

RESEARCH NOTE

## 연안의 부유물 이동 측정 장치 개발과 현장 적용

이 충 일\*

강릉원주대학교 해양자원육성학과

### Device Development for Measurement of Bed Load and Suspended Particle Movement in Coastal Water and its Application to Field

Chung Il Lee \*

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

#### Abstract

Transport of bed load and suspended particle in coastal waters is main factor causing change in shoreline, and effective measurement method and appropriate equipment is required. To measure bed load and suspended particle transport an equipment was designed and manufactured, and it was applied in the field. The equipment consists of four main elements, body supporter, bed load and suspended particle sampler, sampler support and lock. Eight samplers were installed along the circumference of each supporter, and each sample is a 45-degree intervals. The field experiment was done once along Gyeongpo beach in August 2013. This note described the design and function of the equipment and results of field experiments.

**Key words** : Bed load, Suspended particle, Equipment, Shoreline

#### 1. 서론

육지면과 해면의 경계인 해안선은 장기간에 걸친 해수면 변화, 지각운동뿐만 아니라 조석, 파랑 등과 같은 단기간의 환경요인에 의해 지속적으로 변한다 (Jeon, 1995; Lee et al., 2011; Lee et al, 2012). 이러한 이유로 해안선의 시·공간적인 위치 및 형태 변화는 지속되며, 그 경계를 명확하게 구분하기 어려울 뿐만 아니라 대부분의 경우 퇴적물 이동을 동반한다. 따라서 해안선 변화는 연안의 지형변화와 밀접한 관련이 있으며, 연안생태계 변화, 인근 해안 국가와의 해양경계, 대륙붕 한계선, 국가 소유의 공유수면, 사유 토지

의 경계 설정에도 중요한 인자로 작용한다.

연안에서 퇴적물의 이동은 해안선 변화의 주요 원인이 되므로, 퇴적물의 이동방향과 양의 측정은 연안의 지형변화 기작 이해와 대응책 마련에 중요한 요소이다(Lee et al., 2008). 퇴적물의 이동은 해저면 부근을 따라 이동하는 소류사(bed load)와 부유물(suspended particle) 형태로 나타나며, 본 연구노트에서는 총칭하여 부유물이라고 표현하였다. 해안선등과 같은 연안의 지형 변화는 부유물의 입도 분석, 위성위치확인시스템(GPS)을 이용한 위경도 측정, 해빈단면측량, 부표를 이용한 연안류 추적 실험, 에코 사운더(echo sounder)를 이용한 수심 또는 부니층(floating silt-clay

Received 31 October, 2013; Revised 19 December, 2013;

Accepted 26 December, 2013

\*Corresponding author: Chung Il 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.

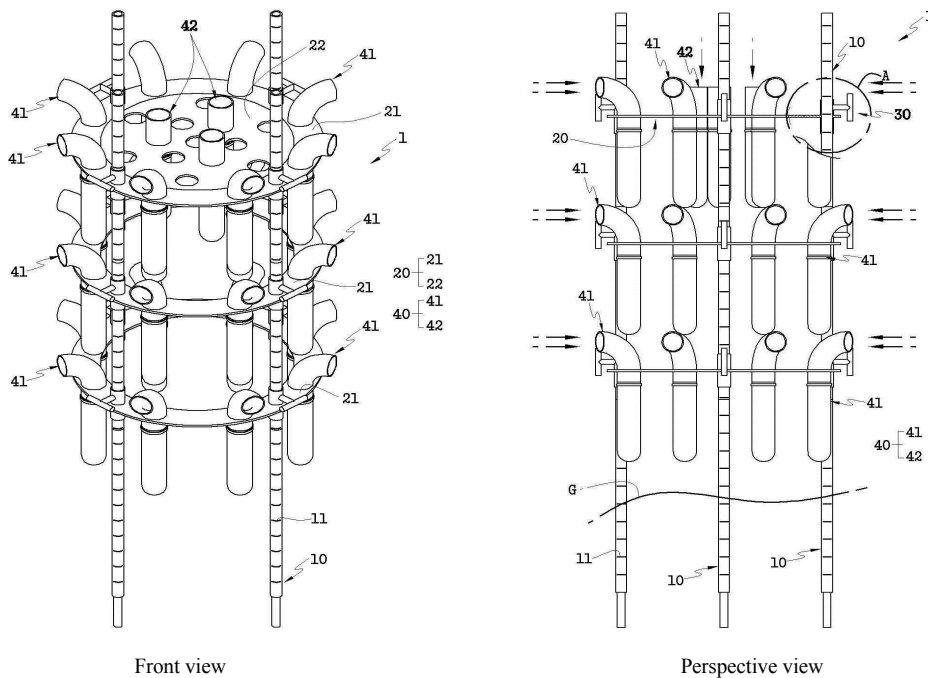
thickness) 측정, 항공측량, 축소 모형을 이용한 수리 실험 및 이들 자료를 이용한 수치실험 등에 의해 조사되고 있다. 이들 방법은 대부분 시간적 또는 공간적 지형변화로부터 부유물의 이동 방향과 양을 간접적으로 추정하는 것으로, 연안의 지형 변화 원인을 이해하기 위해서는 부유물의 이동 방향과 양을 효과적으로 측정할 수 있는 기법이 필요하다. 기존에 해수중 부유물질의 이동을 측정하는 장치로는 sediment trap을 이용하여 침강하는 부유물의 양을 측정하거나, 음파를 산란/흡수를 정도를 이용한 부유물 측정, core를 이용한 퇴적층 두께와 성분 조사 등이 주로 활용되고 있으나 수심이 얇은 연안 또는 해안선을 따라 이동하는 연안류 흐름에 의한 부유물의 수평, 연직 이동을 측정하기에는 한계가 있다. Lee et al(2008)은 해변에서 바람에 의해 이동하는 부유물의 이동을 측정하였으며, 포집기 입구의 직경이 작고 및 높낮이 조절이 자유롭지 못한 단점을 지니고 있다. 따라서 연안역의 지형적 특성에 맞는 부유물 이동 측정 장치의 개발이 필요하다.

본 연구노트는 해안선 등과 같은 연안의 지형변화 기작을 이해하기 위한 방안으로서, 해수중 부유물의 이동을 측정할 수 있는 장치 설계 및 기능에 대해 설명하고 경포해변을 대상으로 적용한 결과를 나타내었다.

## 2. 장치 설계 및 기능

### 2.1. 장치의 주요 구성 요소

본 장치는 해안선을 중심으로 연안 지형변화의 주요 원인인 부유물의 이동을 직접적으로 측정하기 위해 설계 및 제작되었다. 부유물 이동 측정 장치는 크게 5cm 간격의 눈금이 표시된 네 개의 서포터(Fig. 1의 '10-11')와 서포터에 이동 가능하게 결합된 지지대(Fig. 1의 '20-21'), 그리고 상기 지지대에 설치되어 있으며 입구를 가지는 측정기(Fig. 1의 '41-42'), 지지대를 서포터에 고정(Fig. 1의 '30') 시키는 부분으로 구성이 된다. 측정기의 입구를 통해 내부로 유체와 부유물이 유입될 수 있고, 내부로 유입된 유체는 통과하고



**Fig. 1.** Design for sediment and suspended particle sampler. Number '10' indicates supporter of instrument, and number from 20 to 22 is for sampler supporter, and number 30 is for lock part, and number from 40 to 42 is for bed load and suspended particle sampler part.

부유물만 측정기의 포집망에 남도록 설계되었다.

측정기가 부착된 지지대는 3단(필요에 따라 다층으로 제작 가능, 본 연구 노트에서는 3단으로 실험)이며, 지지대간의 높낮이 및 상하 위치 교환은 필요에 따라 자유롭게 조절할 수 있다. 측정기는 수평방향의 부유물 이동을 측정하는 것(Fig. 1의 '41', 제 1측정기)과 연직방향으로 침강하는 부유물을 측정(Fig. 1의 '42', 제 2측정기)하는 것으로 구분이 되며, 수평 방향의 부유물 이동을 측정(제 1측정기)은 지지대에 원주 방향을 따라 45°의 등간격(8방위)으로 배열되어 있으며 입구(sampler mouth, 직경 6cm)가 서로 다른 방향을 향하도록 되어 있다. 제 2측정기는 제 1측정기가 부착된 지지대 내부에 부착이 된다(Fig. 1의 '42'). 제1 측정기는 구부러져 지지대에 결합되어 있으며, 유체는 통과하고 부유물은 통과하지 않는 제1 포집망을 포함한다(Fig. 2(a)). 포집망 눈의 크기인 메쉬는 150  $\mu\text{m}$  내지 250  $\mu\text{m}$  이고, 해수중에서 장기간 부식되지 않고 사용이 가능한 폴리테트라 플루오로에틸렌(Polytetrafluoroethylene) 재질이다. 제 1측정기 내부로 유입된 유체가 포집망을 통해 유출되지 못할 경우 포집망 내에 유체의 흐름이 정체되어 입구를 통한 유체의 연속적인 유입이 어렵

게 된다. 따라서, 포집망은 유체의 유출이 자유롭게 일어날 수 있도록 설계 되었다.

제2 측정기는 원주 방향을 따라 지지대의 외측에 결합된 제 1측정기와는 달리 내부에 결합되어 있으며 유체는 통과하고 부유물은 통과하지 않는 포집망을 포함한다(Fig. 2(b)). 제 2측정기 포집망 눈의 크기 및 재질은 제 1측정부에 부착된 포집망과 동일하다.

2.2. 각 요소별 세부적인 특성 설명

본 장치에 부착된 네 개의 서포터는 장치 전체를 고정시키는 역할 외에 일정 간격으로 표시된 눈금을 이용하여 설치 시점을 기준으로 지표(해저)면의 침식, 퇴적 상태를 측정할 수 있고, 제1, 제2 측정기로부터 부유물의 수평, 연직 이동방향과 양을 측정할 수 있다(Fig. 3). 이와 같이 하나의 장치로 부유물의 유실, 침식, 퇴적 현상을 동시에 측정할 수 있어 활용도가 높을 것으로 판단된다. 서포터(Fig. 3의 '10')는 지표면 또는 해저면에 수직하게 설치된다. 이때 서포터는 가상의 기점을 기준으로 원주 방향을 따라 배열된다. 서포터(Fig. 3의 '12')들은 서로 분리 가능하게 연결되어 있다. 즉, 각 서포터의 하부에는 돌기부(Fig. 3의

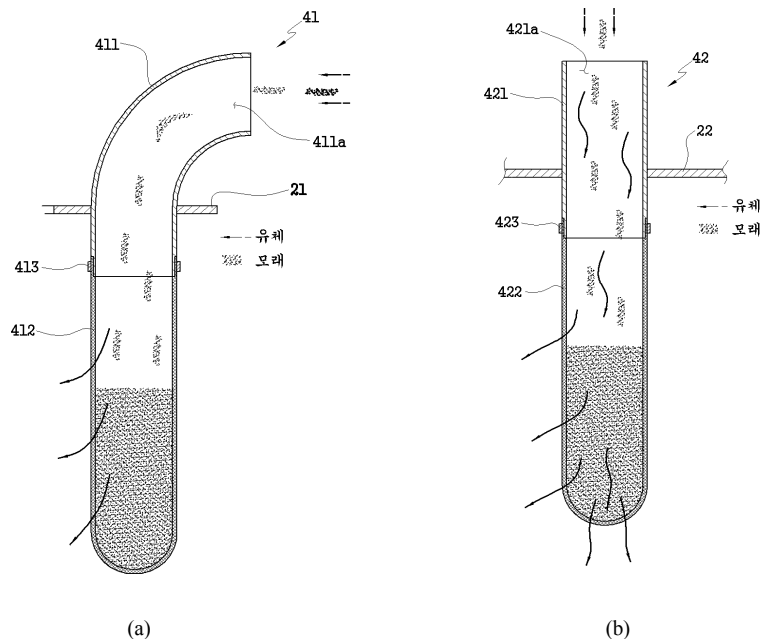


Fig. 2. Design for sediment and suspended particle sampler part.

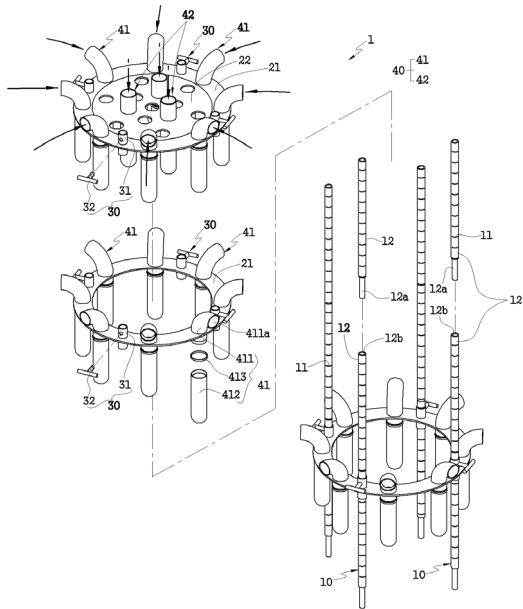


Fig. 3. Exploded perspective view of sediment and suspended particle sampler.

‘12a’)가 형성되고, 상부에는 이웃한 서포터의 돌기부가 삽입되는 홈부(Fig. 3의 ‘12b’)가 형성되어 있다. 이에 따라 돌기부가 홈부(12b)에 삽입되면서 각각의 단위 서포터가 순차적으로 연결될 수 있다. 서포터의 길이는 필요에 따라 조절이 가능하다. 이와 같은 서포터의 외부 둘레면에는 부유물의 침식 정도를 확인할 수 있는 눈금(Fig. 3의 ‘11’)이 형성되어 있다. 눈금은 50 mm 간격으로 서포터의 표면에 음각 형태로 형성되었다. 지지대는 서포터에 결합되어 서포터와 수직 한 상태를 이루는 것으로, 제1 지지대(Fig. 3의 ‘21’, 제1측정기 결합), 및 제2 지지대(Fig. 3의 ‘22’, 제2측정기 결합)를 포함한다. 제1 지지대는 원판 형태로 형성되어 있으며, 내부가 상하 관통되어 있다. 한편, 제1 지지대가 원판 형태로 형성되어 유체의 저항이 최소화 될 수 있다. 한편, 제1 지지대에는 지지대를 서포터에 이동 가능하게 결합하기 위한 고정부(Fig. 3의 ‘30’)가 결합되어 있으며, 고정부는 관체(Fig. 3의 ‘31’) 및 고정 부재(Fig. 3의 ‘32’)를 포함한다. 관체는 내부가 상하 관통되어 있으며, 제2 지지대의 원주 방향을 따라 배열되어 있다. 관체의 내부로 서포터가 관

통하도록 설계하였다. 고정 부재는 서포터에 결합된 제1 지지대의 위치를 제어하기 위한 것으로 고정 부재가 서포터를 가압하면 제1 지지대는 서포터의 길이 방향을 따라 움직이지 못한다. 이에 따라 제1 지지대의 위치를 결정할 수 있다. 아울러, 사용자가 공구를 사용하지 않고 고정 부재를 조작할 수 있도록 고정 부재에는 손잡이가 형성되어 있다. 이와 같이 고정부가 결합된 제1 지지대는 서포터의 길이 방향을 따라 배열되어 있다. 제2 지지대는 연직 방향의 부유물 이동을 측정하는 제2 측정기가 부착되어 있는 것으로서 제1 지지대와 같은 원판 형태로 형성되어 있다. 제2 지지대는 제1 지지대의 관통된 내부에 배치되어 있다. 한편, 제2 지지대의 가운데 부분 또한 상하 관통될 수도 있다. Fig. 1에서는 제2지지대가 최 상위에 위치한 제1 지지대의 내부에 배치된 것으로 도시하였으나, 최상위 위치한 제1 지지대의 아래에 위치한 제1 지지대들 중 어느 하나에 배치될 수 있다. 즉, 각각의 지지대가 서포터에 결합되는 위치는 측정 장치의 지표면 또는 해저면의 수위 등에 따라 달라질 수 있다.

측정기는 부유물의 이동방향, 이동량을 측정하기 위한 것으로 제1 측정기(Figs. 1, 3의 ‘41’)와 제2 측정기(Figs. 1, 3의 ‘42’)를 포함한다. 제1 측정기는 지표면 또는 해저면과 수평 한 방향으로 이동하는 부유물을 측정하는 것으로, 제1 지지대의 원주 방향을 따라 45°간격(8방위)으로 배열되어 있다. Fig. 2를 참고하면, 제1 측정기(41)는 수평유입관(411) 및 제1 포집망(412)을 포함한다. 수평유입관(411)은 제1 지지대(21)를 관통하며, “ㄱ”모양으로 제작하였다. 이와 같이 수평유입관(411)의 입구(411a)를 통하여 지표면 또는 해저면과 수평 방향으로 이동하는 유체와 유체에 포함된 부유물이 수평유입관(411) 내부로 유입되도록 설계되었다. 아울러, 입구(411a)에는 수평유입관(411) 내부로 유입된 유체와 부유물이 역류하는 것을 방지하는 체크밸브가 설치되었다. 한편, 제1 지지대에 배열된 각 수평유입관(311)의 입구(411a)들은 Figs. 1, 3에서 도시한 바와 같이 서로 다른 방향으로 향하고 있으며, 유체가 어느 방향으로 이동하더라도 그 이동 방향과 무관하게 유체와 부유물은 항상 수평유입관(411) 내부로 유입될 수 있다. 제1 포집망(412)은 수평유입관(411)의 하부에 부착이 되며, 분리 가능(413)하

게 결합되어 있다. 결속 장치(413)는 제1 포집망(412)을 사이에 두고 수평유입관(411)에 결합되어 제1 포집망(412)과 수평유입관(411)을 결합한다. 제1 포집망(412)은 그물망 형태로 형성되어 있으며, 이때 제1 포집망(412)의 눈의 크기인 메쉬는 150  $\mu\text{m}$  내지 250  $\mu\text{m}$ 로 형성되어 있다. 메쉬가 250  $\mu\text{m}$  이상이 되면 미세 부유물이 통과할 수 있으며, 메쉬가 150  $\mu\text{m}$  초과할 경우 유체의 통과가 느려질 수 있다. 유체의 포집망 통과가 느려질 경우 수평유입관내에 유체가 쌓이게 되며, 이는 곧 연속적으로 유입되는 유체의 흐름을 방해할 수 있다. 제1 포집망(412)은 폴리테트라플루오로에틸렌(Polytetrafluoroethylene) 재질로 내약품성이 뛰어나며, 큰 온도 변화 및 높은 온도에서 특성이 변화하지 않는다. 또한, 전기특성도 양호하며, 불연성으로 내후성도 좋고, 비점착성으로 마모계수도 작으며, 무독성이다. 이와 같은 제1 포집망은 수평유입관으로 유입된 유체는 통과하며, 부유물은 통과하지 못한다. 이에 따라 부유물은 제1 포집망(412) 내에 쌓이게 된다. 한편, 제1 측정기들의 입구(411a)가 서로 다른 방향을 향하고 있으므로 위치에 따라 부유물이 제1 포집망(412) 내에 쌓이는 정도가 다르다. 이에 따라 부유물의 이동 방향별 이동량을 확인 할 수 있다. 아울러, 수평유입관(411)에서 분리되는 제1 포집망(412)은 내부에 쌓인 부유물의 확인과, 제1 포집망(412)의 세척 따위가 용이해질 수 있다. 제2 측정기는 지표면 또는 해저면과 수직인 방향으로 이동하는 부유물을 측정하는 것으로, 제2 지지대의 원주방향을 따라 배열되어 있다. 이때 제2 측정기(42)는 120°간격으로 배열 하였다. 제2 측정기의 배열 간격은 유체의 흐름에 따라 달라질 수 있다 (Figs.1-3). 제2 측정기(42)는 수직유입관(421) 및 제2 포집망(422)을 포함하며, 수직유입관(421)은 제2 지지대(22)를 관통하도록 설계되었다. 이때 수직유입관(421)은 제2 지지대(22)에 용접 방식으로 견고히 고정하였다. 수직유입관(421)의 내부는 상하 관통되어 있으며 상부에 입구(421a)가 형성되어 있다. 이와 같은 수직유입관(421)의 입구(421a)를 통하여 지표면 또는 해저면과 수직인 방향으로 이동하는 유체와 유체 중에 포함된 부유물 따위가 수직유입관(321) 내부로 유입될 수 있다. 제2 포집망은 수직유입관(421)에 결속장치(423)를 통해 결합되어 있으며 필

요에 따라 분리가 가능하도록 설계되었다. 제2 포집망(422)은 수직유입관(421)의 입구(421a)와 연결되어 있으며, 이에 따라 수직유입관(421) 내부로 유입된 유체와 유체 중에 포함된 부유물이 포집망 내부로 유입될 수 있다. 제2 측정기는 제2 지지대의 위치에 따라 그 위치를 다르게 할 수 있으며, 제1 측정기와 제2 측정기의 결합 위치는 서로 변경할 수 있다. 그리고, 제1 포집망(412)과 제2 포집망(422)을 제외한 각 구성요소들은 알루미늄 재질로 만들어 유체에 의해 각 구성요소들이 부식되는 것을 최소화 하도록 하였다. 본 실험에서 제작된 장치와 달리 각 구성요소들을 강화플라스틱 재질로 제작하는 것도 고려해 볼 필요가 있을 것으로 생각된다.

### 3. 현장 적용

위에서 설명된 관측 기기의 현장 설치 및 부유물 이동 측정은 2013년 8월 30일 경포해변에서 진행되었다 (Fig. 4). 관측 기기는 3곳의 정점 (St.1 - St. 3)에서 수심 1m 지점에 설치되었다. 정점은 Lee et al.(2011, 2012)이 제시한 해안선 변동 특성 결과에 근거하여 경포해변의 북부, 중부, 남부 지역 세 곳이 선택되었다. 관측 기기는 Fig. 5(b)와 같이 3단으로 구성되며, 첫 번째 sampler는 해저면을 기준으로 20 cm, 두 번째 sampler는 50 cm, 세 번째 sampler는 80 cm 높이에 설치되었다. 연직으로 침강하는 부유물 포집 장치는 두 번째 sampler 지지대의 내부에 부착되었다(Fig. 3 참고).

현장관측은 6시간 동안 진행되었으며, 관측 종료 후 포집망을 기기에서 분리하여 60°C에서 48시간 건조시킨 후 소수 2째 자리까지 무게를 측정하였다. 부유물의 순 무게는 관측 전 측정된 포집망의 무게를 뺀 것으로 표현 하였다. Table 1은 세 곳의 정점에서 측정된 수층별 부유물 포집 양을 단위 시간(h)당 무게(g)로 나타낸 것으로 8방위(북쪽(0°)을 기준으로 시계방향으로 45° 간격)로 표현 하였다. 표에서 '0°'는 포집망의 입구가 북쪽을 향하고 있는 것으로, 이 곳에 포집된 부유물은 관측 지점을 기준으로 북에서 남쪽으로 이동하는 부유물로 해석하였다. St. 1과 St. 2 모두 해저면에 가까울수록 포집양은 많아지며, 측정 지점을 기준으로 남측에서 북측으로의 이동량이 타 방향에 비

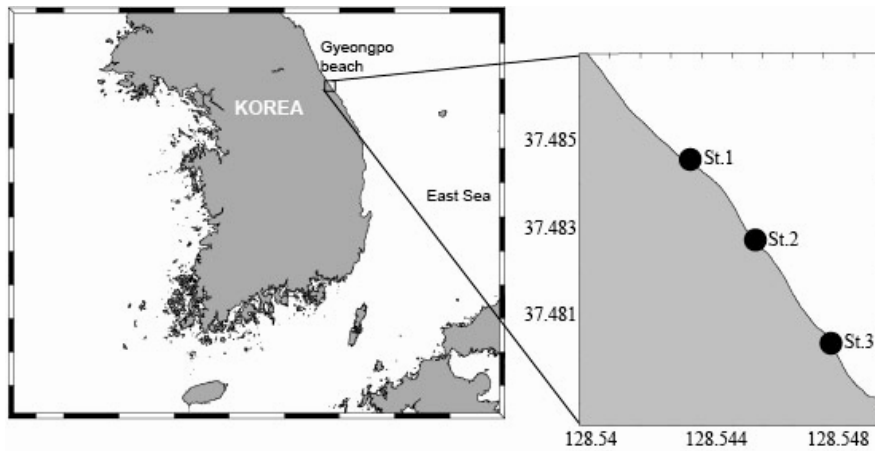


Fig. 4. Map showing instrument mooring sites (St. 1 - St. 3) for sediment and suspended particle sample.

해 많은 것으로 나타났다. 이는 Lee et al. (2012)이 언급한 하계 남측에서 북측으로 주로 이동하는 연안류 및 하계에 경포해변의 남측이 상대적으로 해안선이 후퇴하는 것과 관련이 깊을 것으로 생각된다. St.3은 4개의 서포터(Figs. 1,3의 '10')가 파(wave)의 작용 등에 의해 굴절되어 정상적인 측정이 이루어지지 않았다.

Table 2는 연직방향으로 침강하는 부유물의 양을 측정하는 것으로서 각 관측기마다 3개의 포집기(Figs. 1,3의 '42')가 설치되었다. St.3은 측정이 되지 않았다. 경포해변 가운데 지점에 위치한 St.2가 북측의 St.1에 비해 수평이동 뿐만 아니라 연직 이동 또한 크게 나타났다.

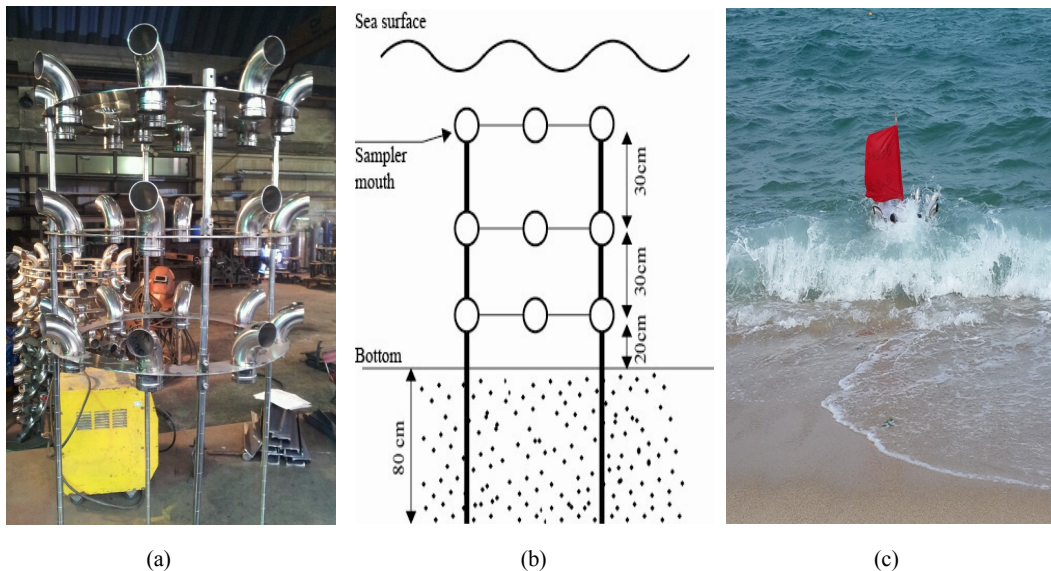


Fig. 5. Picture of sediment and suspended particle sampler (a), schematic diagram for field installation (b) and field installation (c).

**Table 1.** Horizontal movement of sediment and suspended particle sampled at each sampler (unit: g/h)

		0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°
St.1	S80cm	0.17	0.46	0.59	0.50	4.92	9.14	0.75	0.16
	S50cm	3.23	4.63	5.13	12.2	82.05	160.43	31.32	4.04
	S20cm	8.69	19.08	29.19	46.76	123.71	208.53	50.93	13.94
St.2	S80cm	1.60	3.11	13.30	62.25	26.85	1.77	6.28	0.72
	S50cm	16.6	36.28	139.28	403.25	840.38	276.93	32.90	6.44
	S20cm	154.88	357.71	435.9	1047.26	1192.81	1087.73	199.25	68.25

S20cm, S50cm, S80cm : sampler height from sea floor

0° - 315° : direction of each sampler mouth. (e.g. 0° = north, 90° = east)

**Table 2.** Vertical movement of sediment and suspended particle sampled at each sampler (unit: g/hour)

Station	St.1	St.2
Weight	7.16	25.03

본 현장조사 결과는 경포해변(Fig. 4)을 대상으로 2013년 8월(여름) 대조기의 썰물시 1회 측정된 것으로, 부유물의 이동에 따른 경포해변 해안선의 변화 특징을 기술하기에는 한계를 지닌다. 그리고 St. 3의 경우 파(wave)의 작용에 의해 서포터가 휘어져 부유물 측정이 정상적으로 이루어지지 못하였다. 제 1, 2 측정기의 경우 입구가 클수록 부유물의 포집은 용이할 수 있으나 유체의 이동에 따른 저항을 더 많이 받게 최적의 조건을 고려할 필요가 있는 것으로 생각된다. 또한 각 정점에서의 부유물 이동 특성(방향과 양)을 광역으로 확대하여 해석하기에는 어려움이 있을 수 있다. 하지만, Lee et al.(2011)에 따르면 오리(5 ri), 십리(10 ri) 바위 뒤쪽에 위치한 St. 2 부근의 해안선은 연간 변동폭이 다른 구간에 비해 가장 적으며, 또한 St.2를 중심으로 북쪽과 남쪽의 해안선 위치는 계절별로 각기 다른 변화를 나타낸다. 이러한 해안선의 변화는 해수 운동에 따른 부유물의 이동에 의한 것으로, 현장 적용에서 나타난 문제점들의 개선할 경우 그 활용도가 높을 것으로 판단된다. 본 실험을 계기로 기존의 부표를 이용한 연안류 추적 실험, 고해상도의 GPS를 이용한 위치 측정 등을 병행하여 해안선 변화와 부유물의 이동 특성과의 관계를 분석하고자 하며, 본 실험 장

치의 성능을 개선시키고자 한다.

#### 4. 결론

연안역은 해양환경과 육상환경 변화의 영향을 끊임 없이 받으며, 단기간 동안에도 환경변화가 크게 나타나는 곳이다. 특히 해안선은 육지면과 해면의 경계로서 자연환경적인 측면뿐만 아니라 영토 설정과도 관련되는 중요한 요소이다. 따라서 연안역의 지형변화 원인을 이해하고 대응책을 수립하는 것이 중요한 일이다. 본 연구에서는 연안에서 해수의 운동에 따른 부유물의 이동을 효과적으로 측정할 수 있는 장치의 설계, 제작 및 현장 실험 결과를 설명하였다. 수층별 수평, 연직 방향의 부유물 이동을 측정하는 것이 가능한 것으로 판단된다. 한편, 실제 현장 적용 결과 유체의 저항에 대한 서포터의 지지력이 일차적으로 개선되어야 할 문제이며, 포집망의 입구 크기를 최적화 시킬 필요가 있는 것으로 판단된다. 그리고 본 실험기기의 결과를 효과적으로 활용하기 위해서는 연안류 추적 실험, 해안선 위치 측정 등과 같은 조사가 병행될 필요가 있다.

#### 감사의 글

본 연구는 해양수산부 강원씨그랜트사업에 의해 이루어진 것이며, 현장조사 실험을 도와준 수산해양학연구실 학부생들에게 감사드립니다.

## 참 고 문 헌

- Lee, I. C., Lim, S. P., Yoon, H. S., Kim, H. T., 2008, Topographical change monitoring of th sandbar and estimation of suspended solid flux in the Nakdong River estuary-focused on Jinudo, J. Kor. Soc. Mar. Environ. Eng., 11(2), 70-77.
- Lee, C. I., Han, M. H., Jung, H. K., Kim, S. W., Kwon, K. Y., Jeong, H. D., Kim, D. S., Pakr, 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., Jeong, H. K., Han, M. H., Kim, K. R., 2012, Abnomal change in Gyeongpobeach Shoreline in June 2012, J. Kor. Environ. Sci. Soc., 21(10), 1287-1295.
- Jeon, D.C., 1995, Sea-level change and coastal erosion, J Korean Soc. Coastal and Ocean Engineers, 7(4), 289-304.