

오일붐의 실패역 성능평가 기법 개발

유정석⁽¹⁾, 이문진⁽¹⁾, 김진환⁽¹⁾

Performance Tests of Oil Boom at Open Sea

by

Jeongseok Yu⁽¹⁾, Moonjin Lee⁽¹⁾ and Jinhwan Kim⁽¹⁾

요 약

해상에서의 선박의 충돌이나 좌초로 인한 유출사고시 오일붐은 기름의 확산을 방지하고 유출된 기름을 일정한 두께로 모아 유회수기(oil skimmer)의 회수효율을 높이는 목적으로 사용되고 있다. 해상에 설치된 오일붐은 조류속도, 파고, 풍속 등 다양한 해상조건에 따라 보유성능(oil-containment capability)에 영향을 받는다. 본 연구에서는 오일붐의 성능평가 기법 개발의 일환으로 1998년 4월 20일부터 30일까지 10일 동안 여수 우암 앞바다에서 고행식, 공기팽창식, 자동팽창식 오일붐 등 3종류를 대상으로 실패역에서의 조류속도, 풍속, 파고, 선박의 예인속도 등 해양조건에 따른 오일붐의 거동 및 월파현상을 분석하고, gap ratio에 따른 오일붐의 장력을 계측하였다.

Abstract

The main functions of oil booms are to prevent spreading of the oil slick and to increase the recovering efficiency of oil skimmers. The oil-containment capability of a floating boom on an open sea is affected by environmental parameters such as waves, currents and winds, as well as the motion characteristics of a boom section. In this study, a series of tests were conducted for three kinds of booms (internal foam type, air inflatable type, self-expanded type) at the open sea off Yosu, and the results are presented. Motion characteristics and oversplashing phenomenon were observed for each boom in different environmental conditions. And the tension exerted on towing line of the boom was also measured with a systematic variation of towing speeds and gap ratios.

Keywords : oil boom, open sea test, gap ratio, tension force, oversplashing

(1) 정회원, 선박해양공학연구센터

1. 서 언

최근 우리나라의 연근해는 해상 유출유에 의한 해양 오염사고가 빈번해짐에 따라 환경피해는 물론 경제적 손실 등 심각한 상황에 직면하고 있다. 특히 선박에 의한 유류 오염사고로 일시에 많은 양의 유류가 해상으로 쏟아지는 경우 초동 방제작업으로 누유의 확산을 방지하는 오일붐의 역할이 무엇보다 중요하다.

해상에 설치된 오일붐의 성능은 조류속도, 파고, 바람 등 다양한 해상조건에 따라 영향을 받는다. 즉, 조류와 같은 흐름으로 인하여 기름이 스킨트 밑으로 연속적으로 빠져 나가는 경우(drainage failure), 파도에 의해 기름이 방유벽 위로 넘어가는 경우(splashover), 조류, 바람 등에 의하여 오일붐이 상하운동과 회전운동을 하여 기름이 유출되는 경우(boom submergence) 등이 있다. 오일붐의 개발 및 성능에 관한 연구는 크게 설계분야와 유체역학 분야로 구분하여 접근할 수 있다. 오일붐의 설계 접근방법은 수면에서의 오일붐의 강도와 운동을 추정하기 위하여 오일붐 재료의 강도와 설계형상 및 구조적 형상 결정을 의미하며, 유체역학적인 접근방법은 오일붐의 수면하의 유체의 흐름을 수학적으로 표현하는 것으로 최적 오일붐의 특성 또는 다양한 수면에서의 오일붐 성능의 연구로 구분할 수 있다.

오일붐의 성능에 관한 연구와 더불어 오일붐의 성능을 평가하는 수조시험 및 실험시험은 1970년대 중반부터 미국, 일본, 노르웨이를 비롯한 선진외국에서 많은 이론과 실험을 통하여 수행되고 있다. 특히 미국은 1975년부터 1987년 사이에 많은 오일붐을 방제장비 성능평가용 전용수조 OHMSETT(oil and hazardous materials simulation test tank)를 활용, 오일붐의 성능평가용 기준안(test protocol for the evaluation of oil spill containment booms final)을 1992년 2월에 작성하여 이 기준에 따라 오일붐의 성능평가를 수행하고 있다(test protocol, [1992]).

이러한 오일붐의 성능시험은 크게 기름이 없는 상태에서 실험시험을 통하여 오일붐에 걸리는 하중을 측정하는 장력 시험과 기름이 있는 상태에서 오일붐의 하부로 빠져나가는 기름의 양과 운동을 수조시험을 통하여 측정, 분석하는 것으로 구분할 수 있다. 수조시험은 실험에서의 오일붐의 거동을 예측하기 위한 방법으로 오일붐의 운동과 유류의 포집능력 및 확산억제의 특성을 분석하기 위하여 사용되며, 실험시험은 파랑에 의한 오

일붐의 침수성(immersion)을 측정하고, 실험에서의 실용성을 예측하기 위해 수행된다. 그러나 국내에서는 아직까지 오일붐의 성능평가 방법의 미개발로 대학 및 연구기관을 중심으로 하여 수조 모형시험을 통하여 성능을 추정하고 있으며, 오일붐의 강도는 방제시험연구소에서 재질에 대한 강도만을 평가하여 형식승인을 하고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 오일붐의 실험적 성능평가 기법 개발의 일환으로 해상 유류오염 사고시 국내에서 활용되고 있는 고품식, 공기팽창식, 자동팽창식 오일붐 등 3종류를 대상으로 1998년 4월 20일부터 30일까지 10일동안 여수 우암 앞바다에서 조류속도, 풍속, 파고, 선박의 예인속도 등 해양조건에 따른 오일붐의 거동 및 월파현상을 분석하고, 오일붐의 휘어진 곡률인 gap ratio(opening length/total length)에 따른 오일붐의 장력을 계측하였다. 이러한 연구결과는 향후 국내에서 오일붐의 개발에 따른 성능평가 및 실험에서 오일붐의 거동을 예측하고, 실용성을 확인하는 기법으로 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

2. 시험개요 및 설비

2.1 시험목적 및 조건

본 시험은 현재 국내에서 해양유류오염 사고시 방제장비로 사용되고 있는 고품식, 공기팽창식, 자동팽창식 3종류의 오일붐을 사용해서 실험에서 해양조건 및 예인속도의 변화에 따른 그때의 오일붐의 거동과 예인력을 계측해서 오일붐의 특성 및 성능평가 기법을 개발하는데 목적이 있으며, 시험내용은 아래와 같다.

- 해양조건(파고, 유속, 풍속, 예인속도 등)과 오일붐의 gap ratio 변화에 따른 장력계측
- 해양조건과 오일붐의 월파현상 분석
- 오일붐의 최적 보유성능(oil-containment capability)분석
- 실험에서의 예인식 오일붐의 거동특성

2.2 시험일정 및 해역

(1) 시험일정

1998년 4월20일(월)~4월30일(목)

(2) 시험해역

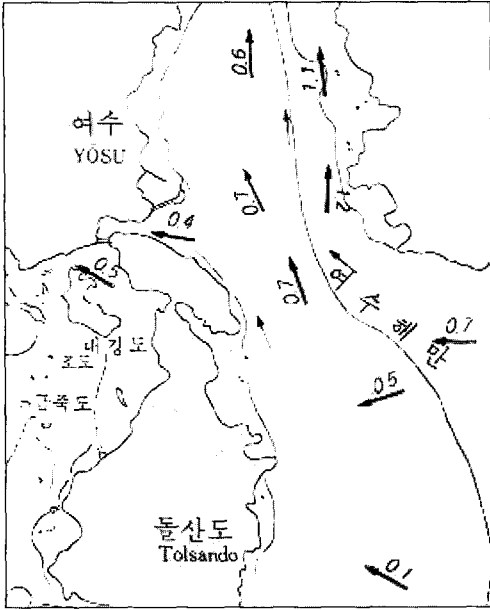


Fig. 1 Tidal currents of the study area at flood tide (unit : knots)

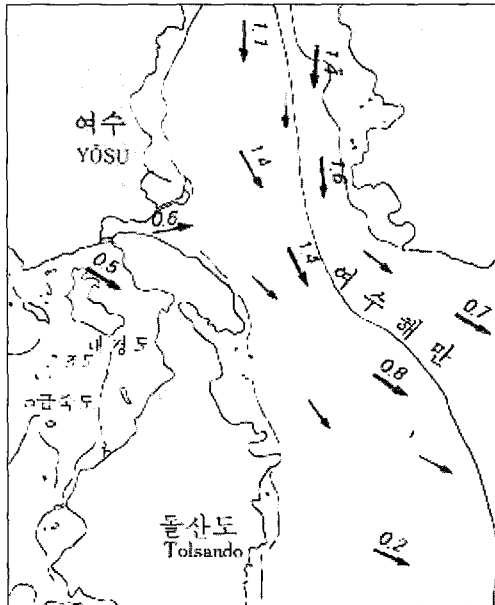


Fig. 2 Tidal currents of the study area at ebb tide (unit : knots)

오일붐의 실험역시험은 해양오염사고가 빈번하게 발생하고 유속조건이 다양하되 조류방향이 일정하고, 부가적으로 시험을 위한 선박의 임대조건을 만족시킬 수 있는 전남 여수 우암 앞바다(동경 : 127° 46.5', 북위 : 34° 44') 해상에서 수행되었다. 여수해역은 반일주조에 의한 조류가 우세하게 나타나므로 (조석형태수: 0.21), 오일붐 예인시 예인 방향의 선정이 비교적 용이하다. 실험해역의 창조시와 낙조시 조류는 Fig. 1 및 Fig. 2에 나타낸 바와 같이 0.4~1.6노트의 유속세기를 보이며, 북서향과 남동향을 주축으로한 왕복성의 유향을 보인다(수로국, [1995]).

2.3 시험설비

(1) 시험선

시험에 사용된 작업선의 주요 제원은 총톤수 120톤, 길이 32.5m, 폭 7.6m, 깊이 3.1m로 Fig. 3에 나타내었으며, 오일붐의 실험역시험을 위한 작업선의 조건은 아래와 같다.

- 예인속도 1노트, 예인능력 10톤 이상을 유지
- 계측장비의 전원공급을 위한 정격출력 220V를 일정하게 공급
- 해상파고를 계측하기 위하여 선수 건현 (freeboard)이 4m 이하인 선박
- H-beam등을 설치하기 위한 작업공간이 확보된 선박



Fig. 3 Work boat for oil boom test

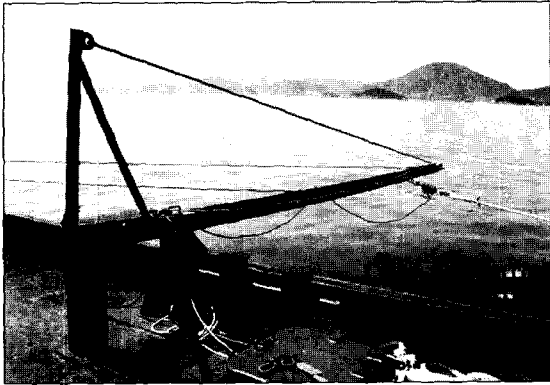


Fig. 4 Sweeping arm structure for oil boom test

(2) Sweeping arm

본 연구에서는 H-beam을 이용한 오일붐의 gap ratio의 변화에 따른 장력 계측을 위해 시험선 선미 상갑판에 하중계를 설치하였으며, 작업선의 이접안을 고려하여 회전이 가능하도록 설계하였다 (Fig. 4). 또한 H-beam의 설계하중은 5톤에 견딜 수 있도록 제작하였으며, 구조계산용 프로그램 (ANSYS)을 이용하여 검증하였다.

(3) 오일붐

오일붐의 실험역 시험에 사용된 종류는 고정식, 공기팽창식, 자동팽창식 3종류로 주요사양을

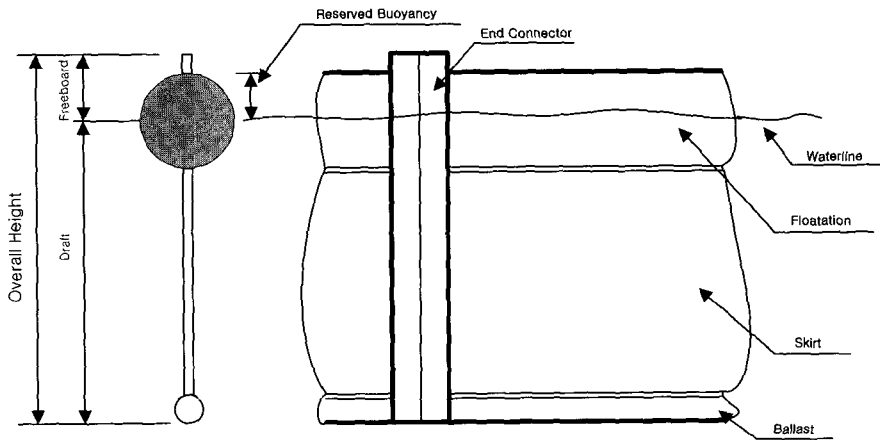


Fig. 5 Components of oil boom

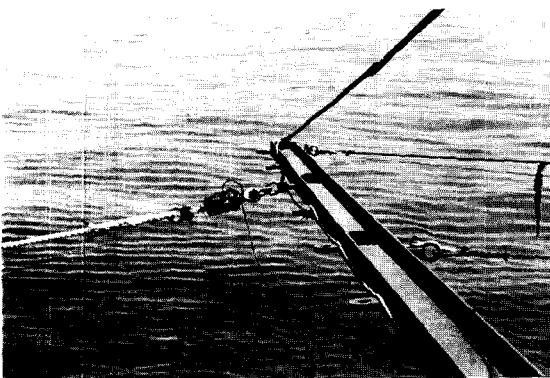


Fig. 6 Load cell

Table 1에 정리하였으며, Fig. 5에는 오일붐의 구성요소를 나타내었다.

(4) 하중계 (load cell)

오일붐의 gap ratio의 변화에 의한 하중을 계측하기 위하여 H-beam의 끝단에 하중계를 부착하였다. 하중계의 선정을 위한 오일붐 및 외력조건은 다음과 같다.

- 외력조건 : 풍속 20m/sec, 조류 4노트, 유의파고 2.0m
- 오일붐 : freeboard 0.45m, draft 0.65m, length 25m

따라서, 하중계 한쪽에 걸리는 하중은 약 4.5 톤으로 추정되었으나, 안전계수를 두어 10톤 용량의 하중계를 선정하였다(Fig. 6).

(5) 파고계

파고는 선체에 초음파 센서를 부착하여 측정하였다. 초음파 센서로는 센서 취부 위치로부터 수면까지의 상대 거리에 대한 정보만을 얻을 수 있으므로, 선체의 운동에 의한 영향을 제거한 순수한 상대파고(wave elevation)를 알아내기 위해 선체 운동에 대한 계측이 동시에 이루어졌다. 동시에, 하중계(load cell)을 이용하여 오일붐에 걸리는 장력에 대한 계측도 함께 이루어졌다. 파고 및 운동 계측과 관련된 설정 좌표계 및 센서 취부도를 Fig.7에 나타내었다.

파고 계측을 위한 초음파 파고계 외에, 종동요 및 횡동요 운동의 계측을 위해 2축 자이로가 설치되었고, 상하동요 운동의 계측을 위해 가속도계를 설치하였다.

$$\eta_c(t) = \eta_U(t) - l_U \cdot \sin\theta(t) - H_P(t)$$

- η_c : 실제 파고
- η_U : 초음파 파고계를 이용하여 계측된 상대파고
- l_U : 가속도계로부터 초음파 파고계까지의 수평거리
- θ : 선박의 종동요(pitch) 운동각
- H_P : 가속도계가 설치된 위치에서의 선체 상하동요(heave) 운동변위

Table 1 Specification of the oil booms for open sea test

형식 세원	고형식	공기팽창식	자동팽창식
Overall height(m)	0.8	1.23	0.77
Test length(m)	20	25	25
Freeboard(m)	0.3	0.54	0.3
Draft(m)	0.5	0.69	0.47
Chamber dia(m)	-	0.42	-
Chamber length(m)	0.5	3.0	-
Reserved buoyancy(kg/m)	25	133	65
Weight(kg/m)	4.0	8.4	3.0
Material	Polyvinyl chloride	Polyurethane reinforced by polyester fabric	Polyamide 940 DTEX
Ballast	Galvanized chain	Galvanized chain	Galvanized chain
Environ. condition			
waves(m)	1.0	2.0	2.0
current(m/sec)	-	1.54	1.54
wind(m/sec)	15	15	15

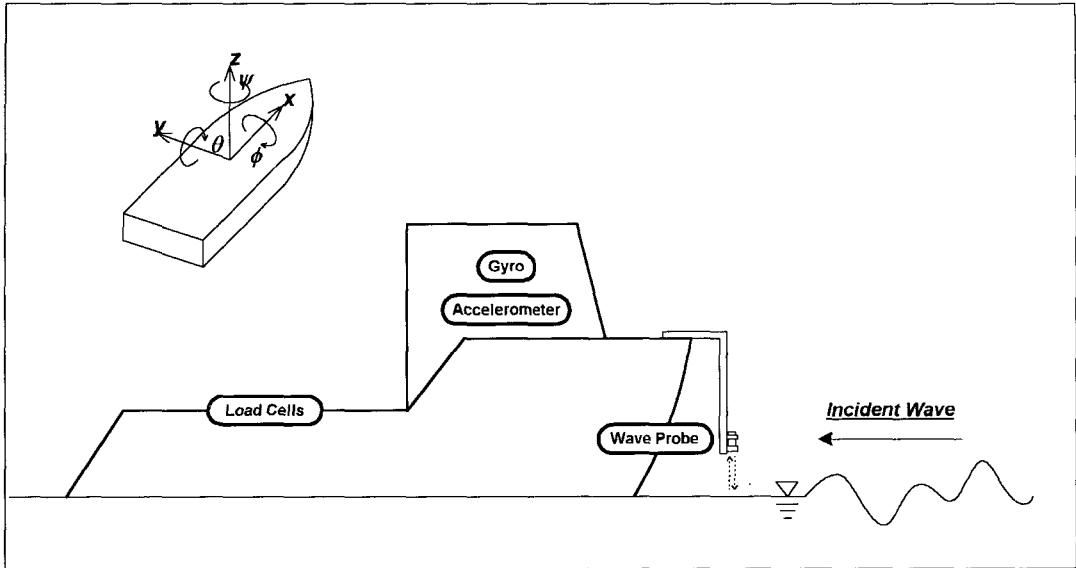


Fig. 7 Wave measurement systems

파고계를 포함한 각종 운동 센서 및 하중계로부터 신호는 전압의 형태로 전달되며, 조타실내에 설치된 A/D 변환기를 거쳐 PC에 저장되도록 하였다. 파고 계측 일례를 Fig. 8에 나타내었다. Fig. 9는 계측된 상대파고의 주파수 영역 변환을 통하여 계산된 파고 스펙트럼이다(Lloyd, [1989]).

파고 계측은 10분 계측을 원칙으로 수행되었으며, 다음의 수식을 적용하여 유의파고를 계산하였다(Bendat et al., [1971]).

$$H_{1/3} = 4.0 \cdot \sqrt{\left(1 - \frac{\epsilon^2}{2}\right)} \cdot \sqrt{m_0}$$

ϵ : Bandwidth parameter

m_0 : Variance of wave elevation

위에 보인 예의 경우 유의 파고는 0.4m 로 계산되었으며, 당시 목측 파고 기록과 거의 일치하였다. 파도의 스펙트럼에서 보면 10초와 3초 정도의 주기를 갖는 파가 지배적임을 확인할 수 있다. 실험해역의 평균 수심이 약 20m임을 고려할 때, 다음의 제한 수심에서의 파주기-파장의 관계식(dispersion relation)을 이용하여 파장을 계산한 결과, 약 120m 와 17m의 파장을 갖는 파가 지배적인 것으로 나타났다.

$$\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 = g \left(\frac{2\pi}{\lambda}\right) \cdot \tanh\left(\frac{2\pi h}{\lambda}\right)$$

T : 파주기 (sec)

g : 중력가속도 (=9.81 m/s²)

λ : 파장 (m)

h : 수심 (m)

(6) 조류속도 및 예인속도 측정

실험해역의 유속은 휴대용 도플러유속계를 이용하여 수심하 5m에서 관측하였다. 실험기간 동안 유속은 총 12회에 걸쳐 관측하였으며, 매 회의 측류에서 유속은 1분 간격으로 5회 측정된 결과들의 평균 값으로 산정하였다. 조류의 관측지점 및 유속은 Table 2와 같다. 조류 관측시 선박의 표류는 DGPS(differential global position system)로 측정된 선박의 변위를 이용하여 보정하였다. 본 연구에서 사용한 DGPS는 두 대의 GPS 수신기를 이용한 오차보정방법을 이용한 것으로서 측위 오차는 약 1m 정도이다.

오일봄의 예인속도는 DGPS로 측정된 5초 간격의 선박 변위를 이용하여 산정하였다. 오일봄 예인시 선박의 진행방향은 조류 유향의 반대방향이 되도록 하였으므로, 오일봄에 실제 작용하는

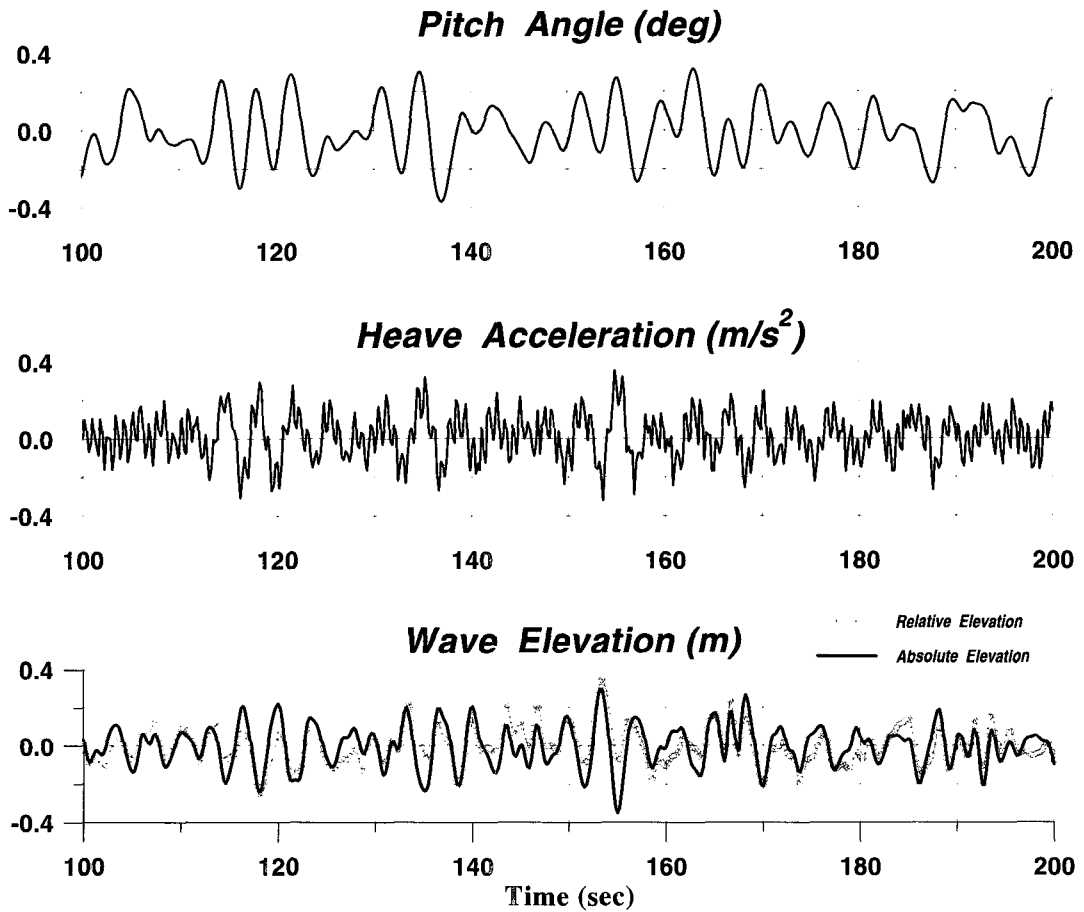


Fig. 8 Motion and wave elevation

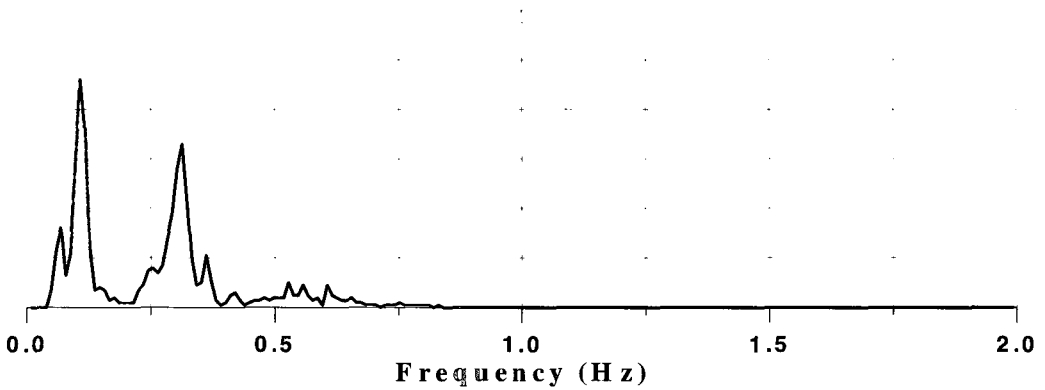


Fig. 9 Power spectral density

Table 2 Summary of currents observations

Date	Observation point		Currents velocity (cm/sec)		
	Latitude	Longitude	Eastward	Northward	
1998. 4. 20	10:53	34° 41.922	127° 48.566	-18.14	0.03
	12:28	34° 41.123	127° 48.687	-5.32	40.69
	13:36	34° 40.566	127° 49.556	-16.20	11.43
	14:23	34° 39.685	127° 50.130	-39.23	15.09
1998. 4. 21	13:06	34° 43.556	127° 47.434	-24.60	8.05
	13:44	34° 42.921	127° 47.957	-25.86	40.69
1998. 4. 24	10:42	34° 41.447	127° 49.023	-6.12	-50.22
	13:45	34° 41.294	127° 48.338	-1.47	-12.28
1998. 4. 27	10:31	34° 42.572	127° 48.242	-8.54	4.20
	12:41	34° 42.534	127° 48.417	36.88	-35.67
1998. 4. 28	10:37	34° 43.080	127° 48.117	-11.51	4.76
	13:48	34° 41.295	127° 49.301	-14.98	-42.26

보상속도는 조류 유속과 예인선박 선속의 산술합으로 결정된다(강용균 등, [1995]).

(7) 풍속계

실해역의 풍속을 계측하기 위하여 휴대용 풍속계를 사용하였다. 풍속은 선수갑판에서 풍향에 의한 5분간의 평균값을 계측하였다. 사용된 풍속계의 사양은 다음과 같다.

- 모델명 : testo 452
- 측정범위 : 0~60m/sec(오차 0.5%)

3. 시험방법

주어진 해상조건하에서 오일뿔을 시험선의 선미 상갑판상에 설치된 H-beam에 매달아 gap ratio의 변화와 예인속도의 변화에 따른 오일뿔의 장력을 하중계를 이용하여 계측하였다. 또한 예인시 속도의 변화에 따른 월파현상(splashover)이 처음 시작되는 상황을 분석하였다. 오일뿔의 시험방법은 시

험해역으로 이동한 후 오일뿔에 걸리는 하중을 계측하기 전에 선박을 정지하여 이때의 실해역에서의 해상조건을 측정하였다. 즉 파고는 선수의 초음파 파고계를 이용하여 측정하였으며, 유속은 수심 1m의 깊이의 조류속도 및 유향을 관측하였다. 풍속은 휴대용 풍속계를 이용하여 선수에서 계측하였다. 선박의 정지시의 해상조건에 대한 데이터의 수집이 완료되면 선박의 예인속도별로 시험할 오일뿔의 gap ratio을 0.9부터 0.4까지 변화시키면서 오일뿔의 장력을 계측하였으며, 월파현상 및 오일뿔의 거동을 분석하기 위하여 디지털 비디오 카메라를 이용하여 촬영하였다. 해양조건의 관측은 gap ratio을 변화시킬때마다 다시 데이터를 수집하였으며, 선박의 진행방향은 조류방향과 반대 방향이 되도록 하였다. 또한 선박의 후류가 오일뿔에 걸리는 장력에 미치는 영향을 최소화하기 위하여 로우프를 사용하여 오일뿔의 끝단을 H-beam으로부터 40m 후부에 설치하였다. 선박에 의한 예인속도는 DGPS(differential global position system)를 이용하여 유속과의 상관관계로

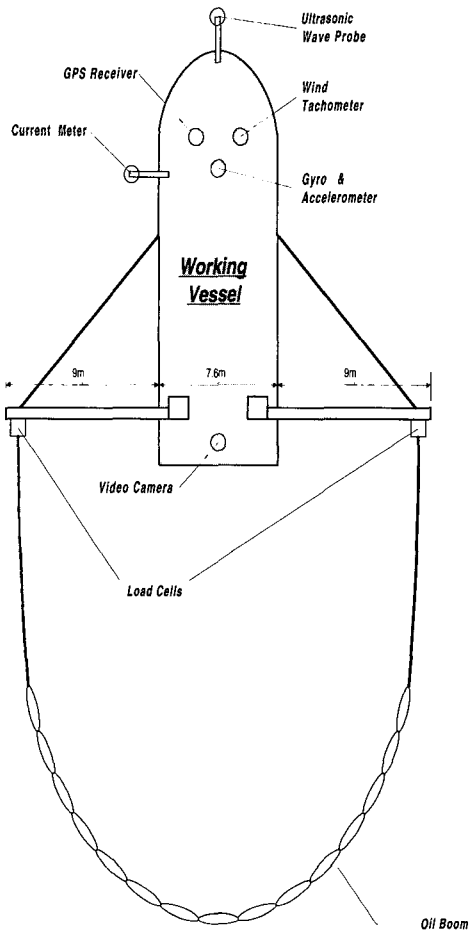


Fig. 10 Oil boom test apparatus at open sea

분석하였다. Fig. 10에 오일붐의 실해역 성능시험을 위한 계측 시스템을 나타내었다.

4. 시험결과

4.1 예인 경로

시험해역의 조류방향과 선박의 진행방향은 반대방향이 되도록 하여 항상 오일붐이 조류의 유속을 받고 가는 경로를 채택하였다. Fig. 11은 고행식 오일붐의 예인시 선박의 이동 경로 및 오일붐이 받고 있는 해양조건을 총괄하여 나타내었으며, Fig. 12는 공기팽창식 오일붐의 시험조건을 정리

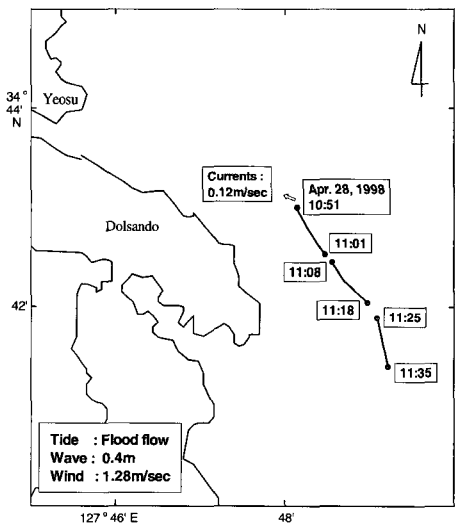
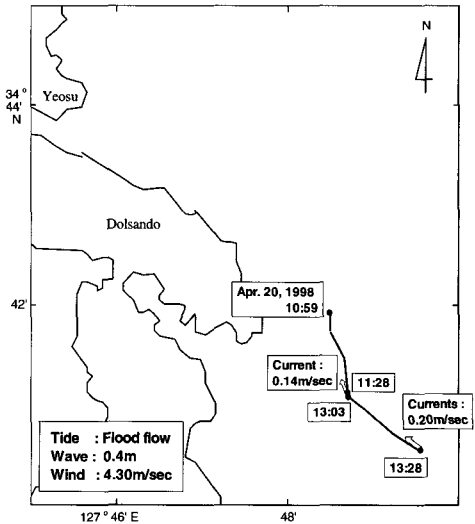


Fig. 11 Towing test route of internal foam boom

하였다.

4.2 인장 하중계측

Fig. 13은 예인 속도를 변화시켜가며 오일붐에 걸리는 장력을 계측한 자료이다. 예인 속도의 증가에 따라 오일붐에 걸리는 장력이 증가함을 확인할 수 있다. 평균적인 장력의 계산은 충분한 정상 상

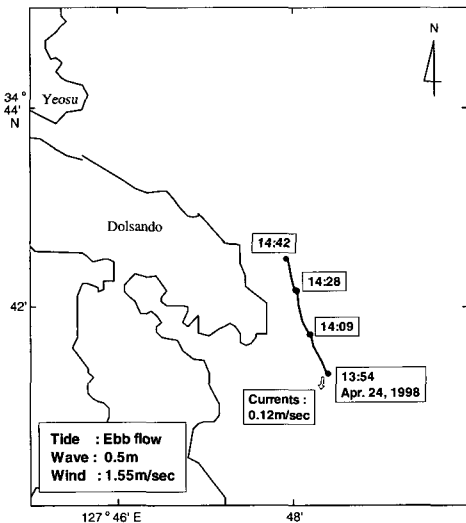
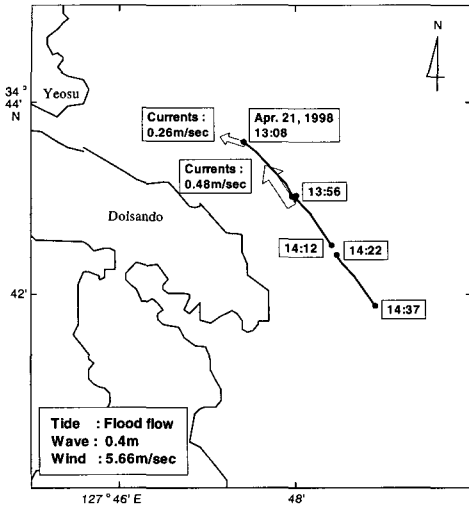


Fig. 12 Towing test route of air inflatable boom 988

태(steady state)로 판단되는 시간 영역에서의 평균값을 취하는 것으로 하였다.

4.3 오일붐의 종류에 따른 인장하중

Fig. 14에 고행식 오일붐의 gap ratio의 변화에 따른 인장하중을 측정한 값을 나타내었으며, Fig. 15

에는 공기팽창식 오일붐의 gap ratio의 변화에 따른 하중을 정리하였다.

5. 결과분석 및 고찰

5.1 오일붐의 예인하중에 따른 분석

(1) 고행식 오일붐

Fig. 14에 나타난 고행식 오일붐의 시험조건은 파고 0.5m, 유속 0.3노트와 1노트이며, gap ratio의 변화에 따른 인장하중을 측정한 결과 예인속도가 증가함에 따라 오일붐에 걸리는 하중은 선형적으로 증가하고 있다. 유속 0.3노트에서 예인속도 약 1m/sec의 경우 고행식 오일붐에 걸리는 하중은 약 52kg정도이며, 예인속도 약 2m/sec에서는 오일붐에 걸리는 하중이 약 270kg이다. 따라서 유속 0.3노트에서는 gap ratio의 변화와 관계없이 예인속도가 증가함에 따라 오일붐에 걸리는 하중이 증가한다. 유속 1노트에서는 gap ratio 변화에 따른 오일붐의 하중 변화가 발생한다. 즉 예인속도 약 1.2m/sec 부근에서 gap ratio 0.6과 gap ratio 0.9에서 오일붐에 걸리는 하중을 비교하면 각각 130kg과 240kg으로 약 2배 정도의 차이가 있다. 그러나 예인속도가 약 1.5m/sec 이상이 되면 고행식 오일붐에 침수현상이 발생되어 그 차이는 점차 줄어들게 된다. 또한 예인속도가 약 1m/sec에서 유속 0.3노트와 1.0노트일 때 gap ratio 0.6과 gap ratio 0.8의 경우 오일붐에 걸리는 하중을 비교하면 gap ratio 0.6에서는 유속이 1.0노트일 때 약 110kg, 유속 0.3노트에서는 약 52kg으로 약 2배 정도의 차이를 보이며, gap ratio 0.8에서는 유속이 1.0노트일 때 약 160kg, 유속 0.3노트에서는 약 110kg로 약 1.5배 정도의 차이가 발생한다. 특히 고행식 오일붐의 안정성 문제에 있어, 예인속도 1m/sec 이상에서는 월파현상 및 침수현상이 시작되는 것으로 관측되었다.

(2) 공기팽창식 오일붐

Fig. 15에는 공기팽창식 오일붐의 시험조건은 파고 0.5m와 0.8m, 유속 0.5노트와 1노트일 때 예인속도와 gap ratio의 변화에 따른 오일붐의 걸리는

하중을 계 측한 결과를 나타내었다. 유속 0.5노트, 파고 0.5m에서는 예인속도가 증가함에 따라 오일 붐에 걸리는 하중도 선형적으로 증가하고 있는 경

향을 보이며, 예인속도 약 1m/sec 부근에서는 gap ratio와 거의 무관하게 약 200kg의 하중이 걸리며, 예인속도 약 2m/sec 부근에서는 약 900kg의 하중

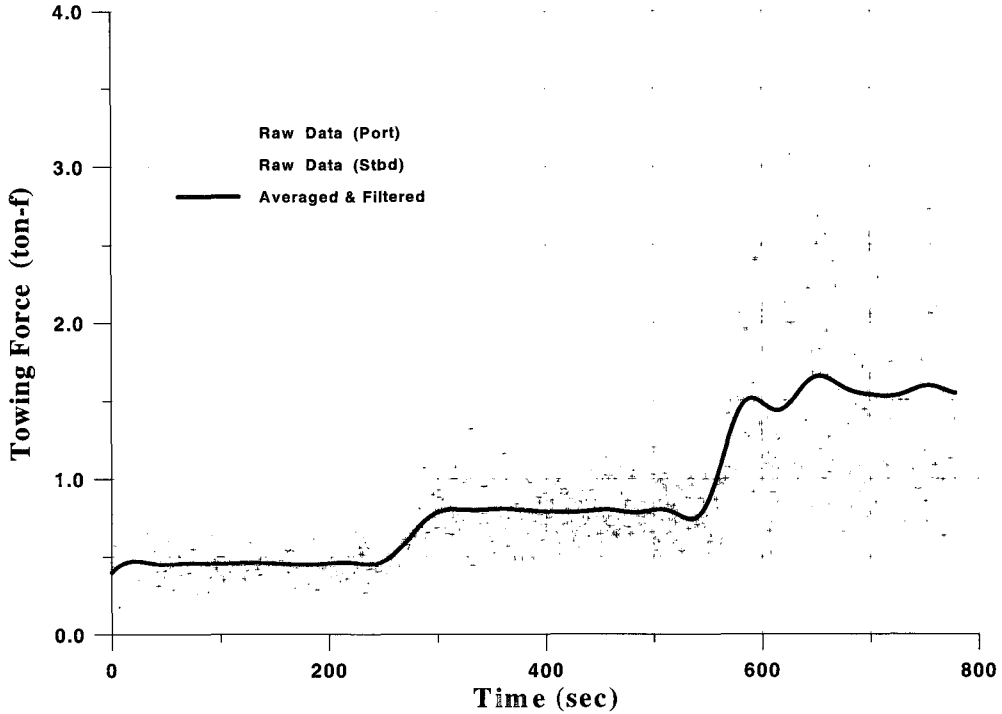


Fig. 13 Results of tension data of the oil boom

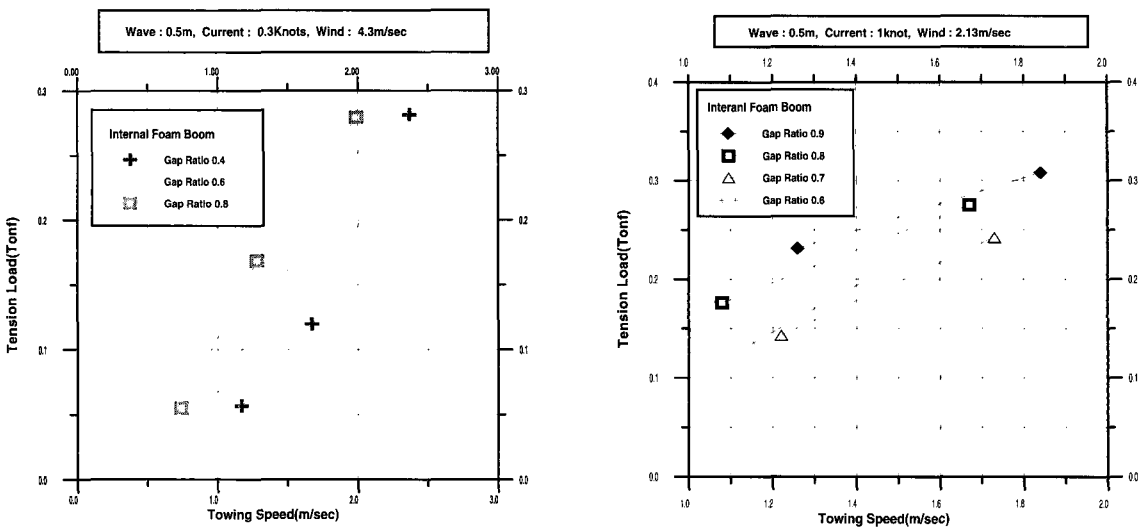


Fig. 14 Tension load of internal foam boom

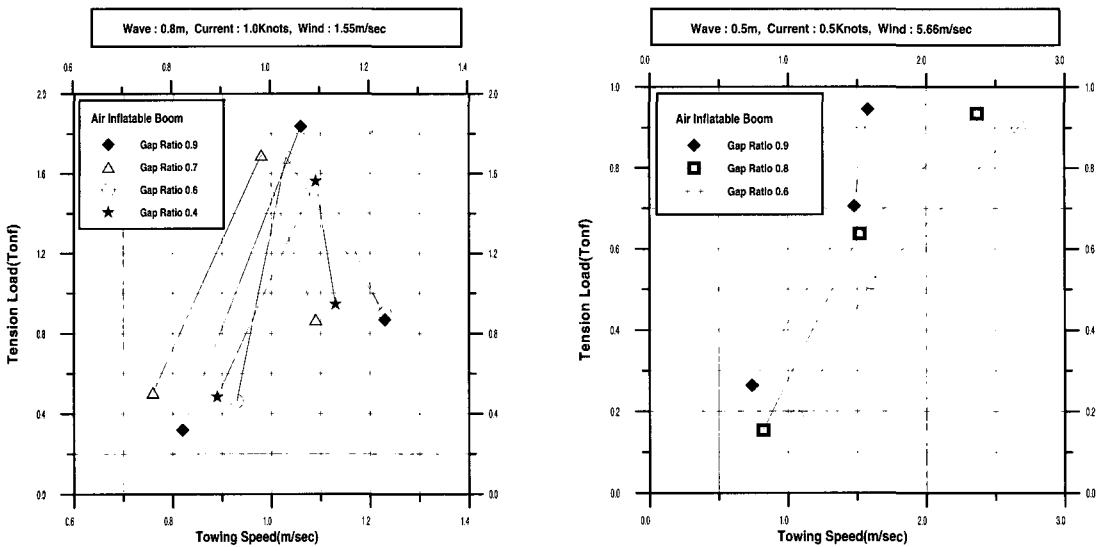


Fig. 15 Tension load of air inflatable boom

이 걸린다. 그러나 유속이 1노트, 파고 0.8m에서는 예인속도 약 1.2m/sec을 경계로 오일붐에 걸리는 하중은 줄어들고 있다. 이러한 이유는 공기팽창식 오일붐의 경우에는 고정식 오일붐과 달리 침수되지 않고 오히려 부양하는 특성 때문인 것으로 사료된다. 또한 예인속도가 약 0.8m/sec에서 유속 0.5노트와 1.0노트일 때 gap ratio 0.9에서 오일붐에 걸리는 하중을 비교하면 유속이 1.0노트일 때 약 300kg, 유속 0.5노트에서는 약 0.28tons으로 거의 차이가 발생하지 않으나, 예인속도 약 1.5m/sec 근처에서는 유속 1.0노트일 때 약 1.8tons, 유속 0.5노트에서는 약 0.9tons로 약 2배 정도의 차이가 발생한다. 특히 공기팽창식 오일붐의 안정성 문제에 있어서는 예인속도 약 0.77m/sec 이상에서 월파현상 및 부양현상이 시작 되는 것으로 관측되었다.

(3) 자동팽창식 오일붐

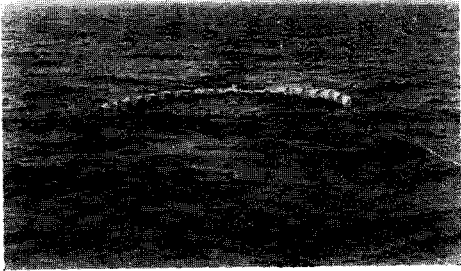
자동팽창식 오일붐의 경우에는 시험조건이 파고 0.5m, 유속 0.2노트, 풍속 1.74m/sec로 예인속도

0.51m/sec로 이때 걸리는 예인하중은 약 0.95tons 이었다. 그러나 오일붐이 예인하중을 견디지 못하여 부분적으로 손상이 되었다. 따라서 시험을 중단할 수 밖에 없었다.

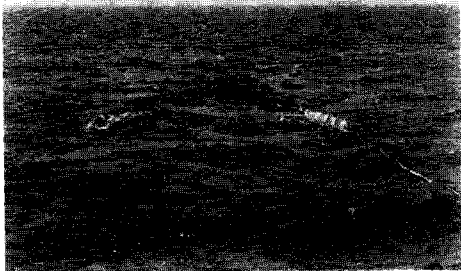
5.2 오일붐의 특성분석

오일붐은 여러 가지 다양한 해양조건에 따라 선정하여 사용할 수 있도록 되어있다. 따라서 오일붐은 주어진 해양조건에 잘 적응하는 것도 중요한 사항이다. 따라서 본 연구에서는 고정식, 공기팽창식 오일붐 2가지 종류의 실험역 시험시 월파현상 및 침수현상을 분석하였다. 고정식 오일붐의 경우에는 파고 0.5m, 유속 0.5노트 및 예인속도가 0.5m/sec 이하에서는 잘 적응하였으나, 유속이 1노트 이상이 되면 침수현상이 오일붐의 가운데부터 발생하기 시작하였으며, 공기팽창식 오일붐의 경우에는 파고 0.8m, 유속 1노트, 예인속도 0.77m/sec에서 오일붐의 가운데 부분부터 월파현상이 발생되기 시작하였다. Fig. 16은 고정식 오일붐과 공기팽창식 오일붐의 침수현상 및 월파현상을 나타내었다.

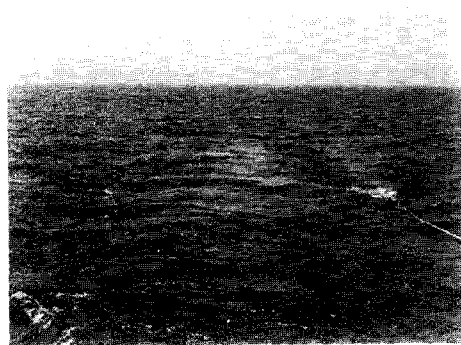
Internal foam boom -



(a) Towing speed : 1kt

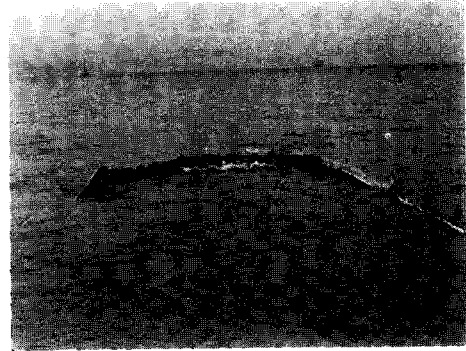


(b) Towing speed : 2kts



(c) Towing speed : 3kts

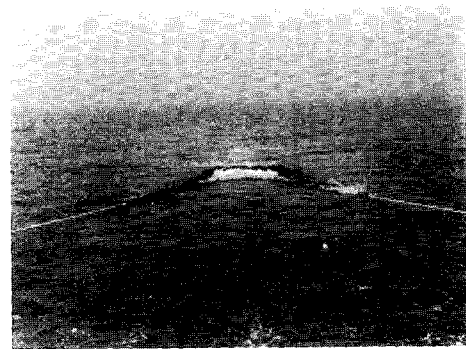
- Air inflatable boom -



(a) Towing speed : 1kt



(b) Towing speed : 2kts



(c) Towing speed : 3kts

Fig. 16 Characteristic of oil boom at open sea

6. 결 론

지금까지 대부분의 오일붐에 대한 연구는 대학 및 연구소를 중심으로 모형규격(model scale)의 오일붐을 설계하여 2차원 수조시험을 통하여 유체역학적인 접근방법으로 특성을 분석하는 것에 중점을 두어왔다. 이러한 연구결과는 새로운 오일붐의 개발에 수면 하부의 유체의 흐름의 거동에 따른 유벽 보유성능 등 초기 성능을 측하고 분석하는데 효과적으로 사용되어 왔다. 그러나 수조시험에서의 오일붐의 모형시험은 실물규격(full scale)의 실험 시뮬레이션과 비교하여 재질에 따른 물성차이와 부력체, 유벽(barrier)의 촌법비율 및 중량분포 등에 대한 가정과 제약조건이 설정되며, 이러한 가정조건은 실험시뮬레이션을 통한 결과와 비교 분석할 수 있는 연구가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 국내에서는 처음으로 고품식, 공기팽창식, 자동팽창식 오일붐을 대상으로 실험해역 해양조건에 따른 오일붐의 gap ratio 변화에 따른 장력계측과 보유성능(oil-containment capability), 월파현상 분석 및 실험해역에서의 거동 등의 연구를 수행하였다. 이러한 연구결과는 실험해역 해상조건에 따른 오일붐의 앵커 파지력의 산정, 최적 방제작업의 형태(configuration) 및 오일붐의 거동특성 분석 등에 중요한 자료로 활용될 수 있으며, 오일붐의 실험해역성능을 평가하는 기법으로 적용될 수 있을 것으로 기대한다. 향후 오일붐의 실험해역 성능평가를 위한 개선사항으로는 본 계측 시스템 구성시 선미 프로펠러의 추력에 의한 영향으로 어느정도 선미 후류의 변화에 따른 오일붐 장력이 영향을 받았을 것으로 예측되며, 이에 대한 보완방법이 연구되어야 한다. 또한 오일붐의 길이는 25m를 기준으로 시험을 수행하였는데 약 100m이상의 길이로 하면 2척의 선박으로 구성된 시험방법이 되겠지만 오일붐의 장력계측 및 상부 운동특성 등을 정확하게 분석하는데 도움이 될 것이며, 방수형 가속도계를 오일붐 스커트(skirt)의 부분에 설치하면 수면하부의 거동해석의 자료를 얻는데도 유용할 것이다.

후 기

본 논문은 1998년도 과학기술처 기관고유사업으로 수행중인 "해상유류오염 대응 방제작비 성능평가 기술개발" 연구결과중 일부이다. 실험해역 시험을 위하여 적극적으로 협조하여 주신 해양산업(주) 직원 여러분께 감사의 말씀을 드린다.

참고문헌

- [1] 수로국, 1995, "조류도 (여수에서 완도)", 수로국 서지 No. 1421.
- [2] 강용균, 이문진, 1995, "두대의 GPS수신기를 이용한 DGPS 정밀측위", 한국지형공간정보학회지, Vol. 3, 15-28.
- [3] 강관형 외, 1997, "조류중 변형으로 인한 유벽 보유성능 저하", Proc. Ann. Autumn Meet. of SNAK, 357-360.
- [4] 이정목, 강관형, 1998, "조류와 파랑중에서의 유벽의 보유성능 해석", 한국해양환경공학회지, Vol. 1, No. 1, 29-38.
- [5] Technology Assessment and Research Branch, 1992, "Test Protocol for the Evaluation of Oil Spill Containment Booms Final", Test Protocol 14-35-30551.
- [6] Lloyd, A.R.J.M., 1989, "SEEKEEPING : Ship Behaviour in Rough Weather", John Wiley & Sons.
- [7] Bendat, J.S., and Piersal, A.G., 1971, "RANDOM DATA : Analysis and Measurement Procedures", John Wiley & Sons.
- [8] Sloan et al., 1994, "Phase 1 : Oil Containment Boom At Sea Performance Tests", Technical Report Series, 94-007.