

지대지 유도무기의 건물 표적에 대한 무기할당(Weaponneering)도구 타당성분석 연구

Suitability Analysis of Weaponneering Tool for Surface-to-Surface Guided Missile for Building Target

박진호* 고기황** 김영호***
Jin H. Park Ki W. Ko Young H. Kim

ABSTRACT

To evaluate the suitability of the Weaponneering tool for the Surface to Surface Guided Missile at the Above-Ground Buildings, we analyzed the relation among SSPD, MAE_{bldg} , CEP and the number of missiles, expected damage etc.. According to the analysis, if the target Length is 100m, and $\sqrt{MAE_{bldg}}$ is longer than the target length, the tool is suitable but shorter than it, the tool is not suitable. So Morris Driels's Weaponneering Tool needs new adaptive algorithm to Translate as the Target size and MAE_{bldg} .

Keywords : Weaponneering, Mathematical Modeling, Surface-to-Surface Effectiveness

1. 서론

지대지 유도무기는 인원과 장비 등 분산된 지역표적을 대상으로 한다. 그러나 최근 정밀유도무기의 정확도가 향상됨에 따라 건물에 대한 정밀타격을 시도하고 있다. 이때 사용되는 무기할당 도구의 타당성을 확인하기 위한 분석을 수행하였다. 지대지 무기체계 중 탐색기 등 종말유도 단계에서 고도의 정확도를 갖는 체계는 별도의 도구가 필요하나 별도의 종말유도를 사용

하지 않고 일반적으로 GPS/INS항법을 사용하는 정도의 유도무기체계에 적합한 무기할당(Weaponneering) 도구를 선택하고 이 도구의 타당성을 분석하였다. 연구중점은 주요 입력요소 중 정확도(CEP, 명중률), 건물효과면적(MAE_{bldg}) 등 탄 위력요소와 표적크기 등의 입력요소가 단발파괴률(SSPD)에 미치는 영향을 분석함으로써 도구의 타당성을 검토하는데 두었다.

2. 건물 표적에 대한 제안 무기할당 도구¹⁾

건물은 3차원 표적으로 피해효과는 건물 평균효과

† 2013년 3월 7일 접수~2013년 5월 17일 게재승인

* 육군학생군사학교

** 2작전사령부

*** 한국국방연구원

책임저자 : 박진호(pjh8065@hanmail.net)

1) Morris Driels. Weaponneering Conventional Weapon System Effectiveness. AIAA. Press, 2004.

면적(MAE_{bdg})지수(m^2)를 사용할 수 있다. 또한 단일 무기에 대한 단일 건물의 경우의 무기할당도구를 사용하였다.

이때 JMEM 매뉴얼에서 건물 형태에 따라 표로 제시하고 있다. 이 효과지수는 건물 유형에 따라 그 효과가 상이하게 JMEM 코드를 부여하여 구분하고 있다.

Table 1. 건물 유형 분류²⁾

건물 유형	JMEM코드
다층 석재 벽체 건물	1c
다층 프레임	
철재 또는 내진 강화콘크리트 건물	1a
철재 또는 강화콘크리트	1b
단층 석재 벽체 건물	4b
단층 프레임, 열과 슬라브 건물	3b

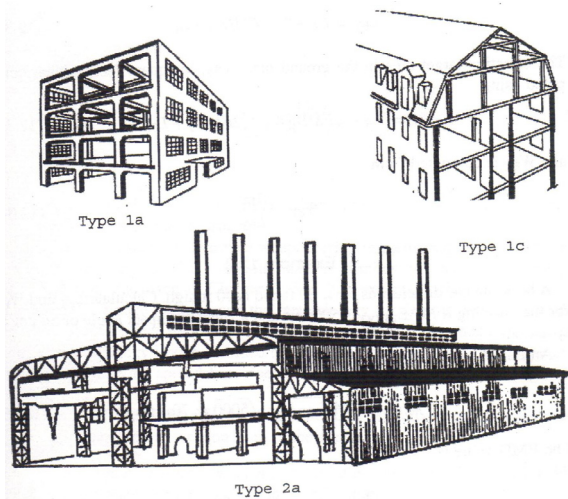


Fig. 1. 건물 유형

JMEM은 건물 유형별, 무기체계별 건물의 50%가 구조적으로 파괴되는 면적을 도표화하여 정의하고 있다.

가. 표적크기 선정

표적의 크기는 표적 공격방향에 대한 길이(L_A), 폭(W_A), 높이(H_A)를 각각 입력한다.

2) 상계서. P287.

TARGET PARAMETERS		
Target Length LA (m)		30
Target Width WA (m)		20
Target Height HA (m)		10

나. 무기체계 신뢰도 입력

지대지 무기체계와 관련된 특성은 신뢰도로 유도무기체계의 신뢰도이다. 여기서 신뢰도는 지대지 유도탄이 표적에 도달하여 폭발하는 기능을 임무완료 기간동안 일반적인 조건하에서 수행할 확률로 적용한다.

다. 탄착 정확도(Delivery Accuracy)

탄착 정확도(CEP : Circular Error Probable)와 탄착 각도($impact \angle$)를 활용하여 REP를 계산할 수 있다. 이때 DEP는 CEP로 부터 도출할 수 있다³⁾.

$$DEP = 0.573 \times CEP$$

$$REP = \frac{DEP}{\sin(impact \angle)}$$

DELIVERY ACCURACY		
	CEP ft n	REP/DEP
CEP(Circular Error Probable, m)		
DEP(Deflection Error Probable, m)	57.3	57.3
REP(Range Error Probable, m)	66.16	66.16

라. 무기체계 효과(Weapon Effectiveness)

이때 사용하는 무기체계효과지수(MAE_{bdg})는 3차원 건물로 표적타격을 위한 효과 오차거리를 적용해야한다. 이를 위해 적용하는 오차거리(EMD : Effective Miss Distance)에 건물별 평균효과면적(MAE_{bdg})을 적용함으로써 건물에 대한 무기효과를 계산할 수 있다. 효과표적길이(L_{ET})와 평균효과면적(MAE_{bdg})간에는 다음과 같은 관계가 있다.

3) 상계서. P63.

$$L_{ET} = \sqrt{MAE_{bdg}} \quad (1)$$

효과표적길이(L_{ET})는 실제표적길이(L_A)와 표적에 따른 효과표적거리오차(EMD), 표적과 유도탄 진입각도(I)에 따라 다음과 같이 계산된다.

$$L_{ET} = L_A + 2 \times EMD + L_{SH} \quad (2)$$

이때 조우조건으로 유도탄 진입각도(I)와 건물높이(H_A)를 이용하여 진입하는 유도무기에 의한 3차원 건물의 그림자길이(L_{SH})를 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$L_{SH} = \frac{H_A}{\tan I} - EMD \quad (3)$$

여기서 그림자 길이(L_{SH})는 최소 0이 된다.

건물의 효과표적면적(A_{ET})은 효과표적길이(L_{ET}), 실제표적길이(L_A)와 표적에 따른 효과표적거리오차(EMD), 건물폭(W_A)과 그림자길이(L_{SH})를 적용하여 다음과 같이 구할 수 있다.

$$A_{ET} = [L_A + 2EMD] [W_A + 2EMD] + L_{SH}W_A \quad (4)$$

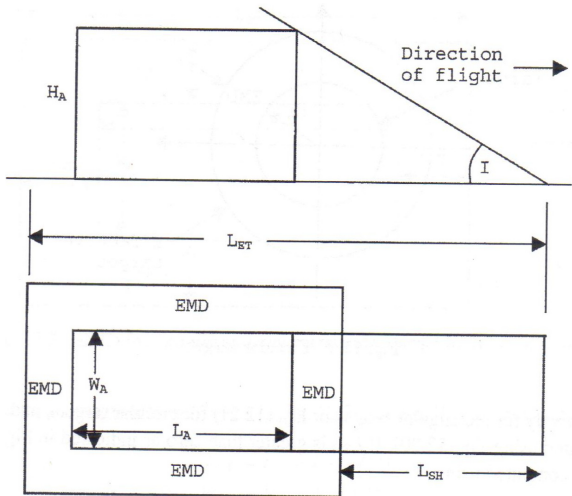


Fig. 2. 3차원표적과 EMD(Effective Miss Distance)관계

식 (4)로부터 다음 관계에 의해 효과표적폭(W_{ET})을 계산할 수 있다.

$$W_{ET} = \frac{A_{ET}}{L_{ET}} \quad (5)$$

이와 같은 방법으로 3차원의 건물을 2차원의 효과표적면적(A_{ET}), 효과표적길이(L_{ET})와 효과표적폭(W_{ET})을 도출하였다.

마. 단발명중파괴확률 계산(SSPD Calculation)

건물 표적은 이렇게 도출한 효과표적길이(L_{ET})와 효과표적폭(W_{ET})을 이용하여 단일탄두에 의한 건물의 단발명중파괴확률(SSPD)는 다음 그림과 같이 손실함수와 정확도함수 관계로 Cookie-cutter 방법으로 진행된다⁴⁾.

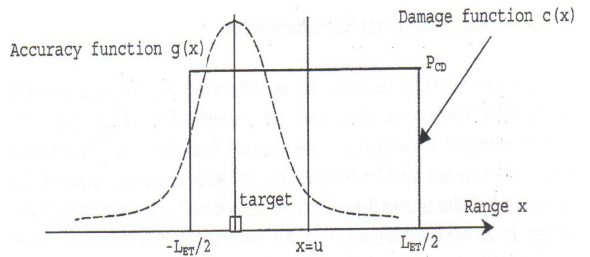


Fig. 3. 단일표적과 폭풍효과무기손실함수

$$SSPD_x = \int_{-L_{ET}/2}^{L_{ET}/2} \frac{1}{\sigma_x \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{x^2}{2\sigma_x^2}\right] dx \quad (6)$$

$$SSPD_y = \int_{-W_{ET}/2}^{W_{ET}/2} \frac{1}{\sigma_y \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right] dy \quad (7)$$

$$SSPD = SSPD_x \times SSPD_y \quad (8)$$

바. 무기할당도구

건물에 대한 단일탄두 유도탄의 무기할당도구는 Table 2와 같이 단발파괴율(SSPD : Single Shot Probability)과 요망효과 달성을 위한 무기 소요량 그리고 이 소요량으로 달성 가능한 파괴확률을 출력요소로 이때 무기체계의 정확도(CEP : Circular Error Probable)와 체계 신뢰도(Reliability), 그리고 탄두폭발 화약의 위력을 표현하는 MAE_{bdg} 의 입력 값과 표적건물의 길

4) 상계서 P175.

이(L_A), 폭(W_A), 높이(H_A) 등 표적크기를 입력하고 표적과 유도탄이 만나는 진입각도(I)를 입력하면 단발과 피확률(SSPD)을 구할 수 있다. 이때 가용탄약을 정의하면 출력결과로 표적피해효과를 얻을 수 있고 요망효과를 정의하면 소요탄수를 얻을 수 있다.

Table 2. 시대지 유도무기 무기할당 도구

특 성		결 과	
입력 조건	무기 체계 성능	정확도(CEP,m)	100.00
		체계신뢰도(%)	1.00
		MAE_bldg(m ²)	100.00
	표적 크기	길이(m)	30.00
		폭(m)	30.00
		높이(m)	10.00
	조우조건	탄착각도(도)	60.00
	요망효과		0.70
	가용발수(round)		2.00
	출력 결과	단발과피확률(SSPD)	0.27
요망효과 달성 소요량(round)		3.85	
가용탄에 의한 표적피해효과		0.46	

3. 건물표적에 대한 무기할당 도구의 타당성 분석

가. 입력조건(가정)

탄두위력(MAE_{bldg})과 정확도(CEP)의 특성이 표적크기에 따라 어떻게 영향을 미치는지를 분석하는데 중점을 두었다.

표적은 대략 보편적인 건물로 가정하여 길이, 폭, 높이를 선정하였다.

Table 3. 입력조건 : 표적크기

구 분	길이(L_A)	폭(W_A)	높이(H_A)
길이(m)	100	30	10

무기체계 특성 중 신뢰도는 고려하지 않기 위해 1로 가정하였다. 정확도(CEP)는 INS만을 사용할 경우 대

략 1m 오차를 갖게 되어 사거리에 따라 크기가 달라진다.

그러나 GPS 보정을 하는 항법체계의 경우 CEP는 사거리와 무관하게 일정한 오차를 갖게 된다. 이 데이터는 일반 상용 GPS⁵⁾를 적용할 경우를 대략적으로 가정하였다.

Table 4. 입력조건 : CEP

구분	유형1			유형2		
CEP(m)	500	400	300	200	100	50

탄두위력(MAE_{bldg})은 내진설계된 건물에 대한 효과 지수와 일반적인 다층 건물을 선정했다. 이 지수는 폭약량과 연관되며 무기체계별로 다양한 값을 적용해야하나 실험목적을 달성하기 위해 2가지로 가정하였다.

Table 5. 입력조건 : 효과지수 MAE_{bldg}

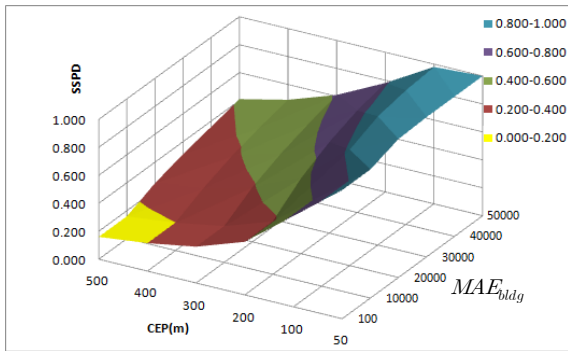
구 분	1a	1c				
MAE_{bldg} (m ²)	100	10,000	20,000	30,000	40,000	50,000

조우조건 중 탄착각도는 60도와 87도 2가지로 한정하였다. 요망효과는 보편적으로 70%를 적용하였다.

나. 실험결과 및 분석

MAE_{bldg} 와 CEP에 따라 단발명중확률은 다음과 같다. 여기서 CEP는 작아지고 MAE_{bldg} 가 점증적으로 증가하면 단발과피확률도 점증적인 변화율을 나타내어 무기할당 도구로 적합하다고 판단된다. 그러나 $\sqrt{MAE_{bldg}}$ 가 표적길이(L_A) 보다 작은 경우 MAE_{bldg} 의 변화에 대해 효과에 영향이 없으므로 지수로서 의미가 없어진다. 따라서 표적건물의 크기보다 폭발 직경이 작은 경우에는 별도의 도구가 필요하다. 이처럼 CEP도 종말유도 시 탐색기를 사용하여 정밀할 경우에는 여기에 부합되는 모델링이 필요함을 확인할 수 있었다.

5) 박홍원 외, “GPS/GLONASS 보정 관성항법 시스템의 적용 필터 설계”, 한국군사과학기술학회지 제1권 제1호, (1998) p. 202.



MAE \ CEP	500	400	300	200	100	50
100	0.16	0.20	0.26	0.38	0.65	0.92
10,000	0.16	0.20	0.26	0.38	0.65	0.92
20,000	0.25	0.30	0.39	0.54	0.83	0.99
30,000	0.31	0.38	0.48	0.65	0.92	1.00
40,000	0.36	0.44	0.55	0.73	0.96	1.00
50,000	0.41	0.49	0.61	0.78	0.98	1.00

Fig. 4. CEP, MAE_{bldg} 에 따른 단발파괴 확률

4. 결론

지대지 유도무기체계로 건물 표적 타격을 위해 Morris Driels의 도구를 적합하게 변형하여 사용해 보

았다. 그 결과 표적크기보다 큰 폭발반경에 CEP 직경보다 큰 오차를 갖는 경우에 도구 사용이 타당하였으나 표적크기보다 작은 폭발반경을 갖는 경우에는 별도의 도구가 필요한 것으로 분석되었다. 따라서 Morris Driels 도구를 표적크기에 따라 적응적으로 변경하여 사용할 수 있도록 새로운 알고리즘의 개발이 필요하다.

후 기

본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음. (NIPA-2012-(H0301-12-2003))

References

- [1] Morris Driels, "Weaponneering Conventional Weapon System Effectiveness", AIAA, Press, 2004.
- [2] Park, Jongil, "Assessing Expected Fractional Damage of Above-ground Buildings from Air-to-surface Weapons based on Indirect Fire Concept", Defence Science Journal, Vol. 60, No. 5, September 2010.
- [3] 조한상, 이상철, 송재일, "공대지 무장투하정확도 해석에 대한연구", 한국항공우주학회지, 2007.