

천수용 다기능 해양폐기물 수거시스템 개발 (PART II : 시스템 구성 및 성능시험)

조용진⁽¹⁾, 문일성⁽¹⁾, 신명수⁽¹⁾, 유정석⁽¹⁾, 강창구⁽¹⁾

Development of Multi-purpose Marine Wastes Cleaning Systems for the Shallow Waters (PART II : System Development and Performance Evaluation)

by

Yong-Jin Cho⁽¹⁾, Il-Sung Moon⁽¹⁾, Myung-Soo Shin⁽¹⁾, Jeong-Seok Yu⁽¹⁾ and
Chang-Gu Kang⁽¹⁾

요 약

본 연구는 '천수용 다기능 해양폐기물 수거시스템 개발(PART I : 초기 개념설계)'의 후속연구로서, 천수용 다기능 해양폐기물 수거시스템의 시스템 구성 및 성능시험 결과에 대하여 논한다(조[2003]). 수거깊이 15미터 이내의 항내 침적폐기물의 수거를 위한 다관절 수거시스템과 100미터 이내의 예인식 수거시스템이 개발되었다(해양수산부[2001]). 다관절 수거시스템은 부유폐기물, 침적 잔여폐기물의 수거, 작업의 고효율화를 위한 스틸와이어커터 시스템도 포함이 되어 다기능화 되어있다. 이 시스템의 시제품을 제작하여 수심이 낮은 해역에서 실험시운전을 수행, 시스템의 성능검증을 수행하였다. 결과로서, 개발된 시스템은 안전하고 원활하게 작동되어 시스템의 타당성을 입증하였다.

Abstract

This paper - following 'Development of multi-purpose marine waste cleaning systems for the shallow waters (part 1 : preliminary conceptual design)' - describes on the system development and the sea trial performance evaluation(Cho[2003]). The multi-functional seabed waste collecting system and the towing hook system were developed. The maximum working depth of these systems are 15 and 100 meters, respectively(MOMAF[2001]). For the multi-purpose use to collect the marine waste, this system contains floating waste collecting device for the waste on seawater and remained waste collecting device for the waste on seabed, while steel wire cutting system is added for higher efficiency. In order to evaluate the system performance, the prototype of multi-functional system was constructed and the sea trial test at shallow water were carried out. As a result, this system operated well with safe and without any interaction so that the developed systems are practicable and applicable

Keywords: Prototype, Multipurpose cleaning systems, Marine wastes in shallow waters, Performance test

(1) 정회원, 한국해양연구원 해양시스템안전연구소

1. 서 론

직간접적으로 투기되는 각종 해양폐기물은 직접적으로 어획물의 감소와 수산물 품질을 저하시키고 해양생태계 파괴를 초래하고 있다. 또한 간접적으로 바다미관을 훼손하여 국민의 여가 공간 및 관광자원으로서의 해양의 가치를 저하시키고 선박의 안전운항 및 쾌적성을 저해한다.

최근, 90년대 말부터 해양수산부를 중심으로 해양폐기물의 수거와 관리문제를 인식하고 해양환경을 보존할 수 있는 계획의 마련과 오염방지 활동이 시작되어 상당한 실효를 거두고 있으며 미래의 깨끗한 바다를 위한 노력이 계속되고 있다.

본 연구는 이러한 노력의 일부분으로서 다기능 해양폐기물 수거 시스템 개발에 관한 연구결과이다. 참고문헌 [1], [2]연구의 후속으로서 천수용 다기능 수거시스템을 설계 및 실험역 성능검증, 수거선 설계결과에 대하여 논한다. 특히 이전단계(조[2003])에서는 실험역 실험을 통한 개별적인 수거 시스템들의 활용 가능성을 검토하였으나, 여기서는 통합된 시작품을 개발하여 성능검증을 통한 선박탑재가 가능하도록 수행하였다.

개발된 수거시스템은 다관절, 예인식의 두가지 시스템이다. 다관절 시스템은 스틸와이어커터와 부유폐기물, 침적폐기물을 수거 할 수 있는 4가지의 수거장비와 본체로 구성되어 있으며, 예인식 수거시스템은 윈치, 갈고리 등 수거의 고효율화를 위해 배치하였다. 본 연구에서는 상술한 시스템의 설계를 완료하고, 수거시스템의 시작품(prototype)을 제작하여 성능검증을 수행하였다. 개발된 수거시스템을 바지선에 장착하여 서해안 천수역에서 실험역 성능시험을 수행, 개발된 시스템의 타당성을 검토하였다.

2. 천수용 다기능 수거시스템개발

2.1 다관절 수거시스템

서해 천수용(15m)의 폐기물 수거에 필요한 수거시스템 개발 목적에 부합되는 수거깊이 15미터급 다관절 수거시스템의 제원, 작업범위, 인양력은 Table 1과 같다.

중량은 28.6톤으로서 기존의 굴삭기의 하부를 개조하고, 원거리로 커터시스템을 작동할 수 있도록 배치설계 되었다. 깊이 15미터의 폐기물을 수거할 수 있으며, 이때의 인양력은 4~10톤 범위이다.

Table 1 Specification of sea-bed cleaning system (max. depth 15M)

항 목		제 원
버킷 용량		0.45m ³
장비 중량		28.6톤
엔진	모 델	D6AU-C
	형 식	수냉식 6기통
	정격출력	180ps/1,900rpm
	최대토크	74kg · m/1,500rpm
	연료탱크용량	450리터
유압 펌프	형 식	플란저 펌프
	토출압	320kg/cm ²
	최대유량	2×260리터/분
성능	압길이	7.85m
	붐길이	10.2m
	최대 굴삭 깊이	15.0m
	최대 굴삭 반경	18.51m
최저지상고		500mm
레버조작방식		유압식조이스틱

반경 깊이						Max Reach	
	3	6	9	12	15	길이 (m)	인양력 (톤)
12					1.38	15.27	1.62
9					1.82	16.89	1.41
6					2.07	17.83	1.14
3			2.95	2.36	2.36	18.20	0.99
0	3.32	6.63	3.96	2.89	2.50	18.04	0.94
-3	4.42	7.89	4.73	3.34	2.45	17.33	0.98
-6	5.88	8.23	5.11	3.41		15.99	1.16
-9	7.68	7.81	5.01	3.46		13.84	1.58
-12	10.12	6.37	4.1				

- * 버킷 무게 제외.
- * 인양점은 버킷후면의 고리를 기준으로 함
- * 유압인양력 87%, 전도인양력 75%기준, SAEJ 1097(미국자동차협회) 기준

구성된 다관절 시스템의 구조 안전성을 확인하기 위하여 유한요소법을 이용하여 계산된 각 부재별 변위량 및 변위분포 자료를 조사하였으며 결과는 다음 Fig. 1과 같다. 본 연구의 목표인 해양폐기물의 수거를 위한 구조강도 및 안전성은 충분한 것으로 판단되었다.

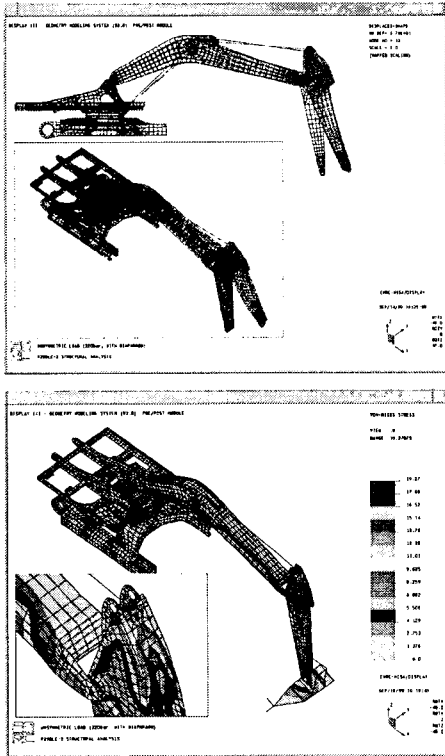


Fig. 1 Deformation Contour

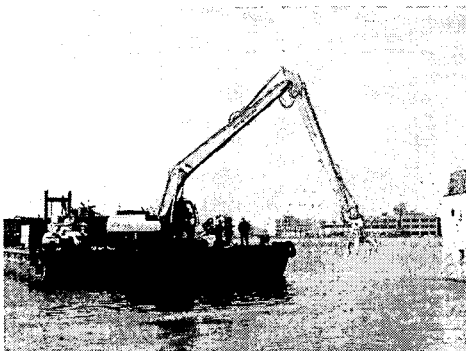


Fig. 2 Photograph of the seabed cleaning system with orange grapple

2.2 자동 탈부착장치(Quick clamp) 및 수거장비 개발

다관절 수거시스템의 아암끝에 장착될 수거장비인 오렌지 그라플, 부유 및 잔여폐기물 수거장비를 원터치 자동화 방식으로 탈부착 할 수 있는 장비를 구성하여 작업의 효율화를 기하였다.

설계조건은 15미터급 다관절 수거장비에 0.45m³ Bucket의 장착이 가능하여야 하고 규격은 Mounting Pin 간의 거리는 390mm이고 Mounting Pin 직경은 65mm로 하였다. 선정된 Quick Clamp는 여러 회사에서 제품 중에 활용실적이 많은 제품으로 Fig. 3과 같다.

자동 탈부착장치를 활용한 수거장비의 교체를 안전하고 신속히 하여 다종의 수거 장비를 구비하여 환경에 맞는 장비를 선정하여 사용할 수 있다. 이와 같은 일련의 수거작업이 작업효율을 향상시키고 작업자의 안전을 보장할 수 있다고 판단되었다.

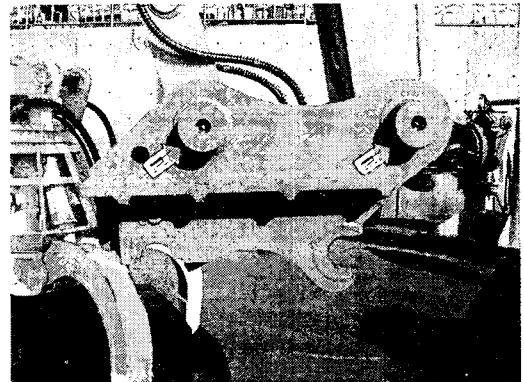


Fig. 3 Quick clamp

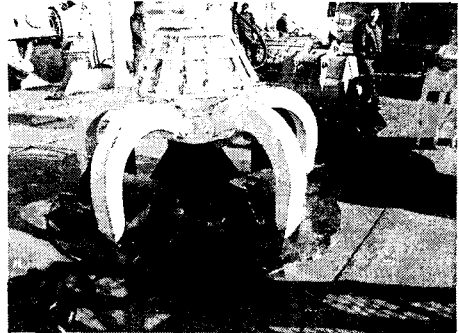
손쉽고 안전한 탈부착장치의 활용에 따라 수거에 필요한 각종장비의 개발이 이루어졌다. 다관절 수거시스템의 부착될 수 있고 활용도가 높을 것으로 예상되는 장비를 다음과 같이 선정하였다. 이 장비들의 기능은 다음과 같으며, 사진은 Fig. 4와 같다.

(1) 버킷

준설개념의 오니 및 오염된 뱀의 수거를 위한 장비로 다관절 수거 시스템의 크기에 맞는 표준 버킷을 활용하였다. 용량은 0.45m³이다.

(2) 오렌지 그라플

해수 바닥의 폐기물을 집어 올리는 장비로 현재 보유중인 오렌지 그라플의 Mounting부위를 자동 탈부착 가능하도록 개조하여 사용한다. 또한 장비의 놀림현상을 방지하도록 하였으며, 과도한 벨의 인양을 방지하기 위하여 프레임 개조하였다.

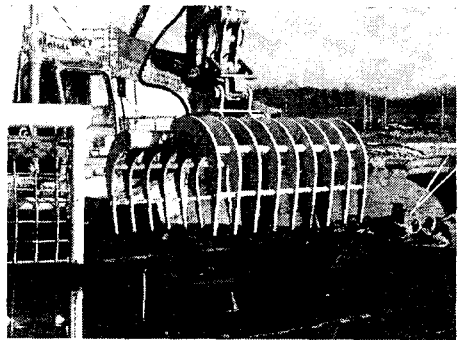


(3) 잔여폐기물 수거장비 (Rake)

해수 바닥의 잔여 폐기물을 긁어모은 다음, 해수 밖으로 집어 올리는 역할을 하는 장비이다.

(4) 부유폐기물 수거 장비

수면에 산재하여 있는 해양 부유 폐기물 수거를 위하여 육안으로 수거 상황을 쉽게 확인하고 잔량의 폐기물까지 수거할 수 있는 철망이 구비된 뜰채 형식의 부유 폐기물 수거 장비를 설계하였다.



2.3 자동 탈부착베드 배치 설계

다기능 수거 시스템에 사용되는 각종 수거 시스

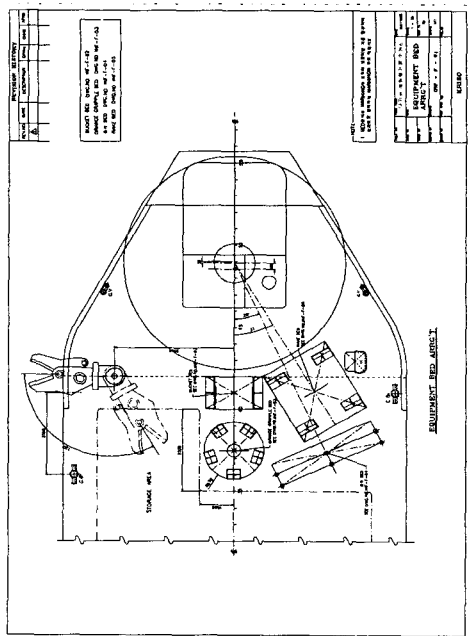
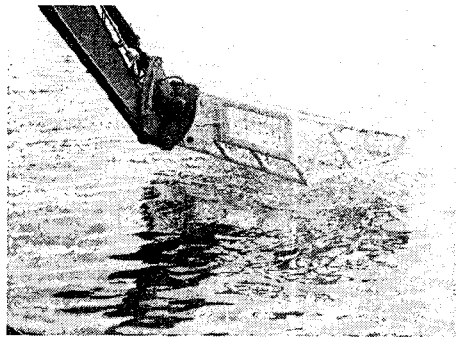


Fig. 4 Marine waste collecting device (from above : Orange grapple, rake, pick up net)

Fig. 5 Marine waste cleaning system and bed arrangement for collecting devices

템의 탈부착 베드를 배치함에 있어 운용자가 육안으로 쉽게 확인하여 작업 가능한 거리 및 각도를 우선적으로 고려하고 수거선의 해상운동을 고려하여 필요시 수거시스템에는 고박 장치를 두도록 한다.

뜰채 수거 시스템은 버켓, 레이크, 뜰채, 오렌지그라플로 윈터치방식의 자동화 가능하도록 하였다. 작업조건은 수직 가속도 1g의 조건에서도 이탈이 없는 고박 장치 구비하고 운용자가 육안 식별 가능한 거리 이내 배치(6m 이내)하여

Quick Clamp를 이용한 탈부착 가능각도(1도 이내 규정)로 구성 배치하였다.

기본적으로 모든 베드는 상갑판 완성 후 갑판 상부에 베드를 탑재하여 용접, 볼트 체결과 같은 연결 방식을 채택하여 주요 구조에 영향을 미치지 않도록 하였으며, 베드 주요부의 목재를 갈아 상갑판 및 장비의 손상이 없도록 하였다.

3. 수거 시스템의 실험역 성능시험

실험역 시험을 위하여 개발예정인 폐기물 수거선과 유사한 크기의 바지선에 개발된 수거 시스템 및 다기능 장비를 제작하여 장착하였다. 장비의 장착은 폐기물 수거선과 유사한 위치를 선별하여 장착하였으며, 개발된 장비들의 간섭과 작동가능성을 시험하였다. 시험내용은 다관절 수거 시스템의 성능시험, 자동 탈부착 장치의 성능검증, 유압커터의 작동시험, 선체와 인터페이스 검증, 위치정보 시스템 성능시험 등이다.

개발된 수거장비들을 손쉽게 작업자 혼자서 작동 가능하도록 개발된 자동 탈부착 장치의 작동을 시험하였다. 시험결과 장비의 탈부착은 매우 쉬운 것으로 판명되었으며, 일반 굴착기 작업자가 2~3일 이내에 익숙해 질 수 있는 시스템으로 판명되었다.

그리고 레이크, 뜰채, 오렌지 그라플의 교체작업 시험을 수행하였다. 시험결과 시스템은 수거작업에 매우 유용한 것으로 나타났으며, 특히 뜰채의 경우 다양한 용도로 사용이 가능할 것으로

판명되었다. 각각의 수거장비별로 성능시험 사진을 Fig. 6, 7, 8에 도시하였다.

4. 결 론

본 연구를 통하여 서해안과 같은 천수용 다관절 해양폐기물 수거시스템 개발 및 수거선박의 상세설계 과정에 대하여 논의하였다. 개발된 천수용 다기능 수거시스템의 시작품(prototype)을 제작하여 유사 바지선에 장착하여 실험역 성능시

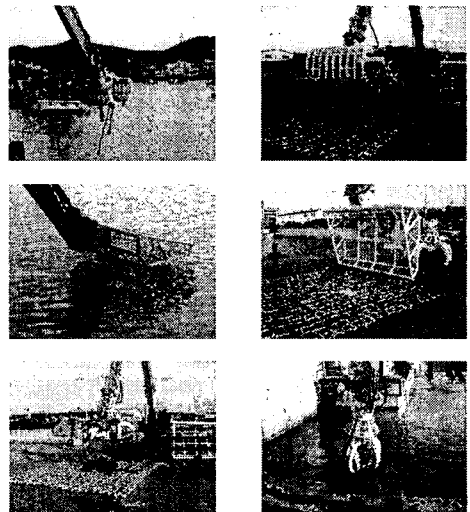


Fig. 7 Collecting devices performance tests (from above : Rake, Pick up net, Orange grapple)

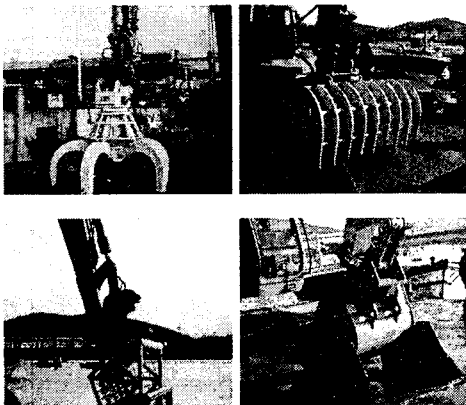


Fig. 6 Quick clamp operation

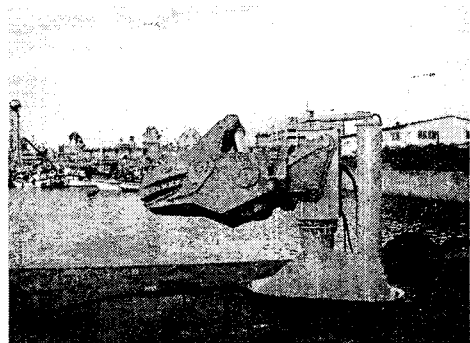


Fig. 8 Photograph of steel wire cutter

험을 수행하였다.

개발된 수거장비는 설계목적에 부합되게 각각의 수거성능을 잘 발휘하고 있음을 확인하였다. 각 수거장비, 유압커터 등의 전체시스템이 원활한 조합(integration)을 이루고 있음을 확인하였고, 실효역 수거작업에서는 생인력화를 위한 자동화, 경제성확보를 위한 수거작업의 효율향상이 실현되었음을 확인 할 수 있었다.

현재, 일부 장비의 성능 최적화를 위한 수정작업을 수행하고 있으며, 수거시스템의 구현을 포함하는 실선화가 미래의 과제이다.

후 기

본 연구결과는 해양수산부의 지원연구인 “해양폐기물 종합처리시스템 개발(III)” 과제의 일부임을 밝힌다.

참고 문헌

- [1] 조용진·문일성·신명수·유정석·강창구, 2002, “천수용 다기능 해양폐기물 수거시스템 개발 (PART I : 초기 개념설계)”, 한국해양환경공학회 논문집 Vol. 5 No. 2
- [2] 조용진·문일성·신명수·유정석·강창구, 2002, “해양폐기물 수거선박 요구조건 및 선단구성”, 한국해양환경공학회 논문집 Vol. 5 No. 2
- [3] 해양수산부, 2000, “해양폐기물 종합처리시스템 개발(I)”, 한국해양연구소 연구보고서 UCM 99904-2226
- [4] 해양수산부, 2001, “해양폐기물 종합처리시스템 개발(II)”, 한국해양연구소 연구보고서
- [5] 해양수산부, 2002, “해양폐기물 종합처리시스템 개발(III)”, 한국해양연구원 연구보고서
- [6] 조용진 외2, 1999, “어장정화선 개발 및 설계 타당성 검토”, 한국해양환경공학회 추계학술대회 논문집, 269~276
- [7] 신명수·조용진 외2, 2000, “해저폐기물 수거선박 요구조건 및 선단연구”, 한국해양환경공학회 추계학술대회논문집
- [8] 조용진 외4, 2001, “해저폐기물 전용수거선 초기 개념설계”, 한국해양환경공학회 춘계학술대회논문집