GIS/RS를 이용한 해운대 해수욕장의 해안지형 및 토지피복 변화 분석

An analysis of the coastal topography and land cover changes in the Haeundae Beach using GIS/RS

양지연 · 최철웅 · 홍현정
Ji-Yeon YANG · Chul-Uong CHOI · Hyun-Jung HONG
부경대학교 위성정보과학과
sp0731@hanmail.net · cuchoi@pknu.ac.kr · evil1207@hanmail.net

요 약

본 연구에서는 해안침식이 진행되고 있는 해운대 해수욕장의 장기 해안지형 변화 및 인근지역의 토지피복 변화에 대해 분석하였다. 지난 60여 년간의 항공사진을 이용하여 해안선을 추출하고 이를 수심측량 및 GPS측량 자료를 이용하여 조위보정한 후, 해빈면적을 추출하여 해안지형 변화를 분석하였다. 또한 환경부 토지피복 세분류를 기준으로 하여 육안판독을 통해 13개년도의 토지피복도를 제작하고 토양유실량을 산정하여 연도별 토지피복 변화를 분석하였다. 그 결과, 해운대 해수욕장의 해안선이 점진적으로 후퇴하고 있으며 해수욕장 면적이 전체적으로 감소하고 있는 것으로 나타났다. 춘천천 복개 및 도시개발에 의한 모래 공급원 차단이 이러한 해안침식에 영향을 주는 인위적 원인이라고 사료된다.

서 론

최근, 환경문제에 관한 관심과 함께 해안침식에 관한 논란이 많다. 해안침식에 따른 해빈유실 및 백사장 감소는 부산지역 경제에 주요한 수입원인 해수욕장 관광산업에 큰 영향을 미친다. 특히 해운대 해수욕장은 우리나라 최대의 해수욕장으로, 수려한 경관과 각종 편리한 부대시설 등으로 매년 방문객이 증가하고 있으나 모래유실로 인해 해안 폭이 점차 감소하고 있는 실정이다. 부산광역시청 및 구청은 매년 수 만 톤의 모래를 해수욕장 개장 전에 운반하여 살포하는 등 수 억 원의 예산을 투여하고 있지만, 부산지역 해수욕장에 대한 정확한 면적과 폭에 대한 자료는 전무한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 해운대 해수욕장의 기 촬영된 항공사진을 수집 · 분석하여 해안선변화를 탐지함으로써 해안환경 변화를 정량적으로 분석하기로 하였다. 항공사진은 실측과는 달리 경제적이며 측량 위험 부담이 적고 비교적 위성영상에 비해 고해상도라는 장점이 있으므로 이를 활용하였다.

해안지형 변화 분석

부산광역시청 지적과 항측계로부터 사진을 협조 받아 1947년부터 2005년에 이르는 13개년도의 항공사진 자료를 수집한 후, 스캐너를 이용하여 영상을 입력하였다. Arcview 3.3과 ArcInfo 8.0.1을 이용하여 추출한 수치표고모델과 커버리지를 이용하여 영상처리 프로그램인 ERDAS 8.6

을 통해 내부표정 및 외부표정을 실행하고 정사보정을 수행하였다. 정사보정된 영상을 이용하여 Image Analyst에서 그림 1과 같이 디지타이징을 통해 각 연도별 해안선을 추출하였다.

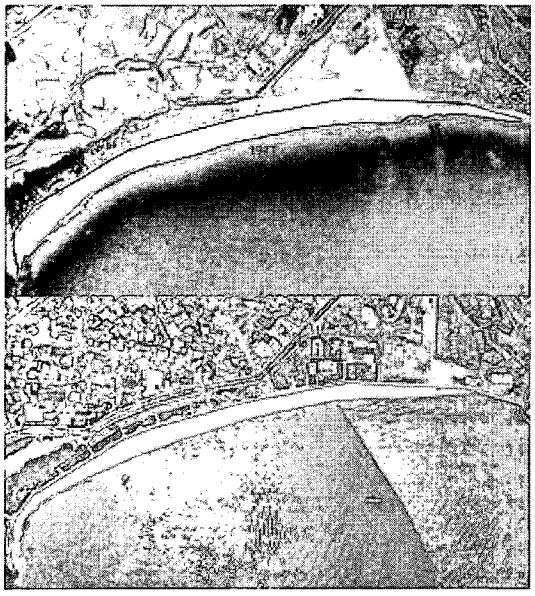

Fig. 1 Extracted coastline in 1947 and 2005

정사투영된 영상들의 촬영시점에 따른 조위차가 각각 다르므로 조위 분석을 통한 해안선의 수정작업이 필요하다. 수심자료를 이용하여 각 연도별 항공사진 촬영시간에 해당하는 조위와 MSL에 해당하는 높이 등고선을 추출해내어 조위보정을 하였다. 그림 2는 조위 보정한 연도별 해안선과 해수욕장의 동측 및 서측의 해안선 변화를 나타낸다. 전체적으로 해안선이 육지 쪽에 가까워지고 있으며 중앙부보다 양안부의 변화가 크게 나타났다. 특히 조선비치호텔 앞 해빈은 1947년에 비해 해빈 폭이 급격히 줄어들었다.

후방 측은 1975년의 호안을 기준으로, 전방 측은 추출한 해안선을 기준으로 해수욕장 면적을 분석한 결과, 과거 60년 동안 해운대 해수욕장의 해안면적은 1947년 이후 계속적으로 감소하고 있는 것으로 나타났다. 표 1은 조위보정 후 총 면적을 나타낸다. 2005년 전체 해빈면적은 1947년에 비해 약 35% 감소되었다. 1992년의 해빈면적이 급격한 증가를 보이는데 이러한 현상이 나타나는 원인은 본 연구의 데이터만으로는 정확히 판단하기 어려우나, 1992년은 촬영시기가 다른 연도와는 달리 겨울(1월)이므로 계절적 영향에 의한 것으로 추정된다.

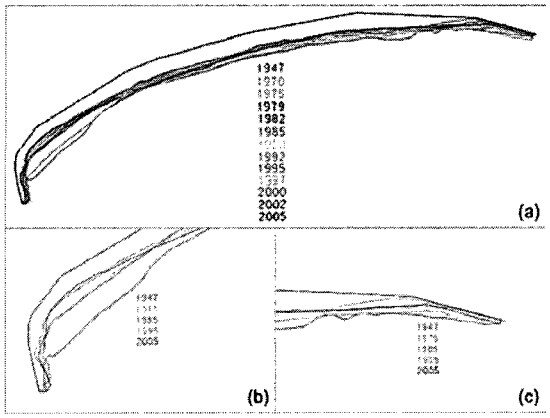

Fig. 2 (a) Result of coastline correction
(b) Changes of coastline(west)
(c) Changes of coastline(east)

Table 1 The beach area

연도	항공사진 추출 면적	조위보정 추출 면적	전체면적
1947	88658.5	-	88658.5
1970	68751.3	-	68751.3
1975	68334.6	-	68334.6
1979	59854.1	-	59854.1
1982	56847.9	2081.1	58929.0
1985	64967.6	6123.6	58844.0
1988	55775.9	142.9	55918.8
1992	61400.9	14118.5	75519.3
1995	59963.7	8767.4	51196.3
1997	56958.6	9316.4	66275.0
2000	61734.7	2453.5	59281.2
2002	55295.8	5102.9	60398.7
2005	56687.5	1206.1	57893.6

토지피복 변화 분석

해운대 해수욕장의 지난 60여 년간의 토지이용변화를 알아보기 위해 면적이 총

2,713,260.5438㎡에 이르는 해운대 해수욕장 인근 지역의 토지피복도를 생성하였다. 환경부 토지피복 세분류를 기준으로 육안판독 방법을 이용하여 1947년부터 2005년에 이르는 총 13개년도의 상세 토지피복도를 생성하였다. 토지피복도로부터 각각의 속성 면적을 산출하여 연도별로 정리한 후 속성별 변화 경향을 분석하였다. 주요 속성의 연도별 토지피복 면적 변화는 그림 3과 같다.

1947년부터 2005년까지의 속성별 면적 변화를 살펴보면, 주거지와 상업지가 함께 존재하는 혼합지역은 가장 크게 증가하였으며, 춘천천 복개와 개발에 따른 도시화로 인해 도로는 1947년부터 2005년에 이르기까지 꾸준히 증가하였다. 이와는 반대로 미경지정리답은 1970년 이후 급속히 감소하였으며, 밭은 1979년까지 증가하다 이후 감소하는 경향을 보였다. 하천은 지속적인 감소를 보이다 2005년에는 거의 존재하지 않았다. 기타나지는 증·감이 반복되는 경향을 보였다.

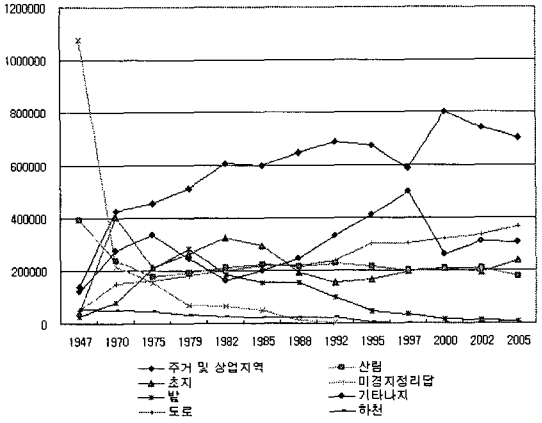

Fig. 3 Change of area by property

토지피복 변화를 한눈에 알아보기 쉽게 하기 위해, 각 연도별 항공사진을 이용하여 디지타이징을 통해 건물 레이어를 추출한 후, ESRI ArcScene 8.3을 이용하여 추출한 건물 레이어와 항공사진을 중첩시켜 그림 4와 같이 3차원 공간상에 나타내었다. 1947년에는 대부분 농경지로 소수의 주거지역만 존재하였다. 1970년대 이후 개발이 시작되면서 많은 건물들이 증축되었고, 지속적인 개발로 인해 1990년대 이후에는 고층아파트, 복합 상가, 숙박시설 등이 들어서면서 현재의 해양관광도시 형태를 갖추게 되었다.

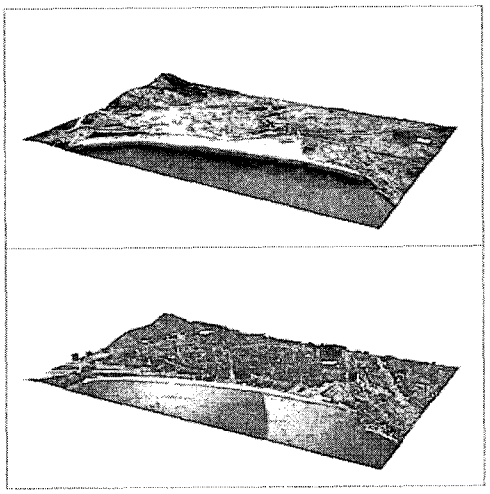

Fig. 4 3D buildings in 1947 and 2005

토지피복 변화에 따른 토사의 유출이 해빈면적에 미치는 영향을 알아보기 위해, Renard(1996) 등이 기존의 범용토양유실방정식(USLE)에 지표, 토양 수분 상태 등과 관련된 일부 인자를 보완한 개정범용토양유실방정식(RUSLE)과 GIS를 접목하여 토양유실량을 산정하였다. 각각의 RUSLE 인자에 대한 주제도를 그림 5와 같이 동일한 해상도(5m×5m resolution)의 래스터 자료로 구축하였으며, 주제도 생성 및 토양유실량 산정은 ArcView 3.3 프로그램의 Spatial Analysis와 3D Analysis를 이용하였다. 토양유실량 산출 결과는 표 2와 같다.

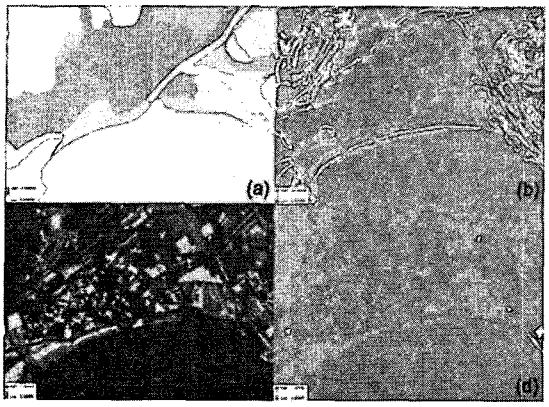

Fig. 5 Thematic map of (a)K, (b)LS, (c)C and (d)P factors

Table 2. Distribution of the soil loss

	총 토양유실량 (t/yr)	면적 (ha)	단위면적당 토양유실량 (t/ha/yr)
1947	81.1	271.3	0.3
1970	410.3	271.3	1.5
1975	350.3	271.3	1.3
1979	178.2	271.3	0.7
1982	149.9	271.3	0.6
1985	139.3	271.3	0.5
1988	262.5	271.3	1.0
1992	277.6	271.3	1.0
1995	284.3	271.3	1.0
1997	350.3	271.3	1.3
2000	171.6	271.3	0.6
2002	204.4	271.3	0.8
2005	209.3	271.3	0.8

전체 토양유실량을 살펴보면 대체로 1ton 이하이다. 이것은 본 연구지역이 연안에 위치한 관광지로서, 경사가 완만하고 산림이 적은 평지가 대부분이기 때문이다. 토양유실량의 전체 변화를 살펴보면, 개발을 위한 공사 등에 의해 부분적으로 증가하긴 하나 대체로 감소하는 경향이 나타나며, 토양유실량은 개발에 의한 인위적 영향을 많이 받는 것으로 사료된다.

해안지형 및 토지피복 변화 비교·분석

지난 60여 년 간의 해안지형 변화와 토지피복 변화 분석 자료를 이용하여 서로 어떠한 상관관계를 가지고 있는지 비교분석해보았다. 이 때, 계절적 영향 및 신시가지 개발 등에 의한 토사유입으로 인해 해빈면적이 다른 연도에 비해 상당히 높게 산출된 것으로 추정되는 1992년 값은 제외시켰다. 이는 본 연구에는 계절적 영향 및 신시가지 지역에 대한 분석이 포함되지 않기 때문이다. 그림 6, 7은 해빈면적과 하천면적 및 토양유실량을 비교분석한 결과를 나타낸다.

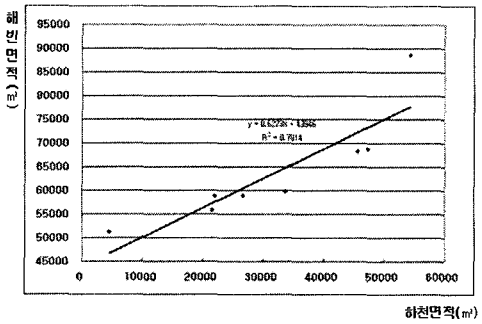

Fig. 6 Correlation between beach and river area

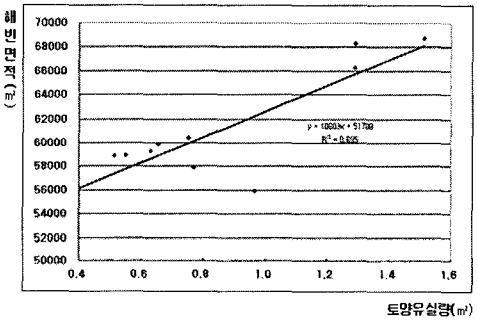

Fig. 7 Correlation between beach area and soil loss

하천면적이 급속히 감소한 시기인 1947~1995년의 하천 및 해빈면적을 비교분석한 결과, R^2=0.7814로 상관관계가 높은 것으로 나타났다. 따라서 해운대 해수욕장의 주요한 자연 모래공급원이었던 춘천천이 복개되면서 모래유입경로가 차단되어 해빈면적 감소에 영향을 미친 것으로 사료된다. 또한, 개발이 시작된 1970년부터 2005년까지의 토양유실량과 해빈면적 변화를 비교분석한 결과, R^2=0.695로 토지피

복 변화와 해빈면적 변화는 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 따라서 해운대 해수욕장 인근지역의 토지피복변화가 해빈면적 변화에 영향을 주는 것으로 사료된다.

결 론

수치항공사진기법을 이용한 해운대 해수욕장의 해안변화 및 토지피복 변화 관한 연구를 통하여 나타난 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 지난 60여 년간의 해안선을 평균해수면(MSL)을 기준으로 비교분석한 결과, 해안선이 육지에 가까워지고 있었다. 특히 양안부가 중앙부보다 더 큰 해안선 변화를 보이고 있어 양안부의 해빈이 많이 소실된 것으로 나타났다.

둘째, 2005년 해빈면적을 1945년과 비교해 보았을 때, 약 65%만 유지되고 있었다. 따라서 해운대 해수욕장에 상당한 침식이 발생한 것으로 사료된다.

셋째, 토지피복 변화 분석 결과, 1947년을 기준으로 2005년에 시가지는 66%, 나대지는 55% 증가한 반면, 농경지는 99%, 산림지역은 50% 감소하였다.

넷째, 연도별 평균 토양유실량은 대체로 1ton 이하로 산정되었으며, 1970년에 개발이 활발히 진행되기 시작하면서 토양유실량이 1947년의 5배로 급격히 증가하였다. 이처럼 토양유실량은 개발에 의한 인위적 영향을 많이 받는 것으로 사료된다.

다섯째, 하천·해빈면적 변화 비교분석(R^2=0.7814)과 토양유실량·해빈면적 변화 비교분석(R^2=0.695) 결과, 토지피복변화와 해안지형변화는 서로 상관관계가 있는 것으로 판단된다.

본 연구에서는 GIS 및 RS 기법을 이용하여 해양지형변화 및 토지피복변화를 정량적으로 분석할 수 있었다. 본 연구결과는 해안지역의 장기적인 모니터링에 유용한 자료를 제공하며 향후 해안지리정보시스템에 활용 가능할 것으로 사료된다. 향후, 계절별 영상을 수집하여 해안지형 변화에 계절 변화가 미치는 영향에 대한 분석과, 수영강과 신시가지를 모두 포함하는 지역에 대한 연구를 수행하여 본 연구결과를 보완해야 할 것이다.

참고문헌

국립방재연구소. 1998. 개발에 따른 토사유출량 산정에 관한 연구(I). 161-226쪽.

오정학, 정성관. 2005. 토지자원관리를 위한 낙동강 유역의 잠재적 토양유실량 산정. 농촌계획 11(2):9-19.

최철웅 외. 1995. 경년변화추출기법을 이용한 해안지형변화 예측. 한국측지학회지 13(2):169-176.

Moore, I. and G. Burch. 1986. Physical Basis of the length-slope in factor Universal soil loss equation Soil Science Society of America Journal 50:1297-1298.

Renard et al. 1996. Predicting soil erosion by water: A guide to conservation planning with the RUSLE. USAD. Agriculture Handbook Number 703.

Van Remortel, R. M. Hanmilton, and R. Hickey. 2001. Estimating the LS factor for RUSLE through iterative slope length processing of digital elevation data. Categraphy. 30(1):27-35.