

항공기용 국산 복합재료 인증체계 및 발전방향에 대한 연구

김일영^{1,†}

¹한국항공우주연구원 항공우주제품보증센터

A Study on the Certification System and Development Plan of Domestic Composite Material for Aircraft Use

Ilyoung Kim^{1,†}

¹Aerospace Product Assurance Center, Korea Aerospace Research Institute

Abstract : This paper presents the systematic and procedural approaches to ensure the safety of the composite material domestically developed and produced, for its use in the structure of aeronautical product in accordance with the applicable international standard, and to enhance its creditability. Based on this approaches, this paper eventually proposes the practical future plan to encourage and expand the adoption of domestic composite material as part of aeronautical product by aircraft manufacturer in global market.

Key Words : Composite Material, Certification System, Certification Procedure, Designated Inspection Agency, Material Property

1. 서 론

국내 항공 분야 제작산업에서 구조물로 사용되는 복합재료의 해외 의존도는 매우 높다고 할 수 있다. 여기에는 여러 가지 이유가 있겠지만 가장 큰 부분을 차지하는 것은 아무래도 국산 복합재료를 항공용으로 사용하기 위해서 투입하여야 하는 경제적 비용 대비 얻을 수 있는 이익이 현 상황에서는 거의 없을 뿐만 아니라 오히려 투자 대비 손실을 초래할 가능성이 크기 때문이라고 하겠다. 국내에서 항공용으로 복합재료를 개발하고자 하는 소재 제작사가 있다면 이는 경제적 실익보다는 안전성이 가장 중시되는 항공용으로 사용된다는 이미지를 통해 얻을 수 있는 광고효과를 기대하기 때문일 것으로 추정된다. 국내의 항공기

제작 산업 실태를 볼 때 이러한 환경이 단기간에 개선될 여지는 매우 미미하다. 그럼에도 불구하고 항공기등의 제작 분야에서 국산 복합재료의 사용을 포기할 상황이 아니라는 이유는 분명히 있다.

우선, 국내 항공기 및 항공제품 제작 시장의 대부분을 차지하는 군용 항공기 분야는 국가가 주도하는 만큼 정부의 정책적인 지원이 있을 경우 점진적으로 국산 복합소재를 채택하도록 할 수 있는 가능성이 있다는 점과, 다음으로는 우리 노력 여하에 따라서는 세계 항공분야 시장에 국산 복합재료가 파고들 여지가 여전히 있다는 점이다. 이것은 물론 국산 복합재료의 품질과 신뢰도를 우선 확보해야 한다는 것을 전제로 하지만 우리나라 복합재료 산업체의 기술적 능력을 볼 때, 국가적인 제도적/정책적 뒷받침만 있다면 항공기 제작 분야에서의 국산 복합재료 사용은 충분히 가능할 것으로 보인다.

본 논문에서는 국내 항공 분야 제작 산업에서의 국산 복합재료 사용을 유도하고 활성화시키며 이를

기본으로 국산 복합재료가 보다 안정적이고 효과적으로 세계 시장에 진입할 수 있는 방안을 수립함에 있어 미국의 NCAMP(National Center for Advanced Materials Performance) 제도와 연계할 수 있는지를 모색하기 위한 것이다.

이러한 연구는 기본적으로 국산 복합재료를 항공용으로 사용하기 위한 인증을 받는 내용을 중심으로 진행하는 것이 가장 적절한 방향이라고 할 수 있는데, 우리나라 인증당국인 국토교통부도 이에 대한 관심을 가지고 항공선진화사업의 일환으로 2015년 5월까지 3년 동안 소형항공기용 국산 복합재료 데이터베이스 구축 및 공유시스템 연구 과제를 수행한 바 있다. 본 연구에서는 당시 과제 수행 경험을 기초로 미국의 복합재료 인증제도 대비 최선의 국내 제도를 제안함과 동시에 실용적인 접근 측면에서 미국제도와와의 연계가 가능한 부분을 모색해 보았다.

2. 복합재료 인증체계 및 절차 개요

항공기 제작업체가 새로운 형식의 항공기를 개발하거나 개조하여 형식증명을 받고자 한다면, 해당 항공기 제작업체는 신규 항공기의 안전성에 대한 일체의 책임과 의무를 가지고 규정에서 정한 기간인 소형기 3년, 대형기 5년의 기간 이내에 항공기 기술기준에의 적합성 입증을 완료하고 형식증명을 취득하여야 한다. 항공기 개발이나 개조 시 사용하고자 하는 복합재료가 이미 공인된 물성치를 가지고 등록되어 있다면 항공기 제작업체는 동등성 시험을 통해 원 물성치와의 동등성을 입증하고 항공기 제작에 해당 복합재료를 사용할 수 있겠지만, 그렇지 않다면 복합재료의 물성치를 확인하는 것으로부터 형식증명을 받기 위한 개발업무를 시작하여야 한다. 이러한 경우에는 최소 1년 이상 소요되는 동등성 입증 기간에 추가하여 더 오랜 기간의 복합재료 물성치 확인 기간이 필요하게 되므로 정해진 기간 내에 개발을 완료하여야 하는 항공기 제작업체로서는 이미 물성치가 입증된 복합재료를 채택할 수밖에 없게 된다.

본 논문에서 복합재료 인증이라 함은 항공기 제작업체가 수행하는 동등성 입증의 이전 단계로서 복합재료 제작업체가 수행하는 물성치 입증과 이에 대한

인증당국 확인까지의 일련의 과정을 의미한다. 동등성 입증은 항공기 형식증명의 제반 과정에 포함된 인증 활동이고 이미 정착된 형식증명 절차에 따라 진행되기 때문에 본 논문에서 다루는 것은 의미가 없기 때문이다. 우리가 알고 있는 미국의 AGATE(Advanced General Aviation Transport Experiments) 및 NCAMP 프로그램은 복합재료 물성치를 확인하는 공식적인 활동으로서 미국 인증당국인 연방항공청(FAA)은 이러한 프로그램을 통해 등록된 물성치에 대해서는 인증당국이 직접 확인한 것과 동등함을 정책적으로 인정하고 있다. 이에 관해서는 항공우주시스템공학회에서 이미 발표된 바 있는 국산 복합재료의 물성치 공유체계 수립을 위한 요구조건[1], 복합재 물성치 생성을 위한 조직체계 및 인증문서[2], 국내 복합재료 물성치 인증체계의 현황 및 발전방향[3], 국내 섬유강화 복합재의 인증체계 현황 및 발전방향[4] 등의 다른 논문에서 충분히 다루고 있으므로 그 내용에 대한 소개는 생략하였다. 여기에서 제시하는 국산 복합재료 인증체계 및 절차는 위의 논문들에 기초하고 또한 미국의 사례를 중심으로 우리 실정에 적합한 방안을 제시한 것이다. 또한 앞서 명시한 소형항공기용 국산 복합재료 데이터베이스 구축 및 공유시스템 연구과제를 통해 탄소섬유테이프, 유리섬유패브릭, 그리고 탄소섬유 패브릭의 3종의 재료에 대한 재료인증 프로그램을 시범적으로 진행하였으며 그 결과 3종의 재료에 대한 공정규격서, 재료규격서, 시험계획서 및 데이터물성치에 대한 보고서를 생성하고 공유한 최초의 국내 사례가 있는 바, 이에 관한 내용 역시 위에서 제시한 논문들을 참고하여 파악할 수 있겠다.

미국의 경우 이외에도 유럽이나 일본의 복합재료 인증 및 공유사례가 있으나 현재 미국의 인증 및 공유체계와 같이 제도적인 뒷받침이 명확하게 되어 있지는 않은 것으로 파악된다. 특히 Diamond Aircraft Company, Airbus, Eurocopter, Bombardier, Embraer IAL, Mitsubishi, Kawasaki, Toray 등 미국 이외의 국가의 항공기 제작사 및 복합재료 업체들이 다수 NCAMP 회원으로서 적극 참여하고 있다는 것을 볼 때 미국의 체계와 절차를 기준으로 우리나라 복합재료 인증체계 구축과 운영을 검토하고 발전방향을 모색하는 것이 가장 적절할 것으로 사료된다.

3. 국산 복합재료 인증체계에 대한 제안

항공기용 복합재료 인증은 항공기 설계의 기초자료가 되는 물성치에 대한 객관적인 확인 행위로서 포괄적으로는 형식증명의 과정에 포함될 수 있다. 현행 항공법 제17조는 항공기 형식증명을 규정하고 동법 시행규칙의 관련 조항에서는 항공기 형식증명에 필요한 세부 요건을 명시하고 있으며 항공기를 구성하는 개별 구조물이나 구성품에 대한 인증을 일일이 규정하지는 않는다. 즉, 전체적인 항공제품의 인증체계에서는 항공법 및 동법 시행령/시행규칙에서 복합재료의 인증을 별도로 규정하는 것이 적절하지 않다고 할 수 있다. 미국의 사례를 보더라도 미연방항공법인 US Code Title 49, "Transportation"의 Subtitle VII, "Aviation Programs"에서 복합재료의 인증을 규정하고 있는 것은 없으며 하부 규정인 CFR(Code of Federal Regulation)의 각 Part에서도(Part 21, Part 23, Part 25 등을 의미) 복합재료의 별도 인증규정을 명시하고 있는 것은 없다. 이러한 법령 구조에서 미연방항공청은 복합재료 인증에 관한 방침서[5]를 발행하였는데 이를 통하여 NCAMP에서 인증하고 등록한 복합재료 데이터를 미연방항공청이 인정한다고 명시하였다. 미연방항공청은 이를 토대로 항공기 형식증명 수행 시 복합재 구조물의 가장 기초가 되는 복합재료 물성치에 대한 직접적인 인증은 생략하고 NCAMP 등록 데이터를 그대로 수락하고 있다.

이러한 사실로부터 우리나라의 경우에도 복합재 인증에 관한 규정을 항공법에 반영하는 것은 적절하지 않은 것으로 판단할 수 있으며 미국의 경우를 참조할 때 우리나라 인증당국인 국토교통부가 미국의 NCAMP와 같은 역할을 수행할 국내 전문기관을 지정하고 해당 전문기관이 등록한 복합재료 물성치 데이터베이스를 수락한다는 사실을 전문기관을 지정, 고시하면서 함께 명시하는 체계가 적절할 것이다. 이 경우 전문기관 지정의 근거는 현행 항공법 제154조(권한의 위임·위탁 등) 및 동법 시행령 제60조(항공기검사기관)가 된다. 다만, 복합재료 인증에 관한 규정을 항공법에서 별도로 조항으로 신설하거나 기존 조항을 개정하는 등의 방법으로 명시하지 않는다면, 위임하고자 하는 대상 업무가 항공법의 체계에 따르면 불명확한 것으로 간주될 수

있는데 이것은 추가적인 검토가 필요한 부분이다. 다만, 위에서 명시한 바와 같이 복합재료의 인증은 항공법 제17조(형식증명)에 포함되는 업무이므로 항공법 제154조 제2항에서 명시한 제17조의 규정이 위임 대상 업무를 정의한 것으로 해석할 수 있을 것이며, 따라서 현행 체계에서 항공법 개정 없이 국토교통부 고시에 의해 국산 복합재 인증 전문검사기관의 지정 및 복합재료 인증이 가능할 것으로 판단된다.

또한, 항공법에서 복합소재 인증 규정이 없는 상태에서의 전문검사기관 지정 근거가 취약하다는 지적이 있을 수 있다. 즉, 위임 대상이 되는 인증업무가 항공법에서 명확하게 명시되지 않으므로 전문검사기관을 지정할 법적 근거가 없다는 것인데 이 부분에 대해서는 복합소재 인증이 항공법 제17조(형식증명)의 일부이므로 이 조항을 근거로 복합소재 인증분야로 국한한 전문검사기관 지정이 가능할 수 있는지의 여부에 대한 판단과 그 결과로서 법적 근거 마련이 필요하다면 결국은 항공법에 복합소재 인증에 관한 조항의 반영이 불가피하다고 하겠다.

4. 국산 복합재료 인증절차에 대한 제안

현재 복합재료의 인증에 관한 절차는 2013년 2월 20일자로 제정한 국토교통부 항공기술과 지침 제12호인 "복합재 인증체계 안내서"[6]이다. 본 안내서에서 제시하고 있는 복합재료 인증 절차는 Fig. 1과 같이 요약할 수 있다.

복합재료 인증 전문검사기관을 지정한 후에는 전문검사기관에 현재 국토교통부의 기능인 인증 신청 접수 및 과제부여를 전문검사기관에 위임함으로써 인증 과제의 시작부터 공유 데이터베이스 등록까지 일체의 과정을 전문검사기관이 수행하도록 하고, 이때 본 안내서를 국토교통부 지침에서 변경하여 복합재 인증 전문검사기관 규정으로 고시하는 것이 미국의 NCAMP 체계와의 동등성을 고려할 때 보다 적합한 형태인 것으로 판단할 수 있다. 다만, 우리나라의 복합재료 인증체계가 시행 초기임을 고려할 때, 제도가 어느 정도 안정되는 시점까지, 즉 향후 국산 복합재료에 대한 추가적인 인증 과제 수행이 종료되는 시점까지는 국토교통부 항공기술과

지침으로 고시하는 형태도 생각해볼 수 있겠다.

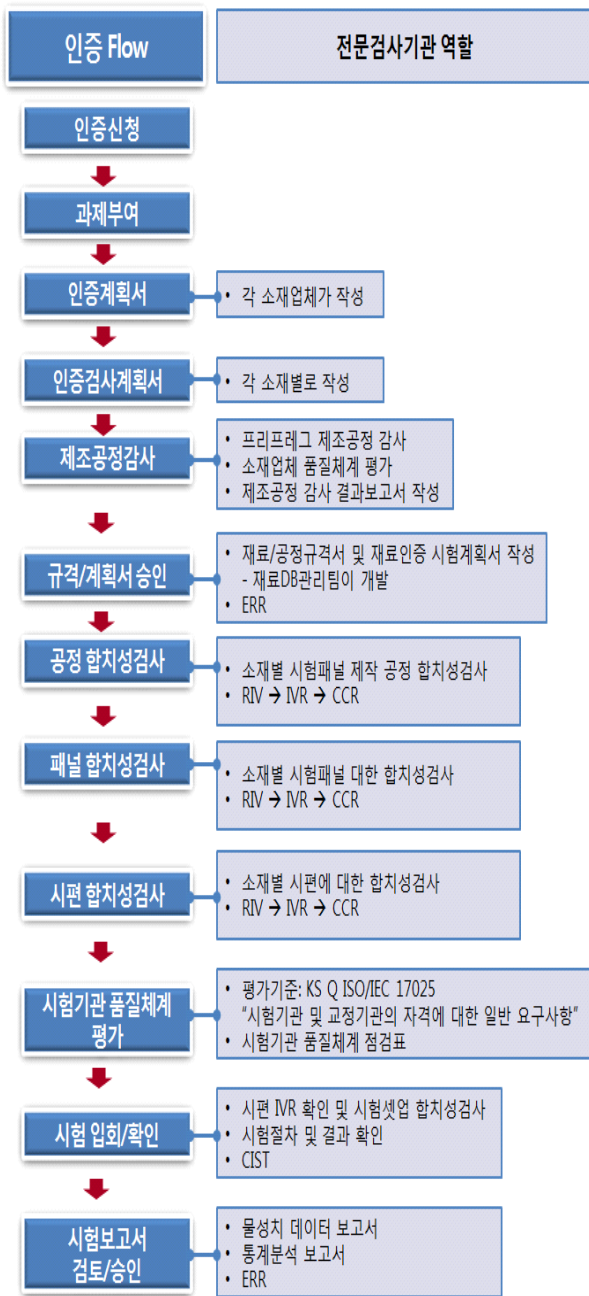


Fig.1 Domestic Composite material Certification Flow

서론에서 말한 바와 같이 국토교통부의 소형항공기용 국산 복합재료 데이터베이스 구축 및 공유시스템 연구 과제를 수행하면서 국토교통부 항공기술과 지침 제12호, “복합재 인증체계 안내서”를 적용한 결과 우리나라에 적합한 인증절차가 되기 위하여 필요한 보완사항을

도출할 수 있었으며, 그 주요 내용은 첫째, 국토교통부가 복합재 인증 전문검사기관의 지정에 필요한 요건에 관한 고시의 신규 제정안으로서 우리나라 복합재 인증 전문검사기관이 등재한 국산 복합재료 물성치 데이터를 국토교통부가 수락한다는 선언을 반드시 추가하여야 한다는 것이다. 둘째, 복합재 인증 전문검사기관에 복합재 인증 신청으로부터 공유 데이터베이스 등록 및 사후관리를 일괄 위임하고 국토교통부는 복합재 인증 전문검사기관에 대한 관리감독 업무를 전담하는 것으로 정의하는 것이 바람직하다. 셋째, 국토교통부의 관리감독은 복합재 인증 전문검사기관 지정에 관한 국토교통부 고시에서 별도로 규정하도록 한다. 넷째, 복합재 인증 전문검사기관은 복합재료 데이터베이스에 신규 등록, 개정 및/또는 삭제 등의 변경 발생 시 국토교통부에 보고하도록 규정한다. 다섯째, 복합재 인증 전문검사기관 역할 중 시험시편 제작자에 대한 품질체계 확인 및 공정확인검사의 수행 방법을 특정하지 않고 전문검사기관이 필요한 확인 및 검사의 수준과 방법을 결정할 수 있도록 한다. 여섯째, 시험기관에 대한 품질체계의 확인 방법을 추가하여야 한다. 일곱째, 시험장치 및 시편의 설치에 대한 합치성검사의 절차 및 복합재 인증 전문검사기관의 시험입회 절차에 대한 일부 보완이 필요하다. 마지막으로 시험 데이터에 대한 승인절차를 추가하여야 한다.

복합재 인증 전문기관이 갖추어야 하는 요건은 현재 국토교통부에서 고시한 항공기등의 형식증명을 위한 전문검사기관 지정 요건과 미국 NCAMP에서 복합재 인증 엔지니어 및 검사원에게 요구하는 인적 요건을 기본으로 하였으며 대략적인 내용을 다음과 같이 정리할 수 있었다. 첫째, 우리나라의 복합재 인증 전문검사기관이 국토교통부 항공기술과 지침으로 고시한 “복합재 인증체계 안내서” 및 국토교통부장관이 승인한 전문검사기관의 내규에 따라 등록된 복합재료 데이터베이스 및 관련 규격서는 항공기술기준 Part 23/25/27/29의 2×.603(a) & (b), Part 33의 33.15, Part 35의 35.17에의 적합성을 입증한 것으로 인정한다는 선언을 반드시 추가하여야 한다. 둘째, 상기 첫째의 규정에 따라 등록된 복합재료 데이터의 원 제작자가 아닌 항공기등의 제작자가 전문검사기관이 등록한 복합재료의 허용치(Allowables)를 사용하여 형식증명을 받고자 하는

경우에, 항공기등의 제작자는 2×.603(a) & (b), 33.15 및 35.17의 요건에 대한 적합성을 입증함에 있어 항공기등의 제작자가 사용하고자 하는 복합재료의 동등성에 대한 확인을 필수적으로 받아야 한다는 내용의 반영이 필요하다. 이때 항공기등의 제작자인 형식증명 신청자는 반드시 전문검사기관이 등록된 규격서에 따라 재료를 구매하여야 한다.

이와 같은 내용을 기본으로 복합재 인증 전문검사기관의 지정에 관한 세부 요건을 다음과 같이 제시한다.

- 1) 시설 및 장비요건 : 별도 요건 없음. 복합재료 시험/검사에 필요한 시설 및 장비는 복합재료 시험기관에 요구되는 사항으로서 전문검사기관이 갖추어야 하는 별도의 시설과 장비는 요구되지 않는다.
- 2) 인력 요건 (엔지니어) : 학사 이상 학위소지자로서 복합재료의 개발, 시험, 인증 업무에 6년 이상의 경력이 있는 자 5인 이상 및 통계학 관련 박사 학위 소지자로서 6년 이상의 통계분석 경력자 1인 이상이 요구된다.
- 3) 인력요건(검사원) : 항공기등의 품질관리 업무에 6년 이상의 경력이 있고 그 경력 중 1년 이상의 복합재료 생산 및/또는 검사경력이 있는 자 3인 이상이 요구된다.
- 4) 교육훈련요건 : 별도의 요구조건은 없으나 전문검사기관 지정 시 교육훈련 계획 등을 확인하고 이후 정기점검 시 실적 평가를 병행하는 것이 바람직하다.
- 5) 기술도서/자료 요건 : 기술자료실 및 기술자료관리, 지정업무에 필요한 기술도서 활용이 가능하여야 한다.
- 6) 법인격 : 비영리법인이어야 한다. 이 내용 중 인력요건에서 규정한 경력요건은 NCAMP의 제도에서 위임엔지니어 및 위임검사원으로 간주할 수 있는 AER(Authorized Engineering Representative)/AIR (Authorized Inspection Representative)에게 6년 이상의 경력을 요구하는 것을 참조하였으며, 엔지니어 및 검사원 최소인력은 3개 복합재료에 대한 인증을 동시에 수행한 국토교통부 과제 경험을 토대로 제안하였다.

5. 결론

우리나라 실정에 적합한 복합재료 인증체계와 인증 절차를 구축하고 적용하는 것은 국산 복합재료가 세계 항공기 제작 시장에 진입하기 위한 필요조건이기는

하지만 충분조건이 될 수는 없다. 외국의 항공기 및 항공제품 제작업체들에게 국산 복합재료의 품질에 대한 확신을 주고 안정적으로 항공기 제작 시장에 진입하기 위해서는 국내 인증체계를 구축하는 것과 병행할 수 있는 방안이 필요하다.

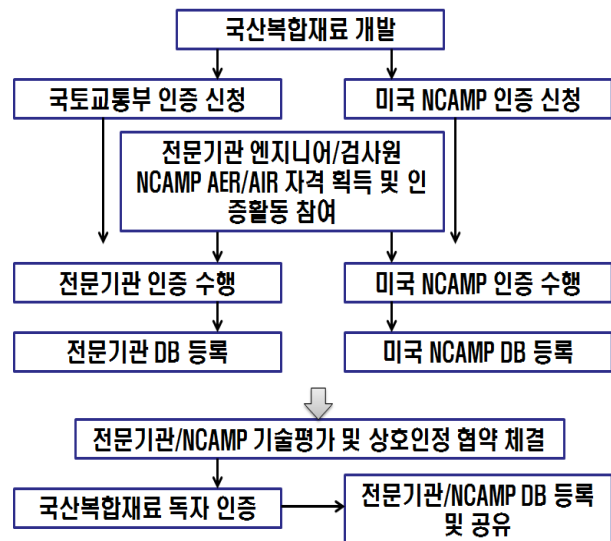


Fig.2 Future Plan

병행방안에 대한 개념을 Fig. 2와 같이 표시할 수 있는데 현재 우리나라의 항공기용 복합재료 제작 환경을 고려할 때, 미국의 NCAMP와 같은 체계를 구축하고 국제적인 신뢰를 얻기 위해서는 많은 노력과 시간이 필요하기 때문에 당장은 NCAMP를 활용하여 국산 복합재료를 인증 받는 것이 가장 현실적인 대안이라고 하겠다.

국내 인증체계 및 절차를 적용하는 초기에는 국산 복합재료의 인증을 우리나라 인증당국에 신청하는 것과 동시에 NCAMP에도 직접 신청하고 NCAMP의 검토 및 검증을 함께 받음으로써 NCAMP가 관리하는 데이터베이스에 등록하는 것이 우선적으로 고려되어야 한다. 이 과정을 복합재료 제작업체의 노력과 투자에만 전적으로 기대하는 것은 매우 어려우므로 국가가 항공기용 복합재료 개발 과제를 적극 지원하고 이 과제를 수행하면서 동시에 NCAMP 데이터베이스에 등록까지 할 수 있도록 목표를 설정하도록 한 후 이에 소요되는 기간과 예산을 확보하여 주는 것이 필요하다. NCAMP로부터 국산 복합재료에 대한 인증을 받으면서 우리나라

인증절차에 따른 복합재료 인증 획득을 병행함으로써 필요한 경험과 지식을 축적해 나갈 수 있을 것이다.

특히, NCAMP의 위임제도를 활용하여 우리나라의 우수한 복합재료 엔지니어 및 검사원이 NCAMP에서 인정하는 위임 엔지니어(AER) 및 위임검사원(AIR) 자격을 받도록 지원한다면 국내에서 수행되는 기술적인 검토와 검증 시 우리나라의 엔지니어 및 검사원이 NCAMP의 AER/AIR자격으로 참여할 수도 있을 것이다. NCAMP의 AER 및 AIR 자격요건을 볼 때 국가의 체계적인 지원만 있다면 충분히 가능할 것으로 판단된다.

장기적으로는 우리나라가 스스로의 인증체계와 절차에 따라 수행한 결과를 NCAMP가 수락할 수 있는 상호 협약을 맺음으로써 국산 복합재료의 세계 항공기 제작시장 진입을 위한 필요충분조건이 갖추어질 수 있을 것이다.

후 기

본 연구는 국토교통부의 “소형항공기용 국산 복합재료 데이터베이스 구축 및 공유시스템 개발” 연구개발 사업의 지원을 받아 진행되었으며 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

[1] 서장원, 이승윤, 이영대, “국산 복합재료의 물성치

공유체계 수립을 위한 요구조건”, 항공우주시스템 공학회지, 제7권, 제1호, pp. 34-36, 2013. 3.

[2] 이승윤, 서장원, “복합재 물성치 생성을 위한 조직 체계 및 인증문서”, 항공우주시스템공학회지, 제7권, 제4호, pp. 56-59, 2013. 12.

[3] 이승윤, “국내 복합재료 물성치 인증체계의 현황 및 발전방향”, 항공우주시스템공학회 2013년도 추계 학술발표대회 논문집, 항공우주시스템공학회, 2013.

[4] 이승윤, “국내 섬유강화 복합재의 인증체계 현황 및 발전방향”, 항공우주시스템공학회지, Vol. 8, No. 3, pp. 56-58, 2014. 9.

[5] FAA, AIR100-2012-120-003, "Acceptance of Composite Specifications and Design Values Developed using the NCAMP Process, Sep. 20, 2010.

[6] 국토교통부, 2013. “복합재료인증체계 안내서”, 항공 기술과 기술안내서 제12호

저 자 소 개

김 일 영

1988년 서울대 농공학과 졸업.

2000년~현재 한국항공우주연구원 항공 우주제품보증센터 근무



[1] 서장원, 이승윤, 이영대, “국산 복합재료의 물성치