

국산 복합재료의 물성치 공유체계 수립을 위한 요구조건

서장원* · 이승윤** · 이영대***

Requirements for Composite Material Property Sharing System to Korean Products

Jang Won Suh* · Seung Yun Rhee** · Young Dae Lee***

ABSTRACT

This paper presents a survey results on the material properties sharing system database on composite in USA. The requirements on management and database for Korean composite product that meet KAS (Korean Airworthiness Standard) are suggested. The certification policy on composite material qualification of also introduced. The benefits to material supplier, aircraft manufacturer and certification authority, which get through the database have been considered. The database managing process, composite material manufacturing process, properties and design allowable meeting KAS have been suggested.

Key Words: Composite Material, AGATE, NCAMP, Material Property, Design Allowable, Property Sharing Database, KAS

1. 서 론

복합재료 구조물을 갖는 항공기를 개발하기 위해서는 다양한 복합 소재 종류 중에서 기체 구조물의 제작에 사용할 복합재료를 개발 초기 단계에 먼저 선정하여야 하며, 선정된 복합재료의 물리적 특성, 기계적 특성 및 설계 허용치 등에 대한 데이터베이스를 신속히 구축하여야 항공기 구조 설계로 인한 항공기 개발의 지연을 방지할

수 있다.

이러한 복합재료 선정 및 데이터베이스 구축을 위하여 평균 1~2년 이상의 시간이 소요되는데, 항공기 개발 사업의 착수가 결정된 이후에 복합재료 데이터베이스를 구축하게 되면 항공기 개발이 초기 단계에서 1~2년 이상 증가되는 문제가 발생할 수 있는 것이다. 금속재 구조물을 갖는 항공기의 경우에는 이미 대부분의 소재에 대하여 인증당국 (Certification Authority)이 인증자료로서 수락하는 데이터베이스가 구축되어 있어 이러한 문제가 발생할 가능성이 매우 낮다.

1996년 이전에 미국의 일반항공 제작사들은 동일한 재료를 사용하는 경우라도 사용하는 복합

†2013년 2월 10일 접수 ~ 2013년 3월 25일 심사완료

* 한국항공우주연구원, 항공우주안전인증센터

** 한국항공우주연구원, 항공우주안전인증센터

*** 국토교통부, 항공기술과

연락처, E-mail: JWSUH@KARI.RE.KR

재료에 대한 인증을 개별적으로 수행하였다. 이때 인증당국은 동일한 인증활동을 반복적으로 수행하여야 하며, 해당 제작사의 시험을 통하여 얻어진 재료 물성치가 회사의 소유가 되어 다른 회사와 공유할 수 없게 된다.

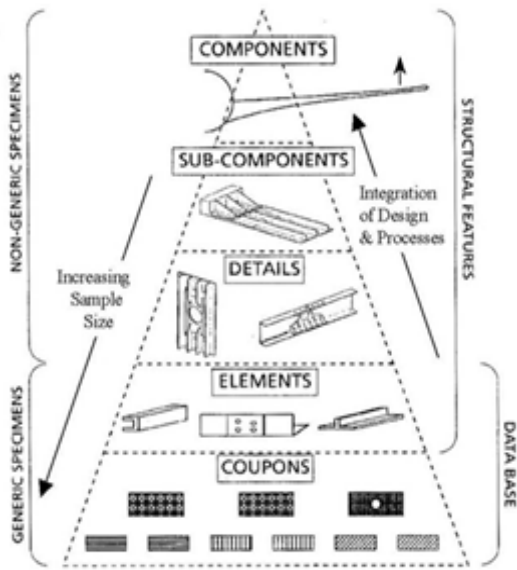


Fig. 1 Building Block Approach

1995년부터 2002년까지 개조개량과 일반항공 운송체계를 지원하는 최신 기술의 개발과 적용을 통하여 일반항공(General aviation)을 활성화시키기 위하여 AGATE(Advanced General Aviation Transport Experiments) 프로그램을 수행하였다. 이 프로그램은 재료 물성치 데이터 획득 과정을 표준화하고, 알루미늄의 물성치 데이터가 MMPDS (Metallic Materials Properties Development and Standardization)를 통하여 공유되고, 금속 재료와 결합구 체계의 설계허용값의 근거로서 인증당국이 수락[1]하는 것처럼 복합재료(composite material)의 물성치 데이터(property data)를 공유하여 일반항공에 사용되는 항공기의 설계에 사용할 수 있도록 하였으며[2], 이를 통하여 항공기 설계 및 제작에 소요되는 시간과 비용을 감소시키고, 항공기 인증에 소요되는 인증당국의 인증업무하를

감소시켰다.

2005년 이후 인증당국의 최소한의 감독 하에 항공기 제작사가 관리하고 검토하는 체계를 확립하여 이러한 체계에 의하여 미연방항공청(FAA)이 적합성 입증 자료로 수락하는 공유 재료 물성치 데이터베이스가 생성되고 있다.

국내에서는 항공기 구조용으로 인증된 복합재료 소재가 없어서 전량 외국산을 사용해야 하는데, 위에서 설명한 재료 물성치를 공유할 수 있는 체계가 수립되지 않았기에, 항공기 제작사들은 설계에 필요한 데이터를 얻기 위하여 요구되는 모든 시험을 제작사 별로 실시해야 하므로 많은 비용과 노력을 소모하게 된다.

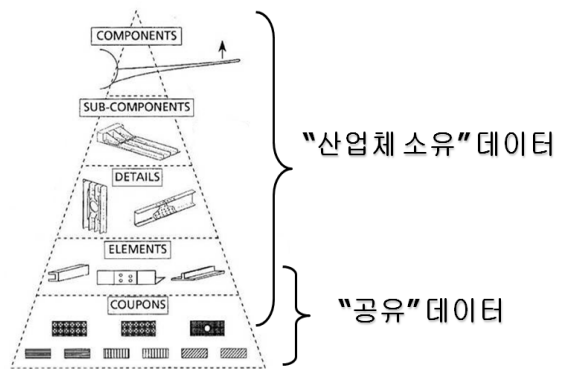


Fig. 2 Data share in Building Block Approach

국내에 AGATE 또는 NCAMP와 같은 프로그램이 수립된다면, 이러한 프로그램을 통하여 생성된 항공기 구조의 설계와 인증에 사용될 수 있는 복합재료에 대한 재료 물성치 데이터를 공유함으로써 소형항공기 산업의 진흥에 도움이 될 뿐만 아니라, 항공우주산업계 전체로 확대될 경우 항공우주산업계 전체에 큰 경제적 영향이 있을 것으로 예상된다.

본 논문에서는 미국의 복합재료 물성치 공유 데이터베이스를 살펴보고, 항공기 인증 기술기준을 만족시키는 복합재료 제조 공정 및 복합재 구조물 제조 공정의 표준화, 물성치 및 설계값 등을 지속적으로 관리하는 국내 복합재료 물성치 공유 데이터베이스가 갖추어야 할 조건을 제시하고자 한다.

2. 미국의 체계

2.1 AGATE

미국에서는 1995년부터 2002년 까지 개조개량과 일반항공 운송체계를 지원하는 최신 기술의 개발과 적용을 통하여 일반항공(General aviation)을 활성화시키기 위하여 AGATE(Advanced General Aviation Transport Experiments) 프로그램을 수행하였다.

(Qualification effort)을 반복하여야 했으며, 구조시험, 생산관리 및 수리 등과 같은 영역의 비용 또한 증가시켰다. 또한, 이러한 과정은 동일한 재료에 대한 중복적인 인증(Qualification) 활동과 많은 규격을 만들어 내어 항공산업계 뿐만 아니라 이러한 인증 프로그램을 감독해야 하는 인증당국에게도 매우 크고 중복되는 업무부하를 만들어 내었다.

이러한 데이터베이스 공유 과정을 생성하기 위하여 NASA, FAA 및 항공산업계는 표준과정(DOT/FAA/AR

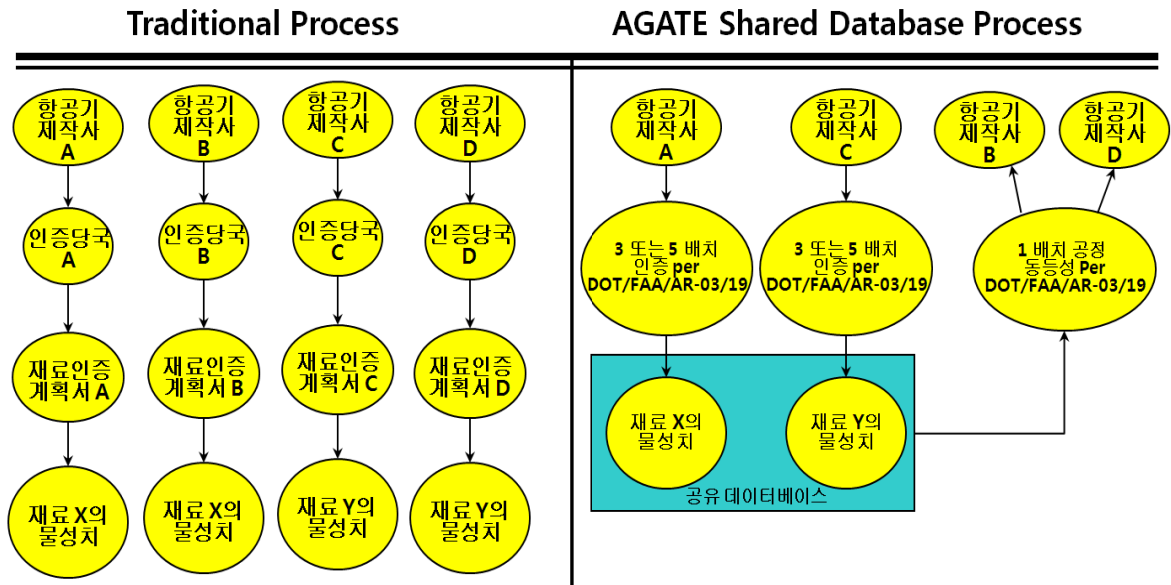


Fig. 3 Comparison between traditional process and Agate shared DB process in composite material qualification

이 프로그램은 NASA, FAA 및 항공산업체가 공동으로 재료 인증 데이터(Material qualification data)를 공유함으로써 항공기 개발기간을 단축하기 위한 프로그램으로서 일반항공 산업계를 위하여 새로운 기술, 산업표준 및 항공기 인증 방법을 개발하는 것을 목적으로 하였다.

이러한 프로그램 이전에는 항공기용 재료를 인증(Qualification)하기 위하여 각 항공기 회사들은 독자적인 재료 인증(Material Qualification) 및 데이터 획득 프로그램을 수행하였다. 이렇게 각 항공기 회사들에 의하여 생성된 데이터는 해당 회사의 소유이므로 개별 항공기 회사들은 항공기 개발 시마다 인증 활동

-03/19)을 생성하였으며, 이 과정은 항공기 제작자가 이미 승인된 복합재료를 선정하여 특정한 적용을 위한 최소한의 시험을 통하여 부품제작에 사용할 수 있도록 하였다. 공유 데이터베이스에 포함된 기 승인된 복합재료의 생산에 사용되는 원재료들은 재료의 주요 물리적, 화학적 및 기계적 물성치의 관리가 포함된 공정관리문서와 재료규격서에 의하여 생산되어야 한다.

복합재료 인증 및 동등성 방법은 프리프레그 복합재료 시스템에 대하여 표준화 되었고, FAA는 Part23 항공기에 적용하는 것에 대하여 승인하였다.

2.2 NCAMP

NCAMP(National Center for Advanced Materials Performance)는 재료 공급자, 항공기 생산자 및 인증당국을 포함하는 정부기관과 복합재료의 인증 활동을 수행하는 조직으로 구성되어 있다.

NCAMP는 AGATE 공유 데이터베이스를 발전시키기 위하여, 기존 재료들에 대한 공유 데이터베이스 프로그램 생성, 통계적 재료 관리 방법 제공, 최신 재료의 활용 촉진, 및 최신 재료 공정 기술을 공유 데이터베이스에 적용시키는 것을 목적으로 구성되었다.

사이의 업무에 적용되는 세부적인 표준 운용 절차를 수립하였다. 이러한 표준 운용 절차서로 규정된 사항은 다음과 같다.

- 재료 인증 및 물성치 데이터 획득 프로세스
- 부품 제작자를 위한 동등성 프로세스
- 기존의 재료 물성치 데이터 세트 제공
- 기존 공유 재료 물성치 데이터베이스 관리
- 제공되는 데이터의 품질 보증

위의 사항 중에서 재료 인증 및 물성치 데이터 획득 프로세스에 대한 절차는 가장 중요한 부분

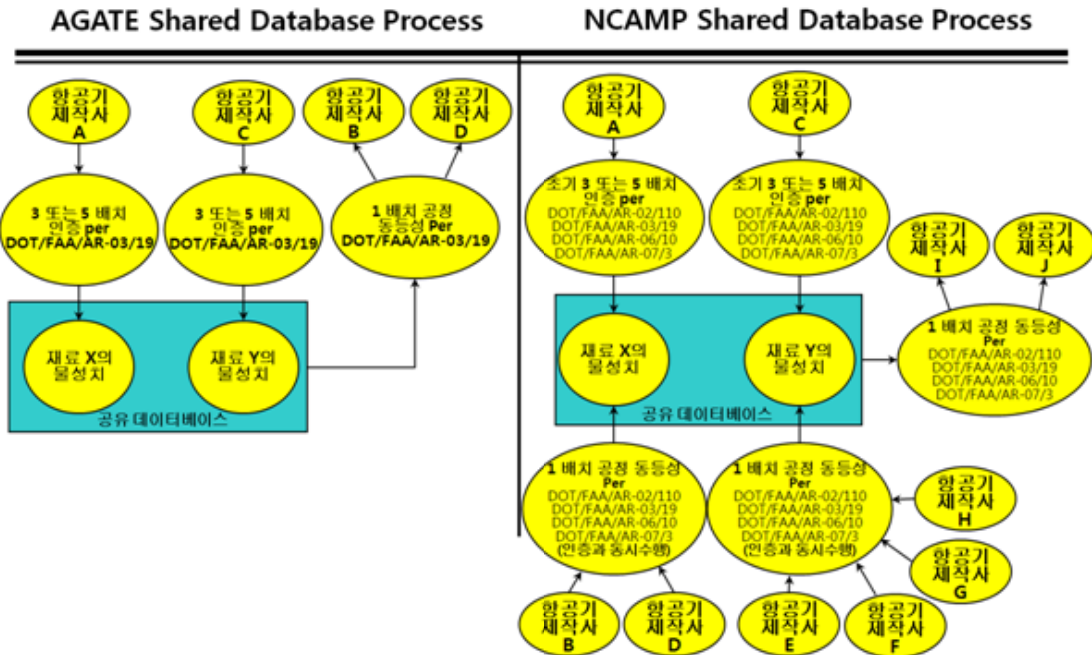


Fig. 4 Comparison between Agate shared DB process and NCAMP shared DB process in composite material qualification

NCAMP는 Fig. 1에 나타난 바와 같이 높은 수준의 Building block을 지원하는 기본 라미나 및 라미네이트 물성치에 초점을 맞추어 인증을 수행한다.

NCAMP는 프로그램의 수행을 위하여 표준 운용 절차서[3]들을 개발하여, 재료 허용치 개발에 적용되는 방법 및 과정 그리고 구성하는 조직들

이며, 부품 제작자를 위한 동등성 프로세스와 기존 공유 재료 물성치 데이터베이스 관리는 개별 항공기 제작자를 위한 부분이다. 공유 데이터베이스에 의하여 제공되는 데이터의 품질보증 과정에는 독립적인 검사 검증 및 입회/수락 요구조건이 포함된다.

FAA는 정책문서[4]를 통하여 NCAMP 표준 운용 절차서를 따라 개발된 복합재료의 허용값과 재료

규격서를 CFR Parts 23, 25, 27 및 29의 § 2x.603(a) & (b)의 적합성 입증에 사용할 수 있으며, NCAMP 규격서들은 엔진 및 프로펠러에 사용된 재료에 대한 § 33.15 및 § 35.17의 적합성 입증에 사용될 수 있다고 승인하였다. 또한, 관련된 NCAMP 데이터베이스와 재료 허용치를 사용하고자 하는 신청자에게는 그들의 프로젝트에 2x.605 및 2x.613(a) & (b)에 적합한 제한된 시험 프로그램으로 해당 데이터를 적용할 수 있음의 검증을 요구하고 있다.

이러한 승인과 요구사항은 NCAMP 표준 운용 절차서들을 FAA가 검토하고 승인하였고, 해당 표준 운용 절차서가 변경되었을 경우에도 검토와 승인 권한을 갖고 있음을 의미한다.

이러한 NCAMP 재료인증 과정에서 일반적으로 재료 공급자는 재료를 제공하고, 항공기 제작사는 Building block의 쿠폰 수준의 요구조건을 만족하는 패널을 제작하고 검사하여 제공한다. 또한, 인증당국과 NCAMP는 검사 검증 및 시험 입회를 통하여 과정을 감독하고 이력정보를 생성하는데, 프로그램의 모든 적용에 대하여 보증하지 않으며 인증기관에 의한 개별적인 승인을 받아야 한다.

NCAMP는 명시적 또는 묵시적인 사항에 관계없이 재료 물성치 데이터, 재료 허용치 및 규격서의 사용과 관련되어 발생할 수 있는 문제로 인한 책임을 지지 않는다.

3. 국내 복합재료 물성치 공유 체계

3.1 개요

국내에 AGATE 또는 NCAMP와 유사한 프로그램이 수립된다면, 이러한 프로그램을 통하여 생성된 복합재료 물성치 데이터를 공유함으로써 향후 추진될 복합재료를 활용한 기체 구조의 소형항공기 및 경항공기 등의 개발에 물성치 데이터베이스로서 활용할 수 있다.

이러한 국내 복합재료 물성치 데이터베이스가 수립되면 재료 공급자, 재료 사용자(항공기 부품 제작사 등) 그리고 인증당국에는 표1과 같은 이점이

있을 것이다.

Table 1. 국내 복합재료 물성치 DB의 이점

분야	이점	비고
재료 공급자	<ul style="list-style-type: none"> 인증을 통하여 자사 복합재료의 핵심 재료 물성치 공표 공개된 재료 및 공정규격서 확보 	잠재수요 창출
재료 사용자	<ul style="list-style-type: none"> 인증당국이 승인한 물성치의 무료 확보 <ul style="list-style-type: none"> - 재료선정에 활용 - 초기 구조물 크기 설정에 활용 - 초기 설계 및 해석에 활용 개발 시간 및 비용 절감 	시간/비용 절감
인증 당국	<ul style="list-style-type: none"> 재료 인증 및 허용치 프로그램의 중복 제거로 업무부하 감소 산업계 전문가 활용에 의한 안전의 증진 	업무부하 감소 및 안전증진

주) 복합재료 물성치 DB는 해당 재료물성치데이터, 재료허용치 및 규격서의 사용과 관련된 문제에 대한 어떠한 책임을 갖지 않음.

국내 복합재료 물성치 데이터베이스를 항공기 설계 및 인증에 활용하기 위해서는 항공기 인증 기술기준에 적합하여야 하며 복합재료 인증 및 관리체계는 국내 항공기 인증 관련 규정을 만족시켜야 한다. 또한 물성치 데이터베이스는 항공기 부품 제작사와 재료 공급자의 요구조건과 복합재료의 설계, 해석 및 시험과 항공기의 정비 등에 적용되는 기술적인 요구조건을 만족시켜야 하며, 이러한 분야의 기술 변화를 지속적으로 반영하여야 할 것이다.

국내 복합재료 물성치 공유 데이터베이스가 갖추어야할 조건을 다음의 분야에 대하여 제시한다.

- 적용 항공기 인증기술기준
- 국내 항공기 재료 인증 관련 규정
- 항공산업기술
 - 항공기 부품 제작사와 재료 공급자
 - 복합재 기술 발전

3.2 적용 항공기 인증기술기준

복합재료가 사용되는 항공기의 안전과 감항성을 지속적으로 보장하기 위하여 복합재료 물성치 데이터베이스는 다음의 항공기 인증기술기준에 대한 적합성 입증에 사용될 수 있는 자료를 포함하고 있어야 한다.

- 23.603 재료와 공작기술 (Materials and workmanship)
- 23.605 제작방법(Fabrication methods)
- 23.613 재료의 강도 특성과 설계치 (Material strength properties and design values)

23.603 및 23.605는 재료의 적합성과 내구성 및 새로운 제작방법은 반드시 시험으로 입증되어야 하고, 운항 중의 환경조건을 고려하며, 인증당국이 승인한 규격에 일치하는 재료의 사용을 요구하고 있다. 또한, 23.613은 허용된 재료의 성능을 운용 환경, 하중조건 및 재료의 변동성에 의한 변화를 통계적으로 고려할 것을 요구하고 있다.

및 공정 규격서를 제공할 것이다.

따라서, 데이터베이스가 제공하는 데이터는 23.603에 대한 적합성 입증에는 사용할 수 있으나, 23.605 및 23.613에 대한 적합성 입증은 제한된 시험 프로그램으로 개별 프로젝트의 특정한 물성치, 환경, 적층 기법 및 하중 상황에 대하여 해당 데이터를 적용할 수 있음이 검증된 이후에 사용할 수 있다.

3.3 국내 항공기 재료 인증 관련 규정

생성된 데이터 등은 항공기 안정성 및 감항성 확보를 위한 자료이므로 초기 단계에서는 국가가 주도적으로 확보하여 보유하고, 국내 항공산업계가 활용할 수 있도록 장기적인 데이터베이스 관리체계가 구축되어야 한다.

항공기의 개발에 복합재료 물성치 공유 DB를 활용하기 위하여는 관련 법적 근거가 마련되어야 하며, 이에 근거하여 복합재료 인증을 수행하는 조직과 방법 그리고 수행과정과 관리에 대한 규정과

Table 2. 복합재료 물성치 DB의 요구조건

분야	요구조건
정부규정	<ul style="list-style-type: none"> • 복합재료 인증체계 안내서 (항공기술과 기술안내서 제12호) • 프리프레그 공정관리문서 작성 및 관리 지침서 (항공기술과 기술지침서 제04호)
인증 기술기준	<ul style="list-style-type: none"> • KAS Parts 23,603. 23.605 및 23.613 • KAS Parts 25,603. 25.605 및 25.613 • KAS Parts 27,603. 27.605 및 27.613 • KAS Parts 29,603. 29.605 및 29.613 • KAS Parts VLA,603. VLA.605 및 VLA.613 • KAS Parts VLR,603. VLR.605 및 VLR.613 • KAS Parts 33.15 및 35.17
항공산업 기술	<ul style="list-style-type: none"> • 복합재료 소재, 시험방법 등 복합재료 관련 발전의 지속 반영 • 복합재료 구조물의 설계, 해석 및 제작 방법 발전의 지속 반영 • 항공기 제작사, 재료 공급자 및 인증당국의 상호의견전달, 데이터 생성 및 운영 체계 수립

주) 1. 항공기 제작자는 해당 재료를 해당 항공기의 특정 물성치, 환경, 적층 기법 및 하중 상황에 적용가능 여부를 평가하여야 함.
 2. 항공기 제작자는 재료 허용치들이 설계에 사용되는 검증된 해석도구와 설계 방법에 적합함을 실증하여야 함.

그러나, 데이터베이스는 모든 종류의 항공기 설계에서 기초적으로 요구되는 BBA의 하위단계 (Coupon level)의 재료 물성치 데이터 및 재료

지침이 개발되어야 한다. 데이터베이스가 제공하는 재료 및 공정 규격서를 포함하는 재료 데이터의 공유와 활용에 대한 세부절차가 개발되어야 할

것이다.

이러한 관련 규정의 수립을 통하여 국산 복합재료 물성치 공유 데이터베이스 체계는 인증당국이 “항공기 적합성을 입증하는 수락 가능한 방법”으로 인정하여 향후 항공기 개발에 활용될 수 있는 법적인 근거를 갖추어야 할 것이다.

3.4 항공산업기술

복합재와 관련한 기술과 공학적 적용방법은 매우 빠르게 변화하고 있으며, 항공기에 사용되는 복합재료 또한 빠르게 개발되고 있다.

복합재료의 인증은 복합재료에 대한 시험, 데이터 정리 및 데이터 보고서 작성과 관련한 공학적 데이터개발 방법론 그리고 복합재료 구조물의 설계, 해석 및 제작 지원에 대한 방법론과 밀접하게 관련되어 있다. 이와 같은 사항에 대하여 국제 복합재료 계는 CMH-17[5]로서 기준을 제시하고 있다.

복합재료와 관련한 여러 가지 기술이 발전함에 따라 항공기 부품 제작사의 재료에 대한 요구조건, 재료 공급자의 항공기 부품 제작사에 대한 요구조건 또는 항공기 인증기술기준의 항공기 인증과 재료 인증에 대한 요구조건 등이 변경되거나 새로이 생성될 수 있다. 따라서, 복합재료 물성치 공유 데이터베이스는 항공기 부품 제작사, 재료 공급자 및 인증당국이 서로의 의견을 전달하고 데이터 생성 및 운영에 반영할 수 있는 체계를 갖추어야 할 것이다.

4. 결 론

본 논문에서는 미국의 복합재료 물성치 공유 데이터베이스를 살펴보고, 항공기 인증 기술기준을 만족시키는 복합재료 제조 공정, 물성치 및 재료설계값 등을 지속적으로 관리하고, 표준화하는 국내 복합재료 물성치 공유 데이터베이스가 갖추어야 할 조건을 제시하였다.

이러한 국내 복합재료 물성치 공유 데이터베이스는 항공기 부품 제작사, 재료 공급자 및 인증당국이 서로의 의견을 전달하고 데이터 생성 및 운영에 반영할 수 있는 체계를 갖추어야 할 것이며, CMH-17 등과 같은 국제기준과 매우 빠르게 개발되는 항공기용 복합재료 그리고 복합재 관련 기술과 공학적 적용방법을 반영할 수 있도록 지속적으로 관리되어야 할 것이다.

국내 복합재료 물성치 공유 데이터베이스를 국내 항공산업계가 공유하여 항공기 구조의 설계와 인증에 사용한다면, 국내 항공 산업의 진흥에 도움이 될 뿐만 아니라, 항공우주산업계 전체로 확대될 경우 항공우주산업계 전체에 큰 경제적 영향이 있을 것으로 예상된다.

또한, 국내 복합재료 인증 능력이 증대되고, FAA/NCAMP/CMH-17 등과의 국제협력이 확대될 경우, 국내 생산 복합재료의 해외수출을 통한 국내 복합재료 업체의 해외진출을 기대할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] FAA, PS-AIR100-2006-MMPDS, Policy Statement on use of Metallic Materials Properties Development and Standardization (MMPDS) Handbook, JUL 25 2006
- [2] FAA, PS-ACE100-2002-006, Material Qualification and Equivalency for Polymer Matrix Composite Material Systems; September 15, 2003
- [3] NCAMP, NSP 100 NCAMP Standard Operating Procedures (SOP) Rev.F, March 11, 2010
- [4] FAA, AIR100-2012-120-003, Acceptance of Composite Specifications and Design Values Developed using the NCAMP Process, Sep. 20. 2010
- [5] CMH-17 Rev.G, MARCH 2012, SAE International