

## 등표의 기초세굴방지공법 개발

### Development of bottom scouring prevention technique for beacon structures

안재천<sup>1</sup>, 박영석<sup>1</sup>, 최병은<sup>2</sup>, 오영민<sup>3</sup>

Jae Chun Ahn<sup>1</sup>, Young Suk park<sup>1</sup>, Byoung Eun Choi<sup>2</sup> and Young Min Oh<sup>3</sup>

#### 1. 서 론

선박이 안전하게 항해를 하기 위해서는 여러 가지의 요소가 필요한데, 그 중에서 수중의 암초 위치를 알려주어 선박이 충돌하지 않도록 하는 방법은 매우 고전적이면서도 기본적인 안전시설이다. 이러한 목적을 달성하기 위하여 수중 암초 상에 설치하는 구조물을 항로표지 구조물이라고 하는데 멀리서도 식별이 가능하도록 일정한 높이를 유지해야하며 야간에도 보일 수 있도록 등명기가 장착되어 있는 것도 있다. 등명기가 설치되어 있는 항로표지 구조물을 燈標라고 하며 그렇지 않은 것을 立標라고 하는데 구조적으로는 같은 형태이다. 등표는 구조적으로 보면 매우 단순한 cantilever 형 구조물이지만 해상의 암초상에 설치해야하기 때문에 작업이 매우 어렵고 소규모의 공사이기 때문에 대형장비를 동원한 신속한 시공이 되지 못하여 부실한 경우가 많다. 국내에는 현재 250여개 정도의 등표가 설치되어 있으며 이 중 10% 정도는 작업여건이 어려워 발생한 부실시공과 파랑이나 해류에 의한 침식으로 구조물이 손상되어 있다(해양수산부, 2007). 구조물의 손상 중에서 외력에 의한 표면의 마모나 균열 등은 구조물의 안전에 큰 영향을 끼치지 않으나 기초의 세굴은 안전에 지대한 영향을 미친다.

등표의 설치방법은 크게 중력식과 자켓식으로 나눌 수 있는데 중력식은 구조물의 자중으로 외력에 저항하는 방식이며 자켓식은 주로 강관과일을 암초에 관입하는 방법으로 비교적 파고가 높

은 심해에 설치하고 있다(해양수산부, 2006). 기초의 세굴은 주로 중력식에서 발생하는 파손형태인데, 울퉁불퉁한 암초를 평평하게 절단하고 그 위에 구조물을 설치하기 때문에 시공이 정밀하지 못하면 구조물과 암초의 절단면에 발생한 틈에서 세굴이 진행된다. 대부분 중력식 등표 구조물의 설계는 이와 같이 암초를 말끔하게 절단하는 방식을 채택하고 있는데 해상작업의 어려움으로 인하여 현실적으로는 정밀시공이 되지 않는 경우가 많이 발생한다. 또한 암초를 말끔하게 절단하였다 하더라도 파랑과 해류의 작용에 의하여 시간이 지나면서 시공 시 충격을 받은 암반이 떨어져 나가는 경우가 발생하면서 구조물의 안전을 위협하고 있다.

본 연구에서는 등표의 기초 세굴을 방지하기 위하여 기존의 암초 절단방식 대신에 암초의 형상을 그대로 유지하면서 반대로 등표의 바닥을 암초의 형상에 맞추어 절단하여 설치하는 방법을 개발하였다. 이 방법은 母岩을 손상시키지 않기 때문에 안전도를 높일 수 있을 뿐만 아니라 해상작업 시간을 단축시켜 공사비를 절감하고 모암을 활용함으로써 수평저항력을 증대시키기 때문에 구조물의 크기도 줄일 수 있는 장점이 있다.

#### 2. 등표 설계

Fig. 1은 일반적인 등표의 설계도를 나타낸다(마산지방해양수산청, 2006). 이 그림에서 보듯이 기존의 방식은 암초를 평탄하게 절단한 후

1 발표자: (주)한동이엔씨

2 (주)동아수중개발

3 한국해양연구원

에 등표를 설치하는 형상인데, 이러한 설계는 현장에서 정밀한 시공이 이루어지지 않으면 등표의 안전을 보장하기 어려운 방식이다.

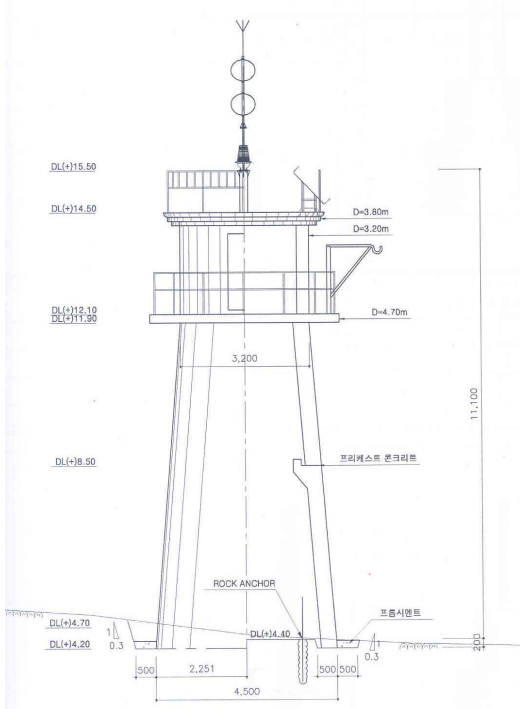


Fig. 1. Beacon structure of Dotumariam

### 3. 새로운 등표 설계

기존의 등표설계가 Fig. 1에서와 같이 암초 지반을 손상시키기 때문에 기초의 세굴 원인이 된다는 것은 앞에서 밝힌 바와 같다. 본 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위하여 암초의 형상을 그대로 유지하면서 그 위에 등표를 설치하는 방법을 개발하였다. 기존의 방법은 육상에서 평평한 우물통의 형상에 맞추어 암반을 평평하게 절단한 후에 구조물을 설치하는 것이었는데, 본 연구에서는 암반의 형상에 맞추어 우물통을 제단하는 방법을 강구하였다. 제단을 쉽게 하기 위하여 우물통의 재질은 고무로 선정하였는데 다른 재질보다는 부식에 강하고 등표 수리를 위하여 정기적으로 점검하는 선박의 접안이 용이하다는 장점이 있다. 본 방법의 적용 과정을 Fig. 2-7까지 제시하였다.

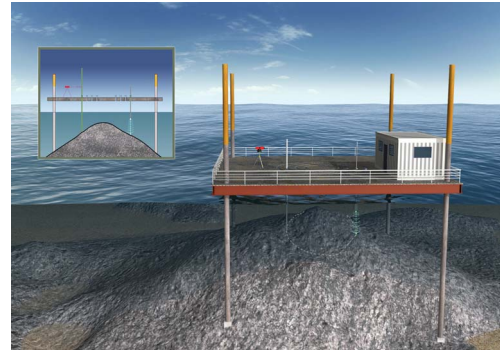


Fig. 2. Measurement of bottom topography using self elevating platform(SEP) barge

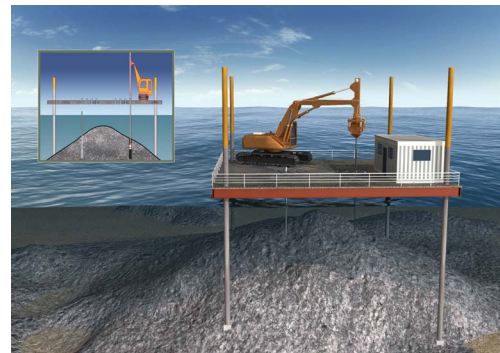


Fig. 3. Making a hole to install anchor bolts

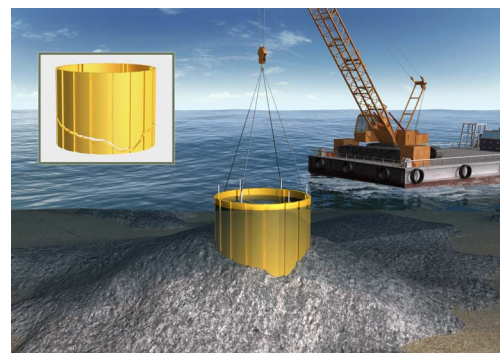
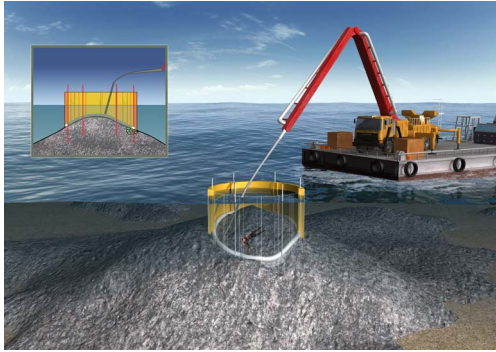
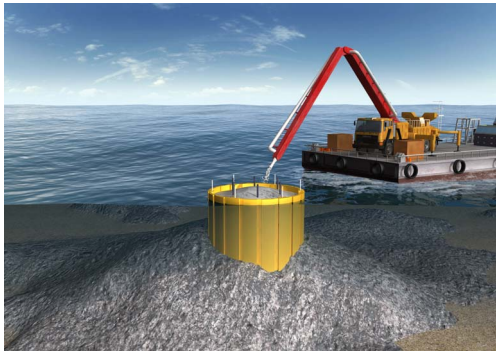


Fig. 4. Installing the rubber caisson



**Fig. 5.** Filling the gap of connecting points between the rubber caisson and the rock



**Fig. 6.** Cement grouting



**Fig. 7.** Installing upper structure as a final stage

Fig. 2는 등표의 설치장소에 SEP barge를 설치하여 지형을 측량하는 과정인데, 기존의 방법은 사전조사 차원에서 전 지형을 단순하게 측량하였지

만 본 방법은 고정된 SEP barge에서 우물통이 놓일 부분을 따라 간편하고 정밀하게 측량하는 장점이 있다. Fig. 3은 우물통을 고정시키고 파랑이나 흐름하중에 견딜 수 있도록 고강도 앵커파일을 설치하는 과정이다. 기존의 방법들은 앵커파일을 설치하지 않거나 설치하더라도 우물통의 바닥에 얇게 설치하여 형식적인 설계가 되는 문제점이 있는데 본 방법은 고강도 앵커파일로 하여금 하중을 견디게 함으로써 자중에 의하여 하중을 견디는 중력식 구조물의 특성상 우물통의 크기를 줄일 수 있어서 경제적이며, 천공 시 채취된 암반 시료로 암반의 역학적 특성을 파악할 수 있고, 소형의 천공 장비를 사용하므로 작업성이 원활해지는 장점이 있다. Fig. 4는 암초의 형상에 맞게 육상에서 제작된 고무 케이슨을 설치하는 과정이다. 고무 케이슨에는 앵커볼트가 삽입될 수 있도록 구멍이 제작되어 있으며 전단계에서 설치한 앵커볼트에 고무 케이슨을 삽입한다. Fig. 5는 아무리 정밀하게 바닥 지형을 측량하고 고무 케이슨을 제단하더라도 현장에 설치할 경우에 발생할 수 있는 연결부의 틈새를 메우는 과정인데 메움 재료로는 섬유튜브를 먼저 설치하고 그 속에 경화재를 충전하는 방법 등을 강구중인데 이에 대해서는 좀 더 연구가 필요하다. Fig. 6은 본 방법의 가장 중요한 공정인 우물통 설치공사가 끝나고 상부의 등표를 세우기 위하여 시멘트로 속채움을 하는 과정이다. 이 이후로는 기존의 방법과 동일하기 때문에 특별히 언급할 것은 없으며 마지막으로 Fig. 7에서와 같이 육상에서 제작된 상부 구조물을 설치하면 등표 설치공사가 완료되는 것이다.

#### 4. 결 론

본 연구결과는 신설되는 등표뿐 아니라 기초세굴이 발생하여 도괴의 우려가 있는 기존 등표의 보수 보강에도 적용이 가능한 방식이다. 현재는 개념단계에 있으나 모형실험을 통하여 적용성을 입증하게 되면 등표의 시공비를 획기적으로 줄일 수 있을 것으로 기대된다. 특히 현재는 기술이 부족하여 기초가 손상된 등표는 철거를 하고 신설하는 것이 일반적인데 보수 보강이 가능하게 되면 등표의 해체에 따른 환경피해 방지와 예산 절감 효과가 클 것으로 기대된다.

## 감사의 글

본 연구는 국토해양부의 R&D 연구과제인 "첨단 항로표지 수중구조물 기술개발" 사업의 일부이며 지원에 감사를 드립니다.

## 참고문헌

- 마산지방해양수산청(2006). 도투마리암 등표 외 2개소 항로표지개량 실시설계용역.
- 해양수산부(2006). 항로표지 업무편람
- 해양수산부(2007). 첨단항로표지 수중구조물 기술개발 연차실적보고서.