工學碩士 學位 請求論文

*Six-sigma*를 이용한 터미널 하역 생산성 제고를 위한 운영 시스템 개선

指導敎授 申 宰 榮

*2007*年 *11*月

韓國海洋大學校 大學院

物流시스템工學科

안 영 복

목 차

Abstract

제 *1* 장 서 론 ····· *1*

1.1 연구의 배경 및 목적 ····· 1
1.2 관련 문헌 연구 ····· 1
1.3 논문의 구성 ····· 4

제 *2* 장 *Six-sigma*의 소개 및 현재 *D*사 터미널 현황 ····· *5*

2.1 Six-sigma의 개념 및 개요 ····· 5
2.2 Six-sigma의 최근 동향 ····· 5
2.3 D사 컨테이너터미널의 정량적 현황 ····· 6
2.4 D사 컨테이너터미널의 운영시스템 구조 분석 ····· 9

제 *3* 장 터미널 하역 생산성 향상을 위한 운영시스템 개선 방향 ····· *12*

3.1 문제점에 대한 개선요소 도출 ····· 12
3.2 세부적인 작업과정 별 개선안 제시 ····· 14
3.3 구체적인 실행안 도출 ····· 17
3.3.1 외부 차량과 내부 차량의 작업구간 분리 ····· 17
3.3.2 양적하시 장치장 분산 운영 ····· 18
3.3.3 장비에 대한 작업지시 시스템 구축 ····· 19
3.3.4 야드 통제인력 배치 ····· 20

제 *4* 장 개선안 적용에 따른 결과 ····· *21*

4.1 개선안에 대한 시뮬레이션 분석 ····· 21
4.1.1 시뮬레이션 모형 ····· 21
4.1.2 기존시스템과 개선안 시스템에서의 시뮬레이션 분석 ····· 24
4.2 개선안 전체 적용에 따른 시스템 개선 결과 ····· 27

제 *5* 장 결론 및 추후연구 과제 ····· *30*

참고문헌 ····· 31

표 목 차

<표 2-1> 2005 / 2006년 동기대비 물량 추이 ····· 6

<표 2-2> D사의 2005년도 월별 하역현황 및 생산성 ····· 7

<표 3-1> 처리과정별 세부적인 작업 현황 ····· 12

<표 3-2> Y/T 작업의 시간 지연 잠재 인자 ····· 13

<표 3-3> 전체 프로세스 단계별 잠재인자에 대한 개선안 ····· 15

<표 3-4> Y/T의 단계별 세부 잠재인자에 대한 개선안 ····· 15

<표 4-1> 시뮬레이션 가정 ····· 21

<표 4-2> Gate에서 블록까지의 거리 ····· 22

<표 4-3> G/C에서 블록까지의 거리 ····· 22

<표 4-4> 기존 시스템에서의 각 작업 주기 시간 ····· 25

<표 4-5> 시뮬레이션 적용을 위한 블록 배정 Case ····· 25

<표 4-6> 기존 시스템과 개선안 적용 후 시스템의 T/C에서의 대기 시간 ····· 26

<표 4-7> 개선안 시스템에서의 시뮬레이션 결과 ····· 27

<표 4-8> 개선안 시스템의 결과와 기존 시스템의 결과의 차 ····· 27

그 림 목 차

<그림 2-1> D사의 GP 공정 능력 ····· 8

<그림 2-2> D사의 NP 공정 능력 ····· 8

<그림 2-3> 순작업시간 비율의 I 관리도 ····· 9

<그림 2-4> 프로세스별 소요시간 비율 ····· 10

<그림 2-5> 세부 프로세스별 소요시간 및 개선대상 … ····· 10

<그림 2-6> Y/T Cycle 및 차량시간의 구성요소 ····· 11

<그림 3-1> 변동계수(산포) 대 평균의 산점도 ····· 14

<그림 3-2> 현재 야드 블록 배치 ····· 17

<그림 3-3> 야드 블록의 개선안 배치 ····· 18

<그림 3-4> G/C당 1개의 블록에 장치장 할당 ····· 18

<그림 3-5> G/C당 복수 블록에 장치장 할당 ····· 19

<그림 4-1> 기존 시스템의 시뮬레이션 작업 순서도 ····· 23

<그림 4-2> 개선안 시스템의 시뮬레이션 작업 순서도 ····· 24

<그림 4-3> 개선안 적용 후 NP by 월의 I 관리도 ····· 28

<그림 4-4> 개선안 적용 후 순작업비율 by 월의 I 관리도 ····· 28

<그림 4-5> 개선안 적용 후 NP의 공정 능력 실측 분석 ····· 29

Improvement of Operation System for raising productivity of Terminals's stevedore using the Six-Sigma

Young-bok, An

Department of Logistics Engineering
Graduate School of Korea Maritime University

Abstract

Reforming operation system for improvement of unloading productivity by adopting six-sigma. Since shipping companies pursue lowering cost and maximizing customers' satisfaction, they regard reduction of operation hours as the main goal. At the same time, they strive to find a port aligned with the goal to maximize their profit. From this fact, container terminal operators make an effort to gain competitive advantages by pursuing both satisfying requirement of shipping companies and improvement of productivity. This paper draws a plan for reduction of ship berthing hours as one of methods for improvement of productivity at container terminal. The plan based on the six sigma method examines the problems that hinder the improvement of service rate by considering closely every single step as follow; identification of problem, adopting solution, analysis of results, reactive management. By referring to an example of D container terminal, this study identifies problems and provides solutions.

제 *1* 장 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근에 중국의 물동량이 급격히 증가하고 있고 이 물량을 처리하기 위하여 동북아시아의 항만도 나날이 커지고 성능이 향상되며 또 곳곳에 새로운 항만들이 속속 들어서고 있다. 이러한 상황에 우리나라는 3면에 바다를 끼고 있는 반도로써 각 항만들은 이러한 환경에 적극 대응하여 아시아의 급증하는 화물의 물량을 유치시킴으로써 많은 이익과 경쟁력을 가져야 한다.

다른 한편으로 화물을 운송하고 관리하는 선사는 비용 절감과 고객의 수요 충족, 서비스율 향상을 위해 컨테이너터미널에서 선박의 작업시간 감소를 중요하게 여기고 있고, 이러한 서비스와 조건에 부합하는 항만에 기항하여 이익극대화를 노리고 있다. 따라서 컨테이너터미널에서는 이러한 선사의 요구를 만족시키고 타 경쟁업체에서 우위에 서기 위해 선박의 처리 시간에 따른 생산성 향상에 많은 노력을 기울이고 있다.

하지만 경쟁력 있는 컨테이너터미널이 동북아시아 여러 지역에 많이 분포하고 있어 서로간의 경쟁을 불가피하다고 할 수 있다. 이러한 경쟁에서 이기기 위해서는 타 경쟁사보다 선사를 만족 시킬 수 있는 서비스와, 생산성, 시설등이 필요하다.

본 연구에서는 컨테이너터미널의 생산성을 향상 시킬 수 있는 방안 가운데 접안시간을 줄여주는 서비스를 제공하기 위한 전략을 설계해 본다. 전략은 Six-sigma 기법을 사용하여 서비스 향상을 저해하는 문제의 식별 단계에서부터, 문제에 대한 개선안을 제시하고, 개선안의 증명을 위한 시뮬레이션을 통한 검증과, 적용 후 결과 실측 자료의 분석을 해보았다.

실제 D사 컨테이너터미널을 대상으로 하여 문제점 도출과 개선안의 적용등의 실험을 해보았고, 본 논문에 사용된 데이터는 모두 D사 컨테이너터미널의 실제 데이터이자 현황을 대상으로 하였다.

1.2 관련 문헌 연구

본 논문에서 다루는 분야는 터미널 하역 생산성 제고를 위한 운영 시스템 개선에

관한 것으로, 관련 문헌 연구에 있어서 컨테이너터미널 운영작업에 관한 연구와 항만 서비스에 관한 연구로 나누어 살펴본다.

컨테이너터미널 운영작업에 관한 기존 연구들은 크게 터미널 전체에 관한 작업능력산정에 관한 연구와 세부 작업 개선에 관한 연구로 구분할 수 있는데, 터미널의 전반적인 작업능력산정에 관한 연구에 있어서, 류명욱(1998)은 컨테이너 터미널에서 이용되는 각각의 장비와 시스템 전체의 시간을 측정하고 요소별 평균과 분산을 추정, 회귀방정식과 유의성 검증을 통해 작업별 표준 작업시간에 대해서 분석하였고, 김현(1988)은 이러한 각 하부시스템의 능력을 시뮬레이션 기법을 이용하여 평가하였다.

터미널의 세부 작업 개선에 관한 연구에 있어서는 컨테이너 선적 계획부분과 장치장 계획부분으로 나누어 살펴볼 수 있다.

선적계획부문에 관한 연구로, 신재영・남기찬(1995)은 컨테이너선의 자동 적재 계획을 위한 의사결정 지원시스템을 개발하였다. 이 시스템은 실무적인 요구사항에 맞고 내부에 수리적 모형과 전문가의 지식을 바탕으로 한 지식베이스가 구축되어 있다는 점이 주목할 만하다.

장치장계획부문에 있어서, 정성호(2006)는 야드 크레인 간섭을 고려하여 수출 컨테이너 장치 공간 할당에 관한 연구를 Meta Heuristic인 Simulated Annealing과 Genetic Algorithm을 응용하여 적하 계획 알고리즘을 개발 / 적용하여 해의 질에 대해서 Genetic Algorithm과 Simulated Annealing을 비교 분석하였다. Chuqian Zhang, Yat-wah Wan, Jiyin Liu, Richard J. Linn은 야드내에서의 동적인 크레인 개발에 관한 연구를 Mixed Integer Programming(MIP)모형으로 풀어보고 성과를 높이기 위해 추가적인 제약조건과 해결절차를 그 상황에 맞게 수정하여 Lagrangean Relaxation Model을 이용하여 컴퓨터로의 실험을 통해 최적해를 정의하였다. Akio Imai, Kazuya Sasaki, Etsuko Nishimura, Stratos Papadimitriou(2004)는 컨테이너 터미널에서의 야드 트랙터 Routing에 대해서 연구하였다. 더 효율적인 야드 트랙터의 연구과제 방안으로 “Dynamic routing″를 제안하였고 휴리스틱은 다양한 변화를 컴퓨터 실험을 통하여 개발되었으며 그 결과로 운행 거리의 감소와 비용의 절감을 검증했다. 그 후에 이들은(2006) 선적 작업을 하는 동안 유연하고 규칙적인 컨테이너의 처리로 인한 컨테이너 터미널의 효율향상에 대해서 연구하였다. 이때 주목한 부분이 선적하는 동안 선박의 안전성과 Rehandling의 최소화였고, 이를 Multi-objective Integer

Programming으로 공식화 하였다. Kap Hwan Kim, Keung Mo Lee, Hark Hwang(2002)은 컨테이너 터미널에서 출하와 반입의 순서를 고려한 야드 크레인의 운영에 대해서 연구하였는데, 트럭의 도착에 대해서 미리 알고 있는 상황에 동적 계획법의 사용과 동적인 상황에 학습가능한 계획법등을 제시하여 시뮬레이션을 통해 제시된 계획의 결과를 비교해 보았다. 김두열(1995)은 수출 컨테이너에 대하여 선박별로 블록공간을 할당하는 방법을 개발하였는데 선박의 접안시간을 줄이기 위하여 수출컨테이너를 운반하는 장비의 운행거리를 최소화시킬 수 있도록 내륙에서 입고되는 컨테이너를 위하여 저장공간을 할당하는 방법을 Quadratic Programming으로 모델링하였다. 박강태(1997)는 적하 작업을 위한 선박접안 이전에 수출컨테이너들을 장치장에 할당하는 모형을 제시하고 그 해법으로 라그랑지 완하법을 이용한 휴리스틱을 사용하였다. 왕기홍(1997)은 컨테이너 터미널내에서 양・적하 작업시 이용되는 Gantry Crane(G/C), Transfer Crane(T/C), Yard Tractor(Y/T) 장비들에 대한 작업처리 효율성을 예측하는 추계적 모형을 제시하였다. 이경모・김갑환(1998)은 터미널작업에서 컨테이너의 반출・입 작업에 투입되는 트랜스퍼 크레인의 작업일정계획에 관하여, 게이트를 통과하여 반출・입 되어오는 컨테이너에 대한 트랜스퍼 크레인의 작업일정계획을 동적 계획법으로 모형화 하였는데, 이 논문은 트럭의 도착 간격시간 분포와 위치 정보를 가지고 시뮬레이션을 이용하여 결과치를 산출하여 이를 토대로 장비의 활용도와 이동거리, 트럭의 평균대기시간, 비용의 측면에서 여러 발견적 기법들-FCFS, UT, NT, SPT -을 제시하고 있다. 작업 크레인간의 간섭방지와 서로 상이한 Level의 블록 간의 이동거리는 고려하지 않았다. 윤원영・김갑환(1998)은 컨테이너 터미널의 전체 운영능률을 평가하기 위하여 터미널의 작업운영을 크게 반입, 반출, 양하, 적하의 네 가지 유형으로 나누고 이를 시뮬레이션에 의하여 분석하였는데 특히, 터미널 장비중 T/C 장비에 의한 반출・입, 양・적하 작업에 있어서 장비의 서비스율에 영향을 주는 T/C간의 간섭해결과 역할교환, Y/T, C/C 등의 작업과 연계성을 감안하여 T/C의 작업지연을 줄일 수 있는 자체 논리에 중점을 두었다. 전수민, 김갑환, 김재중, 류광렬, 박남규, 최형림은 컨테이너 터미널에서의 효율적인 장치장 운용계획에 관한 연구를 야드블록의 용도 구분과 각 블록별 RMGC배치대수 변경, 두 가지 대안을 시뮬레이션에 적용하여 비교해 보았다.

항만 서비스에 관한 연구로 김동진(2006)은 컨테이너터미널 서비스 품질 차원 측정을 통하여 측정된 서비스 품질이 고객만족에 어떠한 영향을 미치는지 실증분석을

하고 서비스 품질을 고객 만족의 선행변수로 간주하여 PZB(1988)가 제시한 차원들을 B2B관점으로 재정의 하여 새롭게 정의된 차원들을 기초로 하여 서비스 품질 평가에 적합한 항목을 도출 한 후 이를 독립변수로 하여 고객만족에 가장 큰 영향을 미치는 서비스 품질 만족 요인을 살펴보았다. 최영로(2002)는 부산항 컨테이너터미널을 중심으로 항만서비스품질경영에 관해서 문헌연구와 실증연구의 방법을 병행하여 연구하였다. 이때 사용된 모형은 데밍모형(Anderson et al., 1994)의 연구와 말콤볼드리지 모형, 말콤볼드리지 모형을 토대로 개발된 GAO모형을 통해 국내의 항만서비스 부문에 적합한 개념들을 도출하였고, 이를 기초로 품질경영원천과 품질경영활동, 그리고 품질경영의 성과간의 관계에 대한 연구모형과 연구가설을 설정하였다. 또 김은석(2005)은 컨테이너 터미널 서비스품질과 고객만족에 관한 연구를 국내 컨테이너 터미널 이용고객을 대상으로 설문조사를 실시하여 신뢰성 분석, 요인 분석, 가설검정을 위한 회귀분석 등을 통해 실시하였다.

1.3 논문의 구성

본 연구는 1장에서 본연구의 배경과 간단한 목적, 그리고 기존 연구 문헌에 대한 고찰하였다. 2장에서는 Six-sigma에 대한 간단한 소개와 현재 D사 터미널의 현황을 정량적인 측면과 운영시스템의 구조 분석으로 나누어서 구성하였다. 3장에서는 터미널 하역 생산성 향상을 위한 개선 방안 도출방법으로, 터미널의 문제점을 세부적인 작업으로 분류하여 세부적인 작업 각각의 개선안을 도출하여 개선하는 방향으로 구성하였다. 4장에서는 구체적인 실행안을 시뮬레이션 하여 그 향상 효과를 분석하고, 전체 개선안을 적용한 실측 데이터를 조사해 보았다. 마지막으로 5장에서는 본 연구의 결론과 앞으로 좀더 연구되어야 할 추후 연구과제를 제시하였다.

제 2 장 *Six-sigma*의 소개 및 현재 *D*사 터미널 현황

*2.1 Six-sigma*의 개념 및 개요

Six-sigma란 시그마라는 통계척도를 사용하여 모든 품질수준을 정량적으로 평가하고, 효율적인 품질문화를 조성하며 품질혁신과 고객만족을 달성하기 위해 전사적으로 실행하는 기업경영 전략이다. 1980년대 초 모토로라에서 시작된 6시그마는 이후 미국 월스트리트에서 폭발적인 인기를 얻게 되었는데, 그 원인은 6시그마를 도입한 GE의 엄청난 수익성과 경쟁력 향상 때문이었다.

Six-sigma는 크게 3단계로 나누어지고 프로세스는 DMAIC과정이 있는데 세부적으로 다시 12단계로 나누어진다.

Six-sigma의 첫 번째 단계는 문제의 식별 단계로 Define, Measure 과정으로 표현된다. 여기에서는 프로젝트 선정, CTQ의 선정, 작업기준설정, 측정시스템 검정 단계를 포함한다.

두 번째 단계는 문제의 해결 단계로 Analyze, Improve 과정으로 표현된다. 여기에서는 생산역량 확립, 작업목표의 정의, 변동요인 확인, 가능한 원인 파악, 변수와의 관계 확인, 허용오차 확인의 단계를 포함한다.

마지막으로 세 번째 단계는 해답의 확인 단계로 Control 과정으로 표현된다. 여기에서는 측정시스템 타당성 검토, 공정역량 확립, 공정관리시스템 구축의 단계를 포함한다.

Six-sigma는 이러한 단계를 통하여 극적인 수익성과 경쟁력 향상을 도모 할 수 있다.

*2.2 Six-sigma*의 최근 동향

Six-sigma는 전세계적으로 확산되고 있고, 제조업 뿐 만 아니라 공공부분 및 서비스분야로도 확대 되고 있다.

세계적인 기업중에서 GE는 2003년부터 2004년까지 약 27억달러의 비용의 절감을 가져왔고, Bank of America(BOA)는 2004년 20억달러의 비용을 절감한 경우가 있었다.

공공부분 및 서비스 분야로는 미국의 정부기관인 해군과 지방정부 등에서 Six-sigma 도입을 통해 프로세스를 효율화시킴으로써 싸이클 타임을 감소시키고, 비용절감의 성과를 창출하였고, 또 의료 분야에서도 의료행정의 효율화와 진료서비스의 향상을 이룬 경우가 많이 있다.

국내 기업에서도 Six-sigma를 도입한 업체를 보면 삼성, LG, 포스코 KT 등 주요 대기업과 협력업체까지도 Six-sigma를 도입·활용하고 있다.

이렇게 Six-sigma는 세계 곳곳에서 성과를 거두고 있고, 이것은 철저한 현황 파악과, 빈틈없는 개선방안, 적용 후 사후관리까지의 철저한 프로세스가 있기에 가능한 것이다.

*2.3 D*사 컨테이너터미널의 정량적 현황

이 부분은 Six-sigma의 문제의 식별 단계로 Define, Measure 과정으로 표현된다. 이 단계에서는 먼저 문제점을 파악하고 문제점 해결을 위한 작업기준 설정과 현재 대상의 현황을 파악할 수 있도록 측정 하는 단계라고 볼 수 있다. 문제점을 확실히 파악하고 실현가능한 작업기준을 잘 설정하는 것은 앞으로 Six-sigma 전략의 잣대를 세우는 것으로 중요한 단계라고 하겠다.

본 논문의 대상인 D사의 경우 신항의 개장 및 터미널 공급 과잉에 따라 터미널 간의 물량 유치가 심화되면서 물동량의 감소를 가져왔다. 아래 <표 2-1>에 나타나 있는 부산항의 D사, X사, Y사, Z사의 물동량의 비교해 보면 D사와 X사의 경우 2005년에 비해 2006년에 물동량 감소의 현상을 보이고 있으나, Y사와 Z사의 경우 D사, X사에서 줄어든 물량만큼 증가한 것을 볼 수 있다.

<표 2-1> 2005/2006년 동기대비 물량 추이

기 업	*2005*년	*2006*년	증 감	증가율
D 사	95,769	91,867	-3,902	-4.1%
X 사	84,642	60,492	-24,150	-28.5%
Y 사	180,695	196,204	+15,509	8.6%
Z 사	179,294	188,173	+8,879	5.0%
합 계	540,400	536,736	-3,664	-0.7%

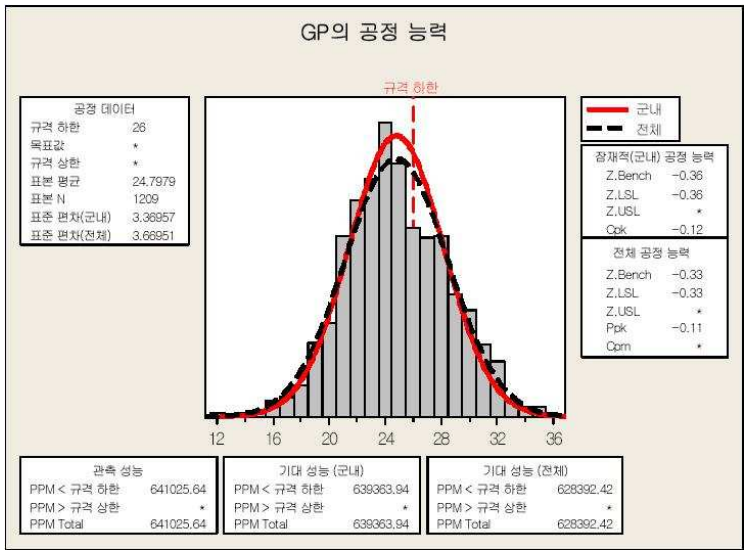
<표 2-1>에서 4사의 전체 물동량 합의 증가율은 -0.7%로 큰 변함이 없음을 볼 때, 컨테이너터미널의 물동량 변화는 위치, 생산성, 안정성, 서비스 등 여러 가지 이유가 있겠지만 컨테이너 터미널의 위치와 같이 변경할 수 없는 요소를 제외한 생산성, 안정성, 서비스 등의 경우 개선을 통하여 물량의 증대를 가져 올 수 있을 것이다.

구체적인 D사의 현수준을 측정하기 위하여 2005년도 1월～12월까지의 측정자료를 아래의 <표 2-2>에 정리해 보았다. 그리고 이 자료를 통하여 D사 컨테이너 터미널의 GP / NP / 순작업시간비율을 구해보았다.

<표 2-2> D사의 2005년도 월별 하역현황 및 생산성

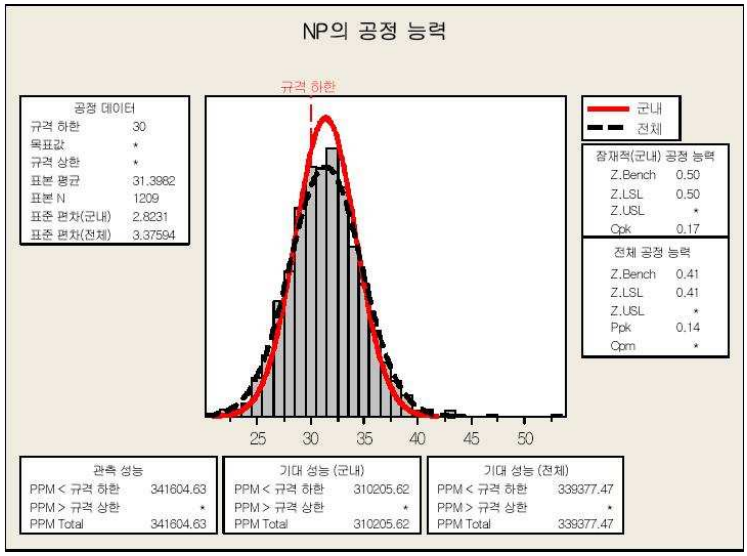
월	접안시간	작업시간	총작업시간	순작업시간	작업량	*GP*	*NP*	순작업시간비율
1월	1,449.5	1,254.3	3,036.6	2,334.3	67,214	22.1	28.8	76.9
2월	1,105.3	968.0	2,349.9	1,853.3	54,214	23.1	29.3	78.9
3월	1,285.0	1,126.1	2,874.9	2,300.1	67,463	23.5	29.3	80.0
4월	1,299.7	1,159.7	2,934.8	2,320.1	68,145	23.2	29.4	79.1
5월	1,157.7	983.6	2,492.2	1,893.3	61,505	24.7	32.5	76.0
6월	1,118.3	919.0	2,356.9	1,812.9	59,531	25.3	32.8	76.9
7월	1,230.3	1,024.3	2,548.5	1,963.3	64,336	25.2	32.8	77.0
8월	1,266.0	1,079.4	2,555.9	1,975.5	62,657	24.5	31.7	77.3
9월	1,223.7	1,069.1	2,666.4	2,150.2	66,258	24.8	30.8	80.6
10월	1,284.8	1,109.4	2,677.2	2,161.9	68,536	25.6	31.7	80.8
11월	1,235.3	1,066.1	2,668.3	2,191.2	68,734	25.8	31.4	82.1
12월	1,218.3	1,056.7	2,646.2	2,161.3	68,391	25.8	31.6	81.7
합계	14,873.8	12,815.7	31,807.5	25,117.3	776,984	24.4	30.9	79.0

아래의 <그림 2-1>의 그래프는 D사 GP의 공정 능력을 DPMO 방식으로 Z-table에서 구하는 방법을 사용해 평균GP를 구하였다. 데이터의 측정기간은 2005년 1월～ 12월 까지이고 '05년도 터미널 전체의 평균 GP를 26으로 잡았다. 이 때의 D사 GP는 평균 24.8(Van/총작업시간)으로 산출되었고, 터미널 전체의 평균 GP에 조금 못 미치는 수준이다.



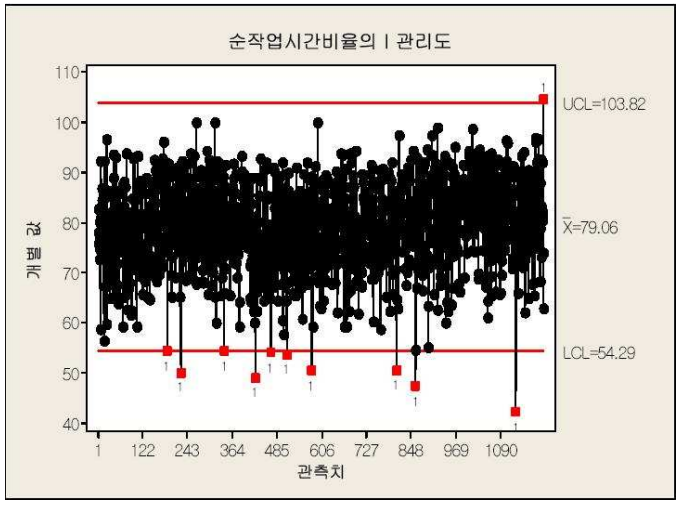
<그림 2-1> D사의 GP 공정 능력

아래의 <그림 2-2>의 그래프는 D사 NP의 공정 능력을 위와 같이 DPMO 방식으로 Z-table에서 구하는 방법을 사용해 평균NP를 구하였다. 데이터의 측정기간은 위와 마찬가지로 2005년 1월 ~ 12월까지이고, '05년도 터미널 평균 NP를 30으로 잡았다. 이 때의 D사 NP는 평균 31.4(Van/총작업시간)으로 산출되었고, NP역시 전체 터미널 평균 NP에 조금 미치지 못하는 수준이다.



<그림 2-2> D사의 NP 공정 능력

순작업시간비율은 아래의 <그림 2-3>에서와 같이 개량형 관리도를 이용하여 순작업시간 비율의 평균값을 구하였다. 데이터의 측정기간은 마찬가지로 2005년도 1월 ~ 12월까지이다. 순작업시간비율을 구한 결과 79.06%로 나타났다.



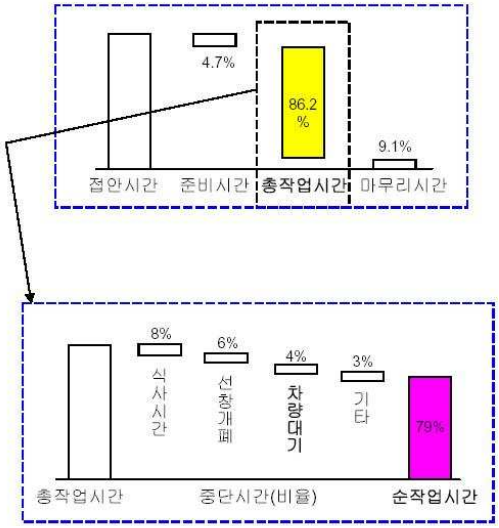
<그림 2-3> 순작업시간 비율의 I관리도

위의 그래프들을 보면 D사의 GP는 평균 24.8, NP는 평균 31.4임을 볼 수 있는데 이는 부산항의 타 경쟁사의 NP가 평균 33.2, 선진 터미널인 홍콩 허치슨 터미널의 NP가 평균 35인 것에 비하면 많이 부족하단 것을 알 수 있다. NP가 낮으면 낮을수록 본선작업이 늦어지면서 고객의 서비스도 마찬가지로 하락하게 되어 매출의 하락까지도 가져오게 되므로 이에 대한 개선이 시급하다고 할 수 있다.

*2.4 D*사 컨테이너 터미널의 운영시스템 구조 분석

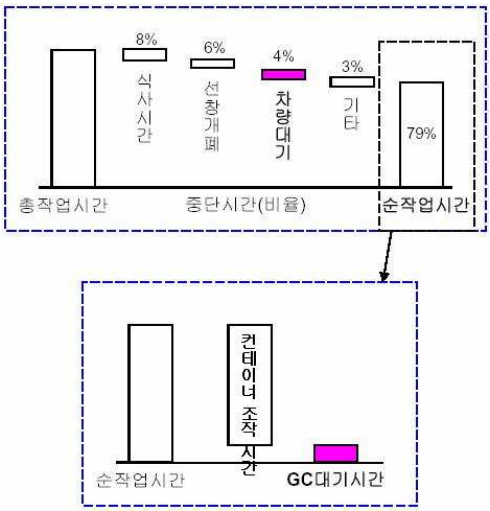
D사 컨테이너 터미널의 경우 선박이 정박해 있는 총 시간인 접안시간 중 준비시간과, 마무리 시간을 제외한 총작업시간은 아래 <그림 2-4>에서 볼 수 있듯이 86.2%이고, 총 작업시간을 100%로 보았을 때 식사시간 8%, 선창개폐 6%, 차량대기 4%, 기타 3%, 순작업시간은 79%를 차지하고 있다. 이 중 식사시간, 선창개폐 작업은 필수적인 중단시간이므로 제외하고 차량대기와 순작업시간을 단축함으로

써 생산성을 향상시킬 수 있다.



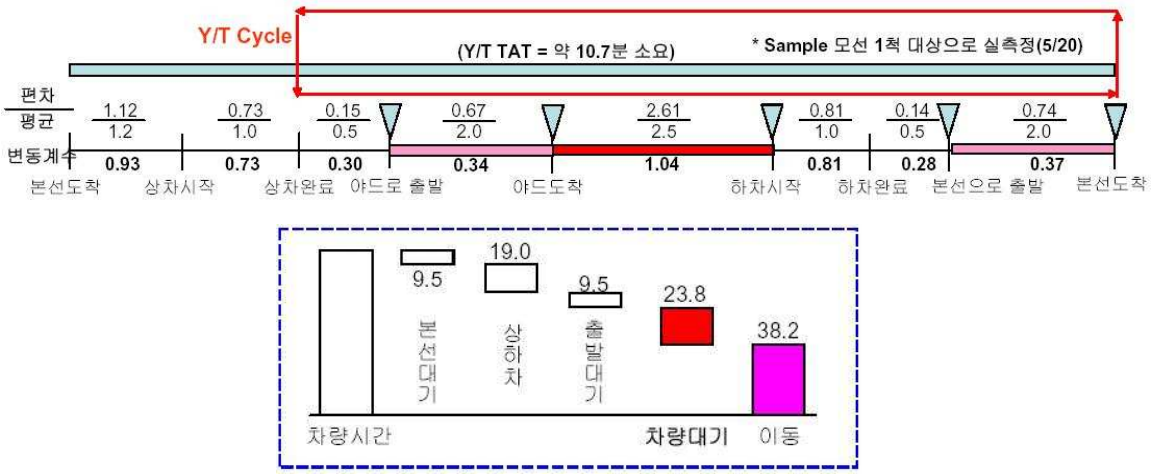
<그림 2-4> 프로세스별 소요시간 비율

더 세부적으로 순작업시간의 프로세스를 아래<그림 2-5>에서 보면 컨테이너 조작시간을 제외하고 일정시간 동안 G/C의 대기시간이 존재하는 것을 볼 수 있다. 이는 총작업 시간의 4%를 차지하는 차량대기와 함께 차량 지연에 따른 G/C 대기의 가장 큰 부분이므로 이에 대한 빠른 개선이 필요하다.



<그림 2-5> 세부 프로세스별 소요시간 및 개선대상

아래 <그림 2-6>는 Y/T의 Cycle을 보여주는 그림으로 Y/T가 야드도착 후 바로 하차를 시작하지 않고 전체의 23.8%에 해당하는 시간동안 차량대기시간이 발생한 후에 하차작업을 시작하는 것을 볼 수 있다. 이러한 Cycle이 계속 되면서 Y/T의 대기시간이 늘어날수록 T/C와 G/C의 작업에도 대기시간이 발생하는 등 생산성 저하에 많은 영향을 끼치게 된다.



<그림 2-6> Y/T Cycle 및 차량시간의 구성요소

지금까지의 D사 컨테이너터미널의 문제점을 살펴보면 정량적인 측면에서의 생산성 부족과 운영시스템 구조면에서의 Y/T의 Cycle 내의 대기시간 발생 등이 나타나는 것을 볼 수 있다. 이러한 문제점들이 전체적인 시스템의 생산력을 저해시키는 요인이 되고 그로 인해 경쟁사들에 비해 경쟁력이 떨어지는 이유가 된다.

본 논문에서는 접안시간에서 필수적으로 소요해야만 하는 시간을 제외하고 작업구조, 처리과정 등에서 불필요하게 지연되는 시간이 발생하는 부분을 최소화하고 개선시키기 위한 방향을 제시하도록 하겠다.

3. 터미널 하역 생산성 향상을 위한 운영시스템 개선 방향

3.1 문제점에 대한 개선요소 도출

이 부분은 Six-sigma의 문제의 해결 단계로 Analyze, Improve 과정으로 표현된다. 이 단계에서는 앞에서 조사한 현황을 가지고 분석하여 잠재인자를 도출하고 문제의 원인이 되는 점을 찾아내어 이를 개선하는 단계라고 볼 수 있다.

우선 위에서 도출되었던 문제점을 개선시키고자 각 처리과정별 세부적인 작업내용을 분석하여 세부사항별로 나누어 보았다. 그리고 그 세부사항별 작업을 실제로 측정한 시간들의 평균시간과 그에 따른 편차와 변동계수를 아래 <표 3-1>과 같이 도출해 보았다.

<표 3-1> 처리과정별 세부적인 작업 현황

프로세스				평균시간	편차	변동계수	잠 재 인 자
접안시간	준비시간			0.72	1.22	1.68	수속 및 검역 지연
							라싱 준비 및 에이프런 작업 준비 지연
							선사 선적 서류 지연에 따른 Planning 작업 지연
	마무리시간			1.03	1.38	1.34	미착 컨테이너로 인한 지연
	작업시간	식사시간		3.35	2.05	0.61	식사시간 전후 현장배치 지연으로 인한 작업착수 지연
		선창개폐		1.60	0.88	0.55	Hatch Cover 불량으로 인한 작업 지연
		기타		0.60	0.56	0.94	장척 컨테이너 작업 지연
		차량지연		0.91	0.87	0.95	외부차량과 내부 차량의 작업구간 상충에 따른 Y/T 회전율 저하
							양적하 작업시 동일 야드 적용에 따른 병목현상에 의한 지연
							내외부 차량 통행정리를 위한 야드 통제 인력 부재
							구내이적 부족에 따른 야드 내의 작업시간 과다
		순작업시간	G/C 순작업				벌크 작업에 의한 작업 지연
							서류와 실중량 차이에 의한 Twin 작업시 문제
							Twin 작업을 위한 Door 방향 일치화 작업에 따른 지연
			내부대기				차량지연에 의한 G/C대기(10분 미만의 지연)

위 <표 3-1>을 살펴보면 여러 작업의 시간지연과 문제점이 나타나 있는 것을 볼 수 있는데 이러한 문제점들을 모두 해결하기에는 아직 시스템적으로나 구조적으로 어려움이 많다. 우선 개선안 후보들에 대한 객관적인 평가를 통하여 실행 우선순위를 결정하여 먼저 해결하여 생산성을 높여 나가는 것이 필요하다.

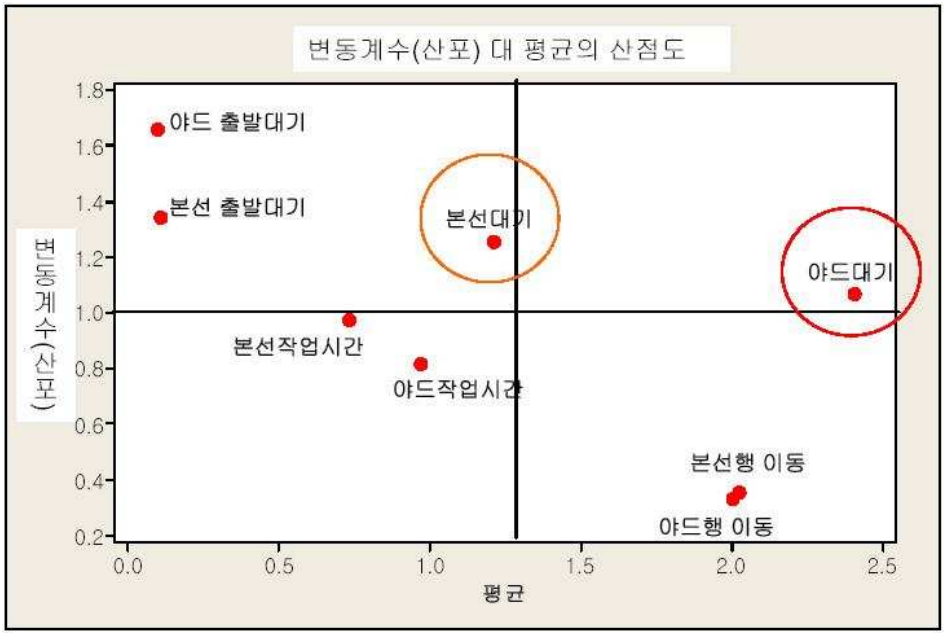
또 전체 처리과정중 가장 영향이 큰 것으로 제기된 Y/T의 세부적인 작업을 정리해 보았고, 작업별 걸리는 시간과 전체 시간에서 차지하는 비중을 <표 3-2>처럼 도출해 보았다.

<표 3-2> Y/T 작업의 시간 지연 잠재 인자

프로세스	현 수 준		잠 재 인 자
	시간(초)	비중(%)	
본선 대기	60	9.5	선사 직원 및 검역관 도착 지연에 따른 작업 시작 지연
			Unlashing에 따른 본선작업 지연
			Apron 상의 무분별한 온샤시로 인한 작업 착수 지연
			식사시간 및 교대시간 전후 손실 시간 발생
			20’ Twin 작업시 Door 방향 일치화 작업에 따른 생산성 저하
본선작업시간	60	9.5	특수 컨테이너 작업시 지연
			서류와 실중량 차에 의한 Twin 작업시 지연
야드출발대기	30	4.8	Under Box 마이크 불량에 따른 정확한 의사소통 불가
			Y/T의 의사소통 미비로 인한 작업 지연
야드행 이동	120	19.0	블록별 구역표시 및 안전표시판 미비
			야드 및 Apron 침하지역 상존에 의한 작업 지연
			야드 조명시설 취약지역 운행시 안전 미확보
야드 대기	150	23.8	외부 T/R과 Y/T의 작업구간 상충에 따른 Y/T 회전율 저하
			야드 통제 상주 인력 부제에 따른 병목구간 발생시 조치 불가
			운송사와 반/출입 작업 사전협의 불가로 인한 혼잡 가중
			외부 T/R의 안전수칙 미준수(역주행, T/C 주행로 점검 등)로 인한 작업 지연
			야드 내 외부차량 과다로 인한 Y/T의 신속한 이동 불가
			T/C의 잦은 블록 변경에 따른 작업효율 저하
			식사시간 전/후 반출입 차량 증가
			장비 투입대수 부족에 의한 작업 지연
			전산 에러 및 작업구간 변경시 신속한 대처 미흡에 따른 작업 지연
야드작업시간	60	9.5	장치장 부족으로 인한 고단적 장치장 작업시 지연
본선출발대기	30	4.8	Y/T 송신 불가에 따른 작업의 탄력성 부재
본선행 이동	120	19.0	2번 주행로 사용불가에 따른 Y/T 동선 증가 및 T/C 이동시간 증가
			상시 구내이적 불가로 인한 효율적인 야드 사용 불가
합계	630	100	

<표 3-2>에서 볼 수 있듯이 전체 작업 시간 630초에서 작업시간과 이동시간을 제외한 270초만큼의 대기시간이 각 구역에 존재하는 것을 볼 수 있다. 대기시간은 작업의 흐름이 원활하지 않거나 서로의 작업장 간에 작업 충돌 등의 원인으로 발생하는 것으로, 현재 대기시간은 작업시간 전체의 43%를 차지할 정도로 많은 비중을 차지하고 있어 시급히 해결되어 작업 생산성을 높여야 한다.

먼저 Y/T의 세부적인 작업 문제점 중에서 가장 시급히 개선해야할 작업을 알아내어 먼저 개선하는 것이 더 효율적인 결과를 가져올 것이다. 이를 알아내기 위하여 <그림 3-1>에서와 같이 Y/T 작업의 변동계수(산포) 대 평균의 산점도를 나타내어 보았다. <그림 3-1>에서 볼 수 있듯이 평균값이 크고 산포 역시 큰 야드대기와, 본선대기 작업의 개선이 가장 시급한 것으로 나타났으므로 먼저 개선해야 한다.



<그림 3-1> 변동계수(산포) 대 평균의 산점도

3.2 세부적인 작업과정 별 개선안 제시

이 단계는 Six-sigma의 Improve단계로 도출된 잠재인자에 대한 세부적인 개선안을 정리하고 구체적인 실행안을 도출하는 단계이다. 먼저 이 장에서는 세부적인 개선안을 먼저 정리해 보았다.

우선 위에서 도출된 잠재인자를 개선하기 위하여 각각의 세부적인 작업에 대하여 개선할 수 있는 안을 <표 3-3>과 같이 정리해 보았다.

<표 3-3> 전체 프로세스 단계별 잠재인자에 대한 개선안

프로세스				잠 재 인 자	개 선 안
접안시간	준비시간			수속 및 검역 지연	선사 협조 사항
				라싱 준비 및 에이프런 작업 준비 지연	라싱 회사 및 선사 협조 사항
				선사 선적 서류 지연에 따른 Planning 작업 지연	선사 협조 사항
	마무리시간			미착 컨테이너로 인한 지연	선사 및 운송사 협조 사항
	작업시간	식사시간		식사시간 전후 현장배치 지연으로 인한 작업 착수 지연	식사시간 전후 작업 투입 시간 엄수
		선창개폐		H/Cover 불량으로 인한 작업 지연	본선 협조 사항
		기타		장척 컨테이너 작업 지연	장척 컨테이너 작업 프로세스 정립
		차량지연		외부차량과 내부 차량의 작업구간 상충에 따른 Y/T 회전율 저하	외부차량과 내부 차량의 작업구간 분리
				양적하 작업시 동일 야드 적용에 따른 병목현상에 의한 지연	양적하시 장치장 분산 운영
				내외부 차량 통행정리를 위한 야드 통제 인력 부재	야드 통제인력 배치
				구내이적 부족에 따른 야드 내의 작업시간 과다	작업전 구내이적 정례화 및 최적화
		순작업시간	G/C 순작업	벌크 작업에 의한 작업 지연	벌크 작업 프로세스 정립
				서류와 실중량 차이에 의한 Twin 작업시 문제	T/C Load Cell을 이용한 정보 입수
				Twin 작업을 위한 Door 방향 일치화 작업에 따른 지연	장치시 Door 방향 일치 작업 시스템 구축
			내부대기	차량지연에 의한 G/C대기(10분 미만의 지연)	Y/T 회전율 증대

또 문제점 도출에서와 마찬가지로 <표 3-4>에서는 Y/T의 세부적인 작업에 대한 개선안을 정리해 보았다.

<표 3-4> Y/T의 단계별 세부 잠재인자에 대한 개선안

프로세스	잠 재 인 자	개 선 안
본선 대기	선사 직원 및 검역관 도착 지연에 따른 작업 시작 지연	검역 및 수속 관련 선사 협조 요청
	Unlashing에 따른 본선작업 지연	Lashing 회사 및 선사 협조 요청
	Apron 상의 무분별한 온샤시로 인한 작업 착수 지연	작업전 Y/T투입으로 사전 처리
	식사시간 및 교대시간 전후 손실 시간 발생	식사시간 전/후 작업 투입 시간 엄수
	20’ Twin 작업시 Door 방향 일치화 작업에 따른 생산성 저하	장치시 Door 방향 일치 작업 시스템 구축
본선 작업시간	특수 컨테이너 작업시 지연	선사로부터 특수 작업에 관한 사전 정보 입수
	서류와 실중량 차에 의한 Twin 작업시 지연	T/C 장비의 Load Cell을 이용한 정보 입수

<표 3-4> Y/T의 단계별 세부 잠재인자에 대한 개선안(계속)

프로세스	잠 재 인 자	개 선 안
야드출발 대기	Under Box 마이크 불량에 따른 정확한 의사소통 불가	Y/T 단말기 교체
	Y/T의 의사소통 미비로 인한 작업 지연	Y/T 단말기 교체
야드행 이동	블록별 구역표시 및 안전표시판 미비	블록별 구역표시 작업
	야드 및 Apron 침하지역 상존에 의한 작업 지연	야드 및 침하지역 보수
	야드 조명시설 취약지역 운행시 안전 미확보	야드 조명 시설 추가
야드 대기	외부 T/R과 Y/T의 작업구간 상충에 따른 Y/T 회전율 저하	**외부 차량과 내부 차량의 작업 구간 분리**
	야드 통제 상주 인력 부제에 따른 병목구간 발생시 조치 불가	**야드 통제인력 배치**
	운송사와 반/출입 작업 사전협의 불가로 인한 혼잡 가중	운송사와 사전 반출입 정보 교환 시스템 구축
	외부 T/R의 안전수칙 미준수(역주행, T/C 주행로 점검 등)로 인한 작업 지연	**야드 통제인력 배치**
	야드 내 외부차량 과다로 인한 Y/T의 신속한 이동 불가	**외부 차량과 내부 차량의 작업 구간 분리**
	T/C의 잦은 블록 변경에 따른 작업효율 저하	작업 계획 단계에서 장비 투입 고려하여 Planning
	식사시간 전/후 반출입 차량 증가	식사시간 연장작업 지속 시행
	장비 투입대수 부족에 의한 작업 지연	**작업에 따른 장비 이동을 개선하여 장비에 대한 작업지시로 시스템 구축**
	전산 에러 및 작업구간 변경시 신속한 대처 미흡에 따른 작업 지연	**양적하시 장치장 분산 운영**
야드 작업시간	장치장 부족으로 인한 고단적 장치장 작업시 지연	작업전 구내이적 정례화
본선출발 대기	Y/T 송신 불가에 따른 작업의 탄력성 부재	Y/T 단말기 교체
본선행 이동	2번 주행로 사용불가에 따른 Y/T 동선 증가 및 T/C 이동시간 증가	장치장 활용도 극대화를 위해 2번 주행로를 장치장으로 활용
	상시 구내이적 불가로 인한 효율적인 야드 사용 불가	구내이적 정례화 및 최적화

<표 3-3>과 <표 3-4>를 보면 각 선사나 업체에 대한 협조요청을 해야 하는 경우도 있고 터미널 자체적으로 해결해야하는 경우도 있다. 그리고 터미널 자체적으로 해결해야하는 개선안 중에서도 Y/T 단말기 교체, 즉시 시행 할 수 있는 개선안이 있는 반면에 운영시스템 전체에도 영향이 미칠 수 있는 개선안도 있다. 이중 우선적으로 해결되어야 할 야드대기 프로세스부분에서 개선안에 대해 좀 더 구체적인 설명이 필요한 4가지 안을 3.3절에서 설명했다.

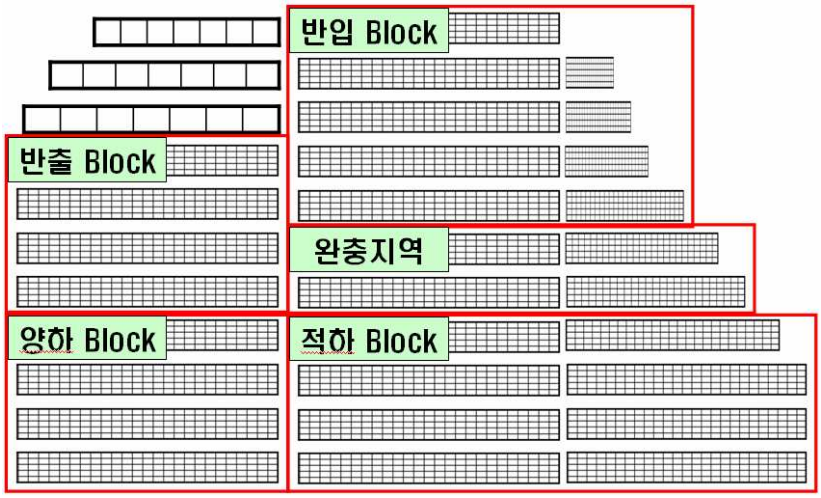
3.3 구체적인 실행안 도출

3.3.1 외부 차량과 내부 차량의 작업구간 분리

현재까지 D사 컨테이너 터미널은 <그림 3-2>에서 볼 수 있듯이 크게 양하 블록과 완충지역, 적하 블록 세 개의 블록으로만 나누어져 있어서, 본선작업과 반입작업이 양하 블록이나 적하 블록에서 동시에 진행되어 외부차량과 Y/T간의 상호 충돌이 많았다. 또 반입·반출·양하·적하되는 컨테이너들이 많이 섞여 있게 되므로 야드 관리에 혼란을 가져다 줄 수도 있어 장치장 운영이 효율적이지 못하게 된다.

<그림 3-2> 현재 야드 블록 Layout

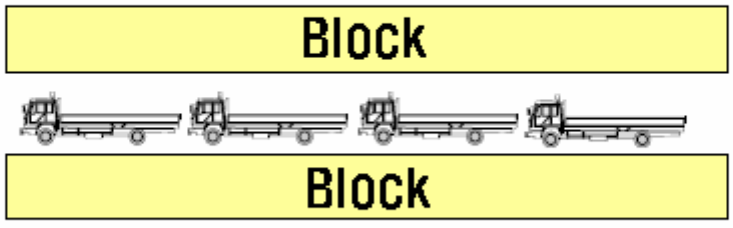
그래서 <그림 3-3>에서처럼 반입·반출 블록과 양하·적하 블록을 따로 분리하여 양적하작업과 반출입작업시 외부차량과 Y/T의 상호 충돌을 줄여 차량으로 인한 지연을 방지하고자 하였다. 그리고 각 작업별로 블록이 나누어져 있으므로 장치장의 컨테이너 화물 관리가 용이하고 좀더 체계적인 관리가 가능하다. 또 외부 트레일러 기사들이 이러한 블록의 구조를 알고 있을 경우 반출 및 반입 컨테이너의 포지셔닝을 좀더 쉽게 할 수 있고, 그만큼 실수도 적어지는 결과도 기대할 수 있을 것이다.



<그림 3-3> 야드 블록의 개선안 Layout

3.3.2 양적하시 장치장 분산 운영

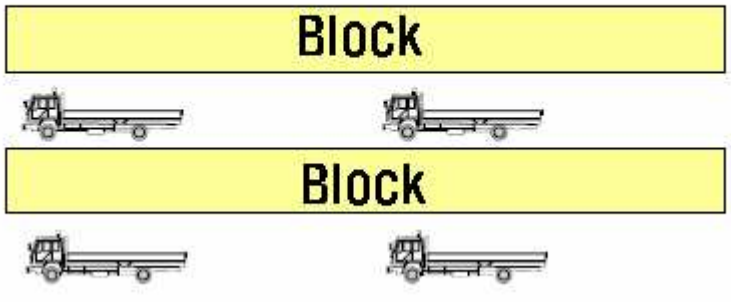
<그림 3-4>에서처럼 양·적하 작업시 G/C당 동일 장치장을 할당하게 되면 물론 장치장 운영시에 컨테이너 관리가 더 편리해 질 수도 있으나, 효율적인 장치장 운영 효과를 낼 수 없고, 여러 가지 문제로 Y/T의 대기 시간이 증가하게 된다. 예를 들면 현재 운영되고 있는 G/C일 경우 특정 블록에만 양·적하 작업이 집중되면 차량 혼잡을 가져오고, Twin 작업시 동시에 8개의 컨테이너가 한 열로 4대의 차량이 정차하게 되어 Y/T의 회전율이 느려지게 되지만, 운영되고 있지 않은 G/C일 경우 그 G/C에 할당된 블록은 양·적하 작업이 없어 한산하게 되는 것이다.



<그림 3-4> G/C당 1개의 블록에 장치장 할당

그래서 아래 <그림 3-5>에서처럼 G/C당 복수 블록에 장치장을 할당하는 개선

안을 도출해 낼 수 있다. 이렇게 장치장을 운영할 경우에는 장치장의 컨테이너 장치 Planning은 더 어려워질 수도 있으나, 장치장 운영효율을 높일 수 있고 Y/T의 대기시간도 단축시킬 수 있는 효과가 있다. 우선 Twin 작업시 Y/T 4대가 교차로 여러 블록으로 분산되므로 차량 대기 해소로 전체 생산성 및 장치장 운영효율이 향상될 것이고, 운영되고 있는 G/C가 몇 대만 있을 경우에도 전체적으로 블록을 활용함으로써 Y/T의 진행이 막힘없이 진행될 수 있어, Y/T 대기시간을 단축시킬 수 있다.



<그림 3-5> G/C당 복수 블록에 장치장 할당

3.3.3 장비에 대한 작업지시로 시스템 구축

현재 D사의 경우에는 작업이 있는 곳에 장비를 투입하여 장비가 작업을 따라 다니게 되는 식으로 운영해 왔다. 이런 식으로 장치장을 운영할 경우 여러 가지의 문제점이 발생할 수 있다. 먼저 컨테이너 반입시 우선 할당된 야드로 위치를 배정 받게 된다. 배정 받은 위치에 장비가 있을 경우는 바로 작업을 할 수 있지만 장비가 다른곳에서 작업을 하고 있을 경우 그 작업이 끝날때까지 배정 위치에서 대기하여 지연시간이 많이 발생하게 된다. 또 자주 있는 일은 아니지만 특정 장비의 예방정비를 할 경우 장비의 부족 현상이 발생 하게 된다.

이에 대한 개선안으로 컨테이너 반입시 우선 할당된 야드로 위치를 우선적으로 고려를 하여 해당 위치에 장비가 있을 경우는 할당된 야드로 컨테이너를 배치하고, 장비가 없을 경우 T/C 작업 중인 인접 장치장으로 야드 위치를 자동으로 할당 한다. 또 할당된 야드에서 야드 병목현상 발생의 경우도 고려하여 작업 여유가 있는 T/C로 양하지를 변경하며, 예방 정비로 인한 장비 부족시에도 탄력적으

로 작업의 조절이 가능해진다. 이러한 시스템을 도입하기 위해서는 Y/T의 단말기를 교체해야하고 시스템의 추가 개발이 필요하여 비용적인 부담도 가질 수 있지만 장치장의 운영 효율이 향상되고 탄력적인 운영이 가능해지므로 교체작업이 이루어 져야 한다.

3.3.4 야드 통제인력 배치

본선 작업과 야드 작업이 동일 블록에서 진행될 경우 외부 차량과 Y/T간의 병목구간이 발생하게 된다. 이러한 일이 발생하게 되면 현재 D사 컨테이너터미널의 경우 야드내 병목구간 발생시 언더나 포맨이 차량 정리를 위한 작업을 수행하게 되고, 이에 따라 본 업무에 지장을 주게 되므로 생산성의 저하를 가져왔다. 그리고 반입이나 양하 작업시에 불가피한 상황으로 야드 장치 블록을 변경해야 하는 경우가 발생하면 이를 대처하는데 체계적인 시스템이 존재하지 않아 작업의 지연을 가져 올 수 있다. 또 야드 내의 위험 요소를 사전에 알기 어려우므로 안전사고가 발생할 수 있는 위험도 있다.

이에 대한 개선안으로 야드 내에 야드 통제 인력을 배치하여 야드내에서 발생할 수 있는 여러 가지 문제점을 대처 할 수 있다. 먼저 병목구간이 발생하게 되면 통제인력을 통하여 이를 능동적으로 대처하여 야드 안정화를 가져 올 수도 있고, 여러 상황에 체계적으로 야드 장치 블록을 변경할 수 있어서 야드 활용도 및 회전율의 향상을 가져올 수 있다. 그리고 야드 통제인력의 상시 야드 순찰을 통해 야드 내에 존재하는 위험 요소를 사전에 파악하여 안전사고에 대한 예방을 할 수도 있다.

4. 개선안 적용에 따른 결과

4.1 개선안에 대한 시뮬레이션 분석

개선안이 기존 시스템에 비해서 얼마나 효율성이 향상되는지 알아보기 위하여 Arena를 이용하여 시뮬레이션을 해보았다. 개선안 중에서 시뮬레이션을 해보았을 때 가장 의미가 있을 '외부차량과 내부차량의 작업구간 분리' 안을 시뮬레이션 모델로 설정하였다.

4.1.1 시뮬레이션 모형

현실에서 일어날 수 있는 많은 일들을 시뮬레이션으로 모두 다 표현하기 어려움으로 다음과 같은 가정을 하고 시뮬레이션 모형을 설계하였다. 가정은 아래<표 4-1>과 같이 정의하였다.

<표 4-1> 시뮬레이션 가정

가정 1. 반입·반출·양하·적하 작업에 관련된 작업 외에 기타 주변 환경에 따른 외부요인은 발생하지 않는다.(안전사고 발생, 날씨에 따른 작업 변화, 기타 발생할 수 있는 요인들 등등)
가정 2. 작업 장비의 고장은 발생하지 않는 것으로 한다.
가정 3. Y/T는 Dedicated System으로 운영한다.
가정 4. Y/T를 G/C에 각각 배정하여 배정되지 않는 G/C나 Y/T는 서로 이용할 수 없다.
가정 5. 각각 배정된 블럭(반입, 반출, 양하, 적하)에 다른 화물의 작업은 일어나지 않는다.
가정 6. 20 feet, 40 feet Container는 따로 구분하지 않고 1개의 화물로 취급한다.

시뮬레이션에 적용할 데이터는 실제 D사의 한달간의 물량과 작업 시간등을 측정

하고 자료화하여 적용하였다. 시뮬레이션의 시간 단위는 분을 기준으로 계산하였다. 실행 시간은 1440분(1일)을 기준으로 하여 같은 모델을 100번씩 실행하여 결과를 도출하였다. 외부 트레일러의 도착 시간은 Constant형으로 0.7978으로 하였고, 적·양하 발생 시간은 Constant형으로 0.6735로 하였다. 각 장비의 작업 시간은 T/C는 -0.5 + LOGN(4.33, 3.77)이고, G/C 적하 작업 시간은 -0.5 + LOGN(3.83, 3.19), 양하 작업 시간은 -2.5 + LOGN(3.83, 3.19)으로 설정하였다. Y/T의 야드내 속도는 5.5m/s이고 Gate에서의 블록당 거리와 G/C에서의 블록당 거리는 아래 <표 4-2>, <표 4-3>와 같이 입력하였다.

<표 4-2> Gate에서 각 블록까지의 거리

블록 1열(m)	블록 2열(m)	블록 3열(m)
-	172	396
-	200	424
480	228	452
508	256	480
536	284	508
564	312	536
592	340	564
620	368	592
648	396	620
676	424	648

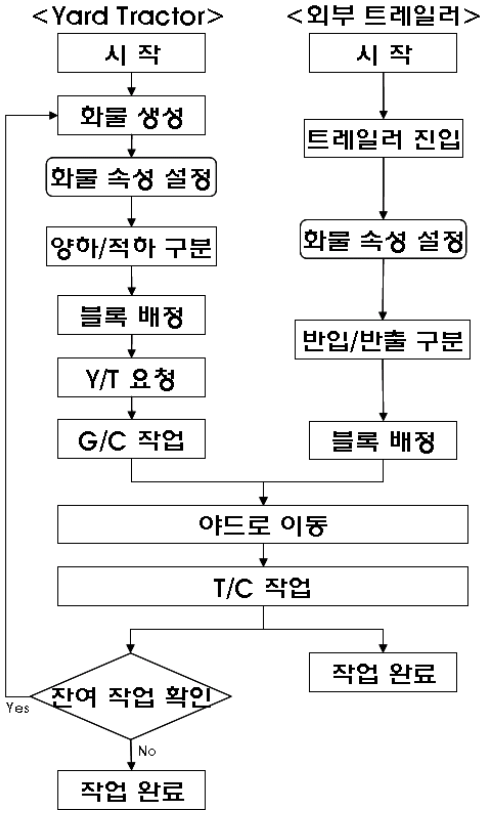
<표 4-3> G/C에서 각 블록까지의 거리

블록 1열(m)	블록 2열(m)	블록 3열(m)
-	476	476
-	448	448
420	420	420
392	392	392
364	364	364
336	336	336
308	308	308
280	280	280
252	252	252
224	224	224

시뮬레이션의 작업 순서는 아래 <그림 4-1>에서와 같이 이루어진다. 간단하게 설

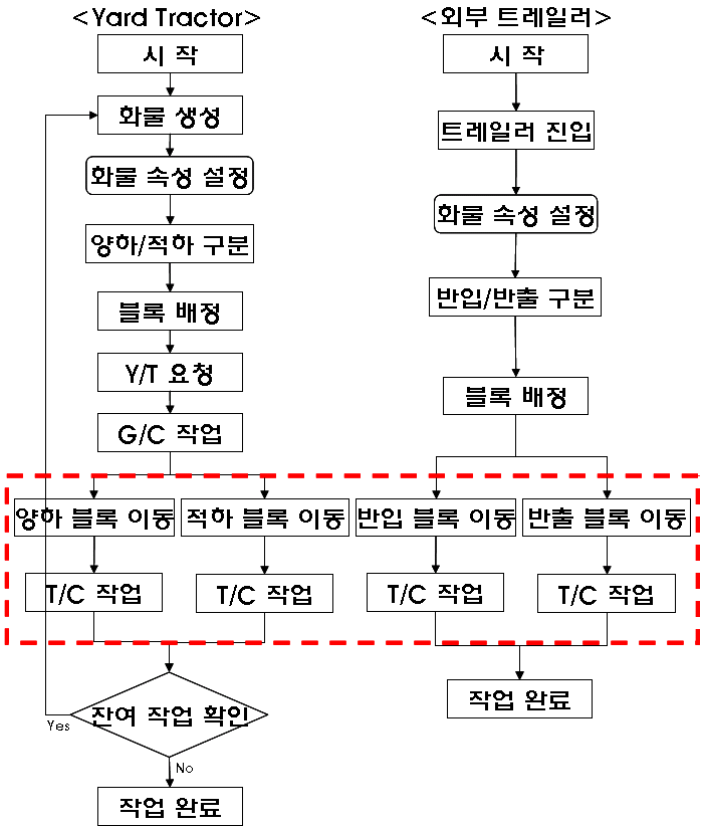
명하자면, 우선 양하·적하 작업의 경우 Y/T를 통해서 작업이 이루어지고, 반입·반출 작업의 경우 외부 트레일러로 작업이 이루어지므로 두 군데의 프로세스에서 화물이 발생하게 된다. Y/T의 경우 생성된 화물에 화물 속성(양하, 적하)을 설정하고, 아래 단계에서 이를 구분하여 블록을 배정하고 Y/T를 요청하게 된다. Y/T가 도착하면 G/C 작업이 이루어지고 배정받은 블록으로 Y/T가 이동하고 T/C 작업을 끝낸 후에 잔여 작업을 확인하고 있을 경우 다시 화물 생성단계로, 없을 경우 대기하게 된다. 외부 트레일러의 경우 트레일러가 진입하면 화물 속성(반입, 반출)을 설정하고, 아래 단계에서 이를 구분하여 블록을 배정하고 바로 야드로 이동 후 T/C 작업을 하고 작업을 완료하게 된다.

이렇게 작업이 진행될 경우 Y/T와 외부 트레일러가 야드로 이동하면서 야드에서 혼선이 일어나게 되고, 작업 시간의 지연을 가져오게 된다.



<그림 4-1> 기존 시스템의 시뮬레이션 작업 순서도

하지만 아래<그림 4-2>와 같이 개선안을 적용할 경우 각각 작업이 블록마다 각각 일어나게 되므로 작업의 혼선으로 인한 시간지연을 줄일 수 있게 된다.



<그림 4-2> 개선안 시스템의 시뮬레이션 작업 순서도

4.1.2 기존시스템과 개선안 시스템에서의 시뮬레이션 분석

위의 4.1에서 설정한 모델을 Arena 10.0 버전을 이용하여 실제로 야드 상황을 입력하여 분석을 해보았다.

먼저 기존 시스템에서의 반입·반출·적하·양하의 작업 주기 시간의 시뮬레이션 결과가 아래<표 4-4>과 같이 나타났다.

<표 4-4> 기존 시스템에서의 각 작업 주기 시간

	반입(분)	반출(분)	적하(분)	양하(분)	평균(분)
작업 주기 시간	9.8376	10.1518	12.2073	11.2754	10.8680

위 결과를 보면 반입과 반출의 경우는 작업의 흐름이 비슷하기 때문에 작업 시간이 비교적 비슷하게 도출되고 적하작업과 양하작업의 경우 양하작업이 G/C에서의 작업 시간이 더 빠르므로 양하작업이 1분정도 시간이 덜 소요되는 것을 볼 수 있다.

개선안 시뮬레이션은 반입·반출·양하·적하 블록을 각각 따로 배정하여 외부 트레일러와 Y/T 간의 혼선을 최소화하여 전체 작업 생산성을 높이는데 목표를 두고 있다. 그리고 블록 구분 시 여러 경우로 블록을 나누어 각각 시뮬레이션을 통해 작업 시간과 T/C에서의 대기시간을 도출해 보았다. 여기서 Case는 아래<표 4-5>에서와 같이 나누어 보았다. 나눈 기준은 Case 1~3의 경우 양하·적하 블록을 1개씩 늘리고, 반입·반출 블록을 1개씩 줄여가면서 시뮬레이션을 해보았고, Case 4~6의 경우는 양하·반출 블록을 1개씩 늘려가고 적하·반입 블록을 1개씩 줄여가면서 시뮬레이션을 해보았다.

<표 4-5> 시뮬레이션 적용을 위한 블록 배정 Case

	적하블럭	양하블럭	반입블럭	반출블럭	합계
Case 1	9	5	9	5	28
Case 2	10	6	8	4	28
Case 3	11	7	7	3	28
Case 4	10	4	10	4	28
Case 5	8	6	8	6	28
Case 6	7	7	7	7	28

개선안을 적용하여 시뮬레이션을 해본 결과 중 먼저 기존시스템과 개선안 적용 시스템의 T/C에서의 대기시간을 아래<표 4-6>와 같이 도출해 보았다. 표를 살펴보면 각 Case의 결과가 모두 기존시스템의 결과에 비해서 T/C에서의 대기시간이 많이 줄어 든 것을 볼 수 있다. 이 결과를 통하여 기존 시스템의 외부 트레일러와 Y/T간의 혼선이 블록에서의 야드 작업시간의 지연을 가져온다는 것을 확인 할 수 있다.

<표 4-6> 기존시스템과 개선안 적용 후 시스템의 T/C 대기시간

블록	*As-Is*	*Case 1*	*Case 2*	*Case 3*	*Case 4*	*Case 5*	*Case 6*
1	4.5234	4.5967	3.5518	2.3142	8.8948	3.5283	2.3255
2	4.2506	5.0362	3.4008	2.3888	8.9014	2.8706	2.2997
3	4.4053	4.6136	3.0560	2.3404	8.9161	3.6142	2.4985
4	3.9998	4.615	3.2054	2.5409	1.1105	3.1603	2.5094
5	4.2051	1.4935	1.1993	0.9841	1.2913	3.2816	2.3723
6	4.2936	1.4794	1.2692	1.1993	1.2223	1.827	2.4947
7	4.4398	1.3688	1.1408	1.143	1.2091	1.7447	2.3994
8	4.1952	1.4694	1.3613	1.1077	1.2319	1.8514	2.1081
9	4.4214	1.3049	1.3700	1.0515	1.2701	1.837	1.9896
10	4.2741	1.2877	1.3403	1.0502	1.2637	1.854	2.2259
11	4.0995	1.3336	1.2124	1.4448	1.2969	1.6368	1.9643
12	3.7569	1.585	1.1992	0.9781	1.1534	1.5184	2.1298
13	4.2244	3.0043	3.1272	2.449	1.0288	2.0622	1.5463
14	4.1053	4.732	3.5148	2.5531	8.5328	3.4231	2.6527
15	6.3305	1.5536	1.2369	1.0578	1.1728	1.8143	2.214
16	4.9077	2.9899	4.7530	10.5872	4.6265	1.816	1.3737
17	5.4918	2.8836	4.5078	10.2712	4.0246	1.8934	1.5292
18	5.2096	1.1856	1.7089	1.8084	1.0212	1.4032	1.8931
19	4.9867	1.248	1.4370	1.7844	1.203	1.4787	1.775
20	5.1828	1.3607	1.5280	1.8149	1.0803	1.6152	1.813
21	4.7087	1.1464	1.5181	1.6991	1.0191	1.4334	1.6471
22	5.1855	1.2581	1.4039	1.8105	1.1887	1.5186	1.7281
23	6.0550	1.2819	1.4926	1.9805	1.2902	1.6561	1.8312
24	5.6749	1.2307	1.4759	1.7127	1.0814	1.2902	1.874
25	4.9456	1.2594	1.3870	1.1113	1.1372	1.5678	1.8337
26	4.8342	2.7905	4.4031	11.1533	4.5227	1.8744	1.6045
27	5.2950	2.9147	5.4132	2.5266	4.7607	2.0509	1.6223
28	5.2962	1.138	1.1060	1.3093	1.0926	2.0848	1.4654
평균	***4.7607***	***2.2200***	***2.2614***	***2.6490***	***2.7337***	***2.0610***	***1.9900***

이러한 결과가 적용된 전체 반입·반출·양하·적하의 작업 시간을 시뮬레이션을 통해 아래<표 4-7>에서 도출하였고, 개선안 적용 후의 시스템이 기존의 시스템 보다 얼마나 더 많이 개선되었는지를 알기 쉽게 하기 위해 개선안 적용 후 시스템 결과와 기존시스템의 결과의 차를 <표 4-8>에서 도출해 보았다.

<표 4-7> 개선안 시스템에서의 시뮬레이션 결과

	Case	반입(분)	반출(분)	적하(분)	양하(분)	평균(분)
작업주기시간	*Case 1*	6.1299	8.2155	9.0416	10.2702	8.4143
	Case 2	6.3480	9.8656	8.9201	8.9242	8.5144
	Case 3	6.5590	15.8275	8.8488	8.1321	9.8419
	Case 4	5.9667	10.0294	8.8134	14.9234	9.9332
	Case 5	6.3578	7.3031	9.3096	8.8245	7.9488
	Case 6	6.6565	6.8236	9.7450	8.0614	7.8216

※ U : Unloading(양하), L : Loading(적하), TO : Take Out(반출), TI : Take In(반입)

<표 4-8> 개선안 시스템의 결과와 기존 시스템의 결과의 차

	Case	반입(분)	반출(분)	적하(분)	양하(분)	평균(분)
작업주기시간	As-Is Model	9.8376	10.1518	12.2073	11.2754	10.8680
	Case 1	-3.7077	-1.9363	-3.1657	-1.0052	-2.4537
	Case 2	-3.4896	-0.2862	-3.2872	-2.3512	-2.3536
	Case 3	-3.2786	5.6757	-3.3585	-3.1433	-1.0262
	Case 4	-3.8709	-0.1224	-3.3939	-11.2754	-0.9348
	Case 5	-3.4798	-2.8487	-2.8977	3.648	-2.9193
	Case 6	-3.1811	-3.3282	-2.4626	-2.4509	-3.0464

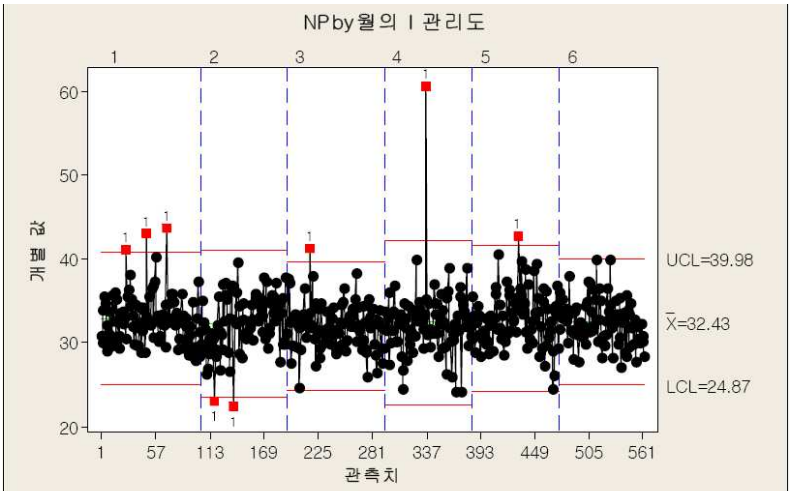
위 결과를 보면 모든 Case에서 기존시스템의 결과보다는 Y/T의 생산성이 더 높아진 것을 알 수 있다. 이러한 결과를 바탕으로 블록을 작업별로 구분하여 외부 트레일러와 Y/T간의 혼선을 줄이므로 해서 야드 전체의 작업 시간의 향상을 가져온 다는 것을 볼 수 있다.

4.2 개선안 전체 적용에 따른 시스템 개선 결과

앞의 시뮬레이션에서는 외부차량과 내부차량의 작업구간을 분리하는 개선안만을 적용해 보았었다. 여기에 다른 개선안이었던 양적하시 장치장 분산운영, 작업에 따른 장비 이동을 개선하여 장비에 대한 작업지시로 시스템 구축, 야드 통제인력 배치까지의 모든 개선안을 적용하고 컨테이너터미널에서 일어날 수 있는 환경적 요소, 외부적 요소가 모두 일어날 수 있는 상황으로 실제로 D사의 개선안 적용 후의 실측 시간을 도출하여 분석해 보았다.

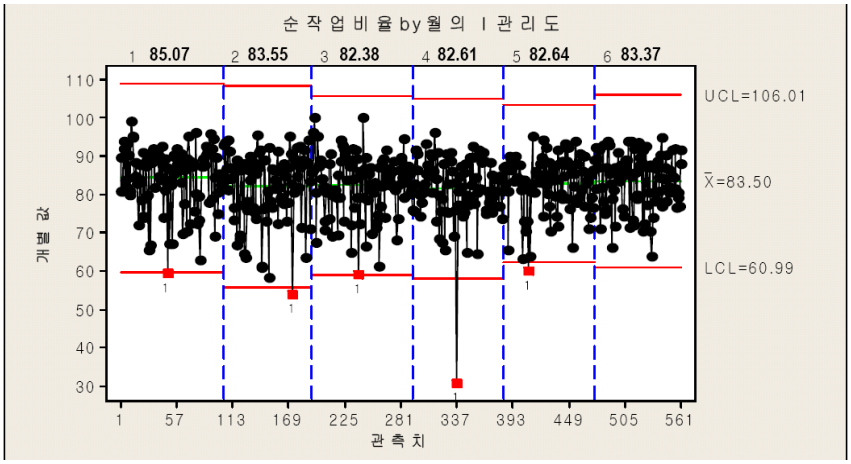
아래 <그림 4-3>을 보면 개선안 적용 전에 비해 월별 순생산성 향상 폭은 비교적

낮은 편이나, 불량률이 많이 개선 된 것을 볼 수 있다. 이것은 본문에서 제시했던 구체적인 개선안이 실제로 컨테이너터미널 내에 효과적으로 적용되어 컨테이너터미널내의 각 작업장에서 발생하던 비효율적인 작업의 개선과, 불필요한 대기시간이 줄었다는 것을 알 수 있다.



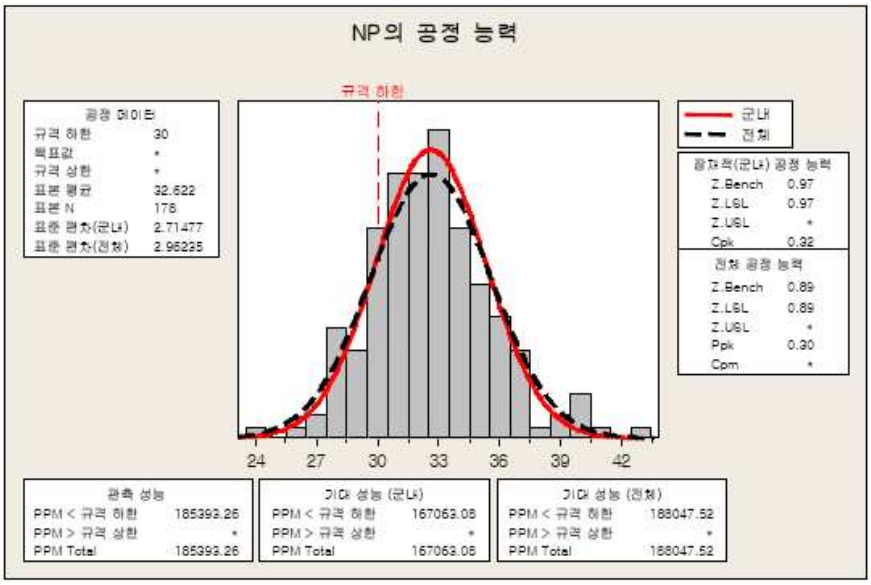
<그림 4-3> NP by 월의 I 관리도

아래 <그림 4-4>는 순작업시간 비율과 관련한 월별 I 관리도를 나타낸 것으로, 순작업시간 비율이 79.06%에서 83.50%로 상승하여 이 그림 역시 컨테이너터미널 내의 각 작업장에서 발생하던 대기시간이 줄었다는 것을 알 수 있고, 같은 의미로 야드장비의 운용효율이 향상 되었다는 것을 알 수 있다.



<그림 4-4> 순작업비율 by 월의 I 관리도

아래 <그림 4-5>을 보면 순생산성 증대를 위한 활동을 일부 전개하기 시작한 5월 이후의 시그마 수준이 2.28시그마에서 2.40시그마로 향상 된 것을 볼 수 있다. 아직 완전히 시행되지 않고 D사에서 일하고 있는 직원들이 익숙해지지 않은 상태에서 이러한 순생산성 증대를 가져올 수 있었단 것은 앞으로 개선안이 정착할 경우 더 나은 운영효율을 가져 올 수 있다고 기대된다.



<그림 4-5> NP의 공정 능력

5. 결론 및 추후 연구과제

본 논문에서는 선박의 접안시간동안 각 작업장에 존재하는 여러 불필요한 작업이나 대기시간의 발생원인을 발견하고 잠재요인을 도출하여 각각의 개선안을 만들어 이를 해결하였다. 그리고 이러한 문제점을 개선함으로써 얼마나 컨테이너터미널의 생산성이 향상되었는지 또 얼마나 효율적으로 운영이 가능한지를 알아보는 연구를 하였다.

본 논문에서의 연구결과와 같이 수많은 시스템이 존재하는 컨테이너터미널에서 한 부분의 비효율적인 운영방식을 개선함으로써 더 나은 생산성의 향상을 가져온 것을 볼 수 있었다. 아직까지 컨테이너터미널 내의 작업을 보면 비효율적이고 상호작업들 간의 마찰과 충돌이 일어나는 것을 종종 볼 수 있다. 앞으로 이러한 문제점에 대해서 다시 한번 생각하고 분석하여 컨테이너터미널의 생산성을 더욱 향상시킬 수 있게 더욱 연구하고 노력해야 할 것이다.

참고문헌

<국내 문헌>

김동진(2006), “컨테이너터미널의 서비스품질 척도 개발”, 한국해양대학교 공학석사 학위논문

김두열(1995), “컨테이너 터미널의 수출 컨테이너에 대한 장치장 공간할당 계획시스템”, 부산대학교 석사 학위논문

김은석(2005), “우리나라 컨테이너 터미널 서비스품질과 고객만족에 관한 연구”, 성균관대학교 석사 학위논문

김현(1998), “시뮬레이션에 依한 釜山컨테이너 터미날運營의 體系的인 分析”, 한국해양대학교 석사 학위논문

류명욱(1998), “컨테이너 터미널에서의 작업시간에 관한 연구”, 부산대학교 공학석사 학위논문

신재영, 남기찬(1995), “컨테이너 선박의 자동 적재계획을 위한 지능형 의사결정 지원시스템”, 한국항만학회지, 제 9권, 제1호, pp19-32

김갑환, 왕기홍(1997), “추계적 접근을 통한 양적하 작업의 처리능력 예측”, 한국경영과학회 학술대회 논문집, Vol. 1, pp60-63

윤원영・안창근・최용석・김갑환, “컨테이너 터미널 계획 평가를 위한 시뮬레이션 연구”, 한국항만학회 ’98 추계학술대회논문집, 1998, pp.117-124.

이경모(1999), “트랜스퍼 크레인의 반입 및 반출 작업순서 결정법”, 부산대학교 공학석사 학위논문

정성호(1998), “야드 크레인 간섭을 고려한 수출 컨테이너 장치 공간 할당법”, 부산대학교 공학석사 학위논문

최영로(2002), “항만서비스품질경영에 관한 실증연구(부산항 컨테이너터미널을 중심으로)”, 한국해양대학교 경영학석사 학위논문

<외국 문헌>

Chuqian Zhang, Yat-wah Wan, Jiyin Liu, Richard J. Linn(2002), “Dynamic crane deployment in container storage yards″, Transportation Research Part B 36 pp.537-555

Etsuko Nishimura, Akio Imai, Stratos Papadimitriou(2004), “Yard trailer routing at a maritime container terminal″, Transportation Research Part E

Akio Imai, Kazuya Sasaki, Etsuko Nishimura, Stratos Papadimitriou(2006), “Multi-objective simultaneous stowage and load planning for a container ship with container rehandle in yard stacks″, European Journal of Operational Research 171 pp.373-389

Kap Hwan Kim, Keung Mo Lee, Hark Hwang(2002), “Sequencing delivery and receiving operations for yard cranes in port container terminals″, International journal of production economics″

논문을 마감하며...

처음 대학원을 지원할 때의 많은 기대와 학기를 보내는 가운데 보낸 짧지만 소중한 시간들 속에서 조금은 늦었지만 최종적으로 논문을 완성하게 되어 무척이나 기쁜 마음입니다. 이렇게 부족하나마 논문이 완성될 수 있었던 것은 주위 분들의 많은 노력과 도움이 있었기에 가능했다고 생각합니다.

개인적인 일과 회사적으로도 바쁜 일정을 구실로 자꾸만 연기되던 논문을 최종적으로 정리할 수 있도록 배려해 주시고 지도해 주신 신재영교수님께 누구보다도 먼저 감사의 말씀을 드리며, 논문 심사시에도 아낌없는 관심과 격려를 보내 주신 곽규석 교수님과 신창훈교수님께도 깊은 감사를 드립니다.

또한, 논문 준비과정에서 많은 정보를 알려주고 최종 논문심사까지 헌신적인 도움을 준 연구실의 권순철대학원생에게도 깊은 감사를 드립니다. 다른 연구원들에게도 감사를 드리지만, 특히 권 연구원에게는 데이트 시간도 아끼지 않는 노력에 자신의 논문이 최종적으로 마무리가 되었으리라 봅니다. 한번 더 감사를 드립니다. 그리고 함께 시작하고 마지막까지 함께 하신 오인환팀장님께도 깊이 감사드립니다.

마지막으로 두 어린 아이를 키우며 자신의 몸도 제대로 챙기지 못하는 가운데에도 자신의 대학원 과정과 논문 준비 과정을 끝까지 지원해 준 사랑하는 아내에게 이제까지 못했던 감사의 마음과 사랑을 전하고 싶습니다.

이번 대학원 과정과 논문을 통해 앞으로도 산업체와 학교간의 많은 교류를 통해 전체 물류에 조금이나마 도움이 될 수 있는 기회가 많아질 수 있도록 노력해야겠다는 다짐을 해 봅니다. 이제까지 많은 도움을 주신 분들께 한번 더 깊은 감사를 드립니다.

2007. 12. 17.