

우 어프로치를 이용한 VLCC의 SBM 어프로치조선에 관하여

우 병 구* · 지 상 원*

Approaching to a SBM of VLCC using the Woo's Approach

Byung-Goo Woo · Sang-Won Ji

..... <目 次>	
Abstract	III. 시뮬레이션 적용
I. 서 론	1. Pilotship의 시뮬레이션 결과
II. SBM의 최적 어프로치조선	2. 시뮬레이션 적용(Port of Ulsan)
1. SBM의 시설 및 안전수심	IV. 결 론
2. 최적 어프로치조선	Reference

Abstract

The practical shiphandlers, such as ship's captain, pilot and mooring master, in charge of the SBM approaches and mooring operations of loaded VLCC should have a highly advanced shiphandling skills because of taking advantage of the wind and current from ahead without assistance of big tugboats.

But now except some approaching skills in the vicinity of SBM buoy or waiting anchorage we do not have an optimal controlled approaching maneuvers in the entire course of port approaches.

Consequently this study presents the optimal SBM approaches to the practical shiphandlers of VLCC and puts to use with effect in the practical operations.

The conclusions of this simulation study are as follows :

1) The optimal SBM approaches in combination of Woo's Approach and a large change of heading were presented for the practical shiphandlers,

2) According to simulation of the pilotship the angle of a large change of heading for reducing headway is more than 70 degrees approximately,

3) Applied this optimal approaches to the SBM operations of simulated Port of Ulsan and confirmed the control of ship and the economy of port approaches time.

* 정회원, 한국해기연수원 항해학과

I. 서 론

초대형원유수송선박(VLCC)은 전용 돌핀(dolphin)이나 선박간 이송작업(lightering) 그리고 해안에서 멀리 떨어져 해저원유이송 파이프라인과 계류시설을 갖춘 선수1점 계선부표(Single Buoy Mooring : SBM)등과 같이 특수한 계류시설을 갖춘 돌핀 및 부이에 계류하거나 선박간 라이팅하여 적양하 하역작업을 하게 된다.

그런데 VLCC가 항구에 접근하여 접안과 동시에 하역을 완료하고 출항할 때까지의 전과정에서 중요하면서 가장 핵심부분인 어프로치 조선(approaching)에 있어서 전용돌핀이나 라이팅의 경우는 초대형선의 조종특성을 포함하여 수많은 연구와 관련자료가 있어 실무조선자인 선장과 도선사들이 실무조선에 적절하게 사용하고 있지만 고도의 조종기술을 요구하고 있는 SBM의 실무 어프로치조선에 관해서는 거의 연구가 없었다. 이미 연구 발표된 내용도 stand by 위치에서부터 SBM까지 전반적이면서 체계적인 어프로치조선이 아닌 단지 최종 어프로치단계에서 감속하는 내용 정도이며 이것 또한 구체적으로 정확하게 제시하고 있지 않기 때문에 실무조선자인 선장, 도선사 그리고 계선선장(mooring master)이 실무조선에 바로 사용하는 데는 많은 문제점이 남아 있다. 실제로 shiphandling simulator 교육을 받고 있는 일선선장들도 하나같이 VLCC의 정박 및 SBM 어프로치조선에 관해서 제선력과 자신감이 없기 때문에 초기에 무조건 감속을 하여 어프로치를 하다보니 마음도 항상 불안하고 입항시간도 너무 많이 걸려서 기관부에 미안한 마음도 든다고 한다.

본 연구는 이 점에 관심을 갖고 최첨단 다목적 선박조종 시뮬레이터(Full Mission Shiphandling Simulator)의 시뮬레이션 실험을 통하여 최적의 SBM 어프로치조선을 개발하는 것이다.

거대선 및 초대형선의 실무조선자가 입항시 기관 stand by 위치에서부터 최종정선위치까지 제선력(control of the ship)을 갖고 접근할 수 있는 특수 어프로치조선법을 이미 개발한 바 있는데(우병구, 1993) 본 연구에서는 이 개발된 우즈 수퍼러더 조선법(이하 약칭하여 “우 어프로치(Woo's App-

roach)”로 함)을 이용하여 일선에서 종사하고 있는 선장, 도선사 및 계선선장들이 항상 제선력과 자신감을 갖고 조선할 수 있는 최적의 SBM 어프로치조선을 제시하는데 그 목적이 있다.

II. SBM의 최적 어프로치조선

1. SBM의 시설 및 안전수심

Fig. 2-1은 SBM과 계류한 VLCC의 그림이다. 계선부표에는 VLCC를 계류하기 위한 2개의 mooring line, 선박의 manifold와 연결하여 원유를 적양하할 수 있는 floating hose 그리고 육상저장탱크에 원유를 이송할 수 있는 해저 pipe line 등의 시설로 되어 있다. 이중 floating hose는 항상 바람과 조류의 합성방향으로 뻗혀 놓여 있기 때문에 VLCC의 최종 어프로치침로를 지시하여 주는 큰 역할을 한다. 그리고 또한 단재한 VLCC가 어프로치단계에서부터 하역완료하여 출항할 때까지 안전수심이 확보되어야 하는데 Table 2-1은 최소 선저여유수심(Under Keel Clearance, 이하 UKC라 칭함)을 보이고 있다. 계선부표가 외해에 위치하기 때문에 밀도차에 의한 트림변화가 없어 최소 UKC는 약 13ft(약 4M)가 확보되어야 한다.

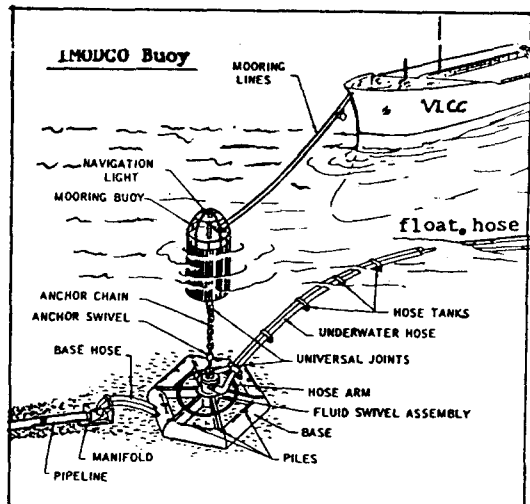


Fig. 2-1. SBM and moored VLCC for discharging crude oil

Table 2-1. Minimum UKC of VLCC loaded

Factors to be considered	Expressions	Estimations
Tidal variations		1ft
Squat and trim by the head	$S = C_b \times V^2 / 100$	2ft
Pitch and heel	$H = 1/2B \times \phi \text{ radians}$	5ft
Unburied pipe line		5ft
Trim by change of density	$t = W \times B1B2 / MTC$	0ft
Total under keel clearance(UKC)		13ft

2. 최적 어프로치조선

VLCC가 정박지나 SBM에 접근할 때 체계적 감속, 진입자세 그리고 입항시간 등을 고려한 최적의 어프로치조선만 있다면 일선실무자들이 어려움없이 수월하게 계류작업을 완수할 수 있겠지만 아직까지 어프로치 전과정에의 최적 어프로치조선법이 소개되어 있지 않아 대부분의 실무조선자들은 거대선박 조종특성의 이론지식과 실선박(full scaled ship)이나 선박조종시뮬레이터의 실험에 의한 조종경험과 객관적인 실험데이터에 의한 것이 아닌 오로지 자기 스스로의 해상실무경험에서 취득한 조종지식을 활용하여 어프로치조선을 하고 있는 실정이다.

일반적으로 VLCC는 기관마력에 대한 배수톤수(하중)의 비율(WPR)이 너무 커서 후진기관 사용에 의한 단시간에 고속에서 저속으로 감속하는 하는 것보다 대각도 변침조선에 의한 감속시도가 훨씬 효과적이며 마지막까지 제선력도 확보할 수 있는 것이다. 따라서 VLCC의 감속은 3단계로 stand by engine에서 선체속력이 dead slow ahead speed까지 감속하는 제1단계 감속, dead slow ahead speed에서 대각도 변침후 minimum approach speed까지의 제2단계 감속 그리고 최종 어프로치단계에서 정선을 하기 위한 후진기관에 의한 마지막 감속으로 구분하는 것이 바람직하다. 따라서 필자는 VLCC의 조종특성과 berth의 상황에 따라 실무에서 최적으로 사용할 수 있는 실무 어프로치조선법을 제시하고자 한다. Fig. 2-2는 단계적인 기관감속과 선수미방향의 수저항에 의한 감속을 유도한 기존의 마력-하중비 감속법이다. 그러나 본 조선법은 최종진입단계까지 전타에 의한

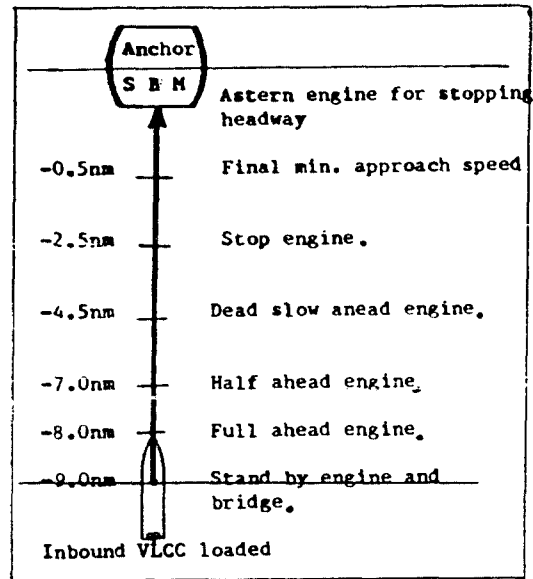


Fig. 2-2. Approaching without controlled advances to a berth using the conventional Weight-Power Ratio(WPR) maneuvers.

변침감속이 없기 때문에 속도조절이 어려우며 그에 따라 입항시간이 너무 길린다. Fig. 2-2의 마력-하중비 감속법보다 한 단계 더 진전된 것이 Fig. 2-3의 어프로치 감속조선이다. berth 약 2마일 전방에서 전타에 의한 대각도 감속변침으로 속도조절과 최종진입자세를 취할 수 있지만 문제는 약 2마일 전방에서 본선 속력을 dead slow ahead speed로 자신있게 감속할 수 없는 어려움이 있다. 결론적으로 요약하면 조선자는 berth 근처 약 2마일 전방에서 본선 속력을 dead slow ahead speed까지 자신있게 감속하는 것이 중요하다. 따라서

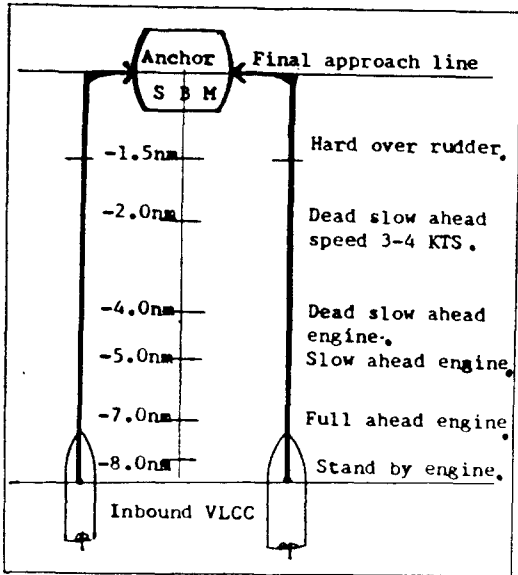


Fig. 2-3. Approaching without controlled advances to a berth using WPR maneuvers and final hard over to the final approach line.

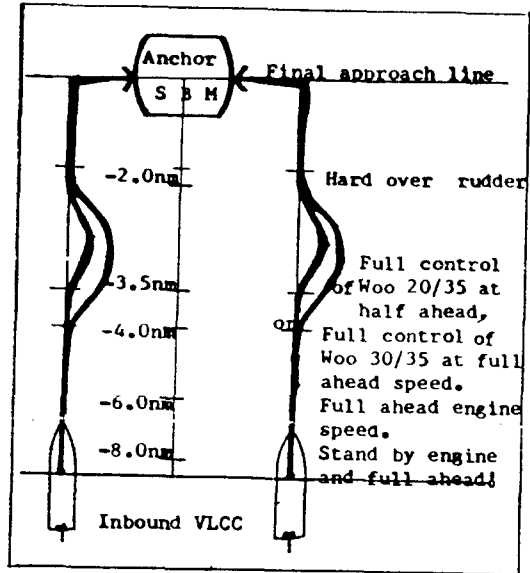


Fig. 2-4. Optimal controlled approaching to a berth using full control of Woo's Approach and a large change of heading with hard over rudder to the final approach line.

Fig. 2-4와 Fig. 2-5는 위에서 언급된 문제점을 해결한 최적의 anchorage/SBM 어프로치조선행이다. 제1단계 감속을 Woo's Approach의 full super rudder control(이하 약칭하여 full control 이라 함)로 확실하게 약 2마일 전방에서 본선속력을 dead slow ahead speed로 감속하여 대각도 변침이나 three-quarter control 시도로 제선력을 갖고 자신있게 제2단계 감속으로 돌입할 수 있기 때문이다.

III. 시뮬레이션 적용

1. Pilotship의 시뮬레이션 결과

1) 시뮬레이션에 사용된 pilotship

Pilotship은 250,000DWT VLCC로서 선박조종특성과 크기는 Fig. 3-1의 실선박과 유사하며 pilotship의 명세는 Table 3-1과 같다.

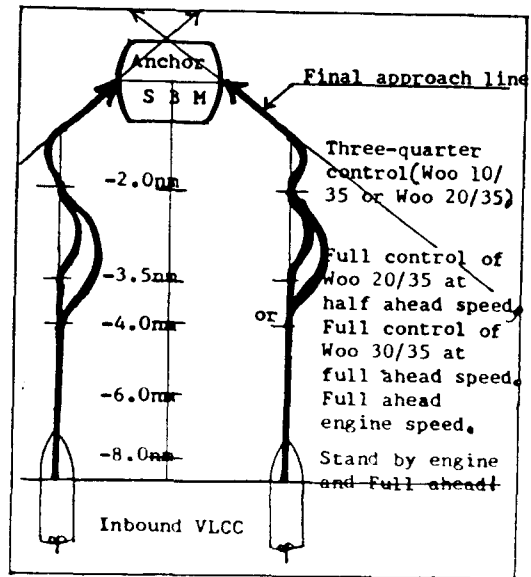


Fig. 2-5. Optimal controlled approaching to a berth using combined full control and three-quarter control of Woo's Approach to the final approach line.

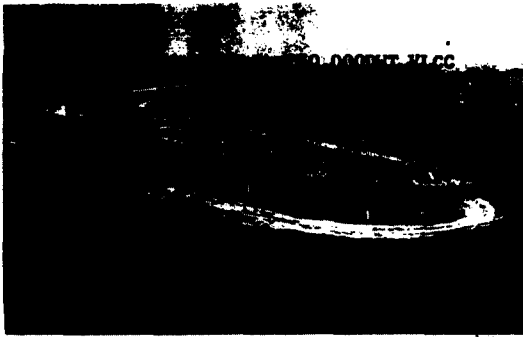


Fig. 3-1. 250,000DWT VLCC loaded in full turning to an anchorage under hard port rudder made at about full ahead speed.

Table 3-1. Pilotship 250,000DWT VLCC particulars

Length between perpendiculars(Lbp)	320M	
Beam	52M	
Draft at summer load line	19.8M	
Deadweigh tons	250,000 tons	
Main engine	Steam turbine	
Number of screw	Single, RH-FPP	
Horsepower(Maximum HP)	37,500 HP	
Rudder	Single, 40 degrees	
Anchor(Admiralty class : AC)	22 tons	
Bow thruster	2,000 HP	
Engine order	RPM	Speed
Full sea speed	95	17.2KTS
Full ahead	70	12.5KTS
Half ahead	45	8.2KTS
Slow ahead	30	5.4KTS
Dead slow ahead	20	3.5KTS
Stop engine	0	0KTS
Dead slow astern	-20	- 3.0KTS
Slow astern	-30	- 4.7KTS
Half astern	-45	- 7.0KTS
Full astern	-70	-10.8KTS

2) 시뮬레이션 실험 결과

Fig. 3-2는 pilotship의 SBM 어프로치조선에 필요한 어프로치 데이터를 구하기 위한 시뮬레이

션 실험조선의 궤적(approach plotting)이다. 궤적 "A"와 "B"는 초기속력 12KTS full ahead speed에서 Woo's Approach의 full control Woo 30/35와 전타에 의한 좌우현 대각도 변침으로 anchorage/SBM에 접근하는 어프로치조선 시도이며, 궤적

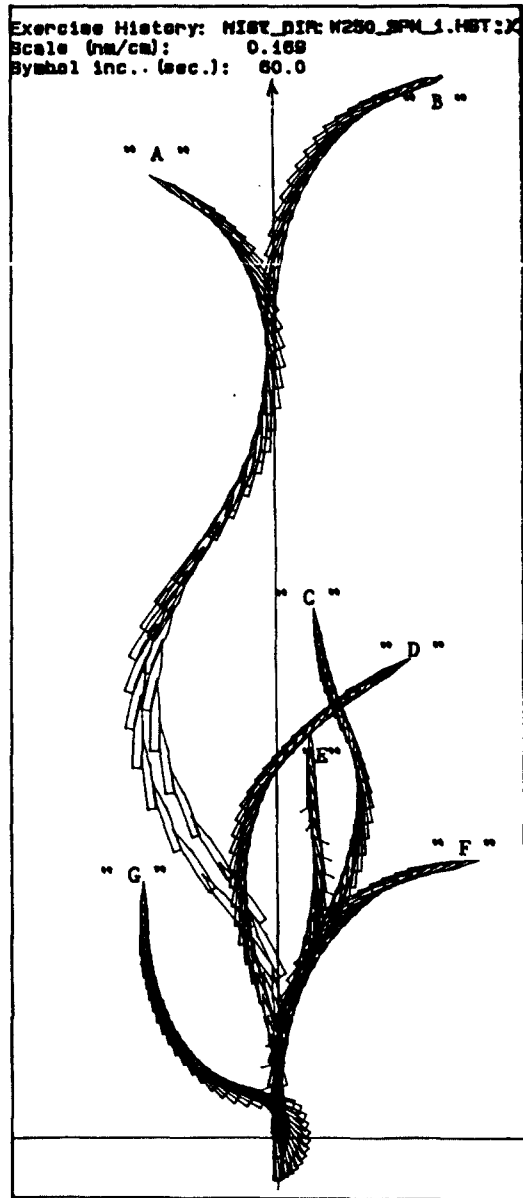


Fig. 3-2. Approach plotting of Pilotship 250 KDWT VLCC using the Woo's Approach and a large change of heading.

“C”, “D”, “E” 및 “F”는 초기속력 4KTS의 dead slow ahead speed에서 Woo’s Approach의 full control, three-quarter control 그리고 우현 대각도 변침조선의 실험이다. 또한 제척 “G”는 anchorage에서 up and down anchor를 한후 half ahead engine 발령과 동시에 좌현전타에 의해 대각도 변침후 다시 우현전타를 사용하여 서서히 SBM에 접근하는 실험 제척이다. 위의 각 실험에 대한 결과치는 Table 3-2와 같다.

2. 시뮬레이션 적용(Port of Ulsan)

Fig. 3-3과 Fig. 3-4는 만재한 VLCC가 Ulsan 항 외해에 도착하여 대기 정박지 및 SBM 계류까지의 최적 어프로치조선과정을 나타낸 Diagram이다. 이미 앞에서도 언급하였지만 기존의 마력·하중비 감속법은 let go anchor까지 정확한 위치에 원하는 속력을 유지하기 어렵기 때문에 마지막 정선까지 조선자가 자신감을 갖고 조선할 수 없는 큰 단점을 갖고 있다. VLCC의 어프로치조선은 실전의 골프 경기와 마찬가지로 조선자가 다루기 어려운 거대한 물체를 시종 제선력을 갖고 원하는 위치에 갖다 놓는 것이다. 즉 주위의 상황에 따라 full control, three-quarter control 및 half control에 의한 속력과 어프로치자세를 적절히 취하여야 하는 것이다.

Fig. 3-3은 VLCC가 flood tide시에 울산 외항에 도착하여 대기 표박지에 투묘한 후 다시 도선사 탑승하여 No.2 Sea berth에 계류하는 것으로서 표박지 약 8마일 전방에서 stand by engine을 하고

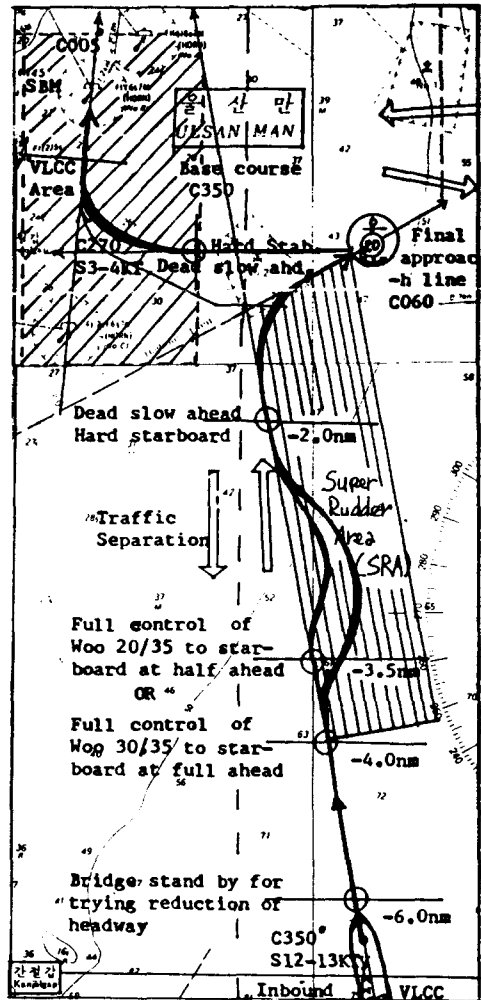


Fig. 3-3. Optimal approaches to the anchorage and SBM considering Captain's bridge stand by time and systematic speed controls at flood tide, Sea berth, Ulsan, Korea.

Table 3-2. Simulation results of pilotship 250,000DWT VLCC

Ship's plotting	Initial heading in deg.	Initial speed in KTS	Final heading in deg.	Final speed in KTS	Advance in NM	Time elapsed in Min.
A	000	12	300	2.2	2.7	35
B	000	12	070	2.5	3.0	40
C	000	4	350	2.1	1.5	32
D	000	4	060	0.0	1.3	36
E	000	4	000	2.9	1.1	18
F	000	4	080	2.1	0.8	22
G	000	0	000	1.8	0.7	35

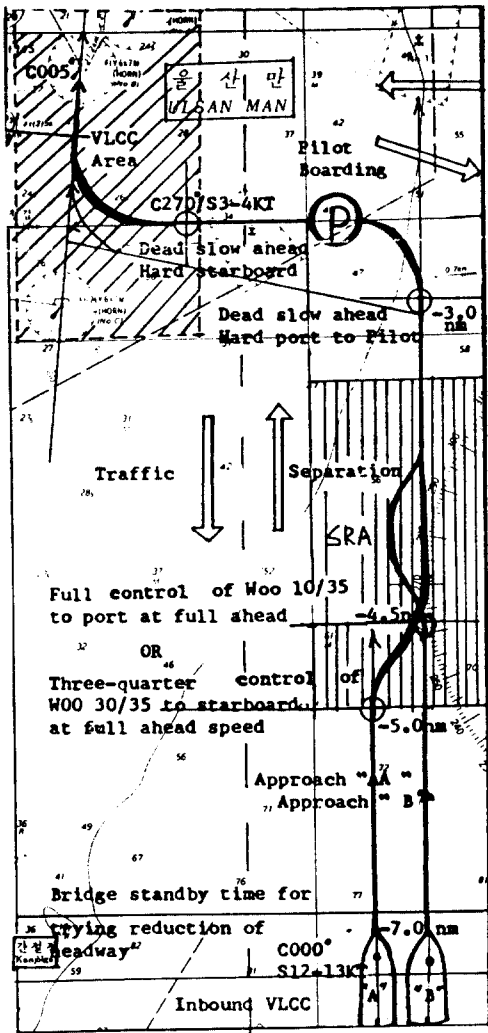


Fig. 3-4. Optimal approaches to SBM considering pilot boarding, Captain's bridge stand by time and systematic speed controls at flood tide, Sea berth, Ulsan, Korea.

곧 full ahead engine으로 감속한후 약 4마일전까지 어프로치시킨다. 이곳에서 우현으로 full control Woo 30/35를 시도하든지 또는 약 3.5마일전에서 half ahead speed에서 full control Woo 20/35를 시도하면 본선은 약 2마일전에서 속력이 조선자가 원하는 dead slow ahead speed까지 감속된다. 이후 advance를 고려한 우현전타 위치에 도착하면

대각도 변침조선에 의하여 감속을 하여 최종진입 자세를 취한후 지정 표박지에 투묘완료한다. 그리고 스케줄에 따라 SBM에 계류할 때는 풍조방향으로 뻗어있는 floating hose의 방향을 확인한 후 이 방향과 약 90도 정도 대각도 변침각도를 갖고 어프로치 침로를 잡는다. No. 2 Sea berth에 계류할 때는 그림과 같이 변침후 본선은 온산항 입구의 고립장애부표(BRB Buoy) 근처에서는 최소한 최종침로와 minimum approach speed로 감속하여 계선부표에 접근하면서 후진기관을 사용하여 정선 계류한다.

Fig. 3-4는 대기 표박지에 투묘를 하지 않고 바로 도선사와 mooring master를 탑승시킨후 SBM에 계류시키는 것이다. 어프로치조선은 Fig. 3-3과 비슷하나 도선사 탑승시 정선을 하지않고 속력을 dead slow ahead speed로 감속 하는 것만 차이가 있다.

시뮬레이션 실험 결과 기존의 여러 감속 어프로치조선보다 Fig. 2-4 및 Fig. 2-5에서 보인 우 어프로치를 이용한 SBM 어프로치조선이 제선력과 자신감 그리고 입항시간을 절약할 수 있기 때문에 최적의 SBM 어프로치조선임을 확인할 수 있었다.

IV. 결 론

기존의 SBM의 어프로치감속조선은 입항시간도 너무 길고 조선자의 제선력과 자신감이 없는 소극적인 어프로치조선법이다. 이리하여 연구자는 앞에서 언급한 문제점들을 해결하고 실무조선자인 선장, 도선사 및 계선선장들이 어프로치조선의 전 과정에 있어서 제선력과 자신감을 갖고 실무조선에 쉽게 사용할 수 있는 연구자의 독창적인 최적의 어프로치조선법을 개발하여 제시하였다.

본 연구의 결론을 요약하면 다음과 같다.

첫째, 기존의 SBM의 어프로치조선과 비교하여 우 어프로치(Woo's Approach)을 이용한 새로운 최적의 콘트를 어프로치조선을 실무조선에서 쉽게 사용할 수 있도록 개발 완성 하였으며,

둘째, 전타에의한 대각도 감속변침각도의 의미

를 시뮬레이션 실험에 의하여 변침각도가 70도 이상임을 확인하였다.

셋째, 우 어프로치조선을 이용하여 개발한 새로운 최적의 콘트롤 어프로치조선을 울산항의 sea berth에 시뮬레이션 실험한 결과 임항시간의 절약과 최종정선까지 제선력을 확보할 수 있었다.

본 연구를 바로 실무조선에 사용하기 위해서는 실무조선자가 직접 당해항구에서 실선박에 의한 실험을 통하여 시도 확신한 후 사용하면 되겠지만 이것은 현실적으로 거의 불가능한 것이다. 따라서 본 조선법을 실무에 사용하기 위해서는 당해항구의 data base인 game area를 조기에 개발하여 SBM의 관련실무조선자들인 본선선장, 도선사 및 계선선장들이 공동으로 삼위일체가 되어 shiphandling simulator workshop이나 시뮬레이터 훈련을 전문가의 협조하에 체계적으로 이수할 것을 제안한다.

Reference

- 1) 우병구 : Super Rudder(Woo) 조선법의 신기술 개발에 관한 연구, 한국항해학회지, 제17권 제1호, 1993, pp. 17-29.
- 2) 우병구 : 우즈 수퍼러더조선법의 실용성에 관하여, 한국항해학회지, 제17권 제3호, 1993, pp. 69-76.
- 3) Capt. Byung-goo, Woo, Ph. D. et al : Shiphandling, Korea Marine Training and Research Institute, Pusan, Korea, 1989.
- 4) Daniel H. McElrevey : Shiphandling for the mariner, Cornell Maritime Press, Maryland, 1983.
- 5) Per Bruun : Port Engineering, Gulf Publishing Co., Book Division, Houston, 1989.