

경량재질을 이용한 모듈 타입의 부표 설계에 관한 연구

† 정태권 · 임민웅*

† 한국해양대학교 항해학부, *한국해양대학교 산업대학원 해양교통학과

요 약 : 강제 부표는 구조적 강도가 우수하고 철재의 절단, 용접 등의 간단한 가공으로 원하는 모양을 쉽게 만들 수 있는 장점은 있으나, 소재의 특성상 해수에 의한 부식과 흘러나오는 페인트로 인한 환경오염, 무거운 중량, 이에 따른 설치 비용과 유지보수 비용의 증가 등 여러 가지 극복하기 힘든 문제점과 한계점을 가지고 있다. 이 연구에서는 우리나라 표준형 부표의 기본 소재로 사용하고 있는 강재 대신 친환경적인 경량재질의 소재를 이용한 부표를 모듈 구조로 설계함으로써, 기존 강제 부표의 문제점과 한계점을 뛰어넘어 효율적인 유지관리와 운영이 가능하고, 해양환경 오염의 방지와 경량화를 실현시킬 수 있는 표체 개선 방안을 제시하고자 한다. 또한, 경량 재질을 이용한 부표의 안정성과 경제성 검토를 통해, 기존 강제 부표와 비교함으로써 안정성과 경제성을 평가하고자 한다.

핵심용어 : 경량재질 등부표, 표체 개선, 강제부표, 표준형부표, 모듈 구조

1. 서 론

항로표지 중 하나인 (등)부표는 항만유도 및 장애표지로 이용되는 것으로서 항로, 위험한 암초, 얕은 수심, 항행금지점 등을 표시하며 해상에 부유하는 등화를 갖춘 구조물로서, 모든 항로표지 가운데 가장 높은 비중을 차지하고 있는데, 현재 우리나라에서 운영되고 있는 표준형 등부표의 기본 소재는 강재를 사용하도록 규정하고 있다.(해양수산부, 2013)

강제 부표는 구조적 강도가 우수하고 철재의 절단, 용접 등의 간단한 가공으로 원하는 모양을 쉽게 만들 수 있는 장점은 있으나, 소재의 특성상 해수에 의한 부식과 흘러나오는 페인트로 인한 환경오염, 무거운 중량, 이에 따른 설치 비용과 유지보수 비용의 증가 등 여러 가지 극복하기 힘든 문제점과 한계점을 가지고 있다. 이런 한계를 극복하기 위한 경량재질을 위한 연구가 그동안 있어왔다.(박혜리, 2014; 신용주, 정태권, 2010, 2011, 2012)

이 논문에서는 경량재질의 소재를 이용한 부표를 설계함으로써, 기존 강제 부표의 문제점과 한계점을 뛰어넘어 효율적인 유지관리와 운영이 가능하고, 해양환경 오염의 방지와 경량화를 실현시킬 수 있는 표체 개선 방안을 제시하고자 한다. 이 연구에서는 모듈 타입의 경량재질을 이용한 등부표를 설계하고자 한다. 경량 재질을 이용한 부표의 안정성과 경제성 검토를 통해, 기존 강제 부표와 비교함으로써 안정성과 경제성을 평가하고자 한다.

2. 모듈형 경량 재질의 부표의 설계

경량재질을 이용한 부표 설계를 위하여 3차원 설계 프로그램인 솔리드웍스를 활용하고 등부표로서는 우리나라 표준형 부표 중 가장 많이 사용하는 LL-24를 대상으로 한다. 외부는 폴리에틸렌, 내부는 폴리 우레탄-폼을 충전하는 방식으로 한다. 모듈형에서는 몸체를 4부분으로 구성하여 상하부가 조립이 가능한 형태로 구성한다.

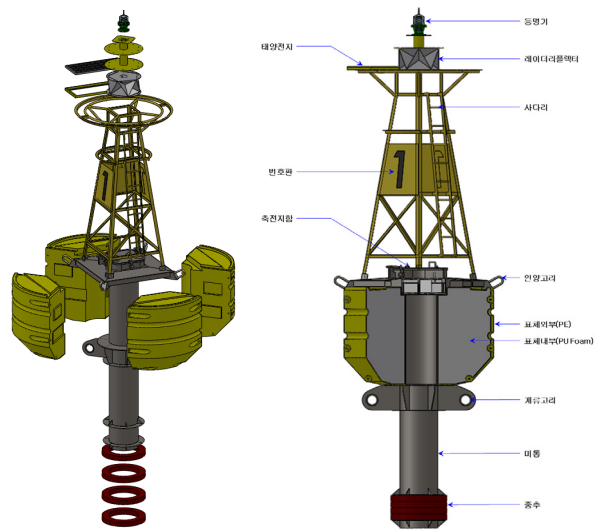


그림 1 경량재질을 이용한 등부표 설계의 예

3. 안정성 검토

경량 재질을 이용한 부표의 안정성 계산은 항로표지 업무편람(해양수산부, 2006)을 참고하였으며, 표 1은 경량 재질을

† 교신저자 : 종신회원, tgjeong@kmou.ac.kr

* 정회원, micro2383@naver.com

이용한 부표의 안정성과 항로표지 업무편람에서 계산된 LL-26(M)의 안정성 검토 결과를 비교한 값인데, 간단히 요약하면 아래와 같다.

① 경량 재질을 이용한 부표는 계류장치를 제외한 부표 표체만으로도 중심이 부심의 아래에 위치하고, GM(복원모멘트) 또한 LL-26(M)에 비해 더 큰 양의 값을 가지므로, 부표의 복원력이 LL-26(M) 보다 좋다. 즉, LL-26(M) 보다 경량 재질을 이용한 부표의 안정성이 더 좋다고 평가할 수 있다.

② 질량관성모멘트, 부표중량, 관성반경 등에 의해 계산된 부표의 고유진동주기는 경량 재질을 이용한 부표가 LL-26(M)보다 더 짧다.

③ 경량 재질을 이용한 부표의 흡수심은, 경량 재질의 표체 적용으로 LL-26(M)보다 적은 중량의 중추가 사용되고, 이에 따라 흡수심 또한 낮으므로 LL-26(M)보다 더 낮고, 더 깊은 수심에서도 사용이 가능하다.

표 1 경량 재질을 이용한 부표와 LL-26(M)의 안정성 비교

검토사항	부호	값	
		경량 재질 부표	LL-26(M)
중심위치	KG	0.264 m	0.281 m
부심위치	KB	0.382 m	0.28 m
경심	BM	0.511 m	0.40 m
GM	GM	0.629 m	0.399 m
고유진동주기	t_0	5.03 sec	7.84 sec
흡수심	d	0.809 m	1.085 m
풍력에 의한 경사각	θ_1	12.84°	19.69°
조류력에 의한 경사각	θ_2	10.75°	19.46°
파도에 의한 경사각	θ_3	20.86°	19.18°

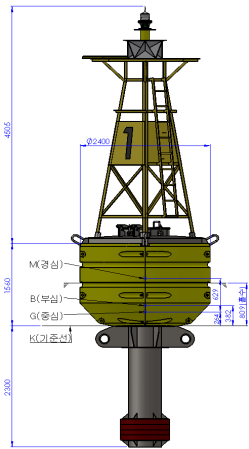


그림 2 경량 재질을 이용한 부표의 제원

4. 결론

이 연구에서는 우리나라 표준형 부표의 기본 소재인 강재 부표가 가지고 있는 문제점과 한계점을 분석하고, 이를 개선하고자 부표의 표체 소재를 강재 대신 경량 재질을 이용하여 설계하고 기존 강재 부표와 비교하여 다음의 결과를 얻었다.

이 연구를 통해 설계된 경량 재질을 이용한 부표는 기존 강재 부표의 문제점과 한계점을 뛰어넘어 효율적인 유지관리와 운영이 가능하고, 친환경적이며, 경량화를 실현시켰으며 특히, 기존 강재 부표에서는 적용할 수 없었던 모듈형 구조 방식을 적용함으로써, 유지관리 뿐만 아니라 경제적인 측면에서도 많은 이점을 가질 수 있게 한다.

또한, 안정성 검토를 통하여 경량 재질을 이용한 부표의 안정성을 증명하였고, 경제성 검토를 통해서도 부표의 구입비용과 설치비용, 유지보수비용 및 장기간 운영비용 등 모든 면에서 기존 강재 부표보다 경제성이 뛰어나다는 결과를 얻을 수 있었다.

그러나, 이 연구에서는 경량 재질을 이용한 부표의 안정성과 경제성에 대하여 이론적인 연구 결과를 통해서도 안정성을 증명하였고, 경제성 또한, 기존 강재 부표보다 뛰어나다는 것이 입증되었으나, 시제품 제작을 통한 실제 해상에서의 운영은 진행되지 않았으므로, 실험을 통한 결과를 얻지 못한 것이 이 연구의 한계이다.

따라서, 향후의 연구에서는 경량 재질을 이용한 부표의 시제품을 제작하여 운영함으로써, 이 연구에서 이론적으로만 입증되었던 부표의 안정성과 경제성을 실제 실험을 통하여 확인할 것이다. 또한, 상부 철탑 소재도 표체와 같은 경량 재질을 이용한 소재를 개발함으로써, 부표를 더욱더 경량화 시킬 수 있고, 유지관리의 효율성을 증대 시킬 수 있는 방안에 관한 연구를 수행할 것이다.

참고 문헌

- [1] 박혜리, 2014. 현장적응형 소형선박 계선부표 개발에 관한 연구. 석사학위논문. 부산:한국해양대학교.
- [2] 신용주, 정태권, 2010. 부표 및 등부표의 표체 개선에 관한 연구(I). 한국항해항만학회 학술대회논문집, 2010, pp.19-22.
- [3] 신용주, 정태권, 2011. 부표 및 등부표의 표체 개선에 관한 연구(2). 한국항해항만학회 학술대회논문집, 2011, pp.266-268.
- [4] 신용주, 정태권, 2012. 부표 및 등부표의 표체 개선에 관한 연구(II). 한국항해항만학회 학술대회논문집, 2012, pp.407-410.