

SPM 이안 선박의 조종영역에 관한 기초 연구

김진수* · 정재용** · 김경태* · 김정록*

*목포해양대학교 대학원, **목포해양대학교 해상운송시스템학부 교수

A Study on the Maneuvering Area of Ship in Moving at Single Point Mooring

Jin-Soo. Kim* · Jae-Yong. Jong** · Kung-Tae. Kim* · Jong-Rok. Kim*

*Graduate school of Mokpo National Maritime University, Mokpo 530-729, Korea

**Professor, Division of Marine Transportation System Mokpo National Maritime University, Mokpo 530-729, Korea

요 약 : VLCC SPM 작업이 주로 이루어지는 외해에서는 기상상태 및 파랑 영향을 많이 받고 있다. 기상악화로 인한 비상 이안시에는 강한 바람과 높은 파고로 도선사의 승선이 불가능하고 예인선을 사용할 수 없는 경우가 대부분이다. 현재 울산항에서는 기상악화로 인한 VLCC의 SPM 비상이안이 빈발하고 있으며, 신항만 건설로 SPM 주위에 방파제가 건설됨에 따라 SPM 이안 선박의 조종영역 기준을 제시할 필요성이 대두되고 있다. 현재 우리나라에는 SPM 설치 기준이 없으며, 외국의 설치기준을 참조하고 있지만, 이 기준들이 일관성 및 근거가 부족한 실정이다. 따라서 울산항의 SPM 비상이안 선박들의 조종영역 실태를 AIS 항해 데이터를 이용하여 파악하여 선박의 조종영역 기준을 제안하고자 한다.

핵심용어 : VLCC, SPM, 조종영역, AIS, 항적재현

ABSTRACT : The work of VLCC SPM mainly is accomplished on the open sea. On the open sea as a result of meteorological condition and the ocean wave influence, When the weather condition is get bad, peremptorily moving to the safety place, because of the gale and the billow, almost happened frequently, the pilot is unable to go on board and the tug is also unable to be used. Now because of the bad weather the VLCC SPM moving to the other safety place frequently happened in the ulsan port. the construction of new harbor, it constructed many break water around SPM. So that it is necessary to propose the new standard about how to maneuvering area actually. Now our country is at the blank stage about the establishment of SPM research. Most of the situations are refer to overseas standard. But these standards lack of consistency and clarity. So when moving to the other safety place from SPM, we must carry through the researching and study on the ships using by sailing data of AIS. we must put forward a new standard about maneuvering area of ship in moving at SPM.

KEY WORDS : VLCC, SPM, Maneuvering Area, AIS, Ship's Track Replay

1. 서 론

현재 울산항에서는 기상악화로 인한 VLCC의 SPM 비상이안이 빈발하고 있으며, 신항만 건설로 SPM 주위에 방파제가 건설됨에 따라 SPM 이안 선박의 조종영역의 기준을 제시할 필요성이 대두되고 있다. 현재 우리나라에서는 SPM 설치기준이 없으며, 외국의 설치기준을 참조하고 있지만, 이 기준들이 일관성 및 근거가 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 다음과 같은

연구 방법으로 SPM 이안 선박의 조종영역 기준을 제시하고자 한다. 첫째, 기존 SPM 설치기준의 조사, 분석하고, 둘째, 현재 우리나라 울산항의 SPM 운영 현황 및 비상이안 조건 및 실태조사, 셋째, 최근 1년간 SPM에서 비상이안 한 선박들의 데이터를 기초자료로, 그 당시의 VTS의 AIS 자료를 통해 항적을 재현하고 그 결과를 분석한 후, SPM에서 선박 끝단까지의 거리에 선박의 맹목구간을 파악하여 SPM 이안 선박의 조종영역 기준을 제안하고자 한다.

* 대표저자 : 정희원, jskim@mmu.ac.kr 011)879-4162

**중심회원, jyjong@mmu.ac.kr 061)240-7069

2. SPM 설치기준

SPM은 Single Point Mooring의 약어로 SBM(Single Buoy Mooring)이라고도 하며, 항만내의 부두외에 특별히 설치된 선박 계류용 부표로서, 통상 직경 3미터 내외의 강재로 된 원추형 또는 원통형의 철제통을 해상에 띄우고 움직이지 않도록 해저에 고정시킨 계선시설이나 대형원유 수송선이 외항에서 계류하여 하역할 수 있도록 설치된 대형부표를 말한다. 구조는 일반적으로 부체, 계류환, 부채쇄, 침추, 침쇄 앵커 등으로 구성된다, 전 세계적으로 82%정도가 CALM방식을 택하고 있다.

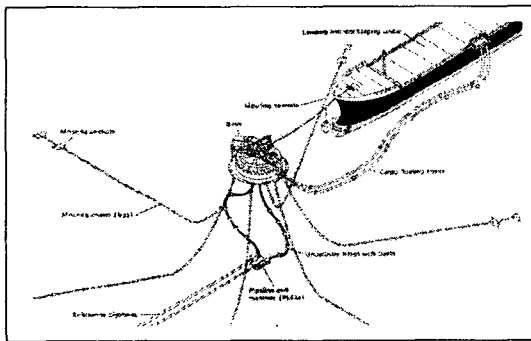


Fig. 1 Single Point Mooring의 배치도

2.1 SPM 설치기준 및 운용조건

1) SPM 설치기준

이 연구에서는 SPM 설치기준에 대한 선행연구를 고찰 하였다.

① 한국해양수산연구소(한국해양수산연수원, 1999)

- 원유선 접이안시 방파제입구에서 통항선박의 항로를 차단하지 않도록 충분한 여유 수역을 주어야 하며, 울산항 항로와 온산항 항로의 교차지역에서 통항선박이 제한구역을 침범하지 않도록 제한구역과 충분한 거리를 유지해야 한다. 즉, SPM을 중심으로 반경 1,220(0.66마일)미터 이내 장애물이 존재하여서는 안 된다.

② 국제석유회사평의회(OCIMF, 1993)

- SPM을 중심으로 반경 2,400미터 이내에는 장애물이 없어야 한다.

③ 미국선급 규정(ABS, 1996)

- 조선수역의 반경은 최대접안선박 길이의 최소한 3배 약 1,050미터는 되어야 한다. 즉 인근 부이와의 거리는 최소한 선박 길이의 3배 약 1,050미터는 확보해야 한다.

④ "Rotterdam/Europort 협수로에서의 대형원유선의 모델시험" 결과

- 유의파고에서 원유선 흘수의 1.1, 1.15 및 1.2배 수심에서 7~8kn로 항해시 선저가 접촉되므로 원유선이 접·이안하는 SPM 부근수역은 최소한 접·이안 예상선박 흘수의 1.2배 이상의 수심을 확보할 필요가 있다.

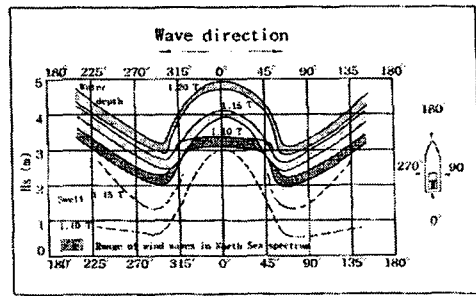


Fig. 2 수심 대 홀수 선저안전수심 실험치

⑤ SK(주) 자체기준(1999)

- 해저배관 루트는 가급적 항로를 피해야 하며, 묘박중인 선박의 주요나 항해중인 선박의 비상투묘, 증량물 추락, 선박의 침몰로 인한 손상을 방지하도록 매설되어야 한다. 또한 해저 배관 공사시 출입항 선박에 영향이 없도록 항로의 차단을 최소화하는 방안을 고려해야 한다.
- 비상이안시 도선사의 승선이 불가하여 자력 조선을 해야 하며, 기상 악화는 예인선의 효율이 현저히 떨어져 원유선의 조종이 제약되고 계류색 파단 또는 엔진고장에 대비해야 하고 반사파의 영향으로 인한 접안가능일수 감소 및 비상이안을 최소화하기 위해서 방파제와 안전거리의 최소한 선박 길이의 4배 약 1,040미터는 확보해야 한다.
- 원유부이의 점검 및 보수뿐만 아니라 외해의 높은 파고로 인한 접안가능일수 감소를 최소화하기 위해 원유부이의 수심은 30미터 이내이어야 한다.

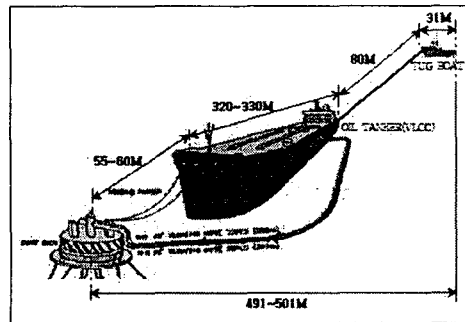


Fig. 3 원유부이 제한구역 기준

- 원유선의 길이, 계류색의 길이, 선미 예인선의 길이를 고려 하면 원유부이의 제한 구역은 최소한 500미터는 확보해야 한다.

2) SK(주) SPM의 운용조건

- ① SPM이 터미널로 사용되기 위한 수역조건은 원유선이 계류 지점으로 접근할 때, 계류 중일 때 및 이안할 때 어느 경우에도 안전해야 한다.
- ② SPM은 가능한 육상의 저장시설에서 가까워야 하나, 주위의 생산시설과 일정한 거리를 두어야 한다.
- ③ 원유선의 안전성 측면만을 고려하여 조종수역이 충분히

- 확보되는 원거리에 SPM을 설치할 경우, 터미널로부터 거리 증가로 해저 배관 등의 시설비용이 증가된다.
- ④ 또한 위와 같은 경우, 외해로부터 파랑의 직접적인 영향을 받게 되어 계류안전성 확보가 어렵고 비상이안시 곤란을 겪을 수 있다.
- ⑤ 통상 통항하는 선박의 항로를 방해하지 않아야 한다.

3) SPM 조선수역(SK(주), 1999)

예상 최대 및 최소 수심은 SPM의 배수량 결정과 묘박시스템의 수직방향 장력계산에 필요하다. 또한 해수면은 점·이안이나 계류중인 선박의 선저안전수심을 결정하는데 중요하다. 충분한 넓이 외에도 예상되는 최대 선형의 선박이 조종이 가능할 수 있는 수심을 확보하여야 한다. 최대수심은 최대선형의 선박이 계류 중일 때의 수심과 최악의 기상상황에서도 계류 중일 때 선저나 기타의 장애물(해저배관, 해저 매니폴드 등)에 영향을 받지 않아야 한다. 선박의 크기와 해상상태의 요건으로서 최소 선저수심 확보를 위한 요구 준설 수준은 여러 가지 요소에 따라 결정된다. 수심이 결정되고 나면 위험선, 예를 들면 최소수심의 경계선의 최소거리가 결정되어야 한다. 일반적으로 매우 조건이 나쁜 해역에서는 원유선 길이의 4배, 원유선이 만선상태로 입항하는 양하터미널에서 조건이 그리 나쁘지 않을 경우 3배 정도가 필요한 것으로 알려져 있다.(수심 대 홀수 선저안전수심 실험치) 두 SPM간의 거리도 동일한 조건이 적용된다.

3. 울산항 SPM 운영현황

3.1 울산항 SPM 운영현황 및 신항 개발계획

1) 울산항 SPM 운영현황

SK 주식회사의 원유부이 3기는 모두 CALM 방식으로 1번 원유부이는 1963년 12월, 2번 원유부이는 1968년 7월, 3번 원유부이는 1996년에 설치되었다.

Table 1 울산 원유하역시설 현황

DESCRIP-TION	SK NO.1 원유부이	SK NO.2 원유부이	SK NO.3 원유부이	S-OIL 원유부이	KNOC 원유부이
LOCATION	35-27-05.2N 129-23-44.3E	35-26-44.4N 129-23-22.2E	35-25-42.1N 129-23-27.1E	35-25-09.3N 129-23-14.4E	35-24-36.0N 129-23-10.0E
DESIGN CAPACITY	325,000DWT	325,000DWT	325,000DWT	350,000DWT	300,000DWT
APPROVED CAPACITY	300,000DWT	300,000DWT	325,000DWT	350,000DWT	300,000DWT
SEA DEPTH	23미터	23미터	26.6미터	27.3미터	28미터
DRAFT RESTRICTION	19.65미터	19.65미터	22.6미터	23미터	24미터

S-Oil(주)는 1994년도에 계류 능력을 보강하여 보강 설계된 앵커 체인/ 앵커/ 부이 본체를 신규로 교체하여 설치하였다.

2) 울산 신항 개발계획

울산 신항 개발사업은 1996년 신항만 예정지역 고시를 시작되었으며, 1996년 울산신항만 개발 기본계획에 의하면 항만개발은 단계적으로 이루어지며 최종적으로 총 49선석수 규모로 50,218천톤의 화물을 처리하게 된다. 2011년까지 개발된 사업대상지역의 평면 배치는 <Fig 4>와 같다.

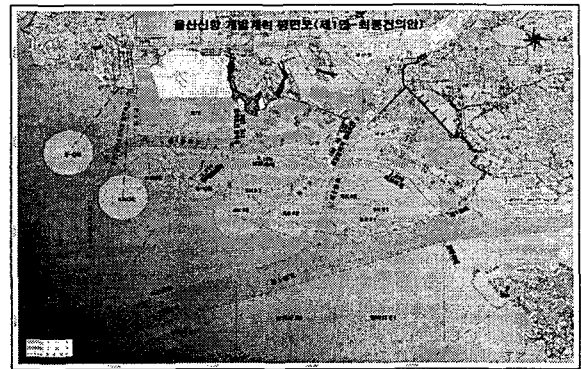


Fig. 4 울산신항 개발계획 평면도

울산 신항만의 항로계획은 울산 본항 입·출항을 위한 기존의 울산항 제1항로가 변경되며, 신설되는 항로는 북쪽 항만항로, 2006년까지 공사완료 후 남쪽 항만 항로와 2011년 이후 신항만 개발이 완료되었을 때 남쪽 항만 항로로 구분된다.

신항만 개발계획에 의해 항로 좌측에 위치한 원유부이가 외해측으로 이동 배치됨에 따라 항로의 우측은 묘박지와 접하게 되며 항로의 좌측에는 다수의 원유부이가 위치한다. 항로에 가장 근접한 SK(주) 1번 원유부이의 제한수역과 항로경계와의 이격거리는 150미터이고, 북방과제와의 이격거리는 1,300미터이다.

울산신항 북항로는 기존의 울산항 제3항로를 변경한 형태로 항로의 북쪽에는 SK(주) 1번 원유부이, 남쪽에는 SK(주) 2번 원유부이가 위치하며 항로경계와 원유부이 제한수역과의 이격거리는 각각 150미터이고, SK(주) 2번 원유부이와 남방과제와의 이격거리는 1,280미터, SK(주) 3번 원유부이와 남방과제와의 이격거리는 1,480미터이다.

2006년부터 항만개발계획 장래분 완성시점까지 울산신항 남쪽 항만의 입·출항을 위해 이용될 항로는 항로 좌측의 수심 10미터 등심선까지의 최저 이격거리는 약 650미터이며, 항로 우현측에는 한국석유개발공사 원유부이와 S-Oil의 원유부이가 위치하며 항로경계선과 각 원유부이 제한수역과의 이격거리는 각각 75미터와 330미터이고, 현재 S-Oil과 남방과제와의 이격거리는 830미터이다.

3.2 울산항의 자연환경조건

해상교통 안전성을 확보하기 위해 고려해야 할 자연적 조건은 기상, 해상 및 조석이다. 선박이 항행하는 수역에서 이러한 자연적 조건이 양호하게 제어되지 못하면 선박의 안전항해가 보

장되지 못해 해난의 위험에 노출되며, 특히 SPM 계류하는 대형원유선의 경우 울산 외해에서 작업이 이루어지므로 외력의 영향을 매우 많이 받고 있으며 이로 인해 원유선의 접안 작업은 물론 부이 계류중에도 선박 운동에 매우 주의를 기울이고 있다. 여기에서는 많은 자연환경 중 비상시 SPM 계류선박에 가장 영향을 미치는 바람 및 너울의 영향을 조사 분석하였다.

1) 바람(기상청, 1998~2004)

울산항 부근의 탁월풍은 북동계열(N~NE)이 주로 불고, 외측은 개방되어 있어 남동방향(S~SE)의 바람은 항내에 파랑을 일으켜 많은 영향을 주고 있다. 월별 평균풍속은 1.7m/s~2.4m/s로 변화가 거의 없는 분포를 보이고 있으며, 최대 풍속은 6.5m/s~10.1m/s로 평균풍속과 마찬가지로 변화가 거의 없는 분포를 보이고 있다. 울산지방의 계절별 풍향은 봄철에는 NW~NNE사이의 바람이 탁월하고 S 계열의 바람이 약하다. 여름철에는 NNE~E 사이의 바람이 탁월하고 NW~N 계열의 바람은 약하다. 가을철에는 NW~NE 사이의 바람이 탁월하고 S계열의 바람은 약하다. 겨울철에는 NW~N 사이의 바람이 탁월하고 SE~SW 사이의 바람은 약하다.

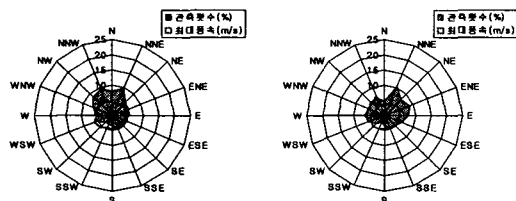


Fig. 5 봄철 및 여름철 풍향별 풍속 및 관측횟수

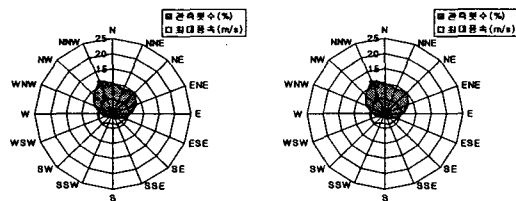


Fig. 6 가을철 및 겨울철 풍향별 풍속 및 관측횟수

2) 파랑 (기상청, 1975~1982)

현재 울산해역 인근의 파랑관측소는 없고, 1975~1982년 울산항 파랑 관측에 의한 파랑자료는 다음과 같다.

- ① 최대유의파고(H 1/3) : 5.83m(파랑 E : 1978. 10. 27)
- ② 파고별 출현 빈도 : 0.5미터 이상 파고 중 1.0~1.4미터가 41%로서 최대
- ③ 주기별 출현 빈도 : 0.5미터 이상 파고 중 8.0~9.0초가 44%로서 최대
- ④ 파향 : NE와 E가 95%

울산항의 평균 유의 파고는 0.51미터에 불과했고, 파고별 출현

도는 1.0~1.4미터가 41%로서 가장 많기 때문에 수심이 충분하기 때문에 파랑에 의해 선박 입출항이 지장이 받지 않을 것으로 판단되나, 울산만은 항 입구가 남쪽으로 향하고 있어 풍향이 남~남남동풍일 경우에는 파고의 영향을 많이 받을 것으로 사료된다.

3.3 울산항 SPM 비상이안 실태 조사

울산항에 위치한 원유부이에 계류하여 하역작업을 하고 있던 선박이 갑작스러운 기상이변으로 인하여 원유선이 비상 이안하는 경우가 자주 발생한다.

SK(주), S-OIL(주)에서는 다음과 같은 비상이안조건을 설정하여 기상상태가 이에 달한 경우에 원유선을 이안시키고 있다.

1) 울산항 SPM 작업 제한조건

울산항의 SPM 작업 제한조건을 살펴보면 아래의 표와 같다.

Table 2 SK(주) 비상이안시 기상조건

대상	풍속	파고	계류장력
SK(주) SPM	13m/s	1.5m	40ton

Table 3 울산항 SPM 접안작업 제한조건

풍속	파고	SWELL	시정	계류장력
13m/s	1.5m	2.0m	500m	40ton

Table 4 IMODCO SPM 작업제한 권고사항

대상	조류	풍속	파고
IMODCO 권고사항	0.7kt	35kt	2.9m이내

2) 울산항 SPM 비상이안 실태조사

Table5는 최근 1년간(2004. 4 ~ 2005. 4) 울산항 SK(주)의 SPM 3기에서 비상이안한 24척의 선박 중에서 비교적 선박 상세를 자세히 알 수 있는 VLCC급 선박 17척을 대상으로 비상이안 실태를 조사하였다.

울산항에 위치한 원유부이에 계류하여 하역작업을 하고 있던 선박이 갑작스런 기상이변으로 원유선이 비상이안하는 경우가 자주 발생한다. 통상 터미널별로 비상이안조건을 설정하여 기상상태가 이에 달한 경우에 원유선을 이안시키고 있다.

터미널별로 설정한 비상이안조건에 의해 비상 이안한 경우를 살펴보면 특히 봄철 남~남동풍에 의한 영향이 가장 큰 것을 볼 수 있으며, 대부분 선박이 풍속 13m/s, 파고 1.5미터 이상의 기상 상태에서 비상이안 것을 확인 할 수 있다.

Table 5 울산항 SK(주) SPM 비상이안 실태

번호	Time	Ship's Name	MMSI	LOA (m)	BREATH (m)	S.DRAFT (m)	S.DWT (m/t)	장소
1	2004 04/21 21:55	UNIVERSAL BRAVE	353578000	330.25	58.05	22.144	299,930	NO.3 BUOY
2	2004 06/20 21:00	M/T DIAMOND HOPE	354846000	321.95	56	19.614	259,999	NO.3 BUOY
3	2004 07/03 13:00	M/T C.TRUST	355890000	327	57	20.824	281,227	NO.1 BUOY
4	2004 07/31 06:40	M/T TITAN NEPTUNE	352579000	322.07	56	20.473	265,322	NO.3 BUOY
5	2004 09/06 08:30	M/T C.EMPEROR	357415000	3376	59.6	20.996	299,023	NO.3 BUOY
6	2004 09/28 14:30	M/T TAZAN	355502000	333	59	20.84	299,992	NO.3 BUOY
7	2004 10/16 19:00	M/T C.EMPEROR	357415000	337	59.6	20.996	299,023	NO.3 BUOY
8	2004 10/26 16:00	M/T EUROPE	239967000	322	56	21.12	276,000	NO.3 BUOY
9	2004 11/10 18:00	M/T C.PLANNER	355776000	329	57	20.47	278,158	NO.1 BUOY
10	2004 12/06 06:30	M/T AZUMA ENTEPRISE	351454000	322	56	19.82	255,226	NO.1 BUOY
11	2005 01/25 21:00	M/T C.CHAMPION	353529000	337	59.6	20.972	298,033	NO.3 BUOY
12	2005 02/01 02:30	VL MALIBU	356049000	324	58	19.428	299,997	NO.1 BUOY
13	2005 02/22 02:25	M/T C.NAVIGATOR	355430000	329	57	20.472	277,798	NO.3 BUOY
14	2005 03/04 17:00	M/T AL SHEGAYA	447042000	335	59.2	22.723	310,513	NO.3 BUOY
15	2005 04/06 18:00	M/T C.NAVIGATOR	355430000	329	57	20.472	277,798	NO.3 BUOY
16	2005 04/10 02:30	M/T C.BRIGHT	354870000	333	58	22.63	309,636	NO.3 BUOY
17	2005 04/10 02:30	M/T C.NAVIGATOR	355430000	329	57	20.472	277,798	NO.1 BUOY

4. SPM 이안 선박의 조종영역 분석

4.1 AIS 정보를 이용한 항적재현 분석

```

#MMSI=354846000# - 6월 20일
#날짜(YYMMDD)  #시간(HHMMSS)  #위치(도)  #방향(도)  #속도(kts)
2004-06-20 21:00:00 N35.484600 E129.327700 25.5277 218.280.7
2004-06-21 00:00:00 N35.484600 E129.327700 25.5277 218.280.7
2004-06-21 00:00:00 N35.484600 E129.327700 25.5277 218.280.7
2004-06-21 00:00:00 N35.484600 E129.327700 25.5277 218.280.7
2004-06-21 00:00:00 N35.484600 E129.327700 25.5277 218.280.7
2004-06-21 00:00:00 N35.484600 E129.327700 25.5277 218.280.7
2004-06-21 00:00:00 N35.484600 E129.327700 25.5277 218.280.7
2004-06-21 00:00:00 N35.484600 E129.327700 25.5277 218.280.7
2004-06-21 00:00:00 N35.484600 E129.327700 25.5277 218.280.7
2004-06-21 00:00:00 N35.484600 E129.327700 25.5277 218.280.7
2004-06-21 00:00:00 N35.484600 E129.327700 25.5277 218.280.7
2004-06-21 00:00:00 N35.484600 E129.327700 25.5277 218.280.7
2004-06-21 00:00:00 N35.484600 E129.327700 25.5277 218.280.7
2004-06-21 00:00:00 N35.484600 E129.327700 25.5277 218.280.7
2004-06-21 00:00:00 N35.484600 E129.327700 25.5277 218.280.7
2004-06-21 00:00:00 N35.484600 E129.327700 25.5277 218.280.7
2004-06-21 00:00:00 N35.484600 E129.327700 25.5277 218.280.7
2004-06-21 00:00:00 N35.484600 E129.327700 25.5277 218.280.7
2004-06-21 00:00:00 N35.484600 E129.327700 25.5277 218.280.7
    
```

Fig. 7 울산항 VTS의 AIS 항해데이터 텍스트 자료

울산 SK(주) SPM 3기에서 비상이안한 17척의 VLCC의 선박

제원을 바탕으로 그 당시의 울산항 VTS의 AIS 항해데이터로 텍스트 형태로 한 뒤에 선박의 항적을 재현한다.

AIS 항해데이터에는 Fig. 7에서 보듯이 일시, 선박의 MMSI 정보, 위치(위도 및 경도), 선수방위 등이 나타난다. 필요한 선박의 AIS 항해데이터와 그 선박의 제원을 통해 비상이안시 선박의 항적을 재현하면 다음과 같이 나타난다.

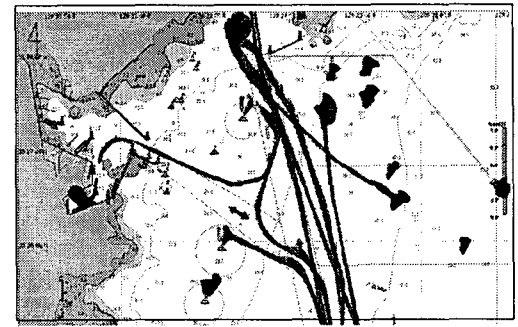


Fig. 8 AIS 항해데이터를 이용한 항적재현

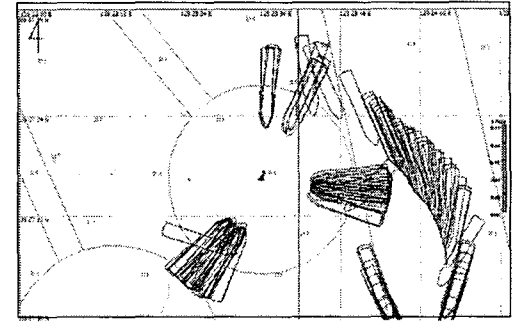


Fig. 9 SK(주) SPM 1번 비상이안시 항적재현

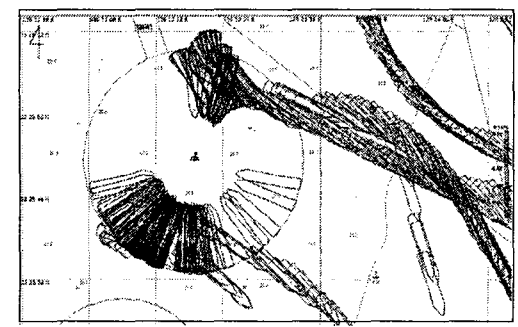


Fig. 10 SK(주) SPM 3번 비상이안시 항적재현

4.2 선박의 맹목구간 분석

선박의 맹목구간은 선박의 구조물에 의해 직접 눈으로 관측할 수 없는 영역을 말하며, VLCC급 선박에서 선수방향에서는 400미터이상이 되는 경우도 있으며, 공선항해시에는 맹목구간이 더 커지게 된다. 따라서 선박을 조종함에 있어 항해사는 상황에 따른 그 선박의 맹목구간을 파악하는 것은 기본일 것이며 특히 연안항해시에는 그 필요성은 더욱 크다. 선박의 맹목구간은 다음과 같은 방법으로 구할 수 있다.

예) 목포해양대학교 실습선 새누리호

1) 선박상세

PRINCIPAL DIMENSION		Height from B.L. to V.P
L.O.A.	103.00 M	
L.B.P.	94.00 M	B.L. to UPP.DK : 9.95M
B (mid.)	15.60 M	UPP.DK. to NAV.DK. : 7.90M
D (mid.) - UPP.DK.	9.90 M	NAV.DK. to V.P. : 1.80M
DRAFT (design)	5.40 M	TOTAL : 19.65M
DRAFT (summer load)	5.40 M	

2) 맹목구간 구하는 방법

CONDITION		1. BALLAST CONDITION (DRAFT : dA=6.26m, dF=3.02m, TRIM=3.24M)	2. FULL LOADED CONDITION (DRAFT : dA=9.40m, dF=9.40m, TRIM=EVEN KEEL)
EQUATIONS OF LINE AND WATER LINE	VIEW LINE	$Z = (-5.850 / 28.512) X + 34.078$	$Z = (-5.850 / 28.512) X + 34.078$
	WATER LINE	$Z = (-3.24 / 94.00) X + 6.26$	$Z = (-3.24 / 94.00) X + 9.40$
THE COORDINATES OF FORWARD END POINT (X1,Z1) OF INVISIBLE AREA		X1 = 162.956, Z1 = 0.643	X1 = 120.277, Z1 = 9.40
CALCULATION OF INVISIBLE LENGTH		$\theta + \tan^{-1}(3.24 / 94.00) = 1.9741^\circ$ $M = 3.02 - 4.832 \times \tan\theta = 2.853m$ $L_1 = (162.956 - 98.832) / \cos\theta = 64.162m$ $L_2 = (13.800 - 2.853) \times \sin\theta = 0.377m$ THEREFORE, INVISIBLE LENGTH $= L_1 + L_2 = 64.162 + 0.377 = 64.539m$	$L_1 = 120.277 - 98.832 = 21.445m$ THEREFORE, INVISIBLE LENGTH $= 21.445m$
INVISIBLE LENGTH / LOA		$= 64.539 / 103.000 = 0.627 \text{ LOA} \leq 1.5 \text{ LOA}$	$= 21.445 / 103.000 = 0.208 \text{ LOA} \leq 1.0 \text{ LOA}$

위와 같은 방법의 계산식을 적용하여 엑셀 프로그램화하면 다음과 같이 나타낼 수 있으며, 비상이안 VLCC 선박들의 맹목구간을 구할 수 있다.

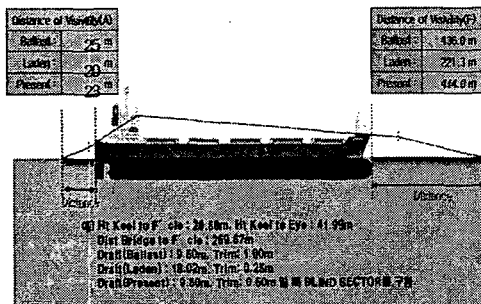


Fig. 11 선박의 맹목구간

4.3 항적재현 및 VLCC 선박의 맹목구간 분석

위 두 실험결과를 살펴보면 최근 1년간(2004. 04 ~ 2005.04) SK(주) SPM 3기에서 비상이안 한 24척의 선박 중 선박상세를 비교적 자세히 알 수 있는 VLCC 선박 17척의 VTS AIS자료를 분석하여 항적을 재현한 결과 비상 이안시에는 예인선을 사용할 수 없음을 감안하면 비상이안시 필요한 선박 조종영역은 최소 500미터, 최대 590미터가 필요함을 알 수 있다.

또한 VLCC 선박들의 맹목구간은 VLCC 선박들의 선교에서 선수까지의 거리가 282~293미터일 경우, 선수 쪽으로 만재시에는 220미터, 공선시에는 440미터의 영역을 가지고, 선교에서 선미까지의 거리가 45~47미터인 경우, 선미쪽으로 만재시에는 20미터, 공선시에는 25미터의 영역이 맹목구간이 존재함을 알 수 있다.

5. 결 론

SPM은 대부분 외해에 설치되어 있어 기상악화로 인한 비상 이안시에는 강한 바람과 높은 파고로 도선사의 승선이 불가하여 자력조선을 하여야하며, 예인선을 사용할 수 없는 경우가 대부분이다. 사용할 수 있다 하더라도 효율이 현저히 떨어져 원유선의 조종이 제약되므로 SPM 비상 이안 선박의 조종영역을 연구하기 위한 기초단계로 VTS의 SPM 비상이안 선박의 AIS자료를 통한 항적재현 분석과, 그 선박들의 선박상세를 통한 맹목구간을 분석할 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) VTS AIS자료를 통한 항적재현 결과 물리적인 SPM 비상 이안 선박 조종영역은 최소 1.8L이 필요하다.
- (2) VLCC 선박조종자는 SPM 비상이안시 조종선박의 선미 쪽 조종영역이나 맹목구간에 물표 및 장애물이 존재하지 않는 것을 확인할 때 안전하다고 느끼므로 선미쪽으로 최대 0.1L의 맹목구간이 존재한다.
- (3) 이 두 가지를 종합해보면 SPM 비상이안시 VLCC 선박의 물리적인 최소 조종영역은 1.9L 이상이 되어야 하고, 여기에 선박조종자가 느끼는 심리적 여유거리를 고려해야 할 것으로 판단된다.

이 연구는 앞으로 SPM 건설 및 항만 개발시 선박 조종영역의 기준을 제시하는 기초 자료로 이용 될 수 있지만, 선박조종자의 심리적 여유거리를 산출하지 못하였다. 향후 연구과제로는 이 연구를 바탕으로 다양한 자연요소 및 비상이안한 선박들의 재원 및 선박조종자의 심리적 여유거리에 대한 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] 한국해양수산연구소 보고서(1999. 11) - 중앙방파제 건설에 따른 NO.2, 3 BUOY 운용안정성 검토 보고서
- [2] 한국해양연구원(2002), 해양과학총서8, 선박의 이해 제4절 선박의 조종성능 pp.141-151.
- [3] 해양수산부(2003), 울산신항 개발계획 정비용역 선박조종 시뮬레이션보고서
- [4] American Bureau of Shipping(1996) - Rules for Building and Classing Single Point Mooring, Part3 Section 1
- [5] IMODCO - SPM 작업제한 권고사항
- [6] Oil Companies International Marine Forum(국제석유회사 평의회, 1993) - Effective Mooring
- [7] Rotterdam/Europort 협수로내의 대형원유선의 모델시험
- [8] SK(주) 및 S-Oil SPM 운영현황 및 비상이안 자료(2005).