

# 시뮬레이션에 의한 釜山컨테이너 터미널 運營의 體系的인 分析

金 鉉\* · 李 哲 榮\*\*

## A Systematic Analysis on the Operation of Busan Container Terminal by Computer Simulation

*Hyun Kim · Cheol-Yeong Lee*

### 目 次

#### Abstract

#### 1. 序 論

#### 2. 釜山컨테이너 터미널의 現況

#### 2. 1 시스템으로서의 컨테이너 터미널

#### 2. 2 터미널 運營形態

#### 2. 3 物動量 豫測

#### 2. 4 荷役作業能率

#### 3. 시뮬레이션에 의한 釜山컨테이너 터미 널의 生産能力 分析

#### 3. 1 문제의 記述

#### 3. 2 시뮬레이션에 의한 現行 生産能 力の 分析

#### 3. 3 向後 物動量 增加時의 生産能力 의 分析

#### 4. 結 論

#### 參考文獻

### Abstract

Since the middle of 1950's when sea transportation service by container ship was established, containerization has been rapidly spread over the world with realization of intermodalism, and becomes an index of economy growth of a country.

Our country has established Pusan Container Terminal at Pusan harbour in 1978 in step with worldwide trend of containerization, and is constructing New Container Terminal at Pusan outharbour which will be completed in 1990.

This paper aims to make a quantitative analysis of the Pusan Container Terminal system through the computer simulation, especially focusing on its subsystems such as ship stevedoring system, storage system and transfer system.

First, the capacity of various subsystems are evaluated and it is checked whether the current operation is being performed effectively through the computer simulation.

Secondly, the suggestion is presented to improve the operation by considering the throughput that Pusan Container Terminal will have to accept until 1990, when New Container Terminal will be completed.

The results are as follows ;

- 1) As the inefficiency is due to the imbalance between various subsystems at Pusan Container Terminal on the basis of about 1.2 million TEU of container traffic, transfer equipment level must be up to 33% for transfer crane, and free period must be reduced into 4/5 days for export/import.
- 2) On the basis of about 1.4 million TEU of container traffic, transfer equipment level must be up to 12% for gantry crane, 11% for straddle carrier and 66% for transfer crane, and free period must be reduced into 3/4 days for export/import.
- 3) On the basis of about 1.7 million TEU of container traffic, transfer equipment level must be up to 25% for gantry crane, 28% for straddle carrier and 100% for transfer crane, and free period must be reduced into 3/4 days for export/import.
- 4) On the basis of about 2 million TEU of container traffic, transfer equipment level must be up to 25% for gantry crane, 30% for straddle carrier and 110% for transfer crane, and free period must be reduced into 2/3 days for export/import, and it is necessary to enlarge storage yard.

## 1. 제 1 장 序 論

1950年代 중반, 컨테이너船舶에 의한 海上運送 서비스를 開始한 以來, 荷主의 門前에서 門前까지 陸上과 海上을 一貫하여 貨物을 運送하는 複合運送體制의 實現과 더불어, 海上運送 貨物의 컨테이너化는 汎世界的으로 擴散되었으며, 輸送方式의 革新이라고 불리울 程度로, 一

國의 經濟成長의 한 指標가 되었으며, 아울러 많은 長點과 便益을 제공하고 있다. 海上運送 貨物의 컨테이너化는 점점 증가하여, 오늘날에 와서는 油類, 鑛石, 原木 및 穀類 등을 제외한 거의 대부분의 貨物이 컨테이너化 되었으며, 이와 같은 컨테이너化의 趨勢에 발맞추어, 우리나라도 1978年度 부산항 5埠頭에 부산컨테이너 터미널을 처음으로 開設하여, 現在 5埠頭 및 6埠頭에 大型 폴컨테이너船 4척을 同時 接岸시켜 荷役作業을 遂行할 수 있는 國際的인 컨테이너 터미널의 規模를 갖추게 되었다.

1985년 以後 우리나라의 컨테이너 輸出入 物量이 急增하여, 1986년도 1,548,000 TEU의 輸出入 物量이 부산항과 인천항을 通하여 處理되었으며, 이중 約 93%가 부산항을 通하여 처리되었고 그중에서 66%가 釜山컨테이너 터미널을 通하여 處理되었다. 이는 우리나라의 輸出入 貨物이 대부분 海上運送으로 運搬되는 點에 비추어 볼 때, 釜山컨테이너 터미널의 役割의 重要性은 깊이 認識되어야 할 것이다.

釜山컨테이너 터미널은 우리나라의 唯一한 專用터미널로서, 1986년에 수출입 物量 96만 TEU를 처리하였으며, 1987년도에 120만 TEU의 수출입 物量을 처리할 豫상으로 있어, 이미 公稱능력인 90만 TEU를 초과하여, 부산컨테이너 터미널의 荷役能力은 現行施設 및 制度下에서 限界點에 도달했다고 보여진다. 급증하는 컨테이너 物量을 원활하게 처리하기 위하여, 着工時期가 늦은 감은 없지 않으나, 尙만당국은 1986년에 부산항 3段階 工事に 着工하여, 1990年度 完工豫定으로 있으며, 完工時期인 1990년까지는 現在의 尙만시설로서, 增加하는 컨테이너 物動量을 處理하지 않을 수 없는 立場에 처해 있다. 따라서 우리나라의 唯一한 컨테이너 터미널인 釜山컨테이너 터미널의 荷役能力을 分析할 필요가 있으며, 荷役能力을 向上시키기 위해서는 어떠한 措置가 필요한지 검토해 볼 必要가 있다.

本 論文에서는 부산컨테이너 터미널의 시스템을 荷役시스템과 藏置시스템 그리고 移積시스템으로 나누어 각 副次시스템의 能力을 컴퓨터 시뮬레이션에 依해 定量的인 方法으로 評價하였으며, 그리고 各 副次시스템間에 병목현상이 依存하는 가를 確認하고, 尙後 物動量 增加時 이를 원활하게 處理하기 爲해서 各 副次시스템 能力의 提高 및 이의 改善策을 分析하였다.

本 論文의 構成은 아래와 같다.

第 2章에서는 釜山컨테이너 터미널의 現況을 살펴보고, 第 3章에서는 컴퓨터 시뮬레이션에 의해서, 現行 釜山컨테이너 터미널이 가지고 있는 副次시스템의 能力을 定量的인 方法으로 評價하여 諸般 문제점을 파악하고 그 改善方案을 提示하며, 尙後 物動量 增加時 副次시스템의 能力을 分析하였다. 第 4章에서는 以上の 結果를 要約하고 尙으로의 研究方向을 結論으로 맺는다.

## 제 2 장 부산컨테이너 터미날의 現況

### 2. 1 시스템으로서의 컨테이너 터미날

부산컨테이너 터미날은 1978년 9월 5埠頭에서 2個의 大型船席과 4臺의 G/C(GANTRY CRANE)으로 荷役作業을 開始하였다. 그 以後 全 世界的인 컨테이너化의 趨勢에 發맞추어 1983년 3월, 6埠頭를 增設함으로써, 5萬톤급 풀컨테이너선박 4척이 동시에 接岸하여 컨테이너 하역을 行할 수 있는 우리나라 유일한 터미날이다.

컨테이너 터미날 施設로는 岸壁 總길이가 1,262m, 總施設 面積이 629,852m<sup>2</sup>이며 컨테이너 장치장 面積이 377,165m<sup>2</sup>이고, 부대시설로는 3동의 CFS(25,617m<sup>2</sup>), 荷役裝備 정비공장 1동(2,298m<sup>2</sup>) 및 화차 29량을 同時 受容할 수 있는 鐵送施設을 갖추고 있다. 한편 컨테이너 荷役裝備(機器)로는 G/C(GANTRY CRANE) 8臺, T/C(TRANSTAINER) 9臺, 鐵送用 T/T(TRANSTAINER) 1臺, S/C(STRADDLE CARRIER) 18臺, Y/T(YARD TRACTOR) 43臺, 叉子 190臺 및 F/L(FORK LIFT) 20臺가 있다.

컨테이너 터미날은 陸上運送과 海上運送을 連結하는 接續點으로서, 兩者를 効率的으로 結合하기 위해서는 單純히 貨物의 集積, 積揚荷을 行하는 物流基地로서만이 아니라, 集荷, 在庫狀況을 管理하는 情報中樞의 役割을 할 수 있어야 한다.

컨테이너 터미날의 運營형태를 物流라는 觀點에서 보면, G/C 이라는 대형의 컨테이너 크레인에 의하여, 컨테이너船舶에서 揚荷된 수입화물은 Y/T등의 移送機器에 의하여 컨테이너 장치장으로 운반되고, 일정기간 장치장에서 整頓, 保管後에 內륙수송로(道路 또는 鐵路)로 內륙 德포(DEPOT)나 소비지로 이송되거나, 또는 桴船으로 內륙수로를 통하여 수송되기도 한다.

물론, 수출화물은 이와 正반대의 經路를 따른다고 볼 수 있다. 따라서 컨테이너 터미날의 運營시스템을 다음의 副次시스템(SUBSYSTEM)으로 구분할 수 있을 것이다.

i) 부두 하역 시스템(QUAY STEVEDORING SYSTEM)—부두하역 시스템은 海上운송과 內륙수송 諸要素 間의 實質적인 공통영역이며, 컨테이너 터미날의 運營시스템의 關門 및 유일한 通路라고 할 수 있다.

ii) 이송 시스템(TRANSFER SYSTEM)—이송 시스템은 부두하역시스템과 장치시스템을 연결하는 것으로서, 適正이송장비보유량, 이송장비의 가동율 및 이송장비의 교체시기등이 그 효율을 결정하는 重要요인이 된다.

iii) 장치시스템(STORAGE SYSTEM)—장치 시스템은 컨테이너 터미널內 컨테이너 장치장의 서어비스 제공시설로서 장치에 소요되는 料率 및 藏置許容期間(FREE PERIOD)을 컨테이너 터미널 운영시스템에 중요한 영향을 미치는 요소로서 들 수 있다.

iv) CFS시스템(CONTAINER FREIGHT STATION SYSTEM)—하주가 상이한 여러 소량의 LCL(LESS THAN CONTAINER LOAD)화물을 1個의 컨테이너라는 용기에 混載(CONSOLIDATION)하는 作業과 1個의 輸入컨테이너 內에 여러 하주의 LCL화물이 混積되어 양하될 경우, 이를 분산하는 作業을 행하는 곳이다.

v) 內陸輸送과의 連結시스템(CO—ORDINATION WITH INLAND TRANSPORTATION)—內陸輸送은 생산지 또는 국내시장과 항만을 연결하는 파이프라인이라고 볼 수 있다. 실제로, 內陸輸送시스템은 항만내의 운송문제를 다루는 데에 있어서는 그렇게 중요하지 않는 대상으로 보일지 모르나, 內陸道路網, 鐵道運送網, 背後地의 交通混雜問題, 輸送車輛의 輸送能力問題等 効果적인 內陸과의 연결이라는 측면에서 중요한 의미를 가진다.

以上과 같이 컨테이너 터미널 운영시스템은 여러 個의 副次시스템으로 구성되며, 이들 각각의 管理機能을 考慮하면 컨테이너 터미널 운영시스템은 大規模 시스템으로 다룰 수 있게 된다.

## 2. 2 터미널 運營形態

컨테이너 터미널 運營形態는, 컨테이너 취급 機器와 處理體系를 基準으로 하여 叉시方式, S/C直接移送方式, S/C中繼方式, T/C方式, 混合中繼方式, 自動 및 半自動方式 등으로 分類할 수 있다.

叉시方式은, 1950年代 中半 컨테이너가 海上運送에 導入되기 始作한 때에, 美國의 SEA—LAND社에 依하여 開發된 것으로서, 컨테이너 船舶에서 컨테이너 크레인으로 揚荷된 컨테이너는 叉시에 上車되어, Y/T에 依하여 叉시 장치장으로 운반되어 上車된 채로 장치되며, 受貨主의 搬出要請時, 叉시에 上車된 그대로 受貨主의 ROAD TRACTOR에 依하여 搬出된다. 이 방식은 土地의 값이 저렴하고, 충분한 공지가 확보되어 있는 狀況下에서는 處理體系의 單純性이라는 長點을 지닌다.

S/C 直接移送方式은 선박에서 APRON에 揚下한 컨테이너를 S/C가 직접 장치장으로 運搬하여 藏置하고, 受荷主 TRACTOR에 上車하여 搬出하는 方式이며, S/C中繼方式은, S/C가 藏置場 地域에서의 컨테이너 藏置, 搬入, 搬出作業에 制限되어 사용되는 것을 말한다. 한

편, T/C 방식은, S/C 중繼 방식과 마찬가지로 埠頭와 藏置場間의 移送作業은 Y/T에 依하여 隨行되고, 4段積載가 可能한 T/C가 컨테이너 藏置, 搬入, 搬出作業을 行한다. 이 방식은 장치장을 最大로 活用할 필요가 있는 狀況下에서는 가장 適合한 것이다.

混合中繼 방식은 S/C와 T/C를 混合하여 使用하는 것으로 수입 컨테이너에 대해서는 S/C, 수출 컨테이너에 대해서는 T/C를 使用하는 것이다. 또한 自動 및 半作動 방식은, 中央컴퓨터 시스템과 마이크로 프로세서(MICRO PROCESSOR)에 의해 원격制御되는 컨테이너 처리機器로서, 컨테이너船舶에서 揚下된 컨테이너는 中間移送作業없이 船舶에서 藏置場으로, 大型의 YARD G/C 또는 컨테이너 컨베이어에 依해서 直接 移送되며, 컨테이너의 거동은 컴퓨터에 依해 制御, 統制되고, 重要位置에 設置된, 컨테이너의 位置와 狀態를 보여주는 컴퓨터 스크린(COMPUTER SCREEN)에 依해서 操縱된다.

부산컨테이너 터미날의 運營形態는 위에서 살펴본 여러 방식中 混合中繼 방식을 取하고 있으나, 典型的인 混合中繼 방식과는 달리, 輸出컨테이너 作業은 S/C로, 輸入컨테이너 作業은 T/C에 依하여 隨行되고 있는 것이 特徵이다.

### 2. 3 物動量 豫測

70年代 初 컨테이너輸送이 우리나라에서 처음 始作된 이후, 컨테이너 物動量은 經濟成長과 貿易伸張에 발맞추어 꾸준히 증가하여 왔다. 부산컨테이너 터미날의 物動量은 1978년 개장이 후 1985년 까지 年 18%의 증가추세를 보여왔고, 1986년에는 34%의 急激한 증가를 보였으며, 1987년도에는 상반기의 실적을 고려하면, 25% 이상의 증가가 豫상된다.

Table. 2-1. Trend of Container traffic.

(UNIT : 1,000 TEU)

YEAR	CONTAINER TRAFFIC
1978	35.2
1979	264.3
1980	284.0
1981	364.5
1982	418.0
1983	501.3
1984	661.5

1985	716.9
1986	960.5
1987	1,152.0
1988	1,382.4
1989	1,658.8
1990	1,990.6

1978-1986 : observed container traffic  
 1987-1990 : estimated container traffic

표(2-1)은 1978년 부터 1986년 까지 부산컨테이너 터미널이 처리한 컨테이너 物動量과 1987년 이후부터 釜山港 第3段階 開發事業의 完工豫定年度인 1990년 까지 컨테이너 物動量 예측치를 보이고 있다. 1987년 이후 컨테이너 物動量을 예측하기 위하여, 1978년 부터 1986년 까지의 컨테이너 物動量의 年平均 증가율을 계산한 결과 20%가 되었으며, 이를 基準으로 1987년 부터 1990년 까지의 年平均 증가율을 20%로 예측하였다.

그림(2-1)은 1985년 및 1986년도의 부산컨테이너 터미널의 전체처리物動量中 수출, 수입, 이선적 및 선내이적物量의 FULL 컨테이너와 空컨테이너의 比率을 보인다. 總物量中 수출 및 수입이 차지하는 比率은, 1985년도에 48.4%, 39.5%였고, 1986년도에 47.0%, 39.2%로 대체로 일정한 비율을 보이며 Full-컨테이너와 空컨테이너 비율이 1985년도에 74.2%,

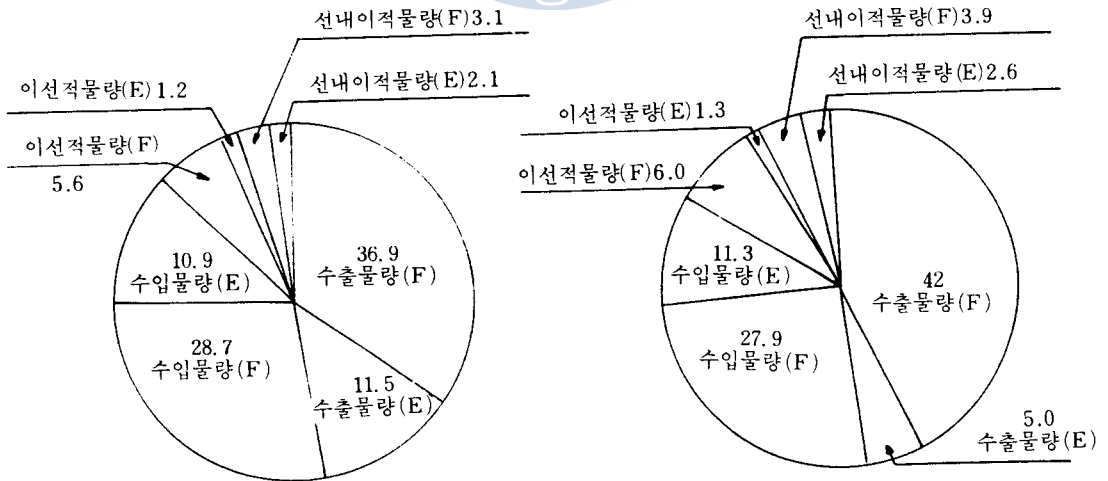


Fig. 2-1. Ratio of container traffic for export, import, T/S and restore



25.8%였고, 1986년도에 79.8%, 20.2%로서 FULL 컨테이너가 차지하는 比率이 증가하였음을 보인다. 이는 해당 항구에서의 선박의 積載可能空間은 制限되어 있는데 反하여, 수출物량은 急増함에 따라, 운항선사에서 空컨테이너 수출物량을 가능한 줄이는 대신에, FULL 컨테이너 수출물량을 증가시켰기 때문으로 여겨진다. 한편, 총처리 物量中 이선적物량과 船內移積物량이 차지하는 比率은, 1985년도에 6.8% 및 5.3%이고, 1986년도에 7.4% 및 6.4%로 큰 값을 차지함을 확인할 수 있다.

이러한 예측결과를 토대로 하여 年度別 예상物량을 계산하면 표(2-2)와 같다.

Table. 2-2. Estimated Container traffic(1987-1990)

(UNIT : 1,000 TEU)

YEAR	INCREASE RATE DESCRIPTION	20 %
87	EXPORT LOAD	585
	IMPORT LOAD	389
	EMPTY BOX	243
88	EXPORT LOAD	702
	IMPORT LOAD	466
	EMPTY BOX	292
89	EXPORT LOAD	843
	IMPORT LOAD	560
	EMPTY BOX	350
90	EXPORT LOAD	1,011
	IMPORT LOAD	672
	EMPTY BOX	420

한편, 부산컨테이너 터미널의 急激한 物動量의 增加가 代辯해 주듯이, 부산컨테이너 터미널을 利用하려는 컨테이너 船舶이 폭주하고 있는 것을 알 수 있다. 特히 부산컨테이너 터미널의 船席占有率은 실측 資料를 分析한 結果 1987년 6월 85%로서, 컨테이너 專用 터미널의 適正水準 50%를 초과하여, 부산컨테이너 터미널은 심각한 폭주상태임을 알 수 있다.

#### 2. 4 荷役作業能率

부산컨테이너 터미널의 하역작업형태는 선박하역작업, 야드반입반출작업, CFS적입출작업 및 鐵送반입반출작업 등이 있으며, 여기서는 컨테이너 터미널의 年産 生産庫와 직접 관련이 있는 선박하역작업을 시스템적인 觀點에서 분석해 보고자 한다.



먼저, 양하의 경우 그림(2-2)에서 볼 수 있듯이, 컨테이너가 선박으로부터 G/C에 의하여 양하되어 컨테이너야드 이송장비인 Y/T에 접속되고, 마지막으로 T/C(컨테이너인 경우는 F/L)에 의해 장치장에 장치되는 直列型三段階接續移送모델로 표시할 수 있으며, 적하의 경우는 逆順으로 생각하면 될 것이다.

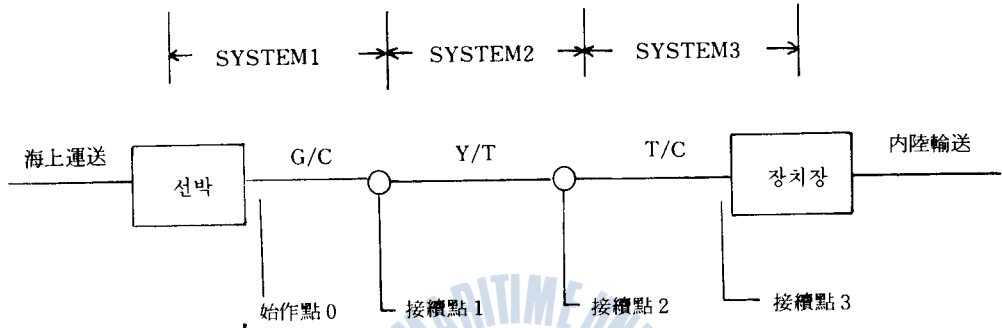


Fig. 2-2. A Three-transhipment for discharge work.

다음에 장비들의 接續關係에 대하여 살펴보면, 單一接續移送모델과 多段接續移送모델로 나눌 수 있으나, 부산컨테이너 터미널과 가장 접근하고 있는 모델은 多段接續移送모델로서 그림(2-3)은 多段接續移送모델의 TIME SEQUENCE를 보이고 있다.  $i$ 번째 시스템의 CYCLE TIME을 계산하기 위하여 다음과 같이 用語를 定義한다.

- $T_{n11}$  : 접속점  $i$ 에서 화물을 下車하는데 걸리는 접속시간
- $T_{n12}$  : 접속점  $i$ 에서 화물을 上車하는데 걸리는 접속시간
- $d_{ij}$  : 접속점  $i$ 와  $j$ 간의 거리
- $u_i$  : 접속점  $(i-1)$ 과  $i$ 간의 속력(화물을 積재한 상태)
- $v_i$  : 접속점  $(i-1)$ 과  $i$ 간의 속력(화물을 積재하지 않은 상태)
- $m_i$  : 접속점  $(i-1)$ 과  $i$ 간의 기동하는 차량(장비)의 수
- $w_i$  : 접속점  $(i-1)$ 과  $i$ 간에 기동하는 차량(장비) 1대의 積재능력

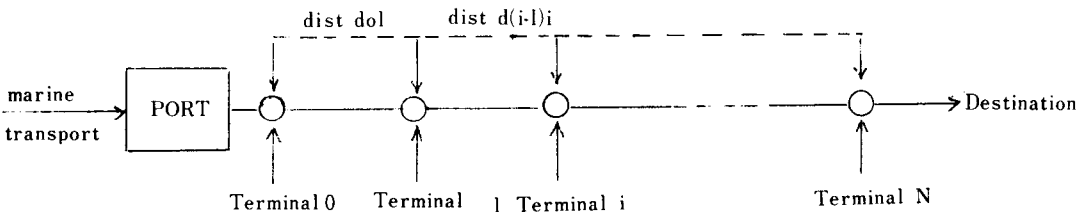


Fig. 2-3. Time sequence for a multitranshipment model.

그림(2-3)은 多段接續移送모델의 TIME SEQUENCE를 보이며,  $i$ 번째 시스템의 CYCLE TIME은 아래의 식으로 表現할 수 있다.

$$T_{wi} = T_{n(i-1)} \cdot 2 + T_{ni} \cdot 1 + d_{(i-1)} \cdot i \cdot (1/u_i + 1/v_i) \dots \dots \dots \text{式}(2-1)$$

$i$ 번째 SYSTEM의 차량보유수 適正置  $\tilde{m}_i$ 는

$$\tilde{m}_i = \left[ \frac{T_{wi}}{\max(T_{n(i-1)} \cdot 2, T_{ni} \cdot 1)} \right]$$

로 表現되며,  $i$ 번째 시스템의 移送能力을  $Z_i$ 라 하면

$$Z_i = \frac{W_i}{T_{wi}} \cdot m \quad (m_i \leq \tilde{m}_i \text{ 경우}) \dots \dots \dots \text{式}(2-2)$$

$$Z_i = \frac{W_i}{T_{wi}} \cdot \tilde{m}_i \quad (m_i > \tilde{m}_i \text{ 경우}) \dots \dots \dots \text{式}(2-3)$$

로 表現된다.

그런데 多段接續移送모델은 數個의 시스템이 直列型으로 연결되어 있으므로, 전체 시스템의 多送能力은 各各의 시스템의 移送能力中 最小能力에 의하여 決定되는 것이 特徵이다.

즉 全體시스템의 移送能率  $P$ 는

$$P = \min(z_1, z_2, \dots, z_i, \dots, z_N) \dots \dots \dots \text{式}(2-4)$$

但,  $z_i$  :  $i$ 번째 시스템

로 表現되므로, 全體시스템의 移送能率을 改善하기 위해서는 各 副次 시스템의 移送能率을 동시에 一定한 値로 改善시켜야 함을 알 수 있다.

그럼 多段接續移送모델을 부산컨테이너 터미날의 荷役作業시스템에 適用시켜, 船舶荷役作業을 揚荷作業과 積荷作業의 두 系統으로 分類하여 各 시스템의 回轉時期(CYCLE TIME)에 影響을 미치는 要因을 分析하고, 全體시스템으로서 선박작업能率을 改善하기 위한 方向을 提示하고자 한다.

i) 船舶揚荷作業

表(2-3)은 선박양하작업의 各 시스템에 影響을 미치는 要因이다. 시스템 1, 2 및 3의 차량(장비)기동 속력에 影響을 주는 要因은 장비의 機械的인 速力과 裝備技士의 熟練度이고, 시스템 1의 移送距離는 埠頭와 船艙間의 水平 및 水直移動距離로서 船舶의 제원에 따라서 變化하는 것으로서, 터미날 立場으로는 統制할 수 없는 요인이며, 시스템 2의 移送距離는 埠頭와 양하된 컨테이너가 장치될 장치장 블록間의 距離로서, 理論的으로는 船舶이 接岸해 있는 船席(BERTH)에서 최대로 隣接한 장치장 블록에 揚荷컨테이너를 藏置하도록 사전계획

Table. 2-3. Factor affecting to discharge work at B. C. T. O. C.

구간 DESCRIPTION	시 스템 1	시 스템 2	시 스템 3
	G/C	Y/T	T/C, F/L
장비의 적재능력	컨테이너 1VAN	컨테이너 1VAN	컨테이너 1VAN
장비의 속력	G/C 기사의 속련도	Y/T 기사의 속련도	T/C, F/L 기사의 속련도
이송거리	부두와 선창의 수평, 수직이동거리	부두와 장치장 블록간의 거리	T/P와 장치장간의 거리
접속시간	G/C 기사의 속련도	Y/T기사의 속련도	장치장의 포화도. T/C기사의 속련도

을 樹立하는 것이 最善일 것이며, 시스템 3의 移送距離는 장치장 搬出入帶와 藏置位置點間的 距離로서 거의 일정한 값이다.

시스템 1 및 2의 接續時間에 영향을 주는 要因은 G/C技士 및 Y/T技士의 熟練度이며, 시스템 3에서의 接續時間에 영향을 주는 큰 要因은 컨테이너 장치장에 장치된 컨테이너 장치량의 大小, 卽 T/C장치장의 飽和度이다. 揚荷된 컨테이너를 장치할 여유 공간이 적을수록, 장치공간을 찾아 장치하는 데 소요되는 時間(接續時間)은 反比例하여 커질 것이다.

ii) 船舶積荷作業

表(2-4)은 선박적하작업의 各 시스템에 영향을 주는 要因이다. 시스템 2 및 3은 선박양하작업의 시스템 2 및 1과 동일하므로, 여기서는 선박양하작업의 各 시스템에 영향을 주는 요인과 相異한 요인에 대해서 考察, 分析한다.

시스템 2의 移送距離는 積荷될 컨테이너가 장치된 블록과 컨테이너가 積荷될 船舶間的 距離로서, 장치된 블록과 船席間的 距離를 最小化하는 것이 목적이 되므로, 이것은 야드운영과 船舶운영中 어느 한쪽을 먼저 確立하고, 다른 것을 그것에 近接시키는 原則에서 부터 출발해야 할 것이다. 여하튼 야드운영과 船席운영을 하나로 잇는 作業組織의 一元化가 移送距離의 最小化의 측면에서는 가장 바람직하나, 광범위한 資料分析, 代案設定 및 면밀한 評價가 先行되어야 할 것이다.

**Table. 2-4. Factor affecting to load work at B. C. T. O. C.**

구간 DESCRIPTION	시 스템 1	시 스템 2	시 스템 3
이적장비의 종류	S/C, F/L	Y/T	G/C
장비의 적재능력	컨테이너 1VAN	컨테이너 1VAN	컨테이너 1VAN
장비의 속력	S/C, F/L 기사 의 숙련도	Y/T기사의 숙 련도	G/C기사의 숙 련도
이 송 거 리	장치장과 T/P 간의 거리	부두와 장치간의 거리	부두와 선창의 수평, 수직 이 동거리
접 속 시 간	마살링 정도. 장 치장 컨테이너산 포도	Y/T 기사의 숙 련도	G/C 기사의 숙 련도

시스템 1의 接續時間에 영향을 주는 要因은, 積荷될 컨테이너의 야드할당, 마살링(또는 ASSIGNMENT) 및 블록散布度 등의 장치장 管理정도이다. 해당선사로 부터 해당선박의 도착전에 정확한 物動量의 정보를 接受한 후, 적절히 장치장을 해당 船舶別로 割當하여, 컨테이너의 장치散布度を 最小로 하고, 搬入된 컨테이너를 목적지, 規格, 중량別로 分類하여 마살링(또는 ASSIGNMENT)을 實施하면, 接續時間은 最小로 될 것으로 보인다. 따라서, 장치상內 컨테이너의 最適配置問題는 接續時間의 最小化라는 目的函數를 해결하는 問題가 될 것이다.

시스템 1, 2 및 3의 移送能力을  $Z_{k(d1)}$ ,  $Z_{k(d2)}$ ,  $Z_{k(d3)}$ 라고 하면 全體 적하(양하)작업능력  $P_{k(d)}$ 은 다음과 같이 表現할 수 있다.

$$P_{k(d)} = \min(Z_{k(d1)}, Z_{k(d2)}, Z_{k(d3)}) \dots \dots \dots \text{式}(2-5)$$

부산컨테이너 터미날의 S/C, T/C, G/C 및 Y/T의 장비기사를 대상으로 설문조사를 실시해서 구한 각 장비의 回轉時間을 表(2-5)에서 보인다.

선박작업의 경우, 각 장비별 回轉時間이 여러가지 要因에 따라 일정한 범위內에서 변동하는 것을 알 수 있으며, 특히 Y/T의 경우 回轉時間은 이동거리에 따라 변하므로, 변동범위가 큼을 알 수 있다. G/C의 回轉時間은 S/C 및 T/C의 回轉時間에 비해 상대적으로 적으며

로, 作業능률이 큰데 反하여, S/C 및 T/C의 回轉時間이 이에 미치지 못하므로, G/C의 作業능률을 충분히 活用하지 못하고 있음을 알 수가 있다.

**Table. 2-5. Cycle time of each equipment for vessel work & yard work.**

(UNIT : minute)

KIND EQ	VESSEL WORK	YARD WORK
G/C	1.7 - 2.4	-
S/C	2.4 - 4	4
T/C	2.4 - 4	4
Y/T	7.5 - 12	

*(60 x 20 x 350) = 420,000 x 0.8  
 " / 9.5 = 2,600,000  
 " / 12 = 1,288,800*

제 3 장 시뮬레이션에 의한釜山컨테이너 터미널의 生産能力 分析

3. 1 問題의 記述

3. 1. 1 터미널內的 컨테이너 흐름

그림(3. 1)은 釜山컨테이너 터미널의 흐름圖이다. 輸出컨테이너의 흐름을 살펴보면, 부산외곽 지역에 散在해 있는 OFF-DOCK CY나 送荷主의 工場에서 直接 터미널의 GATE 또는 鐵送시설로 通하여 터미널內에 搬入된다. 搬入된 컨테이너중 FCL(Full container load) 컨테이너는 수출컨테이너 장치장에 장치, 保管되고, LCL貨物은 터미널內에 位置한 CFS에서 空컨테이너에 積込된 후 수출컨테이너 장치장에 장치, 保管되며, 空컨테이너는 空컨테이너 장치장에 保管된다. 일정기간 동안 保管후 해당선박이 입항하면 선적된다.

輸入컨테이너의 흐름을 살펴보면, 揚荷된 컨테이너중 FCL 컨테이너는 수입컨테이너 장치장에 藏置, 保管되며, LCL컨테이너는 CFS로 移送되어 DEVANNING되며, DEVANNING된 空컨테이너와 양하된 空컨테이너는 空컨테이너 장치장으로 移送되어 수일 保管된 후, OFF-DOCK CY나 受荷主의 搬出 要請이 있을 時, GATE 또는 鐵送시설을 通하여 內陸으로 輸送된다.



揚荷된 이선적(TRANSSHIPMENT) 컨테이너는 S/C 장치장으로 移送되어 수일간 保管되며, 해당 선박이 입항하면 船積된다.

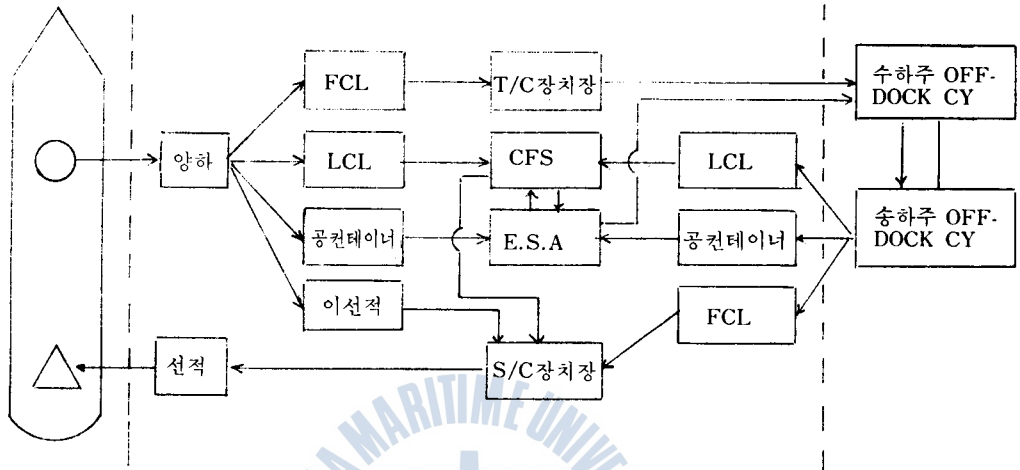


Fig. 3-1. Container flow diagram at B. C. T. O. C.

### 3. 1. 2. 曜日別 컨테이너 流入量의 統計的 特性

터미널내로 컨테이너가 流入되는 經路는 GATE搬入, 鐵送搬入, LCL컨테이너의 CFS搬入, 선박으로부터 揚荷 및 이선적이다. 1986년 3월부터 9월까지 및 1987년 1월부터 8월까지 B. C. T. O. C.의 實測 DATA를 分析하여 각각의 컨테이너 流入量을 求해 보면, 국전산사의 曜日別 平均 GATE 搬入量은 월요일 454TEU, 화요일 337TEU, 수요일 310TEU, 목요일370TEU, 금요일 367TEU, 토요일 430TEU, 일요일 335TEU, 월요일이 가장 많고, 수요일이 가장 적은 것으로 나타났으며, 曜日전체에 걸쳐서  $x^2$  檢定으로, 實測資料와 Erlangian 分布와의 適合度를 檢定한 結果, 曜日 전체가 95%의 信賴度를 보인다.

그림(3. 2)은 월요일과 수요일의 국적선 GATE搬入量의 實測資料와 Erlangian 分布를 比較하고 있으며, 월요일의 경우 자유도 12에서  $x^2=9.22<21.02$ 로서 95%의 信賴度를 보이며, 수요일의 경우 자유도 9에서  $x^2=2.54<16.92$ 로서 역시 95%의 信賴度를 보인다.

외국전선사의 曜日別 平均 GATE搬入量은 월요일 762TEU, 화요일 1010TEU, 수요일 995TEU, 목요일 940TEU, 금요일 1297TEU, 토요일 1495TEU, 일요일 1470TEU로, 토요일이 가장 많고, 월요일이 가장 적은 것으로 나타났으며, 요일 전체에 걸쳐서  $x^2$  檢定으로, 實測資料와 Erlangian 分布와의 適合度를 檢定한 結果, 曜日 전체가 95%의 信賴度를 보인다.

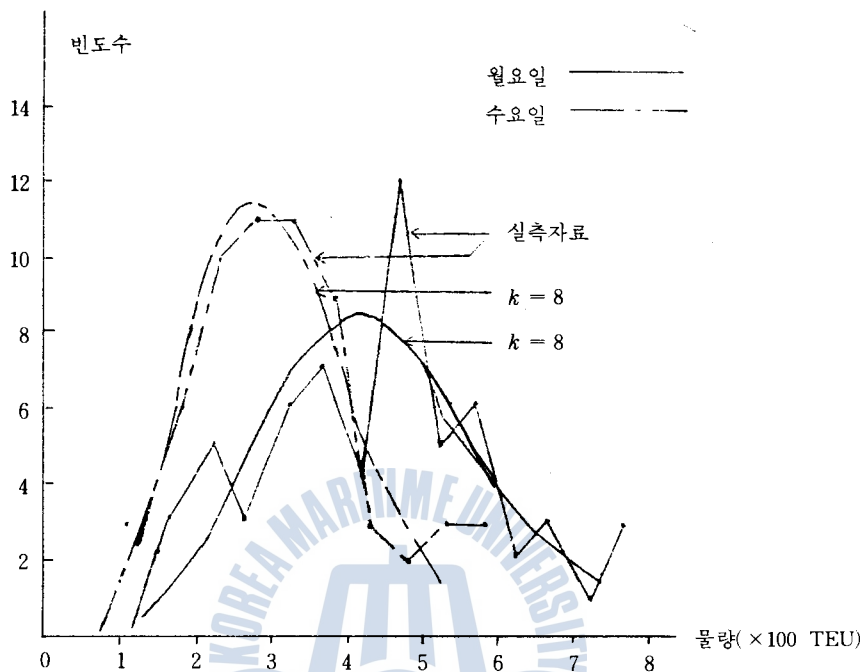


Fig. 3-2. Configuration of GATE-IN Container Volume for national carrier line.

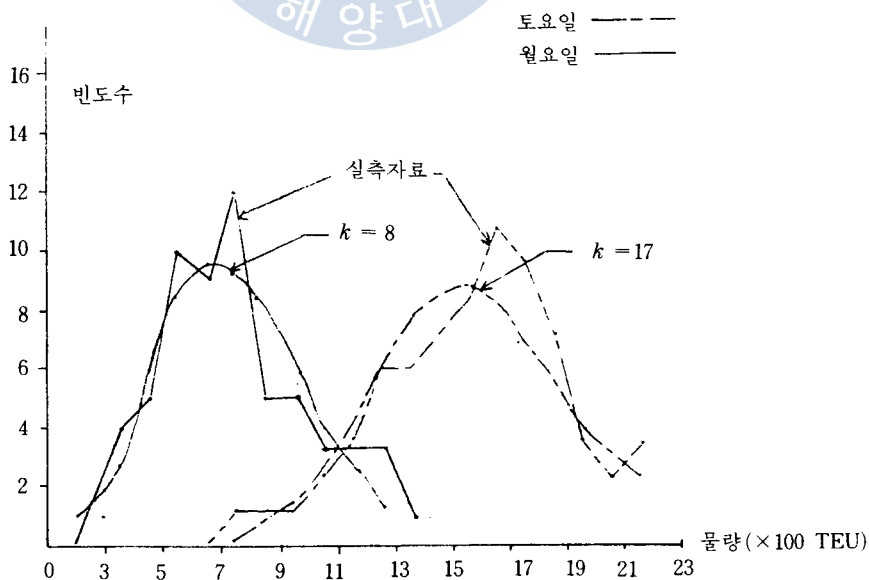


Fig. 3-3. Configuration of GATE-IN Container Volume for foreign carrier line.



그림(3. 3)은 월요일과 토요일의 외국적선 GATE搬入量의 實測資料와 Erlangian 分布를 比較하고 있으며, 월요일의 경우, 自由度10에서  $x^2=3.83<13.31$ 로서 95%의 信賴度를 보이며, 토요일의 경우 自由度14에서  $x^2=9.49<23.68$ 로서 역시 95%의 信賴度를 보인다.

LCL컨테이너의 曜日別 平均 CFS搬入量은 월요일 23TEU, 화요일 39TEU, 수요일 25TEU, 목요일 19TEU, 금요일 19TEU, 토요일 및 일요일의 각각 18TEU로, 화요일이 가장 많고, 토요일 및 일요일이 가장 적은 것으로 나타났으며, 요일 전체에 걸쳐서  $x^2$  檢定으로, 實測資料와 Erlangian 分布와의 適合度를 檢定한 結果, 曜日 전체가 95%의 信賴度를 보인다.

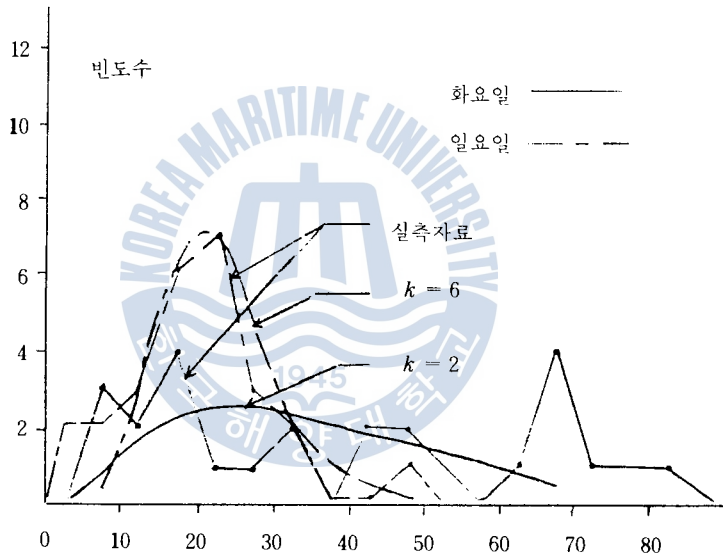


Fig. 3-4. Configuration of C. F. S.—IN Container Volume

그림(3. 4)은 화요일과 일요일의 CFS搬入量의 實測資料와 Erlangian 分布를 比較하고 있으며, 화요일인 경우 自由度15에서  $x^2=21.44<24.99$ 로서 95%의 信賴度를 보이며, 일요일인 경우 自由度9에서  $x^2=5.11<16.92$ 로서 역시 95%의 信賴度를 보인다.

曜日別 平均 鐵送搬入量은 월요일 25TEU, 화요일 24TEU, 수요일 41TEU, 목요일 33TEU, 금요일 59TEU, 토요일 67TEU, 일요일 80TEU로, 일요일이 가장 많고, 화요일이 가장 적은 것으로 나타났으며, 요일 전체에 걸쳐서  $x^2$ 檢定으로, 實測資料와 Erlangian分布와의 適合度를 檢定한 結果, 요일 전체가 95%의 信賴度를 보인다.

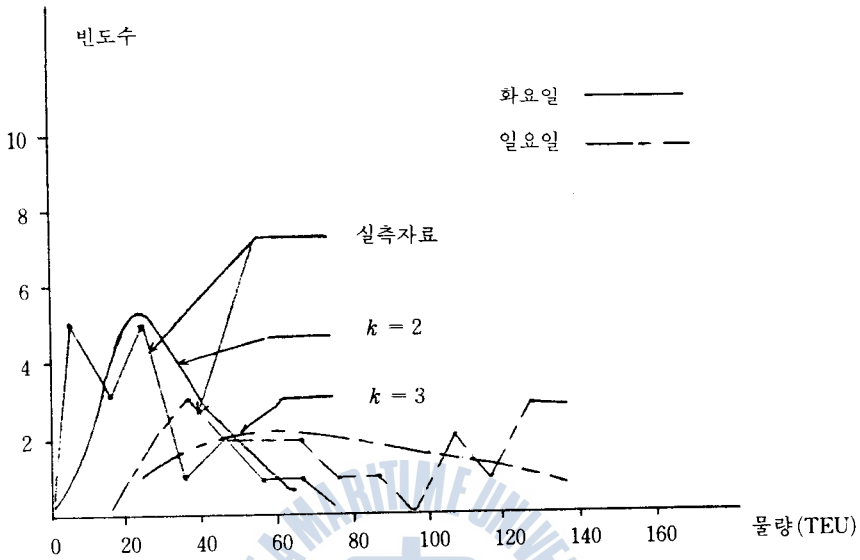


Fig. 3-5. Configuration of RAIL-IN Container Volume

그림(3. 5)은 화요일과 일요일의 鐵送搬入量의 實測資料와 Erlangian分布를 比較하고 있으며, 화요일인 경우 自由度6에서  $\chi^2=2.45 < 12.59$ 로서 95%의 信賴度를 보이며, 일요일인 경우 自由度11에서  $\chi^2=9.08 < 16.97$ 로서 역시 95%의 信賴度를 보인다.

국적선사의 요일별 平均揚荷量은 월요일 685TEU, 화요일 119TEU, 수요일 267TEU, 목요일 115TEU, 금요일 270TEU, 토요일 243TEU, 일요일 208TEU, 월요일이 가장 많고, 화요일이 가장 적은 것으로 나타났으며, 요일 전체에 걸쳐서  $\chi^2$ 檢定으로, 實測資料와 Erlangian分布와의 適合度를 檢定한 結果, 요일 전체가 5%의 有意水準을 滿足치 못하여 棄却된다.

그림(3. 6)은 월요일과 목요일의 국적선 揚荷量의 實測資料와 Erlangian分布를 比較하고 있으며, 월요일의 경우 자유도14에서  $\chi^2=27.4 > 23.68$ 로서 5%의 有意水準을 滿足치 못하여 棄却된다.

외국적선사의 요일별 平均揚荷量은 월요일 955TEU, 화요일 617TEU, 수요일 723TEU, 목요일 579TEU, 금요일 734TEU, 토요일 991TEU, 일요일 863TEU로, 토요일이 가장 많고, 목요일이 가장 적은 것으로 나타났으며, 요일 전체에 걸쳐서  $\chi^2$ 檢定으로, 實測資料와 Erlangian分布와의 適合度를 檢定한 結果, 요일 전체가 95%의 信賴度를 보인다.

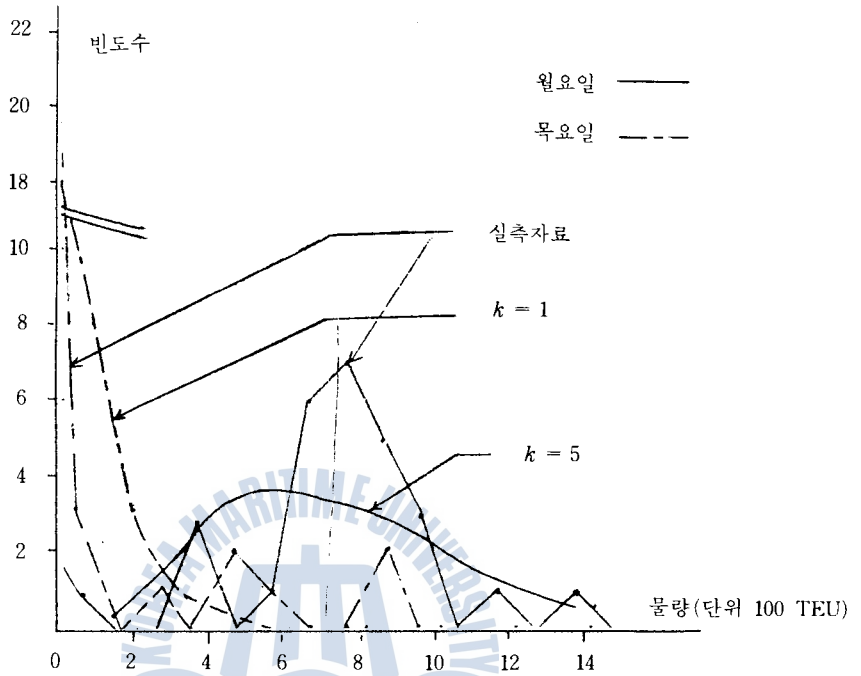


Fig. 3-6. Configuration of discharge Container Volume for national carrier line.

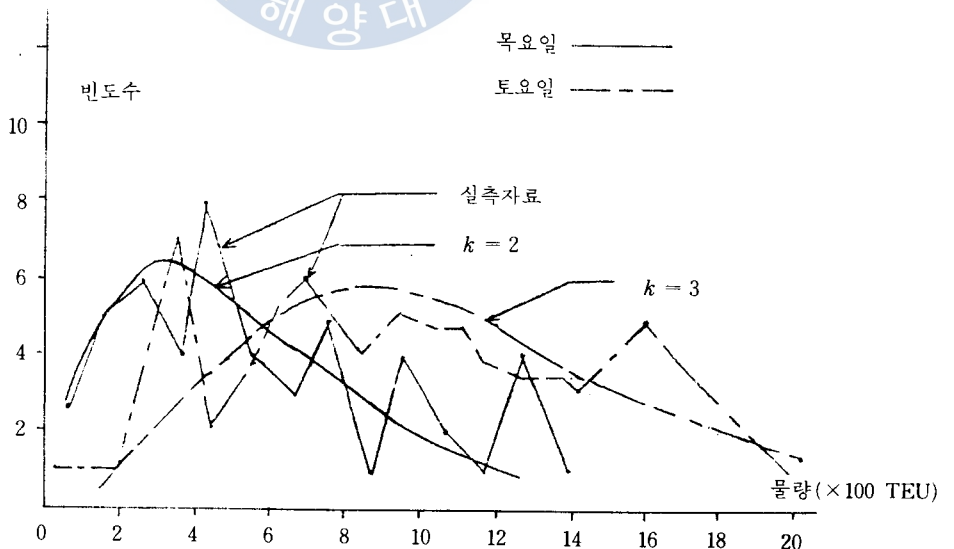


Fig. 3-7. Configuration of discharge Container Volume for foreign carrier line.

그림(3. 7)은 목요일과 토요일의 외국적선사 揚荷量의 實測資料와 Erlangian分布를 比較하고 있으며, 목요일의 경우 自由度13에서  $x^2=14.5 < 22.36$ 로서 95%의 信賴度를 보이며, 토요일의 경우 自由度20에서  $x^2=24.2 < 31.41$ 로서 역시 95%의 信賴度를 보인다.

요일별 평균 이선적량은 월요일 73TEU, 화요일 47TEU, 수요일 78TEU, 목요일 88TEU, 금요일 106TEU, 토요일 93TEU, 일요일 61TEU로, 금요일이 가장 많고, 화요일이 가장 적은 것으로 나타났으며, 요일 전체에 걸쳐서  $x^2$ 檢定으로 實測資料와 Erlangian分布와의 適合度를 檢定한 結果, 요일 전체가 5%의 有意水準을 滿足치 못하여 棄却된다.

그림(3. 8)은 화요일과 금요일의 이선적량의 實測資料와 Erlangian分布를 比較하고 있으며, 화요일의 경우 자유도 12에서  $x^2=37.74 > 21.02$ 로서 5%의 有意水準을 滿足치 못하여 棄却되며, 금요일의 경우 자유도 16에서  $x^2=28.43 > 26.29$ 로서 5%의 有意水準을 滿足치 못하여 棄却된다.

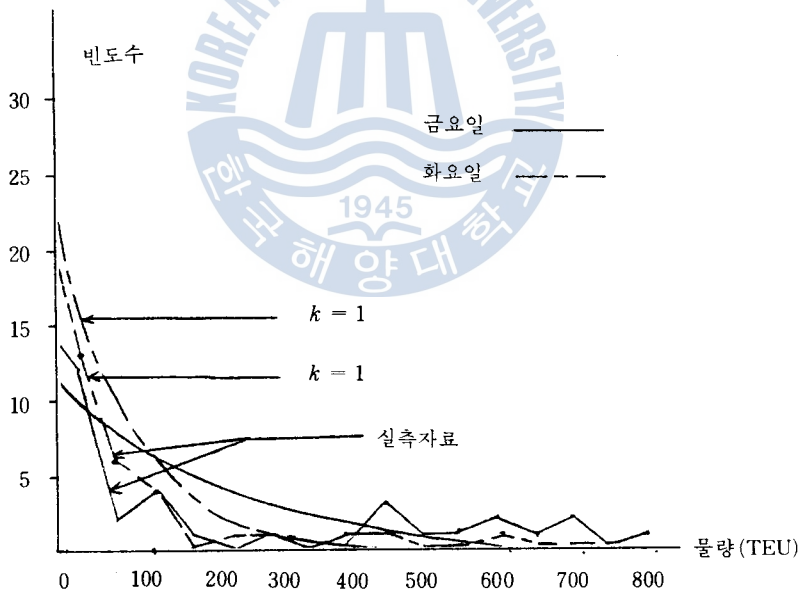


Fig. 3-8. Configuration of T/S discharge Container Volume

### 3. 1. 3 터미널內에서의 時間遲延

터미널內에서의 컨테이너 時間遲延이란, 컨테이너가 터미널內로 流入된 후, 터미널外로 流出될 때 까지, 터미널內에서 保管되는 時間(일수)을 말하는 것으로, 이는 터미널의 許容藏置日數(FREE PERIOD) 및 許容藏置日數 경과후에 附加되는 效率等の 要因에 依해 變動된다.

Table. 3-1. Free Period at B. C. T. O. C.

KINDS	SHIPPING COMPANY	FREE PERIOD(DAYS)	
		EXPORT	IMPORT
CY	NATIONAL	15	15
OLT	CONTRACTED	5	7
MARSHALL	FOREIGN	4	5

釜山컨테이너 터미널에서 現在 시행하고 있는 許容藏置日數는 표(3-1)에서 보이는 것처럼 세가지 類型이 있으며, 국적선사와 외국선사가 현저하게 相異하다. 이 相異로 因하여 국적선사와 외국적선사의 實際 장치량의 比率과 야드占有率間에 심한 不均衡을 보이는 것은 잘 알려져 있는 사실이다.

표(3-2)은 現行許容藏置日數下에서 국적선사와 외국적선사와 장치현황의 詳細를 보인다. 1986年 8月부터 1987年 5월까지의 釜山컨테이너 터미널의 實測資料를 平均한 값으로서, 國籍船의 平均장치일수는 수출이 3.1日, 수입이 6.6日이며, 外國籍船의 平均장치일수는 수출이 1.9日, 수입이 2.3日로 國籍船과 外國籍船의 許容藏置日數의 相異로 因하여 平均藏置日數가 현저한 차이를 보이고 있음을 알 수 있다.

Table. 3-2. Yard stacking status

단위(%)

장치일수 구분		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
		국적선	수입	22.8	7.5	6.2	5.9	5.9	5.4	5.0	5.0	5.3	5.2	4.9	4.2	5.0	6.2
수출	32.0		25.8	13.4	8.8	5.9	3.9	2.7	1.7	1.6	1.2	1.1	0.5	0.3	0.2	0.2	0.7
외국적선	수입	43.4	20.1	14.1	11.5	7.8	3.1										
	수출	39.9	42.8	10.9	3.3	1.5	1.6										

(1987. 1月 ~ 1987. 6月)

國籍船의 平均藏置日數 단축을 유도하기 위하여, 國籍선의 許容藏置日數를 現行 수출/수입 공히 15日에서 7日도 단축할 경우, 現行 裝치현황을 토대로한, 수입 및 수출의 藏置現況의 豫상을 표(3-3)에서 보인다. 수출의 平均裝치일수는 2.9日, 수입은 4.1日로서 수출의 平均裝치일수는 별로 단축이 되지 않으며, 수입의 경우는 약 37%의 단축이 豫상된다.

(단위 : %)

장치일수		구분							
		1	2	3	4	5	6	7	8
國 籍 線	수입	23	11	11	11	11	11	11	11
	수출	32	25	14	10	5	5	5	4
외국적선	수입	43.4	20.1	14.1	11.5	7.8	3.1		
	수출	39.9	42.8	10.9	3.3	1.5	1.6		

急增하는 컨테이너 物動量으로 因한 藏置能力의 不足을 改善하기 위해, 外國船社의 保稅運送制度를 폐지하고, 國籍선사에도 外國선사와 동일한 許容藏置日數를 適用하면, 國籍선사의 裝치현황은 外國선사와 同一하게 될 것이다. 尙後 계속된 컨테이너 物動量 增加時, 裝치능력을 증가시키기 위하여, 許容藏置日數의 短縮을 考慮해야 할 것이며, 수출/수입을 3/4일로 단축할 경우, 現行 外國선사의 裝치현황을 토대로한 藏置日數 現況의 豫想을 표(3-4)에 나타낸다.

Table. 3-4. Estimated yard stacking status

(단위 : %)

장치일수		구분				
		1	2	3	4	5
수	입	40	25	20	10	5
수	출	40	40	18	2	0

수출의 平均藏置日數는 1.8日이며, 수입의 경우는 2.2日로서, 현행 평균장치일수에 비해 큰 폭으로 短縮됨을 알 수 있다.

한편, 야드生産高는 야드에 장치되는 수출입 컨테이너의 總量을 말하는데, 年生産高는 式 (3. 1)으로 求해진다.

$$V_{ann} = \frac{C_o}{D_t} \times 365 \dots\dots\dots \text{式 (3. 1)}$$

但,  $C_o$  : 운영상의 장치능력 (TEU)

$D_t$  : 평균장치기간 (日)

현행 許容藏置日數하에서의 YARD 生産高와, 수출/수입 3/4일로 단축시켰을 경우의 야드 생산고를 比較해 보면, 수출장치장의 경우는 현행 年 야드生産高 136만 TEU에서 159만 TEU로 약 17%가 增加될 것이며, 수입장치장의 경우는 현행 66만 TEU에서 94만 TEU로 약 42%가 증가될 것이다.

釜山컨테이너 터미날의 S/C장치장 및 T/C장치장의 일시장치능력과 運營上的 장치능력은 아래 표 (3-5)에서 보인다.

**Table. 3-5. Stacking capacity at B. C. T. O. C**

STACK AREA	HOLDING CAP.(TEU)	OPERATING CAP.(TEU)
EXPORT LOAD	10,462	7,846
IMPORT LOAD	7,536	5,652

3. 1. 4 터미날內 컨테이너 在庫量

앞 節 3. 1. 1에서 살펴 보았듯이, 컨테이너 흐름은 貯水池에 비유할 수 있으므로, 터미날內로 流入된 컨테이너는 터미날內에서 일정기간 정지(보관) 후 터미날外로 流出된다. 따라서 컨테이너 在庫量은 컨테이너 流入量과 터미날內에서의 시간지연(장치기간)에 따라 變動한다.

즉 컨테이너 在庫量을 S라고 하면

$$S_i = S_{i-1} + I_i - \sum_{N=1}^i (I_N \times \beta_N) \dots\dots\dots \text{式 (3. 2)}$$

但,  $S_i$  : i日의 컨테이너 在庫量



$I_i$  :  $i$ 일의 컨테이너 流入量

$\beta$  : 컨테이너 流出比率

로 表現할 수 있다.

위 식(3-2)에서 컨테이너 在庫量을 減少시키기 위해서는, 流入된 컨테이너의 터미널內 시간지연을 最小化하므로써, 流出量을 最大化하는 것이 必要함을 알 수 있다.

### 3. 1. 5. 裝備의 稼動率

그림(3-9)은 부산컨테이너 터미널의 主要荷役裝備인 G/C, T/C, 및 S/C의 經過年數別 수리건수의 特性을 보인다. G/C의 경우, 현재 보유하고 있는 8台 중 第1 GROUP(#121, 122, 113 및 114)은 第2 GROUP(#116, 117, 118 및 119)에 비해 經過年數가 큰 데도 수리건수가 적은 것을 보이고 있으며, 이는 2 GROUP의 製造會社가 相異하여, G/C의 機械的인 性能 및 強度上에 차이를 보임을 알 수 있으며, T/C와 S/C의 경우, 예방정비강화로 因하여 수리건수가 줄어드는 特性을 보인다.

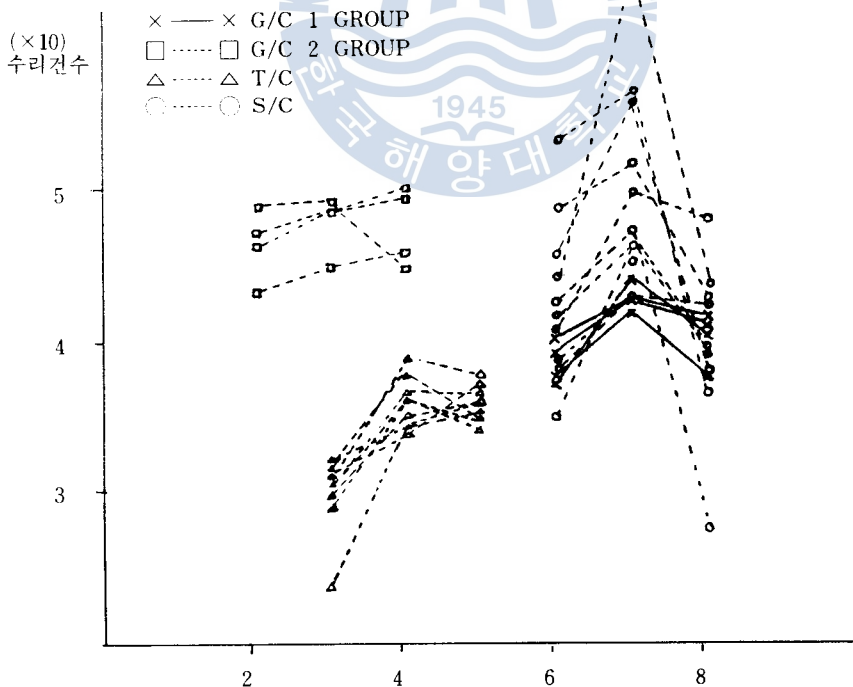


Fig. 3-9. Distribution of Nos. of break-down for G/C, S/C & T/C.

한편, 그림(3-10)와 그림(3-11)을 G/C, T/C 및 S/C의 經過年數別 수리시간의 特性을 보인다. G/C의 경우, 故障率曲線의 典型的인 形態인 BATH TUB CURVE와<sup>18)</sup> 유사한 特性을 보이고 있으며, 向後 年數가 經過할수록 수리시간이 증가할 것이다. 또, 수리건수와 마찬가지로, 2 GROUP의 수리시간이 相異한 特性을 보이고 있음을 確認할 수 있다.

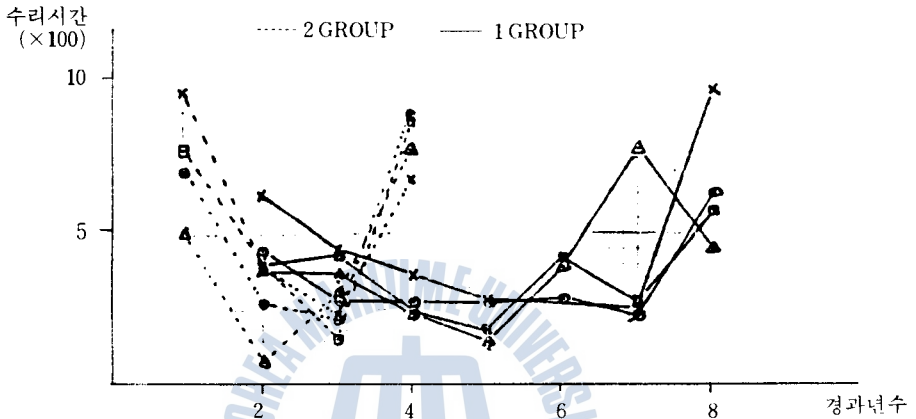


Fig. 3-10. Distribution of repair time for G/C

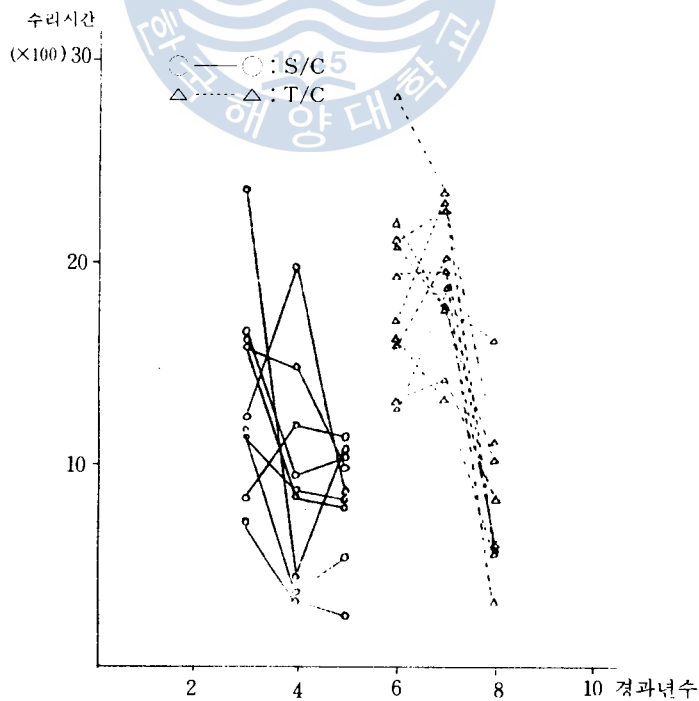


Fig. 3-11. Distribution of repair time for S/C and T/C

지금까지 수집된 資料는 各 裝備의 稼働率 패턴(PATTERN)을 明確히 추출하기에는 어려울 정도로 부족한 상황이고, 또 최근 예방정비강화로 因하여 稼働率이 현저히 증가하는 特性을 보이기 때문에, 本 論文에서는 稼働率을 算定하는데 위의 資料를 고려하지 않고, S/C 및 T/C의 稼働率을 1986년도치 80%가 算定하였다.

### 3. 2 시뮬레이션에 의한 現行 生産能力의 分析

#### 3. 2. 1 G/C船舶荷役能力(VESSEL STEVEDORE CAPACITY)

船舶荷役能力은 積揚下機器인 젠트릭크레인의 作業能力을 말하는 것으로, 年間 컨테이너 處理量과 輸出入物動量의 生産庫는 各各式(3-3)와 式(3-4)를 利用하여 求할 수 있다.

$$V_{stev} = A \cdot N \times R \times E \times O \times W \times \alpha \dots\dots\dots \text{式}(3-3)$$

但,  $V_{stev}$  : 年間 컨테이너 處理量       $N$  : 크레인數

$A$  : 크레인 利用率       $E$  : 크레인 使用率

$R$  : 純時間當 크레인能率       $\alpha$  : TEU/VAN 比率

$O$  : 船席占有率

$W$  : 년간가동시간

$$V_{ei} = V_{stev} \times \beta \dots\dots\dots \text{式}(3-4)$$

但,  $V_{ei}$  : 年間 輸出入物動量

$\beta$  : 全處理量中 輸出入物動量의 比率

上記 式(3-3)에서 크레인數와 크레인利用率은 相互중속관계에 있는 것으로서, 크레인數를 增加할수록 크레인의 IDLE TIME이 增加하므로 크레인利用率은 低下된다. 卽, 한 船舶에 2台 以上の 크레인으로 荷役作業을 할 경우, 크레인間의 作業종료시간의 不均衡으로 因하여 早期에 荷役作業이 끝난 크레인으로 隣接해 있는 船舶의 荷業作業을 支援할 수 없을 경우에 IDLE TIME이 發生한다. 實測 DATA를 分析한 結果, 現行 젠트릭크레인 8台인 경우의 크레인利用率은 97%로 確認되었으며, 젠트릭크레인 增設時 크레인利用率은 보다 減少될 것으로 생각된다.

船席占有率과 純時間當 크레인能率은 一見 相互중속관계에 있는 것으로 보이나, 實은 부산 컨테이너 터미널의 경우, 장치능력의 不足으로 因해 物動量이 增加하면 船席占有率이 增加할 것이고, 따라서, 장치능력의 不足現況을 招來하여 純時間當 크레인能率은 低下되는 것으로, 만일 장치능력이 充分하면 船席占有率과 純時間當 크레인能率은 相互 獨立의인 關係에 있다.

크레인 使用率は 船舶이 接岸하여 離岸할 때까지의 總 接岸時間中 크레인 故障시간, BREAK BULK작업시간, 식사시간 및 惡天候 等으로 因한 作業中斷時間을 뺀 純컨테이너 作業時間의 比率로서, 1986년 및 1987년 1月~6月의 實測 DATA를 分析하여 求한 결과, 1986년 및 1987년의 크레인 使用率は 각각 79.5%, 80.4%였고, 作業中斷時間中 食事時間으로 因한 것이 각각 13.5%, 14.1%로서 큰 比率를 차지함을 알 수 있다. 食事時間으로 因한 作業中斷이 發生하지 않도록, 現行 SHIFT制度를 적절히 改善하면, 크레인 使用率は 87%以上 94%까지 增加가 可能함을 알 수가 있다.

以上으로, 크레인數, 純時間當 크레인能率, 크레인 使用率 및 船席占有率은 相互 獨立變數이므로 年間 컨테이너 처리량은 式(3-3)으로 表現할 수 있다.

그림(3-12)은 船席占有率을 70%로 두었을 때, 크레인사용율을 各各 80%, 87% 및 94%로 變化시켰을 경우의 年間 컨테이너 처리량과 수출입 物量을 보이고 있으며, 순시간당 크레

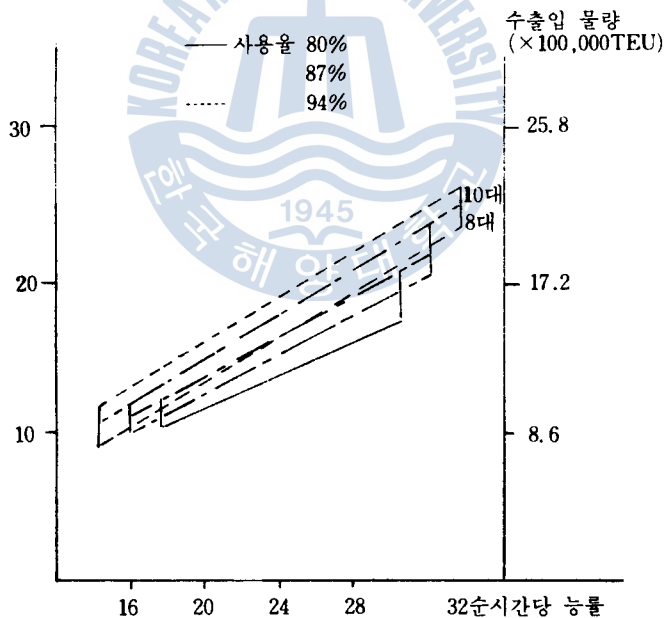


Fig. 3-12. G/C수, G/C사용율 및 순시간당 G/C능력에 의한 年間 컨테이너 처리량의 感度 分析

인 능률을 26개/시간으로 잡고, 크레인 사용율을 현재 80%에서 87%, 94%까지 증가시키면, 年間처리량을 160만 TEU以上 170만까지 增加시킬 수 있으며, 수출입 物量을 138만 TEU以上 150만 TEU까지 增加시킬 수 있음을 보인다. 한편 G/C 1台을 增設할 경우, 年間

처리량을 176만 TEU以上 190만 TEU까지 증가시킬 수 있으며, 수출입物量을 150만 TEU이상 160만 TEU까지 增加시킬 수 있으며, G/C 2 台을 增設할 경우, 그 比率만큼 年間처리량 및 수출입物量은 증가시킬 수 있을 것이다. 현재 부산컨테이너 터미널의 선석점유율은 80%를 초과하여 90%까지 육박하고 있으므로 因하여, 컨테이너 선박의 체선현상이 심화되고 있는 실정이며, 선박체선의 측면을 무시한 터미널운영의 측면만을 강조하여 船席占有率을 80% 및 90%로 하여 계산하면, 年間처리량 및 수출입物量은 그 比率만큼 增大가 가능할 것이다. 그러나 터미널의 총처리능력의 증대는, G/C에 依한 船舶荷役作業能力의 증대만으로는 不可能하며, 여타 副次시스템의 能力이 G/C작업능력에 부합될 때 全體 터미널의 能力은 增大될 것이다.

### 3. 2. 2 藏置能力 및 移積能力

시물레이션의 主要變數인 컨테이너 流入量 中, GATE 搬入量, CFS搬入量, 鐵送搬入量 및 外國籍船揚荷量은 3. 1. 2 節에서 確認한 것처럼 Erlangian分布를 發生시키고, 國籍船揚荷量 및 이선적 양하량은 一樣亂數(Uniformal distribution Random Number) 分布發生에 의한 累積分布를 발생시켜, 1987년 예상물동량 120만 TEU를 基準으로 하여, 터미널內 FULL 컨테이너의 一日在庫量(장치량)을 計算하였으며, 컨테이너 流入量 및 流出量을 移積하는데 必要한 移積裝備의 適正保有台數를 計算하였다. 空컨테이너는 回轉率이 빠르므로, 本論文에서는 空컨테이너의 장치능력 및 移積能力의 分析은 제외하였다.

本論文에서는 BASIC을 使用하여 시물레이션을 施行하였으며, 그 흐름도를 그림(3-13)에 보인다.

흐름도의 內容은 다음과 같다.

#### i) 初期化 段階

시스템의 初期在庫量(장치량)을 적절한 在庫量이 차있는 상태로 두며, 初期在庫量을 몇개의 값으로 變化시켜 시스템의 結果를 導出시킨다. 시스템의 始作日前的 流入量은 그 曜日의 平均流入量을 初期值로 設定한다.

#### ii) 一日別 曜日 탐색

시스템의 始作日을 17로 하여, 일수를 7로 나누어 나머지가 1인 일수로 월요일, 나머지가 2일 일수는 화요일로, 계속해서 나머지가 6인 일수는 토요일, 나머지가 0인 일수는 일요일로 간주하여 수요일에서 始作하여 일수가 하루 增加하므로 목요일이 되도록 한다.

#### iii) 요일별 컨테이너 流入量 發生

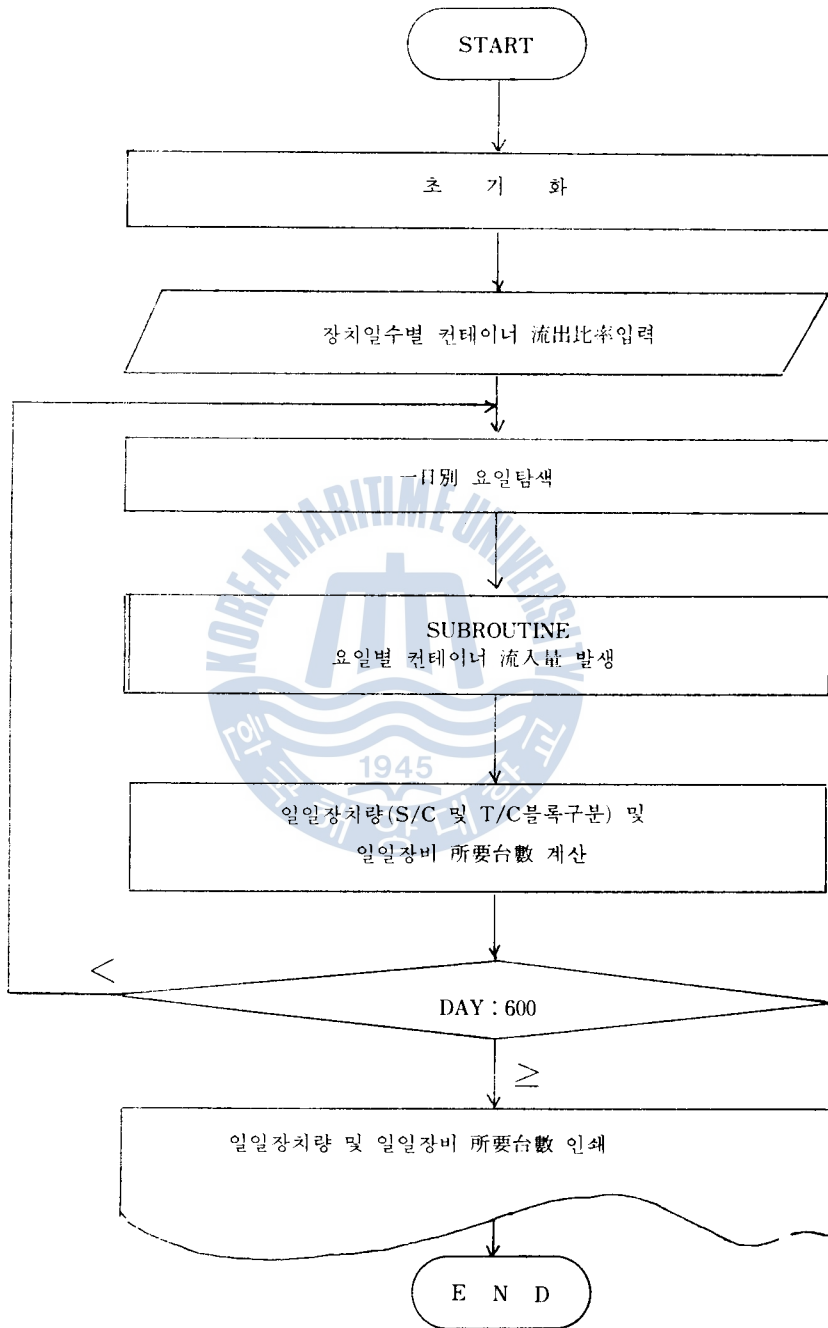


Fig. 3-13. Flow chart for programming

一日별 曜日 탐색이 끝나면, 그 요일의 컨테이너 流入量 발생 SUBROUTINE로 가서 그 날의 각 流入量을 발생시킨다.

iv) 일일 장치량 및 일일장비 所要數 計算

式(3-2)에 依하면 일일장치량을 計算하며, 또 裝備의 所要數는 整備의 CYCLE TIME, 稼動率, 流出入物量 및 作業遂行時間의 函數關係로 다음 式(3-5)과 같이 表現할 수 있음을 알려져 있다.

$$N = \left[ \frac{T_c \times V_d}{W_h \times \rho} \right]^{31} \dots\dots\dots \text{式(3-5)}$$

但,  $T_c$  : 장비의 回轉時間

$V_d$  : 一日 流出入物量(VAN)

$W_h$  : 作業遂行時間(分)

$\rho$  : 裝備의 稼動率

시뮬레이션 結果를 정리하면 다음과 같다.

1) 장치능력

컨테이너의 流出比率를 아래의 각각의 경우로 변화시켜 入力하였다.

- . FREE PERIOD를 현행대로 유지할 경우
- . FREE PERIOD를 국적선 7/7일, 외국전선 4/5일로 바꿀 경우
- . FREE PERIOD를 국적선, 외국전선 共히 4/5일로 바꿀 경우

그림(3-14)은 현행 許容藏置日數下에서, 1987년 예상物量 115만 TEU를 처리할 경우, S/C장치장 및 T/C장치장에 장치되는 FULL컨테이너의 一日장치량과 兩側을 合한 一日장치량을 계산기 시뮬레이션에 依해 圖表化하여 出力한 것으로, 토, 일 및 월요일의 장치량은 많고 수, 목 및 금요일의 장치량은 적은 連續된 사인曲線을 보인다.

許容藏置日數를 現行대로 維持할 경우, 시뮬레이션에 依해 求한 요일별 S/C장치장에 장치되는 一日장치량의 分布를 살펴보면, 시뮬레이션의 시스템 初期值를 6,000TEU, 7,000TEU 및 7,500TEU로 부여했을 경우, 월요일에는 各各 전체의 10%, 50% 및 72%, 화요일에는 8%, 41% 및 60%, 수요일에는 6%, 37% 및 56%, 목요일에는 6%, 34% 및 57%, 금요일에는 11%, 64% 및 82%, 토요일에는 26%, 75% 및 92%, 일요일에는 30%, 81% 및 97%가 S/C장치장의 현 運營上의 藏置能力을 초과하고 있음을 알 수 있다.



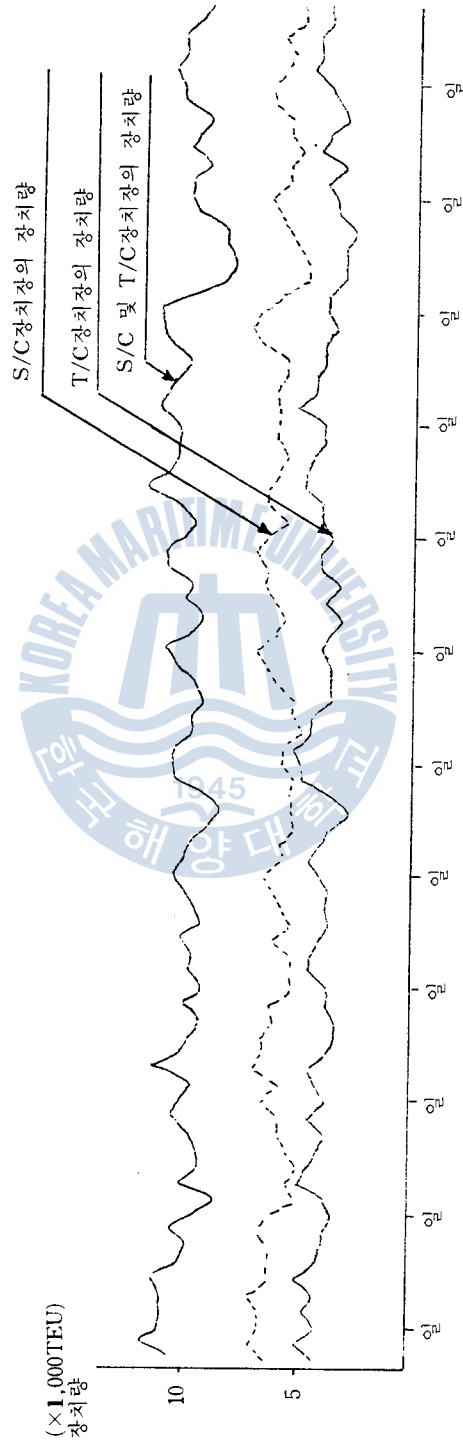


Fig. 3-14. stacking volume at S/C yard & T/C yard (84日)

그림(3-15)은 시스템의 初期值를 各各 6,000TEU, 7,000TEU 및 7,500TEU로 부여했을 경우, 목요일과 일요일에 S/C에 장치장에 장치되는 FULL컨테이너의 一日장치량의 分布를 보이고 있으며, 일주일중 장치량이 많은 일요일과 적은 목요일이 현저한 對比를 보인다.

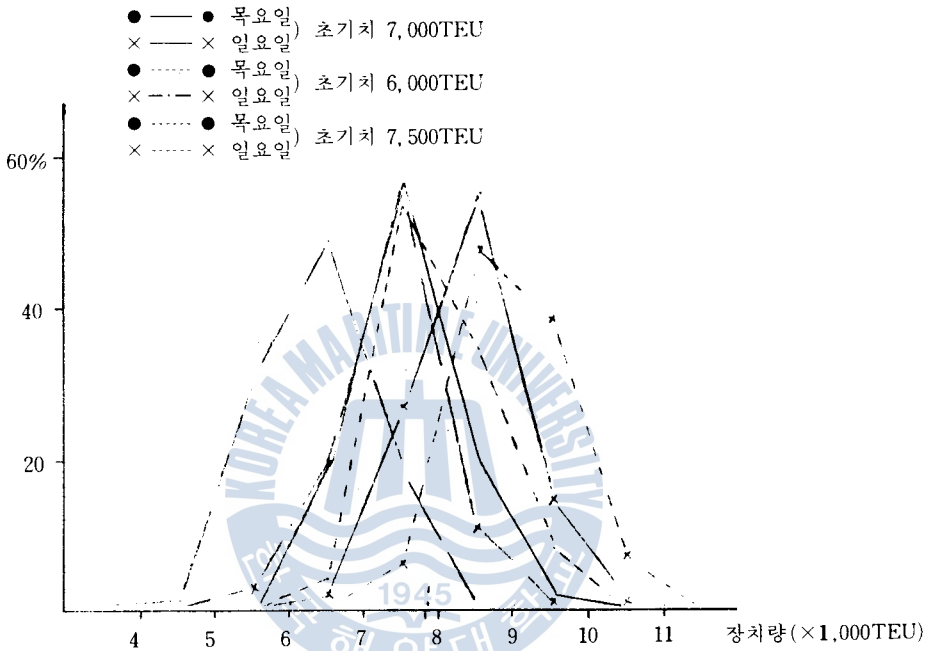


Fig. 3-15. Dirtribution fo stacking Vol. at S/C yard

한편, 시뮬레이션에 의해 求한 요일별 T/C장치장에 장치되는 일일장치량의 分布를 살펴보면, 시뮬레이션 시스템 初期值를 4,500TEU, 5,500TEU 및 6,500TEU로 부여했을 경우, 월요일에는 各各 전체의 39%, 78% 및 97%, 화요일에는 30%, 59% 및 92%, 수요일에는 22%, 58% 및 93%, 목요일에는 14%, 48% 및 85%, 금요일에는 17%, 50% 및 88%, 토요일에는 24%, 61%, 92%, 일요일에는 22%, 63% 및 93%가 T/C장치장의 運營上의 장치능력을 초과하여, 一時장치능력까지 도달하고 있으며, 때때로 一時장치능력을 초과하여 T/C장치장이 마비되는 현상을 초래함을 알 수 있다.

그림(3-16)은 시스템의 初期值를 各各 4,500TEU, 5,500TEU 및 6,500TEU로 부여했을 경우, 월요일과 목요일의 T/C장치장에 장치되는 FULL컨테이너의 一日장치량의 分布를 보이며, 일주일중 장치량이 많은 월요일과 장치량이 적은 목요일이 현저한 對比를 보인다.

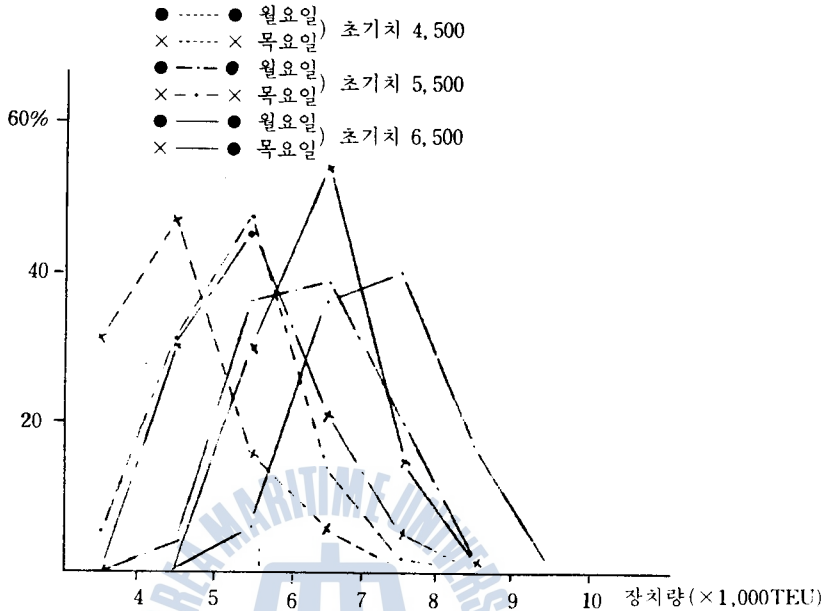


Fig. 3-16. Distribution of stacking Vol. at T/C yard

以上으로, 장치장부지의 확장이 제한되어 있는 현 상황에서, 許容藏置日數를 現行대로 維持할 경우, 현 장치능력으로 1987년도 豫想物量 115만 TEU를 처리하는 데는, 아래의 여러 문제점을 야기시켜 運營效率을 低下시키게 된다. S/C장치장의 경우, 수요일 및 목요일을 제외한 대부분의 요일에는 一日장치량이 運營上의 장치능력을 초과하므로 因하여, 야드할당 및 야드 마살링(또는 ASSIGNMENT)가 效率으로 수행되지 못하므로, 야드에서 빈번한 컨테이너 再操作作業이 발생하고, 야드內 해당선박의 컨테이너가 數個의 블록에 흩어져 장치됨으로, 컨테이너 荷役裝備의 移動距離가 증가된다. T/C장치장의 경우도, 요일 전체에 걸쳐서 대부분 運營上의 장치능력을 초과하므로 因하여 藏置空間이 작아지기 때문에, 揚荷된 컨테이너를 장치하는 데 시간이 많이 所有되므로 運營效率이 低下되고, 搬出作業時 빈번한 再操作作業이 발생된다.

그럼, 國적선 許容藏置日數를 現行 수출/수입 15일에서 7일로 短縮하여 실시할 경우, 컨테이너 流出比率을 3.1節에서 豫想한 대로 變化시켜, 시뮬레이션에 依해 求한 요일별 S/C 장치장 및 T/C장치장에 장치되는 一日장치장의 경우, 시스템 初期值를 6,000TEU, 7,000 TEU 및 7,500TEU로 부여했을 경우, 월요일에는 各各 전체의 9%, 43% 및 68%, 화요일에는 7%, 37% 및 54%, 수요일에는 6%, 31% 및 55%, 목요일에는 5%, 29% 및 56%,

금요일에는 10%, 43% 및 62%, 토요일에는 25%, 66% 및 83%, 일요일에는 29%, 75% 및 85%가 현 運營上의 장치능력을 초과하고 있음을 알 수 있다.

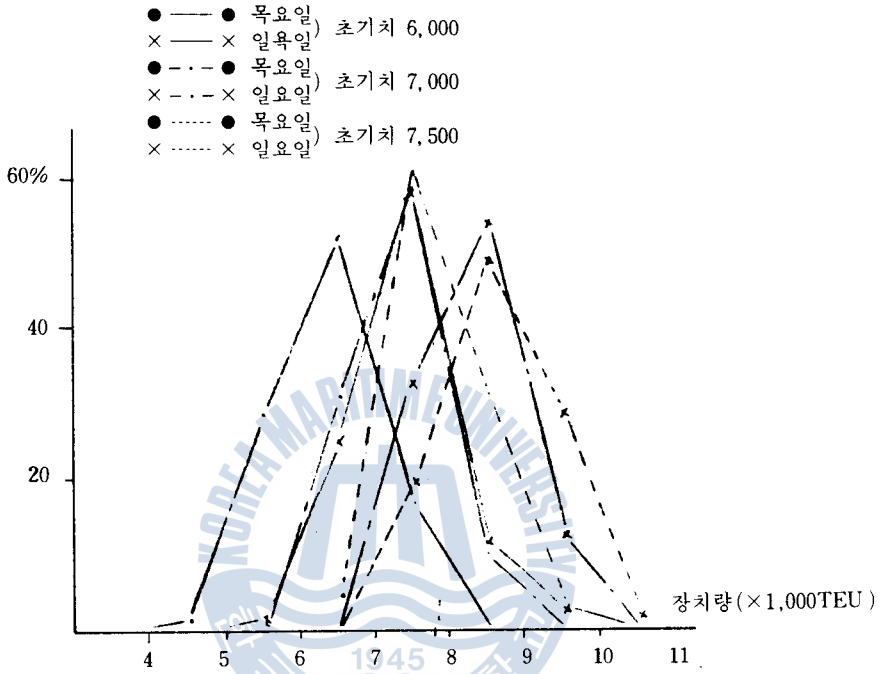


Fig. 3-17. Distribution of stacking Vol. at S/C yard

그림(3-17)은 시스템의 初期值를 6,000TEU, 7,000TEU 및 7,500TEU로 부여했을 경우, 목요일과 일요일에 S/C장치장에 장치되는 FULL컨테이너의 一日장치량의 分布를 보이며, 일주일 중 장치량이 많은 일요일과 적은 목요일이 현저한 對比를 보인다.

한편, T/C장치장의 경우, 시스템 初期值를 4,500TEU, 5,500TEU 및 6,000TEU로 부여했을 경우, 월요일에는 각각 34%, 69% 및 87%, 화요일에는 17%, 50% 및 76%, 수요일에는 11%, 51% 및 70%, 목요일에는 5%, 38% 및 62%, 금요일에는 9%, 33% 및 60%, 토요일에는 13%, 52% 및 74%, 일요일에는 13%, 38% 및 71%가 T/C장치장의 運營上의 장치능력을 초과하여 一時장치능력에 도달하며, 일부는 一時장치능력을 초과하여 T/C장치장이 마비되는 현상을 초래함을 알 수 있다.

그림(3-18)은 시스템의 初期值를 각각 4,500TEU, 5,500TEU 및 6,000TEU로 부여했을 경우, 월요일과 목요일의 T/C장치장에 장치되는 FULL 컨테이너의 一日장치량의 分布를 보이며, 일주일중 장치량이 많은 월요일과 적은 목요일이 현저한 對比를 보인다.

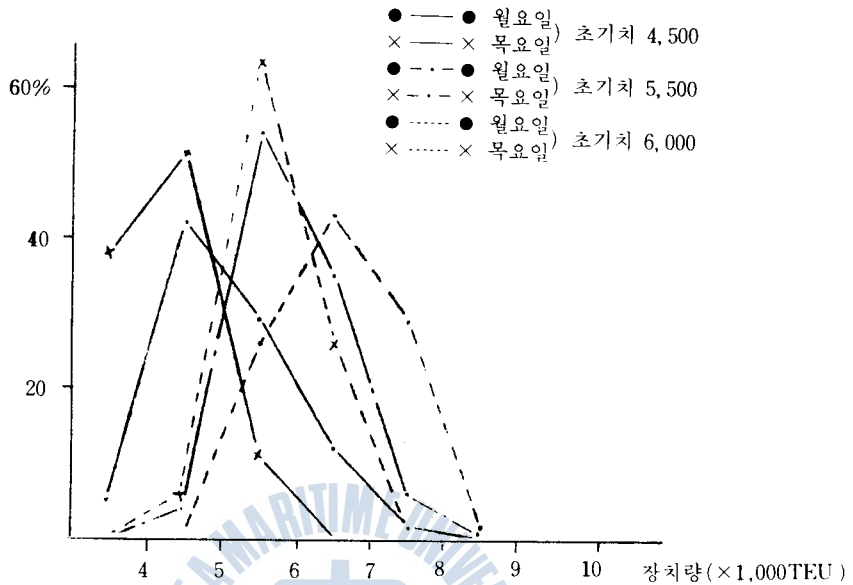


Fig. 3-18. Distribution of stacking Vol. at T/C yard

以上으로, 국적선의 許容藏置日數를 7일로 短縮하여도, S/C장치장의 경우, 장치능력이 별로 증가되지 못함을 알 수 있으며, 이것은 국적선 수출컨테이너가 해당 선박의 도착 5일 전에 90% 이상이 搬入되기 때문이다. T/C장치장의 경우, 장치능력이 단지 小幅으로 增加하여, 1987년도 豫算물량 115만 TEU를 처리하기에는, 全 요일에 걸쳐서 대부분 運營上의 장치능력을 초과하여, 간혹 一時장치능력을 초과하여 揚荷된 컨테이너를 장치하지 않고 곧장 搬出시켜야 할 경우도 발생하여 運營效率을 低下시키게 된다.

그럼, 국적선의 許容藏置日數를 外國籍선과 동일하게 수출/수입 4/5일로 短縮할 경우, 컨테이너의 流出比率를 바꾸어 入力시켜, 시물레이션에 依해 求한 요일별 S/C장치장 및 T/C장치장에 장치되는 一日장치량의 分布를 아래에서 보인다. 먼저, S/C장치장의 경우, 시스템 初期值를 各各 6,000TEU 및 7,000TEU로 부여했을 경우에는, 월요일은 7% 및 43%, 화요일은 4% 및 30%, 수요일은 4% 및 31%, 목요일은 3% 및 29%, 금요일은 11% 및 50%, 토요일은 20% 및 68%, 일요일은 24% 및 75%가 S/C장치장의 運營上의 장치능력을 초과하고 있음을 알 수 있다.

그림(3-19)은 시스템 初期值를 各各 6,000TEU 및 7,000TEU로 부여했을 경우, 목요일과 일요일에 S/C장치장에 장치되는 FULL컨테이너의 一日장치량의 分布를 보이며, 일주일 중 장치량이 많은 일요일과 적은 목요일에 현저한 對比를 보인다.

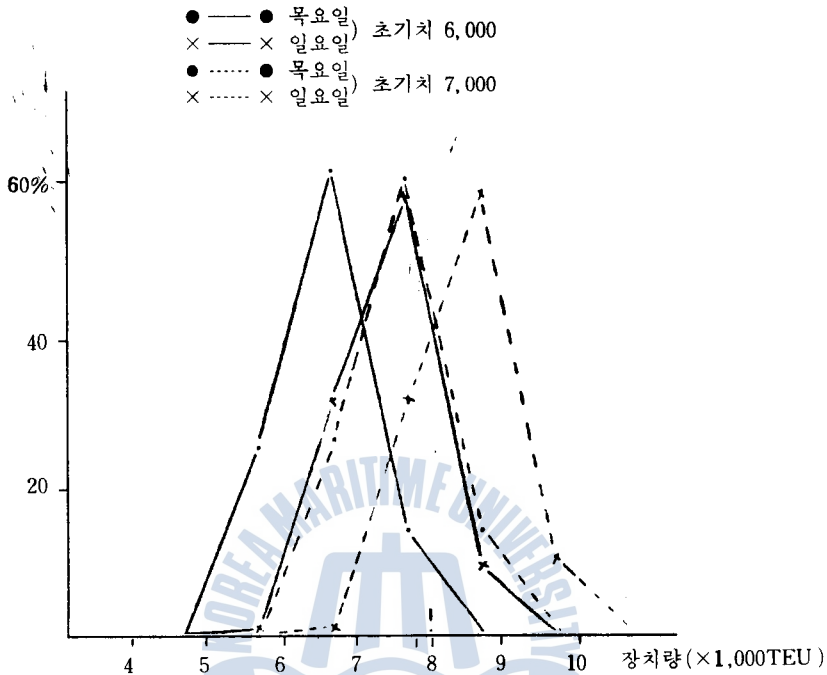


Fig. 3-19. Distribution of stacking Vol. at S/C yard

다음, T/C장치장의 경우, 시스템初期値를 各各 4,500TEU 및 5,500TEU로 부여했을 때, 월요일은 各各 전체의 33% 및 73%, 화요일에는 15% 및 48%, 수요일에는 11% 및 45%, 목요일에는 4% 및 28%, 금요일에는 10% 및 39%, 토요일에는 15% 및 51%, 일요일에는 17% 및 53%가 T/C장치장의 현 運營上의 장치능력을 초과하고 있음을 알 수 있다, 그림(3-20)은 시스템初期値를 各各 4,500TEU 및 5,500TEU로 부여했을 경우, 월요일과 목요일의 T/C장치장에 장치되는 FULL컨테이너의 일일장치량의 分布를 보이며, 일주일중 장치량이 많은 월요일과 적은 목요일이 현저한 對比를 보인다.

以上으로, 국적선의 許容藏置日數를 외국적선과 동일하게 수출/수입 4/5일로 단축하여 실시하면, S/C장치장 및 T/C장치장의 장치능력이 현저하게 증가됨을 알 수 있으며, 운영상의 장치능력을 초과하는 比率이, 터미널의 運營上 적은 범위內에 存在하므로 장치상 運營效率의 增大가 가능함을 알 수 있다.

2) 移積能力

컨테이너 터미널內에서 遂行되는 作業은 船舶荷役作業과 야드작업 두 가지로 大別할 수 있고, 주요移積裝備인 S/C 및 T/C가 船舶荷役作業과 야드작업에 同時에 利用된다.

있으므로, S/C 및 T/C등의 移積裝備도 이 水準에 충족되도록 保有해야 함을 分析할 수 있다.

한편, 부산컨테이너 터미날의 運營形態는 2章에서 보았듯이 S/C 및 T/C의 混合中繼方式으로, FULL컨테이너의 揚荷作業은 T/C에 依해서, 그리고 FULL컨테이너 船積 및 이선적 작업과 船內이적작업은 S/C에 依해서 수행되며, 1986년 實測資料를 分析해 보면, FULL컨테이너의 船積과 이선적 및 선내이적 物量이 차지하는 比率은 전체중 55%, FULL컨테이너의 揚荷量이 차지하는 比率이 29%, 그리고 空컨테이너 物量은 16%를 차지하므로, 네 船舶이 동시에 積안하여 全船舶이 동시에, S/C에 依해서 FULL컨테이너의 積荷 또는 이선적 및 선내이적을 行하는 확률이 9%이며, 적어도 세 船舶이 동시에, T/C에 依해서 FULL컨테이너의 揚荷作業을 行하는 확률이 8%임을 계산할 수 있다. 따라서, 船舶荷役作業에 필요한 S/C의 適正保有台數는 3 船舶이 同時에 船積 또는 선내이적 및 이선적을 行할 수 있는 水準이어야 하며, T/C의 適正保有台數는 2 船舶이 동시에 揚荷作業을 行할 수 있는 水準이어야 한다고 判명된다.

即, S/C 및 T/C의 배당원칙을 G/C당 1 臺로 하면,

- S/C의 船舶荷役作業에 必要한 適正保有台數는 8 臺( $6/0.8=7.5$ )이며,
- T/C의 경우에는 5 臺( $4/0.8=5$ )이다.

#### ii) 야드작업

그림(3-23)은 1987년의 예상 物量 115만 TEU를 基準으로 시뮬레이션의 실시결과, 全요일의 S/C所要台數分布中 所要台數가 많은 일요일과 所要台數가 작은 목요일의 分布를 보이고 있다. S/C장비의 回轉時間은 各各 3分 및 4分으로, 稼動率은 0.8, 작업수행시간은 14시간, 그리고 各 요일의 반입량은 시뮬레이션과정에서 計算하였다.

全요일중 화, 수 및 목요일은 반입량이 대체로 적었으며, 금, 토 및 일요일은 반입량이 많아 所要裝備台數가 많이 필요함을 확인하였다. 목요일의 S/C所要台數는 回轉時間을 3分으로 하였을 때, 5 臺이상인 전체의 27%, 回轉時間을 4分으로 하였을 때, 7 臺이상인 전체의 19%를 차지하며, 일요일의 S/C所要台數는 回轉時間을 3分으로 하였을 때, 7 臺 이상인 전체의 20%, 4分으로 하였을 때, 9 臺이상인 23%를 차지한다.

以上으로 1987년 예상물량 115만 TEU를 기초로 한 S/C의 적정보유대수는, 반입량이 많은 금, 토 및 일요일의 水準으로 보유해야 하므로, 回轉時間 4分을 기준으로 9 臺가 된다.



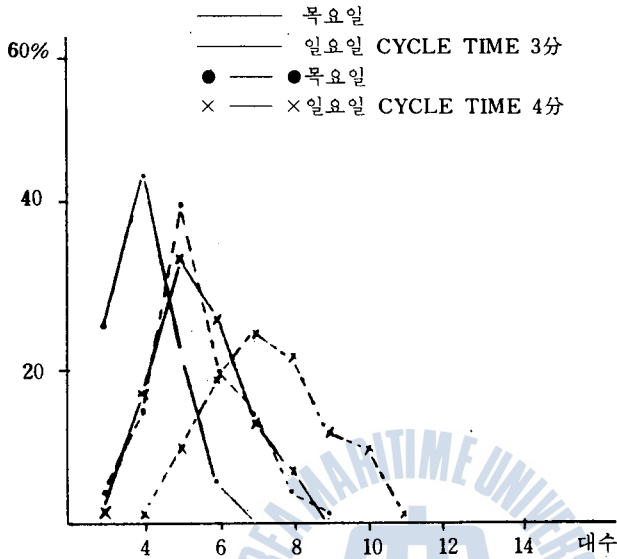


Fig. 3-23. Distribution of necessary NO of S/C

한편, 그림(3-24)은 각요일의 T/C所要台數分布중 所要台數가 적은 일요일과 所要台數가 많은 화요일의 分布를 보이고 있다.

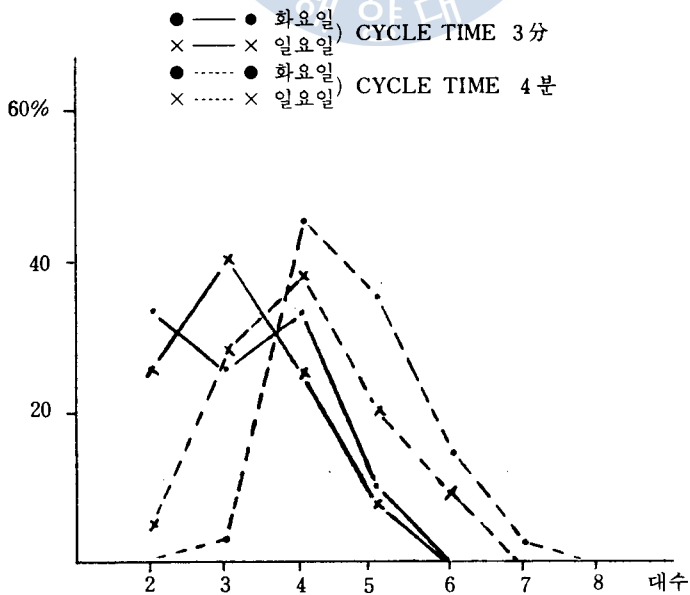


Fig.3-24. Distribution of necessary NO. of T/C

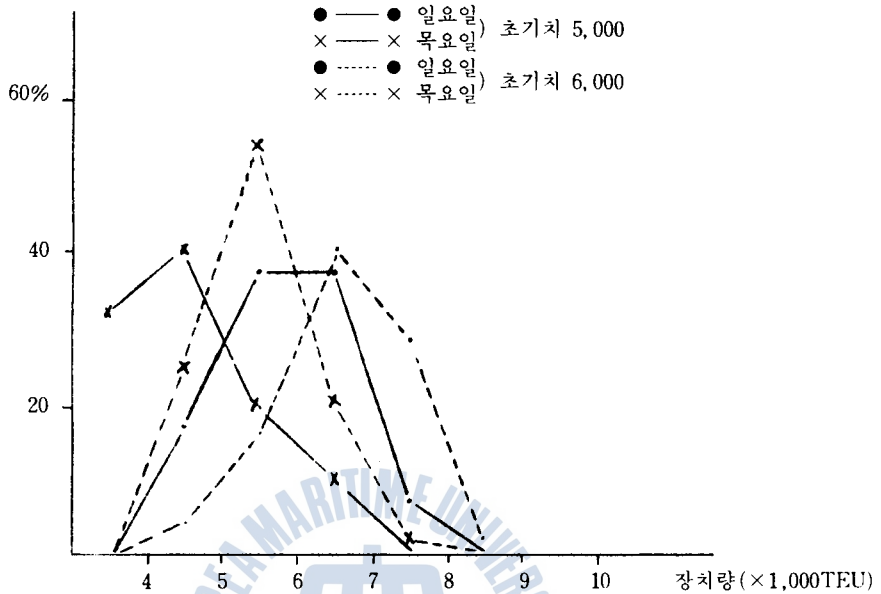


Fig. 3-26. Distribution of stacking Vol. at T/C yard

알 수 있으며, 1988년부터 1991년까지, 장치량이 많은 월요일에 운영상의 장치능력을 초과하는 比率을 아래에서 보인다.

년 도	운영상의 장치능력을 초과하는 比率(월요일)
1988	約 48%
1989	約 56%
1990	約 62%

以上에서, 1990년에는 수입컨테이너의 許容藏置日數를 4日에서 3日 또는 그 以下로 단축해야할 것으로 생각된다.

iii) 이적능력

1) 본선작업

3. 2節에서 살펴 보았듯이 1988년에는 G/C 1台를 추가로 설치하고, 1989년부터 2台를 추가로 설치하는 것이 바람직함을 확인 하였다. 따라서, 본선 작업장비도 G/C추가설치에 比例하여 아래와 같이 증가해야 함을 알 수 있다. G/C 3台 이상의 추가설치는 크레인당 生産性を 減少시킬 것으로 예상된다.

년 도	S/C보유대수	T/C보유대수
1988	9	6
1989	10	7
1990	10	7

2) 야드작업

1988—1990년 까지의 豫상물량을 기준으로 하여, 시스템內에서 반입 및 반출량을 계산하여 求한 야드작업에 필요한 S/C 및 T/C의 所要台數를 3. 2節에서와 동일한 方法으로 分析하여 구한 結果는 아래와 같다.

년 도	S/C所要台數	T/C所要台數
1988	11	9
1989	13	11
1990	14	12

따라서, 1988—1990년의 總 所要台數는 아래와 같이 된다.

년 도	총 S/C所要台數	총 T/C所要台數
1988	20	15
1989	23	18
1990	24	19

4. 結 論

本 論文에서는, 시뮬레이션을 利用하여 부산컨테이너 터미널의 各 副次시스템의 能力을 評價하고, 副次시스템간에 원활한 連結이 되지 않고 있음을 確認하였으며, 이에 對한 改善策을 提示하였다.

以上の 結果를 要約하면,

1) 1987년도에는, 副次시스템간에 존재하는 不均衡을 제거하기 위해서는, 裝備保有水準을 현재보다도 T/C를 33% 증가시키고, 許容藏置日數를 수출/수입 4/5일로 短縮하는 것이 바람직하고,

2) 1988년도에는, 裝備保有水準을 현재보다도 G/C를 12%, S/C를 11%, T/C를 66%로 增加시키고 許容藏置日數를 수출/수입 3/4일로 短縮하는 것이 바람직하며,

3) 1989년도에는, 裝備保有水準을 현재보다도 G/C을 25% S/C를 28%, T/C를 100%로 增加시키고, 許容藏置日數를 수출/수입 3/3일로 短縮하는 것이 바람직하며,

4) 1990년도에는, 裝備保有水準을 현재보다도 G/C을 25% S/C를 33%, T/C를 110%로 增加시키고 許容藏置日數를 수출/수입 2/3일로 短縮하는 것이 바람직하다.

以上으로부터, 本 論文에서 부산컨테이너 터미날의 運營效率化 方案을 提案하였다. 앞으로, 컨테이너 터미날의 自動化 시스템 및 副次시스템의 調和를 고려한 컨테이너 輸送의 確立과 야드內 컨테이너의 最適配置問題에 對한 研究가 必要할 것으로 생각된다.

### 參 考 文 獻

- 1) 李哲榮, 시스템工學概論, 文昌出版社, 1981.
- 2) 林陽澤, 統計學, 大英社, 서울, 1985.
- 3) 李哲榮·李炳國, 釜山컨테이너 埠頭의 效率的인 運營方案에 關하여, 韓國航海學會誌
- 4) 李哲榮·朴桂각, 시뮬레이션에 依한 釜山港灣運送의 分析에 關하여, 韓國航海學會誌, 第1號, pp. 101~127, 1986.
- 5) 李哲榮·文成赫, 港灣運送시스템의 分析에 關한 研究, 韓國航海學會誌 第7卷 第1號, 1983.
- 6) WOODWARD—CLYDE : 현존 컨테이너 터미날 및 運營체계의 최대활용, WCC, 1986.
- 7) 海洋研究所, 컨테이너 運送合理化方案에 關한 研究, 韓國科學技術院, 1983.
- 8) 海洋研究所, 港灣運營效率化方案에 關한 研究, 韓國科學技術院, 1984.
- 9) 大韓民國學術院, 시스템分析, 電鑛產業社, 서울, 1979.
- 10) J. Imakita, A Techno-Economic Analysis of the Port Transportation System, saxon House, 1977.
- 11) Ronald V. Hartley, Operation Research ; Managerial Emphasis, Good year publishing Co. Inc., California, 1982.
- 12) Lyon Associates INC ; 韓國港灣第三段階妥當性調査, 海運港灣廳, 1981.
- 13) UNCTAD : Manual on Port Management Part 3, Port Operations, 1976.
- 14) UNCTAD : Port Development : A hand book for planners in developing countries, 1978.
- 15) UNCTAD : Technological Progress in Shipping and Ports, 1975.

- 16) 阿保榮司：物流ソフトウェアの實際，日刊工業新聞社。
- 17) 三大楯彦：コンテナ・ターミナルにおけるコンテナの在庫管理の研究，日本航海學會誌
- 18) 寺野壽郎：システムエ 工學入門，共立出版株式會社，1986。



