港灣荷役勞動力의 最適配分에 關한 硏究
(Ⅱ) 船舶群의 境遇

李 哲 榮* · 禹 柄 久**

OPTIMUM ALLOCATION OF PORT LABOR GANGS IN CASE OF MULTIPLE SHIPS

Cheol-yeong, Lee · Byung-goo, Woo

目 次

ABSTRACT
1. 序 論
2. 問題의 定式化
2.1. 一般的인 境遇에 對한 最適勞動力 配分
2.2. 最適配分勞動力의 簡略解法
3. 船舶의 特性을 考慮한 最適勞動力 配分
3.1. 勞動力이 不充分한 境遇의 最適配分
3.2. 平均 荷役 作業時間을 最小化한 配置問題
3.3. 在港費用을 考慮한 勞動力 配置問題
4. 結 論
參考文獻

Abstract

Recently recognizing the labor productivity of port physical distribution system in the ort and shipping areas, Much Efforts for evaluating this productivity has been made ntinuously. But still there is little study, so far, on a systematic research for the management of port labor gangs, and even those were mainly depended on a rule of umb.

* 정회원, 한국해양대학
**정회원, 한국해기연수원

Especially the object of this study is to introduce the method of optimal allocation and assignment for the labor gangs per pier unit in the multiple ships berthed at an arbitrary pier or port, In case the multiple ships have a homogeneous cargoes or do not have sufficient labor gangs to be assigned.

The problem of optimal allocation and assignment of the labor gangs to be

i) formalized with multi-stage decision process in form of difference equation as the pattern which converted the independent multiple ships into a single ship with the intra-multiple ships, and

ii) the optimal size of labor gangs could be obtained through the simple mathematical method instead of complicated dynamic programming, and

iii) In case of shortage of labor gangs available the evaluation function considering the labor gangs available and total shift times was introduced, and

iV) the optimal allocation and assignment of labor gangs was dealt at the point of minimizing the summation of the total shift times and at the point of minimizing the total cost charged for the extra waiting time except PHI time during port times for the mulitple ships combinations.

1. 序 論

最近 港湾및 海運分野에서도 港湾物流시스템의 生產性의 重要性을 인식하면서 이에 대한 노력이 進行되고 있다. 이중에서 주요한 部分을 차지하고 있는것이 港湾荷役시스템의 生產性 向上에 관한 것이다. 그러나 勞動 집약적인 特性을 지닌 荷役 事業에 있어서 物動量의 波動性, 大量性과 노동써어비스의 비저장성등을 考慮하여 荷役勞動力을 효율적으로 관리하지 않고, 主로 經驗的인 측면에서 다루어졌으며 더우기 지금까지 學術的인 硏究는 거의 없는 실정이다. 필자들은 이런点에 主目하여 參考文獻[1]의 硏究成果를 바탕으로 複數船舶의 船舶群에 있어서 一般的인 경우의 最適配分 勞動力의 配分및 配置問題를 다루고자 한다. 可用勞動力이 充分한 경우에는 모든船舶에 順序대로 平均勞動力을 配置시켜 원활한 荷役作業을 할수 있다.

그러나, 可用勞動力이 不充分한 境遇에 埠頭 또는 港湾에 接岸한 船舶群에 埠頭를 基本單位로 勞動力을 最適配分하는 방법을 기술하고자 한다. 그리고, 港湾物流시스템의 生產性 向上과 시스템 관리를 위하여 港湾管理側面에서 船舶群의 埠頭 占有 時間을 考慮하여 平均荷役作業時間이 最小가 되는 관점에서도 問題를 다룰것이며, 또한 船主 또는 貨主側面에서도 荷役에 필요한 實時間을 제외하고 勞動力 不充分으로 야기되는 追加 待機時間에 대한 在港費用의 總合이 最小가 되는 觀點에서도 荷役勞動力을 最適配置하는 問題를 고찰하기로 한다.

따라서 本論文의 제2장에서는 一般的인 境遇에 대한 最適勞動力 配分과 配置를 定式化하고, 복잡한 動的計劃法 대신에 最適配分에 관하여 간단한 簡略解法을 記述하고자 한다. 그리고, 제3장에서는 可用勞動力

dCollection

이 不充分한 경우에 作業段階數와 勞動力을 고려한 評價函數를 도입하고, 港湾管理측면에서 작업시간을 最小化시키는 배치문제 그리고 船舶群의 最小在港費用側面에서도 配置問題를 다루고자 한다.

2. 問題의 定式化

2.1 一般的인 境遇에대한 最適勞動力 配分

論文〔1〕에서는 單一船舶에 대하여 港湾荷役 勞動力을 최적으로 배분하는 문제를 다루었으나, 여기서는 同一한 종류의 貨物이나 各船舶에 배분할 平均勞動力 以下의 노동력이 不充分한 경우에 對備하기 위한 조치로서 勞動力 配分을 埠頭 또는 港湾을 基本單位로하여, 單一船舶의 경우를 확장한 船舶群에 대하여 살펴보기로 한다.

任意의 埠頭에 P척의 船舶이 접안하여 가용노동력 Rgang으로 作業을 하는 경우를 가정한다. 各船舶의 선창수를 각각 $S_i(i=1,2,---,P)$, 화물량을 각각 W_i, 총화물량을 W, 화물량의 分布狀態 및 노동력의 배치상태를 X_{ij}, U_{ij}, 라 두기로 한다. 그리고 各船舶의 PHI(Principal Hatch Index)를 P_i라 둔다.

埠頭에서는 隣接하고 있는 船舶끼리 荷役勞動力을 이동하면서 배치할수 있는 特性을 지내고 있으므로 이러한 상황에서는 船舶群에 대한 하역작업과정 論文〔1〕에서 다룬 差分方程式의 형태로 나타낼수 있다.

$$X_{(K+1)}=X_{(K)}-U_{(K)} \cdots\cdots\cdots\cdots (2.1)$$

단, $X_{(K)}=[X_{K1}, X_{K2}---, X_{Kq}]$화물상태의 Data Vector

$U_{(K)}=[U_{K1}, U_{K2}---, U_{Kq}]$노동력 배치의 Binary Vector 이다.

$(K=1,2,---,n, q=\sum si)$

따라서 식(2.1)의 各段階別 最適配分 解는,

$$\sum Y_K=W$$

$$g_k(Y_K)---\text{minimize} \cdots\cdots\cdots\cdots (2.2)$$

단., $1 \leqq Y_K \leqq R \leqq q$, Y_K는 정의 정수로 船舶群의 最適配分勞動力

$g_K(Y_K)=Y^2_K$, $Y_K \geqq Y_{K+1}$

$(Y_K-Y_{K+1} \leqq 1)$

로 되어 動的計劃法에 의하여 解를 求할 수 있음을 나타내고 있다.

한편, 船舶群과 各船舶의 最適勞動力은 作業完了時間이 달라서 일률적으로 비교할 수는 없으나 各段階別로 投入되는 平均勞動力 W/n을 기준으로 살펴보면 다음의 定理가 成立된다.

(定理1) 船舶群의 평균배분노동력의 全合計와 任意의 i선박의 평균배분노동력을 各各 N, N_i라 두면, $N \leqq \sum N_i$의 관계가 成立한다.

(證明) 船舶群의 PH1 P는 maxPi이고 $N=\sum W_i/P$ 이며, $\sum N_i=\sum (W_i/P_i)=\sum a_i \cdot W_i/P$이므로 $(\alpha_i=P/P_i \geqq 1)$ $N \leqq \sum N_i$가 成立한다. 이상의 定理로 부터 다음의 系를 얻는다.

(系) 船舶群의 最適配分勞動力 Y_K, 任意의 i선박의 最適配分勞動力을 $Y_{K(i)}$라 하면 $Y_K \leqq Y_{K(i)}$이다. 단, $K=1,2,---$ P_i

(例題1) 任意의 埠頭에 3척 船舶 A船(2, 3, 2), B船(2, 4, 1)그리고 C船(2, 3, 5)이 接岸하여 荷役을 하고자 한다. 船舶群의 경우와 複數의 個別船舶의 경우에 있어서,

(1) 船舶群의 境遇

$W=24$, $PH1=5$, 단계수 $n=W/PH1=5$, 평균배분노동력

$N=W/n=[24/5]+1=5(gang)$

(2) 個別船舶의 境遇

A 船舶의 평균배분노동력

dCollection

P는 P=P1이므로, $W1/E_{K(1)}=P$를 만족해야 한다. 따라서 이 경우의 총하역작업소요시간은 ΣT_i이다.

(2) 一般的인 境遇에는 제일마지막에 어떤번호의 선박에 나머지 잔유노동력 $E_{K(i)}$를 配分할 것인가에 따라, 소요시간은 $\Sigma P_j(i \neq j)+W_i/E_{K(i)}$로 되며, $W_i/E_{K(i)}>P_i$이므로 (1)의 경우보다 총소요시간은 길어지게 된다.

以上의 定理로부터 다음의 系를 얻는다.

(系) $E_{K(i)} \geqq W_i/P$

(例題2) 3척선박 A(1, 2, 3), B(2, 3, 4), C(4, 5, 6)가 接岸하여 있는 경우 선박군의 Y_K로 부터 各船舶의 평균노동력을 먼저 配分하고 총작업완료시간의 AST를 구한다. W=30, PHI=6, Y_K=5(gang)이다.

(例題2)의 3척 A, B, C를 6가지 허용결정조합군으로 나누어 AST를 求하면 Table 1과 같다. AST가 最小가 되는 船舶群組合은 〔ABC〕, 〔BAC〕2가지이다. 이는 선박군 Y_K=5(gang)이므로 A, B 두선박에 PH1 순서에 관계없이 모두 평균 노동력을 배치 할 수 있기 때문이다.

구분 번호	조 합 군	선 박	T_i	ΣT	AST	비 고
1	〔ABC〕	A	3	15	5	*
		B	4			
		C	8			
2	〔ACB〕	A	3	16	16/3	
		C	6			
		B	7			
3	〔BAC〕	B	4	15	5	*
		A	3			
		C	8			
4	〔BCA〕	B	4	16	16/3	
		C	6			
		A	6			
5	〔CAB〕	C	6	16	16/3	
		A	3			
		B	7			
6	〔CBA〕	C	6	18	6	
		B	5			
		A	7			
"*" Minimum Total Average shift Time						

Table 1. Allocation and assignment of labor gangs and total average shift time per combinations of three ships

dCollection

구분번호	조 합	선 박	a_i	$\triangle t_i$	$a_i \times \triangle t_i$	$\sum(a_i \times \triangle t_i)C^*$	비 고
1	〔ABC〕	A	1	0	0	3C*	＊＊
		B	2	0	0		
		C	1.5	2	3		
2	〔CAB〕	C	1.5	0	0	6C*	
		A	1	0	0		
		B	2	3	6		
3	〔CBA〕	C	1.5	0	0	6C*	
		B	2	1	2		
		A	1	4	4		
4	〔BAC〕	B	2	0	0	3C*	＊＊
		A	1	0	0		
		C	1.5	2	3		
5	〔BCA〕	B	2	0	0	3C*	＊＊
		C	1.5	0	0		
		A	1	3	3		
6	〔ACB〕	A	1	0	0	6C*	
		C	1.5	0	0		
		B	2	3	6		
"＊＊" 優先 配置 船舶群 組合							

Table 2. Feasible policy Combinations and their costs

3.3 在港費用을 考慮한 勞動力 配置問題

海上運送은 自己運送이든지 他人運送이든지간에 해상운송써어비스를 生産하기 위하여는 선박에 관해 각종비용이 발생하게 되는데, 예를 들자면 간접선비의 감가상각비, 金利, 선박보험료, 직접선비의 一般管理費, 선원비, 수리비, 선용품비, 윤활유비 그리고, 運航費로서 연료비, 항비 및 화물비등의 제비용이다.

이들 費用은 船舶의 크기, 형태 및 승무원 수에 따라서 차이가 있는것이다. 따라서, 荷役勞動力을 배치시키는데 있어서 단순히 부두점유시간의 최소만을 고려하여서는 아니되고 선주 또는 회주측면에서도 PHI시간을 제외하고 追加로 발생하는 대기시간의 在港費用을 最小化하는데도 고찰하여야 한다. 우선, 埠頭에 接岸하고 있는 船舶群에 勞動力을 배치할 수 있는 수의 선박군 조합을 구한다. 이 허용결정선박군 조합수의 追加待機時間의 총재항비용을 구하여, 最小가 되는 船舶群組合에 우선적으로 노동력을 배치시키는 것이다.

各船舶의 shift당 單位在港費用을 C_i, 在港期間을 T_i라하면, 총재항비용은, Total

dCollection

$cost = C_i \times T_i$

$= (C_i \times PHI)$

$+ (C_i \times \triangle t_i)$이다. 여기서 追加 대기기간의 재항비용은 $(C_i \times \triangle t_i)$항이다. 그런데 C_i값중에 min $C_i = C^*$라 두면

$C_i = a_i \times C^*$로 표시할 수 있다.

결국, 구하고자하는 선박군 조합의 비용은,

$$\Sigma C_i \times \triangle t_i = \Sigma (a_i \times C^*) \triangle t_i$$

$$= \Sigma (a_i \times \triangle t_i) C^* \cdots \rightarrow \text{minimize} \quad \cdots\cdots (3.4)$$

이 된다.

앞의 (例題2)의 3隻 A, B, C선의 경우를 Table 2와 같이 6가지 허용결정선박군 조합으로 구분하여 Y_K 5(gang)을 선박순서대로 평균노동력을 배치시켜 추가재항비용을 구하고자 한다.

단, A선의 $a_1 = 1$, B선 $a_2 = 2$, C선 $a_3 = 1.5$라 둔다.

Table 2에서 보인것처럼 상대적으로 비용이 最小가되는 船舶群의 組合은 〔ABC〕, 〔BAC〕, 〔BCA〕의 3가지다.

4. 結 論

本論文에서는 港湾荷役 勞動力으 最適配分및 配置問題를 통일적으로 다루기위한 2번째 段階로서 취급하는 貨物이 同一한 종류이거나 可用노동력이 각선박에 配分할 平均 勞動力 보다 不充分경우에도 대비하기 위한 조치로서 埠頭 또는 항만을 기본단위로 하여 船舶群에 荷役勞動力을 배분하고 배치하는 문제를 定式化하고 응용예를 보였다.

荷役 勞動力의 배분및 배치문제는,

i) 複數 船舶의 船舶群을 單一船舶으로 확장하여 差分方程式 형태의 다단결정과정의로 定式化하고,

ii) 하역노동력의 최적배분과정을 各 段階別 배분노동력및 총소요 노동력 최소화라는 관점에서 복잡한 동적계획법으로 解를 구하는 대신에 簡略解法으로도 求할 수 있음을 보였으며,

iii) 可用勞動力이 平均勞動力 數보다 不足한 경우에는 荷役종료시간인 단계수가 달라지므로 이런 경우에 대비해서 단계수와 노동력을 同時에 考慮한 評價函數를 도입하였고,

iV) 항만관리측면에서 최적배분 노동력을 平均荷役作業時間을 最小化 시키는 관점에서도 다루었고,

V) 선주또는 화주측면에서 在港費用을 고려하여 추가대기기간으로 발생된 총추가재항비용이 最小가 되는 선박군 조합부터 우선적으로 노동력을 배분시키는 관점에서도 다루었다.

앞으로, 더 연구되어야 할 것은, 可用勞動力이 不充分한 경우에 노동력의 최적배분 및 배치문제, 그리고 港湾荷役勞動力의 常用雇傭制度와 노무공동공급제(Labor Pool System) 또는 노무분산제(Distributed System of Labor gangs)에 대해서도 比較研究 되어야 할 것이다.

參考文獻

港湾荷役 勞動力의 最適配分에 關한 研究〔1〕, 韓國航海學會誌 1989年, 第13卷 第1號

dCollection