

# 국내 중소건설업체의 효율성 평가에 관한 연구

김혁\* · 유한주\*\*† · 송광석\*\*\*

\* 숭실대학교 대학원 경영학과

\*\* 숭실대학교 경영학부

\*\*\* 서강대학교 경영전문대학원

## A Study on the Evaluation of Efficiency in the Korean Small and Medium sized Construction Firms

Hyuk Kim\* · Hanjoo Yoo\*\*† · Gwang Suk Song\*\*\*

\* Graduate School of Business Administration, Soongsil University

\*\* Division of Business Administration, Soongsil University

\*\*\* Graduate School of Business, Sogang University

Key Words : Efficiency, RTS(Returns to Scale) Region, Construction Industry

### Abstract

In this study, we evaluate the efficiency of Construction Industry using Data Envelopment Analysis(DEA). Since the Construction Industry has been traditionally operated through competition, it is important to measure the efficiency. In this paper, we empirically analyze the Efficiency of the 50 Korean Construction Industry. In detail, we used the scale of efficiency in order that efficiency cannot be affected by the total technical efficiency of each company and the scale of DMU by applying CCR or BBC model. Also, we analyzed the changes of measurement DEA model score. we adopted the basic DEA, RTS Region and MPSS(Most Productive Scale Size) method which are combined with efficiency measurement model in order to analyze the operational status. Furthermore, by complementing the shortfalls of the scale efficiency value of the DEA Model, RTS Region Model can be recommended to be appropriate in the evaluation of ideal input/output Quantity. In particular, input variables are total assets, construction capacity, the technical staff and output variables are sales volume, operating income. The result of RTS Region and MPSS shows that 9 DMUs of the efficiency frontier in the Construction Industry are analyzed to be relatively efficient DMUs, and 41 DMUs are analyzed to be inefficient DMUs, and finally inefficient DMUs are separated with Region 1 and Region 6.

## 1. 서 론

최근 건설 산업을 둘러싼 기업 환경이 악화되면서 건설업계가 크게 위축되고 있다. 2000년대 들어 많은 건설 물량을 제공해 왔던 민간 주택부문이 미국발 금융위기로 촉발된 경기 침체로 인해 크게 위축되었으며 건설부문의

의 프로젝트 파이낸싱 부실에 따른 금융권의 투자 위축으로 민자 사업마저 잇따라 중단 또는 취소되면서 일감 확보에 비상이 걸렸다. 또한 건설 산업의 구조조정에 따른 여파로 인해 효율적인 구조조정이 이루어지지 않아 다수의 우량 중견·중소 건설업체들마저 퇴출 위기로 내몰리고 있는 상황이다(건설산업연구원, 2010).

더욱이 건설부문의 과도한 경쟁으로 인해 수주여건의 악화되고 원가분석에 대한 사회적 요구 등 업체간 생존을 위한 치열한 경쟁이 이루어지고 있다. 그럼에도

† 교신저자 hyoo@ssu.ac.kr

※ 본 연구는 서강대학교 경영전문대학원 BK사업단으로부터 지원받았음.

불구하고 건설부분의 생산성은 여타 제조업에 비해 낮은 생산성 수준을 나타내고 있는데 미국이나 영국을 포함한 주요 선진국들은 90년대 중반 이후 산업의 비효율성 및 낮은 생산성 요인을 제거하기 위한 혁신운동을 지속적으로 추진해오고 있다(정인환 외 4인, 1995). 그 대표적인 예가 바로 건설부분의 TQM적용 및 ISO인증을 통해 산업의 생산성과 효율성을 극대화하기 위한 접근이라고 할 수 있다. 하지만 아직까지 국내에서는 건설부분의 TQM적용이나 ISO인증은 산업의 핵심적인 운영특성으로 자리 잡지 못하고 부가적인 선택사항으로서 적용되고 있는 실정이다. 이러한 산업의 특징은 연구의 특징에서도 나타나고 있는데 건설 산업의 생산성 및 효율성에 대한 연구는 주로 단위 프로젝트에 대한 성과측정 및 성과 향상요인에 대해 초점이 맞추어져 있으며(신용일 외 1인, 2004) 기업의 운영 효율성 측면의 생산성 혹은 효율성에 대한 분석과 연구는 미비한 실정이다. 특히 산업의 과도한 경쟁으로 인해 구조조정이 필요한 시기에 있어서 기업의 운영효율성을 평가하는 것은 무엇보다도 중요한 관리적 시사점을 제공할 수 있는 이점이 있다.

이에 본 연구에서는 국내 건설업체에 대한 효율성 평가를 통해 기업들의 어떠한 환경에서 기업 경영을 추진하고 있는지를 평가하고자 한다.

효율성 평가는 DEA(Data Envelopment Analysis) 기법을 이용하여 국내 건설기업의 효율성 특징을 분석하고자 한다. 이러한 측면에서 본 연구의 목적을 정리하면 다음과 같다.

첫째, 기존의 단위 프로젝트에 대한 효율성 접근방법과는 달리 건설업체에 대한 기업 활동의 효율성 수준을 평가하고자 한다.

둘째, 총체적인 기술적 효율성을 의미하는 CCR(Charnes, Cooper, Rhodes, 이하 CCR) 모델뿐만 아니라 순수한 기술적 효율성을 나타내는 BCC(Banker, Charnes & Cooper, 이하 BCC)모델의 분석을 통해 효율성 영역(Efficiency Region)별 특성을 제시하고자 한다. 특히 효율성 영역을 구분하여 평가할 경우 비효율적인 기업이 효율적인 기업과 달리 어떠한 형태로 투입과 산출이 이루어지고 있는지를 확인할 수가 있다. 이를 통해 국내 건설업체의 특징을 제시하고자 한다. 분석대상기업은 건설협회에 등록된 기업 중 50개 기업을 선정하여 기업의 효율성을 평가하고자 한다.

본 연구에서는 기업의 총자산, 시공능력, 기술자수를 투입요소로 사용하였으며 매출액, 영업이익을 산출변수

로 사용하여 전체 50개 기업의 효율성을 평가하고자 한다. 또한 기존의 규모효율성 분석시 상대적인 효율성 수준만 제시하였던 접근과는 달리 규모의 효율성에 대한 투입/산출 요소의 이상적 투입량을 제시하고자 한다. 분석도구로는 DEA Excel Solver와 Frontier Analyst 3을 사용하였다.

## 2. 이론적 배경

### 2.1 효율성에 관한 이론

DEA에 의한 효율성 분석의 특징은 선형계획법에 근거한 방법으로 일반적인 함수형태를 가정하고 모수(parameter)를 추정하는 것이 아니고 투입요소와 산출물 간의 자료를 이용해 경험적 효율성 프론티어를 비교하여 평가대상 간의 효율성을 측정하는 비모수적 접근 방법이다.

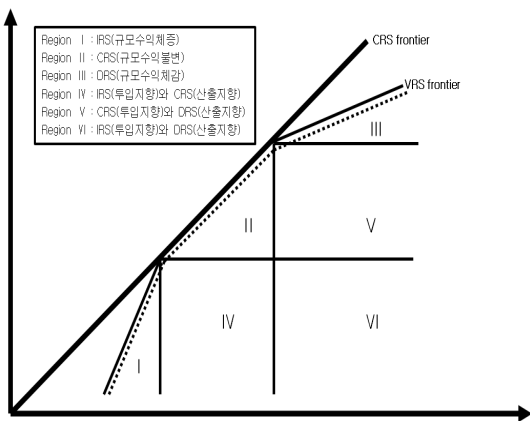
이러한 방법은 Charnes, Cooper and Rhode (1978)의 연구에서 비롯되었는데 이 CCR모델은 Farrell(1957)의 단일 투입-산출모형의 상대적 효율성(Relative efficiency)을 측정하는 기법에 착안하여 다수의 투입-산출 모형에 적용하여 최적화시키는 방법이다. 특히 다수의 산출물을 생산하기 위해 다수의 투입요소를 사용하여 성과를 평가하는데 효율적으로 적용할 수 있을 뿐만 아니라 투입-산출 변환(input-output transformation)이 알려져 있지 않는 경우에 효과적인 방법으로 알려져 있다. DEA 분석모델은 생산과정에서의 규모에 따른 수익의 불변(Constant Returns to Scale ; CRS)을 가정하고 효율성을 측정하는 CCR모델과 규모에 따른 수익의 변화(Variable Returns to Scale ; VRS)를 가정하고 효율성을 측정하는 BCC모델(1984)로 분류할 수 있다. 대표적인 DEA 분석모델인 CCR모형의 특징을 요약하면 다음과 같다. 분석표본 내에 K개의 기업이 있고, 각 기업마다 m종류의 산출과 n종류의 투입을 사용하고 있다고 하자. k번째 기업의 투입과 산출을 각각  $X_k = (x_k^1, x_k^2, \dots, x_k^n)$ 와  $Y_k = (y_k^1, y_k^2, \dots, y_k^m)$ 라 표현할 때 K기업의 효율성은 다음의 식 (1)과 (2)와 같은 선형계획법에 의하여 구해진다.

$$\begin{aligned} \text{Maximize} \quad & h_k = \frac{\mu^T Y_k}{v^T X_k} \\ \text{s.t.} \quad & h_i = \frac{\mu^T Y_i}{v^T X_i} \leq 1, \quad i = 1, \dots, n \\ & \mu^T \geq 0 \text{ and } v^T \geq 0 \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned}
 & \text{Minimize} && v^T X_k \\
 & \text{s.t} && \mu^T Y_K = 1 \\
 & && \mu^T Y_i - \mu^T X_i \leq 0, \quad i = 1, \dots, n \\
 & && \mu^T \geq 0 \text{ and } v^T \geq 0
 \end{aligned} \tag{2}$$

위 식에서  $u^T, v^T$  는 각각 산출요소 및 투입요소에 할당된 가상가중치(virtual multiplier)이며, 이들 가중치를 통해 다수산출물과 다수투입물이 단일한 스칼라 값으로 표현된다. 따라서 목적함수에서 표현되어 있는 바와 같이 k기관의 효율성이란 투입물과 산출물의 비율이라 할 수 있으며 가중치( $\lambda$ )는 모든 기관의 효율성이 1보다 작다는 가정을 만족시키는 제약조건 하에서 구해지므로 결국 모든 관측치의 정보를 사용하여 결정하게 된다. 위의 식을 선형계획모형의 원형(primal)이라 하면 다음의 식 (2)와 같은 쌍대(dual)모형을 도출할 수 있으며 최적의 해를 구하는 것으로 완전히 동일한 정보를 제공할 수 있다.

위 식은 원형문제에서와 달리 투입산출로 이루어진 생산경계(production frontier)를 구축하고 관측점이 생산경계로부터 떨어진 거리를 효율성으로서 측정한다. 하지만 효율성 평가는 규모에 대한 수익불변(Constant Returns to Scale, 이하 CRS)과 규모에 대한 수익가변(Variable returns to Scale, 이하 VRS)을 가정한 평가 방법에 따라 효율성 값이 달라지는데 이러한 특징으로 인해 효율성영역은 <그림 1>과 같이 여러 영역으로 구분할 수 있다. 즉, 영역별로 운영상의 특징이 서로 다르게 나타나게 된다.



자료: Zhu(2003), *Quantitative Models for Performance Evaluation and Benchmarking*, p.63.

<그림 4> RTS Region

또한 식(1)에 가중치의 합이 1이라는 제약조건식을 추가하여 식(3)과 같이 변형할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 & \text{Max } h_0 = \sum_{r=1}^s u_r y_{r0} + u_0 \\
 & \text{s.t} \quad \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} + u_0 \leq 0, \quad j = 1, \dots, n \\
 & \quad \sum_{i=1}^m v_i x_{i0} = 1 \\
 & \quad u_r, v_i \geq \epsilon, \quad \forall r, i
 \end{aligned} \tag{3}$$

위 식에서 나타난 효율성 분석의 가중치 합인  $u^* = 0$  경우는 규모수익 불변의 CRS 특성을 나타내며  $u^* > 0$  경우는 규모수익 제증인 IRS(Increasing Returns to Scale)을 나타낸다.  $u^* < 0$  경우는 DRS(Decreasing Returns to Scale)인 규모수익체감의 특성을 나타낸다.

이러한 분석방법은 분석표본의 제약조건식의 변화를 통해 효율성 값이 변화하게 되는 DEA분석기법의 특징을 보완하기 위한 방법으로 가중치  $u^*$ 에 의한 효율성 영역을 제시할 수 있다. 특히 투입 및 산출모델의 비교를 통해 영역별 가중치의 민감도 분석을 수행할 수 있다. 이러한 규모수익영역(Returns to Scale Region, RTS Region) 접근 방법은 Banker et al(1984), Färe et al(1994), Seiford and Zhu(1999)의 규모수익에 관한 효율성 연구에서 비롯되었다. 또한 규모의 효율성은 CCR/BCC에 의해 계산된 값으로 개별 기업이 IRS, CRS 및 DRS 중 어떠한 상황에서 운영 중인지를 알 수 없으며 비효율적인 기업에 제공할 수 있는 투입 및 산출요소의 이상적 투입량을 결정하지 못하는 단점이 있다. 하지만 Banker(1984), Zhu(2000)가 제시한 최대생산규모(Most Productive Scale Size, MPSS)을 이용하면 규모의 효율성에서 비효율적인 기업의 투입 및 산출요소의 이상적 양인 Target을 제시할 수 있다. 이러한 MPSS는 투입모델일 경우와 산출모델일 경우의 효율성 값의 비교를 통해 산출되는데 이 때 가중치의 변화량에 따라 민감도 범위를 갖게 된다. 이러한 민감도 범위에 따라 MPSS는 최소값과 최대값을 갖게 된다. MPSS를 산출하기 위한 식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 & \text{Min} \sum_{j=1}^n \lambda_j \\
 & \text{s.t} \quad \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq \theta^* x_{i0} \quad i = 1, 2, \dots, m \\
 & \quad \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq y_{r0} \quad r = 1, 2, \dots, s \\
 & \quad \lambda_j \geq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n
 \end{aligned} \tag{4}$$

max target

$$MPSS_{max} : \begin{cases} \widetilde{\chi}_{io} = \theta^* \chi_{io} / \sum \lambda_j^* \\ \widetilde{y}_{ro} = y_{ro} / \sum \lambda_j^* \end{cases}$$

$$Max \sum_{j=1}^n \widehat{\lambda}_j$$

$$s.t \begin{cases} \sum_{j=1}^n \widehat{\lambda}_j \chi_{ij} \leq \theta^* \chi_{io} & i = 1, 2, \dots, m \\ \sum_{j=1}^n \widehat{\lambda}_j y_{rj} \geq y_{ro} & r = 1, 2, \dots, s \\ \widehat{\lambda}_j \geq 0 & j = 1, 2, \dots, n \end{cases} \quad (5)$$

min target

$$MPSS_{min} : \begin{cases} \widetilde{\chi}_{io} = \theta^* \chi_{io} / \sum \widehat{\lambda}_j \\ \widetilde{y}_{ro} = y_{ro} / \sum \widehat{\lambda}_j^* \end{cases}$$

기본적인 DEA 모델인 CCR, BCC 모델과 규모수익과의 관계를 통해 RTS Region 모델의 특징을 요약하면 다음과 같다.

본 연구에서는 RTS>Returns to Scale) Region 효율성 분석기법을 이용하여 건설업체의 효율성 영역을 제시하여 개별 기업이 어떠한 상태에서 운영 중인지를 분석하고자 한다. 또한 기존의 규모효율성 분석에서 단순히 효율성 수준만을 제시하였던 것과 달리 규모의 효율성(scale efficiency)에 대한 투입 및 산출요소의 이상적 양(target)을 제시하고 이를 통해 건설업체에 대한 관리적 시사점을 제시하고자 한다.

### 2.2 건설업분야의 효율성 평가에 관한 연구

건설 분야의 효율성 평가는 주로 특정 프로젝트 사업 단위에 대한 효율성 평가에 집중되어 있다. 특히 프로젝트 단위의 효율성 평가보다는 주로 성과 측정기법에 대한 연구들이 2000년 이후 활발하게 논의되고 있다. 또한 많은 연구들에 있어 전체적인 효율성 평가방법보

다는 성과측정요소의 일부 요소로서 효율성 방법이 사용되고 있다(정순오, 2005). 이러한 연구들을 정리하면 다음 <표 2>와 같다.

<표 2>에서 제시한 연구 중 이형록 외 4인(2010)의 연구에서는 건설업체와 시공능력과의 상관관계를 분석하여 시공능력과 규모효율성의 음의 상관관계가 있다는 것을 제시하였으며 투입요소는 총자본, 판매비와 관리비, 종업원 수를 이용하였으며 산출요소로는 매출액, 당기순이익을 이용하였다. 이 연구는 사업단위 프로젝트의 효율성이나 성과분석이 아니라 기업 차원의 운영 효율성을 분석하였다는 특징이 있다. 반면 정순오(2004)의 연구에서는 기존의 건설부문의 성과평가의 문제점을 지적하며 정량적 효율성과 정성적 효율성을 고려한 프로젝트의 성과요소로서 효율성 평가결과를 이용하였다. 건설 프로젝트의 성과 기준과 관련된 국외 연구는 Ward et al.(1991)은 비용, 공사기간, 품질을 성과관리의 주요 요소로 제시하였으며 Rusell(1997)은 실제 프로젝트에서 수집한 데이터를 활용하여 건설 프로젝트의 주요 평가요소로 발주자, 지출비용, 공사기간, 공사비 등 정량적 지표를 활용하였으며 Kagioglou et al.(2001)은 균형성과표를 이용한 건설 조직의 성과관리 시스템을 제시하였다. 이러한 건설부문의 연구 특징은 건설 분야의 특수성이 반영된 결과로 주로 개별 프로젝트 단위로 추진되는 사업에 대해 개별적인 성과평가를 수행하는 특징이 있다. 특히 효율성 분석에서 사용되는 투입/산출 요소가 분야별로 상이하기 때문에 특정 변수를 사용하여 효율성을 분석하기에 적합하지 못한 특징이 반영된 것으로 볼 수 있다. 하지만 건설업체의 운영성과에 대한 효율성 평가는 산업의 특성과 향후 전략적 의사결정시 매우 중요한 정보로 활용될 수 있다. 따라서 본 연구에서는 일반 건설기업 50개 업체를 표본으로 선정하였다.

기업선정은 한국건설협회에 등록된 회원사 중 50개 기업을 선정하였으며 전문가 의견을 통해 건설업체의

<표 1> RTS Region 모델의 특징

CCR	BCC	scale 지수	규모효율성	비효율적 원인		규모수익		
총체적 기술적 효율성 (TE)	순수한 기술적 효율성 (PTE)	$\sum \lambda^*$	$\frac{CCR}{BCC}$	PTE	Scale	감소 (DRS)	불변 (CRS)	증가 (IRS)
				PTE<SE	PTE>SE	$\lambda^* > 1$	$\lambda^* = 1$	$\lambda^* < 1$

<표 2> 국내 건설부문의 주요 성과분석에 관한 연구(정순오, 2005, 수정)

연구자	주요 연구내용	연구초점 및 한계
이형록 외 4인 (2010)	건설업체 시공능력과 운영효율성과의 관계 분석	건설업체의 시공능력과 운영효율성과의 상관분석 실시
정순오 (2004, 2005)	건설프로젝트의 life cycle process 효율성 평가	건설프로젝트의 정량적 효율성 및 정성적 효율성 적용방안 제시
신용일, 김한수 (2004)	건설사업 성과측정기법 비교분석 및 성과측정 best Practice 제시	성과측정의 개념적 기준 및 방향 제시
박찬식, 김현준, 전용석(2002)	건설 엔지니어링 기업의 경영성과 측정 모형	기업 차원의 경영성과 측정 모델 제시
유일한 외 4인 (2004)	비교 가능한 건설 산업의 성과측정 framework	주요 참여 주체와 기업중심의 성과영역 및 주요지표 도출
김기현(2004)	건설기업에 적합한 성과측정시스템 대안 평가 (국내 외 성과측정 사례분석 후 건설기업에 적합한 성과측정 시스템 제시)	기업 중심의 성과측정 개념 제시
김우섭 외 3인 (2003)	건축공사 사후 평가를 위한 평가항목 선정에 관한 연구	시공단계만의 성과 평가 방법 연구
정원조(2004)	건설기업의 규모에 따른 성과지표 가중치 비교분석	기업규모에 따른 성과가중치 산정
김대현, 이제섭 (2004)	균형성과표를 이용한 건설사업 성과측정 구축방향에 관한 연구	기획, 설계 예산집행, 입찰, 계약, 공사, 관리 단계만 분석

평가에 있어 중요한 핵심지표 5개를 선정하였다. 선정된 지표는 DEA분석의 특성상 전문가 평가에 의한 정성적 평가지표를 제외한 정량적인 물량변수만을 선별하여 이용하였다. 사용된 변수는 기업 총자산규모, 시공능력, 보유기술자수, 매출액, 영업이익 등의 정량적 변수만을 이용하였다.

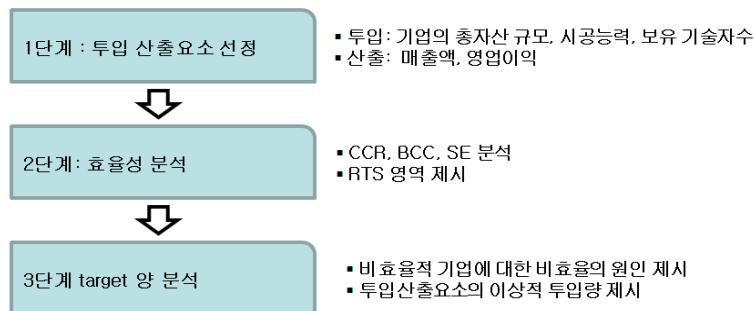
### 3. 연구설계

#### 3.1 연구절차

국내 건설업체의 효율성 평가를 위해 본 연구에서는 <그림 2>와 같은 3단계 절차를 통해 50개 기업의 효율성의 특징을 분석하고자 한다. 특히, 비효율적인 기업들이 어떠한 상황에서 운영 중인지를 제시하고자 한다. 전체 분석 절차는 <그림 2>와 같다.

본 연구의 구체적인 분석절차는 다음과 같은 순으로 진행하고자 한다.

1단계에서는 건설협회에 등록된 기업 중 50개 기업을 선정하여 기업 총자산 규모, 시공능력, 보유기술자수를 투입요소로 선정하였으며 매출액, 영업이익을 산출요소로 선정하였다.



<그림 2> 분석절차

&lt;표 3&gt; 투입 및 산출요소

DMU	투입요소(천원, 명)			산출요소(천원)		DMU	투입요소(천원, 명)			산출요소(천원)	
	총자산	시공능력	기술자수	매출액	영업이익		총자산	시공능력	기술자수	매출액	영업이익
F1	6631030	32254000	19	15056881	1206292	F26	6703198	33486000	36	16913398	1293721
F2	9373790	32285000	21	23340512	1358315	F27	7649082	33497000	39	32946518	1366417
F3	10238519	32316000	18	17651461	289693	F28	8135761	33520000	27	15656852	1135426
F4	7630589	32351000	21	15256135	1278119	F29	13648853	33533000	38	11998721	408610
F5	13472746	32882000	28	32984306	1060938	F30	11833113	33669000	25	12983496	489060
F6	9355710	32434000	21	10646512	803175	F31	20443314	33670000	19	21348690	886496
F7	25575762	32512000	19	30081113	2134479	F32	9588449	33761000	25	18914999	939364
F8	9451596	32540000	31	19708891	753078	F33	12598307	33811000	17	22167213	773650
F9	10043458	32790000	17	10660350	255075	F34	6780992	33814000	18	17296169	1011265
F10	6666812	32804000	19	33295861	772282	F35	20492347	33847000	25	17914477	1138931
F11	8700800	32809000	29	16167552	1178713	F36	11188185	33916000	25	9846557	234148
F12	9113835	32867000	17	15408340	1065687	F37	12021195	33932000	27	12143987	689309
F13	8039949	33122000	19	15584199	1017950	F38	9546312	34021000	23	16377227	1192750
F14	8585390	33124000	15	22090188	938218	F39	7793507	34205000	18	15698758	835361
F15	11470150	33135000	24	14813883	1270892	F40	8111782	34238000	17	18183065	1852727
F16	6393970	33196000	31	21545444	1283697	F41	5816564	34255000	29	7464773	611787
F17	11392871	33285000	27	13632780	957854	F42	6889758	34266000	10	25877849	499486
F18	13173572	33307000	24	18693227	569112	F43	18357933	34379000	25	25835942	1885724
F19	7737985	33335000	32	12325196	1624113	F44	10825125	34527000	6	42230434	402526
F20	6724385	33346000	13	5905363	176707	F45	11918194	34567000	17	25174876	2464799
F21	9587403	33357000	25	9868034	752742	F46	6812001	34588000	15	20161646	1685494
F22	8705377	33374000	34	26266867	1280739	F47	6171654	34624000	18	16781267	1779178
F23	7617535	33396000	19	16697564	1233143	F48	10654813	34708000	14	18969607	2029753
F24	10687362	33481000	17	16807113	1164158	F49	10756222	34770000	32	19726653	1494973
F25	7654344	33483000	36	22288019	2165985	F50	10503130	34841000	20	26641755	1169055

2단계는 효율성 분석 단계로 총체적 기술적 효율성을 의미하는 CCR모델과 순수한 기술적 효율성을 나타내는 BCC모델을 통해 효율성을 분석하고자 한다. 또한 CCR값을 BCC로 나눠 산출하는 규모의 효율성을 제시하고자 한다. 특히 개별적인 기업의 운영특성을 분석하기 위해 규모수익에 의해 변경되는 RTS Region 방법을 활용하여 개별기업들이 어떠한 상태에서 운영 중인지 분석하고자 한다.

3단계에서는 비효율적인 기업들에 이상적 투입 및 산출량을 제시하여 비효율적인 기업들에 대한 개선 수준을 제시하고자 한다. <표 3>는 본 연구에 이용된 투입 및 산출요소이다.

### 3.2 분석모델

본 연구에서 효율성 분석은 CCR, BCC, SE 모델을 이용하였으며 규모의 효율성에서 투입 및 산출요소의 이상적 투입량을 산출하기 위한 방법으로 Banker (1984), Zhu(2000) 제시한 최대생산규모(MPSS)기법을 이용하여 이상적 투입/산출량을 제시하였다. 또한 규모수익에 의한 효율성의 변화에 따라 개별 DMU의 운영특성이 변화하는 LP모델의 특징을 활용한 RTS Region 방법을 이용하였다. 이를 통해 분석 대상 기업들이 어떠한 상황에서 운영되어진 효율성 점수인지를 파악할 수 있다. 규모의 효율성에서 최대생산규모(MPSS)를 산출하기 위한 수식은 다음과 같다.

투입지향모델

$$\begin{aligned}
 & \text{Min} \sum_{j=1}^3 \lambda_j \\
 & \text{s.t} \sum_{j=1}^3 \lambda_j \chi_{ij} \leq \theta^* \chi_{io} \quad i = 1, 2, 3 \\
 & \sum_{j=1}^3 \lambda_j y_{rj} \geq y_{ro} \quad r = 1, 2 \\
 & \lambda_j \geq 0 \quad j = 1, 2, 3
 \end{aligned} \tag{9}$$

max target

$$\begin{aligned}
 \text{MPSS}_{\text{max}} : \widetilde{\chi}_{io} &= \theta^* \chi_{io} / \sum \lambda_j^* \\
 : y_{ro} &= y_{ro} / \sum \lambda_j^*
 \end{aligned}$$

산출지향모델

$$\begin{aligned}
 & \text{Max} \sum_{j=1}^3 \widehat{\lambda}_j \\
 & \text{s.t} \sum_{j=1}^3 \widehat{\lambda}_j \chi_{ij} \leq \theta^* \chi_{io} \quad i = 1, 2, 3 \\
 & \sum_{j=1}^3 \widehat{\lambda}_j y_{rj} \geq y_{ro} \quad r = 1, 2 \\
 & \widehat{\lambda}_j \geq 0 \quad j = 1, 2, 3
 \end{aligned} \tag{7}$$

min target

$$\begin{aligned}
 \text{MPSS}_{\text{min}} : \widetilde{\chi}_{io} &= \theta^* \chi_{io} / \sum \widehat{\lambda}_j^* \\
 : y_{ro} &= y_{ro} / \sum \widehat{\lambda}_j^*
 \end{aligned}$$

## 4. 분석결과

### 4.1 효율성 분석결과

<표 4>은 CCR/BCC, SE, RTS Region 분석기법을 통해 효율성을 분석한 결과이다.

전체 분석결과는 개별적인 DMU에 대해 RTS Region 을 제시하였으며 LP모델의 반복적인 계산에 의해 가중치가 변하게 되는데 가중치의 변화량에 대한 민감도 분석을 실시하여 가중치의 범위를 제시하였다. 안정성 영역(Stability Region)의 경우 하한과 상한의 차가 클수록 총체적 기술효율성인 CCR 점수와 순수한 기술적 효율성인 BCC 점수의 차가 크게 나타난다. 효율적인 기업의 경우는 안정성 영역의 하한과 상한이 모두 '1'로 나타나지만 비효율적인 기업의 경우는 하한과 상한값을 통해 비효율적인 개별 DMU의 가중치를 계산할 수 있다. 예를 들면 F1기업의 경우  $\sum \lambda$ 는 하한인 '1'을 상한인 1.438로 나누어서 계산할 수 있다. 이러한 방법을 통해 계산하면 F1기업의 경우  $\sum \lambda = 0.695$ , F2는  $\sum \lambda = 0.781$ 로  $\sum \lambda < 1$  경우이므로 IRS의 환경에서 기업이 운영되고 있다는 것을 알 수 있다. 또한 규모의 효율성은 CCR점수와 BCC점수가 같을 때 효율적으로 나타나게 된다.

RTS Region 분석결과 영역1(Region 1)에서 33개의 비효율적인 DMU가 나타났으며 영역2(Region 2)에서 9개의 DMU가 나타났다. 그 외 영역6(Region 6)에서는 8개의 DMU가 나타났으며 영역3, 영역4, 영역5에 해당되는 DMU는 없는 것으로 나타났다.

RTS Region의 영역1(Region 1)은 규모수익체증(IRS)영역으로 산출에 비해 투입의 자원을 늘려야 하는 경우로 일정 부분의 투입을 늘릴 경우 투입보다 더 많

은 양의 산출이 나타나게 된다. 즉, 투입과 산출을 모두 늘리면 효율적인 기업으로 변하게 된다.

영역2는 CCR모델과 BCC모델이 서로 만나는 지점으로 두 모델의 효율성 같이 모두 '1'로 나타나게 된다.

즉, 투입과 산출이 일정한 비율로 항상 증가 혹은 감소하는 영역이다.

영역6은 투입모델일 경우 규모수익체증(IRS) 형태이지만 산출모델에서는 수익체감형태(DRS)인 경우로 투

<표 4> CCR/BCC, SE, RTS Region 분석결과

DMU	RTS 영역	투입지향모델						산출지향모델					
		BCC	CCR	SE	RTS	안정성 영역		BCC	CCR	SE	RTS	안정성 영역	
						하한	상한					하한	상한
F1	Region I	1.000	0.737	0.737	IRS	1.000	1.438	1.000	1.356	1.356	IRS	1.000	1.060
F2	Region I	1.000	0.823	0.823	IRS	1.000	1.280	1.000	1.216	1.216	IRS	1.000	1.053
F3	Region I	1.000	0.468	0.468	IRS	1.000	2.265	1.000	2.137	2.137	IRS	1.000	1.060
F4	Region I	0.998	0.705	0.706	IRS	1.000	1.495	1.037	1.419	1.368	IRS	1.000	1.054
F5	Region I	0.998	0.935	0.937	IRS	1.000	1.095	1.009	1.070	1.060	IRS	1.000	1.024
F6	Region I	0.994	0.419	0.421	IRS	1.000	2.497	1.796	2.386	1.328	IRS	1.000	1.046
F7	Region II	1.000	1.000	1.000	CRS	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	CRS	1.000	1.000
F8	Region I	0.992	0.598	0.603	IRS	1.000	1.726	1.442	1.673	1.160	IRS	1.000	1.032
F9	Region I	0.992	0.294	0.296	IRS	1.000	3.542	2.586	3.403	1.316	IRS	1.000	1.041
F10	Region II	1.000	1.000	1.000	CRS	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	CRS	1.000	1.000
F11	Region I	0.983	0.620	0.631	IRS	1.000	1.661	1.436	1.612	1.123	IRS	1.000	1.030
F12	Region I	0.993	0.601	0.605	IRS	1.000	1.725	1.247	1.665	1.335	IRS	1.000	1.036
F13	Region I	0.976	0.620	0.636	IRS	1.000	1.650	1.452	1.612	1.110	IRS	1.000	1.024
F14	Region I	0.995	0.741	0.744	IRS	1.000	1.381	1.130	1.350	1.195	IRS	1.000	1.023
F15	Region I	0.974	0.577	0.592	IRS	1.000	1.795	1.512	1.733	1.146	IRS	1.000	1.035
F16	Region I	1.000	0.905	0.905	IRS	1.000	1.316	1.000	1.105	1.105	IRS	1.000	1.191
F17	Region I	0.969	0.486	0.501	IRS	1.000	2.100	1.963	2.059	1.049	IRS	1.000	1.020
F18	Region I	0.969	0.519	0.536	IRS	1.000	1.952	1.881	1.927	1.024	IRS	1.000	1.013
F19	Region I	0.983	0.766	0.779	IRS	1.000	1.320	1.243	1.306	1.050	IRS	1.000	1.011
F20	Region I	1.000	0.213	0.213	IRS	1.000	5.356	1.000	4.693	4.693	IRS	1.000	1.141
F21	Region I	0.967	0.375	0.388	IRS	1.000	2.718	2.505	2.667	1.065	IRS	1.000	1.019
F22	Region I	0.976	0.835	0.855	IRS	1.000	1.209	1.172	1.198	1.023	IRS	1.000	1.009
F23	Region I	0.971	0.724	0.746	IRS	1.000	1.411	1.258	1.382	1.099	IRS	1.000	1.021
F24	Region I	0.977	0.604	0.618	IRS	1.000	1.697	1.458	1.656	1.136	IRS	1.000	1.025
F25	Region II	1.000	1.000	1.000	CRS	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	CRS	1.000	1.000
F26	Region I	0.977	0.762	0.780	IRS	1.000	1.498	1.236	1.312	1.061	IRS	1.000	1.142
F27	Region II	1.000	1.000	1.000	CRS	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	CRS	1.000	1.000
F28	Region I	0.962	0.616	0.640	IRS	1.000	1.626	1.612	1.623	1.007	IRS	1.000	1.002
F29	Region I	0.962	0.337	0.351	IRS	1.000	2.970	2.949	2.963	1.005	IRS	1.000	1.002
F30	Region I	0.958	0.376	0.393	IRS	1.000	2.660	2.656	2.658	1.001	IRS	1.000	1.001
F31	Region VI	0.962	0.605	0.629	IRS	1.000	1.634	1.634	1.652	1.011	DRS	0.989	1.000
F32	Region I	0.956	0.600	0.628	IRS	1.000	1.680	1.649	1.666	1.010	IRS	1.000	1.008
F33	Region I	0.967	0.629	0.651	IRS	1.000	1.597	1.578	1.589	1.007	IRS	1.000	1.005
F34	Region I	0.973	0.710	0.729	IRS	1.000	1.414	1.388	1.409	1.016	IRS	1.000	1.003
F35	Region VI	0.953	0.569	0.597	IRS	1.000	1.707	1.718	1.756	1.023	DRS	0.972	1.000
F36	Region I	0.951	0.260	0.274	IRS	1.000	3.847	3.827	3.840	1.003	IRS	1.000	1.002
F37	Region VI	0.951	0.392	0.412	IRS	1.000	2.537	2.543	2.552	1.003	DRS	0.994	1.000
F38	Region VI	0.948	0.609	0.642	IRS	1.000	1.634	1.638	1.642	1.002	DRS	0.995	1.000
F39	Region VI	0.952	0.575	0.604	IRS	1.000	1.717	1.731	1.740	1.005	DRS	0.987	1.000
F40	Region I	0.999	0.938	0.940	IRS	1.000	1.102	1.008	1.066	1.058	IRS	1.000	1.035
F41	Region I	1.000	0.402	0.402	IRS	1.000	3.275	1.000	2.489	2.489	IRS	1.000	1.316
F42	Region I	1.000	0.898	0.898	IRS	1.000	1.394	1.000	1.114	1.114	IRS	1.000	1.251
F43	Region VI	0.948	0.867	0.915	IRS	1.000	1.120	1.125	1.153	1.025	DRS	0.971	1.000
F44	Region II	1.000	1.000	1.000	CRS	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	CRS	1.000	1.000
F45	Region II	1.000	1.000	1.000	CRS	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	CRS	1.000	1.000
F46	Region II	1.000	1.000	1.000	CRS	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	CRS	1.000	1.000
F47	Region II	1.000	1.000	1.000	CRS	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	CRS	1.000	1.000
F48	Region II	1.000	1.000	1.000	CRS	1.000	1.214	1.000	1.000	1.000	CRS	1.000	1.214
F49	Region VI	0.933	0.699	0.750	IRS	1.000	1.407	1.409	1.430	1.015	DRS	0.984	1.000
F50	Region VI	0.936	0.790	0.844	IRS	1.000	1.244	1.246	1.266	1.016	DRS	0.983	1.000



입모델에서는 자원의 투입량을 증가시켜야 하고 산출 모델에서는 산출자원을 감소시켜야 하는 경우이다. 하지만 본 연구의 영역6 기업들은 과잉투입하고 있는 상태로 투입자원을 감소시키는 것이 산출을 늘리는 결과를 만들 수 있다. <표 5>는 50개 기업에 대한 효율성 점수구간이다.

<표 5> 효율성 점수구간

효율성 점수	CCR(비율)	BCC(비율)	SE(비율)
0.2점대	3(6.0%)	/	3(6.0%)
0.3점대	4(8.0%)	/	3(6.0%)
0.4점대	4(8.0%)	/	4(8.0%)
0.5점대	5(10.0%)	/	4(8.0%)
0.6점대	10(20.0%)	/	11(22.0%)
0.7점대	8(16.0%)	/	8(16.0%)
0.8점대	4(8.0%)	/	4(8.0%)
0.9점대	3(6.0%)	34(68%)	4(8.0%)
1.0	9(18.0%)	16(32%)	9(18.0%)

본 연구에서는 관리와 통제가 가능한 측면을 고려하여 투입모델에 대한 비효율의 원인을 분석한 결과 비효율적인 기업의 경우 주로 규모에 의한 원인이 주된 비효율의 원인으로 나타났다. 즉,  $PTE > SE$  혹은  $PTE < SE$ 을 통해 비효율의 원인을 파악할 수 있는데 비효율적인 41개 기업의 경우 모두  $PTE > SE$ 으로 나타났다는 의미는 이상적 투입/산출량인 Target에 비해 부족하거나(영역1) 혹은 과잉투입(영역6) 되었다는 것을 의미한다. 즉, 현재 운영 중인 건설업체의 경우 산업이 전반적으로 영세적으로 운영되고 있기 때문에 비효율이 발생한다고 할 수 있으며 투입요소를 증가시키는 것이 매출액과 영업이익을 증가시킬 수 있는 방법으로 비효율적인 기업들이 규모의 증가를 통해 효율적인 운영상태로 변화할 수 있다. 따라서 규모효율성을 증가시키기 위해서는 총체적인 효율성(CCR)을 증가시키는 것이 중요한 고려요인이라 할 수 있다.

#### 4.2 투입 및 산출량 분석

비효율의 원인제시와 더불어 이상적 투입량에 대한 분석은 비효율적인 기업에 있어 향후 기업 운영에 대해 중요한 관리적 시사점을 제시할 수 있다. 특히, 규모의

효율성 분석시 효율성 수준만 제시하던 기존 방법과는 달리 본 연구에서는 Banker(1984), Zhu(2000)의 연구에서 제시되었던 최대생산규모(MPSS) 기법을 이용하여 이상적 투입/산출량을 계산하였다.

분석결과 최대생산규모(MPSS)에 의한 투입/산출자원의 최소/최대값의 차이가 10-8 이하에서 차이가 발생하고 있어 본 연구에서는 최대/최소간의 차이가 없는 것으로 평가하였다.

전체 분석결과는 <표 6>와 같다.

거의 대부분의 DMU들은 이상적 투입량보다 과부족 투입인 것으로 나타났다. 개선수준은 실제 투입량과 이상적 투입량의 차이를 실제투입량의 비율로 변환한 것으로 F1기업의 경우 실제 투입량보다 6% 정도 과부족 투입으로 나타났다. F3기업의 경우 총자산규모, 시공능력에서는 6% 과부족투입으로 나타났으며 기술자수에서는 29.3%가 과잉 투입된 것으로 나타났다. 전반적으로 전체 비효율적인 기업의 경우 기술자수에서는 실제 규모보다 많은 과잉투입이 일어나고 있는 것으로 나타났다. 즉, 비효율적인 기업들이 규모에 비해 많은 기술자수를 보유하고 있는 것으로서 이러한 투입요소의 과잉투입은 기업자원의 합리적 배분효과를 약화시켜 기업의 효율성을 저해하는 요소라 할 수 있다.

F31, F35, F37, F38, F39, F43, F49, F50 등 8개 기업의 경우는 투입요소가 모두 과잉투입으로 나타났으며 산출요소에서는 모두 과부족 산출인 것으로 나타났다.

<표 7>은 전체 비효율적인 집단을 영역으로 분류하여 투입/산출모델의 규모효율성과 투입/산출요소의 과부족과 과잉량을 비교하였다.

영역1에서의 투입지향모델의 평균 규모효율성이 0.62. 영역6에서는 0.67로 근소한 차이지만 영역6이 좀 더 효율적인 것으로 나타났으며 산출지향에서도 영역6의 평균 효율성이 좀 더 좋은 것으로 나타났다. 이러한 결과를 기반으로 영역별 규모효율성의 집단간 차이가 있는지를 분석하기 위해 Mann-Whitney 검정을 이용하였다.

Mann-Whitney 검정은 두 개의 표본이 동일한 모집단에서 추출되었는지의 여부를 판단하는 방법으로 모수통계의 t검정에 해당하는 방법으로 분산의 동질성이나 정규분포에 대한 제약조건을 요구하지 않는 장점이 있다.

두 영역별 효율성 점수에 대한 순위평균을 비교하기 위한 귀무가설과 연구가설은 다음과 같이 설정할 수 있다.

$H_0$  : 두 영역의 규모효율성은 서로 같다.  
 $H_1$  : 두 영역의 규모효율성은 서로 같지 않다.

분석결과 투입지향 규모효율성에서는 두 영역별 기업의 효율성 점수에 차이가 없는 것으로 나타났으며 산출지향 규모효율성에서는 집단간 차이가 발생한 것으로 나타났다. 이러한 차이는 영역1과 영역6의 투입/산출지향 모델의 효율성 차이를 통해서도 판단 할 수 있다.

투입지향 모델의 경우 영역별 평균효율성의 차이가 작기 때문에 발생한 것으로 볼 수 있다. 특히, 투입모델 규모효율성은 영역1, 6 모두 IRS(수익체증)인 상태에서 산출된 값으로 동일한 운영상태에서 평가된 값이다. 반대로 산출지향 규모효율성은 영역1의 경우 IRS(수익체증)인 상태이고 영역6은 DRS(수익체감)상태로 운영상의 차이가 존재하고 있다. 즉 영역별 투입자원은 이상적 투입량에 매우 근접한 것으로 큰 차이가 나타나지 않았지만 산출지향 규모효율성의 경우 운영상태의 차이가 산출자원의 차이로 나타났다.

영역1에서는 약 100% 과부족이 발생하였으며 영역6에서는 약 62% 과부족인 것으로 나타나 과부족 산출간 차이가 크게 발생하고 있으며 그 차이가 규모효율성에 반영되어 효율성의 차이가 크게 나타나고 있다. 이러한 차이로 인해 집단간 차이가 산출지향모델에서 발생한 것으로 보인다.

<표 8>영역별 차이분석결과1

	표본수	평균순위	순위합
규모효율성 (투입지향)	33	20.42	674.00
	8	23.38	187.00
규모효율성 (투입지향)	33	23.79	785.00
	8	9.50	76.00

<표 9> 영역별 차이분석결과2

	규모효율성 (투입지향)	규모효율성 (산출지향)
Mann-Whitney U	113	40
Wilcoxon W	674	76
Z	-0.625	-3.027
근사유의확률	0.532	.002*

### 5. 결론

본 연구에서는 국내 50개 건설기업의 운영효율성을 분석하였다. 효율성분석은 DEA 기본적인 모델인 CCR, BCC, SE모델을 이용하였다 하지만 기존의 효율성의 수준만 제시하던 규모의 효율성에 대한 단점을 보완하기 위한 RTS Region 기법을 이용하여 비효율적인 기업이 어떠한 상태에서 운영되고 있는지를 분석하였으며 Banker(1984), Zhu(2000)가 제시한 최대생산규모(MPSS) 방법을 이용하여 규모효율성의 이상적 투입량을 제시하였다.

본 연구의 분석결과를 토대로 주요한 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 국내 50개 건설업체의 효율성 평가 결과 효율적인 기업은 CCR, SE 모델의 경우 9개(18%) 기업으로 나타났으며 BCC모델에서는 16개(32%)기업이 효율적으로 나타났다.

둘째, 건설업체들이 어떠한 상황에서 운영하는지를 분석하기 위해 RTS Region 기법을 통해 분석한 결과 CCR과 BCC 모델에서 모두 '1'로 나타난 9개의 효율적인 기업들은 영역2에 나타났으며 비효율적인 기업은 영역1과 영역6으로 나뉘어졌다. 즉, 영역1은 투입 및 산출자원 모두 규모수익체증(IRS)인 상태에서 운영되고 있어 투입과 산출을 모두 늘리는 것이 효율적인 것으로 나타났으며 영역6은 투입은 과잉 투입되고 있지만 산출

<표 7> 영역별 투입산출자원 비교(집단별 평균)

영역	DMU수	투입지향 규모효율성	자산 (%)	시공능력 (%)	기술자 수	산출지향 규모효율성	매출액	영업이익
Region I	33	0.62	5.26	1.98	-0.85	1.30	100.44	99.07
Region VI	8	0.67	-1.86	-1.56	-8.88	1.01	62.51	62.51

측면에서는 과부족인 상태에서 운영되고 있다.

셋째, DEA연구에서 비효율의 원인을 분석하는 것은 기업에 있어 중요한 관리적 시사점을 제공할 수 있다. 비효율적인 41개 기업의 비효율 원인을 분석한 결과 모두 기업들에 있어 규모수익에 관한 비효율성이 원인으로 나타났다. 즉, 영역1의 비효율적인 기업들은 투입 및 산출 모두 과부족 상태로 투입을 늘리는 것이 기업의 전반적인 효율을 증가시키는 방법이라 할 수 있다. 영역6에서는 투입자원은 과잉 투입되어 줄여야 하고 산출자원은 과부족 상태로 늘려야 한다. 즉, 투입자원을 감소시키는 것이 기업의 효율성을 증가시키는 방법이라 할 수 있다.

이상에서 설명한 결과를 토대로 본 연구의 의의를 정리하면 다음과 같다.

첫째, 본 연구는 국내 건설업체의 기업차원의 운영 효율성을 평가한 연구로 기존의 사업단위 차원의 효율성 및 성과를 분석한 연구와는 달리 기업의 운영특성을 분석하였다는 측면에서 중요한 의미를 가진다고 할 수 있다. 특히, 산업의 특성을 분석하여 비효율의 발생원인이 규모의 비효율성으로 발생한다는 것은 도출한 것은 산업차원의 중요한 관리적 시사점으로 실무적 가치가 있다고 할 수 있다.

둘째, 다수의 기존연구에서 상대적인 효율성 수준만 제시되었던 기존 연구와는 달리 최대생산규모(MPSS) 분석방법을 이용하여 비효율적 기업에 대한 이상적 투입/산출량을 제시하고 RTS Region을 제시하여 영역별 운영특성을 제시한 점은 본 연구의 학문적 기여점이라 할 수 있다.

끝으로 건설분야의 기업평가에 있어 좀 더 다양한 변수와 정성적인 변수를 고려하지 못한 점은 본 연구의 한계점이라 할 수 있다.

### 참고문헌

[1] 김기현(2004), "건설기업에 적합한 성과측정시스템 제안 평가", 「아주대학교 석사학위논문」, pp.1-62.  
 [2] 김대현, 이계성(2004), "균형성과표를 이용한 건설사업 성과측정 구축방향에 관한 연구", 「한국건설관리학회 추계학술대회 논문집」, pp.494-499.  
 [3] 김우섭, 서용철, 구교진, 현창택(2003), "건축공사 사후 평가를 위한 평가항목 선정에 관한 연구", 「대한건축학회」, 19권, 2호, pp.171-178.  
 [4] 박찬식, 김현준, 전용석(2002), "건설 엔지니어링 기업

의 경영성과 측정 모형", 「한국건설관리학회」, 5권, 2호, pp.202-210.  
 [5] 신용일, 김한수(2004), "건설사업 성과측정기법 비교 분석 및 성과측정 Best Practice에 관한 연구", 「대한건축학회」, 20권, 3호, pp.109-116.  
 [6] 유일한, 김경래, 정영수, 진상윤, 김예상(2004), "비교 가능한 건설 산업의 성과측정 framework", 「한국건설관리학회」, 5권, 5호, pp.172-182.  
 [7] 이형록, 문성곤, 김상기, 김경환, 김재준(2010), "DEA 기법을 이용한 시공능력평가 순위와 건설업체 운영 효율성의 상관관계 분석", 「대한건축학회 논문집 구조계」, 26권, 5호, pp.125-132.  
 [8] 정순오(2005), "건설 프로젝트 Life Cycle Process의 효율성 평가", 「성규관대학교 박사학위논문」, pp.1-249.  
 [9] 정순오, 윤수원, 진상윤, 김예상, 박지훈(2004), "건설 생산의 Life Cycle을 고려한 효율성 측정방안", 「한국건설관리학회 학술대회발표논문」, pp.608-611.  
 [10] 정원조(2004), "건설기업의 규모에 따른 성과지표 가중치 비교분석", 「아주대학교 석사학위논문」, pp.1-61.  
 [11] 정인환, 손창백, 김동성, 손정락, 신현식(1995), "아파트 공사의 공법별 노동 생산성 분석", 「대한건축학회 논문집 구조계」, 11권, 6호, pp.153-159  
 [12] 한국건설산업연구원(2010), "건설산업의 당면 현안과 정책대응 방안", 「한국건설산업연구원」, pp.1-210.  
 [13] Banker, D. R., Charnes, A. and Cooper, W. W.(1984), "Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis", *Management Science*, Vol.30, No.9. pp.1078-1092.  
 [14] Charnes, A., W. W. Cooper and E. Rhodes(1978), "Measuring the Efficiency of Decision Making Units," *European Journal of Operational Research*, No.2, pp.429-444.  
 [15] Färe, R., S., Grosskopf and C.A.K. Lovell(1994), *Production Frontiers*, Cambridge University Press.  
 [16] Farrell, M.J.,(1957), "The Measurement of Productive Efficiency", *Journal of Royal of Statistical Society*, Vol.120, No.3, pp.253-290.  
 [17] Kagioglou, M., Cooper, R. and Aouad, G.(2001), "Performance Management in Construction: A Conceptual Framework", *Construction Management and Economics*, Vol.19, No.1, pp.85-94.  
 [18] Russell, J. S., Jaselskis, E. J. and Lawrence, S. P.(1997), "Continuous Assessment of Project Performance", *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol.123, No.1, pp.64-71.  
 [19] Seiford, L. M and J. Zhu(1999), "An Investigation of Returns to Scale in Data Envelopment Analysis",

*Omega-International Journal of Management Science*, Vol.27, No.1, pp.1-11.

- [20] Ward, S. C., Cutis, B. and Chapman, C. B.(1991), "Objectives and performance in Construction projects", *Construction Management and Economics*, Vol.9, No.4, pp.343-353.

- [21] Zhu, J.(2000), "Setting scale efficient targets in

DEA via returns to scale estimation method", *Journal of Operational Research Society*, Vol.51, No.3, pp.376-378

- [22] Zhu, J.(2003), *Quantitative Models for Performance Evaluation and Benchmarking*, Kluwer Academic Publishers.