

特輯

"건설분야에서의 복합재료 응용기술"(총 7편) 중 - 제 4편

섬유복합재료(FRP)의 건설 적용 사례 연구(교량편)

한복규*, 홍건호**, 김기수***

A Study on the Application Case in Civil Structures of Fiber Reinforced Composites (Bridges)

Bog-Kyu Han*, Geon-Ho Hong**, and Ki-Soo Kim***

ABSTRACT

FRPs have been used widely and demonstrated in the field of aero industries etc., and began to be used as new construction materials of civil structures. Pre-stressing tendons, reinforcing bars etc. are all examples of the many diverse applications of FRP in new structures. Especially, 40 of all-FRP bridges were reported. The reason why FRP composites were used for construction materials of civil structures, has been that the working time and the cost of maintenance can be reduced because of the effect of their lightness and durabilities.

The purpose of this paper is to report the examples of the many diverse applications of Fiber Reinforced Plastic in construction materials of civil structures.

Key Words : FRP, Pre-stressing tendons

1. 서론

토목 구조재료로서의 복합재료(FRP)의 구조물 활용은 현재 보유하고 있는 성능을 원래의 상태, 또는 그 이상의 성능을 갖도록 적절한 조치를 취함으로써 안전성을 향상시키는 방법으로 활용하고 있다. 토목 구조물의 외부 보강재 부착공법은 몇 년 전만 하더라도 강판을 이용한 접착 공법이 주류를 이루고 있었으나, 강판이 지닌 부식성 및 고정하중 증가 등에 따른 문제점등이 나타남에 따라, 새로운 재료인 복합재료(FRP)가 출현함으로써 점차 강판에서 복합재료(FRP)를 이용한 보강으로 주류가 옮겨가기 시작하였다. 복합재료(FRP) 보강재는 수분 등에 의한 부식 환경에서도 뛰어난 내부식성을 갖고 있을 뿐만 아니라, 단위질량당 강도를 나타내는 비강도가 매우 우수하기 때문에 강재에 비해 작은 양으로도 동일한 보강 효과를 기대할 수 있다는 장점이 있어 최근 FRP 보강공법의 적용사례가 증가하고 있는 추세이다.

하지만, 일본 건설성토목연구회에서 토목구조물에 사용되는 복합재료(FRP)의 사례¹⁾를 조사한 문헌을 살펴보면, Fig. 1과 같은 적용상의 문제점이 있는 것으로 나타났다. 그림에서 보는바와 같이 가장 큰 문제점은 초기건설비용이 매우 높다는 것이다. 현재까지 FRP가 가장 많이 적용된 보도교의 경우, 목재로 제작한 교량에 비해 약 2배정도 비용이 상승하는 것으로 나타나고 있다. 다음으로 빈도가 높은 문제점은 강성의 문제로 토목 용도에서는 비교적 낮은 가격에 사용하기 용이한 GFRP의 경우 인장탄성계수가 철강의 1/10이므로 구조부재를 구축하는데 문제가 된다. 마지막으로 내구성의 신뢰도이다. 실제 토목 구조물 조건에서의 장기적인 강도나 탄성률의 변화에 대해서는 신뢰할 수 있는 데이터가 없다는 점이다. 위와 같은 단점에도 불구하고 복합재료가 가지는 많은 장점으로 인하여 현재 국내에서는 복합재료(FRP)에 대한 사용빈도가 증가하고 있는 추세이다. 뿐만 아니라, 위의 여러 단점을 보완할 수 있는 다양한 연구가 진행되고 있으며, 토목분야에서 경제적으로

* (주)한국소본건설 과장

** 호서대학교 건축공학과 교수

*** 홍익대학교 재료공학부 교수, 교신전자(E-mail:kisoo@hongik.ac.kr)

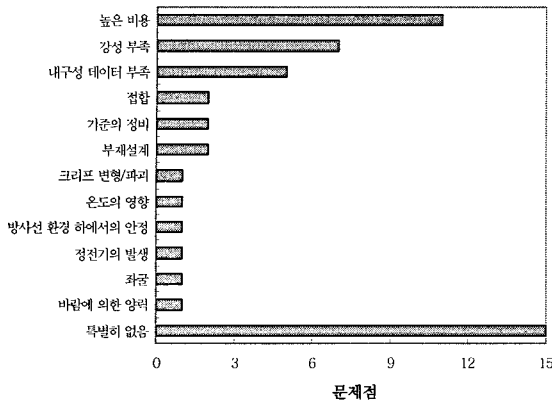


Fig. 1 복합재료(FRP)의 적용상의 문제점.

복합재를 적용하기 위한 공법개발이 활발하게 이루어지고 있는 실정이다. 본고에서는 FRP의 국내·외 토목 구조물 적용 사례를 제시함으로써 향후 복합재료(FRP)의 활용가능성을 제시하고자 한다.

2. 복합재료를 이용한 토목구조물

복합재료(FRP)를 토목구조물 교량에 활용하는 내부보강 기법으로는 철근 콘크리트 교량의 보강 철근을 유사한 단면의 FRP 보강재로 대체하여 사용하는 방법과 프리스트레스트 콘크리트 교량의 경우 기존 텐던(tendon)을 FRP 텐던으로 대체하여 사용하는 방법으로 구분할 수 있다. 또한, 교량에 활용하는 외부보강 기법으로는 기존 노후 교량의 상/하부 구조를 외부 보강으로 FRP 시트나 패널의 복합재료를 이용하는 경우가 대부분이며, 사장교나 현수교 형식의 케이블지지 교량에서 기존의 강재 사장재와 현수재를 복합재료(FRP)로 대체하는 방법을 사용하기도 하며, FRP 구조부재를 제작하여 바닥판, 주형 또는 콘크리트 충전 FRP 교각 등과 같이 주

구조재로 활용하는 방법이 일반적이라 할 수 있다. 토목구조물에 적용된 복합재료는 섬유강화재료로서 유리섬유를 강화한 GFRP의 적용 사례가 80% 이상을 차지하며, 이어서 탄소 섬유가 사용되고 있다. 이와 같은 원인은 GFRP의 가격이 다른 재료에 비해 상대적으로 낮기 때문인 것으로 분석된다.

3. 교량에 적용된 복합재료(FRP) 사례

3.1 교량 전체에 적용된 복합재료(FRP)

현재까지 검토된 FRP교량 구조 형식으로는 사장교, 트러스교, 거더교를 들 수 있다. 사장교는 횡목, 상판을 케이블로 매단 형식으로 실질적인 주형의 공간을 작게 할 수 있으므로 FRP 주형의 굽힘 모멘트를 감소시켜 굽힘 강성의 부족을 보충할 수 있다. 이로 인해 비교적 장대한 교량을 FRP로 만들 때 특히 유리하다고 할 수 있다. FRP에 의한 사장교의 대표적인 예로는 1992년에 영국 스코틀랜드에 가설된 Aberfeldy 보도교(Fig. 2)와 1997년에 덴마크에서 건설된 Kolding교(Fig. 3)이다. Aberfeldy 보도교는 40개의 평행한 케블라 케이블에 의해 지지되며, 높이 17.5 m의 GFRP 주탑에 매달려 있다. 이러한 FRP 사장교는 FRP교로서 비교적 긴 교량인데 대부분이 보도교이다. 덴마크에서는 교량 건설에 있어서 부식되지 않는 새로운 소재를 사용하는 것에 중점을 두고 연구 진행되고 있으며, 1997년에 도보용 FRP교량에 적용하였다. Fig. 3에서 보는바와 같이 거더와 주탑에 사용된 GFRP 버팀줄과 Profile은 인장성형 방식으로 건설된 사장교로 18시간만에 완공되었으며, 시공결과 본 교량은 감전사고 다발 지역에 접합하다는 결론을 얻기도 하였다. 그 외에 덴마크에서는 Fig. 4에서 보는바와 같이 1999년 9월에 완공된 사장교로 CFRP로 만들어진 16개 교량지지 케이블이 적용되었으며, 교량 상판의 반은 CFRP Bar와 스티럽으로 보강을 하였다.

트러스교는 상현재와 하현재 간의 거리를 실질적인 거더교로 이용하기 위해 휨강성을 확보할 수 있다. 이러한 방법을



Fig. 2 Aberfeldy 보도교.

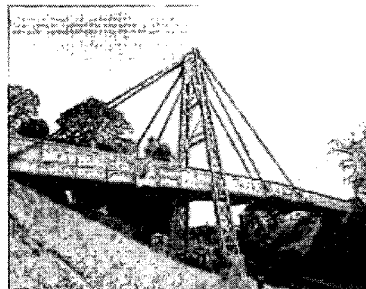


Fig. 3 Kolding 보도교.

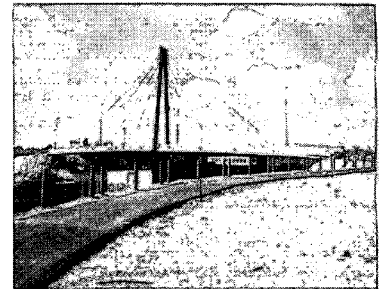


Fig. 4 Heming 보도교.

이용하여 부재단면을 작게 할 수 있을 뿐만 아니라, 비용절감의 효과를 가진다. 미국 E.T. Technics사는 FRP를 트러스교에 적용하여 현재까지 10여 개의 교량을 건설한 실적이 있으며, 트러스 구조라는 장점을 이용하여 건축물 지붕에 적용한 사례를 가지고 있다. 이와 같은 트러스 구조는 필라멘트 와인딩으로 성형된 등근 파이프형의 CFRP를 금속재의 조인트로 사각뿔 형태의 트러스를 짠 기본구조를 형성하고 있으며, 식당이나 넓은 공간의 지붕 구조재로 적용하고 있다.

거더교의 경우 휨강성을 확보하기 위하여 거더교를 크게 할 필요성이 있으나, 거더교를 크게 하는 경우 외관상 좋지 않을 뿐만 아니라, FRP재료의 사용량이 증가하므로 경제적으로 비효율적이다. 따라서, 거더교 형식에서는 대부분의 적용 사례에 BOX 빔 형식이 주류를 이루고 있으며 단면 형상으로는 더블 I, 사각형, 반침형의 형태를 취하고 있다.

3.2 교량 상판 및 부속품에 적용된 복합재료(FRP)

기존 교량에서 가장 손상을 일으키기 쉬운 것은 교량 상판과 교량 부속품이다. 그 예로, 북미에서는 도로에 제설제를 대량으로 살포하기 때문에 콘크리트 상판이 손상되는 경우가 많아 교량상판을 복합재료(FRP)를 도입하고자 검토하였다. 이와 같은 제설제의 살포는 국내 교량에서도 같은 문제점으로 나타나고 있으며, FRP 상판의 도입이 필요할 것으로 사료된다. FRP를 교량 상판에 도입하였을 경우 FRP는 절단 혹은 충돌에 비교적 약하기 때문에 절단강도 향상이나 보강 등이 요구된다. 보도교에서는 FRP 모재 원형의 변화 없이 상판에 간단한 포장이나 고무 매트를 덮는 것만으로 이용되고 있는 것이 대부분이다. 차도교에서는 바퀴 하중에 동반되는 절단력이 커지기 때문에 상판 상부면에 폴리에스테르 레진 콘크리트를 설치하거나 목재 상판을 설치하는 방법으로 응력 집중에 따른 절단력의 작용을 경감시키기 위한 보강이 취해지고 있다.

3.3 교량 바닥판에 적용된 복합재료(FRP)

교량 분야에서 FRP 적용은 주로 기존 구조물에 대한 보

수 및 보강 목적이 주류를 이루어오다가 최근에는 교량 주부재나 난간에서 FRP 철근 또는 FRP 텐던과 같은 소재 분야에까지 그 범위가 확대되고 있는 추세이다. 이 중에서 교량 바닥판에 FRP를 적용하는 기술은 이미 상당한 정도의 진전을 이루어서 현장에 적용하는 단계까지 이르고 있다. 이는 교량 바닥판이 차량 하중을 직접 지지하는 등 혹독한 외부환경조건에 놓여 있어서 수명이 교량 전체 수명에 비해 상대적으로 짧으며, 교량의 고정하중에서 가장 큰 비중을 차지하여 다른 교량 부재에 비해 FRP 적용 시 큰 효과를 얻을 수 있는 부재이므로 FRP를 이용한 바닥판의 개발을 우선적으로 추진하였기 때문이다.

FRP 바닥판의 장점은 기존 부재인 강재의 부식과 콘크리트의 열화화 같은 재료적인 문제가 없어서 상대적으로 유지관리에 드는 노력을 최소화할 수 있으며, 구조물의 기대 수명을 증가시킬 수 있다는 점이다. 또한, FRP 바닥판은 콘크리트 바닥판에 비해 무게가 20% 정도에 불과하므로 중량에 대한 부담이 격감됨에 따른 여러 가지 장점을 제공하게 된다.

최근까지 개발된 FRP 바닥판은 폴리에스테르 또는 비닐에스테르 수지와 유리섬유를 이용하는 방식이 주류를 이루고 있다. 기타 탄소 섬유 또는 아라미드 섬유와 에폭시 수지를 이용하는 방식은 매우 뛰어난 구조적 성능을 보이지만 지나치게 높은 비용 때문에 경쟁력이 없는 상태이다. 유리섬유를 이용하여 개발된 대표적인 바닥판으로는 인발 성형 방식과 핸드레이업 또는 RTM(Resin Transfer Molding) 방식에 의해 제조된 FRP이다.

FRP 바닥판을 현장에 적용하는 데 있어서 비용 절감 이외에 기술적으로 해결해야 하는 문제점은 합성 거동을 위한 강거더와 FRP 바닥판과의 연결부, 포장, 피로, 동결 융해, 크리프 등이 있다.

복합재료를 교량의 바닥판으로 사용한 국내 최초의 시도는 국민사이(주)가 필라멘트 와인딩법으로 제작한 바닥판을 이용하여 가교의 바닥판에 대해 현장 적용성을 검증하는 차원에서 시험시공한 것이다. 재료는 GFRP이며, 바닥판은 강제 플레이트 거더 위에 강재 볼트를 이용하여 기계적으로 연결하였다(Fig. 5)

Table 1 강관 및 FRP보강형 재료의 장/단점 비교

구 분		강관 보강형	FRP 보강형
재료 측면	장점	· 강관 제작 및 취급용이 · FRP보다 강관 제작비 저렴	· 내부식성이 강함 · FRP 보강재 중량이 적음
	단점	· 큰 중량으로 취급 곤란 · 부식성에 약함	· 강관에 비해 재료비가 고가
시공 측면	장점	· 천공 홀이 붕괴될 경우 강관 삽입용이 · 별도 조립공정 없음	· 절단이 용이하여 공기 단축 · 내화화성 및 내식성이 우수 · 강관에 비해 취급이 용이
	단점	· 강관 절단이 어려움 · 강관의 과도한 중량으로 천공 홀 삽입이 곤란	· 천공 홀이 붕괴될 경우 보강재 단면적이 커서 FRP 삽입 불가 · FRP 보강재, 주입관, 연결재 등 현장에서 조립

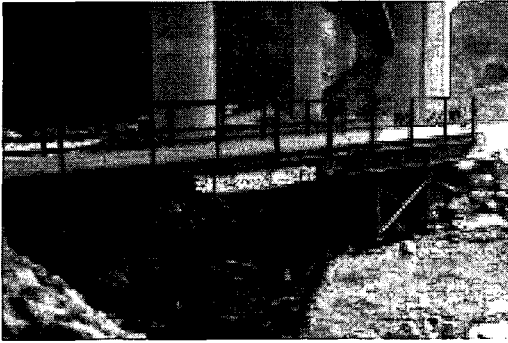


Fig. 5 GFRP 바닥판을 가설한 가교.

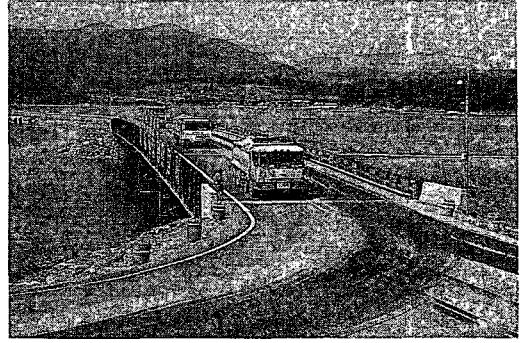


Fig. 7 광양항 가호안 교량.

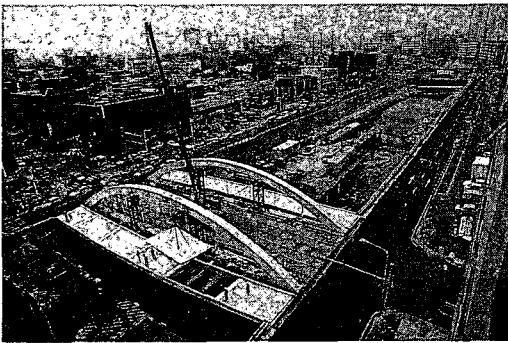


Fig. 6 복합소재 바닥판 거치.

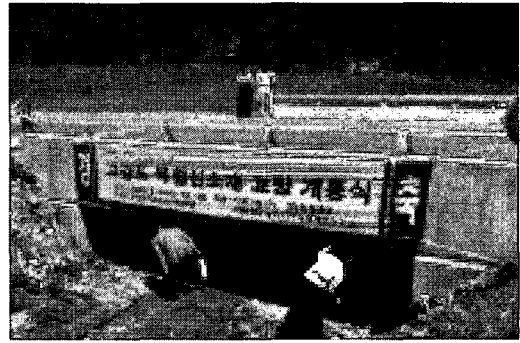


Fig. 8 FRP 상부구조 교량 (국내).

교량 바닥판에 적용된 복합재료(FRP)와 기존의 현장 타설 콘크리트 바닥판 공법과 비교하였을 경우, 기존의 현장 타설 콘크리트 바닥판 공법은 콘크리트, 철근 등 사용재료의 경제성으로 인해 초기 공사비는 저렴하나, 공사기간이 길고, 이에 따른 교통정체로 인한 시민불편 등 사회간접비용의 손실이 발생하게 된다. 또한 복합재료 바닥판에 비해, 내구성 측면의 문제로 인하여 지속적인 보수·보강이 필요하게 되는 단점을 가지고 있다. 하지만, 이에 반해, 복합소재 교량 바닥판을 사용한 경우 재료의 특성으로 인하여 초기 공사비는 매우 높으나, 경량인 장점을 최대한 이용하였을 경우 공기단축, 유지관리 불필요 등 많은 이점을 가지는 것으로 조사되었다. Table 2에서는 복합재료(FRP), 기존 현장타설 콘크리트, 프리캐스트 콘크리트 바닥판 공법에 대한 기술비교를 나타내었다. 현재 국내에 적용된 복합소재(FRP) 교량 바닥판 공법을 살펴보면 다음과 같다.

3.3.1. 비우당교

유리섬유 복합소재 프리캐스트 바닥판을 청계천 복원공사의 일환으로 건설된 비우당교에 적용하였다. 서울 도심인 청계천8가에 위치한 비우당교는 발주처(서울특별시) 및 시공사(현대건설)의 공사기간 단축의 요구에 의해 바닥판 설치를 3일 만에

끝내 도심의 교통통제를 최소화 하였다. 기존 콘크리트 바닥판은 배기가스, 제설제 살포 등의 각종 유해환경에 의해 콘크리트가 심하게 열화되고 철근이 부식되어 내구연한이 20~30년 정도로 현격히 감소하게 된다. 뿐만 아니라, 공용 시 유지관리 비용이 현저히 증대되며, 보수 및 교체 공사 시 발생하는 교통문제 장기화로 인한 시민불편과 간접비용이 크게 부담되는 문제점이 발생함에 따라 유리섬유 복합소재 프리캐스트 바닥판을 적용하였으며, Fig. 6에 나타내었다.

3.3.2. 광양항 가호안 교량

광양항 가호안 교량은 유리섬유 복합소재 프리캐스트 바닥판 설치 기술을 강판형교에 적용한 해상공사 진입도로 교량으로서 경량 복합소재 프리캐스트 바닥판을 사용하여 지간 거리를 넓게 함으로써 하부공사비의 절감을 도모하며, 고부식 해상환경에 훌륭한 내구특성을 보유하고 유지관리비를 최소화할 수 있도록 구조물 계획 기본방향에 맞추어 도임 및 시공된 교량이다. 2004년 완공된 광양항 교량은 지금 공용 중에 있으며, 중차량 현장재하시험을 통해 사용성 및 안전성 등 구조적 성능이 우수한 것으로 확인되었다.(Fig. 7)

Table 2 복합소재 교량 바닥판 공법과 기타 공법의 비교

공 법	복합소재(FRP) 교량 바닥판 공법	현장타설 콘크리트 바닥판 공법	프리캐스트 콘크리트 바닥판 공법
기술개요	공장제작된 복합소재 바닥판 패널을 주형 상부에 조립, 설치	거푸집 제작, 철근 배근, 콘크리트 현장타설 및 양생과정을 거쳐 시공	공장 제작된 프리캐스트 콘크리트 바닥판을 거더 상부에 조립, 설치
사용재료	유리섬유 복합소재 (유리섬유+폴리에스터수지)	철근 콘크리트 (철근+골재+시멘트)	프리캐스트 콘크리트 (철근+텐던+골재+시멘트)
경제성	내구년수(75년이상)향상 신속시공으로 공기단축, 공사비 절감 교량 성능개선시 사하중 감소로 하부구조 무보강 성능개선 내부식 특성, 유지관리비 절감	내구년수(30~50년) 초기 공사비 저렴 사하중 과다로 인한 하부구조 비용 증대 지속적인 유지관리 필요	내구년수(30~50년) 초기공사비 저렴 사하중 과다로 인한 하부구조 비용 증대 지속적인 유지관리 필요
시공성	운반 및 설치용이, 시공성 양호 공장제작, 품질관리용이	시공경험 풍부, 시공성 양호 현장타설로 인한 품질관리 소홀	시공속도가 현장타설에 비해 다소 빠름 시공장비 규모가 크며 운반설치시 불리
유지관리 편리성	내부식, 고내구성 재료사용, 유지관리 최소화	재료의 특성상 지속적인 유지관리 필요	재료의 특성상 지속적인 유지관리 필요
환경친화성	내화학성 재료, 환경오염 없음	철근부식, 콘크리트열화, 산화물 및 먼지 발생	철근부식, 콘크리트 열화

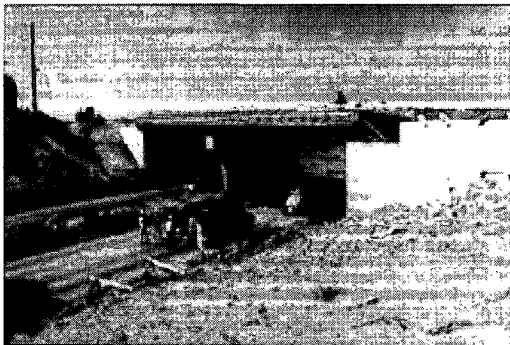


Fig. 9 Beddington Trail교의 시공(캐나다).



Fig. 10 CFRP로 부분 보강된 Taylor교의 상판.

3.4 기타 교량에 적용된 복합재료(FRP) 사례

기타 교량에 적용된 복합재료의 국내 사례는 교량 상부구조를 가설한 경우이다. 본 사례는 2002년 5월에는 성원건설(주)과 (주)원창엔텍이 강원도 영월 “원동~광전간 도로 확장 및 포장공사” 구간의 2차선 국도 상 교량에 복합재료 상부구조를 가설하였다. 복합재료 상부구조의 제작은 핸드레이업으로 수행하였으며, 재료는 유리 섬유와 비닐 에스테르가 사용되었다. 교량의 제원은 교장 10 m, 교폭 8 m로서 공장에서 2개의 10 m × 4 m 제품을 제작한 후 1대의 트럭으로 운반하여 현장에서 기계적 연결을 통해 하나로 체결하였다. 일체로 된 상부구조 전체를 들어 가설위치에 거치하였고, 상부표면에는 아스팔트로 포장하였다. 뿐만 아니라, 켈거리에 설치된 교량인 Beddington Trail교는 2경간(22.8 m, 19.2 m) 연속보, 사교(skew bridge), 13개의 bulb-Tee 단면, 프리캐스트, 프리스트레스트 콘크리트로 구성되어 있다. CS615 캐나다

트럭 하중(총 615 kN)으로 설계되었으며 1993년 완공되었다. 26개의 거더 중 6개는 CFRP 텐던의 두 형태를 사용하여 프리스트레스트를 가한 것이다. 두 지간의 연결은 교량의 전체 길이에 걸친 포스트텐션된 강재 텐던을 사용하여 완성되었다. 사용하중 하에서 FRP 텐던의 거더는 스틸 텐던의 거더와 같은 거동을 보이며, FRP로 프리스트레스트를 가한 거더는 더 큰 휨강도를 가지고, 스틸로 프리스트레스트를 가한 거더와 비교하여 극한 하중에 대한 처짐은 더 작은 특징이 있다. FRP 텐던에 있는 광센서는 교량의 거동을 모니터링할 수 있는 것이 특징이라 할 수 있다.(Fig. 9) Taylor교는 2차선의 165 m 교량, 5개의 같은 지간, HS25(390 kN)의 AASHTO 하중을 견딜 수 있도록 설계되었으며, 1997년 10월에 개통되었다. CFRP 텐던이 4개의 거더에 프리스트레싱을 가하기 위해 사용되었다. FRP 스티럽은 2개의 주 거더에 전단 보강을 위해 사용되었고, CFRP 바는 상판 슬래브 부분을 보강하기

Table 3 복합재료(FRP) 구조재료의 과제와 대처방안

FRP 구조재료의 종류	해 결 과 제	대 처 방 안
FRP 인발 성형재	<ul style="list-style-type: none"> · 건설재료로서 이용기술기준이 없음. · 건설재료로서의 인장강도에 대한 연구가 거의 없음. · 열악한 환경 하에서의 표층부의 내구성. · 탄성률이 작음. · 인발재의 형상치수가 통일되어 있지 않으며, 현재로서는 건설재료로서의 표준품이 없음. 	<ul style="list-style-type: none"> · 품질기준이용기술기준 마련. · 신뢰성있는 인장강도의 확인(양방향) 및 사용한계상태에서의 피로시험 실시. · 탄성률 향상으로의 개선책. · 대형화를 포함한 표준품 제정
FRP 긴장재	<ul style="list-style-type: none"> · 정착구의 구조는 강케이블용이며, FRP 케이블용은 개발 단계임. · 케이블에 대한 설계·시공기준이 없음. · 열악한 환경 하에서의 표층부의 내구성 	<ul style="list-style-type: none"> · FRP 케이블용 정착구의 개발 · 설계·시공기준 마련 · 폭로촉진시험
FRP 피복재	<ul style="list-style-type: none"> · 피복재의 접착이 번거로우며, 접착(부착) 효과의 신뢰성이 불확실함. · 상판보강 등에 대해서는 피복재에 대한 압발전단이 불확실함. · 표층부 에폭시 수지의 내구성. · 이용기술 기준이 없음. 	<ul style="list-style-type: none"> · 접착방법 개선 및 접착면적과 보강효과와의 관계에 관한 연구. · 압발전단에 관한 연구 및 개량. · 좀더 우수한 표층막 개발. · 이용기술기준 마련.
기타 FRP 재료		<ul style="list-style-type: none"> · FRP 허니컴 구조의 건설부분 응용. · 엔지니어링 플라스틱의 부속물로의 응용. · FRP 및 콘크리트의 복합단면.

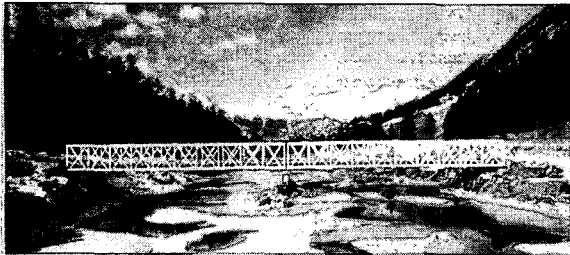


Fig. 11 Pontresina 교(스위스).

위해 사용되었으며, GFRP 바는 장벽 부분을 보강하기 위해 사용되었다. 교통 상태와 하중을 모니터링하기 위해 광섬유 센서가 설치되어 있다.(Fig. 10)

이외의 스위스에서는 1997년 Pontresina에 부식 방지와 철근보다 우수한 기계적 강도를 얻기 위해 FRP를 도입한 도보 교량이 건설되었다.(Fig. 11)

4. 복합재료의 토목구조재료 적용시 해결과제.

일반적으로 알려져 있는 복합재료(FRP)의 내식성은 FRP 토목 구조물 적용의 최대 이점 중 하나이지만, 한편으로는 실제 토목 구조물 조건에서의 장기적 인장강도나 탄성률의 변화에 대해서는 신뢰할 수 있는 데이터가 없다는 것이다. 따라서, 토목 구조물용으로 설계된 FRP에 대하여 구조물이 처해진 환경 변화에 대한 장기적인 거동에 대해 충분한 연구 자

료와 실험 데이터가 요구된다. 또한, 구조 시스템의 강도 및 강성에 영향을 미칠 수 있는 자외선 노출, 수분 흡수, 수지의 불충분한 양생 등의 문제도 관심 대상이다. 즉, 일부 수지는 수분이 존재하는 환경 하에서는 효율적이지 못하며, 유리섬유 보강 복합체의 경우 수분 흡수에 따라 섬유가 알칼리 성분에 의해 열화되기도 한다. 이와 같이 토목구조재료로서 적용시 문제점과 대처방안에 대하여 Table 3에 나타내었다.

5. 결론

대부분의 복합재료들은 고온에서 양생되는 고품질의 매우 우수한 재료 특성을 지니고 있어 토목 분야에 적용하기에는 생산 원가가 지나치게 높은 실정이다. 따라서, 교량 분야에서 섬유의 결합체 또는 연결부의 접착제로 쓰이는 수지들은 상온에서 양생이 가능하면서 적절한 재료 특성을 보이는 것이 바람직하므로, 가장 효율적이면서 내구성이 우수한 수지의 합성 방법에 대한 연구가 요구된다. 또한, 높은 강성을 갖는 부재를 대량으로 생산할 수 있는 효율적인 제작 방법과 생산 방법을 개발하는 것이 토목 분야에서 경제적으로 섬유복합체를 적용하기 위하여 필요하다.

감사의 글

본 연구는 건설교통부의 건설핵심기술연구개발사업(03산

학연 A07-09)의 지원과 과학재단 우수연구센터인 스마트 사회기반시설 연구센터의 지원에 의해 이루어진 것입니다. 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

- 1) 明嵐政司 外, “纖維強化プラスチックの土木構造材料への適用に関する共同研究報告書(1)”, 建設省土木研究所, 1998
- 2) 片脇青 外, “纖維強化構造材料の歩道橋への利用可能性の検討”, 建設省土木研究所, 1994
- 3) 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*, 1996.
- 4) Benjamin Tang and Walter Podolny, Jr., “A Successful Beginning for Fiber Reinforced Polymer (FRP) Composite Materials in Bridge Applications”, FHWA Proceedings, *International Conference on Corrosion and Rehabilitation of Reinforced Concrete Structures*, 1998.