

# 港灣荷役 勞動力的 效率的인 配分에 關하여

李 哲 榮\* · 禹 柄 久\*\*

## On the Optimal Allocation of Labour Gangs in the Port

*Lee Cheol Yeong · Woo Byung Goo*

### 目 次

Abstract	3-1. 釜山港 現況
1. 序 論	3-2. 釜山港의 最適勞務組 配置에 關한 分 析
2. 問題의 記述 및 定式化	4. 結 論
3. 適用實例—釜山港	參考文獻

### Abstract

Nowadays all the countries of the world have studied the various problems caused in operating their own ports efficiently.

Ship delay in the port is attributal to the inefficient operation in the navigation aids, the cargo handling, the storage and transfer facilities, and to the inefficient allocation of gangs or to a bad service for ships.

Among these elements the allocation of gangs is the predominating factor in minimizing ship's turn round time.

\* 正會員, 韓國海洋大學 副教授

\*\* 正會員, 韓國海技研修院 助教授

At present, in the case of Pusan Port, the labour union and stevedoring companies allocate gangs in every hatches of ships by a rule of thumb, just placing emphasis on minimizing ship's turn round time, without applying the principle of allocation during the cargo handling. Owing to this the efficiency of the cargo handling could not be expected to be maximized and this unsystematic operation result in supplying human resources of much unnecessary surplus gangs.

Therefore in this paper the optimal size and allocation of gangs for minimizing the ship's turn round time is studied and formularized. For the determination of the priority for allocation the evaluation function, namely  $F = PHI^n \times (W + H)$ , can be obtained;

where, PHI : Principal Hatch Index

W : Total Cargo Weight represented in Gang-Shifts

H : Total Number of Ship's hatches

and also for the optimal size of gangs the average number of gang allocated per shift ( $N_g$ ), namely  $N_g = W / PHI$ , is used.

The proposed algorithm is applied to Pusan Port and its validity is verified.

## 第1章 序 論

오늘날 世界 各國에서 港灣을 効率的으로 運營하기 위하여 港灣에서 發生하는 問題들을 積極的으로 分析하여 對應策을 마련하고 있다.

港灣에서 船舶의 廻航時間지연이 생기는 理由は 航海援助시스템, 荷力시스템, 運送시스템 및 內陸과의 連結시스템이 圓滑하게 作動하지 못하거나, 서어비스 水準의 低下에 起因하는 바가 크며, 이들中 船舶의 廻航時間을 短縮하기 위하여 荷役勞務組를 最適 配分하는 問題에 對해서는 體系的으로 研究된 바가 없었기 때문에 經驗에 의존하여 荷役作業에 必要한 勞動力을 配分하는 實情이다.

따라서, 既存의 非體系的인 勞動力의 配分方法은 勞動力管理 및 埠頭運營의 効率化라는 點에서 當然히 改善되어야 할 것이다.

本 論文에서는 이러한 點에 着眼하여 勞動力의 配分順序 및 適正規模를 體系的으로 檢討하고 定式化하여 荷役勞務組를 最適으로 配分하는 알고리즘(Algorithm)을 提案하고자 한다.

本 論文은 第2章에서 다루고자 하는 問題의 性質을 明確히 記述하고 定式化를 通하여 알고리즘을 구성하며, 第3章에서는 實例로 釜山港을 對象으로 하여 제안한 알고리즘의 有効性을 확인하여, 結論에서의 全體를 要約하기로 한다.

## 第 2 章 問題의 記述 및 定式化

任意的 埠頭에 船種, 貨物種類, 總貨物量, 貨物艙數 및 船艙別 貨物量 등이 相異한  $i(i=1, 2, 3, \dots, n)$  척의 船舶이 接岸하여, 同時에 荷役作業을 遂行하고 있는 경우에 對하여 살펴보기로 한다.

一般的으로  $i$ 척의 船舶에 對해서는 效率的으로 荷役作業을 實施하는 것이 要請되나, 勞務組를 投入할 경우에는 港灣運營의 效率性和 船舶廻航時間의 最小化라는 問題를 同時에 考慮하지 않으면 안될 것이다.

一般的으로  $i$ 척의 船舶에 對하여 勞動力을 配分하고자 할 때는 埠頭施設 및 本船荷役機構의 水準 뿐만 아니라 荷役量, 船艙의 數, 貨物積載의 分布形態 및 可用勞動力을 考慮한다. 아래에서는 港灣 勞動力을 配分하는 問題를 다루는 데 必要한 概念을 定式化하기로 한다.

〔定義 1〕 모든 貨物量은 單位 gang當 作業量으로 表示하기로 하고 埠頭에 接岸한  $i$ 船舶의 總貨物量을  $W$ ,  $j$ 貨物艙에 積載된 貨物量을  $W_j$ 라 하면, PHI(Principal Hatch Index)는 다음과 같다.

$$PHI = \max_j W_j \quad (j=1, 2, 3, \dots, n) \dots \dots \dots (1)$$

〈그림 2-1〉에서 PHI는 No. 3 Hatch의 5이다.

No.4 Hatch	No.3 Hatch	No.2 Hatch	No.1 Hatch
EMPTY	5	3	2

Fig. 2-1. Cargo distribution of  $i$  ship.

〔定理 1〕 任意的 船舶의 荷役作業에 걸리는 所要時間  $t$ 는  $t \geq PHI$ 이다.

〈證明〉: 任意的 船艙에 1 shift 동안 單位 gang을 投入하여 作業할 경우 PHI는 荷役作業이 가장 늦게 終了되는 時間과 同一하므로 勞動力이 不充分한 경우까지 考慮하면 PHI보다 作業

이 빨리 끝나는 경우는 없다.

—————(證明 끝)

系 1) 任意的 埠頭에 n척의 船舶이 作業을 開始할 때 荷役作業은 PHI가 작은 船舶이 빨리 끝난다.

系 2) i번 貨物艙의 貨物量을  $w_i$ , j번 貨物量을  $w_j$ 라 하면 다음의 關係가 成立한다.

$$PHI > |w_i - w_j| \dots\dots\dots(2)$$

다음에는 PHI와 荷役作業에 配置될 最適勞動力의 關係를 檢討하기로 한다.

(定義 2)  $N_g = W/PHI \dots\dots\dots(3)$

式(3)을 平均勞動力이라 定義한다. 平均勞動力  $N_g$ 는 勞動力이 充分히 確保되어 있을 경우, 總貨物을 處理하는 데에 平均的으로 所要되는 勞動力을 代表하는 指數이다.

(例題 1) 任意的 船舶의 總貨物量이 다음과 같은 경우  $N_g=2$ 이다.

FIRST DISTRIBUTION OF CARGO (GANG-SHIFTS)	CASE A	CASE B
	2 4 1 1	2 4 1 1
1 SHIFT(4/2 GANG)	++++	++
REMAINING CARGO	1 3 0 0	1 3 1 1
2 SHIFT(2/2 GANG)	++	++
REMAINING CARGO	0 2 0 0	0 2 1 1
3 SHIFT(1/2 GANG)	+	+ +
REMAINING CARGO	1	1 1 0
4 SHIFT(1/2 GANG)	<u>+</u>	<u>++</u>
REMAINING CARGO	0 0 0 0	0 0 0 0
	$N_g = 8/4 = 2$	$N_g = 8/4 = 2$

(定理 2) 任意的 船舶에 있어서 遊休勞動力(idle gang)이 發生하지 않는 가장 效率的인 勞動力의 크기는  $N_g$ 이다.

<證明> : 平均勞動力의 크기는 貨物의 積載形態와 密接한 關係가 있으므로 아래에서는 貨物의 積載形態 즉, 分布를 考慮하여 證明하기로 한다.

(가) 單一貨物艙의 경우

이 경우  $W=PHI$ 이므로  $N_g=W/PHI$  즉,  $N_g=1$ 의 基本單位 gang이 되고, 그 以外의 勞

動力의 投入은 遊休勞動力이 된다.

〈그림 2-2〉의 경우 船內荷役作業은 1<sup>st</sup>Shift에 1gang, 2<sup>nd</sup>Shift에 1gang, 3<sup>rd</sup>Shift에 1gang 投入으로 3Shift만에 荷役이 完了된다.

No.3 Hatch	No.2 Hatch	No.1 Hatch
EMPTY	3	EMPTY

Fig. 2-2. Cargo loaded in only one hatch.

(나) 一樣分布의 경우

이 경우는 모든 貨物艙의 作業量은 同一하고 그 크기는 PHI와 같다. 따라서 貨物艙 數가 H라 하면  $W/PHI = H = N_g$ 이므로 貨物艙 數와 平均勞動力 數는 一致한다.

No.5 Hatch	No.4 Hatch	No.3 Hatch	No.2 Hatch	No.1 Hatch
7	7	7	7	7

Fig. 2-3. Uniform distribution of cargo.

〈그림 2-3〉에서  $W = 35$ ,  $PHI = 7$ 이므로 最小廻航時間을 얻기 위해서는  $N_g$ 는  $35/7 = 5(\text{gang/Shift}) = 5(\text{Hatches})$ 이므로 每 Shift마다 5 gang씩 配置시키면 된다.

(다) 一般的인 貨物分布의 경우

$W/PHI = N_g$ 로 부터  $N_g$ 는 整數 또는 小數點以下의 數值를 가지는 경우가 있으며 이 경우는 小數點以下의 값을 올림하여 處理한다.  $W = PHI + S$ 라는 關係로 부터 Commanding Hatch는 基本單位 勞動力이 荷役完了時까지 繼續 必要하고, 나머지 貨物量 S에 대해서는 荷役作業이 끝나는 時間까지  $S/PHI$ 만한 勞動力이 平均的으로 必要하게 된다. 따라서 最適 勞動力은  $W/PHI$ 로 된다.

No.5 Hatch	No.4 Hatch	No.3 Hatch	No.2 Hatch	No.1 Hatch
2	5	3	4	2

Fig. 2-4. General distribution of cargo.

〈그림 2-4〉에서는 No.4 Hatch가 Commanding Hatch로서  $PHI=5$ 이다.  $W=16$ 이므로  $S=16-5=11$ 로 되고  $S/PHI$ 에 該當하는 값은  $11/5=2.2$ 이므로 切上處理하면 3(gang)이다. 結局, Commanding Hatch에 必要한 基本 gang과 나머지 貨物量處理를 위해 必要한 3 gang을 合하면 每 Shift마다 平均勞動力은 4gang으로 된다. (證明 끝)

系 3) 任意의 埠頭에  $i$ 척의 船舶이 接岸하여 作業할 경우, 充分한 勞動力의 크기는  $\Sigma$

$$N_g \cdot i \text{이며, 이때의 作業終了時間은 } \text{Max}_i \text{ PHI} \cdot i \text{이다.}$$

한편, 以上の 結果를 中心으로  $i$ 척의 船舶이 接岸하여 作業中일 경우, 어떤 順序로 勞動力을 配分하는 것이 効率的인가를 살펴보기로 하자. 여기에서 配分해야 할 勞動力  $N$ 가

가.  $N \geq \Sigma N_g i$ 일 경우에는 系3)로부터  $\Sigma N_g i$ 만큼 配分하면 充分하며,

나.  $N < \Sigma N_g i$ 인 경우에는 어떤 船舶부터 配分할 것인가가 問題視된다. 이 경우에는  $N$ 의 크기에 따라서 달라질 것이다. 勞動力이 不充分한 경우에는 앞에 配分한 船舶의 作業을 完了해야 그 다음의 船舶에 配分하게 될 것이다. 따라서 各 船舶의 作業完了時間을  $PHI \cdot j$ 라 두면 ( $\geq PHI$ : 各 船舶의  $PHI$ 값만에 의한 純作業完了時間을 意味) 기다리는 時間이 작을수록 全作業時間은 最小가 될 것이므로 다음의 定理가 自然的으로 誘導된다.

(定理3) 勞動力이 不充分한 경우에는  $PHI$ 가 작은 船舶부터 配分하는 것이 全體船舶의 作業時間을 最小로 하며,  $PHI \cdot j \geq PHI \cdot i$ 의 關係가 成立한다.

(定理3)는 매우 強力한 條件으로서 勞動力을 配分할 때에 가장 優先的으로 適用되어야 할 性質의 것이다.

한편,  $PHI$ 가 同一한 경우 考慮해야 할 情報量으로서는 貨物量과 貨物艙의 數가 있다. 貨物艙의 數와 貨物量은 配分해야 할 勞動力의 數와 密接한 關係가 있는 것으로, 첫째 貨物艙의 條件에 있어서 貨物量이 同一하다고 하면,

(定理4) 任意의 船舶  $i$ 척에 있어서  $PHI$  및  $W$ 가 同一하다면 貨物艙의 數가 작은 船舶에 勞動力을 優先的으로 配分하는 것이 効率的이다.

〈證明〉:  $i, j$ 船舶에 있어서의 貨物艙의 數가  $H(i) > H(j)$ 일 경우,  $PHI$  및  $W$ 가 同一하므로  $N_g$ 도 同一하다. 다만, 勞動力의 移動時間을 考慮하면  $i$ 船舶의 總作業完了時間은  $T(N_g, i) = T(N_g, j) + \text{貨物艙으로의 勞動力移動時間}$ 이므로  $T(N_g, i) > T(N_g, j)$ 이다. 이것은 貨物艙이 많으면 同一한 作業量을 遂行할지라도 貨物艙間의 移動時間때문에 作業時間이 더욱 所要된다는 것을 意味한다. (證明 끝)

No.5 Hatch	No.4 Hatch	No.3 Hatch	No.2 Hatch	No.1 Hatch
1	2	2	4	1

$W=10, PHI=4, N_g=3$

(a) ship with 5 hatches.

No.3 Hatch	No.2 Hatch	No.1 Hatch
3	4	3

$W=10, PHI=4, N_g=3$

(b) ship with 3 hatches.

Fig. 2-5. Distribution of the given amount of cargo in various hatch patterns.

〈그림2-5〉의 (a) 및 (b)의 경우는 總貨物量과 PHI가 同一하지만 (a)의 경우 Commanding Hatch에서는 單位 gang으로 繼續作業을 하지만 나머지 2gang은 荷役完了時까지 한 번씩 더 Shifting을 해야하며 다른 貨物艙으로 移動시킬 때에는 貨物種類 및 貨物艙마다 多少 差異를 보여 無視할 수 있는 것도 있지만 어떤 貨物은 相當한 時間을 消費하므로 그림 (b)의 경우보다 時間이 더 걸린다.

系 4) 貨物量이 작은 쪽에 勞動力을 配分하는 것이 全作業時間이 最少가 된다.

(定理 4) 및 系4)는 勞動力의 效率的인 配分이라는 面에서는 매우 重要的 意味를 지니나, 荷役時間을 最優先으로 짧게 하고자 하는 경우에는 PHI에 注目하는 것이 무엇보다도 重要하다.

No.4 Hatch	No.3 Hatch	No.2 Hatch	No.1 Hatch
1	1	4	2

$W=8, PHI=4, N_g=2$

(a) Distribution of cargo in ship A

No.3 Hatch	No.2 Hatch	No.1 Hatch
2	1	1

W=4, PHI=2, N<sub>g</sub>=2

(b) Distribution of cargo in ship B

Fig. 2-6. Cargo distribution of ships.

〈그림2-6〉에 보이는 것처럼 Ship A와 Ship B가 동시에 作業할 때, N<sub>g</sub>A+N<sub>g</sub>B=2+2=4(gangs/shift)가 最適인 平均勞動力이 되지만 配分할 수 있는 勞動力이 3(gangs/shift)뿐일 때는 다음과 같이 된다.

Allocation 1. Case A의 船舶은 貨物艙別 順序로 2, 4, 1, 1으로 積載되어 있고, Case B의 船舶은 1, 1, 2로 積載되어 있다. 이 경우 PHI가 큰 A船舶부터 First Shift에 利用可能한 勞動力을 全部 配置하여 아래와 같이 作業을 하면 A船舶의 貨物艙에 荷役을 完了한 gang은 3 Shift부터 B船舶에 配置되므로 B船舶은 gang이 不足하여 2 Shift을 기다린 後에 荷役을 開始하였다. 이리하여 A와 B船舶은 동시에 4 Shift째 荷役完了하였으므로 AST는 4이다.

FIRST DISTRIBUTION OF CARGO (GANG-SHIFTS)	CASE A	CASE B
1 SHIFT	2 4 1 1	1 1 2
REMAINING CARGO	1 3 0 1	
2 SHIFT	++ +	
REMAINING CARGO	2	1 1 2
3 SHIFT	+	+ +
REMAINING CARGO	1	1 1
4 SHIFT	+	++
	0 0 0 0	0 0 0
TOTAL : A ; 4 SHIFTS, B ; 4 SHIFTS		
AST(Average Shift Time) : 4		

Allocation 2. 두 船舶의 貨物分布가 Allocation 1과 같으며, 利用可能한 勞動力 3gang을



PHI가 적은 船舶부터 配置를 시켰으나 平均勞動力을 超過하여 配置시켰으므로 Case B船舶은 2 Shift만에 作業完了하고 A船舶은 1 Shift를 기다린 後에 2gang으로 荷役作業을 開始하였다. B船舶은 2 Shift만에, A船舶은 5 Shift만에 作業을 完了하였으므로 AST는 3.5이다. 그러므로 두 船舶의 廻航時間은 最適이 아니다.

FIRST DISTRIBUTION OF CARGO (GANG-SHIFTS)	<u>CASE A</u>	<u>CASE B</u>
1 SHIFT	2 4 1 1	1 1 2
REMAINING CARGO		+++
2 SHIFT	2 4 1 1	1
REMAINING CARGO	++	+
3 SHIFT	1 3 1 1	<hr/> 0 0 0
REMAINING CARGO	+++	
4 SHIFT	2 1	
REMAINING CARGO	+ +	
5 SHIFT	1	
	<hr/> +	
	0 0 0 0	

TOTAL : A ; 5 SHIFTS, B ; 2 SHIFTS

AST(Average Shift Time) : 3.5

Allocation 3. 利用可能한 3gang을 PHI가 적은 B船舶에 平均勞動力( $N_g$ ) 2gang을 配置하고, 나머지 1gang을 A船舶의 Commanding Hatch부터 配置하여 荷役作業을 開始하여 B船舶은 2Shift, A船舶은 4Shift만에 2船舶이 모두 荷役完了했다. AST는 3이므로 위의 3가지 場合에서 가장 AST가 最小인 最適配分을 나타내고 있다.

FIRST DISTRIBUTION OF CARGO (GANG-SHIFTS)	CASE A	CASE B
1 SHIFT	2 4 1 1	1 1 2
	+	+ +
REMAINING CARGO	2 3 1 1	1 1
2 SHIFT	+	++
REMAINING CARGO	2 2 1 1	0 0 0
3 SHIFT	+++	
REMAINING CARGO	1 1 1	
4 SHIFT	++ +	
	0 0 0 0	
TOTAL : A ; 4SHIFTS, B ; 2SHIFTS		
AST : 3		

以上の定理 및 系로부터 到着船舶에 勞動力을 配分하는 경우에 PHI, 總貨物量, 貨物艙數를 基本的으로 考慮해야 한다는 것을 알았다. 따라서 勞動力 配分에 關한 函數 F는  $F = f(\text{PHI}, W, H)$ 로 나타낼 수 있다.

그러나, 지금까지의 考察로부터 船舶의 作業完了時間은 PHI의 크기에 最優先的으로 依存하므로 PHI를 가장 重要視하고 W 및 H는 重要度에서 同一한 정도로 看做하여, 다음과 같이 PHI의 크기에 支配되는 勞動力配分의 平價函數를 誘導할 수 있다. 즉,

$$F = \text{PHI}^n (W + H) \dots\dots\dots(4)$$

式(4)에서  $n(n \geq 2)$ 은 發見的 方法에 의하여 구하였으며 式(4)의 函數값으로부터 gang配分의 順序를 決定할 수 있다.

그리고 모든 船舶의 平均作業時間 (AST)를 最小化하기 위해 i척 船舶의 모든 貨物艙에 平均勞動力 以上으로 gang數를 投入하더라도 어느 時間以下로는 短縮시킬 수가 없는데 이것을 最小總作業時間(Minimum Total Gang Shift)  $AST^*$ 로 表示하며 이는 아래와 같이 求한다.

$$AST^* = \frac{\text{各船舶 PHI合計}}{\text{總 船舶數}} = \dots\dots\dots(5)$$

以上の 考察로부터 勞動力을 最適으로 配分하는 過程을 整理하면 다음과 같으며, <그림2-

7)에 흐름圖를 보인다.

Step 1 : 서어비스를 기다리는 모든 船舶의 PHI, W, H를 利用하여 平價函數  $F = PHI^2 (W + H)$ 를 求한다.

Step 2 : 平價函數 F값의 크기에 反比例하여 勞動力 配分順序를 決定한다.

Step 3 : 配分順序에 따라 現 利用可能한 勞動力의 數 N와 理論的인 最適平均勞動力  $N_g$ 를 比較하여  $N \geq N_g$ 일 경우에는 各 船舶마다 平均勞動力을 配分하고  $N < N_g$ 일 경우에는 平價函數 F값이 적은 船舶부터 順次的으로 各 船舶에 平均勞動力을 配分하고 나머지 gang을 다음 順序의 船舶에 配分한다.

Step 4 : 各 船舶의 作業完了時間을 合計하여 全船舶의 總作業時間과 平均作業時間을 求한다.

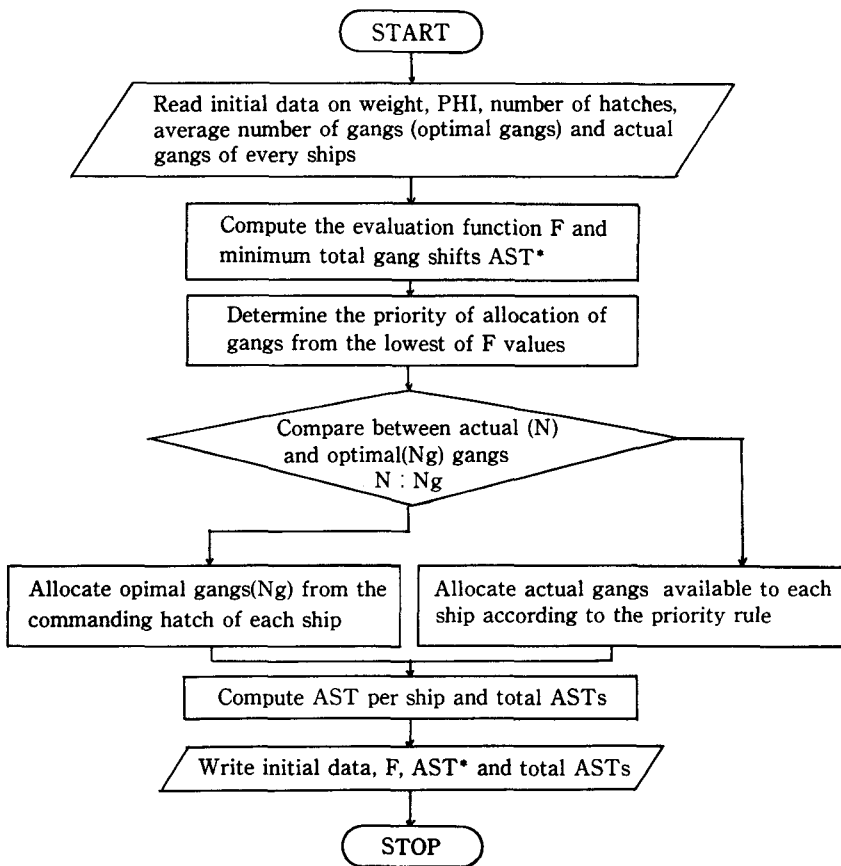


Fig. 2-7. Flow chart of algorithm

以上과 같이 最適配分の 알고리즘에 의하여 平價函數 F값 및 AST\* 값을 實例를 통하여 說明한다. 아래에서 5척의 船舶을 假定한다.

i) 船舶 A

No.5 Hatch	No.4 Hatch	No.3 Hatch	No.2 Hatch	No.1 Hatch
1	2	1	4	1

W=9, PHI=4, H=5

ii) 船舶 B

No.4 Hatch	No.3 Hatch	No.2 Hatch	No.1 Hatch
1	2	5	1

W=9, PHI=5, H=4

iii) 船舶 C

No.4 Hatch	No.3 Hatch	No.2 Hatch	No.1 Hatch
2	EMPTY	5	EMPTY

W=7, PHI=5, H=2

iv) 船舶 D

No.4 Hatch	No.3 Hatch	No.2 Hatch	No.1 Hatch
2	6	2	2

W=12, PHI=6, H=4

v) 船舶 E

No.5 Hatch	No.4 Hatch	No.3 Hatch	No.2 Hatch	No.1 Hatch
1	EMPTY	3	EMPTY	1

W=5, PHI=3, H=3

以上과 같은 例題의 結果를 整理하면 <表2-1>과 같다.

선명 구분	W	PHI	H	F값	순서
A	9	4	5	224	2
B	9	5	4	325	4
C	8	5	3	275	3
D	12	6	4	576	5
E	5	3	3	72	1
합 계	42	23			

Table 2-1. Allocation order

<表2-1>에서 任意의 埠頭에 5척의 船舶이 接岸한 경우, 作業 gang配分順序는 E,C,A,B,D順으로 決定된다. 이 順序에 의하여 本船에 gang를 配置함에 있어서 아무리 많은 gang을 投入하더라도  $AST^* = 23/5 = 4.6(\text{Shift})$ 이며, 以下로는 短縮不可能하다.

끝으로 위의 例題로서 投入 gang數에 대한 AST는 圖表로 作成하여 <表2-2>와 <그림 2-8>으로 보인다.

Gang/Shift	Total Shift	AST	Remark
N=2	58	11.6	AST*
N=3	43	8.6	
N=4	36	7.2	
N=6	28	5.6	
N=9	25	5.0	
N=10	23	4.6	
N=12	23	4.6	
N=15	23	4.6	

Table 2-2. AST per number of gangs

<表2-2>의 AST값 중에서 一例를 들어 N=9인 경우를 求하면 다음과 같다.

	Ship E	Ship A	Ship C	Ship B	Ship D
First Distribution of Cargo (Gang-shift)	131	12141	25	1251	2622
	N=9(Gang/shift for 5 ships)				
1st Shift	++	++ +	++	++	
Remaining Cargo	0 2 1	0 1 1 3 1	1 4	1 1 4 1	
2nd Shift	++	+++	++	++	
Remaining Cargo	0 1 0	0 0 0 2 1	0 3	1 0 3 1	2 6 2 2
3rd Shift	+	++	+	++	+++
Remaining Cargo	0 0 0	0 0 0 1 0	0 2	1 0 2 0	1 5 1 2
4th Shift		+	+	+ +	++++
Remaining Cargo		0 0 0 0 0	0 1	0 0 1 0	0 4 0 1
5th Shift			+	+	+ +
Remaining Cargo			0 0	0 0 0 0	0 3 0 0
6th Shift					+
Remaining Cargo					0 2 0 0
7th Shift					+
Remaining Cargo					0 1 0 0
8th Shift					+
Remaining Cargo					0 0 0 0
Total Shift	3	4	5	5	8
AST	25/5= 5 (Shift)				

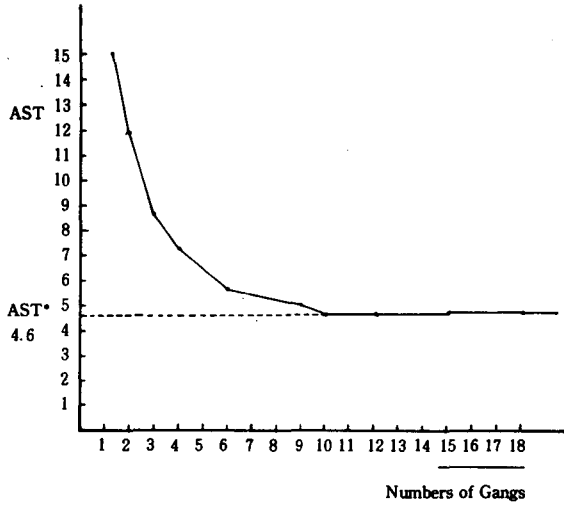


Fig. 2-8. Average shift time vs number of gang allocation.

### 第 3 章 適用實例 — 釜山港

#### 3.1 釜山港 現況

##### 3.1.1 荷役作業 現況

釜山港에 入港하는 船舶들은 特別한 경우를 除外하고 入港順序대로 荷役關係 當事者들이 事前契約에 의하여 埠頭管理課로부터 船席을 指定받아 作業을 開始한다.

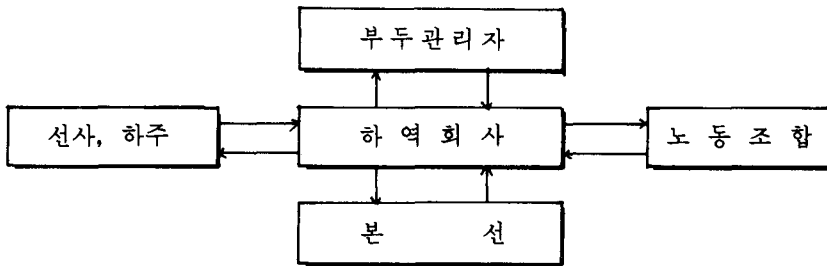


Fig. 3-1. Ship cargo handling procedure.

一般埠頭에서는 傭船契約上 多少 差異는 있지만 荷役作業契約이 Berth term인 경우에는 船舶會社가 荷役會社에 依賴하여 本船荷役을 實施하고, F.I.O일 경우에는 荷主가 荷役會社에 依賴하여 作業을 한다.

그러나, 荷役作業過程에서의 勞動力配분에 關한 合理的인 原則이 없이, 非效率的으로 gang을 配分하기에 荷役의 效率性を 期待하기가 어려우며 適正水準의 勞動力을 體系의으로 算定하여 管理하고 있지 않기 때문에 많은 剩餘勞動力을 保有하고 있는 實情이다.

따라서 荷役關係者들도 剩餘勞動力을 管理하기 보다는 船舶廻航時間을 短縮시키는 데에만 力點을 두고 貨物艙에 gang을 投入시켜 作業을 하고 있다. 이로 因해 安全事故 및 移送段階에서 큰 混雜도 發生시키고 있는 等 圓滑한 勞動力管理가 이루어지지 않고 있는 實情이다.

### 3.1.2 入港船舶의 埠頭占有率 現況

1985. 1.1부터 1985. 6. 30까지는 2,000 G/T 以上の 船舶이 總 1604척이었다. 各 埠頭別 船舶數는 一般埠頭인 경우 第1埠頭 165척, 第2埠頭 222척, 中央埠頭 188척, 第3埠頭 339척, 第4埠頭 619척, 그리고 第7埠頭가 71척이었으며, 컨테이너埠頭는(B.C.T.O.C : BUSAN CONTAINER TERMINAL OPERATING CORPORATION) 第5埠頭 253척 그리고 第6埠頭가 327척이었다.

부두	구분	척 수	평균회항시간 (시간/척)	점유율(%)
제1부두		165	53.3	51
제2부두		222	66.8	57
중앙		188	78.7	86
제3부두		339	57.2	64
제4부두		619	34.2	55
제7부두		71	135.7	56
합계		1604	55	60.5

Table 3-1. Turn-round time and berth occupancy rate.

一般埠頭的 경우, 埠頭別 船舶數, 占有時間 및 占有率은 <表3-1>에 보인다.

以上の 結果로부터 一般埠頭는 船席占有率이 約 60.5%이고 船舶當 埠頭接岸時間이 約 55 時間이며, 6個月동안 1日當 船舶到着率은 約 8.8척이다. 1척이 入港하여 埠頭接岸時間이 55 時間이므로 一般埠頭는 1日當 約 20척이 接岸荷役作業을 하고 있다.

釜山航의 埠頭別 船席表示를 <그림 3-2>에서 보인다.



3.2 釜山港의 最適勞動組의 配置에 關한 分析

3.2.1 埠頭別 船舶配分 및 標準 gang數

앞에서 釜山港은 1日 20척의 船舶이 繼續 接岸하고 있음을 確認하였으므로 現在 20척의 船舶이 第1埠頭に 3척, 第2埠頭に 3척, 中央埠頭に 3척, 第3埠頭に 4척, 第4埠頭に 5척 그리고 第7埠頭に 2척이 接岸하여 荷役作業을 하고 있다. 또한 港灣勞動力의 1gang 規模는 貨物種類마다 多少 差異가 있다.

<表3-2>에서 보이는 것처럼 積揚荷 될 貨物量은 gang-shift 單位로 表示하며, 1 Shift(8時間)에 1gang이 하나의 貨物艙에 作業하는 作業量을 (貨物取扱量) 1gang-Shift라 한다.

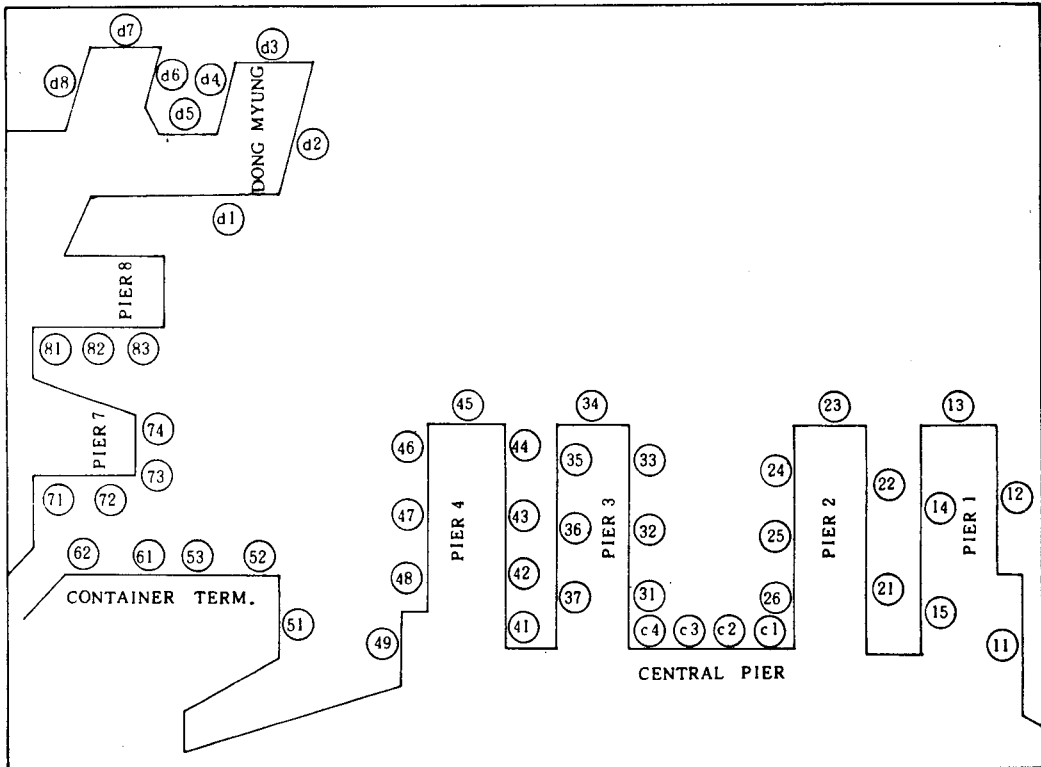


Fig. 3-2. Arrangement of berths of the Pusan port

화물종류	표준작업량 톤/Shift	선 내 작업		육 상 작업	
		현투입노무자	실소요자	현투입자	실소요자
양 곡	250	18	18	7 20(Bag)	4 20(Bag)
원 당	300	12	6	4	2
비 료	300	12	6	4	2
합 판	500	12	6	4	2
원 목	450	18	14	22(해상)	22(해상)
잡 화	300	16	14	5	3
고 철	300	12	8	4	2
광 석	300	16	15	10	10
시 멘 트	300	16	13	10	10
석 탄	300	16	16	10	10
컨테이너	48TEU	13	13	3	3

Table 3-2. Numbers of persons and cargo weight per unit gang.

### 3.2.2 荷役現況과 平均勞動力의 比較

#### 가. 第1埠頭 荷役作業

現 釜山港의 荷役作業은 埠頭別로 船席에 接岸한 各各의 船舶들의 모든 貨物艙에 勞動力(gang)을 投入시켜 占有時間을 最小化 시키도록 船上作業을 한다. 荷役會社 立場에서는 船舶廻航時間의 最小化는 荷役契約上的 早出料(Despatch)를 생각하지 않을 수가 없으므로 豊富한 勞動力을 活用하고 있는 것이다. 豊富한 勞動力을 利用하면 모든 船舶의 AST(Average Shift Time)를 最小로 하고 荷役作業도 圓滑할 것 같지만 반드시 그렇지는 않다. 이미 釜山港의 問題點들을 確認하였는 바, 여기서는 接岸船舶의 荷役作業過程의 實投入 gang과 平均勞動力投入 경우를 詳細히 分析하고자 한다.

이를 埠頭別로 考察하면, 第1埠頭的 5個船席에 다음과 같이 3척이 接岸하여 荷役作業을 하고 있다. A號는 3個의 貨物艙 B號는 2個의 貨物艙, 그리고 C號는 4個의 貨物艙 船舶으로 平均勞動力  $N_g$ 는 7(gang/Shift)이다.

구분 \ 선명	A號	B號	C號	비고
선 석	13	14	15	
화물종류	잡화	잡화	잡화	
총화물량(W) (gang-shifts)	10	8	26	합계 44
화물창수	3	2	4	9
화물창별량 (HATCHWISE Cargo) (gang-shifts)	1 2 3	1 2	1 2 3 4	화물창번호
	3 5 2	5 3	5 7 10 4	PHI 및 AST 합계20
$N_g$	2	2	3	TOTAL 7
First shift에 배치된 실질 Gang	+++ (3gangs/shift)	+ + (2gangs/shift)	++++ (4gangs/shift)	9
+ : 배치된 단위 gang표시 Shift당 유효노동력(gang diff),				2

Table 3-3. Pattern and distribution of ship's cargoes (No. 1 Pier)

〈表3-3〉에 보인 것처럼 荷役作業을 한 結果 入港船舶이 이런 貨物形態로 接岸하여 荷役作業을 하면, Shift當 遊休勞動力이 2gang이므로 하루 2交代制 船上作業을 하는 경우에는 4 (gang/Day)의 遊休勞動力을 갖고 있는 것이다. 그러므로 1gang에 15名 勞働者인 경우에는 60名의 遊休勞動力을 雇傭하고 있는 것이며 이를 比率로 나타내면 29% 程度인데, 3척의 總作業完了時間은 PHI合計 20과 同一하므로 平均勞動力( $N_g$ )를 投入할 경우, 貨物艙間的 移動時間은 實務에서는 大部分 無視할 수 있으므로 平均勞動力 投入의 경우와 貨物艙마다 投入의 경우에 있어서 船舶 總作業完了時間은 똑같이 20(gang/Shift)이다.

나. 第2埠頭 荷役作業

第2埠頭的 6個의 船席中 3척을 接岸시켜 荷役作業을 한다고 表示하면 〈表3-4〉에서 보이는 것처럼 D船舶은 3個 貨物艙에 貨物이 積載되어 있고, E船舶은 2個 貨物艙에 그리고 F船舶은 4個 貨物艙에 貨物이 積載되어 있으므로 D貨物은 Shift當 3gang을 投入, E船舶은 2gang, 그리고 F船舶은 4gang을 投入, 作業하므로 合計 9gang이 하나의 Shift에 必要하다. 그러나  $N_g$ 를 導入하면, D船舶은 2(gang/Shift), E船舶은 2(gang/Shift) 그리고 F船舶은 3(gang/Shift)가 되므로 合計 7(gang/Shift)가 된다. 現在 9(gang/Shift)의 荷役作業

Pattern은 2(gang/Shift)의 idle gang를 包含하고 있다. 하루 2交代制 船上荷役일 경우 4 gang의 遊休勞動力을 雇傭하고 있는 것과 같으며 29% 程度이다. 이때 總作業完了時間은 21(gang/Shift)이다.

구분 \ 선명	D號	E號	F號	비고
선 석	21	23	25	
화물종류	시멘트	잡 화	기계류 및 잡화	
총화물량 (gang-shifts)				합계 50
화물창수	2	2	4	9
화물창별량 (gang-shifts)	1 2 3	1 2	1 2 3 4	화물창번호
	2 5 2	4 3	10 7 12 5	PHI 및 AST 합계 21
$N_g$				합계 7
	2	2	3	
First shift에 전화물창에 배치된 gang 수	+++ (3gangs/shift)	+ + (2gangs/shift)	++++ (4gangs/shift)	합 계 9
Shift당 유효노동력				2

Table 3-4. Pattern and distribution of ship's cargoes (No. 2 Pier)

다. 中央埠頭 荷役作業

貨物艙이 4個인 3척의 船舶이 接岸荷役作業을 하고 있다. <表3-5>에서 보이는 것처럼, 3척 船舶 모두가 遊休勞動力을 1gang씩 包含하고 있다. 이때 理論的인  $N_g$ 는 9(gang/shift)인데 現場本船作業은 12(gang/shift)이므로 idle gang이 3(gang/shift)이다. 하루 2交代 船上荷役作業을 하는 경우 6gang의 遊休勞動力을 雇傭하고 있으며 이는 34%에 該當하는 것이다. 總作業完了時間은 平均勞動力 投入의 경우와, 모든 貨物艙에 gang數를 投入한 경우가 同一하게 27(gang/shift)이다.

구분 \ 선명	G號	H號	I號	비고
선 석	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>4</sub>	
화물종류	원 목	양 곡	잡화 및 컨테이너	
총화물량(W) (gang-shifts)	20	29	30	합계 79
화물창수	4	4	4	12
화물창별량 (gang-shifts)	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	화물창번호
	3 7 6 4	5 10 9 5	5 10 10 5	PHI 및 AST 합계27
N <sub>g</sub>	3	3	3	합 계 9
First shift의 전 화물창에 배치 된 gang수	++++ (4gangs/shift)	++++ (4gangs/shift)	++++ (4gangs/shift)	합 계 12
Shift당 유효노동력				3

Table3-5. Pattern and distribution of ship's cargoes (C.P)

라. 第3埠頭 荷役作業

4척의 船舶이 接岸, 荷役作業을 한다고 하고, J船舶은 4個 貨物艙, K船舶은 3個 貨物艙, L船舶은 5個 貨物艙 그리고 M船舶은 2個 貨物艙을 가진 船舶이라고 하면, <表3-6>에서 보이는 것처럼 以前 埠頭에서 言及된 船上荷役作業 Pattern을 取하여 gang을 貨物艙마다 投入하면, 平均勞動力 (N<sub>g</sub>)과 2gang/1Shift의 差異가 난다. 즉, 이것이 遊休勞動力이다. 하루 2交代 船上荷役作業인 경우 4gang가 遊休勞動力이며 이는 17% 程度이다. 이때 總作業完了時間은 N<sub>g</sub>를 投入한 경우와, 모든 貨物艙에 gang수를 투입한 경우가 동일하게 42(gang/shift)이다.

구분 \ 선명	J號	K號	L號	M號	비고
선 석	32	33	34	35	
화물종류	잡 화	컨테이너	광 석	잡 화	
총 화물량 (gang-shifts)	21	15	80	15	합 계 131
화물창수	4	3	5	2	14
화물창별량 (gang-shifts)	1 2 3 4	1 2 3	1 2 3 4 5	1 2	화물창번호
	5 7 4 5	5 5 5	10 20 15 20 15	5 10	PHI 및 AST 합계 42
$N_g$	3	3	4	2	합 계 12
First shift 전화물창에 배치	++++ (4gangs/shift)	+++ (3gang/shift)	+++++ (5gangs/shift)	++ (2gangs/shift)	14
Shift당 유희노동력					2

Table3-6. Pattern and distribution of ship's cargoes (No. 3 Pier)

마. 第4埠頭 荷役作業

5척 船舶이 接岸하여 船上荷役作業을 한다고 하면, N船舶은 4個 貨物艙, O船舶은 3個 貨物艙, P船舶은 5個 貨物艙, Q船舶은 2個 貨物艙, 그리고 R船舶은 3個 貨物艙 船舶이다. <表3-7>에서 보이는 것처럼 平均勞動力 ( $N_g$ )는 14gang인데 實在 投入勞動力이 1<sup>st</sup>Shift에 17gang이므로 3(gang/shift)의 遊休勞動力을 갖고 있다. 하루에 2交代 船上作業을 하면, 6gang의 遊休勞動力을 갖고 있는 것과 同一하며, 이는 21% 程度이다. 이때 總作業完了時間은 34 (gang/shift)이다.

구분 \ 선명	N 號	O 號	P 號	Q 號	R 號	비 고
선 석	41	43	45	47	49	
화물종류	양 곡	고 철	기계류 및 잡화	잡 화	잡 화	
총화물량 (gang-shifts)	9	12	18	14	30	83
화물창수	4	3	5	2	3	
화물량별량 (gang-shifts)	1 2 3 4	1 2 3	1 2 3 4 5	1 2	1 2 3	
	1 3 2 3	4 4 4	2 3 4 5 4	7 7	5 15 10	PHI. AST 합계 34
$N_g$	3	3	4	2	2	합 계 14
First shift에 전 화물 량에 배치 된 gang수	++++ 4gangs/ shift	+++ 3gangs/ shift	++++++ 5gangs/ shift	+ + 2gangs/ shifts	+++ 3gangs/ shift	17
Shift당 유효노동력						3

Table3-7. Pattern and distribution of ship's cargoes (No. 4 Pier)

바. 第7埠頭 荷役作業

2척의 船舶이 接岸, 荷役作業을 한다고 한다. 이때 S船舶은 5個 貨物艙, T船舶도 5個 貨物艙이다. <表3-8>에서 보이는 것처럼 平均勞動力 ( $N_g$ )은 8gang인데, 實在投入勞動力은 1<sup>st</sup>에 10gang이다. 그러므로 이때의 遊休勞動力은 2(gang/shift)이다. 하루 2交代 船上荷役일 경우에는 4(gang/shift)가 遊休勞動力이다. 이는 25% 程度이며 總作業完了時間은 52(gang/shift)다.

구분 \ 선명	S 號	T 號	비 고
선 석	72	73	
화 물 종 류	고 철	고 철	
총 화 물 량 (gang-shifts)	27	170	197
화 물 창 수	5	5	10
화 물 창 별 량 (gang-shifts)	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	화물창번호
	5 7 5 7 3	25 45 30 25 45	PHI 및 AST 합계 52
$N_g$	4	4	8
first shift에 전화물창에 배치된 gang수	+++++	+++++	10
Shift당 유희노동력			2

Table 3-8. Pattern and distribution of ship's cargoes (No. 7 Pier)

3.2.3 埠頭別 船上作業 結果

부두	척수	화물 총량	화물창 총 수	$N_g$	실 투입개	유희개	적정수에 대한 유희개 비율	AST 합계
1부두	3	44	9	7	9	2	29%	20
2부두	3	50	9	7	9	2	29%	21
중앙부두	3	79	12	9	12	3	34%	27
3부두	4	131	14	12	14	2	17%	42
4부두	5	83	17	14	17	3	21%	34
7부두	2	197	10	8	10	2	25%	52
합 계	20	584	71	57	71	14	평균25%	196

Table 3-9. Comparison between actual and optimal gangs per pier in the Pusan port.



〈表3-9〉에서 보이는 것처럼 20척 船舶에  $N_g=57(\text{gang/shift})$ 가 適正 gang數이다. 各埠頭別 入港船舶이 위 例題船舶과 비슷하게만 된다면, 하루 2交代作業에서 港灣荷役勞働者數는 114gang에 豫備勞働者 및 휴가원을 適正比率로 追加하면 될 것이다. 遊休勞働者는 Shift當 14gang이므로 2交代作業時는 平均勞動力의 25%에 該當하는 28gang 즉, (15名/gang일 경우) 420名 程度가 遊休人的資源이 되는 것이다. 이러한 遊休人的資源은 經營合理化와 港灣效率性的의 여러 側面에서 多少 流動性이 있지만, 너무 遊休勞動力이 많으면, 效率的으로 機械化와 並行시킬 수 없게 될 것이다.

〈表3-9〉에서 보이는 것처럼 一般埠頭的 第1埠頭에서 第7埠頭까지 各埠頭別 平均勞動力 ( $N_g$ ), 實役入勞動力 ( $A_g$ ), 遊休勞動力 ( $I_g$ ), 및 總作業時間 (AST合計)을 累積分布로 圖式하면 〈그림3-3〉과 같다. 第7埠頭까지의 累積分布에서 累積實役入勞動力과 累積平均勞動力의 差異가 累積遊休勞動力으로 나타내고 있다. 그러나 20척의 船舶의 總作業完了時間은 196(gang/shift)으로 平均勞動力 以上の gang投入은 全部 遊休勞動力이 된다.

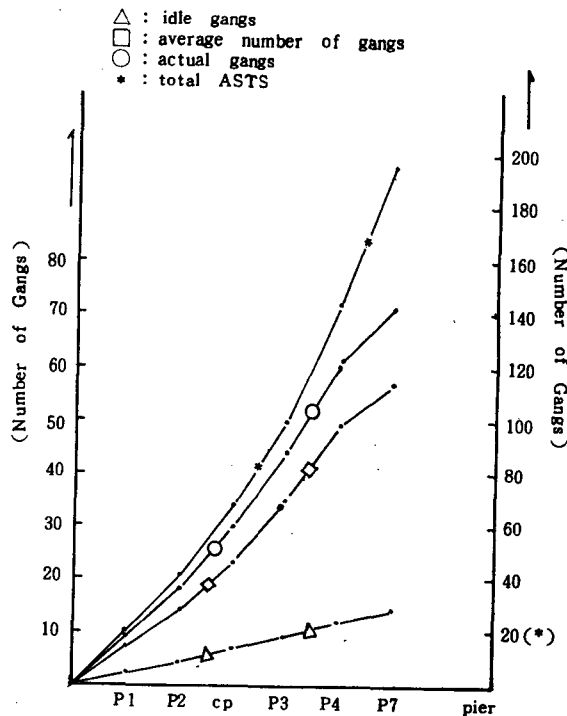


Fig. 3-3. Cumulative frequency distribution of general piers.

## 第4章 結 論

本論文에서는 港灣荷役의 效率性 및 船舶廻航時間의 最小化라는 觀點에서 勞動力을 配分하는 問題와 適正 gang數를 決定하는 問題를 體系的으로 다루고, 다음과 같은 알고리즘을 提案하였다.

- i) 서어비스를 기다리는 모든 船舶에 平價函數  $F=PH^2(W+H)$ 를 利用하여 各 船舶에 該當하는 F값을 求한다.
- ii) 平價函數 F값의 크기에 反比例하여 勞動力을 配分하는 順序를 決定한다.
- iii) 配分順序에 따라 現 利用可能한 勞動力의 수 N과 理論的인 最適平均勞動  $N_g$ 를 比較하여  $N \geq N_g$ 일 경우를 區別하여 配分한다.
- v) 各 船舶의 作業完了時間을 合算하여 全 船舶의 總作業時間과 平均作業時間을 求한다.

實例로 釜山港灣의 一般埠頭에서 荷役作業을 하고있는 船舶에 본알고리즘을 適用하여 分析한 結果, 平均勞動力 57gang을 配置하여 作業한 경우나 모든 貨物艙에 71gang을 投入한 경우 모두 最終作業完了 時間은 同一하였다.

이는 하루 2交代制 作業過程에서 總作業完了時까지 28gang에 해당되는 遊休勞動力(적정수준 25%)을 保有하고 있는 것으로 되며 1gang當 15名인 경우로 환산하면 420名이 된다.

노동력의 비체계적인 관리문제는 釜山港灣의 問題點에서도 지적된 바가 있지만 하역효율의 向上과 勞動力管理에 커다란 沮害要因이 되고 있다.

本論文을 바탕으로

- i) 經濟的인 觀點에서 最適勞務組 決定
- ii) 港灣 또는 埠頭에서의 適正勞動力의 決定
- iii) Pool制 또는 分散制의 勞務管理 方法의 比較等에 對하여 계속 研究되어야 할 것이다.

參 考 文 獻

- 1 . Junichi Imakita : A Techno-Economic Analysis of the Port Transportation System  
Saxon House, P. 1, 1977.
- 2 . Arne Thesen : Computer Methods in Operations Research, University of Wisconsin  
Madison, Wisconsin, PP. 39-73, 1978.
- 3 . Ernst G. Frankel : Ocean Transportation, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts,  
and London, England PP. 380-485, 1973.
- 4 . Esra Bennathan : Port Pricing and Investment Policy for Developing countries, Oxford  
University Press, P. 1, 1979.
- 5 . 李哲榮 : 시스템工學概論, 文昌出版社, P. 1, 1981.
- 6 . 徐南源 : 計量經營分析論, 博英社, 1981.
- 7 . 韓國科學技術院 海洋研究所 : 港灣運營效率化 方案에 關한 研究, BSPI 00032-58-6, 1982.