

해안선 모니터링 기법에 관한 연구 A Study on the Monitoring Method of Shoreline

김인호¹, 이정렬²
In Ho Kim¹, Jung Lyul Lee²

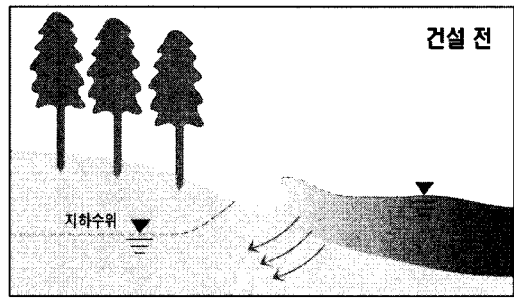
1. 서 론

최근 해안도로 및 해안건축물 등이 해안선에 인접하면서 이를 지탱하기 위한 seawall의 설치가 불가피하고 이러한 seawall의 설치는 구조물 전면 토사의 안정적 퇴적환경의 변화와 토사의 유동화, 그리고 이상 파랑의 내습시 반사파 등의 영향으로 치유 후에도 반복적인 토사의 유실이 빈번히 발생한다.

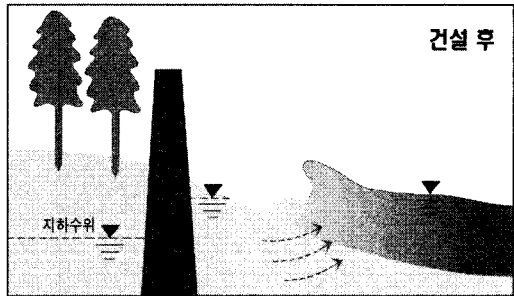
구조물이 들어서기 전에는 기존의 해수면보다 보통 낮게 위치한 지하수위로 인하여 모래 틈으로 해수 유입이 허용되는 토사의 안정적 퇴적환경이 이루어졌으나 구조물이 들어서면 지하수위와의 차단으로 최고 해수면의 수위가 모래 해안에 형성되어 토사가 좀 더 유동화되며 또한 반대 방향으로의 해수 흐름으로 토사가 불안정한 토사의 침식환경이 초래될 수 있다(Fig. 1(가)). 이러한 환경이 지속되면 지속적인 토사의 유실로 Fig. 1(나)와 같이 구조물에 직접 파랑이 부딪혀 반사파가 발생하는 최악의 경우까지 도달되며 이러한 반사파 환경에서는 seawall에 인접한 대부분의 모래가 유실되고 주변 해안의 모래를 끌어들이어 외해로 내보내는 블랙홀 역할을 할 수 있다.

따라서 해안에 인접한 seawall이 파랑의 영향권에서 벗어났다고 판단되더라도 지하수위의 차단을 초래할 만큼 너무 해안선에 인접하여 축조되지 않도록 주의할 필요성이 있다. 비록 내륙의 지하수위와 차단되더라도 새로 형성되는 해수의 지하수위가 이상 기후시의 지하수위 변동 영향권

에서 충분히 벗어나 안정적인 지하수위가 형성될 수 있도록 충분한 해빈 폭의 확보가 필요하다.



(가)



(나)

Fig. 1. Seawall 설치 후 지하수위 차단으로 인한 토사 유동화 및 유실

본 연구는 실용적으로 사용될 수 있는 해안선 모니터링에 위한 기법들을 조사함으로써 해안선 침식 및 퇴적에 대한 효과적인 측정방법들을 제시하고자 한다.

¹ 강원대학교 건설방재공학과 교수

² 성균관대학교 사회환경시스템공학과 교수

2. 해안선

해안선은 일정한 선이 아니라, 부단히 변동하므로 우리나라의 경우 해안선의 정의는 Table 1에 제시된 바와 같이 확정된 규정이 없다. 그러므로 각 분야에서 개별적으로 해안선을 정의하여 사용하여 왔다(한국해양-해양공학회, 2003). 본 연구에서는 MHWL과 해빈이 접하는 선을 해안선으로 한다. 참고로 1984년에 제작된 'Shore Protection Manual'에 의하면, 해안선(shoreline)을 "The intersection of a specified plane of water with the shore or beach. The line delineating the shoreline on natural ocean service nautical charts and surveys approximates the mean high water line."로 정의하고 있다.

여기서 Mean high water level(MHWL or MHW)은 통일된 기준면이 없으나 일반적으로 고조위의 평균으로서 편의상 조화상수를 이용하여 평균해수면에 평균 조차의 반을 더한 면으로 하기도 한다. 관측 해역의 평균해면은 약최저저조위보다 18.66cm 위이고 평균조차는 12.7cm이다. 따라서 평균해면(MSL)과 평균고조위(MHWL)의 차이는 6.35cm로 경사 10°인 해안에서 36cm의 수평거리의 차이를 보이므로 비교적 작다. 사용된 DGPS의 오차범위인 40cm 보다도 작은 값이다.

Table 1. 우리나라 해안선의 정의

구분	정의
연안관리법	바닷가와 바다의 경계인 만조수위선
지형도	지도상 육지와 바다의 경계인 만조시의 수애선
해도	해면이 약최고고조면에 달했을 때 육지와 해면과의 경계
해안공학	파랑이나 조석의 작용이 미치는 한계선

3. 해안선 측량

3.1 DGPS 측량

해안선 변화를 추정하기 위하여 DGPS를 휴대하고 해안을 따라 쇄파대(swash zone)의 중간을 걸

으면서 약 1초 간격의 해안선 경-위도 좌표 자료를 취득하였다.

해안선 측량은 Trimble사의 DGPS를 사용하여 실시하였다. DGPS 기계에 대한 정보는 Table 2에 제시하였다. DGPS의 측정 오차는 위성이 6개 이상 수신되었을 경우 약 30cm 이내로 들어온다. 본 연구 대상 지역이 해안가이므로 주변에 전파를 방해할 구조물이 없다고 판단되며, 매 측정 시 위성의 수신 개수가 8-10개 정도였으므로 본 연구에서 사용된 자료는 오차 범위가 30cm 이내인 것으로 사료된다.

Table 2. DGPS 정보

Trimble R3 L1	
Number of Receiver	12-channel
Updating Rate	20hz for real-time
Type of Output	Position & Raw data
Differential Accuracy	Better than 30cm
Re-acquisition Time	Less than 1 seconds

측량 방법은 DGPS를 휴대하여 해안선을 따라 걸으면서 측정하고자 하는 지역의 경-위도 자료를 수신 받는다. 이 때 동일 지역을 주기적으로 측량할 때 방파제와 같은 고정 구조물을 측량하여 매 측량시의 오차 발생 정도를 확인하였다.

파랑은 쇄파고 1m 이내인 경우에 관측이 수행되어 setup이 낮고 파고의 관측 및 setup 예측 기술의 신뢰가 아직 낮아 setup의 영향은 무시되었다.



(가)

(나)



(다)

Fig. 2. DGPS 장비와 측량 광경

3.2 해변 단면 측량

해빈 단면측량은 육상부분과, 해상부분 그리고 두 영역이 만나는 쇄파대의 세 영역으로 나누어서 실시된다. Fig. 3와 같이 육상부분에서는 기준점으로부터 정복을 기준으로 하여 주어진 기준점에 맞는 방향을 설정한 후(토탈 스테이션이나 레벨기 이용) 그 단면 측량을 기준선상의 지점들을 측정하면 된다. 육상부분의 측량에서 동일간격으로 측량하기보다는 경사의 변화가 생기는 지역을 잘 살펴서 측량하는 것이 좋다.

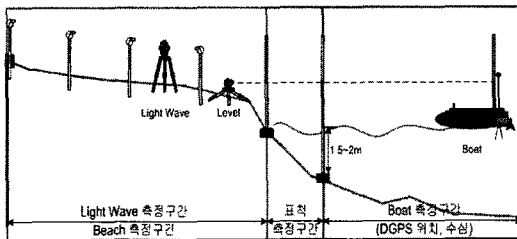


Fig. 3. 해변단면 측량의 모식도

해상구간은 보트를 이용해서 측량하는데 보트는 어군탐지기와 GPS가 설치되어 있는 보트를 사용하거나 음향측심기(Echo Sound)를 사용한다. GPS를 통해서 수심측량지역의 위·경도에 해당되는 정보와 그 지점에서의 수심을 함께 저장한다. 수심 12~15m 지점으로부터 육상쪽 기준점 방향으로 들어오면서 일정한 간격별로 기록하면 된다. 수심 1.5-2m 정도가 보트로 측량할 수 있는 한계수심이다. 한계수심이내의 지역은 표적 측정구간이지만 한계수심보다 깊은 지역에서 표적을 이용하여

수심과 표적간의 관계를 확인해보는 것도 데이터의 신뢰도를 높이기 위해서 필요하다.

파도가 치는 쇄파대 즉, 표적측정구간이 가장 측량하기 힘든 구간인데 이 구간은 레벨기와 거리 측정기를 사용해서 측량한다. 보트를 해안에 정박시킨 후, 보트의 앞과 옆, 뒤에서 각각 표적과 레벨기를 이용해서 측정하고, 위에서 언급했듯이 수심 1.5-2m 지점과 중복해서 측정한다. 특히 이 구간에서 Longshore Bar 같은 지형을 잘 확인하는 것이 중요하다.

표사 이동 연구를 위한 현장 관측은 Fig. 4에 제시한 바와 같이 Land Survey와 Offshore Survey로 나뉜다(Nordstrom and Inman, 1975). Offshore Survey는 보트를 이용하여 측량을 하는 것이고, Land Survey는 레벨과 트랜싯을 이용하여 측량하는 것을 말한다. 모든 측량은 정확한 기준점(Bench mark)을 설정한 후 이루어져야 한다. 현장 관측 기법으로 1956년 Inman과 Rusnak에 의해 구분된 Wading과 Boat Surveys의 특징은 Table 1에 제시하였다(Dean and Dalrymple, 2002).

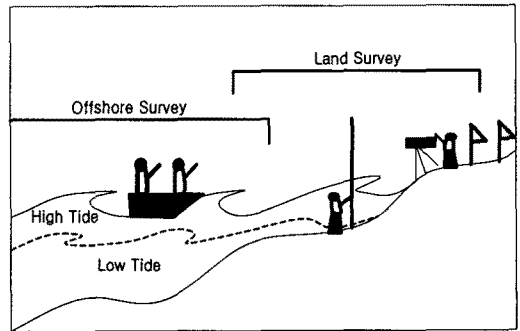


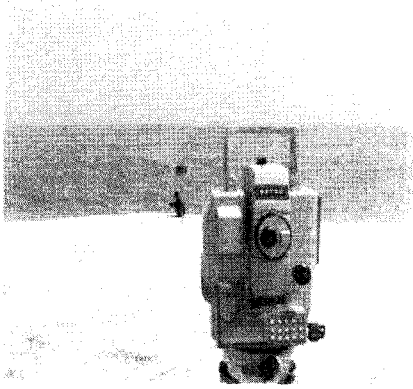
Fig. 4. 해안 현장 관측 기법(Nordstrom and Inman, 1975)

Table 1. 현장 관측 기법의 종류

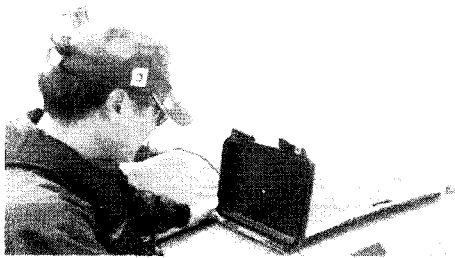
Beach Profile Measurements	
Wading & Boat Surveys	Wading Surveys
	Boat Surveys
Other Profiling Methods	Instrument Measurements
	Diver-Measured Elevations



(가)



(나)



(다)

Fig. 5. 해빈단면측량(profile surveying)

단면 측량의 또 다른 방법으로는 정밀 기계를 이용하거나 잠수 전문가에 의해 관측되는 것이 있다. 정밀 기계를 이용한 것으로는 1984년에 미공병단(U.S. Army Corps of Engineers)에 의해 개발된 CRAB(Coastal Research Amphibious Buggy)이 사용되었다. 이 기계는 2m의 파고 하에서도 수심 8m까지 해빈 단면을 잴 수 있고, 최근에는 GPS를 장착하여 측량 오차를 $\pm 3\text{cm}$ 로 줄였다.

3.3 레이저측량

1990년 Optec과 1996년 Lillycrop, Parson 그리고 Irish에 의해 개발된 방법으로 헬리콥터나 비행기에 Airborne Laser Technologies를 장착한 후 해저면을 관측하는 방법이 있다. 이 방법은 넓은 지역을 한 번에 측량할 수 있다는 장점이 있으며, 실제로 1997년에 Irish와 Lillycrop이 플로리다의 New Pass지역에 SHOALS(scanning Hydrographic Operational Airborne Lidar survey) 시스템을 적용하여, 시간당 평방 5km의 지역에 대한 수직적인 정밀도 $\pm 15\text{cm}$, 수평적인 정밀도는 $\pm 3\text{cm}$ 로 관측 데이터를 획득하였다.

좁고 긴 해빈지역의 경우 항공 LiDAR를 이용하는 방법이 가장 효율적이지만 경제적, 군사적, 시간상의 여건으로 볼 때 Fig. 6와 같이 지상레이다를 연계한 지상작업도 하나의 대안이 될 수 있을 것이다.



Fig. 6. 지상레이저스캐너(Imaging Station)

4. 결 론

해안에 대한 인내가 필요하다. 해안선 변화는 다양한 원인에 의하여 발생하지만, 자연은 평형을 회복하려고 노력하고 있다. 이러한 시간은 짧게는 수 주일에서 길게는 수 년 간이 걸릴 수가 있다. 따라서 지역민, 관 및 언론을 비롯하여 전문가들조차도 자연의 움직임에 눈귀를 기울여야 한다.

본 연구에서 제시된 해안선 모니터링에 대한 기법들은 실질적으로 사용되고 있는 것으로서 직접적으로 자료를 획득할 수 있는 효과적인 방법들이다. 하지만 다소 물리적 또는 경제적으로 부수적 영향이 동반될 수 있다. 따라서 해안선 모니터링 측정에 보다 효율적인 기술 개발에 대한 연구 진행이 다방면으로 필요하다고 사료된다.