

실적선 DB를 이용한 고속보트 초기 주요치수 결정에 관한 연구

이대학* · † 김동준 · 송연희**

*㈜마린테크인, † 부경대학교 조선해양시스템공학과 교수, **부경대학교 대학원

A Study on Determination of Initial Principal Dimension for High-Speed Boat using Existing Boat DB

Dae-Hak Lee · † Dong-Joon Kim · Yeun-Hee Song***

**Marine Tech-In, Basic Design, Busan 48059, Korea*

† Department of Naval Architecture and Marine Systems Engineering, Pukyong National University, Busan 48513, Korea

***Graduate school of Pukyong National University, Busan 48513, Korea*

요 약 : 보트의 초기설계단계에서 설계자는 주요치수 결정을 위해 많은 정보를 필요로 하며, 그러한 정보의 대부분은 해당 보트와 유사한 실적선 자료들을 많은 시간에 걸쳐 조사 및 분석함으로써 얻을 수 있다. 또한, 결정된 주요치수는 설계과정(기본/상세설계) 전반에 걸쳐 영향을 미치게 되고, 이는 결국 보트의 안정성과 성능으로 직결된다. 따라서 본 연구에서는 700여 척의 실적선 자료를 이용하여 보트 초기설계시스템(설계지원플랫폼)을 개발하고, 50피트급 고속보트를 대상으로 이를 활용하여 설계자가 초기설계단계에서도 주요치수를 편리하고 합리적으로 도출 및 결정할 수 있음을 확인하였다.

핵심용어 : 초기주요치수결정, 보트자료, 초기설계시스템(설계지원플랫폼), 고속보트, 상관분석

Abstract : Designers need a lot of information to determine the principal dimensions in the initial stage of boat design, and most of the information they need can be obtained by investigating and analyzing similar existing boat data. In addition, the principal dimensions that are determined have an impact throughout the design process (basic/detailed design), which in turn leads directly to the stability and performance of the boat. Therefore, in this study, the initial design system for the boat (design support platform) was developed using a correlation analysis with existing data for more than 700 boats. It was confirmed that the designer could conveniently and reasonably derive and determine the principal dimensions for a boat in the initial design stage, for the 50ft-class of small and high-speed boats.

Key words : Determination of Initial Principal Dimension, Boat Data, Initial Design System(Design Support Platform), High-Speed Boat, Correlation Analysis

1. 서 론

고속보트의 초기설계단계에 있어서, 설계자가 주요치수를 결정하기 위해 많은 유사 실적자료가 필요하다는 것은 자명한 사실이다. 하지만 실제로 이러한 자료를 충분히 확보하는 것은 간단한 일이 아니므로 이러한 단계를 거치지 않고 불확실하거나 편협한 자료에만 의존하게 된다면, 설계 전반에 걸쳐 많은 시행 오차가 발생한다는 사실은 그동안의 충분한 경험들을 통해 쉽게 인지할 수 있는 부분이다. 이와 반대로 충분한 자료를 확보하고 있음에도 불구하고 그러한 자료들이 체계화되지 않은 상태에서는 성능이 우수한 보트를 기대하기 어렵다는 사실도 설계자 대부분이 공감하는 부분일 것이다. 따라서 그런 충분한 자료들을 바탕으로 설계자가 설계과정에서 있을 수 있는 의사결정을 더욱 빠르고 편리하게 할 수 있도록 체계

화하는 것이 대단히 중요하므로, 설계자들에게는 이에 대한 초기설계시스템 또는 설계지원플랫폼이 항상 필요로 하게 된다.

이에 관한 연구 동향을 살펴보면, Vasconcellos et al.(1999)은 850여 척에 달하는 플레저보트 실적자료를 이용하여 BOATDSS라는 설계 및 구매단계에 적용할 수 있는 의사결정 지원시스템을 개발하였다. 이를 활용하여 주요 설계 인자들의 통계적 분석 자료를 비롯해 보트의 길이별 선형특성, 중량, 선가 추정이 가능한 그래프와 추세선 등을 도출함으로써, 보트 설계자나 구매자들에게 설계나 구매단계에서 있을 수 있는 사항들에 대해 의사결정이 용이하도록 하였다. 특히 이러한 DB 시스템이 보트 초기설계과정(개념/기본설계)에서 어떻게 적용될 수 있는지를 제시한 연구라 할 수 있다.

국내 연구의 경우, Jeong et al.(2008)은 최대속력 25knot 이상, 길이 20m 이하인 단동형 활주선들 중 레저 보트와 소형경

† Corresponding author : 종신회원, djkim@pknu.ac.kr 051)629-6614

* 정회원, dhlee@marine.kr 051)719-9812

** 정회원, chocoretgirl@hanmail.net 051)629-6614

비정 80여 척의 실적자료를 수집하여 이들의 주요치수 간의 상관관계 분석을 통해 32피트급 레저 보트의 주요치수를 도출하였다. 또한, 이를 바탕으로 선형설계 그리고 모형시험과 수치해석을 수행하여 시제선 제작까지 이어진 연구로서, 실적자료들의 통계적 분석을 통해 얻은 주요치수가 성능이 우수한 실선의 제원으로 이어질 수 있다는 것을 확인한 대표적인 사례라고 볼 수 있다.

본 연구에서는 700여 척의 공개 실적선 자료를 활용하여 보트 초기설계시스템(설계지원플랫폼)을 개발하고, 이를 이용해 50피트급 고속보트라는 가상의 설계대상을 통해 설계자가 초기설계단계에서부터 보트의 주요치수를 편리하면서도 합리적으로 도출 및 결정할 수 있음을 확인하였다.

2. 보트 초기설계시스템(BIDS) 개발

보트 초기설계시스템(Boat Initial Design System, 이하 BIDS)은 'MS Excel'을 이용하여 개발되었으며, 실행 모듈의 인터페이스는 크게 메인화면, 설계선(Design ship)의 제원 도출부, 성능 분석부, 실적선 DB, 데이터 처리부 그리고 DB 특성 분석부로 나뉜다. Fig. 1은 BIDS의 시스템 구성도를 나타내고 있다.

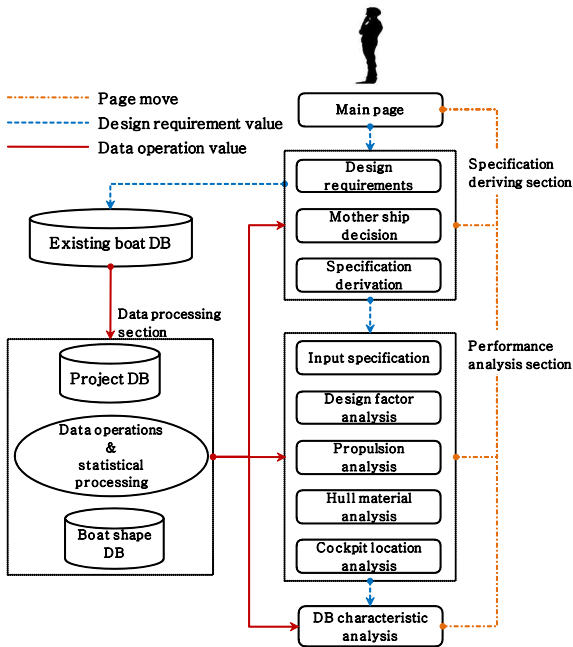


Fig. 1 BIDS system configuration

2.1 BIDS DB 특성

본 연구는 고속보트의 운용 목적에 따라 경비정 또는 차단정(Interceptor craft)과 같은 고속정(78척), 크루저보트(666척) 그리고 파워보트(12척) 등을 대상으로 하여, 총 700여 척에 달하는 보트의 공개실적자료를 인터넷을 통하여 수집 및 조사하였다.

아울러, BIDS에 탑재된 실적선 DB는 본 연구 전체의 신뢰성과 직결되는 만큼, 연구의 수행과정과 결과의 신뢰성 확보 차원에서 BIDS의 DB가 어떠한 특성이 있는지를 먼저 확인하였다. 따라서 전체 DB 내 실적 보트들의 길이(LOA), 속도(Max. speed) 그리고 속도계수(Speed coefficient, C_v)에 따른 선형(Hull form)과 같이 보트설계 전체에 영향을 줄 수 있는 대표적인 3가지 설계 인자들에 대한 특성을 도표를 통해 나타내었다.

가장 먼저, Fig. 2는 BIDS의 전체 DB와 운용목적별로 분류된 DB 내에서 임의의 길이 범위(5m 간격)에 대한 길이분포특성을 나타내고 있다.

No.	Length range	The number of boats (a)	The number of boats (b)	The number of boats (c)	The number of boats (d)
1	5 (m) ~ 10 (m)	15	0	14	1
2	10 (m) ~ 15 (m)	399	16	376	7
3	15 (m) ~ 20 (m)	257	36	216	3
4	20 (m) ~ 25 (m)	73	16	56	1
5	25 (m) ~ 30 (m)	10	9	1	0
6	30 (m) ~ 35 (m)	2	1	1	0
7	35 (m) ~ 40 (m)	1	0	1	0
8	40 (m) ~ 45 (m)	1	0	1	0

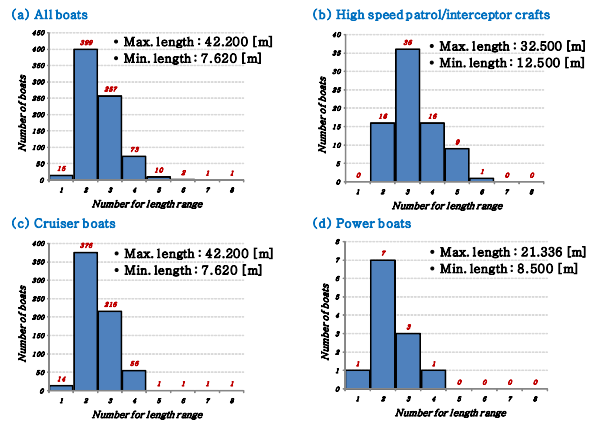


Fig. 2 Length distribution for each boats within BIDS DB

다음으로, Fig. 3의 경우는 BIDS의 전체 DB와 운용목적별로 분류된 DB 내에서 임의의 속도 범위(5knot 간격)에 대한 속도분포특성을 나타내고 있다.

한편, Savitsky et al.(1976)의 연구에 의하면 선형특성과 관련된 속도계수는 식 (1)로서 정의된다.

$$C_v = \frac{V}{\sqrt{gB_T}} \quad (1)$$

여기서, V 는 속도(m/s), g 는 중력가속도(9.81m/s²), B_T 는 선미 트랜섬 폭(Transom beam)(m)을 나타낸다. 그리고 이를 이용하여 Table 1과 같이 개략적으로 보트의 선형적 특성을 파악할 수 있다.[2], [3]

No.	Speed range	The number of boats (a)	The number of boats (b)	The number of boats (c)	The number of boats (d)
1	5 (knot) ~ 10 (knot)	46	0	46	0
2	10 (knot) ~ 15 (knot)	103	0	103	0
3	15 (knot) ~ 20 (knot)	121	0	121	0
4	20 (knot) ~ 25 (knot)	196	0	196	0
5	25 (knot) ~ 30 (knot)	105	0	104	1
6	30 (knot) ~ 35 (knot)	89	6	88	0
7	35 (knot) ~ 40 (knot)	7	2	5	0
8	40 (knot) ~ 45 (knot)	5	1	2	0
9	45 (knot) ~ 50 (knot)	15	13	2	0
10	50 (knot) ~ 55 (knot)	12	10	2	0
11	55 (knot) ~ 60 (knot)	12	11	1	0
12	60 (knot) ~ 65 (knot)	19	18	0	1
13	65 (knot) ~ 70 (knot)	10	9	0	1
14	70 (knot) ~ 75 (knot)	8	5	1	2
15	75 (knot) ~ 80 (knot)	1	0	0	1
16	80 (knot) ~ 85 (knot)	1	0	0	1
17	85 (knot) ~ 90 (knot)	3	1	0	2
18	90 (knot) ~ 95 (knot)	2	2	0	0
19	95 (knot) ~ 100 (knot)	1	0	0	1
20	100 (knot) ~ 105 (knot)	1	0	0	1
21	105 (knot) ~ 110 (knot)	0	0	0	0
22	110 (knot) ~ 115 (knot)	0	0	0	0
23	115 (knot) ~ 120 (knot)	0	0	0	0
24	120 (knot) ~ 125 (knot)	1	0	0	1

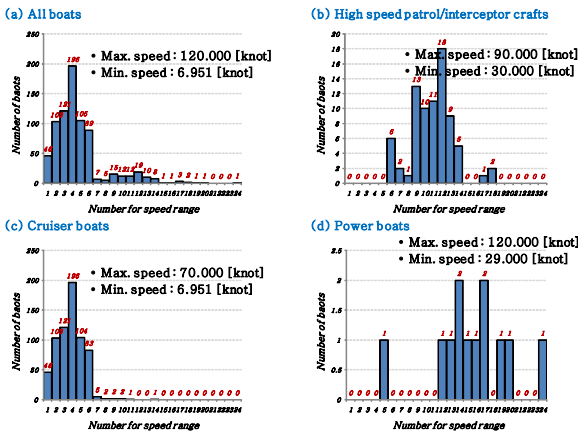


Fig. 3 Speed distribution for each boats within BIDS DB

Table 1 Hull form type according to speed coefficient

Hull form type	Speed coefficient, C_v
Displacement	< 0.5
Semi-displacement	0.5 - 1.5
Planing	> 1.5

C_v	Hull form type	The number of boats (a)	The number of boats (b)	The number of boats (c)	The number of boats (d)
C_v < 0.5	Displacement	0	0	0	0
0.5 ~ 1.5	Semi-disp.	293	0	293	0
C_v > 1.5	Planing	465	78	373	12

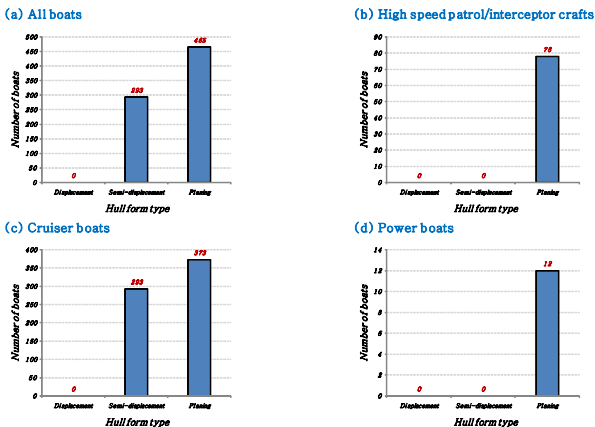


Fig. 4 Characterization of hull form for each boats within BIDS DB

따라서 위의 속도계수에 관한 내용을 바탕으로 Fig. 4에서는 BIDS의 전체 DB와 운용목적별로 분류된 DB 내에서 속도 계수에 따른 보트의 선형적 특성을 잘 보여주고 있다.

앞서 소개된 바와 같이 BIDS는 실적선 DB를 활용한 보트 초기설계시스템으로서, 본 연구에서 도출된 결과들은 탑재된 DB에 전적으로 의존한다. 이는 설계 결과에 대한 방향과 특성들이 설계자의 의도 혹은 사용된 DB의 양과 질에 의해 달라질 수 있음을 의미하며, 이러한 시스템을 사용하는 설계자들은 항상 이를 인지하여야 한다. 아울러, 시간이 지남에 따라 보트의 설계 인자들에 대한 특성과 경향도 충분히 바뀔 수 있는 만큼, 이에 대응할 수 있는 지속적인 DB 모니터링 및 업데이트가 요구된다고 볼 수 있다.

2.2 BIDS의 특징과 주요기능

BIDS에서는 설계자의 편의를 위하여 입력부를 최대한으로 줄였으며, 설계자의 정확한 판단을 지원하기 위해 각 기능에서 가능한 많은 정보를 제공하도록 하였다. BIDS의 주요기능은 다음과 같다.

▶ 설계선 요구사항:

상선의 경우, 고려될 수 있는 설계 요구사항으로는 대표적으로 속도, 재화 중량 등이 있으며, 이는 운용자의 경제적 목적과 관련이 있다. 하지만 보트의 경우, 운용의 목적과 환경에 대한 영향이 지대하므로 대표적으로 운용 목적, 길이 그리고 속도 등이 초기 요구사항으로서 고려될 수 있다. 따라서 이 기능에서는 보트의 운용 목적, 길이, 속도에 대한 정보를 입력할 수 있으며, 이를 통해 DB 내 설계선의 성능 위치를 직관적으로 확인할 수 있다.

▶ 모션 결정:

설계자가 설계선의 요구사항과 일치하는 최적의 모션을 결정할 수 있도록 지원하는 기능으로서, 모션 결정에 대한 다양한 기준과 상세 정보 등을 설계자에게 제공한다.

▶ 제원 도출 및 입력:

결정된 모션의 자료와 DB 내의 통계수치를 기반으로 설계선의 주요제원을 도출하는 기능으로서, 이후 설계선의 성능분석을 위해 설계자가 확장한 제원을 입력할 수 있다.

▶ 설계 인자 분석:

산점도와 상관분석을 통해 다양한 설계 인자 간의 관계를 확인하고, 설계선 확정 제원의 특성과 적합성을 설계자가 검토, 분석할 수 있는 기능이다.

▶ 선체 재질, 추진시스템, 조종석 위치 분석:

DB 내 통계자료를 활용하여 속도 범위별로 해당 선체 재질, 추진시스템 그리고 조종석 위치가 적용된 보트의 수를 운용목적별로 제공함으로써, 설계자가 설계선의 속도 영역에서 어떠한 인자들이 적용될 수 있는지, 그리고 어떠한 인자들이 주로 많이 적용되는지를 쉽게 파악할 수 있게 하였다.

▶DB 특성 분석:

설계자가 BIDS DB의 지속적인 모니터링과 관리가 이루어질 수 있도록 길이, 속도 그리고 속도계수에 따른 DB의 특성을 파악할 수 있는 기능이다.

또한, 상기 언급된 기능을 바탕으로 BIDS의 일반적인 수행 과정은 다음과 같이 크게 3단계로 진행된다.

▶Stage 1:

설계선의 요구사항들을 바탕으로 BIDS는 이와 가장 유사한 모선의 정보들을 설계자에게 제공하게 되고, 설계자는 이를 통해 모선이 설계선의 목적에 부합하는지를 판단하여 최종적인 모선을 결정하게 된다.

▶Stage 2:

BIDS는 결정된 모선의 자료와 DB 내 통계수치를 이용한 제원 도출 논리에 의해 설계선의 주요제원을 도출한다. 이에 관해 확인 및 검토과정을 거친 후 도출된 제원이 설계자에 의해 최종적으로 받아들여지면, BIDS는 설계선의 성능분석을 위해 설계선의 최종제원 자료를 성능분석을 위한 제원 입력부로 넘기게 된다. 이 단계에서는 모선의 특징을 파악할 수 있는 설계자의 안목이 요구된다고 볼 수 있다.

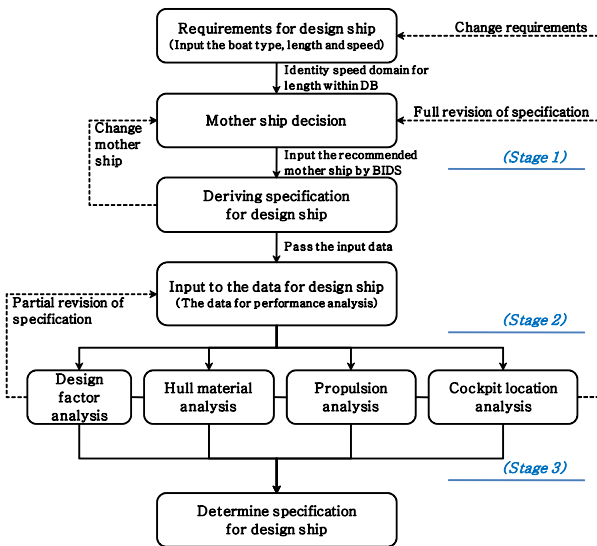


Fig. 5 Performing process of BIDS

▶Stage 3:

마지막 단계로서, 제원 입력부로 넘어온 설계선의 최종제원을 바탕으로 설계자는 산점도, 상관분석 그리고 통계처리 등을 활용하여 설계선 설계 인자 분석, 선체 재질 분석, 추진시스템 분석 그리고 조종석 위치 분석을 각각 수행하게 된다. 이는 설계자의 설계적 경험이 요구되는 단계로 볼 수 있다. 만약 성능분석을 통해 설계선 제원 일부가 수정되어야 할 때는 Stage 2에서 이를 변경할 수 있으며, 수정을 벗어나 새로운 제원을 원할 때는 Stage 1로

돌아가야 한다.

Fig. 5는 상기에 언급된 사항들을 바탕으로 BIDS의 전체적인 수행 프로세스를 나타내고 있다.

3. BIDS를 이용한 고속보트 주요치수 결정

본 연구에서는 개발된 보트 초기설계시스템 BIDS의 활용 검토를 위하여 50피트급 고속보트라는 가상의 설계선을 대상으로 하여 초기설계단계서의 주요제원을 추정하였다. 특히, 앞서 설명된 모선 결정을 통해 설계선의 주요제원이 어떤 형식으로 도출되는지, 그리고 도출된 결과로부터 검토 및 분석을 통해 설계선의 최종적인 설계 초기 주요제원이 결정되기까지의 과정을 BIDS의 기능별 출력화면 등을 활용하여 상세히 명시하였다.

3.1 고속보트 요구 제원

50피트급 고속보트의 운용 목적, 길이 그리고 속도에 대한 가상 요구 제원은 Table 2와 같이 가정하였다.

Table 2 Requirements for high-speed boat

Items	Specification
Operating purpose	Patrol/Interceptor craft
Length	abt. 50ft(≈15m)
Speed	abt. 50knot 이상

3.2 주요치수 도출 및 검토

● Kind of Boat		Patrol/Interceptor craft
● Required Boat LOA	(m)	15,000
● Required Boat Max. Speed	(knot)	50,000

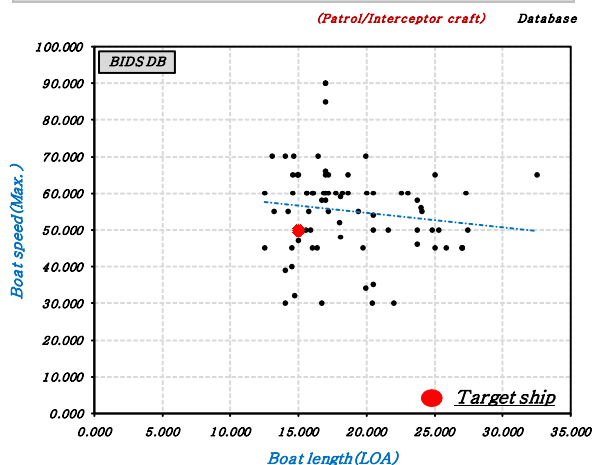


Fig. 6 Input to the requirement for design ship

Fig. 6은 설계선의 요구 제원을 BIDS에 입력한 결과를 나타내고 있으며, 입력된 제원은 고속 경비정/차단정 DB의 분포 영역 내에 적절히 위치함을 알 수 있다.

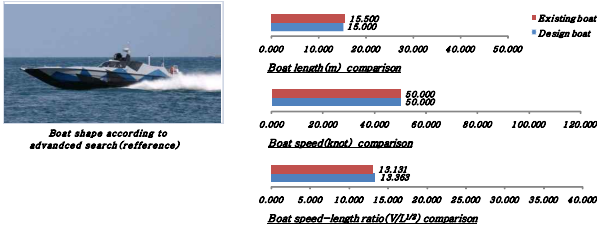


Fig. 7 Mother ship decision
Photo source : <http://rpdefense.over-blog.com/>

Design Item	Abbr.	Unit	Mother Ship	New Ship (New Specification)
Boat No.	(-)	(-)	7	1001
Boat Name	(-)	(-)	DV15 RWS30	Small and high-speed boat
Nation (Builder or Design)	(-)	(-)	France (CMN)	Nation
Purpose	(-)	(-)	(Patrol/Interceptor craft)	(Patrol/Interceptor craft)
Hull Type	(-)	(-)		N/A
Production or Design Year	(-)	(yyyy.mm.dd)		2018.01.25
Length O. A.	(L.O.A)	(m)	15,500	16,000
Length B. P.	(L.B.P)	(m)	14,500	14,000
Length W. L.	(L.W.L)	(m)		12,800
Breadth	(B)	(m)	3,000	2,900
Breadth W.L.	(B.W.L)	(m)		2,500
Depth	(D)	(m)	2,000	1,900
draft	(d)	(m)	0,800	0,800
Headroom	(Ha)	(m)		N/A
Deadrise Aft.	(Daft)	(deg.)		N/A
Lightweight	(LWT)	(ton)		7,200
Full Load Weight	(FWT)	(ton)	14,700	13,700
Complements	(Comp.)	(person)	4	4
Speed	(V)	(knot)	50,000	50,000
Engine Description	(-)	(-)	2 x MAN R6-800(S88&W)	User Option
Engine Power	(-)	(hp)	1577,016	1500,000
Cruising Range	(-)	(nm)	350,000	300,000
Fuel Oil Tank Capacity	(-)	(liter)	2200,000	2100,000
Water Tank Capacity	(-)	(liter)		300,000
Waste Tank Capacity	(-)	(liter)		200,000
Propulsion System	(-)	(-)	Surface Drive	Surface Drive
Hull Material	(-)	(-)	Composite	Composite
Classification	(-)	(-)	BV	BV
Cockpit Location	(-)	(-)	(Backward)	(Backward)

Fig. 8 Derived initial principal dimensions for design ship by BIDS

Mother ship data source : <https://cmn-group.com/>

Design Item	Abbr.	Unit	Mother Ship	New Ship (New Specification)
draft / Depth	(d/D)	(-)	0.400	0.421
L.B.P / Breadth	(Lbp/B)	(-)	4.833	4.828
L.O.A / Breadth	(Loa/B)	(-)	5.167	5.172
Breadth / Depth	(B/D)	(-)	1.500	1.526
L.B.P / Depth	(L/D)	(-)	7.350	7.368
L.B.P x Breadth x Depth	(LBD)	(m ³)	87,000	77,140
L.B.P x Breadth x draft	(LBD)	(m ³)	34,800	32,480
Block Coefficient	(Cb)	(-)	0.412	0.412
LWT / LBD	(-)	(ton/m ³)		0.093
LWT / LBD	(-)	(ton/m ³)		0.222
FWT / LBD	(-)	(ton/m ³)	0.169	0.178
FWT / LBD	(-)	(ton/m ³)	0.422	0.422
Speed Length Ratio	V / L.B.P ^(1/3)	(-)	13.131	13.363
	(-)	(knot, ft)	7.249	7.378
	(-)	(m/s, m)	6.755	6.875
Power Conversion	(-)	(hp)	1554,938	1479,000
	(-)	(kW)	1176,454	1119,000
Admiralty Coefficient	(Cadm)	(-)	482,401	483,900
Speed Breadth Ratio	V / (g x B) ^(1/3)	(-)	4.741	4.823
Rule of light crafts (KR)	(0.13 x L.O.A x B) ^(1.4)	(-)	14,863	13,448
	(Satisfaction)	(-)	(Light crafts)	(No light crafts)
Rule of high speed and light crafts (KR)	7.16 x Disp. ^(0.1887)	(-)	11,207	11,077
	(Satisfaction)	(-)	25,000	25,000
	(Satisfaction)	(-)	(High speed and light crafts)	(High speed and light crafts)

Fig. 9 Calculated values by derived principal dimensions

이러한 설계선의 제원을 바탕으로 BIDS는 Fig. 7과 같이 모선과의 제원 비교치 및 보트형상 정보뿐만 아니라, 이에 대한 상세한 정보들을 제공함으로써, 설계자가 최적의 모선을 선정할 수 있도록 지원한다. 현재 BIDS에서 모선의 정보는

다음과 같은 3가지 기능을 이용하여 설계자에게 제공된다.

- ▶ 길이를 고려한 모선 검색
- ▶ 속도를 고려한 모선 검색
- ▶ 길이와 속도를 고려한 모선 검색(본 연구)

다음으로, Fig. 8과 9는 결정된 모선의 정보와 BIDS DB의 통계자료에 의해 도출된 설계선의 주요제원을 나타내고 있다. 이를 통해 설계자는 모선과 설계선 간의 차이를 파악할 수 있으며, 제원의 수용 여부를 판단하게 된다. 여기서 BIDS에서 설계선의 제원 도출 논리는 제원 추정을 위해 필요로 하는 모선의 자료 여부에 따라 다음과 같이 개략적으로 분류 및 적용된다.

- ▶ 모선의 자료가 있을 시:
모선의 해당 제원 및 비(Ratio)를 이용
- ▶ 모선의 자료가 일부 있을 시:
모선의 해당 제원과 관련된 다른 제원 및 비를 이용
- ▶ 모선의 자료가 없을 시:
BIDS DB의 운용목적별 통계수치를 이용

아울러, BIDS에 의해 앞서 도출된 설계선의 제원을 설계자가 받아들였다는 가정하에서 BIDS의 설계 인자 분석 기능을 이용해 설계선의 주요치수에 대한 적합성을 검토하였다. 설계선의 치수검토와 관련된 설계 인자들은 치수, 치수비, 속도, 속도계수, 속장비, 방형계수 등을 고려할 수 있지만, 상관분석을 통해 두 인자 간의 상관관계가 높은(상관계수가 0.7 이상) 인자들만을 Fig. 10과 11에 나타내었다. 여기서, 상관분석이란 두 변수 간에 상관관계 정도를 나타내는 수치인 상관계수(Correlation coeff.)를 이용하여 선형관계의 강도를 객관적으로 측정할 수 있는 척도를 나타내며, 일반적으로 상관계수가 (±)1에 가까울수록 두 변수 간에 강한 상관관계를 가지고 있다고 볼 수 있다.

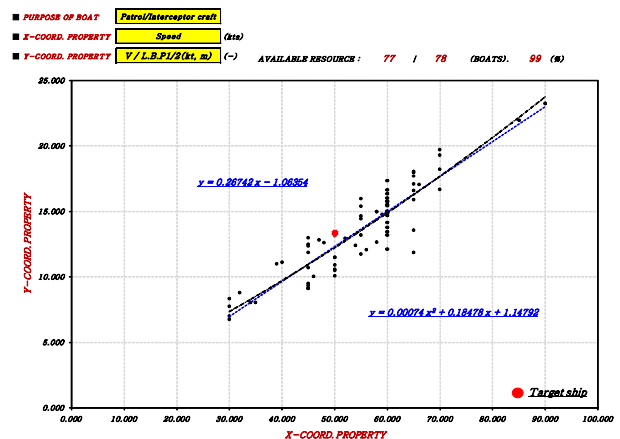


Fig. 10 Scatter plot of speed-length ratio for speed [correlation coeff. = (+) 0.919]

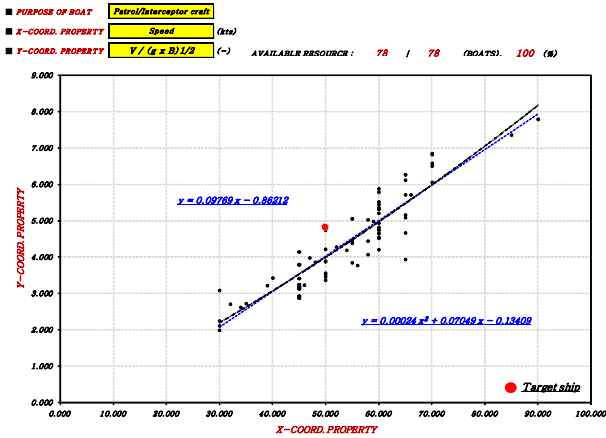


Fig. 11 Scatter plot of speed coefficient for speed[correlation coeff. = (+) 0.924]

Fig. 10과 11에 의한 설계선의 주요치수에 대한 적합성 검토 결과, Fig. 10을 통해 설계선의 길이는 목표 속도와 고려해 볼 때 적절한 것으로 판단되며, 폭의 경우 Fig. 11에서와 같이 DB 내에서 상대적으로 작은 것으로 나타났다. 이러한 원인은 모선의 자료에 기인한 것으로 볼 수 있으며, 동일한 속도를 가지는 실적선 가운데서도 폭이 매우 작은 보트로 판단된다. 하지만 이러한 상황은 모선의 설계적 오류가 아니라 모선의 특성이 그러하다는 의미로 받아들여야 할 것이다. 이에, 본 수행 과정에서는 설계선의 안정성 향상과 통계적 경향에 따라 폭을 3.85m로 증가시켰다. 이는 Fig. 11의 추세선을 기준으로 동일 선속에 대한 $\pm 10\%$ 범위(3.5-4.2m)의 평균값이다. 한편, 길이와 흘수의 경우는 다른 인자들과의 상관관계가 매우 약한 것으로 나타나, 이에 대한 적합성을 확인할 수는 없었다.

Fig. 12는 증가한 폭을 적용하여 계산된 속도계수의 특성을 나타내고 있다.

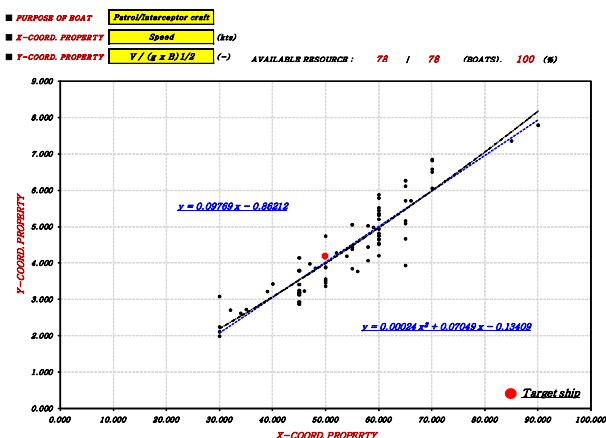


Fig. 12 Scatter plot of speed coefficient for speed by revised breadth[correlation coeff. = (+) 0.924]

다음으로, 중량검토와 관련된 설계 인자들로는 길이, LbD, 경하 중량, 만재배수량 등을 고려할 수 있으며, 치수검토와 동

일한 방법으로 상관분석을 통해 두 인자 간의 상관관계가 높은 인자들만 Fig. 13-16에 나타내었다. 따라서 중량검토 결과, 만재배수량은 적합한 것으로 판단되며, 경하 중량의 경우 증가한 폭에 의해 대략 9-11ton 정도의 중량증가가 예상된다.

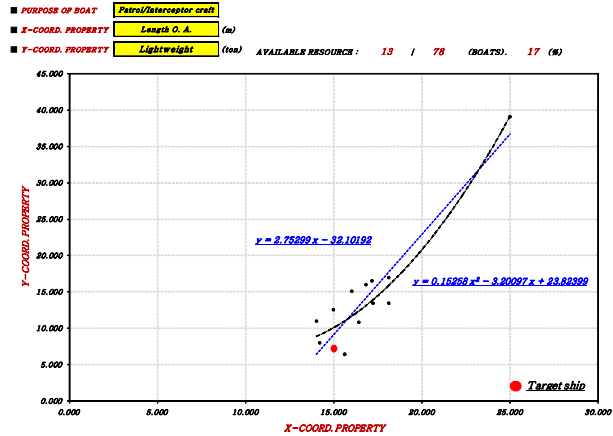


Fig. 13 Scatter plot of lightweight for length[correlation coeff. = (+) 0.924]

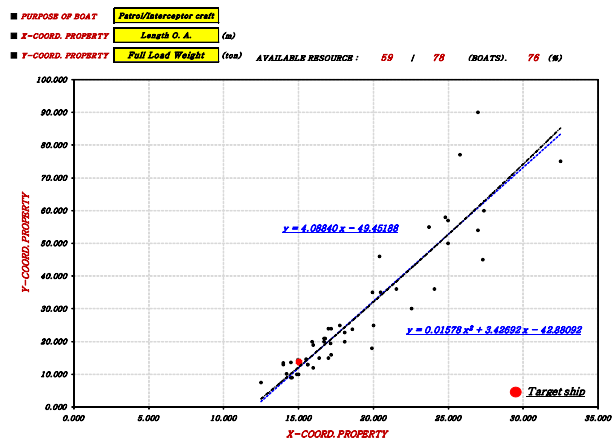


Fig. 14 Scatter plot of full load displacement for length[correlation coeff. = (+) 0.925]

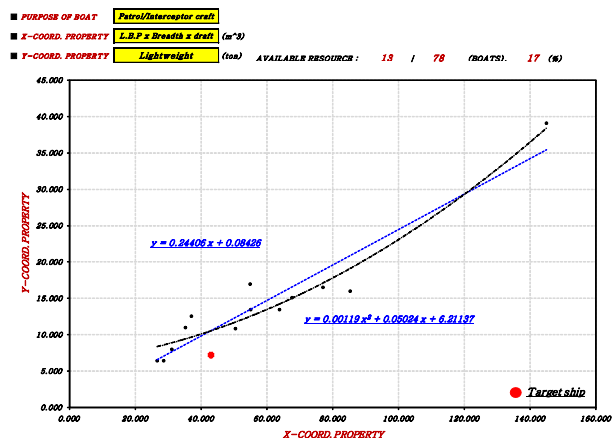


Fig. 15 Scatter plot of lightweight for LbD[correlation coeff. = (+) 0.948]

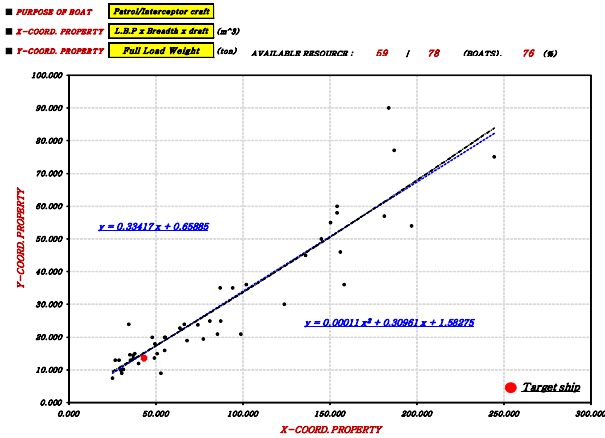


Fig. 16 Scatter plot of full load displacement for LBD[correlation coeff. = (+) 0.939]

Fig. 17은 소요마력에 대한 검토 결과를 나타내고 있다. 소요마력과 관련된 설계 인자들은 속도, 소요마력(hp), 제독계수(C_{adm}), 만재배수량 등을 고려될 수 있으며, 다른 검토와 동일하게 상관분석을 통해 두 인자 간의 상관관계가 높은 인자들만을 나타내었다. Fig. 17을 통해 설계선의 소요마력은 적합한 것으로 판단된다.

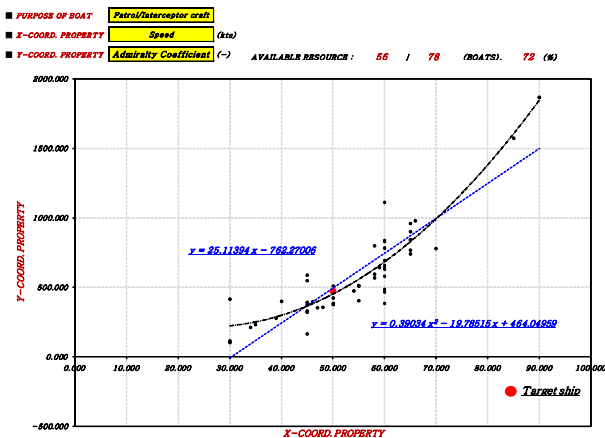


Fig. 17 Scatter plot of C_{adm} for speed[correlation coeff. = (+) 0.891]

Fig. 18과 19는 각각 설계선의 항속거리와 승선인원수 검토 결과를 나타낸다. 항속거리의 경우 관련된 설계 인자들은 만재배수량, 항속거리, 연료유용량 등이 고려될 수 있고, 승선인원수의 경우는 길이, LBD, 승선 인원 등이 고려될 수 있다.

하지만 일반적으로 항속거리와 승선인원수는 다른 설계 인자들의 영향보다는 운용 목적에 많은 영향을 받기 때문에 사실 이를 통계적으로 검토하기에는 무리가 있으나, 통계 내에서 비교적 높은 상관관계를 보이며, 유사한 보트들의 경향을 어느 정도 파악할 수 있다는 데에 의미를 둘 수 있다.

따라서 설계선의 항속거리의 경우, 연료유용량과 대비하여 적절한 범위를 가지고 있다고 판단되며, 승선인원수의 경우

LBD 대비 유사선과 비교해 볼 때, 대략 7명까지 탑승이 가능할 것으로 판단된다.

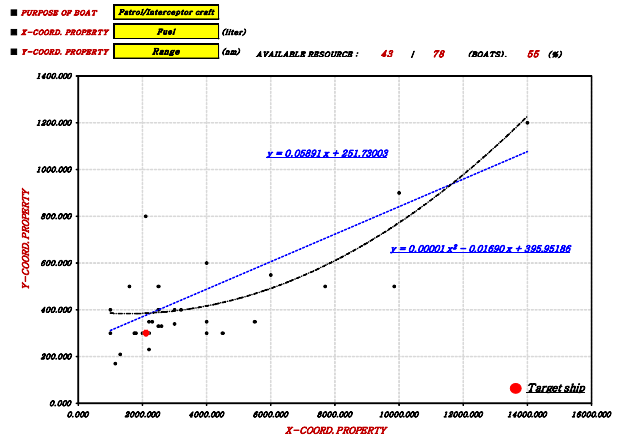


Fig. 18 Scatter plot of cruising range for fuel oil capacity[correlation coeff. = (+) 0.846]

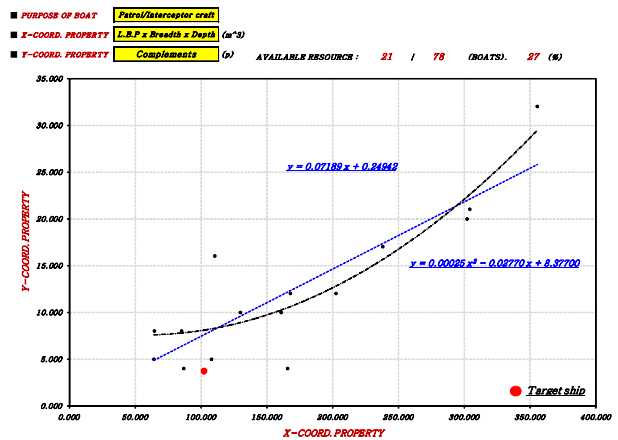


Fig. 19 Scatter plot of complements for LBD[correlation coeff. = (+) 0.870]

Fig. 20-22는 각각 선체 재질, 추진시스템 그리고 조종석 위치에 대한 DB의 통계적 처리 정보를 나타내고 있다. 이는 BIDS의 고속 경비정/차단정 DB 내에서 특정 속도 범위에 따라 해당 사양을 적용한 보트의 수를 알아냄으로써, 해당 제원과 속도와의 관계를 파악할 수 있다. 이로써, 설계자는 설계선의 속도에 해당하는 범위에서 어떠한 인자들이 적용될 수 있는지 그리고 어떠한 인자들이 주로 많이 적용되는지를 파악할 수 있게 된다. 즉, 위의 분석들은 설계 사양에 대한 의사결정 도구로써 활용되며, 설계에서의 적용은 이러한 자료를 바탕으로 오직 설계자의 판단에 의해서만 결정되어 진다.

선체 재질의 경우, Fig. 20을 통해 Composite, Aluminium 그리고 Steel 등을 고려할 수 있으며, 특히 설계선이 속한 속도영역에서의 선체 재질로는 Composite가 많이 적용된 것을 알 수 있다.

No.	Speed range of boats	The number of boats (a)	The number of boats (b)	The number of boats (c)
1	5 (knot) ~ 10 (knot)	0	0	0
2	10 (knot) ~ 15 (knot)	0	0	0
3	15 (knot) ~ 20 (knot)	0	0	0
4	20 (knot) ~ 25 (knot)	0	0	0
5	25 (knot) ~ 30 (knot)	0	0	0
6	30 (knot) ~ 35 (knot)	1	1	0
7	35 (knot) ~ 40 (knot)	1	0	0
8	40 (knot) ~ 45 (knot)	1	0	0
9	45 (knot) ~ 50 (knot)	3	0	0
10	50 (knot) ~ 55 (knot)	5	1	0
11	55 (knot) ~ 60 (knot)	6	1	0
12	60 (knot) ~ 65 (knot)	11	1	0
13	65 (knot) ~ 70 (knot)	4	1	0
14	70 (knot) ~ 75 (knot)	4	0	0
15	75 (knot) ~ 80 (knot)	0	0	0
16	80 (knot) ~ 85 (knot)	0	0	0
17	85 (knot) ~ 90 (knot)	1	0	0
18	90 (knot) ~ 95 (knot)	2	0	0
19	95 (knot) ~ 100 (knot)	0	0	0
20	100 (knot) ~ 105 (knot)	0	0	0
21	105 (knot) ~ 110 (knot)	0	0	0
22	110 (knot) ~ 115 (knot)	0	0	0
23	115 (knot) ~ 120 (knot)	0	0	0
24	120 (knot) ~ 125 (knot)	0	0	0

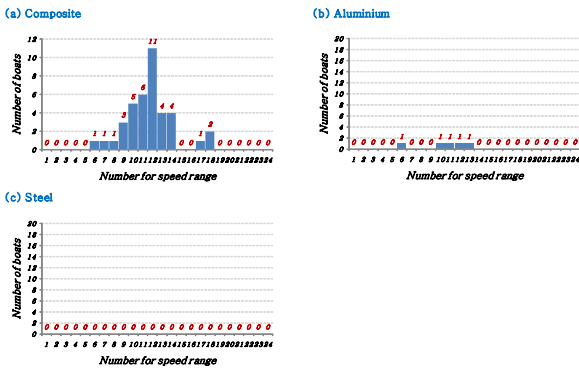


Fig. 20 Hull material distribution for high-speed patrol/interceptor crafts within BIDS DB

또한, 추진시스템으로는 Surface drive, Water jet, Stern drive 그리고 Propeller 등을 고려할 수 있으며, 이 중 설계선의 속도영역에서 적용될 수 있는 추진시스템으로는 Fig. 21을 통해 Surface drive와 Water jet을 꼽을 수 있다. 하지만 본 연구에서는 고속영역에서 많은 장점이 있는 Surface drive를 선정하였다.

끝으로, BIDS에서 조종석의 위치는 선수, 중앙, 선미 그리고 보트 전체로 구분돼 있다. 보트에 있어서, 조종석의 위치는 일반적으로 운용 목적과 운용속도에 영향을 많이 받는데, 조종석이 선수 쪽에 가까운 보트일수록 대개는 운용 목적에 따른 배치라고 볼 수 있다. 예를 들어, 경비정/차단정, 상륙정 같은 보트들은 선미 쪽에 고부보트나 무장을 탑재할 수도 있으므로 조종석이 보통 중앙이나 선수 쪽에 주로 배치된다. 그 외에 다른 이유로는 엔진의 크기와 연관될 수도 있다. 반면 선미 쪽에 조종석이 위치하는 경우는 대부분 파워보트와 같은 고속의 보트들로서 주로 운용속도에 영향을 받으며, 고속영역에서의 보트 거동(Behavior)에 따른 수직 가속도의 영향을 최소화하려는 의도로 판단된다.

따라서 Fig. 22를 통해 설계선의 속도영역에서는 중앙에 위치하는 것이 보편적인 것을 알 수 있지만, 설계선의 속도가 충분히 고속임을 고려하여 본 연구에서는 조종석의 위치를 선미에서 중앙의 범위로서 결정하였다.

No.	Speed range of boats	The number of boats (a)	The number of boats (b)	The number of boats (c)	The number of boats (d)
1	5 (knot) ~ 10 (knot)	0	0	0	0
2	10 (knot) ~ 15 (knot)	0	0	0	0
3	15 (knot) ~ 20 (knot)	0	0	0	0
4	20 (knot) ~ 25 (knot)	0	0	0	0
5	25 (knot) ~ 30 (knot)	0	0	0	0
6	30 (knot) ~ 35 (knot)	0	2	1	2
7	35 (knot) ~ 40 (knot)	1	1	0	0
8	40 (knot) ~ 45 (knot)	0	0	1	0
9	45 (knot) ~ 50 (knot)	5	6	0	0
10	50 (knot) ~ 55 (knot)	6	4	0	0
11	55 (knot) ~ 60 (knot)	8	3	0	0
12	60 (knot) ~ 65 (knot)	11	4	1	0
13	65 (knot) ~ 70 (knot)	8	1	0	0
14	70 (knot) ~ 75 (knot)	5	0	0	0
15	75 (knot) ~ 80 (knot)	0	0	0	0
16	80 (knot) ~ 85 (knot)	0	0	0	0
17	85 (knot) ~ 90 (knot)	1	0	0	0
18	90 (knot) ~ 95 (knot)	2	0	0	0
19	95 (knot) ~ 100 (knot)	0	0	0	0
20	100 (knot) ~ 105 (knot)	0	0	0	0
21	105 (knot) ~ 110 (knot)	0	0	0	0
22	110 (knot) ~ 115 (knot)	0	0	0	0
23	115 (knot) ~ 120 (knot)	0	0	0	0
24	120 (knot) ~ 125 (knot)	0	0	0	0

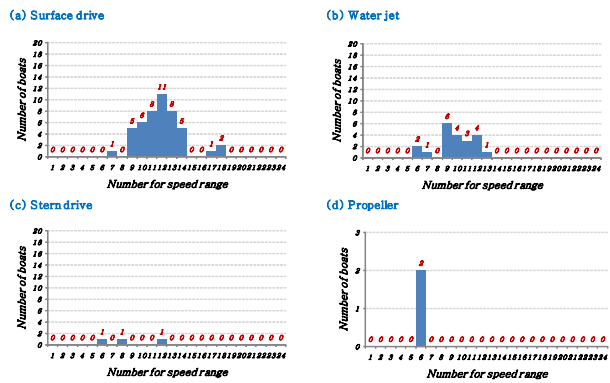


Fig. 21 Propulsion system distribution for high-speed patrol/interceptor crafts within BIDS DB

No.	Speed range of boats	The number of boats (a)	The number of boats (b)	The number of boats (c)	The number of boats (d)
1	5 (knot) ~ 10 (knot)	0	0	0	0
2	10 (knot) ~ 15 (knot)	0	0	0	0
3	15 (knot) ~ 20 (knot)	0	0	0	0
4	20 (knot) ~ 25 (knot)	0	0	0	0
5	25 (knot) ~ 30 (knot)	0	0	0	0
6	30 (knot) ~ 35 (knot)	1	5	0	0
7	35 (knot) ~ 40 (knot)	1	2	0	0
8	40 (knot) ~ 45 (knot)	0	1	0	0
9	45 (knot) ~ 50 (knot)	4	9	0	0
10	50 (knot) ~ 55 (knot)	0	9	1	0
11	55 (knot) ~ 60 (knot)	0	9	2	0
12	60 (knot) ~ 65 (knot)	1	13	4	0
13	65 (knot) ~ 70 (knot)	1	1	4	3
14	70 (knot) ~ 75 (knot)	0	3	2	0
15	75 (knot) ~ 80 (knot)	0	0	0	0
16	80 (knot) ~ 85 (knot)	0	0	0	0
17	85 (knot) ~ 90 (knot)	0	0	1	0
18	90 (knot) ~ 95 (knot)	0	0	2	0
19	95 (knot) ~ 100 (knot)	0	0	0	0
20	100 (knot) ~ 105 (knot)	0	0	0	0
21	105 (knot) ~ 110 (knot)	0	0	0	0
22	110 (knot) ~ 115 (knot)	0	0	0	0
23	115 (knot) ~ 120 (knot)	0	0	0	0
24	120 (knot) ~ 125 (knot)	0	0	0	0

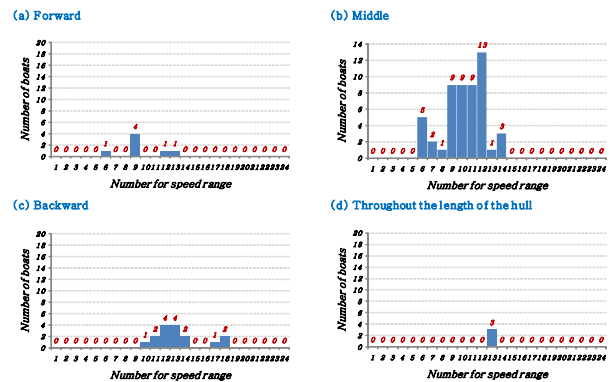


Fig. 22 Cockpit location distribution for high-speed patrol/interceptor crafts within BIDS DB

3.3 요약 및 고찰

본 연구의 수행 단계별 주요 결과와 특이사항들에 대해 다음과 같이 요약하여 나타내었다.

- ▶ Stage 1:
 - Fig. 6, 7
- ▶ Stage 2:
 - Fig. 8, 9
- ▶ Stage 3:
 - Fig. 10-22
 - 폭이 2.9m에서 3.85m 증대
 - 경하 중량 7.2ton에서 9~11ton 정도로 증가 예상
 - 탑승 인원은 7명까지 고려 가능

Table 3 Results of performance analysis for design ship

Item	Results of performance analysis	Initial dimension by BIDS
Main dim.	Need to increase B (B is 3.85[m] or more, D and d require more detailed analysis)	L×B×D(d): 15×2.9×1.9(0.8)[m]
Hull material	Suitable hull material	Composite
Weight	Need to increase LWT (appr. 9~11[ton])	LWT: 7.2[ton], FWT: 13.7[ton]
Req. power	1,500[hp] or more	1,500[hp](1,125[kW])
Prop. system	Suitable prop. system	Surface drive
Cruising range	Suitable cruising range for Fuel Oil	Range: 300[nm] Fuel O.: 2,100[liter]
Comp.	Up to 7[person] available	4[person]
Cockpit location	Backward-Middle	Backward

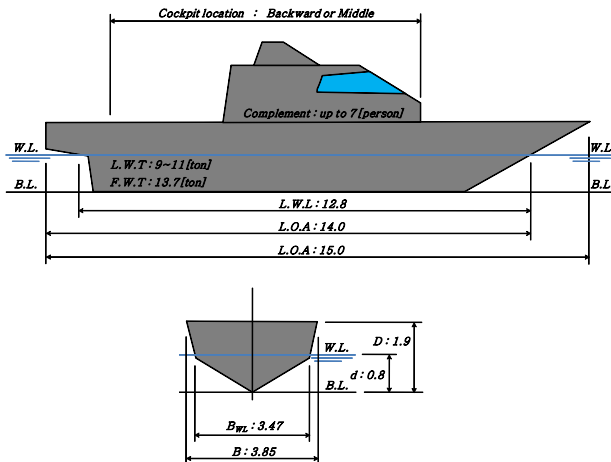


Fig. 23 Derived specifications for design ship(unit: m)

Table 3과 Fig. 23은 수행된 설계선의 성능분석 결과와 최종적으로 결정된 주요치수를 각각 나타내고 있다.

4. 설계선 주요치수 평가

BIDS를 통해 도출된 50피트급 고속보트의 주요치수에 대한 평가방법으로는 수치해석, 모형시험 그리고 시제선 제작 및 시운전 등에 의한 평가가 있을 수 있다. 하지만 성능에 대한 선박의 객관적인 평가 기준 미비와 설계가 진행됨에 따라 앞서 도출된 주요치수 외에도 성능에 영향을 미치는 설계 인자들이 많으므로 주요치수만으로 평가하기에는 다소 무리가 있다고 판단된다. 따라서 본 연구에서는 BIDS가 보유하고 있는 DB 외에 설계선과 유사한 실적자료들이 있는지를 조사하고, 이와 비교함으로써 설계선의 주요치수에 대한 적합성을 간접적으로 가능하였다.

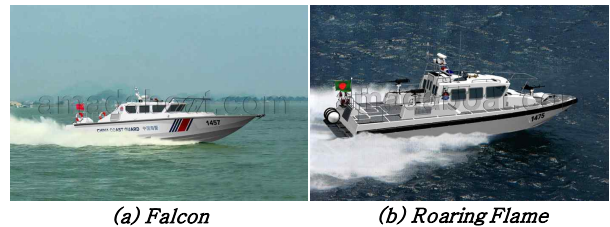


Fig. 24 Boats with specifications similar to design ship
Photo source : <http://www.amadaboat.com/>

Table 4 Comparison of principal dimensions with existing boats

Item	(a)(Diff.,%)	(b)(Diff.,%)	Design
LOA[m]	15.78(5.2)	14.89(0.7)	15.00
Breadth[m]	3.98(3.4)	3.72(3.4)	3.85
Depth[m]	2.21(16.3)	1.95(2.6)	1.90
Draught[m]	0.79(1.3)	0.76(5.0)	0.80
Comp.[p]	5-10	6	up to 7
Speed[knot]	50.3(0.6)	52.0(4.0)	50.0
Range[nm]	300(0.0)	262(12.7)	300
Power[kW]	1,600(42.2)	1,066(5.2)	1,125
Propulsion	Surf. D.	Surf. D.	Surf. D.
Material	Comp.	Comp.	Comp.

Boat data source : <http://www.amadaboat.com/>

Fig. 24는 설계선의 주요치수와 유사한 제원을 가지고 있는 AMADA사의 경비정 'Falcon'과 'Roaring Flame'의 형상이며, Table 4에서는 설계선과 이들의 주요치수에 대한 비교를 나타내고 있다. 결과적으로 볼 때, BIDS를 통해 나온 설계선의 제원이 실제 실적선에서도 유사한 범위 내에 있다는 것을 확인할 수 있으며, 이를 통해 BIDS에서 도출된 주요제원을 설계선에 대한 본격적인 설계수행에 앞서 초기 제원으로 사용하기에는 크게 무리가 없을 것으로 사료된다.

5. 결 론

본 연구는 고속보트의 초기설계단계에서 주요치수 결정 시, 설계자에게 편리하고 합리적인 의사결정 도구를 제공하기 위해 공개 실적선 자료를 활용하여 보트 초기설계시스템(Boat Initial Design System; BIDS)을 개발하고, 이를 이용하여 50피트급 고속보트에 대해 주요치수를 도출하는 과정에 대해 살펴보았다. 또한, 이를 통해 BIDS의 수행 프로세스 및 BIDS와 설계자 간의 역할을 확인할 수 있었으며, 단순히 일부 자료만을 이용하거나 모선의 치수를 일부 수정하여 주요치수를 결정짓는 기존의 결정방식들에서 벗어나 BIDS를 이용함으로써 보트의 주요치수가 초기설계단계에서도 편리하고 합리적으로 도출될 수 있음을 확인할 수 있었다.

본 연구를 바탕으로 향후 연구에서는 다음과 같은 기능과 사항이 BIDS에 추가로 반영될 예정이다.

- ▶ 추가적인 실적선 자료 확보
- ▶ 일반배치 및 구획배치 초기 안 도출 및 검토 기능
- ▶ 보트성능에 관련된 설계 인자의 추가적인 반영
- ▶ 선가 경향 검토 기능
- ▶ 비선형 상관관계 분석
- ▶ 치수의 도출 논리 오류 최소화
- ▶ 치수 간의 상관계수 도표화
- ▶ DB의 구조적 계층제한(Hierarchy) 방식 적용

후 기

이 논문은 부경대학교 자율창의학술연구비(2017년)에 의하여 연구되었음

References

- [1] Jeong, U. C., Park, J. W. and Kim, K. S.(2008), "Hull Form Development of 32-ft Class Leisure Boat by Statistical Analysis of Actual Ships", *Journal of ocean engineering and technology*, Vol. 22, No. 3, pp. 58-63.
- [2] Savitsky, D. and Brown, P.(1976), "Procedures for Hydrodynamic Evaluation of Planing Hulls in Smooth and Rough Water", *Marine Technology*, Vol. 13, No. 4, pp. 381-400.
- [3] Vasconcellos, J. M. and Latorre, R.(1999), "Development of BOATDSS high speed boat design database", *Ocean engineering*, Vol. 26, No. 9, pp. 891-904.

Received 6 February 2018

Revised 5 April 2018

Accepted 10 April 2018