

조선 기준일정계획을 위한 재계획 절차의 개발

박주철* · 황희룡**

A Study on the Development of Rescheduling Procedure for Shipbuilding Master Production Schedule

Ju Chull Park · Ha Yong Hwang

〈Abstract〉

In this paper, a rescheduling procedure is developed for shipbuilding master production schedule. Shipyard initially develops backward production schedules for the entire shipbuilding process, and then refines the schedule by stage. The rescheduling procedure of this paper tries to resolve the schedule discrepancies between the outdoor backward schedule and the refined indoor schedule. Through the proposed rescheduling procedure, outdoor schedule can be successfully adjusted using buffer days and duration reduction. An Object-oriented program is also developed to automate the procedure. We can observe the improvement on productivity and quality of rescheduling works from the application of the developed procedure.

1. 서 론

선박생산은 설계기간을 포함해서 통상 2년 정도가 소요된다. 설계를 제외한 순수 생산기간만 고려하더라도 9개월 정도가 필요하며 생산과정과 생산에 필요한 작업과 자재의 종류가 다양하여 생산에 대한 계획이 단계적으로 진행된다.

기본계획 혹은 대일정 계획[1]에서는 선박생산의 주요 결점(milestone)에 대한 일정계획을 2내지 3년간에 걸쳐 실시하여 조선소의 능력소요와 조달에 대한 계획을 수립한다. 기본계획의 하위계획으로 중일정계획[2]과 소일정계획[3]이 있다. 중일정계획에서는 선박을 구성하는 실제 중간 조립품단위의 제품에 대한 생산일정을 최초로 계획하는 역할을 수행한다. 계획기간은 통상 6개월 정도이며 현재 이후 대략 3개월 후에 이루어질 작업상황에 대한 계획을 수립하여 생산을 위한 기준 일정(Master Schedule)으로 활용한다. 소일정계획은 중일정

계획에서 수립된 기준일정을 준수하기 위한 당월의 세부적인 집행계획을 수립한다.

본 연구는 조선 중일정계획 과정의 하나인 재계획에 대해 이를 자동화 하는 방안에 대해서 다룬다. 조선 중일정계획은 조선소의 두 주요 자원인 도크와 내업공장의 작업을 중심으로 계획이 이루어진다. 조선의 일정은 납기를 중시하여 기본적으로 후행공정인 도크공정(건조)에 대한 계획을 먼저 실시하고 이로부터 역산하여(Backward Scheduling) 내업공장에서 조립완료 요구일을 계산하고 이를 내업공장의 납기로 하여 내업 계획이 수립된다.

재계획은 도크계획과 내업계획 후에 이루어지는 최종계획으로, 내업종료 후 도크작업이 착수되기 전까지의 기간에 이루어지는 작업에 대한 일정을 재정비하는 계획을 말한다. 내업 작업의 종료이후 도크작업 착수 전까지의 작업을 외업이라고 부르며 재계획은 외업에 대한 일정 재편성을 의미한다. 외업

* 울산대학교 산업공학과

** 현대중공업(주) 조선사업기획부

의 일정은 도크작업에 대한 일정계획 후 표준일정 편성방식에 의해 일차로 만들어진다. 내업계획 후에 내업일정의 최종완료일이 변경됨에 따라 이에 맞추어 외업일정을 재정비하게 되는데 이러한 재정비계획을 재계획이라 부른다.

재계획은 중간조립품인 블록의 외업에서의 결합과정과 공정순서 등을 고려하여 체계적으로 이루어져야 한다. 현재 야드에서 이루어지고 있는 재계획은 제품의 결합과정을 체계적으로 고려하고 있지 못하고, 내업의 최종 조립물인 블록을 중심으로 계획이 되고 있어 계획수립에 어려움이 따르고 있다. 일정편성전문가에 의해 수작업으로 진행되고 있어 일정편성작업의 생산성이 낮은 실정이다. 또한 수작업 계획에 의한 오류가 많이 발생하여 계획의 질을 떨어지게 한다.

본 연구에서는 재계획에 대한 생산성과 품질을 높이기 위해 제품결합과정을 체계적으로 고려한 재계획 절차를 개발하고 이를 자동화하는 방안에 대해 연구한다. 재계획 자동화는 조선 중일정의 데이터구조와 다양한 예외사항을 반영해야 하기 때문에, 기존의 전문소프트웨어나 알고리즘을 이용하지 않고 별도의 프로그램으로 개발되어진다.

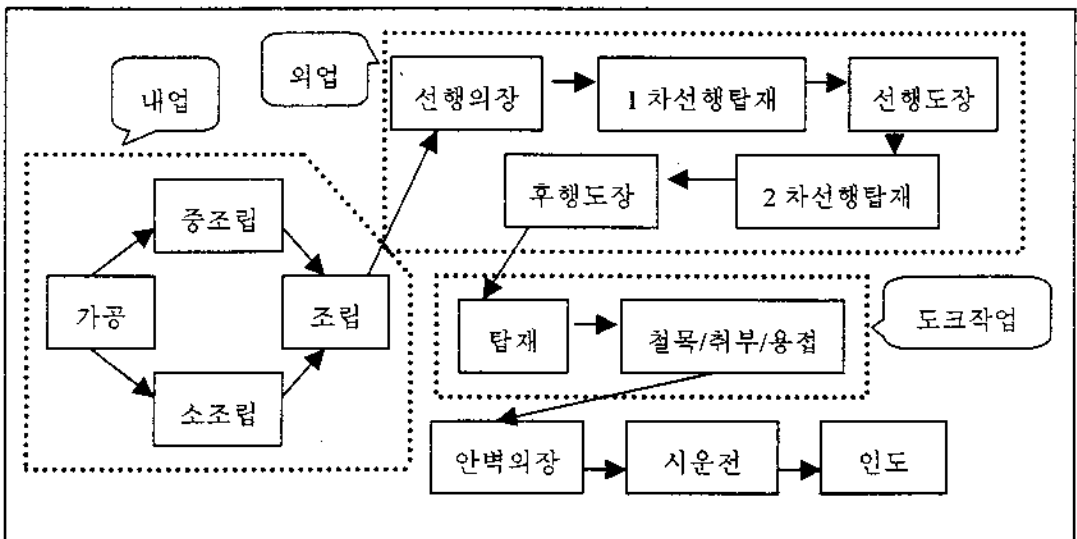
2. 조선 중일정계획과 재계획

2.1 조선 공정과 중일정계획

조선공정은 크게 내업공정, 외업공정, 도크공정으로 3개의

공정으로 대구분된다. 내업공정은 배의 구성품인 블록을 가공, 조립하는 공정을 말하며 작업이 주로 육내 공장에서 이루어진다. 외업공정은 완성된 블록을 육외로 반출하여 야드에서 도장, 의장 및 선행탑재하는 등의 작업을 담당한다. 도크공정은 최종적으로 선박을 구성하는 작업으로 탑재, 철목, 취부, 용접 등의 작업이 이루어진다. <그림 2-1>은 조선공정을 도식화해서 표현한 것이며 <표 2-1>은 각 대공정별 세부작업내용을 정리한 것이다. <그림 2.1>에서 외업공정이 본 연구의 대상이 되는 공정이며 세부공정의 종류와 그 순서는 블록의 특성에 따라서 다양하게 변한다. <표 2-1>에서 구분코드는 재계획 대상인 외업공정을 식별하기 위해 본 연구에서 임의로 만든 것이며 용어 중 '대형블록'은 외업공정의 최종 산출물을 나타내는 것이며, 내업공정의 산출물인 블록 하나 혹은 여러 개가 결합된 것을 말한다.

중일정 계획은 <표 2-1>의 세부공정에 대한 계획을 담당한다. 선박의 생산을 계획대로 진행하기 위해서는 의장자재의 투입과 작업용 생산도면의 준비가 필요한데 중일정계획을 기준으로 이들 자재에 대한 발주와 도면 작성 작업계획이 만들어진다. 따라서 중일정 계획은 선박 생산의 기준일정(Master Production Schedule)을 만드는 일정계획으로 회사 생산계획에 대한 골격을 구성하는 중요한 역할을 담당한다.



<그림 2-1> 조선공정의 흐름

〈표 2-1〉 조선공정의 구성

구분	세부공정	설 명	구분코드
도 크	탑재	크레인으로 대형블록을 도크에 안치하는 작업	
	철목	탑재후 대형블록의 고정작업	
	취부	탑재된 대형블록의 정위치 배열 및 가접	
	용접	탑재된 블록간의 접합면을 결합하는 용접작업	
외 업	블록회전(T/O)	블록을 뒤집고 조립의 잔여작업을 수행	TO
	선행의장	블록내에 의장품을 설치하는 작업	PF
	1차선행탑재	대형블록을 구성하기 위한 1차 결합작업	PE1
	선행도장	블록단위의 도장작업	PT
	2차선행탑재	탑재용 대형블록의 최종 결합작업	PE2
	후행도장	탑재용 대형블록에 대한 도장작업	PP
	족장철거 및 설치	외업 족장의 철거 및 도크 족장의 설치	BF2
내 업	후행의장	대형블록내에 의장품을 설치하는 작업	BP2
	블록조립	내부재와 판을 결합하여 블록을 구성하는 작업	
	판조립(중조립)	블록을 구성하는 판별의 판계 및 중조립	
	내부재조립(소조립)	블록 내부재의 조립작업	
	가공	블록을 구성하는 각종 강재의 절단 및 성형	

2.2 중일정계획에서의 재계획

조선소에서의 외업공정에서는 다양한 종류의 작업이 이루어진다. 선박의 주된 구성품인 선각 대형블록의 형성과 함께 도장작업, 의장작업 등 성격이 전혀 다른 작업이 혼재되어 있다. 외업공정의 소요기간은 대략 1개월 정도로 성격상 일관된 관리가 어려워 공정간에 완충 버퍼일을 두고 표준 일정으로 관리된다.

표준일정으로의 관리시 문제는 일정의 최종적인 조정이 필요하다. 계획순서상 외업표준일정 형성 후에 이루어지는 내업계획의 결과 내업 조립완료일에 변경에 있게 되는데, 이를 외업의 표준 일정으로 준수할 수 없는 경우가 발생한다. 이러한 경우의 조정작업을 담당하는 것이 재계획이다. 중일정계획순서와 재계획의 내용은 다음과 같다.

① 1단계 - 도크작업계획

도크에서의 선박 구축작업에 대한 순서계획과 일정계획으로

탑재를 중심으로 이루어진다. 선박을 구축하기 위한 대형블록의 탑재순서와 탑재간의 공기를 PERT/CPM의 네트워크로 표현할 수 있는데 이를 탑재네트워크라고 하며, 이를 이용하여 일정계획이 수립되어 대형블록의 탑재일이 정해진다.

② 2단계 - 외업표준일정계획

표준공정순서와 표준공기에 의해 외업의 각 공정별 일정을 결정하고 내업공정의 조립완료요구일을 결정한다. 외업은 다양한 공정순서를 가지고 있는데 이를 유형화하여 코드화하고 이 코드를 이용하여 외업공정의 공정순서를 결정하고 1단계 계획의 결과인 탑재일로부터 역산하여(Backward Scheduling) 각 공정의 일정을 정한다. 외업공정의 최초착수일 하루전날을 내업의 조립완료 요구일로 하며, 내업의 계획은 이를 남기도록 하여 계획이 수행된다.

③ 3단계 - 내업계획

내업계획에서는 외업표준일정에 의해 주어진 완료 요구일

(납기)을 가급적 준수하면서 내업의 작업능력 등을 고려하여 가공, 내부제조립(소조립), 판조립(중조립), 그리고 블록조립의 일정을 정한다. 일정편성의 순서는 외업의 경우와 마찬가지로 역산방식으로 정해지며 내업공장의 정반에 대한 작업물의 기하학적인 배치 등을 고려하여 최적의 일정을 편성한다.

④ 4단계 - 재계획

내업계획이 이루어지면 최종 내업조립 완료일이 결정되는데 이는 최초의 완료요구일과 다르게 된다. 상황에 따라 일정이 앞으로 당겨진 경우와 함께 뒤로 밀려 있는 경우가 생기게 된다. 재계획에서는 이에 따라 최종 내업조립완료일과 탑재일을 준수하도록 외업일정의 조정 작업을 실시한다.

재계획에서의 어려움은 외업에서 블록의 결합작업이 다양하게 이루어지고 있으나 이를 체계적으로 고려하기 위한 정보가 없다는 점이다. 본 연구에서는 몇 가지 규칙을 개발하여 이를 해결한다. 또 하나의 어려움은 외업공정에 대한 순서와 일정 정보가 블록단위로 주어지고 일정 또한 블록 단위로 표시되어

블록간 결합 이후에는 이를 별도로 인식하여 일정의 동기화를 해 주어야 한다는 점이다. 본 연구에서는 최종 결합제품에 대한 객체를 형성하고 이를 중심으로 연결되는 블록의 객체리스트를 구성하고 그룹화 하는 방식으로 결합관계를 인식하고 일정의 동기화를 가능하게 한다.

3. 재계획 절차 설계

외업 재계획을 위해서는 외업공정의 유형과 외업에서의 블록간 결합관계의 파악이 필요하며 이를 바탕으로 재계획 절차가 개발될 수 있다.

3.1 외업 재계획을 위한 입력정보

외업 재계획을 위한 정보는 내업 조립공정의 산출물인 블록 단위의 정보를 레코드로 하여 <표 3.1>과 같은 형태로 주어진다. <표 3.1>의 정보는 블록을 하나의 레코드로 하여 주어지는

<표 3.1> 외업 재계획을 위한 입력정보 - 제품별 정보

필드명	설 명	예시	비 고
SHIP	소속 선박 명칭	1128	
MIS	소속 대형블록 명칭 (탑재단위)	2020	
ABLK	블록 명칭 (내업 최종 조립단위)	E310P	DB Record Key
OUTCODE	외업공정순서 유형코드	12	
TODUR	T/O 공기	NULL	존재하는 공정의 공기만을 입력하여 공정의 존재유무를 인식
...	
BP2DUR	후행의장 공기	6일	

<예시 1> 블록정보로부터 대형블록의 인식

레코드 번호	필 드			비 고
	SHIP	MIS	ABLK	
1	1128	2070	E510S	2개블록이 하나의 대형블록으로 결합
2	1128	2070	E520S	
3	1128	2080	E530C	1개블록으로 탑재
4	1128	3010	B110A	5개블록이 하나의 대형블록으로 결합
5	1128	3010	B120P	
6	1128	3010	B120S	
7	1128	3010	L110A	
8	1128	3010	L120A	

때, 탑재단위인 소속 대형블록의 구분코드가 있어서 이 코드를 이용하여 블록의 외업에서의 최종적인 결합관계를 인식할 수 있다. 예를 들어 <예시 1>과 같은 형태의 레코드들이 주어졌을 때 MIS번호가 같은 블록들이 외업에서 하나의 대형블록으로 선행탑재가 된다는 것을 알 수 있다.

3.2 외업공정의 유형

아드에서는 외업 공정 순서의 유형을 나타내기 위해 다양한 종류의 순서를 나타내는 코드를 만들어 사용하고 있다. 본 연구의 조사에 따르면 체계화의 관점에서 의미가 있는 외업 공정 순서의 유형은 크게 다음과 같은 세가지 경우로 나뉘어진다.

① 1차 선행탑재(Pre-erection)가 존재하지 않고 2차 선행탑재가 있는 경우

선행탑재는 도크 탑재를 위해 대형블록을 구성하는 공정을 말하며 선행탑재가 있으면 블록간의 결합작업이 진행된다. 2차 선행탑재는 <표 3.1>에서의 대형블록의 코드(MIS)가 일치하는 모든 블록에 대한 결합작업을 나타낸다. 이러한 유형은 결합작업이 소속 전 블록에 대해서 2차 선행탑재공정에서 한번에 이루어지기 때문에 정보의 인식과 일정의 동기화가 비교적 용이하다.

② 1차 선행탑재와 2차 선행탑재가 동시에 존재하는 경우

1차 선행탑재는 대형블록의 일부에 대해서 선 결합작업을 수행한다. 1차 선행탑재가 있는 경우는 선 결합되는 블록간의 일정 동기화가 필요한데 <표 3.1>의 정보만 가지고는 블록간의 선 결합관계를 인식할 수 없어 이를 인식하기 위한 별도의 규칙이 필요하다.

③ 선행탑재가 없는 경우

선행탑재가 없는 경우는 내업에서 반출된 블록이 외업의 몇 개의 공정을 거쳐 다른 블록과의 결합이 없이 바로 탑재가 된다. 이러한 블록에 대해서는 블록단위의 체계화가 이루어진다.

3.3 블록간 접합관계의 파악방법

블록간 일정의 동기화를 위해 결합관계의 인식이 필요한 경우는 결국 선행탑재가 존재하여 블록의 전부 혹은 일부가 외

업 공정 중에서 접합되는 때이다. 선행탑재의 종류가 두 가지가 있는 만큼 각각의 경우에 대해 결합관계를 인식할 수 있는 현실적인 방법을 다음과 같이 설정해 보았다.

① 2차 선행탑재에서의 결합관계의 인식

외업 공정에서 2차 선행탑재가 있는 경우는 선행탑재의 종류일이 같고, 선행탑재이후의 공정은 모두 동일한 일정으로 움직여야 한다. 그것은 일정만이 형식적으로 블록별로 표시되고 실제로는 하나의 제품으로 결합되어 움직이기 때문이다. 2차 선행탑재가 있는 경우 하나의 대형블록에 속하는 모든 블록이 하나로 결합되며 착수일의 차이로 선행탑재되는 순서를 인식한다. 2차 선행탑재의 존재여부는 <표 3.1>의 외업 공정 순서 유형코드와 공기에 의해서 인식할 수 있으며 블록별 선행탑재 착수일의 차이는 공기의 차이에 의해서 인식할 수 있다.

② 1차 선행탑재에서의 결합관계의 인식 및 그룹설정

1차 선행탑재는 한 대형블록을 구성하는 내업 조립블록의 일부가 서로 결합되는 작업을 나타낸다. 제품결합을 나타내는 도면이 준비되어 있다면 이를 이용하여 블록간의 결합관계를 인식할 수 있다. 그러나 중일정계획은 순서상 도면이 준비되기 전에 이루어지기 때문에 설계부분의 정보를 제대로 활용할 수 없다. 중일정 단계에서는 과거 유사선의 실적을 토대로 만들어둔 <표 3.1>의 자료만이 존재한다.

<표 3.1>의 자료를 이용하여 경험적으로 1차 선행탑재에서 상호 결합되는 블록들은 다음의 두 조건의 만족여부로 인식할 수 있다.

조건 1 : 1차 선행탑재에서 결합되는 블록들은 2차 선행탑재의 공기가 모두 동일하다.

조건 2 : 1차 선행탑재에서 결합되는 블록들은 1차 선행탑재의 공기가 동일하다.

1차선행 탑재에서 결합이 이루어지면 결합된 블록들은 하나의 제품화해서 그 이후 같은 일정으로 움직이며, 따라서 2차 선행탑재에서도 같은 일정으로 움직일 수 밖에 없다. 조건 1은 이러한 사실을 반영하는 것이다. 조건 2는 1차 선행탑재가 대부분 2개 혹은 3개 블록 단위로 이루어져 같은 일정으로 움직인다는 현실에 근거한다. 조건 1과 2가 1차 선행탑재에서의 블록 결합관계를 완전하게 인식해 주지는 못하지만 중일정에서 요구하는 정확도 수준에서는 수용 가능하다고 전제한다.

3.4 재계획 절차

① 재계획시의 고려사항

재계획을 할 때 반드시 준수해야 할 사항은 다음과 같다.

- 선행탑재의 경우는 같이 결합되는 블록들의 선행탑재를 포함해서 그 후속일정들이 다음 결합이 이루어지기 전까지는 모두 동일해야 한다.

위의 조건은 블록이 사실상 결합되어 하나로 움직임에도 불구하고 일정이 형식상 블록별로 표현되기 때문이다. 이러한 조건 외에도 몇 가지 추가의 고려사항이 있다.

고려사항 1 : 블록의 내업 조립 완료일과 탑재일 사이에 표준 버퍼 이외의 추가 버퍼일이 존재하면 이는 선행도장 후에 둔다.

추가 버퍼일이 존재하는 경우는 내업 조립 완료일이 표준으로 주어진 내업납기에 비해 앞으로 당겨진 경우이다. 고려사항 1은 통상 선행도장을 중심으로 그 이전 공정은 블록별로 작업이 이루어지고 그 이후는 결합작업이 이루어져 여러 개의 블록이 하나로 결합되어 움직인다는 사실에 기인한다. 이러한 특성 때문에 선행도장을 포함하여 그 이전 공정은 내업 조립에 연동하여 파악 및 관리되고 그 이후 공정은 탑재에 연동되어 파악 및 관리된다.

고려사항 2 : 내업의 조립 완료일이 납기에 해당하는 내업 조립 완료 요구일 이후로 정해진 경우는 1차로 표준으로 주어져 있는 외업의 버퍼일을 사용하여 외업의 전체 작업일수를 단축한다. 버퍼일의 사용으로도 납기 지연이 해소되지 않을 경우 외업 각 공정의 공기를 단축한다.

버퍼일은 내업 조립에 가까운 것부터 먼저 사용한다. 내업 조립완료에 가까운 공정일수록 블록별로 작업이 되어 자유도가 높고 문제가 생겼을 경우 후속공정에서의 복구 가능성이 높아 이런 순서로 버퍼일을 사용하도록 하는 것이다. 공기 단축의 경우도 마찬가지로 이유로 조립에 가까운 공정부터 우선 단축을 하도록 한다. 공기단축이 2일 이상 가능한 경우는 다른 공정의 공기단축이 1일씩 모두 이루어진 후에 2일째의 공

기단축을 실시하는 것으로 한다. 추가의 공기단축의 경우도 마찬가지로 실시한다. 공기단축에도 불구하고 납기 지연이 해소되지 않으면 재계획이 실패한 것으로 처리하며 사용자의 판단에 따라 탑재일을 조정하는 등의 별도의 일정조정을 실시한다.

② 재계획 절차

재계획은 대형블록별로 실시되며 1차적으로 결합블록의 일정의 동기화를 위한 조치를 실시한 다음 블록별 재계획이 이루어진다. 본 연구에서 제시하는 재계획 절차를 정리하면 다음과 같다.

1단계 : 대형블록별 자료구성

- 1.1 각 블록별로 공정유형코드와 공기를 읽어 공정순서와 공정의 존재유무를 인식
- 1.2 블록정보의 리스트를 구성

2단계 : MIS내 소속블록별 역산일정계산(Backward Scheduling) 및 납기지연일수 계산

- 2.1 블록별로 역산일정계산(Backward Scheduling)을 실시하여 표준일정을 파악
- 2.2 납기 지연일수와 버퍼일의 존재여부를 파악

3단계 : 선행탑재 결합블록 그룹 설정

- 3.1 2차 선행탑재 그룹 및 1차 선행탑재그룹 설정
- 3.2 각 그룹별 사용가능 버퍼일수와 공기단축 가능일수를 계산

4단계 : 상황 판단 및 재계획

- 1) 경우 1. 모든 블록에 납기 지연이 없는 경우
 - 선행도장전 공정은 조립에 연동, 그 후공정은 탑재에 연동
- 2) 경우 2. 일부 혹은 전 블록에 납기 지연이 있으나 외업 버퍼 범위내인 경우
 - 외업 버퍼를 이용하여 재계획하되 버퍼 사용량이 많은 블록부터 실시
 - 이 때 선행탑재와 그 이후 공정의 버퍼는 그룹의 버퍼로써 한 블록에서 이를 사용하면 다른 블록에도 같이 적용
- 3) 경우 3. 공기단축으로 납기 단축을 해소할 수 있는 경우
 - 공기단축이 가장 많이 필요한 블록을 중심으로 외업 버퍼를 사용하고 계속해서 외업공기의 단축을 실시
 - 버퍼 사용시 선행탑재 이후는 경우 2와 같이 처리

- 공기단축은 조립에 가까운 공정부터 하루씩 단축하며 선행탑재 이후 공정의 공기단축시는 선행탑재 그룹전체에 대하여 같이 적용
 - 하루씩의 공기단축으로 납기 지연이 해소되지 않으면 추가로 1일씩의 공기단축을 실시하고 이러한 과정을 납기 지연이 해소될 때 까지 실시. 단, 공기단축은 각 공정별 공기단축 가능일수 범위내에서 실시.
- 4) 경우 4. 위의 모든 경우에 해당하지 않는 경우 재계획 실패로 처리하고 모든 일정을 조립연동해서 표시

〈1단계〉 대형블록별 자료구성 - DB로 부터 재계획을 해야 할 한 탑재단위의 데이터를 다음과 같이 읽는다. 단, 각 공정별 공기단축 가능일 수는 1일로 가정한다.

아래 표에서 "숫자/숫자/숫자"로 표기된 값은 첫번째 숫자가 공기, 두번째가 공정순서, 세번째가 후공정과의 버퍼일수를 나타낸다. 예를 들면, 'B190P' 블록의 PF열에 표시되어 있는 '4/1/1'은 PF공정의 공기가 4일, 외입의 첫번째 공정이면서, PF 완료후 1일이 지나서 후공정(PT)이 시작된다는 것을 나타낸다.

③ 수치예

위에서 설명한 재계획 절차의 적용과정을 설명하기 위해 실제 블록자료를 사용하여 재계획을 실시해 본다.

〈2단계〉 MIS내 소속블록별 역산일정계산(Backward Scheduling) 및 납기지연일수 계산

위의 자료를 이용하여 역산 일정계산을 실시하고 납기지연일수를 계산하면 다음과 같다.

〈대형블록 '3070'에 대한 입력자료〉

(단위 : day)

SHIP	MIS	블록명	조립완료	조립후 버퍼일	공기/공정순서/후공정과의 버퍼일수					탑재일
					PF	PE1	PT	PE2	PP	
1128	3070	B190P	5일차	1	4/1/1	0//	10/2/0	10/3/0	3/4/1	39일차
1128	3070	B190S	9 일차	1	4/1/1	0//	10/2/0	10/3/0	3/4/1	39일차
1128	3070	B200P	9 일차	1	4/1/1	0//	10/2/0	10/3/0	3/4/1	39일차
1128	3070	B200S	10 일차	1	4/1/1	0//	10/2/0	10/3/0	3/4/1	39일차
1128	3070	L190A	16 일차	1	3/1/1	7/2/0	0//	8/3/0	3/4/1	39일차
1128	3070	L200A	17 일차	1	3/1/1	7/2/0	0//	8/3/0	3/4/1	39일차
1128	3070	T150P	-1 일차	1	4/2/1	6/1/1	10/3/0	10/4/0	3/5/1	39일차
1128	3070	T150S	7 일차	1	4/2/1	6/1/1	10/3/0	10/4/0	3/5/1	39일차

참고 : PF(선행의장), PE1(1차선행탑재), PT(선행도장), PE2(2차선행탑재), PP(후행도장)

〈표준일정 및 납기지연일수〉

(단위 : day)

MIS	블록명	조립완료	조립납기	지연일수	공정별 착수일/완료일					탑재일
					PF	PE1	PT	PE2	PP	
3070	B190P	5일차	8 일차	-3	10/13	-	15/24	25/34	35/37	39일차
3070	B190S	9일차	8 일차	1	10/13	-	15/24	25/34	35/37	39일차
3070	B200P	9일차	8 일차	1	10/13	-	15/24	25/34	35/37	39일차
3070	B200S	10일차	8 일차	2	10/13	-	15/24	25/34	35/37	39일차
3070	L190A	16일차	14 일차	2	16/18	20/26	-	27/34	35/37	39일차
3070	L200A	17일차	14 일차	3	16/18	20/26	-	27/34	35/37	39일차
3070	T150P	-1일차	1 일차	-2	10/13	3/8	15/24	25/34	35/37	39일차
3070	T150S	7일차	1 일차	6	10/13	3/8	15/24	25/34	35/37	39일차

〈3단계〉 선행탑재 결합블록 그룹 설정

선행탑재에 따른 그룹의 설정 및 그룹별 버퍼일 수 공기단축 가능일수를 계산한다.

1) PE2 그룹

전체블록에 PE2 공정이 존재하기 때문에 8개의 블록 전체가 하나의 그룹이 된다. PE2그룹은 PE2와 후속공정인 PP에 적용된다.

2) PE1그룹

PE1그룹은 PE2공기와 PE1공기가 같은 것들이 각각 그룹이 된다. 단 공기가 같더라도 PE1일정이 다른 경우는 다른 그룹으로 한다. 이러한 조건에 의하면 두개의 PE1그룹이 존재하게 된다. PE1그룹은 PE2그룹이 출현하는 공정 전까지 적용된다.

- PE1그룹 1 : L190A, L200A의 PE1공정
- PE1그룹 2 : T150P, T150S의 PE1, PF, PT공정

블록 혹은 그룹별 사용가능 버퍼와 공기단축 가능 일수 등을 표시하면 다음 표와 같다. 표에서 행부분이 통합된 곳은 그룹이 적용되는 경우이다.

〈4단계〉 상황 판단 및 재계획

남기지연이 가장 많은 블록은 'T150S'이며 6일의 지연이 존재한다. 6일지연을 충족시키기 위해 다음과 같이 조정작업을 진행한다.

1) 버퍼일을 다음과 같은 순서로 사용한다.

조립 후 버퍼 -> PE1후 버퍼 -> PF후 버퍼 -> PP후 버퍼

사용가능한 버퍼일수는 4일이다. 조립 후 버퍼를 제외하고는 모두 그룹버퍼이며 그룹전체의 버퍼가 같이 사용된다.

2) 공기의 단축

버퍼를 사용하더라도 6일 지연 중 2일의 지연을 만족시킬 수 없다. 따라서 공기단축을 실시한다. 공기단축은 조립에 가까운 공정부터 순서대로 단축한다. 따라서 PE1, PF공정의 공기가 각각 1일씩 단축된다.

3) 버퍼사용/공기단축 결과 및 지연일수 재계산

버퍼사용일과 공기단축일을 기록하고 이를 이용하여 지연일수를 재계산한 후 지연이 존재하는 블록에 대해 위의 절차를

〈사용가능 버퍼일과 공기단축가능일수〉

(단위 : day)

MIS	블록명	지연일수	블록별버퍼합	블록공기단축	후공정과 버퍼일/공기단축가능일수					탑재일
					PF	PE1	PT	PE2	PP	
3070	B190P	-3	2	2	1/1	-	0/1	0/1	1/1	39일차
3070	B190S	1	2	2	1/1	-	0/1			39일차
3070	B200P	1	2	2	1/1	-	0/1			39일차
3070	B200S	2	2	2	1/1	-	0/1			39일차
3070	L190A	2	2	1	1/1	0/1	-			39일차
3070	L200A	3	2	1	1/1	-	-			39일차
3070	T150P	-2	1	0	1/1	1/1	0/1		39일차	
3070	T150S	6	1	0						39일차

위 표에서 '블록공기단축'은 블록별로 움직이는 공정에서의 공기단축일수의 합을 나타낸다. 또 '블록별 버퍼합'은 조립후 버퍼와 블록별 외업공정 버퍼의 합을 나타낸다.

반복한다. 지연이 모두 해소된 상태에서의 버퍼사용일과 공기단축일을 표시하면 다음과 같다.

〈버퍼 사용일수와 공기단축일〉

(단위 : day)

MIS	블록명	지연일수	조립후버퍼사용	버퍼일사용/공기단축일					답재일
				PF	PE1	PT	PE2	PP	
3070	B190P	-4	0	0/0	-	0/0	0/0	1/0	39일차
3070	B190S	0	0	0/0	-	0/0			39일차
3070	B200P	0	0	0/0	-	0/0			39일차
3070	B200S	0	1	0/0	-	0/0			39일차
3070	L190A	0	1	0/0	0/0	-			39일차
3070	L200A	0	1	1/0	-	-			39일차
3070	T150P	-7	0	1/1	1/1	0/0			39일차
3070	T150S	0	1						39일차

4) 일정의 조정 및 표시

'B190P'와 'T150P'를 제외하고는 지연일 수가 모두 영으로 되었다. 두 블록의 경우는 조립과 후공정사이에 버퍼가 존재하므로 버퍼를 PT공정 다음으로 옮긴다. 'B190P'의 경우는 PF와 PT공정을 각각 4일씩 앞으로 당기면 된다. 그러나 'T150P'의 경우 PF, PE1, PT를 앞으로 옮겨야 하는데 'T150S'와 한 그룹으로 되어 있어 앞으로 옮길 수 없다. 따라서 'T150P'의 조립 후 버퍼는 PT다음으로 옮기지 않는다. 최종적으로 조정된 일정은 다음과 같다.

본 사례의 경우는 위와 같이 성공적으로 재계획이 이루어졌다. T150P에서 지연일수가 -7로 된 것은 실패를 나타내는 것이 아니다. 지연일수의 값이 +인 경우가 실패에 해당한다.

4. 재계획 자동화의 구현

중일정에서 재계획은 그 대상이 많고 3절의 수치예보다 훨씬 다양한 경우들이 존재하여 이를 수작업으로 실시하는 경우 재계획의 생산성과 품질을 확보할 수 없다. 본 연구에서는 재

〈최종 조정 일정〉

(단위 : day)

MIS	블록명	조립완료	지연일수	공정별 착수일/완료일					답재일
				PF	PE1	PT	PE2	PP	
3070	B190P	5 일차	0	7/10	-	12/21	26/35	36/38	39일차
3070	B190S	9 일차	0	11/14	-	16/25	26/35	36/38	39일차
3070	B200P	9 일차	0	11/14	-	16/25	26/35	36/38	39일차
3070	B200S	10 일차	0	11/14	-	16/25	26/35	36/38	39일차
3070	L190A	16 일차	0	17/19	21/27	-	28/35	36/38	39일차
3070	L200A	17 일차	0	18/20	21/27	-	28/35	36/38	39일차
3070	T150P	-1 일차	-7	13/15	8/12	16/25	26/35	36/38	39일차
3070	T150S	7 일차	0	13/15	8/12	16/25	26/35	36/38	39일차

계획의 다양한 상황과 예외, 그리고 일괄처리를 위해 객체지향 재계획 자동화 프로그램을 개발한다. 프로그램의 개발은 Visual C++를 이용한다.

- 거주구(Deck House) 블록
- 엔진 룸 케이싱 관련 블록
- LPG, LNG, Chemical선의 탱크류 및 스테인레스 재질을 사용하는 블록류

4.1 재계획 자동화 프로그램의 역할

중일정계획에서는 한번의 계획으로 6개월 정도의 계획을 수립하는데 이 기간에 걸쳐 있는 선박의 숫자는 국내 대형 조선소의 경우 50여 척이며, 블록 수는 15,000여 개에 이른다. 이들 방대한 숫자들에 대해서 재계획을 실시해야 하는데 자동화 프로그램은 이들을 일괄(Batch) 처리하는 기능을 담당한다. 일괄처리 기능 외에도 재계획 자동화 프로그램은 재계획 상황에 대한 다양한 처리기능을 수행한다. 재계획 프로그램의 기능을 정리하면 다음과 같다.

- 계획대상 블록에 대한 일괄 재계획
- 조립수동조정 블록에 대한 부분 재계획
- 재계획 예외블록의 구분
- 재계획 대상블록의 구분

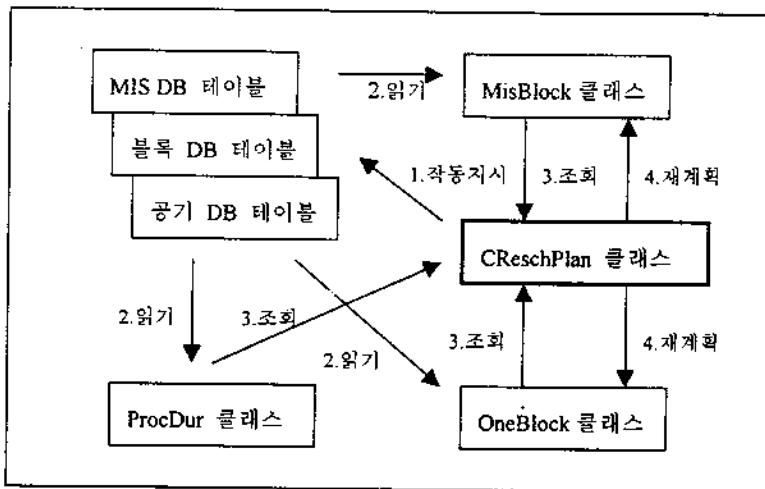
블록의 특성상 표준일정으로 일정을 계획하기 어려운 경우가 있는데 이러한 예외적인 블록들은 자동계획을 실시하지 않고 별도로 편집기능을 제공하여 사용자들이 수작업으로 재계획을 실시한다. 재계획 제외대상블록의 종류에는 다음과 같은 것들이 있다.

재계획대상은 기간별로 구분할 수 있다. 내업 조립을 기준으로 착수 혹은 완료가 계획기간에 속한 블록들이 재계획 대상이 된다.

4.2 재계획 프로그램의 구조

재계획 프로그램은 다수의 객체들을 이용하여 재계획을 처리한다. 재계획을 위해서 개발된 객체의 종류는 다음과 같다.

- 1) CReschPlan 클래스 : 재계획과정을 진행시키고 각종계산을 하기 위한 클래스
- 2) MisBlock 클래스 : 대형블록(MIS)단위의 정보를 보관하기 위한 클래스
- 3) OneBlock 클래스 : 블록단위의 정보를 보관하기 위한 클래스
- 4) ProcDur 클래스 : 표준으로 주어진 공기단축 범위를 보관하기 위한 클래스
- 5) 기타 DB 테이블 클래스들 : MIS정보, 조립블록 정보, 공기단축표 등의 DB에서 데이터를 읽기 위해 이에 대응되는 클래스들



<그림 4-1> 재계획 프로그램 구조

'MisBlock'클래스에는 소속 블록인 'OneBlock'클래스의 객체 리스트가 구성되며, 데이터베이스 테이블에서 읽은 자료와 함께 'CReschPlan'의 기능을 이용하여 계산된 선행탐재 그룹 번호 등과 같은 각종 값들이 보관된다. 프로그램의 전체적인 구조는 앞의 표와 같다.

프로그램의 주 통제모듈인 'CReschPlan'클래스의 구성내용은 다음 <표 4.1>과 같다.

우는 내업공장의 작업장 제약 때문에 조립일정을 일반적인 경우보다 많이 지연해야 할 경우인데 이러한 경우는 많지 않다. 실패의 경우도 사용자 개입에 의해 적은 노력과 시간으로 일정조정 작업을 할 수 있다.

재계획 프로그램의 사용자 인터페이스에는 재계획 대상 기간과 조건 선택 다이얼로그와 대상호선 선택 다이얼로그(그림 4.2)가 있고, 재계획 구동 메뉴와 재계획결과 화면(그림 4.3)이

<표 4.1> CReschPlan 클래스의 변수(Attribute)와 기능(Operation)

구분	변수 및 기능명	설명
변수	pe2group AllProcList pTopMis AllReschList	PE2 그룹번호 공기단축표 탐재단위정보 포인터(블록정보리스트 포함) 탐재단위정보 리스트
기능	ReschPlan() CheckInPeriod() Fill_AllReschList() OneErectUnitResch() CheckExclude() CalcBlkStat() SetPE2GroupBuff() SetPE1Group() GetBlkBuff() GetPE1BlkBuff() CheckBufResch() ForeBackResch() CheckDurResch() DurResch()	재계획 작동자 계획기간포함여부를 점검 DB데이터를 읽고, 메모리상의 리스트를 구성 한 대형블록에 대하여 재계획을 실시 재계획대상이 아닌지를 체크 블록별 납기지연일수 계산 PE2그룹과 버퍼의 계산 PE1그룹설정 블록별 버퍼구분 PE1그룹 버퍼의 계산 버퍼일만으로 재계획이 가능한가의 여부 한MisBlock에 대하여 재계획실시 공기단축으로 재계획이 가능한가의 여부 공기단축을 이용하여 재계획실시

참고 : 변수의 형과 기능의 return type 및 argument는 생략되어 있으며, 표의 리스트는 전체 중 본 연구에 관련된 부분만 표시된 것임

4.3 재계획 자동화 구현 결과

본 연구에서 설정된 재계획 과정은 적용과정의 복잡성에도 불구하고 그 결과에 가변성이 없고 결과가 항상 정해져 있다. 따라서 자동화 프로그램의 구현 결과는 적용결과와 정확도보다는 적용 실패 경우의 수로 판단할 수 있다. 실제로 본 연구에서 개발된 재계획 프로그램은 적용해 본 결과 적용실패는 1% 이내였다. 실패의 경우가 적은 것은 내업계획시 납기준수 범위를 납기대비 -5일과 +3일로 일반적으로 설정하여 계획을 하기 때문이다. 따라서 조립계획의 결과는 대부분 납기지연이 최대 3일 이내이다. 이런 정도의 납기지연은 외업의 버퍼와 공기단축에 의하여 충분히 해소 할 수 있다. 실패가 발생하는 경

있다. <그림 4.3>에서 외업의 일정은 이동, 단축 등의 편집이 가능하다. 재계획 실패의 경우는 이러한 편집기능을 이용하여 일정을 맞출 수 있다.

<그림 4.3>에서는 '4010 대형블록', '4030 대형블록' 등에 대한 재계획 결과를 관찰할 수 있다. '4010'의 경우 왼쪽부터 조립일정, 선행외장일정, 선행도장일정, 2차PE일정, 후행도장일정, 탐재일이 표시되어 있다. 그림에서 한 행은 일정이 같은 두개 블록의 일정표를 같이 보여주고 있다. 즉, 'S110P,S'는 'S110P'와 'S110S'의 일정이 같아 한 행으로 같이 표시되고 있다. 그림에서 표시하고 있는 선택번호는 '1128'인데 블록이 모두 162개이며 실패 없이 모두 재계획을 할 수 있었다.

5. 결 론

본 연구는 기존 일정계획(Master Production Schedule)에 해당하는 조선 중일정 계획을 대상으로 단계별 일정계획시 생길 수 있는 공정 중간의 납기지연 문제를 해결하는 재계획 방법에 대해 연구하였다.

조선공정은 내업, 외업, 도크공정의 순서로 작업이 진행되지만, 일정계획은 납기를 증시하여 역산일정계산(Backward Scheduling)방식으로 납기로부터 도크, 외업, 내업의 순서로 편성된다. 최종적으로 내업의 일정이 만들어지면 내업의 완료일이 외업계획후의 내업완료요구일과 다르게 되어 최초 계획대로의 공정진행이 불가능하게 된다. 이 경우 외업의 일정을 조정하여 이러한 차이를 해소하는 재계획을 진행하게 되며 본 연구에서는 이를 체계화하는 절차에 대한 연구를 진행하였다.

외업에서는 내업블록들이 여러 형태로 결합이 되는데 재계획시에는 이러한 결합관계를 적절히 고려하여 재계획을 해야 하며 본 연구에서는 공기를 이용하여 1차 선행탑재 그룹을 형성하는 방법을 제시하였다. 그룹이 적용되는 공정들은 일정조정이 동일하게 적용되도록 하여 블록별로 표시되는 일정의 정합성을 확보하도록 했다.

내업일정의 지연에 대처하는 방법으로 계획초에 설정되어 있는 버퍼일과 최초공기의 단축을 활용하는 방안을 제시하였다. 일정지연에 신속히 대처하기 위해서 내업에 가까운 버퍼일과 공정의 공기단축을 우선적으로 실시하도록 했다. 공기단축의 경우는 한 공정의 공기가 지나치게 단축되는 것을 방지하기 위해서 전공정의 공기가 순차적으로 1일씩 단축되도록 했다.

재계획 작업의 자동화를 위하여 본 연구에서는 객체지향적인 접근 방식을 사용하여 재계획 프로그램을 개발하였다. 재계획 프로그램은 재계획 대상이 되는 전체블록에 대해 일괄 적용하는 기능과 함께 GUI를 이용하여 일정을 편집하게 하는 기능을 동시에 제공하도록 했다. 편집기능은 내업납기 지연이 심각하게 일어나서 본 연구의 규칙에 의해 재계획이 불가능할 경우 이에 대해 사용자가 개입하여 수정을 하도록 하기 위해서 제공된다. 그러나 납기지연에 의한 재계획 실패는 정규 일정계획과정에서는 발생하지 않으며 내업공장의 능력제약이 심각하여 과도한 납기지연이 발생한 경우에 국한된다.

현업에서 사용하는 기존의 재계획 절차는 표준화되어 있지 못하고 전문가의 판단과 제량에 의해 이루어져왔다. 따라서 재계획에 많은 시간이 소요되고 작업 실수 등에 의해 그 품질이 낮은 실정이었다. 본 연구를 통해 개발된 재계획 프로그램은 표준적인 규칙과 자료를 이용하여 자동으로 재계획을 실시할 수 있

게 하여 재계획 과정의 생산성과 질을 확보할 수 있었다.

본 연구에서는 재계획의 또 다른 방법일 수 있는 탑재일 이동은 다루어지지 않았다. 이론적으로 도크작업은 PERT/CPM 네트워크의 형태로 작업이 진행되기 때문에 탑재와 탑재간에 여유(Slack)가 존재한다. 이러한 여유를 이용하여 탑재일의 조정여지까지를 고려하여 재계획을 실시한다면 재계획절차는 더욱 완벽해질 수 있다. 그러나 본 연구에서는 탑재일 이동을 고려하지 않고도 재계획을 만족한 수준으로 처리할 수 있었고, 또한 탑재일 이동시에는 네트워크의 여유이외에도 도크의 사정 등을 추가로 고려해야 하는 어려움이 따라 이를 포함하지 않았다. 이는 향후 연구과제로 남겨둔다.

【참 고 문 헌】

- [1] 박주철, 옥철영, 이태억, 정동수, 이강렬, "조선기본계획수립시스템의 개발," 산업공학, 8권2호, PP.65-75, 1995.7.
- [2] 박주철 외, 선각일정계획 최적화 시스템 개발 최종보고서, 울산대학교 생산성 연구소, 1997.6.
- [3] 조규갑, 류광렬, 최형림, 오정수, 이명규, 윤성태, 정동수, "선각 블록 조립을 위한 통합화된 공정계획과 일정계획 시스템," 대한산업공학회/한국경영공학회 '98춘계공동학술대회, 1998.4.



박주철(朴柱哲)

1981년 서울대 산업공학과 학사
 1983년 한국과학기술원 산업공학과 석사
 1990년 한국과학기술원 산업공학과 박사
 현 재 울산대학교 산업공학과 교수
 관심분야 경제성공학, 생산정보시스템



황하룡(黃河龍)

1981년 동의공전 공업경영학과 학사
 현 재 현대중공업(주) 조선사업기획부
 관심분야 생산관리시스템