

ORIGINAL ARTICLE

연안류 추적 장치 개발 및 모형 실험

이충일*

강릉원주대학교 해양자원육성학과

Device Development for Longshore Current Measurement and Model Test

Chung-II Lee *

Department of Marine Bioscience, Gangneung-Wonju National University, Gangneung 201-702, Korea

Abstract

Longshore current is main transportation mean causing movement of bed load and suspended particle in coastal waters, and effective measurement method and suitable equipment for shallow water coastal environment where is frequently exposed to atmosphere. Measurement equipment for longshore drift was designed and miniature model was applied to Gyeongpo beach in May and June, 2014. The equipment consists of three main elements, spheroid outer casing, spheroid inner casing, observation module equipped with GPS. Gyroscope principle was applied to observation module, and GPS receiver always can be directed upwards. Miniature models were installed along Gyeongpo beach, and it was well to track the flow of longshore current. This research described the design and function of the equipment and results of field experiments.

Key words : Longshore current, Coastal marine environment, Suspended particle, Bed load, Equipment, Shoreline

1. 서론

연안류(longshore current)는 해안을 따라 평행하게 흐르는 바닷물의 흐름을 일컫는 것으로, 소류사(bed load) 및 부유사(suspended particle) 형태의 퇴적물(이하 '부유물') 운반을 통해 해변의 지형변화를 일으키는 주요 요인이다. 연안류는 해파(wave)가 해안선에 가까워짐에 따라서 쇄파(surf)에 의해 형성된 예각에 의해 해안선을 따라 이동하며, 해파의 진행방향, 해저 지형, 쇄파의 높이 등과 밀접한 관련이 있다(Lee 등, 2014).

해안선과 같은 연안 지형은 부유물의 이동에 의해 지

속적으로 변화되며, 이러한 환경변화는 바람, 파랑, 조류 등과 같은 물리적인 외력의 작용과 외력이 연안의 지형과 상호작용하여 형성되는 해수 운동(연안류 등)의 영향을 크게 받는다(Yanagi 등, 1994; Jeon, 1995; Lee 등, 2011; Lee 등, 2012). 따라서, 침식 및 퇴적에 따른 부유물 이동 뿐만 아니라 부유물의 주요 운반수단인 연안류 흐름을 효과적으로 측정 하는 것이 중요하다(Lee 등, 2008; Jung 등, 2004; Lee, 2014; Lee 등, 2014). 해양에서 해수 유동을 측정 하는 기법은 크게 고정점에서 해수 유동을 측정하는 Eulerian 기법과 해수의 흐름을 따라가면서 측정하는 Lagrangian 기법이 주로 적용되

Received 26 June, 2014; Revised 27 August, 2014;

Accepted 31 October, 2014

*Corresponding author : Chung-II Lee, Department of Marine Bioscience, Gangneung-Wonju National University, Gangneung 201-702, Korea
Phone: +82-33-640-2855
E-mail: leeci@gwnu.ac.kr

© The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.

© This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

며, 부표(drift buoy)와 음파의 도플러 효과(Doppler effect), 프로펠러(propellor)를 이용한 장치 및 이들을 응용하여 제작된 장치들이 주로 사용되고 있다. 해안에 인접한 곳은 수심이 매우 얇거나, 파랑, 조류, 조석 등의 운동에 의해 대기중에 노출과 해수 침수가 반복되는 곳으로 부유물 이동뿐만 아니라 쇄파대(surf zone)에서 해수의 흐름 및 부유물 이동(longshore drift)을 측정하기에 어려움이 있다(Lee 등, 2014). 또한 연안류는 수평적으로는 조간대와 조하대 구간을 포함하여 이동하는 흐름으로, 이러한 각기 다른 환경에 적용 가능한 연안류 흐름 추적 장치가 필요하다. 특히 해저경사가 있으면서, 대기 노출과 해수 침수가 반복되는 조간대 구간에서 연안류 이동을 효과적으로 측정하는 것이 필요하다.

본 논문은 Lagrangian 기법을 적용하여 조간대 및 조하대구간에서 연안류 흐름을 연속적으로 추적할 수 있는 장치 설계와 모형을 이용한 현장조사 결과를 분석하였다.

2. 장치 설계 및 기능

2.1. 주요 구성 요소

본 장치는 해안선과 나란한 방향으로 조간대와 조하대 구간을 이동하는 연안류 흐름(Fig. 1)을 연속적으로 추적하고, 이를 데이터화하여 침식 및 퇴적과 같은 연안

환경변화 특성을 이해하기 위해 설계되었다. 기존에서 사용되는 장치는 대부분 GPS와 저항판을 부착하여 해수중 부유 상태에서 해류의 흐름을 추적하거나, 고정점에서 위치 측정을 하도록 고안된 것이 주로 이용된다. 또한 Eulerian 기법을 적용하여 고정점에서 해수의 유향 및 유속을 측정하는 계류장치의 경우 센서가 해저 지형의 경사 및 유체의 저항에도 항상 위 쪽을 향하도록 설계되는 방식이 적용되고 있으나, 이 경우 회전 각도는 지지대에 의해 제한이 된다.

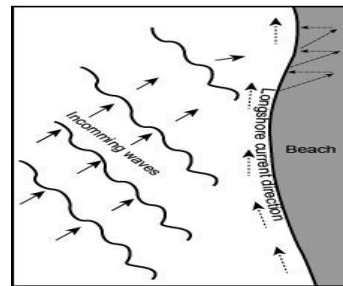


Fig. 1. Diagram demonstrating longshore current.

연안류 흐름 측정 장치는 조하대 및 대기 노출과 해수 침수를 반복하는 조간대 구간을 이동하는 것이 가능한 이중의 구형체 구조로써, 내측에는 장치의 위치를 수신 및 기록할 수 있도록 GPS 위성과 교신하는 GPS 수

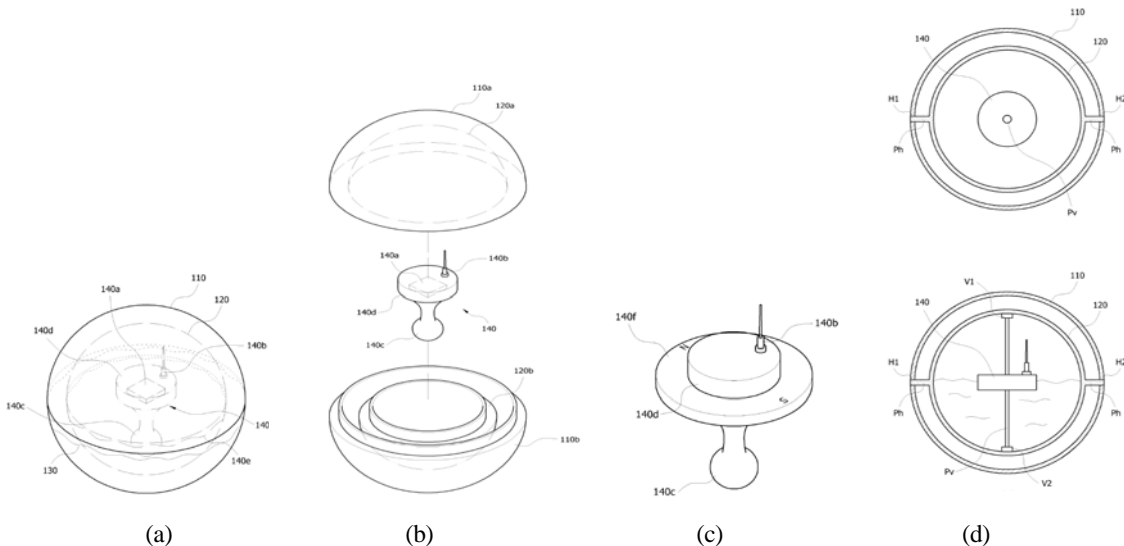


Fig. 2. Design for longshore current measurement equipment. (a)-(d):exploded perspective views.

신 센서가 구비 되어있다(Fig. 2). 본 장치는 장치 내부에 제 1 유힬액이 채워지는 외측 케이싱(Fig. 2b의 110a, 110b)과 외측케이싱 안쪽에 위치하여 제 1 유힬액(Fig. 2a의 130)이 떠 있도록 하는 내측 케이싱(Fig. 2b의 120a, 120b), 그리고 내측케이싱의 내부에 채워져 있는 제 2 유힬액에 떠있을 수 있는 관측모듈(Fig. 2a,b,d의 140)로 구성된다. 그리고 관측모듈의 밑바닥에는 GPS 위성 신호를 수신하는 안테나(Fig. 2a,b,c의 140b)가 항상 위쪽을 향하도록 하는 무게 추(Fig. 2a,b,c의 140c)가 부착되어 있다.

내측케이싱은 회전축(Fig. 2d의 Ph)이 외측케이싱의 안착홈(Fig. 2d의 H1, H2)에 삽입되어 내·외측 케이싱이 독립적으로 회전을 할 수가 있다. 외측케이싱은 반구형의 외측상부케이싱(Fig. 2b의 110a)과 외측하부케이싱(Fig. 2b의 110b)이 서로 분리 가능하며, 결합시 상부 및 하부 케이싱이 밀착되어 유힬액이 새지 않도록 하였다. 내측케이싱은 반구형의 내측상부케이싱(Fig. 2b의 120a)과 내측하부케이싱(Fig. 2b의 120b)이 서로 밀착 결합되어 유힬액이 외부로 새어나오지 않으며, 이 또한 서로 분리 가능하다. 외측 및 내측 케이싱은 온도 변화에 따른 열팽창과 수축 그리고 각종 이물질과의 충돌에 따른 훼손의 위험을 줄이고자 투명재질의 엔지니어링 플라스틱 재질을 고려하였다.

관측모듈 (Fig. 2의 140)은 모듈케이싱을 포함하며, 모듈케이싱 내측에는 GPS 위성으로부터 위치좌표를 입력받는 GPS 수신기(Fig. 2c의 140a)가 설치되어 있다. 본 관측모듈은 GPS 수신기를 통하여 GPS 위성으로부터 입력받은 위치좌표를 외부로 전송할 수 있는 송수신 안테나(Fig. 2c의 140b)와 장치의 실시간 위치좌표를 저장할 수 있는 메모리(Fig. 2c의 140d)가 포함되어 있다.

2.2. 주요 기능

본 연안류 관측 장치는 외측 케이싱과 내측에 위치하는 내측케이싱의 이중의 구형체 구조이다. 외측케이싱과 내측 케이싱 내부에 채워진 유힬액은 구형체가 수면 아래로 일정 부분 침수(유힬액의 밀도와 양에 따라 조절 가능)되도록 하였다. 이는 바람에 의해 구형체가 표류하는 것을 최소화 시키고자 하였다. 또한 구형체의 구조는 해저 경사가 있는 조간대뿐만 아니라 조하대에서

도 연안류의 흐름을 따라 자유롭게 이동 할 수 있는 장점을 지닌다. 해저 경사면이 완만한 조간대에서는 구형체의 구조라 하더라도 연안류의 흐름이 약할 경우 장치의 이동이 느려지거나 장치 자체의 하중으로 인해 해저면에 멈춰질 수 있다. 구형체의 회전에 따라 장치내부에 채워진 유힬액이 진동을 하게 되며, 이러한 유체의 진동은 해저경사가 완만한 조간대 구간에서 약한 연안류의 흐름에도 구형체가 쉽게 이동할 수 있도록 해준다. 또한 제 2 유힬액은 내측케이싱 내부에 관측모듈이 떠있을 수 있게 해주며, GPS 위성으로부터 위치좌표를 입력받는 GPS 수신기를 포함함으로써, 연안류의 움직임을 보다 정확하게 측정할 수 있다.

또한 외측케이싱과 내측케이싱이 각각 반구형의 외측상부케이싱과 외측하부 케이싱이 서로 분리 가능하되, 결합시 밀착되어 유힬액이 새지 않도록 되어 있다. 반구형의 내측상부케이싱과 내측하부케이싱 또한 분리가능하게 결합되도록 투명재질의 엔지니어링플라스틱으로 구성하였으며, 이로 인해 내구성 및 GPS 수신기를 포함하여 통신안테나의 유지·보수가 용이하도록 하였다.

관측모듈의 밑바닥에 N극 및 S극을 가지는 강자성체 패널을 결합시킴으로써, 내측케이싱의 내부에서 안정적이면서 자유롭게 떠 있을 수 있으며 GPS 수신기가 GPS 위성으로부터 안정적인고 정확한 위치좌표를 입력받을 수 있는 또 다른 효과가 있다.

또한, 상기 내측케이싱은 외측케이싱에 대하여 수평 방향으로 놓여 있는 제 1 회전축(Fig. 2d의 Ph)를 회전중심으로 회전되고, 관측 모듈은 내측케이싱에 대하여 수직방향으로 놓여 있는 제 2 회전축(Fig. 2d의 Pv)를 중심으로 회전하도록 되어 있다. 따라서 자이로스코프의 원리 및 관성의 법칙에 따른 자연법칙의 원리를 적용받음으로써, 지속적으로 생성되는 파랑 및 연안류의 흐름에도 항상 안정적인 자세를 취할 수 있으며 GPS 위성으로부터 위치좌표와 관련되는 신뢰할 수 있는 데이터를 수신할 수 있는 효과가 있다.

3. 모형 실험

현장적용성을 검토하기 위해 설계된 장치를 모형으로 제작한 후 경포해변(강원도 강릉시)에서 연안류 추

적 실험을 하였다(Fig. 3d). 설계시에는 관측모듈이 Fig. 2d의 Ph와 Pv 회전축을 중심으로 회전하는 자이로스코프 원리를 적용한 반면, 모형 제작 시에는 회전축(Ph, Pv) 대신 GPS 수신기를 직육면체 용기에 밀봉한 후 운할액에 띄웠다. 현장 실험시 구형체 내측에는 운할액으로 담수를 사용하였다. GPS 수신기를 담은 직육면체 용기 밀면에는 무게중심을 낮추기 위해 무게 추(weight)을 부착하였으며, 구형체의 외측 케이싱이 어떠한 방향으로 회전을 하더라도 내측에 위치하는 수신기는 항상 위쪽을 향하도록 하였다. 회전축을 안착함에 고정을 시키지 않더라도 자이로스코프 원리를 적용한 효과가 나도록 하였다. 현장 실험시 사용된 GPS는 자전거용으로 널리 보급되는 것으로, 오차 범위가 10m이다. 모형 제작시 이용된 재료는 크게 외측케이싱(상부 및 하부), 내측 케이싱(직육면체 용기), GPS 수신기, 운할액(담수) 등이다.

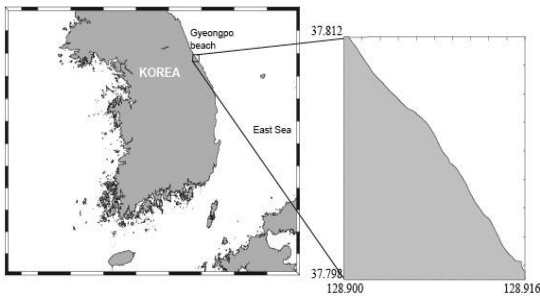


Fig. 3. Map showing field observation using miniature model.

모형을 이용한 현장 실험은 2014년 5월 17일, 5월 18일, 6월 1일과 6월 13일 경포해변에서 진행되었다(Figs. 1과 4, Table 1). 실험은 해변을 따라 이동하는 해수의 흐름과 해안선에서 외해로 직선거리 약 100m 정도 떨어진 곳에서 이루어 졌다. 외해의 경우 5월 17일 1회 걸쳐 진행되었으나, 장치의 유실로 자료 획득은 하지 못하였다. Fig. 4에서 각 색깔별로 빈(opened) 원은 각 장치의 투하 지점, 채워진(filled) 원은 회수된 지점을 나타낸다.

구형체의 장치는 조하대와 조간대 구간에서 해수의 운동 방향을 따라 이동하는 것으로 나타났으며, 조간대의 해저경사면에서는 쇄파의 흐름을 잘 반영하는 것으로 나타났다(Fig. 4). 경포해변의 경우 밀물은 북측에서

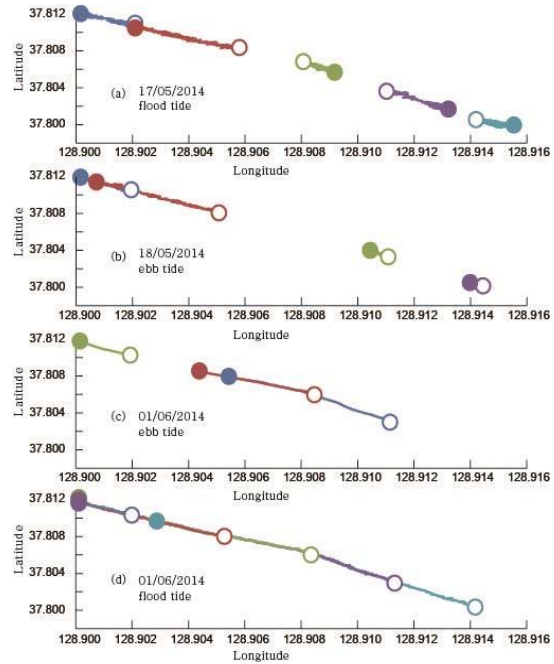


Fig. 4. Field observation using miniature model along the Gyeongpo beach. Opened and filled circles indicate the start point and end point, respectively.

남측으로, 썰물은 남측에서 북측 방향으로 이동하며, 해수 운동에 미치는 조류의 영향은 작은 것으로 나타난다(Lee 등, 2011). 2014년 5월과 6월의 4회에 걸친 실험 결과 전반적으로 구형체의 장치는 경포해변 남측에서 북측구간으로 이동하는 경향이 뚜렷하였다. 5월 17일은 남측과 북측구간에서 구형체의 이동 방향이 반대였으며(Fig.4(a)), 같은 방향으로 이동을 하더라도 상대적으로 이동속도가 빠른 구간과 느린 구간, 상대적으로 먼 거리를 이동하는 구간, 짧은 구간내에서 왕복운동을 하는 등 그 형태가 다양하게 나타났다(Fig.4(b)). 연안류는 파랑뿐만 아니라 조류와 바람의 영향을 많이 받는다(Lee 등, 2014). 5월 17일 해안선에서 외해쪽에 투하된 장치는 북쪽으로 이동하였지만, 경포해변 남측 구간의 조간대 부분에 위치하는 장치는 해안선을 따라 남측으로 이동하는 것으로 나타났다(Fig.4(b)). 공간적으로 좁은 범위내에서도 해안선에 근접한 쇄파대의 해수 운동과 외해쪽의 운동방향이 다를 수 있음을 나타낸다. 즉 해안선을 따라 이동하는 해수의 흐름은 해파(wave)와 같은 물리적 에너지의 진행 방향뿐만 아니라 연안환경

에 의한 파의 굴절, 경사면에서 스위시(swash)와 백워시(backwash)에 의한 해수의 이동 영향 또한 크게 받는 것을 보여준다. 본 장치가 연안류의 흐름 방향은 잘 표현하더라도 연안류 및 부유물의 속도와 이동거리를 나타내기에는 한계점이 있다.

본 현장 실험의 목적은 모형 장치를 이용하여 조간대와 조하대 구간을 흐르는 연안류의 흐름을 효과적으로 측정할 수 있는 장치를 개발하는 것에 있다. 본 실험에서는 모형장치가 이용되었으며, 관측모듈의 회전축(Pv와 Ph)이 고정되지 않은 상태에서 진행이 되었다. 이로 인해 구형체의 회전 및 내부 유힬액의 진동에 의해 관측모듈이 외측 케이싱 내벽과 충돌하는 현상이 빈번하게 나타난다. 또한 장치 자체의 무게로 인해 해수의 흐름이 약하거나 해저경사가 완만한 경우 부분적으로 멈춰서는 현상이 나타나며, 이 부분에 대한 개선이 필요한 것으로 판단된다.

4. 결론

자연적 요인뿐만 아니라 연안개발에 따른 환경변화가 연안의 지형변화를 초래하는 중요한 인자이다. 특히 해안선의 변화는 파랑, 조류, 조석 등의 영향을 직접적으로 받기도 하지만, 이들 인자들의 작용으로 인해 발생하는 연안류가 퇴적물 수송에 있어서 중요한 역할을 하게 된다.

본 연구는 조간대와 조하대 구간에서 해수의 이동을 효과적으로 측정할 수 있는 장치를 설계하고, 모형 실험을 통해 개선점을 찾고자 하였다. 연안류 관측장치는 대기에 노출되는 해저지형과 바다에 띄워지며, 내부에 제 1 유힬액이 채워지는 외측케이싱과 상기 외측케이싱 내측에 배치되어 상기 제1 유힬액에 떠있도록 구비되는 내측케이싱으로 구성이 된다. 상기 내측케이싱의 내부에 채워져 있는 제2 유힬액에 떠있도록 구비되는 관측모듈 및 상기 관측모듈의 밑면에 결합되어 관측모듈이 상측을 향하도록 하는 무게추를 포함하는 것을 특징으로 한다. 따라서, 본 장치는 외측케이싱과 내측케이싱의 이중 구형체 구조로써 내측케이싱의 내부에 채워져 있는 제2 유힬액에 떠있도록 관측모듈을 설치하되, GPS위성으로부터 위치좌표를 입력받는 GPS수신기를 포함함으로써, 연안류의 움직임을 효과적으로 관측할

수 있는 효과가 있다.

본 실험 장치를 효과적으로 활용하기 위해서는 해안선 위치 측정, 해저 지형 및 파랑에 대한 조사가 병행될 필요가 있다.

감사의 글

본 연구는 해양수산부 강원씨그랜트사업에 의해 이루어진 것이며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

- Jeon, D. C., 1995, Sea-level change and coastal erosion, J. Kor. Soc. Coastal Ocean Eng., 7(4), 289-304.
- Jung, J. S., Lee, J. L., Kim, I. H., Kweon, H. M., 2004, Estimation of longshore sediment transport rates from shoreline changes, J. Kor. Soc. Coastal Ocean Eng., 16(4), 258-267.
- Lee, C. I., Han, M. H., Jung, H. K., Kim, S. W., Kwon, K. Y., Jeong, H. D., Kim, D. S., Park, S. E., 2011, Time-series change in Gyeongpo Beach Shoreline in 2009 and 2010, J. Kor. Environ. Sci. Soc., 20(11), 1425-1435.
- Lee, C. I., 2014, Device development for measurement of bed load and suspended particle movement in coastal water and its application to field, J. Kor. Environ. Sci. Soc., 23(2), 323-330.
- Lee, C. I., Jeong, H. K., Han, M. H., Kim, K. R., 2012, Abnormal change in Gyeongpo beach shoreline in June 2012, J. Kor. Environ. Sci. Soc., 21(10), 1287-1295.
- Lee, I. C., Lim, S. P., Yoon, H. S., Kim, H. T., 2008, Topographical change monitoring the sandbar and estimation of suspended sloid flux in the Nakdong river estuary, J. Kor. Soc. Mar. Environ. Eng., 11(2), 70-77.
- Lee, J. S., Kwon, K. H., Pakr, I. H., 2014, Analysis of littoral currents by the coupled hydrodynamic model, J. Kor. Soc. Mar. Environ. Safety, 20(2), 247-258.
- Yanagi, T., Hagita, T., Saino, T., 1994, Episodic outflow of suspended sediments from the Kiil channel to the Pacific Ocean in winter, J. Oceanogr., 50, 99-108.