

외해대형어류양식 시스템 개발

Development of Fish Aquaculture Systems for Large Size Cage in Open Sea

주관연구기관	제주대학교
연구책임자	최영찬
발행년월	2007-09
주관부처	해양수산부
사업관리기관	농림수산물식품기술기획평가원
NDSL URL	http://www.ndsl.kr/ndsl/search/detail/report/reportSearchResultDetail.do?cn=TRKO201300025795
IP/ID	14.49.138.138
이용시간	2017/11/03 15:55:32

저작권 안내

- ① NDSL에서 제공하는 모든 저작물의 저작권은 원저작자에게 있으며, KISTI는 복제/배포/전송권을 확보하고 있습니다.
- ② NDSL에서 제공하는 콘텐츠를 상업적 및 기타 영리목적으로 복제/배포/전송할 경우 사전에 KISTI의 허락을 받아야 합니다.
- ③ NDSL에서 제공하는 콘텐츠를 보도, 비평, 교육, 연구 등을 위하여 정당한 범위 안에서 공정한 관행에 합치되게 인용할 수 있습니다.
- ④ NDSL에서 제공하는 콘텐츠를 무단 복제, 전송, 배포 기타 저작권법에 위반되는 방법으로 이용할 경우 저작권법 제136조에 따라 5년 이하의 징역 또는 5천만 원 이하의 벌금에 처해질 수 있습니다.

외해대형어류양식 시스템 개발
Development of Fish Aquaculture Systems
for Large Size Cage in Open Sea

제주대학교

해양수산부

제 출 문

해양수산부 장관 귀하

본 보고서를 “외해대형어류양식 시스템 개발” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

!! 아직 자료 수집이 되지 않은 상태이고 화요일(10월9일)까지 초안을 작성하겠습니다. 죄송합니다. !!

2007년 9월 일

주관연구기관명 : 제주대학교

주관연구책임자 : 최 영 찬

세부연구책임자 : 김 성 근

세부연구책임자 : 임 중 환

연 구 원 : 박 노 식

연 구 원 : 최 학 선

연 구 원 : 조 상 래

연 구 원 : 양 영 태

연 구 원 : 김 영 수

연 구 원 : 강 주 찬

연 구 원 : 정 우 철

요 약 문

I. 제 목

외해 대형 어류 양식 시스템 개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

▶ 효율적이면서 환경 친화적인 대규모 양식시설 개발

▶ 어업의 현안문제와 다양한 어종의 양식을 위한
연안가두리 개념을 뛰어넘는 시스템 개발

현재 국내의 어업 현황은 대부분이 어선을 이용한 잡는 어업의 형태이며 일부 연안의 가두리 양식과 육상 수조식 양식으로 구성되어 있다. 그러나 최근 국제적인 어업협상으로 인해 잡는 어업은 그 규모가 날로 축소되어가고 있으며 주변국과의 분쟁을 유발하고 있는 어려운 실정에 처해있다. 또한, 연안일대에서 행하여지고 있는 종래의 양식은 과밀 경향을 띠고 있어 그로 인하여 양식어의 성장을 저하, 어병 발생, 적조 발생 등 양식과 관련된 많은 문제가 야기되고 있고, 이른바 환경오염과 함께 어장노화현상이 급진전되고 있다. 육상의 수조식 양식은 그 규모 면에서 줄어들고 있는 잡는 어업을 대체하기에는 역부족이며 연안 오염 문제 또한 심각한 수준에 와 있는 형편이다. 따라서, 양식에 적합한 연안일대에 새로운 양식시설을 증가시키는 것이 어렵게 되고 있어 보다 효율적인 환경친화형 양식시설 개발이 불가피한 상태이다.

이와 같은 어업의 현안 문제를 극복할 수 있는 방법 중에 가장 가능성이 큰 것이 연안의 가두리 개념을 뛰어 넘는 대규모의 외해 대형 어류양식 시스템을 개발하는 것이라 할 수 있다. 노르웨이 등 일부 해양 선진국들은 이미 다양한 해양 양식 시스템을 개발하여 운용 중에 있으나 국내에는 아직 체계적인 연구개발이 이루어지지 못하고 있는 상황이다. 따라서 날로 악화되어 가는 어업 환경을 개선하기 위해서는 국가적인 차원에서 기르는 어업으로의 획기적인 방향 전환을 시급히 시도할 필요가 있다.

연구개발의 필요성

1. 환경오염과 함께 어장노화현상이 급진전되고 있으며 이에 대한 근본적인 대처 방안
2. 양식시설을 증가시키는 것이 어렵게 되고 있어 보다 효율적인 환경친화형 양식시설 개발이 불가피
3. 연안의 가두리 개념을 뛰어 넘는 대규모 외해 대형 어류양식 시스템 개발
4. 노르웨이 등 일부 해양 선진국들은 이미 다양한 해양양식시스템을 개발하여 운용 중에 있으나 국내에서는 아직 체계적인 연구개발이 이루어지지 못하고 있는 상황
5. 날로 악화되고 가는 어업 환경을 개선하기 위해서는 국가적인 차원에서 기르는 어업으로의 획기적인 방향 전환이 필요
6. 여름철 태풍과 겨울철 북서풍에 견딜 수 있는 외해 대형 어류양식 시스템 개발
7. 주변국과 분쟁을 유발하고 있는 잡는 어업에 대한 새로운 대안 제시
8. 제주도를 해양산업 및 해양문화의 전진기지로 활용

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

- 외해 대형 어류양식 시스템의 시스템 설계
 - 여름철 태풍과 겨울철 북서풍에서 양식이 가능한 시스템 설계
- 외해 대형 어류양식 시스템의 관리 및 자동화 개발
 - 해상에서 급이, 청소, 선별 등 관리가 용이한 장비 개발
- 외해 대형 어류양식 시스템의 운영에 따른 환경 및 생산성평가
 - 오염방지에 의한 환경조화형 시스템의 도출
 - 자연생태계를 유지하면서 양식할 수 있는 시스템 도출
 - 단위면적당 생산성을 극대화시킬 수 있는 시스템 도출

Table 1 1차년도 연구개발 내용 및 범위

구 분	목 표	내용 및 범위
1차년도 (2004년)	외해 대형 어류양식 시스템의 설계	① 개념설계, 초기설계, 일반배치, 구조설계, 상세 설계, 생산설계 등 일련의 설계 과정 ② 이동시 발생할 수 있는 문제점을 도출하기위한 2차 모형실험 ③ 10m x 30m x 5m 규모의 설계, 제작, 설치를 비롯한 실험역 실험
	실험실 차원의 소형 모델개발	① 자료수집 ② 자동급이 모델 설계(자료손실의 극소화 방안 모색) ③ 모니터링 시스템 모델 설계 ④ 자동선별 모델 설계
	1. 시스템설계 및 제작에 필요한 환경 및 생산성요인의 설정 2. 외해의 시스템 설치장소의 환경평가	<p>돔류, 방어류를 1차적인 대상종으로 하여</p> <p>① 시스템 설계 및 제작에 있어 환경 특성 ② 시스템 설계 및 제작에 있어 양식생물의 특성 ③ 제작 시 환경 및 생산성을 위한 고려 사항</p> <p>① 물리 및 화학적 요인에 대한 평가 ② 지질 및 생물학적 요인에 대한 평가 ③ 시스템 설치장소의 결정</p>

Table 2 2차년도 연구개발 내용 및 범위

구 분	목 표	내용 및 범위
2차년도 (2005년)	외해 대형 어류양식 시스템의 설계	① 10m x 5m x 5m 규모의 2기 실험역 실험 (경제적인 부상 및 침하 방안 도출) ② 100m x 40m x 10m 규모의 개념설계, 초기설계, 일반배치, 구조설계, 상세설계, 생산설계 등 일련 의 설계 과정(설계 흐름도 작성) (진 등을 고려하여 50년 주기의 해양환경을 고 려한 설계) (상사법칙을 적용한 설계) (외해의 특성을 고려한 설계) ③ 20m x 8m x 2m 규모의 제작 및 설치를 비롯한 실험역 실험 (슬라이드 망의 변형과 부착생물로 인한 문제점 을 해결할 수 있는 방안 모색) (회유성 어종의 양식을 고려한 설계)
	실험역용 소형 모델 개발 및 실험	① 자동급이 시스템 실험역 성능평가 (1톤 수조의 3일분량의 EP사료를 저장) ② 모니터링 시스템 실험역 성능평가 및 database 구 축 ③ 최적 출하를 위한 시스템 설계
	1. 시스템의 운행에 따른 환경평가 2. 시스템 운행에 따른 생산성 평가	① 물리 및 화학적 요인에 대한 평가 ② 지질 및 생물학적 요인에 대한 평가 ③ 시스템 운행에 따른 환경적합성 검토 (수조 규모의 결정과 적정사육미수의 설정) ① 양식생물의 행동학적 조사 (유영, 먹이활동 등) ② 생리·생화학적 조사 (건강도, 스트레스 요인 등) ③ 질병조사 (병원성 미생물, 면역기능 등) ④ 절식기간에 대한 평가

Table 3 3차년도 연구개발 내용 및 범위

구 분	목 표	내용 및 범위
3차년도 (2006년)	외해 대형 어류양식 시스템의 설계	① 20m x 8m x 2m규모(3.6m x 8m x 4m 신형3기)의 제작 및 설치를 비롯한 실험역 실험 및 신뢰성 (돌돔 및 방어 입식 실험(주종 돌돔)) ② 100m x 40m x 10m 규모의 대형외해가두리의 설 계 완성
	실험역 대형 시제품 운용	① 자동급이 시스템 시제품 운용 ② 모니터링 시스템 시제품 운용 ③ 최적 출하 방안의 실험역 실험 ④ 개선방안 도출
	1. 종합적인 환경 및 생산성평가 2. 환경 및 생산성을 고려한 최종시스템 도출	① 주요 환경요인에 대한 평가 ② 주요 생산성요인에 대한 평가 ③ 적정 규모의 돌돔 입식 후 시스템의 생태 적정성 실험 ① 환경요인에 대한 보완사항 검토 ② 생산성요인에 대한 보완사항 검토 ③ 보완사항 수정에 의한 최종시스템 도출 ④ 경제성 분석

IV. 연구개발 결과

<제1세부과제> 외해 대형 어류양식 시스템의 시스템 설계

1. 외해 대형 어류 양식 시스템

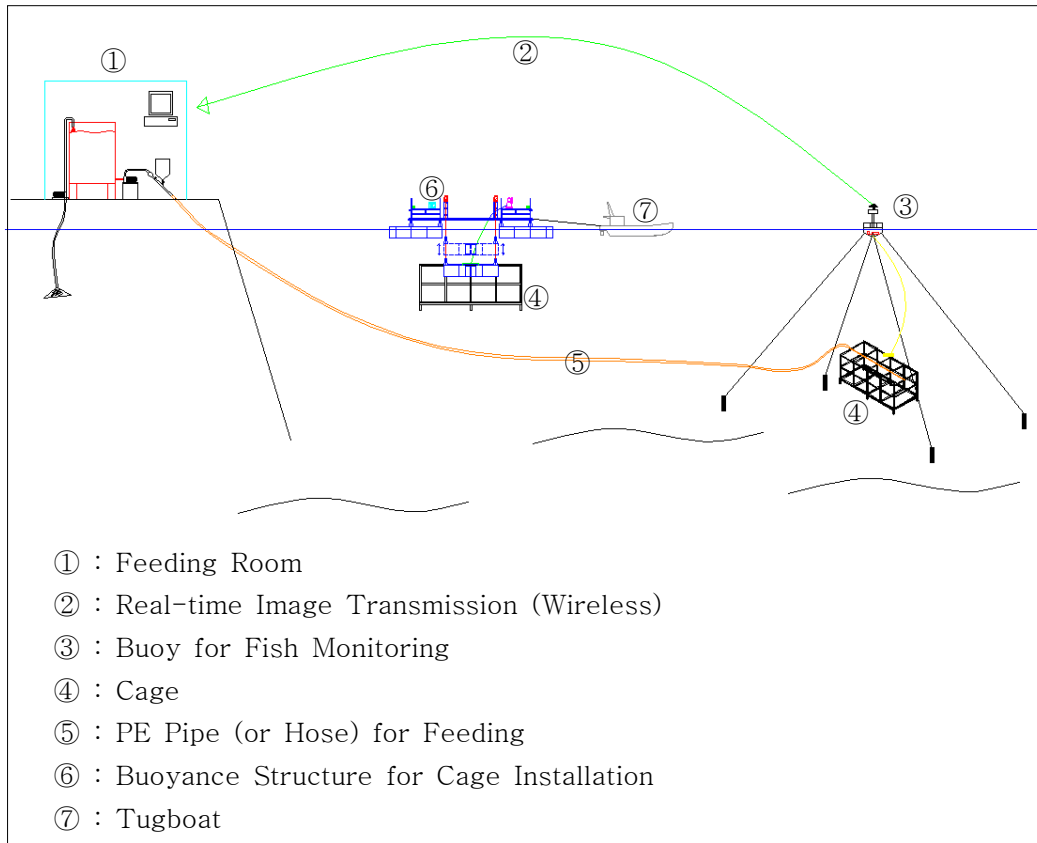


Fig. 1 시스템 구성도

외해 대형 어류 양식 시스템은 Fig. 1에서와 같이 크게 가두리 시스템, 해중가두리 전용관리 시스템, 모니터링 시스템, 급이 시스템으로 나누어진다.

가두리 시스템은 프레임이 강재(steel materials)로 제작되어 내부에 그물을 설치하는 형태의 가두리로 해저면에 가두리의 자체 중량에 의해 고정된다.

실험 시 제작된 가두리의 크기는 폭이 3.6M, 길이가 8M, 높이가 3.5M 이며, 자체 중량이 약 2.8ton이 된다.

전용 관리시스템은 부력을 갖는 강재로 제작된 구조물로서 상부에는 원치와 발전기, 그리고 에어컴프레서가 설치되고, 부력은 좌우측에 배치되고 중앙이 개방된 형태로, 개방된 중앙으로 가두리가 올라올 수 있으며, 부력이 있는 부력부의 전면의 형태는 썰기형태로 하여 예인 시 물의 저항을 덜 받도록 한다. 전용 관리시스템은 가두리의 해저 투하 설치 및 활어의 해상운송 등에 사용된다.

모니터링 시스템은 부력을 갖는 구조물 내부에 배터리가 설치되고, 외부에는 독립전원을 사용할 수 있도록 태양광발전시스템이 설치된다. 또한 부력체의 상단에는 모니터링 및 태양광발전을 제어할 수 있는 컨트롤러가 설치된 제어박스가 설치되고, 해저 가두리의 내부 영상을 모니터링 할 수 있는 수중 카메라가 가두리 내부에 설치된다. 어류 활동을 모니터링 함으로서 어류의 상태를 확인할 수 있고, 또한 사료 급이 시에는 급이 활동이 활발히 진행되고 있는가를 확인할 수도 있다. 모니터링 시스템은 Web을 통해 어디서든지 확인이 가능하여, 상품 홍보 효과에도 큰 도움이 될 것이다.

급이 시스템은 펌프 및 자동볼밸브를 이용한 자동 급이 시스템이 사용되며 사료저장 탱크에 일정량의 사료를 채워 두면 하루에 오전과 오후로 나누어 총 2회를 급이하며, 프로그램 수정으로 사료 급이 횟수 및 급이량을 조절할 수 있다. 또한 해저에 있는 가두리 내부로의 사료 이송이 가능하도록 Fig. 1에서와 같이 급이 장치와 해저 가두리와는 파이프로 연결된다. 특히 급이 시스템은 가두리가 설치된 위치에 따라 육상에서도 설치가 가능하고 해상에서도 설치가 가능하다. 즉, 가두리의 해저 설치 장소가 육상에서 아주 먼 곳에 설치되어 있을 경우에는 해상에 베이스 구조물을 세워 그 곳에 설치하고, 육상에서 그다지 멀지 않은 곳에 설치 될 경우에는 육상에 설치하여 먹이 공급 파이프를 해저에 있는 가두리와 연결시켜준다.

2. 가두리 시스템



fig. 2 그물 설치 전 가두리 실제 모습

가두리 시스템은 fig. 2와 같이 강재(steel materials)로 제작된 프레임 내부에 그물을 설치하여 어류를 양식하는 방식의 가두리로 해저면에 가두리의 자체 중량에 의해 고정된다. 가두리 하부에는 비교적 중량이 많이 나가는 빔을 사용하였으며 다리를 두어 해저면과 일정 거리를 두도록 하였다. 본 연구에서는 여러 type의 가두리를 제작하고 실험을 하였다. 그 중 최종모델로 제작된 가두리는 크기가 폭이 3.6M, 길이가 8M, 높이가 3.5M, 자체 중량이 약 2.8ton인 사각 형태의 용접 구조물로 상부의 프레임은 볼팅처리를 하였다. 이는 그물 설치 시 볼트를 풀어 프레임을 해체하여 그물을 통째로 설치할 수 있는 공간을 확보토록 하기 위함이다. fig. 3은 실제 해중에 설치

되어 있는 가두리에 어류를 입식하여 양식하는 모습을 나타내고 있다. 이 중 상부의 그림에서는 가두리 밖에서 촬영한 영상을 capture한 것으로 그물과 활어상태를 나타내고 있고, 하부 그림은 가두리 안에서 촬영한 영상을 capture한 것으로 어류 및 가두리 프레임을 보여주고 있다.



fig. 3 실제 어류 양식 capture 사진

3. 해중가두리 전용관리 시스템

(특허등록 10-0745080 : 해중가두리 양식장용 리프팅 관리 장치)



fig. 4 침하식 해면 부양 구조물 제작 및 실제 모습

해중가두리 전용관리 시스템은 침하식 해면 부양 구조물이 해중가두리를 설치 및 관리하는 시스템으로 내부에 공기를 충전하여 부력을 발생토록 하는 통형구조의 부력발생부들을 좌우에 균형있게 배치한 하부 부력발생부, 부력발생부의 상측에 연결체에 의하여 연결되며, 상측에 배치되는 데크부를 지지하는 전후좌우 멤버로 구성된 플랫폼, 플랫폼의 상측 전방과 후방에 해저면과 일정거리를 두고 발전기, 컴프레서 윈치타워들을 배치한 데크부, 데크부에 설치된 윈치타워의 윈치에 의하여 권취가 제어되는 견인와이어에 연결되는 동시에 컴프레서에서 발생된 고압의 공기가 호스를 통하여 견인부력부에 임의로 충, 방전을 가능하도록 한 리프팅부로 구성되어있다. fig. 3은 침하식 해면 부양 구조물의 제작 모습과 진수 장면을 보여주고 있다.

해중가두리의 해저 설치는 앞에서 언급한 바와 같이 침하식 해면 부양 구조물을 이용하여 진행되고 그 설치 순서의 개념도와 실제 설치 모습을 fig. 5에 나타내었다.

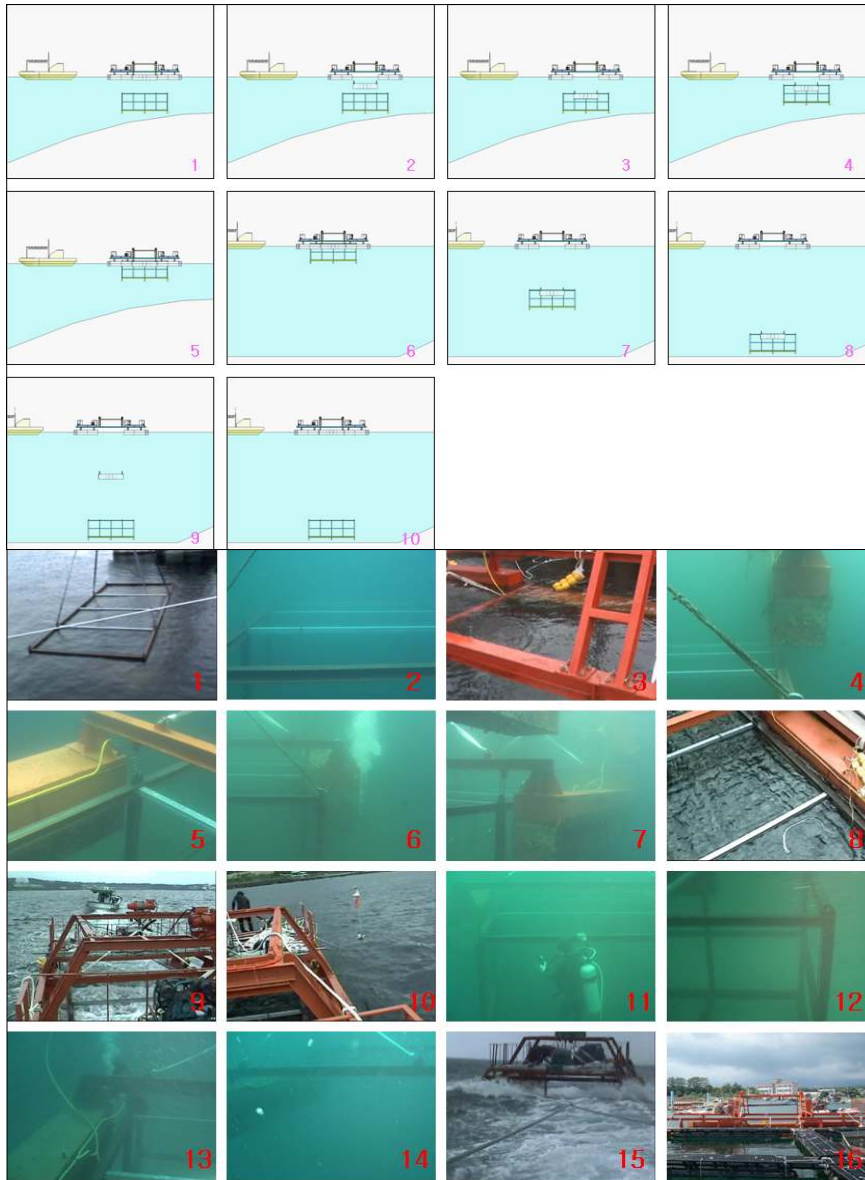


fig. 4 해중가두리 설치 과정

<제2세부과제> 외해 대형 어류양식 시스템의 관리 및 자동화

1. 급이 시스템

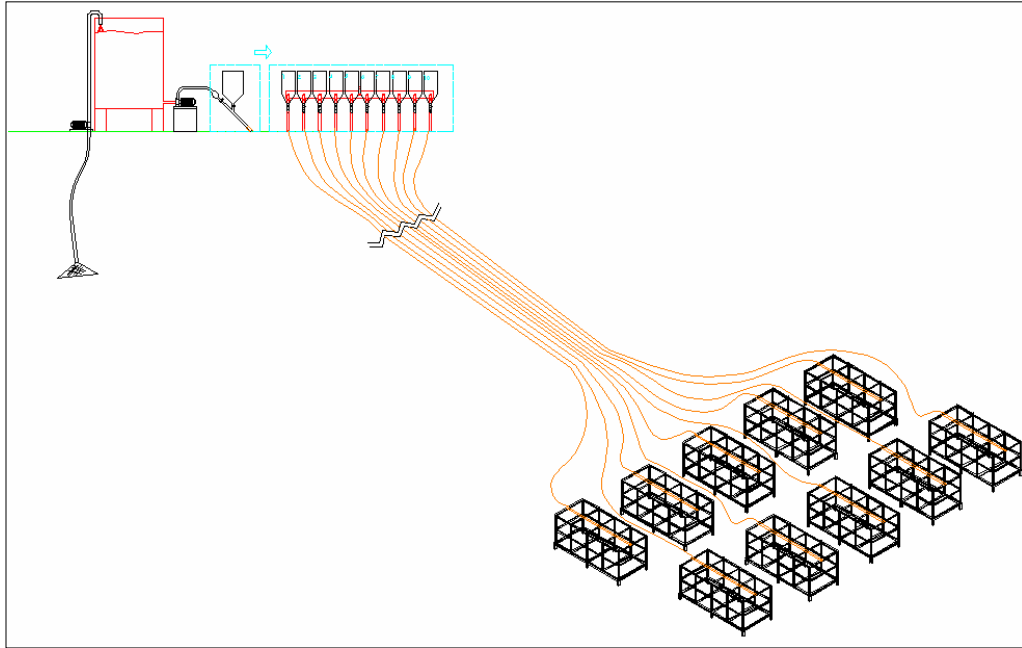


fig. 5 급이 시스템 구성도

급이 시스템은 해저에 설치된 해중가두리 내부에 사료를 공급해 주는 시스템으로 다이버의 해중가두리 접근 없이도 사료 공급이 가능하다.

급이 시스템은 해수 공급 펌프, 해수 저장 탱크, 사료 공급 펌프, 사료 저장 탱크, 해수 공급 밸브, 사료 공급 밸브, 연결관, 전원장치, 제어장치로 구성되는데, 급이 시스템의 사료 공급 원리는 펌프에서 배출되는 배출수의 힘으로 사료를 밀어 해저에 있는 가두리 내부로 사료를 이송하는 방식으로 사료를 이송하기 위한 사료 공급관이 해중가두리와 급이장치와 연결되어야 한다.

사료 급이 제어 방식은 마이크로프로세서를 이용한 프로그램 제어 방식을

채택하였으며, 사료 급이량, 사료 공급 시간, 급이 시간 등을 조절할 수 있고, 밸브역시 자동 볼밸브를 사용하여 밸브의 개폐가 수동이 아닌 프로그램에 의해 자동으로 제어된다.

fig. 6은 급이장치가 설치된 급이실 모습과 실제 사료가 가두리 내부로 떨어지는 모습을 보여 주고 있다.



fig. 6 급이 시스템 실제 모습

2. 모니터링 시스템



fig. 7 모니터링 부이 실제 모습

모니터링 시스템은 해중가두리가 설치되어 있는 해상에 부력체를 부유시키고 부력체 내부 및 외부에 각종 모니터링 장비를 탑재하여 해중가두리에 수중카메라를 설치하고 수중카메라에서 촬영되는 영상을 관리실 및 급이실로 무선 전송하여 주고, 무선 전송된 영상은 모니터에서 실시간으로 확인 가능한 시스템이다.

부력을 갖는 구조물 내부에 배터리가 설치되고, 외부에는 독립전원을 사용할 수 있도록 태양광발전시스템이 설치된다. 또한 부력체의 상단에는 모니터링 및 태양광발전을 제어할 수 있는 컨트롤러가 설치된 제어박스가 설치되고, 해저 가두리의 내부 영상을 모니터링 할 수 있는 수중카메라가 가두리

내부에 설치된다. 어류 활동을 모니터링 함으로서 어류의 상태를 확인할 수 있고, 또한 사료 급이 시에는 급이 활동이 활발히 진행되고 있는가를 확인할 수도 있다. 모니터링 시스템은 Web을 통해 어디서든지 확인이 가능하여, 상품 홍보 효과에도 큰 도움이 될 것이다. fig. 8은 은 해중가두리에서 양식되고 있는 어류의 상태를 실시간으로 PC에서 확인하는 장면을 촬영한 것이다.



fig. 8 PC에서의 가두리 내부 영상 확인

3. 활어 운송시스템

(특허출원 10-2007-0094629 : 가두리양식장 전용 활어류 운송전용장치)

상하가 개방된 형태로 전.후.좌.우벽체를 구성하고 이것에 의하여 형성된 내측 공간부는 방수탄성재질로 구성된 쉬이트지로 밀봉처리한 박스형 프레임부를 구성한 다음 전후방에 부력실과 저항감쇄부를 구성하였다. 그리고 저면

은 임의로 개방이 자유롭게 하여, 치어를 가두리에 방류할 때와 성어를 출하할 때, 이 공간부에 가두리에 있는 그물을 가두고 작업이 한꺼번에 이루어지도록 하였다. 그 결과 모든 작업이 한번에 이루어져 이송에 필요한 시간이 최단시간으로 줄어들어 고기에 주는 스트레스의 최소화를 이루어 생산성을 높이는 동시에 최고의 품질을 갖게 하였다.

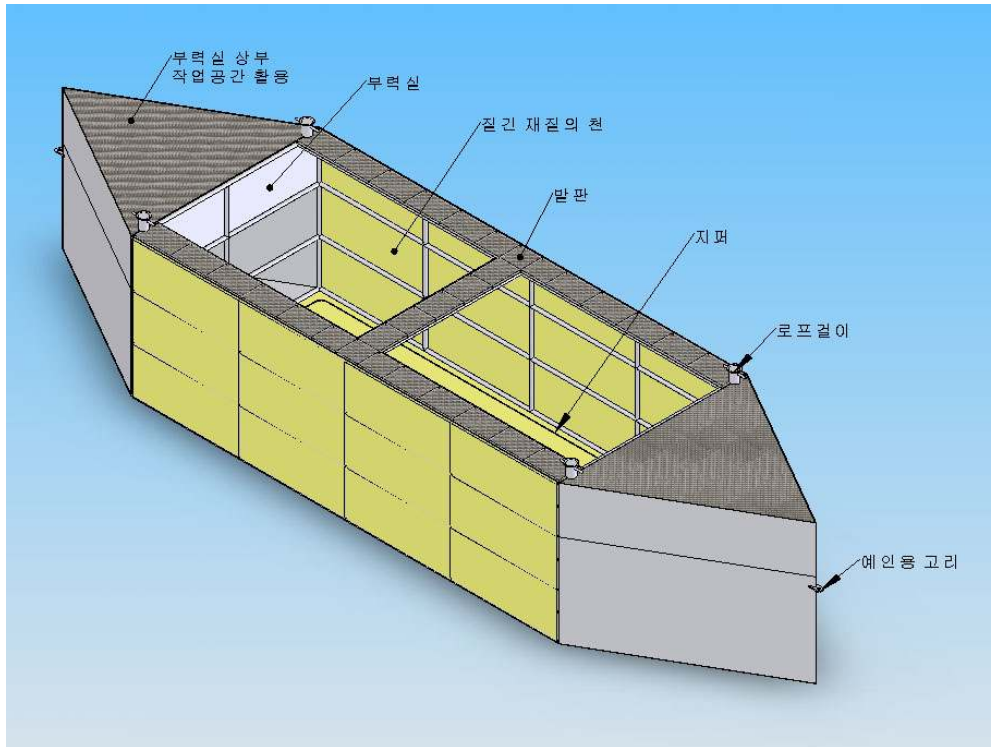


fig. 9 활어 운송 시스템 개념도

5. 활어 출하시스템

(특허출원 10-2007-0094628 : 활어출하장치)

활어를 실은 배나 수송장치가 접안하는 해안부두에 대형 이송 컨테이너를 원치와 같은 장치로 이송가능 하도록 한 프레임구조를 설치하였다. 그리고 이 프레임의 상측에 설치된 루프프레임을 타고 전후좌우로 이송가능한 위

**<제3세부과제> 외해 대형 어류양식 시스템의 운영에 따른 환경 및 생산
성평가(자료 수합 미완료)**

1. 생산성 평가

가. 육상수조식 양식과 가두리 양식에 있어 사육어의 성장 비교

- . 체장성장
- . 체중성장
- . 비만도지수

나. 육상수조식 양식과 가두리 양식에 있어 사육어의 건강도 비교

- . 혈액성상의 변화
- . 스트레스 호르몬의 변화

2. 경제성 평가

V. 연구개발 결과의 활용계획

연구개발 결과의 활용과 관련된 국내외 상황

- 친환경적인 새로운 외해 양식에 대하여 비교적 많은 관심을 갖고 언론 매체에서 보도되고 있는 것은 주지의 사실이며,

- 해양수산부를 비롯한 지자체 등에서도 예산을 편성하는 등 적극적인 자세로 임하고 있는 실정이다.

- 그러나, 외국에서 도입하려고 하는 시스템에 대하여 국내 설치 해역의 적합성에 대한 기초 연구는 물론 경제성 평가가 되어있는 자료는 찾을 수가 없는 실정이다.

- 따라서, 본 보고서의 활용계획에서는 3년간의 연구과정을 통하여 얻어진 결과와 외국의 사례를 바탕으로 아래와 같이 활용계획을 작성하였다. 이하 작성되는 내용의 기본 조건은 제시하고 있는 시스템이 태풍(2007년 나리)에 강인하다는 조건입니다.

1. 1단계 활용방안

외해에서의 가두리 관리의 특성상 일정규모(최소 매출 기준) 이상인 사업으로 추진되어야 하며, 이를 위해서는 최소 기간 동안 투자의 개념으로 해양수산부의 주도하에 관심이 있는 지자체는 물론 일정지분을 갖는 기업이 참여할 필요가 있다.

2. 2단계 활용방안

1단계가 성공할 경우에는 기업의 주도하에 어촌계 어민을 고용 또는 참여 시킴으로서 지역 경제의 활성화에 많은 보탬이 될 것으로 예상된다. 즉 어선 어업의 활로 모색, 어촌 경제의 활성화 등에 능동적인 방안으로 생각된다.

3. 3단계 활용방안

기업을 선두에 내세울 경우에는 국내 뿐 만아니라 동남아시아는 물론 북한의 수산업 발전에 기여할 수는 방안이 될 수 있을 것으로 판단된다.

SUMMARY
(영문 요약문)

CONTENTS
(영 문 목 차)

목 차

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 1 절 연구개발의 필요성

1. 기술적 측면
2. 경제·산업적 측면
3. 사회·문화적 측면

제 2 장 국내외 기술개발 현황 및 과학기술정보

제 1 절 앞으로 전망

제 3 장 연구 개발 수행 내용 및 결과

제 1 절 <제1세부과제 : 외해대형어류양식 시스템의 시스템 개발>

1. 설계를 위한 계산 자료 및 모델 제작
 - 가. 설계를 위한 계산 자료
 - 나. 가두리 모델 제작
2. 2차 모형 실험의 결과
 - 가. 서언
 - 나. 결론
3. 가두리의 제작 및 실험
 - 가. 해저 침하 가두리의 제작 및 실험
 - 나. 해면 부유권인 구조물의 제작 및 실험

제 2 절 <제2세부과제 : 외해 대형 어류양식 시스템의 관리 및 자동화>

1. 자동급이기에 대한 자료 수집
 - 가. 사료의 종류
 - 나. 급이 방법
2. 자동급이 시스템 제작 및 실험
 - 가. 자동 급이 시스템의 개요

3. 모니터링 시스템

4. 활어 운송 및 출하 시스템

가. 활어 운송시스템

나. 활어 출하시스템

제 3 절 <제3세부과제 : 외해 대형 어류양식 시스템의 운행에 따른 환경
및 생산성 평가>

제 4 장 연구개발 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

제 6 장 참고문헌

제 1 장 연구개발과제의 개요

▶ 효율적이면서 환경 친화적인 대규모 양식시설 개발

▶ 어업의 현안문제와 다양한 어종의 양식을 위한
연안가두리 개념을 뛰어넘는 시스템 개발

현재 국내의 어업 현황은 대부분이 어선을 이용한 잡는 어업의 형태이며 일부 연안의 가두리 양식과 육상 수조식 양식으로 구성되어 있다. 그러나 최근 국제적인 어업협상으로 인해 잡는 어업은 그 규모가 날로 축소되어가고 있으며 주변국과의 분쟁을 유발하고 있는 어려운 실정에 처해있다. 또한, 연안일대에서 행하여지고 있는 종래의 양식은 과밀 경향을 띠고 있어 그로 인하여 양식어의 성장률 저하, 어병 발생, 적조 발생 등 양식과 관련된 많은 문제가 야기되고 있고, 이른바 환경오염과 함께 어장노화현상이 급진전되고 있다. 육상의 수조식 양식은 그 규모 면에서 줄어들고 있는 잡는 어업을 대체하기에는 역부족이며 연안 오염 문제 또한 심각한 수준에 와 있는 형편이다. 따라서, 양식에 적합한 연안일대에 새로운 양식시설을 증가시키는 것이 어렵게 되고 있어 보다 효율적인 환경친화형 양식시설 개발이 불가피한 상태이다.

이와 같은 어업의 현안 문제를 극복할 수 있는 방법 중에 가장 가능성이 큰 것이 연안의 가두리 개념을 뛰어 넘는 대규모의 외해 대형 어류양식 시스템을 개발하는 것이라 할 수 있다. 노르웨이 등 일부 해양선진국들은 이미 다양한 해양 양식 시스템을 개발하여 운용 중에 있으

나 국내에는 아직 체계적인 연구개발이 이루어지지 못하고 있는 상황이다. 따라서 날로 악화되어 가는 어업 환경을 개선하기 위해서는 국가적인 차원에서 기르는 어업으로의 획기적인 방향 전환을 시급히 시도할 필요가 있다.

연구개발의 필요성

1. 환경오염과 함께 어장노화현상이 급진전되고 있으며 이에 대한 근본적인 대처 방안
2. 양식시설을 증가시키는 것이 어렵게 되고 있어 보다 효율적인 환경친화형 양식시설 개발이 불가피
3. 연안의 가두리 개념을 뛰어 넘는 대규모 외해 대형 어류양식 시스템 개발
4. 노르웨이 등 일부 해양 선진국들은 이미 다양한 해양양식시스템을 개발하여 운용 중에 있으나 국내에서는 아직 체계적인 연구개발이 이루어지지 못하고 있는 상황
5. 날로 악화되고 가는 어업 환경을 개선하기 위해서는 국가적인 차원에서 기르는 어업으로의 획기적인 방향 전환이 필요
6. 여름철 태풍과 겨울철 북서풍에 견딜 수 있는 외해 대형 어류양식 시스템 개발

7. 주변국과 분쟁을 유발하고 있는 잡는 어업에 대한 새로운 대안 제시

8. 제주도를 해양산업 및 해양문화의 전진기지로 활용

제 1 절 연구개발의 필요성

1. 기술적 측면

- ▶ 여름철 태풍과 겨울철 북서풍에 견딜 수 있는 외해 대형 어류양식 시스템개발
- ▶ 평상시 해표면에 위치하여 급이와 선별이 용이하도록 하고,
- ▶ 태풍 내습시 수심 20m 부근에서 시스템이 안정적으로 유지할 수 있도록 설계한다.
- ▶ 한편, 해면에서 수심 20m로 상하 이동시 발생할 수 있는 어류의 부래에 미치는 영향과 시스템의 상부에 대한 처리에 고려해야 하는 많은 문제점을 안고 있다.
- ▶ 해상 가두리 양식은 육상양식의 어류와 비교하여 육질과 질병의 문제에 있어 상대적인 장점을 갖고 있으나,
- ▶ 남해안의 내파성 가두리를 비롯한 일반가두리는 연안의 오염

등으로 생산성이 날로 악화되고 있는 실정이며,

- ▶ 제주연안은 단조로운 해안선을 갖고 있어 일부 항만내를 비롯한 내파시설이 되어 있는 일부 지역을 제외하고 가두리가 전무하다.
- ▶ 가두리 개념을 뛰어 넘는 외해 대형 어류양식 시스템의 주요 개발 내용은 다음과 같다.
 - 시스템의 구조적인 안정성
 - 용이한 망 청소, 경제적인 급이 및 선별
 - 생산성 향상을 위한 어종 및 사육 방안
- ▶ 외해 대형 어류양식 시스템은 주요개발내용을 고려하여 다음과 같은 연구개발이 필요하다.
 - ☞ 어류의 생태를 고려한 유체역학적인 해석 및 설계
 - ☞ 어류의 생태를 고려한 구조역학적인 해석 및 설계
(재료연구 포함)
 - ☞ 외해 대형 어류양식 시스템을 위한 새로운 개념의 계류라인 설계
 - ☞ 외해 대형 어류양식 시스템에서의 자동급이
 - ☞ 외해 대형 어류양식 시스템에서의 선별 방법
 - ☞ 외해 대형 어류양식 시스템의 효율적인 망청소 방안

- ☞ 외해 대형 어류양식 시스템의 관리를 위한 모니터링
- ☞ 외해 대형 어류양식 시스템의 운행에 따른 환경
- ☞ 외해 대형 어류양식 시스템의 운행에 따른 생산성(어종, 성장률 등)
- ☞ 외해 대형 어류양식 시스템의 모형실험(1차년도)
- ☞ 외해 대형 어류양식 시스템의 실험실실험(2차년도)
- ☞ 외해 대형 어류양식 시스템의 신뢰성, 생산성, 환경평가(3차년도)

2. 경제·산업적 측면

- ▶ 제주연안의 적극적인 활용을 통한 양질의 수산물 생산 기지화
- ▶ 국가적인 차원의 기르는 어업에 대한 획기적인 방향 제시
- ▶ 연안 육상 수조식 양식산업의 한계성에 대한 해결 방안 제시
- ▶ 오염이 가중되고 있으며, 생산성이 저하되고 있는 남해안의

휴식년제를 위한 기술적인 해결 방안 제시

- ▶ 관광산업과 연계한 소득 증대
- ▶ 무력화되고 있는 WTO 체제하의 우리 수산업을 호기로 만들 수 있는 방안 제시
- ▶ 주변국과 분쟁을 유발하고 있는 잡는 어업에 새로운 대안 제시
==> 쿠릴열도의 푹치분쟁(300억 원), 제주도육상수조식양식(2000억 원)
- ▶ 제주도 육상수조식 양식에 버금가는 외해 대형 어류양식 시스템 개발(수용적 80만톤급)

3. 사회·문화적 측면

- ▶ 제주도를 해양산업 및 해양문화의 전진 기지로 활용.
- ▶ 21세기를 해양시대라고 하는 공허한 현재의 입장에서 일부지만 구체적인 내용 제시가 가능
- ▶ 양식어에 대한 일반적인 잘못된 선입견을 시각적으로 개선이 가능

- ▶ 환경과 주변 여건으로 인하여 감척되고 있는 어선을 기르는 어업에 활용할 수 있는 능동적인 방안 도출
- ▶ 육상수조식 양식시설의 환경적인 문제점을 획기적으로 전환 가능
- ▶ 해양 친숙 공간이 극히 제한된 제주도의 여건 변화 및 방대한 공간활용.
- ▶ 남해의 문제점을 교훈으로 체계적인 적정해역의 조사 및 시설물의 위치 결정

제 2 장 국내외 기술개발 현황 및 과학기술정보

해양에서의 신뢰성 있는 연구 결과가 미흡한 실정일 뿐 아니라, 외해 대형 어류양식 시스템의 개발을 위해서는 해양학, 해양공학, 기계공학, 제어공학, 양식학 등의 여러 학문분야가 결합된 협동 연구가 필요하지만, 이러한 연구의 활성화와 개발 투자가 열악한 실정이다.

국내에서는 관련된 조사 및 연구를 아래와 같이 수행하고 있다.

- ① 92년 포항제철주식회사에서 한국해양연구소에 의뢰하여 일본의 이동식가두리(노르웨이제품)에 대한 경제성을 평가한 경험이 있으며,
- ② 95년 부경대학교(당시 부산수산대학교) 해양산업개발연구소에서 이동식가두리에 대한 기초연구를 수행하였다.
- ③ 2001년 7월 제주대학교 BK21사업단 주관으로 한국해양연구원, 부경대학교를 포함한 국내외 연구원들이 참석하여 외해 대형 어류양식 시스템 개발을 위한 1차 Workshop을 개최하여 연구의 방향을 토의하였고,
- ④ 2001년 11월 16일 제주대학교 BK21사업단 주관으로 2차 Workshop을 개최하여 해상양식전지기지의 개념, 자동화, 환경 및 사육에 대한 조사 및 연구자료를 발표하였다.
- ⑤ 2002년 7월 8일 제주대학교 해양과학대학BK21사업단 주관으로 3차 workshop을 개최하여 외해 대형 어류양식 시스템의 모형시험에 필요한 토론회를 개최하였다.
- ⑥ 2002년 9월부터 2003년 1월까지 한국해양연구원 해양공학수조(KRISO)에서 1차 모형시험 수행하였다.

한편, 국외에서는 자국의 해양 환경을 고려하여 다양한 시설물이 개발되고 있다.

- ① 노르웨이 : 다양한 해상가두리를 개발하여 상업화되어 있으며, 시설물을 수출하는 등 가장 선진화되어 있음.
- ② 미국 : Sparbuoy사를 비롯하여 자국내 대학 및 연구소에서 다양한 시스템을 개발하고 있고, 필리핀에서도 상업화되어 있음.
- ③ 일본, 이스라엘, 대만 등 많은 국가에서 자국의 실정에 적합한 해상양식 시스템을 개발하여 운영 중에 있음.

제 1 절 앞으로 전망

- ▶ 제주연안은 물론 한반도 삼면의 바다에서 다양한 형태의 시설물들이 개발할 수 있는 기술적인 근거 자료를 제시할 수 있을 것으로 전망하고 있으며,
- ▶ 다양한 어종의 양식을 위한 기술적이며, 경제적인 방안의 제시가 가능할 것으로 기대하고 있다.
- ▶ 제주도 연안은 물론 삼면의 바다를 다각적으로 활용할 수 있는 방안에 대한 창출이 기대되고 있으며,
- ▶ 안정적인 대량 생산을 통하여 주변국으로의 수출에 의한 고부가가치가 예상되고 있다.

제 3 장 연구 개발 수행 내용 및 결과

제 1 절 <제1세부과제 : 외해대형어류양식 시스템 의 시스템 개발>

연구의 주 내용은 태풍과 계절풍 등 극심한 해상 환경에서 해상 구조물의 안정성과 생물이 사육에 적합한 대형 어류 가두리의 설계, 제작, 모형실험 및 실험실 실험으로 구성된다.

1. 설계를 위한 계산 자료 및 모델 제작

가. 설계를 위한 계산 자료

본 연구에서는 해상 가두리의 성능을 추정하고, 구조물을 설계 제작하기 위해 구조물의 운동에 대하여 연구하였다. 다목적 twin hull 가두리에 작용하는 유체력을 3차원 특이점 분포법과 근사계산법을 이용하여 다목적 가두리의 운동에 대한 계산을 수행 하였다.

1) 이론의 정식화

좌표계는 Fig. 3.1-1에 표시한 것과 같이 $x-y$ 평면을 정지수면으로 하고 연직상방을 양의 z 축으로 하는 직교좌표계를 사용한다.

유체는 비압축성, 비점성이고 유동은 비회전성인 이상유체이고, 자유표면의 파고 및 부체에 의한 유체교란은 미소하며 유체영역은 무한하다고 가정한다. 또한 입사파는 주기운동을 하며 x 축에 대하여 α 의 각도로 입사되고 있다고 생각한다. 이론계산에 있어서 수치계산은 Hess & Smith 이론과 Green

function을 이용해서 부유체의 표면에 분포시킨 특이점의 세기를 미지수로 하는 적분방정식을 푸는 3차원 특이점 분포법 (Three-Dimensional Source Distribution Method)을 이용하여 수행하였다. 3차원 특이점 분포법에 적용된 이론 및 가정들은 참고문헌을 참조하기 바란다.

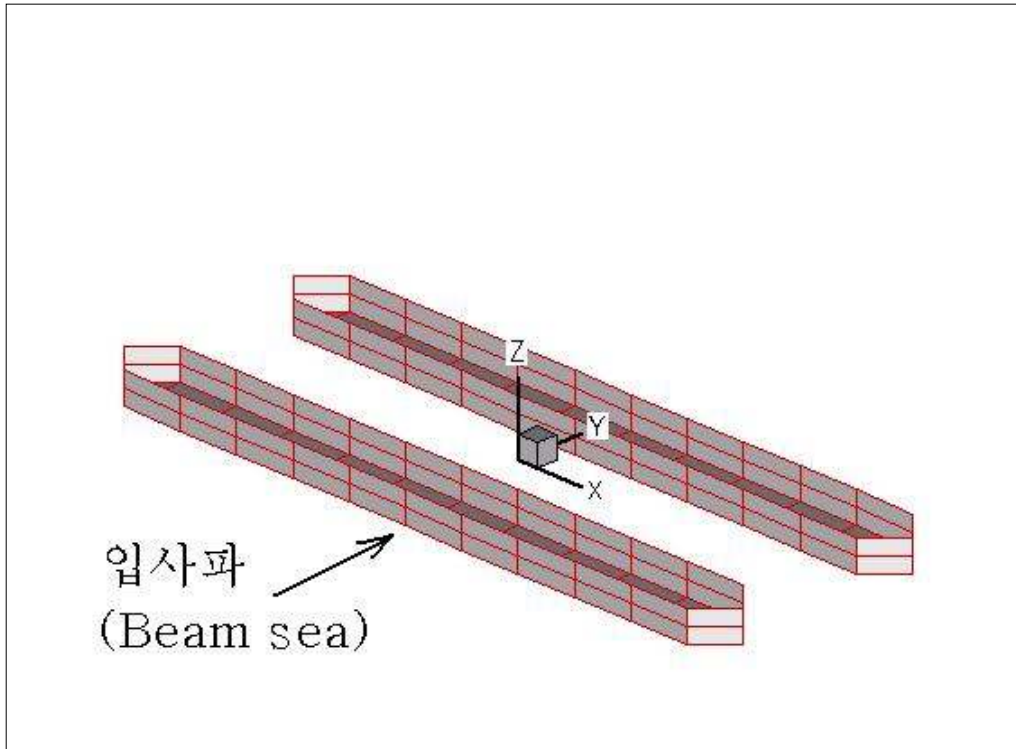


Fig. 3.1-1 Coordinate system of the twin hull breakwater

2) 경계조건 및 지배방정식

부체가 x 축의 양의방향으로부터 입사하는 파에 의하여 부체가 동요원진 동수 ω 로 정현운동하고 있을 경우 유동장은 속도포텐셜로 나타낼 수 있으며 입사파의 속도포텐셜을 ϕ_0 , 산란파의 속도포텐셜을 ϕ_s , 방사파의 속도포텐셜을 ϕ_R 그리고 유장의 전체속도 포텐셜을 ϕ 라 하면 다음과 같이 나타낼 수

있다.

$$\Phi = \Phi_0 + \Phi_T + \Phi_R \quad (1)$$

또한 속도포텐셜 ϕ 는 선형자유표면조건, 바닥경계조건, 방사조건, 물체표면 조건을 만족하는 Laplace 방정식의 해를 파랑그린함수(Green Function) $G(P, Q)$ 라 놓으면 속도포텐셜 $\phi(P)$ 는 다음과 같이 표시된다.

$$\phi(P) = \int \int_S \sigma(Q) G(P, Q) dS(Q) \quad (2)$$

여기서 $P(x, y, z)$ 는 유체중의 임의의 점이며, $Q(x', y', z')$ 는 물체표면 S 상에 분포시킨 점이다. 또한 $\sigma(Q)$ 는 물체표면 S 상에 분포시킨 Source Strength이다.

(2)식의 소스세기 $\sigma(Q)$ 를 구하기 위하여 물체표면조건을 이용하면, 즉 (2)식에서 양변을 물체표면 S 의 법선방향으로 미분하고 점 P 를 물체표면 S 상의 점 Q 에 접근시키면 $\sigma(Q)$ 가 미지수인 다음의 적분방정식이 유도된다.

$$\frac{\partial \phi(P)}{\partial n} = -2\pi\sigma(P) + \int \int_S \sigma(Q) \frac{\partial}{\partial n} G(P, Q) dS(Q) \quad (3)$$

(3)식에서 점 $P(x, y, z)$ 와 점 $Q(x', y', z')$ 는 물체표면 S 상의 점이다. 적분은 물체표면 S 에 대하여 적용된다. 따라서 (3)식에서 구한 $\sigma(Q)$ 를 (2)식에 대입하면 속도 포텐셜 $\phi(P)$ 가 구하여진다.

한편, 그린 함수는 무한수심의 경우 다음과 같이 표시된다.

$$G(P, Q) = \frac{1}{r} + \frac{1}{r'} + 2K \oint_0^\infty \frac{e^{K(z+z')} J_0(kR)}{k-K} dk + i 2\pi K e^{K(z+z')} J_0(KR) \quad (4)$$

부유체가 i 모드(Mode)의 운동을 하고 있을 때 단위진폭 속도포텐셜을 $\psi_j (j = 1, 2, \dots, 6)$ 라 하면 j 방향의 부가질량 A_{ij} 와 조파감쇠계수 B_{ij} 는 다음 식으로부터 구하여진다. [6]

$$A_{ij} = -\rho Re \left[\int \int_S \psi_j n_i ds \right] \quad (5)$$

$$B_{ij} = \rho \omega \operatorname{Im} \left[\int_S \Psi_j n_i ds \right] \quad (6)$$

그리고 n_i 는

$$\begin{pmatrix} n_1 \\ n_2 \\ n_3 \end{pmatrix} = \mathbf{n}, \quad \begin{pmatrix} n_4 \\ n_5 \\ n_6 \end{pmatrix} = \mathbf{r} \times \mathbf{n},$$

\mathbf{n} : 물체표면에서의 외향 단위법선벡터

\mathbf{r} : 물체중심에서의 물체표면상의 임의의 점에 대한
위치벡터

$i = 1 \sim 6$: surge, sway, heave, roll, pitch, yaw

규칙과 중에서 부체가 고정되어 있을 때 반사파의 속도포텐셜, 즉 산란파 속도포텐셜을 ϕ_j 이라 하면 ϕ_j 은 물체표면조건으로부터 $\frac{\partial \phi_j}{\partial n} = -\frac{\partial \phi_0}{\partial n}$ 과 같이 생각할 수 있으며, 입사파의 속도포텐셜 ϕ_0 는 다음식으로 표시된다.

$$\begin{aligned} \phi_0 e^{i\omega t} &= -\frac{i\omega \zeta_a}{K} e^{Kz + iK(x \cos \alpha + y \sin \alpha) + i\omega t} \\ &= -\frac{i\omega \zeta_a}{K} \Psi_0 e^{i\omega t} \end{aligned} \quad (7)$$

산란파 속도포텐셜 ϕ_j 이 구해지면 파강제력은

$$\begin{aligned} F_{\tau j} &= i \omega \rho \int_S (\phi_0 + \phi_j) n_j ds \quad (j = 1, 2, \dots, 6) \\ &= \rho g \zeta_a \int_S (\Psi_0 + \Psi_j) n_j ds \end{aligned} \quad (8)$$

본 연구에서는 파강제력을 구하기 위하여 방사문제(Radiation Problem)와 산란문제(Diffraction Problem)에 관한 Haskind - Newman의 관계를 이용하였다.

따라서 방사파 속도포텐셜 Ψ_j 을 이용하면, Ψ_j 은 Green의 정리를 이용하고, 선형 자유표면조건 및 방사조건을 고려하면 다음 식을 얻는다.

$$\int_S \left(\Psi_j \frac{\partial \Psi_i}{\partial n} - \Psi_i \frac{\partial \Psi_j}{\partial n} \right) ds = 0 \quad (9)$$

(9)식을 이용하고, Haskind - Newman [6]의 관계를 적용하면 파강제력 (8)식은 다음과 같이 표시된다.

$$F_{\eta j} = \rho g \zeta_a \iint_s \left(\Psi_0 \frac{\partial \Psi_j}{\partial n} - \Psi_j \frac{\partial \Psi_0}{\partial n} \right) ds \quad (10)$$

따라서 방사와 속도포텐셜이 얻어지면 본 관계식을 이용하여 파강제력을 구할 수 있다.

한편, 3차원 Kochin 함수

$$\begin{aligned} H_j(K, \alpha) &= \iint_s \left(\frac{\partial \Psi_j}{\partial n} - \Psi_j \frac{\partial}{\partial n} \right) e^{Kz + iK(x' \cos \alpha + y' \sin \alpha)} ds \\ &= \iint_s \left(\Psi_0 \frac{\partial \Psi_j}{\partial n} - \Psi_j \frac{\partial \Psi_0}{\partial n} \right) ds \end{aligned} \quad (11)$$

를 도입하여 (10)식을 정리하면

$$F_{\eta j} = \rho g \zeta_a H_j(K, \alpha) \quad (j = 1, 2, \dots, 6)$$

(12)

으로 나타낼 수 있다.

파랑중 부유체의 6자유도 선형운동방정식은 일반적으로 다음과 같다.

$$\sum_{j=1}^6 [(M_{ij} + A_{ij}) \ddot{Y}_j + \widehat{N}_{ij} \dot{Y}_j + K_{ij} Y_j] = F_j \quad (j = 1, 2, \dots, 6) \quad (13)$$

(13)

Y_j : 부유체의 중심에 있어서 j 방향의 운동진폭

M_{ij} : 부유체의 질량 및 관성모멘트

A_{ij} : 부유체의 부가질량 및 부가관성모멘트

\widehat{N}_{ij} : 조파감쇠계수

K_{ij} : 복원력계수

F_j : 파강제력

을 각각 의미한다.

3) 수치계산

일반적으로 운동성능은 특정한 인자에 의해 변하는 것보다는 부체의 단면 형상, 개수, 흘수, 폭 등에 따른 유체역학적 상호 간섭의 영향 등 다양한 인자의 조합에 의해 변하므로 운동성능을 향상시키기 위해서는 여러 가지 인자들을 고려한 유체역학적 특성을 이해함으로써 우수한 효율을 가진 구조물을 계획할 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구에서는 구조물의 운동에 대한 계산 및 실험하여 비교하였다.

Table 3.1-1 Principal dimensions of the twin hull breakwaters structure

		Length (L)	Breadth (B)	Draft (D)	Water plan Area (m^2)	Displace- ment (m^3)	Element (EA)
Case 1	TH148	55	20	1.25	525	656.25	148
	TH236	55	20	1.25	525	656.25	236
	TH400	55	20	1.25	525	656.25	400
Case 2	TH1	55	20	1.25	525	656.25	148
	TH2	55	20	1.50	525	787.50	148
	TH3	55	20	2.75	525	1443.75	148
	TH4	55	20	3.75	525	1968.75	148
	TH5	55	20	4.75	525	2493.75	148
Case 3	THM1	55	20	6.25	525	656.25	618
	THM2	55	20	6.25	525	787.50	618
	THM3	55	20	6.25	525	1443.75	650
	THM4	55	20	6.25	525	1968.75	666
	THM5	55	20	6.25	525	2493.75	598
Case 4	THM30	55	20	6.25	525	656.25	618
	THM40	55	20	6.25	525	656.25	618
	THM50	55	20	6.25	525	656.25	618
	THM60	55	20	6.25	525	656.25	618
	THM70	55	20	6.25	525	656.25	618

먼저 구조물의 요소분할에 있어서 요소의 수에 따른 유효성을 확인하기 위해서 table 3.1-1의 Case 1에서 보이듯이 흘수가 1.25m인 twin hull 구조물의

요소분할을 각각 148개, 236개, 400개로 하여 계산하였다.

그리고 본 연구에 있어서 공시모형은 양식을 겸한 소파구조물을 계획할 목적으로 부력을 발생하는 **twin hull** 형태의 구조물과 아래쪽의 그물망으로 구성되어 있다. 여기서 그물망 부분의 계산은 요소분할이 어려워 내부 그물망을 외부그물망으로 합하여 그물망의 투과율을 계산하고 그 투과율과 같은 구조물로 가정하여 요소를 분할하여 계산하였다. 또한 그물망 부분의 요소분할에서 그물망의 두께는 전체 구조물의 크기에 비하여 아주 작아서 무시하는 것으로 가정하고 요소를 분할하고 유체력을 계산하였다.

또한 Case 2는 수치계산에 있어서 흘수의 변화에 대한 유체력의 영향을 비교하기 위해서 **twin hull** 만 있고 그물망이 없는 5가지 형상을 흘수를 다르게 하여 비교하였다. Case 3에서는 Case 2의 **twin hull**에 투과율이 50%인 망이 있는 5가지 형상에 대하여 상하요에 작용하는 유체력 및 소파효율을 계산하였다. 한편 Case 4에서는 **twin hull**의 흘수가 2.5m인 구조물에 대하여 투과율이 각각 30%, 40%, 50%, 60%, 70%인 구조물을 계산하였다.

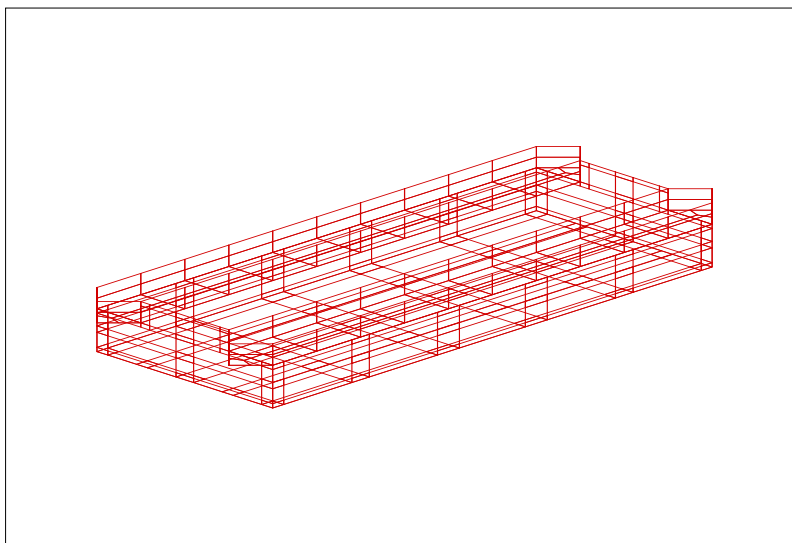


Fig. 3.1-2 Mesh discretization of the twin hull breakwater

4) 동요 및 소파울 실험

- 모형제작

모형실험은 $L \times B \times H$ 가 각각 $35 \times 0.5 \times 0.6$ (m)인 2차원 조파수조에서 행하였으며 실험모형은 2차원 조파수조의 폭에 맞게 모형 폭의 축척이 1/50가 되도록 제작하였다. 너비와 폭을 각각 45.4cm와 40cm로 하였고 재료는 PVC와 플라스틱으로 제작하고 twin hull 하단에 그물을 부착하였다.

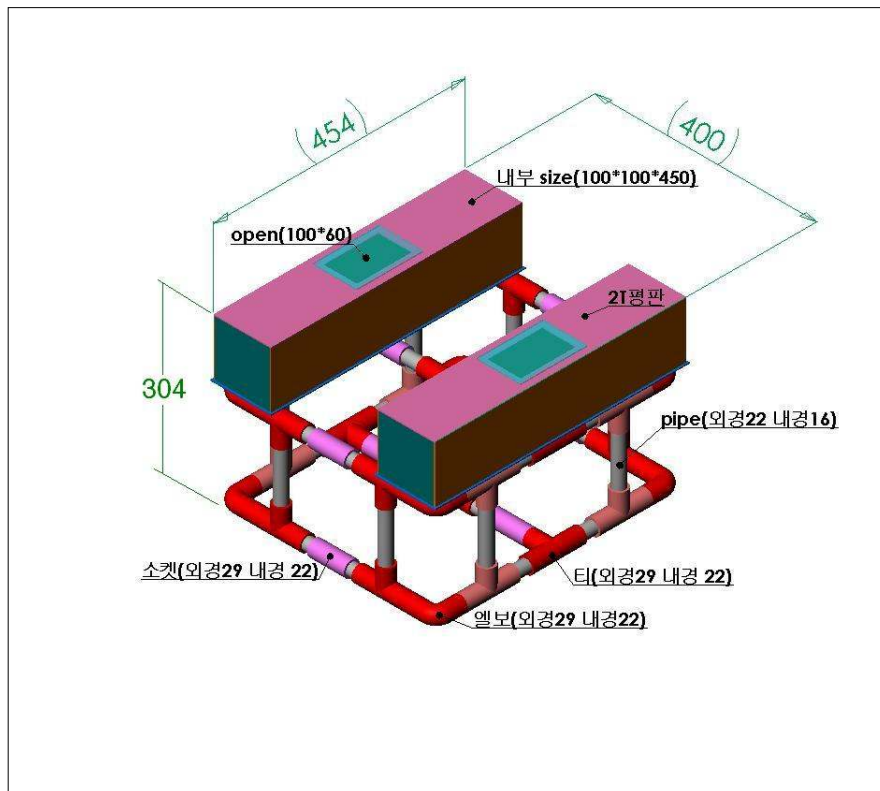


Fig 3.1-3 Design of Model

실험모형에 대한 주요제원 및 형상은 Fig. 3.1-3에 나타내었다. 또한 실험모형은 twin hull에 흡수를 조절할 수 있도록 제작되어 흡수변화에 따른 구조물의 운동을 비교하였다.

- 실험장치 및 설치

실험에 대하여 구조물을 Fig. 3.1-4 에 표시한 것과 같이 설치하였다. 2차원 조파수조에서 생성 가능한 파장 중에서 $0.4m \sim 2m$ 사이의 파장을 만들었고 data 측정시간은 15초로 하였다. 2차원 조파수조의 수심은 $38cm$ 로 하였고 장파에 대한 무한수심에 대한 영향은 고려하지 않았다.

실험모델은 소파성능을 계측할 때는 계류를 하지 않고 자유운동을 하고 그 운동으로 인한 소파효율 계측하였다. 그리고 운동성능은 두 가지 방법으로 계측하였다. 첫 번째 방법은 6자유도 운동 측정 장비를 이용하였고 그중 heave motion만 계측하였다. 두 번째 방법은 계류를 하지 않고 자유운동을 할 때의 heave motion을 캠코더를 이용하여 촬영하고 그것으로 화면 capture를 하여 운동계측을 하였다.

twin hull의 흘수에 따른 구조물의 소파효율을 알아보기 위하여 실험모델의 흘수는 twin hull에서 각각 $1cm$, $2.5cm$, $5cm$ 의 3가지로 하였고 $\lambda/B = 1.0 \sim 4.8$ 사이의 14개 상태에서 측정하였다.

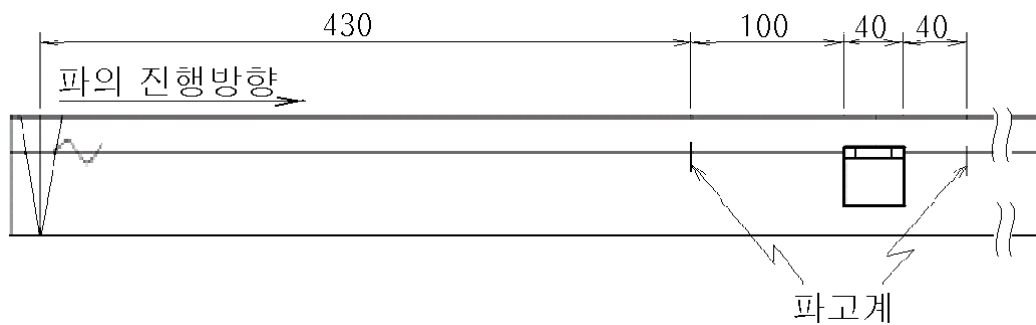


Fig. 3.1-4 Setting of experimental model and equipment

5) 결과 및 고찰

양식시설에 대한 구조물의 동요 특성을 수치계산 하였다. Case 1에서는 구

조물의 요소분할에 따른 계산의 유효성을 확인하였고 Case 2에서는 twin hull의 흘수에 따라 유체력, Case 3에서는 twin hull에 그물망을 설치하고 계산한 유체력, 그리고 Case 4에서는 그물망의 투과율에 따른 유체력을 계산하였다.

- 수치계산

Case 1에서 구조물의 요소분할의 유효성을 알아보기 위해서 요소의 수를 150개, 240개, 400개로 분할하여 계산하였다. 계산 결과를 확인하면 요소의 수에는 크게 영향을 받지 않음을 알 수 있었다. 앞으로 계산에서 구조물에 대한 요소의 수에 따른 계산의 유효성을 확인하였다. Case 2~4까지 twin hull의 요소의 수는 150개로 하여 계산하였다..

Case 2와 Case 3에서 구조물의 운동에 있어 twin hull에 그물망을 설치하지 않은 것과 설치한 것은 거의 비슷한 경향을 나타냄을 알 수 있었다. 또한 Case 4에서 나타나듯이 그물망의 투과율에 의한 구조물의 운동 역시 크게 차이가 나지 않음을 알 수 있었다.

위의 결과를 바탕으로 Case 2에 관해서만 나타내었다.

Fig. 3.1-5는 heave added mass를 보여주는 그래프이다. 그래프를 살펴보면 흘수에 따라 $\lambda/B = 2.4 \sim 3.5$ 부근에서는 음(-)의 값은 나타내고 있다. 그러나 이 부분은 山下誠也의 경우에서도 같은 쌍동형 형상의 모형인 경우 음의 값이 나타남을 볼 수 있다.

Fig. 3.1-6은 heave damping coefficient를 나타낸다. 그래프를 살펴보면 $\lambda/B = 2$ 되는 부분까지는 heave damping coefficient는 나타나지 않다가 파장이 길어짐에 따라 $\lambda/B = 2$ 이상의 값에서 급격히 증가함을 보인다. 그리고 흘수가 증가함에 따라 heave damping coefficient는 감소함을 것을 보인다.

Fig. 3.1-7에서 heave exciting force를 알아보면 $\lambda/B = 2$ 보다 작은 부분에

서는 exciting force가 거의 나타나지 않다가 $\lambda/B = 2$ 가 넘는 부분에서는 갑자기 증가하는 경향을 나타낸다. 그리고 흘수가 증가하면 좀 더 긴 파장에서 exciting force가 급격히 증가하는 것을 보여준다.

Fig. 3.1-8은 heave amplitude는 파장이 길어질수록 파도와 같이 움직이게 되는 것을 알 수 있다. 흘수에 따라 각 파장에서의 극대점을 살펴보면 흘수가 커질수록 극대점이 생기는 파장이 $\lambda/B = 1$ 부근에서 $\lambda/B = 2$ 이후로 늦어지는 것을 볼 수 있다.

- heave motion

heave motion은 두 가지 방법으로 측정하였다. 첫 번째 방법은 6자유도 운동 측정 장치에 모델을 설치하고 측정 장치에 설치되어 있는 potentiometer를 이용하여 운동을 계측하였고 그 결과를 Fig. 3.1-9에 나타내었다. 두 번째 방법은 계류를 하지 않고 자유운동을 할 때의 motion을 캠코더로 촬영하여 그것을 motion capture 프로그램을 이용하여 움직임을 계측하였고 그 결과를 Fig. 3.1-10에 표시하였다.

Fig. 3.1-9에서 수치 해석한 결과와 실험에 의한 data를 비교하여 살펴보면 heave motion은 실험 data와 수치 계산한 결과가 비슷하게 나왔으나 공진에 의한 효과는 $\lambda/B = 1.5$ 부근에서 아주 작게 나타났다. 그리고 $\lambda/B = 3$ 이후의 값은 수치 계산한 결과보다 더 빨리 1로 수렴하는 것을 보인다. 실험결과에서 흘수에 따른 heave motion을 비교해보면 수치 계산한 결과와 같이 흘수가 증가할수록 heave motion은 적게 나타나는 것을 알 수 있었다.

Fig. 3.1-10에서 수치 해석한 결과와 비교하면 비교적 잘 일치한다. 그리고 $\lambda/B = 1.5$ 부근에서 약간 움직임이 증가하는 것을 보인다. $\lambda/B = 4$ 이후에서 수치 계산한 결과보다 큰 값을 나타낸다.

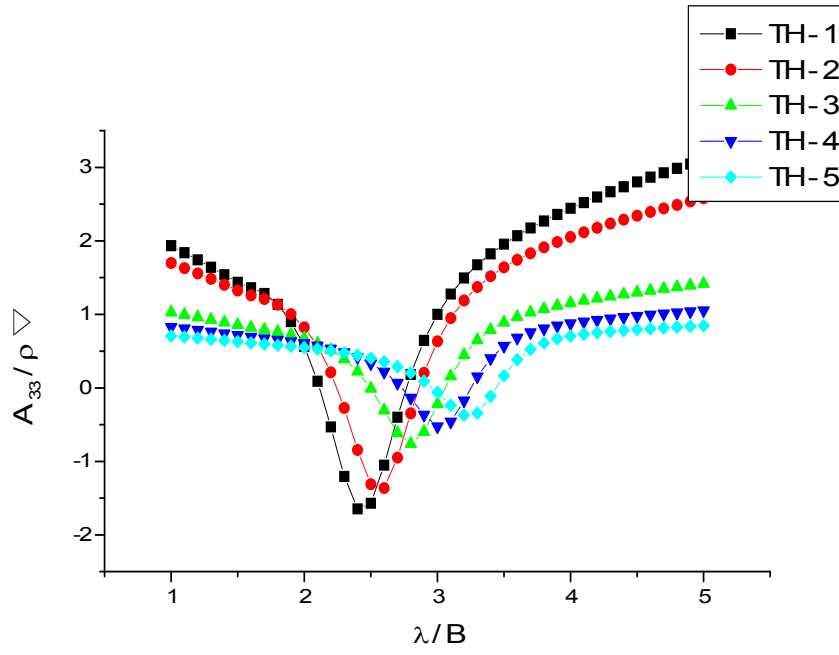


Fig. 3.1-5 Comparison of heave added mass of Case 2

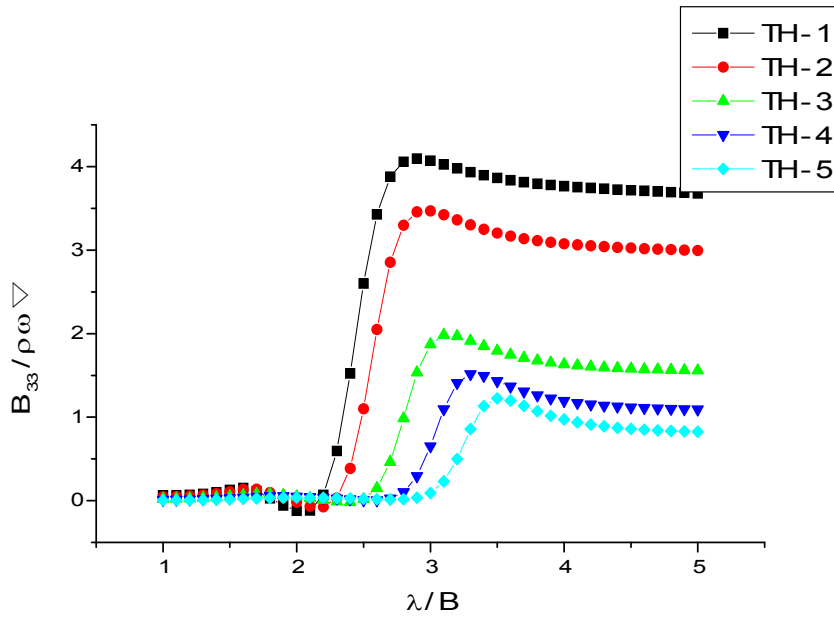


Fig. 3.1-6 Comparison of heave damping coefficient of Case 2

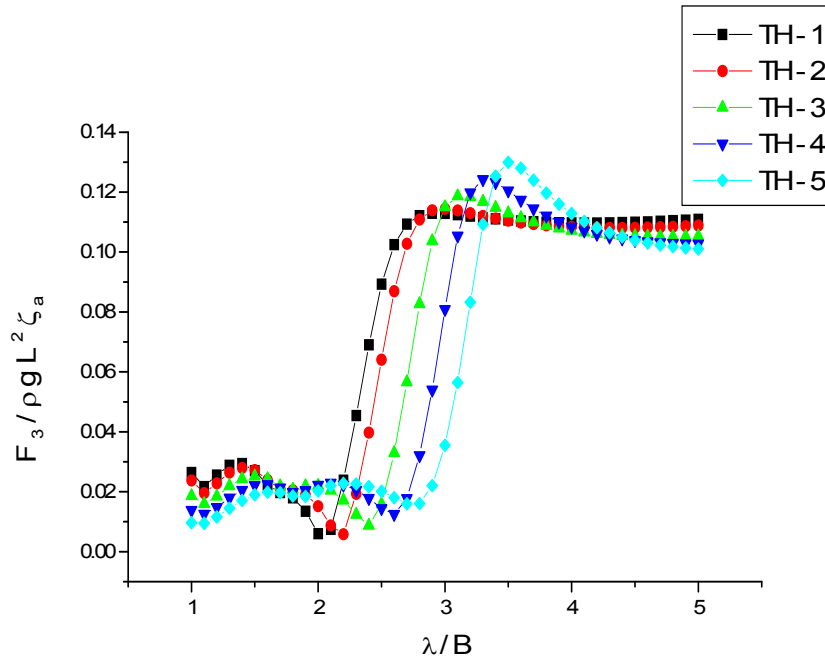


Fig. 3.1-7 Comparison of heave exciting force of Case 2

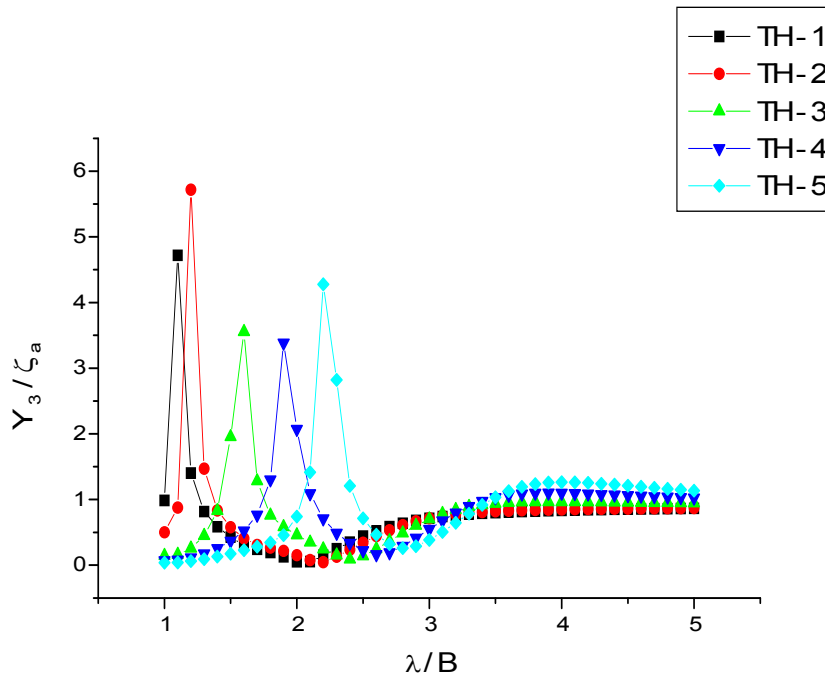


Fig. 3.1-8 Comparison of heave amplitude of Case 2

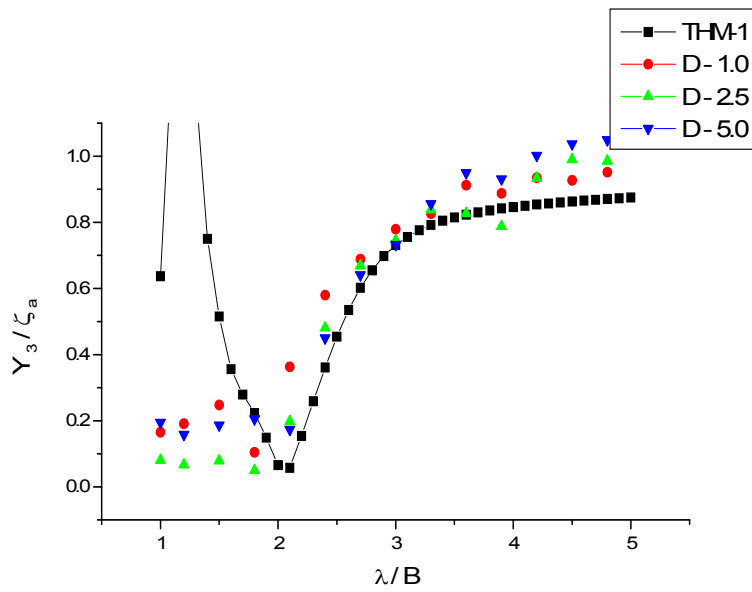


Fig. 3.1-9 Comparison of heave amplitude measured by 6 degrees of freedom motion measurement equipment

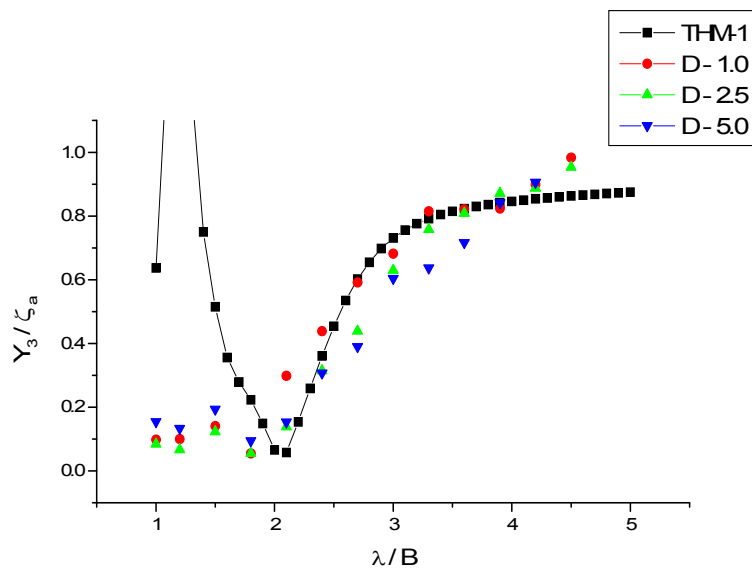


Fig. 3.1-10 Comparison of heave amplitude by motion capture

나. 가두리 모델 제작

계산 결과와 경험을 바탕으로 설계도면을 작성하고, 이에 따른 가두리 모델을 제작하였다.

1) 가두리 모델 1



Fig. 3.1-11 가두리 모델1 제작

3) 가두리 모델 2



Fig. 3.1-12 가두리 모델2 제작

2. 2차 모형 실험의 결과

한국해양연구원 해양공학수조에서 실험된 2차 모형 실험의 서언과 결론을 수록한다.

가. 서언

세계 각국의 200해리 배타적 경제수역 선포에 따라 해양분할 관리 원칙에 의한 조업가능해역의 축소 및 공해에서 조업규제 등으로 인한 이용가능 수산자원이 크게 축소됨에 따라 세계각국은 200해리 수역 내 자국의 수산자원을 적극적으로 이용 및 보전하기 위해 장기적 대책을 강구하고 있다. 우리정부는 “잡는 어업에서 기르는 어업”으로의 전환을 기반으로 한 수산업 발전 대책을 마련하고 있다. 이에 따라 연안 어장의 조성을 활성화하기 위하여 인공어초와 같은 수산 증식시설의 설치에 박차를 가하는 한편, 가두리와 같은 양식시설을 외해로 유도하기 위한 노력을 경주하고 있다. 특히 가두리 양식장은 적조에 의한 잇단 폐사 및 연안 양식장의 환경오염 등으로 인해 보다 청정 해역인 외해로 나가야 하는 현실에 직면해 있다. 이에 따라 양식장이 보다 심해진 해양환경을 극복해야 하는 구조 안정성을 확보해야 하는 문제가 수산공학 분야에서 가장 큰 관건이 되고 있다.

해상구조물의 설계에 고려하여야 할 환경하중으로는 파랑하중, 바람하중 그리고 조류력 등이 있다. 또한 지역적 특성에 따라 지진 및 쓰나미 그리고 빙하중(ice force)등이 있을 수 있으나, 우리나라 연근해에서는 크게 고려하지 않아도 된다. 이러한 환경하중의 크기는 계류시스템의 필요강도를 결정하는 주요인자이며, 환경하중의 동적 특성은 계류시스템의 동적 특성과 연계하여 구조물의 운동성 해석 및 설계에 있어서 필히 고려되어야 할 가장 중요한 요소라고 할수 있다. 본 연구에서는 대상해역의 설계 조건 및 가동 조건에 해당하는 파랑 중,

부유체에 작용하는 하중과 운동성능에 관한 연구를 수행하였다.

수산양식시설의 효과적인 운용을 위해서는 안전성 및 적절한 운동성능의 확보가 필수적이며, 이들 성능의 평가를 위해서는 운동특성 및 계류장력의 파악을 위한 모형시험이 요구된다.

모형시험은 한국해양연구원 해양시스템안전연구소의 해양공학수조에서 수행되었다. 해양공학수조는 실험역 환경조건인 파랑, 조류, 바람의 생성이 가능한 모형시험수조로서, 시험가능한 영역의 크기가 길이 56m, 폭 30m, 수심 4m이고, 파주기 0.5--5.0sec, 최대파고 0.8m, 최대 풍속 10m/sec, 수심 2.5m에서 최대 유속 0.5m/sec의 해양환경 재현이 가능하다.

실제 양식장이 가동될 지점이 제주도 남해의 깊이 60m-70m인 지점이므로, 해양공학수조의 가용수심 3.4m와의 수심비를 통하여 모형은 1:20 축적비로 제작되었다. 철제 모형을 사용하였으며, 무게 중심 및 관성반경을 계측하기 위해 경사시험 및 관성능률시험을 각각 수행하였다.

모형시험의 환경조건은 실험역의 설계환경조건과 수조의 환경재현 한계를 고려하여 결정하였다.

모형의 축적비와 실험역의 설계조건에 따라 결정되는 모형시험 환경조건은 수조에서 생성가능한 파랑의 한계를 고려하여 재현 가능한 최대 파고를 사용하여 시험을 실시하였다. 바람에 의한 외력은 대상에서 제외하였고, 조류에 의한 외력은 조류력의 크기에 대응하는 중량추를 조류력의 작용점에 수평하게 작용시킴으로서 상사시켰으며, 파랑은 조파장치를 이용하여 재현하였다.

나. 결론

제주도 남해 수심 60m-70m 실험역에 설치할 해상양식장의 안전성 및 운동성능을 알아보기 위해 1/20 축적비를 갖는 모형을 제작하여 한국해양연구원의 해양공학수조에서 실험을 수행하였다. 조류력은 그에 대응하는 추를 작용점에

매달아 모사하였고, 규칙파 중 실험을 통하여 파 주기에 따른 파랑 중 운동성
능 및 계류계장력을 조사하고, bi-regular 파 중 실험을 통하여 차주파수
(difference frequency)에 의한 장주기 운동 및 장력 성분을 계측하였으며, 불규
칙파 실험을 통하여 갑판침수, 주파수에 대한 운동의 RAO 및 운동과 장력 등
의 통계학적 수치를 예측하여 보았다. 또한 설계파 파주기를 갖는 몇 가지 파
고의 파랑 중 실험 결과를 통해 수조에서는 만들 수 없는 설계파 중의 설계 계
류 장력을 외삽하여 구하였다.

본 실험의 결과 다음과 같은 몇가지 중요한 결론에 도달할 수 있었다.

1) 규칙파 중 양식장의 2차 표류 운동은 계류시스템의 스프링 상수에 민감하게
영향을 받아, 스프링의 강성이 작을수록 운동량이 많아진다. 반면 운동의 진폭
은 스프링 강성에 큰 영향을 받지 않는다.

2) 규칙파 중 계류삭에 걸리는 장력 중에서, 평균 표류력 성분은 앵커쪽과 양식
장 연결부가 거의 비슷하지만, 그 진폭에 있어서는 양식장 연결부가 훨씬 크다.
이 것은 양식장의 운동과 계류삭의 운동에 의한 동역학적 효과와 snapping
load에 의한 영향이라 할 수 있다.

3) bi-regular 파 중의 운동에서는 surge가 두 파의 차주파수에 의한 장주기 운
동 특성을 잘 보여주었으며, 주기가 짧으면 연결부에 계류사과 양식장의 운동
에 의한 동역학적 힘이 더 강하게 작용하고, 그 경향은 계류계의 강성이 강할
수록 더 강해진다.

4) 불규칙파 중 갑판침수는 30분간 관찰되었고, 유의파고 4m의 경우가 19회이
고, 유의파고 5m인 경구가 29회였다.

5) 불규칙파 중의 운동 시계열로부터 스펙트럼을 구해보면, heave와 pitch는 입사파의 동일한 부기에서 peak가 나오는 반면 surge는 입사파 보다 긴 주기 성분의 느린 운동성분이 관찰되었고, 이것이 bi-regular 파의 결과에서 보았듯이 입사파들 간의 차주파수가 야기하는 운동이다.

6) 설계파를 외삽에 의해 구해보면, 앵커쪽에서는 평균 표류력 270ton에 진폭이 37ton/2 가 나오고, 양식장 연결부 쪽에는 평균 표류력 297ton에 진폭이 55ton/2가 나왔다. 결국 설계 장력은 앵커쪽에 289ton, 양식장 연결부에 325ton으로 산정되었다.

3. 가두리 제작 및 실험

가두리 모델1과 2의 제작 및 모형실험 결과를 바탕으로 대형 외해 어류 양식 가두리의 형태는 이동식이거나 혹은 해저 침하식 가두리가 적합할 것으로 판단되며, 이 중에서도 해저 침하식 가두리가 관리 및 운영 상에 효율적일 것으로 예상된다.

즉, 평상시(파고 2 ~3m)에는 해면에서 운영되지만 폭풍주의보 이상에서는 해저에 침하를 시켜서 외력으로부터 보호하는 것이 경제적인 것으로 예상된다.

본 항에서는 해저 침하식 발생할 수 있는 문제점을 파악하기 위해서 해저 침하식 가두리의 설계 및 제작, 이의 운영에 필요한 부유 견인 구조물의 설계 및 제작 그리고 기초 실험을 수행한 내용을 중심으로 설명한다.

가. 해저 침하 가두리의 제작 및 실험

1) 해저 침하 가두리의 구조 및 기능

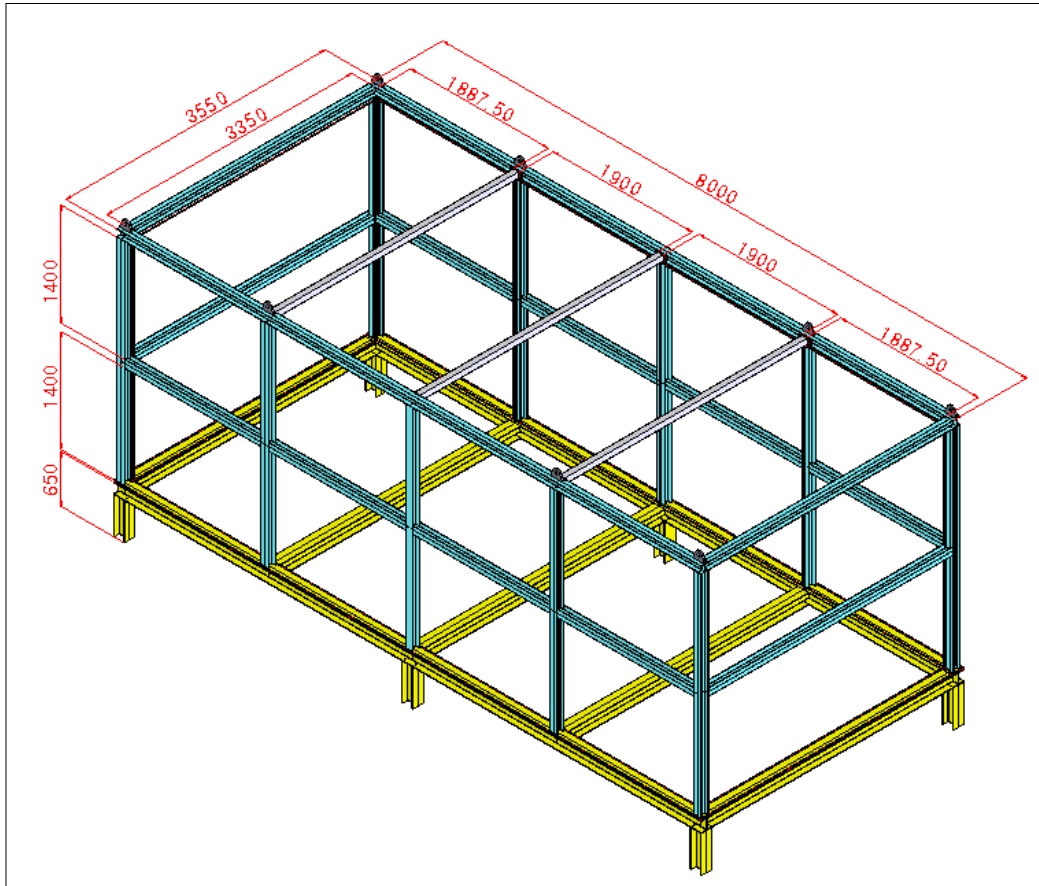


fig. 3.1-13 해저 침하 가두리의 3D 도면

해저 침하 가두리는 fig. 3.1-13에서 보는 바와 같이 150×150×7×10(mm) 규격의 H빔을 사용하여 6개의 다리와 하부 베이스를 용접 제작하고, 하부베이스 상단으로 100×100×6×8(mm) 규격의 H빔 기둥과 보강 프레임을 세우고, 상단에는 75×75(mm) 규격의 아연각판을 사용하여 보강하였다. 상단의 아연각판은 볼팅 체결하여 해체가 가능하도록 하였다. 또한 상단에는 견인 고리를 용접하여 가두리를 설치하는데 견인이 용이 하도록 하였다. 가두리 프레임 안쪽에는 원형강을 용접하여 그물 설치 시 그물 고정 고리 역할을 할 수 있도록 하였다. 가두리의 크기는 길이 8M, 폭3.6M, 높이 3.5M로 자체 중량은

약 2.8ton 가량된다. fig. 3.1-14는 실제 제작된 가두리의 모습을 보여주고 있고, fig. 3.1-15는 실제 해중에 설치되어 있는 가두리에 어류를 입식하여 양식하는 모습을 나타내고 있다. 이 중 상부의 그림에서는 가두리 밖에서 촬영한 영상을 capture한 것으로 그물과 활어상태를 나타내고 있고, 하부 그림은 가두리 안에서 촬영한 영상을 capture한 것으로 어류 및 가두리 프레임을 보여주고 있다.



fig. 3.1-13 그물 설치 전 가두리 실제 모습

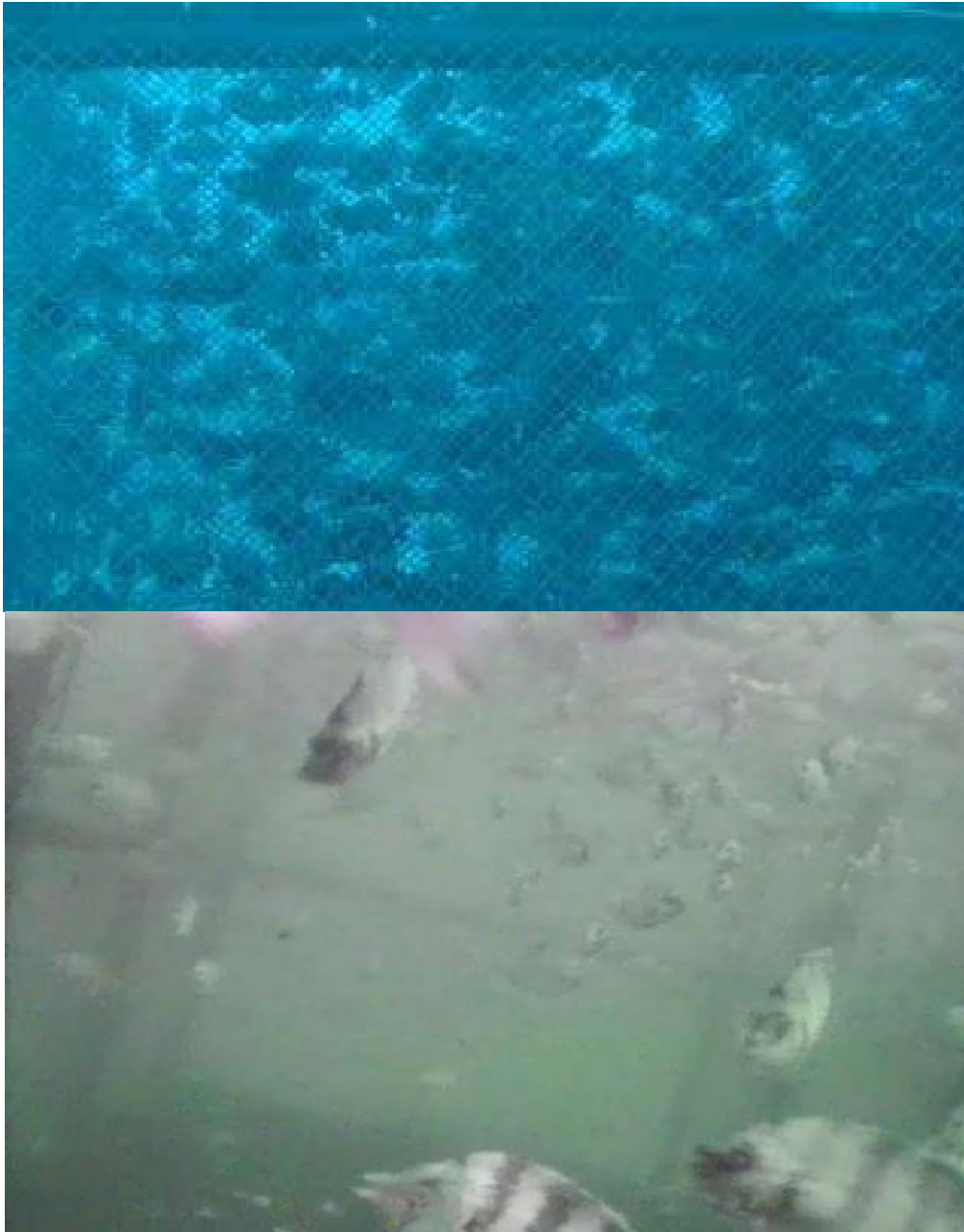


fig. 3.1-14 실제 가두리 수중 촬영 capture 사진

2) 해저 침하 가두리의 실효역 실험

본 연구에서의 해저 침하 가두리의 최종 모델은 앞서 언급한 바와 같이 강재(steel materials)로 제작된 프레임 내부에 그물을 장착하는 방식의 가두리이다.

여기서는 최종 모델 전의 가두리의 형태와 실효역 실험 내용을 그림을 통해 설명하고자 한다.

fig. 3.1-15는 1차 가두리 모습을 나타내고 있으며, fig. 3.1-16은 1차 가두리의 실효역 실험 시 파손된 모습을 보여주고 있다. fig. 3.1-17은 2차 가두리 모습을 나타내고 있으며, fig. 3.1-18은 2차 가두리의 실효역 실험 시 파손된 모습을 보여주고 있다. fig. 3.1-19은 3차 가두리 모습을 나타내고 있으며, fig. 3.1-20은 3차 가두리의 실효역 실험 시 파손된 모습을 보여주고 있다.

fig. 3.1-15

fig. 3.1-16

fig. 3.1-17

fig. 3.1-18

fig. 3.1-19

fig. 3.1-20

나. 해면 부유견인 구조물의 제작 및 실효역 실험

1) 부유 견인 구조물의 구조 및 기능

부유 견인 구조물은 해저 침하 어류 가두리 시스템을 활용함에 있어 가두리의 해저 설치와 바다 속에 있는 가두리를 해수면으로 부상하는 문제를 해결하는 역할을 한다. 기본적으로 가두리 자체를 해중에 설치하여 운영하기 때문에 가두리의 설치 및 가두리의 교체 등의 이유로 가두리를 해수면으로 부상시키지 않으면 안 되는 경우가 있을 수 있다. 수심 30m정도에 위치한 구조물을

해상으로 부상시키는 일은 그리 쉬운 일은 아니다. 이 문제를 해결하고자 본 연구진은 가두리를 해수면으로 부상시킬 수 있는, 윈치를 이용한 가두리 부상 장치가 설치된 부유 견인 구조물인 해중가두리 전용관리 시스템을 개발하게 되었다.

Fig. 3.1-21 부유 견인 구조물의 3차원 개념도

Fig. 3.1-22 부유 견인 구조물의 정면도

Fig. 3.1-23 부유 견인 구조물의 측면도

Fig. 3.1-24 부유 견인 구조물의 평면도

Fig. 3.1-25 부유 견인 구조물의 실제 모습

해중가두리 전용관리 시스템은 최소의 동력으로 고중량의 해중 가두리를 리프팅하여 관리가능하게 하는 장치로서, 공기를 임의로 채우거나 배출하도록 하는 부력발생장치를 이용하여 자체적인 관리장치를 부유하면서 동시에 가두리도 부유가능하게 한 장치이다.

해중가두리 전용관리 시스템은 특히 해중가두리가 수면으로 부상시 부력을 이용하는 견인부력부에 대한 공기 주입량을 임의로 조절가능하게 하여 가두리의 리프팅 중량을 최대한 줄이고 수면으로의 상승속도와 그 방향을 제어가능하게 한 장치를 제공한다.

해중가두리 전용관리 시스템은 내부에 공기를 충전하여 부력을 발생토록 하는 통형구조의 부력발생부들을 좌우에 균형있게 배치한 하부 부력발생부, 부력발생부의 상측에 연결체에 의하여 연결되며, 상측에 배치되는 데크부를 지지하는 전후좌우 멤버로 구성된 플랫폼, 플랫폼의 상측 전방과 후방에 해저면과 일정거리를 두고 발전기, 콤프레서, 윈치타워들을 배치한 데크부, 데크부에 설치된 윈치타워의 윈치에 의하여 권취가 제어되는 견인와이어에 연결되는 동시에 컴프레서에서 발생된 고압의 공기가 호스를 통하여 견인부력부에 임의로

충, 방전을 가능하도록 한 리프팅부로 구성되어 있다.

해중가두리 전용관리 시스템의 부력발생부는 통형구조물의 내부를 빈 공간으로 구성하고 내부에 공기를 충전한 것으로 해저에 부유하면서 그 상부에 배치되는 플랫폼, 데크부 등에 대한 부력을 주어 관리장치의 부유가 가능하게 한다. 해중가두리 전용관리 시스템은 자체적인 추진력이 없으나 전, 후진 시 발생하는 물과의 저항을 최소화하기 위하여 전면에 배치되는 부력발생부는 침예하게 구성한다. 부력발생부의 크기와 배치 숫자는 해저면에서 인양할 가두리의 규모에 따라 적절히 조절이 가능하도록 각각의 단위체들이 서로 연이어지도록 구성한다. 즉, 단위형태의 통형구조물을 연속하여 이어주므로써 부력발생 정도를 임의로 조절할 수 있다.

해중가두리 전용관리 시스템 플랫폼은 부력발생부의 부력을 받아 해상에 돌출된 각종 장치를 지지하기 위한 기본 프레임으로 부력발생부와 평행방향으로 배치한 좌, 우 측 멤버와 이 좌, 우측 멤버를 전후에서 연결지지하는 전, 후멤버로 이루어진다. 이 플랫폼의 크기와 숫자도 역시 하부에 배치될 부력발생부의 크기와 숫자등의 규모에 따라 적절히 증감 가능하다. 플랫폼과 부력발생체를 연결하는 연결체는 가능한 한 해수에 대한 내염방어성이 좋은 재질이라면 특별히 제한을 둘 필요는 없다.

해중가두리 전용관리 시스템 데크부는 상측 전방과 후방에 해저면과 일정거리를 두고 발전기, 컴프레서, 윈치타워, 윈치들이 배치되며, 이 배치된 장치들을 운영하기 위한 작업원들의 작업도 가능한 공간이다. 데크부의 바닥은 작업원이 미끄러지지 않도록 요철이 형성된 내구성이 있는 구조물로 구성한다. 데크부는 전방데크부와 후방데크부로 구분 설치되어지며, 이 전방데크부와 후방데크부의 사이는 가두리 안착공간부를 형성하여 해저면에서 부양되어오는 가두리가 이곳으로 유도되도록 한다.

해중가두리 전용관리 시스템 윈치타워는 해저에서 상승하여 온 가두리가 고정되는 안착공간부의 전후상측에 서로 대칭되게 배치된 구조이다. 데크부에

설치된 구동모터의 구동력은 가두리 안착공간부에 설치되어있는 윈치타워의 주원치와 보조원치에 대한 동력을 공급하여, 주원치는 견인와이어의 권취동작을, 보조원치는 보조 견인와이어에 대한 권취동작을 하게 된다. 견인와이어중 주원치와 연결된 견인와이어는 안착공간부의 좌우측에 설치된 견인부력부와 연결되도록 하여 와이어의 권취에 따라 견인부력부가 해저로 수직적인 승강 혹은 하강 동작을 돕게 된다. 반면에 보조원치에 연결된 견인와이어는 보조원치를 통하여 해저면에 설치되어있는 가두리양식장의 양단모서리부에 설치된 가이드롤러를 거쳐 다시 견인부력부의 하측에 있는 체결구에 연결되어진다. 따라서 보조원치의 견인와이어를 당기는 경우 해저면에 견인부력부가 하강하는 위치를 정확하게 잡아주게 한다.

즉, 보조원치는 해저면에 고정되어 있는 고중량의 가두리 양식장에 대하여 견인부력부가 접근할 때 조류가 수시로 변화하고 유속등이 변화하게 되므로 견인부력부가 가두리 양식장에 정확한 접근이 되도록 도와주는 역할을 한다.

구체적으로는 보조원치가 데크부에서 주원치와 반대되는 쪽에 설치되어져 견인와이어가 견인부력부를 주원치에서 나온 견인와이어와 달리 해수면과 경사를 이루면서 체결되어져 이것을 양측에서 적절히 당기거나 풀어주어 위치조정을 하게 된다.

해중가두리 전용관리 시스템의 특징은 이 윈치에 의한 견인력은 최소화하고 가두리 양식장에 체결된 견인부력부에 공기를 충전하여 부력을 부여함으로써 약 3톤 가량의 무게를 감소시켜 준 다음 견인한다는 것에 특징이 있다.

또 다른 특징은 견인부력부에 부력을 부여하되 그 부여되는 부력의 정도를 가두리 양식장 자체보다 크지 않도록 하는 것이다. 즉, 부력을 과도하게 부여하여 부력이 가두리 양식장의 무게를 이기게 되면 자체적인 부력에 의하여 수면에 이르는 양식장이 급상승하면서 사고의 발생위험이 있기 때문이다.

따라서 해중가두리 전용관리 시스템은 어느 정도 조류나 견인 속도에 의한 흔들림 등이 최소화하는 것으로 약 100 내지 200kg 정도의 중량을 갖도록 하여

원치의 와이어 견인으로 충분히 통제된 속도로 상승하게 한다. 가두리의 부력에 의한 중량감소는 가두리 양식장의 크기에 따라 조절이 된다.

해중가두리 전용관리 시스템에서 견인와이어에 연결된 견인부력부는 플랫폼과는 별도로 독립된 구조물로 견인와이어에 의해서만 플랫폼과 연결성을 갖는다.

견인부력부는 좌, 우 모두 균형을 이룬 구조로, 부력발생부와 동일한 통형 구조물이지만 컴프레서로부터 공급된 공기가 임의로 출입 가능하도록 호스가 설치되어져 있다. 이 견인부력부는 또한 해저면에 설치된 가두리와 체결이 가능하도록 체결구가 설치되어져, 이 체결구에 의하여 해저면 가두리 양식장이 연결이 될 수 있게 한다. 호스와 견인부력부의 연결부에는 컴프레서에서 공급된 고압의 공기의 이탈을 방지하기 위하여 체크밸브, 혹은 보다 정밀한 압력제어밸브, 방향제어밸브 등을 설치하여 견인부력부에 대한 고압공기의 충전을 임의로 제어가능하게 한다.

견인부력부의 체결구는 해저면에 설치된 가두리의 연결뿐 만 아니라 관리장치가 다른 곳으로 이동시 플랫폼과의 연결을 위한 기능도 함께 겸비하도록 한다. 보다 구체적으로는 기계적인 볼트 너트 방식이나 샤클과 같은 장치를 이곳에 설치하여 견인부력부가 상기한 주원치에 연결된 와이어에 의하여 서서히 하강하다 가두리에 접근하면 다이버가 잠수하여 샤클과 같은 체결장치로 가두리양식장과 연결함으로써 견인을 위한 준비가 된다.

Table 3.1-2 해중가두리 전용관리 시스템의 제원

2) 부유 견인 구조물의 실험

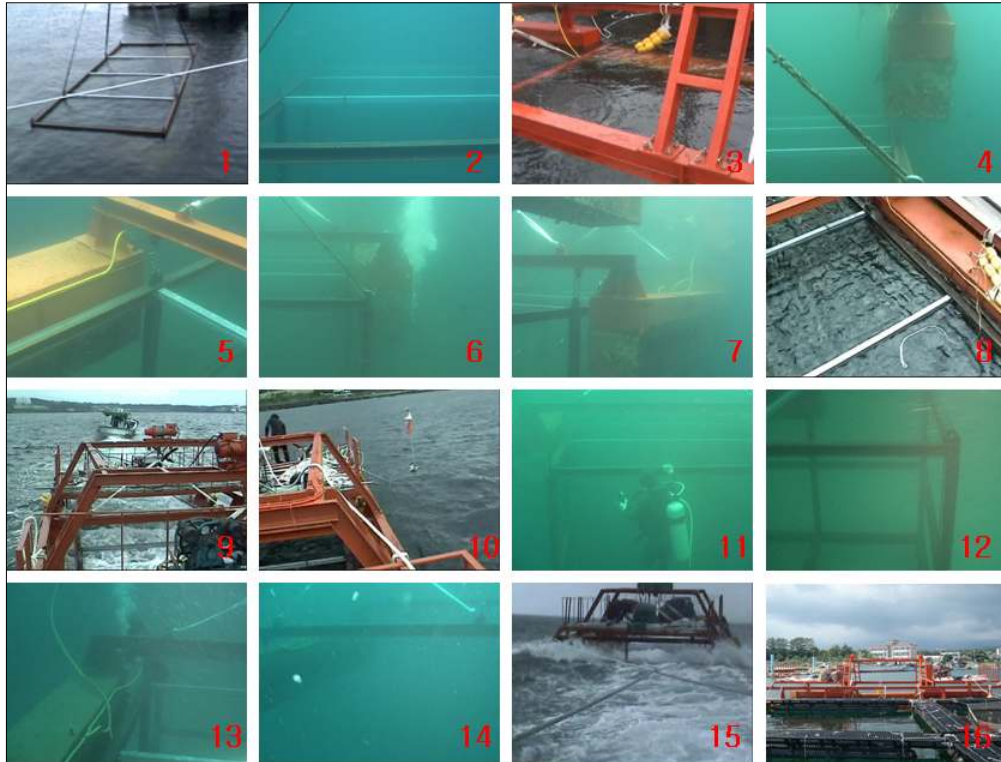


Fig. 3.1-26 부유 견인 구조물의 실험

제 2 절 <제2세부과제 : 외해 대형 어류양식 시스템의 관리 및 자동화>

연구의 주 내용은 대형 어류가두리의 효율적인 관리를 위하여 자동급이기, 모니터링 시스템 및 선별(출하)을 용이하게 할 수 있는 시스템을 구축하기 위한 연구를 진행하였다. 다음에서는 연구수행 내용을 중심으로 항목별로 서술하였다.

1. 자동급이기에 대한 자료 수집

가. 사료의 종류

1) MP(생사료)

- 급이장치에 부착되어 질병 유발의 가능성
- 경제성
- 급이의 저효율 및 신뢰성 문제

2) EP(배합사료)

- 비싸다
- 급이가 용이

나. 급이 방법

- 양식장내 부이형
- 구조물 상부 이동형
- 상시 급이 장치 설치(고정형)
- 급이선 이용 ==> 내구성, 경제성 및 신뢰성에 따라 선택

<자동급이장치 예>



Fig. 3.2-1 福新電機(Japan)



Fig.3.2-2 Sharp(Japan)



Fig. 3.2-3 緑星社(Japan)



Fig. 3.2-4 투사구 회전형 급이 시스템(투사구의 회전모습 비교)

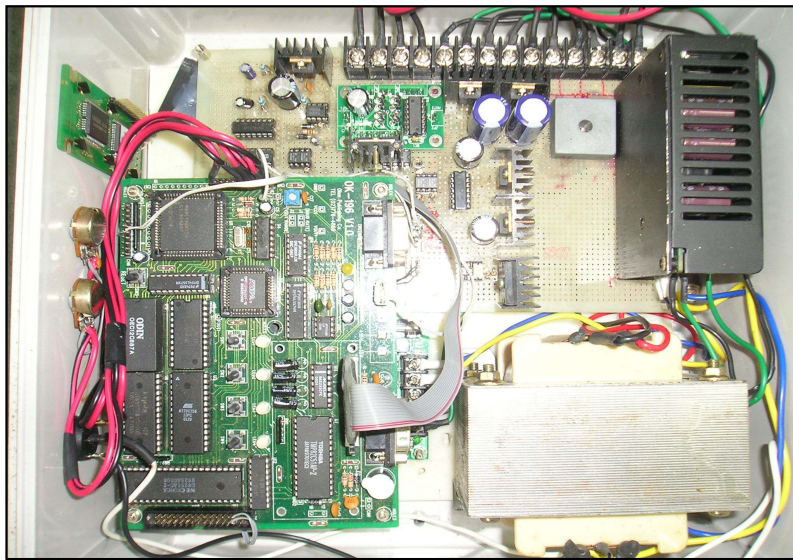


Fig. 3.2-5 투사구 회전형 급이시스템의 제어부 구성

2. 자동급이 시스템 제작 및 실험

현재의 양식에 있어서 가장 노동력과 환경을 저해하는 MP 사료의 수동 투입에 대하여 문제점을 나열 하였다.

- 인력에 의존한 급이 방식은 많은 시간과 숙련된 노동력을 요하므로 생산 비용 증대와 관리의 측면에서 어려운 점이 많다.
- 급이량, 급이시간, 급이 방식 등이 작업자의 작업태도에 의하여 정확히 유지되기 어려운 점이 많아, 양식에 관련된 정확한 기초 통계 데이터를 확보하기가 어렵다.
- 현재 주로 사용되는 생사료(MP)는 환경오염의 원인이 되고 있어 EP 사료의 사용을 유도가 필요성이 있다.
- 수동급이 방식이므로 통합 생산관리 시스템 구축이 불가능하다. 현재는 EP 사료를 사용할 목적으로 국내에서 생산되고 있는 시스템이 없으므로, 본 개발 기술을 바탕으로 점차적으로 개선된 형태의 시스템이 개발될 것으로 예상된다.
- 생산 효율의 향상을 위하여 양식 데이터의 확보 및 상호 정보 교류의 정보화 시스템 체계가 요구된다. 현재의 양식 산업은 정보화 및 자동화 기술이 거의 보급되지 못한 분야이며, 향후 반드시 개선되어야 할 부분이다.

한편, 문제점에 대한 개선 방향을 나열하면 아래와 같다.

- 인력에 의한 사료의 수동 급이는 양식어종의 반응 상태를 살펴보며 급이를 할 수 있다는 장점은 있으나 체계적인 급이 방식을 유지하기에는 어려운 부분이 많다. 따라서 자동급이 방식의 시스템을 도입하여 정해진 시간에 정확한 양의 급이를 통하여 체계적인 급이 방식 및 자료를 관리함과 동시에 인력에 의한 비용의 발생을 절감하여 생산성을 향상 시킬 수 있다.

- MP에서 EP사료로의 전환은 환경적인 측면에서 그 중요성이 대두되고 있으며 정책적으로 유도되고 있는 상태이다. 더욱이 최근의 EP 사료의 경우 질과 가격적인 면에서 생사료를 능가할 수 있도록 개선되어 추후의 양식 관련 사업장에서는 EP 사료로 전환되고 있는 추세이며 본 급이 시스템 역시 EP 사료에 적용이 가능하도록 최적화하여 설계 하였다.

가. 자동 급이 시스템의 개요

해저 침하 가두리를 운영함에 있어 수심 30m 정도에 위치한 가두리에 양식어의 먹이를 공급하는 일은 결코 쉬운 일은 아니다. 전문 다이버를 채용하여 먹이 급이를 실시 할 수는 있으나 그렇게 되면, 인건비 증가로 인한 생산 단가의 증가는 물론 효율적인 먹이 공급이 이루어지지 않을 것이 예측되는 상황이다. 본 연구진은 이러한 문제점을 해결하고자 다이버의 가두리 접근없이도 사료를 공급 할 수 있는 자동 급이 시스템을 개발하였다.

자동 급이 시스템은 자동 급이 장치 내에 위치한 사료 저장 탱크에 일정량의 사료를 충전하고 나면 설정된 시각에 맞춰 자동으로 해중가두리에 사료를 공급하는 시스템으로, 인건비 절감은 물론 효율적인 사료 공급을 통하여 해중가두리의 가치를 한 층 더 부각시킨다.

자동 급이 시스템의 전체적인 구성은 Fig. 3.2-6에서 알 수 있듯이 해수 공급 펌프, 해수 저장 탱크, 사료 공급 펌프, 사료 저장 탱크, 해수 공급 밸브, 사료 공급 밸브, 연결관, 전원장치, 제어장치, 사료 공급 라인 등으로 구성된다.

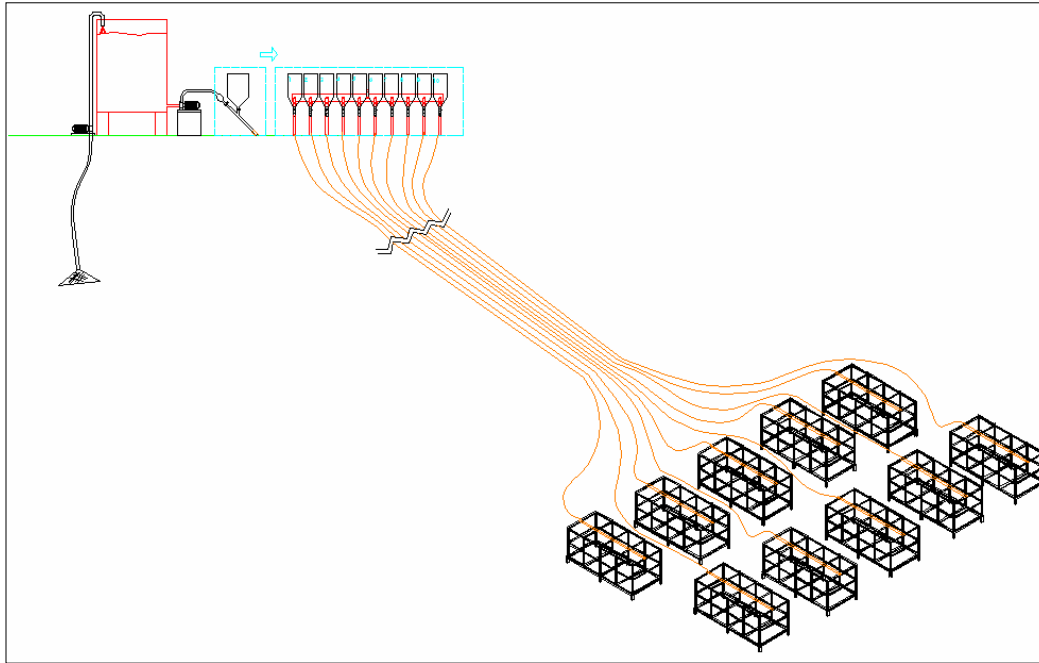


Fig. 3.2-6 자동 급이 시스템의 모식도

자동 급이 시스템의 작동 원리는....

Fig. 3.2-7 자동 급이 장치 작동 순서도

1) 자동 급이 시스템의 구조 및 기능

자동 급이 시스템은 앞서서도 서술한 바와 같이 해수 공급 펌프, 해수 저장 탱크, 사료 공급 펌프, 사료 저장 탱크, 해수 공급 밸브, 사료 공급 밸브, 연결관, 전원장치, 제어장치, 사료 공급 라인 등으로 이루어져 있는데, 각각의 결합 구조는 fig. 3.2-7에 나타내었고, 각각의 부품별 제원과 기능은 다음과 같다.

Fig. 3.2-8 자동 급이 시스템 구조도

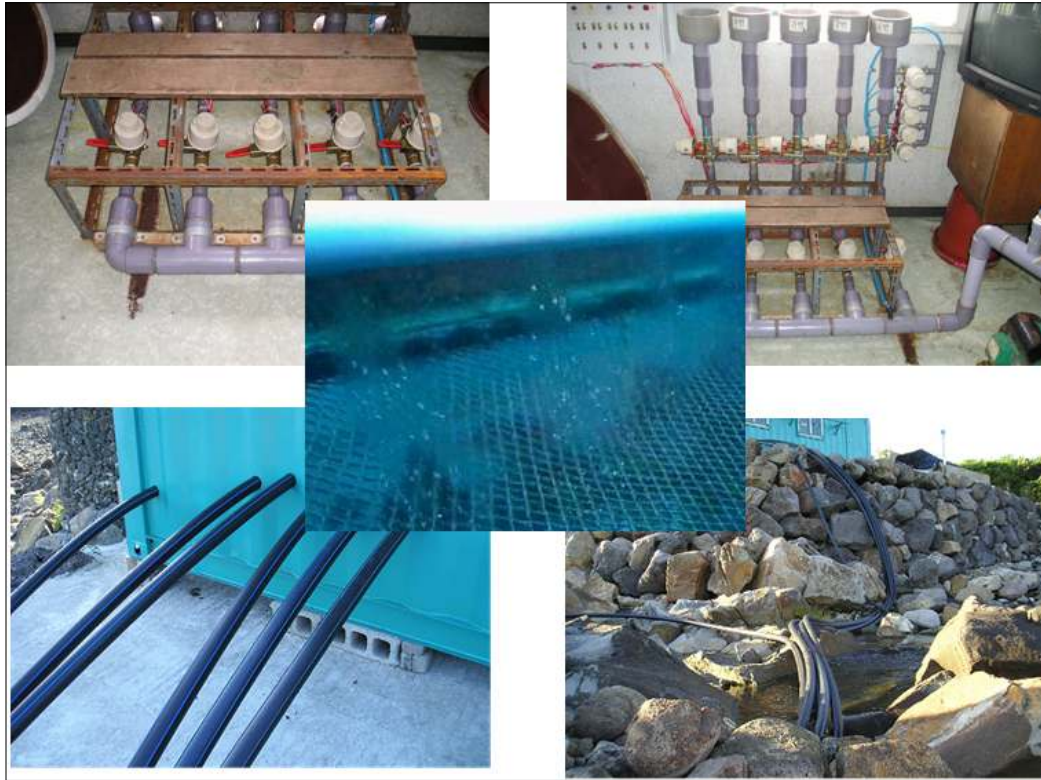


Fig. 3.2-9 급이시스템 실제모습

3. 모니터링 시스템



Fig. 3.2-10 모니터링 부이 실제 모습

모니터링 시스템은 해중가두리가 설치되어 있는 해상에 부력체를 부유시키고 부력체 내부 및 외부에 각종 모니터링 장비를 탑재하여 해중가두리에 수중카메라를 설치하고 수중카메라에서 촬영되는 영상을 관리실 및 급이실로 무선 전송하여 주고, 무선 전송된 영상은 모니터에서 실시간으로 확인 가능한 시스템이다.

부력을 갖는 구조물 내부에 배터리가 설치되고, 외부에는 독립전원을 사용할 수 있도록 태양광발전시스템이 설치된다. 또한 부력체의 상단에는 모니터링 및 태양광발전을 제어할 수 있는 컨트롤러가 설치된 제어박스가 설치되

고, 해저 가두리의 내부 영상을 모니터링 할 수 있는 수중카메라가 가두리 내부에 설치된다. 어류 활동을 모니터링 함으로서 어류의 상태를 확인할 수 있고, 또한 사료 급이 시에는 급이 활동이 활발히 진행되고 있는가를 확인할 수도 있다. 모니터링 시스템은 Web을 통해 어디서든지 확인이 가능하며, 상품 홍보 효과에도 큰 도움이 될 것이다. fig. 8은 은 해중가두리에서 양식되고 있는 어류의 상태를 실시간으로 PC에서 확인하는 장면을 촬영한 것이다.



Fig. 3.2-11 PC에서의 가두리 내부 영상 확인

4. 활어 운송 및 출하 시스템

가. 활어 운송시스템

(특허출원 10-2007-0094629 : 가두리양식장 전용 활어류 운송전용장치)

상하가 개방된 형태로 전.후.좌.우벽체를 구성하고 이것에 의하여 형성된 내측 공간부는 방수탄성재질로 구성된 쉬이트지로 밀봉처리한 박스형 프레임부를 구성한 다음 전후방에 부력실과 저항감쇄부를 구성하였다. 그리고 저면은 임의로 개방이 자유롭게 하여, 치어를 가두리에 방류할 때와 성어를 출하할 때, 이 공간부에 가두리에 있는 그물을 가두고 작업이 한꺼번에 이루어지도록 하였다. 그 결과 모든 작업이 한번에 이루어져 이송에 필요한 시간이 최단시간으로 줄어들어 고기에 주는 스트레스의 최소화를 이루어 생산성을 높이는 동시에 최고의 품질을 갖게 하였다.

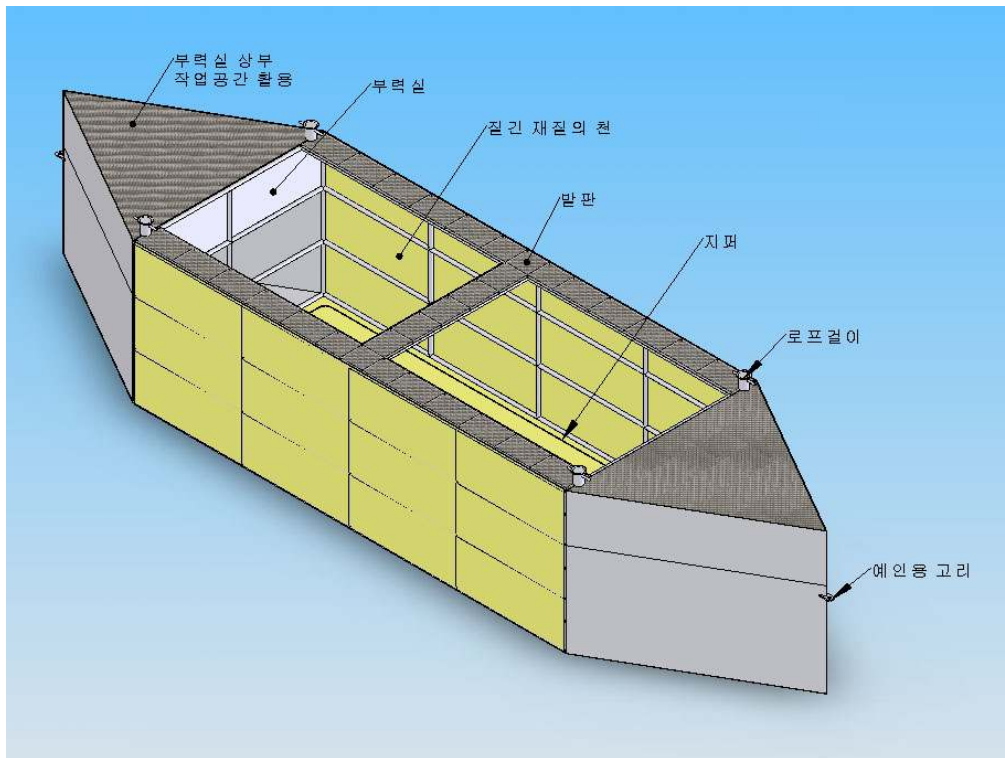


Fig. 3.2-12 활어 운송시스템 개념도

나. 활어 출하시스템

(특허출원 10-2007-0094628 : 활어출하장치)

활어를 실은 배나 수송장치가 접안하는 해안부두에 대형 이송 컨테이너를 윈치와 같은 장치로 이송가능 하도록 한 프레임구조를 설치하였다. 그리고 이 프레임의 상측에 설치된 루프프레임을 타고 전후좌우로 이송가능한 위치조절멤버에 의하여 컨테이너를 원하는 위치로 이동가능하게 하였다. 따라서 배가 접근하면 위치조절멤버로 컨테이너를 배에 보내어 활어를 실은 다음, 수직상승, 수평이동의 동작으로 육지에 있는 활어수송차량에 보내어 활어를 단시간에 대량 이송가능하게 하였다.

또한 컨테이너의 작동시, 중량 측정구에 의하여 이송되는 활어의 무게, 회수, 시간 등의 데이터를 제어부에 저장하여 데이터베이스화하도록 하였다.

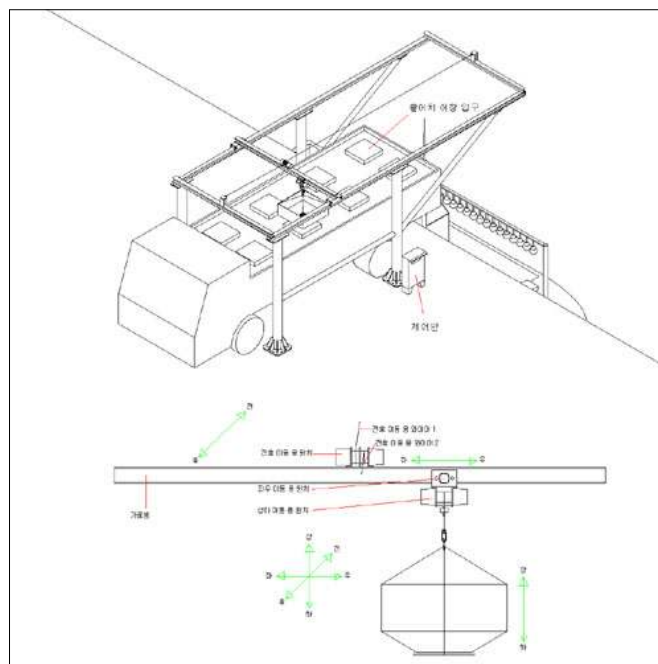


Fig. 3.2-13 활어 출하 시스템 구성도

제 3 절 <제3세부과제 : 외해 대형 어류양식 시스템의 운행에 따른 환경 및 생산성 평가>

제 4 장 연구개발 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

구 분	목 표	내용 및 범위
1차 년도 (2004년)	- 외해 대형 어류양식 시스템의 설계	① 개념설계, 초기설계, 일반배치, 구조설계, 상세설계, 생산설계 등 일련의 설계 과정 ② 이동시 발생할 수 있는 문제점을 도출하기위한 2차 모형실험 ③ 10m x 30m x 5m 규모의 설계, 제작, 설치를 비롯한 실험역 실험
	- 실험실 차원의 소형 모델 개발	① 자료수집 ② 자동급이 모델 설계(사료손실의 극소화 방안 모색) ③ 모니터링 시스템 모델 설계 ④ 자동선별 모델 설계
	1. 시스템설계 및 제작에 필요한 환경 및 생산성요인의 설정 2. 외해의 시스템 설치 장소의 환경평가	동류, 방아류를 1차적인 대상으로 하여 ① 시스템 설계 및 제작에 있어 환경 특성 ② 시스템 설계 및 제작에 있어 양식생물의 특성 ③ 제작시 환경 및 생산성을 위한 고려 사항 ① 물리 및 화학적 요인에 대한 평가 ② 지질 및 생물학적 요인에 대한 평가 ③ 시스템 설치장소의 결정

구 분	목 표	내용 및 범위
2차 년도 (2005년)	- 외해 대형 어류양식 시스템의 설계	① 10m x 5m x 5m 규모의 2기 실효역 실험 - 경제적인 부상 및 침하 방안 도출 ② - 100m x 40m x 10m 규모의 개념 설계, 초기설계, 일반배치, 구조설계, 상세설계, 생산설계 등 일련의 설계 과정(설계 흐름도 작성) - 공진 등을 고려하여 50년 주기의 해양환경을 고려한 설계 - 상사법칙을 적용한 설계 - 외해의 특성을 고려한 설계 ③ - 20m x 8m x 2m 규모의 제작 및 설치를 비롯한 실효역 실험 - 슬라이드 망의 변형과 부착생물로 인한 문제점을 해결할 수 있는 방안 모색 - 회유성 어종의 양식을 고려한 설 계
	- 실효역용 소형 모델개발 및 실험	① 자동급이 시스템 실효역 성능평가 - 1톤 수조의 3일분량의 EP사료를 저장 ② 모니터링 시스템 실효역 성능평가 및 database 구축 ③ 최적 출하를 위한 시스템 설계
	1. 시스템의 운행에 따른 환경평가 2. 시스템 운행에 따른 생산성 평가	① 물리 및 화학적 요인에 대한 평가 ② 지질 및 생물학적 요인에 대한 평가 ③ 시스템 운행에 따른 환경적합성 검토 - 수조의 규모의 결정과 적정사육미 수의 설정 ① 양식생물의 행동학적 조사 (유영, 먹 이활동 등) ② 생리·생화학적 조사 (건강도, 스트레 스 요인 등) ③ 질병조사 (병원성 미생물, 면역기능 등) ④ 절식기간에 대한 평가

구 분	목 표	내용 및 범위
3차 년도 (2006년)	- 외해 대형 어류양식 시스템의 설계	① 20m x 8m x 2m규모(3.6mx8mx4m 신 형3기)의 제작 및 설치를 비롯한 실효 역 실험 및 신뢰성 - 돌돔 및 방어 입식 실험(주종 돌돔) ② 100mx40mx10m 규모의대형외해가두리의 설계 완성
	- 실효역 대형 시제품 운용	① 자동급이 시스템 시제품 운용 ② 모니터링 시스템 시제품 운용 ③ 최적 출하 방안의 실효역 실험 ④ 개선방안 도출
	1. 종합적인 환경 및 생산성평가 2. 환경 및 생산성을 고려한 최종시스템 도출	① 주요 환경요인에 대한 평가 ② 주요 생산성요인에 대한 평가 ③ 적정 규모의 돌돔 입식 후 시스템의 생태 적정성 실험 ① 환경요인에 대한 보안사항 검토 ② 생산성요인에 대한 보안사항 검토 ③ 보안사항 수정에 의한 최종시스템 도 출 ④ 경제성 분석

구 분	평가의 착안점 및 척도	
	착 안 사 항	척 도 (점수)
1차년도 (2004년)	○ 외해 대형 어류양식 시스템의 설계	
	1. 개념설계	10
	2. 해양공학수조실험 및 예인수조에서의 실험	20
	3. 1차 실험실실험	20
	○ 외해 대형 어류양식 시스템의 관리 및 자동화 실험실 차원의 소형 모델 개발	20
	○ 외해 대형 어류양식 시스템의 운행에 따른 환경 및 생산성평가	
	1. 시스템 설계 및 제작에 필요한 환경 및 생산성요인의 설정	20
	2. 외해의 시스템설치장소의 환경평가	10
2차년도 (2005년)	○ 외해 대형 어류양식 시스템의 설계	
	1. 1차 실험실모델의 실험실실험	10
	2. 상세설계 내용	20
	3. 2차 실험실실험	20
	○ 외해 대형 어류양식 시스템의 관리 및 자동화 실험실용 소형 모델개발 및 실험	20
	○ 해양양식 전진기지의 설계, 제작 및 운행에 따른 환 경 및 생산성평가	
	1. 시스템의 운행에 따른 환경평가	10
	2. 시스템의 운행에 따른 생산성 평가	20
3차년도 (2006년)	○ 외해 대형 어류양식 시스템의 설계	
	1. 1차 실험실모델의 실험실실험	10
	2. 2차 실험실실험	10
	3. 시스템의 신뢰성	30
	○ 외해 대형 어류양식 시스템의 관리 및 자동화 실험실 대형 시제품 개발	20
	○ 해양양식 전진기지의 설계, 제작 및 운행에 따른 환 경 및 생산성평가	
	1. 종합적인 환경 및 생산성평가	10
	2. 환경 및 생산성을 고려한 최종시스템 도출	20
	○ 경제성 분석에 대한 평가	
최종평가	외해 대형 어류양식 시스템의 설계, 자동화, 환경 및 생산성에 대한 실험실 실험 결과	

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

연구개발 결과의 활용과 관련된 국내외 상황

- 친환경적인 새로운 외해 양식에 대하여 비교적 많은 관심을 갖고 언론 매체에서 보도되고 있는 것은 주지의 사실이며,

- 해양수산부를 비롯한 지자체 등에서도 예산을 편성하는 등 적극적인 자세로 임하고 있는 실정이다.

- 그러나, 외국에서 도입하려고 하는 시스템에 대하여 국내 설치 해역의 적합성에 대한 기초 연구는 물론 경제성 평가가 되어있는 자료는 찾을 수가 없는 실정이다.

- 따라서, 본 보고서의 활용계획에서는 3년간의 연구과정을 통하여 얻어진 결과와 외국의 사례를 바탕으로 아래와 같이 활용계획을 작성하였다. 이하 작성되는 내용의 기본 조건은 제시하고 있는 시스템이 태풍(2007년 나리)에 강인하다는 조건입니다.

1. 1단계 활용방안

외해에서의 가두리 관리의 특성상 일정규모(최소 매출 기준) 이상인 사업으로 추진되어야 하며, 이를 위해서는 최소 기간 동안 투자의 개념으로 해양수산부의 주도하에 관심이 있는 지자체는 물론 일정지분을 갖는 기업이 참여할 필요가 있다.

2. 2단계 활용방안

1단계가 성공할 경우에는 기업의 주도하에 어촌계 어민을 고용 또는 참여시킴으로서 지역 경제의 활성화에 많은 보탬이 될 것으로 예상된다. 즉 어선 어업의 활로 모색, 어촌 경제의 활성화 등에 능동적인 방안으로 생각된다.

3. 3단계 활용방안

기업을 선두에 내세울 경우에는 국내 뿐 만아니라 동남아시아는 물론 북한의 수산업 발전에 기여할 수는 방안이 될 수 있을 것으로 판단된다.

제 6 장 참고문헌

- [1] 박노식(2001). 해양구조물 설계 강의노트
- [2] 박노식, 엄병섭(1988). "쌍동형 부유식 소파제의 소파성능에 관한 연구", 한국해양공학회지, 제12권 제1호, pp128~134
- [3] Gunter Clauss(1977). 해양구조물공학, 韓國學術振興財團翻譯叢書 153, 미리내, 小林浩 著
- [4] O. M. Faltinsen(1990). Sea loads on ships and offshore structures, Cambridge University
- [5] 朴魯植(1984). 半潛水式 海洋構造物に働く 流體力に 關する 研究, 日本廣島大學, 學位論文
- [6] Newman, J. N.(1974). Second order slowly varying forces on vessels in irregular waves, Inter. Symp. on Dynamics Marine Vehicles and Offshore Structures in Waves, London
- [7] Hess, J. L & Smith, A. M. O(1964). Calculation of nonlifting potential flow about arbitrary three-dimensional bodies, J. Ship Research, Vol.8 No.3 Sept
- [8] Morison, J. R. , O'Brien, M.P., Johnson, J. W. & Schaaf, S.A.(1950). The force exerted by surface waves on piles, Pet. Trans.
- [9] 대한조선학회(1997).선박계산, 동명사
- [10] 山下誠也(1992). 浮體の能動形 動搖制御の一實驗 11th Ocean Engineering Symposium, 日本造船學會
- [11] 田才福造(1970). Semi-Submersible Catamaran Hullの 規則波中 の運動について, 西部造船會. 第40號

- [12] 한국해양연구소(2003). 해상양식시설에 대한 해양공학수조에서의 모형실험, 해양시스템안전연구소

주 의

1. 이 보고서는 해양수산부에서 시행한 해양과학기술연구개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 해양수산부에서 시행한 해양과학기술연구개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용을 대외적으로 발표 또는 공개할 수 없습니다.