

船舶의 初期設計를 위한 전산프로그램 PROCAL

韓 淳 興*

Computer Program for Preliminary Ship Design-PROCAL

by

Soon-Hung Han*

Summary

Korea Institute of Machinery and Metals (KIMM) purchased a computer program for preliminary ship design from the ship Research Institute of Norway (NSFI). The program PROCAL (PROject CALculation) is described with other programs developed by NSFI such as SHIPMODEL, FLEET, SHIPSHAPE, SKRIN.

이 글은 이러한 프로그램을 소개하기 위하여 마련한 것이다.

1. 序 言

금번에(83년 5월) 기계연구소에서는 노르웨이 선박연구소(NSFI)로 부터, 선박의 초기계획 및 초기설계 단계에 이용되는 전산 프로그램인 'PROCAL'과 'SHIPMODEL'을 도입하였다. 이 프로그램들은 현재 연구소내의 설계작업에 이용되고 있는데, 국내의 실정과 차이가 있는 몇가지 보완될 점은 있으나 선박설계의 능력이 부족되고 있고, 특히 운항경제성 따지를 고려하여 선박을 설계하는 데는 경험이 부족한 우리나라에서는 널리 유용하게 쓰일 수 있을 것으로 여겨진다.

2. 프로그램의 開發過程

노르웨이 선박연구소(이하 NSFI라 칭함)에는 1961년에 전자계산기가 도입되었으며, 그후 선박에 대한 전자계산기의 응용기술을 개발하여 왔는데, 1969년부터 선박설계를 위한 프로그램들을 부분적으로 개발하여오다가 1973년부터 PROCAL, SHIPMODEL이라는 이름으로 본격적인 개발을 하여서 1977년에 일단 완성을 보았고, 그후 계속 많은 개량을 하여 현재에 이르고있다.

Table 1. Users of Procal and Shipmodel

Norwegian users	Shipyards	A/S Bergens Mekaniske Verksteder Moss Rosenberg Verft A/S Ankerløkken Industrier A/S
	Ship owners	Leif Høegh & Co. Sig. Bergesen d.y. & Co.
	Consultant firms	Glommaconsult A/S Skipskonsulent A/S Shipping Research Services A/S

接受日字: 1983年 8月 11日

* 正會員, 韓國機械研究所 大德船舶分所 基本設計室

Foreign users	Shipyards	Burmeister & Wain Shipyard, Denmark Chantier Naval de La Ciotat, France Chantier Naval de L'Atlantic, France British Shipbuilders, England
	Ship owners	Stolt Nielsen Inc., USA Three Quays(P&O), England Ocean Fleets, England Nievelt, Netherland
	Consultant firms	Rosenblatt & Son, New York Cheng Naval, Hong Kong Marin, Netherland John J. McMullen Associates, Inc., USA.

현재 이 프로그램을 사용하고 있는 회사들은 노르웨이에 8개사, 해외에 한국을 제외하고 12개회사가 있는데, 그 본포는 Table 1과 같다.

이 본포를 보면 해운회사와 조선소 그리고 설계 용역회사의 수가 각각 1/3씩 분포하고 있는 것을 알수 있는데 이것만을 미루어 볼때도 이 프로그램은 해운과 조선의 업무가 겹쳐지거나 연결되는 부분에서 사용된다는 것을 알수있다.

3. 프로그램의 처리능력

이 프로그램은 Dwt 약 10,000톤급 이상의 대형 상선을 위주로 구성되어 있으며, 4가지 Type의 선박 즉 Tanker, Bulk carrier, General cargo ship, Container ship을 처리할 수 있는 4개의 module로 이루어져 있다. Ro-Ro선과 LNG/LPG운반선은 본래는 처리하도록 되어있지 않으나, 현재 Ro-Ro선을 위해서는 Cargo ship module을, LNG선을 위해서는 Bulk carrier module을 이용하고 있다.

이러한 船種別로 여러가지 성능을 추정하는 데는, 기존선들의 자료를 수집정리하여 통계적인 처리(Regression analysis등)를 하거나, Graph등으로 부터 경험식을 도출하여 계산에 이용하는 방법이 사용되고 있다.

한편, 이 프로그램은 Demand mode로 짜여있기 때문에 사용자가 Computer terminal에 앉아 한단계 한 단계씩 Input을 할때마다 전산기의 반응을 볼수 있으며, 계산의 범위도 조정할 수 있고, 부분 부분의 계산 결과를 전산 Terminal에서 즉시 볼수 있도록 되어있다

4. 프로그램의 구성과 Subprograms

PROCAL은 140여개의 Subroutine으로 구성되어 있

는데, 이들을 기능별로 묶어 간단한 Flow를 그린 것이 Fig. 1과 같다.

한편, PROCAL의 Subroutine들을 기능별로 묶어 별도의 작은 프로그램들을 만들어 놓았는데, 이들을 PROCAL SUBSYSTEM이라고 하며, 그 각각은 다음과 같다[12].

- 1) CONTAINER: 콘테이너선에 대하여, Hold와 갑판위에 적재할 수 있는 콘테이너의 갯수를 계산한다.
- 2) GEOMETRY: Computer에 이미 저장되어 있는 ((6) LINABS참조) 유사한 선박의 off-set을 이용하여 요구되는 선박의 여러 기하학적 특성들 즉, 배수량, 용적, 水線면적, 단면형상 등을 계산한다.
- 3) FREEBOARD: 주어진 선박에 대하여 rule에 의한 전현계산을 한다.
- 4) RESPRO: 선박의 소요마력을 추정하는 프로그램인데, 추정방법은 다음의 방법 중에서 선택할 수 있다.
 - ① Gulldhammer & Harvald(덴마크)
 - ② Taylor & Gertler(미국)
 - ③ Holtrop(네덜란드 NSMB)
- 5) STABILITY: 주어진 선박의 복원성능을 계산한다.
- 6) LINABS: PROCAL이나 GEOMETRY, STABILITY 등 다른 Program에서 사용할수 있도록, 새로운 Hull form의 offset을 data file로 만들어 Computer에 저장하는데 이용되는 프로그램이다.

5. Input Data와 Output

PROCAL에는 약 800개의 Data가 Input되는데,

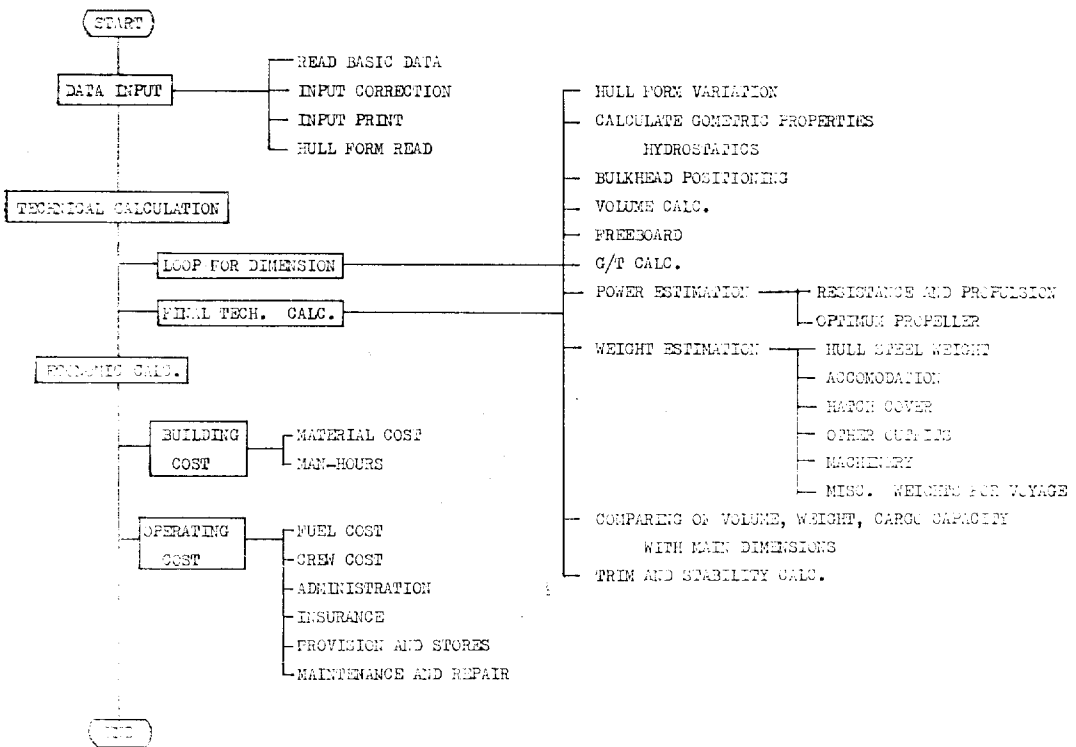


Fig. 1. Flow diagram of PROCAL.

Table 2. PROCAL Input

	Var. No.
Main Parameters	1~15
Internal Arrangement	16~27.2
Erections and Deck Houses	28~31.40
Freeboard	32~34
Strength Requirements	35~35.4
Other Geometrical Values	36~38
Machinery	39~47.55
Weights	48~58
Especially for Hull Weights	59~67.3
Especially for Cargo Handling Gears	68~97.54
Especially for Hatches	98~108
Especially for Fuel Weight	109~
Especially for Cargo Weight	110~115.2
Factor of Correction Weights	116~122.45
Centres of Gravity	123~132
Building Costs	133~152.2
Part Voyage Running Costs Data	153~204
Auxiliary Data Running Voyage and Crew Costs	205~212.3

Fuel and Lub. Oil Consumption	213~217
Fuel and Lub. Oil Costs	218~221
Running and Voyage Costs Development	222~226.25
Additional Running and Voyage Costs	227~228
Correction Factors to Running and Voyage Costs	229~232.25
Auxiliary Data for Running and Voyage Costs	233~234
Program Data	235~236

Program속에 BULK, TANK, CONT, CARG 4개의 船種에 대한 4개의 Basic data set이 이미 들어있다. User는 이들 Basic data set을 적절히 이용하여, 그중 변경이 필요한 Data만을 고치고 Program을 수행할 수 있다.

즉, 설계를 시작하는 초기단계에는 설계할 선박의 주요치수등 몇개의 사항만이 정해져 있을 것이므로, 알고 있는 몇개의 Data만을 고쳐서 입력시키고 나머지는 Basic data를 그대로 이용하여 계산이 수행된다. 설계가 진행됨에 따라 점점 많은 자료들이 결정되거나 입수되므로 점점 정확한 자료를 Input하여 계산할 수 있으므로 더 정확한 결과를 얻을 수 있다.

800여개의 Input data중 Program control을 위한 몇 개를 제외하고 기능별로 분류한 것이 Table 2와 같다.

선박의 주요치수를 정하기 위하여는 L, B, T(draft), CB, L B, B/T, DWT, CDW(cargo dwt), DISP (배수량)의 9개중, 한척의 선박을 정의할 수 있는 독립된(Independent) 최소 4개의 Input이 요구되며(6절

참조), 4개를 초과하여 Input 되었을 때는 Priority가 낮은 것이 자동적으로 무시되고 있고, D(depth)는 흘수에 견련을 포함한 D와 화물창 용적의 requirement에 의한 D중 큰 것으로 결정된다.

한편, 중량과 건조비 관계 Input은 Table 3과 같은 SFI Group System의 분류에 의거해 Input 하도록 되

Table 3. 1. SFI Group System.

SURVEY OF MAIN GROUPS AND GROUPS

MAIN GROUPS	0	1	2	3	4
	SHIP GENERAL.	HULL.	EQUIPMENT FOR CARGO.	SHIP EQUIPMENT.	
GROUPS	00 Specifications, estimating, model testing, drawings, ordering, instruction material, instruction courses.	10 Hull materials, general hull work.	20 Hatches and ports.	30	40 Manoeuvring machinery and equipment.
	01 Insurances, fees, general expenses, representation.	11 Afterbody.	21	31 Equipment for cargo in holds and on deck.	41 Navigation and searching equipment.
	02 General work and models.	12 Engine area.	22	32 Special cargo handling equipment.	42 Communication equipment.
	03 Provisional rigging during construction (staging, etc.).	13 Cargo area.	23	33 Deck cranes with rigging, etc. for cargo.	43 Anchoring, mooring and towing equipment.
	04 Work in connection with ways, launching and docking.	14 Forebody.	24	34 Masts, posts with derrick booms, rigging and winches, for cargo.	44 Repair, maintenance and cleaning equipm., outf. in stores and workshops, name pl., spec. found.
	05 Inspection, measurements, tests and trials.	15 Deck houses, superstructures.	25	35 Loading and discharging systems for liquid cargo.	45 Lifting and transport equipment for machinery components.
	06 Guarantee and mending work.	16 Hull outfitting.	26	36 Freezing, refrigerating and heating systems for cargo.	46 Hunting, fishing and processing equipment.
	07	17 Material protection,	27	37 Gas/ventilation systems for cargo holds/tanks.	47 Armament, weapons and weapon counter-measures.
	08	18 Material protection, internal.	28	38 Auxiliary systems and equipment for cargo.	48 Special equipment.
	09 General consumption articles	19 Miscellaneous hull work (not standard).	29	39	49

SFI GROUP SYSTEM - JAN. 73

Table 3.2. SFI Group System.

SURVEY OF MAIN GROUPS AND GROUPS

MAIN GROUPS	5	6	7	8	9
	EQUIPMENT FOR CREW AND PASSENGERS.	MACHINERY MAIN COMPONENTS.	SYSTEMS FOR MACHINERY MAIN COMPONENTS.	SHIP SYSTEMS.	
	50 Lifesaving, protection and medical equipment.	60 Diesel engines for propulsion.	70 Fuel oil systems.	80 Ballast and bilge systems, gutter pipes outside accommodation.	90
	51 Insulation, panels, partition bulkheads, doors, side scuttles, windows and skylights.	61 Steam machinery for propulsion.	71 Lube oil systems.	81 Fire and lifeboat alarm systems, fire fighting systems, wash down systems.	91
	52 Internal deck covering, ladders, steps, railings, etc.	62 Other types of propulsion machinery.	72 Cooling systems.	82 Air and sounding systems from tanks to deck.	92
	53 External deck covering, steps and ladders, etc., fore-and-aft gangway and deck equipment.	63 Transmissions and foils.	73 Compressed air systems (starting, general purpose and instrument air systems).	83 Special common hydraulic oil systems.	93
	54 Furniture, inventory and entertainment equipment.	64 Boilers, steam and gas generators.	74 Exhaust systems and air intakes.	84 Central heat transfer systems with chemical liquids.	94
GROUPS	55 Galley and pantry equipment arrangement for provisions, ironing and drying equipm., laundry.	65 Motor aggregates for main electric power production.	75 Steam, condensate and feed water systems.	85	95
	56 Lifting and transport equipm. for crew pass. and prov. Shore gangway equipm. and helicop. platf.	66 Other aggregates and generators for main and emergency elect. power production.	76 Distilled and make-up water systems.	86	96
	57 Ventilation, air-conditioning and heating systems.	67 Nuclear reactor plants.	77	87	97
	58 Sanitary systems with discharges, drainage systems for accommodation.	68	78	88 Electrical common systems.	98
	59	69	79	89	99

Table 4. Output Groups

```

1100 MAIN PARAMETRES :
1101 DISPLACEMENT :
1102 LIGHTSHIP WEIGHT :
1103 STEEL WEIGHTS :
1104 ERECTIONS :
1105 DECK HOUSES, ENGINE CASING :
1106 WINCH HOUSES, REINFORCEMENTS :
1107 WEIGHTS IN ENGINE ROOM :
1108 EQUIPMENT WEIGHTS AND 'EQUIPMENT NUMBER:
1109 EQUIPMENT WEIGHTS SUBDIVIDED :
1110 VACANT
1111 PROPULSION AND RESISTANCE :
1112 PROPULSION :
1113 RESISTANCE :
1114 CAPACITIES OF AUXILIARY MACHINERY
1115 HALF BREADTHS :
1116 WATERLINE DATA :
1117 SECTIONAL AREA CURVE :
1118 TRIM :
1119 LONGITUDINAL STRENGTH :
1120 STABILITY :
1121 NUMBER OF BULKHEADS AND DECKS
1122 DISTANCE FROM AP. TO FRONT OF WING TANKS :
1123 POSITION OF BULKHEADS OUTSIDE CARGO SPACE :
1124 HEIGHTS FROM KEEL TO CARGO DECKS :
1125 DOUBLE BOTTOM HEIGHTS :
1126 EXTENSION OF CARGO SPACE AT EACH DECK :
1127 CARGO DECK AREA:
1128 CARGO VOLUME AT DECKS :
1129 NUMBER OF HATCHES AND DIMENSIONS:
1130 TOTAL HATCH AREAS :
1131 VOLUME AND WEIGHTS IN CARGO SPACE
1132 HYPOTHETICAL OIL OUTFLOW (IMCO) :
1133 OTHER ARRANGEMENTS PARAMETRES :
1134 EXTERNAL ARRANGEMENT :
1135 VOLUME OF ERECTIONS :
1136 CABIN ARRANGEMENT :
1137 AREAS IN ACCOMMODATION :
1138 ADDITIONAL ITEMS :
1139 VACANT

1200 MAIN ECONOMICAL RESULTS (MILL. NKR.)
1201 MAN HOURS :
1202 TOTAL YEARLY COSTS , MAIN RESULTS
1203 VACANT
1204 OPERATING COST PARAMETRES :
1205 OPERATING COSTS TC.
1206 VOYAGE EXPENCES :
1207 MATERIAL COSTS ( NSFI GROUP SYSTEM ) :
1208 LABOUR TIME
1209 BUILDING COSTS ( NSFI GROUP SYSTEM )
1210 PARTS OF VOYAGE FOR CALCULATION OF VOYAGE EXPENCES :
    
```

어있으며, Output도 여기에 따라 분류되고 있다.

Output의 분량은 Input으로 조정하게 되어 있는데, 완전한 Output은 약 400 line 가량되며 Table 4와 같은 Group들로 분류되어 있다.

6. SHIPMODEL[14]

SHIPMODEL은 간단히 말하면, 한번에 PROCAL을 여러번 돌리는 Program이라 할수 있는데, 선박의 주요치수와 속도등을 변화시켜가며, 그 선박의 성능과 경제성이 어떻게 변화하는가를 한눈에 볼수있다.

변화시킬수 있는 주요치수는 다음과 같으며, 이중 속도 V를 제외하고 4개의 변수의 조합이 주어져 하나의 선박을 정의할 수 있는 Set을 이뤄야 하는데(5절 참조), 이것을 Legal Combination이라 부르고 있다.

V, L, B, T, CB, L/B, B/T, DW(dead weight), CDW (cargo DW), DISP(배수량).

그밖에, SHIPMODEL을 돌리기 위한 준비작업에 이용되는 DEMIN이라는 Program과, 돌린후에 그 결과

를 검토하는데 이용되는 DEMOUT이라는 Program이 있는데, 이들 역시 Terminal에서 사용자가 Input하며 결과를 볼수 있는 Demand mode의 Program이다.

7. 그밖의 프로그램들

NSFI에는 PROCAL/SHIPMODEL과 유사한 기능을 가졌거나, 관련이 있는 다른 Program들이 개발중이거나 이미 개발되어 있었으며, 그 일부를 여기에 간략히 소개한다.

7.1. FLEET[15]

원래 FLEET는 PROCAL, SHIPMODEL과 같이 75년경에 개발되었는데, 해상수송체계 전환을 계획할때 이용되며 그 결과가 Fig. 2와 같이 그 다음 단계인 SHIPMODEL로 연결되도록 되어있다[4].

즉, FLEET는 해상수송 Chain의 계획검토에 이용되는 것으로 선박의 특성들이 일부의 인자로 Input되며, 그밖에 항만의 설비규모, 수송물량, 등의 자료를 같이 검토한다.

그러나 FLEET는 NSFI의 Oslo branch office에 있는 Shipping management and Operation group에서 개발하여 이용하고 있고, PROCAL과 SHIPMODEL은 Trondheim의 NSFI 본부에 있는 Ship Design Group

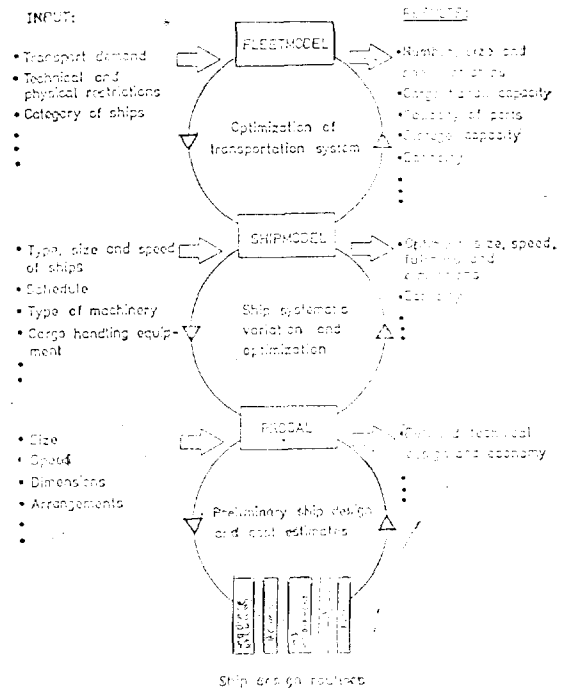


Fig. 2 관계도

Table 5. Ship Shape Modules

M1	Modification of Lines Calculation of Hydrostatics
M2	Preparation of Sheer and Geometry of Erections
M3	Resistance and Propulsion
M4	Calculation of Freeboard
M5	Preparation of Geometry of Internal Arrangement
M6	Calculation of Tonnage
M7	Estimation of Light Weight
M8	Loading Calculation and Total Weight Calc.
M9	CALC. of Transverse Stability

에서 개발한 것이어서 서로 약간의 거리가 있다.

7.2. SKRIN

이 프로그램은 線圖설계(Lines design)를 위한 것으로 1975년부터 개발을 시작하여 현재 거의 완성되어 일부 사용하고 있다.

Computer graphic display를 이용하여 Interactive job으로 선도를 제작하거나 수정할 수 있으며, 이렇게 제작된 線圖에 대하여 제반 조선공학적 특성을 계산할 수 있게 되어 있어서, 설계된 선도의 특성을 파악하고 이것을 토대로 설계된 선도를 수정해 나가도록 되어 있다.

현재 이 SKRIN 프로그램을 PROCAL과 SHIPSH-APE에 연결하여 한 Program으로 단들리는 작업이 진행 중이다.

7.3. SHIPSHAPE[16]

이 프로그램은 1979년부터 개발을 시작하여 현재 일부 완성된 것으로, 몇가지 점을 제외하고는 기능상 PROCAL과 유사한 프로그램이다.

이 프로그램은 NSF가 노르웨이의 중형조선소와 공동 개발하고 있는 것으로, 중소형의 특수선에도 적용할 수 있으며, 선박 초기설계의 업무, 즉 PROCAL의 기능을 Table 5와 같이 9개의 기능별 Module로 나누어 각각을 별도로 작업하여 결과를 볼수 있기 때문에, 프로그램을 다루기가 용이하며, 설계자의 판단이 설계 작업에 좀 더 작용할수 있다.

한편, 이 9개의 Module은 같은 Data base를 이용하여 Data의 공동처리가 이뤄지고 있기 때문에, 설계의 일관성을 유지할 수 있으며, 공통되는 Data를 각 Module마다 다시 Input하지 않아도 된다.

8. 結 言

8.1. PROCAL은 조선 선진국인 노르웨이에서 십여 大韓造船學會誌, 第20卷 第3號, 1983年 9月

년에 걸쳐 개발된 것으로 앞선 기술과 축적된 경험이 그 속에 담겨 있으므로, 선박설계 능력이 부족한 우리나라에서는 많은 도움이 될수 있으므로 선박설계 능력이 부족한 우리나라에서는 많은 도움이 될수 있는 프로그램이다. 실제 사용해본 결과 이 프로그램을 적절히 구사한다면, 선박설계의 최초 단계에서 강력한 도구로 이용될 수 있을 것으로 여겨진다.

다만, 이 프로그램은 오랜기간에 걸쳐 Subprogram들이 개발되고, 이것이 나중에 결합되어 Package program이 된 것이기 때문에 각 기능별 Program group 간에 상호연결이 상당히 복잡한 편이어서, 이 프로그램을 적절히 구사하기 위해서는 상당한 시간과 노력이 필요한 것 같다. 즉 일반의 선박 설계자들이 손쉽게 이용하기에는 약간의 문제가 있고, 이 프로그램을 전담하는 요원이 필요한 것으로 여겨진다.

8.2. 도입된 PROCAL/SHIPMODEL의 성능을 파악하고 또 그밖에 개발중인 새로운 프로그램들을 살펴볼 때, 앞으로 다음과 같은 연구노력을 해나가야 할 것으로 여겨진다.

우선 이 프로그램을 적절히 사용하기 위해서는 우리나라의 실정에 맞도록 수정하여야 하는데, 특히 건조비 및 운항비를 추정하는 경제성 계산 부분이 그러하며, 그 다음으로는 적용되는 법규가 주로 노르웨이(DNV)의 것이므로 이것도 우리의 실정에 맞도록 해야 한다.

장차로는 최근의 기술진보에 발맞추어 Graphic display를 이용할 수 있도록 보완해 나가야 하겠고, 일반 설계자들도 손쉽게 이 프로그램을 다룰수 있게 하기 위하여는 여러 기능별로 프로그램을 나누어, 현재 일부 되어있는 PROCAL SUBSYSTEM을 모두 완성하여 나가는 것이 필요하다고 생각된다.

9. 참 고 문 헌

- [1] Archer D.J., Thorvaldsen S., Guthe T.J., "Computer Programs for Ship Design and Transport Analysis", NSF report R-48. 75, 1975.
- [2] Thorvaldsen S., "Computer Aided Preliminary Ship Design and Evaluation of Sea Transportation", Norwegian Maritime Research No. 2, 1975.
- [3] Steinar Thorvaldsen, Fredrik Major, "Interactive Preliminary Ship Design with Graphical

- Aids", Proceedings of 2nd ICCAS, 1976.
- [4] Stian Erichsen, Just Fr. Storm, Jac S. Halvorsen, "Introducing Computer-Aided Design to Shipping", Proceedings of Advances in Marine Technology Conference, June 1979.
- [5] D.J. Archer, P.A. Prytz, P.O. Queseth, "Technical and Economic Analysis of Ship Designs and Transportation Systems by means of Computer Programs", June 1980, not published.
- [6] Charles M. Foundyller, "Buying a Turnkey CAD/CAM System", Machine Design, October 1981.
- [7] Svein Milch, Lars Berge, "Fuel Saving Vessels—a Case Study", Norwegian Maritime Research No. 4, 1981.
- [8] S.E. Gronland, S. Thorvaldsen, "Ship Design in a Total Transportation Framework", Symposium on Ship Costs and Energy, SNAME, Sept. 1982.
- [9] "Economic Trends in Ship Design", The Motor Ship, May 1982.
- [10] PROCAL User's Manual, Feb. 1983.
- [11] PRCCAL Input List, Feb. 1983.
- [12] PRCCAL Subsystems Manual, Feb. 1983.
- [13] PRCCAL System Document, Feb. 1983.
- [14] SHIPMODEL User's Manual, Feb. 1983.
- [15] FLEET User's Manual, June 1980.
- [16] SHIP SHAPE User's Manual, May 1982.
- [17] Bjørn M. Sørensen, "Introduction to Methods Used in PRCCAL", internal report of NSFI.
- [18] Bjørn M. Sørensen, "Approximations made in PRCCAL System", internal report of NSFI.
- [19] Ernst Bakke, "Lightship Weight and Centers—Methods of Estimation in PROCAL", Mar. 1983, internal report of NSFI.
- [20] Ernst Bakke, "Building Costs in PROCAL", Mar. 1983, internal report of NSFI.
- [21] Ernst Bakke, "Operating Costs in PROCAL", Apr. 1983, internal report of NSFI.