

System Safety Application for the Weapon System

Suncheol Park[†] · Jinsung Kim · Jonghoon Jin · Donghwan Yoon

Defense Agency for Technology and Quality

무기체계 시스템안전 적용방안

박순철[†] · 김진성 · 진종훈 · 윤동환

국방기술품질원

In the early 1960s, US Air Force lost missile launch bases during ICBM development by a defect in the missile design and operation plan. U.S. DoD realized the limitation of the existing accident prevention method. Therefore, the weapon development required system safety activity, and procurement projects of U.S. DoD applied MIL-STD-882(System Safety). Development projects of U.S. DoD more emphasized the importance of system safety after the space shuttle Challenger exploded in 1986. Currently, Airworthiness certification for military aircraft uses system safety to minimize accidents. The domestic defense aviation R&D projects also use the system safety for the airworthiness certification. However, non-aviation weapon R&D projects rarely applied system safety. This paper presents a system safety application method for domestic weapon R&D projects by studying the U.S. military standards/organizations and domestic defense aviation projects.

Keywords : System safety, Weapon system, MIL-STD-882

1. 서 론

1986년, 1월 미항공우주국(NASA)에서 발사한 Challenger 호가 공중에서 폭발하는 사고가 발생하였다. 해당 사고로 우주왕복선에 탑승한 우주비행사 7명이 전원 사망하고 약 3조원의 손실이 발생하였다. 원인 조사 결과 우주왕복선 제작 시 발생한 기계적 결함(저온으로 인한 고무재질 O-ring의 Sealing 실패)으로 인한 것으로 밝혀졌다[17]. 하지만 더욱 큰 문제는 해당 결함을 엔지니어가 예견하여 발사 취소 또는 연기를 제안하였지만 미항공우주국에서는 해당 의견을 무시하고 발사를 강행하였다. 해당 사고로 인해 큰 인명 피해나 재산의 손실의 발생을 사전에 예방할 수 있는 시스템안전 개념을 적용한 개발 과정 도입이 더욱 주목을 받게 되었다. 시스템안전에 대해서 다양한 정의가 있지만, 일반

적으로 어떠한 시스템이 사람, 환경, 장비에 대해서 안전하다는 것을 관리하고 보증하는 것을 의미한다[6].

미국은 시스템안전의 개념이 일찍이 도입된 나라이다. 1960년대 초 ICBM 개발 시 미사일 발사기지 손실 및 인명 피해 예방을 위해 도입된 시스템안전 개념은 현재 국방 분야뿐만 아니라 항공기, 자동차, 안전관련 제품 등 민간분야에서도 다양하게 사용되고 있다[1, 9, 10, 11, 13]. 특히 미군에서는 무기체계 연구개발뿐만 아니라 부대 운용 안전, 작업 안전, 실험실 안전, 계약 안전 등 다양한 분야에서 시스템안전을 적용하고 있다. 따라서 각 분야의 체계적인 시스템안전 적용을 위해 시스템안전의 기본 개념 및 업무 방향을 정의한 MIL-STD-882(System Safety)를 제정하여 사용하고 있다. 미국의 육군, 해군, 공군에서는 MIL-STD-882를 기반으로 각 군의 상황에 적합한 자체 시스템안전 규정을 제정하여 사용하고 있다[3, 4, 5, 7, 12, 15, 16, 18]

국내의 경우 사고 발생 시 큰 피해가 예상되는 민간 항공기 및 군용 항공기 개발 대상으로 감항인증제도[2]

Received 13 November 2021; Finally Revised 7 December 2021;
Accepted 9 December 2021

[†] Corresponding Author : psc@dtq.re.kr

를 도입하여 감항인증의 한 분야로 시스템안전 활동을 수행하고 있다. 또한, 군용 항공기의 경우 T-50부터 LAH 사업까지 오랜 기간 동안 시스템안전 개념을 적용하여 연구개발을 진행하였다. 반면에, 항공 사업을 제외한 국내 타 무기체계 연구 개발 사업은 시스템안전 관련 제도를 도입한 사례가 매우 드물다. 하지만, 1998년 나이키 미사일 오발사 사고, 2010년 K-21 장갑차가 훈련도중 침수된 사고, 2014년 K-11 복합소총 사격도중 폭발 발생 사고, 2017년 K-9 훈련 중 폭발 발생 사고 등 항공기가 아닌 타 무기체계도 큰 재산상 손실 및 인명피해가 발생할 수 있기 때문에, 안전한 무기체계를 개발을 위해 체계 개발 시 시스템안전 제도 적용에 대한 연구 필요성이 나타나게 되었다.

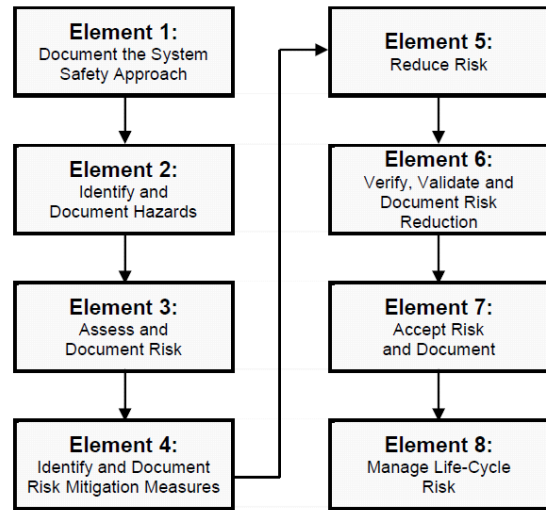
따라서 본 연구에서는 국내 무기체계 개발 환경에 적합한 시스템안전 적용 방안에 대해 연구하였다. 이를 위해 시스템안전 관련 군사규격, 민간규격 등 국내·외 관련 기술자료 및 무기체계 개발사업 시스템안전 적용 현황을 조사 및 검토하였다. 조사 결과를 바탕으로 무기체계 시스템안전 적용을 위해 필요한 조직 및 임무를 제안하고, 국내 무기체계 개발 환경에 적합한 시스템안전 적용 방안을 제시하였다.

2. 무기체계 시스템안전 규정

2.1 MIL-STD-882(System Safety)

MIL-STD-882는 미 국방부 내의 모든 부서 및 연구소가 국방 임무를 수행하는데 있어 사망, 상해, 직업병 등으로부터 인명을 보호하고 시스템, 기반구조, 자산이 사고에 의해 파괴 및 손상 되는 것을 보호하기 위한 미 국방부의 시스템안전 표준서이다. 해당 규격서의 핵심은 사고 예방을 위해 위해성을 식별하고 이에 수반되는 위험도를 관리하기 위해 시스템 엔지니어링(SE)과정으로 시스템안전 기법을 사용하는 것이다. MIL-STD-882는 시스템의 개발, 시험, 생산, 사용, 폐기 등 전 순기에 걸쳐 발생할 수 있는 위해성을 식별하고 그에 따른 위험도를 평가 및 위험도를 경감하기 위한 기법을 설명한다. MIL-STD-882에서 시스템안전 과정은 <Figure 1>의 8개의 단계로 구성되며 각 단계는 반복 수행이 가능하다.

MIL-STD-882는 위험요소들의 체계적인 위험도 평가를 위해 <Table 1>의 위험도 평가표(Risk Assessment Matrix)를 사용한다. 위험도 평가는 사고 발생 확률과 심각도를 복합적으로 고려하여 수행된다. 위험도 평가표를 통해 평가된 위험요소는 설계 개선, 경고 장치 제공, 교육훈련 등의 방법으로 위험을 제거하거나 경감시켜야 한다.



<Figure 1> Eight Elements of the System Safety Process

<Table 1> Risk Assessment Matrix

Severity Probability	Catastrophic	Critical	Marginal	Negligible
Frequent	High	High	Serious	Medium
Probable	High	High	Serious	Medium
Occasional	High	Serious	Medium	Low
Remote	Serious	Medium	Medium	Low
Improbable	Medium	Medium	Medium	Low
Eliminated	Eliminated			

또한, 시스템안전 업무의 체계적인 수행을 위해 시스템안전 업무를 관리, 분석, 평가, 검증 4개의 계열로 구분하였다. 관리 계열은 시스템안전 방법론을 사용하여 위해성 식별 및 경감, 시스템안전 프로그램 계획을 작성, 위험요소 관리계획을 작성, 정부에 의해 수행되는 검토 및 감사에 대한 지원, 위험요소 추적 시스템을 만들고 유지, 위험물질 관리계획 등의 업무로 구성되어 있고, 해당 업무를 이용하여 시스템안전 과정을 관리하는 방법을 설명하고 있다. 분석 계열은 예비위험요소목록 파악, 예비위험요소 분석, 시스템 요구도 위험요소 분석, 세부계통 위험요소 분석, 시스템 위험요소 분석, 운영지원 위험요소 분석, 건강 위험요소 분석, 환경 위험요소 분석 등의 업무로 구성되어 있고, 해당 업무를 이용하여 위험요소를 식별하고 경감하는 방법을 설명하고 있다. 평가 계열은 안전성평가 보고서 작성, 위험요소관리평가 보고서 작성, 시험평가 참여, 기술변경검토/결합보고서/완화/면제 등의 검토 업무로 구성되어 있고, 해당 업무로 안전성을 평가하는 방법을 설명하고 있다. 검증 계열은 안전요구도 충족 검증, 폭발물 위험요소 분류 데이터 검증, 폭발성 무장 폐기 절차에 대한 검증 업무로 구성되어 있다.

2.2 시스템안전 규정

미군은 무기체계 획득사업뿐만 아니라 부대 운용, 실험실 안전, 계약 관리 등의 대부분의 국방관련 업무에 시스템 안전을 적용하고 있다. 이를 위해 각 군별로 각자의 실정에 적합한 시스템안전 규정을 제정하여 사용하고 있다. 미 육군은 DA Pam 385-16 System Safety Management Guide를 제정하여 시스템안전 프로그램을 수행하기 위한 지침 및 절차를 제공하고 있다. 해당 규정의 주요 내용은 시스템안전 관련 업무 종사자의 역할 및 임무, 기술 개발 및 제작 과정 위험관리를 위한 절차, 시험평가 과정 위험관리를 위한 절차, 실험실 안전관리를 위한 절차 등으로 구성되어 있다. 미 육군에서 사용하는 안전 업무 절차는 <Table 2>와 같이 MIL-STD-882 기반의 5개 단계로 이루어져 있고 각 단계는 반복 가능하다.

<Table 2> 5 Steps of the System Safety Process for U.S. ARMY

Steps	Process
1	Identify Hazard
2	Assess Hazard
3	Develop Controls and Make Risk Decisions
4	Implement Controls
5	Supervise and Evaluate

DA Pam 385-16에서는 미 육군의 시스템안전 업무 조직 및 임무를 제시하고 있는데, PM(Project Manager)를 임명하여 무기체계 개발 사업의 시스템안전 프로그램을 수립 및 유지한다. 체계개발업체의 시스템안전 담당자, 개발자 등은 수립된 시스템안전 프로그램을 기반으로 실제 시스템안전 업무를 수행하며 업무 산출물을 PM에게 제출하여 관리를 받게 된다. PM은 산출물을 기반으로 시스템안전 업무를 관리하고 해당 산출물들을 USACRC(U.S. Army Combat Readiness/Safety Center)에 제출하여 안전 데이터 수집 및 기술지원을 받게 된다.

미 공군은 Air Force System Safety Handbook을 제정하여 공군 획득시스템의 시스템안전 기본 개념, 목적, 요구사항 등을 설명하고 있다. 해당 규정의 주요 내용은 시스템안전 규정 및 절차, 위험관리 방법, 시스템안전 프로그램 계획, 설계 평가/감독/검증 방법, 위험 분석 방법 등이다. 미 공군에서 사용하는 업무 절차는 <Table 3>과 같이 MIL-STD-882 기반의 6개 단계로 이루어져 있으며 각 단계는 반복 가능하다.

Air Force System Safety handbook에서는 미 공군의 시스템안전 업무 조직 및 임무를 제시하고 있는데, 미 육군과 유사한 구성으로 PM을 임명하여 무기체계 획득 사업

의 시스템안전을 관리한다. 다만, 차이점은 시스템안전 기능 강화를 위한 SSG(System Safety Group)를 운영한다. SSG 의장은 PM 또는 수석 안전 엔지니어가 수행하고 필수 구성원으로 시스템안전 매니저, 사령부 안전책임자, 시스템안전 담당자 등이 포함된다. 항공기, 무기체계, 우주항공 시스템은 반드시 SSG를 구성해야 하며 주요 검토 사항은 프로그램 현황, 우주항공 시스템 등의 안전 평가, 안전설계 장단점 및 수정 사항 분석, 안전 사항이 시스템에 미치는 영향성 조사 및 권고 조치 등이다.

<Table 3> 6 Steps of the System Safety Process for U.S. AIR FORCE

Steps	Process
1	Experimental Data
2	System Definition
3	System Safety Analyses
4	Corrective Action
5	Test & Operational Use
6	Increased Safety Assurance

반면에 국내에서는 국방안전훈령 등의 안전 규정을 제정하여 부대 운용에 적용하고 있지만, 무기체계 획득 과정에서 시스템안전 적용을 규제하고 있는 규정은 일부 사업을 제외하고는 미비한 실정이다. 국내에서 수행하고 있는 무기체계 개발사업 중 항공 사업만이 ‘군용항공기 비행안전성 인증에 관한 법률’에 따라 시스템안전을 ‘표준감항인증기준’으로 지정하여 무기체계 개발사업에 시스템안전을 강제하고 있다. 표준감항인증기준 14장은 항공기 비행안전성 확보를 위한 시스템안전 분야 수행 업무가 명시되어 있다. 14장의주요 내용은 시스템안전 계획 수립 여부, 위험요소 분석/추적 및 잔류 위험 문서화, 위험요소 식별/평가/완화. 위험요소 허용수준 이내 제거 및 제어 등이며, 항공기 체계 개발 과정에서 해당 분야를 적용하게 된다.

3. 무기체계 시스템안전 적용 사례

국내에서 수행하고 있는 항공 무기체계 개발 사업 중 00항공 사업은 체계적인 시스템안전 기법을 적용한 무기체계 개발 사업 중 하나이다. 00항공 사업은 체계 안전성을 확보하기 위해 MIL-STD-882를 기반으로 시스템안전 프로그램을 적용하였다. 따라서 위험요소 식별 및 위험도를 수용 가능한 수준으로 관리하는 것을 목표로 시스템안전 프로그램을 계획하였다. 해당 사업은 민수 항공기를 기반으로 한 사업 특성상 민수 항공기 감항 인증

결과를 활용하여 시스템안전 업무를 수행하였다. 00항공 사업의 시스템안전 프로그램 특징은 설계 초기 단계부터 시스템안전 부서와 설계 부서가 함께 예상되는 위험을 미리 식별하고 설계에 반영하여 효율적인 시스템안전 관리 활동을 수행하였다. 또한 체계적인 시스템안전 관리를 위해 예비 위험요소분석(PHA), 서브시스템 위험요소 분석(SSHA), 시스템 위험요소분석(SHA), 운용 및 지원 위험요소 분석(O&SHA) 등의 안전성 분석 및 평가 기법을 활용하였다.

예비 위험요소 분석은 기본설계 이전 단계에서 수행하는 정성적 안전성 분석 기법으로 유압 생성 기능, 엔진 제어기능 등 항공기 수준 기능에 대한 위험요소 심각도 (Catastrophic, Critical, Marginal, Negligible) 평가를 수행하였다. 서브시스템 위험요소 분석은 기능적 위험요소 평가 및 계통 수준 안전성 설계 요구도 입증에 위한 위험요소 분석 기법으로 메인로터 구동기능 등 00개 세부 기능에 대해 위험도 평가를 수행하였다. 위험도 평가는 MIL-STD-882의 위험도 평가표를 기반으로 위험요소 심각도와 발생확률을 기반으로 평가하였다. 시스템 위험요소 분석은 서브시스템 및 구성품 상호간의 영향성 및 결합된 위험요소를 평가하기 위한 분석 기법으로 항공기를 구역으로 나누어 안전성을 평가하는 구역별 안전성 분석, 특정성 위험 분석, 공통 모드 분석 등의 세부 기법을 사용하였다. 마지막으로 운용 및 지원 위험요소 분석으로 장비의 장착, 탈착, 검사, 운용, 점검 및 항공기의 정비, 운용과 같은 운용 및 지원 활동에 대한 안전성 분석을 수행하였다.

또 다른 국내 무기체계 시스템안전 적용 사례는 00항공 사업이다. 해당 사업은 함정의 안전성 확보를 위해 탐색 개발 단계에서 용역 및 전문가 회의 등을 통하여 시스템안전 활동을 수행하였다. 해당 사업의 시스템안전 기준은 국제해사기구에서 제정한 안전 평가 가이드라인 (MSC-MEPC.2/circ. 12)[14]에 따라 수행하였고, 위험을 식별하고 이에 대한 정량적 분석을 통해 설계를 개선하여 잠수함의 위험도를 낮추고 안전성을 높이는 것이 목표이다. 해당 사업의 시스템안전 프로그램 특징은 초기 위험 분석, 정량적 위험도 평가, 위험대응방안 3단계 분석 기법을 사용하였고, 이를 통해 고장 발생 가능성이 높은 항목을 도출하여 설계 개선을 수행하였다.

4. 무기체계 시스템안전 적용 방안

제2장 및 제3장에서는 국외에서 사용하고 있는 무기체계 시스템안전 규정과 국내 무기체계에 시스템안전이 적용된 사례를 설명하였다. 검토 결과 효과적인 시스템

안전 적용을 위해서 우선 해당 분야 전문 조직 및 절차를 구성하는 것이 필요하다. 국내무기체계 연구개발사업은 방위사업청에서 발행한 ‘SE 기반 위험관리 가이드북’[19]에 따라 무기체계 연구개발 사업의 위험관리를 수행하고 있다. 하지만 해당 가이드북 검토 결과 ‘SE 기반 위험관리 가이드북’은 일정, 비용, 사업관리 위주의 가이드북으로 안전한 무기체계 개발을 위한 설계위험요소 인지 및 완화, 재산/인명의 손실을 예방하기 위한 안전한 무기체계 획득을 위한 위험관리와는 상이하다.

따라서 해당 장에서는 미 군사 규격과 국내 군용 항공기 시스템안전 적용사례를 바탕으로 국내 무기체계 연구개발 실정에 적합한 무기체계 개발 단계 시스템안전 적용 방안을 제안한다. 본 논문에서 제안하는 내용은 크게 무기체계 개발 단계 시스템안전 적용을 위한 필요 조직과 사업 수행 시 수행해야 할 업무 방향으로 구성되어 있다.

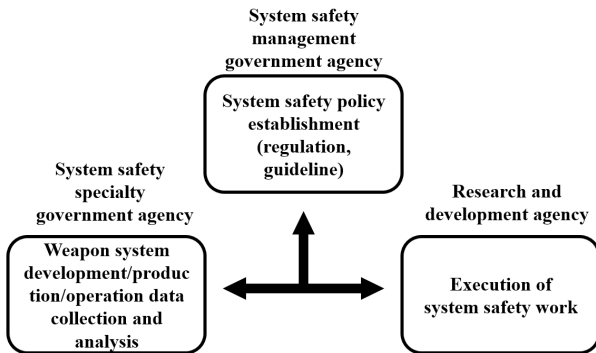
4.1 시스템안전 업무 및 조직체계

무기체계 개발단계에 시스템안전을 적용하기 위한 임무는 크게 세 가지로 구분할 수 있다. 첫째는 시스템안전 관련 정책을 조정/통제하고 업무 수행의 가이드라인을 제시하는 것이다. 해당 임무는 시스템안전 업무의 근거를 제시하고, 이를 실제로 수행할 수 있도록 업무 방법을 제공하는 것이다. 시스템안전 업무를 수행하는 다양한 조직 및 담당자는 해당 규정 및 가이드라인을 준수하여 무기체계 개발단계에서 시스템안전 업무를 수행하게 된다. 이를 위해서 시스템안전 정책 승인을 위한 정부 주관 기관 선정이 필요하고, 정부 주관기관은 정부품질보증기관 및 연구개발기관 등 업무 관련 부서의 지원을 받아 안전 정책을 수립해야 한다. 또한, 무기체계 개발 단계 위험식별기법, 안전관리기법 등의 관리 및 분석기법 연구개발을 통해 PHA, SSHA, SHA[8] 등 시스템안전 기법 발전방향을 지속적으로 연구해야 한다.

둘째는 무기체계 개발 단계에서 위험 식별 및 보안을 위한 무기체계 전 수명주기동안의 데이터를 수집하는 것이다. 무기체계 개발 시 효과적인 시스템안전을 적용하기 위해서는 과거에 유사 무기체계를 개발/양산/운용하면서 식별한 위험 사항을 파악하는 것이 중요하다. 이를 위해 시스템안전 전문 기관을 지정하여 각종 무기체계의 설계 개선사항, 운용 중 발생한 결함 사항, 개발실패사례 등 위험들을 수집/분석하게 된다. 이렇게 수집된 데이터들은 차기 무기체계 개발 시 환류 되어 안전한 무기체계를 개발에 활용된다.

셋째는 무기체계 개발 시 시스템안전 개념 적용을 위해 설계 단계에서 시스템안전 업무를 수행/관리하는 조직을 구성하여 실제 안전 관리 활동을 수행하는 것이다.

연구개발주관기관은 시스템안전관리 조직을 구성하여 무기체계 개발사업의 시스템안전 전반을 수행한다. 시스템안전관리 조직은 실제 개발자들의 의견 및 외부 시스템안전 지원 조직의 기술검토를 참조하여 무기체계 개발에 반영한다. 또한, 연구개발주관기관의 시스템안전 활동을 평가/관리하기 위해 사업관리 기관은 별도의 시스템안전 관리 조직 및 인력을 구성해야 하며, 조직구성 등 시스템안전 업무 수행을 위한 관련 비용이 개발비에 반영되어야 한다. <Figure 2>는 제안한 업무에 대한 조직 및 임무를 나타낸 그림이다. 해당 임무를 통해 각각의 담당 기관은 지속적인 의사소통으로 시스템안전 정보를 교류하여야 한다.

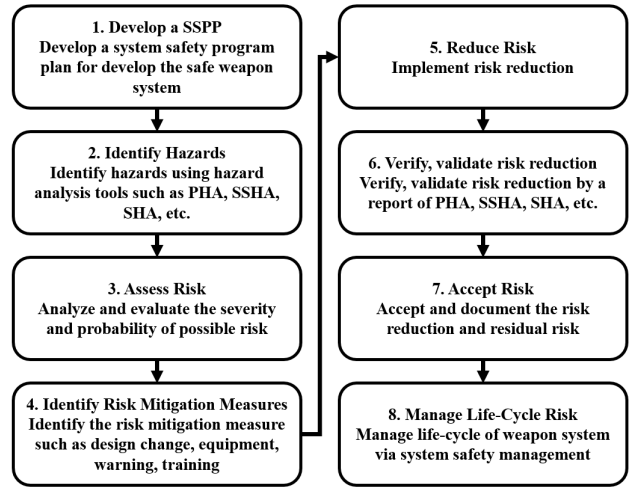


<Figure 2> Proposed System Safety Division and Duty

4.2 시스템안전 적용 절차

본 논문에서는 국내 무기체계 개발 사업 중 시스템안전 적용 사례가 많은 군용 항공기 분야 시스템안전 적용 기법(MIL-STD-882 기반)을 국내 무기체계에 적용하는 것을 제안한다. MIL-STD-882는 무기체계 개발뿐만 아니라 군부대 운영, 실험실 안전, 공사 중 안전관리 등 안전이 필요한 다양한 경우에 적용할 수 있다. 군용 무기체계는 소량 다품종 생산이고 사고가 발생할 경우 큰 인명피해로 연결될 가능성이 있다. 따라서 유사한 특성을 가지는 항공분야에서 사용 중인 시스템안전 관리방안 및 MIL-STD-882 기반으로 무기체계 시스템안전 관리 방법을 개발하는 것이 타당하다. 다만, MIL-STD-882에서 제시하고 있는 시스템안전 관리 방법은 기본적인 개념을 설명하고 있기 때문에 MIL-STD-882를 국내 무기체계별 개발사업의 특성을 고려하여 각각의 사업 상황에 적합한 안전 관리 방법을 개발해야 한다.

<Figure 3>은 MIL-STD-882의 시스템안전과정을 기반으로 항공분야에서 각 단계별로 수행하고 있는 작업이다. 해당 단계는 총 8개의 단계로 구성되어 있으며, 각 단계별로 해야 하는 활동을 나타내고 있다.



<Figure 3> Proposed System Safety Process

현재 방위사업청은 무기체계 연구개발사업을 관리하기 위해 체계 공학 기법을 적용하고 있다. 체계 기반 관리 방법은 사용자 요구사항으로부터 요구사항 분석, 설계·제작, 검증·확인, 운용, 폐기에 이르는 모든 단계를 수명주기 관점을 고려하여 사용자의 요구사항을 충족하도록 경제적, 균형적으로 체계를 개발하는 방법론이다. 해당 방법은 계약관리, 계획관리, 요구사항관리, 통합사업관리, 사업위험관리 등으로 나누어져 있다. 통합사업관리는 체계적인 사업관리를 위해 기술검토회의(SRR, PDR, CDR 등)를 수행한다. 따라서 인명/재산상의 피해를 최소화 하기 위해서 기술검토회의 진입을 위한 조건으로 무기체계 위험관리 진행 정도를 고려하여야 한다. <Table 4>는 기술검토회의 단계 별 수행되어야 할 시스템안전 관리 활동을 나타내고 있다.

<Table 4> System Safety Work with the SE Based Development Process

Design Review Activities	SRR	SFR	PDR	CDR	TRR	DT	OT	Standardization
SSPP	■	■						
PHA			■					
SSHA				■				
SHA					■			
HHA						■		
O&SHA							■	

시스템안전 프로그램 계획(System Safety Program Plan)은 무기체계 개발 사업에서 시스템안전 적용을 위한 계획서를 작성하는 것이다. 이 단계에서는 사업별 특성을 고려하여 절차, 기법등을 선정하게 된다. 따라서 해당 계획은 무기체계의 설계가 본격적으로 시작되기 전에 확정 되어야 한다.

예비 위험요소 분석(Preliminary Hazard Analysis)은 무기체계 수준의 위험요소 식별과 설계/운용 측면 안전성 요구도 수립을 위해 수행하는 정성적 안전성 분석 기법이다. 따라서 기본설계 이전에 예비 위험요소 분석을 수행하여 기본설계 시 반영되어야 한다. 세부계통 위험요소 분석(Subsystem Hazard Analysis)은 기능적 위험요소 평가 및 계통수준 안전성 설계 요구도 입증을 위해 수행하는 분석 기법이다. 따라서 설계 초기에 해당 활동이 시작되어야 하며, 설계 진행 도중 지속적으로 위험 분석 활동을 수행하여 설계를 개선해야 한다.

시스템 위험요소 분석(System Hazard Analysis)은 시스템의 공통 원인에 의한 위험요소 식별 및 안전 설계기준 충족을 확인하기 위한 위험요소 분석기법이다. 해당 활동도 세부계통 위험요소 분석과 같이 설계 진행 중 지속적으로 수행되어야 한다. 건강 위험요소 분석(Health Hazard Analysis)은 사용자의 보건측면에서 잠재적인 위험요소를 식별, 평가하는 정성적 분석 기법이다. 해당 활동은 상세설계 또는 시험평가 단계에 수행해야 한다. 운영지원 위험요소 분석(Operating and Support Hazard Analysis)은 무기체계 운용 및 지원활동 시 발생 가능한 위험요소를 식별하고 평가하는 분석 기법이다. 따라서 해당 활동은 무기체계 개발 완료(규격화) 시까지 수행되어야 한다.

이와 같은 시스템안전 기법은 무기체계 개발 단계가 진행됨에 따라 유기적으로 수행되어야 한다. 해당 활동을 수행하여 예상되는 위험 및 발생확률을 분석하고 적절한 경감 수단을 선정하여 안전도를 관리한다. 현재 항공 분야를 제외한 무기체계 연구개발 사업들은 해당 활동에 대한 수행 의무가 없기 때문에 수행하지 않는 경우가 많다. 따라서 본 연구에서 제안하는 시스템안전 적용 기법을 이미 적용 중인 항공 사업을 제외한 타 무기체계 연구개발 사업에 적용하여 무기체계 안전성을 확보할 필요가 있다. 다만, 타 무기체계에 시스템안전 적용 시 항공 사업의 사례를 추가 연구하여 시스템안전 적용을 위한 템플릿을 개발하고 무기체계 개발 시 해당 무기체계의 복잡도, 개발 일정, 비용 등을 고려하여 국내 무기체계 개발사업의 현실에 적합하게 수정 후 적용할 필요가 있다.

5. 결론

본 연구에서는 국내 무기체계 개발사업에 시스템안전을 적용하기 위한 조직 및 업무 방향을 제안 하였다. 제안한 방법은 국외의 시스템안전 규정과 무기체계 시스템안전 적용 사례를 분석하여 국내에서 개발되는 다양한

무기체계에 시스템안전 적용을 도입하는 것이 목적이다. 이를 위해 MIL-STD-882를 기반으로 업무 방향을 제시 하였고, 해당 업무 수행을 위한 조직 및 임무를 제안하였다. 하지만 실제 무기체계 개발 사업에 시스템안전 제도를 적용하기 위해서는 세부 업무 절차 및 법/규정 개정 소요가 필요하다. 따라서 시스템안전 세부 수행 기법/절차 연구, 무기체계 개발 단계 시스템안전 적용을 위한 법/규정 개정 소요 연구가 추가 수행되어야 한다.

References

- [1] 14 CFR Part 5, Safety Management System, FAA, 2010.
- [2] Act No. 9560, Military Aircraft Airworthiness Certification ACT, Ministry of National Defense, 2009.
- [3] AFI 91-202, The US Air Force Mishap Prevention Program, Department of the Air Force, 2021.
- [4] AR 385-10, The Army Safety Program, Department of the Army, 2017.
- [5] AR 70-1, Army Acquisition Policy, Department of the Army, 2017.
- [6] Bahr, N. J., System Safety Engineering and Risk Assessment, CRC Press, 2nd ed., 2017, pp. 4.
- [7] DA Pam 385-16, System Safety Management Guide, Department of the Army, 2013.
- [8] Ericson II, C. A., Hazard Analysis Techniques for System Safety, A John Wiley & Sons, INC, 2nd ed., 2015, pp. 125-176.
- [9] ICAO Annex 19, Safety Management, ICAO, 2013.
- [10] IEC 61508:2010, Functional Safety of Electrical/Electronic/Programmable Electronic Safety-related Systems, IEC, 2010.
- [11] ISO 26262:2011 Road vehicles — Functional safety, ISO, 2011.
- [12] LaMarca, J. E., Air Force System Safety Handbook, Air Force Safety Agency, 2017.
- [13] MIL-STD-882E, System Safety, Department of Defense, 2012.
- [14] MSC-MEPC.2/Circ.12/Rev.2, Revised Guidelines for Formal Safety Assessment (FSA) for Use in The IMO Rule-Making Process, IMO, 2018.
- [15] OPNAV M-5100.23, Navy Safety and Occupational Health Program, Department of the Navy, 2020.
- [16] OPNAVINST 5450.180F, Mission and function of the naval safety center, Department of the Navy, 2019.
- [17] Report to the president by the presidential commission

on the space shuttle challenger accident, NASA, 1986.

- [18] SECNAVINST 5100.10, Safety Instruction, Department of the Navy, 2015.
- [19] Systems Engineering Risk Management Guidebook, Defense Acquisition Program Administration, 2018.

ORCID

Suncheol Park | <https://orcid.org/0000-0002-8361-095X>

Jinsung Kim | <https://orcid.org/0000-0001-6683-7792>

Jonghoon Jin | <https://orcid.org/0000-0002-0216-0548>

Donghwan Yoon | <https://orcid.org/0000-0002-2988-5493>