

# 복합재 물성치 생성을 위한 조직체계 및 인증문서

이승윤\* · 서장원\*\*

## Organization and Qualification Documents for Generation of Composite Materials Property

Seung Yun Rhee\* · Jang Won Suh\*\*

### ABSTRACT

In recent years, NASA, FAA and the aerospace industry, through MIL-HDBK-17 and the NASA-conceived AGATE(Advanced General Aviation Transport Experiments) program, have worked together to reduce the qualification burden imposed on individual aircraft manufacturers. AGATE is one of the most successful public/private cost-sharing partnerships ever conceived, bringing together academia, the FAA, other government agencies and industry to develop affordable new technologies and accompanying industry standards and certification methods. In 2005, NASA established NCAMP(National Center for Advanced Materials Performance) with the purpose of refining and enhancing the AGATE process to a self-sustaining level to serve the entire aerospace industry in partnership with CMH-17, FAA, and SAE. In this paper, I will introduce briefly NCAMP process and explain its organization structure and core NCAMP documents. This paper can provide some help in establishing our certification system for composite materials where the NCAMP process is expected to be the most good model.

Key Words: NCAMP, SOP, Composite Materials, Qualification, Property Sharing System

### 1. 서 론

적용되는 구조물과는 독립적으로 물성치가 결정되는 금속재와는 달리, 복합재 물성치는 구조물 제작 방식에 상당 부분 의존한다. 섬유와 레진의 비율, 섬유 방향, 제작공정 및 공정 파라미터들은 모두 복합재 구조물의 성능에 영향을 미친다. 하지만 이러한 특성은 부품을 경화시켜

제작한 후 시험을 거치기 전까지는 쉽게 알 수 없는 부분이다. 이러한 사실로 인해 전통적으로 복합재 시스템을 재료인증(Qualification)하는 과정은 시간이 많이 걸리고 어려웠으며 금속재를 재료인증하는 것에 비해 비용이 많이 들었다. 각각의 항공기 제작업체는 자체적으로 재료인증을 수행해야 했고, 새로운 복합재료가 이미 다른 회사의 항공기 제작에서 인증을 받은 재료와 동일하다고 해도, 제작기술이나 시험과정이 알려지지 않았기 때문에 새로이 시험, 제작관리 및 수리에 대한 자체적인 절차를 개발해야 했다. 이러한 개

† 2013년 5월 15일 접수 ~ 2013년 10월 2일 심사완료

\* 한국항공우주연구원, 항공인증연구센터

\*\* 한국항공우주연구원, 한국형발사체계발사업단

별 항공기 제작업체의 부담을 경감시켜 범용 항공 산업의 활성화를 도모하기 위해, 1995년에 NASA의 AGATE 프로그램이 FAA 및 MIL-HDBK-17과의 협력으로 복합재 물성치 공유 데이터베이스 프로세스를 개발하기 시작하였다. AGATE 프로세스는 2001년에 AGATE 프로그램이 종료된 이후에도 범용 항공 업계에서는 지속적으로 사용되었으며, AGATE 프로세스가 범용 항공(General Aviation) 분야를 넘어 전체 항공우주산업계로 확대되어야 한다고 인식하게 되었다. 2005년에 NASA는 CMH-17, FAA 및 SAE(Society of Automotive Engineers)와의 협조 아래 AGATE 프로세스를 전체 항공우주산업계를 위해 자체적으로 유지되는 수준으로 세밀화하고 발전시킬 목적으로 NCAMP를 설립하였다.[1] NCAMP의 목적은 AGATE 프로그램으로 얻은 경험을 바탕으로 범용 항공기, 수송급 항공기, 그리고 기타 항공기 제품 형식의 인증에 공통적으로 적용할 수 있는 재료규격서 및 기초 재료물성치 데이터를 개발할 수 있는 수락가능한 방법론을 만드는 것이다. 이를 달성하기 위해 NCAMP는 금속재와 같이 산업계 전반에 걸쳐 적용할 수 있는 비전매특허의 규격과 재료 설계값의 개발 절차를 개발하였다.

본 논문에서는 복합재 구조물의 인증 프로세스로 널리 인정되고 있는 빌딩블록 접근법(Building Block Approach)의 가장 기초 단계에서 복합재를 재료인증하기 위한 NCAMP 조직의 구성 및 핵심 인증문서에 대해 소개하고, 이러한 재료인증 체계의 국내 적용방안에 대해 논하고자 한다.

2. NCAMP 표준 운용절차

2.1 NCAMP 프로세스

NCAMP 표준 운용절차[2]는 AGATE 프로세스와 유사하며, AGATE 프로세스에 존재했던 모든 주요 절차를 포함하고 있다. 또한 NCAMP 공유 재료 물성치 데이터베이스는 재료 물성치 데이터 및 광범위한 항공우주 프로젝트에 공통적으로 사용되

는 재료규격서 및 공정규격서를 포함하고 있다.

NCAMP 프로세스(Fig. 1)가 성숙됨에 따라 금속재 데이터베이스와 근본적인 차이가 있다는 것을 반드시 숙지해야 한다. 금속재 제작에 대한 기초적인 설계 및 해석 방법이 표준화되어 왔고 필요한 설계 물성치가 오랫동안 명백하게 식별되면서 MMPDS[3]는 해를 거듭하며 발전해왔다. 하지만, 현재 시점에서, 복합재료에 대하여 금속재와 같은 수준의 표준화가 이루어졌다고 보지는 않는다. 해석 도구와 설계값 요구조건들이 산업계에 의하여 표준화됨에 따라, NCAMP 데이터는 산업계와 규정기관 모두에게 더욱더 가치가 높아질 것으로 예상된다.

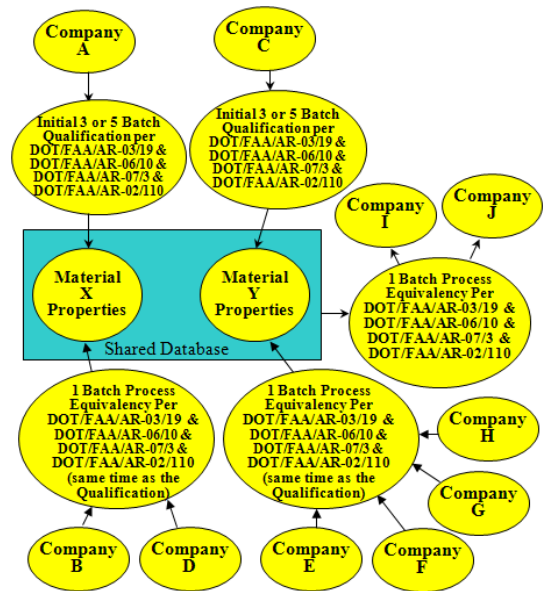


Fig. 1 NCAMP 프로세스

2.2 NCAMP 데이터의 인증 적용

NCAMP는 NCAMP에 제공된 데이터가 모든 프로젝트의 설계 요구 사항을 만족시킬 것으로 기대하지는 않는다. NCAMP 절차를 거쳐 만들어진 재료 허용치를 활용할 때에는 반드시 주의를 기울여야 한다. NCAMP 데이터베이스가 복합재 구조물의 설계와 인증에 필요한 모든 데이터를 제공하지는 않는다. NCAMP 재료 물성치 데이터, 재료

허용치 및 규격서들의 적용성과 정확성은 해당 경우에 따라 신청자와 인증기관에 의하여 반드시 평가되어야 한다. 대부분의 경우 NCAMP에 의하여 공표된 재료 허용치들은 모든 규정 요구조건을 만족하는 설계값으로 바로 활용될 수는 없다. 재료 사용자들은 사용되는 실제 적층판, 사용자의 해석 방법, 인증 접근방법 및 다른 요소들과의 적합성을 보장하기 위해 제공된 재료 허용치로부터 설계값을 유도할 필요가 있다. 많은 경우 주어진 프로그램을 위해 필요한 전체 설계값들을 만들기 위해서는 NCAMP 데이터의 보안을 위한 추가 시험이 요구된다. 추가 시험의 양은 설계되는 구조의 복잡성과 중요도에 의존한다. NCAMP는 명시적이던 묵시적이던 해당 재료 물성치 데이터, 재료 허용치 및 규격서의 사용에 관련된 책임이 없다고 가정한다.

### 2.3 주요 용어 정의

- 재료 허용치 : 통계적 근거를 갖는 재료 강도 기초값. A- 및 B-기초값.
- A-기초값 : 95%의 신뢰도로 구한 모집단의 상위 99%의 하한치. 통상 단일 하중 경로의 구조물에 적용.
- B-기초값 : 95%의 신뢰도로 구한 모집단의 상위 90%의 하한치. 통상 다중 하중 경로의 구조물(Redundant Structure)에 적용.
- 재료 설계값 : 실제로 구조설계에 사용되는 값으로서 적용되는 규정에 적합한 값. 일반적으로 설계값은 설계되는 해당 구조의 실제 사용(재료의 적층, 운용 온도 및 예상되는 운용 습도 환경 등)을 고려하기 위해 조정된 재료 허용치에 근거함.
- 재료 동등성 과정 : 두 개의 데이터세트를 비교하는 과정으로서 일반적으로 큰 재료인증 데이터세트(3개 또는 5개 배치)와 작은 동등성 데이터세트(1개 또는 2개 배치)의 비교.
- 재료인증 과정 : 재료를 재료 규격에 맞춰 재료인증하는 과정. NCAMP 프로세스에서는 재료인증과 재료 허용치 생성이 동시에 수행됨. 재료 허용치 생성에 동일한 데이터가 사용되

며 재료 규격 한계를 수립함.

## 3. NCAMP 조직 구성

### 3.1 조직 개요

NCAMP의 조직 구조(Fig. 2)는 모든 이해당사자 간에 효과적이고 효율적인 관계를 구축하는 방향으로 구성되었다. NCAMP는 모든 회원의 견해가 정당하게 고려되고 있음을 보장할 책임이 있다. NCAMP가 생성한 공유 데이터베이스가 재료 및 공정규격서와 함께 CMH-17[4-6]의 요구조건을 만족한다는 것을 보장하기 위해, NCAMP는 CMH-17과 긴밀한 관계를 유지하며 정기적인 회의를 갖는다.

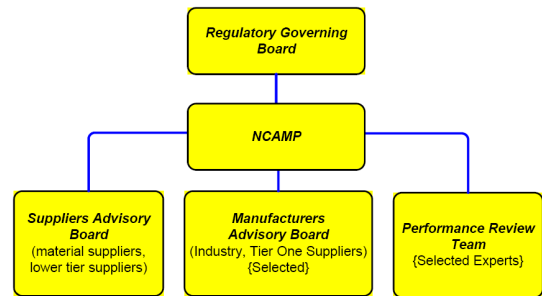


Fig. 2 NCAMP 조직 구조

### 3.2 Regulatory Governing Board (RGB)

RGB는 공군, 육군, 해군, FAA 및 NASA 직원으로 구성된다. RGB의 주요 역할은 설계 자료가 규정 요건을 만족하는 것을 보장하기 위해 표준 운용절차와 같은 NCAMP의 업무 절차를 감독하는 것이다. 또한 RGB는 업체의 요구도를 만족시키는 성능을 보장하기 위해 NCAMP의 업무를 감독한다. RGB는 필요하다면 재료 선정 과정과 같은 특정 NCAMP 프로세스에 대한 지침을 수립할 수 있다. NSP 110 문서[7]는 RGB 내의 업무 수행 방법 및 절차를 기술한다.

### 3.3 Manufacturers Advisory Board (MAB)

MAB는 최초장비제작자(OEM), 주공급업체, 1단

계(tier-1) 공급업체와 같은 항공회사로 구성된다. 모든 MAB 회원업체는 NCAMP MAB 상의 업체 대표를 지정하며, 업체 대표는 투표 및 문서 검토와 같은 업무에 있어서 NCAMP와 업체 간의 공식적인 연락처 역할을 수행한다. MAB는 NCAMP 프로세스, 절차, 재료 물성치, 그리고 규격서가 항공우주 적용 요건을 만족함을 확인하는 데에 중요한 역할을 수행한다. 각 MAB 회원은 NCAMP 제품이 해당 요구도를 만족함을 보장하기 위해 검토의견을 NCAMP 직원에게 제공할 책임이 있다. NSP 120 문서[8]는 MAB 내의 업무 수행 방법 및 절차를 기술한다.

### 3.4 Suppliers Advisory Board (SAB)

SAB는 재료 공급업체, 2단계(tier-2) 및 3단계(tier-3) 공급업체로 구성된다. 주요 기능은 재료 물성치 공유 데이터베이스에 포함시키기 위한 최신의 재료 및 공정 기술을 NCAMP에 제공하는 것이다. SAB는 NCAMP 문서 검토 과정에 참여하여 NCAMP 재료에 대한 품질 표준을 수립하는 데에 중요한 역할을 수행한다. 재료 공급업체는 특히 재료규격서 요건과 관련된 정보와 같은 피드백을 NCAMP에 제공할 책임이 있으며, 자신의 재료가 모든 NCAMP 요건을 만족함을 보장할 책임이 있다. NSP 130 문서[9]는 SAB 내의 업무 수행 방법 및 절차를 기술한다.

### 3.5 Performance Review Team (PRT)

PRT는 분야전문가(Subject Matter Expert), NCAMP AIR 및 NCAMP AER로 구성되며, 구성된 대부분은 자문가이다. PRT 회원은 업무 수행에 있어 공정해야 하며 높은 수준의 청렴성, 건전한 판단, 그리고 객관성을 유지할 책임이 있다. 고용 형태와 상관없이 AIR 또는 AER은 업체로부터 부당한 압력을 받지 않고 그들의 의무를 수행할 수 있어야 한다.

NCAMP AIR는 독립적이고 공정한 검사확인(insepection verification)을 수행할 수 있는 자격을 갖춘 사람이다. AIR의 정기적인 업무기능은 시험패널 및 시험의 검사확인을 포함한다. NCAMP

활동에 참여하고 있는 업체 및 시험기관은 통상 자체 품질 절차를 갖고 있으며 내부적으로 시험 대상에 대한 합치성검사를 수행한다. 이러한 경우, NCAMP AIR는 사내 품질 절차 및 합치성검사가 적절함을 확인하기 위해 대표적인 샘플을 선택하여 검사확인을 수행할 수 있다. 사내 품질 절차 및 합치성검사가 적절하지 않다고 판단된다면, NCAMP AIR는 본인 재량 하에 보다 엄격한 검사확인을 수행할 수 있다.

NCAMP AER은 독립적이고 공정한 공학적 업무를 수행할 수 있는 자격을 갖춘 사람이다. NCAMP AER은 통상 시험계획서 및 규격서와 같은 문서의 검토 및 승인 의뢰, 시험 시험 입회, 그리고 시험 데이터 승인의 업무에 대해 책임이 있다.

## 4 NCAMP 핵심 인증 문서

각 재료인증 프로그램과 재료 물성치 데이터 획득 프로그램은 특정한 시험계획서와 재료규격서 및 공정규격서를 사용한다. 복합재료 물성치는 제작 공정뿐만 아니라 원재료의 물성치에도 의존하기 때문에 재료 사용자들은 동일한 재료 및 공정규격서를 사용해야만 한다. 재료규격서와 공정관리문서(PCD)는 시간에 따라 개정될 수 있기 때문에 재료 사용자들은 재료 및 PCD 변경을 관리해야 한다. 최초 공정규격서와의 경미한 차이가 자주 발생하면, 해당 차이는 관련 인증기관의 요구에 따라 반드시 해석 및/또는 시험을 통해 적절함이 입증되어야 한다.

### 4.1 재료 물성치 데이터 획득 및 재료인증 시험계획서

시험계획은 재료 허용치 생성 및 재료인증을 위한 재료 물성치 데이터를 획득하기 위해 작성된다. 통상적으로 각 재료 시스템(즉, 수지 및 강화재 형태의 조합)에 대해 유일한 시험계획이 생성된다. 시험계획은 시험 온도, 시험법, 그리고 시험 형상 등과 같은 충분한 세부사항 및 요구조건을 포함해야 한다. 일반적으로 재료 물성치는 많은 항공회사들의 폭넓은 적용 분야에 걸

처 공유되는 것을 목표로 한다. 시험 매트릭스는 공통적인 용도가 있는 기초 수준의 빌딩블록 라미나 및 라미네이트 데이터를 생성하도록 구성되므로, 재료 물성치 데이터는 특정 적용 분야의 요구조건을 모두 만족하지 않을 수 있다. 개별적인 적용에 있어 특정 물성치, 환경, 라미네이터 아키텍처, 및 하중 상황에 따라 추가 시험이 요구될 수 있다. 재료규격서는 재료 물성치 데이터로부터 도출된 재료 규격제한(specification limit)을 통해 재료 허용치와 연관된다.

#### 4.2 재료규격서

재료규격서 및 관련 상세 규격들은 통상 일방향 테이프 및 패브릭 프리프레그, 탄소섬유 토크우, 또는 탄소섬유 패브릭에 대한 요구조건을 수립한다. 규격서는 재료인증 데이터와 MAB 및 공급업체들의 자문으로부터 도출된 규격제한(통상, 우수한 물성치를 기각할 확률을 1%로 설정)을 포함한다.

NCAMP 재료규격서(NMS)를 SAE AMS로 쉽게 변환하기 위해, NMS는 일반적으로 SAE AMS 재료규격서 양식[10]을 따른다. 각각의 상세 규격은 재료명, 제작자, 및 제작자 주소를 유일하게 식별하기 위해 QPL(Qualified Products List)을 포함해야 한다. NCAMP는 대체(alternate) 재료에 대해서 재료인증하지는 않기 때문에, 대부분의 QPL은 하나의 재료만을 포함한다. 하나 이상의 제품을 포함하는 QPL은 각 제품을 유일하게 식별하기 위해 등급(grade), 스타일(style) 및 형태(type)와 같은 분류를 활용한다. 참고문헌 [11, 12]은 복합재 재료규격서 개발을 위한 지침을 제공한다.

#### 4.3 공정규격서

공정규격서는 재료인증, 동등성, 및 수락 시험에서 사용될 시험패널의 제작 방법을 기술한다. 각 수치 시스템에 대해 통상 유일한 공정규격서가 생성된다. 일관되고 반복가능한 품질의 시험패널 제작을 보장하기 위해, 공정규격서는 최소한 장비, 배킹 재료, 배킹 절차, 및 경화사이클

등과 같은 패널 제작 공정에 관한 충분한 정보를 포함해야 한다. 하지만, 항공기 복합재 구조물 제작용 공정규격서에서 통상 요구되는 모든 필요 정보를 포함하지는 않는다. 사용자가 이러한 정보를 얻기 위해서는 그들의 회사 공정규격서를 참조해야 한다. 참고문헌 [13]은 복합재 공정규격서 개발을 위한 지침을 제공한다.

#### 4.4 공정관리문서(PCD)

PCD는 NMS 요구조건에 적합한 재료를 제작하기 위한 일종의 조리법(recipe) 역할을 하며, 재료규격서와 함께 재료 물성치와 품질을 관리하기 위해 사용된다. NCAMP의 NRP 101 문서[14]는 재료 제작자가 주어진 재료에 대한 PCD를 작성하고 유지 및 사용하는 것을 돕기 위한 안내서이며, MAB, RGB, 및 NCAMP 직원들에게는 검토, 승인 및 감사를 위한 안내서로 사용된다.

#### 4.5 재료 물성치 데이터 보고서

재료 물성치 데이터 보고서는 재료 물성치 데이터만을 포함한다. 일반적으로 각각의 시험계획에 대해 하나의 재료 물성치 보고서가 생성된다. 데이터 보고서는 해당 시험입회 책임이 있는 NCAMP AER에 의해 승인되어야 한다.

#### 4.6 재료인증 통계해석 보고서

재료인증 통계해석 보고서는 통계학에 기초를 둔 B-기초 값과 같은 재료 허용치 수치들을 포함한다. 일반적으로 각각의 재료 물성치 데이터 보고서에 대해 하나의 통계해석 보고서가 생성된다. 재료 허용치들은 CMH-17이 승인한 ASAP 및 STAT17과 같은 스프레드시트 매크로 최신판과 절차서 및 안내서를 이용하여 계산된다.

#### 4.7 동등성 시험계획서

동등성 시험계획서는 보다 큰 재료인증 데이터 세트와 통계적으로 비교하기 위한 작은 재료 물성치 데이터세트의 생성을 위해 작성된다. 대개 각각의 동등성 프로그램에 대해 하나의 시험계획서가 생성된다. 일반적으로 시험방법 및 요구조



건은 최초(original) 재료인증 프로그램에서 사용된 것과 동일하다. 시험계획서는 동등성 프로그램의 목적을 명기해야 한다. 동등성 과정에 관한 보다 많은 정보는 참고문헌 [4] 및 [15]에 주어져 있다.

#### 4.8 동등성 통계해석 보고서

동등성 통계해석 보고서는 통상 동등성 데이터 세트와 최초 재료인증 데이터세트의 통계적인 비교 결과를 포함한다. 이러한 비교는 대개, 동등성 비교를 위한 DOT/FAA/AR-03/19 및 CMH-17의 시험통계치를 이용한 HYTEQ 스프레드시트를 활용하여 수행된다. 재료 동등성을 결정할 때, 시험통계치를 이용한 모든 시험방법에 대해 우수한 물성치를 각각할 확률을 대개 5%로 설정한다. 각 물성치에 대해 한 번의 재시험이 허용되므로 실제 확률은 0.25%로 줄어든다.

## 5. 결 론

현재 국내에서는 항공우주연구원을 중심으로 한국형 NCAMP를 구축하고자 하는 계획의 일환으로 탄소섬유 테이프, 유리섬유 패브릭, 그리고 탄소섬유 패브릭 재료에 대한 재료인증(Material Qualification) 프로그램을 시범적으로 진행 중에 있다. 국산 복합재료 인증 절차는 2013년 2월 제정된 “복합재료인증체계 안내서” [16]를 통해 수립되었으며, 상기의 재료인증 프로그램의 진행 과정에서 수정/보완될 예정이다.

현재 국내 항공용 복합재 제작 환경을 고려해 볼 때, 미국과는 달리 항공기 제작업체 및 복합재 제작업체의 수가 적어 NCAMP와 같은 폭넓은 조직을 구축하기에는 역부족이다. “복합재료인증체계 안내서”에 따르면, NCAMP의 MAB와 유사한 조직인 ‘제품제작자’의 역할 및 책임을 정의하고 있으나, 현 단계에서는 재료인증 프로그램 내에서 유기적으로 그 역할을 수행할 수 있는 제품제작자 조직을 구성하지는 못하였으며, 필요에 따라 자문 형식의 회의를 통해 제품제작자의

의견을 수렴하고 있다. 하지만, 인증된 복합재의 실제 항공기 적용가능성을 제고하기 위해서는 이러한 제품제작자의 적극적인 참여를 유도하여, 복합재료 제작자와 인증당국(및 전문검사기관)과의 3자간 긴밀한 협조 체계를 구축하는 것이 필수적이다.

현재의 복합재료 인증 프로그램은 민간 항공기 제작용 복합재에 대해 시범 적용되고 있으며, 따라서 NCAMP의 RGB에 해당하는 조직으로 국토교통부만이 참여하고 있다. 향후 재료인증 프로그램의 적용 영역을 확대시키기 위해서는 군용 항공기 감항인증 당국인 방위사업청과의 협의를 통해 참여를 유도할 필요가 있다.

재료인증 프로그램을 통해 생성된 데이터의 신뢰도를 높이기 위해서는 NCAMP의 PRT와 같은 역할을 수행하는 전문검사기관의 공정성과 객관성 보장이 매우 중요하다. 특히, PCD, 재료/공정규격서, 시험계획서 등의 재료인증 문서와 상세 수행내역을 정리한 문서를 이용하여 통계적으로 동등한 데이터베이스를 재생성 가능하도록, 승인된 재료인증 문서에 따라 제작 및 시험이 수행되는지 확인해야 한다. 이를 위해서는 재료인증 문서가 승인되기 전에 사전 제작과 시험을 통해, 발생가능한 모든 문제점을 미연에 방지하기 위한 노력이 재료인증 프로그램의 일정과 비용 측면에서 보다 효과적일 수 있다고 판단된다.

실효성 있고 효율적인 재료인증 체계를 구축하기 위해서는, 본 논문을 통해 살펴본 NCAMP 조직의 역할과 기능을 고려하여 국내 복합재 산업계의 현실에 맞게 조직 체계를 구축해 나가야 할 것이다. 즉, 복합재 재료인증 프로세스의 이해당사자 간의 지속적인 관계를 구축하는 것이 중요하며, 각 조직의 견해가 정당하게 고려될 수 있어야 한다. 또한, 재료인증시험/동등성시험 계획서, 재료/공정규격서, 공정관리문서, 물성치 데이터 보고서, 통계해석 보고서 등 복합재 재료인증을 위해 반드시 필요한 주요 인증문서를 작성함에 있어 어떠한 데이터 조작도 허용되지 않으며 본 논문에서 살펴본 핵심 내용을 명확하게 기술할 필요가 있다. 이러한 모든 일련의 재료인증

활동은 객관적이고 재생성 가능한 물성치 데이터 베이스를 생성하기 위해 행해져야 한다.

현재 진행 중인 재료인증 프로그램을 통해 구축될 복합재 인증체계를 바탕으로, 향후 보다 다양한 재료에 대한 인증과 수송급 항공기 및 군용 항공기의 복합재 구조물에 대한 인증에도 확대 적용할 수 있을 것으로 사료된다.

### 참 고 문 헌

- [1] Freisthler, M., 2010, "Acceptance of Composite Specifications and Design Values Developed using the NCAMP Process", FAA Memorandum AIR100-2010-120-003.
- [2] Ng, Y. and Tomblin, J., 2010, "NCAMP Standard Operating Procedures (SOP)", NCAMP NSP 100.
- [3] William J. Hughes Technical Center, 2008, "Metallic Materials Properties Development and Standardization(MMPDS)", FAA MMPDS-04.
- [4] CMH-17, 2012, "Composite Materials Handbook - Vol.1. Polymer Matrix Composites Guidelines for Characterization of Structural Materials", CMH-17-1G.
- [5] CMH-17, 2012, "Composite Materials Handbook - Vol.2. Polymer Matrix Composites Materials Properties", CMH-17-2G.
- [6] CMH-17, 2012, "Composite Materials Handbook - Vol.3. Polymer Matrix Composites Materials Usage, Design, and Analysis", CMH-17-3G.
- [7] Ng, Y., 2009, "Operating Procedures and Bylaws for NCAMP RGB", NCAMP NSP 110.
- [8] Ng, Y., 2009, "Operating Procedures and Bylaws for NCAMP MAB", NCAMP NSP 120.
- [9] Ng, Y., 2009, "Operating Procedures and Bylaws for NCAMP SAB", NCAMP NSP 130.
- [10] SAE International, "Editorial Style Manual for the Preparation of Aerospace Material Specifications (AMS)", 2002.
- [11] McCarvill, W., Ward, S., Bogucki, G., and Tomblin, J., 2007, "Guidelines and Recommended Criteria for the Development of a Material Specification for Carbon Fiber/Epoxy Unidirectional Prepregs Update", FAA report DOT/FAA/AR-07/3.
- [12] Ward, S., McCarvill, W., and Tomblin, J., 2007, "Guidelines and Recommended Criteria for the Development of a Material Specification for Carbon Fiber/Epoxy Fabric Prepregs", FAA report DOT/FAA/AR-06/10.
- [13] Bogucki, G., McCarvill, W., Ward, S., and Tomblin, J., 2003, "Guidelines for the Development of Process Specifications, Instructions, and Controls for the Fabrication of Fiber-Reinforced Polymer Composites", FAA report DOT/FAA/AR-02/110.
- [14] Ng, Y., 2008, "Prepreg Process Control Document Preparation and Maintenance Guide", NCAMP NRP 101.
- [15] Tomblin, J., Ng, Y., and Raju, K., 2003, "Material Qualification and Equivalency for Polymer Matrix Composite Material Systems: Updated Procedure", FAA report DOT/FAA/AR-03/19.
- [16] 국토교통부, 2013, "복합재료인증체계 안내서", 항공기술과 기술안내서 제12호.