

6시그마 개념을 도입한 건설공사의 성과향상에 관한 탐색적 연구

Exploratory Study on the method to improve performance in construction process by
applying Six-Sigma Principle

류 호 동* 진 경 호** 한 승 현***
Ryu, Ho-Dong Jin, Kyung Ho Han, Seung-Hun

요 약

최근 건설공사의 효율화 및 생산성 향상을 위한 다각적인 노력이 시도되고 있으며 이의 일환으로 린건설 및 JIT등의 혁신적인 프로세스 개선기법 등이 도입되고 있다. 하지만, 일회적이고 장기성을 갖는 건설산업의 특수성을 고려하였을 때 건설공사의 효율화에 대한 개념 및 활용대상이 개개인의 시각에 따라 다양해질 수밖에 없으며 세부작업단위의 효율화에 대한 목표 및 개선수준의 설정도 구체성이 미흡하여 그동안 연구되었던 효율화 기법의 성과가 가시화되지 못하고 있는 실정이다. 건설공사의 효율화를 위해서는 세부단위작업별로 달성목표를 정량화하여 프로세스 개선활동을 펼칠 수 있는 여건을 마련하는 것이 무엇보다 중요하다. 본 연구에서는 이와 같은 목표아래 최근 제조업분야에서 전개되고 있는 전사적인 경영혁신기법인 6시그마 활동을 건설공사 효율화개념에 접목시킴으로서 건설공사 프로세스 개선 및 생산성향상에 대한 합리적 방안을 모색하고자 한다. 이를 위하여 본 논문에서는 기존의 프로세스 개선기법들을 비교 고찰하고 6시그마 개념 적용의 당위성과 건설공사의 6시그마 적용을 위한 기본 추진전략을 제시한다. 아울러, 표준적인 세부단위작업 사례분석을 통해 6시그마 개념을 적용하여 기존의 프로세스를 개선해 봄으로써, 건설자원 등의 버퍼(buffer) 관리 등에 있어서 개선목표 설정을 시그마 개념에 기반하여 제시하고 이러한 시그마 수준의 향상에 따라 건설공사의 성과가 향상될 수 있음을 시뮬레이션을 통하여 검증하고자 한다.

키워드: 생산성, 프로세스 개선기법, 정량화, 6시그마, 버퍼관리

1. 서론 1)

그동안 국가경제 발전에 중추적인 역할을 수행해온 국내 건설산업은 1980년대 후반 이후 지속적인 생산성 하락을 겪고 있으며(최민수,1995), 이와 같은 현상이 지속될 경우 추후 급변하는 국내의 환경 여건 속에서 국내 건설산업은 국제적인 경쟁력을 상실할 것으로 우려되고 있다. 이에 따라 건설교통부에서는 제3차 건설기술진흥기본계획(2003)을 발표하고 건설생산시스템의 효율성 제고를 부문별 추진계획으로 설정하여 이를 통해 생산성 30%향상을 도모하고 있지만, 이에 대한 세부추진과제로서 제시되고 있는 정책적인 사항들은 대부분 '입찰, 계약, 발주제도의 선진화', '품질관리체계의 개선' 및 '건설 표준화'등 건설공사 외적인 요소를 강조하고 있어 실질적인 시공과정상의 효율성을 고려치 못하고 있는 한계를 지니고 있다. 이러한 측면에서 볼 때 건설산업의 생산성을 향상시키기 위해서는 건설공사의 흐름과정을 구성하는 프로세스를 개선하고 이를 통해 근본적으로 건설공사의 성과향상

을 포함으로서 건설업체들이 대내·외 경쟁력을 확보할 수 있도록 하는 것이 중요한 시점이다. 본 연구에서는 이와 같은 목표아래 최근 제조업분야에서 전개되고 있는 전사적인 경영혁신기법인 6시그마 활동을 건설공사 효율화개념에 접목시킴으로서 건설공사 프로세스 개선 및 생산성향상에 대한 합리적 방안을 모색하고자 한다.

2. 기존 프로세스 개선기법에 대한 고찰

2.1 기존의 성과개선기법

생산체계의 관리에 대한 개념은 고객이나 전체 프로젝트의 목표를 위해 투입되는 자원 및 정보들의 흐름관리로서 이해되고 있다 (Ballard, 2000). 이러한 생산체계의 프로세스에 대한 개선과 성과향상을 위하여 지금까지 다양한 기법 및 경영전략이 연구되어 왔으며 이러한 기법들은 프로세스 자체의 효율성뿐만 아니라 다양한 성과지표의 향상방안을 모색하여 왔다. Thomas(2003)는 주요 프로세스 개선 기법으로서 적시생산, 당김생산, 계획의 신뢰성(Last planner)등을 언급하였다. 이러한 기법들은 생산체계의 프로세스 개선에 대한 세부 활용기법이라는

* 학생회원, 연세대학교 토목공학과 석사과정
** 학생회원, 연세대학교 토목공학과 박사과정
*** 중신회원, 연세대학교 토목공학과 조교수, 공학박사

측면에서 통합되거나 혹은 혼동되어 사용되는 추세이며 최근에는 수공생산체계와 대량생산체계의 장점만을 발채하고 흐름생산(Flow production)의 원리를 도입한 토요다 생산체계속에서 린생산(Lean Production)체계의 세부적인 개선기법으로 개념화되어 연동되어 활용되고 있다. 표1은 상기 열거된 생산체계의 주요 개선기법들 간의 주요 내용을 나타내고 있다.

표 1. 기존 프로세스 개선기법의 주요내용

구분	JIT	TQM	BPR	당김생산	Last planner	Lean
주요 목표	자원의 효율성	제품의 효율성	프로세스 효율성	프로세스 효율성	계획의 신뢰성	비가치 요소의 최소화
주요 특징	제조업의 특정상 고객의 수요에 맞지 않는 제품의 생산은 무의미하며 따라서 모든 자원의 흐름과 작업의 흐름은 고객의 만족을 목적으로 이루어지는 효율성 위주로 설정됨.					
건설공사 적용성	신뢰도, 변이, 사이클 타임 등의 프로세스 측정기준은 명확하나 정량적인 개선수준을 제시하지 못함.					
	건설공사의 특수성에 비추어 볼 때 자원의 흐름 및 공사 프로세스는 주로 공사완료일과 공사비용을 목적으로 하여 설정되며 이를 위한 개선을 수행하는 성격을 가짐.					
	Lean개념의 적용의 경우 다양한 원리의 종합적인 고려가 이루어지고 있지 않음.					

2.2 기존 기법의 고찰

지금까지 살펴본 기존의 생산프로세스에 대한 개선기법들은 재래 생산방식에서 중요시하는 효율성보다는 투입되는 자원과 정보, 나아가 세부적인 프로세스의 효율성¹⁾에 초점을 맞추고 있으며 이로 인하여 이들 개념간에 명확한 구분이 어려운 게 사실이다. 이와 같이 제조업 분야에서 전개되고 있는 고객 위주의 효율성 향상 노력은 괄목할 만한 성과를 나타내고 있다 (김영대, 2000).

한편 이러한 기법들을 건설공사에 적용하려는 노력은 최근 활발히 진행되고 있으며 대표적인 것이 바로 광범위한 개념을 포함하는 '린 건설'이라 할 수 있다. 하지만, 이러한 개선기법들은 신뢰도, 변이, 사이클 타임 등의 프로세스 측정기준은 명확하게 제시하고 있으나 정량적인 개선목표수준을 제시하지 못하고 있으며, 외적으로는 건설자원의 효율화를 강조하지만 효율성에 입각하여 전개시키고 있는바, 건설공사에 효과적으로 활용될 수 있는 개념확장보다도 제조분야에서의 린개념이 그대로 도입되고 있는 측면이 강하다고 할 수 있다. 이는 건설공사에서 고객의 수요를 위한 생산시스템의 변화에서 앞서 건설자원의 효율화를 통하여 비용을 절감하고 공기단축이

선행되어야 함을 의미한다. 이로 인하여 단순한 반복공정의 성격을 가진 제조업과는 달리 주어져 있는 시간에 다양한 공정의 작업이 지속적으로 진행되어야 하는 건설공사의 특성이 제대로 고려되지 못하고 있다.

Al-Sudairi(2000)는 Lean개념의 주요 원리(버퍼사이즈의 관리, 당김식생산방식, 자재흐름관리등)등이 종합적으로 고려되지 못하고 건설공사의 적용에 있어서 부분적으로만 적용되고 있음을 지적하고 있다.

따라서 건설현장의 작업환경을 고려하였을 때 개선수준에 대한 정량적인 목표값을 제시하지 못할 경우, 현장 실무자의 입장에서 개선해야 할 대상의 설정 및 평가 등에 대한 명확한 기준이 결여될 수밖에 없고 어떠한 프로세스 개선을 위한 활발한 활동도 기대하기가 어려울 것으로 판단되며 이로 인하여 실질적인 프로세스의 효율화가 전개되지 않은 상태에서의 시스템의 효율성을 추구하는 것은 결국 부분적용에 그칠 수밖에 없다.

3. 건설공사의 6시그마의 필요성 및 추진절차

3.1 6시그마 활동의 개념 및 필요성

6시그마 수준이라 하면 100만번의 경우 3,4번 정도의 에러가 발생하는 수준을 의미한다. 이러한 6시그마를 기업경영이 도달해야 할 목표로 설정하는 것이 6시그마 운동의 출발점이며 그 목표달성을 위해 필요한 도구를 사용하여 기업전체가 하나가 되어 추진하는 활동을 6시그마 활동이라 한다. 최근에는 이러한 불량률의 발생 의미가 단순히 제조업분야의 제품품질뿐만 아니라 여러 산업분야에서 그 개념의 확장이 이루어지고 있다. 신동민(1999)²⁾은 시그마는 단순한 제품 품질의 불량률의 분산정도뿐만 아니라 프로세스의 수준을 정량화 한 값이라고 표현하고 있다. 이와 같이, 6시그마 경영은 제조부문의 공정자체의 품질 뿐만 아니라, 자재 및 설비의 구입, 제품개발, 영업구매, 회계, 마케팅 등의 사회간접부문과 금융 및 서비스, 기타 모든 비제조기업에게 적용될 수 있는 방법이다.³⁾

앞서 고찰한 것처럼, 그동안 건설공사에 있어서 생산성이나 기타 성과지표의 체계적인 관리 및 향상에 대한 동기부여가 제조업 분야에 비해 크게 부족하였다. 이 외에도 1회성, 참여조직의 다양성, 고정성 등 건설산업이 갖고 있는 고유의 특성으로 인하여 효과적인 프로세스 개선에 대한 성과가 가시화되지 못하였다. 따라서 건설공사에 있어서 프로세스 개선을 위한 활발한 활동을 전개하기 위해서는 무엇보다 세부단위작업별로 달성목표를 정량화하여 프로세스 개선활동을 펼칠 수 있는 여건을 마련하는 것이 중요하며 이와 같은 목표아래 최근 제조업 분야에서 전개되고 있는 전사적인 경영혁신기법인 6시그

1) '효율성 위주의 생산방식'은 기존의 투입자원의 필요에 의한 생산체계를 유지함으로써 불필요한 재고 및 낭비를 최소화 하여 전체 프로세스의 신뢰도를 확보하는 방식이라 할 수 있다

2) 최신경영혁신운동의 하나인 6시그마에 관한 연구(영남대학교 경영대학원 석사학위 논문)
3) 화이트칼라 6시그마 경영혁신(인병진 외, 2000)

마 활동을 건설공사 효율화개념에 접목시킴으로서 건설공사 프로세스 개선 및 성과 향상 방안을 모색할 필요가 있다.

3. 2 건설공사의 6시그마 추진전략

3.2.1 기존 개선기법과의 연계

6시그마 기법을 건설공사에 효율적으로 도입하여 추진하기 위해서는 우선적으로 기존에 활용되는 혁신기법을 기반으로 6시그마 기법을 효과적으로 연계하여야 하며 기존 기법의 적용을 위해 구축되었던 인프라 및 추진전략을 적극적으로 활용할 필요가 있다. 미국의 SteelCase 사는 생산체계의 혁신을 피하기 위하여 Lean생산방식을 도입하여 활용하였으며, 이에 통계적인 기법을 접목하여 제품의 신뢰도 및 프로세스의 효율성을 향상시킴으로서 제품생산의 속도 및 비용을 절감하는 성과를 얻을 수 있었다.¹⁾ 이는 6시그마 경영의 기본사상이 사실적인 데이터를 이용한 통계적 방법에서 기인한다는 측면에서 건설공사에 최근 적용되고 있는 Lean건설과 6시그마의 접목은 보다 좋은 성과를 이룰 수 있음을 반증하고 있다. 또한, Dag Kroslid(2001)는 Lean 생산개념과 6시그마 개념을 비교하면서 린 생산개념과 6시그마 기법간의 연계는 보다 효과적인 성과를 기대할 수 있다고 하였다.

이와 같은 배경에서 건설산업에서도 6시그마에 대한 논의가 시작되고 있는데, 최근 미국의 CII 학술대회 (CII, 2003)에서도 건설산업에 6시그마를 도입하기 위한 툴킷(tool kit)이 발표된바 있으며, 백텔사에서조차 전사적으로 6시그마 기법을 적용하여 경영효과를 보고 있다는 사례가 일부 발표되고 있다.

3.2.2 6시그마 성과측정 지표의 설정

6시그마개념을 건설공사에 접목함에 있어서 중요한 인프라중의 하나는 성과측정 지표시스템의 구축이라 할 수 있다. 제조업에서의 6시그마 경영혁신활동과 마찬가지로 6시그마를 도입하기에 앞서서 기업은 기본 전략 및 방침을 자사의 여건을 고려하여 세워야 한다. 이와 같은 과정에서, 일반적으로 재무, 고객, 내부프로세스, 학습과 성장의 관점에 따라 혁신하고자 하는 방향을 설정하고 이에 대한 성과표준치를 결정하여야 한다.

건설공사의 경우 특수성을 고려하여 성과측정 지표 설정시 공사수행단계별, 공사기간, 공사비용등의 관점이 주로 고려되어야 한다. 건설공사에 있어서는 일반적으로 생산성이나 효율성, 효용성, 성과표준치²⁾등이 주요지표로서 활용될 수 있으며, 보다 세부적으로는 프로세스의 작업에 소요되는 cycle-time이나 자재의 Buffer size, 노동인력의

비효율적인 작업시간등도 성과측정의 세부 기준으로 사용될 수 있다.

3.2.3 CTQ영향요인에 대한 연관관계 고려

CTQ(Critical Total Quality)란 핵심 품질요인을 말하며, 실제적으로는 개선하고자 하는 프로세스의 성과측정지표와 가장 영향이 깊은 요소를 의미한다. 예를 들면, 특정 공정에 있어서 생산성을 성과측정지표로서 설정하였다면 이와 가장 연관이 깊은 자원흐름의 신뢰성 등이 주요 CTQ로 설정될 수 있다. 6시그마 활동을 추진함에 있어서 이러한 CTQ를 정의하고 CTQ의 결함율에 대한 시그마 수준을 측정하며 이에 대한 분석을 함에 있어서 CTQ와 연관된 세부적인 요소 등을 규명하고 관리하여야 한다. 또한, CTQ에 영향을 미치는 각각의 요인들은 매우 복잡한 상관관계 또는 인과관계를 이루고 있음을 주목하여야 한다.

3.2.4 6시그마개념 적용을 위한 기본 Frame work

표2와 같이 건설공사에 6시그마개념을 적용하는 것은 상기에서 언급한 건설공사의 6시그마 추진전략에 따라 OutPut(성과측정지표)의 향상을 위하여 InPut(성과동인) 값을 정의하고 측정하며, 분석하고, 개선하여 관리하는 단계를 거치는 형태로 구성되어야 한다.

표 2. 6시그마 개념 적용의 기본 프레임 워크

성과동인(Input)	프로세스	성과지표(OutPUT)
자재의 품질 안전	낭비요소의 제거 (프로세스 개선)	작업량 Cycle-Time 효율성 생산성
자재재고 수준		
인력의 대기시간		
장비의 대기시간		
계획 성취율		
Cycle-Time의 변동		

4. 사례연구를 통한 적용성 검증

본 연구에서는 6시그마 적용성 검증을 위해 송전선로 건설공사의 세부단위작업인 철탑조립 프로세스에 대한 분석을 실시하였으며 동시에 여러 지역에서 작업이 진행되는 건설공사의 특성상 사실적인 작업개선 데이터를 수집하기에는 한계가 있음을 감안하여 현 프로세스를 모델화하였고 As-Is 상태의 프로세스 상태를 분석하고 시그마 수준의 관리를 통하여 개선된 To-Be상태의 성과가 최적화됨을 시뮬레이션을 통하여 간접적으로 검증하였다. 본 연구에서는 다양한 독립사건 작업모델이 가능하고 작업개선 효과 분석이 가능한 Extend+BPR³⁾ 툴을 이용하였다.

1) http://www.dfss.co.kr/2002_dfss/index.asp
 2) 성과표준치는 가능한 표준시간 대비 실제로 사용된 시간수를 의미한다.

3) 불연속사건시뮬레이션 툴로서 프로세스의 제설계 및 분석과 작업흐름 및 생산성분석등의 분석이 효과적이다.

4.1 모델의 검증

프로세스를 반영한 모델을 통하여 개선효과의 검증에 앞서 본 모델이 실제 현상을 제대로 반영하고 있는지에 대한 검증이 필요하다. 본 연구에서는 표3과 같은 실제 데이터의 성과값과 그림1의 시뮬레이션 결과값을 아래와 같이 비교하였다. 현 프로세스의 주요 성과지표를 가장 적절히 반영하는 경우의 재고량은 약 7.8ton수준이었으며 각각의 값을 비교하였을 때 실제 데이터와 시뮬레이션 결과값이 비교적 유사한 결과를 보이고 있으며 t-test등을 통한 통계적 검증은 해당사례 데이터수의 부족으로 인하여 본 연구에서는 제외하였다.

표 3. 현 프로세스 주요 성과 지표

Throughput	작업일수	생산성 (ton/min)	표준편차
267	12	0.046	
260	11	0.049	
288	11	0.054	
815	34	0.050	0.002414

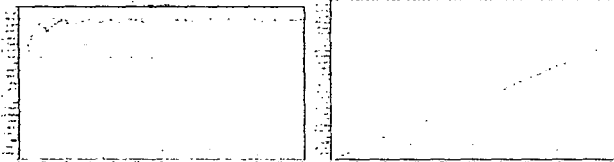


그림 1. 시뮬레이션 결과값(좌: 생산성 0.046우: Throughput 261)

4.2 대상공사 개요

본 사례의 프로세스는 약 10일 동안 진행되며 자재는 현장의 주위여건을 고려하여 약 15ton정도이상은 작업지역에 야적되지 못하는 것으로 가정하였다. 그림2는 Micro CYCLONE 표현기법을 이용하여 대상 사례프로세스를 나타낸 것이며 크게 자재의 분류, 이동, 지상조립 지상조립물의 상부 이동, 상부조립 순서로 마무리 된다. 표4는 본 프로세스의 주요특징을 나타내고 있다.

표 4 대상 프로세스의 일반사항

구분	내용	비고
작업반	공종별 작업반 구성	약13명
기간	약 10일 기준	10일간의 성과기준
재고량	약 15ton미만	지역적 협소성으로 제한
비용	1ton당 재고량 유지 비용은 50,000원	자재의 흐름을 기준 1ton의 처리비용은 50000원

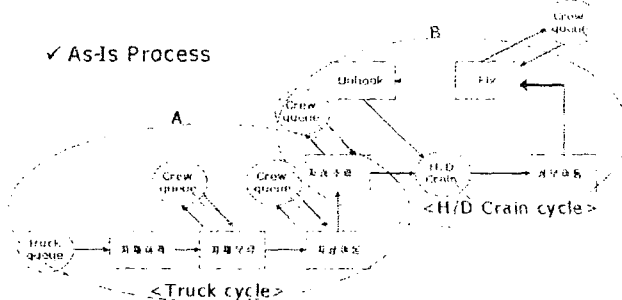


그림 2. 현 프로세스의 흐름도

4.3 프로세스 CTQ정의

본 연구에서는 6시그마 추진절차의 정의단계로서 프로세스의 신뢰성을 확보함으로써 성과지표의 최적수준을 유지하는 것을 추진목표로 설정하였으며 이와 같은 목표 선정에 따라 해당 목표의 전략방향과 밀접한 관계가 있는 CTQ를 선정하기 위하여 프로세스 분석을 실시하였다. 본 연구에서는 Cycle Time(이하 C-Time)를 하나의 자재가 수송되어 지상에서 분류되기 시작하면서 상부에서 조립되는 시점까지로 설정하였다. C-Time의 변동정도 즉, 변이성은 프로세스의 신뢰성과 깊은 연관이 있으며 이에 대한 신뢰성 확보는 현 프로세스의 생산성과 가장 밀접한 관계를 갖는 것으로 판단하였다. 따라서 본 프로세스에서는 C-Time의 변동폭을 CTQ로 설정하였다.

4.4 CTQ의 측정방법

본 프로세스의 CTQ데이터를 수집하고 이에 대한 측정을 하기위해서 CTQ에 대한 성능표준을 설정하여야 하여야 한다. 그림3은 현 프로세스 C-Time의 분포를 나타내고 있다.

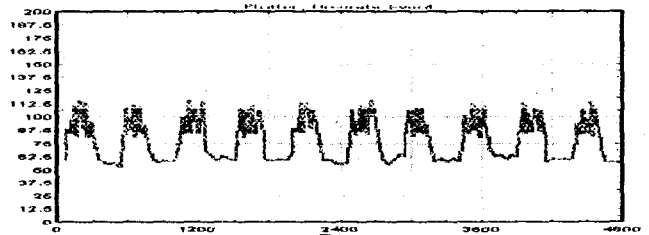


그림 3. 현 프로세스의 C-Time분포도

이와 같은 C-Time의 변동분포를 고려하여 C-Time의 변동폭이 30분 이상 초과하지 않는 것을 개선의 성능표준으로 설정하였다. 설정된 성능표준에 따라 현재의 시그마 수준을 계산하면 다음과 같다. 시간에 따른 변동폭의 분포를 살펴보면,

$$C_p(\text{공정능력지수}) = \frac{USL(\text{상한계선}) - MEAN(\text{평균})}{3 \times STDEV(\text{표준편차})}$$

$$\text{시그마수준} = 3 \times C_p$$

위 계산식에 따라 시뮬레이션 결과로부터 도출한 C-Time의 평균 17.1분, 표준편차 9.3분을 대입하면 현재 수준은 약 1.4시그마임을 알 수 있다. 이러한 현재 시그마 수준에 대하여 개선의 목표수준을 설정하여야 하며 본 연구에서는 건설공사의 불확실성을 최대한 고려하여 단순히 6시그마 수준을 적용하는 것 보다는 현재의 시그마 수준을 향상시키면서 C-Time의 변동폭의 감소와 함께 프로세스의 여러 성과지표(생산성, 작업량)등의 변동

1) CTQ의 현재 수준 측정을 위하여 기준이 되는 표준값을 의미함.
2) '화이트칼라 6시그마 경영혁신' 인병진, 2000, p. 282

을 고려하여 적절한 수준의 시그마 수준 목표를 설정하고자 하였다.

4.5 CTQ의 분석

이상에서 살펴 본 것과 같이, 현 프로세스의 CTQ 결합율은 1.4시그마 수준이며 이와 같은 결합율에 영향을 끼치는 잠재적인 원인의 수는 건설공사에 복잡성을 고려하였을 때 매우 다양하다. 그림4는 CTQ에 영향을 끼치는 주요 요인들에 대한 특성요인도(cause-and-effect diagram)를 나타내고 있으며 결합율을 개선하기 위해서는 해당요인에 대한 관리 및 개선을 실시해야 한다.

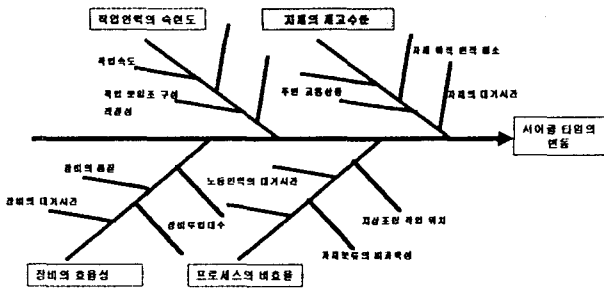


그림 4. 사이클 타임 변동의 영향요소

그림4와 같이 자재 재고량의 변화는 그림5(좌)와 같이 분포됨에 따라서는 C-Time의 변화가 그림5(우)과 같음을 알 수 있다. 자재의 재고수준은 건설공사프로세스의 성과와 깊은 관계를 가지고 있는 것으로 파악되고 있다. 하지만, 그 크기가 작게 유지될 경우 오히려 추가적인 자재수송시간의 증가로 인하여 작업량의 감소뿐만 아니라 C-Time의 변동이 크게 되는 등의 문제가 부각될 수 있으며 반면에 크게 유지될 경우 자재의 대기시간의 증가뿐만 아니라 비용상승 등의 문제가 발생할 수 있다. Al-Sudairi(2000)는 Buffer-size의 크기가 클수록 Cycle-Time의 변동폭이 작아 불확실성에 대한 영향이 매우 적게 됨을 언급하고 있다. 따라서 본 연구에서는 자재의 재고량의 적정수준의 유지를 통하여 C-Time의 변동폭을 줄임과 동시에 전체 프로세스의 성과향상을 꾀할 수 있는 방안을 도출하는데 중점을 두었다.

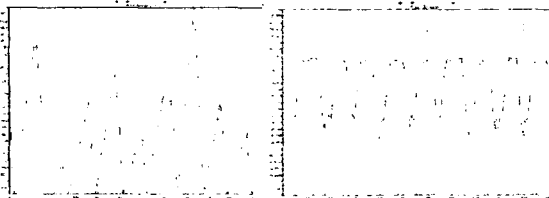


그림5. Buffer Size의 변화와 Cycle-Time간의 관계 (좌: 자재의 Buffer Size 우: Cycle-Time)

4.6 CTQ의 개선

우선 1차적으로 사례 프로세스 자체를 개선함으로써 프로세스의 성과향상을 도모하며 2차 개선으로서 CTQ에

영향을 미치는 요소들에 대한 관리적 차원의 개선을 일부 가정(교통상황 및 기상조건의 긍정적으로 작용한다고 가정함)하에 수행함과 동시에, 자재재고량의 변화와 함께 CTQ(사이클타임의 변동폭)의 시그마 수준을 관찰하였으며, 전체 프로세스의 생산성 및 작업량 등을 고려하여 최적의 자재재고 수준을 결정하였다. 프로세스 개선측면에서 살펴보면 본 공사 수행과정에서 대형 크레인으로 상부결합 작업이 이루어지는 동안 지상조립 작업조가 대기하는 시간이 발생하므로 생산성 저하의 요인으로 작용하게 되며 불필요한 자재재고량을 발생시키고 이로 인한 비용상승이 예상된다. 또한, 자재분류작업이 자재가 야적되는 공간에서 수행되므로 이로 인한 자재재고수준의 제약이 발생하게 된다. 이와 같은 문제점을 개선한 프로세스의 흐름도를 살펴보면 그림6과 같다.

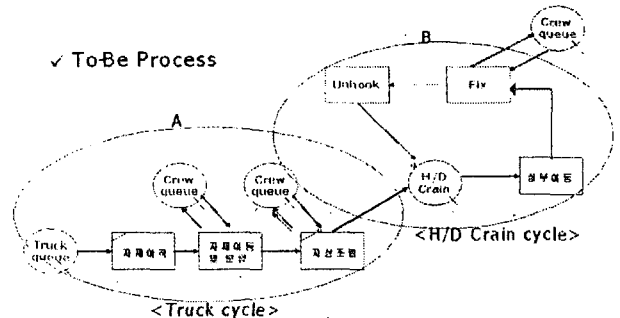


그림 6. 개선 후 프로세스의 흐름도

이와같이 1차적으로 낭비적인 프로세스를 개선한 후에 2차적으로 자재 재고수준에 따른 성과지표의 변화를 살펴해보았다. 표5는 이러한 개선절차에 따른 개선효과를 나타낸 것이다.

표 5. 프로세스 개선 및 시그마 수준의 재고량 관리에 따른 결과분석

개선 절차	구분	개선전			1차개선후(1)				
프로세스 개선 (1차 개선)	Productivity(1) (ton/min)	0.046ton/min			0.0463ton/min				
	Productivity(2) (ton/원)	0.0132ton/원			0.0132ton/원				
	Cycle-Time	139min			133min				
	Throughput	222ton			222ton				
	Average buffer size	7.8ton			7.8ton				
	Cycle time sigma level	1.8sigma			2sigma				
시그마 수준을 기반 한 재고량 개선 (2차 개선)	Average buffer size(ton)	25	20	15	10	7.8 (1차 개선)	5	3	0
	P(1)	0.069	0.068	0.067	0.056	0.0463	0.046	0.042	0.029
	P(2)	0.01	0.01	0.011	0.012	0.013	0.0137	0.016	0.02
	C-T	91	90	97	114	130	131	141	179
	T-put	327	327	326	268	222	218	202	154
	C-T sigma level	3.1	3.1	2.4	1.8	2	1.96	1.89	1.8

표5에서 재고량의 수준이 증가할수록 생산량은 늘어나지만 재고량 유지에 따른 비용상승이 지속적으로 일어나는 것을 알 수 있다. 이와 달리, 재고량의 수준이 낮아질수록 불확실성이 많아져 외부에서의 자재수송에 따른 대기시간발생으로 인한 작업량 감소가 이루어짐을 알 수 있으며, 비용이 상대적으로 감소되는 것을 볼 수 있다.

이과 같은, 비용과 생산량의 증감사이에서 프로세스의 신뢰성을 확보할 수 있는 C-Time의 시그마 수준을 살펴보면 약3.1시그마 수준으로서 약 20ton의 자재재고량을 유지하는 것이 가장 C-Time의 변동폭을 줄일 수 있는 수준임을 알 수 있다. 하지만, 이에 따른 비용증가로 인한 소용비용당 생산량의 값이 떨어지게 되므로, 약 15ton 수준에서 재고량을 유지하게 된다면 주어진 시간에 다소 비용은 초과하더라도 프로세스의 신뢰성을 확보하면서 작업량을 늘리면서 C-Time을 단축시킬 수 있게 된다. 본 사례연구에서 최적의 시그마 수준과 아울러 성과지표의 향상을 꾀하는 수준이 재고량의 증가로 나타난 것은 Lean등과 같은 기존의 프로세스 개선기법에서 제시하고 있는 재고의 최소화 개념과 상반된 결과로서 이는 본 연구에서 자재 유지에 따른 비용의 증가를 중요한 요인으로서 고려하지 않은 결과라 사료되며 각각의 요소들을 고려하여 최적의 자재재고수준을 결정할 필요가 있다. 비교적 짧은 시간을 대상으로 수행된 본 사례연구에 대하여 측정기간을 장시간으로 설정하고 변이관리의 목표수준을 달리 설정함에 따라 해당 시그마 수준 및 성과지표의 변화는 보다 명확히 구분될 것으로 예상된다.

5. 결론 및 향후 연구과제

지금까지 C-Time의 변동폭 수준을 정량적인 시그마 수준으로 표현하면서 자재의 재고량을 합리적인 수준에서 관리함으로써 최적의 프로세스의 성과도출과정을 시뮬레이션 기법을 통하여 알아보았다.

건설공사에 있어서 6시그마 수준으로 성과지표의 불량을 감소시키는 것은 매우 어려운 과제이며 본 연구에

서는 6시그마 수준달성보다도 시그마 수준의 개념을 이용함으로써 현 프로세스를 시그마 수준으로 표현할 수 있는 기초적인 방안을 제시하였다. 향후 연구과제로서 보다 일반적인 건설공사의 사례를 비교적 장기간인 측정기간을 두고 추가적으로 분석함으로써 6시그마 개념의 적용성을 실증적으로 검증할 필요가 있으며 건설공사에 투입되는 인력과 장비의 변이관리에 대한 추가적인 분석과 함께 이를 통하여 전체 프로세스에 투입되는 비용의 영향 정도를 함께 고려할 수 있는 통합적인 분석이 요구된다.

참고문헌

1. 건설교통부, 제3차 건설기술진흥기법계획, 2003
2. 신동민, 최신경영혁신운동의 하나인 6시그마에 관한 연구, 영남대학교 경영대학원 석사학위 논문, 2000
3. 안병진, 화이트 칼라 6시그마 경영혁신, 한연, 2000
4. "6시그마경영의 이해와 실천", 삼성경제연구소, 2002
5. Al-Sudairi, Evaluation of construction process : Traditional Practice Versus Lean Principle, Ph.D. Dept.of Civil Eng, The Univ. of Colorado at Boulder.2000
6. Ballard, Lean Project Delivery System, White Paper No. 8 , Lean Construction Institute, California.
7. Dag Kroslid, Six Sigma and Leaa Manufacturing- A Merger for Worldclass Performance, but is it Really Talking Place?, The Asian Journal on Quality, vol.2, No.1 2002,
8. EXTEND Version5 User's Guide. Imagine That, 2002
9. H.Randolph Thomas, Reducing Variability to improve Performance as a Lean Construction Principle, Journal of Construction Engineering and Management, vol. 128, No.2, 2002, pp144-154

Abstract

Recently there has been huge efforts to improve performance in construction process by applying emerging techniques such as the Lean principle, Just-in-time concept and so on. However, little achievement as we expected has come out in reality due to the lack of strategy to set a definite goal of the execution and differences of personal viewpoints on construction productivity. Accordingly, it is the most important to promote the circumstances for the construction process improvement by quantifying the goals of respective unit activity groups. This research explores feasible solutions for the improvement of construction projects performance by combining the six-sigma principle for the generic administrative innovation based on the idea of construction process performance. For this purpose, mutual comparisons of various current approaches are performed in an attempt to establish the advantages in applying six-sigma idea and to provide its fundamental strategy. Furthermore, through a case study with the simulation of applying six-sigma to a unit activity group in construction process, this paper verifies that the overall performance improves as the degree of sigma level gets advanced.

keywords : performance, six sigma principle, simulation