

수치항공사진을 이용한 해안선 침퇴적변화에 관한 연구 Research on the Variation of Deposition & Accumulation on the Shorelines using Ortho Aerial Photos

최철웅* · 이창현** · 오치영*** · 손정우****

Choi, Chul Uong · Lee, Chang Hun · Oh, Che Young · Son, Jung Woo

要 旨

국가에서 해안선의 경계는 국토의 경계를 결정하는 중요한 요소지만, 최근 온난화로 인한 해수면 상승과 수십 년 간에 걸친 성장위주의 경제정책으로 인해 우리나라의 해안선은 급격히 변하고 있다. 본 연구는 인근지역에 위치하면서 서로 동일한 해양조건을 가지고 있는 두 개의 해수욕장에서 해안선이 자연모습 그대로 보존된 지역과 인공구조물로 인해 주변의 해안선이 훼손된 지역을 중심으로 이루어 졌다. 먼저 1947년에서 2007년까지의 항공사진을 이용하여 해안선을 추출하고, 이를 후처리 Kinematic GPS 측량방식을 적용하여 획득한 육상부의 지형자료와 선박을 이용해 단빔음향측심기(Echotrac 3100)와 DGPS(Beacon)로 구성된 수로측량자동화시스템을 통해 획득한 수심측량 자료를 이용해 조위를 보정했다. 그리고 결정된 해안선을 이용해 60년간의 변화와 면적 변화량을 5개의 구간으로 나눠서 구했다. 그 결과 1947년에 비해 2007년에 해운대 해수욕장은 서쪽지역을 중심으로 급격히 면적이 감소하면서 총 -29%의 면적 감소율을 보였고, 광안리 해수욕장은 양끝의 인공구조물에 의한 유속의 감소로 인한 퇴적이 이루어지면서 총 69% 면적이 증가해 동일해양조건임에도 불구하고 주변 환경에 따라 해변의 침·퇴적 경향에 큰 차이가 있음을 알 수 있었다.

핵심용어 : 항공사진, GPS, 수심측량, 해안선 변화탐지

Abstract

The border of the shorelines in a nation is an important factor in determining the border of a national territory, but Korea's shorelines are rapidly changing due to the recent rise in sea level from global warming and growth-centered economic policy over the decades of years. This research was done centering on the areas having well-preserved shorelines as they naturally are and other areas having damaged shorelines in their vicinities due to artificial structures at the two beaches located at the neighboring areas and having mutually homogeneous ocean conditions with each other. First, this research derived the shorelines using the aerial photographs taken from 1947 until 2007 and revised the tidal levels sounding data obtained from a hydrographical survey automation system consisting of Echosounder[Echotrac 3100] and Differential Global Positioning System[Beacon]by using topographical data and ships on land obtained by applying post-processing Kinematic GPS measuring method. In addition, this research evaluated the changes and dimensional variations for the last 60 years by dividing these determined shorelines into 5 sections. As a result, the Haewundae Beach showed a total of 29% decrease rate in dimension as of the year 2007 in comparison with the year 1947 due to a rapid dimensional decline centering on its west areas, while the dimension of the Gwananri Beach showed an increase in its dimension amounting to a total of 69% due to the decrease in flow velocity by artificial structures built on both ends of the beach-forming accumulation; thus, it was found that there existed a big difference in deposition & accumulation tendency depending on neighboring environment in spite of the homogeneous ocean conditions.

Keywords : Airborne image, GPS, Bathymetric, Coast Topography Change

2009년 5월 20일 접수, 2009년 6월 16일 채택

* 정희원 · 부경대학교 위성정보과학과 부교수(cuchoi@pknu.ac.kr)

** 교신저자 · 부경대학교 위성정보과학과 박사과정(leehehehe@hotmail.com)

*** 부경대학교 위성정보과학과 석사과정

**** 부경대학교 위성정보과학과 석사과정

1. 서 론

해안선은 바다와 육지 사이의 상호작용을 미치는 중간영역으로(Boak and Turner, 2005), 전 세계적으로 70%의 해변에서 침식작용이 일어나고 있으며(Bird, 1996), 기후변화에 의한 해수면 상승은 이러한 작용을 더욱 빠르게 진행되도록 하고 있다(ICPP, 2007). 이러한 위험 요소가 있는 해안지역에 인구의 60%가 살고 있으며, 생산력의 25%가 밀집해 있어(Al-Tahir and Ali, 2004) 해안선을 보호하는 신중한 관리 전략의 필요성이 대두되고 있다.

이렇듯 우리의 생활의 위협이 되고 있는 해안침식과 해안선의 변화를 탐지하기 위한 연구에는 주로 위성영상과 항공사진 등의 RS 데이터가 주로 사용되고 있다. Appeaning Addo et al(2008)은 선형회귀 방식에 의해 1904년부터 2002년 가나의 Accra 지역의 해안선 침식에 관한 맵핑작업을 하였으며, 위성영상을 이용한 해안선 변화 연구로 El Raey et al(1999)은 장기관측(1978~1983년, 1983~1990년, 1978~1990년)을 통한 수심측량 프로파일로부터 침·퇴적 패턴과 체적변화에 대한 연구를 수행하여 과거 기 촬영된 영상자료와 지형도를 이용하여 장기변화분석이 효율적이라는 것을 입증하였다. Frihy et al.(1998)은 1978년, 1983년, 1990년, 1993년, 1995년 Landsat 위성영상과 1909년, 1922년, 1944년, 1955년 지형도를 이용하여 86년간의 모니터링을 실시하여 석호지대와 섬의 해안선을 분석하였으며, 미국 오하이오 대학의 Ron et al(2003)은 최근 해상도와 정확도가 높은 IKONOS 팬크로매틱 스트레오 영상을 이용하여 3차원 해안선을 추출하여 실제 해안선과 비교·분석하였다. 이 밖에 해안선의 정밀한 추출을 위해 해상도가 높은 항공사진을 이용한 연구가 주로 이루어 졌다. 양지연과 최철웅(2006)은 항공사진을 이용해 해운대 해수욕장의 해안선을 추출하고, 주변의 토지이용변화에 따른 해안선 변화에 관한 연구를 수행하였으며, 김호용과 최철웅(2005)은 항공사진을 이용해 광안리 해수욕장의 해수욕장을 추출하고, 수심자료와 GPS 측량 값으로 조위를 보정하여 해안선의 면적을 정량적으로 분석했다.

최근에는 LiDAR 기술이 발달하면서 이를 이용하여 기존의 항공사진을 이용한 연구와 병행하여 상호보완하면 더욱 향상된 결과를 얻을 수 있음을 증명했다(Baltsavias, E. P, 1999). LiDAR를 이용한 해안선 변화연구에서 Shrestha et al(2005)은 Airborne Laser Swath Mapping (ALSM)을 통해 플로리다 해변의 침식을 모니터링 했고, Gutierrez et al(2001)은 LiDAR

데이터를 이용해 폭풍 전후의 해안지역에 대한 침식과 취약지구에 대한 평가를 수행했으며, Brzank et al(2005; 2008)은 LiDAR를 이용하여 해안선의 변화와 면적을 자동으로 추출하는 기법을 선보였고, Wadden Sea에 대해 간조와 만조대의 LiDAR 데이터를 이용해 DTMs을 생성해 해안선을 분석하는 연구를 했다.

위광재와 정재욱(2006)은 LiDAR 데이터를 이용해 해안선을 추출하는 알고리즘을 제안했고, 위광재 등(2006)은 항공 LiDAR 측량을 통해 해운대 해수욕장에 대한 해안선의 길이 변화량을 모니터링 후 RTK-GPS 측량을 통해 비교 분석했다. 선행연구에서 제한된 영상과 LiDAR 데이터를 이용한 해안선 추출방법의 경우 조위를 보정하지 않아 연도별 비교분석이 불가능하며, 정확한 해안선 추출시 수심측량을 통해 해저지형을 파악하고 조위를 보정해야 한다.

Tripathi(2002)은 수중지형도 제작과 모니터링을 위해 GPS와 음향측심기를 사용했고, 인도 Kakinada Bay의 측심도 제작을 위하여 IRS-1D LISS-III의 원격탐사 자료를 이용하였다. 양현정과 최철웅(2006), 김호용과 최철웅(2005)은 조위 보정을 위해 해운대 해수욕장과 광안리 해수욕장에 대한 수심측량을 실시했다. 해안의 침·퇴적은 장기간에 걸쳐 반복하므로 이를 정의하기 위해서는 기상과 폭풍 등에 의한 단기적 영향을 제거한 장기간의 평균치를 이용하나, 본 연구에서는 지난 60년간의 항공사진을 이용해 자연 상태로 보존된 해수욕장과 인공구조물로 인해 파괴된 해수욕장의 해안선을 추출하고, 이를 GPS 측량과 수심측량자료를 이용하여 조위를 보정하여 해안선을 결정하고, 결정된 해안선을 기준으로 연도별 해빈 면적을 산출하였다.

2. 연구 범위 및 방법

본 연구는 장기간의 항공사진을 이용해 해안선을 추출하고, LiDAR 데이터와 수심측량자료를 이용해 연구 지역에 대해 3차원 지형도를 만들었다. 그리고 조위보정을 통해 평균해수면을 결정하여 항공사진에 의해 추출된 해안선을 보정한 한 후, 해안선 변화에 대한 비교·분석을 수행했다.

조위보정을 위해서 LiDAR 데이터로 제작된 지상의 지형정보와 수심측량으로 인해 제작된 해양지형정보, 그리고 GPS 측량값을 이용했다.

2.1 연구범위

해수욕장의 주변 해안선이 자연 상태로 보존된 해수욕장과 인공구조물로 인해 파괴된 해수욕장의 해안선

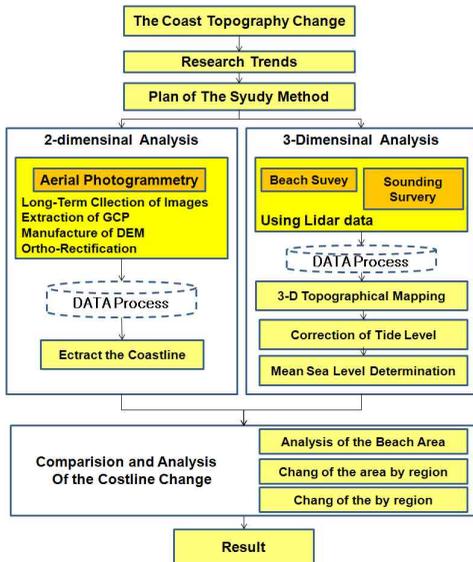


그림 1. Study methodology



그림 2. Study Area

변화를 알아보기 위해 동일한 해양조건을 가진 해운대 해수욕장과 광안리 해수욕장에 대해 1947년부터 2007년 까지 60년간의 변화추이를 분석했다. 연구지역으로 선정된 두 개의 해수욕장은 위치상으로는 가까이 붙어 있지만, 해운대 해수욕장은 육상쪽에 각종 개발에도 불구하고 해안선이 자연모습 그대로 보존된 반면, 광안리 해수욕장은 육상쪽의 개발과 더불어 백사장의 양 끝으로 매립지와 제방으로 인해 인위적으로 해안선이 훼손된 지역이다. 연구 범위는 그림 2와 같다.

2.2 LiDAR 데이터 처리

본 연구에서 항공영상의 고정밀 정사보정을 위해 2007년 10월 27일에 ALS50(표 1)으로 촬영한 LiDAR 데이터를 사용했다.

LiDAR 데이터는 포인트의 형태로 고도정보와 멀티에코 등의 정보를 포함하고 있으며(이정호, 2005), 이

표 1. The index of ALS50

Maximum pulse rate	150kHz
Flight altitudes	200~6000m
FOV	75°
Special feature	Optional integrated digital aerial camera Four-return range detection system 2.8 meter vertical discrimination

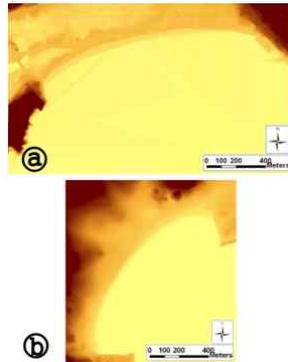


그림 3. Tin by LiDAR data (a: Haeundae, b: Gwangalli)

를 이용해 DEM을 생성하기 위해 Bentley사의 Microstation과 TerraSolid사의 TerraScan을 이용했다. 우선 공중의 새나 비행기와 같은 대상물에 의해 발생하는 높은 오차(High Outliers)와 다중반사에 의한 낮은 오차(Low Outliers)등 노이즈를 제거하고, 지형의 특성을 고려하여 최대건물 크기, 수렴각, 수렴거리를 부여하여 지면을 추출했다(이현직, 2006). 그리고 지면으로 분리된 자료들 중 나무나 낮은 건물 등이 포함될 수 있으므로 그룹핑 필터링을 통해 최종 지면점을 구했다. 필터링을 통해 구분된 순수 지면점을 이용하여 Tin 데이터를 작성하고 생성한 DEM은 그림 3과 같다.

2.3 GPS 데이터 처리

GPS 측량은 시간, 기상에 관계없이 3차원 위치정보를 제공하며, 수 cm이하의 정밀도가 요구되는 측지측량 분야에 많이 활용되고 있다.

본 연구에서는 2005년 5월 1일에 광안리해수욕장, 2005년 8월 21일에 해운대해수욕장에 대해 후처리 Kinematic GPS 측량방식을 적용하여 배를 이용하여 처리하기 힘든 얇은 곳의 해저지형과 해안선에 대한 지형 해석을 하였다.

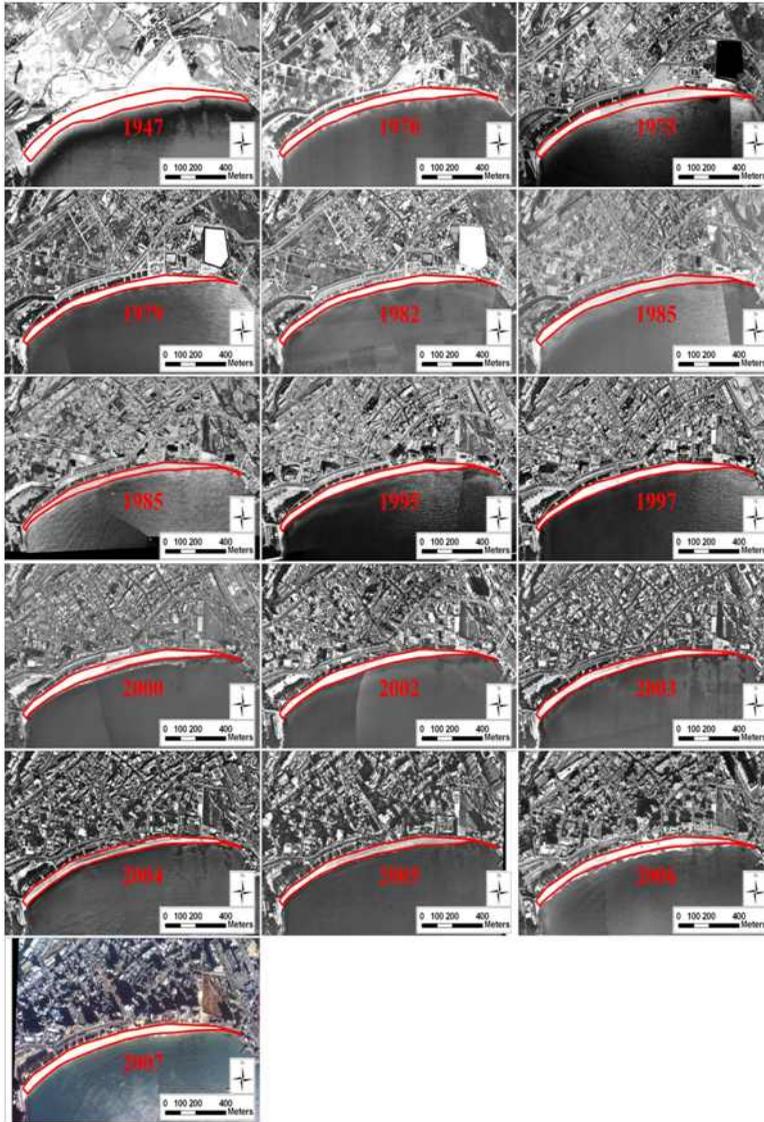


그림 4. Extracted Coastline in Haeundae(1947 to 2007)

측량은 인근에 베이스를 1대 설치하고, 다른 수신기는 실험 대상지역의 해변을 돌아다니며 측량을 실시했다. 각 장비는 GPS 수신오차와 굴절오차를 고려하여 Epoch Time은 1초, Mask Elevation Angle은 10°로 조정했다.

2.4 수심측량 데이터 처리

수심측량은 하천, 저수지, 호수 그리고 해양의 물밀지형을 파악하기 위해 수위, 조위, 수심, 측심위치를 측정하여 횡단면도나 수심도를 작성하는 일련의 작업을 의미한다. 본 연구에서는 국립해양조사원에서 1994년

에 단빔음향측심기(Echotrac 3100)와 전파위치측정기(Trisponder DDMU-542)로 수심측량 한 자료와 2004년에는 단빔음향측심기(Echotrac 3100)와 DGPS(Beacon)로 구성된 수로측량자동화시스템을 통해 대상지역의 해저 지형공간자료를 획득하여 조위보정에 사용하였다.

2.5 조위보정

육안 판독한 해안선은 그 기준이 모호하고, 조위가 반영되지 않아 연도별 비교분석이 불가능하므로 기준선을 설정해줄 필요가 있다. 본 연구에서는 평균해수면(Mean Sea Level, MSL)을 기준으로 하여 연도별 해안

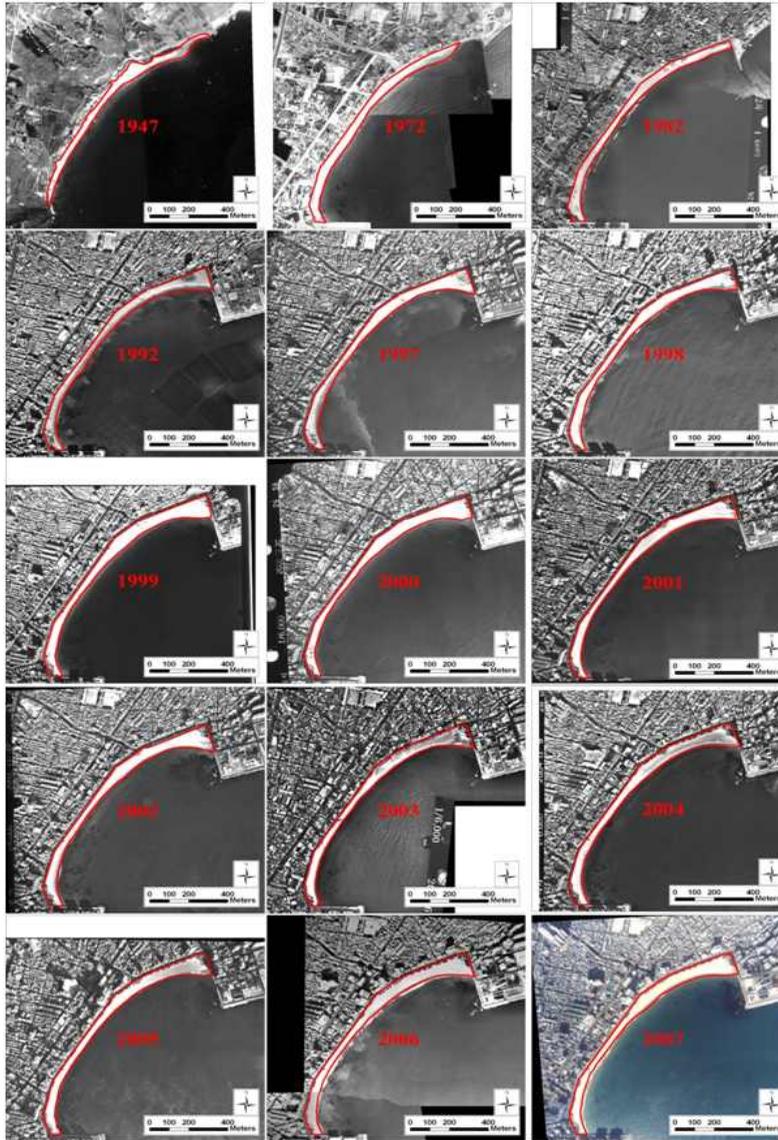


그림 5. Extracted Coastline in Kwangalli(1947 to 2007)

선을 비교·분석하였다. 영상으로부터 추출한 해안선을 MSL 기준으로 수정하기 위해, 각 영상의 촬영시점에 따른 조위를 조사한 후, 이를 부산 평균해수면(약 65cm)에 맞춰주었다. 이와 같은 해안선 수정작업을 위해 2005년에 실시된 각 해수욕장의 GPS 측량값을 이용했으며, 1947년의 경우 조위값을 구할 수 없어 조위 보정을 생략했고, 나머지 연차별 해안선에 대해서는 조위를 보정했다. 본 연구를 위해 사용된 부산검조소의 위치 및 조위자료는 표 2와 같고 조위 보정을 위한 면적 산출공식은 표 3과 같다.

표 2. The Non-Harmonic tidal constant of the Busan tide station, Korea

Tide Station	35° 05' 35"N 129° 02' 15"E	Approx. H.H.W	129.8cm
Mean High Tide Level	104.9cm	Mean Low Tide Level	24.9cm
Difference High Tide Level	117.8cm	Difference Low Tide Level	42.2cm
M.S.L	64.9cm	M.H.W.I	8h02m

표 3. Tidal elevation-corrected equation

Area	equation
Kwangalli	$Y = 3210X^4 - 3957X^3 - 6610X^2 + 15736X$
Haeundae	$Y = 1086.1X^4 - 1773.3X^3 - 622.93X^2 + 13348X + 80.43$

X : Tidal elevation deviation (m)
Y : tidal elevation area corrected(m²)

2.6 항공사진 처리

원활한 연구를 위해 주기성을 가지는 항공사진을 처리했어야 하나 대한민국에서는 각종 법령에 의해 1947~1970년 사이의 항공사진을 획득할 수 없었다.

우선 각 년도별 항공사진은 영상처리 프로그램인 EDARS 9.1을 이용해 내부, 상호, 절대표정을 하고 1:1,000 수치지도로 제작된 Coverage에서 추출한 GCP와 2007년에 촬영된 LiDAR 자료로 제작된 DEM으로 정사보정을 하였다.

정사보정된 항공사진을 이용해 해면의 약최고 고조면에 디지털링 후 해안선을 추출하고, 이것은 다시 위의 조위보정을 통해 산출된 보정양만큼 해안선을 이동시켜 평균해수면을 기준으로 각 년도별 해안선을 결정하였다(그림 4, 그림 5).

3. 결 과

3.1 해변의 면적 변화

해안선의 정량적 변화를 알아보기 위해 해변의 후방은 해안도로의 건설 시점으로 설정했다. 해운대 해수욕장은 1975년, 광안리 해수욕장은 1972년을 기준으로 했으며, 전방 측은 항공사진에 의해 분석된 해안선을 기준으로 경계를 설정했다.

그 결과, 해운대 해수욕장의 경우 1947년을 기준으로 2005년까지 -39%까지 감소 추세였다가 2006년부터 증가 추세로 돌아섰으며 2007년에는 -29%의 면적 변화를 보였다. 1970년을 기준으로 살펴보면 2005년까지 -17%까지 감소 추세였다가 2007년에는 -3%의 면적 변화를 보이고 있다(그림 6).

광안리 해수욕장은 1947년 기준으로 현재 64% 정도 면적이 증가했으며, 급격한 변화가 일어나기 전인 1972년과 비교해도 31%의 증가를 보였다(그림 7).

그리고 그림 8에 나타난 것과 같이 두 해수욕장 간의 상관도를 분석한 결과 0.5274로 연관성이 비교적 높았으며, 침·퇴적 경향은 반대로 나타나는 것을 알 수 있었다.

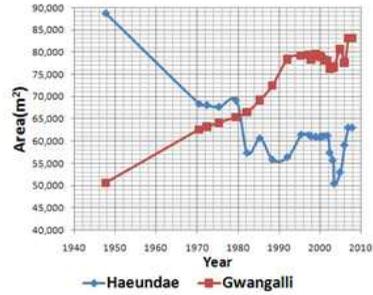


그림 6. Dimensional Change at the Haeundae Beach

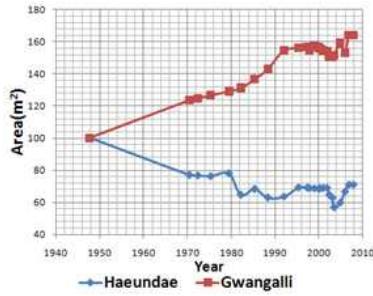


그림 7. Dimensional Change at the Kwangalli Beach

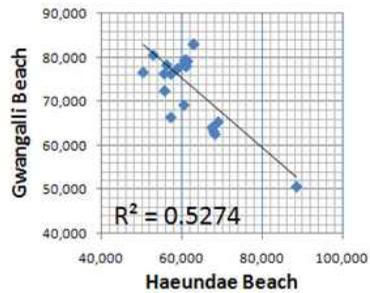


그림 8. Correlations between beaches

3.2 구간별 해변의 면적 변화

해빈면적의 변화 상태를 자세히 알아보기 위해 동일한 크기의 임의의 격자를 생성하고(그림 9), 내부에서의 변화추이를 살펴보았다.

그 결과, 해운대 해수욕장에서는 전체적으로 감소추세에 있으며, 특히 동쪽지역인 E구역은 2005년 69%까지 감소하였다가 2006년부터 조금씩 증가하여 2007년에 55%의 감소율을 보이고 있다(그림 10). 광안리 해수욕장은 전체적으로 증가추세를 보이고 있으며, 호안의 양끝인 A, E 지역에서 각각 168%와 126%의 증가를 보이고 있다(그림 11).

그리고 그림 12~그림 16에서 나타난 것과 같이 두

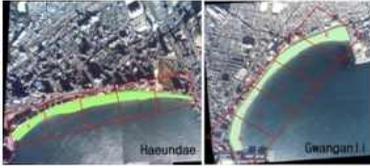


그림 9. A Base Line to Compute Area of Beach by Region

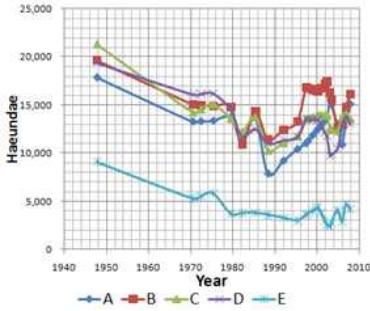


그림 10. Dimensional Change by section at the Haeundae Beach

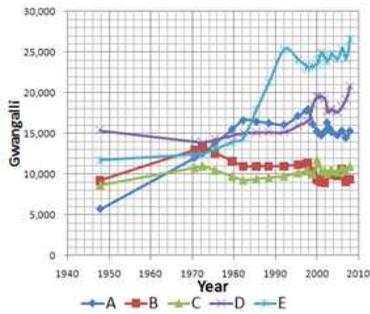


그림 11. Dimensional Change by section at the Kwangalli Beach

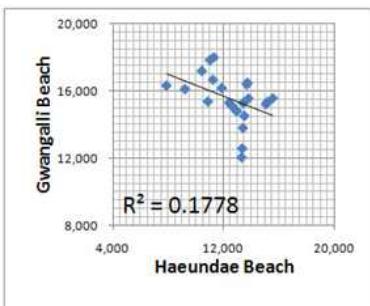


그림 12. Correlation in 'A' section

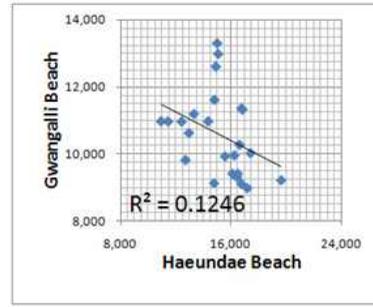


그림 13. Correlation in 'B' section

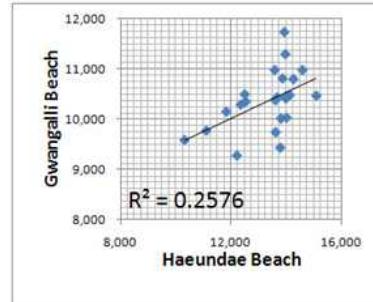


그림 14. Correlation in 'C' section

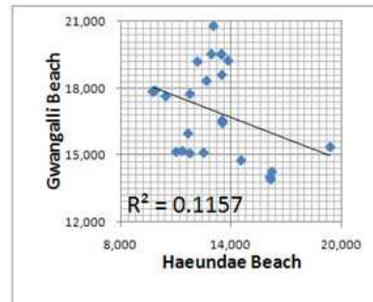


그림 15. Correlation in 'D' section

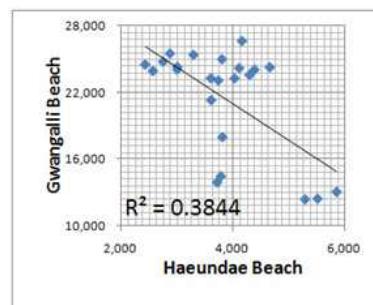


그림 16. Correlation in 'E' section

해수욕장 간의 상관도를 분석한 결과 0.0318~0.4447로 연관성은 비교적 낮았으나 침·퇴적 경향은 반대로 나타나는 것을 알 수 있었다.

4. 결 론

본 연구에서는 해안선이 자연모습 그대로 보존되어 있는 해운대 해수욕장과 매립과 방파제로 인해 해수욕장의 양끝 해안선이 파괴된 광안리 해수욕장의 해안선 변화에 관한 연구를 수행했다.

그 결과 자연형인 해운대 해수욕장은 감소추세를, 광안리 해수욕장은 증가추세를 보이고 있음을 알 수 있었다. 그리고 구간별 변화에서는 해운대 해수욕장은 서쪽에서 동쪽으로 가면서 감소의 폭이 커졌으며, 광안리 해수욕장은 인공구조물이 들어선 양끝으로 급격하게 증가하고 있는 것을 알 수 있었다.

이러한 변화의 이유로 자연적 요인과 인위적 요인으로 나눌 수 있다. 자연적 요인으로는 지구온난화로 인한 해수면 상승과 폭풍 등에 의해 해양의 환경이 바뀌는 것이다. 인위적 요인으로는 해안의 도시화를 비롯한 항만의 설립과 어항시설물, 연안 매립등이 해류의 흐름을 변화시키기 때문이며, 자연적 요인보다는 인위적 요인에 의한 해안선 변화폭이 크다(KEI, 2006). 본 연구 지역에서는 1960년도 말부터 개발사업이 진행되면서 호안도로 공사가 진행 중임을 항공사진을 통해 알 수 있다. 그 밖에 변화 요인으로 해운대 해수욕장은 육상부의 좌측으로부터 유입되는 춘천이 1980년도에 완전히 매립되면서 토사의 유입량이 감소했을 것으로 판단되며, 해운대 해수욕장에 접해있는 육상부의 토지이용 상태를 파악해본 결과 1947년에 비해 2005년에는 시가화 지역 65%, 나대지 55% 증가한 반면, 토사유입이 가능한 토지이용인 산림지역은 50%, 농경지는 99%가 감소한 것으로 나타났다(양지연과 최철웅 2006).

광안리 해수욕장은 구조물의 설치와 매립에 의한 해류의 변화로 해안지형의 모습이 변화한 것으로 사료된다. 1972년에 남서측의 매립으로 인해 그 이후 A구역에 대해 면적이 점차 증가하고 있으며, 1992년 광안리 수변공원부지를 매립하면서부터 E구역에 대한 면적이 급격히 증가하고 있어 광안리 해수욕장의 해안선 변화는 양끝에 들어선 인공구조물에 의해 물흐름이 바뀌어 생긴 영향이라 사료된다.

이밖에 해안침식은 다양한 원인에 의해 발생하며, 이를 보존하고 유지하기 위해서는 과학적인 원인분석과 이에 따른 적절한 해결방안을 마련되어야 하며, 각종 개발사업에 대한 환경영향평가 시 합리적인 영향예측

과 저감방안 수립을 통한 해안 보호가 선행되어야 할 것으로 사료된다.

감사의 글

이 논문은 2006학년도 부경대학교 연구년 교수지원 사업에 의하여 연구되었음(PS-2006-033).

참고문헌

1. 김호용, 최철웅, 2005, "광안리 지역의 장기 지형변화에 관한 연구" *대한토목학회논문집D*, 대한토목학회, Vol. 25, No.1, pp.203-211.
2. 양지연, 최철웅, 2006, "해운대 해수욕장의 해안지형 및 토지피복 변화 분석", *한국지리정보학회지*, 한국지리정보학회, Vol.9 No.1, pp.101-115.
3. 위광재, 정재욱, 2006, "LiDAR 데이터를 이용한 해안선 추출 알고리즘 개발", *한국측량학회지*, 한국측량학회, Vol.24 No.2, pp.209-215.
4. 위광재, 정재욱, 정현, 2006. "항공 LiDAR 데이터를 이용한 해안선 추출 및 평가", *국제학술발표회 논문집*, 한국측량학회, 2006, Apr, pp.451-456.
5. 이재원, 김용석, 위광재, 2008, "항공 LiDAR 측량을 이용한 건물경계추출에 관한 연구", *대한토목학회논문집D*, 대한토목학회, Vol.28, pp.923-929.
6. 이정호, 한수희, 유기윤, 김용일, 이병길, 2005, "LiDAR 데이터를 이용한 DEM 자동 생성 기법", *한국지형공간정보학회지*, 한국지형공간정보학회, Vol.13 No.4, pp.27-32.
7. 이형석, 김인호, 2007. "DGPS를 이용한 해안선 변화 조사 및 분석 -강원도 강릉시 연안을 중심으로", *한국지리정보학회지*, 한국지리정보학회, Vol.10, No.2, pp. 1-10.
8. 이현직, 김홍석, 류지호, 2006. "LiDAR 데이터를 이용한 수치지도 제작 방안 연구." *한국지형공간정보학회지*, 한국지형공간정보학회, Vol.14, No.2, pp.33-42.
9. Korea Environment Institute, 2006 "해안개발사업에 따른 해안침식영향 저감방안 연구".
10. Al-Tahir, R., Ali, A., 2004. "Assessing land cover changes in the coastal zone using aerial photography." *Surveying and Land Information Science*, Vol.64, No. 2, pp.107-112.
11. Appeaning Addo, K., Walkden, M., Mills, J.P., 2008. "Detection, measurement and prediction of shoreline recession in Accra, Ghana", *Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, ISPRS, Vol.63,

- Issue5, pp.543-558.
12. Baltsavias, E. P., 1999. "A comparison between photogrammetry and laser scanning", *Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, ISPRS, Vol.54, Issues 2-3, pp.83-94.
 13. Bird, E.C.F, 1996. "Beach Mngement: Coastal Morphology and Research". John Wiley and Sons Ltd, Chichester, p.292.
 14. Boak, E.H., Turner, I.L., 2005. "Shoreline definition and detection: A review", *Journal of Coastal Research*, Vol.21, No.4, pp.688-703.
 15. Brzank, A., Heipke, C., Goepfert, J., Soergel, U., 2008, "Aspects of generating precise digital terrain models in the Wadden Sea from lidar-water classification and structure line extraction", *Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, ISPRS, Vol.63, Issue5, pp.510-528.
 16. Brzank, A., Lohmann,P., and Heipke, C., 2005. "Automated extraction of pair wise structure lines using airborne laser scanner data in coastal areas". ISPRS WG/3./4./3Workshop "Laserscanning 2005", Enschede, the Netherland, pp.12-14.
 17. El-Raey, M., Sharaf El-Din, S. H., Khafagy, A. A., ABO Zed, A. I. 1999. "Remote sensing of beach erosion / accretion patterns along Damietta-Port Said shoreline, Egypt." *International Journal of Remote Sensing*, Vol.20, Issue6, pp.1087-1106.
 18. Frihy, O. E., Dewidar, Kh. M., Nasr, S. M., El-Raey, M. (1998). "Change detection of the northeastern Nile Delta of Egypt shoreline changes, Spit evolution, margin changes of Manzhal lagoon and its islands." *International Journal of RemoteSensing*. Vol.19, Issue10, pp.1901-1912.
 19. Gutierrez, R., James, C., Rebecca, C., Tiffany, L., and John, R. 2001. "Precise Airborne LiDAR Surveying For Coastal Research and Geohazards Applications." *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol.XXXIV-3/W4 Annapolis.
 20. IPCC, 2007. IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007. Working Group I Report "The Physical Science Basis", Chapter 5: Oceanic Climate Change and Sea Level, <http://www.ipcc.ch> (accessed 16.03.2008.)
 21. Ron LI, Kaichang DI, Ruijin MA. 2003. "3-D Shoreline Extraction from IKONOS Satellite Imagery." *Marine Geodesy*, Vol.26, pp.107-115.
 22. Shrestha, R.L., Carter, W.E., Sartori, M., Luzum, B.J., Slatton, K.C., "Airborne Laser Swath Mapping: Quantifying changes in sandy beaches over time scales of weeks to years." *Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, ISPRS, Vol.59, Issue4, pp.222-232.
 23. Tripathi, N. K. and Rao, A. M. (2002). "Bathymetric mapping in Kakinada Bay, India, using IRS-1D LISS-III data." *International Journal of Remote Sensing*, Vol.23, No.6, pp.1013-1025.