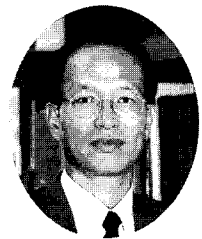


특 집 II

건설산업에서의 FRP

건설 분야에서의 FRP 이용 기술 - Application of Fiber Reinforced Polymer (FRP) Materials in Construction -



이성우*

1. 서 론

과거 10여 년 동안 건설 기술자와 시설물 관리 담당자는 구조물의 노후화, 특히 강재 부식에 대한 해결책을 찾기 위해 고심해 왔다. 교량, 지하 구조물 및 해안 구조물 등의 유지 관리 업무를 담당하고 있는 관리 주체는 강재 구조물이나 철근 콘크리트 구조물의 노후화에 따라 날이 갈수록 누적되는 보수 요구 물량을 도저히 감당할 수 없게 되었다. 뿐만 아니라 기간 시설의 건설이 날로 증가함에 따라 유지 관리에 대한 부담은 점점 가중되고 있다.

최근에 해외 선진국에서는 많은 토목 기술자와 정부의 건설 관련 부처에서 신소재(ACM : Advanced Composite Material)를 이용한 강화 플라스틱(FRP : Fiber Reinforced Polymer)을 건설 분야에 적용하는 방안을 매우 적극적으로 연구, 검토하고 있으며 이미 수 개 소의 도로 및 해안 구조물에 시범적으로

공사를 시행하고 있다. 그 결과, 복합 소재가 건설 구조재로서 이용될 수 있는 발판이 마련되었으며, 초기 건설 비용과 일반적인 인식 부족의 문제점은 현재 많은 연구 프로젝트가 훌륭한 성과를 거두고 있어 빠른 시일 내에 해결될 것으로 보인다.

복합 소재의 건설분야 적용의 흐름을 살펴보면 1840년대의 건설 재료로서의 강재 도입기와 유사한 면을 발견할 수 있다. 그 당시 건설 재료의 역학적 성질을 다룬 논문들을 살펴보면 강재는 다른 건설 재료보다 비싸다는 이유로 대형 건설 구조물에는 적합하지 않은 것으로 평가되었으며, 차후의 고려 대상으로 여겨졌다. 그러나, 40여 년이 지난 1884년 세계 최장의 현수교로서 강재로만 시공된 뉴욕시의 Brooklyn교가 건설되었고 이를 계기로 강구조물의 시대가 시작되었다. 당시 이러한 강구조물에 적용된 안전율은 18에서 20 정도로 과잉 설계되었으나 현재는 구조 해석 방법의 발달로 2에서 4 정도로 극히 낮아졌다. 오늘날 복합 소재에 대한 안전율은 기존의 재료보다 큰 값을 사용하고 있지만 지금 복합 소재와 관련한 구조설계 및 설계 방법론은 1800년대 중반의 강재의 경우와 같이

* 정회원, 국민대학교 토목환경공학부 교수

새로운 변혁과 혁신의 단계에 있다고 말할 수 있을 것이다.

섬유 강화 복합 소재는 크게 강화 섬유와 섬유 사이의 응력 전달, 외부 환경으로부터 섬유의 보호, 기계적인 손상으로부터 섬유를 보호하는 수지로 구성된다. 복합 소재는 흔히 섬유 강화 플라스틱, 즉 FRP로도 불린다. 섬유 재료로서는 유리 섬유, 탄소 섬유, 아라미드 섬유 등 원재료와 제조 방법에 따라 매우 다양하며, 수지 재료로는 크게 열경화성 수지와 열가소성 수지로 나눌 수 있고, 그 종류로는 폴리에스터, 비닐 에스터, 에폭시, 페놀 등으로 구조물이 요구하는 기계적, 물리적 특성에 따라 선택하여 사용할 수 있다.

본고에서는 건설용 재료로서 복합 소재의 이용 배경을 설명하기 위하여 재료 특성을 기술하였으며, 건설 분야에 적용할 수 있는 복합 소재 구조물의 제조 방법 및 건설 분야 적용 사례를 소개하고자 한다.

2. 건설 재료로서의 복합 소재

새로운 건설 재료의 평가 기준은 내구성, 내부식성, 경제성, 경량성, 강도 특성, 시공의 용이성을 들 수 있다. 복합 소재는 이러한 평가 기준을 만족할 수 있는 대안이 될 수 있으며, 건설 재료로서 복합 소재의 특성을 기술하면 다음과 같다.

2.1 재료적 특성

(1) 인장 강도

복합 소재는 기존의 건설 재료와 비교할 때 매우 훌륭한 기계적 특성을 보유하고 있다. 특히 강재보다 훨씬 큰 인장 강도를 보유하고 있어 높은 인장 강도를 요구하는 구조물에 매우 효과적으로 사용될 수 있다. 일반적으로 파괴시까지 선형적인 응력-변형률 거동을 보이게 되며, 필요한 성능에 따라 섬유의 방향을 적절히 배치하여 방향별로 기계적 특성을 배분할 수 있다.

(2) 피로 특성

복합 소재는 107 사이클에서도 강도를 유지하는 우수한 피로 저항 특성을 보인다.

(3) 경량성

기존 재료의 구조물은 종종 과도한 하중에 의한 문

제를 일으키게 되나 복합 소재는 큰 하중 지지력뿐만 아니라 경량 특성을 가지므로 매우 효과적인 건설 재료가 될 수 있다. 구조용 강재의 경우 단위 중량이 7,850 kg/m³이나 복합 소재의 경우 약 1,200 kg/m³에서 2,600 kg/m³으로 매우 작다.

(4) 비강도

항복 강도를 밀도로 나눈 값으로 정의되는 비강도는 강도와 중량에 의한 재료들의 특성 비교에 흔히 사용된다. 복합 소재의 경우, 고강도 및 저밀도 특성으로 고강도 강재의 약 15배에 달하는 비강도를 가진다. 따라서 많은 복합 소재가 상대적으로 고가임에도 불구하고 재료의 비강도 측면을 고려할 때 매우 높은 경쟁력을 가지게 된다. <표 1>에서는 강재와 복합 소재의 기계적 특성을 비교한 것을 보여주고 있다.

표 1. 강재와 복합 소재의 기계적 특성 비교

구 분	탄성 계수 GPa	강 도 MPa	밀 도 g/cm ³	비강성 GPa	비강도 MPa
강 재	207	248	7.85	26.3	31.5
Glass/ polyester	27.1	287	2.13	12.7	135
Graphite/ epoxy	70.3	683	1.61	43.7	424

(5) 비강성

탄성 계수를 밀도로 나눈 값인 비강성에 있어서도 매우 우수하여 진동의 영향이 큰 구조물의 경우 저진동 특성을 가지게 된다. 즉, 강재의 경우 고밀도, 고탄성 계수, 낮은 감쇠 특성을 가지는 반면, 복합 소재의 경우, 저밀도, 높은 감쇠 특성을 가지게 된다. 건물 바닥, 지지판과 같이 진동의 감쇠가 요구되는 구조물에 복합 소재가 사용되면 이러한 문제를 크게 감소시킬 수 있게 된다.

(6) 내부식성

건설 분야에 복합 소재를 이용하는 가장 중요한 이유로 내부식성을 들 수 있다. 일반적으로 사용되는 수지 재료는 화학 물질, 산, 해수, 담수에 대한 저항성이 있는 특성을 가지므로, 강재를 사용하는 구조물에 비하여 이러한 복합 소재의 내부식 특성은 유지 관리와 수명 비용(life cycle cost) 부분에 있어서 매우 유리하게 작용하게 된다. 따라서 해수, 화학 물질 등 부식

환경에 있는 강재 구조물의 대체재로 매우 효율적으로 이용될 수 있다.

(7) 비자성(non-magnetic)

복합 소재는 플라스틱 수지와 유리 섬유, 탄소 섬유, 아라미드 섬유로 구성되므로 자력(magnetic force)에 대한 저항성을 가지게 된다. 따라서 복합 소재는 자기 부양 열차의 차체 및 선로 구조물에 효과적으로 사용될 수 있다. 뿐만 아니라 전파 투과가 요구되는 안테나 구조물에도 효과적으로 이용된다.

(8) 전기절연성

유리 섬유, 아라미드 섬유를 사용하는 대부분의 복합 소재의 경우에는 전기 절연 특성을 보유하고 있어 감전의 위험을 방지해야 하는 구조물에 사용된다. 수년 동안 발판 사다리는 절연 특성을 보유한 유리 섬유 복합 소재를 사용하고 있으며, 발전소의 전기 케이블 트레이, 점검 통로와 같은 전도체와 가깝게 노출된 구조물의 경우에도 복합 소재를 사용하고 있다.

2.2 경제적 효과

(1) 수명 비용

복합 소재의 내부식 특성은 유지 관리 비용을 절감할 수 있는 장점을 가지게 하는 이유가 될 수 있다. 그 밖에 많은 부분에 있어 복합 소재를 이용함으로써 수명 비용을 절감할 수 있게 된다. 강재의 부식을 방지하기 위한 정기적인 내식 도장이 필요없게 되어 유지 관리 비용이 절감될 뿐만 아니라, 부식에 의해 손상된 구조물을 보수하는 비용 역시 필요없게 된다. 따라서 내부식 고내구성 특성을 보유한 복합 소재는 구조물의 유지 보수 및 교체를 위한 비용을 상당히 절감하는 효과를 가진다.

(2) 시공비 및 운송비

복합 소재는 경량 특성으로 인해 시공비와 운송비를 상당히 절감시킬 수 있다. 경량으로 취급이 용이하

므로 적은 인력으로 현장 작업이 가능하게 되고, 공장에서 미리 조립될 경우 현장 시공 비용을 절감할 수 있게 된다. 이러한 향상된 시공성으로 인해 공기를 단축할 수 있는 효과 역시 기대할 수 있다.

3. 복합 소재의 적층

(1) 강화 섬유의 방향성은 복합 소재의 기계적 특성에 큰 영향을 미친다. <그림 1>에서는 복합 소재에 사용되는 섬유 배치 방향의 예를 보여주고 있다.

(2) 적층 복합 소재에서는 원하는 방향별 물성을 얻기 위해 섬유의 방향성을 가지도록 적층한다. 다양한 일방향 층들을 함께 적층시킬 수 있으며, <그림 2>에는 4개의 층을 가지는 적층 예를 보여주고 있다.

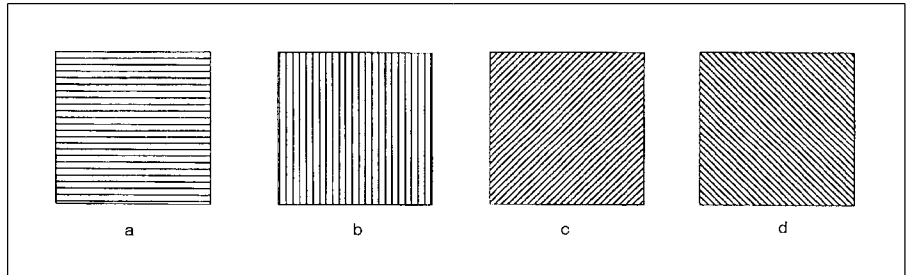


그림 1. 복합 소재에 사용되는 섬유 배치 방향 예

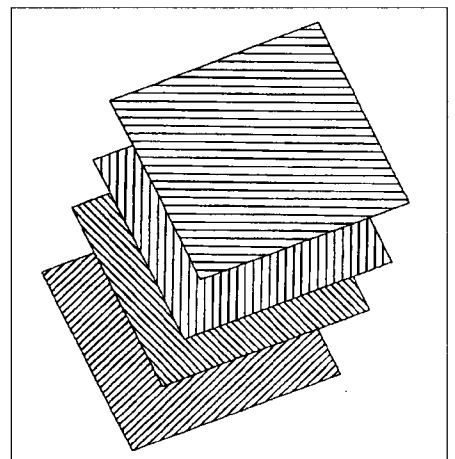


그림 2. 4개의 층을 가지는 적층 예

4. 복합 소재의 제조 방법

복합 소재의 제조 방법에는 여러 가지가 있으나 주로 사용되고 있는 제조 방법은 다음과 같다.

- Hand lay-up
- Filament winding
- Chopped fiber spray lay-up
- Press molding
- Vacuum molding
- Autoclave molding
- Injection molding
- Resin transfer molding
- Pultrusion
- Vacuum-assisted resin transfer molding

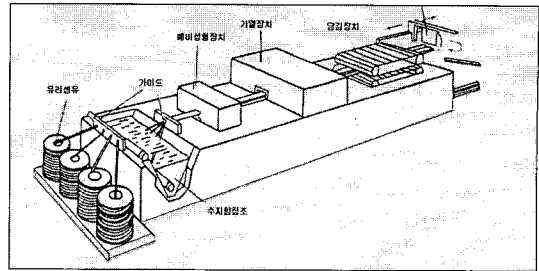


그림 3. 인발성형 장비의 개요

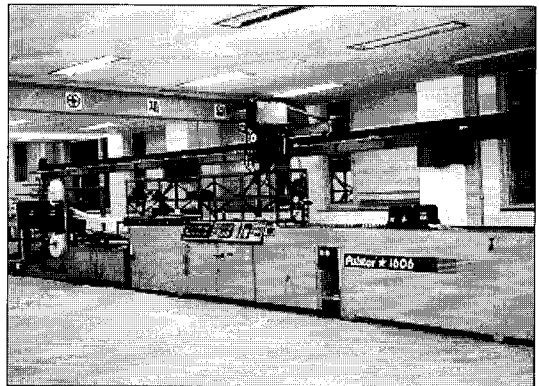


그림 4. 인발성형 장비의 모습

이들 복합 소재 제조 공법 중 건설 분야 적용을 위해 사용될 수 있는 주요 공법으로는 인발성형(pultrusion)과 VARTM(Vacuum-Assisted Resin Transfer Molding) 및 필라멘트 와인딩(filament winding)을 들 수 있다. 본고에서는 이들 복합 소재 제조 공법에 대해 좀더 자세히 설명하고자 한다.

4.1 인발성형

인발성형 기법이란 함침된 섬유를 금형을 통하여 당김으로써 원하는 단면의 부재를 연속적으로 제작하는 복합 소재 제조 기법으로 전 공정이 자동화되어 있어 토목 구조 부재를 저 생산가로 제작할 수 있는 효과적인 제조 방법의 하나이다. 이 공정은 기지 재료에 함침시킨 섬유 강화재가 가열된 금형을 통과하면서 급속하게 경화되므로 빠르게 성형이 이루어진다. 높은 섬유 파괴비를 가지는 고품질의 복합 소재를 제작할 수 있으며, 임의의 형상을 가지는 금형을 사용하여 다양한 단면 제작이 용이하고 제조 공정이 완전히 자동화되어 있어 구조용 형상에 해당되는 단면 등의 대량 생산에 사용될 수 있다. <그림 3>에서는 인발성형 장비의 개요를 보여주고 있으며, <그림 4>에서는 국민대학교 복합 소재 실험실에 설치된 인발성형 장비를 보여주고 있다.

4.2 VARTM(Vacuum Assisted Resin Transfer Molding)

VARTM 성형법의 모태가 되는 RTM(Resin Transfer Molding) 성형법은 항공, 자동차, 스포츠 용품 제조에 널리 사용되고 있는 복합 소재 제조 기법으로 1940년대에 처음으로 이용되기 시작하여 SRIM(Structural Reaction Injection Molding), RRIM(Reinforced Reaction Injection Molding), HSRTM(High Speed Resin Transfer Molding), VARI(Vacuum Assisted Resin Injection), TERTM(Thermal Expansion Resin Transfer Molding), SCRIMP(Seemann's Composites Resin Transfer Molding Process) 등의 여러 유사 공법이 개발되면서 제조 비용과 제품 성능 부분에 많은 발전이 이루어지고 있다.

VARTM 성형법은 밀폐된 금형에 위치한 섬유 강화재에 수지를 주입하여 성형하는 RTM 성형법을 발전시켜 한쪽 면의 금형과 진공 백(vacuum bag)을 이용하여 진공 상태의 섬유 프리 폼에 신속하게 수지

를 함침시켜 복합 소재 구조물을 성형하는 방법이다. 섬유 프리 폼은 대기압에 의해 압착되어 50%의 섬유 부피비를 유지할 수 있으며, 한쪽 면의 금형을 사용하므로 금형 비용을 절감할 수 있어 저비용, 고품질의 대형 복합 소재 구조물 제작에 매우 효과적이다. 투과성이 높은 수지분배망(distribution media)과 진공 흡입관 및 수지 주입관을 사용하여 빠른 속도로 균질하게 수지를 함침시킬 수 있는 개선된 VARTM 성형법은 대형의 토목 구조 부재 제작에 효과적인 복합 소재 제조 기술로 평가받고 있다. 이 제조 기법은 원래 선박 제조에 널리 사용되었으나 최근 복합 소재 교량과 복합 소재 해상 파일의 제작 등에 사용되고 있다. VARTM 공정의 장점으로는 건조 상태에서 작업이 가능하여 제작이 용이한 것과 복잡한 대형 단면을 실물 크기로 제작할 수 있고, 밀폐 상태에서 진공에 의한 기압 차로 수지를 함침시키므로 냄새가 적게 발생하고 청결한 환경을 유지할 수 있는 것을 들 수 있다. <그림 5>에서는 VARTM 공정의 개요를 보여주고 있다.

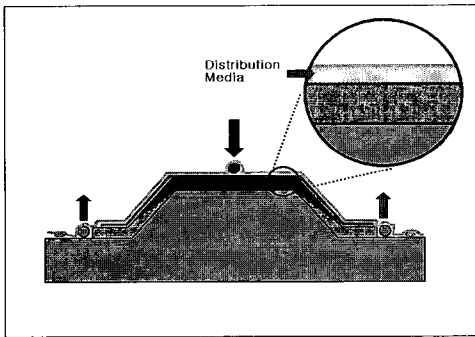


그림 5. VARTM 공정의 개요

복합 소재를 VARTM 공정에 의해 제작할 경우, 진공 펌프에 의해 진공 백 내부를 감압시켜, 진공 상태를 만들고, 진공에 의한 기압 차로 이용하여 섬유 강화재를 수지로 함침시키는 과정에 의해 제작되게 된다. VARTM 공정에 의한 복합 소재 제작에 사용될 수 있는 강화 섬유는 우븐 직포(woven fabric), 스티치 직포(stitched fabric), 섬유 매트(chopped strand mat) 형태의 유리 섬유, 탄소 섬유, 아라미드 섬유 등 어떠한 종류의 섬유도 사용할 수 있으며, 수지로는 폴리에스터, 비닐에스터, 에폭시, 페놀 등의 열경화성 수지나 열가소성 수지를 제한없이 사용할 수 있다. 또한, 폴리우레탄, 폴리이소시아뉴레이트 등의 코아 재료를 사용하여 샌드위치 구조

의 복합 소재를 제작할 수 있다. <그림 6>에서는 진공 성형에 의한 복합 소재 제작을 위한 VARTM 장비를 보여주고 있으며, <그림 7>에서는 VARTM에 의한 교량 상판 제작 모습을 보여주고 있다.

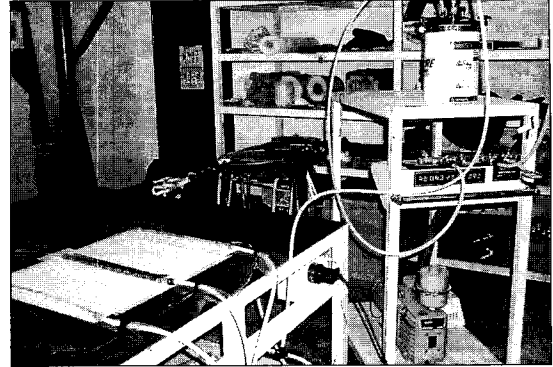


그림 6. 진공성형 복합 소재 제작을 위한 VARTM 장비

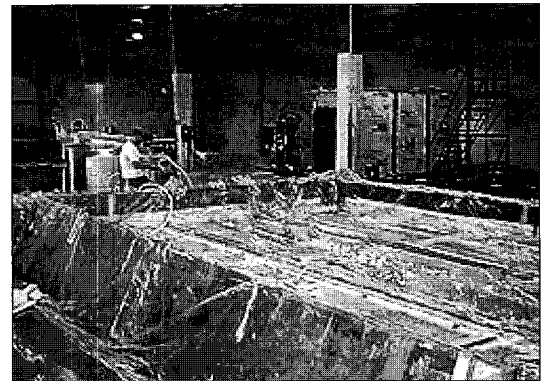


그림 7. VARTM에 의한 교량 상판 제작 모습

4.3 필라멘트 와인딩

필라멘트 와인딩은 섬유 보강재를 원통형 형틀 형상의 맨드릴 주위에 감아 폐단면 부재를 만드는 제작 기법으로 원통형 또는 판형 구조물과 같은 단순한 형상의 구조물 제작에 이용된다. 주로 로빙사 형태의 섬유 재료를 이용하게 되며, 구조물이 하중 조건에 따라 여러 방향으로 강화 섬유를 배치할 수 있다. 수지에 함침된 상태의 섬유 재료를 이용하는 습식 필라멘트 와인딩과 와인딩 후 수지를 분사하여 함침시키는 건식 필라멘트 와인딩 기법을 사용할 수 있다. 또다른 방법으로는 섬유 프리프레그를 이용하는 방법인데 이미 수

지에 함침되어 완전히 경화되지 않은 상태에서 테이프 형태로 제작되는 섬유 프리프레그를 와인딩하고 이후에 열을 가하는 방법으로 경화시키는 방법이 있다. 이러한 필라멘트 와인딩 제조 방법은 토목 구조재로 사용되는 기둥, 파일 등 대형 폐단면의 제작에 적합한 공법으로 복합 소재 파일, 튜브, 파이프 또는 저장 탱크의 제작에 널리 사용되고 있으며 섬유를 횡 방향으로 쉽게 배치할 수 있어 내압을 받는 부재의 제조에 적합하다. <그림 8>에서는 필라멘트 와인딩 장비 개요를 보여주고 있으며, <그림 9>에서는 필라멘트 와인딩을 이용한 복합 소재 파일의 제작 모습을 보여주고 있다.

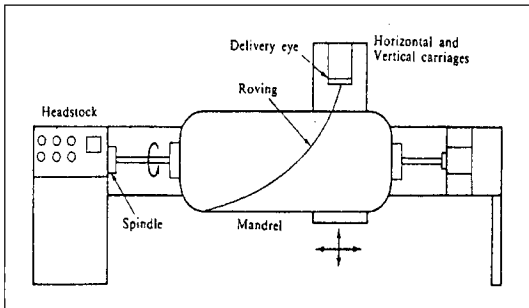


그림 8. 필라멘트 와인딩 장비 개요

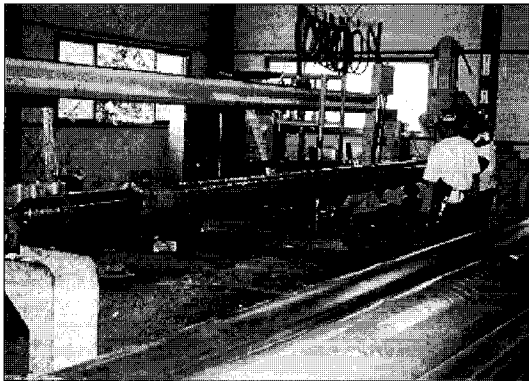


그림 9. 필라멘트 와인딩을 이용한 복합 소재 파일의 제작 모습

5. 복합 소재의 건설 분야 적용 사례

5.1 복합 소재 교량 및 건축물

현재 시공되고 있는 복합 소재 교량은 크게 완전 복합 소재 교량과 일부 복합 소재 교량이다. 완전 복합 소재 교량은 거더가 없는 슬래브 교량 형태나 현수

교 또는 사장교 형태의 교량이고, 일부 복합 소재 교량은 교량 상판만 복합 소재 상판으로 시공하거나, 콘크리트 상판에 강재 대신 FRP 바(bar)나 텐던을 이용한 교량이다. 이 중 복합 소재 상판은 콘크리트 상판 무게의 5분의 1 정도 밖에 안되는 경량으로 자중을 줄여줄 수 있어 매우 유망한 응용 분야로 부각되고 있다. 특히 자중을 줄여줌으로써 하부 구조의 건설 비용을 줄여줄 수 있는 큰 이점이 있다. 또한 노후 콘크리트 상판을 복합 소재 상판으로 교체할 경우 자중 감소로 인해 활 하중을 증가시켜 줄 수 있어 하부 구조의 별도 보강없이 내하력 증진으로 성능 개선을 도모할 수 있어 크게 효과적이다. 또한 상판 교체 시공 기간이 매우 짧아 교통 통제 시간도 획기적으로 줄일 수 있어 공사의 간접 비용을 크게 줄여 줄 수 있다. <그림 10>에서는 기존 콘크리트 상판과 복합 소재 상판의 중량을 비교한 도표를 보여주고 있으며, <그림 11>에는 미국 Delaware주의 896번 도로상에 시공된 거더가 없는 완전 복합 소재 슬래브 교량의 모습을 보여주고 있다. <그림 12>에는 사장교 형태의 완전 복합 소재 교량인 미국의 Gilman교를 보여주고 있다. <그림 13>에는 또다른 사장교 형태의 복합 소재 교량인 영국의 Aberfeldy교를 보여주고 있다. <그림 14>에서는 미국 Delaware주의 노후화된 교량 상판을 VARTM으로 제작한 복합 소재 상판으로 교체한 것을 보여주고 있으며, <그림 15>에서는 미국 뉴욕 교통국의 복합 소재 상판 시공 모습을 보여주고 있다. <그림 16> 및 <그림 17>에서는 복합 소재를 이용한 건축 구조물의 예를 보여주고 있는데, <그림 16>에서는 미 해군에서 시공한 복합 소재 트러스 계단 타워를 보여주고 있으며, <그림 17>에서는 복합 소재의 전파 투과 특성을 이용하여 인발성형 부재로 제작된 통신 시설용 건물을 보여주고 있다.

Deck Weight: Concrete vs. FRP

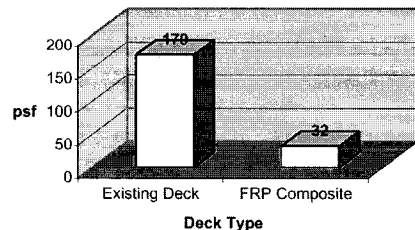


그림 10. 콘크리트 상판과 복합 소재 상판의 중량 비교

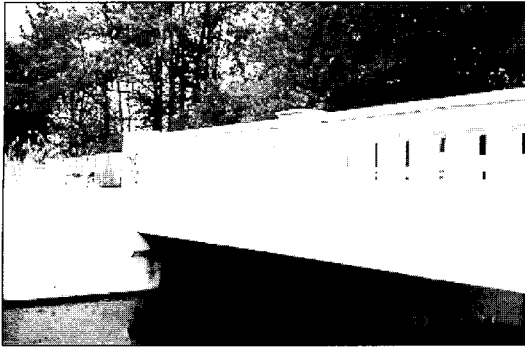


그림 11. 완전 복합 소재 교량

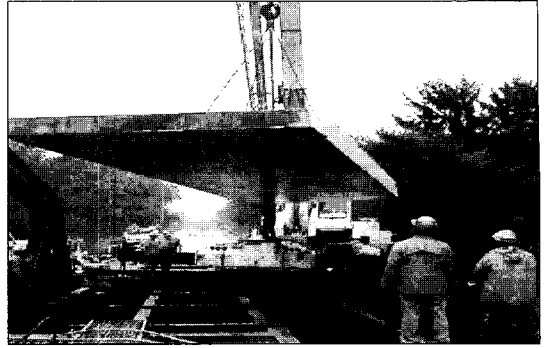


그림 15. 뉴욕 교통국의 복합 소재 교량 상판 교체 시공 모습

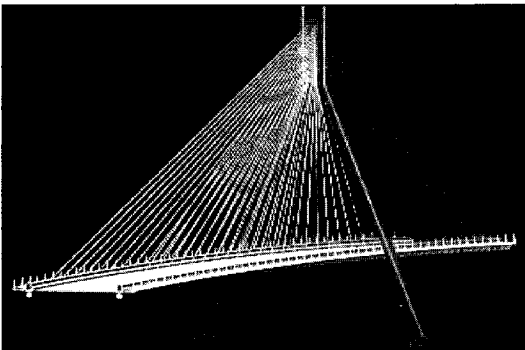


그림 12. 완전 복합 소재 사장교(Gilman bridge)

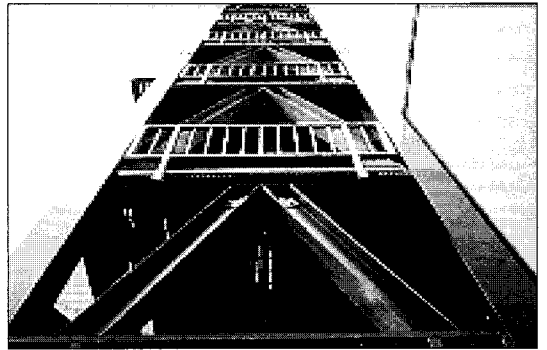


그림 16. 복합 소재 트러스 계단 타워

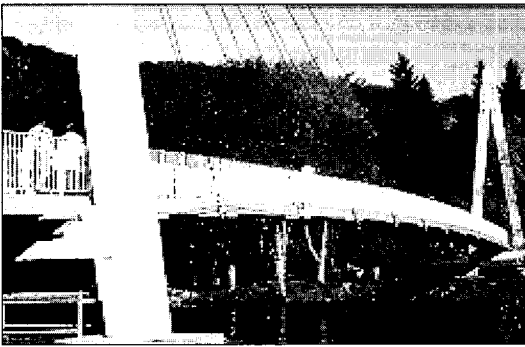


그림 13. 완전 복합 소재 사장교(Aberfeldy bridge)

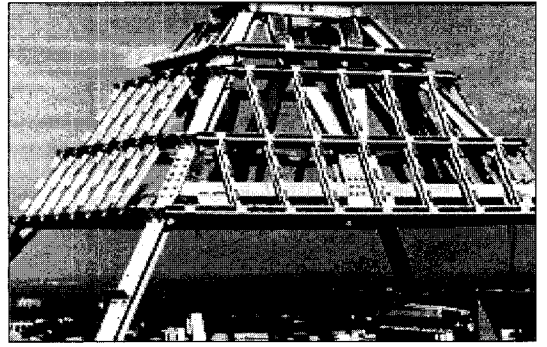


그림 17. 복합 소재를 이용한 통신 시설 건물

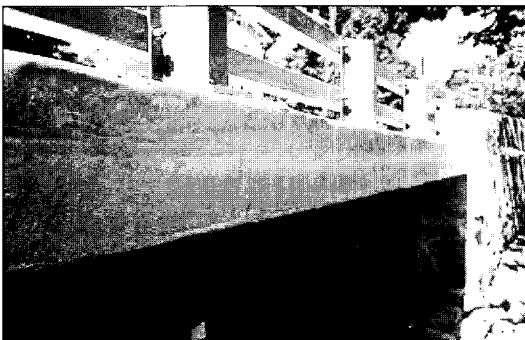


그림 14. 노후화된 교량 상판을 교체한 VARTM으로 제작한 복합 소재 상판

5.2 복합 소재 파일

복합 소재 파일은 해상 또는 육상의 콘크리트 및 강재 파일을 대체하기 위하여 개발된 것으로 일반적으로 유리 섬유 복합 소재 튜브에 콘크리트를 충전한 합성 부재 형태로 제작된다. 유리 섬유 복합 소재 튜브는 섬유 구조 설계를 통하여 파일의 구조적 성능에 적합한 구조체로 제작되어 휨 및 압축, 전단 등의 외력에 저항하게 되며, 충전 콘크리트는 파일의 압축 성능을 향상시키고 강성을

보완하는 역할을 하게 된다. 복합 소재 튜브의 열화를 방지하기 위하여 수지내 자외선 안정제를 사용하거나 겔 코우팅을 하여 보호하게 된다. 복합 소재 파일은 경량 고강도 내부식 재료를 사용하여 기존의 콘크리트 파일의 열화 및 균열 또는 강재 파일의 부식으로 인한 문제가 없어 내구 연한을 획기적으로 증대시킬 수 있으며, 시공 장비를 경량화하고 공기를 단축할 수 있는 효과가 있다. 또한 전기 방식, 방식 피복, 도장과 같은 방식 공사가 불필요하여 유지 관리가 용이한 장점이 있다. <그림 18>에서는 미국 Delaware주의 Cape-May Lewes Ferry Terminal에 시공된 복합 소재 해상 파일의 시공 모습을 보여준다. 이 복합 소재 파일은 $[0^\circ / \pm 45^\circ]$ 의 섬유 구조를 가지는 유리 섬유와 비닐에스터 수지를 사용하여 VARTM 제조 기법으로 제작되었다. <그림 19>는 미국 랭카스터사의 복합 소재 파일로서 $[\pm 45^\circ / 90^\circ]$ 의 섬유 구조를 가지는 유리 섬유 복합 소재 튜브를 유리 섬유 로빙과 폴리에스터 수지를 사용하여 필라멘트 와인딩에 의해 제조하여 팽창 콘크리트를 충전한 것으로 Texas주의 해군항만에 시험, 시공되었다.

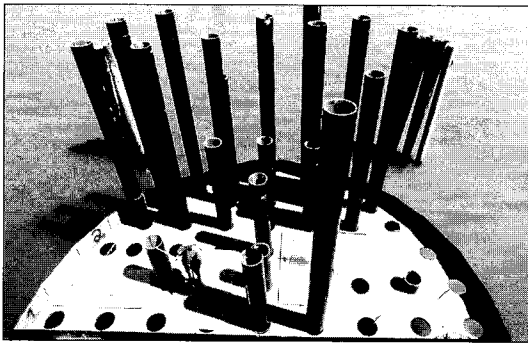


그림 18. Cape-May Lewes Ferry Terminal에 시공된 복합 소재 해상 파일



그림 19. 미국 랭카스터사의 복합 소재 파일

5.3 콘크리트 보호용 복합 소재 피복판

복합 소재 피복판은 콘크리트 복개 구조물, 콘크리트 항만 구조물, 콘크리트 수처리 구조물, 콘크리트 교량의 바닥판과 교각 기초 등과 같이 콘크리트의 표면이 부식이나 침식 또는 세굴로 손상이 발생할 수 있는 환경에 노출되어 있는 구조물의 표면에 일체로 부착하여 부식 환경이나 손상 환경에 대해 콘크리트 표면을 보호하여 구조물의 내구성을 증진시킬 수 있도록 국내에서 개발되었다.

복합 소재 피복판은 유리 섬유 스틱치직포와 비닐에스터 수지를 이용하여 VARTM 공정에 의해 제작되었으며, 콘크리트 면으로부터 복합 소재 피복판의 이탈을 방지할 수 있도록 복합 소재 앵커를 제작하여 피복판 후면에 삽입하였으며, 앵커와 앵커 사이에는 콘크리트면에 피복판의 부착을 증진시키기 위해 피복판면에 수지와 규사를 이용한 부착 개선층을 형성하였다. <그림 20>에서는 개발된 복합 소재 콘크리트 피복판을 항만케이스 1개함의 비말대 구역에 침식 방지용으로 시험 시공한 모습을 보여주고 있다.

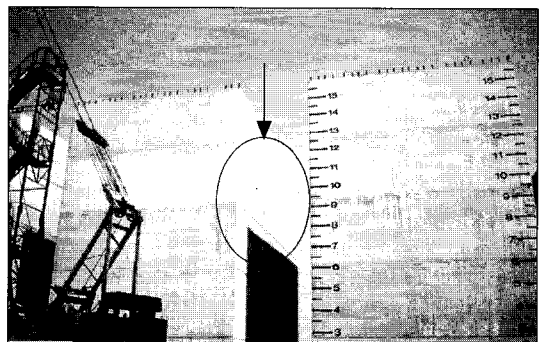


그림 20. 복합 소재 박판이 설치된 콘크리트 케이스 전면의 모습

6. 결 론

본고에서는 복합 소재의 건설 분야 적용을 위한 이해를 돕기 위하여 복합 소재의 특성을 기술하였으며, 건설 분야에 적용할 수 있는 복합 소재 구조물의 제조 방법 및 건설 분야 적용 사례를 소개하였다. 복합 소재는 경량, 고강도, 내부식, 고내구성 등 콘크리트와 강재를 대체할 수 있는 훌륭한 특성을 보유하고 있고, 섬유, 수지 등 복합 소재 제작에 필요한 모든 원자재

가 국내에서 생산되고 있으며, 항공·방위산업 분야의 기술이 이미 상당 수준 축적되어 있어 국내에서도 별 지 않은 장래에 새로운 건설 재료로 이용될 수 있을 것으로 보인다. □

참고문헌

1. Stockton, S. L. (1997) Composite materials for civil engineering structures. Technical Letter No. 1110-2-548, U.S.Army.
2. Chin, J. W. (1996) Materials aspects of fiber-reinforced polymer composites in infrastructure. NIST.
3. Kukich, D.S (1994) An overview of the pultrusion process. CCM 94-01, Center for Composite Material, Delaware.
4. Steenkamer, D. A. (1994) An overview of the resin transfer molding process. CCM 94-02, Center for Composite Material, Delaware.
5. Gillio, E. F. (1997) Co-injection resin transfer molding of hybrid composites. CCM 97-23, Center for Composite Material, Delaware.
6. 이성우(2000a) 복합 소재 구조물 제작을 위한 VARTM 제조공정 도입 및 건설분야 활용기법 연구개발. 연구보고서, KMU/SSRC-00/01, 국민대학교 구조안전연구소.
7. Chajes, M. (1998) Advanced composite bridges in delaware, Proceeding of the 2nd International Conference on Composites in Infrastructure, Vol. 1, pp. 645-650.2.
8. 이성우(200b) 군장신항만 남측안벽 2공구 케이슨의 시험시공용 침식방지 복합 소재 박판제조. 연구보고서, KMU/SSRC-00/01, 국민대학교 구조안전연구소.