

Super Rudder(Woo) 조선법의 신기술개발에 관한 연구

우 병 구*

A Study on the New Development of Super Rudder (Woo) Controlling Method

Byung-Goo Woo

〈 目 次 〉

Abstract	2. Three-quarter Super Rudder (Woo) 조선법
I. 서 론	IV. 시뮬레이션 검증
II. 입항조선시 정상감속 및 급정선법	1. 시뮬레이션의 개요
1. 선체의 운동에너지 및 운동량	2. 시뮬레이션의 결과분석
2. 기존의 급감속 및 긴급정선법	V. 결 론
III. Super Rudder(Woo) 조선법의 개발	References
1. Super Rudder (Woo) 조선법	

Abstract

The new flexible controlling method integrated with some existing maneuvers of reducing a great headway during approaching a pilot station or anchor berth, namely, Super Rudder (Woo) controlling method originally was developed.

The conclusions of this paper are drawn :

- 1) Super Rudder (Woo) controlling method has the shortest distance along base course and distance off base course among all reducing maneuvers including Rudder Cycling,
- 2) This new method is flexibly adjustable to a range of yaw angles 5-35 degrees either ship's side depending on traffic situations,
- 3) This new method is versatile controlling maneuver enabling shiphandlers to reduce or stop a ship's headway and to adjust the proper courses to a pilot station or anchor berth.

* 正會員, 韓國海技研修院 工學博士

I. 서 론

실무조선사가 선박운항의 전과정에서 상대적으로 가장 심적인 불안감을 느끼는 상황은 Port Approach 과정인 기관준비단계(Standby Engine)에서 정박지나 Pilot Station까지의 접근자세와 적절한 감속 및 정선조선이다. 특히, 거대선의 조선자가 단계적인 안전정상감속조선이 아닌 급감속 및 긴급정선등과 같은 긴급조선이 요구될때는 자신감을 갖고 전혀 당황함이 없이 자선에 대해서 침로 유지(Course-Keeping), 선회(Turning), 정선(Stopping) 및 위치유지(Station-Keeping)등의 고도의 조종성능(Controllability)을 발휘하여 안전하면서 신속하게 조치를 취하여야 한다.

선박의 조정성능에 관한 자료는 시뮬레이터 훈련으로 쉽게 얻어지므로 선진국가에서는 오래전부터 선장, 항해사 및 도선사는 필히 주기적인 선박 조종시뮬레이터 훈련이나 실습선박을 통하여 고도의 선박조종 기술을 이수하도록 하고 있다.

부득이한 사정으로 선박조종시뮬레이터 훈련교육을 이수 할 수 없는 일선의 실무조선자들은 급감속과 긴급정선등의 실무조선에 관한 자료를 참고로 하면 실제의 조선에 큰 도움을 받을 수 있을 것이다.

본 연구는 이점에 큰 관심을 갖고 필자가 지난 수년간 실무조종에 관한 관련 자료를 수집·토대로 하여 실무조선자가 입항조선이나 급감속조선에서 주위의 교통상황에 적절히 대처 할 수 있는 새로운 실무위주의 감속 조선법을 개발한 것이다.

연구순서로는 제2장에서 입항조선시 정상적인 감속조선과 기존의 긴급정지법의 장단점을 살펴보고, 제3장에서는 기존의 제감속조선법의 장점만을 갖인 통합된 새로운 감속조선을 제시하고자 한다.

그리고, 제4장에서는 제3장에서 새로이 개발된 급감속 조선법의 성능을 시뮬레이션을 통하여 분석하기로 한다.

II. 입항조선시 정상감속 및 급정선법

1. 선체의 운동에너지 및 운동량.

1.1 선체의 운동에너지

이동하는 입자(Particle)의 운동에너지(Kinetic Energy)의 양은 $1/2 MV^2$ (단. M : 질량, V : 속도) 스칼라 량(Scalar Quantity)으로 표시하며, 이 운동에너지 수식을 수상에서 이동하는 선박에 적용할 경우 선체에 축적된 운동에너지는 입자와 마찬가지로 $1/2 MV^2$ (단. M : 배수량, V : 선속)으로 표시된다. 이 수식은 동일한 선박일지라도 만선상태가 공선상태보다 배수량이 크므로 그만큼 운동에너지가 크다. 그리고 배수량이 같을지라도 속력의 크기에는 제곱으로 증가된다. 즉, 배수량이 일정한 선박이 만약 속력을 2배로 증가시키면 운동에너지량은 4배로 증가되며, 그와는 반대로 속력을 반으로 감속시키면 양은 $1/4$ 로 감소된다. 이는 선체가 충돌과 같은 사고가 발생할시 선체손상의 정도가 25%까지 감소 됨을 의미한다.

1.2 선체의 전진속력과 운동량

선체의 운동량(Mass-Speed or Momentum)은 배수량과 속력의 크기에 직선적으로 비례하는 것이다. 선박은 배수량이 크면 클수록 관성(Inertia)과 운동량이 커진다. 그러나 기관추력(Engine Power)은 선체의 만재 배수량의 크기에 따라 마력을 증가시켜는 것이 아니고 항해속력시 수면하 면적에 받는 수저항 (Hydrodynamic Resistance)만을 겨우 극복하도록 장치하는 것이다. 기관마력이 상대적으로 큰 고속선박은 전속 후진기관을 사용하였을시 급감속 효과를 기대할 수 있지만 특히 저마력 선박을 후진추력에 의한 급감속 효과는 기대할 수 없다. 기관마력의 크기는 배수량에 따라 비례적으로 크게 하지 않으므로 대형선박은 감속조선을 조기에 시도하여 선체의 운동에너지를 감소시키는 것이 최적의 조치이다. 실무감속조선에서는 조선자가 쉽게 사용할 수 있도록 본선의 마력-하중비(Weight to Power Ratio)에 중점을 두어 입항조선시 마력-하중비 감속조선을 많이 사용하고 있다. 이 마력-하중비에 따른 감속조선은 통

항선박이 많은 폭주항만에서 안전정상감속조선측면에서 시행된다.

Table 2-1에서 보인것처럼 50,000 Ton급의 선박은 정박지로 부터 약 5마일 전방에서, 250,000 Ton급의 선박은 약 8마일 전방에서 단계적으로 감속한다.

Table 2-1: Comparison of Mass-speed of the large ships

Displacement	Speed	Mass-speed(momentum)
10,000 tons	10kts	100,000 tons kts
100,000 tons	1kts	100,000 tons kts
200,000 tons	0.5kts	100,000 tons kts

2. 기존의 급감속 및 긴급정선법

2.1 타압에 의한 감속조선

1) 플래핑 러더조선(Flapping Rudder)

이 조선법은 기관정지상태에서 타를 좌우현으로 계속 사용하여 전타에 의한 타압의 항력으로 선속을 서서히 감속하는 방법이다. 후진기관을 사용하지 않은 것이 장점이나, 조타장치에 과부하로 인한 조타기 고장위험도 있으며 어느정도 감속의 효과는 있지만 급감속이나 긴급감속은 기대할 수 없다.

2) 지그재그 조선 (Slewing)

이 조선법은 본선의 초기침로(Base Course)를 중심선으로 하여 선체를 좌우현으로 계속 이동시키면서 고속의 Yawing과 수면하의 수저항을 이용하여 급감속시키는 조선법이다. 선체의 감속효과는 상당히 크지만, 선체를 좌우로 계속 이동시키므로 마주치는 선박(Meeting ship)이나 횡단선박이 전방에 있는 경우에는 본선행동을 오해하여 자칫잘못하면 타선의 안전항해를 저해 할 수도 있으며, 특히 야간에는 등화만으로 타선의 행동을 파악하는 경우가 허다하기 때문에 이런 조선은 바람직하지 못하다.

2.2 기관추력과 타압에 의한 급감속 및 긴급조선법

1) 긴급정선(Crash Stop)

Fig 2-1에서 보인 것처럼 저속에서는 긴급정선

Table 2-2: Practical guide to safe reduction of speeds from standby engine position to anchor berth in relation to the weight to power ratio.

Ship Dist	200,000 DWT Loa 310m	100,000 DWT Loa 270m	50,000 DWT Loa 250m
	WPR 10	7	5
Approximately to Berth			
10nm	Stand by Full ahead	Stand by Full ahead	Stand by Full ahead
7nm	Half ahead		
5nm			
4nm		Half ahead	
3nm	slow ahead		Half ahead
2nm	4.5Kts 4Kts	Slow ahead	
1.5nm	Dead Slow ahead	4Kts	Slow ahead
10 cable		Dead Slow ahead	Dead Slow ahead
7cable	Stop Eng		
5cable	Less than 2Kts	Stop Eng	
3cable	Astern Checking	2Kts	Stop Eng Astern Checking
2cable		Astern Checking	2Kts
1.5cable	Less than 1Kt		
1cable	Half Astern	Half Astern	Half Astern
0cable In Berth	Stopped and Letgo Anchor	Stopped and Letgo Anchor	Stopped and Letgo Anchor
Estimated S/B Time	2hours	1hr 30min	1hour

법이 급감속조선으로 매우 효과적이다. 그러나 고속에서 이런 긴급정선은 제선력이 상실되어 Open sea가 아닌 협수도에서는 바람직하지 않다.

2) 전타 선회조선(Hard Round Turn)

선체를 좌현이나 우현 어느 한쪽현으로 전진기관과 전타사용으로 선체를 완전히 한 바퀴 선회하여 후진기관 사용으로 급정선 시키는 것이다. 이 조선법 역시 협수도나 선박이 폭주한 수역에서는 통항선박의 안전항해에 위험을 줄수도 있기 때문에 감속조선법으로는 적절하지 못하다.

3) 러더 사이클링 조선(Rudder Cycling)

Fig 2-2에서 보인 것처럼 이 감속조선법은 일선 해기사들에게는 낯선 조선법이며 선박조종관련서적에도 거의 소개되지 않고 있다. 다만 고도의 조선기술을 가진 경험많은 유능한 선장과 Sea-Pilot들이 많이 애용하는 감속조선법이다. Rudder Cycling 원리는 추진기와 타의 상호작용에서 우회전 추진기를 장치한 전진중인 선체가 좌현전타를 사용하면 우현전타보다 선미의 우편향력이 크므로 이것을 이용하여 좌현전타를 사용하여 Fig 2-2와 같이 단계적인 기관감속과 전타사용으로 고속의 전진타력을 급감속시켜 정선시키는 조선법이다. 최종정선 위치까지 제선력을 갖을 수 있는 것이 장점이며 선속이 12-6 KTS범위에서 사용하면 효과가 더 크다.

그러나 실무조선자가 사용함에 있어서 다소 복

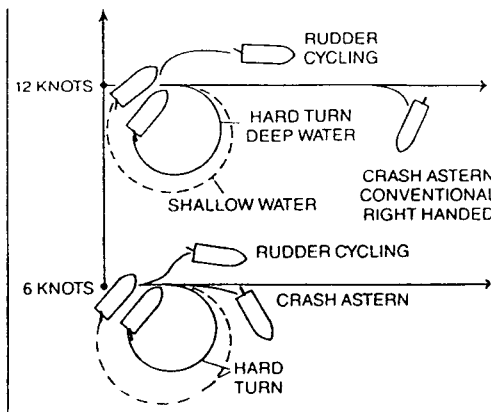


Fig 2-1 : Schematic comparison of searoom for stopping maneuvers of large ships.

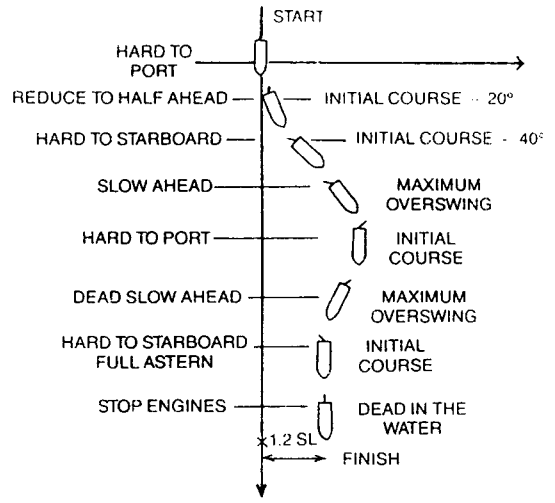


Fig 2-2 : Rudder cycling method effectively used by experienced masters and seapilots.

잡하고 반드시 Base Course에서 좌현으로 전타만을 사용하는 것이 신축성이 없으며 또한 본선의 좌현 전방에서 마주치는 선박과 횡단선이 있을 때는 사용하는 것이 불가능하다. 그리고 최종정선 위치가 Base Course에서 좌현으로 1.5~2Loa 편위되는 것이 이 조선법의 단점이 될 수 있다.

III. Super Rudder(Woo)조선법의 개발

3.1 Super Rudder(Woo)조선법

앞장에서 언급한 기존의 감속조선법, Flapping Rudder, Slewing, Crash Stop, Hard Round Turn 및 Rudder Cycling등은 감속조선으로서 장점도 갖고 있지만 그반대로 부수적인 저해요소도 포함하고 있어 완벽한 조선법이 될 수가 없다. 필자가 실무에 종사하고 있는 일선조선자와 실무조종교육 및 시뮬레이터 훈련을 하면서 감속조선이나 긴급정선후 선박이 초기의 궤적(Base Course) 근처에 복귀하면서 최종순간까지 제선력을 갖고 자신있게 감속할 수 있는 새로운 신축성 있는 다목적 조선법의 개발이 실무조선에서 강력하게 요구되고 있음을 확인하였다.

이리하여 Rudder Cycling, Zigzagging, Single Turn, Half Rule 그리고 기관과 타의 상호작용등의 여러 조선법의 장점만을 통합시켜 실무조선자가 사용하기 쉬우면서 해상교통상황에 따라 신속성있게 조절할 수 있는 새로운 감속 조선법을 개발하게 되었다.

Fig 3-1에서 보인 것처럼 이 감속 조선법은 일선해기사의 선박조종시뮬레이션 훈련과 시뮬레이터 실험을 통하여 지금까지 실무에서 사용되고 있는 어느 조선법보다 사용하기 쉽고 초고성능임을 확인하였다. 창의적으로 개발된 이 조선법은 Rudder Cycling과 Zigzagging을 기초로 하여 최종순간까지 제선력을 보유하고 있으며 소형선박보다는 Panamax급 이상의 거대선과 Supertanker와 같은 VLCC급 선박에 더 큰 감속 효과를 갖고 있기 때문에 필자는 이 새롭고 신속성 있는 감속조선법을 "Super Rudder (Woo) Controlling Method"라고 부르기로 한다.

Fig 3-1에서 보인 감속 절차는 주위의 해상교통상황과 안전수역에 의거 본선을 좌현 또는 우현으로 전타하여 선수 Yawing 각이 사용한 전타각만큼 변침 되었을 때 다시 반대현측으로 전타(단, 외방경사와 안전을 고려하여 타지회는 전타각-Ease to 10(필요시)--Midship-반대현측전타각)하여 반대현측으로 회두시킨다. 이렇게 좌우현의 4번 전타사용과 단계적인 기관 감속으로 조선자가 원하는 속도까지 감속하면서 최종선위도 Base Course 근처에 위치시키게 된다.

Fig 3-1에서 기호 Wf는 조선자의 의사결정폭으로서 주위교통량과 감속량을 고려하여 조선자가 결정하게 된다. 그리고 Wf는 본선이 Base Course에 최대로 이탈한 거리로서 Yaw Angle에 따라 결정되는데 Yaw Angle 35도에서 5도까지 조절할 수 있다. 따라서 Super Rudder (Woo) 조선법이 실무조선에 신속성 있게 적용할 수 있도록 조타법을 "Super Rudder yaw angle/hard rudder"로 표시하고자 한다. 예를 들면 조선자가 Yaw각도를 20도로 하여 감속하려고 하는 조타법표시는 Super Rudder 20/35가 된다. 그러나 IMO의 조타지휘 지침에 의거 Yaw 각도는 5도간격으로 하는 것이 실무에서는 좀더 편리 할 것 같아 기본적으로 좌우현

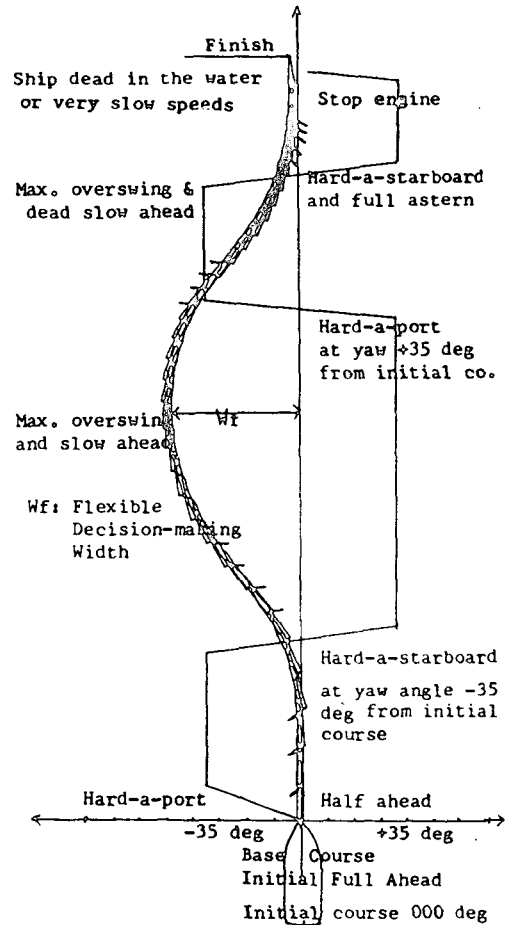


Fig 3-1 : Super Rudder (Woo) Controlling Method for Super Rudder 35/35 maneuver originally developed by Captain Woo, Ph. D.

Super Rudder 5/35, 10/35, 15/35, 20/35, 25/35, 30/35, 그리고 35/35등 7가지를 권유하고자 한다.

Fig 3-2는 좌현타각 (Port rudder)의 Super Rudder 15/35p 조타에 의한 감속 조선의 결과이다.

3.2 Three-quarter Super Rudder (Woo) 조선법

Fig 3-3에서 보인 본 조선법은 실무조선자들이 Super Rudder (Woo) 조선법을 좀더 효과적으로 사용하기 위하여 제안된 것으로서 급감속, 긴급정선 및 입항접근자세와 감속에 대해서 까지 적절히 사용하도록 고안한 것이다.

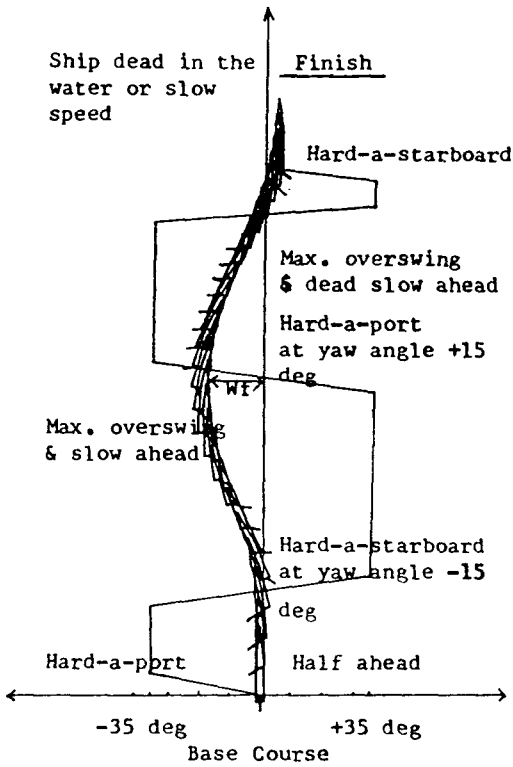


Fig 3-2 : Super Rudder (Woo) Controlling Method for Super Rudder 15/35 maneuver.

입항선박이 Port Approach과정중 Approach line 좌우현측에서 40~50도 대각도를 이루고 진입하는 경우와 또한 Approach line 상에서 접근하여 최종 진입자세가 좌우현의 40~50도 정도 변침하여 진입하는 경우가 허다하다.

이런 경우에는 Super Rudder (Woo) 조선편을 사용하면 최종침로가 40~50도 크게 벗어나므로 적절한 조선이 될 수 없다.

따라서, Fig 3-3와 Fig 3-4에서와 같이 전타사용은 기본적으로 3번을 하고 Base Course와 각도를 갖은 상태에서 후진기관을 걸어 급정선을 하던지 Stop Engine 상태로 최종위치까지 서서히 접근시키는 것인데 Super Rudder (Woo)가 전타 4번

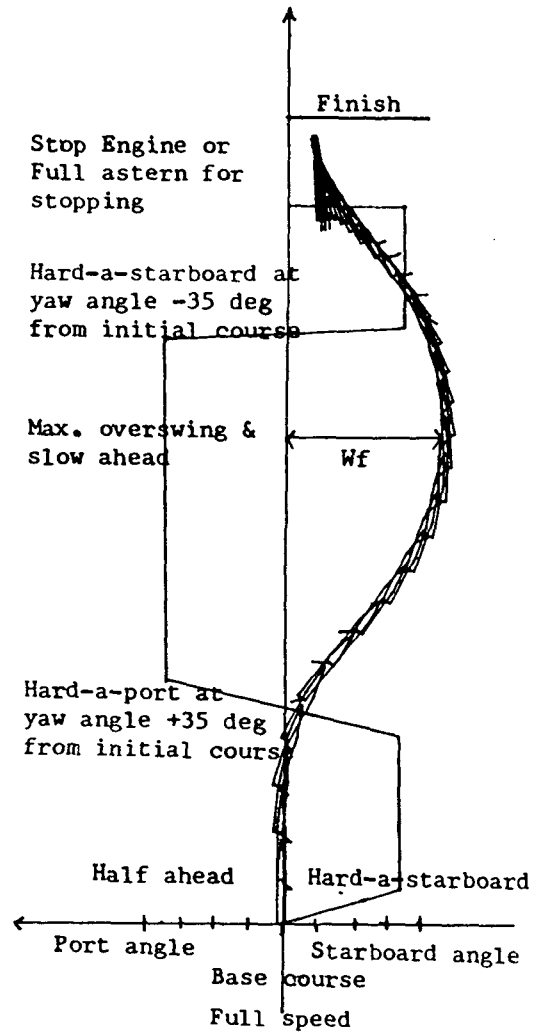


Fig 3-3 : Three-quarter Super Rudder (Woo) Controlling Method of the ship's right side.

사용과 180도 각도를 사용한데 비하여 이것은 전타 3번 사용과 135도 각도를 사용하고 있으므로 Three-quarter Super Rudder (Woo) 조선편이라고 부르기로 한다.

IV. 시뮬레이션 검증

4.1 시뮬레이션의 개요

Super Rudder (Woo) 조선법의 개발에 사용된 실험장치는 Fig 4-1의 최신의 다목적 선박조종시뮬레이터 (FMSS)를 사용하였으며 실험선박(Pilot ship)은 Table 4-1에서 보인 것처럼 Panamax급 선박을 사용하였다.

Table 4-1 : Pilotship 60,000DWT particulars

Lbp	240m
Beam	32.2m
Draft	11.6m
Displacement	73,184tons
Speeds Max. ahead	16.5kts
Max. astern	12.5kts
Engine type	Turbine
Horse power	20,000hp
Screw Power	Single, FPP
Rudder	Single, ± 35deg
Bow thruster	1,200HP
Engine Orders and RPM	
Ahead sea speed	83rpm
ahead full	75
half	60
Slow	40
Dead slow	10
Stop Engine	
astern Dead slow	-10rpm
slow	-40
half	-60
full	-70

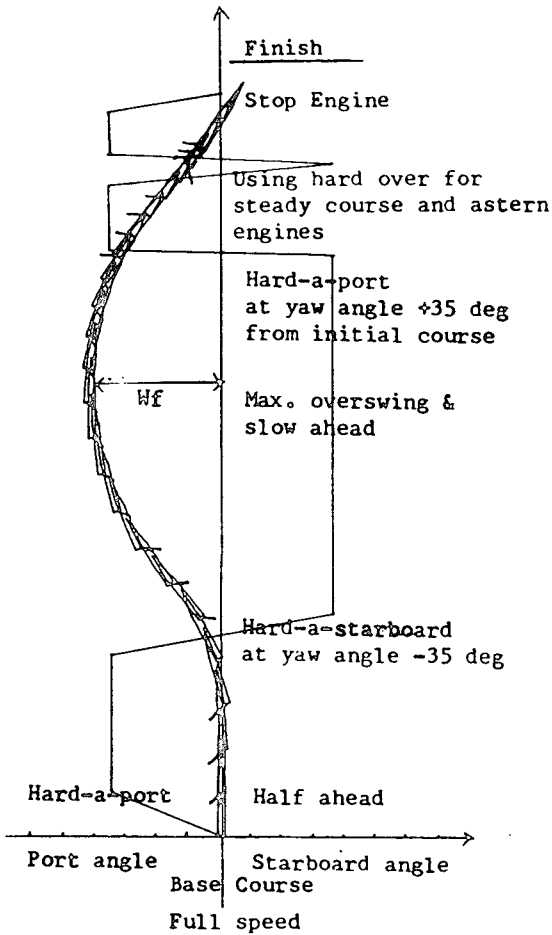


Fig 3-4 : Three-quarter Super Rudder (Woo) Controlling Method of the Ship's left side.

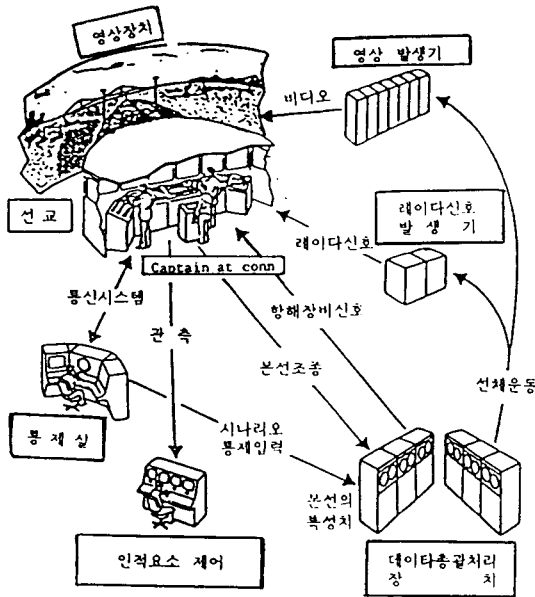


Fig 4-1 : Full Mission Shiphandling Simulator (FMSS) of KMTRI(Korea Marine Training and Research Institute)

4.2 시뮬레이션의 결과분석

기존의 감속조선법과 Super Rudder (Woo) 조선편의 우수성을 비교하기 위하여 실험은 Hydrodynamic Resistance, Flapping Rudder, Rudder Cycling, Super Rudder (Woo) Controlling 및 Three-quarter Super Rudder (Woo) Controlling 등의 감속조선법을 사용하였다. Fig 4-2, Fig 4-3, Fig 4-4, Fig 4-5, Fig 4-6 및 Fig 4-7은 Pilot Ship의 실험조건과 궤적을 나타내고 있다. 그리고 Fig 4-8은 Supertanker의 실험결과이다. Table 4-2에서 보인 결과치는 실험선박의 초기속력을 10 KTS로하여 수명의 조선자가 수행한 결과치의 평균값이다.

전방으로 정지거리 (Distance along Base Course)가 가장 짧은 것은 우현측의 Three-quarter

Exercise History: hist_dir: 13JAN9301.HST
 Scale (nm/cm): 0.189
 Symbol inc. (sec.): 30.0

Pilotship : 60,000 DWT

Base course: 000 deg
 Initial speed: 10 kts
 Environment: almost zero
 Water depth: shallow waters
 Engine order of full astern for stopping : almost 4 kts

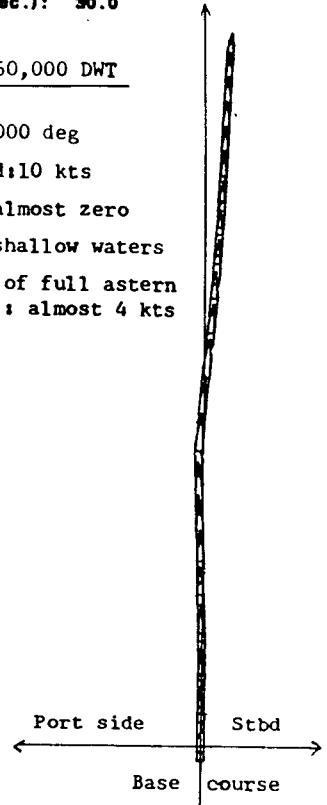


Fig 4-2 : Reducing Headway by Hydrodynamic Reistance of Water under Rudder amidships made at Engine stopped.

조선법이고, Base Course에서 벗어난 편위거리 (Distance off Base Course)가 가장 큰 것은 Rudder Cycling 이다. Super Rudder (Woo) 조선편이 개발되기 이전까지는 전진 방향으로 급감속하면서 전진 거리가 가장 짧은 것은 Rudder Cycling 이라고 믿어 왔는데 실험결과를 보면 우현측의 Three-quarter가 가장 짧은 것임을 확인하였다.

Exercise History: hist_dir: 18JAN9201.HST
 Scale (nm/cm): 0.112
 Symbol inc. (sec.): 30.0

Exercise History: hist_dir: 18JAN9201.HST
 Scale (nm/cm): 0.112
 Symbol inc. (sec.): 30.0

Pilotship : 60,000DWT

Base course : 000 deg
 Initial speed: 10 kts
 Environment: almost zero
 Water depth : shallow waters
 Engine order of full astern
 for stopping : almost
 4 kts

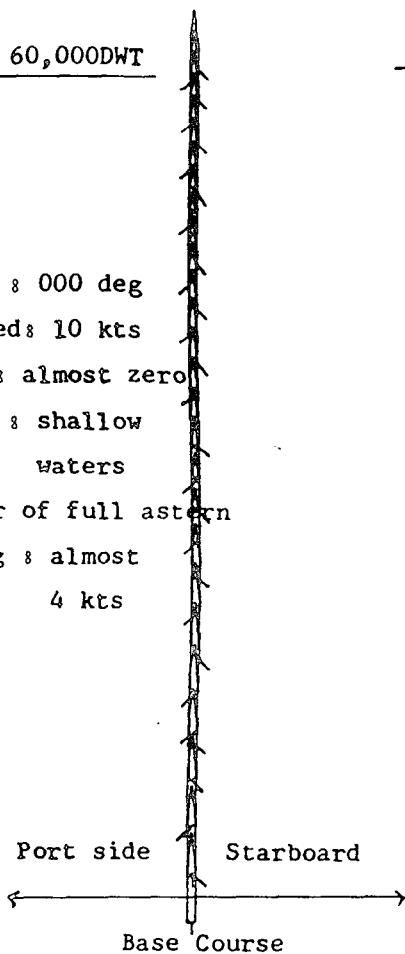


Fig 4-3 : Flapping Rudder made at Engine stopped.

Pilotship : 60,000DWT

Base course : 000 deg
 Initial speed: 10 kts
 Environment : almost
 zero
 Water depth : shallow waters
 Engine order of full
 astern for stopping : almost
 4 kts

DAB: Distance Along Base Course
 DOB: Distance off Base Course

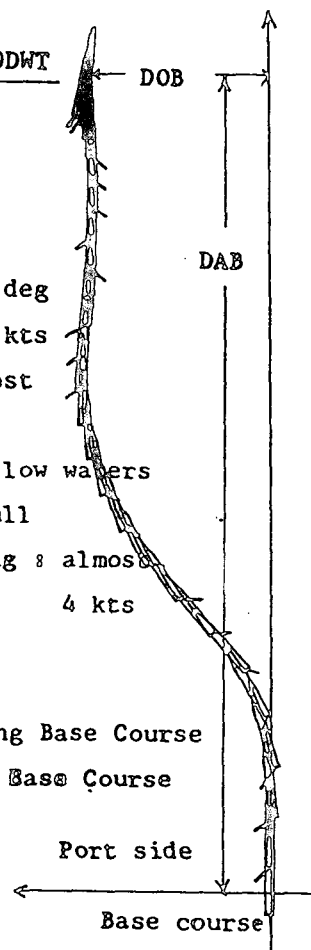


Fig 4-4 : Rudder Cycling Method.

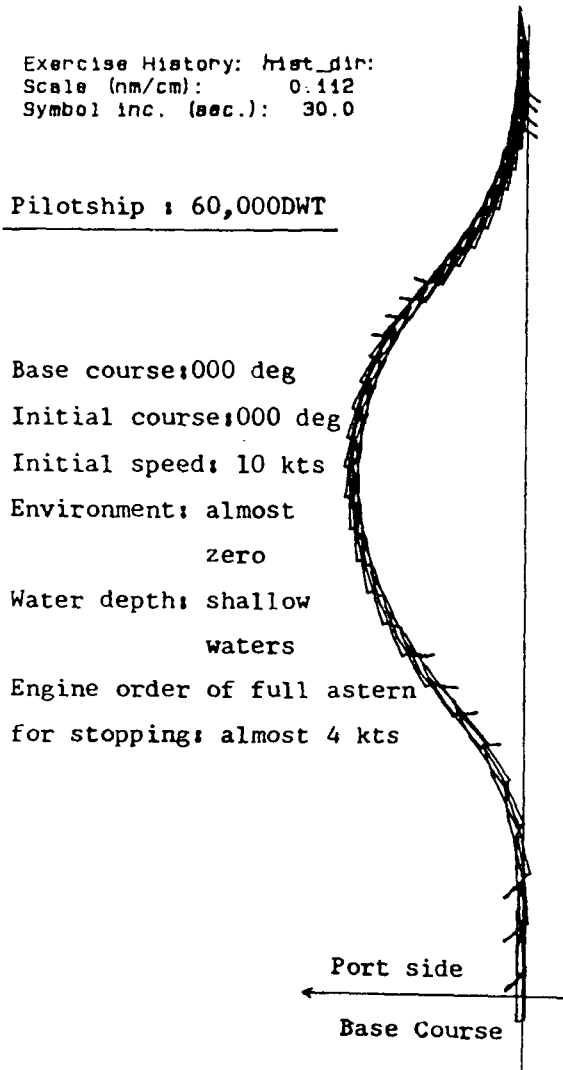


Fig 4-5 : Super Rudder (Woo) Controlling Method to the Ship's port side

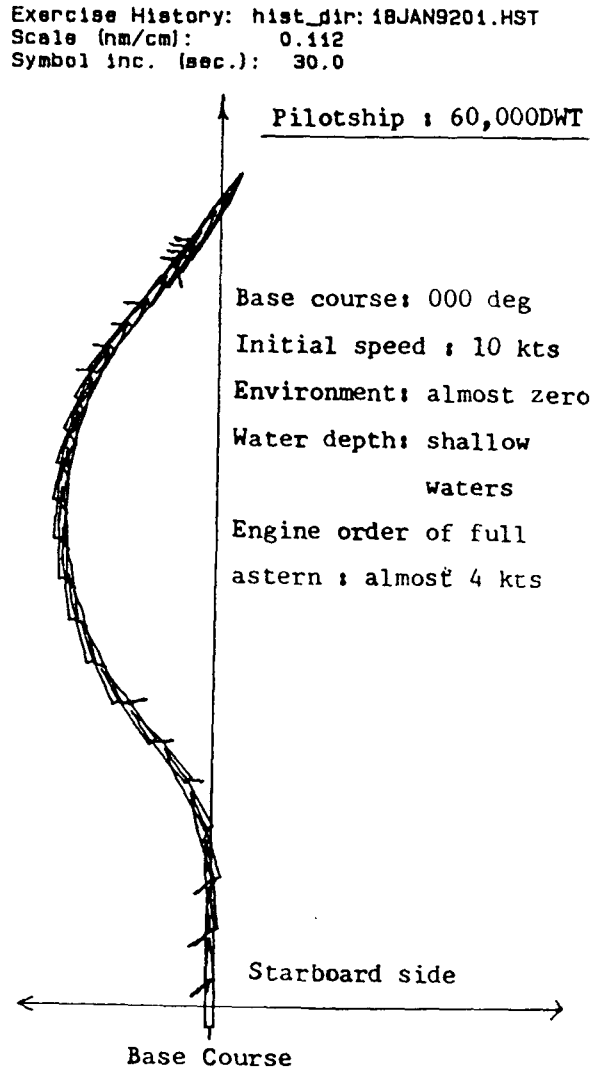


Fig 4-6 : Three-quarter Super Rudder (Woo) Controlling Method to the Ship's port side

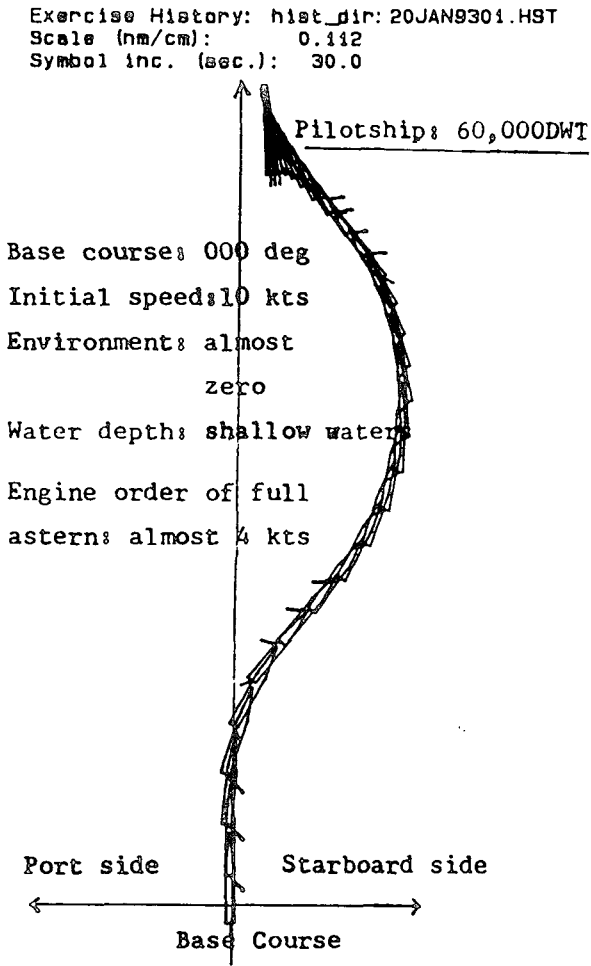


Fig 4-7 : Three-quarter Super Rudder (Woo) Controlling Method to the Ship's Starboard side

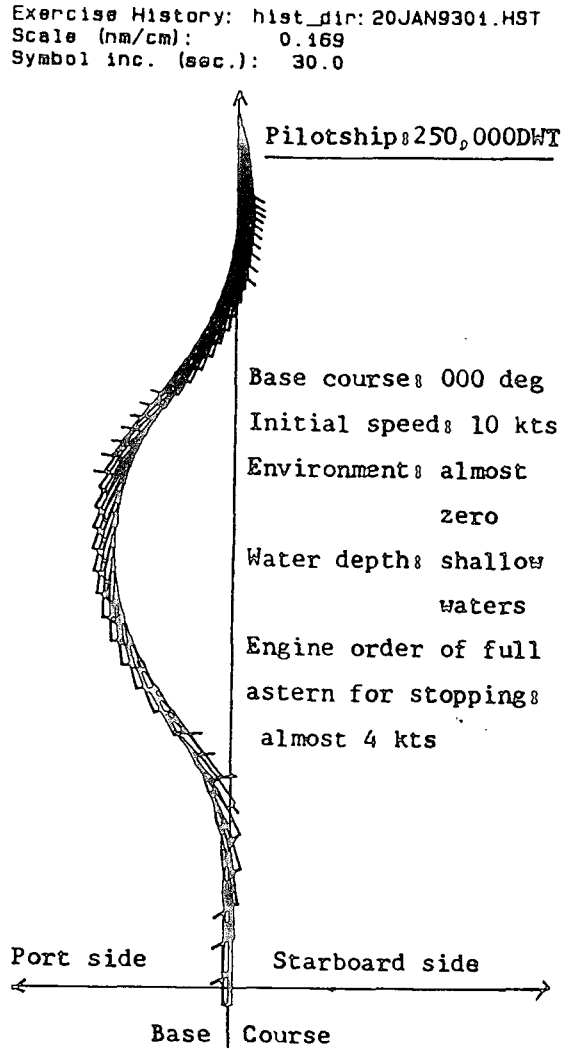


Fig 4-8 : Super Rudder (Woo) Controlling Method to Superships Port side

Table 4-2 : Simulation Results of Stopping ship after reducing a great headway for 60,000DWT Class with initial speed 10 kts.

Classification Reducing Methods	Distance along Base Course in LOA	Distance off Base course in LOA	Final Change of Heading	Total Elasped	Remark
Hydrodynamic Resistance	15.0	1.5	+20 deg	18m 30s	
Flapping Rudder	11.5	0.1	0 deg	14, 30s	
Rudder Cycling	9.5	2.0	+15 deg	13, 00s	
Super Rudder (Woo) Controlling	10.5	0.1	0 deg	17, 30s	Turning to Portside
	10.2	0.2	0 deg	18, 00s	Turning to starboard
Three-quarter Super Rudder (Woo) Controlling	9.0	0.3	+30 deg	12m 30s	Turning to Portside
	8.8	0.3	-30 deg	12m 30s	Turning to Starboard

V. 결 론

대형 선박을 조종하는 실무조종자는 항상 고도의 제선력이 요구되고 있지만 이것 자체가 충분한 실무조종경험과 보완적으로 선박조종시뮬레이터 훈련을 통해서만이 습득 될 수 있기 때문에 생각 보다는 그리 간단한 것이 아니다. 그리고 또한 감속조선법으로 사용되고 있는 기존의 조선기술도 초심자에게는 내용이 좀 애매하여 실무조선에 적용하기는 어려움이 있다. 따라서 기존의 여러 감속조선법을 하나로 통합하여 개발한 Super Rudder (Woo) 조선법은 실무조선에서 요구되는 전진속력의 신축성 있는 감속, 그리고 Pilot Station 이나 Anchor Berth에 접근하면서 최종접근속력과 진입자세도 효과적으로 조절할 수 있다.

본 연구의 결론을 요약하면 다음과 같다.

첫째, 기존의 조선법 Rudder Cycling은 좌현으로 국한하고 있지만 Super Rudder (Woo) 조선법은 주위의 해상교통량에 적절히 대응하면서 변침을 좌현이나 우현 어느 쪽으로도 가능하다.

둘째, 최종정선위치의 편위거리(Distance off

Course)에 있어서 Rudder Cycling은 전장의 약 2배정도인데 비하여 이 조선법은 시행후 초기 침포상에 거의 가깝게 복귀시킬 수 가 있어 조선자가 항상 자신감을 갖고 시도할 수 있는 특징을 갖고 있다.

셋째, Super Rudder (Woo) 조선법은 단순히 전진속력만을 감속시키는 것이 아니고 최종진입자세 유지 및 단계적 감속도 동시에 고려한 조선법이다. 즉 조선자가 Yaw angle을 5~35도까지 적절히 조절할 수 있다.

본 연구는 지난 수년간 실무조종교육과 선박조종시뮬레이션 훈련교육을 통하여 개발 완성되었기 때문에 아직도 개선 되어야 할 점이 있는 것으로 판단된다. 그래서 앞으로의 연구과제는 이 Super Rudder (Woo) 조선법을 좀더 깊게 연구하여 미비한점을 보완하고 대형선박의 크기별로 초기속력과 Yaw angle을 변수로하여 정선거리를 쉽게 구할수 있는 실험수식개발, 그리고 현재 실무조선에서 널리 사용되고 있는 마력-하중비에 따른 감속조선법도 좀더 상세히 연구되어야 할 것이다.

References

- 1) Capt. Byung-goo Woo, Ph.D. et al. : Shiphandling, Korea Marine Training and Research institute, Pusan, Korea 1989
- 2) Capt. Odd Oterhals : SMS Training, Ladehammervien 67041 Trondheim, Norway 1992
- 3) CAORF : Maneuverability Tests, CAORF, Kings Point, New York, 1988.
- 4) Daniel H. McElrevey : Shiphandling for the mariner, Cornell Maritime Press, Maryland, 1983
- 5) Henry H. Hooyer : Behavior and handling of ships, Cornell Maritime Press, Maryland 1983
- 6) IAPH : Reports of the committee on port safety environment and construction, Seoul, Korea 1987
- 7) Ship analytics : Ownship dynamics, North Stonington Professional Center, North Stonington, CT 1988
- 8) SNAME, SNAME news and Marine Technology Vol.24, The Society of Naval Architects and Marine Engineers, USA 1987
- 9) S.H. Hollingdale : Mathematical Aspects of Marine Traffic, Academic Press, Inc. Ltd. 24/28 Oval Road, London NW1, 1979
- 10) The Nautical Institute : On pilotage and shiphandling, 202 Lambeth Road, London SE1 7LQ, UK 1990

