

# 작업 성과지표의 통계적 분석 방법에 관한 연구

## Statistical Analysis of Work Performance Indicator

문호기\*, 유정호\*\*, 김창덕\*\*\*

Hyo-Gi Moon, Jung-Ho Yu, Chang-Duk Kim

### 요 약

건설 프로젝트는 개별공종으로 구성되며 개별공종은 개별작업으로 이루어지므로 개별작업의 성과는 프로젝트 성과에 영향을 주는 최소단위이다. 그러므로 개별 작업에 대한 체계적인 성과측정 및 평가가 이루어져야 한다. 그러나 기존 성과측정은 기업 또는 프로젝트 단위에서 성과측정만 주로 이루어지고 있고 개별 작업을 측정하는 국내·외 공사관리체계에서는 지표에 대한 분석 및 활용이 미흡하다. 따라서 본 연구에서는 개별 작업을 측정하기 위해 PPC(Percent Plan Complete)를 성과지표로 선정하였고 통계적 분석 방법을 통해 목표지향적인 작업관리와 지속적인 개선이 이루어 질 수 있도록 지표의 분석 방법을 제안하였다.

키워드: PPC, 성과지표, 성과측정, 통계적 분석

## 1. 서 론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

국내 건설산업은 짧은 역사에도 불구하고 국내총생산(GDP)의 8.1%, 고용비중 7.9%(183만 5,000명)를 차지할 정도로 국가경제에서 차지하는 비중이 큰 산업이다. 하지만, 우리의 건설 생산성을 100으로 하였을 때, 건설 선진국과 1.5배 이상 차이가 나고 있는 실정이다.<sup>1)</sup> “측정할 수 없는 것은 관리할 수 없다”라는 말처럼, 효율적인 건설사업 수행을 위해서는 건설사업의 현재 상태를 파악하고 성과개선 여부를 정량화하고 측정하는 능력을 향상시켜야 한다. 한 연구에 따르면, 200여명의 건설기업 임원들을 대상으로 조사한 결과, 측정지표를 관리하는 회사는 그렇지 않은 회사에 비해 보다 좋은 성과를 나타내고 있는 것으로 보고되었다.<sup>2)</sup> 이는 지표의 활용을 통하여 프로세스의 속성을 가시화함으로써 목표 지향적 관리를 가능하게 하고, 궁극적으로는 프로세스의 질을 향상시킬 수 있음을 의미한다. 건설 산

업은 프로젝트 기반산업이므로 각각의 프로젝트의 성과가 기업의 성과에 직접적인 영향을 주므로 개별 프로젝트의 성과를 향상 시켜야 한다. 이를 위해서는 건설 프로젝트를 구성하는 개별공종의 개별작업에 대한 성과를 측정·관리해야 한다.

따라서 본 연구의 목적은 개별 작업의 성과를 측정할 수 있는 지표를 선정하여 작업의 성과를 통제하고 지속적인 향상을 위해 통계적 관리 기법을 활용한 작업 성과지표의 분석 방법을 제안하는 것이다.

### 1.2 연구의 범위 및 방법

성과측정·분석은 기업단위, 개별 프로젝트, 건설 프로젝트의 Life Cycle 전체를 통해 이루어 질 수 있으나 본 연구에서는 프로젝트를 구성하는 개별작업의 성과측정 및 분석을 범위로 한정하였다.

연구의 수행절차 및 방법은 다음과 같다.

(1) 개별작업의 성과를 측정하기 위한 지표로 PPC를 선정한다.

(2) PPC를 활용하는 공사관리 기법 및 시스템을 고찰하여 PPC 측정 후 활용 현황의 한계점을 도출한다.

(3) 성과지표 측정 분석을 위한 방법으로 통계적 관리기법을 고찰하여 본 연구에서 활용할 수 있는 관리도 기법을 제시한다.

(4) 가상의 데이터를 통해 지표의 통계적 분석 활용 방법을 제시한다.

\* 일반회원, 광운대학교 건축공학과 석사과정, icw34@kw.ac.kr

\*\* 종신회원, 광운대학교 건축공학과 교수(교신저자), 공학박사, nyazure@kw.ac.kr

\*\*\*종신회원, 광운대학교 건축공학과 교수, 공학박사, stpkim@kw.ac.kr

본 논문은 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁 시행 한 2005년도 건설기술기반구축사업(과제번호: 05 기반구축 D05-01) 및 포스코 건설 연구비 지원에 의한 연구결과의 일부임.

1) 한국 생산성 본부 2006. 12. “생산성 국제비교”

2) SchiemannSchiemand and Lingle(1999)

## 2 작업성과 지표

### 2.1 PPC(Percent Plan Complete)

본 연구에서는 개별 작업을 측정하는 지표로 PPC를 활용하였다. PPC는 계획 작업량 대비 수행 작업량을 의미한다. 일 단위 작업계획을 토대로 하루 동안 작업할 수 있는 작업량을 수립함으로써 과다 작업계획, 과다인원 및 물량 투입의 방지, 현장 작업자의 대기시간을 최소화하도록 한다. 또한, PPC는 프로젝트의 계획 신뢰도를 향상시키고 프로젝트 관리자의 공정계획 능력을 향상시킴으로써 후속 공정의 생산성 향상과 자재절감 및 시간 버퍼의 단축이 가능하다.<sup>3)</sup>

Ballard(1997)의 논문에 따르면 PPC가 50% 이상인 현장의 경우는 평균 15%의 예산절감이 가능하였으며 PPC가 50% 이하인 현장의 경우는 평균 15%이상의 추가 예산이 소요되었다. 또한,

### 2.2 PPC 측정방법

PPC의 측정대상은 프로젝트를 구성하는 최소관리단위의 작업들이다. PPC 측정은 매일 이루어지며 측정과정이 간단하므로 현장 적용성이 매우 높다. 다음 그림 1은 PPC 측정방법의 예를 나타낸다.

점선으로 표시된 박스 안에 표시된 D3은 작업일자를 나타내며 A1,A2,A3은 각각 A협력업체들의 일일작업계획을 의미한다. A1작업의 경우 D1부터 D3까지 3일의 작업기간을 지니고 있으며 해당 D3일에 A협력업체의 PPC는 67%이며 D3일까지의 누적 PPC는 56%를 나타내고 있다. <sup>4)</sup>

		D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15	D16	D17	D18
Daily Reliability	A	67%	33%	67%	100%	100%	100%												
	B				100%	100%	100%	0%	50%	100%	0%	100%							
	C							28%	33%	33%	0%	100%	50%	100%	0%	100%	0%	0%	100%
전체					50%	75%													
Cumulative Reliability	A	67%	60%	66%	78%	87%	89%												
	B																		
	C																		

그림 1 PPC 측정 방법의 예시

### 2.3 PPC 활용 현황

3) 임철우, "건설공사의 작업성취율 관리모델", 광운대학교 석사논문, 2007, p.6

4) 문효기, "린 건설에 기초한 성과측정 방안에 관한 연구" 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, 2006, 11

### 2.3.1 LPS(Last Planner System)

LPS는 작업의 신뢰도를 관리하여 원활한 작업 흐름과 보다 효율적인 공정 및 계획 관리를 위한 도구이다. LPS는 LPS는 마스터 플래닝(Master Schedule), 페이스 스케줄(Phase Schedule), 룩어헤드 플랜(Lookahead Plan), 주간 작업계획(Weekly Work Plan)으로 나누어지며, 주간 작업계획은 일일로 관리되어지는 최소작업단위로 구성되며 PPC를 측정하고 100% 완료되지 않은 공정에 대한 원인을 분석한다.

### 2.3.2 SPS(Strategic Project Solution)

SPS는 일일 작업관리를 위한 PPC 측정을 지원하는 시스템으로서 일별로 진행되는 전체회의 과정에서 매일 수행된 작업들의 진도율과 낭비요소를 분석한다. SPS에서는 PPC를 측정하여 미완료된 작업의 파악이 용이하게 되고 그 결과에 대한 적업 간섭 요인과 신뢰도가 낮은 작업의 지연요인 파악에 사용된다. 이는 일일 전체회의 시 참고 자료로 활용되고 PPC 분석 결과는 협력업체의 평가로 사용 가능하다. 그림 2는 SPS의 PPC 분석 결과를 도식화한 화면이다.<sup>5)</sup>

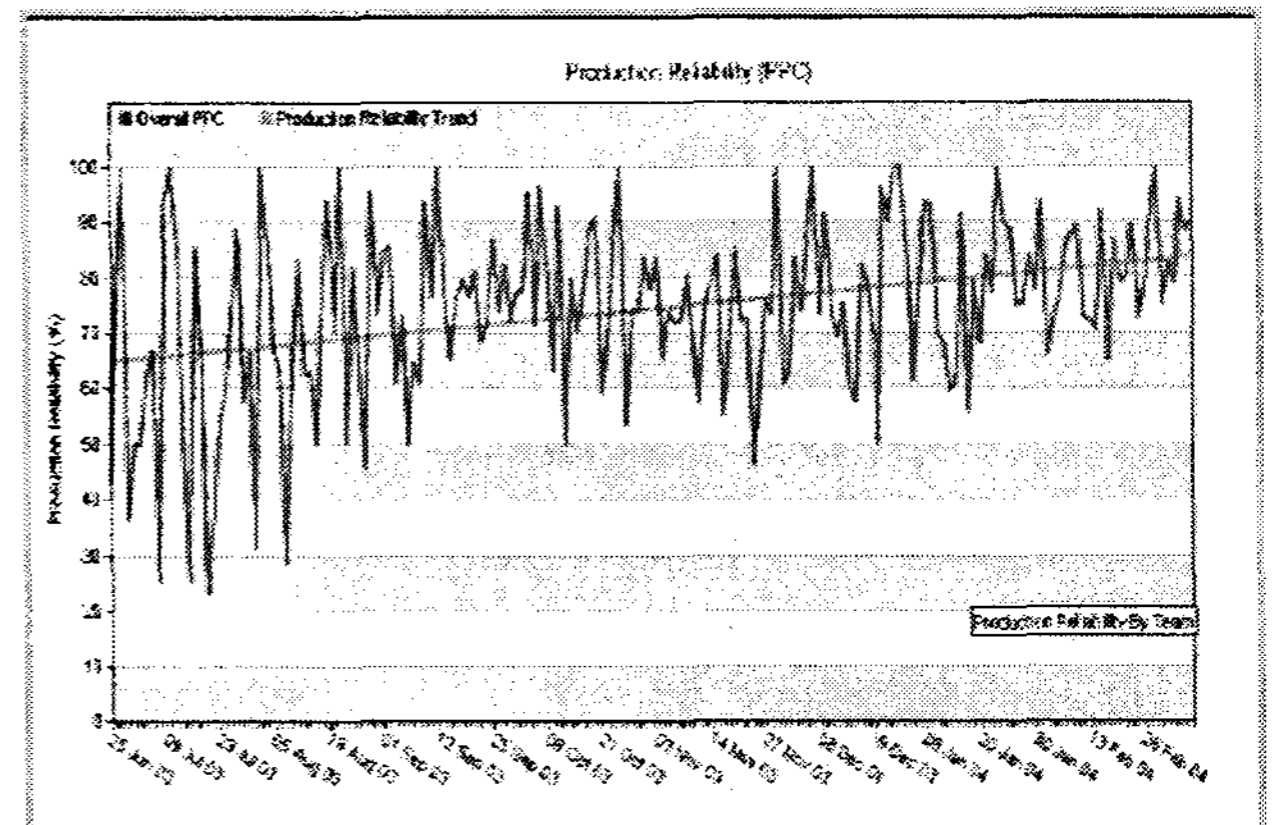


그림 2 SPS의 PPC 분석도표

### 2.3.3 TPMS(Total Project Management System)

국내에서도 최근 들어 PPC 지표를 활용한 관리도구 개발이 진행 중에 있으며 국내 A건설의 경우 TPMS를 발표하여 일단위 작업관리 시스템을 발표한 바 있다.

TPMS는 일일작업관리를 통해 하루 단위로 관리하며, 개별 Task에 해당 일량만큼의 자재, 비용을 연계하여 Task가 완료될 때마다 투입자재와 비용이 시스템에서 계산되어 원가 분석진행이 가능하다. 또한, 공정표의 자동 생성 및 실적분석과 함께 프로젝트에 대한 PPC 측정 및 통계가 가능하다. 그림 3에서처럼 PPC 추세분석을 통해 협력사의 계획대비 작업완료 현황을 보여줌으로써 작업계획의 중요성을 인식시키고 향후 이를 협력업체평가에 반영한다.<sup>6)</sup>

5) <http://www.strategicprojectsolutions.com/>

6) <http://gsoffice.gscont.co.kr>

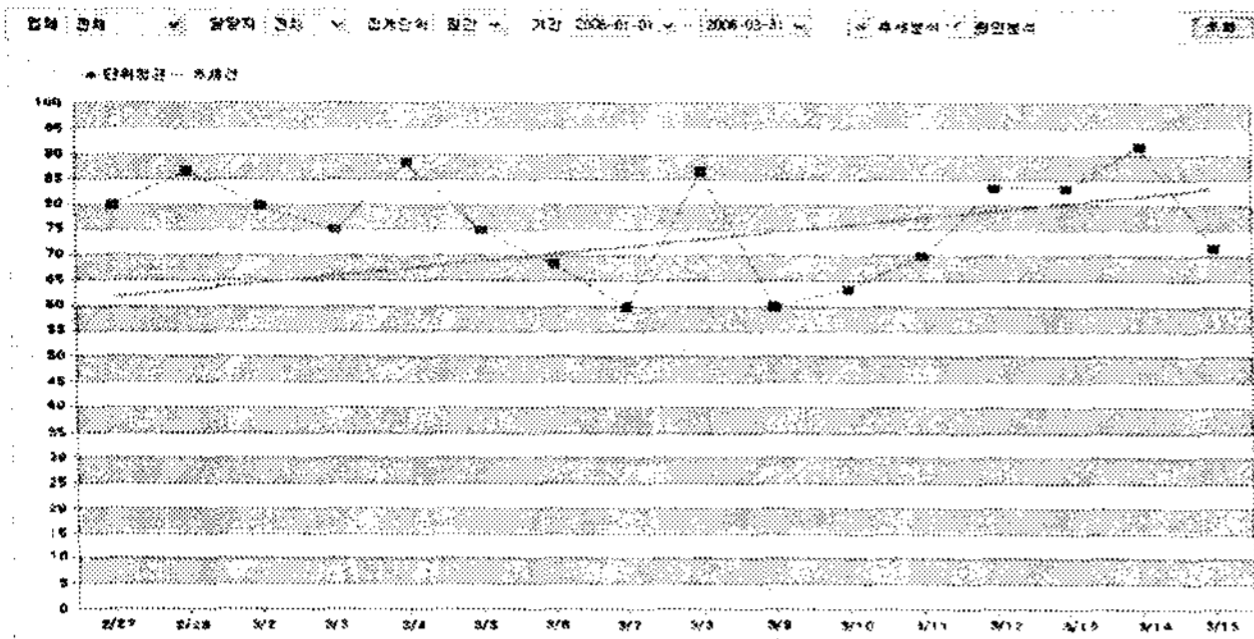


그림 3 TPMS PPC 분석 화면

### 2.3.4 기존 PPC 분석 방법의 한계점

기존의 PPC 활용 도구에서는 PPC를 측정 후 100%가 되지 않은 작업에 대해 작업지연원인을 파악하는데 활용하고 있으며, 협력업체 평가시 평균 PPC와 비교하거나 상대적인 비교를 통해 평가하고 있다. 하지만 지표를 통해 객관적이고 신뢰성 있는 PPC 관리체계 구축에 관한 고려가 없으며, 축적된 PPC 활용도가 매우 미흡한 실정이다. 따라서 단지 지표를 측정하여 단순 비교에 그치지 않고 목표 지향적이고 지속적인 개선 활동이 이루어질 수 있도록 체계적이며 객관적인 PPC 관리가 필요하다.

## 3. 작업 성과지표 관리체계

### 3.1 작업 성과지표 관리체계

본 연구에서는 PPC를 통해 작업의 성과를 통제하고 지속적인 향상을 위해 통계적 관리 기법을 활용하고자 한다. 이를 위해 다음 그림4와 같은 관리체계를 수립하였다.

그림 4에서와 같이 작업을 계획하고 최초 관리기준선을 설정하게 된다. 최초 관리기준선은 작업을 수행함에 있어서 목표로 하는 PPC 기준이다. 관리기준선은 기존의 자료를 토대로 작업 관련자와 전문가 의견에 따라 설정할 수 있다. 예를 들면 조적공사에서 지난 6개월간 일일 작업계획 대비 완료율이 평균 60% 선이었다면, 관리기준을 상호 협의하여 70% 설정하고 PPC가 관리기준선을 상향할 수 있도록 작업을 관리하게 된다. 관리기준 설정 후 작업을 수행하고 작업별 PPC를 측정하게 된다. 측정된 PPC가 관리기준 보다 낮으면 원인이 무엇인지 대책을 수립하게 되고 다음 작업 계획에 반영되게 된다. 반면 PPC가 관리기준에 상향하게 되면 임의의 PPC분석범위동안의 PPC 통계치와 통계적 관리목표와 비교하게 된다. 통계적 관리목표는 관리기준선을 상향조정하기 위한 기준이다. 예를 들면, 최초관리기준선을 60%로 설정하고 일정 분석기간 동안에 PPC가 50% 이상 관리기준선을 상향한다면 관리기준선을 70% 상향조정한다 라고 설정하는 것이다. 이러한 관리절차는 가시적인 지표로 목표 지향적인 작업관리가 이루어지도록 하며 작업 수행을 통제하는 역할을 하며 지속적인 향상이 이루어지도록 한다. 작업 성과지표 관리체계에서는 객관적인 관리기준 설정이 가장 중요하다. 이를 위해서 본 연구에서는 통계적

관리도 기법을 활용하였다.

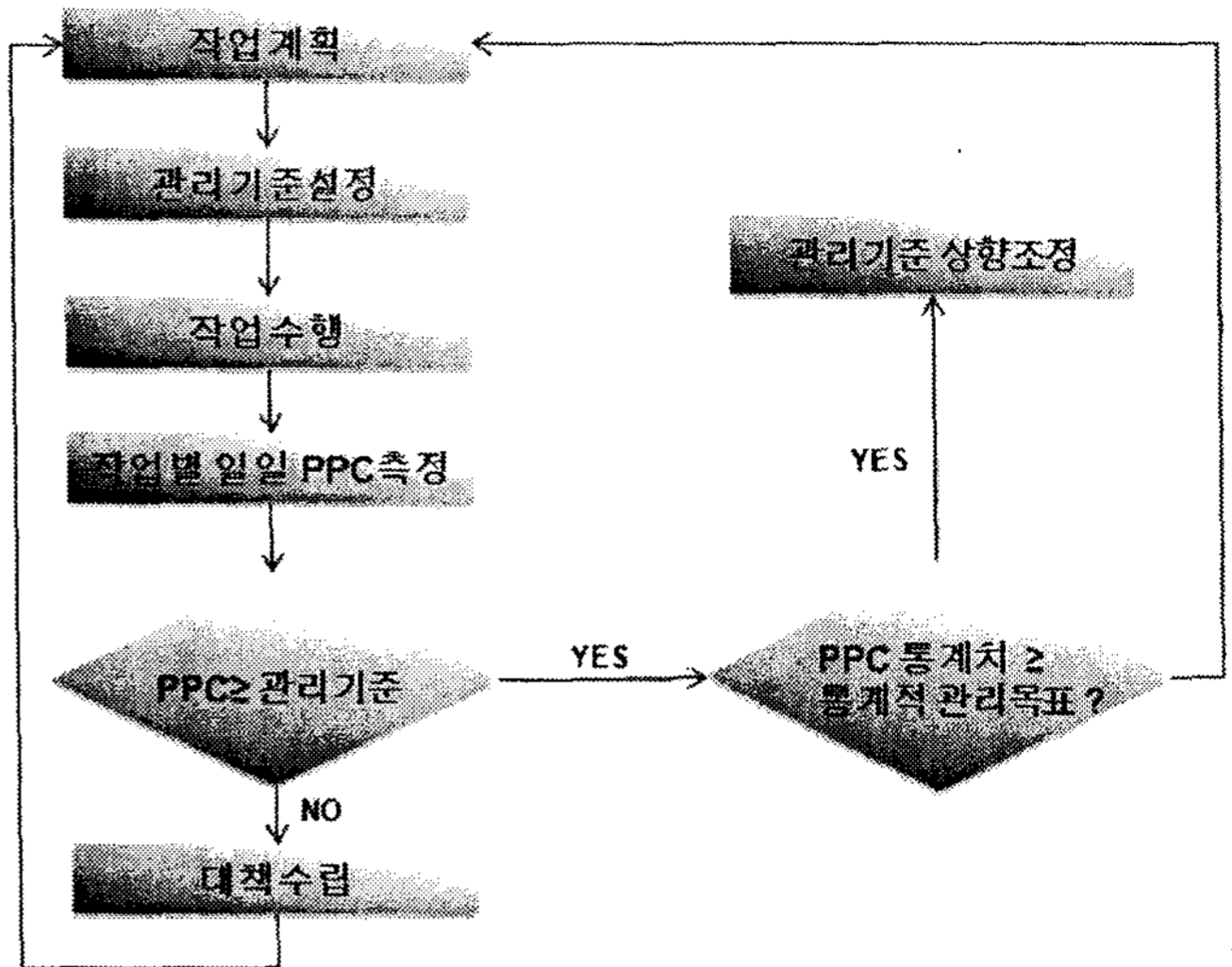


그림 4 작업 성과지표 관리체계

### 3.2 관리기준 설정을 위한 통계적 관리 기법

관리도는 어떤 공정의 상태를 나타내는 품질 특성치를 이용하여 품질변동에 영향을 끼치는 원인을 신속히 판별하여, 이상원인에 일련의 조치를 취하여 공정을 관리 상태로 유지시킬 수 있는 통계적 방법이다. 즉, 우연원인으로 인한 산포와 이상원인으로 인한 산포를 구분할 수 있도록 중심선의 상하에 합리적인 판단을 있는 통계적인 관리한계선(관리상한선, 관리하한선)을 결정한 다음, 공정의 상태를 나타내는 품질 특성치(측정치, 데이터)를 타점하여 공정 중 이상원인이나 우연원인을 신속히 발견할 수 있는 기법이다.<sup>7)</sup> 관리도는 데이터의 유형에 따라 관리도는 표계량형 관리와 계수형 관리도로 분류할 수 있으며 다양한 관리도를 정리하면 다음 표 1과 같으며 그림 5는 관리도를 데이터 유형, 군의 크기 등으로 관리도의 종류를 선정하기 위한 흐름도이다.<sup>8)</sup>

표 1 관리도 종류

계량형 관리도	계수형 관리도
$\bar{x}$ 관리도(평균치 관리도)	$Pn$ (불량갯수)관리도
$R$ 관리도(범위의 관리도)	$p$ (불량률)관리도
$\bar{\bar{x}}$ 관리도(중앙치 관리도)	$C$ (결점수)관리도
$x$ 관리도(1점 관리도)	$u$ (단위당 결점수)관리도
$\bar{x}-R$ (중앙값-범위 관리도)	
$\bar{x}-S$ (중앙값-표준편차 관리도)	

7) 임성빈외 2, "관리도 기법을 이용한 터널 변위수렴 특성에 관한 연구", 한국지진연구소, 17권, 2호 197-204, 2007

8) 김홍준외 4, "통계적 품질관리의 이론과 실제", vision21, 2002

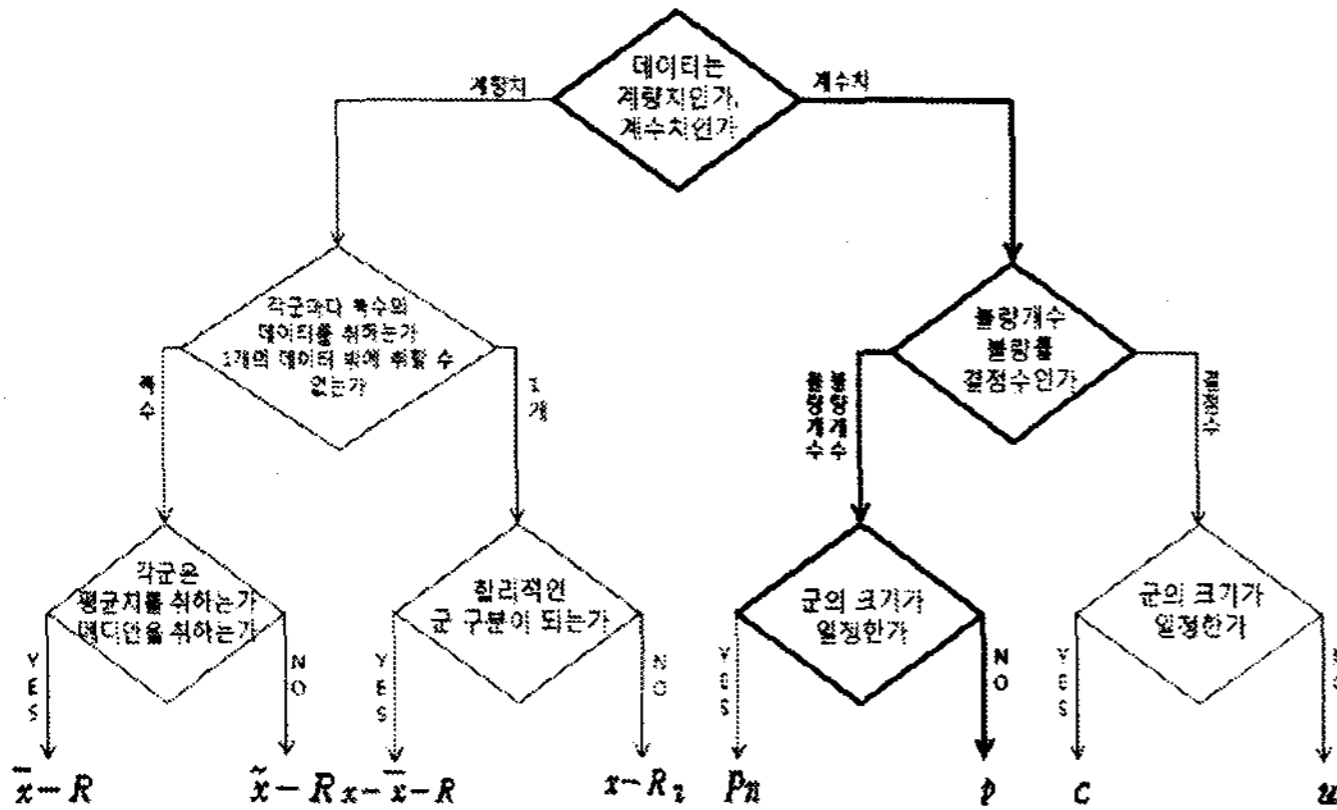


그림 5 관리도의 종류를 선정하기 위한 흐름도

### 3.3 최적 관리도 선정

본 연구에서는 관리도의 종류를 선정하기 위해 그림5에 서와 같은 절차에 따라 최적 관리도를 선정하였다.

#### (1) 데이터는 계수치인가 계량치인가?

본 연구에서 작업의 성과를 측정하기 위한 지표인 PPC 은 계획작업 대비 완료한 작업의 비로 표현된다. 표현은 % 로 연속량이지만 계획작업 개수 대비 완료한 작업개수이므로 계수치로 취급한다.

#### (2) 불량개수, 불량률 또는 결점수 인가?

작업을 계획했는데 미착수 또는 미완료 했을 경우 미착 수 또는 미완료 작업을 불량개수로 보고 그 비를 불량률로 본다. 하지만 반드시 불량률이 아니라도 좋다. 어떤 특정한 속성을 갖는 것의 비율이면 적용할 수 있다.

#### (3) 군의 크기가 일정한가?

군 구분은 관리도의 작성에 있어 가장 중요한 과정의 하나이고, 군 구분의 양부는 관리도의 생명을 지배한다고 할 수 있다. 공정에서 관리해야 할 특성치가 정해진 경우, 그 특성치의 변동에 영향을 주는 요인을 정리해서, 그러한 요인 가운데 어떤 것을 관리할 것인가를 충분히 고려해서, 군 구분의 방법을 결정하는 것이다.<sup>9)</sup> 이를 고려하여 때 관리도의 데이터인 PPC는 공종마다 하루하루 계획되는 작업량이 다르므로 일정한 군을 형성하기 어렵다고 판단하였다.

위의 절차를 걸쳐 본 연구에서 활용할 관리기법으로  $p$  관리도를 선정하였다.

### 3.4 $p$ (Percent chart) 관리도

$p$  관리도는 계수형 관리도 중에서 가장 널리 이용되는 관리도로서 공정불량률을 관리하고자 할 때 사용된다. 이것을 간단히  $p$  관리도라고 부르기도 한다.  $p$  관리도는 측정이 불가능하여 계수치로 밖에 나타낼 수 없는 품질특성이나 또는 측정이 가능하더라도 합격 여부 판정만이 목적이 되는 경우에 적용된다. 또한 공정에서 표본을 추출하는 과정

에서 매 시점마다 동일한 크기의 군을 취하지 못할 경우에 사용된다.<sup>10)</sup>

$p$  관리도 작성방법은 다음과 같다.

#### (1) 데이터를 수집한다.

PPC 측정은 일일단위로 이루어지며 그 측정 시점이 주기적으로 이루어진다. 일일단위로 공종별 총 작업수와 완료 수를 파악하여 PPC를 수집한다.

#### (2) 군 구분 및 군 크기

군은 하루단위로 구분이 되며 군의 크기는 관리대상에 따라 변할 수 있다. 예를 들어 조적작업을 성과를 관리하고자 하면, 조적작업을 위한 작업수를 일단위로 구분하여 군을 설정하고 일단위로 계획된 작업수를 군의 크기로 한다. 또는 업체의 성과를 관리하고자 한다면, 업체의 작업을 일 단위로 구분하여 군을 설정하고 업체에서 수행하는 하루 계획 작업수를 군의 크기로 한다.

#### (3) 각 군별 PPC를 계산한다.

$$P = \frac{\text{완료작업수}}{\text{계획작업수}} (\%) \quad (1)$$

#### (4) 평균 PPC를 계산한다.

$$\bar{P} = \frac{\text{총완료작업수}}{\text{총작업수}} = \frac{\sum x}{\sum n} \quad (2)$$

$x$  = 완료 작업수,  $n$  = 분석 기간동안의 작업수

#### (5) 관리선을 계산한다.

$$\text{관리상한선 } UCL = \bar{p} + K \frac{\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})}}{n} \quad (5)$$

$$\text{관리하한선 } LCL = \bar{p} - K \frac{\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})}}{n} \quad (6)$$

$$\text{표본평균크기 } (\bar{n}) = \frac{\text{총작업수}}{\text{작업일수}} \quad (7)$$

$K$  = 상수로 일반적으로 제조업에서는,  $\pm 3\sigma$ 를 사용한다.

또한, PPC를 통한 성과측정에서는 PPC가 100% 되는 것을 추구하기 때문에 관리를 위한 상한선은 의미가 없으므로 본 연구에서는 하한선만을 활용하였다.

#### (6) 관리도를 그린다.

$\bar{p}$ 는 실선, 관리한계선은 파선으로 기입한다. y축에는 PPC, x축에는 군 번호를 기입하며, 각 군에 PPC를 타점한다.

#### (7) 판정과 조치

앞 절에서 서술한 관리상태의 판정에 따라 관리도를 분석하고 만일 해당하는 경우, 어떤 문제가 발생하였을 가능성이 있으므로, 그 원인을 조사해서 조치한다.

9) 전계서, p.369

10) 이희춘외 7, "통계적 품질관리, 경문사, 2000, p.413

## 4. 작업 성과지표 통계적 분석방법 가상 사례

### 4.1 가상 사례

A건설사는 마감공사의 공기지연에 따라 일단위로 작업을 관리 할 것을 결정하였다. 그리고 이에 대한 성과지표로 PPC를 활용 하였고 마감공사를 수행하는 모든 협력업체를 대상으로 측정하였다. 최초 관리기준은 기존 자료를 바탕으로 50%로 설정하였고 통계적 관리기준은 관리기준을 상향하는 PPC가 50%이상일 때 관리기준을 상향 할 것을 작업 관련자와 협의하여 결정하였다.

### 4.2 작업 성과지표 관리도 작성

X축에는 일단위로 군을 구분하고 Y축에는 PPC를 기입한다. 최초 관리기준인 50%를 점선으로 표시한다. 20일간 측정된 업체별 PPC 값을 통해 일자별 평균 PPC를 그림6과 같이 타점하고 각각을 실선으로 연결한다.

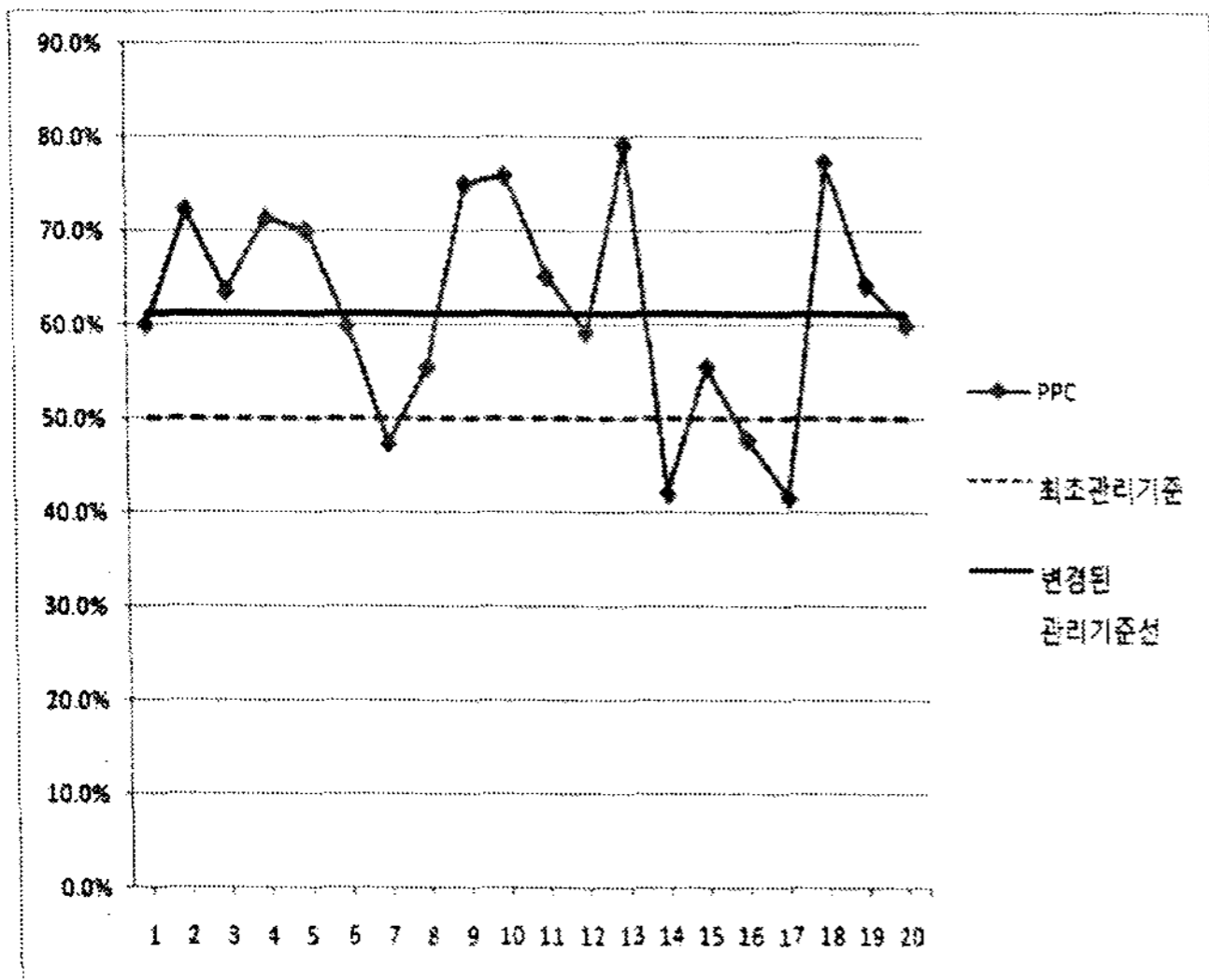


그림 6 가상 사례 관리도

### 4.3 관리도 분석 및 관리기준선 조정

그림6에서는 보는 바와 같이 대체로 PPC가 최초 관리기준선(녹색점선)을 상향하고 있으므로 현재 공정은 양호하다고 판단 할 수 있으나 7일, 14일, 16일, 17일은 관리기준선을 벗어나고 있으므로 이에 대한 원인 분석과 대책 수립이 이루어 져야 한다. 추후 작업에 대한 관리기준선은 통계적 관리목표인 50%이상 타점 하였으므로 상향 조정(빨간색 실선)되어야 한다.

### 4.4 가상 사례 결과

작업 성과지표 측정을 간단한 사례로 보았지만 측정방법 과정이 실제적용하기 쉽다는 것을 알 수 있다. 또한 지표를 통해 업체별 성과를 가시적으로 나타낼 수 있으며 관리기준을 설정함으로써 지속적인 향상을 꾀할 수 있다.

## 5. 결론

건설 프로젝트를 성과를 향상시키기 위해서는 프로젝트를 구성하는 개별작업의 성과를 개선할 필요가 있다. 이를 위해 본 연구에서는 기존에 작업의 성과를 측정하는 지표인 PPC를 작업지표로 선정하였으며 PPC를 활용하기 위해 PPC를 통해 공사를 관리하고 있는 체계와 시스템을 분석하였다. 하지만 PPC 활용은 측정에만 머물고 시간이 경과함에 따라 측정된 PPC를 가시적으로 보여주지만 할 뿐 PPC를 활용한 관리체계 및 분석 방법은 미흡하였다. 따라서 본 연구에서는 PPC 활용을 위한 관리체계를 제시하였으며, 통계적 관리기법을 통하여 PPC의 분석 방법 제시하였고 가상의 데이터를 통하여 분석 방법을 시뮬레이션 하였다. 이를 통해 본 연구에서는 작업의 성과를 지표로 가시적으로 표현할 수 있고 통계적 분석방법을 통한 지속적인 작업의 성과향상이 가능함을 알 수 있었다.

향후 연구에서는 본 연구에서 제시한 관리체계와 통계적 분석 방법을 실제 건설 현장 적용함으로써 연구의 타당성을 검증해야 할 것이다.

## 감사의 글

본 논문은 건설교통부 건설기술혁신사업(과제번호:05기반구축 D05-01)에 의해 수행되었으며, 논문을 작성하는데 도움을 주신 Posco건설 관계자분들께 진심으로 감사드립니다.

### 참고문헌

1. Schiemann, W. A.; Lingle, J.H. "Bullseye-hitting your strategic targets through high-impact measurement. New York: The Free Press.1999
2. Lauri Koskela. "Application of the New Production Philosophy to Construction. Technical Report #72. Center for Intergrated Facility Engineering, 1999
3. Koskela, L. "An exploration Towards a Production Theory and its Application to construction, VTT Publications, 408, VTT Building Technology, Espoo, 2000
4. Ballard,G. "Lookahead Planning: The Missing Link in Production Control. IGLC-5 proceedings, (1997)
5. Ballard,G. "The Last Planner System of Production Control", Unpublished PhD Thesis, School of Civil Engineering, The University of Birmingham, 2000
6. 김창덕"린 건설(Lean Construction)", 한국건설관리학회지, v1, n.3, 2000.9
7. 김창덕"린건설 배경과 개념", 한국건설관리학회지, v.5, n.4, 2004.8
8. 김홍준외4,"통계적 품질관리의 이론과 실제", vision21,2002
9. 임성빈외2,"관리도기법을 이용한 터널 변위수렴 특성에 관한 연구", 한국지진연구소,v.17,n.2,197-204,2007
10. 임철우, "건설공사의 작업성취율 관리모델", 광운대학교 석사논문, 2007

---

## Abstract

The construction project is composed of individual trade which is consists of each activity. and the performance of each activity is the lowest level to influence the project performance. Consequently, It is essential to measure and evaluate the performance of the each assignment. But the existing performance measurement have mainly focussed on company level and project level. Therefore, this paper select PPC as the indicator of a activity and, suggests the analysis method of indicators for a goal-oriented management and continuous improvement through a statistical control techniques.

**Keywords :** PPC, Performance measurement, Statistical control techniques,

---