

교량의 케이블 내화 성능 보강 기술

글 이정우
-
인프라안전연구본부
수석연구원

케이블 교량 내화 보강 현황

케이블 교량은 인위재난 발생 시 직·간접적 피해가 크고, 사회적 혼란을 야기할 수 있는 중요 사회기반시설이므로 충돌, 폭발 및 화재와 같은 인위재난에 대한 구조적 거동을 사전에 파악할 필요가 있다. 그러나 국내 인공재난에 대한 부재요소별 극한성능평가 기술 분야는 원자력발전소와 같은 특수구조물을 제외하고는 종합적이고 체계적인 절차가 수립되어 있지 않다.

교량 케이블 화재사고의 경우도 국내·외를 막론하고 기존 연구 및 보완·대비책은 매우 미비한 실정이다. 국내·외에서 낙뢰에 의한 화재로 케이블이 절단되는 사고는 2건이 발생하였다. 하나는 그리스 Rion-Antirion 대교에서 2005년에 낙뢰에 의해 교량 케이블이 절단되는 사고가 발생하였고, 후속대책으로 피뢰침 등과 같은 낙뢰 보호 시스템을 설치하는 것으로 보강을 진행하였다. 국내에서는 2015년 12월에 서해대교에서(그림 1) 낙뢰에 의해 교량 케이블에 화재가 발생하여 케이블이 절단되는 사고가

발생하였다. 이 사고로 인해 통행 중인 시민의 안전이 위협받았을 뿐만 아니라, 국가 간선도로인 서해안 고속도로의 장기간 차단으로 인해 막대한 경제적 손실이 발생하였다. 케이블 절단 사고의 후속대책으로 안전시설 보강을 위해 도로안전관리예산 1조 5천억을 투자하여 방수층, 포소화전 등 방재시설을 구축하였고, 주탑 및 케이블 등의 안전기준을 강화하는 계기가 되었다. 국내의 장대교량 케이블에 사용되는 HDPE (High-density polyethylene), 왁스 등과 같은 구성 재료는 연소 및 화염확산 특성에 대한 자료가 전무한 상태이기 때문에 장대교량에 대한 적정 화재 방호대책 수립이 어려운 실정이다. 현재 내화 보강과 관련된 기술로는 기존 케이블에 내화재를 추가로 설치하는 정도의 방법만 있다(그림 2). 그러나 이 방법은 기존 교량에는 적용이 불가능하며, 또한 고가의 시공비(300만원/m)로 매우 큰 보강비용이 발생한다. 이를 국내 케이블 교량에 대해 적용할 경우 천문학적인 비용이 예상되므로, 가격

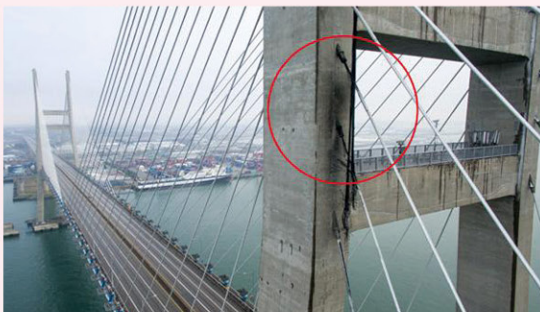


그림 1. 서해대교 케이블 손상



그림 2. 기존 케이블 내화 보강방법

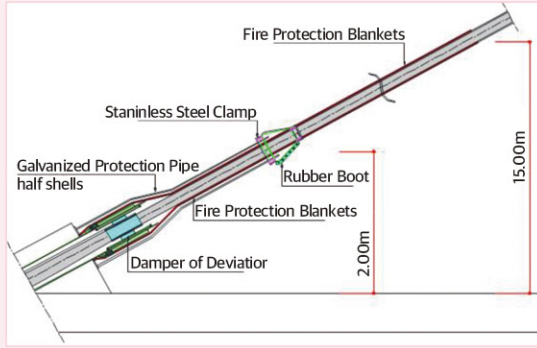


그림 3. 케이블 내화 보강 개념

은 낮고 효과와 시공성이 우수한 내화재료를 사용하여 교량 케이블의 내화 성능 보강을 위한 내화 블랭킷(Blanket)을 개발하고자 한다(그림 3).

교량 케이블 내화 성능 보강 기술

국내의 경우 공용 중인 케이블 교량은 약 100개소 이상이며, 이 중 약 50%가 사장교로 구성되어 있다. 한국건설기술연구원에서는 2017년도부터 국가 R&D로 수행한 ‘케이블 내화 보강 기술 개발’ 과제에서 교량 케이블을 보호하기 위한 내화 블랭킷, 내화 블랭킷 보호커버, 내화 블랭킷 및 보호커버 시공방법 개발 연구를 수행하였다. 현재 교량 케이블에 내화 성능을 보강하기 위해 개발된 기술은 신설 교량에만 적용이 가능하고 케이블 단면증가가 매우 크게 발생하지만, 개발하고자 하는 내화 블랭킷은 다공성 무기소재인 실리카 에어로겔과 실리카 섬유를 사용하여 적용하는 기술로 단면증가 효과를 최소화하면서 기존 교량에 적용이 가능하다. 또한 개발하는 내화 보강 블랭킷은 실리카 섬유로 포켓을 형성하고 실리카 에어로겔을 삽입하여 블랭킷을 형성하는 구조로 내화 보강 블랭킷 보강층에 따라 열전달 시간의 조절이 가능하고, 화재에 의해 손상이 발생한 경우 손상된 보강층만 교체가 가능하여 경제성, 시공성 및 유지관리 측면에서 유리한 점이 많다.

케이블 내화 블랭킷 개발

케이블 내화 블랭킷을 개발하기 위해서는 재료단위의 특성을 파악하기 위한 소재 연구가 수행되어야 한다. 사용되는 각 소재의 열전달계수를 확인하고, 모형실험 및 실물 실험을 통한 성능을 입증하여야 한다. 먼저 열차단 성능을

높이기 위해서 내열소재인 에어로겔의 특성연구를 통해 적용 가능한 소재를 선정하는 연구를 수행하였다. 실리카 에어로겔과 실리카 섬유의 우수한 열차단 성질을 활용하여 높은 열차단 성능을 갖는 케이블 내화 블랭킷을 개발할 수 있다. 교량 케이블 보강 시 내화 블랭킷 보강 두께에 따른 열전달 계수, 재료 수축량 확인을 위한 모형 및 실물 실험 등의 연구를 수행하였다. 또한 기존 교량에 적용 시 필연적으로 발생하는 이음부의 내화성능 확인을 위한 검증 실험을 통하여 내화성능을 극대화 하였다. 향후 기존 교량에 내화 성능을 보강하기 위해서는 단면 증가 및 부분 보강에 따른 내풍안정성 검증, 교량 사용수명 동안 대기환경에 직접적으로 노출되므로 내후성 검증 등의 연구가 필요하다.

향후 연구 방향

케이블 교량의 화재로 인한 케이블 절단 사고는 전 세계적으로 발생 빈도가 매우 희박하지만, 충돌, 폭발 및 화재에 의한 케이블 절단 사고가 발생할 경우 사회·경제적 피해 규모는 막대할 것으로 예상된다.

현재 케이블 내화 성능 보강 기술과 관련하여 국내에서는 아직까지 연구가 진행된 바 없으며, 전 세계적으로도 기존 교량에 적용된 사례도 거의 없는 상황이다. 따라서 이 기술의 완성도를 높이기 위해서는 공용교량의 내화 보강 적용 대상교량 선정 및 선정기법 도출 그리고 적용 케이블 시스템에 따른 특성화된 내화 보강 공법 개발이 필요하다. 또한 내화 블랭킷 적용시 발생하는 단면 증가에 따른 내풍안정성 및 실물검증 실험을 통해 성능검증 연구가 진행된다면 케이블 교량 내화 보강 시스템 기술 사업화에 의한 신시장 창출이 가능하고 내화보강 관련 분야를 선도하는 연구로 발전할 수 있을 것으로 기대한다. ☐

참고자료

· 한국건설기술연구원 (2018), 케이블 내화 보강 기술 개발 보고서.