# 국방 대탄도탄 비행시험 시 해상 안전영역 확보 연구

한승조<sup>\*</sup>, 최현주<sup>\*</sup>, 최현호<sup>\*</sup>, 김수연<sup>\*\*</sup>, 이세호<sup>\*\*</sup>, 배영민<sup>\*\*\*</sup> \*국방과학연구소, <sup>\*\*</sup>육군, <sup>\*\*\*</sup>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

요 약

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. 서 론

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

개발 단계에서의 비행시험은 실패의 가능성이 존재하기 때문 에 안전에 대한 대책이 강하게 요구될 수 밖에 없고, 시험 지역 의 주민들에 의한 어업생존권과 연관된 민원 등이 빈번한 실정 이다. 2016년 7월에 대만 해군 함정에서 Hsiung Feng III 대함 미사일이 민간어선에 발사되어 일부 선원들이 사망하거나 부상 당한 일이 발생한 바 있다.

무기체계 개발단계에서 설계와 제작이 기본적으로 중요하지 만 시제로 제작된 것을 이용하여 시험평가가 전체 사업에서 일 정과 투입노력의 50% 수준을 차지하고 있다고 보고되고 있 다.[1] 미사일과 같은 체계개발은 소요군에 의해 시행되는 시험 평가를 포함하여 연구개발 주관기관에서 자체적으로 수행하는 비행시험의 횟수가 많은 관계로 해상에서의 안전영영 확보를 위 한 노력이 상당히 필요할 수 밖에 없다.

예를 들어 연구개발 주관기관 중의 하나인 국방과학연구소는 안흥에 종합시험장을 구축하여 매년 2,300여건의 시험을 수행하 고 있고, 이 중 80%는 유도무기 및 총포, 탄약을 대상으로 해상 에서 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 종사자들 의 잦은 민원제기 등으로 국외 시험장의 필요성까지 제기되고 있는 실정이다.

특히 탄착지점까지 유도가 될 수 있는 대지 미사일의 경우에 는 탄착지점을 공학적인 방법으로 일정부분 정확하게 예측할 수 있으나, 대탄도탄의 경우 일정 비행기간 동안 유도된 이후 유도 없이 자유낙하로 탄착지점에 낙하되는 특성으로 인해 안전지역 을 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 정립되 어 있지는 않다. 본 연구에서는 관련 규정 및 지침을 고찰해 보 고, 해상 안전영역을 예측하는 기법과 선박 소개를 실시하는 방 안을 알아보고자 한다.

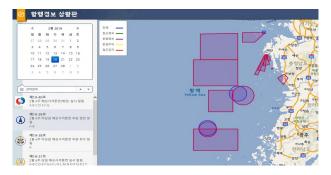
#### 2. 본 론

## 2.1. 국방 해상사격장 현황 및 안전 관련 지침

합동참모본부에서는 무기체계 시험평가 업무지침서를 2015년 부터 작성하어 관련 기관에 전파하고 있으며, 지침서 상에는 해 상 사격 시 안전조치로 사격시험 전에 사격 구역 내의 어선과 상 선에 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 해 상에 설정한 사격장으로, 사전 인가여부에 따라 상설 해상사격 장과 비상설 해상사격장으로 구분하고 있다. 상설 해상사격장은 각 군과 국방과학연구소가 소요를 예측하여 사전에 해상의 일정 구역을 승인받아 사용하는 사격장으로 현재 수개의 사격장을 운 용하고 있다.[4]

반면 비상설 사격장은 사격훈련 소요가 많지 않거나 무기체계 특성상 장거리 또는 광역의 해상사격장이 필요하여 상설 사격장 이 제한되는 경우 임의의 해상구역을 일정시간 통제하여 사용하 는 사격장이다.

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



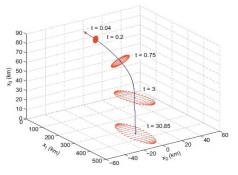
(Figure 1) Navigation Warning(KHOA homepage)[5]

또한 해상 선박에 대한 사격 정보는 해양경찰에서 군의 해상 사격 정보를 확인하여 선박에 해상교통문자로 방송하여 전파하 고 있으며, 수협중앙회 어업정보통신본부에서도 안전조치에 대 한 항행경보를 무선방송체계를 통해 어선에 전파하고 있다. 항 행경보는 Fig. 1에서 보는 바와 같이 해양수산부 국립해양조사 원의 홈페이지를 통해서 항행경보를 인터넷으로 확인이 가능하 다. 선박소개는 가능한 효율적인 임무수행을 위해 관련 기관(해 군, 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 구체적 인 프로세스는 제시되어 있지 않은 실정이다.

## 2.2. 파편 분산 영역 산출

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

Cole과 Wolfe의 연구에 따르면 파편의 질량이 0.02~0.3kg 수 준이고 물리적인 에너지가 79J이 지상의 인체에 충돌하면, 사망 확률이 10%이고 심각한 손상확률이 90%라고 하였다.[6] 높은 고도에서 발생되는 파편은 낙하되면서 크기에 따라 수 십초 ~ 수 십분까지 낙하시간을 가지면서 지상이나 해상으로 떨어지고, Mahmut and Alvardo의 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, 탄도 계수 등이 파편 분산에 크게 영향을 미치는 것으로 고려한다.[8] FASTT(Framentation Algorithms for Strategic and Theater Targets)는 NASA에서 개발한 CLOUD 모델을 미 공군과 협력하 여 미사일 파편분산 측정을 위해 개량한 것이며, CLOUD는 NASA에서 위성의 우주 궤조 잔해를 모델링하기 위해 개발된 것이다.[8] KIDD(Kinetic Impact Debris Model)는 미국 우주전 루방어사령부에서 탄도탄 교전을 위해 개발되었다. IMPACT는 미 Aerospace 사에서 개발하여 미 공군에 제공된 모델로 파편의 크기에 따라 다른 수식 등을 적용하여 파편 분산을 추정하고 있 다.

국내에서는 국방과학연구소가 자체 개발하여 일부 활용하고 있는 "사거리/고도별 충돌하는 탄체의 파편분산거리 추정 프로 그램"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. 에를 들어 <Table 1>은 스커드 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	Dispersion Range	Dispersion Radius	
(km)	(km)	(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 통 해 분산 평균거리(D1)와 분산 평균반경(D2)을 계산하기도 한 다.[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 개발기관 의 특성에 따라 약간의 상이한 결과가 나타날 수 밖에 없다. 따 라서 단일의 방법보다는 여러 가지 방식을 활용하여 안전의 특 성상 보수적인 결과를 토대로 선박소개 계획이 있어야 한다.

#### 2.3 해상 안전영역 확보를 위한 선박소개 프로세스

본 장에서 제시하는 선박소개 과정은 국방과학연구소에서 실 시하는 개발과정에서의 비행시험을 기준으로 하고 있다. 위에서 제시한 국방외 조직에서의 함정이 포함된 편조(編造)를 통한 선 박소개 전력을 주로 이용하고 있으며[12], 이는 국방무기체계의 시험에 해군 함정만을 이용할 경우 민간 어선에 대한 통제 및 단 속 권한이 없어 선박소개의 효율성이 떨어지기 때문이다.

### 2.3.1 시험 일자 및 탄착지점 확정

시험 미사일의 기술적 완성 및 협력업체와의 일정을 고려하여 시험 일자를 선정하며, 발사 당일의 기술적 문제, 기상 등을 고 려하여 예비일자를 최소한 2일 정도 확보한다. 이후 M&S를 이 용한 성능분석을 통해 탄착지역을 예상하고, 탄착지역에 낙하되 는 물체(추진체, 탄두 등)의 분포를 확인하여 탄착지점을 중심으 로 선박소개가 필요한 지역을 예상한다. 앞서 설명한 표적에 대 한 요격시험의 경우에는 요격 이후의 파편이 분산되는 영역까지 모델을 이용하여 추정해야 한다.

이 때 최대한 고공기상을 고려하여 충분히 넓은 지역을 안전 구역으로 선정할 필요가 있다. 예상되는 선박소개 지역이 정해 지면 소요되는 함정의 수를 선정한다.[13] 안전 구역에 따른 소 요함정의 수는 통상 해군 및 해경의 경험에 의거하여 최소의 함 정이 투입되어 원하는 선박소개가 이루어질 수 있도록 관련기관 간의 협력과 협의가 필수적이다.

### 2.3.2 선박소개 지원 전력 확보

선박소개에 필요한 전력은 주로 편조되어 운용되고 있고, 각 기관별로 기관의 임무(훈련, 해상순찰, 어선 단속 등)가 계획되 어 있기 때문에 시험일자가 정해지는 대로 지체없이 관련 기관 과 협조하여 대략적인 지원 전력 동원을 협조하여야 한다.

해군의 경우 분기별로 해군본부 및 해군작전사 주관으로 해군 함정지원 소요를 파악하고 협조회의가 개최되기 때문에 사전에 소요를 반영하고 협조회의에 참석하여 구체적인 지원 함정의 임 무와 종류 등을 확정할 필요가 있다. 해양경찰 및 해수부 산하 어업관리단의 경우 탄착지역에 따라 관할 예하 기관이 다르고 지원 가능한 함정이 다르기 때문에 사전에 방문 등을 통해서 가 용 함정의 일정과 가능한 전력 등을 확인해야 한다.

미사일 탄착지점은 관련 물체의 지상 낙하를 방지하기 위해서 육지에서 원거리에 위치한 지점으로 발사가 이루어지기 때문에 지원 함정도 가급적 대형 함정이 지원될 수 있도록 해야 하며, 이는 파고 등 기상의 영향을 적게 받아 원하는 전력이 무리없이 투입될 수 있게 하기 위함이다. 예를 들어 해군 및 해경의 함정 중 소형 함정들은 파고 2.5m 초과 황천 5급 이상의 경우 육지의 기지나 항구로 피항을 해야 되는 상황이 발생되기도 한다.[12] 또한 시험이 실시되는 과정 중에서 사고의 가능성이 항상 존 재하기 때문에 발생된 사고에 대한 최대한의 대응이 가능하도록 비상헬기를 협조해 놓는 것이 좋다. 헬기의 특성상 고속 기동이 가능하기 때문에 최소한 해안 인근의 부대나 해경 등의 헬기 동 원이 가능한 협조가 필요하고, 비상연락망을 연구개발 주관기관 에서 확보하여 시험 참여인원들이 공유해야 한다.

# 2.3.3 선박소개 계획 구체화 및 실무회의

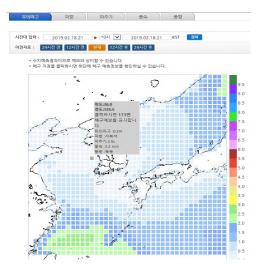
지원될 수 있는 함정의 협조가 이루어진 후 시험 주관기관에 서는 선박소개 계획을 구체화한다. 여기에는 시험 일시/장소, 예 비일자, 지원 함정, 함정 통신 방법, 선박소개 절차(집결, 담당구 역, 비상 통신 방안 등) 등이 포함된다. 또한 지상 발사지점의 통 제소와 연락할 수 있는 구역 내에서의 지휘함을 일원화해야 한 다.[13] 특히 실무회의 시 집결지에 모여서 통신상태를 확인하고 책임구역 및 소개 후 최종 위치를 확인할 필요가 있음을 인지시 켜야 하며, 소개 완료와 미사일이 발사된 후 소개 선박의 피해 가능성을 최소화하기 위해 발사 정보가 알려지면 구역의 외곽으 로 최소 5km 이상은 이동해야 함을 설명해야 한다.

### 2.3.4 선박소개 지점의 해상기상 및 민간 선박 운행상태 확인

선박소개 개획이 구체화되고 실무회의까지 마친 이후는 실제 시험 일자에 다가와 있기 때문에 시험 주관 기관에서는 계획된 지점의 해상 기상과 민간 선박 운행을 가용한 정보를 이용하여 예측할 필요가 있다.

첫째, 최소 1주일 전부터 해상의 파고 위주의 해상 기상을 모 니터링 한다. 해수부 및 기상청의 인터넷 접속을 통해 해상 현황 을 파악할 수 있으며, 당일의 최근 5년간 평균파고, 1주일 전 기 준의 당일 파고 등을 확인할 수 있다.

둘째, 해군과 협조하여 1일 단위로 동일한 시간대의 어선과 상선 등의 정보를 확인한다. 만약 시험 당일의 시간대에 어선과 선박이 예상보다 많거나 해상 날씨가 좋지 않다면 추가적인 조 치가 필요하다. 즉, 필요 시 지원 전력을 추가로 긴급 요청하거 나, 선박 소개를 시험 당일이 아닌 하루 전부터 실시하게 협조하 여 시험에 지장을 주지 않도록 해야 한다.



(Figure 3) Maritime Wave Height(Korea Meteorological Administration)[11]

# 2.3.5 위한 선박소개 수행 및 후속조치

시험용 미사일의 준비상태, 지원 함정의 지원, 해상기상 등이 원활하다면 계획대로 선박소개를 실시한다. 예기치 못한 우발상 황이 발생한다면 계획에 반영된 예비 일자 시험, 예비 선박 투입 등의 대책을 실행하여 성공적인 시험이 이루어질 수 있도록 한 다. 통상 미사일 비행시험은 사업기간의 특성 등에 따라 수차례 수행하는 것이 대부분이다. 즉, 탐색개발 단계에서는 체계개발 진입을 위한 핵심기술 확보를 확인하기 위해 비교적 적은 수량 의 비행시험이 이루어지지만, 체계개발은 명중률이나 운용시험 평가 등의 평가요소와 관련하여 상당히 많은 수량의 비행시험 소요가 발생할 수 밖에 없다. 따라서 선박소개 전력을 지원한 기 관과 비행시험 후 미흡한 점을 논의하고 향후 발전된 방향으로 지원이 가능하도록 협조가 필요하다.

#### 3. 결론 및 고찰

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

<Table 2>에서 보듯이 가을에 서해상에서 많은 선박이 조업 에 참여하고 있고, 상대적으로 겨울이 적다. 따라서 연구개발 주 관기관에서는 가급적 선박 조업수가 적은 봄이나 겨울에 비행시 험을 계획하는 것이 선박소개로 인한 시험의 차질을 줄일 수 있 다. 다만 무기체계 시험평가 관련 규정 등에서 혹서기와 혹한기 를 포함하기로 되어 있기 때문에 이에 대한 고려도 관련기관과 의 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 점검, 자체 예행연습 등이 이루어지는 관계로 선박소 개의 성패가 전체 발사시험의 성패와 직결되는 경우가 빈번하기 때문에 사전의 관련 기관과의 유대관계 유지가 필요하다.

또한 국내의 미사일 사거리 및 고도 등이 커지는 관계로 국내 의 해상에서 시험에 제한이 대두되고 있는 시점이다. 이는 주변 국의 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 장기적으 로 모색되어야 한다. 하지만 국외에서 시험하는 경우 시험을 협 의, 계약, 수송하는 절차가 까다롭고 시험장이 위치한 국가에 많 은 국방예산이 지원되어야 하는 단점도 분명히 존재한다. 또한 국외 시험장의 실정에 맞게 관련 기술을 일정부분 제공해야 하 는 기술유출 및 보안상의 문제도 있을 수 밖에 없다.

#### 참고문헌

- 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 Oceanograhpic 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. Alvardo, "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 dispertion 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.