

연구논문

공간정보를 이용한 광안리 해안선 변화에 관한 연구

The Coastline Change on Gwangalli Using Spatial Information

최철웅* · 오치영** · 이창현***

Choi, Chul Uong · Oh, Che Young · Lee, Chang Hun

要 旨

광안리 해수욕장은 해운대 해수욕장과 더불어 부산을 대표하는 해수욕장 중 하나로 2003년 광안대로 완공 이후 관광객이 꾸준히 늘어 2006년에는 1,000만명 이상의 관광객이 찾는 관광명소이다. 관할구청에서는 광안리 해수욕장 관리를 위해 해마다 양빈사업과 자갈제거 작업을 수행하고 있지만 체계적인 모니터링과 침식에 관한 연구는 미비한 실정이다. 본 연구에서는 지난 60년간 항공사진, 조석자료, GPS측량자료를 이용하여 광안리 해수욕장의 해안선의 변화를 분석하고, 광안리 해상에 건설된 광안대교가 해안선변화에 얼마나 영향을 미치는지 알아보았다. 그 결과 지난 60년간 광안리 해변의 면적은 40% 증가하였으며, 광안대교가 해안선 변화에 미치는 영향은 미비한 것으로 나타났다.

핵심용어 : 항공사진, GPS, 조위보정, 해안선변화

Abstract

The Gwangalli Beach, one of beaches representative of Busan together with the Haeundae Beach, is a tourist attraction, having increased tourists since the completion of Gwangandaero Bridge in 2003 and recording more than 10 million tourists in 2006. Although the competent local government office has conducted artificial beach nourishment/gravel removal projects every year to manage it, systematic monitoring and studies of erosion are insufficient. This study analyzed the changes in the coastline of Gwangalli Beach using aerial photos, tidal data, GPS survey data for the last sixty years, and examined how the Gwangandaero Bridge, which had been constructed on the Gwangalli sea, has affected the changes. The results show that the area of Gwangalli Beach has increased 40% for the last sixty years, and that the effects of Gwangandaero Bridge on the coastline are insignificant.

Keywords : Aerial Photo, GPS, Shoreline Change, Tide Correction

1. 서 론

부산광역시시는 세계 5위 규모의 부산항을 포함하여 대형 항만물류시설을 갖춘 세계적인 해양물류 도시이며, 수려한 경관과 다양한 편의 시설로 연간 3,800만(부산광역시 통계연보, 2007) 이상이 찾는 해양 관광도시이다. 그 중 광안리 해수욕장은 1,000만명 이상이 찾는 부산의 대표적 관광지로, 부산불꽃축제와 광안대교 야경 등 다양한 볼거리로 관광객이 점차 증가하고 있는 추세이다.

관광객을 비롯한 시민들의 이용빈도가 증가하면서 관할구청에서는 해수욕장을 관리하기 위해 양빈과 자갈제

거작업을 수행하지만, 연안관리 및 모래 유실에 관련된 체계적인 연구나 모니터링은 미흡한 실정이다.

해수욕장을 비롯한 연안관리에 관한 해외 선진사례를 살펴보면 미국은 연안정비계획 및 프로그램을 작성 시 관련부처가 공동 참여하는 종합계획형식을 채택하고 있다. 일본의 경우 건설성, 농림성, 운수성, 수산청 등이 참여하여 계획을 수립하고 계획의 추진은 소관부처별로 수행하는 제도를 운영하고 있으며, 종래의 경우 대부분이 해안 방호시설의 복구위주로 추진되었으나 점차 자연과 인간이 더불어 사는 새로운 공간으로서 연안을 창출하는 방향으로 전환되고 있다.

반면 우리나라에서는 연안관리법의 기본이념과는 달

2009년 1월 29일 접수, 2009년 2월 25일 채택

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

** 부경대학교 위성정보과학과 석사과정(leeieel@nate.com)

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

리 정비계획수립 후 관계부처와의 협의하고 단독시행을 하고 있어 종합적인 통합관리가 이루어지지 않고 있으며 연안관리에 대한 대책이 필요할 것으로 판단(이지현, 1999)된다.

연안관련 연구 중 해안선 변화에 관련된 연구를 살펴보면 부산 해수욕장이 십수년전부터 모래의 침식 퇴적작용으로 심각한 지형변화가 발생(박일흠외의 1명, 1989 ; 부산광역시, 1989 ; 이종섭외의 2명)하고 있는 것을 인지하고, 관광자원으로써 중요한 해수욕장을 관리하기 위해 다각적인 연구가 진행되었다.

광안리 해수욕장에 대한 단기 모니터링의 체계구축을 위한 연구(국토해양부, 2005)가 진행되었으며, 10년 주기 항공사진을 이용해 광안리 해수욕장(김호용외의 2명, 2005)과 해운대 해수욕장(김영섭외의 1명, 2001)의 변화 탐지를 비롯하여 송도해수욕장의 해안선 변화 및 해빈변화를 해양학적 관점에서 연구(황용태, 2006)하였다.

이러한 해안선을 탐지하는 연구에는 다양한 자료들이 사용되어지는데, 정사항공사진을 이용(최철웅외의 2명, 2005 ; 조주환외의 2명, 2001)하거나, 정사항공사진 판독에 Affine방식을 이용하여 보정하는 방법(정승진, 2005 ; 정승진의 2명, 2004)을 사용했다. 비행공용 카메라를 이용하여 morphology기법으로 해안선 변화를 연구(Cheryl외의 1명, 2000)를 수행했고, 고해상도 위성영상을 활용하여 해안선을 추출(김종철, 2006 ; Elraey외의 3명, 1999)했으며, 항공사진과 위성영상을 이용한 연구(Noaa, 2003) 등 원격탐사 데이터를 이용하거나, GPS를 이용하여 직접측량법에 의한 해안선추출 가능여부를 분석한 연구(장희식의 2명, 2003 ; 최선호외의 1명, 1996)등이 수행되었다.

해안선 변화에 대한 원인분석을 위해 수심측량자료와 해안선 변화를 상호 비교(최철웅외의 4명, 2006)했고, 토지 이용변화에 따른 상관성을 분석한 연구(양지연, 2006 ; 양지연외의 1명, 2006)도 진행되었으며, 해안선에 인접한 관광도로 개설 및 모래채취로 인해 해안선 침식 및 파괴 현상에 관한 연구(최재희외의 1명, 2001)와, 130년간(1858-1983년)의 장기간에 걸친 침퇴적에 관한 연구(Amy외의 5명, 2004)도 진행되었다.

본 연구에서는 위성영상에 비해 자료취득이 편리하고, 예전 자료들이 구축되어 있어 장기지형변화 연구에 용이한 항공사진을 포함한 조석자료, GPS측량자료를 이용하여 광안리 해수욕장의 해안선의 변화를 분석하고, 광안리 해상에 건설된 광안대교가 해안선변화에 얼마나 영향을 미치는지 알아보았다.

2. 연구 범위 및 방법

2.1 연구 범위

연구지역은 부산광역시 수영구 광안동 광안리 해수욕장지역이며 Fig. 1과 같다. 광안리 전면은 수영구 남천동과 해운대구 우동의 센텀시티를 연결하는, 총길이 7,420 m, 너비 18~25m, 2층 복층 구조의 왕복 8차로의 다리로, 1994년 8월에 착공해 2003년 1월 6일 완전 개통한 광안대교가 있다.

본 연구위해 사용된 데이터는 1947년부터 2007년까지

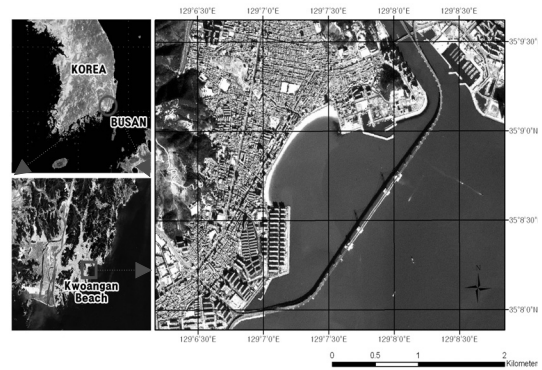


Fig. 1. Study Area

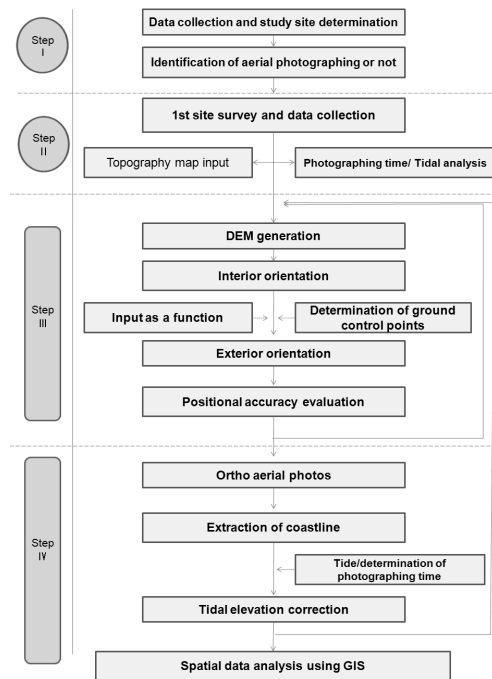


Fig. 2. The Research Flowchart

Table 1. The Index of Photos Used in This Study (Focal Length : cm, F: Flood current, E: Edd current, Tide current: cm)

No	Date	Time	Altitude	Tide current	Focal length	Scale
1	1947.10.25	-				
2	1972.06	-	1168		152.49	6000
3	1982.10.22	01.06	1000	96(E)	153.35	6000
4	1992.11.11	01.19	1120	82(E)	153.59	6000
5	1997.11.23	11.14	1120	69(F)	153.59	6000
6	2002.11.29	11.38	1080	51(F)	153.57	6000
7	2007.11.28	12.59	1060	111(E)	153.58	6000

정보구축이 잘되어있는 60년간 항공사진을 부산광역시 지적과 항측계에서 지원받고, 조석자료는 해양조사원 부산검조소 자료를 이용했다. 그리고 2005년에 실시한 GPS측량자료, 1/1,000 수치지도 23매, 2007년 4월에 수정된 수치지도를 사용해 광안리 해수욕장의 장기지형 변화를 수치항공사진측량기법을 이용하여 구축 및 해석하였다.

그리고 광안대교 건설전·후 지형변화를 파악하기 위해 광안대교 주탑 건설 시점인 1997년 이전은 10주기로 분석을 하였고 1997년 이후는 5년 단위로 총 7회 분석하였다.

2.2 연구방법

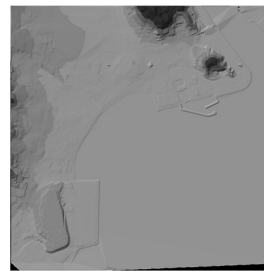
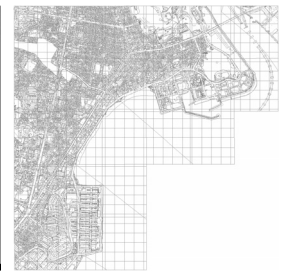
본 연구는 크게 4단계로 Fig. 2와 같이 분석하였다. 1단계는 자료수집단계로 기존 활용 가능한 자료를 조사 수집하여 많은 자료를 활용하기 위함이고, 2단계는 현장조사단계로 현장 조사 자료와 기존 자료를 통합하기 위함이다. 3단계는 항공사진 판독단계, 항공사진을 연차별로 판독준비단계이며, 4단계는 정사영상 지도제작 및 분석 단계이다. 정사항공사진 제작은 고해상도 영상이 가지고 있는 지형기복변위를 고려하여 기하학적으로 영상 촬영 당시와 똑같은 환경을 재구성하여 영상의 위치를 보정하여, 2,740m × 2,780m의 정사항공사진 제작구역을 설정하였다.

항공사진 처리를 위해 DEM은 수치지도의 등고선과 높이 값을 가지는 모든 자료를 이용하여 부정형 삼각망(TIN : Triangular Irregular Network)을 형성한 뒤, 일정 격자망(Grid)으로 구성 했고, 지상기준점을 참조하기 위해 1/1,000 지형도에서 건물 및 도로 레이어를 추출하여 Coverage를 생성했다.

3. 해안지형 변화분석

3.1 항공사진 처리

수집된 항공사진을 면적 산출을 위해 ERDAS 9.1에서

**Fig. 3.** DEM**Fig. 4.** Coverage**Table 2.** RMSE

연도	RMSE	연도	RMSE
1947	6.83	1997	2.44
1972	2.90	2002	2.25
1982	3.50	2007	2.40
1992	2.75		

1:1,000 수치지도로 기 제작된 DEM(Fig. 3)과 Coverage(Fig. 4)를 이용하여 정사보정하였다. DEM의 경우 각 해당연도에 해당하는 수치지도자료 구축이 어렵고, 지형의 변화는 크지 않다고 가정하여 각 년도에 적용시켰으며, GCP를 선점하는데 있어서는 제작된 Coverage를 최대한 참조하였고, 1942년 영상의 경우 수치지도를 이용한 선점이 불가능하여, 1972년 영상에 image to image 방법으로 영상을 처리하였다. 각 영상의 RMSE값을 살펴보면 아래 Table 2와 같고, 항공사진 처리결과는 Fig. 5 ~ Fig. 11과 같다.

3.2 조위보정

항공사진 상의 해안선은 촬영 시간에 따라 각각 다른 조위를 가지기 때문에 정확한 면적산정을 위하여 조위의 영향을 제거해서 면적을 산출해야한다. 일반적으로 조위 보정면적 산출방식은 해안선을 따라 발생하는 수애선을 평균경사도로 가정하여 산정하는 등경사방식과 GPS 실

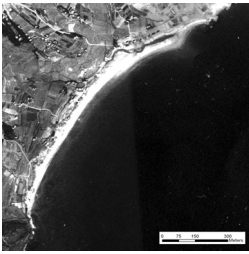


Fig. 5. 1947

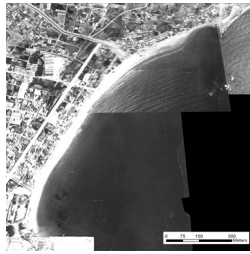


Fig. 6. 1972.6

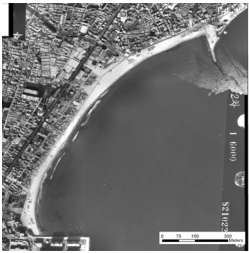


Fig. 7. 1982.10

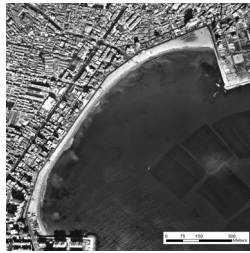


Fig. 8. 1992.11



Fig. 9. 1997.11

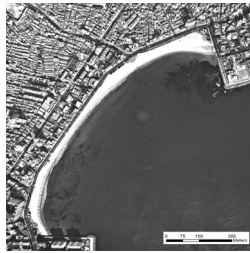


Fig. 10. 2002.11



Fig. 11. 2007.11

측 후 조위에 따른 면적변화량을 산정하는 방식이 적용 가능하다. 각각 방식은 모두 타당하지만 본 연구에서는 정확한 면적 산정을 위하여 실측에 의한 조위보정방식을 사용했다.

2005년 5월 1일 측량한 GPS 실측값을 이용하여 광안리



Fig. 12. DEM for tide collection

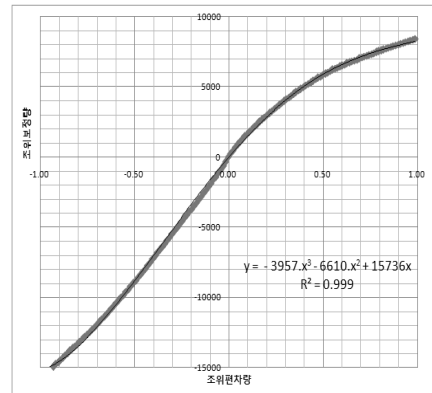


Fig. 13. Equation from tide level to area

해수욕장에서 조위편차량을 조위보정 면적량으로 변환가능한 공식 산출하였으며 식(1)과 같으며, 아래에 GPS 측량값을 이용한 해변의 표고도(Fig. 12)와

$$Y=3210X^4-3957X^3-6610X^2+15736X \quad \text{식 (1)}$$

(X:조위편차량(단위:m), Y:조위면적조정량(단위:m²))

면적 변화량 그래프(Fig. 13)를 나타냈다.

본 식을 이용해 조위보정량을 구할 수 있는 1982~2007년 까지 적용한 결과 해변 면적은 Table. 3과 Fig. 14와 같다.

3.3 해변면적 산출

전체 면적 변화를 살펴보면, 1996년 이전에는 면적이 꾸준히 증가하는 추세를 보이다가 이후로는 침체적이 반복되며 뚜렷한 현상을 나타내지 않고 있다. 원인은 본 연구의 데이터만으로는 정확히 판단하기 어려우나, 1996년 이전 해안의 인공구조물의 조성과 내륙쪽으로 후퇴하면서 확장한 도로로 인해 해안선 면적이 증가하는 것으로 보이며, 이후 면적 변화는 인위적인 양빈사업과 계절적 영향으로 보여 광안대교와의 연관성은 낮은 것으로 사료 된다.

Table 3. Adjusted area calculated by the tidal elevation-corrected equation

Date	Time	Before	Corrected Area: Y	After (Before+Y)	Tidal current: X	Corrected date
1947.10.25	-	55,637	-	55,637	-	-
1972.06.12	-	63,254	-	63,254	-	-
1982.10.22	13:06	62,327	4,155	66,481	+96	+ 0.31
1992.11.11	13:19	7,4915	2,467	77,382	+82	+ 0.17
1997.11.23	11:14	78,801	619	79,420	-69	+ 0.04
2002.11.29	11:38	80,412	-2,321	78,091	-51	- 0.14
2007.11.28	12:59	77,517	5,598	83,115	+111	+ 0.46

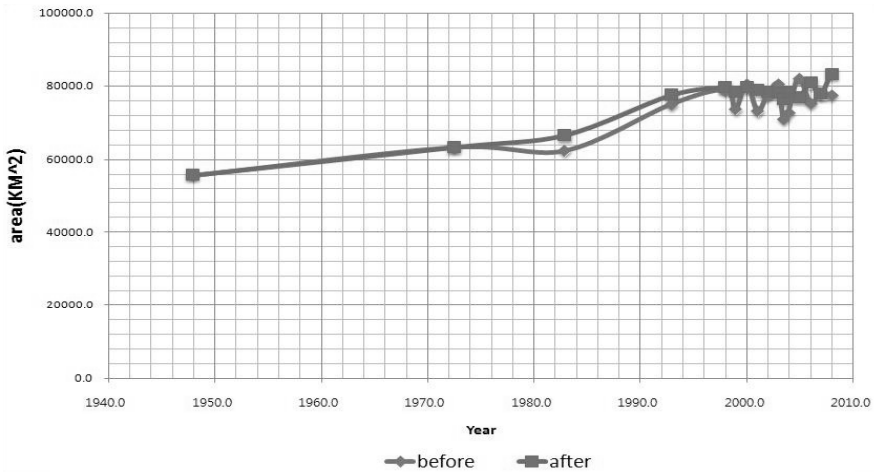


Fig. 14. Change of the Beach Area During the Last 60 Years



Fig. 15. A Base Line to Compute Area of Beach by Region

보다 상세한 면적 변화를 알아보기 위하여 임의로 동일한 크기의 구간을 5개로 나누고, 각각의 구간에 포함되는 해변의 면적 변화를 Fig. 15와 같이 분석하였다.

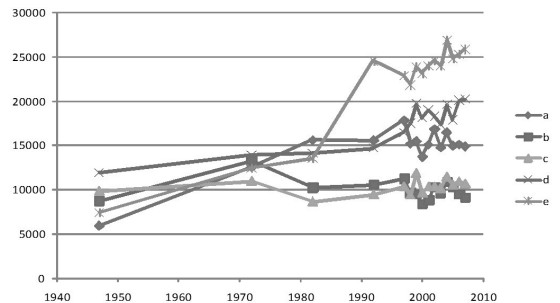


Fig. 16. Change of the Beach Area by Sector

Table 3과 Fig. 16에서 보는바와 같이 전체적으로 면적은 증가하는 경향을 보이나 B, C의 경우 60년간 변화는 미비한 것으로 나타났으며, 1970년 초반 삼익비치 아파트 건설에 의해 아파트 전면(B, C sector)의 모래가 반대편해안(D, E sector)으로 이동한 것으로 판단되며, 1980년 초반 수변공원 매립 후 광안리 근해파의 특성으로 인한 북·동쪽 해안의 면적이 증가를 나타낸다. 1990년에는

Table 4. Change of Beach Area During the Last 60 Years

Year	A	B	C	D	E
1947	5918.419	8778.773	9849.534	11914.716	7458.136
1972	12577.691	13307.869	10976.427	13903.512	12488.362
1982	15621.437	10292.709	8691.948	14135.639	13585.013
1992	15595.290	10620.302	9456.284	14696.643	24546.100
1997	17855.201	11275.449	10351.465	16433.735	22885.537
2002	16866.443	10324.884	10323.272	18269.750	24628.422
2007	14906.454	9151.489	10673.798	20225.497	25860.199

전체적인 감소 현상을 나타내다 광안대로 착공 시기인 1998년 이후부터 꾸준한 증가를 나타낸다.

4. 결 론

항공사진과 GPS 측량자료를 이용해 광안리 해수욕장의 장기적인 해안지형 변화영향을 분석한 결과, 광안리 해수욕장은 지난 60년 동안 해안 면적이 약 40% 증가한 것으로 나타났다. 이러한 증가 현상은 현재 단기적 진행 중인 것으로 판단되며, 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 지난 60여 년간의 해안선을 평균해수면 기준으로 비교분석한 결과, 북동 해안의 면적증가율이 삼익비치 아파트 전면 해안의 면적보다 3배 이상 크게 나타났다.

둘째, 1970년 삼익비치 아파트 매립에 따른 구간별 면적 분석 결과 아파트 전면 해안은 침식이 나타났고, 반대편의 북동 해안쪽으로 퇴적이 일어났으며, 1980년 수변공원 매립과 연안 공원 조성에 의해 민락회센터 전면 해안의 면적이 증가 했다.

셋째, 1998년 광안대로 건설에 의한 면적 변화의 경우 감소하던 해안 면적이 조금씩 증가 되며 현재도 증가 중이며 이는 수영구청에서 매년하고 있는 양빈사업의 결과로 사료된다.

본 연구를 통해 항공사진과 GPS 측량자료를 이용하여 장기간 해안지형 변화를 정량적으로 분석할 수 있음을 알 수 있었다. 본 연구결과는 해안지역의 장기적인 모니터링에 유용한 자료를 제공할 뿐만 아니라 해안지리정보 시스템에 활용 가능할 것으로 사료된다. 향후, 미국을 비롯한 외국을 중심으로 해안선 연구에 이용되는 LiDAR 자료와 정확한 지형변화탐지를 위해 수심측량자료를 이용해 연구결과를 보완해야 할 것이다.

감사의 글

본 연구를 지원해주신 부경대학교와 항공우주연구원 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

1. 국토해양부, 2005, 연안침식모니터링 체계구축(2), *국토해양부*, pp. 305-332.
2. 김영섭, 최철웅, 2001, "수치항공사진을 이용한 해운대 해수욕장 해안선 변화에 관한 연구", *한국지리정보학회지*, 한국지리정보학회, 제4권, pp. 39-50.
3. 김종철, 2006, 고해상도 위성영상을 활용한 해안선조사 품질향상, 군산대 산업대학원 석사논문, p. 54.
4. 김호용, 최철웅, 김연수, 2005, "광안리 지역의 장기 지형변화에 관한 연구", *대한토목학회 논문집*, 대한토목학회, 제25권1호, pp. 203-211.
5. 박일흠, 이종섭, 1989, "해운대해빈의 해안선변형 예측모형", *한국해양해양공학학회지*, 한국해양해양공학회, 1권1호, pp. 50-62.
6. 부산광역시, 1989, 해운대해수욕장 사빈유실 원인규명 및 방지 대책 공법수립을 위한 연구보고서, 부산광역시, pp. 356.
7. 부산광역시, 2007, 통계연보
8. 양지연, 2006, GIS/RS를 이용한 해운대 해수욕장의 해안지형 및 토지피복 변화 분석, 부경대 일반대학원 석사논문, p. 55.
9. 양지연, 최철웅, 2006, "해운대 해수욕장의 해안지형 및 토지피복 변화분석", *한국지리정보학회지*, 한국지리정보학회 제9권, pp. 101-115.
10. 이종섭, 박일흠, 김차겸, 1994, "해운대 해수욕장의 해빈변형기구", *대한토목학회 논문집*, 대한토목학회, 제 14권 3호, pp. 595-605.
11. 이지현, 1999, 연안관리법의 제도에 따른 향후 연안관리방향, 한국해양수산개발원, 제 923호, pp. 41-48.
12. 장호식, 서동주, 이종출, 2003, "RTK GPS/GLONASS 조합기법에 의한 해안선 결정", *대한토목학회 논문집*, 대한토목학회, 제 23권 3호, pp. 385-390.
13. 정승진, 2005, 항공사진을 이용한 장기해안선 변화 해석 연구, 명지대 일반대학원 석사논문, p. 214.
14. 정승진, 김규한, 편종근, 2004, "항공사진을 이용한 장기해안선

- 변화조사”, *한국해안해양공학회지*, 한국해안해양공학회, 제 16 권 1호, pp. 10-17.
15. 조주환, 임동일, 김백훈, 2001, “항공사진을 이용한 서남해 함평만의 해안선 변화 관측”, *한국지구과학학회 논문집*, 한국지구과학회, 제 22권 4호, pp. 317-326.
 16. 최선호, 박상길, 1996, “송정해수욕장 지형변동의 현상학적 연구”, *대한토목학회 논문집*, 대한토목학회, 제14권2호, pp. 503-506.
 17. 최재선, 육근형, 2001, 안면도 연안관리실태와 정책시사점, 한국해양수산개발원, pp.3-14
 18. 최철웅, 김연수, 서용철, 2005, “정사항공사진과 해양조사측량을 이용한 해안선변화 탐지에 관한 연구 : 포락지 중심으로”, *한국해안해양공학회지*, 한국해안해양공학회, 제17권2호, pp. 61-69.
 19. 최철웅, 홍현정, 한경수, 2006, “RS&GIS 기법을 이용한 해운대 해저해빈지형의 3차원 입체변화탐지및 분석”, *대한원격탐사학회지*, 대한원격탐사학회제22권4호, pp. 234-253.
 20. 황용태, 2006, 부산송도해수욕장의 연안정비사업에 따른 해수욕장의 해빈변형 및 해안환경변화의 예측, 한국해양대 일반대학원 석사논문, p. 100.
 21. Amy C Foxgrover, Shawn ahiggins, Melissa K. ingraca, 2004, “Deposition, Erosion, and Bathymetric Change in south san francisco bay:1858-1983”, *USGS*, 1192호, pp. 10-20
 22. Cheryl hapke, Bruce Richmond, 2000, “Monitoring Beach Morphology Vhange using Small-format aerial photography and digital softcopy photogrammetry”, *Environmental geoscience*, 제 7권 1호, pp. 32-37.
 23. M. Elraey, S,H,Sharaf El-din, A,A,Khafagy, 1999, “Remote Sensing of Beach Erosion Accretion Patterns along Damietta-Port Said Shoreline, Egypt”, *Int. J. remote sensing*, 제 20권 6호, pp. 1087-1106.
 24. Noaa, 2003, “Noaa Coastal Change Analysis program(C-CAP):Guidance for Regional Implementtion”, *NOAA*, NMFS 123, pp. 65-70.