

변산 · 고사포 해수욕장 하부 조간대의 지형변동연구

Morphological Change of Lower Tidal Flat in Byunsan · Gosapo Beach

권 효 근* 최 강 원** 장 정 렬*** 정 지 연****

Kwon, Hyo Keun · Choi, Kang Won · Jang, Jeong Ryeol · Jung, Ji Yeon

Abstract

This study was carried out to survey for morphological change of lower tidal flat near Byunsan-Gosapo beach using single-beam echosounder and sound velocity profiler. Since October 2009 in the center of the region, the erosion occurred about 10 ~ 50cm, while either side of the study area is little change. Erosion occurred at the beach, each beach area in the southwest area rather than further accumulation occurred sandbank formed. Observed in the study area near the center of the erosion is the result of ongoing changes that were temporarily due to seasonal changes is not clear. However, the northwestward waves were expected to be a major source of erosion. Because of this, continue to observe the terrain and the local ocean circulation studies will be required.

I. 서 론

변산 · 고사포 해수욕장은 전라북도 부안군 변산면에 위치해 있으며 새만금 1, 2호방조제의 가력배수갑문에서 남측으로 약 5km 떨어져 있는 해수욕장이다(Fig. 1).

이들 해수욕장은 1970년대부터 빼어난 자연경관과 완만한 경사, 그리고 양질의 모래로

인해 많은 관광객이 찾아오던 전북의 대표적 관광지였다. 그러나 우리나라 연안의 평균해수면 상승 따른 해안침식작용(조광우, 2009)과 북태평양기후변화에 의한 몬순의 강도변화, 새만금방조제 축조 후 수리현상변화 등의 복합적인 영향으로 해수욕장의 평균표고가 점차 하강하고 있다(한국농어촌공사 새만금사업단, 2009). 따라서 해수욕장의 지형변동 원인과

* 한국농어촌공사 농어촌연구원 연구원 (hkkwon@ekr.or.kr)

** 한국농어촌공사 농어촌연구원 수석연구원 (kwchoi@ekr.or.kr)

*** 한국농어촌공사 농어촌연구원 책임연구원 (wgjang@ekr.or.kr)

**** 한국농어촌공사 농어촌연구원 연구원 (stoplotus@ekr.or.kr)

키워드 : Byunsan, Gosapo, tidal flat, beach, wave, single-beam echosounder

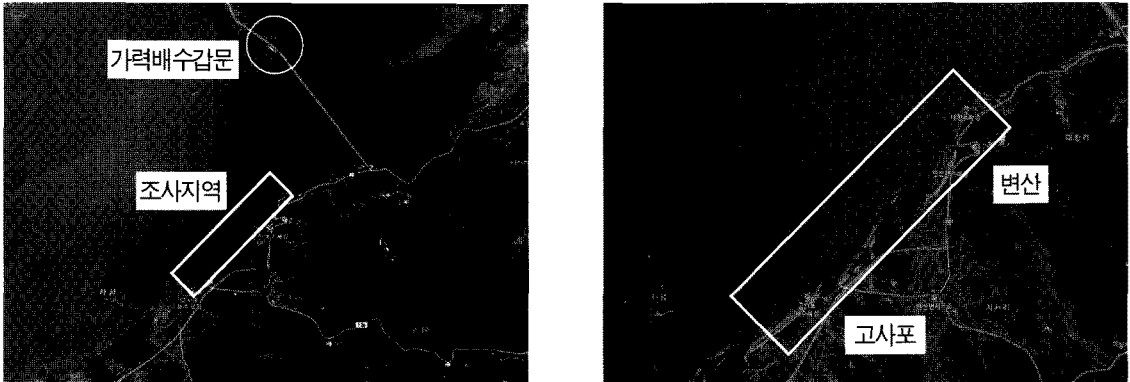


Fig. 1. Satellite Imagery of the Study Area

실태를 파악하고 해수욕장 유지를 위한 종합적 관리 대책수립이 시급한 상황이다(국토해양부, 2009).

새만금 방조제 축조로 인한 외측해역의 지형변동은 공사 초기단계에서부터 예측되어왔다. 그러나 지형변화의 범위 및 지속시간, 안정화 단계에 도달하는 시기 등에 대해서는 충분하게 검토되지 못한 실정이다. 실제로 연안역에서 지형변화의 가능성을 정확하게 예측하는 것은 아직까지 매우 어려운 일이다. 따라서 연안 해빈 지형변화의 과정을 정기적으로 모니터링하는 것은 필수적인 작업이며, 정확한 관측결과가 축적되어야만 미래의 변화방향을

추정하고, 변화의 원인을 파악하여 예측되는 악영향의 대비책을 강구할 수 있을 것이다.

본 연구는 상부해변의 모래가 조하대로 이동되는지를 검토하고자 조하대 부근에서 2009~2010년 동안 3회에 걸쳐 단일빔 음향측심을 수행한 결과를 토대로 하부 조간대 지형의 연간 변화를 파악하고자 한다.

II. 재료 및 방법

변산·고사포 해수욕장의 하부 조간대의 지형변동을 조사하기 위해 단일빔 음향측심 조사를 시행하였다. 본 조사구역은 최저간조선 이하의 수심이 분포하는 지역이며 변산해수욕장과 고사포 해수욕장의 해안을 따라 길이 4 km, 폭 1.4km의 영역으로 설정하였고 정밀수심관측 항적도를 Fig. 2에 나타내었다. 조사

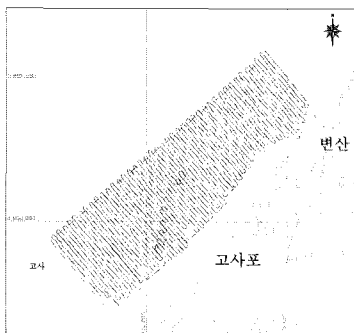


Fig. 2. Track of Single Beam Survey

Table 1. Description of Survey

Date	Survey area (m ²)	Survey length (km)
2009.6.23~6.24	4,835,764	117.16
2009.10.24~10.26	4,835,764	108.76
2010.8.25 ~8.27	4,835,764	107.07

Table 2. Specification of DGPS

Item	Specification
Model	Beacon DGPS 212
Manufacturer	JRC (Japan)
Receive frequency	L1(1575.42MHz ± 1MHz)
Receive channel	12 channel
Trace code	C/A code
Beacon frequency band width	283.5~325kHz

시기는 대조시기로 선정하였고 조사 면적과 작업량은 Table 1에 기술하였다.

1. 조사장비

가. DGPS

조사 선박의 위치 제어를 위하여 Beacon DGPS 212가 이용되었다. DGPS 시스템은 육상의 기지국과 선박의 수신국으로 구성된다. 육상 기지국은 위성으로부터 수신되는 기지국 위치 정보와 기지국 컴퓨터에 입력되어 있는 기지국의 실제 위치 정보를 비교하여 편차를 계산하며, 이 편차는 실시간으로 선박의 수신국으로 송신된다. 선박 내에 설치된 수신국은 이 편차를 이용하여 위성으로부터 수신된 선박의

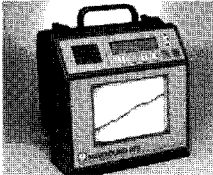

위치를 보정함으로써 정확한 위치를 계산한다.

나. 단일빔 음향측심 장치(Single beam echo sounder)

Navisound 215 단일빔 음향측심기 및 SVP 15 수중 음속도 측정기(Sound Velocity Profiler)가 변산 · 고사포 해수욕장 인근 해역에서의 단일빔 음향측심 조사에 사용되었다. 단일빔 음향측심 시스템은 시스템을 조절하는 주 컴퓨터, 트랜스듀서 및 트랜스듀서와 관련된 전기적인 모듈 등의 장치로 구성된다. 추가적인 장비로 선박의 움직임을 파악할 수 있는 자이로 컴퍼스(Gyro Compass), 모션 센서 (Motion Sensor) 및 해수의 물리적 특성을 측정하여 수중 음속도를 산출하는 음속도 측정기(Sound Velocity Profiler) 등이 사용된다.

모든 기기들은 GPS 시각으로 동기화되어 있으며, 각각의 시스템들은 자료 처리 함수 및 성과 함수들이 포함된 소프트웨어에 의하여 제어된다. 자이로 컴퍼스에 의해 측정된 선박의 진행 방향과 모션 센서에 의해 파악된 선박의 거동 변수들은 실시간으로 단일빔 시스템의 주 구성 장치로 전달된다. 따라서 단일빔 측심

Table 3. Specification of Single Beam Echo Sounder and Sound Velocity Profiler

Single beam echo sounder		Sound velocity profiler	
Model	Navisound 215	Model	SVP 15
Manufacturer	Reson (U.S.A.)	Manufacturer	Reson (U.S.A.)
Sonar frequency	33, 210kHz	Max depth	200m
Max depth	400m	Sound velocity range	1,350~1,600m/s
Resolution	0.075m		
Accuracy	1cm (210kHz) / 10cm (33kHz)	Accuracy	±0.25m/s
Instrument picture		Instrument picture	

자료에는 선박의 움직임과 진행 방향 등의 정보가 동시에 기록된다. 이러한 다양한 자료들을 바탕으로 정밀한 자료 후처리 단계를 거쳐 수심 자료가 계산된다.

2. 조사 방법

가. 위치 제어

Beacon DGPS 212 (JRC)를 이용하여 조사 선박의 위치 정보를 획득하였으며, 항적 유지 시스템(Hydrographic Survey System)으로 PDS2000 프로그램이 사용되었다. 계획된 측선들은 DGPS (Differential Global Positioning System)와 연결된 항적 유지 시스템에 입력되었다. 시스템의 화면에는 계획된 측선이 표시되는 것은 물론, 선박의 실제 진행 항적이 중첩되어 표시됨으로, 실시간 정밀한 위치 제어가 실현되었다.

국토해양부에서 설치한 어청도 DGPS 비이콘 기지국(위도 $36^{\circ} 7' 29.2''$, 경도 $125^{\circ} 58' 13.6''$)으로부터 기준 편차 자료를 실시간으로 수신하여 보정함으로써 정확한 위치 제어를 실현하였다. 항적 시스템에 의해 위치 자료가 각 탐사 장비에 전송되며, 또한, 위치 자료 및

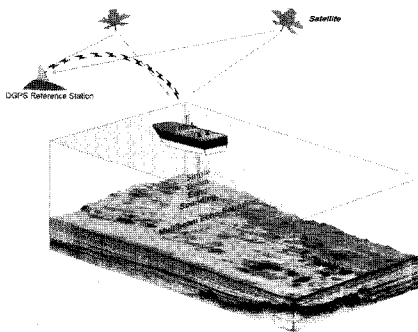


Fig. 3. Illustration of Single Beam Echo Sounding

수심 자료는 이 시스템에 저장된다. Fig.3은 단일빔 음향측심의 모식도이다.

나. 단일빔 음향측심

수심 측량을 시작하기 이전 및 이후에 수중 음속 측정기를 사용하여 음속을 측정하였으며, 이를 이용하여 음속 보정을 실시하였다. 측선 간격은 50m로 설정되었으며, 그 대상 해역은 Fig. 1과 2에 표현하였다. 해안선과 평행하게 나타나는 해저지형 변화를 정확하게 파악하기 위하여, 해안선을 가로 지르는 방향으로 측심 작업이 수행되었으며, 최대한 접근 가능한 지역 까지 조사 선박을 인도하여 조사를 수행하였다.

장애물 및 암초가 나타나는 해역의 경우, 설계된 측선과 관계없이 최대한 접근하도록 노력하였으며, 가능한 경우에는 장애물 사이로 조사 선박을 인도하여 측심 작업을 수행하였다.

3. 자료 처리

가. 조위 보정 및 수심 기준면

단일빔 음향측심 자료의 경우, 현장 조위 관측 자료를 이용하여 조위 보정을 실시하였다. 15~30분 간격의 현장 조위 관측 자료가 국립군산대학교 관측 팀으로부터 제공되었으며, 국립해양조사원 위도 조위관측소의 조위 측정값을 이용하여 이를 경정 보완함으로써 최종 조위 자료가 생산되었다. 현장 조위 관측 자료와 위도 조위 관측소 관측 자료를 비교한 결과, -5분의 조시차가 있는 것으로 분석되었다.

나. 단일빔 측심 자료 처리

단일빔 수심 자료에 포함된 일부 잡음 신호를 제거한 후, 중복된 자료에 대한 교정과 미비한



Fig. 4. Topography of Survey Area Using Single Beam Echo Sounder (Left: Aug 2010, Right: Oct 2009).

자료에 대한 내삽을 통하여 최종적인 D.L. 기준의 10m 간격 격자수심을 생산하였다. 이러한 수심자료는 모두 특등급 수심측량기준을 만족하였다(IHO,1998).

III. 결과 및 분석

1. 단일빔 해저지형 관측

10m 간격의 격자수심을 이용하여, 해저지형 자료를 구축하였으며, 도면을 Fig. 4에 나타내었다. Fig.5는 1m 간격의 등수심선도를 함께 나타낸 것이다. 연간 변화를 비교하기 위해

2009년과 2010년의 관측결과를 비교하였다.

암초 지대와 같이 지형이 복잡한 해역은 그 변화가 더욱 큰 것으로 나타났으나, 이는 빔 각도가 비교적 큰 음파를 이용하는 단일빔 음향측심기의 계기 특성 및 컴퓨터 내삽이라는 자료 처리 특성에 기인하는 것으로서, 실제 지형 변화가 아닌 것으로 판단된다. 또한, 주요 등변화량선이 측심 작업 시의 측선과 유사한 방향인 것으로 보아, 측선 별로 수심을 계측하는 단일빔 음향측심 작업의 특성에 따른 인위적인 값도 포함된 것으로 판단된다.

Fig.6은 이와 같은 지형 변화량을 이용하여 조사 지역을 50cm 이상 퇴적 구역, 50~10cm 퇴적 구역, 측정 오차를 감안하였을 때



Fig. 5. Grid Depth and Contour with 1m Interval (Left: Aug 2010, Right: Oct 2009)

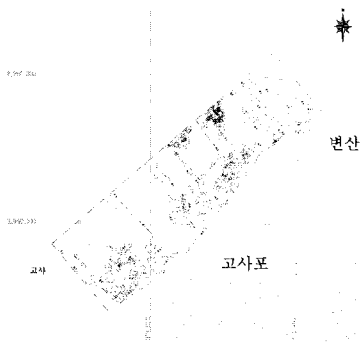


Fig. 6. Difference of Morphological Change Aug 2009 and Aug 2010

무의미한 (+10~-10cm) 변화 구역 즉 변화가 없는 구역, 10~50cm 침식 구역, 50cm 이상 침식 구역으로 구분하여 나타낸 도면이다. 2009년 10월 이후 조사 지역의 중앙부에서 10~50cm 정도의 침식이 있었으며, 반면 조사 지역의 양 측면에서는 거의 변화가 없었음을 보여주었다. 위에서 언급된 단일빔 음향측심의 구조적 한계에도 불구하고, 이러한 관찰

결과는 그 변화량과 분포 유형을 감안할 때 의미 있는 것으로 판단된다.

해양수산부 (현 국토해양부)에서 1997년 발행한 “장기 파랑 산출 자료집”의 방향별 파고계급별 발생빈도 Table 4에 따르면 본 조사 지역 인근에서 북서 방향의 파랑이 가장 많이 발생되며, 한국해양연구원에서 2005년 발행한 “전해역 심해파 추정보고서 II”에 수록된 50년 재현기간 최대설계파고 자료 Table 5도 본 조사 지역 인근에서 북서 파향이 우세한 것으로 추정하고 있다.

한편, 본 조사 지역의 중앙 북동측에 암초 및 저수심대가 존재하고 더 멀리에는 방조제가 가로막고 있으며 조사 지역의 남서측에는 하심이 존재하여 북동 및 남서 방향으로부터의 파랑 유입이 어려운 반면, 중앙부에는 북서 방향으로 장애물이 없고 완만한 경사의 수심이 유지됨으로써 본 조사 지역 인근에서 가장

Table 4. Incidence of Direction and Grade Levels in the Study Area

GRID POINT: 2831 (35.8, 126.4)

PERIOD: Jan.~Dec. (1979-1996)

Direction	0 ~ 0.5	0.5 ~ 1	1 ~ 2	2 ~ 3	3 ~ 5	5 ~	Total
N	880	593	54	1	0	0	1,528
NNE	845	308	26	1	0	0	1,180
NE	901	219	14	0	0	0	1,134
ENE	1,000	205	17	0	0	0	1,222
E	891	101	0	0	0	0	992
ESE	1,039	116	4	0	0	0	1,159
SE	937	165	1	0	0	0	1,103
SSE	707	172	0	0	0	0	879
S	677	450	46	0	0	0	1,173
SSW	3,693	4,105	1,635	68	1	0	9,502
SW	1,021	1,627	1,041	80	8	0	3,777
WSW	732	973	593	66	14	0	2,378
W	957	961	475	105	27	0	2,525
WNW	2,192	2,149	2,229	1,394	521	3	8,488
NW	4,559	3,746	3,385	1,200	172	1	13,063
NNW	864	1,008	597	28	0	0	2,497
Total	21,895	16,898	10,117	2,943	743	4	52,600

Source: Long wave output report (MOMAF, 1997).

Table 5. Design Wave in Near Survey Area

No	Grid	Lat.	Lon.	Wave height & period	Wave direction															
					N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
23	057117	35.89	126.33	W.H	3.53	3.15	2.47	2.31	2.92	3.60	3.96	4.25	5.10	6.03	6.35	5.46	5.00	5.88	5.47	3.60
				W.P	7.26	6.74	6.01	5.76	6.29	6.89	7.33	7.82	9.24	11.13	12.08	11.24	10.25	11.10	10.55	8.06
24	057118	35.76	126.33	W.H	3.62	3.28	2.42	2.15	2.98	3.38	4.06	4.21	4.87	5.51	5.97	5.60	5.34	6.21	5.68	5.02
				W.P	7.47	6.91	5.91	5.66	6.61	6.88	7.62	7.96	9.16	10.79	11.87	11.55	10.64	11.47	10.76	9.52
25	056119	35.62	126.17	W.H	5.57	3.87	2.88	2.84	3.72	4.61	4.84	5.50	5.94	6.54	6.72	5.16	5.44	6.67	6.90	4.99
				W.P	9.34	7.56	6.41	6.26	7.04	7.81	8.21	9.28	10.42	11.66	12.18	10.68	10.57	11.67	11.68	9.42
26	056120	35.49	126.17	W.H	5.50	3.77	2.95	2.78	3.18	4.38	5.12	5.19	5.72	6.27	6.06	5.28	5.56	6.91	7.00	5.16
				W.P	9.35	7.53	6.50	6.19	6.60	7.93	9.07	9.60	10.48	11.65	11.92	11.05	10.67	11.86	11.76	9.55

Source: Deepsea design wave estimation report II (MOMAF, 2005).

우세한 것으로 분석된 북서 방향 파랑의 유입이 용이한 것으로 판단된다.

IV. 고찰

조간대 영역에 포함되는 변산 해수욕장 지역의 지형변동은 보다 바다쪽 방향인 조하대 지역의 지형변동에 직접적으로 연계되어 있을 것으로 판단된다. 이에 따라 변산-고사포 외해역에 대한 정밀 지형측량을 실시하였다. 현실적으로 대조차 환경인 조사구역에서의 해저 지형탐사는 많은 어려움이 있으며, 측정치의 오차가 상대적으로 크게 발생한다. 첫째, 탐사

선박의 수직적 움직임에 의해 오차가 발생하며, 보다 실질적으로는 조석의 보정작업동안 오차가 발생한다. 본 조사에서는 최대 약 20cm 가량 일 것으로 판단되며 이는 IHO (International Hydrographic Organization) 수로측량 기준의 특등급에 해당된다.

변산-고사포 외측해역 정밀 수심측량결과를 비교하였다. 대상해역은 수심이 8m 보다 얕았으며, 특징적인 지형적 굴곡이 발달하지 않았으며, 등심선은 해안선에 준평행한 방향으로 완만하게 만곡된 분포양상을 나타내었다. 특별히 북서쪽 일부 지역에서 수심 10m 보다 깊은 지역이 나타나며, 이는 보다 외해역에 분포하는 수로의 말단부인 것으로 해석된다. 변산과 고사포 해수욕장의 중간 사이지역에는 일부 암초들이 돌출되어 해저지형의 굴곡을 보이고 있다.

Fig. 7은 각 조사기간 동안의 수심변화량의 분포를 도시하고 있다. 2009년과 2010년동안 외해역 수로지역에서 커다란 변동이 나타난 것을 제외하고는 변화가 크지 않았으며, 변산-고사포 중간의 암초지역에서 상대적으로 집적되는 변동을 보이고 있다. 변산과 고사포

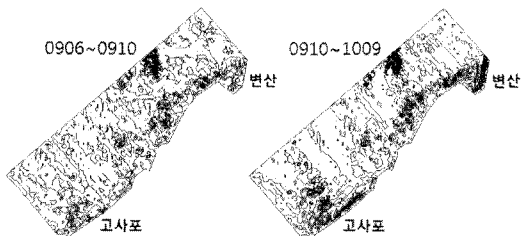


Fig. 7. Morphological Change of Each Survey

해수욕장 구역에서도 침식과 집적의 뚜렷한 변동이 확인되지 않고 있다. 2009년 10월과 2010년 9월의 기간인 1년 동안의 변동은 일부 지역에서 다소 크게 나타났다. 북동쪽의 수로 지역과 암초지역에서 집적되는 변화가 나타났으며, 특징적으로 변산과 고사포 해수욕장 지역에서는 동일하게 침식이 뚜렷하게 우세한 것으로 나타났다. 이같은 침식 현상은 해수욕장 구역에 국한되어 발생하였으며, 각 해수욕장 지역의 남서쪽 지역에서는 오히려 집적이 발생하여 추가적인 사주가 형성되는 것으로 나타났다.

따라서 본 조사 지역의 중앙부에서 관찰된 2009년 10월 이후 10~50cm 정도의 침식이 그 기간 동안에 지속적으로 진행되었던 변화의 누적 결과인지 혹은 절기에 따른 일시적 변화인지 현재로서는 명확히 알 수 없으나, 조사 지역이 해수욕장 환경임을 감안할 때 방조제 축조에 따른 조류의 유속, 유향변화와 이에 따른 북서방향 파랑 유입의 조합이 지형변화의 주요 원인일 수 있을 것으로 판단되며, 이에 대하여 계속적인 유사이동경로, 지형관찰 및 국지적 해수 유동 관찰이 필요하다고 판단된다.

참고문헌

1. 국토해양부, 2008. 해안침식 방지사업의 문제점과 개선방안 정책토론회 자료집, p.164.
2. 조광우, 2009. 해수면 상승에 따른 취약성 분석 및 효과적인 대응정책 수립 I : 해안침식 영향평가. 한국환경정책·평가연구원, p.164.
3. 한국농어촌공사 새만금사업단, 2009. 새만금지구간 적중합개발사업 사후환경영향조사보고서, p.267.
4. 해양수산부, 1997. 장기 파랑 산출 자료집, p.361.
5. 해양수산부, 2005. 전해역 심해파 추정보고서 II.
6. IHO(1998), IHO standards for hydrographic surveys, 4th edition, special publication No.44, International Hydrographic Bureau, Monaco.