

## 셀형제조시스템에서 셀형성과 설비배치를 통합한 수리계획모형에 관한 연구

이상완 · 김해식 · 조성열

동아대학교 산업경영공학과

## Integrated mathematical programming Approach of Cell formation and Facility layout in cellular manufacturing

Sang-Wan Lee · Hae-Sik Kim · Sung-Youl Cho

Dept. of Industrial & Management Systems Engineering, Dong-A University

This paper presents the application of integrated mathematical programming approach for the design of cellular manufacturing. The proposed approach is carried out in two phases : The first phase concerning exceptional elements(EEs) in cell formation and the second phase facilities layout design. This paper considers the total costs of three important costs for (1) intercellular transfer (2) machine duplication and (3) subcontracting. One of important issue is the calculation of the number of machines considering the maximum utilization of machines and the available capacity of a machines that can be transferred between cells. Facilities layout design is considered to reflect the real field data taking in to account the operational sequence of the parts to be manufactured. The model is formulated as mixed integer programming that is employed to find the optimal solution.

**Keywords :** Cell formation, Exceptional elements, mixed integer programming

### 1. 서 론

오늘날 시장경제의 세계화로 인해 기업들 간의 경쟁은 더욱 더 치열해지고 있다. 이러한 경향에 따라 많은 제조업체들은 생산성과 효율성 측면을 개선하기 위하여 다양한 제조 기법들을 수용하게 되었다. 그 중 생산성과 유연성을 개선하기 위한 제조방식과 전략 중의 하나가 셀형제조시스템(Cellular manufacturing system)이다. 셀형 제조시스템은 부품의 유사성에 기초하여 작업자, 공정 그리고 기계들을 집단화하여 생산성을 향상시키는 제조 시스템이다[2]. 즉, 셀형 제조시스템은 대단위 자동화 과정의 복잡성을 단계적으로 처리하기 위해 시스템을 GT

에 의거하여 셀로 구분하고 셀 중심으로 생산계획, 통제 및 운반 등을 수행하는 제조시스템이다.

이러한 GT 개념을 통해 작업준비시간의 단축, 재공품 재고의 축소 및 작업소요시간을 단축시킬 수 있게 함으로써 생산성을 향상시키는 제조시스템의 형태로 부각되어 국내외에서 많은 연구가 수행되었다. 효율적인 셀형 제조시스템을 설계하는데 있어서 직면하게 되는 가장 중요한 문제는 셀형성(Cell formation)으로 유사한 설계특성들을 갖는 기계나 부품들을 선택하여 그룹화 하는 것으로 장기 생산계획의 문제로 능력계획과 설비배치의 기초를 제공한다고 할 수 있다. 효율적인 셀의 형성은 가공시간 감소, 재공품 감소, 품질개선, 리드타임 최소

화, 생산성 증대 등과 같은 GT 적용에 따른 개선효과를 가져오며, 이런 셀형성 절차는 (1) 설계특성들에 기초한 절차 (2) 가공품들에 기초한 절차와 같은 두 가지 범주로 분류되어 연구되고 있다.[10] 전자의 형태는 개발을 위한 시간과 전문적 기술을 필요로 하는 분류와 코딩시스템이 수반되어야 하므로 대부분 제시된 절차들은 후자에 속한다. 또한 클러스터링 방법에 기초하여 6가지 범주로 분류할 수 있다. 즉, (1) 배열에 기초한 클러스터링 (2) 계층적 클러스터링 (3) 비계층적 클러스터링 (4) 수리계획 (5) 그래픽 접근법 (6) 휴리스틱 기법등이다. [11] 그리고 해결기법의 특징에 따라 최적화와 휴리스틱 두 가지 방법으로 구분할 수 있다. 이 중에서 수리계획법은 셀 형성 문제를 해결하는 한 방법으로서 가장 많이 이용되고 있고 도출된 해는 최적임을 보장하므로 다른 방법의 기준이 된다고 볼 수 있다.

셀형 제조시스템은 부품과 기계간의 유사성을 분석하여 복잡하고 큰 규모로 인해 통제 및 조정이 매우 힘든 제조시스템을 최소의 물류비용을 갖는 시스템으로 분리함으로써 이상의 장점을 얻게 하는 제조시스템이다. 셀형 제조시스템에서의 생산성 증대는 시스템에서 특정 셀을 형성하여 일정한 셀에서 부품이 만들어지는데 있으며, 셀형 제조시스템에서 기계들의 집합은 기계셀이라 불리고 여기서 가공되는 부품들의 집합을 부품군이라 부른다. 각 기계셀에는 기능적으로 다른 기계들로 구성이 된다. 일단 셀이 형성이 되면 일정한 셀에 속한 부품은 다른 셀로의 이동이 필요하지 않기 때문에 여러 가지 장점을 가질 수 있다는 것이 이 제조시스템의 특징이다. 그러나 실제 생산환경에서는 셀간 부품의 이동이 빈번하게 발생되며 기존의 연구들도 이러한 문제점들을 해결하기 위한 방안을 제시해 오고 있다.

이러한 셀 형성에 관한 기존의 연구들은 대부분 셀형성과정에 포함되는 예외적인 요소(Exceptional elements : EEs)의 처리문제를 다루고 있다. 예외적인 요소는 두 개 이상의 셀에서 하나의 기계로 가공되는 부품들이나, 두 개 이상의 부품군에 의해서 요구되는 기계 즉, 애로기계(bottleneck)로서 셀내에 형성되지 않는 부품이나 기계들을 말한다. 기존의 연구들은 어떤 예외적인 요소가 존재한다면 그것을 셀을 형성한 후에 순차적으로 처리하였다. 이러한 방법은 시간과 계산상의 효율성이 떨어지므로 이를 보완하기 위해서는 셀을 형성하는 동시에 예외적인 요소를 처리할 수 있는 방법이 필요하다.

먼저 Boctor[5]는 셀형성에 대한 수리적 방법을 제시하여 셀을 형성하였지만 예외적인 요소를 처리하는 비용은 고려하지 않았다. Buckle[6]은 계층적 근접화방법을 통해 단지 부품군만을 형성하고 EEs의 처리는 하지 않았으며, Chu[7] 와 Fabian[8]도 역시 부품군만을 형성하

였다. 일반적으로 EEs의 처리를 위해서는 세가지 정책(하청, 셀간 이동, 기계구입)을 고려한다. Wei 와 Gaither[9]는 예외적인 요소의 수를 정확히 결정하지 못하였고 이를 처리하기 위한 기계구입, 셀간 이동등을 고려하지 않아 효율적인 셀을 형성하지 못하였다. Tsai[3]와 Shafer[4]는 셀 형성과 예외적인 요소의 처리를 동시에 해결할 수 있는 수리계획모형을 연구하였으며, M. Bazargan-Lari[1]는 이미 형성된 셀에 설비들을 배치하는 알고리즘에 대하여 연구하였다.

반면 셀형 제조시스템에서의 설비배치에 대한 현존하는 배치 알고리즘은 종종 실세계 문제에 보통 있는 실제적인 문제를 다루는데 있어서는 부족한 점이 있다. 이러한 한계들은 셀/기계 면적(범위), 근접관계와 같은 문제들에 대한 고려가 부족하다는 것이다. 그리고 설비배치의 주 목적은 부품 흐름의 빈도와 작업순서를 포함한 기계간의 관련성을 조사하기 위한 것이다. 또한 기존의 연구들은 실제 부품의 가공순서는 고려하지 않고 단순히 제조셀만 형성하여 완성된 제조셀 내에서의 부품의 이동거리는 고려하지 않고 있다는 것이다. 따라서 이상과 같은 문제점들을 고려하여 본 연구에서는 셀형 제조시스템에서의 제조셀 형성과 설비배치에 대한 통합된 접근법을 수리계획모형을 통해 제시하고자 한다.

## 2. 연구목적

셀형 제조시스템을 구축함으로써 얻을 수 있는 장점은 재공품 감소, 리드타임의 감소, 생산성향상등과 같다. 그러나 실제 셀형제조시스템을 구축하기 위한 생산환경에서는 셀간 및 셀내에서의 부품의 이동이 빈번하게 발생하고 있으며, 이로 인해 발생하는 비용은 생산에서의 중요한 문제로 인식되고 있는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 실제 생산환경에서 발생하는 물류비용을 감소시킬 수 있는 셀간의 부품이동과 공정순서를 고려한 셀내의 부품이동을 최소화하는 동시에 예외적인 요소의 처리비용을 최소화하는 셀형성을 수리계획 모형을 통해 제시하고자 한다.

## 3. 수리계획모델링

본 연구에서 제시하고자 하는 모형은 비선형 혼합정수계획법을 사용하여 수립할 수 있으며, Tsai[3]가 사용한 공정에 관련된 데이터모형을 기본 데이터로 사용할 것이다. 그리고 본 모형에서 사용된 주요한 변수들은 다음과 같다.

색인

- $i$  : 기계유형 ( $i=1\cdots m$ )
- $j$  : 부품 ( $j=1\cdots n$ )
- $c$  : 셀 ( $c=1\cdots h$ )
- $k$  : 기계번호 ( $k=1\cdots o$ )

모수

$sp$  :  $a_{ij}=1$ 인 쌍의 집합, 여기서  $a_{ij}$ 는 0과 1로 이루어진 기계-부품 행렬에서 기계와 부품의 관계를 나타내며,  $a_{ij}=1$ 은 부품  $j$ 가 기계  $i$ 에서 가공된다는 것을 의미한다.

- $A_i$  : 기계유형  $i$ 의 면적
- $M_i$  : 기계유형  $i$ 의 너비와 높이의 차
- $C_i$  : 기계유형  $i$ 의 연간 가용능력
- $D_j$  : 부품  $j$ 에 대한 연간 수요량
- $P_{ij}$  : 기계유형  $i$ 에서 부품  $j$ 의 단위당 가공시간
- $UC_{ij}$  : 부품  $j$ 에 대한 기계유형  $i$ 의 이용률  

$$= \frac{(P_{ij} \times D_j)}{C_i}$$
- $I_j$  : 부품  $j$ 에 단위당 셀간 이동비용
- $P_i$  : 기계 유형  $i$ 의 구입비용
- $S_j$  : 부품  $j$ 에 대한 단위당 하청비용
- $w_i$  : 기계유형  $i$ 의 너비
- $v_i$  : 기계유형  $i$ 의 높이

의사결정변수

- $X_{ic}$  : 기계유형  $i$ 가 셀  $c$ 에 포함되면 1, 그렇지 않으면 0
- $Y_{jc}$  : 부품  $j$ 가 셀  $c$ 에 포함되면 1, 그렇지 않으면 0
- $IC_c$  : 셀  $c$ 가 형성되면 1, 그렇지 않으면 0
- $V_{ijc}$  :  $Y_{jc}=1$ 이고  $X_{ic}=0$ 이면 1, 그렇지 않으면 0
- $M_{ijc}$  : 부품  $j$ 를 생산하기 위하여 셀  $c$ 에 제공된 기계유형  $i$ 의 능력
- $b_{ick}$  :  $k$ 번째 기계  $i$ 가 셀  $c$ 에 포함되면 1, 그렇지 않으면 0
- $wC_{ick}$  : 셀  $c$ 에서  $k$ 번째 기계  $i$ 의  $x$ 축 중심좌표
- $vC_{ick}$  : 셀  $c$ 에서  $k$ 번째 기계  $i$ 의  $y$ 축 중심좌표
- $nwC_{ick}$  : 셀  $c$ 에서 예외적인 요소를 위해 새로이 구입된  $k$ 번째 기계  $i$ 의  $x$ 축 중심좌표
- $nvC_{ick}$  : 셀  $c$ 에서 예외적인 요소를 위해 새로이 구입된  $k$ 번째 기계  $i$ 의  $y$ 축 중심좌표
- $d_{iik'jkc}$  : 셀  $c$ 에서 부품  $j$ 의 가공에 대한  $k$ 번째 기계

$i$ 와  $k$ 번째 기계  $i$ 간의 거리

- $nd_{iik'jkc}$  : 셀  $c$ 에서 부품  $j$ 의 가공에 대해 예외적인 요소를 위해 신규 구입된 기계유형들과 기존 기계유형들과의 관계(신규기계-신규기계, 신규기계-기존기계, 기존기계-신규기계)에 대한 거리
- $Q_i$  : 기계의 능력을 고려한 기계유형  $i$ 의 필요대수
- $Z_{ijc}$  : 셀  $c$ 에서 기계유형  $i$ 를 이용할 수 없을 때 부품  $j$ 의 셀 간 이동 횟수
- $O_{ijc}$  : 셀  $c$ 에서 기계유형  $i$ 를 이용할 수 없어 하청을 준 부품  $j$ 의 단위
- $R_{ic}$  : 셀  $c$ 에 예외적인 요소를 위해 새로이 구입해야 될 기계유형  $i$ 의 수
- $xr_{ick}$  : 셀  $c$ 에서  $k$ 번째 기계  $i$ 의 오른쪽 위 모서리에 대한  $x$ 축 좌표
- $xl_{ick}$  : 셀  $c$ 에서  $k$ 번째 기계  $i$ 의 왼쪽 아래 모서리에 대한  $x$ 축 좌표
- $yr_{ick}$  : 셀  $c$ 에서  $k$ 번째 기계  $i$ 의 오른쪽 위 모서리에 대한  $y$ 축 좌표
- $yl_{ick}$  : 셀  $c$ 에서  $k$ 번째 기계  $i$ 의 왼쪽 아래 모서리에 대한  $y$ 축 좌표
- $nxr_{ick}$  : 셀  $c$ 에서 예외적인 요소를 위해 신규로 구입된  $k$ 번째 기계  $i$ 의 오른쪽 위 모서리에 대한  $x$ 축 좌표
- $nxl_{ick}$  : 셀  $c$ 에서 예외적인 요소를 위해 신규로 구입된  $k$ 번째 기계  $i$ 의 왼쪽 아래 모서리에 대한  $x$ 축 좌표
- $nyr_{ick}$  : 셀  $c$ 에서 예외적인 요소를 위해 신규로 구입된  $k$ 번째 기계  $i$ 의 오른쪽 위 모서리에 대한  $y$ 축 좌표
- $nyl_{ick}$  : 셀  $c$ 에서 예외적인 요소를 위해 신규로 구입된  $k$ 번째 기계  $i$ 의 왼쪽 아래 모서리에 대한  $y$ 축 좌표

3.1 목적함수

아래의 목적함수는 하청, 기계구입, 셀간이동이라는 세 가지 정책에 대한 예외적인 요소의 처리비용을 최소화하는 동시에 공정순서에 따른 셀내에서의 부품의 이동거리를 최소화하기 위한 것이다.

$$\sum \sum P_i R_{ic} + \sum \sum \sum I_j Z_{ijc} + \sum \sum \sum S_j O_{ijc} + \sum \sum \sum \sum d_{iik'jkc}$$

### 3.2 셀 형성

셀은 최소 2개 이상이 형성이 되어야 하며, 기계의 가용능력을 고려하여 목적함수의 세 가지 정책 중 하나의 정책이 선택되어야 한다. 아래 (1)과 (2)식은 각 기계와 부품은 단지 한 셀에 한 종류의 기계와 부품이 할당된다는 것을 의미한다.

$$\sum_{c=1}^h X_{ic} = 1, \quad \forall i \dots\dots\dots (1)$$

$$\sum_{c=1}^h Y_{jc} = 1, \quad \forall j \dots\dots\dots (2)$$

아래 (3)식은 하나의 셀에 할당되는 최대 기계유형의 수를 NM으로 제한하기 위한 식이며, 본 연구에서는 NM값을 4로 설정하였다. (4)식은 셀은 적어도 2개 이상 생성되어야 함을 보증하기 위한 제약이다.

$$\sum_{i=1}^m X_{ic} \leq NM, \quad \forall c \dots\dots\dots (3)$$

$$\sum_c IC_c \geq 2 \dots\dots\dots (4)$$

아래의 (5)~(8)식은 셀이 형성이 되면 형성된 각 셀에는 적어도 2종류 이상의 기계와 2개 이상의 부품이 할당되어야 한다는 것을 보증하기 위한 제약이다.

$$\sum_{i=1}^m X_{ic} - NM \times IC_c \leq 0 \dots\dots\dots (5)$$

$$\sum_{i=1}^m X_{ic} - 2 \times IC_c \geq 0 \dots\dots\dots (6)$$

$$\sum_{j=1}^n Y_{jc} - 2 \times IC_c \geq 0 \dots\dots\dots (7)$$

$$\sum_{j=1}^n Y_{jc} - (n-2) \times IC_c \leq 0 \dots\dots\dots (8)$$

아래 (9)식은 예외적인 요소가 하청, 기계구입, 이동에 의해 분배되는 것을 보증하기 위한 식이다.

$$X_{ic} - Y_{jc} + \frac{1}{D_j} Z_{ijc} + \frac{1}{UC_{ij}} M_{ijc} - V_{ijc} = 0 \dots\dots\dots (9)$$

$$\sum_{(i,j) \in sp} M_{ijc} \leq R_{ic}, \quad \forall i, \forall c \dots\dots\dots (10)$$

위의 (10)식은 예외적인 요소를 위해 각 셀에 새롭게 구입될 기계의 수를 결정하기 위한 제약식이며, 아래의 (11)식은 각 셀에 필요한 기계유형별 대수를 정의하기 위한 제약식이다.

$$Q_i \leq \sum_{(i,j) \in sp} UC_{ij} (1 - \sum_c V_{ijc}) + 1, \quad \forall i \dots\dots\dots (11)$$

아래의 제약식은 셀 간 이동이 발생하는 부품에 대해 해당 기계의 능력을 초과하지 않아야 된다는 것을 제약한다.

$$\sum_c \sum_{(i,j) \in sp} \frac{P_{ij}}{C_i} Z_{ijc} \leq Q_i - \sum_{(i,j) \in sp} UC_{ij} (1 - \sum_c V_{ijc}) \dots\dots\dots (12)$$

$$X_{ic}, Y_{jc}, IC_c, V_{ijc}, b_{ick} = 0 \text{ 또는 } 1$$

$$w_i, v_i, Q_i, R_{ic} = \text{정수}$$

### 3.3 셀내에서의 기계간 거리

셀이 형성이 되면 셀내에 배치될 기계들은 공정의 순서에 따라 부품의 이동거리가 최소가 될 수 있도록 배치되어야 하며, 다른 제약들에 의해 기계유형별로 필요한 대수가 결정이 된다. 또한 목적함수 부분에 사용된 예외적인 요소의 처리를 위한 세 가지 정책 중 예외적인 요소를 위해 새롭게 구입되는 기계의 배치 또한 셀내의 다른 기계들과 공정순서에 따라 부품의 이동거리에 영향을 미치기 때문에 이 또한 고려하여야만 한다.

$$w_i \times v_i = A_i, \quad \forall i \dots\dots\dots (13)$$

$$|w_i - v_i| = M_i, \quad \forall i \dots\dots\dots (14)$$

위 (13)과 (14)식은 기계를 배치할 경우 평면상에서 기계들을 가로 혹은 세로 형태로 고정하지 않기 위한 제약식이다.

$$wC_{ick} - xL_{ick} = \frac{w_i}{2}, \quad vC_{ick} - yL_{ick} = \frac{v_i}{2} \dots\dots\dots (15)$$

$$\sum_{i=1}^a b_{ick} = Q_i \times x_{ic}, \quad \forall i, c, \quad b_{ick} = \frac{(xR_{ick} - xL_{ick})}{w_i} \dots\dots\dots (16)$$

위 (15)와 (16)식은  $Q_i$ 에 따라 기계대수가 결정되면 그 대수에 맞춰 각 기계의 좌표생성을 하기 위한 제약이며, 동일기계유형에 대한 너비와 높이는 동일하다는 것을 보증하기 위한 제약식이다.

본 연구에서는 설비의 형태를 사각 블록 형태로 가정을 하였다. 이 블록에는 작업장 면적, 통로면적등이 포함되어 있다고 가정을 하였다. 또한 기계와 기계간 거리는 기계의 중심에서 중심까지의 거리로 계산하였으며, 이는 아래 식을 통해 계산되었다.

$$d_{ik'j'c} = \sqrt{(wC_{ick} - wC_{i'ck})^2 + (vC_{ick} - vC_{i'ck})^2}$$

아래 식들은 형성된 셀에 포함되는 기계유형들과 예외적인 요소를 위해 새롭게 구입될 기계들 간의 공정순서에 기초한 거리를 구하기 위하여 제안된 제약식이다.

$$nd_{i_i' j_c} = \sqrt{(nwc_{i_{ck}} - nwc_{ick})^2 + (nvc_{i_{ck}} - nvc_{ick})^2}$$

$$nd_{i_i' j_c} = \sqrt{(nwc_{i_{ck}} - wc_{ick})^2 + (nvc_{i_{ck}} - vc_{ick})^2}$$

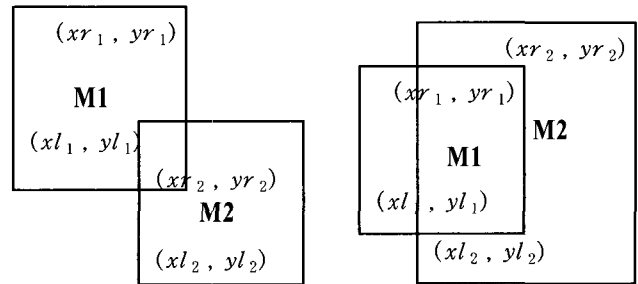
$$nd_{i_i' j_c} = \sqrt{(wc_{i_{ck}} - nwc_{ick})^2 + (vc_{i_{ck}} - nvc_{ick})^2}$$

그리고 이러한 사각 블록 형태의 설비를 배치할 때 두 설비 간에는 중복되지 않아야 한다는 기본적인 제약조건이 포함된다. 즉, 두 개의 기계 블록  $B_i, B_j$ 는 적어도 x축이나 y축에서 중복되지 않아야 한다는 것이다. 다음의 수식은 두 블록이 중복되지 않는다는 것을 보증한다.

$$(xl_{ick} - xr_{i_{ck}}) \times (yl_{ick} - yr_{i_{ck}}) \times (xl_{i_{ck}} - xr_{i_{ck}}) \times (yl_{i_{ck}} - yr_{i_{ck}}) \leq 0$$

의 부품에 대한 단위당 가공시간을 나타낸다. 그리고 S와 I는 각각 단위당 하청비용 및 이동비용을 말한다. D는 연간 수요량을, P는 기계유형별 구입비용을 나타내며 C는 기계유형별 연간 가용능력을 나타낸다. 가공시간의 단위와 기계의 연간 가용능력에 대한 단위는 분/단위이며, 비용의 단위는 \$이다.

<그림 1>은 기계간의 중복이 실제 배치에서 어떻게 발생하는가에 대한 예이다.



<그림 1> 기계간 중복의 예

### 4. 수치예

제시된 수리계획모형에 대한 평가를 위해 아래에 제시된 표 1의 데이터 집합을 사용하였으며, 본 연구에서는 Lingo 프로그램을 사용하여 그 결과를 도출하였다.

<표 1>은 본 연구에서 제시한 수리모형을 적용하기 위한 데이터 집합으로 9종류의 기계와 10개의 부품으로 구성되어 있으며, 테이블안의 음영부분은 해당 기계에서

<표 2>는 기계의 가로와 세로 길이에 대한 데이터 집합이다. <표 3>은 부품별 공정순서를 나타낸 표이다. 아래 표 4와 5는 본 연구에서 제시한 수리계획모형을 9대의 기계와 10개의 부품을 가진 데이터 집합에 적용한 결과이다. 이 결과에 따르면 최종적으로 셀은 2개가 형성되며, 각 셀별로 기계들의 좌표값으로써 기계의 배치가 셀형성과 동시에 이루어짐을 알 수 있다.

<표 1> 수치예를 위한 데이터 집합

| 부품<br>기계 | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | P     | C     |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1        | 2.95  |       | 2.2   |       |       |       |       |       |       |       | 50784 | 12000 |
| 2        | 2.76  | 5.18  | 1.89  | 3.89  |       | 5.14  |       |       |       |       | 67053 | 12000 |
| 3        | 5.54  | 4.29  |       |       |       |       |       |       |       |       | 43944 | 12000 |
| 4        | 2.91  |       |       | 1.97  | 2.59  | 4.01  |       | 2.7   |       |       | 67345 | 12000 |
| 5        |       |       |       | 4.28  |       | 4.51  |       |       |       |       | 42414 | 12000 |
| 6        | 1.92  |       |       |       |       |       | 2.23  |       | 5.52  |       | 75225 | 12000 |
| 7        |       |       |       |       | 3.4   |       | 1.16  | 4.72  |       | 2.49  | 52741 | 12000 |
| 8        |       | 5.32  |       |       |       |       |       | 3.75  | 3.85  |       | 63523 | 12000 |
| 9        |       |       |       |       |       |       | 4.04  |       |       | 1.83  | 50632 | 12000 |
| S        | 4.2   | 4.3   | 3.5   | 4.4   | 5.0   | 3.9   | 4.4   | 4.6   | 5.0   | 5.0   |       |       |
| D        | 32128 | 27598 | 20651 | 11340 | 18707 | 17040 | 46196 | 45384 | 16409 | 22000 |       |       |
| I        | 3.7   | 2.8   | 2.8   | 3.3   | 2.8   | 3.5   | 2.8   | 2.6   | 3.4   | 3.2   |       |       |

<표 2> 기계유형별 면적

| 기 계 | 크기(m×m) | M <sub>i</sub> |
|-----|---------|----------------|
| 1   | 5×11    | 6              |
| 2   | 8×4     | 4              |
| 3   | 3×2     | 1              |
| 4   | 4×3     | 1              |
| 5   | 5×3     | 2              |
| 6   | 3×2     | 1              |
| 7   | 6×3     | 3              |
| 8   | 3×2     | 1              |
| 9   | 3×2     | 1              |

<표 3> 부품별 공정순서

| 부 품 | 기 계 |   |   |   |   |
|-----|-----|---|---|---|---|
| 1   | 1   | 2 | 3 | 6 | 4 |
| 2   | 1   | 2 | 3 | 8 |   |
| 3   | 1   | 2 |   |   |   |
| 4   | 2   | 5 | 4 |   |   |
| 5   | 4   | 7 |   |   |   |
| 6   | 2   | 5 | 4 |   |   |
| 7   | 7   | 6 | 9 |   |   |
| 8   | 7   | 4 | 8 |   |   |
| 9   | 8   | 6 |   |   |   |
| 10  | 1   | 7 | 9 |   |   |

<표 4> 결 과 치

| 셀 | 기 계   | 부 품          |
|---|---|--------------|
| 1 | 4(3), 5(2), 7(3), 8(2) : 2[1]                   | 4,5,6,8      |
| 2 | 1(3), 2(3), 3(3), 6(3), 9(2) : 4[1], 7[1], 8[1] | 1,2,3,7,9,10 |

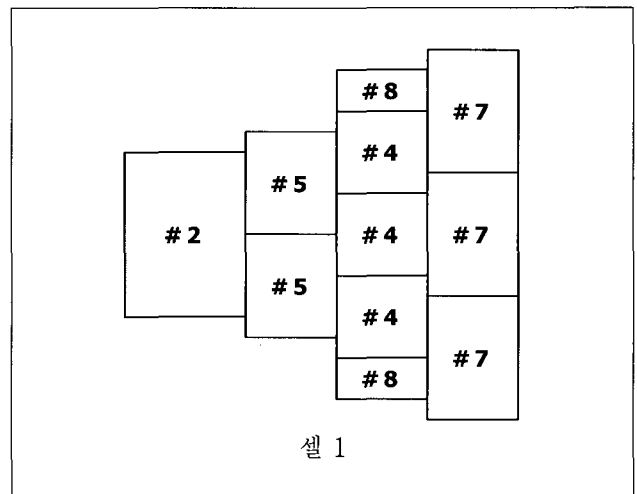
i(no) : 해당 셀에서 기계유형 i의 필요 대수.  
 i[no] : 해당 셀에 새롭게 구입하여야 할 기계유형 i의 대수  
 ※ 셀 간 이동  
 ▶ 부품 2(13,122)- 기계유형 8, 셀 2→셀 1  
 ▶ 부품 6(2,275) - 기계유형 2, 셀 1→셀 2  
 ※ 하청 : 부품 2(3,794) - 기계유형 8, 셀 2  
 ※ 총비용 : 311,680, 예외적인 요소의 수 : 7

<표 5> 좌표생성 결과

| m | c | bottom left-hand corner |         |         |          | up right-hand corner |         |         |           |
|---|---|-------------------------|---------|---------|----------|----------------------|---------|---------|-----------|
|   |   |                         |         |         |          |                      |         |         |           |
| 1 | 2 | 15,0                    | 15,11   | 15,22   |          | 20,11                | 20,22   | 20,33   |           |
| 2 | 2 | 20,3                    | 20,11   | 20,19   | 0,5      | 24,11                | 24,19   | 24,27   | 4,13      |
| 3 | 2 | 24,10.5                 | 24,13.5 | 24,16.5 | -        | 26,13.5              | 26,16.5 | 26,19.5 | -         |
| 4 | 1 | 7,3                     | 7,7     | 7,11    | 25,19.5  | 10,7                 | 10,11   | 10,15   | 29,22.5   |
| 5 | 1 | 4,4                     | 4,9     | -       | -        | 7,9                  | 7,14    | -       | -         |
| 6 | 2 | 26,10.5                 | 26,13.5 | 26,16.5 | -        | 28,13.5              | 28,16.5 | 28,19.5 | -         |
| 7 | 1 | 10,0                    | 10,6    | 10,12   | 21,27    | 13,6                 | 13,12   | 13,18   | 24,33     |
| 8 | 1 | 7,1                     | 7,15    | -       | 24.5,8.5 | 10,3                 | 10,17   | -       | 27.5,10.5 |
| 9 | 2 | 28,12                   | 28,15   | -       | -        | 30,15                | 30,18   | -       | -         |

m : 기계의 유형, c : 셀 번호

<표 4>의 셀형성 결과를 보면 첫 번째 셀에는 기계유형 4번 3대, 5번 2대, 7번 3대, 8번 2대와 부품 4, 5, 6, 8이 할당된 것을 알 수 있으며, 예외적인 요소처리를 위해 기계2번이 신규 구입되었다. 두 번째 셀에는 기계유형 1번 3대, 2번 3대, 3번 3대, 6번 3대, 9번 2대와 부품 1, 2, 3, 7, 9, 10이 할당되었으며, 예외적인 요소의 처리를 위해 기계유형 4, 7, 8번이 각 1대씩 신규구입 되었다. 또한 부품 2번과 6번은 셀간 이동정책이 선택되었다. 그리고 부품 2번에 대해 일부분은 하청정책이 사용된 것을 알 수 있다.

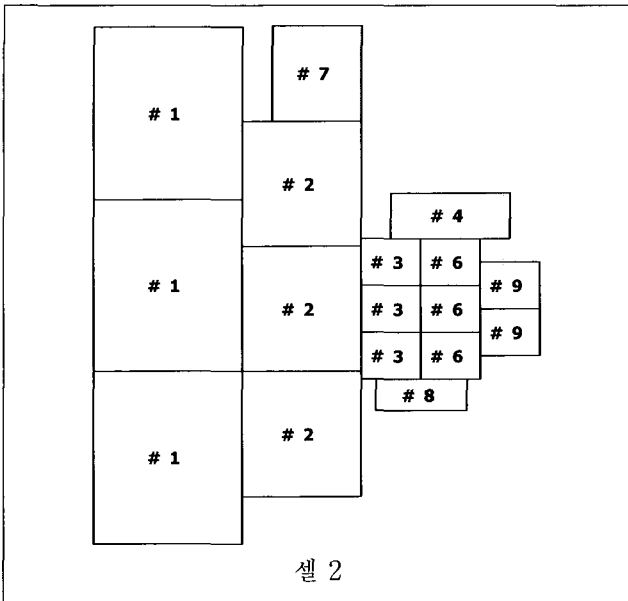


#no : 새로이 구입된 기계유형

<그림 2> 셀 1의 배치도

<표 5>는 셀형성과 동시에 각 셀에서의 기계들에 대한 좌표생성 결과이다. 이 표에서 음영부분은 셀 2에 대한 부분이며, 음영이 없는 부분은 셀 1에 해당된다.

<그림 2>와 <그림 3>은 각각 <표 5>의 생성된 좌표결과를 그림으로 표현한 것이다. <그림 2>는 첫 번째 셀을 평면상에 표현한 그림이고 <그림 3>은 두 번째 셀을 평면상에 표현한 그림이다.



<그림 3> 셀 2의 배치도

### 5. 결론

셀형 제조시스템은 생산성과 유연성을 개선하기 위한 하나의 제조방식으로서 항상 직면하게 되는 첫 번째 단계는 셀형성에 관련된 문제이다. 셀 형성은 유사한 설계 특성이나 공정을 가진 부품들을 그룹화 하는 과정이고 셀 내에 기계들을 대응시키는 과정이다. 이러한 셀형성 문제를 다루는데 있어서 중요시되는 것은 셀 내에 형성되지 못하는 예외적인 요소를 어떻게 적절하게 처리하는가이다. 이러한 것들은 셀간 이동을 하여 가공하거나 하청을 줄 수 있다. 또한 셀 내에 필요한 기계를 구입하여 예외적인 요소를 처리한다. 그러므로 최적 셀을 형성하기 위해서는 예외적인 요소를 처리하는데 적용되는 기계구입비용, 하청비용, 셀간이동 비용 등의 총비용을 최소화함과 동시에 셀을 형성하여야 한다.

그리고 공장 내에서의 물류비용을 감소시키기 위하여 형성된 셀에 할당될 기계들의 배치는 공정순서에 기초

하여 기계간 거리의 전체 합이 최소가 되도록 배치되어야 할 것이다.

따라서 본 연구에서 제시된 수리계획모형은 예외적인 요소의 처리, 셀 형성, 그리고 부품의 이동거리가 최소화되는 설비의 배치라는 세 가지 목적을 동시에 해결할 수 있는 모델이다. 이러한 통합된 수리계획모형을 통한 제조셀과 설비의 배치는 실제 생산환경에서 빈번히 발생하는 물류비용을 감소시킬 수 있으리라고 본다.

### 참고문헌

- [1] M.Bazargan-Lari, H.Kaebnick and A.Harraf., ; "Cell formation and layout designs in a cellular manufacturing environment-a case study," International Journal of Production Research., 38(1) : 1689-1709, 2000.
- [2] Heragu, S.S., ; "Group technology and cellular manufacturing," IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics., 24(1) : 203-215, 1994.
- [3] Tsai, Chang-Chun., ; "Manufacturing cell formation in a fuzzy enviroment," Ph.D] Dissertation, The Iowa State University., Iowa, USA, 1995.
- [4] Shafer, S. M., Kern, G. M., and Wei, J. C., ; "Mathematical programming approach for dealing with exceptional elements in cellular manufacturing," International Journal of Production Research(IJPR), 30(1) : 1029-1036, 1992.
- [5] Bector, F. F., ; "A Linear formulation of the machine-prat cell formation problem," IJPR, 29(1) : 343-356, 1990.
- [6] Buckle J. J., ; "Solving possibilistic linear programming problems," Fuzzy Sets and Systems, 31(1) : 329-341, 1989.
- [7] Chao-Hisen Chu and Jack C. Hayya., "A fuzzy clustering approach to manufacturing cell formation," ; IJPR, 29(1) : 1475-1487, 1991.
- [8] Fabian C. and Stoica M., "Fuzzy integer programming in TIMS/Studies in the Management Science," Amsterdam, Elsevier Science, pp. 123-131, 1984.
- [9] Wei, J. C. and Gaither, N., ; "An optimal model for cell formation decisions," Decision Sciences, 21(2) : 416-433, 1990.
- [10] Selim, H. M., Askin. R. G. and Vakharia, A. J., ; "Cell formation in Group Technology : Review, Evaluation and Directions for Future Research," Computers Industrial Engineering, 34(1) : . 3-20, 1998.
- [11] Chu, C. H., ; "Clustering Analysis in Manufacturing Cellular Formation," OMEGA : International Journal of Manufacturing Sciences, 17(1) : 289-295, 1989.