

## Article

## 안전정보분석 및 안전위험평가를 위한 항공안전감독 점검표 구조 설계

최동욱\*, 최순지\*, 최영재\*\*

## A Structural Design of Aviation Safety Inspection Checklist for Safety Information Analysis and Safety Risk Assessment

Dongwook Choi\*, Soonji Choi\* and Young J. Choi\*\*

## ABSTRACT

The checklist currently used for Aviation safety inspection performed by ASIs consists of inspection groups and multiple items, it does not have structured hierarchy system which required to efficiently process aviation safety analysis. On this study, through mapping taxonomy of HFACS onto current checklist to secure structured hierarchy system and present a specification on systematic frequency and severity to perform safety risk assessment of detected hazard.

**Key Words** : Aviation Safety Inspector(ASI), Dynamic Checklist, System Approach Safety Oversight(SASO), Air Transportation Oversight System(ATOS), Human Factor Analysis and Classification System(HFACS)

## 1. 서 론

우리나라는 '97년 괄 항공기 사고에 따른 항공 안전종합대책의 일환으로 '99년 2월 항공법을 개정하였고, '99년 3월 포항공항, 4월 상해 화물기 추락사고 이후 5명의 전문계약직을 모태로 항공 안전감독제도를 시행하였다. 이후 국제기준에 부합하는 항공안전관리체계 정립과 성공적인 항공 안전감독제도가 정착됨으로써 '99년 12월부터 '11년 7월까지 국적항공사 11년 연속 무사망사고를 유지하는 등 항공운송교통분야에 있어 괄목할 만한 안전성과를 이룩하였다. 그러나 '11년 국적 화물기 사고, '13년 샌프란시스코 사고와 함께 최근 들어 항공안전장애 등이 증가하는 추세를 감

안했을 때 새로운 항공안전감독제도의 변화가 우리나라에 필요한 시점인 것으로 판단된다.

최근 저비용 항공사 등의 활성화로 인한 항공 운송시장의 변화는 전 세계적인 현상으로써, 전통적 방식으로 항공기 보유규모 대비 항공안전감독관을 증원(통상 항공기 10대 증가時 운항 1명, 감항 2명의 감독관 수요 발생)하는 것이 더 이상 지속 가능한 감독방식이 아니라는 공감대가 조성되었다. ICAO에서는 이러한 변화에 알맞은 새로운 항공안전감독방식을 "강화된 안전정보 및 위험기반의 안전감독"으로 소개하고 있다.[1]

미국은 과거 시스템안전이론에 바탕을 둔 ATOS(Air Transportation Oversight System)를 도입하여 항공사의 승인/인허가와 안전감독 체계를 통합하는 방식으로 '07년까지 과거 10년의 항공기 사망사고율을 80% 이상 감축하는 성과를 달성하였다.[2] 최근에는 SASO(System Approach Safety Oversight)를 통해 기존의 ATOS를 국가항공 안전프로그램(SSP)의 안전보증시스템(Safety Assurance System)으로 통합하기 위한 개발을 완료하고, 현재 시험운행을 진행하고 있다.[3]

Received : 23. Mar. 2016. Revised : 15. Apr. 2016.

Accepted : 20. Jun. 2016

\* 항공안전기술원 항공인증2실 연구원

\*\* 항공안전기술원 항공인증2실 연구책임자

연락처, E-mail : yj.choi@kiast.or.kr

인천광역시 중구 용유로 557

Table 1. Progress of target growth needed to be inspected by Aviation safety inspector

구분		2001년	2015년	증가추이
감독 대상	국적 항공사	2개사	8개사	4배 증가
	외국적 항공사	45개사	69개사	1.5배 증가
	항공기 등록대수	178대	299대	1.7배 증가

우리나라도 이러한 항공안전감독의 새로운 변화를 수용할 필요가 있으며, 본 연구에서는 구조화된 항공안전감독 점검표를 통해 발견된 위해요인의 발생빈도와 심각도를 산정할 수 있는 새로운 방법론과 이를 구현하기 위한 점검표 구조 설계안을 제시하고자 한다.

## II. 본 론

우리나라의 항공안전감독관 정원은 '12년 10명에서 12명으로 증원되었고, 현재 국토부 운항안전과에 소속된 항공안전감독관 정원은 전문임기제 17명으로 구성되어 국제항공운송사업자에 대한 안전감독 업무를 수행하고 있다. 항공안전감독관 업무는 상시감독 외에 각종 규정 인허가 검토 등 민원업무, 비정상운항 관련 사실조사 등이 포함되며, 연간 정기적인 안전관리시스템(SMS)에 대한 이행점검 외에 사고조사 참여 및 국적사에

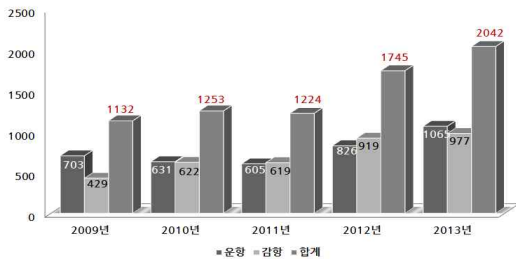


Fig 1. The number of service provider's safety inspection during '09-'13[4]

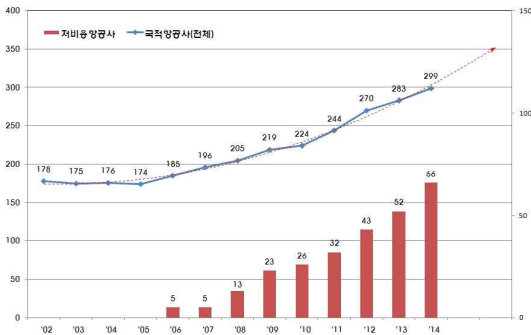


Fig 2. Reasonable number of Aviation safety inspector(ICAO recommendation)[4]

Table 2. Configuration of Air carrier system(ATOS)

No	Air Carrier System
①	항공기 구성통제(aircraft configuration control) : 동 시스템을 활용하여 항공사는 항공기와 관련 구성요소들의 물리적인 조건(상태)을 유지
②	매뉴얼 시스템(manual system) : 동 시스템은 정보와 지침들을 통제하여 항공사의 활동들을 정의하고 통제
③	항공기 운항(flight operation) : 항공기의 운항(이동)과 관련이 있음
④	직원 훈련 및 자격(personnel training and qualifications) : 항공사는 여러 프로세스들을 통해 그들의 직원을 적절히 훈련하고 자격을 부여
⑤	노선체계(route structures) : 동 시스템을 활용하여 항공사는 인가받은 노선에서 시설을 유지
⑥	항공종사자 및 승무원 비행·휴식·근무시간 (airman and crewmember flight, rest, and duty time) : 항공사 직원들의 시간 상의 제약들을 정함
⑦	기술관리(technical administration) : 동 시스템을 활용하여 항공사는 증명 및 운영의 기타 측면들 예로, 주요 관리직 직원 등에 대한 사항들을 다룸

대한 강화된 특별점검을 수행하는 등 Fig 1과 같이 감독관 인시수(Man Hour)는 매년 지속적으로 증가하고 있다.[4] Table 1에서 볼 수 있듯이 우리나라는 항공산업의 지속적인 성장에도 불구하고 감독관 정원은 정체 상태에 있으며, 항공사 및 항공기 보유 규모를 감안할 경우 Fig 2와 같이 감독관의 증원 필요성은 인정되는 바이다.

그러나 항공기 보유규모에 비례하여 감독관을 계속 늘리기는 현실적으로 가능하지 않다. 이것은 비단 우리나라의 문제는 아니며, 전 세계의 공통적 현상이므로, ICAO는 이러한 문제를 해결하기 위한 방안으로 Fig 3의 강화된 안전정보 및 위험기반의 안전감독 개념을 소개하였다. 새로운 항공안전감독의 핵심은 점검 주기(frequency)와 점검항목(checklist)를 유연화하는 것으로 전자의 경우 위험이 높은 조직이나 영역에 점검을 집중하고, 후자의 경우 점검 대상의 위험에 따라 점검목록 및 점검항목을 조정하는 것을 의미한다. ICAO에서는 점검 대상의 위험에 따라 점검목록 및 점검항목이 조정되는 점검표를 dynamic checklist라는 명칭으로 사용하였다.[1]

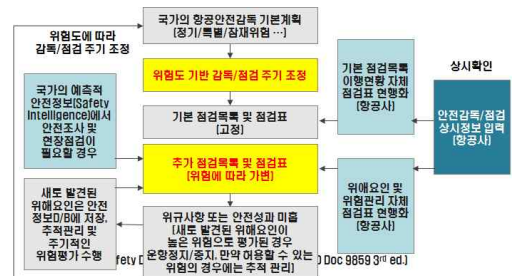


Fig 3. New aviation oversight system of ICAO[1]

## 2.1 현행 항공안전감독 정보수집/위험평가

우리나라의 항공안전감독관제도는 ATOS 1.2를 기반으로 도입되었다. ATOS는 시스템 기반의 접근법을 채택하고 있으며, ATOS의 구조화된 프로세스를 통해 항공사 시스템(air carrier system), 서브시스템(subsystem), 요소(element)들이 어떻게 상호작용하는지 평가 분석한다. 평가 대상이 되는 항공사 시스템은 Table 2와 같이 총 7개로 구성되어 있으며, 그 각각은 일련의 서브시스템과 요소들로 구성되어 있다(Fig. 4).

ATOS는 표준화된 승인/인허가 및 안전감독을 통해 시스템적 통합이 가능하며, 구조화된 자동화 도구(structured automation tool)가 제공된다. 이러한 도구로는 항공사 구성 체크리스트(Air Carrier Configuration Checklist), 항공사 감독 프로파일(Air Carrier Oversight Profile, ACOP), 항공사평가도구(The Air Carrier Assessment Tool, ACAT), 종합평가계획(The comprehensive Assessment Plan, CAP), 감독순위도구(Oversight Prioritization Tool, OPT), 개선조치 확인도구(Corrective Action Tracking Tool, CATT), 데이터 수집 도구(Data Collection Tool, DCT) 등이 있다.

### 2.1.1 美 ATOS의 항공안전감독점검표 구성

항공안전감독의 주요 활동 중 하나는 시스템의 안전성을 평가하기 위한 데이터 수집에 있다. ATOS의 핵심적인 데이터 수집 도구(DCT)는 안전속성검사(Safety Attribute Inspection, SAI), 요소성능검사(Element Performance Inspection, EPI), 조립된 동적관찰보고(Constructed Dynamic Observation Report, ConDor), 동적관찰보고(Dynamic Observation Report, DOR), ATOS 무작위검사(ATOS Random Inspections), 평가 결정

1.0 Aircraft Configuration Control		4.0 Personnel Training and Qualifications	
<b>1.1 Aircraft</b>			
1.1.2 (L)	Appropriate Operational Equipment	4.2.3 (M)(R)	Training of Flightcrew Members
		4.2.4 (M)(R)	Training of Flight Attendants (F/A)
<b>2.0 Manuals</b>			
2.1 Manual Management			
2.1.1 (M)	Manual Management	4.2.5 (M)(R)	Training and Qualification of Dispatchers/Flight Followers
		4.2.6 (M)(R)	Training of Station Personnel
		4.2.7 (M)(R)	Training of Check Airman and Instructors
		4.2.8 (M)(R)	Simulators/Training Devices
		4.2.9 (M)(R)	Outsource Crewmember Training
		4.2.12 (L)	Hazardous Materials (hazmat) Training Program
		4.3 (R)	
<b>3.0 Flight Operations</b>			
<b>3.1 Air Carrier Programs and Procedures</b>			
3.1.1 (M)	Passenger Handling	4.3.1 (M)	4.3 Crewmember and Dispatch Qualifications
3.1.2 (M)	Crewmember Duties/Cabin Procedures	4.3.1 (M)	Pilot Operating Limitations/Recent Experience
3.1.3 (H)(R)	Airman Duties/Flight Deck Procedures	4.3.2 (M)	Appropriate Airmen/Crewmember Checks and Qualifications
3.1.4 (M)(R)	Operational Control	4.3.3 (M)(R)	Advanced Qualification Program (AQP)
		<b>5.0 Route Structures</b>	
		<b>5.1 Approved Routes and Areas</b>	
		5.1.5 (M)	Line Station Operations/Ground Personnel Duties

Fig 4. ATOS(Airworthiness field) System/Subsystem/Element[5]

및 시행 도구(Assessment Determination and Implementation Tool), 시간외 감시결정 보조도구(Off-Hour Surveillance Decision Aid) 등이 있으며, 이러한 도구에서 수집된 데이터를 통해 시스템의 안전평가를 수행한다. 항공안전감독관(ASI)은 가장 최신 버전의 DCT를 활용하여 감독 대상의 변경사항을 확인해야 한다.

ATOS의 항공안전감독시스템의 주요 기능 3가지는 디자인 평가(Design Assessment, DA), 성능평가(Performance Assessment, PA), 위험관리(Risk Management, RM)이며, Fig 5와 같이 항공안전감독관 점검표는 안전속성검사(SAI)와 요소성능검사(EPI)를 수행하기 위한 것으로 크게 대별된다. 안전속성(Safety Attribute)이란 특정 항공사의 승인/인허가 업무에 대한 적합성을 평가하기 위한 요소로써 SAI 점검표의 그룹명을 나타낸다.

### 2.1.2 ATOS의 위험분석 및 위험평가체계

ATOS 1.2는 국가항공안전프로그램(SSP)의 통합과 SMS를 염두에 두고 설계된 것은 아니며, 최근 ICAO SSP/SMS 안전관리체계를 고려한 SASO(System Approach Safety Oversight) 및 ATOS 2.0으로 전환이 완료되었다. 우리나라는 아직 ATOS 1.2 기반의 항공안전감독이며, 앞의 2.1.1에서 안전속성(Safety Attribute)에 대한 위험분석과 위험평가를 수행할 경우에도 FAA의 System Safety Handbook[5]에 기반을 둔 전문가의 정성적 평가를 중심으로 한다.

### 2.1.3 항공사에 대한 안전지표 구성체계

ATOS에서는 항공사의 시스템이나 운영환경상의 위해요인을 확인하기 위하여 Table 3의 위험지표와 함께 별도의 위험등급을 정의하고 있다. 위험지표는 2개의 범주와 각각 2개의 하위 범주로 구성되어 있으며, 범주별로 세분화된 요소들로 구성되어 있다.[2]



Fig 5. A hierarchy of ATOS Checklist

Table 3. ATOS Risk index system of organization

Category	Sub-Category	RI Elements
System Stability	Operational Stability(OS)	8개 세부지표(OS)
	Air Carrier Dynamics(CD)	5개 세부지표(CD)
Operational Risks	Environmental Criticality(EC)	8개 세부지표(EC)
	Performance History(PH)	7개 세부지표(PH)

## 2.2 HFACS 인적요인분석분류체계

### 2.2.1 HFACS의 구조화된 계층

Shappell과 Wiegmann은 Reason의 스위스 치즈 모델에 기반을 둔 HFACS(Human Factor Analysis and Classification System)를 인적요인에 대한 조사 및 분석분류체계로 개발하였다.[6] HFACS는 인적요인에 의한 문제의 원인을 불안정한 행위, 불안정한 행위의 사전조건, 불안정한 감독, 조직의 영향의 4개 수준으로 구분하여 계층적으로 분석하고 있는데, 사고와 가장 밀접한 1단계인 불안정한 행위에서부터 조직의 심층적 원인까지 연결된 위계적 분석틀을 제시하였다. 본 연구에서는 HFACS의 구조화된 분석분류체계를 항공안전감독관 점검표를 구조화하는 목적으로 활용을 검토하였다.

### 2.2.2 HFACS 활용의 장단점

HFACS는 조직의 심층적 원인까지 접근할 수 있는 분석도구라는 점에서 매우 활용적 가치가 높다고 판단된다. HFACS는 모델에 사용되는 여러 원인분류의 명칭들이 심리학에 기반을 두고 있기 때문에 심리학적 지식이 부족한 현장요원들이 사용하기에는 어느 정도의 훈련이 필요한데 이러한 것이 손쉬운 사용에 걸림돌이 될 수 있다. 이러한 사용 편의성의 제약으로 인하여 아직까지 국내에서는 도입 이후 상당한 기간이 경과되었음에도 아직까지 성공적으로 활용되고 있지 못한 것으로 판단된다.

### 2.2.3 국내외 HFACS 활용사례

국내에서는 HFACS를 활용하여 사고나 준사고에 대한 인적오류 분석에 활용하는 연구가 주로 진행되었다.[7] 최근 들어 HFACS를 SMS 안전조사(safety investigation)의 심층 원인분석에 활용하려는 경향과, 또한 이를 통계적 모델링기법과 연계하여 항공기 사고예방을 위한 예측분석에 활용하려는 연구가 있었다.[8] 후자의 경우 사고위험 예측을 위한 인적요인 모델링기법으로 매우 특기할 만한 연구라 할 수 있으며, HFACS로 분석된 데이터를 사고위험을 예측할 수 있도록 수치 모형화하는 단계를 제공한다.[9] 다만 이러한 연구에서 보이는 한계는 현장 적용에 여전히 활용하기 어렵다는 점이다. 따라서 현장에서

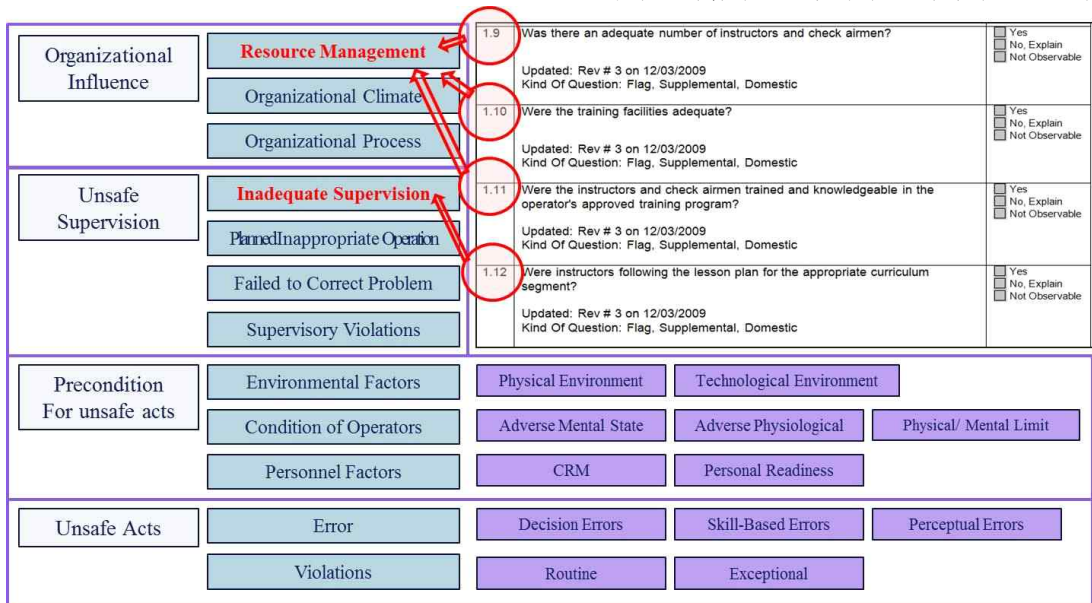


Fig 6. ATOS Aviation safety inspection checklist and mapping of HFACS hierarchy structure

HFACS를 보다 편리한 인적요인 분석분류체계로 활용할 수 있도록 개선이 필요하다.

### 2.3 (新)구조화된 항공안전감독 점검표

현행 항공안전감독관 점검표는 ATOS와 동일하게 점검표 그룹과 점검항목의 2단계로 구성되어 있다. 본 연구에서는 항공안전감독관의 점검표를 HFACS의 구조화된 계층구조를 가질 수 있도록 Fig 6과 같이 매핑작업을 수행하였다. 이러한 방법으로 점검표의 모든 점검항목을 HFACS로 사전 매핑할 경우 향후 안전감독에서 발견된 사항은 추가적인 부담없이 매핑에 따라 자동 분류될 수 있으며, 이는 현장에서 HFACS를 보다 용이하게 활용될 수 있는 단초가 될 것으로 예상된다. 다음의 2.3.1에서 항공사의 CAT II&III 운항에 대한 실제 인허가 및 안전감독 점검표에 HFACS를 매핑하여 활용 가능성을 검토하였다.

HFACS의 구조화 계층에 사용된 세분류 코드는 Table 4에 정의하였다. 통상적인 HFACS의 일반코드에 더하여 보다 세분화한 하위분류체계(나노코드)의 활용 필요성은 대상으로 하는 안전관리시스템의 안전대책의 정밀도에 따라 세분화 수준이 결정될 필요가 있다.

#### 2.3.1 사례분석 : CAT II&III운항의 인허가

HFACS의 구조화된 계층을 활용하여 기존 CAT II&III에 대한 인허가 점검표(SAI)를 매핑한 결과는 다음의 Table 5와 같다.

#### 2.3.2 사례분석 : CAT II&III 운항의 성능평가

HFACS의 구조화된 계층을 활용하여 기존 CAT II&III에 대한 성능평가 점검표(EPI)를 매핑한 결과는 다음의 Table 6과 같다.

Table 4. Structurized hierarchy system of HFACS

그룹	세분류 코드	세분류 정의
조직의 영향	O1	자원관리
	O2	조직문화
	O3	조직절차
불안전 감독	S1	불충분한 감독
	S2	부적절한 운항계획
	S3	문제교정 미시행
	S4	감독위반
불안전 행동의 사전조건	P1	환경적 요소
	P2	운항조건
	P3	개인요소
불안전 행동	A1	인적오류(에러)
	A2	위반

#### 2.3.3 사례분석결과

항공사의 CAT II&III 운항에 대한 실제 인허가 점검표에 HFACS로 매핑한 결과는 Fig 7, Fig 8과 같다. 분석결과 점검항목과 HFACS 코드가 일대일로 매핑되지는 않지만, 이는 안전조사의 인적요인 분석/분류기법으로 HFACS를 사용할 경우에도 동일하게 발생하는 현상이다. 일반적인 경우에 HFACS는 해당되는 항목을 중복 선택할 수 있으며, 본 연구에서도 이와 동일하게 관련성이 있는 분류항목을 중복 선택하여 사전 매핑을 수행하였다. 만약에 모든 점검항목을 HFACS로 사전 매핑이 수행할 경우에는 감독에서 발견된 위규사항 또는 부적합 항목 등을 HFACS로 자동 분류할 수 있을 것이라 판단된다.

### 2.4 (新)항공안전감독 안전위험평가체계

항공안전감독관이 2.3의 구조화된 항공안전감독 점검표를 활용한다면, 앞으로는 위규사항이나 부적합 항목 등이 발견될 경우 자동으로 HFACS로 분류, 집계될 수 있다. 통상적으로 위해요인

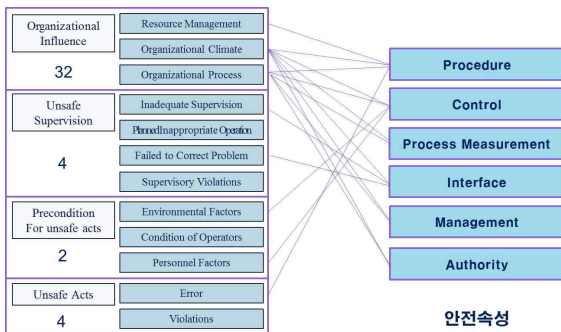


Fig 7. Safety Attribute and HFACS mapping relationship (2.3.1 case study)

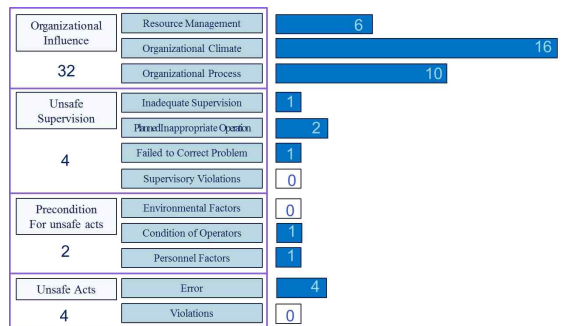


Fig 8. Inspection items classified by HFACS hierarchy structure (2.3.1 case study)

Table 5. ATOS CAT II&III Operation SAI Checklist-HFACs Mapping result

CAT II & III Operation (EPI)		HFACs 분류											
		조직의 영향			불안전 감독				불안전 행동의 사전조건			불안전 행동	
SECTION		O1	O2	O3	S1	S2	S3	S4	P1	P2	P3	A1	A2
PROCEDURES	X												
CONTROLS	X												
PROCESS MEASUREMENT	X												
INTERFACE	X												
PERFORMANCE OBSERVABLES	1-1	Did the flight crew conduct a thorough approach review before conducting the approach?										O	O
	1-2	Were high minimum captains who are dispatched into potential lower minimum approach weather conditions given the proper restrictions?								O			
	1-3	Did the flight crew follow company procedures for all approaches based upon available operating equipment?			O								
	1-4	Did the operator follow policies, procedures, instructions, and information for this element?		O	O								
	1-5	Did the operator follow controls for this element?		O	O								
	1-6	Did the records for this element comply with the instructions?			O								
	1-7	Were the process measurements for this element: • Effective in identifying actual or potential problems, and • Did the operator identify and take corrective action for identified problems?						O				O	O
	1-8	Did the operator follow its method for evaluating the impact of changes in this process to other related processes that interface with this process?			O								
	1-9	Did the observed interactions between personnel accomplishing interfacing processes produce the desired result?											
MANAGEMENT RESPONSIBILITY & AUTHORITY	2-1	Is the identified person who is responsible for the quality of the processes associated with this element actively filling that position?	O		O								
	2-2	Is the identified person who has authority to establish and modify the operator's policies, procedures, instructions and information for the processes associated with this element actively filling that position?	O	O	O								
	2-3	Does the responsible person know that he/she has responsibility for the processes associated with this element?			O								
	2-4	Does the person with authority know that he/she has authority for the processes associated with this element?			O								
	2-5	Does the person with responsibility for the processes associated with this element meet the qualification and work experience standards?			O								
	2-6	Does the person with authority to establish and modify the processes associated with this element meet the qualification and work experience standards?			O								
	2-7	Does the person with responsibility understand the controls, process measurements, and interfaces associated with this element?		O	O								
	2-8	Does the person with authority understand the controls, process measurements, and interfaces associated with this element?		O	O								
	2-9	Does the person with responsibility know who has authority to establish and modify the processes associated with this element?		O	O								
	2-10	Does the person with authority know who has the responsibility for the processes associated with this element?		O	O								

(Hazard)이라함은 위규 및 부적합사항뿐 아니라 그 발생원인(cause)까지 포함하는 개념으로써 심층적인 안전조사(safety investigation)의 병행이 필요하다. 특히 새로 발견된 위해요인

에 대해서는 다음의 절차를 따라 발생빈도와 심각도를 산출한 후 안전위험평가를 수행해야 한다.

Table 6. ATOS CAT II&III Operation EPI checklist-HFACs Mapping result

CAT II & III Operation (SAI)		조직의 영향			불안전 감독				불안전행동의 사전조건			불안전 행동					
SECTION		O1	O2	O3	S1	S2	S3	S4	P1	P2	P3	A1	A2				
PROCEDURES ATTRIBUTE	1-1	Do procedures for landing minimums allow CAT II or III operations only when authorized in the operations specifications?												0			
	1-2	Do procedures specify the minimum altitudes for using autopilots?												0			
	1-3	Do procedures address the intent of the guidance contained in AC 120-28, Criteria for Approval of Category III Weather Minima for Takeoff, Landing and Rollout?												0			
	1-4	Do procedures address the intent of the guidance contained in AC 120-29, Criteria for Approval of Category I and Category II Weather Minima for Approach?												0			
	1-5	Does the manual include a requirement to comply with the Operations Specifications related to this element including clearly identified excerpts, references, mandatory compliance requirements, or other information that will keep employees informed of the impact on their duties and responsibilities?												0			
	1-6	Does the manual contain policies and procedures that include the duties and responsibilities for personnel involved with this element?												0			
	1-7	Does the manual refer to the appropriate sections of 14 CFR, and are the procedures consistent with the appropriate 14 CFR references or Operating Certificate concerning this element?												0			
	1-8	Does the manual contain general policies that require compliance with the SRRs?												0			
	1-9	Are the procedures written in enough detail to ensure the effective coordination of work activities from one person, workgroup, or organization to another to ensure the desired result?												0			
CONTROLS ATTRIBUTE	2-1	Are controls in place to ensure that the flightcrew conducts a thorough approach review before conducting the approach?												0	0	0	
	2-2	Are controls in place to ensure that high minimums captains who are dispatched into potential lower landing minimums approach weather are given the proper restrictions?												0	0	0	
	2-3	Are controls in place to ensure that the flightcrew follows company procedures for lower landing approaches based upon available equipment?												0	0		
PROCESS MEASUREMENT ATTRIBUTE	3-1	Are there process measurements that evaluate whether the operator's policies, procedures, and controls are achieving the desired results?												0	0		
	3-2	Do the operator's process measurements assess the performance of the processes associated with this element?												0			
	3-3	Does the operator's program require the documentation of process measurement results?												0			
	3-4	Does the operator's program describe how the process measurement results are used to improve the ability to achieve the desired results?												0			
	3-5	Does the organization that conducts the process measurements have direct access to the person with responsibility for this element?												0			
INTERFACE ATTRIBUTE	4-1	Does the operator identify and document the interfaces between processes												0	0	0	
	4-2	Does the operator have a method to evaluate the impact of changes in this process, to other related processes that interface with this process?												0			
MANAGEMENT RESPONSIBILITY & AUTHORITY ATTRIBUTE	5-1	Is an individual(s) identified who is responsible for the quality of the procedures associated with this element?												0			
	5-2	Is an individual(s) identified who has the authority to establish and modify the policies, procedures, instructions, and information associated with this element?												0			
	5-3	Are duties and responsibilities documented for those who manage the procedures associated with this element?												0			
	5-4	Does the operator document the procedures for delegation of authority for this element?												0	0		

### 2.4.1 안전조사(Safety Investigation)

항공안전조사는 기존에 발견된 위해요인이 사전 설정된 위험범위(현실적으로 허용될 수 있는 최저수준 : ALARP) 내에서 잘 통제되고 있는지 확인하는 목적으로 활용될 수 있다. 항공안전감독에서 발견된 위규사항이나 부적합항목은 1단계로 안전조사에서 위해요인(hazard) 식별, 2단계로 발생빈도 및 심각도 산출에 활용될 수 있다. 새롭게 식별된 위해요인은 위험을 평가한 후 위험경감 등 안전조치를 취하고, 지속적으로 사전 설정된 안전방어체계의 정상작동 유무와 위험수준의 변화를 모니터링하게 된다.

### 2.4.2 발생빈도 계산 및 심각도 추정기법

안전위험평가(SRA)에서 발생빈도는 상대빈도(Relative likelihood)로 나타낸다. 통상적으로 단위 운항횟수, 또는 비행시간 당 몇 건의 사건이 발생되었는지를 발생빈도(likelihood)로 정의하므로 항공안전감독관이 발견한 항목들에 대해서도 이러한 상대빈도를 활용할 수 있다고 판단된다. 다만, 항공안전감독에서 발견된 사례가 모집단의 전집이 아니라 표본이라는 것을 감안할 때 이에 대한 통계적 보정기법이 추가로 검토돼야 한다.

안전위험평가의 심각도는 전문가의 주관적 평가에 근거하여 산정하는 것이 통상적이다. ICAO의 Doc 9859 안전관리매뉴얼에서도 심각도 산정의 정성적 기준을 소개하고 있으며, 만약 어떠한 위해요인이 여러 가지의 잠재적 결과를 야기할 수 있을 경우에는 발생할 수 있는 가장 심각한 결과를 상정하여 위험평가를 수행할 수 있다.

이러한 주관적 판단 및 추정에 의한 안전위험평가의 불확실성을 해결하기 위한 방법으로 본

연구에서는 Fig 9의 ARMS Bow-Tie 모델 및 위험평가체계를 활용할 계획이다.[10] ARMS의 안전위험평가체계는 항공안전감독에서 발견된 위해요인(hazard)이 사고로 전이되지 않고 중간에서 차단하는 방어체계(barriers, defences)의 수준으로 위험도를 산출한다. 이 방법은 위해요인의 잠재적 결과를 주관적 판단이나 추정으로 평가하지 않기 때문에 상당부분 불확실성을 해결했다고 볼 수 있다. 그러나 방어체계(barriers, defences)의 수준을 여전히 전문가 판단으로 평가하고 있기 때문에 완전한 정량화 기법으로 볼 수는 없다.

### 2.4.3 새로운 안전감독과 위험평가 설계안

본 연구에서는 2.4.2에서 언급한 심각도의 주관성을 최소화하고, 보다 객관화된 계량적 안전위험평가를 확립하기 위하여 새로운 시스템 기반 항공안전감독체계를 설계하였다. FAA의 ATOS부터 적용된 시스템적 접근법은 최근의 SASO를 통해 보다 구체화되었으며, 설계부터 운영단계에 이르는 수명주기 소단계에서 SMS-SSP 안전관리체계와 통합, 체계적으로 연동된다.

새로운 시스템 기반의 항공안전감독체계로 전환하기 위해서는 현재 항공업무의 승인/인허가에 사용되는 점검표(SAI)의 재설계가 필요하다. 재설계 과정에서 SAI 점검표는 특정업무의 사전 직무분석을 통해 해당 업무에 대한 방어체계(barriers, defences)의 수준을 평가할 계획이다. 법적 요구조건은 방어체계(barriers, defences) 구성에 필요한 최소한의 요건이라고 할 수 있으며, 항공사의 조직특성 및 운영체계에 따른 방어체계(barriers, defences)의 특이점(singularities)은 시스템 안전성평가에서 기능 위해요인(functional hazard)으로 볼 수 있다.

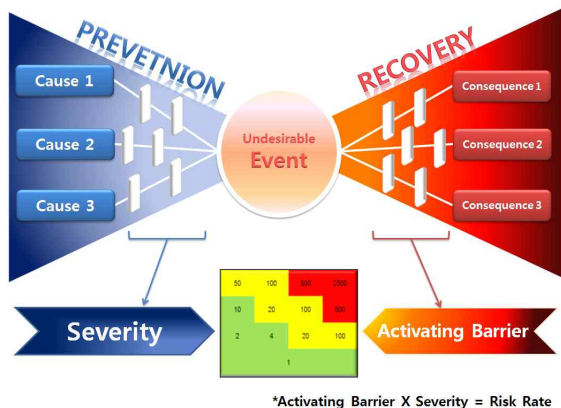


Fig 9. ARMS Bow-Tie model and risk assessment methodology

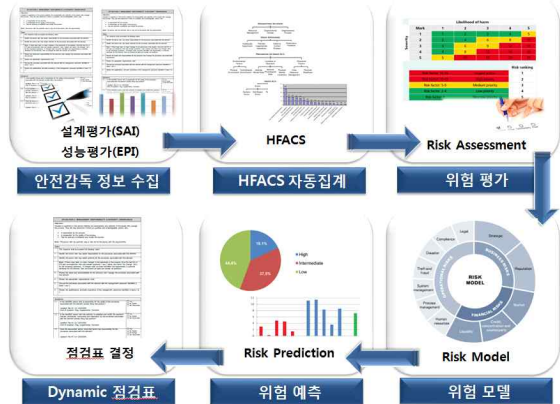


Fig 10. New design for aviation safety oversight and risk assessment process



향후 항공안전감독은 Fig 10처럼 항공사 승인/인허가 업무 단계에서 업무 구성(configuration)을 확정하고, 이러한 기능 위해요인을 분석하여 운영 단계에서 특이점이 잘 관리되고 있는지 정기/집중적으로 점검하는 것이 핵심적 활동이 될 것이다. 이러한 방식으로 항공사의 기능 위해요인과 위험도 수준에 따라 점검표를 유연하게 적용할 수 있다면 현재 항공안전감독제도의 효과성 및 효율성을 제고할 수 있는 근본적인 문제해결이 될 수 있을 것이다.

### III. 결 론

본 연구에서는 항공안전감독관의 점검활동에 안전정보분석 및 안전위험평가가 보다 적극적으로 활용될 수 있도록 점검항목 구성에 HFACS의 구조화된 계층구조를 도입하였다. 항공안전감독 점검표를 구성하는 점검항목을 HFACS로 사전분류 할 경우 점검에서 발견된 위규사항이나 부적합항목을 자동 집계하여 발생빈도를 계량화할 수 있다. 그러나 발생원인의 규명은 심층적인 안전조사(위해요인 분석)가 필요하며, 현재 이 단계까지 완전 자동화하는 것은 현실적이지 않다. 위해요인의 심각도 산정은 항공사에 대한 승인/인허가 업무의 직무분석과 기능 위해요인분석을 통해 방어체계(barriers, defences) 수준을 객관적으로 평가하는 연구를 현재 국토교통기술개발사업으로 진행하고 있다. 향후 항공사 승인/인허가 및 항공안전감독에 공동 활용할 수 있는 객관적인 위험평가체계를 개발할 예정이며, 향후 점검표 개발을 통해 보다 효과적/효율적인 항공안전감독 제도로 발전해갈 것으로 기대하고 있다.

### 후 기

본 연구는 2014년 국토해양부 항공선진화사업의 연구비지원("시스템 기반 항공안전감독 지원 기술 개발", 과제번호 : 15ATRPC088132-02)에 의해 수행되었습니다.

### Reference

- 1) ICAO Doc 9859 3<sup>rd</sup> ed. Figure 4-1
- 2) U.S. Department of Transportation, "FAA needs to improve risk assessment process for its Air Transportation Oversight System," FAA Report Number AV-2011-026,

16 Dec. 2010.

- 3) FAA, "Acquisition Strategy Paper - System Approach for Safety Oversight (SASO)", 2004.
- 4) KAIA, "System based aviation safety inspection support technology development , Performance reports," 2015.
- 5) FAA, "System Safety Handbook," 30 Dec. 2000.
- 6) Shappell, S. A. and Wiegmann D. A. "The Human Factors Analysis and Classification System-HFACS," FAA, 2000.
- 7) Youn-Chul Choi, Yang gue Kim, Chil young Kim, "Study on detailed categorization and positive analysis of Human Error," Aviation Operator academic journal The 10<sup>th</sup> Volume, Number 1, 2002. 12, pp. 9~20.
- 8) KAIA, "Development of Aviation accident/incident risk prediction analysis and maintenance reliability program" 2013.
- 9) James T. Luxhøj "Probabilistic Causal Analysis for System Safety Risk Assessments in Commercial Air Transport," Department of Industrial and Systems Engineering, Rutgers University, 2005.
- 10) ECAST, "The ARMS Methodology for Operational Risk Assessment in Aviation Organizations," ARMS Working Group, 2007-2010.