

# 건설현장 안전관리 인력투입에 대한 효율성 분석

양용구\* · 김병석\*

\*한국교통대학교 대학원 안전공학과

## Efficiency Analysis of the Labor Input for Safety Management in Construction Sites

Yong Koo Yang\* · Byung Suk Kim\*

\*Safety Engineering, Graduate School of Korea National University of Transportation

### Abstract

This study analyzed the safety management efficiency through input-oriented BCC Model using DEA by making of Models, in which this study selected the number of staff affiliated with the construction site, number of staff members on the construction team, and number of safety personnel as Input Factor, along with the number of disaster victims and zero-accident accomplished hours as output elements, targeting 40-or-so apartment building construction sites which are being built by 3 domestic construction companies.

As a result of efficiency, it was 0.643, the number of efficient DMU was 4. In the aspect of returns to scale, 21 construction sites(52.5%) found to be in a state of increasing returns while 14 construction sites(35%) was in a state of Decreasing returns. The reason for inefficiency was found to lie in technical factors in case of 30 construction sites(75%). Lastly, inefficient DMU is in need of 38.9 % and 66% reduction in site personnel and safety personnel.

Based on study results, the 29 construction sites accounting for 72.5% of DMU for safety management efficiency evaluation object turned out to do inefficient safety management that doesn't fit the size of each company.

**Keywords:** DEA, BCC, Input Factor, Output Element, Safety Management Efficiency

## 1. 서론

### 1.1. 연구의 배경 및 목적

산업재해 또는 근로자의 업무상 질병이 회사의 경영 이익 또는 경비에 미치는 영향을 파악할 필요가 있으며, 기업이 근로자를 위한 안전보전에 대한 투자는 올

바른 선택 [1] 이라고 말들을 하면서도, 공기단축과 공사비 절감을 위해 안전작업 수칙이나 절차 등을 무시하는 사례도 빈번하게 발생하고 있으며, 또한 아쉽게도 안전경영을 중요시하던 최고경영자에서 비용절감을 통한 경영이익을 최우선시 하는 최고경영자로 교체되면 안전관련 인원이거나 부서, 예산 등을 축소하는 일들이 비일비재한 것이 현실이다. [2]

†Corresponding Author : Yong-Koo Yang, Dept. of Safety Engineering, Korea National University of Transportation, 50 Dahak-ro Chungju-si Chungbuk 380-702

E-mail : wowhase@naver.com

Received October 19, 2015; Revision Received December 07, 2015; Accepted December 11, 2015.

안전관리에 대한 투자는 품질과 생산성을 높임과 동시에 기업의 브랜드 가치를 향상시키는 필요 경비임에도 불구하고 안전경영은 경영이익으로 연결되지 않는 손실비용이라고 인식하는 최고경영자가 많기 때문에 사망자 수는 매년 2,000여명에 달하고 있으며, 특히 건설업에서 2,092명의 사망자가 발생하여 건설업체에서의 안전경영의 필요성과 중요성을 보여주고 있다. 지금까지 건설업체를 대상으로 한 경영 효율성 관련 연구들은 다소 있었지만, 건설현장에서 안전경영을 위한 투자와 활동이 기업의 안전경영의 성과에 효율적 또는 비효율적이었는지를 알아보기 위한 논의는 전무한 상황이다. 이에 본 연구에서는 DEA를 활용하여 국내 건설업체의 안전경영 효율성을 분석하였다.

## 1.2. 연구의 범위 및 방법

본 연구는 DEA모형을 활용하여 국내 건설업체의 현장별 안전경영 효율성을 분석하고 그 수준을 파악하는데 목적이 있다. 그에 따라, 본 연구에서의 의사결정 단위(Decision Making Unit : DMU)는 건설산업기본법 제23조에 따른 시공능력평가액 상위 200위(2014년 기준) 이내의 종합건설업체 중에서 2015년도 유해·위험방지계획서 자체심사 및 확인업체로 2년 연속 지정된 1개 건설업체와 재해다발 불량업체로 선정된 1개 건설업체 그리고 위 2가지 경우에 해당하지 않는 1개 건설업체가 시공하는 공사 공정률이 10% 이상인 아파트신축공사 40개소를 표본으로 선정하였다.

본 연구에서는 건설산업이 수주산업이라는 특성과 기업에서 사업계획 결정 시 일정한 규모의 산출을 내기 위하여 투입요소가 무엇이고 얼마를 투입하여야 하는지가 의사결정의 중요한 변수로 작용하므로 다양하게 개발된 DEA 모형 중에서 산출물에 따라 투입요소를 조절하는 방식인 투입지향형 모형을 사용하였다.

투입 및 산출요소 선정에는 선행연구를 토대로 안전경영의 성과를 계량적으로 표현 가능한 재해자수와 무재해달성시간을 산출요소로 사용하였으며, 투입변수는 현장 총인원, 공사팀 소속 직원의 수, 안전관계자의 수를 이용하여 안전경영 효율성을 평가하기 위한 연구모형을 구축하였다.

본 연구에 활용된 소프트웨어는 EXCELL 패키지, Frontier Analysis 3.1.5 및 EnPAS 1.0 프로그램을 사용하였다.

## 2. 이론적 고찰

### 2.1. 기존 연구 고찰

DEA를 활용한 건설업체의 경영 효율성에 대한 기존 연구들을 살펴보면, 이형록 [3]은 시공능력평가순위 상위 100위 이내 중에서 88개 건설업체를 대상으로 투입요소에는 총자본, 판매 및 관리비, 종업원 수를 매출액과 당기 순이익을 산출요소로 하여 DEA 모형으로 효율성을 분석하고 시공능력평가순위와 효율성과의 상관관계분석을 하였다. 효율성 분석결과 26%(23개소)가 효율적으로 평가되었다. 건설경기에 따른 신속한 대응이 어려운 대형 건설업체가 규모 효율성이 낮았으며, 시공능력평가순위와 효율성과의 상관관계는 강하지 않음을 보여주었다.

김민섭 [4]은 DEA를 이용한 건설업체의 경영 효율성 평가 연구에서 2009년부터 2010년 동안 57개 건설업체를 대상으로 투입변수에는 자산총계, 인건비, 비유동자산으로 하고 산출변수는 총매출액, 영업현금흐름, 단기순이익을 선정하여 DEA의 투입지향 BCC 모형으로 효율성을 분석하였다. 효율성 분석 결과, 14개의 DMU가 효율적인 기업으로 나타났으며, 대기업보다는 중소기업이 유가증권시장보다는 코스닥시장이 법정관리대상보다는 정상인 기업이 효율성이 상대적으로 높게 분석되었다. 효율성 평가 요소인 기술 효율성, 순수 기술 효율성, 규모 효율성 간의 상관관계는 매우 높게 나타났으며, 유가증권시장에서는 차입금 의존도가 높을수록 효율성이 떨어졌으며 소유구조와 효율성과는 관련성이 없음을 밝혔다.

조성인 [5]은 건설산업의 효율성에 관한 실증적 연구에서 2002년부터 2007년 까지의 도급순위 20위 이내의 건설업체를 대상으로 투입변수로 직원급여, 광고선전비, 접대비를 산출변수에는 매출액과 당기 순이익을 사용하여 DEA의 BCC, CCR 모형으로 정태적 효율성을 분석하고 맘퀴스트 분석으로 연도별 DMU의 생산성 변화를 측정하였다. 효율성 분석 결과, 3개 건설업체만이 BCC, CCR, SE 모형에서 효율적이었으며, 요소생산성을 보여주는 맘퀴스트 지수는 분석기간 동안 과반수의 건설업체가 생산성이 저하된 것으로 분석하였다. 패널분석결과 직원급여와 접대비는 기술 효율성을 하락시키고 매출액과 당기 순이익은 기술 효율성을 상승시키는 반면, 광고선전비는 기술 효율성과 유의하지 않는 것으로 결론지었다.

김육진 [6]은 민자고속도로 9개 노선과 한국도로공사의 제정고속도로 15개 노선의 건설, 유지관리 및 수익 효율성 분석을 위해 투입요소에는 총 건설비용, 인

건비, 도로길이를 사용하였으며 교량길이, 터널길이, 도로길이, 교통량, 통행료 수입을 산출요소로 선정하여 DEA의 CCR/BCC 모형으로 효율성을 측정하였다. 제정고속도로의 건설효율성은 최저가 경쟁입찰방식으로 인하여 민자고속도로보다 적은 비용으로 건설이 가능하여 효율적이라 주장하였다. 그러나 유지관리와 수익 효율성 측면에서는 통행료의 인상이 용이한 민간고속도로가 제정고속도로보다 더 효율적이라는 결론을 내었다.

## 2.2. 선행연구와 본 연구와의 차별성

DEA를 활용한 국내 건설업체의 효율성 분석관련 연구는 DMU 별 경영분야의 효율성 분석이나 그 분석결과에 대한 신뢰성 향상 방안 등이 대부분이다. 이에 기업의 경영활동과 안전경영 효율성과의 관계를 분석한 논문은 전무한 실정임을 알고 이러한 기존 연구의 한계점을 극복하기 위하여 본 연구에서는 안전경영의 객관적인 산출물이라 할 수 있는 재해자수와 무재해 달성시간을 산출요소로 하여 DEA 모형으로 건설현장의 안전경영 효율성을 분석하고, 그에 따른 효율성 증진방안을 밝힌 점이 선행연구와 본 연구와의 차별성이다.

## 2.3. 효율성의 정의

경영학에서 효과성은 조직의 계획된 목표가 달성되는 정도를 말하고 효율성은 산출과 투입의 비율로 정의되는데 특정 조직이나 기업이 한정된 자원을 사용하여 최대의 산출물을 만들어 내는 생산기술을 의미하는 것이다. [7]

효율성에 대한 정의는 다양하지만 투입량에 대한 산출량의 비율로 표시되는 기술적 의미를 지니고 있으며, [8] 또한, 효율성은 주어진 자원으로 다른 제품의 생산량을 줄이지 않고는 한 제품의 생산량을 늘릴 수 없을 때를 의미하며 그때의 그 생산 단위 DMU는 효율적이라는 개념이다. [9] 즉, 효율성이 상대적으로 높다는 것은 동일한 노력이나 자원을 투입하고도 더 높은 성과를 달성했거나, 동일한 성과를 달성하는데 소요된 노력이나 자원을 덜 사용했다는 것을 의미하는 것이다.

본 논문에서는 효율성을 “투입요소에 대한 산출요소의 비율”로 정의하였으며, 건설업체의 안전경영 효율성이란 인적·물적 자원을 최소로 투입하여 공사목적물을 적정 공사비와 공사기한 및 품질로 완성하는 과정에서 단 1건의 안전사고도 발생하지 않는 무재해를 달성하여 최대 경영이익을 창출해 내는 것이며, 이를 위해 건설업체는 안전경영 효율성의 성과이며 목표인 무재해 달성을 위하여 안전사고에 대한 국민의 의식변화와 기업의 사회

적 책임을 강조하는 사회 흐름에 맞추어 다른 건설업체와 차별화된 안전경영 효율성 향상을 위한 각종 경영활동과 연구개발, 안전 전문인력 확충과 안전관리 기법 등의 개발을 통하여 효율적으로 조직을 운영하여야 한다.

## 2.4. DEA 개념과 유용성

### 2.4.1. DEA 개념

효율성을 측정하는 방법 중에 하나인 비모수적 접근 방법인 DEA방법은 Farrell [10]의 비모수적 효율성 측정 개념과 Shephard [11]의 거리함수개념을 바탕으로 구성되어있다.

DEA는 동종업종 DMU들의 효율성을 선형계획 모형에 이용하여 각 DMU의 효율성을 다른 DMU들과 비교하여 상대적인 효율의 정도를 평가하는 방법이다. 다시 말해서 선형계획법에 근거한 효율성 측정 개념으로 일반적인 생산가능집합에 적용되는 투입물과 산출물 간의 자료를 이용해서 가장 효율적인 프론티어를 찾아낸 후, 다른 평가 대상들이 효율적인 프론티어를 기준으로 얼마나 떨어져 있는지의 여부, 즉 상대적인 방식으로 비효율성을 측정하는 방법이다. 이와 같이 비모수적인 부분적 선형볼록등량선으로 효율적인 프론티어를 추정하도록 Farrell에 의해 처음으로 제안된 이후, Charnes et al. [12]는 투입측면(Input Oriented)에서 효율성을 측정하기 위해 규모의 수익불변(Constant Returns to Scale: CRS)을 가정하여 타당한 모형을 개발하였다.

DEA는 최소한으로 변형시킨 관측된 자료를 사용하여 효율적 프론티어인 생산가능곡선을 찾아내는 방법으로 상대적 효율성을 측정한다. 또한 의사결정단위(DMU : Decision Making Unit)의 실 투입량과 실 산출량을 바탕으로 하여 효율적인 DMU와 비효율적인 DMU를 구별하고 비효율적인 DMU에 대하여 비효율성에 영향을 미친 투입요소와 산출요소에 대한 비효율의 정도와 개선을 위한 정보를 제공한다. [13]

DEA의 분석은 평가대상 DMU별 투입·산출 자료를 활용하여 가상의 효율적 DMU를 만든 후에 이 가상의 효율적 DMU에 대한 효율적 프론티어를 구하고, 가상의 효율적 프론티어를 기준하여 효율성을 측정하고자 하는 DMU의 실제 효율성을 측정한다. 그 후에 산출물 관점(Output-Oriented) 또는 투입물 관점(Input-Oriented)의 DEA 모형으로 0과 1사이의 값으로 효율성의 정도를 표시한다. 만약 해당 DMU의 이 값이 1보다 작은 경우에는 비효율적 DMU라 하고 이 값이 1이면 효율적 DMU라고 한다.

2.4.2. DEA의 유용성

DEA 모형은 선형계획법에 의한 업종, 조직의 형태 등을 구분하지 않고 여러 분야에 적용가능한 효율성 측정 모형으로 다수의 투입요소와 산출요소를 고려하여 DMU별 상대적 효율성 또는 비효율성의 정도를 평가하는 효율성 분석 모형이다. [14] 또한 DEA 모형을 이용하면 매우 다양한 정보를 얻을 수 있다. 이에 DEA 모형의 유용성을 정리하면 다음과 같다. [15]

첫째, 건설업체의 안전경영 활동에는 여러 종류의 투입요소와 산출요소가 존재하여 이들을 단일 지표로 통합화하기 어려운 경우에 유용하게 사용될 수 있는 방법이다. 특히 투입 및 산출 요소들의 측정 단위가 상이하거나, 화폐단위로 표시가 불가능하거나, 매매의 대상이 될 수 없는 자원의 경우에도 적용이 가능하다.

둘째, DEA 모형에서는 평가 대상 DMU와 투입 및 산출 요소가 상이하지만, 상대적으로 효율적인 평가 대상들을 먼저 선정하고, 이들을 참조집합으로 하여 비효율적인 평가 대상에 대하여 상대평가를 한다. 따라서 비효율적으로 평가된 DMU는 효율적 운영을 위하여 비효율성의 정도와 그에 대한 원인을 파악하여 조직이나 기업에서 달성 가능한 목표치의 설정이 가능하다. 즉, 기업경영구조가 유사하다고 판단된 참조집합과의 비교를 통하여 효율적으로 되기 위한 과다 투입된 자원의 종류와 그 양 및 과소 산출된 요소의 종류와 그 양을 파악하고 분석하여 비효율적인 DMU가 효율적인 DMU로 발전하기 위해 필요한 벤치마킹 정보를 제공해 준다.

셋째, 투입요소로 통제 가능 요소와 통제 불가능 요소의 사용이 가능하다. 즉, 통제 가능 요소는 인건비, 종업원 수 등이며, 경영자가 그 양을 조절할 수 없고 그 값을 조절하여 산출량에 변화를 줄 수 없는 요소인 통제 불가능요소에는 지역의 면적, 인구밀도, 경쟁 상대의 수 등이 이에 해당된다.

3. DEA 모형을 이용한 안전경영 효율성 분석

3.1. 표본현황 분석

DEA 모형에서 투입 및 산출변수의 값은 반드시 양(+)의 값이어야 한다. 그러나 자료수집 결과 거의 모든 산출변수의 값이 양(+)의 값이지만, 일부 DMU에서 산출변수 중 안전사고가 발생하지 않음에 따라 재해자수의 값이 0의 값으로 나타나고 있다. 이는 DEA 모형에서 투입요소와 산출요소의 가중치는 0보다 커야한다는 제약조건에 위배되는 상황이 발생하게 되었다. 그러나, 투입지향 BCC 모형에서는 산출변수의 값에 일정한 값을 더하거나 빼더라도 그 결과는 동일하므로, [16] 재해자수의 최소값이 1이 되도록 모든 DMU별 재해자수에 1을 더하였다. 그리고 사망자수는 환산재해자수로 환산하여 재해자수와 합산하였다. 변환된 DMU의 투입변수와 산출변수별 기술통계량은 <Table 1> 과 같다.

<Table 1> DMU Technical Statistics

Category	Statistics	Total	Company "J"	Company "S"	Company "H"
On-site employees	Average	18.4	25.2	14.7	16.6
	Maximum value	56.0	56.0	22.0	29.0
	Minimum value	7.0	12.0	7.0	9.0
	Standard deviation	8.6	12.2	3.6	5.8
Construction workers	Average	10.6	14.0	9.5	9.2
	Maximum value	31.0	31.0	16.0	21.0
	Minimum value	2.0	4.0	4.0	2.0
	Standard deviation	5.6	7.8	2.8	4.6
Safety staff	Average	4.2	8.1	2.5	2.2
	Maximum value	19.0	19.0	5.0	5.0
	Minimum value	1.0	3.0	1.0	1.0
	Standard deviation	3.6	4.7	1.3	1.1
No. of victims of disasters	Average	1.0	0.7	1.4	0.8
	Maximum value	6.0	3.0	3	6
	Minimum value	1.0	1.0	1.0	1.0
	Standard deviation	1.2	1.0	1.0	1.5
Disaster-free hours	Average	513.8	600.1	371.3	558.4
	Maximum value	1,305	860	900	1,305
	Minimum value	40.0	364.0	121.0	40.0
	Standard deviation	284.2	176.2	216.3	350.5

〈Table 2〉 Comparison of input & output factors between earlier studies

Researcher	Input factor	Output factor
Current study	No. of employees on site (on-site employees) No. of construction team workers (construction workers) No. of safety related staff (safety staff)	No. of victims of disasters No. of achieved disaster-free hours
Lee Hyeong-rok (2011)	Total capital Distribution cost and administrative cost No. of employees	Sales Current net profit
Kim Min-seob (2011)	Total assets Labor cost Noncurrent assets	Total sales Operating cash flow Short-term net profit
Jo Seong-in (2009)	Employee wages Expense for public relations	Sales Current net profit
Kim Yuk-jin (2013)	Total construction cost Labor cost Road length	Bridge length Tunnel length Road length Traffic Toll revenue

### 3.2. 투입 · 산출요소의 선정

본 연구에서는 국내 건설업체의 안전경영 효율성 분석을 위해 투입요소와 산출요소를 〈Table 2〉와 같이 선정하여 투입지향형 BCC 모형을 사용분석하였다.

### 3.3. 안전경영 효율성 측정평가분석

효율성을 분석한 결과 〈Table 3〉에서 보듯이 40개의 DMU 중에서 순수 기술 효율성(PTE)과 기술 효율성(TE)이 1이며 규모 효율성(SE)도 1인 효율적 DMU는 4개소(DMU J4, S3, H4, H8)이다.

DMU의 재무구조, 인력구성, 표본의 수, 투입과 산출 요소에 따라 효율성 값이 좌우된다. 이때 효율적 DMU가 너무 많이 나오면 분석결과의 신뢰성에 문제가 발생하게 되므로, DEA 분석결과가 유의미하기 위해서는 효율적 DMU의 수는 전체 DMU 수의 25% 이내이어야 한다고 주장하고 있다. [17] 본 연구에서의 효율적 DMU의 수의 비율은 10%(4개소)임에 따라 DEA 안

전경영 효율성 분석의 판별력은 높다고 할 수 있다.

기술 효율성은 0.643이며, 순수 기술 효율성은 0.701이고, 규모 효율성은 0.915로 분석되었다. 여기서, H건설은 규모 효율성이 0.893, J건설은 기술 효율성이 0.515로 가장 낮은 것으로 나타났다.

일정비율로 투입요소를 투입하면서 규모를 증가시키는 경우에 산출량이 어떻게 변화하는가를 알아보는 규모수익측면에서 안전경영 효율성을 분석하면 H건설의 47.1%인 8개소(DMU H1, H2, H3, H5, H11, H12, H15, H16)는 생산규모가 증가할수록 안전 또는 작업 관련 지시, 의사소통 및 의사결정단계의 복잡 등으로 경영상에서 비 효율이 발생하여 오히려 규모를 증가시키더라도 수익이 체감(DRS)하는 상태이다. 반면, S건설은 규모수익체증상태(IRS)인 10개소(DMU S1, S2, S4~S10, S12)는 분업화, 전문화 등으로 작업 효율성이 증가하여 규모를 증가시킬 경우 수익이 체증하게 될 것이다.

비효율의 원인을 살펴보면 28개소(70%)는 기술요인에 있으며, H건설의 23.5%인 4개소는 규모요인이었

다.

비 효율적 DMU 중에서 순수 기술 효율성 값이 규모 효율성 값 보다 커서 규모요인에 의하여 비 효율성이 발생한 DMU 6개소(DMU S2, S7, H2, H5, H9, H15)는 기술적 측면에서는 효율적으로 안전경영을 하고 있지만 규모측면에서는 비 효율적으로 운영되고 있다고 분석할 수 있다. 예를 들어, DMU H2의 경우 순수 기술 효율성은 1이고 규모 효율성은 0.561이다. 비 효율적 DMU의 과다투입 요소 분석 및 개선방향에서

DMU H2의 투입요소에 대한 감축치는 0(Zero) 으로 평가되어 투입요소를 증가시키면 효율적 DMU 로의 전환이 가능하다 할 수 있다. 투입지향형 BCC 모형으로 수익불변 가정조건에서의 기술적 효율성(TE), 수익가변 가정조건에서의 순수 기술 효율성(PTE), 규모 효율성(SE)과 규모수익(RTS)를 측정평가한 결과는 <Table 4> 와 같다.

<Table 3> Measurements of the efficiency of BBC model

Category		Total	Company "J"	Company "S"	Company "H"
No. of DMUs	Total	40			
	Efficient	4	1	1	2
	Inefficient	36	10	11	15
Technological efficiency*		0.643	0.515	0.682	0.698
Purely technological efficiency**		0.701	0.556	0.722	0.779
Scale efficiency***		0.915	0.919	0.942	0.893
Return to scale****	CRS	5	1	1	3
	DRS	14	5	1	8
	IRS	21	5	10	7
Cause of inefficiency	Technological factor(T)	30	10	9	11
	Scale factor(S)	6	-	2	4

\* 비 효율적 DMU가 효율적 DMU와 동일한 양을 산출하기 위해서 필요한 투입수준보다 얼마만큼을 더 많은 투입요소를 사용하는 여부의 정도

\*\* 산출수준을 생산변경선상의 조합으로의 산출하는 여부의 정도

\*\*\* 생산과정에서 최소비용이 발생하는 규모의 채택하는 여부의 정도

\*\*\*\* 규모수익불변(CRS : Constant Returns to Scale) : 투입량을 n배 하였을 때 산출량도 n배가 되는 경우, 규모수익체증(IRS : Increasing Returns to Scale) : 투입량을 n배 하였을 경우 산출량은 n배 이상이 되는 경우, 규모수익체감(DRS : Decreasing Returns to Scale) : 투입량을 n배 하였지만 산출량이 n배 보다 작게 되는 경우

<Table 4> Evaluatory measurements of efficiency

DMU	Technological efficiency	Purely technological efficiency	Scale efficiency*	Returns to scale	Cause of inefficiency
Average	0.643	0.701	0.915		
DMU J1	0.650	0.794	0.818	DRS	T
DMU J2	0.400	0.415	0.963	DRS	T
DMU J3	0.402	0.408	0.986	IRS	T
DMU J4	1.000	1.000	1.000	CRS	
DMU J5	0.169	0.199	0.848	IRS	T
DMU J6	0.806	0.818	0.985	IRS	T
DMU J7	0.291	0.373	0.781	IRS	T
DMU J8	0.446	0.488	0.915	DRS	T
DMU J9	0.381	0.392	0.971	DRS	T
DMU J10	0.409	0.437	0.935	IRS	T
DMU J11	0.716	0.789	0.907	DRS	T
DMU S1	0.379	0.414	0.916	IRS	T
DMU S2	0.923	1.000	0.923	IRS	S
DMU S3	1.000	1.000	1.000	CRS	
DMU S4	0.537	0.539	0.997	IRS	T
DMU S5	0.665	0.679	0.980	IRS	T
DMU S6	0.663	0.673	0.985	IRS	T
DMU S7	0.857	1.000	0.857	IRS	S
DMU S8	0.738	0.745	0.991	IRS	T
DMU S9	0.373	0.461	0.810	IRS	T
DMU S10	0.748	0.805	0.929	IRS	T
DMU S11	0.719	0.750	0.959	DRS	T
DMU S12	0.577	0.604	0.956	IRS	T
DMU H1	0.475	0.487	0.975	DRS	T
DMU H2	0.561	1.000	0.561	DRS	S
DMU H3	0.768	0.862	0.891	DRS	T
DMU H4	1.000	1.000	1.000	CRS	
DMU H5	0.886	1.000	0.886	DRS	S
DMU H6	0.462	0.469	0.983	IRS	T
DMU H7	0.630	0.640	0.984	IRS	T
DMU H8	1.000	1.000	1.000	CRS	
DMU H9	0.149	0.600	0.248	IRS	S
DMU H10	0.926	0.962	0.963	IRS	T
DMU H11	0.549	0.575	0.955	DRS	T
DMU H12	0.953	0.974	0.978	DRS	T
DMU H13	0.750	0.750	1.000	CRS	T
DMU H14	0.652	0.705	0.924	IRS	T
DMU H15	0.924	1.000	0.924	DRS	S
DMU H16	0.463	0.500	0.926	DRS	T
DMU H17	0.714	0.725	0.986	IRS	T

\* 규모효율성 = 기술효율성 [CCR] / 순수기술효율성 [BCC]

### 3.4 참조집단 및 참조횟수 분석

DEA 모형에서 비 효율적으로 측정평가된 DMU는 효율적 DMU 로 변화하기 위하여 측정 평가 결과를 바탕으로 벤치마킹 대상 DMU를 선정하여 벤치마킹하여야 한다.

효율성 측정값이 1인 효율적인 DMU는 <Table 5>에서 보는 바와 같이 14개의 DMU들로서 이들은 다른 비효율적 DMU의 벤치마킹 대상으로 선정되어 활용되고 있다.

<Table 5> Reference groups for different DMUs and the number of times they are referred to(Unit: No. of times)

DMU	J4	S2	S3	H4	H8	H15
No. of times referred to	7	19	12	26	13	8

참조횟수와 참조집단의 수는 85회 6개소이며, DMU H4의 참조횟수는 26회인데, 이는 다른 DMU들과 비교하면 참조횟수가 많은 편이다. 이것은 DMU H4가 다른 비효율적 DMU와 유사한 조건을 지니고 있어 이상적인 효율적 DMU로 많은 참조횟수를 보이는 것으로 설명 가능하다.

### 3.5 비 효율적 DMU의 적정 투입량 산정 분석

DEA를 이용한 효율성 측정평가 결과에서 상대적으로 비 효율적인 DMU로 평가된 DMU는 효율적 DMU로 변화하기 위한 벤치마킹하고자 하는 가상의 효율적 의사결정단위(Virtual Efficient DMUs)의 최적 투입요소와 산출요소의 수준, 즉 비 효율적 요인으로 작용한 투입요소별 과다 투입의 정도를 파악하여 효율성 개선의 정도를 도출하여야 한다.

비 효율적 DMU가 효율적 DMU로 변화하기 위한 투입요소 별 과다 투입 및 감축의 정도를 나타내는 개선률을 <Table 6>에 제시하였으며 DMU 별 투입요소에 대한 평균 개선률은 현장인원 38.9%, 공사인원 45.5%, 안전인원 60.0% 이다.

<Table 6> Ratio of improvement in different resources used in inefficient DMUs (Unit: %)

Division	On-site employees	Construction workers	Safety staff
Average	38.9	45.5	60.0
DMU J 1	23.5	16.7	50.0
DMU J 2	60.0	61.1	88.9
DMU J 3	58.3	71.4	80.0
DMU J 4	0.0	0.0	0.0
DMU J 5	80.4	80.6	94.7
DMU J 6	16.7	42.9	33.3
DMU J 7	60.9	66.7	85.7
DMU J 8	50.0	53.8	75.0
DMU J 9	59.4	65.0	92.3
DMU J 10	55.6	66.7	83.3
DMU J 11	18.8	25.0	60.0
DMU S 1	59.1	68.8	80.0
DMU S 2	0.0	0.0	0.0
DMU S 3	0.0	0.0	0.0
DMU S 4	47.1	81.8	50.0
DMU S 5	33.3	55.6	66.7
DMU S 6	33.3	50.0	50.0
DMU S 7	15.4	33.3	0.0
DMU S 8	23.1	50.0	50.0
DMU S 9	52.9	63.6	75.0
DMU S 10	20.0	30.0	50.0
DMU S 11	25.0	30.0	50.0
DMU S 12	42.9	50.0	50.0
DMU H 1	51.9	53.8	50.0
DMU H 2	0.0	0.0	0.0
DMU H 3	14.3	12.5	33.3
DMU H 4	0.0	0.0	0.0
DMU H 5	0.0	0.0	0.0
DMU H 6	52.4	50.0	66.7
DMU H 7	37.5	44.4	50.0
DMU H 8	0.0	0.0	0.0
DMU H 9	46.2	33.3	50.0
DMU H 10	7.7	12.5	50.0
DMU H 11	42.9	46.7	66.7
DMU H 12	0.0	12.5	66.7
DMU H 13	25.0	66.7	50.0

예를 들어 DMU J9가 효율적 DMU가 되기 위해서는 벤치마킹 대상으로 선정된 DMU S3, H4를 참조하여 산정된 적정 투입물의 수준인 현장인원 59.48%, 공사인원 65%, 안전인원 92.3%를 감축하여 운영하는 경우에만 효율적 DMU로의 전환이 가능할 것이다.

## 4. 결론

본 연구는 국내 건설업체 3개사에서 시공중인 아파트 건설공사 40개소를 대상으로 안전경영 효율성을 분석하였으며, 본 연구의 결과를 정리하면 다음과 같다.

DEA를 활용하여 안전경영 효율성을 분석한 결과 평균 효율성은 0.643이고, 효율적 DMU의 평균 개수는 4개소이다. 규모수익면에서 21개소(52.5%)가 수익체증상태이고, 14개소(35%)는 수익체감상태이다. 비효율의 원인은 30개소(75%)가 기술요인에 6개소는 규모요인에 있었으며, 비효율적 DMU가 참조한 횟수는 DMU H4는 26회이다.

마지막으로 비효율적 DMU는 현장인원 38.9%, 공사인원 45.5%, 안전인원 60%의 감축을 필요로 하고 있다.

연구결과, 안전경영 효율성 평가대상 DMU의 25%인 10개소가 투입요소측면에서 부분적이지만 각 건설업체에서 시공하는 아파트 건설공사 현장의 규모에 맞는 효율적 안전경영을 하고 있는 것으로 결론을 내릴 수 있었다.

본 연구는 객관적인 자료를 토대로 건설업체의 안전경영 성과를 평가함으로써 상대적 효율성을 파악하기에는 유용하였지만, 다른 환경적 통제변수와 경영성과변수를 포함하지는 못하고 있다는 점에서 한계를 지닌다. 그리고 국내 건설업체 3개사를 대상으로 한 안전경영 효율성 분석이므로 전체 국내 건설업체의 안전경영 효율성의 정도를 설명하기에는 부적합하다.

안전경영효율성 측정의 경우 장기간의 조사가 필요한 만큼, 보다 장기적인 자료를 축적하여 다양한 요인들의 작용을 복합적인 분석기법으로 도출하여야 할 것이다.  
[18]

## 5. References

[1] <http://www.kosha.or.kr/www/boardView.do?contentId=358200&menuId=1572&boardType=A>  
[2] <http://www.iusm.co.kr/news/articleView.html?idxno=576736>, 2015. 2. 3.  
[3] Lee, Hyong Rok(2011), A Study on Efficiency Strengthening Plan of Construction Company using Data Envelopment Analysis, The Graduate School Hanyang University Master's Degree thesis  
[4] Min-Sub Kim(2011), Builder Management Efficiency Evaluation Using DEA, Graduate School of Administration Yeungnam

University Master's Degree thesis  
[5] Cho Sung-In(2009), An Empirical on the Efficiency of the Construction Industry, Graduate School of Chosun University Doctor's Degree thesis  
[6] Yug-Jin Kim(2013), DEA Analysis of privately financed and publically financed highways, The Graduate School of Public Administration Seoul National University Master's Degree thesis  
[7] Man Hee Park(2008), Development of DEA Efficiency and Malmquist Productivity Analysis System, Productivity review, vol 22(2), pp.241-265.  
[8] Anthony, R. N. and Dearden, J.(1980), "Management Control System," Richard, D. Irwin. Inc., 4thed., p.8.  
[9] Koopmans, T. C.(1951), "An Analysis of Production as an Efficient Combination of Activities,"in (T.C. Koopmans, Ed.), Activities Analysis of Production and Allocation, Wiley, New York, pp.33-97.  
[10] Farrell, M. J.(1957), The Measurement of Productivity Efficiency, Journal of the Royal Statistical Society, SeriesA(General), Vol.120, No.3, pp.253-290.  
[11] Shepherd, R.(1970), Theory of cost and production functions, Princeton, NJ: Princeton University Press.  
[12] Charnes, A., Cooper, W. & Rhodes, E.(1978), Measuring the efficiency of decision making units. European Journal of Operational Research, 2(6), pp.429-444.  
[13] Kyung Sam Park, Yoon Tae Kim, Hong Sik Jung(2005), Management Efficiency by changing era of Large-Scale Research hospital with DEA and DEA window analysis. Korea Business Review 34(1), pp.267-287.  
[14] Sang Don Ahn, Byeong Gyu Kang, Jin Young Ahn(2009), An Analysis of the Managerial Efficiency of Processed Foods Business at Local Primary Agricultural Cooperatives Using the DEA Model, The Korean Journal of Cooperative Studies, Vol.26 No2, pp.43-66.  
[15] Moon Kyu Yoon, Jae Kyewon Kim(2006),

- The Efficiency Analysis of Korea Stock Market Listed Top-200 Manufacturing Firms, Corporation Management Research, Vol 23, pp.79-97.
- [16] Min-Sub Kim(2011), Builder Management Efficiency Evaluation Using DEA, Graduate School of Administration Yeungnam University Master's Degree thesis
- [17] Kun Wee Kim(2003), Measuring Relative Efficiency of Informatization in Local Governments using Data Envelopment Analysis, Graduate School of Myongji University Doctor's Degree thesis
- [18] Yong-Koo Yang(2015), Safety Management Efficiency Analysis for Construction Companies Using DEA, The Graduate School Korea National University of Transportation Doctor's Degree thesis

## 저 자 소 개

양 용 구



울산대학교 건축학과 학사,  
한경대학교 안전공학과 석사,  
한국교통대학교 안전공학과 박사  
과정수료.  
한국산업안전보건공단 근무중

김 병 석



건국대학교 학사, 연세대학교, 동  
국대학교 석사, 명지대학교 산업  
공학과에서 박사를 취득하였으며  
현 국립 한국교통대학교 안전공학  
과 교수, 대한안전경영과학회 부  
회장, 대한안전관리연구회 회장,  
한국산재보험학회 회장.