

特輯

# 대한항공의 항공기용 복합재료 부품 생산 및 연구개발 현황

최홍섭, 최항석, 하재선  
(주) 대한항공, 한국항공기술연구원, 항공기개발팀

## 1. 개요

국내 항공산업의 발전에 견인차 역할을 수행해 오고 있는 대한항공 항공우주사업은 항공우주사업본부, 정비본부, 그리고 항공기술연구원에 의해 추진되고 있다. 김해국제공항과 접하고 있는 21만평의 광활한 대지 위에 세워진 항공우주사업본부는 1982년 출시한 국산전투기 1호인 제공호 F-5E/F를 비롯한 수 많은 항공기 및 헬기들의 제작 및 수출에 관련된 영업을(Fig. 1(a)), 항공기 및 헬기의 기술개발에 동반되는 연구활동은 항공기술연구원에서 수행되어 왔다.

대한항공은 60년대부터 시작된 항공기 및 헬기들의 정비를 시작으로 항공산업 불모지에서 조립, 정비기술, 항공기 제작, 설계 및 해석등에 관련된 각종 노하우를 축적해 왔다. 이렇게 축적된 기술을 인정 받아 75년 방위산업체로 지정 받으면서 항공기 제조업에 진출, 항공우주사업본부를 설립하였으며, 대한항공 및 정부의 R&D 및 산업 근대화 요구에 부응하여 1978년 한국항공기술연구원이 항공분야 연구소로는 국내에서 처음으로 설립되어 1982년 정부로부터 공식연구기관으로 지정받게 되었다. 1996년에 그룹 차원의 항공우주산업 집중 육성 계획의 일환으로, 충남 대덕의 연구단지에 1.65 km<sup>2</sup>의 부지 (건물면적 12,700 m<sup>2</sup>)위에 항공우주 전문연구원을 확장 이전하여 현재에 이르고 있다. 국내 항공우주산업의 선도적 역할을 수행하고 있는 대한항공의 항공기술연구원(Fig. 1(b)참조)은 1978년 설립된 이래로 90여 명의 인원이 항공/우주관련 과제 및 복합재료 구조물, 전동차 시뮬레이터 등의 연구 개발에 전념하고 있으며, 초기부터 대한항공을 거쳐서 배출된 항공기술 인력이 지금은 자회사 및 기타 경쟁회사 등에서 항공산업관련 인재로서 국익향상에 봉사하고 있어 인재배출의 산실 역할을 해오고 있다. 현재 항공기술연구원은 민간항공기 해외 부품 개발, 한국형 전투기 KTX-2사업, KMH 한국형 다목적 헬기 개발, 다목적 실용위성 개발, 통신위성안테나 개발, KT-1 시뮬레이터 개발, 복합소재 공정개발 등의 각기

다른 사업 팀으로 유기적으로 연구, 개발이 진행되고 있다. Fig. 2와 3은 대한항공 항공우주사업본부 및 항공기술연구원의 조직도를 보여준다.

대한항공이 사용하고 있는 복합재료 구조물의 생산에 관련된 주요장비로는 초대형 autoclave, core forming oven, CNC composite ply cutter, C-scanning system등이 있다. 복합재료에 관련된 기술 개발의 측면에서 보면, 초경량 복합재료 항공기인 창공 1, 2, 3호기의 제작, 5인승 다목적 경항공기

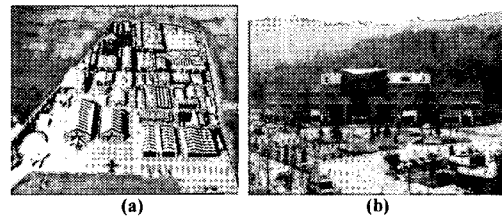


Fig. 1 Korean air (a) Kimhae factory of aerospace division (ASD) and (b) Korea institute of aerospace technology (KIAT).

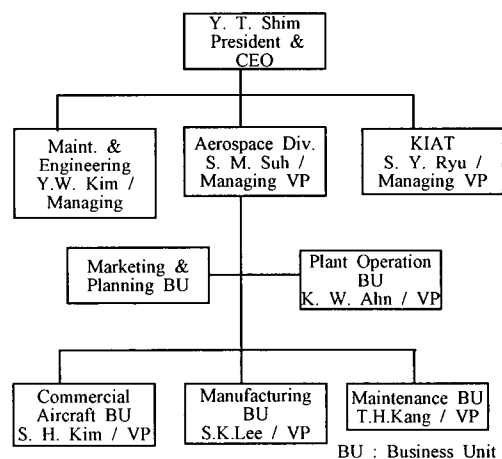


Fig. 2 Korean Air aerospace division organization diagram.

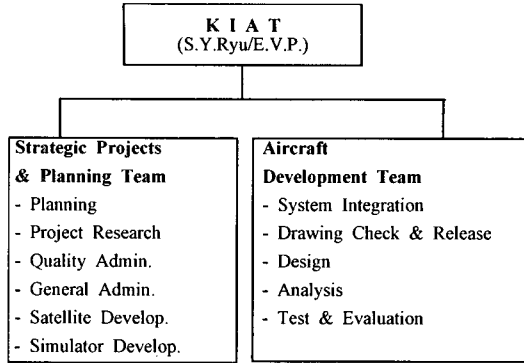


Fig. 3 Korea institute of aerospace technology organization diagram.

인 창공 91의 개발, MD-11의 P&W엔진에 장착된 mid fan cowl, MD-11의 spoiler, B737-700/800/900의 flap support fairing, 통신위성 복합재료 안테나 개발, optical fiber sensor smart 구조물개발, B717-200 foam cored radome, B747-200 blended winglet 개발 등이 있다.

대한항공은 항공우주분야의 많은 세부분야에서 많은 일을 수행하고 있으나 본 기사의 특성상 복합재료와 관련된 내용을 중심으로 대한항공의 복합재료 부품 생산 및 연구 개발 현황에 대해 논하고자 한다. 본론에서 복합재료 부품사업의 배경, 항공우주사업본부의 복합재료 부품 생산시설, 항공우주사업본부 및 항공기술연구원의 복합재료 관련 생산실적, 연구개발실적, 그리고 연구 수행 과제 등을 논한 후, 앞으로의 전망을 언급하면서 본 기사를 맺고자 한다.

## 2. 복합재료 부품사업 배경

오늘날 세계의 복합소재 관련 기술을 선도하는 미국의 일반 대학의 연구실이나 산업체의 실험실에서 흔히 볼 수 있는 "Future is Composite"라는 표어에서 알 수 있듯이, 미래의 항공산업분야 뿐만 아니라 모든 공업분야에 복합재료 관련기술은 널리 보급될 것으로 매우 중요시되고 있다. 또한 서서히 고갈되어가는 화석연료를 절약하고 심각한 상태에 놓인 지구 대기환경을 보호하기 위한 자동차, 철도차량 및 항공기 등의 운송수단의 경량화추세는 현재 선진국에서 강력하게 추진되고 있으며 이를 해결하는 데는 복합재료의 사용이 필수 불가결할 것으로 생각할 수 있다.

1903년 12월17일, 미국의 라이트형제가 노스캐롤라이나주 키티호크 해안의 모레인덕에서 인류 최초의 동력비행(4기동 12마력 가솔린 엔진)으로 59초 동안 260m를 나는데

성공하였다. 비록 매우 짧은 비행시간이었지만 이로써 하늘은 오랜 동경의 대상에서 정복의 대상이 되어 마침내 인류의 오랜 숙원인 하늘을 나는 꿈이 실현되었으며, 20세기 문명의 대변혁의 문이 인류에게 활짝 열리게 된 것이다. 이와 같이 한 세기의 짧은 기간동안 급격히 발달해온 선진국의 항공관련기술은 오늘날 항공사고의 확률이 길거리에서 벼락에 맞을 확률에 이를 만큼 안전성이 확보되어 이제는 항공기 운항에 관련된 비용을 줄이려는 방향으로 기술이 개발되어 가고 있다.

즉 항공기가 점차 대형화되어 600-700인승 대형기종이 더 나아가 1000인승 초대형기가 미래의 민간항공기 개념으로 나타나고 있으며, 여기에 필수적으로 필요한 기술이 기체의 경량화 관련 기술인데 이는 기존의 금속기체구조물을 가볍고 강도가 큰 물질로 대체하려는 노력으로 나타나고 있다. 지금까지 인간이 만든 기계구조물을 구성하는 재료는 크게 금속, 고분자(polymers), 세라믹(ceramics), 복합재료(composites)의 네 가지 범주로 분류할 수 있는데, 인류가 사용한 재료의 역사적 맥락에서 본다면 인류와 가장 친근한 금속의 중요성은 서서히 감소하는 반면, 고분자나 세라믹 특히 복합재료의 역할은 서서히 그러나 꾸준하게 증가하는 추세다. 항공기에 사용되는 소재의 관점에서 이를 간단히 설명하면 1940년대 개발된 경합금(light alloys)은 이전의 강철합금을 대체하였으며 이들은 다시 더욱 가볍고 강한 티타늄, 지르코늄 합금 등의 초경합금(super alloys, 1960~70년대)으로 대체되고 오늘날에는 새로운 초경합금(new super alloys)이 개발되어 사용되고 있다. 또한 매우 우수한 내열특성을 갖고 있으나 상대적으로 깨지기 쉬운 단점을 지닌 세라믹재료는 항공기에는 그리 널리 쓰이지는 않았으나 고인성을 갖는 세라믹(tough engineering ceramics)의 개발로 이러한 단점을 극복하여 항공기용 재료로 이용하려는 방향으로 활발히 연구가 수행되고 있다. 한편 나이론, 고무, 폴리에스터 등으로 생활주위에서 흔히 볼 수 있는 고분자 물질도 고강성 및 고온용 특성을 갖는 새로운 고분자 화합물의 개발과 함께 항공기의 내장재뿐만 아니라 여러 방면에서 그 이용이 증가하고있다.

복합재료는 서로 다른 2가지 이상의 물질로 구성되어 각각의 물질에서는 볼 수 없는 또는 각각의 특성이 크게 향상된 우수한 기계적 특성을 보이며 미시적보다는 거시적 구조단위로 구성된 것을 지칭한다. 복합재료는 보통 고인장성을 갖는 미세한 섬유와 이보다는 약하나 섬유를 지지하고 외부 환경으로부터 보호하는 역할의 기지재료에 함침시켜 만들어진다. 이러한 복합재료는 사실 매우 오랜 세월 동안 진흙담을 보강하기 위한 짚이나, 도자기의 균열을 방지하기 위한 섬유를 넣거나 오늘날의 콘크리트를 보강하기



9.1m, 최대온도 425°C (800°F), 최대압력 1.379MPa (200psi)의 운영환경을 갖는 autoclave (Fig. 5) 등과 455°C (850°F) 운영온도를 갖는 core forming oven, CNC composite ply cutter (Fig. 6) 그리고 완성된 복합재료 성형구조물의 결합을 비파괴적으로 찾는 초음파 C-scanning system (Fig. 7) 등이 있다. 또한 복합재료 Lay-up작업을 수행하는 1,230 m<sup>2</sup>의 넓은 작업실(Fig. 8)은 항온 항습 기능 (60% 최대 상대습도, 온도범위 19~24°C)을 갖추고 유입되는 공기는 필터로 걸러지는 등, 생산되는 복합재료 구조물의 품질의 균일성과 우수성을 높이기 위한 환경설비가 완비되어 있다. 이밖에 수분흡수 시험용 항온항습조, 시험편 제작 설비, 만능재료시험기 및 각종 계측장비를 갖춘 시험동 등이 있다.

4. 연구개발 및 생산실적 현황

대한항공은 미국 MD사와 500MD 헬리콥터 (복합재료 적용 예, Table 2)를 공동 생산해 군·민수용으로 국내 수요와 해외에 수출한 바 있으며 1982년에는 F5-E/F를 자체 생산해 국내 항공 산업 도약의 기틀을 마련하였다. 그리고 초경량 복합재료 항공기인 창공 1, 2, 3 (Fig. 9)의 제작 경험을 토대로 1991년에는 국내관련기업과 공동으로 창공91을 개발하였다. 5인승 다목적 경항공기인 창공 91 (Fig.

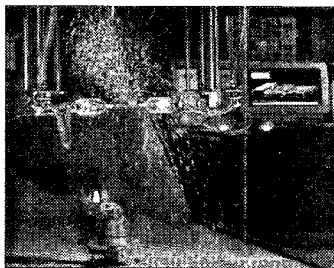


Fig. 7 Automated ultrasonic scanning system (AUSS-V) for NDT of composite structures.

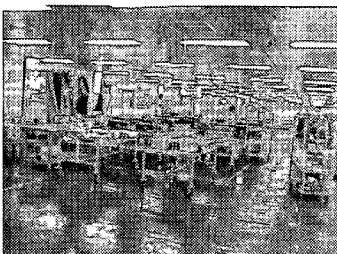


Fig. 8 Clean room for dry lay-up of composite.

10) 은 국내 최초로 자체 설계, 제작에 성공하여 교통부의 감항 증명 허가를 얻어낸, 대한민국 항공산업의 새 장을 연 항공기로 복합재료가 일부 적용된 항공기이다.

1991년부터 1999년까지 공군의 주계약 업체로 Sikorsky사의 UH60을 면허 생산하였으며 동기간 KFP 사업의 부계약 업체로서 KF16의 주익과 후방 동체를 생산하였으며 후방동체의 수평 미익(Fig. 11)은 탄소섬유 복합재료를 외피에 적용한 것이다. 복합재료 부품 생산으로는 MD-11기에 장착된 엔진 (P&W 4000)의 Mid Fan Cowl (Fig. 12), 보잉사 (Boeing Co, USA) 의 B747-400의 flap track fairing (Fig. 13(a))과 wing tip extension (Fig. 13(b)), B737-700/800/900의 Flap Support Fairing , 그리고 B777-200/300의 Flap Support Fairing (Fig.14(a)), wing tip assembly (Fig.14(b)) 등을 생산하여 선진 항공사로부터 제작기술을 인정 받은 토대가 마련되었다. 전술한 복합재료 부품들은 대부분 Nomex 코어에 유리섬유 외피 재질로 구성되어 있으며, 보잉사에 납품하는 부품의 경우에는 보잉사가 요구하는 자체 품질 규격 등의 까다로운 요구사항 및 인증조건 (Fig. 15)을 충족시킬

Table. 2 Chronicle of Korean Air experience in manufacturing composite structures.

Year	Customer & Plane	Component	Mat'ls
78'-	Douglas, MD-500	Duct, Interior Panel, Landing Gear Fairing, Fuel Cell Liner	GF/Ep
85'-	Northrop, F-5 E/F	Dorsal Curver	GF/Ep
87'-	Boeing, B747	Flap Tracking Fairing	GF/Ep
87'-	Boeing, B747	Wing Tip Extension	GF/Pe GF/Ep
87'-	Douglas, MD-11	Fillet	KF/Ep
89'-	Douglas, MD-11	Spoiler	CF/Ep
89'-	Rohr, P&W 4000	Mid-Fan Cowl	CF/Ep
90'-	Boeing, B777	Flap Support Fairing	CF & GF/Ep
91'-	Boeing, B777	Wing Tip Assembly	GF/Ep
92'-	M.M., Koreasat	Body, Solar Panel	CF & KF/Ep
92'-	M.M., PW-4168	Blocker Door	CF/Ep
95'-	Boeing, B737	Flap Support Fairing	GF/Ep, Nomex
98'-	Boeing, B717-200	Nose Radome	GF/Ep, Foam

M.M : Martin Marieta

수 있도록 concurrent engineering과 CATIA 등의 첨단 설계전산 프로그램 및 네트워크 시스템 (Fig. 16)을 도입하여 선진국에 버금가는 우수한 품질의 복합재료 구조물을 생산하였다.

또한 MD-95 (현재 B717-200) 전두부 개발과 아울러 현

재까지 전두부 생산 (Fig.17(a)) 이 진행되고 있는데, 특히 항공기의 운항에 중요한 통신 레이더 기능이 요구되는 기능성 부품인 고부가 가치 복합재료 레이더돔(Fig.17(b)) 을 개발하여 수출하고 있다. 본 레이더돔은 기존의 fluted type

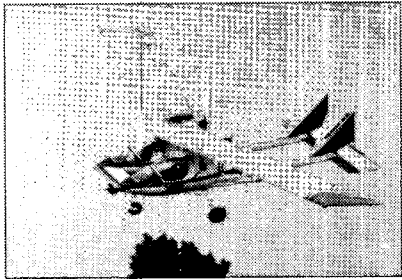


Fig. 9 Ultra-light ChangGong-1, 2, 3 (85~89) with metal/composite structure.

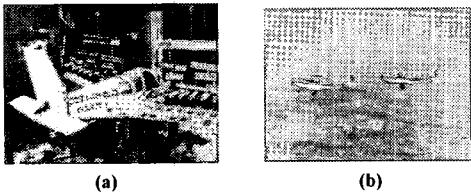


Fig. 10 5-Seater 200HP ChangGong-91 (a) under full scale test and (b) in flight (88~93).

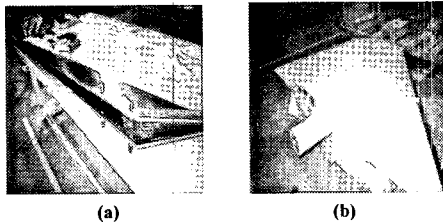


Fig. 11 KF-16 (a) all composite leading edge and (b) horizontal stabilizer with composite skin.

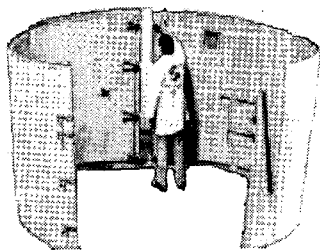


Fig.12 MD-11 P&W 4000 mid fan cowl.

하니콤 구조의 레이더돔을 대체하여 새로운 형태의 foam을 심재로 하여 수분 흡수 및 축적으로 인한 레이더의 오작동을 방지한 첨단 기능성 구조물로서 앞으로 시장성 확대에 중요한 역할을 할 것으로 예상하고 있다.

항공기술연구원 산하 복합재료 관련 연구그룹은 항공기용 복합재료 구조물의 제작과 관련된 소재의 선정 및 각 소재의 열 기계적 분석, 생산 공정 분석 및 개선, 구조물에 대한 해석 및 설계 기법 개발과 제작이 완료된 구조물의 인증획득을 위한 시험평가 등의 항공기용 부품 제작사로서 갖추어야 할 전과정에 대한 기술적 자립을 장기적인 목표로 하고 있으며 또한 문서관리 및 보존의 중요성을 깨닫고 이를 위해 현재 각종 표준절차서를 마련하여 향후 유사한 과제 수행에 있어 중복되어 낭비되는 일을 배제하여 과제 수행의 효율성 및 경제성을 추구하고 있다.

### 5. 복합재료 연구수행과제

대한항공이 자체 설계 제작한 국내 최초의 다목적 경항공기인 창공-91 의 engine cowl, wheel pants, door, wing ttip,

Table. 3 Korean Air experiences in manufacturing composite structures

Items (ordered amount)	Prep.	H/C	Adhesive	Cure T. (° F)
B747 Flap Tracking Fairing (900)	GF/Ep	Nomex	Ep	250
B747 Wing Tip Extension (800)	GF/Ep, GF/Pe	Nomex	Ep	250
MD-11 Fillet (200)	AF/Ep	Nomex	Ep	250
MD11 Mid Fan Cowl (80)	CF/Ep	Aluminum	Ep	350
MD-11 Spoiler (100)	CF/Ep	Nomex	Ep	250 & 350
B777 Flap Support Fairing	GF/Ep, CF/Ep	Nomex	Ep	250
B777 Wing Tip Assembly (400)	GF/Ep	Nomex	Ep	250
Blocker Door	CF/Ep	Glass	Ep	350
KoreaSat1,2,3 Solar Panel	CF/Ep, AF/Ep	Aluminum	Ep	250 & 350
B717-200 Radome (300)	GF/Ep,	Foam	Ep	250
KoreaSat4, Antenna System	CF/PE	Korex	Ep	350
KT-1 Large Access Door	CF/Ep	Nomex	Ep	350
KF-16 Horizontal Stabilizer	CF/Ep	Aluminum Corrugated Rib-Spar	Ep	350

CF : Carbon Fiber , GF : Glass Fiber, AF : Aramid Fiber, Ep : Epoxy Resin, Pe : Polyester Resin

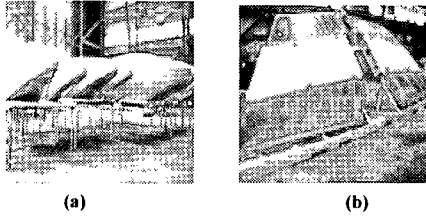


Fig. 13 (a) B747-400 flap track fairing (FTF) and (b) B747-400 wing tip extension (WTE).



(a) (b)

Fig. 14 (a) B777 wing tip assembly (WTA,91~95) and (b) B777 flap support fairing (FSF, 91~95).



Fig. 15 Korean Air quality control certification diagram acquired for composite structures.

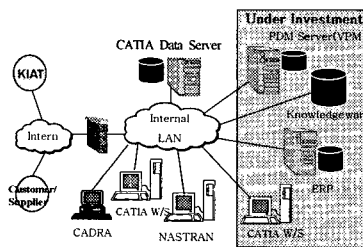


Fig. 16 Korean Air aerospace division network system for engineering.

tail cone, rudder, stabilizer 등을 복합재료로 시험 제작한 경험과, 1970년대 중반부터 대한항공을 중심으로 시작한 복합재료 부품의 해외 수주 사업을 통해 그 동안 상당한 기술축적을 바탕으로 1992년에는 미국 맥도넬 더글라스사 (McDonnell Douglas Co., MDC, 현재 Boeing에 병합)의 대형 항공기인 MD-11 의 주요 조종면의 하나인 spoiler 를 국내 기술로 설계 제작하고 국내 최초로 미국 FAA 의 인증을 획득하여 기술력을 인정 받게 되었다. (D1-9000A Advanced Quality Systems 인증(Boeing Commercial Airplane Group), Spirit of Excellence Award (Boeing, 1993), President of Award for Excellence (Boeing, 1998), Lean Supplier of the month (Boeing, 98.7 / 99.1)) 본 절에서는 대한항공 경쟁력의 바탕이 되고 있는 이러한 복합재료 관련 연구개발 과제에 대해 간단히 부연 설명하고자 한다.

1. MD-11 Spoiler 개발

MD-11 복합재 스포일러 (Fig. 19) 는 MDC에서 수행하고 있는 무게감소 프로그램의 일환으로 기존의 알루미늄 구조물을 탄소섬유 복합재 구조물로 대체시켜 50 lbs (14%, 354 lbs → 304 lbs)의 무게를 감소시키는 프로그램이며, 실제 설계 완료 후 약 70 lbs (20%)의 무게를 감소시켰다. 본 설계/개발 프로그램은 외부하중, loft lines 등을 포함한 설계요구조건을 MDC로부터 제공받고 기본설계 및 상세설계에서부터 최종 FAA 인증 획득까지 대한항공이 모든 책임 및 권한을 가지고 수행되었다. 설계, 해석, 시험평가는 대한항공 항공기술연구원에서, 제작은 대한항공 항공우주 사업본부에서 수행하였다.

2. 항공기용 복합재료 주날개 및 조종날개 개발

1992년부터 1997년까지 5년 동안 항공기용 복합재료 구조물 개발 및 이에 대한 데이터 베이스 구축을 목표로 한 국가선도 기술개발과제(일명 G7과제)의 세부과제로서 기술 및 경제적 타당성을 고려하여 창공91의 러더(rudder)가 선정되었으며 연구 개발된 내용을 바탕으로 상세설계 및 구조해석을 수행하고 국내에서는 최초로 소형 항공기용 복합재료 구조물인 러더를 일체성형기술로 개발하였다. 그리고 제작된 러더는 수직 미익에 장착하여 제작 완료된 구조물에 대한 full-scale 구조 강도시험 및 환경시험을 수행하는 개발기술에 대한 응용 연구를 수행하기도 하였다. 또한 본 연구와 관련해 복합재료학회를 비롯한 국내외 저명 학술지에 40여 편의 연구논문을 발표하기도 하였다.

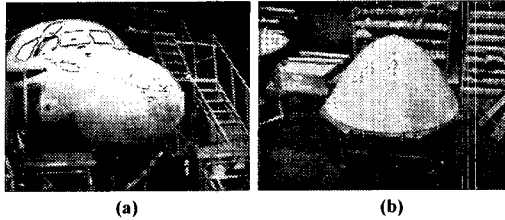


Fig.17 (a) B717-200 front fuselage with radome assembled in Kimhae and (b) its foam cored composite Radome.

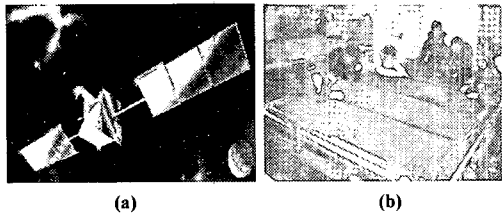


Fig. 18 (a) Multi-purpose Korean Mu Kung Wha satellite and (b) its composite sandwich solar-cell panel fabricated at Kimhae.

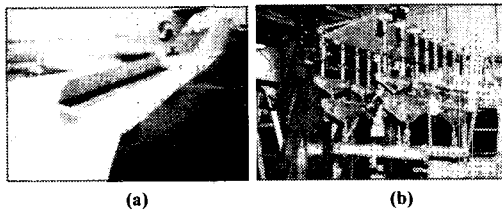


Fig. 19 (a) MD 11 and (b) its spoiler under FAA certification test.

### 3. 광섬유센서(optical fiber sensor)응용 복합재료 기술 개발

1993년부터 1996년까지 미국의 UTC(United Technologies Co.)사와 공동으로 수행한 OFS (optical fiber sensor)과제에서는 복합재료 구조물 내부에 열 및 기계적 변형에 선형적으로 반응하는 광섬유 센서를 내장 시켜 구조물 자체의 결함을 자가 진단할 수 있는 지능형 구조물 응용기술을 개발하였다 UTC와의 공동연구과정을 살펴보면 본 연구의 진행 초기에 당사의 연구원 1명이 UTC에 상주하며 복합재료 구조물 내부에 광섬유센서를 장착하는 방법 및 제작공정 monitoring에 관한 연구를 실제 Sikorsky사의 UH-60 Black Hawk tail rotor를 사용하여 성공리에 수행하였다. 본 연구

의 결과로서 복합재료 내부에 광섬유센서를 삽입하는 공정

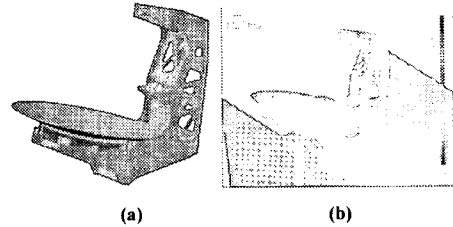


Fig. 20 All composite antenna system (Ka-band) for Korean satellite (a) CATIA 3D model (b) Temperature field for thermal analysis at space.

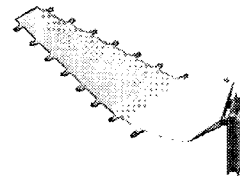


Fig. 21 Blended Winglet Test Fixture Set-up.

및 제작공정 monitoring 신호분석과 열팽창계수측정 등의 센서의 응용방법 등을 개발하였고 그 내용은 국내의 학술회의에서 발표된 바 있으며, 특히 광섬유 센서와 삽입공정에 관련된 기술 중 당사에서는 최초로 미국 국제특허를 2가지 획득하였다.

### 4. B717-200용 폼 코어 레이돔 개발

대한항공은 미국 Boeing사와 함께 새로운 개념의 소재와 제작공정을 적용한 B717-200용 foam cored radome를 1999년 공동 개발하였다. 기존의 유리섬유 fluted honeycomb을 사용하는 레이돔의 수분축적문제 등을 개선하기 위해 처음으로 foam core를 적용한 제품이다. 본 레이돔은 전파투과성시험, side lobe 시험, 파괴시험 및 비행시험 등의 FAA의 승인요구조건을 모두 만족하여 대한항공이 김해공장에서 제작하여 납품하고 있는 B717-200 전방동체에 장착되어 현재 Boeing사에 전량 수출되고 있다.

### 5. 대한항공 산학연 협동과제

대한항공은 복합소재의 강도 및 내구성 시험, 열분석 시험, 환경시험, 비파괴 시험 등 점차 전문화가 요구되는 복합재료 구조물에 대한 시험/평가 기술을 확보하는 데 역점을 두고 있으며, 이와 관련하여 그 동안 당사의 사업본부

에서 사용하고 있는 구조용 소재 및 아직 세계적으로 규격화되어 있지 않은 치공구 소재의 열(기계적 분석을 산학협동연구를 통해 수행하였다. 초음파를 이용한 비파괴 검출장비인 C-scan을 소형이동식으로 개발하는 연구, RTM (resin transfer molding) 응용 연구 등을 국내 대학과 공동으로 수행하였으며, 이러한 산학연구를 통해 국내 복합재료 관련 항공기술의 균형적인 발전과 우수인력의 확보에 노력하고 있다. 한편 세계화의 추세에 맞추어 연구원의 자기발전에도 지원을 아끼지 않아, 95년도에는 미국 보잉사와 협력연구를 활발히 하고 있는 University of Washington 및 스위스의 로잔 공대 (EPFL)의 복합재료연구실에 복합재료그룹의 연구원을 박사과정 학생으로 선발/과전하여 학위취득과 함께 선진기술을 습득하도록 지원을 아끼지 않고 있으며, 특히 로잔 공대의 복합재료 전공 박사과정학생 1명을 당 연구소의 복합재료 그룹에서 위탁 받아 4개월간 인턴학생으로 진행 중이던 연구에 참여하도록 하는 흥미로운 프로그램도 진행하여 상호 교류를 발전시켜 나가고 있으며 최근 (2001년 3월 7일~9일)에는 로잔공대 복합재료실험실의 Jan-Anders Manson 교수와 학생 18명이 당 연구원을 방문하여 세미나 및 향후 협력교류방안을 협의하였다.

6. 통신위성 복합재료 안테나 개발사업

Fig. 20은 Ka 및 Ku 밴드용 한국형 위성체의 복합재료 안테나 반사판 모듈로서, 고 정밀성 및 제작기술을 요구하는 부품으로 항공기 복합재료 부품사업에서 축적된 기술을 바탕으로 현재 대한항공에서 개발 중에 있다. 안테나 시스템을 구성하는 지지대 및 주 및 부반사판 (main and sub reflector)의 소재로는 열변형 특성이 매우 우수한 탄소섬유/패놀릭과 심재로는 Korex 우주용 하니콤 소재를 사용한다.

7. 747-200 Blended Winglet 개발사업

APB사의 특허상품으로써 기존 Winglet 구조물과의 차이점은 high aspect ratio, large bland radius shape, slender design 등으로 요약할 수 있다. blended winglet을 최초로 상품화 시킨 항공기는 현재 Business Jet로 운항되고 있는 GS-II이며 약 80%의 GS-II가 개량되었다. 경제적인 이점은 wing induced drag을 감소시켜 약 6~7%의 성능향상을 가져올 수 있다. 현재 대한항공은 B747-200 blended winglet 개발준비 작업 (Fig. 21)을 수행 중이며 설계, 해석, 시험, 제작 및 FAA인증 까지 당사의 책임 하에 수행될 예정이다.

6. 전망 및 맺음말

현재 전세계적으로 군용기나 소형 민항기의 경우에는 미익, 주익 및 동체 등 주요 구조물을 복합재료를 사용하여 제작하는 것이 일반화되어 있으며, Beech Starship 과 같이 전체 기체 구조물을 복합재료로 제작한 all-composite airplane 도 이미 오래 전에 선보인 바 있다. 따라서 소형 항공기 부품의 경우에는 복합재료 관련 설계 제작 기술이 이미 확보되어 있는 상태이며, 현재는 경제성을 고려한 최적화 기술개발이 활발하게 진행되고 있다. 반면에 대형항공기의 경우에는 최근까지 Fig. 4에서 보는 바와 같이 fairing, fillet, engine cowl, radome, door, interior 등의 비구조용 부품, 미익의 vertical 과 horizontal stabilizer, 주익의 spoiler, aileron, flap 등과 같은 2차 구조물에 제한적으로 복합재료가 사용되어 왔으며, floor panel beam 이나 torque fin box와 같은 1차 구조물에 복합재료가 사용되기 시작한 것은 아주 최근의 일이다. 따라서 현재까지도 대형항공기의 경우 복합재료의 사용은 전체 구조물의 약 10-20% 에 머물고 있는 실정이다. 이와 같은 추세로 볼 때 향후 예상되는 개발분야는 주익 전체, unpressurized & pressurized fuselage 이며 이것이 현실화 되면 전체 구조물의 약 절반 정도를 복합재료가 차지하게 될 것으로 예상된다. Table. 4 는 Boeing 및 Airbus사에서 제작한 항공기에 적용된 복합재료의 총량 및 이에 따른 무게 절감량을 표시한 것으로 새로운 모델이 나올수록 복합재료의 사용량 및 적용 범위가 점차 확대되는 경향을 보이고 있으며 유럽의 Airbus사가 미국의 Boeing사에 비해 복합재료의 적용에 보다 적극적인 것을 유추할 수 있다.

한편 국내의 항공기용 복합재료 사용 현황은 외국과 비교하여 아주 미미한 실정이다. 또한 항공기용 복합재료 소재의 국내 현황은 선경 인더스트리에서 하니콤, 한국 화이바에서 프리프레그를 개발하여 외국 항공기 제작사의 인종을 획득하였으나 국내 항공기용 복합재료 수요가 제한되어 있어 많은 어려움을 겪어 왔다.

특히 민항기의 경우에는 현재까지 국내 수요는 극히 제한

Table 4 Weight savings for civil aircraft by using composite materials

Model	Total Advanced Composite (kg)	Weight Savings (kg)
B737-300	681	272
B757	1516	676
B767	1535	636
A320	-	1050
A340	-	2600



적이며 국내 항공 2사 (대한항공, 한국항공우주산업)를 중심으로 외국의 항공기 제작사에서 수주를 받아 항공기 부품을 제작 수출하고 있으며 선진항공기 제작사들의 경비절감차원에 의한 외주물량확대 추세에 따라 수주량이 점차 증가하는 단계에 있으며 항공기용에서 점차 비행기용 산업일반전체에 복합재료의 응용이 점차 증가하고 있으므로 비항공기용으로도 국내에서의 수요도 증가하리라고 예상하고 있다.

가까운 미래에 개발이 예상되는 항공기는 크게 고성능 (high performance), 초대형 (high capacity), 초음속 (high speed) 항공기로 구분할 수 있다. 이중 고성능 항공기는 이미 미국 Boeing 사의 B777 (Fig. 4 참조)과 같이 두개의 엔진으로 태평양을 횡단할 수 있는 항공기가 개발되었고, 초대형 항공기는 현재까지는 외국의 대형항공기 제작사들의 시장성에 관한 이해관계가 첨예화된 상태에 있으며 최근 500인승 이상의 초대형 항공기인 A380 생산결정이 발표되고 있어 앞으로 전세계적으로 개발경쟁이 가속화될 항공기이다. 이와 같은 초대형 항공기의 개발에 있어서 복합재료는 더욱 필수적이며 현재의 상황으로 판단할 때 기존에 사용되어 오던 탄소섬유/에폭시 수지 복합재료가 주종을 이루어 대부분의 많은 금속재료 부품을 대체할 것으로 예상된다. 한편 초음속 항공기로서 이미 Boeing사에서 2005년경 출시를 목표로 진행중인 HSCT (high speed civil transport)는 평균항해속도가 기존의 항공기의 약 3배인 Mach 2.4로서 기체 표면의 온도가 거의 400(°F)에 이르므로 기존의 에폭시 수지는 사용이 불가능하며 따라서 현재 고온특성이 보다 우수한 PI (polyimide)에 대한 연구가 활발히 진행될 것으로 예상된다. 항공기용 복합재료의 적용이 보다 활성화되기 위하여서는 우선 소재 및 공정 가격이 낮추어져야 한다. 이를 위하여 기존의 항공기 부품 제작에 사용되어 온 고가의 3K 혹은 6K의 탄소섬유 Tow를 상대적으로 저가인 12K 혹은 24K Tow로 대체하는 것이 시급하며 저가의 소재로 대체되는 경우 소재 가격은 50% 이상 감소할 것으로 예상되며 이와 더불어 새로운 소재, 특히 값싼 탄소섬유의 개발이 요구된다. 생산 공정 측면에 있어서는 RTM과 같은 경제성 있는 공정의 도입 및 개발이 필요하며, 설계단계에서 공정을 고려하여 부품의 개수를 줄이거나 형상을 간단하게 할 수 있는 concurring design 개념을 도입하여야 한다. 기술적으로는 현재 사용 중인 복합재료의 최대 약점인 damage tolerance 혹은 impact resistance를 보강하기 위한 고인성/고탄성 수지 및 fibrous preform 개발이 시급하며, 초음속 항공기에 적용할 수 있는 고온용 수지, 접착제, 하니콧 개발이 필요하다. 또한 탄소/아라미드/유리 등의 섬유가 혼합되어 synergetic effect를 극대화할 수 있는 Hybrid 복합재료에 대한 연구도 요구된다.

이와 함께 복합재료 구조물의 결함을 탐지할 수 있는 비파괴 검사 (NDI) 및 수리 방법의 개발도 복합재료 구조물의 완성품 수출이 늘어남에 따라 동반되는 중요한 연구 분야이다. 특히 저온에서 경화하여 고온 특성을 갖는 저온 경화용 수지 (low-temperature cure resin), 저온이나 고온에서 경화하여도 동일한 물성값을 갖는 dual cure-temperature 수지의 개발은 구조물 제작뿐만 아니라 생산비 절감 및 maintenance 용이성 등 경제적인 측면에서도 상당히 필요하다. 항공기용 복합재료는 여전히 많은 응용의 여지를 갖고 있으나 또한 시급히 해결하여야 할 많은 기술적인 문제점을 갖고 있다. 즉 복합재료 항공기용 구조물은 반드시 인증 절차를 밟아야 실제 항공기에 장착/판매될 수 있는데 수치해석 기법에 의한 구조 해석을 거친 기본/상세 설계 과정과 성형 제작된 실물 구조물에 대해 가혹 환경 조건하 (90% 상대습도, 70°C 온도에서 30일간 방치)에서 설계에서 제시한 최대 하중의 150%를 견디어야 하는 까다로운 Full-Scale Testing 및 각종 복합재료관련 시험을 수행하여야 한다. 이와 같은 기술적인 문제점은 향후 연구결과에 따라 충분히 극복할 수 있으나 이와 더불어 현재 각각의 항공기 제작사가 보유하고 있는 material specification, design manual, process standard 등의 규격이 전세계적으로 통일될 수 있는 제도적인 보완이 뒷받침 된다면 국내에서의 복합재료의 응용도 훨씬 앞당겨질 수 있을 것으로 예상된다. 복합재료기술과 관련된 우리의 현실은 미국의 약 20여만명에 달한다는 복합재료관련 기술자의 수와 우리나라의 기백명의 수에서 알 수 있듯이 아직 그 기술이 초보적 단계에 있다고 볼 수 있다. 세계는 지금 선/후진국을 막론하고 과거의 이데올로기의 경쟁에서 벗어나 기술보유국만이 미래의 경쟁에서 살아 남을 수 있는 기술경쟁 및 자유시장경제 시대에 뛰어들었다. 이러한 시대의 요구에 맞추어 대한항공도 기술자립과 건전한 시장 경제 하에서의 이윤창출로 목표로 복합재료 관련 산업방전과 연구개발에 부단한 노력을 기울이는 선도 회사로 자리매김할 수 있도록 노력하고 있다.

## 참고문헌

- 1) 문희장, 안존, 최홍섭, "미래의 항공기 구조물," 한국전산구조공학회 논문집 기술기사, 제13권, 제1호, 134-152, 2000. 3.
- 2) 최홍섭, "항공기용 복합재료의 이해 및 응용," 한국전산구조공학회 논문집 기술기사, 제9권, 제4호, 15-26, 1996. 12.
- 3) 한국항공기술연구원 Activities 2000, 내부 보고서.