解 說

船舶建造에의 Computer 應用

丁 浩* 金 燻 喆**

Computer Application in Shipbuilding

By

Ho Chung* and Hun Chol Kim**

1. 序 言

Computer 란 누구나가 잘알고 있는 珠算 또는 단결을 더 나아가서 船床 위에 놓여있는 計算機와 같은 하나의 機械이다. 그러나 그 類似性은 그에서 끝나고 지금은 오히려 數千年來에 내려오는 人間社會에 根本的인 變化를 갖어오리라고 믿는 하나의 超人間的인 medium 이 되어가고 있다. Computer 가 가지고 있는 能力인 Information Storage, 計算速度, 正確性은 지극히 尨大하며 이를 利用할수 있는 사람과 없는사람 또는 系體의 活動力의 差가 날로 激甚하여 가고 있으며 우리나라에서도 앞으로 이 方面에 注力하지 않으면 안된다.

造船技術에 Computer 를 應用하면 旣存方法보다 經濟的인 建造를 할수있음은 最近 십여년 동안 世界各國에서 研究, 實驗해온 結果로서 實證되고 있다.

筆者들은 Digital Computer 의 應用分野를 設計作業, 建造工程 및 各種의 資材管理의 세가지 部門으로 나누어서 그 技術的인 適用方法을 略述하겠다.

2. 船舶建造에의 應用歷史

1959年 英國의 BSRA (British Ship Research Association)은 機械的으로 反復되는 設計室의 設計作業에 Computer 를 利用하는 方法을 研究하기 始作하였고, 그 以後 Clyde Shipbuilder's Association, King's College Vickers-Armstrong Ltd. 等에서도 Computer Program 을 開發하기 始作하였다.

1961年 以後에는 많은 造船所에서 Hydrostatics 및 Statical Stability 計算用의 Program 을 實用하게 되었고 所謂 Digital Computer 의 第二世代 即, Transistor 와 Diode 를 使用하는 Solid-state 回路의 Digital Computer 가 凡用化하게 되자 世界各國의 船舶研究室, 大學 및 造船所에서 各種의 Program 을 開發하여 生產 Line 에 連結시키므로서 보다 優秀한 造船技術에 依한 經濟的인 造船을 하게 되었다.

特히, 美國海軍省의 船舶設計部, NSRDC(DTMB, Coast Guard Headquarters 의 Hull Scientific Section, Todd Shipyard Corporation 의 Engineering Programming Section, A.D. Little, Canada 의 海軍 및 英國의 National

* 正會員, 韓國科學技術研究所 電子計算室
** 正會員, 韓國科學技術研究所 造船海洋技術研究室

Physical Laboratory 등과 日本의 Mitsubishi 造船所 등에서 많은 研究를 繼續하고 있다.

여기에서 附言하고자 하는것은 이제까지의 Computer 利用은 主로 設計室에서 始作하였음으로 設計計算에 먼저應用이 되었으나 앞으로는 Hull Fairing, Ship Construction에 차차 利用 될것이고 그때에는 只今으로는 想像이 안갈만큼의 變化를 가져 올것이다 하는것이다.

3. 造船에의 適用分野

于先, 船舶設計, 建造 및 經營으로 나누고 그것을 약간 細分하여 생각해보기로 한다.

가. Ship Design

1. 設計計算

   基本設計

   Form 計算

   Capacity 計算

   船舶性能計算 等

2. Mold Loft-hull Fairing
3. Shell Plating

나. Ship Construction

1. Process Organization
2. Frame Cutting Process Control
3. Frame Bending Process Control
4. Automatic Welding Process
5. Shipbuilding Fabrication Procedure

다. Shipbuilding Management

1. Inventory Control
2. Payroll System
3. Personnel Administration System 等

4. 設計作業에의 適用

많은 時間과 勞力을 必要로 하는 手動에 依한 反復的인 設計室作業은 극히 制限된 精密度의 數表와 圖表에 依하고 Slide Rlule, Planimeter, Batten 과 Weight에 依하여 計算, 作圖되어 設計된다.

作業速度가 빠르며 正確하고 여러가지 Factor 들을 充分히 考慮할수있고 Alternative Condition 을 選擇할수있는 Computer의 應用은 Man-hour 및 Cost 를 減少시키고 Human Characteristic Error 를 除去할수 있으며 高等敎育을 받지않은 人員으로도 容易하게 일을 處理할 수 있다.

그리하여 Routine한 業務에 投入되었던 技術者는 새로운 技術을 研究, 開發할수 있게 되며 本來 人間의 頭腦만이 할수있는 構想과 創造에 힘을 기울이게 될것이다.

Yamagata는 各種의 設計計算을 두가지 方法으로 隨行한 費用을 Man-hour 單位로 換算하여 다음과 같이 發表했다.

第 1 表

계산종류 \ 계산방법	Manual Cal.	Computer Cal.
1. Longi. Strength Cal. (5 cases)	100 h	15 h
2. P— Lines Calculation (incl. displt. & cap.)	50 h	10 h
3. Final Tank Capacity	150 h	20 h
4. Ullage & Sounding Table (for a large tanker)	300 h	30 h

4만~5만 Deadweight 級의 Tanker 設計作業에서는 旣存方法에 比하여 40%의 設計經費를 節約 수 있었다고 한다.

第 1 圖와 같은 Section의 Area와 GZ를 求하는데 있어서 旣存 Integrator Method 대신 Computer를 使用함으로서 相對誤差가 크게 減少되었다. 그 誤差比較를 第 2 表에 表示한다.

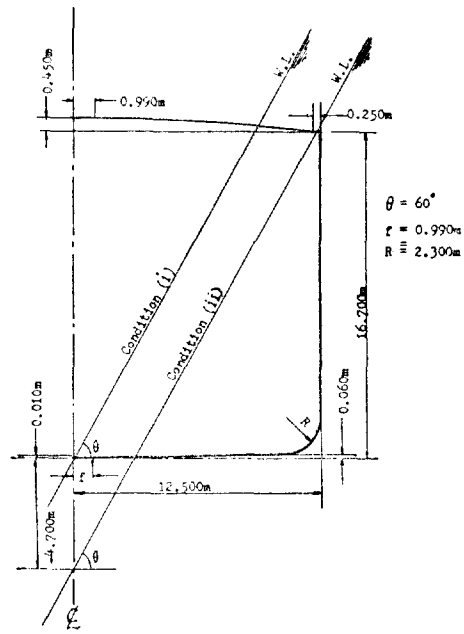


Fig. 1.

第 2 表

구 분 \ 계산방법	Condition (i)				Condition (ii)			
	A(m²)	E(%)	GZ(m)	E(%)	A(m²)	E(%)	GZ(m)	E(%)
(1) Analytical formula	127.02	0	2.070	0	81.55	0	1.768	0
(2) Digital computer	127.08	0.06	2.054	−0.78	81.52	−0.04	1.773	0.27
(3) Integrator	125.43	−1.25	2.019	−2.47	79.07	−3.04	1.689	−4.49

REMARKS: Section shape is shown in Fig. 1
Assumed KG=9.0 m
E: Relative error for results by use of (1) in %

設計計算은 Ship Optimization Process에 依하여 Parameter 들을 決定한후 進行되어야 하는데 한例로, Optimize 하는 Program의 Flow Chart 를 第2圖에 表示한다.

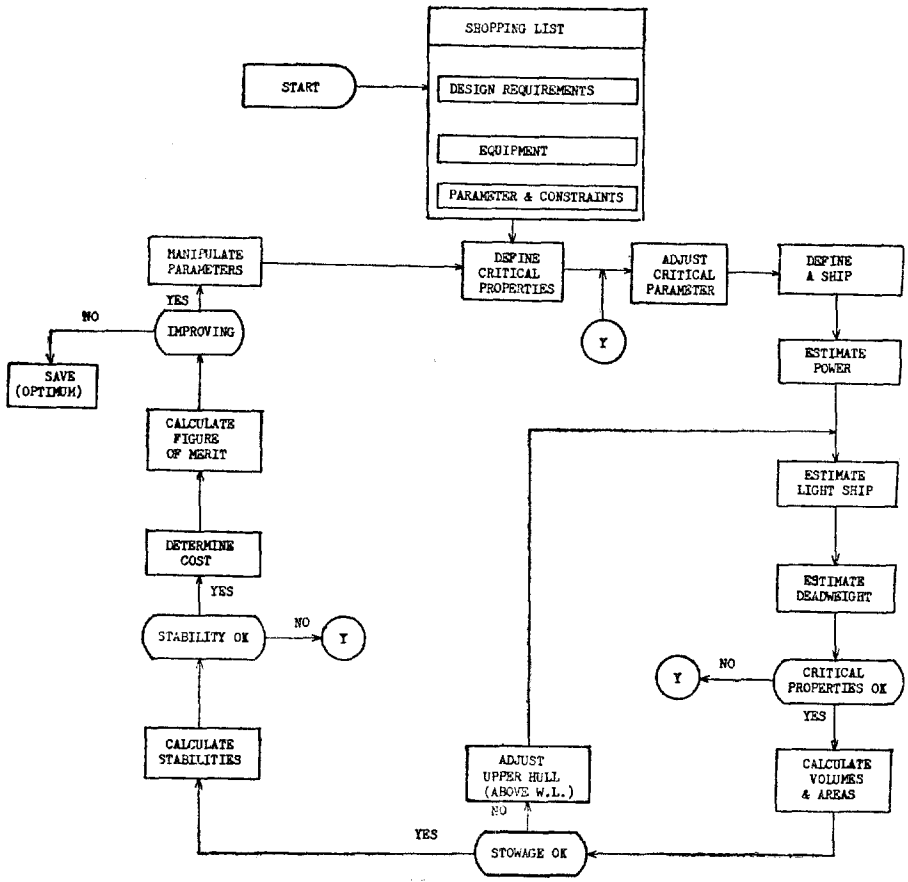


Fig. 2. Flow chart of ship optimization process

第3圖 및 第4圖는 Digital Computer 를 利用하여 計算한 例들이다.

이러한 計算은 不過 몇초내에 計算되고 이것을 읽을수 있는 速度보다빠른 速度로 結果를 적어 낸다.

6. 船舶建造에의 適用

Process Organization의 改善은 工期의 短縮 및 生產價格의 切下를 가져온다.

LP(線型計劃法)이나 PERT 技法에 依하여 實現함에 있어서의 Digital Computer의 技能은 絕對的이다.

PAGE 48

DAMAGE STABILITY CALCULATIONS

SHIP - MELLONICS SHIP TEST DATE SEPT 67

INITIAL DRAFT = 21.00 FT.
DISPLACEMENT = 11997.37 LT.

COMPARTMENTS FLOODED	BHDS FROM F.P., FT.	VOL. PERM	SURF. PERM.
HOLD NO. 3	278.00 - 343.00	.85	.88
MACHINERY ROOM	343.00 - 418.00	.85	.88

LOST BUOYANCY

SPACE	VOLUME	PERM.	TONS	KG.	LCG.	TCG.	HEELG MOM.
HOLD TO 3RD DK	30282	.85	735	10.36	43.71		
ABV 3RD DK	21003	.95	570	18.38	48.43		
MACHINERY ROOM	58178	.85	1413	13.15	.11		
FWD SERVICE TK	2847	.95	77	13.15	-10.01	34.11	2639
ADJUST FOR TCF							895
		TOTALS	2796	13.48	21.14	1.26	3534

LOST AREAS

SPACE	AREA	PERM.	TPI	LCF.	TCF.	LOST I/35	LOST BM.
HOLD NO. 3	3881	.98	9.1	48.11		52824	4.31 FT.
MACHINERY ROOM	3633	.88	7.6	.13		41515	3.04 FT.
FWD SERVICE TK	186	.98	.4	-10.01	34.11	6143	.50 FT.

INITIAL TONS/IN. = 59.52
LOST TONS/IN. = 17.11
RESIDUAL TONS/IN. = 42.41

ADJUSTMENTS TO I/35
1. FOR SINKAGE + TRIM = 31704 - 2.64 FT.
2. FOR SHIFT OF C.L. = FT.

NET BM LOSS = 5.21 FT.

SINKAGE = 5.51 FT.
FINAL DRAFT = 26.51 FT.

RISE OF CB DUE TO SINKAGE = - 2.39 FT.

TRIM = 9.04 FT.
TRIM FWD = 5.33 FT. TRIM AFT = 3.71 FT.
DRAFT FWD = 21.18 FT. DRAFT AFT = 30.22 FT.

RISE OF CB DUE TO TRIM = - .13 FT.

NET KM REDUCTION = 2.69 FT.

ALLOWABLE ANGLE OF HEEL = 15.00 DEGREES

GM REQUIRED TO CONSTRAIN HEELING = 1.14 FT.
ALLOWANCE FOR HULL FORM = - .55 FT.

GM REQUIRED TO LIMIT HEEL = .59 FT.

RESIDUAL GM REQUIRED (SYMM. FLOODG) = .59 FT

TOTAL INITIAL GM REQUIRED = 3.28 FT.

NOTE. MINUS (-) INDICATES TERMS AFT OF AMIDSHIPS AND OR GAIN

Fig. 3. Damage stability calculation

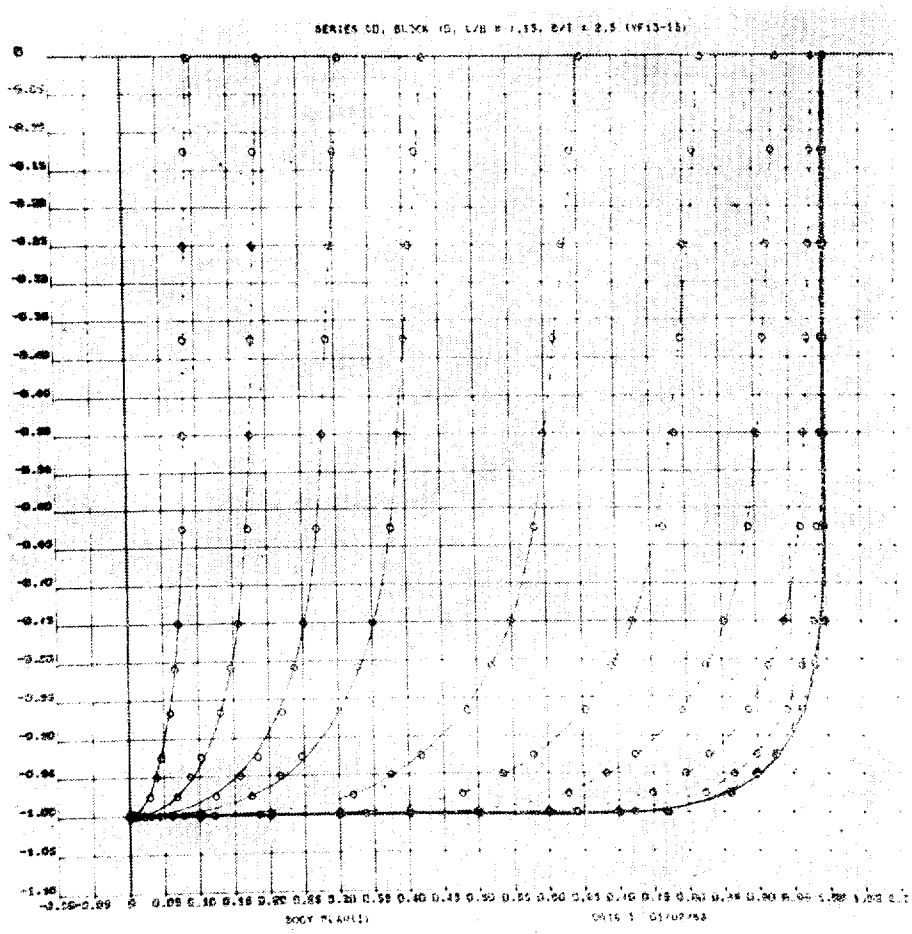


Fig. 4. Sample graphic output

Frame의 Cutting 및 Bneding 作業과 Welding 作業에는 數値制禦가 可能한 Machine을 使用하게 되는데 이 Numerical Control用으로 Computer Program을 만들어 쓰고 있다.

生産 Line에 Numerical Control과 Digital Computer를 結合시킨 System을 直結함으로써 熟練工의 不足에서 오는 問題를 解決하게 된다.

6. 造船所 經營에의 適用

多種多量의 資材 및 多種의 作業을 管理해야 하는 經營의 難點은 Digital Computer를 利用한 Inventory Control, Payroll System, Personnel Administration System等으로서 解決될수있다.

Digital Computer가 開發되기 始作한 主要動機는 Business Administration의 自動化에 있었고 Engineering보다 于先하여 發展되어 왔다.

7. 主要 Program 들의 種類 및 開發方法

造船所 및 船舶研究室등에서 實用할수있는 Computer Program 들은 다음과 같다.

가. 船舶設計

A. Naval Architecture

1. Hull Scientific

(1) Preliminary Design Program

Deadweight, Speed, Draft 等에 따라 主要치수, Weight, Power, Trim, Motion 等의 基本特性 計算과 Lest cost ship 의 特性을 選擇하는 Program 과 連結시켜 建造費推定 및 年間運轉費等을 算定해 낸다.

(2) Preliminary Lines

Length, Breadth, Depth, LCB, C_p, C_x 등에 따라 Hydrostatic Table, Bonjean's Curve, C_p Curve, Capacity 等을 計算해 낸다.

(3) Longitudinal Strength

Offset, Wave Condition, Weight Distribution, Section Modulus 等에 따라서 船體의 Shearing Force, Bending Moment 및 Deflection 을 計算한다.

(4) Floodable Length

Offset, Permeability 等에 따라서 Floodable Length 를 計算하여 Curve 를 그려준다.

(5) Damage Stability

Offset, Intact Condition 에서의 Draft, Damaged Compartment 의 位置에 따라 浸水狀態에서의 各各의 Inclination 時에 對한 計算 및 損傷時의 過渡現象에 對한 時間的計算.

(6) Hydrostatic Calculation

Offset 에서 Hydrostatic Data 및 Table, Bonjean's Curve, Draft 對 Displacement Diagram 및 여러 Draft 에서 Incline 할때의 GZ 을 計算하여 Cross Curves of Stability 를 그려준다.

(7) Tank Capacity 및 Stability

Frame Offset 와 Cargo Hold 와 Tank 의 位置가 決定되고 Draft 와 Trim 等이 주어지면 그 Capacity 및 重心을 求하고 最適의 積荷狀態를 위한 Stability 를 考慮하는 計算을 한다.

(8) Ullage 및 Sounding Table

各 Water Line 에서의 Capacity 에 따라 Ullage and Sounding Table 을 만든다.

(9) Hull Steel Weight 와 Moment

Offset, 各各의 配置狀態, Midship Section 等이 알려지면 Weight 推定을 하게되고 어떠한 變換을 해도 推定할수있게 Control 해주는 Weight and Moment Control Program 과 連結시켜 준다.

그러므로, 船舶建造途中에도 隨時로 船體重量을 알수있다.

(10) Launching Calculation

進水方法, Launching Weight, LCG, 潮水의 狀態, Offset 等에 따라 進水特性値와 進水速度, 時間, Acceleration Curve 를 計算해준다.

(12) Ship Hull Vibration

各各 다른 振動狀態를 各各 다른 方法에 依하여 解析한다.

(12) Rudder Offset

多種의 Rudder Offset 들을 要求條件에 따라 提供해 준다.

2. Hull Structure

(1) Structural Scantling의 Derivation

縱, 橫肋骨船의 Scantling을 船의 主要치수, 中央斷面의 幾何學的 特性値 等에 따라서 處理한다.

(2) Double Bottom Design

Hydrostatic Load에 따르는 Stress와 Deflection 들을 考慮하여 計算, 設計해준다.

(3) Web Frame Design

Area-Moment Method에 依한 同次式을 Inverse Matrix 解法으로 計算한다.

(4) Cargo Boom Analysis

荷重과 位置에 따라서 Critical Compression Load, Moment of Inertia, Section Modulus, Bending Moment 및 Stress 等을 計算한다.

(5) 其他 Rigging Analysis, Cargo Gear Force Analysis 等의 補機設計에 應用된다.

3. Hydrodynamics

(1) Propeller Design

主要치수, Towing Tank 實驗資料, 設計方法에 따라 EHP, SHP 혹은 BHP, η_P, η_H, η_r 等을 計算한다

(2) Propeller Characteristics

Pitch, Torque, RPM, Blade 數, Cavitation 等 各種의 Parametric Study를 可能하게 한다.

(3) Resistance

Tank Test 計算 및 理論計算方法에 依한 Resistance 解析.

(4) Hydroelasticity

Hull-Appendage의 Eigen-value, Hydrofoil의 狀態解析.

(5) 其他 Ship Motion의 數學的 處理等의 計算에 應用된다.

B. Marine Engineering

1. Vibration

Hull, Shaft 및 Propeller Blade의 振動狀態와 應力解析.

2. Heat Transfer

Steam Heat Balance, Steam Condenser 設計 및 그 解析과 Cooling System 設計.

3. Piping

LP(線型計劃法)을 利用한 Piping system 設計 및 Ventilation System 設計計算.

4. 其他, 各種의 Shaft, Bearing 等의 Machinery의 設計計算에 應用된다.

나. 船舶建造

Section 4에서 言及한바와 같다.

다. 船舶 Operation

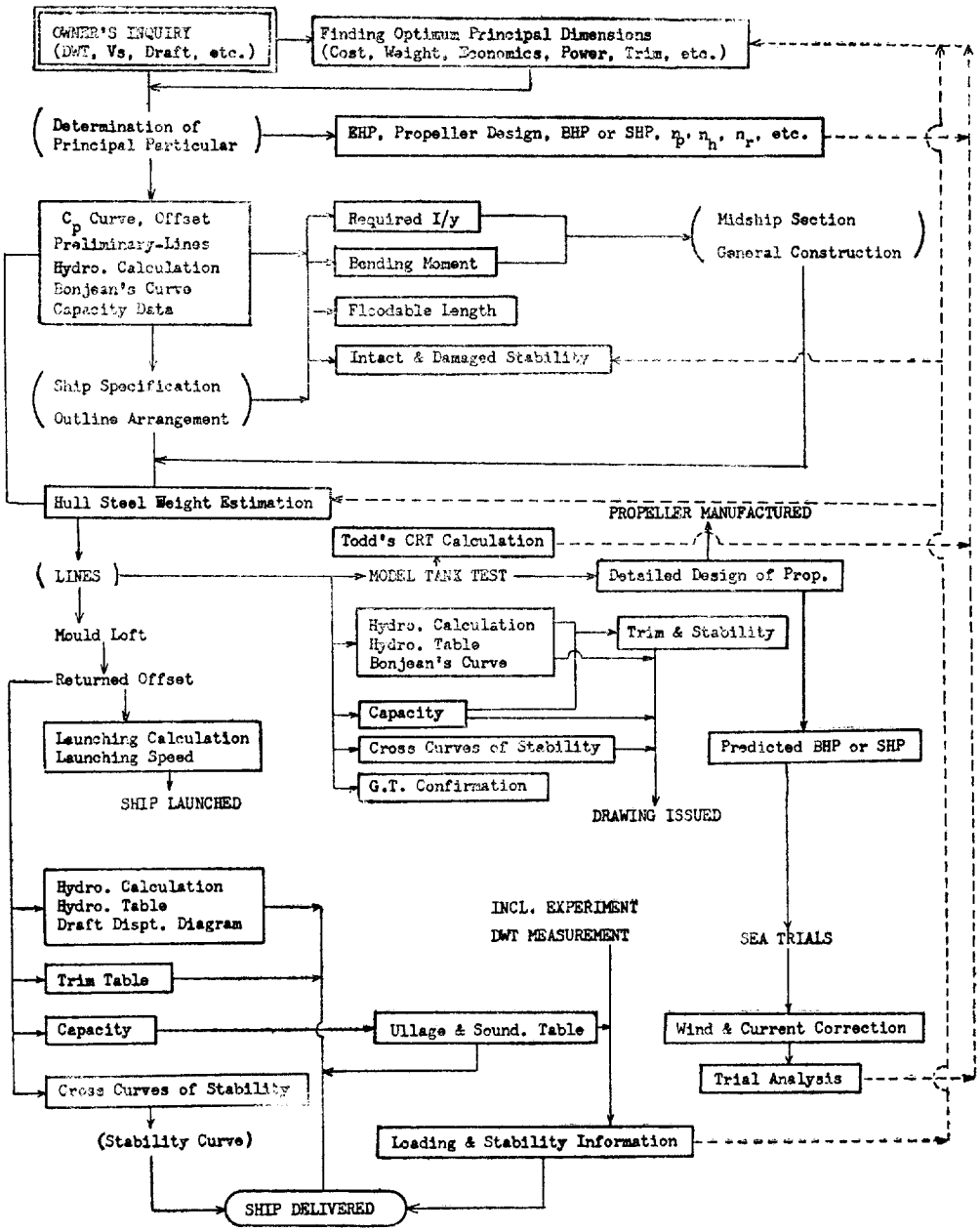
Ship Trial Performance

Trial Speed, RPM, SHP, Fuel Rate 等에 따라 EHP, Table of Speed, RPM, Fuel Consumption, Mile

Endurance, Wake Fraction 等의 計算에 應用된다.

라. Statistical Analysis of Data

造船에 關聯된 各種의 Data 등에 對한 統計計算 및 그 資料의 保管에 利用된다.



Note. 1. Items in parenthesis show the works by manual calculation.

2. Items in single frame show computer system developed, and number therein shows major program as listed on Table1.
3. Full line and arrow shows routine work flow.
4. Dotted line and arrow shows analyzing and data feed-back procedure.

Fig. 5. Flow Diagram of Designing & Calculation of Ships.

8. Digital Computer 를 應用한 造船經路

第5圖는 Computer 를 應用하는 境遇의 發注에서 引渡時까지의 General Flow 를 表示한다.

9. 結 言

Digital Computer 의 入出力方法의 發達과 Hybrid Computer(Digital Computer 와 Analog Computer 를 結合시킨 型의 Computer)의 開發에 依한 所謂 Man Machine Communication System 의 進步는 "Trial and Error Method 에 依했던 모든 旣存設計技術에 革新的인 方向을 提示해주고 있으며 造船技術에의 應用에서도 過去에 考慮할수 없었던 Factor 들과 廣範圍한 相關 Parameter 들, Test Data Series 들 및 Regulaion 을 考慮, 選擇하여 効率的이고 經濟的인 建造를 可能하게 하고 있다.

參 考 文 獻

〔1〕 K. Masubuchi, "Computers in the Structural Design of Ships," *Battelle Technical Review*, vol. 16, No. 6 July, 1967, pp. 3—8.

〔2〕 "Computer Aided Ship Design Symposium," May 6—10, 1968, Washington, D.C.

〔3〕 J.B. German and H.W. Peck, "The General Application of High Speed Electronic Computers in Ship Design," *The Eastern Canadian Section, SNAME*, May 1964.

〔4〕 C.E. Roth and D. Liu, "Computer Applications to the Design of a Combination Framed Midship Section," *Report*. 66--1, *Department of Naval Architecture and Marine Engineering, M.I.T.* 1966.

〔5〕 F. Taylor, "Computer Applications to Shipbuilding." *Trans. R.I.N.A.*, vol. 105, 1963, pp. 35—58.

〔6〕 Thano. P. Boumis, "Computer Definition of Ship Characteristics" *Marine Technology*, vol. 5, No.3, July, 1968.

〔7〕 C.W. Kreitner, "Destroyer Feasibility Program," *Naval Ship Engineering Center*, 1966.

〔8〕 Akira Yamagata and Nobuaki Akatsu, "On the Application of Digital Computer to Ship Calculation & Initial Design Problems," *Journal of Zosen Kyokai*, vol. 115.

〔9〕 Shozo Toyoda, Michihisa Miyagawa,and Noboru Kawaguchi, "The Design of Preliminary Ship-Lines from the Standard Series by a Digital Computer," *Journal of Zosen Kyokai*, vol. 114.