

한국조선기술 연구조합 제1호 연구과제 완료

- 저속 비대선의 조종성능 고도화 기술 개발 -

강 창 구 <한국기계연구원 선박해양공학연구센터>
 엄 덕 준 <현대중공업>, 김 호 충 <대우중공업>
 하 문 근 <삼성중공업>, 손 봉 룡 <한진중공업>
 안 성 필 <한리중공업>

1. 서 언

국제해사기구(IMO, International Maritime Organization)에서는 지난 1990년부터 선박 조종성 표준의 제정을 위한 특별작업반을 구성하여 모든 회원국의 대표 및 전문가들로부터 자료 수집을 하고 제안서를 받아서 1993년 2월 DE36에서 '잠정 선박조종성 표준(Interim Standards for Ship Manoeuvrability)'을 통과시켰으며, 이것은 1993년 11월 총회에서 결의안으로 채택되어 1994년 7월 1일부터 시행에 들어갔다.

1990년 당시 일본 도선사협회는 상당수의 선박이 아주 나쁜 조종성을 갖고 있는 것으로 보고하였으며, 이 중에는 한국에서 건조된 선박이 상당수 포함되어 있다. 물론 이들은 대부분이 동일계열 선박이긴 하지만 그 보고서에 언급되지 않은 선박도 조종성이 불량한 선박이 많았던 것으로 알려지고 있다.

이것은 지난 20여년간 두 차례의 오일 쇼크를 거치면서 선박의 연료절감을 위한 많은 노력의 결과 저항 추진성능면에서 획기적인 성과를 거두어 왔으나, 반면에 조종성능면에서는 많은 희생을 치루게 한데서 비롯된다. 특히, 구상선수(bulbous

bow), 뚝뚝한 배, 대직경 프로펠러, skeg type 선미형상 등은 운항 효율면에서 상당히 진보된 결과를 보여 주었으나, 이 중에서 뚝뚝한 배, 대직경 프로펠러, skeg type 선미형상 등으로 인하여 조종성능이 극히 불량한 선박들이 다수 출현하게 되었다. 그 결과로써 항만이나 수로(水路)에서의 조선(操船)이 어렵게 되었고, 또한 수심이 얕거나 해상 교통량이 많은 해역에서의 선박 충돌 사고가 빈번해지게 되었다. 특히 상대적으로 사고의 위험성이 높은 항만이나 연안 등지에서의 해운 사고는 인명에 대한 위협뿐만 아니라 심각한 환경오염의 원인이 될 수 있으며, 화물운송에도 적지 않은 위험 요소로 작용한다. 이에 따라 국제해사기구에서 잠정 선박조종성 표준을 제정하였으며, 이 잠정 표준은 5년간(1994.7.1~1999.6.30)의 시행을 거쳐 수집되는 자료를 바탕으로 개정될 예정이다.

이러한 국제적인 여건 변화에 능동적으로 대처하기 위하여 국내에서 선박조종성에 관한 공동연구의 필요성이 제기되어 왔으며, 1993년에 과학기술처에서 시행한 중핵과제의 하나로 기획사업이 수행되었으나, 아쉽게도 선정되지 못했다. 그러나 선박 조종성에 관한 연구의 시급성과 중요성이 폭 넓은 공감대를 형성하게 되었고, 한국조선

기술연구조합이 결성되어 제1호 과제로 “저속비대선의 조종성능 고도화 기술 개발” 과제가 선정되어 1994년 8월 1일부터 1996년 12월 31일까지 연구가 수행되었다.

본 연구에서는 SUEZMAX, 40K PC, AFRAMAX 등 저속비대선을 대상으로 하였으며, 저항, 저항 시험, HPMM 시험, 타 단독 시험, 자유항주 시험이 수행되었고, 시험결과의 회귀분석, D/B 구축 등이 이루어졌다.

2. 선형 설계

현재 각 조선소에서 많이 수주, 건조되고 있는 SUEZMAX급 유조선과 40K급 PC(Product Carrier) 선박, AFRAMAX 급 유조선에 대하여 선형 설계를 수행하였다.

SUEZMAX급 선박의 경우 12척의 선형이 설계되었고, 40K PC의 경우 3척의 선형이, AFRAMAX급 선박의 경우 4척의 선형이 설계되었다. 각 선형의 기본 제원은 표 1 및 표 2와 같다.

기본 선형은 저항, 추진 성능이 우수하면서 조종 성능도 양호하리라고 판단되는 선형을 선택하였다. 이 기본 선형을 이용하여 SUEZMAX 급의 경우 L/B, B/T, C_B, LCB를 변형시켰으며, 40K PC의 경우 LCB만 변형시켰고, AFRAMAX급의 경우 LCB 및 선미 선형을 변화시켰다. AFRAMAX급 선박의 선미 변형은 일반 선미 선형과 U-Shape 선미 선형, V-Shape 선미 선형으로 이루어져 있다.

IMO 규정에 의하면 조종 성능 시험의 경우 S-cantling Draft에 대하여 수행되도록 되어 있기 때문에 모든 기본 제원들은 Scantling Draft에

〈표 1〉 각 선형의 기본 제원

선형	ID No.	L/B	B/T	C _B	LCB(%)	설계자	비고
SUEZMAX	S01	5.5	3.0	0.82	3.5	대우	기본선형
	S02	5.0					
	S03	6.0					
	S04	5.5	3.5	0.82	3.0	한진	
	S05	5.5					
	S06	5.5					
	S07	5.0	3.5	0.84	3.5	한진	
	S08	5.5					
	S09	6.0					
	S10	5.5	3.0	0.80	3.5	삼성	
	S11	5.0					
	S12	5.0					
40K P/C	P01	5.0	2.625	0.80	2.5	한라	기본선형
	P02				2.0		
	P03				3.0		
AFRAMAX	A01	5.5	3.132	0.80	3.0	현대	기본선형
	A02				2.5		선미 1
	A03						선미 2
	A04						선미 3

〈표 2〉 船型 Parameter Matrix

L/B Cb	5.0		5.5				6.0		1cb(%)
	B/T=3.5	B/T=3.0	B/T=3.5	B/T=3.13	B/T=3.0	B/T=2.63	B/T=3.5	B/T=3.0	
0.80									4.0
	☆S12	☆S11			☆S10				3.5
				♥A01		♣P03			3.0
				♥A02~4		♣P01			2.5
						♣P02			2.0
0.82					☆S06				4.0
		◎S02	◎S04		●S01			◎S03	3.5
					◇S05				3.0
0.84									4.0
					◇S08			◇S09	3.5
	◇S07								3.0

범례 : ♣ : 40K P/C (한라, 3척) ♥ : Aframax (현대, 4척)
 ◎ : Suezmax 기본 선형 (대우) ○ : Suezmax 변형 (대우, 3척)
 ☆ : Suezmax 변형 (삼성, 4척) ◇ : Suezmax 변형 (한진, 4척)

대하여 정의되었다. 단, SUEZMAX 급 선박의 경우 Full Load 상태를 Scantling Draft 상태로 간주하였다.

3. 저항/자항 시험 및 해석

SUEZMAX급 및 40K PC의 경우 KRISO에서 시험이 수행되었고, AFRAMAX급은 현대중공업(주) 선박해양연구소에서 수행되었다. 추진성능 시험에 사용된 프로펠러는 연구소가 보유한 재고 프로펠러를 사용하였으며, 해석을 위하여 프로펠러 단독시험을 수행하였다.

시험은 Froude의 상사법칙을 따라서 수행하였으며, 해석은 1978 ITTC 해석법에 따르되 2차원 해석법을 적용하였고, 실선의 성능추정은 선체 표면이 깨끗하고 바람이 없으며 파랑에 의한 부가저항을 고려하지 않은 것이며, 공기저항에 의한 저항증가는 고려되었다.

SUEZMAX급은 축척비가 1/32.8이고, Bilge Keels를 부착한 상태에서 시험이 수행되었고, 전

체 13척의 선형에 대하여 시험이 수행되었다. 12척은 이번 연구과제를 위하여 설계된 선형이고, 나머지 1척은 조종성능 추정결과를 시운전결과와 비교하기 위하여 선택한 실적선이었다. 실선의 속도는 15.0 Knots이었다.

40K PC의 축척비는 1/24.0이고, Bilge Keels를 부착한 상태에서 시험이 수행되었다. 전체 시험 선형은 4척이었으며, 1척은 선형 개량전에 수행된 것이다. 실선의 Draft는 Scantling 상태에 대한 것이고, 속도는 14.0 Knots이다.

AFRAMAX급 선형은 축척비가 1/32.759 로, Bilge Keels가 없는 상태에서 시험이 수행되었다. 시험 선형은 4척이었으며, 실선의 부하상태는 Scantling Draft에 대한 것이었다. 속도는 15.0 Knots이었다.

전반적인 시험 결과의 경향은 일반적으로 알려진 것과 같았다. 즉, L/B가 클수록, LCB가 선수 쪽에 있을수록, C_w가 작을수록, 선미 형상이 V-Shape에 가까울수록 저항, 추진성능이 좋은 것으로 나타났다.

4. HPMM 시험, 타 단독 시험 및 해석

설계된 선형 모두에 대하여 23 Set(SUEZ-MAX 선형 13 Set, 40K PC 5 Set, AFRAMAX 5 Set)의 HPMM 시험을 실시하였으며, 특수타를 포함한 6가지 타에 대한 타 단독 시험도 실시되었다.

HPMM 시험은 Abkowitz 방식과 MMG 방식의 두가지 방법으로 모두 해석된 후 조종 운동 시물레이션에 사용되었다. Abkowitz 수학 모형을 이용하여 시험 결과를 해석하여 조종성 계수를 구한 경우에는 실선-모형선 상관 계수를 계산하여 조종성 계수들을 수정하는 방식을 사용하였다.

한편, 조종성능이 불량한 것으로 판단된 일부 선형의 경우 이를 개선시킬 목적으로 40K PC 선형의 경우에는 Schilling 타를, AFRAMAX 선형의 경우에는 Flap타를 각각 장착하여 HPMM 시험을 수행하고 그 효과를 살펴보았다. 이하에 선형별로 해석결과를 요약한다.

4.1 SUEZMAX 선형에 대한 고찰

SUEZMAX 선형의 경우 L/B, B/T, C_n , LCB를 체계적으로 변화시키고, 이들의 영향이 조종 성능에 미치는 영향을 파악하고자 하였다. 선형 변화가 선회 성능 및 초기 선회 성능에 미치는 영향은 그리 뚜렷하지 않으나 Yaw Checking 성능에는 비교적 큰 영향을 미치고 있는 것으로 판단된다.

일반적으로 L/B나 B/T가 커질수록 Yaw Checking 성능이 우수해지는 경향을 보이고 있으나 조종성능이 아주 불량할 경우에는 이러한 경향이 뚜렷하지 않다. 선회 성능 및 초기 선회 성능의 경우 C_n 의 값에 영향을 받는 것을 볼 수가 있으며, Yaw Checking 성능의 경우에도 C_n 에 따라 뚜렷한 경향이 나타나고 있다. 즉, 전반적으로 C_n 가 증가할수록 선회 성능 및 초기 선회 성능은 좋아지고, 반면에 C_n 가 감소할수록 Yaw Checking 성능이 좋아지는 것을 알 수 있다. 또한, 선회 성능, 초기 선회 성능 및 Yaw Checking 성능은 모

두 LCB 값에 영향을 받는 것으로 나타났으며, 그 경향은 LCB가 증가할수록 선회 성능 및 초기 선회 성능은 나빠지고, 반면에 Yaw Checking 성능은 좋아졌다.

4.2 40K PC 선형에 대한 고찰

40K PC 선형의 경우 LCB만을 변화시키고, 이것이 조종성능에 미치는 영향을 파악하고자 하였다. 선회 성능, 초기 선회 성능 및 Yaw Checking 성능이 LCB의 값에 영향을 받는 것으로 나타났으며, LCB가 증가할수록 선회 성능 및 초기 선회 성능은 나빠지고, 반면에 Yaw Checking 성능은 좋아지는 경향을 보이고 있다.

4.3 AFRAMAX 선형에 대한 고찰

AFRAMAX 선형의 경우 기본선형에 LCB에 대하여 변화를 주고, 또한 선미 부분을 변화시켜서, 이러한 변화가 조종 성능에 미치는 영향을 파악하고자 하였다. 모든 제원은 동일한 상태에서 선미 선형만을 변화시켰으므로, 이를 정량화하기 위하여 $\sigma = (1 - C_{wa}) / (1 - C_{pa})$ 파라미터를 도입하였다. 여기서 C_{wa} , C_{pa} 는 각각 선미부의 수선면 계수와 주상비척계수를 의미한다. 선회 성능 및 초기 선회 성능의 경우 σ 의 값에 크게 영향을 받지 않는 것을 볼 수가 있으나, Yaw Check 성능의 경우 뚜렷한 경향을 나타내고 있다. 즉, σ 가 증가할수록 Yaw Checking 성능도 좋아짐을 알 수 있다.

4.4 특수 타 부착 시험 결과에 대한 고찰

HPMM 시험에 근거한 시물레이션 결과, 40K PC 02 선형과 AFRAMAX 03 선형의 경우 조종 성능이 상당히 불량한 것으로 추정되었다. 선형 조건으로 미루어 예상된 결과이지만 이러한 불량한 조종성능을 향상시키기 위하여 특수타를 부착한 후 이 두 선형에 대한 HPMM 시험을 수행하여 조종성능을 추정하였다. 40K PC 02 선형에는 Schilling Rudder를, AFRAMAX A03 선형에는 Flap Rudder를 각각 부착하였다.

시물레이션 결과, Schilling Rudder를 부착한 40K PC 02 선형의 경우 일반 타를 부착한 경우에 비하여 조종 성능이 상당히 개선되었다. Flap Rudder를 부착한 A03 선형의 경우에도 조종 성능이 많이 개선되었지만, Schilling Rudder만큼 개선되지는 않았다. 하지만, Schilling Rudder를 부착한 경우에는 상대적으로 저항, 추진 성능이 불량하여지며, 40K PC 02 선형의 경우 일반 타를 부착한 경우에 비하여 추진 성능이 약 3% 정도 감소하는 것으로 나타났다.

5. 자유 항주 시험 및 해석

5.1 개요

자유항주시험은 자항하는 모형선을 이용하여 선회시험, 지그재그시험과 같은 표준조종시험을 수행하고 그 결과들로부터 설계선형의 조종성능을 추정하는 시험으로 결과를 직접 눈으로 확인할 수 있고 결과의 판단도 용이하다는 장점이 있다. 그러나 시험결과와 선형과의 상관관계를 명확히 도출하기 어렵기 때문에 기존의 시험결과를 이용하여 유사한 선형의 조종성능 추정이 어렵다. 한편, 구속모형시험과 그 시험결과를 이용한 시물레이션에 의한 조종성능 추정방법은, 시험에서 얻어진 조종계수들이 어느 정도 선형의 형상 파라미터와 상관관계가 있기 때문에 유사한 선형의 조종성능 추정 및 조종성 추정을 위한 시험 자료의 데이터베이스 구축용으로는 자유항주시험에 의한 조종성능 추정보다 적합하다고 할 수 있다. 단, 이 방법의 경우 신뢰성있는 조종성 추정을 위하여 조종수학모형의 검증이 필수적이다. 이와 같은 이유로 본 연구에서는 계열선형에 대한 조종성 추정을 위한 데이터베이스 구축을 위하여 23척에 대한 구속모형시험을 수행하였으며, 자유항주시험은 수학모형의 검증을 주 목적으로 하여 수행되었다.

각 선형을 대표하는 선형과 조종성능이 특히 나쁜 선형들을 중심으로 선택하여 모두 9척에 대한 자유항주시험이 수행되었다. 선택된 선형은 SUEZMAX선형이 6척, 40K PC선형이 2척,

AFRAMAX선형이 1척이다.

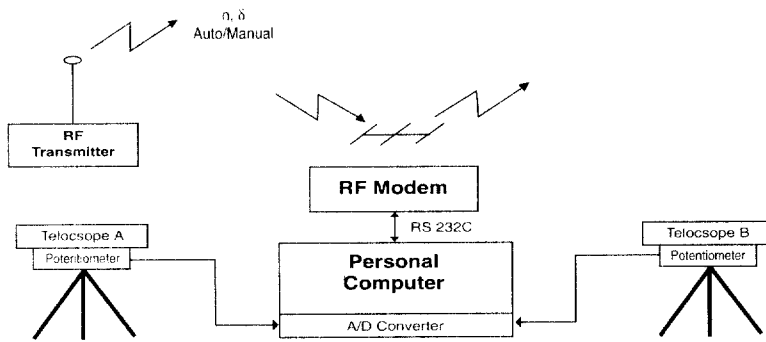
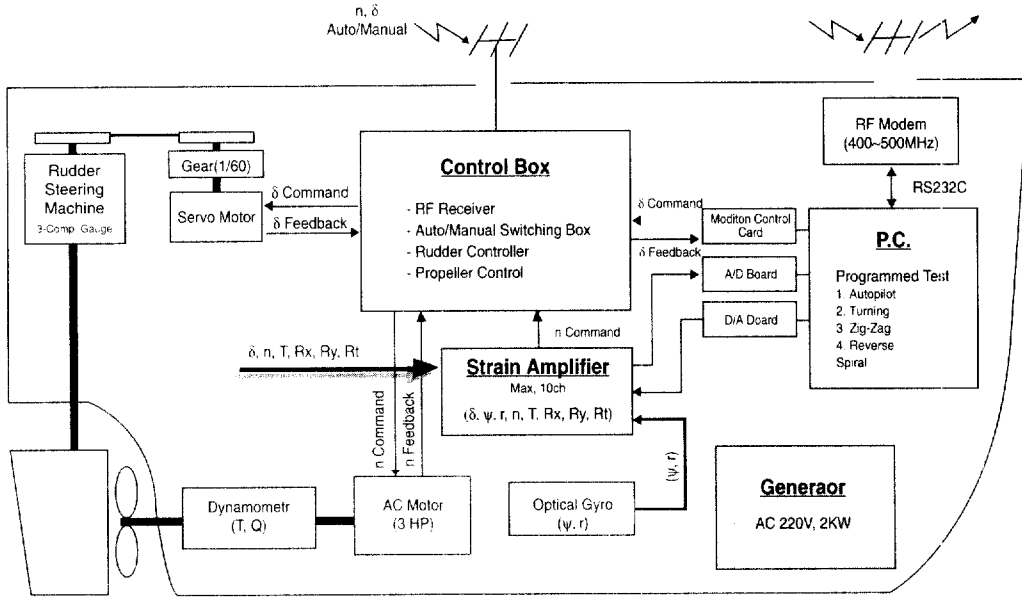
5.2 자유항주시험 시스템 구성

자유항주시험 시스템은 선박해양공학센터에서 1988년도에 이미 개발하여 예인수조에서 그 성능을 시험한 바 있으나, 본 과제에서는 대형모형선을 이용하여 옥외저수지에서 시험하여야 하므로 이전의 시스템을 수정·보완하여 새로운 시스템을 개발하였다. 그림 1에 새로이 구성된 자유항주시험 시스템의 구성도를 도시하였다.

자유항주시험중 필요한 모형선의 조종은 타와 프로펠러인 데 이들은 수동 혹은 자동모드로 선택하여 이루어진다. 수동조종은 모형선의 시험준비 및 모형선의 회수등을 위한 모형선의 이동시 사용되며 자동조종은 실제 시험시 사용되는 데 PC로부터 나오는 정해진 모드의 제어명령에 의해 조종된다. 모형선에 탑재된 각종 장비의 전원은 2.2KW 발전기에 의해 공급된다. 시험중 측정되는 주요 물리량들은 프로펠러 회전수, 타각, 선수동요각, 선수동요각속도, 타에 작용하는 힘 및 프로펠러에 작용하는 트러스트(thrust) 등이다. 시험시 모형선의 PC에서 행해지는 모든 작업들은 육상과 모형선에 설치된 무선모뎀을 통하여 원격 조종된다. 즉, 시험중 모형선에서 측정되는 모든 데이터들은 육상으로 송신되어 실시간으로 모니터링되며 시험에 필요한 모든 명령들도 무선모뎀을 통하여 모형선에 탑재된 PC에 전달된다. 모형선의 위치측정은 망원조준경과 각도측정센서를 결합하여 제작한 계측기를 이용한 수동계측법과 모형선에 설치된 GPS 수신기의 위치 데이터를 육상에 설치한 GPS 수신기의 위치 데이터로 측위 보정하여 모형선의 위치를 구하는 PDGPS(Personal DGPS) 측정법의 두가지 방법으로 병행하여 수행하였다.

5.3 시험 수행 및 결과

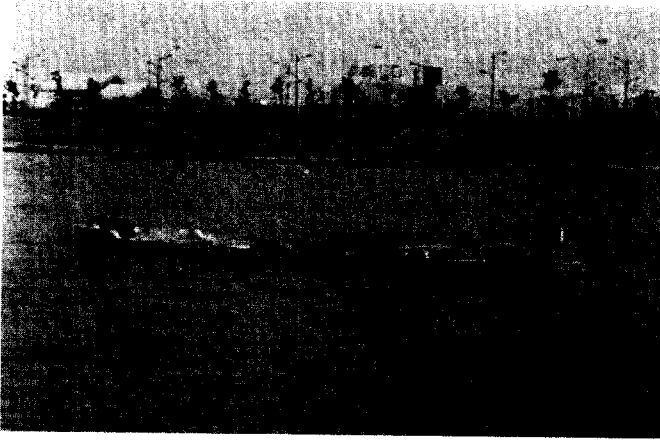
시험은 대전 시내 및 근교에 있는 갑천, 방동저수지, 논산저수지등에서 수행되었다. 이들 저수지들은 최소 2m이상의 수심과 100m 직경 이상의



〈그림 1〉 자유항주 시스템의 구성도

수면과 물가의 작업공간, 모형선을 운반하는 차량이 저수지까지 접근할 수 있는 도로등이 확보되어 있어 자유항주모형시험을 수행하기에 적절한 곳이다. 그러나 이들 저수지들도 계절별로 수위의 변동이 심하여 상황에 따라 적절한 곳을 선택하여야만 하였다. 시험시 바람 및 직진 진입시 초기 교란은 시험결과에 큰 영향을 미쳤다. 따라서 가능한 한 바람이 없는 시간을 선택하여 시험을 수행

하였으며 autopilot을 사용하여 직진 진입시의 교란을 최소로 하였다. 신뢰성 있는 결과를 얻기 위하여 같은 종류의 시험을 여러번 반복하여 수행하였고 이들중 크게 이상한 데이터들을 제외하고 나머지 데이터들을 평균한 값을 최종 결과로 사용하였다. 선회시험시 궤적의 경우는 IMO Explanatory note에서 제시한 방법으로 표류량을 보정하여 해석하였다. 그림 2에서 자유항주시험중인 모



〈그림 2〉 자유항주 시험 사진

형선의 모습을 볼 수 있으며 그림 3은 $10^\circ / 10^\circ$ zig-zag 시험시 계측된 타각, 방위각, 각속도 및 모형선의 궤적을 보여주고 있다.

6. 시험 해석 결과의 회귀 분석

6.1 다중 회귀 모형

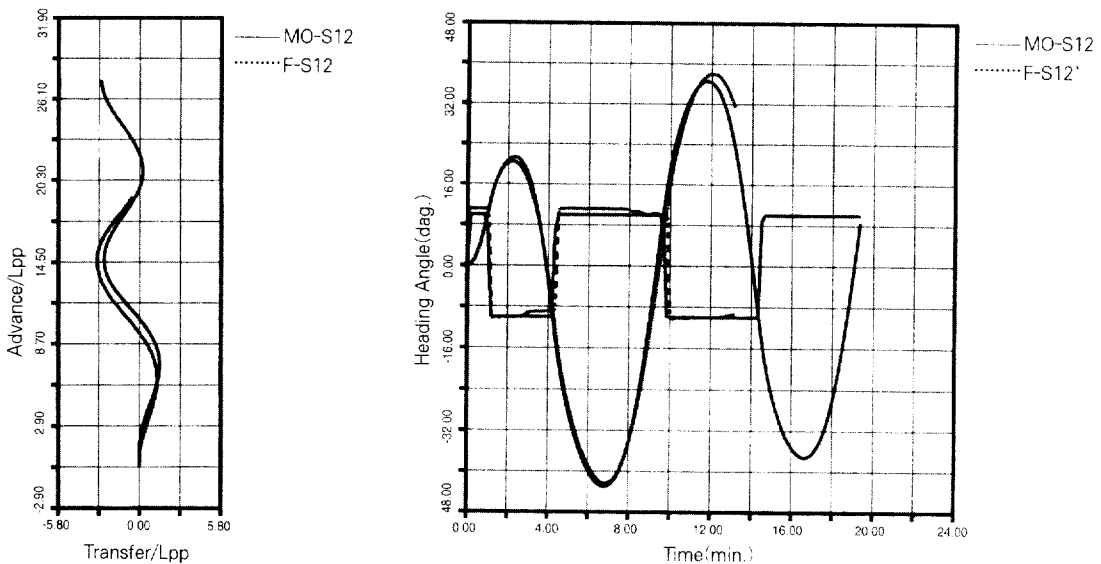
실제적으로 접하게 되는 대부분의 문제에 있어

어떤 종속변수(목적변수)는 두 개 이상의 독립변수(설명변수)에 의한 영향을 받게 되며, 설명력있는 변수를 독립변수로 선택하여 이들의 함수로서 종속변수의 변화특성을 표현할 수 있다. 이러한 회귀모형을 중회귀 모형이라 하며 특히 각 독립변수의 관심영역에서 종속변수와의 관계를 선형으로 가정하는 경우를 선형 중회귀(다중 회귀)모형이라 한다.

6.2 유체력 미계수에 대한 다중 회귀 모형의 적용

선박의 조종성능 추정을 위한 조종운동 시뮬레이션에 필요한 유체력 미계수들은 선체의 기본 파라메터인 길이/폭, 폭/홀수 등을 포함한 여러 개의 파라메터의 영향을 받게 될 것이다.

그러나 미계수에 영향을 주는 수많은 파라메터를 모두 찾아낸다는 것은 어려운 일이므로, 현실적으로 가능한 대안으로서 물리적 직관의 관점에서 그리고 설계의 관점에서 볼 때 가장 중요하다



F_S12 : S12 선형의 자유항주 시험결과

MO_S12 : S12 선형의 모형 선자항점에서의 시뮬레이션결과

〈그림 3〉 모형선의 궤적 및 방위각

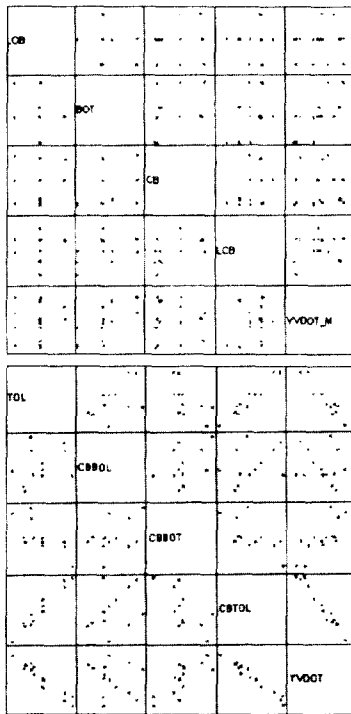
고 판단되는 L/B, B/T, C_b , LCB를 기본 파라메터로 설정하고 이를 회귀식 형태로 적용하고자 시도하였다.

6.3 상관 분석

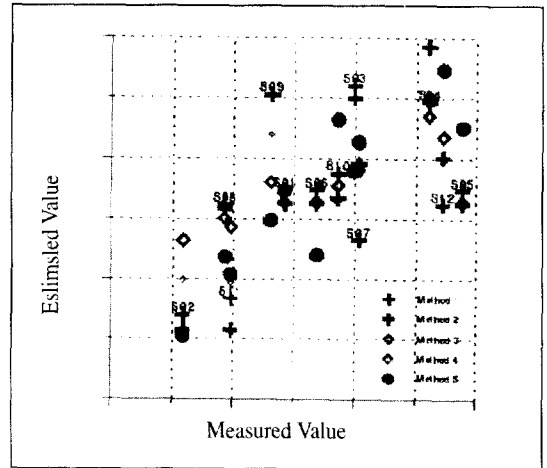
상관분석은 상관계수 도표와 산포도(散布圖)를 이용하여 독립변수와 종속변수간에 (선형)함수 관계가 존재하는지의 여부를 판단하는 과정으로 상관분석 결과, 상관관계가 깊다고 판단되는 계수를 독립변수로 채택하게 된다.

가능한 독립변수로는 앞서 언급한 기본 파라메터 외에도, 물리적 직관에 의한 변수, 기존 경험식에서 사용되는 변수, 변수상호간에 적절한 조합으로 이루어진 형태의 변수와, 선미형상을 반영하는 것으로 알려진 σ 등 여러 가지를 고려하였다.

독립변수 선정과정의 예를 살펴보자면, 다음에 나타낸 그림 4는 유체력 미계수 Y_v 에 대한 상관 분석 결과를 나타낸 Matrix 산포도이다. 각각의



〈그림 4〉 Y_v 의 Matrix 산포도



〈그림 5〉 Y_v 의 실험값 및 추정값의 비교

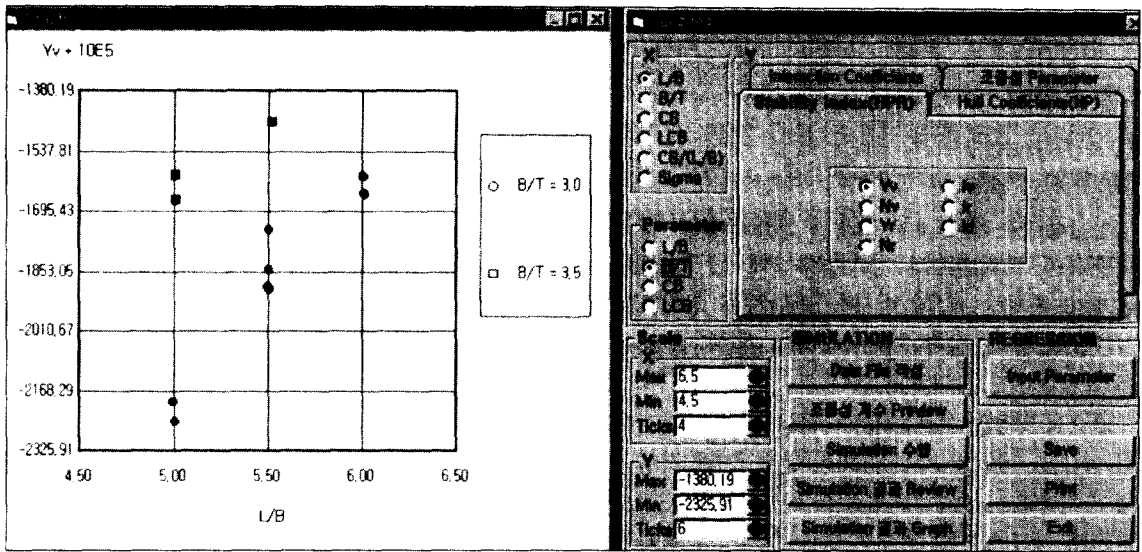
그림은 그림이 속한 직선상의 변수를 x와 y축으로 삼아 그려진 것이다. 이로부터 Y_v 는 T/L과 $C_b \cdot T/L$ 에 대해 거의 선형적인 관계가 나타남을 확인할 수 있다. 이러한 방법으로 적절한 독립변수를 채택하게 된다.

6.4 회귀모형 추정

회귀대상인 SUEZMAX 12척, 40K PC 3척, AFRAMAX 4척 모두를 모집단으로 한 상관분석 결과 일부 선형(線型) 유체력 계수를 제외하고는 기존 경험식에 비하여 주목할만한 상관관계를 보이지 않아 선종에 따른 별도의 회귀식을 구성하였다.

회귀식의 형태로는 기존경험식의 형태와 상관 분석을 통한 해석결과를 토대로 한 형태, 그리고 기존경험식으로 추정된 경우 나타나는 잔차에 대한 해석을 통해 얻은 형태 등 여러가지 형태를 고려하였다. 그림 5에 예를 보인 Y_v 의 경우 5가지 형태의 회귀식을 통해 얻은 추정값을 실험값과 비교하여 적절하다고 생각되는 형태의 회귀식을 선정하였다.

이를 종속변수인 유체력 미계수 38개(선체 유체력 미계수 24개, 타 간섭계수 11개, 정지 시물 레이선용 계수 3개) 각각에 대하여 수행하고, 이로부터 각 선종에 따라 적합하다고 판단되는 방법을 사용하여 최종 회귀식을 도출하였다.



〈그림 6〉 조종성 D/B 운용프로그램의 자료 분석 기능 MAIN 화면

6.5 검토

기존의 여러 경험식은 선형 요소가 크게 다른 여러 선종에 대한 식이기 때문에 큰 범위에서의 정성적 경향을 표현한다고 볼 수 있는데 반하여, 실제적 관점에서는 설계를 위한 국부적 영역에서의 조종 성능 변화의 추정 측면에 있어서는 유용한 자료를 주지 못하는 것으로 나타났다.

또한, 선미형상의 변화와 같은 기존의 파라미터로 표현되지 않는 선체 특성이 조종성능에 주는 영향이 상대적으로 큰 것으로 나타나고 있으므로 이에 대한 새로운 방식의 접근이 절실한 것으로 판단된다.

7. 조종성 D/B 운용 프로그램 개발

본 과제에서 수행된, 저항,자항 시험결과, POW 및 ROW 시험결과, HPMM 및 자유항주 시험 결과 그리고 조종운동 시뮬레이션 결과나 실선 시운전 결과 등 수 많은 자료들을 체계적으로 정리하고, 설계자가 선형 변화에 따른 조종 성능의 변화를 체계적으로 그리고 효과적으로 파악할 수 있도록 하기 위하여 조종성 D/B 운용 프로그램

를 개발하였다. 이 프로그램은 Visual Basic(Ver.4.0)과 MS FPS(Fortran Power Station Ver.4.0)로 작성되어 한글Win95 환경에서 운용되며 다음과 같은 기능을 가지고 있다.

- 자료 표시 기능(View 기능) : 시험이 수행된 각종 선형에 대하여, 제원, 선도, 각종 사진, 수행된 시험의 종류, 내용, 해석 결과, 시뮬레이션 결과 등 선박의 구체적인 여러 가지 자료를 볼 수 있는 기능
- 자료 분석 기능(Regression 기능) : 각종 船型 Parameter의 변화에 따른, 각종 조종성 미계수의 변화 경향, 안정성 지수의 변화 경향, 주요 파라미터의 입력을 통한 임의 선형의 조종성 미계수 계산 및 시뮬레이션 기능, 추정된 계수 및 시뮬레이션 결과의 기존 선형과의 비교 기능, 각종 그래프의 저장 및 프린트 기능 등이 제공된다.
- 자료 작성 기능 : 사용자가 자신의 D/B를 구축할 수 있도록 하기 위하여 선박별 자료 작성 및 수정 기능, 계열시험 자료 작성 및 수정 기능 등을 가지고 있다.

8. AFRAMAX의 조종성능

현대 중공업 선박해양연구소는 연구조합과제의 일환으로 AFRAMAX급 원유운반선에 대하여 4척(A01, A02, A03, A04)의 계열 조종성 모형시험을 실시하고 그 결과를 이용하여 실선에 대한 표준 조종성능을 해석하였다.

AFRAMAX급의 선형특성에 대하여 간단하게 언급하면, LCB가 3.0%인 A01을 표준선형으로 하여 A02는 LCB를 2.5%로 변화시켰다. A02, A03 및 A04는 LCB를 2.5%로 고정시키고 선미형상을 변화시켰으며, A03의 선미형상은 V자형이며 A04는 U자형이고 A02는 중간 선미형태를 취하게 설계하였다.

모형시험은 현대중공업이 보유하고 있는 심수용 예인수조(210m×14m×6m)에서 수행되었으며, 선체, 타 및 프로펠러가 장착된 모형선을 이용하여 시행되었다. 모형선, 모형프로펠러 및 타는 각각 축적비 32.759로 제작되었으며, 10개의 신호채널을 통하여 선체력, 타력, 추력 및 변위등을 계측하였다. 정적시험은 상하동요, 종동요 및 횡동요를 구속하지 않았고, 동적시험은 횡동요를 구속시킨 상태로 시험이 수행되었다. 타단독시험은 Horn부분을 고정시키고 타가동부로부터 3축로 드셀을 이용하여 타접선력, 타직압력 및 타모멘트가 계측되었다. 시험홀수는 하계만재 홀수 조건에서 수행되었고, 모형프로펠러의 회전수는 저항추진시험으로부터 산정된 실선자항점에서의 프로펠러 회전수와 일치시켰다.

조종성능은 Abkowitz 수학적모델과 MMG(Manoeuvring Modeling Group) 수학적모델에 의한 해석, 즉, 개념이 서로 다른 두가지 방법에 의해 해석되었다. 절차를 간단히 소개하면 타직압력 기울기(f_{t})는 타단독시험으로부터 계산되었고, 타에 의해 선체에 유기된 힘과 요오잉 모멘트 계수($a_{\text{H}}, x_{\text{H}}$)와 ϵ 는 타단독시험과 정적타각 및 속도시험으로부터 타직압력 일치법에 의해 계산되었다. 또한 편류각시험으로부터 편류각 및 요오잉운동에 의한 반류계수 ω_{p} 를 계산하였고, 편류각 및

타각시험에 의해 타정류계수 γ 를 계산하였다.

저항추진성능 면에서 속도 성능은 예상했던 대로 A03이 속도성능이 가장 우수한 것을 알 수 있지만 선미벌브 선형에서 문제가 되는 침로안정성은 가장 나쁜 것으로 평가되었다.

선미형상의 변화나 LCB의 변화에 따른 선회성능의 차이는 뚜렷하게 보이지 않았다. LCB의 변화와 침로 안정성의 관계는 Abkowitz 수학적모델에서는 A01보다 A02의 경우가 침로 안정성이 우수하나, MMG 수학적모델에서는 뚜렷한 구별이 보이지 않음을 알 수 있다. 지그-재그(Zig-Zag)시험으로부터 선미형상의 변화에 따른 침로 안정성은 직관적으로 생각하는 것과 같은 뚜렷한 경향을 나타내고 있다. 즉 선미형상이 V자형태에서 U자형태로 변화되면 형상특성상 선박의 중심에 작용하는 횡력은 커지고 상대적으로 모멘트는 줄어들므로 침로 안정성 및 추종성이 상당히 향상된다. 급정지시험은 침로 안정성이 좋으면 직진하려는 성향이 강하기 때문에 정지 궤적거리가 커지는 것을 알 수 있고, 정지성능 측면에서 선미 형태가 U자형이 V자형 보다 불리하다.

이상의 결과로부터 AFRAMAX급 원유운반선은 광폭 천홀수선이기 때문에 다른형태의 선박보다도 상대적으로 선미형상이 V자형이므로 침로안정성 및 추종성 측면에서 불리하므로, 타면적을 선정하거나 선미형상을 설계할 때 속도성능과 더불어 조종성능 측면에도 세심한 주의를 요한다.

9. 결론

지난 2년 5개월 동안 대표적인 저속비대선인 SUEZMAX, 40K PC, AFRAMAX에 대한 체계적인 시험을 수행하여 자료를 확보하고, 이를 분석, 정리하여 새로운 저속비대선의 조종성 추정 프로그램을 확보함으로써 선박의 초기설계 단계에서 유용하게 사용할 수 있게 되었다.

설계된 모든 선형에 대하여 총 23 Set의 HP-MM 시험을 수행하고, 시뮬레이션을 수행하여 조종성능을 평가하였다. 이들중에서 9척에 대하여

자유항주 시험을 수행하여 시물레이션과 자유항주 시험결과가 대체로 잘 일치함을 확인하였다. HPMM 시험에서 얻어진 유체력 계수들을 회귀 분석하여 경험식을 도출하였으며, 이를 이용한 시물레이션은 HPMM 시험결과를 이용한 시물레이션 결과와 잘 일치하였다. 특히, 본 연구결과들을 D/B화합으로써 자료를 효과적으로 분석하고, GUI 기법을 사용하여 선박설계자가 이용하기에 편리하게 만들었다.

앞으로 선미형상을 고려할 수 있는 조종성능 추정기법 개발과 컨테이너선과 같은 고속선형을 위한 조종성능 추정기법의 연구가 계속되어야 할 것이다.

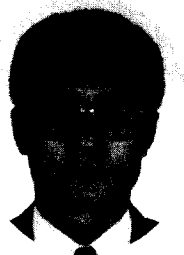
후기

본과제의 형성과정에서 과학기술처 중핵과제 기획사업을 수행하고, 연구조합 설립에도 아낌없는 노력을 해주신 서울대학교 조선해양공학과 최항순 교수님께 깊은 감사를 드립니다. 또, 본 과제를 지원해주신 한국조선기술연구조합 송영수 이사장님과 임직원, 6개 조합원사의 관계 임직원 여러분께 다시 한번 감사드립니다.



강 창 구

- 1954년 10월 2일생
- 1988년 공학박사(미국 미시간대)
- 1979년 이후 선박해양공학연구소
- 현재 해상안전방재연구단장
- 관심분야 : 해상안전, 오염방제, 선박조종



염 덕 준

- 1954년 12월 11일생
- 1985년 공학박사(미국 Univ. of Calif., Berkeley)
- 1985년 이후 현대 선박해양연구소 운동조종연구실
- 관심분야 : 선박운동조종, 초고속선



김 호 충

- 1952년 3월 3일생
- 1975년 서울공대 조선공학과 졸업
- 1988년 이후 대우중공업 기본설계부 이사
- 관심분야 : 선박기본계획, 선형/추진기설계



하 문 근

- 1959년 11월 21일생
- 1991년 공학박사(히로시마 대학)
- 1993년~현재 삼성중공업 조선플랜트연구소
- 관심분야 : 선박의 내항성 및 조종성



손 봉 룡

- 1949년 6월 13일생
- 1977년 서울대 조선공학과 졸업
- 1977년 이후 조선공사/대우조선/한진중공업 선박기본설계부
- 관심분야 : 선박설계 및 CIMS관련기술



안 성 필

- 1960년 5월 28일생
- 1993년 공학박사(서울대학교)
- 1993년 이후 한라중공업 선박해양연구소
- 관심분야 선박조종론

● 단체회원 가입을 축하합니다 ●

업 체 명 : (주) 정산

대 표 : 변 덕 규

주 소 : 대전광역시 유성구 복룡동 549, T:(042)823-5920/1
F:(042)823-5922

사업내용 : 선박 조종용 Load Cells(1축~6축)
선박 시험용 Dynamometer 설계제작
다축 Load Cell Calibrators 설계 제작
하중 Sensor 주변 System 설계 제작