

## 무인 영상 관측 시스템을 이용한 해안선 변화 관측 Shoreline Change Observation Using a Unmanned Camera Monitoring System

김태림<sup>1</sup>, 남수용<sup>2</sup>, 최금인<sup>3</sup>, 황준<sup>4</sup>, 강태순<sup>5</sup>, 김태화<sup>6</sup>

Taerim Kim<sup>1</sup>, SooYong Nam<sup>2</sup>, GuemIn Choi<sup>3</sup>, Jun Hwang<sup>3</sup>, TaeSoon Kang<sup>2</sup> and TaeHwa Kim<sup>2</sup>

### 1. 서 론

최근 우리나라의 해안은 자연적인 요인과 함께 간척 사업, 항만 건설과 같은 인공적인 연안 개발에 따른 직/간접적인 영향으로 해안선의 심각한 변화가 일어나고 있다. 동해안의 경우 계속적인 연안정비사업에도 불구하고 대부분의 백사장에서는 이미 자갈화와 함께 해안선 후퇴가 발생하고 있으며 우리나라의 대표적인 해수욕장인 해운대 백사장에서도 매년 양빈 등을 통하여 백사장 복구를 하고 있다. 서해안은 어항 및 항만매몰이 문제시되고 있으며 주변 여러 백사장은 심각한 모래 유실이 보고되고 있다. 특히 해사채취 해역에서는 어획 감소와 같은 환경피해와 함께 인근 섬의 백사장이 이미 황폐화되어 가고 있다.

연안의 침식/퇴적에 의한 해안선 변화는 여러 복합적인 요인에 의하여 발생하며 많은 경우에 있어서 정확한 원인 규명을 하기 어려운 경우가 많다. 일반적으로 백사장의 경우 겨울철에는 주로 침식현상에 의하여 해안선이 후퇴하고 여름철에는 퇴적현상에 의한 해안선의 전진이 이루어짐으로서 계절적으로는 변화가 나타나지만 장기적으로는 평형상태를 유지하게 된다. 그러

나 큰 태풍이 내습하여 자연적으로 복구되지 못할 정도의 모래 유실이 발생하거나 지속적인 해수면 상승이 발생하게 되면 침식으로 인한 해안선의 변화는 복구되지 못한다. 또한 방파제나 도류제 등과 같은 연안에서의 인공 구조물의 건설은 자연 상태의 평형 상태를 파괴시키므로 그 현상을 가속화시키기도 한다. 이러한 해안 지형 변화에 대한 여러 요인을 밝히기 위해서는 파랑과 연안류와 같이 해안에 가해지는 외력의 여러 요소에 대한 지속적인 관측과 함께 해안지형 변화에 대한 장기 모니터링이 이루어져야 한다. 이를 통하여 자연 그대로의 해안지형 변화의 특성을 이해하고 추가적인 인공 구조물에 의한 변화 요인도 분석이 가능할 것이다. 현재와 같이 이미 해안 침식이 발생하거나 백사장 유실이 진행된 후에는 여러 요인이 복합적으로 작용하고 있기 때문에 정확한 원인을 규명하는 데는 많은 어려움이 따른다.

해안 지형 변화에 대한 모니터링은 직접 현장에 인력을 투입하여 이루어지기도 하고 최근에는 항공사진이나 위성 영상 자료를 이용하기도 한다. 위의 방법들은 모두 방법 자체의 장점을 갖고 있지만 해안선의 장기 관측에 있어서 중요한 요소인 무인 관측과 자동 관측이라는

1 군산대학교 해양시스템공학과 교수

2 (주)지오시스템리서치 전무이사

3 해양수산부 해양정책국 연안계획과 사무관

4 해양수산부 해양정책국 연안계획과 주임

5 (주)지오시스템리서치 차장

6 (주)지오시스템리서치 과장

측면에서는 상당히 취약하다. 특히 우리나라 남해안은 물론 서해안과 같이 조석의 변화가 큰 연안에서는 관측 시기에 따라 해안선의 변화가 크게 변하기 때문에 장기간 지속적으로 일관성 있는 자료를 축적하기에는 많은 어려움이 따른다.

디지털 영상 기술의 발달 및 처리 기술의 발달은 이를 여러 자연 현상에 적용하여 정성적인 분석뿐만 아니라 정량적인 분석도 가능하게 하였다. 또한 통신 기술의 발달은 위치에 관계없이 관측 영상의 전송을 가능하게 하였을 뿐만 아니라 관측 장비의 조정도 가능하게 하였다. 이러한 기술은 장기적이고 연속적인 관측이 필요한 해안선 관측에 효과적으로 활용될 수 있다. 이미 미국에서는 1980년대 초부터 비디오 영상을 이용하여 연안의 물리 현상을 관측하기 시작하였고(Holman and Guza, 1984) 현재는 ARGUS(그리스 신화에 나오는 눈이 100개 달린 거인)라는 사업으로 미국은 물론 호주 및 유럽의 여러 해안의 변화를 영상 관측하고 있다.

본 연구에서는 최근에 우리나라에서 실시되고 있는 연안침식 모니터링 방법 중의 하나인 비디오 영상을 이용한 해안선 변화 관측에 대하여 소개한다.

## 2. 본 론

### 2.1 비디오 모니터링 시스템

해안선 변화 관측을 위한 비디오 모니터링 시스템은 크게 비디오카메라, 컴퓨터 그리고 네트워크의 세부분으로 구성된다(Fig. 1). 비디오카메라의 경우 평균 영상 및 동영상 촬영의 필요성에 따라 일반 CCTV 카메라를 사용하고 있으며 이러한 카메라에서 촬영된 아날로그 영상은 컴퓨터에 설치한 디지털타이저에 의하여 디지털 영상으로 변환된다. 또한 컴퓨터에는 자동 영상 관측을 위한 프로그램이 설치되어 있어서 정해진 스케줄에 따라서 원하는 영상을 촬영할 수 있도록 한다. 현장에서 촬영된 영상은 네트워크(LAN)선을 통하여 원격지 실험실 서버로 전송되어 영상 처리 및 분석이 이루어지며 또한 인터넷을 통하여 관측 및 검색이 가능하게 한다.

### 2.1 영상 처리 및 분석

관측영상의 분석은 크게 두개의 과정으로 나누어지는데 그 첫 번째는 영상처리를 통하여 해안선

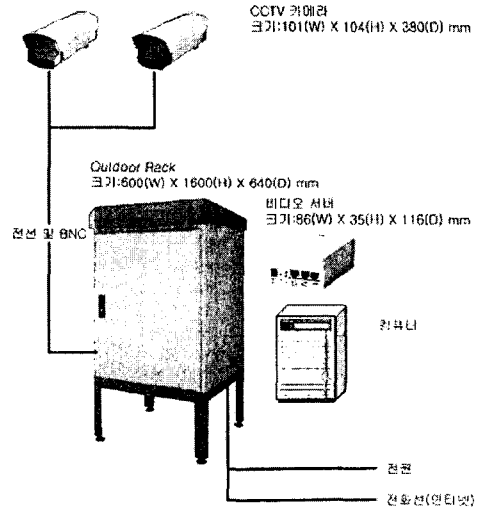


Fig. 1 비디오 모니터링 시스템 구성

의 위치를 자동 추출하는 것이고, 두 번째 과정은 좌표조정을 이용한 기하 보정을 통하여 지도와 같은 정사 영상을 생성하는 것이다. 이와 같이 처리된 영상에서는 영상에 나타난 모든 지점에 대한 실제 거리의 계산이 가능하기 때문에 일정한 기준선에 대한 해안선 변화 혹은 백사장의 면적 등에 대한 정량적인 추산이 가능하다. Fig. 2는 영상처리 및 분석 과정을 흐름도로 나타낸 것이다.

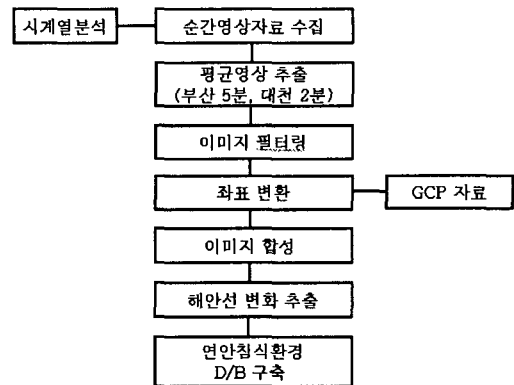


Fig. 2 영상 처리 및 분석 과정

현장의 카메라에서 관측 계획에 따라 순간 영상, 일정 시간 동안의 평균 영상 그리고 동영상들이 촬영되며 이러한 영상들은 원격지의 실험실 서버로 전송되어 필터링이나 좌표변환 그리고 영상 합성과 같은 영상처리가 이루어진다. 영상의 좌표변환은 기하 보정을 통하여 빗각

촬영된 경사 영상이 지도와 동일한 좌표를 갖도록 처리하는 과정을 의미한다. Fig. 3은 기하 보정의 한 예로서 빗각 촬영된 영상 Fig. 3(c)를 기하 보정을 통하여 Fig. 3(a)와 같이 변환 것이다. Fig.3 (b)는 (a)의 직사각형을 확대한 것으로 각 화소의 크기는 실제 거리에 대하여 일정한 축척으로 나타내어지므로 영상에서 원하는 두 지점간의 거리는 두 지점 사이에 있는 화소의 숫자만 알면 자동적으로 계산할 수 있다. 따라서 해안에 촬영된 평균 영상에서 해안선을 자동 추출한 후 그 위치의 변화를 자동적으로 계산하면 시간에 따른 해안선의 변화를 분석할 수 있다.

## 2.2 비디오 모니터링 운용 예

현재 영상을 이용한 무인 관측 시스템이 운용되고 있는 사이트는 서해안의 대천 해수욕장과 부산 해운대 해수욕장이다. 두 곳 모두 우리나라의 서해안과 남해안의 대표적인 백사장이고 국민들의 관심과 이용도가 매우 높은 곳이다. 또한 해운대 백사장의 경우 모래 유실로 인한 문제로 인하여 매년 일정량의 모래를 양분하고 있는 실정이며 대천 백사장의 경우에도 모래 유실 문제가 계속 보고되고 있다.

대천 해수욕장은 그 길이가 약 3 km이며 조개 껍질 모래로 구성되어 있다. 특히 해변 중앙부 조간대의 돌출된 암반으로 인하여 자연 톱블로와 같은 지형의 발달로 북쪽 백사장과 남쪽 백사장으로 나누어져 전체 백사장을 조망하기는 어려운 환경이다. 또한 남쪽 백사장의 경우 호안 배후 건물이 낮아서 카메라를 설치할 적절한 위치 선정이 어렵다. 본 연구의 영상을 이용한 해안선 변화 관측의 경우 높은 고도에서 관측하는 것은 매우 중요한 요소로서 정확한 관측을 위해서는 필수적으로 해결하여야 할 문제이다. 대부분의 유명 백사장의 경우에 이미 주변에 높은 건물의 배후 단지가 조성되어 있어서 이를 활용하면 가능하나 고도 제한 등의 문제나 혹은 아직 개발이 이루어지지 않은 백사장의 경우에는 이에 대한 대책이 필요하다.

대천 백사장의 경우 Fig. 4와 같이 북쪽 백사장의 경우에는 중앙에 위치한 가장 높은 건물 옥상에 세대의 카메라를 설치하였으며 남쪽 백사장의 경우에는 그 중앙에 별도의 모니터링 타워를 설치하여 그 위에 세대의 카메라를 고정하여 전 백사장을 관측할 수 있도록 하였다. Fig. 5는 모니터링 타워를 설치하는 과정을 보여주는 사진이다. Fig.



Fig. 3 대천해수욕장의 비디오 모니터링 시스템

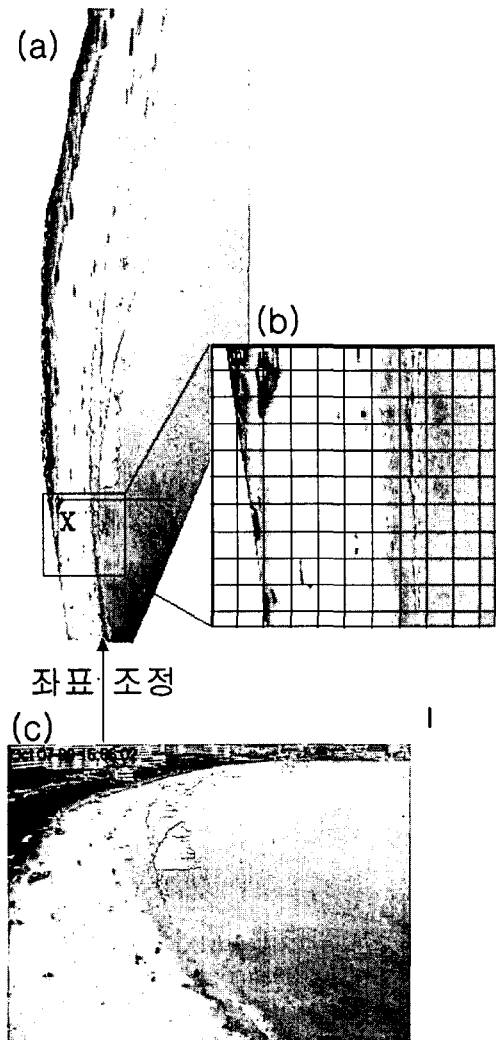


Fig. 4 기하 보정을 통한 영상 처리 예

6은 각각 대천 백사장에서 촬영하여 평균영상 처리를 한 영상을 보여주고 있다.

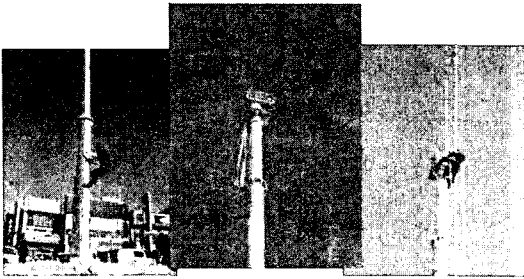


Fig. 5 대천 백사장의 모니터링 타워 설치 과정

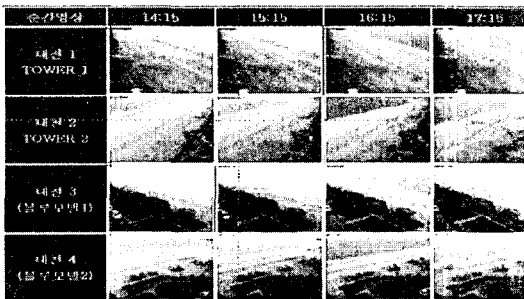


Fig. 6 대천 백사장 관측 평균 영상 예

해운대 백사장의 경우 그 길이가 약 1.5 km에 이르며 초승달 모양을 이루고 있다. 특히 우리나라의 대표적인 해수욕장으로 이미 오래전부터 개발이 이루어져 주변에 높은 건물이 다수 분포하고 있어서 해안 영상 관측을 위해서는 매우 좋은 조건을 갖추고 있다. Fig. 7은 해운대 백사장에 설치한 카메라 위치를 보여주는 사진으로서 중앙과 그리고 백사장의 양끝에 각각 카메라를 설치하여 전 백사장이 관측 될 수 있도록 하였다.

Fig. 8은 세 사이트에서 각각 촬영한 해운대 백사장 관측 평균 영상 예이다. 하나의 백사장을 여러 곳에서 촬영한 경우 전체 백사장에 대한 연구를 위해서는 각각의 영상을 기하 보정을 한 후 영상합성(mosaic)을 통하여 하나의 영상으로 통합하여야 한다.

Fig. 9와 같이 통합된 영상은 영상처리 과정에서 언급한 바와 같이 지도와 같이 실제 거리로 표현될 수 있으므로 해안선 변화에 대한 정량적인 분석이 가능하다. Fig. 10은 해안선 변화 분석을 위하여 백사장 부분을 영상 처리를 통하여 따로 분류한 것이다. 이러한 영상 자료가 장기간 축적

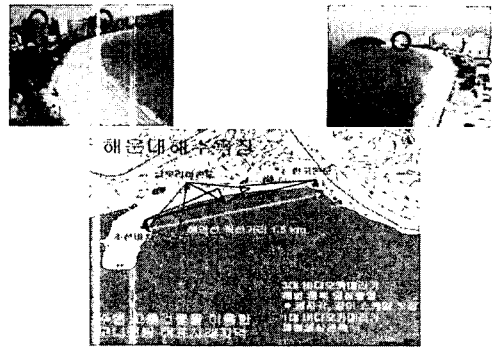


Fig. 7 해운대백사장 비디오 모니터링 시스템



Fig. 8 해운대 백사장 관측 영상 예

처리되므로 해안선 변화에 대한 장기 관측이 이루어진다. Fig. 11은 단기간이지만 비디오 모니터링을 이용한 해안선 각 기선의 변화와 면적 변화의 분석 예를 보여 준다.

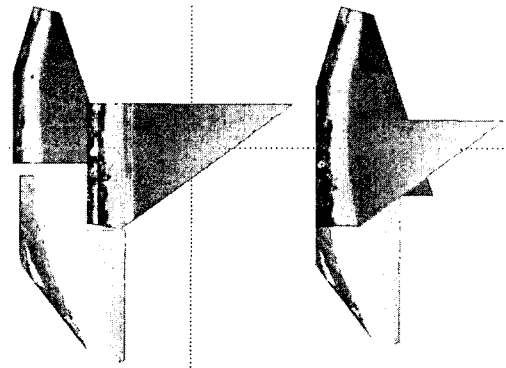


Fig. 9 영상 합성 예

### 3. 향후 계획 및 제언

앞서 설명한 바와 같이 비디오 모니터링을 이용한 해안선 변화 관측은 자동 무인 관측이라는 측면에서 장기 모니터링에 있어 매우 효과적이며 특

히 영상을 이용하여 넓은 해안을 동시에 관측하기 때문에 보다 일관성 있는 해안 변화 관측이 가능하다. 서해안의 경우 경사가 완만한 백사장은 조석에 의하여 수륙 경계선의 위치가 빠르게 변화하기 때문에 인력 동원에 의한 현장관측의 경우 많은 어려움이 있다.

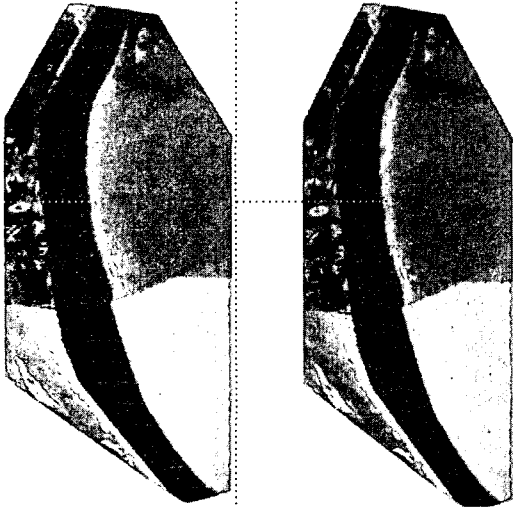


Fig. 10 백사장 폭 및 면적 분석을 위한 영상 처리 예

또한 자동 관측 프로그램을 이용하여 관측 빈도를 관측 용도에 맞추어 자유로이 조절할 수 있기 때문에 각각의 해안의 특성에 맞추어 효과적으로 관측할 수 있다. 그러나 이러한 관측 방법은 다음과 같은 단점도 내포하고 있다. 무엇보다도 영상 관측을 위해서는 카메라를 설치할 높은 고도의 위치를 확보하는 것이 필수적이다. 그리고 카메라와 컴퓨터를 구동시키고 영상 전송을 위한 네트워크(LAN) 시설이 확보되어야 한다. 대천 해수욕장이나 해운대 해수욕장의 경우 이러한 문제가 없었지만 다른 백사장에서는 이러한 점이 한계점으로 작용할 수 있다. 그러나 최근 태양전지의 발달이나 무선전화를 이용한 영상 전송이 많이 일반화되어 가는 추세이기 때문에 곧 해결될 수 있을 것으로 보인다. 또 다른 단점으로 현재 운용중인 영상 관측은 해안선 변화에 있어서 2차원 정보만을 제공한다. 그러나 이에 대한 문제도 현재 조석의 수륙경계선의 변화를 이용한 조간대 지형 변화라든지 영상에 나타난 건물 그림자 경계선을 이용한 백사장 높이 변화와 같은 연구가 진행되고 있어서 상당 부분 보완될 수 있을 것으로 보인다. 이외에도 비디오 모니터링을 운영하는데 여러 문제점이 있지만 본 연구의 목적인 해안선 변화의 추세 혹은 특성을 장기 관측하여 분석하는 데는 가장 효과적인 방법이라고 사료되며 이에 대한 더욱 많은 연구와 개발이 필요할 것으로 보인다.

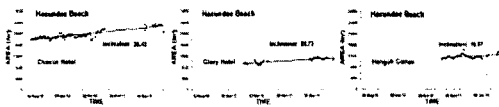
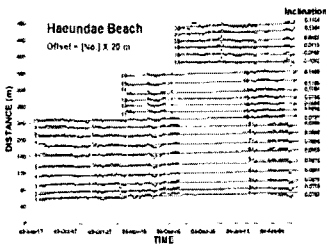


Fig. 11 해운대 백사장의 해안선 변화 관측 예