

## 作業場 電算配置技法에 관한 연구<sup>†</sup>

박승헌\*

## A Study on the Layout Planning of Multiple Plants<sup>†</sup>

Seung-Hun park\*

### Abstract

In this paper, the plant layout planning is optimized at the K-area of the K-airline. The K-area includes 15 activities. The initial solution is found qualitatively by designing a space relationship diagram for the relationship. The cost of material handling is minimized by finding the final layout plan using CRAFT. In comparing to the master plan of K-airline, the final layout plan in this research can reduce the cost of material handling by 52%.

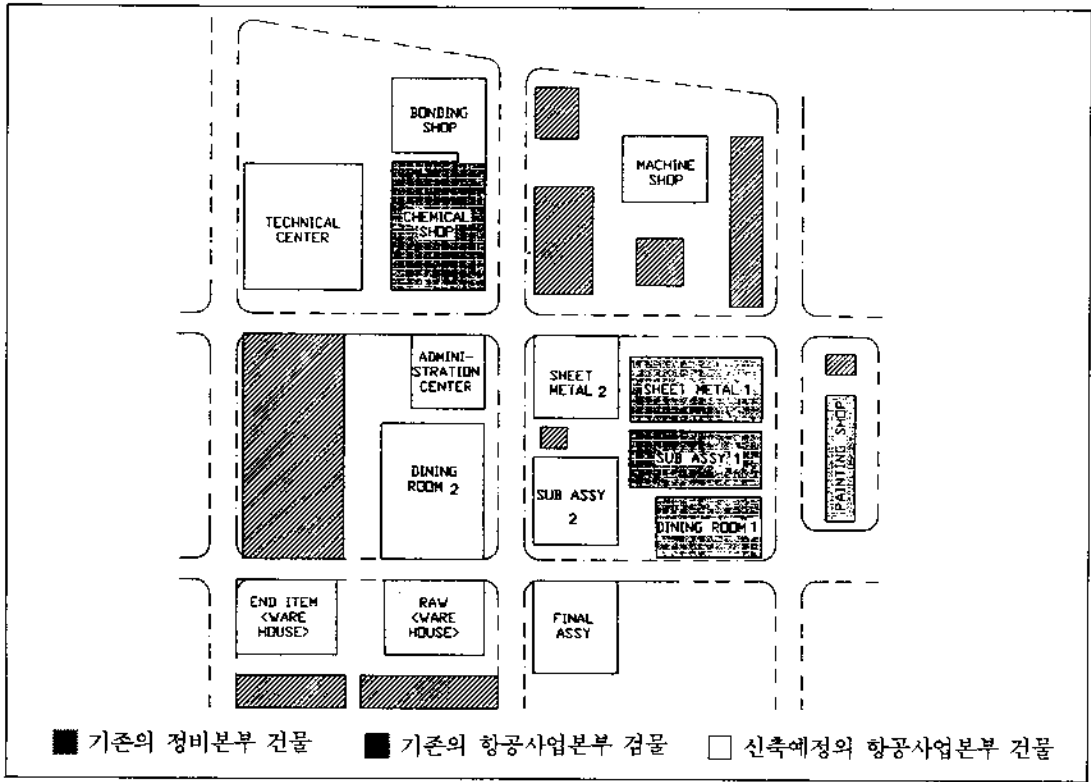
### 1. 연구의 배경 및 목적

工場の 配置設計는 (1) 建物の 배치계획 (2) 건물내 作業場의 배치계획 (3) 設備배치계획의 각 단계(level)에 있어서 배치의 대상에 포함되는 여러 活動(activities)의 최적인 空間配列을 결정하는 것이다. 즉 생산 시스템에 주어진 기능을 달성하기 위해 어떤 物的 또는 人的制約下에서 어떤 목적 함수를 최소(또는 최대)로 하는 활동과 그들의 위치를 대응시키는 문제로 파악할 수 있다.

본 연구는 K 항공의 K지역을 대상으로 주어진 제약하에서 최적인 건물의 공간배치를 그 목적으로 한다. 배치대상 K지역에는 정비서비스 기능 중심의 정비사업본부와 5種의 항공기 中間組立品을 가공하는 생산기능 중심의 항공사업본부가 공존하고 있다. K항공측으로부터 의뢰 받을 당시에는 두 사업본부 모두가 배치대상으로 고려되었으나 기능면에서 볼때 두 사업본부의 活動(activities)들 간에 관련성이 없으므로 분리하여 각각의 배치문제를 다룰 수 있었다. 또한 정비본부는 기존건물이 대부분

† 본 연구는 인하대학교 산업과학기술 연구소의 지원에 의해 이루어진 것임

\* 인하대학교 산업공학과



[그림 1] K 지역 마스터플랜(1:5000)

분이며 면적상 제약으로 배치대안의 융통성이 거의 없었으므로 그 연구결과는 생략하고 본 논문에서는 항공사업본부와 그 부대 시설물 중심으로 배치설계 문제를 전개한다.

항공사업본부 또한 이미 기존의 건물이 존재하므로 배치설계 문제로서는 강한 제약하에서의 준최적 배치설계를 구하는 문제가 된다.

당초 K항공 측에서 제시한 K지역의 마스터 플랜은 [그림 1]과 같다. [그림 1]은 K지역중 항공사업본부와 관련하여 배치 가능한 지역이며 정비본부의 건물이 일부 포함되어 있다. 또한 옥외창고는 지면관계상 [그림 1]에서는 생략 하였다.

신축 예정인 판금(이하 각 활동의 한글명은 표 1참조)2와 중간조립 2는 각각 기존의 1과 동일한 기능이나 생산능력확장을 위해 신축한다. 또한 그

<표 1> 각 활동의 한글 대비표

| 영 분                   | 한 글       |
|-----------------------|-----------|
| BONDING SHOP          | 접 합       |
| SHEET METAL           | 판 금       |
| SUB ASSY              | 중 간 조 립   |
| FINAL ASSY            | 최 종 조 립   |
| RAW(WARE HOUSE)       | 원 자 재 창 고 |
| END ITEN(WARE HOUSE)  | 제 품 창 고   |
| FIELD STORAGE         | 옥 외 창 고   |
| TECHNICAL CENTER      | 연 구 동     |
| ADMINISTRATION CENTER | 행 정 동     |
| CHEMICAS SHOP         | 화 학 처 리   |
| MACHINE SHOP          | 기 계       |
| PAINTING SHOP         | 페 인 트     |
| DINING ROOM           | 식 당       |

림상으로는 나타나 있지 않으나 신축 예정인 접합은 현재 화학 처리에서 작업이 행하여 지고 있다.

항공사업본부의 5種類 제품의 공정 순서는 [그림 2]와 같다.

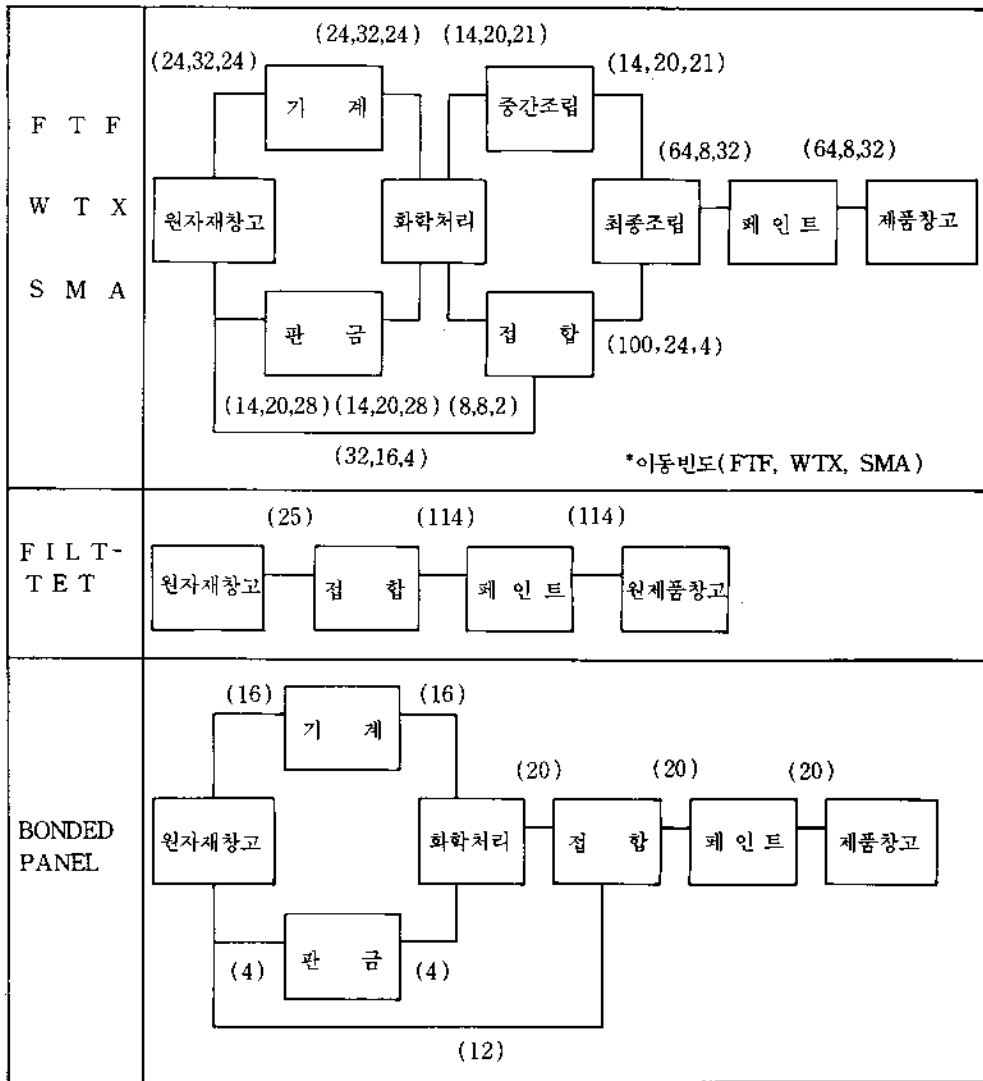
괄호안은 각 제품의 월간 이동빈도를 나타낸다.

K지역의 배치문제는 <표 1>의 15개 활동을 살펴 보면 식당, 연구동, 행정동 등의 人的 흐름 활동과 그 나머지 생산 기능 중심의 物的 흐름 활동으로 大別됨을 알 수 있다.

그러나 人的 흐름 활동과 物的 흐름 활동을 통합하여 이 전체를 定量的으로 평가 할 수 있는 單一的 測定基準은 없기 때문에 본 연구는 1단계로 SLP

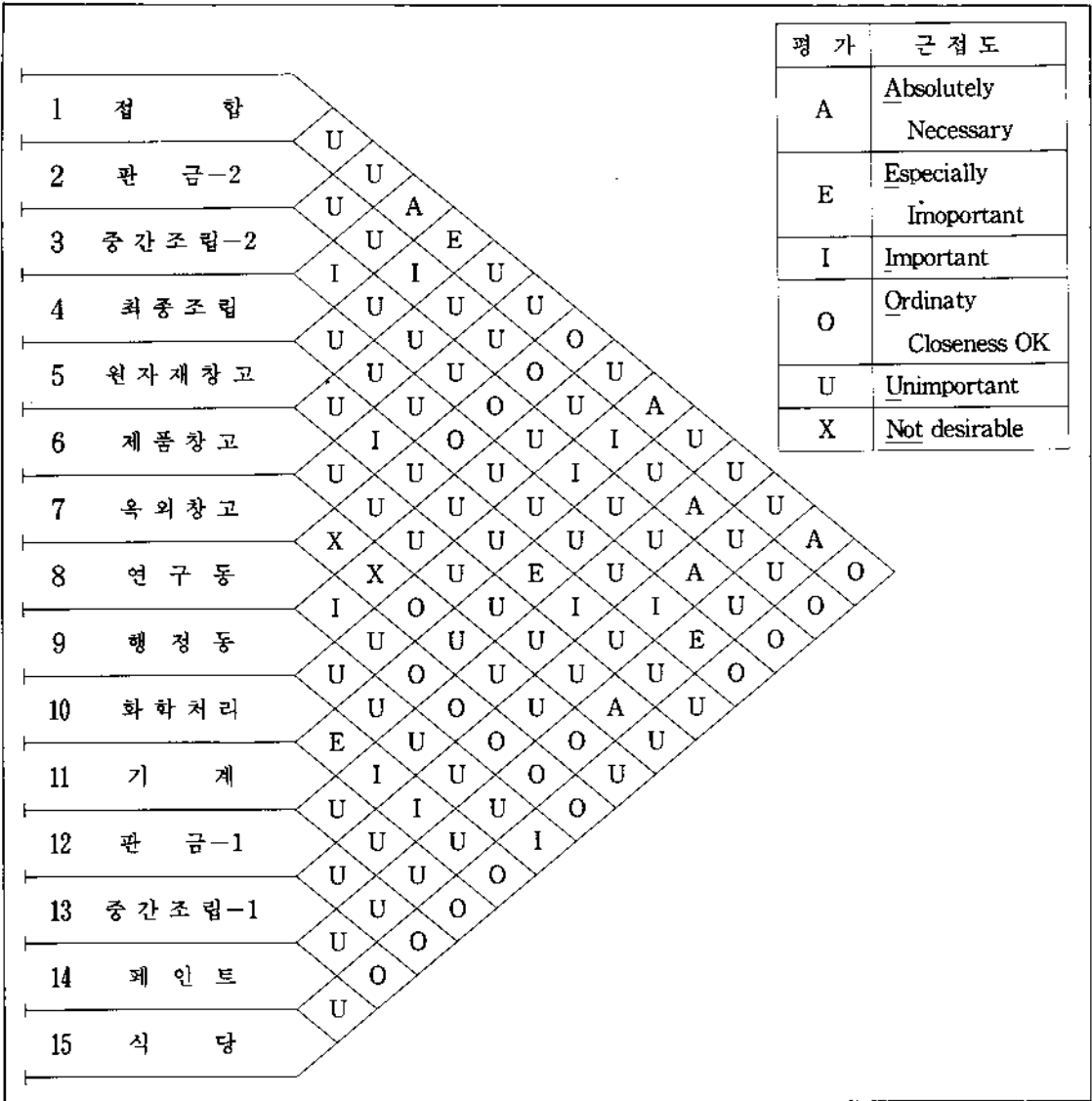
## 2. 배치문제에의 접근

(單位: 回)



[그림 2] 五種類 제품의 공정순서와 월간 이동빈도

<표 2> 활동관련표



(Systematic Layout Planning)에 의한 定性的 방법으로 접근하였다.

1) SLP에 의한 接近

변잡함을 피하기 위해 <표 2>에서 이유표 (reason code)는 생략 하였다.

활동관련표를 살펴보면 행정동과 연구동의 관계는 업무상 접촉이 필요하므로 근접도 평가 I이다. 육외 창고는 행정동과 연구동에 대해 평가 X이나

미관상의 이유이다. 식당은 행정동에 대해 평가 I 이나 간부사원의 편의성에 따른 이유이다. 그리고 판금 2와 중간조립 2는 각각의 1에 대해 동일한 기능을 가진 생산능력의 확장이기 때문에 반드시 근접해 있어야 하므로 평가 A이다.

物的흐름이 주된 활동들은 다음표와 같이 물자흐름 빈도를 기준으로 하여 평가하였다(상세한 것은 [그림 2] 참조).

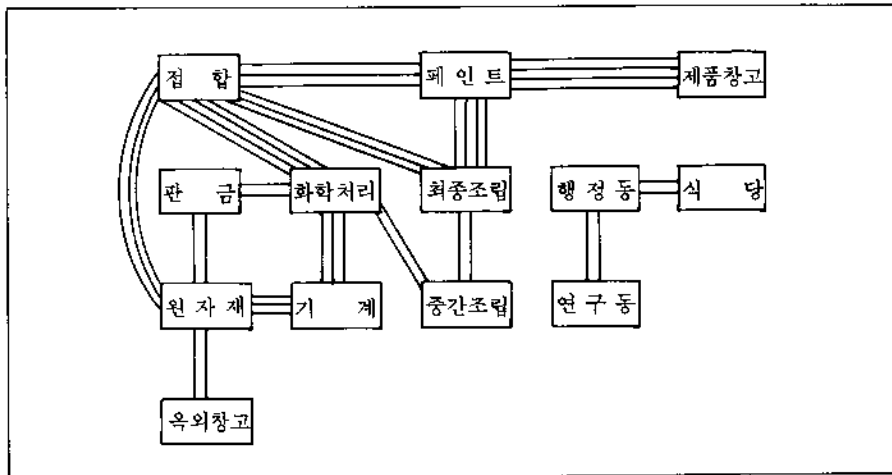
〈표 3〉 물자이동빈도 평가표

| 흐름빈도/월   | 평 가 | 線의 數 |
|----------|-----|------|
| 200 以上   | A   | //// |
| 90 ~ 140 | E   | ///  |
| 50 ~ 70  | I   | //   |
| 30 以下    | O   | /    |

화학처리와 접합의 관계는 월간 흐름빈도에 의하면 평가 O이나 기술상 화학처리후 오염되지 않은 상태에서 접합 처리 해야 하므로 평가 A가 되었다.

다음으로 활동관련표를 근거로하여 아래와 같은 관련도를 작성하였으며, O관계는 관련도가 번잡해 지므로 생략하였다.

관련도를 분석해 보면 특히 페인트는 제품창고, 접합, 최종조립, 옥외창고등 여러활동과 높은 근접도(closeness)를 갖고 있으며 이 4개 활동과의 물자 흐름빈도는 전체 물자 흐름빈도의 약 41%를 점하고 있다. 따라서 페인트의 위치는 배치설계의 최종평가에 막대한 영향을 미치는 중요한 활동임을 알 수 있다. 이러한 관점에서 실사를 진행한 결과, 페인트는 정비사업본부와 공동으로 사용하므로 항상 애로공정(bottle neck)임이 확인되었다. 또한 페인트는 4개 활동과 높은 근접도를 갖는데도 불구하고 기존의 위치가 상당한 거리에 떨어져 있음을 감안 할때 적절한 위치로의 신설에 의해 적지않은 물자취급 비용의 절감 효과가 기대된다 하겠다. 본 연구에서는 항공사업본부 전용의 페인트 공장의



[그림 3] 관련도

신설을 검토하며 신설을 전제로 배치설계를 전개하나, 그 신설 비용의 타당성 분석을 위해 기존 페인트 공장을 사용하는 경우의 배치대안도 개발하여 평가한다.

활동관련과 물자흐름을 고려하여 관련도가 완성 되었으므로 배치에 대한 각 활동의 공간소요를 결정하나 그 소요면적은 <표 4>와 같다.

다음으로 공간소요와 관련도를 통합하여 블록 평

면도(배치대안)를 작성하나 실제적으로는 구한 배치대안이 가용한 공간의 크기와 건물형상에 의해 구속 받는일이 허다하기 때문에 이 양자를 고려한 결과 [그림 4]의 초가해를 얻었다.

K 지역의 활동들은 人的흐름과 物的흐름으로 大別할 수 있음은 이미 지적 하였다. 人的흐름인 연구동, 행정동, 식당 등은 관련도에서 볼 수 있듯이

〈표 4〉 소요면적

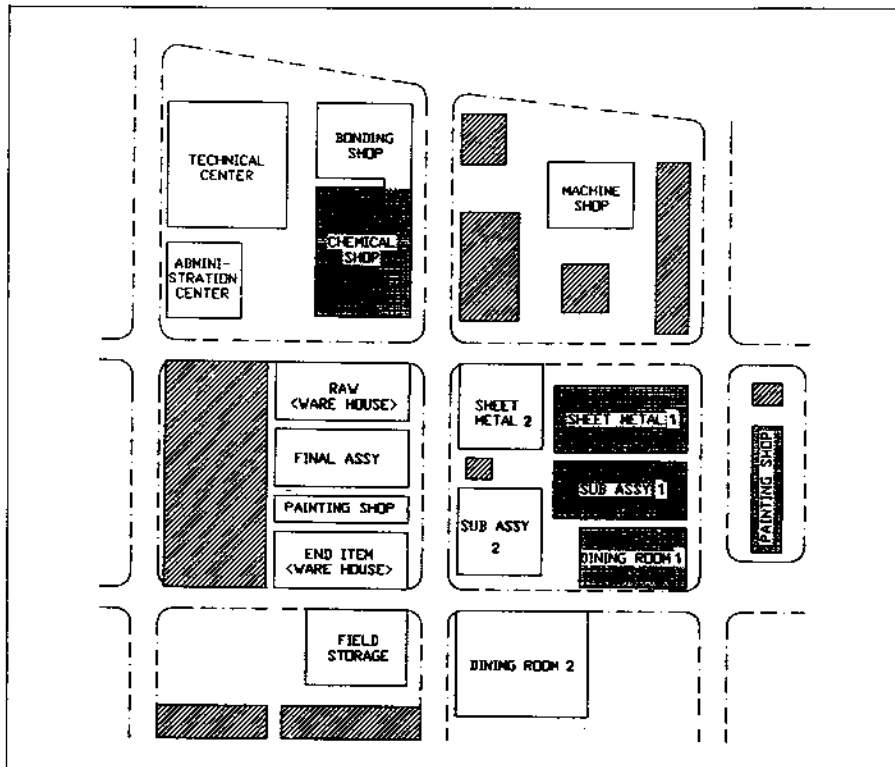
| 活 動     | 所要面積                | 건물크기(가로×세로) |
|---------|---------------------|-------------|
| 접 합     | 3200 m <sup>2</sup> | 64 × 50     |
| 원 자 료   | 3400 m <sup>2</sup> | 90 × 38     |
| 재 품 창 고 | 3400 m <sup>2</sup> | 90 × 38     |
| 옥 외 창 고 | 3400 m <sup>2</sup> | 68 × 50     |
| 최 종 조 립 | 3400 m <sup>2</sup> | 90 × 38     |
| 판 금     | 3248 m <sup>2</sup> | 58 × 56     |
| 중 간 조 립 | 3422 m <sup>2</sup> | 58 × 59     |
| 기 계     | 1600 m <sup>2</sup> | 90 × 18     |
| 행 정 동   | 2500 m <sup>2</sup> | 50 × 50     |
| 식 당     | 6300 m <sup>2</sup> | 90 × 70     |
| 연 구 동   | 6650 m <sup>2</sup> | 80 × 84     |
| 폐 인 트   | 3400 m <sup>2</sup> | 90 × 38     |

그 나머지 物的흐름 활동과는 평가 0이하의 근접도를 갖고 있으므로 두 종류의 활동을 분리하여 검토할 수 있음을 알 수 있다.

오히려 物的흐름의 활동들은 배치를 결정하는데 있어서 건물간의 이동거리와 횡수, 즉 物資取扱費用이 중요한 평가 기준이 된다. 여기에서 2단계로 物的흐름을 가진 활동만을 대상으로 정량적 분석 방법인 CRAFT를 적용한다.

## 2) 건물간 배치 설계에의 CRAFT적용

CRAFT는 물자흐름이 배치설계에서 중요한 고려 요소일때 물자취급 비용을 최소화하기 위해 건물내 부서를 배치하는 프로그램이나 본 연구는 부지내의 건물 배치설계에 응용한다.



[그림 4] 블럭 평면도(초기해)

CRAFT는 初期配置를 명시해 주어야 하므로 관련도에 의해 개발한 [그림 4]를 초기배치로 사용하였다. 흐름자료와 거리자료는 <표 5, 6>과 같으나 거리는 1/2000축척지도를 사용하였다. 각 건물의 조합간 단위거리를 이동하는데 물자취급은 다양한 방법으로 수행될 수 있으므로 비용요소가 갈을 필요는 없으나 본 사례에서는 거의 동일한 방법으로 수행되므로 단위 거리당 비용은 1로 가정하여 비용자료를 생략하였다.

CRAFT는 특정한 부서가 배치내에 固定位置를 갖도록 허용하는 융통성이 있으므로 기존건물은 기존의 위치에 고정시킨다. 또한 신설 건물은 2방(TWO-WAY)互換 방식에 의해 호환을 행하였다. 단지 신설 건물중 판금 2와 중간조립 2는 1)에서 전술한 이유로서 호환대상에서 제외하였다. 그리고

CRAFT는 인접한 부서나 면적이 동일한 부서만이 호환 가능하나 건물의 배치문제라는 점에 착안하여 아래의 두조건을 동시에 만족하는 것은 호환을 행하였으며 퍼스널 컴퓨터 상에서 베이직(BASIC)언어로 프로그램 하였다.

- (1) 특정 구획(예로서 원자재, 최종조립등이 위치한 지역)에 위치한 건물들의 소요 면적 합계가 그 구획의 실제부지 면적을 초과하지 않을것
  - (2) 각 건물의 현실적 요구 사항(건물의 가로 세로 비율제한등)을 충족하는 건물 형상을 유지할것
- 이상과 같은 조건을 동시에 만족하여 교환을 행한 후에 얻은 배치안은 현실적으로 실행가능한 배치안이 된다.

<표 5> 초기해 중심(1:2000)

1/2000축척

|   | 원자재  | 기계    | 접합    | 화학처리  | 판금    | 중간조립  | 최종조립 | 페인트  | 재품창고 | 옥외창고 |
|---|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|
| X | 5.95 | 14.55 | 6.8   | 6.8   | 13.77 | 13.60 | 5.95 | 5.95 | 5.95 | 7    |
| Y | 9.75 | 16    | 17.95 | 14.25 | 9.13  | 5.75  | 7.55 | 5.85 | 4.15 | 1.25 |

<표 6> 흐름자료

|       | 원자재 | 기계 | 접합 | 화학처리 | 판금 | 중간조립 | 최종조립 | 페인트 | 재품창고 | 옥외창고 |
|-------|-----|----|----|------|----|------|------|-----|------|------|
| 원 자 재 |     | 96 | 89 |      | 66 |      |      |     |      |      |
| 기 계   |     |    |    | 96   |    |      |      |     |      |      |
| 접 합   |     |    |    |      |    |      | 128  | 134 |      |      |
| 화학처리  |     |    | 38 |      |    | 58   |      |     |      |      |
| 판 금   |     |    |    | 66   |    |      |      |     |      |      |
| 중간조립  |     |    |    |      |    |      | 55   |     |      |      |
| 최종조립  |     |    |    |      |    |      |      | 104 |      |      |
| 페 인 트 |     |    |    |      |    |      |      |     | 238  |      |
| 재품창고  |     |    |    |      |    |      |      |     |      |      |
| 옥외창고  | 50  |    |    |      |    |      |      | 30  |      |      |

〈표 7〉 거 리

|       | 원자재   | 기계    | 집합    | 화학처리  | 관금    | 중간조립  | 최종조립  | 페인트   | 제품창고  | 옥외창고  |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 원 자 재 |       | 14.85 | 9.05  | 5.35  | 8.44  | 11.65 | 2.2   | 3.9   | 5.6   | 9.55  |
| 기 계   | 14.85 |       | 9.7   | 9.5   | 7.65  | 11.2  | 17.05 | 18.75 | 20.45 | 22.3  |
| 집 합   | 9.05  | 9.7   |       | 3.7   | 15.79 | 19    | 11.25 | 12.95 | 14.65 | 16.9  |
| 화학처리  | 5.35  | 9.5   | 3.7   |       | 12.09 | 15.3  | 7.55  | 9.25  | 10.95 | 13.2  |
| 관 금   | 8.44  | 7.65  | 15.79 | 12.09 |       | 3.55  | 9.4   | 11.1  | 12.8  | 14.65 |
| 중간조립  | 11.65 | 11.2  | 19    | 15.3  | 3.55  |       | 9.45  | 7.75  | 9.25  | 11.1  |
| 최종조립  | 2.2   | 17.05 | 11.25 | 7.55  | 9.4   | 9.45  |       | 1.7   | 3.4   | 7.35  |
| 페 인 트 | 3.9   | 18.75 | 12.95 | 9.25  | 11.1  | 7.75  | 1.7   |       | 1.7   | 5.65  |
| 제품창고  | 5.6   | 20.45 | 14.65 | 10.96 | 12.8  | 9.25  | 3.4   | 1.7   |       | 3.95  |
| 옥외창고  | 9.55  | 22.3  | 16.9  | 13.2  | 14.65 | 11.1  | 7.35  | 5.65  | 3.95  |       |

〈표 8〉 초기해 호환概算值

| 互 換 雙         | 總費用 概算值  |
|---------------|----------|
| 최종조립 ↔ 페 인 트  | 217,828  |
| 페 인 트 ↔ 제품창고  | 217,862  |
| 최종조립 ↔ 제품창고   | 217,474* |
| 원 자 재 ↔ 최종조립  | 217,562  |
| 최종조립 ↔ 옥외창고   | 223,774  |
| 제품창고 ↔ 옥외창고   | 229,688  |
| 원 자 재 ↔ 페 인 트 | 234,524  |
| 페 인 트 ↔ 옥외창고  | 236,388  |
| 원 자 재 ↔ 제품창고  | 240,446  |
| 원 자 재 ↔ 옥외창고  | 244,414  |

관금 1, 2와 중간조립 1, 2는 붙어있는 하나의 건물로 가정하고 건물의 요철을 고려하여 중심좌표

를 구하였다. 거리는 건물 重心간의 直角거리로 계산하여 초기배치에 대한 월간 총 비용은 227,792 (m)이다(〈표 7〉참조).

다음으로 互換可能한 建物 雙들의 위치를 실제적으로 교환하는 대신에 중심위치만을 호환하고 이에 따르는 새 거리표(지면 관계상 생략)를 개발하여 개략 계산을 행한 결과는 〈표 8〉과 같다.

概算의 결과 최종조립과 제품창고의 호환이 총비용을 가장 감소시키는 最善의 호환임을 알 수 있다. 그러나 중심의 위치가 변했으므로 총비용의 概算值가 실제비용과 다를 수 있으나 동일한 면적간의 교환이므로 실제비용과 같다.

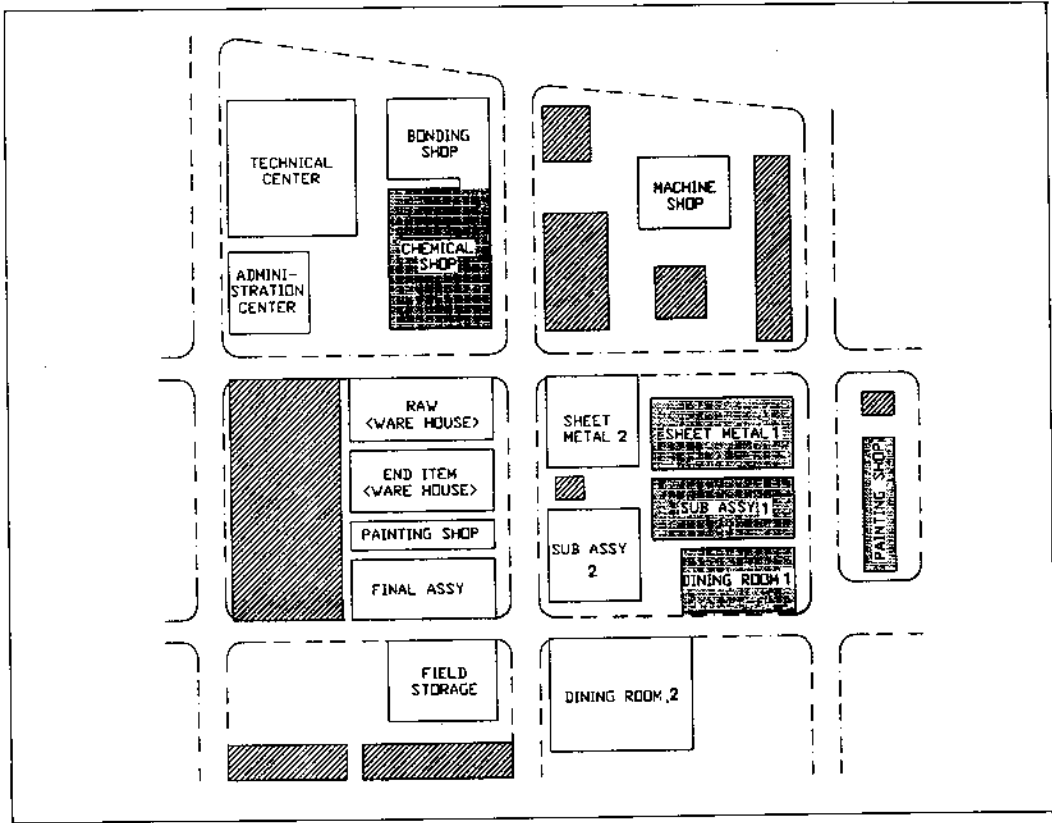
이제 최종조립과 제품창고가 실제 호환된 [그림 5]와 같은 배치도와 이에 따른 〈표 9〉와 같은 중심 좌표와 거리표(생략)가 새로 개발된다.

〈표 9〉 호환후 중심

1/2000축척

|   | 원자재  | 기계    | 집합    | 화학처리  | 관금    | 중간조립  | 최종조립 | 페인트  | 제품창고 | 옥외창고 |
|---|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|
| X | 5.95 | 14.55 | 6.8   | 6.8   | 13.77 | 13.60 | 5.95 | 5.95 | 5.95 | 7    |
| Y | 9.75 | 16    | 17.95 | 14.25 | 9.13  | 5.75  | 4.15 | 5.85 | 7.55 | 1.25 |





[그림 5] 최종배치안

<표 10> 개선된 배치의 호환 概算值

| 互換雙         | 總費用 概算值 |
|-------------|---------|
| 원자재 ↔ 제품창고  | 235,154 |
| 원자재 ↔ 제품창고  | 231,228 |
| 제품창고 ↔ 최종조립 | 227,792 |
| 원자재 ↔ 페인트   | 233,896 |
| 원자재 ↔ 옥외창고  | 253,948 |
| 제품창고 ↔ 페인트  | 219,714 |
| 제품창고 ↔ 옥외창고 | 236,276 |
| 페인트 ↔ 최종조립  | 223,100 |
| 페인트 ↔ 옥외창고  | 227,090 |
| 최종조립 ↔ 옥외창고 | 227,164 |

첫번째 개선된 배치 [그림 5]에 위와 동일한 방법으로 계약 계산을 행한 결과는 <표 10>과 같다.

이상과 같이 建物 雙 호환을 적용해도 총 비용이 227,792 이하로 概算되는 배치가 없음을 알게 된다. 따라서 [그림 5]의 최종 배치와 함께 탐색은 끝난다.<sup>1)</sup>

최종적으로 [그림 5]의 배치안은 부지의 공간 면적, 건물 형상, 출입구, 통로 등 실제적 제한 사항과 수정 고려 사항을 검토한 결과 무리가 없었으므로 最終配置案으로 확정 되었다.

최종 배치안과는 별도로 페인트 공장 신설의 타

1) CRAFT의 최종해는 초기해의 經路依存的(Path dependent)이다. 이러한 이유로 그림5의 배치외에 여러개의 다른 초기 배치를 명시하여 검토 하였으나 [그림 5]보다 우수한 것이 없었음을 밝혀둔다.

당성 검토를 위해 기존포인트공장을 사용하는 경우를 대상으로 정량적 평가를 행하였다. 지면관계상 그 절차와 최종 배치안은 생략 하겠으나 관련도에 의해 初期配置을 작성 하고 새로운 중심좌표와 거리표를 개발하여 CRAFT를 적용한 결과 2단계의

개선을 거친 총 비용은 <표 11>과 같다. 또한 K 항공의 마스터플랜과 연구결과와의 최종 배치안을 비교하기 위해 마스터플랜에 대해서도 정량적 평가를 행한 결과는 <표 11>과 같다.

<표 11> 배치안의 총 비용

| 배치안                       | CRAFT에 의한 총 비용 | 비용 절감   | 비율   |
|---------------------------|----------------|---------|------|
| K 항공 마스터 플랜               | 452,144        |         | 100% |
| 기존 페인트 공장을 사용하는 경우의 최종배치안 | 348,694        | 103,450 | 77%  |
| 페인트 공장을 신설하는 경우의 최종배치안    | 227,792        | 224,352 | 48%  |

### 3. 결 론

본 연구는 1단계에서 SLP에 의한 정성적 분석으로 [그림 1]과 같은 配置案을 구하였고 이를 初期解로 사용하여 2단계에서 CRAFT를 수정 적용(전물간 배치 문제)하여 정량적 분석 방법으로 最終解를 구하였다. 이러한 2단계 접근 방법을 채택 함으로서 CRAFT와 같이 주어진 初期解에 대해 단순히 각 활동들의 조합배치만을 정량 분석하는 방법으로 얻을 수 없는 보다 실용적인 最終配置案(예로서 정성적 분석 결과인 페인트 공장의 신설 등)을 제안 할 수 있었다.

그리고 본 연구의 분석 결과 페인트 공장을 신설

하는 경우는 기존 공장을 사용하는 데 비해 약 40%의 물자 취급 비용 절감이 가능 하였으므로 페인트 공장의 신설의 결정 되었으나 기존공장을 사용하여도 마스터 플랜에 비해 약 23%의 비용 절감이 가능 한 배치대안을 얻을 수 있었다.(<표 11> 참조) 또한 페인트 공장을 신설하는 最終配置案은 마스터플랜에 비해 무려 52%의 비용절감이 가능 하였다. 한편 最終配置案을 정성적 관계를 나타내는 [그림 3]의 관련도와 비교 분석해보면 단지, 행정동과 식당과의 근접관계는 만족 시키지 못하였으나 물자 흐름이 중요시 되는 배치 설계이기 때문에 우선 순위에서 희생 되었고 전체적으로 그밖의 근접 관계는 만족 시킬수 있었다.

### 참 고 문 헌

- [1] 박승현, 송인주, "공장의 부서배치 기법에 관한 연구", 인하대학교 산업과학기술연구소, Vol.17, 1989.
- [2] 양대용, "CRAFT에 의한 LAYOUT 개선에 관한 연구", 동아대학교 대학원, 1982.
- [3] 고려대학교 전자계산소, "ALDEP, COREAP,

CRAFT 프로그램 사용 안내서”, 1980

[4] 박경수, 공장 계획 및 설비 관리, 영지문화사, 1984.

[5] 장병만, 설비 계획, 경문사, 1991.

[6] Buffa, E.s., Armour, G.C. and Vollmann, T. E., “Allocating Facilities with CRAFT” Harv. Bus. Rev., Vol.16, No.4, pp.136-158, 1964.

[7] Armour, G.C., and Buffa, E.S., “A Heuristic Algorithm and Simulation Approach to

Relative Location of Facilities” Management Science, Vol.9, No.2, pp.295-297, 1963.

[8] Richard L. Fransics and John A. White, Facilities Layout and Location, prentice-Hall, 1974.

[9] Richard Muther, Systematic Layout Planning, 2nd Ed. Cahners Book, 1974.

[10] Sule, D.R., Manufacturing Facilities, PWS-KENT Publishing Company, 1988.

### 저 자 소 개



저자 박승현은 인하대학교 산업공학과 부교수로 재직중이다. 인하대학교 금속공학과를 졸업하고 일본 Keio대학 산업공학과에서 석사, 박사 학위를 취득하였다. 주요관심분야는 CIM, FMS, JIT, 생산 등 각종 생산 시스템의 설계 및 운영 관리 등이다.