

# BW 방법을 이용한 현장 부유 플록 침강속도 측정

## In situ measurement of settling velocity for suspended floc sediment with BW method

정의택\*, 김동호\*\*, 허제우\*\*\*, 황규남\*\*\*\*

Eui-Taek Jung, Dong-Ho Kim, Je-Woo Heo, Kyu-Nam Hwang

---

### 요 지

각 해역의 부유 플록은 그 해역의 조건에 따라 각기 다르게 형성된 플록이므로, 부유 플록 자체의 특성(결합강도, 밀도 및 크기 등)은 현장특성에 따라 현저하게 다른 “site-specific”한 특성을 가질 뿐만 아니라, 동일 해역이라 하더라도, 조류 등에 의한 유속변화에 따른 흐름전단응력의 증감에 따라 플록의 특성 또한 시간적으로 크게 변화할 수 있다. 이에 현장의 플록 특성이 반영된 부유플록의 침강속도를 산정하기 위해 입도 측정원리중 하나인 BW방법을 응용한 전복대 Owentube를 자체 제작하여 연구가 수행되었으며, 본 연구를 통하여 도출된 현장에서의 점착성 부유 플록의 침강속도 산정 결과는 향후 퇴적물 이송 및 수질 예측을 위한 수치모형 적용시에 필수적으로 요구되는 침강 및 퇴적특성 입력자료로 유용하게 사용될 수 있을 것이다.

**핵심용어 : 점착성 부유 플록, Owentube, 현장 침강속도, 흐름전단응력, BW 방법**

---

### 1. 서론

해안 침식, 수로 매몰 등의 퇴적물의 이송과 관련된 문제들에서 퇴적물의 제반 이송 특성에 대한 이해 및 정량적 산정은 필수적 요구 사항이다. 특히 이들 제반 이송 특성 중 대표적인 특성인 부유사 혹은 부유 플록(floc)의 침강특성은 수치모형 적용시 필수 입력인자로서, 점착성 퇴적물의 경우에 그 이론적·해석적 해는 존재하지 않으며 현장 혹은 실내 실험을 통하여 직접 측정되어야만 하는 인자이다.

점착성 부유 플록의 침강속도 측정을 위한 연구(양수현과 황규남, 2008)는 과거 침강수주를 이용하여 활발히 수행되었는데, 이는 저면 퇴적토를 이용한 침강실험으로, 현장 부유 플록의 특성이 반영되지 못한 제한적인 조건에서 침강속도가 측정된 것이다. 각 해역의 부유 플록은 그 해역의 조건에 따라 각기 다르게 형성된 플록이므로, 부유 플록 자체의 특성(결합강도, 밀도 및 크기 등)은 현장특성에 따라 현저하게 다른 “site-specific”한 특성을 가질 뿐만 아니라, 동일 해역이라 하더라도, 조류 등에 의한 유속변화에 따른 흐름전단응력의 증감에 따라 플록의 특성 또한 시간적으로 크게 변화할 수 있다. 따라서 해외에서는 현장특성이 반영된 현장 부유 플록에 대한 직접적인 현장 침강속도 측정에 대한 관심이 최근 매우 높아지고 있는 추세이다.

---

\* 정회원 · 한국수자원공사 경인아라뱃길 운영처 처장 · E-mail : jet@kwater.or.kr

\*\* 학생회원 · 전북대학교 토목공학과 · 석사과정 · E-mail : kdh84@jbnu.ac.kr

\*\*\* 학생회원 · 전북대학교 토목공학과 · 석사과정 · E-mail : nicejewoo@jbnu.ac.kr

\*\*\*\* 정회원 · 전북대학교 토목공학과 교수 · E-mail : khwang@jbnu.ac.kr

이에 본 연구에서는 침강속도 현장 직접측정을 위한 대표적인 장비인 Owentube를 자체적으로 직접 제작하고 이를 이용하여 현장 부유 플록의 침강속도에 대한 측정이 수행되었다. 현장 부유 플록 침강속도 측정을 위하여 사용된 Owentube는 퇴적물의 입도 측정방법 중 하나인 BW(Bottom Withdrawal) 방법을 응용한 것으로, 현재까지 전 세계적으로 가장 널리 이용되고 있는 방법이다(Dearnaley, 1996; Pejrup and Edelvang, 1996).

본 연구를 통하여 도출된 현장에서의 점착성 부유 플록의 침강속도 산정 결과는 향후 퇴적물 이송 및 수질 예측을 위한 수치모형 적용시에 필수적으로 요구되는 침강 및 퇴적특성 입력자료로 유용하게 사용될 수 있을 것이다.

## 2. 현장조사

### 2.1 측정위치

BW를 이용한 현장 침강속도 측정은 목포해역 내 대표정점에서 2011년 7월 26일에 수행되었으며, 측정 위치 및 경위도 좌표는 사진 1 및 표 1에 주어진다.



사진 1. 침강속도 측정 위치도

표 1. 측정 위치의 경위도 좌표

측정위치	경위도 좌표
Mokpo	34° 47' 49.71" N 126° 21' 00.04" E

### 2.2 현장 기본조사

현장 침강속도 측정 당시의 해수 조건을 파악하기 위하여 현장 침강속도가 측정되는 지점과 동일한 정점에서 해수의 수심, 수온, 염도 및 TDS(Total Dissolved Solids)가 관측되었다. 현장 침강속도 측정 당시의 수심, 수온, 염도 및 TDS의 관측값들은 표 2에 주어진다. 수온, 염도 및 TDS는 중층에서의 측정값으로, Hach사의 STD센서(모델명 : HQ14d)를 사용하여 측정되었다.

표 2. 현장 침강속도 측정 당시의 수심, 수온, 염도 및 TDS

측정위치	수심(m)	수온(℃)	염도(‰)	TDS(mg/L)
Mokpo	11.6	24.5	36.5	35

### 3. 침강속도 측정장치 및 측정방법

본 연구에서는 현장 부유 floc(플록)의 침강속도를 측정하기 위하여 BW(Bottom Withdrawal)방법을 응용한 Owentube가 자체적으로 직접 제작되었다. 본 연구에서 특수 제작된 전북대 Owentube의 모습 및 제원은 사진 2와 표 2에 주어진다.

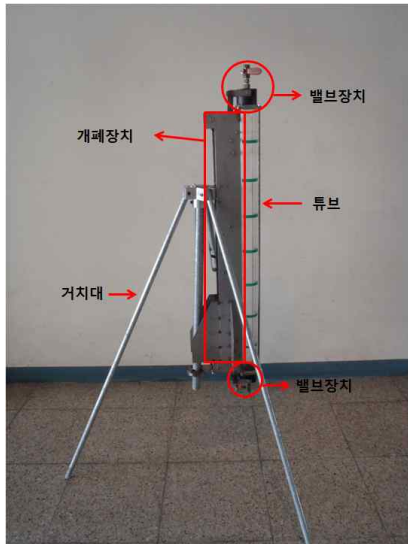


사진 2. 전북대 Owentube

표 2.전북대 Owentube의 제원

튜브높이	100 cm
튜브지름	5 cm
내부용량	약 2 L
농도측정 범위	0.2 ~5 g/L
플록크기 측정범위	5~100 $\mu$ m
침강속도 측정범위	0.03~4.9 mm/s

전북대 Owentube를 이용한 현장 침강속도 측정 과정에 대한 모식도는 그림 1에 주어진다. 그림에서 도식된 바와 같이 우선 약 수심의 1/2지점에 Owentube를 위치시킨 후, 추를 낙하시켜 양쪽의 밸브를 닫히게 함으로써 튜브 내로 부유플록과 함께 해수가 채워진다. 이를 수평한 상태로 수면위의 선상으로 들어 올린 후, 선상 위의 거치대에 수직으로 거치함과 동시에 침강 측정이 시작된다. 1, 3, 6, 12, 25, 40, 50, 50분의 시간간격으로 바닥의 유출구를 통한 약 250ml의 균등한 양의 탁수가 채취되고, 채취된 각각의 탁수는 연구실에서 여과지를 통한 여과 및 건조과정을 통하여 부유플록의 건조밀도(농도)가 측정된다. 한편 현장 침강속도 측정시 주의사항으로는 보통 채수시 5~10초의 지연시간이 발생하기 때문에, 채수시간보다 약 5~10초 이전에 채수가 시작되어야 하며, 200mg/L 이상의 초기농도에서 실험이 수행되어야만 한다.

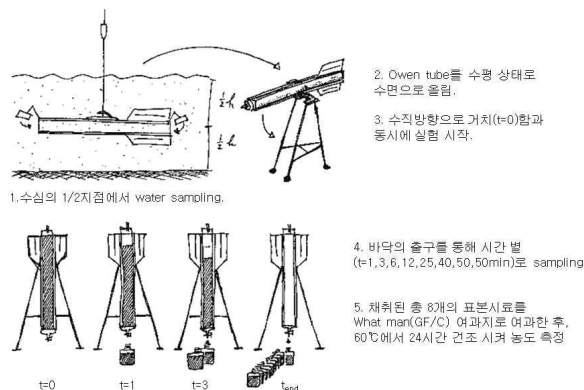


그림 1. BW방법을 이용한 현장 침강속도 측정방법

#### 4. 관측결과

목포 해역에서 Owentube를 이용한 현장 침강속도 산정 결과 중 대표적인 예가 그림 2 및 그림 3에 주어진다. 그림 2는 초기농도 1.6g/L일 때 Owentube로부터 시간별로 동일한 부피로 채수가 수행된 후 시간 및 높이 보정을 통하여 작성된 Oden curve이다. 또한 그림 2로부터 최종적으로 산정된 현장 부유평록의 침강속도 분포곡선은 그림 3에 주어지는데, 여기서 50%에 해당되는 침강속도 값은 중앙 침강속도( $w_{50}$ )로 정의된다.

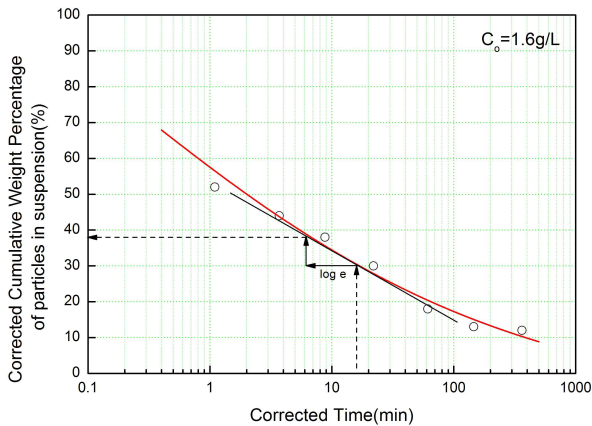


그림 2. Oden curve

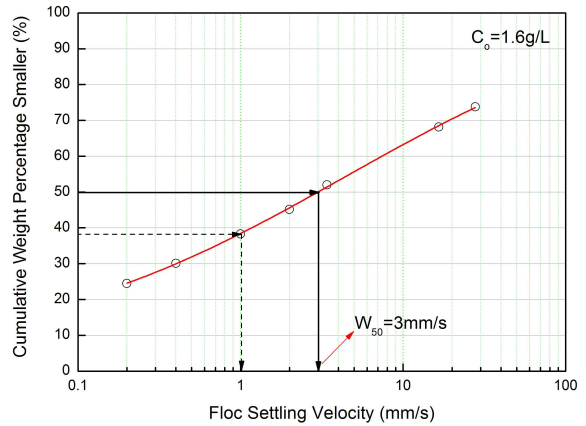


그림 3. 침강속도 분포 및 중앙 침강속도 산정

#### 5. 결론

본 연구에서는 BW방법을 이용하여 점착성 부유 floc의 침강속도가 현장에서 직접 측정되었다. BW방법은 Anon(1943)이 부유물질의 입도분석을 위해 고안한 방법이나, 이 방법을 역으로 응용하면, 시간에 따른 농도 변화 측정치로부터 부유평록의 침강속도가 측정될 수 있다. BW방법을 이용하여 측정된 침강속도는 수층의 부유평록이 거의 실트나 점토로 구성된 점착성 퇴적물이거나, 저농도의 경우 매우 높은 정확도를 가지는 것으로 알려져 있다.

측정 결과에 따르면 목포해역의 경우, 소조기(유속 0.1 m/s 정도)시 초기농도가 1.6g/L일 때, 부유물질의 50%가 침강되는 중앙 침강속도( $w_{50}$ )는 3mm/s인 것으로 나타났다. 본 연구를 통하여 도출된 목포해역의 점착성 부유 floc의 침강속도 산정 결과는 향후 퇴적물 이송 및 수질에 대한 수치모형 프로그램 사용시에 요구되는 침강 및 퇴적특성 입력자료로 유용하게 사용될 수 있을 것이다.

#### 감사의 글

본 연구는 해양환경보전기술개발 사업결과의 일부로서, 국토해양부의 지원에 의해 수행되었습니다.

#### 참고 문헌

1. 양수현, 황규남 (2008). 새만금 끝막이 공사 전후의 점착성 퇴적물의 침강특성 변화 해석, 한국해양공학회지, 제22권, 제4호, pp. 20-26.
2. Anon. (1943). A study of new methods of size analysis of suspended sediment samples. Rep. No. 7. St. Paul, U.S. Engineer District Sub-office, Hydraulic Lab., Univ. of Iowa, Iowa City.
3. Dearnaley, M.P. (1996). Direct measurements of settling velocities in the Owen Tube: a

- comparison with gravimetric analysis. *J. Sea Res.*, 36, pp.41 - 47.
4. Pejrup, M and Edelvang, K (1996). Measurements of in situ settling velocities in the Elbe estuary. *J. Sea Res.*, 36, pp.109 - 113.