

# 시물레이션을 이용한 기관차 용선수송 작업 능력향상 방안에 관한 연구

김 중한\*, 김영호\*, 박 진우\*  
(\*서울대학교 산업공학과)

## A Study on the Efficiency Improvement of Railway Transportation in Melton Pig Iron using Simulation

J. H. Kim\*, Y. H. Kim\*, J. W. Park\*  
(\*Seoul National University)

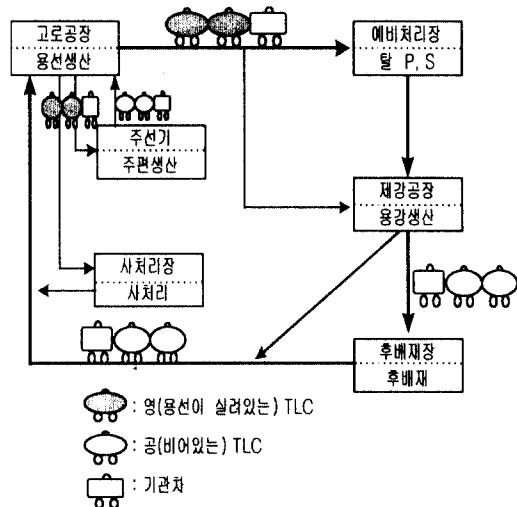
본 연구에서는 광양제철소에서 철광석과 코크스를 이용하여 용선을 생산하는 고로공장과 이러한 용선을 용강으로 변화시키는 제강공장지역을 운행하는 기관차 및 TLC(Torpedo Ladle Car)의 용선 수송작업을 분석하여 기관차 및 TLC의 적정댓수를 산정하고, 운행 패턴의 변화에 따른 대안들을 검토하였다. 시물레이션은 AUTOMOD II를 이용하여 수행하였으며, 시물레이션에 이용되는 관련 기준 및 운행 패턴을 수집하여 확정하고, 실적치의 분포를 추정하였다. 시물레이션의 결과는 현장 전문가들의 이해를 높이기 위하여 Animation을 통하여 가시화하였다.

### 1. 연구배경

광양제철소 구내 철도수송 중에서 용선수송과 관련된 공장으로는 철광석 및 코크스 등을 이용하여 용선을 생산하는 4개의 고로공장, 용선을 용강으로 만드는 4개의 예비처리 공장과 2개의 제강공장, 제강공장의 고장, 정기수리시 용선을 주편으로 생산하는 주선기장과 사처리장, 그리고 용선을 실어나르는 TLC(Torpedo Ladle Car)

내부의 용선 찌꺼기를 청소하는 3개의 후배재장이 있다. 그리고 용선수송의 개념적인 Route는 <그림 1-1>과 같다.

광양제철소 용선수송에 사용된 기관차 및 TLC의 회전율은 각각 4.86, 2.38로 나타났다. 그리고 용선수송의 Cycle Time에 의한 소요시간의 비율에 의하면, 고로-제강공장을 운행할 경우 전체 Cycle Time 에서 영차중 고로 대기가 38.4%, 공차중 차량 연결 및 운행 대기가 2.1%로 대기시간이 과



<그림 1-1> 용선수송의 개념적인 Route

다하게 발생하고 있다. 그러나 이러한 대기시간의 내역과 특성에 대한 분석이 미비한 실정이며, 이러한 상황하에서 용선수송을 위한 적정 기관차 및 TLC의 댓수를 수리적 모형을 이용하여 정확하게 산정한다는 것은 현실적으로 매우어렵다. 따라서 용선수송 작업에 필요한 기관차 및 TLC의 댓수는

작업능률을 향상시키기 위해서 대기시간 및 운행 패턴을 분석하고 이를 근거로 판단하여야 할 것으로 생각된다.

연구의 범위는 고로-제강공장 사이의 용선 수송작업으로하며, 기관차 및 TLC 댓수의 변화에 따라 AUTOMOD II를 통해 운행 패턴에 따른 시물레이션의 Animation 후 운행 패턴에 의한 기관차 및 TLC 댓수, Cycle Time 집계 및 분석하고자 한다.

본 연구의 구성은 제2장에서 용선수송작업 패턴을 설명하고, 3장에서는 시물레이션 모형 및 운행 경로 탐색 알고리즘에 설명하고, 4장에서는 대안분석, 그리고 제5장에서 결론을 제시하고자 한다.

## 2. 용선수송 작업 패턴

### 2.1 고로공장

후배재나 제강공장에서 선정된 고로공장으로 운행, 도착한 TLC는 선정된 고로의 작업상황에 따라 차입 Berth에 차입되거나, 도착 Track에서 대기하여야 한다. 차입 Berth는 고로지역에서 인출과 차입이 발생하는 곳으로서 고로별로 8개의 장소가 있다. 고로작업 패턴은 인출과 차입이 각각 발생하기도 하고, 동시에 발생하기도 한다. 기관차 선정은 고로에서 영 TLC 1또는 2량이 발생하였을 때, 작업패턴은 상황에 따라 다양하다.

### 2.2 예비처리장

1,2 예비처리의 작업방법은 TLC 1량씩 작업하고 4예비처리는 TLC 2량 동시작업한다. 예비처리장에서의 예비처리작업이 종료하게 되면 예비처리가 끝난 TLC 2량을 제강으로 운반하는 기관차는 가장 편리한 기관차(예비처리, 유치선, 후배재지역의 기관차)를 선정한다. 그리고 기관차 선정 후 행선지 결정방법은 1,2예비처리에서는 1제강의 차입 Berth가 비어 있으면 차입 Berth로 운행하여 차입시키고, 비어 있지 않으면 대기선으로 운행하여 제강 차입 Berth가 빌때까지 대기한다. 4예비처리에

서는 2제강으로 행선지를 결정하며, 1,2 예비처리에서와 마찬가지로 2제강의 차입 Berth의 상태에 따라 즉시 차입하거나 대기한다.

### 2.3 제강공장

1,2제강공장의 도착 Line은 각 2곳이 있으며, 예비처리 후 제강 차입 대기장소와 대기가능 기관차수는 1제강공장의 경우 기관차 3량(TLC 6대) 대기가 가능하다. 2제강공장은 기관차 2량(TLC 4대) 대기가 가능하다. 1,2 제강공장 TLC 차입 순서는 원칙적으로 예비처리 끝난 순서로 하나, 제강공장의 상황에 따라 변할 수 있다.

TLC 용선 불출 작업방법은 제강공장에 차입된 TLC로부터 불출작업이 일어나는 Pit에 위치한 수강 Ladle에 TLC로부터 260-265 Ton의 용선을 불출한다. 그리고 제강공장에 차입된 TLC가 1회 불출작업 후 TLC의 용선량이 30ton 미만이면 잔선인 상태(제강잔선)로 해당 TLC의 용선 불출작업을 완료한다. 그러나 30 Ton 이상이면 Pit 변경후 용선을 불출한다. 그리고 제강공장에서 TLC의 다음 행선지로는 고로공장과 후배재장만을 고려한다. 고로 선정시에는 고로의 긴급상황, 즉 차입가능한 TLC 없거나, 기관차 없는 상황이 아니면, 1제강-1,2고로, 2제강-3,4고로 운행을 원칙으로 한다. 후배재장 선정시는 1제강-1,3후배재, 2제강-2,3 후배재 운행을 원칙으로 한다.

### 2.4 후배재장

후배재 상태를 파악하는 시점은 제강작업이 완료된 직후에 한다. 해당 후배재가 비어 있는 경우에는 TLC를 해당 후배재에 바로 차입한후 기관차는 후배장에서 대기한다. 그리고, 해당 후배재가 작업중인 경우에는 대기장소를 검색하여 비어 있으면 대기장소에 대기하고, 그렇지 않은 경우에는 대기장소앞까지 운행한다. 후배재 작업을 위해 대기할 경우 대기장소는 제강에 따라 나누어진다.

후배재 작업 수행 방법은 1,2후배재장의 경우 제강작업을 완료한 2량의 TLC중 한 TLC만 공차

인 경우에는 해당 TLC를 후배재 작업한후 2량을 연결하여 고로로 출발한다. 두 TLC 모두가 공차인 경우에는 1량 작업후 나머지 1량을 차입하고, 고로가 긴급하면 작업이 완료된 TLC만 끌고 해당 고로로 출발하고, 긴급하지 경우에는 차입한 TLC의 작업완료후 고로로 출발한다. 3후배재의 경우는 동시에 2량 작업으로 후배재 작업을 완료한후 기본적으로는 2량을 끌고 고로로 운행한다.

### 2.5 주선기장

고로정수나 제강정수의 영향으로 인하여 영차가 26량 이상 발생하였을 경우 고로 영차 2량 또는 대기 영차 2량의 주선기 작업이 필요하게 된다. 주선기 차입은 2량의 TLC를 끌고 비어 있는 주선기장에 오른쪽 영차부터 차입한다. 그리고, 오른쪽 영차의 주선기 작업완료후 영차가 계속해서 발생하지 않고 26량으로 유지된다면, 왼쪽 영차는 주선작업을 않고 대기상태로 있다가 추후에 상태가 악화되면 주선작업을 다시 실시하고, 그렇지 않는 경우에는 예비처리 작업을 실시한다.

## 3. 시뮬레이션 모형개발

### 3.1 시뮬레이션의 가정

본 연구에서 용선수송작업의 시뮬레이션 모형에 적용한 가정은 다음과 같다.

- (1) 기관차의 속도는 10Km/Hour로 한다.
- (2) 설비의 돌발고장은 고려하지 않는다.
- (3) 고로잔선 TLC는 210 ton 미만이다.
- (4) 제강잔선 TLC는 30 ton 미만이다.
- (5) 고로의 TLC 총 수가 7량 미만 또는 기관차가 없으면 제강작업 후 후배재를 하지 않고 고로에 차입한다.
- (6) 영 TLC 26량 이상이면 주선기 작업을 한다.

### 3.2 DATA

시뮬레이션 수행시 입력되는 자료에는 의사결정 규칙, 발생하는 Event들 간의 소요시간 등이 있다. 의사결정 규칙은 타당성의 확보를 위해 기본설계

서와 담당자와의 협의를 통하여 결정하였다. 소요시간과 수선량 등에 관한 자료는 향후 결과의 타당성을 확보할 수 있도록 실적자료등을 토대로 일반화된 분포를 추정하였다. 실적자료의 분석은 3차에 걸쳐 수집자료의 통계분석과 현장 검증을 통하여 수행하였다.

현실사항을 시뮬레이션 기법을 이용하여 분석하고자 할때 가장 중요시 되는 문제중 하나가 입력 데이터를 얻어내는 방법이다. 입력 데이터를 얻는 방법중의 하나는 현실 데이터를 바로 이용하는 방법으로, 일단 많은 데이터를 수집한 후 이 값으로부터 샘플을 얻어낸다. 이와는 다른 방법으로 현실 데이터를 전형적인 분포함수에 Fitting하고 이 함수로부터 무작위 샘플을 얻는 방법이 있다.

본 모델에서는 현실 데이터로부터 잘못된 이상치를 배제한 후, 이로부터 전형적인 함수를 구하고, 이로부터 입력 데이터를 얻는 방법을 채택하였다.

### 3.3 운행경로 탐색 및 선정 알고리즘

진로설정은 기관차가 임의의 출발지에서 도착지까지 운행하고자 할 때 최적의 진로를 검색하여 운행경로에 대한 진로를 할당하는 것이다. 진로 검색 방법으로는 운행 형태를 사전에 Database에 등록하여 운행요구시마다 우선 순위가 높은 진로들로부터 하나씩 처리해가는 방법이 있으나, Database의 유지관리가 어렵고 또한 사전에 정의되거나, 등록되지 않은 운행형태를 처리할 수 없다는 단점이 있다. 따라서 본 모델에서는 진로 검색의 방법으로 어떠한 운행형태에 대해서도 출발지점과 도착지점만 주어진다면 최단의 진로설정을 할 수 있는 Dijkstra Algorithm을 사용하였다.

## 4. 대안분석

본 연구에서는 광양제철소 용선수송과 관련된 기관차 및 TLC의 적정갯수를 파악하기 위하여 현장전문가와 협의 후, 기관차 12대와 13대, TLC수는 50량, 52량, 54량, 그리고 1, 2예비처리 건넘선

설치 여부를 조합한 총 12가지를 비교대안으로 도출하였다.

분석은 기관차 및 TLC의 작업 실적, 기관차 긴급 현황, 기관차 이동 비율, 주요설비의 대기 기관차/TLC 수, 기관차/TLC Cycle Time에서 주요설비의 대기시간 및 비율 항목 등을 중심으로 분석하였다.

각각의 대안에 대하여 시뮬레이션을 수행한 결과, 우선 기관차 댓수가 12대인 모든 경우 작업개시 7일 이후에 고로의 용선불출 지원 기관차부재의 문제점이 발생하였다. 따라서 이러한 상황의 발생을 방지하기 위해서는 4예비처리의 기관차를 이용할 수 있는 방법을 강구하거나, 타고로에 있는 기관차를 사용할 수 있는 작업방법을 고려하여야 할 것으로 판단된다.

5. 결론

본 연구에서는 광양제철소 기관차 용선 수송작업의 분석을 위하여 시뮬레이션을 수행하였다. 본 연구에서는 (1) 기관차 댓수의 변화 (2) TLC 댓수의 변화 (3) 1,2 예비처리 사이의 건넘선 신설 등의 조건에 따라 12가지 대안을 설정하여 시뮬레이션을 수행하였다. 그리고 시뮬레이션의 결과로 산출된 모든 통계치들은 향후 설비의 신.증설, 이설 등 정책입안시 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

5. 참고문헌

[1] 포항종합제철(주), 광양4기 철도수송 PROCESS COMPUTER SYSTEM 기본설계서, 1991

[2] 포항종합제철(주), 공장SD시 최적 운행 PATTERN 개발, 1993

[3] AutoSimulations, AutoMod Manual, 1992

[4] A. Alan B. Pritsker and Claude Dennis Pegden, Introduction to Modeling and

Simulation, John Wiley & Sons, 1986

[5] Jeffrey Esakov and Tom Weiss, Data Structures : An Advanced Approach Using C. Prentice-Hall International Editions, 1989

[6] Ronald W. Wolff, Stochastic Modeling and the Theory of Queues, Prentice-Hall International Editions, 1989

[7] Rohatgi, An Introduction to Probability Theory and Mathematical Statistics, John Wiley & Sons, 1976