

항공기 안전성 시험평가에 대한 고찰 (상)

한국항공우주연구소 기술연구부장 류정주



시험 평가 설비의 필요성

우리나라 항공기 산업이 기존의 하청 조립/가공에서 벗어나 자체 설계 개발을 통하여 고부가가치의

항공기와 부품을 생산하려면 우리의 기술로 시험평가하여 독립적으로 증명할 수 있어야 한다. 일반적으로 항공기 개발은 초기 설계 연구에서부터 생산까지 대략 10~15년이 걸리는데, 개발된 항공기가 시장에 나올 때 첨단 기술로써 제작되어 경쟁력이 있다고 확신할 수 있어야 한다. 기존의 기술을 그대로 사용한다면 설계/개발시에 부담은 적지만, 항공기 개발에 걸리는 오랜 시간을 고려해 볼 때 생산 시에는 이미 낡은 기술이 되어 기

국내에서 생산된 항공기 및 관련 부품을 운용하기 위해서는 항공기 및 그것을 구성하고 있는 모든 부품의 제반 특성이 감항기준을 만족시킨다는 것이 입증되어 감항당국에 의해 승인되어야 한다. 항공기와 관련 부품의 승인은 법에 의한 감항 적합성 평가 절차를 따라야 하며 이러한 평가 절차를 거쳐서 승인된 항공기는 비로소 감항성을 인정받아 운항이 허락되고, 또한 승인된 관련 부품은 항공기에 사용되어 최종적으로 고부가가치의 경쟁력을 얻을 수 있다.

민간 항공기 및 관련 부품은 탑승자는 물론 국민의 안전과 밀접한 관계가 있으므로 거의 모든 나라에서 법으로 엄격히 규제하고 있다. 국내에서는 항공법 제 15조 5항에 따라 건설교통부 고시 제 1993-40호로서 미국 항공법의 FAR §25의 기준과도 합치하도록 '항공기 항행의 안전을 확보하기 위한 기술상의 기준'이 제정되었다.

현재 국내에서 자체 개발중인 항공기의 감항증명을 위해서는 시험평가 시설 및 장비가 확보되어야 하며, 항공기 및 관련 부품의 시험 평가기술이 시급히 확립되어야 한다.

항공기의 안전성을 입증하는 것은 법에서 정한 국가 고유 기능업무이므로 항공기 개발 사업의 검증(설계, 감항적합성등의 평가)에 사용되는 시험은 정부 출연 연구소에서 수행하는 것이 바람직하다.

본 기고에서는 항공기 시험평가 시설의 역할과 범위 및 주요 내용을 요약하고 사용 장비 및 시설을 소개하고자 한다.

술적으로 그리고 성능 면에서 국제적으로 경쟁력이 있는 항공기를 개발하기가 어렵다. 그러나 첨단기술을 사용하게 되면 항공기의 안전성에 미치는 영향을 새롭게 증명해야 하므로 더욱 광범위한 시험 평가가 수행되어야 한다. 시험평가는 항공기의 개념설계에서 제작·생산에 이르는 전체 개발과정에서 필수적으로 수행되어야 하는 활동이고, 그 결과를 국가에서 승인해야 하므로 설계·해석·시험 분야의 전문가를 보유하고 있는 정부기관에서

주관하여 공정성을 유지해야 한다. 시험평가 설비 운영에는 고도로 숙련된 전문가들이 장기적으로 필요하며 이러한 전문가들의 고용 및 감리는 정부의 고유기능이기 때문이다. 이러한 평가기술을 확보하지 않고는 설령 개발했다고 해도 안전성을 객관적으로 해외는 물론이고 국내의 감항당국에도 증명할 수가 없으므로 운항이나 수출이 불가능해진다.

외국의 시험기관에 시험평가를 의뢰할 경우 추가비용이 발생할 것

이고, 개발 사업일정이 지연될 수 있으며, 특히 국내 보유 기술의 노출로 국제 경쟁력을 상실하게 된다. 또한 대외 기술의존 심화로 개발 항공기의 독자적인 성능시험 및 평가 기술 축적이 불가능하여 기술 종속이 불가피해진다. 따라서 주요 항공우주산업 국가의 경우 대형 시험평가 설비는 국가가 보유하여 시험을 하고 있다(표-1 참조).

항공기 시험평가는 생산증명, 형식증명, 감항증명등 국민 안전을 위한 증명에 직결되는 국가 공공재적인 행위이기 때문이다. 또 다른 이유는 항공기 시험 평가에 사용되는 고가의 시험평가 설비는 제품을 제조하는데 사용되지 않고, 생산 설비에 비하여 가동률이 저조하여 이윤 추구를 목적으로 하는 기업이 스스로 확보/운영하기 어렵기 때문이다. 그러므로 민간업체에서 공동으로 필요로하는 대형 핵심장비 및 고도의 전문기술을 출연 연구소에서 확보하여 공동활용하므로 투자

효율을 극대화할 수 있고 중복투자를 방지할 수 있다.

시험평가의 내용 및 활용

시험평가는 개발 항공기 및 부품이 설계기준 및 감항기준을 만족한다는 것을 확인하고 실제 성능이 분석과 합치한다는 것을 보여주기 위한 것이다. 대형 시험장비를 활용하여 국내 및 국외의 감항기준을 만족하기 위한 시험이 표-2에 설명되었다.

이러한 시험은 법에서 요구하는 감항기준을 만족하기 위한 최소한의 것으로 실제로 항공기 성능을 개발하여 경쟁력을 갖기 위해서는 훨씬 더 많은 시험을 수행하여야 한다.

항공기의 감항성을 증명하고 계속 유지하기 위해서 항공기의 개발/양산/후속지원까지 항공기 수명

전반에 걸쳐 사용되는 시험평가 설비는 동일하므로 전 단계에서 같이 사용할 수 있다. 항공기의 감항성은 해석, 시험, 그리고 과거의 이력으로써 입증할 수 있는데 설계에서 가정된 조건 및 해석결과 등은 시험으로 평가되어 증명되어야 하므로, 항공기 개발초기에 시험하게 되면 추후에 더 큰 부품에서 시험해야 하는 항목과 시험 수를 효율적으로 줄일 수 있으므로 시간적, 경제적인 부담이 적어진다. 국내에서 확보중인 항공기 시험평가 시설은 현재 진행중인 중형항공기 개발사업과 향후 추진될 항공기 개발국책 사업에 사용될 계획이며 확보 계획이 표-3에 제시되었다.

항공기 시험평가의 목적은 개발 항공기 및 부품의 특성과 성능이 설계기준 및 감항기준에 만족하며 실제 시험결과가 분석과 일치한다는 것을 보여주기 위한 것이다. 개

표-2 국가인증 항공기 시험평가 내용 및 관련 근거

시험평가	관련근거	내 용
구조시험평가	건교부고시 3.1~ FAR 25 301~	· 구조물의 강도, 수명, 안전성의 실증/인증 - 재료, 시편, 단·부품 및 항공기 전체 구조 시험
공력소음시험	건교부고시 8.1~ FAR 36~	· 비행공력/항로/공항부근 소음기준과 객실의 소음기준 입증 및 평가 - 비행시뮬레이션을 통한 소음시험
조종/제어계통시험	건교부고시 2.2~ FAR 25.101~	· 항공기 비행안전성의 판단과 비행제어 기능 입증 - 조종계통 기능시험, 조종감 평가를 위한 모의시험
추진계통시험	건교부고시 5.1~ FAR 25 901~	· 이륙에서 착륙까지의 엔진의 신뢰성 및 객실 환경 조절 성능 입증 - 엔진 및 보기류의 출력유지시험, 객실 환경 시험
비행시험평가	건교부고시 3.1~ FAR 25 1501~	· 개발된 항공기의 비행성능 및 특성을 입증 - 실제 비행시험으로 평가
공력성능시험	건교부고시 2.1~ FAR 25.21~	· 항공기 외형의 공기역학 /비행역학적 안전성 입증 - 풍동시험, 수치해석

표-1. 항공기 시험평가를 수행하고 있는 각국의 항공우주관련 국가 연구·시험기관

나라명	국가 연구·시험기관명
미국	FAA(Test Center), NASA
독일	DLR
네덜란드	NLR
프랑스	ONERA, DGAC
일본	NAL
대만	CAST
호주	CSIRO
러시아	TsAGI, CIAM
한국	KARI

발 항공기의 안전성이 감항기준과 적합하다고 승인하는 일은 법에 의한 국가의 고유 업무인데 시험평가를 통하여 증명되어야 하므로 대형 시험평가 장비를 확보하여 항공기 개발사업의 시험평가에 활용하며, 산업체에서 수행하기 힘든 전문시험기술을 제공하여 산업체를 지원하고 있다. 시험평가는 항공기 개발의 초기 단계인 개념설계에서부터 제작·생산·증명에 이르는 전

체 개발과정에서 필수적으로 요구되는 활동이므로 시험평가 기술의 확보는 설계, 생산기술과 함께 국내 산업체의 전반적인 항공기 개발 기술을 향상시킬 것이다.

항공기 구조의 안정성 시험평가

항공기 구조 인증계획 전체적인 인증계획내에 구조인증

계획 (SQP; Structural Qualification Plan)이 있는데 이것은 항공기 구조와 관련된 모든 측면을 다룬다. 어떤 경우에 있어서는 SQP가 전체 인증계획을 나타낼 수도 있으나, 보통은 구조의 고려외에 부가적인 요구조건이 있을 수가 있다. 기능, 조달등의 다른 요구조건은 인증계획의 부분이지만 SQP의 부분은 아니다. 항공기 전체를 인증할 경우 SQP는 인증계획

은 작은 한 부분일 것이다. 구조시험 평가는 새로 개발한 항공기 구조물이나, 사용중인 항공기 기체를 수리 및 개조하는 경우 국내 항공법의 기술상의 기준이나 미국 연방항공규정(FAR) 등에서 요구하는 구조안전성을 입증하는 시험 및 평가로 정의된다.

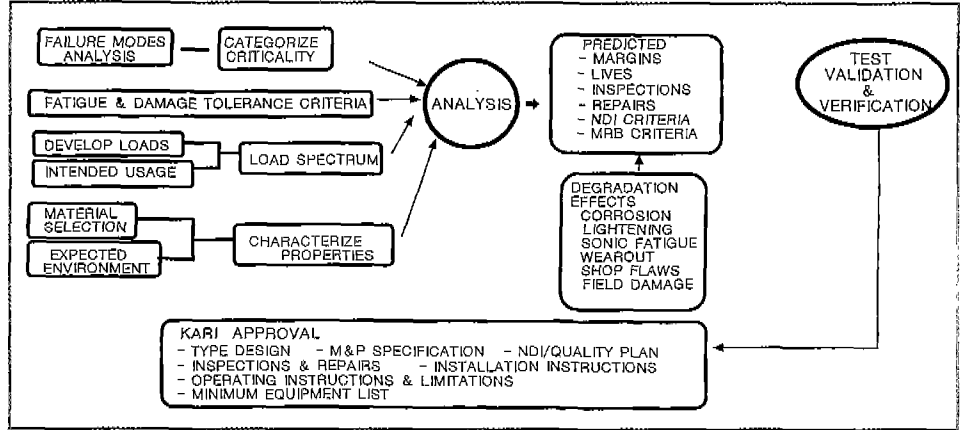
모든 구조적인 인증 문제에 대하여 SQP는 왜 인증이 수행되어야 하는지에 대한 기초자료와 과거의 이력을 제공하고 각 분야(규격, 공정, 허용값 그리고 부품 등)에 대한 요구사항을 논의한다. 왜 인증시험을 수행하는가 하는데는 많은 이유가

표-3 분야별 항공기 시험평가 시설 및 장비의 확보계획

연 도	구조시험	공력소음 시험	조종/제어 계통 시험	추진계통 시험	비행시험	공력성능 시험
1996년	구조시험 시설계획 및 설치					소형아음속 풍동 설치 계획
1997년	정적구조 시험장비 (Actuators)	소음시험 설비계획	검증용 Simulator 설계			
	단품/재료 시험 장비 (UTM 200t등)	소음장치	Iron Bird 설치	낮셀추력 지상시험 장비	비행분석 S/W	Internal Balance
1998년		교환식 개방시험부	PCM Encoder 등 조종계 측 장비	Pressure Scanning System	비행상태 측정장비 (PCM 변환 장치 등)	LDV System
	피로시험 장비	Acoustic Test장비	Digital Remote Unit	온도 Scanning System	신호전송 장비(자동 추적안테나 Sys.등)	Flutter Model
1999년		소음보정 장치	3축자유도 HIL system	6-component Balance	Air Supply Sys.	실시간 자료처리 시스템
2000년 이후	지상진동 시험장비 (Exciter)	무반향 시험실		TPS성능시험기	천음속 비행 모사 설비	비행시험 및 결과분석
					비행시험 및 결과분석	대형모델 시험장치

있을 수 있다. 대부분은 새로운 항공기 부품이 설계되고 인증되어야 하기 때문이다. 만약 복합재료 부품에 대한 가공공정이 변했다면, 다른 공정특성(유동성, Gel 시간, 반응열 등)을 가진 재료가 요구될 수도 있

그림-1 구조시험 절차



다. 만약 새로운 요구사항이 기존의 부품에 사용되어야 한다면, 새로운 요구조건에 대한 검토를 위하여 시험이 수행되어야 한다. 현재의 구조가 이러한 요구조건을 만족하지 못한다면 새롭게 구조를 변경하여 시험해야 한다. 재료의 예를 들면 새롭게 승인되어야 할 재료가 기존의 재료규격서에 합치할 것인가 또는 새로운 규격이 사용될 것인가 하는 것이 결정되어야 한다. 경우에 따라 기존의 규격이 새로운 재료에 적용될 수 있도록 수정될 수 있다. 또한 각 요구사항에 대하여 그 요구사항을 만족하기 위한 시험, 분석, 또는 합리성을 제시해야 한다.

항공기 구조실증 절차는 그림-1에 도식화 되었는데 전체적인 절차를 크게 세 부분으로 나누면 (1) 고장형태 분석, 피로 및 손상허용 기준, 하중 스펙트럼, 재료선정 및 특성 평가등 분석에 필요한 자료

확보, (2) 특성저하 효과를 고려한 분석절차 및 계속감항을 위한 기준 개발, 그리고 (3) 시험을 통한 실증 및 승인 절차로 나눌 수 있다.

시험프로그램은 그 결과를 어떻게 활용하느냐에 따라 체계적으로 계획되어야 하는데, 예를 들면 연구개발을 목적으로 시험할 경우에도 추후에 감항당국내에 제출해야 할 경우를 고려해야 한다.

그렇지 않다면 제출자료가 미흡해서 나중에 같은 시험을 반복해서 수행해야 할 수도 있기 때문이다.

SQP는 항공기 구조를 사용하기 위하여 인증하는데 필요한 모든 면을 다루는데 이때에 구조강도를 시험하여 설계조건과의 적합성을 평가하는 것은 단지 일부분일 뿐이고 규격, 공정, 분석, 그리고 구조물의 정비 및 수리에 관한 사항까지 SQP에 포함된다.

그림-2 Structural 주요 구성요소

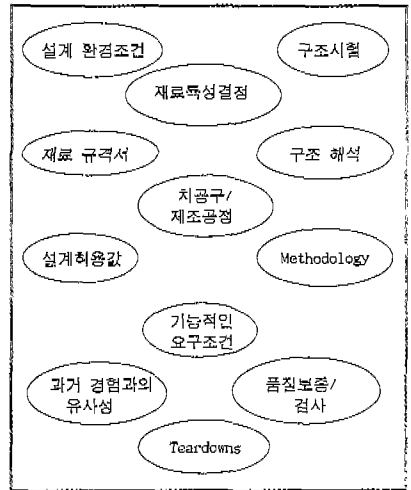


그림-2에 SQP의 일부분이 제시되었다. 이들 구성요소가 모두 완성이 되어야 비로소 구조인증자료가 완성이 되는 것이다. SQP는 제조공정을 포함해야 하는데 각 공정이 명기되고, 평가되고, 증명되고, 또한 관리되어야 한다. 필요한 공정방법이 평가된 후, 공정규격서가 정의 될 수 있다. 공정은 기본 재료 형태의 기계적 특성 평가로부터 얻어진 데이터가 생산 공정된 부품에

서 같은 특성을 나타낼 수 있도록 보증할 수 있게끔 정의되어야 한다. 만약 항공기 부품을 구성하고 있는 재료가 동시에 경화되어야 하고 다른 재료와 서로 접촉해 있다면 동시경화에 적합한지가 확인되어야 한다. 또한 전 공정이 증명되어 요구된 품질의 부품이 생산될 것이라는 확증이 되어야 한다.

항공기 구조시험의 종류가 표-4에 요약되었다.

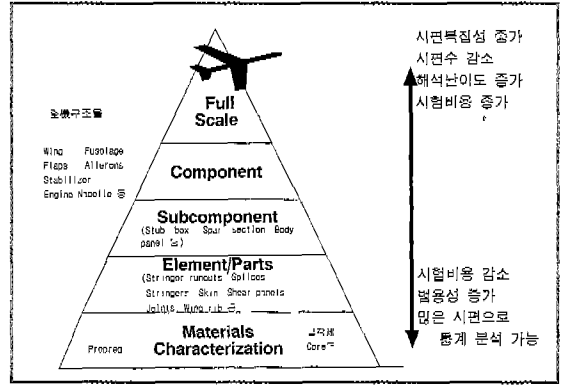
항공기 구조물의 정적강도를 확립하기 위하여 상세한 이론적 구조 분석(보통 유한요소법 사용)과 복잡성에 따라 상당한 양의 구조시험이 수행되어야 한다. 구조적 입증은 피라미드와 같은 모양을 벽돌로 쌓는 것과 같은 방식이 사용된다

(그림-3 참조).

전기구조 시험 (Full-Scale Article Test)이 제일 상부에 있고 이것은 차례대로 Component, Sub-component, Detail Part 등의

시험에 의해 뒷바침되고 그 하부는 단품(Element)과 많은 양의 재료 특성시험이 기초가 되어있다. 이런 방법을 피라미드식 또는 빌딩블록 (Building Block) 방식이라 한다. 이것은 감항성 인증을 위한 구조적 인증자료를 준비하여 제출할 수 있는 일관성있는 방법이다. 하부의

그림-3구조시험의 Building-block Approach



재료 특성을 위한 시험에서 부터 최상부의 전기구조시험까지 연속적으로 한단계 한단계씩 구조 계산에 사용되는 모델의 적합성을 증명하여야 한다. 항공기의 구조 부품은 설계 특징과 인증 요구사항이 서로 다르므로, 각각의 모든 부품에 대하여 시험 계획서 및 보고서가 제

출되어야 한다. 이중에 데이터 베이스화 되어야 할 부분은 일반적인 시험을 사용한, 피라미드 제일 하부의 단품 및 재료특성을 위한 시험 등 두가지 단계로서 이들은 더 상위의 특정한 부품들과는 달리 일반적으로 다른 설계에도 쉽게 응용시킬 수 있다. 이들 데이터 베이스에서 소재의 설계 허용강도가 결정된다. 환경에 대한 파괴모드의 변화 효과를 고려하여 모든 핵심

표-4 Aircraft structural integrity program

시험분류	시험항목	시험목적
1	재료시험	Coupon시험 재료의 물성치 데이터베이스 평가 및 인증
2	설계개발(Ⅰ)	현지 및 연결부위 등 작은 크기의 개발시험에 대한 설계 강도평가 및 해석방법 검증
	설계개발(Ⅱ)	Wing Panel 등 Size의 개발시험에 대한 설계강도 평가 및 해석방법 검증
3	전기정적시험 (동체여압시험포함)	전체 항공기에 대한 정적강도 및 정적특성 평가
	전기 내구성/손상 허용시험	전체 항공기에 대한 피로강도 및 손상허용 특성 평가
4	랜딩기어시험	낙하충격 및 Shimmy 시험 착륙장치 충격강도 및 착륙시 진동에 대한 안정성 평가
5	Flutter Model시험	축소모델 지상진동 및 풍동시험 항공기 축소 모델의 고유진동 및 Flutter특성 평가
6	지상진동시험	전지상진동시험 전체 항공기의 고유진동특성 평가
7	비행시험(구조)	구조시험관련 변형률 측정 실제 비행중의 비행하중 및 구조 변형률 상태 측정

설계 부위에 대하여 많은 시험이 시행되어야 하기 때문에 효율적인 시험계획이 확립되어야 한다. 제일 하부의 재료 특성결정은 생산 부품의 설계, 분석, 제작, 품질관리 및 성능의 검증을 위한 일반적인 물리·화학·기계적인 재료특성을 정량화 하기 위한 것이다. Building-block의 하부에서 많은 시험을 수행할수록 더 비용이 많이 드는 상부의 시험 수를 줄일 수 있고, 또한 재료의 특성 변화를 통제화 하여 위험 부담을 줄일 수 있다.

주요 구조시험

(1) 全機구조 시험

항공기 全機구조 시험은 일련의

지상시험 및 비행시험을 통하여 기본 설계의 구조적인 적합성을 결정하기 위한 시험으로 전체적인 시험 절차가 그림-4에 도식화 되었는데 올바른 시험프로그램을 확립하기 위해서는 그림-5와 같이 여러정보가 종합되어야 한다. 필요한 시험은 크게 다음의 6가지 시험으로 구성되어 있다.

가) 정적시험

이 시험은 항공기 구조물의 Design Ultimate Strength를 증명하기 위한 목적으

로 비행하중 및 지상착륙하중 조건에서 구조물의 영구 변형과 파손여부를 평가하기 위한 것이다.

나) 耐久性 시험

시험 구조물의 경제 수명이 설계 운용 하중/환경의 Spectra에서 설

그림-5 구조시험에 필요한 정보

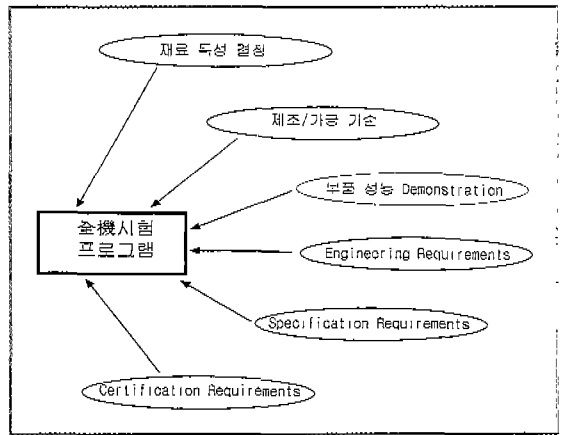
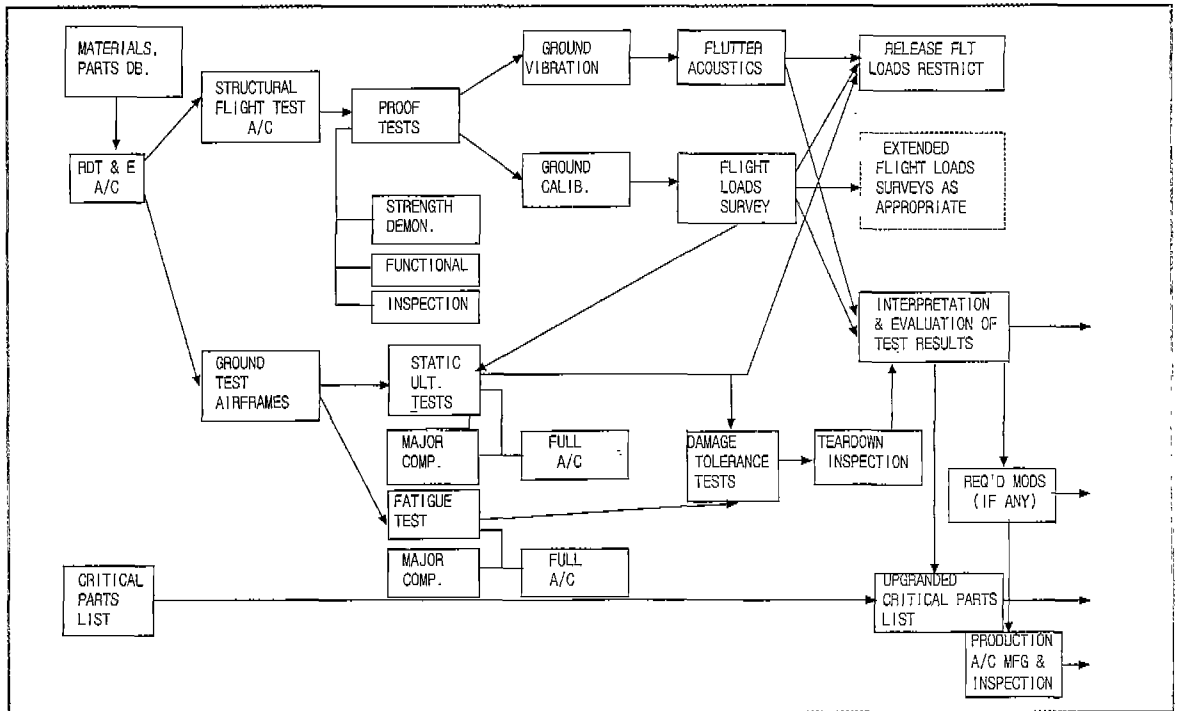


그림-4 Aircraft structural integrity program



계운용 수명과 같거나 길다는 것을 보여주기 위한 시험이다. 이 시험으로써 기존의 해석이나 부품시험에 의해 지적되지 않았던 Critical area를 발견할 수 있고 항공기에 대한 검사나 수정 요구조건을 확립할 수 있다.

보통의 경우 실제 설계사용에 대한 최소 요구조건이상으로 시험하여 수명연장에 사용한다.

다) 損傷許容 시험

손상허용 기준을 만족하기 위하여 FAR §25.571의 규정에 따라 손상-허용(파손-안전, Fail-Safe)과 피로(안전-수명, Safe-Life) 평가 증명의 요구조건과의 합치성을 보여주는 시험이다. 강도, 세부설계 및 제작의 평가는 피로, 부식이나 우발손상 등에 의한 대규모의 파괴가 항공기의 운용수명 동안 피할 수 있다는 것을 보여주어야 한다. 이 시험은 기본적으로 내구성 평가에 관한 시험과 함께, 손상-허용:파손-안전(Fail-safe) 평가 및 손상-허용:불연속 원인(discrete source)의 평가 프로그램에 따라 실행되어야 한다.

주요 시험 대상은 대규모의 파괴를 유발할 수 있는 구조의 각 부위의 예로들면 날개, 꼬리부분, 조종면과 관련 기기, 동체, 엔진 접합부위, 랜딩기어, 그리고 관련된 1차 부착물 등의 全機 정적 및 내구성 시험 시편과 함께 설계개발시험

(Design Development Tests)의 부품도 포함된다.

효율적인 손상-허용 구조가 얻어질 수 없는 경우에는 피로 평가요구조건과 합치하는 설계가 사용되어야 하는데 예를 들면, 착륙장치, 엔진장착대 및 부속물 등의 적합성은 피로시험으로 증명되어야 한다. 주요 결합부, 연결부, 일반 표피, 그리고 스플라이스 등과 같은 구조기본 부품의 피로 특성을 평가할 때에도 피로 평가 방법이 사용된다.

라) 비행 및 지상 운용시험

비행과 지상 하중 조건을 검토하여 전체 운용주기에 대해 Dynamic response test를 수행한다. 이 시험의 목적은 비행증명을 얻고 동적 하중에 대한 구조체의 탄성반응을 평가하기 위한 것이며 이 결과는 하중해석, 피로분석, 그리고 운용하중 데이터를 해석하는데 사용된다.

마) Sonic durability tests이 시험은 초기 설계 Acoustic Load/Environment를 증명하거나 수정하기 위한 항공기 全機의 음향환경을 측정하기 위하여, 설계 운용수명을 보장하기에 충분한 출력으로 작동하는 엔진을 장착한 항공기의 지상시험으로 수행된다.

바) Flight vibration tests

진동해석의 정확성을 증명하기 위해 수행하는 시험으로 시험 결과는 진동조절측정이 설계운용 수명

을 통해 균열을 방지하고, 장비 및 사람에게 안전하다는 것을 보여주는데 사용된다.

(2) 재료/단품시험

항공기의 재료 및 단품구조 시험은 구조설계에 필수적인 소재 관련 기술자료 제공과, Building-Block Approach를 사용한 형식증명을 획득하는데 필요한 시험이다(그림-3). 재료시험 결과는 감항기준에서 요구하는 설계허용값을 얻는데 사용되고, 공정중 품질관리에 대한 공차를 정의하고, 공정상의 문제를 해결하고 공정 최적화에 대한 정보를 제시하고, 재료 구매시방서에 대한 승인 값을 정하며 Building-block에 사용되는 환경 요소를 결정하며, Teardown의 결과와 비교할 수 있는 특성을 제공해야 한다. 재료를 선정할 때에는 운항중에 예상되는 온도, 습도등 환경조건외의 효과가 고려되어야 하므로 재료선정시험 및 특성 분석은 사용되는 재료가 항공기 운항중 또는 사용중 예상되는 여러 가지 환경, 정비방법등에 적합하다는 것을 증명할 수 있어야 한다. 재료의 특성결정은 항공기 부품의 구조강도 실증화에 가장 기초가 되므로 설계에 사용되는 재료허용값은 인증기관의 승인을 얻어야만 항공기의 설계 및 구조강도 분석에 사용될 수 있다. 이때의 시험은 공산품에 사용되는 재료와는 달리 재료규격서외의 단순한 비교를 위한 시

험이 아니고 항공기 설계요구조건과의 적합성을 위한 것이므로 많은 시험 Matrix가 수행되어야 하기 때문에 항공선진국에서도 재료개발후 평가에만 10여년이 걸린다. 하나의 부품은 보통 여러 가지 종류의 재료로서 구성되어 있으므로 재료시스템적으로 설계요구조건을 만족하여야 하는데 복합재료의 예를 들면 Laminar, Laminates, Adhesives, Perforated Laminates, Core Materials, Core Splice Material, 그리고 Potting Compound의 시험 및 인증이 포함되어야 한다. 이들의 시험 Matrix는 각 부품의 설계조건에 따라 다르다. 특히 금속과 복합재료와의 결합부위 등은 파괴모드를 정확히 검증하는 것이 중요하다.

단품시험은 실제 비행하중 조건에서 단품을 시험하여 설계해석 결과를 확인하고 구조설계 타당성을 검증하는 설계 개발시험이다. 시험 시편의 예를 들면 Skin-to-Spar Joint, Skin-to-Stringer Joint, Rib Shear Tie, Upper & Lower Longeron, Rudder bottom Hinge Lug, Flap Actuator Installation Lug, 주 날개/동체 Main & Rear Fitting: Pick-up 등이 포함된다. 만약 구조분석이 수행될 것이라면 여러 분석방법이 사용될 수 있고 각각의 방법은 다른 형태의 허용값

이 요구될 수 있다. 라미나나 단순 라미네이트 데이터를 사용하여 분석할수 없는 경우에는 세부구조부품의 시험이 수행되어야 한다. 예를 들면 응력집중, 베어링 반응등의 분석이 요구되는 여러 가지 홀과 패스너 배열, 보강재와 보강패널 그리고 out-of-plane 하중이 심각한 부위 등이 여기에 해당된다. 이러한 재료/단품 시험의 결과는 형식증명 획득을 위한 기술적 근거자료를 제공한다.

주어진 공정이 특정 품질의 부품을 생산할 것이라고 증명하기 위해서는, 공정 증명 시험이 요구된다. 보통은 구조물을 대표할 수 있는 판넬이 사용되기도 하고, 어떤 경우에는 전기 부품(Full scale parts)의 Teardown evaluation가 필요할 수 있다. 대개의 경우 처음 생산된 부품을 Teardown evaluation 시편으로 사용하는데 때때로 공정을 평가하기에 시기상으로 너무 늦을 수도 있다. Teardown evaluation 시험의 범위는 구조물의 주요도, 복잡성, 그리고 기술적인 숙성도에 따라 다르다. 물리적 그리고 기계적 시험에 대한 특성값의 제한을 포함하여 승인과 기각에 대한 기준이 확립되어야 한다. 만약 이러한 제한값을 확립하기 위하여 추가시험이 필요하다면 어떻게 수행될 것인지 정의되어야 한다.

(3) Flutter tests

Flutter과 관련된 시험은 지상진동시험, 열탄성시험, Limit load rigidity tests, Control surface free play and rigidity tests과 Flight flutter tests 등이다.

지상진동 시험은 항공기 구조물의 고유 진동수, 진동 Mode, 감쇄 계수 등 동적특성 자료를 획득하여 항공기 공탄성 특성을 평가하는 시험으로 Flutter 시험용 축소모델의 동적 특성을 측정하여 분석하고, 항공기 전체구조물, 특히 주 날개의 탄성, 감쇄 및 질량 특성을 측정하여 공탄성 해석에 활용하며, 비행시험시 측정되어지는 플러터 속도 등을 예측하는데 사용한다.

필요한 주요 장비는 加振機(Exciter), Exciter Power Amplifier, 加振조종기(Exciter Controller), Accelerometer 및 데이터 획득장비 등이다.

Structural rigidity tests은 열탄성시험, 제한하중 rigidity 시험, 그리고 Control surface free play and rigidity tests 등을 통해 항공기와 부품의 구조탄성과 free play 특성을 시험으로 결정하는 것이다.

Flight flutter tests은 항공기 구조물이 공탄성적으로 안정하고 운용비행조건을 통하여 만족스러운 감쇄특성을 갖고 있다는 것을 증명하기 위한 것이다.