

건설 생산의 Life Cycle을 고려한 효율성 측정방안

An Approach on Life Cycle Based Efficiency Measurement in Construction Industry

정 순 오*○ 윤 수 원* 진 상 윤** 김 예 상*** 박 지 훈****
Jung, Soon-Oh Yoon, Su-Won Chin, Sangyoon Kim, Yea-Sang Park, Ji-Hoon

요 약

건설 프로세스에서 효율성은 프로젝트의 성패를 좌우하는 중요한 요인 중의 하나이다. 하지만 기존의 생산성 향상 방안들은 1인당 매출과 같이 단순히 결과 위주의 지표를 중심으로 프로젝트를 관리함으로써 많은 변화 요인을 가지고 있는 건설 산업을 특성을 반영하는데 한계를 가지고 있으며, 특히 다수의 참여자에 의해 여러 단계로 진행되는 건설 프로젝트의 Life cycle 상에서 각 공종별 생산성 측정 및 관리, 그리고 생산성 저하의 원인들 도출하는데 한계를 가지고 있다. 따라서 본 연구는 결과 위주의 성과측정 방법인 생산성 개념을 보완하기 위해 프로젝트의 Life cycle의 각 단계별 정성적 평가를 포함하는 건설 효율성 개념을 제안하고 이를 측정하는 방법론을 제시하였으며, 초고층 빌딩의 커튼월 프로세스를 대상으로 제안한 모델을 적용하였다.

키워드: 효율성, 생산성, 생애주기, 정성적 평가, 프로세스 개선, 커튼월

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 건설업은 원가분석에 대한 사회적 여론이 집중되고 업체간의 경쟁이 심화되면서, 매출 및 이윤이 하락되고 있으며, 이로 인해 생존과 경쟁력 강화를 위한 여러 가지 생산성 강화 방안들이 모색되고 있다.

하지만 공기단축과 비용절감 등을 위해 활용되고 있는 기존의 생산성 관리 방안들은 1인당 매출(생산성) 등과 같이 결과 위주의 성과측정을 통해 관리 지표를 제시함으로써, 옥외 수작업 등으로 인해 많은 변화 요인을 가지는 건설업의 특성을 반영하지 못하여, 공동주택과 같은 정형화된 일부 프로젝트를 제외하면, 관리 기준으로 활용하는데 난점을 가지고 있으며, 특히 다수의 참여자에 의해 여러 단계로 진행되는 건설 프로젝트의 Life cycle 상에서 각 공종별 생산성 측정 및 관리, 그리고 생산성 저하의 원인들 도출하는데 한계를 가지고 있다.

이런 한계를 극복하기 위해서는 일률적인 결과뿐만 아니라 전체 프로젝트 Life cycle 수행 중 업무를 얼마나 효율적으로 진행하는지에 대한 지표가 요구되며, 경쟁력 강화는 이런 효율성을 저해하는 요소를 찾아 제거함으로써 가능하다.1)

따라서 본 연구는 기존의 경쟁력 강화를 위해 활용되고 있는 생산성 개념을 보완하기 위해 프로젝트 Life cycle의 진행과정을 측정·관리하는 방안으로써 효율성이라는 개념을 제시하고, 이를 저해하는 요소를 찾아 제거하는 방법론을 제안하고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

경쟁력 강화를 위한 새로운 개념적 접근은 이론적 바탕을 통한 개념의 확립과 이를 적용하기 위한 방법론, 그리고 이를 실제 프로젝트에 적용함으로써 그 효율성을 검증하여야 한다. 그러나 본 연구는 이를 위한 기초 연구로서 기존에 활용되고 있는 효율성 개념 및 건설업의 특성을 고찰하여 건설 효율성 개념을 제안하는 것과 경쟁력 강화 방안으로써 효율성을 저해하는 요소를 추출하는 방법론을 제안하는데 연구의 범위를 제한하고 있다.

연구의 방법은 첫째, 문헌 조사를 통해 기존 연구에서 제안하고 있는 효율성 개념을 분석하고, 둘째, 건설업의 특성을 고려하여 건설 효율성 개념을 제안한다. 셋째, 제안한 효율성 개념을 측정하기 위한 방법을 제시하고, 넷째 제안한 효율성 개념을 활용한 경쟁력 강화 방안을 제안하였다.

2. 효율성에 관한 이론 고찰

건설 산업에서 효율성이라는 용어는 많은 연구에서 언급되어 왔지만, 그 개념은 기존의 방식을 향상 시키는 모든 개념을 통칭하는 것으로 사용되어지고 있으며, 생산성과 유사한 개념으로 모호하게 사용되어지고 있다. 따라서 본 연구 효율적으로 활용하는 생산체제 하에서 창출된다고 하였다.

* 성간관대학교 대학원, 박사과정
** 성간관대학교 건축·조경 및 토목공학부 부교수, 공학박사
*** 성간관대학교 건축·조경 및 토목공학부 교수, 공학박사
**** 대림산업 기술연구소 연구원
본 연구는 2003년도 한국건설교통기술평가원의 건설기술연구개발 사업에 의하여 지원되었음. (03 산학연 A 01-03)
1) 김정민, 1인(2002)은 경쟁력은 주어진 인적, 물적 자원용 가장

구에서는 기존 문헌 고찰을 통해 효율성(Efficiency)의 정의를 고찰하고, 타 산업에서 제안하고 있는 효율성의 개념을 살펴보았다.

2.1 효율성의 정의

효율성(Efficiency)은 생산성(Productivity)과 같이 기본적으로 투입과 산출에 대한 비율로 정의되나, 투입요소(Input)의 집합이 산출(Output)의 집합으로 변형되는 과정에서 발생하는 성장 과정을 측정하는 것으로, 어떤 기준에 의거하여 평가되는 상대적 개념으로 정의되어진다.²⁾

즉, 효율성은 주어진 산출량에 대해서 최소의 투입요소를 선택하거나 주어진 투입요소에 대해서 최대의 산출량을 생산하는 개념으로, 주어진 생산요소인 자본, 노동, 원료를 투입하여 최대의 생산을 달성하는 기술적 효율성(Technical Efficiency), 주어진 투입요소 가격에 대해서 가장 최적의 투입요소 배합선택에 의해 얻을 수 있는 투입조합 효율성(Input Allocative Efficiency), 그리고 주어진 산출가격에 대해서 가장 적절한 배합의 산출물을 생산함으로써 얻는 배분적 효율성(Allocative Efficiency)으로 구분되어진다³⁾.

2.2 효율성의 기원 및 관점

효율성의 개념은 Koopmans(1951)와 Debreu(1951)에 의해 시작되었으며, Farrell(1957)에 의해 효율성의 측정이 가능한 형태로 발전되었다.

이런 효율성(Efficiency)의 개념은 표 1과 같이 각 분야별로 관점 및 특성에 따라 정의되고 있으며, 주요 관점을 정리하면 크게 3가지로, 첫째 투입에 대한 산출물로서 양적인 면(능률성)과 질적인 면(효율성)을 동시에 고려하는 행정학적 관점, 둘째, 산출물의 수량 비율의 개념으로 효율성을 정의하는 경제학 및 경영학적 관점, 그리고 생산을 방해하는 요인을 제거한 상태로 효율성을 정의하는 기술 관리적 측면으로 구분할 수 있다.

국내의 경우, 효율성 연구는 1990년대 중반 이후 주로 증권, 은행, 보험 등 금융 산업에 집중되어 비교적 활발히 이루어졌고, 건설업의 효율성 측정에 관한 국내연구는 외환 위기를 전후한 상장건설회사의 효율성 및 생산성에 관한 연구가 있으나⁴⁾, 건설 산업 프로세스의 특성을 반영하기 보다는 기업 경영관점에서의 접근하여 본 연구와 차별화되어지는 것으로 파악된다.

3 건설업의 효율성

3.1 건설업의 특징

2) 임양택과 송충환(1989)은 “효율성의 결정요인에 관한 연구”에서 효율성을 경제활동의 수준에 따라 기업차원의 미시적 수준, 산업차원에서의 산업수준 및 이상적인 자원배분에 의한 거시적 수준의 효율성으로 나누어 설명하였다.

3) 기술적 효율성에 근거한 국가경쟁력 측정에 관한 연구(한국경제학회 2000.12 김정민, 전영서)

4) 지홍민, 유태우(2003)-건설업의 비효율성의 주된 원인을 생산요소의 비적정 배분에서 기인하는 배분상의 비효율성으로 분석함.

건설업은 수주산업으로 발주자의 요구에 따른 프로젝트 기반 산업으로 비반복적인 생산품을 제조하고 있고, 인력 중심의 산업 구조를 가지고 있으며, 이로 인하여 실제 생산이 이루어지는 작업장 및 관리 대상이 항상 변화는 일반적 특성을 가지고 있다.

또한 건설업을 물류 및 생산 흐름 관점에서 살펴보면, 그림 1과 같이 많은 참여주체들이 참여하고 공장작업과 운송 및 현장작업으로 분리 물류망이 비정형화 되어 있어 각 단계별로 정보 및 물류의 흐름에 문제가 발생 가능성이 높으며, 한 단계만의 프로세스 효율성 향상으로는 전체의 프로세스의 효율성을 향상시키기가 어려운 한계를 가지고 있다.

표 1. 효율성(Efficiency)의 개념

분야	효율성의 개념	비고
행정학적 측면	<ul style="list-style-type: none"> ● 효율성=(산출물의 양)*(산출물의 질)/투입량 ● 효율성=능률성+효과성 - 「능률성=산출/투입」의 투입량에 대한 산출량의 비(ratio)로 양(量)적인 측면 - 효과성 : 주어진 목표의 달성 정도로 산출물이 어느 정도 가치가 있는가에 대한 질(質)적인 측면을 고려함.(김재홍, 김태일)⁵⁾ 	양과 질적 측면 동시에 고려
경영학적 측면	<ul style="list-style-type: none"> ● 효율성=산출물의 수량/투입물의 사용량 - 효율성 : 생산조직이 사용한 투입요소의 수량에 대한 산출물 수량의 비율(전용수 외) 	
경제학적 측면	<ul style="list-style-type: none"> ● 효율성=경제성 - 경제활동의 평가기준으로 투입과 산출의 원리를 바탕으로 동일한 조건하에서 최대의 효과를 추구하는 경제 원칙⁶⁾ 	
기술 관리적 측면	<ul style="list-style-type: none"> ● 효율성: 비효율(X-inefficiency)의 반대 개념 - 기술적 비효율성과 배분적 비효율성으로 구분되며, 동종 기업간 동질의 생산기술 상태에서도 기업간 내적 요인에 의해 비효율성은 존재함. (Leibenstein, 1996) - 기술적 비효율성 : 생산 과잉 또는 과소 (Berger&Humphrey, 1996) - 배분적 비효율성 : 투입요소의 잘못된 배분, 비효율적 투입 (Berger&Humphrey, 1996) - 기업의 비효율성= 기업의 외적 요인 + 내적 요인⁷⁾ 	

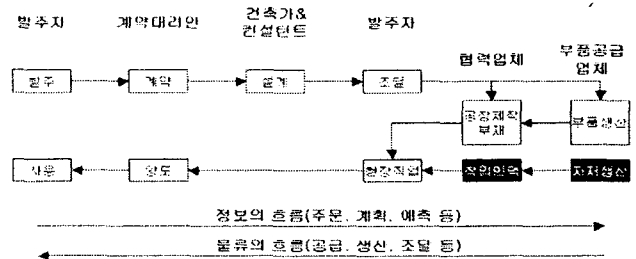


그림 1. 건설 물류의 흐름 (Ruben Vrijhoef, 2000)

5) 공공부문의 효율성 평가와 측정에서, 김재홍과 김태일(2001)은 효율성의 개념을 목적효율성(목표실정이 올바른가?)과 수단효율성(설정된 목표를 수행하는 과정에서 낭비가 없었는가?)으로 분리 설명하였다.

6) 효율성의 결정요인에 관한 연구에서, 임양택과 송충환(1989)은 효율성의 개념을 경제활동의 수준에 따라 기업차원의 미시적 수준, 산업차원에서의 산업수준 및 이상적인 자원배분에 의한 거시적 수준의 효율성으로 나누어 설명하였다.

7) 김상호(2001), 한국제조업의 기술적 비효율성과 그 결정요인, 국제경제연구. 제7권 제2호

3.2 건설 효율성의 접근 방안 및 정의

본 연구에서는 앞서 살펴본 효율성의 개념과 건설업의 특성에 따라 건설 효율성의 접근 방안을 다음과 같이 제안하였다.

① 투입요소와 결과물의 정성적 평가

건설 산업은 비반복적 특성으로 인해 도출되는 결과물의 전제가 되는 환경적 요인이 변화됨으로써 동일한 수 또는 비용으로 투입된 노동, 자본, 재료 등은 환경 및 각 투입요소의 능력에 따라 다른 결과물을 생성할 가능성이 제조업에 비해 높다. 또, 결과물에 있어서는 매출액이나 이윤 등 동일한 결과물로 인식되고 있는 것들이 품질 등의 질적 요인에 따라 다른 평가를 받게 된다. 따라서 이를 보다 효과적으로 관리하기 위해서는 단순한 정량적 평가뿐만 아니라 변화되는 요인에 따른 투입 요소와 결과물의 정성적 평가가 요구된다.

② 프로세스의 효율성

제조업과 달리 건설업의 유사한 프로세스를 통해 프로젝트를 진행함에도 참여 주체, 물류 전달의 거리·장소, 정보 전달 방식 등의 변화로 인해 물류 및 정보의 흐름 등을 표준화하기 힘든 특성을 가지고 있다. 따라서 현재의 성과측정에서 동일한 투입 요소와 결과물을 나타내는 프로젝트일 지라도 각 단계별 생산과정에서 투입되는 요소와 결과물은 상이하다. 그러므로 단순한 투입 요소와 결과물의 평가뿐만 아니라, 작업의 난이도, 작업자의 만족도 등 프로젝트 전체 Life cycle에 걸쳐 각 단계별 프로세스 효율성에 대한 평가가 요구된다.

③ 비효율성 정도의 평가

프로젝트의 각 단계별로 과잉생산, 과소 등으로 나타나는 비효율성은 작업 시간의 지체, 불필요한 재고, 작업 간 충돌에 의한 작업의 난이 등과 같이 작업을 방해하는 요인에 의해 빈번하게 발생된다. 하지만 건설업의 특성인 비반복적 특성으로 인해 평가의 기준이 되는 기준 제시가 어려운 것이 현실이며, 이로 인하여 실제 프로젝트의 수행에서 이러한 것들이 정량적으로 측정되었다 하더라도 이를 비교하고 그 원인을 찾기 어렵다. 따라서 이를 개선하기 위해서는 작업자 또는 관련 전문가에 의한 정성적 평가 및 이를 비교할 수 있는 기준이 필요하다.

본 연구에서 앞서 제안한 접근 방법을 기초로 건설업에서의 효율성을 식 1과 식 2와 같이 제안하였다.

$$\bullet \text{ CE (건설업의 효율성)} \\ = \sum (\text{Life cycle 각 단계의 CE}) \quad (1)$$

$$\bullet \text{ Life cycle 각 단계의 CE} \\ = \{[\alpha(\text{정량적 효율성 계수}=\text{생산성}) \times \mu(\text{가중치})] \\ + [\beta(\text{정성적 효율성 계수}) \times (1-\mu)]\} \\ \times \Delta(\text{단계별 효율성 계수}) \times 100\% \quad (2)$$

- * α (정량적 효율성 계수) = {(정량적 산출물/정량적 투입물) ÷ (표준 생산성)}
- * β (정성적 효율성 계수) = 1-문제점 및 낭비요소의 발생 정도
- * μ (가중치) = 정량적 효율성에 대한 가중치 [1점 만점]
- * Δ (단계별 효율성 계수) = 전체 Life cycle에서 문제점 및 낭비요소의 발생 정도에 따른 빈도를 계수화한 가중치 [1점 만점]

그리고 제안한 건설 효율성(CE)의 각 변수별 측정 방법은 측정 가능성(measurability), 개선가능성(improvability), 비교가능성(comparability)를 고려하였으며(유병우, 1998), 제안한 각 요소별 측정 방법은 다음과 같다.

① α (정량적 효율성 계수)

일반적인 생산성 도출 방식과 동일하며, 해당 공종 또는 상품별 표준 생산성 (out/input) 도출이 전제된다.

② β (정성적 효율성 계수)

β 는 "1"에 문제점 및 낭비요소를 뺀 값으로 본 연구에서는 그림 2와 같이 VSM(Value Stream Mapping)을 통해 문제점을 분석하고, 도출된 문제점 및 낭비요소를 도요다 시스템의 무다(Muda) 방식에서 제안한 7가지 분류인 과잉생산, 대기, 과도한 운반, 부적절한 프로세스, 불필요한 재고, 불필요한 행동, 결함으로 정형화하여 체크리스트화 할 것과 각 문제점 및 낭비요소별 가중치를 표준화하여 그 정도를 측정할 것을 제안한다.

③ μ (가중치)

가중치는 α 와 β 의 우선순위를 나타낸 것으로 기업 또는 측정자의 전략 또는 관리 방향을 계수화한 것으로 비교 대상 프로젝트에 동일하게 적용되어야 한다.

④ Δ (단계별 효율성 계수)

Δ 는 프로젝트의 전체 Life cycle에서 각 단계가 미치는

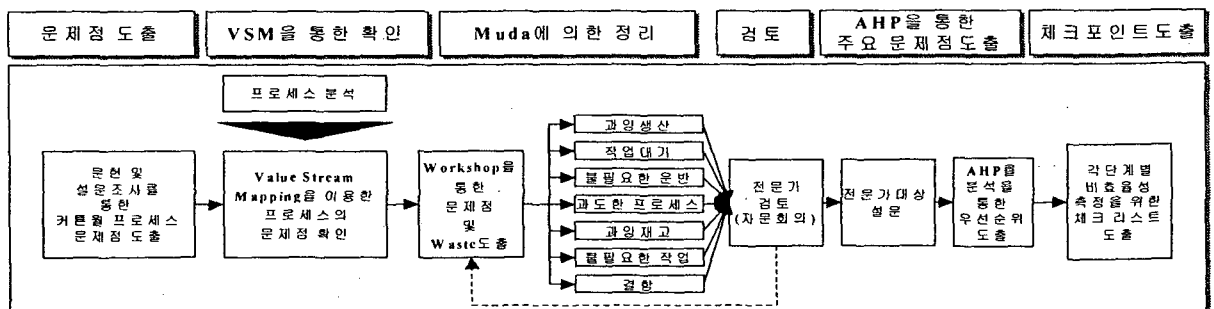


그림 2. 정성적 효율성 계수 도출 방안

영향을 계수화한 것으로 본 연구에서는 각 단계의 문제점 발생 빈도를 전문가 평가에 의해 표준화할 것을 제안하며, 표 2에서 제시된 Δ 는 커튼월 전문가를 대상으로 이를 실제 조사한 예이다.

3.3 건설 효율성 적용의 예

본 연구에서는 제안한 CE(건설 효율성)의 효용성을 검증하기 위하여, 초고층 건축물의 주 외장재로 공정관리에 있어 주공정(Critical Path)에 해당되고 전체 공사비에서 많은 부분을 차지하는 커튼월 공사를 대상으로 CE(건설 효율성)를 적용하였다.

특히, 커튼월 공사는 전체 생애주기(Total Life-Cycle)에 걸쳐 약 30여 업체가 참여하고 건축설계, 커튼월설계, 생산, 조립, 운반, 설치 및 유지관리 등의 여러 단계의 프로세스를 거쳐 완성되므로 이 중의 한 단계의 비효율적 요소나 문제점 발생은 전체 프로세스의 효율성에 영향을 미치기 때문에 본 연구에서 제안한 CE(건설 효율성)의 적용이 필요한 대표적 공종이다.

표 2. CE의 예 (커튼월 공사)

구분	커튼월 단계	건축설계	커튼월 설계	커튼월 생산/제작	커튼월 시공	커튼월 유지관리	합계
A	α	1	1	1	1	1	-
	β	0.9	0.85	0.95	1	0.95	
	μ	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	
	Δ	0.396	0.128	0.25	0.141	0.085	
	CE	38.808	12.416	24.75	14.1	8.415	
B	α	1	1	1	1	1	-
	β	0.5	0.7	0.95	1	0.95	
	μ	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	
	Δ	0.396	0.128	0.25	0.141	0.085	
	CE	35.64	12.032	24.75	14.1	8.415	

표 2는 커튼월 공사를 대상으로 위에서 제안한 효율성을 계산한 예로, 커튼월 공사의 Life cycle 각 단계별 Δ (단계별 효율성 계수) 값은 전문가 인터뷰·설문 및 AHP(Analytic Hierarchy Process)를 통해, 각 단계별로 건축설계 0.396, 커튼월 설계 0.128, 커튼월 생산 및 제작단계 0.25, 커튼월 시공단계 0.141, 커튼월 유지관리 단계 0.085로 산정하고, 가상의 A, B 프로젝트의 각 단계별 β (정성적 효율성 계수)를 부여하여 계산한 것이다.

단, α (정량적 효율성 계수)는 모든 단계에서 1(표준 생산성 달성)로, 정량적 효율성에 대한 가중치인 μ 는 0.8로 가정한 것이다.

표 2에 나타난 바와 같이 본 연구에서 제안한 CE(건설 효율성)은 건축설계 및 커튼월 설계 단계에서 정량적으로 동일한 결과(동일한 생산성)가 도출되는 경우라도, 업무의 정성적 효율성을 반영함으로써 프로젝트 B가 프로젝트 A에 비해 비효율적임을 나타낼 수 있으며, β (정성적 효율성 계수)의 도출 과정에서 체크된 문제점 및 낭비요소로 인해 무엇을 개선해야 하는지에 대한 개선 목표도 제시할 수 있을 것으로 기대된다.

4. 결론

기존의 기업의 경쟁력 평가는 생산성과 같이 결과 위주의 정량적 수치 위주로 진행되어 왔다. 하지만 이러한 수치는 단순히 결과의 상호 비교만이 가능할 뿐, 그 원인을 구체화하기 힘든 단점을 가진다.

본 연구에서 이를 해결하기 위한 방안으로써 첫째, CE(건설 효율성)이라는 개념을 제안하고, 둘째, 이를 측정하는 방법을 제시하였으며, 셋째 이를 위해 문제점 및 낭비요소를 체크리스트화하고 각 가중치를 표준화 할 것을 제안하였다.

참고문헌

1. 김상호(2001), 한국제조업의 기술적 비효율성과 그 결정요인, 국제 경제연구. 제7권 제2호
2. 김재홍, 김태일(2001), "공공부문의 효율성 평가와 측정", 집문당, 아산재단 연구총서 제83집
3. 유병우(1998), "기업물류체계의 효율성 평가모형에 관한 연구" 산업연구원 연구자료 제61호
4. S. Chin, et al.,(2004) "Analysis of the Life-Cycle Curtain Wall Process through Supply Chain Management" IGLC-12 Conference
5. Ruben Vrijhoef, Lauri Koskela, "The four role of supply chain management in construction", European Journal of Purchasing & Supply Management 6(2000)

Abstract

Efficiency of the construction process is one of the most important factors to project success. However efficiency is not well defined or measured in construction projects in general. More importantly, efficiency of the construction should be viewed through the life-cycle of the whole production system not in a single phase of the construction process. Therefore, this study defines the concept of efficiency and suggests the efficiency measurement model in construction. As a case study, the suggested model was applied to the curtain wall construction process of the high rise buildings as well.

Keywords : Efficiency, Productivity, Life cycle, quantitative evaluation, process improvement, Curtain wall