

컨테이너 선박의 자동 적재 계획을 위한 지능형 의사결정지원시스템*

신 재 영** · 남 기 찬**

Intelligent Decision Support System for Containership Auto-stowage Planning

*J. Y. Shin** · K. C. Nam***

Key Words : 선적계획(Stowage Plan), 자동선적계획(Auto-stowage Plan), 선박 안정성(Vessel Stability), 의사결정지원시스템(Decision Support System, DSS), 전문가시스템(Expert System), 규칙베이스시스템(Rule-based System).



Abstract

The objective of this paper is to suggest a decision support system allowing automated stowage planning for containerships, and provide a working prototype. Unlike most previous works in this topic which concentrated mainly on the theoretical aspects, this paper attempts to develop a feasible system for improving the speed and accuracy of stowage planning by combining practice and theoretical solution methods. The paper includes a definition of the containership stowage problem, and details on the design and development of the automated stowage plan generation routine. Several program tests are undertaken with randomly generated input data. The results suggest that the prototype system is quite meaningful even though there are still some unsolved problems. The paper concludes with a discussion of issues for future development of the decision support system.

1. 서 론

국제 무역의 활성화와 이로 인한 수송수단의 컨테이너 화는 수송체계의 큰 변화를 일으켰다. 이러한 변화는 선사 및 관련 기관의 업무량을

가중시키는 요인이 되었으며, 최근 초대형 컨테이너 선박의 등장과 국제 무역량의 증대는 이를 가속화하고 있다. 특히 국내의 경우 컨테이너 물동량이 급격히 증가하여 컨테이너 처리 과정에서 상당한 애로를 겪고 있다. 이러한 문

* 이 논문은 산학협동재단의 1994년도 학술연구비 지원에 의하여 연구되었음.

** 한국해양대학교 이공대학 물류시스템공학과 조교수.

제점을 해결하기 위하여 현재 컨테이너 관리와 관련된 분야에서는 이론적 연구와 시스템 개발에 박차를 가하고 있다. 컨테이너 선적 계획 분야도 예외는 아니다. 선박의 대형화와 국제적 정보전산망의 등장은 방대한 자료의 신속한 처리를 요구하고 있다. 이러한 환경 하에서 효율적인 선적 계획을 작성하고 운영하려면 기본적으로 각종 수작업을 도와 줄 수 있는 정보시스템의 도입은 필수적이고, 나아가 단순한 업무 전산화의 단계를 넘어선 선적 계획 전산시스템의 도입이 필요하다고 하겠다.

컨테이너의 선적 계획 지원시스템에 관한 연구는 연구분야의 특수성으로 인하여 국내는 물론 국외에서도 그 수를 헤아릴 정도이다. APL에서 지원 받아 Shields(1984)의 연구 결과로 나온 CAPS의 경우는 지속적인 개선으로 CAPS II로 발전하였다. 이 시스템은 미국 Navis사에서 개발된 제품으로 선적 계획 작성 기법으로 몬테카를로 시뮬레이션을 사용하고 있다. Apple Mac II PC 용으로 개발되었으며 통신으로 컴퓨터간 자료 호환이 가능하다. 하지만 EDI와 같은 표준 통신규격은 사용하고 있지 않다. 현재 판매되고 있는 시스템이다. CAPS II 외에 Saginaw, Perakis(1989)에 의해서 개발된 ASPGR이라는 시스템은 있지만 제품화는 되지 않았으며, Arctec Co.에서 개발한 STOW의 경우는 선박의 안정성은 고려하지 않은 제품으로 개발 중에 있는 제품이다.

국내에서도 이미 개발된 컨테이너 선적 계획용 소프트웨어가 있으며, 새로이 개발중인 제품도 있다. 국내에서 이 분야 프로그램으로 처음 개발된 제품은 (주)토탈소프트뱅크의 CASP (Computer Aided Stowage Plan)이다. 이 프로그램은 PC기종을 대상으로 개발된 시스템으로 MS DOS용으로 출발하여 현재 Windows용 버전까지 상품화되어 있다. CASP의 경우는 단일 선적계획 프로그램으로는 세계 시장점유율이 최고이며 그 기능면에서도 우수함을 인정받는다. CASP의 주요 특징으로는 사용자 편의성을 고려하여 다양한 기능을 갖추고 있다는 점과

EDI 기준에 따른 자료포맷(Data Format) 사용으로 통신망과의 연결이 용이하다는 점이다. (주)테크마린에서 개발되어 시판되고 있는 Ship Manager는 근본적인 점에서는 CASP와 유사하다. 다만 후발 상품인 Ship Manager는 기능면에서 CASP 보다 다양하지 못하며, EDI 기능도 제공하지 못한다. 현재 Ship Manager의 Windows용 버전이 개발되고 있어 프로그램의 기능 보강이 기대된다. 그러나 CASP나 Ship Manager의 경우 최적의 선적 계획을 도출해주는 기능, 즉 Auto-stowage 기능은 가지고 있지 않다.

본 논문에서는 국내에서는 전무한 컨테이너의 선적 계획 도출을 도와줄 수 있는 의사결정 지원 시스템을 설계하고 프로그램으로 구현하고자 한다. 위에서 언급한 바와 같이 이 분야의 기존연구는 그 수가 매우 적고, 그 결과 또한 가정상의 무리가 많아 실무에 활용되지 못하는 경우가 많았다. 따라서, 본 연구에서는 실무적인 요구사항과 효율적 계획안의 제시가 가능한 자동 선적 해법이 결합된 DSS를 제안하고자 한다. 즉 실무 작업 환경 하에서 사용할 수 있고, 그러면서 내부에 수리적 모형과 전문가의 지식을 바탕으로 구축된 지식베이스 시스템이 결합되어 있는 지원시스템을 개발하고자 한다.

컨테이너 선적 계획 작성을 위한 지능형 의사결정지원시스템의 설계와 구현된 프로그램에 관한 소개를 본 논문에서 하겠다. 시스템 설계에 앞서 먼저 선적계획담당자(Planner)에 의해 이루어지고 있는 컨테이너 선적 계획 과정을 소개한다. 다음으로 선적 계획 의사결정지원시스템의 기본 개발방향과 각종 고려사항을 나열하고 이를 기초로 하여 설계된 시스템의 구조를 제안한다. 제안된 시스템의 실제 프로그래밍 구현 과정을 설명하고 프로그램 검증에 따른 연구 결과를 언급함으로써 본 논문을 끝마친다.

2. 컨테이너 선적 계획 현황

컨테이너 운송과 관련된 업무 흐름은 화주가

컨테이너 선박의 자동 적재 계획을 위한 지능형 의사결정지원시스템

컨테이너 화물의 선적을 해운사의 영업대리점에 의뢰하면서 시작된다. 의뢰된 화물들은 해운사 대리점에서 집화되며, 집화된 컨테이너의 내용을 선적 예정 목록(Booking List)으로 작성하여 본사로 보낸다. 본사는 이 목록에 근거하여 Booking Prospect, 선박 배정 및 선적 계획(Prestowage plan)을 작성하여 컨테이너 터미널로 보낸다. 터미널에서는 각 해운사의 관련 자료와 현 야드 상황 등을 고려하여 선적을 배정하고, 그에 따른 반입 컨테이너의 야드 장치 계획을 수립하며, 컨테이너의 선적 순서를 결정하는 터미널의 선적 계획을 작성하게 된다. 이때, 여러 요인에 따라 터미널에서는 선사에서 보내온 선적계획을 수정하기도 한다. 실제 선박의 입항과 화물의 터미널도착 등의 과정에서 계획과 다른 변경사항이 많으며, 이경우는 계획을 수정하여 가능한 선적 계획을 작성하게 된다. 작성된 안은 본선에 보내지며, 본선에서는 운항 중의 변경사항을 선박회사나 해운 본사에 다시 알려 주게 된다. Fig. 2.1은 이러한 과정을 도식적으로 보여주고 있다.

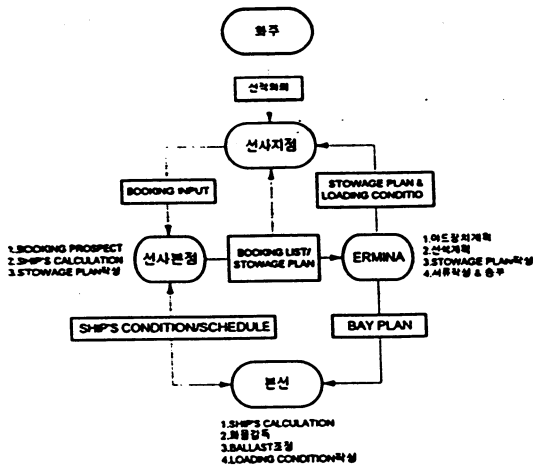
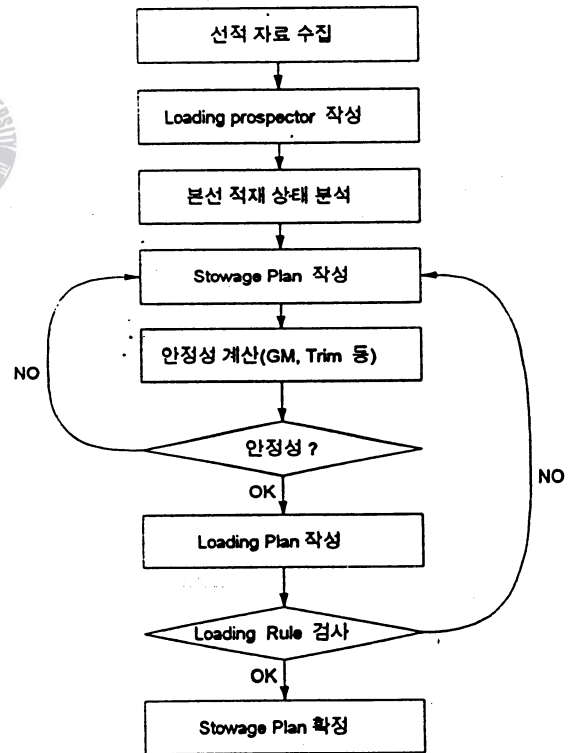


Fig. 2.1 Planning Process and Information Flow for Container Stowage Plan

있다. 육상 계획 업무는 선박 운항 스케줄을 파악하고, 선박 사양과 적재될 컨테이너 화물들의 정보를 바탕으로 각 선박의 bay별 컨테이너 적재 위치를 결정하며 이에 따른 선적 순서도를 작성하여 선적적업 계획을 수립하는 과정을 거친다. 한편, 해상에서 이루어지는 선적 계획은 육상에서 송부된 적하 및 양하 계획을 바탕으로 선박의 안정성을 계산하며 그 결과에 따라 탱크 내 해수의 량으로 안전성을 보정하는 Ballast 작업을 수행한다. 이 때 선박의 안정성이 계속 문제가 되면 선적 계획의 수정안을 본사에 송부하게 되며 그 이후 최종적인 선적 계획을 접수하게 된다.



2.2 Process Diagram of Planner's Stowage Planing.

그림에서도 알 수 있듯이 선적 계획은 육상(본사) 업무와 해상(본선) 업무로 나누어 볼 수

이와 같은 단계로 이루어지는 선적 과정에서 가장 중요하게 생각하는 것은 컨테이너 선적에 따른 선박의 안정성과 작업의 효율 향상을 위한

선적 화물의 재선적(Restowage)이다. 그러나, 조선기술의 발달로 Auto-ballasting이 가능한 선박이 등장하여 안정성의 우선적 고려보다는 화물의 재배치 최소화가 더욱 중요한 요소로 부각되고 있다. 이와 같은 적재 계획 수립 과정에서 실제 Planner들의 작업과정을 도식화하면 Fig. 2.2 와 같다.

3. 시스템 개발 방향과 구조

3.1 개발 시스템의 특징

본 논문에서 제안하는 선적 계획 지원시스템은 이론적 해법과 현업의 실무 지식을 통합한 개념에서 설계한다. 기존의 연구에서도 살펴본 바와 같이 지나친 업무의 모형화는 현실성이 결여되기 쉽고, 단순한 업무 전산화는 업무의 량이 많아지고 또 그 내용이 복잡해질 때 수작업의 한계를 그대로 가지게 된다. 이에 본 논문에서는 실무에서 사용할 수 있는 의사결정지원시스템을 설계한다는 측면에서 다음과 같은 점들을 시스템 설계시 강조하였다.

- (1) 사용자의 편의성을 고려한 GUI(Graphic User Interface)의 개발
- (2) 사용자의 작업 목적에 따라 선택 가능한 작업 Mode 제시
- (3) 기본적인 제약 조건만을 고려한 계량적 해법 개발
- (4) 전문가의 지식을 반영하는 지식베이스 시스템의 도입

위의 항목들에 제시한 바와 같이 본 제안 시스템은 계량 모형과 지식베이스를 시스템으로 설계되었다. 또한 실무 사용자의 편리성을 고려하여 GUI 입력 환경을 제공한다. 특히 (2)의 내용은 본 시스템의 기본이 되는 부분으로 자동화를 정도에 따라 세 가지 모드로 나누어진다. 좀 더 상세히 살펴보면 다음과 같다.

- (1) Manual Mode : 기존의 수작업을 도와주는 시스템으로 계획자가 직접 변경해가며 계획

을 완성하는 것으로 계량모형을 기초적인 계산에, 지식베이스의 활용은 변경후 주요 경고사항에 대해서만 활용된다. 현재 실무 프로그램과 거의 유사하다.

- (2) Semi-auto Mode : 계획자가 계획의 내용을 수정함에 따라 부분적으로 최적화를 위한 계량모형과 지식베이스를 활용하는 모드로 계획 수정에 따른 경고사항은 물론이고, 변경내용을 수용하여 좀 더 나은 새로운 대안을 제시해준다.

- (3) Full-auto Mode : 내부적인 지식베이스와 계량모형에 의하여 모든 계획을 자동으로 작성해주는 모드로 계획 작성시 사용자의 개입이 전혀 없이 작업이 이루어진다.

사용자는 먼저 Full-auto나 Semi-auto Mode로 계획을 작성하고, 그 내용을 보며 Manual Mode로 작업을 완료한다. 만약 현 계획에 대한 변경사항이 발생할 경우는 기존의 계획안을 바탕으로 Semi-auto 또는 Manual Mode로 계획을 수정할 수 있다.

3.2 문제 정의 및 해법

일반적으로 선적 계획의 목적함수로는 천복 위험성을 고려하여 선박의 안정성(Vessel Stability)을 유지하는 것과 적재된 화물의 재배치(Rehandling) 횟수를 줄여 재배치 비용을 최소화하는 두가지로 대별된다. 전자의 경우 GM (Metacentric Height), Trim, Draft, Stress 등과 같은 다양한 척도를 이용하여 계측된다. 그러나 화물 적재후 본선에서는 해수를 이용하여 선박의 안정도를 조성하는 Ballasting 작업이 이루어지며, 최근에는 조선 기술의 발달로 Auto-ballasting이 가능한 선박이 등장하고 있어 선박 안정성 측면에서는 현실적으로 기준 척도들의 한계치를 넘어서지 않는 선적계획이면 사용할 수 있다. 즉 컨테이너 선적시 극단적인 경우만 발생하지 않는다면 선박의 안정성에는 별문제가 없다는 것이다. 이에 본 연구에서는 자동 선적을 위한 모형의 목적함수로 컨테이너 재배치

회수를 최소화하는 것으로 하며, 선박 안정성은 제약조건으로 고려하도록 한다.

선적 계획 과정에서 고려해야 할 사항들은 현실적으로는 매우 많다. 본 연구에서는 그 중 계획 실무자가 고려하는 사항을 중심으로 제약 조건으로 선택하여 모형에서 반영하도록 하였다.

- (1) 선박안정성에 관한 척도는 한계치에 의하여 제약된다.
- (2) 선적 컨테이너의 크기 20'와 40' 두 가지만 고려한다.
- (3) 선적 컨테이너의 높이는 일반적인 크기와 High Cubic 크기만을 고려한다.
- (4) 냉동 컨테이너의 경우 냉동 컨테이너 장치가 가능한 위치에만 적재할 수 있다.
- (5) 위험화물의 경우 위험화물 적재 규칙에 따라 적재 가능한 위치에만 적재한다.
- (6) 화물의 재배치 최소화의 척도는 Overstowage로 한다.
- (7) Overstowage 계산시 Hatch Cover의 모양을 고려한다.
- (8) 양하될 컨테이너들과 양하작업을 위해 움직여야할 컨테이너들을 제외한 컨테이너들의 재배치는 고려하지 않는다.

현 정박 항구에서 다음 기항자들에 어떠한 컨테이너가 선적을 기다리는 지를 정확히 모두 알지 못하는 상황에서는 정확한 재배치 횟수를 계산하는 것은 불가능한 일이다. 이에 본 연구에서는 Shields(1984)나 Saginaw와 Perakis(1989)의 연구와 같이 Overstowage를 재배치를 위한 척도로 고려하여 Overstowage의 수를 줄일 수 있는 선적계획을 도출하는 것으로 한다.

위에서 나열한 조건들을 감안하는 최적의 선적 계획 작성을 위해서 본 연구에서는 두 가지 해법을 고려하였다. 하나는 계량적 모형(Mathematical Model)이며 나머지는 전문가 시스템(Expert System)이다. 수리적인 해법의 장점은 일단 모형화가 되고 그 해법이 존재한다면 처리가 빠르다는 점이다. 그러나 계량화가 힘든 제약이 있을 경우 모형화할 수 없고 모형화가 가능하다 하여도 복잡한 경우 효율적인 해법이 존재하지

않는 경우가 있다. 따라서, 수리적으로 복잡한 모형 -정수 계획법, 비선형계획법 등이 대표적인 예이다. -을 해결하고자 할 경우 최적해를 구하는 해법보다 근사적인 해를 구하는 근사해법(Heuristic)의 연구가 많다. 지식베이스를 이용하는 전문가시스템의 경우는 다양한 제약과 전문가의 현장 지식을 구현할 수 있다는 장점을 지니고 있지만 지식베이스가 커지는 경우 결론에 도달하는 추론 시간이 많이 걸린다는 단점을 지니고 있다. 또한 정확한 전문가의 지식을 구해서(Knowledge Acquisition) 규칙화하는 작업이 어렵다고 하겠다.

본 논문에서는 두 가지 해법의 장점을 취하기 위해서 실무 규칙을 구현하기 쉬운 전문가시스템을 자동 선적 계획 시스템의 근간으로 하고 추론 과정 중에 수리적 해법을 적용하도록 한다. 수리적 해법은 선박 안정성 계산과 Overstowage 최소화 등과 같은 부분에서만 사용하며 계산 속도를 고려하여 근사적 해법을 적용하도록 한다.

3.3 규칙형 지식베이스

본 연구에서는 컨테이너의 새로운 적재 위치 결정과 적재 위치 변경 시에 지식베이스가 활용된다. 지식베이스는 규칙으로 표현되며(Rule-based System) 그 추론과정은 전방위탐색(Foreword Chaining)을 사용한다. 전문가시스템의 단점인 규칙의 탐색속도의 한계를 넘기 위해 규칙베이스를 외부 File 형태로 구현하지 않고 프로그램 내에 내재하는 형태로 설계한다. 단 규칙들의 수정과 새로운 규칙의 등록을 위하여 본 프로그램에서 추론과정만 가지고, 규칙만은 DLL과 같은 형태의 독립된 Module로 구현하는 것이 좋다.

제안 시스템에서 고려하고자 하는 주요 규칙들은 다음과 같은 4가지 그룹으로 분류될 수 있다.

- (1) 컨테이너 특성에 따른 선적 규칙들 : 냉동 컨테이너 선적, 위험화물의 IMDG 규칙 등.

- (2) 재배치 비용 감소를 위한 선적 규칙들 : 우선 기항지 화물의 상단 적재, Hatch Cover 모양 및 접근성 등.
- (3) 선박 안정성 관련규칙들 : 중량화물의 하단 선적, 공 컨테이너의 상단 선적 등.
- (4) 선적 및 양하작업의 효율화 규칙들 : POD가 같은 컨테이너의 그룹화, 특정 Bay만의 편중 적재 금지 등.

각 규칙들 간에 적용 우선 순위는 사용자가 정할 수 있으며, 원하는 경우 일부 제약 규칙을 완화하여 사용할 수도 있다.

3.4 개발 시스템의 구조

본 연구에서 제안하는 시스템의 개괄적인 구조를 소개하면 Fig. 3.1과 같다. 그림에서 보는 바와 같이 본 시스템은 다음과 같은 하부시스템들로 이루어져 있다.

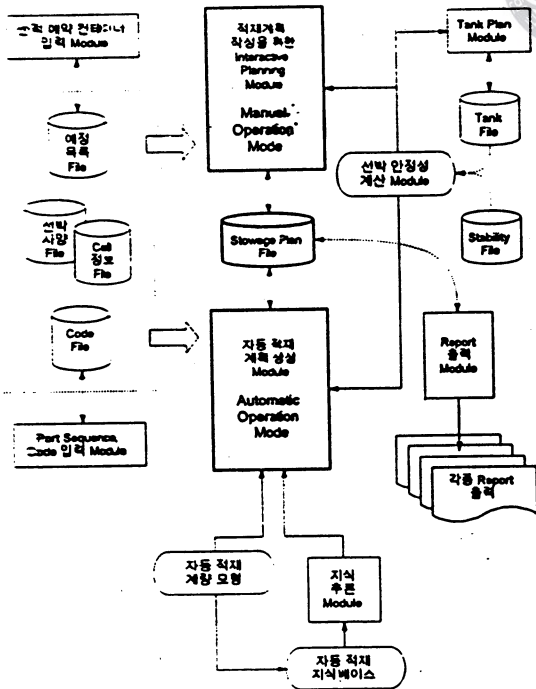


Fig. 3.1 Conceptual Framework of the Proposed Decision Support System.

- (1) Interactive 모듈 : 사용자가 Bay들의 적재상황을 화면을 통해 검색하고 또 컨테이너 정보와 선적위치를 직접 변경해 보면서 기 선적 계획을 수정해 볼 수 있는 모듈이다.
- (2) 자동선적계획 모듈 : 선적 예정 컨테이너들의 선적 위치를 자동으로 계획해주는 모듈로 Semi-auto Mode와 Full-auto Mode의 작업을 위한 부분이다.
- (3) Tank Plan 모듈 : 연료탱크, 식수, 그리고 Ballast를 위한 탱크 내 해수의 량을 수정할 수 있는 모듈이다.
- (4) 선적 예정 컨테이너 입력 모듈 : 도착항에서 선적을 준비하고 있는 컨테이너들(Booking List)을 입력하는 모듈이다.
- (5) 각종 Code입력 모듈 : 선박 기항 순서와 각종 Code를 입력하는 모듈이다.
- (6) 각종 Report출력 모듈 : 관련 Report와 Chart들을 출력하는 모듈이다.
- (7) 선박안정성 계산 모듈 : 선박의 안정성(GM, Trim, Draft 등)을 계산하여 주는 모듈이다.

본 시스템 구현을 위하여 필요한 파일들은 다음과 같다.

- (1) 선적 계획 파일 : 가장 중심이 되는 파일로 선적되어 있는 화물의 위치와 컨테이너 정보를 기억하고 있는 파일이다.
- (2) 예정 목록(Booking List) 파일 : 도착항에서 선적할 컨테이너들의 정보가 들어 있는 파일이다.
- (3) 선박 사양 파일 : 선박 제원과 Bay 구조, Hatch Cover의 구조 등을 정의한 파일이다.
- (4) Cell 정보 파일 : Cell의 LCG, VCG, TCG와 선적 가능한 화물의 종류가 정의된 파일이다.
- (5) 탱크 파일 : 탱크 내 연료, 식수 및 Ballast용 해수의 량에 관한 정보가 들어 있는 파일이다.
- (6) 안정성 파일 : 선박의 안정성 계산을 위한

기본 정보가 들어 있는 파일이다.

- (7) 코드 파일 : 기항 순서 및 각종 코드들이 들어 있는 파일이다.

4. 시스템의 구현

본 연구에서 제안한 DSS 시스템은 PC를 대상으로 구현하였다. 개발에 사용한 기종은 80386-DX 이상의 기종으로 주기억장치의 용량이 4M byte 이상이면 된다. 고해상도의 화면 출력을 필요로 하므로 Super VGA 그래픽 카드와 모니터가 있어야 사용할 수 있다. 그래픽 해상도는 800×600 pixel mode를 기본으로 하였으며 화면에 출력되는 정보가 많으므로 1024×768 pixel mode, 17" 모니터를 사용하면 더욱 좋다. 사용하는 운영체제는 사용자 편의성을 고려하여 GUI 구축이 용이한 차세대 PC 운영체제 MS-Windows를 채택하였다. Window 환경에서 시스템을 운영할 경우 빠른 처리 속도와 많은 기억용량을 요구하므로 본 시스템을 사용할 경우 주기억 용량 8M byte 이상인 80486-DX 이상 기종을 추천한다.

본 시스템은 Borland C++ 4.0을 이용하여 개발되었다. 데이터베이스의 포맷은 가장 보편적이고 파일변환이 용이한 dBase III+ 포맷으로 하였고, DBMS도 dBase III+ Engine을 사용하였다. DBMS는 Borland C++ 4.0과 연계하여 사용할 수 있는 Borland Database Engine 2.0 for Windows를 사용하였다.

시스템 개발시 대상으로 한 컨테이너 선박은 H 조선에서 건조된 컨테이너선으로 20' 컨테이너 기준으로 20개, 40' 기준으로는 10개의 Bay를 가지고 있다. 선박의 Deck 상단에 최대 927개의 컨테이너를 적재할 수 있고 Hold내에는 최대 832개의 컨테이너의 적재가 가능하다.

프로그램은 파일관리를 위한 File I/O 모듈, 선적계획의 수정을 Interactive하게 작업할 수 있는 Interactive Stowage 모듈, 자동 선적계획을 도출하여 주는 Automatic Stowage 모듈, Ballasting을 위한 Tank Plan 모듈, 기항

순서 및 각종 코드 입력 모듈, 선박 안정성 (Vessel Stability) 계산을 위한 Stability Calculation 모듈, 지식베이스 추론을 위한 Rule Inference Engine 모듈 등으로 이루어져 있다. Interactive Stowage 모듈에서는 작업의 편의를 위해 모든 bay 정보가 한 화면에 나오는 General Stowage Mode와 선택한 몇 개의 Bay들의 정보가 나오는 Multiple Bay Stowage Mode, 하나의 Bay 정보가 자세히 나오는 Unit Bay Stowage Mode가 있다. Automatic Stowage 모듈은 Semi-Auto Mode와 Full-Auto Mode로 이루어져 있다. Fig 4.1은 개발된 시스템의 입력화면중 하나로 모든 작업이 Windows GUI 환경에서 이루어지도록 하였다. 현재 본 시스템의 개발 단계는 원형(Prototype) 프로그램 단계에 있다.

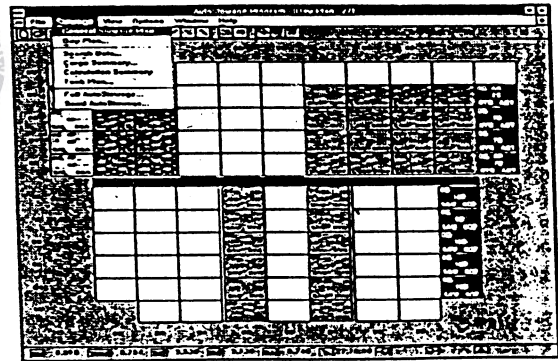


Fig. 4.1 A User-Interface Screen of the Prototype System

본 프로그램을 검증하기 위하여 각 기항지에서 새로이 선적되어야 할 컨테이너 정보를 난수를 이용하여 생성시켰다. POD(Port Of Discharging)에 관한 정보는 16개 항구, 컨테이너 규격은 20', 40' 중에서, 중량은 7에서 40톤까지, 그리고 컨테이너 종류는 일반, 냉동, 위험, 공컨테이너 중에서 일량분포에 의한 난수를 이용하여 발생시켰다. 공컨테이너의 무게는 20' 컨테이너의 경우 2톤, 40' 컨테이너의 경우는 4톤으로 고정시켰다. 그 시운행 범위가

한정적이었지만 본 프로그램에 대한 실무자의 평가는 좋게 나타났으며, 컨테이너 규격과 IMDG 규칙, 혼합 적재 등의 기능이 추가 또는 보완되면 상업화할 수 있을 것으로 평가되었다.

5. 결 론

컨테이너 물동량의 증가와 컨테이너 선박의 대형화는 컨테이너 선적 계획 도출 과정의 자동화를 부추기고 있다. 조선 및 관련 운영기술의 발달로 선박 운항 및 관리 업무의 자동화가 급속히 진전되고 있지만 선적 계획 분야만은 자동화에 대한 노력이 매우 미미한 실정이다. 특히 국내의 경우에는 이론적으로나 실무적으로 자동 선적 계획에 관한 연구 및 개발이 거의 없었다. 이에 본 논문에서는 자동 선적 계획을 도출해 주는 의사결정지원시스템을 제안하고, 개발된 원형시스템을 소개하였다. 과거 이론적으로만 전개되어온 연구와는 달리 실무 분야에서 사용 가능한 시스템을 설계하고자 실무와 이론적인 해법과정을 접목시키는 연구를 본 논문에서 시도하였다. 구현된 시스템의 시운전 결과 아직은 수정 사항이 있지만 상당히 고무적이라는 실무자의 평가를 받았다. 지금 본 연구결과와 제품화를 위한 보강 연구를 관련업체와 계획 중에 있다.

현실성을 무시한 모형의 해법 제시에 그치는 연구와 역으로 현 실무의 단순한 작업 보조 역할을 수행하는 프로그램의 개발, 양면의 단점을 보완하여 실무적으로 수용할 수 있고 그러면서 이론적인 결과가 결합될 수 있는 시스템의 설계와 구현을 목적으로 한 점이 본 연구의 주요 공헌이라 하겠다. 본 연구의 주요 결과를 살펴보면 다음과 같다.

- (1) 컨테이너 자동 적재 계획 작성을 도와줄 수 있는 의사결정지원시스템을 설계하고 이를 프로그램으로 구현하였다.
- (2) 현 실무자들의 작업을 분석하여 시스템 설계시 최대한 반영하였다.

- (3) 현 실무 작업 상황과 계량적 해법, 계획 작성을 위한 지식베이스가 결합된 통합시스템(Integrated System)을 제안하였다.
- (4) 계획 작성 작업의 성격에 따라 사용자가 선택할 수 있는 3가지 작업 모드(Manual Mode, Semi-auto Mode, Full-auto Mode)를 제시하여 시스템의 사용면에서 유연성을 높였다.
- (5) 사용자 편의성을 고려하여 GUI 환경을 제공하는 시스템을 구현하였다.

향후 시스템의 상업화를 위해 해법상에서 감안되지 않은 제약조건을 고려해야 한다는 점과 더 많은 실무 전문가들의 검증을 거쳐야 한다는 점이 연구의 향후 과제라고 하겠다. 또한 정보통신망과의 연결을 고려한 EDI 통신기능을 추가하는 것도 본 시스템의 활용도를 높일 수 있는 과제라고 하겠다.

감사의 글

본 연구는 산학협동재단의 1994년도 연구비 지원에 의한 연구 결과의 일부이며, 지원하여 주신 동 재단과 참여기업인 NAVTEC 연구소의 관련자 여러분께 감사드립니다. 또한, 프로그램 개발과 관련 자료정리를 끝까지 도와준 이광인군에게도 심심한 사의를 표합니다.

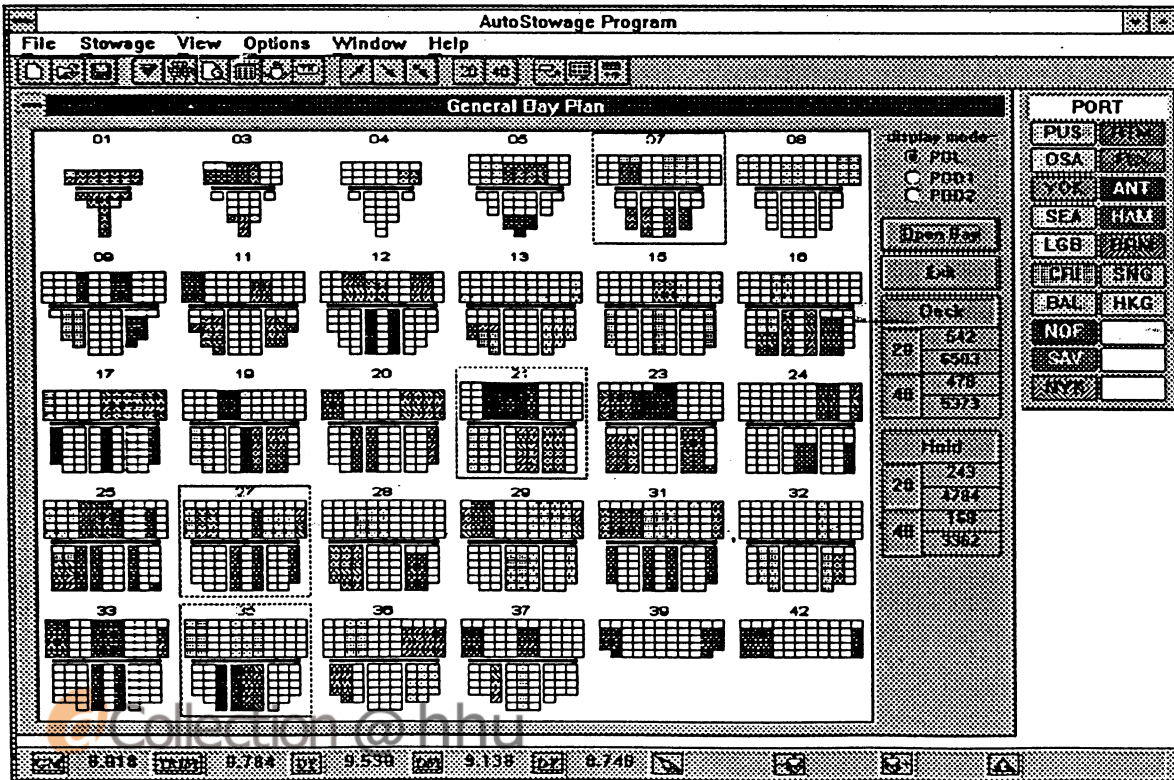
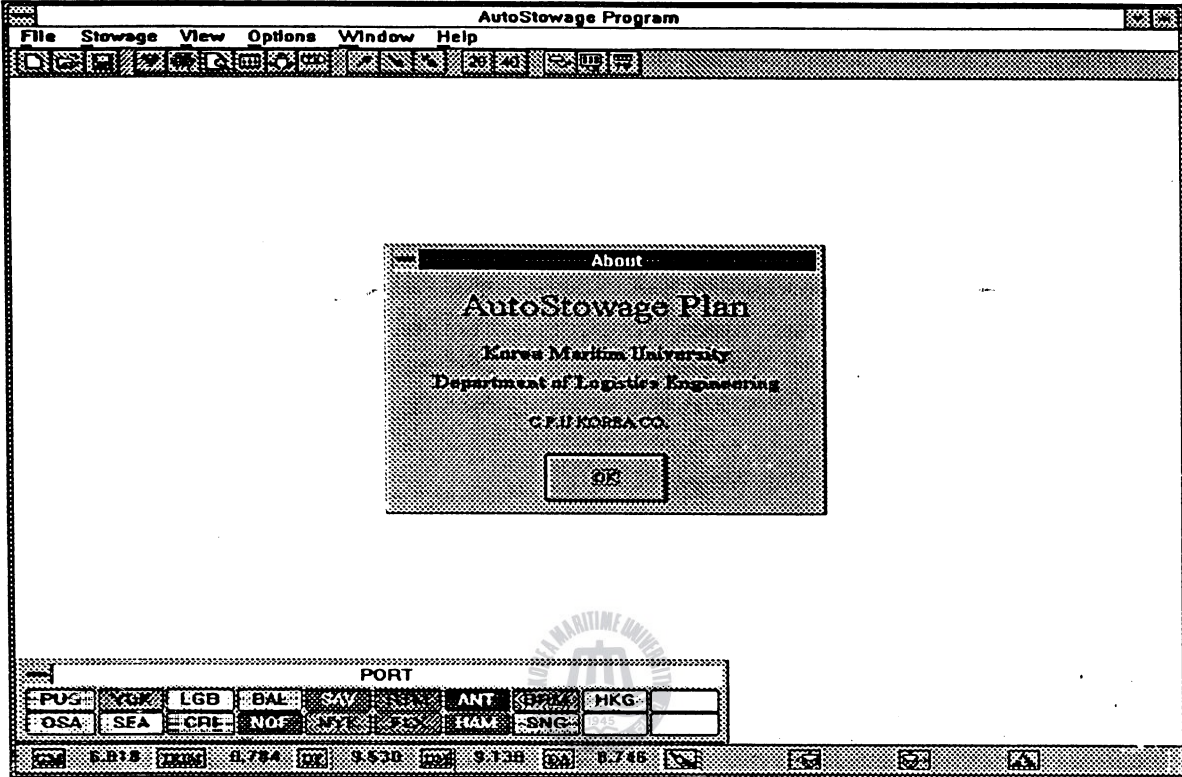
참 고 문 헌

- [1] 백인태(1994), "컨테이너 터미날의 장치장 물류관리에 대한 소고," 부산컨테이너부두 운영공사.
현대중공업, 컨테이너 선박(819-821) 제원 Manual.
- [2] Dumbleton, J.J.(1990), "Expert System Application on Ocean Shipping - A Status Report", *Marine Technology*, Vol. 27, pp. 265-284.
- [3] Editorial Board(1992), "Caps off to Navis," *Container Management*, Feb., pp.

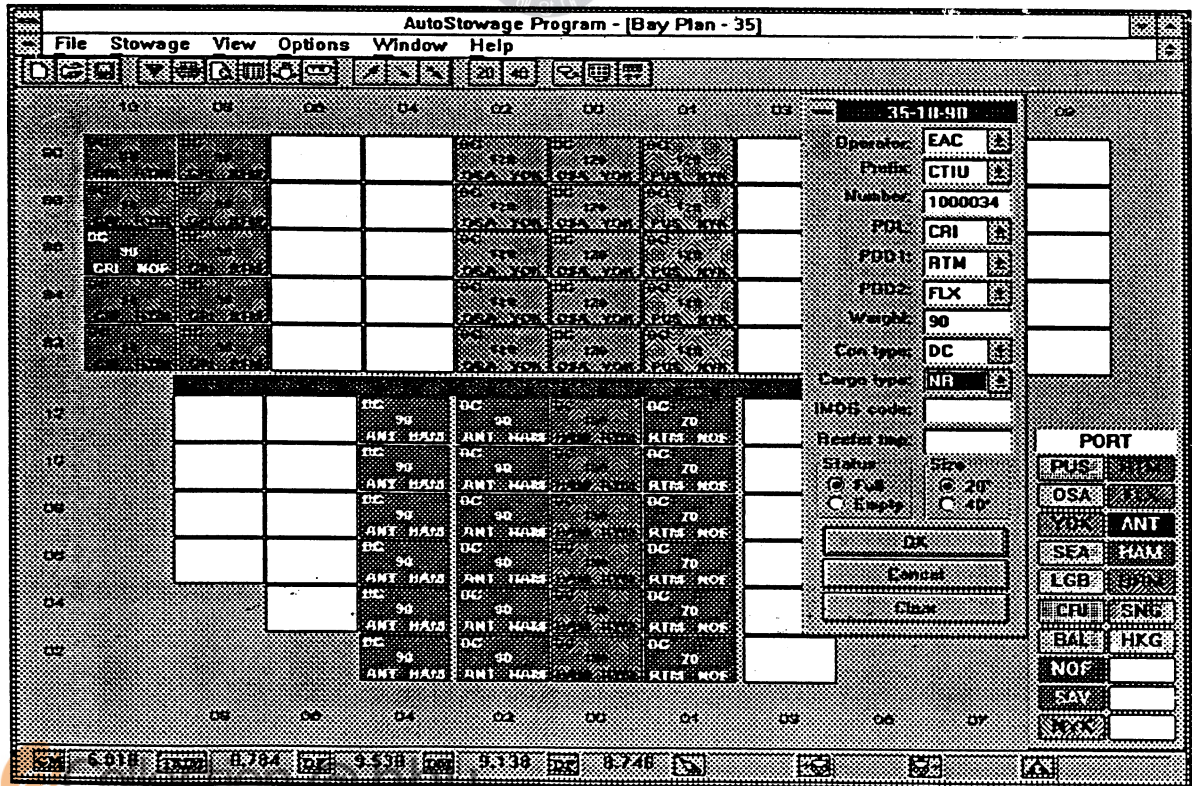
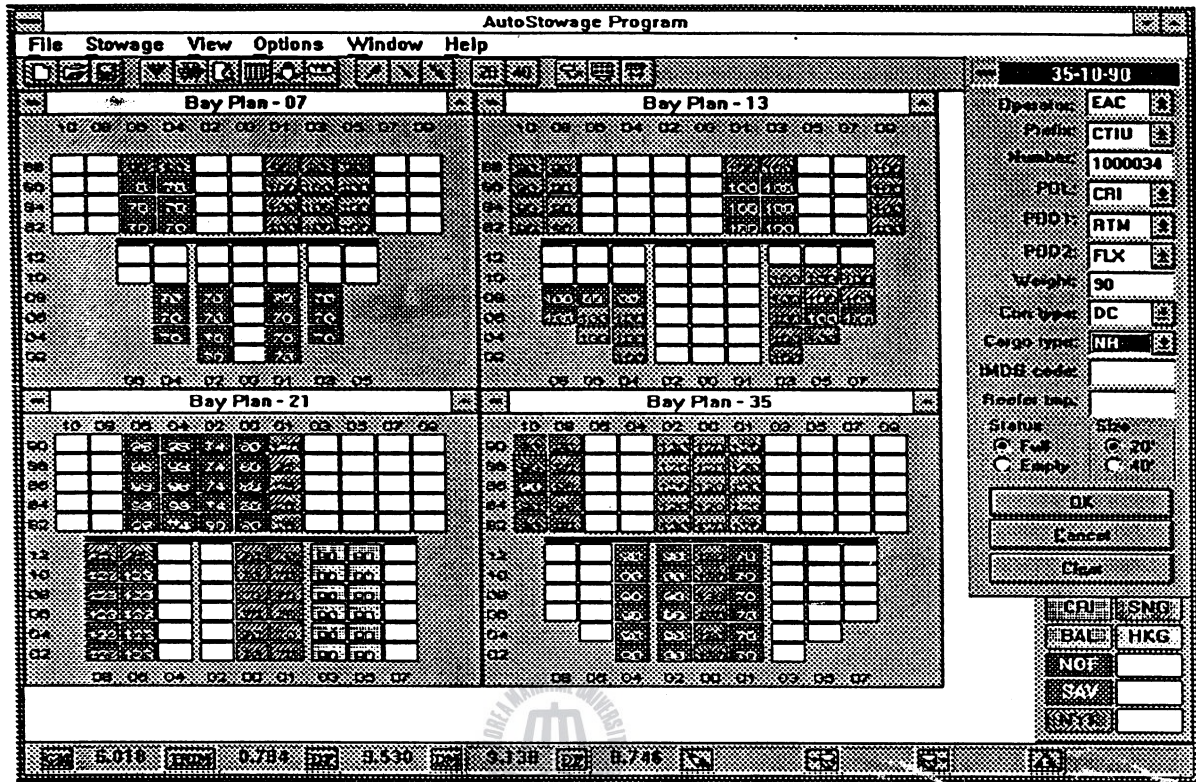
- 27-29.
- [4] Sagninaw II, D.J., and A.N. Perakis (1989), "A Decision Support System for Containership Stowage Planning", *Marine Technology*, Vol. 26, pp. 47-61.
- [5] Shields, J.J.(1984), "Container Stowage : A Computer-Aided Preplanning System," *Marine Technology*, Vol. 21, pp. 370-383.
- [6] Taleb-Ibrahimi, M., B. de Castilho and C.F Daganzo(1993), "Storage Space vs Handling Work in Container Terminals," *Transportation Research B*, Vol. 27B, pp. 13-37.
- [7] Techmarine Co.. Ltd.(1993), *Ship Manager-User's Manual*.
- [8] Total Soft Bank Ltd.(1995), *CASP for Windows-User's Guide*.
- [9] Van Hee, K.M., B. Huitink and D.K. Leegwater(1988), "PORTPLAN, Decision Support System for Port Terminal", *European Journal of Operational Research*, Vol. 34, pp. 249-261.
- [10] Van Hee, K.M. and R.J. Wijbrands(1988), "Decision Support System for Container Terminal Planning". *European Journal of Operational Research*, Vol. 34, pp. 262-272.



Appendix A



컨테이너 선박의 자동 적재 계획을 위한 지능형 의사결정지원시스템



AutoStowage Program

File Stowage View Options Window Help

Bay Plan - 21 Bay Plan - 23

Bay Plan - 29 Bay Plan - 31

Search Container...

Search Mode:

- Bay Number
- Container Code
- Container Prefix Code
- Loading Port
- Discharging Port
- Optional Port
- Container Type
- Cargo Type

Select Data: 01

Search Exit

PORT

PUSE X0 LGB BAL SAV ANT HKG
 SOSA SEA CFR NUP NYK HAM SNG

0.01 0.784 0.530 0.130 0.740

AutoStowage Program

File Stowage View Options Window Help

Search Container...

Search Mode:

- Bay Number
- Container Code
- Container Prefix Code
- Loading Port
- Discharging Port
- Optional Port
- Container Type
- Cargo Type

Select Data: 05

Search Exit

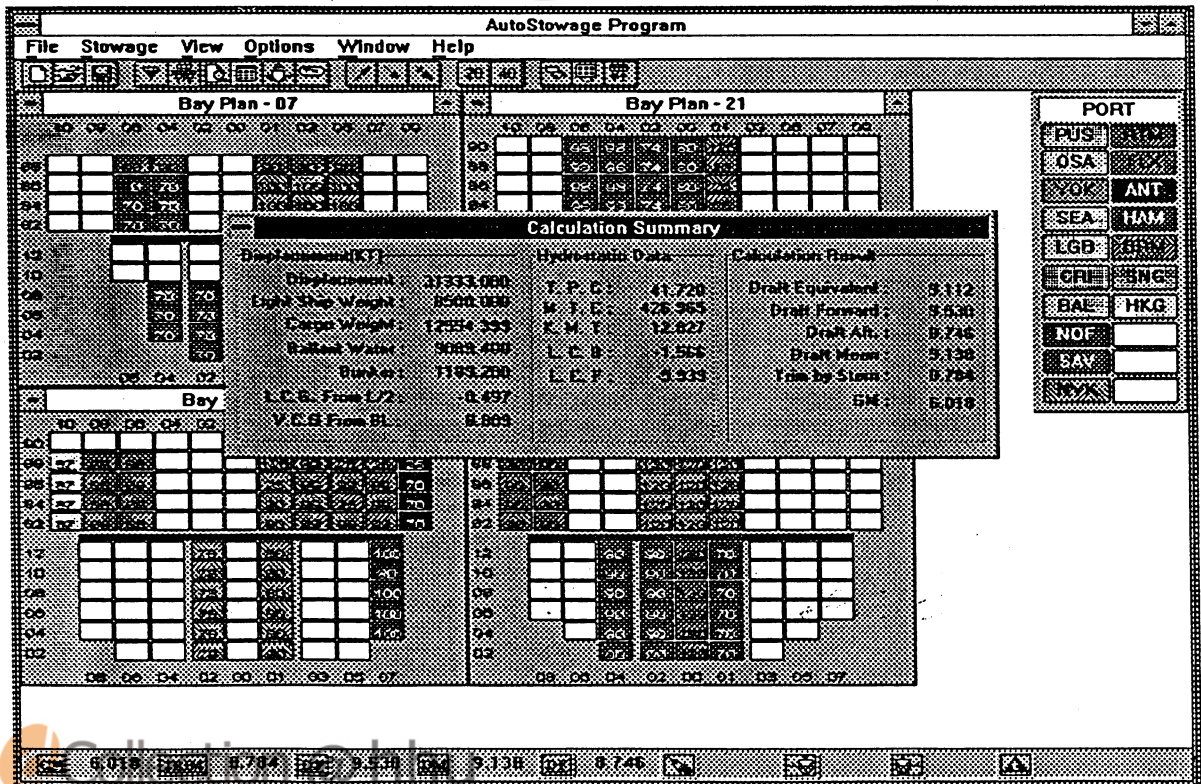
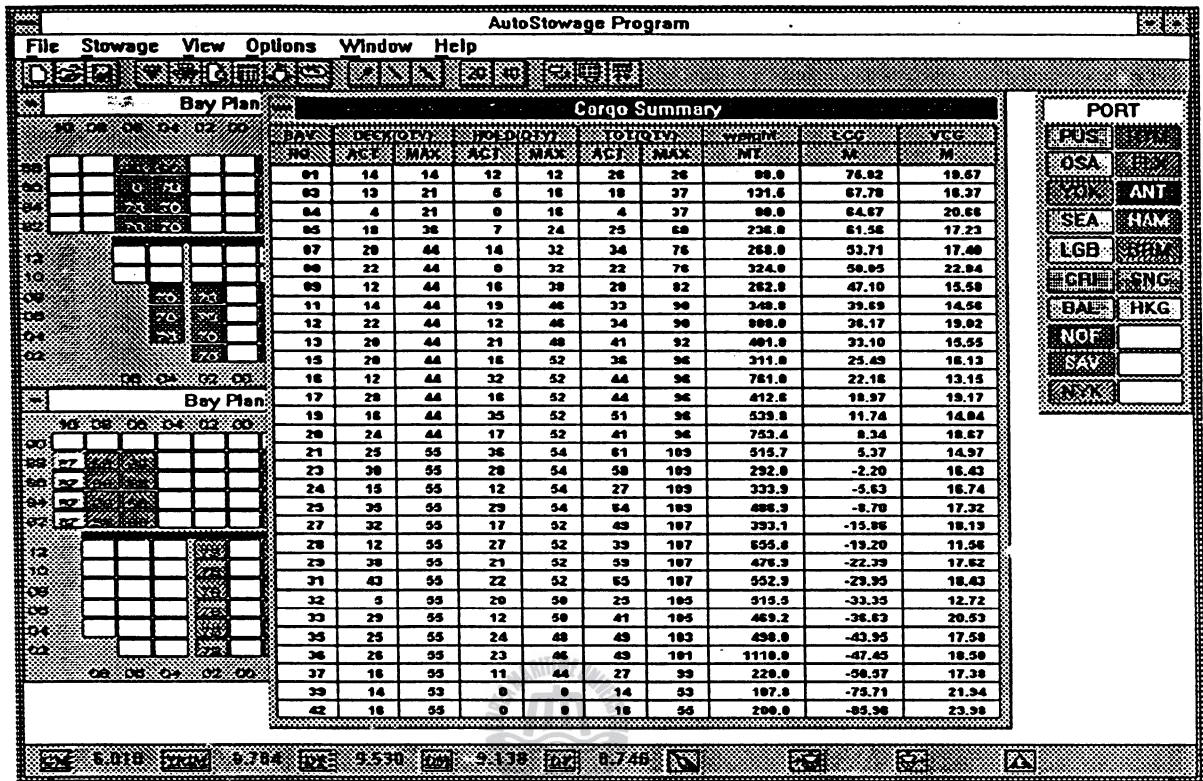
Search information

Total: 60 Search Mode: Bay Number Item: 05

NO	position	code	code	code	code	code	code	weight	con type	load type	size	76	usage
01	050290												
02	050890												
03	050490												
04	050290												
05	050090												
08	050190												
07	050390												
08	050590												
09	050790												
10	050888												
11	050888	EAC	CONU	13889	BAL	YOK		120			20	F	
12	050488	EAC	KNLU	28455	BAL	YOK	SEA	120			20	F	
13	050288				RTM	LGB		70	DC		20	F	
14	050088	EAC	CLOU	32898	RTM	SAV	FLX	70	DC		20	F	
15	050188	EAC	KTLU	41	RTM	SAV		80	DC		20	F	
16	050388	EAC	ICSU	11533	RTM	SAV		80	DC		20	F	
17	050588												

0.01 0.784 0.530 0.130 0.740

컨테이너 선박의 자동 적재 계획을 위한 지능형 의사결정지원시스템



AutoStowage Program

File Stowage View Options Window Help

Bay Plan - 07 Bay Plan - 21

Tank Plan...

Compartment	Weight	Volume		Density	V.C.G	L.C.G
	[MT]	Act[M3]	Max[M3]	[S/G]		
ARR. BUNKER	1189.2	1160.2	1241.4	1.025	-44.43	6.17
NO.2 D.B.W.B.T. (P)	180.4	176.0	176.0	1.025	39.82	0.81
NO.2 D.B.W.B.T. (S)	309.7	302.1	302.1	1.025	41.02	0.81
NO.3 D.B.W.B.T. (P)	394.8	385.2	385.2	1.025	13.99	0.80
NO.3 D.B.W.B.T. (S)	521.9	894.0	508.8	1.025	14.16	0.80
NO.4 D.B.W.B.T. (P)	418.7	408.5	408.5	1.025	-12.04	0.80
NO.4 D.B.W.B.T. (S)	545.4	532.1	532.1	1.025	-12.26	0.80
NO.5 D.B.W.B.T. (P)	267.8	261.2	261.2	1.025	-39.27	0.83
NO.5 D.B.W.B.T. (S)	397.0	387.3	387.3	1.025	-39.82	0.82
NO.2F D.B.W.B.T. (P)	615.0	600.0	600.0	1.025	49.19	6.61
NO.2F D.B.W.B.T. (S)	615.0	600.0	600.0	1.025	49.19	6.61
NO.2A D.B.W.B.T. (P)	553.8	540.3	540.3	1.025	35.34	5.72
NO.2A D.B.W.B.T. (S)	553.8	540.3	540.3	1.025	35.34	5.72
NO.3F D.B.W.B.T. (P)	421.3	411.0	411.0	1.025	21.51	5.90
NO.3F D.B.W.B.T. (S)	421.3	411.0	411.0	1.025	21.51	5.90
NO.3A D.B.W.B.T. (P)	389.1	379.6	379.6	1.025	8.48	6.26
NO.3A D.B.W.B.T. (S)	389.1	379.6	379.6	1.025	8.48	6.26
NO.4F D.B.W.B.T. (P)	317.8	310.1	310.1	1.025	-5.97	7.07
NO.4F D.B.W.B.T. (S)	317.8	310.1	310.1	1.025	-5.97	7.07
NO.4A D.B.W.B.T. (P)	450.8	439.8	439.8	1.025	-19.72	5.74
NO.4A D.B.W.B.T. (S)	450.8	439.8	439.8	1.025	-19.72	5.74
A. P. T.	558.5	544.9	544.9	1.025	-84.90	10.88

PORT

PUS	PUS
OSA	OSA
YOK	ANT
SEA	HAM
LGB	BRM
CRI	SNG
BAL	HKG
NDF	
SAV	
NYK	

AutoStowage Program

File Stowage View Options Window Help

Bay Plan - 07 Bay Plan - 21

Port Definition...

Port Name	ABBR	Color	Port Name	ABBR	Color
1 PUSAN	PUS	PUS	11 ROTTERDAM	RTM	RTM
2 OSAKA	OSA	OSA	12 FLEXISTOWE	FLX	FLX
3 YOKIHAMA	YDK	YDK	13 ANTWERP	ANT	ANT
4 SEATTLE	SEA	SEA	14 HAMBURG	HAM	HAM
5 LONG BEACH	LGB	LGB	15 BREMEN	BRM	BRM
6 CRISTOBAL	CRI	CRI	16 SINGAPORE	SNG	SNG
7 BALBOA	BAL	BAL	17 HONG KONG	HKG	HKG
8 NORFOLK	NDF	NDF	18		
9 SAVANNAH	SAV	SAV	19		
10 NEW YORK	NYK	NYK	20		

PORT

PUS	PUS
OSA	OSA
YOK	ANT
SEA	HAM
LGB	BRM
CRI	SNG
BAL	HKG
NDF	
SAV	
NYK	