

港灣 荷役 勞動力의 最適 規模 決定에 관하여

李 哲 榮* · 張 泳 俊**

A Study on Determining the Optimal Amount of Labor Force for Cargo Handling in the Harbor

Cheol-Yeong Lee, Yeong-Jun Jang

Abstract	目 次
1 序 論	3.2 時期別 最適 勞動力의 分析
2 荷役 勞動力 規模決定의 必要性 및 荷役形態	4 釜山港에의 適用 例
2.1 港灣 荷役 勞動力의 特性과 規模決定의 必要性	4.1 基本的 데이터의 調査 및 分析
2.2 港灣荷役의 形態	4.2 物動量의 波動性에 의한 勞動力 分析과 豫測
3 勞動力의 決定 方法	5 結 論
3.1 適正 規模의 勞動力 決定 方法	參考文獻
	附 錄

Abstract

Today, about 99% of total import and export cargo in Korea is being transported through the port.

The general trends of cargo handling show increases in capacity and speed, In order to cope with these trends, it is not only required to raise the efficiencies of port operation and function but also necessary to decide the optimal amount of the skilled labor force for cargo handling in the port.

Cargo handling in the port is basically relied on the cargo handling facilities. Therefore, it is very important to reserve the amount of labor force for cargo handling system has been developed up to a certain level but the personnel management system which is the superior structure has not been followed well.

In this study, therefore, we show a method to determine the required amount of labor force for cargo handling considering the amount of cargo and type of cargo handling work per each cargo, and the optimal amount labor force in cope with the fluctuation of the basic cargo handling labor force with respect to the time of in and out cargo flow in the viewpoint of minimizing the expences due to reservation of extra labor force than needed and firing employment of labor force using the Dynamic Programming.

The derived algorithm is introduced into the computer simulation for Pusan port with the analyzed real

* 正會員, 韓國海洋大學, 港灣·運送工學科 教授

** 正會員, 海運港灣廳

data such as amount of cargo handling in the port with respect to working hour, cargo capacity, working steep, the ratio of cargo handling facility and actual number of workers and we estimated the required labor force.

As a result of analysis the labor force of Pusan port showed the over-employment such as maximum 21.4%, minimum 8.2% when we assumed that the averages of actual working hours and days were 8 hours in a day and 20 day in a month.

1. 序 論

港灣은 海陸交通의 連結地 또는 通路라는 固定概念을 벗어나 한 국가의 國民經濟에 중요한 영향을 미치는 獨立 分化된 産業部分으로서 生産의 場으로 그 意義가 클 뿐만 아니라, 현재 우리나라 輸出入 物動量의 99%가 港灣을 통해 輸送되고 있다는 점을 감안할 때 港灣流通의 大量化와 迅速化를 위한 港灣施設을 現代化하고 港灣을 效率的으로 運營하는 것은 必然的인 課題라 하겠다. 또한 港灣施設을 擴充하기 위해 莫大한 資本이 投入되더라도 港灣 荷役 勞動力의 管理體系가 非效率的인 때에는 그 投資效果가 감소되는 것은 당연할 것이다.

특히, 港灣荷役 作業은 港灣의 特殊性에 따라 機力과 병행하여 勞動集約的인 特性을 지니고 있으므로 勞使紛糾 등 집단적인 상황이 발생할 경우 港灣 效率은 물론이고 港灣機能의 마비로 國民經濟에 미치는 波及效果는 막대하며, 勞動力의 適正規模의 결정은 荷役效率 결정시의 勞動力 需給, 港別 埠頭別 適正 生計費 保障, 港灣 荷役勞動의 常用化 또는 公用運營制(LABOR POOL SYSTEM)를 실시하는 데에 매우 중요하다. 그러나 지금까지 港灣荷役 勞動力의 중요성에 비추어 볼 때 下部構造라 할 수 있는 機械 시스템은 어느 정도 발전되고 있으나 上部構造라 할 수 있는 人力管理 시스템은 매우 미비한 실정이다. 현재 우리나라 각 港灣에서는 勞動力 規模는 당시의 作業量을 고려한 經驗的인 法則에 의해 정해지고 있어서 荷役 機械化에 따라 勞動力을 減縮하고자 할 경우에는 實業補償金 문제로 많은 마찰이 야기되는 실정이다. 따라서 본 論文에서는 港灣 物動量의 時期別 變化에 따른 基本 荷役 勞動力의 波動現象을 해결하기 위하여 雇傭水準의 變動量

및 필요 수준 이상의 勞動力 保有에 따른 費用을 最小化한다는 의미에서 動的 計劃法을 사용하여 最適 雇傭水準을 결정하는 문제를 다루고, 費用에 따른 最適 雇傭水準을 檢討하고자 한다.

본 論文은 5장으로 구성하며 제2장에서는 荷役 勞動力 算定의 必要性和 現況에 대하여 記述하고 제3장에서는 動的 計劃法에 의한 一般的인 問題의 定式化를 행하여 港灣荷役 勞動力의 最適 規模 決定 方法을 제시하는 한편, 제4장을 통해 3장에서 제시된 方法을 釜山港灣에 적용하여 最適 雇傭水準을 구하고자 한다.

2. 荷役 勞動力 規模規定의 必要性 및 荷役形態

2.1 港灣 荷役 勞動의 規模決定의 必要性

港灣運營 效率의 提高를 위해 港灣施設 등 많은 副次的인 시스템의 원활한 작동이 요구되지만 그 중에서도 港灣荷役을 수행하는 荷役 勞動力의 중요성은 매우 높다. 港灣 荷役 勞動力이란 항만에서 貨物을 船舶에 積揚荷하기 위해 港灣區域내에서 貨物을 荷役하고 裝備를 造作하며 기타 荷役に 관련된 作業을 수행하는 데 소요되는 勞動力을 말하는데 이러한 활동은 充分하고 熟練된 勞動力의 뒷받침이 없이는 불가능하다.

輸出 主導形 經濟構造를 가진 우리나라 현실에 비추어 볼 때 港灣 荷役은 輸出入 物品의 原價 決定에 중요한 要因이 되는 물론, 經濟的 社會的으로 중요한 役割을 수행하고 있다. 또한, 港灣에서 輸送되는 物動量은 波動性이 매우 심한 특성을 가지고 있으며 이러한 物動量의 波動性에 따라 항만 노동은 다른 산업과는 달리 그 需要가 不規則的이고 아울러 特殊한 作業環境과 作業상의 特

성을 가지고 있다. 港灣 荷役 勞働의 대표적인 特性을 열거하면 다음과 같다.

첫째, 港灣 荷役 勞働 不規則-港灣에 있어서 貨物의 流出入量은 精確하게 豫測하기가 어려우며, 특히 노동의 需要는 國際 景氣 및 國內 景氣와 연계한 季節的, 偶發的인 變化가 심하다.

둘째, 雇傭 및 勞働時間의 不規則-港灣 荷役 作業은 貨物의 港灣 到着과 선박 入出港 및 氣象에 따라 부정적일 뿐 아니라 需要에 따라 수시로 必要勞動力을 日用하고 작업이 輻輳할때에는 船舶 速達主義(Quick Dispatch)에 맞추기 위해 晝夜로 荷役 作業을 하는 경우와 惡天候 때에는 하역작업이 없어 쉬는 경우가 발생한다.

세째, 單純勞働과 勞働環境의 惡條件-港灣勞働은 특별한 知識을 요하는 노동이 아니고 대부분 單純 勞働이며 肉體的 重勞働이다. 또한 육외에서 氣溫이나 氣候등의 自然 조건이 粗惡한 경우에도 하역 작업이 필요하다면 船舶의 出을 위해 작업을 행하고 있다.

넷째, 作業의 協同性-集團의인 引力이 投入되는 作業은 어느 職種이나 협동심이 요구 된다고 할 수 있지만 港灣 荷役 作業은 많은 단계로 이루어져 있고, 각 단계마다 서로 연관되어져 모든 작업이 수행되고 있으므로 특히 協同性이 要求된다고 할 수 있다.

한편, 經濟 成長에 따른 산업 발전에 따라 초기의 人力 中心의 港灣 荷役에서 機械化로 나아가고 있다. 貨物의 規格化에 따라 單純 人力 作業을 제외한 대부분의 작업이 機力 作業으로 代替되고 있으며 많은 荷役 段階가 貨物의 直送으로 單純化되고 있다. 이러한 환경의 變化로 인하여 港灣 荷役 勞務者의 最適規模를 결정할 필요성이 크게 대두되고 있을 뿐 아니라 港灣에 流入되는 物動量의 波動性, 大量性에 따라 소요되는 勞動力은 항상 變化하기 마련이어서 需要에 따라 勞動力을 採用 또는 解雇 시켜야 하는 문제가 발생하고 있다.

그러나, 현재 우리 나라의 港灣 勞務者 管理制度는 특수한 경우로서 勞務者 需要創出은 荷役 會社에 있고 勞働 供給源은 航運勞組에 있어서 實業補償問題, 어려운 荷役作業 忌避現象, 인가된

港灣荷役料率을 排除한 荷役率適用의 요구 등 여러가지 不合理한 사항이 많이 常存하고 있는 正이다. 따라서, 港灣 荷役의 發展과 항만시스템 運營의 效率性 提高를 위해 항만 하역 노동자의 常用化 및 共用運營制度의 導入이 필요하다고 하겠다. 풍부한 노동력이 항상 있을 경우에는 勞動力 確保에 문제가 되지 않겠지만 國民經濟가 발전하고 생활수준이 높아지면 선진국과 같이 勞動力 不足 現象이 나타나므로 港灣 荷役 勞動力을 적정하게 유지하지 않고서는 港灣 荷役 事業에 어려움이 있을 것이다.

港灣 勞動力의 效率的인 管理는 荷役事業의 存閉를 左右하는 觀건이 되고 있다. 지금까지의 하역 노동력의 適正管理는 일반적인 기준이 없이 그 당시의 貨物 物動量에 따라 비교적 經驗的인 側面에서 다루어져 왔으나 새로운 港灣 勞動力의 最適 規模 決定 方法에 따라 港灣 勞動力을 유지한다면

- 첫째, 貨物 物動量의 豫測에 따른 最適 規模 勞動力의 確保,
- 둘째, 荷役 料率 決定의 基本要素 提示,
- 셋째, 常用化 및 勞働의 公用運營制 導入의 尺度,
- 넷째, 港灣 人力管理 시스템의 확보,
- 다섯째, 波動性, 大量性에 의한 月別, 季節別 適正 勞動力의 유지,
- 여섯째, 採用 및 解雇에 대한 不條理 배제,
- 일곱째, 他產業과 비교한 노동자의 適正 生計 費 보장,
- 여덟째, 港灣別, 埠頭別, 輸入 均等 유지 등을 기할 수 있게 된다.

2.2 港灣荷役의 形態

港灣荷役은 機械化가 이루어지기 전에는 많은 人力投入과 여러단계의 作業形態로 이루어졌으나 荷役裝備의 機械化와 貨物의 規格化에 따라 작업의 형태가 많이 單純化 되고, 가능한 한 直送하는 향으로 그 荷役 段階가 單純化되어 가고 있다. 輸入의 경우, 船舶 入出港-荷役-移送-保管-內陸輸送連繫의 단계를 거친다고 볼수 있으며 輸出의 경우는 이의 逆順이 된다. 따라서 부산항의

主要品目에 대한 荷役形態를 간단히 살펴보면 다음과 같다.

첫째, 糧穀作業은 專用埠頭 接案作業, 一般埠頭 接案作業, 海上 바지작업으로 구분되며 거의 대부분 專用埠頭에서 작업이 이루어진다. 또한 作業過程은 接案作業시 선내에선 콘베이어 벨트를 통해 Silo Bin에 入庫되는 과정과 直上下車되어 野積되거나 直送되는 과정이 있고, 海上 作業시는 선내에서 舢舨에 揚積荷후 物揚場으로 曳引되어 守節 作業을 거쳐 保管 또는 移送된다. 이를 요약하면 그림 2.1과 같다.

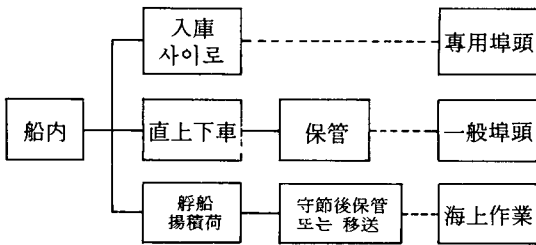


Fig. 2. 1 Schematic Diagram for Cargo Handling Process of Grain

둘째, 양회작업은 散物과 包裝의 形態에 따라 作業形態가 다르며 散物인 경우는 專用사일로에 入庫되고 포장의 경우는 一般雜貨와 같다. 또한 작업과정은 전용부두 接案시 선내에서 空氣吸入 裝置로 하역되어 콘베이어벨트를 통해 Silo Bin에 入庫되며 일반부두 接案시는 直上下車 되어 入出庫 또는 直送되는데 그림 2.2는 이를 요약한 것이다.

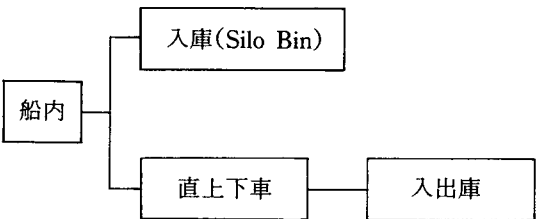


Fig. 2. 2 Schematic Diagram for Cargo Handling Process of Cement

세째, 石炭類作業은 鑛石類와 거의 유사한 경우로서, 專用埠頭 接案作業시 선내에는 포크레인, 페이로더등 機力이 투입되며 언로더의 Grab로 하역하여 콘베이어 벨트를 통해 野積되는 경우와 船側에서 直上下車후 野積되는 경우가 있고 海上 作業時は 舢舨揚積荷後 부두 및 物揚場에 曳引되어 작업이 이루어지며 이 과정을 요약하면 그림 2.3과 같다.

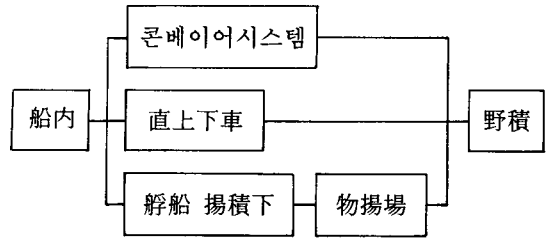


Fig. 2. 3 Schematic Diagram for Cargo Handling Process of Coal

넷째, 原木작업은 貨物種類에 따라 作業形態가 異なり하고 沈木과 浮木에 따라 차이가 있으며 沈木은 積안작업으로, 浮木은 海上作業으로 이루어진다. 또한 積안 및 海上作業時 선내작업은 거의 人力으로 수행되며 積안시는 直上下車 후 野積 또는 直送되며 海上作業은 벤딩아바 및 圓形으로 편성하여 貯木場에 저장하는 경우와 舢舨 揚積후 物揚場에 曳引하여 하역한후 野積 또는 直送되는 경우로서 그림 2.4와 같이 표시할 수 있다.

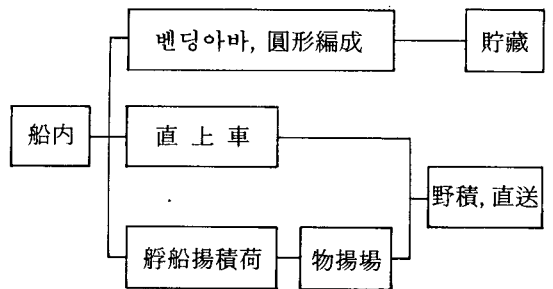


Fig. 2. 4 Schematic Diagram for Cargo Handling Process of Log

다섯째, 鐵材 및 機械類와 같은 重量物의 하역 형태는 接案 및 海上作業시 거의 機力에 의해 이루어지고 있으며 작업 과정은 선내에서 直上下車 후 入出庫되는 경우와 曳舁船에 揚積荷 후 物揚場에 曳引하여 하역하는 경우로서 그림 2.5와 같이 표시할 수 있다.

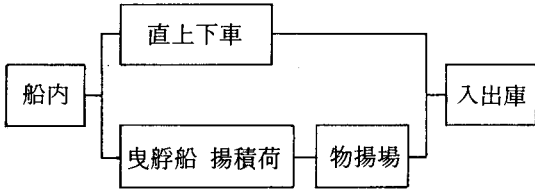


Fig. 2.5 Schematic Diagram for Cargo Handling Process of Iron Material and Machinery

여섯째, 雜貨 및 其他 貨物은 점차 規格化 되어가고 있으며, 荷役作業은 品目別 包裝形態, 規模등에 따라 각각 다른 과정을 보이고 있으나 대부분 船內에서 直上下車 후 入出庫되는 경우와 曳舁船 揚積後 物揚場에 曳引되어 荷役하는 경우로서 그림 2.6과 같이 표시할 수 있다.

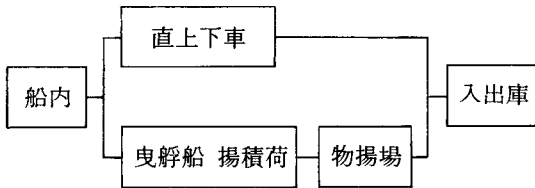


Fig. 2.6 Schematic Diagram for Cargo Handling Process of General Cargo

일곱째, 컨테이너의 荷役作業은 接案作業으로 이루어지며 專用船과 非專用船에 따라 본선 Gantry Crane 사용과 터미널 장비 사용으로 구분할 수 있고 그 작업과정은 선내에서 크레인으로 直上下車 후 C.Y野積 또는 直送되는 경우로서 그림 2.7과 같이 표시할 수 있다.

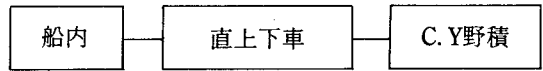


Fig. 2.7 Schematic Diagram for Cargo Handling Process of Container

3. 勞動力의 決定 方法

3.1 適正 規模의 勞動力 決定 方法

適正規模의 勞動力을 決定하고자 할 경우에는 먼저 物動量의 水準, 荷役作業의 段階 및 機械化의 程度를 고려하여 이에 대응하는 勞動力의 規模를 算定하고 다음으로 費用 最小化라는 관점에서 物動量의 波動性을 고려한 最適 規模의 勞動力을 決定할 필요가 있다. 먼저, 物動量에 대응되는 勞動力을 算定하는 문제에 대하여 살펴 보기로 한다.

貨物의 種類를 i , 하역작업의 단계를 j 라 두고, i 화물의 j 단계별 화물량을 U_j 라 한다. 또한 작업의 내용을 $k(k=1, 2, \dots)$ 라하고 人力 및 機力이 投入될 때 純粹 人力작업량 비율 R_1 , 機力이 投入되는 작업량 비율 R_2 라 하고($R_1+R_2=1$), i 화물의 j 단계별 k 작업에 있어서, 尙當 實 所要 人員의 處理 物動量을 C_{jk} , 尙當 實 所要 人員을 P_{jk} 라 할 때 이를 函數式으로 표현하면 t 시기에 있어서의 必要 所要 勞動力 r_t 는

$$r_t = \sum_i \sum_j \sum_k U_j \cdot R_k \cdot P_{jk} / C_{jk} \dots \dots \dots (3.1)$$

이다.

그러나 식(3.1)에 의하여 算定된 勞動力의 規模는 流出入 貨物의 波動性으로 인해 期間(t)에 따라 다른값을 보이므로 이러한 波動性에 대한 補完이 필요하게 된다. 일반적으로 適正 勞動力은 必要 수준 이상의 雇用으로 생기는 月별 비용과 새로운 雇傭 및 解雇에 따른 비용을 最小化 하도록 결정되어야 한다.

따라서 遊休 勞動力의 解雇을 가능한 한 억제하면서 最 盛需期의 最大 所要勞動力을 초과하지

않으면서 고용수준을 最小限의 수요를 만족하도록 適正 規模의 勞動力을 決定할 需要가 있다.

여기서 t 시기의 所要 勞動力을 r_t 라 하고, 最盛 需期의 雇傭水準을 r^* 및 最非需期의 雇傭水準 r_* 를 式(3.2)와 같이 표시할 수 있다.

$$r^* = \max_i (r_i) \dots\dots\dots (3.2)$$

$$r_* = \min_i (r_i)$$

이 문제는 매해 동일한 월별 循環週期만을 고려하며 決定變數 X_n ($n=1, 2, \dots, t$)을 단계 n에서의 雇傭水準이라 한다. 그리고 기간별 所要 勞動力을 表 3.1과 같이 나타내기로 한다.

Table 3.1 Rearrangement of required manpower per time

時 期 別	1	2	3	t
所要 勞動力	r_1	r_2	r_3	r_t

現 段階의 費用은 오직 현재의 決定 變數 X_n 과 前段階의 고용수준에 의존하므로 바로 이전의 雇傭水準이 金후의 最適正數 決定에 必要한 단 하나의 情報이다. 狀態 S는 前段階의 雇傭水準에 의하여 표현된다. 여기서 i 시기의 所要 勞動力을 r_i , 수준이상의 고용으로 발생하는 時期 費用을 C_i , 새로운 고용 및 해고 비용을 수준차이의 供給에 대해 C_2 라 할때 目的函數(Y)는

$$Y = \text{minimize} \sum_{i=1}^t \{C_1(X_i - r_i) + C_2(X_i - X_{i-1})^2\} \dots\dots\dots (3.3)$$

制約條件은 $r_i \leq X_i \leq r^*$ ($i=1, 2, \dots, t$)으로 나타낼 수 있다.

狀態 n ($n=1, 2, \dots, t$)에 대해 狀態函數는 $f_n(S, X_n) = C_1(X_n - r_n) + C_2(X_n - S)^2 + \min \sum_{i=n+1}^t \{C_1(X_i - r_i) + C_2(X_i - X_{i-1})^2\}$ (단, $r_i \leq X_i \leq r^*$, $S = X_{n-1}$) ... (3.4)

또한, 最適 狀態函數 $f_n^*(S)$ 는

$$f_n^*(S) = \min_{r_n \leq X_n \leq r^*} f_n(S, X_n) \dots\dots\dots (3.5)$$

여기서

$$f_n(S, X_n) = C_1(X_n - r_n) + C_2(X_n - S)^2 + f_{n+1}^*(X_n) \dots\dots\dots (3.6)$$

이다. 단, $f_{t+1}^*=0$ 이라 가정한다. 왜냐하면 단계 t 이후의 費用은 이 分析과 무관하기 때문이다.

결과적으로 f_n^* 函數를 연결한 循環關係는

$$\min_{r_n \leq X_n \leq r^*} \{C_1(X_n - r_n) + C_2(X_n - S) + f_{n+1}^*(X_n)\} \dots\dots\dots (3.7)$$

로 된다. f_1^* 이 문제는 動的 計劃法을 이용하여 단계적으로 $f_1^*(S), f_{t-1}^*(S), f_{t-2}^*(S), \dots, f_1^*(S)$ 의 函數 關係式을 만들고 이 순으로 X 값을 구하여 函數값 X_n 을 구함으로써 解를 얻게 된다. 즉, $f_t^*=r^*$ 라는 것은 이미 알고 있으므로 必要한 결과는 表 3.2와 같으며,

Table 3.2 Summary of the result at the stage t

S	$f_t^*(S)$	X_t^*
$r_t \leq S \leq r^*$	$C_2(X^* - S)^2$	r^*

$n=t-1$ 단계에서의 循環 關係는

$$f_{t-1}^*(S) = \min_{r^* \leq X_{t-1} \leq r^*} f_{t-1}(S, X_{t-1})$$

$$= \min_{r^* \leq X_{t-1} \leq r^*} \{C_1(X_{t-1} - r_{t-1}) + C_2(X_{t-1} - S)^2 + C_2(r^* - X_{t-1})^2\} \dots\dots\dots (3.8)$$

의 순으로 구할 수 있다.

그러나, 式 (3.7)의 解는 解析的으로 구하면 매우 편리하다. 즉, $f_{t-1}(S, X_{t-1})$ 을 X_{t-1} 에 관한 1차 偏도函數를 0으로 두면

$$\frac{\partial}{\partial X_{t-1}} f_{t-1}(S, X_{t-1}) = 4C_2X_{t-1} - 2C_2S + C_1 - 2C_2r^* = 0 \dots\dots\dots (3.9)$$

$$X_{t-1}^* = \frac{2C_2S + 2C_2r^* - C_1}{4C_2} \dots\dots\dots (3.10)$$

이 된다.

여기서 2차 편도函數가 양이고, 이 解는 實行 可能區間에 있으며 식(3.10)은 이 解의 極小值이다. 이 係數를 사용하면,

$$f_{t-1}^*(S) = f_{t-1}(S, X_{t-1}^*) \\ = C_2 \left(\frac{2C_2S + 2C_2r^* - C_1}{4C_2} - S \right)^2 + C_2(r^* - \frac{2C_2S + 2C_2r^* - C_1}{4C_2})^2 \\ + C_1 \left(\frac{2C_2S + 2C_2r^* - C_1}{4C_2} - r_{t-1} \right) \text{ 이고}$$

이를 對數的으로 정리하면 표 3.3과 같이 된다. 따라서 위와 같이 각 段階의으로 數式化 한 다음 각 段階에 대해서 X_n 을 最小化 시키면 된다. 다만, 여기서 유의해야 할 사항은 供給을 포함한 非線形 計劃法으로 각 단계의 狀態 S에 따라서 X_n 의 最小點이 移動한다는 것과 이로 인한 各 制限 條件의 수는 $2^0, 2^1, \dots, 2^{t-1}$ 으로 各 段階에 對해 變한다는 것이다.

따라서 문제 해결의 알고리즘은 초기 狀態에서 출발하여 적용 가능한 Operator를 차례차례로 적용해서 制限된 條件을 만족한 점이 바로 適正 勞動力 規模가 된다는 것이다.

3.2 時期別 最適 勞動力의 分析

最適 勞動力을 결정할 경우에 있어서 基準이 되는 時期는 月, 季節 및 年別 등이 있으며, 시기의

구분 방법에 따라 그 解는 약간씩 달라진다. 그러나, 港灣荷役 勞動力의 경우에는 物動量의 變化가 季節別로 波動性을 보이는 것이 일반적인 경향이므로 아래에서는 그 시기를 계절별로 식(3.7)에서 $\rho = C_1/C_2$ 로 두어 最適 勞動力과 費用과의 관계를 살펴 보기로 한다. 여기서 ρ 는 고용 및 해고 비용에 대한 所要 勞動力을 수준 이상의 고용으로 인하여 발생하는 비용의 比率이다. 最適 勞動力을 결정할 경우에 있어서의 費用과의 관계를 分析하는데에 時期를 季節別로 두었을 경우, 動的 計劃法에 의해 노동력 결정의 最適解를 구하는 과정을 보면 다음과 같다.

먼저, 봄, 여름, 가을, 겨울의 계절별 雇傭水準을 각기 X_1, X_2, X_3, X_4 라 하고 단계 n에서 필요한 最小의 勞動力을 r_1, r_2, r_3, r_4 라 한다. $f_4^*(S), f_3^*(S), f_2^*(S), f_1^*(S)$ 의 函數式을 만들고 X_t 를 最小化 한다. 마지막 단계($t=4$)에서 시작하면 函數式은

$$f_4^*(S, X_4) = \min_{r_4 \leq X_4 \leq r^*} \{ (X_4 - S)^2 + \rho(X_4 - r_4) + f^*(X_4) \} \dots \text{ (3.11)}$$

그러나 이미 $r_4^* = r^*$ 라는 것을 알고 있으므로 1 단계에서 ($n=4$) 必要한 結果는 表 3.4와 같다.

Table 3.4 Summary of the result at stage 1

S	$f^*(S)$	X^*
$r_3 \leq S \leq r^*$	$C_1(r_4 - S)^2$	r^*

Table 3.3 Summary of the result at the stage t-1

S	$f_{t-1}^*(S)$	X_{t-1}^*
$r_{t-1} \leq S \leq r^*$	$C_2 \left(\frac{2C_2S + 2C_2r^* - C_1}{4C_2} - S \right)^2$ $+ C_2 \left(r^* - \frac{2C_2S + 2C_2r^* - C_1}{4C_2} \right)^2$ $+ C_2 \left(\frac{2C_2S + 2C_2r^* - C_1}{4C_2} - r_{t-1} \right)$	$\frac{2C_2 + 2C_2r^* - C_1}{4C_2}$

2 단계(n=3)의 循環關係는

$$\begin{aligned}
 f_3^*(S) &= \min_{r_3 \leq X_3 \leq r^*} f_3(S, X_3) \\
 &= \min_{r_3 \leq X_3 \leq r^*} C_1\{(X_3-S)^2 + \rho(X_3 - r_3) + (r_4 - X_3)^2\} \dots\dots\dots (3.12)
 \end{aligned}$$

X_3 에 대해 $f_3(S, X_3)$ 을 1차 偏微分하여 이를 0으로 두면 식(3.13)과 (3.14)로 정리 할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial}{\partial X_3} f_3(S, X_3) &= C_1\{(X_3-S) + \rho - 2(r_4 - r_3)\} \\
 &= 0, \dots\dots\dots (3.13)
 \end{aligned}$$

$$X_3 = \frac{2S - \rho + 2r^*}{4} \dots\dots\dots (3.14)$$

여기서, X_3 는 $r_3 \leq X_3 \leq r^*$ 의 범위에 있어야 하므로 $r_3 \leq \frac{2S - \rho + 2r^*}{4} \leq r^*$ 로 되고 S는 $\frac{4r_3 - 2r^* + \rho}{2} \leq S \leq r^* + \frac{\rho}{2}$ 가 된다. 이때 우변은 r^* 보다 크므로 S는 범위에 포함되지만 좌변은 r_2 와의 大小關係가 미지수이므로 $\frac{4r_3 - 2r^* + \rho}{2} = r_2$ 로 두고 관계를 살펴보면 $\rho = 2(r_2 - 2r_3 + r^*)$ 와 같다. ρ 값이 $2(r_2 - 2r_3 + r^*)$ 보다 클 경우는 $r_2 \leq \frac{4r_3 - 2r^* + \rho}{2} \leq r^*$ 로 되고 ρ 값이 $2(r_2 - 2r_3 + r^*)$ 보다 적을 때는 $\frac{4r_3 - 2r^* + \rho}{2} < r_2$ 로 된다. 이때 각각의 경우에 있어 S 범위와 X_3 값을 구하면,

i) $\rho \geq 2(r_2 - 2r_3 + r^*)$ 일때,

$$\begin{aligned}
 \frac{4r_3 - 2r^* + \rho}{2} \leq S \leq r^*, \quad X_3 &= \frac{2S - \rho + 2r^*}{4} \\
 r_2 \leq S \leq \frac{4r_3 - 2r^* + \rho}{2}, \quad X_3 &= r_3 \\
 \dots\dots\dots (3.15)
 \end{aligned}$$

ii) $\rho < 2(r_2 - 2r_3 + r^*)$ 일때,

$$\begin{aligned}
 r_2 \leq S \leq r^*, \quad X_3 &= \frac{2S - \rho + 2r^*}{4} \\
 \dots\dots\dots (3.16)
 \end{aligned}$$

3段階 (n=2)의 循環關係는 n=3의 制限條件의 각각에 따라 S 범위와 X_2 값을 구하면,

i) $\rho \geq \frac{2}{3} (r_1 - 3r_3 + 2r^*)$ 일때,

$$\left. \begin{aligned}
 3r_3 - 2r^* + \frac{3}{2} \rho \leq S \leq r^*, \\
 X_2 &= \frac{4S + 2r^* - 3\rho}{6} \\
 r_1 \leq S \leq 3r_3 - 2r^* + \frac{3}{2} \rho, \\
 X_2 &= \frac{4r_3 - 2r^* + \rho}{2}
 \end{aligned} \right\} (3.17)$$

ii) $\rho < \frac{2}{3} (r_1 - 3r_3 + 2r^*)$ 일때,

$$\begin{aligned}
 r_1 \leq S \leq r^*, \quad X_2 &= \frac{4S + 2r^* - 3\rho}{6} \\
 \dots\dots\dots (3.18)
 \end{aligned}$$

iii) $\rho \geq 2r_1 - 4r_2 + 2r_3$ 일때,

$$\begin{aligned}
 \frac{4r_2 - 2r_3 + \rho}{2} \leq S \leq \frac{6r_3 - 4r^* + 3\rho}{2}, \\
 X_2 &= \frac{2S + 2r_3 - \rho}{4} \\
 r_1 \leq S \leq \frac{4r_2 - 2r_3 + \rho}{2}, \\
 X_2 &= r_2 \dots\dots\dots (3.19)
 \end{aligned}$$

iv) $\rho < 2r_1 - 4r_2 + 2r_3$ 일때,

$$\begin{aligned}
 r_1 \leq S \leq \frac{6r_3 - 4r^* + 3\rho}{2}, \\
 X_2 &= \frac{4S + 2r_3 - 3\rho}{6} \dots\dots\dots (3.20)
 \end{aligned}$$

v) $\rho \geq \frac{4r_1 - 6r_2 + 2r^*}{3}$ 일때

$$\begin{aligned}
 \frac{6r_2 - 2r^* + 3\rho}{4} \leq S \leq r^*, \\
 X_2 &= \frac{4S + 2r^* - 3\rho}{6}
 \end{aligned}$$

$$r_1 \leq S \leq \dots\dots\dots (3.21)$$

$$\frac{6r_2 - 2r^* + 3\rho}{4}, \quad X_2 = r_2$$

vi) $\rho < \frac{4r_1 - 6r_2 + 2r^*}{3}$ 일때

$$r_1 \leq S \leq r^*, \quad X_2 = \frac{4S + 2r^* - 3\rho}{6}$$

..... (3.22)

4段階(n=1)에서는 n=2의 制限條件 각각에 대해 ρ 값의 범위에 따라 X_1 값을 구하고, 이를 요약하면 表 3.5에 보인다.

한편, 物動量의 波動性에 따라 계절별 고용수준이 변화하므로 季節別 所要 勞動力의 變化 패턴을,

- (1) CASE 1—所要 勞動力이 지속적으로 增加하는 경우
- (2) CASE 2—所要 勞動力이 增加—減少—增加하는 경우
- (3) CASE 3—所要 勞動力이 減少—增加—增加하는 경우
- (4) CASE 4—所要 勞動力이 減少—減少—增加하는 경우
- (5) CASE 5—所要 勞動力이 一定—增加—增加하는 경우
- (6) CASE 6—所要 勞動力이 減少—一定—增加하는 경우

와 같이 6개로 나누어 각 패턴에 있어서 ρ 값에 대한 最適 勞動力의 決定 과정을 살펴 보기로 한다. 이때, t 계절의 所要 勞動力은 $r_t(t=1, 2, 3, 4)$ 이며 ρ 값에 대한 最適 雇傭水準은 r_t 이다. r_t 중 最大値를 두면 $r_t \leq X_t \leq r^*$ 이다. 그림 3.1에서 그림 3.6까지는 이상의 패턴에 대해 시물레이션한 결과를 나타내며 r_t 는 임의의 수치이다.

그림 3.1은, r_1, r_2, r_3, r_4 의 所要 勞動力은 r_1 에서 r_4 까지 持續的으로 增加하는 경우로써 X_1 의 最適 勞動力값이 所要 勞動力과 일치하는 ρ 값은 400이며, 이때부터 r_1 의 값과 일치한다. ρ 값이 0에서 67까지 1씩 增加 하는데 勞動力은 0.7—0.8명씩 減少하고 68부터 132까지 0.5명, 134부터 400까지 0.3명씩 減少하다가 400부터는 最小 所要 勞動力과

일치한다. X_2 는 ρ 값의 變化가 1일때 0에서 66까지는 똑같이 1명씩 減少하며, 60에서 67까지 0.8명 減少하다가 68부터 0.5명씩 減少한다. 134에서 r_1 와 같아진다. 그리고 X_3 는 r_1 값과 일치점인 67까지 持續的으로 0.7—0.8명씩 減少하다가 67부터 r_1 값이 일치한다.

그림 3.2의 경우는 r_1, r_2, r_3, r_4 의 所要 勞動力은 增加—減少—增加하는 경우로써 X_1 는 ρ 값이 500일때 r_1 값을 가리키며 0에서 50까지 0.7—0.8명씩 減少하고 51부터 500까지 0.2—0.3명씩 減少한다. 또한 X_2 는 ρ 값의 變化가 1일때 0에서 50까지 1명씩 減少한다. 51부터 r_1 값과 일치하고, X_3 는 r_3 값과 일치점인 133까지 持續的으로 0.7—0.8명씩 減少하고, 135부터 r_1 값과 일치한다.

그림 3.3에서는 제3의 패턴을 나타내 보이고 있다. X_1 는 ρ 값이 167일때 r_1 값을 가리키며 0에서 67까지 0.7—0.8명씩 減少하고 ρ 값이 167까지 0.5명씩 減少하며 168부터 r_1 값과 일치한다. X_2 는 ρ 값의 變化가 1일때 0에서 66까지 1명씩 減少하며, 67부터 167까지 0.5명씩 減少하고 168부터 r_2 값과 일치하고, X_3 r_3 값과 일치점인 67까지 持續的으로 0.7—0.8까지 減少하며 68부터 r_1 값과 일치한다.

그림 3.4에 있어서 X_1 는 ρ 값이 67일때 r_1 값을 보이고 계속 0.7—0.8명씩 減少하고 X_2 는 ρ 값이 1씩 增加에 따라 1명씩 減少하며 67에서 r_2 와 일치하는 반면, X_3 는 ρ 값이 67일때 r_3 값을 보이고 계속 0.7—0.8명씩 減少를 보인다. 한편, $\rho=67$ 에서 X_1, X_2, X_3 의 臨界値를 보이고 있다.

그림 3.5에 있어서 X_1 는 ρ 값이 67일때 r_1 값을 갖고 계속 0.7—0.8명씩 減少하며 X_2 는 ρ 값이 1명씩 增加에 따라 66까지 1명씩 減少하며, 66에서 67까지는 갑자기 34명이 減少하는데 이는 賃金과 費用의 限界値로써 이 시점부터 많은 勞動力을 解雇 하여야 하며, X_3 는 ρ 값이 66까지 0.7—0.8명씩 減少한다.

그림 3.6에 있어서 X_2 는 ρ 값이 199일때 r_1 값을 보이고 계속 0.7—0.8명씩 減少하고 X_2 는 ρ 값이 1씩 增加에 따라 67까지 1명씩 減少하며 68부터 臨界値인 134까지 0.5명씩 減少하다가 135부터 r_2 값을 보인다. X_3 는 ρ 값이 0에서 67에 이르기까지 平均 0.7—0.8명씩으로 減少한다.

Table 3.5 Process of Obtaining Solution by Dynamic Programming in the case of Seasons

X_4	X_3			X_2			X_1	
	ρ	X_3	ρ	ρ	X_2	ρ	X_1	X_1
	$\frac{4}{3}(r_4 - r_3) \geq \rho \geq 0$	$r_4 - \frac{3}{4}\rho$		$0 \leq \rho \leq \frac{4}{3}(r_4 - r_3)$	$r_4 - \rho$	$0 \leq \rho \leq \frac{4}{3}(r_4 - r_3)$	$r_4 - \frac{3}{4}\rho$	$r_4 - \frac{3}{4}\rho$
		r_3	$\frac{2}{3}(r_1 + 3r_3 + 2r_4) \leq \rho$	$0 \leq \rho \leq 4(r_4 - r_3)$	$\frac{4r_3 - 2r_4 + \rho}{2}$	$\frac{4}{3}(r_4 - r_3) \geq \rho, r_3 \geq r_1$	r_3	r_3
	$\frac{4}{3}(r_4 - r_3) \geq \rho \geq 0$	$r_4 - \frac{3}{4}\rho$	$\frac{2}{3}(r_1 - 3r_3 + 2r_4) \geq \rho$	$0 \leq \rho \leq \frac{4}{3}(r_4 - r_3)$	$r_4 - \rho$	$0 \leq \rho \leq \frac{4}{3}(r_4 - r_1)$	$r_4 - \frac{3}{4}\rho$	$r_4 - \frac{3}{4}\rho$
		r_3	$\rho \geq 2(r_2 - 2r_3 + r_4)$	$\frac{4}{3}(r_4 - r_3) \leq \rho \leq \frac{2r_4 + 4r_3 - 6r_2}{3}$	$\frac{2r_4 + 4r_3 - 3\rho}{6}$	$\frac{4}{3}(r_4 - r_3) \leq \rho \leq \frac{2r_4 + 4r_3 - 6r_2}{3}$	$\frac{4r_4 + 2r_3 - 3\rho}{6}$	$\frac{4r_4 + 2r_3 - 3\rho}{6}$
r_4	—	r_3	$\rho \geq 2(r_1 - 2r_2 + r_3)$	$2(r_2 - 2r_3 + r_4) \leq \rho$	r_2	$\frac{2r_4 + 4r_3 - 6r_2}{3} \leq \rho \leq 2(r_4 + r_2 - r_1)$	$\frac{4r_4 + 2r_3 - \rho}{4}$	$\frac{4r_4 + 2r_3 - \rho}{4}$
		r_3	$\frac{2r_1 - 6r_3 + 4r_4}{3} \leq \rho \leq 2(r_1 - 2r_2 + r_3)$	$\frac{4}{3}(r_4 - r_3) \leq \rho \leq \frac{2r_4 + 4r_3 - 6r_2}{3}$	$\frac{2r_4 + 4r_3 - 3\rho}{6}$	$\frac{4}{3}(r_4 - r_3) \leq \rho \leq \frac{2r_4 + 4r_3 - 6r_2}{3}$	$\frac{4r_4 + 2r_3 - 3\rho}{6}$	$\frac{4r_4 + 2r_3 - 3\rho}{6}$
	$\frac{4}{3}(r_4 - r_3) \geq \rho \geq 0$	$r_4 - \frac{3}{4}\rho$	$\rho \geq \frac{4r_1 - 6r_2 + 2r_4}{3}$	$0 \leq \rho \leq r_4 - r_2$	$r_4 - \rho$	$0 \leq \rho \leq (r_4 - r_2)$	$r_4 - \frac{3}{4}\rho$	$r_4 - \frac{3}{4}\rho$
		$\frac{2r_2 - \rho + 2r_4}{4}$	$\rho < 2(r_2 - 2r_3 + r_4)$	—	r_2	$r_4 - r_2 \leq \rho \leq 2(r_4 + r_2 - 2r_1)$	$\frac{2r_4 + 2r_3 - \rho}{4}$	$\frac{2r_4 + 2r_3 - \rho}{4}$
	$\frac{4}{3}(r_4 - r_3) \geq \rho \geq 0$	$r_4 - \frac{3}{4}\rho$	$\rho \geq \frac{4r_1 - 6r_2 + 2r_4}{3}$	$0 \leq \rho \leq \frac{4}{3}(r_4 - r_2)$	$r_4 - \rho$	$0 \leq \rho \leq \frac{4}{3}(r_4 - r_1)$	$r_4 - \frac{3}{4}\rho$	$r_4 - \frac{3}{4}\rho$
		$\frac{2r_2 - \rho + 2r_4}{4}$						

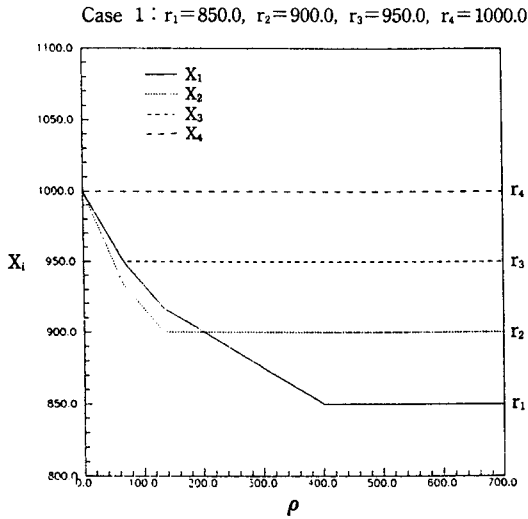


Fig. 3.1 The Distribution of X_i value by the required labor with respect to ρ for Case 1

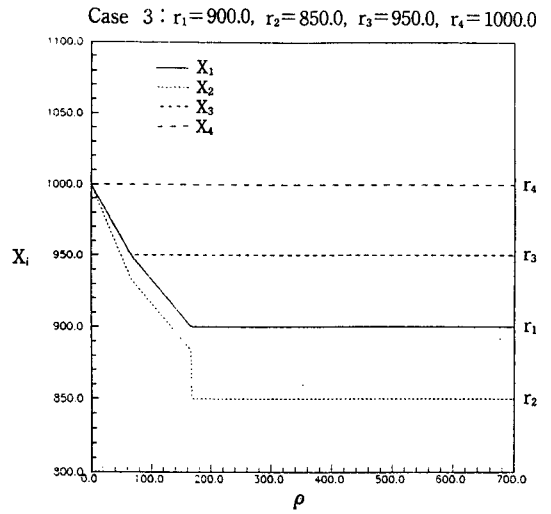


Fig. 3.3 The Distribution of X_i value by the required labor with respect to ρ for Case 3

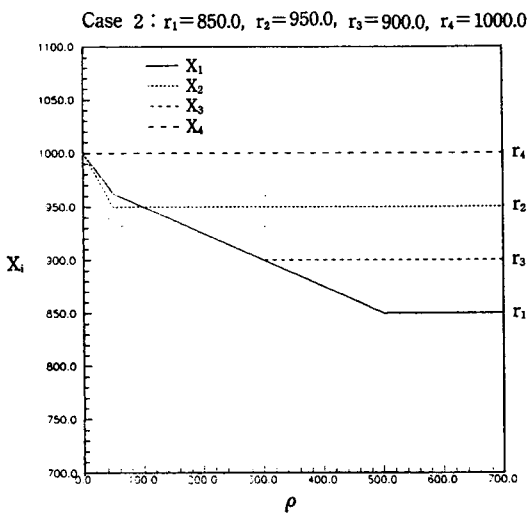


Fig. 3.2 The Distribution of X_i value by the required labor with respect to ρ for Case 2

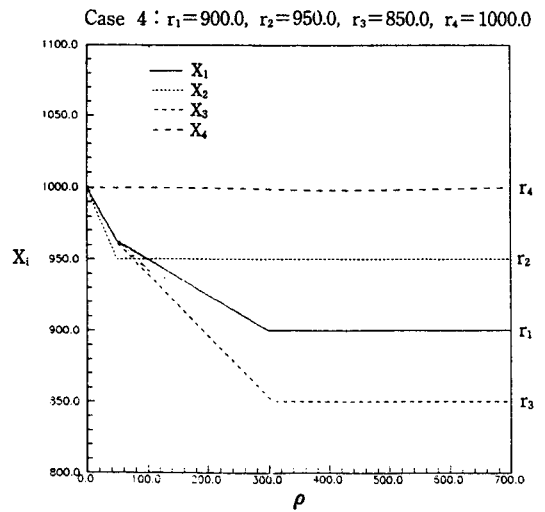


Fig. 3.4 The Distribution of X_i value by the required labor with respect to ρ for Case 4

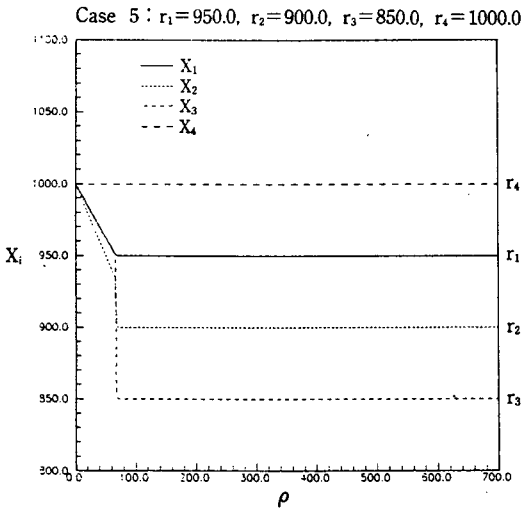


Fig.3.5 The Distribution of X_i value by the required labor with respect to ρ for Case 5

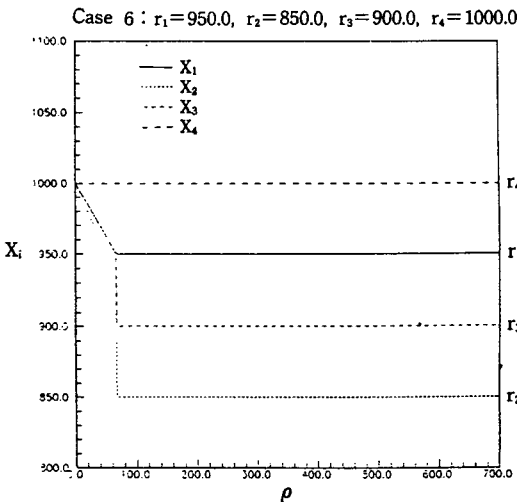


Fig.3.6 The Distribution of X_i value by the required labor with respect to ρ for Case 6

따라서, 주어진 目的函數 및 制限條件의 特性 상

- 1) ρ 값이 작은 경우, 즉 採用 및 解雇費用이 월 임금에 비해 큰 상태에서는 모든 X_i 값은 ρ 값의 크기에 따라 적정한 값을 취하고 있으며,
- 2) ρ 값이 증가하는 경우, 즉 採用 및 解雇費用이 월 임금에 비해서 상대적으로 減少하는 狀態에서는 X_i 값은 점점 減少하다가 r_i 값과 같아지고 있고,
- 3) X_4 값은 ρ 값에 관계없이 항상 最大勞動力 r^* 와 일치하고 있으며,
- 4) r_i 의 패턴에 따라 X_i 값이 변화하는 유형은 약간씩 달라지고 있음을 알 수 있다.

이상으로부터 貨物의 流出入量, 作業形態 및 勞動維持에 필요한 費用을 고려하여 最適規模의 勞動力을 決定하는 과정을 흐름도로 나타내면 그림 3.7과 같다.

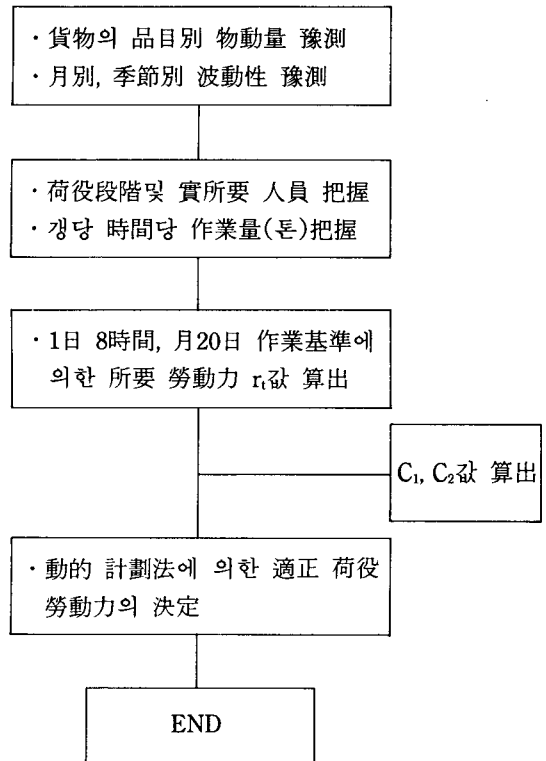


Fig. 3.7 The flow chart determining the Optimum Amount of Labor Force

4. 釜山港에의 適用 例

港灣荷役 勞動力의 最適規模 決定의 주요 因子는 勞働者의 賃金과 採用 및 解雇 費用, 貨種別 物動量과 하역 단계별 所要 勞動力에 의한 시간 당 荷役量, 機力과 人力사용의 比率등을 들 수 있다. 본장에서는 제3장까지의 결과를 釜山港의 경우에 適用해 보기로 한다.

4.1 基本的 데이터의 調査 및 分析

釜山港의 最適規模 勞動力을 결정하기 위한 기본적인 데이터로 다음과 같이 物動量 分析 및 推定, 荷役過程 調査 및 區分, 각 荷役 단계별 실소요 인원파악, 實所要 人員에 의한 平均荷役量 및 勞動力 維持 실태조사를 시행 하였다.

첫째, 物動量 分析은 海運港灣廳 統計年報의 1980년부터 1989년까지 10년간의 통계를 기본으로 하였으며, 주요품목의 구분은 燐鑛石, 鐵鑛石, 기타 鑛石으로 구분된 것을 鑛石으로, 油脂類, 비료는 入出港 실적에 없으므로 제외시키고, 수산 가공품 및 선어는 수산물로 취급하였으며, 無煙炭 및 油煙炭은 石炭으로, 염류 및 雜貨類는 기타로 하였다. 통계연보의 품목별 貨物輸送 실적중 기

타화물이 總物動量의 63%를 점유하고 있으며, 入港때는 43% 出港은 入港보다 많은 82%를 차지하고 있다. 이와같이 기타 화물량이 많은 이유는 콘테이너 入出港 실적중 각 화물별로 船舶會社 또는 貨主가 보고한 자료를 취합하여 수록하였기 때문이다. 따라서, 여기에서는 부산항의 전체물동량의 67%를 점유하고 있는 콘테이너 入出港 실적을 화물별로 구분하지 않고 1개품목으로 하였으며 콘테이너로 수송하기 곤란한 단일품목인 糧穀, 洋灰, 石炭, 鑛石, 原木, 油類를 개별품목으로 취급하고 품목별 화물 실적중 機械類, 鐵材, 水産物, 기타에서 콘테이너로 수송된 화물별량을 제외하였으며, 이때 자료는 釜山地方海運港灣廳 埠頭課 統計資料를 참고하였다. 또한, 기타에는 표기되지 않는 雜貨貨物을 포함시켜 주요품목 구분은 11개품목으로 하였다. 1988년도 부산항 품목별 화물의 분석결과를 정리하면 表 4.1과 같다. 이때 화물별 分布는 콘테이너 貨物이 전체의 67.1%, 單一貨物이 19.5%, 콘테이너 또는 단일 취급할 수 있는 화물은 7.0%, 기타는 6.4%를 차지하고 있다. 또한, 품목별 분포형태를 살펴보면, 糧穀, 洋灰, 原木은 전체 물동량의 2.8~3.3%를 차지하며 入港貨物이 99.9%를 점유한다. 石炭, 鑛石, 水

Table 4. 1 Distribution of monthly cargo capacities for the year of 1988

Unit : ton

Items monthly	Grain	Log	Cement	Coal	Marine products	Container	Ore	Machinery	Iron materials	Oil	Others
1	197,961	106,487	160,820	118,732	49,754	3,005,112	56,127	67,280	197,464	342,186	361,435
2	144,432	148,159	125,648	102,878	69,005	2,838,084	43,744	59,897	189,816	403,371	361,222
3	163,494	132,083	159,684	121,101	97,463	3,324,736	44,018	75,399	203,059	321,981	402,446
4	76,441	129,020	164,316	92,371	113,504	3,138,808	47,692	54,952	188,216	332,913	419,172
5	155,776	205,347	141,261	110,610	89,174	3,305,030	68,675	61,576	171,762	362,220	367,174
6	219,565	101,095	202,953	117,051	90,044	3,235,639	60,474	56,901	157,631	279,946	324,766
7	139,078	144,177	214,542	57,315	107,305	3,223,226	70,315	50,401	142,007	406,929	293,013
8	142,537	138,344	182,800	122,924	91,653	3,784,014	47,261	77,087	202,281	363,330	311,416
9	148,295	120,735	144,847	64,983	95,596	4,149,468	60,214	60,137	151,706	350,858	196,552
10	151,750	171,783	149,575	73,109	70,504	3,089,276	51,743	68,870	188,002	414,656	349,581
11	99,975	162,171	149,097	63,649	95,548	3,340,667	94,297	90,172	200,453	301,562	172,531
12	113,726	140,224	156,280	61,294	104,477	3,402,135	86,382	92,543	215,731	461,217	260,678

産物, 機械類는全體物動糧의 2%미만을 점유하고 있으며 석탄은 100% 입항화물이고 그의 화물은 入出港量이 비슷하다. 鐵材類는 입항화물이 출항화물보다 약 8% 정도 많으며 전체물동량의 3.7%를 점유한다. 단일화물중 油類가 제일 비중을 많이 차지하고 있으며 거의 100% 입항화물이고, 전체물동량의 7.3%를 차지하고 있다.

둘째, 荷役作業 段階는 細部的으로 구분할 수 있으나 여기에서는 船內, 直上下車, 艀船揚積荷, 入出庫 및 野積의 4단계의 하역단계로 구분하고 화물별 작업과정에 따라 필요한 단계를 적용하였으며,

셋째, 段階別 實所要人員 및 荷役量은 1개 船倉 기준으로 하였으며 각 荷役 會社別 荷役實務 책임자(荷役擔當部長, 職長等)의 설문조사와 현장 조사에 의해 작성하였으며, 연락원, 부반장, 청소원등 실질적인 하역작업에 투입되지 않는자는 제외하고 실제로 필요한 인원을 算定하였다. 그리고 하역량은 平均値이다.

넷째, 荷役作業時 機力과 人力의 比率은 매우 중요한 요소이나, 결정하기가 애매한 부분이다. 본 논문에서는 機械化 趨勢와 貨物別 荷役形態, 年度別 作業過程에 따라 투입되는 機械化 추세를 고려하여 결정 하였다. 이 결과를 그림으로 표시하면 表 4.2와 같다.

각 화물별 구성상태를 살펴보면, 컨테이너 화물은 1988년도 부산항 전체 流出入 貨物量 59백만톤중 40백만톤을 차지하여 67%를 점유하는데 이중 B. C. T. O. C에서 63%, 일반부두(1, 2, 3, 4, 부두)에서 37%가 처리되었으나, 이 중 대부분은 對日貨客船 2척이 빈번히 入出港하는 1부두에서 처리되고 있다. 表 4.2의 컨테이너 화물의 시간당 하역량은 통계연보에 수록된 톤수 39,836,195톤에 대한 VAN의 비율을 28.24, TEU의 비율을 19.28로 두어 계산 하였다. 또한, B. C. T. O. C의 시간당 1 Net Working Rate를 23VAN(36 TEU)으로 두어 Van의 톤수를 算出하여 평균값을 구한 바, 시간당 하역량은 672톤이었다. 일반부두는 B. C. T. O. C보다 荷役生産性이 저하되므로, 船內 및 直上下車 작업시 650톤을 기준으로 하였다. 한편, 野積 및 入庫의 荷役量은 Yard에서의 作業量이 1,230,000

TEU이므로 荷役量은 548.9톤이 된다.

糧穀은 94%가 接岸作業으로 이루어 지며 전체物動量의 90%는 전용부두에서 하역작업이 이루어지며 작업과정은 기계화되어 1개 船倉에 1개의 吸入裝置가 투입되고 시간당 작업량은 240톤이다. 이때 所要 人員은 약 5名 정도 소요된다. 糧穀은 운송도중 화물창내의 濕度에의해 화물이 응집되므로 이를 제거하기 위해 불도저 및 페이로더를 사용하여 貨物倉의 사이드 프레임에 부착된 화물을 제거하기 위한 작업인부가 投入된다.

油類는 油槽船이 호남, 유공, 극동(동명부두)터미널에 接岸하여 기설치된 육상 또는 돌핀(Dolphin)의 이송파이프를 본선에 연결시켜 본선선원에 의해 하역하는 單純荷役 형태이며 하역량은 본선의 펌프 용량과 陸上의 貯藏 容量에 따라 많은 차이가 있으나 현재 平均的으로 시간당 400톤이 하역되고 있다. 이때 實所要人員은 평균 1명이며 특히, 油類 荷役作業은 港運勞動組合 소속 노동자들이 하역작업을 하지 않은 화물이다.

洋灰는 Bulk화물이 95%를 차지하고 있으며, 하역형태는 油類와 비슷하고, 극히 소량이 일반부두에서 雜貨 荷役作業과 같이 이루어지고 있다.

石炭은 7부두에서 처리되며 84%가 接岸作業으로서 크레인에 Grab를 설치하여 荷役하며 콘베어 벨트를 이용하여 野積되고 있다. 이중 16%는 海上作業으로 이루어 지고 있으며, 艀船에 揚積한후 7부두에 曳引되어 작업된다. 船內作業에 있어서는 貨物倉內의 프레임 사이사이에 貨物을 쓸어내리는 인원이 많이 投入되며, 불도저 및 페이로더 등의 기계가 투입되어 작업이 이루어진다. 接岸作業時 하역량은 1일 處理能力 5000천톤÷1일 可動時間(20시간)=250톤/시간이며, 海上作業시의 작업량은 1일 處理能力 4400톤÷1일 可動時間(20시간)=220톤/시간이다.

原木은 船內作業時間 대부분 人力으로 작업이 이루어진다. 貨物倉內에서 화물에 후크를 걸고 원치로 감아올리며 船側으로 移動하여 하강할 때까지 인력에 의해 操作되며 시간당 하역량은 평균적으로 50~80톤 정도이다. 전체물량중 接岸作業은 70%이고 나머지는 海上作業으로 이루어진다.

Table 4.2 The Amount of cargo handling rate per step and actual number of workers with respect of cargo type

A : 船內 B : 直上下車 C : 解船揚積荷 D : 入出庫 및 野積

H : 純粹 引力作業

M : 機力이 投入되는 作業

Intms	Step		Rate(%) (M : H)	Amount of Cargo handling per gang/1hrs	Actual Number of workers
	step	M. H			
Grain	A	M	95	240	5
		H	5	50	13
	B	M	95	100	5
		H	5	30	13
	C	M	100	80	3
		H			
Oil	A	M	100	400	1
		H			
Cement	A	M	95	400	4
		H	5	65	6
	B	M	95	400	4
		H	100	140	6
Coal	A	M	90	250	8
		H	10	40	14
	B	M	90	240	5
		H	10	30	11
	C	M	100	200	2
		H			
	D	M	100	250	2
		H			
Log	A	M			
		H	100	54	10
	B	M	100	48	3
		H			
	C	M	100	65	5
		H			
	D	M	100	80	4
		H			

Table 4.2 Continued.

Intms	Step		Rate(%) (M : H)	Amount of Cargo handling per gang/1hrs	Actual Number of workers
	step	M. H			
Iron Materials	A	M H	100	50	10
	B	M H	100	50	5
		M H	100	80	6
	C	M H M	100	60	4
Marine products	A	M H	100	30	14
	B	M H	100	30	8
Ore	A	M H	50 50	80 30	8 12
		M H	100	80	3
	C	M H	100	80	6
		M H			
Machinery	A	M H	100	40	10
	B	M H	100	60	5
		M H	100	35	4
Container	A	M H	95 5	650 320	6 6
		M H	100	650	3
	C	M H	100	550	4
		M H			
Others	A	M H	30 70	50 40	6 10
		M H	100	60	4
	C	M H	80 20	45 30	3 5
		M H	50 50	50 40	3 4
	D	M H			
		M H			

鑛石의 작업과정은 石炭과 유사하며, 時間當 荷役量은 平均 約80톤이다. 鐵材, 水産物, 機械類, 其他의 荷役過程은 貨物의 형태, 종류, 크기, 무게, 하역장비, 작업인부 등에 따라서 많은 하역형태를 가지고 있으나 일반적으로 대형 구조물을 제외하고는 雜貨와 유사한 경우로서 모든 貨物이 점차로 規格化, 파렛트化 되어가고 있다. 海上作業과 接岸作業으로 구분되나 積안작업이 80% 이상 차지하고 있다. 貨物의 종류, 형태에 따라 하역능력에는 차이가 많으나 평균적으로 시간당 하역량은 30-70톤이며, 이는 각 하역회사의 실무 하역 책임자의 설문조사와 현장 조사의 평균치이다.

4.2 貨物量의 波動性에 의한 勞動力 分析과 豫測

월별 계절별 貨物量의 波動性은 표 4.1과 같다. 全體 貨物量의 最高值는 9월에 나타나며 最低值는 2월에 나타난다. 이때 월별 貨物量의 差이는 1백만톤에 달하여 계절별로는 85만톤이다.

貨物別 所要勞動力을 式(3.1)에 의해 산출한 결과를 표 4.3에 보인다. 이때 1일 勤勞時間 및 月 實勤勞日數는 “1988년도 屋外勤勞者 職種別 賃金

報告書”(1989년, 노동부발간)의 港灣運送事業 관련회사의 勞務者 月平均 實勤勞時間 9.3시간, 月 平均 실근로일수 19.5일을 참고로하여 1일 8시간 월 20일을 기준으로 하였다. 貨物量의 波動性에 따른 月別 所要勞動力의 最高 및 最低의 雇用水準의 差이는 761명이며 월평균은 255명이다. 季節別 所要勞動力의 最高 및 最低의 雇用水準의 差이는 484명이며, 계절별 평균은 225명이다. 월별 소요노동력을 구체적으로 살펴보면, 1월의 貨物量에 다른 고용수준 3169명에서 2월의 貨物量에 필요한 고용수준 3199명을 유지하고자 하면 30명을 採用하여야 하며, 3월에는 403명을 추가로 再採用 하여야 하고, 4월에는 114명을, 5월에는 7명을 減少시켜야 한다. 6월에는 다시 365명을 採用하고 7월에는 84명을 解雇하여야 하며 8월에는 338명으로 재고용하여야 한다. 9월에는 552명을 대폭 해고시켜야 하며 10월에는 441명을 다시 채용하고 11월에는 227명을 해고시켜 12월에는 309명을 다시 채용하여야 하는 반복된 循環過程이 필요하게 된다. 매월 인원을 채용또는 해고한다는 것은 현실적으로 不可能하므로 계절적으로 雇用水準의 需要供給을 할 경우 봄에는 3528명이 필

Table 4.3 The cargo handling labor force required per cargo month season(1988)

Season	Month	The cargo handling labor force required per cargo(r)											Total of Season	
		Grain	Oil	Cement	Coal	Log	Marine products	Container	Ore	Machinery	Iron materials	Others		Total
Winter	1M	173	6	68	102	250	228	406	68	189	685	1004	3169	3229
	2M	126	7	45	89	347	317	383	54	168	459	1004	3169	
Spring	3M	143	5	57	104	310	447	449	53	211	705	1118	3602	3528
	4M	67	6	59	82	302	521	424	55	154	653	1165	3488	
	5M	136	6	54	95	481	409	446	79	173	596	1020	3495	
Summer	6M	192	5	73	104	237	413	437	69	160	547	902	3139	3195
	7M	122	7	77	50	338	492	436	84	142	493	814	3055	
	8M	125	1	66	105	324	421	511	54	216	705	856	3393	
Autumn	9M	130	6	56	56	283	439	560	69	169	527	546	2841	3044
	10M	133	7	54	63	403	324	417	65	193	653	971	3282	
	11M	88	5	54	55	380	438	445	108	253	696	479	3011	
Winter	12M	100	8	56	53	329	479	464	99	259	749	724	3320	

요하고 여름에는 物動量의 減少에 따라 333명을 해고후 3195명을 유지하여야 하며 가을에는 다시 151명을 추가로 재채고시켜 3044명을 유지하고 겨울에는 물동량의 증가로 다시 185명을 추가 채용하여야 하며, 봄에는 물동량의 증가로 適正 勞動力인 3528명을 유지하고자 하면 229명을 재채용하여야 한다. 노동력을 월별 계절별로 채용 또는 해고한다는 것은 어려운 실정이고 또한 이때 소요되는 비용도 적지않다. 따라서, 제3장에서 설명한 방법에 따라 採用 및 解雇시 발생하는 비용을 고려하여 適正勞動力을 확보하여야 하며 계산한 결과를 表 4.4 및 그림 4.1에 보인다.

그림 4.1은 3.2절에서 기술한 Case 3에 해당되며 r_1 값에 의한 X_i 값의 그래프를 분석하면 X_4 즉 봄에는 항상 3528명을 유지하고 X_1 (여름)은 ρ 값이 0에서 399까지 1씩 증가에 따라 0.7~0.8명씩 일정한 기울기로 감소하며, ρ 값이 400에서 466까지 1씩 증가에 따라 0.5명씩 감소하다가 ρ 값이 467 지점부터 ρ 값의 증가와 관계없이 일정한 값인 $r_1 = 3195$ 명을 유지한다. X_2 (가을)은 ρ 값이 0에서 398까지 1씩 증가에 따라 1명씩 감소하고 ρ 값이 399에서 466까지 0.5명씩 감소하다가 ρ 값이 467지점부터 r_2 값을 유지한다. X_3 (겨울)은 X_1 과 같이 ρ 값이 398까지는 똑같은 기울기를 보이며 ρ 값이 399부터 r_3 값을 유지한다. 釜山港運 勞動組合에서 발행된 1988년도 및 1989년도 활동보고서 “業種別 組合員 動態現況”에 의한 1988년도 부산항의 純粹 荷役 作業에 投入되는 荷役勞動力의 確保現況을 보면 봄에는 3816명 여름은 3837 가을은 3879

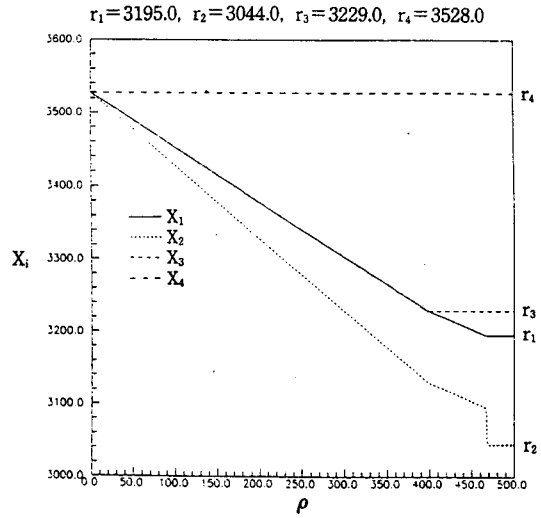


Fig. 4.1 The distribution of X_i value by the required labor with respect to ρ

명 겨울은 3860명이다. 부산항에는 ρ 값에 대해서는 지금까지 정확히 제시되고 研究된 바 없으나 부두노동자로 채용되는 것이 다른산업에 비해 매우 어려운 실정을 감안하면 월 임금에 비해 채용 및 해고시의 비용이 매우 크다고 생각할 수 있어, ρ 값은 거의 0에 가까울 것으로 가정할 수 있다. 이때 각 季節別 適正 雇傭 規模는 최대 고용수준인 3528명이다. 따라서 1988년도 고용된 노동력은 평균 9%의 過剩雇傭 狀態이었음을 알 수 있고 계절별 고용상태중 봄에는 8.2%, 여름에는 8.8% 가을에는 9.9%, 겨울에는 9.4%가 過剩雇傭 狀態임을 보여준다.

ρ 값이 臨界值인 467일때 雇傭水準을 분석하면

Table 4.4 Estimation of Optimum Amount of Labor Force(1988)

r_i	$r_1(\text{Summer})=3195$	$r_2(\text{Autumn})=3044$	$r_3(\text{Winter})=3229$	$r_4(\text{Spring})=3528$
$\rho \setminus x_i$	X_1	X_2	X_3	X_4
0	3528	3528	3528	3528
100	3453	3428	3453	3528
200	3378	3328	3378	3528
300	3303	3228	3303	3528
399	3228.8	3129.2	3229	3528
400	3229	3129	3229	3528
467	3195	3044	3229	3528

봄에는 8.2% 여름은 20.1% 가을은 27.4% 겨울은 19.5%의 過剩水準임을 나타내면 이는 정중합원수와 비교분석 결과이며 각 연락소별로 일용노무자를 채용하여 활용하는 인원수와 비교한다면 過剩狀態는 이보다 많은 증가 상태를 보일 것이다. 이 원인을 살펴보면, 人力管理 시스템 體制 미흡과 노동력 고용시 적정 노동력 규모의 결정없이 단기적인 물동량에 의한 經驗的 雇傭, 각 연락소

별 노동력 교류 불가능한 체제등 制度的 矛盾 常用化되지 못하고 있으므로서 발생되는 결과를 볼 수 있다.

1990년도 釜山港의 適正規模 勞動力을 예측하기 위해, 먼저, 화물 품목별 과거 10년간 데이터를 정리하여 2중 및 3중 指數平滑法을 이용하여 화물량을 예측한 결과를 표 4.5에 보인다. 貨物別 所要勞動力(X)은 제3장에서 기술한 函數式에 의

Table 4. 5 Estimation of monthly cargo capacities for the year of 1990

Unit : ton

Items monthly	Grain	Log	Cement	Coal	Marine products	Container	Ore	Machinery	Iron materials	Oil	Others
1	199,046	118,016	145,152	130,637	54,143	4,039,539	71,399	55,829	198,713	467,231	308,334
2	145,749	120,961	139,705	103,304	88,080	3,880,072	55,968	57,774	171,011	310,152	300,290
3	173,992	140,558	120,860	123,079	199,730	4,591,211	58,846	71,869	195,910	436,952	327,592
4	115,391	164,653	133,786	99,613	145,600	4,171,638	56,288	57,237	173,904	426,835	314,986
5	167,244	191,111	144,756	135,311	117,768	4,350,862	105,509	63,745	206,584	431,951	334,473
6	275,943	146,141	138,314	118,896	116,042	4,257,503	78,284	72,694	149,404	269,845	306,914
7	152,970	150,090	144,650	112,014	129,651	4,207,371	90,796	60,797	165,098	294,995	307,557
8	141,665	153,300	182,954	109,958	119,209	5,283,145	62,293	71,653	196,314	250,482	302,165
9	118,519	161,924	135,956	98,934	114,272	6,031,116	79,120	62,765	203,062	284,450	303,009
10	159,730	139,722	133,772	91,367	91,747	4,009,329	61,290	63,396	178,338	492,577	305,028
11	128,110	161,330	166,565	102,495	119,387	4,379,331	153,889	66,375	182,974	295,244	245,389
12	156,681	170,232	125,980	89,997	141,635	4,466,448	108,936	76,677	233,575	398,285	287,191

Table 4. 6 The cargo handling labor force required per cargo, month, season(1990)

Season	Month	The Cargo handling labor force required per cargo(r)											Total of Season	
		Grain	Oil	Cement	Coal	Log	Marine products	Container	Ore	Machinery	Iron materials	Others		Total
Winter	1	174	8	52	106	277	249	546	82	157	690	857	3,198	3,401
	2	127	5	50	89	284	404	524	64	162	594	834	3,137	
Spring	3	131	7	44	106	330	549	620	68	201	680	911	3,647	3,684
	4	101	7	48	86	386	668	563	65	161	604	875	3,564	
	5	146	7	52	117	448	540	588	121	179	717	928	3,843	
Summer	6	241	5	50	104	343	532	575	90	204	519	853	3,516	3,576
	7	134	5	52	98	352	595	568	104	171	573	855	3,507	
	8	124	4	66	95	359	547	714	72	201	681	840	3,703	
Autumn	9	104	5	49	85	380	524	814	91	176	705	842	3,775	3,505
	10	140	8	48	79	328	421	542	70	178	619	847	3,280	
	11	112	5	60	88	378	548	592	176	186	635	682	3,462	
Winter	12	112	5	60	88	378	548	592	176	186	635	682	3,462	
Winter	12	137	7	45	78	399	650	603	125	215	811	797	3,867	

Table 4. 7 Estimation of Optimum Amount of Labor Force(1990)

r_i	$r_1(\text{Summer})=3576$	$r_2(\text{Autumn})=3505$	$r_3(\text{Winter})=3401$	$r_4(\text{Spring})=3684$
$\rho \backslash X_i$	X_1	X_2	X_3	X_4
0	3684	3684	3684	3684
50	3646.5	3634	3646.5	3684
100	3609	3584	3609	3684
145	3576	3505	3401	3684

해 구하면 表 4.7 및 그림 4.2와 같이 나타났고, ρ 값이 0일때 最適勞動力은 3684명이다. ρ 값의 임계치인 145일때 適正勞動力 規模는 봄에는 3684명 여름은 3576명 가을은 3005명 겨울은 3401명 임을 알 수 있고, 봄의 고용수준은 일정한 기울기를 보이며 ρ 값이 146부터 r_2 값을 유지하고 겨울에는 여름과 같이 ρ 값이 143까지 일정하다가 144부터 145까지 급격히 감소하는 현상을 보인다. 이는 ρ 값이 144까지는 r_3 값이상의 숫자를 고용하여도 費用면에서 프러스가 되지만, $\rho=145$ 부터는 많은 사람을 해고하여야 비용면에서 프러스가 된다는 결론을 얻을 수 있다.

5. 結 論

본 論文에서는 港灣運營 및 機能의 效率化를 위하여 港灣荷役 料率決定시 노무자의 適正生計費 保障과 항만별, 부두별 生計費 均等分配의 기본이 될수있는 港灣荷役 勞動力의 適正水準을 제시하며, 어느 항만에서나 일반적으로 적용할 수 있는 最適 規模 決定방법을 제안하였다.

港灣荷役 勞動力의 適正 規模 決定에 있어서는 貨物別, 段階別, 機力과 人力사용의 比率, 實所要인원에 의한 시간당 하역량에 의한 所要勞動力을 감안하고, 港灣物動量의 시기별 변화에 따른 基本荷役 勞動力의 波動 現象을 고려하여야 하며 이를 해결하기 위하여 雇傭水準의 變動量 및 필요 수준이상의 勞動力 保有에 따른 비용을 최소화 한다는 의미에서 動的計劃法을 사용하여 最適 雇傭 水準을 결정하였다.

한편, 본 논문에서 제안한 勞動力의 適正規模 決定 方法을 부산항에 적용한 결과 1988년도의 季節別 適正 規模 勞動力은 3528명이었다. 따라서, 실제 부산항에 확보된 노동력과 비교하여 보면 평균 9%의 過剩雇傭 狀態임을 알수 있고 계절별 고용상태를 보면 봄은 8.2% 여름은 8.8% 가을은 9.9% 겨울은 9.4%의 過剩雇傭 狀態임을 확인하였다. 이는 正組合員數와의 比較 分析이며, 각 연락소별로 日用勞務者를 채용하며 이용하는 인원수와 비교 한다면 過剩 雇傭狀態는 이보다 많이 나타날 것이다.

또한, 1990년도의 物動量을 예측한 결과, 17.3%의 증가를 보이고 있으며 適正 勞動力 水準을 物動量의 추정치를 근거로 예측하여 보면 ρ 값이 0

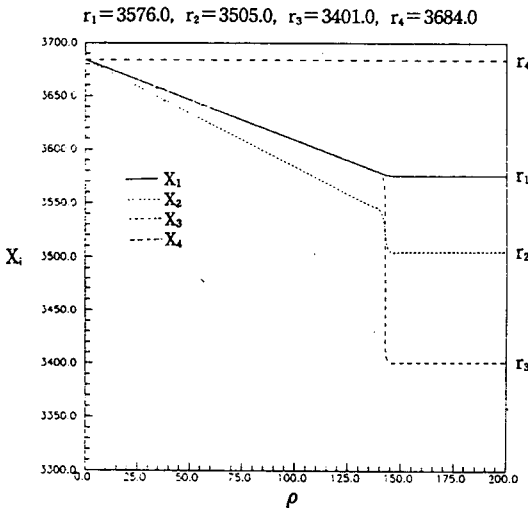


Fig. 4. 2 The distribution of X_i value by the required labor with respect to ρ

에 가까울 때 계절별 適正 雇傭水準은 3684명이며, ρ 값이 1씩 증가함에 따라 거의 1명정도 감소하는 것을 알 수 있다. ρ 값의 臨界值 145일때 봄에는 3684명, 여름은 3576명, 가을은 3505명, 겨울은 3401명이다. 현재 부산항의 港灣 荷役勞動力의 需要創出은 하역회사에 있고, 공급원은 港運 勞動組合에 있는 이른바 二元的인 構造를 지니고 있어서, 物動量의 波動性에 따라 체계적이고 효율적으로 대응할 수 있는 人力管理시스템이 미흡한 실정이다. 따라서, 이러한 문제점을 해소하기 위해서는 港灣荷役 勞動力의 常用化 또는 LA-BOR POOL SYSTEM을 도입할 필요가 있다.

본 논문의 연구결과를 바탕으로

- i) ρ 값의 具體的이고 體系的인 研究,
- ii) 勞動力의 管理 시스템을 改善하기 위한 研究가 이루어져야 할 것이다.

參 考 文 獻

- 1) UNCTAD, Manual on Port Management part 3, port operations, 1976
- 2) UNCTAD, Port development, A Hand Book for planners in developing countries, 1978
- 3) E.G. Frankel, Port Planning and Development, John Wiley & Sons inc. 1987
- 4) J.IMAKITA, A Techo-Economic Analysis of the Port Transport System, Saxon House, 1977
- 5) RONALD V. HARTLEY, Operations Research, A Managerial Emphasis, Goodyear Publishing Co. Inc., 1976
- 6) 李哲榮, 시스템 工學概論, 文昌出版社, 부산, 1981
- 7) 姜錫昊外 2名, 시스템 分析, 학술원, 서울, 1979
- 8) 林陽澤, 統計學, 大英社, 서울, 1986
- 9) 海運港灣廳, 海運港灣廳 統計年報, 1980-1989
- 10) 釜山地方海運港灣廳, 埠頭課 貨物統計 1985-1989
- 11) 韓國海運産業研究院, 港灣運營效率化研究, 1988
- 12) 韓國港灣荷役協會, 港灣荷役會報, 제1호-제30호
- 13) 韓國港灣荷役協會, 港灣荷役要覽, 1987, 1989
- 14) 韓國港灣學會誌, 제1권 제1호, 1987.
- 15) 釜山港運勞動組合, 活動報告 1987-1989
- 16) 勞動部, 屋外 勤勞者 職種別 賃金 報告書 1988-1989
- 17) 韓國航海學會誌, 제13권 제1호 p.55 1989