

特輯

“건설분야에서의 복합재료 응용기술”(총 7편) 중 - 제 1편

섬유 복합재료의 건설구조물 적용 기술

홍건호*, 한복규**, 김기수***

1. 서론

현재 건축·토목분야 구조물을 이루고 있는 주된 재료는 강재와 콘크리트로서 경제성, 시공성, 내구성 등에서 만족할만한 성능을 나타내고 있다. 그러나, 최근 다양한 형상의 구조물이 출현하고, 리모델링 사업에 의한 구조물 변경과 해양환경 등 각종 열화 환경에 의해서 구조물의 내구성이 저하되는 현상이 많이 나타나고 있다. 이에 따라, 내구성능을 고려한 설계 및 유지관리 기법을 이용하여 콘크리트 구조물의 수명을 연장시키기 위한 많은 연구가 진행되고 있다. 국내에서 적용되고 있는 철근 콘크리트 구조물의 보수·보강공법에는 강판접착공법 및 단면증대공법 등이 널리 사용되고 있으나, 이는 구조물의 자중 증대, 사용면적의 감소, 시공의 난해성 등의 다양한 문제점이 발생함에 따라 복합재료인 섬유강화플라스틱(Fiber Reinforced Polymer/Plastic, 이하 FRP)을 이용한 공법이 최근 개발되어 수년간 많이 사용하고 있다. 복합재료인 FRP공법은 재료의 경량화 및 내부식성 등의 획기적인 이점에 있으나, 재료자체가 고가라는 단점이 지적되고 있는 실정이다.

섬유강화 복합재료는 사용되는 모재와 섬유의 종류에 따라 다양한 종류가 있으며, 건축·토목 구조물로 검토 및 적용되고 있는 새로운 복합재료로는 섬유강화 플라스틱(Fiber Reinforced Poly-mer/Plastic, 이하 FRP)과 섬유강화 시멘트계 복합재료(Fiber Reinforced Cementitious Composite)등이 대표적이다. 이 중 FRP는 경량에 고강도로서 부식되지 않는 우수한 성능을 지니고 있어, 항공기 산업 등의 분야에서 많은 발전을 보여 그 성능에 대해서는 검증이 되어왔고, 최근에는 건축 및 토목분야로 적용 범위를 넓혀, 프리스트레스 콘크리트의 긴장재, 그라운드 앵커, 콘크리트 보강 등의 용도로 적용하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 건설 분야에 새로운 재료와 센서들을 적용한 스마트사회기반시설에 대한 연구가 가속화 되고 있다. 특히,

FRP는 기존 구조물의 보강용 재료로서 뿐만 아니라, 보다 적극적인 이용을 위해서는 강재와 콘크리트를 대체할 일차적인 토목/건축용 구조재료로의 이용이 바람직하다고 볼 수 있어, 미국, 유럽, 일본을 비롯한 선진국에서는 이에 대한 많은 연구를 진행하고 있는 실정이다. 이와 같이 일차적인 토목/건축용 구조재료로 이용할 경우, LCC(Life Cycle Cost) 관점에서 기존 강재나 콘크리트에 비해 내구성과 내부식성이 좋아 유지관리 비용이 거의 들지 않으므로 경제적으로 매우 유리하다는 검토 결과도 보고 되고 있다.

본고에서는 스마트 사회기반 시설 연구의 일환인 섬유 복합재료의 구조물 적용시 가지는 이점과 건축/토목에 사용되는 복합재료의 종류 및 특성, 내구성 향상을 위한 각종 FRP공법에 대한 고찰, 구조물 적용 실 예 및 최근 기술동향에 대해서 고찰하고자 한다.

2. 건설용 복합재료의 발전 및 용도

복합 재료란 두 가지 또는 그 이상의 소재들을 복합적으로 결합시켜 특정 목적을 위해 만들어진 제품을 의미한다. 대표적인 복합재료인 섬유강화플라스틱(Fiber Reinforced Polymers, 이하 FRP)은 재료의 역학적 성질이 뛰어난 섬유와 섬유를 구속, 성형하고 응력을 전달하는 고분자 재료의 복합체를 말한다. FRP는 하중의 지지에 적합한 높은 비강도의 섬유를 고분자 폴리머를 이용하여 복합화하고 하중 전달의 매개 역할을 하며 공간적 안정성을 주어 역학적 성질과 성형성을 좋게 만든 플라스틱이라 할 수 있다.

2.1 복합재료의 발전

복합재료로는 유리섬유강화 플라스틱인 GFRP가 가장 먼저 사용되었고, 탄소섬유강화 플라스틱인 CFRP와 보론(Boron)섬유강화플라스틱인 B-FRP 등 고비강도의 재료가

* 호서대학교 건축공학과 교수

** (주) 한국소본건설 과장

*** 호서대학교 정보통신공학부 교수, 교신저자(E-mail:kisoo@office.hoseo.ac.kr)

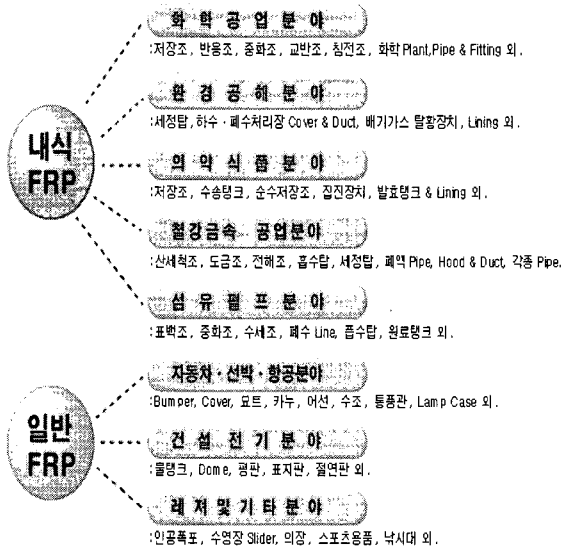


Fig. 1 복합재료(FRP)의 용도.

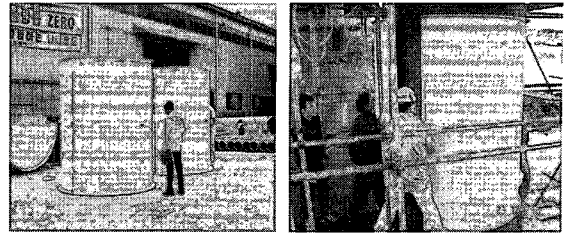
그다음에 나왔으며, 금속기 복합재료(MMC 혹은 FRM) 등 내열성을 부여한 재료가 요즈음 사용되고 있다. 최근 들어 많이 쓰이는 재료는 하이브리드(Hybrid) 복합재료와 기능성 복합재료일 것이다. 하이브리드 복합재료는 아라미드계 복합재료와 기존의 복합재료를 조합하여 상호 결점을 보완한 복합재료이며, 기능성 복합재료는 기존의 복합재료가 역학적 특성을 중심으로 개발된 것인데 비해 기지나 섬유가 갖는 물리·화학적 기능 혹은 기지와 섬유와의 상호 작용에 의해 생기는 특성을 이용한 것이라 할 수 있다. 그 한 예로, 열팽창계수를 조정한 열적 기능 재료나 전도성 섬유를 첨가한 전자기적 기능 재료를 말할 수 있다.

2.2 섬유강화 복합재료(FRP)의 용도

FRP의 종류에 따라 사용되는 용도가 다양하지만 전반적으로 내식 FRP와 일반 FRP로 구분되어 있다. 현재 가장 큰 시장을 형성하고 있는 분야는 우주·항공 분야와 자동차 분야이며, 점차적으로 레저용품, 섬유 필름 산업 분야로 확대되고 있는 추세이다. 21세기에 들어오면서 건설용의 건축/토목 구조물로 시장이 확대되고 있어, 향후에는 우주·항공 분야와 자동차 분야의 시장과 유사한 규모로 성장할 것으로 내다보고 있다.

3. 내구성 향상을 위한 각종 FRP에 대한 고찰

FRP는 사용하는 섬유에 따라 유리섬유강화 플라스틱(Glass Fiber Reinforced Plastic, GFRP), 탄소섬유강화 플라스틱



(a) GFRP 거푸집 제작 (b) GFRP 거푸집 설치

Fig. 2 GFRP의 활용(해안구조물)

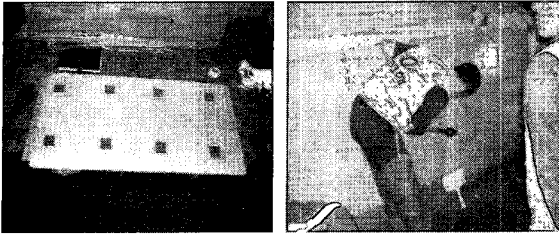
스틱(Carbon Fiber Reinforced Plastic, CFRP), 아라미드섬유 강화 플라스틱(Aramid Fiber Reinforced Plastic, FRP) 등으로 구분되며, 이러한 분류는 사용하는 섬유의 종류에 따른 것이다. FRP라 말하면, 유리섬유로 강화한 것이 가장 일반적이고, 그 외에 탄소섬유·아라미드 섬유·보론 섬유·알루미나 섬유·고밀도 폴리에틸렌 섬유 등을 사용하고 있다. 건설분야에서 주로 사용되는 섬유강화 복합재료는 주로 GFRP와 CFRP이다.

3.1 GFRP

일반적으로 유리섬유는 가격이 저렴하고 밀도가 낮은 반면, 높은 강도와 탄성계수를 가지고 있는 특징을 가지고 있으며, 탄소섬유보다 경량이며, 내부식성이 뛰어난 장점을 가지고 있다. 이러한 특징으로 인하여 일상생활에서 자주 접하는 FRP제품을 만드는데 널리 사용되고 있다. 건축/토목분야에서도 유리섬유가 가지는 장점을 이용하여 유리섬유 보강판, 영구거푸집 등을 제작하여 다양한 공법을 개발하게 되었으며, 최근 미국을 중심으로 콘크리트의 내진 구조 보강용으로 개발되어 점차 보급되고 있는 실정이다. Fig. 2는 국내 해상교각 보수공사 시 사용되는 GFRP 거푸집으로서, GFRP는 비강도가 높고 바닷물 등에 의한 내식성이 우수해 염분 등이 많은 해양환경에 축조된 교량의 보수공사에 적용시 콘크리트의 부식저항을 향상시키고, 외력에 대한 충격흡수가 뛰어난 장점을 활용한 실례라 할 수 있다. Fig. 3은 GFRP의 장점 중 하나인 내부식성의 특성을 이용한 실례로서, 얇은 두께의 GFRP 성형판을 하수도 콘크리트 구조물에 적용하여 방식성을 부여하였으며, 높은 부식환경에 대응할 수 있도록 하였다.

3.2 CFRP

탄소섬유시트는 높은 인장강도를 나타내고 부식의 문제가 없으며 시공성이 뛰어나기 때문에, 최근 국내에서도 철근콘크리트 구조물의 보강재로써 많이 사용하고 있다. 탄소섬유시트를 구조물의 보강재로 사용하였을 경우, 다음과 같은 특징을 가진다. ①자재가 가볍고 경량이기 때문에 자체의 하중 증가나 형태의 변화가 없고, ②시공시 분진 등의



(a) GFRP 성형판 제작 (b) GFRP 성형판 부착

Fig. 3 GFRP의 활용(하수도BOX)

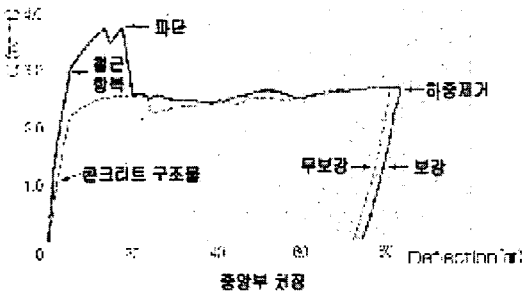


Fig. 4 CFRP 휨 보강 실험결과.

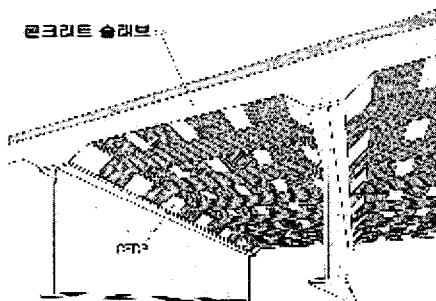


Fig. 5 CFRP의 활용(교량슬래브)

먼지가 발생하지 않아 공해가 많은 지역에 최적의 공법으로 소개되고 있다. 그러나, 재료의 가격이 비싸고, 정밀한 시공이 이루어지지 않았을 경우에는 취성적인 파괴가 발생할 수 있다는 단점이 지적되고 있다. Fig. 4에서는 철근콘크리트 보에 탄소섬유시트를 휨에 대하여 보강하여 보강효과를 확인 및 검증한 실험결과를 나타내었다. 실험결과를 통하여 탄소섬유는 구조물의 보강재료로서 적합한 재료임으로 확인할 수 있다.

또한, Fig. 5에서는 일반적인 철근 콘크리트 교량 슬래브의 하부 면에 CFRP를 이용하여 휨보강한 실 예를 도식하도록 하였다.

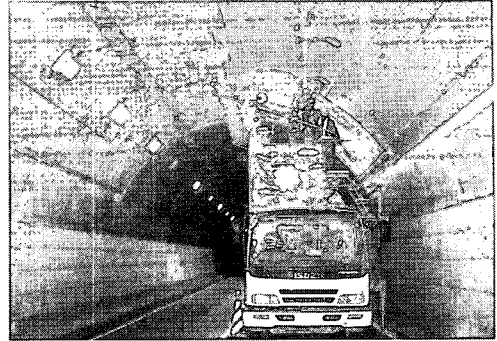


Fig. 6 ARFP의 활용(터널)

3.3 AFRP

아라미드(Aramid)는 아라미드 결합의 85% 이상이 2개의 방향축 고리와 직접 결합한 합성선형고분자로 메타계 아라미드와 파라계 아라미드로 구분된다. 건축·토목분야에서 사용되고 있는 보강용 섬유는 파라계 아라미드 섬유가 일반적이다. 원래 타이어 코드(보강재)용으로 연구된 유기계 섬유이며, 섬유 자체의 밀도가 작고, 비강도가 높은 고인성의 FRP가 기대되지만, 이 섬유의 특성상 압축강도가 낮은 단점이 있다. 아라미드 섬유는 강섬유에 비해 인장탄성률이 떨어지나, 인장강도에서는 높은 값을 나타내고 있으며, 일반적인 유기섬유에 비해서는 인장탄성률, 강도가 우수한 특성을 나타낸다. 아라미드 섬유의 용도는 타이어 등의 고무 보강재, 선박 계류 로프·심해 케이블 등의 로프류, 방탄복·방열복 등의 방호복 외에 최근에는 석면 대체 재료로서의 보강재, 내진보강재, 앵커 등의 건축/토목용 재료로도 많이 사용되고 있다. 일반적으로 건축/토목분야에서의 아라미드섬유시트의 활용은 에폭시계 수지를 함침시키는 동시에 콘크리트 표면에 밀착시켜, 아라미드 섬유시트 경화체로서의 기능을 발휘시키는 방법을 사용하게 된다. Fig. 6에서는 아라미드 섬유시트를 터널 내부보강재로 활용한 예를 나타내었다. 최근에 선진국에서는 아라미드 섬유시트의 피로하중에 대한 저항성이 크다는 특징을 이용하여, 구조물(기둥)의 내진보강재료로 활용하는 기술을 개발하여 널리 쓰이고 있다. Fig. 7에서는 AFRP를 이용하여 구조물(기둥)에 내진보강을 실시한 예를 나타내었다.

3.4 Hybrid FRP

하이브리드 섬유강화 플라스틱은 유리섬유·탄소섬유·아라미드 섬유의 여러 가지 특성면의 단점을 상호 보완하는 복합재료로서, 탄소섬유+아라미드섬유의 HFRP에서는 내충격성의 향상이 있으며, AFRP의 압축강도가 개선되는 효과를 나타내었다.

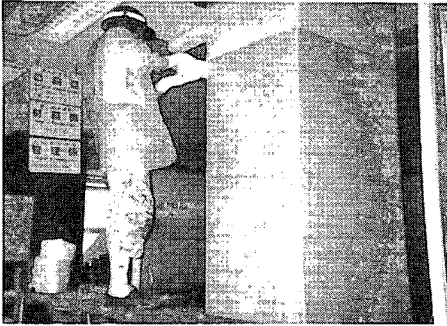


Fig. 7 AFRP의 활용(내진보강)

3.5 FRTP

앞에서 말한 FRP는 모재로 에폭시수지와 불포화 폴리 에스테르수지 등 열경화성 수지를 사용하고 있지만, 열가역성 수지를 매트릭스로 한 것을 FRTP (Fiber Reinforced Thermoplastics)라고 한다. FRTP는 성형가공할 때의 성형재료인 프리프레그(prepreg)의 공급이 용이하며, 생산성이 우수한 것이 특징이다. FRP 인발 성형재의 용도는 다양하지만, 이제까지 건축·토목 분야에서의 이용은 구조재료로서가 아닌 부속재료로서 사용되는 수준이었다. 이와 같은 이유는 현재까지 건축·토목 분야에 있어서 FRP분야의 연구결과가 정확히 전달되지 않았기 때문으로, 건설용 구조재료로서 FRP 인발 성형재를 취급한 연구는 많은 부분 이루어지지 않은 실정이나, 고내부식성 및 경량고강도 재료로서 공장 생산에 따른 균질성이 우수하여 조립된 시공의 용이함 등이 예상되므로, FRP 성형재는 21세기의 건설용 구조재료로서 크게 기대되고 있다.

4. 건축·토목 구조재료로서의 FRP 활용

1970년대에 접어들면서 점차 대량 생산으로 인해 가격이 낮아지기 시작한 복합재료 산업이 지속적인 성장을 해 온 반면, 1980년 후반에 들어 국제적인 냉전의 종식으로 국방 분야의 복합재료 시장이 움츠러들기 시작하였다. 복합재료 업계에서는 대량소비가 가능한 사회 간접자본시설 분야로 눈을 돌려 새로운 활로를 개척하고자 하였으며, 초창기에는 사회간접시설물의 노후화로 인한 개/보수 필요성에 관심을 가지게 되었다. 이로써 1980년대 후반부터 복합재료의 건설 분야 활용에 관한 연구가 집중되었으며, 선진국에서는 관련 산업계와 정부의 재정적 지원을 바탕으로 복합재료(FRP)를 이용한 콘크리트 보수보강공법에 대한 연구와 전사용 교량의 건설이 활발히 이루어지게 되었다. 이를 바탕으로 2000년대에 들어서면서 토목분야에서는 공용중인 교량의 콘크리트 바닥판의 성능을 개선하기 위해

Deck Weight: Concrete vs. FRP

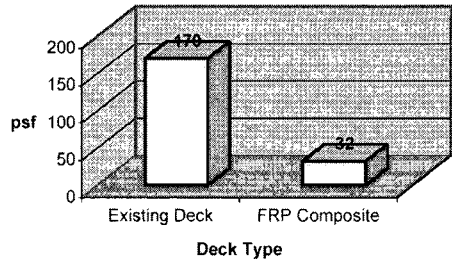


Fig. 8 콘크리트/복합재료(FRP)상판의 중량 비교.

복합재료 바닥판으로 교체하거나, 기존 교량 전체를 복합재료를 주 구조재료로서 구성하는 복합재료 교량의 건설이 실현됨으로써 건설산업 분야의 차세대 건설 재료로 받아들여지게 되었으며, 건축분야에서는 복합재료가 철근 혹은 콘크리트처럼 부식되지 않으며, 높은 강성을 유지할 수 있기 때문에, 사회기반시설의 노후화로 현재의 시설물을 양호하게 유지하기 위한 보수보강공법의 재료로서 활용하게 되었다.

토목분야에 사용되고 있는 FRP를 교량의 건설에 이용하려는 프로젝트는 1998년 현재 전세계적으로 80여 개 이상이 진행되고 있는데, 이 중 31개의 프로젝트가 미국에서 수행되고 있다. 한편, 1996년 미국 연방도로국(Federal Highway Administration)은 유럽 3개국과 일본에 대하여 FRP 복합체의 교량 적용 실태를 조사하기 위한 프로젝트를 수행하였으며, 신설 교량의 건설, 기존 교량의 보강, 교각의 내진 보강 등의 분야로 나누어진 이 조사에서 미국을 비롯한 조사 대상국의 FRP 복합체 교량 관련 기술은 큰 격차가 없는 것으로 보고 되었다.

FRP가 교량 및 터널 등의 구조재료로서 적용될 경우, 철근 콘크리트에 비해 경량화, 내부식성, 경관 향상, 에너지 흡수성, 비전도성 등의 장점을 가지고 있으며, 이와 같은 FRP 구조재료의 특성을 정리하면 다음의 Table 1과 같다.

① 경량화

복합재료(FRP)의 밀도는 일반적으로 1.6~1.9 정도로서 콘크리트(2.4~2.5), 철근(7.8)에 비해 경량이며, 이와 같은 장점으로 인해 가설에서의 시공 간편화 및 공기 단축, 설비 간편화 등의 효과가 나타나게 된다. 복합재료로 이루어진 FRP 교량 상판의 경우, 노후화된 상판의 교체를 단시간에 실시할 수 있는 것으로 보고되고 있는데, 일반적으로 상판 교체에 소요되는 기간이 3주정도인데 비하여 FRP 보강재를 사용하여 16시간 만에 시공을 완료한 사례도 보고되고 있다. 이러한 장점으로 인하여 재해 발생시의 가설교, 응급교 등 비교적 소규모이며 시공의 간편화가 요구되는 경우에는 가장 적절한 재료라 할 수 있다. Fig. 8에서는 콘크리트 상판과 복합소재 상판의 중량 비교결과를 나타내었다.

Table 1 FRP 구조재료의 특성

FRP 구조재료의 종류		구 성	적 용	특 징
FRP 인발성형재	GFRP	유리섬유+ 포화폴리에스테르수지	주거터·횡거터·교각교	강도는 강재와 동등하나, 강성계수는 약 1/10입.
	CFRP	탄소섬유+에폭시수지	주구조부재의 보강	강도는 강재의 배 이상이며, 강성계수는 2/4~3/4이나 고가임.
FRP 긴장재	AFRP	아라미드섬유+ 에폭시 또는 비닐에스테르 수지	주케이블, 보조인장재	강도는 고강도강과 동등하나, 탄성계수가 약 1/4입.
	CFRP	탄소섬유+에폭시수지	주케이블, 보조인장재	강도는 고강도강과 동일하나, 강성계수는 약 3/4입(장래적으로는 고강성재도 가능성이 있음)
FRP 피복재	카본 크로스	탄소섬유+에폭시수지	주구조부재의 보강	2방향의 내하력 증가가 예상되나, 시공 에 숙련이 요구됨.
	카본 프리프레그	탄소섬유+에폭시수지	주구조부재의 보강	1방향의 내하력 증가가 있으며, 현재 폭 50cm까지밖에 없음.

② 내부식성

FRP 사용의 장점으로서 내부식성이 뛰어난 점을 들 수 있다. 현재 건축·토목구조물이 해안에 설치된 경우, 철근의 부식 및 콘크리트의 탄산화 등이 큰 문제점으로 지적되고 있으나, 복합재료(FRP)를 이와 같은 장소에 사용하는 경우에는 구조물 유지관리비용의 절감이 가능하여, 상당히 매력적인 재료라 할 수 있다. 대부분의 적용사례 보고서에서 FRP를 사용하는 이유 중의 하나로 내구성 향상으로 인한 유지관리 비용의 감소를 들고 있다.

③ 기타

FRP는 착색이나 형상이 비교적 자유로와 경관성 향상을 기대할 수 있다. 충돌에 대한 변형이 크고, 충격에 약한 특성은 일반 구조물에서는 단점이 될 수 있지만, 에너지 흡수 성능이 필요한 가드레일이나 비행장의 안테나 탑 등에 활용할 경우에는 우수한 장점으로 활용 할 수 있다. 대부분의 FRP는 전기 절연 특성을 보유하고 있어 감전 위험을 방지해야 하는 구조물에 사용되기도 한다.

④ 기존 공법과의 비교

복합재료(FRP)를 이용한 구조물의 보수·보강공법은 앞에서 설명한 바와 같이 경량성, 내부식성, 자유로운 경관성의 중요한 장점을 가지고 있으며, Table 2에서 보는바와 같이 다른 공법에 비교하여 큰 장점을 가지는 것을 알 수 있다. 기존 구조물의 보수·보강공법으로는 주로 철근 콘크리트 구조물에 강판을 에폭시 수지로 접착하여 합성화 하는 강판접착공법, 기존 구조물 혹은 손상된 단면을 복구, 확대하는 공법이 많이 사용되어 왔다. 그러나, 이러한 기존 공법은 중량물 시공으로 인한 시공성 저하, 고비용, 고정하중의 증대 등 구조물 보강에 있어서 보다 합리적인 공법 개발의 필요성이 요구되고 있다. 이러한 요구에 따라 최근 국내에서는 가볍고, 시공이 비교적 용이하며 보강효과가 뛰어난 탄소, 유리, 아라미드 등의 신소재를 섬유 형태로 가공하여 에폭시로 접착하는 섬유시트 보강공법의 사용이 점차 증대되고 있는 추세이다.

구조재료 대체품으로서의 FRP의 활용은 아직까지 시험적인 사용에 그치고 있으나, 고정관념의 틀을 깨고 새로운

Table 2 복합재료(FRP) 공법과 기타 보강공법별 비교

	강판보강공법	섬유시트 보강공법	포스트텐션 보강공법
내 구 성	강판의 부식에 의한 보강판 탈락현상	부식의 문제가 없음 내구성 우수	내구성 우수
내 화 성	약 함	강 함	강 함
중 량	무 거 옴	가 비 옴	무 거 옴
방수효과	낮 음	높 음	-
취급/제작	불 편	용 이	불 편
시공성	비교적 단순	우수한 시공성	보 통
공사기간	비교적 단기간	적층매수에 따라 단기간 ~ 중기간	비교적 단기간
시공실적	많 음 (보수·보강공법의 50%)	적 음	적 음
파괴형태	취성적인 보강판 탈락	폭발적인 취성파괴	-
유지관리	필 요	불 필 요	필 요

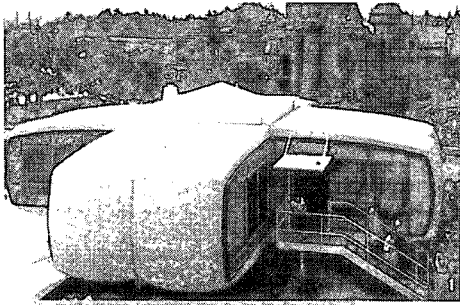


Fig. 9 Monsanto Haus (미국 캘리포니아)

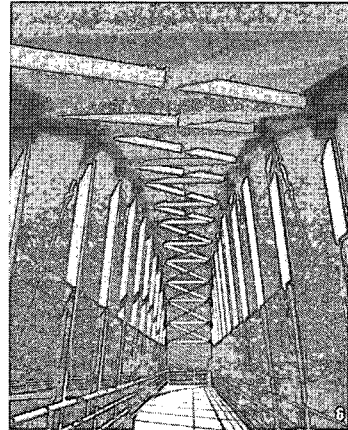


Fig. 11 Lleida Overbridge (스페인)

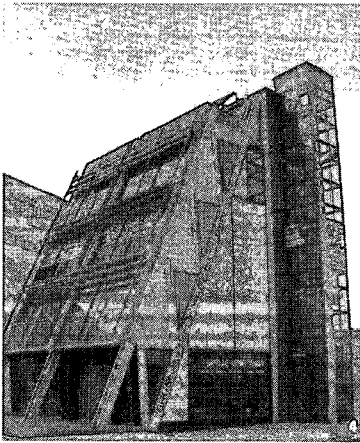


Fig. 10 Eyecatcher Building (스위스)

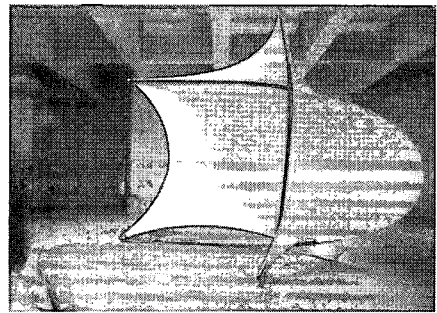


Fig. 12 Membrane Pavilion (독일)

것을 추구하려는 여러 건축가들에 의하여 FRP의 장점을 최대한 살린 구조물들의 실험적인 예를 여러 곳에서 찾아 볼 수 있다.

Fig. 9는 미국 캘리포니아 디즈니랜드에 설립된 Monsanto Haus로서, 1957년 미국의 화학회사 Monsanto가 GFRP를 이용한 구조물의 가능성을 실험하기 위하여 건설한 실 예이다. Fig. 10은 1999년 스위스에 건축된 5층 규모의 사무실 건물로서, 이 건물은 철골부재와 GFRP 부재가 병행하여 세워졌으며, 건물의 주요 골조가 순수GFRP로 만들어진 트러스 기둥 골조이다. GFRP는 재료의 특성상 철에 비해 열전도성이 현저히 낮기 때문에, 이 건물은 특별한 보온 설계 없이 건물의 파사드(facade)에 직접적으로 구조부재를 설치하였다. Fig. 11은 스페인 Lleida 지역에 설치된 바르셀로나와 마드리드를 잇는 아치육교로서, 총 길이 38m에 총 중량 19 tonf의 경량으로 단 3시간 만에 전체 시공을 마친 기록을 가지고 있다. 이 육교는 철도교통량이 매우 많은 지역이기 때문에 잦은 유지보수는 교통에 상당한 지장을 주게 되어, 부식에 강한 재료를 선택하는 것이 무엇보다 중요한 프로젝트였다. Fig. 12는 독일 슈투트가르트대학교 건축학과 구조디자인 연구실에서

FRP를 이용해서 플라스틱이라는 재료가 갖는 장점을 최대한 살리고자 하는 연구의 결과로 나타난 이동가능한 membrane pavilion의 모습을 보여주고 있다.

5. 결론

콘크리트와 철을 이용한 현대 건설기술이 시작된 이래, 새로운 건설재료 사용의 시도는 여러 연구자들에 의하여 끊임없이 이루어져 왔으나, 기존의 경험적인 재료에 대한 사용자의 고정관념은 건설 재료산업의 발전을 다른 분야에 비하여 현격하게 떨어지게 만든 것이 사실이다. 그러나, 섬유강화복합재료는 그 재료의 특성상 고강도의 경량재료로서, 내부식성, 에너지 흡수성, 비전도성 및 낮은 열전도성 등의 특징으로 인하여 건설구조물에서의 적용 가능성이 다른 재료에 비하여 월등하다. 현재 스마트사회기반시설에 관한 연구가 진행되면서 섬유강화복합재료의 건설구조물에서의 활용은 기존 구조물의 보수보강에 활발히 사용되고 있으며, 일부 실험적인 구조재료로서의 활용이 이루어지고 있다. 향후에는

적용범위의 확대를 위해서는 재료의 내화성능, 내구성능, 피로성능 등과 같은 건설재료로서의 필요조건에 대한 연구와 개선이 지속적으로 이루어져야 할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 건설교통부의 건설핵심기술연구개발사업(03산학연 A07-09)의 지원과 과학재단 우수연구센터인 스마트사회기반시설연구센터의 부분적인 지원에 의해 이루어진 것입니다. 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

- 1) N.Kurihara, Y.Uchida, T.Kamada, T.Arakawa and K.Rokugo, "Evaluation of Properties of Steel Fiber Reinforced Concrete by Means of Tension Softening Diagrams," *Proceedings FRAMCOS-3*, 1998, pp. 465-476.
- 2) T.Kamada and C.L.Li, "The Effect of Surface Preparation on the Fracture Behaviour of ECC/concrete Repair System," *Cement and Concrete Composites*, Vol. 22, 2000, pp. 423-431.
- 3) 古市耕輔 外, "FRPを用いたコンクリート構造物のライフサイクルコストのケーススタディー," *橋梁と基礎*, 第37卷, 第5号, 2003, pp. 39-44.
- 4) 明嵐政司 外, "CFRP吊橋の經濟性に關する研究," *土木技術資料*, Vol.42, pp.26-31, 日本土木研究所, 2000.
- 5) H.W.Reinhardt and C.Fritz, "Optimization of SIFCON Mix", *Fiber Reinforced Cements and Concretes*, 1989, pp. 11-20.
- 6) 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.
- 7) "월간 건축인 POAR," Vol. 113, (주)이석미디어, 2005. 9, pp. 82-95.