

제약 만족 기법을 이용한 기관의장과 선행도장의 일정계획

Outfitting and Painting Scheduling for Shipbuilding Using Constraint Satisfaction

김기동· 이보현*
Kim, Ki-Dong Lee, Bo-Hun

Abstract

Scheduling for shipbuilding processes has many alternative solutions since it has long time horizon and handles many jobs. In this paper, an shipbuilding scheduling system for outfitting and painting is presented based on constraint satisfaction techniques(CST). We provide a field based model and an efficient solution methodology by using ILOG Scheduler and Solver. ILOG Solver support extensive optimization goals easily. We do verify the improvement and efficiency of the schedule generated by the scheduling system presented in this paper.

키워드 : 조선, 의장, 도장, ILOG, 제약만족기법
Keywords : shipbuilding, outfit, paint, ILOG, CST

1. 서론

국내 7개 조선소가 2005년 세계 총 수주 잔량의 30% 이상을 차지하며 세계 10대 조선소 명단에 올랐다. 특히 국내 조선소가 5위까지의 순위를 모두 차지해 한국 조선산업의 위상이 크게 높아졌다[5].

조선산업은 시스템 공학기술 및 다양한 건조 공정의 기능 인력확보가 필수적인 노동 집약적 산업이며 전방 산업(해운업)을 포함한 후방 산업(기계, 철강, 전기, 전자 등)과도 높은 산업연관효과를 가지고 있어 생산 파급 효과가 크다[7].

선박의 건조 공정은 복잡하고 장기간이 소요되므로 이익 극대화를 위해서는, 공기 단축을 통한 매출 증대, 주어진 생산 자원(인력, 설비 등)의 효율적인 이용을 통한 생산비 절감이 필수적인 사안이다. 다시 말하면, 효율적인 자원의 이용으로 선박의 건조 공기를 줄임으로써 조선 산업에서의 이익 극대화를 도모할 수 있고 이는 효과적인 생산 계획과 관리를 통해 얻을 수 있다.

* 강원대학교 산업공학과 교수, 공학박사
** 강원대학교 대학원 산업공학과 석사과정

조선 일정계획은 크게 대일정계획, 중일정계획, 소일정계획으로 나눌 수 있는데, 중일정계획은 내업과 외업의 특성에 따라 선행중일정, 선내중일정, 내업중일정, 선설중일정 등으로 구분되고, 소일정계획은 각 작업장에 따라 가공 소일정, 조립 소일정, 기관의장, 도장 소일정, 선행탑재 소일정, 탑재 소일정으로 구분된다.

일정계획 수립과정은 가장 중요한 자원인 도크와 PE(Pre Erection)장 일정계획을 우선 수립한 후 이의 결과를 바탕으로 도장과 의장에 관련된 일정들이 수립된다.

박주철외[3]는 기존 일정계획에 해당하는 조선 중일정계획을 대상으로 단계별 일정계획 시 생길 수 있는 공정 중간의 남기지연 문제를 해결하는 계층적 방법에 대해 연구하였다.

정귀훈외[4]는 블록 도장공정의 부하균형과 공간 일정계획을 위한 사전모의실험 알고리즘, 블록스케줄링 알고리즘, 블록배치 알고리즘, 블록할당 알고리즘을 제시하였다.

최동희외[6]는 블록 도장 공정을 대상으로 우천일수, 산업일수, 작업장 물량처리능력, 사용 작업장의 수를 고려한 장기 운영 방안 수립 절차에 관한

여 연구하였다.

류지성외[2]는 탑재 네트워크에서 제약조건 만족 하에서의 최대 부하감소를 통한 부하평준화 알고리즘을 제시하였다.

김기동외[1]는 제약 만족 기법과 ILOG를 이용하여 실제 탑재 일정과 관련된 업무 규칙 및 제약을 고려하여 모형화하고 풀이 결과를 실제 계획과 비교하였다.

본 연구에서는 국내 대우조선소의 실제 업무규칙을 고려하여 선행중일정계획 중 '기관의장과 선행도장의 최적 일정계획 수립'문제를 대상으로, 일정계획 수립을 위한 범용 Software인 ILOG Solver/Scheduler를 이용하여 문제를 모델링 하였다. 이러한 모델링을 바탕으로 현장에서 사용되고 있는 기존 일정계획 수립 방법론과의 성능 비교를 수행하였다.

2.기관의장과 선행도장 프로세스

2.1 개요

기관의장은 도장 전에 블록에 필요한 파이프 등을 설치하는 작업으로써 도크에서의 일정단축을 위하여 가능한 선택작업은 모두 하는 것을 말하며, 선행도장은 전용 도장작업장에서 수행되는 Blasting과 Spray 작업을 말한다.

기관의장과 선행도장의 일정계획은 탑재 일정계획과 PE 일정계획이 수립된 이후에 수행되는 것으로, '초기계획'과 '확정계획'으로 구분된다. '초기계획'이란 조립완료일이 결정되지 않은 상태에서 초기 조립완료일을 결정하기 위하여 수행하는 일정계획이며, '확정계획'은 내업중일정계획 결과에 의해 확정된 조립완료일을기관의장과 선행도장의 계획에 반영하여 확정하는 단계이다. 일반적으로 초기계획은 Backward 방식으로 계획을 수립하며, 확정계획은 Forward 방식으로 계획을 수립한다.

2.2 선행도장 일정계획

선행도장 작업은 도장 Cell 내에서의 Blasting 작업, 소지(=청소) 작업, 도장 Cell 밖에서의 Spray 작업으로 이루어지며, 이러한 작업에 소요되는 공기를 순수 도장공기라고 한다. 순수 도장공기의 첫날(=착수일)에는 Blasting/소지 작업이 실시되며, 순수 도장공기의 나머지 공기 동안에는 Spray작업이 이루어진다. 이에 비하여, 전체 도장공기란 순수 도장공기 뿐만 아니라 도장에 종속되는 모든 작업을 포함하는 공기로서, 발판설치, Blasting/소지, Spray, t-stage의장, 발판해체, 보수도장, Dry 작업 등이 포함된다. 선행도장에서의 주요 자원은 도장 Cell로써, 전체 도장 Cell에서의 일일 Blasting/소지 착수개수(이하, 일소지착수개수)와 일일 Blasting/소지 면적(이하, 일소지면적)이 주요 제약이 된다[1].

2.2.1 선행도장 초기계획

선행도장 초기계획이란, 탑재/PE 일정계획 완료 후 선행도장의 일정계획을 최초로 수립하는 과정이다. 이 경우에는 탑재/PE 착수일(=후공정 작업착수일) 제약만이 존재하고 선공정 작업완료일 제약이 없는 상태이다. 부하균형화(또는 일허용 Capa 즉, 일소지착수개수와 일소지면적 제약 만족) 목적을 달성하기 위해서 필요한 경우 선행도장 공정(중속공정 포함)과 후공정 작업착수일 사이에 여유일을 추가하게 된다(단, 여유일의 초기값 = 1이며, 확정계획 수립 시 초기 여유일을 써버리는 것이 가능하다. 즉, 여유일 = 0이 가능).

2.2.2 선행도장 확정계획

선행도장 확정계획은 조립완료일이 확정되고기관의장 완료일이 확정된 이후에 탑재/PE 착수일 제약 하에서(즉, 정해진 여유일 한도 내에서) 도장

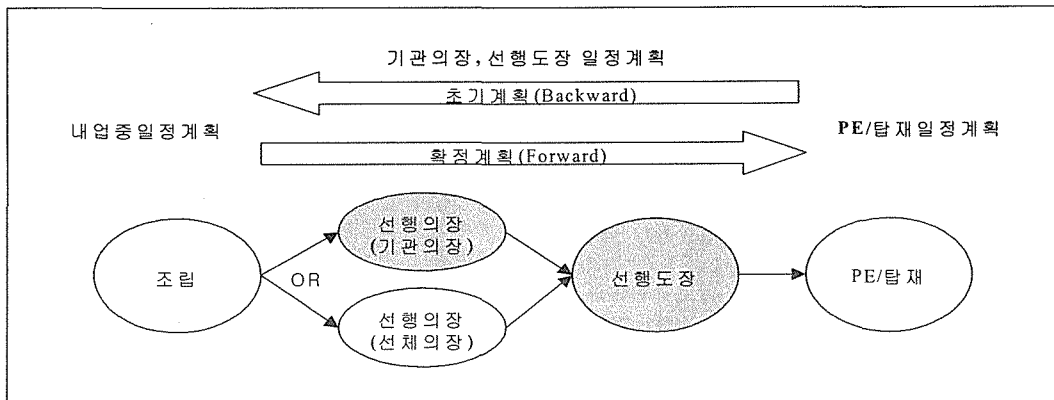


그림 1기관의장과 선행도장의 일정계획 프로세스

의 일허용 Capa, 즉, 일소지착수개수와 일소지면적 제약을 만족하는 도장 착수/완료 계획을 수립하는 것이다.

2.3 기관의장 일정계획

2.3.1 기관의장 초기계획

기관의장 초기계획이란, 선행도장 초기계획 완료 후에 기관의장의 일정계획을 최초로 수립하는 과정이다. 이 경우에는 도장착수일(=후공정 작업착수일) 제약만이 존재하고 조립완료일(=선공정 작업완료일) 제약이 없는 상태이다. 부하균형화(또는 일정반 Capa) 목적을 달성하기 위해서 필요한 경우 기관의장과 선행도장 공정 사이에 여유일을 추가하게 된다(단, 여유일의 초기값 = 1이며, 확정계획 수립 시 초기 여유일을 써버리는 것이 가능하다. 즉, 여유일 = 0이 가능).

2.3.2 기관의장 확정계획

기관의장 확정계획은 조립완료일이 확정된 이후에 탑재/PE착수일 제약 하에서(즉, 정해진 여유일 한도 내에서) 기관의장의 일정반 Capa를 만족하는 기관의장 착수/완료 계획을 수립하는 것이다. 여유일은 초기계획에서 정해진 도장과 기관의장 여유일의 총 합에 기초하며, 이 여유일에는 1일의 초기 여유일도 포함된다. 조립완료일이 초기계획 대비 변경된 정도에 따라 여유일이 조정되며, 기관의장 확정계획에서 사용된다.

3. ILOG를 이용한 최적 일정계획 모델링

ILOG를 이용하여 일정계획을 수립하는 경우, 객체 지향 개념을 바탕으로 대상 문제를 파악하고 이들 간의 관계를 설정한다. 본 절에서는, 현장 업

무 프로세스 분석 결과 도출된 주요 자원과 activity를 설명하고 이들 간의 관계를 설명한다.

3.1 기관의장과 선행도장의 초기 일정계획 모델링

3.1.1 선행도장 초기 일정계획 모델링

본 모델링에서는, 선행 도장에서 이용하는 주요 자원을 도장 Cell, Blasting 면적과 도장 인력으로 간주한다. 도장 Cell과 Blasting 면적을 이용하는 작업은 Blasting/소지 작업이고, 도장 인력을 이용하는 작업은 Blasting/소지 작업과 Spray작업이다. 이외의 다른 작업들은 시간이라는 자원의 다른 자원을 이용하지는 않는다.

(1) activity와 선·후행 관계

선행도장과 관련된 activity를 <그림 2>에서와 같이 BALP, BLAST, PAINT, RPNT의 네 가지로 구분했으며 이들은 각각 발판설치, Blasting/소지, 순수도장, 도장 후 작업을 나타낸다. 도장 후 작업에는 t-stage 의장, 발판해체, 보수도장, Dry작업이 포함된다.

도장 작업 후 due date까지의 여유일을 최소 1일 만큼 확보해야하며 이를 표현하기 위해 dummy activity인 APNTS activity를 추가했다.

각 sub activity의 선·후행 관계는 선행 activity가 끝나는 바로 다음날 후행 activity가 시작하는 startsAtEnd 관계이다.

(2) due date 제약

APNTS activity는 탑재일 까지 끝나야하며, ILOG에서는 이를 endsAt 관계로 표현한다.

(3) 일정 setting

도장 대상 블록 중에는 PE후 도장 cell로 입고되는 블록들이 있다. 이 들 블록들은 도장 일정이 결정되어 있는 것으로 간주하는데, 일정 수립 전에 해당 sub activity들의 시작일을 미리 결정한다.

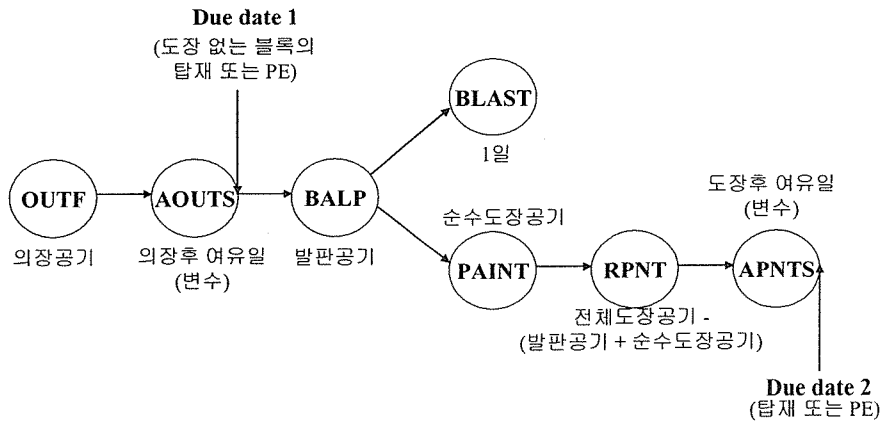


그림 2 기관의장·선행도장 초기 종합 일정계획 sub activity 분해도

(4) resource 제약

선행 도장과 관련된 자원인 도장 Cell, Blasting 면적, 도장 인력은 discrete resource로 모델링했다. 각 자원의 용량은 1일 가용량으로 했으며, 그 값은 초기 문제 형성시 결정할 수 있도록 했다. 각 activity중 BLAST activity는 도장 Cell 자원을 1 이용하고, Blasting 면적 자원을 각 블록의 blasting area만큼 이용한다. PAINT activity는 도장 인력이라는 자원을 각 블록의 도장시수/순수도장공기 만큼 매일 이용한다.

(5) 목적함수

i) 여유일 최대의 최소화 :

모든 블록(일정 setting된 블록 제외)중 APNTS 기간이 가장 긴 값을 가능한 줄임

ii) 여유일 합 최소화 :

모든 블록(일정 setting된 블록 제외)의 APNTS 기간을 합한 값을 가능한 줄임

iii) 도장 cell 부하 평준화 :

일정 계획 time horizon내에서, 일별 도장 cell 이용 블록수의 최대값을 가능한 줄임

iv) blasting 면적 부하 평준화 :

일정 계획 time horizon내에서, 일별 blasting 면적의 최대값을 가능한 줄임

v) 도장 인력 부하 평준화 :

일정 계획 time horizon내에서, 일별 도장 인력 이용 최대값을 가능한 줄임

3.1.2 기관의장 초기 일정계획 모델링

(1) activity와 선·후행 관계

수행기간이 의장 공기 만큼이며 의장 cell에서 작업하는 sub activity를 OUTF로 표현하였다. 기관의장 작업 후 due date까지의 여유일이 최소 1일 만큼 확보되어야 하며, 이를 표현하기 위해 dummy activity인 AOUTS activity를 추가한다.

sub activity의 선·후행 관계는 startsAtEnd 관계이다.

(2) due date 제약

각 블록의 due date는 선행 도장 초기계획에서 결정된 도장 시작일 또는 PE장 입고일이 된다. 각 블록의 의장작업은 due date 전에 완료되어야 하므로 ILOG에서 endsAt 관계로 표현한다.

(3) resource 제약

OUTF activity는 기관의장 정반과 기관의장 인력이라는 자원을 사용하며 각 자원은 discrete resource로 정의한다.

(4) 목적함수

i) 여유일 최대의 최소화 :

모든 블록중 AOUTS 기간이 가장 긴 값을 가능한 줄임

ii) 여유일 합 최소화 :

모든 블록의 AOUTS 기간을 합한 값을 가능한

줄임

iii) 기관의장 정반 부하 평준화 :

일정 계획 time horizon내에서, 일별 기관의장 정반 이용수의 최대값을 가능한 줄임

iv) 기관의장 인력 부하 평준화 :

일정 계획 time horizon내에서, 일별 기관의장 인력 이용 최대값을 가능한 줄임

3.1.3 기관의장·선행도장 초기 종합 일정계획 모델링

(1) activity와 선·후행 관계

선행 도장과 기관의장 초기 일정계획에 사용된 모든 sub activity를 사용하여 선행 도장과 기관의장 초기 일정계획을 동시에 수립한다.

(2) due date 제약

도장 작업이 있는 블록은 각 블록별로 <그림 2>의 due date2 전에 완료되어야 하며, 도장 작업이 없이 기관의장 작업만 있는 블록은 due date1 까지 끝나야한다. 이들 모두는 ILOG에서 endsAt 관계로 표현한다.

(3) 일정 setting

선행도장 초기 일정계획과 동일하다.

(4) resource 제약

기관의장 초기 일정계획과 선행도장 초기 일정계획의 자원을 모두 사용한다.

(5) 목적 함수

i) 여유일 최대의 최소화 :

모든 블록(일정 setting된 블록 제외)중 APNTS, AOUTS 기간의 최대값을 가능한 줄임

ii) 여유일 합 최소화 :

모든 블록(일정 setting된 블록 제외)의 APNTS, AOUTS 기간을 합한 값을 가능한 줄임

위의 두 가지 목적 함수 외에도 기관의장 초기 계획과 선행도장 초기계획에서 사용된 목적함수를 모두 사용할 수 있다.

3.2 기관의장과 선행도장의 확정 일정계획 모델링

확정 일정 계획의 경우 초기 일정계획과 다른 점은 시작일에 대한 제약이 추가된다는 점이다. 즉 확정 일정계획은 시작일과 완료일에 대한 제약이 주어진 상태에서의 일정 수립 문제가 된다.

3.2.1 기관의장 확정 일정계획 모델링

기관의장 확정 일정계획의 경우, 각 블록별로 조립 완료일이 결정되어있는 상태이다. 따라서 확정 일정계획은 조립 완료일을 기관 의장 시작 가능일로 하여 의장 작업 시작일을 결정하는 문제이다.

(1) activity와 선·후행 관계

기관의장 확정 일정계획은 조립 완료일 이후부터 의장 시작일까지의 여유일을 줄이는 방향으로 일정을 수립한다. 이를 표현하기 위해 기관의장 작

계약 만족 기법을 이용한 기관의장과 선행도장의 일정계획

업을 나타내는 OUTF라는 activity를 생성하고 OUTF와 조립완료일 사이에 dummy activity인 BOUTS activity를 추가한다. BOUT activity의 수행 기간은 0일에서 time horizon까지 갖는 변수이다. sub activity의 선·후행 관계는 startsAtEnd 관계이다.

(2) 시작일 제약

기관 의장 확정계획에서는 기관의장의 시작 가능 일을 조립완료일 이후 1일 부터로 간주한다. 즉 BOUTS activity는 조립완료일 + 1일부터 수행이 가능하다. '기관 의장 확정계획을 수립하는 시점에서 조립 완료일에 대한 조정이 가능하다'는 가정으로 인해 조립 완료일 조정 가능일을 문제 정의 부에서 결정할 수 있도록 하였다. 이는 ILOG에서 startsAt(ready time)관계로 표현된다.

(3) due date 제약

기관의장 확정계획 수립 시 후 공정인 도장 작업의 착수일, 즉 의장 완료일에 대한 명시적 제약은 없는 상태이다. 그러나 의장 후 도장 작업이 있는 경우, 도장 완료일에 대한 제약은 있으며 도장 완료일에서 도장공기를 뺀 날을 의장의 due date로 정한다. 이 경우에는 OUTF activity는 due date전에 끝나야 한다. 또한 도장 작업이 없는 블록의 경우 PE장 입고일에 대한 제약이 있는데 이 경우에 대해서는 PE장 입고일을 due date로 한다. 이 경우에는 OUTF activity는 PE장 입고일 전에 끝나야 한다. 이는 ILOG에서 endsBefore(due date)관계로 표현된다.

(4) 일정 setting

기관의장 시작 가능일에서 due date까지의 작업 가능일이 공기보다 작은 경우는 작업의 시작 일정을 결정하며, 경우에 따라서는 공기를 조정한다.

기관의장 후 도장이 없는 블록의 경우는 due date를 의장 완료 후 PE장 입고일을 기준으로 의장 공기와 작업 가능일을 비교한다. 작업 가능일이 공기보다 작거나 같은 경우, 기관 의장 시작일을 기관 의장 시작 가능일(조립 완료일 다음날)로 setting하고 due date 제약은 주지 않으며, 공기 조정은 별도로 하지 않는다.

기관 의장 후 도장이 있는 블록의 경우는 도장 완료 후 PE장 입고일 또는 탑재일을 기준으로 의장 공기 + 도장 공기와 작업 가능일을 비교하여 각 경우에 대해 다음과 같이 일정 setting 및 공기 조정을 한다. 역시 due date 제약은 주지 않는다.

i) 하루가 겹칠 경우

발판 해체 공정이 있으면 탑재하는 날을 겹치고, 발판 해체는 없고 발판 설치만 있으면 의장 끝나는 날과 발판 설치일을 겹치게 하고, 발판 설치 및 해체 작업이 모두 없는 경우는 도장 공기를 하루 줄인다.

ii) 이를 이상 겹칠 경우

의장 끝나는 날 도장 공정의 처음과 겹치게 하고, 도장 끝나는 날 PE장 입고 또는 탑재와 겹치게 한다. 그리고 나머지 기간 즉 (작업 가능일 + 2 - 의장 공기)일을 도장 공기로 변경한다.

(5) resource 제약

기관 의장 초기계획 모델링의 경우와 동일하다.

(6)목적 함수

i) 여유일 최대의 최소화 :

모든 블록(일정 setting된 블록 제외)중 BOUTS 기간이 가장 긴 값을 가능한 줄임

ii) 여유일 합 최소화 :

모든 블록(일정 setting된 블록 제외)의 BOUTS 기간을 합한 값을 가능한 줄임

iii) 기관의장 정반 부하 평준화 :

일정 계획 time horizon내에서, 일별 기관의장 정반 이용 수의 최대값을 가능한 줄임

iv) 기관의장 인력 부하 평준화 :

일정 계획 time horizon내에서, 일별 기관의장 인력 이용 최대값을 가능한 줄임

3.2.2 선행도장 확정 일정계획 모델링

선행도장 확정 일정계획의 경우, 각 블록별로 의장 완료일이 결정되어있는 상태이다. 따라서 확정 일정계획은 의장 완료일을 선행도장 시작 가능일로 하여 도장 작업 시작일을 결정하는 문제이다.

(1) activity와 선·후행 관계

선행도장 초기계획과 마찬가지로, 도장 작업 관련 sub activity를 정의한다(단, dummy activity 제외). 선행도장 확정 일정계획 수립의 경우, 의장 완료일 이후부터 도장 시작일까지의 여유일을 줄이는 방향으로 일정을 수립한다. 이를 표현하기 위해 의장 완료일과 BALP activity사이를 표현하는 dummy activity인 AOUTS activity를 추가한다.

AOUTS activity의 수행 기간은 0일에서 일정계획 time horizon까지를 갖는 변수이다.

(2) 시작일 제약

선행도장 확정 계획은 기관의장 완료일에서 하루를 더한 날이 선행도장 시작 가능일이 된다. ILOG에서는 이를 startsAt으로 표현한다.

(3) due date 제약

각 블록의 도장 작업은 due date 전에 완료되어야 한다. ILOG에서는 endsBefore관계로 표현한다.

(4) 일정 setting

선행도장 확정 계획의 경우, 일정 setting이 필요한 블록은 두 종류이다. 그 중 하나는 PE후 도장 cell에 입고되는 블록들이며 이는 선행 도장 초기계획의 일정 setting과 동일하다. 다른 하나는 기관 의장, 도장의 전체 작업 공기가 작업 가능일(조립 완료일 + 1일부터 due date까지) 보다 작은 경우이며 이는 기관의장 확정 계획의 일정 setting과 동일하다.

- (5) resource 제약
선행도장 초기 계획의 경우와 동일하다.
- (6) 목적 함수
 - i) 여유일 최대의 최소화 :
모든 블록(일정 setting된 블록 제외)중 AOUTS 기간이 가장 긴 값을 가능한 줄임
 - ii) 여유일 합의 최소화 :
모든 블록(일정 setting된 블록 제외)의 AOUTS 기간을 합한 값을 가능한 줄임
 - iii) 도장 cell 부하 평준화 :
일정 계획 time horizon내에서, 일별 도장 cell 이용 블록 수의 최대값을 가능한 줄임
 - iv) blasting 면적 부하 평준화 :
일정 계획 time horizon내에서, 일별 blasting 면적의 최대값을 가능한 줄임
 - v) 도장 인력 부하 평준화 :
일정 계획 time horizon내에서, 일별 도장 인력 이용 최대값을 가능한 줄임

3.2.3 기관의장 · 선행도장 확정 종합계획 모델링

- (1) activity와 선 · 후행 관계
선행도장과 기관의장 확정 일정계획에 사용된 모든 sub activity를 이용하며 선행도장과 기관의장의 일정을 동시에 수립한다.
- (2) 시작일 제약
기관의장 확정계획의 경우와 동일하다. 의장 없이 도장 Cell로 입고되는 블록들의 경우는 일정 setting 대상 블록이므로 시작일 제약이 무의미하다.
- (3) due date 제약
도장 없이 기관의장만 있는 경우는 기관의장 확정계획의 경우와 동일하고, 의장 및 도장이 모두 있는 경우는 선행도장 확정계획의 경우와 동일하다.

- (4) 일정 setting
기관의장 확정계획 및 선행도장 확정계획의 경우와 동일하다.
- (5) resource 제약
종합 초기계획의 경우와 동일하다.
- (6) 목적 함수
 - i) 여유일 최대의 최소화 :
모든 블록(일정 setting된 블록 제외)중 BOUTS, AOUTS 기간의 최대값을 가능한 줄임
 - ii) 여유일 합의 최소화 :
모든 블록(일정 setting된 블록 제외)의 BOUTS, AOUTS 기간을 합한 값을 가능한 줄임
(위의 두 가지 목적 함수 외에도 기관의장과 선행도장 확정계획에 사용된 모든 목적함수를 사용할 수 있다.)

3.3 기관의장과 선행도장의 초기 및 확정 재일정계획 모델링

재일정계획은 기관의장과 선행도장 일정계획을 수립한 후, 특정 블록에 대해서는 기존의 일정을 유지하고, 나머지 블록에 대한 일정을 재수립하는 것을 뜻한다. 재일정 수립 대상블록의 선정은 사용자가 설정한 재일정기간에 포함되는 블록들이다. 재일정 수립의 경우, 일정 조정대상이 되는 블록들의 일정 조정 가능 방향에 따라 세 가지 경우로 나눌 수 있다. 일정 조정 대상 블록의 일정 조정 방향이 기존 스케줄에 의한 일정 이후로만 가능한 forward, 기존 스케줄에 의한 일정 이전으로만 가능한 backward, 양방향으로 가능한 경우인 both의 세 가지 경우이다.

3.3.1 Forward 방향만 가능한 경우의 모델링

재일정 forward인 경우 시작일 제약이 추가된다. 도장의 경우는 Blasting 시작일에 대해 기존 일정 이후로 제약이 추가되고, 의장의 경우는 의장 시작일에 대해 기존 일정 이후로 제약이 추가된다.

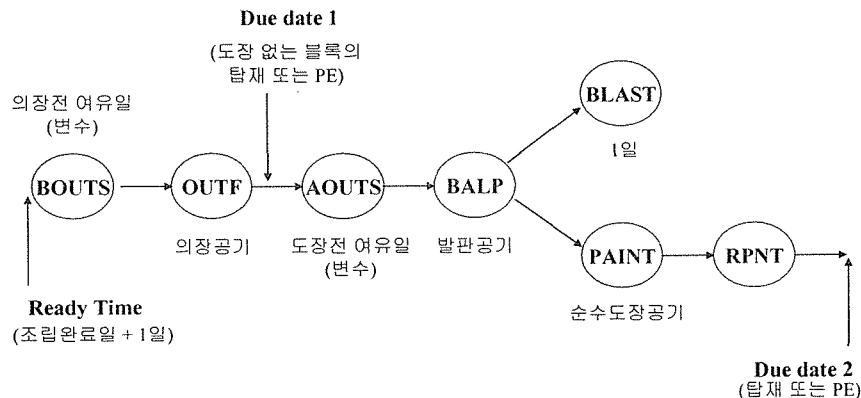


그림 3 기관의장 · 선행도장 확정 종합계획 sub activity 분해도

표 1 실험에 사용된 제약 조건들의 값과 기존 일정계획 결과의 최대치

	실험 조건	기존 일정계획 실험 결과의 최대치
도장 일소지 개수	21	26
도장 일소지면적	45000	58728
도장 가용시수	$271*8*115\%(=2493.2)$	2641
기관의장 일정반 개수	22	28
기관의장 가용시수	$124*8*125\%(=1240.0)$	1029
조립 완료일 조정 일수	0	
기관의장 공기단축 허용비율	4배수	

3.3.2 Backward 방향만 가능한 경우의 모델링

제일정 backward인 경우 due date 제약이 추가된다. 도장의 경우는 Blasting 완료일에 대해 기존 일정 이전으로 제약이 추가되고, 의장의 경우는 의장 완료일 이전으로 제약이 추가된다.

3.3.3 양방향 모두 가능한 경우의 모델링

제일정 both인 경우 추가 제약은 없다.

4. ILOG를 이용한 모델 실행 결과

기존 일정계획 시스템과 본 논문에서 구현된 시스템의 성능 평가를 위해, 실제 현장 데이터를 이용하여 일정계획을 수립하는 실험을 수행하였다. 자원 부하의 균등화를 성능 비교를 위한 척도로 삼았으며, 일정계획 실험에서는 총 20척의 호선을

대상으로 실험하였다.

기관의장과 선행도장을 통합한 통합 확정 계획의 최적해 찾기는 [표 1]의 제약조건을 사용하였으며,기관의장 일정반 개수 평준화와 도장 일소지 개수 평준화를 목적으로 하였다. 각각의 목적에 대한 실험결과를 아래에서 설명한다.

4.1기관의장 일정반 개수 평준화

기관의장 일정반 개수 평준화를 목적으로 하여 최적해를 구한 시간은 2683.27초 (44.7분)이었고, 최적 일정반 개수는 18개였다. <그림 4>는 기존 일정계획 결과와 비교한 것이다.

4.2도장 일소지 개수 평준화

도장 일소지 개수 평준화를 목적으로 하여 최적해를 구한 결과 110분이 경과할 때까지 계속 해를 개선시키고 있었으며, 그때까지 구한 최선해의 도

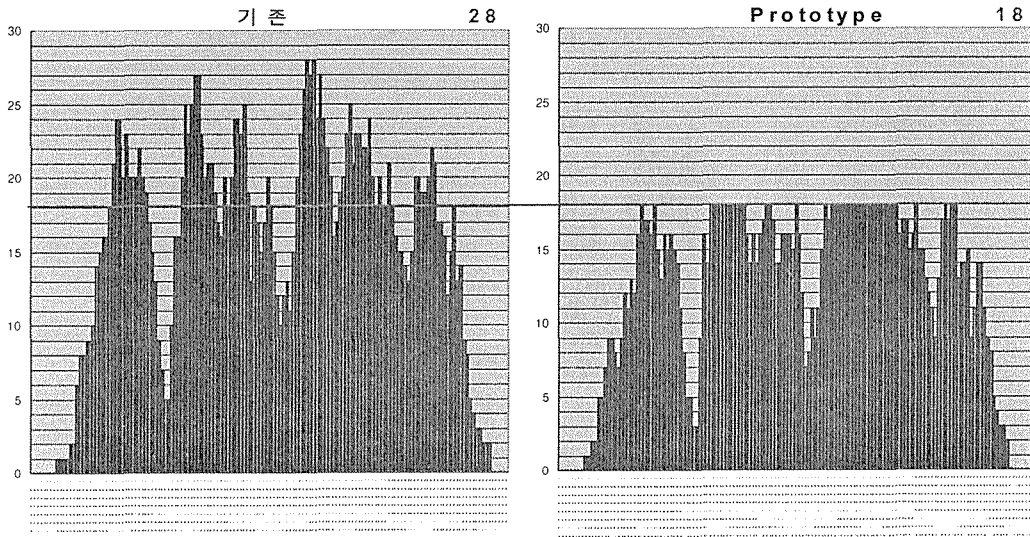


그림 4 일정반 개수 평준화

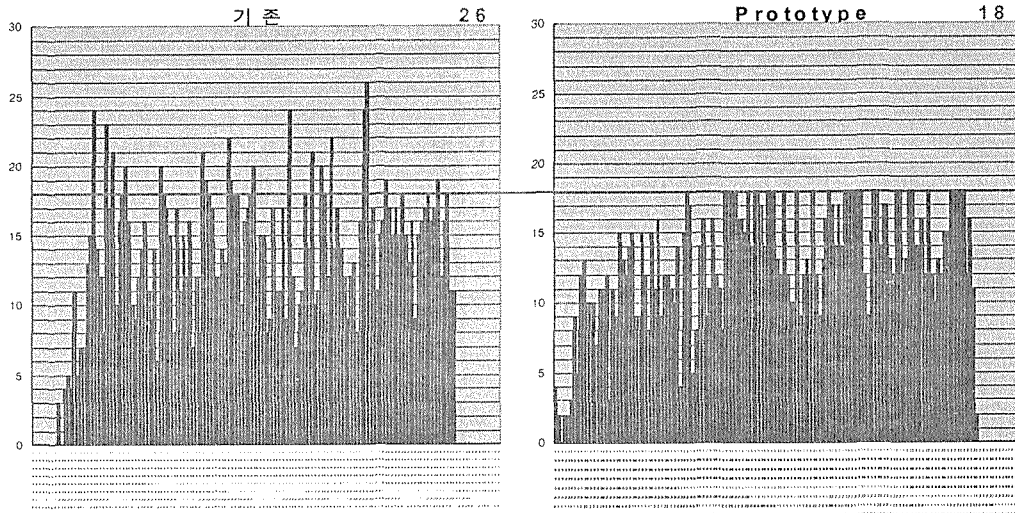


그림 5 도장 일소지 개수 평준화

장 일소지 소요 개수는 18이었다.

<그림 5>는 기존 일정계획 결과와 비교한 것이다.

5. 결론 및 추후 연구과제

조선산업은 세계가 단일 시장으로써 국가간, 기업간의 경쟁이 치열한 가운데 국내의 조선소들은 대체로 일본에 비해 생산성 향상의 여지가 많이 있는 것으로 평가되고 있으며 특히 기관 및 의장 부문의 개선의 여지가 많다[7].

본 논문에서 개발된 시스템은 선행도장 Cell 개수 및 소지면적, 기관의장 정반 개수 등 다양한 제약조건을 동시에 고려한 What-if 일정계획 수립 기능을 제공할 뿐만 아니라 인적·물적 자원 부하의 평준화, 후행공정과의 여유일 최대화 등의 다양한 최적화 기능도 함께 제공한다. 또한 기관의장과 선행도장 일정계획에 대한 통합 최적화 기능을 제공함으로써 차세대 시스템의 효용성과 차별성을 구체화하였다. 실제 데이터를 이용한 실험결과, 풀이시간과 최적해 측면 모두에서 비교적 만족할 만한 결과를 보여주었다.

개발된 시스템은 풀이 시간을 줄이기 위한 다양한 방법론의 적용과 보다 정교한 현장 업무 규칙의 반영을 위해 추가적인 모형화 작업을 수행할 예정이다.

참고문헌

[1] 김기동, 이상복, 한형상. "자원 제약을 고려한

조선산업에서의 탑재 일정계획에 관한 연구", *IE Interfaces*, 제14권, 제3호, pp.218-226, 2001.

[2] 류지성, 김홍태, 박진형, 이병로, 신종계, "계약만족기법 기반의 최대부하감소를 통한 탑재네트워크의 부하평준화", *대한조선학회 논문집*, 제41권, 제5호, pp.55-62, 2004.

[3] 박주철, 황하룡, "조선 기준일정계획을 위한 재계획 절차의 개발", *산업공학회*, 제11권, 제3호, pp.129-141, 1998.

[4] 정귀훈, 백태현, 민상규, 김형식, 박주철, 조규갑, 박창규, "조선공업에서의 공간일정계획 시스템 개발 및 응용", *IE Interfaces*, 제14권, 제4호, pp.394-402, 2001.

[5] 조영신, "한국 조선소 세계 톱10 휩쓸다", *파이낸셜뉴스*, 2005.

[6] 최동희, 박주철, "조선 도장 공장 운영 방안 수립에 관한 연구", *한국경영과학회 추계학술대회 논문집*, pp.286-289, 2001.

[7] 홍성인, "조선산업의 경쟁요소별 분석 및 대응전략", *산업연구원*, 2003.

[8] ILOG, *ILOG Scheduler 5.3 User Manual*.

[9] ILOG, *ILOG Solver 5.3 User Manual*.