

RTK-GPS와 항공사진을 이용한 해안선 변화량 분석 Coastline Change Analysis Using RTK-GPS and Aerial Photo

이재원¹⁾ · 김용석²⁾

Lee, Jae One · Kim, Yong Suk

Abstract

According to the survey data during the Japanese Occupation Period, the length of South Korea's coastline is about 11,542km, including the coastlines of mainland and islands. To accurately revise/renew this coastline data through site survey, it will cost great money and time. Also, various development projects such as reclamation works on public waters, constructions of ports/harbors, etc. This paper used aerial photographs, satellite image data and GPS survey data with certain intervals to monitor the change in coastal areas of Songjeong, Haeundae, Kwanganri, Songdo and Dadaepo. The local area subjected for this research was limited to areas near Busan. The specific contents of this research include. Launching qualitative/time series analyses on the change of coastal areas using aerial photographs, satellite image data and RTK-GPS surveys.

Keywords : coastline, RTK-GPS, qualitative analysis, time series analysis

초 록

현재 남한의 해안선 길이는 일제시대 측량한 자료에 의하면 육지해안과 도서해안을 합하여 총연장이 약 11,542km에 달하는 것으로 알려져 있다. 해안선에 대한 정확한 자료를 얻기 위해 현지측량으로 이를 수정·갱신하게 되면 엄청난 예산과 시간이 소요될 것으로 추정되고 있다. 아울러, 공유수면 매립과 간척사업 및 신항만 건설 등 크고 작은 각종 개발사업으로 인해 연안해역과 해안선이 수시로 변화되어 연안해역도의 갱신작업이 빈번해지고 있어 현지측량에 대한 대안이 필요하다. 본 논문에서는 연구대상의 지역적 범위를 부산근교로 한정하여 일정 간격의 항공사진, 위성영상 자료 및 GPS 측량결과를 이용하여 이 일대의 송정·해운대·광안리·송도·다대포 연안해역에 대한 변화량을 분석하였다. 연구내용으로는 연안지역에 대하여 항공사진과 위성영상, 그리고 RTK-GPS 측량을 통한 정성적 분석과 시계열적 변화량을 분석하고자 한다.

핵심어 : 해안선, RTK-GPS, 정성적 분석, 시계열적 분석

1. 서 론

연안해역의 지형은 자연적, 인위적 행위에 의해 끊임없이 그 형상과 특성이 변화하는 지역이다. 그러나 현재 우리나라가 보유하고 있는 대부분의 연안해역에 대한 해안선 조사 자료는 그 성과가 미비하여 일제강점기의 측량조사 결과를 아직 사용하고 있는 실정이다. 기존의 해안선 조사 및 측량 방법은 기준점 측량, 수준측량, 수심측량, 지형측량, 조석관측, 지질조사, 지리조사 등의 지상조사만으로 이루어져 정확한 자료 획득이 어려운 뿐만이 아니

라 그 접근과 조사에도 많은 제약이 따르고 있다. 최근에는 이러한 문제점을 보완하기 위하여 해양측량 분야에서도 항공 레이저 측량(LiDAR : Light Detection And Ranging) 기법을 적용하여 현황정보를 구축하고 있다(위광재, 2004). 그러나 연안해역에 대한 정보구축과 활용에 있어서는 장기간의 변화량 분석과 지형적 특징 등에 대한 자료 구축이 반드시 수반되어야 하지만, 이 분야에서의 연구는 아직 미비한 실정이다(이재원, 2002).

해안선 변화에 대한 연구로, 1995년 Sloop은 미국 플로리다 해안에서 커슘(cusp) 및 해안선 변화를 연구하였고,

1) 정희원 · 동아대학교 토목해양공학부 교수(E-mail:jolee@donga.ac.kr)

2) 연결저자 · 동아대학교 토목공학과 연구원(E-mail:rosekys@hanmail.net)

2001년 Gutierrez 등은 LiDAR 데이터를 이용하여 폭풍 전후의 해안지역의 침식 및 취약지역의 평가에 대한 연구를 수행하였다. 그리고 2001년 T. Kajimura 등은 LSQ를 이용하여 항공사진의 신축 및 회전을 보정하여 장기해빈과정에 대한 연구를 수행하였으며, Chen 등은 1998년에 조간대의 해안선 변화를 관측하기 위해 여러 시기의 SPOT영상을 이용하여 해안선을 추출하여 연구한 바 있다.

따라서, 본 연구에서는 해안선에 대한 재정립과 연안지역의 정확한 정보를 바탕으로 부산 연안 일대에 대한 해안선의 변화량을 분석하고자 한다. 본 연구의 목적은 첫째, 다양한 방법을 통하여 해안선을 추출하는 것이며, 둘째로는 정성적 분석 및 시계열 분석을 통한 해안선 변화량을 분석하는 것이다.

2. 해안선의 정의 및 범위

2.1 해안선의 정의

해안선 자료의 구축은 관련 법령상에서의 정의를 바탕으로 선정하고, 선정된 항목을 대상으로 자료를 구축하였다. 해안선의 정의와 관련된 국내의 법과 규정으로는 연안관리법, 국토지리정보원의 도식적용 규정, 수로업무법 등이 있으며 다음과 같이 정의하고 있다(최윤수, 2002).

2.1.1 연안관리법

연안관리법(제 5913호) 제 2조에서 간접적인 제시 방안은 “연안해역과 연안육역으로 구분하였으며, 연안해역은 만조수위선으로부터 지적공부에 등록된 지역까지의 바닷가와 만조수위선으로부터 영해의 외측 경계까지의 바다”로 정의하고 있다. 즉, 만조수위선을 해안선으로 정의하고 있다.

2.1.2 국토지리정보원의 도식규정

1/25,000 지형도 도식적용규정(제91-100호)의 제 98조에서 “수부라 함은 하천 및 해안과 같은 것으로서 육지 내부에 존재하는 물에 관한 제사항과 만조시에 있어서의 해안선 및 이에 부속되는 각종 표시 사항을 포함한다.”라고 정의 하고 있다. 즉, 해안선을 육지와 바다의 경계로 간주하며 만조시의 수에선으로 정의하고 있다.

2.1.3 수로업무법

수로업무법 제 5조에서는 “표고는 평균해면으로부터의 높이, 수심은 기본수준면(약최저저조면)으로부터의 깊이, 그

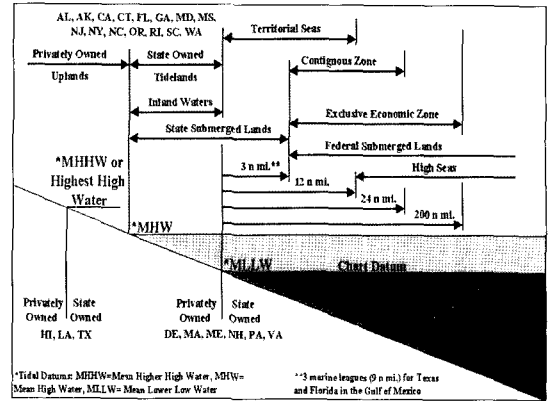


그림 1. 해안선의 정의(NOAA)

리고 간출암은 기본수준면으로부터의 높이로 표시하고 해안선은 해면의 약최고고조면(Approx.H.H.W : Approximate Highest High Water level)에 달했을 때의 육지와 해면과의 경계로 표시한다.”라고 정의하고 있다. 즉, 해도상의 해면과 육지와의 경계에 해당하는 해안선을 약최고고조면으로 정의하고 있다(해양조사원, 2004).

따라서 본 논문에서는 해안선의 기준을 약최고고조면으로 정하였다. 그림 1은 미국국해양대기국(NOAA : National Oceanic and Atmospheric Administration)에서 규정하고 있는 연안해역에 대한 범위를 나타내고 있다.

2.2 연안해역의 범위

본 논문에서 정의하고자 하는 연안해역의 범위는 해양수산부의 연안관리법(법률 제 5913호)을 기준으로 한다. 여기서 “연안”이라 함은 연안해역과 연안육역을 말한다. “연안해역”이라 함은 바닷가와 만조수위선으로부터 영해의 외측한계까지의 바다의 지역을 말한다. 그리고 “연안육역”이라 함은 무인도서, 연안해역의 육지쪽 경계선으로부터 500m 범위안의 육지지역으로서 제 5조의 규정에 의한 연안통합관리계획에서 정한 지역으로 정하고 있다. 그리고 연안해역의 범위는 지적법 37조의 규정에 의한 지적공부상의 지상경계선으로부터 외측한계(12해리) 이내의 영해를 포함하는 지역으로 정하고 있다.

3. 기준점 측량 및 영상처리

3.1 실험자료

표 1은 해안선의 변화량 분석을 위해서 사용될 자료들에 대한 분류를 나타내었고, 그림 2는 5개 지역 중 해운

표 1. 실험 자료

분류	취득 년도		축척
	1987년	2002년	
항공사진	1987년	2002년	1 : 20,000
수치지형도	2005년		1 : 5,000
위성영상	1996년 4월 (Alternative Image)		1 : 20,000

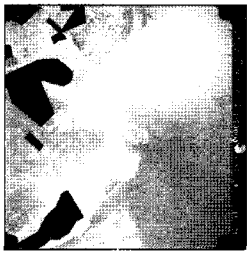

대상범위				해운대구 일대			
촬영 시간	AM 12:43	촬영 년도	1987-10	촬영 시간	AM 13:25	촬영 년도	2002-09
							
축척	1/20,000	코드	41	번호	71	축척	1/20,000
						코드	16
						번호	91

그림 2. 1987년, 2002년의 항공사진


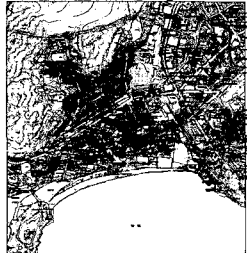
대상범위				해운대구 일대			
위성	Alternative	년도	1996-04	도입번호	35913037	년도	2005
							
해상도	2m	영상형태	8-bit, pan				

그림 3. 위성영상과 수치지형도

대지역의 항공사진에 대하여 나타내었다.

그림 3에서는 본 논문에서 사용된 위성영상과 수치지형도를 나타내고 있으며, 위성영상은 러시아의 Alternative Image를 사용하였고, 수치지형도는 2005년 국토지리정보원에서 제작된 축척 1:5,000을 사용하였다.

3.2 지상기준점 측량

지상기준점(GCP : Ground Control Point)은 촬영대상 지역 내에 위치하고 있어야 하며, GPS 수신에 양호하고 안정적인 지점에 위치해야 한다(그림 4). 본 논문에서는 삼각점 2점(부산 서구 서대신동, 강서구 대저)과 수준점

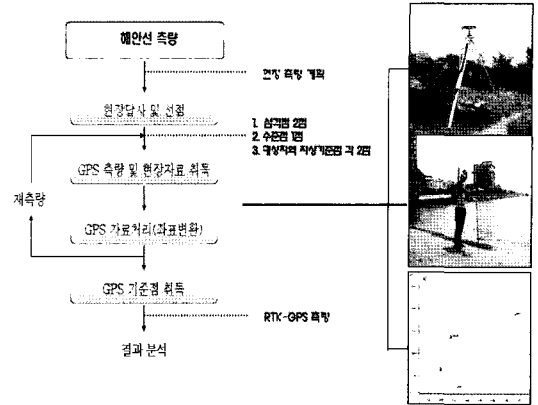


그림 4. 지상측량 흐름도

표 2. 실험 지역에 설치한 지상기준점 좌표

지역	No.	X(m)	Y(m)	H(m)
송정	1	218122.628	186703.805	12.260
	2	218056.000	186854.150	5.946
해운대	1	214542.178	184438.703	15.069
	2	215482.545	184374.506	10.248
광안리	1	211500.627	183820.129	2.709
	2	211289.702	183769.967	2.022
송도	1	202172.400	175239.864	5.658
	2	201648.256	174631.901	6.096
다대포	1	197024.780	171983.589	7.978
	2	196977.249	172019.033	4.032

1점(사하구 괴정)을 선정하여 기준국으로 사용하였고, 동시에 실험지역의 기준점 측량도 병행하였다. 수신 간격은 5초로 조정하였고, 수신각도는 15°로 설정하여 기준점당 약 2시간 동안 수신 하였다. 사용된 점 중에서 수준점의 정표고를 고정하여 나머지 임시점들의 정표고를 GPS에 의하여 산정하였다.

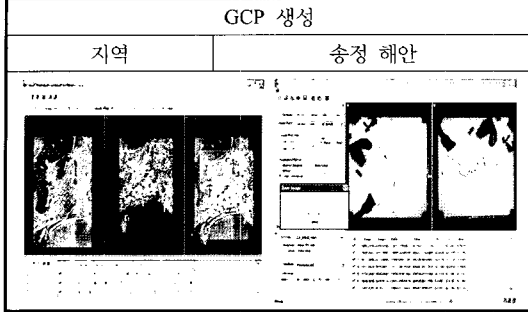
그림 4는 실험대상 지역의 5개 해안에 대하여 지상측량에 대한 처리과정을 나타내었으며, 표 2에서는 현지 측량을 수행한 후에 모든 지상기준점들의 측량 자료를 GPS 전용 프로그램을 이용하여 좌표성적을 산출한 결과를 나타내었다.

3.3 영상처리

본 논문에서는 지상기준점 선정을 함에 있어 영상과 지도 매칭 방식을 이용하였고, 사용된 수치지형도는 국토지리정보원에서 제작한 축척 1:5,000이다. 그리고 난 뒤 GCP를 추출하여 항공사진에 대한 영상보정을 하였고 표 3은

1987년 항공사진의 기하보정 작업을 진행하는 과정을 나타내고 있다. 1987년도, 2002년도의 항공사진과 1996년도의 위성영상의 경우 송정, 해운대, 광안리, 송도, 다대포의 5개 지역에 대하여 기하보정과 GCP 작업을 실시하였으며, 그 중 송정지역에 대한 것을 나타내었다. 그리고 각 Scene당 GCP를 10점씩 생성하여 Cubic Convolution 보간 기법을 사용하여 RMSE 오차를 분석하였다. RMSE의 오차는 평균 1m 이내에 들어오도록 작업을 수행하였으며, 그림 5에서는 영상과 수치지형도를 이용하여 GCP를 선정하고 변환식을 적용하여 좌표보정 및 영상보정에 대한 처리 과정을 나타내었다.

표 3. GCP생성과 RMSE

GCP 생성							
지역		송정 해안					
							
GCP 기하보정(m)							
No.	Image X	Image Y	Reference X	Reference Y	Error X	Error Y	Error Z
1	5486.960	6606.927	218847.026	186829.955	0.774	0.294	0.828
2	5567.000	3089.000	218041.281	186833.185	0.376	0.120	0.395
3	5293.001	1929.003	217777.200	186769.794	0.877	0.548	1.034
4	6732.923	4330.926	218320.228	187089.538	-0.275	-0.129	0.304
5	2505.047	1682.919	217733.644	186167.591	0.107	0.051	0.119
6	6152.909	6194.911	218749.576	186971.828	0.106	0.125	0.125
7	4546.912	835.083	217530.080	186604.400	-0.488	1.027	1.027
8	5894.998	3826.945	218208.600	186906.661	-0.239	0.400	0.400
9	4418.685	1884.802	217770.963	186580.896	0.201	0.434	0.434
10	5077.000	5633.000	218625.725	186737.133	-0.463	1.181	1.181
RMSE(m)	X		Y		Z		
	0.620		0.313		0.695		

이때 이용한 위성영상은 1996년 4월에 촬영한 러시아의 Alternative image를 사용하였다. 그림 6에서는 기하보정과 정사보정의 단계를 거친 후 생성된 정사영상상을 나타내고 있다.

이때 이용한 위성영상은 1996년 4월에 촬영한 러시아의 Alternative image를 사용하였다.

그림 6에서는 기하보정과 정사보정의 단계를 거친 후 생성된 정사영상상을 나타내고 있다.

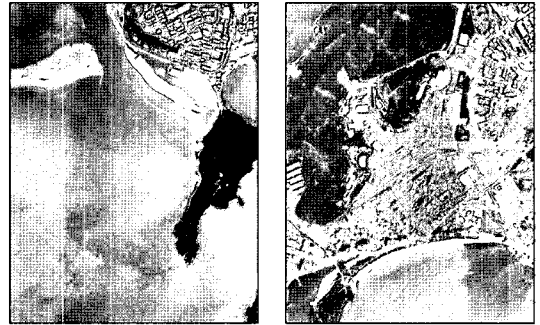


그림 6. 정사보정 영상 생성

4. 실험범위 및 변화량 분석

4.1 실험범위

부산 연안지역의 해안선 변화량을 분석하기 위하여 그림 7과 같이 연구지역을 선정하였으며, 실험지역에 대한

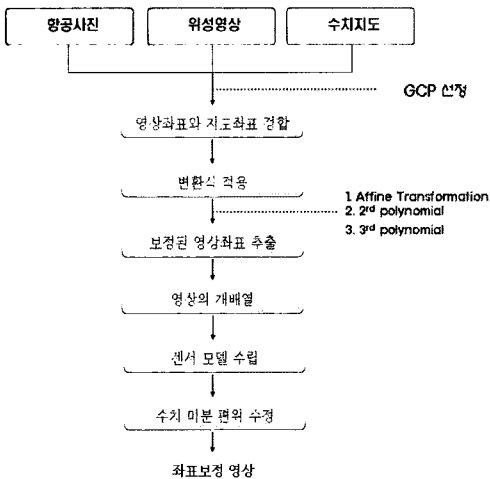


그림 5. 영상보정처리 흐름도



그림 7. 실험 대상지역

여 RTK-GPS 측량 결과와 영상을 비교, 분석함으로써 정성적·시계열적 분석을 수행 하였다.

4.2 정성적 분석(RTK-GPS 측량)

송정·해운대·광안리·송도·다대포 해안에 대하여 2005년 9월, 12월, 그리고 2006년 3월, 8월까지 총 4회에 걸쳐 RTK-GPS 방식으로 측량한 결과를 도출하였다. 지면

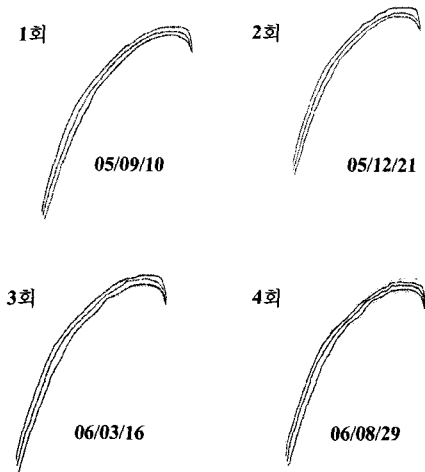


그림 8. 송정해안(RTK-GPS)

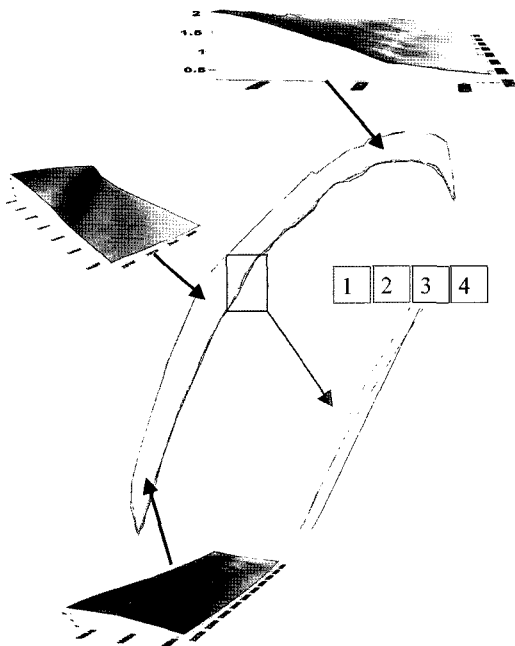


그림 9. RTK-GPS 결과의 확대/중첩(3D)

관계상 그림 8에서는 5개 해안 중 송정해안에 대한 결과를 나타내었다.

송정 해안의 경우 좌측하단 부분이 퇴적현상이 나타났음을 알 수 있었지만 전반적인 변화는 크게 없었다. 그림 9는 4회의 측량 결과를 중첩하여 확대한 것이며, 해안선을 상, 중, 하 세부분으로 나누어 3차원 표면 처리를 한 결과를 도식화시켜 나타내어 보았다. 송정 해안에 대한 측량을 중첩한 결과 해안선이 전반적으로 바다 쪽으로 약 3~5m 가량 퇴적되었음을 알 수 있었다.

송정 해안의 경우 우측 선착장 옆에 설치한 임시 기준점(M.S.L상 2.312m)을 사용하였고, 측량시의 조위 보정값을 적용하여 RTK-GPS 측량의 단면 변화량을 분석하였다. 우선, 해안선 경사의 변화에 대해서는, 1회 측량의 경우 평균 3~5° 정도로 나타났으며, 4회 측량의 경우에는 평균 4~5° 정도로 경사의 변화량은 큰 차이가 없었다. 그리고 해안선 단면 변화에 대해서는 1회와 4회 측량의 비교 결과, 단면 변화량이 2m에서 최대 6m까지 평균 3.7m의 해안선 폭의 증가 현상이 나타났음을 알 수 있었다.

다른 지역도 같은 방법으로 측정한 결과 표 4와 같이 나타남을 알 수 있었다.

표 4. RTK-GPS 측량에 의한 변화량 분석

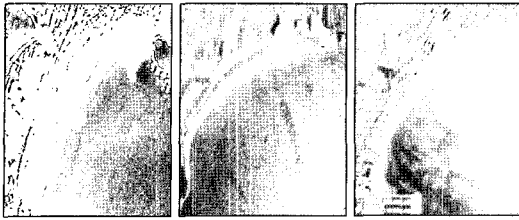
지역	경사 변화량		평균 단면 변화량
	1회 측량	4회 측량	
송정	3~5°	4~5°	3.7m
해운대	8~10°	3~6°	4.6m
광안리	4~5°	2~6°	3.1m
송도	3~4°	2~8°	3.6m
다대포	1~2°	1~3°	4.7m

4.3 정성적 분석(1987년 항공사진)

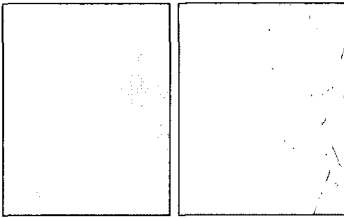
그림 10에서는 1987년에 촬영된 항공사진을 이용하여 디지털 영상처리 과정을 거쳐 해안선에 대한 경계선을 추출한 결과를 나타내었다.

4.4 정성적 분석(2002년 항공사진)

그림 11은 2002년에 촬영된 항공사진을 디지털 영상처리 과정을 거쳐 각 해안에 대하여 경계선을 추출하였고, 송정 해안은 항공사진의 자료 미비로 인해 제외하였다.

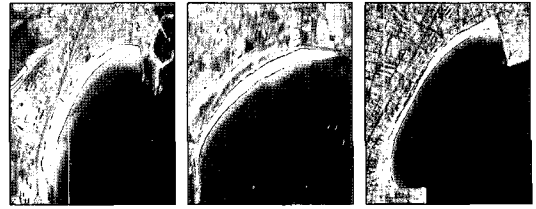


송정 해안선 해운대 해안선 광안리 해안선

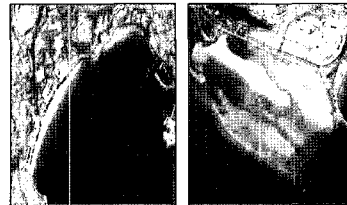


송도 해안선 다대포 해안선

그림 10. 항공사진 분석(1987년)

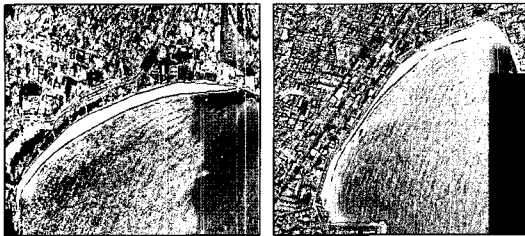


송정 해안선 해운대 해안선 광안리 해안선

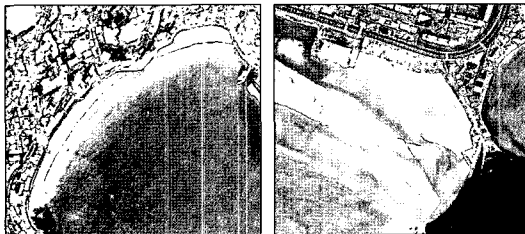


송도 해안선 다대포 해안선

그림 12. 위성영상 분석(1996년)



해운대 해안선 광안리 해안선



송도 해안선 다대포 해안선

그림 11. 항공사진 분석(2002년)

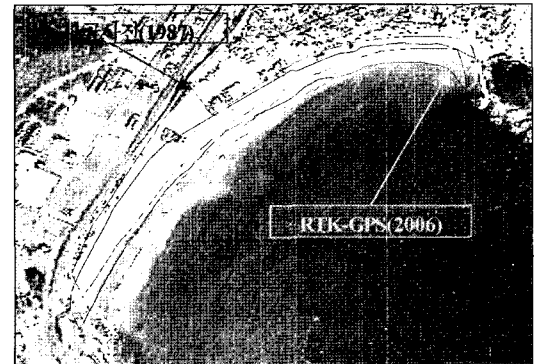


그림 13. 송정해안의 변화 분석

해안선이 전반적으로 바다 쪽으로 퇴적된 것으로 나타났다. 전체적인 해안선의 길이나 면적의 변화는 크지 않았지만 해안의 지형적인 형태의 변화는 큰 것으로 나타났다.

4.5 정성적 분석(1996년 위성영상)

그림 12는 Alternative 영상을 처리하여 해안선을 검출한 결과를 나타내었다.

4.6 RTK-GPS 측량과 항공사진의 해안변화 분석(정성적 분석)

그림 13은 1987년의 항공사진과 2006년의 RTK-GPS 측량 결과에 대하여 중첩하여 분석하여 나타내어 보았다. 그 결과 송정 해안은 지난 20년 동안 많은 개발로 인하여

4.7 시계열적 분석

표 5는 1987년 항공사진과 1996년 위성영상, 2002년 항공사진, 2006년 RTK-GPS에 대한 결과 순으로 시계열 분석을 하였다. 그리고 2002년도 송정지역 항공사진은 자료 미비로 인하여 분석 대상에서 제외되었다.

그림 14는 해안선 길이 변화량에 대하여, 그림 15는 해안선 면적 변화량에 대하여, 그림 16은 해안선의 둘레 변화량에 대한 분석을 한 결과를 도식화하여 나타내었다. 그 결과 송도 해안의 길이 분석에 있어서는 20년 동안의 변화량이 10% 정도 감소하였으며 이는 해안개발이 주요

표 5. 시계열적 분석

No.	분류	실험 지역	항공사진 (1987)	위성영상 (1996년)	변화율(%) (87-96)	항공사진 (2002)	변화율(%) (96-02)	RTK-GPS (2006)	변화율(%) (02-06)
1	길이 (m)	송정	953.930	990.018	3.8	-	-	996.328	-
2		해운대	1,416.015	1,386.398	-2.1	1,408.475	1.6	1,411.020	0.2
3		광안리	1,370.358	1,375.745	0.4	1,372.563	-0.2	1,371.415	-0.1
4		송도	687.892	697.951	1.5	654.800	-6.2	618.521	-5.5
5		다대포	984.943	1,626.833	65.2	912.840	-43.9	851.531	-6.7
6	면적 (m ²)	송정	47,132.667	56,346.107	19.5	-	-	48,746.820	-
7		해운대	43,552.373	55,726.195	28.0	49,505.075	-11.2	50,519.466	2.0
8		광안리	58,582.046	60,223.657	2.8	48,580.520	-19.3	52,901.878	8.9
9		송도	7,728.851	14,324.605	85.3	15,356.935	7.2	33,296.554	116.8
10		다대포	130,831.514	390,140.071	198.2	98,876.010	-74.7	150,700.128	52.4
11	둘레 (m)	송정	2,078.363	2,153.548	3.6	-	-	2,125.568	-
12		해운대	2,864.753	2,851.194	-0.5	2,887.370	1.3	2,875.209	-0.4
13		광안리	2,946.195	2,962.387	0.5	2,936.869	-0.9	2,922.549	-0.5
14		송도	1,407.069	1,477.176	5.0	1,378.490	-6.7	1,461.565	6.0
15		다대포	2,350.670	3,191.040	35.8	1,635.959	-48.7	2,148.662	31.3

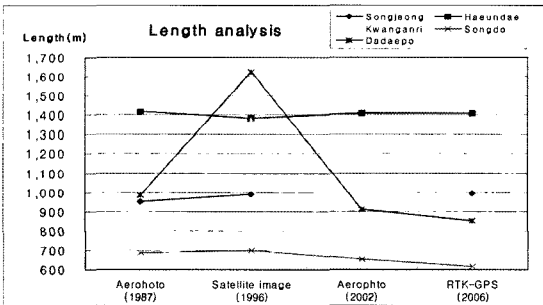


그림 14. 해안선 길이 변화 분석

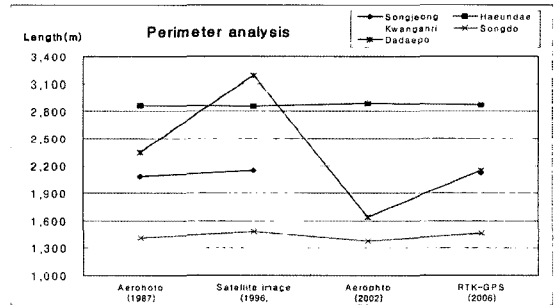


그림 16. 해안의 둘레 변화 분석

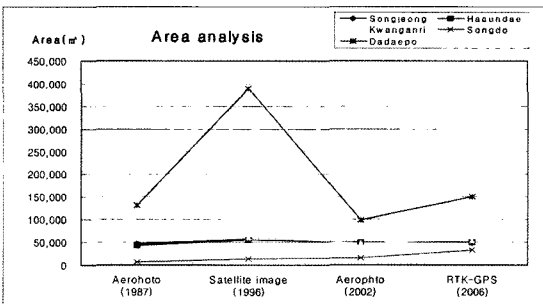


그림 15. 해안의 면적 변화 분석

부터 2006년 동안의 면적 분석 중에서 송도 해안의 변화량이 116.8%(17,940m²) 증가했던 원인은 2002년부터 시작된 송도 연안정비 사업의 일환이 주된 요인인 것으로 분석되었다. 그리고 둘레 분석에 있어서는 송도(1,461m) 해안의 경우 약 6%정도 증가됨을 알 수 있었다.

5. 결 론

본 연구에서는 부산지역의 5개 해안에 대한 변화량 분석을 위하여 항공사진과 위성영상을 이용하였고, RTK-GPS 측량을 실시하였으며, 그 결과로 정성적 분석 및 시계열 분석을 한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, RTK-GPS에 대한 정성적 분석결과 송정 해안의

한 원인인 것으로 나타났다. 그리고 다대포 해안의 경우에는 영상이 촬영된 시점에 따른 해안선의 불명확성 때문에 분석결과가 정확히 나타나지 못하였다. 또한, 2002년

참고문헌

경우에는 해안선 경사 변화가 3~5°정도이고, 평균 3.7m의 해안선 폭이 증가됨을 알 수 있었다. 해운대 해안은 해안선 경사 변화가 약 5~10°이며, 해안선 폭은 평균 4.6m가 감소되었다. 광안리 해안은 해안선 폭의 변화가 평균 3.1m 증가 하였으며, 송도 해안의 경우에는 평균 3.6m 증가하였다. 그리고 다대포 해안은 평균 4.7m 해안선 폭의 증가가 있음을 실험 결과 알 수 있었다.

둘째, 2002년 항공사진과 2006년의 RTK-GPS 측량에 대한 시계열 분석결과 해안선 길이에 대해 해운대 해안은 2.5m(0.2%)증가하였고, 광안리 해안 -1.1m(-0.1%) 감소하였다. 그리고 송도·다대포 해안은 각각 -36.3m(-5.5%), -61.3m(-6.7%) 감소함을 알 수 있었다.

유명 해안지역의 경우 지자체에서 많은 관심을 가지고 있는 지역이며, 본 논문에서 제시한 방식과 항공 LiDAR 측량을 병행하여 다년도 정보시스템을 구축 한다면, 향후 해안 정보관리시스템으로의 활용방안이 클 것으로 판단된다.

- 위광재 (2004), LiDAR&SHOALS 기술을 이용한 해안선 측량 및 모니터링에 관한 연구, 한국해양공학회, 한국의 해안선 정립을 위한 Workshop 논문집, pp. 137-144.
- 정승진, 김규한, 편종근 (1999), 항공사진을 이용한 해안선 변형 해석, 대한토목학회 논문집, pp. 467-470.
- 최윤수, 오순복 박병문 김정현, 서상현 (2002), 해양기본지리정보 구축에 관한 기초연구, 한국측량학회지, 제20권 3호, pp. 293-301.
- 이재원, 허민, 문용현, 이석용 (2002), 국토모니터링체계 구축 및 활용에 관한 연구, 한국측량학회 추계학술발표회, pp. 249-256.
- 국립해양조사원 (2004), 해양지리정보구축연구, 해양수산부.
- Sloop, R. V. (1995), *Beach cusp analysis and the dry beach evolution of Longboat Key, Florida using video monitoring techniques*, M.E. Thesis, Univ. of Florida, Gainesville, FL.
- Chen, L.C. (1998), "Detection of shoreline changes for tideland areas using multi-temporal satellite images", Int. J. RS, 19(17), pp. 3383-3397.
- Roberto Gutierrez, 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, MD.
- T. Kajimura, S. Sato, M. Nakamura and M. Isobe (2001), *Sand movement and long-term beach evolution in an alluvial system composed of the SAME river and the NAKOASO coast*", Japan Soc. of Civil Eng., No.691/II-57, pp. 121-132.

(접수일 2007. 4. 16, 심사일 2007. 4. 17, 심사완료일 2007. 6. 21)