한국항해항만학회 제30권 제2호 추계학술대회논문집 pp. 55~60, 2006. 12

카타마란 세일링요트의 선형설계 및 선형시험 연구

진송한* · 심상목* · 고정남**

*중소조선연구원, **한남조선

A Study on the Hull Design & Hull-Form Test for Catamaran Sailing Yacht

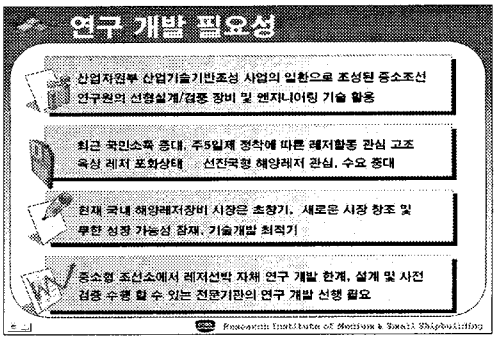
*Song-Han. Jin** · *Sang-Mog. Sim** · *Jung-Nam. Go***

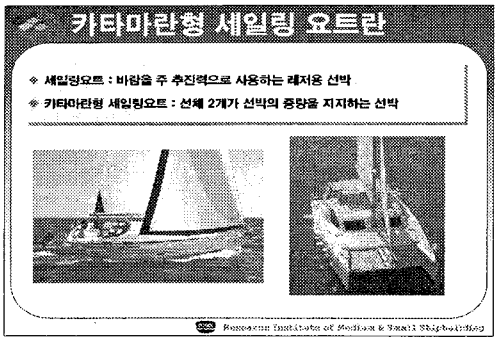
**Research Institute of Medium & Small Shipbuilding, Pusan 618-270, Korea*

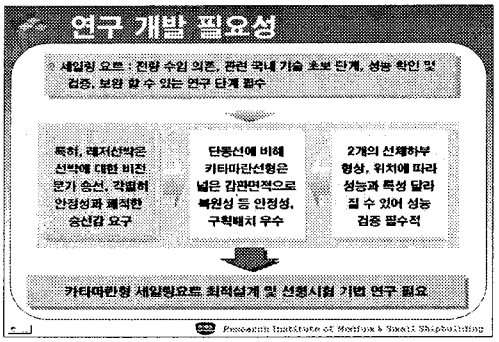
***Han-Nam Shipbuilding, Pusan 618-270, Korea*

요 약 : 최근 우리나라는 일반인들의 레저에 대한 관심이 고조되고 있고, 선진국형 해양레저에 대한 관심과 수요가 크게 증가하고 있는 실정이다. 특히, 해양레저의 꽃이라 할 수 있는 세일링요트 및 관련 장비 경우에는 대부분 전량 수입에 의존하고 있어 국산화 개발이 시급히 요구되고 있는 실정이다. 따라서 세일링요트 중에서 넓은 갑판면적 및 안정된 운항성능을 가지는 카타마란형 세일링요트의 선형설계와 형상에 따른 성능/특성 검증 위한 선형시험 등을 수행하여 국내에 적합한 카타마란형 세일링요트의 기초 자료를 정립하여 중소형조선소의 레저선박 관련 기술경쟁력 확보와 해양레저 활성화에 도움을 주고자 한다.

핵심용어 : 카타마란선형, 세일링요트, 선형설계, 선형시험, 선체간격비

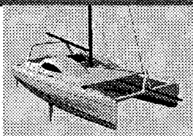


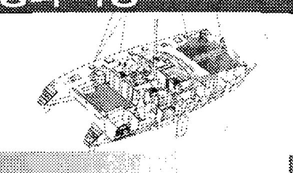




*대표저자 : 진송한, shjin@rims.re.kr 051)974-5524

카타마란 선형의 특징





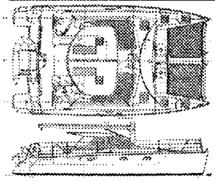
- 카타마란 선형의 장점
  - 선박의 길이에 비해 넓은 갑판면적 확보 가능
  - 폭방향 거리 넓어 복원모멘트 증가로 횡적인 안정성 증가
  - 길이와 폭 치수의 다양성으로 내항성능 및 조종성능 향상 기대
  - 공기부양 혹은 수중익 설치 가능 성능향상 유도 가능
- 카타마란 선형의 단점
  - 동일 배수톤의 단동선에 비해 건조비가 높음
  - 침수표면적이 단동선에 비해 크므로 마찰저항 증가
  - 파랑 중 운동이 심해질 경우 횡단갑판의 Slamming 현상 유발

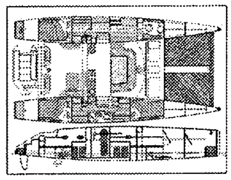
Research Institute of Medium & Small Shipbuilding

개발선의 선형설계

- 선형 설계 시 개발선과 유사한 모선(Mother Ship) 결정 중요
- 우수한 성능의 모선 결정 후 선형변환 과정을 거쳐 개발선의 개략적 선형 생성
- 카타마란 세일링요트의 모선 결정

선명	LOA(m)	BOA(m)	....(Ton)	draft(m)	B/L
Roger Hill	12.55	7.07	7.68	0.85	56.3
Outremer 42	13.00	6.83	7.50	0.58	52.5





Research Institute of Medium & Small Shipbuilding

개발선의 개념설계

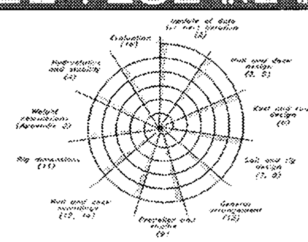
- 개발선의 주요치수 결정
  - 국내외 카타마란 세일링요트 실적선 40여척 조사/분석
  - 카타마란 선형 특징인 길이와 폭 비 분포도 작성
  - 이를 토대로 개발선의 주요치수 결정

선명	LOA (m)	LWL (m)	BOA (m)	Δ (Ton)	draft (m)	B/L
Me Cat 30	9.14	8.93	5.49	6.00	0.61	0.60
Seawind 1000	10.06	9.85	5.91	4.77	0.97	0.59
Gemini 105mc	10.24	9.77	4.26	4.15	1.70	0.42
볼커니스	10.30	-	6.20	3.20	0.40	0.60
Mahe 36	11.00	-	5.90	6.50	1.15	0.54
Jaguar 36	11.03	-	6.60	7.00	1.00	0.60
Athena 38	11.58	-	6.27	5.50	0.94	0.54
Seawind 1160	11.60	-	6.20	6.50	0.90	0.53
Seawind Vent.	11.60	10.00	5.30	7.50	0.80	0.46
Island Spirit 401	11.73	11.65	6.89	6.83	0.90	0.59
Nautitech 40	11.98	11.50	6.50	7.40	1.20	0.54
Seawind 1200	12.10	11.40	6.50	8.10	1.10	0.54
Lavezzi 40	12.19	-	6.52	6.20	1.10	0.54
블그레이	12.50	10.23	6.09	6.00	0.54	0.49
Roger Hill	12.55	11.60	7.07	7.68	0.85	0.56
Maine Cat 41	12.65	12.34	7.01	8.71	0.79	0.55
Belize 43	13.00	-	7.01	7.00	1.31	0.54

선명	LOA (m)	LWL (m)	BOA (m)	Δ (Ton)	draft (m)	B/L
Outremer 42	13.00	-	6.83	7.50	0.58	0.53
Lagoon 44 CC	13.61	-	7.68	10.65	1.30	0.56
Outremer 45	13.72	-	7.01	6.80	0.61	0.51
Bahia 46	14.02	-	7.34	9.50	1.29	0.52
Gunboat 48	14.74	14.00	7.39	10.20	2.25	0.50
Outremer 50	15.24	-	7.16	7.00	0.60	0.47
Ocean Voyager 52	15.50		8.10	12.50	1.35	0.52
Looping 16	16.08	15.40	8.20	7.50	1.15	0.51
Outremer 55	16.76	-	7.16	11.00	2.43	0.43
Young 55	17.00	15.95	10.00	11.00	1.20	0.59
Ocean Voyager 58	17.50	-	9.00	14.50	1.35	0.51
Taiti 60	18.20	-	9.10	12.20	1.25	0.50
Eleuthera 60	18.28	-	8.56	18.00	1.44	0.47
Gunboat 62	18.90	17.70	8.60	15.48	2.60	0.46
Outremer 64	19.50	-	8.83	16.00	1.21	0.45
Ocean Voyager 64	19.50	-	10.50	22.70	1.35	0.54
Taiti 75	22.80	-	10.50	18.30	1.40	0.46

Research Institute of Medium & Small Shipbuilding

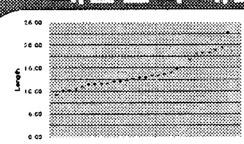
개발선의 선형설계(설계 Spiral)

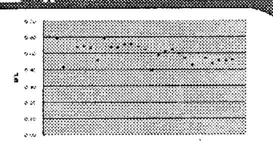


- 카타마란 세일링요트의 모선 결정 후 본격적인 선형설계 수행
- 설계 Spiral을 따라 개발선의 주요치수와 각 항목의 성능 등이 적합한지를 설계 Tool을 사용 계산/검토한다.
- 이러한 과정을 반복 검토하여 최종 개발선의 선형을 결정

Research Institute of Medium & Small Shipbuilding

개발선의 개념설계





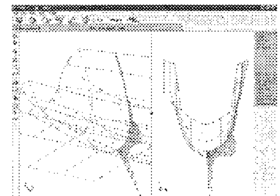
- 국내외 카타마란 세일링요트 실적선 분석
  - 카타마란 세일링요트의 길이 : 10 ~ 20m 내외
  - 폭/길이비 : 0.4 ~ 0.6 사이 분포, 0.5 ~ 0.54 가장 많음
  - 폭/길이비 클수록 카타마란 선박 특징인 넓은 갑판면적 확보 가능
- 이러한 검토 결과를 토대로 개발선의 주요치수 결정

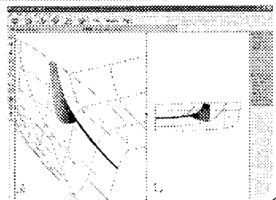
LOA(m)	BOA(m)	draft(m)	B/L	승선원(명)	L×B(m^2)
12.9	7.0	0.608	0.54	12	90.3

Research Institute of Medium & Small Shipbuilding

개발선의 선형설계

- 결정된 카타마란 세일링요트의 모선으로부터 개발선의 개략적 선형 도출
  ⇒ 개발선의 주요치수에 맞추어 선형설계
- 기구축된 선형설계 프로그램을 사용하여 카타마란 세일링요트의 3차원적인 선체의 형상을 완성
- 현장에서 제작이 가능하도록 선형선도 도면 작성

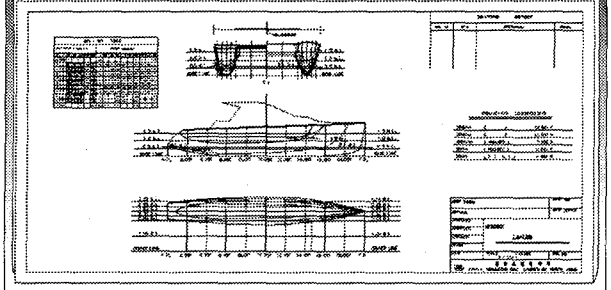




Research Institute of Medium & Small Shipbuilding

개발선의 선형설계

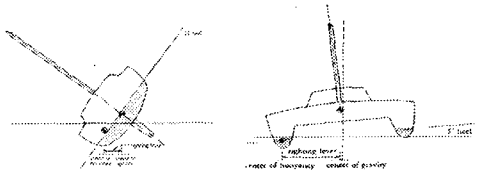
최종 카타마란 세일링요트의 선형선도 작성



Research Institute of Medium & Small Shipbuilding

복원성능 평가 결과

- 세일로 바람을 맞아 운항하는 동일한 세일링요트지만 단동 세일링요트가 횡경사시 Righting Lever가 짧은 반면 카타마란 세일링요트의 경우 좌우측의 쌍동선체로 인해 횡경사가 작게 발생하고 좌우 선체에 의한 무게 중심과 부력 중심간의 Righting Lever가 커져 복원성능면에서 크게 우수



Research Institute of Medium & Small Shipbuilding

복원성능 평가

- 선박의 복원성능은 배에 관한 각종 기술적인 성능 요건 중 가장 중요함
- 일반적인 어선 및 화물선 등은 전문적인 선원이 탑승하는데 반하여 요트와 같은 해양레저용 선박의 경우 비전문가인 일반인이 탑승하는 선박이기 때문에 복원성이 더욱 중요
- 해양수산부고시 제1998-91호의 특수선형 선박의 복원성 기준에 준하여 복원성 검토

- 카타마란 선형은 일반 단동선형에 비하여 높은 복원성능과 넓은 갑판면적 확보가 큰 특징이다. 이를 검증하기 위해 규모가 비슷한 33피트급인 일반 단동 세일링요트와 복원성능 비교 검토

Research Institute of Medium & Small Shipbuilding

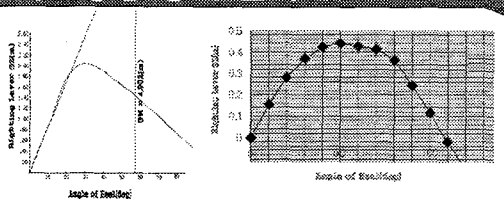
카타마란 세일링요트 일반배치

- 일반 단동선과 비교하여 카타마란 선형의 가장 큰 장점은 동일한 배수량의 선박인 경우 단동선에 비해 넓은 갑판면적을 가진다는 것
- 이러한 장점으로 인해 카타마란 선형은 유람선, 요트, 보트 등 안락하고 편안한 거주시설을 요하는 선박에 적합한 선박
- 넓은 갑판면적으로 거주시설 배치, 좌우 선체에 엔진실 및 기타 창고 배치 등 다양한 공간활용 가능
- 카타마란 선수 선체 사이에 그물망으로 된 Trampoline을 설치하여 Trim과 주행성능 향상을 꾀하고 동시에 많은 인원이 다양한 레저활동을 할 수 있는 공간으로 활용
- 선미에 두개의 Swimming Platform 설치 가능

- 개발 카타마란 세일링요트와 유사한 배수량을 가진 단동 세일링요트와의 갑판면적 비교 검토

Research Institute of Medium & Small Shipbuilding

복원성능 평가 결과

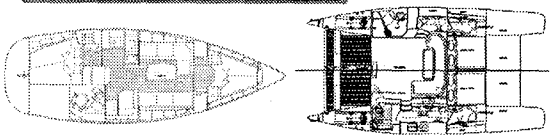


내 용	기준	단동 세일링요트	카타마란 세일링요트
0도~15도 복원정 면적	0.070	0.029	0.178
0도~30도 복원정 면적	0.055	0.097	0.534
30도~40도 복원정 면적	0.030	0.069	0.342
30도 이상 복원정(GZ)	0.20 이상	0.44	2.03
최대복원정 횡경사각	15도 이상	50도	29.5도
초기횡메타센타높이	0.15 이상	1.594	4.902

Research Institute of Medium & Small Shipbuilding

카타마란 세일링요트 일반배치

단동선형과 카타마란 선형 갑판면적 비교 검토

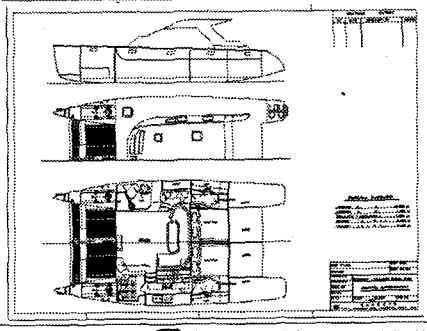


기 호	카타마란 선형	단동선형
LOA (m)	12.900	12.200
LWL (m)	12.394	10.200
B (m)	8.418	4.000
T (m)	0.608	0.960
▽ (m^3)	13.330	12.500
갑판면적(m^2)	88.0	36.0

Research Institute of Medium & Small Shipbuilding

카타마란 세일링요트 일반배치

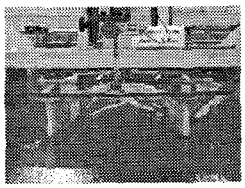
카타마란 세일링요트 최종 일반배치 도면 작성

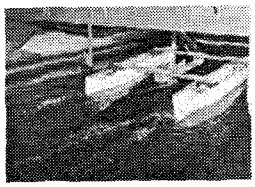


Research Institute of Medium & Small Shipbuilding

카타마란 세일링요트의 선형시험

◆ 카타마란 선형은 좌우 선체에 의한 파간섭 등으로 인한 성능 변화가 단동 선형에 비해 크기 때문에 좌우의 쌍동선체 간격비에 의해 발생하는 저항 성능 검토와 고속에서의 함주자세 시험 필요

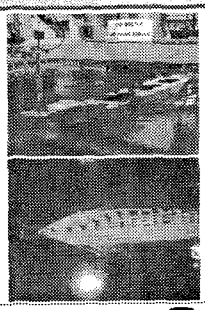


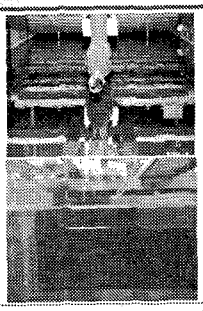


Research Institute of Medium & Small Shipbuilding

일반 선박의 선형시험

- 저항시험, 자항시험, 프로펠러 단독시험, 유선가시화 시험 등
- 일반 선박의 경우 좌우현 대칭 선형, 직립 직진 특징 ⇒ 직진성능 중요

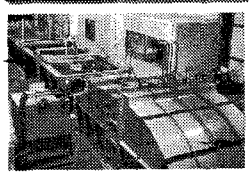


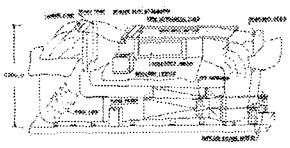


Research Institute of Medium & Small Shipbuilding

개발선의 선형시험

중소조선연구원의 회류수조



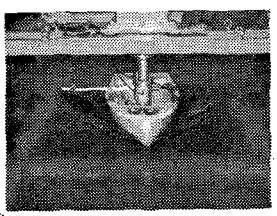


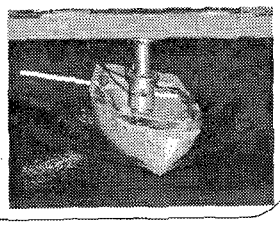
- 수량(Water Capacity) : 약 90톤
- 본체 크기 : L(17.6m) x B(3.1m) x H(6.4m)
- 관측부 크기 : L(6.0m) x B(2.0m) x H(1.5m)
- 유속 범위 : 0.1m/s ~ 3.0m/s
- 저항시험기(Resistance Dynamometer) 계측 범위 : 0 ~ 2,000gr

Research Institute of Medium & Small Shipbuilding

세일링요트의 선형시험

세일링요트의 선체는 일반선박과 동일하게 대칭으로 건조되어지나 바람을 이용하여 추진함으로써 추력 발생을 위한 선체의 경사(Heeling), 사항(Leeway)이 필수적으로 발생
세일에 작용하는 힘과 평형을 이루기 위하여 발생되는 선체의 횡류와 횡경사시의 유체역학적 각종 값들을 계측





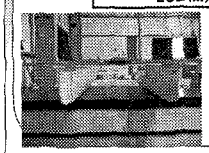
Research Institute of Medium & Small Shipbuilding

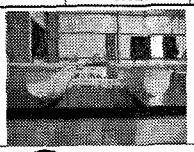
개발선의 선형시험

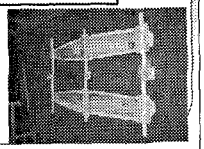
선형시험용 모형선

- 선도를 기본으로 하여 1 / 10의 비율로 FRP 수지로 제작

ITEM		실선	모형선
LBP(M)		12.9	1.29
B(M)	s/L=0.26	4.943	0.4943
	s/L=0.40	6.681	0.6681
	s/L=0.54	8.418	0.8418
T(M)		0.608	0.061
LCB(M)		-0.525	-0.053







Research Institute of Medium & Small Shipbuilding

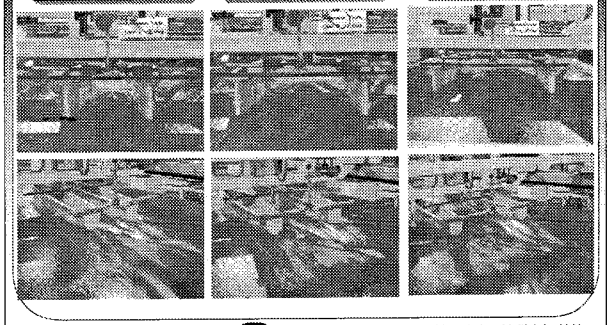
개발선의 선형시험

선형시험 항목 및 시험 준비사항 결정

- 개발 카타마란 세일링요트의 선형시험은 파형 및 선체 간격비에 따른 저항성능 비교 검토 수행
- 13미터 규모인 개발선의 최적 선체 폭을 추정하기 위해서 s/L을 0.26, 0.40, 0.54 간격으로 시험 결정
- 모형선 Yaw와 Sway가 제한된 상태에서 무게중심 위치에 저항동력계 고정하여 저항치 계측
- 흘수 상태는 적절히 무게추(Weight)를 이동하여 계측 상태의 흘수에 맞추어 시험 수행
- 선체의 주행자세를 계측하기 위하여 선미와 선수에 트림 Jig 설치

개발선의 선형시험 결과

s/L 0.26 12노트 | s/L 0.40 12노트 | s/L 0.54 12노트

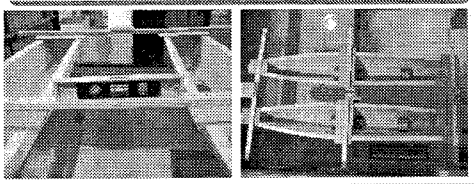


개발선의 선형시험

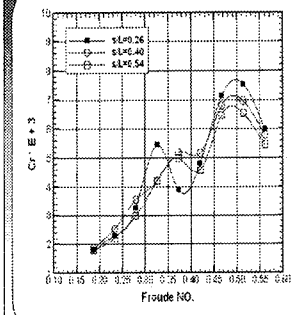
모형선 시험 흘수 조절

선체간격비에 따라 실험을 수행하기 위해 추(Weight)를 이용 모형선의 흘수 조절

- 양쪽 선체의 흘수 밸런스를 맞추지 못하면 시험시 Heeling 발생
- 흘수 조절 후 Balance Gauge 이용 좌우 밸런스 확인 수정



개발선의 선형시험 결과



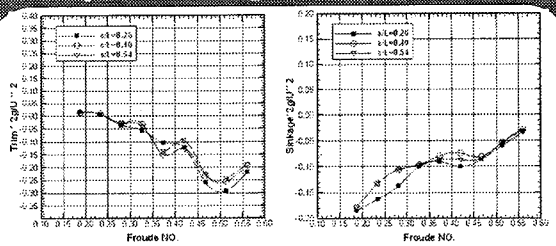
- 잉여저항계수값 전체적으로 유사한 경향
- s/L 0.54인 경우 저항성능 가장 우수
- 선체간격비가 좁아질수록 카타마란 선체 사이에서는 파간섭에 의한 영향이 증가하여 이로 인한 에너지 손실이 발생하여 저항계수가 증가
- 간격비가 좁을수록 카타마란 선체 주위에서의 비대칭적 유동현상과 점성의 영향이 커지게 되어 이로 인한 선체간섭 역시 증가

개발선의 선형시험

저항성능 시험 해석 방법

- 저항성능 해석
  - Froude 상사법칙 : $C_{TS} = C_{FS} + C_R + C_A + C_{AA}$
  - C_A : 1978 ITTC 해석법(2차원 해석법)
  - $C_R = C_{TM} - C_{FM}$
  - $C_{TM} = R_{TM} / (0.5 \rho_M S_M V_M^2)$
  - $C_{FM} = 0.075 / (\log Rn - 2)^2$
  - $Rn = VL / \nu$
- 트림 및 침하량 해석
  - 트림 = (dA – dF) x 2g/U**2
  - 침하량 = (dA + dF)/2 x 2g/U**2

개발선의 선형시험 결과



- Froude 수 0.233 이상의 속도에서는 전체적으로 선수가 들리는 선미 트림의 상태에서 운항, 이는 선수부 경사선저로 인한 양력 발생
- 침하 곡선을 살펴보면 선미에서의 침하로 인한 평균흘수의 저하로 전체적으로 선형은 가라앉은 자세이다.

개발선의 선형시험 결과

선형시험 결과 요약

카타마란 선체간격비(s/L) 0.26, 0.40, 0.54 중에서 0.54가 저항성능과 유효마력 측면에서 가장 효과적

Froude 수 0.49 구간에서부터 저항성능이 감소하기 시작하는데 이는 국내의 카타마란 선형 선형시험 결과값과 비교 했을 때 유사한 경향을 보이고 있음

카타마란 선형에서 선체간격비가 클수록 저항성능과 유효마력이 효과적이긴 하지만 건조비용이나 중량증가의 영향, 횡강도 등을 고려할 경우 무한히 키울 수는 없음

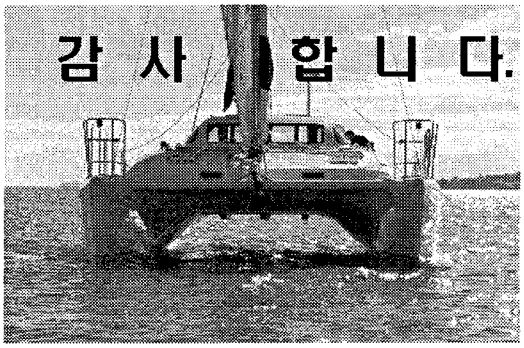
따라서, 개발선의 최종 선체 간격비는 0.540이며 개발선의 폭은 8.414M

•본 발표 내용은 산업자원부 기술인프라연계연구개발사업의 일환으로 수행한 연구의 일부를 정리한 것이다.

연구 결과

1. 40여척의 국내외 카타마란 세일링 요트 조사 분석 및 기구축된 선박설계 프로그램 활용 선형설계
2. 카타마란 세일링요트 복원성능 평가 수행 및 단동 세일링요트와의 복원성능 비교 검토
   GoM과 Righting Lever 등이 4배 가량 우수
3. 유사 배수량을 가진 단동 세일링요트와 카타마란 세일링요트의 갑판 면적 비교 검토 및 최적 일반 배치
   약 2배 이상의 갑판 면적 차이
4. 국내외 카타마란선의 선형시험 자료 조사 분석 및 개발 카타마란 세일링요트 선형시험 기법 정립
   시험 결과 쌍동선체 사이에서 발생하는 파간섭과 유동현상이 저항성능에 영향

감 사 합 니 다.



기술개발 활용방안 및 향후 연구내용

카타마란형 세일링 요트 최적 설계 및 선형시험 기법 연구

- 카타마란 선형 설계기술 확보로 유사선 개발에 활용
- 카타마란형 세일링 요트 유체역학적 특성 분석 및
- 세일링 요트 모형시험 기법 정립으로 타 연구에 기여
- 카타마란 선형으로 최적배치 및 거주성능 개선 가능 승선원
- 복리 증진 및 편의성 향상, 복원성 등 안정성 확보
- 카타마란 세일링요트 개발 체계구축 및 전문인력 확보

향후 연구내용

- 카타마란 세일링요트 선체 부가물(수중 Fin, 선미 트림탭 등)의 성능시험
- 트라이마란(삼동선) 등 Multi-Hull 선형시험 기법 정립
- 고속레저선박의 고속영역 선형시험 기법 정립