

RS · GIS 기법을 활용한
태풍 전후 해운대 해변지형의 3차원 입체변화 탐지 및 분석
**Detection and Analysis of Post-typhoon Three-dimensional Changes
in Haeundae Beach Topography using RS and GIS Technology**

홍현정¹ · 최철웅² · 양지연³ · 김연수⁴

Hong Hyun Jung¹ · Choi Chul Uong² · Yang Ji Yeon³ · Kim Yeon Soo⁴

부경대학교 위성정보과학과^{1,2,3} · 국립해양조사원⁴

evil1207@hanmail.net¹ · cuchoi@pknu.ac.kr² · sp0731@hanmail.net³ · yskim@nori.go.kr⁴

요약 : 국내 해변지대의 경우, 인위적 개발과 기상학적 현상, 특히 태풍의 영향으로 다량의 모래가 유실되고 있다. 해안침식 종합대책 수립 및 사업실행에 있어 해안지형에 관한 정확한 자료 구축은 필히 요구된다. 그러나 현재까지, 연안에 관한 정확한 측량작업이 실행되지 않은 채, 모래 유실에 대한 문제 제기나 일시적 대책 마련에 급급하고 있다. 그러므로 본 연구에서는 연구지역을 해운대 해변지역으로 선정하고, GPS 측량기법을 이용하여 해안지대의 정확한 공간자료를 구축하였으며, 태풍으로 인한 3차원 지형변화를 정밀하게 분석하였다. 연구결과, 태풍의 영향으로 호안벽 근처 해변고도는 증가하였으나, 강풍과 북북동의 정온입사파로 2320m² 가량 해변이 침식하였다. 특히 동측 해변지대에서 침식현상이 뚜렷하게 발생하였다. RS, GPS, GIS 기법을 기반으로 해안지대의 정확한 공간DB 구축과 지형변화에 관한 정량적·정성적 분석 작업은 국내 해안침식에 관한 체계적이며 효과적인 대책을 수립하는데 도움을 줄 수 있을 것으로 사료된다.

1. 서론

해안지대는 자연·인위적 개발과 관리 부족으로 해안선을 중심으로 이들 환경은 변형·파괴되고 있다. 해운대 해수욕장은 백사장 주변의 지나친 개발과 태풍 영향으로 해변이 침식하여 백사장의 규모는 과거에 비해 급격히 감소하였다. 유실된 모래를 보충하고자 해운대 구청은 1990년대부터 수많은 예산을 들여 모래를 공급하고 있지만 장기효과는 나타나지 않는다. 국내 해안 측량 기술 수준은 다소 뒤쳐지나, 해안 지역의 기본적인 모니터링 작업이나 방지 대책에 관한 연구들이 행해지고 있다. 손일과 박경(2004)은 자갈해빈에 대해 단기간 수준측량을 실시하였다. 수준측량의

정확도는 높지만, 모든 구간의 측량이 불가능하므로 장기간 모니터링시, 비경제적이며 비효율적이다. 그러므로 수준측량은 해안지역 모니터링시 보조방법으로 활용되어야 한다. 사진측량은 광범위한 지역 관측과 주기 관측이 가능하므로 해안지형 모니터링시 널리 활용된다. 최철웅과 김형석(2001)은 항공사진으로 장기간동안 해안선을 분석하여 해변침식을 탐지하였고, 조주환(2001)은 항공사진으로부터 해안절벽 침식에 의한 해안선 변화를 정량적으로 산출하였다. 해안선 측량 및 지형측량 자료는 해안침식 종합대책 수립 및 실행에 있어 필히 요구된다. 그러나 현재까지, 정확한 해안측량이 시행되지 않은 채, 모

래 유실에 대한 문제 제기나 일시 대책 마련에 매진하여 왔을 뿐, 해안지대의 현실적 검토가 부족하다. 그러므로 본 연구에서는 태풍이 해빈지형에 미치는 영향을 살펴보고자, 해운대 해빈지형을 태풍 전후로 GPS 측량을 수행하여 해빈지형의 공간자료를 구축하고 이로부터 3차원 입체 변화를 탐지 및 분석하고자 한다.

2. 태풍 전 후의 해빈지형의 공간자료 수집 (MSL 0m 기준)

GPS는 시간, 기상에 관계없이 3차원 위치 정보를 제공하므로, 본 연구에서는 해빈지형 모니터링을 위한 자료구축 기법으로 GPS 측량을 선정하였다. 모래나 비가 GPS 장비로 유입되는 것을 방지하고자 장비를 보관할 수 있는 특별 케이스와 각종 예비 케이블을 제작하였다. 태풍으로 인한 해빈지형 변화를 살펴보고자, 후처리 Kinematic GPS 방식으로 해빈지형과 해안선을 측량하였다. 태풍 발생 전 마지막 사리일인, 2005년 8월 21일을 택하여, 20일부터 21일까지 1차 측량, 태풍 발생 후 첫 사리일인 2005년 9월 19일을 택하여 19일부터 20일까지 2차 측량을 실시하였다. 임시기준점은 부경대학교 환경연구동으로 선정하여 측량, 해수욕장의 해안선과 해빈지대는 일정간격으로 돌아다니며 왕복 측량하였다. 해안선부의 경우, 움직이는 해안선을 따라 후빈측으로 1m 씩 도보측량, 해빈지형은 Off Road Car에

1.5m 간격으로 2개의 안테나를 설치하여 백사장 쪽 방향을 따라 왕복 측량하였다. Off Road Car의 사용으로 작업 효율을 6배 가량 높일 수 있었다.

Trimble Geomatics Office V1.50 프로그램을 사용하여 수신된 자료를 처리하였다. 9월 측량 중, GPS 장비와 밧데리를 연결하는 케이블이 서로 분리되어 GPS 일부 신호를 수신 받지 못하였으나 일반적으로 GPS 신호 수신 상태는 양호하였다. 기선처리 결과, 측량오차는 최소 $\pm 1\text{cm}$, 최대 $\pm 1.8\text{cm}$ 이하로, 높은 정확도를 보였다. 처리된 측량점들의 위치정보는 MicroStation SE에서 지원하는 Dgn 파일로 변환시켜 측량원도를 제작하고 DEM을 추출하여 태풍 전후의 해운대 해빈지형의 공간자료를 구축하였다.

3. GPS 측량을 활용한 태풍 전후 해빈지형 변화 탐지 및 분석

해빈지형 변화의 가시탐지 및 분석을 위해 태풍 전후의 해빈 DEM으로부터 등고선도, 수애선도, 침퇴적도를 제작하였다. 태풍의 영향으로 급경사를 이루었던 해안 인근 해빈지형은 대체로 완만해졌으나 해빈지형은 평탄하지 못하였다. 또한 강풍의 영향으로 해안도로로 이동하는 모래가 호안벽에 부딪혀 호안벽 근처 해빈지형의 고도가 태풍 전에 비해 상당히 증가하였다. 아쿠아리움을 중심으로 서측 해빈지형은 퇴적, 동측 해빈지형은 침식하였다.



Fig. 1 (a) Contour maps(post-typhoon) (b) Erosion(red) and accumulation(green).

Table 1. Statistical Summary of Beach Topographic Change (based on 0 m above sea level).

	Points	Study Area	Cell Size	Mean Elevation	Area	Volume
August	69823	1426 x 407	1 x 1	1.89 m	56537m ²	106959m ³
September	31516	1281 x 382	1 x 1	1.95m	53441m ²	104639m ³
Change				0.06 m	3096m ²	2320m ³
				Increase	Erosion	Erosion

태풍이 지나간 2005년 9월, 해빈지형의 평균고도는 1.95m, 면적과 체적은 53441 m², 104,639m³로, 8월 대비, 고도는 상승, 면적과 체적은 감소하였다. 태풍 상륙시, 해안도로로 이동하는 모래가 해안벽의 영향으로 퇴적되면서 고도는 상승하였으나 바람과 파도의 영향으로 면적과 체적은 침식하였다. 해빈지형의 면적 및 체적은 고도 2.5m에서 최대 침식치를, 고도 2.8m에서 최대 퇴적치를 보였다. 즉, 태풍의 영향으로 거센 파도가 해빈지형까지 전진하고 후퇴하면서 고도 2.5m에 해당하는 해빈지형의 모래를 쓸어가고, 호안벽의 영향으로 2.8m 구간에 다량의 모래가 퇴적된 것으로 사료된다.

태풍 전·후의 해운대 해빈지형의 단면변화를 탐지 및 분석하고자, 조선비치호텔 측에서 약 150m 등간격으로 횡단면도를 제작하고 중첩시켜 침·퇴적 깊이를 산정하였다. 서측 해빈지형은 0~5m 구간을 제외한다면, 이격거리에 관계없이 모든 구간에서 퇴적, 중앙 해빈은 소량 침식되었다. 동측 해빈지형은, 호안벽의 영향으로 퇴적

된 35~40m 구간을 제외한다면, 모든 구간에서 침식되었다. 단면도 분석 결과, 태풍의 영향으로 서측 해빈지형의 경우 퇴적경향이 우세하였지만, 전체적으로 침식경향이 우세하였다. 특히 동측 해빈지형의 경우, 침식현상이 뚜렷하게 나타났다. 실제 9월 측량 당시, 8월에 모래로 덮여있던 미포 앞 해빈지형은 태풍의 영향으로 해저 속 바위가 호안까지 밀려와 접근조차 불가능하였다. 12.5m/s의 풍속으로 북동쪽으로 향하던 태풍 'NABI'의 영향으로 3m 가량 파고가 발생하였다. 이로 인해 외해에서 발생한 북북동의 정온 입사파가 해빈으로 전진하였다 해양으로 후퇴하면서, 호안벽의 건설로 이동이 차단된 모래를 쓸어 해양으로 유입시켜 해빈침식이 발생한 것으로 사료된다. 그러나 서측해빈의 경우, 북북동의 정온입사파가 동백섬에 의해 차단, 감소되면서 침식현상이 발생하지 않고, 오히려 퇴적현상을 보이는 것으로 사료된다. 또한 정온입사파의 영향으로 해안선에 인접한 해빈지형의 경사가 완만해진 것으로 사료된다.

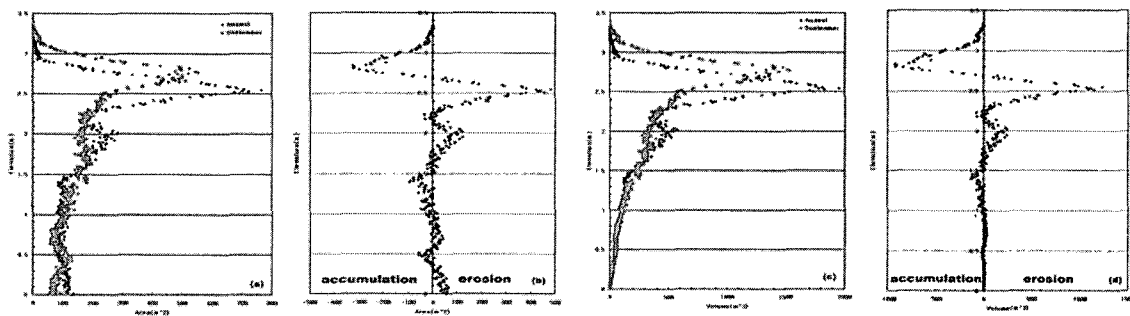


Fig. 2 Beach Topographic Change (a) Area (b) Area Change (c) Volume (d) Volume Change

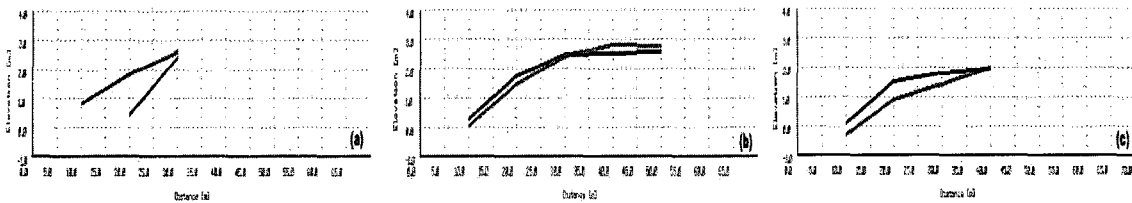


Fig. 3 Cross sections (a) West (b) Center (c) East (Blue:pre-typhoon, Red: post-typhoon).

4. 결론

본 연구는 해빈지형에 대한 태풍의 영향을 살펴보고자, GPS 측량을 활용하여 해빈지형의 효율적 공간자료 구축하고 RS-GIS를 도입, 지형변화를 정량적으로 탐지·분석하여 다음의 결론을 도출하였다.

Kinematic GPS 측량을 실시하여 태풍 전후 해운대 해빈지형의 공간자료를 구축하였다. 가시분석 결과, 태풍의 영향으로 급경사를 이루고 있던 해안 근처의 해빈지형은 대체로 완만해졌으며 호안벽 근처 해빈지형의 고도가 태풍 전에 비해 상당히 증가하였다. 이는 강풍의 영향으로 해안도로로 이동하는 모래가 해안벽에 부딪히면서 퇴적된 것으로 사료된다. 정량분석 결과, 2005년 9월 현재, 해운대 해수욕장 해빈지형의 고도, 면적 및 체적은 1.95m, 53441m², 104,639m³로 8월 대비, 0.06m 가량 해빈고도는 상승하였으나, 3,096m², 2,320m³ 가량 해빈면적과 체적은 감소하였다. 또한 해빈지형의 면적 및 체적은 고도 2.5m에서 최대 침식치를, 고도 2.8m에서 최대 퇴적치를 보였다. 단면분석 결과, 서측해빈은 퇴적경향이 우세, 동측해빈은 침식경향이 우세하였다. 이는 정온입사파의 영향으로, 태풍 상륙 당시 동측 해빈지형에 도달한 북북동의 정온입사파가 후퇴하면서 해빈침식이 발생한 것으로 사료된다. 그러나 서측은 정온입사파가 동백

섬에 의해 차단, 감소되면서 침식현상이 발생하지 않은 것으로 사료된다.

본 연구는 GPS 측량을 활용하여 해저·해빈지형의 효율적인 공간자료 구축방법을 제시, 구축된 공간자료로부터 RS-GIS 기법을 도입하여 지형변화를 정량적·정성적으로 탐지·분석한 점에 의의가 있다. 해안 침식에 관한 체계적이고 효과적인 대책 수립을 위해 본 연구기법을 바탕으로, RS, GIS, GPS를 활용한 해안지대의 공간자료를 구축과 해안지형 변화의 정량적·정성적 분석 작업이 수행된다면, 해수욕객의 안전과 해수욕장 관리에 필요한 정보를 제공할 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

- 손일, 박경, 2004, 거제도 학동 자갈해빈의 변화와 그 원인에 관한 연구, 한국지역지리학회지, 제 10권, 제 1호, pp. 177-191.
- 조주환, 임동일, 김백운, 2001, 항공사진을 이용한 서남해 함평만의 해안선 변화 관측, 한국지구과학학회지, 제 22권, 4호, pp. 317-326.
- 최철웅, 김형석, 2001, 수치지형사진기법을 이용한 광안리해수욕장 해안선 변화에 관한 연구, 한국수산자원학회지, 제 4권, pp. 73-85.