

국내외 준설의 현황 및 미래



박재현 ▶▶▶
인제대학교 토목공학과 교수
jh-park@inje.ac.kr

1. 머리말

최근 정부의 '한반도대운하사업'이나 '4대강살리기 사업'에서 하천준설은 그 사업의 매우 중요한 비중으로 다루어져 왔다. 국내에서 대규모 준설은 항만사업에서 대부분 이루어져 왔고, 골재채취를 위해 진행해온 하천준설의 경우 그 규모는 항만준설에 비해 상대적으로 소규모라 할 수 있기 때문에 하천 내에서 항로신설, 유지 등을 위한 준설은 우리가 경험하지 못한 사업영역이라 할 수 있다. 특히 수자원공학자는 물론 국내준설 시공업자에게 있어서도 대규모 하천준설사업은 매우 생경한 영역이라 할 수 있다. 본고에서는 준설선의 종류 및 준설방법, 다른 나라의 준설기술과 우리나라의 현황, 준설 시 발생할 수 있는 환경문제 등 국내외 환경준설기술의 현황을 간단하게 살펴보고자 한다.

2. 준설선 종류 및 방법의 특징

일반적으로 장비를 이용하여 수중의 토사 등을 굴착하여 구역 외로 배송 투기하는 일련의 공사를 준설

이라고 하며 준설장비를 갖춘 선박을 준설선이라 한다. 준설공사는 크게 두 가지로 분류할 수 있다. 선박의 운항을 위한 항로나 박지를 조성하거나 유지하기 위한 준설로서 이는 준설자체가 공사의 최종 목적이 되는 경우이다. 또한 매립이나 구조물의 기초를 조성하기 위한 목적으로 해저의 토사를 준설하는 경우로 나눌 수 있는데, 전자의 경우 기초 지반의 종류나 상태에 관계없이 해당지역을 소요심도까지 준설하여야 하지만, 후자의 경우는 매립, 구조물 기초 등의 용도에 부합하는 재료의 토사를 준설하게 된다. 인류 최초의 준설을 보면 고대 나일강, 유프라테스강, 티그리스강과 인더스강 유역에서부터 시작된 것으로 알려져 있다. 이후 18세기에 들어서 영국의 James Watt에 의해 발명된 증기기관을 준설선에 적용하게 되었고, 이후 원심펌프가 발명된 후 흡입식 준설선이 나타났는데 준설기계의 개발과 효율에 있어 중요한 전환점이 되었다고 볼 수 있다. 현재 사용하고 있는 준설선의 종류 및 준설 시 장단점 등을 살펴해보도록 하겠다.

2.1 비항 펌프 준설선

1) 특징

커터가 부착된 래더를 해저에 내리고 커터를 회전시키면서 펌프의 가동으로 토사를 흡입하여 사토장에 투기함으로써 준설작업이 이루어진다. 준설능력이 크고 준설토사를 매립지에 이용할 수 있는 이점이 있다. 점차 수요가 늘고 대형화되어 가는 경향이 있다.

2) 장점

- ① 배사관과 송토관으로 직송할 수 있고 준설과 매립을 동시에 할 수 있다.
- ② 공정이 연속적이며 준설능력이 크다.
- ③ 단가가 타 준설보다 저렴하다.
- ④ 건조비가 비교적 적게 든다.

3) 단점

- ① 암반이나 경질토에는 부적합하다.
- ② 펌프능력에 따라 배송거리, 사토구역에 제한을 받는다.
- ③ 배사관을 해상노출로 풍파 및 기상의 영향을 받는다.
- ④ 전통식인 경우 동력선에 의한 제한을 받는다.

2.2 자항호퍼 준설선

1) 특징

호퍼를 가지고 있으며 준설토사를 드래그 헤드에 흡입하여 진흙 통에 채운 후 자항으로 사토장으로 운반하여 진흙통문을 열고 지정된 장소에 준설토를 투기한다.

2) 장점

- ① 산재한 준설구역, 항로준설에 적합하다.
- ② 사토장이 장거리일 때 유리하다.
- ③ 준설토량이 상대적으로 크다.
- ④ 조작이 간단하고, 저렴하며 이동성이 있다.

3) 단점

- ① 경질토에는 부적합하다.
- ② 자항사토이므로 준설시간이 짧다.
- ③ 비항식에 비하여 건조비가 비싸다.
- ④ 장거리 배송이 곤란하여 매립용으로 부적당하다.
- ⑤ 직선이동에 의한 준설로 굴적이 생기기 쉽다.
- ⑥ 선박의 관리비가 많이 든다.

2.3 그레브 준설선

1) 특징

그레브 버킷을 줄에 매달아 그레브를 벌린 채 물밑 바닥에 떨어뜨려 흙·모래·자갈 등을 퍼서 들어올리는 것으로 전용준설선을 사용하는 것이 원칙이나 소량을 준설하는 등 부득이한 경우에는 대선상에 그레브버킷 및 기중기를 조합하여 대응하는 경우도 있다.

2) 장점

- ① 협소한 장소의 준설에 적합하다.
- ② 소규모 준설공사에 적합하다.
- ③ 준설심도가 깊다.
- ④ 토질에 따라 그레브 버킷을 교환하여 능력을 조정할 수 있다.
- ⑤ 타용도(기중기, 항타작업)에도 겸용이 가능하다.

3) 단점

- ① 준설능력이 작다.
- ② 준설굴적의 요철이 심하다.
- ③ 준설단가가 비교적 비싸다.

2.4 버킷 준설선

1) 특징

선수, 선미, 좌우에 앵커를 투묘하여 고정시킨 후 래더를 해저에 내리고 버킷라인을 회전시켜 준설한다. 버킷에 퍼담은 준설토는 슈트를 통하여 토운선에 적재하고 토운선을 예인선으로 지정된 투기장에 투기한다.

2) 장점

- ① 준설능력이 크며 대규모 공사에 적합하다.
- ② 준설단가가 비교적 싸다.
- ③ 준설굴적이 비교적 평탄하다.
- ④ 풍파, 조류에 대한 내력이 강하다.
- ⑤ 넓은 면적의 준설에 적당하고 선형에 따라 경질 준설이 가능하다.

3) 단점

- ① 앵커 체인이 길어 작업점유의 면적이 넓어 다른

선박의 항행에 지장을 초래한다.

- ② 닻이 무겁고 앵커와 체인의 전묘에 시간이 많이 걸린다.
- ③ 소량의 준설에는 부적합하다.

2.5 디퍼 준설선

1) 특징

앞뒤의 스퍼드를 해저에, 버킷을 준설위치에 내린 후 디퍼 암을 통한 와이어를 감으면 디퍼 핸들의 버킷이 상향운동을 하면서 굴착을 한다. 디퍼 버킷에 준설토가 담아지면 터언 테이블에 부착된 디퍼 붐을 회전하여 토운선에 적재한다.

2) 장점

- ① 굴착력이 강대하여 경질토 준설에 적합하다.
- ② 스퍼드가 설치되어 작업점유면적이 적고, 이동이 자유롭다.
- ③ 기계고장이 비교적 적다.

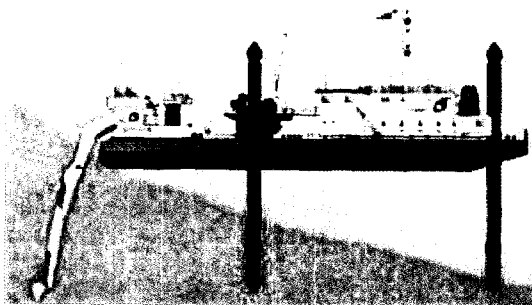


그림 1. 디퍼준설선



그림 3. 자항호퍼준설선

3) 단점

- ① 선박건조비가 비교적 많이 든다.
- ② 준설단가가 비싸다.
- ③ 선단운전에 숙련을 요한다.

3. 국내 준설기술 현황

토목현장에서 사용되는 장비 중 준설선만큼 다학제적 연관성을 가지는 것도 흔하지 않을 것이다. 준설선을 구성하는 장비나 이들의 효율성을 극대화하기 위한 운영방법의 개발 등은 기계, 조선, 제어 등의 기술이 융합되어야 비로소 최고의 효율을 낼 수 있다. 하지만 국내의 준설기술은 토목공학을 비롯하여 기계, 조선, 제어 등 여러 학문의 사각지대로 남아있어 현재까지 세계와 견주어 경쟁력을 확보할 수 있는 내세울만한 준설선 건조나 운영기술을 마련하지 못한 상황이다. 준설토 처리 분야는 최근 신항만 건설 등의 영향으로 연구진들에 의한 체계적인 연구가 축적되어

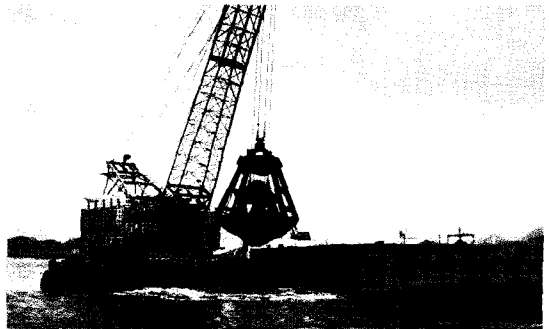


그림 2. 그레브 준설선

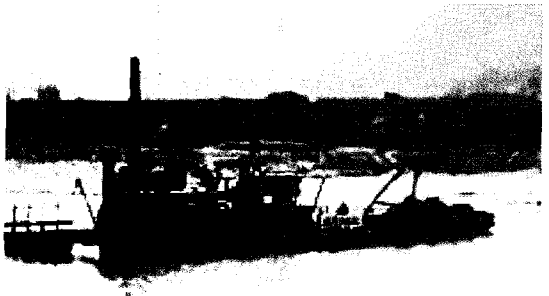


그림 4. 펌프준설선

왔으나, 준설, 이송 등의 분야에서는 아직도 학제 간 전문 연구진이 구성되지 못한 상태로 남아 있다. 따라서 현재 준설 현장 기술자들은 경험에 의존하여 준설선을 운영할 수밖에 없는 실정인데, 이는 결국 효율의 하락을 가져왔고, 특히 최근 장비의 대형화, 첨단화가 진행되면서 이러한 결과는 국제 경쟁력을 약화시키는 중요한 요소가 되었다. 우리나라의 준설기술 현황은 미래 경쟁력 상실이라는 심각한 위기에 처해있는 현장기술 분야가 되었다. 우리나라에서 준설과 관련하여 연구하고 있는 기관으로는 준설토 투기 및 안정화 기술에서는 해양연구원을 비롯한 여러 대학들이 참여하고 있으나, 준설 커팅효율, 환경준설 방법연구 등은 인제대학교 환경수공학연구소, 준설토 이송연구는 현대건설 연구소 등에서 수행하고 있는 것이 전부라 할 수 있다. 이들 기관이 중국 호하이 대학, TEXAS A&M 등과 협력관계를 유지하며 선진 준설기술의 국내 적용에 노력하고 있지만 준설과 관련된 기초연구의 국내 저변이 매우 한정적이라 할 수 있다.

준설선을 포함한 준설 장비는 최근 30년간 유럽과 미국 주도로 급속히 대형화, 첨단화 되었고, 국내 업체들도 수입, 제작하여 다량 보유 하고는 있으나, 국내에서는 매립 관련 분야로 국한되어 연구 개발이 수행되면서, 1990년 대 이후로 준설분야 국제 경쟁력이 저하되기 시작하였고, 2000년대에 와서는 자체 기술 만으로는 해외 선진업체들과 경쟁이 되지 않는 실정에 이르렀다.

준설기술은 크게 수중굴착, 운반(배송), 매립기술로 구분되는데, 국내에서는 아직까지 각 기술을 통합한 체계적인 연구가 수행되지 못하고 있다. 그 이유는 외형상 단순해 보이지만 토질역학, 유체역학, 환경공학 등의 토목 분야 기술뿐만 아니라 조선, 기계, 제어 등 여러 분야의 기술들이 매우 복잡하게 연계되어 있으며, 제한된 소수의 기술자들과 특수 대형장비 준설선에 의해 수행되기 때문이다. 특히 준설의 효율을 결정해 주는 생산량 영향 인자 중 준설기술이 생산량에 미치는 영향이 약 40%로 매우 크게 나타나고 있어 준설 생산량 증대를 위해서는 준설기술에 대한

체계적인 연구가 절실히 요구되고 있다고 할 수 있다. 특히 준설사업에 있어 준설원가 구성을 살펴보면 장비비가 사업비에서 차지하는 비중이 40-45%정도이며, 에너지 소모비용이 30-40%에 이르기 때문에 준설생산성에 영향을 주는 준설기술 발전을 통한 준설효율의 증대는 에너지 비용감소로 이어지기 때문에 사업수주 시 실질적 이익을 발생시키는 매우 중요한 영역이라 이해할 수 있다. 결국 준설기술의 선진화가 이루어 지지 않고서는 국제 준설시장에서의 경쟁력을 확보한다는 것이 거의 불가능하다 할 수 있다.

4. 세계 준설시장 및 준설기술 추세

4.1 세계준설시장

세계 준설시장 규모를 IADC에서 지역별로 조사한 자료에 의하면, 중동이 33%, 유럽 18%, 중국 16% 등 약 67%를 차지하고 있는데, 싱가포르를 주축으로 하는 아시아 시장과 인도, 아프리카가 19%를, 북미, 남미, 호주 등이 14%를 차지하고 있다. 세계 준설시장을 준설의 목적으로 분류하여 볼 때 항로 및 유지준설이 약 50%를 차지하고 있으며, 환경관련 하천, 호소 준설이 19%를 차지한다. 또한 최근 세계 준설시장 규모를 보면 2007년에는 약 130억불의 시장 규모를 보이고 있는데, 최근 중동 BRICS의 경제 개발이 가속되면서 시장 규모는 2000년 대비 거의 두 배 가량 커졌다. 향후 준설시장은 해운 운송의 지속적인 증가와 지구 온난화로 인한 해수면 상승 및 에너지 사업 증가에 의해 항만관련 준설, 매립과 중동지역 수요 증가가 예상되므로 지속적인 성장세에 있다고 할 수 있다.

4.2 세계 주요국의 준설기술 및 특성

1) 미국의 준설 기술은 미 공병단 준설 프로그램(DOTR,DOER)과 연방환경청(EPA), 연방수도국, 항만청 등의 국가 기관 주도하에 성장, 발전하고 있

다. TEXAS A&M 대학의 준설 시험실과 엘리코트, GIW 등의 제조 회사들과 Great lakes 등의 대형 준설선단을 보유한 건설 회사들이 미주준설협회(Western Dredging Association, WEDA)를 설립하여 운영하고 있는데, 특히·산·학관이 연계된 준설기술개발이 조화를 이루고 있고 2000년 이후에는 인도, 중동 등 해외 시장 진출을 시작하였다.

2) 일본의 국제 경쟁력은 준설선 설계, 환경 준설, 기계, 자동제어 분야에서 우세하지만, 80년대 이후에는 상대적으로 저렴한 인건비 구조인 한국과의 가격 경쟁력이 약화되어, 동남아시아 준설 공사에서는 한국 건설 업체와 심한 경쟁 중에 있다.

3) 중국은 자국 내 황하강, 양쯔강, 광둥성, 동부해안 등의 개발로 인한 연간 2억^m³ 이상의 준설 공사 물량을 소화하기 위해 최근 대형 점보급 준설선을 수입 또는 자체 제작하고 있다. 난징 호하이 대학은 델프트 공대와 연구 협약하여 준설 시험실을 설치하였고, 주요 준설회사들은 중국 준설 협회(China Dredging Association)를 조직하여 국제 준설 세미나를 개최하는 등 활발한 국제 기술 교류를 통해 저임금의 풍부한 노동력과 기술 개발을 조화시킴으로써 우리나라에게는 가장 강력한 위협이 되고 있다.

4) 유럽은 Delft 공대 준설시험실과 세계 최대 준설선 건조 회사인 IHC, 주요 준설회사들로 구성된 준설협회(Central Dredging Association)를 중심으로 10년간 준설관련 요소 기술의 개발과 실용화를 추진하여 전 세계 주요 준설분야 시장을 선점하고 있다. 특히 최근 10년간 대심도 준설이 가능한 점보급 준설선들은 대부분 유럽에서 건조되고 있으며, 한국과 일본이 각각 보유한 1대씩을 제외하면, 네덜란드와 벨기에의 주요 회사들이 세계의 모든 점보급 준설선을 보유하고 있다. 이처럼 유럽은 준설 기술의 첨단화, 대형화를 주도하고 있다.

5. 4대강 사업 시 준설에 의해 발생가능한 문제점

국내에서 이루어져 온 준설은 크게 항로준설이나 매립을 위한 해상준설, 골재채취를 위한 소규모의 하천준설이 대부분이었다. 준설 작업은 현장조건에 따라 여러 종류의 준설선에 의해 수행되는데, 해상준설 시 대형호퍼준설선이 사용되기도 하지만 국내에서 가장 많이 사용되는 준설선은 Cutter Suction Dredger(펌프 준설선)이다. 커터 석션 준설선은 수중에서 커터를 소요 깊이까지 삽입, 교반하여 물과 혼합한 후, 흡입구를 통해 펌프로 흡입하여 파이프라인을 통하여 원거리까지 배송한다. 준설토 투기장으로 배송되어진 준설토는 모래 등의 준설토 성분과 준설여수로 분류되어 준설여수는 다시 하천으로 보내고 준설토는 별도로 분리처리하게 되는 시스템이다.

준설 시 발생하는 오타발생 물질은 먼저 준설 커터로 준설과정에서 발생하며, 이후 준설토 투기장에서 미처 처리되지 못한 준설여수가 하천으로 유입되는 과정에서 발생하게 된다. 준설흡입과정에서 제대로 흡입되지 못하여 발생하는 준설재료의 유출특징은 Residual, Resuspension, Release 등 3R이라는 용어로 설명된다. 먼저 커터에 의해 깎였으나 흡입되지 못한 무거운 입자들은 주변에 침전되며(Residual), 미세한 입자들은 재부유 되는 과정을 거쳐 주변 유속장을 타고 퍼져나가게 된다(Resuspension). 이중 일부 성분들은 준설토 입자와 분리되어 수중으로 퍼지는 특성을 보이기도 한다(Release). 이러한 거동은 사용하는 준설선의 종류 및 성능, 준설선 운영자의 숙련도, 준설토양의 입도분포 등에 의해 직접적으로 영향을 받게 된다. 이렇게 준설된 준설토는 이송과정을 거쳐 준설토 투기장으로 가게 되는데 물과 함께 있는 준설토를 분리하는 과정을 진행하는 곳이다. 이곳에서는 준설여수가 발생하는데 준설여수 내 미세 부유입자가 많을 경우 투기장의 규모가 크다고 해도 준설여수가 투기장을 벗어나기 전에 가라앉지 못하는 부유입자로 인해 주변이 탁수로 오염될 수 있는 상황이 발

생할 수 있다. 커터에 의해 교반되어 만들어진 준설토와 물의 혼합물에는 점토입자, 박테리아, 조류, 유기화합물, 중금속 등 다양한 물질이 포함되어 있기 때문에 물속에 용해된 용해물질과 물속에 부유하고 있는 부유 및 콜로이드 물질 등이 준설여수 내에 섞여 다시 유출되기 때문에 이 때 일반적으로 투기장 내에 침사지를 두어 응집제를 사용하여 처리하기도 한다. 이때는 응집제의 투여로 인한 준설단가 상승, 응집제 성분예 의한 준설여수의 2차 오염문제 등이 준설토 투기장에서 발생 할 수 있는 환경문제가 될 수 있다. 이러한 처리에도 불구하고 준설여수의 처리가 부적절할 경우 환경문제를 일으킬 위험이 상존해 있다.

준설토 투기장의 경우 준설토가 모래일 경우 골재나 성토재로 사용하게 되지만, 실트나 점토성일 경우에는 성토재로도 사용이 불가능 할 뿐 아니라 오히려 토성개량을 위하여 많은 사업비가 투여되게 된다. 해상에서는 대형 준설토 투기장을 만들어 점토성 실트질의 준설토를 채우고 이 지역에 대한 토성 안정화 공정을 거쳐 토지로 활용하는 방법을 취하고 있는데 이 기간은 짧아도 2-3년이 소요되는 것이 일반적이다.

이 외에도 준설은 다음과 같은 문제들을 발생시킬 수 있다.

- 준설은 수중생물의 서식 환경을 파괴할 수 있다.
- 골재채취는 저니층 미세입자의 현탁에 의한 탁도 증가와 골재채취 시 입자에 부착된 영양염이나 악성 화학물질의 배출로 인해 수질악화가 발생할 수 있다.
- 골재채취에 의한 하상재료의 대량 채취는 하상을 낮추고, 하상구조와 기질 조성변화, 하상 경사도 변화, 하상과 제방의 침식, 서식처 파괴와 같은 하천환경에 악영향을 준다.
- 준설 시 하천의 물을 식수원으로 이용하고 있는

우리나라 현실에서 수질오염 사고는 대규모 식수문제로 이어질 가능성이 높다. 즉 준설로 인해 하천의 탁도가 증가하게 되면 정수장에서는 과다한 응집제를 사용할 수밖에 없고 이로 인한 상수도의 수질이 영향을 받을 수밖에 없다.

6. 결론

준설기술은 항만이나 하천의 적절한 관리를 위해 필요한 매우 중요한 기술이다. 특히 이러한 준설을 시행함에 있어 생태환경적으로 피해를 경감하는 친환경적인 준설기술의 적용영역은 미래에 더욱 늘어날 것으로 판단된다. 산업적인 측면에서 볼 때도 준설시장은 앞으로 매력적인 영역임에는 분명하지만 준설과 관련하여 우리나라는 기술적으로 아직 세계적 수준에 이르지 못하고 있으며, 세계 준설시장에서 우리의 경쟁력은 점점 약해지고 있는 것이 현실이며, 이러한 약점을 극복하기 위해서는 다양한 연구기술개발이 수반되어야 할 것이다. 특히 준설기술은 다학제간 연구영역으로 앞으로 다양한 영역의 기술들을 융합할 수 있는 주제에 대한 많은 지원이 이루어져야 할 부분이다.

특히 4대강 사업과 관련하여 준설사업이 중요한 이슈로 부각하고 있는데, 그럼에도 불구하고 친환경적인 준설기술에 있어 제대로 된 기준조차 마련되어 있지 않은 것이 아직 우리의 현실이다. 특히 달성보나 함안보 현장 인근에서 발견된 오토의 처리에 있어서도 처리기준에 대한 논란, 준설방법에 관한 논란, 준설에 따른 하천수질 악화 논란, 투기방법에 대한 기준이 없는 것 등 많은 문제를 안고 있는데, 지금이야 말로 미래를 바라보고 준비하는 장기적인 정책적 안목이 절실히 요구되는 시점이라 판단된다. ☯

참고문헌

1. 국토해양부(2010). 준설효율 향상을 위한 최적 배송시스템 및 친환경 커터헤드 mock-up 개발 연구보고서
2. 국립환경과학원(2005). 골재채취 조사자료
3. 한국환경정책평가연구원(2007). 수생태계보호를 위한 토사관리 방안