

原料 荷役順序의 決定

(A Heuristic Unloading Scheduling for the Raw-Material-Carrying Vessels)

성 덕 현*
이 용 황**
김 윤 호*
한 재 호*
김 재 연*

Abstract

The purpose of this paper is to prepare an unloading schedule of the raw-material-carrying vessels at Pohang port so as to minimize the total demurrages.

A mixed integer programming(MIP) model was constructed, in which only three berths were considered. For the feasible application of the model an approximation approach was employed. The results of the test run of the model based on the past four-month's real data of P company revealed the company could have saved a considerable amount of demurrages, if the model had been applied during the same period. In addition, all the processes were computerized for the clerk-in-charge not only to utilize the results of this study easily but also to rearrange the schedule in quick response to any possible changes.

I. 序 論

工場에서 사용하는 原料의 需給體系는 船舶輸送에 의한 輸入原料가 대부분을 차지하는 경우 在庫水準의 설정, 配船計劃의 樹立, 그리고 入港船舶들에 대한 荷役計劃의 樹立단계로 구분할 수 있다[13]

船舶 荷役順序의 決定은 각 船舶의 荷役완료시점을 예측할 수 있게 되고, 이는 다시 配船計劃에 투입되어 새로운 운항 schedule 을 편성하게 된다. 따라서 荷役計劃은 이미 설정된 在庫計劃과 配船計劃을 기초로 樹立되며, 이 운영은 在庫 및 配船計劃으로부터 독립적으로 이루어질 수 있는 특성을 지니게 된다.

본 研究에서는 原料需給의 마지막 단계로서

* 産業科學技術研究所 經營科學研究센터

** 포항 綜合製鐵株式會社 CTS 事業部

표 1. 港灣 與件

港 別	船 席 數	港 灣 能 力		接 岸 能 力
		DWT(ton)	Draft(m)	
포 항	4	50,000- 150,000	11.2-16.5	150,000 Ton 급 1 척 100,000 Ton 급 2 척 50,000 Ton 급 1 척
光 陽	1	250,000	20	250,000 Ton 급 1 척

• 滯船料(demurrages)을 감소시킬 수 있는 荷役順序의 決定과

• 제 조건의 변화에 대응하여 荷役順序의 재조정과 滯船料의 변화정도가 신속하게 예측될 수 있도록 荷役計劃 樹立의 精細화된 모형의 構築 등을 다루고자 한다.

II. 現況 및 背景

II.1 港灣 및 船舶與件

본 研究에서는 船席(berth)의 부족으로 岸壁占有率이 과다하여 滯船이 불가피하게 발생하는 경우를 대상으로 하고 있다.

荷役作業은 船席에 船舶을 接岸한 시점으로부터 시작되며 그 荷役능력은 荷役機(unloader)의 능력(Ton/hour) 및 揚荷條件에 따라 決定된다. 또한 船舶을 船席에 接岸時에는 각 船舶의 諸元(DWT, draft 등)과 港灣의 수심(depth), 接岸능력(DWT) 등의 비교에 의하여 接岸가능여부를 판정하게 된다[13].

본 研究에서 대상으로 하고 있는 P社의 경우 港灣을 2개 사용하고 있으며, 주로 사용하고 있는 船席은 5개로서 각 船席에 따라 船舶의 接岸能力이 決定되어 있다(표1 참조).

II.2 滯船料의 算定

荷役作業時 각 船舶은 荷役조건상의 許容時間(laytime allowed)과 實使用時間(laytime used)

과의 差에 따라 滯船料와 早出料의 비용항목이 발생하게 된다. 즉, 滯船料는 僱船契約上 허용된 시간이 지난 후에 荷役이 완료되는 경우 荷主가 船主에게 지불하는 一定率(\$/day)의 비용을 말하며, 早出料는 그 반대의 개념으로서 통상 滯船料率의 1/2로 計上된다.

滯船料의 計算방법은 船舶의 入港豫定日(ETA : estimated time of arrival), Turn time, 許容日數 및 揚荷條件에 따라 다음과 같이 산출한다.

$$\text{早} \cdot \text{滯船料} = \text{早} \cdot \text{滯船時間} \times \text{早} \cdot \text{滯船料率}$$

$$\text{早} \cdot \text{滯船時間} = \text{許容時間} - \text{實使用時間}$$

$$\text{實使用時間} = \text{碇泊時間} - \text{Turn time}$$

$$\text{許容時間} = \text{船積量} / \text{日 荷役契約量}$$

이 경우 Turn time 이란 船主와 荷主사이에 계약한 荷役준비에 소요되는 시간으로서, 계약된 시간을 기준으로 契約시간 전에 荷役이 시작되었을 경우에는 實 經過時間만 인정하고, 契約된 시간을 초과하는 경우에는 契約된 시간을 최대로 하여 인정하는 荷役 준비시간을 말한다

II.3 理論的 考察

본 절에서는 荷役作業의 특성과 관련된 sequencing 및 해법 등에 관한 이론적 배경을 제시하고자 한다

生産計劃問題에 있어서 각각의 作業이 여러대의 기계를 거쳐 수행되고, 각 作業의 作業 준비시간과 마감시간(due date)이 동일한 경우에는 해결하기가 몹시 힘든(NP-hard in the strong sense) 문제로 분류되고 있다. [1, 5, 6] 이러한

유형의 研究는 그 이후로 많은 시도가 있었으나, 실제 해결책을 찾기에는 곤란한 것들이 밝혀지고 있다. [12] 生産計劃問題를 動的計劃法(DP)을 이용하여 효과적으로 해결하려는 시도가 있었으나, 본 研究에서는 作業의 종속·독립적인 관계에 의하여 적용이 어려운 상태이다. [3, 8] 최근들어 MIP 를 이용하여 荷役計劃 樹立과 성격이 유사한 生産計劃問題를 다루는 研究가 있었으나 단순히 문제의 정식화로서만 끝낸 경우가 있다 [7] 이 경우도 문제의 규모가 커지면 해결이 곤란한(intractable) 문제로 분류되고 있다.

이상의 研究에서와 같이 scheduling 에 관한 문제는 정식화까지는 이루어지고 있으나 문제의 규모가 커지면 실제 해결할 수 없는 경우가 대부분이므로 근사적인 해(approximation)를 구하고자 하는 시도가 있게 되었다. 이러한 유형의 研究로서는 Greedy-like heuristics[11], 單體法(simplex methods)을 이용한 방법[2], 制約條件의 대체를 이용한 방법[4] 등이 있다.

Ⅲ. 荷役計劃 樹立의 模型化

Ⅲ.1 荷役計劃의 特性

荷役計劃의 特性은 그 목적으로 비추어 船舶을 어떤 船席에 接岸시킬 것인지에 관한 割當(assignment) 과 割當된 船舶들에 대한 荷役順序의 決定(scheduling)이라 할 수 있다. [9, 10] 다음은 본 研究에서 대상으로 하는 荷役計劃의 特性을 추출한 것이다.

- 船席의 이동을 허용

船舶을 船席에 接岸(berthing)시키는 판단의 기준은 총 톤수(DWT)와 吃水(draft)로서, 특정 船舶이 이 기준을 초과할 경우 接岸능력이 큰 船席에서 일정량을 荷役한 후 船席을 이동하여 作業을 수행하는 경우가 있을 수 있다. 이처럼 특정 船舶은 荷役作業의 진행에 따라 船席의 이동을 허용할 수 있는 特性을 지니게 된다.

- 荷役作業의 종속·독립성

船席의 이동이 없는 船舶의 荷役作業은 서로 독립적인 特性을 갖게 된다. 그러나 船席을 이동할 경우, 船席을 이동한 후의 作業은 船席 이동전의 作業이 완료된 후에야 作業이 시작될 수 있는 종속적인 特性을 갖게 된다.

- 單一作業의 연속성

모든 荷役作業은 일단 作業이 시작되면 天災地變의 사유 이외에는 그 作業의 완료시까지 중단 없이 수행된다. 船席의 이동이 발생하는 경우에도 船席이동 전·후의 作業을 각각의 獨立作業으로 간주한다면 마찬가지로 特性이 성립하게 된다.

- 先占權(Preemption)

각 船舶의 船席 선점권은 특별한 경우를 제외하고는 발생치 아니한다. 이 때의 특별한 경우란 在庫枯渴의 우려가 있는 原料 船積船의 경우 및 Yard 적치능력의 포화상태가 예상되는 경우를 말한다.

Ⅲ.2 假 定

본 절에서는 荷役計劃의 特性을 고려하여 이를 모형화할 수 있도록 몇가지 가정을 설정하고자 한다.

- 荷役順序決定의 판단 기준은 비용항목으로서 滯船料를 기준으로 한다.

- 荷役計劃의 樹立단위는 날짜 기준(daily base)으로 하며, 모든 船舶의 入港 豫定日(ETA : estimated time of arrival)은 配船計劃을 통하여 예측이 가능하다.

- 일단 荷役作業이 시작되면 완료시까지 중도에 作業이 정지되지 않는다. 船席의 이동이 발생한 경우 船席이동 전·후의 作業은 연속적인 特性을 갖게 된다.

- 모든 船舶은 荷役이 완료된 시점을 滯船料 산정기준으로 한다. 따라서 荷役作業의 종속성이 발생하는 船席 移動作業의 경우, 荷役완료시점은 船席 이동후의 作業이 완료되는 시점으로 한다.

• 모든 船舶의 荷役作業은 船席 이동의 경우를 제외하고는 서로 독립적이다.

III.3 變數의 定義

가. 作業群의 分類

앞 절에서 설정한 가정을 이용한다면 하나의 船舶은 하나 혹은 두개의 독립된 作業으로 구분할 수 있다. 예를 들어 10 만톤급 船席에 직접 接岸이 가능한 船舶은 하나의 作業으로 설정할 수 있다. 그런데, 10 만톤급 船席에 接岸이 불가능한 船舶 중에서 1 차로 15 만톤급 船席에 接岸하여 일정량을 荷役한 후 10 만톤급 船席으로 이동하여 作業을 계속할 수 있는 경우에는, 船席 이동 전·후의 作業을 각각 독립된 作業으로 구분함으로써, 한 船舶이 2 개의 作業으로 구분될 수 있다. 이상에 의하여 각 船舶들의 作業을 다음과 같은 作業群(sets)으로 분류할 수 있다.

J - 總 作業群(set)

J_1 - 15 만톤급 船席에서만 荷役이 가능한 作業群

J_2 - 초기에는 15 만톤급 船席에서만 作業이 가능하나, 일정량 荷役後 船席을 이동하여 10 만톤급 船席에서도 荷役이 가능한 作業群

J_3 - 10 만톤급 船席에서 荷役이 가능한 作業群
나. 常 數(constants)

다음의 값들은 入港이 예상되는 船舶에 따라 미리 정해져 있는 값이거나, 혹은 몇 단계의 제산 과정을 거쳐 산출할 수 있는 값으로서 상수로 분류하였다.

F_{ik} - 船席 k 에서 作業 i 의 荷役時間(unloading time)

R_{ik} - 船席 k 에서 作業 i 의 作業開始 可能時刻(ready time)

R_k - 作業 可能時刻(berth ready time)

D_i - 作業 i 의 마감時刻(due date)

W_1 - 作業 i 의 滯船料率(demurrage: \$ / day) M - big-M(여기서, $M = \sum_i \sum_k F_{ik}$ 이용)

다. 變 數(variables)

다음의 값들은 荷役計劃 樹立시에 최종적으로 얻고자 하는 값들이다.

P_{ik} - 作業 i 가 船席 k 에서 수행되는지의 여부 (0 또는 1)

Q_{ij} - 作業 i 와 作業 j 와의 先行與否(0 또는 1)

S_{ik} - 船席 k 에서 作業 i 의 作業 始作時刻(starting time)

C_i - 作業 i 의 完了時刻(completion time)

여기서, $C_i = S_{ik} + F_{ik}$

III.4 問題의 定式化

荷役計劃의 정식화된 모형은 MIP(mixed integer programming)를 이용하였다.

우선 目的函數로서는 計劃기간내에 발생이 예상되는 總 滯船料的 합을 최소화하는 것으로 하였다. 따라서 荷役作業 i 의 荷役完了 시각이 C_i 이고 마감시각이 D_i 인 경우, 荷役作業이 주어진 마감시각내에 끝나지 못한다면 $C_i > D_i$ 가 되고, 이 지체된 부분인 $C_i - D_i$ 에 대하여 荷主는 船主에게 단위시간(day)당 W_1 의 滯船料를 지불하게 된다. 따라서 船主에게 지불하는 作業 i 의 總 滯船料는 $W_1(C_i - D_i)^+$ 가 되며, i 는 作業의 완료가 이루어지는 J_2 또는 J_3 에 속하는 경우가 이에 해당된다. 반대로 $C_i < D_i$ 인 경우에는 作業이 정해진 시간보다 빨리 끝난 경우이므로 荷主는 船主로부터 단위시간당 $W_1/2$ 의 早出料를 받게 된다. 따라서 목적함수는 다음과 같이 설정할 수 있다.

$$Z = \text{Min. } \sum_{i \in J_2, J_3} [W_1(C_i - D_i)^+ - (W_1/2)(D_i - C_i)]$$

$$\text{여기서, } (C_i - D_i)^+ = \begin{cases} C_i - D_i, & C_i \geq D_i \\ 0, & C_i \leq D_i \end{cases}$$

다음으로 制約條件式은 荷役模型에 영향을 미치는 모든 條件들을 나열한 것으로서 다음의 4 부분으로 표현할 수 있다.

船席 占有條件

$$p_{11} = 1, p_{12} = p_{13} = 0, i \in J_1$$

$$p_{21} + p_{22} + p_{23} = 1, i \in J_2, J_3$$

作業 準備條件

$$S_{ik} \geq R_{ik} \quad i \in J, k = \{1, 2, 3\}$$

$$S_{ik} \geq R_{ik}$$

作業 先行條件

$$S_{ik} + M[(2 - p_{ik} - p_{jk}) + (1 - q_{ij})] \geq S_{jk} + F_{jk}$$

$$S_{ik} + M[(2 - p_{ik} - p_{jk}) + q_{ij}] \geq S_{jk} + F_{jk}$$

$$i, j \in J$$

作業 完了條件

$$C_i + M(1 - p_{ik}) \geq S_{ik} + F_{ik}, i \in J$$

IV. 事例 研究 - 荷役順序의 決定

IV.1 近似的 解法의 이용

모형의 분석에 의하여 J_1, J_2, J_3 에 속하는 作業의 갯수를 각각 n_1, n_2, n_3 라 할 때, 整數變數의 갯수는 $3n_1 + 3n_2 + 2n_3$ 로서 고려대상의 船舶이 증가할 수록 문제의 해결이 곤란함을 볼 수 있었다. 따라서 본 研究에서는 荷役計劃의 특성을 고려한 개념적 근사해를 얻고자 하였으며, 이에 필요한 몇가지 前提條件을 설정하였다.

첫째, 고려대상의 船席은 滯船料 발생의 주 원인이 되고 있는 포항항의 3船席(# 11, # 13, # 14)으로 하였다. 따라서 포항·光陽의 2港揚荷時에는 岸壁占有率이 낮은 光陽港을 1차 荷役港으로 하고, 光陽에서의 荷役 완료후 포항港에 入港한 시점을 그 船舶의 荷役作業 준비시각으로 한다. 이 경우 滯船料 산정은 光陽港의 入港日로부터 기산한다.

둘째로 計劃기간을 10 일단위로 구분하여 荷役計劃을 작성하였다. 월평균 入港船舶이 약 20 척임을 감안할 때 10 일 구간에는 약 7~8 척의 船舶이 入港할 것으로 예측되며, 이들의 荷役順序를 決定하는 과정을 반복하여 원하는 計劃기간동안

의 荷役順序를 決定하고자 한다.

다음으로는 정수변수를 줄이기 위한 전제로서 荷役計劃의 두가지 과정인 割當(p_{ik} 의 결정)과 順序의 決定(q_{ij} 의 결정)중에서 割當의 과정을 먼저 수행한다. 이것은 船舶의 폭주로 인한 岸壁占有率이 90% 이상임을 감안할 때, 先入先出의 원칙하에 각 船席에서의 作業時間에 의한 makespan 을 균등화하는 과정을 말한다.

이러한 전제하에 각 船席에 作業을 割當하여 作業順序를 決定하는 문제로 축소함으로써 근사해의 도출이 가능하였다.

IV.2 荷役順序의 決定

다음의 표 2는 본 研究를 통한 결과표이다. 이 결과에 의하면 GZR 은 8월 24일에 포항港에 入港하여 9월 8일까지 대기하였다가 9월 8일에 # 11船席에 接岸, 荷役을 개시한 후 9월 11일에 荷役을 완료됨을 예측할 수 있다. 따라서 이 船舶의 許容日數는 5.29일로서 滯船料 부과일수는 12.71일이고 滯船料率은 \$ 6,000/day 이므로, 이 船舶에 대해서는 \$ 76,260의 滯船料가 지불될 것으로 예상된다. 마찬가지로 WESTIN의 경우에는 9월 3일 포항港 入港, 9월 21일 # 11船席에 接岸하여 荷役開始, 그리고 9월 23일에 # 14船席으로 이동하여 荷役을 계속한 후 9월 27일에 荷役이 완료될 것으로 예측된다. 따라서 滯船料 부과일수는 16.40일이고 滯船料率은 \$ 6,000/day 이므로 총 \$ 98,400의 滯船料지불이 예상된다.

이상의 결과를 실제치와 비교하기 위하여 각 船舶의 出港豫定日(ETD : estimated time of departure)을 기준으로 4개월간의 월별 滯船料總額을 비교하였다(표 3 참조). 표 3에 의하면 4개월간의 총 滯船料가 기존 荷役計劃 편성방법에 비하여 약 \$ 164,229 절감될 수 있을 것으로 예상된다.

표 2. 荷役模型에 의한 荷役順序의 決定(계속)

** EXPECTED DEMURRAGE **

VESSEL	ETA	ALLOWED + DEDUC. (DAY)	DISCHARGING		ETD	ON DEM (DAYS)	DEM (\$ / DAY)	DEM (\$)
			DATE	BERTH				
G. Z. R.	8.24	5.29	9.8	11	9.11	12.71	6000.	76260.
ARISAN	8.26	6.91	9.11	11	9.15	13.09	7000.	91630.
H. OLYMPIC	8.25	9.94	9.1	13	9.5	1.06	6000.	6360.
KILDARE	8.20	8.70	9.5	13	9.11	13.30	8000.	106400.
I. PACIFIC	8.20	6.20	9.1	14	9.7	11.80	14000.	165200.
W. JUNORI	8.21	6.53	9.1	14	9.6	9.47	6000.	56820.
WESTIN-9	8.26	10.78	9.7	11	9.13	7.22	6000.	43320.
			9.8	14				
A. ARIES	9.4	10.18	9.15	11	9.21	6.82	9000	61380
ACACIA	9.3	5.18	9.11	13	9.12	3.82	6000.	22920.
WYWURRI	9.9	5.60	9.12	13	9.14	-0.60	5000.	-1500.
D. SPIRIT	9.11	10.58	9.16	13	9.21	-0.58	6000.	-1740.
WESTIN	9.3	7.60	9.21	11	9.27	16.40	6000.	98400.
			9.23	14				
I. WHYALLA	9.1	9.27	9.13	14	9.16	5.73	6000.	34380.
H. COSMOS	9.4	10.28	9.16	14	9.22	7.72	6000.	46320.
W. WONORI	9.22	7.02	9.27	11	10.3	3.98	6000.	23880.
POHANG	9.15	6.35	9.21	13	9.24	2.65	6000.	15900.
D. GLORY	9.17	6.43	9.24	13	9.26	2.57	6000.	15420.
SALVIA	9.18	9.58	9.26	13	9.29	1.42	6000.	8520.
H. ISLAND	9.20	8.53	9.29	13	10.3	4.47	6000.	26820.
H. OCEANIA	9.27	8.50	10.3	11	10.9	3.50	6000.	21000.
			10.5	13				
N. SEA	9.22	8.00	9.24	11	10.2	2.00	8000.	16000.
			9.27	14				
O. PARK	10.5	9.61	10.13	11	10.20	5.39	6000.	32340.
			10.17	13				
ACACIA	10.11	5.14	10.11	13	10.15	-1.14	6000.	-3420.
FREESIA	9.25	8.54	10.2	14	10.5	1.46	6000.	8760.
H. GIANT	9.27	7.61	10.5	14	10.10	5.39	6000.	32340.
W. JUNORT	10.2	6.25	10.6	14	10.9	0.75	6000.	4500.
I. SPENCER	10.9	9.26	10.10	11	10.15	-3.26	6000.	-9780.
			10.13	14				

VESSEL	ETA	ALLOWED +DEDUC. (DAY)	DISCHARGING		ETD	ON DEM (DAYS)	DEM (\$ / DAY)	DEM (\$)
			DATE	BERTH				
WESTIN	10.18	8.00	10.18	11	10.24	-2.00	6000.	-6000.
			10.20	14				
AURORA	10.15	7.91	10.20	11	10.24	1.09	10000.	10900.
ABBEY	10.26	8.22	10.26	11	11.1	-2.22	8000.	-8880.
YK	11.3	8.30	11.3	11	11.5	-6.30	5000.	-15750.
WESTIN-9	10.17	9.88	10.25	11	10.31	4.12	6000.	24720
			10.26	13				
D. DLORY	11.3	5.86	11.3	13	11.8	-0.86	6000.	-2580.
JASMINE	10.20	11.15	10.28	14	10.31	-0.15	6000.	-450.
BEGONIA	10.25	8.65	10.31	14	11.4	1.35	6000	8100.
SPOT-1	11.4	7.82	11.12	11	11.17	5.18	8000.	41440.
W. WONORI	11.6	7.20	11.8	13	11.12	-1.20	6000.	-3600.
POHANG	11.9	6.27	11.12	13	11.16	0.73	6000.	4380.
D. HONEY	11.13	6.32	11.17	13	11.21	1.68	7000.	11760.
I. PACIFIC	10.26	10.00	11.5	14	11.12	7.00	14000.	98000.
D. SPIRIT	11.1	10.53	11.6	14	11.12	0.47	6000.	2820.
SKRIM	11.9	8.65	11.12	14	11.16	-1.65	10000.	-8250.
L. TRANSPORT	11.20	6.91	11.21	11	11.26	-0.91	8500.	-3868.
JOSSTLE	11.15	8.70	11.26	13	12.1	7.30	8500	62050.
O. PARK	11.18	10.53	11.23	13	11.28	-0.53	6000.	-1590.
H OCEANIA	11.11	8.64	11.20	14	11.25	5.36	6000.	32160.
W. JUNORI	11.12	5.37	11.17	14	11.20	2.63	6000.	15780.
SPOT-2	11.20	8.52	11.25	14	11.29	0.48	8000.	3840.
S-MARU	11.24	9.00	11.29	14	12.4	1.00	11000.	11000.
WESTIN-9	11.26	9.88	12.5	11	12.8	2.12	6000.	12720.
W. WONORI	12.10	7.20	12.12	13	12.16	-1.20	6000.	-3600.
WESTIN	12.10	8.70	12.16	13	12.21	2.30	6000.	13800.
H. MARU	11.25	8.00	12.1	14	12.5	2.00	7000.	14000.
H. ISLAND	11.27	8.53	12.5	14	12.10	4.47	6000.	26820.
JASMINE	11.27	9.88	12.8	14	12.13	6.12	6000.	36720.
D. GLORY	12.13	5.86	12.13	14	12.18	-0.86	7000.	-3010.
SPOT(PERR)	12.10	8.52	12.18	13	12.22	3.48	8000.	27840.
YK	12.18	5.67	12.21	13	12.22	-1.67	5500.	-4592.
SPOT(POD)	12.16	8.70	12.22	13	12.26	1.30	8000.	10400.
SALVIA	12.13	8.38	12.19	14	12.23	1.62	6000.	9720.
W. JUNORI	12.20	5.77	12.23	14	12.27	1.23	6000.	7380.
D. SPIRIT	12.20	10.03	12.23	14	12.28	-2.03	6000.	-6090.

표 3. 月別 滯船料 比較

月	區 分	荷 役 模 型		實 際 資 料		增減(\$) a-b
		船 舶 數	滯船料(\$) a	船 舶 數	滯船料(\$) b	
9	早 出	2	845,990	0	902,535	-56,545
	滯 船	15		17		
10	早 出	4	181,610	2	285,906	-104,296
	滯 船	10		12		
11	早 出	7	200,972	5	216,979	-16,007
	滯 船	9		11		
12	早 出	4	215,158	9	202,539	12,619
	滯 船	11		6		
계		1,443,730		1,607,959		-164,229
월 평 균		360,933		401,990		-41,057

다음에는 配船計劃의 변경 또는 船舶상황의 변동에 대응하여 본 모델을 이용할 수 있는 방안을 제시하고자 한다.

滯船料的 발생은 岸壁占有率의 과다가 그 주원인이 되고 있으므로, 配船計劃의 樹立시에 船舶의 운항 schedule 을 조정함으로써(ETA의 변경에 의한 等間隔化) 과다한 岸壁占有를 막을 수 있고, 따라서 滯船料 감소가 가능할 것이다. 이를 이용하면 配船計劃 변경에 따른 滯船料 감소액을 예측하고, 이러한 과정을 반복하여 최소의 滯船料를 지불할 수 있는 荷役計劃을 樹立할 수 있게

된다. 예를 들어 표 2에서 滯船料가 과다하게 발생되리라 예상되는 船舶인 I. PACIFIC(ETA : 8.20), WESTIN(ETA : 9.3), ARISAN(ETA : 8.26)의 ETA 를 配船計劃을 통하여 각각 8월 30일, 9월 13일, 그리고 9월 5일로 조정할 수 있다면 다음의 표 4에서와 같이 \$ 340,942의 滯船料 절감효과를 볼 수 있다. 이와같이 配船計劃을 조정할 경우 본 荷役模型을 통하여 滯船料를 줄일 수 있도록하는 荷役計劃을 신속하게 편성할 수 있게된다.

표 4. ETA 調整 前·後의 滯船料 比較

月	區 分	ETA 調 整 後		ETA 調 整 前		增減(\$) a-b
		船 舶 數	滯船料(\$) a	船 舶 數	滯船料(\$) b	
9	早 出	2	562,290	0	845,990	-283,700
	滯 船	16		15		
10	早 出	3	167,830	4	181,610	-13,780
	滯 船	10		10		
11	早 出	7	173,762	7	200,972	-27,212
	滯 船	9		9		
12	早 出	4	198,908	4	215,158	-16,250
	滯 船	11		11		
계		1,102,790		1,443,730		-340,942
월 평 균		275,698		360,932		-85,234

V. 結 論

이상에서와 같이 정형화된 荷役模型을 樹立함으로써 다음의 결론을 얻을 수 있다.

• 荷役順序의 迅速한 決定

計劃기간중에 入港豫定인 船舶들에 대하여 滯船이 많이 발생되는 포항港의 주요 船席에 있어서 船舶의 荷役順序를 신속하게 決定할 수 있도록 하였다. 현재 實務部署에서 행하고 있는 荷役順序 決定作業이 시행착오에 의한 手作業임을 감안할 때 본 모형은 非 專門家에 있어서도 손쉽게 荷役順序를 決定할 수 있는 장점이 있다. 또한 配船計劃 등의 조정에 의하여 船舶의 ETA 를 변화시켜가면서 滯船料를 줄일 수 있는 荷役順序를 빠른 시간내에 찾아볼 수 있게 되었다.

• 滯船料의 減少

荷役順序를 決定하는 기준이 滯船料를 최소화하는 것이므로, 본 모형을 통한 결과는 여러 荷役

計劃중에서 滯船料를 줄일 수 있는 방안이 되고 있다. 그러나 해의 도출과정에 있어서 Heuristic approach 를 이용하였으므로 최적해를 구할 수는 없었으나 최적해에 접근하는 해를 얻을 수 있을 것이다. 실제 모의실험에 의하여 Heuristic 을 검증한 결과 作業의 수가 10 개까지는 최적해에 거의 일치하고 있음을 볼 수 있었다.

• 모델의 유연성

본 모형은 컴퓨터를 이용한 정식화된 모형이므로 在庫枯渴이나 Yard MAX.가 예상될 경우 단순한 수식의 첨가 및 변경에 의하여 신속히 대처가 가능하다.

본 荷役模型에서는 포항港의 세 船席에 대해서만 고려하였으므로 향후 光陽의 船席 증가와 함께 모형의 확장이 필요하다. 따라서 현재의 모형으로는 光陽港의 荷役을 1 차 作業으로 하는 手作業이 첨가되어야 한다. 또한 본 연구에서 적용한 근사해의 도출과정을 체계화할 필요가 있을 것이다.

Reference

1. Baker, K. R., Introduction to Sequencing and Scheduling, John Wiley and Sons, Inc., N.Y., 1974.
2. Balas, E. and C.M. Martin, "Pivot and Complement - A Heuristics for 0-1 Programming", *Management Science*(1980), 26, pp 86-96.
3. Dogramaci, A., "Production Scheduling of Independent Jobs on Parallel Identical Processors", *Int. J. Prod. Res.*(1984), 22, pp 535-548.
4. Freville, A. and G. Plateau, "Heuristics and Reduction Methods for Multiple Constraints 0-1 Linear Programming Problems", *Eur. J. Oper. Res.*(1986), 24, pp 206-215.
5. Garey, M. R. and D. S. Johnson, Computers and Intractability, W. H. Freeman and Company, San Francisco, 1979.
6. Gonzalez, T. and S. Sahni, "Flow Shop and Job Shop Schedules : Complexity and Approximation", *Int. J. Prod. Res.*(1978), 26, pp 36-52.
7. Greene, T. J. and R. P. Sadowski, "A Mixed Integer Programming for Loading and Scheduling Multiple Flexible Manufacturing Cells", *Eur. J. Oper. Res.*(1986), 24, pp 379-386.
8. Nemhauser, G. L., Introduction to Dynamic Programming, John Wiley and Sons.
9. Parker, R. G., "Using Combinatorics to Solve Production Scheduling Problems in Matching

- Jobs and Machines”, *Industrial Engineering*(1984), 16, pp 22-25.
10. Seidmann, A., S.S. Panwalker and M.L. Smith, “Optimal Assignment of Due-dates for a Single Processor Scheduling Problem”, *Int. J. Prod. Res.*(1981), 19, pp 393-399.
 11. Toyoda, Y., “A Simplified Algorithm for Obtaining Approximate Solutions to Zero-one Programming Problems”, *Management Science*(1975), 21, pp 1417-1427.
 12. Yookun, C. and S. Sahni, “Preemptive Scheduling of Independent Jobs with Release and Due Times on Open, Flow and Job Shops”, *Oper. Res.*(1981), 29, pp 511-522.
 13. 擇妥有, “原料荷役計劃システム”, 鐵鋼のIE(1986), 24, pp 42-46.