

수두차를 이용한 해저 유기퇴적물 준설 장비 개발에 관한 기초 연구

손충렬* · 정우철** · 어 준*** · 최재권* · 이정탁*

*인하대학교 선박해양공학과, **인하공업전문대학 선박해양시스템과, *** (주) 선양

The Study of Seabed Organic Sediment Dredging Equipment Development Used the Pressure Difference

CHOONG-YUL SON*, UH-CHEUL JEONG**, JOON EEO***, JAE-KWON CHOI* AND JUNG-TAK LEE*

*Naval Architecture & Ocean Engineering, In-ha University, Incheon, Korea

**Department of Ship and Ocean System, In-ha Technical college, Incheon, Korea

*** Sun Yang Co., Ltd., Ulsan, Korea

KEY WORDS : 수두차, 준설장비, 유기 퇴적물, 해저 오니토, 모형시험

ABSTRACT: According to the research result of existing regarding the seabed organic sediment, contamination it flows from the land and the sea become the enemy in the coastal water. It was caused with the summer season water temperature rise and dispersing recall respect advancement. Phosphorus which is a main reason of red tide actual condition came to reveal vast quantity with the facts that it gushes. Specially, in the case of the coastal closing waters and the nursery, as the corpse and the fresh fish washing veterinarian was imbrued, it is the actual condition where is more deepened. Consequently the development of shallow layer dredging method of that suction power which is stabilized is demanded to be able to dredge only the sediment layer which has not become the pressure and is a main reason of being imbrued.

The dredging methods using the pressure difference minimize the suction of the seabed sediment. This method is stable that suction power which occurs from guard difference of the guard and the guard of the dredging system inland water. That's why it is possible to sort dredging of the organic sediment ranging in upper layer sediment and it will be able to expect the minimization of dredging quantity. Increase of the expense that it follows in orthocenter with the fact will not grow. Because the pressure difference of the dredger inland water is occurred by the suction power.

Maintenance administrative costs are reduced, because the one of smallest dredging system maneuvers and the barge which affixes an integrated operation system is mainly in a resting. To reduce a dredging hour, it will be able to solve in the condensed water as operating the jar guard post.

1. 서론

최근 호소, 하천, 항만 등으로 유입된 퇴적오니로 인한 수질오염이 점차 가속화되어 자정능력을 상실한 호소와 하천, 댐 등에서는 부영양화 현상으로 심층부의 산소고갈

및 저서생물의 고사, 독성물질을 생성하는 남조류의 출현 등에 따른 어패류의 피해 및 상수원지역의 정수장애 등 각종 환경문제로 경제적인 피해가 증가하고 있다.

이 중 연안 해역에서의 환경오염은 그 원인이 되는 각종 유기물들이 조류를 따라 넓은 지역으로 이동하기 때문에 그 문제가 더욱 심각한 실정이다.

근 연안해역, 특히 음식점과 어시장이 들어서 있는 어

제1저자 손충렬 연락처: 인천시 남구 용현동 253

032-860-7338 soncy@inha.ac.kr

항 등의 연안 폐쇄수역과 양식장의 경우 배합사료와 어패류의 사체 및 생선 세척수 등의 오염물질과 토사류, 중금속 및 질소, 인 등의 영양물질이 함께 퇴적되어 많은 문제를 야기하고 있다. 또한 저비중 침전물은 침전물의 상부에 위치하여 침전되어 있다가 작은 외력에도 쉽게 수중에서 확산되어 수질을 더욱 악화시키게 되는 주원인이 된다.

현재 퇴적 오염물을 제거하는 대표적인 준설방법으로 그레브(Grab) 준설방식과 펌프(Pump) 준설방식이 있으나, 이와 같은 준설방식은 수질오염의 주 원인인 유기오염물이 다량 함유되어 있는 상층부 퇴적물 외에 상당 부분의 이토까지 준설하게 된다. 이 과잉 준설토를 투기하는 과정에서 발생하는 환경오염문제, 준설토 투기장 선정에 따른 어려움, 준설토 투기에 따르는 처리비용의 과다 등의 사유로 이러한 준설방식들은 오염이 상당히 진행된 해역에서만 선택적으로 시행되고 있는 실정이다.

따라서 오염의 주원인인 압밀되어 있지 않은 퇴적물층만을 선별 준설할 수 있는 방안으로 해수면의 수위와 준설시스템 내수면의 수위 차이에서 발생하는 정역학적 힘을 이용하는 새로운 시스템의 가능성을 확인하고자 한다. 이러한 수두차 준설방식은 안정적인 저흡입력이 토분의 흡입을 최소화하기 때문에 해저면 상층부에 분포되어 있는 유기퇴적물의 선별 준설이 가능하며 준설량의 최소화를 기대할 수 있다. 또한 해수면과 준설선 내수면과의 수두차에 의해 흡입력이 발생하는 방식이므로 수심에 따른 비용의 증가는 크지 않을 것으로 기대된다.

본 연구에서는 기존에 널리 사용되고 있는 준설방법의 특징을 간략히 살펴보고, 앞에서 언급한 수두차를 이용한 새로운 준설방법의 가능성을 모형시험을 통하여 확인하였다. 또한 연안 폐쇄수역의 해저오염 현황을 조사/분석하기 위하여 부산시 기장군 대변항 일대의 해저침전물을 채취하여 그 특성을 조사함으로써 새로운 준설방법의 적용 가능성을 함께 검토하였다.

2. 수두차 준설방법의 특징

2.1 기존 준설방법의 문제점

현재 널리 사용되고 있는 대표적인 준설방법은 크게 펌프 준설과 그레브 준설로 나눌 수 있다. 펌프 준설은 펌프 준설선으로 해저면의 토사를 물과 같이 흡입하여, 압송 파이프를 사용하여 매립지까지 운반하는 방법이다. 또한 그레브 준설은 해저의 토사를 그레브로 채취하여 운반선으로 매립 예정지까지 운반하는 방법이다. 이러한 그레브 준설은 굴착 시 해수면의 오탁이 발생하므로 이에 대한 대책이 필요하고, 시공 효율 면에서 펌프 준설보다 떨어진다. 상기 방법 외에 준설토를 호퍼(Hopper)에 담아서

투기장까지 이동하여 투기하는 호퍼 준설이 있으나 준설 방법 측면에서는 펌프 준설과 같으며, 준설토 운반 및 매립 방법은 그레브 준설시 적용하는 방법과 거의 유사하다.

이러한 기존의 준설방식은 박층 준설방식이 아니고 일정한 두께를 교란 준설하는 방식이므로 주로 경제적인 이유로 인해 이미 오염이 심각한 상태의 해역의 저질 퇴적물을 준설하게 된다. 이는 환경적인 측면에서는 소극적인 대처 방식일 수밖에 없다.

Table 1은 펌프 준설과 Grab 준설의 특징을 정리한 것이다.

Table 1 그레브 준설과 펌프 준설

| 구분 | 그레브 준설 | 펌프 준설 | |
|------|--|--------------------------------------|----------------|
| 개요 | 유기퇴적물 만을 선택 준설하기 어려움 | 유기 퇴적물 만을 선택 준설하기 어려움 | |
| | 이미 저질토의 상당부분 깊이까지 오염된 경우에 적용함 | 준설량이 많으므로 준설토 투기에 따른 2차 환경오염문제를 야기함 | |
| | 준설량이 많으므로 준설토 외항 투기에 따른 2차 환경오염문제를 야기함 | 준설토 투기장 설치 비용이 과다하게 발생함 | |
| | 그레브준설 선단이 기동하므로 유지관리비가 과다하게 발생함 | 고압의 펌프선이 기동하므로 유지관리비 절감이 어려움 | |
| 시공성 | 장비 조합 | 그레브준설선, 토운선 | 펌프준설선, 이토배송관 |
| | 준설 대상 | 일정한 두께의 오염 이토층 | 일정한 두께의 오염 이토층 |
| | 준설 속도 | 보통 | 빠름 |
| 경제성 | 절대 준설량이 많아 경제적 부담이 큼 | 절대 준설량이 많고 준설토 투기장 설치에 대한 경제적 부담이 큼 | |
| 기대효과 | 오염된 저질토를 대상으로 함으로 환경오염을 사전에 차단할 수 없음 | 오염된 저질토를 대상으로 함으로 환경오염을 사전에 차단할 수 없음 | |
| 적용성 | 오염 두께가 깊은 연안 폐쇄 수역 | 오염 두께가 깊은 연안 폐쇄 수역 | |

2.2 수두차 준설방법의 특징

본 수두차 준설방식은 앞에서 언급한 기존의 준설방식의 문제점인 퇴적오니토를 준설할 때 발생하는 부유물질

로 인하여 수중으로 많은 양의 오염물질이 확산됨으로서 준설하기 전보다 오히려 수질이 더 악화되는 문제점을 해결하기 위한 박층 선별 준설방식으로, 다음과 같은 장점을 가지고 있다.

- ① 상부의 저니만을 준설하는 선택준설법으로서 경제적 부담이 적다.
- ② 한 개의 바지에 복수의 수두차 준설시스템이 배치되므로 준설속도를 향상시킨다.
- ③ 저렴한 비용으로 유기퇴적물을 준설함으로써 환경오염을 사전에 차단 가능하다.
- ④ 준설된 유기퇴적물의 재활용이 가능하다.

본 수두차 준설시스템의 개념도를 Figs. 1과 2에 나타내었다.

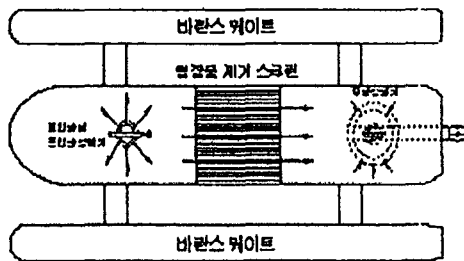


Fig. 1 수두차를 이용한 준설선 개념도

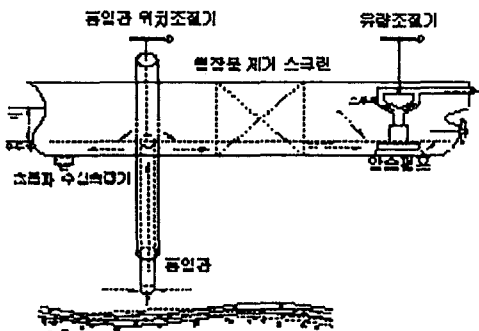


Fig. 2 수두차를 이용한 준설법

3. 해저 침전물 특성 조사

수두차를 이용한 준설 방법은 해저면 상부에 있는 저니만을 선별 준설하는 방법으로 연안의 폐쇄 수역이나 양식장이 설치되어 있는 곳에서 사용이 가능할 것으로 판단된다. 이에 따라 부산광역시 기장군에 위치한 대변항 일대의 해저 침전물의 특성을 조사하여 이와 비슷한 환경의 장소에서 적용 가능성을 조사하였다.

해저 침전물 특성 조사를 위한 시료 채취는 2004년 8월 (주)선양에서 보유한 시료 채취용 장비를 이용하여 대변항 일대에서 5일간 진행되었으며, 세 곳에서 각 장소마다 두 개의 시료를 채취하여 비교 분석하였다.

Figs. 3과 4는 퇴적물 시료채취 장비와 채취된 시료를 각각 보이며, 대변항에서 채취된 시료 분석결과를 Table 2에 나타내었다.

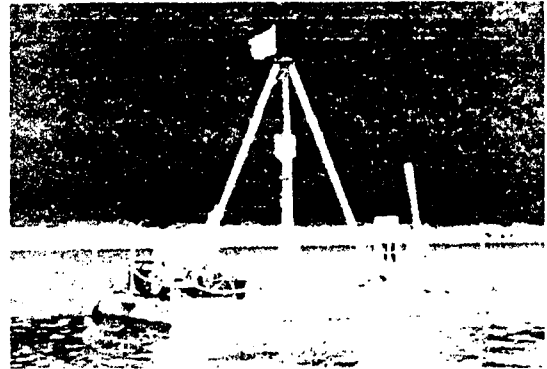


Fig. 3 퇴적물 시료채취 장비

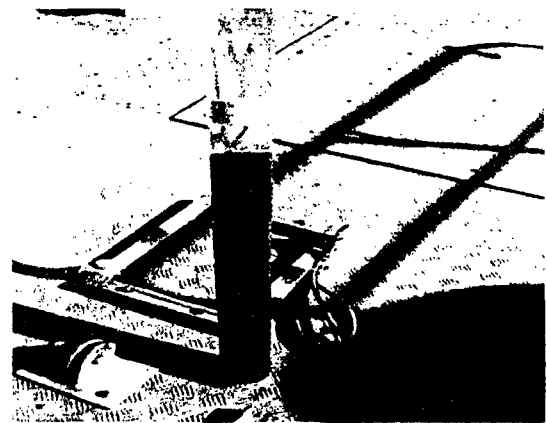


Fig. 4 채취된 시료

Table 2. 대변항의 침전물 특성

| Sample No. | A-1 | A-2 | B-1 | B-2 | C-1 | C-2 | |
|---------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| Depth (m) | 5.35 | | 5.50 | | 5.50 | | |
| Thickness of Deposit (Cm) | 55 | | 48 | | 50 | | |
| Specifics Gravity | 2.641 | 2.644 | 2.646 | 2.628 | 2.611 | 2.627 | |
| MECHANIC ANALYSIS (%) | GRAVED | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | SAND | 0.5 | 12.1 | 4.51 | 19.3 | 4.75 | 37.8 |
| | SILT | 72 | 64 | 55 | 52 | 65 | 31 |
| | CLAY | 20 | 8 | 34 | 16 | 17 | 17 |
| COLLOID | 8 | 16 | 6 | 13 | 13 | 14 | |

채취된 시료의 분석 결과 대변항의 경우 Silt, Clay와 같은 아직 고착화 되지 않은 퇴적물이 해지면 상부에 대부분 쌓여 있고, 이는 수두차를 이용한 방법을 통하여 준설이 가능한 것으로 판단된다. 이는 곧 대변항뿐만 아니라 비슷한 환경 조건의 전국 항만도 유사할 것으로 예측되고, 본 수두차를 이용한 준설장비의 다른 지역에서의 활용 가능성을 나타낸다.

4. 모형실험

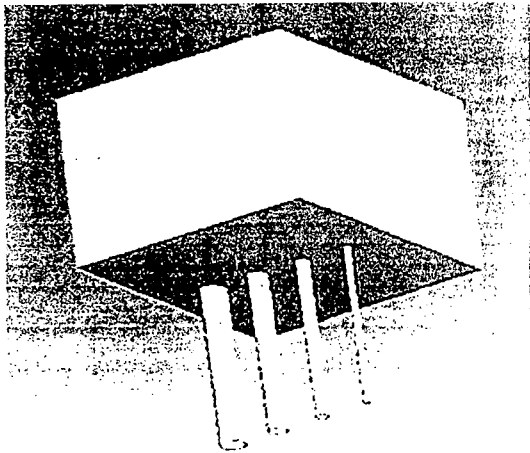


Fig. 5 실험 모형

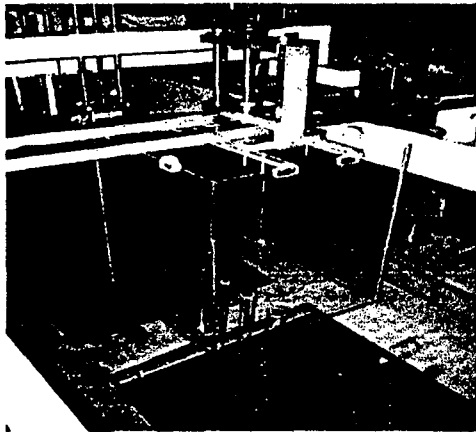


Fig. 6 회류수조에 고정된 모형

수두차를 이용한 준설 방법의 타당성을 검토하기 위하여 Fig. 5와 같은 모형을 제작하여 수두차에 따른 해저 오니토의 준설 가능성을 확인하였다. 실험에 사용된 모형은 5mm 두께의 아크릴로 400×400×500mm의 크기로 제작하였으며, 관의 직경은 10mm에서 40mm까지 10mm 간격으로 차등을 두어 460mm의 길이로 4개의 관을 제작하였다. 실험은 Fig. 6과 같이 회류수조에 지그를 이용하여 고정시킨 후 수두차를 발생시켜 해저 저니를 가정한

잉크와 뉘시용 떡밥이 수두차에 의하여 모형 내부로 흡입되는 것을 확인하였다.

용기 내외의 수두차를 h 라 할 때 관내 해수의 유입속도는 베르누이 정리로부터 $V = \sqrt{2gh}$ 로 근사할 수 있다. 따라서 잉크가 빨려들어가기 시작할 때의 수두차로부터 관 직경 변화에 따른 유입속도, 유량 등을 추정할 수 있으며 이것이 설계의 중요한 인자가 된다.

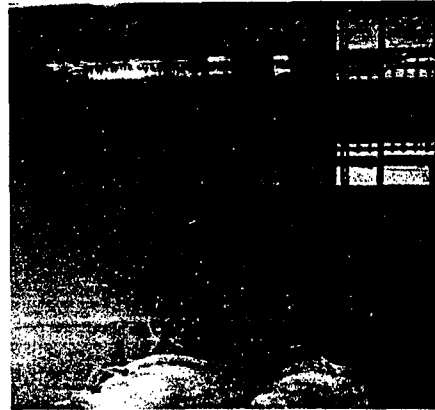


Fig. 7 수두차 발생 전 모형

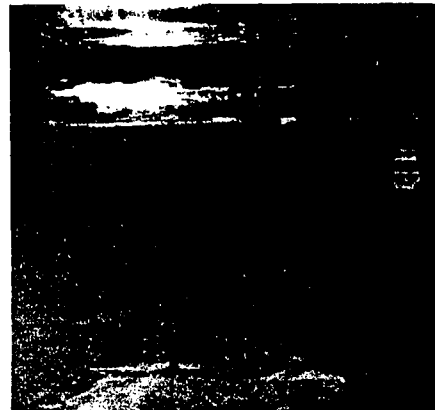


Fig. 8 수두차 발생 후 잉크가 유입되는 모습



Fig. 9 수두차 발생 후 떡밥이 유입되는 모습

적색 잉크를 저니로 가정하여 수조 바닥에 분사한 후 지그를 통하여 실험장치의 수두 차를 조절하여, 잉크가 빨려 올라가는 현상을 관찰하였다. 또한 잉크보다 비중이 큰 떡밥을 이용하여 같은 실험을 시행하여 해저면의 저니와 같이 잉크보다 비중이 큰 물질의 준설 가능성을 확인하였다(Figs. 7-9).

관 직경이 증가할수록 더 작은 수두차에서도 잉크와 떡밥이 흡입되고, 관내로 유입되는 유량은 크지만 유입속도는 작은 것을 확인할 수 있다. Table 3은 잉크가 유입되기 위한 최소 수두차를 주었을 때의 관 직경에 따른 관내에서의 유속과 그에 따른 유량을 나타낸 것이다.

Table 3 관 직경변화에 따른 유속과 유량

| 관직경 (m) | 수두차 (m) | 관내 속도 (m/s) | 유량 (m ³ /s) |
|------------|------------|----------------|---------------------------|
| 0.01 | 0.1146 | 1.50 | 0.000236 |
| 0.02 | 0.0796 | 1.25 | 0.000785 |
| 0.03 | 0.0710 | 1.18 | 0.001670 |
| 0.04 | 0.0560 | 1.05 | 0.012570 |

5. 결론

본 수두차를 이용한 해저 유기 퇴적물 준설 장비 개발에 관한 기초 연구를 통하여 수두차를 이용하여 해저면 상부에 퇴적된 해저 오니토를 준설 하는 방법에 대한 가능성을 확인하였다.

앞으로 계속될 연구를 통하여 해저 오니를 준설함에 있어 발생할 2차적인 수질 오염을 방지하는 친환경적이고, 경제적인 준설 방법의 개발이 가능할 것이다. 또한 준설된 퇴적오니의 성상에 따라 준설오니토의 재활용이 가능하며, 박층준설도 가능하여 오염토층만 선택적으로 제거 할 수 있는 준설 장비의 개발이 가능할 것이다.

후 기

본 연구는 해양수산부 연구 과제 “수두차를 이용한 준설장비 개발”의 연구결과 중 일부임을 밝히며, 연구비 지원에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- 준설매립 기술 위원회, “준설매립기술의 최근 동향”, 한국지반공학회지, Vol.19, No.2, pp.8 -24
- 송영채 외, “항만 준설토 재활용을 위한 위해성 평가” 한국폐기물학회, 춘계학술연구회발표논문집, 2004
- 이미경 외, “영일만 해역 표층퇴적물의 금속 분포 특성” 대한환경공학회지, Vol.26, No.5, pp.543-551
- 조현진 외, “대청호 유기퇴적물 분포 및 용출 특성” 대한환경공학회지, Vol.26, No.6, pp.665-679