

# 준설시 커터헤드 주변의 수리특성에 관한 연구

## A Study on the Hydraulic Characteristics around the Cutter-Head along the Dredging

채동석<sup>1)</sup>, 박재현<sup>2)</sup>, 김영도<sup>3)</sup>, 이만수<sup>4)</sup>

Chae, Dong Seok / Park, Jae Hyeon / Kim, Young Do / Lee Man Soo

---

### Abstract

In this study the flow characteristics around the cutter head which makes the dredging soil suspended were measured to evaluate the environmental affect of the dredging action. The PIV was used for measuring the flow characteristics around the cutter head for suction and non-suction cases. As the results, the mean velocity was decreased from the cutter head to outward. The mean velocity decreasing rate of the non-suction case was larger than that of the suction case, but the turbulence intensity decreasing rate of the non-suction case was smaller than that of the suction case because of the suction energy which makes the z-direction flow.

**keywords** : Environmental Friendly Dredging, PIV, Cutter-Head, Turbulence intensity

---

### 요 지

본 연구에서는 준설시 발생하는 환경적 요인에 대한 평가를 하기 위하여 준설실험을 통해 발생하는 부유물의 이동특성을 해석하기 위해서 PIV를 활용하였으며, 커터헤드 주변의 유속장의 특성을 흡입시와 비흡입시로 나누어서 분석하였다. 유속장의 크기를 분석한 결과 커터헤드 바깥쪽으로 크기가 감소함을 볼 수 있었으며, 흡입시에 비하여 비흡입시 유속장의 크기가 감소하는 비율이 큰 것으로 나타났다. 본 실험을 바탕으로한 난류강도의 특성을 살펴본 결과 전체적으로 흡입시 비흡입시에 비하여 난류강도의 크기가 크게 감소되는 것을 볼 수 있는데 이는 흡입 에너지에 의하여 z축 방향의 흐름에 영향을 미치는 것으로 판단된다.

**핵심용어** : 친환경준설, PIV, 커터헤드, 난류강도

---

## 1. 서 론

최근의 준설사업의 주요 관심사항중 하나는 부유오탁물로 인한 주변수체에 미치는 영향을 예측 및 파악하는 것이다. 이를 위해서는 준설시 발생하는 부유사의 확산을 정확히 예측

- 
- 1) 정희원·채동석 인제대학교 토목공학과 박사과정 E-mail : sdc270he@naver.com
  - 2) 정희원·박재현 인제대학교 토목공학과, 건설기술연구소 부교수 E-mail : jh-park@inje.ac.kr
  - 3) 정희원·김영도 인제대학교 환경공학부 조교수 E-mail : ydkim@inje.ac.kr
  - 4) 정희원·이만수 현대건설기술연구소 차장 E-mail : mslee@hdec.co.kr

하고 이를 해결할 수 있는 연구가 진행되어야 할 것이다. 현재 국내·외에서 부유사의 확산을 모의하는 연구사례를 살펴보면, 이종석등 (1995)은 2차원 입자추적모형을 개발하고 해석해와 비교하여 검증하였고, 서승원(1996)는 Lagrangian방법인 입자추적모형과 Eulerian 방법인 유한요소법을 결합한 eulerian- Lagrangian모형을 수립하여 부유사 확산을 모의하고 고농도 모의 시는 Lagrangian 방법이, 저농도 모의 시는 Eulerian 방법이 효율적임을 언급하였으며, Dearnaley et al.(1999)은 준설토 확산모의에 대해 plume모형과 입자추적모형을 비교검토 하였다. 본 연구의 목적은 준설토 현장 조건과 준설토 커터헤드의 특성 및 흙의 종류 등을 고려하여 준설토 부유물 발생을 최소화하는 친환경 고생산성 커터 헤드를 개발하고 검증하기 위한 사전작업으로 준설토 커터에 의해 발생하는 주변 흐름특성을 분석하는 것이다.

## 2. 연구방법

본 연구에서는 (주)현대건설에서 보유중인 아산 3호 준설토 커터헤드 모양을 1/35 규모로 축소제작 하여 연구를 수행하였다. 실험을 수행함에 있어 토사입경, 커터의 크기 등의 요소에 대한 상사 특성을 완벽히 만족시키는 것이 거의 불가능 하기 때문에 본 연구에서는 커터의 크기를 축소했음에도 불구하고 본 실험기기 구성에 맞도록 커터의 회전수 및 흡입속도 등을 결정하여 실험을 수행하였다. 실험에 사용된 준설토로는 평균 토사입경이 0.5 mm 인 주문진사를 사용하였다.

### 2.1 모형제작

Fig. 1과 같이 실험수조는 4.2 m × 2.2 m × 1.5 m(가로×세로×높이) 크기의 수조에 돌출부 0.7 m × 2 m × 1.5 m(가로×세로×높이)로 제작되었다. 수위는 1 m의 깊이로 유지하고, 이를 흡입하기 위해서 커터헤드는 수심 20 cm ~ 80 cm 에 위치 할 수 있도록 커터헤드 지지대의 길이를 1 m로 제작하였다. 커터날은 총 12개로 제작하였으며, Fig. 2와 같이 커터헤드모형은 직경을 16 cm로 제작 하였고, 흡입장치의 흡입관 위치는 아산 3호의 설계도를 바탕으로 직경 1.8 cm 인 원형관으로 만들어졌으며 준설토흡입속도는 조절 가능하도록 설계하였다.

### 2.2 PIV 실험장치 및 조건

본 연구에서 사용되어진 PIV(Particle Image Velocimetry)는 컴퓨터의 고속 연산 기능과 영상처리 기법을 이용하여 유동의 한 단면에 대한 순간 유동장을 획득할 수 있는 공학적 유속 측정기법으로 시스템의 장비는 1.92 million pixel(1600 × 1200)의 고해상도 CCD카메라(TSI, Model 630057), 120 mJ/pulse의 이중 펄스 방식의 Nd:Yag 레이저 시스템(Big Sky Laser, Model PIV 120), 동기화장치(Synchronizer TSI, Model 610034), 화상처리 보드(Supermicro, Model PDSG4) 및 컴퓨터로 구성되어있다. PIV시스템의 CCD카메라의 거치대(1.59 m×1.22 m×2.23 m)와 레이저 거치대(1.19 m × 0.82 m × 2.24 m)를 설치하였으며, 유속측정은 15 Hz의 시간간격으로 측정하였다. 유속장에 관한 모든 정보는 유속 측정 시간 동안에 결정되는데 난류특성 및 흐름 특성을 파악하기 위해서는 관측 시간(frame수)의 결정이 중요하다(김태원, 2007). PIV 를 통해 얻어진 입자의 유속장을 이동평균법을 이용하여 살펴

본 결과 Fig. 3과 같이 25 frame 이상 이동평균을 실시한 이후부터는 신뢰도가 매우 높은 값을 유지하였다. 본 연구에서는 보다 안정적인 실험을 유지하기 위해 200 frame의 유속자료를 활용하여 각지점의 난류특성 및 평균유속을 측정하였다.

### 3. 실험결과

준설시 부유물의 이동 및 확산에 관한 유속장의 분포특성을 살펴보기 위하여 PIV를 이용하여 커터헤드로부터 0.5, 2.0, 3.5 cm 이격된 지점의 평면에 대한 유속장의 크기를 측정하였으며, 흡입시 발생하는 에너지로 인하여 발생하는 유속장의 분포 특성을 비흡입시와 비교하기 위하여 같은 거리에서 유속장의 크기를 측정하였다(흡입속도 : 2.0 m/sec). 실험 case는 Table 1과 같이 총 6가지로 하여 진행하였다.

Table 1. Experiment cases

Cases	Point (cm)	Frames	Times (s)	Cutter Head (rpm)	Suction Speed (m/sec)
Non-Suction	-	-	-	-	-
CASE 2-1	0.5 cm	200	0.067	40	-
CASE 2-2	2.0 cm	200	0.067	40	-
CASE 2-3	3.5 cm	200	0.067	40	-
Suction	-	-	-	-	-
CASE 2-4	0.5 cm	200	0.067	40	2.0
CASE 2-5	2.0 cm	200	0.067	40	2.0
CASE 2-6	3.5 cm	200	0.067	40	2.0

#### 3.1 커터헤드 주변의 유속 분포특성

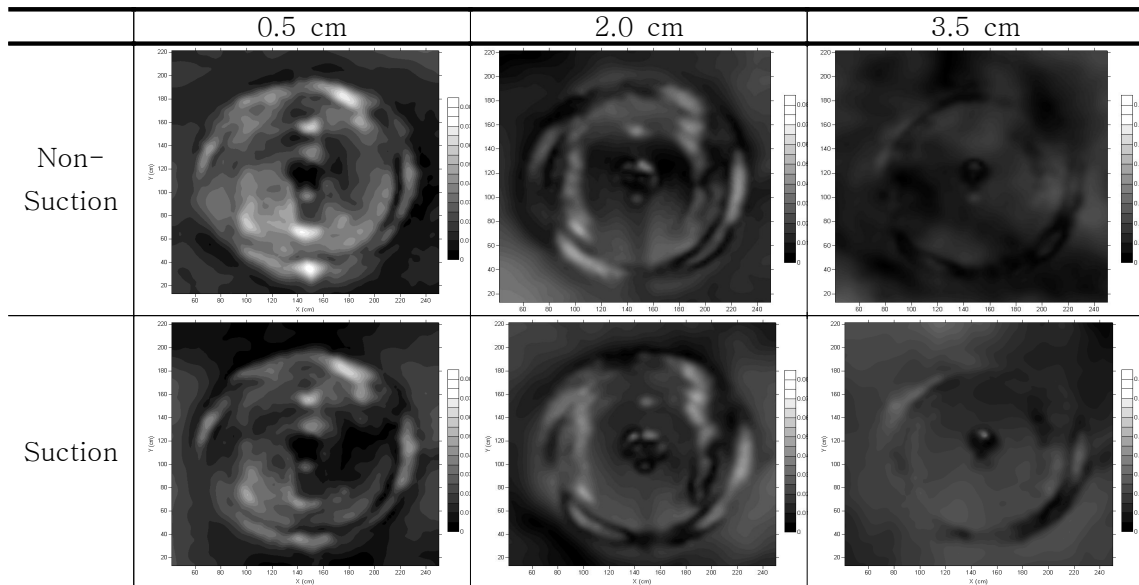


Fig. 1. Spacial velocity distribution around the Cutter-Head

커터헤드 주변의 유동장 분석실험 결과를 살펴보면 먼저 비흡입시에는 커터헤드 주변에서 멀어질수록 평균유속값이 최대 50 % 이하로 떨어짐을 보였는데 이는 커터헤드의 움직임에 따라 확산되는 에너지의 크기가 거리별로 급격히 떨어짐을 의미한다. 같은 방법으로 조사한 흡입시의 유동장 크기를 살펴보면 커터헤드에서 멀어져도 근처의 유속장의 크기와 비교하여 크게 벗어나지 않는 모습을 보이는데 이는 흡입시 추가된 에너지가 유속장에 크게 영향을 미치는 것으로 판단되어진다.

### 3.3 커터헤드 주변의 난류강도 분포특성 분석

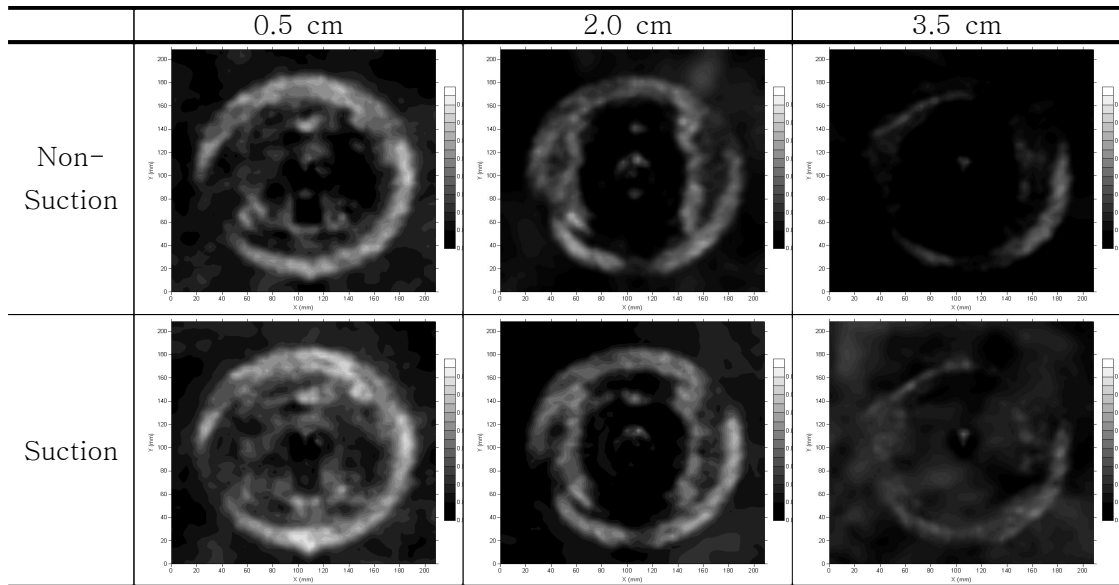


Fig. 2. Spacial turbulence intensity distribution around the Cutter-Head

커터헤드 주변의 난류강도의 분포특성을 흡입시와 비흡입으로 비교하였을 경우 그 크기가 0.5 cm 지점에서는 약 15 % 정도 감소하였지만 3.5 cm 지점에서는 50 % 정도로 급격하게 줄어드는 것을 볼 수 있다. 그 이유는 흡입시 x, y 방향뿐만 아니라 z 방향에 위치한 흡입력의 에너지로 인하여 z 방향의 변위특성인  $w'$ 이 증가하여 x, y 방향의 변위특성인  $u'$ ,  $v'$ 에 영향을 미친것으로 보인다. 거리별 난류강도의 크기를 살펴보면 비흡입시에는 0.5 cm 대비 3.5 cm 지점에서 약 30 % 정도의 크기가 감소함을 보였고, 흡입시에는 감소의 크기가 60 % 이상 나는 것을 볼 수 있는데 이는 거리가 멀어질수록 z축의 변동특성이 난류강도의 크기에 미치는 영향이 커지는 것이라 판단된다.

## 4. 결론

본 연구에서는 환경준설방안을 모색하기 위해 준설시 발생하는 부유입자들의 모습을 분석하기 위하여 PIV를 이용하여 커터헤드의 회전력에 의해 발생하는 부유물의 이동특성을 분석하기 위해 준설흡입 조건과 비흡입 조건으로 나누어서 커터헤드 주변의 유속장을 측정하고

1. 커터헤드 주변의 유동장을 흡입시와 비흡입으로 나누어 각각에 대하여 거리별(0.5 cm, 2.0 cm, 3.5 cm)로 분석한 결과 비흡입시 유속장은 커터헤드 근방에서 가장 큰 값을 나타냈으며, 거리에 대비하여 감소하는 모습을 보였다. 그러나 흡입시에는 거리에 따른 값의 크기가 큰 차이를 보이지 않았는데 이는 흡입시 발생하는 에너지가 커터헤드의 회전력과 맞물려 유속장에 영향을 미친 것으로 판단된다.
2. 유속장 자료를 바탕으로 난류강도의 크기를 분석한 결과, 비흡입시에는 유동장의 특성과 마찬가지로 커터헤드에서 멀어질수록 값이 줄어드는 것을 볼 수 있었으며, 흡입시에는 유동장의 특성과는 다르게 비흡입시와 마찬가지로 커터헤드에서 멀어질수록 난류강도의 크기는 감소하였다. 흡입시에 발생하는  $z$  방향으로 이송되는 유속장에 의해 실질적으로 다음과 같은 결과 값이 도출된 것으로 보인다. 그리고 커터헤드의 각도별 난류강도의 크기를 분석한 결과 흡입시 전체적으로 비흡입때와 비교하여 값이 줄어들었으며, 각도별 영향력은 거의 특별한 모습을 보이지 않았다.
3. 본 실험연구 자료를 현장에 접목시키기 위해서는 매개변수를 달리한 여러 가지 실험이 추가되어야 할 것 이며, 이를 매뉴얼로 만들어 기존의 경험의준도로 진행되어오던 준설 작업이 보다 효율적이고, 환경적인 준설효율 방안을 제시할 수 있을 것으로 판단된다.

## 감 사 의 글

본 연구는 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁 시행한 2006년도 건설핵심기술연구개발사업(준설효율 향상을 위한 최적 배송시스템 및 친환경 커터헤드 개발)에 의 연구지원에 의해 수행되었습니다.

## 참 고 문 헌

- 김태원(2007) 급변 곡선수로에서 이차류에 의한 유속분포의 변화. 박사학위논문, 서울대학교.
- 서승원(1996) Eulerian-Lagrangian 농도 및 입자 결합모형에 의한 연안의 부유사 확산해석. 한국 해안·해양공학회지, 제8권, 제2호, pp. 185-192.
- 이종섭, 김호진(1995) Random Walk 모형에 의한 확산해의 민감도 분석. 대한토목학회논문집, 대한토목학회, 제15권 제5호, pp. 1267-1277.
- Dearnaley, M.P., Stevenson, J.R. and Spearman, J., 1999. *Environmental aspects of aggregate Dredging*, ASCE, 133(2), pp.149-152.