

동해안 사질지반에 시설된 인공어초 3종의 매몰 특성

김대권† · 김완기* · 손용수** · 윤장택*** · 공용근**** · 김영대***** · 이지현*****

(원고접수일 : 2007년 11월 6일, 심사완료일 : 2008년 1월 18일)

Settlement Characteristics of Three Type of Artificial Reefs on Sandy Bottom in the Eastern Coast of Korea

Dae-Kweon Kim† · Wan-Ki Kim* · Yong-Soo Son** · Jang-Tack Yoon*** · Yong-Gun Gong**** · Young-Dae Kim***** · Ji-Hyun Lee*****

Abstract : Using multi beam echo sounder, side scan sonar and scuba diving equipment, ceramic type, uneven type and semicircle-ramus type reefs into sandy bottom were ascertained, the depth of submersion in 7.2-10.3 m on the coast of Gangneung, East of Korea. forty uneven type artificial reefs(AR) were totally buried into the sandy bottom. Two of five semicircle-ramus type ARs had only of their top area exposed. For most of the 45 ceramic reefs, only the upper 25-150 cm of ARs were visible. The burial pattern is different in west and east side of the reefs, where the east side is deeply buried compared to the west side. From these results, it is recommended that sufficient analysis of bottom structure and materials especially in the sandy sea area should be undertaken in order to determine the best type of artificial reefs to be deployed and the best location for depoloyment.

Key words : Artificial reef(인공어초), Burial(매몰), East sea(동해안), Sand bottom(사질대), Grain size(입도)

1. 서 론

인공어초란 해양에서 인위적으로 수산자원을 보호하고 번식을 돕기 위한 수단으로 이용되는 수중 구조물이다. 이러한 구조물을 수중에 시설하면 파랑, 조석류, 해류 등에 의해 지속적으로 세굴, 퇴적

이 진행되고 이와 같은 현상이 지속되면 구조물 일부분이 매몰로 이어져 인공어초로서의 기능을 저해한다. 결국, 시설된 인공어초는 내구년수 30년 동안에 걸쳐 해저지반에서의 압밀침하, 세굴, 퇴적에 의한 침하, 표류사의 이동에 의한 매몰에 대하여 안정성을 확보할 수 있어야 한다^{(1), (3)}. 국립수산과

† 교신저자(국립수산과학원 동해수산연구소), E-mail: daikweon@hanmail.net, Tel: 033)660-8561

* 국립수산과학원 동해수산연구소

** 국립수산과학원 동해수산연구소

*** 국립수산과학원 동해수산연구소

**** 국립수산과학원 동해수산연구소

***** 국립수산과학원 동해수산연구소

학원 동해수산연구소가 강원도 강릉시 연안 150개소에 시설된 인공어초를 대상으로 잠수관찰에 의한 매몰량을 조사한 결과, 100cm 이상 매몰된 곳이 24개소, 50cm 이상 매몰된 곳이 23개소로 전체 어초어장의 31.3%가 매몰이 진행되고 있음을 지적하고 있다^[2]. 따라서 이 연구의 목적은 사질로 형성된 지반에 시설된 인공어초의 종류별 매몰 특성을 파악함으로써 인공어초 시설지 결정을 위한 정책 자료를 제시하는데 있다.

2. 실험방법

2.1 인공어초 시설

실험에 이용된 3종의 인공어초는 2003년 11월, 강원도 강릉시 강동면 심곡리 연안(Fig. 1)이며, 시설해역의 중심좌표는 37° 40.151' N, 129° 03.469' E이다. 시설해역의 수심은 7.2~10.3m이며, 지반은 사질해역에 어초종류별로 혼재하여 분산 시설하였다. 시설된 인공어초는 세라믹어초 45개와 콘크리트 재질의 반원가지형인공어초 5개, 신요철형인공어초 10개 등 3종으로 각 인공어초 종류별 제원은 Table 1에 상세히 나타냈다.

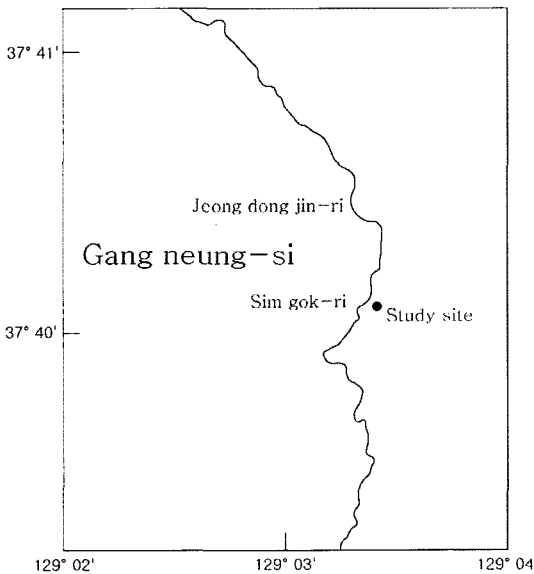


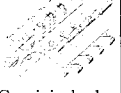


Fig. 1 Map showing the study site.

Table 1 Specification of artificial reefs blocks investigated

Specification	Ceramic reef	Uneven type reef	Semicircle-branched type reef
Specification (L×B×H, in m)	4.3×3.3×2.1	2.6×2.0×1.5	5.0×3.5×2.9
Weight (M/T)	11.3	5.16	19.00
Contact pressure (Ton/m ²)	0.80	1.70	4.59
Material	Ceramic, Steel	Concrete	Concrete
Model	 Ceramic reef	 Uneven type reef	 Semicircle-branched type reef

2.2 인공어초 시설지 지반시료 입도 분석

인공어초 시설지반의 입도분석을 위한 시료채취는 잠수부에 의해 직경 10cm PVC 파이프를 50cm까지 삽입하여 시료를 채집하였다. 채집된 시료는 실험실로 옮겨 과산화수소(H₂O₂)와 염산(HCl)을 넣어 유기물을 완전히 분해시킨 후 건조기에서 건조하였다. 건조된 시료는 건식체질법으로 평균입도를 구하였다. 또한 지반시료 중 비중이 낮은 패각질 구성비를 보기 위해 일부시료는 염산으로 3회에 걸쳐 패각을 완전히 녹인 후 전체 시료 중에 포함된 패각질 함량을 구하였다.

2.3 인공어초 시설해역의 파고 및 파향 관측

인공어초 시설해역의 파고와 파향 자료는 시설이 후부터 조사 당시까지의 일일 최대파고와 최대 파고시 파향을 분석하였다. 파고와 파향 자료는 조사해역에 인접한 동해시 해역에 기상청에서 설치한 파랑 관측부이에서 취득된 자료를 사용하였다.

2.4 인공어초의 배치상태와 매몰량 조사

인공어초의 배치상태와 매몰량은 잠수관찰에 의한 직접방법과 side scan sonar를 이용한 2차원

영상 취득, multi beam echo sounder를 이용한 3차원 영상자료로부터 개략적인 매물량과 배치상태를 분석하였다. 정확한 매물량은 multi beam echo sounder에서 얻어진 단면도와 잠수관찰로 직접 매물 깊이를 측정하여 정확한 매물량을 산출하였다. 신요철형인공어초와 같이 완전히 매물된 인공어초에 대하여는 side scan sonar 자료나 multi beam echo sounder 자료를 취득할 수 없어 잠수사에 의해 상층부 모래를 퍼내고 전체 매물 깊이를 구하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 인공어초 시설지 지반구조

인공어초 시설지의 지반시료의 입도분석 결과는 Fig. 2와 같다. 사질지반의 평균 입도조성은 중립사(medium sand) 68.4%, 조립사(coarse sand) 27.0%, 세립사(find sand) 2.4%, 극조립사(very coarse sand) 2.1%로 구성되어 있으며 (Table 2), 시료 중 패각질 함량은 6.2%였다. 어초 시설지의 전반적인 지반상태는 Fig. 5의 side scan sonar 영상에서 보는 바와 같이 인공어초 시설지 주변해역 전체가 동일 형태의 사질대로 구성되어 있음을 알 수 있다. 이와 같은 지반구조는 동해안 연안에서 나타나는 전형적인 지반구조이다 (4)

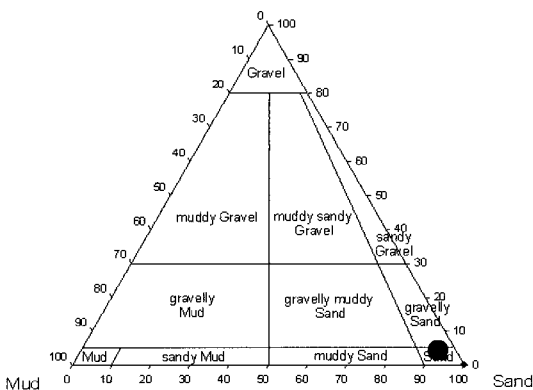


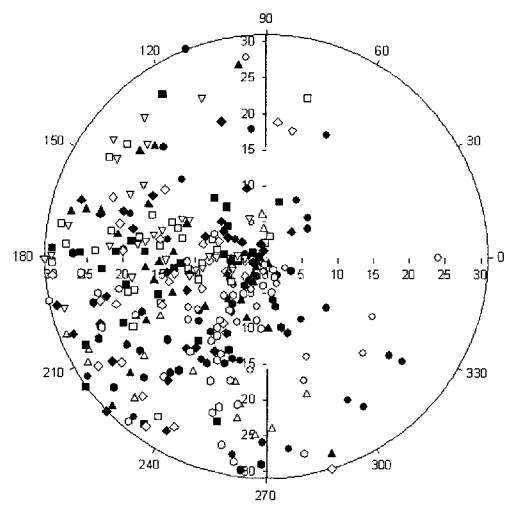
Fig. 2 Grain size diagram of ground sample (Fork, 1968).

Table 2 Ratio of Mean grain size

Grain size(mm)	ϕ scale	Grade	Ratio(%)
2.000	-1	Gravel	0.05
1.000	0	very coarse sand	2.14
0.500	1	coarse sand	27.00
0.250	2	medium sand	68.40
0.125	3	find sand	2.40
0.063	4	very fine sand	0.01

3.2 파고 및 파향의 영향

동해시에 설치된 관측부이로부터 취득된 2006년도 일중 최대 파고시 파향은 Fig. 3과 같이 서측방향과 서남서측 방향으로 치우쳐 있음을 볼 수 있다(원의 반경은 반 순기(5일 간격)를 나타냄). 또한 2005년부터 2007년 8월까지 최대파고 관측값을 보면 최대 파고는 11.10m였고, 같은 시기의 평균 파고는 1.67m였다. 따라서 외해로부터 연안측으로 진행되는 높은 파도와 해수의 유동은 비중이 가볍고, 점성이 낮은 사질지반을 교란, 부유시키고 이로 인해 사질지반에 시설된 인공어초의 매물을 축진시켰을 것이다.



● Jan. ▼ Mar. ■ May ◆ Jul. ▲ Sep. ● Nov.
○ Feb. △ Apr. □ Jun. ◇ Aug. ▽ Oct. ○ Dec.

Fig. 3 Daily variation of wave direction, 2006.

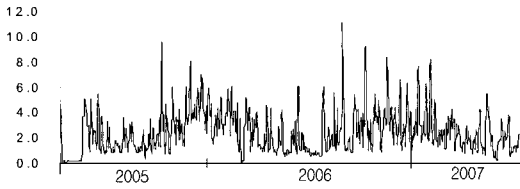


Fig. 4 Daily variation of wave height, 2005-2007.

3.3 어초 종류별 매몰 특성

3.3.1 세라믹어초의 매몰 특성

세라믹어초의 접지압은 0.80Ton/m²으로 실험어초 3개 모델 중 접지압이 가장 낮은 인공어초다. 그러나 45개의 실험어초 대부분은 Fig. 5와 같이 2/3 이상이 매몰이 진행된 것을 볼 수 있다. Fig. 6의 multi beam echo sounder 영상에서도 모든 어초가 상단부만 남아 있고, 주변수심과 큰 차이를 보이지 않고 있다. Fig. 7은 매몰 깊이를 상세히 보여주고 있다. 세라믹어초의 높이가 210cm 임을 감안하면, 매몰이 심한 경우 185cm가 매몰되어 있으며, 상태가 비교적 양호한 어초 또한 60cm 이상 매몰이 진행되고 있음을 보여주고 있다. 또한 단위어초별 매몰특성은 해안선을 기준으로 외해측으로 더 깊게 매몰되었으며, 연안측으로는 매몰량이 상대적으로 적었다. 수중관찰에서는 세굴이나 퇴적현상은 뚜렷하지 않았으며, 동측으로 기울어진 상태로 침하된 특징을 보였다. Shin and Hong(2004)은 외해 구조물 배후의 표사이동에 관한 연구에서 외해 구조물 배후의 해빈변형에서 해안선측과 수심역이 해빈변형 기구가 상호 독립되어 있으며, 해안선측은 등심선에 대한 파의 입사방향에 대응하는 표사이동이 탁월하며, 수심역에서는 파의 왕복운동에 의한 소류 및 부유사가 해빈류에 의해 지배되어 이동하고 양자는 해안선 해빈에서 형성되는 부분 중복파와 연관된 특정 경계를 기준으로 서로 분리되어 이동한다고 지적하고 있다^[5]. 따라서 이 해역에서 인공어초 매몰은 파의 크기와 입사방향에 지배를 받고 있음을 시사하고 있다.

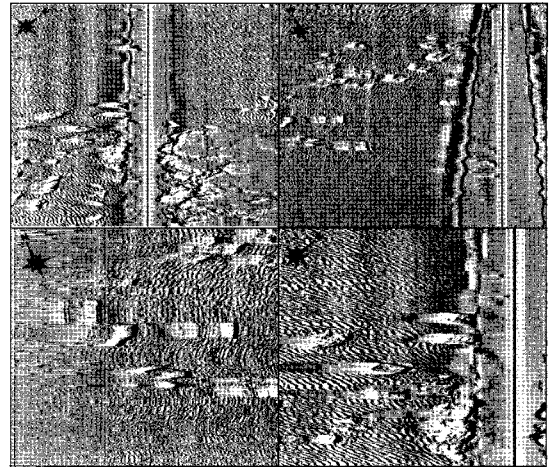


Fig. 5 Buried condition of ceramic reef on side scan sonar image.

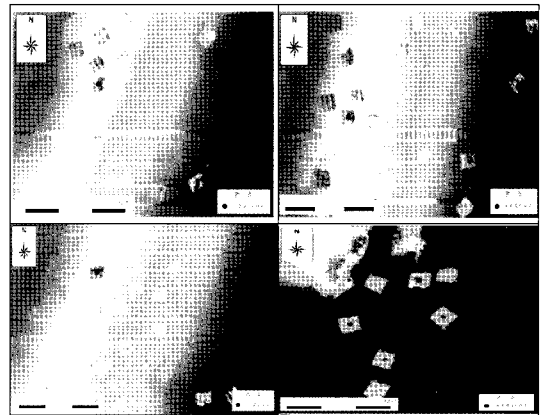


Fig. 6 Buried condition of multi beam echo sounder image.

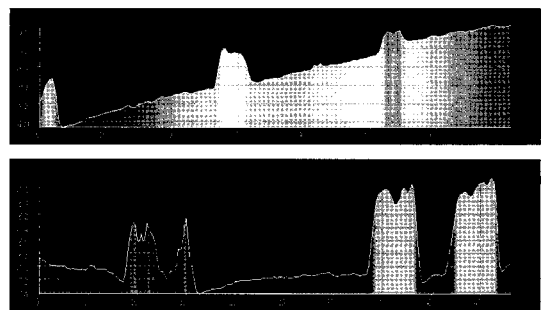


Fig. 7 Cross section of ceramic reefs on multi beam echo sounder image.

3.3.2 반원가지형어초의 매몰 특성

반원가지형어초의 접지압은 4.59Ton/m²으로 실험에 이용된 3종의 인공어초 중 접지압이 가장 높은 어초이다. Fig. 8은 3개의 어초 상단부만 약간 돌출되어 있음을 보여주고 있으며, 돌출된 노출부분은 Fig. 9의 단면도에서 보는바와 같이 25cm 이내이다. 어초 높이가 290cm임으로 265cm가 매몰되었을 알 수 있다. 반원가지형어초도 세라믹어초와 같이 퇴적이나 세굴현상은 보이지 않았다.

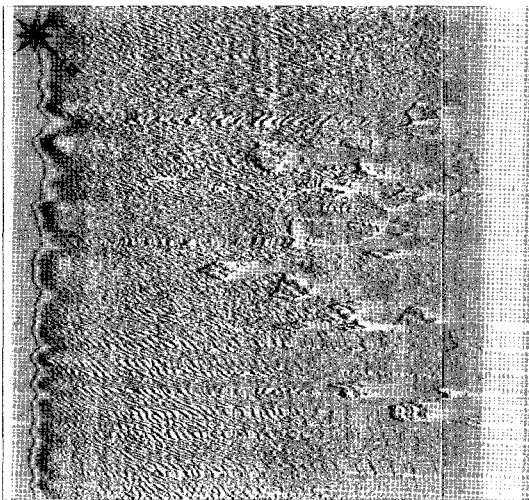


Fig. 8 Buried condition of semicircle-branch type reefs.

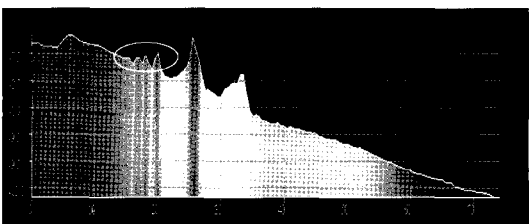


Fig. 9 Cross section of semicircle-branch type reefs multi beam echo sounder image.

3.3.3 신요철형어초의 매몰 특성

신요철형어초의 경우, Fig. 10과 같이 해저 면과 같거나 해저 면보다 더 깊게 매몰되어 side scan sonar나 multi beam echo sounder로 확인되지 않았다. 다만 잠수관찰로 확인된 어초는 1개의 어초가 해저면 하 5cm, 1개의 어초는 해저면 하 20cm까지 매몰되어 있었다.

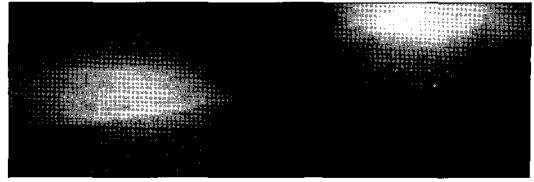


Fig. 10 Buried condition of uneven type reefs.

4. 결 론

동해안 사질지반에 시설된 반원가지형어초, 세라믹어초, 신요철형어초의 매몰특성을 밝혔다. 조사 어초 3종 중 접지압이 가장 낮은 세라믹어초는 60~150cm가 매몰되었으며, 접지압이 가장 높은 반원가지형어초는 265cm 이상 매몰되었다. 신요철형 어초의 매몰량은 130~145cm였다. 동해안 사질지반에 시설된 인공어초인 경우, 매몰현상은 의해로부터 연안측으로 진행되는 높은 파도와 이로 인한 해수유동에 의해 비중이 가볍고, 점성이 낮은 사질지반을 교란, 부유시켜 인공어초의 매몰을 촉진시키고 있다. 따라서 사질지반으로 형성된 동해안에서는 접지압이 낮은 인공어초라 할지라도 매몰에 대한 안정성이 확보할 수 없다. 따라서 이러한 지반구조에서는 매몰에 대한 충분한 검토가 이뤄진 후에 인공어초를 시설할 필요가 있다.

참고문헌

- [1] 서성호, 전남대학교 박사학위논문, “인공어초 시설지반의 지반공학적 세굴 특성”, pp. 1-3, 2008.
- [2] 국립수산과학원 동해수산연구소, “2006 강원도 인공어초 어장관리사업 잠수조사 용역보고서”, pp. 15~19, 2007.
- [3] Folk, R.L., Hemphill’s Texas, “Petrology of sedimentary rock”, pp. 140, 1968.
- [4] 해양수산부, “동서제주 해역 바다목장 개발 연구용역 보고서”, pp. 150-156, 2005.
- [5] Shin, S.H. and Hong, K.Y., J. Kor. Soc. Mar. Env. Eng., “An experimental study of sediment transport patterns

behind offshore structure”, Vol 7. no 4, pp. 207-215, 2004.

저 자 소 개



김대권(金大權)

1956년 8월생. 2006년 제주대학교 수산생물학과 졸업(이학박사). 1976-현재 국립수산과학원 동해수산연구소, 해양수산연구원



김완기(金完起)

1961년 4월생. 2004년 부경대학교 수산생물학과 졸업(이학박사). 1986-현재 국립수산과학원 동해수산연구소, 해양수산연구원



손용수(孫龍秀)

1957년 7월생. 2007년 강릉대학교 해양생명공학과(박사과정) 국립수산과학원 제주수산연구소 해양수산연구원



윤장택(尹長澤)

1957년 3월생. 1995년 전북대학교 생물학과 졸업(이학박사). 1976-현재 국립수산과학원 동해수산연구소, 해양수산연구원



공용근(孔龍根)

1955 10월생. 1999 인제대학교 생물학과 졸업(이학박사). 1981-현재 국립수산과학원 동해수산연구소, 증식연구팀장



김영대(金榮大)

1964년 2월생. 2001년 부경대학교 생물공학과 졸업(이학박사). 1991-현재 국립수산과학원 동해수산연구소, 해양수산연구원



이지현(李智賢)

1981년 8월생. 2007년 순천향대생물학과 재학중(박사과정). 2006-현재 국립수산과학원 동해수산연구소, 인턴연구원