

조선 조립블록 운영관리에 관한 사례연구

†박창규* · 서준용*

A Case Study on Assembly Block Operations Management at Shipyard

Changkyu Park* · Junyong Seo*

■ Abstract ■

How to efficiently manage assembly blocks at shipyard has been a hot management issue in the shipbuilding industry, because it has significantly influenced on the productivity of shipbuilding process. This paper introduces the real practice of assembly block operations management in Hyundai Heavy Industries (HHI) and the Ship Assembly Block Operations Optimization (SABOO) project that has been launched in HHI as an academy-and-industry collaborative project, aimed to diagnose problems, propose possible solutions, and develop a prototype system in order to search ways of improving the assembly block operations management. Through the field interviews, observations, and benchmarking studies, the SABOO project diagnosed the most rudimental and urgent problem and proposed possible solutions. In addition, the SABOO project developed the prototype system that embodied the visual function of monitoring the shipyard on a real-time and the interactive block assignment function that utilized the assembly block assignment algorithm developed by the project. As a whole, the SABOO project tested the possibility and gained an insight in extending the functions of block transportation/stockyard management system.

Keyword : Assembly Block, Assignment Algorithm, Real-Time Monitoring, Stockyard, Shipyard, Shipbuilding

1. 서 론

제조관점에서 보면, 선박건조공정은 건물을 건설하는 것과 같이 하나의 배를 짓는 과정으로 생각할 수 있다. 하나의 배를 완성하기 위해 선박건조공정은 주로 (단위) 부품이나 블록들을 조립하는 과정으로 구성되어 있다. 선박건조의 첫 번째 제조공정은 철판, 강관, 전선 등과 같은 원자재를 사용하여 개별 부품들을 만드는 것이다. 이 제조공정은 외부로부터 구성품들을 구매하여 관리하는 것도 포함한다. 다음 제조공정은 소조립 부품이나 단위 부품을 만들기 위해 부품 또는 구성품들을 결합하는 과정이다. 이렇게 결합된 부품들은 다음 제조공정에서 또 다시 결합되어 조립블록이 된다. 일반적으로 조립블록은 건조도크 외부에서 제조되는 선박의 가장 큰 구조물이다. 마지막 제조공정은 탑재공정으로 크레인을 이용하여 조립블록들을 건조도크 안으로 옮긴 다음, 서로 용접하여 선박을 건조하는 작업이다[8].

선박건조의 각 제조공정은 서로 다른 작업장에서 이루어지고, 하나의 제조공정을 완료한 중간 재공품은 다음 제조공정으로 운반된다. 일반적으로 앞부분의 선박건조공정을 완료한 (단위) 부품과 같은 작은 규모의 중간 재공품들은 평평한 운반대를 갖춘 트럭으로 운반되고, 뒷부분의 선박건조공정을 완료한 거대 규모의 조립블록들은 특수목적으로 제작된 트랜스포터로 운반된다. 조선소는 이러한 중간 재공품들이 원활하게 흘러갈 수 있도록 작업장 배치에 신경을 기해야 한다. 조선 현장에서의 중간 재공품인 조립블록의 운영방식은 작업장에 필요한 조립블록을 적시에 공급하게 하고, 블록 적치장 및 운반 장비와 같은 희소 자원을 효율적으로 사용할 수 있도록 하는 중요한 요인으로서 선박건조공정의 생산성에 지대한 영향을 미친다. 따라서 어떻게 하면 조립블록을 효율적으로 관리할 수 있을까 하는 과제는 중요한 경영문제를 가운데 하나가 되었다.

본 연구의 사례기업인 현대중공업은 세계 최대

규모의 선박건조회사이며, 국내 상선건조업계에서 중추적 역할을 하고 있으나, 최근 조선 현장에 흠어져 있는 조립블록들을 관리하는데 어려움을 겪고 있다(현대중공업의 선박건조능력은 연간 4,500,00 G/T(연간 60~70척의 선박건조)로 조선 현장에는 9개의 건조도크가 있다). 조립블록의 관리를 어렵게 하는 요인들로 다양한 것들을 열거할 수 있지만, 주된 요인은 블록 적치장의 적정 수용용량을 초과하여 발생하는 조립블록의 수량, 효율적인 조립블록 운영 알고리즘의 부재, 그리고 조립블록 운영관리 시스템의 기능적 결함 등을 들 수 있다. 이러한 조립블록 관리상의 어려움은 곧 바로 물류비용의 증가로 이어진다. 현대중공업에서는 조립블록이 내업공장에서부터 반출되어 조선 현장의 여러 공정들을 거치면서 최종적으로 건조도크에 도착하여 탑재되기까지 요구되는 표준이동회수가 평균 7.8회이지만, 실제로 발생하는 조립블록 이동회수는 평균 10.5회나 되고 있다. 다시 말해서, 현대중공업은 표준이동회수의 35%나 되는 비생산적인 조립블록 운반작업에 돈과 시간을 낭비하고 있다.

조선 현장에서 블록 적치장의 적정 수용용량을 초과하여 발생하는 조립블록의 수량에 의해 야기되는 조립블록관리의 어려움을 해결하기 위한 시도가 몇몇 연구에 의해 수행되었다. 안상식[6]은 조선 현장에서 발생하는 조립블록의 수량은 동시에 건조 중인 선박의 종류와 크기에 의해 결정되는 점에 주목하였다. 그는 조선 현장에 걸리는 조립블록의 부하를 평준화하기 위해, 조선 현장에 흠어져 있는 조립블록의 수량을 고려하여 선표를 수립 및 수정할 것을 제안하였다. 선표는 어느 건조도크에서 어떤 배가 언제 건조될 것인가를 명시한 3년간의 생산계획표이다. 이 선표에서 동시에 건조될 선박들의 조합을 적절히 조정함으로써 조선 현장에 부과되는 조립블록의 수량을 평준화 할 수 있다. 그러나 이런 조치는 조립블록의 부하 평준화보다 더 심각한 문제들을 발생시킨다. 가장 심각한 문제 중에 하나는 수익성 감소이다. 단순히 물류비용의 절감을 위해 선표를 수립하거나 수정하려는

조치는 물류비용의 절감보다 더 큰 판매 손실을 야기할 수 있으므로 현실적이지 못하다.

김종기[4]는 생산계획이 준수되지 못 할 경우, 조선 현장에 흩어져 있는 조립블록의 수량이 어떻게 영향을 받는 지 파악하기 위해 과거의 실적자료를 조사하였다. 실적자료의 조사결과에 기초하여, 그는 생산계획 준수의 중요성을 주장하였지만, 어떻게 생산계획의 준수율을 향상시킬 것인가는 제안하지 못했다. 박양[5]은 조립블록의 크기를 증가 시킴에 따라 조선 현장으로 반출되는 조립블록의 수량과 요구되는 블록 적치장의 면적이 얼마나 감소될 수 있는지 조사하기 위해 컴퓨터 모의실험을 수행하였다. 모의실험의 결과에 기초하여, 그는 조립블록의 크기를 증가시킨 배가 블록공법을 활용하면 조립블록의 수량과 요구되는 블록 적치장의 면적을 상당히 줄일 수 있다고 주장하였다. 그러나 그의 주장은 건조도크에서 탈재 작업시간을 단축시키기 위해, 조립블록들을 용접하여 더 큰 조립블록으로 만드는 선답재 공정에 부분적으로 적용할 수 있다. 근본적인 조립블록 관리의 어려움은 조금도 해결되지 않고 그대로 남아있다.

한편, 김승우, 윤운락[2], 김익수[3] 및 권시택[1] 등과 같은 연구에서도 조선 현장에서의 조립블록 관리의 어려움을 지적하였다. 그러나 조립블록 운영관리의 문제는 그들의 주된 연구흐름에서 조금 벗어나 있었기 때문에 그들은 물류를 개선하는 관점에서 조립블록 관리의 문제를 부분적으로 다루는데 그쳤다.

본 논문은 조선 현장에서 조립블록 운영방식을 향상시키기 위해 현대중공업에서 수행한 산학협동 과제, 조선 조립블록 운영 최적화(Ship Assembly Block Operations Optimization : SABOO) 프로젝트를 소개한다. 본 연구는 제한된 블록 적치장에 반입 및 반출되는 조립블록의 위치를 결정하기 위해 반입 및 반출 시점을 고려한 관리방안을 보여준다. 이러한 관리방안은 조립블록의 이동횟수를 줄임으로써, 조선현장에서 발생하는 물류비용의 절감을 가져올 수 있다. 본 논문은 다음과 같이 구성되

어 있다. 제 2장에서는 현재 현대중공업이 조선 현장에 있는 조립블록을 어떻게 관리하고 있는지에 대해 설명한다. 여기에서는 조립블록의 흐름패턴, 조립블록의 운영절차, 그리고 조립블록 운영관리시스템 등에 관한 내용을 포함한다. 제 3장은 SABOO 프로젝트가 어떻게 실행되었는지를 설명하고, 프로젝트의 결과물인 조립블록에 대한 지반할당절차와 조선 현장 실시간 모니터링 시스템을 보여준다. 마지막으로 제 4장에서는 결론을 제시하며 본 논문을 끝맺는다.

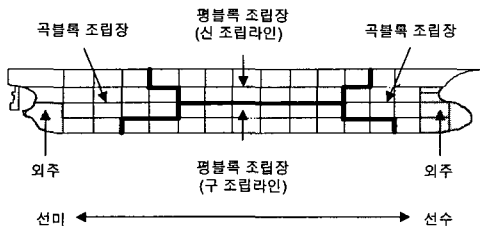
2. 조립블록의 운영관리

조립블록은 선박을 구성하는 구조물의 한 부분으로서 3차원 형상체이다. 설계단계에서 선박은 여러 구역으로 나누어지고, 구역은 또 다시 여러 블록으로 나누어진다. 선박의 종류와 크기에 따라 선박을 구성하는 블록의 수에는 차이가 있지만, 평균적으로 현대중공업은 하나의 선박을 약 250개의 블록으로 나눈다. 일반적으로 조립블록은 선박에서의 위치에 따라 선수부분, 선미부분, 중앙부분, 그리고 상부구조로 분류된다.

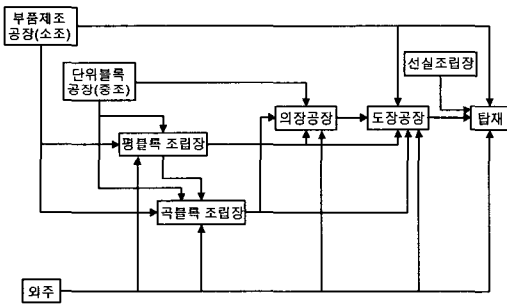
<그림 1>에서 보는 바와 같이, 현대중공업은 선박의 중앙부분에 속하는 블록들을 평블록 조립장에서 조립한다. 평블록 조립장은 두 개의 독립된 조립라인, 즉 신 조립라인과 구 조립라인을 운영하고 있다. 신 조립라인은 선박의 측면블록을 조립하고, 구 조립라인은 선박의 이중바닥블록을 조립한다. 구 조립라인을 통과한 거의 모든 조립블록들은 T/O (Turnover) 조립장으로 이동된다. 평블록 조립장의 한 부분인 T/O 조립장은 천장과 같은 속성을 갖는 부분을 조립블록에 결합시키기 위해 조립블록을 뒤집어서 용접작업을 수행한다. 이렇게 조립블록을 뒤집어서 용접작업을 수행하는 이유는 위 방향으로 수행하는 용접작업보다 아래 방향으로 수행하는 용접작업이 더 안전하고 효율이 높기 때문이다.

다음으로 현대중공업은 곡블록 조립장에서 선수와 선미부분에 속하는 블록들을 조립한다. 그러나

제조원가를 절감하기 위해 현대중공업은 <그림 1>에서 음영 처리된 부분에 속하는 블록들을 협력 업체에게 의뢰한다. 음영 처리된 부분에 속하는 블록을 제조하는 공정은 매우 번거롭고 다소 시간 소모적인 까다로운 작업이다. 마지막으로 <그림 1>에 나타나 있지 않은 상부구조물은 선실 조립장에서 조립된다. 현대중공업의 선실 조립장은 다른 작업장의 간섭을 받지 않고 독립적으로 운영된다.



<그림 1> 조립블록의 구분



<그림 2> 조립블록 흐름도

선박을 건조하는 제조공정은 일반적으로 선각, 의장, 도장과 같은 3가지의 기본적인 작업으로 구성되어 있다. 선각작업은 (단위) 부품제조, 블록조립, 그리고 탑재와 같은 일련의 제조과정을 통해 선박의 구조적 몸체를 만든다. 다음으로 의장작업은 선박의 본질적인 구조적 몸체에 속하지 않는 모든 부품들을 다룬다. 즉, 배판, 기중기, 기둥, 장비, 엔진, 기계, 전선, 침실 등을 의장작업에서 다룬다. 마지막으로 도장작업은 선박의 표면을 보호하기 위해, 분무기, 붓, 롤러 등과 같은 도구를 이용하여 도료나 포장물질 등을 선박의 표면에 입힌다[9]. <그

림 2>는 현대중공업의 조립블록 흐름도이다. 이 그림은 선박을 건조하기 위해 조립블록들이 어떻게 이동되고 있는지를 보여준다.

물류관리 관점에서 보면, 조립블록은 선박건조 과정에서 발생하는 중간 재공품재고이다. 그러나 다른 일반적인 산업체의 생산과정에서 발생하는 중간 재공품과는 달리, 조립블록의 크기와 무게는 일반적인 상상을 초월한다. 현대중공업에서 조립블록의 크기는 일반적으로 15m(가로길이)×15m(세로 길이)×5m(높이) 정도이고, 무게는 100에서 300톤 가량이다. 그리고 일반적인 조립블록의 크기와 무게를 초과하는 대형 조립블록들도 종종 발생한다. 이처럼 조립블록이 기본적으로 거대하고 무겁기 때문에 조립블록 운영관리자는 조립블록의 운반 및 보관에 특별한 주의를 기울이고 있다. 현대중공업은 무거운 중량을 들어올려 이동할 수 있도록 특별히 제작된 트랜스포터를 이용하여 거대하고 무거운 조립블록을 운반하고 있다. 트랜스포터는 다 방향 축의 바퀴를 65개나 달고 있는 운반 장비로, 거대하고 무거운 조립블록을 운반하기 위해 조립블록 아래로 들어가서, 조립블록을 들어올리고, 다른 장소로 이동할 수 있도록 유압 잭 리프트를 갖추고 있다. 또한 현대중공업은 조선 현장의 여러 곳을 블록 적치장으로 할당하였고, 거의 사각모양의 블록 적치장은 조립블록의 위치추적과 반입 및 반출을 효율적으로 관리하기 위해 셀로 나뉘어져 있다. 셀의 크기는 보통 15m×15m이고, 각 셀에는 지번이라고 불리는 번호가 지정되어 있다.

최근 선박건조용량을 증가시키기에 따라 현대중공업은 조선 현장으로 반출되는 조립블록을 효율적으로 관리하는데 많은 어려움을 느끼고 있다. 현대중공업의 블록 적치장은 평상시 약 1,300개의 조립블록을 수용할 수 있다. 그런데 블록 적치장의 수용용량보다 훨씬 더 많은 수량의 조립블록이 조선 현장으로 반출되고 있어, 블록 적치장의 수용용량을 초과한 조립블록들은 빈 공간 어디에든 (심지어 차량 교통로에까지) 임시로 보관되고 있다. 결국, 이러한 상황은 물류비용의 증가로 이어지고 있다.

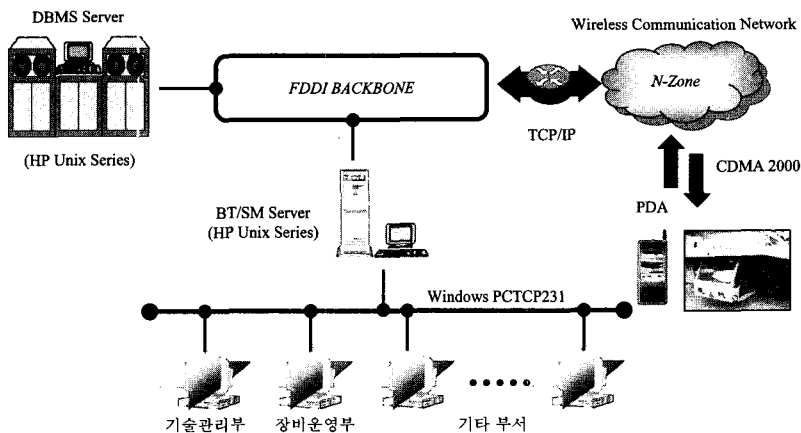
한편, 현대중공업은 24대의 트랜스포터를 주야로 운용하여 하루 약 500개의 조립블록에 대한 운반 작업을 수행하고 있다.

현대중공업에서는 조립블록의 운영관리에 대한 업무를 기술관리부가 담당하고 있다. 따라서 조립블록 운반에 관련된 모든 작업지시는 기술관리부의 통제 하에 이루어진다. 매일 아침, 오전 10시에 기술관리부는 금일 밤과 익일 낮 동안 반출 계획된 조립블록들을 명시한 초기 조립블록 운반신청서를 모든 작업장으로부터 받는다. 초기 조립블록 운반신청서는 이미 작업이 완료된 조립블록들뿐만 아니라, 운반 시점까지는 작업이 완료될 것으로 계획된 조립블록들도 포함하고 있다. 다음으로 기술관리부는 초기 조립블록 운반신청서들을 취합·정리해서 모든 작업장에게 공개한다.

모든 작업장은 공개된 초기 조립블록 운반신청서를 검토한 후, 금일 밤과 익일 낮 동안 반입 및 반출될 조립블록들을 명시한 수정된 조립블록 운반신청서를 오후 4시까지 기술관리부에 제출한다. 반입될 조립블록들은 기술관리부가 공개한 초기 조립블록 운반신청서와 블록 적치장에 보관 중인 조립블록의 목록으로부터 선택된다. 한편, 반출될 조립블록들에 대해서는, 초기 조립블록 운반신청서에는 명시되었으나 작업이 지연된 조립블록들은 수정된 조립블록 운반신청서에서 삭제된다.

기술관리부는 수정된 조립블록 운반신청서를 취합해서 오후 7시까지 최종 조립블록 운반신청서를 완료한다. 완료된 최종 조립블록 운반신청서에 근거하여 기술관리부는 조립블록 운반작업 지시서를 발행하여 장비운영부로 발송한다. 장비운영부는 조립블록 운반작업 지시서에 따라 트랜스포터를 이용하여 모든 조립블록들을 운반하는 업무를 담당한다. 다음날 오전 8시에 기술관리부는 조립블록 운반작업이 작업지시서에 따라 진행되었는지를 점검하고, 조립블록 운반작업 지시서의 필요한 부분을 수정한다.

현대중공업은 조선 현장에서 조립블록 운영관리를 지원하기 위해 개발한 블록운반/지번관리 시스템을 사용하고 있다. <그림 3>은 블록운반/지번관리 시스템의 구조도를 보여주고 있다. 앞에서 설명한 기술관리부의 거의 모든 업무는 블록운반/지번관리 시스템을 통해 수행된다. 다시 말해서, 기술관리부는 조립블록 운반신청서를 수집, 수정, 완료하기 위해 블록운반/지번관리 시스템을 통해 현장 작업장들과 의사소통을 한다. 기술관리부에서 발행한 조립블록 운반작업 지시서 또한 블록운반/지번관리 시스템을 통해 장비운영부로 전달된다. 한편, 블록운반/지번관리 시스템은 무선통신 네트워크를 이용하여 현장에서 이루어지는 트랜스포터에 의한 조립블록의 이동현황을 모니터링 한다. 트랜스포터



<그림 3> 블록운반/지번관리 시스템의 구조도

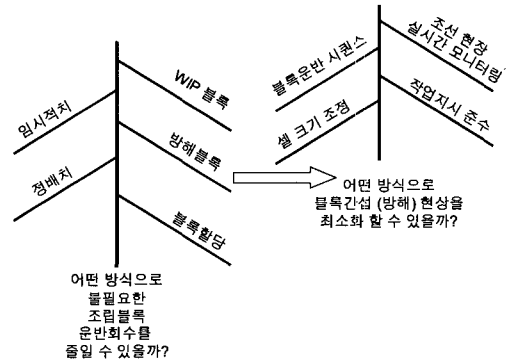
가 조립블록을 한 장소에서 다른 장소로 이동시킬 때마다, 트랜스포터 운전기사는 PDA를 이용하여 블록운반/지번관리 시스템에게 조립블록의 위치변경을 알려준다.

3. SABOO 프로젝트

최근, 현대중공업의 조선 현장은 넘쳐나는 조립블록으로 인해 점점 혼잡해지고 있다. 이러한 현상은 종업원의 안전 및 사내의 교통난 등과 같은 심각한 문제를 야기한다. 또한, 제조 작업장의 불만은 심각한 수준에 이르고 있다. 다시 말해, 조립블록 운반신청서로 요구한 조립블록 운반작업이 적시에 제대로 이행되지 않아, 제조 작업장에서는 생산차질과 생산계획의 불안정에 의한 피해를 보고 있다. 마침내 현대중공업 경영진은 조립블록 운영 관리에 어떠한 개선조치가 취해져야 한다는 것을 인식했다. 따라서 현대중공업 산업기술연구소는 2005년 3월에 SABOO 프로젝트를 추진하였다. 산학협동과제로 추진된 SABOO 프로젝트는 조립블록을 운영·관리하는 보다 개선된 방법을 찾기 위해 당면 문제를 진단하여 가능한 해법들을 제안하고, 프로토타입 시스템까지 개발함을 목표로 삼았다.

프로젝트가 추진된 초기에서는 프로젝트의 결과가 어떻게 나와야 바람직할 것이라는 추상적인 개념만 갖고, 구체적인 로드맵도 없이 SABOO 프로젝트는 지나긴 여정을 떠났다. 따라서 한동안 SABOO 프로젝트는 모든 가능한 행로에 대해 문을 열어 두었다. 이 기간 동안, 있는 그대로의 조선 현장 상황에 관한 모든 정보를 수집하기 위해 프로젝트 팀은 (1) 작업현장과 블록 적치장을 방문했고, (2) 현장 블록운영자들과 면담을 했고, (3) 조립블록과 블록 적치장 및 트랜스포터의 운영방식을 조사했고, (4) 현 블록운반/지번관리 시스템을 상세히 검토했고, (5) 항만 컨테이너 터미널 방문조사 등과 같은 벤치마킹 연구를 수행했다. 현장조사 결과를 면밀히 검토한 후, 프로젝트 팀은 조립블록 운영관리를 향상시키는 방법으로 다양한 접근방법이 있을 수 있

다는 것을 인식하게 되었다. 다양한 접근방법 중에서 프로젝트 팀은 가장 근본적이고 시급한 과제라고 생각되는 것을 선택했다. 즉, ‘조립블록 운반회수를 줄여라.’



〈그림 4〉 치통나무

앞에서 언급했듯이, 조립블록이 내업공장으로부터 반출되어 건조도크에 도달할 때까지 수행된 평균 조립블록 운반회수를 살펴보면, 현대중공업은 정상적으로 필요한 조립블록 운반회수보다 더 많이 조립블록을 이동시키고 있다. 이렇게 비생산적인 조립블록 운반작업이 이루어지고 있는 근본 원인은 여러 가지의 잘못된 작업관행들 때문이다. 조립블록의 운반회수를 줄여야 하는 프로젝트의 과제를 창의적으로 풀기 위해 프로젝트 팀은 Michalko [7]가 제안한 치통나무기법을 활용하였다. 치통나무는 해결해야 할 과제를 나무의 뿌리에 위치시키고, 극복해야 할 장애요소들은 나무의 가지에 위치시키는 시각적인 도구이다. 치통나무기법은 간단한 장애요소들은 나무의 아래 가지에 위치시키고, 복잡한 장애요소들은 나무의 위 가지에 위치시킨다.

〈그림 4〉는 프로젝트 팀이 도출한 치통나무를 보여주고, <표 1>은 치통나무에 나열한 장애요소들과 관련된 문제들을 보여준다. SABOO 프로젝트는 치통나무에 열거한 장애요소들 가운데 블록 할당과 조선 현장 실시간 모니터링에 역점을 두었으며, 다른 장애요소는 본 논문의 주된 내용과 별도의 문제이기 때문에 제외하였다.

〈표 4〉 치통나무의 장애요소들과 관련된 문제들

장애요소	현대중공업 문제
블록할당	담당자의 실무경험에 크게 의존하여 블록적치장에 조립블록을 할당하는 있음.
정배치	원활한 작업을 위해 블록의 방향이 매우 중요한데, 야간에 이루어지는 블록운반에서 실수가 많이 발생함. 따라서 주간에 방향 조정을 위한 추가적인 작업이 실시됨.
방해블록	원하는 조립블록을 반출하기 위해 이동시킬 때, 이동 통로 상에 위치한 블록. 이 경우 방해블록을 다른 위치로 이동시켜야하기 때문에 운반횟수는 증가함.
임시적치	조립블록이 어떤 위치로 이동해야 하는데 그 위치에 다른 블록이 있으면 그 위치가 빌 때까지 임시로 다른 위치에서 대기하여함. 이럴 경우 조립블록 운반회수는 증가함.
WIP 블록	재고의 양은 불안정한 생산일정과 밀접한 관계가 있음. 다양한 외부변수로 인해 조선 생산일정은 매우 불안정함.
셀 크기 조정	현대중공업은 탑재시 필요한 시간을 줄이기 위해 블록의 크기를 늘리고 있음. 대형화된 블록과 셀의 크기가 맞지 않아 관리상의 어려움이 있음.
작업지시 준수	스케줄에 없는 블록에 대한 운반요청이 빈번히 발생하여 작업지시에 혼돈이 발생함. 결국 조립블록 운반회수가 증가하게 됨.
블록운반 시퀀스	조선 야드 전체적인 관점에서 블록운반 시퀀스가 결정되어야함. 이 문제는 임시적치와 관계가 있음.
조선 현장 실시간 모니터링	블록운반/지번관리 시스템에 이 기능이 미흡하여 여러 가지 비효율적인 현상이 발생함. 예를 들면, 블록 운영자가 현장상황을 파악하기 위해 수시로 현장을 순시하여야 하고, 때때로 행방불명된 조립블록을 찾아서 조선 현장을 배회하여야 함.

3.1 효율적 조립블록반출을 위한 블록할당

블록할당작업은 이동시켜야 할 조립블록에게 블록 적치장의 빈 지번을 할당하는 것이다. 블록 적치장을 운영하는 과정에서 블록이동이 발생하는 경우는 크게 세 가지이다. 하나는 새로 도착한 조립블록을 블록 적치장에 반입하는 경우이고, 다른 하나는 만기된 조립블록을 블록 적치장으로부터 반출하는 경우이다. 그리고 나머지 하나는 만기된 조립블록을 반출하기 위해 만기된 조립블록이 이동할 경로 상에 있는 방해블록들을 다른 빈 지번들로 옮기는 경우이다. 조립블록은 거대하기 때문에 어떠한 운반작업에도 비용이 많이 든다. 심지어 조립블록을 바로 다음 지번으로 이동하거나 제 자리에서 방향을 조금 수정하는 사소한 작업처럼 보이는 경우에도 비용이 많이 든다. 따라서 블록 적치장을 운영하는 관리자의 입장에서서는 블록위치를 신중히 결정하여 조립블록 이동회수를 최소화하는 것이 대단히 중요하다.

현재 현대중공업에서 조립블록에 블록 적치장의

지번을 할당하는 방법은 담당자의 실무경험에 많이 의존하고 있다(거의 무작위로 지번할당이 이루어지고 있다고 볼 수 있다). 이러한 접근방법은 비생산적인 조립블록 운반회수를 증가시킨다. 보다 좋은 접근방법은 체계적인 알고리즘을 개발하여 이용하는 것이다. SABOO 프로젝트는 보다 효율적인 블록 적치장 운영을 위해 조립블록에 대한 지번할당 알고리즘을 개발하였다. 이 알고리즘은 조립블록 운반회수의 최소화를 목표로 하면서 (1) 반입되는 조립블록을 블록 적치장의 빈 지번에 할당하고, (2) 방해블록을 다른 빈 지번에 재할당하고, 그리고 (3) 블록 적치장으로부터 만기된 조립블록을 반출한다. 여기서는 블록 적치장으로부터 조립블록을 반출하는 예제를 통해 조립블록 지번할당 알고리즘은 Park et al.[10]에 자세한 내용을 다루고 있으며, 이를 단계적으로 살펴보면 다음과 같다.

단계 1 : 반출블록 검색

단계 2 : 반출 가능 방향 검색

- 동서남북 4방향으로 가장 짧은 이동경

로 탐색

- 방해블록이 없는 방향 가운데 가장 짧은 경로가 존재하면 단계 6
- 모든 방향에 방해 블록이 존재하면 방해블록이 가장 적은 방향 선택

단계 3: 방해블록 이동을 위한 접근 가능한 모든 빈 지면(후보지면) 검색

단계 4: 후보지 중 이동경로가 가장 짧으며, 새로운 방해블록이 되지 않는 지면 선정

- 모든 후보지에 새로운 방해블록이 된다면 이동경로가 가장 짧은 후보지

단계 5: 방해블록 이동

단계 6: 블록 반출

이 알고리즘은 현행 무작위 할당방법이 방해블록의 이동을 고려하지 않아 발생하는 비 효율적 블록이동을 최소화할 수 있다. 알고리즘의 효율성을 보이기 위한 성과척도로 O/N비율 (즉, 방해블록은 반횡수/필수블록은반횡수)을 정의하였다. 모의실험에서 나타난 결과를 보면, (현행방식에 의한 O/N비율)/(새로운 알고리즘에 의한 방식의 O/N비율) ≥ 1 로 나타나 방해블록의 이동횟수가 줄어드는 것을 볼 수 있었다[10].

<그림 5>는 앞에서 설명한 조립블록 지면할당 알고리즘의 모든 과정을 나타낸 예제이다. 이 예제에서는 조립블록이 이동하는 방향에 대한 제약은 없다고 가정한다. 즉, 조립블록은 동서남북 어떤 방향으로도 드나들 수 있다. 만약 어떤 방향으로의 블록이동에 제약이 있다면, 조립블록 지면할당 알고리즘에서 제약된 방향으로 조립블록을 이동하는 단계는 생략된다. 우선, <그림 5>(a)는 만기된 조립블록들을 반출하기 위한 방향과 다른 빈 지면들로 이동해야 할 방해블록들을 결정하는 방법을 보여준다. 지면 안에 있는 숫자는 조립블록이 반출되어야 하는 시점을 나타낸다. 현재 단위 시각이 5라고 가정하면, 음영 처리된 지면에 있는 2개의 조립블록들이 반출되어야 한다. 첫 번째 열에 있는 만기된 조립블록은 반출하는데 전혀 방해물이 없다.

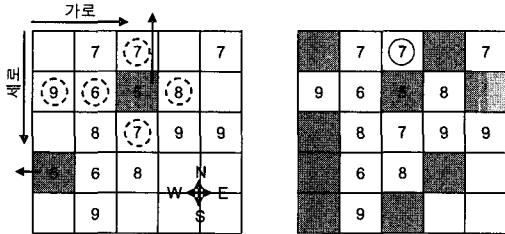
화살표는 조립블록의 이동방향을 나타낸다. 하지만 세 번째 열에 있는 만기된 조립블록은 반출하는데 방해블록들이 있다(즉, 점선으로 된 원으로 표시된 블록들). <그림 5>(a)에서 4방향 모두를 살펴보면, 화살표로 표시된 방향으로 만기된 조립블록을 반출하여야 이동거리와 방해블록개수를 최소로 줄일 수 있다. 따라서 화살표로 표시된 방향에 있는 조립블록이 다른 빈 지면으로 이동해야 할 방해블록으로 선정된다.

다음으로 후보지면을 찾기 위해 동서남북 4방향에서 모든 접근 가능한 후보지면을 탐색한다. 먼저, 가로 = 2(두 번째 열)에서 (마지막 열 - 1)까지의 구간에 대해, 북쪽에서 남쪽 방향으로 그리고 남쪽에서 북쪽 방향으로 번갈아 가며 접근 가능한 후보지면을 탐색한다. 다음으로, 세로 = 1(첫 번째 행)에서 (마지막 행)까지의 구간에 대해, 서쪽에서 동쪽 방향으로 그리고 동쪽에서 서쪽 방향으로 번갈아 가며 접근 가능한 후보지면을 탐색한다. 접근 가능한 후보지면은 탐색방향에서 이미 조립블록으로 채워져 있는 지면 바로 앞에 위치한 빈 지면이다. 만일 어떤 탐색(가로 또는 세로)에서 한 열이나 한 행에 있는 모든 지면이 비어 있으면, 첫 탐색방향의 첫 지면을 접근 가능한 후보지면으로 지정한다. <그림 5>(b)는 원으로 표시된 방해블록을 다른 빈 지면으로 이동시키기 위한 본 단계를 보여준다. 음영 처리된 빈 지면들이 접근 가능한 후보지면들이다.

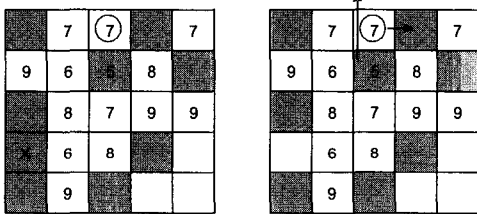
다음 단계는 탐색된 접근 가능한 후보지면들 중에서 이동 대상인 조립블록이 위치하면 인접 지면에 있는 다른 조립블록이 이동하는데 방해가 되는 후보지면을 제거한다. <그림 5>(c)는 방해 후보지면을 X로 표시하였다. 만약 원으로 표시된 방해블록이 X로 표시된 지면으로 이동된다면, 바로 오른쪽 지면에 있는 조립블록은 이동통로가 막혀 버린다. 즉, 이동통로가 막힌 조립블록은 단위 시각 6에 블록 적치장으로부터 반출되어야 하는데 방해블록은 단위 시각 7에 반출되는 것으로 되어있다.

마지막 단계는 이동거리를 최소로 하는 최선의 후보지면을 선정하는 것이다. <그림 5>(d)는 원

로 표시된 방해블록을 이동시킬 최선의 후보지번은 바로 오른쪽 지번임을 보여준다. 화살표는 블록들의 이동방향을 나타낸다.



(a) 방해블록 선정 (b) 모든 접근 가능한 후보지번 탐색



(c) 방해 후보지번 제거 (d) 최선의 후보지번 선정
 <그림 9> 조립블록 지번할당 알고리즘의 예제

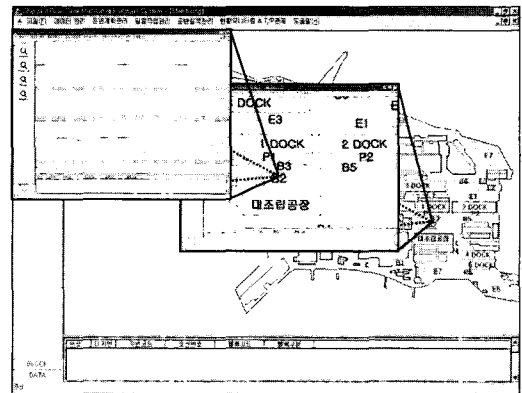
3.2 조선 현장 실시간 모니터링

현대중공업의 현행 블록운반/지번관리 시스템은 조선 현장을 실시간으로 모니터링 하는데 다소의 어려움이 있다. 다시 말해서, 현행 블록운반/지번관리 시스템은 조선 현장의 현재 상황을 보여주는 시각적 기능이 부족하고, 또한 설계정보와 생산일정정보 등이 존재하는 DBMS 데이터와 현장에 있는 조립블록의 실시간 정보(가로길이, 세로길이, 높이, 무게, 위치 등)가 일치하지 않는 현상이 발생한다. 이러한 결함은 다음과 같은 몇 가지의 비효율적인 결과를 초래하고 있다. 첫째, 현장 블록운영자는 현 상황을 모니터링하기 위해 조선 현장을 수시로 돌아다니고 있다. 둘째, 기술관리부로 조립블록을 운반해 달라고 요청할 때, 현장 블록운영자가 조립블록 운반신청서에 방해블록들에 대해서도 명시해야 한다. 셋째, 조립블록이 종종 실종

되어 현장 블록운영자는 사라진 조립블록을 찾기 위해 조선 현장을 배회해야 한다. 넷째, 조립블록의 위치를 갱신하는데 트랜스포터 운전기사에게 크게 의존하고 있어, 조립블록의 위치 변경을 갱신하는데 실수가 발생되면 블록을 찾기가 어려워진다. 그리고 이 밖에도 여러 가지 문제점들이 발생하고 있다.

SABOO 프로젝트는 현행 블록운반/지번관리 시스템의 기능을 확장함에 있어 통찰력을 얻고, 그 가능성을 사전에 점검하기 위해 조선 현장 실시간 모니터링 프로토타입 시스템을 개발하였다. 개발된 시스템은 사용자 중심의 현장 실시간 모니터링이 가능하며, 블록의 현 위치를 쉽게 파악할 수 있어 사용자의 업무 효율성을 제공한다. 또한 블록 운반을 위한 계획 수립과정에 방해블록을 사전과약 할 수 있어 운반 장비를 효율적으로 관리 할 수 있다.

<그림 6>은 조선 현장 실시간 모니터링 화면을 보여주고 있다. 이 프로토타입 시스템은 화면확대/축소, 화면이동, 블록검색 등과 같은 시각적 기능들을 갖추고 있다.



<그림 6> 조선 현장 실시간 모니터링 화면

또한, 이 프로토타입 시스템은 블록할당계획 기능을 가지고 있다. 즉, 블록운영자와 상호작용하여 조립블록에 지번을 할당하는 기능으로, 우선 SABOO 프로젝트에서 개발한 조립블록 지번할당 알고리즘을 활용하여 조립블록들을 블록 적치장의 빈 지번

에 할당한다. 그리고 그 결과를 블록운영자가 확인을 하고, 필요하면 모니터링 화면에서 드래그 & 드롭 기능을 사용하여 조립블록의 위치를 변경할 수 있다. 이렇게 변경된 계획 정보는 다시 트랜스포터 운전기사에게 전달되어 실질적인 블록 이동을 효율적으로 할 수 있게 된다.

한편, 현대중공업은 조립블록의 위치를 모니터링 하기 위한 RFID(Radio Frequency Identification) 기술을 활용함에 따른 기술 및 경제적 가능성을 검토하고 있다. 만일 RFID 태그를 활용하는 것이 기술적으로 그리고 경제적으로 가능하다면, 조립블록 운영관리는 한 단계 더 도약할 수 있을 것이다.

4. 결 론

조선 산업 현장에서 어떻게 하면 조립블록을 효율적으로 관리할 수 있을까 하는 과제는 선박건조 공정의 생산성에 직접적으로 지대한 영향을 미치기 때문에 중요한 경영문제로 떠올랐다. 본 논문은 현대중공업의 조립블록 운영관리에 관한 실제 상황과 산학협동과제로 추진한 SABOO 프로젝트를 소개하였다. SABOO 프로젝트는 조립블록을 운영·관리하는 보다 개선된 방법을 찾기 위해 당면 문제를 진단하여 가능한 해법들을 제안하고, 프로토타입 시스템까지 개발함을 목표로 삼았다.

현장 작업자들과의 면담, 현장답사, 벤치마킹 연구 등을 통해 SABOO 프로젝트는 가장 근본적이고 긴급한 문제를 진단하여 가능한 해를 제시하였다. 또한, SABOO 프로젝트는 조선 현장의 상황을 실시간으로 모니터링 할 수 있는 시각적 기능과 새로 개발한 조립블록 지번할당 알고리즘을 이용하고 블록운영자와 상호작용을 통해 조립블록에 지번을 할당하는 기능을 구현한 프로토타입 시스템을 개발하였다. 전반적으로, SABOO 프로젝트는 현행 블록운반/지번관리 시스템의 기능을 확장함에 있어 통찰력을 얻었고, 그 가능성을 사전에 점검할 수 있었다.

SABOO 프로젝트는 트랜스포터 운영관리에 대해서는 연구를 하지 않고, 추후과제로 남겨두었다. 조립블록 운영관리는 트랜스포터 운영스케줄 및 이동경로 등과 같은 트랜스포터 운영방식에 따라 크게 영향을 받는다. 현재 현대중공업은 트랜스포터 운영관리를 향상시키기 위해 많은 고심을 하고 있다. SABOO 프로젝트 팀은 트랜스포터 운영관리에 대한 연구를 추진하고, RFID 기술을 이용하여 트랜스포터의 이동상황까지 모니터링 할 수 있도록 조선 현장 실시간 모니터링 프로토타입 시스템을 확장할 계획을 세우고 있다.

참 고 문 헌

- [1] 권시택, 「SCM이론과 TOC이론을 적용한 조선산업의 물류개선 방안에 관한 연구」, 울산대학교 석사논문, 1999.
- [2] 김승우, 윤운락, 「현대중공업 물류시스템 개선을 위한 마스터 플랜」, 현대경제 사회연구원, 1996.
- [3] 김익수, 「조선산업에서의 조립공정의 물류개선방안에 관한 연구」, 울산대학교 석사논문, 2004.
- [4] 김종기, 「조선산업에서 블록 적체현상 해소방안에 대한 연구」, 울산대학교 석사논문, 2003.
- [5] 박 양, 「조선산업에서의 블록적체 해소를 위한 대형블록 조립탑재 방법에 관한 연구」, 울산대학교 석사논문, 2005.
- [6] 안상식, 「조선소에서 블록 적치장의 효율적 운영방안에 관한 연구」, 울산대학교 석사논문, 2002.
- [7] Michalko, M., *Thinkertoys : a Handbook of Business Creativity for the 90's*, Ten Speed Press, New York, 1991.
- [8] Storch, R.L., C.P. Hammon, H.M. Bunch, and R.C. Moore, *Ship Production*, Cornell Maritime Press, Maryland, 1995.
- [9] Park, C., K.H. Chung, J.C. Park, K.K. Cho,

T.H. Baek, and E.I. Son, "A Spatial Scheduling Application at the Block Paint Shop in Shipbuilding : the HYPOS Project," *Production Planning & Control*, Vol.13, No.4 (2002), pp.342-354.

[10] Park, C., J. Seo, J. Kim, S. Lee, T. Baek and S. Min, "Assembly Block Storage Location Assignment at Shipyard : a Case of Hyundai Heavy Industries," *Production Planning & Control*, to appear.