은 물론, CFRP의 올바른 활용을 위해 정착 기술을 활용하는 일이 중요하고 시급한 과제인 이유다.

기술의 특징점

보도용 사장교 케이블 정착 기술은 CFRP 끝에 압력을 가하는 방식을 적용했다. 교량의 수명을 연장하는 보강 공법으로도 활용되는 이 정착 기술은 매립 공법을 통해 외부로부터의 화재 및 충격을 최소화한다.

수많은 땀이 모인 결과물

정우태 박사의 비전은 비단 여기서 그치지 않는다. 사장교는 물론이고 도로와 지반, 수자원 분야에 쓰이는 앵커와 같이 강연선이 쓰이고 있는 거의 모든 분야에 CFRP를 적용할 수 있도록 목표를 잡았다. 또한, 구조물 안에 적용된 CFRP가 추후에 어느 정도의 힘을 견디고 있는지 혹은 그 힘이 느슨해지지 않는지 IOT(사물인터넷)의 개념을 적극적으로 도입, 데이터베이스를 구축하고 분석하여 구조물 바깥에서도 CFRP 상태를 쉽게 측정할 수 있도록 할 계획이다.

물론 사장교용 CFRP 정착 기술은 현재 특허 기술만 보유한 상태로서 아직은 현장에 적용하기엔 몇 가지 과제가 남아 있다. 지금도 연구에 매진하고 하는 정우태 박사는 앞으로 이 기술을 완성 단계까지 구축하여 이른 시일 내에 현장에서 적용할 예정이다.

많은 난관에도
오늘날의 성과를 이뤄낸 것은,

개발을 중단해야 했던 그 순간조차 CFRP 정착 기술을
밤낮없이 고민했던 정우태 박사와 동료들의 절실한
노력이 뒷받침되었기 때문이다.



이미 가시적으로 진척되는 성과들은 충분히 나타나고 있다. 지난해에는 케이블을 제작하는 업체에서 한국건설기술연구원이 개발한 사장교용 CFRP 정착 기술에 큰 관심을 보이며 기술이전의 가능성을 높였다. 중소기업과 끊임없이 협업하는 과정을 거치고, 추가 연구에 더욱 매진한다면 기술을 실용화하는 단계는 더욱 앞당겨질 것이다.

CFRP 정착 기술은 지난 10년 동안 고된 과정이 있었다. 당장의 사업화가 불가능하다는 이유로 과제가 조기 종료되었던 시점도 맞았으며, 정착 기술을 확보하는 실험 과정에는 시행착오와 실패도 많았다. 많은 난관에도 오늘날의 성과를 이뤄낸 것은, 개발을 중단해야 했던 그 순간조차 CFRP 정착 기술을 밤낮없이 고민했던 정우태 박사와 동료들의 절실한 노력이 뒷받침되었기 때문이다. CFRP 정착 기술이 많은 사람들의 땀에서 비롯된 결과물인 만큼 앞으로 탄생할 구조물 안에서 제 기능을 마음껏 발휘하길 바라본다. ↻