

견고표적 무기효과 산출 알고리즘에 관한 연구

Framework of Weapon Effects Calculator for Hardened Targets

박종일*

Jong Yil Park

ABSTRACT

Weapon effect is a key issue throughout the life cycle of weapon systems. Only when weapon effect is considered properly, Effects Based Operation(EBO), Effects Based Acquisition(EBA), and Effects Based Development(EBD) could be possible. Because the transfer of weapon effect technologies is restricted in most foreign countries, independent development is necessary. In this paper, framework of weapon effects calculator for hardened targets is proposed to meet the own development needs. It is designed focusing on running time, validation and expandibility by adoption of modular architecture. Required technologies for each module are identified, and unclassified ones are summarized.

Keywords : 견고표적(Hardened Target), 무기효과(Weapon Effect), 탄두(Warhead), 취약성(Vulnerability), 침투(Penetration), 살상기준(Kill Criteria)

1. 서론

무기체계의 목적은 표적을 효과적으로 살상하는 것이다. 표적이 입는 피해를 정량적으로 표현하는 것을 무기효과라 지칭하며, 이는 최적화된 무기체계 소요도출, 개발, 운용에 필수 사항이다. 하지만 국내의 경우 무기효과 추정에 필요한 핵심기술이 부족하며, 국외 도입도 제한적이다. 일부 국외 도입의 경우에도 수입되어 사용되는 무기체계에 국한되는 실행파일 형식의 무기효과 산출 프로그램이 제공되고 있어, 국내 무기

체계의 개발 및 운용에 적용할 수 없다. 따라서 독자적인 국내 무기효과 산출 프로그램 개발이 시급하다.

Table 1. Key functions of proposed program

무기체계 운용시	무기체계 설계시
<ul style="list-style-type: none"> 무기효과 산출 : 운용기법이 결정된 후 살상확률 계산 무기효과 기반 운용기법 도출 : 요구되는 살상확률이 있을 시, 최적의 조준점, 사용 발수 등을 계산 	<ul style="list-style-type: none"> 무기체계 제원 최적화 : 최대의 무기효과를 위한 무기체계 제원 도출 군요구성능(ROC) 도출 : 요구되는 살상확률을 기반으로 필요한 ROC 도출

† 2013년 3월 4일 접수~2013년 5월 3일 게재승인

* 서울과학기술대학교(Seoul National University of Science and Technology)

책임저자 : 박종일(jip111@seoultech.ac.kr)

무기효과 산출 프로그램은 표적 종류 별로 구분되어 서 작성된다. 본 논문에서는 중요 표적으로 대두되고 있는 견고표적(벙커, 지하구조물, 갱도진지 등)을 대상으로 Table 1과 같은 기능을 가지는 무기효과 산출 프로그램 알고리즘을 제안하고자한다.

2. 견고표적 및 살상의 정의

미국 군사용어사전^[1]의 경우 hardened site를 “A site, normally constructed under rock or concrete cover, designed to provide protection against the effects of conventional weapons. It may also be equipped to provide protection against the side effects of a nuclear attack and against a chemical or a biological attack.”로 정의하고, 핵무기를 제외하고는 살상이 어려운 것으로 기술하고 있다.

하지만 침투성능이 충분한 탄두의 경우 핵무기가 아니더라도 내부기폭으로 인해 효율적인 살상이 가능하며, 접촉식 신관이 적용된 탄두의 경우에도 제한적이거나 일부 살상기준을 만족시킬 수 있다. 본 논문에서는 미군의 정의에 신관과 효율성에 대한 항목을 추가하여 견고표적의 정의로 “벙커, 건물의 지하시설, 갱도와 같이 콘크리트, 흙, 암반 등으로 보호되고 있어 일반적인 근접 및 접촉식 신관을 가지는 재래식 무기로 살상하기에는 효율성이 제한되는 표적”을 제안한다.

위 정의에서 사용된 살상의 의미에 대해 알아보자. 살상의 대상이 되는 표적은 아촉에 위협이 되는 기능을 가지고 있는 유무형 자산을 의미한다. 표적은 고유 기능을 수행하기 위해서 다양한 중요구성품(critical component)으로 이루어져 있으며, 이들의 상호작용을 도식화 한 것이 기능도표(fault tree)이다. 예를 들어 벙커 내부에 군지휘시설이 위치하고 있다면 이의 기능은 지휘 및 통제이며, 이를 위한 중요구성품으로는 구조물, 인원(결정권자 및 보좌관 등), 통신시설, 전력시설 등이 있을 수 있다. 군지휘 기능을 무력화하기 위해서는 벙커를 구조적으로 완전히 파괴시켜도 되지만, 중요구성품 중 중복성(redundancy)이 없는 구성품 일부만을 파괴시켜도 된다(벙커에 비상 발전기가 없고 외부로부터 하나의 전력선을 통해 전력을 공급받는 경우, 전력선의 파괴만으로도 벙커는 제 기능을 수행할 수 없게 된다). 따라서 살상이라 함은 표적의 완전한

파괴부터 일부 기능의 파괴까지 매우 넓은 의미의 표적 기능 마비를 의미하며, 이를 세분화하기 위해 살상 기준이라는 개념이 도입된다. 견고표적에 대한 살상 기준으로 미군^[2]에서는 기능살상(Functional Kill, F-Kill), 완전살상(Total Kill, K-Kill), 구조살상(Structural Kill, S-Kill)의 개념을 사용하고 있으며, 기능살상은 표적의 기능 중 원하는 기능이 마비되는 것을, 완전살상은 모든 중요구성품이 파괴되는 것을, 구조살상은 구조물이 차지하는 부피의 50% 이상이 파괴되는 것(면적을 기준으로 하기도 한다)으로 정의된다. 표적의 중요구성품이 완전히 파괴되지 않은 경우(대부분 지하시설의 경우 표적 제원이 한정된 인적정보에 의존함으로 fault tree 작성이 어렵다) K- 또는 S- Kill을 적용하여야 하며, 표적에 대한 분석이 상세히 완료되어 있는 경우 F-Kill을 적용하는 것이 합리적이다.

앞서 비침투식 탄두 또한 견고표적에 제한적이거나 일부 사용될 수 있는 것으로 정의한 이유는, 예를 들어 장사정포를 보호하고 있는 갱도진지의 경우 입구의 방폭문 일부를 훼손시킴으로서 장사정포의 출입을 일정 시간 제한할 수 있으며, F-Kill 중 하나로 적의 작전수행 지연이 선택된다면, 접촉식 신관으로도 살상기준을 만족시키는 운용기법이 도출될 수 있기 때문이다. 물론 이 경우 K- 및 S-Kill을 기대하기는 어렵다.

3. 기본 설계 개념

견고표적 무기효과 산출 프로그램은 빠른 속도로 검증된 결과를 계산해내며 각 기능은 모듈화 되어 추가 및 수정이 용이하도록 작성되어야 한다.

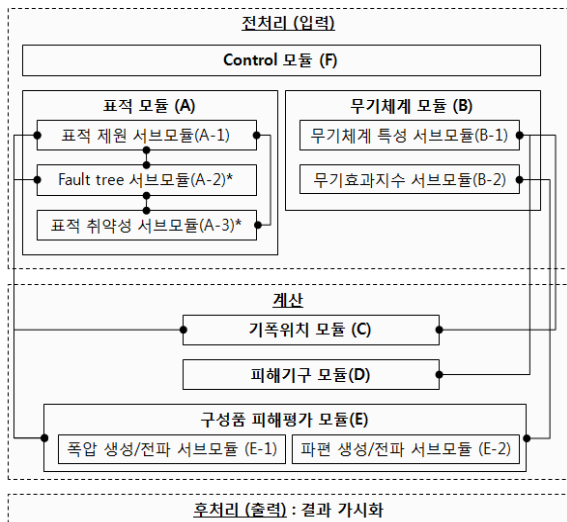
표적이 식별되고 그에 대한 대응 방법 결정은, 가용한 무기체계 중 최적의 무기체계를 선택하고, 선택된 무기체계의 조준점, 신관 설정, 사용 발수, 경로 설정 등의 운용 방법을 결정하는 것으로 이루어진다. 이 때 이러한 변수들은 최대의 무기효과를 가지는 것으로 선택되어야 하며, 이를 위해서는 다수의 무기효과 계산이 이루어져야 한다. 또한 무기체계 고유의 불확실성(신뢰도, 정밀도 및 정확도 등)으로 인해 운용기법이 결정되어 있다하더라도 다수의 무기효과계산이 필요하다. 이러한 과정은 효과기반 무기체계 설계 단계에서도 동일하게 이루어진다. 따라서 무기효과 산출 프로그램의 실제 적용을 위해서는 빠른 속도의 계산 능력이 필수적이다.

공대지, 지대지, 함대지와 상관없이 견고표적을 대상으로 하는 모든 무기체계의 무기효과가 산출될 수 있도록 범용성을 가져야 한다. 또한 기본적인 기반기술들(구성품 취약성, 폭압 예측, 침투 예측, 표적 모델링 등)은 향후 기술의 발전, 새로운 표적 특성의 식별, 신개념 무기체계 개발 등에 따라 손쉽게 수정될 수 있어야 하며, 이는 모듈화된 프로그램 작성으로 해결될 수 있다.

견고표적의 무기효과 결과를 실제 실험과 비교하여 검증하기 위해서는 변수들의 불확실성에 의해 다수의 실험이 요구되며, 이는 현실적이지 못하다. 따라서 사용된 기술에 대한 검증이 독립적으로 이루어져야 하며, 이는 각 모듈 별 결과의 검증으로 해결될 수 있다. 예를 들어 기폭 위치 계산 모듈의 검증을 위해서는 지상침투시험을 통한 침투 이력 결과가 사용될 수 있다.

4. 프로그램 구조

견고표적 무기효과 산출 프로그램은 Fig. 1과 같이, 표적, 무기체계, 기폭위치, 피해기구, 구성품 피해, Control 모듈로 구성되며 각 모듈간의 데이터 교환은 선으로 표시된다(Control 모듈은 모든 모듈과 연결되어 있어 그림으로 표기하지 않았다).



* 전처리와 계산 기능을 동시에 가짐

Fig. 1. Framework with modules

가. 표적 모듈

표적 모듈은 표적과 관련된 사항을 입력 받는 모듈로서 표적 제원 서버모듈, Fault-tree 서버모듈, 그리고 표적 취약성 서버모듈로 구성된다.

1) 표적 제원 서버모듈

표적의 종류, 형태, 재질, 내부 구성품의 종류 및 배치 등을 GUI(Graphic User Interface) 또는 DB 형태로 입력받는다.

2) Fault tree 서버모듈

Fault tree 및 살상기준을 입력하고 종합적인 살상확률을 계산한다.

Fault tree는 structural fault tree와 functional fault tree로 구분하여 구성된다. Structural fault tree는 일반적인 fault tree의 개념과는 다르게 구조 구성품(벽, 기둥, 천장 등)의 피해 시 구성품 피해평가 모듈(E)로부터 피해 정보를 받아들이어 추가적으로 발생하는 자중에 의한 붕괴를 해석하는 모듈이다. 병커와 같이 두꺼운 벽으로 이루어져 있거나, 단층 또는 이층 건물일 경우 이 해석이 생략되기도 한다.

Functional fault tree에서는 구조 구성품을 제외하고 견고표적의 기능을 수행하기 위해서 필요한 비구조 구성품(발전기, 통신시설, 인원, 보관되고 있는 무기체계 등)들에 대한 fault tree를 GUI 또는 DB 형태로 입력받는다.

피해기준은 F-Kill, K-Kill, S-Kill로 구분되며 K-Kill과 S-Kill의 경우 별도의 입력을 필요로 하지 않으나, F-Kill의 경우 사용자가 원하는 기능에 대해 정의하여야 하며, 이에 따라 functional fault tree가 작성되어야 한다.

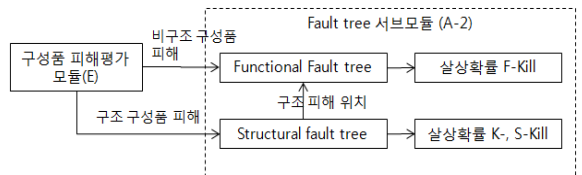


Fig. 2. Process for kill probability calculation

종합적인 살상확률 예측(Fig. 2)은 F-Kill의 경우 구성품 피해평가 모듈(E)에서 비구조 구성품들의 피해 정보를 읽어 functional fault tree에 대입하고, 피해기준에 부합되는 확률을 산정함으로써 이루어진다. 이때

structural fault tree에서 계산된 구조 파괴 위치와 동일한 위치에 배치되어 있는 비구조 구성품은 파괴된 것으로 가정한다. K-와 S-Kill의 경우 structural fault tree의 결과만으로 살상확률을 계산한다.

3) 표적 취약성 서브모듈

이 서브모듈은 두 가지의 기능을 가진다. 첫째, 비구조 구성품의 취약성 DB를 입력받는 기능이다. 발전기, 인원, 내부에 보관되어 있는 무기체계와 같은 비구조 구성품의 취약성 자료를 함수, 표, 매트릭스와 같은 형태로 입력 받는다. 둘째, 구조 구성품의 경우 규격화가 이루어져 있지 않음으로 표적 제원 서브모듈(A-1)로부터 재질과 형태를 받아 취약성 자료를 직접 계산해 내는 기능이다.

피해기구가 폭압일 경우에는 일반적으로 압력-충격량 곡선(P-I : Pressure-Impulse Diagram)으로 취약성이 표현되며, 그 형태는 Fig. 3과 같다. 단 현재 여러 문헌들에 수록되어 있는 P-I 곡선은 개활지 기폭 시 생성되는 폭압의 형태를 기반으로 작성되었으므로 반사파(multiple reflection by walls)와 기체압력이 증첩되는 내부기폭의 경우에는 수정하여 사용하거나, 각 경우에 맞춰 동해석을 통한 피해 예측을 수행하여야 한다. 피해기구가 파편일 경우에는 파편 중량 및 속도에 따른 살상확률 함수를 주로 사용하며, 파편의 에너지, 운동량이 이용되기도 한다. 인원 표적의 경우 폭압과 파편 외에도 유해가스와 열에 의한 살상도 고려하여야 하며, 살상확률은 유해가스의 경우 농도, 열의 경우 열선량(Fig. 4)의 함수로 표현 될 수 있다.

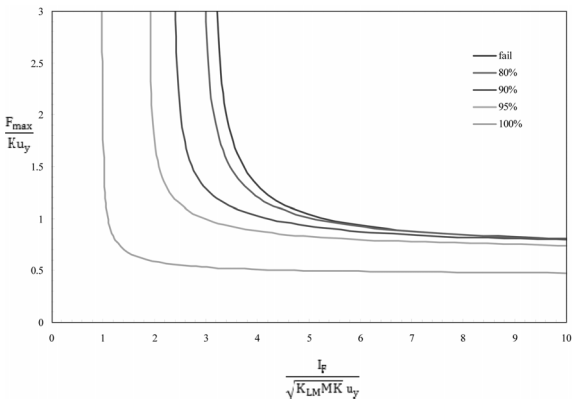


Fig. 3. Pressure Impulse Diagram for steel column^[3]

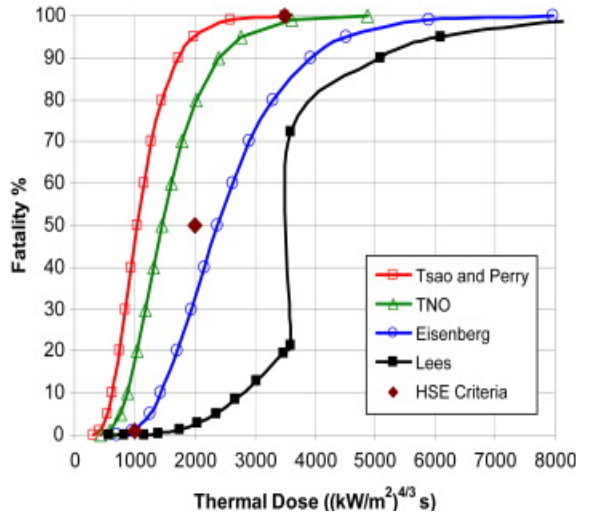


Fig. 4. Fatality from thermal dose^[4]

나. 무기체계 모듈

무기체계 특성과 비구조 구성품의 무기효과지수를 입력받는 모듈이다.

1) 무기체계 특성 서브모듈

무기체계의 기본적인 특성을 GUI 또는 GUI를 통해 입력받는 서브모듈이다. 무기체계 특성으로는 탄두의 형상 및 재질, 화약 종류 및 화약량, 무기체계 신뢰성 (R_{ws} : Reliability for Weapon System), 신관 특성, 침투 생존성 (R_{hit} : Reliability for Hardened Target) 등이 포함된다. 침투생존성은 표적을 관입하는 동안 탄두의 생존확률을 의미하며 속도, yaw각, pitch각, 표적 재질의 함수 또는 표로 표현되어야 한다.

2) 무기효과지수 서브모듈

비구조 구성품에 대해 주로 사용되며 Fig. 5와 같이 기폭 지점을 기준으로 피해 매트릭스 형태를 가지거나, Carleton 피해 함수로 입력될 수 있다. 또한 이를 적용하여 살상반경(lethal radius)으로 주어질 수도 있다.

무기효과지수를 사용할 때는 무기효과지수 도출 시 때 적용된 가정들이 견고표적 내부에서 기폭 될 때 유효한지 검토하여야 하며, 피해기구 별로 구분되어 작성해야 한다(즉 폭압에 의한 무기효과지수, 파편에 의한 무기효과지수로 구분).

Range ▼	Deflection (ft)									
	37.9	75.8	113.7	151.6	189.5	227.4	265.3	303.2	341.1	379.0
-114.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-100.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-85.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0.001	0.001
-71.5	0.001	0	0	0	0	0	0.001	0.002	0.001	0.001
-57.2	0.011	0	0	0	0	0.003	0.004	0.002	0.001	0.001
-42.9	0.028	0	0	0	0.009	0.008	0.004	0.002	0.001	0.001
-28.6	0.064	0.001	0.006	0.029	0.017	0.009	0.005	0.002	0.001	0.001
-14.3	1.402	0.059	0.099	0.042	0.019	0.009	0.005	0.002	0.001	0.001
0	5571	0.459	0.127	0.045	0.019	0.009	0.005	0.002	0.001	0.001
14.3	6794	0.891	0.156	0.045	0.019	0.009	0.005	0.002	0.001	0.001
28.6	1.741	0.927	0.325	0.116	0.041	0.012	0.005	0.002	0.001	0.001
42.9	0.060	0.186	0.258	0.128	0.063	0.034	0.016	0.006	0.002	0.001
57.2	0.007	0.050	0.105	0.118	0.061	0.032	0.017	0.010	0.006	0.003
71.5	0	0.024	0.015	0.072	0.056	0.031	0.017	0.010	0.006	0.004
85.8	0	0.010	0.012	0.011	0.045	0.028	0.017	0.009	0.005	0.003
100.1	0	0.003	0.009	0.005	0.012	0.025	0.015	0.009	0.005	0.003
114.4	0	0	0.006	0.004	0.002	0.011	0.014	0.009	0.005	0.003
128.7	0	0	0.003	0.003	0.002	0.001	0.009	0.007	0.004	0.003
143.0	0	0	0.001	0.003	0.001	0.001	0.001	0.006	0.004	0.003
157.3	0	0	0	0.002	0.001	0.001	0	0.002	0.004	0.002
171.6	0	0	0	0.001	0.001	0.001	0	0	0.002	0.002
185.9	0	0	0	0.001	0.001	0.001	0	0	0	0.001
200.2	0	0	0	0	0.001	0	0	0	0	0
214.5	0	0	0	0	0.001	0	0	0	0	0
228.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
243.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fig. 5. Damage matrix^[5]

다. 기폭위치 모듈

Control 모듈(F)로부터 충돌 위치, 속도, 조준점, yaw 각, pitch각을 입력으로 받아들이고, 표적 관통 시간 이력을 계산하여 신관 설정에 따른 기폭위치를 계산하는 모듈이다.

관통 해석을 위해서는 직선 관통만을 고려할 경우 Modified Petry^[6], BRL^[6~8], ACE^[6,9], Modified NDRC^[6,10~12], Young's^[13], 등과 같은 경험식을 사용하고, 측압에 의한 곡선 관통의 경우 SAMPLL^[14]과 같은 준경험식(Fig. 6)을 이용한다.

관통 해석을 위해서 LS-DYNA 또는 AUTODYN과 같은 전산수치해석 프로그램을 사용할 수도 있으나 많은 자료의 입력이 요구될 뿐 아니라 계산시간이 과다하게 소요되기 때문에 추천되지 않는다.

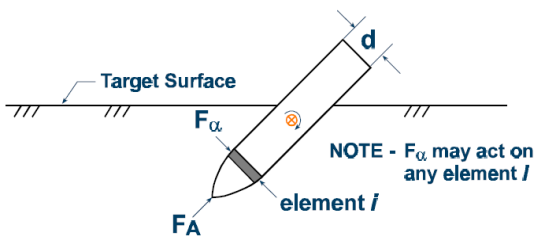


Fig. 6. Lateral force during penetration^[14]

라. 피해기구 모듈

탄두 기폭 시 발생하는 폭압 및 파편 등 피해기구 특성을 계산하는 모듈이다.

1) 폭압 생성/전파 서브모듈

폭압 산정을 위해서는 등가TNT량(Effective Bare TNT

Mass)이 우선 계산되어야 한다. 등가TNT량 계산을 위해 가장 추천되는 방법은 탄두 기폭 실험을 통해 동일한 압력 이력을 발생시키는 TNT 무게를 무기체계 특성 서브모델(B-1)에서 입력으로 받는 것이다. 실험 데이터가 없는 경우 화약의 종류에 따른 등가TNT계수와, 탄두 외피의 재질 및 형상과 화약량의 관계에 의해 결정되는 탄두외피효과계수를 사용하여 등가TNT량을 예측한다. 탄두가 mild steel 재질의 실린더 형상일 경우 탄두외피효과^[5]는 Fano, Modified Fano, Warren, Fisher, Modified Fisher등과 같은 경험식을 사용하여 구해질 수 있다(Table 2).

Table 2. Empirical equations for case effect^[15]

명칭	계산식
Fano	$\frac{M_{EBC}}{M_{charge}} = 0.2 + \frac{0.8}{1 + 2M_{case}/M_{charge}}$
Modified Fano	$\frac{M_{EBC}}{M_{charge}} = 0.6 + \frac{0.4}{1 + 2M_{case}/M_{charge}}$
Warren	$\frac{M_{EBC}}{M_{charge}} = 0.4 + \frac{0.6}{1 + 2M_{case}/M_{charge}}$
Fisher	$\frac{M_{EBC}}{M_{charge}} = 0.2 + \frac{0.8}{1 + M_{case}/M_{charge}}$
Modified Fisher	$\frac{M_{EBC}}{M_{charge}} = 0.6 + \frac{0.4}{1 + M_{case}/M_{charge}}$

* M_{EBC} = 등가화약량, M_{charge} = 화약량, M_{case} = 탄두외피무게

** 미군의 경우 Modified Fano를 주로 사용

등가TNT량이 정해지면 기폭에 의한 폭압을 계산하여야 한다. 폭압을 산정하기 위해서는 경험식을 기반으로 하는 CONWEP, 해석과 경험식을 복합적으로 사용한 준경험식 기반인 BlastX, 이론을 기반으로 전산수치해석을 통해 압력을 구하는 CTH, FEFLO, FOIL, SHARC, LS-DYNA, Air3D, AUTODYN등이 사용될 수 있다.

하지만 개발지 기폭 시 발생하는 가장 단순한 압력 이력 예측에서도 LS-DYNA, Air3D, AUTODYN를 사용하면 Fig. 7과 같이 상이한 결과가 도출될 뿐 아니라, 계산시간도 상당히 요구된다. 이와 같은 전산수치해석 프로그램의 적용은 계산속도 문제로 추천하지 않는다. 따라서 BlastX와 같은 준경험식의 적용이 효과적일 것

으로 판단된다.

단 대부분의 식들이 구형 또는 반구형 형태의 TNT를 기반으로 하고 있고, afterburning과 높은 열에 대한 고려가 이루어져 있지 않음으로 기존 방법의 수정 및 보완이 요구된다. Fig. 8은 화약의 세장비에 따라 다르게 발생하는 압력 이력을 보여준다.

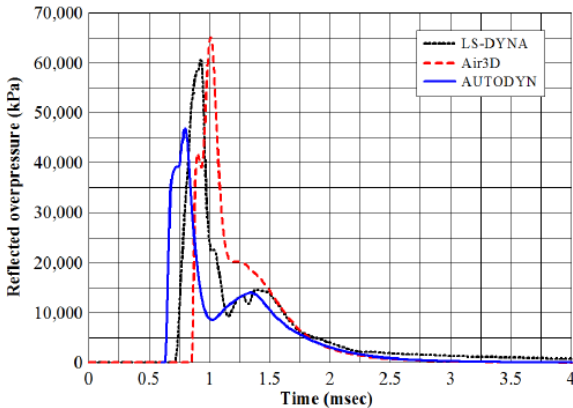


Fig. 7. Pressure prediction form LS-DYNA, Air3D, and AUTODYN^[16]

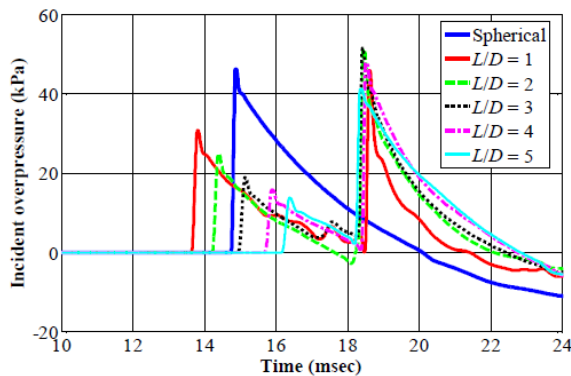


Fig. 8. Pressure histories with different slenderness ratios of warheads^[16]

2) 파편 생성/전파 서브모듈

기폭 시 발생하는 파편의 경우 내부, 외부 기폭에 따라 크게 변화 하지 않음으로 무기체계 특성 서브모듈(B-1)에서 입력 형태로 받아들이는 것이 가장 효과적이다. 이 때 포함되어야 하는 자료는 위치에 따른 파편의 수, 형상, 초기 속도, 무게이며 Arena 실험을 통해 계측될 수 있다. 입력으로 주어지지 않는 경우

Mott, Modified Gurney, Sharpiro 식^[17] 등을 이용하여 파편 특성을 계산한다. 이 식들은 mild steel과 TNT를 기본 가정으로 사용하고 있음으로 탄두 특성이 이와 다를 경우 실험을 통한 보정 작업이 이루어져야 한다.

마. 구성품 피해평가 모듈

구성품의 살상확률을 산정하는 가장 빠른 방법은 무기효과지수를 사용하는 것이다. 무기효과지수를 사용하기 위해서는 무기효과지수 서브모듈(B-2)에서 해당되는 구성품에 대한 무기효과지수가 존재하여야 하며, 그 무기효과지수가 계산되었을 때의 가정 사항들이 만족되어야 한다. 예를 들어 구조물 내부에 존재하는 발전기 표적에 대해 개활지에서의 기폭 실험을 바탕으로 파편에 의한 살상반경과 폭압에 의한 살상반경이 주어지는 경우, 파편에 의한 살상반경은 직접적으로 사용될 수 있으나 폭압에 의한 살상반경을 사용될 수 없다. 이는 탄두가 구조물 내부에서 기폭 되는 경우 개활지에 비해 높은 압력과 지속시간을 가짐으로 살상력이 높아지기 때문이다.

무기효과지수의 사용이 어려운 경우 피해기구 모듈(D)과 표적취약성 서브모듈(A-3)의 결과를 결합하여 살상확률을 계산한다. 표적취약성 서브모듈(A-3)에서는 비구조 구성품의 경우 입력된 DB를 사용하고, 구조 구성품의 경우 자체 계산된 취약성을 사용한다.

Fig. 9는 구성품 피해 예측 방법을 종합하여 나타낸 것이며, Option 1이 불가할 경우에만 Option 2와 3이 사용된다.

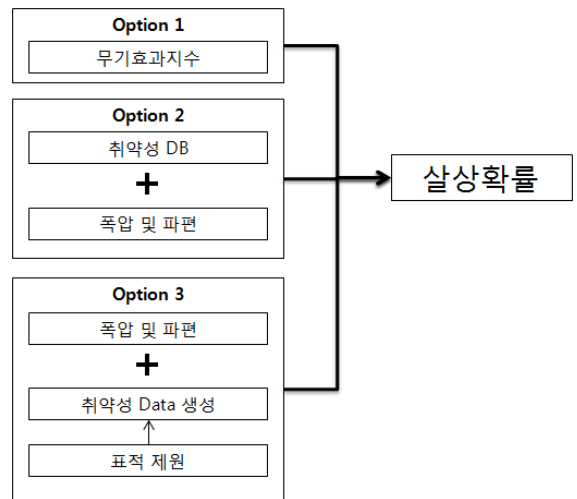


Fig. 9. Options for kill probability calculation

바. Control 모듈

Control 모듈은 요구되는 결과에 따라 각 모듈들을 Fig. 10과 같이 제어하는 역할을 한다.

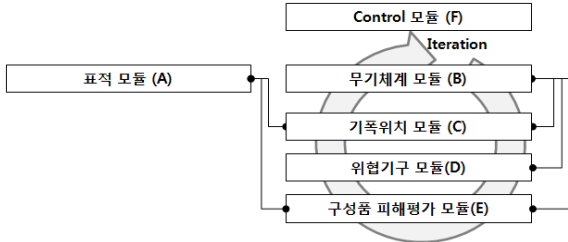


Fig. 10. Role of control module

1) 살상확률 도출

무기체계 운용법이 결정된 후 살상확률을 계산할 경우, 운반 정밀도 및 정확도와 조준점을 이용하여 다수의 표적 조우 위치를 확률변수로 생성한다. 이를 기폭위치 모듈(C)에 입력하고 조우 위치에 따른 살상확률(모듈 B, C, D, E의 반복 수행)을 계산하여, 이를 평균한 값을 최종 살상확률로 도출한다.

2) 운용기법 도출

요구되는 살상확률이 주어질 경우 최적의 조준점과 사용 발수를 도출한다.

조준점 결정을 위해서는, 조준점들을 설정하고 각 조준점 별로 1)장에서 기술된 과정을 반복 수행하여 살상확률을 구한다. 이 때 가장 높은 살상확률을 가지는 조준점을 선택한다. 단 조준점이 변경될 시 운반 정확도 및 정밀도가 바뀌는 경우가 있으므로 조준점 별로 해당되는 정확도 및 정밀도를 무기체계 특성 서브모듈(B-1)을 통해 입력받아야 한다.

결정된 조준점을 입력으로 하여, 요구되는 살상확률을 만족시킬 때 까지 사용 발수를 늘려 계산한다. 이 때 구성품의 누적 피해(accumulative damage)를 고려하여야한다. 누적 피해를 고려하기 위해서는 한 발씩 타격될 때마다의 피해 계산 결과를 바탕으로 Fig. 10의 표적 모듈(A)에서 표적의 형상과 제원이 변경되어야 한다.

신관의 지연시간 설정, 종말 침투각도 등의 값도 위와 같은 과정을 거쳐 도출될 수 있다.

3) 무기체계 제원 최적화

무기체계 제원을 중 고려하고 싶은 변수를 입력 받

아 무기체계 모듈(B)의 입력을 변화시키면서 살상확률을 계산한다. 최대의 살상확률이 계산되는 변수 조합이 최적화된 값으로 도출된다. 이 때 각 변수 별 구속조건에 대하여 지정해 주어야 한다. 예를 들어 탄두 중량이 고정되어 있을 경우 화약량과 탄두 외피 중량의 합이 일정하게 유지되어야 하는 제한조건이 있다.

4) ROC 도출

ROC는 입증 가능한 범위로 설정되어야 하며, 침투탄의 경우 대표적으로 침투력과, 등가TNT량 등으로 결정될 수 있다. ROC 도출을 위해서는 이러한 변수들이 살상확률에 미치는 영향을 매개변수 분석을 통해 산출하며, 3)장과 동일한 과정을 가진다. 단 무기체계 모듈(B)에서 변수를 변화 시키지 않고 기폭위치 모듈(C)과 피해기구 모듈(D)의 변수를 변화 시켜 분석한다.

5) 모듈 별 계산

사용자의 편의에 따라 원하는 모듈 및 서브모듈의 계산을 독립적으로 수행하는 기능을 한다. 예를 들어 침투 이력만을 분석하기 위해서 표적 모듈(A), 무기체계 모듈(B), 기폭위치 모듈(C)을 사용하여 결과를 도출할 수 있도록 한다.

5. 결론

무기효과 분석은 무기체계의 소요 도출, 개발, 운용까지 전순기 동안 필요한 기술이다. 따라서 필요한 기반기술을 도출한 후 무기효과를 예측하기 위한 시스템을 우선적으로 개발하여야 한다. 이의 일환으로 본 논문에서는 견고표적 무기효과 산출 프로그램 개발을 위해 필요한 기술 사항과 알고리즘에 대하여 제안하였으며, 표적, 무기체계, 기폭위치, 피해기구, 구성품 피해, Control 모듈로 설계하여 보완 및 검증이 용이하도록 하였다.

개발 완료된 요소 기술이 많지 않아 추가적인 연구가 필수적이다. 하지만 완벽한 기술을 기반으로 하기 위해 무기효과 프로그램 개발을 연기하는 것은 타당하지 않다. 현재 가용한 기술 수준으로 작성하되 향후 지속적으로 보완시켜 나가는 것이 국내 무기체계 개발과 운용에 도움이 될 것으로 판단된다.

후 기

이 연구는 서울과학기술대학교 교내 학술연구비 지원으로 수행되었습니다.

References

- [1] Joint Chiefs of Staff, "Department of Defense Dictionary of Military and Associated Terms, Joint Publication 1-02", Washington, DC, 2006.
- [2] David, W., "An Overview of the Modular Effectiveness/Vulnerability Assessment(MEVA) Architecture", Air Force Research Laboratory, Munitions Directorate, Eglin AFB, Florida, 1999.
- [3] Park, J. Y. and Krauthammer, T., "Pressure Impulse Diagrams for Simply-supported Steel Columns Based on Residual Load-carrying Capacities", Structural Engineering and Mechanics, 39(2), 2011.
- [4] Jeffrey LaChance, Andrei Tchouvelev, Angunn Engebo, "Development of Uniform Harm Criteria for Use in Quantitative Risk Analysis of the Hydrogen Infrastructure", International Journal of Hydrogen Energy, 36(3), 2011.
- [5] Driels, Morris R., "Weaponizing : Conventional Weapon System Effectiveness", American Institute of Aeronautics and Astronautics, 2004.
- [6] Kennedy, R. P., "A Review of Procedures for the Analysis and Design of Concrete Structures to Resist Missile Impact Effects", Nuclear Engineering and Design, 37(2), 1976.
- [7] Gwaltney, R. C., "Missile Generation and Protection in Light Water-cooled Reactor Power Plants", Oak Ridge National Laboratory, TN. ORNL NSIC-22, 1968.
- [8] Adeli, H., and Amin, A. M., "Local Effects of Impactors on Concrete Structures", Nuclear Engineering and Design, 88(3), 1985.
- [9] Chelapati, C. V., Kennedy, R. P. and Wall, I. B., "Probabilistic Assessment of Aircraft Hazard for Nuclear Power Plants", Nuclear Engineering and Design, 19(2), 1972.
- [10] NDRC, "Effects of Impact and Explosion. Summary Technical Report of Division 2, Vol. 1", National Defence Research Committee, Washington, DC, 1946.
- [11] Kennedy, R. P., "Effects of an Aircraft Crash into a Concrete Reactor Containment Building", Holmes & Narver Inc. Anaheim, 1966.
- [12] Li, Q. M., Reid, S. R. and Ahmad-Zaidi, A. M., "Critical Impact Energies for Scabbing and Perforation of Concrete Target", Nuclear Engineering and Design, 236(11), 2006.
- [13] Young, C. W., "Penetration Equations, SAND-97-2426", Sandia National Laboratories, 1997.
- [14] Young, C. W., "Simplified Analytical Model of Penetration with Lateral Loading User's Guide", Sandia National Laboratories, 1998.
- [15] Dunnett, J., Flynn, D., and Wharton, J., "Blast Algorithm Development : Definition of Modified Blast Algorithms for PBX Based Explosives", Insensitive Munitions and Energetic Materials Technical Symposium IMEMTS, 2006.
- [16] Sherkar, P., Whittaker, A. S., and Aref, A. J., "Modeling the Effects of Detonations of High Explosives to Inform Blast-resistant Design", Masters Abstracts International, 49(1), 2010.
- [17] Gardner, S. E., "Analysis of Fragmentation and Resulting Shrapnel Penetration of Naturally Fragmenting Cylindrical Bombs", Ph.D. Diss., UCRL-ID-140245, 2000.