

선박 Cargo 계통의 자동화에 관한 연구

손부한* · 조학종* · 공오영* · 신호순*

I. 서 론

조선업계의 최근 동향은 초기 투자액 즉 톤당 건조비 및 연료비의 절감 노력에서 단위 화물의 수송비용 절감으로 바뀌고 있다. 이는 운항비의 절감을 뜻하는데 연료 절감은 최적 선형의 개발 및 propeller 효율 개선으로 최근 10년 동안 이미 20% 정도 감소된 바 있

어(150g/ps.hr~115g/ps.hr) 더 이상의 감소가 어려운 반면 운항비의 감소는 앞으로도 약60% 정도의 감소가 예상되고 있어 선주들의 관심도 여기에 집중되고 있다. 따라서 선박자동화를 통한 승선원의 감소 및 선상 작업의 감소가 꾀점이 되고 있다. 선진 조선국에서는 이미 1960년대초에 선박 자동화에 대한 개발이 시작되었으며 기축조작시대, 짐중감시대, MO시대, 초자동화선 시대를 거쳐 오늘에 이르고 있다(Table 1 참조).

Table 1 The history of ship automation

구 분	연 도	자 동 화 내 용
기축조작시대	1960년 이전	기관실등 기기 설치 장소에서 직접조작
중앙집중감시대	1961~1970년	제어량의 집중감시, 주요기기의 자동작동, Monitoring, Data logging
MO시대	1971년 이후	기관실의 화재 경보, 발전기 자동제어, 고장경보
초자동화 시대(I)	1972~1980년	Computer탑재, 항로계산, 충돌예방, 자동조타, 기관실감시, 기관실 data logging, 하역제어, 탱커 하역시 원격제어
초 자동화(II)	1981~현재	Microprocessor채용, 고장예지/진단, 자체제어, 항해보조장비의 고성능화, Bridge/ECR/무선실/CCR의 일체화, 통신 및 육상지원 system의 강화, 선내업무의 관리 system 자동화

한편 이러한 발전에 힘입어 선박자동화가 본 궤도에 오를 1970년대초 당시와 비교하여 각선종별로 약 40% 정도의 승무원 감소를 이룩하였다(Table 2 참조).

감시제어, 항해감시제어, 화물 계통의 감시제어, 선내 통신 및 해상위성통신 등 4가지 분야에 걸쳐 이루어지

Table 2 The trend of allowed manning levels

(IHI조선 자료)

선 중	Container선		Tanker선		다목적화물선	
	1,441 TEU	1,385 TEU	17만톤	25만톤	2.2만톤	2.2만톤
규 모						
건조년도	1973	1980	1973	1981	1971	1980
승무원수	26	18	41	24	23	15

II. 선박자동화 일반

오늘날의 선박자동화 개발 현황은 주로 기관 계통의

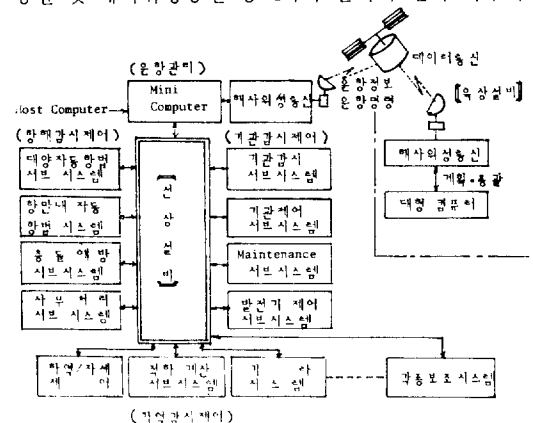


Fig. 1 A computerized system of ship's

본 기술보고는 대한조선학회 1987년도 춘계연구발표회에서 발표된 내용임.

접수일자 : 1987년 5월 20일 재접수일자 : 1987년 7월 1일

* 정희원, 대우조선기술연구소

Table 3 Auto pilot sub-system

Sub-system	구 성 요 소(입력)	출 력
선위치 결정	NNSS, Gyrocompass, 전자 log, OMEGA, Navigation satellite, DECCA, LORAN-C etc	복수의 선위정보를 통계 처리하여 최적 선위 결정
항해계획	항로계획	항해시점 및 종점, 예정평균선속, 변침점 간격, 항법 mode
	항로설정	항로계산에 사용된 변침점 table
	항해계획	항로 계산에 사용된 변침점 table
	항해 data 표시	항해중의 각종 data
항로유지 및 자동조타	그리니찌표준시 (GMT), 현재위치, 모션의 선속 및 항로, 항로 이탈량, 다음 변침점까지의 거리, 선위 결정	항로 이탈 정보, 변침점 접근 정보, 변침점 Skip정보, 전원 이상 정보, 센서의 이상정보

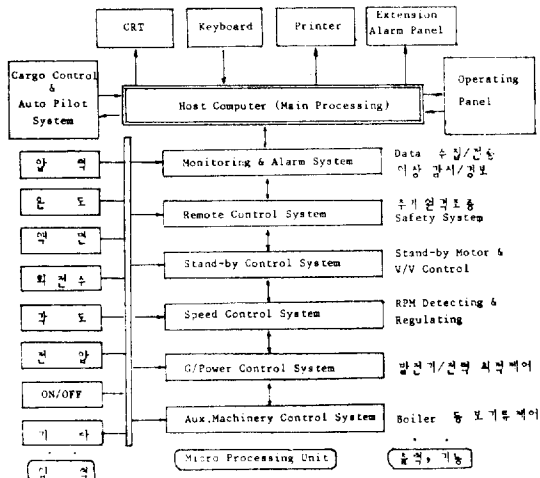


Fig. 2 A block diagram of automatic control system in ship's propulsion

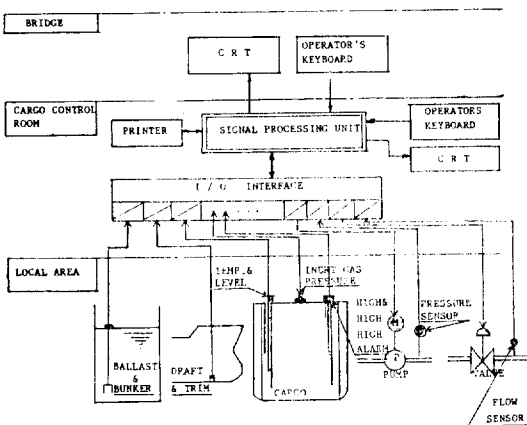


Fig. 3 A hardware construction of cargo and ballast control system

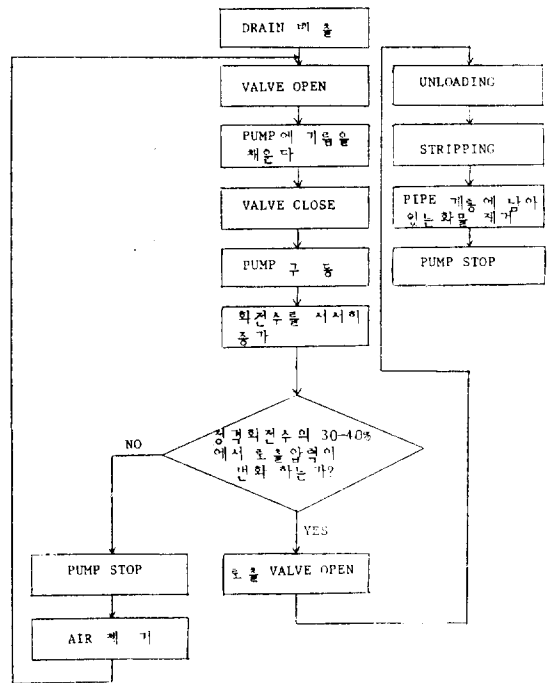


Fig. 4 A schematic diagram of cargo unloading procedure

고 있다(Fig. 1 참조).

1. 기관 감시 제어

기관실의 자동화는 1960년대 중반 일부 선진조선국에서 국가적 지원아래 거의 무인화를 이룩하여, 1일 2회 정도의 단시간 check를 전제로 한 Non-watch-keeping이 가능하게 되었다. 그러나 중앙 집중제어 시스템의 단점 즉, 시스템 개발에 많은 인력, 시간, 경

비가 드는 점, 고장시 모든 제어 시스템이 기능을 상실하는 점 등의 문제점이 대두되어 최근에는 기관계통의 data base를 분산시킨 분산형 제어 시스템이 등장하였다. 이 시스템은 Fig. 1과 같이 기능별로 unit화함으로써 H/W와 S/W를 사용 목적에 따라 선택 가능토록 하는 유연성을 가지고 있으며 제어 대상에 따른 최적제어, 제어기기의 단순화 및 저가격화가 이루어 졌다.

2. 항해 감시 제어

선박 항법장치와 관련하여 최근 IMO, USCG등에서는 oil tanker의 충돌 사고를 제기로 관련규칙을 강화하였으며, microprocessor 등 전자장비의 대규모 도입으로 선박 운항 장비는 신뢰성 및 경제성이 크게 향상되었다.

항해감시 제어 시스템의 주요 구성요소에는 OMEGA, LORAN, Satellite navigator 등을 이용한 선위치 결정, 항해계획, 항로유지등의 sub-system이 있다.

3. 하역 감시 제어

Cargo 계통의 자동화는 하역 시간의 절약, loading/unloading시 선박의 안정성 고려, 항해중의 화물 감시 등을 목적으로 장기간 추진되어 왔다. 1970년대초에 화물의 loading/unloading시 stability 계산을 위한 loading computer가 PC를 이용하여 개발된 이래, on-line loading computer, automatic loading/unloading 시스템이 차례로 개발되어 왔다. 최근 들어 더욱 고도화된 시스템은 탱크 내의 수위, 불활성 가스 압력, 온도 등을 계속/계산하여 적당한 discharge program을

선정하여 수행하며, 동시에 프로그램의 수행내용이 연속적으로 monitoring되기도 한다(Fig. 3 참조).

(1) 탱크내 압력, 온도, 액위 측정

하역 감시 제어 시스템에서 계속하여야 할 주요 대상은 탱크내의 온도, 불활성 가스 압력, 액위, 펌프의 압력, 유량 등이다. 이 중 온도 센서로는 thermistor 또는 thermocouple 등이, 액위 측정에는 bubble type, pressure transducer type, microwave type 등이 많이 사용되고 있다.

(2) Control unit

각 센서로 부터 입력된 데이터에 의거 quantity, displacement, draft, trim, stability, bending moment, shear force 등을 계산하고, 순차적인 제어에 의해 펌프 및 밸브를 자동조작하는 부분이다.

III. Loading computer의 개발 예

선박의 운항에 필요한 기본적인 일반적 정보로는 적하 상태에 대한 trim & stability, draft, GM, 종강도 및 각종 복원성의 계산 결과이다. 당사에서는 cargo 계통의 자동화 system 개발의 초기 단계로 Loading Computer를 개발한 바 있다.

1. 개 요

일반적으로 요구되는 Loading computer의 기본 기능은, 화물창(cargo hold) 및 선체구조의 일부를 구성하는 모든 tank내 적재상태를 입력 data로 하여 선박의 배수량, 흡수 및 트림, 복원성, 종강도(전단력

Table 4 The comparison of conventional loading computer with LOCAS '86

MAKER	Hitachi	Mitsubish	IHI	STC Marine.	DAEWOO
MODEL	Loadmeter 400	MLC-600	SEAMETE-G	CARGOMASTER 151	LOCAS '86
CPU	16 bit	8 bit	8 bit	8 bit(8085) 16 bit(8088)	16 bit(8088)
Memory	ROM	Cassete	Floppy diskette	128K DRAM 2×FD	RAM 640KB FDD 360KB×2
Display	9"CRT	5.5"CRT	12"CRT	12"CRT	12"CRT
Keyboard	Func	Func	Func	Standard	Standard
Printer	Thermal printer 40Ch/Line	Electro discharge 40Ch/Line	Electro discharge 40Ch/Line	80/132 Col. 160 CPS dot matrix	80/132 Col. 100 CPS dot matrix
Remark	Battery back-up	Battery back-up	Assembler	Compiled BASIC	Compiled BASIC

및 중중힘모우멘트)를 계산 출력하는 것이다. 그외의 추가 선택기능으로는 propeller immersion, 각종 rule & regulation에 의한 복원성 검토, 비틀림 모우멘트, heeling angle, 연료절감을 위한 trim 최적화, container loading plan등이 요구되고 있으며, 선주에 따라서는 이러한 적하계산 뿐만 아니라 위성통신, spare part inventory control, management 등 다양한 기능을 첨가하여 total system으로 이용하고자하는 경향도 보이고 있다.

최근에는, 하역의 다양화, 고효율화가 요구되는 상황에서 다종의 화물 적재와 여러 항구에서의 적재로 적하계산이 더욱 복잡해지고 있으며, 특히 연료소비율 등 운항 경제성을 고려한 최적 적하 계획이 필요하게 됨에 따라, 적하기기는 하역작업의 효율화, 성력화를 위해 필수적인 장비가 되고 있다.

참고로 일본 및 구미에서 개발하여 시판하고 있는 Loading computer와 당사에서 개발한 model 'LOCAS '86'을 비교하면 Table 4와 같다.

2. Software의 설명

'LOCAS'의 software는 각각 그 기능에 따라 총 7개의 module로 구성된다. 이 각각의 module은 IBM PC BASIC compiler (version 1.0)을 사용하여 compile 하였으며 MS LINKER (version 2.0)를 사용하여 run time module로 작성되었다.

이 밖에 계산에 필요한 data file을 만들기 위한 두개의 서로 독립된 program으로 Prime 상으로 개발한 Datagen. F77 program과 PC용 DAM file 구성을 위한 MF. BAS program이 있다. 많은 data를 다루어야 하는 program의 run time은 data의 입출력 시간에 크게 좌우되므로 이 시간을 최소화하기 위하여 data file을 direct access type으로 구성하였으며 MSDOS command의 RAMDISK를 사용하였다. RAMDISK란 PC의 주 기억 장치인 RAM의 일부를 할당하여 RAM으로부터 직접 입출력을 수행하게 되므로 보조 기억 장치로부터

입출력하는 것 보다 훨씬 적은 시간으로 data의 입출력이 가능하다. RAMDISK를 사용하려면 RAM의 용량이 커야하므로 본 system에서는 RAM을 640KB까지 확장하였다.

2-1. Program의 구성

'LOCAS'는 크게 data자동 도출용 program과 적하계산용 program으로 나눌 수 있다. data 자동 도출용

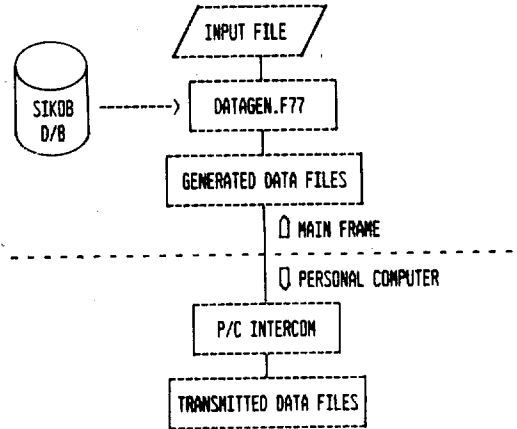


Fig. 5 The procedure of data generation

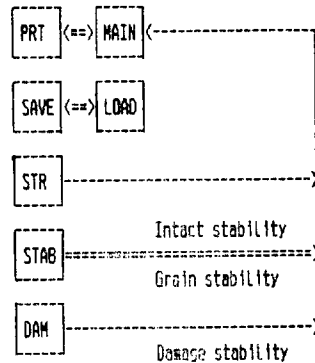


Fig. 6 Program structure

Table 5 The construction of data files

File	Contents
R-nnnn. F#0	*Data for the system control
R-nnnn. F#1	*Light ship data and hydrostatic data, *Data for intact stability
R-nnnn. F#2	*Tankage data
R-nnnn. F#3	*Data for longitudinal strength, *Data for grain stability
R-nnnn. F#4	*Data for damage stability

nnnn=project number (Id number)

Table 6 The function of each module

Module	Function
MAIN	*Display the results of calculation, *Call the PRT-module
LOAD	*Enter the loading condition, *Change the sea water density, *Calculate the basic item, *Call the save module
STR	*Calculate the longitudinal strength(SF/BM)
STAB	*Calculate the GZ-curve, *Calculate the flooding angle, *Check the stability according to the rules & regulations, *Calculate the grain stability according to SOLAS '74
DAM	*Calculate the damage stability for various damaged case according to MARPOL or IMO
PRT	*Print the results
SAVE	*Save/read/delete the loading condition

program은 SIKOB의 data base로부터 적하 계산에 필요한 각종 data 들을 읽어내어 SAM file을 구성한 후 BASIC용 DAM file로 추출을 하여 SAM file을 만들고 이 SAM file들은 PC INTERCOMM을 사용 하여 Prime computer에서 PC로 옮겨진다(Fig. 5 참조).

다시 이 file들을 DAM file로 재구성 하는 것이 MF. BAS program이다(Table 5 참조).

적하계산용 program은 각각 그 기능에 따라 trim & stability, 중강도, intact & grain stability, damage stability 계산 및 loading condition의 save, 계산 결과의 print 기능과 이들 각각의 독립된 기능을 통제하기 위한 main module로 구성된다(Table 6참조).

이들 기능은 필요에 따라서 선택할 수 있으며 BASIC statement인 "CHAIN"에 의하여 연결된다. 이들 각 module의 연쇄 관계는 Fig. 6과 같다. data 도출용 program을 제외한 모든 program은 GWBASIC language로 작성 하였다. GWBASIC은 BASIC을 위한 ANSI

standard의 요구 조건을 만족하고 있으며, 다른 BASIC 에서는 볼 수 없는 독특한 특징을 가지고 있다.

2-2. Data file의 내용

1) Hydrostatic tables

넓은 범위의 draft, trim에 대하여 등간격으로 작성되어 있다.

- a) Displacement
- b) Displacement \times L.C.G.
- c) Displacement \times KM

2) Tankage data

- a) Tank name
- b) Tank bottom에서 top까지 일정 간격에 대한 체적 및 각각의 CG(lcg, vcg, tcg).
- c) Tank 전후단의 좌표

3) 중강도 계산용 data

- a) Section ordinates & frame number
- b) Bonjean data

Table 7 The comparison of loading manual with the result of LOCAS '86 (ore full load DEP.)

Fr. No.	Des.	Shear Force(Ton)				Bending Moment(Ton-m)			
		A	B	C	D(%)	A	B	C	D(%)
49		-1963	-1959	-4	0.2	-34320	-33625	-695	2.0
79		12370	12338	32	0.3	105343	106880	-1537	-1.5
109		-7239	-7306	67	-0.9	166529	166664	-135	-0.1
139		10759	10658	101	0.9	228019	225962	2057	0.9
169		-9190	-9311	121	-1.3	238869	233571	5298	2.2
199		8797	8880	-83	-0.9	246796	244301	2495	1.0
229		-11129	-11071	-58	0.5	210570	209521	1049	0.5
259		7181	7202	-21	-0.3	175805	176957	-1152	-0.7
289		-12830	-12838	8	-0.1	103738	104685	-947	-0.9

* 주 : A=Loading manual (SIKOB), B=Loading computer, C=A-B, D=C/A \times 100

- 4) Intact stability 계산용 data
 - a) Hydrostatic data와 같은 형태로 구성된 heeling angle별 KN 및 LCG data.
 - b) 가칭각 or reference point.
- 5) Grain stability 계산용 data
 - a) 각 cargo hold의 level별 grain heeling moment.
 - b) 배수량과 VCG에 대한 허용 경사 moment.
- 6) 손상시 복원력 계산을 위한 data
 - a) Damage case
 - b) Angle별 tankage data
 - c) 침수율 & margin line data

2-3. 계산 결과의 display

1) 계산 결과 종합 화면

모든 loading이 완료되면 현재의 loading 상태에 대한 계산 결과를 종합하여 display 하도록 하였으며 내용은 다음과 같다.

- a) Judgement of longitudinal strength.
- b) Judgement of intact stability.
- c) Judgement of grain stability.
- d) Judgement of damage stability.

판정의 표시는 O.K. 혹은 N.A.로 표시되며 N.A.는 not applied를 의미한다.

2) 계산 결과의 상세 화면 및 print

계산 결과의 상세표는 화면 최하단의 function key를 사용하여 볼 수 있다.

만약 계산 결과가 만족스럽지 못한 경우에는 function key 중의 하나인 Re-calculate key를 사용하여 만족스러운 적하 상태를 유지 할 때까지 다시 계산 할 수 있다.

또한, 입력된 적하 상태와 모든 계산 결과는 계산이 완료된 후 즉시 print할 수 있다.

2-4. 당사 개발 loading computer와 loading manual의 비교

참고로 본 system을 사용하여 계산한 180K광석 운반선의 계산 결과와 loading manual을 비교하던 Table 7과 같다.

IV. 결 론

이상에서 살펴본 것과 같이 현재의 선박자동화 진척 사항은 선박에 탑재되는 컴퓨터가 5~10대, 승선원 수가 12~15명 수준에 이르렀다. 또한 이대로의 상대라

면 머지않아 무인선 또는 극소수인선이 등장할 것으로 예상된다.

따라서 우리도 산하 협동으로 이러한 추세에 대처해 나아가야 할 것이다.

당사에서 금번에 개발한 Loading computer는 이러한 노력의 작은 결실이라고 생각되며, 우리도 관심과 의지만 있으면 세계 최첨단 선박자동화 시스템의 개발 까지도 가능 하다는 자신감을 갖게 해 주었다.

다만 아쉬운 것은 통일된 선급협회 규정, 선박관련 법규, 선원법 등의 제정과 부품 관련 산업의 육성에 대한 관심이 부족하다는 것이다.

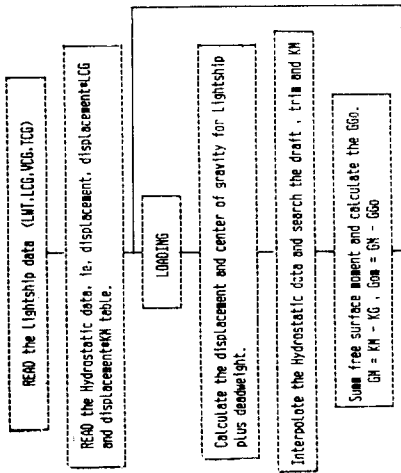
참 고 문 헌

- [1] "An Assessment of Shipboard Tank Level Indicating System", Marine Technology, Vol. 21, No. 3, July 1984.
- [2] Ronald P. Hunter, "Automated Process Control System", Prentice-Hall, Inc., 1978.
- [3] John Hall, "Guide to Level Monitoring", Instruments & Control Systems, October 1985.
- [4] "Midi Alarm Cuts Costs For Builder And Owners Alike", The Motor Ship, September 1986.
- [5] "Norwegian Tanker Tests Cargo Control System", The Motor Ship, May 1985.
- [6] "Performance Monitoring: Key To Efficiency", Marine Engineering/Log, March 1985.
- [7] Bouglas M. Considine, "Process Instruments And Controls Handbook", McGraw-Hill, 1980.
- [8] Lan McCallum, "Whole Ship Monitoring And Control", The Motor Ship, July 1983.
- [9] "Electronic Equipment And System Development For Ship's Navigation", Zosen, August 1983.
- [10] Kazuhito Hasegawa, "On a Performance Criterion of Autopilot Navigation", Kansai Soc., September 1980.
- [11] MS-DOS Manual, MICROSOFT, 1986.
- [12] GW-BASIC User's Guide, MICROSOFT, 1985.
- [13] PC/INTERCOMM, Unicorn, 1984.
- [14] SIKOB User's Guide, AUTOKON DATA, 1984.
- [15] MICROSOFT Quick BASIC Compiler, MICROSOFT, 1986.

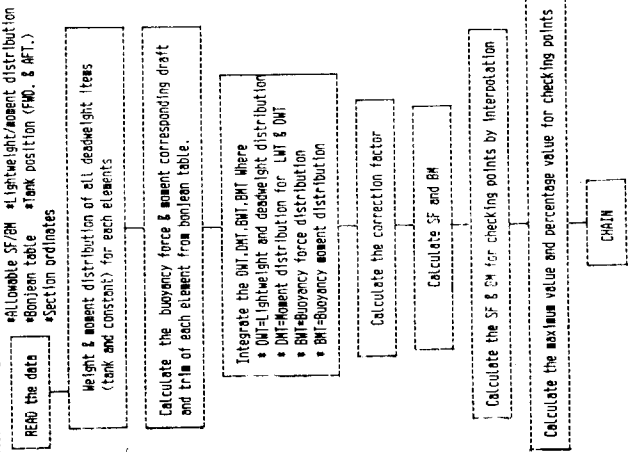
Appendix 1

각 Module별 sub-program logic

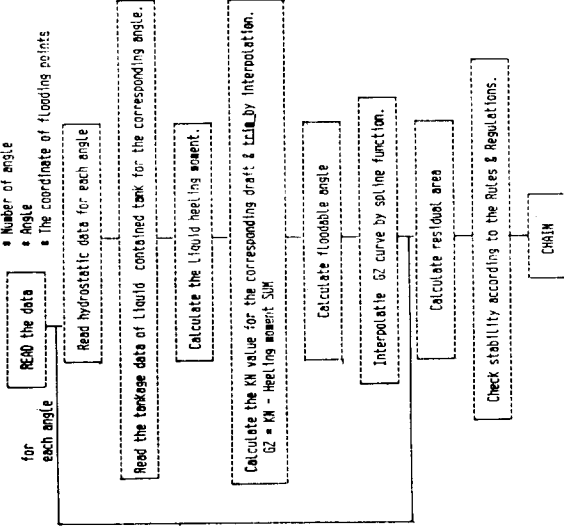
1). Draft, trim and GM



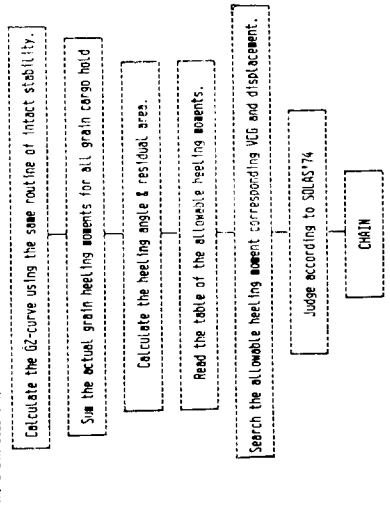
2). Longitudinal strength



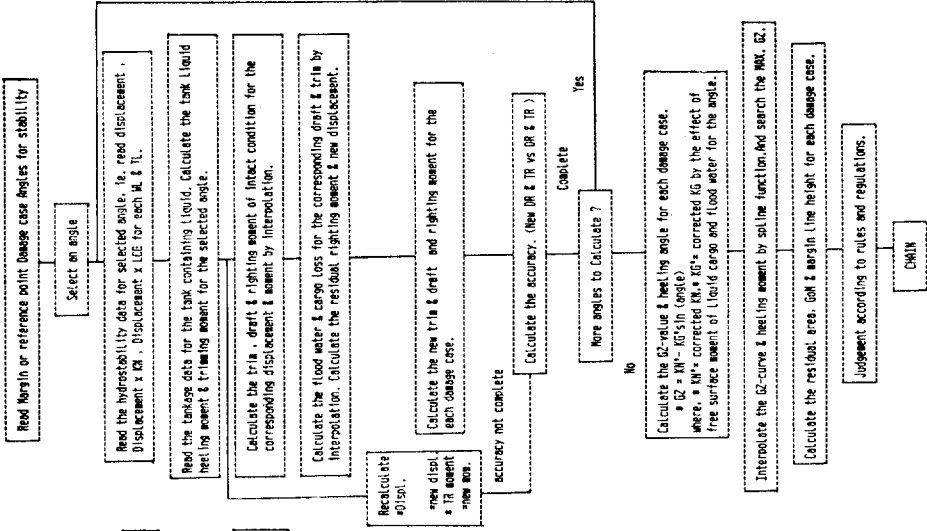
3). Intact stability



4). Grain stability



5). Damage stability (Using the Added Weight Method)



각 Module별 sub-program logic

Appendix 2

The screens of loading table & main result

TABLE OF LOADING				IMP-MODE : Weight) Status : Ready					
Compartment No.	Name	Weight (T)	Volume (M3)	Level (2)	UCG (M)	HTT (M)	HTg (M)	CARGO TYPE	Density (SF/SG)
1	CARGO 1	0	0	0	0.00	0.0	0	BAL.	SG= 0.8543
2	CARGO 2	19760	23128	188	24.88	13.6	0	BAL.	SG= 0.8543
3	CARGO 3	0	0	0	0.00	0.0	0	ORE	SF=35.9000
4	CARGO 4	19086	23278	188	24.88	13.6	0	BAL.	SG= 0.8543
5	CARGO 5	0	0	0	0.00	0.0	0	ORE	SF=35.9000
6	CARGO 6	19423	22726	188	24.88	13.6	0	BAL.	SG= 0.8543
7	CARGO 7	0	0	0	0.00	0.0	0	ORE	SF=35.9000
8	CARGO 8	19887	22342	188	24.88	13.3	0	BAL.	SG= 0.8543
9	CARGO 9	0	0	0	0.00	0.0	0	ORE	SF=35.9000

Trim & Stability		Tack Group		2 Weight
DWT = 94817 T	KC = 12.98 M	1. CARGO NO. (1-3)		78157 T
DISP = 119017 T	TWT = 22.98 M	2. BAL. & F.W. (18-22)		11781 T
TRIM = -8.51 M	GM = 9.98 M	3. H.F.O. TR (24-27)		3294 T
DRAFT = 18.56 M		4. S.O. TR (28-31)		267 T
PROP. = 128.15 %	S.M. = 1.825 T/100	5. L.O. TR (32-38)		127 T
		6. MISCEL. TR (39-51)		222 T

Screen "Table of Loading"

LOCAS-Version 1.8 (C)Copyright 1988 by BSHW in SOREA	PAN OCEAN	Serial no. : P1845 Approved by: App. Date :
Condition Name : COAL LOAD DEPBALTI		Date : 1987-2-18
+ Longitudinal Strength +		
= HARBOR.....SFmax -83 x (FR.159), SFmax +48 x (FR.129)...		
= SEAGOING...SFmax -69 x (FR.159), SFmax +48 x (FR.129)...		
+ Stability Acc. to Rule +		
= INTACT STABILITY... I.N.O. A167(ES. IV).....		
= GRAIN STABILITY.....		
= DAMAGE STABILITY.....		
TRIM..... -8.5 M	DEADWEIGHT..... 94817 T	
DRAFT AT AP..... 18.5 M	DISPLACEMENT..... 119017 T	
DRAFT AT FP..... 18.3 M	GM..... 9.98 M	
HEAD DRAFT..... 18.6 M	PROPELLER IMMERSION..... 128.1 %	

Screen "Main Result: Head Screen"