

체적계수에 따른 인공어초 계수산정

김영종¹ · 최현^{2*}

Calculation of the Coefficient of Artificial Reef According to the Coefficient of Volume

Kim-Young Jong¹ · Choi-Hyun^{2*}

¹Department of Advanced Engineering, Kyungnam University, Changwon 631-701, Korea

^{2*}Department of Civil Engineering, Kyungnam University, Changwon 631-701, Korea

요 약

인공어초는 수중에 인공적으로 수산생물의 산란 및 서식장, 바다목장, 바다 숲, 해중림 등을 조성하기 위하여 시설하는 각종 구조물을 말하며, 수산물의 안정된 생산기반을 구축하여 어업인의 소득증대에 기여 하고 있다. 인공어초 관리에 있어 사각형 어초의 개수산정은 유지관리에 중요한 부분으로 잠수조사를 실시하는 것이 정확한 방법이라 할 수 있다. 그러나 전국 연안에 실시하는 것은 잠수 인원과 비용, 잠수 여건에 따라 어려움이 있다. 따라서 본 연구에서 기존에 설치되어 있는 사각형 어초에 대하여 멀티빔 수심측량과 사이드스캔소나를 이용하여 체적을 계산하였다. 그리고 체적계수에 따른 어초산정에 대한 개선방안을 제안하고자 한다.

ABSTRACT

Artificial reef refers to various structures that facility to construction field format and spawning of marine organisms, sea ranch, forest of the sea, and sea jungle artificially in water, Build a production stable base of marine products, thereby contributing to an increase in the income of fishermen. In the management of an artificial reef, the calculation of the number of square reefs may be that it is a method to perform the submersible is an important part of maintenance is correct. However, cost and diving personnel, depending on the diving situation, there is a difficult thing to implement to coast across the country. Therefore, In this study, We calculated the volume using the multi-beam Echo Sounder and side scan sonar for the reefs of the rectangle are the existing installation. And proposes the improvement of the estimation in accordance with the volume coefficient reef.

키워드 : 인공어초, 개수산정, 멀티빔 수심측량, 사이드스캔소나

Key word : Artificial Reef, Counting, Multi-Beam Echo Sounder, Side Scan Sonar

접수일자 : 2014. 07. 17 심사완료일자 : 2014. 08. 20 게재확정일자 : 2014. 09. 01

* **Corresponding Author** Choi Hyun(E-mail:hchoi@kyungnam.ac.kr Tel+82-55-249-2608)

Department of Civil Engineering, Kyungnam University, Changwon 631-701, Korea

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2014.18.9.2307>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서 론

인공어초는 수중에 인공적으로 수산생물의 산란 및 서식장, 바다목장, 바다 숲, 해중림 등을 조성하기 위하여 시설하는 각종 구조물을 말하며, 수산물의 안정된 생산기반을 구축하여 어업인의 소득증대에 기여 하고 있다. 최근 스킨스쿠버 다이빙 장소와 낚시터 등의 레저 활동 장소로 활용되고 있다.

우리나라의 인공어초 시설사업은 1971 년부터 실시 되어 지금까지 지속적으로 진행되고 있으며, 인공어초의 투입 전 해당 해역에 대한 해저지형 및 지질, 천부지층 탐사 등을 실시하고 적합한 인공어초를 선택하여 투입하고 있으며, 투입된 이후에도 꾸준히 관리되고 있다. 투입 되는 인공어초의 종류는 사각형, 반구형, 강제 등 대략 50 종의 인공어초가 있으며, 그 중 사각형어초는 2008 년까지 전국 연안 213,637 ha 중 140,941 ha에 918,98 개로 설치하여 총 시설량 1,353,093 개의 68%를 차지하고 있으며, 총 사업비 9,508 억 원 중 사각형어초의 사업비는 4,284 억 원으로 가장 많이 설치 되어있다[1].

어초시설 적지조사 항목 및 판정요건 기준에 따르면 70 m이하 수역 중 태 · 폭풍에 의한 어초의 전도 · 매몰 우려가 없는 수역으로 최대유속 2 ㎥ 이하 기울기 5/100 이하로 평탄한 해역, 그리고 니토 또는 니질퇴적물(Mud)의 함량이 70% 이상인 경우 지층탐사 및 시추퇴적물에 의한 토압 및 지내력을 계산하여 매몰안전성을 검토하여 판정한 후 설치하게 되어 있다[2].

사각형어초는 연근해안으로 대량으로 집중산적으로 설치되어 있으며, 2×2 m의 공용적 8 m³, 중량 3.4 ton 으로 그림 1과 같은 형상을 하고 있다.



그림 1. 사각형 인공어초
Fig. 1 Rectangular Artificial Reef

또한 인공어초의 시설 후에는 해저지질과 해양외력에 의해 일부 파손과 유실 되고 있어 잠수조사 및 멀티빔 수심측량(Multi-Beam Echo Sounder)과 사이드스캔 소나(Side Scan Sonar)에 의한 조사를 통하여 어초의 형태 파악과 개수를 산정하여 어초의 재투입 등의 관리가 이루어지고 있다. 인공어초 관리는 사각형 어초의 개수 산정이 유지관리에 중요한 부분으로 직접적인 잠수조사를 실시하는 것이 정확한 방법이라 할 수 있으나 전국 연안에 실시하는 것은 잠수 인원과 비용, 잠수 여건에 따라 어려움이 있다.

따라서 본 연구에서는 기존에 산적 설치되어 있는 사각형 어초에 대하여 멀티빔 수심측량과 사이드스캔 소나를 이용하여 체적을 산정하였으며, 산정된 체적으로 개수산정에 대한 개선방안을 제안하고자 한다.

II. 연구방법 및 내용

2.1. 멀티빔 수심측량

멀티빔 수심측량은 해저면의 100% 음파 발생을 진행할 수 있는 능력을 보유함으로써 국제수로기구(IHO; International Hydrographic Organization)에서 정하고 있는 규정을 만족하면서 우수성을 인정받았다[3].

멀티빔 음향측심기의 구성은 그림 2에 나타났듯이 장치 제어부(Hydrographic Workstation), 신호 처리부(Processing Unit) 그리고 음파 송수신부(Transducer and Transceiver arrays)로 되어있으며, 장치 제어부는 음파송수신부의 음파 발신간격, 길이, 세기 등의 제어와 수신된 음파로 해저지형의 실시간 확인이 가능하다. 신호 처리부는 선박의 움직임을 측정하는 모션센서(MRU ; Motion Reference Unit)와 GPS(Global Positioning System) 신호를 받는 장치와 음파의 송수신을 처리하는 장치로 되어 있으며, 음파 송수신부는 음파를 송신과 수신을 처리한다.

멀티빔 음향측심기의 음파는 단빔 음향측심기와는 달리 여러 각도로 발진되므로, 음속도는 수온과 염분, 압력 그리고 수층의 밀도의 구배에 따라 굴절의 법칙(스넬의 법칙; Snell's law)을 따르게 된다. 일반적으로 음속은 평균 1,500 m/s의 값을 가지며 여러 환경에 따라 달라지므로 항상 음속도를 보정하여 수심을 계산하여야 한다.

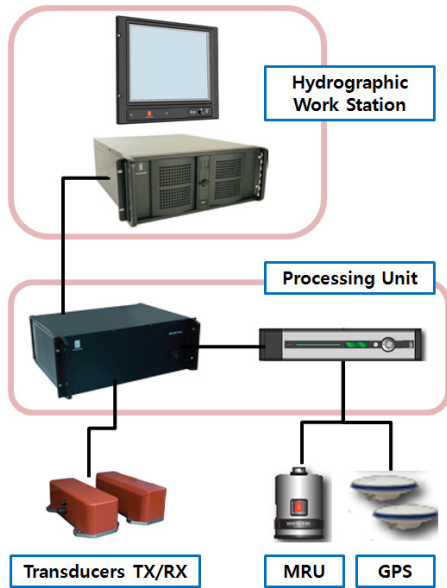


그림 2. 멀티빔 음향측심기 구성
Fig. 2 Configuring Multi-Beam Echo Sounders

또한 선박의 움직임으로 인한 동적 오차 요인인 Roll, Pitch, Yaw, Heading을 모션센서(Motion Sensor)로 보정하고, 조사선 진행 방향에 대한 방위각 편차도 자이로 센서(Gyro Sensor)를 이용하여 보정하여야 한다.

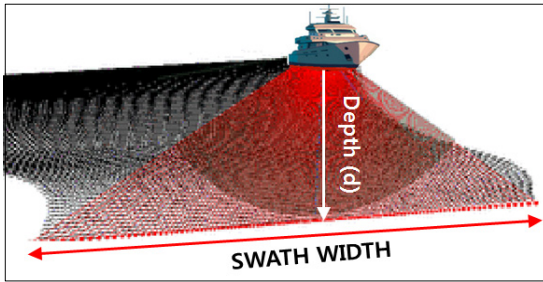


그림 3. 사이드스캔소나 음파 형태
Fig. 3 Side Scan Sonar Sound Wave Form

그림 3은 음파의 송수신 형태를 나타낸 것이며, 측심 가능한 폭은 횡단폭과 수심에 의해 결정되는데, 한계 수심범위 내에서는 식 (1)으로 구할 수 있다.

$$W = 2 \times d \times \tan \theta \quad (1)$$

여기서, W : 측심 폭, d : 수심, θ : 음파 주사각

2.1.1 추가 장비

(가) 모션센서

MRU는 조사선의 움직임을 정밀하게 측정하기 위한 모션센서 장비로 조사선의 움직임에 대한 Rolling, Pitching, Heaving, Gyro 값을 측정하여 조사선에서 발생하는 측심 오차를 보정한다.

(나) GPS

조사선의 측점의 위치는 위성위치측정기인 DGPS로 측정한다. 해양수산부 위성항법중앙사무소의 시설 현황은 해양 기준국(Reference Station) 11 개소와 내륙 기준국 6 개소, 해양 감시국(Integrity Monitor Station) 10 개소 내륙 감시국 5 개소 그리고 통제국인 대전 위성항법중앙사무소 1 개소를 운영되고 있으며 이들 기준국에서는 GPS 위성 신호를 수신하고 위치의 보정량을 산출하여 RTCM 포맷형식으로 실시간 제공하고 있다.

(다) SVP(Sound Velocity Profiler)

수심은 송수신부에서 발사된 음파가 해저면에 반사되어 돌아오는 시간을 이용하여 계산되는데 음파의 발생도중에 수온과 염도에 의한 영향을 받는다. 일반적인 음속도는 평균 1,500 m/s의 값을 가지고 있으나 정확한 수심을 계산하기 위해서는 SVP장비를 통하여 멀티빔 음향측심기의 음속도를 보정하여야 한다.

2.2. 조석관측

우리나라는 조석간만의 차이가 심한 곳으로 특히 서남해안은 조석간만의 차이가 1~9 m로 조석관측을 통하여 측심자료의 보정은 필수라 할 수 있다. 조석보정은 변화되는 해수면을 일정한 시간으로 관측하여 동시간대 측정된 수심자료를 보정하는 것이다.

조석관측 방법에는 국립해양조사원 조위관측소의 조위자료를 이용하는 방법과 조석계 및 초음파를 이용하여 해수면의 변화를 관측하는 방법이 있으며, 표적을 세워 육안으로 독취 하는 방법이 있다.

2.3. 사이드스캔소나

사이드스캔소나 시스템의 구성은 Towfish, Tow-Cable, Transceiver Processing Unit, DGPS 등으로 되어 있다.

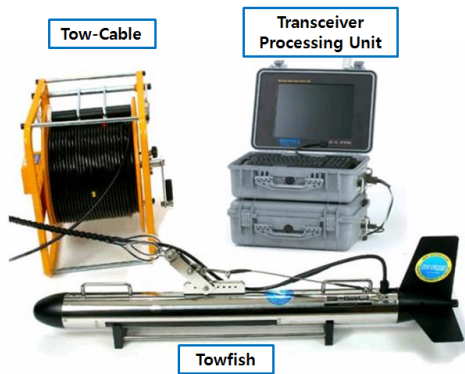


그림 4. 사이드스캔소나 시스템 구성
Fig. 4 Side Scan Sonar System Configuration

Towfish는 조사선에서 일정한 깊이로 견인되는 과정에서 Towfish 양면에 Transducer에서 음파를 발생시켜 해저면에 반사 되어 오는 신호를 Tow-Cable을 통하여 Transceiver Processing Unit 으로 전송된다.



그림 5. 사이드스캔소나 운용방법
Fig. 5 How to Use Side Scan Sonar

전송된 신호는 증폭과 필터를 거치면서 실시간 해저 영상으로 확인 및 저장이 가능하다. 또한 DGPS의 신호 역시 Transceiver Processing Unit으로 전송되어 위치정보의 확인이 가능하나 수중에 견인되어 있는 사이드스캔소나의 정확한 위치는 확인하기 힘들다. 이러한 해저 영상은 시각적으로 판별이 유용하기 때문에 인공어초 및 광케이블, 침선 등 해저지형 탐색 등으로 널리 사용되고 있다.

2.4. 인공어초 체적 및 개수 산정

2.4.1. 인공어초 체적 산정

사각형 인공어초 개수를 구하기 위해서는 산적되어

있는 사각형 어초의 체적을 구한 뒤 개수를 산정해야 된다.

(가) Surfer를 이용한 체적 산정

체적산정에 있어 우선적으로 멀티빔 수심측량 자료와 사이드스캔의 해저면 영상을 통해 사각형 어초의 범위를 선정한 후 Surfer 프로그램에서 제공하고 있는 사다리꼴 적분법을 이용한 부피계산법 중 양의 부피 값을 사용하여 체적을 산정하였다[4].

(나) 인공어초 개수 산정

산적된 사각형 어초의 개수 산정식은 식 (2)와 같으며, 기존에 k값은 0.8 을 일반적으로 사용하였으나 김진호 등은 사각형어초 5 개를 투하한 직후 산적된 어초의 총 체적에 어초 1 개의 체적을 나누는 뒤 체적계수(k)값을 곱하여 어초의 개수를 산정 하였다[4]. 여기서 k값의 범위가 0.79 에서 0.86 로 조사되어 평균치 0.834 을 k값으로 제안한바 있으며, 김호상 등은 9 개 단위어초들의 실제 체적을 k값과 시설경과년수(Yr : year)의 상관식 $k=0.0023Yr+0.725$ 를 이용하여 인공어초의 개수를 추정하였다[5].

$$V_T = (V_C \times V_1) / k \quad (2)$$

여기서, V_T = 산적된 어초 개수

V_C = 산적된 어초의 총 체적

V_1 = 어초 1개의 체적

k = 체적계수

(0.8 or 0.83 or $0.0023 Yr + 0.725$)

III. 연구결과

3.1. 수심측량 결과

멀티빔 수심측량으로 취득한 자료를 통하여 산적된 인공어초의 천소수심은 41.53 m이며, 어초주변 수심은 42.65 m이며, 일부 어초들이 침하되어 있는 것을 해저 2D 단면도를 통하여 알 수 있었다. 해저 3D 영상으로 산적된 어초는 18.8 ha 범위로 분산되어 있었으며, 어초의 남동쪽으로 점차 수심이 깊어짐을 알 수 있었다. 사이드스캔소나 영상으로는 어초의 일부가 외력에 의해 떨어져 나간 것을 확인 할 수 있었다.

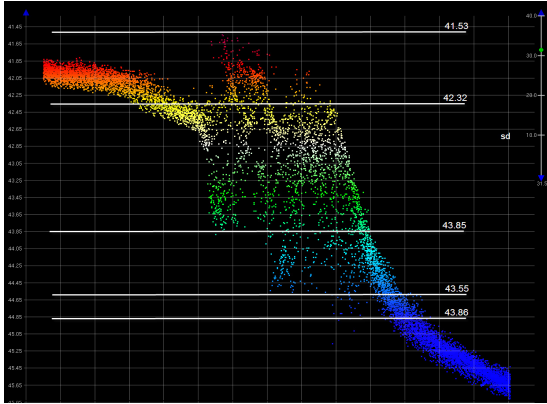


그림 6. 해저 2D 단면도
Fig. 6 2D Cross-Sectional View of the Seabed

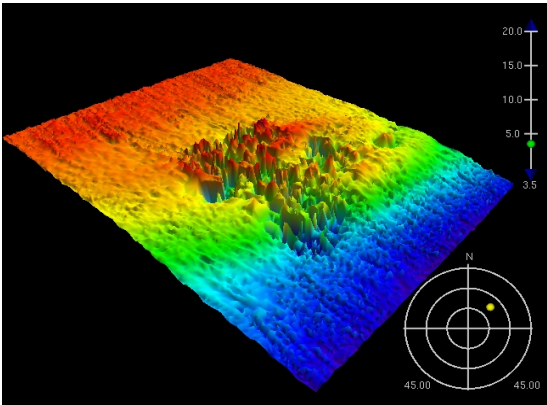


그림 7. 해저 3D 영상도
Fig. 7 Undersea 3D Image

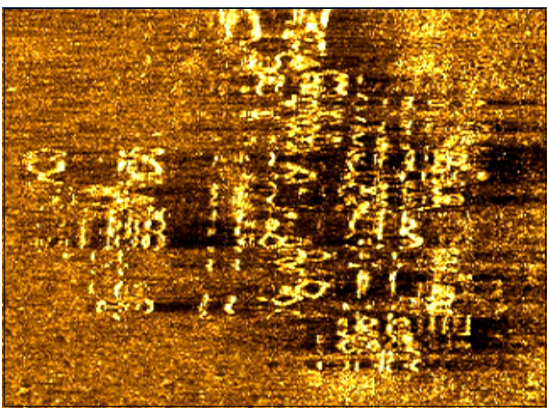


그림 8. 사이드스캔소나 영상
Fig. 8 Side Scan Sonar Image

3.2. 인공어초 체적 및 개수산정 결과

산적되어 있는 어초의 실제적을 위해 멀티빔 수심측량으로 취득한 자료에 해저 3D 영상과 사이드스캔소나의 조사된 영상으로 산적된 어초의 최외각 선을 결정하여 Surfer 프로그램을 통해 체적을 산출하였다. 산적된 어초의 계산된 체적은 575.44 m³으로 나타났으며 기존 연구에서 어초 개수 산정식에 사용된 k값 0.8 및 0.834 그리고 0.0023Yr+0.725 를 사용하여 각각의 어초 개수를 산정한 결과는 다음 표 1 과 같다.

표 1. 인공어초 산정공식에 따른 계산결과

Table. 1 Calculated According to the Official Estimate Artificial Reefs

k값	어초 개수
0.8	58
0.834	60
0.0023Yr+0.725	56

사각형 인공어초의 실제적에 사각형 인공어초 계산식에 기존의 k값으로 개수를 산정하였을 때 58, 60, 56 개로 평균 58 개로 나타났다. 그러나 본 연구에 조사된 어초는 1991 년 16ha 에 100 개를 시설한 것으로 2013 년에 조사하여 추정된 개수에 비해 40% 가량 침하와 해양외력에 의해 유실된 것으로 추정된다.

IV. 결 론

본 연구에서는 인공어초 시설관리에 기초자료가 되는 산적된 사각형 어초의 개수산정에 기존의 산정공식의 효율성을 검토하여 인공어초 개수산정에 있어 개선방안에 대하여 연구하였다.

멀티빔 수심측량 결과로 산적된 어초 주변 지형은 남동 방향으로 갈수록 수심이 깊어지는 것으로 나타났으며, 조사된 어초는 1991 년 16 ha의 범위에 사각형 어초 100 개를 시설한 것으로 확인 되었다. 기존에 사용되었던 k값의 관계식으로 산적어초의 개수를 산정하였을 때 58, 60, 56 개로 나타났으며 계산된 개수의 편차는 크지 않았으나 기 시설된 인공어초의 개수와는 차이를 보였다. 이는 깊은 수심대로 갈수록 어초가 침하된 것으로

해저 단면도를 통하여 확인 할 수 있었으며, 또한 산적 된 후 해양외력에 의해 일부 어초가 떨어져 나간 것을 사이드스캔소나 영상으로 알 수 있었다. 따라서 추후 연구에서는 인공어초의 개수 산정에 있어 산적된 어초의 일부가 해양외력에 의해 떨어져나가 군집을 형성하고 있는 어초 최외각선 선정과 시설년도 및 해저저질에 따른 침하에 대한 연구가 같이 이루어져야 할 것으로 판단된다.

REFERENCES

- [1] ministry of oceans and fisheries, Total artificial reefs [Internet]. Available: http://www.fips.go.kr/jsp/ar/ar_tot_list.jsp?menuDepth=060504.
- [2] Artificial Reefs in business administration and management regulations(2013), Ministry of Agriculture, *Food and Rural Affairs instructions Article No. 356*.
- [3] Manual on Hydrography, KHOA, pp. 239.
- [4] Jin Ho Kim, Jea Geun Yu, Jun Pyo Hong, Pal Won Son, Nack Joong Choi, Byung Gyun Kim, Yong Suk Choi, "A Study of Application Method for Counting and Volume Ratio of Artificial Reefs," The Korea Society of Marine Engineering, *Proceedings of the Korea Society of Marine Engineers*, 2006.6, pp. 211-212.
- [5] Ho Sang Kim, Jeong Woo Lee, Jong Ryeol Kim and Han Sam Yoon, "Estimation of Countermeasures and Efficient Use of Volume of Artificial Reefs Deployed in Fishing Grounds," *Journal of the Korean Society for Marine Environmental Engineering* Vol. 12, No. 3. pp. 181-187, August 2009.



김영종(Young-Jong Kim)

2009년 경남대학교 토목공학과 공학사
2011년 경남대학교 첨단공학과 공학석사
2014년 ~ 현재 경남대학교 첨단공학과 박사과정
※ 관심분야: 원격탐사, 수로측량, GIS, GPS



최 현(Hyun Choi)

2004년 부산대학교 대학원 토목공학과 공학박사
2006년 ~ 현재 경남대학교 토목공학과 교수
※ 관심분야: 원격탐사, 사진측량, 공간정보, 3D-GIS, Virtual Reality