

# 생산성달성율을 이용한 생산성 관리 방안

## Productivity Management Methodology using Productivity Achievement Ratio

김 태 완\*      유 정 호\*\*      이 현 수\*\*\*  
 Kim, Tae-Wan      Yu, Jung-Ho      Lee, Hyun-Soo

### Abstract

It is generally accepted that we should figure out the items which have room for improvement to manage productivity. However, the items with low productivity do not always mean problem items when evaluating the productivity. That is the reason why we need the new evaluation indicator for managing the productivity. Firstly this study suggests ideal productivity, obtainable productivity and actual productivity. And secondly based upon those concepts, this paper proposes the new evaluation indicator, productivity achievement ratio(PAR). PAR is the ratio of actual productivity to obtainable productivity and we can find that as PAR goes to 1, the productivity management goes to the success. We should pay attention to low PAR items to implement successful management on productivity.

키워드 : 생산성, 생산성달성율, 이상적생산성, 획득가능생산성, 현재생산성, 제한요인

Keywords : Productivity, Productivity Achievement Ratio, Ideal Productivity, Obtainable Productivity, Actual Productivity, Reduction Factor

### 1. 서 론

#### 1.1. 연구의 배경 및 목적<sup>1)</sup>

생산성(Productivity)은 산업의 성과를 측정할 수 있는 중요 관리요소의 하나로서, 생산시스템으로부터 생산된 산출과 그 산출을 생산하기 위해 생산시스템에 제공된 투입의 관계로 정의될 수 있다. 건설업에서도 생산성 관리의 중요성이 일찍부터 강조되어 왔으며, 많은 연구가 이루어졌다. 하지만 대부분의 연구들이 생산성 그 자체의 측정에만 초점을 맞추고 있어, 균형 잡힌 생산성 관리가 이루어지지 못하고 있다고 판단된다.

생산성 관리를 위한 생산성 주기(Productivity Cycle)는 그림 1과 같이 측정(Measurement), 평가(Evaluation), 계획(Planning), 향상(Improvement)의 네 단계로 설명될 수 있으며, 이러한 모델에 따라 지금까지 생산성을 측정할 후, 생산성의 변화량을 가지고 생산성 평가를 하였다. 하지만 생산성이 낮은 공종이 반드시 개선의 여지가 큰 공종을 의미하지는 않으며, 또한 생산성의 변화량이 작은 공종이 성과가 나쁜 공종을 의미하지도 않는다. 즉 생산성은 단순히 산출량(Output)과 투입량(Input)의 비로 측정될 뿐, 공종들 각각의 특성을 반영하지 않는다.

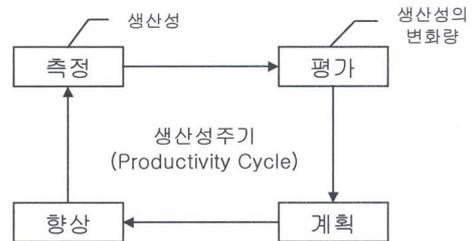


그림 1. 생산성주기의 4단계

표 1)은 아파트 공사의 공법별 노무생산성을 나타낸 것이다.

표 1. 아파트공사의 공법별 노무생산성

공법	투입인원 (인·일)	연면적 (M <sup>2</sup> )	생산성	
			(인·일/M <sup>2</sup> )	(M <sup>2</sup> /인·일)
유로폼·합판거푸집	48,875	30,671.74	1.59	0.628
대형거푸집·부분PC	31,928	20,483.94	1.56	0.641
완전조립식	59,828	42,275.04	1.42	0.707

위 표에서 유로폼·합판거푸집의 노무생산성은 0.628M<sup>2</sup>/인·일이고 완전조립식 공법의 경우 노무생산성은 0.707M<sup>2</sup>/인·일이다.

1) 정인환 외, “아파트공사의 공법별 노무생산성 분석”, 대한건축학회논문집 11권 6호, 1995, p153-160

\* 서울대 대학원 석사과정

\*\* 서울대 대학원 박사과정

\*\*\* 서울대 건축학과 교수, 공학박사

본 연구는 2001년도 과학기술부의 국가지정 연구실 사업에 의하여 지원되었음.

(과제번호: M10104000274-01J000012100)

인·일인 것을 확인할 수 있지만, 이러한 사실이 생산성 관리에 직접 영향을 미치지 않는다는 점도 또한 완전조립식 공법의 노무생산성이 0.720M<sup>2</sup>/인·일로 증가한다 할지라도 그 차이를 확인하는 것은 제대로 된 생산성 평가라 할 수 없다. 오히려 어떠한 공법에 대해 계획·향상 활동을 하였을 때 생산성 개선 효과가 클 것인지에 대한 평가가 필요하다. 따라서 잠재된 개선 효과를 고려하지 않은 채, 단순히 생산성 측정치를 평가하여 주요관리공종을 선정하는 것은 옳지 않다고 할 수 있다.

따라서 이 연구의 목적은 생산성 관리를 위한 주요관리공종을 선택하기 위해, 잠재된 개선 효과를 고려한 생산성 평가지표를 개발하는 것이다. 본 연구에서는 그 지표로 생산성달성율을 제안하고 있으며, 이를 통해 어떠한 공종을 중점적으로 관리해야 하는지 알 수 있다.

1.2. 연구의 범위 및 방법

생산성은 투입과 산출을 어떻게 선정하느냐에 따라 부분생산성, 총요소생산성, 종합생산성으로 구분할 수 있다. 본 연구에서의 생산성은 실질적으로 측정이 가능하고 공종별로 산출이 가능한 부분생산성을 의미한다. 또한 부분생산성은 투입의 종류에 따라 다시 자본생산성, 노동생산성, 재료생산성 등으로 나누어진다. 이러한 구분은 본 연구의 맥락에서 큰 의미를 지니지는 않으나, 편의상 노동생산성을 대상으로 연구를 진행하였다.

또한 연구에서 제안하는 지표의 적용성을 검토하기 위해 사례연구를 실시하였다. 본 연구에서는 인건비가 차지하는 비중이 약 64%<sup>2)</sup>에 달해 작업의 생산성관리가 매우 중요시되는 공사인 거푸집공사에서, 철근 조립 작업을 대상으로 사례연구를 행하였다. 따라서 본 연구에서 생산성을 산출하는 식은 다음과 같다.

$$\text{생산성} = \frac{\text{철근 작업물량}}{\text{투입된 철근공의 수}} \quad (1)$$

본 연구의 진행 방법은 다음과 같다.

- (1) 기존연구를 통해 생산성 관리의 개념 및 방법을 고찰한다.
- (2) 기존연구의 문제점을 지적하고 이를 위한 해결방안으로 새로운 생산성 개념을 제안한다.
- (3) 제안된 개념을 바탕으로 주요관리공종 도출을 위한 생산성 관리지표를 제안한다.
- (4) 사례연구를 통해 새로운 생산성 관리지표의 적용성을 검토하고, 지표의 기능성을 검토한다.

2. 예비적 고찰

2.1. 생산성 관리의 개념 및 방법

Sumanth(1984)는 생산성 관리(Productivity Management)를 생산성의 측정, 평가, 계획, 향상이라는 4단계의 생산성주기를 통하여, 관리조직 및 피고용자 모두가 참여하여

2) 안용선 외, “철근콘크리트 구조체 거푸집공사의 생산성분석에 대한 연구”, 한국콘크리트학회 논문집, 제5권 1호, 1993.3.

제품이나 서비스의 제조, 분배, 그리고 판매와 관련한 비용을 절감하고자 하는 궁극적인 목적을 달성하기 위한 공식적인 관리 프로세스로 정의하였다. 각각의 생산성주기 단계에서 행하는 업무는 표 2와 같다.

표 2. 생산성 주기의 각 단계업무

생산성 주기	내용
생산성 측정	설정된 정의와 범위에 따라 생산성 값을 측정하는 데 초점을 맞추고 있다.
생산성 평가	임의의 두 기간 사이에서 생산성의 변화분을 산정한다.
생산성 계획	미래에 발생할 생산성을 예측하고 단기, 장기 계획을 수립한다.
생산성 향상	여러 가지 기법을 통한 실제 생산성 향상 프로세스를 진행한다.

하지만 생산성 관리와 관련한 기존의 연구들은 생산성의 측정에 초점이 맞추어져 있을 뿐, 평가에 관해 고려하지 않고 있다. 측정에 초점을 맞춘 연구들은 생산성의 예측과 같은 부문에 유용하게 활용할 수 있지만, 생산성 평가에 관련된 연구는 생산성주기에서 유용하게 쓰이지 못하고 있다고 판단된다. 그 이유는, 공종의 특성상 생산성 지표로 표현할 때 생산성이 낮게 나타나는 공종이 있는 반면, 다른 공종은 개선의 여지가 많지만 생산성이 높게 측정될 수도 있기 때문이다. 따라서 단순히 생산성의 변화분을 구하는 것은 올바른 생산성 평가를 이끌어내지 못하며, 이러한 이유로 인해 생산성 관리가 원활하게 이루어지지 못하고 있다고 판단된다. 따라서 올바른 생산성 관리를 위해서 평가를 위한 새로운 지표가 요구된다.

2.2. 생산성에 영향을 미치는 요인

Borcherding(1986)은 현장에서 생산성이 저해되는 형태를 Traveling, Waiting or Idle, Working slowly, Doing ineffective work, Doing rework 등 5가지 형태로 구분하였다. 그리고 각 형태의 요인들을 인과모형으로 표현하였다. 하지만 여기에서 언급된 요인들은 정량화할 수 없어서 실제로 사용되기 힘들다는 단점이 있다. 또한 생산성 저해에 대한 근본적인 이유를 제공하는 요인(Factor)들과 그 요인들로 인해 발생하는 단편적인 사건(Event)들이 혼재되어 있다.<sup>3)</sup>

김예상(1994)은 생산성에 영향을 미치는 요인을 향상요인과 저해요인으로 나누어 설명하는데, 이러한 개념에는 향상과 저해를 구분짓는 기준이 반드시 존재한다는 가정이 들어있다. 그러나 향상요인과 저해요인은 그 경계가 모호한 것이 현실이다. 그리고, 건설기술이 빠르게 발전하고 있고 이러한 향상과 저해의 구분 기준도 계속 변해가고 있기 때문에, 이러한 구분은 무의미하다고 할 수 있다. 비슷한 맥락에서 손창백과 이덕찬(2002)은 생산성을

3) 예를 들어 ‘작업공간 부족’은 요인으로, 사건은 ‘대기시간 증가’는 사건으로 분류할 수 있으나, 이러한 구분 없이 다루어지고 있다.

저하시키는 요인을 정리하였다. 하지만 모두의 연구에서 요인들이 정량화 되어있지 않아 생산성 관리에의 활용이 어려운 실정이다.

Alarcon과 Ashley(1992)는 프로젝트 차원에서 성과(Performance)를 평가하고자 하는 방법론으로서 GPM (General Performance Model)을 제시하였다. 이 모델에 의하면 어떠한 선택(Option)은 기능공, 엔지니어, 프로젝트 관리자, 유지관리자, 발주인 등과 같은 드라이버(Driver)를 거쳐 프로세스(Process)로 전해진다. 프로세스는 타당성조사, 설계, 시공, 조달, 시운전 등으로 이루어지며 이들은 전문지식을 통해 성과(Performance Outcome)로 이어진다. 성과는 가격, 공기, 가치, 효율성 등으로 이루어져 있으며 의사결정자의 취향에 따라 하나로 결합된 성과(Combined Performance)를 구해낼 수 있다. 즉 여러 요인들이 건설공사에 영향을 미치는 과정을 제시하고 있다. 하지만 각 요인들이 어떻게 영향을 미치는 지에 대해서는 제시를 하지 못하고 있으며, 지나치게 개념적이어서 실제 적용이 어렵다는 단점이 있다.

### 2.3. 생산성 관리지표

Thomas(1999)는 생산성 관리지표로서 기준생산성(Baseline productivity)을 제시하고 있다. 여기서 기준생산성이란 한 프로젝트에서 어떤 방해도 받지 않고 시공자가 얻을 수 있는 최대의 생산성 값을 의미한다. 부분생산성 산출원리에 의존하여 기준생산성 값을 도출할 수 있으며 기준생산성에 이르지 못한 경우 어떤 방해를 받았는지를 검토할 수 있다. 그리고 방해요인과 기준생산성과의 관계식을 회귀분석을 통해 구하고 있다. 하지만 이는 예측모델의 역할을 할 뿐 평가에 관한 고려가 없는 것으로 보여진다. 또한 하나의 사례연구를 통해 도출된 기준생산성 값을 다른 현장에서 적용하기는 어려울 것으로 판단된다. 결국 이 모델로부터 알 수 있는 것은 어떤 변수들이 생산성에 영향을 미치는가일 뿐, 각 변수가 얼마만큼 영향을 미친다는 것은 알 수가 없다.

Herbsman과 Ellis(1990) 또한 비슷한 개념으로 부분생산성에 여러 요인들이 얼마나 영향을 미치는지에 대해 중회귀분석에 의한 함수를 제시하고 있다. 여기서는 하나의 공중에 영향을 미칠 만한 요인들을 전문가와의 자문 등을 통해서 도출한 다음, 실측 자료를 통하여 이들 요인들과 생산성과의 관계를 회귀분석을 통해 구해내었다. 하지만 각 변수들의 관계를 독립이라고 가정할 뿐 상관관계 분석이 빠져있는데, 검토결과 실제 변수들이 상관관계를 가지고 있는 것으로 나타났다. 이는 회귀분석의 단순 적용이 타당하지 않음을 의미한다.

### 2.4. 생산성 관리지표의 기능성 검토

Business Roundtable(1987)은 건설산업에서 생산성 지표가 갖추고 있어야 할 구체적인 기능을 다음과 같이 제시하고 있다.

(1) 건설현장에서 전반적인 공사의 진행이 얼마나 효율적으로 이루어지고 있는가를 보여줄 수 있을 것.

(2) 현장에서 공사진행을 저해하고 있는 문제가 무엇인가를 신속히 파악 가능케 하는 자료일 것.

(3) 시공방법과 건설여건이 전체공정에 미치는 영향을 평가할 수 있는 자료일 것.

(4) 현장간 동일공종의 생산성에 대한 비교평가가 가능할 것.

(5) 회사간의 시공 및 공사운영 능력에 대한 비교평가가 가능할 것.

따라서 본 연구의 산출물인 생산성 평가지표도 위의 기준에 의해 평가될 수 있다.

## 3. 생산성 관리에 대한 새로운 개념

### 3.1. 세 가지 생산성의 정의

본 연구에서는 인식된 모든 상황이 최상일 경우에 나올 수 있는 생산성이 존재한다고 가정하고 있다. 이것을 이상적생산성(Ideal Productivity, 이하 IP)이라고 정의한다. 이러한 생산성은 실제로 구할 수 없으며 어떠한 경우에도 도달할 수 없다. 즉 어떠한 방식으로든 여러 가지 상황들이 IP에 이르는 것을 막고 있기 때문에 우리는 실제로 현재생산성(Actual Productivity, 이하 AP)을 얻는다.

생산성 변화를 간략한 시스템 사고(System Thinking)를 통해 살펴보면 그림 2와 같다.

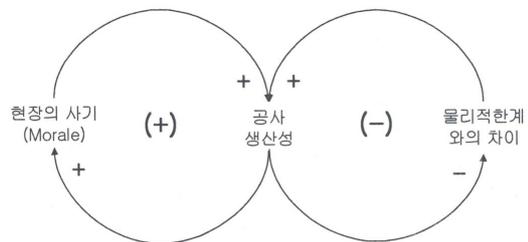


그림 2. 현장에서의 생산성 변화

그림에서 알 수 있듯이, 공사생산성이 증가할수록 현장의 사기도 증가한다. 또한 반대로 현장의 사기가 증가할수록 공사생산성이 증가한다. 이를 양의 루프(Loop)라고 한다. 공사생산성은 '물리적 한계와의 차이'라는 변수와 함께 음의 루프를 이루고 있는데, 공사생산성이 증가할수록 '물리적 한계와의 차이'가 감소하며 따라서 공사생산성은 감소함을 보여준다. 물론 공사생산성을 증가하지 못하도록 하는 변수들은 여러 가지가 있을 수 있지만, 본 연구에서는 '물리적 한계와의 차이'를 대표변수로 표현하고 있다.

이렇게 생산성을 더 이상 증가하지 못하도록 하는 변

4) System thinking; 시스템 사고는 어떤 현상에 대해 포괄적으로 이해할 수 있고 설명할 수 있도록 개념화하는데 유용한 방법으로 동태적 사고(Dynamic Thinking), 사실적 사고(Operational Thinking), 피드백 사고(Feedback Thinking)를 그 축으로 한다 (김도훈, 1999)

수들을 제한요인(Reduction Factor, 이하 RF)이라고 정의하며 아래 3.2절에서 자세히 설명하고 있다. 이렇게 두 가지 루프에 의해 시간에 따른 공사생산성은 필연적으로 그림 3과 같이 움직인다. 생산성은 시간이 지남에 따라 IP까지 올라가지 못한 채, AP 수준 이상으로 올라가지 않는다.

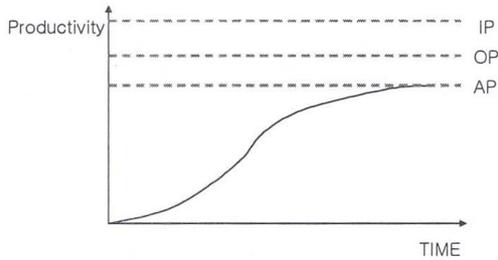


그림 3. 시간에 따른 생산성의 변화양상

그림 3에는 IP와 AP 외에 또 하나의 생산성으로서 획득가능생산성(Obtainable Productivity, 이하 OP)이 존재한다. 이것은 우리가 제어할 수 없는 부분(예를 들면 토지 크기에서 오는 물리적 제약)을 제외한, 통제 가능한 요인들의 적절한 통제에 의해 실제로 얻을 수 있는 최대 생산성을 의미한다. 이를 Thomas가 제시하고 있는 기준 생산성과 비교해보면 표 3과 같은 차이점을 얻을 수 있다.

표 3. 기준생산성과 OP와의 비교

기준생산성(Baseline productivity)	획득가능생산성(OP)
동종의 프로젝트에서 시공자가 얻을 수 있었던 최대의 (또는 상위 10%의) 생산성	제어할 수 있는 모든 상황에서 최상인 경우 시공자가 얻을 수 있는 생산성
예를 들어 Steel erection의 Baseline은 1.25wh/pc	관념적인 개념이므로 그 값을 정확히 구할 수 없다
각 사건(event)과 1:1 대응할 수를 이룬다	사건보다는 요인(factor)에 초점을 맞추고 있다
현장 데이터로부터 미리 정하는 값이며, 시간이 지남에 따라 변화하지 않는다	현장 데이터를 통해 계산에 의해 도출이 되며, 시간이 지남에 따라 정확도가 증가한다

3.2. 제한요인의 정의와 구분

제한요인(RF)이란 전술한 바와 같이, 생산성 값이 IP에 이르지 못하도록 막고 있는 상황을 발생시키는 요인을 의미한다. 따라서 우리는 실제로 AP를 얻고 있으며 이는 다음과 같은 식으로 표현할 수 있다.

$$AP = IP - RF \text{에 의한 생산성감소분} \quad (2)$$

Alarcon과 Ashley의 GPM을 바탕으로 한 ‘요인(Factor)-사건(Event)-결과(Outcome)’ 모델을 통해 RF를 보다 정확히 표현할 수 있다. 다음 그림 4에서 오직 요인만이 RF가 될 수 있으며, 사건은 RF가 될 수 없다.

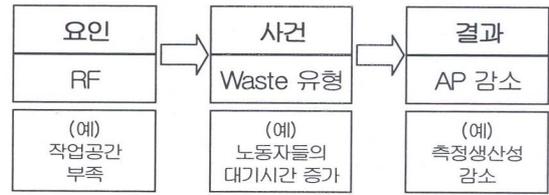


그림 4. 요인-사건-결과 모델과 RF

또 하나의 예로 오버타임(Overtime)으로 인해 생산성이 저하되었다 할지라도, 오버타임은 RF가 아니다. 왜냐하면 오버타임은 시간에 쫓기게 되면 발생하게 되는 사건일 뿐이기 때문이다. 이 예에서는 ‘부족한 공기’가 RF로서 작용한다고 할 수 있다.

또한 RF가 생산성에 영향을 미치는 형태에 따라 다음과 같이 구분할 수 있다.

(1) RF의 제어 가능 여부에 따른 구분 : ‘감독소홀’과 ‘현장배치계획의 실패’ 등과 같이 프로젝트 관점(Project Perspective)에서 제어할 수 있는 RF들은 AP가 OP에 도달하지 못하도록 만든다. 또한, ‘기후조건’과 ‘법적규제’ 등과 같이 프로젝트 관점에서 제어할 수 없는 RF(Uncontrollable RF, 이하 UC-RF)들은 OP가 IP에 도달하지 못하도록 만든다. 따라서 AP를 OP까지 끌어올릴 수 있다는 본 연구의 관점에 따르면 우리는 제어가능한 RF(Controllable RF, 이하 C-RF)에 더 많은 관심을 가져야 할 것이다. 다음 그림 5는 이러한 개념을 설명하고 있다.

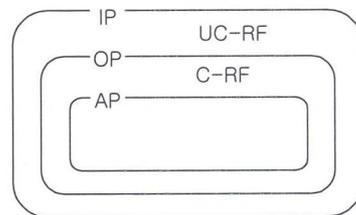


그림 5. 제어가능 RF(C-RF)와 제어불가능 RF(UC-RF)

이러한 개념에 따라 OP와 AP를 다음과 같은 식으로 표현할 수 있다.

$$OP = IP - 'UC-RF' \text{에 의한 생산성감소분} \quad (3)$$

$$AP = OP - 'C-RF' \text{에 의한 생산성감소분} \quad (4)$$

(2) 한 공종의 작업시 RF 변동 여부에 따른 구분 : 비록 제어할 수 있는 공종이지만 프로젝트 기간 내에 계속적으로 변화하는 RF가 있고, 그렇지 않은 RF가 있다. ‘감독소홀’은 전자의 예이고, ‘현장배치계획의 실패’는 후자의 예가 될 수 있다. 따라서 변동하지 않는 RF(Invariable RF)는 여러 현장간의 비교시에는 고려되어야 하지만, 한 공종의 생산성 변화에는 영향을 주지 않는다.

이러한 두 가지 구분을 토대로 우리는 2x2 매트릭스를 설정할 수 있으며 이는 그림 6과 같다.

Uncontrollable	UC-IV-RF	UC-V-RF
	C-IV-RF	C-V-RF
Controllable	Invariable	Variable

그림 6. RF의 구분 매트릭스

3.3. AP와 OP의 산출

IP는 실제로 도달할 수 없는 개념적 생산성이므로 구할 수 없으며, 프로젝트 차원에서의 노력에 의해 극복될 수 없는 한계이다. 따라서, 실질적인 생산성 관리를 위해서는 AP와 OP의 산출방안을 정의하는 것이 필요하다.

AP는 부분 노동생산성의 산출원리에 근거하여 식 5와 같이 측정할 수 있다.

$$Productivity = \frac{\text{공중산출량(예를들면 } m^2)}{\text{투입노무량(예를들면 } MH)} \quad (5)$$

OP 또한 개념적 생산성이므로 계산에 의해 그 값을 산출할 수는 없지만, C-RF를 정의하고 중회귀분석(Multiple Regression Model) 방법을 이용함으로써, OP의 근사값을 구할 수 있다. 이때 각 C-RF와 생산성이 선형 관계(1차 함수 관계)를 이룬다는 가정 하에, 선형회귀분석을 실시한다. 물론 C-RF의 연구를 통해 다른 함수를 적용한 회귀분석을 실시할 수도 있을 것이다.

본 연구에서는 이렇게 구한 OP를 4장에서 제시하는 생산성 관리지표인 생산성달성율을 계산에 활용한다. 이를 구하는 방법은 다음 절차를 따른다.

(1) 관심 공중의 생산성에 악영향을 미치는 요인(RF)들을 나열하고 정의한다. 이러한 작업은 전문가의 의견과 경험, 각종 문헌의 도움을 받는다. 이때 고려해야 할 점은 제어가능한 RF, 즉 C-RF들만을 그 대상으로 하여야 한다는 것이다.

(2) 각 C-RF들의 정량화 방법을 결정한다. 정량화 방법에는 쉽게 측정이 가능한 것도 있지만, '감독 소홀'처럼 직접적인 측정이 불가능한 것도 있다. 이러한 경우에는 리커트 척도와 같은 스케일(Scale)이나 순위를 매기는 방법(Rank)을 사용한다.

(3) 정량화된 데이터를 수집한다. 이러한 데이터는 분석을 위해 나열된 요인(C-RF)들의 3배 이상이 필요하다.<sup>5)</sup> 예컨대 C-RF가 10개라면 데이터군은 30개 이상이 필요할 것이다.

(4) 각 C-RF들의 데이터가 서로 독립인지 확인한다. 이는 상관관계 분석(Correlation Analysis)에 의해 확인할

5) Horst(1965)와 Cattle(1952)이 그들의 연구에서 제시하였으며, Ellis와 Herbsman(1990)의 연구에서 재인용

수 있다. 변수가 독립이 아닐 경우에는 다음 두 가지 방법을 택할 수 있다. 첫 번째, C-RF의 성질이 비슷하면 합쳐서 하나의 C-RF로 정의한다. 두 번째, 요인 분석(Factor Analysis)을 통해 C-RF들을 그들에 대해 일차식의 관계(Linear Relationship)를 가지는 소수의 잠재변수들로 요약한다.<sup>6)</sup>

(5) 중회귀분석을 통해 관심 공중의 생산성과 각 요인간의 관계를 도출해 내며, 신뢰도 검정(Significance Test)과 t검정(T-Test)을 통해 통계학적으로 유의하지 않은 C-RF들은 배제된다.

이러한 과정을 거치게 되면 식 6과 같은 회귀식이 도출되는 데, 이 식의 절편값(Intercept)을 OP로 정의한다. 이는 모든 C-RF(요인A, 요인B, ...)들의 값이 0일 때의 공중생산성값을 의미한다.

$$\text{공중생산성} = \text{절편값} - a \times \text{요인A} - b \times \text{요인B} - \dots \quad (6)$$

OP는 현장데이터가 축적되어감에 따라 더욱더 정확한 값을 얻을 수 있다. 이렇게 OP를 산정할 때 주의할 점은 각 C-RF들은 서로 독립이어야 한다는 것이다. 그렇지 않으면 Ripple effect<sup>7)</sup>가 생기게 된다. OP 산정절차를 순서대로 나타내면 다음과 같다.

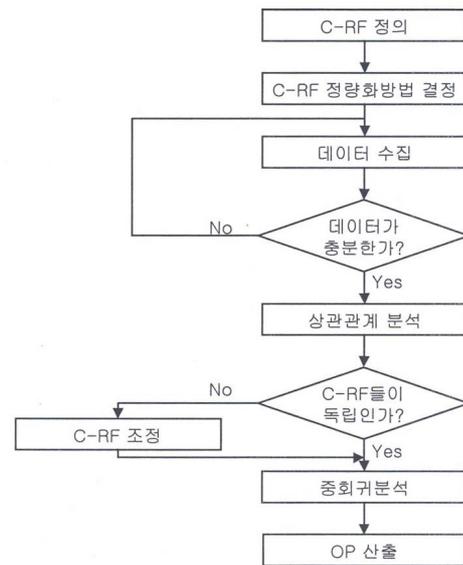


그림 7. OP 산정절차

6) 요인분석(Factor Analysis); 요인 분석은 다음과 같은 절차에 의하는 것이 일반적이다. 첫째, 원래의 변수간의 상관 행렬을 구한다. 둘째, 주성분 분석에 의해 원래의 변수들을 결합하여 새로운 변수들을 만드는데 새로운 변수들 사이가 서로 독립적이 되도록 한다. (김인호, 1992)

7) Ripple Effect; 생산성 저해요인이 많은 곳에서 예측한 것보다 훨씬 낮은 생산성이 산출되는 현상을 의미한다(Thomas, 1999). 이러한 현상은 각 요인들이 서로 독립을 이루지 않음으로써 발생하는 것으로 보여진다.

4. 생산성달성율에 의한 생산성 관리

4.1. 생산성달성율의 정의

생산성달성율(Productivity Achievement Ratio, 이하 PAR)은 AP와 OP의 비로 정의된다. 이 값은 잠재된 생산성 개선효과를 고려한 것으로서, 생산성 관리에 있어 주요관리공종을 결정하기 위한 생산성 평가지표로 활용될 수 있다. 이는 식 7과 같이 표현될 수 있다.

$$PAR = \frac{AP}{OP} \times 100 = \frac{AP}{\text{회귀식의절편값}} \times 100 (\text{단}, 0 \leq PAR \leq 1) \quad (7)$$

PAR이 높을수록(1에 가까울 수록) 그 공종의 생산성이 잘 관리되고 있음을 보여주며, 생산성 향상을 위해서는 PAR이 낮은 공종을 중점적으로 관리해야 할 것이다. 그림 8에서 공종A의 생산성(AP)이 공종B의 생산성보다 더 높지만, 우리는 공종A를 주요관리공종으로 선택하는 것이 옳다. 왜냐하면 공종A의 PAR값은 50%인데 반해 공종 B의 PAR값은 67%가 되기 때문이다.

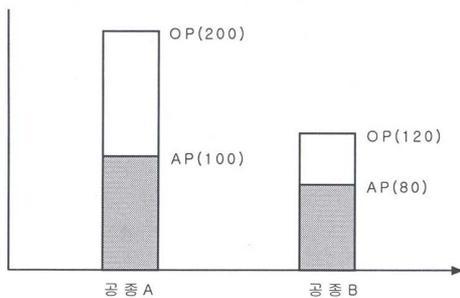


그림 8. 생산성달성율과 생산성

PAR의 개념은 C-RF의 구성이 서로 다른 현장간의 동일 공종 비교에도 활용될 수 있다. 예를 들어 현장A에서의 철근공사 PAR이 70%이고 현장B에서의 철근공사 PAR이 80%라면, 현장B가 현장A보다 철근공사의 생산성을 효과적으로 관리하고 있다고 말할 수 있다.

PAR은 현장의 축적된 생산성 관련 데이터의 분석을 통해 산출이 가능하며, 그 과정을 간단히 그림 9와 같이 나타낼 수 있다.

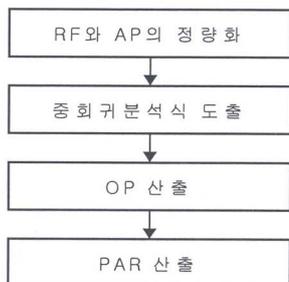


그림 9. 생산성달성율 산출과정

4.2. PAR과 RF에 의한 생산성 관리

PAR 산출시 주의해야 할 점은 적절한 RF를 찾아야 한다는 것이다. 이때 두 가지 사항을 고려하여야 한다.

(1) 필요로 하는 지표의 특성에 따라 RF의 범위를 다르게 설정하여야 한다. 3.2절에서 제시한 2x2 매트릭스에 나타난 각각의 RF들의 용도는 다음과 같다.

UC-IV-RF는 IP를 감소시킬 뿐, OP에 영향을 주지 않으므로 상수취급이 가능하며 PAR 산출시 고려하지 않아도 무방하다. C-IV-RF는 OP에 영향을 끼치지만 변동하지 않으므로, 서로 다른 현장간의 공종 비교에 쓰일 수 있다. UC-V-RF는 OP에 영향을 끼치지 않지만 시간에 따라 변하므로 단일 공종의 시간에 따른 생산성 변화에 영향을 미칠 것이다. 하지만 이러한 경우는 ‘기후조건 열악’과 같은 RF밖에 없으며, 이로 인한 생산성의 영향은 이상점(Outlier)<sup>8)</sup>의 형태를 띠기 때문에 크게 고려할 필요가 없다. C-V-RF는 OP에 영향을 끼치며 변동하는 RF이다. 따라서 C-V-RF값들과 추정되는 AP값의 회귀분석을 통해 한 공종의 OP를 산출해야 한다.

따라서 PAR의 사용 목적에 따른 RF의 고려범위는 다음 표 4와 같다.

표 4. 사용목적에 따른 RF의 고려범위

사용 목적	고려해야 할 RF
한 공종의 생산성 평가지표	C-V-RF
비슷한 현장간의 동일 공종 성과 비교	C-IV-RF C-V-RF
생산성 관리를 위한 주요 관리대상 공종 선정	C-V-RF

(2) RF를 기업의 관리대상으로 바라볼 수 있다. 건설기업은 생산성 관리를 위한 자신들의 관리대상을 RF로 설정하여, 이를 통해 PAR을 산출할 수 있을 것이다. 토론을 통해 RF를 정의하는 과정에서, 각 공종에 영향을 주는 요인들에 대한 암묵지(Tacit Knowledge)를 형식지(Explicit Knowledge)로 변환시킬 수 있다. 이러한 작업은 작업생산성을 향상시키기 위한 건설기업의 생산성 관리지침 수립과 연계될 수 있을 것이다.

5. 사례연구

5.1. 사례연구의 개요

본 연구에서는 PAR의 적용성을 검증하기 위해 D동 아파트 프로젝트의 기준층 거푸집 철근 철근 조립 작업을 대상으로 하는 사례연구를 실시하였다. 본 사례연구에 대한 개요는 다음 표 5와 같다.

8) 이상점(Outlier); 어떤 통계자료에서 경향을 크게 벗어나는 극단값들을 이상점이라고 부르며, 이상점이 발생한 원인에 대해서는 철저히 규명하여야 한다.(김우철 외, 현대통계학, 2002)

표 5. 사례연구의 개요

구분	내용
측정대상	서울시 D동 아파트 프로젝트
측정공종	기준층 거푸집 철근 조립
거푸집 공법	대형거푸집과 유로폼 공법 혼합
측정기간	2003. 4. 1 ~ 2003. 5. 10(40일)
측정내용	매일 투입되는 철근공 수, 철근 작업량, 각 C-V-RF의 값, 기타 생산성을 감소시킨 요인들

측정은 해당기간 동안 수시로 현장을 방문하여 면담 및 각종 문서와 도면의 활용을 통해 실시하였으며, 거푸집 작업량, 투입 형틀공 수, 각 C-V-RF의 값, 그리고 이상점(민원, 재시공, 안전사고, 악천후 등)을 기록하였다.

RF는 전술한 바와 같이 기업의 전략과 밀접한 관련이 있다. 본 연구에서는 손창백과 이덕찬(2002)이 분류한 생산성 저하요인 중 사례연구에서 필요한 C-V-RF만을 정리하고, 여기에 D동 현장 전문가와의 면담, 공정회의록과 작업일보 등의 분석을 통해 이를 확정지었다. 각 RF와 그에 따른 계량화 방법은 다음 표 6과 같다.

표 6. 사례연구를 위한 RF의 명명과 정의

No.	C-V-RF	정의	측정방법(계량화 방법)
RF1	작업자의 태도 불량 (모티베이션)	작업자가 책임을 가지고 열심히 작업을 하였는가?	리커트 척도(1:시커도 잘하지 않는다, 2:시키면 억지로 한다, 3:시키면 성실하게 일한다, 4:시키지 않아도 훌륭하게 일한다)
RF2	작업지시 및 승인 지연	감독자가 적절한 작업지시를 내리고 업무를 소화하였는가?	리커트 척도(1:매우 그렇지 않다, 2:그렇지 않다, 3:보통이다, 4:그렇다, 5:매우 그렇다)
RF3	공종간 작업간섭	다른 작업에 의해 작업에 방해받았는가?	다른 작업과의 작업간섭이 일어난 시간
RF4	자재조달 지연	자재가 필요한 시점에 적절히 투입되었는가?	타워크레인 인양 지연 등, 자재조달문제로 일어난 대기시간

\* '작업자의 태도'와 '작업지시 및 승인지연'은 PAR 산출시, '5-리커트척도값'으로 입력한다. 즉, 리커트척도값이 5이면 입력시에는 0을 입력한다.

### 5.2. 사례에서의 PAR 산출

위에서 설명한 방법에 따라 측정된 데이터 중 이상점에 해당하는 것들은 분석에서 제외하였다. 이상점에 해당하는 자료들은 나름의 가치가 있지만, 회귀분석 결과에 상당한 왜곡을 줄 수 있기 때문이다. 따라서 총 40일의 자료 중 분석을 위해 28일의 자료가 채택되었으며, 측정

된 결과는 다음 표 7과 같다. 표에서 RF1은 '작업자의 태도', RF2는 '작업지시 및 승인지연', RF3는 '공종간 작업간섭', RF4는 '자재조달지연'을 의미한다.

표 7. PAR 산출을 위한 RF와 AP 측정데이터

Record_N	생산성 (Ton/ManDay)	RF1	RF2	RF3	RF4
1	0.81	1	2	1.0	0.0
2	0.83	1	1	0.0	0.0
3	0.81	0	1	1.0	2.0
4	0.95	2	2	0.0	0.5
5	1.14	0	0	1.0	0.0
6	0.80	1	1	0.5	0.0
7	0.88	0	2	0.0	1.0
8	0.79	1	2	0.5	0.0
9	1.11	0	2	0.0	1.0
10	0.83	2	2	0.0	0.0
11	0.77	1	1	0.5	1.5
12	0.85	1	2	0.0	1.0
13	0.97	0	1	0.0	0.5
14	0.82	1	1	0.0	0.0
15	0.99	1	1	0.0	0.0
16	0.71	3	1	1.0	3.0
17	0.74	2	1	0.5	1.0
18	1.13	0	1	0.0	0.0
19	0.88	1	1	0.0	0.0
20	0.97	1	1	0.5	0.0
21	0.90	1	2	0.0	0.0
22	0.93	1	2	0.0	0.0
23	0.81	0	1	1.5	2.0
24	1.03	2	2	0.0	0.0
25	1.19	0	1	1.0	0.0
26	0.95	2	2	0.5	0.0
27	0.84	1	2	0.0	0.5
28	0.88	1	1	0.0	0.0

이렇게 수집된 데이터는 상관분석을 통해 그 상관관계를 확인받게 되는데 이때 C-RF들끼리의 상관관계가 지나치게 높으면, 다중공선성 문제를 일으키게 되므로 주의해야 한다. 상관분석<sup>9)</sup> 결과는 표 8과 같으며 지나친 상관관계는 보이지 않았다.

표 8. 상관관계 분석표

	RF1	RF2	RF3	RF4
RF1 Corr.	1.000	.280	-.120	.088
Sig.	.	.150	.543	.655
N	28	28	28	28
RF2 Corr.	.280	1.000	-.394	-.123
Sig.	.150	.	.038	.531
N	28	28	28	28
RF3 Corr.	-.120	-.394	1.000	.464
Sig.	.543	.038	.	.013
N	28	28	28	28
RF4 Corr.	.088	-.123	.464	1.000
Sig.	.655	.531	.013	.
N	28	28	28	28

9) 상관분석은 SPSS Ver. 10.0을 활용하였으며, Pearson Correlation 값이 1에 가까울수록 양의 선형관계가 강하고, -1에 가까울수록 음의 선형관계가 강함을 보여준다. 0.8 이상의 높은 상관관계는 회귀분석시 다중공선성 문제를 일으킬 수 있다.

이제 표 7의 데이터를 바탕으로 28일까지의 RF들과 AP와의 중회귀분석을 실시하면 그 결과는 표 9와 같으며, 또한 R<sup>2</sup>값이 0.362로 나타났다. R<sup>2</sup>는 결정계수(Coefficient of Determination)라고 부르며, 전체 변량 중 회귀방정식에 의해 설명되는 변량을 나타낸다. 즉, AP값의 36.2 퍼센트가 본 사례연구에서 고려한 RF로 설명될 수 있다는 의미이다. R<sup>2</sup>는 고려하는 변수가 많아질수록 높아질 것이다.

표 9. 중회귀분석 결과

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error			
(Constant)	1.014	.068		14.806	.000
RF1	-.064	.028	-.403	-2.299	.031
RF2	-.012	.041	-.052	-.280	.782
RF3	-.004	.056	-.015	-.075	.941
RF4	-.063	.030	-.397	-2.083	.049

a: Dependent Variable : 생산성

회귀분석 결과 유의한 것으로 판명된 C-RF들은 RF1인 ‘작업자의 태도’와 RF4인 ‘자재조달지연’이며<sup>10)</sup>, 이 데이터를 바탕으로 한 회귀식은 다음과 같이 얻을 수 있다.

$$Productivity = 1.014 - (0.064 \times RF1) - (0.063 \times RF4)$$

이를 통해 28일째의 AP는 0.88, OP는 각 RF가 0일 때의 생산성 값인 1.014로 측정할 수 있으며, PAR은 아래와 같이 86.8%임을 알 수 있다.

$$PAR = \frac{0.88}{1.014} \times 100 = 86.8\%$$

마찬가지의 방법으로 27일째의 AP와 OP를 계산해보면, AP는 0.84이고 OP는 회귀분석을 통해 1.025가 된다. 즉 27일째의 PAR은 다음 식과 같이 82.0%임을 알 수 있다. 또한 이러한 방식으로 어떤 현장 특정 공종의 평균 PAR값을 구할 수도 있을 것이다.

$$PAR = \frac{0.84}{1.025} \times 100 = 82.0\%$$

기존의 생산성 평가방법은 AP의 변화량을 측정하는 것으로서, 27일째에 비해 28일째의 생산량이 0.84 ton/man · day에서 0.88ton/man · day로 0.04ton/man · day만큼 증가하였다고 할 수 있다. 하지만, 획득가능한 생산성을 충분히 획득하였는지에 대해서는 어떠한 정보도 얻을 수 없으며, ‘미세하게 생산성이 증가하였다’ 라고 밖에 설명이 되지 않았다.

10) t분포에서 p=.05일 때의 자유도 26일 때의 유의미수준은 2.056이다.

이러한 경우, 본 연구에서 제안된 PAR을 구해보면 27일째의 PAR은 82.0%이고 28일째의 PAR은 86.8%임을 알 수 있다. 즉, 생산성달성율이 4.8%가 증가하였음을 알 수 있다. 이렇게 생산성이 증가할 수 있는 여지를 감안하여 생산성을 평가하면, 기존의 방법에 비해 보다 시사점이 큰 결과를 얻을 수 있다. 또한 위와 동일한 방법으로 다른 공종에 대해서 PAR을 구하여 서로 비교함으로써, 생산성 관리를 위한 주요공종을 결정할 수도 있을 것이다.

### 5.3. PAR 기능성 검토

PAR의 기능성은 2.4절에서 제시한 바와 같이 Business Roundtable의 다섯 가지 기준으로 검토될 수 있으며 그 결과는 다음과 같다.

#### 5.3.1. 공사진행의 효율성 제시

PAR 값과 그 변화를 통해 전반적인 공사의 진행이 효율적인지, 그렇지 않은지를 판단할 수 있다. 이는 단순히 생산성의 변화를 평가의 기준으로 삼지 않고, 생산성 관리의 효율성을 평가의 지표로 삼고 있기 때문이다. 따라서 PAR은 생산성 관리지표의 기능성 검토기준에 적합하다고 할 수 있다.

#### 5.3.2. 공사진행을 저해하는 문제 제시

각 공종의 PAR 값을 지속적으로 측정함으로써 어떠한 공종이 생산성 관리를 통한 향상의 여지가 많은지 평가할 수 있다. 즉 매 측정 때마다 어떠한 공종이 공사진행을 저해하고 있는지 판단할 수 있는 자료로써 활용이 가능하다. 따라서 PAR은 생산성 관리지표의 기능성 검토기준에 적합하다고 할 수 있다.

#### 5.3.3. 시공방법 · 건설여건이 공정에 미치는 영향 평가

PAR이 부분생산성에 기초하고 있으므로, 전체공정에 미치는 영향을 정확하게 평가할 수는 없지만, OP를 구하는 과정에서 영향도의 크기는 알 수 있다. 즉 사례연구를 통해 구한 표준화회귀식에서, 각각의 RF들에 곱해진 계수들의 절댓값이 클수록 영향도가 크다고 할 수 있다. 사례연구에서의 RF1의 표준화회귀계수는 -.403이고 RF2의 표준화회귀계수는 -.397이다. 따라서 RF들의 철근작업 생산성에 미치는 영향도는 ‘작업자의 태도’, ‘자재조달지연’ 순이라고 할 수 있다. 따라서 PAR은 생산성 관리지표의 기능성 검토기준에 적합하다고 할 수 있다.

#### 5.3.4. 현장간 동일공종의 생산성 비교평가

현장간 동일공종의 생산성에 대한 비교평가는 현장들이 비슷한 종류의 공사일 때 가능하다. 현장간 비교를 위한 PAR을 구할 때에는 제어가능한 RF들, 즉 C-IV-RF와 C-V-RF만 고려가 되며, 이러한 C-RF들의 구성이 서로 다르더라도 생산성달성율을 비교평가할 수 있다고 판단된다. 하지만, 생산성에는 ‘현장접근성’ 등 UC-IV-RF도 영향을 미치게 되므로 UC-IV-RF의 영향도가 비슷하

다고 판단되는 프로젝트간에서 동일공종 생산성 비교평가가 가능하다. 따라서 PAR은 생산성 관리지표의 기능성 검토기준에 적합하다고 할 수 있다.

### 5.3.5. 회사간 시공 및 공사운영 능력 비교평가

회사간 동일공종의 PAR을 비교함으로써, 특정 공종의 관리능력을 비교할 수 있다. 이러한 지표를 활용하여 회사들은 서로간의 비교우위 공종을 확인할 수 있고, 이러한 자료는 벤치마킹에 쓰일 수 있다. 따라서 PAR은 생산성 관리지표의 기능성 검토기준에 적합하다고 할 수 있다.

## 6. 결론

본 연구에서는 생산성 관리를 위한 주요 관리대상 공종을 선정하기 위하여 생산성달성율(PAR)을 새로운 생산성 관리지표로 제안하였으며, 이를 도출하는 과정을 제시하였다.

본 연구의 결과 및 의의를 요약하면 다음과 같다.

(1) 생산성을 바라보는 새로운 시각을 IP, OP, AP, RF 등의 개념을 통하여 제시하였으며, 이들을 활용하여 새로운 생산성 관리지표인 PAR을 제안하였다.

(2) 예시를 통하여 PAR의 산출과정을 살펴보고, 그 활용성을 제시하였다.

(3) 관리 목적에 따른 효과적 활용을 위하여 RF의 분류방안을 제시하고, 사례연구를 실시하였다.

(4) Business Roundtable의 생산성 관리지표의 기능성 검토 기준에 의해 본 연구에서 제안한 PAR의 생산성 지표로서의 적합성과 타당성을 확인하였다.

본 연구는 사례연구만을 담고 있기 때문에, 일반화가 어렵다는 단점을 안고 있다. 따라서 향후, 좀더 많은 조사를 통해 RF를 일반화시키기 위한 연구가 뒤따라야 할 것이다. 또한, 실제 적용사례의 확보를 통하여 각 공종의 시대별, 상황별 PAR 값을 산출하여 이들 값의 의미와 기준을 마련하는 연구가 필요하다. 또한 정보시스템을 적용한 분석과정의 자동화를 위하여 유정호(2002)의 연구에서 제안된 생산성 관리시스템과의 연계방안에 대한 추가연구가 필요할 것으로 사료된다.

## 참고문헌

1. 강병서, 인과분석을 위한 연구방법론, 무역경영사, 2002
2. 김도훈 외, 시스템 다이내믹스, 대영문화사, 1999
3. 김우철 외, 현대통계학, 영지문화사, 1980
4. 김인호, 경영학 연구방법론, 창지사, 1992
5. 노형진, SPSS/Amos에 의한 사회조사분석, 형설출판사, 2002
6. 김예상, "건설 생산성에 영향을 미치는 요인 분석에 관한 연구", 대한건축학회논문집 구조계, 10권 10호, 1994
7. 손창백 외, "건축공사의 생산성 저하요인 분석", 대한건축학회 논문집 구조계, 18권 12호, 2002
8. 신용희, 생산성관리, 인하대학교 출판부, 1990

9. 안용선 외, "철근콘크리트 구조체 거푸집공사의 생산성분석에 관한 연구", 한국콘크리트학회논문집, 5권 1호, 1993
10. 유정호 외, "건설 프로젝트의 생산성관리 시스템", 대한건축학회논문집 구조계, 18권 7호, 2002
11. 정인환 외, "아파트공사의 공법별 노무생산성 분석", 대한건축학회논문집 구조계, 11권 6호, 1995,
12. 홍성열, 사회과학도를 위한 연구방법론, 시그마프레스, 2001
13. Adrian, J.J., Construction Productivity Improvement, 1987
14. Alarcon, L., Lean Construction, A.A.Balkema, 1997
15. Alfeld, L.E., Construction Productivity, McGraw-Hill Book Company, 1988
16. Brosh, I., Quantitative Techniques for Managerial Decision Making, Reston Publishing Company, Inc., 1985
17. The Business Roundtable, "Measuring Productivity in Construction", 1987
18. Heap, A., Improving Site Productivity in the Construction Industry, International Labour Office, 1987
19. Herbsman, Z. et al, "Research of factors influencing construction productivity", Construction Management and Economics, 1990
20. Thomas, H.R. et al, "Construction Baseline Productivity: Theory and Practics", Journal of Construction engineering and management, 1999

(接受: 2002. 10. 30)