

RS · GIS 기법을 활용한 해운대 해저 · 해변지형의 3차원 입체변화 탐지 및 분석

홍현정*† · 최철웅** · 한경수** · 전성우*

한국환경정책 · 평가연구원*, 부경대학교 위성정보과학과**

Detection and Analysis of Three-dimensional Changes in Haeundae Marine and Beach Topography using RS and GIS Technology

Hyun Jung Hong*†, Chul Uong Choi**, Kyung Soo Han**, and Seong Woo Jeon*

Korea Environment Institute*

Department of Satellite Information Science, Pukyong National University**

Abstract : As the ocean and beaches have suffered from the losses of sand, it is necessary to monitor the zones that are prone to erosion continuously with the object of the long-term management. However, each ward offices are busy trying to supply sand without analyzing the marine and beach topographic changes. Therefore a long term effect of erosion has not been shown. In this study, we proposed methods to collect accurate spatial data of the oceans and beaches through sounding and GPS surveys, and detected and analyzed topographic changes quantitatively and qualitatively, by using an integrated RS and GIS techniques. The result of this study revealed that the marine topography has been eroded for 25 years, because of the straight construction of the river and the vast development of urban features, in addition with change of the mean depth 0.40 m, the water surface area 11,028 m², and submarine volume 2,207,884 m³. The beach topography has accreted for 5 years and the change of the mean elevation is 0.27m, the area 6,501 m², and volume 25,667 m³, because of the installation of geogrids and the seasonal effect. We conducted monitoring works on the topographic survey of the ocean and beaches and analyzed the present condition of the coastal erosions. Therefore, it is estimated that necessary information on the supply of sand, the safe marine leisure and the management of bathing place could be provided.

Key Words : Sounding, GPS, Marine Topography, Beach, Topography, Erosion, Accumulation.

요약 : 해안지역의 해저 · 해변모래가 다량 유실되면서 해안지역의 장기관리를 위해 침식구간에 대한 지속적인 모니터링 작업이 필요하다. 그러나 각 구청은 지형변화 분석작업 없이, 양빈작업에 급급하고 있어 장기효과가 나타나지 않고 있다. 그러므로 본 연구는 수심측량 및 GPS 측량을 통해 해저 · 해변지대의 정확한 공간자료를 구축하고, RS · GIS 기법을 도입하여 지형변화를 정량 · 정성적으로 탐지 · 분석하였다. 연구 결과, 해운대 해저지형은 과도한 도시개발과 하천복개공사로 지난 25년간, 평균수심 0.40 m, 수표면적 11,028 m², 수중체적 2,207,884 m³ 가량 침식되었다. 해변지형은 지난 5년간, 평균고도 0.27 m, 총면적

6,501 m², 총체적 25,667 m³ 가량 퇴적되었다. 이의 원인은 지오그리드의 설치로 해변모래가 서측까지 도달하지 못하고, 계절영향으로 사료된다. 본 연구는 해저·해빈지형의 정확한 측량작업으로 해안 및 지형변화에 관한 모니터링 작업을 실시하여 연안침식 현황을 분석하고, 양빈작업 및 안전한 해양레저 활동, 해수욕장 관리에 필요한 정보를 제공할 수 있을 것으로 판단된다.

1. 서론

모래는 경제적 가치를 지니는 중요 광물자원이다. 그러나 과도한 채취로 육상모래가 고갈되면서 해저지대는 모래를 채취할 수 있는 유일한 자원공간이 되었다. 해안지대는 산업시설과 인구가 밀집한 산업입지로 활용되거나 사빈, 해안절벽으로 구성되어 관광지로 활용된다. 그러나 강우의 계절 집중현상, 태풍, 대규모 간척사업, 방조제 및 댐 건설 등의 자연·인위적 요인과 관리 부족으로 이들 환경이 변화되거나 파괴되어 다량의 모래가 유실되었다. 해운대 해수욕장의 경우, 1990년대 초반부터 매년 3,000만원~4,000만원의 예산으로 2,000 m³~5,000 m³ 가량 모래를 공급하여 해빈고도를 약 3~8 cm 상승시켰으나 이는 전체 체적의 약 2~5%에 해당하는 미미한 양으로 양빈사업의 효과는 미약하다.

해양수산부는 연안침식 종합대책을 수립, 2006년까지 전국 주요 백사장 20개소에 모니터링 체계를 구축·시행하려 한다. 모니터링 작업은 연안지대의 장기변화 탐지를 바탕으로 시행되어야 하나, 아직은 자료수집 및 모니터링 초기단계로 연안관리 및 보존을 위한 실질대책은 마련되지 않고 있다.

국내의 경우, 수준측량을 이용한 해빈침식 탐지(박상길 외, 1994; 손일 외, 2004), 사진측량을 이용한 해안선 변화 탐지(조주환 외, 2001; 최철웅과 김형석, 2001) 등 연안지대의 기본 모니터링에 관한 연구가 행해졌다. 그러나 국외의 경우, 가시영상의 단순 육안판독을 벗어나 Landsat 열영상을 이용한 침식 가속지역 판별기법(White *et al.*, 1999), 스테레오 영상을 이용한 3차원 해안선 추출기법(Li *et al.*, 2003), SAR 영상을 이용한 해안선 추출기법(Dellepiane *et al.*, 2004) 등 새로운 기법들이 소개되고 있다.

해안침식 종합대책 수립 및 사업 수행에 있어 해저·해빈지대의 과거 공간자료는 정확한 분석 및 예측을 위한 중요 자료이다. 그러므로 해안지대의 정확한 공간자료 획득을 위해 장비 정확도, 운용 능력, 분석 계획에 따

라 적절한 측량기법과 전문인력이 요구된다. 그러나 현재까지, 측량기법의 검토작업 및 정기측량 없이, 모래유실량에 대한 문제 제기 및 단기 대책 마련에 급급하고 있다. 그러므로 본 연구에서는 수심측량 및 GPS 측량을 바탕으로, 해운대 해저·해빈지대의 지형변화 모니터링 작업을 실시, 정량화 수행, 정확한 유실량을 산정, 유실지역을 공간분석하여, 향후 본 연구와 유사한 연구를 수행하는 연구자에게 많은 도움이 되고자 한다.

2. 연구자료 및 연구방법

1) 수심측량을 이용한 해저지형 공간자료 구축

해운대 일대 해저지형의 공간자료를 구축하고자, 국립해양조사원 남해해양조사사무소에서 단빔음향측심기(Echotrac 3100)와 전파위차측정기(Trisponder DDMU 542) 및 수로측량 자동화시스템(Hypack max)으로 측량한 1980년, 1994년, 2005년 수심측량성과 자료들을 제공받았다. Trimble Geomatics Office V1.50 과 MicroStation SE 프로그램으로 Fig. 2(b)(c)(d)와 같이 해운대 일대 수심측량원도를 제작하였다. Raster 자료는 Vector 자료와 달리 격자크기와 형태가 동일한 까닭에 RS 자료와의 연계처리, 레이어 중첩분석, 시뮬레이션이 용이하다. 그러므로 Intergraph MTA&InRoads 프로그램으로 각 측량원도로부터 MSL 0 m 이하의 해저 DEM을 추출하였다.

2) 수치지도를 이용한 해빈지형 공간자료 구축

2000년에 제작된 1:1000 수치지도로부터 해안선 및 해빈지형의 등고선을 추출, MSL 0 m 이상의 2000년 해빈 DEM을 제작하였다.

3) GPS 측량을 이용한 해빈지형 공간자료 구축

일반적으로 해빈지형 공간자료는 평판, 수준, Total Station 측량으로 구축된다. 이러한 측량기법은 정확도

는 높지만, 모든 구간의 측량이 불가하므로 비경제적, 비효율적이다. 그러므로 해안지역의 장기 모니터링시, 이러한 측량자료는 보조자료로 활용되어야 한다. GPS는 시간, 기상에 관계없이 3차원 위치 정보를 제공하므로, 기준점 측량을 비롯한 수 cm 이하의 정밀도가 요구되는 측지측량 분야에 활용되고 있다. 그러므로 본 연구에서는 해빈지형 변화 모니터링을 위한 자료구축 기법으로 GPS 측량을 선정하였다.

GPS 측량은 기존 해빈측량 방식과 달리, 기지점에 설치된 GPS 장비가 위성으로 신호를 보내고 미지점에 설치된 GPS 장비가 그 신호를 다시 수신하면서 미지점의 좌표를 획득한다. 그 중 Kinematic GPS 측량 방식은 하나의 수신기를 고정점에 설치하고 다른 수신기는

실험 대상지역의 측선들을 돌아다니며 측량을 실시하는 방법으로, 본 연구에서는 해운대 해수욕장의 해빈지형 변화 탐지를 위해 2005년 8월 20일 오후 4시부터 21일 오전 4시까지 정밀 GPS 장비 4대(Ashtech Z-FX 1대, Trimble 5700 2대, Trimble 4000 SSI 1대)로 Kinematic GPS 측량을 실시하였다. 수신오차와 굴절 오차를 고려하여 Epoch Time은 1초, Mask Elevation Angle은 10°로 조정, 장시간의 측량을 고려하여 저장장치를 개선하였다. 임시기준점은 대학 내 환경연구동으로 선정하여 국토지리정보원 'GPS에 의한 기준점 측량 작업규정'에 따라 측량작업을 실시하였다. Fig. 1과 같이 전빈(Foreshore)의 경우, 해안선을 따라 1m씩 후빈(Backshore)측으로 도보측량 하였고, 후빈의 경우, 특



Fig. 1. (a) Datum point survey. (b) Foreshore survey. (c) Backshore survey.

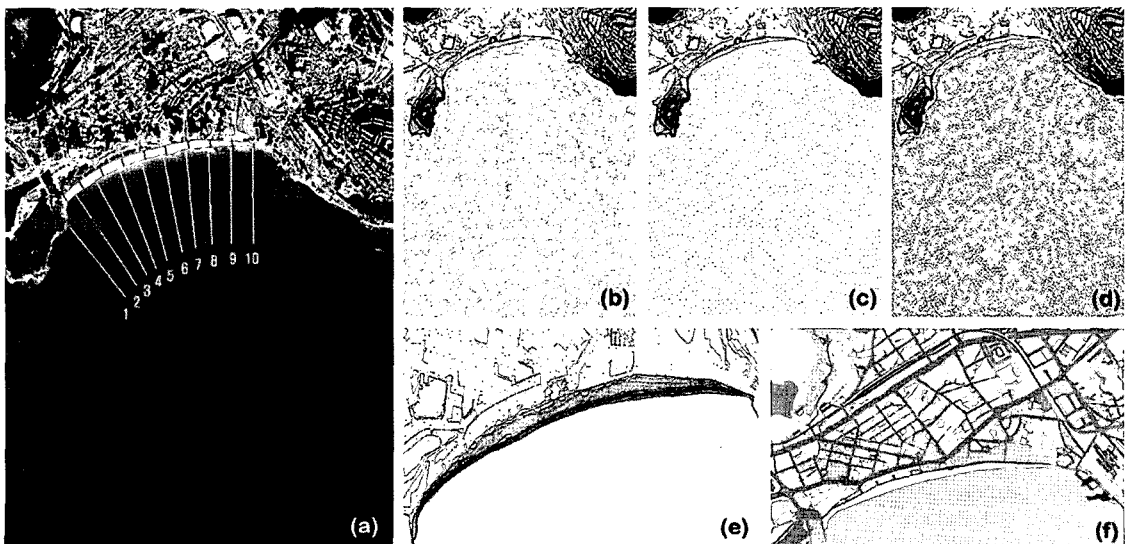


Fig. 2. (a) SPOT Image of study area. (b) Sounding survey drawing (1980). (c) Sounding survey drawing (1994). (d) Sounding survey drawing (2005). (e) Beach survey drawing (2005). (f) Land cover map (2005).

수 제작한 Off Road Car에 2개의 안테나를 1.5 m 간격으로 설치하여 왕복측량 하였다. Off Road Car의 도입으로, 도보측량 대비, 동일시간에 2점씩 3배 가량의 거리를 측량할 수 있어 본 연구의 측량 효율을 6배 가량 높일 수 있었다.

GPS 자료는 Trimble Geomatics Office V1.50 프로그램으로 처리하였다. 기준점은 연구지역과 가장 인접한 밀양 GPS 상시관측점 자료를 바탕으로 기선 처리·조정하였다. 측량오차는 최소±0.8 cm, 최대±2.2 cm 이하로, 고정밀 좌표를 산정할 수 있었다. 측량성고로부터 Fig. 2(e)와 같이 측량원도를 제작, MSL 0 m 이상의 2005년 해빈 DEM을 추출하였다.

4) 사진측량을 이용한 해운대 인근 공간자료 구축

1985년, 1988년, 1992년, 1995년, 1997년, 2000년, 2002년, 2005년 항공사진을 정사보정하고 일정한 경계선을 따라 똑같은 범위의 연구지역을 추출하였다. 해운대 인근 지역의 토지표면의 정보를 항목화하여 시간에 따른 변화 분석을 위해, 환경부 토지피복 세분류에 의거하여 Fig. 2 (f)와 같이 토지피복도를 제작하여 공간자료를 구축하였다.

5) 연구방법

해안지형 모니터링시, 항공측량은 넓은 지역의 거시·주기적 관측이 가능하여 시간에 따른 변동 상황을 파악하는데 유용하다. 그러나 본 연구와 같이 대상물 자체의 관측이나 정량분석시 신뢰도가 떨어지며, 수심, 체적, 단면분석을 포함하는 3차원 분석이 불가능하다. 그러므로 수심 및 GPS 측량으로 DEM을 제작하여 해운대 해저·해빈지형의 3차원 입체 공간자료를 구축하였다.

Modular GIS Environment, Arcview GIS 3.3과 같은 GIS 프로그램을 이용하여 GRID 분석, 중첩분석, 통계분석, 단면분석을 실시하여 해저·해빈지형의 3차원 입체변화를 탐지하였다. 또한 항공측량 기법을 도입하여, ERDAS IMAGINE 8.6으로 정사보정된 항공사진을 바탕으로 MicroStation SE, GeoMedia Professional 4.0과 같은 프로그램을 사용하여 토지피복도를 제작, 해저·해빈지형의 변화 원인을 분석하였다(Fig. 3).

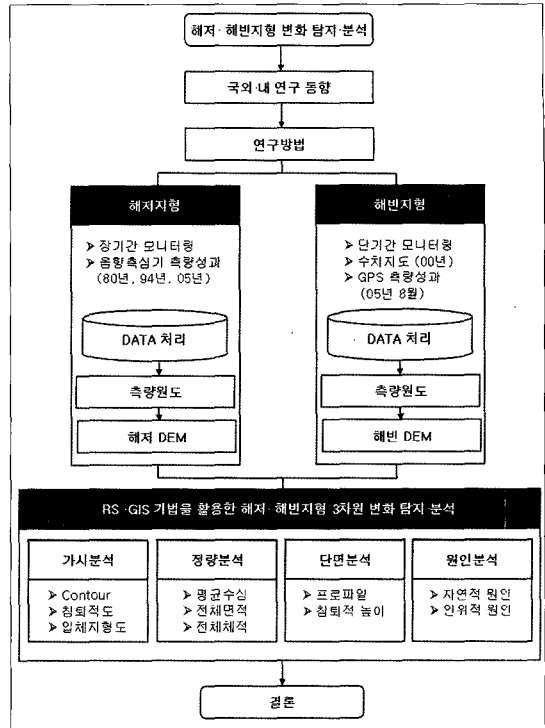


Fig. 3. Flowchart of study methods.

3. 연구결과

1) RS·GIS를 활용한 해운대 해저지형의 3차원 입체변화 탐지 및 분석 (MSL 0 m 이하)

(1) 해운대 해저지형의 가시변화

해저 DEM으로부터 Fig. 4와 같이 등수심도, 3차원 입체 지형도, 침퇴적도를 제작하였다.

등수심도 가시분석 결과, 1990년부터 시행된 양빈사업의 영향으로, 1985년과 1994년 사이, 해빈 인근 해저지형은 일시적으로 완경사를 이루었으나, 계속되는 침식현상으로 1994년과 2005년 사이, 급경사를 이룬 것으로 사료된다.

국립해양조사원의 수심측량성과 자료와 국립지리원의 수치지도를 합성하여 Fig. 4(b)와 같이 해운대 일대의 3차원 입체 지형도를 제작하여 가시화하였다. 이로부터 해안에서 1 km 떨어진 곳곳에 암초지대가 존재하고 있음을 확인할 수 있다.

침퇴적도 가시분석 결과, 1980년과 1994년 사이 해빈 인근 해저지형은 퇴적, 외해 해저지형은 침식되었으며, Fig. 4(c)와 같이 1994년과 2005년 사이 해빈 인근

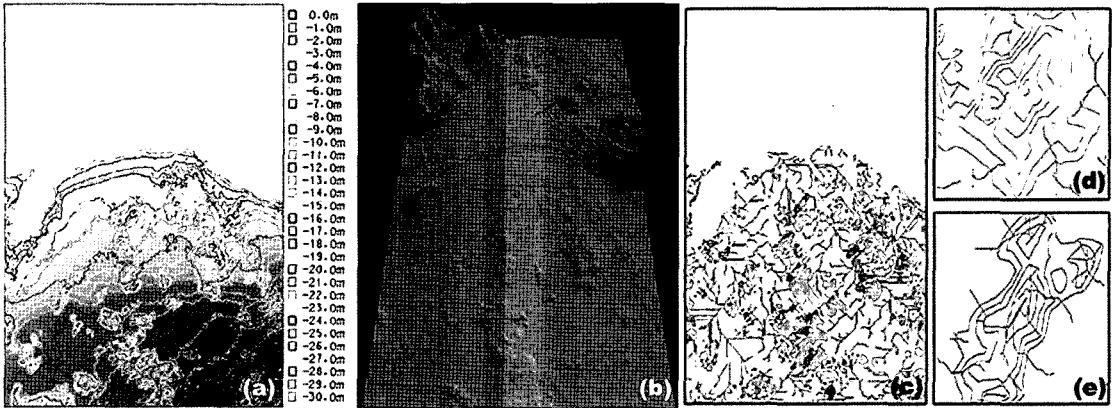


Fig. 4. (a) Isobaths map (2005). (b) 3D topographic map (2005). (c) Distribution of erosion and accumulation (Red: Erosion, Blue: Accumulation). (d) Magnification of erosion area. (e) Magnification of accumulation area.

Table 1. Methods and data used in this study.

대 상	기 법	시 기
해저지형	수심측량	1980년, 1994년, 2005년
	사진측량	1985년, 1988년, 1992년, 1995년, 1997년, 2000년, 2002년, 2005년
해빈지형	수치지도	2000년
	GPS측량	2005년(8월 20일~8월 21일)
	사진측량	2003년, 2004년(5월, 11월), 2005년

과 외해 해저지형에서 모두 침식, 해수욕장 가장자리보다 중앙지역에서 침식이 활발히 발생하였다. 침퇴적도의 신빙성 검토를 위해 해수 흐름도를 제작, 침퇴적도와 중첩하여 분석한 결과, Fig. 4(e)와 같이 해수가 모이는 지점과 모래 퇴적지가 서로 일치하였다. 이러한 자료 분석을 통해 침식구간을 판별하고 침식구간에 대한 양빈 작업이 시행되어야 한다.

(2) 해운대 해저지형의 정량변화

고도값을 가지는 DEM의 히스토그램은 고도에 따른 픽셀 분포 수를 확인할 수 있어, 지형 평균고도, 면적,

체적 산출과 같은 정량분석시, DEM의 히스토그램을 산출하여 분석하는 것이 용이하다. 히스토그램의 정확도를 향상시키기 위해, 수심 간격을 1 cm로 설정하고, MSL 0 m를 기준으로 DEM을 구성하고 있는 픽셀들의 히스토그램을 추출하였다. 이로부터 Table 2와 같이 평균수심, 수표면적, 수중체적을 산출하고, Fig. 5와 같이 수심별 면적·체적변화를 도표화 하였다.

통계분석 결과, 2005년 현재 연구지역 내 해운대 수중체적은 89,763,216 m³로 1980년과 2005년 사이, 2,207,884 m³ 가량 증가, 평균 수심과 수표면적은 14.89 m, 6,028,168 m²로 0.40 m, 11,028 m² 가량 감소하여, 지난 25년간 해운대 해저지형은 침식되었다.

해운대 해저지형의 수심별 면적 및 체적은 과거 25년간 수심 0~1 m 구간에서 퇴적, 1~5 m 구간에서 침식, 5~6 m 구간에서 퇴적, 6~10 m 구간에서 침식, 10~11 m 구간에서 퇴적, 11~13 m 구간에서 침식, 13 m 이상 구간에서 퇴적하는 경향을 보였다. 파도와 바람에 의해 해빈모래가 해저지대로 유입되면서 지난 25년간 수심이 얕은 해저지형의 경우, 소량 퇴적되었으나 수심이 깊

Table 2. Statistical summary of marine topographic change (MSL based on 0 m).

년 도	측점수	연구 지역	셀크기	평균고도	수 표 면 적	수 중 체 적	
1980	11245	2798×2435	2×2	14.49 m	6039196 m ²	87555332 m ³	
1994	3772	2798×2435	2×2	14.29 m	6048012 m ²	86471876 m ³	
2005	21257	2798×2435	2×2	14.89 m	6028168 m ²	89763216 m ³	
변 화 량				1980-1994	0.20m (퇴적)	8816 m ² (퇴적)	1083456 m ³ (퇴적)
				1994-2005	0.60m (침식)	19844 m ² (침식)	3291340 m ³ (침식)
				1980-2005	0.40m (침식)	11028 m ² (침식)	2207884 m ³ (침식)

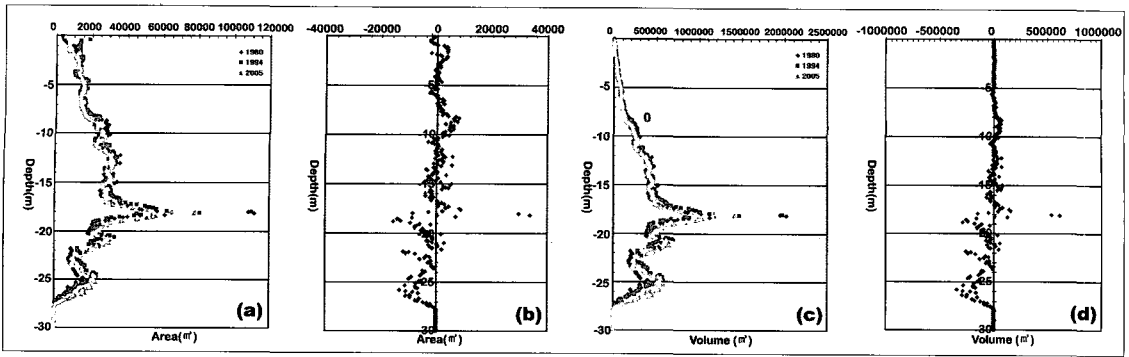


Fig. 5. (a) Marine topographic change graphs by sounding area. (b) Change in area (1980-2005). (c) Volume. (d) Change in volume (1980-2005).

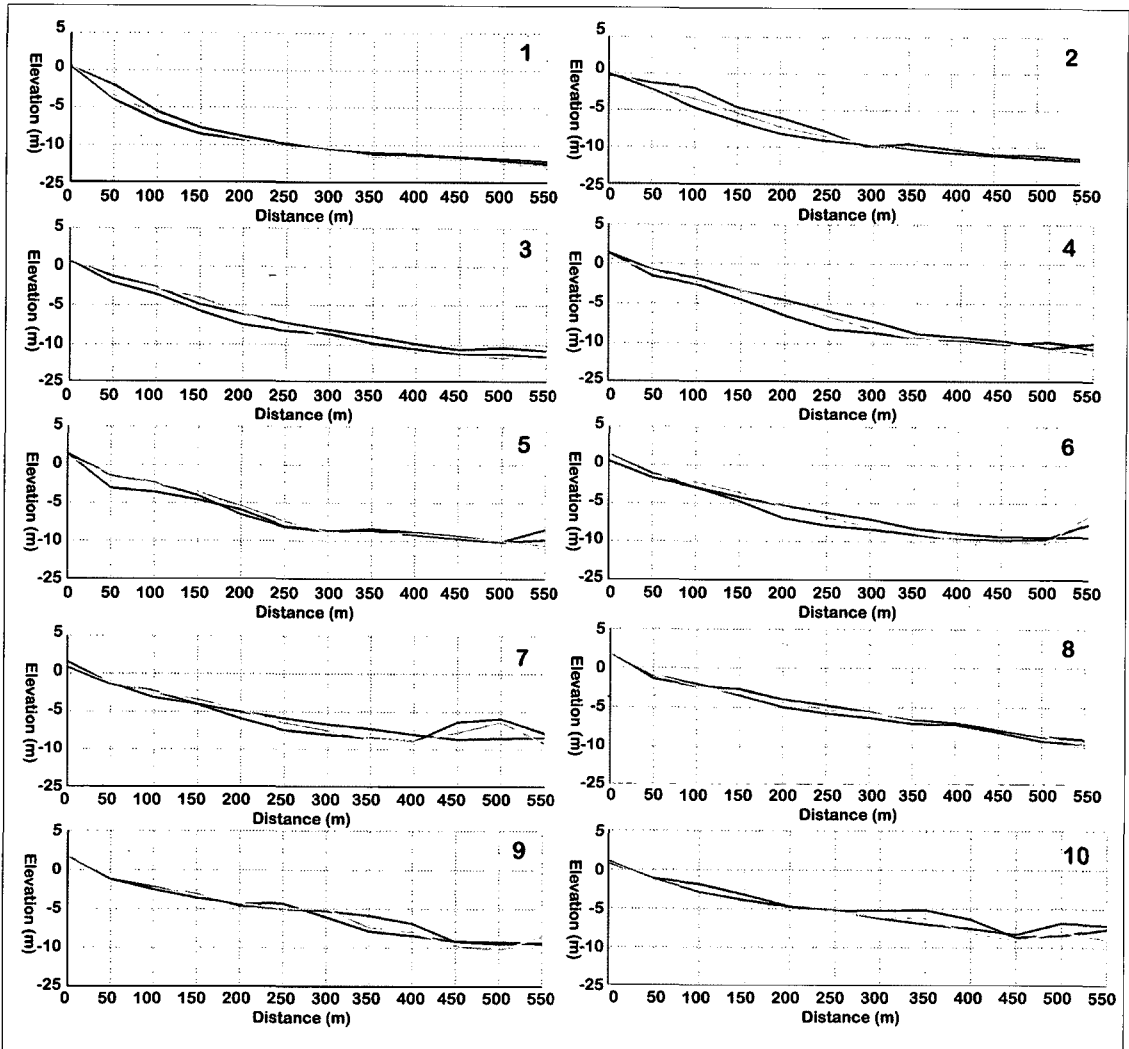


Fig. 6. Marine depth graphs by cross section (Blue: 1980, Red: 1994, Yellow: 2005).

어질수록 다량의 모래가 유실된 것으로 사료된다. 침식 현상을 보이는 최초 수심 구간은 1~5 m로, 이 구간 중 수심 1.5 m에서 최대 침식치를 보였다. 이 깊이는 해수욕장을 찾는 일반 관광객들의 해수욕이 이루어지는 주요 수심으로, 면적과 체적이 계속 침식될 경우, 해운대 해수욕장은 관광지로서의 가치를 상실하게 될 것이다.

(3) 해운대 해저지형의 단면변화

Fig. 2(a)에 표시된 측선들과 같이 조선비치호텔에서 측에서 약 160 m 등간격으로 10개의 구간을 나누어 Fig. 6과 같이 1980년, 1994년, 2005년 해저지형의 단면도를 제작, 이들 단면도를 중첩시켜 침퇴적 깊이를 산정하였다.

해저지형 단면분석 결과, 1980년과 1994년 사이, 해저지형의 고도는 상승하였으나, 1994년과 2005년 사이, 하강하였다. 1990년부터 매년 시행된 양빈사업의 영향으로 해운대 일대 해저지형은 일시적으로 퇴적되었으나 지속적인 침식현상으로 다량의 모래가 유실되었다. 지난 25년간 중앙과 동측 해저지형의 경우, 침식량은 미미하며 곳에 따라 퇴적경향을 보였다. 그러나, 서측 해저지형의 경우, 집중적으로 침식현상이 발생하여 다량의 모래가 유실된 것으로 사료된다.

(4) 해운대 해저지형의 변화 원인 분석

해운대 해저지형의 장기 모니터링 분석 결과, 지난 25년간 해저지형은 일시 퇴적되었으나 지속적인 해저침식으로 다량의 모래가 유실되었다. 해저지형의 수심측량 작업이 매년 시행되지 않고 있는 현재 상태에서 해저침식 현상의 정확한 원인을 단정적으로 파악하기 어렵다. 그러나 본 연구 결과, 해저침식의 원인은 해운대

도시개발과 하천복개 및 직강공사로 추정된다. 본 연구에서 구축한 연도별 토지피복도로로부터 Fig. 7과 같이 하천 면적과 토양유실량을 산정하였다. 하천 면적과 토양유실량, 해저지형 체적간의 상호관계 분석 결과, 하천면적이 증가하면 해저지형은 퇴적, 하천면적이 감소하면서 해저지형은 침식되었고, 토양유실량이 증가하면 해저지형은 퇴적, 토양유실량이 감소하면 해저지형은 침식되었다. 즉, 숙박·유흥업소 및 도로확장 공사로 육상으로부터 다량의 토사가 유출되면서 해저지형은 일시 퇴적되었으나, 1994년과 1996년 사이에 걸친 하수차집관로 및 하수종말처리장 공사, 춘천천과 수영천의 복개 및 직강공사로 하천 면적이 급격히 감소하면서, 해저지형으로 공급되던 강변모래가 하수처리장에 퇴적되고 육상모래의 유입이 차단되어, 해저침식이 발생한 것으로 사료된다. 그러므로 하천면적과 해저침식, 토양유실량과 해저 침식간에 높은 연관성이 있는 것으로 사료된다.

2) RS·GIS를 활용한 해운대 해빈지형의 3차원 입체변화 탐지 및 분석 (MSL 0 m 이상)

(1) 해운대 해빈지형의 가시변화

해빈 DEM으로부터 Fig. 8과 같이 등고선도, 침퇴적도를 제작하였다.

등고선도 가시분석 결과, 2000년과 2005년 사이, 전빈은 급경사를 이루었으며, 해빈지형에 모래가 고루 분배되지 않았다. 각 등고선도로부터 MSL 0 m인 수애선을 추출하여 분석한 결과, 2000년과 2005년 사이 글로벌 콘도를 중심으로 서측해빈은 2,181 m² 가량 침식, 동측해빈은 8,827 m² 가량 퇴적되었다.

침퇴적도 가시분석 결과, 2000년과 2005년 사이, 서

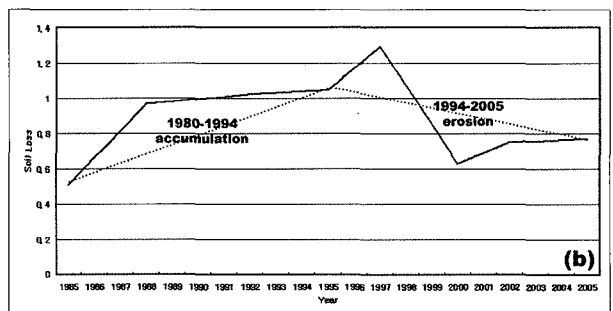
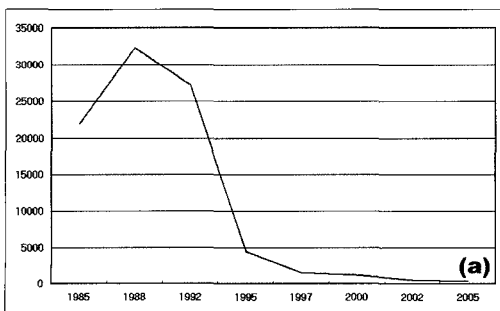


Fig. 7. (a) Change of river area. (b) Change of soil loss.

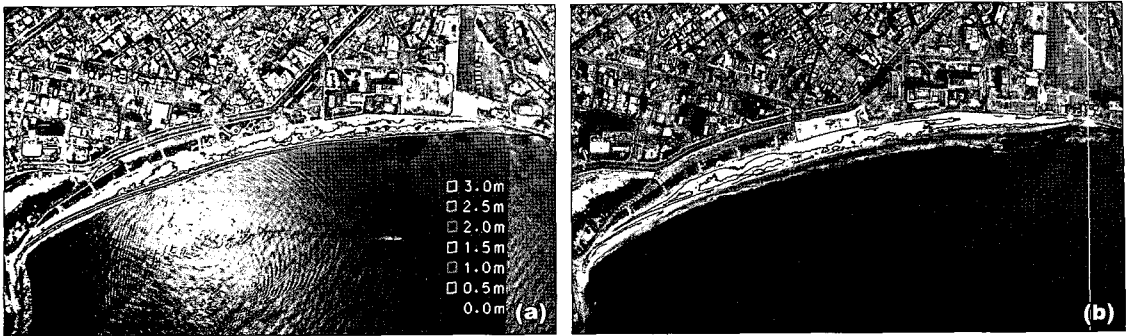


Fig. 8. (a) Contour map of beach topography (2005). (b) Distribution map of erosion (Red) and accumulation (Blue) (2000-2005).

측해빈과 동측해빈 일부를 제외한 대부분의 구간에서 퇴적현상이 발생하였으나 서측해빈은 침식현상이 집중적으로 발생하였다. 심지어 동일 위치의 고도가 과거에 비해 1.5 m 이상 차이 나는 곳이 존재하였다.

(2) 해운대 해변지형의 정량변화

MSL 0 m를 기준으로 DEM을 구성하고 있는 픽셀들의 히스토그램을 추출하여 Table 3과 같이 평균수심, 수표면적, 수중체적을 산출, Fig. 9와 같이 수심별 면적·체적 변화를 도표화 하였다.

해빈 DEM의 통계분석 결과, 해운대 해수욕장의 해변지형은 2005년 현재, 고도 1.89 m, 면적 56,537 m², 체

적 106,959 m³로 지난 5년간 0.27 m, 6,501 m², 25,667 m³ 가량 퇴적되었다. 그러나 측량시기가 양빈작업 2달 후로, 실제적량에 비해 5~10% 가량 더 많은 양이 산정된 것으로 사료된다.

지난 5년간 해운대 해수욕장 해변지형의 면적 및 체적은 고도 0~1 m 구간의 경우, 변화가 미미하나, 1~2 m 구간에서 침식, 2~3 m 구간에서 퇴적, 특히, 고도 2.6 m에서 다량의 모래가 퇴적되었다. 고도 1~2 m 구간의 침식으로 전빈이 급경사를 이루면서 관광객들은 주로 2~3 m 구간에 몰려 있었다. 더구나 조선티치호텔 앞 후빈의 경우, 수애선과 호안벽 사이의 거리가 가까워 관광객들을 찾아볼 수 없었다. 해운대 해수욕장을 찾는

Table 3. Statistical summary of beach topographic change (MSL based on 0 m).

년 도	측 점 수	연구지역	셀크기	평균고도	면 적	체 적
2000		1350×435	1×1	1.62 m	50036 m ²	81292 m ³
2005	69823	1426×407	1×1	1.89 m	56537 m ²	106959 m ³
변 화 량				0.27 m	6501 m ²	25667 m ³
				퇴 적	퇴 적	퇴 적

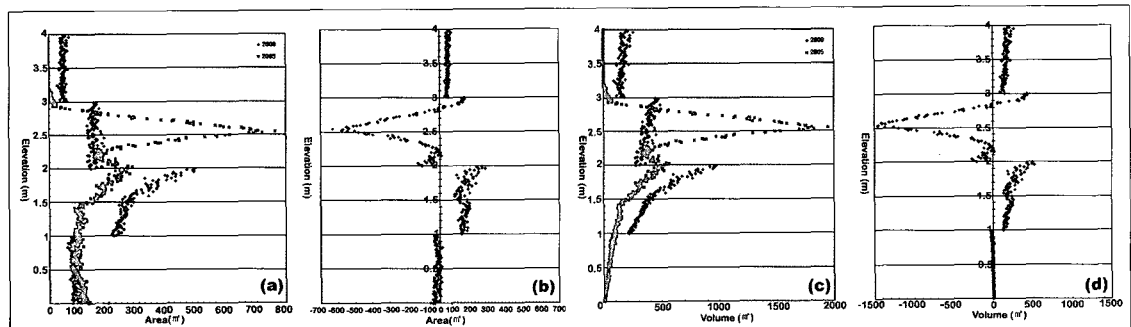


Fig. 9. (a) Beach topographic change graphs by sounding area. (b) Change in area (2000-2005). (c) Volume. (d) Change in volume (2000-2005).

관광객들을 잃지 않고 더 많은 관광객들을 유치하려면, 고도 1~2 m 구간의 계속적인 모니터링 및 양빈작업이 이루어져야 한다.

(3) 해운대 해변지형의 단면변화

Fig. 2(a) 해변에 표시된 측선들과 같이 조선비치호텔 측에서 약 100 m 등간격으로 Fig. 10과 같이 2000년, 2005년 단면도를 제작, 이들 단면도를 중첩시켜 침퇴적 깊이를 산정하였다.

지난 5년간 해변지형의 침퇴적 경향은, 서측해빈의 경우, 호안벽 근처 구간을 제외한다면, 이격거리에 관계 없이 모든 구간에서 침식, 중앙해빈의 경우, 모든 구간에서 퇴적, 동측해빈의 경우, 이격거리 25 m까지 퇴적, 25 m 이상 구간에서는 침식되었다. 본 측량시점은 양빈작업이 이루어진 2달 후로 대부분 퇴적경향을 보였다.

특히, 중앙해빈의 경우, 퇴적현상이 뚜렷하였다. 그러나 1990년 이후 매년 시행된 양빈작업에도 불구하고 서측해빈의 경우, 침식경향이 우세하였다. 실제 측량 당시, 서측해빈은 모래가 소실되고 바위로 뒤덮여 있었다.

(4) 해운대 해변지형의 변화 원인 분석

지난 5년간 해운대 해수욕장의 해변지형은, 동측의 경우 침식현상이 미약하게 발생하거나 퇴적현상이 발생하였으며, 중앙의 경우 퇴적현상이 뚜렷하였다. 그러나 서측 해변지형의 경우, 침식현상이 집중적으로 나타났다. 이의 원인은 다음과 같이 추정된다.

첫째, 2005년 4월 27일, (주)EBR Systems는 PVC 재질의 지오그리드를 중앙 해변 앞 수심 2 m까지 30 m 간격으로 설치하였다. 미세 그물망의 설치로 중앙 해변 앞 파도의 유속은 떨어지고, 파도에 의해 쓸려나가는 해

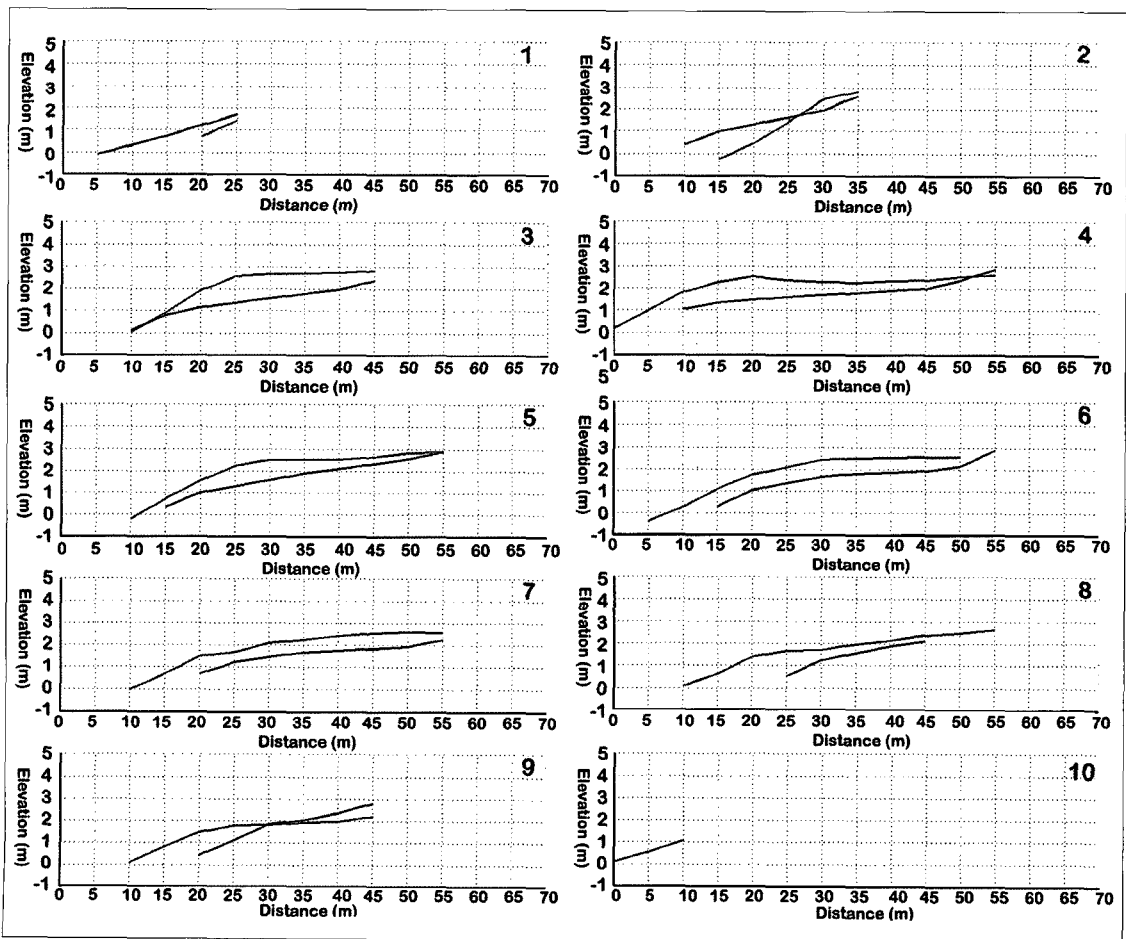


Fig. 10. Beach elevation graphs by cross section (Blue: 2000, Red: 2005).

Table 4. Change in the beach area by seasons.

날 짜	계 절	면 적		
		조선비치호텔	미 포	전 체
2003.11.	겨 울	18329.21 m ²	8403.90 m ²	54185.5950 m ²
2004.05.	여 름	16905.57 m ²	10541.41 m ²	60243.7069 m ²
2004.11.	겨 울	18301.93 m ²	9960.96 m ²	56687.5044 m ²
2005.05.	여 름	17160.30 m ²	10704.99 m ²	57709.9274 m ²

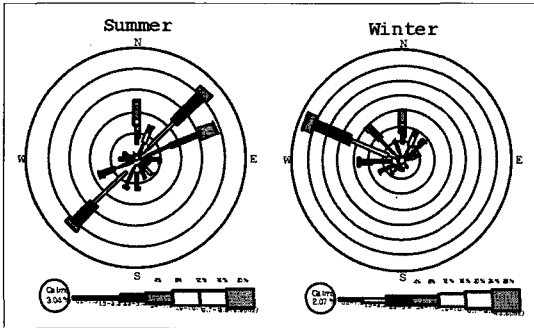


Fig. 11. Wind rose (Source: Ministry of maritime affairs and fisheries).

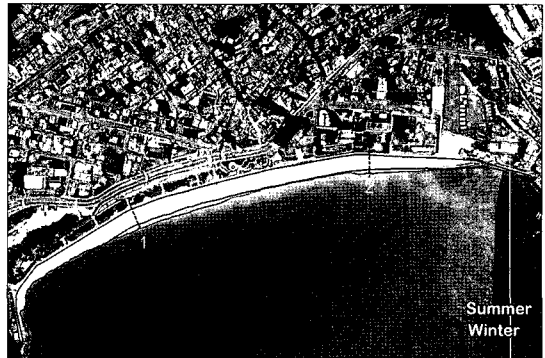


Fig. 12. Change in beach shape by seasons (2004).

빈모래가 포집되면서 다량의 모래를 퇴적시켜, 중앙 해변의 경우, 모래 유실현상이 방지되고 집중적 퇴적현상이 발생한 것으로 사료된다. 그러나 지오그리드의 설치로 계절풍에 의해 골고루 분포되어야 할 세립질의 모래가 서측까지 도달하지 못하여 서측해빈의 침식현상이 발생하는 것으로 사료된다.

둘째, 해운대 해수욕장 해변지형의 침퇴적 현상은 계절적 영향을 받는 것으로 사료된다. 이는 이미 해양수산부의 비디오 모니터링을 통해 보고된 바 있다. 본 연구에서는 부산광역시 시청에서 촬영한 2003년 겨울, 2004년 여름과 겨울, 2005년 여름 영상들을 스캔, 정사보정 하였다. 정사보정된 항공사진으로부터 Fig. 12와 같이 해변을 따라 디지털화하고, 조선비치호텔 측에서 Fig. 12에 명시된 1번까지, 2번에서 미포항까지 두개의 구간을 정하여 Table 4와 같이 해변면적을 산출한 결과, 계절에 따른 해변의 형태 변화를 확인할 수 있었다. 계절풍의 영향으로 세립질의 모래가 이동하면서 여름의 경우, 조선비치호텔측 해변면적은 감소, 미포항측 해변면적은 증가하는 반면 겨울의 경우, 조선비치호텔측 해변면적은 증가, 미포항측 해변지형은 감소하였다. 그러므로 본 연구에서 관측된 서측 해변지형의 침식현상은 계절적 영향으로 다른 지형에 비해 더욱 뚜렷이 발

생한 것으로 사료된다.

4. 결론

본 연구는 수심측량 및 GPS 측량을 활용하여 해저·해빈지형의 효율적 공간자료 구축방법을 제시하고, 구축된 공간자료로부터 RS·GIS 기법을 도입하여 지형변화를 정량·정성적으로 탐지 분석하여 다음과 같은 결론을 도출하였다.

MSL 0 m 이하 2005년 해운대 해저지형의 평균수심, 수표면적 및 수중체적은 14.89 m, 6,028,168 m², 89,763,216 m³로 지난 25년간 해저지형은 0.40 m, 11,028 m², 2,207,884 m³ 가량 침식되었다. 1980년과 1994년 사이, 도시개발에 의한 육상지대의 토양유실로 해저지형은 퇴적되었으나 하천공사와 완공으로, 1994년과 2005년 사이, 관광객들의 해수욕이 이루어지는 주요 구간을 포함한 대부분의 해저지형은 장기 침식현상을 보이고 있다. 해저지형의 침식현상이 지속·가속된다면, 국내 최대 규모를 자랑하는 해운대 해수욕장은 관광지로서 가치를 상실하게 될 것이다.

MSL 0 m 이상 2005년 8월 해운대 해수욕장 해변의

평균고도는 1.89 m, 총면적은 56,537 m², 총체적은 106,959 m³로 지난 5년간 해변은 0.27 m, 6,501 m², 25,667 m³ 가량 퇴적되었다. 대부분의 해변지형은 퇴적현상이 우세하였으며, 특히 중앙해빈에서 뚜렷한 퇴적현상이 발생하였다. 그러나 지오그리드의 설치로 파도와 계절풍에 의해 고루 분포되어야 할 세립질의 모래가 중앙에 집중 퇴적, 서측까지 도달하지 못하면서, 조선비치호택 앞 서측 해변은 침식, 계절적 영향으로 침식현상이 가속화 되고 있는 것으로 사료된다.

다양한 경로를 통해 해운대 해저·해빈지대의 환경이 변화하면서 다량의 모래가 유실되고 있는만큼, 침식구간의 지속적인 관측과 모니터링 작업이 필요하다. 그러나 현재, 해저·해빈지대의 측량작업은 거의 수행되지 않고 있어 공간자료가 부족하며, 지형변화 탐지 및 분석 또한 시행되지 않고 있다. 침식지형이 파악되지 않은 채, 각 구청은 무분별한 양빈작업에만 급급하고 있어 양빈작업의 장기효과를 보지 못하고 있다. 그러므로 본 연구기법을 바탕으로, 매년 동일시기에 해저·해빈지대의 측량작업을 실시, 측량성과 자료를 기반으로 지형변화에 관한 모니터링 작업을 보다 확대, 연안침식 방지를 위한 보존활동을 강화한다면, 효과적인 양빈작업, 안전한 해양레저 활동, 해수욕객의 안전과 해수욕장 관리에 필요한 정보를 제공할 수 있을 것으로 사료된다.

사 사

본 연구에 도움을 주신 국립해양조사원 남해해양조사사무소 관계자 여러분께 감사의 말씀 드립니다.

참고문헌

- 국립해양조사원, 2005. 해수욕장정보도, www.nori.go.kr
- 국토지리정보원, 2004. 공공측량의 작업규정 세부기준 제 4편 제 3장 제 7절 221조
- 박상길, 최병승, 강경옥, 1994. 다대포 해수욕장의 해빈 실태에 관하여, 대한토목학회지, 2: 614-617.
- 손 일, 박 경, 2004. 거제도 학동 자갈해빈의 변화와 그 원인에 관한 연구-해빈 단면의 모니터링을 통해-, 한국지역지리학회지, 10(1): 177-191.
- 조주환, 임동일, 김백운, 2001. 항공사진을 이용한 서남해 함평만의 해안선 변화 관측, 한국지구과학학회지, 22(4): 317-326.
- 최철웅, 김형석, 2001. 수치항공사진기법을 이용한 광안리해수욕장 해안선 변화에 관한 연구, 한국수산자원학회지, 4: 73-85.
- Kevin White and Hesham M. El Asmar, 1999. Monitoring Changing Position of Coastlines Using Thematic Mapper Imagery, an Example from the Nile Delta, *Geomorphology*, 29: 93-105.
- RON LI, KAICHANG DI, RUIJIN MA, 2003. 3D Shoreline Extraction from IKONOS Satellite Imagery, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 69(1): 59-68.
- S. Dellepiane, R. De Laurentiis, and F. Giordano, 2004. Coastline Extraction from SAR Images and a Method for the Evaluation of the Coastline Precision, *Pattern Recognition for Remote Sensing*, 25(13): 1461-1470.