

工學碩士 學位論文

반입 패턴을 고려한 동적 수출 장치장  
운영 계획에 관한 연구

A Study on the Dynamic Export Yard Planning Considering  
Pattern of Bringing in Containers

指導教授 申宰榮

2007 年 12 月

韓國海洋大學校 大學院

東北亞物流시스템學科

李 宗 胡

# **A Study on the Dynamic Export Yard Planning Considering Pattern of Bringing in Container**

Lee, Jong ho

Department of Logistics Engineering  
Graduate School of Korea Maritime University

## **Abstract**

To improve the service of container terminal, container terminal must improve its productivity. The productivity of container terminal is regarded as productivity of quay crane.

To improve the service rate of container terminal, its productivity must be boosted. The productivity of container terminal is usually regarded same as the productivity of quay crane.

The operation of quay crane for the export yard is started from picking up a container in yard block. Therefore, smooth flow of container is vital to maximize the productivity of quay crane. Improvement of quay crane's productivity means improvement of entire productivity in container terminal, which reinforces the competitiveness of terminal consequently.

Setting effective plan is essential to improve work flow from yard to quay crane. For optimal plan, it is necessary to gather information about exact time schedule of come-and-go containers for loading. However, in the case of export container, the arrival time of containers is random and unpredictable.

This study examines the pattern of bringing in containers as time goes in container yard and provides the solution to how to plan export yard considering the change of state in terminal and adapt it to container yard plan.

# 목 차

---

제1장 서론.....	4
제1절 연구의 배경 및 목적.....	4
제2절 관련 문헌 연구.....	5
제3절 연구의 구성.....	8
제2장 현황 분석.....	9
제1절 터미널 업무 분석.....	9
1. 수입 컨테이너 흐름.....	9
2. 수출 컨테이너 흐름.....	9
제2절 대상 컨테이너 터미널.....	10
제3절 반입 물량 분석.....	11
제4절 장치 현황 분석.....	14
제3장 해법 제시.....	16
제1절 문제 정의.....	16
제2절 해법 제시.....	17
제3절 해법 실행.....	22
제4절 해법 적용.....	25
제4장 결론.....	29

# 표 목 차

---

<표 2.1> 작업 종류별 작업량.....	11
<표 2.2> 선박 규모별 작업량.....	11
<표 2.3> D 선박 적하작업시 투입 T/C의 작업 블록 순서 및 블록간 이동시간.....	15
<표 3.1> 블록 명 및 블록 용량.....	22
<표 3.2> 작업 선박 정보.....	23
<표 3.3> D 컨테이너 터미널의 수출 장치장 현황.....	25
<표 3.4> 해법 수행 결과.....	26
<표 3.5> 기존 장치장과 해법 적용 후 장치장 비교.....	28

# 그림 목 차

---

<그림 2.1> 수입 컨테이너 흐름.....	9
<그림 2.2> 수출 컨테이너 흐름.....	10
<그림 2.3> 전체 선박 일별 반입량.....	12
<그림 2.4> 3000TEU 이하 선박 일별 반입량.....	13
<그림 2.5> 시간별 평균 반입량.....	14
<그림 2.6> 블록별 장치 화물의 작업 모션.....	15
<그림 3.1> 해법 순서도.....	16
<그림 3.2> 수정 순서도.....	22
<그림 3.3> 최초 장치 현황.....	23
<그림 3.4> 해법 수행 후 블록 할당 상황.....	24
<그림 3.5> 예외 상황의 발생.....	24
<그림 3.6> 수정 해법 적용 후 할당 상황.....	25
<그림 3.7> 해법 적용 전 후 장치 상황.....	27

## 제1장 서론

### 제1절 연구의 배경 및 목적

국제간 교역의 대부분은 컨테이너를 이용한 항만을 통해 발생한다. 국제 교역량이 증가함에 따라 선박이 대형화되고, 이로 인해 기항항만의 감소가 예상된다. 따라서 각 항만의 경쟁은 날로 치열해지고 있는 현실이다. 특히, 최근에 부각되고 있는 중국항의 개발은 국내 항만입장에서 가장 큰 위협요소로 부각되고 있으며, 국내 항만의 대 중국항 경쟁력이 많이 요구되고 있는 실정이다. 이에 따라 항만의 경쟁력 확보를 위해서 항만 서비스 수준을 높여야 한다. 항만 서비스중 중요한 요소 중 하나로 터미널의 생산성을 들 수 있다. 터미널의 생산성 척도로는 안벽 크레인의 시간당 컨테이너 처리량으로 측정이 된다.

수출컨테이너의 경우 게이트를 통해 반입된 컨테이너는 장치장에 장치되어 보관 및 원활한 적하 작업을 위해 재처리 작업을 거친 후, 안벽 크레인을 통해 선박에 적하 된다. 따라서 안벽크레인의 생산성을 최대로 높이기 위해서는 장치장에서 안벽 크레인으로의 공급 물량이 안벽 크레인의 기계적 생산율과 비슷해야 한다. 하지만, 협소한 장치장을 보유하고 있는 국내 터미널의 경우, 효율적인 장치장 운영이 어려운 관계로 불필요한 재작업이 발생하게 되고, 이는 다시 장치장 생산성 저하로 이어지게 된다. 특히 장비부족을 겪고 있는 터미널이라면 그 문제는 더욱 심각하다.

물론 완벽한 운영을 실시한다면 재처리율로 인한 장비의 손실과 작업시간을 줄이고, 공간 활용도는 높일 수 있다. 하지만 완벽한 수출장치장 운영을 위해서는 수출 컨테이너의 반입정보를 알고 있다는 가정이 선행 되어야 한다.

하지만, 수출 컨테이너의 반입 시간, 수입 컨테이너의 반출 시간은 예측 불가능하며, 수출 컨테이너 같은 경우, 마감 시간을 넘어서 반입되는 경우도 발생 하므로 사전에 완벽한 계획을 세우기 불가능 하다. 실제로, 많은 연구들에서 이 부분을 알고 있다고 가정하고 문제에 접근을 하고 있기도 하다.

따라서, 효율적인 장치장 계획 수립 및 운영을 위해 완벽히 예측이 불가능한 반입 정보를 추정하기 위해 과거 데이터를 이용하여 패턴을 분석하고, 반입 일, 시, 반입량등을 예측하여야 하는 연구가 요구되며, 이를 활용하여 보다 현실적이고, 터미널 전체의 생산성 향상을 꾀하는 수출 장치장 운영계획을 수립하는 연구가 실시되어야

한다.

## 제2절 관련문헌 연구

장치장은 모선에 적하작업을 원활하게 처리 하기위해 미리 작업 하는 공간, 모선이 접안하여 작업을 시작하기까지 컨테이너를 보관하는 공간의 역할을 수행한다. 따라서, 효율적인 장치장의 운영은 보다 원활한 다음 작업으로 이어지게 되고 이는 결국 터미널의 서비스, 생산성 향상으로 이어지게 되어 매우 중요한 문제로 여겨진다. 특히, 국내 터미널과 같이 장치장이 협소한 경우 장치장 제약이 크게 작용하므로 더욱 효율적인 장치장 운영이 필요하다고 인식되어 장치장에 관한 많은 연구들이 있어왔다.

우선 장치장 운영과 관련된 연구들을 살펴보면 전수민 외 5는 효율적인 장치장 운영계획을 위해 RMGC를 배정하는 4가지 대안과, 블록의 용도를 구분하여 4가지 세부 대안을 제시하고, 각 대안들을 시뮬레이션을 통해 분석을 실시 함으로서, 장비가동율및, 장치장 효율을 높이는 운영방법에대해 검증 하였으며, 이채민(2003)은 장치장 모니터링 시스템과 수출입 장치장 계획 시스템을 통합하여 실시간 컨테이너의 흐름에 따른 수출입 장치장 계획 시스템을 디자인 하고 계획에 적합한 효율적인 의사결정 지원 모형을 제시하였다.

효율적인 장치장 운영을위해 미리 공간을 할당하여 해당 컨테이너를 미리 할당된 공간에 장치하는 방법에 대해서도 많은 연구가 이루어졌다.

김기영 외 1(2001)은 수출화물의 반입량을 분석하여, 수출 장치장의 재고 파형을 파악하고 이를 바탕으로 소요공간을 추정하였다.

김갑환 외 1(1997)은 컨테이너의 시간대별 도착량을 이미 알고있다고 가정하고 라그랑지 완화법을 이용하여 터미널내 수출 장치장 공간 할당에 관한 연구를 실시하였고, Kap Hwan Kim et al. (2003)은 수출화물의 반입량을 알고 있다고 가정하고, 수출 장치장의 공간 할당계획을 단계별로 실행함으로서 공간 활용도를 높이는 동적 공간 할당 계획 수립 Huristic방법을 제시 하였다.

마지막으로 유주영 외 3(2004)은 모선당 반입되는 컨테이너를 평균 반입일 10%, 반입 1일전 40%, 반입 2일전 20%, 반입 3일전10%, 반입 4일전 10% 이라고 하고, 장치장 이용도를 향상시키는 방법을 제시하였으며, 이를 일반 Grouping 방법과 비



교하여 우수성을 입증하였다.

그러나 공간할당을 효율적으로 한다고 하더라도 장치장내에서의 재취급 작업은 필연적으로 발생할 수 밖에 없고, 재취급은 병목현상 및 생산성 저하로까지 이어질 수 있다. 이에 강재호 외 2(2004)는 단일 베이를 대상으로 적하순서가 결정된 컨테이너들에 한해서 반출시 재취급이 발생 하지 않도록 정돈하는 방법을 분지한계기법을 이용하여 제시 하였고, 강재호 외 3(2005)은 장치장 블록 내에 산개되어 있는 컨테이너들을 대상으로 적하 순서가 결정되면 적하 작업시 재취급이 발생하지 않도록 몇 개의 빈 베이로 모으는 Huristic 방법을 제시 하였다.

장치장 내에서의 재처리 작업은 다른 작업을 지연시키거나, 장비의 이동시간을 증가시켜 생산성을 저하 시킬 수 있다. 그래서 반입된화물을 임시 장치장에 장치하였다가 적하 순서가 확정된 후 확정된 위치에 옮겨서 장치하는 방식의 버퍼 야드 운영방식도 제시 되었다.

배종욱(2003)은 수출 화물의 반입 시각을 미리 알고 있다고 가정하고 서비스 수준 향상과 안정적인 작업연계를 위한 버퍼 야드 운영방법에대해 제안 하였으며, Taleb-Ibrahimi, M. et al.(1993)은 임의의 시에 도착하는 수출 컨테이너 들을 버퍼 공간에 저장 후, 정식 공간을 재 할당하고 정식공간에 장치를 함에 있어서 정식공간을 할당하는 시점과 재 취급 횟수의 상충관계를 이용하여 각 선박에 할당되어야 할 공간의 양과 공간 할당 시점을 구하는 방법을 제시 하였다.

그 외에도 김갑환 외 10(1995)은 컨테이너 반입 시점에서 다양한 제약 조건을 만족하는 수출 장치장 운영계획 소프트웨어를 개발하여 소개 하였다.

이상에서 살펴본 연구의 시작은 수출화물의 경우 그 반입시점의 불확실로 인한 재 조작 발생 및 생산성 저하로 인한 문제를 해결하기 위함이다. 하지만 대부분의 연구들은 원활한 문제 해결을 위해 반입되는 컨테이너의 양과 그 반입 시점을 알고 있다고 가정하였다. 그 중, 유주영 외 3(2004)은 반입 시점과, 반입량을 작업시작일을 기준으로 순차적으로 증가하는 패턴을 이용하여 그에 맞는 장치장 공간을 할당하는 방법을 제시하였다. 하지만, 해당 연구에서는 장치장 전체의 공간만을 고려 하였기 때문에 작업 시간이 겹치는 선박들의 화물이 같은 블록에 장치 될 소지가 크고, 또, 얼마만큼을 할당한다는 결과는 있으나, 어디에 할당한다는 결과는 없기 때문에 실제 터미널에서 몇 개의 블록으로 나누어 장치장을 운영하고 있는 상황과는 잘 맞지 않는다.

따라서 본 연구에서 실시한 임의의 시점에 반입되는 컨테이너의 패턴을 분석하여, 이를 수출 장치장 운영에 활용함 으로서, 장치장의 공간 활용도 및 장비의 혼잡도를 낮추어 원활한 작업을 유도함 으로서 컨테이너 터미널 전체의 생산성 향상 및 서비스를 증가시키는 해법에 대한 연구가 필요 하다.

### 제3절 연구의 구성

본 연구는 현재 운영중인 부산 D 컨테이너 터미널의 자료를 근거로 분석, 실험 하였으며, 구성으로 2장에서는 D 터미널의 현황분석 및 문제점 분석을 실시하였다. 일반적인 컨테이너 터미널에서의 반입 패턴 보다는 실제 D 컨테이너 터미널에서 주로 차지하고 있는 선박의 규모와, 그 반입 패턴에 대한 분석을 실시하였으며, 현재 장치장에 장치되고 운영되어지는 부분에서의 문제점등을 파악 하였다.

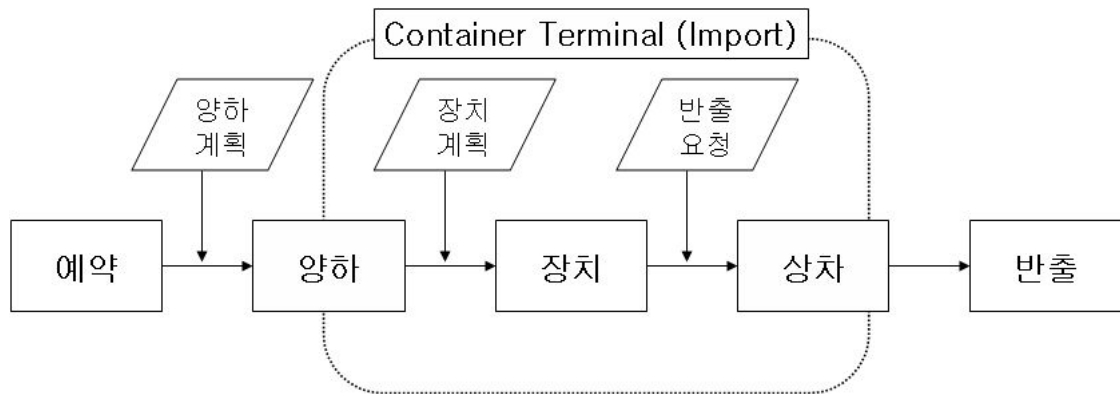
3장에서는 2장에서 분석하고 제시한 문제점에 맞는 해법을 제시 하였고, 이를 실제 터미널의 반입, 적하 작업 정보를 가지고 시뮬레이션 하여 해법의 타당성 및 현실성을 검증하였다. 그리고 이를 기존 작업 결과와 비교하여 분석함으로써 해법의 우수성을 검증 하였으며, 마지막 4장 결론에서는 본연구의 시사점 및 차후 연구 과제를 제시 하는 구성으로 이루어져 있다.

## 제2장 현황 분석

### 제1절 터미널 업무 분석

#### 1. 수입 컨테이너 흐름

수입 컨테이너의 흐름은 <그림 2.1><sup>1)</sup>과 같은 과정을 거치게 된다. 선박이 선석에 접안한 후 G/C(Gantry Crane)을 통해 양하된다. 양하된 컨테이너는 Y/T(Yard Tractor)에 의해 장치장으로 이동하고, T/C(Transfer Crane)에 의해 장치되는데, 수출, 수입 장치장이 분리된 경우, 수입 장치장에, 수출, 수입 장치장의 구분이 없는 경우 미리 계획된 구역에 장치하게 된다. 장치된 컨테이너는 화주의 Trailer에 의해 Gate를 통해 터미널을 빠져 나가게 된다.



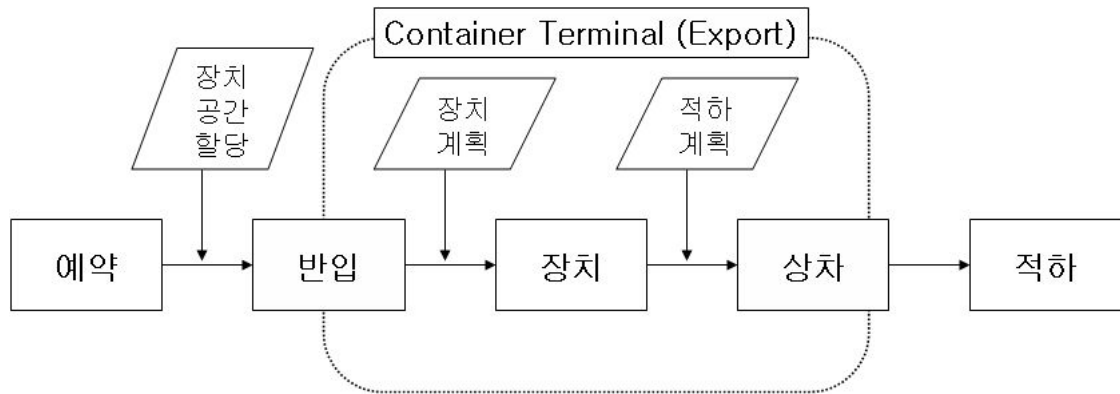
<그림 2.1> 수입 컨테이너 흐름

#### 2. 수출 컨테이너 흐름

<그림 2.2><sup>2)</sup>는 수출컨테이너의 흐름을 나타낸 것이다. 수출 컨테이너는 Trailer

1) 이채민(2003), “장치장 모니터링 시스템과 통합된 효율적인 수출 장치장 계획 시스템, 한국해양대학교 대학원, 석사 학위 논문

에 실려 터미널의 Gate를 통해 반입된다. 반입된 컨테이너는 수입 컨테이너와 마찬가지로, 수출 컨테이너 장치장 또는 장치장의 사전에 계획된 T/C에 의해 구역에 장치된다. 장치된 컨테이너는 모선의 적하 작업이 시작될 때까지 장치장에 장치된 후 Y/T를 통해 안벽으로 이동, G/C를 통해 사전에 계획된 적하계획에 의해 적하 된다.



<그림 2.2> 수출 컨테이너 흐름

## 제2절 대상 컨테이너 터미널

본 연구에서는 D컨테이너 터미널의 실제 데이터를 통하여 분석을 실시하였다.

D컨테이너 터미널의 2007년 1, 2월의 평균 적/양 하 및 반입 반출 작업 수는 <표 2.1>과 같으며, 수출화물이 수입 화물에 비해 전체 작업 건수 대비 1%정도 미세하게 많지만 거의 비슷한 처리 물량을 보이고 있다. 이를 통해 수출 블록과 수입 블록을 혼용해서 사용하는 D 컨테이너 터미널의 경우, 수입, 수출 블록의 용량을 똑같이 설정하여 사용하는 편이 더 알맞을 것으로 생각 될 수 있으나, 실제로 수입 화물의 경우, 터미널 장치시간은 예측이 가능하고, 반출 시간을 예측이 불가능한 특성을 가지고 있으며, 수입 화물 보다는 수출화물의 처리가 터미널 생산성 향상에 더 큰 영향을 미치기 때문에, 더 많은 공간을 할당하여 운영하는 것이 일반적이다.

2) 이채민(2003), “장치장 모니터링 시스템과 통합된 효율적인 수출 장치장 계획 시스템”, 한국해양대학교 대학원, 석사 학위 논문

<표 2.1> 작업 종류별 작업량

적/양하 작업 수 (비율)		반입/반출 작업 수 (비율)	
적하	양하	반입	반출
32677.5 (51.83%)	30369 (48.17%)	28390 (51.92%)	26291 (48.08%)

또, 같은 기간동안 작업을 실시한 158(1월 81척, 2월 77척)척의 선박을 대상으로, 그 규모별 작업량과 그 비율을 조사 하였으며 그 결과는 <표 2.2>와 같다.

<표 2.2> 선박 규모별 작업량

	2000 TEU이하	2000 - 3000 TEU	3000 - 4000 TEU	4000 - 5000 TEU	5000 TEU 이상	계
반입	39760	10096	2665	3645	464	56630
반출	39838	7258	2360	2719	353	52528
반입 비율 (%)	70.21%	17.83%	4.71%	6.44%	0.82%	100%
반출 비율 (%)	75.84%	13.82%	4.49%	5.18%	0.67%	100%

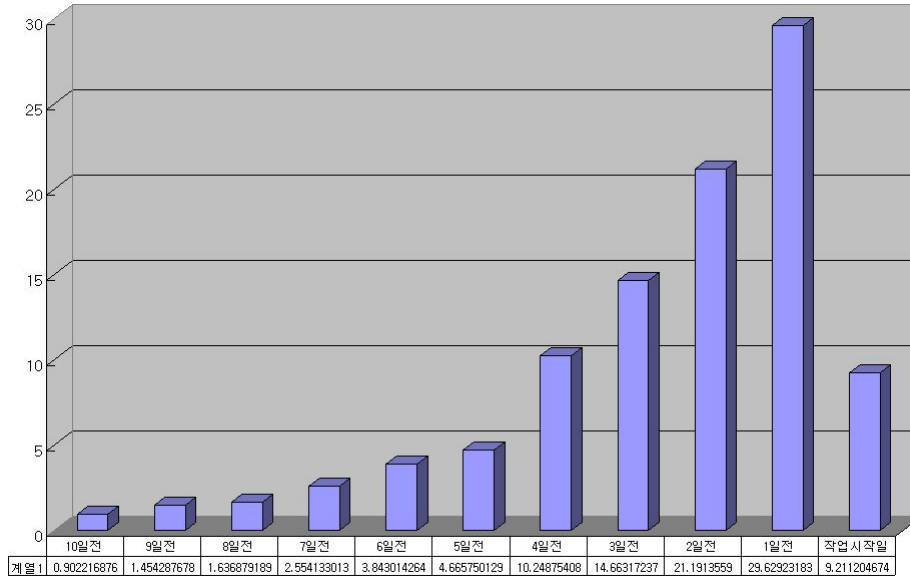
위 결과를 통해 D 컨테이너 터미널에서 처리하는 물량의 85%이상은 3000 TEU 이하의 작은 모선 작업임을 알 수 있다. 따라서 항차가 짧고 처리 물량이 많은 3000 TEU 이하의 규모를 가진 선박에 초점을 맞추어 터미널 운영 계획을 수립 하여야 한다.

### 제3절 반입 물량 분석

D사를 통해 수출되는 화물의 반입 패턴을 작업 시작 일을 기준으로 일별 반입량을 조사 하였다.

2006년 10월부터 2007년 8월까지 D 터미널을 기항한 모선 58척의 3항차 데이터를

가지고 분석을 실시하였으며, 선박의 규모별 선박 수는 차이가 있다.



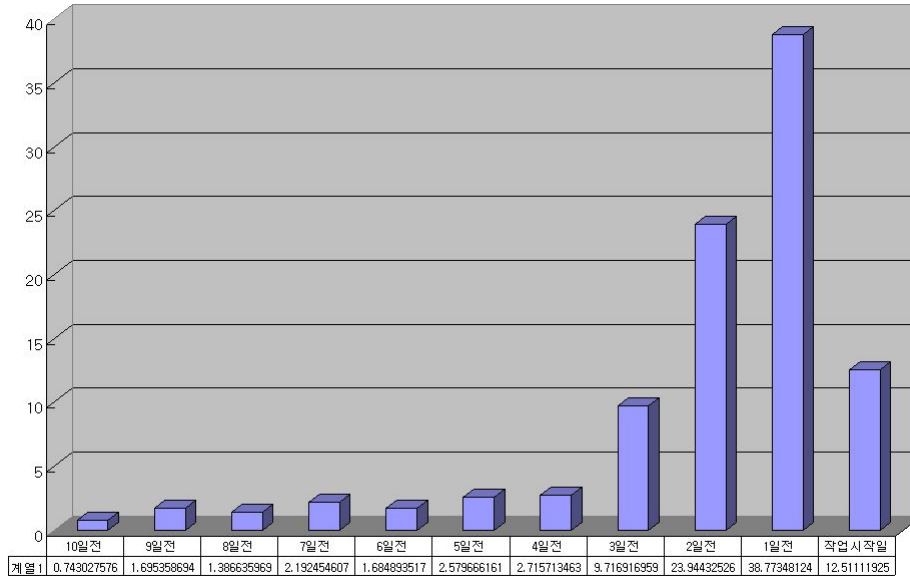
<그림 2.3> 전체 선박 일별 반입량

<그림 2.3>에서는 입항시간이 가까워질수록 반입량이 점차 증가함을 볼 수 있으며, 이는 이미 선행 연구에서 밝혀진 바 있다. 하지만 3000TEU 이하의 모선작업량이 전체 작업량의 85% 이상을 차지하는 D 컨테이너 터미널의 상황을 고려하여 3000TEU 이하의 모선작업 컨테이너의 반입량을 따로 조사한 결과, <그림 2.4>와 같은 결과를 보였다.

<그림 2.4>를 통해 3000TEU 이하 선박들은 다른 선박에 비해 작업 1, 2일 전에 반입 물량이 집중됨을 볼 수 있다. 이는 D 컨테이너 터미널에 반입되는 85%이상의 화물이 3000TEU 이하 선박에 적하됨을 감안하면, 컨테이너 터미널에 반입되는 대부분의 화물은 최소 이틀이나 하루 후에 적하, 수출 된다고 할 수 있다.

따라서 수출 장치장을 계획할 때에는 반입량이 급격히 증가하는 모선 접안 이틀이나, 사흘 전부터 컨테이너가 장치될 위치를 계획해야 하며, 모선의 접안일에 반입될 12%정도의 물량까지 고려한 장치장 할당이 이루어 져야 한다. 즉, 수출 장치장 계획시 3일 후 적하 예정인 화물들에 대한 장치장 할당 계획을 먼저 실시 하여 미래의 반입량에 대비하고, 모선 작업량 대비 반입량을 추정하여, 공간계획을 실시 해야

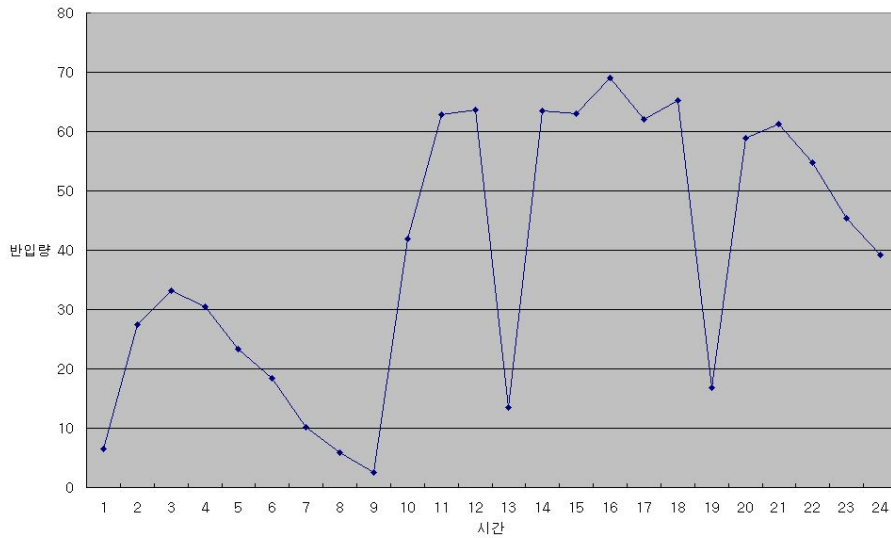
한다.



<그림 2.4> 3000TEU 이하 선박 일별 반입량

마지막으로 시간대에 따른 반입량을 조사한 결과 휴식시간인 13시와 19시경의 반입물량이 확연히 적으며, 22이후 감소하는 추세를 보이다가 00시부터 09시 사이에는 주간 시간대비 16.8%의 반입량을 보였다. 즉, 장치장 계획을 수립할 때 있어서, 시간은 00시를 기준으로 일별로 구분이 가능하다고 해석 된다. 즉, 시간은 연속적인 것으로서, 어제와 오늘의 구분이 명확하지 않지만 반입 패턴중 하나인 00시부터 09시 사이의 반입량이 급격히 적은 성격을 통해 00시로 반입일을 구분 할 수 있게 된다.





<그림 2.5> 시간별 평균 반입량

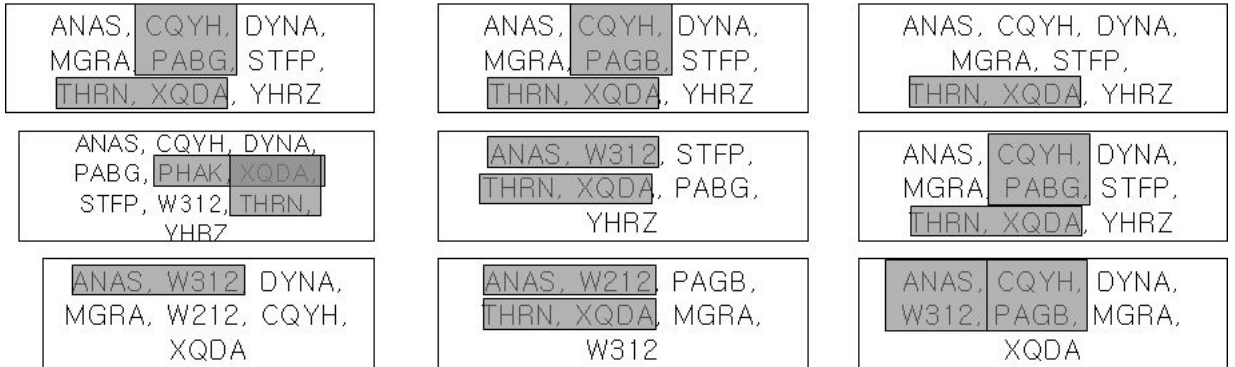
#### 제4절 장치 현황 분석

D 컨테이너 터미널은 현재 수출, 수입 블록을 나누어서 사용하고 있으며, 수출 블록은 9개로 구성되어 있다. 하지만 실제로 선박에 적하되는 화물을 추적해본결과, 수출장치장이 아닌 터미널내 전체장치장에서 적하되는 화물들이 많았다. 그리고 임의의 시각에 장치된 화물들의 모선에 대해 조사하였으며 그 결과는 <그림 2.6>과 같이 나타났다. 음영으로 처리한 모선은 동시간대에 작업이 겹치는 모선들을 나타낸다. 그림에서 문제가 되었던 것으로는 동일 블록내의 작업 혼잡도로서, 작업 시간이 겹치는 모선의 수출 화물이 동일 블록에 장치됨 으로서 작업의 혼잡도를 증가시키고 T/C의 불필요한 이동, 재처리율 증가, T/C 가동율의 저하와 이에 따르는 장비 부족 현상을 유발하여 전체 터미널 생산성을 저하시킨다.

이에 따른 <표 2.3>는 임의의 모선에 대한 T/C 작업 블록을 순서별로 정리하고, T/C의 블록간 이동 시간을 조사한 표이다. 표에서 보듯이, 총 작업 투입 T/C는 15기로 상당히 높은 작업 투입률을 보이고 있지만, 개별 T/C의 경우 블록간 이동이 상당히 빈번한 것으로 나타났다. 특히 206, 207, 209 호 T/C의 경우엔 서로 중복되는 블록간 이동이 심하게 잦게 나타나고 있다.

이는, T/C의 블록간 이동으로 인한 유희시간의 증가, 장치장내 혼잡도 증가, 작업

자의 작업 혼란의 결과로 이어져 타 작업에 부정적인 요소로 작용하며, 전체 터미널 생산성을 저하시키게 된다.



<그림 2.6> 블록별 장치 화물의 작업 모션

<표 2.3> D 선박 적하작업시 투입 T/C의 작업 블록 순서 및 블록간 이동시간

T/C 번호	작업 블록(작업순서순)	블록간 이동시간(분)
201	2F, 1F, 3F	128
203	1E, 1H, 3H, 2D	861
204	1E, 2E, 1E, 2E, 1E, 2E	218
206	3F, 2J, 1J, 3I, 2I, 3G, 1G, 3G, 2G, 3S, 3G, 1G	379
207	1J, 2J, 1J, 2J, 1J, 2J, 3J, 1J, 2J	182
208	1B	
209	3J, 2J, 3J, 2J, 3J, 2J, 3J, 2J	106
210	1I, 2I, 3I, 1I, 3I, 2H, 2I, 3I	127
211	2D, 1J, 1B, 2D, 1C, 1G, 2G	188
212	1G, 2G, 6C, 2C, 6C	44
213	3G, 1G, 2J, 1J, 2J, 1F	118
214	3J, 1J, 2J, 1J, 2J, 3J, 2J, 3J, 2J, 2D	294
215	1H	
216	2D, 1C, 1G, 1I, 2I, 2C, 1C, 2C	404
217	1A (1개 화물 처리)	

## 제3장 해법 제시

### 제1절 문제 정의

컨테이너 터미널의 생산성은 안벽 크레인의 시간당 처리량이다. 안벽 크레인의 최대 생산성은 기계적인 것으로, 고정이 되어있다. 따라서 안벽 크레인으로의 원활한 작업 물량의 공급과 전체 작업 흐름에서의 병목 현상 없는 작업의 처리는, 컨테이너 터미널의 생산성 향상으로 이어지게 되며, 특히 수출 화물의 경우 그 관리가 더더욱 필요하다.

D 컨테이너 터미널의 장비 현황은, G/C 7기, T/C 17기, Y/T 36기로 장비가 처리량에 비해 부족한 실정이며, 수출 장치장의 규모 역시 부족한 실정이다. 이러한 이유로 수출장치장의 공간 활용도를 최대한 높여야 하며, 장치의 가동률 역시 최대한 높여야 한다. 하지만 반입 시점 예측이 불가능한 화물의 특성을 고려한다면 정확한 공간 할당 및 운영은 결코 쉬운 일이 아니다. 하지만 본선의 작업 계획은 정확히 계획되고, 그에 의해 실시되기 때문에 장치장 계획 수립 시 가용 장비의 대수를 예측하는데 좋은 근거가 된다.

본 연구에서는 장치장의 공간 효율을 향상시키는 장치장 운영계획에 대한 문제를 다루었다. 하지만 공간 효율성만 극대화 시키는 장치장 계획은 자칫 장비의 작업 혼선 및, 체증을 유발할 수 있으며, 이는 터미널 전체의 생산성 감소로 이어질 수 있다. 따라서, 수출 장치장 공간 효율을 높이면서 동시에 작업 장비 활용도를 향상시키는 방법에 대한 문제의 해법이 필요하며, 그에 대해 연구를 실시하였다.

연구에 앞서 선석계획이나, 작업할 물량의 경우 사전에 예약이나 계획되어 있고 쉽게 변하지 않는 사항이므로 선석에서의 작업계획은 확정적이며, 작업물량 역시 알고 있다고 한다. 그리고 반입화물량은 작업당일 전체 작업화물의 10%, 1일전 40%, 2일전 25%, 3일전 10% 라고 가정하며, 이는 위에서 분석한 D 터미널의 반입 패턴을 근거로 한 가정이다. 그리고 모든 수출화물의 장치는 수출화물 블록에 장치하는 것으로 하며, 수출 장치장 용량 부족으로 인한 수출화물은 수입화물 블록의 임의의 위치에 적재한다고 가정한다.

마지막으로 모든 계획은 Bay단위를 기본단위로 환산하여 계획을 실시한다고 가

정한다.

해법에 사용된 기호들은 다음과 같다.

$V$  : 특정일의 전체 작업 선박 목록

$V_i$  :  $i$  선박의 작업량

$B_j$  :  $j$  Block

$S_j$  : 특정 일  $j$  Block의 여유공간

$T_{kb}$  :  $k$  선박의 작업 시작시각

$T_{kf}$  :  $k$  선박의 작업 종료시각

$B$  : 전체 Block 집합

$NA$  : 아무 선박도 할당되지 않은 Block 집합

$NI$  : 특정 선박과 작업이 겹치는 선박이 할당되지 않은 Block 집합

$OV$  : 현재 할당된 블록에 예상 반입량 이상의 화물이 반입되어 장치가 불가능한 선박

## 제2절 해법 제시

본 연구에서 제시하고자 하는 해법은 수출 장치장의 공간 활용도를 높이면서 장비의 가동율 및 혼잡도를 줄이는 해법이다. 공간 활용도를 높이기 위해서는 특정 모선의 적하 화물은 배정된 블록에만 모두 장치하면 해결될 것으로 보인다. 그리고 장비의 가동율을 높이고 혼잡도를 줄이기 위해 한 모선의 작업 화물은 되도록이면 한 블록에 모아 두는 방법을 선택 하였다.

해법은 크게 2단계로 구성 되는데, 첫 번째로 블록에 선박을 할당하는 할당 해법, 그리고 예외 상황이 발생하였을 경우 처리하는 수정 해법으로 구성 되었다. 할당 해

법은 선박이 접안하기 3일전에 미리 해당 선박의 화물이 장치될 블록의 위치를 대략적으로 할당하여 임의의 시점에 반입되는 컨테이너를 해당 블록에 장치 하기 위함이며, 계획 전 반입된 화물은 재처리를 통해 해당 블록에 장치함을 원칙으로 한다.

수정 해법은, 최초 할당 해법 적용시 예상했던 반입량보다 반입량이 많은 경우 적용 시키는 해법이다. 최초에 전체 화물량의 25%만을 예상하고 장치장을 할당하기 때문에 그 이상 반입되는 화물에 대한 재 할당을 실시하게 된다.

이에 따라 본 연구에서 제시하는 해법은 다음과 같다.

**Step 1.**  $V_i$ 를 내림차순 정렬.

**Step 2.**  $V_i$  와 작업이 겹치는 모선이 하나도 할당 되지 않은 블록 집합 NI의 블록 수가 0보다 크다면 Step 3.으로 그렇지 않다면 Step 5.로 이동.

**Step 3.** NI  $\ni B_j$

**Step 4.**  $S_j - (V_i * 0.25) \geq 0$  인  $B_j$ 가 존재 하면 Step 9.으로 그렇지 않으면 Step 8. 으로 이동.

**Step 5.** 장치할 모선의 화물이 하나도 할당되지 않은 블록 리스트 NA의 블록 수가 0보다 크다면, Step 6.으로 그렇지 않으면 Step 7.로 이동.

**Step 6.** NA  $\ni B_j$

**Step 7.** B  $\ni B_j$

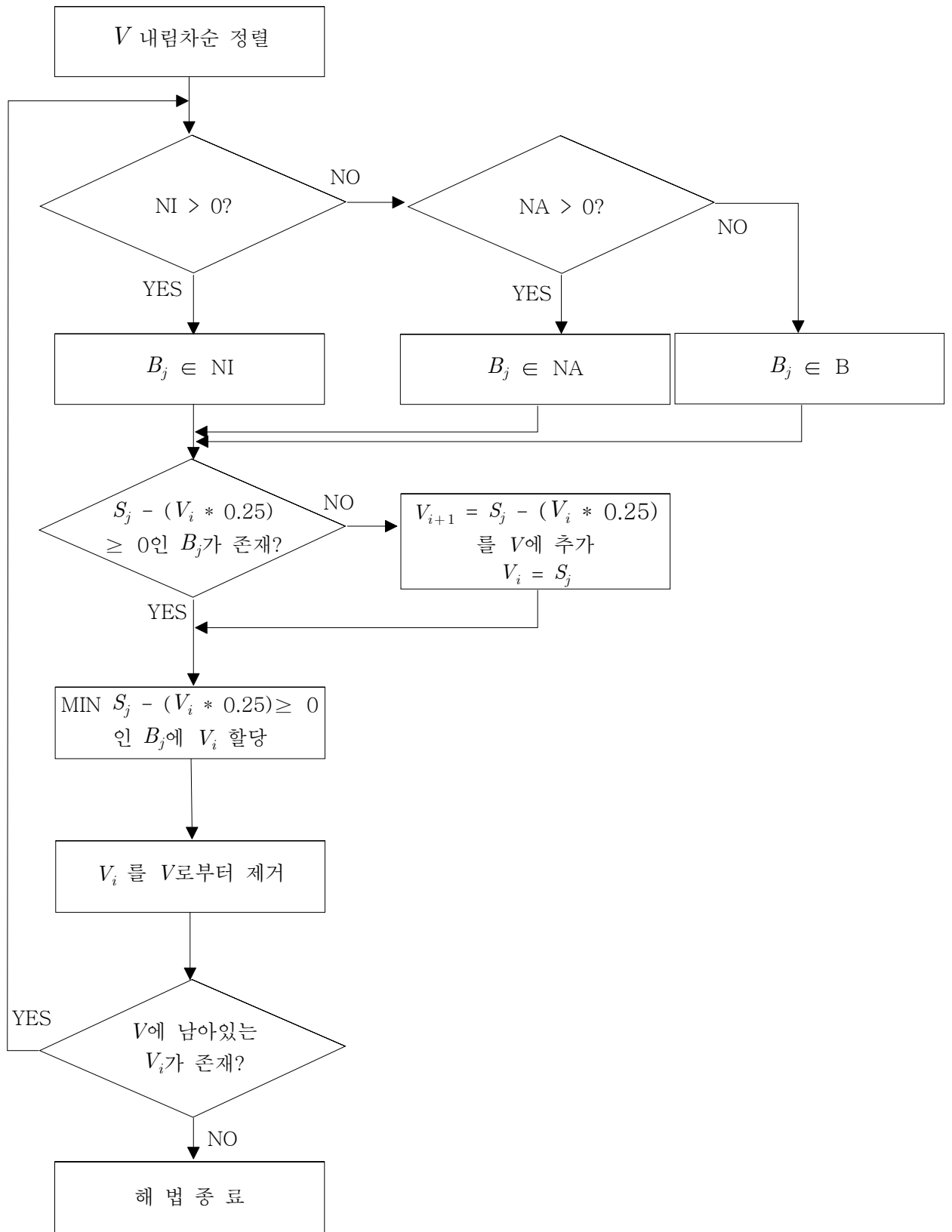
**Step 8.**  $V_{i+1} = S_j - (V_i * 0.25)$  인 새로운 모션을 생성하고 이를 V에 추가한다.

기존의  $V_i = S_j$  로 변경.

**Step 9.**  $\text{Min } S_j - (V_i * 0.25) \geq 0$ 인  $B_j$ 에  $V_i$  를 할당.

**Step 10.**  $V_i$ 를 V로부터 제거.

**Step 11.** V에 남아있는  $V_i$ 가 존재 한다면 Step 2.로 이동, 그렇지 않다면 해법 종료.



<그림 3.1> 해법 순서도

위 해법은 어디까지나 화물이 반입되기 전 대략적으로 화물이 장치될 블록을 결정하는 해법으로 3일후 작업할 선박에 대해서 적용을 실시한다. 하지만 화물의 반입량은 항상 랜덤 하기 때문에 예외 상황이 발생 할 수 있다. 그 예외 상황이란 최초 해법을 수행함에 있어서 가정했던 반입량을 초과하여 화물이 반입 될 경우, 현재 블록의 용량을 초과하여 반입 될 수 있는데 이 경우에는 아래와 같은 수정 해법을 통해 블록 재 할당을 실시해야 한다. <그림 3.2>는 그 수정 해법을 나타낸 해법 순서도 이다.

**Step 1.**  $V_i$  와 작업이 겹치는 모선이 하나도 할당 되지 않은 블록 집합 NI의 블록 수가 0보다 크다면 Step 2.으로 그렇지 않다면 Step 4.로 이동.

**Step 2.**  $NI \ni B_j$

**Step 3.** OV를 Min  $S_j$  인  $B_j$ 에 할당 후 해법 종료.

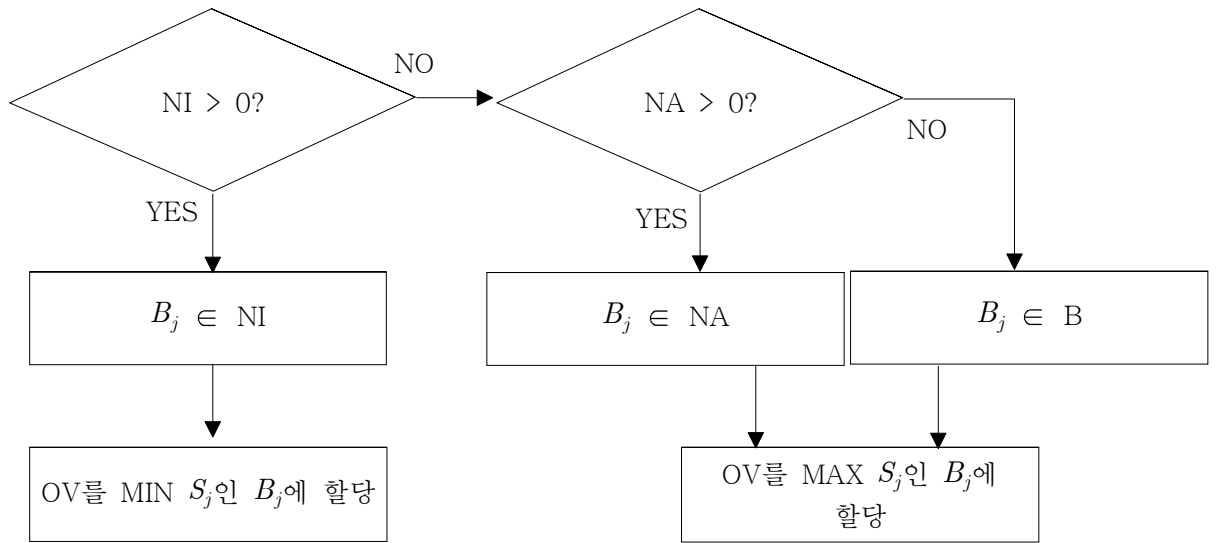
**Step 4.** 장치할 모선의 화물이 하나도 할당되지 않은 블록 리스트 NA의 블록 수가 0보다 크다면, Step 5.으로 그렇지 않으면 Step 6.로 이동.

**Step 5.**  $NA \ni B_j$

**Step 6.**  $B \ni B_j$

**Step 8** OV를 Max  $S_j$  인  $B_j$ 에 할당 후 해법 종료.





<그림 3.2> 수정 해법 순서도

### 제3절 해법 실행

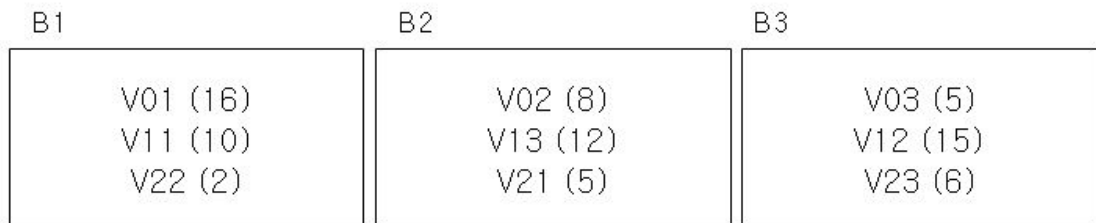
우선 현재 터미널 수출 장치장의 규모는 <표 3.1>과 같다고 가정한다. 그리고 작업 모션의 작업 일정 및 수출 화물량은 <표 3.2>와 같다고 가정한다. 마지막으로 현재의 장치 현황이 <그림 3.3>와 같다고 하였을 때 해법의 수행 방법은 다음과 같다.

<표 3.1> 블록 명 및 블록 용량

BLOCK 명	용량 (Bay 단위)
B1	30
B2	30
B3	30

<표 3.2> 작업 선박 정보

작업 일	작업 시간	선박명	작업량
0	1 - 10	V01	16
	5 - 15	V02	8
	18 - 23	V03	5
1	15 - 23	V11	11
	5 - 14	V12	16
	12 - 18	V13	13
2	10 - 15	V21	10
	16 - 20	V22	4
	14 - 24	V23	12
3	2 - 8	V31	12
	13 - 21	V32	9
	9 - 12	V33	8
4	6 - 12	V41	6
	8 - 15	V42	9
	14 - 20	V43	8
5	5 - 18	V51	12
	10 - 24	V52	15
	20 - 23	V53	2
6	6 - 15	V61	15
	12 - 20	V62	10
	3 - 9	V63	7
7	6 - 9	V71	6
	12 - 20	V72	13
	15 - 19	V73	9



<그림 3.3> 최초 장치 현황

현재로부터 3일후에 적하 작업을 실시한 V3군의 선박 작업 화물에 대한 블록 배정을 위해 우선 V3군의 선박을 작업량 순으로 내림차순 정렬하면  $V = \{V31, V32, V33\}$ 의 순서로 구성된다. 그리고 3일후의 예상 반입량은 전체 작업량의 25% 이므로 {3, 3, 2}로 예상 할 수 있다. 다음 단계로, 아무선박도 할당 되지 않은 블록이 없으므로, V31과 작업시간이 겹치는 선박이 할당되지 않은 B1, B2, B3 블록을 NI로

구성한다. NI중  $S_{V31} - V31 \geq 0$  인 블록은 B2, B3 이다. 따라서 V31을 B2에 할당한 후 V32, V33 에 대한 해법을 실시한다. 같은 방법으로 가용한 블록을 선정했을 경우 B3, B1이 선정된다. 할당된 후 블록의 할당 상황은 <그림 3.4>과 같다.

B1	B2	B3
V01 (16)	V02 (8)	V03 (5)
V11 (10)	V13 (12)	V12 (15)
V22 (2)	V21 (5)	V23 (6)
V33 (미반입)	V31 (미반입)	V32 (미반입)

<그림 3.4> 해법 수행 후 블록 할당 상황

<그림 3.4>와 같이 할당계획을 실시 한 후 장치를 시작 하는데 만약 V31의 화물이 4만큼 들어올 것으로 예상 하였으나, 화주의 상황으로 인하여 4를 초과한 양이 반입되는 경우가 발생하였다고 가정하자, 현재 B2의 가용 장치 능력은 5 로서 V31이 5만큼 반입되는 것을 허용 할 수 있다. 하지만 6이상의 화물이 반입되기 시작한다면 위에서 정의한 수정해법을 적용 하여야 한다.

<그림 3.5>와 같은 상황에서 V31의 화물의 반입 되었다면, 우선 아무 선박도 할당되지 않음 블록이 없으므로, V31과 작업이 겹치는 선박이 할당되지 않은 블록으로 NI (NI = {B1, B3})를 구성한다. 현재 가용한 블록은 B1, B2 이지만 B1의 경우엔 V33의 예상 반입량 2가 다 반입될 경우 여유 공간이 부족하므로 B3에 V31의 나머지 화물을 할당하게 된다. 결과는 <그림 3.6>과 같다.

B1	B2	B3
V01 (16)	V02 (8)	V03 (5)
V11 (10)	V13 (12)	V12 (15)
V22 (2)	V21 (5)	V23 (6)
V33 (1)	V31 (5)	V32 (3)

<그림 3.5> 예외 상황의 발생

B1	B2	B3
V01 (16)	V02 (8)	V03 (5)
V11 (10)	V13 (12)	V12 (15)
V22 (2)	V21 (5)	V23 (6)
V33 (1)	V31 (5)	V32 (3)
		V31

<그림 3.6> 수정 해법 적용 후 할당 상황

#### 제4절 해법의 적용

본 절에서는 해법을 실제 터미널 반입 데이터와 블록 상황에 적용시켜 시뮬레이션을 실시하였다. 실험은 Intel Pentium Core 2 Duo 6600, 2GB Memory의 환경에서 JDK 1.6을 사용하여 시뮬레이션을 실시하였다. 실험 대상 터미널은 D 컨테이너 터미널을 대상으로 하였으며, 대상 터미널의 수출 장치장 규모는 <표 3.3>과 같다.

<표 3.3> D 컨테이너 터미널의 수출 장치장 현황

	BAY	ROW	TIER	TEU
1H	30	6	4	720
1I	30	6	4	720
1J	30	6	4	720
2H	30	6	4	720
2I	30	6	4	720
2J	30	6	4	720
3H	24	6	4	576
3I	28	6	4	672
3J	30	6	4	720

반입 정보는 실제 반, 출입 정보를 그대로 사용 하였으며, 워업 타임은 4일로 두고 시뮬레이션을 실행 한 결과 <표 3.4>와 같은 결과를 얻을 수 있었다.

<표 3.4> 해법 수행 결과

일	Block 명	할당 선박	적재량(TEU)	적재율(%)
6	1H	KJMU KBM8 W216 KTCB	701	97.36
	1I	DLXE MOAS STBM	345	47.92
	2H	XQDA WCGF EABJ MOAS	720	100
	3H	WCGF EABJ DLXE MOAS	576	100
	3I	CTYH APDT	270	40.18
7	1H	W216 KTCB PADA	118	26.11
	1I	DLXE MOAS STBM	370	51.39
	1J	URBM	214	29.72
	2H	DLXE MOAS XQDA URBM	720	100
	2I	NRHB	415	57.64
	3H	DLXE MOAS	576	100
	3I	APDT	140	20.83
8	1H	W216 KTCB PADA	720	100
	1I	STBM MHAR	214	29.72
	1J	URBM	178	24.72
	2H	XQDA URBM TSMJ MSVS	473	65.69
	2I	NRHB PADA	155	21.52
....				

기존의 수출 장치장 계획에 의해 계획된 장치상황과 본 해법에서 제시한 해법을 적용 시켰을 경우는 <그림 3.7>과 같다

적용 전

적용 후

13일

<del>CZQH, KJMU, SGDW</del> STXG, DLGT, TSKE W211	<del>CZQH, KJMU, SGDW</del> DLGT	<del>SGDW, CZQH, KJMU</del> MONB, OOFF, DLGT			
DLGT, KJMU, OOFF STXG, VRBM	DLGT, KJMU, OOFF STXG, TSKE, VRBM W211	<del>DLGT, KBM7, OOFF</del> SGDW, STXG, TSKE VRBM		CZQH, MONB, KBM7 VRBM	KJMU, W211
<del>KJMU, SGDW, OOFF</del> STXG, VRBM, W211	<del>DLGT, KJMU, SGDW</del> STXG, TSKE, VRBM W211	<del>DLGT, KJMU, MONB,</del> <del>TSKE, SGDW, OOFF</del>	DLGT, MOAV	OOFF, TSKE, STXG	SGDW, STXG

14일

<del>CQYH, DLGT, MOAV</del> STXG, TSKE, W211	CQYH, DLGT, KBHB MOAV	CQYH, DLGT			
DLGT, KBHB, STXG VRBM	<del>DLGT, TSKE, STXG</del> KBHB, VRBM, W211	CQYH, DLGT, MOAV STXG, TSKE, VRBM		VRBM	W211
KBHB, MOAV, STXG VRBM, W211	<del>DLGT, TSKE, MOAV</del> STXG, KBHB, VRBM W211	<del>DLGT, TSKE</del>	DLGT, MOAV	TSKE, STXG, KBHB	DLGT, MOAV, STXG CQYH

15일

<del>CQYH, STXG, W211</del>	CQYH, KBHB	CQYH			
<del>KBHB, STXG, VRBM</del>	<del>W211, STXG, VRBM</del> KBHB	<del>CQYH, STXG, VRBM</del>		VRBM	W211
<del>W211, STXG, VRBM</del> KBHB	<del>STXG, VRBM, W211</del>			STXG, KBHB	STXG, CQYH

<그림 3.7> 해법 적용 전, 후 장치 상황

그림에서 빗금으로 묶인 선박들은 서로 작업이 겹치는 선박들을 나타낸 것이다.

그림에서 보는 바와 같이 특정 선박은 최소 블록에 할당, 장치되었으며, 작업이 겹치는 선박은 전혀 존재 하지 않았다. 이를 통해 사용 블록수가 줄어 장비의 작업 혼잡도가 낮아질 것을 예상 할 수 있었으며, 불필요한 장비의 이동이 감소할 것을 예상 할 수 있다. <표 3.5>은 기존의 상황과 해법을 적용 한 후의 결과를 비교한 표이다. 표에서 '선박당 평균 사용 블록 수'란 동일 모선에 적하 되어야할 컨테이너들

이 몇 개의 블록에 장치되었는지를 나타내는 수치이며, 이 수치가 높을 수록, <표 2.3>에서 나타난 바와 같이 장비의 불필요한 이동이 많이 발생하게 되어 작업 효율을 떨어트리게 된다. ‘블록당 평균 작업이 겹치는 선박쌍 수’란 임의의 블록에 작업 시간대가 겹치는 선박이 몇 쌍이나 할당되어 있는가를 나타낸 수치이며, 이 수치가 높을수록 동시에 동일 블록에 서로 다른 선박에 작업할 물량들이 발생하므로 작업 혼잡도 및 원활한 컨테이너 흐름을 저해 하게 된다.

<표 3.5> 기존 장치장과 해법 적용 후 장치장 비교

	선박당 평균 사용 블록 수 (블록)	블록당 평균 작업이 겹치는 선박쌍 수 (쌍)
기존	13.14	1.56
해법 적용 후	1.24	0

위 <표 3.5>에서 알 수 있듯이, 본 해법을 적용 하였을 경우 한 선박의 화물이 장치된 평균 블록의 수가 기존의 13.14개에서 1.24개로 큰 폭으로 감소함을 알 수 있었다. 이는 한 모선의 화물을 최소의 블록에 집중시켜, 장비의 이동을 최소화 시키고, 이를 통해 장비의 이동으로 인한 불필요한 낭비 시간을 줄일 수 있을 것으로 예상 할 수 있다. 뿐만 아니라, 블록당 평균 작업이 겹치는 선박쌍 역시 기존에 블록당 1.56척의 동일한 작업스케줄을 가진 선박들로 구성이 되어 있었으나, 해법 적용 후 작업시간이 겹치는 선박을 모두 다른 블록에 할당되어 작업이 겹치는 선박이 존재하지 않음을 알 수 있다. 이 결과는 한 블록에 동시에 작업을 실시하는 선박이 한척임을 의미하고, 이는 장비의 작업 혼잡도를 낮추고, 장비의 가동률을 높일 수 있을 것으로 예상된다.

이상의 결과에서 기존의 D 컨테이너 터미널이 수출 장치장을 운영함에 있어서 가지고 있던, 공간의 활용 및 불필요한 장비의 이동시간 이라는 문제점을 본 연구에서 제시한 해법을 통해 어느 정도 해소 할 수 있음을 예상할 수 있었고, 이는 원활하고 여유있는 장치장 운영을 유도하여 전체 터미널 생산성 향상에 도움을 줄 것으로 예상된다.

## 제4장 결 론

컨테이너터미널을 이용하는 고객인 선사의 입장에서는 서비스와 생산성이 좋은 컨테이너 터미널을 이용하는 것이 당연하며, 현재 여러 터미널들이 생산성을 높이기 위해 다양한 노력을 기울이고 있다. 신기술의 도입, 새로운 운영방법의 시도 등이 그 좋은 예이다. 하지만 아무리 좋은 운영방법을 시행하고, 신기술을 도입한다고 하더라도, 현 터미널이 안고 있는 장치장의 협소와 같은 근본적인 문제는 해결할 수 없는 큰 어려움이다.

본 연구에서는 장치장 협소로 인한 필연적인 운영의 비효율성을 극복하기 위해 주 서비스 대상이 되는 선박들의 수출 컨테이너에 대한 일별, 시간별 반입 패턴을 고려한 수출 장치장 계획에 관한 연구를 실시하였다.

수출 장치장 계획은 대략적인 블록의 할당, 이에 따르는 세부 위치결정 단계로 나누어 계획을 수립하는데 본 연구에서는 전자인 모선의 화물이 장치될 대략적인 블록의 할당에 대해 연구하였다. 연구를 실시함에 있어서 시간이라는 요소와 장치장 장비의 효율성을 높이고, 작업 혼잡을 줄일 수 있도록 각 모선별 장치 위치를 분리 시킴으로서 효율적인 수출 장치장 운영을 기대 할 수 있었다. 이는 더 나아가 장비의 가동률을 높이고 불필요한 이동시간을 줄임 으로서 장비의 가용성을 높일 수 있을 것으로 예상되며, 원활한 수출 화물 작업을 통해 안벽 크레인의 생산성 향상을 기대해 볼 수 있다. 또한 기존에 수출, 수입 블록을 구분하였으나 제대로 지켜지지 않았던 문제들을 해결할 수 있을 것으로 보임으로서, 작업자의 작업 혼란 및 장치장의 원활한 화물 흐름을 유도 할 수 있고, 이는 전체 장비의 가동률 및 생산성 향상에 영향을 미칠 것으로 예상된다.

앞에서 말한바와 같이 수출 장치장 계획은 크게, 모선의 수출 화물이 적재될 블록을 할당, 블록내에서 화물이 장치될 세부위치 결정의 두 단계로 나누어 생각 할 수 있다. 본 연구에서는 선행되는 모선의 화물을 블록내에 할당하는 단계까지의 해법을 제시, 실험 하였다. 하지만, 완전한 수출 장치장 운영 계획을 위해서는 화물의 반입 시점에 발생할 수 있는 상황 등을 고려한 블록내의 세부 위치 결정에 관한 연구가 이루어 져야 할 것으로 보인다. 그러한 연구를 함에 있어서, 본 연구에서 고려한 시간 개념이 보다 강화된 실시간 장치장의 장치 상황 파악을 통한 실시간적인 계획



이 이루어지고, 수행 되어져야 할 것으로 여겨진다.

또한 본 연구에서 실시한 D 컨테이너 터미널외의 다른 터미널을 기항하는 모선들과 터미널의 현황을 분석한 실제 해당 터미널에 알맞은 장치장 운영계획이 수립되어야 한다.

뿐만 아니라, 수입 화물의 경우 수출 화물과 정반대의 패턴을 가지고 있으므로 수출화물과 수입 화물의 특성을 알맞게 고려한 전체 장치장 계획 수립 방법에 대한 연구도 이루어 져야 할 것이다.

## 參 考 文 獻

강재호, 류광렬, 김갑환 (2004) “장치장에서 베이 내 컨테이너의 효율적인 재정돈 방안”, *한국지능정보시스템학회 2004년 추계학술대회 논문집*, pp. 287-295

강재호, 오명섭, 류광렬, 김갑환(2005) “컨테이너 터미널 장치장에서 블록 내 이적을 위한 컨테이너 이동 순서 계획”, *한국항해항만학회지*, 제 29권 1호, pp. 83-90.

김기영, 배종욱(2001), “수출 컨테이너를 위한 공간소요 결정을 위한 모형”, *동서대학교 연구센터논문집* 제 4집, pp. 19-30

김갑환, 박강태(1997), “라그랑지 완화법을 이용한 컨테이너 터미널의 수출 장치장 공간할당계획”, *한국경영학회/대한산업공학회 '97 춘계공동학술대회논문집* pp. 64-67

김갑환, 김홍배, 홍봉의, 김기영, 배종욱, 최진오, 김두열, 이영기, 박영만, 박강태, 손행대(1995), “수출입 컨테이너 장치장 배정을 위한 소프트웨어의 개발”, *경영과학*, 제13권, 제 12호, pp. 1-15

김홍배(2003), “컨테이너 반출 소요시간 추정 모형”, *공학 기술 연구지* Vol.1 No.2, pp. 213-217

배종욱(2003), “컨테이너터미널에서 버퍼 야드에 관한 시뮬레이션 연구”, *Journal of the Korean Institute of Plant Engineering*, Vol8, No. 4, DEC 2003

유주영, 송용석, 남기찬, 곽규석(2004), “컨테이너 터미널의 효율적인 장치장 활용 방안에 관한 연구”, *한국항해 항만학회 04 춘계학술대회 논문집*, pp. 167-172

이채민(2003), “장치장 모니터링 시스템과 통합된 효율적인 수출 장치장 계획 시스템”, 한국해양대학교 대학원, 석사 학위 논문

전수민, 김갑환, 김재중, 류광렬, 박남규, 최형림, “컨테이너 터미널에서의 장치장 운용 계획에 관한 연구”

Kap Hwan Kim, Kang Tae Park (2003) "A note on a dynamic space-allocation method for outbound containers", *European Journal of Operational Research*, Vol. 148, pp. 92-101

Taleb-Ibrahimi, M., Castilho, B., and Daganzo, C.(1993), "Storage space vs handling work in container terminals space allocation in container terminals", *Transportation Research*, Vol. 27B(1). pp. 13-32