

## 木浦港 運送過程의 分析

南 萬 祐\* · 李 哲 榮\*\* · 朴 桂 珏\*\*\* · 尹 明 五\*\*\*

### The Analysis of the Transportation Process of Mokpo Port

M. U. Nam\* · C. Y. Lee\*\* · G. K. Park\*\*\* · M. O. Yun\*\*\*

**Key Words :** 木浦港(Mokpo port), 待期行列理論(Queueing theory), 埠頭利用率(Utility rate of berth facility), 船舶到着間隔(Ship's arrival interval)

#### Abstract

Korean economic and industrial structure has been separated into some areas with the trend of the change to the bloc system of international economy: the Gyeongin including the capital area, the Middle-West, the South-West, the South-East, and the Eastern sea areas. Mokpo port has played a major role as the central one of the South-West area and the entrance of Yeong-san river of Jeonnam province gate. Some studies has been done on the Mokpo port, but there is no research of the analytical approach about it.

In this paper, we analyze the data of 1994's on the domestic and oceangoing piers in the Mokpo port and simulate the transportation process of it through a queueing model.

The results of the simulation are summarized as follows :

The average arrival interval of the domestic vessel is 6.034 hours. The average service time and the berth utility rate are 24.056 hours and over 100 %, respectively. The average arrival interval of the oceangoing vessel is 34.48 hours. The average service time and the berth utility rate are 120.04 hours and the 34.91%, respectively.

The proposal to improving of the Mokpo port as follows :

It is desirable to extend the capacity of domestic pier to about 50 % for the optimal utility rate of 70 % and in the case of oceangoing pier to be increase 65 % of the vessel capacity for the optimal utility rate of 70 %.

#### 1. 序 論

世界經濟의 블록화와 더불어 우리 나라 經濟 및 産業의 發展도 首都圈인 京仁, 中西, 西南,

東南, 東海圈으로 블록화 되어가고 있다. 木浦港은 西南圈의 中心港이며 榮山江河口에 위치하여 全南南西海岸의 關門으로서 群山港 莞島港 麗水港과 더불어 湖南地域의 4대 開港中

\* 정회원, 한국해양대학교 대학원

\*\* 정회원, 한국해양대학교 물류시스템공학과 교수

\*\*\* 정회원, 목포해양대학교 항해학과 교수

의 하나이다. 1897년 開港當時 南北韓 5대의 港口都市로 시작하여 木浦近海에 散在한 島嶼住民의 生活必需品 供給 基地港은 물론, 沿近海 漁港으로서 역할도 크다. 高麗初 成宗 1년(992) 경 부터 發達한 漕運 制度와 朝鮮朝 太宗때 發達한 稅米운반의 水運港 기능과 日帝時代에는 棉花의 輸出과 隣近 羅州平野에서 生産되는 米穀의 輸出港으로서의 役割이 큰것으로 알려져 있다[1].

오늘날 産業의 發達과 더불어 經濟規模가 擴大되고 中國과의 交易이 擴大됨에 따라 船舶의 出入港이 增加될 것으로 기대되고 있다. 木浦港의 入出港船舶 資料를 통해 埠頭占有率 과 木浦港 埠頭別 荷役に 關한 研究事例가 있으나[2], 시스템적인 分析을 통한 研究事例는 全無한 實定이다. 本 論文에서는 木浦港의 埠頭現況 把握 및 運送過程의 分析을 實施하여 改善方案을 제시하고자 한다.

먼저 木浦港의 全般的인 埠頭現況 및 船舶의 到着率, 埠頭서비스率을 分析하여 待期行列의 시뮬레이션을 통하여 現在 運營中인 木浦港의 埠頭 實態및 問題點을 把握한다.

그리고 到着率, 서비스率을 檢討하여 木浦港의 現在施設을 最大限 利用할 수 있도록 改善策을 提案한다.

먼저 木浦港의 全般的인 埠頭現況 및 船舶의 到着率, 埠頭서비스率을 分析하여 待期行列의 시뮬레이션을 통하여 現在 運營中인 木浦港의 埠頭 實態및 問題點을 把握한다.

그리고 到着率, 서비스率을 檢討하여 木浦港의 現在施設을 最大限 利用할 수 있도록 改善策을 提案한다.

## 2. 木浦港의 現況

### 2.1. 木浦港의 現況

木浦港의 港界는 港灣法上으로는 榮山江 河



Fig. 2.1. Mokop Port Area

口둑과 高下島의 龍頭角으로 부터 西角으로 古은 선 및 高下島 東端 北緯 34도 45분 48초 東京 126도 22분 36초 地點에서 佛堂山頂을 연결한 선 내의 海面이며, 公有水面管理法上으로는 木浦驛을 中心으로한 半徑 5000m의 園內이다[3].

港灣法上의 港界內의 航路諸原은 港界시작인 龍頭角에서 西山洞 前面 埠頭 및 묘박지 까지 諸原을 Table 2.1, 木浦港 港泊圖는 Fig 2.1에 보인다.

Table 2.1 Approaching water way to Mokpo port

| 區間      | 航路幅    | 航路水深       | 延長       | 對象船舶            |
|---------|--------|------------|----------|-----------------|
| 龍頭角-西山洞 | 200.0M | DL(-)12.0M | 2,100.0M | 30,000 DWT 級 以上 |

港灣法上의 港界內 水面의 面積은 13.97 Km<sup>2</sup>로 木浦港灣廳 指定묘박지 狀況은 Table 2.2와 같다.

Table 2.3 Pier of Mokpo port

| 埠頭名                | 船席番號  | 構造物名          | 對象船舶(D.W.T)             | 天端高 EL(+)/m | 延長(m)   | 水深 EL(-)/m | 構造形式        | 取扱貨物           | 備考                                |
|--------------------|-------|---------------|-------------------------|-------------|---------|------------|-------------|----------------|-----------------------------------|
| 第1埠頭 (三鶴島 또는 外港埠頭) | 11    | 原木埠頭          | 10,000                  | 5.0         | 168     | 9.5        | 棧橋式         | 原木             | 1埠頭延長: 79 3.3 m                   |
|                    | 12    | 石炭埠頭          | 30,000                  | 5.0         | 250     | 12.0       | 棧橋式         | 石炭             |                                   |
|                    | 13    | 糧穀埠頭          | 30,000                  | 5.0         | 240     | 12.0       | 重力式         | 糧穀             |                                   |
|                    | 14    | 外港埠頭          | 5,000                   | 5.0         | 135     | 7.5        | 重力式         | 雜貨             |                                   |
| 第2埠頭               | 21    | 內港岸壁          | 2,000                   | 5.0         | 180     | 5.5        | 重力式         | 糧穀 雜貨          | 94完工豫定 2埠頭延長 岸壁:180 m 물양장: 1375 m |
|                    | 22    | 東亞埋立場         | 700G/T                  | 5.0         | 340     | 4.5        | 重力式         | 糧 雜 石 모        |                                   |
|                    | 23    | 中三鶴島場         | 100G/T                  | 5.0         | 160     | 3.0        | 重力式         | -              |                                   |
|                    | 24    | 碇石炭荷役 物揚場     | 100G/T                  | 5.0         | 208     | 3.0        | 重力式         | 50톤以下船 모래 雜貨   |                                   |
|                    | 25    | 連格提物揚場        | 500G/T                  | 5.0         | 195     | 4.5        | 棧橋式         | -              |                                   |
| 26                 | 東明物揚場 | 100G/T        | 5.0                     | 292         | 3.0     | 鋼管棧橋式 重力式  | 糧穀 雜貨       |                |                                   |
| 第3埠頭               |       | 官用船埠頭         |                         | 5.0         | 160     | 4.0-5.0    | PC pile 棧橋式 | -              | 施工中                               |
| 第4埠頭               |       | 旅客埠頭          | 4,000G/T Car Ferry 一般旅客 | 5.0         | 160 170 | 6.5        | PC pile 浮棧橋 | 旅客 (萬噸급으로計劃變更) | 中國連雲港과 國際케리就航豫定                   |
| 第5埠頭               |       | 西山洞物揚場 水協 物揚場 | 100G/T                  | 5.0         | 473     | 1.5        | 動力式         | 漁獲物            |                                   |
| 揚陸埠頭               | -     | -             | 100G/T                  | 5.0         | 559     | 4.0        | 動力式         | 漁獲物            |                                   |
| 休息埠頭               | -     | -             | 100G/T                  | 5.0         | 100     | 4.0        | 動力式         | 漁獲物            |                                   |
| 車渡船                | -     | -             | 100G/T                  | 0.6-2.6     | 57      | 4.0        | 動力式         | -              |                                   |
| 北港護岸               | -     | -             | -                       | 5.0         | 450     | -          | 傾斜式 石       | -              |                                   |
| 造船地區 假護岸           | -     | -             | -                       | 5.0         | 968     | -          | 傾斜式 捨石堤     | -              |                                   |
| 製品埠頭 (大佛港)         | -     | -             | 20,000                  | 5.0         | 208     | 12.0       | 케이슨식 動力式    | 大佛工團 製品        | 95完工 (運營中)                        |

Table 2.2 Anchorage of Pokpo port

| 錨泊地記號 | 位置                                |        | 錨泊能力 (D.W.T) | 利用船舶           |
|-------|-----------------------------------|--------|--------------|----------------|
|       | 中心                                | 半徑     |              |                |
| M1    | 北緯 34度 46分 21秒<br>東經 126度 22分 42秒 | 250.0M | 10,000       | 船席 待期          |
| M2    | 北緯 34度 46分 17秒<br>東經 126度 23分 01秒 | 250.0M | 10,000       | 船席 待期          |
| M3    | 北緯 34度 46分 19秒<br>東經 126度 23分 20秒 | 250.0M | 30,000       | 潮水 待期          |
| M4    | 北緯 34度 46分 23秒<br>東經 126度 23分 40秒 | 250.0M | 30,000       | 海上荷役錨地         |
| M5    | 北緯 34度 46分 29秒<br>東經 126度 23分 58秒 | 250.0M | 30,000       | 海上荷役錨地         |
| M6    | 北緯 34度 46分 31秒<br>東經 126度 24分 18秒 | 250.0M | 10,000       | 潮水 待期<br>港內 待期 |

## 2.2 埠頭施設 現況

木浦港 港界內의 接岸施設은 既存의 官公船埠頭 및 濟州와 南西海岸의 여러 섬들을 往來하는 旅客船埠頭外에 內航貨物船埠頭와 三鶴島의 外航貨物船埠頭로 區分할 수 있다. 接岸施設의 現況 및 建設中이거나 計劃中인 埠頭는 各各 Table 2.3과 Table 2.4에 보인다.

Table 2.4 Constructing and planned piers

| 區分 |    | 埠頭名                               | 事業量        |        |            | 完工年度   |
|----|----|-----------------------------------|------------|--------|------------|--------|
|    |    |                                   | 總計劃        | 既施設    | 殘量         |        |
| 建  | 內港 | 카페리埠頭<br>(3000DWT, 5000DWT 各 1船座) | 363.0m     | 81.0m  | 282.0m     | 1996   |
|    |    | 2000톤급 岸壁                         | 180.0m     | 122.0m | 57.0m      | 1994   |
| 設  | 北港 | 東明洞 物陽場                           | 605.m      | 292.0m | 313.0m     | 1996   |
|    |    | 物陽場(車渡船 57.0m既築造)                 | 2,021.0m   | 559.0m | 1,462.0m   | (2001) |
|    |    | 護岸                                | 2,659.062m | 450.0m | 2,209.062m | (2001) |
| 中  | 外港 | 岸壁                                |            |        |            |        |
|    |    | -1段階                              | 630.0m     | 208.0m | 422.0m     | 1996   |
|    |    | -2段階                              | 590.0m     | -      | 590.0m     | 2001   |
| 計劃 | 內港 | 積出場                               | 80.0m      | 80.0m  | -          | 既完工    |
|    |    | 特殊埠頭                              | 80.0m      | -      | 80.0m      | (1995) |

註 ( ) 내는 잠정계획임

2.3. 船舶到着率의 分布

一般沿岸旅客船 및 官公船과 海軍,海警 警備艇을 제외한 內航貨物船에 관한 資料를 木浦地方海運港灣廳 民願室에 비치되어 있는 船舶出入港臺帳에서 拔萃 하였다[4]. 1994년 1월1일부터 同年 6월30일까지의 期間동안 木浦港에 碇泊하고 出港한1051척의 內航船中 유공, 湖南精油 등과 같이 自社專用埠頭에서 서비스를 받은 船舶을 제외한 內航船750척과 同年 1월1일부터 12월31일까지 外航船 總281척에 관한 資料를 수집 하였고 묘박지에서 積揚한 船舶을 除外한 250척에 대하여 分析하였다.

最終적으로 採擇된 DATA는 內航船총 707척 外航船 총250척의 資料를 整理 分析하여 모은 것으로 묘지에서 待期하였던 船舶만을 別途 臺帳에서 算出하여 船舶別 待期時間이 抽出되었다. 木浦港에 到着하는 一連의 船舶과 船舶간 到着時間의 時間分布에 관한 分析結果를 Table 2.5와 Table 2.6에 보인다.

分布의 時間基準은 內航船를 1時間 間隔으로 外航船을 4時間間隔으로 잡아 船舶到着의 發生 頻度數 즉 척수를 圖表化하여 累積分布로 보이고 있으며 一連의 船舶과 船舶到着 사이의 平均時間은 內航埠頭가 6.038시간이고 外航埠頭가 34.489時間 이었다. Possion 分布에 接近시키려고 하였으나, 統計的인 有效水準을 滿足하지 못하였다.

Table 2.5. Distribution of time between successive arrival domestic vessels

| 시간간격(시간)      | 빈도수(척수) | 누적분포(%) |
|---------------|---------|---------|
| 0 ----- 0.99  | 142     | 100     |
| 1 ----- 1.99  | 141     | 79.86   |
| 2 ----- 2.99  | 115     | 59.86   |
| 3 ----- 3.99  | 46      | 43.55   |
| 4 ----- 4.99  | 44      | 37.03   |
| 5 ----- 5.99  | 20      | 30.79   |
| 6 ----- 6.99  | 19      | 27.95   |
| 7 ----- 7.99  | 7       | 25.25   |
| 8 ----- 8.99  | 9       | 24.26   |
| 9 ----- 9.99  | 7       | 22.99   |
| 10 -----10.99 | 4       | 21.99   |
| 11 -----11.99 | 6       | 21.42   |
| 12 -----12.99 | 5       | 20.57   |
| 13 -----13.99 | 3       | 19.86   |
| 14 -----14.99 | 3       | 19.43   |
| 15 -----15.99 | 10      | 18.99   |
| 16 -----16.99 | 4       | 17.58   |
| 17 -----17.99 | 13      | 17.01   |
| 18 -----18.99 | 10      | 15.17   |
| 19 -----19.99 | 11      | 13.75   |
| 20 -----20.99 | 12      | 12.19   |
| 21 -----21.99 | 16      | 10.49   |
| 22 -----22.99 | 17      | 8.22    |
| 23 -----23.99 | 16      | 5.81    |
| 24 -----24.99 | 12      | 3.54    |
| 25 -----25.99 | 5       | 1.84    |
| 26 -----26.99 | 5       | 1.13    |
| 27 -----27.99 | 1       | 0.42    |
| 28 -----28.99 | 0       | 0.28    |
| 29 -----30.99 | 1       | 0.28    |
| 30.99 이상      | 1       | 0.13    |

木浦港 運送過程의 分析

Table 2.6 Distribution of time between successive arrival oceangoing vessel

| 시간간격(시간)      | 빈도수(척수) | 누적분포(%) |
|---------------|---------|---------|
| 0 ----- 3.99  | 53      | 100     |
| 4 ----- 7.99  | 21      | 78.71   |
| 8 -----11.99  | 12      | 70.28   |
| 12 -----15.99 | 6       | 65.46   |
| 16 -----19.99 | 14      | 63.05   |
| 20 -----23.99 | 16      | 57.43   |
| 24 -----27.99 | 21      | 51.00   |
| 28 -----31.99 | 6       | 42.57   |
| 32 -----35.99 | 4       | 40.16   |
| 36 -----39.99 | 5       | 38.55   |
| 40 -----43.99 | 15      | 36.54   |
| 44 -----47.99 | 9       | 30.52   |
| 48 -----51.99 | 9       | 26.95   |
| 52 -----55.99 | 5       | 23.31   |
| 56 -----59.99 | 2       | 21.30   |
| 60 -----63.99 | 5       | 20.50   |
| 64 -----67.99 | 6       | 18.49   |
| 68 -----71.99 | 9       | 16.08   |
| 72 -----75.99 | 4       | 12.47   |
| 76 -----79.99 | 4       | 10.86   |
| 80 -----83.99 | 2       | 9.25    |
| 84 -----87.99 | 0       | 8.45    |
| 88 -----91.99 | 1       | 8.45    |
| 92 -----95.99 | 3       | 8.05    |
| 96 -----99.99 | 3       | 6.85    |
| 100----103.99 | 1       | 5.65    |
| 104----107.99 | 1       | 5.25    |
| 108----111.99 | 0       | 4.85    |
| 112----115.99 | 3       | 4.85    |
| 116----119.99 | 2       | 3.65    |
| 119.99 이상     | 7       | 2.85    |

2.4 서비스率의 分析

埠頭 서비스 時間에 關한 資料는 木浦港灣廳 民願室에 매일 기록되고 있는 船舶 出入港臺帳에서 1994년 1월 1일부터 6월 30일 까지 1051척 중 705척의 內航貨物船을 埠頭別로 同年 1월 1일부터 12월 31일까지 總281척 중 250척의 外航貨物船의 外航埠頭に 接岸한 船舶들의 資料를

抽出하였다.

分析結果 內航船의 平均 埠頭 接岸時間은 24.056時間 外航船의 平均 埠頭 接岸時間은 120.045時間임을 確認 하였다.

埠頭서비스 時間 分布가 ERLANGIAN 分布로의 接近可能한가를 檢討하기 위하여 平均 서비스 時間을 中心으로 上下各各 10등분하여 作成한 結果를 <Table 2.7>과 <Table 2.8>에 보인다[5].

여러 가지 서비스 時間分布中에서 埠頭的 서비스時間 特性과 잘 맞는 것으로 알려진 ERLANGIAN 분포를 선택하여 木浦港의 埠頭서비스 時間分布와의 適合性을 檢討하였으나 統計的인 有效水準을 滿足하지 못하여 일양난수에 의한 Data를 發生시켜 시뮬레이션을 실시하기로 한다.

Table 2.7 Time spent at the domestic pier

| 단위구분         | 시간간격(시간)     | 빈도수(척) | 누적분포(%) |
|--------------|--------------|--------|---------|
| 0.0---0.09   | 0 -- 2.40    | 7      | 100     |
| 0.1---0.19   | 2.41-- 4.80  | 63     | 99.01   |
| 0.2---0.29   | 4.81-- 7.20  | 106    | 90.07   |
| 0.3---0.39   | 7.21-- 9.60  | 31     | 75.04   |
| 0.4---0.49   | 9.61--12.00  | 183    | 70.64   |
| 0.5---0.59   | 12.01--14.40 | 24     | 44.69   |
| 0.6---0.69   | 14.41--16.80 | 31     | 41.29   |
| 0.7---0.79   | 16.81--19.20 | 29     | 36.89   |
| 0.8---0.89   | 19.21--21.60 | 13     | 32.77   |
| 0.9---0.99   | 21.61--24.00 | 17     | 30.93   |
| 1.0---1.99   | 24.01--26.40 | 6      | 28.52   |
| 1.1---1.19   | 26.41--28.80 | 4      | 27.67   |
| 1.2---1.29   | 28.81--31.20 | 4      | 27.10   |
| 1.3---1.39   | 31.21--33.60 | 3      | 26.53   |
| 1.4---1.49   | 33.61--36.00 | 93     | 26.11   |
| 1.5---1.59   | 36.01--38.40 | 8      | 12.92   |
| 1.6---1.69   | 38.41--40.80 | 21     | 11.79   |
| 1.7---1.79   | 40.81--43.20 | 13     | 8.81    |
| 1.8 --- 1.89 | 43.21--45.60 | 5      | 6.97    |
| 1.9 --- 1.99 | 45.61--48.00 | 2      | 6.26    |
| 2.0 --- 2.09 | 48.01--50.40 | 1      | 5.98    |
| 2.09 이상      | 50.41 이상     | 41     | 5.84    |

Table 2.8 Time spent at the oceangoing pier

| 단위구분      | 시간간격<br>(시간) | 빈도수<br>(척) | 누적분포<br>(%) |
|-----------|--------------|------------|-------------|
| 0.0--0.09 | 0 --12.00    | 9          | 100         |
| 0.1--0.19 | 12.1--24.00  | 15         | 96.4        |
| 0.2--0.29 | 24.1--36.00  | 19         | 90.4        |
| 0.3--0.39 | 36.1--48.00  | 19         | 82.8        |
| 0.4--0.49 | 48.1--60.00  | 18         | 75.2        |
| 0.5--0.59 | 60.1--72.00  | 21         | 68.0        |
| 0.6--0.69 | 72.1--84.00  | 14         | 59.6        |
| 0.7--0.79 | 84.1--96.00  | 17         | 54.0        |
| 0.8--0.89 | 96.1--108.0  | 16         | 47.2        |
| 0.9--0.99 | 108.1--156.0 | 12         | 40.8        |
| 1.0--1.99 | 120.1--168.0 | 13         | 36.0        |
| 1.1--1.19 | 132.1--180.0 | 11         | 30.8        |
| 1.2--1.29 | 144.1--192.0 | 6          | 26.4        |
| 1.3--1.39 | 156.1--204.0 | 4          | 24.0        |
| 1.4--1.49 | 168.1--216.0 | 11         | 22.4        |
| 1.5--1.59 | 180.1--228.0 | 4          | 18.0        |
| 1.6--1.69 | 192.1--240.0 | 5          | 16.4        |
| 1.7--1.79 | 204.1--216.0 | 1          | 14.4        |
| 1.8--1.89 | 216.1--228.0 | 1          | 14.0        |
| 1.9--1.99 | 228.1--240.0 | 4          | 13.6        |
| 2.0--2.09 | 240.1--252.0 | 4          | 12.0        |
| 2.09이상    | 252.1 이상     | 26         | 10.4        |

서비스 시간간격을 埠頭別로 再整理 分析한 결과 外航埠頭는 13番船席이 內航埠頭는 25番船席이 높은 占有率을 보이고 있다. 한가지 특이한 事項은 木浦港 入出港한 外航船의 船舶 척수가 1993년도는 총 615척 이었던 것이 1994년도는 281척으로 떨어진 것은 中國으로 交易이 한창이던 中古車輸出의 特需로 外航船 入出港이 많았던 것이고 그의 년도 별로는 比例하여 小幅으로 增加하고 있다[7].

Table 3.1과 같이 22번 船席에 219척의 船舶이 同時에 5척까지 接岸할경우도 발생하므로 船席 占有率은 100%를 상회하고 있으며 平均서비스 時間은 15.27 時間으로 內航船 平均서비스 時間 24.056에 못 미치고 있다. 23番船席에는 160척의 船舶이 이용하였으며 平均서비스 時間은 17.69시간으로 內航船 平均 占有時間에 못미치고 있으며 25番船席은 309척으로 內航埠頭에서 가장 많이 利用되는 船席이고, 平均서비스 時間은 32.96時間으로 內航埠頭 全體平均을 上廻하고 있다.

### 3. 시뮬레이션에 의한 分析

#### 3.1 시뮬레이션을 위한 準備

木浦港의 運送過程을 分析하기위한 待期行列 모델로서 <Fig 3.1>과 같은 複數-經路. 單一過程의 待期行列 모델을 선택 하였다[6].

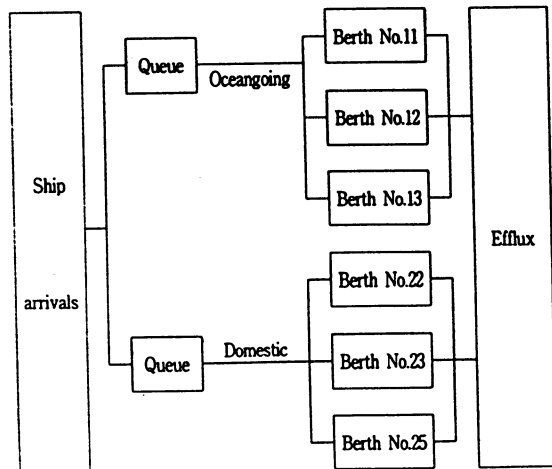


Fig. 3.1. Model of Mokpo port as a complex of Multi-channel, Single-phase

Table 3.1 Frequency of occupancy of individual pier

| 부두명<br>(내항) | 빈도수<br>(척) | [평균서비스시간] | 부두명<br>(외항) | 빈도수<br>(척) | [평균서비스시간] |
|-------------|------------|-----------|-------------|------------|-----------|
| 2-22        | 219        | [15.27]   | 1-11        | 44         | [161.90]  |
| 2-23        | 160        | [17.69]   | 1-12        | 80         | [ 90.06]  |
| 2-25        | 309        | [32.96]   | 1-13        | 126        | [123.63]  |
| 기타          | 17         |           |             |            |           |

Table 3.2부터 Table 3.7까지는 각 船席의 서비스시간 및 특성을 나타내고 있다.

Table 3.2 Domestic vessel pier service time in berth No.22

| 시간간격(시간)      | 빈도수(척수) | 누적분포(%) |
|---------------|---------|---------|
| 0 ---- 1.52   | 0       | 100     |
| 1.53---- 3.04 | 23      | 99.97   |
| 3.05---- 4.56 | 12      | 89.47   |
| 4.57---- 6.08 | 42      | 83.99   |
| 6.09---- 7.60 | 16      | 64.82   |
| 7.61---- 9.12 | 10      | 57.52   |
| 9.13----10.64 | 7       | 52.95   |
| 10.65---12.16 | 51      | 49.77   |
| 12.17---13.68 | 4       | 26.48   |
| 13.69---15.20 | 10      | 24.65   |
| 15.21---16.72 | 3       | 20.08   |
| 16.73---18.24 | 6       | 18.71   |
| 18.25---19.76 | 1       | 15.97   |
| 19.77---21.28 | 2       | 15.51   |
| 21.29---22.80 | 2       | 14.60   |
| 22.81---24.32 | 7       | 13.69   |
| 24.33---25.84 | 0       | 10.49   |
| 25.85---27.36 | 2       | 10.49   |
| 27.37---28.88 | 1       | 9.58    |
| 28.89---30.40 | 1       | 9.13    |
| 30.41---31.92 | 0       | 8.67    |
| 31.93---33.44 | 0       | 8.67    |
| 33.45---34.96 | 4       | 8.67    |
| 34.96 이상      | 15      | 6.84    |

Table 3.4 Domestic vessel pier service time in berth No.25

| 시간간격(시간)      | 빈도수(척수) | 누적분포(%) |
|---------------|---------|---------|
| 0 ----- 3.29  | 0       | 100     |
| 3.30---- 6.58 | 6       | 99.97   |
| 6.59---- 9.87 | 10      | 98.03   |
| 0 ----- 3.29  | 0       | 100     |
| 3.30---- 6.58 | 6       | 99.97   |
| 6.59---- 9.87 | 10      | 98.03   |
| 9.88----13.16 | 89      | 94.79   |
| 13.17---16.45 | 27      | 65.99   |
| 16.46---19.74 | 20      | 57.26   |
| 19.75---23.03 | 4       | 50.79   |
| 23.04---26.32 | 6       | 49.50   |
| 26.33---29.61 | 1       | 47.56   |
| 29.62---32.90 | 3       | 47.24   |
| 32.91---36.19 | 83      | 46.27   |
| 36.20---39.48 | 11      | 19.41   |
| 39.49---42.77 | 23      | 15.85   |
| 42.78---46.06 | 5       | 8.41    |
| 46.07---49.35 | 0       | 6.79    |
| 49.36---52.64 | 0       | 6.79    |
| 52.65---55.93 | 0       | 6.79    |
| 55.94---59.22 | 0       | 6.79    |
| 59.23---62.51 | 4       | 6.79    |
| 62.52---65.80 | 5       | 5.50    |
| 65.81---69.09 | 1       | 3.88    |
| 69.10---72.38 | 0       | 3.56    |
| 72.39---75.67 | 1       | 3.56    |
| 75.67 이상      | 10      | 3.24    |

Table 3.3 Domestic vessel pier service time in berth No.23

| 시간간격(시간)      | 빈도수(척수) | 누적분포(%) |
|---------------|---------|---------|
| 0 ----- 1.76  | 1       | 100     |
| 1.77---- 3.52 | 19      | 99.36   |
| 3.53---- 5.28 | 24      | 87.41   |
| 5.29---- 7.04 | 31      | 72.32   |
| 7.05---- 8.80 | 9       | 52.82   |
| 8.81----10.56 | 11      | 47.16   |
| 10.57---12.32 | 27      | 40.24   |
| 12.33---14.08 | 4       | 23.26   |
| 14.09---15.84 | 4       | 20.75   |
| 15.85---17.60 | 1       | 18.24   |
| 17.61---19.36 | 2       | 17.61   |
| 19.37---21.12 | 4       | 16.35   |
| 21.13---22.88 | 2       | 13.84   |
| 22.89---24.64 | 0       | 12.58   |
| 24.65---26.40 | 1       | 12.58   |
| 26.41---28.16 | 1       | 11.95   |
| 28.17---29.92 | 0       | 11.32   |
| 29.93---31.68 | 1       | 11.32   |
| 31.69---33.44 | 1       | 10.69   |
| 33.45---35.20 | 0       | 10.07   |
| 35.21---36.96 | 1       | 10.07   |
| 36.97---38.72 | 2       | 9.44    |
| 38.73---40.48 | 2       | 8.18    |
| 40.48 이상      | 11      | 6.92    |

外航船埠頭에서 船席別 서비스 分布를 Table 3.5부터 Table 3.7까지 보이고 있다. 全體的인 船舶構成을 보면 총톤수 100톤 未滿의 外航船이 50여척으로 1船席 1船舶이 아닌 11番船席에 44척이 이용하여 서비스를 161.90이고 細分하여 보면 11-1에 26척 11-2에 15척 11-3에 3척으로 分類되고 있다. 12번선석은 80척이 利用되어 서비스율이 90.06시간이고 細分하여 보면 12-1에 44척 12-2에 22척 12-3에 9척 12-4에 5척으로 分類되고 13번선석에 126척이 이용하여 서비스율이 123.63시간이다. 細分하여 보면 13-1에 45척 13-2에 39척 13-3에 26척 13-4에 11척 13-5에 5척으로 分類됨을 확인 할 수 있다.

Table 3.5 Oceangoing vessel pier service time in berth No.11

| 시간간격(시간)       | 빈도수(척수) | 누적분포(%) |
|----------------|---------|---------|
| 0 -----16.73   | 3       | 100     |
| 16.74---33.46  | 5       | 92.99   |
| 33.47---50.19  | 2       | 81.36   |
| 50.20---66.92  | 1       | 76.71   |
| 66.93---83.65  | 2       | 74.39   |
| 83.66---100.38 | 3       | 69.74   |
| 100.39--117.11 | 2       | 62.76   |
| 117.12--133.84 | 2       | 58.11   |
| 133.85--150.57 | 2       | 53.46   |
| 150.58--167.30 | 1       | 48.81   |
| 167.31--184.03 | 4       | 46.48   |
| 184.04--200.76 | 2       | 37.18   |
| 200.77--217.49 | 1       | 32.53   |
| 217.50--234.22 | 1       | 30.21   |
| 234.23--250.95 | 1       | 27.88   |
| 250.96--267.68 | 1       | 25.56   |
| 267.69--284.41 | 1       | 23.24   |
| 284.42--301.14 | 1       | 20.92   |
| 301.15--317.97 | 1       | 18.60   |
| 317.98--334.70 | 3       | 16.28   |
| 334.71--351.43 | 2       | 9.30    |
| 351.43 이상      | 2       | 4.65    |

Table 3.7 Oceangoing vessel pier service time in berth No.13

| 시간간격(시간)       | 빈도수(척수) | 누적분포(%) |
|----------------|---------|---------|
| 0 -----12.43   | 6       | 100     |
| 12.44---24.86  | 5       | 95.19   |
| 24.87---37.29  | 6       | 91.22   |
| 37.30---49.72  | 14      | 86.46   |
| 49.73---62.15  | 11      | 75.35   |
| 62.16---74.58  | 12      | 66.62   |
| 74.59---87.01  | 4       | 57.10   |
| 87.02---99.44  | 12      | 53.93   |
| 99.45---111.87 | 3       | 44.41   |
| 111.88--124.30 | 12      | 42.03   |
| 124.31--136.73 | 4       | 32.51   |
| 136.74--149.16 | 6       | 29.34   |
| 149.17--161.59 | 1       | 24.58   |
| 161.60--174.02 | 5       | 23.79   |
| 174.03--186.45 | 2       | 19.83   |
| 186.46--198.88 | 2       | 18.24   |
| 198.89--211.31 | 2       | 16.65   |
| 211.32--223.74 | 1       | 15.06   |
| 223.75--236.17 | 1       | 14.27   |
| 236.18--248.60 | 4       | 13.48   |
| 248.61--261.03 | 1       | 10.31   |
| 261.03 이상      | 12      | 9.52    |

Table 3.6 Oceangoing vessel pier service time in berth No.12

| 시간간격(시간)       | 빈도수(척수) | 누적분포(%) |
|----------------|---------|---------|
| 0 ----- 8.97   | 2       | 100     |
| 8.98----17.94  | 1       | 89.63   |
| 17.95---26.91  | 11      | 88.38   |
| 26.92---35.88  | 5       | 74.63   |
| 35.89---44.85  | 3       | 68.38   |
| 44.86---53.82  | 3       | 64.63   |
| 53.83---62.79  | 3       | 60.88   |
| 62.80---71.76  | 8       | 57.13   |
| 71.77---80.73  | 7       | 47.13   |
| 80.74---89.70  | 2       | 46.25   |
| 89.71---98.67  | 5       | 43.75   |
| 98.68---107.64 | 5       | 37.50   |
| 107.65--116.61 | 2       | 31.25   |
| 116.62--125.58 | 4       | 28.75   |
| 125.59--134.55 | 5       | 23.75   |
| 134.56--143.52 | 3       | 17.50   |
| 143.53--152.49 | 2       | 13.75   |
| 152.50--161.46 | 1       | 11.25   |
| 161.47--170.43 | 1       | 10.00   |
| 170.44--179.40 | 2       | 8.75    |
| 179.41--188.37 | 1       | 6.25    |
| 188.37 이상      | 4       | 5.00    |

### 3.2 시뮬레이션

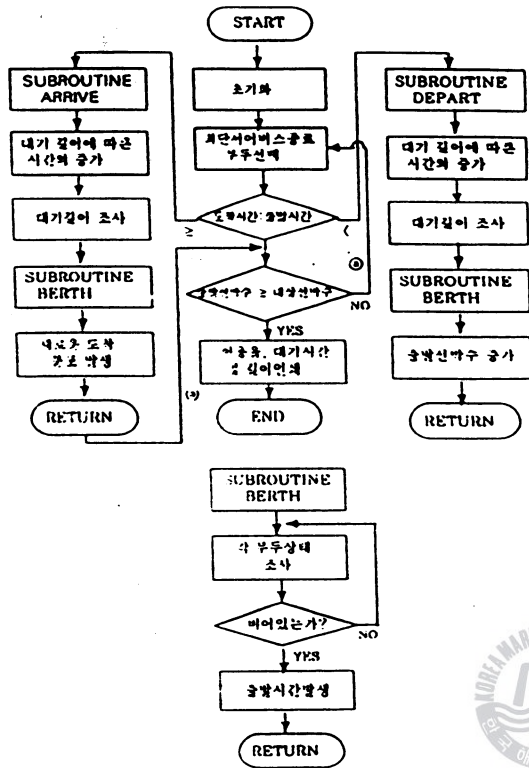
本章에서는 到着率 및 서비스율을 基礎로 하여 시뮬레이션 함으로써 問題點을 發見하고 木浦港의 船舶運用에 關한 改善策의 方向을 提示하고자 한다. 시뮬레이션의 主要變數인 到着率과 서비스시간은 一樣亂數(Uniformal distribution random number)분포 발생에 의한 累積分佈를 발생시켜 시뮬레이션을 實施하였다.

待期行列 시뮬레이션의 프로그래밍 작성을 위한 흐름도를 Fig 3.2에 보인다[8].

#### 1) 初期化 段階

시스템 初期時間을 0으로 두고 각 船席은 船舶이 비어 있는 狀態로 두고 船舶이 서비스를 終了하고 出發하는 時間을 크게 잡아서 到着時間의 比較時 出發時間을 크게 하여 船舶의 埠頭利用을 誘導한다. 기타 필요한 變數도 初期치를 設定한다.





<Fig 3.2 Flow chart of programming>

흐름도를 대략 다음과 같이 설명한다.

2) Subroutine Arrive

到着時間이 出發時間보다 작을 境遇에는 Subroutine Arrive로 와서 既存의 待期만큼의 所要時間을 記憶시킨 후에 待期길이가 各埠頭의 비어있는 狀態를 調査하여 待期길이가 要求되거나 全體船席이 바뀔 경우는 待期길이를 增加시킨다. 한편 Subroutine Berth로 가서 各埠頭的 서비스종료시간을 探索하여 다음 到着하는 船舶의 時間을, 到着時間의 分布로부터 無作為로 決定한 다음 主프로그램으로 되돌아온다.

3) Subroutine Depart

船舶의 港灣內 離脫을 알려주는 Subroutine으로서 船舶의 到着時間이 出發時間보다 클때 埠頭는 비어있는 것으로 看做하므로 待期船舶

이나 到着船舶의 埠頭利用이 可能하다. 따라서 待期所要에 따르는 時間을 變化시키며 既存待期길이를 減少시키거나 埠頭中 하나를 비워두며 Subroutine Berth를 이용한 다음 埠頭的 出發時間을 서비스분포로부터 無作為로 選擇한 후에 서비스종료한 船舶數를 증가시켜 主 프로그램으로 되돌아 간다.

4) Subroutine Berth

Subroutine Arrive 및 Depart 에서 各埠頭的 서비스 可能狀態를 利用하여 서비스 時間의 終了時間을 찾아 到着時間과 比較할수 있도록 하여 준다.

5) 出力段階

시물레이션 全過程을 통하여 出力되는 埠頭別 結果는 다음과 같다.

가) 埠頭利用率 나) 待期時間 다) 平均시스템時間 라) 各々の 대기길이에 對한 確率

이러한 結果로 內航船의 埠頭利用率은 100%를 超過하고 있으며 시스템 平均時間은 120.7時間이고 平均待期時間은 100.25時間으로 內航船의 境遇는 全體서비스率이 100%를 超過하고 있으며 船舶이 한척도 待期하지 않을 確率은 1.7%이고 5척 以上이 待期할 確率은 2.8%이다. 內航船埠頭는 利用率이 매우높은 實情으로 埠頭擴張이 絶실하며, 外航船埠頭的 境遇 利用率은 37.16% 이고 시스템 平均時間은 34.9時間이며 平均待期時間은 0.82時間으로 外航船埠頭는 利用率이 매우 低조하므로 이에 對한 改善策이 切實하다.

4. 木浦港 運用의 改善方案

木浦港의 埠頭運用에 있어서 內航船埠頭的 경우 利用效率이 超過되고 있어 어느정도 比率로 內航船埠頭的 擴張이 必要하는가 또 外航船埠頭に 있어서 利用率의 極大化를 위하여 어느정도의 比率로 船舶入出港量이 增加하여야 되는가를 分析하여 보고자 한다.

4.1 서비스율의 改善方案.

1. 內航船의 서비스율의 改善

內航船의 境遇 利用率이 超過되고 있기 때문에 이의 改善을 위하여 埠頭擴張 즉 現在의 平均서비스時間을 基準하여 5%씩 減少시켜 시물

레이션한 결과를 Table 4.1에 보인다.

Table 4.1에서와 같이 內航船埠頭는 現在보다 埠頭擴張을 50%정도 增加 시킨 平均서비스時間을 13.20時間帶로 하였을때에 理想的인 埠頭利用率 70%상태를 유지 할 수 있다[9].

Table 4.1 Results of simulation by reducing service time in domestic pier

|            |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 평균서비스시간    | 24.00 | 22.80 | 21.60 | 20.40 | 19.20 | 18.00 | 16.80 | 15.60 | 14.40 | 13.20 | 12.00 |
| 시스템평균시간    | 36.48 | 71.20 | 61.33 | 93.89 | 73.47 | 41.91 | 45.65 | 37.69 | 27.47 | 21.85 | 15.59 |
| 평균대기시간(척당) | 12.47 | 48.40 | 39.73 | 73.49 | 54.27 | 23.91 | 28.85 | 22.09 | 13.07 | 8.71  | 3.59  |
| 이용율(%)     | 100   | 98.02 | 100   | 97.41 | 98.29 | 88.31 | 90.53 | 87.72 | 81.53 | 70.28 | 60.24 |

2. 外航船의 서비스율의 改善

外航船 埠頭的 境遇 平均서비스 時間 34.48時間에 利用率 37.16%로 平均待期時間이 0.82時間으로 한 척도 待期하지 않을 確率이 97.7%로 木浦港에서 外航船은 거의 待期하지 않을 確率이 높게 나타나고 1척이 대기할 확율은 1.9%이고

2척이 待期할 確率은 0.4%로 떨어지고 있다. 外航船埠頭 利用率은 37%정도로 매우 低調하기 때문에 利用率을 극대화 하기 위하여 船舶交通量이 增加 하여야 될 것이므로 船舶平均到着 時間을 10%씩 減少시켜 시물레이션한 결과 Table 4.2와 같다.

Table 4.2 Results of simulation by reducing vessel arrival interval time

|            |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 평균서비스시간    | 34.48 | 34.00 | 30.60 | 27.20 | 23.80 | 20.40 | 17.00 | 13.60 | 10.20 | 6.80   |
| 시스템평균시간    | 34.91 | 36.85 | 34.75 | 33.61 | 33.51 | 30.65 | 27.14 | 27.52 | 37.66 | 118.96 |
| 평균대기시간(척당) | 0.82  | 00.00 | 00.00 | 00.00 | 00.00 | 0.08  | 0.21  | 8.88  | 10.45 | 91.86  |
| 이용율(%)     | 37.16 | 36.36 | 38.17 | 41.60 | 47.33 | 50.31 | 53.12 | 65.93 | 87.54 | 100.16 |

平均서비스 時間을 現在 34.48時間을 基準으로 한 34時間에서 부터 10%씩 減少시킨 즉 船舶交通量을 現在보다 10%씩 增加시킬 경우 利用率의 適定線인 70% 정도까지 增加시키기 위해서는 1994년도 外航船 交通量보다 65% 程度까지 增加되어야 木浦港 外航埠頭的 效率的인 運用이 될수 있음을 確認할 수 있다.

첫째 內航船은 平均船舶到着間隔이 6.034時間이고 平均서비스 時間이 24.056時間으로 利用率면에서 100%를 超過하고 있기 때문에 內航船埠頭는 약 50%정도의 擴張이 필요함을 確認 하였다.

둘째 外航船埠頭的 경우는 現在의 埠頭利用量도 利用率면에서 매우 低調한 실정으로 外航船 平均到着間隔이 34.48時間이고 平均서비스시간이 120.04時間으로 利用率이 34.91%임을 確認 하였다.

埠頭利用率을 極大化 하기 위하여 現在보다 外航船舶 交通量 약 65%정도까지 增加 시켜야 할 必要가 있음을 確認 하였다. 단순한 埠頭건

5. 結 論

木浦港에 待期行列 모델을 適用하여 시물레이션한 결과를 다음과 같이 要約한다.

실보다 現埠頭施設의 改善 및 港灣弘報를 통하여 多 많은 船舶의 利用을 誘導하여야 함을 알수 있다.

지금까지 木浦港 開發計劃은 단순히 中國과의 交易을 위하여 西海岸據點都市로 發展시키기 위하여 無條件的으로 木浦港을 擴張開發하여야 한다고 主張하여 왔으나 需要創出을 위한 새로운 방안이 研究되어야 할것이다.

### 參 考 文 獻

- [1] 李哲榮, 崔康一: “水上運送路로서의 漢江의 利用可能性에 關한 研究,” 1993.
- [2] 金範中: “1993年度 木浦港 資料分析,” 海運産業研究院, 木浦港廣域開發基本計劃書 5章揭載, 1994. 12.
- [3] “木浦港 廣域開發基本計劃” 中間發表: 海運港灣廳, 1994. 7.
- [4] “木浦港 船舶出入港 臺帳(1994年度):” 木浦地方海運港灣廳.
- [5] 李哲榮, 朴桂珏: “시뮬레이션에 의한 釜山港灣運送過程의 分析에 關하여,” 1986.
- [6] Morse, P.M.: “Queues, Inventories and Maintenance,” John Wiley & Sons, Inc, New York, 1958.
- [7] 金亨根: “環黃海經濟權의 形成에 대비한 木浦港의 開發方向과 財源調達方案에 關한 研究,” 1992.
- [8] P.I.Collier: “Simulation as an aid to the study of a port as a system,” the 3rd International Symposium on ship operation Automation, 1979.  
Saaty.T.L.: “Element of Queueing Theory,” McGraw-Hill book co, Inc. New York, Houston, 1976.  
森村英典, 大前義次: “應用待期行列理論”, 日科技連出版社, 東京, 1997.
- [9] 李哲榮, 文成赫: “港灣運送시스템의 分析에 關한 研究,” 1983.
- [10] 李哲榮, 尹明五: “海上交通量의 效率的 管理 方案에 關한 研究,” 1992.
- [11] “木浦港 廣域開發基本計劃書”: 海運港灣廳, (株)韓寧엔지니어링, (株)三安建設 技術公社, 1994, 12.
- [12] 李哲榮: “시스템工學概論,” 文昌출판사, 1981.
- [13] 金滿植: “O.R.理論(解法과 適用),” 喜重堂, 1990.

