공학석사 학위논문

장기해안지형변화 분석을 위한 2D·3D 모니터링 기법 비교 연구

지도교수 최 천 용

이 논문을 공학석사 학위논문으로 제출함.

2005년 2월

부경대학교 대학원

위성정보과학과

김 호 용

김호용의 공학석사 학위논문을 인준함.

2004년 12월 26일

주 심 공학박사 윤 홍 주

위 원 공학박사 배 상 훈

위 원 공학박사 최 철 웅

목 차

제 1 장 서론 ····· 1

1.1. 연구 필요성 및 목적 ····· 1

1.2. 연구동향 ····· 3

1.3. 연구내용 및 방법 ····· 7

제 2 장 장기해안지형변화 탐지 측량기법 선정 ····· 10

2.1. 개요 ····· 10

2.2. 해안선변화 탐지를 위한 항공측량 ····· 11

2.3 DGPS 기법을 이용한 해빈 지형측량 ····· 12

2.4. 음향측심기를 이용한 해저면 지형측량 ····· 13

제 3 장 항공측량을 이용한 2차원 분석 ····· 14

3.1. 수치항공사진을 이용한 공간자료획득 ····· 15

3.2. 항공측량성과를 이용한 해안지형변화 분석 ····· 20

3.2.1. 해안지형 토지이용 변화도 분석 ····· 20

3.2.2. 해안선 추출 및 해빈면적 변화분석 ····· 21

제 4 장 해빈측량과 수심측량을 이용한 3차원 분석 ····· 25

4.1. 해빈측량을 이용한 공간자료획득 ····· 25

4.1.1. GPS 측량 ····· 28

4.1.2. GPS 자료처리 결과 ····· 30

4.2. 수심측량을 이용한 공간자료획득 ····· 33

4.3. 연안측량성과를 이용한 입체 지형변화 분석 ····· 34

4.3.1. 주제도 제작 및 가시적 분석 ····· 34

4.3.2. 수심에 대한 정량적 분석 ····· 34

4.3.3. 등간격 해안지형 단면분석 ····· 37

4.3.4. 경사도를 이용한 지형변화 분포 경향분석 ····· 41

4.3.5. 수심자료를 이용한 해안지형 침·퇴적 분포도 제작 ····· 43

제 5 장 연안측량과 수치항공사진을 이용한 비교·분석 ····44

5.1. 해안지역 침·퇴적 분석 및 비교 ····· 44

5.1.1. 항공사진을 이용한 해안선 침·퇴적면적 분석 ····· 44

5.1.2. 해안지형측량을 이용한 해안선 침·퇴적면적 분석 ····· 46

5.1.3. 정량적 해안선 침·퇴적면적 비교분석 ····· 47

5.2. 해안지형 등단면을 이용한 해안선 이동경향 분석 ····· 48

5.2.1. 항공측량과 해안지형측량을 이용한 해안선 이동 산정 ····· 48

5.2.2. 해안선 이동경향 분석 ····· 50

제 6 장 결 론 ····· 51

참 고 문 헌 ····· 53

List of Figures

Fig 1.1. The Study Method of the Coast Topography Change. ····· 9
Fig 3.1. The Study Method Using Digital Aerial Photos. ····· 15
Fig 3.2. The Distribution of Ground Control Points. ····· 16
Fig 3.3. The Mosaic of the Photo Obtained in 1947. ····· 19
Fig 3.4. The Mosaic of the Photo Obtained in 1972. ····· 19
Fig 3.5. The Mosaic of the Photo Obtained in 1982. ····· 19
Fig 3.6. The Mosaic of the Photo Obtained in 2003. ····· 19
Fig 3.7. The Reclamation Work of Samik Beach Apart (1947~1972). ····· 21
Fig 3.8. The Construction of the Breakwater in the Northeast Direction of Kwanganri (1972~1982). ····· 21
Fig 3.9. The Reclamation Work of the Waterside Park in Minrak-dong (1982~1992). ····· 21
Fig 3.10. The Foundation Work of the Park at Kwanganri Beach (1992~2003). ····· 21
Fig 3.11. The Extraction of the Coastline in 1947. ····· 23
Fig 3.12. The Extraction of the Coastline in 1972. ····· 23
Fig 3.13. The Extraction of the Coastline in 1982. ····· 23
Fig 3.14. The Extraction of the Coastline in 1992. ····· 23
Fig 3.15. The Extraction of the Coastline in 2003. ····· 23
Fig 3.16. The Change of Beach Circumferences and Beach Areas. ····· 24
Fig 4.1. The Flowchart of the DGPS Survey. ····· 26
Fig 4.2. The Tide Curve (Busan Tide Station, Korea). ····· 26
Fig 4.3. The Survey Area and the Temporary Datum Point. ····· 29

Fig 4.4. The Temporary Datum Point. ····· 29
Fig 4.5. The Rover Shifter (All Terrain Vehicle : WOW 50cc). ····· 29
Fig 4.6. The Beach Outline Survey. ····· 29
Fig 4.7. The Coastline Survey At The Lowest Tide Level. ····· 29
Fig 4.8. The Coastline Survey Result. ····· 31
Fig 4.9. The Coast Topography Survey Result. ····· 31
Fig 4.10. The Result Exported to DGN File of the Coastline Part. ····· 32
Fig 4.11. The Result Exported to DGN File of
the Coast Topography Part. ····· 32
Fig 4.12. The Sounding Data of the Study Area in 1994
(The Original Survey Drawing). ····· 33
Fig 4.13. The Sounding Data of the Study Area in 2004
(The Raw Data). ····· 33
Fig 4.14. The Overlaid Map of Beach Survey Result and
Sounding Survey Result (2004). ····· 35
Fig 4.15. The Two-Dimensional Isobaths Using Survey Results. ····· 35
Fig 4.16. The DEM Using the Survey Result. ····· 35
Fig 4.17. The Three-Dimensional Topographic Map. ····· 35
Fig 4.18. The Change in the Mean Sounding (unit : m). ····· 36
Fig 4.19. The Change in the Area by Sounding (unit : ㎡). ····· 36
Fig 4.20. The Change in the Accumulated Area by Sounding
(unit : ㎡). ····· 36
Fig 4.21. The Change in the Volume by Sounding (unit : ㎥). ····· 36
Fig 4.22. The Cross-Section of the Sounding Survey. ····· 37
Fig 4.23. Sounding Graphs by the Cross Section
(Blue : 1994; Black : 2004). ····· 39

Fig 4.24. The Accumulated Percentage of the Gradient (unit : %). ····· 41
Fig 4.25. The Gradient of the Sounding Difference. ····· 41
Fig 4.26. The Gradient Analysis Result (Under 5° Gradient). ····· 42
Fig 4.27. The Distribution of Erosion and Accumulation by the Coast Topography Survey Result. ····· 42
Fig 5.1. Areas of Erosion and Accumulation Before Correcting for the Heights of the Tides (1982~1992; Overlaying with the Photo Obtained in 1982). ····· 45
Fig 5.2. Areas of Erosion and Accumulation After Correcting for the Heights of the Tides (1982~1992; Overlaying with the Photo Obtained in 1992). ····· 45
Fig 5.3. Areas of Erosion and Accumulation Before Correcting for the Heights of the Tides (1992~2003; Overlaying with the Photo Obtained in 2003). ····· 45
Fig 5.4. Areas of Erosion and Accumulation After Correcting for the Heights of the Tides (1992~2003; Overlaying with the Photo Obtained in 1992). ····· 45
Fig 5.5. Areas of Erosion and Accumulation Using the Coast Topography Survey Result (Based on MSL). ····· 46
Fig 5.6. The Computation of the Coastline Width Change Using Aerial Photos (1992~2003;Based on MSL). ····· 49
Fig 5.7. The Computation of the Coastline Width Change Using the Topography Survey (1994~2004;Based on MSL). ····· 49
Fig 5.8. The Line of the Coastline Width Change. ····· 50

List of Tables

Table 1.1. The Area of the Application ····· 8
Table 3.1 The Index of Photos Used in This Study ····· 16
Table 3.2. Ground Control Points and Factors of the Exterior Orientation ····· 17
Table 3.3. Exterior Orientation Results by Photos ····· 18
Table 3.4. The Accuracy by Exterior Orientation Factors ····· 18
Table 3.5. The Landuse Change near Kwanganri Beach in 1947~2003 ·· 20
Table 3.6. The Non-Harmonic Tidal Constant of the Busan Tide Station, Korea ····· 22
Table 3.7. The Tide Height Analysis by Shooting Times of Aerial Photos ····· 22
Table 4.1. The Index of GPS Equipments ····· 27
Table 4.2. The Coordinates Transformation Coefficient ····· 28
Table 4.3. The Datum Point Used in This Study ····· 30
Table 4.4. Particulars of Surveyed Basic Lines ····· 31
Table 4.5. Sounding Survey Particulars ····· 33
Table 4.6. The Statistical Summary of Survey Data in the Region ···· 35
Table 4.7. Erosion and Accumulation by Cross-Sections ····· 40
Table 4.8. The Topographic Change Using the Difference of DEM ···· 43
Table 5.1. Erosion and Accumulation of the Coastline Using Aerial Photos ····· 44
Table 5.2. The Comparative Summary of Erosion and Accumulation Areas ····· 47

Comparison of Two-Dimensional and Three-Dimensional Monitoring Techniques to Analyze Long-Term Coastal Topographic Changes

Ho-Yong Kim

Department of Satellite Information Sciences, Graduate School
Pukyong National University

Abstract

The ability to detect coastal topographical change has emerged as an important issue, socially and economically, because such an ability is an important tool in the preservation of the environment as well as the maintenance of areas that are important for tourist industries. Generally, the monitoring of coastal topographical change is accomplished through long-term direct survey, or through the use of topographical mapping, aerial photography, as well as various kinds of satellite imagery. Such data collection then makes possible a systematic and scientific analysis of the condition of the target coastline. In managing and maintaining the coastal topographical condition, one must collect accurate data, analyze any problem issues, and make a feasible and effective plan or solution to solve such issues.

In this study, we analyzed the topographical change of a sample area during 50 years through the use of the coastal surveying techniques such as Echo Sounding as well as beach surveying techniques by DGPS and Digital Aerial Photogrammetry. Generally, it is important to analyze the change of the coastal topography quantitatively through the construction of data, the understanding of

data characteristic, and the extraction of data and the long term monitoring.

Therefore we studied the total process from manufacturing of the topographical spatial data to detecting and analyzing of the topographical changes. We also conducted surveying, processing, and analyzing in a variety of methods to interpret the topographical change exactly.

As a result, we could acquire the coastal depth data of the sample area (Kwanganri), as well as the data from the GPS surveys and the digital aerial photography and examine the feasibility of manufacturing variable thematic maps and surveys. And we examined these data as the available data when detecting the topographic change through the long term monitoring. We also analyzed the topography near Kwanganri beach, the distribution of the erosion and the sedimentation and the pattern of the topographical change quantitatively. And we provided the effective method for monitoring the change of the submarine topography, based on the results of variable surveys. Therefore it is considered that this method would be applied to analyze the cause of environmental change, consider the counterplan, and construct the Marine Geographic Information System Database.

제 1 장 서론

1.1. 연구 필요성 및 목적

국내의 연안은 해송이 무성한 사빈 형태나 거센 파도에 의해 생성된 높은 해안절벽 형태 등 다양한 형태로 구성되어 있으며 지역적 특색 또한 뚜렷하다. 연안의 공기는 오존 함유율이 높고 기후도 온화하므로 해수욕장이 많이 들어서 제주도와 같은 뛰어난 관광지로 발달하였다. 이러하듯 연안 지역은 활용하기에 따라 유용한 부가가치의 창출이 가능한 국토 공간이다.

그러나 급변하는 자연환경과 인위적 개발 행위로 인해 해안지역의 붕괴와 유실이 가속화되고 있다. 삼면이 바다인 국내의 경우, 해안침식이 빠른 속도로 진행되고 있어 파도에 따른 주민 생활의 피해, 자원 고갈, 생태계 파괴 등 많은 문제를 일으키고 있다. 특히 해수욕장의 경우 매년 많은 양의 모래를 보충하고 있으나 백사장의 침식이 해마다 되풀이 되고 있는 실정이다.

이러한 해안지형 환경변화에 대한 관심이 고조되고 있으며 해빈 관리 및 대책의 필요성이 대두되고 있다. 해빈 관리 및 대책방안에 있어 해안선 측량과 해저지형조사를 이용한 해안침식의 종합적인 기초자료 구축 연구는 해빈 관리에 있어 매우 중요하다.

미국 플로리다주의 경우, 해안 구조물 축조로 모래가 이동하면서 발생한 해안침식의 원인 규명 및 대책 마련을 위해 항공사진을 이용하였고, 현재 비디오 촬영을 통해 연안지역을 관리하고 있다. 연안지역의 장기간 모니터링을 위한 비디오 촬영은 비경제적이지만, 단기간의 급격한 변화에 있어 매우 유용하다.

그러나 국내의 경우, 지금까지 해안침식에 대한 정확한 조사나 자료 획득은 거의 이루어지지 않고 있으며, 유실추정사료나 문제에 대한 제기만 있을 뿐 현실적인 대책방향에 대한 연구는 부족한 실정이다. 그러므로 장기간에 걸쳐 해안의 침·퇴적에 대한 기초조사를 수행한 후, 침식지도와 같은 주제도를 제작하고 침식지역에 대해 표사의 파랑, 흐름, 모래 입경, 해빈단면 등의 환경변화를 관측하는 것이 필수적이다.

따라서 본 연구에서는 장기 기 촬영된 항공사진을 이용한 2차원 지형분석과 조간대 연안에서 음향측심기 및 GPS를 이용한 조사를 통해 측량 모니터링을 실시하여, 실제 유실되는 모래에 대한 정량적인 분석으로, 정확하고 적용 가능한 자료임을 규명하고자 하였다. 또한 이들 자료를 이용하여 해빈과 해안의 지형을 나타내는 중첩 측량원도, 등수심도, 3차원 지형도를 제작하였으며 수심별, 단면별, 경사도별 지형에 대한 분석 · 해석 후, 지형변화 분석의 가능성을 검토하였다. 이로 인해 대상 연안의 적절한 침식비율과 심각한 침식지역을 결정하고, 이를 기반으로 해안침식에 관한 정확한 자료를 구축함으로써 해양지리정보시스템(Marine Geographical Information System)에 활용 가능할 것으로 기대된다.

1.2. 연구동향

해안지형변화에 대한 연구는 자연현상, 지역조건, 인위적인 개발에 초점을 맞추어 다각적인 분석을 하고 있으며, 원인분석과 해석, 방지 대책 설계 이전에, 기본적인 모니터링이나 정확한 자료 수집을 위한 연구가 중요시 되고 있는 실정이다.

선진연안국의 경우, 일본은 1956년 해안법을 제정하였고 1970년부터 5년마다 해안정비계획을 수립·추진 중에 있으며 해안 재해방지와 해안역의 이용이라는 두 가지 목적이 추가되어 2000년에 이를 수정하였다. 네덜란드의 경우, 건설교통부 주관 하에 해안관리가 이루어지고 있다. 1965년 제정된 공간계획법을 근간으로 중앙정부 차원의 전 해역 연안침식 모니터링이 이루어지고 있다. 또한 해안지역의 지형특성을 토대로 기준해안선(The basal coastline)을 매년 고시하고, 해안지역의 지형특성을 파악하여 해안선까지 침식이 발생할 경우, 양빈을 통해 해안선을 바다 쪽으로 확장하는 양빈공법을 이용하고 있다. 매년 해안선 단면측량을 실시하여 전 해안선에 대한 공간적 정보를 획득하고 있으며 최근에는 항공 레이저 스캐닝(Lidar), 인공위성영상, 비디오를 이용하여 단일공정으로 넓은 지역의 모니터링을 경제적으로 수행하고 있다. 미국은 1972년 연안관리법을 제정하여 해안침식대책, 연안재해방지, 시민의 연안접근권 보호를 하고 있다.

국내의 경우, 1999년 2월 8일, 늦게나마 연안관리법이 법률 제5913호로 제정·공포 되었다. 해양수산부는 해안지역의 붕괴 및 유실, 난개발 방지를 위해 2009년까지 5863억 원을 들여 노후화된 호안시설 229개소를 정비할 계획이다. 백사장 및 사구와 같이 우선 보존되어야 할 모래해안에 대해 전국 주요 21개소에서 비디오 모니터링을 실시하고 관측 자료를 지속적으로 축적하여, 2005년부터 유지·관리에 적합한 대책공법을 연구하고 설계 기준서를 작성할 계획이다. 또한 각종 연안 개발 사업에 대해 침식의 효과적인

방지를 위해 환경영향평가와 중앙연안심의회 및 설계자문위원회의 심의를 거치도록 하는 등 연안관리법을 개정, 제도 개선도 병행하기로 했다.

해양지형변화 탐지에 대한 다양한 측량기법에 관한 연구는 그 정확도와 경제적·시간적·효율성을 요구하는 연구가 많이 진행되고 있다.

항공사진은 실측과는 달리 경제적이며 측량 위험 부담이 적고 비교적 위성영상에 비해 고해상도이기 때문에 정량적 분석이 가능하다. 항공사진을 이용한 지형에 관계되는 많은 자료를 얻음과 동시에 이를 도면화 한다는 측면에서 강조되고 있다. 유복모(1994) 등은 수치사진 측량기법에 의해 정사항공사진으로부터 수치표고 모형을 생성하고, 이를 이용하여 정사투영 지도를 제작하는 방법을 연구함으로써 정사투영지도를 보다 정확하고 신속하게 제작하는 방법 또한 제시하였다. 강준묵(1999) 등은 1/5,000 항공사진을 이용하여 정사투영지도를 제작하고 지도 갱신을 수행하였고 이를 이용하여 기본도를 제작하고 지형 및 지적정보의 중첩 정확도를 비교, 분석함으로써, 영상지도와 지적정보를 중첩한 통합 데이터베이스의 제공은 물론 정확한 토지현황 파악과 환경 및 도시계획분야에 그 활용 방안을 제시하고 있다. 박성우(2003) 등은 항공사진뿐만 아니라 Landsat-5 위성영상을 이용하여 갯벌의 경계선을 추출하고, 조위 자료를 고도 값으로 사용하여 갯벌의 수치표고모델 작성에 이용하였다.

일반적으로 항공사진이나 인공위성영상, 지형도를 이용한 장기 해안지형변화 탐지는 자료의 검증 방법과 활용 방안에 따라 그 연구가 이루어지고 있다. El Raey(1999)는 장기관측(1978~1983년, 1983~1990년, 1978~1990년)을 통해 수로측량 프로파일로부터 침·퇴적 패턴과 체적변화에 대한 연구를 수행하였으며 과거 기 촬영된 영상자료와 지형도를 이용하여 장기변화분석이 효율적이라는 것을 입증하였다. Frihy(1998)는 1978년, 1983년, 1990년, 1993년, 1995년 Landsat 위성영상과 1909년, 1922년, 1944년, 1955년 지형도를 이용하여 86년간의 모니터링을 실시하여 석호지대와 섬의 해

안선을 분석하였으며, 미국 오하이오 대학의 Ron(2003)등은 최근 해상도와 정확도가 높은 IKONOS 팬크로매틱 스트레오 영상을 이용하여 3차원 해안선을 추출하여 실제 해안선과 비교·분석하였다. 항공사진뿐만 아니라 해안지형변화 탐지를 위한 영상의 다원화를 이루었다. 정승진(2003) 등은 수치정사영상과 affine 변환의 해석 방법을 이용하여 해안선 변화를 분석하고, 분석 결과에 대한 정확도 평가를 수행하였다. 또한 1976년과 1990년에 촬영된 항공사진을 이용한 단 사진 측정법(photogrammetry)을 통하여 이들 해안절벽 침식에 따른 해안선 변화(후퇴)를 정량적으로 계산을 하였다. 그리고 김덕중 등은 호수 주변의 해안선변형현상을 항공사진을 이용하여 그 특성을 파악하고, 해안선변형모델의 계산결과와 비교·검토함으로써 모형의 현지 적용성 및 해안선변형 특성을 분석·검토하였다.

GPS를 이용한 지형측량은 실측에 대한 정밀도와 측량방법 개선에 관한 많은 연구가 이루어지고 있다. 영상과 관련된 GPS를 이용한 정확도 평가에 관한 연구로 강준묵 등은 GPS 측량성과를 이용해 위성영상의 GCP, DEM 정확도를 평가하였고, 유복모(1998) 등은 동영상과 GPS를 이용하여 대상물에 대한 3차원 위치결정을 수행하여 정확도를 분석하였다. 해양측량에 관련하여 강인준(1995) 등은 기하학적 보정에 있어 지도를 이용하는 방법과 GPS를 이용하는 방법을 서로 비교하여 보다 정확한 인공위성영상의 좌표변환 방식을 제시하고, GLONASS 위성자료로부터 실시간 측량에 의해 수치지도를 갱신하거나 해수면 상승에 의한 해안선 변화량을 기존의 관측방법보다 편리하게 나타내었다.

수심측량은 정확한 측심도 제작이나 수중 모니터링 등을 위한 연구가 이루어졌으나 국내의 경우, 국외에 비해 아직은 연구 활동이 미미하다. Tripathi(2002)는 수심위치를 알기 위한 GPS와 음향측심기를 사용하여 인도 Kakinada Bay의 측심도 제작을 위하여 IRS-1D LISS-III의 원격탐사 자료를 이용하였다. 또한 DGPS, RTK GPS, Echo Sounder 조합해석에 의

해 하구, 하상 모니터링을 위한 연구와 신규 댐 건설 또는 기존 댐의 용량 증대를 위한 설계에 이용될 수 있는 저수지 용량 결정을 기존 측량기법에서 탈피하여 GPS와 Echo Sounder의 조합에 의해 적용하였다. 기존 내용적 측량의 기법을 비교·검토하여 단시간에 측량자료를 취득할 수 있고 정확도 향상에 기여할 수 있는 방법을 제시하였다. 음향측심기를 이용해 등수심선도 제작, 3차원 지형도 제작으로 침·퇴적 정량적 분석을 하였다. 국내의 경우 정동영(2002) 등은 음향측심기를 이용하여 하천의 수심을 측정하고 GPS-RTK기법으로 평면 위를 측량하여 격자수치도를 작성, 그 정확도를 비교·분석 하였으며, 그 결과 음향측심기에 의한 수심측량이 기존의 방법에 비해 상대적으로 정확하고, 경제적인 수심측량이 가능하다고 판단하였다. 서정훈(2002) 등은 신규 댐 건설 또는 기존 댐의 용량증대를 위한 설계에서 이용될 수 있는 저수지 용량 결정을 위한 내용적 측량의 기법을 기존의 측량기법에서 탈피하여 GPS와 음향측심기의 조합에 의해 3차원적 위치 데이터를 취득할 수 있는 방법을 적용함으로써 기존측량과 비교하여 단시간에 측량자료를 취득할 수 있고, 정확도 향상에 기여할 수 있는 방법을 제시하였다. 박요섭(1995) 등은 다중빔 음향측심 자료를 이용한 해저면 맵핑 시스템의 처리과정을 소개하고, 동해 일부 해역(북위 : 37°00′~37°30′, 경도 : 129°40′~130°40′)을 탐사하고 얻어진 다중빔 음향측심 자료를 개발된 시스템으로 처리하여 2차원 및 3차원 영상으로 모니터링 하였다.

최근 해양에 대한 많은 관심 속에 해양환경변화에 대한 연구가 활발히 진행 중이며, 특히 해양측량의 기반자료 구축을 위해 가장 효율적인 측량기법에 관한 연구가 지속적으로 이루어지고 있다.

1.3. 연구내용 및 방법

근래 원격탐사기법, 지형학분야와 수심측량학분야에 연계한 우수한 연구가 많이 진행되었다. 그러나 국내 해양지형 측량자료의 미비, 장비 개선 및 지형에 대한 지식 부족 등 해양지형의 복잡한 형상의 표현 시, 많은 어려움을 겪고 있다. 해양지형변화 탐지는 정확한 자료획득이 우선적으로 고려되어야 하며, 해양 지형측량은 보유한 장비의 정도와 분석계획에 따라 적절한 측량이 이루어져야한다.

일반적으로 해양지형에 대한 자료구축 방법, 자료특성, 자료추출 및 변화지형 분석에 대한 장기 모니터링을 통해 해안지역의 변화를 정량적으로 분석하는 것은 중요한 사항이다. 본 연구에서는 지형자료 제작부터 지형변화 탐지·분석까지 전 과정을 연구하고, 정확한 지형학적 변화 해석에 도움이 되도록 하기 위해 다각적으로 측량·처리·분석을 시행하였다. Fig 1.1과 같이 연구방법은 측량기법에 따라 크게 4단계로 구성되어 있으며 1단계에서는 해양지형에 대한 적정한 측량기법선정을 위한 연구방법을 계획하였다. 연구대상지역은 자료수집, 현장실험 등을 고려하여 부산광역시에 소재한 광안리 해수욕장을 선정하였고, 기 촬영된 항공사진을 이용한 수치항공사진기법과 DGPS를 이용한 해빈지형측량, 음향측심기를 이용한 수심측량기법을 계획하였다.

2단계에서는 1940년대 이후 자료를 수집하여 정사항공사진을 제작하였으며 1980년대 이후 조위를 고려한 10년 주기 해안선을 추출하여 변이에 따른 인근지역 토지이용변화를 분석하고 해빈면적을 정량적으로 산정하여 침·퇴적면적을 비교·분석하였다. 항공사진은 실측과 달리 경제적이며 측량 위험 부담이 적고 위성영상에 비해 고해상도의 영상을 제공하기 때문에 정량적 분석이 가능하다. 방법적인 면에서도 실측을 통한 해양지형학적 변화 분석은 다른 방식에 비해 과정이 상당히 복잡하고 많은 시간이 걸리므

로 때문에 먼저 변화 해석의 기본 자료인 다년간의 항공사진과 수치지도에서 수치표고모형을 생성하여 분석하였다. 수치표고모형을 이용한 정사투영 항공사진은 침·퇴적 면적 산정, 해안선 변이 등의 분석에 용이하지만, 본 연구는 해저지면을 고려해야하기 때문에 수심자료 분석이 필요하다. 3단계에서는 DGPS를 이용하여 육상부와 해상부로 나누어 해빈측량을 실시하였으며 시간적으로 조석차가 가장 큰 사리 때 측량을 하여 원도를 제작하였다. 그리고 국립해양조사원 남해조사사무소에서 제공한 1994년, 2004년 수심측량 자료를 수집하여 측량원도, 등수심선도, 수치표고모델, 3차원 지형도와 같은 주제도를 제작하였으며, 해안지형을 수심별·단면도별·경사도별 분석 기법을 적용하여 침·퇴적 경향을 3차원 정량분석 하였다. 4 단계에서는 수치항공사진기법, 해안지형측량 성과물을 이용해 해안선 부근의 침·퇴적 분석과 해안선 폭 이동변화 경향을 상호 비교하여 지형변화 모니터링을 검보정 하였다. 본 논문의 시·공간적 적용범위는 Table 1.1에 나타낸 것과 같다.

Table 1.1. The Area of the Application

공간적 적용 범위	부산광역시 광안리 해수욕장 인근	
시간적 범위	항공자료	1947~2003년
	수심자료	1994~2004년
	연안자료	2004년

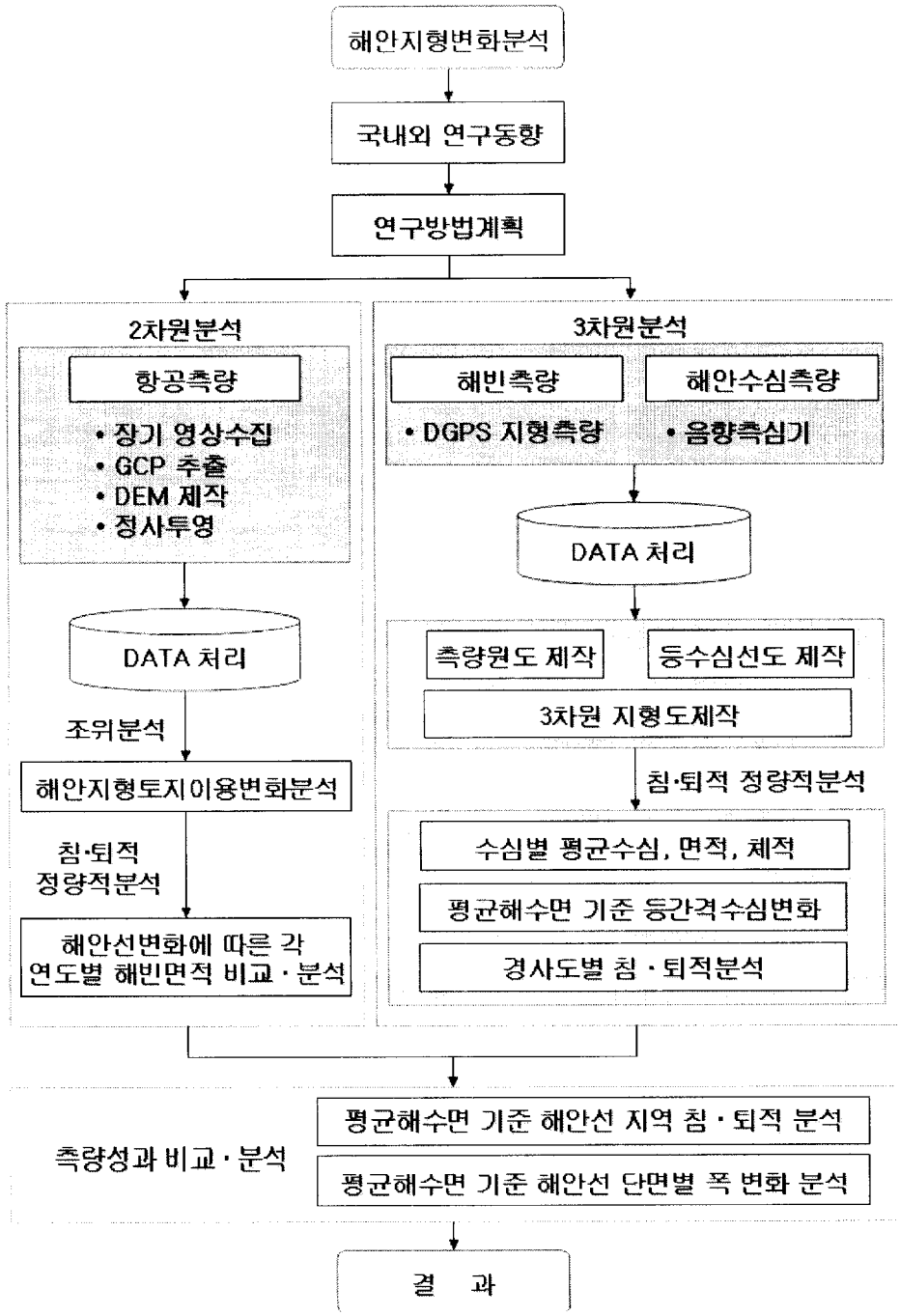

Fig 1.1. The Study Method of the Coast Topography Change.

제 2 장 장기해안지형변화 탐지 측량기법 선정

2.1. 개요

해양지형은 단기간동안 거의 변화가 없다고 볼 수 있으나, 해안구조물의 설치상태, 해수면 상승, 장기 기후 변화, 토사이동, 침식지역의 환경변화 등과 같은 원인으로 인하여 지형변화가 일어난다. 이를 탐지하기 위하여 해양지형을 추출하거나 그에 상응하는 정확도를 획득하는 일은 용이한 작업이 아니다.

지형분석에서 수치표고모형의 기본적인 활용은 지형의 경계와 면적을 구하는 것이며 지형의 효율적인 분석을 위해 가장 먼저 파악해야 하는 중요한 과정이다. 연안에서의 수치표고모형 구축은 자료원의 종류와 추출방법에 따라서 실질적인 측량을 이용한 방법과 해도를 이용한 방법으로 등고선을 자동 또는 반자동으로 추출할 수 있다.

해양지형측량은 구식연추로, 점의 측량으로부터 음향측심기에 의해 선의 측량으로 개량되었고, 측심선의 가감으로 정도 높은 등심선도 구할 수 있게 되었다. 연안에서는 정밀전파위치측정기, GPS등과 같은 측정 장치에 의해 진보를 거듭하였으며 또한 종래 육지와 해안선의 측량에 장시간이 소요되었으나 항공사진 측량의 발달로 기간의 단축과 정도의 향상에도 크게 도움이 되었다.

본 연구에서는 장기간 촬영된 항공영상을 이용하여 해안선 변화를 추출하고 연안측량을 직접 실시하여 자료의 처리 및 분석을 통한 활용정보를 구하고자 한다. 연안내의 수심, 면적, 경사 분포의 활용정보는 벡터자료를 이용하기 보다는 상대적으로 다루기 쉬운 높이 값이 있는 격자를 생성하여 등수심도, 3차원 지형모델, 수치항공사진 등을 이용한 지형분석을 실시하였다.

2.2. 해안선변화 탐지를 위한 항공측량

일반적으로 어떤 지역이나 대상물의 특성을 알아내기 위해서는 직접 관측하는 것이 가장 신뢰도가 높은 방법이라고 볼 수 있다. 그러나 이러한 방법은 넓은 지역의 수행에 있어서 많은 비용과 시간의 소비를 가져오며, 그 대상물 자체의 관측에는 상당히 유용하지만 주변 요소들과의 상대적인 관계를 거시적으로 이해하기에는 여러 가지 문제점을 내포하고 있다.

항공측량은 항공촬영을 통해 얻어진 영상을 이용하여 대상물의 길이, 방향, 면적 및 체적 등 위치 형상에 대한 해석과 환경현상을 조사·분석하는 기법을 말하며 이러한 문제점을 보완할 수 있다.

항공기를 이용해 대상 지역을 거의 수직에 가깝게 촬영한 항공사진이 여러 가지 측면에서 큰 유용성을 갖는다. 과거 측량의 경우, 정적인 대상물에 한해서만 측량이 가능하였지만, 항공측량의 경우, 교통량 조사, 구름의 이동과 같이 움직이는 대상물의 측량도 가능하다. 정치적, 군사적 이유로 입장이 불허한 지역에 대해서도 촬영이 가능하므로 접근하기 어려운 대상물의 측정도 가능하다. 또한 항공측량은 상대적으로 높은 지상 분별력을 가지고 넓은 지역에 대한 거시적 관찰이 가능하므로 지형지물에 대한 이해를 쉽게 할 수 있을 뿐만 아니라 동일한 지역에 대해 주기적인 촬영이 가능하므로 그 지역의 시간에 따른 변동 상황을 파악하는데 아주 유용한 자료로 이용이 가능하다.

현재 공공기관에서는 각각의 이용목적에 따라 적정 축척의 항공사진을 주기적으로 수집하고 있으나 아직까지 육안 판독을 주목적으로 하고 있다. 그러므로 우리나라 같은 매우 복잡한 형태를 가지고 있는 해안선을 측량할 때 측량의 안전과 비용, 신속성을 고려하여 항공사진측량을 적용하는 것이 바람직하다.

2.3 DGPS 기법을 이용한 해빈 지형측량

해빈이란 해안선을 따라서 해파(sea wave)와 연안류(longshore current)가 모래나 자갈을 쌓아 올려서 만들어 놓은 퇴적지대로서 대부분의 해빈은 모래로 구성되어 있다.

해빈측량이란 해빈을 포함하는 범위의 등고선도 및 등심선도를 작성하는 작업을 말한다. 해빈측량을 위하여 해안선을 따라 연안유역에 기준선을 설치한 후, 일정간격으로 측점을 설치하고, 측점마다 기준선에 직각인 방향으로 횡단측량을 실시하고 등고선도와 등심선도는 결과에 따라 작성한다.

일반적으로 해빈측량은 평판측량, Total Station에 의한 측량, GPS를 이용한 측량방법으로 현장을 고려하여 적당한 측량방법을 채택한다.

기존의 해빈측량 방식과 GPS를 이용한 해빈측량 사이에는 다소 차이가 있다. 기존의 방식의 경우, 좌표값을 알고 있는 기지점에서 거리와 방위각을 이용하여 미지점의 좌표를 획득한다. 그러나 GPS 측량의 경우, 기지점에서 설치된 GPS 장비가 위성으로 신호를 보내고 그 신호를 다시 수신하면서 좌표값을 획득한다.

본 연구에서는 GPS의 측량 방법 중 Kinematic 측량방식으로 대상지역 한계범위 내에 설치된 임시기준점을 설치하고 해안선을 따라 작업자가 이동용 GPS(Rover)를 들고 선형을 취득하였다. 후처리를 통해 움직이는 물체에 대한 궤적을 표현할 수 있는 Kinematic 측량방식은 정확히 모든 해안선을 측량할 수 없으므로 측선의 가감정도와 Epoch time에 따른 정밀도를 가지고 조위에 따라 해안의 경사를 관측하여 평균해수면을 추정하였다.

2.4. 음향측심기를 이용한 해저면 지형측량

수심측량이란 하천, 저수지, 호수 또는 연안에 있어서 수저부의 지형을 파악하기 위하여 수위와 조위, 수심 및 측심위치를 측정하여 횡단면도 또는 수심도를 작성하는 작업을 말한다.

해안의 경우 국립조사원에서 발행하고 있는 해안도는 1976년 이래 우리나라 연해 수심 50m 이하 해역의 해저지형과 해저암반분포를 나타내며 연안해역기본도(축척 1:25,000)를 간행하기 위한 조사를 진행하고 있다. 연안항해에 사용하는 해도로서 연안의 여러 가지 물표나 지형이 매우 상세히 표시되어 있어 가장 많이 사용되는 해도이다.

수심측량은 정점 수심측량, 음향측심, 소나(Sound Navigation and Ranging) 및 사진측량을 이용하여 행해진다.

근래에는 측량장비의 발달로 수집한 자료를 신속하고 정확하게 파악할 수 있는 Digital 음향측심기와 측위장치를 포함한 자동화수로측량 System도 사용하고 있다.

본 연구에서는 국립조사원에서 발행하고 있는 1994년 수치해안도와 2004년 실측한 원시데이터를 이용하여 대상지역의 해저면 지형 공간자료를 획득하였다.

제 3 장 항공측량을 이용한 2차원 분석

본 연구에서는 1/6,000 축척 항공사진을 이용하여 해안선 지형변화 주제도 제작 가능 여부를 검증하고, 나아가 이와 같이 보정된 항공사진 자료를 데이터베이스로 구축하여 효율적인 관리를 수행함으로써 그 이용을 극대화하고자 하였다.

분석기법은 연구지역선정을 위한 예비조사, 항공사진 판독을 위한 준비, 판독, 자료생성과 구축 및 해석을 하는 단계로 계획하였다.

예비조사단계는 육군지도창에서 보유하고 있는 1947년과 1972년 부산지역 항공사진을 확인하였고, 1972년부터 부산광역시청 지적과 항측계에서 연평균 2회 촬영한 것을 확인하고 이를 이용하였다.

자료수집단계는 수집된 항공사진을 Scanner를 이용하여 입력하고 Arcview 3.2와 ArcInfo 8.0.1을 이용하여 수치표고모델과 커버리지를 추출하였으며, 정사보정단계는 영상처리 프로그램인 ERDAS 8.4 프로그램을 이용하여 내부, 상호, 절대표정작업을 수행하고 커버리지에서 추출한 지상기준점에 대하여 정사보정을 하였다.

마지막으로 공간자료 수집 및 분석단계는 정사투영영상을 바탕으로 Image Analyst에서 해안선과 지형지물에 대한 디지타이징을 실시하여 공간자료를 수집하고 광안리 해수욕장의 해안선 변화 경향과 해안지형 환경변화를 분석하였다.

3.1. 수치항공사진을 이용한 공간자료획득

본 연구에서는 많은 요인들에 의해 항공영상 자료의 절대 위치와 차이가 나는 기하학적 왜곡을 보정하여 Table 3.1과 같은 방식으로 정사투영하였다.

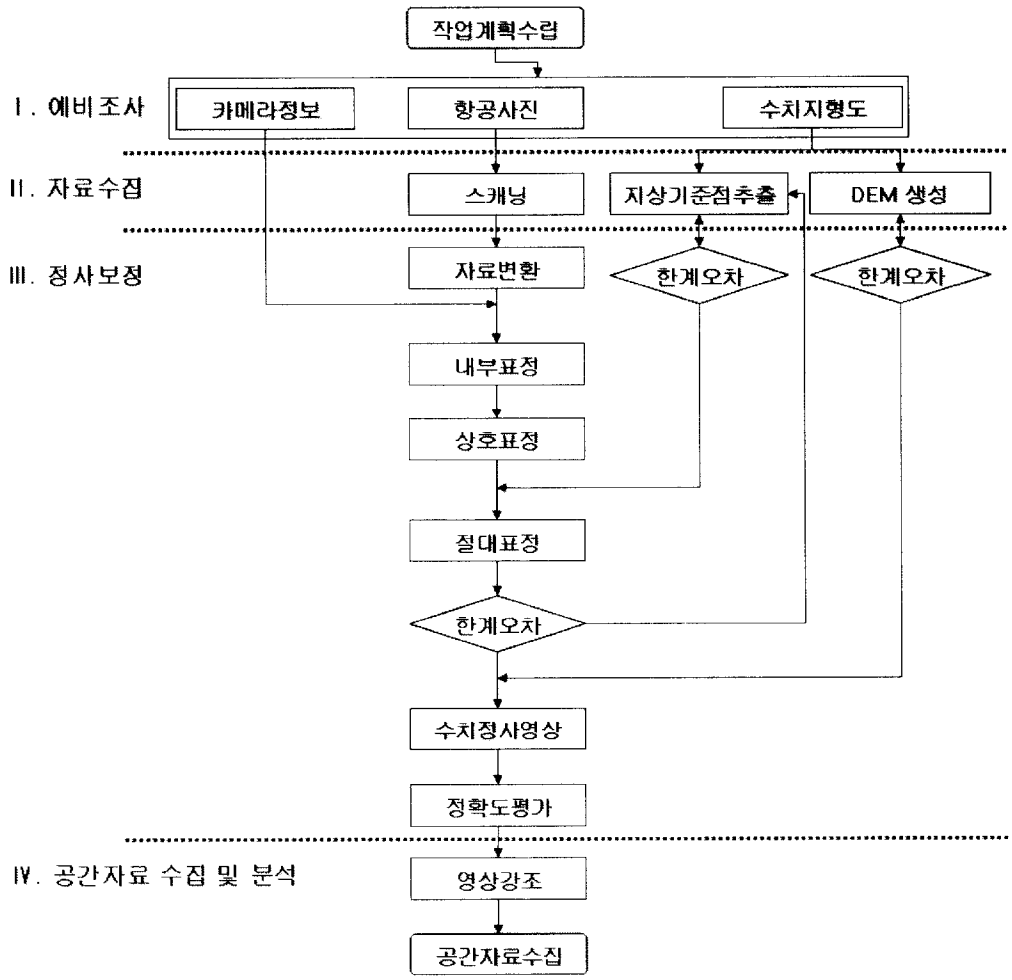

Fig 3.1. The Study Method Using Digital Aerial Photos.

Table 3.1 The Index of Photos Used in This Study

촬영 연월일	초점거리 (mm)	축척	매수	카메라종류	비고
1947.10.25.		1/31,000	1		촬영시각 불분명
1972.	152.49	1/6,000	3	WILD	촬영시각 불분명
1982.10.22.	153.35	1/6,000	2	WILD 15/4 UAG	
1992.11.11	153.59	1/6,000	1	WILD 15/4 UAGA-F	
2003.06.03	152.63	1/6,000	2	WILD	

본 연구를 위해 사용된 영상은 Table 3.1과 같이 육군지도창과 부산광역시청 지적과 항측계에서 제공한 항공사진과 국립지리원에서 발행하는 대상지역 수치지도(1/5,000)를 이용하였다. 항공사진은 Mirallage Scanner II를 이용하여 1200 dpi로 스캐닝 입력하였으며, 수치지도는 Arcview 3.2, ArcInfo 8.0.2를 이용하여 수치표고모델(DEM)과 지상기준점 추출을 위한 벡터자료(coverage)를 제작하여 자료를 수집하였다.

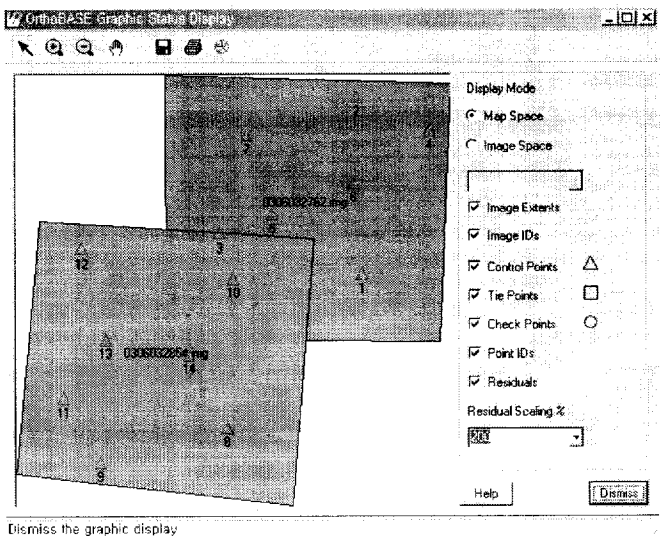

Fig 3.2. The Distribution of Ground Control Points.

Table 3.2. Ground Control Points and Factors of the Exterior Orientation

연도	pass	row	Point ID	X	Y	Z	rX	rY	rZ
1972	20	19	1	209902.2	184338.3	22.3288	3.2180	1.0504	-2.1195
			2	210226.6	184680.8	18.5295	-4.3007	1.3166	2.4854
			3	210578.1	184281.2	12.2352	-2.105	0.5926	2.6401
			4	210485.9	183915.8	3.147	1.0301	2.9795	-2.6774
			5	210776.2	184786.1	5.7779	-1.2024	-2.1588	-1.4764
			6	210092.4	183401.6	16.2625	0.1648	-1.5357	1.2606
			7	210101.1	183940.9	15.0522	0.5107	-0.0625	-0.2454
	20	30	8	211133.2	184185.4	9.7196	1.6937	-0.1924	0.3525
			9	211397.2	184447.5	13.7809	0.9901	-1.9904	-0.2198
1982	17	37	1	210567.4	184185.5	9.6482	-0.4572	2.4322	-0.1255
			2	211521.7	184633.5	23.7063	7.1281	-0.8704	1.6525
			3	211534.4	185222.9	3.1979	-2.4732	-0.0325	-0.6922
			4	210953.9	184400.1	11.1235	-1.6017	-3.5845	0.3340
			5	210459.3	184740.5	12.3258	-2.5969	-1.7125	1.3283
			6	210838.4	184605.3	10.7488	-2.2411	-0.509	0.7488
			7	211055.1	184019.5	3.4347	0.2643	4.9432	-1.5653
			8	210711.8	185050.6	3.3194	2.5062	-0.6666	-1.6806
	18	37	9	210335.1	182946.5	19.2191	-2.0226	1.6315	-0.1172
			10	209799.5	182746	18.3000	-0.8197	0.1216	0.5528
			11	210157.3	183548.6	16.7284	-2.9004	2.0539	1.6707
			12	210776.7	183958.4	4.5786	-0.5061	-0.4843	-0.4214
			13	210111.5	183893.9	23.6298	3.0805	2.1423	-0.1032
			14	209848.5	183173.9	27.2951	3.1696	-5.4666	-1.5823
1992	18	58	1	210484.4	183916.7	7.4331	-0.4535	3.9305	1.5734
			2	210598.9	184273.8	7.6902	-3.2212	-0.8394	-0.0985
			3	209973.9	184042.9	24.3791	1.9657	2.0948	-0.4213
			4	210356.6	183181.4	6.1829	0.0346	0.1954	-0.0735
			5	210160.9	183542.4	14.4951	0.7876	-4.0700	-0.5401
			6	211295.9	184239.7	5.6795	0.8869	-1.312	-0.4402
2003	27	62	1	211574.4	184024.8	2.8135	1.3861	0.9997	0.0241
			2	211537.9	185223.2	4.3568	1.0301	0.3204	0.4666
			3	210598.6	184286.7	11.2294	-5.3748	2.5165	2.9648
			4	212029.9	184993.7	3.6709	0.4996	-1.8130	0.6025
			5	210963.4	184413.1	12.6105	-5.2023	1.3662	1.4477
			6	211523.1	184637.7	22.6591	2.0651	0.5034	0.5579
			7	210794.1	184960.1	4.0577	-1.0122	-2.8288	0.9423
			8	210657	182985.4	13.0855	2.8711	0.5598	-1.5782
	28	54	9	209797.4	182754.1	18.0608	2.0469	0.0503	0.6330
			10	210703.6	183998	2.2956	5.4684	5.4754	2.7044
			11	209519.6	183181.8	96.7801	3.1995	2.0025	2.3095
			12	209677.6	184188.3	54.8769	5.5058	0.0472	2.3084
			13	209831.7	183578	34.8504	2.4309	1.4863	0.4991
			14	210398.4	183475.6	13.0482	2.0888	0.9069	0.4902

Table 3.3. Exterior Orientation Results by Photos

The exterior orientation parameters							
연도	Image ID	Xs	Ys	Zs	OMEGA	PHI	KAPPA
1972	1	210495.6	184087.1	798.7312	-1.0869	-1.5543	97.5009
	2	210962.6	184143.7	806.8998	-0.3132	-2.7110	95.6355
1982	1	211246.6	184368.0	1071.3910	4.3544	1.4941	- 3.3973
	2	210559.9	183297.5	1024.644	-0.5706	2.0264	-93.9753
1992	1	210763.2	183516.4	1088.205	2.7579	1.5004	1.9611
2003	1	211277.4	184409.2	1138.395	1.0951	0.8442	88.8368
	2	210128.4	183465.1	1144.512	-0.5122	-1.6304	-95.1801

Table 3.4. The Accuracy by Exterior Orientation Factors

The accuracy of the exterior orientation parameters							
연도	Image ID	rXs	rYs	rZs	rOMEGA	rPHI	rKAPPA
1972	1	0.0390	0.0374	0.0039	-0.0023	0.0022	0.0002
	2	0.0373	0.0387	-0.0176	-0.0022	0.0023	0.0003
1982	2	-0.1203	0.1525	0.0591	-0.0075	-0.0070	0.0010
1993	1	-0.0141	0.0602	0.0253	-0.0029	-0.0010	0.0004
2003	1	0.7919	2.9351	0.8883	-0.1462	0.0179	0.0235
	2	-0.7907	-0.3955	0.0101	0.0274	-0.0277	0.0150

Fig 3.2, Table 3.2~Table 3.4와 같이 지상기준점 및 외부표정을 산정하여 영상처리 프로그램인 ERDAS Imagine 8.4로 항공사진이 가지고 있는 모든 왜곡의 원인을 기하학적으로 보정하였다. Fig 3.3~Fig 3.6과 같이 해상도 0.6m, 화소수는 11,328×12,156ea으로 1972년부터 2003년 총 9장의 항공사진을 정사투영하여 주제도 제작을 위한 연도별 공간자료를 획득하였다.

Fig 3.3. The Mosaic of the Photo Obtained in 1947.

Fig 3.4. The Mosaic of the Photo Obtained in 1972.

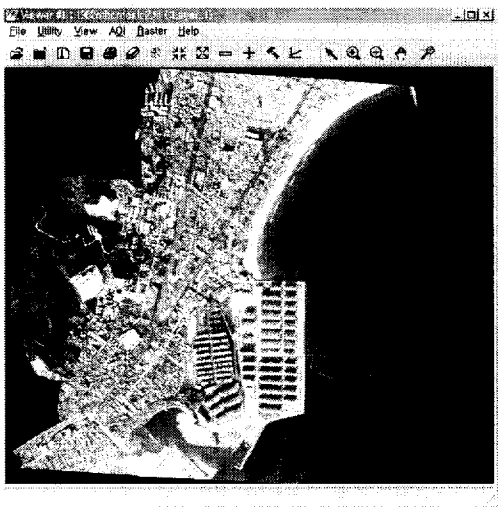

Fig 3.5. The Mosaic of the Photo Obtained in 1982.

Fig 3.6. The Mosaic of the Photo Obtained in 2003.

3.2. 항공측량성과를 이용한 해안지형변화 분석

3.2.1. 해안지형 토지이용 변화도 분석

정사투영 된 항공사진을 이용하여 광안리 해수욕장 인근 일대의 토지이용변화를 분석하였다. Fig 3.7과 같이 1947년 정사투영영상을 기준으로 1972년 정사투영영상과 비교한 결과, 광안리 해수욕장 남서측 지역에 매립공사가 진행되고 있었으며 광안리 해수욕장 안쪽으로 수영로가 확장, 민락로가 신설 되었다. 1982년 정사투영영상(1972년 정사투여영상 기준)에서는 Fig 3.8과 같이 광안리 북동측 돌제가 신축 되었으며, 1992년에는 Fig 3.9와 같이 민락동 수변공원부지매립이 있었다. 2003년에는 광안리 양안 공원이 신축되었다. 1947년부터 2003년까지 광안리 해수욕장 인근 일대의 토지이용 변화면적은 Table 3.5와 같다.

Table 3.5. The Landuse Change near Kwanganri Beach in 1947~2003

연도	항공사진 판독	면적(㎡)	둘레(m)	토지이용	비고
1947 1972	광안리 남서측 매립	227,517.9	2,200.4	주택부지 매립	도로 확장 및 신축
1982	삼익비치아파트 건설			주택지	민락동측 돌제신축
1992	수변공원 부지 매립	195,070.5	1,870.3	공원	수변공원 매립
2003	광안리 해수욕장 양안 공원화 공사	북동측 : 3,708.1	269.5	공원	양안공원화
		남서측 : 3,076.6	363.8		
합계		430,000.1			

Fig 3.7. The Reclamation Work of Samik Beach Apart. (1947~1972).

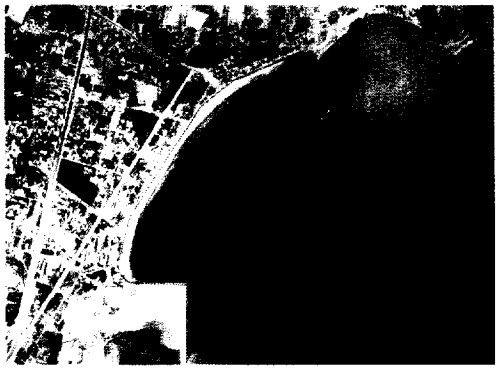

Fig 3.8. The Construction of the Breakwater in the Northeast Direction of Kwanganri (1972~1982).

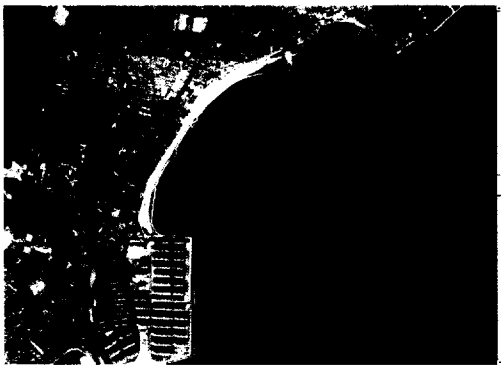

Fig 3.9. The Reclamation Work of the Waterside Park in Minrak-dong (1982~1992).

Fig 3.10. The Foundation Work of the Park at Kwanganri Beach(1992~2003).

3.2.2. 해안선 추출 및 해빈면적 변화분석

정사투영영상을 이용하여 해안선을 추출하고 해빈지역의 면적변화를 분석하였다. 각 연도별 정사투영영상은 촬영시점별로 조위차가 다르므로 조위분석을 통한 해안선의 수정이 필요하다. 조위 분석은 국립해양조사원(국립

해양조사원, 2004)의 자료를 이용하여 Table 3.6과 Table 3.7과 같이 산정하였다.

Table 3.6. The Non-Harmonic Tidal Constant of the Busan Tide Station, Korea

검조장의 위치 (tide station)	35° 05′ 35″N 129° 02′ 15″E	약최고고조면 (Approx.H.H.W)	129.8cm
평균고조면	104.9cm	평균저조면	24.9cm
소조의 평균저조면	43.8cm	대조의 평균저조면	6.0cm
소조의 평균고조면	86.0cm	대조의 평균고조면	123.8cm
대조차	117.8cm	소조차	42.2cm
평균해면(M.S.L)	64.9cm	평균고조간격(M.H.W.I)	08h 02m

Table 3.7. The Tide Height Analysis by Shooting Times of Aerial Photos

촬영 연월일	촬영 시간	Camera	초점거리	조위 (cm)	평균해수 면기준(cm)	고조/저조시간 및 조위	조석 경향
1947.							
1972		wild	152.49mm				
1982.10.22.	13:07	wild	153.35mm	98.3	+33.4		
1992.11.11.	13:19	wild	153.59mm	32.0	-32.9	08h41m : 135cm / 14h34m : 18cm	하강중
2003.06.03.	10:13	wild	152.63mm	109.0	+44.1	10h00m : 111cm /16h07m : 34cm	하강중

지상기준점 보정을 한 1947년 영상과 정사투영을 한 1972년, 1982년, 1992년, 2003년 영상을 이용하여 Imagine Analyst와 MicroStation에서 좌표계와 단위를 조절한 후, 해안선을 추출하였다.

Fig 3.11. The Extraction of the Coastline in 1947.

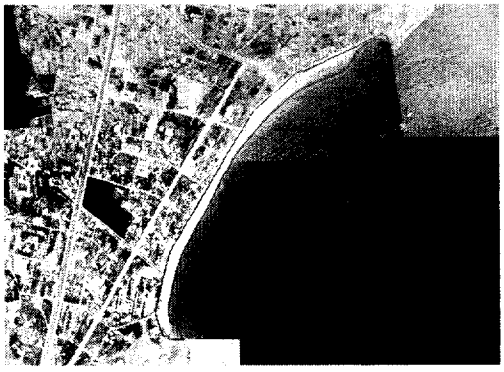

Fig 3.12. The Extraction of the Coastline in 1972.

Fig 3.13. The Extraction of the Coastline in 1982.

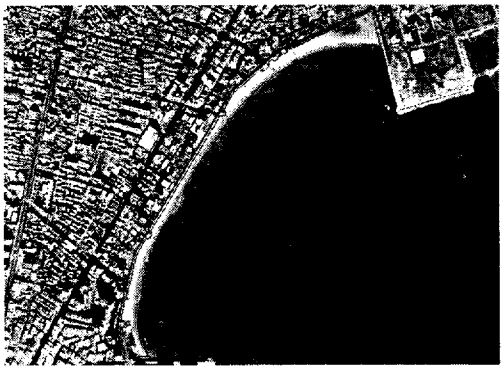

Fig 3.14. The Extraction of the Coastline in 1992.

Fig 3.15. The Extraction of the Coastline in 2003.

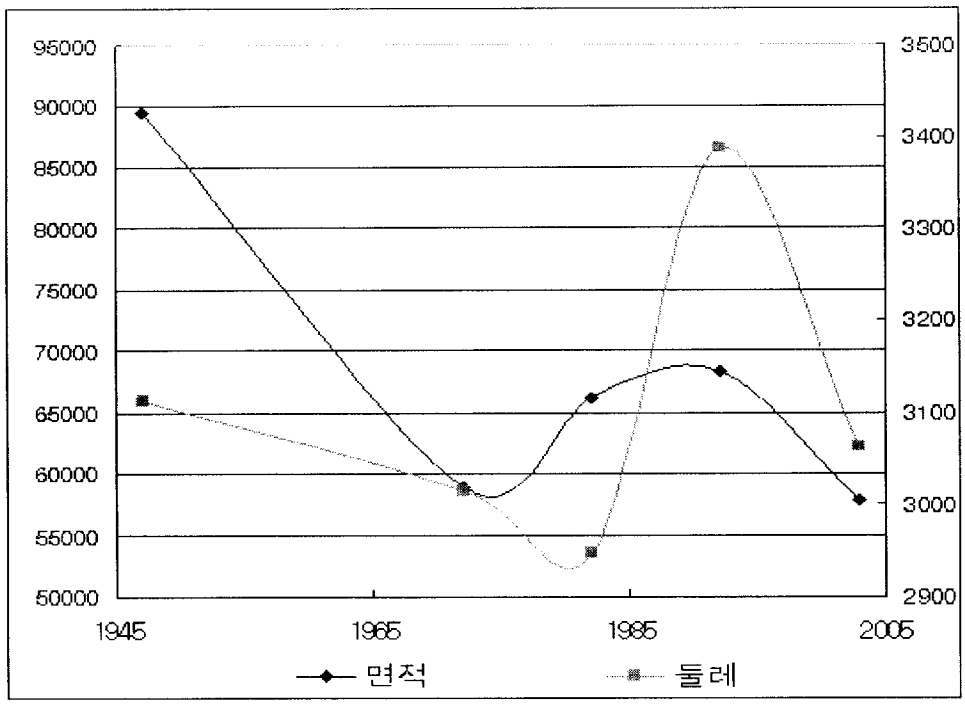

Fig 3.16. The Change of Beach Circumferences and Beach Areas.

광안리 해수욕장의 면적변화는 후방경계(인도)를 기준으로 전방경계는 매년도 조석이 보정된 해안선(평균해수면 기준)을 기준으로 하였다. 그러나 1947년 지상기준점 보정 항공영상은 해변도로가 없어 후방경계에 대한 기준이 모호하며 1947년과 1972년 항공영상은 촬영시점이 불분명 하여 조위에 대한 분석을 고려하지 않은 상태에서 해빈면적을 산정하였다. 그 결과, 1972~1982년 해수욕장 남서측(삼익비치아파트 부지)의 매립공사와 1982~1992년 해수욕장 북동측(민락동 수변공원 부지)의 매립공사 이후, 퇴적한 것으로 보이며 1994년 12월 광안대로 건설과 태풍매미 이후, 침식한 것으로 판단된다.

Fig 3.16과 같이 면적곡선의 변곡점은 광안리 해수욕장 인근의 토지이용 변화와 유사한 경향을 보이므로 해빈지형의 침·퇴적은 토지이용과 상당한 관련성이 있을 것으로 판단된다.

제 4 장 해빈측량과 수심측량을 이용한 3차원 분석

4.1. 해빈측량을 이용한 공간자료획득

본 연구에서는 후처리 Kinematic GPS 측량방식을 적용하여 해수면 위의 해안지역과 해안선에 대한 지형 해석을 시도하였다. Kinematic GPS 측량방식은 하나의 수신기를 고정점에 설치하고 다른 수신기는 실험 대상 지역의 측선들을 돌아다니며 측량을 실시하는 방법으로 그 효율성이 매우 높다.

측량은 Fig 4.1과 같은 순서로 실시하였다. 측량계획은 국립해양조사원에서 예보한 조석과 같이 2004년 5월 중 사리인 5일을 택일 하였다.(Fig 4.2) 측량이전 수신 Epoch Time 1초 기준, 시간당 평균 약 1.2Mb의 자료를 수신 받으므로 장시간 측량을 고려하여 저장장치를 개선하였으며 각종 예비 케이블을 제작하여 장비를 점검하였다. 또한 현장 답사를 통해 측선은 해빈측량을 위한 육상부와 수심부를 연결시킬 해안선부로 장비배치를 나누어 조사하였다.

해빈측량을 위해 측지측량용 1등급 정밀 GPS장비 3대(Ashtech Z-FX, Surveyor, Trimble 5700)와 현장자료 기록을 위해 디지털 캠코더를 사용하였으며 장비제원은 Table 4.1과 같다.

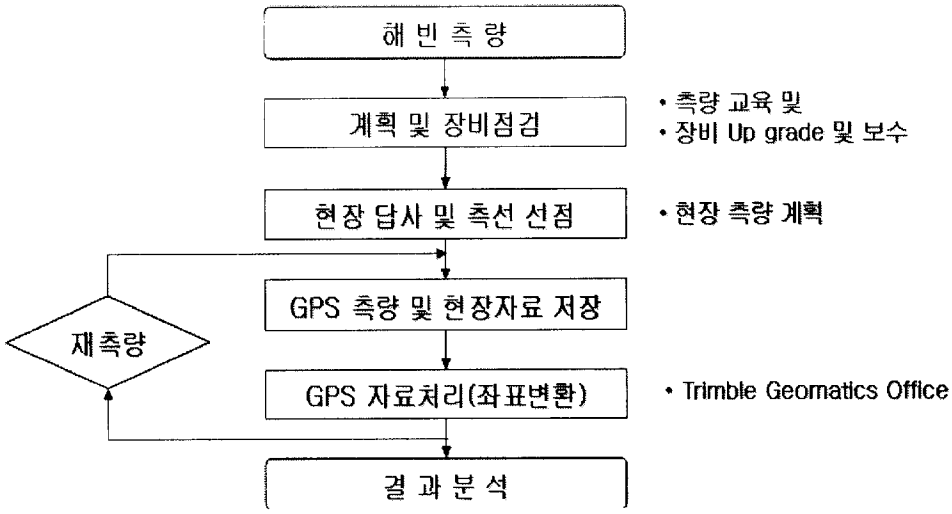

Fig 4.1. The Flowchart of the DGPS Survey.

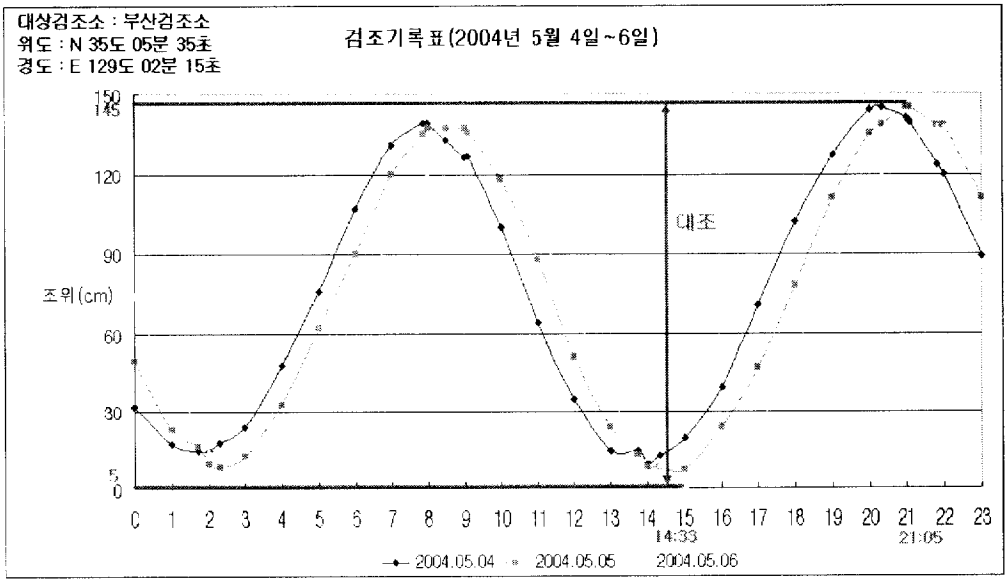

Fig 4.2. The Tide Curve (Busan Tide Station, Korea).

Table 4.1. The Index of GPS Equipments

	Z-FX	Z-Surveyor	Trimble 5700
위치 정확도	5mm+1ppm	5mm+1ppm	5mm+1ppm
Channel	12 channel	12 channel	20 channel
RTK 여부	○	○	○
메모리	PCMCIA 128Mb 메모리	PCMCIA 128Mb 메모리	PCMCIA 128Mb 메모리
수신 가능 주파수	L1 C/A code, L1/L2 P code L1/L2 full cycle carrier	L1 C/A code, L1/L2 P code L1/L2 full cycle carrier	L1 C/A code, L1/L2 P code L1/L2 full cycle carrier
통신 포트	4 RS-232 ports (115,200 baud rate)	4 RS-232 ports (115,200 baud rate)	3 RS-232 ports (115,200 baud rate)
소비 전력	10~28 VDC, 7.5W	10~28 VDC, 8.5W	10.5~28 VDC
규격	3Hx7.3Wx8.25Dinch	3Hx7.3Wx8.25Dinch	
중량	수신기 : 3.75lbs 안테나 : 9.41lbs	수신기 : 3.75lbs 안테나 : 3.75lbs	1.4kg 이내 (내부배터리 및 내부충전기, 내부라디오 모뎀 및 안테나 포함중량)
작동 온도	수신기 : -20℃~55℃ 안테나 : -40℃~65℃	수신기 : -30℃~55℃ 안테나 : -40℃~65℃	수신기 : -40℃~65℃
보관 온도	수신기 : -30℃~75℃ 안테나 : -55℃~75℃	수신기 : -40℃~85℃ 안테나 : -55℃~75℃	수신기 : -40℃~80℃
RTCM 메세지	22 RTCM 메시지 출력	22 RTCM 메시지 출력	
NMEA 출력	0183NMEA 메시지 출력	0183NMEA 메시지 출력	10NMEM 출력
Event Marker	yes	yes	
1PPS 출력	yes(5V TTL)	yes	
Z-Tracking	yes	yes	

국토지리정보원 "GPS에 의한 기준점측량 작업규정(2001.6.7)(내규 2001-93호)"과 "GPS에 의한 정밀 1, 2차 기준점 측량 작업규정(1994.11.19)(내규 1994-66호)"에 준하여 측량을 실시하였다. TM 좌표계와 WGS-84 좌표계의 상호좌표변환은 1/10,000 이하의 중·소축척 지형도(국가 기본도 포함)에 대한 측지계간의 경·위도 변환 및 이와 동등한 정확도의 경·위도 변환의 경우에 사용되는 국가좌표변환 계수[7변수, 국토지리정보원 고시 제[2002-433호(2002.12.30)]를 사용하였으며 좌표변환계수는 Table 4.2와 같다.

Table 4.2. The Coordinates Transformation Coefficient

구분	GPS에 의한 기준점측량 작업규정(2001.6.7) (내규 2001-93호)	국가좌표변환 계수 [7변수, 국토지리정보원 고시 제 2002-433호(2002.12.30)]
△Xo	-146.43m	-115.80m
△Yo	507.89m	474.90m
△Zo	681.46m	674.11m
Rx		-1.16(sec)
Ry		2.31(sec)
Rz		1.63(sec)
¥		6.43(ppm)

4.1.1. GPS 측량

임시 기준점은 주위 장애물 환경을 고려하여 부경대학교 용당캠퍼스 10공학관 옥상에 설치하였으며 Rover는 백사장 등간격 왕복 측량을 통한 해빈지형부 1대(Trimble 5700), 수심측량과 중첩시켜 해안지형자료 획득을 위한 해안선부 1대(Ashtech Z-surveyor)를 계획하여 장비를 운영하였다.

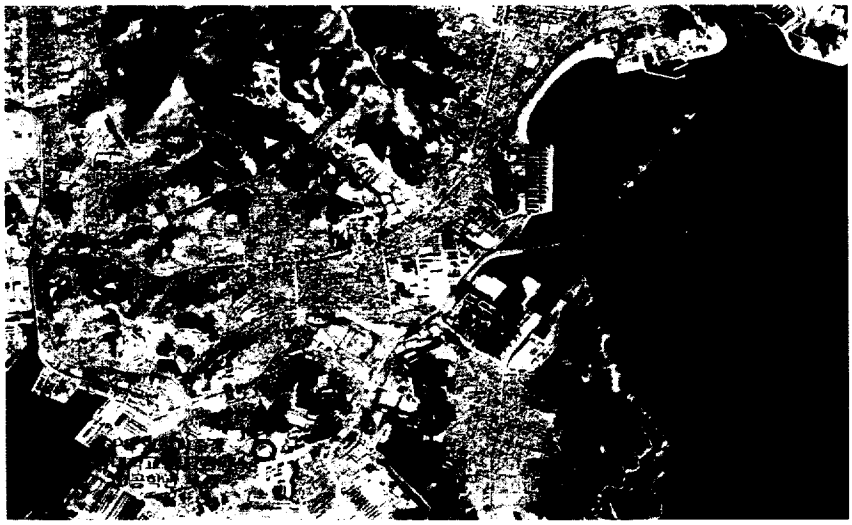

Fig 4.3. The Survey Area and the Temporary Datum Point.

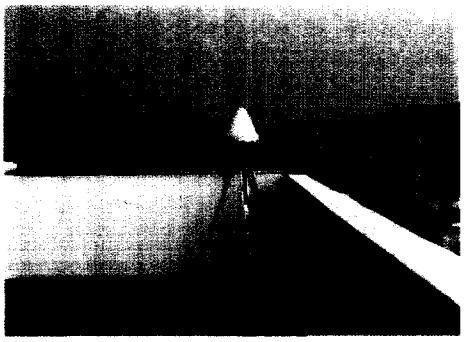

Fig 4.4. The Temporary Datum Point.

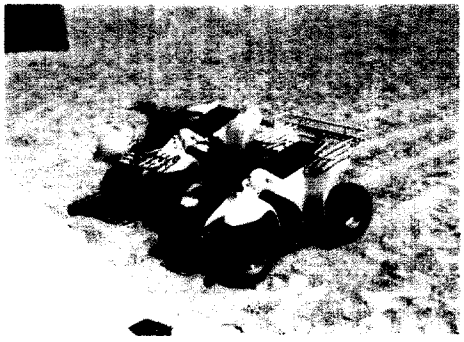

Fig 4.5. The Rover Shifter (All Terrain Vehicle : WOW 50cc).

Fig 4.6. The Beach Outline Survey.

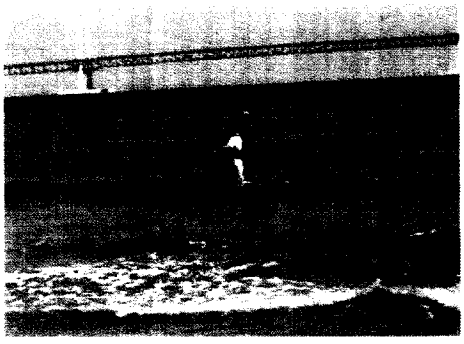

Fig 4.7. The Coastline Survey At The Lowest Tide Level.

각 장비는 GPS 수신오차와 궤절오차를 고려하여 Epoch Time은 1초, Mask Elevation Angle은 10°로 조정하였다. 2004년 5월 5일, AM 10:00부터 익일 AM 01:00까지, Kinematic DGPS 기법을 이용하여 연구지역인 광안리 백사장을 대상으로 육상부 지형측량을 실시하였다. 해안선부는 상시 변화하는 해안선을 따라 왕복 약 3㎞ 구간 총 12개의 측선, 해안 지형부는 백사장 폭방향 평균 1m 등간격으로 해안선방향 왕복 측량을 하였다.

GPS 자료처리는 Trimble Geomatics Office V1.50 프로그램을 사용하였다. 또한 처리가 용이하도록 해안선 측량과 백사장 지형 측량을 나누어서 처리하였다.

GPS 신호의 전리층 조건(Ionosphere condition)을 동일하게 맞추기 위해 현장 임시가설 측량기준점을 다음 Table 4.3과 같이 국립천문대 GPS 상시관측소 밀양기준점을 사용하여 처리하였다.

Table 4.3. The Datum Point Used in This Study

구분	밀양 상시기준점(MY04)	임시기준점
소재지	밀양기상대	부경대학교 용당캠퍼스 10공학관
사용기기	Trimble 4000ssi	Ashtech Z-FX
Latitude	35°29′28.94103″N	129°05′17.32950″E
Longitude	128°44′38.28607″E	35°07′00.85072″N
Height	42.614m	129.013m

4.1.2. GPS 자료처리 결과

최저조면 시, 측량한 선을 제외한 GPS 신호 수신 상태는 비교적 양호하였으며 자료의 기선처리 및 조정 결과, 모든 점에서 위치오차 ± 0.02m, 수직오차 ± 0.05m 이하로 Fig 4.8, Fig 4.9와 같이 매우 양호한 결과를 얻었다.

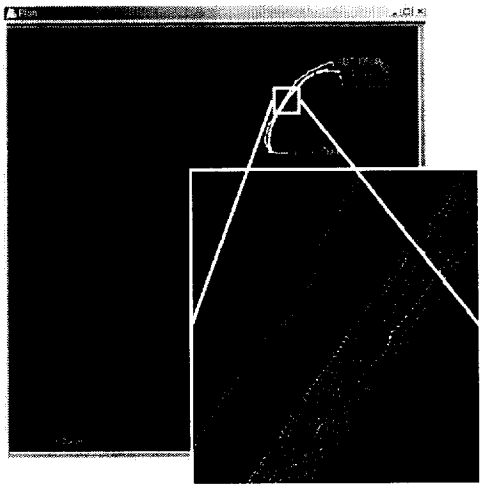

Fig 4.8. The Coastline Survey Result.

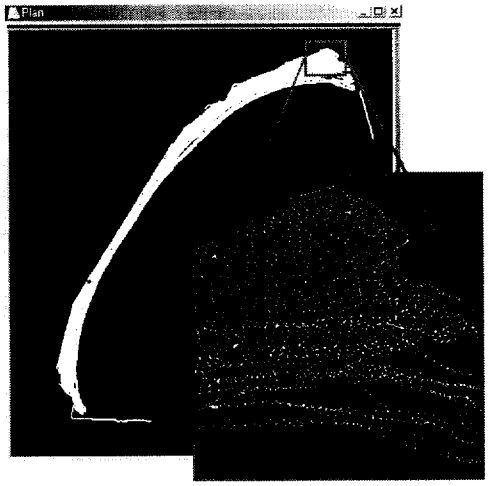

Fig 4.9. The Coast Topography Survey Result.

Trimble Geomatics Office V1.50 프로그램에서 처리한 측량 결과 해안선부의 최저조면 시 오차를 제외한 수신된 모든 점이 처리 되었으며 결정된 위치정보는 Fig 4.10, Fig 4.11에 나타낸 것과 같다.

Table 4.4. Particulars of Surveyed Basic Lines

측량장비		측선(개)	좌표변환(개)	비고
Ashtech	Z-FX	1	1	총 수신 처리율 96.9%
	Z-Surveyor	12	11	
Trimble	5700	19	19	
합계		32	31	

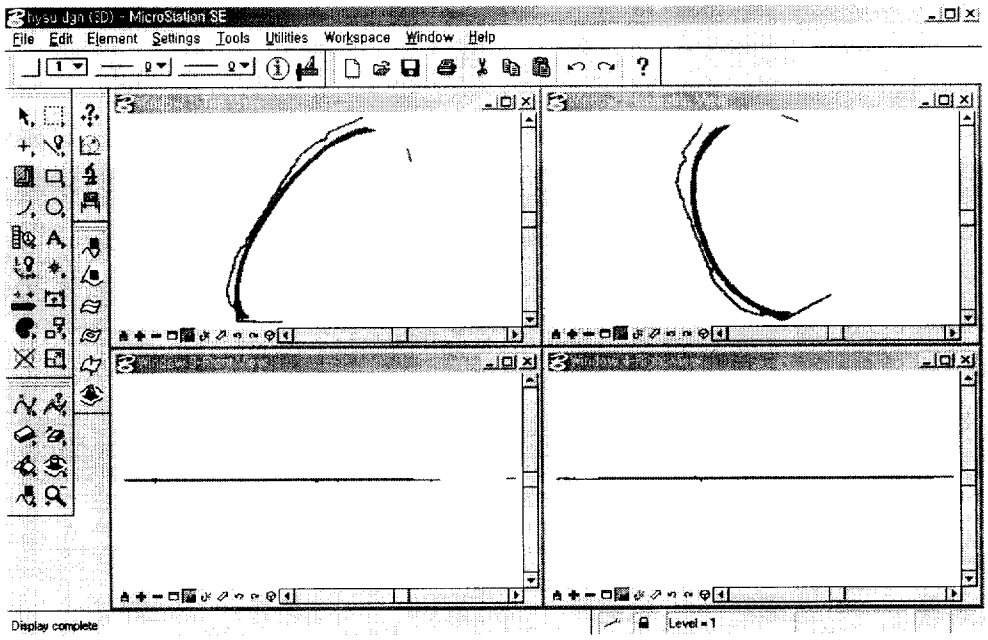

Fig 4.10. The Result Exported to DGN File of the Coastline Part.

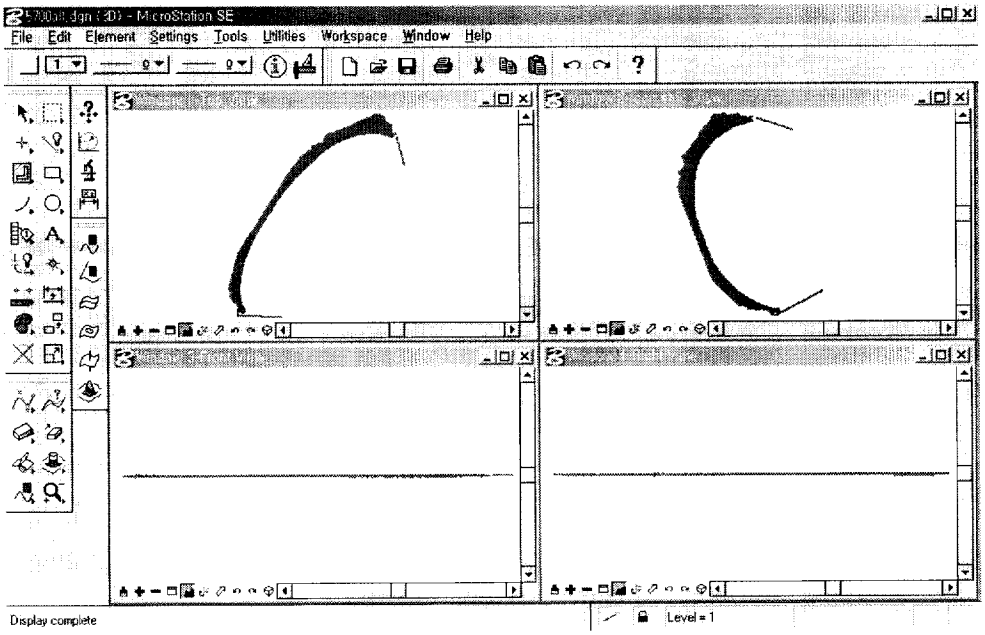

Fig 4.11. The Result Exported to DGN File of the Coast Topography Part.

4.2. 수심측량을 이용한 공간자료획득

해안수심측량성과는 국립해양조사원 남해해양조사사무소가 수심측량한 자료를 이용하였다. Table 4.5와 같이 1994년 5~10월까지 부산항동부를 단빔음향측심기(Echotrac 3100)와 전파위치측정기(Trisphonder DDMU-542)로 수심측량 한 자료와 2004년 4~7월(약 3개월)까지 수로측량자동화시스템(Hypack max; Digital 음향측심기(Echotrac 3100), DGPS(Beacon)기법)을 이용한 수심측량성과를 이용하였다.

Table 4.5. Sounding Survey Particulars

수심측량성과 meta data			
	년도	축척	측량월일
수심측량	1994	1/10,000	1994.4. 6~11. 6
	2004	1/5,000	2004.4.19~ 7.25

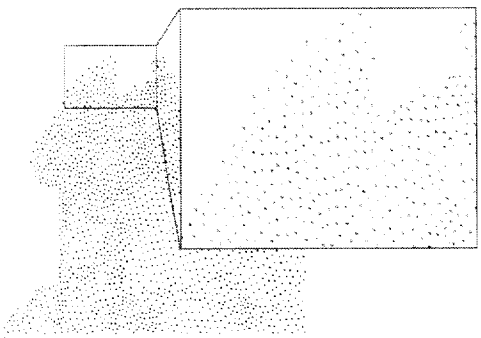

Fig 4.12. The Sounding Data of the Study Area in 1994 (The Original Survey Drawing).

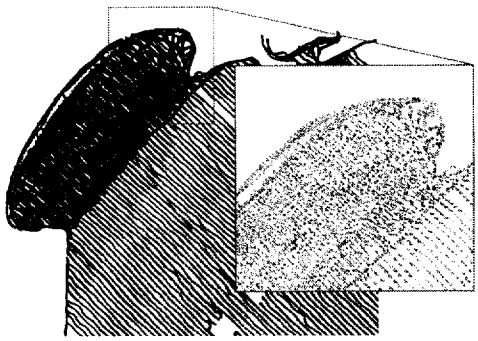

Fig 4.13. The Sounding Data of the Study Area in 2004 (The Raw Data).

4.3. 연안측량성과를 이용한 입체 지형변화 분석

4.3.1. 주제도 제작 및 가시적 분석

해빈지역 GPS 지형측량과 수심측량 성과를 중첩시켜 Fig 4.14와 같이 광안리 해수욕장 인근지역 일대의 측량원도를 제작하였다. 최저조면 측선의 소실로 중첩도가 목표 이하였지만 연속 경향성을 나타내므로 분석의 어려움은 없었다. Fig 4.15는 부산광역시(1992년 11월 12일)촬영 1/6,000 정사투영사진과 측량원도를 중첩한 등수심선도이며, Fig 4.16, 4.17과 같이 수치표고모델과 3차원 입체지형도를 제작하였다.

주제도 가시분석 결과, 광안리 해안 남서측(삼익비치아파트인근), 북동측(광안리 놀이공원 방파제), 광안대교 해운대측 주탑 전방 약 300m에 암초지대가 존재하였으며 그 외 지역은 2~3° 이내의 평탄한 지역이었다.

4.3.2. 수심에 대한 정량적 분석

연안내의 수심, 면적, 경사분포의 활용정보는 벡터자료를 이용하기 보다는 상대적으로 다루기 쉬운 높이값이 있는 격자를 생성하여 분석하는 것이 용이하다. 그러므로 지난 10년간 지형변화분석을 위하여 1994년과 2004년 수심측량성과 결과물을 이용하여 수치표고모델을 제작하였다. Table 4.6과 같이 본 연구지역의 수심은 평균 19.5cm, 면적은 907㎡(폭 : 4.2m), 체적은 370,007㎥(조달가격기준 약 60억 원) 침식하였다.

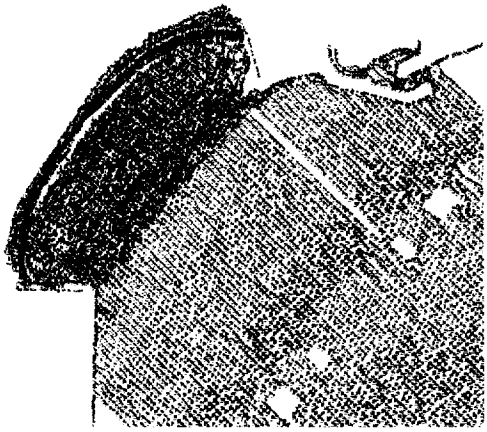

Fig 4.14. The Overlaid Map of Beach Survey Result and Sounding Survey Result (2004).

Fig 4.15. The Two-Dimensional Isobaths Using Survey Results.

Fig 4.16. The DEM Using the Survey Result.

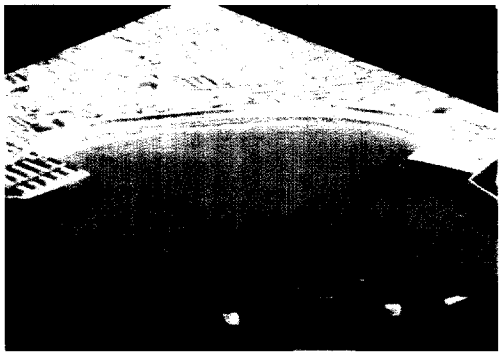

Fig 4.17. The Three-Dimensional Topographic Map.

Table 4.6. The Statistical Summary of Survey Data in the Region

(단위 : m, 수표면적, 체적은 MSL 0m기준)

년도	측점수	연구지역	격자 크기	평균 수심	평균 경사	최대 수심	수표면적	체적
1994	2,464	2×1.5km	4×3	-7.216	2.21°	-12.30	1,495,233	10,719,042
2004	766,293	2×1.5km	4×3	-7.412	2.44°	-12.65	1,496,140	11,089,049
변화량				0.195	0.23°		907	370,007

1994년과 2004년 해안의 수심측량 성과물을 이용하여 수심 수치표고모델을 Intergraph MTA&InRoads를 이용하여 정량적 분석을 수행하였다. 수심별 평균수심, 면적, 체적변화를 통한 침식 및 퇴적분석 결과는 Fig 4.18~4.21과 같으며 (↙)방향은 침식, (↘)방향은 퇴적을 의미한다.

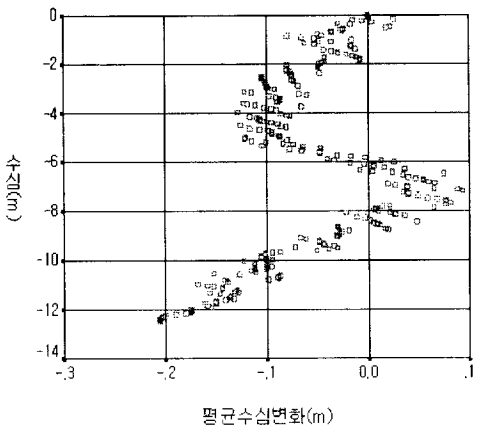

Fig 4.18. The Change in the Mean Sounding (unit : m).

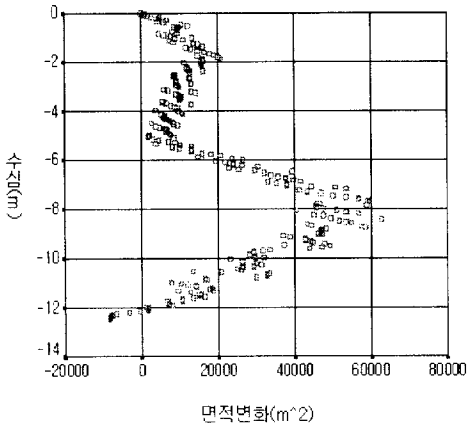

Fig 4.19. The Change in the Area by Sounding (unit : ㎡).

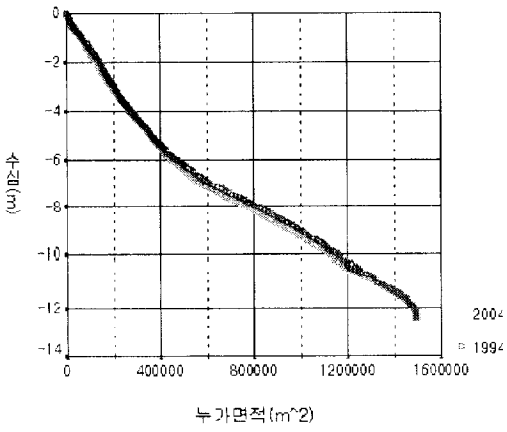

Fig 4.20. The Change in the Accumulated Area by Sounding (unit : ㎡).

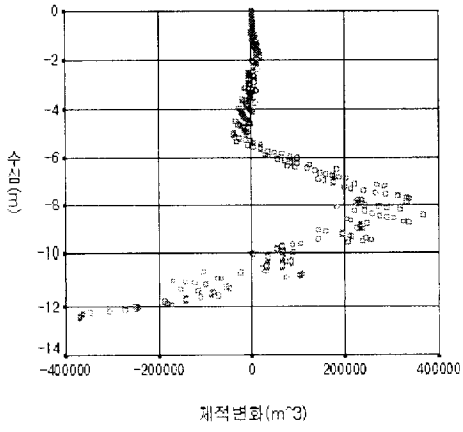

Fig 4.21. The Change in the Volume by Sounding (unit : ㎥).

본 연구지역에 대한 수심별 침식 및 퇴적 경향은, 0~1m는 침식, 1~2m는 퇴적, 2~4m는 침식, 4~8m는 퇴적, 8m 이하는 침식하는 경향을 보여 수심에 따라 침식 및 퇴적이 반복적으로 발생하는 경향을 보였다. 그러나 최초 침식수심이 4m이므로 향후, 잠재 등과 같은 해빈침식 방지시설물을 설치할 때, 4~5m 수심에 설치하는 것이 적당할 것으로 판단된다.

4.3.3. 등간격 해안지형 단면분석

해안선 수직방향의 지형변화분석을 위해 1994년, 2004년의 단면도를 제작하여 비교·분석하였다. 단면도는 광안리해수욕장의 삼익비치아파트 측에서 100m 등간격으로, 1994년과 2004년의 자료를 중첩하여 제작한 후, 등간격 침·퇴적 깊이를 산정하였으며 결과는 Fig 4.22와 Fig 4.23, Table 4.7과 같다.

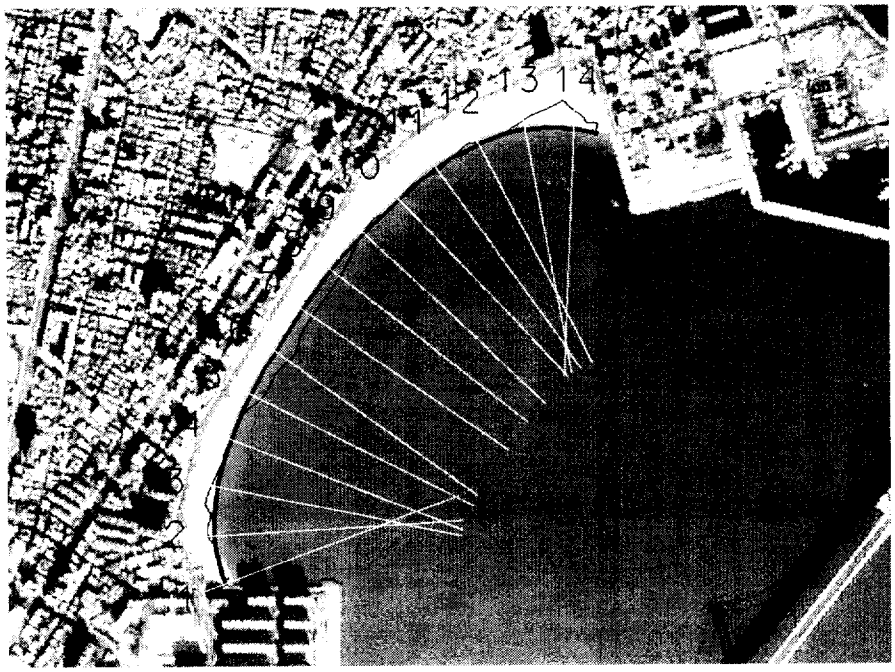

Fig 4.22. The Cross Section of the Sounding Survey.

Table 4.7과 같이 이격 거리 0~100m에서 전반적으로 침식, 100~200m에서 남서측(삼익비치아파트측)은 퇴적, 북동측(광안리 놀이공원측)은 침식, 300~400m에서 남서측은 퇴적, 북동측은 침식, 400~500m에서는 남서측은 침식하는 경향을 보였다. 즉, 광안리해수욕장의 남서측은 침식(0~100m)→퇴적(100~350m)→침식(350m 이상), 중앙부는 침식(0~100m)→변화적음으로 해안선 인근지역에서 침식이 많이 발생하였으나 100m 이상 지역에서는 변화가 적었다. 북동측은 퇴적(0~50m)→침식(0~350m)→변화적음으로 해안선 인근에서 퇴적, 수중에서 지속적으로 침식하는 경향을 보였다. 즉, 2000년 이후 해당구청인 수영구청에서 여름철 피서객을 위한 양안공원화공사와 각종 공연시설 건설에 따른 인공 성토가 시행되었기 때문에 해안선 주변(2, 3, 12, 13, 14단면의 0~50m 지점)에서 변화가 없는 것으로 판단된다. 그러나 중앙부 연안의 인근지역과 북동측 지역의 수중은 전체적으로 침식이 발생하고 남서측의 수중은 부분적인 퇴적이 발생하였다.

단면별 침·퇴적을 분석한 결과, 본 연구지역은 중앙부 연안 인근지역과 북측 지역에서 침식이 계속적으로 발행하는 것으로 판단되므로 해수욕장의 안전과 장기적인 관리를 위하여 침식지역에 대한 계속적인 관측이 요구된다.

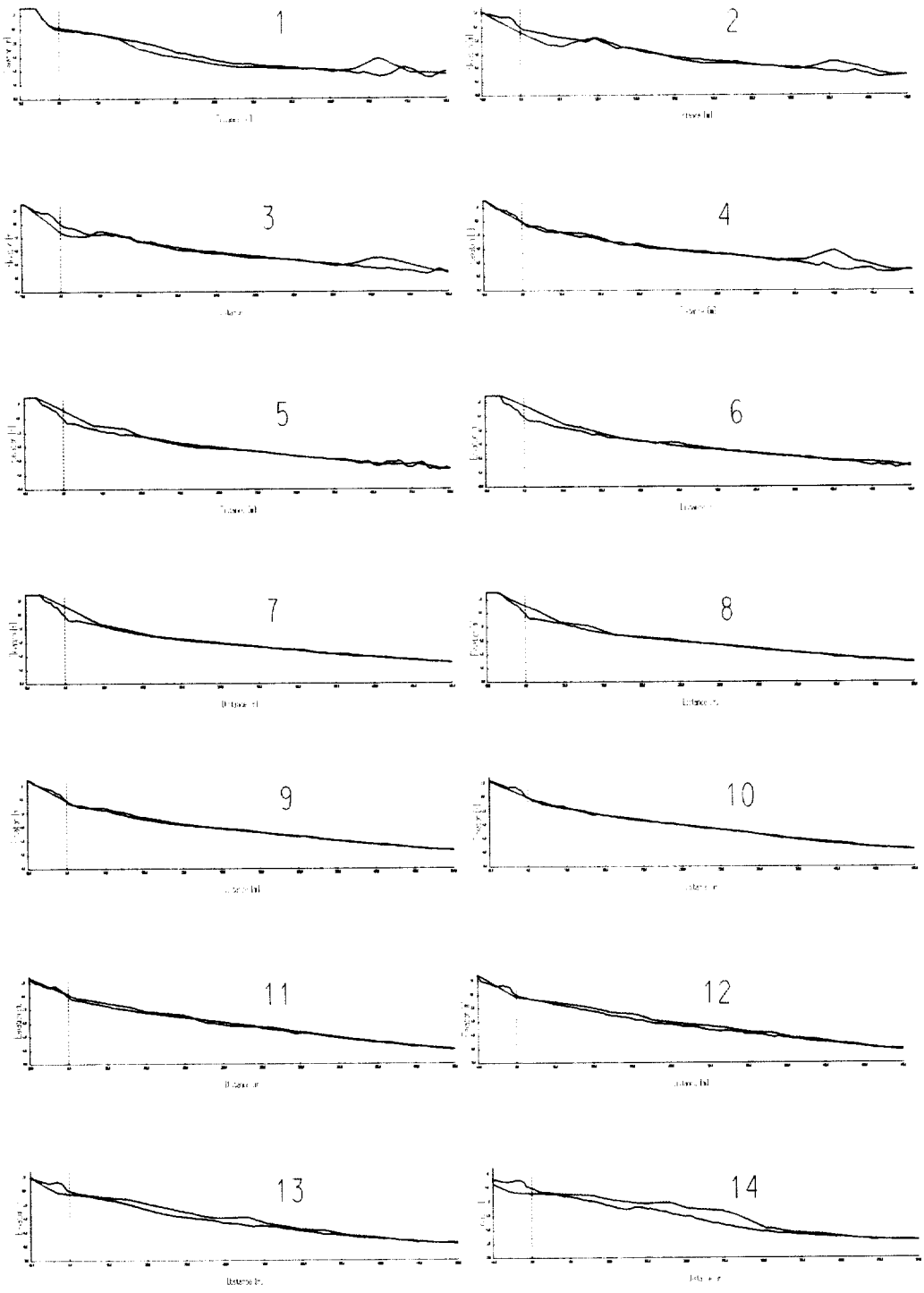

Fig 4.23. Sounding Graphs by the Cross-Section (Blue : 1994; Black : 2004).

Table 4.7. Erosion and Accumulation by Cross Sections

(가로 : 단면번호, 세로 : 해안선에서 이격거리, 단위 : m)

단면번호 / 거리(m)		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
0	침식	0.27			·	1.14	1.68	1.30	1.03	·	·	0.32			
	퇴적		0.81	1.14									0.22	0.35	0.92
50	침식	·		0.38	·	0.70	0.54	0.21	0.33	0.32		0.43	0.32	0.38	0.43
	퇴적		1.30								0.11				
100	침식		0.16	0.16	0.27	0.21	0.27	·	0.27	0.27	·	0.22	0.49	0.81	0.91
	퇴적	1.08													
150	침식		0.11		0.28		·	·	·	·	·	0.22	0.81	0.82	0.92
	퇴적	1.04		0.43		0.32									
200	침식				·		0.48	·	·	·	·		0.27	0.81	1.25
	퇴적	0.76	0.17	0.27		0.17						0.38			
250	침식				·	·	·	·	·	·	·		0.65	0.54	2.05
	퇴적	0.48	0.43	0.28											
300	침식			·	·	·	·	·	·	·	·	·	0.27	0.22	0.59
	퇴적	0.22	0.11												
350	침식				0.28	·	·	·	·	·	·	·	0.22	0.22	0.27
	퇴적	0.15	0.16	0.21											
400	침식	1.73	1.41	1.35	2.60	·	·	·	·	·		·	0.22	·	·
	퇴적	·									0.22				
450	침식		0.92	0.98	0.59	0.48	0.54	·	·	·	·	·	·	·	·
	퇴적	0.70													
500	침식		·	0.32	·	·		·	·	·	·	·		·	·
	퇴적	0.43					0.33						0.22		

4.3.4. 경사도를 이용한 지형변화 분포 경향분석

연구대상지역의 거의 90%가 0~5° 경사를 보였으며 일부 암초지역에서 5° 이상의 경사를 보였다. 또한, 1994년과 2004년 수심측량결과를 이용하여 경사도별 변화량을 추출한 결과, 지형변화는 0~5° 사이의 완경사지역에서 주로 발생하였다. 이는 거의 전역에서 침식이 발생하는 것으로 큰 의미는 없는 것으로 판단된다.

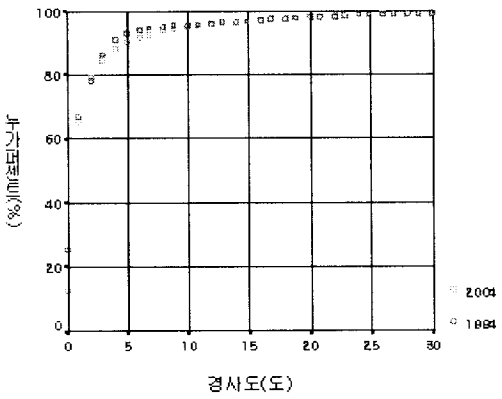

Fig 4.24. The Accumulated Percentage of the Gradient (unit : %).

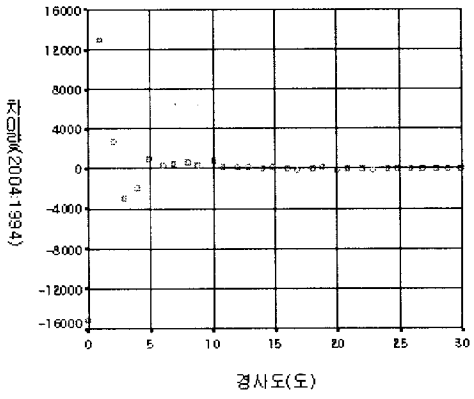

Fig 4.25. The Gradient of the Sounding Difference.

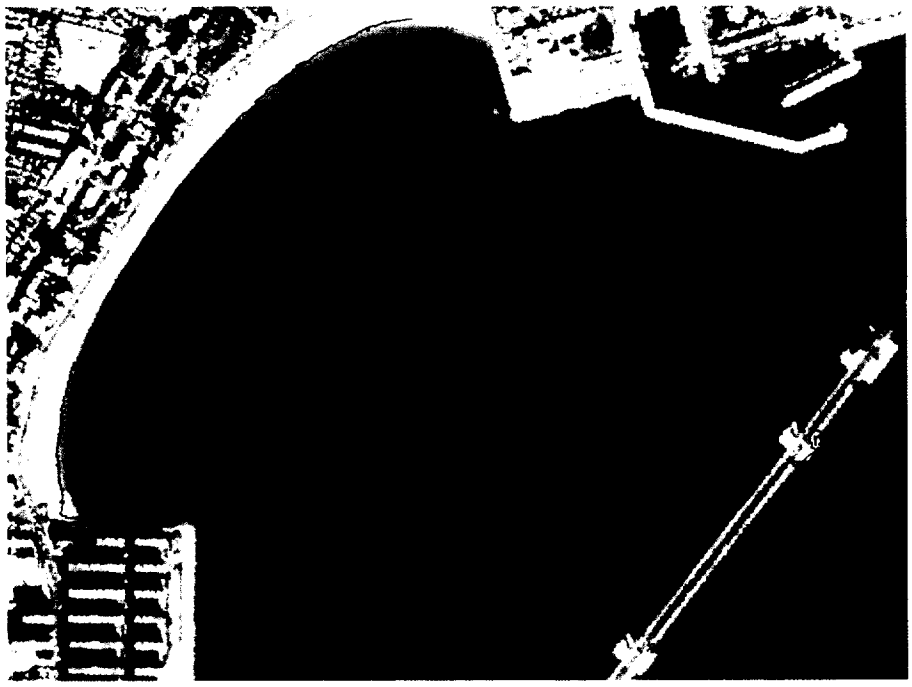

Fig 4.26. The Gradient Analysis Result (Under 5° Gradient).

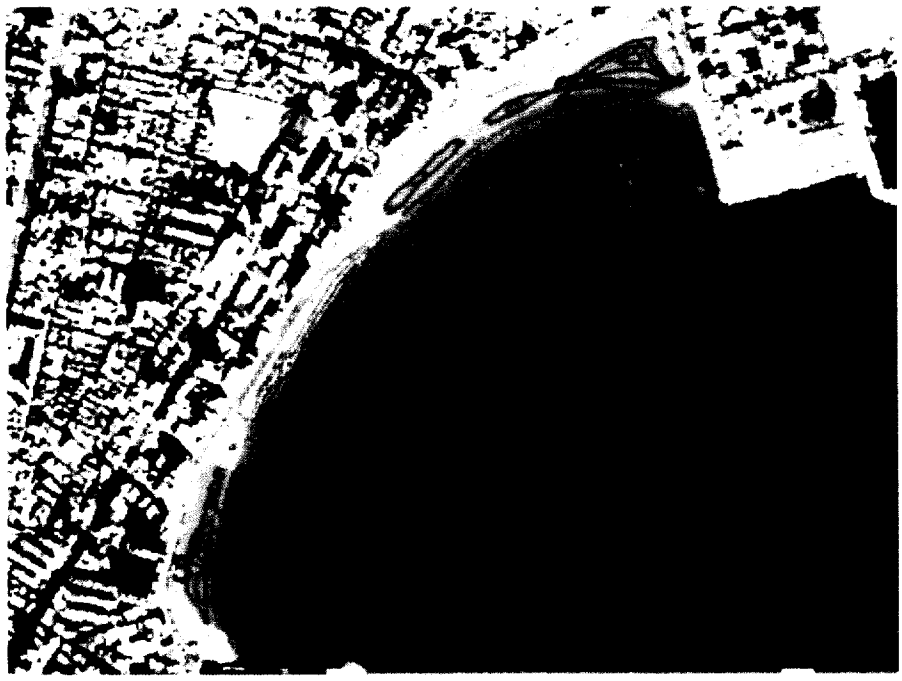

Fig 4.27. The Distribution of Erosion and Accumulation by the Coast Topography Survey Result.

4.3.5. 수심자료를 이용한 해안지형 침·퇴적 분포도 제작

1994년과 2004년 수심 수치표고모델로부터에서 등수심 차이를 구하여 침·퇴적 분포도를 제작하였다. 침·퇴적 분포(등수신선 간격 : 0.5m)는 Fig 4.27과 같이 붉은색은 퇴적, 녹색은 침식을 나타낸다. Table 4.8은 대략적인 구역별 침·퇴적 지형변화를 나타내며 그 결과 수면 위 양안은 퇴적(최대 약 2m), 중앙부분은 침식(최대 약 2m), 민락동 광안리 놀이동산측 수중은 침식(최대 약 3m)한 것으로 산정되었다.

Table 4.8. The Topographic Change Using the Difference of DEM

구분	둘레(P : m)	침식(A : ㎡)	퇴적(A : ㎡)	길이(m)	폭(m)
①	2419.6	58753.8		233.5	367.2
②	785.1		10534.5	674.1	56.8
③	1655.5	35071.1		414.9	84.3
④	1270.9		18947.1	318.0	122.3
⑤	344.0	2993.5		65.0	92.1

제 5 장 연안측량과 수치항공사진을 이용한 비교·분석

5.1. 해안지역 침·퇴적 분석 및 비교

5.1.1. 항공사진을 이용한 해안선 침·퇴적면적 분석

항공사진을 이용한 해안선 침·퇴적 분석은 Table 5.1과 같다. 그 결과 침식면적은 7628㎡, 퇴적면적은 7562㎡으로 약 66㎡ 침식하였다. 민락동 광안리 놀이공원측은 주로 퇴적하였으며 삼익비치아파트측은 주로 침식하였다.

이러한 결과는 Table 4.6의 수심측량을 이용한 정량적 분석 결과와 비교하였을 때, 침식면적과는 880㎡의 차이를 보이나 이 면적차는 광안리 면적 약 64,000㎡(1992년과 2003년의 해빈면적 평균값)에 대해 1.4%를 차지하므로 이는 미미하다.

Table 5.1. Erosion and Accumulation of the Coastline Using Aerial Photos

구분		조위 분석 전(m)			평균해수면기준(m)		
		침식	퇴적	합계	침식	퇴적	합계
1982~	면적(㎡)	2501.2	26016.4	-23515.2	7506.6	9705.6	2199.0
1992년	둘레길이(m)	344.0	2443.4		1824.4	957.4	
1992~	면적	17485.9	4688.5	-12797.4	7628.2	7562.4	-65.83
2003년	둘레길이(m)	1766.2	1433.2		1479.4	1355.6	

Fig 5.1. Areas of Erosion and Accumulation Before Correcting for the Heights of the Tides (1982~1992; Overlaying with the Photo Obtained in 1982).

Fig 5.2. Areas of Erosion and Accumulation After Correcting for the Heights of the Tides (1982~1992; Overlaying with the Photo Obtained in 1992).

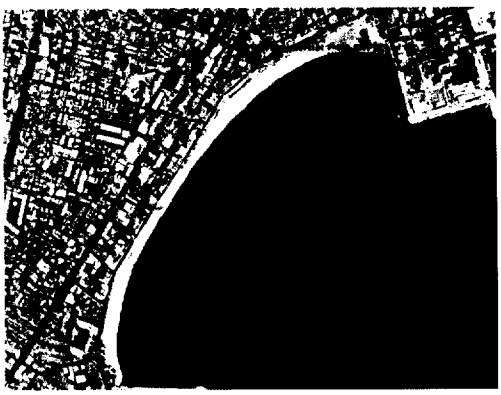

Fig 5.3. Areas of Erosion and Accumulation Before Correcting for the Heights of the Tides (1992~2003; Overlaying with the Photo Obtained in 2003).

Fig 5.4. Areas of Erosion and Accumulation After Correcting for the Heights of the Tides (1992~2003; Overlaying with the Photo Obtained in 1992).

5.1.2. 해안지형측량을 이용한 해안선 침·퇴적면적 분석

본 연구에서는 Intergraph MGE Terrain Analyst와 Microstation을 이용하여 등수심선(평균해수면 기준)을 추출하였으며, Fig 5.5에 나타낸 것과 같이 수애선의 폭 차이를 바탕으로 폴리곤을 형성하여 침·퇴적 면적을 산출하였다.

Fig 5.5. Areas of Erosion and Accumulation Using the Coast Topography Survey Result (Based on MSL).

5.1.3. 정량적 해안선 침·퇴적면적 비교분석

1992년, 2003년 항공사진과 1994년, 2004년 해안지형측량성과 결과를 이용하여 평균해수면 0m의 등고선을 추출하여 해안선부근의 침·퇴적 면적을 비교하였다. 침식면적은 9,694㎡, 퇴적면적은 8,748㎡로 약 946㎡ 침식하였으며 Table 5.2의 수심측량 정량적 분석결과와 39㎡의 차이를 보이므로 거의 유사하였다.

Table 5.2. The Comparative Summary of Erosion and Accumulation Areas

구분		평균해수면기준 ('94:0,'04:0m)			항공사진위기준 ('92:-0.33,'03:0.44m)		
		침식	퇴적	합계	침식	퇴적	합계
항공사진 판독 결과	면적(㎡)	7628.22	7562.39	-65.83	17485.94	4688.50	-12797.44
	둘레 길이(m)	1479.35	1355.57		883.12	716.59	
수심측량 결과	면적(㎡)	9694.24	8747.74	-946.50	20816.39	3342.92	-17473.47
	둘레 길이(㎡)	1398.88	1203.89		2267.08	569.34	

5.2. 해안지형 등단면을 이용한 해안선 이동경향 분석

5.2.1. 항공측량과 해안지형측량을 이용한 해안선 이동 산정

수치항공사진기법과 해안지형측량 성과물을 이용하여 연년별 해안선 이동경향에 관한 분석을 실시하였다. 1992년, 2003년 수치항공사진과 1994년, 2004년 해안지형측량 성과물로부터 조위를 고려하여 해안선(평균해수면 기준)을 추출하였다. 광안리 해수욕장 남서측(삼익비치아파트)을 시작점(B·C)으로 하여 기선장 100m 폭으로 등분할하여 비교·분석 하였다.

수치항공사진 분석 결과, B·C에서 해안 중심부(8번 측선)까지는 전반적으로 후퇴, 중심부부터 E·C까지는 전진하였으며 이동변화 폭은 최소 -1.25m(4번 측선), 최대 -15.55m(1번 측선)이었다. 해안지형측량 성과를 이용하여 분석한 결과, B·C에서 후퇴, 중앙 좌측에서 전진, 중심부에서 후퇴, 중안 우측에서 E·C까지는 전진하였으며 최소폭은 0.8m(4번 측선), 최대폭은 +37.29m(14번 측선)이었다.

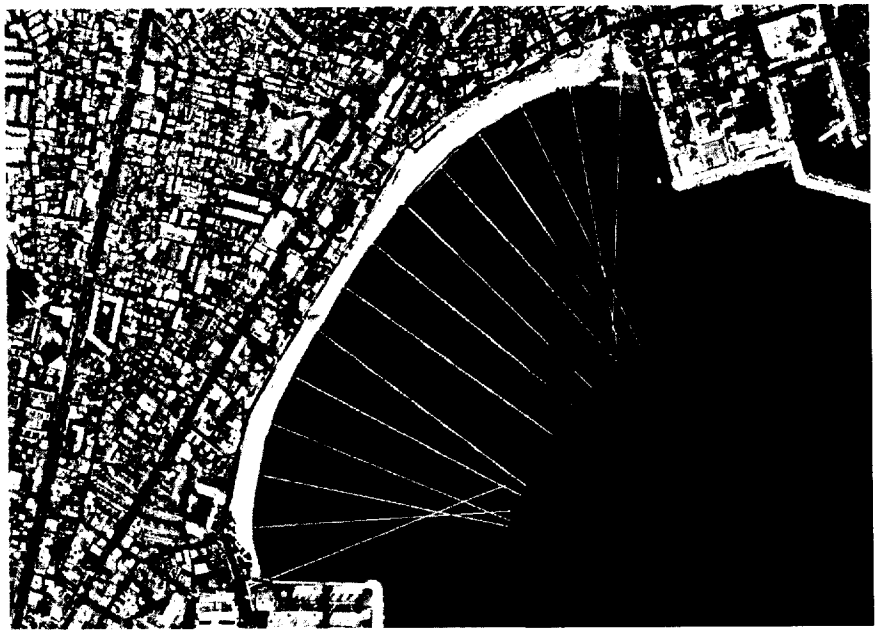

Fig 5.6. The Computation of the Coastline Width Change Using Aerial Photos (1992~2003;Based on MSL).

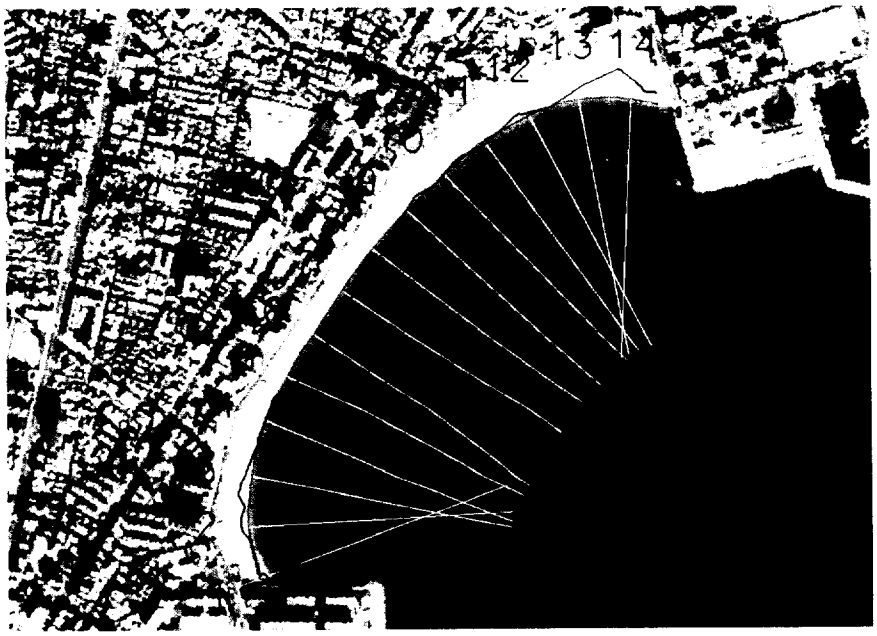

Fig 5.7. The Computation of the Coastline Width Change Using the Topography Survey (1994~2004;Based on MSL).

5.2.2. 해안선 이동경향 분석

Fig 5.8과 같이 항공측량과 해안지형측량 성과를 이용하여 해안선 이동 변화를 비교·분석하였다. 이동 폭 변화의 크기는 항공측량성과 분석 시 평균 -0.46m, 해양지형측량 성과 분석 시 평균 -2.03m이며 상대적으로 지형측량 성과에 비해 항공측량 성과의 해안선 이동폭이 과하였다. 이러한 이동폭 가감 경향은 2003년 광안리 해수욕장 양안 공원화 공사와 태풍 매미에 의한 인공적 양빈으로 판단된다. 전반적으로 B·C에서 중앙 좌측까지 전진, 중앙부는 후퇴, 중앙 우측까지 후퇴, E·C까지는 전진하여 항공측량 성과와 해안지형측량 성과를 이용한 해안선 이동경향 분석은 비슷하였다.

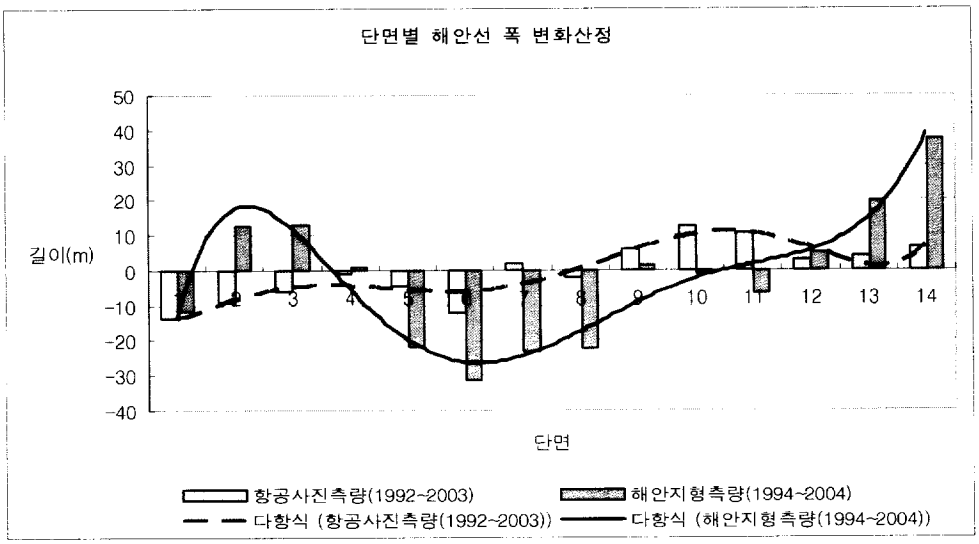

Fig 5.8. The Line of the Coastline Width Change.

제 6 장 결 론

본 연구는 해안환경변화에 따른 대책 수립 시 기본적으로 필요한 공간자료를 획득하였다. 항공측량을 이용한 2차원 분석과 해안 지형측량을 이용한 3차원 분석을 실제 측량의 결과를 바탕으로 해안 지형변화를 탐지하였다. 그리고 정량적인 분석과 측량기법에 따른 결과를 비교·분석함으로써 지형변화의 경향을 바탕으로 효과적인 해안지형변화 모니터링 방안을 제시하였으며 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 음향측심기와 DGPS 기법을 이용한 해안지형측량과 수치항공사진기법을 이용한 항공측량을 실시하여 해양지형변화를 탐지하였다. 장기 수집된 자료를 통해 토지이용현황, 침·퇴적 분석, 해안선 이동경향과 같은 해안지역의 모니터링이 가능하였다.

둘째, 1947~2003년 항공사진을 이용하여 정사투영사진을 획득하였으며, 조위를 고려하여 해안선 중심으로 주변 토지이용변화 및 해빈의 면적을 정량적으로 산정하였다. 지형변화 분석 시, 항공측량은 위험부담이 적고 실측과 비교하였을 경우, 시간적·경제적면에서 효율적이며, 분석방식이 다른 방식에 비해 과정이 더 용이하다. 그러므로 장기지형변화 분석 시, 항공측량은 해저지형을 제외한 해안지역 자료구축에 적절하다고 판단된다.

셋째, 해안지형변화에 대한 적용은 해저면을 고려해야 하기 때문에 1994년과 2004년 수심측량성과를 이용하여 수치표고모델을 정량적으로 분석하였다. 그 결과, 본 연구 지역의 수심은 평균 19.5cm, 면적은 907㎡, 체적은 370,007㎥로 침식하였다. 해안선 등간격 단면 분석 결과, 인공양빈으로 해빈지역은 변화가 없는 것으로 보이나, 수중 중앙부 연안인근지역과 광안리 놀이공원측에서 계속적으로 침식이 일어나는 것으로 판단된다. 그러므로 해수욕장의 안전과 장기적인 관리를 위하여 침식지역에 대한 계속적인 관측이

요구된다. 또한 경사도 분석결과, 경사 5° 이하에서 주로 지형변화가 발생하며, 대상지역 거의 전역에서 발생하므로 큰 의미는 없는 것으로 판단된다.

넷째, 1994년과 2004년 수심 대비 평균수심, 면적, 체적변화를 통한 침·퇴적 분석 경향은 수심 0~1m에서 침식, 1~2m에서 퇴적, 2~4m에서 침식, 4~8m에서 퇴적, 8m 이하에서 침식하는 반복적인 침·퇴적 경향을 보였다. 최초 침식수심은 4m이므로 향후, 잠재 등과 같은 해빈침식 방지시설물을 설치할 때, 4~5m 수심에 설치하는 것이 적당할 것으로 판단된다.

다섯째, 수치항공사진(1992~2002년) 기법과 수심측량성과(1994~2004년)를 이용한 해안선 변화탐지 비교 결과, 조위 수정 후 평균해수면 기준, 광안리 면적(약 64,000㎡)대비 차이값이 0.06~13.75%(수치항공사진기법 : 66㎡, 수심측량성과 : 946㎡)로 수심측량결과를 이용한 정량적 분석(907㎡)과 미미한 차이를 보였다. 또한, 해안선 이동경향은 양안에서 전진, 중앙부에서 후퇴하는 경향을 보였다. 그러므로 측량의 목적과 정확도, 해저지형의 탐지 여부 등에 따라 측량기법을 선정하여야 한다.

향후, 해안지역의 자료생성 및 구축, 측량기법의 개발, 이용방안 등에 관련한 연구가 지속적으로 이루어진다면, 환경변화 원인분석 및 방지대책, 나아가 해양지리정보시스템의 구축에 중요한 자료를 제공할 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

강용균, 이문진, 1995, 두 대의 GPS 수신기를 이용한 DGPS 정밀측위, 한국지형공간정보학회, 제 3권, 2호, pp. 15~28.

강준묵, 김홍진, 최선용, 선재현, 2001, GPS에 의한 위성영상 GCP/DEM 정확도 평가방안, 2001학술발표회 논문집, 대한토목학회, pp. 2383~2387.

강준묵, 최종현, 강영미, 1999, 정사투영 영상지도에 의한 수치지형도와 지적정보의 중첩정확도 분석, 한국지형공간정보학회, 제7권, 2호, pp. 57~68.

건설교통부고시 제 2002-177호 공공측량의 작업규정 세부기준, 제 4편 응용측량, 제 3장 하천 및 연안측량, 제 9절 해빈측량 및 정선측량, 제 225조 1항.

공공측량의 작업규정 세부기준, 제 4편, 제 3장, 제 7절, 221조.

박요섭, 김학일, 이용국, 석봉출, 1995, SeaBeam 다중빔 음향측심기를 이용한 해저면 맵핑 시스템 개발, 한국해양연구소 해양지구물리 연구 그룹, pp. 129~144.

박운용, 김천영, 김용보, 2003, GPS와 Echo Sounder 조합에 의한 하구하상 모니터링, 대한토목학회논문집, 대한토목학회, 23권, 4호, pp. 577~590.

박상길, 최호선, 1996, 송정해수욕장의 지형변화, 대한토목학회, 학술발표회 논문집, No. 2, pp. 503~507.

서정훈, 서동주, 이종출, 2002, GPS와 음향측심기의 조합에 의한 저수용량 산정, 한국지형공간정보학회지, 한국지형공간정보학회, 10권, 1호, pp. 27~35.

신상철, 서철수, 2001, RTK GPS 측량에 의한 3차원 지형 해석, 한국GIS학회지, 한국GIS학회, 9권, 2호, pp. 309~325.

안기원, 박병욱, 서두천, 1999, 근거리 수치사진측량에 있어서 렌즈왜곡의 직접 보정, 한국측량학회지, 한국측량학회, 17권, 3호, pp. 257~264.

유복모, 2001, 제 4판 사진측량학, 문우당, pp. 74.

유복모, 이현직, 정 수, 조홍석, 1994, 수치사진측량기법에 의한 항공사진으로부터 정사투영사진지도의 제작, 한국지형공간정보학회, 제 2권, 1호, pp. 69~76.

유복모, 최송욱, 1998, 수치항공사진측량기법과 GPS를 이용한 3차원 위치해석, 대한토목학회지, 대한토목학회, 18권, 5호, pp. 653~667.

이인수, 2003, RTK GPS에 의한 토공량 산정과 DTM 생성, 대한토목학회, 제 23권, 6D호, pp. 909~915.

이석찬, 이창경, 1991, 연안 해역 음향 측심 자료의 계층적 보간, 한국측량학회지, 제 9권 1호, pp. 66~73.

이석찬, 조규전, 이창경, 최병길, 1990, 비정규삼각망 데이타구조에 의한 수치지형모델의 구성, 한국측지학회지, 제 8권, 2호.

정승진, 김규한, 편종근, 2003, 항공사진을 이용한 해안선변화 해석결과의 신뢰성검토, 대한토목학회, 제 23권, 3호, pp. 209~215.

조규전, 차득기, 강봉서, 2000, DGPS에 의한 해양측량 조위보정에 관한 연구, 한국측량학회지, 제 18권, 3호, pp. 295~303.

조주환, 임동일, 김백운, 2001, 항공사진을 이용한 서남해 함평만의 해안선 변화 관측, 한국지구과학학회지, Vol. 22, No. 4, pp. 317~326.

최선호, 박상길, 1996, 송정해수욕장 지형변동의 현상학적 연구, 대한토목논문집, 대한토목학회, 2호, pp. 503~506.

최종현, 강준묵, 강영미, 1999, 정사투영 영상지도에 의한 수치지형도와 지적정보의 중첩정확도 분석, 한국지형공간정보학회, 제 7권, 2호 pp .57~68.

최철웅, 김형석, 2001, 수치항공사진기법을 이용한 광안리해수욕장 해안선 변화에 관한 연구, 한국수산자원학회지, 제 4권, pp. 73~85.

한대형, 1998, 제주도 연안 해빈과 사구 연구, 한국지형학회지, 제 5권, 1호,

pp. 73~87.

Asada. A, Ueki. T, 1998, Synthetic aperture analysis using a multi beam echo sounder, The Journal of the Acoustical Society of Japan(E), Vol. 19, No. 4.

Blace A. E., 1987, Determination of Optimum Sampling Interval in Grid Digital Elevation Models(DEM) Data Acquisition, PE& RS, Vol. 53, No. 3, March 1987, pp. 323~330.

Burrough P. A., 1985, Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment, Oxford : clarendon Press.

Casey MJ. and Monahan D., 1986, Contours and Contouring in Hydrography Part 2 : Interpolation, International Hydrographic Revlew, Monaco, LXIH(1).

Choi, Chul-uong, Nam, kwang-Woo, Kim, Young-sub, 2002, A comparative Study of urban coastline change involving natural and artificial shores, 대한국토·도시계획학회지, 제 37권 6호, pp. 173~185.

Ebner H. and Reiss p., 1984, Experience with Height Interpolation by Finite Element, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 50, No. 2, February 1984, pp. 177~182.

Fletcher, C.H., R.A., Mullane and B.M., Richmond, 1988, Beach loss along armoured shorelines on Oahu, Hawaiian Islands, Journal of Coastal Research, pp. 209~215.

Goad, c. C, 1989, On the Move With GPS, P.O.B., Vol. 14, No. 4, Publishing Company, Canton, Michigan, pp. 36~44.

Ho sik JANG, Tae ho ROH, Jong Choul LEE, 2002, The Coastline Extraction Using RTK GPS/GLONASS, Korean Journal of Geo matics, Vol. 2, No. 2, pp. 107~113.

Iain M. Brown, 1998, A 3D User Interface for Visualization of Web Based Data sets, ACM GIS '98 Washington, D.C., pp. 100~ 105.

Jefferess S.W., D. Kuit and K.K. Gohn, 1997, Coasts in Crisis, U.S. Geological Survey Circular.

JOHN R. JENSEN, 2002, 환경원격탐사, 시그마프레스.

Logan. KP, 1988, A Comparision : Static and Future Kinematic GPS Surveys, ASCE, Vol. 114, No. 4, pp. 195~201.

Meredith. M.P, 1997, The processing and Application of inverted Echo Sounder Data from Drake Passage, Journal of atmospheric and oceanic technology, Vol. 14, No. 4.

M. EL-RAEY, S. H. SHARAF EL-DIN, A. A. KHAFAGY, A. I ABO ZED, 1999, Remote sensing of beach erosion/accretion patterns along Damietta Port Said shoreline, Egypt, International Journal of Remote Sensing, Vol. 20, No. 6, pp. 1087~1106.

N.K. Tripathi, A.M. Rao, 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.

O. E. FRIHY, Kh. M. DEWIDAR, S. M. NASR, M. M. EL RAEY, Change detection of the northeastern Nile Delta of Egypt : shoreline changes, Spit evolution, margin changes of Manzala lagoon and its islands, International Journal of Remote Sensing, Vol. 19, No. 10, pp. 1901~1912.

RON LI, KAICHANG DI, RUIJIN MA, 2003, 3D Shoreline Extraction from IKONOS Satellite Imagery.

Worf, R. 1983, Elements of Photogrammetry.

감사의 글

사람들마다 자신이 소중히 생각하는 추억이 있듯이 저에게도 아름다운 추억이 있습니다. 부경대학교 위성정보과학과 대학원 1기로 들어와 어느덧 2년이라는 세월이 지나 미숙하나마 석사학위논문을 완성하게 되었습니다. 지난 대학원 생활은 소중한 분들과 같이 할 수 있었던 아름다운 추억을 비롯하여 너무나도 많은 추억을 저에게 선사해 주었습니다. 저에겐 너무 과분했던 이러한 추억들을 떠올리며 아낌없는 사랑과 도움을 주신 분들께 미약하나마 감사의 마음을 전하고자 합니다.

한없이 부족한 저에게 학문의 길을 세심한 배려로 열어주시고 이 자리에 설 수 있게끔 도와주신 최철웅 교수님의 은혜에 먼저 머리 숙여 감사드립니다.

또한, 대학원 생활 동안 항상 격려와 조언을 아끼지 않으셨고, 학문연구를 아낌없이 지도해주신 김영섭 교수님께 감사드리며, 바쁘신 와중에도 졸고의 심사를 맡아 미흡한 제가 논문을 무난히 완성할 수 있도록 세밀한 검토와 지도조언으로 심사해 주신 윤홍주 교수님과 배상훈 교수님께 깊은 감사를 드립니다.

아울러 부족한 저를 가르침의 길을 마련해 주시고 그 길을 올바르게 걸을 수 있도록 용기와 격려를 아끼지 않으신 부경대학교 토목공학과 손인식 교수님께 깊은 감사를 드립니다.

특히, 연구실의 발전을 위해 고달프고 힘든 선구자의 길을 걸으며 연구실 가족들이 우애 있게 뭉칠 수 있도록 정성을 다하시는 이창현 형, 성실하고 씩씩한 모습으로 연구실 가족들에게 힘을 북돋아 준 이은경, 항상 친형처럼 연구실 가족들을 보살펴 주시는 서영찬 형, 어렵고 힘든 생활이지만 내색하지 않고 웃음과 행복이 가득한 연구실로 만들어 주시고 연구실에서 밤늦게

까지 남아서 논문 탈고를 도와준 조남춘, 양지연, 홍현정, 윤동진 후배님, 바쁜 사회생활로 인해 같이 생활하는 시간은 짧지만 마음만은 항상 연구실 가족들과 같이 하는 박소영, 최연주 후배님께 고마움을 전합니다.

그리고 직장생활과 학업을 병행하시면서 가족과 같이 언제나 묵묵하게 저를 보살펴주신 김연수 선생님, 이영도 선생님, 조성환 선배님, 바쁜 업무 중에도 도움을 아끼지 않으신 경혜미 선생님, 같이 대학원이란 울타리 안에서 생활했던 이희종, 이미숙, 항상 곁에서 따뜻하게 격려해 주시는 부경대학교 토목공학과 서동주, 이정민, 김진수, 윤은찬 선배님, 석사과정 동안 즐거운 한때를 같이 지낸 부경대학교 위성정보과학과, 토목공학과의 여러 학우님께 고마움을 전합니다.

학부과정에서 오늘이 있기까지 때로는 부모처럼 때로는 동료처럼 보살펴 주시고 고생과 즐거움을 같이 했던 김정란 누나, 박종연 형님, 평생 잊지 못할 추억과 격려와 도움을 주신 전우송 이사님, 전성우 박사님, 이인수 이사님, 신상현, 항상 과분한 관심을 보여주신 부경대학교 토목공학과 상하수도 연구실의 물사랑회 선배님들, 동래 Youth-JC 선·후배님들, 학부 때부터 기쁜 일, 슬픈 일 함께 겪으며 어려운 일이나 고민을 서로 나누며 동고동락한 친구들, 작은 일에도 기뻐하며 언제나 웃으며 사랑으로 지켜봐준 공민순 양에게도 그 은혜 가슴속 깊이 간직하며 살겠습니다.

끝으로, 지금까지 장남 노릇 한번 제대로 못한 못난 자식임에도 불구하고 항상 자식 걱정이 앞서시고 하해와 같은 사랑과 정성으로 자식 잘되기만을 바라시는 아버님, 어머님, 오빠를 대신하여 가정을 돌보고 있는 동생 김은성 양에게 무엇보다도 큰 고마움과 사랑을 전하며, 더 많이 배우고 크게 깨우침으로써 깊은 은혜에 보답하겠습니다.

2004년 12월 26일

김 호 용