

[Research Paper]

Fault Tree를 활용한 항공기 격납고 소화시스템의 화재 안전성 분석

이종국

경기대학교 일반대학원 도시방재학과

Fire Safety Analysis of Fire Suppression System for Aircraft Maintenance Hangar Using Fault Tree Method

Jong-Guk Lee

Graduate School of Urban Disaster Prevention Engineering, Kyonggi Univ.

(Received October 17, 2017; Revised November 8, 2017; Accepted November 15, 2017)

요 약

항공기 정비 격납고는 고가의 항공기를 보관하거나 정비, 점검등을 하는 건축물로 화재발생 빈도는 낮지만 화재 발생 시 인적, 물적 피해가 매우 클 수 있다. 따라서 본 연구에서는 Fault tree를 이용하여 현재 운용중인 항공기 정비 격납고 소화시스템의 화재 안전성에 대한 정성적 분석을 시행하고, 도출된 기본사상에 대한 고장률 자료를 활용하여 정량적 분석을 실시한 후 정상사상의 발생 확률에 대한 Minimal cut set의 중요도를 분석하였다. Minimal cut set에 의한 정성적 분석결과 항공기 격납고 포헤드 소화시스템의 화재제어 실패로 대형화재로 확대될 수 있는 사고경로는 14개라는 것을 알 수 있었다. 또한 정량적인 분석 결과 대형화재로 확대될 확률은 $2.08 \times E-05/day$ 이며, Minimal cut set의 중요도 분석 결과 화재 발생 시 4개의 Minimal cut set 즉, 구역별 화재 감지기 및 포헤드 동작과 항공기 날개 및 Fire plume에 의한 소화약제 차단이 동일하게 24.95%로 대형화재로 확대될 가능성의 대부분을 차지하였으며, 항공기 정비 격납고의 포헤드 소화시스템은 항공기 날개 하부화재에 대한 적응성이 없어 개선이 필요한 것으로 Fault tree를 이용하여 처음 확인하였다.

ABSTRACT

An aircraft maintenance hangar is a building that stores, maintains, and inspects expensive aircraft. The frequency of fire occurrence is low, but the resulting human and material damage can be very serious. Therefore, in this study, we conducted a qualitative analysis of the fire safety of the currently operating fire suppression systems for aircraft maintenance hangars using the Fault Tree method, and then performed a quantitative analysis using the failure rate data for the derived basic events and analyzed the importance of the minimal cut sets. As a result of the qualitative analysis by the minimal cut set, it was found that there were 14 accident paths that could be expanded to a large fire, due to the fire control failure of the aircraft hangar fire suppression system. The quantitative analysis revealed that, the probability of the fire expanding into a large one is $2.08 \times E-05 /day$. The analysis of the importance of the minimal cut set shows that four minimal cut sets, namely the fire detector and foam head action according to the zone and blocking of the foam by the aircraft wing and the fire plume, had the same likelihood of causing the fire to develop into a large one, viz. 24.95% each, which together forms the majority of the likelihood. It was confirmed for the first time by fault tree method that the fire suppression system of aircraft maintenance hangars is not suitable for fires under the aircraft wings and needs to be improved.

Keywords : Aircraft Maintenance Hangar, Fault Tree Analysis, Foam Head Fire Suppression System, Top Event, Qualitative Analysis, Quantitative Analysis

1. 서 론

항공기 격납고는 항공기를 보관하거나 정비, 점검등의 작업과 검사를 하기 위한 시설로 크게 적의 공격으로부터

항공기를 보호하기 위한 콘크리트 구조체로 만든 격납고(Shelter)와 항공기를 보관, 정비/점검이 주목적인 철골조의 정비 격납고(Maintenance Hangar)로 분류할 수 있다. 항공기가 오늘날처럼 발달하지 못한 시절에는 항공기 외부가 천

으로 되어 있었기 때문에 기후의 변화로부터 항공기를 보호하기 위한 용도로 격납고가 반드시 필요했으나 오늘날에는 항공기 기체가 금속으로 만들어져 반드시 격납고에 넣어둘 필요는 없으며 단순히 항공기의 수용만을 위한 격납고는 매우 추운 지방이나 군사용으로 사용하고 있어 일반적으로 격납고를 언급할 때는 보관 및 정비/점검이 가능한 정비 격납고를 의미한다고 할 수 있다.

항공기 정비 격납고는 고가의 항공기를 점검 또는 정비하는 시설로 화재 발생 빈도는 매우 낮지만 화재 발생 시 물적피해 및 항공기의 상징성으로 인한 파급효과가 매우 크기 때문에 화재발생 시 신속하게 소화할 수 있는 소화시스템이 무엇보다 중요하다. 항공기 격납고에 설치가 가능한 소화설비는 「화재예방, 소방시설 설치·유지 및 안전관리에 관한 법률 시행령」 별표 5 “특정소방대상물의 관계인이 특정소방대상물의 규모·용도 및 수용인원 등을 고려하여 갖추어야 하는 소방시설의 종류”에서 물분무등소화설비로 규정하고 있으나, 유류화재에 대한 적응성이 있고 설치가 용이한 장점으로 포 소화설비를 일반적으로 설치하고 있다. “포 소화설비의 화재안전기준(NFSC105)”에서는 포 워터스프링클러설비, 포헤드설비 또는 고정포 방출설비, 압축공기포소화설비를 적응성이 있는 설비로 각각 인정하고 있으나, 국내의 항공기 격납고에는 포헤드설비 또는 고정포 방출설비를 전역방출방식으로 대부분 설치하여 운영하고 있다. 하지만 포 소화설비의 전역방출방식은 방호대상물 주위가 막혀진 공간이나 밀폐 공간속으로 방출하여 소화하는 방식으로 포헤드 소화설비는 항공기 동체나 날개 하부와 같은 입면화재에 취약하고, 고정포 방출설비는 격납고 건축물 화재를 진화, 제어하는데 효과적이지 못한 것도 사실이다.⁽¹⁾

Fault Tree Analysis (FTA)는 1962년 Bell 연구소의 H. A. Watson이 미국 공군의 대륙간 탄도미사일(Intercontinental Ballistic Missile : ICBM)의 발사 제어시스템을 평가하기 위해 최초로 고안하였고 1963년부터 Boeing사와 Avco 등에서 FTA 분석 기법을 최초로 적용하였다. FTA는 이후 주로 항공 우주산업 분야와 원자력 발전 분야에서 시스템 신뢰

성 및 안전 분석기법으로 적용되어 왔다.⁽²⁾

FTA는 시스템의 고장을 발생시키는 사상(Event)과 원인 사이의 인과관계를 연역적으로 분석해 나가는 기법으로 원자력 발전소나 항공기 격납고와 같이 시스템 전체의 사고 통계가 존재하지 않거나 확보하기 어려운 경우에 위험도 분석 및 안전성 평가를 가능케 하는 매우 유용한 분석 방법이며, 분석대상 시스템의 잠재적 고장 원인을 결정하고 확률을 추정할 수 있으며, 분석대상 시스템에 대한 정성적, 정량적 정보를 확보할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 항공기 격납고의 포 소화시스템의 화재 안전성을 분석하기 위하여 Fault tree를 활용하여 화재 안전성을 평가하고자 한다.

3. 연구방법

항공기 정비 격납고는 철골조의 건축물로 항공기를 정비 또는 점검하기 위한 각종 장비 및 전기 시스템이 설치되어 있고, 유류 화재에 적응성이 있는 포 소화 설비를 일반적으로 설치하고 있다. 항공기 격납고의 포 소화설비는 포워터스프링클러설비, 포헤드설비 또는 고정포 방출설비, 압축공기포소화설비 중 하나를 설치할 수 있도록 허용하고 있으나, 유류저장 탱크와 같은 밀폐공간속이나 방호 대상물 주위가 막혀진 공간이 아닌 격납고 내에서 발생하는 항공기와 같은 입면화재에 효과적으로 대응할 수 있는 포 소화시스템을 구축한다는 것은 결코 쉬운 일은 아니다. 화점이나 연소 유출물 위에 직접 포를 방출하도록 하는 국소방출방식은 항공기 하부에서 화재가 발생 시 소화 약제가 화원에 침투하기가 어렵고 전역방출방식으로 설치할 경우에는 넓은 항공기 정비 격납고 면적을 기준으로 항공기 높이까지 제한된 시간에 포를 방출해야 하기 때문이다.

하지만 국내에서는 항공기 격납고의 화재 발생 사례가 많지 않고 연구 자료가 부족하여 항공기 격납고의 포 소화시스템의 안전성에 대한 검토가 이루어지지 않았다. 따라서 본 연구에서는 포 소화시스템이 항공기 격납고의 특수한 조건에 적합한지 여부를 판단하고 포 소화 시스템의 안

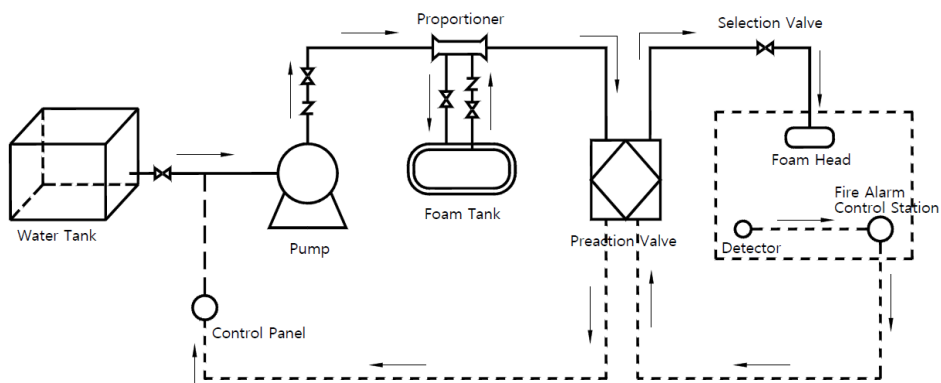


Figure 1. Schematic diagram of foam head fire suppression system for aircraft maintenance hangar.

Table 1. Process of Fault Tree Analysis⁽³⁾

Step 1	System Description	←	<ul style="list-style-type: none"> · Plant Layout · Drawing
	Understanding of System		
Step 2	Hazard Identification	←	<ul style="list-style-type: none"> · Experience · A Record of Accidents · HAZOP, FMEA
	Identification of Top Event		
Step 3	Construction of Fault Tree		
	Develop Failure Logic use “and” and “or” Gates Proceed Down to Basic Event		
Step 4	Qualitative Analysis		
	<ul style="list-style-type: none"> · Minimal Cutset Analysis · Observation of all Fault Type 		
Step 5	Quantitative Analysis	←	<ul style="list-style-type: none"> · Reliability Data · Using Computer
	Top Event Frequency of Occurrence Analysis by Boolean Algebra		
Step 6	Calculation		
	<ul style="list-style-type: none"> · Importance, Uncertainty, Sensitivity 		

전성을 정량적으로 평가하기 위해 FTA를 실시하였다.

3.1 포 소화시스템 작동원리

FTA를 실시한 소화 시스템은 군용 항공기 8대를 정비할 수 있는 63 m(길이)×53 m(폭)×18.9 m(높이)의 군용 항공기 정비 격납고에 설치된 포헤드 소화시스템으로 포헤드 648 개, 광전식 분리형 감지기 9개가 설치되어 있다.

포헤드 소화시스템의 동작원리는 Figure 1에서와 같이 화재가 발생하여 화재 감지기가 작동하면 경보벨과 함께 수신반의 화재 표시등 및 지구 표시등이 점등된다. 이어서 지연 타이머(30초) 작동 후 Pre-Action 밸브가 개방되면 소화펌프가 가동되고 구역별(8개구역) 선택밸브가 개방되면 Proportioner를 통해 소화약제가 화재 발생구역의 포헤드를 통해 방출 되는 시스템이다.

3.2 FTA 방법

FTA는 Table 1과 같이 시스템 이해, 정상사상 선정, Fault tree 작성, 정성적 분석, 정량적 분석, 중요도 분석의 5단계 과정을 거쳐서 수행하였다. 정상사상은 화재제어 실패로 대형 화재로 확대된 벨기에 Brussel Zaventem 공항의 정비 격납고 화재(2006년 5월), 캐나다 Prince George 공항의 정비 격납고 화재(2007년 12월) 사례(4) 분석을 통해 “대형화재로 확대”로 선정하고 Fault tree를 작성하였다.

화재 발생 시 대형화재로 확대되는 경우는 소화시스템의 화재 제어실패로 건축물 및 항공기가 손상되는 경우를

말하며 격납고의 지붕은 대부분 샌드위치 판넬 구조로 설치되어 있어 항공연료에 의한 화재발생 시 건축물 화재로 확대될 가능성이 매우 높다.

또한 내화 피복 시공을 하여 설치하고 있는 격납고의 철골 보, 지붕틀의 경우에도 내화성능을 KS F 2257에서는 평균온도 538℃ 이하, 한계온도 649℃ 이하를 판정기준으로 규정하고 있고 건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙 별표 1에서는 4층 이하, 20 m 이하 건축물의 경우 내화성능을 보는 1시간, 지붕틀은 0.5시간으로 규정하고 있는 반면에 항공기 연료로 사용하는 항공유(JP-4)는 121 m² 면적의 연료화재의 경우 Deluge system 방출이전 30초 이내에 천정면의 온도가 927℃까지 도달한 것으로 보고⁽⁵⁾되고 있을 뿐만 아니라 철골과 지붕 재를 연결하는 연결 재는 내화피복이 불가능하여 화재 발생 시 소화시스템에 의한 화재 제어에 실패할 경우 Table 2와 같이 내화 성능기준이 훨씬 더 보수적인 유럽, 일본등의 기준⁽⁶⁾에 비해 화재 확대로 인한 지붕 붕괴 가능성도 높은 편이라 할 수 있다.

정성적 분석을 통한 시스템의 사고 경로를 파악하기 위해 Boolean algebra를 이용한 Minimal cut set (MCS) 방법을 적용하였다. 복잡한 공정의 경우 Fault tree의 사고 경로 가지 수가 많아 복잡해지므로 Table 3의 Boolean algebra를 이용하면 정상 사상을 Cut set 형태로 간략하게 표현할 수 있어 보다 정성적인 시스템의 사고 경로를 파악할 수 있다.

또한 정성적 분석에 기초하여 주어진 기본사상과 사고 발생 확률을 이용하여 정량적 평가를 통한 정상사상의 사고발

Table 2. Comparison of Evaluation Criteria for Fire Resistance

Division	Domestic Standard (KS F 2257)	Europe Standard (Eurocode 3)	Japan Standard (JIS A 1304)
Fire Resistance Rating	1, 2, 3 hour	30, 60, 90, 120 minute	1, 2, 3 hour
Average Temperature	538 °C	Proportional to Intensity Ratio 0.65 = 538 °C	350 °C
Limit Temperature	649 °C		450 °C

Table 3. Selected Rules of Boolean Algebra⁽³⁾

Rule	Mathematical Form	Note
Commutative Rule	$A \cdot B = B \cdot A, A + B = B + A$	· : AND Gate + : OR Gate
Associative Rule	$A \cdot (B \cdot C) = (A \cdot B) \cdot C$ $A + (B + C) = (A + B) + C$	
Distributive Rule	$A \cdot (B + C) = A \cdot B + A \cdot C$ $A + (B \cdot C) = (A + B) \cdot (A + C)$	
Independent Rule	$A \cdot A = A, A + A = A$	
Rule of Absorption	$A \cdot (A + B) = A, A + A \cdot B = A$	

생 확률을 산정하였다. 항공기 격납고 소화시스템의 정량적 화재 안전성 평가를 위해 Boolean algebra를 이용한 MCS와 발생빈도는 Advanced Logistics Development 사의 Fault tree Analyzer 소프트웨어 V1.0을 이용하여 분석하였다.

또한 정성적 분석과 정량적 분석을 통해 얻어진 모든 Cut set의 사고발생 확률을 정상사상의 사고발생 확률에 대한 비율로 표현하여 정상사상의 발생에 가장 큰 영향을 미치는 Cut set 즉, 가장 큰 사고 경로를 파악하기 위하여 식 (1)과 같이 중요도 분석을 실시하였다.

$$\text{Cut set importance} = \frac{\text{Cut set frequency}}{\text{Top event frequency}} \times 100 \quad (1)$$

2. 연구결과 및 분석

2.1 Fault tree의 작성결과

Fault tree 작성결과 정상사상을 유발할 수 있는 소화시스템의 화재제어 실패 원인인 중간사상은 Figure 2에서 나타내는 바와 같이 항공기 날개하부 화재 제어 실패, 시스템 방출실패, 소화약제 이송실패, 소화약제 혼합실패이며, 소화약제 이송 실패 원인은 Figure 3과 같이 체크밸브 개방실패, 파이프 파손, 펌프 실패로 나타났다. 기본사상이 발생할 때까지 나머지 중간사상에 대한 Fault tree를 작성한 결과 정상 사상에 영향을 미치는 기본 사상의 수는 16개로 나타났다. 화재발생 원인은 항공기 격납고의 소화시스템에

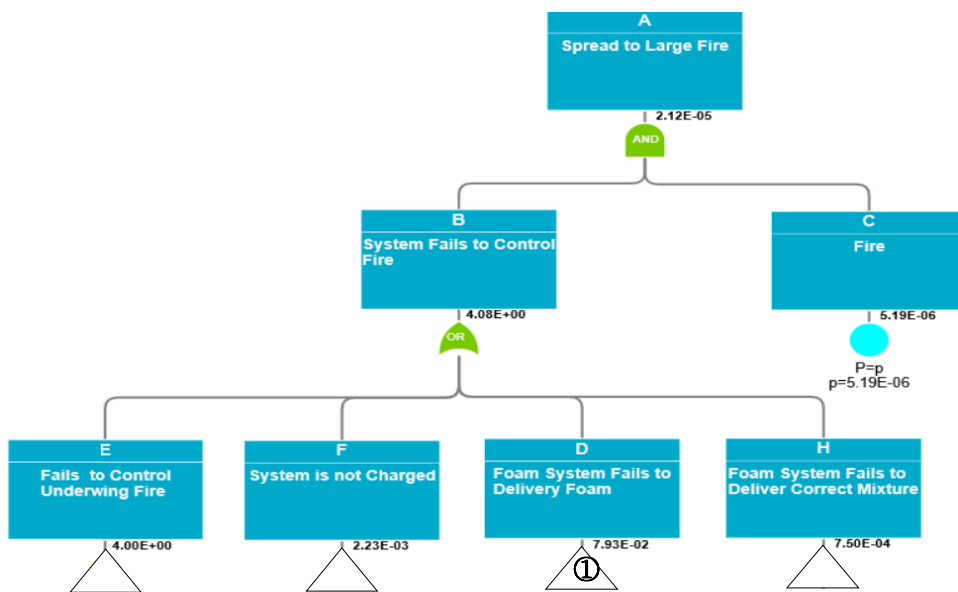


Figure 2. Fault tree for aircraft maintenance hangar fire suppression system.

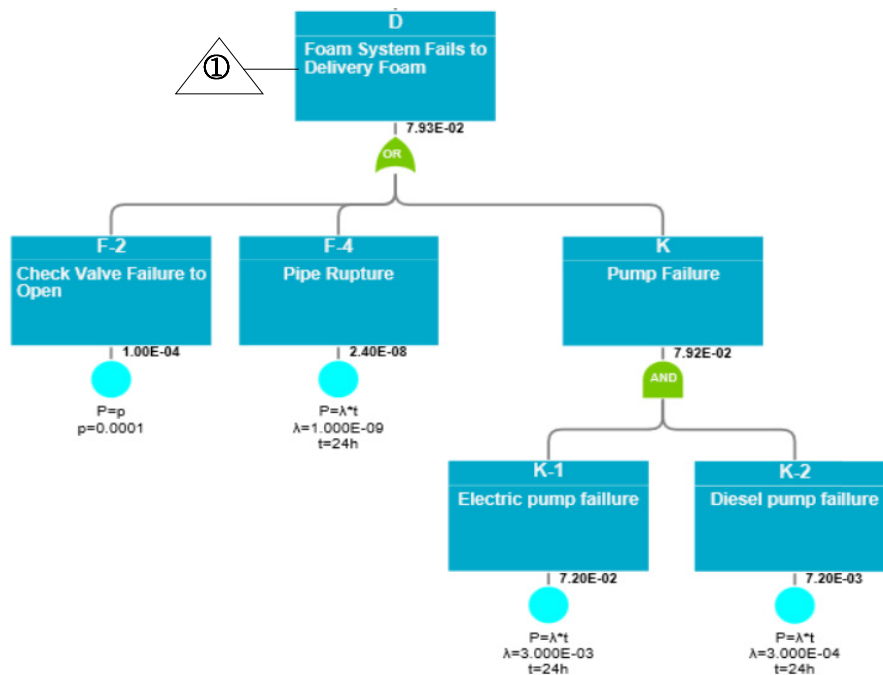


Figure 3. Fault tree for transfer symbol ① of figure 2.

Table 4. Minimal Cut Set Aircraft Maintenance Hangar Fire Suppression System

Minimal Cut Set Number	Basic Event	Minimal Cut Set Number	Basic Event
MCS 1	I-1(Foam head operation by area) · C(Fire)	MCS 8	K-1(Electric pump faillure) · K-2(Diesel pump faillure) · C(Fire)
MCS 2	I-2(Detector operation by area) · C(Fire)	MCS 9	F-3(Gate valve fails to remain open) · C(Fire)
MCS 3	E-1(Foam blocking by wings) · C(Fire)	MCS 10	F-2(Check valve failure to open) · C(Fire)
MCS 4	E-2(Foam blocking by fire plume) · C(Fire)	MCS 11	H-1(Ratio controller fails) · C(Fire)
MCS 5	F-1(Pre-Action valve fails to open) · C(Fire)	MCS 12	J-2(Solid state device fails dangerous) · C(Fire)
MCS 6	F-5(Selection valve Fails to Open) · C(Fire)	MCS 13	J-1(Smoke detector device fails dangerous) · C(Fire)
MCS 7	H-2(Pressure proportioner fails) · C(Fire)	MCS 14	F-4(Pipe rupture) · C(Fire)

대한 안전성 분석이 주 연구 목적이기 때문에 별도로 Fault tree를 작성하지 않았다.

2.1 소화시스템에 대한 정성적 분석

Boolean Algebra를 이용하여 정상사상에서부터 기본사상까지의 사고경로를 파악하면서 정상사상은 중간사상으로 중간사상은 기본사상으로 대체하면서 MCS를 결정하였다. Figure 2로부터 정상사상을 야기할 수 있는 중간 사상 B, C와, B를 야기할 수 있는 사상은 D와 E를 이용하여 정상사상을 중간사상의 향으로 변형시키면 식(2)와 같으며, 동일한 방법으로 각각의 중간사상에 대한 원인들을 Boolean Algebra를 이용하여 정상사상을 Cut set형태로 표현하여 식(4)와 같이 MCS를 결정할 수 있다.

$$A=B \cdot C=(D+E+F+H) \cdot C \tag{2}$$

$$A=(F-2+F-4+(K-1 \cdot K-2)+E-1+E-2+H-1+H-2+I-1+I-2+F-1+F-3+F-5+J-1+J-2) \cdot C \tag{3}$$

MCS는 기본사상이 발생하면 반드시 정상사상이 발생할 수 있는 사고 경로로 Table 4에서 알 수 있듯이 항공기 정비 격납고의 포헤드 소화시스템은 14개의 사고경로를 가지고 있으며 14개의 사고경로는 화재 발생 시 기본사상만 발생하면 반드시 정상사상 즉, 대형화재로 확대될 수 있는 가능성이 있다는 것을 알 수 있다. MCS 8번을 제외하고는 Fail safe system이 없어, 정상사상에 이르는 사고경로가 단순해 화재발생 시 기본사상 중 어느 하나라도 발생하면 쉽게 정상사상에 도달할 수 있다는 것을 의미한다.

Table 5. Each Component Failure Rate⁽⁸⁾

Component	Failure	Rate	Failure Exposure Time
Check Valve	Failure to Open	1×E-04/d	
Pre-Action Valve	Failure to Open	1×E-03/d	
Gate Valve	Failure to remain open	1×E-04/d	
Pipe < 3"	Rupture	1×E-09/hr	24
Selection Valve (mov)	Fails to Operate	1×E-03/d	
Electric Motors	Failure to Run	1×E-05/hr	24
Solid state device	Fails to Function	1×E-06/hr	24
Smoke Detector Device	Fails Dangerous	1×E-06/hr	24
Pump	Failure to Run	1×E-03/hr	24
Maintenance Hanger	Probability of Fire	5.19×E-06/d	

Table 6. Failure Probability for Each Event

Code	Description	Type	Probability
A	Spread to Large Fire	AND	2.08E-05
B	System Fails to Control Fire	OR	4.00E+00
E	Fails to Control Underwing Fire	OR	4.00E+00
F	System is not Charged	OR	2.23E-03
D	Foam System Fails to Delivery Foam	OR	6.18E-04
H	Foam System Fails to Deliver Correct Mixture	OR	7.50E-04
I	Foam insufficiency	OR	2.00E+00
H	Foam System Fails to Deliver Correct Mixture	OR	7.50E-04
J	Smoke Detector Fails Dangerous	OR	2.50E-05
K	Pump Failure	AND	5.18E-04

2.2 소화시스템에 대한 정량적 분석

기본사상의 고장률 데이터는 Table 5와 같이 WASH-1400 Reactor Safety Study의 자료⁽⁸⁾를 적용하였고, 항공기 정비 격납고 화재발생 확률은 '01~'16 기간 중 발생한 ROKAF 항공기 격납고의 화재발생률 5.19×E-06/d를 적용⁽⁷⁾하였다. 또한 항공기 정비 격납고 상부에 설치하는 포헤드의 소화설비의 특성 상 항공기 날개 하부화재에 취약하고 Fire plume에 의해 화원 침투가 제한되는 연구결과⁽¹⁾에 따라 Fire plume, 항공기날개에 의한 소화약제 차단에 대한 기본 사상의 발생 확률은 1로 적용하여 계산하였다.

Boolean Algebra와 Minimal cut set을 이용하여 분석한 정상사상인 대형화재로 확대될 확률은 Table 6에서와 같이 2.08×E-05/day로, 연간 발생 확률은 7.59×E-03/year으로 나타났다. 또한 격납고에 설치된 포헤드 소화시스템의 화재 제어실패 확률은 포헤드 소화시스템이 항공기 날개 하부화재에 대한 적응성이 없어 날개 하부화재 제어 실패확률과 동일하게 4.00E+00/day로 나타나, 매우 심각한 상태임을 알 수 있었다. 항공기 날개 하부화재 제어실패의 주원인은 화

재감지기 및 포헤드가 구역별로 동작함에 따라 화재를 제어할 수 있는 충분한 양의 소화약제 방출이 지연되는 현상과 날개 및 Fire plume에 의한 소화약제 침투 차단 때문이다. 이것은 항공기 격납고 포헤드 소화시스템에 심각한 문제가 있다는 것을 정량적으로 보여준 결과로 고가치 자산인 항공기를 수용하는 시설임을 고려할 경우 그 심각성이 매우 크다고 할 수 있다.

대형화재로 확대될 수 있는 사고경로별 MCS의 발생확률은 Table 7과 같으며, 대형화재로 확대 될 확률이 가장 높은 MCS는 1,2,3,4로 발생확률이 5.19×E-06/day이며 중요도 분석결과 정상사상 발생 확률에 대한 MCS 1,2,3,4의 발생 비율이 각각 24.95%로 나타났다. 이 4가지 경우는 모두 항공기 날개 하부 화재제어 실패를 유발하는 기본사상으로 화재발생 시 항공기 격납고 지붕붕괴의 주요 원인으로 작용할 수 있다. 그 다음으로 정상사상을 유발할 확률이 큰 Cut set은 MCS 5, 6번으로 각각 0.025% 7번 0.018 순 이지만 MCS 8번을 제외하고는 모두 단일 사고로도 정상 사상을 유발할 수 있는 잠재적 원인을 가지고 있다.

Table 7. Frequency and Importance of Minimal Cut Set

MCS Number	Frequency of Cut Set	Cut Set Importance
MCS 1	5.19×E-06/d	24.95
MCS 2	5.19×E-06/d	24.95
MCS 3	5.19×E-06/d	24.95
MCS 4	5.19×E-06/d	24.95
MCS 5	5.19×E-09/d	0.025
MCS 6	5.19×E-09/d	0.025
MCS 7	3.74×E-09/d	0.018
MCS 8	2.69×E-09/d	0.013
MCS 9	5.19×E-10/d	0.0025
MCS 10	5.19×E-10/d	0.0025
MCS 11	1.56×E-10/d	0.00075
MCS 12	1.25×E-10/d	0.0006
MCS 13	5.19×E-12/d	0.000024
MCS 14	1.25×E-13/d	0.0000006
Top Event Frequency=2.08×E-05/d		

3. 결 론

본 연구에서는 Fault tree를 이용한 MCS 방법으로 항공기 정비 격납고 포헤드 소화시스템의 화재 안전성에 대하여 정성적, 정량적 평가를 실시하였다. 정성적 평가 결과 화재 발생 시 항공기 정비 격납고의 포헤드 소화시스템의 사고경로는 14개로 기본사상만 발생하면 정상사상에 쉽게 도달하여 이에 대한 대책이 필요함을 알 수 있었다.

또한 기본사상에 대한 사고 발생빈도를 활용한 정량적 평가결과 정상사상인 대형화재로 확대될 확률은 2.08×E-05/day로 나타났으며, Minimal cut set 중 정상사상 발생확률이 가장 높은 사고 경로는 화재발생 시 화재 감지기 및 포헤드의 구역별 동작과 항공기 날개 및 Fire plume에 의한 소화약제 차단이 발생했을 경우인 MCS 1,2,3,4번으로 이때 대형화재로 확대될 확률이 각각 5.19×E-06/day로 나타났다. 또한 이 4개의 사고 경로에 대해 중요도를 분석한 결과 각각 정상사상 발생확률의 24.95%로 가장 높은 비중을 차지했다. 항공기 날개 하부화재에 대한 적응성이 없어 소화시

스템의 화재제어 실패 확률이 4.00E+00/day로 높게 나타난 것은 화재 감지기 및 포헤드의 구역별 동작과 날개 및 Fire plume에 의한 소화약제 차단에 기인한 것으로 항공기 격납고에 포헤드 소화시스템만을 설치할 경우 심각한 문제가 발생할 수 있음을 알 수 있었다.

따라서 포헤드 소화시스템만으로는 고가의 항공기를 보관 및 정비하는 항공기 정비 격납고의 화재 안전성을 확보하기가 어려우므로 항공기 날개하부 화재에 대한 포헤드 소화시스템의 개선이 필요하다는 사실을 FTA를 통해 처음 확인할 수 있었다.

References

1. C. H. Ryu, "A Study on The Installation of Fire Facilities in Aircraft Hangers For Military Facilities", Master's Thesis, Graduate School, Kyonggi University (2016).
2. S. R. Lee, "Fault Tree Analysis of LNG Cargo Containment System Risk Assessment Study", Master's Thesis, Graduate School, Seoul University (2011).
3. Y. H. Kim, "A Study on the Risk Assesment in Chemical Processes by Using Fault Tree Analysis Method", Master's Thesis, Graduate School, Kwangwoon University (1994).
4. <https://aviation-safety.net/>
5. J. L. Scheffey, A. J. Wakelin, J. E. Gott, R. J. Tabet and F. W. Williams, "Aircraft Hangar Fire Suppression System Design Study", NRL/MR/6180--00-8464, Naval Research Laboratory (2000).
6. G. C. Kim, S. H. Kim and S. M. Choi, "Review on the Limitation and Allowable Temperature of Thermally Protected Column in Fire", Proceedings of 2015 Spring Annual Conference, Architectural Institute of Korea, pp. 383-384 (2015).
7. ROKAF, "2001~2016 ROKAF Ground Accident Statistics".
8. U.S. Nuclear Regulatory Commission, "Reactor Safety Study: an Assessment of Accidents Rsk in U.S. Commercial Nuclear Power Plants", WASH-1400 (1975).