

## 고정 정반에서의 블록 배치 및 일정계획 시스템 개발 사례 연구

민상규<sup>†\*</sup>, 이상협<sup>\*</sup>, 김지온<sup>\*</sup>, 하승진<sup>\*</sup>, 최태훈<sup>\*</sup>

현대중공업 산업기술연구소 자동화연구실<sup>\*</sup>

### A Case Study for Development of the Block Arrangement on Fixed Area and Scheduling System

Sang-Gyu Min<sup>†\*</sup>, Sang-Hyup Lee<sup>\*</sup>, Ji-On Kim<sup>\*</sup>, Seung-Jin Ha<sup>\*</sup> and Tae-Hoon Choi<sup>\*</sup>

Automation Research Department Industrial Research Institute R & D Division  
HYUNDAI heavy industries co. Ltd.<sup>\*</sup>

#### Abstract

In this paper, we study some problems of the scheduling on the fixed area in a shipbuilding. The scheduling, constrained a working area, is not easy to make a load balance and to operate a change of daily work plan. we proposed a block arrangement algorithm to make the load balance and developed a system used to operate the change of daily work plan.

※Keywords: Block arrangement(블록 배치), Scheduling (일정계획)

#### 1. 연구배경 및 목적

조선에서의 제조계획은 계획시점과 범위에 따라 대일정계획, 중일정계획, 소일정계획 등으로 구분되어 계획이 수립되어진다. 마지막 단계인 소일정계획은 작업장의 실행계획으로 자재, 작업인원, 예산 등을 고려하여 현장의 여건 및 상황변화에 능동적으로 대응할 수 있게 일정계획을 수립할 수

있는 체계가 구축되어야 한다. 특히, 중량물의 특성상 작업 시작에서 완료까지 처음 정해진 위치에서 작업을 수행해야 함으로 작업장 공간이 중요 제약 변수가 된다. 따라서 일정 계획 수립시 납기일, 부하, 능력 등의 상황 분석 뿐만 아니라 작업 공간을 동시에 고려해야 함으로, 체계적인 계획수립을 위한 시스템 구축이 필요하다.

본 연구에서는 다양한 크기와 형상의 중량물에 대한 일정 계획의 수립과 자재 및 작업 인원 변경에 대하여 능동적으로 대응 할 수 있는 실행계획 시스템의 개발과 시스템을 생산현장에 적용한 사

<sup>†</sup> 주저자, E-mail: sangs@hhi.co.kr

Tel: 052-230-3201

례를 다루고자 한다.

## 2. 정반 배치의 필요성

일반적으로 대형 선박은 백여개의 블록으로 구성되어지며, 블록은 형상 및 생산공정을 기준으로 평블록과 곡블록으로 구분된다. 평블록은 바닥면이 평면이어서 흐름생산이 가능하고 선박 중앙부의 화물창에 주로 많으며, 곡블록은 바닥면이 곡면이어서 고정작업장에서 생산이 되며 대부분이 선박의 선수부와 선미부에 위치한다(정귀훈 2001). Fig. 1에 곡블록과 평블록의 형상을 표현하였다.

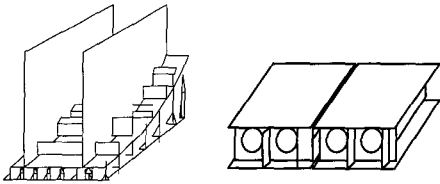


Fig. 1 Shapes of curved and panel block

평블록 중에서도 바닥면 아래로 GIRDER가 내려오는 블록의 경우 곡블록과 마찬가지로 고정작업장에서 작업한다.

고정작업장에서의 정반배치에 관하여 많은 연구가 진행되어져 왔으며 배치 알고리즘 또한 많이 발표되었다. 고정정반의 활용에 관련된 연구로는 박경철 등(1995)이 특수한 형태의 정반에서 이루어지는 조립작업에 대해 시스템을 개발하였으며 그들의 연구대상 작업장은 작업장의 폭이 좁아 블록들을 한 줄로 나열하는 방식을 택하고 있다. 반면 Lee K. J.(1996)는 2차원 평면위에 블록들을 자유롭게 배치하는 방식으로 시스템을 개발하였다. 또한 Lozano-Perez(1983)는 하나의 블록다각형(Convex Polygon)이 기존에 배치되어 있는 다른 블록다각형에 겹치지 않게 놓여지는 방법을 연구하였고, ORourke 등(1982)은 두개의 블록다각형이 겹쳐지는 부분을 찾는 알고리즘을 연구하였다. 고시근 등은 이전 연구와 유사한 형태로 블록들의 배치를 연구하였으며 정반의 면적활용률, 정

반의 부하를 포함한 다양한 요인들을 고려하고 있다(고시근 등 1999).

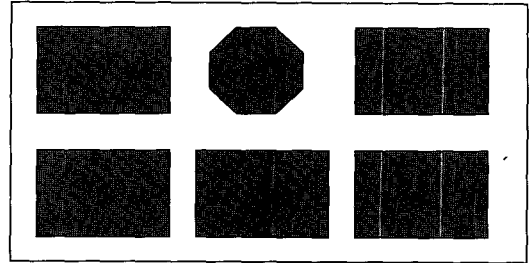


Fig. 2 A state of block arrangement

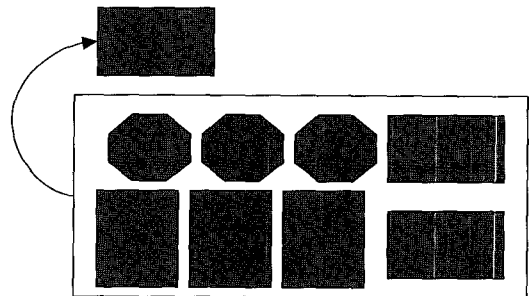


Fig. 3 Advanced block arrangement

이러한 연구의 예를 들어 설명하면 Fig. 2와 같이 사각형의 작업 공간에 작업물이 배치되어 있고 그 다음 작업 대기 블록이 있다면 과연 현재의 배치가 효율적인가 하는 문제에서 Fig. 3과 같이 배치되어야 다음 작업을 모두 할당할 수 있다는 것을 알 수 있다. 이러한 배치 계획이 사전에 준비 되지 않는다면 작업공간 부족이 작업 지연 및 생산성 저하의 중요한 원인으로 나타나게 된다.

3장에서는 본 연구의 적용 작업장에 대한 소개와 운영상의 문제점을 기술하고, 4장에서는 운영 알고리즘을, 5장, 6장에서는 운영시스템의 구현 결과를 설명하고자 한다. 7장에서는 결론을 제시한다.

### 3. 작업장 소개 및 운영상 문제점

#### 3.1 작업장 소개 및 계획 수립 절차

연구대상 작업장은 평블록을 생산하는 공장으로 4개의 작업장으로 구성되어 있다. 각각의 작업장은 Rail 정반 혹은 Pin Jig 정반으로 구성되어 있다. 주로 GIRDER가 붙어있어 흐름생산이 불가능한 블록과 일부 평블록 및 중조 블록을 생산한다. 공장의 작업장은 아래 Fig. 4와 같다.

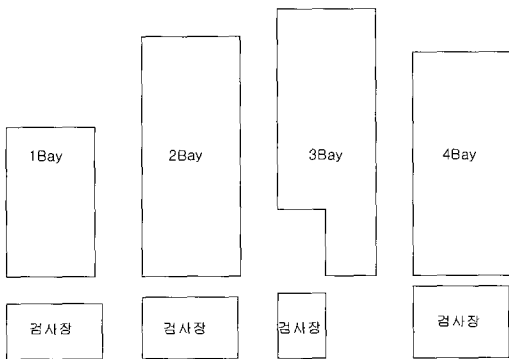


Fig. 4 layout of the working area

작업장의 계획수립 절차는 중일정을 기준으로 작업순서를 준수하는 실행 계획을 수립후 그 순서에 따라 각 작업장에 블록을 할당하고 해당 작업반에서 작업을 수행한다. 작업 수행 절차는 Fig. 5와 같다.

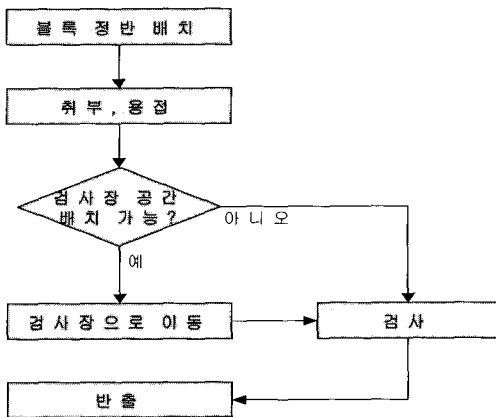


Fig. 5 working process flow

#### 3.2 운영상의 문제점

연구 대상 공장에서는 매월 블록 일정 계획을 수립하며 수립된 순서에 따라 각 작업장에서 생산을 한다. 그러나, 선공정의 일정 변경으로 인하여 블록의 작업 순서가 빈번하게 변경되거나, 부재의 입고 지연 또는 한꺼번에 많은 부재가 입고 되는 현상이 발생하면 표 1과 같은 작업장 운영의 문제가 발생한다.

Table 1 Problems on operation in working area

문제점	현상
부재 입고 지연	여유인력, 공간 발생
과잉 부재	공간 부족
부하 불균형	작업장간 부하 불균형
일정지연	긴급 외주, 추가 비용 발생

Table 1에서 표현된 문제점들은 많은 작업자들이 투입되는 작업장에서 발생하는 일반적인 문제들로 공간제약이 있는 작업장의 경우 납기를 지키지 못하는 큰 요인이 된다. 이러한 문제들은 계획 단계에서 사전에 예측하는 것은 매우 어려운 일이다. 그러므로, 실행 단계의 계획에서는 일일 상황 변화에 즉시 대응하여 실행 계획을 변경하고 물량 변화를 예측하는 것이 현실적인 방법이다. 4장에서는 실행 계획 단계에서 일일 변화에 즉시 대응하기 위한 운영 방법을 설명하고 5장에서는 시스템상의 알고리즘에 대하여 설명하고자 한다.

### 4. 운영 알고리즘

운영 알고리즘은 기간별 생산배치 계획 알고리즘과 일일 실행배치 알고리즘으로 구성된다. 기간별 생산배치 계획 알고리즘은 해당 기간의 계획 물량에 대하여 정반 배치 및 반별 부하를 시뮬레이션 함으로써 대략적인 작업 가능성을 판단하기 위해 사용되며, 일일 실행배치 알고리즘은 기간에 대한 배치계획에서 현재일의 변동 상황을 즉각적으로 반영하기 위해 사용된다. 알고리즘이 구분되어지는 이유는 기존에 계획된 배치 일정이 현재

시점에서 변경될 경우 현재 시점 이후 계획을 전부 취소하고 새로운 배치계획을 세워야 하기 때문이다. 이러한 배치 계획은 전체 작업장 중 일부에서만 국한하여 수행될 수 있고 특정 시점이후 계획에 대해서는 배치 일정 자체를 임의로 이동해서 수행하는 경우 등 여러 상황에 현실적으로 대응 가능해야 한다.

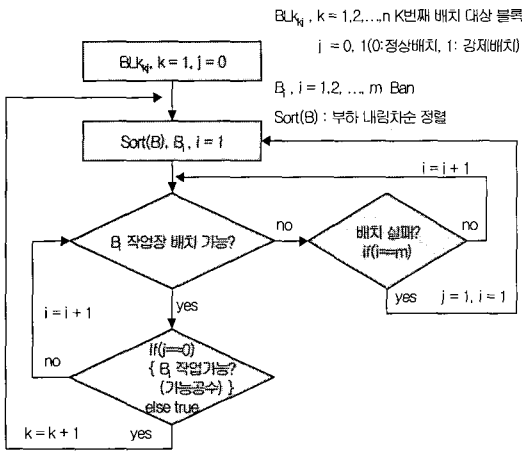


Fig. 6 The daily block arrangement and scheduling Algorithm

현재시점에서 배치 대상 블록을 작업장에 할당하는 일일 실행배치 알고리즘의 흐름은 Fig. 6과 같다. 일일 실행배치 알고리즘은 당일 배치 대상 블록들을 반드시 작업장에 배치해야 하는것을 전제로 각 작업장의 부하와 우선순위를 고려하여 블록을 배치하고 작업 가능 여부를 판단한다. 해당 블록의 작업장 배치가 불가능한 경우에는 사용자가 기존 작업중인 블록의 공기를 조정하여 강제배치를 할 수도 있다. 현실에서 관리자는 작업중 블록에 잔업이나 인원을 추가 할당하여 작업공기를 단축하거나 다른 작업장으로 물량을 이관할 것이다.

5. 시스템상의 정반 배치 알고리즘

현실에서 관리자가 시스템상에서 수작업으로 실행배치를 할 경우에는 블록간의 간섭이나 배치 가

능 공간에 대해서 확인이 가능하다. 그러나, 전산 시스템에서 블록배치를 시뮬레이션을 하고자 할 경우에는 블록간의 간섭을 확인하는 기능과 배치 가능점을 찾는 기능이 반드시 있어야 한다. 고정 정반에서 블록간의 간섭을 피하면서 배치 가능한 점들은 찾는 방법은 고시근, 정거훈, 이경전 등이 연구하였다.

배치 가능한 점들 중에서 좋은 해를 찾는 방법은 연구 대상의 작업을 형태 및 작업 조건에 따라 달라지게 되며 많은 시뮬레이션을 통해서 경험적으로 찾아야 한다. 고시근의 경우에는 이전에 배치된 작업물과 접하는 배치 가능한 점이 효율적이라는 연구를 하였으며, 정거훈은 잔여공간 이용률 최대화, 사용하지 못할 가능 공간 최소화, 초기 배치전략, 가장자리 배치전략, 탐색전략 등의 연구를 수행하였다.

본 연구에서의 대상 작업장은 길이가 길고 폭이 좁은 작업장으로 가장 큰 블록 두개가 나란히 배치되기 어렵다. 많은 시뮬레이션을 수행한 결과로 작업장의 양쪽 가장자리부터 시작하여 블록의 회전을 고려한 블록 배치 전략을 사용하였다. 본 연구에서 사용한 배치 전략과 기존 연구 결과를 적용한 예를 Fig. 7에 나타내었다. 기존 배치 가능점 탐색 방법과 본 연구에서 사용한 양 모서리 순차 탐색 방법의 비교 결과 배치 가능 수량 및 면적 활용률은 같은 수준으로 나타났으나 블록의 정렬 상태 및 이후 블록의 배치 공간 확보 측면에서 양 모서리 순차 탐색 방법이 효과적임을 알 수 있다.

6. 시스템 구현

현장에서의 작업실행을 위한 시스템은 최적화된 알고리즘으로 좋은 해를 찾는 것도 중요하지만, 상황 변화에 즉각적으로 대응하고 이후 작업흐름을 빠르게 예측 할 수 있는 것이 매우 중요한 현실적인 문제이다. 이는 흐름 생산이 아닌 중량물을 생산하는 고정작업장 생산에서는 매우 필요한 필수 요소이다.

초기 일정 계획은 실제 작업보다 먼 시점에서 예측한 것으로 실제 작업시점에서는 계획 대비 변동이 대부분 발생한다. 본 시스템은 초기 일정 계

획 이후 현 시점에서의 현장 상황을 즉각 반영하여 먼 시점 보다는 몇일 또는 1주 정도의 일정 계획을 보다 정도 높게 수립 반영함으로써 예측 못한 상황에서 발생하는 비용을 최소화하는 것에 중점을 두었다. Fig. 8은 작업장에 블록을 배치하는 화면으로 계획 시점에 대한 배치 현황과 배치 기능을 제공한다.

배치는 수작업으로 Drag&Drop 기능을 이용하여 수행할 수 있고 작업장별 자동배치, 일일 자동배치, 기간별 자동배치 기능을 제공한다. 이러한

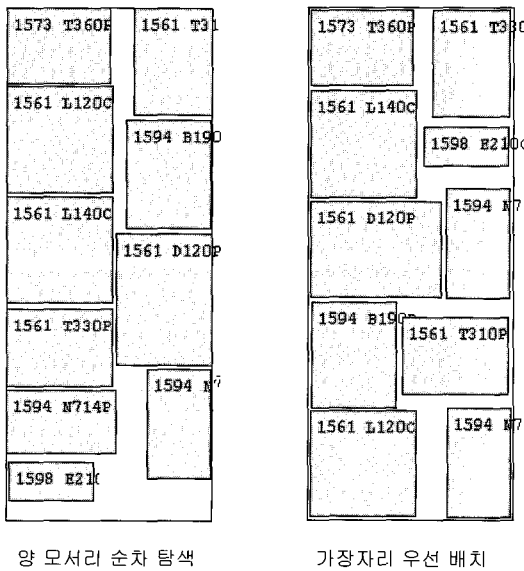


Fig. 7 A result of block arrangement

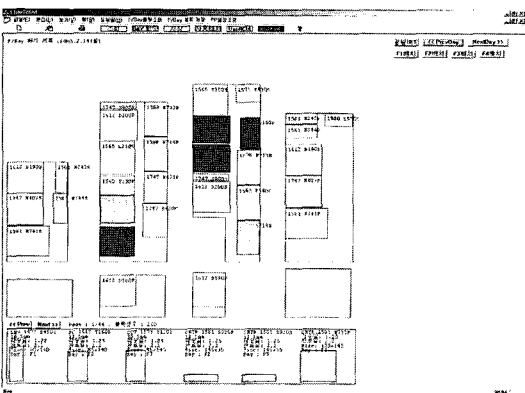


Fig. 8 A display of block arrangement

Fig. 9 A table of the load analysis

기능은 특정 시점에 기준 할당된 물량이 다른 작업장으로 이동되거나 착수 시점이 변경될 때 이전에 계획된 배치 정보를 빠르게 수정할 수 있도록 한다. 실제로 관리자가 특정 시점 이후의 블록에 대하여 일정 계획 수정을 수작업으로 한다면 매우 많은 시간과 노력을 투입해야 하나 본 기능을 이용하면 수초안에 일정 계획을 수립할 수 있다.

위 Fig. 9는 배치 결과에 대한 부하 분석표로 팀간의 물량 부하를 판단하는 자료로 이용된다. 효율적인 배치로 더 많은 블록을 배치하는 것도 중요하지만 배치된 블록을 작업하기 위한 작업자 투입도 중요한 사항이다. 이러한 부하표를 참조로 하여 블록의 작업장 배분과 블록 배치 계획이 반복 수정되어진다.

7. 결론

본 연구에서는 작업장 공간 제약이 있는 일정 계획 문제에서 실행계획 단계의 정반 배치 계획과 운영에 대한 시스템 개발과 현장 적용 사례를 다루었다. 기존의 많은 연구가 장기, 중기 단계의 공장 전체 부하를 고려한 배치 계획에 대해 연구하였다면 본 연구는 특정 시점의 상황 변화에 대하여 보다 능동적이고 체계적인 배치 계획에 대한 연구를 수행하였다. 최적화된 배치 계획을 수립하는 것 보다는 현재 시점에서 실행가능 배치계획을 수립하고, 어떻게 생산을 해야 하는가하는 현실적인 관점에서 시스템을 개발하여 이를 현장에 적용하였다. 향후에는 작업인원에 대한 작업계획, 즉 배원의 문

제와 연계하여 작업장 공간 제약과 일정을 수립하는 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

- 고시근, 박주철, 최용선, 주철민, “고정정반 블록조립 작업장의 일정계획 시스템 개발”, IE Interfaces, 제 12권, 제 4호, pp. 586~594,1999.
- 박경철, 1995, “고정정반 일정계획 시스템의 개발”, 산업공학 제 8권, 제 2호, pp. 95~103.
- 정귀훈, 2001, 조선 도장공정 일정계획 시스템 개발에 관한 연구, 부산대학교 산업공학 박사 학위 논문
- Lee, K. J., Lee, J. K., Choi, S. Y., 1996, "A spatial scheduling system and its application to shipbuilding : DASCURVE", Expert System With Application, 10(3/4), pp. 311~324.
- Lozano-Perez, P., "Spatial Planning : A Configuration Apace Approach", IEEE Transaction on Computers, Vol.C-32, No. 2, pp. 108 ~ 120.

- Orourke, J., Chien, C-B., Olson, T. and Naddor, D., "A New Linear Algorithm for Intersecting Convex Polygons", Computer Graphics and Image Processing, Vol. 19, pp. 384 ~ 391.



< 민 상 규 >



< 이 상 협 >



< 김 지 온 >



< 하 승 진 >



< 최 태 훈 >