

표준형 등표 설계 제안

† 백원선

† 목포지방해양항만청 진도항로표지종합관리소

요약 : 등화(燈火)를 사용한 항로표지 중에서 암초나 얇은 곳의 위치를 표시하는데 설치되는 등표의 설계시 해상에 설치되는 현장여건상 전문설계용역사에 의존하여 설계용역을 실시하고 있는 실정이다, 설계파고가 작고 암초의 형상이 넓은 노·간출암인 경우에는 기존 설계 완료된 등표를 적용하여 시공하였을 경우 많은 국가예산이 절감될 것으로 판단된다. 등표설계에 가장 영향을 주는 설계파고는 전국 연안의 설계파고도 작성용역을 실시하여 배부하고 설계파고에 따른 구조물 형상을 결정하기 위하여 표준형 등표 안정성 계산 프로그램을 개발하여 현장여건에 맞는 표준형 등표를 제안함으로써 현장여건이 양호 한 곳은 표준형 등표에서 제안하고 있는 표준형 등표를 적용함으로써 현장별 투입되는 설계용역 예산을 절감하고 설계용역 미 시행에 따른 사업기간을 단축할 수 있는 효과가 기대된다.

핵심용어 : 항로표지, 등표, 설계파고, 실시설계, 암초, 표준형 등표, 기초

1. 서 론

우리나라는 삼면이 바다로 둘러싸인 반도국가로 항로표지시설은 통항선박의 항행지원 및 해양사고 예방에 큰 기여를 하고 있다.

최근 선박의 대형화, 고속화 및 전자통신 기술의 비약적인 발전으로 인하여 등대, 등표 등 고전적인 항로표지시설의 중요성은 줄어들고 있으나, 선박의 항행에 직접적인 위협을 줄 수 있는 암초 등의 장소에 주로 설치되는 등표는 선박의 안전한 항행을 보장하는 매우 중요한 역할을 하고 있다.

현재 등표의 설계는 ‘항로표지 업무편람’(해양수산부, 2006) 과 ‘항만 및 어항설계기준’(해양수산부, 2005) 등 정부발행 각종 시방서 및 기준에 의거하여 설계를 실시하고 있으나 등표의 구조물 설계시 가장 중요한 요소인 설계파고 결정 및 설계파고 결정에 따른 구조물 안정성 검토는 전문가적인 작업이 필요로 하여 지방항만청 담당공무원이 자체설계가 힘든 실정으로 실시설계비 예산 반영시 설계용역사에 용역을 의뢰하여 실시설계를 실시하고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 등표 설계시 소요되는 예산 및 설계기간을 절감하고자 표준형 등표를 지정하여 현장여건이 양호하다

고 판단되는 곳은 지방항만청 담당공무원이 자체설계가 가능하도록 표준형 등표 설계의 필요성을 제안하고자 한다.

2. 등표의 구조물 설계기준

‘항로표지 업무편람’(해양수산부, 2006) 과 ‘항만 및 어항설계기준’(해양수산부, 2005)에서 정하고 있는 등표 구조물 설계기준은 등표의 구조물 설계에 대한 일반적인 기준 및 순서를 정하여 설계의 합리화와 능률화를 도모하며, 설계의 대상이 되는 시설물의 목적 및 기능을 충분히 이해하고 설계에 영향을 주는 제한조건을 검토하여 목적 및 기능에 적합한 시설물을 경제적으로 건설하는데 그 목적이 있다.

2.1 등표 설계조건

1) 하중 및 외력

등표 설계에서 고려하여야 할 하중 및 외력은 자중(自重) 및 지진력, 풍압력, 파의 처오름 힘으로 구조물의 실태에 따라 토압, 수압, 기타 진동, 충격에 의한 외력을 설계에서 고려하여야 하며 위에서 열거된 요소의 조합에 의한 응력의 합계로 한다.

파도의 작용을 받는 등표는 자중과 파압력, 풍압력, 부력을 합산한 값과 자중과 지진력을 합한 값중 큰 힘을 채택한다.

† 단독저자 : 비희원, baekcha@korea.kr · 061)544-4463

2) 설계파

등표의 구조물의 설계를 위한 파랑은 장기간 동안 인근의 파랑관측자료 또는 풍속에서 추산한 심해파 자료를 통계 처리하여 해안 지형에 의한 파랑변형을 고려한 계산 값이나 파랑 수치모형을 사용하여 계산된 불규칙파의 파고와 주기를 사용한다.

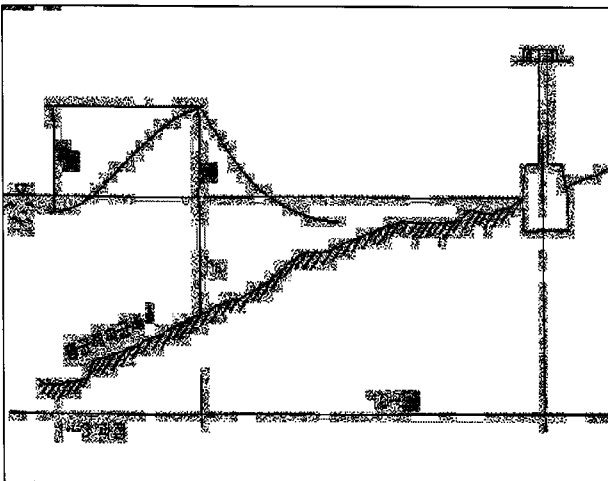
설계파고 H_d 는 구조물에 작용하는 최대파고(H_{max})를 설계파고로 한다. 최대파고는 Table 1의 설계파고 적용방식에서 처럼 구조물 건설지점의 현장심해유의파고 $H' \frac{1}{2}$ 의 2배 또는 건설지점에서 외해쪽으로 거리가 $10H' \frac{1}{2}$ 떨어진 지점에서의 쇄파한계파고 H_b 중에서 작은 쪽을 취한다.

Table 1 설계파고 적용방식(해양수산부, 2006)

적용방식	$H_d = H_{max} = \min(2H' \frac{1}{2}, H_b)$
약어설명	H_d = 설계파고(m), H_b = 쇄파한계파고(m) $H' \frac{1}{2}$ = 현장심해유의파고(m)

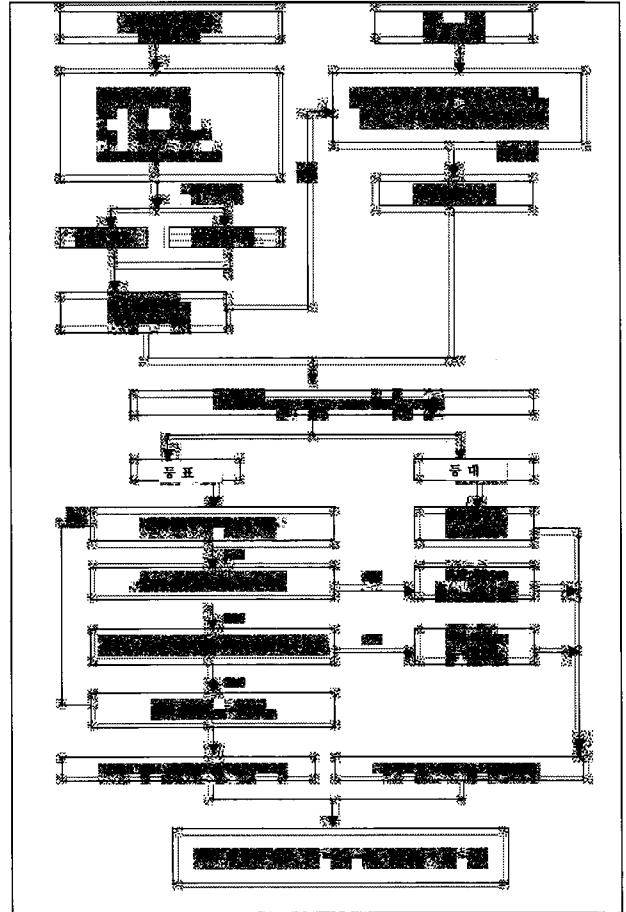
쇄파한계파고 H_b 는 Fig.1에서 처럼 쇄파지점의 수심 H_b 와 현장심해파장 $L_0(=1.56T_0^2)$ 의 비 H_b/L_0 와 쇄파지점에서 외해 측의 평균해저구배 i (보통 1~3파장의 범위)를 사용한다. 또한 쇄파지점의 외해 C_{nr} 에 알은 여율이 분명하게 있고 이 지점에서 쇄파한다고 예상될 때에는 이 지점에서의 통과최대한계파고(쇄파한계파고와 동일)를 구하여 적용한다.

Fig. 1 설계파고를 고려하는 방법도(해양수산부, 2006)



등표 및 등대의 설계 순서도는 Fig. 2와 같다

Fig. 2 등표 및 등대의 설계 순서도(해양수산부, 2006)



3) 기초형식의 선정

기초형식의 선정에 있어서는 지반의 강도, 등탑의 규모, 외력의 대소, 시공성 등을 고려하여 안정되고 경제적인 형식을 채택하여야 한다

① 중력식 기초의 안정계산시 전도에 대한 안정은 저면에 있어서 저항모멘트를 구하고 외력의 휨모멘트에 대한 안전율이 1.5 이상이 되어야 하며 활동에 대한 안정은 저면의 지반과 구조물의 저면 마찰력이 외력인 수평력에 대해 안전율이 1.5 이상이 되게 하며, 침하에 대한 안정은 설계용 접지압력이 지반의 허용지내력도를 넘지 않도록 한다.

② 반력식 기초의 안정계산은 외력에 의한 휨모멘트 및 수평력에 의해 기초측면과 기초저면에 생기는 최대압축응력도는 암반의 허용지내력도 및 기초 콘크리트의 허용압축응력도를 넘지 않는 것으로 한다.

③ 부착식 기초의 안정계산은 외력에 의한 휨모멘트에 의해서 기초측면에 생기는 최대전단응력도는 암반 및 기초 콘크리트의 허용부착응력도를 넘지 않는 것으로 한다.

3. 등표 실시설계 현황

1) 등고결정

‘항만 및 어항설계기준’(해양수산부, 2005)에 설계파를 기준으로 한 등고 결정에 있어 Table 2와 같이 설계파고 3m미만은 기초상 구조물 높이가 7m이고 설계파고가 3m~4m에서는 기초상 구조물 높이가 8m, 설계파고가 4m~6m에서는 기초상 구조물 높이가 9m, 설계파고가 6m 이상에서는 기초상 구조물 높이를 별도설계하게 되어 있다.

Table 2 설계파를 기준으로 한 등고 결정(해양수산부, 2005)

설계파고	등탑고(기초상)	비고
3m 미만	7m	
3m~4m	8m	
4m~6m	9m	
6m 이상	별도설계	

2) 등표 실시설계 현황

목포지방해양항만청 진도항로표지종합관리소에서 시행한 등표 설계용역 현황은 Table 3과 같으며 2005년 및 2006년, 2007년 3년간 등표 설계용역에 소요된 예산은 390,941천원으로 1개 소당 약 28,000천원의 예산이 소요되고 있다.

Table 3 진도항로표지종합관리소 등표 실시설계용역 현황

시행 년도	항로 표지명	계약 금액 (천원)	설계 파고 (m)	기초 직경 (m)	기초상 높이 (m)	구조	비고
2004	숨은여 등표	55,749	2.49	6.2	16.1	원형 철·콘	
2004	판여등표		8.60	8.0	21.2	원형 철·콘	
2006	혹서등표	58,679	6.40	7.0	17.0	원형 철·콘	
2006	복서등표		5.90	6.0	19.8	원형철·콘 + 강관파일	압초폭 작음
2006	고금도 남방등표	27,193	1.80	7.1	16.7	원형 철·콘	
2006	부아산 동방등표	29,753	11.00	6.0	20.8	원형철·콘 + 강관파일	압초폭 작음
2007	청등도북 서방등표	90,473	10.20	9.5	18.0	원형 철·콘	
2007	외민동서 등표		7.00	6.0	13.5	원형 철·콘	
2007	고치서 등표		16.00	9.0	22.0	원형 철·콘	
2007	동송리북 동방등표	94,176	8.00	11.0	19.6	원형 철·콘	
2007	다량도 서방등표		13.40	9.0	21.0	원형 철·콘	
2007	송평리 남방등표		5.60	6.0	13.5	원형 철·콘	
2007	경서초 등표	34,918	3.85	6.0	13.3	원형 철·콘	
2007	신전리 남방등표		5.35	6.0	13.5	원형 철·콘	

등표의 기초상 높이는 Table 2의 설계파고에 따른 등탑고 보다 높은 경향을 나타내고 있는데 등표의 축전지실이 상부슬래브에 위치하는 특성상 파정고의 영향으로 구조물의 기초상 높이는 높게 설계되어 있다.

등표 설치현장 압초폭이 넓은 곳은 구조물 형태가 원형철근콘크리트 형태로 우물통 기초 공법을 적용하고 있으며, 설계파고가 높고 압초폭이 작은 곳은 구조물의 안정성 향상을 위하여 강관 파일식 공법을 병행하여 적용시키고 있다.

설계파고 산정시 설계용역사에서는 수치모형실험을 통한 설계파고를 산정하고 있으며 수치모형실험에 사용되는 기초자료인 전해역 심해 설계파 추정보고서(한국해양연구원, 2005)는 2000년도 초반에 발생한 태풍 루사와 매미 등의 기상자료가 반영되어 있어 Table 3의 고치서등표 또는 다량도서방등표와 같이 설계파고가 높게 나타나고 있다.

설계파고 7m이하이고 압초폭이 넓은 곳은 Fig. 3.4의 송평리남방등표(해양수산부, 2007)와 같이 기초직경이 6m이고, 구조물 높이가 14m이하로 비슷한 제원을 나타내고 있다.

Fig. 3 송평리남방등표 현장 전경(해양수산부, 2007)

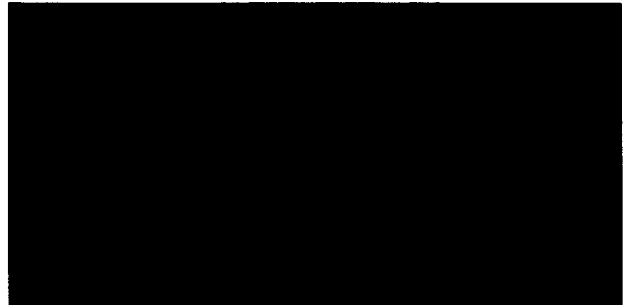
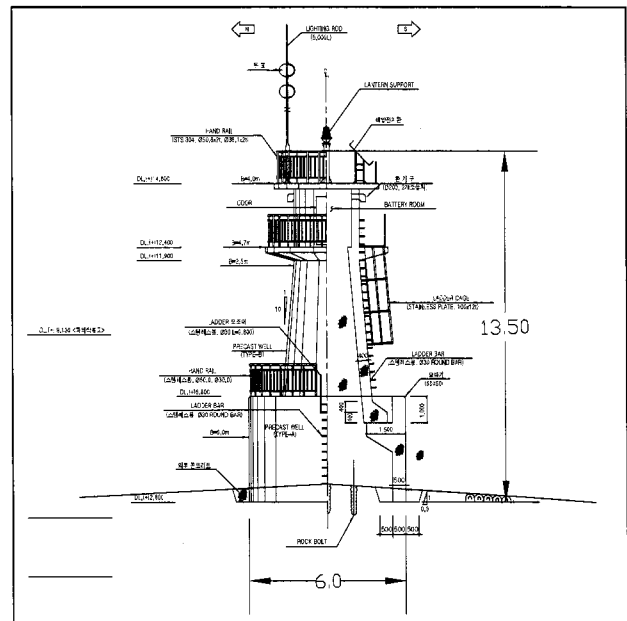


Fig. 4 송평리남방등표 계획평면도(해양수산부, 2007)



4. 결 론

등표 설계에 있어 가장 중요한 문제는 설계파고의 산정이며 설계파고 산정에 따라 결정되는 등표의 구조와 규모이다.

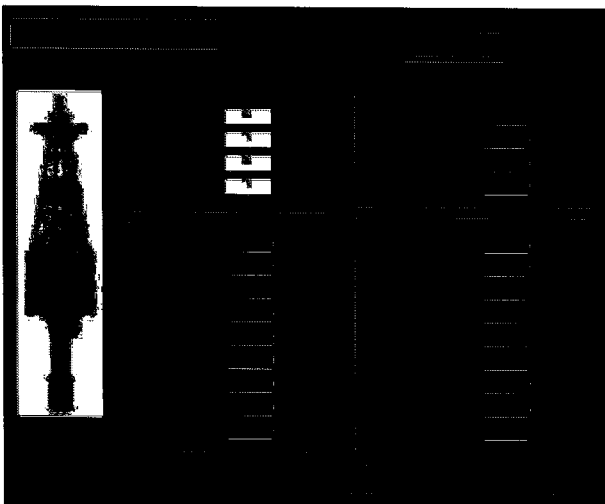
설계파고의 산정 및 구조물 안정성검토의 어려움으로 인하여 지방항만청 담당공무원의 자체설계가 힘들어 전문설계용역사에 용역을 의뢰 하고 있어 이에 대한 개선방안을 다음과 같이 제안하고자 한다.

1) 등표 설치 현장측량은 담당공무원이 현장조사후 전문측량업체를 통한 수심측량 실시 여부를 결정하며 노출암으로 별도의 수심측량이 필요 없을 것으로 판단되는 경우에는 수심측량을 생략할 수 있으며 현장주위 위험암초 존재여부는 해당 어촌계 등에 문의를 하여 조사를 실시하여 작업선평의 안전을 도모할 수 있다.

2) 우리나라 연안에 대한 설계파고 산정 용역을 시행하여 설계파고 산정도를 배부하고 설계파고에 따른 등표의 표준안을 제시하여 별도의 설계용역을 시행하지 않고 각 지방항만청에서 설계파고에 따른 등표 설계안을 현장여건에 맞게 자체 설계할 수 있도록 Fig. 5의 표준형(등)부표의 안정성 계산 프로그램처럼 표준형 등표의 안정성 계산 프로그램을 개발하여 설계파고, 수심, 풍속 등 자연조건 입력시 현장여건에 안정적인 등표 설계안을 제시함으로써 실시설계용역 시행에 따른 예산 절감 및 사업 시행기간을 단축할 수 있다.

Fig. 3,4의 송평리남방등표(해양수산부, 2007)와 같이 현장 여건이 매우 양호한 곳은 등표 안정성 계산 프로그램을 통한 표준형 등표를 확인함으로써 바로 적용하여 사용할 수 있는 표준형 등표를 선정 사용되었으면 한다.

Fig. 5 표준형 (등)부표의 안정성 계산 프로그램



3) 설계파고 산정 용역의 시행이 어려울 경우 Fig. 6~Fig. 8에서 처럼 Yoshimi Goda가 제시한 쇄파대내의 파고의 약산식을 이용하여 설계파고를 산정하여 등표 안정성 계산 프로그램에

적용함으로써 별도의 용역시행이 필요 없으나 이 논문에서 제시하고자 하는 현장여건은 양호한 곳을 대상으로 하고 있기 때문에 등표 설치현장이 외해로 설계파고가 매우 높을 것으로 예상되는 현장은 등표의안정성 확보를 위하여 용역을 시행할 필요가 있다.

Fig. 6 쇄파대내의 파고의 약산식(Yoshimi Goda, 2001)

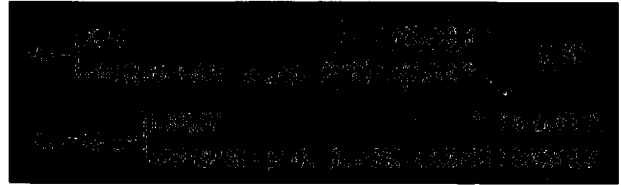


Fig. 7 쇄파대내의 파고의 약산식 계수 설명1



Fig. 8 쇄파대내의 파고의 약산식 계수 설명2



참 고 문 헌

- [1] 한국해양연구원(2005), 전해역 심해 설계파 추정보고서
- [2] 해양수산부(2005), 항만 및 어항 설계기준
- [3] 해양수산부(2006), 항로표지 업무편람
- [4] 해양수산부(2007), 동송리북동방등표 의 2개소 실시설계용역 보고서
- [5] Yoshimi Goda(2001), 항만구조물의 내파설계

원고접수일 : 200 년 월 일

원고채택일 : 200 년 월 일