

통합형마스트의 함정통합설계 시 고려사항에 관한 고찰

강치영^{1*}, 김언철¹, 김영제¹
현대중공업¹

Study about Considerations of Design for "Integrated Mast" Integration into Platform

Chi Young Kang^{1*}, Un Chul Kim¹, Young Je Kim¹

Abstract : 현대 기술의 발달로 안테나 형상들이 평면화되고 기존의 기계적 구동에 의해 회전해야만 했던 안테나들이 전자적으로 빔 조향이 가능한 안테나로 변경되어 기존 상부갑판 배치 패러다임에도 변화가 필요하다. 대표적인 예가 마스트에 설치되어 있는 레이더, 통신안테나 및 센서 등을 통합한 "통합형마스트"이다. 통상 마스트 외부에 배치되어 있는 장비실들을 포함하여 센서들이 통합되므로 크기 및 무게가 상당하고 단순한 구조물이 아닌 각종 센서 운용에 필요한 장비 또는 설비를 포함한 별도의 무기체계이다. 이러한 대형구조물이면서 별도의 무기체계인 "통합형마스트"를 함정에 통합 시 단순한 대형블록을 탑재하는 방식의 접근은 적절하지 못하다. 충격, 진동 등을 고려 한 구조적인 통합 설계뿐만 아니라 함정 체계와의 연동 설계, 함 기본/특수 성능, 설치성 및 함정 타 체계와 간섭 등을 고려해야 한다. 본 논문에서는 이러한 고려사항들에 대해 간략히 논의한다.

Key Words : 통합형마스트, 함정통합 설계

1. 개요

통합형마스트는 별도의 무기체계로 함정사업과 동시에 개발 및 제작이 가능하다. 따라서 통합형마스트에 설치되는 개별장비의 작동검사 및 연동시험을 수행 후 함정에 Turnkey base 로 공급하기 때문에 항상 공정 단축 및 블록 탑재 Critical path 를 고려할 필요가 없는 장점이 있다.

그러나 기존의 마스트는 함정의 일부분으로 설계 후 제작되어 별도의 통합설계가 필요치 않았지만 통합형마스트라는 별도의 무기체계로 변경됨에 따라 통합형마스트와 함정이라는 서로 다른 두 체계를 통합하기 위한 통합설계가 필수적이다.

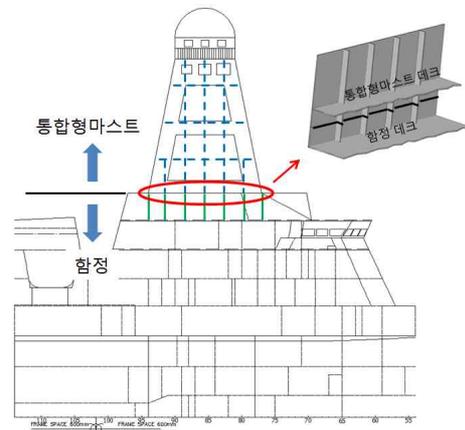


Fig. 1. 구조부재 정렬

2. 통합형마스트 함정통합설계 시 고려사항

통합형마스트의 함정통합설계 시 고려사항으로 크게 하기와 같이 구분 할 수 있다.

1. 구조 측면
2. 함정 체계와 연동 설계
3. 함 기본/특수 성능
4. 설치성
5. 함정 타 체계 간섭

상기 외에 함정구성품목(스피커, 화재감지기, CCTV 등) 배치 및 함정과의 연동, 보온/도장사양, NBC 설계 등도 통합형마스트의 함정통합설계 시 고려되어야 할 사항이다.

2.1. 구조 측면

일반적으로 통합형마스트는 기존 마스트보다 크고 중량이 무거우므로 함정에 탑재 시 충분한 강성이 확보 되도록 함정과 구조적으로 통합되어야 한다.

가능한 통합형마스트의 구조부재를 함정 프레임과 일치시켜 기본 구조 성능을 확보하고 구조적 불연속으로 인한 피로를 줄일 수 있도록 해야한다.

또한 구조해석 수행 시 정적 하중 뿐만아니라 동적 하중도 고려해야 하며 대표적인 인자는 하기 그림과 같다.

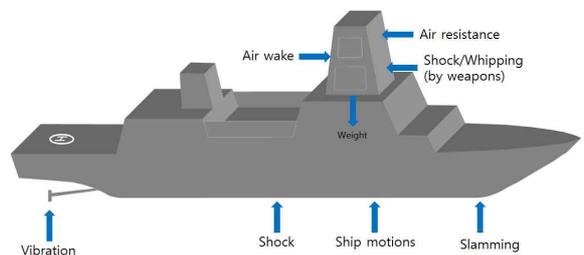


Fig. 2. 통합형마스트 함정통합 시 고려 하중

충격 및 진동은 구조설계 시 중요하게 고려해야 할 사항이며 단위 장비의 경우 검증 기준에 따라 별도로 실험 또는 해석적인 방법으로 확인이 가능하나 통합형 마스트 플랫폼의 경우 함정구조의 영향성 고려와 해석의 현실성 및 신뢰성을 위해 선체화하여 함정에 통합 후 전선구조해석을 하는것이 타당하다. 특히, 진동의

통합형마스트의 함정통합설계 시 고려사항에 대한 고찰

경우 기진력이 함정의 프로펠러이기 때문에 함정과 통합하여 전선강제진동해석이 필요하다.

하기는 현대중공업에서 복합센서마스트를 함정과 통합 후 전선강제진동해석한 예이다.

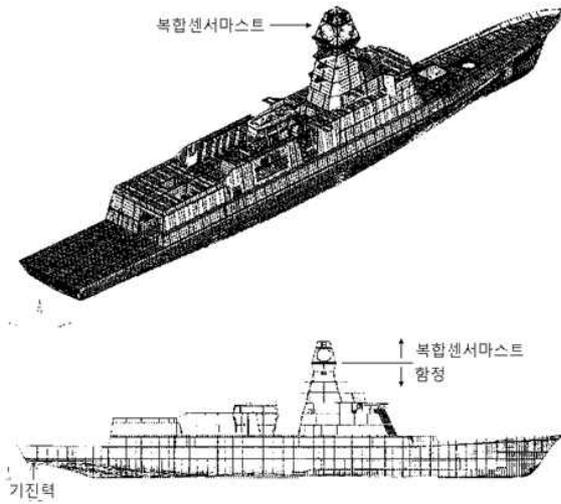


Fig. 3. 전선강제진동 모델

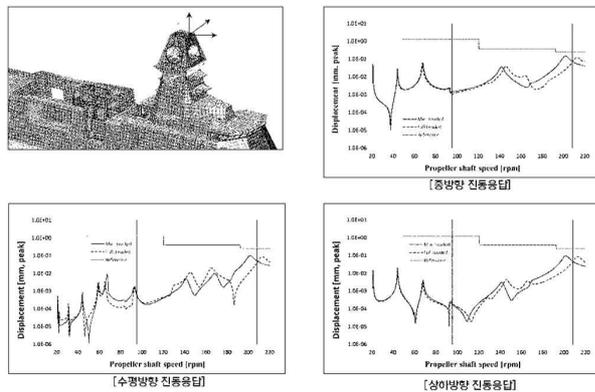


Fig. 4. 강제진동해석 결과

2.2. 함정 체계와 연동 설계

통합형마스트는 PNP(Plug and Play) 방식이 가능하다고 하나 실제로는 함정에 탑재 후 전력, 공조, 냉각수, 압축공기 등 지원설비들이 정상적으로 연동이 되어야 운용이 가능하다. 따라서 함정 체계의 연동 설계가 필요하며 고려사항은 하기와 같다.

Table 1. 함정체계 연동 시 고려사항

연동대상	고려사항
전력	소비전력, 전원 종류, 케이블 연결 방법
공조	공조량, 공조 온도, NBC 설계, 연결부 형상/방식
냉각수	공급유량, 공급 압력, 냉각수 온도, 연결 방식
압축공기	공급유량, 공급 압력, 연결 방식
연동장비	케이블 제한거리, 연동 요구조건

통합형마스트의 함정통합설계 시 고려사항에 대한 고찰

전력, 공조, 냉각수 및 압축공기들은 통합형마스트에서 요구하는 수준을 함정체계에 반영하여 충분히 지원될 수 있도록 장비 사양 결정 시 고려해야 되며 연동장비와 연동 시 케이블제한거리 및 연동요구조건 등을 고려하여 전투체계 장비실 및 관련 격실을 배치해야 한다.

2.3. 함 기본/특수 성능

통합형마스트는 크기와 중량을 고려하였을 때 함 외형 및 함 기본/특수성능에 큰 영향을 미친다. 따라서 함정통합 시 함정체계에서 하기와 같은 설계 고려사항들이 있다.

1. 함 복원성

통합형마스트는 기존의 마스트 대비 중량이 크기 때문에 함정의 무게 중심을 상승시킨다. 함정이 통합형마스트에 비해 클 경우 괜찮지만 그렇지 않을 경우 복원성이 충분히 검토되어야 한다.

하기 사진은 네덜란드 Holland Class 의 Offshore patrol vessel(OPV) 과 Karel Doorman Class 의 Multi-Function Support Vessel 의 비교 사진이다. 두 함정 모두 탈레스社의 I-MAST 400 이라 불리는 통합형마스트를 탑재하고 있으나 OPV 의 경우 상승 된 함정 무게 중심을 낮추기 위해 함내 고중량의 장비를 하부 구역에 배치하여 복원성을 확보하였을 것으로 판단된다.



Fig. 5. Holland Class(上) 및 Karel Doorman Class(下) 사진

영구발라스팅 적용 또는 선저부 철판을 두껍게 하여 무게 중심을 낮추는 방법도 있으나 이는 함정의 경하중량을 과도하게 증가시키는 요인이 되므로 가능한 일반배치를 통해 복원성을 확보하는 것이 바람직하다.

2. 추진 성능

통합형마스트는 기존의 마스트 대비 면적이 넓기 때문에 추진 시 공기저항을 많이 받는다.

대형 함정의 경우 공기저항 영향성은 적으나 작고 빠른 함정에는 초기 소요마력 추정 시 공기저항에 따른 영향성이 고려되어야 한다.

3. 연돌 폐기 영향성

통합형마스트에는 온도에 민감한 센서들이 설치되어 있기 때문에 다양한 운항조건과 풍속하에 연돌에서 발생하는 폐기의 영향성을 고려하여야 한다. 특히, 공기의 흐름이 유연하게 될 수 있도록 상부구조형상 설계 및 통합형마스트를 배치하여 후류(wake)에 의해 배기 가스가 항수 쪽으로 이동하는 경우를 최소화하여야 한다.

하기는 현대중공업에서 수행한 연돌폐기 영향을 분석한 예이다.

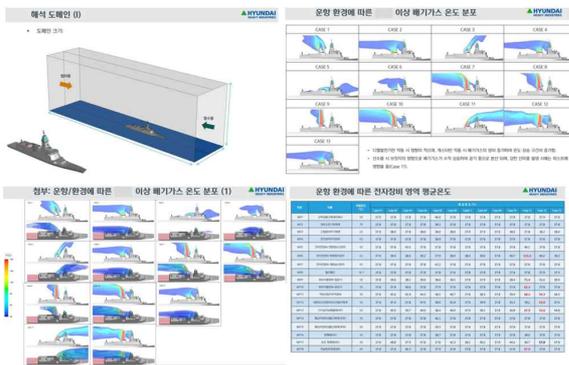


Fig. 6. 배기 가스 열유동해석 결과

3. 함 스텔스

통합형마스트는 이미 레이더반사면적(RCS) 고려하여 설계 및 제작되므로 함정에 탑재 시 스텔스 성능이 유지 될 수 있도록 상부구조물 형상설계(Shaping)가 필요하며 통합형마스트와 함정 구조물 간 전자파 난반사가 발생하지 않도록 고려하여야 한다.

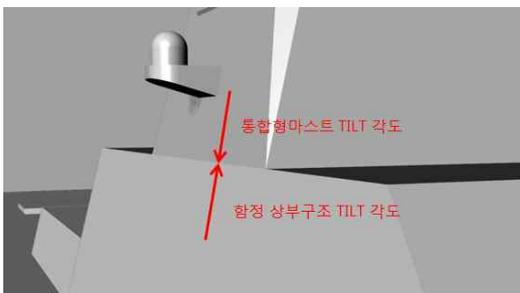


Fig. 7. 함정 상부구조물 형상설계

함정 생존성을 위해 RCS신호 감소 뿐만 아니라 IR신호 감소 역시 함정 스텔스 성능에 있어 중요한 부분이다. 따라서 함정에는 선체를 냉각시킬 수 있는 살수장치가 설치되며 화학무기에 노출 시 함정외부 오염물질 세척과 선체외부에서 화재 발생 시 소화 목적으로도 사용된다.

하기는 국내함정 마스트에 살수 노즐 적용 예이다.



Fig. 8. 대구함(左) 및 노적봉함(右) 사진

해수 분사 시 센서 성능에 영향을 미치므로 통합형마스트에 적용 여부 및 범위는 관련기관과 사진에 충분히 논의가 이뤄져야 한다.

냉각 또는 세척을 위해 살수노즐 설치가 필요하면 적용방안으로 하기와 같이 세 가지 방법이 있다.

Table 2. 통합형마스트 살수노즐 적용 안

안	개념	방법
1		선체에 살수 노즐을 설치하여 통합형마스트로 분사
2		통합형 마스트 내부에 해수 배관을 설치하여 외부로 관통 살수노즐 적용
3		통합형 마스트 외부에 해수 배관을 설치하여 살수노즐 적용

1안의 경우 통합형마스트에 설계적 영향성은 없으나 분사노즐이 하부에 있으므로 IR신호 감소 및 표면이 충분히 Wash Down 이 가능하도록 분사노즐 각도 및 분사압 등을 함정체계에서 고려하여야 한다.

2안은 통합형마스트 내부에 해수 배관을 설치하므로 해수 누수 시 내부에 있는 장비에 손상이 발생할 수 있으므로 해수배관보호 대책이 반영되어 있어야 된다.

3안은 1안과 2안의 조합으로 통합형마스트에 설계적 영향성도 적고 함정체계에서도 고려사항은 적으나 설치성 및 정비성 측면에서 불리하고 외관상 좋지 못하다.

하기는 네덜란드 함정의 적용 사진이다.



Fig. 9. Karel Doorman Class(上) 및 De Zeven Class(下) 사진

2.4. 설치성

함정 전체를 체계통합하는 연구개발기관에서는 통합형마스트의 설치성 검토는 필수이다.

통합형마스트의 재질, 함정에 접합방법 및 탑재방법에 따라 설치성이 달라지기 때문에 관련기관과 사전에 협의하는 것이 중요하다. 특히, 장착면에 대한 평면도, 표면조도, 중심선 정렬 및 중심선 이격거리 허용치에 따라 기계가공의 정도가 정해지고 가공 여유치를 함정에서는 반영해야 한다. 또한 통합형마스트 탑재 및 센서 배열을 위해 함정에 벤치마크 위치를 고려하여하며 통합형마스트에도 적당한 위치에 기준점이 반영 될 수 있도록 정보를 제공하여야 한다.

함정에는 대형 구조물 탑재를 용이하게 하기위해 가이드 핀(Pin) 또는 피스(Piece) 설치도 고려하여야 한다.

2.5. 함정 타 체계와 간섭

통합형마스트 적용 시 함정 상부구조 단순화를 통한 RCS 성능 향상과 레이더 및 센서 등을 통합함으로써 간섭을 최소화 할 수 있다. 그러나 현재 국내 기술개발 동향 및 함정 무기체계 획득 특성상 상부구조에 있는 모든 장비들을 통합 할 수 없다. 대표적인 예로 HF 안테나, 전술항법장비(TACAN), 항해용 레이더, 전자전 장비, 전저광학추적장비 및 풍향풍속계 등이 있으며 통합되지 못한 장비들은 배치 시 통합형마스트에 의한 전자기 간섭(EMI) 및 음영구역을 고려하여야 한다.

풍향풍속계는 통상 함 구조물에 의해 바람의 영향을 가장 적게 받도록 함정 야드암(Yardarm)이나 보조마스트에 상부에 설치되나 통합형마스트에 추가 구조물을 설치하는 것은 RCS 성능 저하 및 외관상 좋지 못하기 때문에 적절하지 못하다.

상부구조를 Two Island 방식으로 함미부에 보조마스트 또는 야드암을 추가로 설치하여 통합못한 장비들을 설치할 수 있으나 함미 음영구역증가에 따른 통합형마스트 성능저하와 함 전체 스텔스성능 및 중량 측면에서 불리

통합형마스트의 함정통합설계 시 고려사항에 대한 고찰

하기 때문에 함정체계에서는 상부갑판 배치 시 통합에서 제외 된 장비들의 배치가 면밀히 검토되어야 한다.

3. 결론

이상 통합형마스트의 함정통합설계 시 고려사항에 대해 알아보았다. 아직 통합형마스트는 국내 개발 실적 및 탑재 함정이 없기 때문에 본 논문은 해외 함정 사례 및 현대중공업에서 복합센서마스트 함정통합 설계를 수행하면서 고려 된 많은 항목들 중 일부만 참고하여 작성하였다.

추후 통합형마스트 개발 및 함정사업 수행 시 이러한 고려사항들이 관련기관과 사전에 검토 및 충분히 논의가 된다면 두 체계의 통합설계 수행 시 RISK 감소에 도움이 될 것이다.

후 기

본 논문을 작성하면서 당사에서 복합센서마스트 함정통합 설계 시 식별한 문제점과 해결방안들을 한번 더 검토하는 계기가 되었다.

특히 설계적 측면뿐만 아니라 사업적 측면에서도 모호한 부분들이 있기 때문에 사업초기에 함정 연구개발 기관과 논의한다면 이런 RISK 를 감소하여 사업을 좀 더 원활하게 이끌어 갈 수 있을 것이라고 생각한다.

참고문헌

1) Catrionan Savage and Andy Kimber, "THE IMPACT OF INTEGRATED MAST ONPLATFORM DESIGN AND CLASSIFICATION," RINA Warship 2010 : Advanced Technologies in Naval Design and Construction in June 2010, pp. 2~9.

2) Seo, H. P. and Lee, K. H., "Integrated Mast Applied for Improving Stealth Ship Performance," Korea Association of Defense Industry Studies, Vol. 22, No. 3, 2015, pp. 30, 41.