

부표류의 효율적인 관리운영 방안 연구

† 김 동 태*

*국토해양부 여수지방해양항만청

요 약 : 해양교통안전시설인 부표류에 대한 효율적인 관리 운영 방안을 마련하여 국제 기준 이상의 항로표지 운영률을 제고함으로써 통항 선박의 안전을 확보하는 데 목적이 있다.

제1장 서 론

우리나라의 부표는 1908년 압록강 서수도에 설치된 것이 시초이다.

그 이후 100여년에 걸쳐 산업의 현대화를 거듭하면서 무역항에 수 많은 부표류가 설치 운영되어 현재는 570여기의 부표류가 전 해역에서 운영되고 있다.

년대	1950	1960	1970	1980	1990	2000	2005	2009
기수	17	52	115	160	278	362	434	570

[표 1-1 부표류 증가 현황]

부표의 종류도 다양해져 18종의 표준형을 정하여 관리하고 있으며 설치 용도도 다양해져 대형유도등부표(LANBY), 스파브이 등이 주요 항만에 설치 운영되고 있다.

구 분	합계	서해권역				남해권역				동해권역				
		인천	평택	대산	군산	여수	마산	목포	진도	제주	부산	울산	동해	포항
계	570	118	38	43	22	100	50	45	20	3	91	23	4	13
등부표	530	108	36	42	22	85	46	43	20	3	91	22	0	12
부 표	40	10	2	1	0	15	4	2	0	0	0	1	4	1

[표 1-2 부표류 해상설치 현황]

물론 이러한 부표류를 관리 운영하기 위하여 400~500톤급의 부표정비선을 보유하여 동·서·남해권역으로 나누어 체계적으로 부표류를 관리정비하고 있어 부표류의 항로표지 서비스는 국제적으로도 수준급이라 할 수 있을 것이다.

† 교신저자(비회원), kdt99@mltm.go.kr 061-650-6105

선 명	톤수	항행 구역	속력 (kts)	기관	진수일	정원	비고
창명1호	400	연해	13.5	1100PS×2	'91. 9	11	남해
창명3호	436	연해	13.5	1100PS×2	'95.11	11	서해
한빛호	575	근해	14.5	1410PS×2	'00.10	11	동해

[표 1-3 부표정비선 현황]

하지만, 부표류에 대한 관리 운영시스템이 최상의 수준이라고는 하나 운영상의 문제점과 개선사항은 여러 방면에서 찾을 수 있다. 따라서 다음 장에서는 부표류의 운영상의 문제점과 개선사항에 대하여 기술하고자 한다.

제2장 부표류의 관리운영상의 문제점에 대한 개선사항 검토

이 장에서는 부표류 관리운영에 대한 구조적인 문제점, 기술적인 문제점, 운영상의 문제점들을 분석하고자 한다.

2.1 부표류 표체에 대한 구조적인 문제점 분석

통항 선박의 대형화, 고속화에 발 맞추어 부표류의 표체는 직경 2.4m에서 2.6m, 2.8m, 3.0m, 10.0mm로 표체 높이도 8.5m에서 11.1m급까지 향상되었으며, LSP-28형, LANBY-100형 등의 특별한 용도의 부표류도 설치 운영하게 되었다. 따라서 2001년도에 표준형 부표류 18종을 선정하여 운영하고 있으나 실질적으로 사용이 기피되는 몇 종류는 표준형에서 제외할 필요성이 있는 것

으로 판단된다. 즉, 구조적인 결함에 노출된 LS-35형, 용도가 거의 없는 U-17C형 등은 표준형에서 제외하며, LSP-28형, LANBY-50형, LANBY-120형 등은 추가 지정할 필요성이 있으므로 표준형 부표류의 추가(가감) 지정이 조속히 행해져야 할 것이다.

또한, 해상 오염 및 관리상의 어려움을 조금이라도 줄일 수 있는 특수 재질의 부표류 표체 개발이 필요하다. 현재 R&D사업으로 용역 추진중임은 다소 늦은감이 있지만 부표류 업무에 획기적인 발전을 담당하리라 기대된다.

2.2 부표류 설치 운영상의 문제점 분석

현재 우리나라는 표준형 부표제작 및 품질관리 기준에 관한 규정(훈령-135, '08. 8. 7)에 의거 해상의 설치 부표류는 2년을 주기로 교체하며, 내용년수는 15년으로 규정하고 있다.

2000년 이전 당시 해양오염방지법에 의거 해상(선상)에서 부표류를 인양하여 조폐류를 제거하고 도장을 하던 방식이 개선되어 현재에는 해상으로 완전 철거하여 부표공장에서 부표정비 과정을 거쳐 해상에 재투입되고 있어 업무의 획기적인 발전을 가져 왔음은 당연한 것이다.

하지만, 해상 갈매기 등 조류의 배설물에 의한 주간 시인성은 현저히 떨어지는 사례가 빈번함에도 정비주기를 조정하지 못하는 아쉬움이 있다. 또한, 도료를 개선하여 인양 정비주기를 3~4년으로 연장하는 외국의 사례를 분석하여 참조할 필요성이 있을 것이다. 즉, 갈매기 등 조류가 빈번한 무역항의 경우에는 인양정비 주기를 2년 이하로 단축하고, 세라믹 등의 특수 도료를 도입하며, 원거리에 존치하고 외적인 위해 요소가 적은 곳에는 3~4년의 유동성 있는 정비 주기를 도입함이 타당할 것이다.

2.2.1 스파브이의 운영상의 문제점 분석

부산의 신항만이 건설되어 대형 선박이 입출항하는 항로임에도 항로폭은 상대적으로 협소하여 입출항 선박의 안전을 100% 담보하지 못하여 우리나라 부표류 업무에도 새로운 변혁이 시작되었다. 기존의 일반형 부표류는 체인을 사용하여 정착함에 따라 선회반경으로 인한 항로폭을 상대적으로 감소시키는 불합리성이 있어 새로운 구조의 부표를 요구하게 되었다. 즉 조석간만의 차가 2~3m정도 이하이고 항로폭이 협소한 곳에는 체인

이 불필요한 스파브이라는 구조의 신형 부표를 설치하게 되었다. 설치 운영상의 어려움과 3배 이상의 경비가 소요되나 그 만큼의 통항선박의 안전을 담보하므로 가치는 충분하리라 판단된다. 다만 효율성의 저하가 예상되는 조석차가 3m이상인 해역에는 추가 설치 계획에 신중을 기하여야 하며, 설치 비용 대비 운영효과를 면밀히 분석하여 추가 사업을 추진함이 바람직할 것이다.

년도	규격	수량	관내	비고
2006	LSP-24	2기	여수청	
	LSP-28	34기	부산청	
2008	LSP-28	13기	부산청	
2009	LSP-28	13기	울산청	예정

[표 2-1 스파브이 설치 현황]

2.2.2 대형유도등부표의 운영상 문제점 분석

선박이 주요 항만 접근시 시인성이 뛰어난 물표가 존재하지 않는 곳이라면 대형 유도등부표의 설치 필요 충분하다고 판단된다. 따라서 주요 항만 입구에는 광파, 전파, 형상, 기상신호표지 등의 전천후 표지인 대형유도등부표 설치하는 특히 처녀 입출항 선박의 안전을 충분히 담보할 수 있을 것이다. 그러나, 해역별 설치여건을 충분히 검토하여 3~4종(직경 12m, 10m, 7.5m, 5m)의 규격을 개발하여 설치 운영함이 필요할 것 같다. 또한 현재까지는 비관리청항만공사로 시행하여 예산 과다 집행 사례가 있었던 것으로 판단된다. 따라서 향후에는 대형유도등부표의 설치 관리 운영 주체인 해양교통시 설과에서 시행하며, 표준형을 선정하여 설치하되 설치 해역에 대한 기초자료조사용역 선행 후 현장에 설치함이 필요할 것이다.

년도	규격	수량 (기)	관내	비고
1998	LAN-120	1	부산	감천항
2001	LAN-120	1	부산	부산항
2006	LAN-120	1	부산	부산신항
2009	LAN-100	4	인천1,여수2,울산1	
2010~	LAN-100	13	인천,군산,포항,평택,대산,마산	

[표 2-2 대형유도등부표 설치 및 계획 현황]

2.4 방식아연판의 규격 및 재질에 대한 문제점 검토

수중에 설치된 철재류의 부표는 부식현상이 일어나기 마련이며 이를 방지하기 위하여 방식 아연판을 부착하고 있다. 표준형 부표제작 및 품질관리 기준에 관한 규정에서는 적정 규격의 아연판을 부착토록 정하고 있으나 재질에 대한 강제 규정이 없어 성능이 낮은 아연판이 공급되어 표체를 부식되게 하는 원인이 되기도 하였다. 따라서 철재 부표류에 사용하는 아연판에 대한 성분 규정 삽입이 필요할 것 같다.

제3장 부표류의 계류구에 대한 개선사항 검토

이 장에서는 부표류의 계류구에 대하여 전반적으로 검토하여 문제점에 대한 개선사항을 도출하고자 한다.

3.1 계류구 사용에 대한 일반 현황

우리나라 부표류에 사용하는 계류구에는 사슬, 전환, 접환, 침추 등으로 구성되어 있다. 사용되는 계류구의 규격별로 살펴보면 다음과 같다.

- ① 사슬, 전환, 접환은 $\varnothing 32$, $\varnothing 38$, $\varnothing 81\text{mm}$ 가 사용되며, $\varnothing 81\text{mm}$ 를 제외하고는 스테드 없는 사슬류를 사용하고 있다.
- ② 침추에는 2톤급, 3톤급, 4톤급, 5톤급, 50톤급, 100톤급의 콘크리트 재질의 침추가 부표 규격에 부합되게 사용하고 있다.

3.2 계류구의 구조적 결함 및 운용상의 개선사항

아래 도표는 최근에 부표류의 사고 발생 현황이다. 이 중에서 선박충돌이나 태풍에 의한 사고는 사전 예방이라는 개념이 부족하다. 따라서 사전 예방이 가능한 부표류의 유실 및 위치이동 사고의 원인을 분석하고 개선 방향을 도출하고자 한다. 동 사고는 암반류의 저질과 강조류 해역에 설치된 부표류 사고가 대부분으로 원인 분석 결과 계류구 시스템의 전반적인 재분석이 필요한 것으로 파악되어 다음과 같이 세분하여 개선 방향을 제시하고자 한다.

연도별	계(건)	사 고 유 형			
		선박충돌	태풍피해	유실	위치이동
계(건)	104	54	19	25	6
2006년	38	16	15	5	2
2007년	48	30	3	14	1
2008년	18	8	1	6	3

[표 3-2 부표류 사고 현황]

3.2.1 사슬류에 대한 개선 방향

가. 사슬류의 기준

항로표지용 사슬은 스테드 없는 사슬을 사용함을 원칙으로 하며 사슬 1연의 길이는 25m가 표준이며 고삐사슬은 10m로 하며, 규격, 재료, 제조법은 다음과 같다.

① 사슬, 고삐사슬, 접환, 전환의 시험은 선박용 물건의 형식승인시험 및 검정에 관한 기준(국토해양부 고시 제 2008-365호), 선급 및 강선규칙, KSV-3313에 의한 시험을 합격하여야 한다.

② 사슬, 고삐사슬, 접환, 전환의 재료 및 제조법은 다음과 같다.

구분\종별	사슬·고삐사슬 (Studless Chain)	접 환 (Shackle)	전 환 (Swivel)
재 료	제2종 사슬용원강품 (RSBC-50)	제2종 사슬용주강품 (RSCC-50)	제2종 사슬용주강품 (RSCC-50)
제 조 법	전기용접	주 물	주 물

나. 사슬류의 문제점 및 개선사항

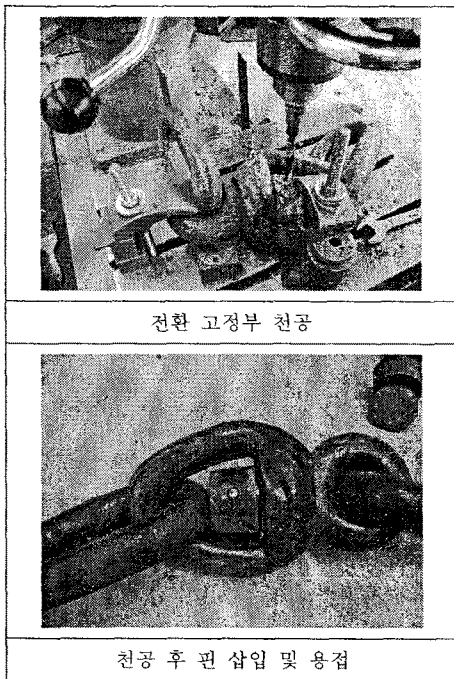
우리나라에서 항로표지용 사슬류는 국산품 사용이 사실상 불가능하다. 경제성이 낮아 2000년 이후부터는 중국산이 오퍼상을 통하여 공급되고 있는 실정이다. 물론 선급 및 강선규칙에 부합되도록 한국선급 중국지사에서의 검사를 필하며 재질에 대한 화학성분 분석자료도 납품시 제출되고 있음은 당연하다. 하지만, 제품의 신뢰도는 높지 않아 절단사고 등의 개연성이 있는 것으로 판단된다. 따라서 다음의 개선방향을 제시하고자 한다.

① 항로표지용 사슬류의 국산품 사용이 사실상 불가하므로 중국산을 사용하되 품질에 대한 보증방법을 좀 더 강화하여야 한다. 즉 납품회사에서 제출하는 한국선급 중국지사의 검사를 필한 증명서는 신뢰성이 있으나 제작회사에서 제출하는 화학성분 분석표는 신뢰성이 부족하므로 납품시 국내 공인기관의 화학성분 분석표를 제출토록하여 지속적으로 비교 관리하여야 할 것이다.

② 항로표지용 사슬의 절단력, 인장력 시험에 대한 확인은 사실상 현재 국내에서는 어려운 실정이지만 국내 선박 앵커용 사슬의 안전성 시험에 대한 자료를 좀 더 수집하여 향후 안전성 시험을 할 수 있는 방안을 강구하여야 할 것이다.

다음은 전환에 대한 문제점 및 개선사항이다.

전환은 구조적으로 분석해 보면 사고의 개연성이 없어 보이나 암반위에 설치된 부표류의 사슬은 강조류, 파도 등에 의하여 24시간, 365일 동안 해저에서 지속적인 충격과 마찰을 반복할 수 밖에 없다. 따라서 지속적인 진동과 표체의 회전에 의하여 볼트 너트식의 전환 고정부는 이완되어 풀리게 마련이다. 이러한 문제점을 개선하기 위하여는 볼트 너트 부위에 다음 그림과 같이 천공하여 티에퍼 핀을 삽입하여 용접을 보강하는 방법이 최선의 개선책이라 생각된다.

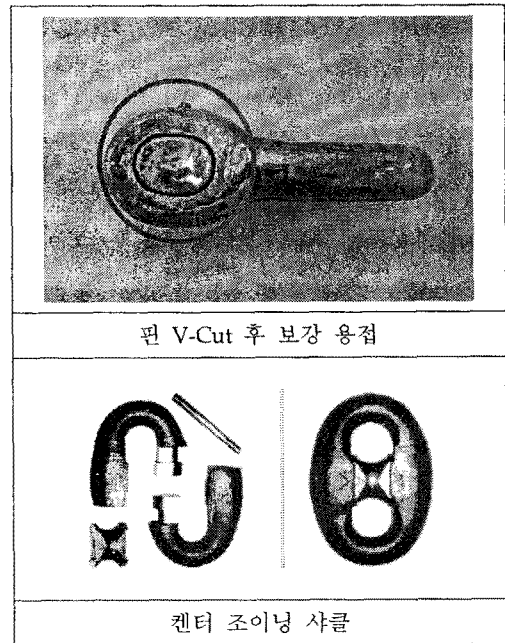


[그림 3-1 전환의 나사풀림 방지 개선 사진]

다음은 집환에 대한 문제점 및 개선사항이다.

집환의 사고 유형은 대부분 테이퍼 핀 부위가 탈락하여 부표 유실 사고가 발생한다. 사고 원인 분석 결과 핀 용접부위의 마찰과 충격으로 탈락되는 사례가 있으므로 기존의 용접봉(CR용접봉)보다 강도가 더 높은 탄화수소계의 용접봉을 사용하여 테이퍼 핀의 끝단을 V-Cut 후 보강 용접하는 방법과 사슬과 사슬의 연결은 센터샤클을 사용

하는 방법을 다음 그림과 같이 제안하고자 한다.



[그림 3-2 집환의 용접개선 및 센터샤클 사진]

다. 사슬류의 교체 주기에 대한 문제점 및 개선사항

우리나라 부표류의 사슬 교체 주기에 대한 자료는 명확하지 않다. 다만 현장 인양 점검시 마모도를 측정하여 기준치 이상 마모시 전체적 또는 부분적으로 교체할 것을 규정하고 있다. 하지만 해상에서의 계류구 인양후 정밀 마모도 확인이 쉽지 않으며 부분 교체는 더욱 어려운 부분이 있어 현장 작업자들이 간과하는 사례가 있어 자연적인, 인위적인 계류구의 절단 사고가 발생하고 있음이 사실이다.

따라서 사슬류의 교체 및 관리운영에 대한 개선사항을 다음과 같이 제안한다.

① 표준형 부표제작 및 품질관리 기준에 관한 규정에서 사슬의 마모도에 대한 일관성이 부족하므로 향후 개정시 정확한 자료를 제시하여야 할 것이다.

▷ 제11조(사슬의 마모) ①계류구의 쇠사슬 마모한도는 마모가 가장 심한 개소의 평균지름이 그 원지름에 따라 10%이상 마모되었을 때에 교체하여야 한다.

▷ 제13조(부표의 유지보수) ①계류장치(사슬 및 고삐 사슬)에 대한 교체시기는 부표의 위치에 따라 차이가 있으므로 제일 마모가 심한 곳의 원지름의 20%이상 마모된 때에는 교체할 것

② 항로표지 업무용 선박의 관리운영에 관한 규정에서 부표 전체 교체주기를 2년으로 정하고 있으므로 확대 해석하여 계류구에 대해서도 2년 주기로 전체 교체함이 타당할 것이다. 다만 모든 해역의 계류구에 적용하기는 부적절하므로 암반류의 저질 및 강조류 해역에는 필히 적용하여야 할 것이다. 따라서 해역별 저질에 대한 도상 검토 후 특별관리 대상 부표를 선정하고 전체 교체를 시행하여야 할 것이다.

3.2.2 사슬 꼬임 방지를 위한 개선 방향

부표의 정상적인 기능 유지를 위해서는 해상에서 표체를 지탱하는 사슬과 침추의 역할은 절대적이다. 적정 규격의 사슬과 침추가 조화를 이루어 기상 악화시에도 위치 이동, 절단 사고 등이 없어야 함이 기본 원칙이다. 또한 부표 설치를 위해서는 해역 기초여건을 바탕으로 부표 계류구의 안정성을 검토하여 현장 설치를 하도록 규정하고 있다. 따라서 규정에서는 사슬류의 규격, 길이 및 침추의 중량, 수량 등을 계산하여 사슬은 수심의 1.5~2.5배의 이출과 적정 중량의 침추를 투하하도록 하고 있다. 물론 이 경우 침추에 대한 부착계수는 암반류에서의 0.4를 적용하도록 권고한다.

그러나, 이 규정을 전 해역에 적용하는 것은 다소 어려움이 있다. 다시 말해 계류구 절단사고 개연성이 존재하기 때문이다. 사슬의 절단사고는 사슬마모와 외력에 의한 절단사고가 대부분이다. 사슬마모에 대한 대책은 앞서 언급한 바 있으므로 여기서는 사슬꼬임에 의한 사고, 사슬과 침추의 적정 조합 방법에 대하여 개선방향을 다음과 같이 제시하고자 한다.

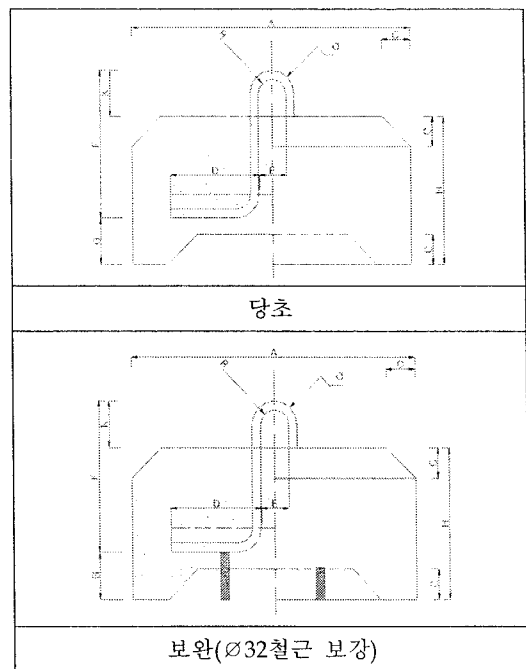
① 저질에 따른 해역별 특성을 고려하여 사슬길이와 침추 중량을 결정하여야 할 것이다. 저질이 암반에 가깝다고 해서 수심의 2.5배의 사슬과 적정 침추 중량만큼 현장에 투하하는 것만이 최선의 방법은 아닐 것이다. 사슬의 길이가 2~3연 이상 더 길어진다면 설치 및 운영 과정에 사슬의 꼬임현상은 쉽게 발생할 수 있다. 사슬꼬임은 결국 사슬길이를 감소시켜 파주력 부족으로 부표는 위치이동되고 결국은 침수되고 말 것이다. 또한 기상악화시에는 사슬절단이라는 최악의 결과를 초래할 것이다. 따라서 개선방향으로는 사슬의 길이(Ø38mm의 사슬 1연의 중량은 약 0.8톤 정도이다)는 최적정 길이로 결정하고 침추 중량을 다소 증가시켜 안정성을 확보함으로써 사슬꼬임을 방지하는 방법을 적극 검토 반영하여야 할 것이다.

② 또한, 사슬꼬임을 방지토록 전환의 추가 설치는 필수적이다. 1개가 고착되더라도 나머지가 회전을 도우므로 사고는 예방될 것이다.

③ 무엇보다도 이러한 사고를 방지하기 위해서는 기존의 사고사례를 정밀 분석하여 사고 개연성이 존재하는 해역의 부표를 철저히 특별 관리하는 것이 동종의 사고 예방에 대한 지름길일 것이다.

3.2.3 침추에 대한 개선 방향

본 연구에 적용되는 규정에서는 2톤, 3톤, 4톤, 5톤급 등으로 규정하고 있으나 주로 사용하는 것은 4톤급이다. 따라서 사용하지 않는 2톤, 3톤급은 규정에서 제외할 필요가 있으며, 앞서 언급한 사슬과 침추의 적정한 조합을 위해서는 5톤급의 침추를 상용화할 필요성이 있는 것으로 판단된다. 또한 암반이나 자갈류 등 지지력이 미약한 저질에 적합한 모형의 침추 개발이 필요한 것으로 판단되어 다음 도면과 같이 철근 보강재를 하부에 4개 설치를 제안한다. 다만, 현재 운영중인 부표정비선의 인양 크레인 용량이 15톤급임을 감안하여 향후 대체선 건조시에 중량을 증가시켜 건조하여야 할 것이다. 또한 침추에 있어서 2개 이상 조를 이루어 설치할 경우 설치 간격에 대한 정확한 규정이 없으므로 침추 너비의 2~3배의 간격으로 설치토록 규정 삽입이 필요할 것이다.



[그림 3-3 침추 개선 도면]

제 4 장 결 론

본 연구에서 제안한 부표류의 효율적인 관리운영 방안으로 우선 중요시되는 것은 현재까지 부표 사고에 대한 정확한 분석과 데이터 관리에 미흡했음을 인지하고 최근의 부표류 사고에 대한 원인 분석을 철저히 하여야 할 것이다. 기존의 일반적인 관리 방안에서 탈피하여 해역별 여건을 철저히 분석 관리하며 현장에 적합한 계류구 조합이 필요할 것이다. 또한 관련 규정을 현장 여건에 부합토록 재정비하며, 부표류 설치 및 운영에 필요한 기술적인 노하우를 축적하여 지속적으로 개선함이 바람직할 것이다.

참고 자료

- [1] 표준형부표제작및품질관리기준에관한규정(국토해양부령-135호('08. 8.7))
- [2] 항로표지업무용선박의 관리운영에관한규정(국토해양부령-131호('08. 8.10))
- [3] 선박용 물건의 형식승인시험 및 검정에 관한기준(국토해양부 고시 제2008-365호)
- [4] 선급 및 강선규칙
- [5] 항로표지 업무편람