

FRP 표준어선 개발에 관한 연구

- 총톤수 19톤급 근해연승어선 -

한국어선협회

기술이사 이현수

1. 서론

본 FRP표준어선 개발사업은 우리나라근해어선의 대부분인 목선을 FRP로 선질개량하여 소형어선의 낙후성을 해소하고 연료 절약형 선형으로 개발하여 어민소득증대에 기여하고자 과기처 '87년도 특정연구개발 협약서에의거 추진된 것으로서 총괄연구책임자는 인하대학교 홍성완박사와 한국어선협회, 현대중공업 선박해양연구소가 공동연구개발한 것이다.

우리나라의 어선은 '86년말 93,037척으로 이중 목선이 약 93.9%를 차지하고 있으며, FRP어선은 불과 1.9%인 1800여척에 이르고 있다.

소형 FRP조선소에서 설계건조된 어선이 몇종 있으나, 이는 기존목선을 조금 변형 개량된 상황 이어서 FRP선의 장점을 최대한으로 살리지 못하여 어민의 호응을 얻지 못했다. 즉 근해 FRP어선의 선질개량사업은 실질적으로 이루어지지 못하고 있는 실정이다. 본 연구는 낙후된 근해어선 중 가장 개발이 요구되는 19톤급 근해어선을 대상선종으로 선정, 지역별 분포상황과 조업지의 상태등을 파악 분석하고, 연안어장의 고갈로 인한 어장의 원거리화에 따라 고속력화 및 에너지 절약형 어선으로, 또한 현대화 장비개량에 주력하여 설계에 반영하였다. 선형개발은 운동성능을 최대한 유지하면서 저항 및 추진성능을 개선시키

기 위하여 선수를 유선형화하고 선미를 반쌍동선미 선형으로 개량하기 위한 이론적계산 및 회류수조에서의 모형시험을 수차례 반복수행 하였다.

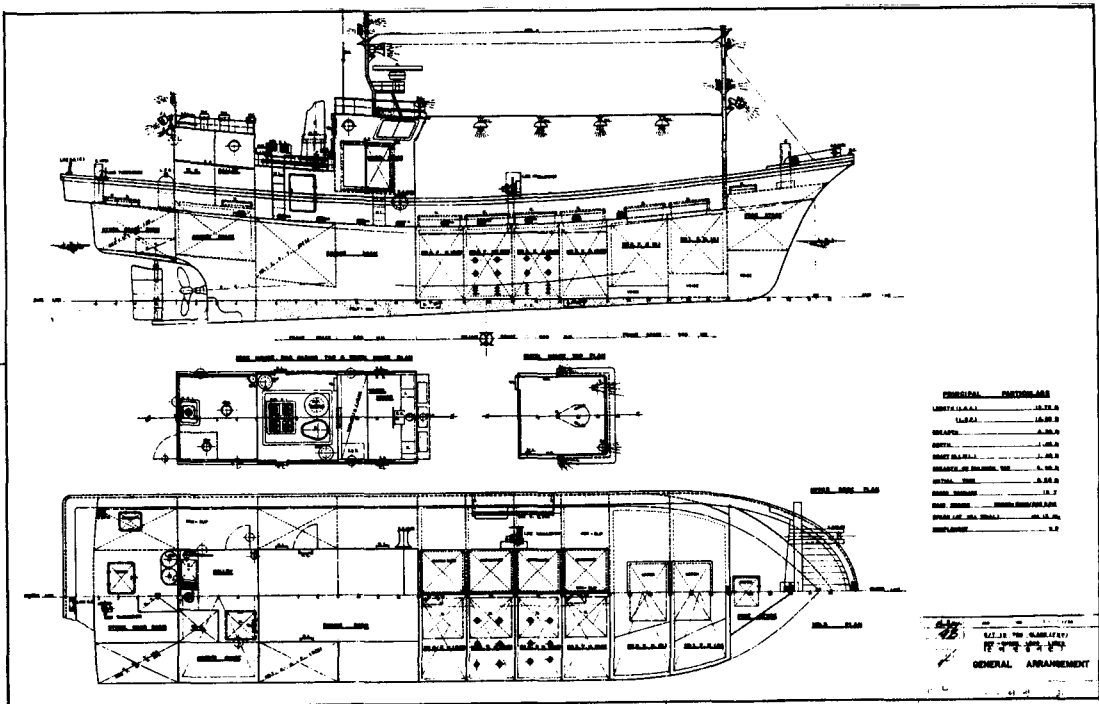
또한 본 연구의 설계는 현존 목선의 선형 및 성능, 구조 등을 정밀조사하고 FRP어선에 대한 문제점 및 실 사용자인 어민의 여론을 기초로 하였으며, 아울러 시험조업 결과에 의한 사항 등을 적용하여 설계초안된 설계도서를 어민간담회 및 설계심의회를 거쳐 보완하므로써 설계연구 업무에 충실을 기하였다.

2. 기초자료조사

국내의 10톤이상 근해어선의 자료가 매우 빈약한 상태에 있으므로, 다음과 같이 구분하여 현황을 조사하고, 이에따른 기존 실선의 조사분석 및 시험조업 등을 통하여 연승어선의 특성을 추출하였다.

가) 현황조사

- 국내어선 세력현황
- 근해연승어선의 현황
 - 톤급별 선질별 현황
 - 톤급별 지역별 건조현황
- 일본어선 현황



일 반 배 치 도

나) 기존선 실태조사

- 조사대상어선
- 제주지역 : 총톤수 13톤급 은성호의 1척 (FRP)
 - 충무지역 : 총톤수 29톤급 16대동호 외 1척(목선)
- 시험조업
 - 제주지역 : 총톤수 15톤급 오룡호 (FRP)
- 조사일시 : '87년 6월 18일 ~ 23일
- 조사내용 : 각 상태별 재화상태, 조업상황, 해상상태, 어로기기배치, 조업시 인원배치, 개선점 및 문제점.

- 항해구역 : 남해안 연근해
 - 어장 : 제주도 남방 200km해상
- 승선인원 : 9명
- 속력 : 시운전상태 12 ~ 13노트
- 어획어종 : 옥돔 및 복어
- 선체의 재질 : FRP단판 및 샌드위치
- 어창구조 : 어획물의 선어도 유지를 위해 방열구조를 함
- 어로장비 : 사이드 롤러, 유압양승기 및 투승기 설치.
- 거주구획의 환경개선 및 청수용량확보

다) 조사결과분석

- 개발어선의 규모 : 19톤급연승어선
 - 제주지역 : 19톤급 요구
 - 충무지역 : 20 ~ 30톤급 요구
 - 대일수출물량 및 어장의 위치와 선질개량 추세를 감안하여 제주지역을 대상으로 함

3. 선형개발

기초자료조사에 의거하여 초기일반배치를 작성하였고, 배치에 적합한 주요치수를 기존 실선의 작업조건에 지장이 없도록 하고 특히 선미부의 작업조건을 감안하여 선정하였다.

주요치수의 선정을 위하여 연승어선으로서 남해안지역 24척과 제주지역 20척의 평균치수를 산

표1 지역별 건조치수 비교표

지역	구분	톤 급	조사척수	평균치수 (m)			L/B	B/D	LBD	비고
				L	B	D				
남해안		16~20	24	15.71	4.06	2.04	3.880	1.986	130.492	목선
제주도		10~15	14	13.08	3.77	1.51	3.669	2.495	79.475	목선
		10~15	6	14.75	3.74	1.51	3.893	2.522	84.693	FRP
일본연승		19	15	18.18	3.87	1.54	4.714	2.524	108.116	FRP

정해보았고, 참고로 일본연승어선 19톤급의 15척에 대하여도 비교검토하여 보았으며 그 결과는 표 1에서 보는 바와 같이 제주 지역어선의 특징은 B/D가 타지역보다 매우 크다는 것을 알 수 있고, 이는 제주도 남방에서 조업을 할 경우 피항까지의 거리 및 해상상태를 감안하여 배의 너비를 크게 한 것이다.

표 1에 의하여 선형개발을 위한 주요치수를 $L_{0.8} \times L \times B \times D = 19.75 \times 16.50 \times 4.30 \times 1.85$ 로 선정하였다.

이에 대한 초기선형 개발은

- 소형어선 및 기존실선과 같은 HARD CHINE 형으로 1차 선형을 선정하고(모형선 번호 HSC - 091)
- 수조시험에 의해 추진성능을 높이도록 개선하여 2차 선형을 작성하였으며(모형선번호 HSC - 096)
- 2차 선형에 대하여 구상선수를 적용하여 보았고, 특히 선미부의 프로펠러면에서의 반류를 향상시키기 위하여 선미형상을 기존선의 것과 획기적으로 상이하게 개량하였다.
- 개발한 선형에 대하여 총톤수 20톤급연승 및 활어운반선인 목선의 모형시험을 통하여(모형선번호 HSC - 088)비교 분석한바 개발어선의 선형이 추진성능면에서 매우 양호한 것으로 판단되었다.

4. 모형수조시험 및 선형결정

모형수조시험은 인하대학교 예인수조와 현대 중

공업 선박해양연구소 회류수조를 이용하여 비교하였고 시험항목은 저항, 자항, 유선조사, 반류분포, 선체운동시험을 행하였다. 시험결과를 1978년 국제수조협회(1TTC)에서 추천한 성능예측방법에 의해 해석하였다.

가) 실선 및 모형선 주요치수

개발어선과 20톤급 목선의 실선 및 모형선의 주요치수는 표2와 같다.

표2 실선 및 모형선 주요치수

구분	개발어선			목 선	
	실 선	모 형 선		실 선	모형선
		HSC - 091	HSC - 096		
LBP(m)	16.50	1.50	1.20	16.40	1.50
B (m)	4.30	0.3909	0.3127	4.70	0.4299
D (m)	1.85	0.1680	0.1345	1.95	0.1784
SCALE	1/1	1/11.0	1/13.75	1/1	1/10.933

나) 시험결과 및 선형결정

1차선형(HSC - 091)에 대해서는 인하대학교 예인수조와 현대선박해양연구소의 회류수조에서 선체저항시험을 각각 수행하여 그 결과를 비교함으로써 회류수조에서의 실험의 정도(ACCURACY) 확인과 회류수조 모형시험 결과로부터 실선의 성능을 추정하는데 참고자료로 사용하였다. 1차선형(HSC - 091) 및 기존목선(HSC - 088)에 대한

모형시험 결과를 분석하여 동급어선에 발생하는 제반 문제점 등을 파악, 이를 중점연구 개선한 최종선형(HSC - 096) 및 비교선형선도가 그림 1, 2, 3에 나타나 있으며, 중간 결과인 구상선수 (BULBOUS BOW) 선형은 그림 4와 같다. 구상 선수 선형은 기존어선의 선수에서 발생하는 과도한 충격파의 제거 방안으로 부차되어 연구추진되었으나 국내조선소 여건상 제작상의 어려움과 항구접안시 항내사정 등을 감안하여 중단하였으며, 차기에 지속적인 연구가 있어야 할 것으로 판단

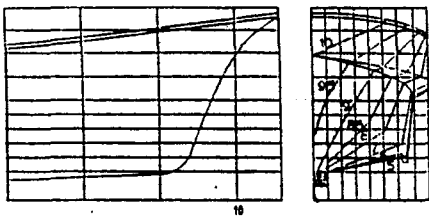


그림 1 모형선 HSC-091의 선도

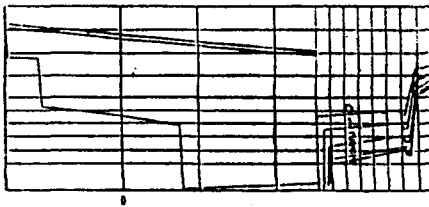


그림 2 모형선 HSC-096의 선도

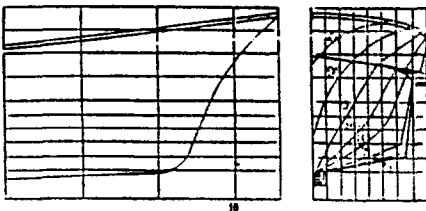
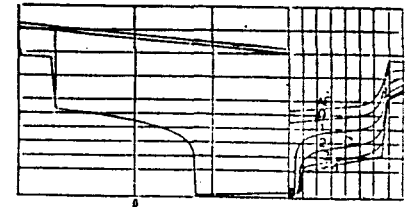
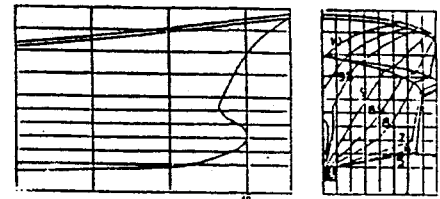
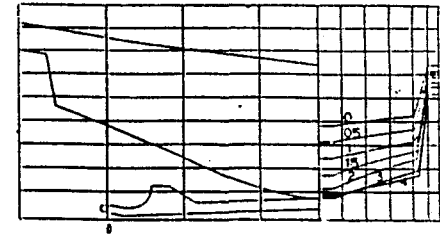
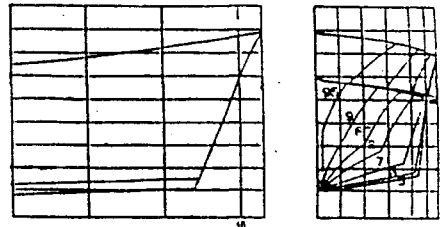


그림 3 HSC-088의 선도



되어 본지에 수록하였다. 각 선형에 대한 예인수조 및 회류수조에서의 저항시험 결과와 이로 부터 계산된 실선의 유효마력 및 전달마력은 그림 5 ~ 10과 같다.

기존어선 및 1차선형의 상기 모형시험 결과를 토대로한 최종선형(HSC - 096)특징은 두 선형보다 크게 운동성능이 저하되지 않는 범위 내에서 선수 및 선측 KNUCKLE 부분을 곡선화하였고 특히 선미형상을 기존어선의 전형적 형태인 BOX TYPE에서 반쌍동선미(SEM1-DOUBLE STERN)로 개량하므로서 선미에서의 물의 흐름을 원활하

표 3 성능비교표

구분	항목		시운전 상태	
	만재상태	시운전 상태	유효마력 (11.0노트기준)	증감 (%)
HSC-088	252.6	0	254.5	0
HSC-091	217.0	14.1	207.6	18.4
HSC-096 A	186.2	26.3	165.3	35.0

게 하여 선체효율의 향상은 물론 일반 상선에서 사용하고 있는 DUCT의 역할을 대신케 하여 프로펠러의 효율을 높이는 효과를 얻었다.

1차선형(HSC - 096), 기존선형(HSC - 088) 및 최종개발선형(HSC - 096)의 성능을 수치적으로 표시하면 표3과 같다.

최종개발선형(HSC - 096)의 홀수와 두모형선의 홀수를 동일 수준으로 하기 위하여 HSC - 096의 모형선 홀수를 동일하게 유지한 시험상태가 HSC - 096A이다.

또한 최대출력은 300마력 엔진을 탑재할 경우 실제 항해시 최종개발 선형의 속력은 그림 9, 10에서와 같이 시운전상태에서 12.7노트 만재상태에서 11.2노트로 추정된다.

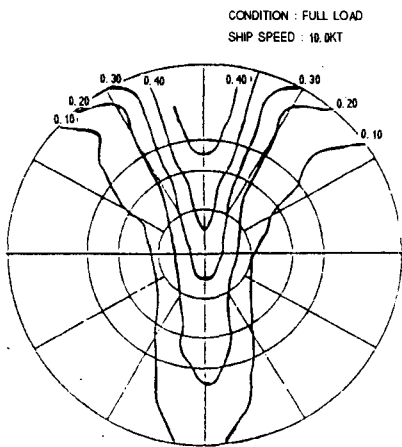


그림 5 프로펠러면에서의 등속형상도 (모형선 HSC-698)

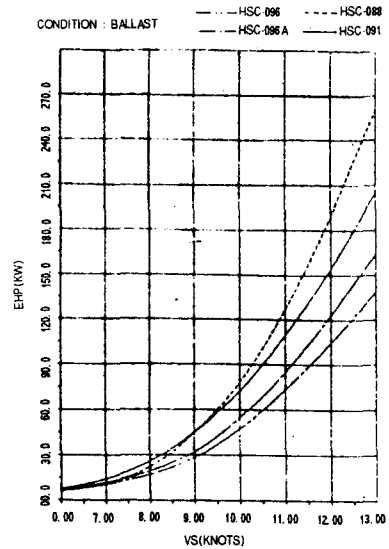


그림 6 시운전상태에서의 유효마력곡선

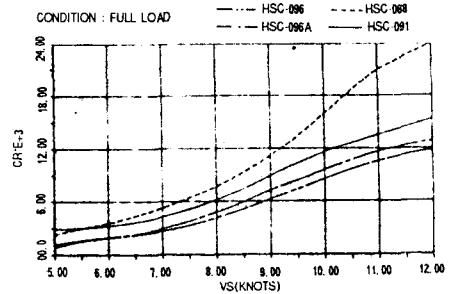


그림 7 만재상태에서의 잉여저항 계수곡선

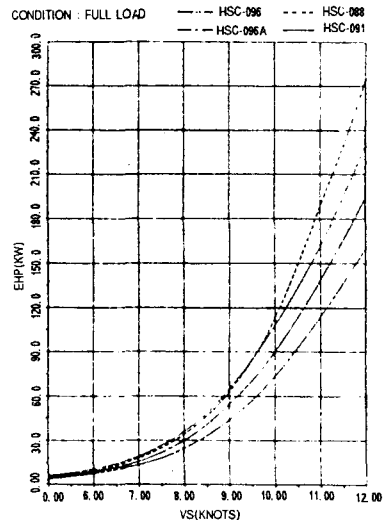


그림 8 만재상태에서의 유효마력곡선

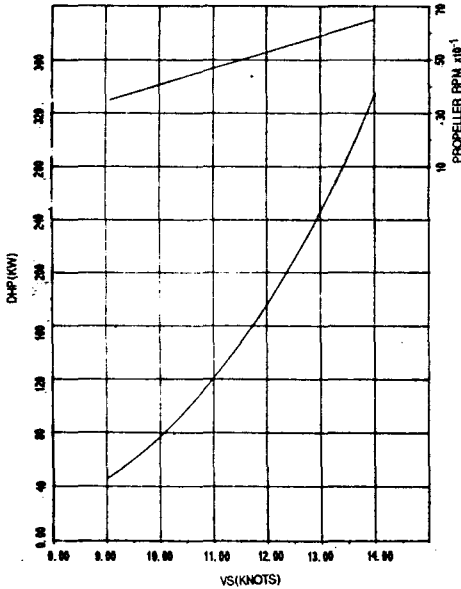


그림 9 시운전상태에서의 전달마력 곡선 (모형선 HSC-096)

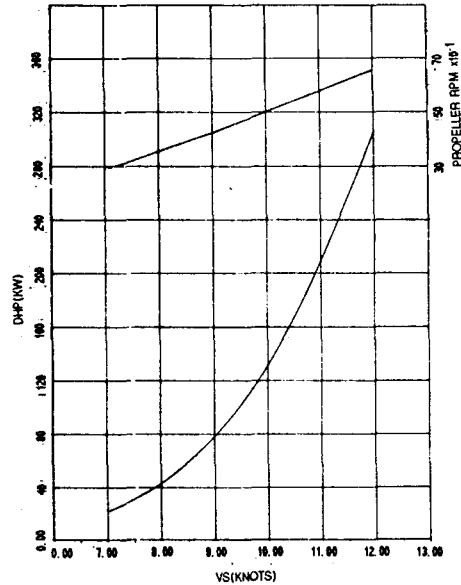


그림 10 만재상태에서의 전달마력곡선 (모형선 HSC-096)

5. 기본설계도서의 작성

가) 일반배치 개요

남해안의, 등급어선의 목선 및 FRP어선의 배치에 관한 실태조사를 하여 일반배치도를 작성하였고, 기존선과 다른 것은 각 어창을 방열 및 냉장 설비를 갖춘 것이며 상갑판을 단판으로 한 것이다. 특히 투승작업시 선미에서 투승자와 선장이 대화를 통할 수 있는 TALK - BACK장치를 하여 위급시 상호연락을 할 수 있도록 하였다.

연료유 탱크는 선체블이로 하여 장기조업에 따른 연료유를 충분히 확보할 수 있도록 하여 강제 조립식의 연료유탱크보다 많은 양의 연료유를 탑재토록 하였다. 상갑판을 단판구조로 하므로써 상갑판도 MOLD에 의거 적층하고 HATCH COAMING도 단판으로 동일 MOLD에서 적층되도록 하였다. 선수창고와 선미타기실의 HATCH는 HINGE식으로 하여 불의의 해수침입시에도 예비부력을 가질수 있도록 하였다.

나) 복원성능 검토

작성된 기본설계도서에 의해 최종 경하상태를 추정하여 각 상태별 복원성능판정은 "어선설비 등에 관한 규칙"에 의거 검토되었으며 각 상태별 복원성은 양호한 상태로 판정되었다.

경하상태 및 복원성판정은 표 4,5와 같다.

표 4. 경하상태 추정표

ITEM	WEIGHT (ton)	LCG (m)	MOMENT (t-m)	KG (m)	MOMENT (t-m)
선	18.50	-1.19	-22.02	1.52	28.12
의	4.82	-0.93	-4.47	2.42	11.67
장	2.86	-3.47	-9.92	0.91	2.60
관	1.22	-3.03	-3.70	2.40	2.93
전	27.40	-1.46	-40.11	1.65	2.93
기	1.37	-1.46	-2.00	1.65	2.26
계	4.28		-4.43	-	-0.68
5% 여유	33.05	-1.41	-46.54	1.42	46.90
고정발라스트					
경 하 상태					

표 5 종합표 및 복원성능 판정

항목	상태	경하상태	만재출항		만재어장발		만재입항		20%입항	
			복어	옥돔	복어	옥돔	복어	옥돔	복어	옥돔
배수량(t)		33.05	50.568	48.543	53.869	54.675	50.514	51.742	44.332	43.281
흘수(m)	선수	0.427	0.892	0.741	1.100	1.036	1.052	1.076	1.012	1.002
	선미	1.316	1.437	1.494	1.370	1.437	1.331	1.332	1.174	1.151
	평균	0.872	1.165	1.118	1.235	1.237	1.192	1.204	1.093	1.077
	트림	0.889	0.545	0.754	0.270	0.401	0.279	0.256	0.162	0.149
KM(m)		2.381	2.177	2.188	2.165	2.162	2.177	2.173	2.217	2.227
KG(m)		1.419	1.413	1.440	1.268	1.321	1.259	1.314	1.326	1.365
GM(m)		0.962	0.764	0.748	0.897	0.841	0.918	0.859	0.891	0.862
(1) GoM(m)		0.962	0.764	0.748	0.841	0.838	0.861	0.857	0.859	0.860
0.04B(m)						0.172				
$\alpha \times B/D$ (m)						1.255				
F(m)		0.988	0.695	0.742	0.625	0.423	0.668	0.656	0.767	0.783
F/D		0.534	0.376	0.401	0.339	0.229	0.361	0.355	0.415	0.423
β		1.095	1.095	1.095	1.095	1.063	1.095	1.095	1.095	1.095
(2) $0.04B + \alpha \cdot B/D - \beta$		0.332	0.332	0.332	0.332	0.364	0.332	0.332	0.332	0.332
(1) - (2) (m)		0.630	0.432	0.416	0.509	0.474	0.529	0.525	0.527	0.528
판정		양호	양호	양호	양호	양호	양호	양호	양호	양호

다) 구조설계 및 강도계산

본 FRP어선의 선각구조를 암형몰드를 이용한 혼합 적층판 구조로 MAT와 2방향성 유리섬유, ROVING CLOTH재를 번갈아 적층한 판 구조로서 수적층 방법에 의한 구조를 갖고 있는 종구조 방식으로서 수산청이 제정고시한 "FRP 어선구조 및 검사기준"에 의하여 구조설계의 치수계산을 수행하였으며 적용규칙은 KF, KR, 및 KS등 관련규칙을 적용하여 최적의 보강구조를 갖도록 하였다. 일반적으로 FRP어선은 변형이 크기때문에 종강력 확보가 문제시되고 있으나, 어창의 구획에 따른 횡격벽수가 많은 경우에는 횡강도 확보는 문제시되지 않는다. 따라서 본 선박은 종강력

을 확보하면서 재료 및 건조면에서 유리한종식구조를 채용하였다. 그러나 기관실 및 선미부에는 늑골 및 늑판을 매늑골마다 설치하여 주기구동 및 프로펠러회전에 의한 진동을 방지토록 하고 또한 선수부에는 늑골 및 늑판을 매늑골마다 설치하여 선수파에 의한 충격수압과 진동에 충분히 견딜 수 있도록 보강하였다. 심재는 POLY URETHAN FOAM 을 사용하므로써 목재사용에 의한 모재의 부패와 건조에 따른 FRP의 바리현상을 막고 경량화시키므로써 선각중량을 줄였으며 BOX KEEL 내부 및 주기대 하부에 POLYMER CONCRETE 를 시공하여 중량중심을 낮추어 안전성을 높이고 주기의 하중을 충분히 지지케하므로써 진동을 방지토록 하였다.

라) 기타의장 설계

선체 기관 전기의장설계는 각 분야별로 해당되는 사항에 대하여 각각의 용량산출 및 어로기기의 배치와 어로장치계통도, 발전기 용량 등을 검토하여 선정하였으며 도면 및 사양서 등에 상세히 기재하여 본선 건조시 FRP조선소 및 어민의 이해도를 높일 수 있도록 하였다.

6. 결론

본 연구개발 사업의 결과로서 제반설계도서(기본도면, 자재내역서 및 연구보고서 등)를 작성하였다. 이 도서들은 국내의 실정과 현실을 충분히 반영하였으므로 본선을 건조하는데 있어서 충분한 지침서가 될 것이다.

또한 선형은 국내 동급어선과 비교하여 본 결과 선수선형의 유선형화 및 반쌍둥선미가 정수중이나 파랑중에서 운동 저항 및 추진성능 모두 우수한 선형임이 모형시험결과 입증 되었다.

본 연구사업에서 시간 및 비용관계로 추진하지 못했던 프로펠러 및 저항추진성능 향상을 위한 부가물개발등을 추가로 수행 할 수 있다면 동급어선으로서는 일본 선형을 훨씬 능가할 수 있을 것으로 기대된다. 기 개발선형은 MOLD제작과 시제선을 건조하여 실용화 함으로써 영세어민의 어가소득과 생산성향상에 이바지 할 수 있도록 정책적인 배려가 있어야 하겠다. 실선을 건조한다면 모형시험에서 얻은 결과를 확인할 수 있는 기회가 될 뿐 아니라 차기 선형설계 자료로 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

이상과 같은 연구결과를 “87년도 특정연구개발사업 발표회”에서 토의한 결과 시제선을 건조하여 분석검토 후 표준어선도로 고시하도록 하였으며 시제선건조에 대하여 정책적 뒷받침이 없는 상황이므로 시제선건조를 희망하시는 어민 및 조

선사업자께서는 한국어선협회기술개발부에서 설계도서 및 기술지원을 받으시기 바랍니다.

참 고 문 헌

- (1) 김훈철, 서상원의 “소형어선 근대화에 관한 연구” 한국기계연구보고서 1983. 3. 31
- (2) 이영길, “어선의 유효마력추정법 및 최소저항을 갖는 선형요소들의 최적화에 관한연구” 한국기계연구소 연구보고서 UCN 131H -270. D, 1982. 12.
- (3) “소형 FRP 선형용 마력추정도표” 일본소형선박공업회, 일본조선기술센타.
- (4) “선박톤수측정에 관한 규칙” 교통부령 제758호 1983. 3. 7
- (5) “FRP 선박선형개발위원회 보고” 일본소형선박공업회,
- (6) “FRP제 어선 구조 및 검사기준” (1982. 12. 30) 특수법인 : 한국어선협회
- (7) “FRP선 특수기준(소와 57. 6. 10. FRP어선 연구회)
- (8) “FRP선 기술지도서. 설계. 관리편” 사단법인 : 일본소형선박공업회
- (9) “FRP설계편람” (1979. 11. 30) 사단법인 : FRP기술협회
- (10) “고속정의 설계와 제도”해문당 1978.
- (11) “FRP어선의 건조기술” (1981. 4. 30)
- (12) “FRP어선강좌(제2편)(소와 53. 3)
- (13) 조선설계편람 (일본관서조선협회)
- (14) 김철준, 선체의장
- (15) JISH (선체편)
- (16) 어선 (한국어선협회 1호 ~ 32호)
- (17) “FRP요트기준” 1979. 한국선급협회
- (18) “선박전기. 전자 공학편람” 일본선용기관학회편.