

SPM 이안 선박의 조종영역에 관한 연구

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

김진수*
Kim Jin-Soo*

ABSTRACT

SPM, which is an abbreviation of Single Point Mooring, also called as SBM(Single Buoy Mooring), is a special buoy besides the quays of the harbor for mooring ships, and is normally a 3m wide cone or cylinder shaped steel drum fixed underwater so it won't move, and is used for mooring cargo-work at outer port by laid-up ships and large crude oil carrier

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.

The standard for handling ranges of the SPM operations was tested and verified by a simulation.. So that it is necessary to propose the new standard about how to maneuvering area actually.

※ **Keywords** : VLCC, SPM, Maneuvering Area, Auto Identification System, Ship's Track Replay, Ship Operation Simulation

* 선박안전기술공단 목포지부

1. 서 론

SPM은 Single Point Mooring의 약어로 선박 계류용 부표를 말한다. 현재 우리나라에서는 SPM 설치기준이 없으며, 외국의 설치기준을 참조하고 있지만, 이 기준들이 일관성 및 근거가 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 우리나라에서 가장 많은 해상원유수송이 이루어지는 울산항을 대상으로 하여 조종영역 및 SPM설치기준을 마련하였다.

현재 울산항에서는 기상악화로 인한 VLCC의 Single Point Mooring 비상이안이 빈발하고 있으며, 신항만 건설로 SPM 주위에 방파제가 건설됨에 따라 SPM 이안 선박의 조종영역의 기준을 제시할 필요성이 대두되고 있다.

본 연구에서는 다음과 같은 연구 방법으로 SPM 이안 선박의 조종영역 기준을 제시하고자 한다.

첫째, 기존 SPM 설치기준의 조사 및 분석. 둘째, 현재 우리나라 울산항의 SPM 운영 현황 및 비상이안 조건 및 실태조사. 셋째, 최근 1년간 SPM에서 비상이안 한 선박들의 데이터를 기초자료로 그 당시 VTS의 AIS 자료를 근거로 하여 항적을 재현하여 결과를 분석. 넷째, SPM에서 선박 끝단까지의 거리에 선박의 맹목구간을 파악. 마지막으로 선박조종시물레이션을 통해 검증하여 SPM 이안 선박의 조종영역 기준을 제안 하고자 한다.

2. SPM 설치기준 고찰

SPM은 Single Point Mooring의 약어로 SBM(Single Buoy Mooring)이라고도 하며, 항만 내의 부두외에 특별히 설치된 선박 계류용 부표

로서, 통상 직경 3미터 내외의 강재로 된 원추형 또는 원통형의 철제통을 해상에 띄우고 움직이지 않도록 해저에 고정시킨 계선시설이나 대형원유수송선이 외항에서 계류하여 하역할 수 있도록 설치된 대형부표를 말한다. SPM 구조는 일반적으로 부채, 계류환, 부채쇄, 침추, 침쇄 앵커 등으로 구성된다. 전 세계적으로 약 82%정도가 CALM(Catenary Anchor Leg Mooring)방식을 택하고 있다.

Fig. 1은 대표적인 SPM의 형성을 나타내고 있다.

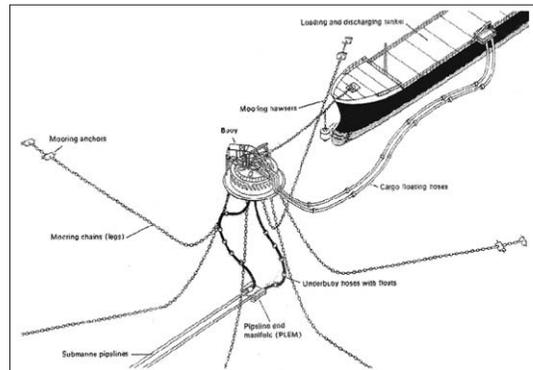


Fig. 1 Arrangement Plan of Single Point Mooring

2.1 SPM 설치기준 및 운용조건

1) SPM 설치기준

이 연구에서는 SPM 설치기준에 대한 선행연구를 고찰하였다.

- ① 한국해양수산연구소(한국해양수산연수원, 1999)
 - 원유선 접이안시 방파제입구에서 통항선박의 항로를 차단하지 않도록 충분한 여유 수역을 주어야 하며, 울산항 항로와 온산항 항로의 교차지역에서 통항선박이 제한구역

침범하지 않도록 제한구역과 충분한 거리를 유지해야 한다. 즉, SPM을 중심으로 반경 1,220(0.66마일)미터 이내 장애물이 존재하지는 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 대형 원유선의 모델시뮬” 결과

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

⑤ SK(주) 자체기준(1999)

- 해저배관 루트는 가급적 항로를 피해야 하며, 묘박중인 선박의 주모나 항해중인 선박의 비상투묘, 중량물 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 악화시는 예인선의 효율이 현저히 떨어져 원유선의 조종이 제약, 계류색 파단 또는 엔진고장에 대비해야

한다. 반사파의 영향으로 인한 접안가능일수 감소 및 비상이안을 최소화하기 위해서 방파제와 안전거리는 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.

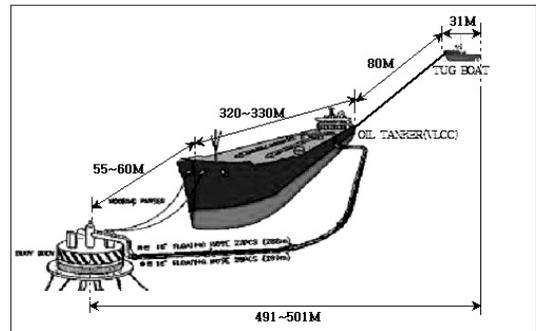


Fig. 2 Standard of SPM Control Area

- 위 Fig. 2 원유부이 제한구역 기준에서 보듯이, 원유선의 길이, 계류색의 길이, 선미 예인선의 길이를 고려하면 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 한 육상의 저장시설에서 가까워야 하나, 주위의 생산시설과 일정한 거리를 두어야 한다.

- ③ 원유선의 안전성 측면만을 고려하여 조종구역이 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 수면은 SPM의 배수량 결정과 묘박시스템의 수직방향 장력계산에 필요하다.

또한 해수면은 접·이안이나 계류중인 선박의 선저안전수심을 결정하는데 중요하다.

충분한 수역 외에도 예상되는 최대 선형 선박의 조종이 가능할 수 있는 수심을 확보하여야 한다. 최대수심은 최대선형 선박이 계류중일 때나 최악의 기상상황에서 계류중일 때 선저나 기타의 장애물(해저배관, 해저 매니폴드 등)에 영향을 받지 않을 정도의 수심이 확보되어야 한다.

선박의 크기와 해상상태의 요건으로서 최소 선저수심 확보를 위한 요구 준설수준은 여러가지 요소에 따라 결정된다.

수심이 결정되고 나면 위험선, 예를 들면 최소 수심의 경계선의 최소거리가 결정되어야 한다.

수심 대 흘수 선저 안전수심 실험치에서는 일반적으로 조건이 매우 나쁜 해역에서는 원유선 길이의 4배, 원유선이 만선 상태로 입항하는 양하 터미널에서는 조건이 그리 나쁘지 않을 경우 3배 정도가 필요한 것으로 알려져 있다.

두 SPM간의 거리도 동일한 조건이 적용된다.

3. 울산항 SPM 운영현황

3.1 울산항 SPM 운영현황 및 신항 개발계획

1) 울산항 SPM 운영현황

Table 1에서 보듯이 울산항은 SK(주) 3기, S-Oil 1기, 한국석유개발공사(KNOC) 1기 등 총 5기의 원유부이가 운영되고 있다.

Table 1 State of Oil Loading Facilities in ULSAN

DESCRIPTION	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	19.66미터	19.66미터	22.6미터	23미터	24미터

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

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 1995년 신항만 예정지역 고시가 시작되었으며, 1996년 울산신항만 개발 기본계획에 의하면 항만개발은 단계적으로 이루어지며 최종적으로 총 49선석수 규모로 50,218천톤의 화물을 처리하게 된다. 2011년까지 개발된 사업대상지역의 평면 배치는 Fig. 3과 같다.



Fig. 3 Ground Plan for Development of Ulsan new port

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

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 항로 경계와의 이격거리는 150미터이고, 북방파제와의 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 남방파제와의 이격거리는 1,280미터, SK(주) 3번 원유부이와 남방파제와의 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 남방파제와의 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 보장되지 못해 해난의 위험에 노출된다.

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 Fig. 4 와 Fig. 5에서

보통이 봄철에는 NW~NNE 사이의 바람이 탁월하고 S 계열의 바람이 약하다. 여름철에는 NNE~E 사이의 바람이 탁월하고 NW~N 계열의 바람은 약하다. 가을철에는 NW~NE 사이의 바람이 탁월하고 S 계열의 바람은 약하다. 겨울철에는 NW~N 사이의 바람이 탁월하고 SE~SW 사이의 바람은 약하다.

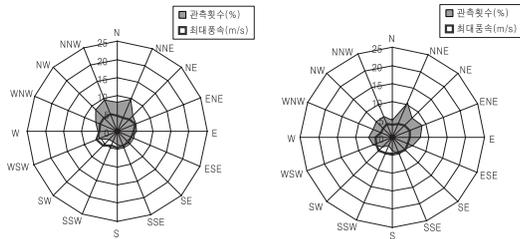


Fig. 4 Wind speed and Times of observation, spring and summer in ULSAN

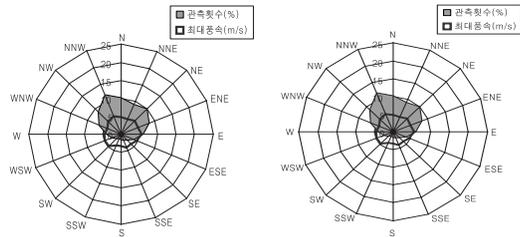


Fig. 5 Wind speed and Times of observation, autumn and winter in ULSAN

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

3.3 울산항 SPM 비상이안 실태 조사

울산항에 위치한 원유부이에 계류하여 하역 작업을 하고 있던 선박이 갑작스러운 기상이변으로 인하여 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 Table 2, 3, 4와 같다.

Table 2 Condition of Emergency Moving in SK Co.,

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

Table 3 Condition of Berthing Work in ULSAN SPM

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

Table 4 Recommend Facts of SPM work (IMODCO)

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

2) 울산항 SPM 비상이안 실태조사

Table 5는 최근 1년간(2004. 4~2005. 4) 울산항 SK(주)의 SPM 3기에서 비상 이안한 24척의 선박 중에서 선박 항적 재현시 비상이안 선박의 선박상세가 자세히 파악되어야 하므로, 비교적 선박 상세를 자세히 알 수 있는 VLCC급 선박 17척을 대상으로 비상이안 실태를 조사하였다.

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

터미널별로 설정한 비상이안조건에 의해 비상이안한 경우를 살펴보면 특히 봄철 남~남동풍에 의한 영향이 가장 큰 것을 볼 수 있으며, 대부분 선박이 풍속 13m/s, 파고 1.5미터 이상의 기상상태에서 비상이안 것을 확인할 수 있다.

4. SPM 이안 선박의 조종영역 분석

4.1 AIS 정보를 이용한 항적재현 분석

울산 SK(주) SPM 3기에서 비상이안한 17척의 VLCC의 선박 제원을 바탕으로 그 당시의 울산항 VTS의 AIS 항해데이터로 텍스트 형태로 변환한 후에 선박의 항적을 재현하였다.

AIS 항해데이터에는 Fig. 6에서 보듯이 일시,

Table 5 Condition of Emergency moving in SK Co., SPM

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	337.6	59.6	20.996	299,023	NO.3 BUOY
6	2004 09/28 14:30	M/T TAIZAN	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

선박의 식별부호(MMSI)정보, 위치(위도 및 경도), 선수방위 등이 나타난다.

필요한 선박의 AIS 항해데이터와 그 선박의 제원을 통해 비상이안시 선박의 항적을 재현하면 다음과 같이 나타난다.

result-040731-list0.txt - 메모장

```

파일(F) 편집(E) 서식(O) 보기(V) 도움말(H)
2004-07-31 4:54:53,273435450,129.3901,35.3276,210,210.7
2004-07-31 4:54:54,515178000,129.56,35.4909,12,189.3
2004-07-31 4:54:55,564357000,129.3805,35.4983,332,330.5
2004-07-31 4:54:55,441280000,129.3727,35.5239,355,166
2004-07-31 4:54:56,636098304,58.6164,26.4329,168,336.1
2004-07-31 4:54:56,0,0,0,0,0
2004-07-31 4:54:57,351676000,129.5195,34.9846,142,51
2004-07-31 4:54:57,355634000,129.3996,35.4793,9,0
2004-07-31 4:54:57,477480000,129.4329,35.5101,-1,29.9
2004-07-31 4:54:58,477594000,129.654,35.3825,271,269
2004-07-31 4:54:58,440213000,129.4115,35.4606,11,105
2004-07-31 4:54:58,240051000,129.4568,35.4244,-1,0
2004-07-31 4:54:58,440219000,129.4273,35.1045,30,33
2004-07-31 4:54:58,515178000,129.5599,35.6908,27,189.5
2004-07-31 4:54:59,273435450,129.3899,35.3273,210,210.7
2004-07-31 4:55:00,240213000,129.3914,35.4779,8,167
2004-07-31 4:55:00,352938000,129.7122,35.2794,4,8.6
2004-07-31 4:55:00,351676000,129.5195,34.9846,142,51
2004-07-31 4:55:00,564237000,129.825,35.1209,54,55
2004-07-31 4:55:00,441356000,102.2949,68.6498,286,331.6
    
```

Fig. 6 Text data of AIS

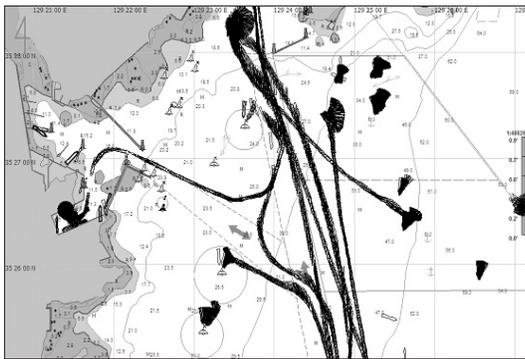


Fig. 7 Ship's Track Replay use of AIS Navigation Data

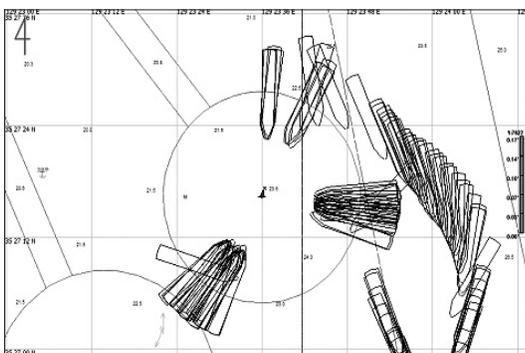


Fig. 8 Ship's Track Replay at SK Co., SPM No.1

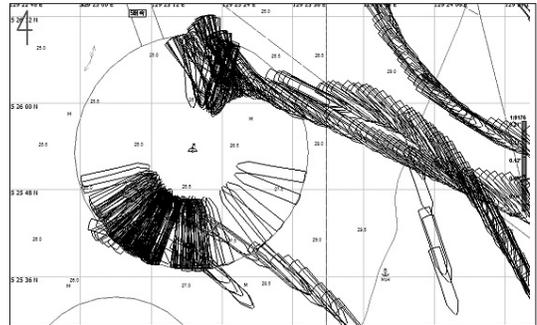


Fig. 9 Ship's Track Replay at SK Co., SPM No.3

Fig. 7, 8, 9의 항적재현 자료를 통해 비상이안시 선박조종영역을 분석한 결과 비상이안시에는 예인선을 사용할 수 없음을 감안하면 비상이안시 필요한 선박 조종영역은 최소 500미터, 최대 590미터가 필요함을 알 수 있다.

4.2 선박의 맹목구간 분석

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

Table 6 EXAMPLE - Training Ship "SAE NU RI"

1) 선박상세

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

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	$Z = (-5.850 / 28.512) X + 34.078$	VIEW LINE	$Z = (-5.850 / 28.512) X + 34.078$
	WATER LINE	$Z = (-3.24 / 94.00) X + 6.26$	WATER LINE	$Z = (-3.24 / 94.00) X + 9.40$
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	$\theta + \tan^{-1}(3.24 / 94.00) = 1.9741^\circ$ $M = 3.02 - 4.832 \times \tan\theta = 2.853m$ $L1 = (162,956 - 98,832) / \cos\theta = 64,162m$ $L2 = (13,800 - 2,853) \times \sin\theta = 0,377m$ THEREFORE, INVISIBLE LENGTH = $L1 + L2 = 64,162 + 0,377 = 64,539$		$L1 = 120,277 - 98,832 = 21,445m$ THEREFORE, INVISIBLE LENGTH = 21,445m	
INVISIBLE LENGTH / LOA	= 64,539 / 103,000 = 0.627 LOA ≤ 1.5 LOA		= 21,445 / 103,000 = 0.208 LOA ≤ 1.0 LOA	

위와 같은 방법의 계산식을 적용하여 엑셀 프로그램화하면 다음 Fig. 10과 같이 나타낼 수 있으며, 비상이안 VLCC 선박들의 맹목구간을 구할 수 있다.

또한, 실제 선박을 상황별로 축소하여 실측하면 보다 정확한 상황별 선박의 맹목구간 값을 알 수 있다.

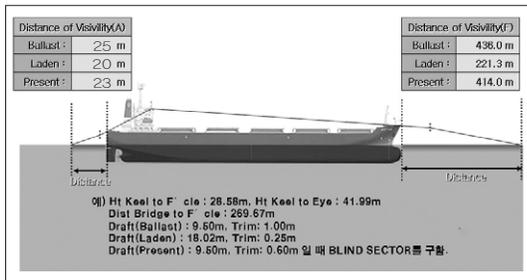


Fig. 10 Ship's Blind Sector

이렇게 분석한 VLCC 선박들의 맹목구간은 VLCC 선박들의 선교에서 선수까지의 거리가 282~293미터일 경우, 선수쪽으로 만재시에는

220미터, 공선시에는 440미터의 영역을 가지고, 선교에서 선미까지의 거리가 45~47미터인 경우, 선미쪽으로 만재시에는 20미터, 공선시에는 25미터의 영역이 맹목구간으로 존재함을 알 수 있다.

4.3 항적재현 및 VLCC 선박의 맹목구간 분석

Table 7 Ship's Maneuvering Area

항적재현 분석 결과	최대	500미터	
	최소	590미터	
맹목구간 분석 결과 [VLCC 선박을 대상으로 함. - 선교에서 선수까지 거리 : 282~293미터, - 선교에서 선미까지 거리 : 45~47미터인 경우]	공선시	선수쪽	440미터
		선미쪽	25미터
	만재시	선수쪽	220미터
		선미쪽	20미터

최근 1년간(2004. 04~2005.04) SK(주) SPM 3기에서 비상이안한 24척의 선박 중 선박상세를 비교적 자세히 알 수 있는 VLCC 선박 17척의 VTS AIS자료를 분석하여 항적을 재현한 4.1과 VLCC 선박의(선교에서 선수까지 거리가 282~293미터, 선교에서 선미까지 거리 45~47미터) 선박제원을 이용 맹목구간을 분석한 4.2를 통해 비상이안한 VLCC 선박의 조종영역은 위의 Table 7과 같이 정리된다.

4.4 심리적 여유거리에 관한 고찰

4.1~4.3까지의 연구는 SPM 건설 및 항만개발 시 선박 조종영역의 기준을 제시하는 기초 자료로 이용될 수 있지만, 선박조종자의 심리적 여유거리를 고려하지 못하였다.

심리적 여유거리를 고려한 선박의 조종영역을

제시하여야 보다 정확한 비상 이안 선박의 조종영역 기준을 제시할 수 있기에 고찰 하였다.

4.4.1 범퍼영역(Bumper Area)

범퍼영역은 폐쇄영역이라고도 하며, 해상교통에서는 선박이 항해중에 조우하는 선박의 영역 안에 들어오는 것을 피하려는 영역 즉, 선박이 항행중에 안전을 위해 자선의 주변에 필요로 하는 영역을 의미한다. 일반적으로 한 선박이 다른 선박과 함께 수로를 항진할 때에는 길이 방향의 안전거리가 확보되어야 하며, 횡방향으로도 적정한 거리가 확보되어야 하므로 한 선박을 중심으로 하여 전후방향 및 횡방향으로 일정한 크기의 Bumper를 지나는 형태를 이루게 된다. 이러한 영역을 범퍼영역이라 한다.

범퍼영역의 크기는 선박의 크기, 속도등의 조종 성능, 조류, 시계, 지형등의 자연환경, 선박의 교통환경등에 의해 변화된다. 이 크기는 속력과 크기가 비슷한 두 선박간에 있어서는 한 선박을 중심으로 하여 전후방향(장반경: r)으로 각 선체길이 L 의 4배, 횡방향(단반경: s)으로 좌우 각각 1.6배의 여유수면을 확보해야 하는 것으로 알려져 있으며 이것은 범퍼영역의 하나이며 전후방뿐만 아니라 횡방향 여유수면의 크기를 규정함으로써 선박 운항에 있어서 필요한 최소한의 점유수역을 나타내는 개념이다. 선박의 길이가 서로 다른 경우에는 후속선박이 충돌의 위험을 감지하고 피항조치를 취하는 주체가 되므로 선박간의 피항영역의 크기를 정하는데 있어서 이 후속선박의 조종성능에 가중치를 두는 것이 타당하다. 따라서 후속선박의 길이에 가중치를 둔 두 선박의 평균 길이를 범퍼영역을 구하는 선박의 기본 길이로 한다.

범퍼영역 이론을 통하여 분석해보면 개방된 외해에서는 선박의 선미로부터 약 1.1L, 제한구역에서는 약 0.5L의 심리적 여유거리를 가짐을 알 수 있다.

4.4.2 PIANC Rule의 내용

조선수역에는 선박이 속력을 줄이는데 필요한 수역과 선회에 필요한 수역이 갖추어져야 한다. 수역의 폭은 선박을 정지시키기 위한 조선동작시, 특히 싱글 스크루 선박에 있어서의 기관후진시 배수류 측압작용에 의한 편위량을 고려해야 한다.

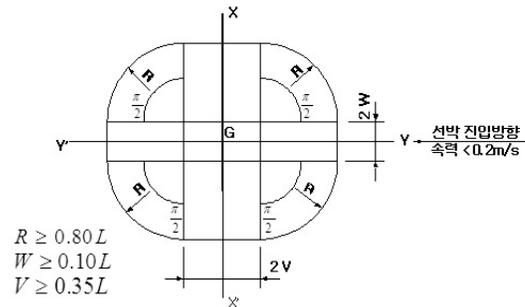


Fig. 11 Size of turning circle(PIANC)

정상적인 상태에서 선회할 때의 선박과 예인선의 이동을 위해 필요한 선회수역의 모양과 크기는 대상선박의 길이와 특성에 따라 위의 Fig. 11과 같이 정의된다. 대부분의 경우 선회수역의 중심점인 G는 선박의 이론적인 침로 상에 존재하며, 이 지점에서의 선박의 속력은 통상 0.20m/s 이하이어야 한다. 만약 선박이 예인선의 조력을 받아 이론적인 침로를 지킬 수 있고 선회수역의 중심이 잘 표시되어 있다면 항로 폭(W)을 0.10L 이하로, 그리고 선속(V)을 0.35L 이하로 할 수 있다.

실질적인 모든 경우에서 선회수역의 크기는 지름이 2L인 선회장을 요구하며 자력으로 회두하는 경우 지름을 3L로 기준으로 한다. 그러한 경우에 만약 선박이 예인선의 조력을 받아 이론적인 침로를 지킬 수 있고 선회수역의 중심이 잘 표시되어 있다면 W를 0.10L 이하로, 그리고 V를 0.35L 이하로 할 수 있다.

비상이안시에는 예인선의 조력을 받을 수 없기 때문에 자력의 선회수역 3L에서 선수쪽 심리적 여유거리 및 선박의 길이를 제외하면 선미쪽으로 심리적 여유거리는 1L이 존재한다.

4.4.3 미국 항만 설계 지침의 내용

1) 선회수역(Turning Basin)의 위치

제한된 내측 항로에서는 선박이 항로를 되돌아가거나 항구를 떠나거나 아니면 방향을 크게 바꿀 때 필요한 선회수역을 마련해 두어야 한다. 이 선회수역은 통상적으로 항로의 상류 부분 또는 지선 항로의 입구 부분에 설치된다.

2) 선회수역의 크기

선회수역은 최대 선박 전장의 1.5배의 길이를 직경으로 하는 선회권을 확보 할 수 있을 만큼 커야 한다. 선박 통항에 여유가 있으면 Fig.12에 보이는 것과 같이 항로를 선회수역의 일부로 활용할 수 있다. 바람 또는 조류가 강하거나 선박 통항량이 매우 많은 경우에는 선회수역의 크기가 더 커져야만 한다.

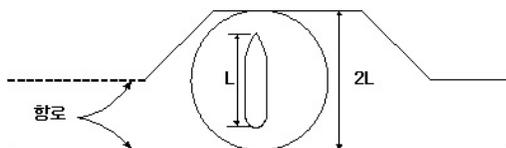


Fig. 12 Turning Basin

위 그림 Fig.12를 살펴보면 선박 길이 1L을 제외하면 각각 선수, 선미쪽으로 심리적 여유거리 0.5L이 존재함을 알 수 있다.

4.4.4 일본 항만 설계 지침의 내용

선회수역의 면적은 다음의 값이 표준으로 되어 있다.

- 자력으로 회두하는 경우 : 3L을 직경으로 하는 원
- 예인선에 의한 회두의 경우 : 2L을 직경으로 하는 원

지형 등에 의해 부득이한 경우에는, 앵커, 바람 또는 조류를 이용할 수 있으므로, 다음 값까지 그 크기를 줄일 수 있다.

- 자력으로 회두하는 경우 : 약 2L을 직경으로 하는 원
- 예인선에 의한 회두하는 경우 : 약 1.5L을 직경의 원

비상이안시에는 예인선의 조력을 받을 수 없기 때문에 자력으로 회두하는 선회수역 3L에서 선수쪽 심리적 여유거리 및 선박의 길이를 제외하면 선미쪽으로 심리적 여유거리는 1L이 존재함을 알 수 있다.

4.4.5 우리나라 항만 및 어항 설계기준

선박의 선수가 회전하는데 필요한 수역규모 산정에는 회선의 형태, 회전능력, 계류시설, 항로의 배치, 기상·해상조건을 충분히 고려한다. 그러나 예인선을 이용한 회전, 충분한 추력을 갖는 스톱스터를 이용한 회전, 닻을 이용한 회전등의 경우에는 선회장이 필요하지 않을 수 있다.

1) 선회장의 위치

다른 수역시설 등을 고려하여 계류시설의 전면
에 적절하게 확보하는 것이 바람직하다.

2) 선회장의 규모

- 자력에 의한 회전의 경우 : 3L을 지름으로 하는 원
 - 예인선에 의하여 회전하는 경우 : 2L을 지름으로 하는 원
- 충분한 추력을 갖는 스타스터에서는 예인선과 동등하게 평가한다.

비상이안시에는 예인선의 조력을 받을 수 없음을 감안하면 선미쪽 심리적 여유거리는 1L이 존재함을 알 수 있다.

4.4.6 울산신항 선회장 검토

각 기준에 의한 대상선박의 선회장 소요 면적을 산정하여 정리한 것이 Table 8이다.

울산신항의 개발계획 제1안과 제2안에 의하면 북쪽 항만 및 남쪽 항만의 내수역에 배치된 선회장은 직경 400~500미터의 선회장이 항로의 연장선상에 확보되어 있어 수심과 항만의 정온도가 확보된다면 예인선의 조력에 의한 대상선박의 선회장으로 적절하다고 판단된다.

Table 8 Size of turning circle standard on vessel

단위:미터(직경)

구 분	대상선박	
	2만톤급 일반화물선	3만톤급 일반화물선
자력에 의한 선회(3L)	410	555
예인선 조력에 의한 선회(2L)	340	370

4.5 SPM 이안 선박의 조종영역

4.1~4.4의 항적재현 및 맹목구간 분석 실험 및 심리적 여유거리에 관한 고찰결과를 살펴보면 최근 1년간(2004년 04월~2005. 04) SK(주) SPM 3기에서 비상이안한 24척의 선박 중 선박상세를 비교적 자세히 알 수 있는 VLCC 선박 17척의 AIS자료를 분석하여 항적을 재현한 Fig.7~Fig.9의 항적으로부터 SPM 비상이안시 필요한 선박 조종영역으로 최소 500미터, 최대 590미터가 도출되어 물리적인 SPM 비상이안 선박 조종영역은 최소 1.8L(L은 VLCC선박의 평균전장인 320미터이다)이 필요함을 알 수 있다.

또한, VLCC 선박들의 맹목구간은 아래의 Table 9와 같은 선박제원에 추가해서 공선상태에서 수면에서 선교까지의 높이 및 수면에서 선수까지의 높이와 흘수, 만선상태에서 수면에서 선교까지의 높이 및 수면에서 선교까지의 높이와 흘수등 상세 정보를 통해 분석하였으며 분석 결과는 다음과 같다.

Table 9 Dimension of emergency leaving ship

번호	선명	MMSI	선교(GPS)에서 선수까지 거리	선교(GPS)에서 선미까지 거리	LOA
1	C.TRUST	355890000	282 m	46 m	327 m
2	C.EMPEROR	357415000	292 m	45 m	337 m
3	C.PLANNER	355776000	283 m	46 m	329 m
4	AZUMA ENTERPRISE	351454000	275 m	47 m	322 m
5	CHAMPION	353529000	292 m	45 m	337 m
6	NAVIGTOR	355430000	283 m	46 m	329 m
7	C.BRIGHT	354870000	287 m	46 m	333 m

선교(GPS)에서 선수까지의 거리가 275~292미터이고, 선교(GPS)에서 선미까지의 거리가 45~47미터인 경우, 선미쪽으로 만재시에는 20미터, 공선시에는 25미터의 영역 즉 선미쪽으로 최대 0.1L의 맹목구간이 존재함을 알 수 있다.

따라서 이 두가지를 종합해 보면 SPM 비상이 안시 VLCC 선박의 물리적인 최소 조종영역은 1.9L 이상이 되어야 함을 알 수 있다.

또한 선박의 조종영역은 이런 물리적인 조종영역 뿐 아니라 선박 조종자가 느끼는 심리적 여유거리를 고려하여야 하므로, 4.4에서 살펴본 심리적 여유 거리 1L을 고려하면 SPM 비상이안 선박의 최소 조종영역은 2.9L 이상 즉, 3L 이상이 되어야 한다.

5. 검 증

본 연구의 연구결과를 검증하기 위해서 이 장에서는 선박조종시뮬레이션을 통한 검증 절차를 시행하였다.

항만 및 수역시설 설계에서 선박조종시뮬레이션은 크게 항로 통항 안전성, 선회장의 적정성, 접·이안 안전성 평가에 주로 이용된다. 선박조종시뮬레이션 실험의 목표는 첫째 선박조선과정에서 고정 물표, 항해보조시설, 타선박과의 충돌여부, 항로경계를 벗어나는지 여부, 선박의 조종성 유지 여부를 검토하는 것이며, 둘째는 가능한 한 가장 효율적인 항로 운용방안을 도출하는 것이다.

5.1 선박조종시뮬레이션의 구성

본 검증에 사용한 전기능 선박조종시뮬레이터(Full mission ship hand-ling simulator)는 노

르웨이 NORCON에 의해 개발되어 목포해양대학교에 도입된 사람이 직접 조선하는 실시간 시뮬레이터로 실제 선박과 동일한 조종환경이 갖추어져 선박조선자의 다양한 조선특성을 정량적으로 분석할 수 있다.

선박조종시뮬레이터는 주 선교(Main bridge) 1실과 소 선교(Cubicle) 4실, 컴퓨터영상실(Computer image generator room), 감독실(Instructor operation station), 선박 모델링실(Mo de-ling station), 강평실(Debriefing room) 및 지원시설로 구성되어 있다. 선박조종시뮬레이터실의 배치도는 Fig.13과 같다.

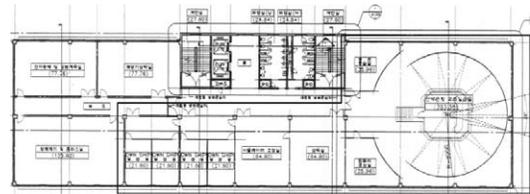


Fig. 13 Arrangement of ship handling simulator

본 검증에 사용된 선박조종시뮬레이터 구성 블록 다이어그램은 Fig. 14와 같다. 이 선박조종시뮬레이터의 특징은 현장사진을 이용하여 보다 현실감 있게 구성된 3차원 가상 해상환경에서 6축 자유운동(6 DOF)을 하는 5척의 모델선박이 동시에 항해할 수 있다는 것이다.

주 선교에서는 대형 구형 화면을 설치하고 7대의 Beam-projector를 사용해 수평복 250°, 수직폭 30°의 화면으로 영상을 재현하며, 모의선교(Bridge mock-up)에는 항해계기, 통신장비 등이 설치되어있다.

소선교에는 67 inches 대형 화면에 Beam-projector를 이용하여 영상을 재현하며, 화면제어

기(View-controller)를 이용하여 전 방위 상황을 전면 화면에 재현할 수 있으며, 각 소선교에는 항해계기, 통신장비 등이 설치되어 있다.

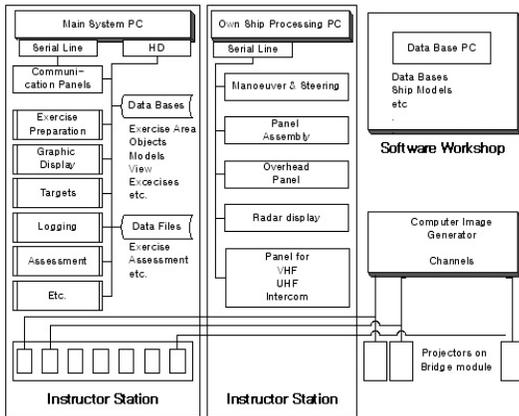


Fig. 14 Concept plane of system operating

5.2 선박조종시뮬레이션 수행을 위한 외력조건

시뮬레이션을 실시하기 위한 외력조건으로 바람, 조류 및 파랑을 설정하였다. 원유부이에서 비상이안하는 조선의 경우에 외력의 세기는 원유부이 운영상 비상이안의 경우에 준하여 바람은 E에서 35노트, 조류는 2.7노트, 파고는 3미터를 적용하였다. 각각의 원유부이에서 비상 안하는 경우 외력의 방향 및 세기는 주변에 위치한 원유부이 및 항만시설물과의 상호위치 관계에서 가장 위험성이 크게 나타날 것으로 예상되는 상황을 재현할 수 있도록 조합하여 설정하였다.

5.3 대상항만 및 대상선박 모델링

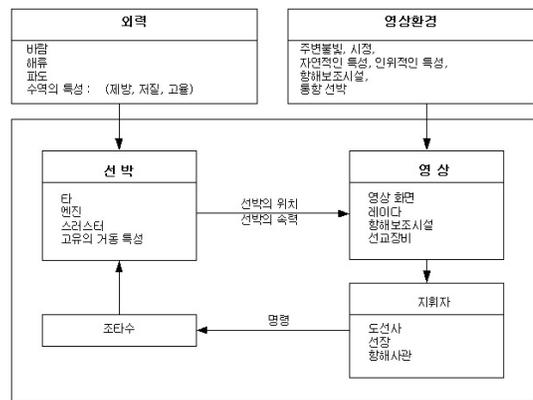
① 선박조종시뮬레이터는 모든 조선상의 문제점을 모델링 할 수 있어야 하며, 선박의 고유

거동을 수학모델로 근사하고 컴퓨터를 이용하여 계산한다. 시뮬레이션에서 선박 조선 시스템의 개념도는 Table 10과 같다.

중앙부분은 선박 조종자, 항해에 필요한 영상과 선박으로 구성된 순환루프를 형성하고 있다. 특히 영상은 선박조선에 필요한 현재의 환경을 물리적으로 묘사하게 된다. 또 다른 두 개의 필수적인 성분은 외력과 영상 환경이다. 이 두 성분은 선박의 위치에 따라 결정되며 선박과 조종자에 미치는 모든 외부적인 영향으로 수로의 형태, 시정, 조석, 파랑, 흐름, 바람 등과 지리적인 특성으로 항해보조시설, 건물과 교량과 같은 항로의 환경을 나타낸다. 선박의 거동에 작용하는 물리적인 외력은 대상항만 모델에 포함된다.

② 대상항만 모델링은 항만의 배치뿐만 아니라 바람, 수심, 흐름과 같은 외력과 영상화면을 포함한다. 이 모델은 임의지점에서 선박의 거동을 정확하게 표현하기 위해 유기적으로 연계된 데이터베이스와 보간 기법을 이용한다.

Table 10 Ship handling concept plane of simulator



울산신항 개발에 따른 항만시설 및 수역시설을 포함한 선박조종시물레이션을 위해 수립한 모델 항만의 울산신항 개발계획 정비구역 안의 평면배치도는 Fig. 15와 같다.

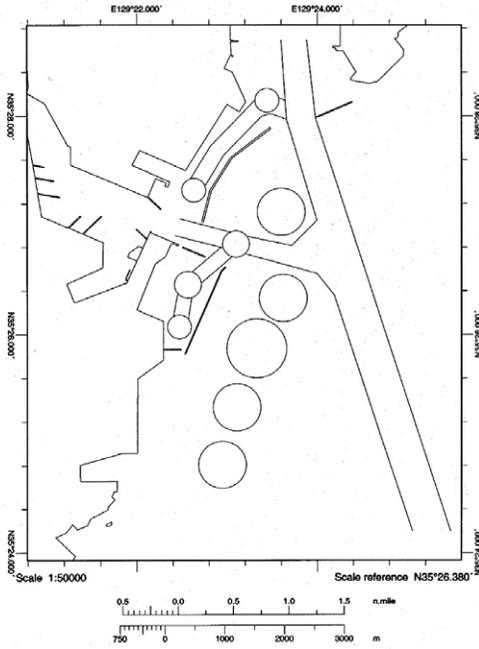


Fig. 15 Plan arrangement of model harbor

이외에도 개발과정에서 선박운항에 영향을 미칠 것으로 예상되는 시점의 모델항만을 별개로 구축하였다. 특히 기존 온산항 북방파제는 항만 건설계획에 의하면 최종적으로는 제거되어야 하지만 개발과정에서 온산항 내부의 항만정온도 확보를 위해 신설되는 북방파제의 남쪽부분인 진방위 194도, 550미터 구간이 축조된 이후에 제거될 예정이므로 북쪽 항만 건설에 따른 선박 통항 안전성 및 접·이안 안전성 평가를 위한 시물레이션 실험에서는 기존 온산항 북방파제와 신설될 북방파제가 모두 존재하는 것으로 한다.

각 모델항만에서는 항만시설 및 수역배치를 기본으로 하여 자료조사를 통해 수집한 수심 데이터, 조류 데이터, 조석 데이터, 바람 데이터, 항해 지원시설 및 선박조선에 영향을 미치는 육상물표가 입력되었다.

③ 선박거동을 표현하는 시물레이션 모델은 항로와 선박의 동역학적 특성을 컴퓨터상에서 나타내는 수학적모델이다.

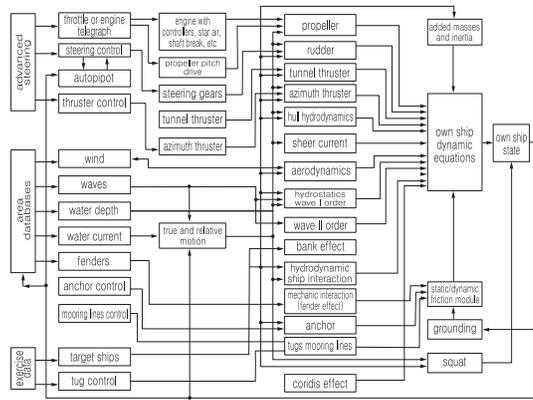


Fig. 16 Formation plan of ship model

선박조종시물레이션에 이용되는 수학적인 모델 선박은 선체의 운동, 선박 조종자가 조작하는 다양한 하부 시스템 및 선체 동역학적 특성과 같은 묘사되어야 할 여러 가지 물리적인 외력을 동시에 계산한다. 입력변수 및 정보의 흐름은 Fig. 16과 같다.

선박조종시물레이션을 위해 설정한 대상선박은 원유부이 비상이안 안전성 검토를 위해 30만톤급 유조선을 대상선박으로 선정하고 모델링 하였다. 모델선박의 조종성능실험의 Turning circles at max. rudder angle 및 Stopping characteristics는 Fig. 17, 18과 같다.

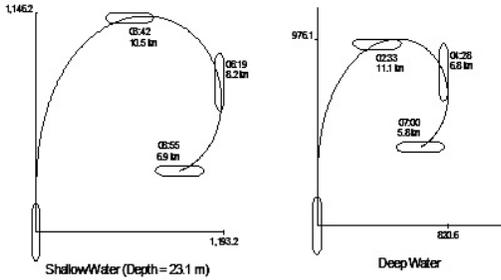


Fig. 17 Turning circle of VLCC

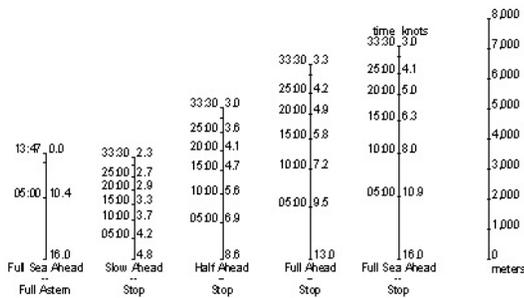


Fig. 18 Stopping characteristics of VLCC

5.4 원유부이 비상이안 안정성 평가

원유부이에서 비상이안 할 때의 안전성은 외력의 크기 및 방향, 외곽시설 및 주변 원유부이에 계류 중인 선박에 의한 수역의 제한 등에 의해 큰 영향을 받게 된다. 본 선박조종시뮬레이션에서는 원유부이에서 비상이안 안전성 평가를 위하여 대상 선박의 선미가 울산신항 항만시설, 즉 남방파제 쪽으로 향하고 있어 이안 조선에서 수역이 가장 제한되는 경우로 설정한다. 외력의 크기 및 방향은 선박 조선에 가장 관련할 것으로 판단되는 상황으로 설정하고, 인근에 위치한 원유부이에 계류 중인 선박들의 선미가 해당 원유부이 측으로 향하여 조선 수역을 가장 크게 제한하는 상황으로 설정한다.

비상이안 안전성 평가항목으로 선박의 항적, 인

근 원유부이 제한수역 및 신설되는 남방파제와의 근접거리, 선박의 제어도 및 선박조종자의 의견을 선정하였다. 원유부이 접·이안 및 비상이안 안전성을 비교 평가하기 위해 제어도 분석의 평가범위를 이안 이후 1해리만을 분석한다.

원유부이에서 비상 이안하는 조선방식의 주요 내용 및 절차는 다음과 같다.

- ① 원유부이에서 이안작업 시작 이전에 선박의 상태는 완전 준비상태이다.
- ② 계류삭 분리를 위한 장력의 조정은 선박의 윈치를 사용하여 이루어지는 것으로 한다.
- ③ 계류삭이 분리된 이후에 선박은 원유부이로부터 일정거리만큼 뒤로 떨어진 이후에 출항하는 것으로 한다.
- ④ 원유부이에서 이안하여 선박만의 제어력으로 정상적인 항해가 시작되면 시뮬레이션을 종료한다.
- ⑤ 이안 조선은 야간에도 이루어지는 경우가 있지만, 본 시뮬레이션 실험에서는 주간에만 이루어지고 시정은 양호한 것으로 설정한다.

1) SK#3 원유부이 서쪽 비상이안

SK#3 원유부이(현행)에서 서쪽으로 비상 이안하는 과정에서 근접도를 고려해야 하는 외곽시설은 대상 원유부이의 서북서쪽으로 직선거리 약 1,000미터 이격되어 있는 신설되는 남방파제이며 최근접거리는 원유부이에서 멀어지는 과정에서 360미터이다. 원유부이의 남쪽으로 1,100미터 이격되어 있는 S-OIL 원유부이의 제한수역 경계와 최근접거리는 대상선박이 원유부이를 정횡 통과할 때 250미터로 대상선박의 이안 조선에는 영향이 없을 것으로 판단된다. 울산신항 전면 수역에 위치한 SK#3 원유부이(현행)에서 서쪽으로 비상

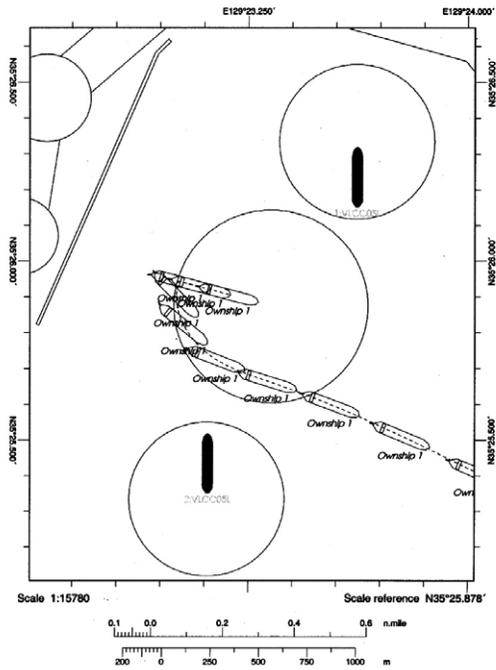


Fig. 19 Ship's operation track figure (SK#3)

Table 11 Ship's control load(SK#3)

조 타 각	절 대 값 평 균	11.46
	절대값표준편차	13.76
	제 곱 평 균	319.80
조 타 기 사 용 지 수	평 균	8.36
	표 준 편 차	10.50
반 전 타 사 용 횟 수		3
선 수 방 위	평 균	179.04
	표 준 편 차	68.14
표 류 지 수	평 균	0.26
	표 준 편 차	1.01
항 적	평균 항적면적	402.98
	최대 항적면적	1,064.67
	평균 항적폭	47.87
R P M	절 대 값 평 균	57
	절대값표준편차	16.47
추진기 효율성	평 균	3137.44
	표 준 편 차	46,525.10
선박의여유 제 어 량	평 균	76.11
	표 준 편 차	29.99

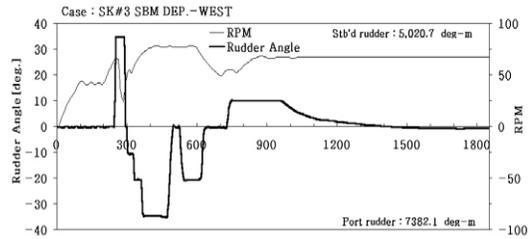


Fig. 20 Woke load figure of M/E with steering gear

이안하여 대상 원유부이 남쪽수역을 통해 출항하는 조선 시뮬레이션 결과, 항적도 분석에서 대상 원유부이에서 떨어진 이후 출항조선을 위한 대각도 변침이 요구되지 않고, 출항항로로 이용될 대상 원유부이의 남쪽 수역이 부유호스에 의해 제한되지 않아 비상이안에 뒤따른 출항조선이 어렵지 않게 이루어졌다. 선박의 근접도 평가와 제어도 평가에서는 제1안보다는 불리하지만 비상이안이 충분히 가능한 것으로 분석되었으며, 선박조종자의 의견도 심리적 압박감 이외에는 거의 위험감을 느끼지 않았다는 의견을 제시하여 대상 원유부이에서 서쪽으로 이안하는 조선의 안전성은 확보되었다고 판단된다.

2) SK#2 원유부이 서쪽 비상이안

SK#2 원유부이에서 서쪽으로 비상 이안하는 과정에서 근접도를 고려해야하는 외곽시설은 대상 원유부이의 서쪽으로 직선거리 약 1,090미터 이격되어 있는 신설되는 남방파제이며 최근접거리는 원유부이에서 멀어지는 과정에서 450미터이다.

원유부이의 북쪽에 위치한 SK#2 원유부이의 제한수역 경계와 최근접거리는 대상선박이 원유부이를 정횡 통과할 때 500미터로 대상선박의 이안 조선에는 거의 영향이 없을 것으로 판단된다.

울산신항 전면 수역에 위치한 SK#2 원유부이에서 서쪽으로 이안하여 대상 원유부이 북쪽수역을 통해 출항하는 조선 시뮬레이션 결과, 항적도 분석에서 대상 원유부이에서 멀어진 이후 출항조선을 위한 대각도 변침이 요구되지 않고, 대상 원유부이의 북쪽 수역에 여유가 있어 출항조선이 어렵지 않게 이루어졌다. 선박조종자의 의견도 위험감을 느끼지 않았다는 의견을 제시하여 대상 원유부이에서 서쪽으로 이안하는 조선의 안전성은 확보되었다고 판단된다.

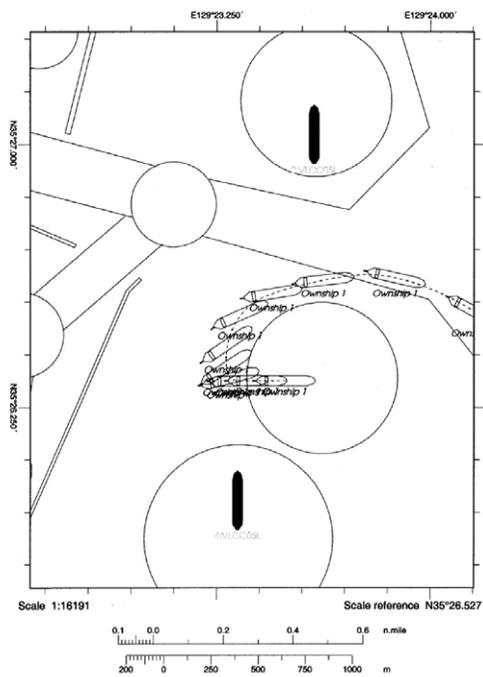


Fig. 21 Ship's operation track figure (SK#2)

그러나 이안초기에 선박의 주기에 의한 제어력의 대부분은 SK#2 원유부이와 남방파제와의 이격거리 유지에 이용되었고, 부유 호스에서 충분히 떨어진 이후에는 전진타력과 최대 좌현타를 사용

하여 원유부이 경계수역의 좌현 측의 항로를 이용하여 출항하였다. 그리고 울산항 제1항로와 제3항로 분기 지점 부근에서 선회해야 하므로 울산항 및 울산신항 항로를 이용하는 출입선박을 관제하여 항법관계가 발생하지 않도록 해야 할 필요가 있다.

Table 12 Ship's control load(SK#2)

조 타 각	절 대 값 평 균	17.11
	절대값표준편차	15.11
조 타 기 사 용 지 수	제 곱 평 균	520.09
	평 균	11.30
반 전 타 사 용 횟 수	표 준 편 차	9.61
		4
선 수 방 위	평 균	165.30
	표 준 편 차	122.23
표 류 지 수	평 균	0.37
	표 준 편 차	1.21
항 적	평균항적면적	421.88
	최대항적면적	1,434.60
	평균 항적폭	53.08
R P M	절 대 값 평 균	56.38
	절대값표준편차	18.06
추진기 효율성	평 균	2,658.76
	표 준 편 차	29,701.90
선박의 여유 제 어 량	평 균	67.72
	표 준 편 차	27.45

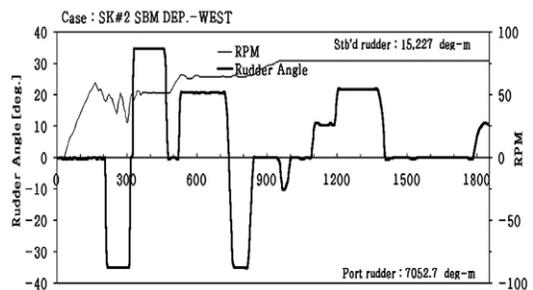


Fig. 22 Woke load figure of M/E with steering gear

위 선박조종시뮬레이션에서 살펴보았듯이 실제 비상이안시 보다 더 극한 조건에서 시뮬레이션을 시행했음에도 불구하고 SPM 비상이안 선박의 AIS자료를 통한 항적재현 분석과, 그 선박들의 선박상세를 통한 맹목구간을 분석, 심리적여유 거리를 고려하여도 현재 울산신항개발계획에 의한 SPM의 이설위치는 SPM 계류·이선함에 있어 지장이 없으며, 적절한 선박의 조종영역을 유지하고 있음을 알 수 있다.

6. 결 론

6.1 연구의 결과

SPM은 대부분 외해에 설치되어 있어 기상악화로 인한 비상이안시에는 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 비상이안 선박의 조종영역을 연구하기 위한 기초단계로 SPM 비상이안 선박의 AIS자료를 통한 항적재현 분석과, 그 선박들의 선박상세를 통한 맹목구간을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

또한, 심리적 여유거리에 관한 고찰과 선박조종시뮬레이션을 통해 아래의 분석 결과를 검증하였다.

- (1) AIS자료를 통한 항적재현 결과 물리적인 SPM 비상이안 선박 조종영역은 최소 1.8L 이 필요하다.

- (2) VLCC 선박조종자는 SPM 비상이안시 조종 선박의 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 한다.

- (4) 그러나 여기에 선박조종자가 느끼는 심리적 여유거리인 1L을 고려해야한다. 물리적인 조종영역인 1.9L에 선박조종자가 느끼는 심리적 여유거리인 1L을 고려하면 SPM 비상이안 선박의 최소조종영역은 2.9L 즉 최소 3L 이상이 되어야 한다.

6.2 향후 연구과제

이 연구는 앞으로 SPM 건설 및 항만 개발시 선박 조종영역의 기준을 제시하는 기초 자료로 이용될 수 있지만, 향후 연구과제로는 이 연구를 바탕으로 다양한 자연요소(바람, 조류, 파고) 및 비상이안한 선박들의 제원 및 선박조종자의 심리적 여유 거리에 대한 보다 상세한 연구가 보완 되어야 한다.

참 고 문 헌

- (1) 琴宗洙·尹明五(1997), 海上交通管理論, 세종출판사, pp 134~140
- (2) 朴鎮洙(2001), 海上交通工學, 韓國海洋大學校 海事圖書出版部. p 124
- (3) 우병구·지상원(1994), 우어프로치를 이용한 VLCC의 SBM 어프로치조선에 관하여, 韓國

- 航海學會誌 제 18권 1호, p 33
- (4) 정대득 · 이중우(2005), 가변범퍼영역모델을 이용한 항로 설계기법(I) 韓國航海學會誌 제 29권 1호, pp 10~12.
- (5) (주) 시디에스 코리아, <http://cdskorea.com/spm.htm>.
- (6) 한국해양수산연구소 보고서(1999), 중앙방파제 건설에 따른 NO.2,3 Buoy 운용안정성 검토 보고서
- (7) 한국해양연구원(2002), 해양과학총서8, 선박의 이해 제4절 선박의 조종성능 pp 141~151.
- (8) 해양수산부(2001), 선박자동식별장치(AIS) 도입을 위한 기초연구 평가용역
- (9) 해양수산부(2003), 울산 신항 개발계획 정비용역 선박조종 시뮬레이션 보고서 pp 142~151
- (10) 西本和博, 海難救助における巡視船の配置及び運用計劃 システムの最適化に關する研究, 埼玉大學大學院 政策科學研究科. 1995. pp 30~35.
- (11) American Bureau of Shipping(1996) Rules for Building and Classing Single Point Mooring, Part 3 Section 1
- (12) U.S Naval Academy(1983), BUOY ENGINEERING
- (13) IMODCO - SPM 작업제한 권고사항
- (14) Oil Companies International Marine Forum(1993), Effective Mooring
- (15) Rotterdam/Europort 협수로내의 대형원유선의 모델시험
- (16) SINGLE BUOY MOORINGS Inc., <http://singlebuoy.com/>
- (17) SK(주) 및 S-Oil SPM 운영현황 및 비상이안 자료(2005)
- (18) US Army corps of engineers(1998), Project Operations Hydro graphic Surveying.