

RTK GPS/GLONASS를 이용한 해안선 경계 추출에 관한 연구

A Study on the Extraction of Coastline using RTK GPS/GLONASS

이종출* · ○ 장호식** · 김진수*** · 이영도****

Lee, Jong Chool · Jang, Ho Sik · Kim, Jin Soo · Lee, Young Do

1. 서론

과학이 발달하면서 무분별한 자연훼손으로 인해 최근 20세기 후반부터 엘니뇨와 같은 자연적인 대규모 기상변동 현상과 이산화탄소나 프로온가스와 같은 온실가스로 인하여 지구온난화가 야기되면서, 전세계적으로 약 10~25cm 상승하였고, 그 중에서 약 2~5cm는 산지 빙하의 융해 결과이고 기타 2~7cm는 바다 온도의 상승으로 인한 확장파와 지하수의 개발 그리고 극지방의 빙하 융해도 역시 바다로 흘러 들어가 해수면이 세계적인 규모로 계속해서 상승하고 있어 점차적으로 해수면이 상승하여 정치적, 경제적, 사회적인 문제점을 야기시키고 있다.¹⁾

따라서, 해수면 상승에 대한 해안선 경계를 명확히 구별하여 해안자원관리 및 해안주위의 안전성과 복원성, 토지이용계획 등에 활용성을 높이고자 한다.²⁾ 기존의 해안선 추출에 대한 연구는 항공사진측량 및 실측을 통하여 진행되었고 최근에는 위성영상을 이용하여 해안선 추출을 하고 있는 추세이다. 그러나 해안현상은 대단히 국지성이 강하므로 각 해안에 대한 정보를 기존의 관측방법으로 해안선을 수치지도에 표시하는데에는 상당한 시간과 많은 비용을 소요되기 때문에 비경제적인 면이 있다고 판단되어 본 연구에서는 현재 많이 이용되고 있는 GPS와 GLONASS 위성자료로부터 실시간 측량에 의해 수치지도를 갱신이나 해수면 상승에 의한 해안선 변화량을 기존의 관측방법보다 편리하게 나타낼 수가 있다고 판단된다.

2. RTK GPS/GLONASS를 이용한 해안선 경계 추출 이론

해안선측량은 해안선의 형상과 그 중별을 확인하여 도면화하기 위한 측량으로 해안선 부근의 육상지형, 소도, 이암, 간출암, 저조선 등도 함께 관측하는 것이 바람직하나, 해안선 및 부근 지형은 일반적으로 사진측량으로 원칙으로 하되 부득이한 경우 사진측량을 할 수 없을 경우에는 실측으로 한다.^{3),4),5)} 본 연구에서는 항공사진측량방법에 의한 해안선 추출 원리를 적용하여 해안선을 추출하였다.

항공사진상에서 나타난 해안선은 수애선이 바로 정의에 맞는 해안선이라면 문제가 없으나 실제로 해수면은 조석현상에 따라 변동을 거듭하므로 촬영 당시 항공사진에 나타난 수애선과 실제 지도상에 표기해야 할 해안선의 관계를 정확하게 규명해 두어야 한다.

그림 1과 같이 고조흔이 없는 지역에서는 촬영시의 조고와 약최고고조면의 조차(l)를 현지의 조석표에서 구하고, 도화기로 해안선과 직각방향의 평균경사각(θ)을 구하여 보정량(s)을 다음 식으로 정한다.

$$s = l \times \cot \theta$$
$$\theta = \tan^{-1}(h/d) \quad (1)$$

그리고, 육지의 표고는 평균해수면으로부터의 높이임에 비하여 해안선과 해저수심은 이보다 높거나 낮은 평균수면을 기준으로 정하고 있으나, 우리나라에서 적용되는 해안선 규정은 측량법에서는 수애선을, 수로 업

* 부경대학교 공과대학 건설공학부 교수 · 공학박사 · 051-620-1449(E-mail:jclee@pknu.ac.kr)
** 부경대학교 대학원 토목공학과 박사수료 · 051-622-1662(E-mail:gpsjhs@mail1.pknu.ac.kr)
*** 부경대학교 대학원 토목공학과 석사과정 · 051-622-1662(E-mail:pkssurveying@mail1.pknu.ac.kr)
**** 동의공업고등학교 토목과 교사 · 051-811-7570(E-mail:leeyb1976@hanmail.net)

무법 수로측량 업무규정에서는 약최고고조면을 해안선으로 정하고 있다.⁶⁾

따라서, 항공사진에 의한 해안선은 약최고고조면을 기준으로 하고 있으므로 본 연구에서도 해안선은 해면이 약최고고조면에 달하였을때의 육지와 해면의 경계로 표시하였다.

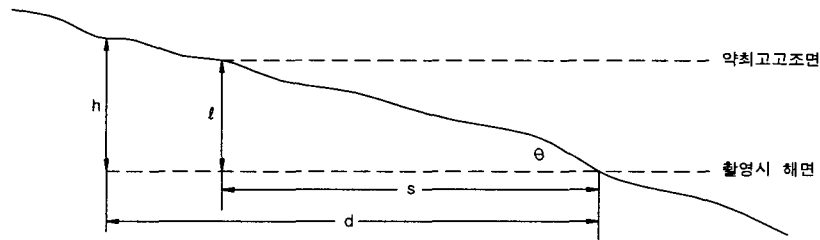


그림 1. 조차보정에 의한 해안선 결정³⁾

3. 관측방법

3.1 관측대상위치의 현황

본 연구 대상지역은 그림 2와 같이 부산광역시 수영구 광안2동에 있는 광안리 해수욕장으로, 해운대 해수욕장의 서쪽에 위치하고 있으며, 총면적 82,000m², 길이 1.4km, 넓이 64m의 질 좋은 모래사장으로 되어 있으나, 최근 광안대교의 공사로 인하여 beach cusp 지형 및 해변유실 그리고 해안선이 감소하고 있는 실정이다.



그림 2. 관측대상지역

본 연구에서 사용된 기준점은 표 1과 같이 현재 광안대교현장에서 사용하고 있는 기준점 성과이다.

표 1. 기준점

측점	X좌표(m)	Y좌표(m)	H(m)
1	182320.447	210657.837	4.7643
2	182993.645	210669.659	4.7896
3	183756.310	211281.373	4.1737



그림 3. 기준점에 설치된 GPS/GLONASS Receiver

이를 기준점을 이용하여 본 연구에서는 실시간으로 측량하는 GPS/GLONASS로 해안선 경계를 나타내기 위해 현재 사용중인 1:1,000의 수치지형모델을 이용하여 약최고고조면일 때의 해안선인 고조흔 따라 해안선을 관측하였고, 임의의 시간대에 있어서의 해수면과 만나는 경계선 따라 해안선을 각각 측량하였다. 그리고 조위표에 의한 높이를 고려하여 임의의 시간대에 측량되어진 해안선을 표현하였을 때, 약최고고조면일 때의 해안선과 조석표에 의해 변환된 해안선의 차이를 확인하고자 한다.

본 연구에서 사용되는 조석관측치는 부산항내에 위도 35° 06' , 경도 129° 02' 에 위치하고 있는 검조소에

관측된 자료를 이용하였으며 평균해수면의 높이는 0.649m이다.⁷⁾

3.2 관측장비의 제원 및 관측방법

관측에 사용된 장비의 수신기는 L1/L2, C/A-code와 P-code 및 수신할 수 있는 20개 채널의 JAVAD 제품이며, 안테나는 외부형타입 Legant 제품을 사용하였다. 수평위치정도는 2주파수를 사용하였을 때, 기준점에 대하여 10mm+1.5ppm, 수직 위치정도는 20mm+1.5ppm 이다.

관측시스템은 그림 3과 같이 관측 대상 해안선 인근에 기준점으로 사용중인 3점(표. 1)을 이용하여 대상지역의 초기화시킨 뒤에 일정한 보폭으로 해안선의 고조흔, 즉 파고의 흔적이 있는 해안선따라 측정한 뒤에 임의의 시간에 따른 조위에 대하여 해안선을 각각 측량을 하였다.

표 2. 축척별 위치오차(국립지리원, 1988)⁸⁾

축척	평면위치오차	표고위치오차
1 : 500	+/- 0.25m 이내	+/- 0.25m 이내
1 : 1,000	+/- 0.70m 이내	+/- 0.33m 이내
1 : 2,500	+/- 1.75m 이내	+/- 0.66m 이내
1 : 5,000	+/- 3.50m 이내	+/- 1.66m 이내
1 : 10,000	+/- 7.00m 이내	+/- 3.33m 이내

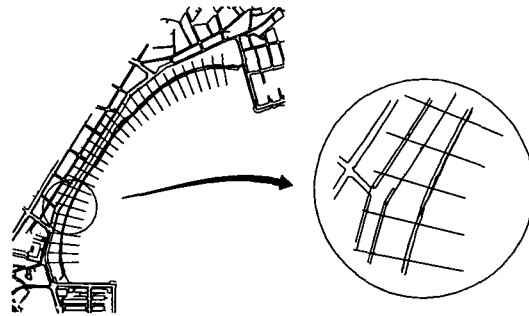


그림 4. 수치지형도 해안선

4. 관측결과 및 분석

RTK GPS/GLONASS에 의한 방법으로 최고만조수위에 따른 해안선을 측위하였고, 이를 기준으로 하여 임의의 시간에 측위된 해안선으로 부터 직각방향으로 이루어진 수평길이를 나타내었다. 그리고 이 수평길이와 두 해안선이 관측된 조위의 차로부터 해안경사를 나타내었다. 계산되어진 해안경사로부터 어느 시간에 있어서의 해안선을 측정하고, 그 해안선에 대한 조차를 해안선 길이로 변화하였을때 자료값을 표 4와 같다.

관측결과의 비교 방법은 만조수위일 때 해안선을 기준으로 임의의 시간에 관측된 해안선에 대하여 수평거리를 나타냈을 때와 조위에 의해 변화된 해안선과의 차로로서 비교하였으며, 그 오차범위는 표 2와 같이 국립지리원에서 적용하고 있는 축척별 위치오차를 기준으로 하였으며, 표본 자료는 그림 4와 같이 해안선에 인접한 도로 및 상가건물의 경계를 기준으로 하여 등간격으로 30개의 기준선을 설정하였다.

표 4. 관측결과 및 분석

기선	해안선 길이	만조위	관측조위	조차	해안 경사	임의의 조차	변환된 길이	실측	차이	조위 1.28m에 대한 수치지도 해안선과의 거리	평균해수면(0.649m)일 때 해안선 거리(0.571)	수치해안선과 평균해수면과의 거리 차
1	5.58	1.28	0.77	0.51	5° 13' 20"	1.07(0.21)	2.30	2.75	0.45	-10.22	6.25	-3.97
2	4.65	1.28	0.77	0.51	6° 15' 33"	1.06(0.22)	2.01	2.33	0.32	-7.89	5.21	-2.68
3	5.47	1.27	0.76	0.51	5° 19' 36"	1.06(0.21)	2.25	2.67	0.42	-6.53	6.12	-0.41
4	5.88	1.27	0.76	0.51	4° 57' 26"	1.05(0.22)	2.54	2.95	0.41	-3.26	6.58	+3.32
5	4.93	1.27	0.75	0.52	6° 01' 16"	1.04(0.23)	2.18	2.56	0.38	-0.27	5.41	+5.14
6	3.42	1.27	0.75	0.52	8° 38' 44"	1.04(0.23)	1.51	1.72	0.21	-0.08	3.76	+3.68
7	4.89	1.26	0.74	0.52	6° 04' 12"	1.03(0.23)	2.16	2.41	0.25	-4.61	5.37	+0.76
8	4.93	1.26	0.74	0.52	6° 01' 16"	1.03(0.23)	2.18	2.40	0.22	-4.13	5.41	+1.28
9	5.10	1.26	0.73	0.53	5° 55' 59"	1.02(0.24)	2.31	2.69	0.38	-4.09	5.49	+1.40
10	5.02	1.26	0.73	0.53	6° 01' 37"	1.02(0.24)	2.27	2.60	0.33	-2.86	5.41	+2.55
11	5.69	1.26	0.72	0.54	5° 25' 17"	1.01(0.25)	2.63	3.01	0.38	-3.25	6.02	+2.77
12	5.42	1.26	0.72	0.54	5° 41' 23"	1.01(0.25)	2.51	2.86	0.35	-8.41	5.73	-2.68
13	5.23	1.25	0.71	0.54	5° 53' 42"	1.00(0.25)	2.42	2.73	0.31	-12.16	5.53	-6.63
14	4.56	1.25	0.71	0.54	6° 45' 13"	1.00(0.25)	2.11	2.30	0.19	-10.46	4.82	-5.64
15	5.84	1.24	0.70	0.54	5° 16' 58"	0.99(0.25)	2.70	3.09	0.39	-9.19	6.18	-3.01
16	5.32	1.24	0.70	0.54	5° 47' 45"	0.99(0.25)	2.46	2.71	0.25	+5.27	5.63	+10.9

17	5.62	1.24	0.69	0.55	5° 35' 22"	0.98(0.26)	2.66	2.88	0.22	+6.25	5.83	+12.08
18	4.37	1.23	0.69	0.54	7° 02' 40"	0.98(0.25)	2.02	2.21	0.19	+8.16	4.62	+12.78
19	7.88	1.23	0.68	0.55	3° 59' 33"	0.97(0.26)	3.73	4.18	0.45	-0.99	8.18	+7.19
20	6.23	1.23	0.68	0.55	5° 02' 42"	0.97(0.26)	2.95	3.33	0.38	+3.47	6.47	+9.94
21	7.56	1.22	0.68	0.54	4° 05' 08"	0.96(0.26)	3.64	4.16	0.52	+3.63	7.99	+11.62
22	6.51	1.22	0.68	0.54	4° 44' 30"	0.96(0.26)	3.13	3.59	0.46	+3.45	6.88	+10.33
23	5.76	1.21	0.67	0.54	5° 21' 21"	0.96(0.25)	2.67	2.91	0.24	+5.64	6.09	+11.73
24	7.09	1.21	0.67	0.54	4° 21' 20"	0.95(0.26)	3.41	3.79	0.38	+4.22	7.50	+11.72
25	7.51	1.21	0.66	0.55	4° 11' 19"	0.95(0.26)	3.55	4.08	0.53	+4.86	7.80	+12.66
26	10.56	1.20	0.66	0.54	2° 55' 38"	0.95(0.25)	4.89	5.29	0.40	+2.87	11.17	+14.04
27	10.28	1.20	0.65	0.55	3° 03' 45"	0.94(0.26)	4.86	5.29	0.43	+1.86	10.67	+12.53
28	13.47	1.20	0.65	0.55	2° 20' 17"	0.94(0.26)	6.37	6.59	0.22	-1.01	13.99	+12.98
29	15.36	1.19	0.64	0.55	2° 03' 03"	0.93(0.26)	7.26	7.72	0.46	-4.55	15.95	+11.4
30	12.75	1.19	0.64	0.55	2° 28' 12"	0.93(0.26)	6.03	6.18	0.15	-3.86	13.24	+9.38
Σ									0.34			

표 4에서와 같이 해안 경사각은 30개의 기준선에 대하여 2° 03' ~ 8° 39' 사이의 완만한 경사로 이루어져 있으며, 조위차에 대하여 변환된 해안선 길이와 관측된 해안선 길이의 차이는 0.15m ~ 0.53m로 평균 0.34m의 차이를 나타내고 있으며 이는 대한민국 국립지리원에서 규정하고 있는 수치지도 축척별 위치오차인 ±0.70m 이내에 만족함을 알 수가 있었다. 또, 수치지도(1995년)에 있는 해안선과 평균해수면과의 거리 관계를 나타낸 결과, 조위 1.28m에 대하여 수치지도상의 해안선과는 침식(-)이 -0.08m ~ -12.16m까지 발생하였으며, 퇴적(+)은 +1.86m ~ 8.16m까지 발생하였다. 그리고 평균해수면에 대하여 수치지도의 해안선과는 침식(-)이 -0.41m ~ -6.63m까지 나타났으며, 퇴적(+)은 +0.76m ~ +14.04m까지 나타났다. 위 사실로부터 현재 광안리 해수욕장의 침식 및 퇴적 현상은 북동쪽 해변가는 퇴적현상이 진행중이며, 남서쪽으로는 침식현상이 진행하는 것으로 나타나져 있다.

5. 결 론

본 연구에서는 해안선을 추출하기 위해 항공사진측량원리를 적용하여 수치지도상에 있는 해안선과 비교 검토한 결과 RTK GPS/GLONASS의 측위방법으로 30개의 기준선에 대하여 수치지도 1/1,000에서 가지는 평면위치오차 범위인 ±0.7m내에 만족하였고, 0.34m의 평균오차를 나타내었다. 그리고 수치지형모델 보정이나 지구온난화로 인한 해수면 상승에 있어서 해안선 변화를 기존의 관측방법보다 편리하게 실시간으로 나타낼 수가 있었다. 또한, 해안선 유지관리차원에서 백사장의 모래 유실로 인한 해변 감소량을 실시간으로 나타낼 수가 있다고 판단된다.

참고문헌

1. IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change), 1990: Climate Change: the IPCC Scientific Assessment, J.T. Houghton, G.J. Jenkins and J.J Ephraums (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, UK.
2. 양인태, "동해안의 측지학적 특성에 의한 해안선 변화와 그의 예측을 위한 수치모델에 관한 연구", 한국과학재단, 1990, p. 17-32.
3. 유복모, "측량학원론(Ⅱ)", 1995, pp. 284-291.
4. 이석우, 김근식, "해양측량학", 1996. pp. 149-158.
5. 박경원 외3인, "항공사진을 이용한 광안리 해수욕장에 해안선변화에 관한 연구", 대한원격탐사학회, 2001 춘계학술발표회논문집, pp. 122-127.
6. 수로업무법, 교통부수로국, 1980.
7. http://www.knto.or.kr/Korean/tour/sight_detail.jsp?i_seqno=1948&i_type=3&i_areacode=6#
8. 김계현, "GIS 개론(2판)", 대영사, 2000. p. 81