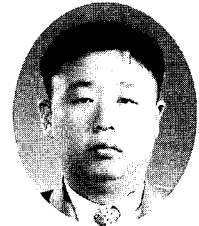


섬유보강폴리머(FRP) 복합재료의 교량 적용

- A Successful Beginning for Fiber Reinforced Polymer(FRP)
Composite Materials in Bridge Applications -



김지상*

Abstract

부식 열화는 교량 기술자들에게 있어서 지속적인 도전을 요구하는 문제가 되어왔는데, 스텔스 항공기를 개발하게 한 새로운 재료 기술은 교량의 부식을 해결할 수 있게 하였다. 즉, 경량의 고강도 재료로 높은 피로 저항성을 갖고 있고, 부식에 강한 복합체는 교량의 재료로서 아주 바람직한 성질을 갖고 있다. 섬유 보강 폴리머(FRP) 복합재료를 교량의 건설에 이용하려는 프로젝트는 1998년 현재 80 여 개가 넘게 진행되고 있는데, 이 중 미국 내에서 31개의 프로젝트가 수행되고 있다. 이 글은 미국 내에서 FRP 복합체를 교량 공학 분야에 적용하려는 초기의 성공적인 시도들에 관한 내용으로 복합체의 장점, 특성, 교량 적용시 고려 사항, 그리고 향후 복합재료에 관한 기술을 토목 구조물에 적용하는데 필요한 소요 기술 등에 관하여 정리한 것이다. 이 새로운 재료는 신설 구조물의 건설과 기존 교량의 보수 및 보강에 모두 적용할 수 있으며, FRP 복합체 기술을 토목 구조물과 기반 시설물 건설 분야에 적용하는 것은 지금까지 성공적인 결과를 보여 주고 있다. 미국연방도로국(FHWA, Federal Highway Administration)은 이 기술을 미국 내 교통 기반 시설물인 신규 교량의 건설은 물론 기존 교량의 보수 및 보강에 활용하는 방안 에 대하여 관심을 갖고 있다.

Keywords : corrosion, corrosion resistance, fiber reinforced polymer composite(FRP), bridges, durability, high performance materials, composite technology, FRP bridge decks, reinforcing elements, cable, tendon, laminates, concrete pier repairs, retrofit

신기술의 발전 배경

부식 열화는 교량기술자들에게 있어 지속적인 도전을 요구하는 문제가 되어 왔다. 강재 및 철근을 포함한 부재로 건설된 교량은 장기적인 내구성을 확보하기 위한 적절한 조치가 필요하다. 미국에서는 교량의 부식 문제의 심각성에 대한 인식과 더

* 정회원, 서경대학교 토목공학과 교수

불어 교량의 도장 및 비 부식성 동결 용해제 (a noncorrosive deicing salt)의 하나인 calcium magnesium acetate를 적용할 수 있도록 미국연방정부의 재정 지원을 확보할 목적으로 1991년도에 ISTEA(Intermodal Surface Transportation Efficiency ACT)라는 법이 제정되었다.¹⁾ 1997년 한 해 동안 ISTEA에 의하여 25억 달러의 예산이 고속도로 교량 대개체 및 보강에 사용되었는데, 재원의 대부분은 주로 부식 열

화에 의한 노후화가 진행된 교량의 개체 또는 보강에 사용되었다. 또한, 상기 예산에 연방 정부의 보조가 없이 자체적으로 집행된 예산까지 포함하면 50억 달러에 이르는 막대한 예산이 사용되었다.

미국 내에서 20,000여 개 이상의 교량 상판 신설에 있어 예폭시 도막 철근을 사용하였는데, 지금까지 지속적인 부식 방지 효과 및 콘크리트의 초기 박리 또는 부식에 의한 균열 발생 억제 효과를 보여주고 있다.

상부 철근 및 하부 철근 모두를 에폭시 도막 철근을 사용한 경우 철근 콘크리트 상판은 50년 이상의 수명을 가질 것으로 기대된다. 또한, 부식 억제제가 첨가된 고성능 콘크리트의 경우 설계 수명을 더욱 연장시킬 것이며, 스테인리스 철근은 75년 또는 그 이상의 설계 수명을 보인다. 보통 철근을 사용하거나 염해를 입은 기존 교량의 상판을 보강하여 그 수명을 연장시키는 방법으로는 cathodic protection system이 널리 사용된다.

신규 건설 교량 및 기존 교량의 보수/보강에 있어서 부식에 의한 구조물의 성능 저하 또는 열화를 경감시키려는 노력은 전술한 바와 같이 성공적으로 이루어지고 있으나, 아직도 21세기의 새로운 교량을 위한 신기술의 개발은 요구되고 있으며, 스텔스 항공기를 개발한 우주 시대의 새로운 기술이 교량의 부식 문제를 해결하여 줄 수 있을 것으로 믿어진다. 해법으로 제안된 것은 단순히 고성능의 비금속 재료를 교량에 적용하는 것으로 70여 년 간에 걸쳐 개발되어 온 새로운 종류의 비금속 재료는 섬유 보강 폴리머(FRP, Fiber Reinforced Polymer) 복합체이다. 보강 재료로 가장 많이 쓰이는 섬유는 유리 섬유, 탄소 섬유, 아라미드(aramid) 섬유 등이며, 섬유를 결합하여 복합체로 만드는 수지로는 폴리에스터, 비닐 에스터, 에폭시 계열의 수지 등이 널리 쓰인다. 이 복합 재료로 만들어진 생산품은 세계적으로 거의 모든 분야의 소비자, 산업체, 해양 및 방위 산업체 등에 널리 활용되고 있다. 미국 한 연구 기관의 조사에 따르면, 1994년 이후부터 9개 산업 분야의 시장에서 해마다 30억 파운드 이상의 FRP 복합체를 이용한 생산품이 소비되고 있다.²⁾

토목구조물에 있어서의 FRP 복합체

방위 산업 분야에서는 FRP 기술을 이용하여 스텔스기를 개발하고 있는 동안 토목기술자들은 이 기술을 토목 구조물에 적용하는데 있어 경험과 자신감을 얻기 시작하고 있다.

1996년에 미국연방도로국(FHWA)은 유럽 3개국과 일본에 대하여 FRP 복합체의 교량 적용 실태를 조사하기 위한 프로젝트를 수행하였는데, 그 목적은 각 국의 기술 수준 및 현황을 파악하기 위함이었다. 조사는 신설 교량의 건설, 기존 교량의 보강, 교각의 내진 보강 등의 분야로 구분하여 실시되었는데, 미국을 비롯한 조사 대상국의 FRP 복합체 교량 관련 기술은 큰 격차가 없는 것으로 보고되었다.³⁾

미국의 한 연구 기관(Composite Institute)의 자료에 따르면, FRP 복합 재료를 이용한 교량의 건설은 전 세계적으로 80여 개소 이상이고,⁴⁾ 그 중 미국에서는 30개의 작업이 수행되고 있는데, 그 중 26개는 1998년을 기준으로 최근 4년 사이에 건설되고 있는 것이다. 이 글은 FRP 복합체를 이용하여 미국에서 건설되고 있는 교량의 성공적인 건설에 대한 내용을 정리하여 소개하고 있다. 또한, 복합체 기술을 토목 구조물에 적용함에 있어서의 장단점, 기술적 특성 및 고려 사항, 향후 연구 과제 등에 관한 내용도 포함하고 있다. 이 새로운 재료는 신설 교량의 건설 뿐 만 아니라 기존 교량의 유지 보수 및 보강에도 적용될 수 있는데, 인도교 및 도로교 등 모든 교량을 새로 건설할 때에 전체 구조물을 FRP 복합체로 구성할 수 있음은 물론 일부 구조 부재의 제한적 적용도 가능하다.

FRP 복합 재료의 교량 적용

FRP를 이용한 최초의 인도교는 1975년 이스라엘에서 건설되었으며, 그 후 아시아, 유럽 및 북미 지역으로 확산되었다. 미국에서는 구조용 강재의 표준 단면과 유사한 형태의 인발 성형된 복합체 구조용 부재를 사용하여 혁신적인 공법으로 건설된 많은 수의 인도교가 있다. 이러한 인도교들은 부재의 중량이 가볍고 제작 및 설치 비용이 저렴하므로 중장비를 사용하지 않고, 장비의 접근이 곤란하거나 환경 문제에 의한 제약 받는 곳에 성공적으로 건설되었다.⁵⁾ 이 중 몇몇 경우는 교량 전체를 일체

로 제작하여 헬리콥터를 이용하여 운반, 설치하거나, 각 부재를 소형트럭을 이용하여 운반하고 현장에서 조립하는 형태로 건설되었다. 이러한 공법의 성공적인 적용에 따라 다음 단계로 최소한의 추가적인 원가 상승으로 부재 또는 재료의 강성을 증가시킬 수 있는 hybrid glass FRP 또는 carbon FRP의 생산을 불러왔다. 즉, 구조 부재의 단면에서 가장 효율적인 부분에 고품질의 섬유를 보강하는 방법을 적용하는 것은 생산 원가의 많은 증가 없이 고성능 재료의 효과적인 사용이 가능하도록 하였다.

인도교의 건설로부터 축적된 지식을 이용하여 많은 연구자들이 FRP 복합체를 이용한 도로교의 설계를 시도하게 되었으며 1990년대 초반에 다양한 형태의 교량 상판 시스템이 개발되고 실험되었다. 완전히 FRP 복합체로만 건설된 차량용 공용 교량은 1996년 12월에 미국 캔사스주에서 처음으로 시공되고 사용되었는데, 이 교량은 방위 산업 분야에서 사용하는 wet lay-up 공법을 적용하여 건설되었다.

FRP 상판은 공장에서 제작된 샌드위치 형태로 중간에 honeycomb cell을 갖고 있으며, 이 교량의 상부 구조를 설치하는데 1일이 소요되었다. 이 교량의 건설 이후 다양한 형태의 기하적인 형상을 갖는 유리 섬유 복합체 교량이 미국의 전역에서 건설되기 시작하였다.

FRP 복합체는 매우 높은 인장 강도를 갖고 있으나, 지금까지 건설된 거의 모든 FRP 교량은 재료의 강도가 아닌 강성도의 제한에 따라 설계가 이루어졌다. 따라서, 복합체 상판 시스템이 갖고 있는 재료 강도를 완전히 활용하기 위하여 많은 개선과 연구가 이루어질 수 있는 여지가 충분하다. 즉, FRP 복합체를 이용한 교량 상부구조의 성공적인 적용을 위한 핵심적인 연구 과제는 최적의 기하단면 도출과 하중 경로의 정립이 될 것이다.

대부분의 교량 상판 시스템은 폐합되고 포장되기 때문에 현장 조사를 위한 내부 접근이 불가능하다. 따라서, 복합체가 일체로 거동하는 것을 확인하기 위하여 정교

한 비파괴 검사 기법 및 장비의 개발이 필요하며 공용 상태의 건전도 모니터링을 위하여 광섬유 센서를 이용한 지속적인 유지 관리가 요구된다. 또한, 시간의 경과에 따라 사용 상태 하에서의 복합체의 장기 거동과 모니터링 시스템의 유효성을 확인할 수 있어야 한다.

조립식으로 시공되는 교량 상판 시스템은 공사 기간의 단축을 가져오므로 복합 재료를 이용한 교량의 건설은 짧은 시간 내에 경쟁력 있는 원가로 시공이 가능하다. 즉, 경량 재료의 사용과 시공의 용이성은 교통 통제에 따른 사회적 비용과 노동 인력비의 현격한 감소를 가져와 높은 초기 공사비를 상쇄할 수 있는데, 복합체 교량 상판의 경우 기존의 시공 방법에 비하여 70-80% 정도의 자중 감소 효과가 있다. 이 기술의 적용은 수 일 또는 수 개월에 걸쳐서 이루어지는 교량 건설을 수 시간 내에 마치고 교량을 바로 사용할 수 있도록 한다. 즉, 운전자 또는 사용자는 교량의 대체가 밤사이에 이루어진 사실을 모르는 채 그 전날 이용한 교량을 다음 날 아침에 다시 이용할 수 있는 것이다.

FRP 복합체는 장기간 교량에 있어서 과도한 시하중의 문제를 해결할 수 있는 가능성을 준다. FRP 보강재, 케이블 및 텐던 시스템, 적층재 등을 구조 요소로 이용한 합성 교량 공법은 고속도로 교량에 성공적으로 적용되었다. FRP 보강재는 봉과 같은 1차원 요소, grid 또는 grating 과 같은 2차원 요소 및 입체 구조 형태의 3차원 요소까지 다양한 형태로 이용할 수 있다. FRP 복합체를 프리스트레싱 텐던으로 이용하는 것은 FRP를 구조부재로 사용하는 예 중 하나인데, 탄소 섬유 복합체를 이용하는 경우 기존의 건설 재료와 잘 조화를 이루며, 연성 파괴 형태를 보이도록 설계될 수 있음이 보고되었다.⁶⁾ 케이블과 텐던은 피로 하중을 받을 수 있으며, 지속하중을 받는 경우 크리프 현상을 보인다. 크리프에 의한 파괴는 유리 섬유 복합체에 있어서 더욱 문제가 될 수 있으므로 적합한 섬유와 선택과 설계 기준을 확립시

켜 이 재료를 적절하게 활용할 수 있도록 하는 것이 FRP의 프리스트레싱 분야 이용에 매우 중요한 문제가 될 것이다. 방향성을 갖도록 인발 성형된 적층재는 얇고 좁은 형태의 판형재로 제작될 수 있는데, 한 연구에 따르면 약 2%의 FRP 적층재를 목재보에 가하여 부재의 강도를 70% 이상 증가시킬 수 있는 것으로 나타났다.⁷⁾

정착부, 연결 상세 및 부착 연결부를 정확하고 안전하게 설계하고 장기적인 내구성을 확보하기 위하여는 해결하여야 할 과제들이 산적하여 있다. 교량기술자들은 구조부재를 연결하는데 있어 기계적인 결합을 하지 않고 에폭시 계열의 접착제만을 사용하는 것을 꺼리는 경향이 있다. 그러나, 실제로 송전탑을 건설하는 경우 아무런 기계적 연결 장치 없이 각 부재 연결부의 체결을 성공적으로 이룰 수 있으며, 이는 적절한 시험과 성능 평가를 통하여 가능한 것으로 나타났으므로 교량 기술자들이 그들의 패러다임을 바꾸어야 할 것이다.

1989년 Loma Prieta 지진 이후 미국 캘리포니아주 교통부는 FRP 복합체를 이용하여 교각의 내진 능력을 강화하고 개선하기 위하여 많은 실험과 연구 개발을 수행하는 프로그램을 착수하였다. 이 프로그램의 결과로 fiber wrap, filament winding, pre-cured cylindrical half-shell system 등이 실험실에서 개발된 후 많은 시험 및 검증을 거쳐 강판을 이용하여 교각의 내진 성능을 개선시키는 공법에 대한 대안의 하나로 인정받게 되었다. 그 후 설계가 적절하게 이루어지지 않아 연성이 부족하거나 철근 이음이 잘못되었거나 진단 능력이 떨어지는 수 천개의 교각들이 FRP 복합체를 이용하여 성공적으로 내진 성능이 개선되었다. 한 연구에 따르면 교각에 있어 FRP 복합체 wrap system이 적절하게 설계되고 시공된 경우 기존의 교각의 내하 능력 저하 없이 2 배 이상의 변형능력을 갖게 할 수 있는 것으로 나타났다.⁸⁾

이 fiber wrap 시스템은 열화된 교각 이외에 교각 두부 및 보의 보강에도 적용

되고 있다. 미국연방도로국은 손상을 입은 프리스트레스트 콘크리트 거더의 보강에 탄소 섬유 시트를 이용하였는데, 보강된 보는 이전보다 증가된 하중 저항 능력을 보였다. 미국 내 여러 주의 고속도로 관련 기관은 FRP 복합 재료를 열화 교량의 보수재로 성공적으로 활용하고 있다. 이러한 보수, 보강 방법의 경우 보강된 복합체의 내부에 있는 기존 콘크리트의 성능의 열화 정도에 대한 평가가 불확실한 상태이나, 우수한 보수, 보강 프로그램이란 보강 이전에 기존 구조물의 성능에 대한 정확한 평가가 선행되어야 하는 것은 주지의 사실이다. 따라서, 구조물 또는 구조 부재를 보수 또는 보강한 경우에는 사용 기간 동안 보수, 보강 재료는 물론 기존 구조물의 건전도에 대한 지속적인 평가 및 모니터링이 이루어져야 한다.

도전과 기술적 과제

모든 신소재 기술 분야에는 항상 도전이 필요하게 마련이다. 전술한 바와 같은 해결하여야 하는 도전 과제들을 새로운 분야로 진입하는데 존재하는 장벽으로 볼 것이 아니라 보다 내구성 있고 신뢰성 있는 성과를 얻기 위하여 신기술을 연구하고 개발하는 기회로 보아야 할 것이다. 교량 분야에 있어 복합체 사용에 대한 충분한 경험 및 장기간에 걸친 검증이 부족하므로 장기적인 내구성의 문제가 FRP 복합체에 있어 가장 중요한 고려사항이 된다. 반복적인 피로 하중을 받을 때에 연결부 또는 구성 부재간의 일체성에 대한 우려가 교량 기술자들에 의하여 제기될 수 있다. 또한 구조 시스템의 강도 및 강성도에 영향을 미칠 수 있는 자외선 노출, 수분 흡수, 수지의 불충분한 양생 등의 문제도 관심 대상이다. 즉, 일부 수지는 수분이 존재하는 환경 하에서는 효율적이지 못하며, 유리 섬유 보강 복합체의 경우 수분 흡수에 따라 섬유가 알칼리 성분에 의하여 열화되기도 한다.

복합체가 갖고 있는 높은 강도, 뛰어난

피로 저항성, 가벼운 중량, 그리고 부식 저항 능력 등은 교량 건설 재료로 이용하는데 아주 바람직한 재료의 성질이다. 최근 들어 이러한 신소재들에 대한 기술이 우주 항공 산업 분야로부터 직접적으로 토목 분야로 이전되고 있으나, 이들은 토목 분야에 적용하기 위하여 요구되는 성질보다 너무 진보된 재료 특성을 갖고 있다. 즉, 대부분의 복합 재료들은 고온에서 양생되는 고품질의 아주 뛰어난 재료 특성을 갖고 있어 토목 분야에 적용하기에는 생산 원가가 너무 높다. 따라서, 교량 분야에서 섬유의 결합체 또는 연결부의 접착제로 쓰이는 수지들은 상온에서 양생이 가능하면서 적절한 재료 특성을 보이는 것이 바람직하고 실제적이므로, 가장 효율적이면서 내구성이 뛰어난 수지의 합성 방법을 연구하는 것이 필요하다. 또한, 높은 강성도를 갖는 부재를 대량 생산할 수 있는 보다 효율적인 제작 방법과 효과적인 생산 방법을 개발하는 것이 토목 분야의 복합체 적용을 경제적으로 만드는데 필요하다. 현재로서는 우주항공 산업 분야에서 사용되는 복합체 기술을 직접 토목 분야에 적용하는 것은 기존의 건설 재료에 비하여 생산 원가 측면에서 불리한 실정이다.

FRP 복합체를 이용한 새로운 구조 개념

1972년에 핀란드에서 발간된 한 논문은 현재 이용되거나 개발되고 있는 재료인 고강도 강재, 고강도 콘크리트 또는 플라스틱 등의 신소재를 이용하여 관(tubular) 형태의 터널 고속도로를 제안하였다.⁹⁾ 복합체를 이용한 관(tubular)형상의 교량은 통행 차량으로부터 주위 환경을 보전할 수 있을 뿐만 아니라 주변 환경으로부터 통행 차량을 보호할 수 있을 것이다. 또한, 노면의 상태는 항상 건조하고 안개에 의한 시계 제한이나 노면의 결빙이 일어나지 않으므로 통행 차량의 안전도도 크게 제고될 것이며, 제설 작업 또는 해빙을 위한 염화칼슘 등의 제설제 사용이 불필요하므로 교

량의 유지 관리 비용도 크게 절감될 것이다.

단일 구조체로 이루어진 관(tubular)형상 교량은 단면2차 모멘트가 증가하므로 매우 큰 강성을 가질 것이며, 타원 단면은 공기역학적인 관점에서도 많은 장점을 가져올 것이다. 또한 폐합된 단면 내를 운행하는 차량은 돌풍 등 주변의 영향을 받지 않을 것이다. 관 형상의 고속도로 교량은 1000-1500 m 시간까지 연속적으로 시공이 가능할 것이다.

또 한 가지의 관 형상의 구조 개념으로 최근 논의되고 있는 것은 수중 교량(underwater bridge) 또는 잠수 부유 터널(submerged floating tunnel)로서, 노르웨이, 이탈리아, 일본, 스위스 등지의 나라에서 환경이 중요한 문제가 되는 지역에 대한 설계안으로서 많이 시도되었다. 이 개념은 관 형상의 상부구조물을 해안 지역의 선박 운항에 지장이 없는 깊이까지 가라앉히자는 단순한 것으로 상부 구조의 지지는 적절한 간격의 수중 교각 또는 케이בל을 이용한 정착 등이 고려되고 있다.

토목 공학자 및 구조 공학자의 역할

토목 공학자 및 구조 공학자들이 FRP 복합체 관련 기술 분야에 참여하여야 할 시점이 되었다. 대부분의 공학자들이 섬유 및 수지 복합 재료에 관하여 체계적으로 교육받지 못하였지만 그들에게 필요한 지식을 쉽게 선택하여 습득할 수 있을 것이다. 즉, 복합체와 관련된 교육과 훈련이 대규모로 실무 기술자들을 대상으로 이루어져야 하며, 복합체 기술 및 그 내구성에 관한 연구 성과가 토목 공학 및 구조 공학 관련 학술지에 게재되어야 하고, 토목 공학자 및 구조 공학자들이 주로 참여하는 학술발표회 등에 복합체 관련 기술 논문이 발표되어야 한다. 최근까지 대부분의 복합 재료 관련 논문 및 기술 기사들은 교량 기술자에게 잘 알려지지 않았으므로, 그 정보 및 지식이 토목 공학자, 구조 공학자 및 공사 시행자들에게 널리 공유될 수 있

도록 하여야 한다.

재료 과학 및 복합체 생산 분야에서 더 많은 연구가 이루어져야 하며, 설계 및 시공 관련 규정들은 기술자들에게 필수적인 기준이므로 복합체를 토목 분야에 적용하기 위하여 시급히 개발되어야 한다. 또한, 정부 또는 지방자치단체와 같은 교량 건설 및 관리 주체는 FRP 복합체 교량의 검사, 유지 관리 및 보수 공법을 개발하고 이 절차를 정립시켜야 한다.

미국연방도로국(FHWA)은 지난 20년간 FRP 복합체를 교량 건설 재료로 사용하기 위한 연구 및 검증을 진행하여왔다. FRP 복합체 기술의 토목 분야 적용은 초기의 작은 성공을 거두고 있다. 따라서, 현재 FRP 복합체 관련 기술을 미국 내의 고속도로망을 구성하는 신설 교량의 건설 뿐만 아니라 기존교량의 보수 보강 재료로서 더욱 발전시키는데 주안점을 두고 있다. □

참고문헌

1. "The State of the Nation's Highway Bridges: Highway Bridge Replacement and Rehabilitation Program and National Bridges Inventory," Thirteenth Report to the U. S. Congress, Federal Highway Administration, Washington, D. C., May 1997.
2. Karen F., Lindsay, "State-of-the-industry: 1995-1996," Composite Design and Application Journal, pp.12-16, SPI Composite Institute New York, February 1996.
3. "Advanced Composite Bridges in Europe and Japan," Report of FHWA Study Tour, December 1997, p. 135, Federal Highway Administration, Washington, D. C.
4. "A Look at the World's FRP Composites bridges," A Publication of the Market Development Alliance, SPI Composite Institute New York, February 1998.
5. Eric Johansen, et al., "Design and Construction of Two Pedestrian bridges

- an Haleakala National Park, Maui, Hawaii," Proceedings, Fiberglass-Composite Bridges Seminar, 13th Annual Bridge Conference and Exhibition, Pittsburgh, PA, June 3, 1996.
6. N. Grace, and G. Sayed, "Ductility of Prestressed Concrete bridges Using Internal/External CFRP Strands," presented at the Scotland Conference on Composites, Scotland, July 1997
7. Dagher, H. et al., "Center for Advanced Engineered Wood Composites in Construction: Research and Demonstration Projects," Proceedings, International Composite Expo '98 Conference, Nashville TN, January 1998.
8. Sieble, F., et al., "Seismic Retrofitting of Squat Circular Bridge Piers with Carbon Fiber Jackets," Report No. ACTT-94/04, November 1994, pp. 12-20, University of California at San Diego.
9. B. Simonsen, J. Sulkiewicz, and J. Virola, "Future Aspects of Bridge Construction," Rakennustekniikka, Helsinki, 1972.

이 글은 1998년 12월 7일부터 11일까지 미국 플로리다주 올랜도에서 열린 International Conference on Corrosion and Rehabilitation of Reinforced Concrete Structures에서 발간된 FHWA Proceedings에 Benjamin Tang and Walter Podolny, Jr.이 기고한 글로 <http://www.fhwa.dot.gov/bridge/frp1298.htm>에 게재되어 있는 내용을 요약 정리한 것이다.

광고 게재 안내

「콘크리트학회지」는 격월간으로 발행되어 4,000여 회원을 비롯한 콘크리트 관련 업계, 학계, 유관 기관 및 단체 등에 배포되고 있습니다. 귀사의 미래를 위한 광고가 저렴한 가격과 가장 효과적인 방법으로 활용될 수 있도록 게재 광고를 다음과 같이 모집합니다.

게재면	광고 협찬금	게재면	광고 협찬금
표 2	80만원	간지	70만원
표 3	70만원	내지(전면)	50만원
표 4	100만원	박스 광고	30만원

- * 본 학회의 특별회원사가 게재하는 광고는 상기 광고 게재료의 10%를 할인해 드립니다.
- * 연간 6회 이상 광고를 게재할 경우에는 필름 제작 실비를 지원해 드립니다.

□ 문의처 : 한국콘크리트학회 사무국

[TEL : 02) 568-5985~7]