

수중 유해성 유기퇴적물의 수거를 위한 Air-lifting & Suction-pumping System 개발

김성근* · 송도성** · 강문규** · 이상무*** · 최영찬**** · 고유봉****

*제주대 BK 21 사업단

**제주대학교 대학원

***동양대학교 컴퓨터 제어공학과

****제주대학교 해양과학대학

Development of the Air-lifting & Suction-pumping System to Remove the Noxious Deposit in the Underwater

SEOUNG-GUN KIM* · DO-SUNG SONG** · MUN-KYU KANG** · SANG-MOO LEE***

YOUNG-CHAN CHOI**** · YU-BONG KO****

*BK 21, Cheju National University

**Graduate School, Cheju National University

***Department of Computer Control Engineering, Dongyang University

****College of Ocean Science, Cheju National University

KEY WORDS: 유해성 유기퇴적물, 부영양화(Eutrophication), Air-lifting, Remote Operating, 드럼 필터

ABSTRACT: Eutrophic matters accumulated on the bottom of sea, river and lake cause red tide phenomenon in ocean and outbreak green algae in river and lake. Systems are developed to remove the noxious deposit. But the existing systems remove not only the eutrophic matters but also natural materials, sand, pebbles etc. that should remain at the bottom. This paper describes a new system that can safely, and economically take away the noxious deposit in underwater. High pressure water jet is used to induce vortices in the triangular suction section, and air-lifting pump to lift up the deposit. The mixture of the water and deposit is filtered through the drum filters. An under camera shows the under water situation along the moving direction of the system that is controlled by a remote operator. This remote controlled moving system obliterate the necessity of the diver that usually costs high. The experimental results show the effectiveness of the suggested system.

1. 서언

해저, 강, 호수 등의 저면부에는 생활하수의 유입으로 다량의 영양물질이 퇴적하게 된다. 이 같은 부영양화 물질은 해양의 경우 적조현상의 발생원인이 되며, 강이나 호수의 경우 녹조류의 발생원인이 된다. 이 같은 조류의 번성은 수중 산소를 약탈하면서 물자체의 정화능력을 상실하면서 심한 오염수로 전락하고, 그밖에 어패류의 사멸을 초래하는 중대한 요인이 된다.

이러한 부영양화물질을 제거하는 수단으로 가장 범용화 되고 있는 것이 펌프에 의하여 저면에 입력호수를 대고 흡입 제거하는 방식이 있으나, 저면에 부착된 물질 중에서 부영양화물질 뿐 아니라 다른 성분까지도 함께 제거 되어버리므로 생태계의 파괴라는 더욱 좋지 않은 문제를 야기하고 있다. 이 뿐만 아니라 기존의 작업 내용은 수중다이빙작업이 작업시간 중일 요구되어 작업 시간이 한정되고 위험의 증가 및 비용의 증가

를 보였고, 작업시 이동이 어려움으로 작업 반경이 협소하게 되는 문제점들을 갖고 있다.

이러한 기존 시스템의 문제점을 보완하고, 부영양화물질을 효율적이고 안전하게 제거할 수 있는 새로운 방향의 시스템 개발이 요구되고 있는데, 이에 본 연구팀은 압력공기와 분사펌프를 효과적으로 활용하여 저면에 와류를 발생시키고, 퇴적물이 다량 포함된 내부 유체를 펌핑하는 시스템을 개발하여 단위 시간당 제거 효율을 높인 시스템을 최종 개발하였다. 또한, 수중에서의 이동을 수면에서 제어가 가능하도록 설계하였다.

2. Air-lifting & Suction-Pumping system

2.1 수중 본체

수중본체의 측면에 형성된 웨이트 고정부는 임의로 금속, 암석 등의 중량물을 삽입 고정하도록 개방부를 형성하였고, 중량을 위한 고정부의 구조는 사용될 현장의 상황이나 유속 등에 따라서 적절히 선택 가능하도록 하였다.

수중본체의 저면에 형성된 환류부는 삼각단면구조를 형성하고 있으며 이는 중앙에 형성된 유출가이드관에 의하여 수집제거될 퇴적부유물의 수집을 가장 효과적이게 하도록 삼각단면구조를 사용하였다. 또한 환류부의 저면부에는 공급된 고압수가 외부로 이탈되지 않도록 연결의 방어막을 설치할수 있으며 이는 반드시 필요한 것이 아니라 저면부가 평면을 이룬 경우에는 설치가 없이도 환류부가 저면과 밀착하여 안정된 구조를 갖는다.

수중본체 저면의 상태 확인은 본체 정면에 설치된 수중카메라를 통하여 바지선에서 작업자가 직접 확인하며 본체이동 및 퇴적물 수거작업이 가능하다.

마지막으로 수중본체의 이동성을 위한 노즐을 살펴보면, 바지선에 설치된 수중펌프는 콘트롤부에 설치된 제어부에 의하여 전원의 온, 오프가 되는 동시에 전후좌우에 연결된 각각의 배출관과 수중펌프사이에서 4포트 전환밸브를 설치하여, 4개의 포트의 개방과 폐쇄에 의하여 전후좌우에 공급되는 수압의 방향을 조정하도록 하였다. 이는 4포트 전환밸브의 개방에 따라서 전후좌우에 설치된 노즐로 물이 배출되면서 본체가 전후좌우로 이동하도록 한다.

수중본체의 모습을 Fig. 1과 Photo. 1에서 3차원 입체 개념도와 수상과 수중에서의 전경으로 알아 볼 수 있다.

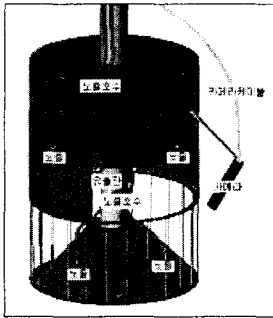


Fig. 1 3-D Concept Draw of Underwater-system



Photo. 1 The Underwater-system

2.2 드럼필터

Suction-Pumping된 유해성 해저 퇴적물은 물과 혼합된 상태로 수면에 올라오게 되며 이 상태를 고체와 액체로 분리하기 위한 장치가 드럼필터이다. 드럼필터는 망목 크기에 따라 원하는 형태로 분리가 가능하며 다량의 해수를 포함할 경우 가장 효율적으로 분리할 수 있는 장치이다.

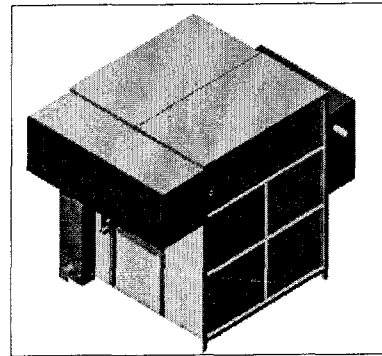


Fig. 2 3-D Concept Draw of the Drum-filter

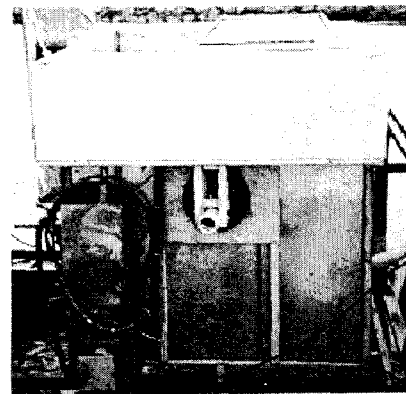


Photo. 2 The Drum-filter

이에 대한 개념도와 사진을 fig. 2와 Photo. 2에 나타내었으며, 그림에서 알 수 있듯이 유입구를 통하여 처리 물질이 들어오면, 내부 날개를 갖고 있는 드럼이 회전하면서 내부에 위치한 슬러지받이로 슬러지를 이송시키고 망목의 크기에 따라 필터링되어진 유체는 외부로 방출되게 된다. 이때 발생하는 망목의 막힘현상은 드럼필터의 측면 상단에 부착된 노즐에서 나오는 펌핑된 유체로 세척되어지며, 슬러지받이 내의 슬러지는 분사된 작은 량의 유체와 같이 외부로 나오게 된다. 현재 망목의 크기는 0.12mm와 1.0mm가 겹쳐진 상태로 제작 및 운영되고 있으며, 망의 교환은 가능한 손쉽게 되어있다. 처리 물량은 포함된 슬러지량과 망의 크기에 좌우하며, 현재의 상태에서 평균적으로 시간당 5 ~ 10ton 정도 처리가 가능하다.

2.3 전용 Pontoon

Air-lifting & Suction-pumping 시스템을 장착하고 수중 본체에서 올라오는 유해성 슬러지를 분리하는 드럼필터를 거치하도록 설계된 전용 Pontoon의 개념도와 실제 모습을 Fig. 3와 Photo. 3에서 볼수 있으며, 약 6ton의 무게가 거치할 수 있어, 작업이 용이하도록 설계되었고, 이에 대한 사양을 Table. 1에 나타내었다.

2.3 최적효율을 위한 새로운 시스템

본 시스템은 통형구조체의 저면을 개방하도록 하여 고압수가 저면개방부를 향하여 노즐을 통해 분출 가능하도록 하면서

측면에는 별도의 제트분사노즐을 설치한 본체, 본체의 상단부와 수면에 설치된 흡입펌프를 연결한 유출가이드라인, 압력펌프에 의하여 고압수를 공급하도록 하는 고압수공급라인, 그리고 수면의 Barge선에 설치된 압력펌프, 흡입펌프 그리고 조절장치로 구성된 콘트롤부로 구성되어 있다.

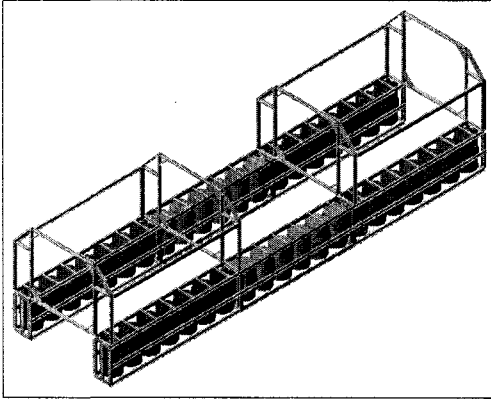


Fig. 3 3-D Concept Draw of Pontoon

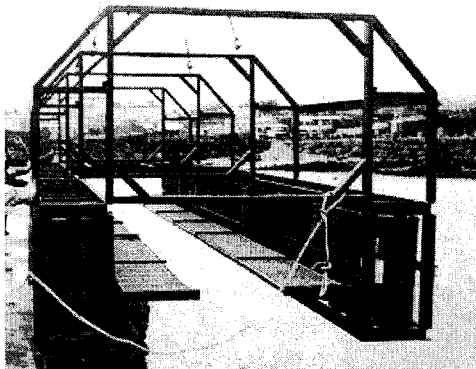


Photo. 3 Pontoon

Table. 1 Basic Dimensions of the Pontoon

	Dimensions	Material	Remarks
Length	12.0M	Channel	
Breadth	3.3M	Channel	
Depth	3.15M	Channel	
Weight	2.0TON		
Load Weight	6.0TON		

본 시스템에서 통형구조체란 주로 원통형을 지칭하지만 이외에도 직육면체형이나 다각형형태로 구성된 것이라도 하방만 개방되도록 하면 모두 선택사용가능하다. 그리고 흡입펌프에 의하여 흡입된 퇴적물은 부유물거름을 위한 드립필터[1]와 같은 장비를 함께 이용하도록 하였다.

이하 본 시스템을 개념도에 의하여 구체적으로 설명한다.

본 시스템의 전체적인 설치상태를 Fig. 4에 도시하며, Fig. 5는 수중본체의 상태를 도시한 것이다.

본 시스템은 고압수의 배출부(A4)와 일단이 연결되고 중간

에서 분지부에 의하여 다수의 분지관으로 분산배치토록 하면서 그 말단은 본체의 환류부(B2)의 상면에 설치된 배출관(B3)으로부터 고압수를 공급받아 내부에서 와류토록 사방이 밀폐되면서 내부공간내에 고압수가 환류토록하는 환류부(B2)가 하측에 형성되며, 상기한 환류부의 상측 중앙부로부터 유출가이드관(A1)이 상측으로 수직형성토록하여 환류부에서 발생한 환류물질이 흡입상승토록하며, 배출관들(B3)이 전후좌우4개의 방향으로 배치된 분사노즐들(B4)과 연결토록하고, 측면중앙부에는 중량물(W)이 임의삼탈가능하도록 하는 웨이트 고정부(B5)가 형성된 수중본체이다

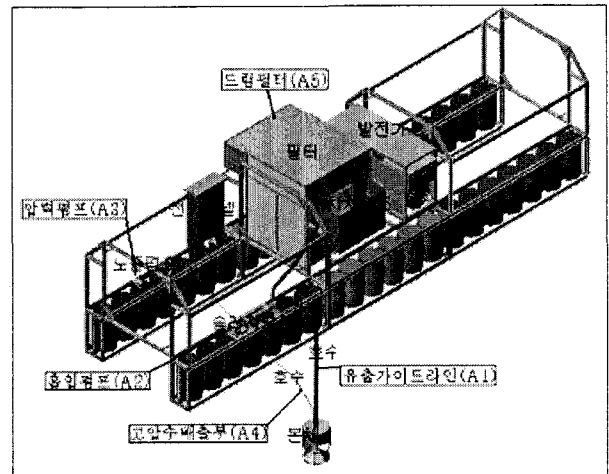


Fig. 4 The Whole Structure of System

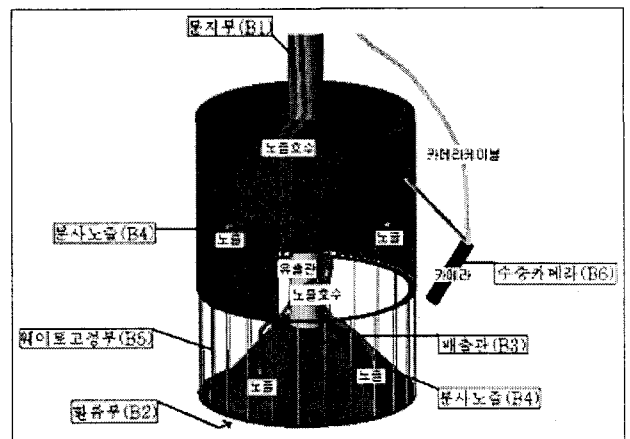


Fig. 5 Structure of Underwater-system

상기한 본체의 유출가이드라인(A1)의 말단과 연결되어져 와류된 퇴적물을 흡입하는 흡입펌프(A2)와 흡입된 퇴적물을 수거하여 수분제거하고 고상물을 분리제거토록 하는 퇴적물분리수거장치(A5)를 적재하며, 일측에는 고압의 물을 발생하여 상기한 수중본체의 주입구들에 수압을 공급하도록 하는 압력펌프(A3) 그리고 압력펌프와 본체내의 수중펌프에 대한 작동제어를 위한 콘트롤부로 구성된 퇴적물 수거 시스템에 관한 것이다.

본 시스템에서 압력펌프(A3)에 의하여 공급되는 고압수는

본체에 형성된 환류부(B2)내의 공간내로 유입공을 통하여 직접 공급되면서 해저면이나 호수저면등에 충돌하도록 하고, 이 충돌에 의하여 공급된 고압수는 반사, 재반사등의 작용으로 환류부내에서 심한 와류현상이 발생하도록 한다. 따라서 저면에 퇴적된 가벼운 유기성퇴적물이 부유하게 된다.

이때 Pontoon의 흡입펌프(A2)를 이용하여 퇴적물이 포함된 물을 흡입하고 이는 흡입펌프(A2)의 배출관을 따라 퇴적물분리수거장치(A5)인 드럼필터로 배출된다. 드럼필터에서는 먼저 1차 전처리수조를 통하여 필터처리후 물과 퇴적물을 분리 처리하는 과정을 반복한다.

3. 실험 및 실험 결과

3.1 실험 내용

해저의 유해성 유기퇴적물을 효율적으로 수거하기 위하여 개발되어진 본 시스템은 아래와 같은 내용으로 실험되어진다.

- 공기압력과 수위의 변화에 따른 처리물량
- 균일하지 않은 해면의 상태를 고려한 실험
- 분사 펌프의 압력 변화에 따른 처리물량 및 슬러지량

실험 장비에 대해선 Table. 2 ~ Table. 7에 나타냈으며, 실험은 Table. 8과 9의 조건1과 조건2로 구분하여 수행하였고 이에 따른 결과는 Table. 10과 11에 표시하였다.

Table. 2 Data of Air Compressor

	Dimensions	Remarks
Depth	500mm	
Length	1000mm	
Breadth	400mm	
Capacity	100 ℓ	
Power	10HP	
Pressure	13kgf/cm ²	

Table. 3 Data of Compressive-pump

	Dimensions	Remarks
Depth	350mm	
Length	800mm	
Breadth	320mm	
Flux	61 ℓ /s	
Power	3.7kw	
RPM	1000	
Pressure	30kgf/cm ²	

Table. 4 Data of Underwater-device

	Dimensions	Remarks
Depth	800mm	
External Diameter	600mm	
Nozzle	2mm	
Camera	1Set	
Caliber	80mm	

Table. 5 Data of Instruments installed on Underwater-device

		Dimensions	Remarks
Nozzle	External Diameter	8mm	
	Nozzle Hole	2mm×5mm	
Camera	D × L	70mm×225mm	
	Lens	F #2.0 f=3.6mm	
Nozzle Hole		8mm	High Pressure

Table. 6 Data of Sludge Pump (3.7kw)

	Dimensions	Remarks
Depth	400mm	
Length	1000mm	
Breadth	300mm	
Flux	0.6m ³ /min	
Power	3.7kw	1000rpm
Diameter	50mm	

Table. 7 Data of Sludge Pump (7.5kw)

	Dimensions	Remarks
Depth	600mm	
Length	12000mm	
Breadth	450mm	
Flux	1.2m ³ /min	
Power	7.5kw	1700rpm
Diameter	80mm	

Table. 8 Experiment Condition 1

Air-lifting to use only air-compressor				
Condition	Water Depth	1m	2m	3m
	Diameter	0.1m	0.07m	0.05m
	Pressure	8bar	108bar	13bar

Table. 9 Experiment Condition 2

Underwater deposit is eddied by compressive-pump and pumping out that directly by suction-pump				
Condition	Nozzle Pressure	10bar	20bar	30bar
	Suction Pump	5HP	10HP	

3.1 실험 결과

개발된 Air-lifting & Suction-Pumping 시스템은 계획했던 시스템과 비교하여 크게 향상된 결과를 얻을 수 있었으며, 개발과정을 통하여 얻어진 결과를 정리하였다.

1. 당초 계획은 공기만을 이용한 Air-lifting방법만을 제안했으나, 중압 분사 Pump와 Suction Pump를 도입하므로써 처리

성능을 획기적으로 개선 할 수 있었다.

2. Air-lifting 방법만으로 실험했을 경우 수중 본체의 측면에 스키투를 부착할 경우에도 외부로 슬러지들이 번지는 현상을 볼 수 있었으나, 이러한 현상을 해결할 수 있었다.

3. 공기를 이용하여 해저면에 분사할 경우 해저면의 불균일로 인하여 처리 효율에 지장을 초래하였고, 중압 펌프로 분사할 경우 해저면의 영향을 상대적으로 줄일 수 있었으며, 해면에서의 작동을 용이하게 할 수 있었다.

4. 극한 상황에서 필요한 Air-lifting 방법과 달리 Suction pumping 방법은 수심에 따른 처리 효율의 차이를 볼 수 없었다.

혁신개발사업의 결과이며, 중소기업청의 많은 지원에 깊은 감사를 드립니다.

참고문헌

- [1] 실용신안 등록 제159185호 “부유물의 거름을 위한 드럼필터의 성능 개선 장치”
- [2] 실용신안 등록 제0213631호 “고압의 공기를 이용한 퇴적물 수거 시스템”
- [3] 실용신안 등록 제0289978호 “고압수를 이용한 퇴적물 수거 시스템”

Table. 10 Experimental Results (condition 1) unit(ℓ/s)

Water Depth	Pressure	D=0.1m		D=0.075m		D=0.05m	
		0.5m	1m	0.5m	1m	0.5m	1m
1m	8bar	4.55	2.7	4.17	3.23	2.04	1
	10bar	4.76	3.7	5.26	3.7	2	0.99
	13bar	5.26	3.45	4.76	3.57	1.75	0.98
2m	8bar	5.26	4.76	5.88	5	2.63	2.04
	10bar	5.88	5.26	5.88	5.56	2.78	2.86
	13bar	5.56	4.55	7.14	6.25	2.7	2.33
3m	8bar	12.5	12.5	11.1	9.09	3.57	3.23
	10bar	12.5	11.1	11.1	11.1	3.23	3.33
	13bar	12.5	11.1	10	9.09	3.85	3.23

Table. 11 Experimental Results (condition 2) unit(ℓ/s)

Pressure	Handling Amount				Remarks
	5HP		10HP		
	mixed	sludge	mixed	sludge	
10bar	20	0.2	40	0.6	Target Distance 350mm
20bar	20	0.9	40	1.5	
30bar	20	1.4	40	3.1	

4. 결론

본 시스템은 고압수를 이용하여 유기성 퇴적물을 보다 효율적으로 제거 할 수 있으며 Remote Operating 성능 증가와 수중이동을 용이하게 하는 중성부력을 이용한 movable weight 시스템을 개발하여 수중 다이버의 작업 시간을 저감시킬 수 있었고, 본 시스템을 효율적으로 활용할 경우 강, 하천, 포구, 항만을 비롯한 연안의 환경 개선에 크게 기여할 것으로 생각된다.

후기

본 연구는 중소기업청에서 시행한 2001년도 중소기업 기술