

지상 레이저 스캐닝 기법을 이용한 해안 지형 추출

이종출¹⁾ · 노태호²⁾ · 김진수²⁾

¹⁾부경대학교 건설공학부 교수

²⁾부경대학교 공과대학 공학연구원

1. 서 론

오늘날 물류산업 등의 중요성이 증대되면서 우리나라의 지리적·경제적 이점을 최대한 활용할 수 있는 해안 및 항만을 확보하기 위한 노력이 증대되고 있다. 또한 태풍, 해일 등과 같은 자연재해 등으로 인한 기존의 해안 및 항만 시설물이 파괴 또는 훼손되고, 이로 인한 새로운 시설물 건설이 이루어지고 있는 실정이다. 그러나 새로운 해안 구조물의 건설 등으로 인해 해변유실, 해변변형 및 백사장 감소 등과 같은 자연환경과 생태계가 손상되는 사례가 많다. 이러한 경우 지속적으로 나타나는 해안지형의 변화 모니터링이 필수적이며, 이러한 변화를 분석하기 위한 다양한 기법들이 제시되어 왔다.

지금까지 일반측량, 사진측량, 원격탐사, GPS 측량 등을 이용하여 대상물의 위치정보를 획득함으로써 측량학의 기술이 발전되어왔으나, 1990년대 초에 시작된 항공 레이저 측량(LiDAR; Light Detection and Ranging)이 새로운 위치정보 획득 수단으로 부각되고 있다. 이러한 방식은 높은 위치정확도, 기존 측정 방식에 비하여 점 자료 취득의 자동화, 자료 정확도의 안정성 등으로 그 응용사례가 많이 나타나고 있다.

LiDAR 시스템에 있어서 촬영된 스트립을 중복시켜 점밀도를 높일 수도 있으나 일반적인 LiDAR의 점밀도가 1점/m² 이하인 것을 감안할 때, 도로 중심선 자료

를 취득하는데 많은 어려움이 따른다. 또한 도로의 기하구조 등을 정확히 해석하는데 있어서, 최적의 경우 수직위치정확도 15cm와 수평위치정확도 30cm를 보장하는 LiDAR 시스템의 위치정확도는 비교적 큰 값들이다. 이러한 경우 지상에서 고밀도의 자료 취득이 가능하고 높은 위치정확도를 나타내는 3차원 레이저 스캐너를 이용함으로써, 대상 해안지형에 대한 방대한 양의 자료 취득과 보다 정확한 해안지형을 해석할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 지상에서 높은 위치정확도의 고밀도 자료를 취득할 수 있는 레이저 스캐너를 활용하여 해안지형의 모래유실 등과 같은 변화 추이를 분석하기 위한 기초적 연구를 수행하고자 한다.

2. 이론적 고찰

2.1 지상 레이저 스캐닝 기법

레이저 스캐닝을 통한 3차원 위치정보의 획득 원리는 회전 거울에 의한 레이저의 편향, 대상물 표면에서의 레이저의 반사, 그리고 반사된 레이저의 수신으로 설명될 수 있다. 또한 효율적인 3차원 위치정보의 획득을 위해서 레이저 주사거리, 측정정확도, 대상물의 규모, 스캐닝 속도 등을 고려하여 적합한 측정방식의 레이저 스캐너를 사용해야 한다.

지상 레이저 스캐너는 측정원리에 따라 TOF(Time-Of-Flight) 방식, 위상변위 방

식, 삼각측량 방식으로 구분된다. 이러한 측정원리는 거리 및 범위, 측정정확도, 스캐닝 속도에 있어서 표 1과 같은 특징을 지닌다. 본 연구는 해안 지형을 스캐닝 대상으로 선정하였으므로, 다른 기법에 비해 주사거리가 긴 TOF 방식에 의한 레이저 스캐너를 이용하였다.

표 1. 측정원리에 따른 스캐너 분류

측정기법	범위 (m)	정확도 (mm)	속도
TOF	< 100	< 10	slow
	< 1000	< 20	
Phase shift	< 100	< 10	fast
Triangulation	< 5	< 1	fast

2.2 해안지형

관련 수리·퇴적작용의 종합적인 결과로서 형성되는 해안지형을 구분하는 가장 일반적인 방법은 퇴적물이동 외력인 조석과 파랑의 상대적인 크기에 따라 조석우세해안(tide-dominated coast)과 우세(wave-dominated)해안으로 대별하는 것이다(Davies Jr. and Hayes, 1984).

조석우세해안에는 완만한 해안경사와 조차에 의해 그 폭이 결정되는 넓은 조간대가 발달하며, 퇴적물 공급원 유무와 입사파랑에 대한 노출정도 등에 따라 조간대 및 해저퇴적물의 입도가 결정된다. 또한 조석우세해안을 조차에 따라 세분화하기도 하며, 조차가 4m보다 큰 해안을 대조차해안(macrotidal coast), 2-4m인 해안을 중조차(mesotidal), 2m미만인 해안을 소조차(microtidal)해안이라 부른다(Davies, 1964). 우리나라 서해안은 대표적인 대조차해안이다. Heward(1981)는 파랑우세해안을 「파랑작용이 조석의 영향보다 우세하며, 주요퇴적물 이동의 원인인 해안」이라 했다. 따라서 비록 조차에 따른 분류기준으로는 대조차해안에 속하는 해안일지라도 구성

퇴적물이 주로 파랑작용에 의한 이동한다면 파랑우세해안으로 분류할 수도 있다. 동해안의 경우는 조차 및 파랑작용 측면 모두에서 파랑우세해안에 속하며, 북서방향으로 개방된 서해안 일부 사질해안은 비록 조차가 크지만 퇴적물 이동 측면에서 파랑우세해안에 속한다.

조석우세해안과 파랑우세해안의 침식특성을 살펴보면 전자의 경우 비교적 조간대의 영향으로 비교적 장기적으로 발생하는 반면, 후자의 경우는 침식요인 발생 시 비교적 단기간 내에 해빈이 소실되거나 해안선이 후퇴한다. 이에 따라 해안침식과 관련한 기존 연구는 주로 침식발생시 그 대책이 시급한 파랑우세해역의 사질해안에 집중되었다. 파랑우세해안은 퇴적물 공급, 지형 및 수리조건에 따라 퇴적형 해안과 침식형 해안으로 구분할 수 있다. 그림 1에 모식화한 퇴적형 파랑우세해안의 평면적 특징으로는 긴 해안선과 평행하게 연안사주, 백사장, 사취 및 사구, 방호모래섬 및 연육사주 등의 퇴적체가 발달하며, 그림 2에 나타낸 바와 같이 침식형 파랑우세해안은 파랑에너지가 집중되는 곳이나 해안절벽이 특징적으로 존재한다.

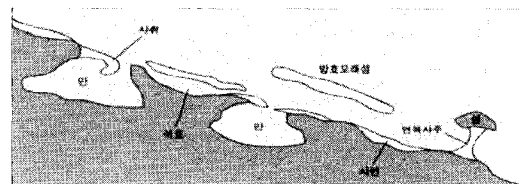


그림 1. 퇴적형 파랑우세해안 평면 모식도

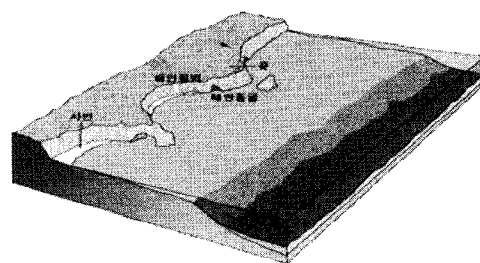


그림 2 침식형 파랑우세해안 모식도

3. 관측실험 및 결과분석

3.1 지상 레이저 스캐닝

본 연구는 부산광역시 기장군 장안읍에 소재한 임랑해수욕장을 대상지로 선정하였으며, 대상지의 그림 3과 같다.

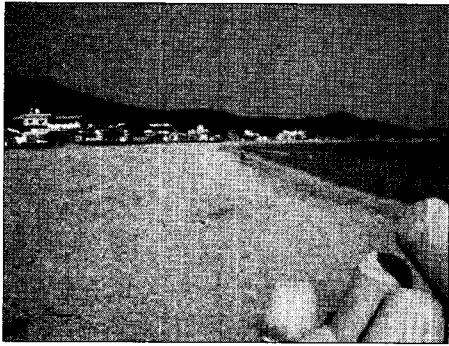


그림 3. 관측 대상 지역

스캐닝 작업에 앞서 기준점 측량을 선행하였으며, 스캐닝을 위한 장비로는 Trimble사에서 제조한 GX 모델을 사용하였다. GX 모델은 TOF 측정원리에 의해 작동하며, 반사강도 18%의 대상물에 대해 약 200m 거리까지 측정이 가능하다.

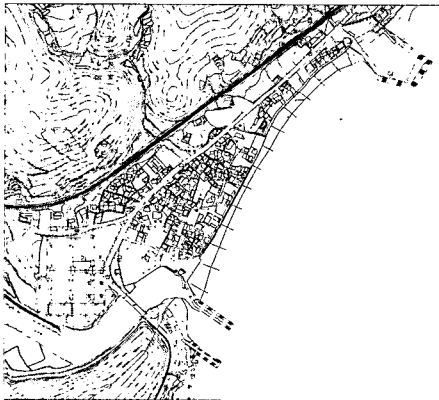


그림 4. 현황측량 및 단면측량 결과

또한 지상 레이저 스캐닝 기법에 의해 취득된 스캔 자료의 정확도를 분석하기 위해 TS 측량에 의한 해안 지형 측량을

병행하여 실시하였다. 해안 지형 측량 이후 현황도를 제작하였으며, 현황도를 이용하여 각각의 횡단면도를 구성하였다. 그림 4는 현황측량 및 단면측량 결과를 나타낸 것이다.

대상 지역의 정밀한 해안 지형 자료를 취득하기 위하여 약 600m의 해안 지형을 5개의 구역으로 나누어 관측하였다. 임랑해수욕장의 우측 방파제를 시점으로 총 1,215,556개의 점 자료를 취득하였다. 지상 레이저 스캐닝에 의해 취득된 자료의 형상 및 대상 전경은 그림 4 및 그림 5와 같다.

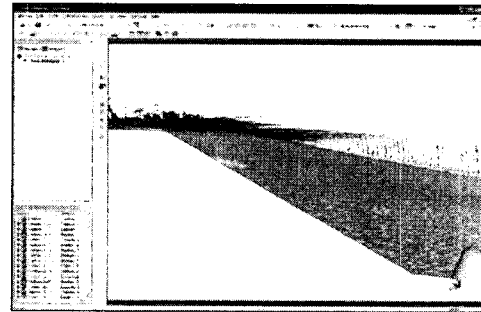


그림 5. 스캐닝 자료의 형상

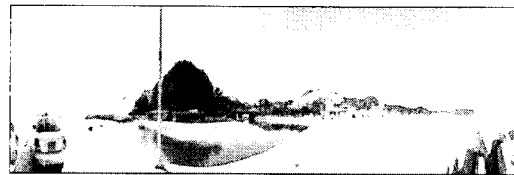


그림 6. 대상 전경

3.2 결과 분석

지상 레이저 스캐닝 기법에 의해 취득된 자료의 정확도를 분석하기 위해 TS 측량에 의한 횡단면도와 비교, 분석하였다. TS 측량 결과를 이용하여 대상 지역을 50m 간격으로 하여 총 14개의 단면을 관측하였으며, 임의 단면의 횡단 형상은 그림 7과 같다.

지상 레이저 스캐닝에서 취득된 자료에 의한 횡단면도 작성은 취득된 자료의 점

밀도가 높기 때문에 운영자에 의해 임의 간격의 단면 결정에 큰 장점을 지닌다.

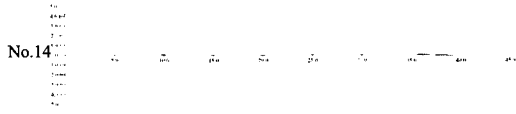


그림 7. TS 측량에 의한 임의 단면 결과

스캐닝 자료의 처리는 Trimble사에서 개발한 RealWorks Survey를 이용하였으며, 본 프로그램은 그림 8과 같이 스캔 자료와 영상 자료의 머징(merging)을 통해 자료 처리의 효율성을 높일 수 있는 특징이 있다.

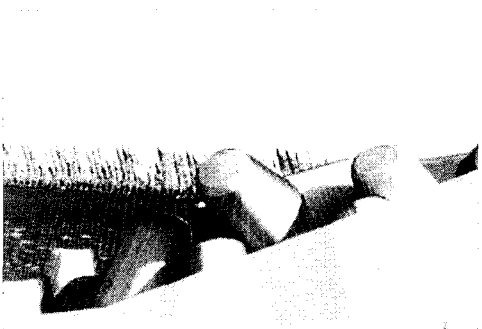


그림 8. 스캔 자료와 영상 자료의 머징

그림 9는 Profile/Cross section 모듈을 이용하여 대상 지역의 횡단 작업을 자동으로 수행한 결과를 나타낸 것이며, 스캐닝 기법에 의해 결정된 임의 단면의 형상은 그림 10과 같다.

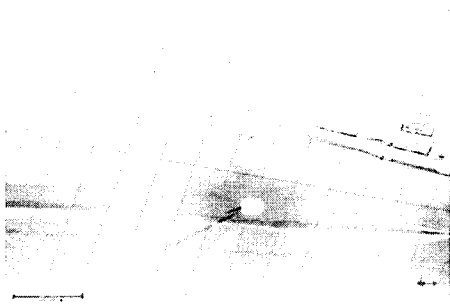


그림 9. 자동 종·횡단 작업 결과

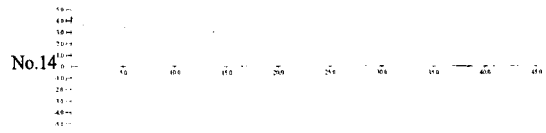


그림 10. 스캐닝 기법에 의한 임의 단면 결과

각 기법에 따른 해안 지형의 모래 체적을 양단면 평균법을 이용하여 산정하였으며, 그 결과는 표 2와 같다. TS 측량에 의한 체적은 45,144.3050m³로 산정되었으며, 레이저 스캐닝 기법의 경우 42,373.50m³로 산정되었다. 레이저 스캐닝 기법의 경우 TS 측량방식에 비해 2,770.80m³ 적은 양으로 결정되었으며, 상대 오차율로 나타내면 6.54%이다.

4. 결 론

지상 레이저 스캐닝 기법을 이용하여 대상 해안 지형 자료를 취득하고, 이를 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 지상 레이저 스캐닝 기법을 이용하여 해안 지형의 해빈 단면 체적을 효율적으로 산정할 수 있었으며, 해안 지형 측량에 있어서 지상 레이저 스캐닝 기법의 활용성이 기대된다.

둘째, 지상 레이저 스캐닝 기법에 의해 취득된 해안 지형 자료는 해안 지형 모델링에 중요한 정보를 제공할 수 있을 것으로 판단된다.

셋째, 지상 레이저 스캐닝 기법을 이용하여 해빈 단면의 체적을 산정한 결과, TS 측량에 의한 경우와 6.54%의 상대 오차율을 나타내었다.

향후, 해양지리공간정보 획득에 지상 레이저 스캐닝 기법을 활용할 경우, 보다 효율적이고 최적화된 기법이라고 판단된다.

표 2. 각 기법별 체적 산정 결과 비교

Total Station				3D Laser Scanning			
측점	거리 (m)	단면적 (m ²)	체적 (m ³)	측점	거리 (m)	단면적 (m ²)	체적 (m ³)
No.1	50	130.39	3,259.75	No.1	50	129.58	3,239.50
No.2	50	93.57	5,599.00	No.2	50	95.67	5,631.25
No.3	50	83.626	4,429.90	No.3	50	70.32	4,149.75
No.4	50	54.215	3,446.03	No.4	50	53.29	3,090.25
No.5	50	40.65	2,371.63	No.5	50	35.87	2,229.00
No.6	50	30.07	1,768.00	No.6	50	30.15	1,650.50
No.7	50	33.86	1,598.25	No.7	50	28.31	1,461.50
No.8	50	43.98	1,946.00	No.8	50	37.26	1,639.25
No.9	50	72.7	2,917.00	No.9	50	64.87	2,553.25
No.10	50	73.31	3,650.25	No.10	50	68.42	3,332.25
No.11	50	65.29	3,465.00	No.11	50	62.88	3,282.50
No.12	50	73.76	3,476.25	No.12	50	66.32	3,230.00
No.13	50	66.37	3,503.25	No.13	50	60.22	3,163.50
No.14	50	82.19	3,714.00	No.14	50	88.62	3,721.00
합계		943.981	45,144.30	합계		891.78	42,373.50

참고문헌

최철웅, 김영섭(2001), 수치항공사진을 이용한 해운대 해수욕장 해안선 변화에 관한 연구, 한국지리정보학회지, 제4권, 제4호, pp.39-50.

이형석, 엄대용, 장은숙(2005), 호안측량에 의한 해안침식 및 퇴적 변화량 모니터링, 한국지리정보학회지, 제8권 2호, pp.186-195.

위광재, 정재욱, 정현, 김용철(2006), 항공 LiDAR 데이터를 이용한 해안선 추출 및 평가, 한국측량학회 춘계학술발표회 논문집, pp.451-456.

최윤수, 황세열, 서병덕, 위광재(2004), LiDAR & SHOALS 기술을 이용한 해안선 측량 및 모니터링에 관한 연구, 한국의 해안선 정립을 위한 워크숍 논문집, pp.137-144.

오윤석(2005), LiDAR와 칼라항공영상을

이용한 산림지역 내 위험지역 판정기법 개발, 박사학위논문, 인하대학교, pp. 38-39.

김진수(2007), 레이저 스캐닝 기법에 의한 도로기하정보시스템 개발, 박사학위논문, 부경대학교.

A. Brzank, P. Lohmann, C. Heipke(2005), Automated extraction of pair wise structure lines using airborne laser scanner data in coastal areas, *ISPRS WG III/3, III/4, V/3 Workshop*, Enschede, Netherlands, September 12-14.