

국방 대탄도탄 비행시험 시 해상 안전영역 확보 연구

한승조*, 최현주*, 최현호*, 김수연**, 이세호**, 배영민***

*국방과학연구소, **육군, ***김천대학교
e-mail: seungjo1651@naver.com

A Study on Maritime Safety Zone in Flight Test of Military Anti-Ballistic Missile

Seung-Jo Han*, Hyun-Joo Choi*, Hyun-Ho Choi*,
Soo-Yun Kim**, Se-Ho Lee**, Young-Min Bae**

*Agency for Defense Development, **ROK Army, ***Gimcheon University

요약

A flight test is essential at military R&D stage related with anti-ballistic missile. Prior to securing the maritime safety zone, it is necessary to predict the debris area as accurately as possible through M&S tools or equations. Ship dispersion before launching interceptor or target should be carried out in order to prevent the damage of all vessels including civilian fishing boats. However, the ship dispersion has been based on experience in R&D institutions rather than specific procedures. Both the smooth cooperation with the related agencies and the accurate prediction of objective points and debris area based on M&S are required to achieve successful flight tests including ship dispersion. This study explains the M&S methods with an aim to predict the debris area and objective points, and proposes the specific procedure related to ship dispersion based on maritime fire safety guideline and so on.

KeyWords : Debris Area, Missile, Flight Test, Vessel Safety, Ship Dispersion

1. 서론

국방 분야 무기체계의 탐색개발 및 체계개발에서 개발되는 미사일은 기술의 수준 측정 및 분석, 운용성 확인, 개발시험평가 및 운용시험평가를 위해서 실제 운용환경과 유사한 시험장에서 비행시험(Flight Test)이 필수적이다. 미국이나 호주 등 국외에서는 자국의 넓은 사막 등을 이용하여 지상에서도 실시되고 있지만, 우리나라를 포함한 많은 국가에서는 지대공 및 지대지 미사일 비행시험은 탄착지역 및 비행경로 상 인명과 재산의 피해 가능성이 적은 해상에서 실시되고 있다.

개발 단계에서의 비행시험은 실패의 가능성이 존재하기 때문에 안전에 대한 대책이 강하게 요구될 수 밖에 없고, 시험 지역의 주민들에 의한 어업생존권과 연관된 민원 등이 빈번한 실정이다. 2016년 7월에 대만 해군 함정에서 Hsiung Feng III 대함미사일이 민간어선에 발사되어 일부 선원들이 사망하거나 부상당한 일이 발생한 바 있다.

무기체계 개발단계에서 설계와 제작이 기본적으로 중요하지만 시제품 제작된 것을 이용하여 시험평가가 전체 사업에서 일정과 투입노력의 50% 수준을 차지하고 있다고 보고되고 있다.[1] 미사일과 같은 체계개발은 소요군에 의해 시행되는 시험평가를 포함하여 연구개발 주관기관에서 자체적으로 수행하는 비행시험의 횟수가 많은 관계로 해상에서의 안전영역 확보를 위한 노력이 상당히 필요할 수 밖에 없다.

예를 들어 연구개발 주관기관 중의 하나인 국방과학연구소는 안흥에 종합시험장을 구축하여 매년 2,300여건의 시험을 수행하고 있고, 이 중 80%는 유도무기 및 총포, 탄약을 대상으로 해상에서 수행하고 있다.[2] 하지만 서해상의 넓지 않은 공간과 많은 민간 어선 및 상선 운행에 따른 선박소개 소요, 시험 기간 중 일

부 지역에서의 어업활동 금지가 이루어지는 만큼 어업 종사자들의 잦은 민원제기 등으로 국외 시험장의 필요성까지 제기되고 있는 실정이다.

특히 탄착지점까지 유도가 될 수 있는 대지 미사일의 경우에는 탄착지점을 공학적인 방법으로 일정부분 정확하게 예측할 수 있으나, 대탄도탄의 경우 일정 비행기간 동안 유도된 이후 유도 없이 자유낙하로 탄착지점에 낙하되는 특성으로 인해 안전지역을 정확하게 예측하기 어려운 특성이 있다.

통상 해상에서 시험을 수행할 경우 어선 및 상선에 대한 피해를 방지하기 위해 해상소개라는 용어로 사용되지만, 이는 무기체계 시험평가 관련기관 및 실무자 차원에서 통용되는 것으로 관련 규정 등의 근거로 선박소개(Ship Dispersion)가 올바른 용어라고 볼 수 있다.

현재까지 해상에서 안전한 비행시험을 위한 선박소개에 대한 추상적인 실시내용을 일부 시험평가 관련 군 규정이나 지침서에 다루고 있으나, 개발자 입장에서의 구체적인 프로세스가 정립되어 있지는 않다. 본 연구에서는 관련 규정 및 지침을 고찰해 보고, 해상 안전영역을 예측하는 기법과 선박 소개를 실시하는 방안을 알아보려고 한다.

2. 본론

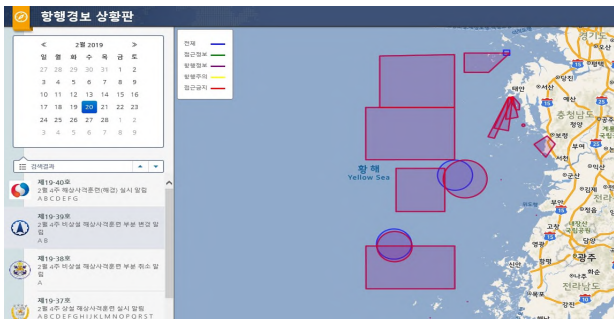
2.1. 국방 해상사격장 현황 및 안전 관련 지침

합동참모본부에서는 무기체계 시험평가 업무지침서를 2015년부터 작성하여 관련 기관에 전파하고 있으며, 지침서 상에는 해상 사격 시 안전조치로 사격시험 전에 사격 구역 내의 어선과 상선에 대한 소개를 실시하고 민항기의 안전을 위해 항공고시보(NOTAM: Notice to Airmen) 설치 등을 조치하라고 명시되어 있다.[3]

또한 해상사격장 안전운용 지침서를 2017년에 작성하여 군 관련 해상 무기체계 시험에 적용하고 있다. 해상사격장은 군과 국방과학연구소가 해상사격훈련 및 무기체계 시험 등을 위해 해상에 설정한 사격장으로, 사전 인가여부에 따라 상설 해상사격장과 비상설 해상사격장으로 구분하고 있다. 상설 해상사격장은 각 군과 국방과학연구소가 소요를 예측하여 사전에 해상의 일정 구역을 승인받아 사용하는 사격장으로 현재 수개의 사격장을 운영하고 있다.[4]

반면 비상설 사격장은 사격훈련 소요가 많지 않거나 무기체계 특성상 장거리 또는 광역의 해상사격장이 필요하여 상설 사격장이 제한되는 경우 임의의 해상구역을 일정시간 통제하여 사용하는 사격장이다.

안전통제의 방법으로는 선박소개, 공역 확보, 유관기관의 안전조치 전파 및 경보발령 등이 포함되어 있다. 공역통제를 위해서는 공군작전사령부 공역관리과에서 민항기 안전통제를 위해 국가공역종합관리시스템(NAIMS: National Airspace Integrated Management System)에 해상사격 정보를 입력하여 전파하고 있다.



(Figure 1) Navigation Warning(KHOA homepage)[5]

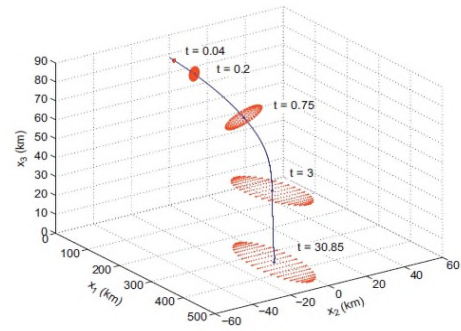
또한 해상 선박에 대한 사격 정보는 해양경찰에서 군의 해상 사격 정보를 확인하여 선박에 해상교통문자로 발송하여 전파하고 있으며, 수협중앙회 어업정보통신본부에서도 안전조치에 대한 항행정보를 무선방송체계를 통해 어선에 전파하고 있다. 항행정보는 Fig. 1에서 보는 바와 같이 해양수산부 국립해양조사원의 홈페이지를 통해서 항행정보를 인터넷으로 확인이 가능하다. 선박소개는 가능한 효율적인 임무수행을 위해 관련 기관(해군, 해경, 해수부 어업단 등)의 편조(編造) 운용을 권고하고 있다. 하지만 본 지침서 등에는 관련 기관이 선박소개를 유관기관과 협조하여 안전하게 실시한다는 내용은 포함되어 있지만 구체적인 프로세스는 제시되어 있지 않은 실정이다.

2.2. 파편 분산 영역 산출

연구개발 주관기관에서는 개발하는 대탄도탄의 특성을 고려하여 탄도탄 표적을 시험시나리오에 따라 요격될 경우, 파편이 해상으로 낙하되는 영역을 사전에 예측하는 것이 매우 중요하다. 산출된 영역에 따라 선박소개 구간이 정해지고, 선박소개에 투입되어야 할 함정들의 수량과 담당구역이 분석될 수 있다.

Cole과 Wolfe의 연구에 따르면 파편의 질량이 0.02~0.3kg 수준이고 물리적인 에너지가 79J이 지상의 인체에 충돌하면, 사망 확률이 10%이고 심각한 손상확률이 90%라고 하였다.[6] 높은 고도에서 발생하는 파편은 낙하되면서 크기에 따라 수 십초 ~ 수 십분까지 낙하시간을 가지면서 지상이나 해상으로 떨어지고, Mahmut and Alvarado의 연구에 의하면 탄도궤적의 진행방향으

로 타원형태의 분포를 보이는데 이러한 분포는 시간이 지나면서 면적이 커진다.[7]



(Figure 2) Debris Diffusion according to Altitudes[7]

파편분산 결과를 산출하는 모델은 FASTT, CLOUD, KIDD, IMPAC 등이 있으며 공통적으로 파편의 크기(중량), 속도, 탄도계수 등이 파편 분산에 크게 영향을 미치는 것으로 고려한다.[8] FASTT(Fragmentation Algorithms for Strategic and Theater Targets)는 NASA에서 개발한 CLOUD 모델을 미 공군과 협력하여 미사일 파편분산 측정을 위해 개량한 것이며, CLOUD는 NASA에서 위성의 우주 궤도 잔해를 모델링하기 위해 개발된 것이다.[8] KIDD(Kinetic Impact Debris Model)는 미국 우주전략방어사령부에서 탄도탄 교전을 위해 개발되었다. IMPACT는 미 Aerospace 사에서 개발하여 미 공군에 제공된 모델로 파편의 크기에 따라 다른 수식 등을 적용하여 파편 분산을 추정하고 있다.

국내에서는 국방과학연구소가 자체 개발하여 일부 활용하고 있는 “사거리/고도별 충돌하는 탄체의 파편분산거리 추정 프로그램”이 있으며, 위 프로그램은 대상 표적을 지정하고 요격되는 사거리와 고도를 지정하면 최소 및 최대 분산거리와 분산반경이 산출될 수 있도록 설계된 전문가시스템(Expert System)으로 볼 수 있다. 예를 들어 <Table 1>은 스킨드 미사일이나 이에 준하는 시험용 탄도탄 표적을 요구되는 사거리와 고도에서 요격할 경우 분산 거리와 반경 범위를 보여주고 있다.

<Table 1> Estimated range of dispersion according to range and altitude[9]

Impact Range / Altitude (km)	Dispersion Range (km)	Dispersion Radius (km)
300 / 30	58.4 ~ 96.2	20.2 ~ 37.9

또한 이연수, 홍동욱, 이승만 등의 연구에 의하면 몬테카를로 시뮬레이션 결과를 활용한 회귀분석(Regression Analysis)을 통해 분산 평균거리(D1)와 분산 평균반경(D2)을 계산하기도 한다.[10] 즉, 요격되는 사거리(R)와 고도(H)를 기준으로 아래의 식을 이용할 수 있다.

$$D1 = -73.23 + 0.06 * R + 1.37 * H$$

$$D2 = -0.48 - 0.02 * R + 0.64 * H$$

기존의 파편분산 프로그램이나 시뮬레이션 결과는 개발기관의 특성에 따라 약간의 상이한 결과가 나타날 수 밖에 없다. 따라서 단일의 방법보다는 여러 가지 방식을 활용하여 안전의 특성상 보수적인 결과를 토대로 선박소개 계획이 있어야 한다.

지원이 가능하도록 협조가 필요하다.

3. 결론 및 고찰

국방과학연구소에서는 서해 안흥항에서 남쪽으로 약 40km 이내의 해상에서 2014 ~ 2016년 3개년의 일일 선박분포를 조사한 바 있다. 조사결과에 따르면 적게는 20여척에서부터 많게는 160여척의 선박이 분포한다.[2] 이는 대상무기체계의 사거리가 비교적 짧은 경우에 해당되는 거리상의 선박만을 조사한 것이며, 장거리/고고도 미사일을 대상으로 할 경우에는 서해상의 선박이 조사보다는 많이 질 수 밖에 없다.

<Table 2>에서 보듯이 가을에 서해상에서 많은 선박이 조업에 참여하고 있고, 상대적으로 겨울이 적다. 따라서 연구개발 주관기관에서는 가급적 선박 조업수가 적은 봄이나 겨울에 비행시험을 계획하는 것이 선박소개로 인한 시험의 차질을 줄일 수 있다. 다만 무기체계 시험평가 관련 규정 등에서 혹서기와 혹한기를 포함하기로 되어 있기 때문에 이에 대한 고려도 관련기관과의 원활한 합의가 필요하다.

<Table 2> Average Number of Ships(A Day) on West Sea[2]

Season	2014	2015	2016	Average (A Day)
Spring(3,4,5)	77.2	80.2	75.7	77.8
Summer(6,7,8)	81.2	84.9	92.1	86.1
Fall(9,10,11)	128.8	157.2	160.3	149.0
Winter(12,1,2)	27.5	53.8	49.6	45.2

미사일 시험에는 수주 전부터 지상에서 발사준비를 위한 많은 인원들이 점점, 자체 예행연습 등이 이루어지는 관계로 선박소개의 성패가 전체 발사시험의 성패와 직결되는 경우가 빈번하기 때문에 사전의 관련 기관과의 유대관계 유지가 필요하다.

또한 국내의 미사일 사거리 및 고도 등이 커지는 관계로 국내의 해상에서 시험에 제한이 대두되고 있는 시점이다. 이는 주변국의 외교적인 문제와 연결될 수 있으며, 해상에서 민간 어선의 어업활동을 일정 기간 제한해야 하는 관계로 민원 등의 문제도 극복해야 될 사항이다.

따라서 국내 시험 외에도 국외에서 시험하는 방안도 장기적으로 모색되어야 한다. 하지만 국외에서 시험하는 경우 시험을 협의, 계약, 수송하는 절차가 까다롭고 시험장이 위치한 국가에 많은 국방예산이 지원되어야 하는 단점도 분명히 존재한다. 또한 국외 시험장의 실정에 맞게 관련 기술을 일정부분 제공해야 하는 기술유출 및 보안상의 문제도 있을 수 밖에 없다.

참고문헌

[1] K.S. Kim, "Test and Evaluation based on Collaboration and Control", Proc. of 2019 weapon system T&E seminar, July, 2019.

[2] S. W. Back, et al., "Analysis on ship distribution characteristics of marine firing range", Proc. of 2019 weapon system T&E seminar, July, 2019.

[3] R.O.K Joint Chiefs of Staff, Guidance of Weapon System T&E, 2018.

[4] R.O.K Joint Chiefs of Staff, Guidance of Safety in Maritime Firing Test Range, 2017.

[5] Korea Hydrographic and Oceanographic Agency(KHOA), www.khoa.go.kr/nwb, Feb. 20, 2019.

[6] J. K. Cole and W. P. Wolfe, "Hazard to people and aircraft from flight test debris generated at high altitudes", AIAA 96-0070, 1996.

[7] R. Mahmut and J. Alvarado, "Estimation of debris hazard area due to a space vehicle breakup during reentry", Acta Astronautica, Vol. 86, pp. 211-218, 2013.

[8] S. M. Lee and H. J. Lee, et al., "Comparison to debris model for estimation safety area of ballistic missile intercept", Proc. of KIMST, pp. 1192-1193, June, 2016.

[9] S. M. Lee, L. Huh, H. C. Kim, "Estimation of debris dispersion range and avoidance zone according to missile intercept altitude", 6th international conference on design and analysis of protective structures, November, 2017.

[10] Y. S. Lee, D. O. Hong, S. M. Lee, et al., "A study on the debris dispersion characteristics and avoidance zone according to missile intercept altitude", Proc. of KIMST, pp. 677-678, June, 2016.

[11] Korea Meteorological Administration, www.weather.go.kr, Feb. 20, 2020.

[12] S. J. Han, S. B. Park, et al., "(A) study on the ship dispersion for missile flight test", Proc. of KIMST, pp. 624-625, June, 2019.

[13] S. J. Han, B. G. Cho, et al., The ship dispersion for missile flight test, Report(Agency for Defense Development), 2019.